

# 建築研究資料

*Building Research Data*

No. 200

July 2020

---

---

## 接着系あと施工アンカーを用いた 構造部材の構造性能評価方法に関する検討

Study on Evaluation Methods of Structural Performance for Members  
with Post-installed Adhesive Anchors

向井智久, 南部禎士, 井上波彦, 諏訪田晴彦, 中村聡宏, 棚野博之, 宮内博之,  
松沢晃一, 福山洋, 土屋直子, 田沼毅彦, 濱崎仁, 秋山友昭, 隈澤文俊  
*Tomohisa MUKAI, Yoshihito NANBU, Namihiko INOUE, Haruhiko SUWADA,*  
*Akihiro NAKAMURA, Hiroyuki TANANO, Hiroyuki MIYAUCHI, Koichi MATSUZAWA,*  
*Hiroshi FUKUYAMA, Naoko TUCHIYA, Takehiko TANUMA, Hitoshi HAMAZAKI,*  
*Tomoaki AKIYAMA, Fumitoshi KUMAZAWA*

---

---

国立研究開発法人 建築研究所

Published by

Building Research Institute

National Research and Development Agency, Japan



## はしがき

人口減少・高齢化・空家が顕著化する昨今、既存建築物の有効なストック活用に向け、あと施工アンカーを用いた部材の接合技術は不可欠なものとなっています。あと施工アンカーは古くから耐震補強のために広く利用されていますが、近年では大規模改修として、耐力壁に開口を新設する際の端部補強筋としての利用や、長期応力下におけるスラブと周辺部材との接合筋としての利用が望まれています。

あと施工アンカーの法的位置づけとしては、平 13 国交告第 1024 号(特殊な許容応力度及び特殊な材料強度を定める件)を一部改正した平 18 国交告第 314 号により、引張りおよびせん断の短期許容応力度と材料強度は、国土交通大臣が指定する値とされています。また、技術的助言として出された「あと施工アンカー・連続繊維補強設計・施工指針」では、耐震改修促進法によらず、建築基準法への適合が必要とされる補強工事において、柱・梁架構内への耐震補強の鉄筋コンクリート増設壁や鉄骨ブレース設置補強に対する適用を認め、短期許容引張力、短期許容せん断力およびこれらの材料強度についてのみ規定されており、これを上記補強工事以外に適用するための条件は十分に整備されていませんでした。

これに対して、平成 20 年度から 3 年間に亘って行われた、建築基準整備促進事業「あと施工アンカーの長期許容応力度に関する検討調査」において、カプセル方式の接着系あと施工アンカーの引張クリープ実験、せん断クリープ実験およびへりあきの影響を検討するための FEM 解析が行われ、長期許容応力度の提案、長期応力に対する設計方針とその留意点および長期載荷試験法について検討されています。また、近年、接着系あと施工アンカーを用いた部材の材料・構造性能およびその確認方法に関する基礎的な知見が蓄積されつつある状況となっていました。

そこで、国立研究開発法人建築研究所では、接着系あと施工アンカーに用いる接着剤の物性および品質確認試験や、接着系あと施工アンカー単体の試験、さらには接着系あと施工アンカーを用いた構造部材の構造実験を実施することにより、接着系あと施工アンカーの適用条件の整備および接着系あと施工アンカーを用いた構造部材の構造性能の確認方法の提案を行うことを目的として検討を行いました。本課題は主として、国土交通省の建築基準整備促進事業「あと施工アンカーを用いた部材の構造性能確認方法に関する検討(平成 27 年度～平成 29 年度)」において、当該事業者とともに実施しました。その後、構造研究グループの研究課題「共同住宅の躯体改修においてあと施工アンカーを用いた部材の構造性能に関する研究(平成 30 年度～令和 2 年度)」において、接着力試験方法や付着強度試験方法等について、上記事業での検討結果を関係者間で更に精査した上で本書としてとりまとめました。

最後に、本資料が、接着系あと施工アンカーの安全かつ適切な利用に資する技術資料となれば幸いです。

令和 2 年 7 月 15 日

国立研究開発法人 建築研究所理事長  
緑川 光正



# 接着系あと施工アンカーを用いた構造部材の構造性能確認方法に関する検討

## 概要

現在、既存建築物の増改築工事などにおいて、短期応力を負担する部材へのあと施工アンカーの使用やスラブなどの長期応力下における部材へのあと施工アンカーの適用が望まれている状況において、本研究は接着系あと施工アンカーの安全かつ適切な使用拡大に資する技術的知見を得ることを目的として以下の検討を行った。これらの検討は、主として建築研究所課題「あと施工アンカーを用いた部材の構造性能確認方法に関する研究（平成 27 年度～平成 29 年度）」および国土交通省の建築基準整備促進事業「あと施工アンカーを用いた部材の構造性能確認方法に関する検討（平成 27 年度～平成 29 年度）」として、当該事業者との共同研究として行ったものである。以下に本検討によって得られた知見を示す。

- (1) 接着系あと施工アンカー単体のせん断試験および引張試験等を行い、接着系あと施工アンカーの品質評価のための試験方法（付着強度試験，クリープ試験，引張試験，およびせん断試験）を提案した。
- (2) 接着系あと施工アンカーに使用される接着剤単体の物性および品質確認試験を行い、接着剤樹脂の評価項目および評価基準，圧縮強さおよび圧縮弾性率試験方法，接着力試験方法，燃焼試験方法，および耐アルカリ試験方法を提案した。
- (3) 接着系あと施工アンカーを用いた構造部材の構造性能確認試験として，耐力壁およびスラブの構造実験を行い，通常先付け工法の定着方法によるものと比較して，強度等が同程度であることを確認する実験手法を提示した。なお，耐力壁試験体は，既存建築物の耐力壁に新たに出入り口開口を設ける場合を対象として，開口際の端部曲げ補強筋が周辺部材へ定着する際に接着系あと施工アンカーを用いる場合を想定したものである。一方スラブ試験体は，接着系あと施工アンカーを用いた構造部材の長期性能を確認する一例として，増築等による増床とする場合を想定したものである。
- (4) 接着系あと施工アンカーの施工品質を確保するための方法として施工品質管理指針案を提案した。またあと施工アンカーの施工精度が引張・せん断強度に与える影響，および非破壊試験による接着系あと施工アンカーの施工品質評価方法を示した。また，電磁パルス法による接着剤の充填状況の試験方法，および超音波パルス反射法によるあと施工アンカーの埋込み長さの試験方法を提案した。
- (5) 上記の(1)～(4)を踏まえ，接着剤の充填方法としては原則として注入方式とし，具体の構造部材に使用した場合を審査対象と定め，品質管理および施工管理まで含めた，接着系あと施工アンカーの強度指定に係る審査基準，注入方式接着系あと施工アンカー審査基準，および注入方式接着系あと施工アンカーを用いた構造部材審査基準の原案を提案した。

Study on Evaluation Method of Structural Performance of Structural Components Using Post-installed  
Adhesive Anchors

ABSTRACT

In recent years, population decline, aging of society and vacant houses have become noticeable. The connecting technology of structural components using post-installed anchors is indispensable for effective stock utilization of existing buildings. Up to now post-installed anchors are used for only seismic retrofit work, however, recently it is expected for use in large-scale renovation works such as use of reinforcement at the end of a new opening in a structural wall and use of connecting bar between new slab and another existing structural component under long-term load.

Therefore, Building Research Institute(BRI), National Research and Development Agency, Japan, investigated the applicable conditions of post-installed adhesive anchors and proposed the evaluation method of the structural performance of structural components using post-installed adhesive anchors by implementing physical properties and quality evaluation tests of adhesive used for post-installed anchors and tests of adhesive anchors in a concrete and by experimental tests on structural components using post-installed adhesive anchors.

This project is mainly done in BRI's research agenda "Study on verification of structural performance for structural components using post-installed adhesive anchors" and the project of Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, which is "Study on evaluation method of structural performance of structural components using post-installed adhesive anchors" during 2015 to 2017 with research collaborators.

- (1) Through shear tests and tensile tests of post-installed adhesive anchors, standard tests for quality evaluation (adhesion strength test, creep test, tensile test, and shear test) of post-installed adhesive anchors are proposed
- (2) Through the tests of physical properties and quality identification of adhesive used for post-installed anchor, evaluation items and evaluation criteria for adhesive resin, compression strength test method, compression modulus test method, adhesive strength method, burning test method and alkali proof test method are proposed
- (3) Through experimental tests for structural walls and slabs, test method for structural performance of structural components using post-installed adhesive anchors are proposed to verify the performance of structural components with post-installed adhesive anchors.
- (4) The quality control guideline for construction work using post-installed adhesive anchors is proposed to guarantee the quality. Effect of in-situ work's accuracy of adhesive post-installed anchors on tensile and shear strength, is confirmed. Also, the test method for filling state of adhesive by electromagnetic pulse method, and the testing method of embedded length by ultrasonic pulse reflection method, are proposed.
- (5) Based on above (1) to (4), the draft of examination criteria for strength designation of post-installed adhesive anchor, for adhesive anchors after installation, and for structural components using post-installed adhesive anchors, are proposed. The point of the draft is that it is examined to apply to structural members using adhesive post-installed anchors by injection method, including the viewpoint of the quality control and construction management.

## 目次

|  |         |
|--|---------|
| 第1章 はじめに                               | ……1-1   |
| 1-1 背景と目的                              | ……1-2   |
| 1-2 課題とその概要                            | ……1-2   |
| 1-3 研究体制                               | ……1-3   |
| 第2章 接着系あと施工アンカー単体の性能および品質確認試験          | ……2-1   |
| 2-1 検討概要                               | ……2-2   |
| 2-2 長期および短期引張試験・短期せん断試験（平成27年度実施）      | ……2-3   |
| 2-2-1 実験概要                             | ……2-3   |
| 2-2-2 引張応力に対する性能評価試験                   | ……2-4   |
| 2-2-3 せん断応力に対する性能評価試験                  | ……2-41  |
| 2-2-4 試験方法および品質基準の検討                   | ……2-56  |
| 2-3 長期引張試験（平成28年度実施）                   | ……2-69  |
| 2-3-1 検討概要                             | ……2-69  |
| 2-3-2 実験計画                             | ……2-69  |
| 2-3-3 実験結果                             | ……2-75  |
| 2-4 クリープ試験（平成29年度実施）                   | ……2-86  |
| 2-4-1 検討概要                             | ……2-86  |
| 2-4-2 実験結果および考察                        | ……2-88  |
| 2-5 接着系あと施工アンカーの品質評価試験の提案              | ……2-94  |
| 2-5-1 検討概要                             | ……2-94  |
| 2-5-2 付着強度試験                           | ……2-95  |
| 2-5-3 クリープ試験                           | ……2-101 |
| 2-5-4 引張試験                             | ……2-107 |
| 2-5-5 せん断試験                            | ……2-117 |
| 2-6 まとめ                                | ……2-128 |
| 第3章 接着系あと施工アンカーに使用される接着剤単体の物性および品質確認試験 | ……3-1   |
| 3-1 検討概要                               | ……3-2   |
| 3-1-1 検討目的                             | ……3-2   |
| 3-1-2 検討内容                             | ……3-2   |
| 3-2 付着試験結果と接着剤の品質に関する調査                | ……3-4   |
| 3-2-1 調査方法                             | ……3-4   |
| 3-2-2 調査結果                             | ……3-4   |
| 3-3 接着剤の物性値評価に関する実験                    | ……3-6   |
| 3-3-1 検討概要                             | ……3-6   |
| 3-3-2 実験計画                             | ……3-6   |
| 3-3-3 実験結果                             | ……3-7   |
| 3-3-4 樹脂単体の性能試験および接着強度試験               | ……3-10  |

|  |        |
|--|--------|
| 3-4 燃焼試験によるフィラー(不燃物)量の確認試験             | ……3-15 |
| 3-4-1 実験計画                             | ……3-15 |
| 3-4-2 実験結果                             | ……3-17 |
| 3-5 FT-IR(赤外線分光スペクトル)による樹脂の区分          | ……3-23 |
| 3-5-1 検討概要                             | ……3-23 |
| 3-5-2 実験計画                             | ……3-23 |
| 3-5-3 測定結果                             | ……3-24 |
| 3-6 接着系あと施工アンカーの拘束状態を考慮した接着性の簡易試験方法の検討 | ……3-28 |
| 3-6-1 検討概要                             | ……3-28 |
| 3-6-2 試験方法の検討                          | ……3-28 |
| 3-7 試験片の製作方法の標準化                       | ……3-29 |
| 3-8 市販の製品の物性評価試験                       | ……3-31 |
| 3-8-1 試験概要                             | ……3-31 |
| 3-8-2 圧縮強度および圧縮弾性率                     | ……3-31 |
| 3-8-3 接着力試験                            | ……3-33 |
| 3-8-4 燃焼試験                             | ……3-37 |
| 3-9 樹脂の評価方法案の提案                        | ……3-38 |
| 3-9-1 評価項目および評価基準                      | ……3-38 |
| 3-9-2 圧縮強さおよび圧縮弾性率試験                   | ……3-39 |
| 3-9-3 接着力試験方法の提案                       | ……3-42 |
| 3-9-4 燃焼試験方法の提案                        | ……3-46 |
| 3-9-5 耐アルカリ試験方法の提案                     | ……3-49 |
| 3-10 まとめ                               | ……3-52 |
| <br>                                   |        |
| 第4章 接着系あと施工アンカーを用いた構造部材の構造性能確認試験       | ……4-1  |
| 4-1 使用方法と安全率の設定                        | ……4-2  |
| 4-1-1 使用方法の分類                          | ……4-2  |
| 4-1-2 安全率の考え方                          | ……4-3  |
| 4-2 設計の基本的な考え方・設計フロー                   | ……4-7  |
| 4-2-1 設計の基本的な考え方                       | ……4-7  |
| 4-2-2 試験体の設計フロー                        | ……4-7  |
| 4-3 耐力壁の構造性能確認試験                       | ……4-9  |
| 4-3-1 実験の主旨・概要                         | ……4-9  |
| 4-3-2 実験計画                             | ……4-9  |
| 4-3-3 実験結果                             | ……4-19 |
| 4-3-4 まとめ                              | ……4-27 |
| 4-4 試験体におけるスラブの構造性能確認試験                | ……4-29 |
| 4-4-1 実験の主旨・概要                         | ……4-29 |
| 4-4-2 試験体における実験計画                      | ……4-30 |
| 4-4-3 実験結果                             | ……4-56 |
| 4-4-4 まとめ                              | ……4-74 |



|   |         |
|---|---------|
| 4-5 実建物におけるスラブの構造性能確認試験                           | ……4-75  |
| 4-5-1 実験の主旨・概要                                    | ……4-75  |
| 4-5-2 実建物における実験計画                                 | ……4-75  |
| 4-5-3 実験経過  | ……4-91  |
| 4-5-4 まとめ   | ……4-100 |
| 4-6 まとめ   | ……4-120 |
| <br>  |         |
| 第5章 接着系あと施工アンカーの施工品質に関する試験                        | ……5-1   |
| 5-1 検討概要  | ……5-2   |
| 5-2 実建物施工における施工品質の確認試験                            | ……5-3   |
| 5-2-1 検討概要  | ……5-3   |
| 5-2-2 施工および試験計画                                   | ……5-4   |
| 5-2-3 施工および試験結果                                   | ……5-15  |
| 5-3 傾斜したアンカーの短期引張・せん断試験                           | ……5-36  |
| 5-3-1 検討概要  | ……5-36  |
| 5-3-2 引張実験  | ……5-36  |
| 5-3-3 引張実験結果                                      | ……5-45  |
| 5-3-4 せん断実験                                       | ……5-50  |
| 5-3-5 せん断実験結果                                     | ……5-55  |
| 5-4 接着系あと施工アンカーの施工品質に対する非破壊試験方法の検討                | ……5-62  |
| 5-4-1 検討概要  | ……5-62  |
| 5-4-2 実験概要  | ……5-62  |
| 5-4-3 まとめ   | ……5-80  |
| 5-5 非破壊試験による樹脂の充填状況の評価方法に関する検討                    | ……5-82  |
| 5-5-1 検討概要  | ……5-82  |
| 5-5-2 施工状況を模擬した試験体による適用性の検証実験                     | ……5-82  |
| 5-5-3 実構造物における適用性の検証                              | ……5-110 |
| 5-5-4 試験方法の提案                                     | ……5-120 |
| 5-6 施工品質管理指針の提案                                   | ……5-133 |
| 5-6-1 指針案と解説                                      | ……5-133 |
| 5-6-2 施工品質管理計画書の例                                 | ……5-163 |
| 5-6-3 施工要領書の例                                     | ……5-166 |
| 5-7 まとめ   | ……5-168 |
| <br>  |         |
| 第6章 接着系あと施工アンカーおよび接着系あと施工アンカーを用いた構造部材の構造性能確認方法の提案 | ……6-1   |
| 6-1 審査基準（案）の提案                                    | ……6-2   |
| 6-1-1 審査基準（案）の目的および審査申込み条件                        | ……6-2   |
| 6-1-2 審査項目  | ……6-2   |
| 6-2 注入方式接着系あと施工アンカー審査基準（案）                        | ……6-9   |
| 6-2-1 構成部品  | ……6-9   |

|  |        |
|--|--------|
| 6-2-2 製品   | ……6-9  |
| 6-2-3 施工   | ……6-10 |
| 6-3 注入方式接着系あと施工アンカーを用いた構造部材審査基準（案）                                 | ……6-14 |
| 6-3-1 適用範囲・適用条件等   | ……6-14 |
| 6-3-2 構造部材および部位  | ……6-14 |
| 6-3-3 構造およびその他の性能  | ……6-14 |
| 6-3-4 設計指針   | ……6-14 |
| 6-3-5 施工指針   | ……6-15 |
| 6-3-6 部材製造・品質管理要領  | ……6-15 |
| 6-3-7 各種性能試験   | ……6-15 |
| 6-4 接着系あと施工アンカーおよび接着系あと施工アンカーを用いた構造部材の申請概要書記載例                     | ……6-16 |
| 6-5 接着系あと施工アンカーの母材で定まる許容応力度・材料強度設定のための安全率                          | ……6-19 |
| 6-5-1 安全率設定方針  | ……6-19 |
| 6-5-2 安全率設定に際して考慮する項目  | ……6-19 |
| 6-5-3 各低減係数の検討   | ……6-19 |
| 6-6 新設スラブ上端筋の定着に接着系あと施工アンカーを使用する場合の母材の材料強度の設定および所要定着長さの検討          | ……6-22 |
| 6-6-1 はじめに   | ……6-22 |
| 6-6-2 アンカー筋定着部のコンクリートの材料強度 F の設定                                   | ……6-22 |
| 6-6-3 新設スラブ上端引張鉄筋の定着に用いるアンカー筋の計算(コーン状破壊の検討を行う場合)                   | ……6-22 |
| 6-6-4 新設スラブ上端引張鉄筋の定着に用いるアンカー筋の計算(各種合成構造設計指針による計算)                  | ……6-25 |
| 6-7 既存耐力壁開口設置に伴う開口際の縦補強筋に接着系あと施工アンカーを使用する場合の母材の材料強度の設定および所要定着長さの検討 | ……6-29 |
| 6-7-1 はじめに   | ……6-29 |
| 6-7-2 アンカー筋定着部のコンクリートの材料強度 F の設定                                   | ……6-29 |
| 6-7-3 開口補強筋の定着に用いる接着系あと施工アンカーの所要有効埋込み長さの計算                         | ……6-30 |
| 6-7-4 開口補強筋の定着に用いる接着系あと施工アンカーの所要有効埋込み長さの計算(各種合成構造設計指針による計算)        | ……6-31 |
| 6-8 接着系あと施工アンカー既指定強度と許容応力度材料強度（案）比較                                | ……6-34 |
| 6-8-1 既指定書   | ……6-34 |
| 6-8-2 適用範囲   | ……6-35 |
| 6-8-3 指定した建築材料の内容  | ……6-35 |
| 6-9 まとめ  | ……6-39 |
| 第7章 まとめ  | ……7-1  |

付録1 既往データの分析

付録2 海外の規定および文献の紹介

付録3 アンカー試験体一覧

付録4 試験結果に関する資料

付録5 ひび割れの影響によるあと施工アンカーの耐力低下に関する各指針における規定や既往の実験結果



第1章  
はじめに

## 1-1 背景と目的

あと施工アンカーの法的位置づけとしては、平13国交告第1024号(特殊な許容応力度及び特殊な材料強度を定める件)を一部改正した平18国交告第314号により、引張りおよびせん断の短期許容応力度と材料強度は、国土交通大臣が指定する値とされている。また、技術的助言として出された「あと施工アンカー・連続繊維補強設計・施工指針」では、耐震改修促進法によらず、建築基準法への適合が必要とされる補強工事において、柱・梁架構内への耐震補強の鉄筋コンクリート増設壁や鉄骨ブレース設置補強に対する適用を認め、短期許容引張力、短期許容せん断力およびこれらの材料強度についてのみ規定されているが、これを上記補強工事以外に適用するための条件は整備されていない。

これに対して、平成20年度から3年間に亘って行われた、建築基準整備促進事業「あと施工アンカーの長期許容応力度に関する検討調査」<sup>1.1)~1.9)</sup>において、カプセル方式の接着系あと施工アンカーの引張クリープ実験、せん断クリープ実験およびへりあきの影響を検討するためのFEM解析が行われ、長期許容応力度の提案、長期応力に対する設計方針とその留意点および長期載荷試験法について検討されている。また、近年、スラブなどの長期応力を負担する部材にあと施工アンカーを使用するための材料・構造実験および解析的検討<sup>1.10)~1.14)</sup>が行われ、基礎的な知見が蓄積されつつある。しかしながら、あと施工アンカーを用いた部材の材料・構造性能およびその確認方法に関する知見は、まだ、十分に得られていない。

このような状況のもと、耐震補強の目的以外にも、たとえば大規模改修などにおいて耐力壁に開口を新設する際の端部補強筋などの短期応力を負担する部材への接着系あと施工アンカーの使用拡大およびスラブなどの長期応力下における部材への接着系あと施工アンカーの適用が望まれている。

そこで本課題では、接着系あと施工アンカー単体の試験および接着系あと施工アンカーを用いた部材の材料・構造実験を実施することにより、接着系あと施工アンカーの適用条件の整備および接着系あと施工アンカーを用いた構造部材の構造性能の確認方法の提案を行うことを目的としている。

本課題は主としては、国土交通省の建築基準整備促進事業「あと施工アンカーを用いた部材の構造性能確認方法に関する検討(平成27年度~29年度)」において、株式会社東京ソイルリサーチ、芝浦工業大学とともに共同研究として行ったものである。

## 1-2 課題とその概要

以下に、本課題の主な検討概要を示す。

### (1) 接着系あと施工アンカーの適用条件及び許容応力度の確認方法に関する検討

せん断応力(短期・長期)及び引張応力(短期・長期)下において、接着系あと施工アンカーを使用することが可能な適用条件を整備する。また、接着系あと施工アンカーのせん断試験及び引張試験等を実施し、各許容応力度を確認するための試験方法を整備する。

### (2) 接着系あと施工アンカーを用いた部材の構造性能確認方法に関する検討

接着系あと施工アンカーがせん断応力(長期)及び引張応力(短期・長期)を負担する部材について構造実験等を行い、接着系あと施工アンカーを用いた構造部材の構造性能の確認方法を整備する。

### (3) 接着系あと施工アンカーの施工品質管理に関する検討

施工条件を変動因子とした接着系あと施工アンカーの短期引張およびせん断試験により、適切な施工品質管理の方法を検討し整備する。

## 1-3 研究体制

本課題では委員会を設置し、接着系あと施工アンカー単体や部材性能に関する検討内容を審議し、材料強度や許容応力度の指定に必要な情報、部材の設計・施工に必要な情報を取りまとめている。表1.3.1～1.3.4に委員会およびワーキングの体制表を示す。なお、所属は当時のものである。

表 1.3.1 全体委員会体制 (◆：建築基準整備促進事業者)

|     |        |            |        |             |
|-----|--------|------------|--------|-------------|
| 委員長 | 塩原 等   | 東京大学大学院    |        |             |
| 幹事  | 井上 芳生  | INO建築構造研究室 |        |             |
| 委員  | ◆秋山 友昭 | 東京ソイルリサーチ  | 福山 洋   | 国土技術政策総合研究所 |
|     | ◆隈澤 文俊 | 芝浦工業大学     | 諏訪田 晴彦 | 国土技術政策総合研究所 |
|     | ◆濱崎 仁  | 芝浦工業大学     | 土屋 直子  | 国土技術政策総合研究所 |
|     | 榎田 佳寛  | 宇都宮大学      | 井上 波彦  | 建築研究所 構造研究G |
|     | 香取 慶一  | 東洋大学       | 向井 智久  | 建築研究所 構造研究G |
|     | 楠 浩一   | 東京大学       | 田沼 毅彦  | 建築研究所 構造研究G |
|     | 杉本 訓祥  | 横浜国立大学大学院  | 中村 聡宏  | 建築研究所 構造研究G |
|     | 中野 克彦  | 千葉工業大学     | 棚野 博之  | 建築研究所 材料研究G |
|     | 伊藤 嘉則  | 建材試験センター   | 宮内 博之  | 建築研究所 材料研究G |
|     | 細川 洋治  | 細川建築構造研究室  | 松沢 晃一  | 建築研究所 材料研究G |
|     | 渡辺 一弘  | 都市再生機構     |        |             |

表 1.3.2 使用基準・指針策定 WG 体制 (◆：建築基準整備促進事業者)

|    |        |            |        |             |
|----|--------|------------|--------|-------------|
| 主査 | 井上 芳生  | INO建築構造研究室 |        |             |
| 幹事 | ◆秋山 友昭 | 東京ソイルリサーチ  |        |             |
| 委員 | ◆隈澤 文俊 | 芝浦工業大学     | 福山 洋   | 国土技術政策総合研究所 |
|    | ◆濱崎 仁  | 芝浦工業大学     | 諏訪田 晴彦 | 国土技術政策総合研究所 |
|    | 香取 慶一  | 東洋大学       | 井上 波彦  | 建築研究所 構造研究G |
|    | 杉本 訓祥  | 横浜国立大学大学院  | 向井 智久  | 建築研究所 構造研究G |
|    | 中野 克彦  | 千葉工業大学     | 田沼 毅彦  | 建築研究所 構造研究G |
|    | 伊藤 嘉則  | 建材試験センター   | 棚野 博之  | 建築研究所 材料研究G |
|    | 細川 洋治  | 細川建築構造研究室  | 松沢 晃一  | 建築研究所 材料研究G |
|    |        | 渡辺 一弘      | 都市再生機構 |             |

表 1.3.3 性能判定基準・材料施工WG体制(◆：建築基準整備促進事業者)

|    |        |            |       |             |
|----|--------|------------|-------|-------------|
| 主査 | 榊田 佳寛  | 宇都宮大学      |       |             |
| 幹事 | ◆濱崎 仁  | 芝浦工業大学     |       |             |
| 委員 | ◆秋山 友昭 | 東京ソイルリサーチ  | 福山 洋  | 国土技術政策総合研究所 |
|    | 中野 克彦  | 千葉工業大学     | 土屋 直子 | 国土技術政策総合研究所 |
|    | 井上 芳生  | INO建築構造研究室 | 向井 智久 | 建築研究所 構造研究G |
|    | 伊藤 嘉則  | 建材試験センター   | 田沼 毅彦 | 建築研究所 構造研究G |
|    | 細川 洋治  | 細川建築構造研究室  | 中村 聡宏 | 建築研究所 構造研究G |
|    | 渡辺 一弘  | 都市再生機構     | 棚野 博之 | 建築研究所 材料研究G |
|    |        |            | 宮内 博之 | 建築研究所 材料研究G |
|    |        |            | 松沢 晃一 | 建築研究所 材料研究G |

表 1.3.4 スラブ試験WG体制(◆：建築基準整備促進事業者)

|    |        |            |       |             |
|----|--------|------------|-------|-------------|
| 主査 | ◆隈澤 文俊 | 芝浦工業大学     |       |             |
| 幹事 | 井上 芳生  | INO建築構造研究室 |       |             |
| 委員 | ◆秋山 友昭 | 東京ソイルリサーチ  | 向井 智久 | 建築研究所 構造研究G |
|    | 香取 慶一  | 東洋大学       | 田沼 毅彦 | 建築研究所 構造研究G |



## 参考文献

- 1.1) 大森正秀ほか：あと施工アンカーの長期許容応力度に関する研究 その1 研究概要，日本建築学会大会学術講演梗概集 C-2， pp. 635-636， 2011.8
- 1.2) 相葉雅史ほか：あと施工アンカーの長期許容応力度に関する研究 その2 付着強度，日本建築学会大会学術講演梗概集 C-2， pp. 637-638， 2011.8
- 1.3) 中野克彦ほか：あと施工アンカーの長期許容応力度に関する研究 その3 引張クリープ実験，日本建築学会大会学術講演梗概集 C-2， pp.639-640， 2011.8
- 1.4) 高橋宗臣ほか：あと施工アンカーの長期許容応力度に関する研究 その4 終局せん断強度，日本建築学会大会学術講演梗概集 C-2， pp.641-642， 2011.8
- 1.5) 田島祐之ほか：あと施工アンカーの長期許容応力度に関する研究 その5 せん断クリープ特性，日本建築学会大会学術講演梗概集 C-2， pp. 643-644， 2011.8
- 1.6) 水上剛ほか：あと施工アンカーの長期許容応力度に関する研究 その6 アンカー筋固着材の圧縮特性実験，日本建築学会大会学術講演梗概集 C-2， pp.645-646， 2011.8
- 1.7) 西田聖二ほか：あと施工アンカーの長期許容応力度に関する研究 その7 アンカー筋固着材の肉厚による圧縮特性への影響，日本建築学会大会学術講演梗概集 C-2， pp. 647-648， 2011.8
- 1.8) 柏崎隆志ほか：あと施工アンカーの長期許容応力度に関する研究 その8 へりあきの影響に関する FEM 解析，日本建築学会大会学術講演梗概集 C-2， pp. 649-650， 2011.8
- 1.9) 細川洋治ほか：あと施工アンカーの長期許容応力度に関する研究 その9 設計上の留意点，日本建築学会大会学術講演梗概集 C-2， pp. 651-652， 2011.8
- 1.10) 田沼毅彦ほか：鋼管コッターおよびあと施工アンカーを併用した増設スラブ接合方法の研究 その1 鋼管コッター実験，日本建築学会大会学術講演梗概集 2013(構造 IV)， pp. 241-242， 2013.8
- 1.11) 佐藤眞一郎ほか：鋼管コッターおよびあと施工アンカーを併用した増設スラブ接合方法の研究 その2 スラブ実験，日本建築学会大会学術講演梗概集 2013(構造 IV)， pp. 243-244， 2013.8
- 1.12) 田沼毅彦ほか：鋼管コッターおよびあと施工アンカーを併用した増設スラブ接合方法の研究 その3 スラブ試験体による長期載荷実験の概要と結果(スラブ中央の長期たわみ量)，日本建築学会大会学術講演梗概集 2014(構造 IV)， pp. 653-654， 2014.9
- 1.13) 佐藤眞一郎ほか：鋼管コッターおよびあと施工アンカーを併用した増設スラブ接合方法の研究 その4 スラブ試験体による長期載荷実験の結果(ひび割れ，目開き幅，振動数など)，日本建築学会大会学術講演梗概集 2014(構造 IV)， pp. 655-656， 2014.9
- 1.14) 宇田川和男ほか：鋼管コッターおよびあと施工アンカーを併用した増設スラブ接合方法の研究 その5 実建物における長期載荷実験の概要と結果，日本建築学会大会学術講演梗概集 2014(構造 IV)， pp. 657-658， 2014.9



## 第2章

### 接着系あと施工アンカー単体の性能および品質確認試験

## 2-1 検討概要

あと施工アンカーは国内外の多くのメーカーで製造され使用されている。あと施工アンカー単体の性能の確認試験としては、(一社)日本建築あと施工アンカー協会(Japan Construction Anchor Association, 以下JCAAと記す)による製品認証における評価試験が実施されており、市販のあと施工アンカーについて一定の性能を有していることを確認している。しかしながら、本課題において適用を検討している注入方式の接着系あと施工アンカーについては、認証製品も少なく、認証のための評価項目および評価基準も必ずしも注入方式のあと施工アンカーに適応したものではない場合もある。また、あと施工アンカーの性能は、引張力に対する付着強度、せん断力に対するせん断強度などの力学的特性のほか、長期的な使用を考えた場合には、持続的に作用する荷重に対する変形抵抗性(クリープ特性)、耐アルカリ性や耐凍結融解抵抗性などの耐久性も重要となるが、これらに対する確認方法も十分に整備されているとは言えない状況にある。

建築基準整備促進事業では、平成20年度～平成22年度の検討において、持続的荷重に対する試験(クリープ試験)の方法が検討され、鉄筋径および母材コンクリート強度を変えたいくつかの試験データが得られ、当該試験方法の有用性について確認がなされているものの、試験方法の標準化や性能評価方法として運用するためにはいくつかの技術的課題を残している。そのため、本課題においては、接着系あと施工アンカーが長期荷重を負担する部材への適用を想定した性能評価試験に必要となる一連の試験方法の標準化のための検討を平成27年度から平成29年度に亘って行った。

平成27年度の検討においては、接着系あと施工アンカー単体の性能および品質の確認方法の標準化のために、付着強度試験の標準化のための検討として、コンクリート母材強度、アンカー筋の径・種類、試験時の拘束条件、温度条件などを水準とした実験を実施し、試験方法標準化のための基礎的資料を整備した。また、クリープ特性に対する環境温度の影響を評価するため、温度条件の異なる長期引張試験(クリープ試験)の荷重を開始した。環境温度の影響は通常の付着強度試験(短期荷重試験)では、大きい影響を及ぼさないものの、クリープ試験においては特に樹脂系の接着剤(エポキシ樹脂)において40℃の条件で大きい変形を示した<sup>2.1)</sup>。別途実施した、接着系あと施工アンカーに作用する環境温度に関する実測データ<sup>2.2)</sup>からは、夏季においては40℃程度の温度が継続すること、コンクリート表面付近では最高で60℃程度まで温度が上昇することが確認されている。2.2節にて、その内容を報告する。

平成28年度の検討においては、長期引張試験として、クリープによる破壊限度を得るための短期クリープ試験、および温度条件、応力条件の異なるクリープ試験を実施した。また、平成27年度に荷重開始した長期引張試験(350日間のクリープ試験)の試験結果およびその評価について検討した。



2.3節にて、その内容を報告する。

平成29年度においては、2.5節で提案されているクリープ試験方法の原案に応じたクリープ試験の実施、ばらつき等に関する検討を行った。2.4節にて、その内容を報告する。また、2.5節では、これまでの検討結果を踏まえ、アンカー単体の性能評価試験に必要となる評価試験方法(付着強度、持続的荷重、引張強度、せん断強度)の提案を行った。

## 2-2 長期および短期引張試験・短期せん断試験（平成27年度実施）

### 2-2-1 実験概要

2-2節では、平成27年に実施した、接着系あと施工アンカー単体の性能確認試験の標準化のための検討として、試験項目の設定、試験体製作方法の検討、試験体の形状・寸法、載荷、計測などの標準化のための影響要因に関する検討を報告する。

引張応力に対する性能評価試験（付着強度試験）とせん断応力に対する性能評価試験に区分してとりまとめた。また、引張応力については、短期載荷試験と長期載荷試験（クリープ試験）のそれぞれについてとりまとめた。長期載荷試験については、本項では、載荷の状況および載荷直後の試験結果までをとりまとめた。350日後の実験結果については、 2.3.3.18 および  2.3.3.19 にて示されている。せん断応力に対するクリープ試験については、既往の検討<sup>2,3)</sup>においてクリープ変形が問題にならないことが確認されていることから、本検討課題での検討対象としていない。

2-2-2 引張応力に対する性能評価試験

2-2-2-1 実験計画

2-2-2-1-1 実験の要因と水準

引張応力に対する性能評価試験は、母材となるコンクリートのアンカー筋を固着した試験体に対してアンカー筋に引張力を載荷し、アンカー筋と母材コンクリート間の付着強度を評価する。実験では、付着試験結果に影響を及ぼすと思われる要因について検討し、標準的な方法を定めるための実験要因および水準を設定した。

表 2.2.2.1-1 に実験の要因と水準を示す。ここで、これらの要因と水準を設定した理由は以下に示す。

(1) 試験体の条件

あと施工アンカーの付着強度は母材コンクリート強度の影響を受け、国土交通省「あと施工アンカー・連続繊維補強設計・施工指針」<sup>2.4)</sup>においては、引張耐力の算定式として(2.2.2.1-1)式のような設計式が提案されている。また、日本建築学会「各種合成構造設計指針」<sup>2.5)</sup>においても同様の算定式が示されている。一方、既往の実験データの分析結果<sup>2.6)</sup>からは、必ずしもこの式に従わないという報告もあるが、これらの関係がアンカー筋の種類や径の影響を含めて整理された例はない。

$$T_{a3} = 10 \cdot \sqrt{\frac{\sigma_B}{21}} \cdot \pi \cdot d_a \cdot l_e \tag{2.2.2.1-1}式$$

ここに、

$T_{a3}$  : 接着系アンカーの付着性能により決まる場合のアンカー1本当たりの引張耐力(N)

$\sigma_B$  : コンクリートの圧縮強度(N/mm<sup>2</sup>)

$d_a$  : アンカー軸部の直径(mm)

$l_e$  : 有効埋込み長さ(mm)

表 2.2.2.1-1 実験の要因と水準

| 区分 | 条件   | 要因                           | 水準数 | 水準                                      |
|----|------|------------------------------|-----|---|
| 短期 | 試験体  | コンクリート目標強度 ( $\sigma_{B0}$ ) | 4   | 12, 18, <u>27</u> , 36N/mm <sup>2</sup> |
|    |      | アンカー筋種類・径                    | 5   | D13, D19, <u>M12</u> , M20, D13 先付け     |
|    |      | 埋込み長さ                        | 3   | <u>5da</u> , 7da, 10da                  |
|    |      | 座掘                           | 3   | 無し, <u>両面</u> , 片面                      |
|    | 試験条件 | 拘束孔径                         | 3   | 2D, <u>1.5D</u> , 1.2D (D: 穿孔径)         |
|    |      | 試験時試験体温度                     | 4   | 5°C, <u>20°C</u> , 40°C, 60°C           |
|    |      | 接着剤種類                        | 3   | <u>エポキシ系</u> , エポキシアクリレート系, セメント系       |
| 長期 | グループ | 試験時温度                        | 3   | 5°C, <u>20°C</u> , 40°C                 |
|    |      | 接着剤種類                        | 2   | エポキシ系, セメント系                            |
|    |      | 載荷荷重                         | 1   | $\tau=15\text{N/mm}^2$                  |

注：下線部の水準は、本実験で標準とした条件を示す。

また、付着試験を行う場合の試験体に用いるアンカー筋は、試験実施やアンカー筋の入手の容易さなどの点からは全ねじボルトをアンカー筋とした方が試験実施は容易である。しかしながら構造躯体にあと施工アンカーを適用する場合には、一般に異形鉄筋を用いる。これらのアンカー筋の種類による影響は、付着破壊時の破壊面の違いやコンクリート強度の違いなどと関係していることが予想されることから、標準的な試験方法を検討する上では、コンクリート強度とアンカー筋の種類や径の影響と合わせて整理する必要がある。また、低強度のコンクリートでも同様の評価が可能かということを確認するため、コンクリートの目標強度を  $12\text{N/mm}^2$  とした水準を設定した。

その他の試験体の条件として、埋込み長さ（本実験では、有効埋込み長さと同義）の影響と試験体への座掘りの有無および深さの影響について検討した。本実験では、付着強度の評価を行うため、コンクリート面は拘束した状態でアンカー筋の降伏や破断を生じない荷重とするために、埋込み長さを  $5d_a$ （鉄筋呼び径の5倍）を標準としている。実際の部材への施工では付着破壊を生じさせないために埋込み長さはより大きくなることから、付着強度に関する埋込み長さの影響について確認する水準を設けた。

## (2) 試験条件

標準的な試験方法を検討するにあたり、試験時の各種条件が及ぼす影響について検討を行った。本実験では、コンクリートの拘束条件として試験体への座掘りの大きさの影響、試験時の温度と接着剤の種類について確認を行った。

座掘りの大きさは、ACI 指針<sup>2.7)</sup>、ETAG 認証基準<sup>2.8)</sup>などでは、拘束試験では穿孔径の1.5倍～2.0倍とすると規定されている。固着させたアンカーのコンクリート表面付近では施工上の問題が生じやすくなることやコンクリートの表層強度の影響などを考慮し、本実験では  $2d_a$  分の座掘りを行うことを標準としている。したがって、拘束板ではなく座掘りの穿孔径で調整した。

試験時温度および接着剤の種類は、あと施工アンカーが実際に受ける温度範囲で性能の確認の要否が必要かどうかを確認するために実施した。あと施工アンカーが屋外で使用された場合、コンクリートの表面温度は  $60^\circ\text{C}$  程度まで上昇し、あと施工アンカーも表層部では瞬間的には  $60^\circ\text{C}$  程度にまで上昇することが分かっている。また、冬季には関東地方でも氷点下まで下がり、コンクリート中でも  $5^\circ\text{C}$  前後まで温度は低下する。これらのことを考慮し、本実験では、 $5^\circ\text{C}$  から  $60^\circ\text{C}$  までの温度範囲での付着強度および変形性状を確認した。

## (3) クリープ試験

持続荷重に対する変形性状（クリープ性状）の評価として、クリープ試験を行う。クリープ試験の方法や評価方法については、これまでの基準整備促進事業の成果<sup>2.9)</sup>、久保田らが実施した試験<sup>2.10)</sup>などが実施されているが、試験時の温度の影響については確認されていない。本実験では、前述の短期試験における温度の影響の確認と関連し、クリープ試験時の温度の影響について確認を行い、試験条件の設定等に関する検討を行う。

2-2-2-1-2 実験スケジュール

実験スケジュールの概略を図 2.2.2.1-1 に示す。また、試験体の水準ごとの母材コンクリート打設日、施工日、試験実施日を表 2.2.2.1-2 に示す。

|                    | H27年10月 | H27年11月          | H27年12月         | H28年1月 | H28年2月                  | H28年3月        |
|--------------------|---------|------------------|-----------------|--------|-------------------------|---------------|
| 実験計画<br>検討         | ←→      |                  |                 |        |                         |               |
| 母材コン<br>クリート<br>打設 |         | 11/24・12/1<br>←→ |                 |        |                         |               |
| アンカー<br>施工         |         |                  | 12/15~19<br>↔   |        | 2/15~19 (No.16・18)<br>↔ |               |
| 短期載荷<br>試験         |         |                  | 12/19~1/7<br>←→ |        | 2/26~3/2<br>↔           |               |
| クリープ<br>試験         |         |                  |                 |        | 2/19~5月下旬<br>←→         |               |
| 試験結果<br>とりまとめ      |         |                  |                 |        |                         | 3/4事業完了<br>←→ |

図 2.2.2.1-1 実験スケジュール



表 2.2.2.1-2 試験体の水準と施工日，試験日

| 水準<br>No. | 区分   | 母材<br>強度 | アンカー<br>筋 | 埋込み<br>長さ | 座堀径  | 接着剤<br>種類 | 試験体<br>温度 | 母材<br>打設日 | アンカー<br>施工日 | 引張<br>試験日 |
|-----------|------|----------|-----------|-----------|------|-----------|-----------|-----------|-------------|-----------|
| 1         | 短期   | 27       | M12       | 5da       | 1.5D | EP        | 20℃       | 12/1      | 12/17       | 12/24     |
| 2         | 短期   | 27       | D13       | 5da       | 1.5D | EP        | 20℃       | 12/1      | 12/16       | 12/22     |
| 3         | 短期   | 27       | D19       | 5da       | 1.5D | EP        | 20℃       | 12/1      | 12/16       | 12/25     |
| 4         | 短期   | 27       | M20       | 5da       | 1.5D | EP        | 20℃       | 12/1      | 12/17       | 12/25     |
| 5         | 短期   | 18       | M12       | 5da       | 1.5D | EP        | 20℃       | 12/1      | 12/17       | 12/25・26  |
| 6         | 短期   | 18       | D13       | 5da       | 1.5D | EP        | 20℃       | 12/1      | 12/17       | 12/28     |
| 7         | 短期   | 18       | D19       | 5da       | 1.5D | EP        | 20℃       | 12/1      | 12/17       | 12/26・28  |
| 8         | 短期   | 18       | M20       | 5da       | 1.5D | EP        | 20℃       | 12/1      | 12/17       | 12/26     |
| 9         | 短期   | 36       | M12       | 5da       | 1.5D | EP        | 20℃       | 11/24     | 12/15       | 12/19・21  |
| 10        | 短期   | 36       | D13       | 5da       | 1.5D | EP        | 20℃       | 11/24     | 12/15       | 12/19・21  |
| 11        | 短期   | 36       | D19       | 5da       | 1.5D | EP        | 20℃       | 11/24     | 12/15       | 12/21・22  |
| 12        | 短期   | 36       | M20       | 5da       | 1.5D | EP        | 20℃       | 11/24     | 12/15       | 12/24     |
| 13        | 短期   | 12       | D19       | 5da       | 1.5D | EP        | 20℃       | 12/1      | 12/18       | 1/4       |
| 14        | 短期   | 27       | D13 先     | 7da       | 1.5D | EP        | 20℃       | 12/1      | 12/1        | 12/28・29  |
| 15        | 短期   | 27       | D19 先     | 7da       | 1.5D | EP        | 20℃       | 12/1      | 12/1        | 12/29     |
| 16        | 短期   | 27       | M12       | 7da       | 1.5D | EP        | 20℃       | 12/1      | 2/18        | 2/29      |
| 17        | 短期   | 27       | M12       | 5da       | 1.5D | EP        | 20℃       | 12/1      | 12/17       | 12/24     |
| 18        | 短期   | 27       | M12       | 5da       | 座堀無  | EP        | 20℃       | 12/1      | 2/18        | 2/29      |
| 19        | 短期   | 27       | M12       | 5da       | 両面座堀 | EP        | 20℃       | 12/1      | 2/18        | 2/29      |
| 20        | 短期   | 27       | M12       | 10da      | 1.5D | EP        | 20℃       | 12/1      | 2/18        | 2/29      |
| 21        | 短期   | 27       | M12       | 5da       | 2.0D | EP        | 20℃       | 12/1      | 12/19       | 1/4       |
| 22        | 短期   | 27       | M12       | 5da       | 1.5D | EP        | 20℃       | 12/1      | 12/17       | 12/24     |
| 23        | 短期   | 27       | M12       | 5da       | 1.2D | EP        | 20℃       | 12/1      | 12/19       | 1/4       |
| 24        | 短期温度 | 27       | M12       | 5da       | 1.5D | C         | 5℃        | 12/1      | 12/16       | 1/5       |
| 25        | 短期温度 | 27       | M12       | 5da       | 1.5D | EP        | 5℃        | 12/1      | 12/19       | 1/5       |
| 26        | 短期温度 | 27       | M12       | 5da       | 1.5D | EA        | 5℃        | 12/1      | 12/18       | 1/5       |
| 27        | 短期温度 | 27       | M12       | 5da       | 1.5D | C         | 20℃       | 12/1      | 12/16       | 1/5       |
| 28        | 短期温度 | 27       | M12       | 5da       | 1.5D | EP        | 20℃       | 12/1      | 12/17       | 12/24     |
| 29        | 短期温度 | 27       | M12       | 5da       | 1.5D | EA        | 20℃       | 12/1      | 12/18       | 1/5       |
| 30        | 短期温度 | 27       | M12       | 5da       | 1.5D | C         | 40℃       | 12/1      | 12/16       | 1/6       |
| 31        | 短期温度 | 27       | M12       | 5da       | 1.5D | EP        | 40℃       | 12/1      | 12/19       | 1/6       |
| 32        | 短期温度 | 27       | M12       | 5da       | 1.5D | EA        | 40℃       | 12/1      | 12/18       | 1/6       |
| 33        | 短期温度 | 27       | M12       | 5da       | 1.5D | C         | 60℃       | 12/1      | 12/16       | 1/7       |
| 34        | 短期温度 | 27       | M12       | 5da       | 1.5D | EP        | 60℃       | 12/1      | 12/19       | 1/7       |
| 35        | 短期温度 | 27       | M12       | 5da       | 1.5D | EA        | 60℃       | 12/1      | 12/18       | 1/7       |

表中のハッチ部分は、比較用の重複する水準であり、試験は水準 No1 として実施している。

2-2-2-1-3 試験体

(1)形状および寸法

試験体は、コンクリートの変形を拘束するため、外径φ216.3mm、厚8.2mmの鋼管内にコンクリートを打設して製作した。また、穿孔時の端部の損傷を防止するため、事前に厚さ40mmのコンクリートを打ち込んでおき、その上に試験体となるコンクリートを打ち重ねた状態で穿孔した。試験体の厚さは、アンカー筋の種類・径ごとに穿孔径や穿孔深さが異なるため、表2.2.2.1-3に示す寸法で製作している。図2.2.2.1-2に試験体の寸法および形状を示す。

試験体数は、各水準7体を標準とした。

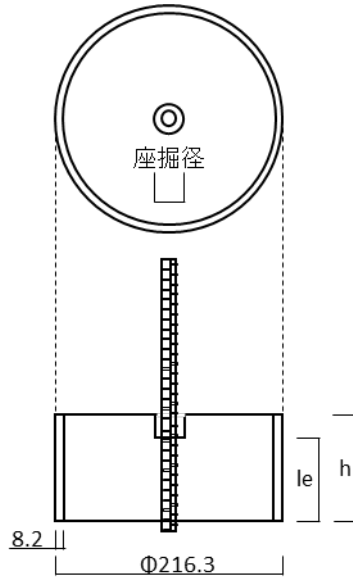


図 2.2.2.1-2 試験体の寸法および形状

表 2.2.2.1-3 試験体の寸法一覧

| アンカー筋 | 埋込み長さ | 試験体高さ h(mm) | 有効埋込み長さ le(mm) | 穿孔径 D (mm)             | 座掘径(mm) |      |      |
|-------|-------|-------------|----------------|------------------------|---------|------|------|
|       |       |             |                |                        | 1.5D    | 1.2D | 2.0D |
| M12   | 5da   | 84          | 60             | 14 (樹脂系)<br>16 (セメント系) | 21.5    | 17.0 | 28.0 |
|       | 7da   | 84          | 84             | 14                     | 21.5    | —    | —    |
|       | 10da  | 144         | 120            | 14                     | 21.5    | —    | —    |
| D13   | 5da   | 91          | 65             | 16                     | 24.0    | —    | —    |
| D19   | 5da   | 133         | 95             | 24                     | 35.0    | —    | —    |
| M20   | 5da   | 140         | 100            | 23                     | 35.0    | —    | —    |

(2)使用材料

1)コンクリート

母材コンクリートは、目標強度 ( $\sigma_{B0}$ ) を 12N/mm<sup>2</sup>, 18N/mm<sup>2</sup>, 27N/mm<sup>2</sup>および 36N/mm<sup>2</sup>の4種類の調合とした。このうち、 $\sigma_{B0}=12$  および 18N/mm<sup>2</sup>については、住友大阪セメント(株)セメント・コンクリート研究所において製造および打込みを行った。 $\sigma_{B0}=27$  および 36N/mm<sup>2</sup>については、レデ

イーミクストコンクリートを使用し、(株)アシスにおいて打ち込んだ。いずれの調合も目標スランブ18cm, 目標空気量4.5%とした。表2.2.2.1-4に母材コンクリートの使用材料, 表2.2.2.1-5に調合, 表2.2.2.1-6にフレッシュ試験の結果を示す。

母材コンクリートの強度は、材齢28日標準養生供試体の圧縮強度およびヤング係数試験と、付着試験の実施日と同程度の材齢となる日に現場封かん養生供試体の圧縮強度およびヤング係数試験を行った。試験方法は、JIS A 1108 および JIS A 1149 に従った。

圧縮強度および静弾性係数試験の結果を表2.2.1.7に示す。また、圧縮強度と静弾性係数の関係を図2.2.2.1-3に示す。圧縮強度は、目標強度が12および18N/mm<sup>2</sup>のコンクリートは目標よりも強度が大きく、目標強度27N/mm<sup>2</sup>のコンクリートは目標よりも強度が小さい結果となった。

表2.2.2.1-4 母材コンクリートの使用材料

| $\sigma_{B0}$                                     | 材料          | 仕様  |
|---|-------------|---|
| 12N/mm <sup>2</sup><br>および<br>18N/mm <sup>2</sup> | セメント(C)     | 普通ポルトランドセメント (密度: 3.16g/cm <sup>3</sup> )       |
|   | 水(W)        | 水道水   |
|   | 粗骨材(G1)     | 青森県八戸市産石灰石砕石 2010 (表乾密度 2.71g/cm <sup>3</sup> ) |
|   | 粗骨材(G2)     | 栃木県佐野市産珪岩砕石 2005 (表乾密度 2.63g/cm <sup>3</sup> )  |
|   | 粗骨材(G3)     | 青森県八戸市産石灰石砕石 1505 (表乾密度 2.71g/cm <sup>3</sup> ) |
|   | 細骨材(S1)     | 福岡県北九州市産石灰石砕砂 (表乾密度 2.69g/cm <sup>3</sup> )     |
|   | AE 減水剤(Ad1) | リグニンスルホン酸塩およびオキシカルボン酸塩 AE 減水剤標準型                |
|   | 空気量調整剤(Ad2) | ポリアルキレングリコール誘導体空気量調整剤                           |
| 27N/mm <sup>2</sup><br>および<br>36N/mm <sup>2</sup> | セメント(C)     | 普通ポルトランドセメント (密度: 3.16g/cm <sup>3</sup> )       |
|   | 水(W)        | 水道水   |
|   | 粗骨材(G1)     | 茨城県つくば市産砕石 2005 (表乾密度 2.67g/cm <sup>3</sup> )   |
|   | 粗骨材(G2)     | 茨城県石岡市産砕石 2005 (表乾密度 2.67g/cm <sup>3</sup> )    |
|   | 細骨材(S1)     | 茨城県鹿嶋市産陸砂 (表乾密度 2.58g/cm <sup>3</sup> )         |
|   | 細骨材(S2)     | 茨城県行方市産陸砂 (表乾密度 2.58g/cm <sup>3</sup> )         |
|   | AE 減水剤(Ad1) | リグニンスルホン酸塩およびオキシカルボン酸塩 AE 減水剤標準型                |

表2.2.2.1-5 母材コンクリートの調合

| $\sigma_{B0}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 呼び<br>強度 | W/C<br>(%) | S/a<br>(%) | 単位量(kg/m <sup>3</sup> ) |     |     |     |     |      |     |      |      |
|---------------------------------------|----------|------------|------------|-------------------------|-----|-----|-----|-----|------|-----|------|------|
|                                       |          |            |            | C                       | W   | G1  | G2  | G3  | S1   | S2  | Ad1  | Ad2  |
| 12                                    | —        | 89.0       | 56.0       | 211                     | 188 | 162 | 470 | 162 | 1022 | —   | 2.11 | 0.32 |
| 18                                    | —        | 79.8       | 53.8       | 236                     | 188 | 173 | 505 | 173 | 1001 | —   | 2.36 | —    |
| 27                                    | 18       | 67.0       | 48.6       | 265                     | 177 | 478 | 475 | —   | 436  | 433 | 2.65 | —    |
| 36                                    | 30       | 49.5       | 45.0       | 364                     | 180 | 486 | 483 | —   | 384  | 384 | 3.64 | —    |

表 2.2.2.1-6 母材コンクリートのフレッシュ性状

| $\sigma_{B0}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 打設日   | バッチ   | スランプ<br>(cm) | スランプフ<br>ロー(cm) | 空気量<br>(%) | 練上り温度<br>(°C) |
|---------------------------------------|-------|-------|--------------|-----------------|------------|---------------|
| 12                                    | 11/24 | 1バッチ目 | 22.5         | 41/42           | 5.0        | 20.2          |
| 18                                    | 11/24 | 1バッチ目 | 23.5         | 44/42           | 5.0        | 20.2          |
|                                       | 11/24 | 3バッチ目 | 23.0         | 42/41           | 5.4        | 20.0          |
| 27                                    | 11/24 | —     | 18.5         | —               | 4.8        | 22.0          |
| 36                                    | 12/1  | —     | 18.5         | —               | 5.1        | 19.0          |

表 2.2.2.1-7 母材コンクリートの強度試験結果

| $\sigma_{B0}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 打設日    |                            |        | 現場封かん養生 |        |      |       |
|---------------------------------------|--------|----------------------------|--------|---------|--------|------|-------|
|                                       |        | 試験日                        | 標準養生   | 1月4日    |        |      |       |
| 12                                    | 11月24日 | 試験日                        | 12月22日 | 1月4日    |        |      |       |
|                                       |        | 材齢(日)                      | 28     | 44      |        |      |       |
|                                       |        | 圧縮強度(N/mm <sup>2</sup> )   | 19.0   | 20.2    |        |      |       |
|                                       |        | ヤング係数(kN/mm <sup>2</sup> ) | 22.9   | 24.9    |        |      |       |
| 18                                    | 11月24日 | 試験日                        | 12月22日 | 12月26日  |        |      |       |
|                                       |        | 材齢(日)                      | 28     | 32      |        |      |       |
|                                       |        | 圧縮強度(N/mm <sup>2</sup> )   | 23.9   | 22.4    |        |      |       |
|                                       |        | ヤング係数(kN/mm <sup>2</sup> ) | 27.9   | 24.3    |        |      |       |
| 27                                    | 12月1日  | 試験日                        | 12月29日 | 12月22日  | 12月29日 | 1月4日 | 2月20日 |
|                                       |        | 材齢(日)                      | 28     | 21      | 28     | 34   | 88    |
|                                       |        | 圧縮強度(N/mm <sup>2</sup> )   | 21.6   | 20.3    | 22.3   | 22.6 | 25.4  |
|                                       |        | ヤング係数(kN/mm <sup>2</sup> ) | 18.3   | 18.8    | 18.8   | 20.5 | 20.5  |
| 36                                    | 11月24日 | 試験日                        | 12月22日 | 12月19日  |        |      |       |
|                                       |        | 材齢(日)                      | 28     | 25      |        |      |       |
|                                       |        | 圧縮強度(N/mm <sup>2</sup> )   | 34.3   | 33.7    |        |      |       |
|                                       |        | ヤング係数(kN/mm <sup>2</sup> ) | 22.7   | 25.1    |        |      |       |

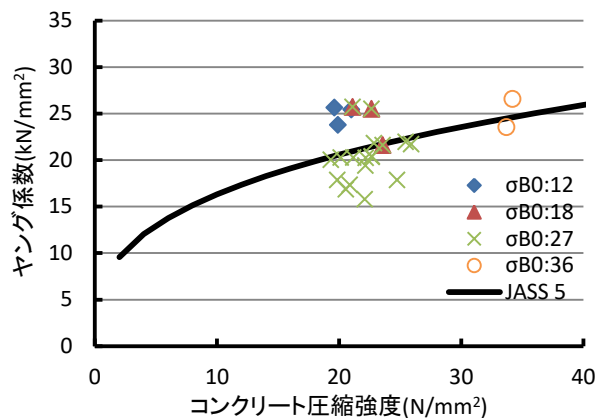


図 2.2.2.1-3 母材コンクリートの圧縮強度とヤング係数の関係

2)アンカー筋

アンカー筋は、全ねじボルトと異形鉄筋を用いた。全ねじボルトは、鋼種が JIS G 4107（高温用合金鋼ボルト材）に規定される SNB7、呼び名 M12 および M20、異形鉄筋は、降伏点強度 785N/mm<sup>2</sup>相当、呼び名 D13 および D19 の高強度鉄筋を用いた。また、M12 のボルトについては、埋込み長さが 7da の水準（水準 No.16）および 10da の水準（水準 No.20）のみ高強度の全ねじボルトを用いた。実験に用いたアンカー筋の機械的性質を表 2.2.2.1-8 に示す。

表 2.2.2.1-8 アンカー筋の機械的性質

| アンカー筋種類 | 鋼種     | 降伏点強度 (N/mm <sup>2</sup> ) | ヤング係数 (kN/mm <sup>2</sup> ) | 引張強さ (N/mm <sup>2</sup> ) | 破断伸び (%) |
|---------|--------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|----------|
| M12     | SNB7*  | 725 以上                     | —                           | 860 以上                    | 16 以上    |
|         | 高強度**  |                            |                             | 1000 以上                   |          |
| D13     | MK785  | 805                        | 1.66×10 <sup>2</sup>        | 986                       | 10.1     |
| D19     | SHD685 | 742                        | 1.70×10 <sup>2</sup>        | 989                       | 11.6     |
| M20     | SNB7*  | 725 以上                     | —                           | 860 以上                    | 16 以上    |

\* JIS G 4107 における規格値

\*\* ドイツより輸入した高強度ねじ筋（引張強さの最小値のみ規定）

3)接着剤および施工方式

接着剤はエポキシ系の樹脂を標準として用い、注入方式・カートリッジ型・ミキシングノズル式で施工した。また、温度の影響を確認する水準（表 2.2.2.1-2 の水準 No.24～35）においては、エポキシ系樹脂のほか、エポキシアクリレート系の樹脂（注入方式・カートリッジ型）およびセメント系（注入方式・現場調合型）の接着剤を用いた。実験に使用した接着剤の品質を表 2.2.2.1-9 に示す。

表 2.2.2.1-9 使用した接着剤の品質

| 品質項目          | フィラー配合率 (%) | 圧縮強さ (N/mm <sup>2</sup> ) | 圧縮弾性率 (N/mm <sup>2</sup> ) | 引張強さ (N/mm <sup>2</sup> ) | 曲げ強さ (N/mm <sup>2</sup> ) |
|---------------|-------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| JCAA 製品認証規格値* | —           | 98.0 以上                   | 2000 以上                    | 19.6 以上                   | 29.4 以上                   |
| エポキシ系         |             | 110.0                     | 2220                       | 44.3                      | 67.7                      |
| エポキシアクリレート系   |             | 198.6                     | 2230                       | 52.0                      | 86.4                      |
| セメント系         |             | 62.1                      | —                          | —                         | 9.1                       |

\*: フィラーを含まない樹脂の規格値

(3)試験体の製作方法

試験体の製作手順を表 2.2.2.1-10 および表 2.2.2.1-11 に示す。本実験では、穿孔の精度を確保するために専用の治具を用いた。また、アンカー筋の固着の際にも専用の治具を用いて垂直になるように施工した。穿孔用の治具の概略図を図 2.2.1-4 に、固着時の垂直保持用の治具の図面を図 2.2.2.1-5 に示す。また、写真 2.2.2.1-1 に専用治具への固定状況、写真 2.2.2.1-2 に穿孔状況、写真 2.2.2.1-3 に接着剤の注入状況、写真 2.2.2.1-4 にアンカー筋の固着状況を示す。

試験体の施工は、建築研究所複合材料実験棟内で実施し、施工期間中の温度は空調によって 20±3℃

程度の範囲で行っている。

表 2.2.2.1-10 試験体の製作手順（エポキシ系・エポキシアクリレート系）

| 施工の流れ           | 手順   |
|-----------------|--|
| ①準備             | 施工工具、アンカー筋の準備（適当な長さに切断）  |
| ②墨出し            | 墨出し基準位置の確認   |
| ③コンクリートドリルの選定   | 穿孔径に応じたドリルビットを選定する   |
| ④マーキング（ドリル）     | 所定の穿孔深さとなるようにドリルビットにマーキングをする   |
| ⑤コンクリートへの穿孔     | 母材面に直角になるように所定の深さまで穿孔する  |
| ⑥孔内清掃および穿孔深さの確認 |  |
| 1. 吸じん          | 穿孔後、孔の中の切粉を吸じんする   |
| 2. 穿孔深さの確認      | 穿孔深さを確認する  |
| 3. ブラッシング       | 穿孔側面にブラシをかけ孔内を清掃する   |
| 4. 吸じん          | 再度孔内を吸じんし、孔の中を清掃する   |
| ⑦マーキング（アンカー筋）   | 穿孔深さに合わせてアンカー筋にマーキングする   |
| ⑧注入             | ミキシングノズルを孔底まで挿入し孔底および樹脂内にエア溜まりが出来ないようにノズルを引き上げながら注入する                              |
| ⑨アンカー筋埋込み       | アンカー筋を手でゆっくり回転させながら一定の速度で孔底まで埋込む   |
|                 | 樹脂の内部にエア溜まりがある場合またはアンカー筋挿入時にエアが樹脂内に巻き込まれた場合は、アンカー筋を上下させてエアが抜けたことを確認後上記のように回転させて埋込む |
| ⑩硬化養生           | 所定の硬化時間内はアンカー筋を動かさず、所定の温度以上を保つ   |

表 2.2.2.1-11 試験体の製作手順（セメント系） エポキシ系との相違点のみ

| 施工の流れ     | 手順   |
|-----------|--|
| ⑧材料の混練    | セメント粉体等が入ったカートリッジに専用混和液を入れカートリッジを上下に5、6回大きく振ってかき混ぜる                                |
|           | 電動ドリルおよび専用のミキサを用いて20秒間攪拌する   |
| ⑨注入       | プラスチックノズルを孔底まで挿入し、孔底および樹脂内にエア溜まりが出来ないようにノズルを引き上げながら注入する                            |
| ⑩アンカー筋埋込み | アンカー筋を手でゆっくり回転させながら一定の速度で孔底まで埋込む   |
|           | 樹脂の内部にエア溜まりがある場合またはアンカー筋挿入時にエアが樹脂内に巻き込まれた場合は、アンカー筋を上下させてエアが抜けたことを確認後上記のように回転させて埋込む |
| ⑪硬化養生     | 所定の硬化時間内はアンカー筋を動かさない   |

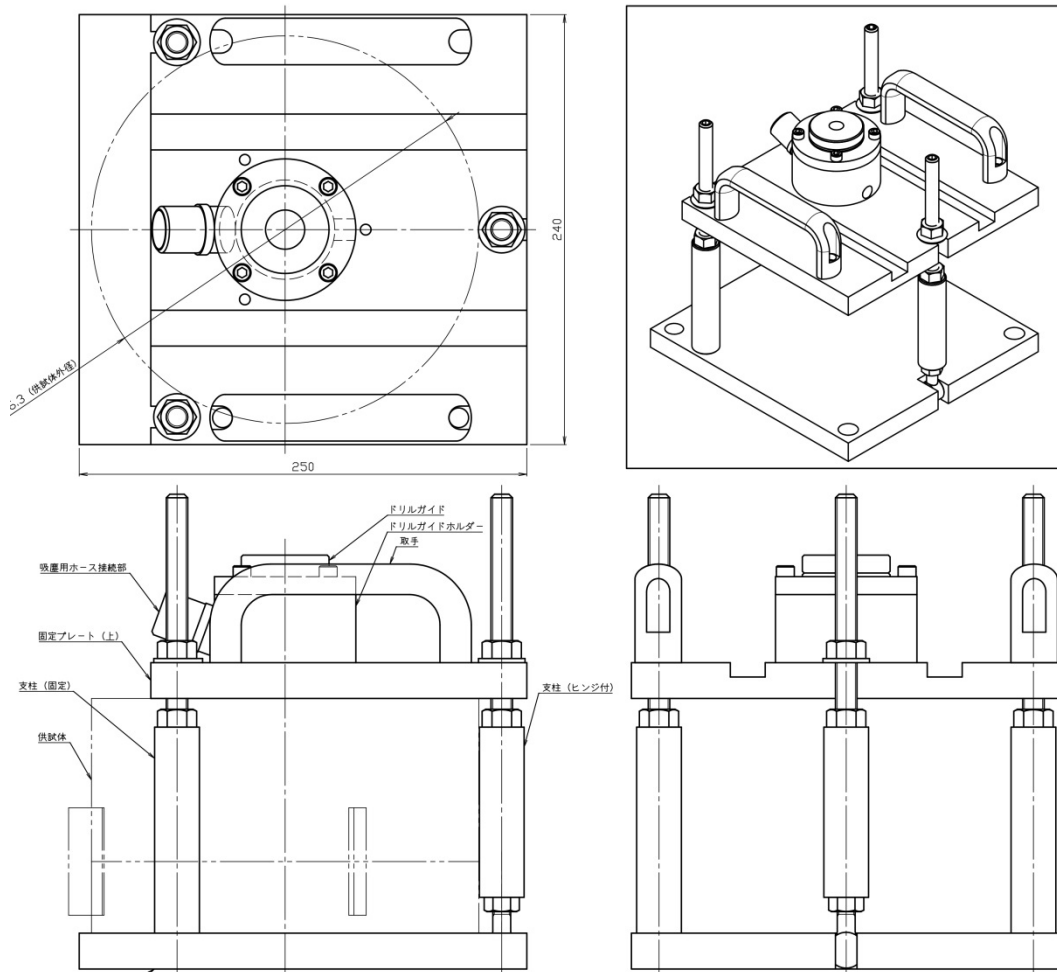


図 2.2.2.1-4 穿孔用治具の概略図

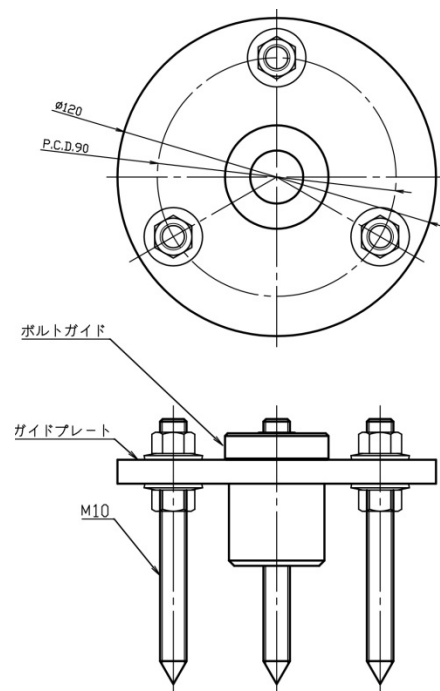


図 2.2.2.1-5 固着時の垂直保持用治具



写真 2.2.2.1-1 試験体の固定状況



写真 2.2.2.1-2 穿孔状況



写真 2.2.2.1-3 接着剤の注入状況



写真 2.2.2.1-4 アンカー筋の固着状況

(4) 試験体の施工精度

本実験では、専用の治具を用いて穿孔およびアンカー筋の固着を行った。本実験では、穿孔深さ、穿孔径、アンカー筋の垂直度について施工精度を測定した。穿孔深さは試験体の高さから座掘りの深さを計測して減じた値とした。これらの施工精度を表 2.2.2.1-12 に示す。

表 2.2.2.1-12 試験体の施工精度

| アンカー筋<br>(試験体数) | 埋込み長さ(mm) |       |      | 穿孔径(mm) |      |      | 垂直度(deg.) |       |      |
|-----------------|-----------|-------|------|---------|------|------|-----------|-------|------|
|                 | 目標値       | 平均値   | 標準偏差 | 目標値     | 平均値  | 標準偏差 | 平均値       | 標準偏差  |      |
| D13(3)          | 65.0      | 66.4  | 1.37 | 16.0    |      |      | ±1.80     | 0.69  |      |
| D19(4)          | 95.0      | 104.9 | 2.57 | 24.0    |      |      | ±1.70     | 0.80  |      |
| M12             | エポキシ(17)  | 60.0  | 65.3 | 4.68    | 14.0 | 14.2 | 0.53      | ±1.84 | 0.76 |
|                 | セメント(4)   |       |      |         | 16.0 | 16.2 | 0.10      |       |      |
| M20(3)          | 100.0     | 108.9 | 1.50 | 23.0    |      |      | ±1.48     | 1.03  |      |



2-2-2-1-4 加力・計測方法

(1) 短期荷重試験

短期荷重試験用の試験装置は、異形鉄筋と全ねじボルトではアンカー筋と荷重用ロッド間のチャックの形状が異なるため、それぞれ別の荷重試験装置を用いた。図 2.2.2.1-6 に異形鉄筋用の荷重装置、図 2.2.2.1-7 に全ねじボルト用の荷重装置、図 2.2.2.1-8 に変位の計測状況を示す。また、写真 2.2.2.1-5 および写真 2.2.2.1-6 に計測状況を示す。写真 2.2.2.1-7 に異形鉄筋用のチャックを示す。

試験体への加力は油圧ジャッキおよび油圧ポンプを用いて、荷重速度 30kN/min 程度となるように手で荷重した。荷重の計測はセンターホール型のロードセルを用いた。変位の計測は、自由端変位 1 箇所、荷重側の変位を 2 箇所とした。自由端変位は試験体の自由端側の母材に鋼板を張り付けてそこに変位計を固定することによって母材コンクリートの変形の影響を除いた。コンクリート荷重側の

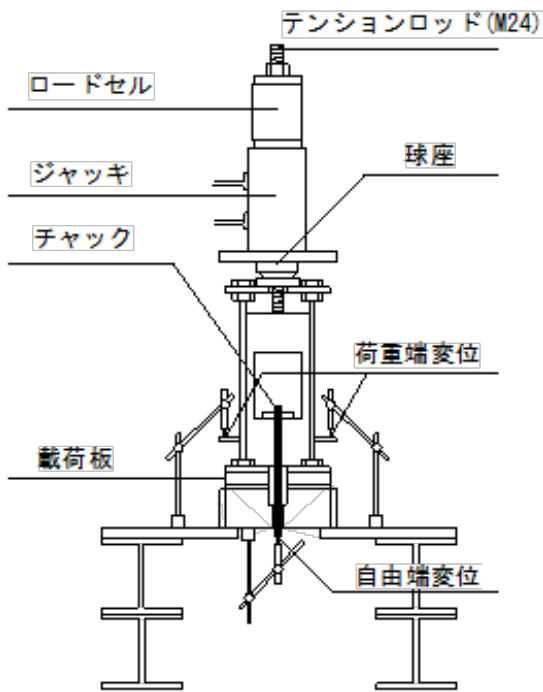


図 2.2.2.1-6 荷重試験装置（異形鉄筋用）

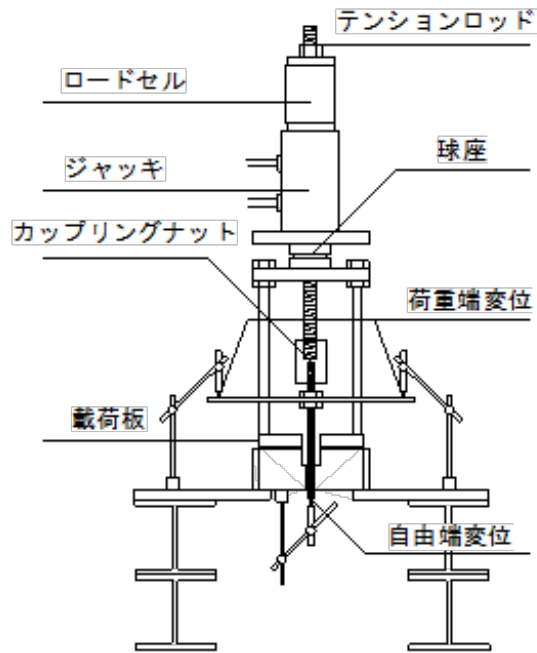


図 2.2.2.1-7 荷重試験装置（全ねじボルト用）

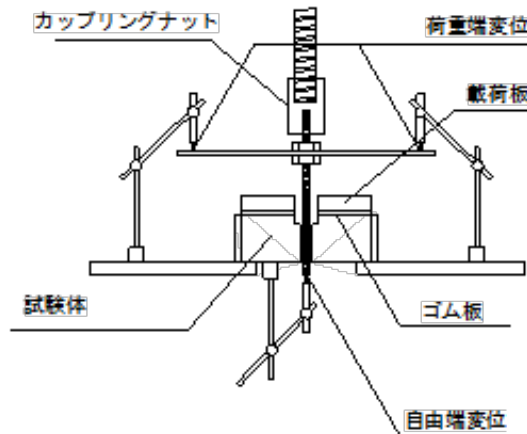


図 2.2.2.1-8 変位計測の状況図

変位はコンクリート表面から高さ 80mm の位置で左右 2 箇所計測し、異形鉄筋、全ねじボルトとも同じ位置とした。ロードセルおよび変位計はデータロガーに接続し、荷重中は 1 秒間隔で連続測定を行った。

試験時の温度の管理は、20℃環境については、試験室を 20±2℃となるように空調し、試験体は試験実施 24 時間以上前に 20℃・60%R.H.の恒温恒湿槽内で養生した。5℃、40℃、60℃の水準については、試験体を試験実施 48 時間以上前に所定の温度の恒温恒湿槽内で養生し、試験直前に移動して 20±2℃の試験室内で試験を行った。



写真 2.2.2.1-5 荷重試験装置（異形鉄筋）

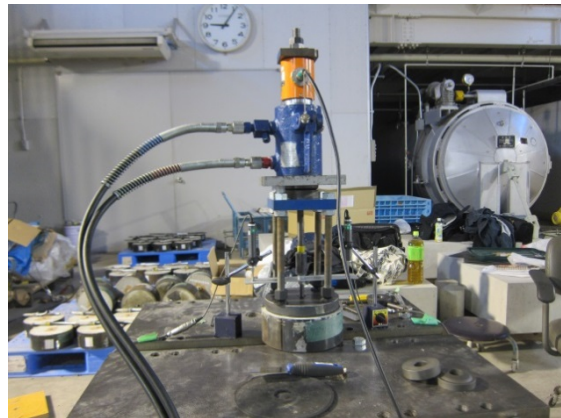


写真 2.2.2.1-6 荷重試験装置（全ねじボルト）



写真 2.2.2.1-7 異形鉄筋用のチャック

## (2) 長期荷重試験

長期荷重試験は、表 2.2.2.1-1 に示したように荷重中の温度および接着剤の種類を水準として実施している。図 2.2.2.1-9 に荷重試験装置、写真 2.2.2.1-8 に荷重状況を示す。長期荷重試験のための治具は、平成 22 年から 24 年に実施された建築基準整備促進事業「あと施工アンカーの長期許容応力度の設定に関する検討」において検討された方法<sup>2.7)</sup>を参考にしている。

長期荷重試験は、平成 27 年度の検討においては、荷重および計測開始までを計画としている。クリープ試験の場所は、5℃環境が建築研究所材料環境実験棟内の恒温恒湿室、20℃環境が建築研究所クリープ実験棟材料クリープ試験室、40℃が建築研究所恒温恒湿実験施設に試験装置を設置した。温湿度管理は、5℃環境は、温度 5±2℃、湿度管理は行っていないが、相対湿度 60～70%の範囲にある。20℃

環境は、温度  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 、相対湿度  $65 \pm 5\%$  で管理している。40°C環境は、温度  $40 \pm 2^\circ\text{C}$ 、湿度管理は行っていないが、相対湿度 20~30%の範囲にある。

クリープ載荷の荷重は、付着強度  $\tau = 15\text{N/mm}^2$  相当の荷重とし、M12・5da の場合に、33.9kN となる。これを目標荷重として導入した。最大耐力に対する比は 0.5 程度となり、既往の検討においては一定のクリープ変形を生じるものの、20°Cでは3ヶ月程度ではクリープ破壊は生じない程度の荷重レベルである。

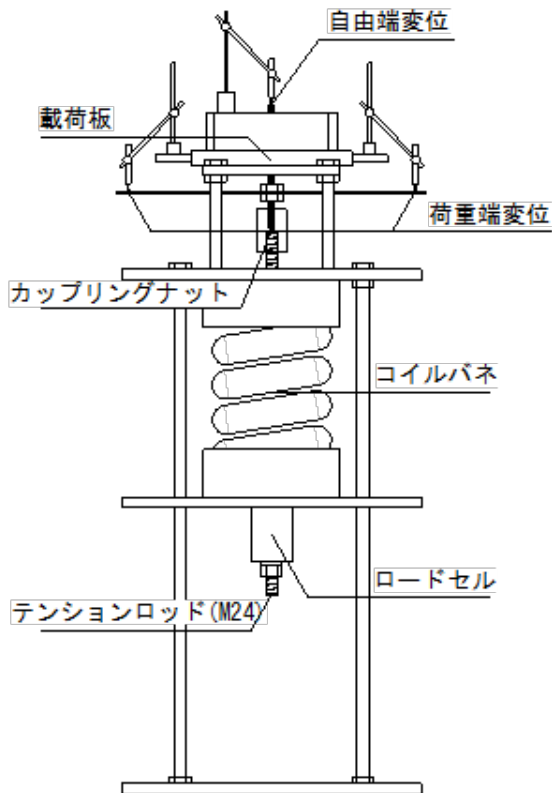


図 2.2.2.1-9 クリープ載荷試験装置



写真 2.2.2.1-8 クリープ試験状況

## 2-2-2-2 短期載荷試験結果

## 2-2-2-2-1 試験結果

表 2.2.2.2-1～表 2.2.2.2-2 に試験結果の一覧を示す。また、図 2.2.2.2-1 水準 No.1 における荷重－変位曲線、図 2.2.2.2-2 に自由端および載荷端変位の例を示す。なお、全水準の荷重－変位曲線は付録 4 に示している。また、全ねじボルト異形鉄筋および先付け鉄筋における破断位置の例を写真 2.2.2.2-1～写真 2.2.2.2-6 に示す。

試験結果はそれぞれ以下のように整理した。

付着強度は、最大荷重を付着面積で除して求める。付着面積は、アンカー筋の呼び径を基準とし(2.2.2.2-1)式で算出したものを標準とした。このほか、母材コンクリートと接着剤の界面での破壊を考慮し、穿孔径を基準にした場合の付着強度を(2.2.2.2-2)式で求めた。また、(2.2.2.1-1)式に示すように、母材コンクリート強度によって最大耐力を算定することから、(2.2.2.2-3)式および(2.2.2.2-4)式によって、コンクリート強度の影響を基準化した付着強度を求めた。なお、付着強度  $\tau_1$  には、t 分布・N=7 (自由度 6) とした場合の 95%信頼下限値 (正規偏差：1.943) をあわせて示す。

変形に関する結果は、最大荷重時の変位および自由端変位が 0.002Dmm 時の付着応力を求めた。最大荷重時の変位は、破壊時の変形特性を示し、0.002D 時の応力は初期剛性を示す。

$$\tau_1 = \frac{P}{\pi \cdot d_a \cdot l_e} \quad (2.2.2.2-1)式$$

$$\tau_2 = \frac{P}{\pi \cdot d_d \cdot l_e} \quad (2.2.2.2-2)式$$

$$\tau_1^* = \frac{P}{\pi \cdot d_a \cdot l_e} \cdot \sqrt{\frac{21}{\sigma_B}} \quad (2.2.2.2-3)式$$

$$\tau_2^* = \frac{P}{\pi \cdot d_d \cdot l_e} \cdot \sqrt{\frac{21}{\sigma_B}} \quad (2.2.2.2-4)式$$

ここで、

$\tau_1$  : アンカー筋径を基準とした付着強度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\tau_2$  : 穿孔径を基準とした付着強度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\tau_1^*$  : アンカー筋径を基準とし、コンクリート強度で基準化した付着強度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\tau_2^*$  : 穿孔径を基準とし、コンクリート強度で基準化した付着強度 (N/mm<sup>2</sup>)

$P$  : 試験における最大荷重 (kN)

$d_a$  : アンカー筋の呼び径 (mm)

$d_d$  : 穿孔径 (mm)

$l_e$  : 埋込み長さ (mm)

$\sigma_B$  : コンクリートの圧縮強度 (本実験では直近の試験値) (N/mm<sup>2</sup>)

表 2.2.2-1 試験結果の一覧（付着強度および破壊界面）

| 水準<br>No. | σB | アンカー筋<br>種類 | 埋込み<br>長さ | 座掘り<br>孔径<br>(形状) | 付着強度 $\tau_1$ (N/mm <sup>2</sup> ) |       | 変動係数  | 付着強度 $\tau_2$ (N/mm <sup>2</sup> ) |      | 標準偏差 | 付着強度<br>$\tau_1^*$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 付着強度<br>$\tau_2^*$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 直近コンク<br>リート強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 破壊位置 |          |
|-----------|----|-------------|-----------|-------------------|------------------------------------|-------|-------|------------------------------------|------|------|--|--|--|------|----------|
|           |    |             |           |                   | 平均                                 | 標準偏差  |       | 平均                                 | 標準偏差 |      |  |  |  | 鉄筋表面 | コンクリート界面 |
| 1         | 27 | M12         | 5da       | 1.5D              | 29.2                               | 1.09  | 0.037 | 25.0                               | 0.94 | 29.7 | 25.4                                       | 20.3                                       | 5/7                                    | 2/7  | 0/7      |
| 2         | 27 | D13         | 5da       | 1.5D              | 23.0                               | 1.34  | 0.058 | 18.3                               | 1.06 | 23.4 | 18.6                                       | 20.3                                       | 5/7                                    | 0/7  | 2/7      |
| 3         | 27 | D19         | 5da       | 1.5D              | 23.0                               | 1.86  | 0.081 | 18.3                               | 1.48 | 23.4 | 18.6                                       | 20.3                                       | 0/6                                    | 3/7  | 4/7      |
| 4         | 27 | M20         | 5da       | 1.5D              | 21.1                               | 1.62  | 0.077 | 18.3                               | 1.41 | 21.5 | 18.7                                       | 20.3                                       | 0/6                                    | 6/6  | 0/6      |
| 5         | 18 | M12         | 5da       | 1.5D              | 33.6                               | 1.13  | 0.034 | 28.8                               | 0.97 | 32.5 | 27.8                                       | 22.4                                       | 3/7                                    | 4/7  | 0/7      |
| 6         | 18 | D13         | 5da       | 1.5D              | 29.1                               | 1.82  | 0.063 | 23.2                               | 1.45 | 28.2 | 22.4                                       | 22.4                                       | 7/7                                    | 0/7  | 0/7      |
| 7         | 18 | D19         | 5da       | 1.5D              | 27.1                               | 1.46  | 0.054 | 21.6                               | 1.16 | 26.2 | 20.9                                       | 22.4                                       | 7/7                                    | 0/7  | 0/7      |
| 8         | 18 | M20         | 5da       | 1.5D              | 22.4                               | 1.70  | 0.076 | 19.5                               | 1.47 | 21.7 | 18.9                                       | 22.4                                       | 0/7                                    | 4/7  | 3/7      |
| 9         | 36 | M12         | 5da       | 1.5D              | 30.6                               | 1.69  | 0.055 | 26.3                               | 1.45 | 24.2 | 20.7                                       | 33.7                                       | 7/7                                    | 0/7  | 0/7      |
| 10        | 36 | D13         | 5da       | 1.5D              | 31.5                               | 1.70  | 0.054 | 25.1                               | 1.36 | 24.8 | 19.8                                       | 33.7                                       | 2/6                                    | 0/7  | 4/6      |
| 11        | 36 | D19         | 5da       | 1.5D              | 25.4                               | 1.18  | 0.047 | 20.2                               | 0.94 | 20.0 | 15.9                                       | 33.7                                       | 1/6                                    | 2/6  | 3/6      |
| 12        | 36 | M20         | 5da       | 1.5D              | 27.2                               | 1.21  | 0.044 | 23.7                               | 1.05 | 21.5 | 18.7                                       | 33.7                                       | 0/6                                    | 6/6  | 0/6      |
| 13        | 12 | D19         | 5da       | 1.5D              | 25.7                               | 1.71  | 0.066 | 20.5                               | 1.36 | 26.3 | 20.9                                       | 20.2                                       | 7/7                                    | 0/7  | 0/7      |
| 14        | 27 | D13先        | 7da       | 1.5D              | 9.5                                | 0.45  | 0.047 | 9.2                                |      | 9.2  |  | 22.6                                       | 5/7                                    | 0/7  | 2/7      |
| 15        | 27 | D19先        | 7da       | 1.5D              | 9.6                                | 0.68  | 0.071 | 9.2                                |      | 9.2  |  | 22.6                                       | 0/7                                    | 0/7  | 7/7      |
| 16        | 27 | M12         | 5da       | 座掘り無              | 26.5                               | 2.47  | 0.093 | 22.2                               | 2.07 | 24.1 | 20.2                                       | 25.4                                       | 2/7                                    | 3/7  | 2/7      |
| 17        | 27 | M12         | 5da       | 片面2da             | 29.2                               | 1.09  | 0.037 | 25.0                               | 0.94 | 29.7 | 25.4                                       | 20.3                                       | 5/7                                    | 2/7  | 0/7      |
| 18        | 27 | M12         | 5da       | 片面座掘              | 26.4                               | 0.31  | 0.012 | 22.2                               | 0.26 | 24.0 | 20.2                                       | 25.4                                       | 0/2                                    | 1/2  | 1/2      |
| 19        | 27 | M12         | 7da       | 1.5D              | 30.1                               | 1.18  | 0.039 | 25.3                               | 0.99 | 27.4 | 23.0                                       | 25.4                                       | 1/4                                    | 1/4  | 2/4      |
| 20        | 27 | M12         | 10da      | 1.5D              | アンカー筋破断のため計測せず                     |       |       |                                    |      |      |  | 25.4                                       | —                                      | —    | —        |
| 21        | 27 | M12         | 5da       | 2.0D              | 26.7                               | 3.22  | 0.120 | 22.9                               | 2.76 | 25.9 | 22.2                                       | 22.3                                       | 0/7                                    | 7/7  | 0/7      |
| 22        | 27 | M12         | 5da       | 1.5D              | 29.2                               | 1.09  | 0.037 | 25.0                               | 0.94 | 29.7 | 25.4                                       | 20.3                                       | 5/7                                    | 2/7  | 0/7      |
| 23        | 27 | M12         | 5da       | 1.2D              | 27.0                               | 26.50 | 3.823 | 22.7                               | 3.28 | 26.2 | 22.0                                       | 22.3                                       | 0/7                                    | 5/7  | 2/7      |
| No.       | σB | アンカー筋       | 試験時<br>温度 | 樹脂<br>種類          | ↓                                  | ↓     | ↓     | ↓                                  | ↓    | ↓    | ↓  | ↓  | ↓                                      | ↓    | ↓        |
| 24        | 27 | M12         | 5°C       | C                 | 21.5                               | 2.33  | 0.108 | 18.4                               | 1.99 | 20.7 | 17.8                                       | 22.6                                       | 4/7                                    | 3/7  | 0/7      |
| 25        | 27 | M12         | 5°C       | EP                | 30.5                               | 2.61  | 0.085 | 26.1                               | 2.23 | 29.4 | 25.2                                       | 22.6                                       | 6/7                                    | 0/7  | 1/7      |
| 26        | 27 | M12         | 5°C       | EA                | 24.0                               | 2.00  | 0.083 | 20.6                               | 1.72 | 23.1 | 19.8                                       | 22.6                                       | 6/7                                    | 0/7  | 1/7      |
| 27        | 27 | M12         | 20°C      | C                 | 23.8                               | 3.78  | 0.158 | 20.4                               | 3.24 | 23.0 | 19.7                                       | 22.6                                       | 2/7                                    | 4/7  | 1/7      |
| 28        | 27 | M12         | 20°C      | EP                | 29.2                               | 1.09  | 0.037 | 25.0                               | 0.94 | 29.7 | 25.5                                       | 20.3                                       | 5/7                                    | 2/7  | 0/7      |
| 29        | 27 | M12         | 20°C      | EA                | 21.4                               | 2.03  | 0.095 | 18.4                               | 1.74 | 20.7 | 17.7                                       | 22.6                                       | 5/7                                    | 0/7  | 2/7      |
| 30        | 27 | M12         | 40°C      | C                 | 25.7                               | 2.40  | 0.094 | 22.0                               | 2.06 | 24.7 | 21.2                                       | 22.6                                       | 3/6                                    | 1/6  | 2/6      |
| 31        | 27 | M12         | 40°C      | EP                | 26.6                               | 1.27  | 0.048 | 22.8                               | 1.09 | 25.7 | 22.0                                       | 22.6                                       | 2/7                                    | 4/7  | 1/7      |
| 32        | 27 | M12         | 40°C      | EA                | 22.3                               | 1.94  | 0.087 | 19.1                               | 1.66 | 21.5 | 18.5                                       | 22.6                                       | 7/7                                    | 0/7  | 0/7      |
| 33        | 27 | M12         | 60°C      | C                 | 19.6                               | 3.82  | 0.195 | 16.8                               | 3.27 | 18.9 | 16.2                                       | 22.6                                       | 1/7                                    | 5/7  | 1/7      |
| 34        | 27 | M12         | 60°C      | EP                | 26.6                               | 1.27  | 0.048 | 22.8                               | 1.09 | 25.7 | 22.0                                       | 22.6                                       | 2/7                                    | 4/7  | 1/7      |
| 35        | 27 | M12         | 60°C      | EA                | 20.6                               | 0.53  | 0.026 | 17.7                               | 0.46 | 19.9 | 17.1                                       | 22.6                                       | 7/7                                    | 0/7  | 0/7      |

表 2.2.2.2-2 試験結果の一覧（最大荷重時の変位および0.002D時の付着応力）

| 水準<br>No. | σB | アンカー筋<br>種類 | 埋込み<br>長さ | 座掘り<br>孔径<br>(形状) | 最大荷重時の変位(mm) |      |       | 0.002D時の付着応力(N/mm <sup>2</sup> ) |      |       |
|-----------|----|-------------|-----------|-------------------|--------------|------|-------|----------------------------------|------|-------|
|           |    |             |           |                   | 平均           | 標準偏差 | 変動係数  | 平均                               | 標準偏差 | 変動係数  |
| 1         | 27 | M12         | 5da       | 1.5D              | 0.65         | 0.12 | 0.180 | 8.3                              | 0.52 | 0.063 |
| 2         | 27 | D13         | 5da       | 1.5D              | 1.42         | 0.23 | 0.159 | 8.9                              | 0.64 | 0.072 |
| 3         | 27 | D19         | 5da       | 1.5D              | 1.15         | 0.55 | 0.478 | 6.8                              | 2.50 | 0.368 |
| 4         | 27 | M20         | 5da       | 1.5D              | 0.38         | 0.11 | 0.302 | 10.2                             | 1.15 | 0.113 |
| 5         | 18 | M12         | 5da       | 1.5D              | 0.50         | 0.09 | 0.176 | 12.7                             | 1.74 | 0.137 |
| 6         | 18 | D13         | 5da       | 1.5D              | 1.83         | 0.28 | 0.151 | 12.1                             | 2.19 | 0.181 |
| 7         | 18 | D19         | 5da       | 1.5D              | 1.86         | 0.26 | 0.141 | 11.3                             | 2.38 | 0.211 |
| 8         | 18 | M20         | 5da       | 1.5D              | 0.35         | 0.08 | 0.227 | 13.4                             | 0.42 | 0.031 |
| 9         | 36 | M12         | 5da       | 1.5D              | 0.48         | 0.15 | 0.317 | 10.6                             | 3.00 | 0.283 |
| 10        | 36 | D13         | 5da       | 1.5D              | 2.88         | 0.48 | 0.167 | 9.6                              | 0.94 | 0.098 |
| 11        | 36 | D19         | 5da       | 1.5D              | 1.18         | 0.30 | 0.257 | 9.8                              | 1.14 | 0.116 |
| 12        | 36 | M20         | 5da       | 1.5D              | 0.29         | 0.07 | 0.252 | 7.7                              | 1.86 | 0.242 |
| 13        | 12 | D19         | 5da       | 1.5D              | 2.63         | 2.00 | 0.762 | 12.0                             | 2.11 | 0.176 |
| 14        | 27 | D13先        | 7da       | 1.5D              | 0.86         | 0.39 | 0.451 | 4.5                              | 1.20 | 0.267 |
| 15        | 27 | D19先        | 7da       | 1.5D              | 1.13         | 0.18 | 0.163 | 3.9                              | 1.03 | 0.264 |
| 16        | 27 | M12         | 5da       | 座掘り無              | 1.06         | 0.15 | 0.139 | 6.4                              | 0.60 | 0.094 |
| 17        | 27 | M12         | 5da       | 片面2da             | 0.65         | 0.12 | 0.180 | 8.3                              | 0.52 | 0.063 |
| 18        | 27 | M12         | 5da       | 両面座掘              | 0.73         | 0.27 | 0.374 | 10.1                             | 0.16 | 0.281 |
| 19        | 27 | M12         | 7da       | 1.5D              | 0.51         | 0.07 | 0.135 | 8.2                              | 1.37 | 0.168 |
| 20        | 27 | M12         | 10da      | 1.5D              |              |      |       |                                  |      |       |
| 21        | 27 | M12         | 5da       | 2.0D              | 0.45         | 0.12 | 0.270 | 8.8                              | 1.61 | 0.183 |
| 22        | 27 | M12         | 5da       | 1.5D              | 0.65         | 0.12 | 0.180 | 8.3                              | 0.52 | 0.063 |
| 23        | 27 | M12         | 5da       | 1.2D              | 0.40         | 0.15 | 0.383 | 10.1                             | 0.61 | 0.060 |
| No.       | σB | アンカー筋       | 試験時<br>温度 | 樹脂<br>種類          | ↓            | ↓    | ↓     | ↓                                | ↓    | ↓     |
| 24        | 27 | M12         | 5°C       | C                 | 0.53         | 0.32 | 0.605 | 10.5                             | 1.47 | 0.140 |
| 25        | 27 | M12         | 5°C       | EP                | 0.70         | 0.09 | 0.123 | 8.8                              | 0.68 | 0.077 |
| 26        | 27 | M12         | 5°C       | EA                | 0.48         | 0.24 | 0.506 | 7.2                              | 1.67 | 0.233 |
| 27        | 27 | M12         | 20°C      | C                 | 0.29         | 0.11 | 0.385 | 11.9                             | 1.85 | 0.155 |
| 28        | 27 | M12         | 20°C      | EP                | 0.65         | 0.12 | 0.180 | 8.3                              | 0.52 | 0.063 |
| 29        | 27 | M12         | 20°C      | EA                | 0.43         | 0.21 | 0.486 | 6.1                              | 0.94 | 0.155 |
| 30        | 27 | M12         | 40°C      | C                 | 0.28         | 0.06 | 0.228 | 10.9                             | 1.67 | 0.153 |
| 31        | 27 | M12         | 40°C      | EP                | 0.54         | 0.11 | 0.200 | 8.3                              | 0.77 | 0.093 |
| 32        | 27 | M12         | 40°C      | EA                | 0.48         | 0.24 | 0.506 | 6.6                              | 0.61 | 0.092 |
| 33        | 27 | M12         | 60°C      | C                 | 0.31         | 0.09 | 0.596 | 8.5                              | 1.02 | 0.121 |
| 34        | 27 | M12         | 60°C      | EP                | 1.02         | 0.09 | 0.089 | 5.2                              | 0.71 | 0.137 |
| 35        | 27 | M12         | 60°C      | EA                | 0.45         | 0.13 | 0.287 | 5.4                              | 0.95 | 0.176 |

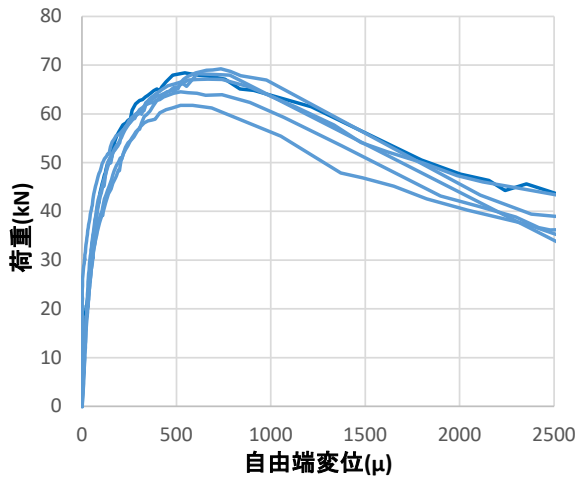


図 2.2.2.2-1 荷重－変位曲線の例（水準 No. 1  
・自由端）

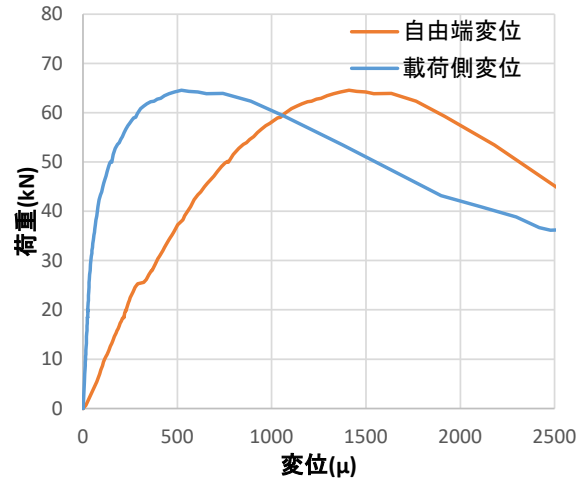


図 2.2.2.2-2 荷重－変位曲線の例（自由  
端・载荷端）



写真 2.2.2.2-1 試験後の状況  
全ねじ（破壊界面：接着剤－コンクリート）

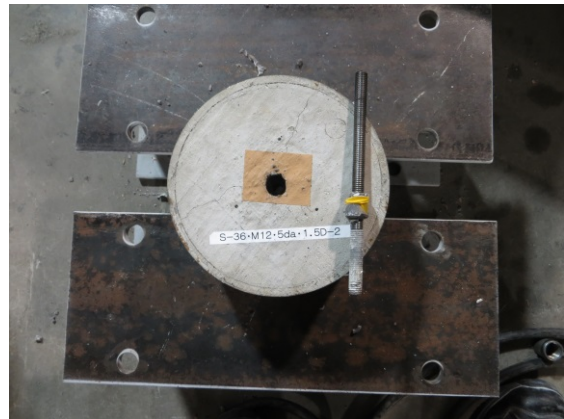


写真 2.2.2.2-2 試験後の状況  
全ねじ（破壊界面：接着剤－鉄筋）

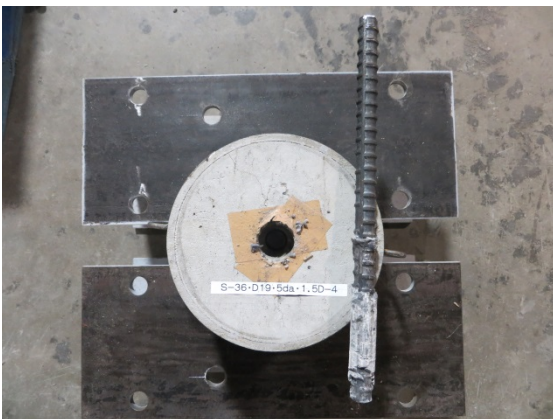


写真 2.2.2.2-3 試験後の状況  
異形鉄筋（破壊界面：接着剤－コンクリート）

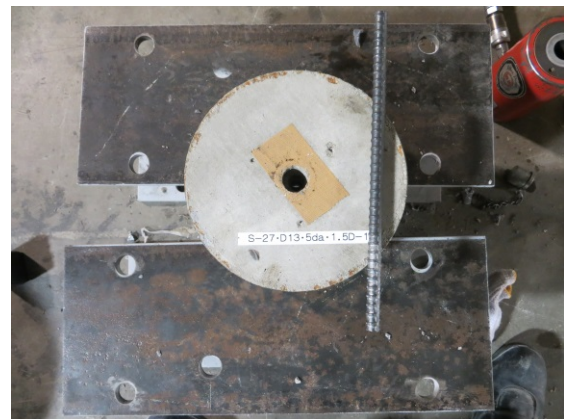


写真 2.2.2.2-4 試験後の状況  
異形鉄筋（破壊界面：接着剤－鉄筋）

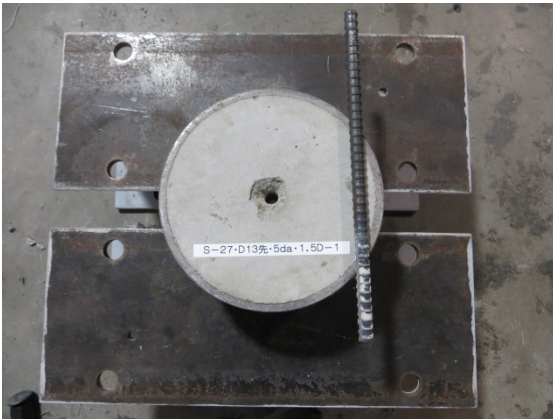


写真 2.2.2.2-5 試験後の状況  
先付け鉄筋 D13（鉄筋界面）



写真 2.2.2.2-6 試験後の状況  
先付け鉄筋 D19（鉄筋界面）

#### 2-2-2-2-2 アンカー筋種類およびアンカー筋径の関係

付着強度について、アンカー筋の種類およびコンクリートの目標強度ごとに整理した。図 2.2.2.2-3 および図 2.2.2.2-4 に鉄筋径を基準とした場合、図 2.2.2.2-5 および図 2.2.2.2-6 にコンクリート強度で基準化した付着強度を示す。また、自由端変位について、最大荷重時の変位とその変動係数を図 2.2.2.2-7 および図 2.2.2.2-8 に、0.002D 時の応力とその変動係数を図 2.2.2.2-9 および図 2.2.2.2-10 に示す。

付着強度については、全体的な傾向として、 $M12 > D13 \approx D19 > M20$  のような大小関係となる。全ねじボルトは径が大きくなると付着強度が低下する傾向にある。異形鉄筋では同じか鉄筋径が大きくなると若干低下する程度である。(2.2.2.2-3)式に示されるようにコンクリートの圧縮強度で基準化した場合、M20 では付着強度は同程度となっているが、その他のアンカー筋ではコンクリート強度が小さいほど付着強度が大きく算定される傾向にある。最大荷重時の変位は、全ねじボルトと異形鉄筋では異形鉄筋が大きい、異形鉄筋は 1mm を超えるが全ねじボルトでは 1mm 以下の値となる。最大荷重時の変位は、クリープ試験結果の評価に関わるため、長期性能を評価する場合には、これらの傾向を把握しておく必要がある。

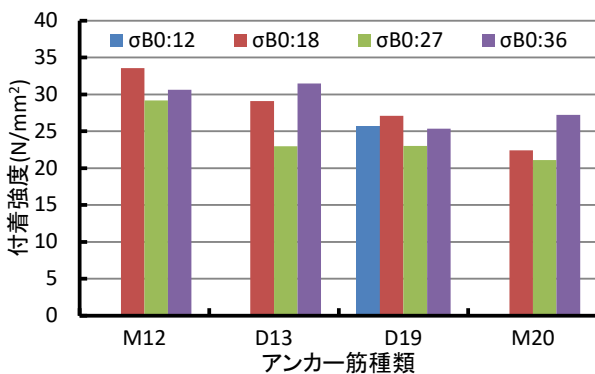


図 2.2.2.2-3 付着強度 (アンカー筋ごと)

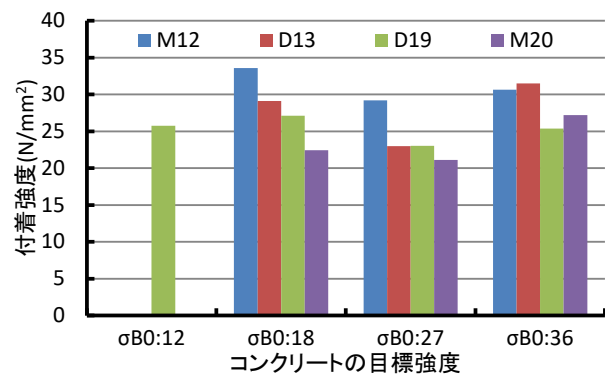


図 2.2.2.2-4 付着強度 (コンクリート目標強度ごと)



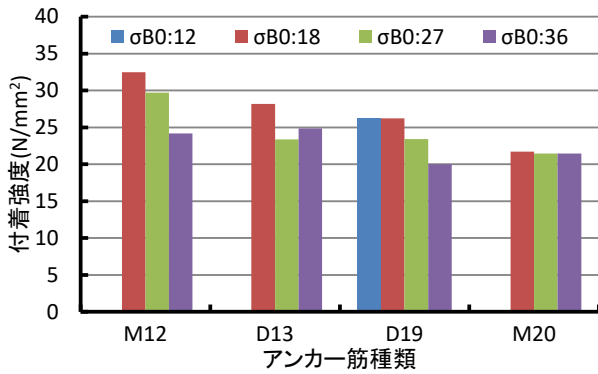


図 2.2.2.2-5 コンクリート強度で基準化した付着強度（アンカー筋ごと）

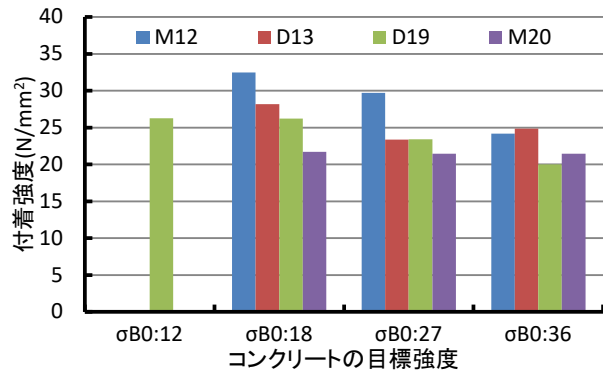


図 2.2.2.2-6 コンクリート強度で基準化した付着強度（コンクリート目標強度ごと）

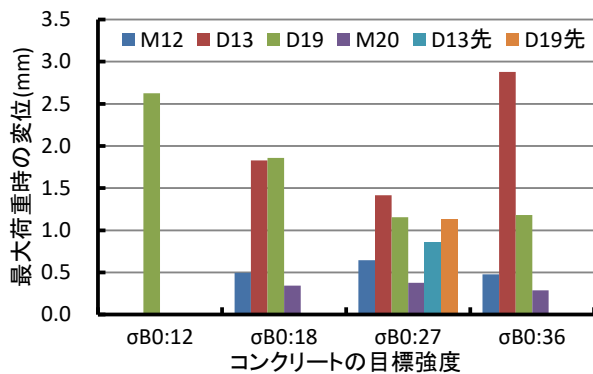


図 2.2.2.2-7 最大荷重時の自由端変位

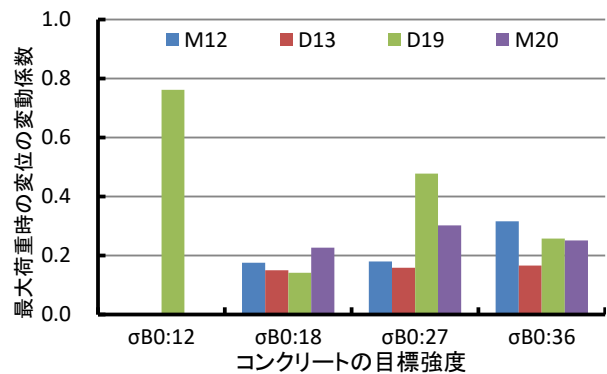


図 2.2.2.2-8 最大荷重時の自由端変位の変動係数

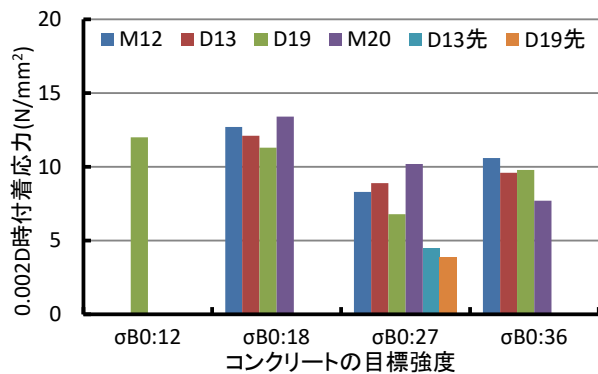


図 2.2.2.2-9 自由端変位 0.002D 時の応力

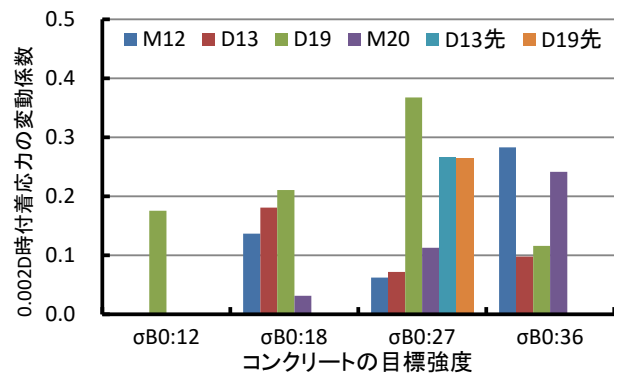


図 2.2.2.2-10 自由端変位 0.002D 時の応力の変動係数

破壊界面の違いが強度および変形に及ぼす影響を確認するため、各水準の試験結果を破壊界面によって3種類に区分し、アンカー筋種類ごとにそれぞれの付着強度の平均および最大荷重時の変位の平均を求めたものを図 2.2.2.2-11～図 2.2.2.2-18 に示す。

破壊界面の違いについては、明瞭な傾向は確認されず、破壊界面が異なっても付着強度および最大荷重時の変位が大きく異なることはなかった。破壊界面およびコンクリート強度との関係については、後述する。

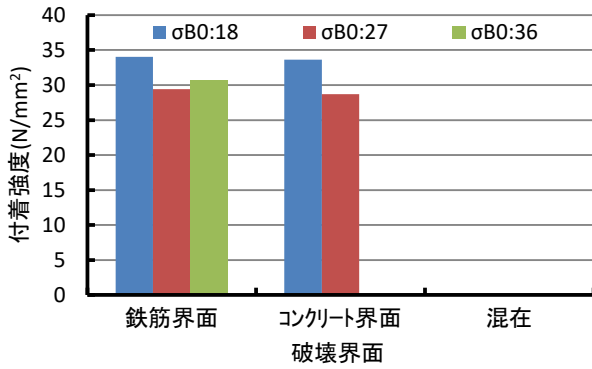


図 2.2.2.2-11 破壊界面ごとの付着強度 (M12)

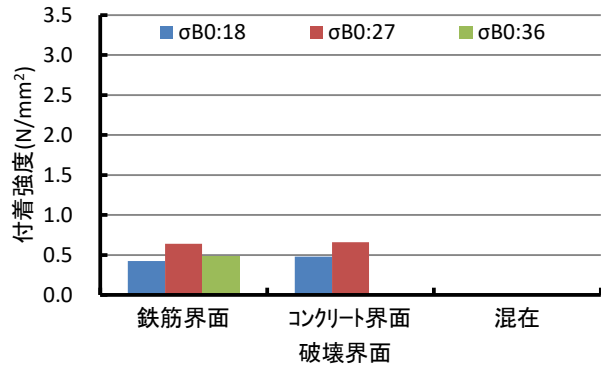


図 2.2.2.2-12 破壊界面ごとの最大荷重時の変位 (M12)

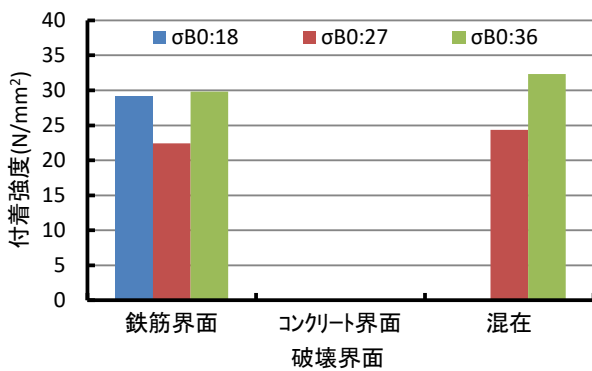


図 2.2.2.2-13 破壊界面ごとの付着強度 (D13)

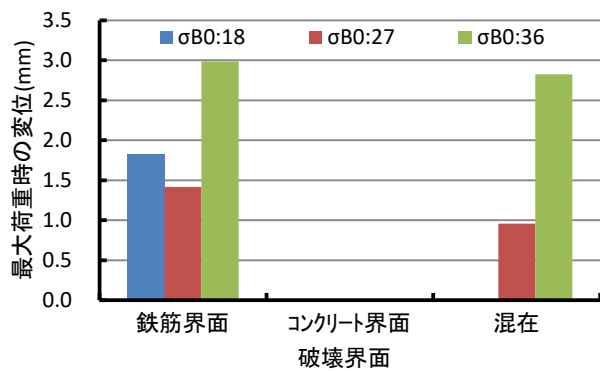


図 2.2.2.2-14 破壊界面ごとの最大荷重時の変位 (D13)

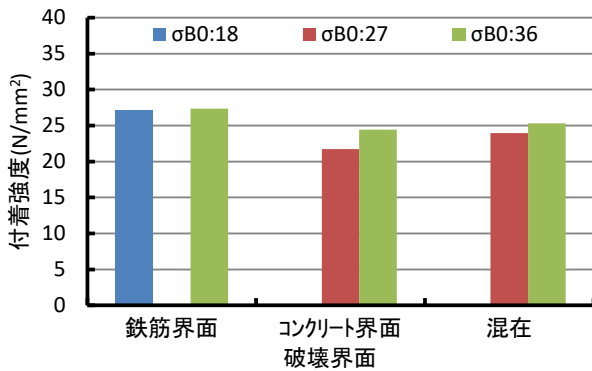


図 2.2.2.2-15 破壊界面ごとの付着強度 (D19)

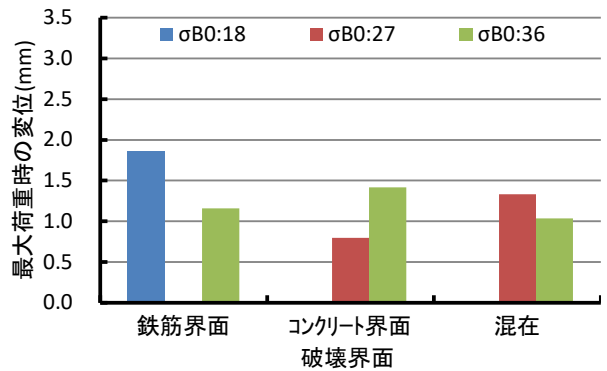


図 2.2.2.2-16 破壊界面ごとの最大荷重時の変位 (D19)

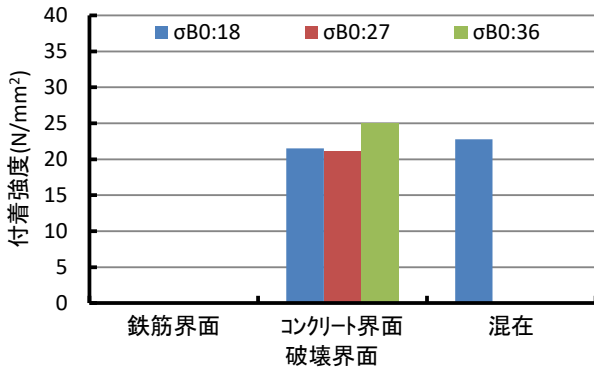


図 2.2.2.2-17 破壊界面ごとの付着強度 (M20)

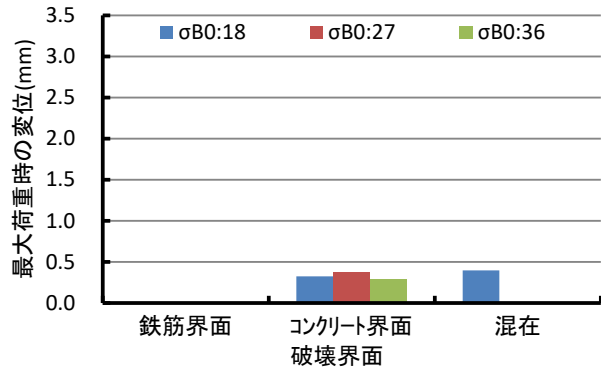


図 2.2.2.2-18 破壊界面ごとの最大荷重時の変位 (M20)

D13 および D19 の先付けアンカーとあと施工アンカーの付着強度 ( $\tau_1$  および  $\tau_2$ ) および最大荷重時の変位と自由端変位 0.002D 時の付着応力の比較を図 2.2.2.2.19 および図 2.2.2.2.20 に示す。先付けアンカーは座掘りをせず埋込み長さは  $7d_a$  としている。

D13 および D19 のいずれについても、鉄筋径を基準とした場合の付着強度は約 2.4 倍、穿孔径を基準とした場合の付着強度でも約 1.9 倍となり、同一のコンクリート、同一の鉄筋であれば、あと施工アンカーの付着強度が 2 倍程度に大きくなることが示された。これらは既往の基準整備促進事業で得られた結果と同様である。また、変動係数は、いずれも 5%~10% の範囲で同程度の大きさにあり、個々の試験体のばらつきも同程度であることが示された。最大荷重時の変位は、0.8~1.5mm の範囲で D13 についてはあと施工アンカーが大きく、D19 では同程度である。

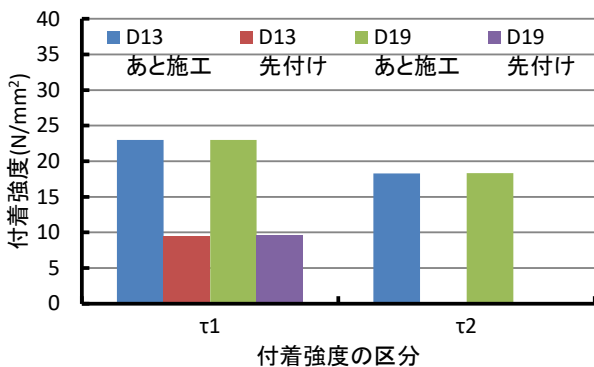


図 2.2.2.2-19 先付け鉄筋とあと施工アンカーの付着強度

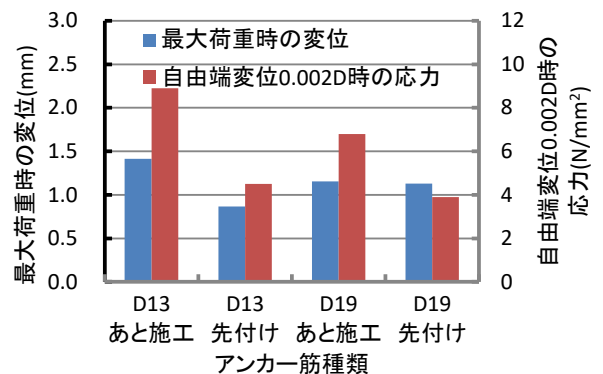


図 2.2.2.2-20 先付け鉄筋とあと施工アンカーの最大荷重時の変位および自由端変位 0.002D 時の応力

2-2-2-2-3 コンクリート強度の影響

付着強度に及ぼすコンクリート強度の影響として、コンクリート強度（実強度）と付着強度の関係を図 2.2.2.2-21～図 2.2.2.2-24 に示す。付着強度は、(2.2.2.2-1)式～(2.2.2.2-4)式の4つの付着強度について示す。また、図 2.2.2.2-25～図 2.2.2.2-28 に、鉄筋の破壊界面ごとと分類した場合の、アンカー筋種類ごとのコンクリート強度（目標強度  $\sigma_{B0}$  : 27N/mm<sup>2</sup>と 36N/mm<sup>2</sup>）と付着強度の関係を示す。ここでのコンクリート強度とは、付着試験と同材齢で実施した現場封かん養生のコンクリート供試体の圧縮強度試験結果である。

(2.2.2.2-3)式および(2.2.2.2-4)式に示すように、あと施工アンカーの設計時の許容付着応力度は、コンクリート強度を 21N/mm<sup>2</sup>として、その平方根に比例すると仮定して基準化されることが一般的である。図 2.2.2.2-21 や図 2.2.2.2-22 に示すように、コンクリート強度が大きくなると付着強度は大きくなる傾向にあるが、図 2.2.2.2-23 や図 2.2.2.2-24 のように、コンクリート強度 21N/mm<sup>2</sup>で基準化すると、コンクリート強度が大きくなると付着強度は小さくなり、設計における耐力が危険側となる可能性がある。

また、これらの関係が破壊界面が異なることによって影響を受けるかどうかについて確認した結果が図 2.2.2.2-25～図 2.2.2.2-28 である。破壊界面は、鉄筋と接着剤の界面、コンクリートと接着剤の界面およびこれらが混在したものの3つの形態に分類した。同一のアンカー筋で、3種類の破壊形態がまんべんなく生じることがないため、図にはすべての破壊界面がプロットできるわけではないが、いずれの破壊界面でも傾向は同様であり、コンクリート強度が大きくなると付着強度が大きくなる。また、その程度はコンクリート強度 21N/mm<sup>2</sup>で基準化した場合よりも小さくなる。D13 の場合は、21N/mm<sup>2</sup>で基準化したことによって強度の影響がキャンセルされている。また、コンクリート強度の影響は、破壊界面がコンクリートと接着剤の界面の場合に大きく受けることが予想されたが、コンクリート界面と鉄筋界面とではほぼ同様の傾向を示した。

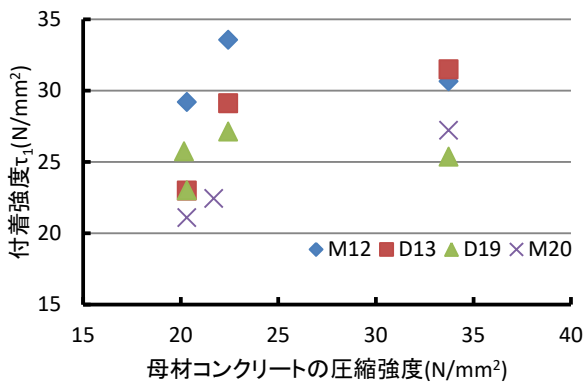


図 2.2.2.2-21 コンクリート強度と付着強度 ( $\tau_1$ ) の関係

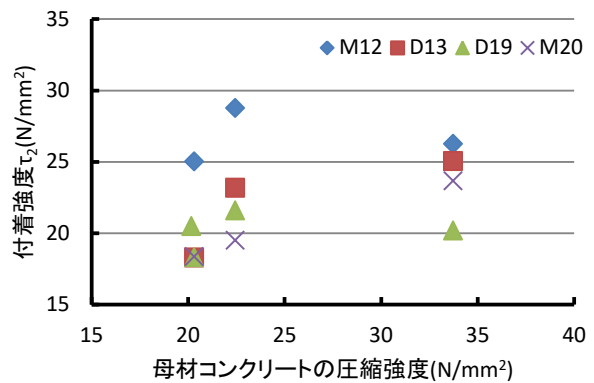


図 2.2.2.2-22 コンクリート強度と付着強度 ( $\tau_2$ ) の関係

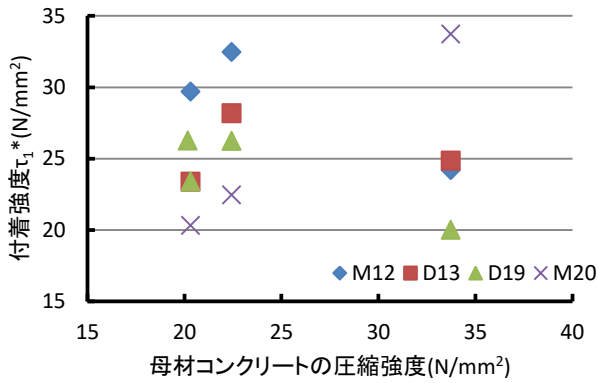


図 2.2.2.2-23 コンクリート強度と付着強度 ( $\tau_1^*$ ) の関係

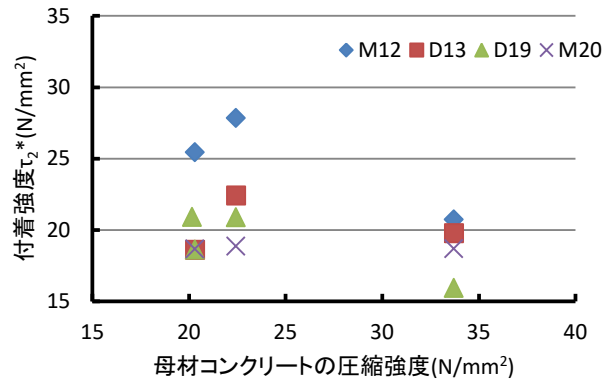


図 2.2.2.2-24 コンクリート強度と付着強度 ( $\tau_2^*$ ) の関係

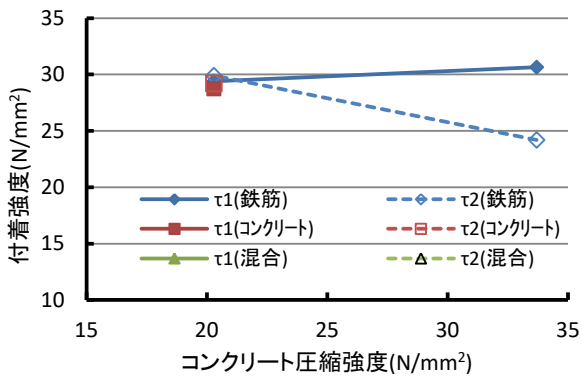


図 2.2.2.2-25 破壊界面ごとのコンクリート強度と付着強度の関係 (M12)

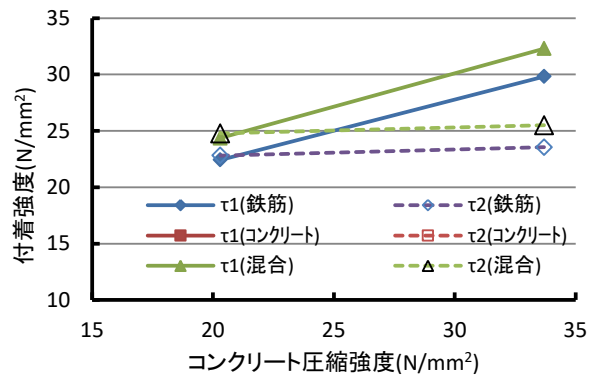


図 2.2.2.2-26 破壊界面ごとのコンクリート強度と付着強度の関係 (D13)

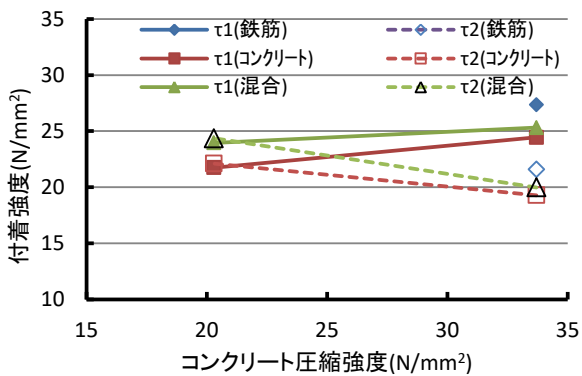


図 2.2.2.2-27 破壊界面ごとのコンクリート強度と付着強度の関係 (D19)

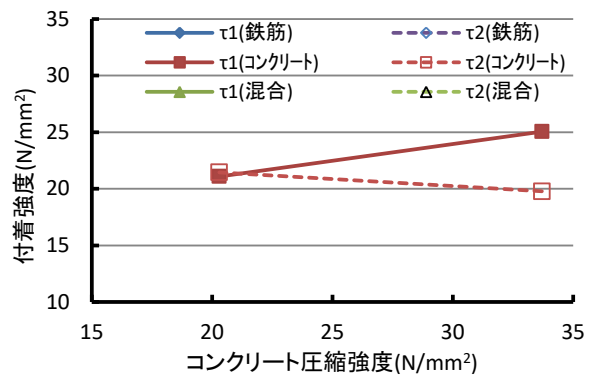


図 2.2.2.2-28 破壊界面ごとのコンクリート強度と付着強度の関係 (M20)

2-2-2-2-4 拘束条件の影響

載荷板の拘束径の影響については、本実験では試験体の載荷面側に座掘りを行ったことにより、座掘りの径の影響として確認した。図 2.2.2.2-29 に座掘りの径と付着強度およびその標準偏差について示す。また、座掘りの有無やその深さの影響として、埋込み長さを  $5da$  で一定として、座掘りがない場合、載荷面側に  $2da$  の座掘りがある場合、両側に  $1da$  ずつの座掘りがある場合を比較したのが図 2.2.2.2-30 である。

座掘りの径については、今回実験全体の標準とした穿孔径の 1.5 倍が最も付着強度が大きく、また変動係数は小さくなった。ACI 指針や ETAG 認証基準では、拘束径は穿孔径の 1.5~2.0 倍と規定されているが、本実験の結果からは穿孔径の 1.5 倍が最も安定した結果が得られることが示された。また、座掘りの有無やその深さの影響については、本実験の範囲では、片面  $2da$  の座掘りとした場合が最も付着強度が大きく、かつ変動係数も小さい範囲で試験が実施できていることから、接着剤本来の付着性能を評価できていると思われる。すなわち、載荷側端面を  $2da$  程度の座掘りとするすることで、試験体の両端面部分の施工の不確実さなどの影響を受けにくいことが想定され、試験条件としては片面  $2da$  の座掘りを設けることが適切であることが示された。また、試験体製作過程における穿孔作業の容易さの観点からも、片面  $2da$  の座掘りによる試験体製作は適当である。

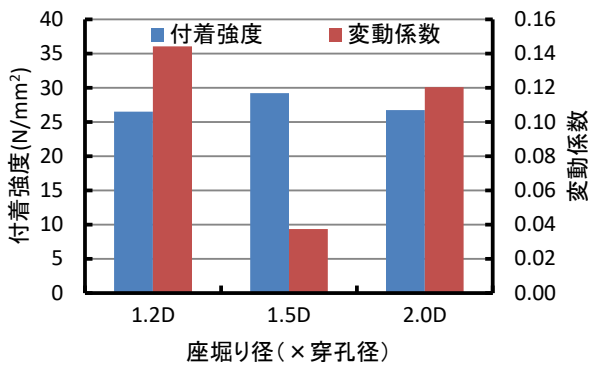


図 2.2.2.2-29 座掘りの径の影響

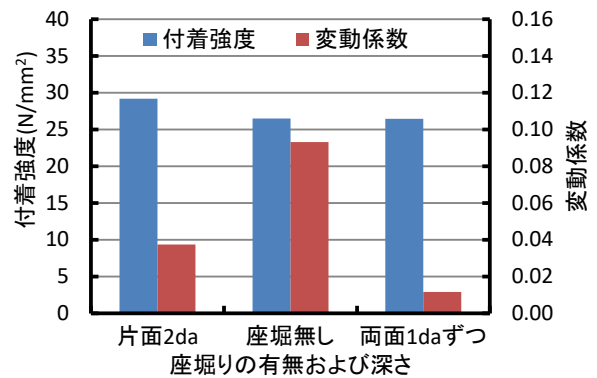


図 2.2.2.2-30 座掘りの有無および深さの影響

2-2-2-2-5 埋込み長さの影響

あと施工アンカーの付着耐力は、(2.2.2.1-1)式に示すように、埋込み長さに比例することが前提となっている。本実験では、埋込み長さと付着耐力の線形関係について確認し、埋込み長さを長くした場合に鉄筋降伏が生じることを確認した。図 2.2.2.2-31 に埋込み長さを変えた場合の付着強度と最大荷重時の変位を示す。

埋込み長さは、M12 のアンカー筋の呼び径に対して、5da (60mm)、7da (84mm)、10da (120mm) としているが、仮に付着強度を  $\tau=30\text{N/mm}^2$  と仮定した場合には、付着耐力（終局荷重）は、5da が約 67.8kN、7da が約 96.0kN、10da が約 135.6kN となる。この時のアンカー筋が負担する引張応力は、それぞれ、約  $600\text{N/mm}^2$ 、約  $850\text{N/mm}^2$ 、約  $1200\text{N/mm}^2$  となる。本実験では 7da および 10da の試験体のアンカー筋に使用した鋼材として引張強さ  $1000\text{N/mm}^2$  以上の鋼材を使用したため 7da までは鋼材破断は生じていないが、一般的な鋼材では 7da もしくは 10da の埋込み長さでは、鋼材破断が生じる。したがって、付着強度を評価するには 5da 程度までが上限であると言える。また、5da と 7da では、7da の付着強度 ( $\tau_1$ ) が若干大きくなっているが、これは母材コンクリート強度が大きくなったことにも起因しており、コンクリート強度で基準化した付着強度 ( $\tau_1^*$ ) では小さくなっている。前述のようにコンクリート強度  $21\text{N/mm}^2$  の平方根で基準化すると付着強度は若干小さくなることを考慮すると、5da と 7da ではほぼ同じ強度が得られていると考えられる。また最大荷重時の変位の違いも 0.1mm 程度であり、ばらつきの大きさを考慮すると大差のない結果となっている。

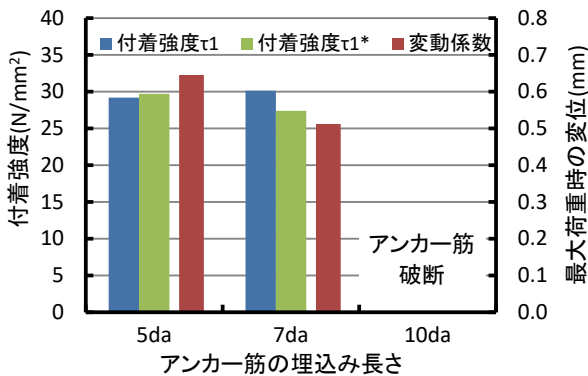


図 2.2.2.2-31 埋込み長さと付着耐力の関係

## 2-2-2-2-6 試験時の温度の影響

試験時の温度との関係について、図 2.2.2.2-32 に付着強度、図 2.2.2.2-33 に最大荷重時の変位、図 2.2.2.2-34 に自由端変位 0.002D 時の付着応力を示す。また、温度を変えた条件下でコンクリートの圧縮強度試験を行った結果について表 2.2.2.2-3 に示す。破壊界面についての分析として、図 2.2.2.2-35～図 2.2.2.2-40 に接着剤の種類別に破壊界面ごとに区分した付着強度および最大荷重時の変位を示す。図中には、破壊界面を区分した場合の該当するアンカー筋の本数を示している。

屋外環境において、あと施工アンカーに作用する温度は、夏季で日射が当たるような条件では、コンクリートの表層部分では 60℃程度まで上昇する。また、表面から 100mm 程度の内部でも 40℃以上まで上昇する。このようなことから、40℃および 60℃における付着強度および変形特性を確認している。

実験結果から、エポキシ系については、試験時の温度が高くなると強度は徐々に低下し、60℃において変形量が急激に大きく初期剛性は小さくなることが確認される。エポキシアクリレート系については温度が高くなると若干強度が小さくなる傾向はあるもののエポキシ系ほど顕著ではなく変形特性にも大差はない。セメント系については 40℃までは上昇しているが、60℃では逆に低下する傾向にある。変形量については大きな違いは見られない。エポキシ樹脂は、樹脂によって異なるもののガラス転移点が 60℃近辺にあることが多く、60℃程度に温度が上昇すると強度や変形特性が大きく変化することが予想される。セメント系については、60℃程度より高くなると、付着力を確保するために接着剤を膨張させているエトリンタイトの分解を生じ、それによって強度が若干低下した可能性がある。いずれにしても、温度域が 60℃程度になると樹脂によってはその特性が変化する可能性があることから、使用環境によってはその影響を評価する必要があるものと思われる。また、長期的な使用を考えた場合には、温度履歴を受けた後の強度や変形特性についても評価する必要があることが示唆される。ただし、今回の試験では、コンクリート強度も温度の影響を受けており、温度が高くなるとコンクリート強度およびヤング率が低下する傾向が確認された。温度の影響の厳密な評価についてはさらに詳細な検討を行う必要がある。

接着剤ごとの温度による破壊界面、付着強度および最大荷重時の変位の違いについて、セメント系についてはいずれについても明瞭な傾向を示さない。エポキシ系については、温度が高くなると破壊界面がアンカー筋からコンクリートに変わる傾向が見られるが、付着強度および最大荷重時の変位については大きな違いはない。エポキシアクリレート系については、温度にかかわらずほぼすべてがアンカー筋と接着剤の界面での破壊となっている。



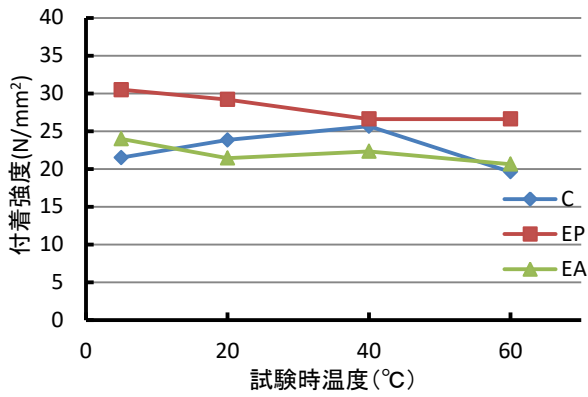


図 2.2.2.2-32 試験時の温度と付着強度の関係

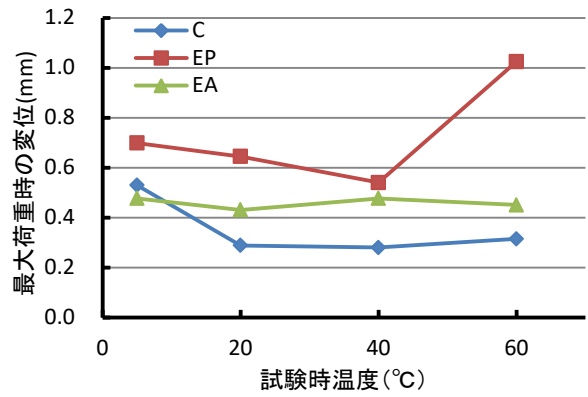


図 2.2.2.2-33 試験時の温度と最大荷重時の変位の関係

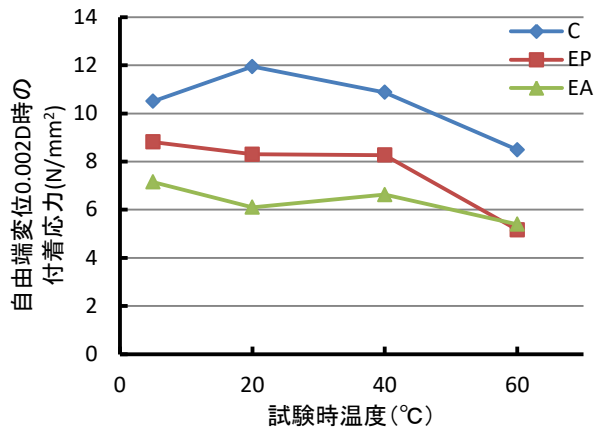


図 2.2.2.2-34 試験時の温度と自由端変位 0.002D 時の付着応力の関係

表 2.2.2.2-3 異なる温度条件下でのコンクリート強度試験結果

| 試験体温度 | 試験日   | 材齢  | 目標強度 $\sigma_{B0}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 圧縮強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | ヤング係数<br>(kN/mm <sup>2</sup> ) |
|-------|-------|-----|--|------------------------------|--------------------------------|
| 5°C   | 2月20日 | 88日 | 27.0                                       | 27.8                         | 19.5                           |
| 20°C  |       |     |  | 25.4                         | 20.5                           |
| 40°C  |       |     |  | 24.3                         | 19.0                           |
| 60°C  |       |     |  | 21.9                         | 17.9                           |

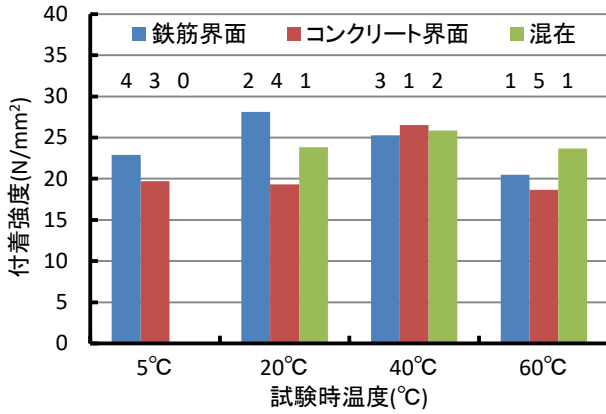


図 2.2.2.2-35 試験時の温度別の破壊界面ごとの付着強度（セメント系）

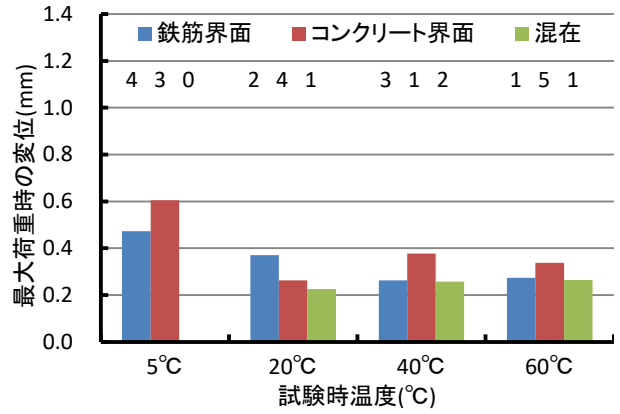


図 2.2.2.2-36 試験時の温度別の破壊界面ごとの最大荷重時の変位（セメント系）

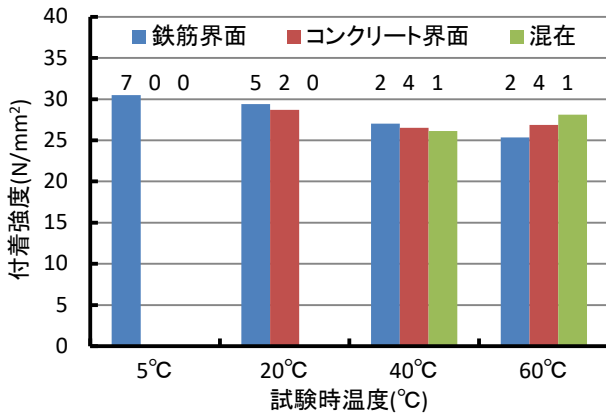


図 2.2.2.2-37 試験時の温度別の破壊界面ごとの付着強度（エポキシ系）

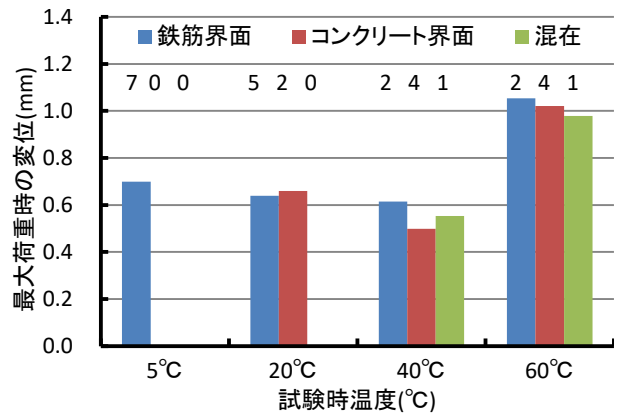


図 2.2.2.2-38 試験時の温度別の破壊界面ごとの最大荷重時の変位（エポキシ系）

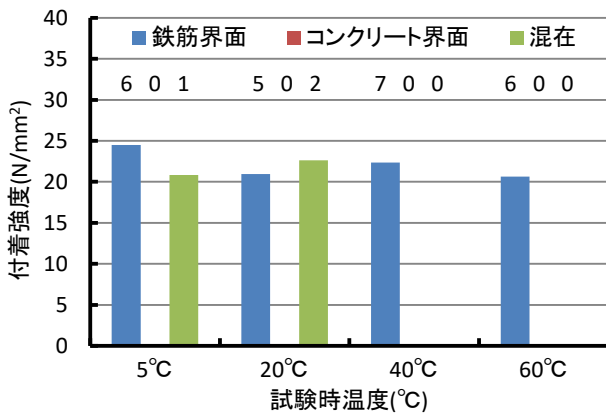


図 2.2.2.2-39 試験時の温度別の破壊界面ごとの付着強度（エポキシアクリレート系）

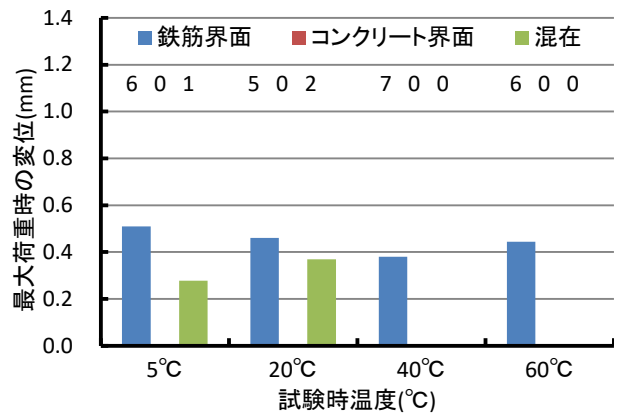


図 2.2.2.2-40 試験時の温度別の破壊界面ごとの最大荷重時の変位（エポキシアクリレート系）

### 2-2-2-7 試験結果のばらつきに関する分析

試験結果のばらつきについて、ばらつきの範囲がどの程度か、また、正規分布と仮定して取り扱うことができるかどうかを確認するため、試験結果のばらつきに関する分析を行った。ばらつきの評価の対象とした水準は、試験条件の要因を排除するため、アンカー筋の種類とコンクリートの目標強度の組み合わせとなる水準（水準 No.1～No.13）とした。

#### (1)ばらつきの大きさ

本試験の試験結果（表 2.2.2.2-1 および表 2.2.2.2-2）から、上記 13 水準について付着強度の変動係数は、3.7%～8.1%の範囲（平均 5.8%）にあり、試験実施について一定の精度が確保されていることが確認される。一方、最大荷重時の変位の変動係数は、14.1%～76.2%の範囲（平均 27.5%）にあり、ばらつきは小さくない。これは、個々の試験体のばらつきが大きいことや最大荷重付近で変位が増大する場合があることなどから相対的にばらつきが大きくなったものと考えられる。また、自由端変位 0.002D 時の変位の変動係数は、3.1%～36.8%（平均 16.1%）の範囲にあり、水準によっては大きい値となる場合もある。初期の剛性については、自由端変位の変動に対して応力の変動が相対的に大きいことから、試験体ごとのばらつきも大きくなると推測される。

付着強度は性能評価に直接関わる値であり、試験結果の信頼性も求められることから、本試験の結果も踏まえると、個々の水準内の変動係数は 10%もしくは 15%以内程度である必要があると思われる。一方、最大荷重時の変位および自由端変位 0.002D 時の付着応力については、長期の変形性状や初期剛性の評価の目安として平均値で表すことで試験水準内のおおよその性状を把握できると思われる。

#### (2)正規性の検証

試験結果の統計的な処理を行う上では、ばらつきが正規分布であると仮定してよいかどうかについて検証（正規性の検証）を行う必要がある。そこで、上記 13 水準の試験結果について、ばらつきの分布について確認した。試験結果は、試験手順に問題のなかったと思われる 85 体の個々の試験結果を各水準の平均値で除すことによって基準化した値（ $\tau_i/\tau_{ave.}$ ）とした。

図 2.2.2.2-41 に基準化した付着強度のヒストグラム、図 2.2.2.2-42 および図 2.2.2.2-43 に累積頻度と下限付近の拡大図、図 2.2.2.2-44 に正規確率プロットを示す。ヒストグラムはアンカー筋種類ごとと 13 水準の総計、累積頻度と正規確率プロットは 13 水準の総計について示す。

ヒストグラムの分布形状および正規確率プロットの直線性から正規分布と仮定して問題ないと思われる。また正規性の検証について統計的に判断するシャピローウィルクの仮説検定<sup>2-11)</sup>を行った結果も正規母集団からのサンプリングであることが棄却されない結果となった。また、累積頻度から片側検定で 95%信頼下限となる値は基準化した付着強度（ $\tau_i/\tau_{ave.}$ ）が約 0.88、両側検定の場合に約 0.86 であり、個々の試験結果がこれらの範囲を下回る場合には、試験結果の除外の可否を検討する必要があると思われる。

今回の結果について、グラブス・スミルノフの棄却検定<sup>2-11)</sup>を行った結果は、平均値から最も外れた値であった  $\tau_i/\tau_{ave.}=0.74$  の試験結果について異常値として棄却された。なお、本節の実験結果は、ここでの外れ値を除却して再計算している。このように試験結果が大きく外れる場合には、評価における棄却検定についても考慮する必要があると思われる。

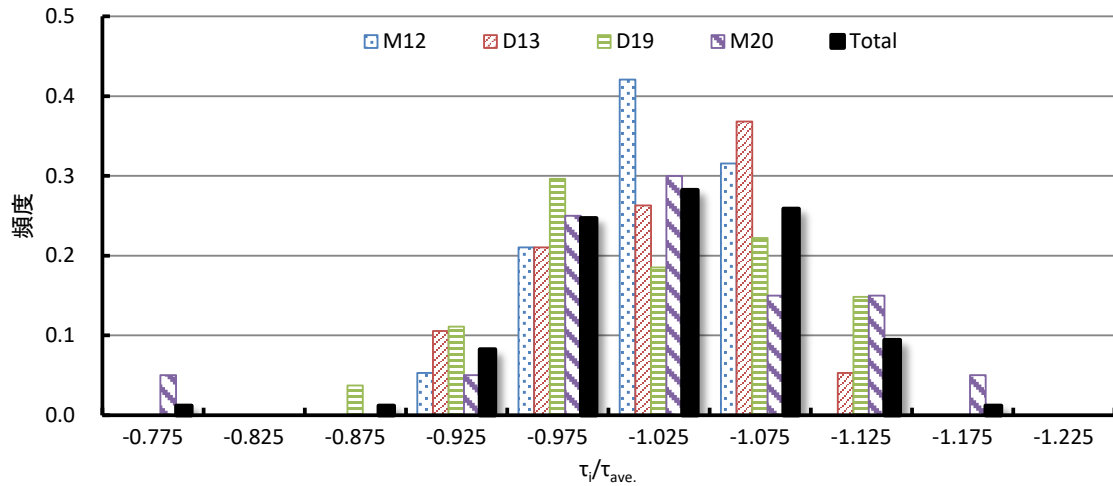


図 2.2.2.2-41 基準化した付着強度のヒストグラム

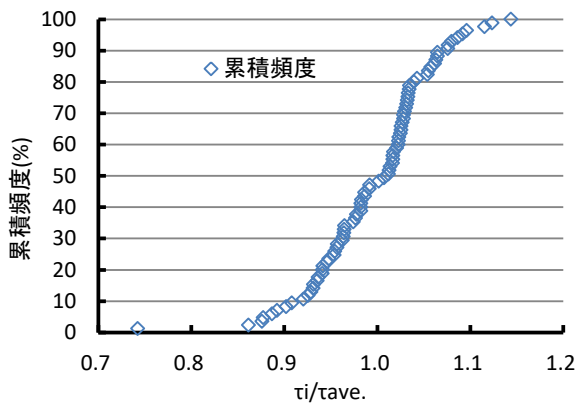


図 2.2.2.2-42 基準化した付着強度の累積頻度

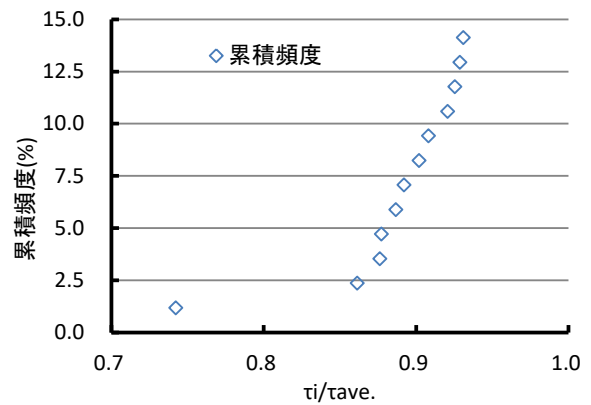


図 2.2.2.2-43 基準化した付着強度の累積頻度 (拡大図)

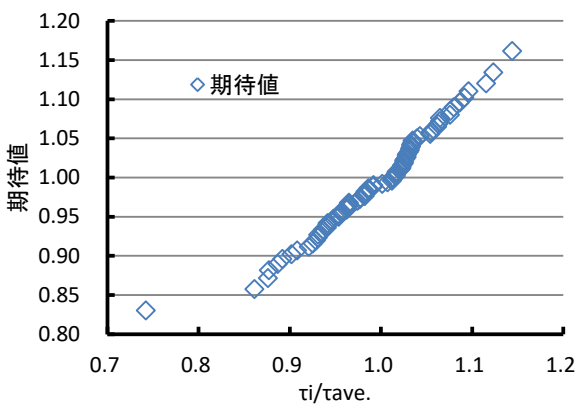


図 2.2.2.2-44 基準化した付着強度の正規確率プロット

(3) 破壊形態とばらつきの関係

あと施工アンカーの性能として、付着強度を大きくすることとともに、そのばらつきを低減させ安定した強度が得られることも重要である。最近の接着剤は接着力が大きくなっていると言われ、従来のアンカーとは、破壊形態が異なることも指摘される。このような点から、破壊形態（破壊界面）と

付着強度および最大荷重時の変位のばらつきの間に何らかの関連があるかについて確認した。

ばらつきの評価は、アンカー筋を全ねじボルトと異形鉄筋に分け、破壊界面と付着強度の関係で整理したように、鉄筋と接着剤、コンクリートと接着剤の界面およびその混在した破壊形態に分類した。これらの分類した条件ごとに付着強度の平均と標準偏差を求め、付着界面による付着強度および変位の大きさとばらつきを確認した。表 2.2.2.2-4 に付着強度、表 2.2.2.2-5 に最大荷重時の変位についてその結果を示す。

この結果からは、全ねじボルトおよび異形鉄筋のいずれについても、鉄筋界面とコンクリート界面の破壊界面の違いによって付着強度の大きさやそのばらつきが異なるという傾向は確認されなかった。コンクリート強度の局所的なばらつきと鉄筋自体の強度のばらつきの大きさを考慮すると、コンクリート界面の破壊の方がばらつきが大きくなることが予想されたが、特段そのような傾向は見られていない。最大荷重時の変位については、鉄筋界面とコンクリート界面はほぼ同程度であり、混在のものが若干大きな値を示した。混在の試験体はいずれにも分類できなかったものであり、鉄筋の引き抜き時に接着剤を破損した可能性もあることから単純には比較できないものの、変形が大きいところまで耐力を保持したことから、接着剤そのものが破壊に至った可能性もある。

表 2.2.2.2-4 破壊界面ごとの付着強度の平均値および標準偏差

| アンカー筋<br>種別         | 付着強度 (N/mm <sup>2</sup> ) |       |       |          |       |       |    |       |       |
|---------------------|---------------------------|-------|-------|----------|-------|-------|----|-------|-------|
|                     | 鉄筋界面                      |       |       | コンクリート界面 |       |       | 混在 |       |       |
|                     | 本数                        | 平均値   | 標準偏差  | 本数       | 平均値   | 標準偏差  | 本数 | 平均値   | 標準偏差  |
| 全ねじボルト<br>(M12・M20) | 15                        | 1.001 | 0.040 | 22       | 0.991 | 0.051 | 3  | 1.016 | 0.100 |
| 異形鉄筋<br>(D13・D19)   | 29                        | 0.995 | 0.058 | 5        | 0.953 | 0.032 | 13 | 1.030 | 0.032 |

表 2.2.2.2-5 破壊界面ごとの最大荷重時の変位の平均値および標準偏差

| アンカー筋<br>種別         | 最大荷重時の変位 (mm) |       |       |          |       |       |    |       |       |
|---------------------|---------------|-------|-------|----------|-------|-------|----|-------|-------|
|                     | 鉄筋界面          |       |       | コンクリート界面 |       |       | 混在 |       |       |
|                     | 本数            | 平均値   | 標準偏差  | 本数       | 平均値   | 標準偏差  | 本数 | 平均値   | 標準偏差  |
| 全ねじボルト<br>(M12・M20) | 15            | 0.968 | 0.244 | 21       | 0.987 | 0.239 | 3  | 1.152 | 0.239 |
| 異形鉄筋<br>(D13・D19)   | 29            | 1.002 | 0.372 | 4        | 1.013 | 0.287 | 12 | 0.945 | 0.395 |

### 2-2-2-3 長期载荷試験の実施状況

#### 2-2-2-3-1 载荷試験の実施状況

持続荷重に対する変形に対する評価としては、アンカーに継続的に载荷を行いアンカー筋の抜けだし量を確認するクリープ試験によって評価を行う。本検討では、引張クリープ試験によって付着性状のクリープ特性を評価した。

クリープ試験の方法は、ACI 指針<sup>2.5)</sup> 7.17 Sensitivity of sustained loading at standard and maximum long-term temperature, あるいは ETAG 認証基準<sup>2.6)</sup> 5.1.2.5 Functioning under sustained loads に規定され、認証においてはその結果をもとに基準強度の低減などが行われているが、日本国内では JCAA 認証基準等でも評価は実施されていない。長期許容応力度を設定するためには、長期的な载荷に対してクリープ破壊を生じないことを確認し、評価する必要がある。クリープ試験は実施に時間を要するため、平成 27 年度は試験体の製作および载荷開始までを実施し、試験結果の評価については次年度以降に検討する。2-2-2 項においては、载荷の状況および载荷直後の試験結果について報告する。

写真 2.2.2.3-1 にクリープ試験に使用した試験治具および試験体の設置状況、写真 2.2.2.3-2 から写真 2.2.2.3-4 に 5℃、20℃、40℃のそれぞれの試験実施状況を示す。

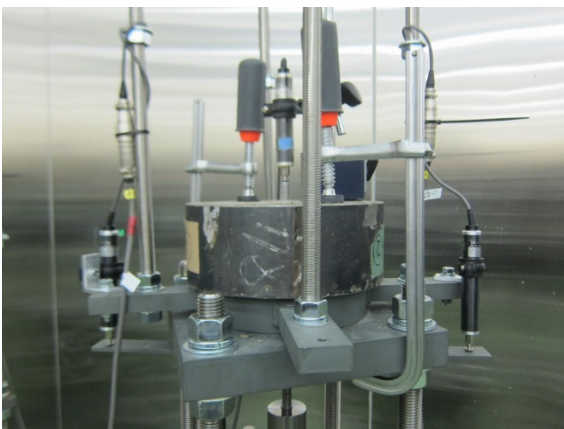


写真 2.2.2.3-1 クリープ試験に用いた治具  
および試験体設置状況

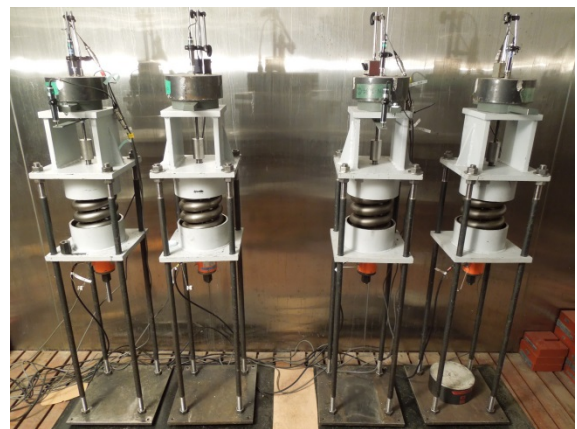


写真 2.2.2.3-2 クリープ試験実施状況 (5℃)



写真 2.2.2.3-3 クリープ試験実施状況 (20℃)

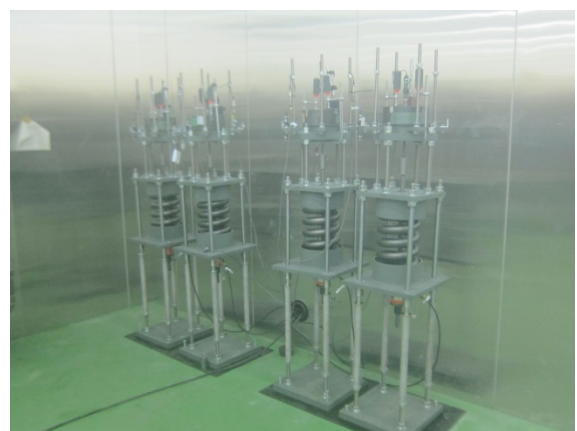


写真 2.2.2.3-4 クリープ試験実施状況 (40℃)

2-2-2-3-2 載荷試験結果

図 2.2.2.3-1 から図 2.2.2.3-6 にエポキシ樹脂系、セメント系の各接着剤の 5℃、20℃、40℃環境下での初期載荷の荷重変位曲線を示す。載荷荷重は、アンカー筋 M12、埋込み長さ 5da (60mm)、付着強度  $\tau=15\text{N/mm}^2$ 相当となる荷重 (33.9kN) を目標とし、安藤らの文献<sup>2.12)</sup>による載荷方法を参考にし、試験体を設置後 20kN 程度までの載荷と徐荷を 3 回繰り返した後に、載荷中の荷重の低減を考慮して、目標荷重に対して 1kN 程度大きい荷重を載荷した。これによって、短期載荷時の変形量とクリープ載荷時の変形量がほぼ同程度となる。

図 2.2.2.3-7～図 2.2.2.3-18 に載荷開始後 7～10 日間の各水準の自由端変位の経時変化および載荷荷重の経時変化を示す。環境温度によりクリープ変形量が異なっており、特にエポキシ系では温度が高くなると変形量も大きくなる傾向が見られ、特に 40℃環境においてその傾向が顕著である。載荷後 1 週間程度でまた、セメント系とエポキシ系ではエポキシ系の変形量が大きく、短期載荷試験の結果と同様である。載荷荷重は安定しており、クリープによる変形量の大きい 40℃のエポキシ系が若干荷重が低下する傾向が見られる。

クリープ試験結果の評価は、ACI 指針および ETAG 認証基準では、試験期間 70 日～90 日における時間とクリープ変形量の値と(2.2.2.3-1)式にあてはめて最小二乗法によって式中の係数を求め、試験条件ごとの長期のクリープ予測式を得る。そこで得られたクリープ予測式から、想定した経過時間におけるクリープ変形量を推定し、短期載荷試験における最大荷重時の変位と比較して、クリープ変形量が小さければクリープ破壊は生じないとする評価を行っている。

$$S(t) = S(0) + a \cdot t^b \tag{2.2.2.3-1式}$$

ここに、

- $S(t)$  : 時間  $t$  における変位量
- $S(0)$  : 載荷直後における変位量
- $t$  : クリープ開始後の時間
- $a, b$  : 実験によって求める定数

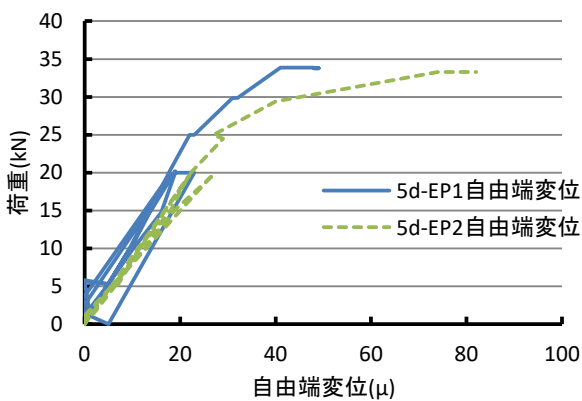


図 2.2.2.3-1 載荷開始時の荷重－変位曲線 (5℃・エポキシ系)

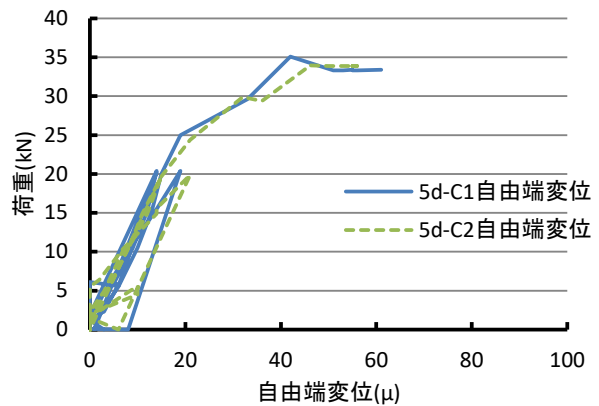


図 2.2.2.3-2 載荷開始時の荷重－変位曲線 (5℃・セメント系)

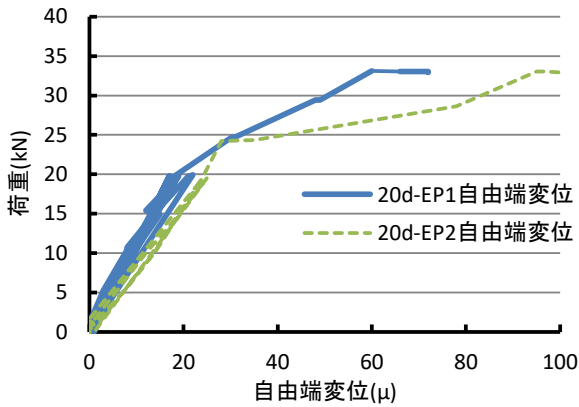


図 2.2.2.3-3 荷重開始時の荷重－変位曲線  
(20°C・エポキシ系)

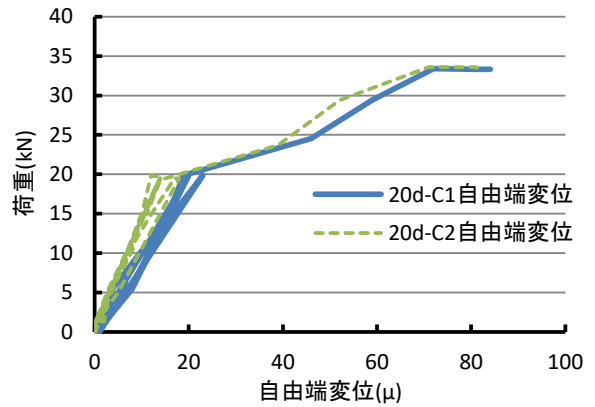


図 2.2.2.3-4 荷重開始時の荷重－変位曲線  
(20°C・セメント系)

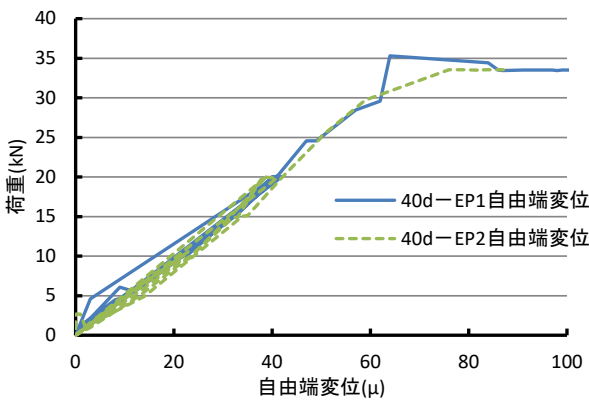


図 2.2.2.3-5 荷重開始時の荷重－変位曲線  
(40°C・エポキシ系)

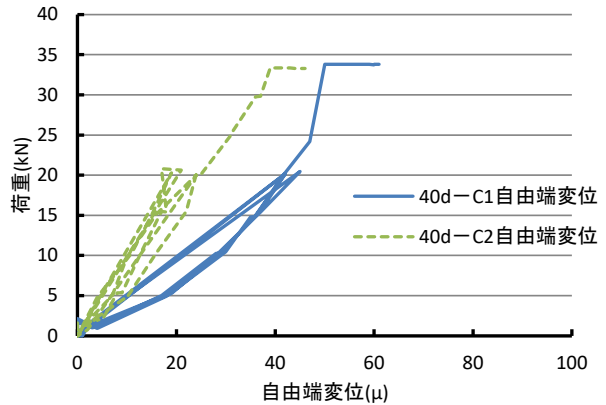


図 2.2.2.3-6 荷重開始時の荷重－変位曲線  
(40°C・セメント系)

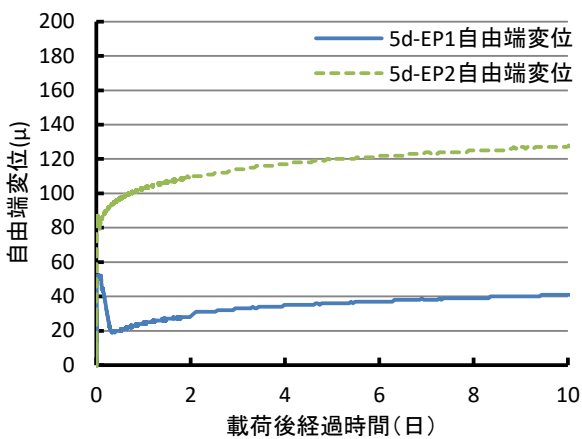


図 2.2.2.3-7 自由端変位の経時変化  
(5°C・エポキシ系)

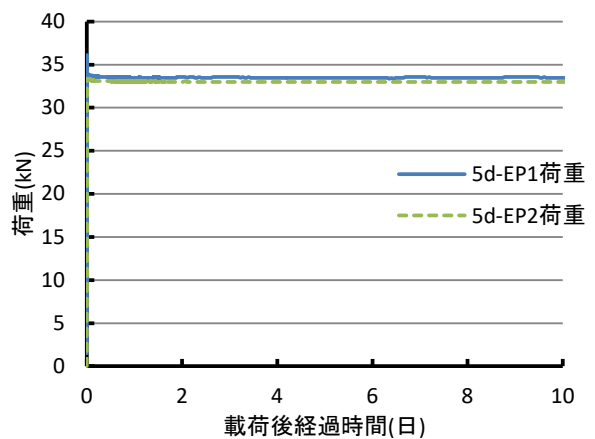


図 2.2.2.3-8 荷重荷重の経時変化  
(5°C・エポキシ系)



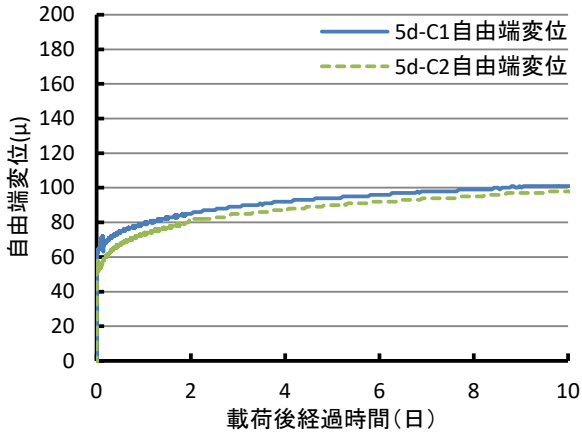


図 2.2.2.3-9 自由端変位の経時変化  
(5°C・セメント系)

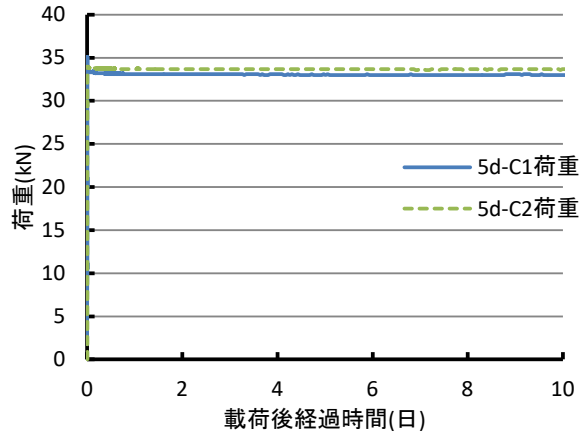


図 2.2.2.3-10 載荷荷重の経時変化  
(5°C・セメント系)

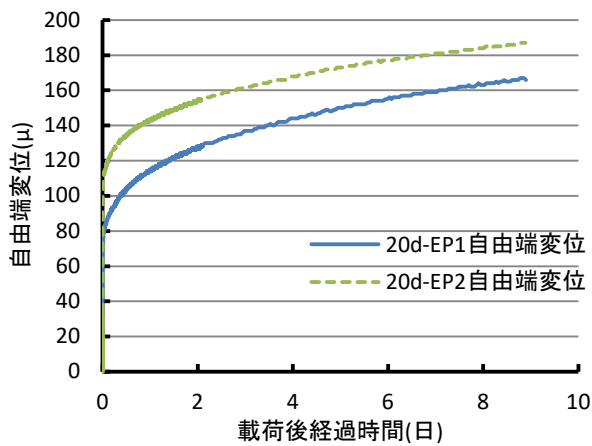


図 2.2.2.3-11 自由端変位の経時変化  
(20°C・エポキシ系)

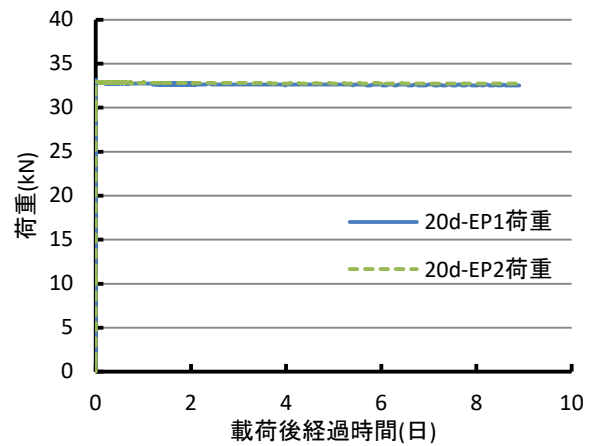


図 2.2.2.3-12 載荷荷重の経時変化  
(20°C・エポキシ系)

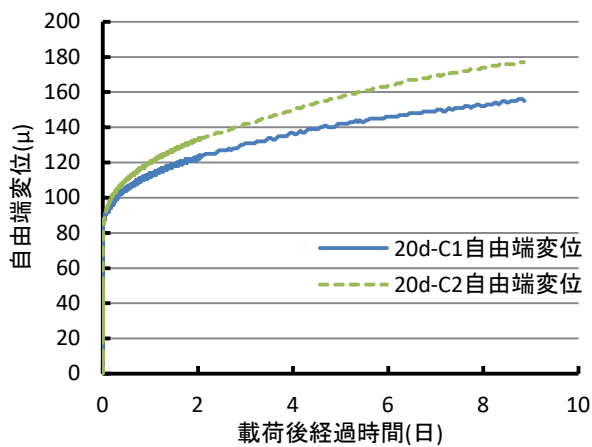


図 2.2.2.3-13 自由端変位の経時変化  
(20°C・セメント系)

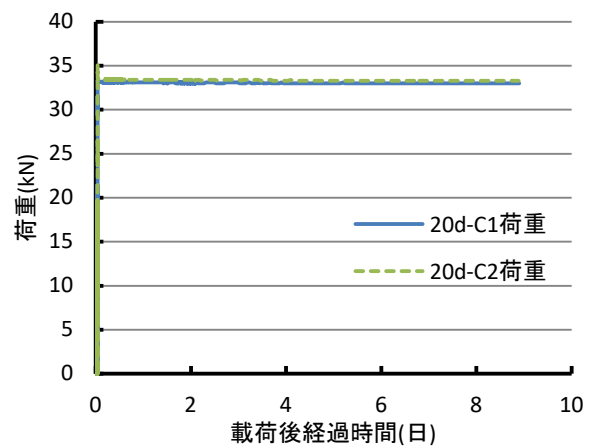


図 2.2.2.3-14 載荷荷重の経時変化  
(20°C・セメント系)

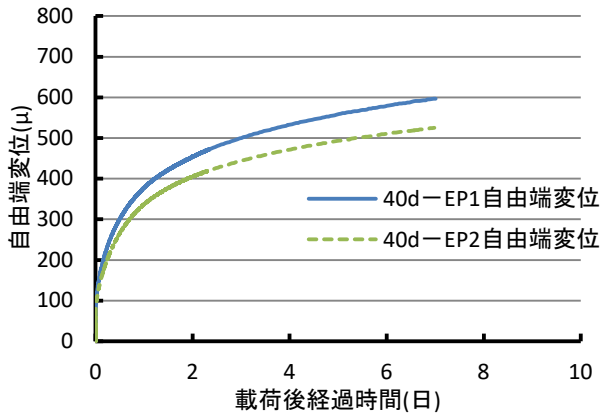


図 2.2.2.3-15 自由端変位の経時変化  
(40℃・エポキシ系)

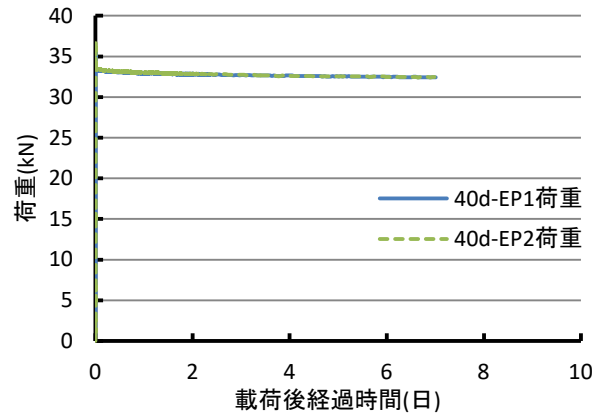


図 2.2.2.3-16 載荷荷重の経時変化  
(40℃・エポキシ系)

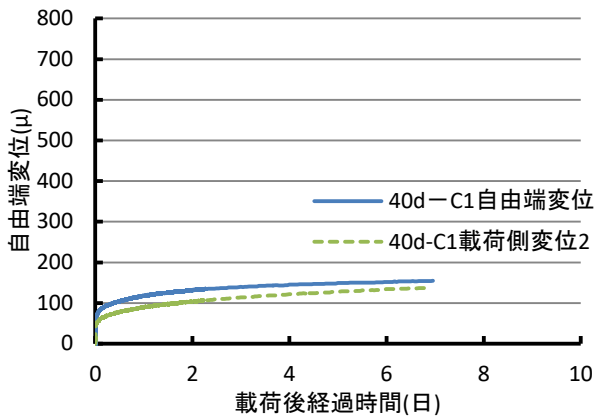


図 2.2.2.3-17 自由端変位の経時変化  
(40℃・セメント系)

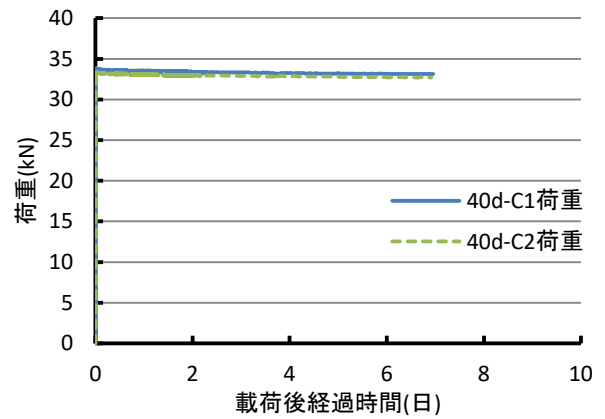


図 2.2.2.3-18 載荷荷重の経時変化  
(40℃・セメント系)

2-2-3 せん断応力に対する性能評価試験

2-2-3-1 実験計画

2-2-3-1-1 実験の要因と水準

あと施工アンカーのせん断性能としては、最大耐力およびせん断応力によるアンカーボルトのせん断変形量（せん断剛性）が評価対象となる。既存の評価方法<sup>2.4), 2.5)</sup>によると、最大耐力はアンカーボルトのせん断降伏およびコンクリート接触部分による支圧破壊で決定され、せん断剛性はアンカーボルトの曲げ剛性とコンクリートのヤング係数で決定されると考えられる。本実験では、アンカーボルトの鋼材が降伏する前のせん断剛性の評価試験方法に関して、その妥当性を確認する。

表 2.2.3.1-1 に実験要因と水準を示す。要因はコンクリート強度を3水準、アンカー筋種類・径を3種類、接着剤種類を3種類とし、これらの要因を組合せることにより、表 2.2.3.1-2 に示す試験体を計画した。なお、埋込み長さはせん断性能が引抜き性状の付着強度不足による影響を受けないように  $7d_a$  ( $d_a$ : アンカーボルト径) の1水準とした。

表 2.2.3.1-1 実験要因と水準

| 条件  | No. | 要因                      | 水準数 | 水準                        | 備考 (試験目的)   |
|-----|-----|-------------------------|-----|---------------------------|-------------|
| 試験体 | A   | コンクリート強度 ( $\sigma_B$ ) | 3   | 18・27・36N/mm <sup>2</sup> | ヤング係数の影響    |
|     | B   | アンカー筋種類・径               | 4   | D13・D16・D19・M20           | 支圧面積の影響     |
|     | C   | 埋込み長さ                   | 1   | $7d_a$                    |             |
|     | D   | 接着剤種類                   | 3   | エポキシ・セメント・エポキシアクリレート      | 接着剤の付着性能の影響 |

\* 下線は基本とする水準であり、各要因の試験体数はN=5とした。

表 2.2.3.1-2 試験体一覧および実験結果一覧

| 試験体 No.     | $F_c$<br>( $\sigma_B$ ) | 径・鋼種          | 接着剤  | 穿孔結果       |           | 実験結果                 |                      |                      |             | 母材 No. |
|-------------|-------------------------|---------------|------|------------|-----------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------|--------|
|             |                         |               |      | 深さ<br>(mm) | 径<br>(mm) | 各変形時のせん断力            |                      |                      |             |        |
|             |                         |               |      |            |           | 1mm<br>(kN)          | 2mm<br>(kN)          | 4mm<br>(kN)          | 8mm<br>(kN) |        |
| E-18-D13-1  | 18<br>(26.8)            | D13<br>MK785  | エポキシ | 16.3       | 89.3      | 27.5                 | 35.3                 | 39.0                 | -           | 1      |
| E-18-D13-2  |                         |               |      | 16.1       | 91.5      | 27.1                 | 36.7                 | 38.1                 | -           |        |
| E-18-D13-3  |                         |               |      | 15.8       | 95.4      | 27.9                 | 37.1                 | 45.8                 | -           |        |
| E-18-D13-4  |                         |               |      | 16.1       | 91.3      | 25.8                 | 34.4                 | 42.6                 | -           |        |
| E-18-D13-5  |                         |               |      | 16.0       | 92.1      | 28.0                 | 37.3                 | 44.3                 | -           |        |
| 平均値         |                         |               |      | 16.1       | 91.9      | 27.3                 | 36.2                 | 42.0                 | -           |        |
| E-27-D13-6  | 27<br>(35.7)            | D13<br>MK785  | エポキシ | 16.1       | 91.1      | 28.6                 | 37.5                 | 43.4                 | -           | 2      |
| E-27-D13-7  |                         |               |      | 15.8       | 91.5      | 26.9                 | 37.9                 | 45.1                 | -           |        |
| E-27-D13-8  |                         |               |      | 15.9       | 91.5      | 24.6                 | 34.2                 | 43.0                 | -           |        |
| E-27-D13-9  |                         |               |      | 16.1       | 91.9      | 26.5                 | 33.3                 | 41.7                 | -           |        |
| E-27-D13-10 |                         |               |      | 16.0       | 91.4      | 28.4                 | 38.5                 | 40.3                 | -           |        |
| 平均値         |                         |               |      | 16.0       | 91.4      | 27.0                 | 36.3                 | 42.7                 | -           |        |
| E-36-D13-11 | 36<br>(43.8)            | D13<br>MK 785 | エポキシ | 16.0       | 93.7      | 25.1                 | 33.3                 | 42.8                 | -           | 3      |
| E-36-D13-12 |                         |               |      | 16.0       | 92.9      | 23.4                 | 31.5                 | 40.7                 | -           |        |
| E-36-D13-13 |                         |               |      | 16.3       | 91.1      | (17.3) <sup>*1</sup> | (24.6) <sup>*1</sup> | (37.0) <sup>*1</sup> | -           |        |
| E-36-D13-14 |                         |               |      | 16.3       | 92.7      | 21.8                 | 31.9                 | 42.3                 | -           |        |
| E-36-D13-15 |                         |               |      | 15.8       | 92.4      | 26.4                 | 35.8                 | 44.6                 | -           |        |
| 平均値         |                         |               |      | 16.1       | 93.0      | 24.2                 | 33.1                 | 42.6                 | -           |        |

|              |              |                        |                |      |       |                      |                      |                      |                       |   |
|--------------|--------------|------------------------|----------------|------|-------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|---|
| E-27-D16-1   | 27<br>(35.7) | D16<br>SHD685          | エポキシ           | 20.2 | 111.9 | 38.9                 | 48.6                 | 58.0                 | -                     | 4 |
| E-27-D16-2   |              |                        |                | 20.0 | 115.0 | 32.2                 | 44.1                 | 54.0                 | -                     |   |
| E-27-D16-3   |              |                        |                | 20.0 | 116.6 | 33.4                 | 44.3                 | 57.2                 | -                     |   |
| E-27-D16-4   |              |                        |                | 20.0 | 116.4 | 38.1                 | 45.6                 | 55.7                 | -                     |   |
| E-27-D16-5   |              |                        |                | 20.1 | 116.5 | 34.3                 | 40.4                 | 49.7                 | -                     |   |
| 平均値          |              |                        |                | 20.0 | 115.2 | 35.4                 | 44.6                 | 54.9                 |                       |   |
| E-27-D19-1   | 27<br>(35.7) | D19<br>SHD685          | エポキシ           | 24.4 | 135.5 | 50.4                 | 70.0                 | 99.0                 | -                     | 5 |
| E-27-D19-2   |              |                        |                | 24.1 | 135.5 | 36.0                 | 62.9                 | 87.6                 | -                     |   |
| E-27-D19-3   |              |                        |                | 24.2 | 133.2 | 47.3                 | 69.2                 | 92.0                 | -                     |   |
| E-27-D19-4   |              |                        |                | 24.2 | 135.6 | 56.9                 | 79.1                 | 104.2                | -                     |   |
| E-27-D19-5   |              |                        |                | 24.0 | 133.9 | 49.1                 | 73.7                 | 96.2                 | -                     |   |
| 平均値          |              |                        |                | 24.2 | 134.7 | 48.0                 | 71.0                 | 95.8                 |                       |   |
| E-18-M20-B1  | 18<br>(26.8) | M20<br>SCM435<br>10.9T | エポキシ           | 23.1 | 141.4 | 49.8                 | 76.9                 | 112.0                | 132.8                 | 1 |
| E-18-M20-B2  |              |                        |                | 23.5 | 140.9 | 49.2                 | 75.6                 | 111.8                | 143.5                 |   |
| E-18-M20-B3  |              |                        |                | 23.2 | 142.0 | 51.8                 | 75.8                 | 110.4                | 138.9                 |   |
| E-18-M20-B4  |              |                        |                | 23.0 | 141.7 | 46.9                 | 69.9                 | 102.8                | 127.1                 |   |
| E-18-M20-B5  |              |                        |                | 22.9 | 142.1 | 44.5                 | 63.2                 | 91.8                 | 122.1                 |   |
| 平均値          |              |                        |                | 23.1 | 141.6 | 48.4                 | 72.3                 | 105.8                | 132.9                 |   |
| E-27-M20-B6  | 27<br>(35.7) | M20<br>SCM435<br>10.9T | エポキシ           | 23.1 | 140.0 | 44.1                 | 64.7                 | 90.6                 | 130.6                 | 2 |
| E-27-M20-B7  |              |                        |                | 23.2 | 140.1 | 47.8                 | 74.8                 | 112.0                | 141.9                 |   |
| E-27-M20-B8  |              |                        |                | 21.9 | 142.5 | 48.0                 | 70.3                 | 104.0                | 144.7                 |   |
| E-27-M20-B9  |              |                        |                | 23.1 | 141.0 | 38.5                 | 61.9                 | 100.6                | 135.5                 |   |
| E-27-M20-10  |              |                        |                | 22.8 | 141.0 | (28.8) <sup>*2</sup> | (52.1) <sup>*2</sup> | (81.7) <sup>*2</sup> | (119.6) <sup>*2</sup> |   |
| 平均値          |              |                        |                | 22.8 | 140.9 | 44.6                 | 67.9                 | 101.8                | 138.2                 |   |
| E-36-M20-11  | 36<br>(43.8) | M20<br>SCM435<br>10.9T | エポキシ           | 23.6 | 144.0 | 50.6                 | 75.6                 | 113.1                | 142.5                 | 3 |
| E-36-M20-12  |              |                        |                | 23.0 | 141.2 | 48.3                 | 78.1                 | 117.4                | 147.7                 |   |
| E-36-M20-13  |              |                        |                | 23.3 | 142.8 | 43.9                 | 75.2                 | 118.2                | 148.0                 |   |
| E-36-M20-14  |              |                        |                | 23.1 | 141.0 | 49.3                 | 71.1                 | 110.7                | 139.9                 |   |
| E-36-M20-15  |              |                        |                | 23.1 | 140.8 | 48.8                 | 76.5                 | 118.3                | 146.5                 |   |
| 平均値          |              |                        |                | 23.2 | 142.0 | 48.2                 | 75.3                 | 115.5                | 144.9                 |   |
| C-27-M20-16  | 27<br>(35.7) | M20<br>SCM435<br>10.9T | セメント           | 23.5 | 139.6 | 34.3                 | 54.4                 | 88.2                 | 124.6                 | 4 |
| C-27-M20-17  |              |                        |                | 23.8 | 142.2 | 49.1                 | 72.8                 | 108.4                | 137.3                 |   |
| C-27-M20-18  |              |                        |                | 23.7 | 141.7 | 46.6                 | 71.9                 | 112.2                | 136.6                 |   |
| C-27-M20-19  |              |                        |                | 24.2 | 139.9 | 40.1                 | 64.4                 | 98.1                 | 132.2                 |   |
| C-27-M20-20  |              |                        |                | 24.0 | 142.6 | 48.3                 | 78.1                 | 117.8                | 140.0                 |   |
| 平均値          |              |                        |                | 23.9 | 141.2 | 43.7                 | 68.3                 | 104.9                | 134.1                 |   |
| EA-27-M20-21 | 27<br>(35.7) | M20<br>SCM435<br>10.9T | エポキシ<br>アクリレート | 23.2 | 140.1 | 33.9                 | 62.1                 | 93.0                 | 133.9                 | 5 |
| EA-27-M20-22 |              |                        |                | 23.2 | 141.1 | 34.4                 | 60.3                 | 96.2                 | 130.0                 |   |
| EA-27-M20-23 |              |                        |                | 22.9 | 141.7 | 39.7                 | 49.2                 | 90.4                 | 119.2                 |   |
| EA-27-M20-24 |              |                        |                | 23.1 | 141.7 | 32.3                 | 56.3                 | 83.1                 | 118.5                 |   |
| EA-27-M20-25 |              |                        |                | 22.9 | 139.6 | 46.2                 | 65.1                 | 91.0                 | 129.4                 |   |
| 平均値          |              |                        |                | 23.0 | 140.9 | 37.3                 | 58.6                 | 90.7                 | 126.2                 |   |

\*1: 加力中に加力用鋼板を取付けていた異形筋チャックが外れたため、平均値から除外した。

\*2: 加力用鋼板を締付けていたナットの締付けに不備があったため、平均値から除外した。

### 2-2-3-1-2 実験スケジュール

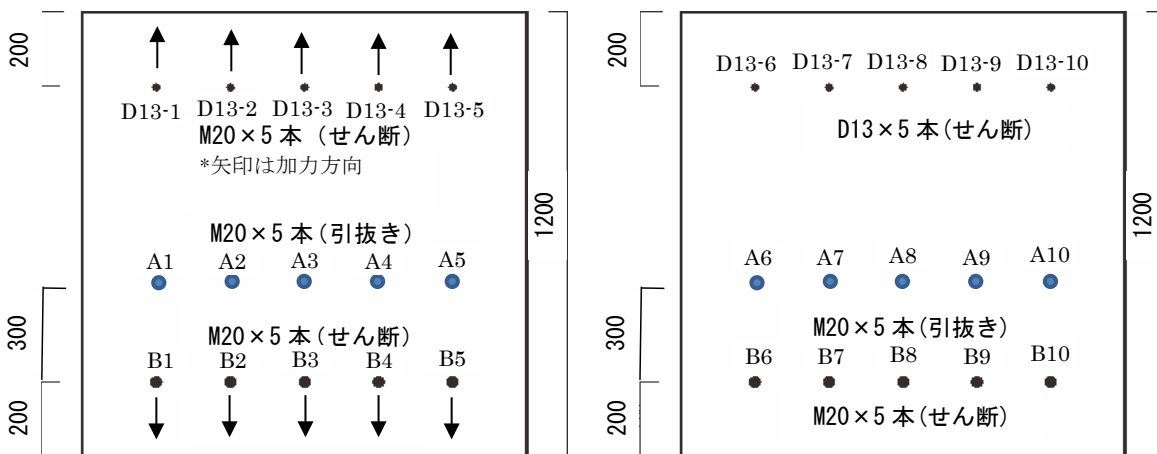
- ・試験体製作：11月上旬～（18日 Fc36 打設，19日 Fc18 打設，27日 Fc27 打設）
  - 1月14, 15, 21日 アンカーボルト施工
- ・加力：1月28日～2月8日（せん断加力）
  - 2月12日～2月16日（引抜き加力）

2-2-3-1-3 試験体

(1)形状および寸法

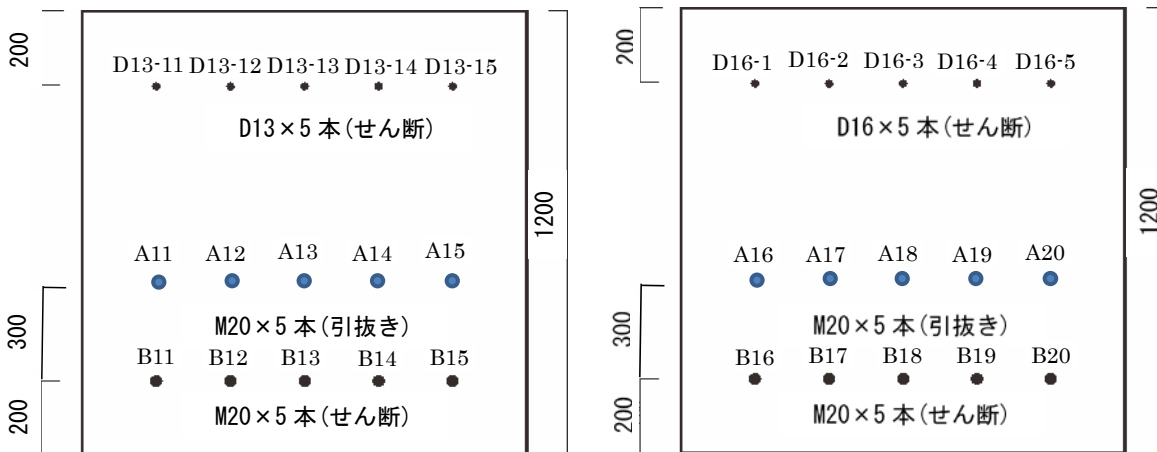
図 2.2.3.1-1 にコンクリート母材の試験体形状・寸法および要因を示す。試験体形状は 1200×1200×300mm のコンクリートブロックであり、総数 5 体である。1 試験体につき 10 本（実験要因ごとに各 5 本）のアンカー筋を注入方式で施工した。

アンカーボルトの設置位置を図 2.2.3.1-1 に示すが、せん断試験用のアンカー筋は、各コンクリート母材に、2 要因のアンカー筋を試験体端部より 200mm の位置に 200 間隔で配置した。また、コンクリート 3 水準、アンカー種類 3 種類の引張試験用アンカーとして 25 本の M20 全ねじボルトを図に示す位置に配置した。アンカー筋の埋込み長さはせん断試験用を  $7d_a$  ( $d_a$ : アンカー筋直径), 引抜き試験用を  $5d_a$  とした。



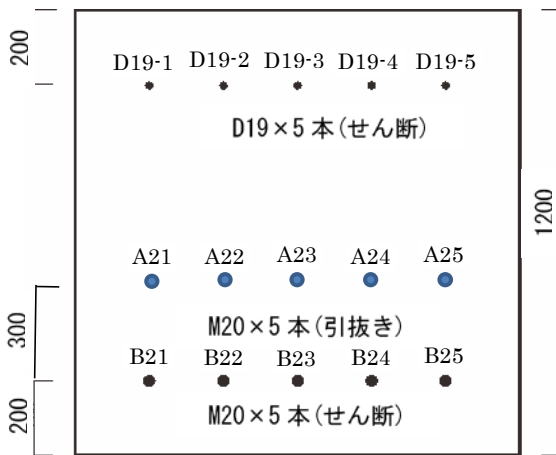
1) Fc18 D13×5, M20×5  
エポキシ

2) Fc27 D13×5, M20×5  
エポキシ

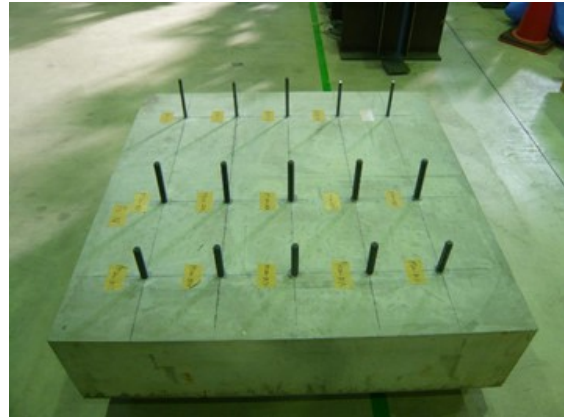


3) Fc36 D13×5, M20×5  
エポキシ

4) Fc27 D16×5 (エポキシ)  
M20×5 (セメント)



\*せん断試験体：埋込み  $7d_a$   
引抜き試験体：埋込み  $5d_a$



5)  $F_c27$  D19×5 (エポキシ)  
M20×5 (エポキシアクリレート)

図 2. 2. 3. 1-1 試験体形状および要因

(2) 使用材料

アンカー筋の材料試験結果を表 2. 2. 3. 1-3 に、コンクリートの材料試験結果を表 2. 2. 3. 1-4 に示す。  
アンカー筋は、全ねじボルトと異形鉄筋を用いた。全ねじボルトは呼び名が M20 で、JIS G 4053 (機械構造用合金鋼鋼材) に規定される SCM435 を使用した。異形鉄筋は、降伏点強度が  $785\text{N/mm}^2$  相当 (呼び名 D13 の MK785 材)、 $685\text{N/mm}^2$  (呼び名 D16, D19 の SHD685 材) 相当の材料を使用した。母材コンクリートは、目標強度 ( $\sigma_B$ ) を  $18\text{N/mm}^2$ ,  $27\text{N/mm}^2$ ,  $36\text{N/mm}^2$  の 3 種類の調合とした。実験期間は 1 月 28 日～2 月 16 日であることから、実験期間中のコンクリートの材料特性は 1 月 30 日と 2 月 15 日の平均値である下記の値とした。

- $F_c18$  : 圧縮強度  $27.8\text{N/mm}^2$ , 引張強度  $2.09\text{N/mm}^2$ , ヤング係数  $28.7\text{kN/mm}^2$
- $F_c27$  : 圧縮強度  $37.7\text{N/mm}^2$ , 引張強度  $2.34\text{N/mm}^2$ , ヤング係数  $31.5\text{kN/mm}^2$
- $F_c36$  : 圧縮強度  $45.6\text{N/mm}^2$ , 引張強度  $2.89\text{N/mm}^2$ , ヤング係数  $33.9\text{kN/mm}^2$

各コンクリート母材において実施した引抜き試験による付着強度を表 2. 2. 3. 1-5 に、図 2. 2. 3. 1-2 に引抜き試験の載荷装置および変位計測状況を示す。なお、全引抜き試験体の引抜き力-拔出し関係、最終破壊状況は付 5-2-2 に示してある。試験体への加力は、油圧ジャッキおよび油圧ポンプを用いて、載荷速度  $10\text{kN/min}$  程度となるように手動で載荷した。荷重の計測はロードセルにより、拔出し量の計測はコンクリート表面からの高さ  $80\text{mm}$  の位置において左右 2 箇所計測した。ロードセルおよび変位計はデータロガーに接続し、載荷中は約 3 秒間隔で連続測定を行った。

表 2.2.3.1-3 アンカー筋の材料試験結果

|              | 降伏強度<br>[N/mm <sup>2</sup> ] | ヤング係数<br>[N/mm <sup>2</sup> ] | 引張強度<br>[N/mm <sup>2</sup> ] | 破断伸び<br>[%] |
|--------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------|
| D13 (MK785)  | 805                          | 1.66×10 <sup>5</sup>          | 986                          | 10.1        |
| D16 (SHD685) | 720                          | 1.82×10 <sup>5</sup>          | 946                          | 12.6        |
| D19 (SHD685) | 742                          | 1.70×10 <sup>5</sup>          | 989                          | 11.6        |
| M20 (SCM435) | 951                          | 1.97×10 <sup>5</sup>          | 1033                         | 8.2         |

表 2.2.3.1-4 コンクリートの材料試験結果

①  $\sigma_B = 18\text{N/mm}^2$ , 打設日 11月19日, 呼び 13.5-18-20N

| 試験日                      | 11月23日 | 11月26日 | 12月17日 | 1月11日 | 1月30日 | 2月15日 |
|--------------------------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
| 材齢                       | 4日     | 7日     | 28日    | 54日   | 73日   | 89日   |
| 養生                       | 現場封緘   | 現場封緘   | 現場封緘   | 現場封緘  | 現場封緘  | 現場封緘  |
| 重量 g                     | 3646   | 3651   | 3650   | 3658  | 3659  | 3640  |
| 圧縮強度 N/mm <sup>2</sup>   | 14.0   | 16.0   | 21.0   | 26.8  | 26.7  | 28.9  |
| 割裂強度 N/mm <sup>2</sup>   | —      | —      | —      | 2.10  | 2.09  | 2.08  |
| ヤング係数 kN/mm <sup>2</sup> | —      | —      | —      | 29.0  | 28.3  | 29.0  |

②  $\sigma_B = 27\text{N/mm}^2$ , 打設日 11月27日, 呼び 21-18-20N

| 試験日                      | 11月30日 | 12月4日 | 12月25日 | 1月11日 | 1月30日 | 2月15日 |
|--------------------------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|
| 材齢                       | 3日     | 7日    | 28日    | 46日   | 65日   | 81日   |
| 養生                       | 現場封緘   | 現場封緘  | 現場封緘   | 現場封緘  | 現場封緘  | 現場封緘  |
| 重量 g                     | 3645   | 3632  | 3633   | 3630  | 3640  | 3643  |
| 圧縮強度 N/mm <sup>2</sup>   | 17.8   | 25.5  | 33.5   | 35.7  | 36.5  | 38.8  |
| 割裂強度 N/mm <sup>2</sup>   | —      | —     | —      | 2.36  | 2.27  | 2.41  |
| ヤング係数 kN/mm <sup>2</sup> | —      | —     | —      | 29.4  | 31.8  | 31.2  |

③  $\sigma_B = 36\text{N/mm}^2$ , 打設日 11月18日, 呼び 30-18-20N

| 試験日                      | 11月21日 | 11月25日 | 12月16日 | 1月11日 | 1月30日 | 2月15日 |
|--------------------------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
| 材齢                       | 3日     | 7日     | 28日    | 55日   | 74日   | 90日   |
| 養生                       | 現場封緘   | 現場封緘   | 現場封緘   | 現場封緘  | 現場封緘  | 現場封緘  |
| 重量 g                     | 3663   | 3670   | 3633   | 3667  | 3622  | 3634  |
| 圧縮強度 N/mm <sup>2</sup>   | 27.5   | 32.5   | 38.3   | 43.8  | 45.4  | 45.8  |
| 割裂強度 N/mm <sup>2</sup>   | —      | —      | —      | 2.51  | 2.98  | 2.79  |
| ヤング係数 kN/mm <sup>2</sup> | —      | —      | —      | 31.1  | 34.3  | 33.44 |

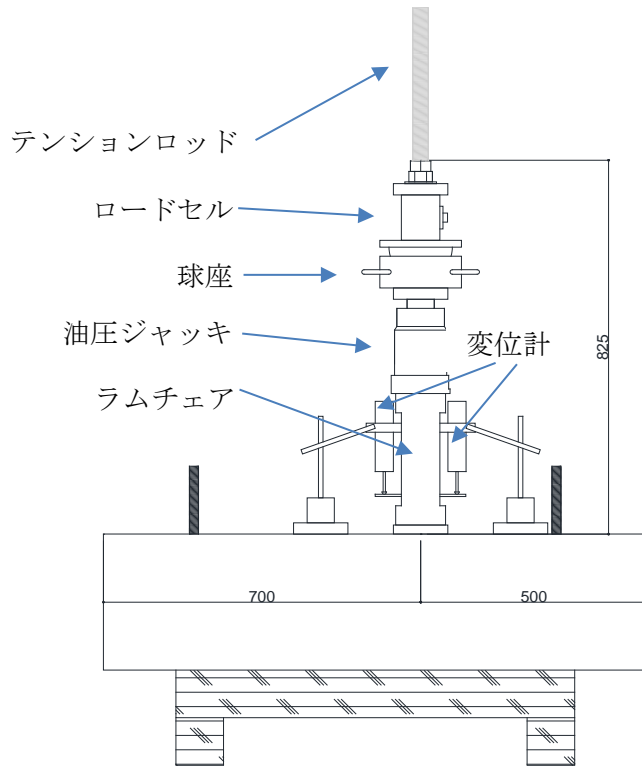


図 2.2.3.1-2 引抜き試験の加力装置および変位計測状況

表 2.2.3.1-5 引抜き試験による付着強度

単位：N/mm<sup>2</sup>

|                   | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 平均値  |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|
| Fc18, エポキシ        | 30.0 | 30.0 | 29.1 | 27.1 | 29.1 | 29.1 |
| Fc27, エポキシ        | 38.1 | 37.4 | 36.6 | 38.1 | 35.9 | 37.2 |
| Fc36, エポキシ        | 33.7 | 35.7 | 38.1 | 36.8 | 39.4 | 36.7 |
| Fc27, セメント        | 26.3 | 27.5 | 28.5 | 27.7 | 30.9 | 28.2 |
| Fc27, エポキシ・アクリレート | 27.9 | 29.2 | 30.5 | 27.2 | 25.8 | 28.1 |

\*付着強度は最大引抜き力を周長 ( $\phi 20 \cdot \pi$ ) ×埋込み長さ実測値 ( $5d_a$ ) で除した値である。

(3) 試験体の製作方法

試験体の製作は、引張応力の図 2-2-2-1-3(3)と同様に、下記の施工手順により実施した。

- ① 施工工具、アンカー等の準備と確認
- ② 墨出し
- ③ コンクリート・ドリルの選定
- ④ マーキング (ドリル)
- ⑤ 穿孔 (写真 2.2.3.1-2 参照)
- ⑥ 孔内清掃および孔の深さを確認
  1. 吸じん, 2. 孔深さの確認, 3. ブラッシング, 4. 吸じん
- ⑦ マーキング (アンカー筋)
- ⑧ 樹脂注入 (写真 2.2.3.1-3 参照)
- ⑨ アンカー筋の埋込み (写真 2.2.3.1-4 参照)
- ⑩ 硬化養生



写真 2.2.3.1-1 にコンクリート母材の配筋状況，写真 2.2.3.1-2～4 にアンカー筋の施工状況を示す。

コンクリート母材には鋼製型枠を使用し，D13 鉄筋を 150mm 間隔でメッシュ状に配筋し，上面から 198mm の厚さを確保した。

アンカー筋の施工において，穿孔の精度を確保するための専用治具（写真 2.2.3.1-2 参照），および，アンカー筋の固着の精度を確保するための専用治具（写真 2.2.3.1-4 参照）を用いた。穿孔後に樹脂を注入し，図中に示すような治具を用いてアンカー筋の垂直精度を確保した。

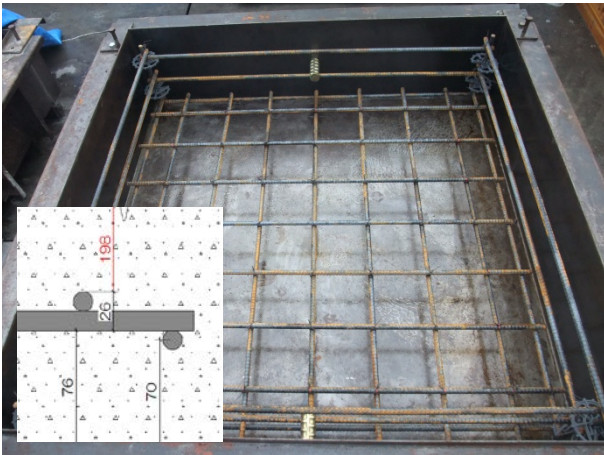


写真 2.2.3.1-1 コンクリート母材の配筋状況

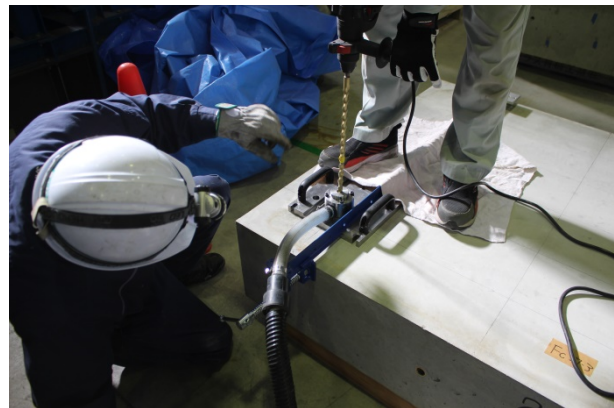


写真 2.2.3.1-2 穿孔状況



写真 2.2.3.1-3 接着剤の注入状況



写真 2.2.3.1-4 アンカー筋の固着状況

#### (4) 試験体の施工精度

本実験では，専用治具を用いて穿孔およびアンカー筋の固着を行った。本実験では，埋込み長さ，穿孔径，アンカー筋の垂直度について施工精度を測定した。これらの施工精度を表 2.2.3.1-6 に示す（詳細は付 4-2-1 に示す）。埋込み長さはアンカー筋の長さからアンカー筋施工後の突出長さを差し引くことにより算出した。

表 2.2.3.1-6 試験体の施工精度

| アンカー筋<br>種類   | 埋込み長さ(mm) |       |       | 穿孔径(mm) |      |       | 垂直度(deg.) |       |
|---------------|-----------|-------|-------|---------|------|-------|-----------|-------|
|               | 目標値       | 平均値   | 標準偏差  | 目標値     | 平均値  | 標準偏差  | 平均値       | 標準偏差  |
| D13           | 91.0      | 92.9  | 8.74  | 16.0    | 16.0 | 0.174 | 1.13      | 0.946 |
| D16           | 112.0     | 114.3 | 1.48  | 20.0    | 20.0 | 0.078 | 2.50      | 1.65  |
| D19           | 133.0     | 134.7 | 0.447 | 24.0    | 24.2 | 0.133 | 1.00      | 1.05  |
| M20(5 $d_a$ ) | 100.0     | 99.9  | 1.11  | 23.0    | 23.0 | 0.293 | 0.550     | 0.323 |
| M20(7 $d_a$ ) | 140.0     | 139.0 | 2.53  | 23.0    | 23.2 | 0.453 | 0.597     | 0.490 |

## 2-2-3-1-4 加力・計測方法

図 2.2.3.1-3 に加力装置，写真 2.2.3.1-5 に加力状況写真を示す。加力装置は，載荷装置，荷重計測装置，変位測定装置により構成されている。載荷装置は，加力用鋼板と載荷部から構成されており，図 2.2.3.1-4，写真 2.2.3.1-6 に本実験で用いた加力用鋼板を示す。アンカーボルトには，加力用鋼板を介してせん断力を加える方法とし，アンカーボルトに作用させるせん断力は一面せん断加力とした。また，アンカー筋を加力用鋼板に取付ける鋼板の孔部分には，図 2.2.3.1-5 に示すブッシュを用いた。ブッシュの形状は，フランジ付きのものであり，SC45C 材に H<sub>v</sub>700 程度の焼き入れ加工を施した。ブッシュの孔径は，各アンカー筋の外径に応じて，14mm (D13)，20mm (D16)，22mm(D19, M20)とした。

加力用鋼板は，載荷部とテンションロッド (M24，材質 SNB7) にてつなぎ，アンカーボルト以外から加力用鋼板が面外方向に拘束されないようにした。加力用鋼板の小口は，鋼板の回転により，小口と母材コンクリート間での摩擦が生じないように丸みを持たせた。また，加力用鋼板と母材コンクリート間に働く摩擦力を一定にするためにテフロンシートを敷いた。

試験体への加力は油圧ジャッキおよび油圧ポンプを用いて，載荷速度 10kN/min.程度で手動により載荷した。測定は，荷重をロードセル，せん断力方向のせん断変位を電気式変位計により行った (写真 2.2.3.1-6 参照)。載荷は，異形鉄筋では一方向単調載荷でせん断変位が 4mm 程度まで，M20 では 5 体の内 2 体では一方向漸増繰返し載荷 (1mm, 2mm, 4mm, 8mm)，3 体では一方向単調載荷でせん断変位が 8mm 程度まで載荷した。

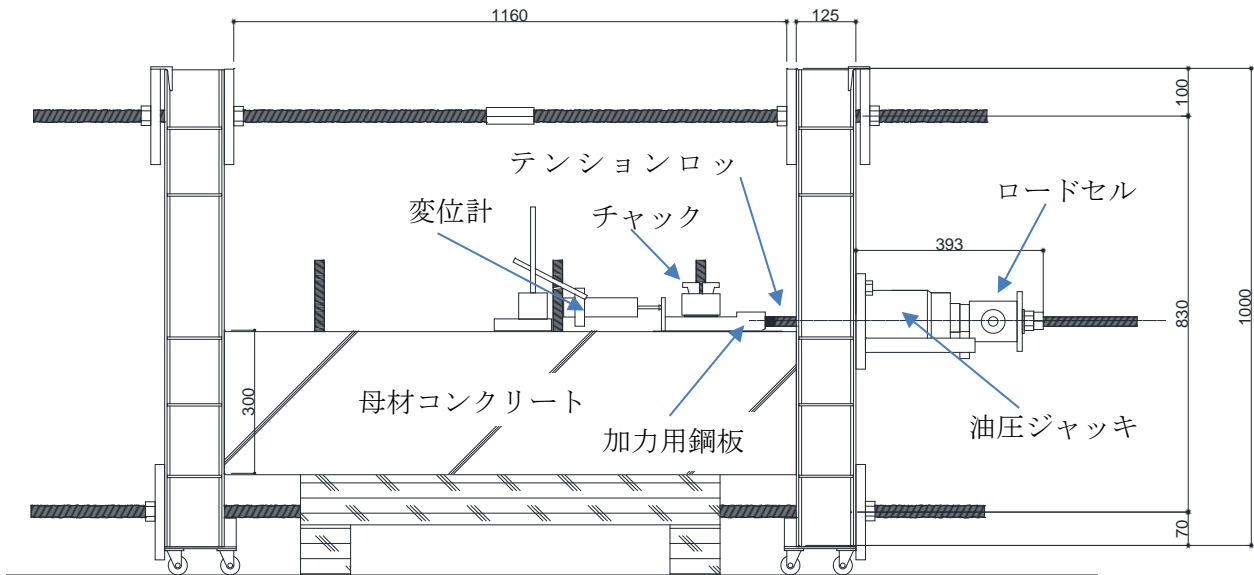


図 2. 2. 3. 1-3 加力装置

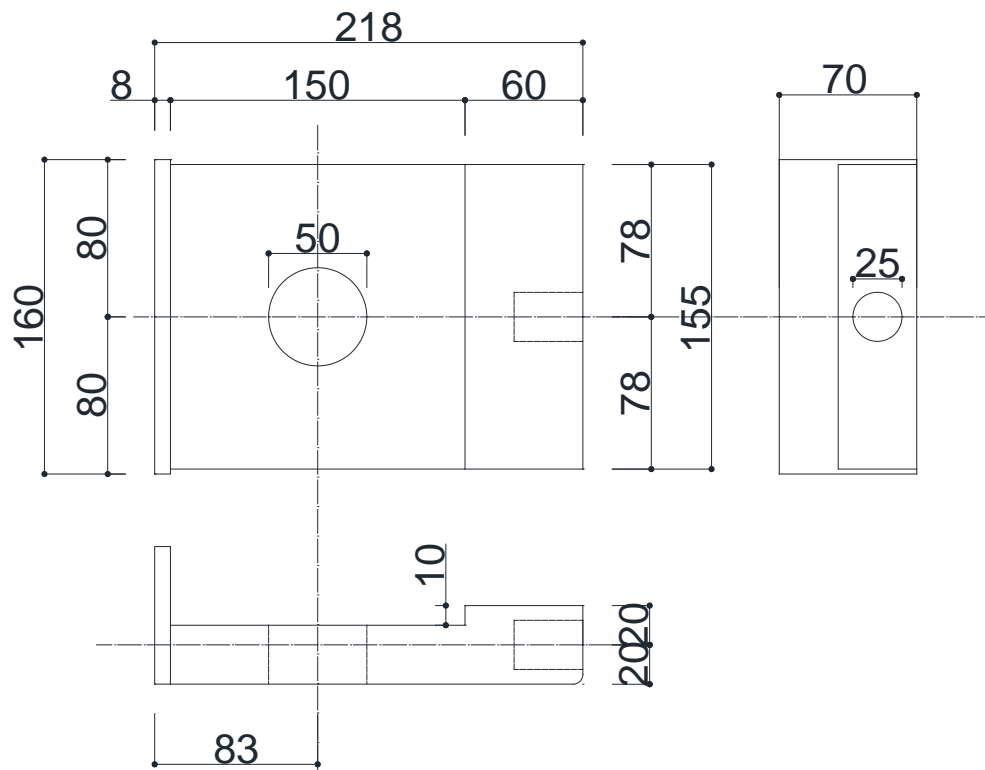


図 2. 2. 3. 1-4 加力用鋼板

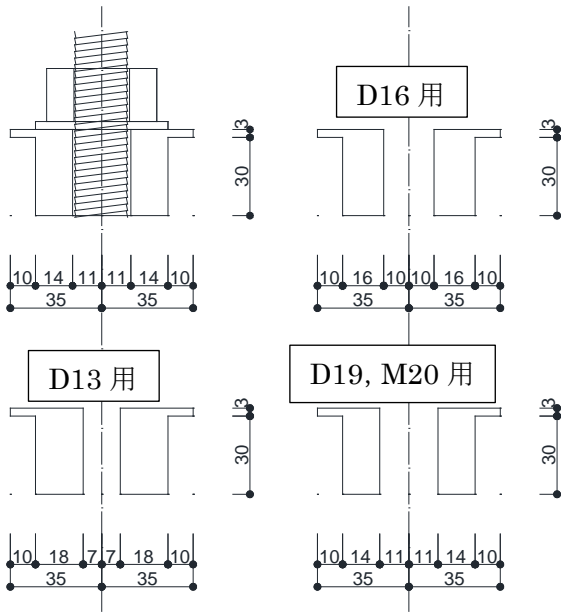


図 2.2.3.1-5 加力用鋼板のブッシュ

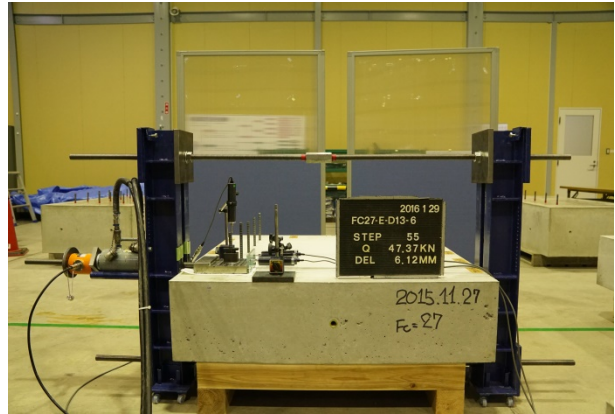
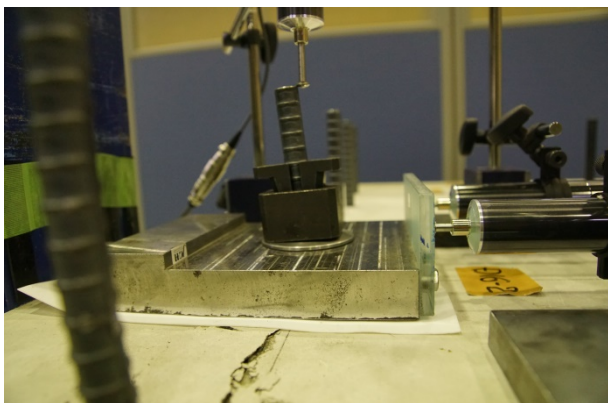
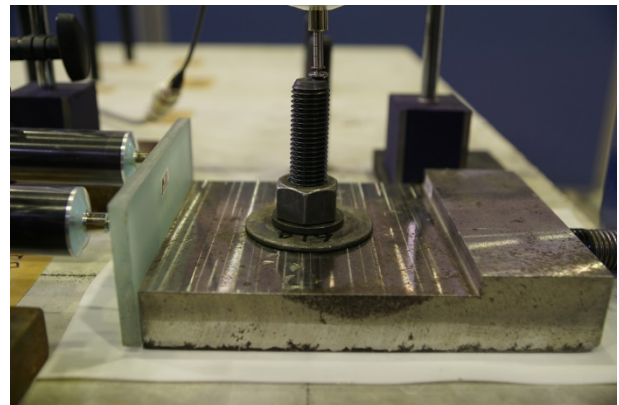


写真 2.2.3.1-5 加力状況



(1) 異形鉄筋の場合（異形鉄筋チャック）



(2) 全ねじボルトの場合

写真 2.2.3.1-6 加力用鋼板

2-2-3-2 短期載荷試験結果

2-2-3-2-1 試験結果

表 2.2.3.1-2 に試験結果の一覧，図 2.2.3.2-1 に実験データの補正方法，図 2.2.3.2-2 に各試験体のせん断力-せん断変位関係，図 2.2.3.2-3 に要因ごとのせん断力-せん断変位関係，写真 2.2.3.2-1 に 4mm 時の異形鉄筋の支圧破壊状況，写真 2.2.3.2-2 に 8mm 時の全ねじボルトの支圧破壊状況を示す。

図 2.2.3.2-1 のせん断力-せん断変位関係のグラフは，加力初期時に加力用鋼板のブッシュ内にてアンカー筋とブッシュ孔壁に隙間があるため，アンカー筋が孔壁に接触するまでの滑り量を含んでいる（図 2.2.3.1-5 参照）。本実験におけるデータの補正方法を図 2.2.3.2-1 に示す。

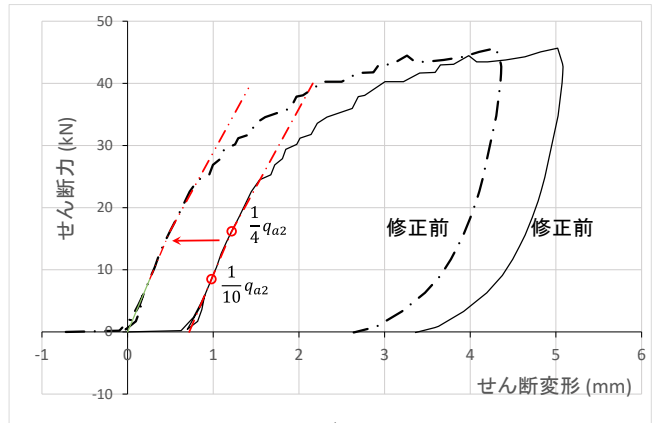


図 2.2.3.2-1 データの補正方法

接着系アンカーのせん断強度は，アンカー筋のせん断強度で決まる強度，アンカー筋を定着した母材コンクリートの支圧強度およびコーン状破壊により決まる強度等で評価されるのが一般的である。

本実験では，アンカー筋のせん断降伏を生じさせないように高強度の全ねじボルトを用いていることから，せん断剛性に影響する要因はコンクリートの支圧強度（圧縮強度）と考えられる。したがって，データの補正は，アンカー筋を定着した母材コンクリートの支圧強度を評価する(2.2.3.2-1)式<sup>2,4)</sup>を用いて評価することとした。

$$q_{a2} = 0.4\sqrt{F_c \cdot E_c} \cdot s_c a \quad (2.2.3.2-1)式$$

ここで，

$q_{a2}$  : 定着したコンクリート母材の支圧強度により決まる場合の接着系アンカーボルト 1 本当たりのせん断強度

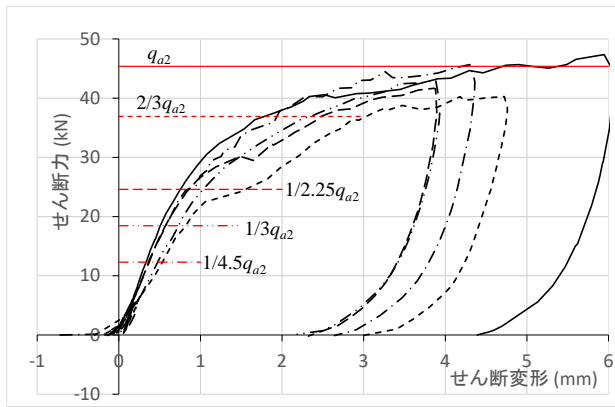
$F_c$  : コンクリートの設計基準強度 (N/mm<sup>2</sup>)

$E_c$  : コンクリートのヤング係数 (N/mm<sup>2</sup>)

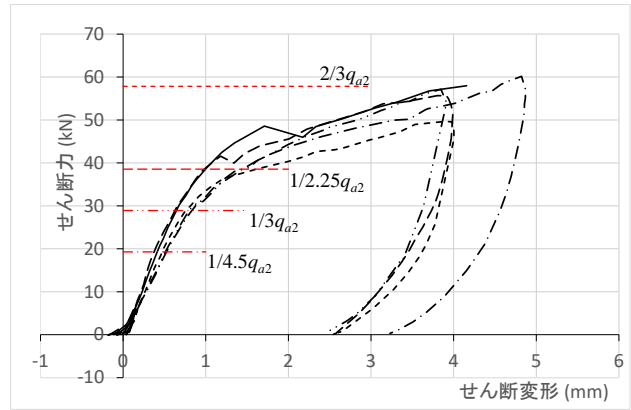
$s_c a$  : 接着系アンカーボルトの断面積で，軸部断面積とねじ部有効断面積の小なる値とする

データは，ほぼ弾性範囲であると思われる区間での剛性を  $1/10q_{a2}$  と  $1/4q_{a2}$  から求め，その剛性からせん断力が 0 の時のせん断変位を求め，求めた変位が原点になるようにデータを補正した。

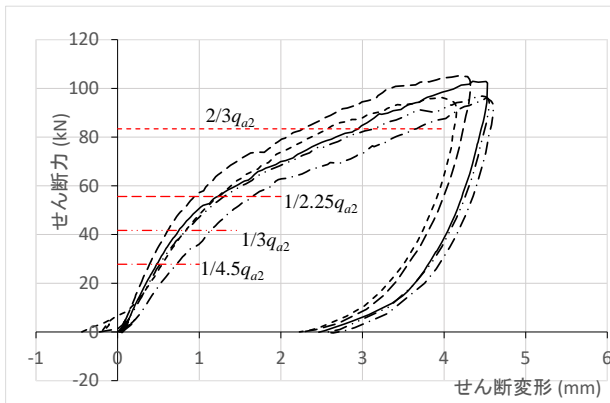
表 2.2.3.1-2 中には，せん断変形が 1mm, 2mm, 4mm, 8mm (M20 のみ) 時の耐力を示した。また，図 2.2.3.2-2 の各図中には，(2.2.3.2-1)式で算出したせん断力の値に  $\phi_L = 1/3 \times 1/1.5$ ， $\phi_L' = 1/3$ ， $\phi_s = 2 \times \phi_L$ ， $\phi_s' = 2 \times \phi_L'$  を乗じた値を示した。 $\phi_L \cdot q_{a2}$ ， $\phi_L' \cdot q_{a2}$  は長期許容せん断力レベル， $\phi_s \cdot q_{a2}$ ， $\phi_s' \cdot q_{a2}$  は短期許容応力レベルに相当している。



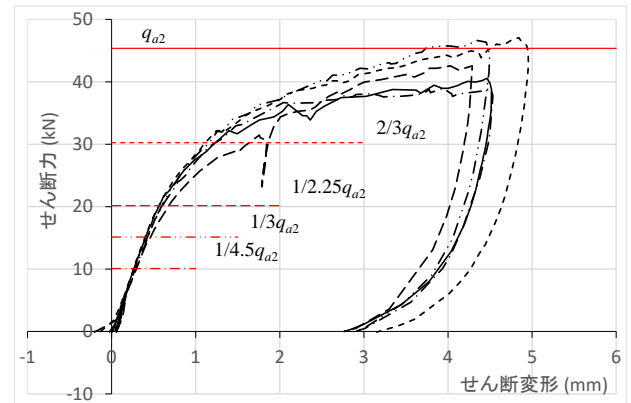
1) F<sub>c</sub>27, エポキシ, D13



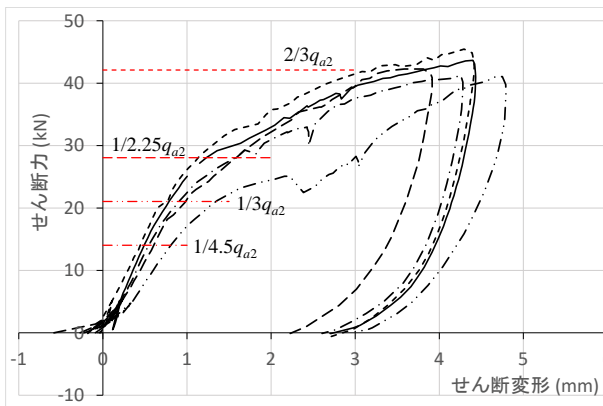
2) F<sub>c</sub>27, エポキシ, D16



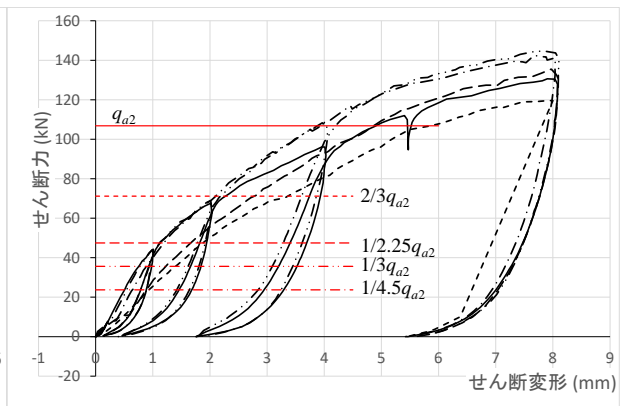
3) F<sub>c</sub>27, エポキシ, D19



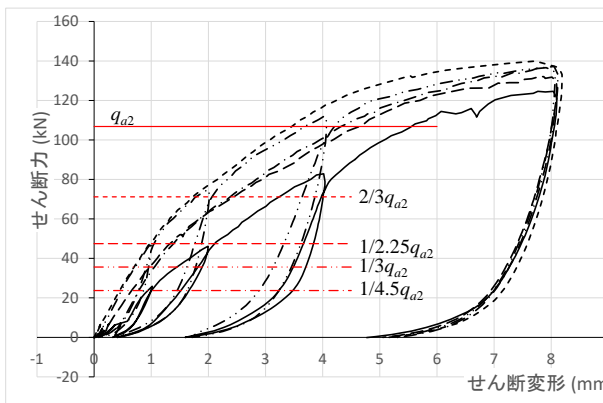
4) F<sub>c</sub>18, エポキシ, D13



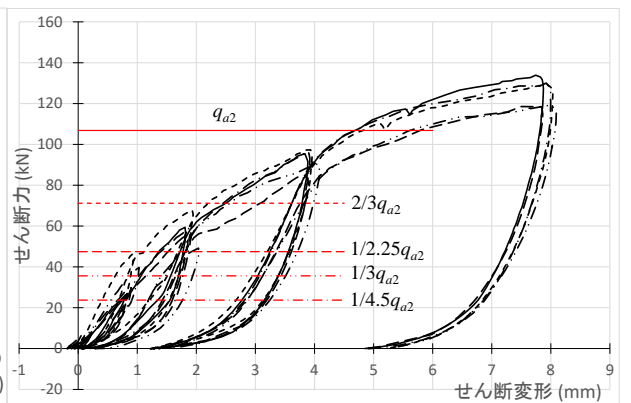
5) F<sub>c</sub>36, エポキシ, D13



6) F<sub>c</sub>27, エポキシ, M20



7) F<sub>c</sub>27, セメント, M20



8) F<sub>c</sub>27, エポキシ・アクリレート, M20

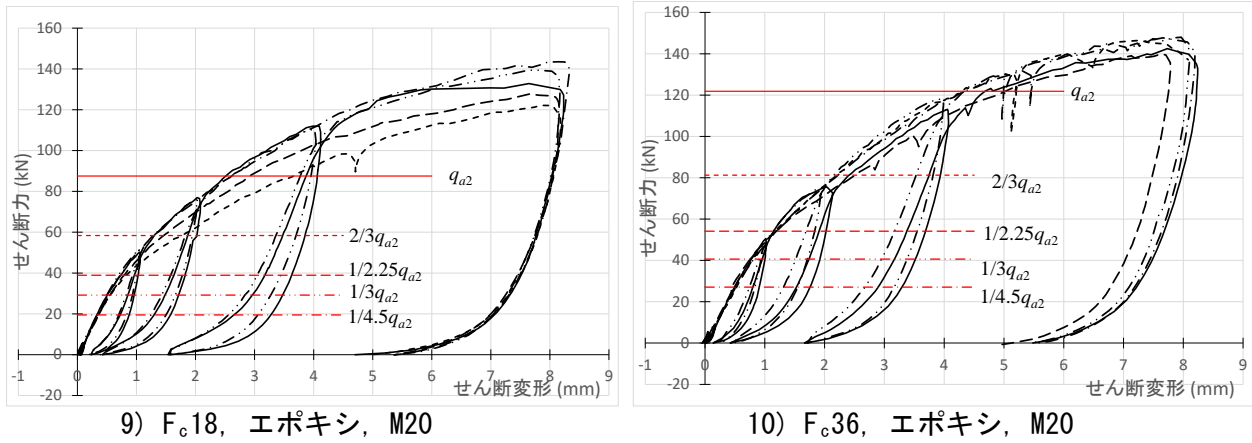


図 2.2.3.2-2 せん断力とせん断変位の関係



写真 2.2.3.2-1 せん断変位 4mm 時の支圧破壊状況

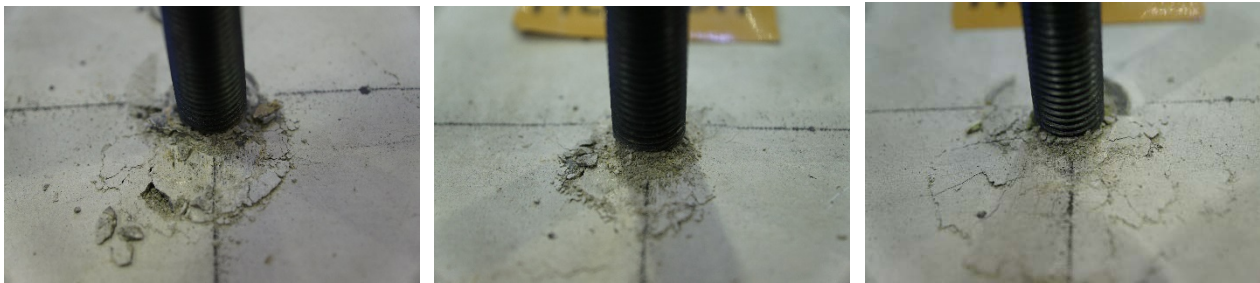
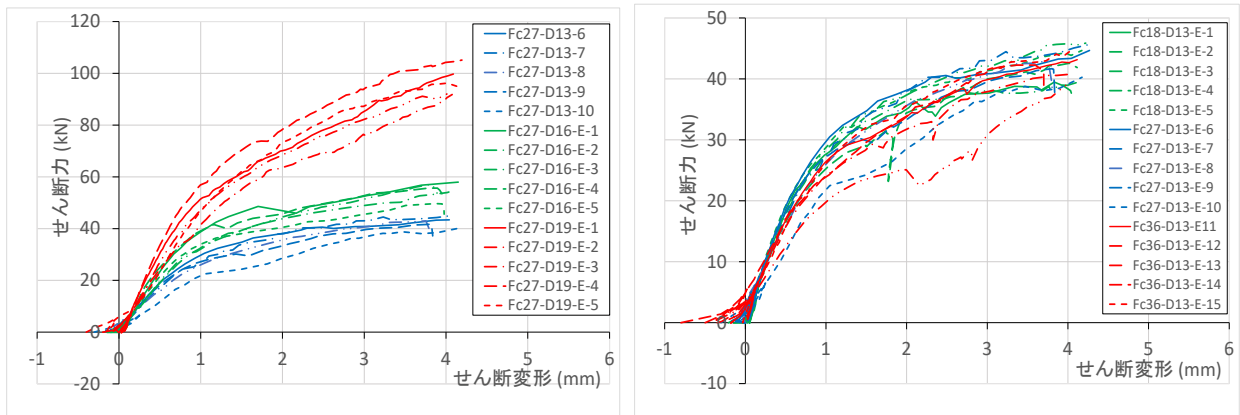


写真 2.2.3.2-2 せん断変位 8mm 時の支圧破壊状況

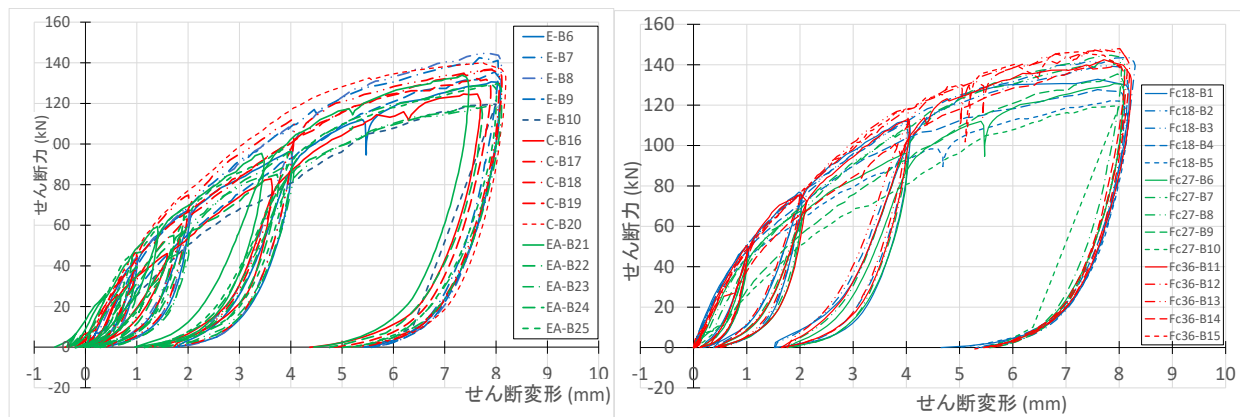
### 2-2-3-2-2 強度およびヤング係数との関係

図 2.2.3.2-3 に要因ごとのせん断力—せん断変位関係を示す。図 2.2.3.2-3 (1) より、せん断剛性はアンカー筋径が大きくなるほど大きくなるが、図 2.2.3.2-3 (2) より、コンクリートの圧縮強度およびヤング係数が大きくなってもせん断剛性に顕著な違いは見られない。同様に、図 2.2.3.2-3 (3) より、接着剤の種類の違いによるせん断剛性に顕著な違いは見られない。

図 2.2.3.2-4 にせん断変形が 1mm, 2mm 時の耐力実験値と(2.2.3.2-1)式で算出したせん断力との比較を示す。(2.2.3.2-1)式は、コンクリート圧縮強度、ヤング係数および接合筋の断面積を要因とした評価式であり、J.W.Fisher らが提案した実験式<sup>2.13)</sup>を修正したものである。要因ごとのばらつきがみられるものの、1mm 時耐力は  $\phi_L \cdot q_{a2}$ ,  $\phi_{L'} \cdot q_{a2}$  で算出した長期許容せん断力レベルにて、2mm 時耐力は  $\phi_s \cdot q_{a2}$ ,  $\phi_{s'} \cdot q_{a2}$  で算出した短期許容せん断力レベルにて評価できることがわかる。

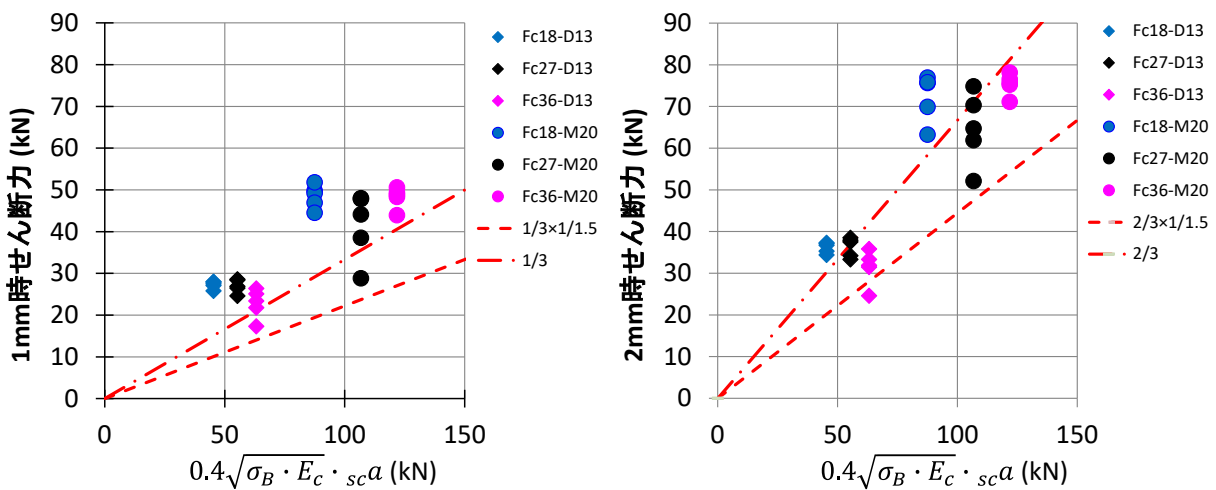


1) アンカー筋径による違い (Fc27, エポキシ)    2) コンクリート強度による違い (D13, エポキシ)



3) アンカー種類による違い (Fc27, M20)    4) コンクリート強度による違い (M20, エポキシ)

図 2.2.3.2-3 要因ごとのせん断力—せん断変位関係の比較

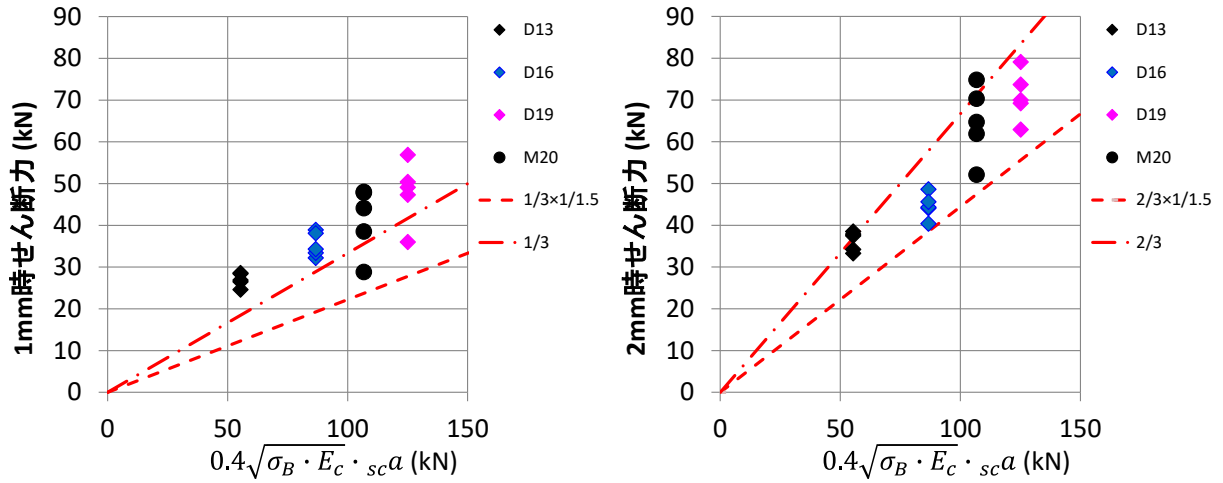


① 1mm 時耐力

② 2mm 時耐力

1) コンクリート強度を要因とした場合

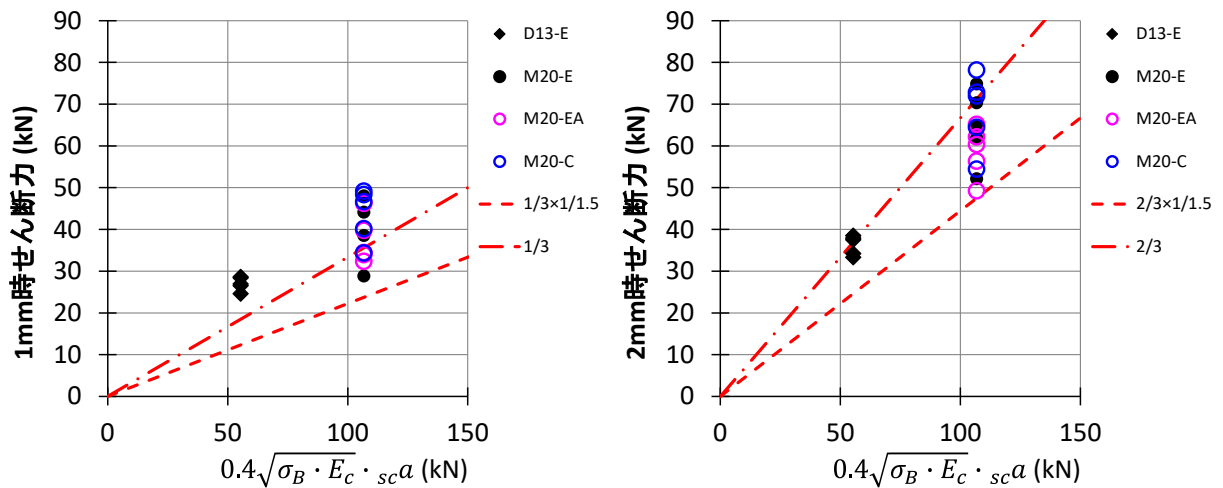




① 1mm 時耐力

②2mm 時耐力

2) アンカー筋径を要因とした場合



① 1mm 時耐力

②2mm 時耐力

3) 接着剤種類を要因とした場合

図 2. 2. 3. 2-4 1mm 時耐力, 2mm 時耐力の計算値との比較

## 2-2-4 試験方法および品質基準の検討

### 2-2-4-1 付着強度に関する性能評価試験

#### 2-2-4-1-1 性能評価項目および水準

##### (1) 性能評価項目

前節までの試験結果を踏まえて、あと施工アンカー単体の性能確認試験について評価の項目および評価方法等について検討を行った。

付着強度は、あと施工アンカーが有すべき最も基本的な性能である。また、付着強度だけでなくその変位や剛性についても評価の対象とする必要がある。そこで、本検討においては、性能評価を行うべき評価項目として、以下の3項目を考えた。ただし、最大荷重時の変位については、短期試験時には評価項目とはせず、クリープ試験結果の評価に用いる。

- 1) 付着強度
- 2) 最大荷重時の変位
- 3) 自由端変位 0.002D 時の付着応力

##### (2) 性能評価の水準

性能評価を行う場合に、付着強度への影響が大きい項目については、あと施工アンカー単体の性能を確認する必要が生じる。また、水準の設定に関しては、試験実施が困難なことや全体としての試験数量が膨大になることは避けなければならない。これらのことを考慮し、本検討では表 2.2.4.1-1 に示す評価水準を提案する。アンカー筋とコンクリート強度の組み合わせによる試験水準は6通りとなる。水準設定の主旨は以下の通りである。また、ここでは、付着強度に影響があると思われる組み合わせの観点から水準を設定しているため、評価を行うアンカーが適用範囲を限定する場合、例えばアンカー筋として異形鉄筋のみにしか適用しない場合などには、必ずしも全ての水準について評価を行うものではない。

アンカー筋の種類は、全ねじボルトと異形鉄筋によって付着強度が異なることが予想され、また、アンカー筋の径により、全ねじボルトでは径が大きくなると付着強度が小さい値となることが確認できたことから、アンカー筋として3種類とした。異形鉄筋については、高強度鉄筋が必要であり、D13とD19の強度の差が小さかったこと、D19の高強度鉄筋の入手が困難であることなどから、D13のみとした。

コンクリート強度の影響は、本実験の範囲では従来設計式で考慮されている強度の影響に比較すると小さかったものの、使用されるコンクリートの範囲をおおよそカバーすることと、一定の品質のレディーミクストコンクリートを使用する観点から、コンクリート強度の上限と下限を想定した呼び強度 18 および 36 とした。なお、レディーミクストコンクリートの生産者の違いについては、JIS A 5308 の認証を取得した製品であることを条件として単一の生産者でよいと考えた。

試験時の温度については、本実験の範囲では 5℃ から 40℃ においては大きな際は確認されなかった。また、一般的な樹脂のガラス転移点は 40℃ 以上にあると思われることから、室内などで比較的安定した環境下において使用される範囲においては 20℃ の条件で確認すればよいと思われる。ただし、屋外で日射を受けるような場合や高温となることが予想される部位で使用される場合には、60℃ もしくは温度の条件によって、当該温度において試験を実施する必要がある。

試験体数は、5 以上 7 以下とし、試験体数に応じて t 分布と仮定した場合の 95% 信頼下限を求める。

埋込み長さは、鉄筋の降伏を生じない範囲でできるだけ長くすることを意図して、鉄筋径の 5 倍 (5da)

とする。また、コーン状破壊を生じさせないため、拘束条件下での試験とする。

表 2.2.4.1-1 性能評価の評価水準案と設定の理由

| 項目        | 水準数 | 水準案  | 水準設定の理由等   |
|-----------|-----|--|--|
| アンカー筋種類・径 | 3   | <ul style="list-style-type: none"> <li>全ねじボルト：M12・JIS G 4107 の SNB7 同等以上</li> <li>全ねじボルト：M20（もしくは M24）・JIS G 4107 の SNB7 同等以上</li> <li>異形鉄筋：D13・降伏点強度 685N/mm<sup>2</sup>以上</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>全ねじボルトと異形鉄筋では付着強度が異なる。</li> <li>全ねじボルトでは径が大きいほど強度が低下する傾向がある。</li> <li>異形鉄筋は径の違いによる影響が小さい傾向にある。また、太径の高強度鉄筋が入手困難である。</li> </ul> |
| コンクリート強度  | 2   | <ul style="list-style-type: none"> <li>呼び強度 18（JIS A 5308）</li> <li>呼び強度 36（もしくは 30）（JIS A 5308）</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>コンクリート強度によって付着強度が異なるため、適用範囲の上限・下限を想定した確認が必要。</li> <li>JIS A5308 の認証品を用いることによって一定のコンクリートの品質の範囲を担保する。</li> </ul>                |
| 試験時の温度    | 2   | <ul style="list-style-type: none"> <li>20℃</li> <li>60℃（ただし、屋外での使用を想定したアンカーの場合）</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>40℃程度までは試験時温度の影響は受けにくい、60℃程度では接着剤によって影響を受ける。</li> <li>屋外では最大 60℃程度までアンカー部の温度が上昇する。</li> </ul>                                 |
| 試験体数      |     | <ul style="list-style-type: none"> <li>5 以上 7 以下（試験体数により 95% 下限値が異なる）</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>ばらつきを考慮し、95%信頼下限値を算出するため。試験体数が過度になりすぎない範囲で設定。</li> </ul>  |
| 埋込み長さ     | 1   | <ul style="list-style-type: none"> <li>アンカー筋径の 5 倍</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>アンカー筋が降伏しない範囲でできるだけ長い埋込み長さを設定。</li> </ul>   |
| 拘束条件      | 1   | <ul style="list-style-type: none"> <li>拘束</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>付着強度を評価するためにコーン状破壊を生じさせない。</li> </ul>   |

#### 2-2-4-1-2 試験体

##### (1) 母材コンクリート

##### 1) 使用するコンクリート

使用するコンクリートは、JIS A 5308（レディーミクストコンクリート）の認証を受けた、呼び強度 18 および 36 の 2 種類のコンクリートとする。呼び強度 18 は実強度  $\sigma_B$  で 18~24N/mm<sup>2</sup>の範囲、呼び強度 36 は実強度  $\sigma_B$  で 36~42N/mm<sup>2</sup>程度に相当し、5 章に述べた性能判定基準における試験水準と対応する形となる。セメントは、普通ポルトランドセメント、骨材は、JIS A 5308 附属書 A に規定される骨材のうち、スラグ骨材、人工軽量骨材、再生骨材 H 以外を使用する。粗骨材最大寸法は 20mm、スランブは 18cm とする。レディーミクストコンクリートの発注は 1 水準の試験体の製作につき、1m<sup>3</sup>

以上とし、アジテータトラックから排出した初めと終わりの 100L 程度は使用しない。

2) 母材コンクリートの製作

母材コンクリートは、内径が 200mm 以上で使用するアンカー筋の径の 7 倍の高さとした鋼管内に 1)で発注したレディーミクストコンクリートを打ち込んで製作する。試験体の底面は鋼板もしくは型枠用合板などによって平滑面とし、打込面は金ごて仕上げ等で平滑にする。同一バッチのコンクリートから、コンクリート強度確認用の供試体を採取する。採取方法は、JIS A 1132（コンクリート強度試験用供試体の作り方）に従い、標準養生用 3 体および現場封かん養生用供試体を採取する。現場封かん養生供試体の個数は、試験時の強度確認が必要な回数に 3 本を乗じた数以上とする。

打ち込んだ母材コンクリート供試体は、常温の室内で気中養生とし、養生期間は 28 日以上とする。強度確認用現場封かん試験体は母材コンクリートと同条件で封かん養生とする。

(2) アンカー筋

アンカー筋は、JIS B 0123（ねじの表し方）における M12 および M20 の全ねじボルト寸法で、材質は JIS G 4107（高温用合金ボルト材）に規定される SNB7 と同等以上の機械的性質を有するもの、および JIS G 3112（コンクリート用棒鋼）に規定される D13 の形状および寸法で、降伏点強度が 685N/mm<sup>2</sup> 以上のものの 3 種類を用いる。

アンカー筋の長さは、埋込み長さおよび試験治具等の形状を考慮して事前に切断し、じん埃、汚れなどを取り除いておく。

(3) 接着剤

性能評価試験に使用する接着剤は、品質基準の評価のために提出した試験結果と同一ロットの試料とし、品質試験結果を添付する。

(4) アンカー筋の施工

アンカー筋の固着の作業手順を表 2.2.4.1-2 に示す。アンカー固着後の養生は、10℃以下および湿潤状態とならないよう室内で養生し、引張試験までの養生期間は 7 日以上とする。

図 2.2.4.1-1 に施工された試験体の例、図 2.2.4.1-2 に垂直に穿孔するための治具の例、図 2.2.4.1-3 にアンカー筋を垂直に固着させるための保持治具の例を示す。

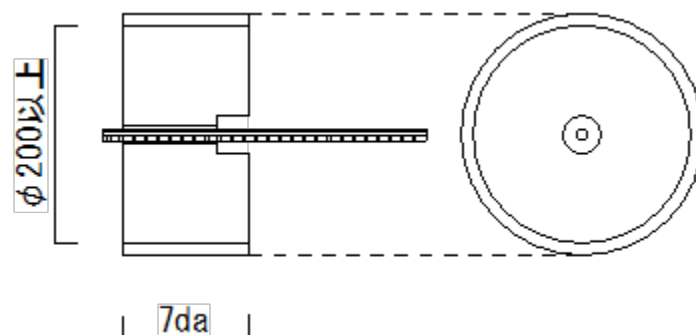


図 2.2.4.1-1 試験体の例

表 2.2.4.1-2 アンカー筋の施工手順

| 作業項目         | 作業手順   |
|--------------|--|
| 母材コンクリートへの穿孔 | ① 試験体底面および打込面の中央にマーキングする。  |
|              | ② 底面側中央に、深さが $2d_a$ 、径がアンカー穿孔径の 1.5 倍の座堀りを行う。  |
|              | ③ 図 2.2.4.1-2 の例に示すようなドリルを垂直に施工することの出来る治具を用いて打込面側から所定の穿孔径のドリルビットで穿孔する。   |
|              | ④穿孔後、ひび割れや欠損等がないかを確認し、ひび割れや欠損を生じたものは使用しない。   |
|              | ⑤穿孔径を確認し、穿孔径が $\pm 0.3\text{mm}$ 以下の誤差であることを確認する。  |
|              | ⑥試験体の高さおよび座堀りの深さを $0.1\text{mm}$ まで測定し、その差を各試験体の埋込み長さとする。各試験体の埋込み長さは、所定の埋込み長さに対して $\pm 5\text{mm}$ 以下の誤差であることを確認する。              |
| 穿孔箇所の清掃・準備   | ⑦製造者が指定する機材および方法で、切り粉の除去、吸塵、穿孔側面の清掃を行う。  |
|              | ⑧座堀りの孔側面に接着剤が直接付着しないような処理を行う。  |
| アンカー筋の固着     | ⑨試験体底面に施工方法に応じて自由端を飛び出させるための凹状の台座を取り付ける。   |
|              | ⑩製造者が指定する機材および方法で、アンカー筋を固着させる。アンカー筋の固着には、図 2.2.4.1-3 の例に示すようなアンカー筋を垂直に保持するための治具を用いるとよい。  |
|              | ⑪接着剤が硬化後に⑧の台座を取り外し、接着剤の充填不良やアンカー筋の著しい倒れなどが無いことを確認する。アンカー筋の倒れの許容範囲は、母材コンクリートの載荷面に対して <u>垂直から <math>\pm 5</math> 度以内</u> であることとする。 |

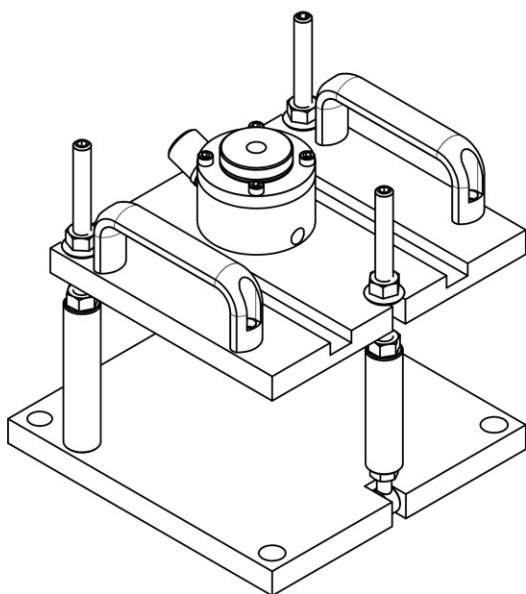


図 2.2.4.1-2 穿孔のための固定治具の例

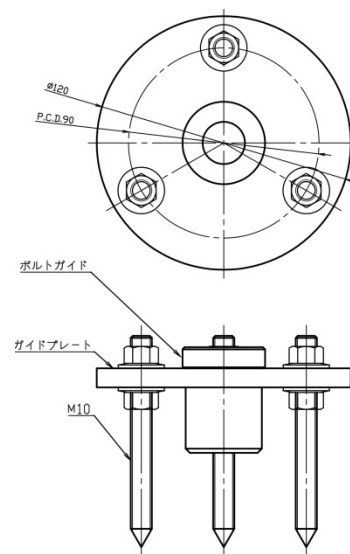


図 2.2.4.1-3 アンカー筋を保持用治具の例

2-2-4-1-3 試験装置および試験方法

試験装置は、図 2.2.4.1-4 の例に示すような装置を用い、油圧ジャッキにより試験体に引張荷重を載荷する。装置に使用する構成部品は十分な剛性を持ち、200kN の載荷に耐えられる構造とする。

アンカー筋と引張用ロッドの接続は、全ねじボルトの場合は異径用のカップリングナットで接続する。異形鉄筋と引張用ロッドの接続は、載荷中に緩みが生じないような治具（チャック）を用いる。

変位の計測は、自由端側の鉄筋端部に変位計を当てて測定する。変位計は試験体の底面に固定することを原則とする。なお、母材コンクリートの変形が計測に支障がないことを確認されている場合には、台座などに固定して計測してもよい。

試験体への載荷は、載荷速度  $30 \pm 10 \text{ kN/min}$  を目安として油圧ジャッキを用いて載荷する。載荷中は荷重および自由端変位を連続的に計測し記録しておく。

試験は、同一水準について5体以上7体以下について実施する。

試験を実施する日と同じ日に、JIS A 1108（コンクリートの圧縮強度試験方法）に従い、現場封かん養生とした母材コンクリートの供試体の圧縮強度試験を行う。1回の試験につき3体の試験を行う。また、材齢28日において標準養生供試体の圧縮強度試験を行う。

試験は、温度  $20 \pm 5^\circ\text{C}$  に管理された試験室において実施する。

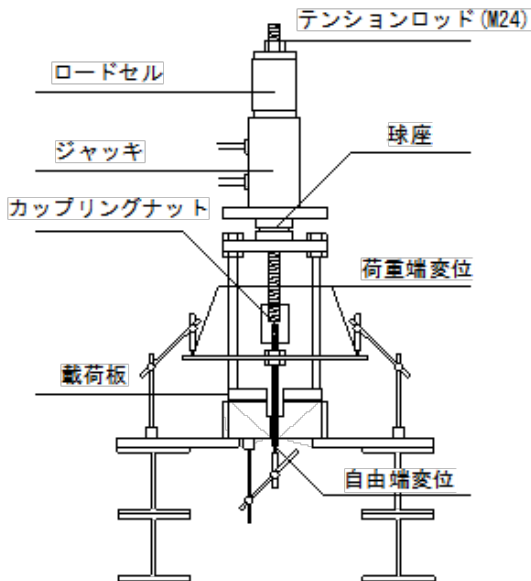


図 2.2.4.1-4 試験装置の例

2-2-4-1-4 計算

載荷中の荷重および自由端変位はすべて記録および保管しておく。荷重および変位の測定結果は、以下について整理する。

(1) 付着強度

載荷中の最大荷重を計測し、(2.2.4.1-1)式により付着強度を求める。付着強度は、四捨五入を行って有効数字3けたに丸める。

$$\tau = \frac{P}{\pi \cdot d_a \cdot l_e} \quad (2.2.4.1-1)式$$

ここに、

$\tau$  : 付着強度 (N/mm<sup>2</sup>)

$P$  : 最大荷重 (N)

$d_a$  : アンカー筋の呼び径 (mm)

$l_e$  : 埋込み長さ (mm)

### (2) 最大荷重時の変位

最大荷重を生じた時の自由端変位を記録する。ただし、最大荷重付近で荷重の増減が繰り返されるような場合には、最初のピーク時の変位を最大荷重時の変位とする。最大荷重時の変位は、四捨五入を行って有効数字3けたに丸める。

### (3) 自由端変位 0.002D 時の付着応力

自由端変位が、アンカー筋呼び径の 0.002 倍 (M12 : 0.024mm, M20 : 0.040mm, D13 : 0.026mm) となった時の引張荷重から、その時の付着応力を(2.2.4.1-2)式により求める。変位が同じ値となった場合は、最も小さい荷重をその時の荷重とする。自由端変位 0.002D 時の付着応力は、四捨五入を行って有効数字3けたに丸める。

$$\tau_{0.002} = \frac{P_{0.002}}{\pi \cdot d_a \cdot l_e} \quad (2.2.4.1-2)式$$

ここに、

$\tau_{0.002}$  : 自由端変位 0.002D 時の付着応力 (N/mm<sup>2</sup>)

$P_{0.002}$  : 自由端変位 0.002D 時の引張荷重 (N)

$d_a$  : アンカー筋の呼び径 (mm)

$l_e$  : 埋込み長さ (mm)

#### 2-2-4-1-5 各水準の試験結果の整理

各水準の試験結果について、(2.2.4.1-3)式により平均、(2.2.4.1-4)式により標準偏差を求め、(2.2.4.1-5)式により変動係数を求める。各水準において変動係数が 15%以上となった場合は、その水準の結果は無効とする。また、各水準の付着強度および標準偏差から、(2.2.4.1-6)式により各水準の付着強度の 95%信頼下限値を求める。これらはすべて、四捨五入により有効数字3けたに丸める。

$$\tau_{ave} = \frac{\sum_{i=1}^n \tau_i}{n} \quad (2.2.4.1-3)式$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\tau_i - \tau_{ave})^2}{n-1}} \quad (2.2.4.1-4)式$$

$$C.V. = \frac{\sigma}{\tau_{ave}} \times 100 \quad (2.2.4.1-5)式$$

$$\tau_{95} = \tau_{ave} - m \cdot \sigma \quad (2.2.4.1-6)式$$

ここに、

$\tau_{ave}$  : 各水準の付着強度の平均値 (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma$  : 各水準の付着強度の標準偏差 (N/mm<sup>2</sup>)

C.V. : 各水準の変動係数 (%)

$\tau_{95}$  : 付着強度の95%信頼下限値 (N/mm<sup>2</sup>)

$\tau_i$  : 各試験体の付着強度 (N/mm<sup>2</sup>)

$n$  : 各水準の試験体数

$m$  : 95%信頼下限値を与える係数で、試験体数に応じて下表による

| 試験体数 | m     |
|------|-------|
| 5    | 2.132 |
| 6    | 2.015 |
| 7    | 1.943 |

#### 2-2-4-1-5 記録および報告

試験結果は、以下について記録し、その結果を報告する。

- a) 母材コンクリート製作、アンカー固着および付着強度試験の実施日
- b) 試験体に使用したコンクリートの材料および調合
- c) コンクリートの材齢 28 日標準養生供試体の圧縮強度および付着試験実施日の現場封かん養生供試体の圧縮強度
- d) アンカー筋に使用した材料の種類とその降伏点強度、引張強度およびヤング係数
- e) 各試験体の埋込み長さ
- f) 試験実施までの養生条件および試験時の温度
- g) 各試験体の最大荷重と付着強度、最大荷重時の自由端変位、自由端変位 0.002D 時の付着応力
- h) 各水準の付着強度の平均値、標準偏差、変動係数および 95%信頼下限値
- i) その他、試験体および試験実施に関する特記事項



## 2-2-4-2 セン断強度に関する性能評価試験

### 2-2-4-2-1 性能評価項目および水準

#### (1) 性能評価項目

あと施工アンカー単体のせん断および剛性は、引張力が確保されていれば、それぞれアンカー筋の強度および剛性に依存する。したがって、性能評価にあたってのせん断強度試験は不要と思われる。しかし、長期・短期の許容せん断力時のせん断変形（剛性）を把握することは必要である。そこで、本検討においては、性能評価を行うべき評価項目として、以下の2項目を考えた。

- 1) 最大せん断強度
- 2) 許容応力度時のせん断変形（剛性）

#### (2) 性能評価の水準

あと施工アンカー単体のせん断強度は、引抜き力に対する付着性能、アンカー筋のせん断強度、アンカー筋径、及び、コンクリートの圧縮強度、ヤング係数に大きく影響されると考えられる。付着性能を左右すると考えられる要因として、穿孔方法、接着剤充填方法、母材コンクリートの種類、接着剤の種類、アンカー筋種別、アンカー筋径、アンカー筋有効埋込み長さ、および、アンカー筋の施工方法等がある。これらの要因は、性能評価申請時の要領書に従うものとし、本検討では下記に示す評価水準を提案する。

- 1) コンクリート強度2水準 : 呼び強度 18, 36 (JIS A 5308)

コンクリート強度およびヤング係数によってせん断剛性が異なるため、適用範囲の上限・下限を想定した確認が必要である。JIS A5308 の認証品を用いることによって、一定のコンクリートの品質の範囲を担保する。

- 2) 埋込み長さ :  $7d_a$  ( $d_a$ : アンカー筋径)

アンカー筋が拔出さずに確実にせん断破壊を示す埋込み長さを設定する。

- 3) 試験体数 : 5以上7以下

ばらつきを考慮し、95%信頼下限値を算出するために、試験体数が過度になりすぎない範囲で設定する。

### 2-2-4-2-2 試験体

試験体の製作に当っては、共通事項として次の項目に配慮する。

- (1) 試験体は、母材コンクリートと固着したアンカーから構成されるものとする。

- (2) 試験体の形状、寸法は、試験体ごとに適切な形状、寸法とする。基本的に、はしあき部分のコンクリートがコーン破壊しないよう、試験体の形状・寸法を設定する。なお、はしあき部分がコーン破壊する場合には、試験体の厚さを  $1.5c$  ( $c$ : はしあき距離) 以上とする。また、せん断試験でコーン破壊する場合には、アンカー間隔の最小値を  $3.0c$  とする (図 2.2.4.2-1 参照)。

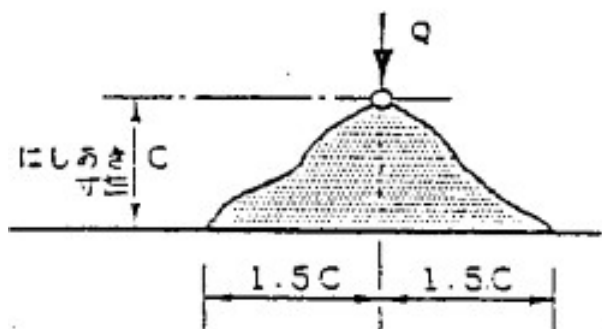


図 2.2.4.2-1 コーン破壊時のコーン寸法

- (3) 母材コンクリートに使用するコンクリートの調合、圧縮強度の確認、セメント、骨材、養生は、2-2-4-1-2項に規定されている付着強度試験体に準じるものとする。試験結果に影響を及ぼさないように、母材表面からアンカー筋の埋込み長さ以内には配筋しない。ただし、運搬用等の鉄筋は、アンカーの固着性能に影響しない範囲で入れてよいものとする。
- (4) 穿孔方法、接着剤充填方法、母材コンクリートの種類、接着剤の種類、アンカー筋種別、アンカー筋径、アンカー筋有効埋込み長さ、および、アンカー筋の施工は性能評価申請時の要領書に従うものとする。

### 2-2-4-2-3 試験装置および試験方法

試験装置の一例を図 2.2.4.2-2 に示す。本試験装置は、文献<sup>2.14)~2.16)</sup>により報告されている試験装置を参考にしたものである。せん断試験の装置は、載荷装置、荷重計測装置、変位測定装置から構成される。

#### (1) 載荷装置

載荷装置は、アンカーに加力するための加力用鋼板とアンカーの軸方向に対して直角方向にせん断力を与えられる載荷部からなる加力装置と、その反力を支える反力装置から構成される。

#### ① 加力装置

加力装置は、加力用鋼板と載荷部から構成されており、本実験で使用した加力用鋼板の一例を図 2.2.4.2-3 に示す。加力装置の条件としては、文献<sup>2.14)~2.16)</sup>より、下記の点を考慮する必要がある。

- ・ アンカーには加力用鋼板を介してせん断力を加えられるようにし、アンカーに作用させるせん断力は一面せん断力とし、加力用鋼板はアンカー以外により面外に拘束されないようにする。加力用鋼板は、載荷部とテンションロッドにて繋ぎ、アンカー以外から加力用鋼板が面外方向に拘束されないようにする。
- ・ 加力用鋼板の小口は、鋼板の回転により、小口と母材コンクリートでの摩擦抵抗が生じないように丸みを持たせる。また、鋼板と母材の間に働く摩擦力は常に一定となるような処置を施す(参考例では、小口で  $r=5\text{mm}$  程度の丸みを持たせ、母材と鋼板の間にテフロンシートを敷いた)。
- ・ 加力用鋼板の孔径は、アンカー筋径に近い値とする。加力用鋼板の孔径はできるだけボルト径に近いことが望ましいが、文献<sup>2.14)~2.16)</sup>を参考にアンカー筋径に対する孔余裕を 2mm 程度とした(参考例では、D13 : 14mm, D16 : 20mm, D19 : 22mm, M20 : 22mm とした。なお、本参考例では口述するブッシュを使用した)。
- ・ 加力用鋼板の板厚さおよび材質は、アンカーの支圧に耐えられるように定める。加力用鋼板の孔部分の支圧応力度が 1.2F 以下となるように加力用鋼板の材質および厚さを決めると良い。
- ・ 試験用アンカーボルトにより取り付ける鋼板の孔部分は、アンカーボルトから大きな局部応力を受けるため、数回の使用で、局部応力により耐えられなくなるため、S45C, S50C, SCM435 などの高強度・高硬度材料を使用する必要がある。さらに、孔部分を保護する目的から孔部分のみを高強度・高硬度とする方式で試験されるようになってきた。(参考例では、図 2.2.4.2-4 に示す、フランジ付きで、面取り加工を施さないものを用いた。材質は S45C であり、焼き入れ処理を施した。)
- ・ 加力用鋼板の各辺の長さは、孔を設けることによる応力集中に対して、十分な強度と剛性を有するように定める。また、せん断方向に対しては、取り付け鋼板の回転が生じにくい長さで面外変形が生じにくい剛性とする。

- ・ 外力は、アンカー軸方向に対し直角方向に、すなわち、加力用鋼板の面内方向に作用させる。
- ・ 載荷部は、アンカーをせん断破壊させるための十分な荷重と変位容量を有し、連続的に加力できる装置とする。

## ② 反力装置

反力装置は、想定される最大せん断力に対して十分な強度を有し、加力によってせん断方向力が変わらないような十分な剛性を有するものとする。

## (2) 荷重計測装置

荷重計測装置は、アンカーに加えられたせん断力を常にまたは定期的に、かつ正確に計測できるものとし、想定されるせん断耐力を十分上回る容量を有するものを用いる。精度の良いロードセルなどを用いて測定し、読み取りまたは記録精度は、測定せん断荷重の 1/100 以下の公差のものとする。

## (3) 変位測定装置

変位測定装置は、アンカーのせん断力方向のせん断変位を常にまたは定期的に、かつ正確に測定できるものとする。コンクリートの支圧破壊を伴うアンカー筋のせん断破壊における最大せん断荷重時のせん断変位を示すが、アンカーにより物をコンクリート構造物に取付けた場合のせん断力伝達性能を把握することを主眼に置いていることから、アンカー筋径程度のせん断変形量が測定できれば良いものとする。読み取りまたは記録精度は、アンカー筋径の 1/500 以下の公差のものとする。

図 2.2.4.2-2 に示す参考例では、変位測定装置は載荷装置から独立して設けることにより、荷重の影響を受けないように設置してある。アンカーのせん断変形は加力用鋼板の水平変位量とし、せん断力方向に対して、母材コンクリートより 45mm の位置にて同一水平面において測定した。

## (4) 試験方法

載荷するにあたっての加力用鋼板の止め付けは、アンカーメーカーが推奨する軸力が導入されるように締め付けることとする。参考例では、異形鉄筋ではアンカー引抜き試験用のチャック、全ねじボルトでは手締め程度(手回しによる締め付け後に、ナットが 45° 回転するまでレンチにより締め付けた。)の締め付けにより加力用鋼板を止め付けた(図 2.2.4.2-3 参照)。

載荷速度は、平均増加率が毎秒 20N/mm<sup>2</sup>以下を採用するものとする(参考例では、10kN/min を目安としてジャッキを用いて加力した。)。載荷中は、荷重およびせん断変形の測定は同時に行い、連続的に記録しておく。

試験は、同一水準について 5 体以上 7 体以下について実施する。

試験を実施する日と同じ日に、JIS A 1108 (コンクリート圧縮強度試験方法) に従い、現場封かん養生とした母材コンクリートの供試体の圧縮強度試験を行う。1 回の試験につき 3 体の試験を行う。また、材齢 28 日において標準養生供試体の圧縮強度試験を行う。

試験は、温度 20±5℃ に管理された試験室にて実施する。

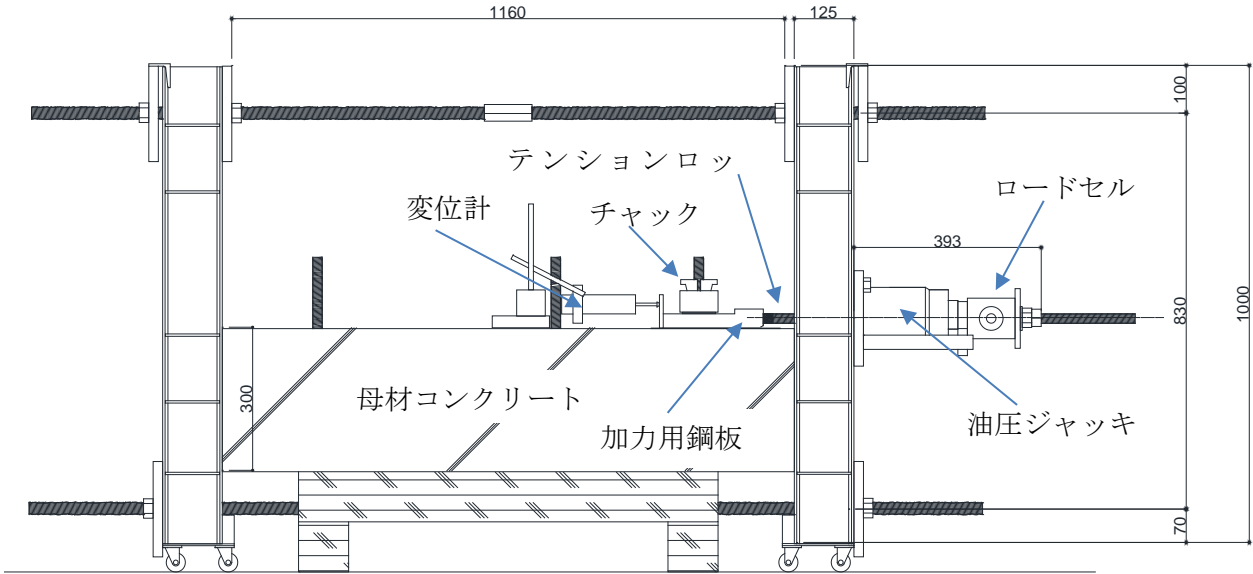
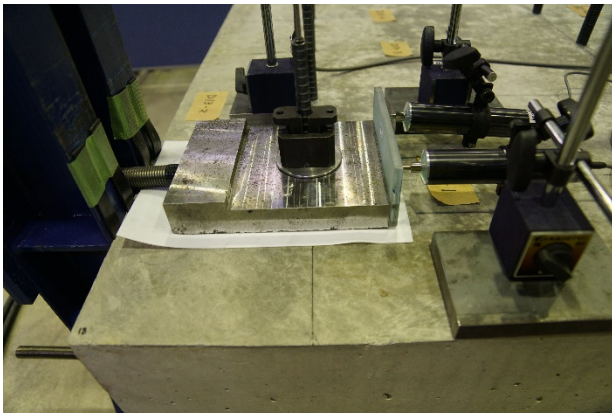
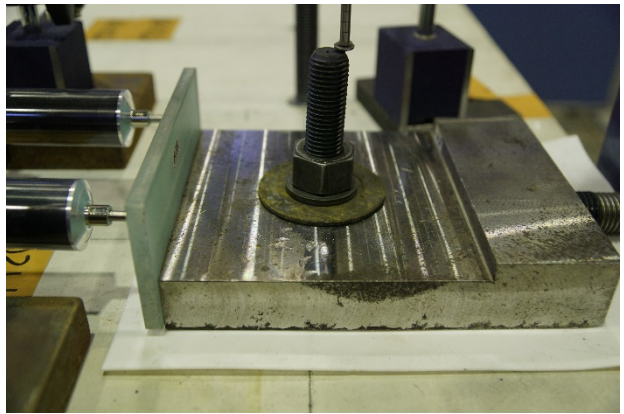


図 2. 2. 4. 2-2 試験装置の一例

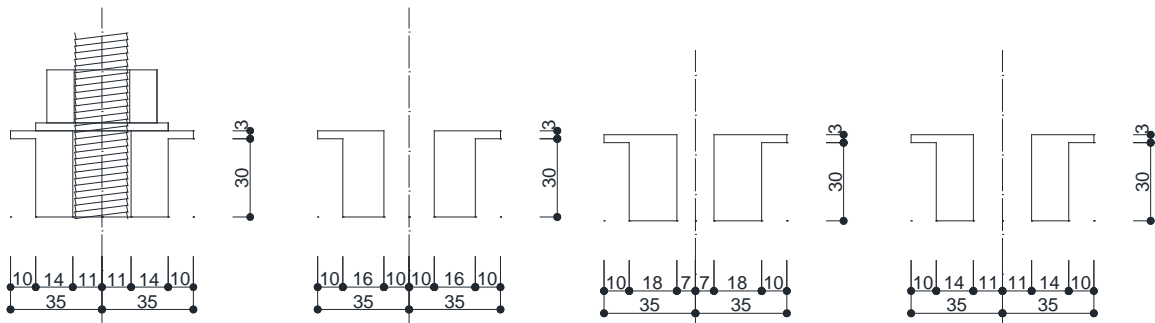


(1) 異形鉄筋の場合



(2) 全ねじボルトの場合

図 2. 2. 4. 2-3 加力用鋼板の一例



(ア) D13 用

(2) D16 用

(3) D19, M20 用

図 2. 2. 4. 2-4 加力用鋼板のブッシュ形状

#### 2-2-4-2-4 記録および報告

試験結果は、以下について記録し、その結果を報告する。

- a) 母材コンクリート製作，アンカー施工およびせん断実験の実施日
- b) 使用したアンカーの概要
  - ・接着剤の材質・物性値
  - ・アンカー筋の材質・物性値
- c) コンクリート母材の概要
  - ・コンクリートの材料・調合
  - ・材齢 28 日標準養生試験体の圧縮強度，実験日の現場封かん養生試験体の圧縮強度・ヤング係数
  - ・コンクリート母材の形状，穿孔径，穿孔深さ，ピッチ
- d) 試験の概要
  - ・試験装置，載荷方法，載荷速度
- e) 試験結果
  - ・最大荷重，最大荷重時の変位，1mm，2mm，4mm 時耐力，せん断力ーせん断変形関係図
- f) 最終破壊状況

#### 2-2-4-2-5 試験結果の評価方法

試験結果の評価は，最大せん断強度，せん断変形が 1mm 時，2mm 時の耐力を 2-2-4-1-5 項に規定されている付着強度試験体における各水準の試験結果の整理方法に基づいて評価する。

##### (1) 最大せん断強度

接着系あと施工アンカーの最大せん断強度は，破壊形式に応じて(2.2.4.2-1)式および(2.2.4.2-2)式による計算値に対して 95%以上の信頼性を有することを確認する。

##### ① コンクリートが支圧破壊したアンカーの最大せん断強度計算値

$$Q_{mc} = 0.4 \sqrt{E_c \cdot \sigma_B} \cdot s a_0 \quad \text{ただし, } 500 \leq \sqrt{E_c \cdot \sigma_B} \leq 900 \quad (\text{N/mm}^2) \quad (2.2.4.2-1)\text{式}$$

記号  $Q_{mc}$  : コンクリートが支圧破壊したアンカーの最大せん断強度計算値 (N)

$E_c$  : 試験体コンクリートの試験実施日のヤング係数 (N/mm<sup>2</sup>) で，圧縮強度より推定してもよい。

$\sigma_B$  : 試験体コンクリートの試験実施日の圧縮強度 (N/mm<sup>2</sup>)

$s a_0$  : アンカー筋の公称断面積 (mm<sup>2</sup>)

##### ② アンカー筋が破断したアンカーの最大せん断強度計算値

$$Q_{mu} = \frac{m\sigma_u}{\sqrt{3}} \cdot s a_0 \quad (2.2.4.2-2)\text{式}$$

記号  $Q_{mu}$  : アンカー筋が破断したアンカーの最大せん断強度計算値 (N)

$m\sigma_u$  : アンカー筋の規格引張強さ (N/mm<sup>2</sup>)

$s a_0$  : アンカー筋の公称断面積 (mm<sup>2</sup>)

##### ③ 95%以上の終局せん断耐力の信頼性は，コンクリート圧縮強度の水準ごと，破壊形式ごとに次式を満たすことにより確認する。

$$X_{mean} - m \cdot s \geq 1.0 \quad (2.2.4.2-3)\text{式}$$

記号  $X_{mean}$  : (実験値/最大せん断強度計算値) の平均値で、次式による。

$$X_{mean} = \sum_{i=1}^N X_i / N$$

$X_i$  : (実験値/最大せん断強度計算値)

$N$  : 試験体数(コンクリート圧縮強度の水準ごとの同一破壊形式の試験体数)

$m$  : (実験値/終局せん断耐力計算値) の分布形状と試験体数に応じて95%以上の信頼係数を与える数値で、 $t$ 分布表(不良率片側0.05, 両側0.1)より算定してよい。

$s$  : (実験値/終局せん断耐力計算値) の標本標準偏差で、次式による。

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - X_{mean})^2}{N-1}} \quad (2.2.4.2-4)式$$

(2) あと施工アンカーのせん断変形が1mm時のせん断耐力, 2mm時のせん断耐力が, それぞれ(2.2.4.2.5)式, (2.2.4.2.6)式による計算値に対して95%以上の信頼性を有することを確認する。

$$LQ_{mc} = \frac{1}{4.5} \times 0.4 \times \sqrt{E_c \cdot \sigma_B \cdot s a_0} \quad (2.2.4.2-5)式$$

$$sQ_{mc} = \frac{1}{2.25} \times 0.4 \times \sqrt{E_c \cdot \sigma_B \cdot s a_0}$$

(2.2.4.2-6)式

記号  $LQ_{mc}$  : 長期許容せん断力 (N)

$sQ_{mc}$  : 短期許容せん断力 (N)

$E_c$  : 試験体コンクリートの試験実施日のヤング係数 (N/mm<sup>2</sup>) で、圧縮強度より推定してもよい。

$\sigma_B$  : 試験体コンクリートの試験実施日の圧縮強度 (N/mm<sup>2</sup>)

$s a_0$  : アンカー筋の公称断面積 (mm<sup>2</sup>)

95%以上の許容せん断力の信頼性は、コンクリート圧縮強度の水準ごと、許容せん断力ごとに次式を満たすことにより確認する。

$$X_{mean} - m \cdot s \geq 1.0 \quad (2.2.4.2-7)式$$

記号  $X_{mean}$  : (実験値/許容せん断力計算値) の平均値で、次式による。

$$X_{mean} = \sum_{i=1}^N X_i / N$$

$X_i$  : (実験値/許容せん断力計算値)

$N$  : 試験体数

$m$  : (実験値/許容せん断計算値) の分布形状と試験体数に応じて95%以上の信頼係数を与える数値で、 $t$ 分布表(不良率片側0.05, 両側0.1)より算定してよい。

$s$  : (実験値/許容せん断耐力計算値) の標本標準偏差で、次式による。

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - X_{mean})^2}{N-1}} \quad (2.2.4.2-8)式$$

## 2-3 長期引張試験（平成28年度実施）

### 2-3-1 検討概要

平成28年度の検討では、あと施工アンカー単体の性能および品質確認試験のための検討として、長期引張試験を実施した。本節では、長期引張試験を、短期クリープ試験と長期クリープ試験に区分してとりまとめた。本節において、短期クリープ試験とは、クリープ破壊時における破壊時の変位に関する実験であり、あと施工アンカーに短期的にクリープ破壊を生じるレベルの荷重を載荷し、クリープ破壊時の変位やその限界点を定めるための実験とし、長期クリープ試験とは、長期的なクリープ特性を評価するためのクリープ限度以下となる荷重レベルでのクリープ試験とする。

### 2-3-2 実験計画

#### 2-3-2-1 短期クリープ試験

ACI 355.4-11<sup>2.7)</sup>や EOTA ETAG 001 Part 5<sup>2.8)</sup>で規定されているクリープ試験では、90日間の連続荷重における70～90日での変位を(2.3.2.1)式で表されるべき乗式に外挿して長期的なクリープ変形量を予測し、その変形量と短期試験時の最大荷重時の変位に到達した時点をクリック破壊が生じる時間として評価を行っている。

$$S(t) = S(0) + a \cdot t^b \quad (2.3.2.1)式$$

ここで、

$S(t)$  : 時間  $t$  における変位                       $t$  : クリープ開始後の時間

$S(0)$  : 載荷直後における変位                       $a, b$  : 実験によって最小二乗法により定める定数

しかしながら、ここでのクリープ破壊の基準となる変位は短期載荷試験で得られた破壊時の変位であり、クリープ破壊によって破壊する時の変位とは大きく異なることがこれまでの実験結果から分かっている。そのため、クリープ特性の合理的な評価を行うため、クリープ破壊時の変位(ここでクリープ破壊時変位と記す)およびクリープ破壊を生じないための限界の変位(クリープ限度における変位)を得るための実験を行った。

#### (1) 実験の要因と水準

実験の要因と水準を表2.3.2.1に示す。ここで荷重レベルとは、短期載荷試験で得られた最大耐力の平均値に対する目標載荷荷重の比である。一般的に荷重レベルが0.6～0.7程度を超えるとクリープ破壊が生じると言われている。

表 2.3.2.1 実験の水準一覧表(短期クリープ試験)

| 水準 | アンカー筋種類 | 埋込長さ | 環境温度 | 目標荷重             | 接着剤種類 |
|----|---------|------|------|------------------|-------|
| 1  | D13     | 5da  | 20℃  | $0.75\tau_{max}$ | エポキシ系 |
| 2  | D13     | 5da  | 20℃  | $0.85\tau_{max}$ | エポキシ系 |
| 3  | D13     | 5da  | 40℃  | $0.75\tau_{max}$ | エポキシ系 |
| 4  | D13     | 5da  | 40℃  | $0.85\tau_{max}$ | エポキシ系 |
| 5  | D13     | 5da  | 20℃  | $0.85\tau_{max}$ | セメント系 |
| 6  | D13     | 5da  | 40℃  | $0.85\tau_{max}$ | セメント系 |
| 7  | D13 先付け | 5da  | 20℃  | $0.85\tau_{max}$ | —     |
| 8  | D13 先付け | 5da  | 40℃  | $0.85\tau_{max}$ | —     |

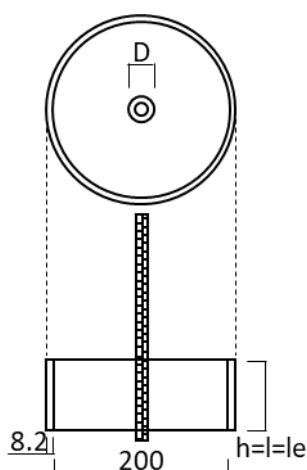
(2) 試験体

試験体は、これまでの検討と同様に、φ200mmの鋼管にコンクリートを打設した母材コンクリートの中央にあと施工アンカーを施工した。試験体の形状および寸法を図2.3.2.1に示す。昨年度までの検討から、母材コンクリートには、座堀を設けず、鋼管の高さと付着長さを同一とした。アンカー筋には、M12の全ねじおよびD13の異形鉄筋を使用しており、付着長さ(鋼管高さ)は、アンカー筋径の5倍とし、M12が60mm、D13が65mmとなる。

母材コンクリートは、呼び強度21、目標スランプ18cm、目標空気量4.5%のレディーミクストコンクリートを用いた。あと施工アンカーを施工した母材は平成28年11月24日に型枠に打ち込み、先付け試験体は平成28年12月7日に型枠に打ち込んだ。コンクリートの使用材料を表2.3.2.2に、調合およびフレッシュ試験結果を表2.3.2.3に、強度およびヤング係数試験結果を表2.3.2.4に示す。打ち込みおよび養生は、建築研究所複合材料実験棟で行い、養生期間中は温度が20±3℃の範囲になるように調整した。

アンカー筋には、M12の全ねじ、D13の異形鉄筋の2種類を用いた。アンカー筋の機械的性質を表2.3.2.5に示す。

接着剤は、エポキシ樹脂系の接着剤およびセメント系の接着剤を用いた。接着剤の品質を表2.3.2.6に示す。これらの樹脂は平成27年度(2-2-2項)の実験に使用したのと同じである。



| アンカー筋 | 埋込長さ<br><i>l</i> (mm) | 試験体高さ<br><i>h</i> (mm) | 有効埋込長さ<br><i>le</i> (mm) | 穿孔径<br><i>D</i> (mm) |
|-------|-----------------------|------------------------|--------------------------|----------------------|
| M12   | 5da                   | 60                     | 60                       | 14                   |
| D13   | 5da                   | 65                     | 65                       | 16                   |

図 2.3.2.1 試験体の形状および寸法

表 2.3.2.2 母材コンクリートの使用材料

| 材料   | 記号 | 仕様  |
|------|----|---|
| セメント | C  | 普通ポルトランドセメント(密度：3.16g/cm <sup>3</sup> )       |
| 水    | W  | 水道水   |
| 粗骨材  | G  | 茨城県つくば市産砕石 2005A(表乾密度：2.66g/cm <sup>3</sup> ) |
| 細骨材  | S  | 茨城県行方産陸砂(表乾密度：2.59g/cm <sup>3</sup> )         |
| 混和剤  | Ad | AE 減水剤標準型 1 種                                 |



表 2.3.2.3 コンクリートの調合およびフレッシュ試験結果

| 打設日        | 呼び強度 | W/C (%) | S/a (%) | 単体量(kg/m <sup>3</sup> ) |     |     |     |      | スランプ (cm) | 空気量 (%) |
|------------|------|---------|---------|-------------------------|-----|-----|-----|------|-----------|---------|
|            |      |         |         | C                       | W   | G   | S   | Ad   |           |         |
| 2016.11.24 | 21   | 64.1    | 49.6    | 281                     | 180 | 920 | 881 | 2.81 | 18.0      | 4.5     |
| 2016.12.7  | 21   | 64.1    | 49.6    | 281                     | 180 | 920 | 881 | 2.81 | 15.5      | 5.5     |

表 2.3.2.4 母材コンクリートの強度試験結果

| 打設日        | 試験日        | 材齢(日) | 圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> ) | ヤング係数 (kN/mm <sup>2</sup> ) |
|------------|------------|-------|---------------------------|-----------------------------|
| 2016.11.24 | 2016.12.14 | 14    | 20.6                      | 17.4                        |
|            | 2016.12.22 | 28    | 23.7                      | 21.1                        |
| 2016.12.7  | 2016.12.22 | 15    | 22.3                      | 21.1                        |
|            | 2017.1.4   | 28    | 23.8                      | 22.3                        |

表 2.3.2.5 アンカー筋の機械的性質

| アンカー筋種類 | 鋼種    | 降伏点強度 (N/mm <sup>2</sup> ) | ヤング係数 (kN/mm <sup>2</sup> ) | 引張強さ (N/mm <sup>2</sup> ) | 破断伸び (%) |
|---------|-------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|----------|
| M12     | SNB7* | 725 以上                     | —                           | 860 以上                    | 16 以上    |
| D13     | MK785 | 805                        | 1.66 × 10 <sup>2</sup>      | 986                       | 10.1     |

\* : JIS G 3117 における品質規格値

表 2.3.2.6 接着剤の品質

| 品質項目          | 圧縮強さ (N/mm <sup>2</sup> ) | 圧縮弾性率 (N/mm <sup>2</sup> ) | 引張強さ (N/mm <sup>2</sup> ) | 曲げ強さ (N/mm <sup>2</sup> ) |
|---------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| JCAA 製品認証規格値* | 98.0 以上                   | 2000 以上                    | 19.6 以上                   | 29.4 以上                   |
| エポキシ系         | 110.0                     | 2220                       | 44.3                      | 67.7                      |
| セメント系         | 62.1                      | —                          | —                         | 9.1                       |

試験体の施工は、ハンマードリルにより穿孔した。穿孔時に試験体端部でコーン状の破壊が生じないように専用の治具を用い、母材コンクリートを拘束した状態で穿孔した。この治具により母材に座堀を設けることや穿孔のためにコンクリートを上下に重ねた状態で穿孔することなどが不要になり、試験体製作の効率化が図れる。図 2.3.2.2 に穿孔用治具の形状、写真 2.3.2.1 および写真 2.3.2.2 に供試体セット状況および穿孔状況を示す。アンカー筋の打設は、母材コンクリートの材齢 14 日経過した時点から開始し材齢 21 日までに終了させた。

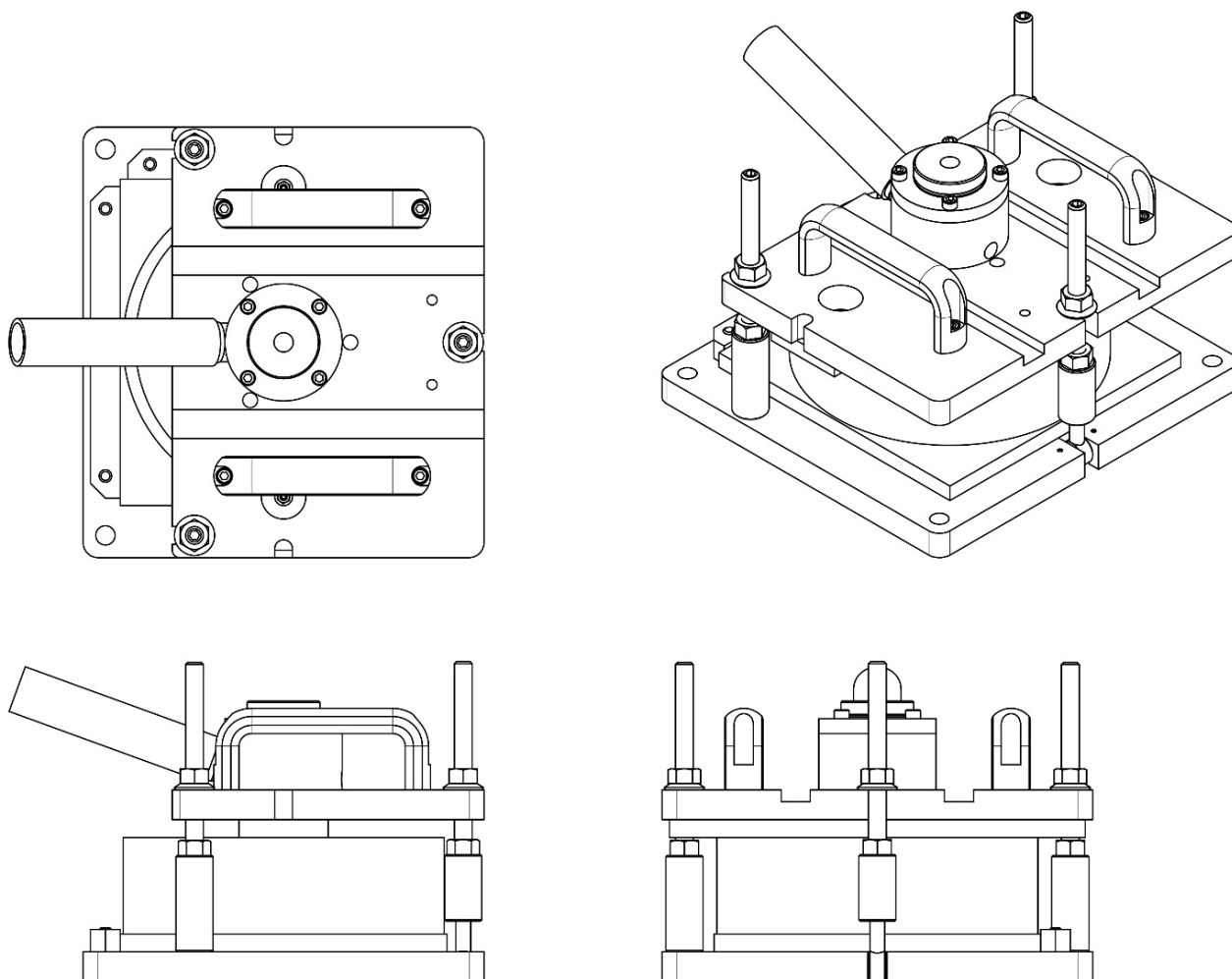


図 2.3.2.2 穿孔用治具の形状



写真 2.3.2.1 垂直穿孔治具供試体セット状況

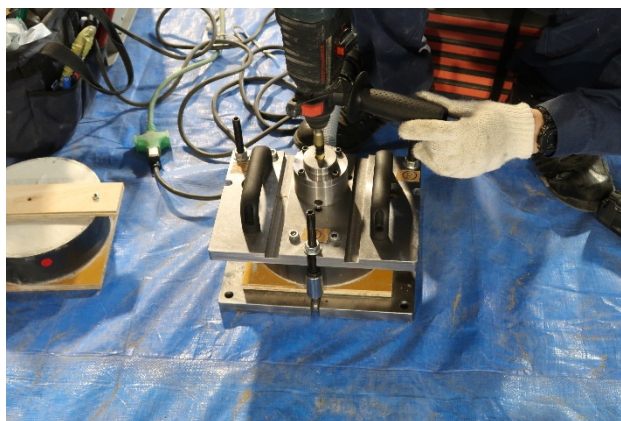


写真 2.3.2.2 穿孔状況

### (3) 試験方法

短期クリープ試験は、温度を 20℃および 40℃に調整したチャンバー内で実施した。チャンバー内にクリープ試験用のバネ式载荷治具を持ち込み、変位の直線性を確保するために 10kN 程度まで载荷を 3

回繰り返した後に、荷重レベルまで载荷し、その後の荷重および変位を測定した。クリープ载荷治具を図2.3.2.3に、実験状況を写真2.3.2.3に示す。

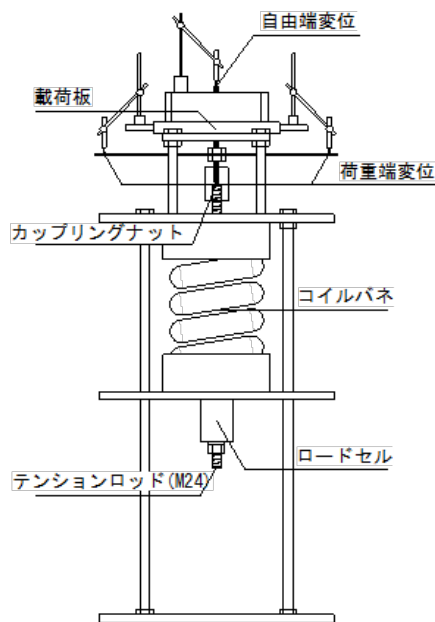


図 2.3.2.3 クリープ加力治具



写真 2.3.2.3 短期クリープ試験の状況

### 2-3-2-2 長期クリープ試験

前述の短期クリープ試験に対して、本検討では、長期的なクリープ特性を評価するためのクリープ限度以下となる荷重レベルでのクリープ試験を長期クリープ試験と定義する。

#### (1) 実験の要因と水準

長期クリープ試験に関する実験の要因と水準を表2.3.2.7に示す。また、長期クリープ試験については、平成27年度の検討(2-2-2項)において载荷開始した試験体を継続的に測定している。継続的に測定を行っている水準は、アンカー筋が全ねじで20℃環境において、エポキシ系接着剤およびセメント系接着剤の試験体に対して付着応力 $\tau = 15\text{N/mm}^2$ 相当の荷重で载荷している水準である。

表 2.3.2.7 実験の要因と水準(長期クリープ試験)

| No. | アンカー種類 | 接着剤    | 環境温度 | 载荷荷重                                    |
|-----|--------|--------|------|---|
| 1   | あと施工   | エポキシ樹脂 | 20℃  | 長期許容応力度相当( $\tau = 3.33\text{N/mm}^2$ ) |
| 2   | あと施工   | エポキシ樹脂 | 20℃  | 短期許容応力度相当( $\tau = 6.67\text{N/mm}^2$ ) |
| 3   | あと施工   | セメント系  | 20℃  | 長期許容応力度相当( $\tau = 3.33\text{N/mm}^2$ ) |
| 4   | あと施工   | セメント系  | 20℃  | 短期許容応力度相当( $\tau = 6.67\text{N/mm}^2$ ) |
| 5   | 先付け    | —      | 20℃  | 短期許容応力度相当( $\tau = 6.67\text{N/mm}^2$ ) |
| 6   | あと施工   | エポキシ樹脂 | 40℃  | 長期許容応力度相当( $\tau = 3.33\text{N/mm}^2$ ) |
| 7   | あと施工   | エポキシ樹脂 | 40℃  | 短期許容応力度相当( $\tau = 6.67\text{N/mm}^2$ ) |
| 8   | あと施工   | エポキシ樹脂 | 40℃  | 材料強度相当( $\tau = 15.0\text{N/mm}^2$ )    |
| 9   | 先付け    | —      | 40℃  | 短期許容応力度相当( $\tau = 6.67\text{N/mm}^2$ ) |

(2) 試験体

試験体は、短期クリープ試験と同様の試験体とし、アンカー筋はすべて D13 異形鉄筋のものを使用した。

(3) 試験方法

長期クリープ試験は平成 27 年度と同様の方法で実施した。20℃環境は、建築研究所クリープ実験棟において気温 20±2℃、相対湿度 65±5%の環境下で実施した。40℃環境は建築研究所材料実験棟低温実験室の 40℃に調整した恒温恒湿室内で実施した。40℃環境については湿度の調整は行っていない。

加力方法は、短期クリープ試験と同様の方法とした。

載荷は、2017 年 2 月 16 日より開始し、試験材齢 90 日程度の測定を予定している。実験水準 No.5 の先付け試験体と No.8 のエポキシ樹脂試験体は、先行的に 1 月 4 日より載荷開始した。

### 2-3-3 実験結果

#### 2-3-3-1 短期クリープ試験結果

##### (1) 実験の要因と水準

短期クリープ試験に先立って実施した付着強度試験(短期載荷試験)における荷重-自由端変位曲線を図 2.3.3.1~図 2.3.3.3 に、付着強度、最大荷重時の変位、自由端変位 0.002D 時の変位を表 2.3.3.1 に示す。試験体は各水準 7 体で、t 分布による 95%信頼下限値の計算では、自由度 6 として、平均から 1.943 $\sigma$  を引いている。また、短期クリープ試験の結果として、図 2.3.3.4~図 2.3.3.8 に短期クリープ試験における時間-変位曲線を示す。

エポキシ樹脂系では、試験材齢 2 日程度で 0.75 $\tau_{max}$  以上の試験体で概ねクリープ破壊が生じているが、セメント系および先付けでは試験材齢 40 日程度でもクリープ破壊は生じていない。よって、以下エポキシ樹脂系の接着剤について検討する。

短期クリープ試験結果における時間-変位関係の全体的な傾向として、クリープ破壊が生じる場合には、載荷後初期には変形量が大きく徐々に変形の色度は低下する。その後概ね一定の割合でクリープ変位が増大し、ある時点を過ぎた点から再び変位が増大が大きくなり、その後急激に変形が進行した後に破壊に至る。図 2.3.3.9 にエポキシ樹脂系における時間-変位曲線をまとめたもの、図 2.3.3.10 にクリープ破壊時の変位の比較を示す。クリープ破壊が生じる時点の変位は、今回の試験体の条件では自由端変位 5~6mm の範囲にあり、短期試験における最大荷重時の変位と比較すると 4~5 倍程度の変位となっている。この結果はこれまでに実施した長期クリープ試験におけるクリープ破壊時の変位の傾向とも一致している。このように、短期載荷試験とクリープ試験の変形に大きな乖離があるため、ACI 等の現在の考え方を適用した場合に実際のクリープ特性の評価との間にずれが生じることが予想される。

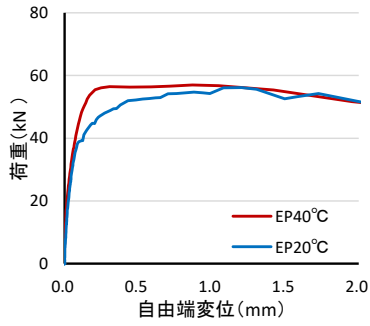


図 2.3.3.1 荷重－変位曲線  
(エポキシ樹脂系)

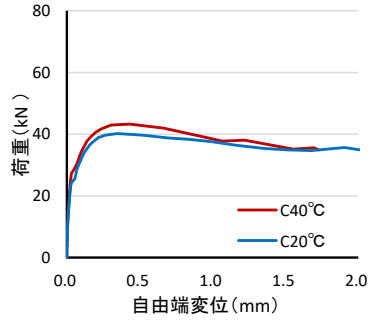


図 2.3.3.2 荷重－変位曲線  
(セメント系)

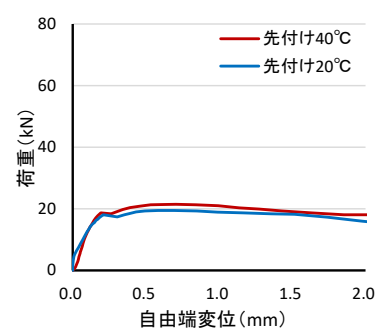


図 2.3.3.3 荷重－変位曲線  
(先付け)

表 2.3.3.1 試験結果の一覧(付着強度および最大付着強度時の変位)

| 水準 | アンカー筋種類 | 埋込み長さ | 試験温度 | 接着剤種類 | 付着強度(N/mm <sup>2</sup> ) |      |      | 最大付着強度時の変位(mm) |      |      |
|----|---------|-------|------|-------|--------------------------|------|------|----------------|------|------|
|    |         |       |      |       | 平均                       | 標準偏差 | 変動係数 | 平均             | 標準偏差 | 変動係数 |
| 1  | D13     | 5da   | 20°C | EP    | 24.32                    | 1.77 | 0.07 | 1.51           | 0.28 | 0.19 |
| 2  | D13     | 5da   | 40°C | EP    | 23.44                    | 1.18 | 0.05 | 1.07           | 0.52 | 0.48 |
| 3  | D13     | 5da   | 20°C | C     | 16.84                    | 1.48 | 0.09 | 0.36           | 0.07 | 0.18 |
| 4  | D13     | 5da   | 40°C | C     | 16.14                    | 1.60 | 0.10 | 0.46           | 0.05 | 0.11 |
| 5  | D13先付け  | 5da   | 20°C | —     | 8.27                     | 0.10 | 0.01 | 0.62           | 0.10 | 0.16 |
| 6  | D13先付け  | 5da   | 40°C | —     | 8.27                     | 0.15 | 0.02 | 0.81           | 0.15 | 0.19 |
| 7  | D13     | 5da   | 20°C | EP    | 25.00                    | 1.52 | 0.06 | 1.39           | 0.44 | 0.31 |
| 8  | D13     | 5da   | 40°C | EP    | 23.80                    | 2.10 | 0.09 | 0.87           | 0.46 | 0.52 |
| 9  | D13     | 5da   | 20°C | C     | 18.16                    | 1.21 | 0.07 | 0.45           | 0.08 | 0.17 |
| 10 | D13     | 5da   | 40°C | C     | 15.95                    | 1.04 | 0.06 | 0.51           | 0.11 | 0.22 |
| 11 | D13先付け  | 5da   | 20°C | —     | 7.50                     | 0.06 | 0.01 | 0.62           | 0.06 | 0.09 |
| 12 | D13先付け  | 5da   | 40°C | —     | 9.39                     | 0.39 | 0.04 | 0.56           | 0.39 | 0.69 |

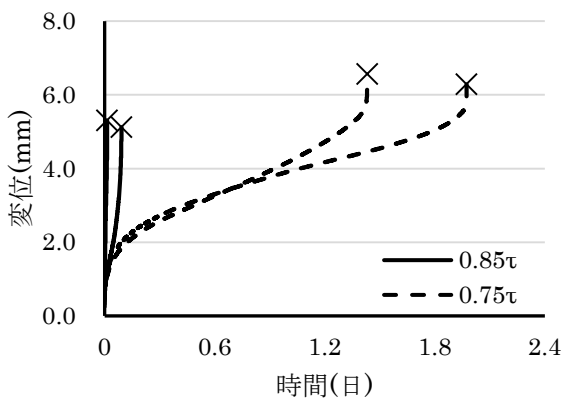


図 2.3.3.4 時間－変位曲線(エポキシ系・20°C)

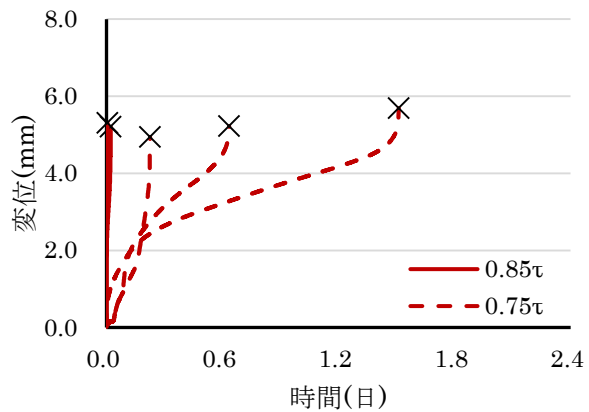


図 2.3.3.5 時間－変位曲線(エポキシ系・40°C)

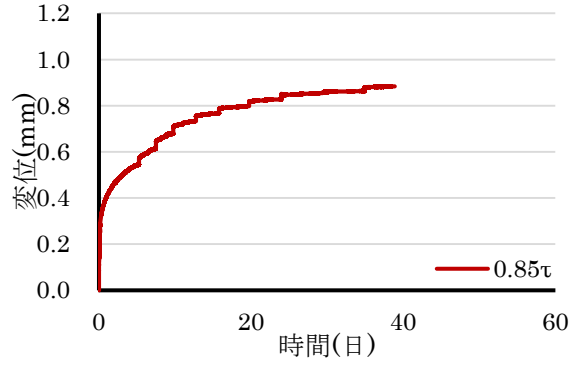
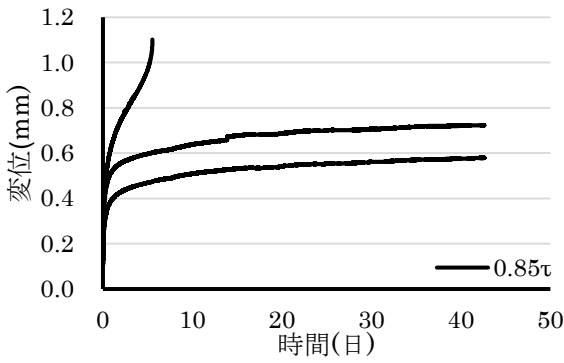


図 2.3.3.6 時間-変位曲線(セメント系・20°C)

図 2.3.3.7 時間-変位曲線(セメント系・40°C)

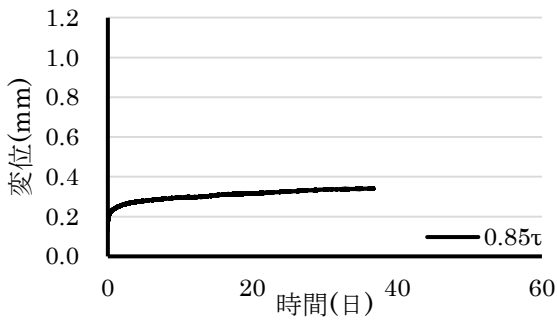


図 2.3.3.8 時間-変位曲線(先付け・20°C)

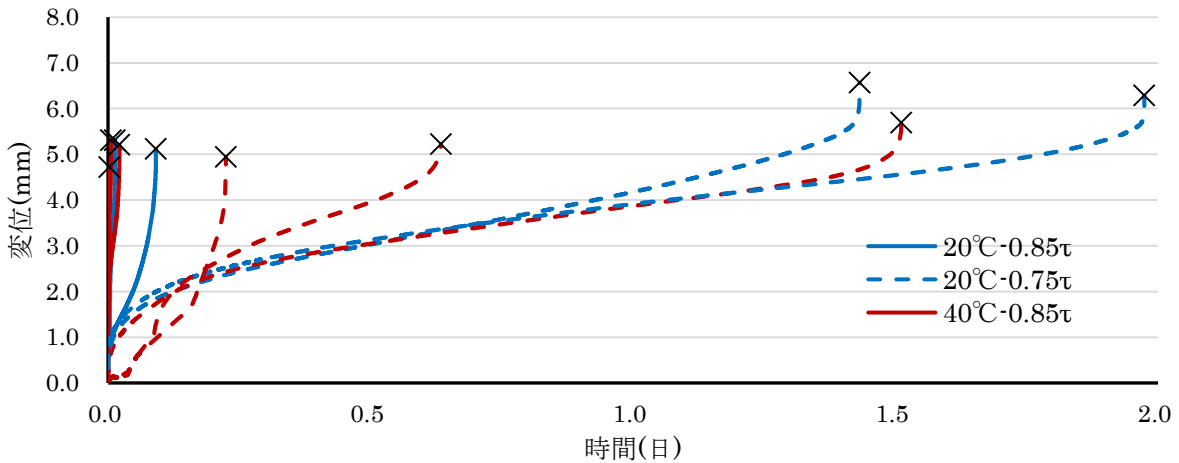


図 2.3.3.9 短期クリープ試験結果(エポキシ樹脂系接着剤)→凡例

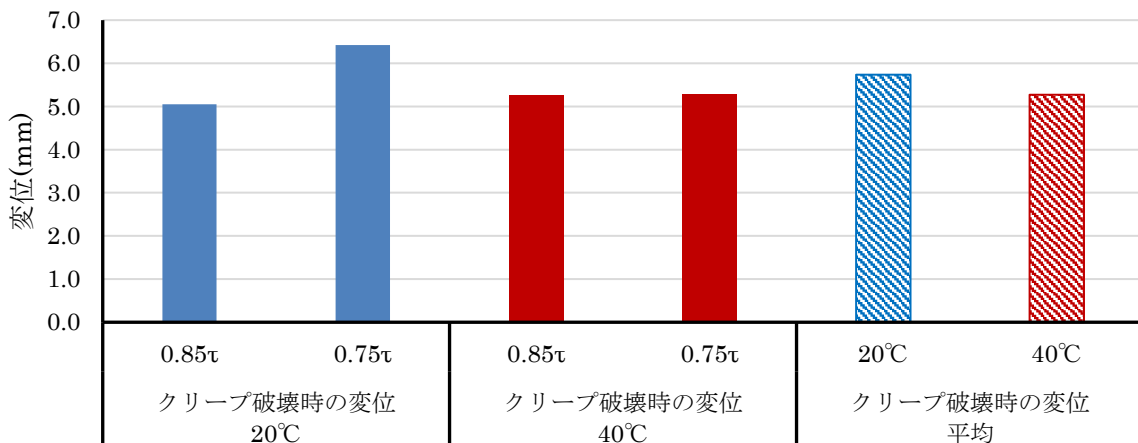


図 2.3.3.10 短期クリープ試験による破壊時の変位の比較(エポキシ樹脂系接着剤)

しかしながら、クリープ破壊時の変位は、一定の変位を超えた後は急激に変形が大きくなっていることや、クリープ破壊は最終的な段階であり、材料の評価を行う際に破壊段階を基準とするのは冗長性の観点からも望ましくないと考えられる。そこで、クリープ変形量が時間的に収束する範囲にあることを目標性能として、その限界となる変位をクリープ限度における変位とし、クリープ変形量はその変位以下であることを目標とすることを検討した。

クリープ限度における変位(時間-変位関係の変曲点)は、クリープ速度(時間あたりの変形量)が最小になる時点の変位として表される。クリープ変形を粘弾性的な性質ととらえた場合には、クリープ速度は時間の経過とともに小さくなり、この変曲点を接着剤内部が粘弾性的性質から部分的な破壊へと内部構造が変化した点として考え、この点をクリープ限度としてとらえることが妥当であると考えた。荷重-変位関係とクリープ速度の図を図 2.3.3.11、図 2.3.3.12 に、各水準のクリープ限度時の変位を図 2.3.3.13 に、短期荷重、クリープ限度時の変位、クリープ破壊時の変位の比較を図 2.3.3.14 に示す。

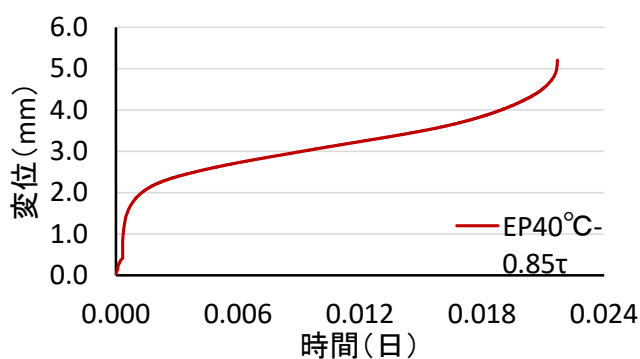


図 2.3.3.11 短期クリープの結果の例  
(エポキシ樹脂 40°C・0.85  $\tau_{max}$ )

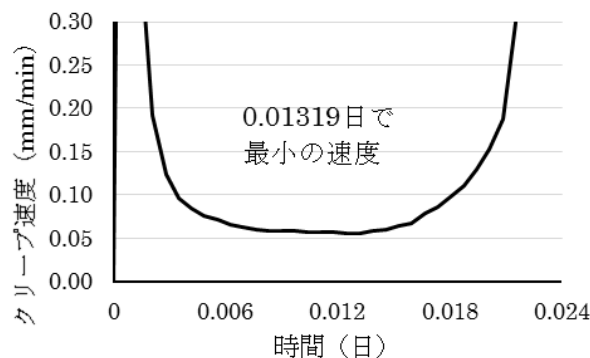


図 2.3.3.12 時間とクリープ速度の関係の例  
(エポキシ樹脂 40°C・0.85  $\tau_{max}$ )

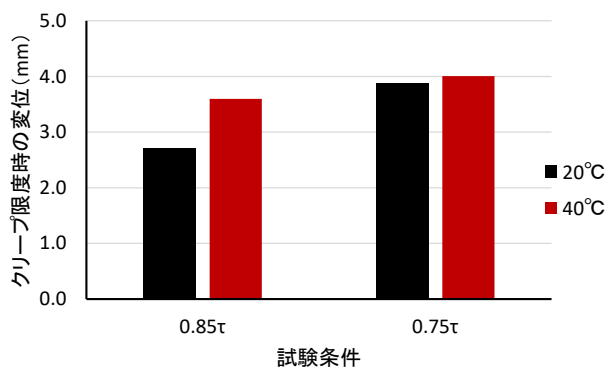


図 2.3.3.13 クリープ限度における変位

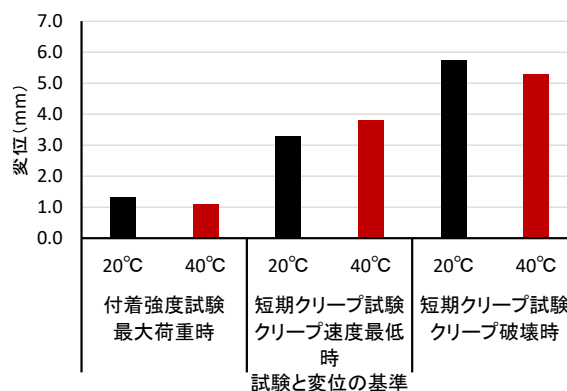


図 2.3.3.14 各試験における変位の比較

(2) クリープ限界時の変位を考慮したクリープ特性の評価方法の提案

これまでの検討から、クリープ特性の評価においては、評価の対象となる樹脂や温度条件において長期荷重の条件でのクリープ限度となる変位(  $\delta_{lim}$  )を求め、これによってクリープ特性の評価を行うことができると考える。

ここに、従来の考え方(短期荷重試験における最大荷重時変位を基準とした場合)とクリープ限度時の変位を基準とした場合のクリープ変位の評価結果について比較し、妥当性を論じる。

本研究で提案したクリープ限度における変位は図 2.3.3.14 に示したように、クリープ限度における



変位は、付着強度試験で得られた変位より、エポキシ樹脂は2～3倍の変形量を示した。よって、短期クリープ試験を行っていない長期クリープ試験についても、あと施工アンカーが長期のクリープ変形中に破壊に至る変形が2倍程度であると仮定し、破壊に至るまでの時間がどのように変化するかを検討した。上記の方法で行った場合の実測値と破壊変位の比較を図2.3.3.15に示し、破壊が推定される時間の比較を表2.3.3.2に示す。なお、変位の推測はべき乗を用いる既往の推定式(2.3.2.1)式で行った。

エポキシ樹脂の接着剤については、新しい評価方法では既往の評価方法と比較し破壊に至るまでの時間が11.97～13.39倍延びた。この時に破壊に至るまでの時間が100年を超えることを指標に安全性を評価する。

セメント系の接着剤については、既往の方法で評価すると約1～8カ月で破壊に至ると推測されるが、実際には350日以上計測を行っている間は破壊に至っていない。新しい評価方法では破壊するまでの時間が大きく延びているが、適切に推測できているかは明確ではないが、既往の方法よりは現実的に評価できている可能性がある。安藤らの研究<sup>2.17)</sup>では、セメント系の接着剤に対しては、JISに示されているクリープ式((2.3.3.1)式)を適用した方が合理的であるとの報告もある。セメント系の接着剤に対してはJISのクリープ式を用いてクリープ変形を推測し、破壊変位は短期クリープ試験で得られた限界クリープ時(クリープ速度が最小となる時点)の変位で評価を行う方法も提案される。

$$\mu = A \cdot \log_e(t+1) + B \tag{2.3.3.1}式$$

ここで、

$t$  : 載荷後の時間

$A, B$  : 実験で得られる定数

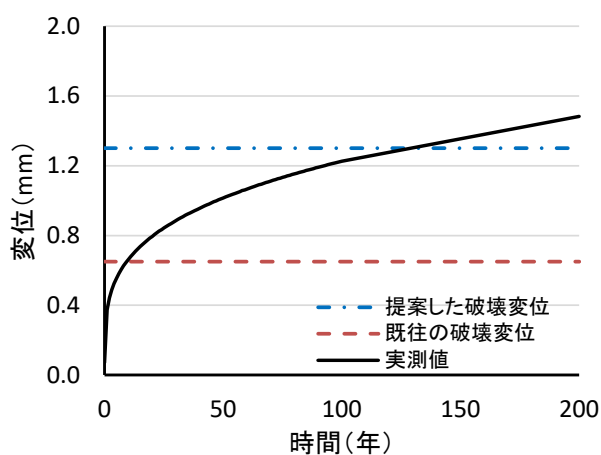


図 2.3.3.15 実測値と破壊変位の比較の例 (エポキシ樹脂)

表 2.3.3.2 破壊変位の違いによる  
破壊が推定される時間の比較

|     | 破壊が推定される時間(年) |         |
|-----|---------------|---------|
|     | 既往の方法         | 新しい評価方法 |
| EP1 | 9.25          | 123.93  |
| EP2 | 16.18         | 193.69  |
| C1  | 0.64          | 13.29   |
| C2  | 0.08          | 2.31    |

2-3-3-2 長期クリープ試験結果

(1) クリープ予測式に関する検討

平成28年度の検討として、まず長期のクリープ変位を予測するための予測式についての検討を行う。ACIおよびETAGにおける持続荷重に対する評価は、(2.3.2.1)式に示したべき乗式で予測が行われている。べき乗式については、試験材齢10年程度までのクリープ試験の結果に対して安全側の予測となることが示されている。本年度の検討では、約1年間のクリープ試験の結果について、クリープ予測式の適用性について確認を行った。ここで比較検討を行った推定式は、べき乗式((2.3.3.2)式として再掲)とレオロジーモデルを適用した式である。

$$S(t) = S(0) + a \cdot t^b \tag{2.3.3.2}式$$

ここで、

$S(t)$  : 時間  $t$  における変位

$S(0)$  : 載荷直後における変位

$t$  : クリープ開始後の時間

$a, b$  : 実験によって最小二乗法により定める定数

レオロジーモデル式の考え方を以下に示す。

レオロジーモデルとは、バネ(剛性)やダッシュポット(粘性)の要素を組み合わせることにより、粘性流体や粘弾性体の流動、クリープ、応力緩和現象などを説明するためのモデルである。クリープ現象を表すモデルとしては、バネとダッシュポットを直接に配置した2要素モデル(Maxwellモデル)、これらを並列に配置した2要素モデル(Voigtモデル)が基本である。MaxwellモデルやVoigtモデルのみでは、クリープ現象を全般的に説明することは難しく、プラスチックや樹脂等の粘弾性的な性質を表す場合には、両者を組み合わせた4要素モデル(Burgersモデルとも呼ばれる)で表されることが多い。図2.3.3.16にVoigtの4要素モデルの模式図と図2.3.3.17に4要素モデルに一定応力が与えられた場合および除荷された場合の時間-変位曲線を示す。

ここでは、あと施工アンカーの接着剤に作用する応力状態をせん断応力とせん断ひずみの関係として取り扱い、モデルにおける  $G_1$  および  $G_2$  はせん断弾性(ずり弾性)係数を表す要素、 $\eta_2$  および  $\eta_3$  はせん断粘性(ずり粘性)係数を表す要素となる。

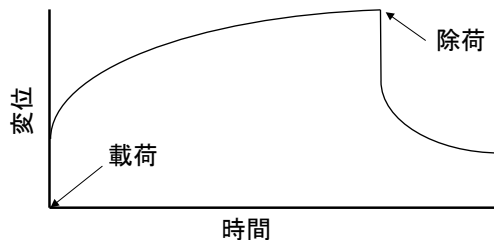
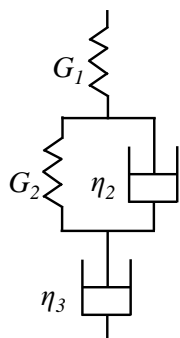


図 2.3.3.16 Voigtの四要素モデル

図 2.3.3.17 四要素モデルの載荷および除荷後の変形

このモデルについて応力とひずみ・ひずみ速度の関係を整理する。せん断ひずみを  $\gamma$  とし、モデルの各部分に生じるひずみをそれぞれ、 $\gamma_1$ 、 $\gamma_2$ 、 $\gamma_3$  とすると、 $\gamma$  は(2.3.3.3)式で表される。また、モデルの各部分に生じている応力は等しいので、応力とひずみの関係は(2.3.3.4)式から(2.3.3.6)式で表される。

$$\gamma = \gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3 \quad (2.3.3.3)式$$

$$S = G_1 \gamma_1 \quad (2.3.3.4)式$$

$$S = G_2 \gamma_2 + \eta_2 \frac{d\gamma_2}{dt} \quad (2.3.3.5)式$$

$$S = \eta_3 \frac{d\gamma_3}{dt} \quad (2.3.3.6)式$$

ここで、

- $S$  : せん断応力
- $\gamma, \gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$  : せん断ひずみ
- $G_1, G_2$  : ずり弾性係数
- $\eta_2, \eta_3$  : ずり粘性係数

ここで、時間  $t=0$  において、 $\gamma_0=0$  として微分方程式を解くと、せん断ひずみ  $\gamma$  は(2.3.3.7)式で表される。 $\lambda$  は遅延時間として表されるもので、クリープ変形により一定の割合まで変形する時の時間である。これが大きいということは、より固体的な性質、小さいということは粘性体的な性質を示す指標となる。また、セメント系については、(2.3.3.8)式に示した JIS A 1157 に示されるクリープ予測式(以下 JIS クリープ式と記す)が適用できることも提案されている。

$$\gamma(t) = S \left\{ \frac{1}{G_1} + \frac{1}{G_2} (1 - e^{-t/\lambda_2}) + \frac{t}{\eta_3} \right\} \quad (2.3.3.7)式$$

ここで、

- $S$  : せん断応力
- $\gamma_0$  : 初期弾性ひずみ
- $t$  : 時間
- $\lambda_2$  : 遅延時間(= $\eta_2/G_2$ )

$$\eta_{est} = A \cdot \log_e(t+1) + B \quad (2.3.3.8)式$$

ここで、

- $\eta_{est}$  : クリープひずみの予測値
- $t$  : 載荷後の材齢
- $A, B$  : 実験で定まる定数

今回の検討では、これらのべき乗式とレオロジー式の両者について、平成 27 年度(2-2-2 項)から実施し、約 350 日を経過しているクリープ試験結果に適用し、その適用性を確認した。

図 2.3.3.18 にエポキシ樹脂における予測結果、図 2.3.3.19 にセメント系における予測結果を示す。環境温度は 20℃、載荷荷重は  $\tau=15\text{N/mm}^2$  相当である。エポキシ樹脂の推定式にはべき乗式とクリープモデル式、セメント系については、それらに加えて JIS クリープ式を適用させている。いずれの式も載荷後 70~90 日のクリープ変形量を外挿し、最小二乗法により推定したものである。

既往の式によるクリープ変形の推定は、試験体 2 本のうち変形量の小さい試験体のクリープ変形は推測による変形と概ね一致しているが、変形量の大きい試験体のクリープ変形は一致しているとはいえず予測値の変位が小さくなっているが、これは実測値の方が若干変位が大きめにずれていることが原因であると考えられる。

一方、レオロジーモデルによるクリープ変形の推定は、エポキシ樹脂およびセメント系の接着剤の長期クリープの実測値より大きく変形している。その理由としては、4 要素モデルにおける終局のひずみが時間  $t$  を  $\eta_3$  で除した値に左右されるため、外挿したデータの範囲では  $\eta_3$  の値を適切に推定できていないことにある。 $\eta_3$  の値を実験値から適切に推定するためには、図 2.3.3.17 に示す除荷後の残留ひずみの値から推定する必要がある、クリープ試験終了後に除荷した後の変位を継続的に測定する必要がある。

セメント系におけるべき乗式とレオロジーモデル式、JIS クリープ式の比較は、JIS クリープ式が最も実測値と一致しており、安藤らの研究と同様の結果が得られた。したがって、セメント系については JIS クリープ式の適用も有効であると考えられる。

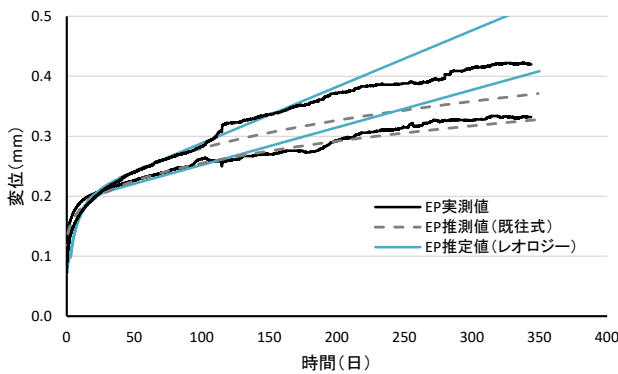


図 2.3.3.18 クリープ変形の推測と実測値の比較  
(エポキシ樹脂)

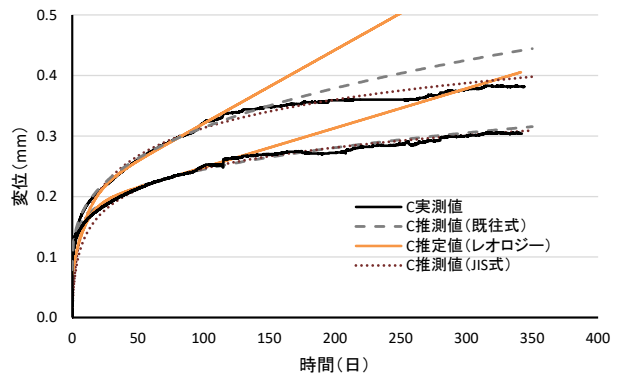


図 2.3.3.19 クリープ変形の推測と実測値の比較  
(セメント系)

## (2) レオロジーモデルによる試験時温度の影響の評価

レオロジーモデルを適用することの目的は、樹脂の温度依存性等の粘弾性的性質の評価について物理的な現象として説明を可能にできる点にある。例えば、弾性や粘性などに関する物性値の温度依存性を評価することによって、変動温度条件下でのクリープ変形を予測することなどに適用が可能である。現時点では長期のクリープの予測のための終局クリープひずみに関する粘性係数  $\eta_3$  が正しく評価できていないため、長期の予測ではクリープ変位にずれが生じることが分かっている。ここでは、温度依存性を評価するための基礎的検討として、レオロジーモデルによって得られる各種物性値について検討を行った。

レオロジーモデルによって得られたクリープ変形の近似曲線を図 2.3.3.20 および図 2.3.3.21 に示す。またその時に得られた弾性係数  $G_1$ 、 $G_2$  および粘性係数  $\eta_2$ 、 $\eta_3$  を表 2.3.3.3 に示す。

いずれの温度においてもレオロジーモデルによって得られたクリープ変位は、クリープ試験の実測値をよく表しており、測定期間の範囲においてはこのモデルが適用できると判断できる。また、レオロジーモデルから各種粘弾性特性値が得られている。弾性係数  $G_1$  についてはどの温度についても同程度の値を示し、温度の影響はみられなかった。粘性係数は、温度に大きく依存し、温度が上昇するほど粘性係数が低下し変形が大きくなること表している。一方、無機系の接着剤は温度による影響はみ

られなかった。

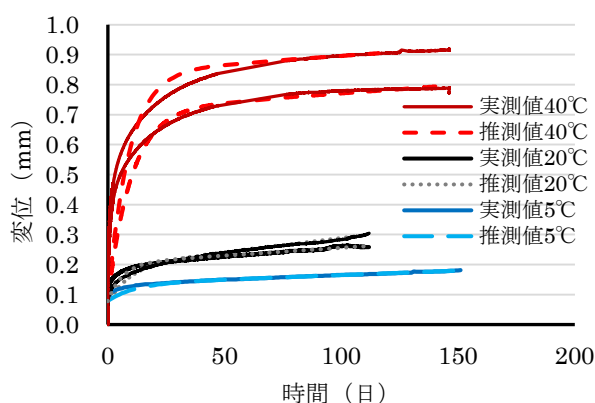


図 2.3.3.20 レオロジーモデルによる近似曲線 (エポキシ樹脂)

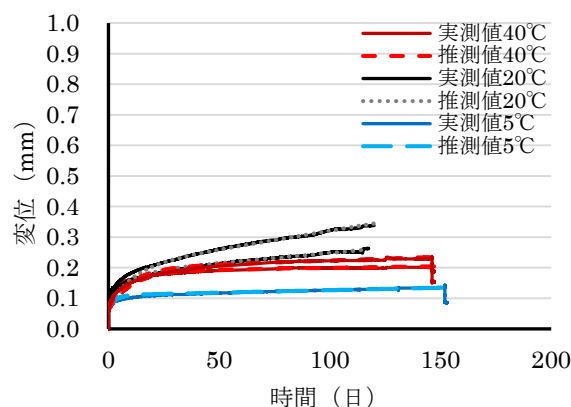


図 2.3.3.21 レオロジーモデルによる近似曲線 (セメント系)

表 2.3.3.3 温度と粘弾性特性値の関係

| 接着剤    | 粘弾性特性値                             | 環境温度   |        |         |
|--------|------------------------------------|--------|--------|---------|
|        |                                    | 5°C    | 20°C   | 40°C    |
| エポキシ樹脂 | $G_1$ (kN/mm <sup>2</sup> )        | 0.186  | 0.190  | 0.177   |
|        | $G_2$ (kN/mm <sup>2</sup> )        | 0.260  | 0.119  | 0.022   |
|        | $\eta_2$ (kN·day/mm <sup>2</sup> ) | 2.934  | 1.013  | 0.230   |
|        | $\eta_3$ (kN·day/mm <sup>2</sup> ) | 49.766 | 15.552 | 17.495  |
|        | $\lambda$ (day)                    | 11.285 | 8.513  | 10.455  |
| セメント系  | $G_1$ (kN/mm <sup>2</sup> )        | 0.209  | 0.208  | 0.223   |
|        | $G_2$ (kN/mm <sup>2</sup> )        | 0.378  | 0.125  | 0.117   |
|        | $\eta_2$ (kN·day/mm <sup>2</sup> ) | 1.247  | 1.228  | 1.236   |
|        | $\eta_3$ (kN·day/mm <sup>2</sup> ) | 91.025 | 17.498 | 104.288 |
|        | $\lambda$ (day)                    | 3.295  | 9.827  | 10.599  |

粘弾性特性値について、温度との関係を整理したものを図 2.3.3.22～図 2.3.3.25 に示す。一般的に、有機系の材料については温度と粘性の関係は、(2.3.3.9)式に示すようなアンドレードの式が適用される。本実験の結果からも、図中に示すように、 $\eta_2$ および $\eta_3$ について対数関数で近似されるような(2.3.3.10)式および(2.3.3.11)式が得られている。また、 $G_2$ についても(2.3.3.12)式のような近似式が得られている。 $G_1$ については、初期弾性ひずみから求められる。

$$\eta = B \cdot \exp\left(\frac{E}{RT}\right) \quad (2.3.3.9)式$$

ここで、

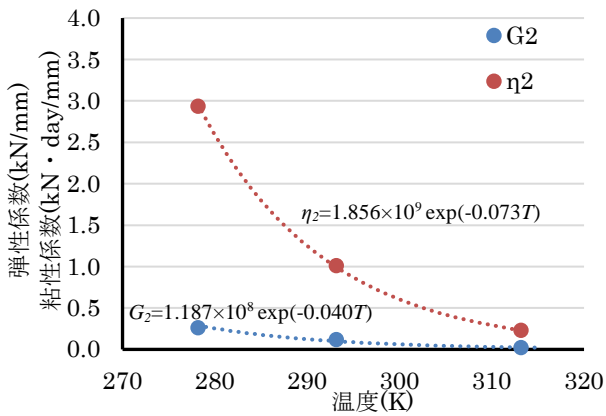
$\eta$  : 粘性係数(Pa・s)  $E$  : 活性化エネルギー(J/mol)

$B$  : 定数  $R$  : 気体定数(8.31J/(kmol))  $T$  : 絶対温度(K)

$$\eta_2 = 1.856 \times 10^9 \exp(-0.073T) \quad (2.3.3.10)式$$

$$\eta_3 = 2.529 \times 10^6 \exp(-0.040T) \quad (2.3.3.11)式$$

$$G_2 = 1.187 \times 10^8 \exp(-0.071T) \quad (2.3.3.12)式$$



2.3.3.22  $G_2$  および  $\eta_2$  と温度の関係 (エポキシ樹脂)

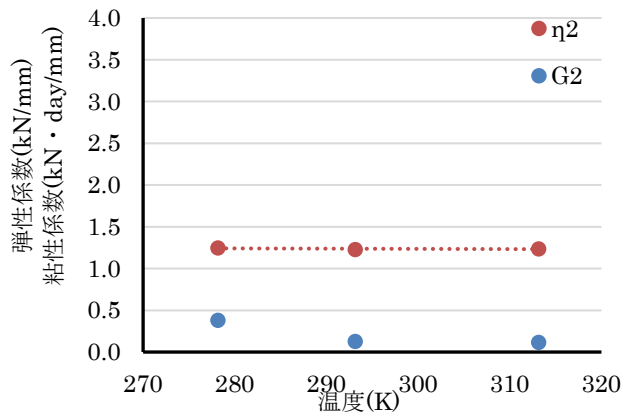


図 2.3.3.23  $G_2$  および  $\eta_2$  と温度の関係図 (セメント系)

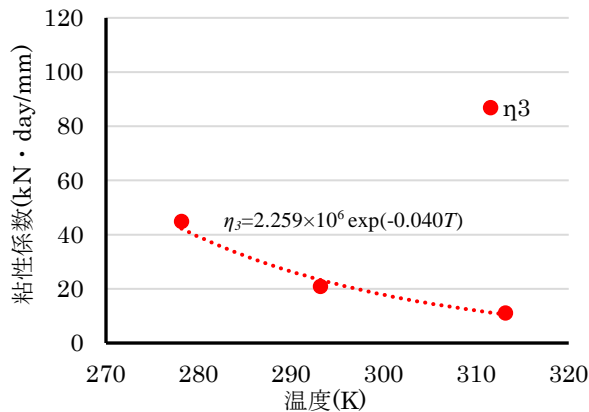


図 2.3.3.24  $\eta_3$  と温度の関係 (エポキシ樹脂)

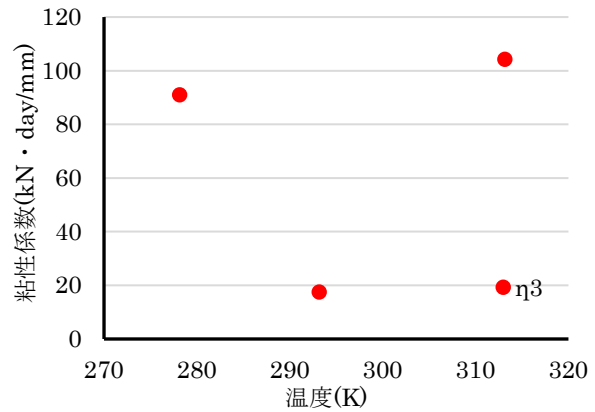


図 2.3.3.25  $\eta_3$  と温度の関係 (セメント系)

このような関係が得られれば、任意の温度に対する粘弾性特性値が得られることになり、クリープ変形の予測が可能になる。例として、30℃環境でのクリープ変形を予測した例を図 2.3.3.26 に示す。また、変動する温度条件下でのクリープ変形量の予測も可能になると思われる。

ただし、前述のように、現時点では終局クリープひずみに対応する  $\eta_3$  の値が適切に得られていない可能性があり、長期的なクリープ変位の予測には至っていない。

一方、セメント系の接着剤については、粘性係数に温度依存性は見られず、このような適用はできないが、セメント系については温度依存性が小さいため、その点は問題にならないと思われる。

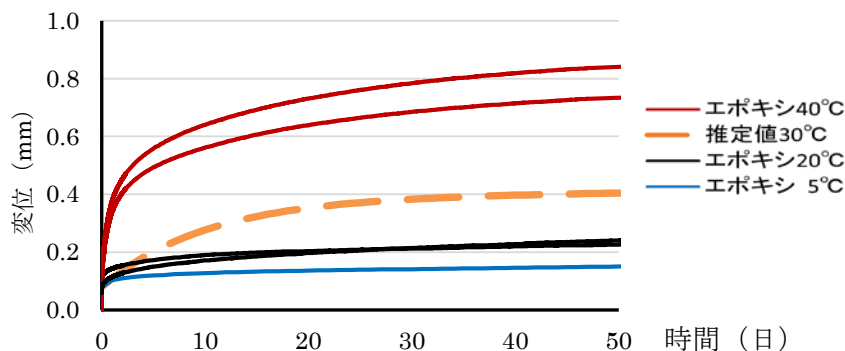


図 2.3.3.26 30℃におけるクリープ変形の予測結果(エポキシ樹脂)

(3)長期クリープ試験結果

平成28年度に荷重開始したクリープ試験を示す。早期に荷重を開始したエポキシ樹脂の20℃および40℃の短期許容応力度相当、先付けアンカーの20℃および40℃の短期許容応力度相当の水準の途中経過について、図2.3.3.27および図2.3.3.28に示す。

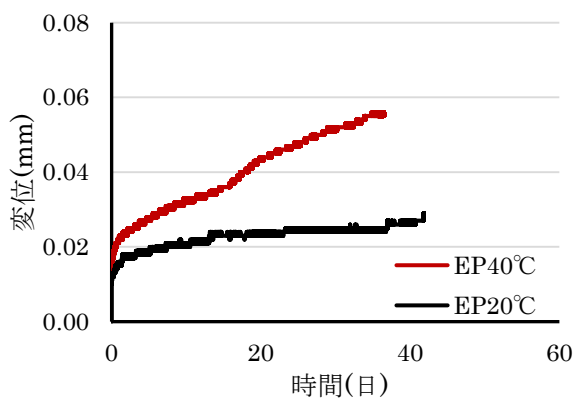


図 2.3.3.27 クリープ試験結果  
(エポキシ樹脂, 20℃・40℃)

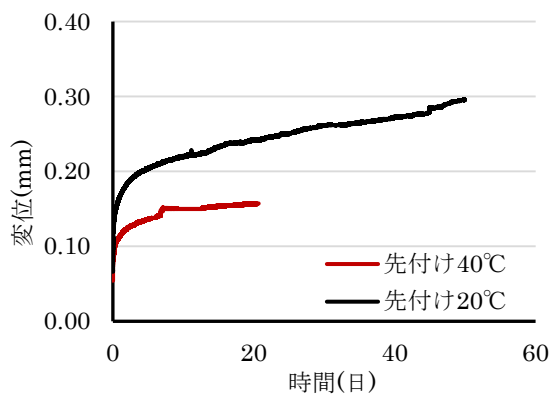


図 2.3.3.28 クリープ試験結果  
(セメント系, 20℃・40℃)

## 2-4 クリープ試験（平成 29 年度実施）

### 2-4-1 検討概要

#### 2-4-1-1 検討の目的

接着系あと施工アンカーのクリープ試験方法については、既往の検討の結果を踏まえ、平成 27 年度の検討において、加力および計測の方法、環境(温度)の影響について検討を行い、試験方法の基本的な部分を検討した。また、平成 28 年度の検討に於いて、クリープ破壊時の変位に関する検討を行い評価基準等に関する検討を行った。クリープ限界を変位が時間とともに大きくなる時の変位の変曲点における変位として求め、その変位は、これまで評価の基準としてきた最大荷重時の変位と比較すると 3~5 倍程度の相当に安全側の変位となっていることが明らかとなった。これらを踏まえて、平成 28 年度の報告書において、クリープ試験方法の原案を提案し、標準的には長期許容応力度相当の荷重を載荷し、20℃および屋外での使用を想定した 40℃の条件で試験を行うこと、持続荷重に対する限界等のポテンシャルの性能を評価したい場合には、基準付着強度レベル(例えば、 $\tau=15 \text{ N/mm}^2$ 相当)で載荷し、クリープ限界における変位を基準として評価を行うことなどを提案した。

平成 29 年度においては、提案された試験方法に従って試験を実施し、試験の可否やばらつきに関する載荷試験を行い、性能評価試験方法として提案する内容の詳細について検討することとした。また、平成 27 年度の検討において載荷を開始した長期のクリープ試験のデータについても評価を行った。

#### 2-4-1-2 実験概要

##### (1)実験の要因と水準

平成 29 年度における実験の要因と水準を表 2.4.1.1 に示す。平成 29 年度の実験では、実際に試験が可能であるかの確認とばらつきとその要因、程度の把握を目的としている。また、平成 28 年度までに実施した実験のデータを補完するための 40℃環境での実験、載荷荷重が大きくなった場合の状況の把握のための実験を行った。

表 2.4.1.1 平成 29 年度のクリープ試験の水準

| No. | アンカー筋 | 接着剤 | 載荷荷重<br>( $\text{N/mm}^2$ ) | 試験温度 | 載荷治具*    | 目的            |
|-----|-------|-----|-----------------------------|------|----------|---------------|
| 1   | 異形    | C   | $\tau=3.3$                  | 20℃  | 新規改良型    | 基整促提案(H28 補完) |
| 2   | 異形    | EP  | $\tau=3.3$                  | 20℃  | 基整促改良型   | 基整促提案(ばらつき評価) |
| 3   | 異形    | EP  | $\tau=3.3$                  | 20℃  | 〃        | 〃             |
| 4   | 異形    | EP  | $\tau=3.3$                  | 20℃  | 〃        | 〃             |
| 5   | 異形    | EP  | $\tau=3.3$                  | 20℃  | H20 基整促型 | 〃(+治具の影響)     |
| 6   | 異形    | EP  | $\tau=3.3$                  | 40℃  | 基整促改良型   | 基整促提案(H28 補完) |
| 7   | 異形    | EP  | $\tau=5.0$                  | 20℃  | 新規改良型    | 荷重-変形関係評価     |
| 8   | 異形    | C   | $\tau=5.0$                  | 20℃  | 〃        | 〃             |
| 9   | 異形    | EP  | $\tau=15.0$                 | 40℃  | 〃        | 〃             |

\*H20 基整促型：平成 20~22 年度の基整促課題において検討された載荷用治具  
 基整促改良型：平成 23 年度の建築研究所研究課題において上記治具を改良し剛性を向上させた治具  
 新規改良型：上記建築研究所課題において、剛性向上と載荷板の水平な動きのための改良を行った治具

##### (2)試験体

試験体は、これまでの検討と同様のものを用いた。試験体の形状および寸法を図 2.4.1.1 に示す。

母材コンクリートは、平成 28 年度にコンクリート打設を行ったものを用いた。コンクリートの呼び強度は 21、スランプ 18 cm、目標空気量 4.5%で、JIS A 5308 の規定に適合したコンクリー



トとした。これを内径 200 mm の鋼管の内部に打ち込んだものを母材コンクリートとした。コンクリート強度は、材齢 28 日で 23.7 N/mm<sup>2</sup>、アンカー施工時(材齢約 10 ヶ月)において 28.5 N/mm<sup>2</sup>であった。

アンカー筋についてもこれまでと同様に、高強度(MK785)の異形鉄筋(D13)を用いた。アンカー筋の機械的性質を表 2.4.1.2 に示す。

アンカーに使用した接着剤もこれまでの検討で使用している製品であり、カートリッジ式の注入方式でエポキシ樹脂系の製品およびセメント系の注入方式の製品を用いた。接着剤の品質を表 2.4.1.3 に示す。

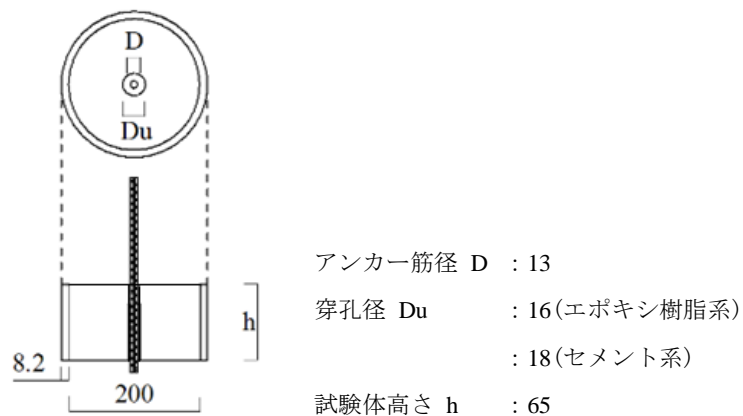


図 2.4.1.1 試験体の形状および寸法(単位: mm)

表 2.4.1.2 アンカー筋の機械的性質

| アンカー筋種類 | 鋼種    | 降伏点強度 (N/mm <sup>2</sup> ) | ヤング係数 (kN/mm <sup>2</sup> ) | 引張強さ (N/mm <sup>2</sup> ) | 破断伸び (%) |
|---------|-------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|----------|
| D13     | MK785 | 805                        | 1.66×10 <sup>2</sup>        | 986                       | 10.1     |

表 2.4.1.3 接着剤の品質

| 品質項目    | 圧縮強さ (N/mm <sup>2</sup> ) | 圧縮弾性率 (N/mm <sup>2</sup> ) | 引張強さ (N/mm <sup>2</sup> ) | 曲げ強さ (N/mm <sup>2</sup> ) |
|---------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| エポキシ樹脂系 | 110.0                     | 2220                       | 44.3                      | 67.7                      |
| セメント系   | 62.1                      | —                          | —                         | 9.1                       |

### (3) 試験装置および試験方法

試験装置は、これまでの実験に使用したものと同様のものを用いているが、表 2.4.1.1 の注記に示したとおり、3 種類の治具を使用してその影響を比較することを検討した。付着試験に使用した試験治具の形状を図 2.4.1.2 に、クリープ試験の載荷治具の形状を図 2.4.1.3 に示す。また、写真 2.4.1.1～2.4.1.3 に実験で使用している 3 種類の治具を示す。

クリープ試験は、(国研)建築研究所において行った。20℃環境は、建築材実験棟恒温恒湿室 1、40℃環境は、材料環境実験棟内に設置された恒温恒湿室を使用した。付着強度試験は、複合材料実験棟で行った。試験時の温度は 20±3℃の環境で行った。

載荷方法は、これまでの検討と同様に、試験体を載荷治具にセットした後、目標となる載荷荷重の 1/3 程度の荷重までの載荷と除荷を 3 回繰り返し治具と試験体のなじみを持たせた上で目標荷重より 5%程度大きい荷重を初期荷重として載荷した。載荷後は、荷重および自由端変位を 1

カ月後までは 10 分間隔，以降は 30 分間隔で計測した。

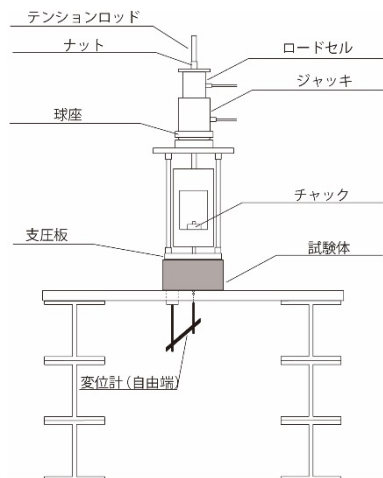


図 2.4.1.2 付着試験の荷重治具

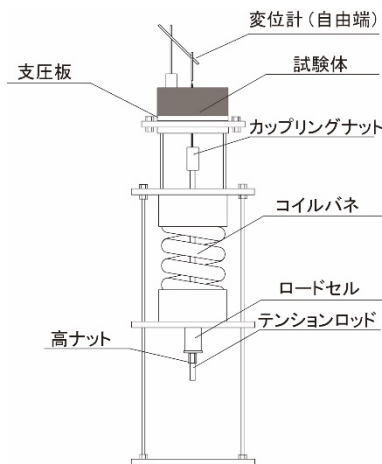


図 2.4.1.3 クリープ試験の荷重治具



写真 2.4.1.1 クリープ試験治具 (H20 基整促型)



写真 2.4.1.2 クリープ試験治具 (基整促改良型)



写真 2.4.1.3 クリープ試験治具 (新規改良型)

## 2-4-2 実験結果および考察

### 2-4-2-1 試験環境

図 2.4.2.1 に 20℃環境における温湿度の経時変化，図 2.4.2.2 に 40℃環境における温湿度の経時変化を示す。図に示すとおり，湿度については，日変動および試験期間中に徐々に低下している。20℃環境では，試験期間中の平均温度は 20.4℃，平均湿度は 45.8%Rh であった。40℃環境は，荷重開始後 60 日経過後に装置の恒温恒湿槽の故障により温湿度環境が変化した。60 日までの平均温度 39.8℃，平均湿度 7.2%Rh であった。

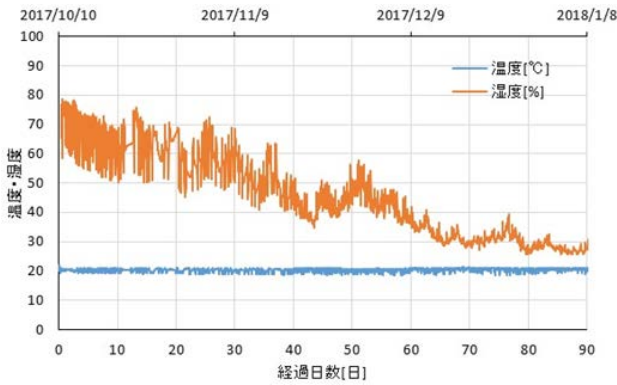


図 2.4.2.1 20℃環境における温湿度の経時変化

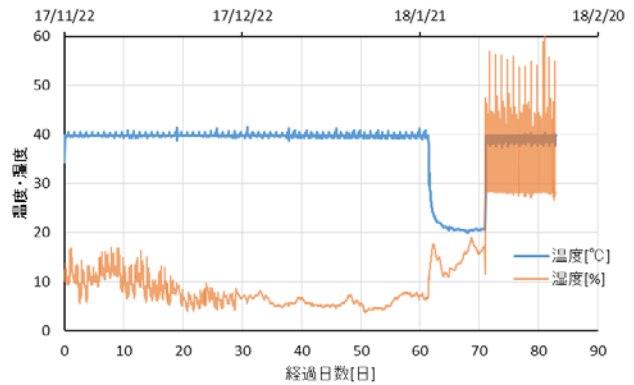


図 2.4.2.2 40℃環境における温湿度の経時変化

2-4-2-2 クリープ試験結果のばらつきに関する検討

平成 28 年度までの検討では、クリープ試験に供する試験体数は 1 水準につき、1 体ないし 2 体として実験を行っていたが、本課題で提案する性能評価試験方法案では、試験体数は 5 体を標準として検討を行っている。そこで、同一水準でクリープ試験を行った場合に試験結果のばらつきがどの程度になるのかを把握し、その適切な処理の方法について検討を行った。

ばらつきを検討する水準は、表 2.4.1.1 に示した水準のうち、No.2～No.5 の 4 体である。なお、No.5 はその他の 3 体とは荷重治具が異なる。目標荷重荷重は、 $\tau=3.3 \text{ N/mm}^2$ 相当であり、D13×65 mm の場合、8.8 kN である。また、付着強度の平均は  $20.13 \text{ N/mm}^2$ 、試験体数量は 5 本であるので 95% 信頼下限値は  $18.08 \text{ N/mm}^2$ 、最大荷重時の変位の平均は  $1,219 \mu\text{m}$  であった。

図 2.4.2.3 に荷重期間中の荷重の経時変化、図 2.4.2.4 に自由端変位の経時変化を示す。図 2.4.2.4 の図中には、平均の変位として、すべての試験体の平均と No.5 を除いた平均の変位もあわせて示している。

荷重荷重は、荷重期間中に若干の低下はあるものの、いずれの試験体でも荷重で 0.2 kN 程度の低下であり、2～3%の低下に収まっている。試験体間の荷重変動にも大きな差異はない。自由端変位は試験体によって異なっており、No.2～No.4 の試験体については荷重開始後 40 日を経過した時点で変位の伸びがなくなっている。この理由は明らかではないが、荷重荷重が小さく付着強度の 10～15%程度の荷重となっているため、クリープ変形が小さいのがその理由の一つであろう。No.5 については荷重開始直後より自由端変位の伸びが見られない。荷重荷重も低下しているもののその低下の程度は小さく、荷重の低下によるものとは考えにくい。このような結果を含んだ平均の結果で評価を行うと、危険側の判断をする恐れもあり、少なくとも、変位が小さくなるような結果については、試験結果を棄却することが適当であると考えられる。

図 2.4.2.5 にクリープ試験の結果から、(2.4.2.1)式により変位の長期予測を行った結果を示す。No.5 を含む場合と含まない場合の長期予測結果を示している。

$$S(t) = S_0 + a \cdot t^b \quad \dots\dots\dots (2.4.2.1) \text{式}$$

ここで、 $S(t)$  :  $t$  時間経過後のクリープ変位       $t$  : 経過時間  
 $S_0$  : 荷重直後の変位(弾性変形)       $a, b$  : 実験により得られる定数

変位の平均の方法については、1 体の試験結果ごとに(2.4.2.1)式中の定数を求め、 $S_0$ と実験定数( $a, b$ )の値の平均として求める場合と、あらかじめ変位の平均を求めておき、 $S_0$ の平均と 1 組の実験定数を得る場合とで比較した。1 体の試験結果がクリープ変形の伸びが停滞してしまう場合(No.2,

No.4)には、 $b$ の値が0になってしまうため、あらかじめ変位の平均を求めておき、その平均変位で実験定数を求めるのが適当であると判断した。また、ACI基準等では、試験中に最も大きい変位となる試験体について基準となる変位(例えば、最大荷重時の変位)の1.2倍を超えないことという規定が加えられている。現在検討している評価方法における載荷荷重のレベルは、あと施工アンカーの付着強度に対して小さく、クリープ試験の結果の評価には相当の余裕があることなども考えると、安全側の評価として各試験体の結果のうち、最大の変位を示すものについて評価を行うことが考えられる。

また、最大値による評価を行う場合、少なくとも複数やそれ以上の試験体の数量を確保する必要があり、適正な荷重が出来ていない試験結果や、弾性変形量よりもクリープ試験後の変位が小さくなる試験体の結果については棄却した上で、3体程度以上の試験結果が必要であると考えられる。

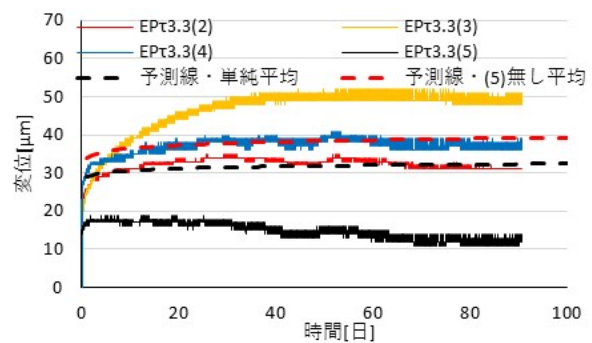
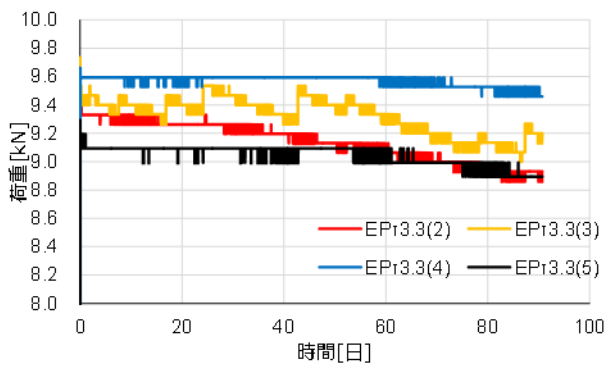


図 2.4.2.3 載荷荷重の経時変化 (No. 2～No. 5) 図 2.4.2.4 自由端変位の経時変化 (No. 2～No. 5)

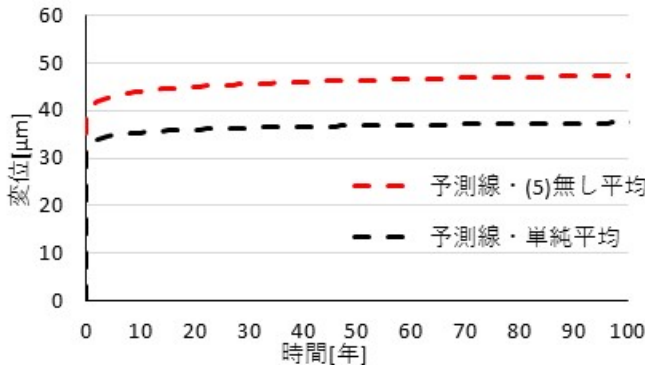


図 2.4.2.5 自由端変位の長期予測結果 (No. 2～No. 5)

### 2-4-2-3 載荷荷重の違いの比較

目標載荷荷重を  $\tau=5.0 \text{ N/mm}^2$  (13.3 kN)相当とした水準(エポキシ系:No.7, セメント系 No.8)の、荷重の経時変化を図 2.4.2.6 と図 2.4.2.7 に、自由端変位を図 2.4.2.8 と図 2.4.2.9 に示す。なお、比較のためエポキシ系は  $\tau=3.3 \text{ N/mm}^2$  の水準 (No.2～4 の平均)、セメント系は、No.1 の結果もあわせて示す。

全体的な傾向として、載荷荷重が大きくなるとクリープ変形は大きくなっているが、エポキシ系 (No.8) では、変形量の伸びはなくなっている。セメント系でも変形量は大きくなるがその伸びは 60 日程度で停滞している。前述のように、クリープ試験において載荷荷重が小さい場合は、試験中の様々な変動要因が相対的に大きくなり、試験結果のばらつきも大きくなってしまうと考えられるため、本検討では、荷重と変位の線形性を確認し、荷重を大きくすることによって試験のばらつきを

低減させることを検討したが、この結果だけでは、個々の試験体のばらつきもあることから、クリープ変形量が荷重に対して比例関係にあるかということとは明らかでない。

久保田らによる載荷荷重を変えた場合のクリープ試験結果<sup>2.18)</sup>を図2.4.2.10および図2.4.2.11に示す。これによると、載荷荷重が小さい範囲(図2.4.2.10)ではおおそ線形性が見られるが、載荷荷重およびクリープ変形量が大きくなる範囲(図2.4.2.11)では、線形性のある結果とはならない。したがって、今回行っている実験のような載荷荷重が小さい範囲では、載荷荷重を大きくしておき、評価では荷重に応じた変位に割り戻して評価することも考えられる。

現時点では、荷重に対する線形性が保たれる範囲が明らかでないこと、例えば、荷重を2倍の大きさにした場合にばらつきが低減できるのかなどの定量的なデータが少ないため、継続的な検討が必要であるが、ばらつきを低減するための一つの方法としては有効であると考えられる。

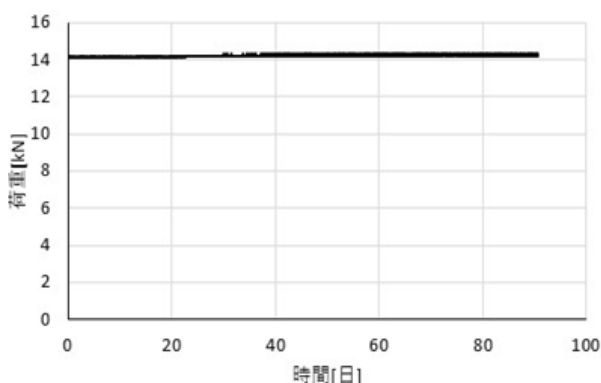


図 2.4.2.6 載荷荷重の経時変化 (No. 7)

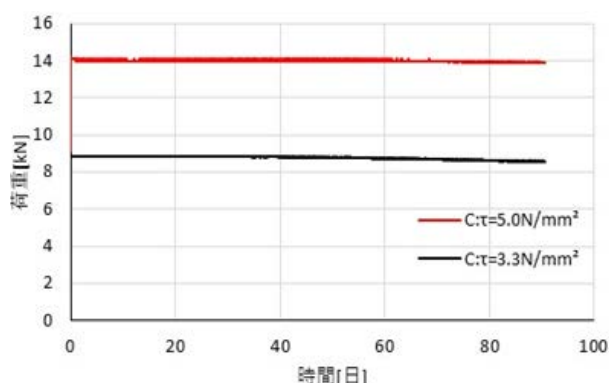


図 2.4.2.7 載荷荷重の経時変化 (No. 1・8)

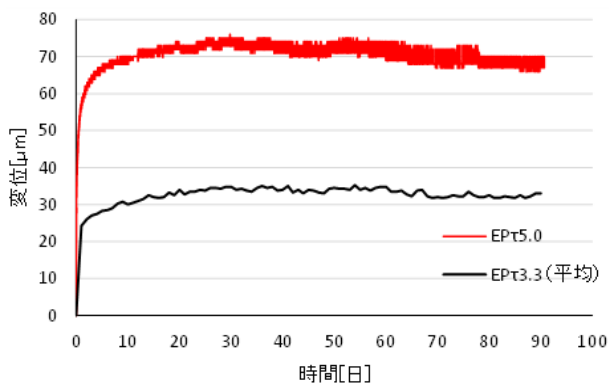


図 2.4.2.8 自由端変位の経時変化 (No. 2~4 平均・7)

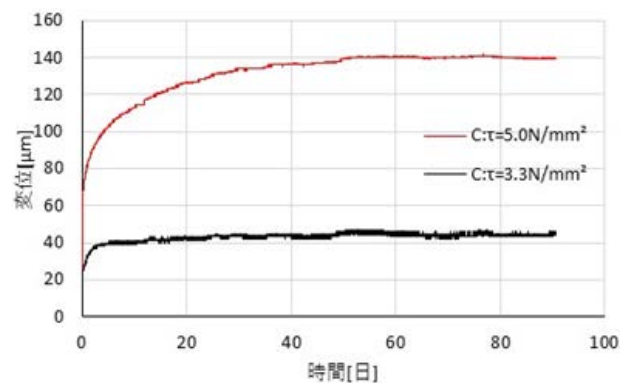


図 2.4.2.9 自由端変位の経時変化 (No. 1・8)

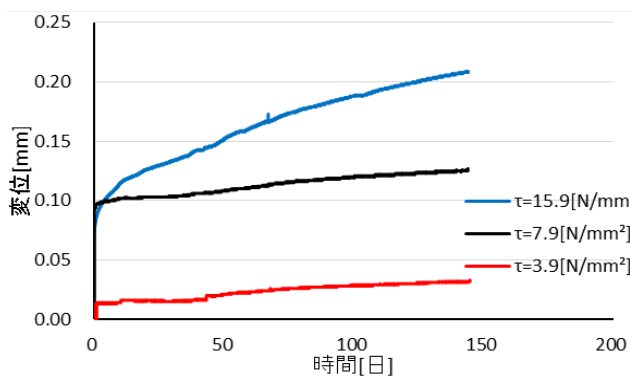


図 2.4.2.10 荷重の異なるクリープ試験結果<sup>2.18)</sup>

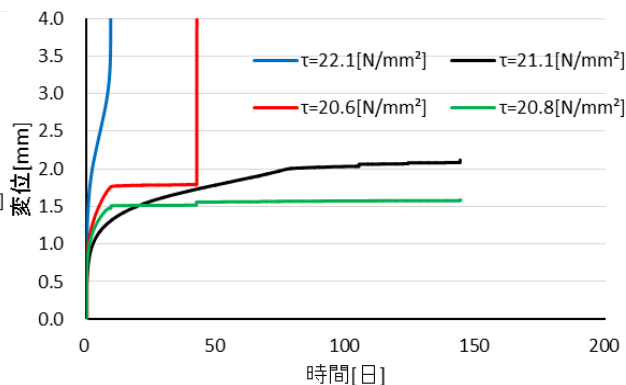


図 2.4.2.11 荷重の異なるクリープ試験結果<sup>2.18)</sup>

2-4-2-4 環境温度の影響

図 2.4.2.2 に示したとおり、40℃環境(材料環境実験棟恒温恒湿室)の温度は概ね  $40 \pm 1^\circ\text{C}$  の範囲にあるが、湿度は  $10 \pm 5\% \text{Rh}$  程度を推移している。

図 2.4.2.12 に 40℃環境におけるエポキシ系の  $\tau = 3.3 \text{ N/mm}^2$  相当 (No.6) の荷重変化、図 2.4.2.13 に自由端変位の経時変化、図 2.4.2.14 にエポキシ系の  $\tau = 15 \text{ N/mm}^2$  相当 (No.9) の荷重変化、図 2.4.2.15 に自由端変位の経時変化を示す。なお、図中の赤破線が (2.4.2.1) 式による計算結果を示している。また、試験結果から (2.4.2.1) 式によってクリープ変位を予測した結果について、No.6 試験体を図 2.4.2.16 に、No.9 試験体を図 2.4.2.17 に示す。

40℃環境では、荷重の低下が若干大きくなっているが、目標荷重  $\pm 5\%$  の範囲には入っている。また、変位は初期の弾性変位から初めの数日間で低下し、その後変位が大きくなっている。ただし、20℃環境と比較して変形が極端に大きくなることはなかった。図 2.4.2.16 には、試験中に温度が変化した载荷開始後 60 日までの試験結果からクリープ変形量を予測した予測線を示している。これによると、100 年経過時点での変形量は  $303 \mu\text{m}$  と予測され、20℃環境における推定結果(3 体の平均  $47 \mu\text{m}$ 、最大  $65 \mu\text{m}$ )と比較すると大きい値となるものの、評価基準となる付着試験における最大荷重時の変位 ( $1,219 \mu\text{m}$ ) と比較すると十分に小さい。

一方、荷重が大きいレベルでは、クリープ変形が大きくなり、数日間で付着試験における最大荷重時の変位 ( $1,219 \mu\text{m}$ ) を超えている。ただし、クリープ破壊時の変位は平成 28 年度の検討で明らかのように、数倍の大きさになるためクリープ破壊は生じていない。また、図 2.4.2.17 に示すように、100 年経過時点のクリープ予測変位は  $3\text{mm}$  ( $3000 \mu\text{m}$ ) を超えており、クリープ破壊が生じることが考えられる。

本課題では、屋外で適用するあと施工アンカーは 40℃環境でのクリープ試験を行うこととしている。この試験結果からは温度依存性は確認されていないが、温度依存性がない(あるいは小さい)ことを確認するためには試験による確認が必要不可欠であると考えられる。ただし、試験体や試験装置の小型化、荷重や変位測定の見易化などにより、クリープ試験の実施をより容易なものにし、小型の恒温恒湿槽程度で実施できる方法などを検討する必要がある。

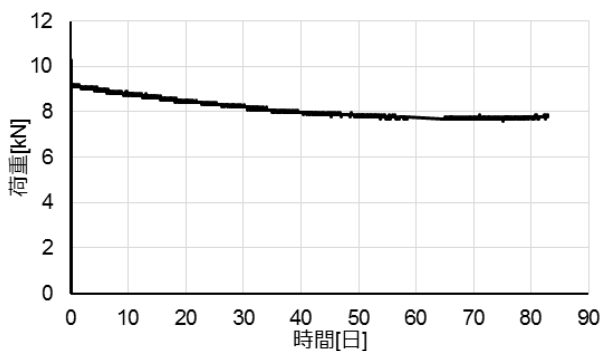


図 2.4.2.12 載荷荷重の経時変化 (No. 6)

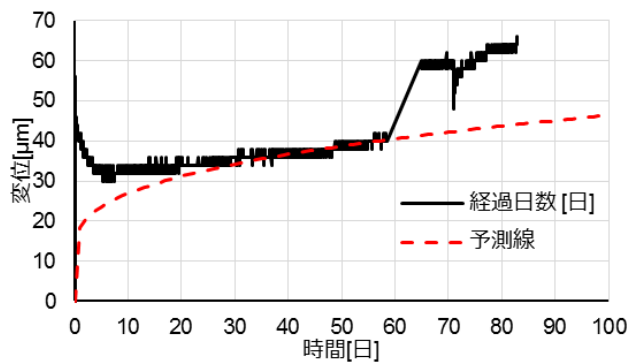


図 2.4.2.13 自由端変位の経時変化 (No. 6)

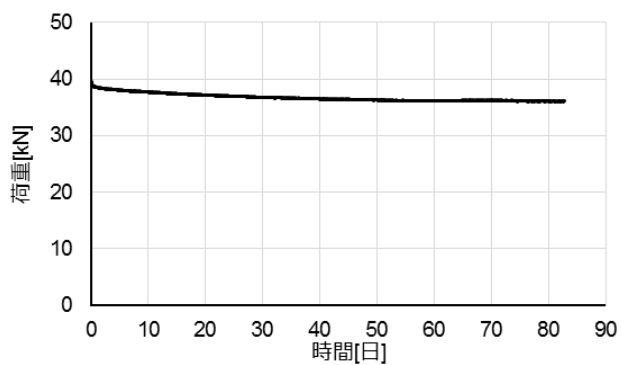


図 2.4.2.14 載荷荷重の経時変化 (No. 9)

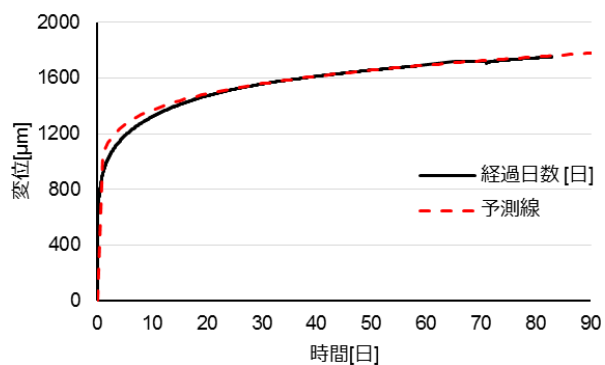


図 2.4.2.15 自由端変位の経時変化 (No. 9)

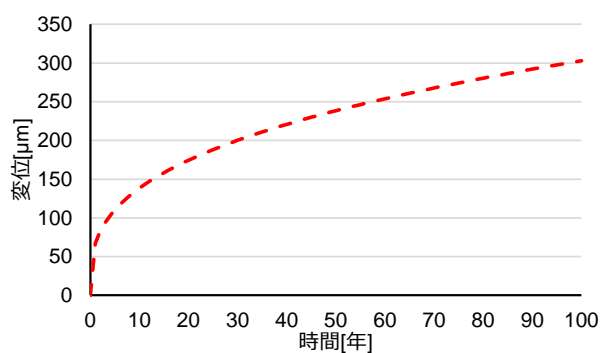


図 2.4.2.16 自由端変位の長期予測結果 (No. 6)

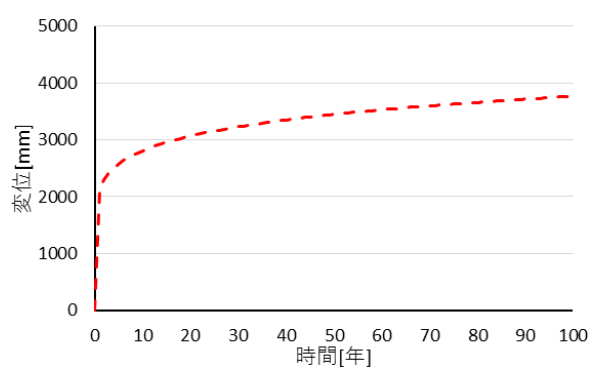


図 2.4.2.17 自由端変位の長期予測結果 (No. 9)

## 2-5 接着系あと施工アンカーの品質評価試験の提案

### 2-5-1 検討概要

本課題においては、あと施工アンカーに長期荷重を負担させるためのあと施工アンカーおよびあと施工アンカーが施工された部材の性能評価方法を提案するのが主目的である。ここでは、特にあと施工アンカー単体の性能の評価試験方法について、3年間の成果を踏まえた試験方法の提案としてまとめる。

性能評価に必要となる試験方法は、**本報第6章**に示される、審査基準案における審査項目に対応したものでなければならない。ここで必要となる試験の項目は以下のとおりである。

- ① あと施工アンカーとコンクリートの付着強度(付着強度試験方法)
- ② 持続的荷重に対する安全性(クリープ試験方法)
- ③ 終局引張耐力
- ④ 引張剛性
- ⑤ 終局せん断耐力
- ⑥ せん断剛性
- ⑦ 接着剤の品質評価のための物性評価試験(接着剤単体性能試験)

①および②については、**本報 2-5-2 項**および**2-5-3 項**において試験方法案として示す。この内容は、平成20年度からの建築基準整備促進事業の検討結果をベースに、平成27年度からのクリープ試験の結果を踏まえて、現時点で実施が可能な試験方法および評価方法としてまとめたものである。

③～⑥については、**本報 2-5-4 項**および**2-5-5 項**において試験方法案として示す。これらの試験方法については、JCAAにおいて製品認証のための試験方法として検討されており、その検討内容を踏まえつつ、本課題で検討対象としている長期荷重を負担する部材に対するあと施工アンカーの考え方や適用範囲に合わせたものとして提案する。

⑦については、**本報 3-5 節**において、接着剤単体の性能評価試験方法として示す。接着剤単体の試験方法は、多くはJISにより標準化されているため、本課題においては、試験片の製作方法や試験条件を明記することとした。また、新たな試験方法の提案として、拘束状態を考慮した接着性の試験方法を提案した。最終的な成果として、これらの試験方法および評価基準値を提案した。



## 2-5-2 付着強度試験

以下、接着系あと施工アンカーの付着試験方法(案)を示す。目次立ては、本報とは独立している。

### 接着系あと施工アンカーの付着試験方法(案)・同解説

#### (1) 総則

##### 1) 目的

本試験方法は、接着系あと施工アンカー製品が保有するコンクリートとアンカー筋の付着強度を測定し、必要な付着強度を有していることを確認するために行う。

##### 2) 適用範囲

本試験の適用対象とするあと施工アンカー製品は、アンカー筋として、異形鉄筋のD10～D25の呼び径の範囲で、申請者が申請する範囲とする。また、本試験方法案に規定する試験体および試験方法について、同等の評価結果が得られることが確認された場合にはこれによることができる。

##### 3) 試験実施者および申請者

本試験方法案により試験を行う者(試験実施者)は、あと施工アンカーの付着強度試験を適切に実施でき、かつ第三者的な立場で試験を実施し、その結果を報告できる者でなければならない。申請者は、あと施工アンカー製品の製造者もしくはそのあと施工アンカーを用いて工事を行う者またはその代理者とする。

#### [解説]

1) 本試験方法は、接着系あと施工アンカーを構造部材に適用する場合に、あと施工アンカー製品に求められる付着性能を有していることを確認するための試験方法とその評価方法について示したものである。接着系あと施工アンカーおよび接着系あと施工アンカーを用いた構造部材が所要の構造性能を有することの妥当性を審査する場合には、本試験方法に従って評価を行うことを前提としている。

2) 本試験方法案で想定している構造部材に適用されるあと施工アンカーは、壁筋やスラブ筋の一部として、構造部材への定着のために使用されるアンカー筋である。したがって、適用するアンカー筋の径は、異形鉄筋とし、呼び径はD10～D25の範囲とした。また、本試験方法案に規定した方法は、前項の目的に照らして適切な評価を行うための一例となる試験方法であり、試験体の条件や試験装置、試験方法などについて、本試験方法案と同等の評価結果が得られることが確認された場合には、それらの方法によることができる。

3) ここでの試験実施者とは、評価試験を適切に実施できる者を指し、試験結果を参照し、性能評価業務などを行う評価者とは異なる。試験実施者の例として、下記の条件を満たす第三者機関とする。

- ・ ISO/IEC 17025 (JIS Q 17025) に基づく試験所認定を受けた試験機関、国際 MRA 対応認定を受けた国外の試験機関あるいはそれらと同等の機関などで申請者との利益相反を生じる関係にならないこと
- ・ 接着系あと施工アンカーの付着試験の実施に必要な加力装置および測定装置を有し、それらの精度が確認されていること。また、適切に試験を実施できること
- ・ 試験報告書の記載事項に対する責任を担保できること

また、ここでの申請者については、あと施工アンカー製品の製造者のほか、当該あと施工アンカーを使用して改修工事を行う場合の建物の所有者、設計者、施工者などが想定される。

## (2)用語

### 1) 接着系あと施工アンカー製品

アンカー筋の固着のための樹脂もしくはセメント系の接着剤を使用したあと施工アンカー製品。カプセル方式の場合は、カプセルとその内容物およびアンカー筋，注入方式の場合は，カートリッジとその内容物およびアンカー筋の総称。ただし，付着強度試験においては，アンカー筋は試験実施者が指定するものを用いる。

### 2) 基準付着強度

評価対象の接着系あと施工アンカー製品の付着強度。10 N/mm<sup>2</sup>もしくは15 N/mm<sup>2</sup>より申請者が選択する。

〔解説〕

- 1) ここで定義するあと施工アンカー製品は，接着剤だけでなくアンカー筋や接着剤のカートリッジ等の総称を指すが，付着強度試験では，アンカー筋が試験中に降伏または破断することを避けるため，高強度鉄筋を用いる必要があり，アンカー筋のみ試験実施者が指定するものを用いることとした。
- 2) 基準付着強度は，申請者が10 N/mm<sup>2</sup>もしくは15 N/mm<sup>2</sup>のいずれかを選択し，95%信頼下限値がこれを満足することを確認する。

## (3)試験の対象および試験体

### 1) アンカー筋

付着強度試験において使用するアンカー筋は，試験実施者が指定するものを用いる。

### 2) 母材コンクリート

#### a. 対象

普通コンクリートとする。

#### b. 圧縮強度

圧縮強度の範囲は，試験実施時において18～24 N/mm<sup>2</sup>および30～36 N/mm<sup>2</sup>の範囲とし，それぞれの強度範囲において評価を行う。適用範囲が低強度コンクリート(13.5～18 N/mm<sup>2</sup>)を含む場合は，その範囲も対象として評価を行う。圧縮強度の確認は，母材コンクリートと同じ養生条件とした円柱供試体(φ100×200 mm)により，付着強度試験を実施する材齢と同時に試験を行う。

#### c. 養生

母材コンクリート打込み後，所定の強度に達したことが確認された後にあと施工アンカーの施工を行う。母材コンクリートの養生環境は，常温の室内とする。

### 3) 試験体

#### a. 形状および寸法

付着強度を確認する試験体は，内径 φ200×5 $d_a$ (mm) ( $d_a$ : アンカー筋の呼び径)の鋼管( $t=8$  mm程度)に打設したコンクリートの中央にアンカー筋を垂直に施工したものとする。アンカー筋の端部(自由端)は母材コンクリート面から突出もしくは同一面とし，カプセル方式の場合は先端カット部分をすべて突出させる。アンカー筋の載荷側には座掘等を設けず，試験体の高さを有効付着長さとするを標準とする。座掘深さがあらかじめ正確に求められる場合は座掘を有した試験体としてもよいが，この場合も有効付着長さはアンカー筋径の5倍以上を確保するものとする。

## b. 製作方法

試験体の製作は、試験実施者が責任を持って管理し、母材コンクリートの製作、試験体の養生等を行う。アンカー筋の施工は、申請者が示す施工要領に従い申請者などが施工する。申請者などがアンカー筋の施工を行う際は、試験実施者は必ず施工に立ち会い、施工要領に従って施工されているかについて確認する。施工時および養生時の環境は、 $20^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ の室内環境とする。

## c. 製作精度

試験体のコンクリート部分の高さは、所定の寸法の $\pm 3\text{ mm}$ 以内とし、測定した高さを有効埋込み長さとする。穿孔径は製造者が指定する誤差の範囲であることを確認する。アンカー筋の倒れは、載荷面の法線に対して2度以内とする。

## d. 試験体数量

5体とする。

## 〔解説〕

- 1) アンカー筋は、試験実施者が指定する。アンカー筋は、付着強度試験において降伏や破断を生じないように高強度の異形鉄筋を用いる。細径の場合は、MK785などの高強度鉄筋を用い、JIG G 3112(鉄筋コンクリート用異形棒鋼)の規定による節の形状と同等のものを用いる。太径の場合はねじ節の高強度鉄筋を用いてもよい。
- 2) 試験体の母材に用いるコンクリートは、認証を受けようとする強度に応じたコンクリートとしなければならない。ただし、コンクリートの強度にはばらつきも生じることから、一定の幅を持った範囲とした。ここでの圧縮強度は、試験体の母材と同一バッチで同様の養生環境としたコンクリート供試体の強度とする。また、コンクリートの種類は普通コンクリートとしているが、適用する部位のコンクリートが軽量コンクリートである場合は、適用対象のコンクリートを考慮し、軽量コンクリートとし、できるだけその材料および品質に近いものを用いるようにする。

母材コンクリートの製造は、JIS A 5308(レディーミクストコンクリート)の規格等の品質基準に適合するものであることを確認する。例えば、JIS A 5308の製品認証を取得しているレディーミクストコンクリート工場で製造されたものとする。コンクリートのスランプ、空気量などのフレッシュ性状は、建築工事で一般に使用されている範囲(例えば、スランプ 18 cm, 空気量 4.5%)とし、型枠(鋼管)内に適切に打ち込めるワーカビリティを有するものとする。なお本ガイドラインにて対象とする低強度コンクリートは、これまでに耐震補強技術の開発等において十分な施工実績がある範囲として、最低値を $13.5\text{N/mm}^2$ としている。ここでの低強度コンクリートを用いる場合は、事前に試し練りを実施し、目標の強度となることに加え、施工性を確保するためには、以下のような品質、仕様を満足するとよい。

- ・ スランプ :  $15\pm 2.5\text{cm}$  又は  $18\pm 2.5\text{cm}$
- ・ 空気量 :  $4.5\pm 1.5\%$
- ・ 単位粉体量(セメントやそれに代わる粉体状の材料の分量) :  $270\text{ kg/m}^3$  以上
- ・ 材料分離がないことを目視確認(JIS A 1160を参照)

母材コンクリートの養生期間は、所定の強度範囲となる期間でできるだけ材齢を長く確保することが望ましい。また、コンクリート打ち込み後、アンカーの施工までの期間は少なくとも7日以上とする。養生方法は、 $20\pm 5^{\circ}\text{C}$ の室内とした。

- 3) 試験体の形状は、鋼管で拘束した円柱形のコンクリートの中央にアンカー筋を施工したものとする。円柱の高さはアンカー筋の径によって異なり鉄筋径の5倍とする。母材コンクリートに座

堀を設ける場合は、座堀の深さをあらかじめ測定し、座堀部分の高さを除いた試験体の高さが鉄筋径の5倍を確保できる形状とする。

試験体の製作は、試験実施者の責任において製作する。ただし、アンカー筋の施工については、申請者もしくは申請者が指定する者が行うこととし、試験実施者は、申請者が定めた施工要領に準じて施工が実施されているかについて必ず立ち会いでの確認を行う。養生条件は室内で試験時の環境と同様とした。

試験体の製作では、載荷面に対して垂直に穿孔およびあと施工アンカー打設を行うための治具等を用いて施工するとよい。垂直に穿孔するための治具および施工時に垂直を保持するための治具の例を解図1、解図2に示す。

試験体の数量については、少なくとも5体は必要であり、より安定性を照査する場合には増やす必要がある。



解図1 穿孔用治具の例



解図2 アンカー施工用治具の例

(4) 試験方法

1) 拘束条件

穿孔径の  $1.5 \pm 0.25$  倍の開孔を有する支圧板を用い、載荷面のコンクリートを拘束状態として載荷する。

2) 環境条件

$20^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$  の試験室内で試験を行う。なお、特殊な環境下において使用することを想定した場合には、当該温度条件において試験を行う。

3) 加力・計測方法

a. 加力装置

図1の例を参考にし、試験体の載荷面に支圧板を置き、アンカー筋と載荷用のロッドを強固に接続した状態で油圧ジャッキを用いて加力する。油圧ジャッキの下部には球座を置く。なお、図1に示す装置と同様の加力ができる場合は、これによらない装置を用いることもできる。

b. 加力方法

油圧ジャッキ等を用いて  $40 \pm 10$  kN/min 程度の速度で載荷する。載荷および測定は、最大荷重を記録した後、荷重が最大荷重から 10% 程度低下するまで継続する。

c. 計測方法

載荷中の荷重および自由端変位を連続的に測定する。

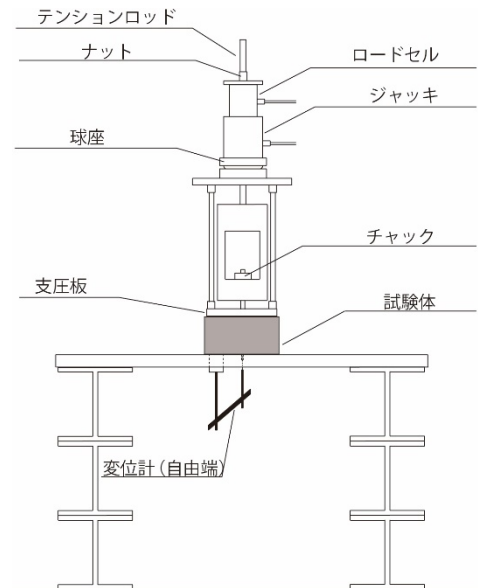


図1 加力装置および測定位置の例

[解説]

- 1) 試験は、加力面に十分な剛性を持つ支圧板を置き、支圧板に設けた開孔にアンカー筋を通すことにより拘束状態で実施する。支圧板の開孔部の径は穿孔径に対して 1.5 倍程度とし、例えば穿孔径が 16 mm の場合は、開孔部の径は  $24 \pm 4$  mm となる。この範囲であれば試験結果に影響が無いことが確認されている。
- 2) 試験時の環境条件は、特に有機系の樹脂に影響を与える可能性があるため、気温が管理された試験室内で実施する。試験体は、予め試験時の温度と同じ条件で養生しておき、室温と同程度とする。また、特殊な環境に曝される環境で使用されることが想定される場合には、想定される温度での試験を行う。特に、エポキシ樹脂については、 $40^\circ\text{C}$  を超える範囲での使用が想定される場合には想定される環境条件での試験を実施する。
- 3) 加力および計測は、油圧ジャッキ等を用いて加力し、センターホール型ロードセル、変位計、データロガー等を用いて、荷重と自由端の変位を連続的に記録する。自由端変位は、試験体の変形の影響を受けないう、裏面を基準として測定する。データロガーの測定間隔は 1 秒もしくはそれ以下が望ましい。最大荷重を記憶した後、アンカー筋のすべりが生じ、耐力が確実に低下することを確認するため、最大荷重から 10% 程度以上荷重が低下したことを確認してから載荷を終了する。なお、最大荷重時の変位が大きくなった場合には再度試験を行うか、または、安全側の評価となるように配慮する。

(5) 試験結果の整理

1) 付着強度の評価

付着試験の結果は、(1)式～(4)式によって、付着強度の95%信頼下限値を求め、その値が基準付着強度を満足するか否かを(5)式によって評価する。

$$\tau_n = \frac{P_{max}}{\pi \cdot d_a \cdot l_e} \cdot \sqrt{\frac{21}{\sigma_B}} \dots\dots\dots (1) 式$$

$$\tau_{ave} = \frac{\sum_{n=1}^N \tau_n}{N} \dots\dots\dots (2) 式$$

$$\tau_{0.95} = \tau_{ave} - t \cdot s \dots\dots\dots (3) 式$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^N (\tau_{ave} - \tau_n)^2}{N-1}} \dots\dots\dots (4) 式$$

$$\tau_{0.95} \geq F \dots\dots\dots (5) 式$$

- ここで、 $\tau_n$  : 個々の試験における付着強度(N/mm<sup>2</sup>)  
 $\tau_{ave}$  : 平均付着強度(N/mm<sup>2</sup>)  
 $\tau_{0.95}$  : 付着強度の95%信頼限界値(N/mm<sup>2</sup>)  
 $s$  :  $\tau_n$ の標準偏差(N/mm<sup>2</sup>)  
 $F$  : 基準付着強度, 15 N/mm<sup>2</sup>もしくは10 N/mm<sup>2</sup>より申請者が選択する  
 $\sigma_B$  : 試験体と同養生された母材コンクリートの圧縮強度(ただし,  $\sigma_B < 21$  の場合は  $\sigma_B = 21$  N/mm<sup>2</sup>)  
 $P_{max}$  : 付着強度試験における最大荷重(N)  
 $d_a$  : アンカー筋の呼び径(mm)  
 $l_e$  : アンカー筋の有効埋め込み長さ(mm)  
 $N$  : 試験体数  
 $t$  : t分布表において片側95%の信頼限界を与える数値( $N=5$ の時  $t=2.132$ )

2) 最大荷重時の変位(終局引張耐力剛性)の算定

試験によって得られた最大荷重時の変位の平均値を(6)式により求める。

$$\max \delta_{ave} = \frac{\sum_{n=1}^N \max \delta_n}{N} \dots\dots\dots (6) 式$$

- ここで、 $\max \delta_{ave}$  : 最大荷重時の変位の平均値(mm)  
 $\max \delta_n$  : 個々の試験における最大荷重時の自由端変位(mm)  
 $N$  : 試験体数

[解説]

1) 平成27年度の実験結果により、(1)式によれば安全側の値となることが確認されている。また、圧縮強度が21 N/mm<sup>2</sup>を下回る場合は、付着強度が低下することから、評価に当たって付着強度の割り増しが考えられるが、安全側の評価のため、ここでは付着強度の割り増しはせずに、母材強

度を  $21 \text{ N/mm}^2$  として取り扱うこととした。

また、付着強度のばらつきはスチューデントの  $t$  分布に従うと仮定して、試験体本数との関係により 95%信頼下限値を求め、それが申請者が選択した基準付着強度を満足するかどうかを評価することとした。これまでの試験結果などから、試験体数を5体とした場合には、試験における最小値と95%信頼下限値が概ね同程度の値となることが確認されている。また、変動係数が極端に大きい場合には試験体の施工や試験の実施に問題があることも考えられるため、変動係数が15%を超えるような場合には、ばらつきの原因を調査し、再試験を行う。また、試験体の数量を5体以上で実施した場合は、それに適した  $t$  分布値を用いて評価してよい。

- 2) 最大荷重時の変位は、長期載荷に関する評価において評価の基準となる値であり、同様の試験体を用いた付着強度試験の結果から求めておく。

## (6) 報告

試験終了後、試験実施者は以下の項目について報告する。

- 1) 試験実施者に関する事項(試験担当者の氏名・所属)
- 2) 試験実施日程に関する事項(母材コンクリート打設、アンカー筋施工、付着強度試験実施)
- 3) 試験の対象とした製品に関する事項(申請者、製品名、ロット番号、基準付着強度の申請値)
- 4) 母材コンクリートに関する事項(レディーミクストコンクリート製造者、調合および使用材料、打設後の養生条件、圧縮強度試験結果)
- 5) 付着強度試験結果(試験体ごとの荷重-自由端変位曲線、最大耐力、付着強度、最大荷重時の変位)
- 6) 付着強度試験の計算結果(付着強度の平均値および95%信頼下限値、最大荷重時の変位の平均値、基準付着強度の判定結果)
- 7) その他試験実施における特記事項

### 2-5-3 クリープ試験

以下、接着系あと施工アンカーのクリープ試験方法(案)を示す。目次立ては、本報とは独立している。

#### 接着系あと施工アンカーのクリープ試験方法(案)・同解説

##### (1) 総則

###### 1) 目的

本評価方法は、接着系あと施工アンカー製品について、実部材に想定される荷重条件下での長期的な変形特性(クリープ特性)を把握し、想定される供用期間においてクリープ破壊を生じないことを確認するために行う。

###### 2) 適用範囲

本試験の適用対象とするあと施工アンカー製品は、アンカー筋として、異形鉄筋のD10~D25の呼び径の範囲で、申請者が申請する範囲とする。また、本試験方法案に規定する試験体および試験方法について、同等の評価結果が得られることが確認された場合にはこれによることができる。

3) 試験実施者および申請者

本試験方法案により試験を行う者は、あと施工アンカーのクリープ試験を適切に実施でき、かつ第三者的な立場で試験を実施し、その結果を報告できる者でなければならない。申請者は、あと施工アンカー製品の製造者もしくはそのあと施工アンカーを用いて工事を行う者またはその代理者とする。

4) 付着強度試験との同一性の確保

本試験を実施する場合は、付着強度試験と同一の試験実施者が実施し、同一バッチで製造された母材コンクリートおよび同一ロットのあと施工アンカー製品を用いる。

〔解説〕

- 1) 本評価方法案では、実際の部材に作用する応力を想定して、クリープ破壊を生じる可能性がないかどうかの確認のために実施する。したがって、試験体に載荷する荷重は、使用する製品に適用される長期許容応力度相当とする。また、評価の基準となる変位や評価の考え方は、合理的な範囲で安全側となるような評価を行う。
- 2) 付着試験と同様である。
- 3) クリープ試験については、実施できる機関に限られるため、事前に適切な試験装置および測定装置を有していることを確認しておくことが重要である。
- 4) クリープ試験は、付着強度試験における最大荷重時の変位によって評価を行うため、付着強度試験の試験条件とできるだけ同一としなければならない。したがって、試験実施者、母材コンクリート、あと施工アンカー製品などを同一と見なせるものであることとした。

(2)用語

1) 接着系あと施工アンカー製品

アンカー筋の固着のための樹脂もしくはセメント系の接着剤を使用したあと施工アンカー製品。カプセル方式の場合は、カプセルとその内容物およびアンカー筋、注入方式の場合は、カートリッジとその内容物およびアンカー筋の総称。

2) 基準付着強度

評価対象の接着系あと施工アンカー製品の付着強度。10 N/mm<sup>2</sup>もしくは15 N/mm<sup>2</sup>より申請者が選択する。

〔解説〕

- 1) 付着試験と同様にあと施工アンカー製品とは、接着剤のみではなく、アンカー筋や施工のためのカートリッジ等の総称とする。付着強度試験では、アンカー筋には高強度のものを使用するとしたが、クリープ試験における載荷荷重では、破断や降伏の懸念はないため、製品として組み合わせられるものを使用することとした。
- 2) 基準付着強度は、付着強度試験と同様である。クリープ試験における載荷荷重は、基準付着強度によって異なる。

(3)試験の対象・試験体

1) アンカー筋

試験には、あと施工アンカー製品として使用するものを用い、異形鉄筋(JIS G 3112 適合品)を対象とする。アンカー筋の呼び径はD13を標準とする。D13の製品がない場合には、最も13 mmに近い



径のものを用いる。

## 2) 母材コンクリート

### a. 対象

普通コンクリートとする。

### b. 圧縮強度

圧縮強度の範囲は、試験開始時において  $18\sim 27\text{ N/mm}^2$  とする。圧縮強度の確認は、母材コンクリートと同じ養生条件とした円柱供試体 ( $\phi 100\times 200\text{ mm}$ ) により行う。

### c. 養生

母材コンクリート打ち込み後、所定の強度に達したことが確認された後にあと施工アンカーの施工を行う。母材コンクリートの養生環境は、常温の室内とする。

## 3) 試験体

### a. 形状および寸法

付着強度を確認する試験体は、内径  $\phi 200\times 5d_a$  (mm) ( $d_a$ : アンカー筋の呼び径) の鋼管に打設したコンクリートの中央にアンカー筋を垂直に施工したものとす。アンカー筋の端部(自由端)は母材コンクリート面から突出もしくは同一面とし、カプセル方式の場合は先端カット部分をすべて突出させる。アンカー筋の載荷側には座堀等を設けず、試験体の高さを有効付着長さとするを標準とする。座堀深さがあらかじめ正確に求められる場合は座堀を有した試験体としてもよいが、この場合も有効付着長さはアンカー筋径の5倍以上を確保するものとする。

### b. 製作方法

試験体の製作は、試験実施者が責任を持って管理し、母材コンクリートの製作、試験体の養生等を行う。アンカー筋の施工は、申請者が示す施工要領に従い施工する。申請者などがアンカー筋の施工を行う際には、試験実施者は必ず施工に立ち会い、施工要領に従って施工されているかについて確認する。なお、あと施工アンカーの施工は、付着強度試験用試験体の施工とあわせて行う。

### c. 製作精度

試験体のコンクリート部分の高さは、所定の寸法の  $\pm 3\text{ mm}$  以内とし、測定した高さを有効埋込み長さとする。穿孔径は製造者が指定する誤差の範囲であることを確認する。アンカー筋の倒れは、載荷面に対して2度以内とする。

### d. 試験体数量

3体を標準とする。

## [解説]

- 1) アンカー筋は、クリープ試験では降伏や破断の可能性はないため、あと施工アンカー製品に使用されているものを用いる。
- 2) 母材コンクリートの強度は、養生期間中および試験期間中の強度増進を想定し、強度範囲を  $18\sim 27\text{ N/mm}^2$  の範囲とした。
- 3) 試験体の製作は、付着強度試験との同一性を確保するために、付着強度試験用試験体の製作と同時に進行。試験体の数量は、3体を標準としているが、クリープ試験として有効な結果が少なくとも3体必要であるということである。この数量は他の試験と比べてやや少ないが、後述する評価法でこの3体の内、最大となるクリープ変位を用いることとしている一方、試験実施時のトラブルなどを考慮して試験体数を増やしておくともよい。また、試験体の数量を増やした場合も、試験結果の評価は、長期的なクリープ変位が最も大きくなるものを対象に評価を行う。

(4) 試験方法

1) 拘束条件

穿孔径の  $1.5 \pm 0.25$  倍の開孔を有する支圧板により拘束状態で載荷する。

2) 環境条件

あと施工アンカーが屋内のみで使用される場合には温度  $20 \pm 3^\circ\text{C}$ 、相対湿度  $60 \pm 10\%$  の試験室内で試験を行う。屋外での使用も想定される場合は、これに加えて、 $40 \pm 3^\circ\text{C}$  の試験室内で試験を行う。このほか、特殊な環境下での使用が想定される場合は当該温度条件で試験を行う。

3) 加力方法

図1に示すバネ式の載荷装置もしくはカウンターウェイト式の載荷装置など一定の荷重を継続的に載荷できることのできる装置を用いて、アンカー筋に対して所定の引張荷重を載荷する。バネ式の載荷装置を用いる場合には、ロードセル等により、載荷期間中に荷重が適切に載荷されていることを確認する。載荷開始は、付着強度試験終了後28日以内とし、載荷期間は、90日間とする。

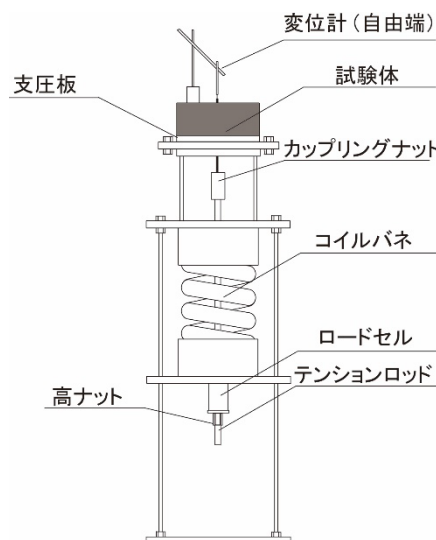


図1 バネ式載荷装置の例

4) 目標載荷荷重

目標載荷荷重  $L_{creep}$  は、当該あと施工アンカーの付着に関する長期許容応力度に相当する荷重とし(1)式による。載荷期間中は目標荷重の  $\pm 5\%$  の範囲の荷重で載荷しなければならない。

$$L_{creep} = \frac{F}{\alpha} \cdot \pi \cdot d_a \cdot l_e \quad \dots\dots\dots (1) \text{式}$$

- ここで、
- $L_{creep}$  : 目標載荷荷重 (kN)
  - $\alpha$  : 長期許容応力度を求めるための安全率 (=4.5)
  - $F$  : 当該あと施工アンカー製品の基準付着強度 ( $15 \text{ N/mm}^2$  もしくは  $10 \text{ N/mm}^2$ )
  - $d_a$  : アンカー筋の呼び径 (mm)
  - $l_e$  : 有効埋込み付着長さ (mm)

5) 計測方法

載荷開始前から試験体の自由端の変位を  $1 \times 10^{-6} \text{ mm}$  以上の感度で継続的に計測する。計測間隔は、載荷開始から10日間までは1時間につき1データ以上を記録する。載荷開始後10日経過後に変位の変化が安定していることを確認した後は、1日につき4データ以上を記録する。

[解説]

- 1) 拘束条件は、付着性能を評価するためにできるだけ母材の変形の影響を受けないように、短期載荷試験と同様の条件とした。
- 2) あと施工アンカーが一般的な環境で使用されることを想定しており、環境条件として屋内で使用される場合には  $20^\circ\text{C}$  の環境、屋外で使用される場合には  $40^\circ\text{C}$  の環境を標準とした。これは、文献<sup>2,2)</sup>に示されているように、日本国内の一般的な環境では、年間の平均温度としては  $20^\circ\text{C}$  前後となること、夏季(6月~8月)の日射を受ける部分において、アンカー筋が埋設される深さまでの平均的な温度が  $30 \sim 40^\circ\text{C}$  の範囲にあることなどから設定したものである。したがって、 $40^\circ\text{C}$

を超えるような温度に継続的に曝されるような部位への適用が想定される場合には、想定される環境での試験を行う必要がある。試験中の湿度についても試験結果に影響するため、湿度管理を行う。コンクリートのクリープ試験では相対湿度  $60 \pm 5\%$  で実施されることが多く、その他の材料では  $50 \pm 5\%$ 、 $60 \pm 20\%$  で実施される例などもあることから、これらの試験条件においても適用が可能となることを考慮し、本試験方法では、 $60 \pm 10\%$  とした。また、 $40^\circ\text{C}$  環境の試験では湿度制御が困難であるため、湿度の管理は求めていないが、室内で行うなどによりできるだけ湿度の変化が小さいことが望ましい。

- 3) 継続的な荷重の載荷には、バネ式あるいはカウンターウェイト式などの載荷装置を用いる。カウンターウェイト式は最も安定した加力が可能であるが、装置の大きさも大きくなるため環境温度を変えた場合の測定等には不向きである。バネ式載荷装置については、本検討で用いているような装置を用いることにより安定的な加力ができていることが確認されている。ただし、バネ式の載荷装置を用いる場合には、長期的な載荷によって若干荷重が低下する場合があるので、試験体に導入する載荷荷重は目標載荷荷重に対して  $5\%$  程度大きし、載荷期間中の載荷荷重が目標載荷荷重の  $\pm 5\%$  の範囲であることを確認する。また、バネ式装置を用いた載荷については、目標荷重の  $30 \sim 50\%$  程度の荷重の載荷と除荷を数回繰り返した後に目標荷重まで載荷することによって安定した載荷が可能である。試験機の縮小化が図れる皿バネを用いたバネ式や、欧米の認証に用いられている油圧式の載荷装置を用いる場合には、実証実験を実施し適切に評価できることを確認する。

載荷の開始は、付着強度試験終了後 28 日以内とした。これは、コンクリート強度が付着強度試験時の強度と大きく異なることを避けるためである。

- 4) 載荷の目標荷重は長期許容応力度を想定した荷重とする。基準付着強度は、 $15 \text{ N/mm}^2$  もしくは  $10 \text{ N/mm}^2$  を想定しており、安全率を 4.5 とした場合、クリープ荷重の目標値はそれぞれ  $3.33 \text{ N/mm}^2$ 、 $2.22 \text{ N/mm}^2$  となる。
- 5) 計測では、試験体の自由端側の鉄筋の抜け出し量を  $1 \times 10^{-6} \text{ mm}$  以上の感度で測定する。載荷後 10 日程度までは変位の変化も比較的大きいため、10 日以上経過した時点で、安定した載荷と変形量となっているかを確認するとよい。安定した載荷が確認できれば、測定間隔は 6 時間程度おきに 1 データとしてもよい。

## (5) 試験結果の整理

### 1) 試験結果の統計処理

#### a. 載荷荷重の確認

試験を行ったすべての試験体について、時間－荷重関係を確認し、試験期間中に荷重が目標荷重の  $\pm 5\%$  の範囲にあったことを確認する。荷重が所定の範囲を外れた場合には、その試験体の結果は評価には用いない。

#### b. 90 日後の変位の確認

試験を行ったすべての試験体について、時間－自由端変位関係を確認し、90 日後の変位が載荷直後の変位よりも小さくなるような結果を示す試験体がないことを確認する。載荷直後の変位よりも小さくなる結果となった場合には、その試験体の結果は評価には用いない。

#### c. 有効な試験結果数の確認

載荷荷重および自由端変位の確認において問題のない試験結果が3体以上あることを確認する。

3体未満の場合には、その試験結果はすべて無効とする。

2) 長期変形量の推定式の作成

各試験体について載荷後90日間の自由端変位の値から(2)式の実験定数を求め、長期変形量の推定式を作成する。実験定数の推定に用いるデータは、試験期間70日～90日の自由端変位により最小二乗法によって求める。初期変形量は、原則として目標荷重導入時の自由端変位とする。

$$S_{(t)} = S_0 + a \cdot t^b \quad \dots\dots\dots (2) \text{式}$$

ここで、 $S_{(t)}$  : 時間  $t$  における自由端変位                       $t$  : 試験材齢  
 $S_0$  : 載荷直後の自由端変位                                       $a, b$  : 実験定数

3) 予定供用期間における長期変形量

(2)式によって得られた実験定数を用い、各試験体について(3)式により予定供用期間における長期変形量を求める。また、(4)式によりその最大値である  $S_{service\_max}$  を求める。

$$S_{service} = S_0 + a \cdot t_{service}^b \quad \dots\dots\dots (3) \text{式}$$

$$S_{service\_max} = \max | S_{service} | \quad \dots\dots\dots (4) \text{式}$$

ここで、 $S_{service}$  : 予定供用期間における各試験体の長期変形量の推定値  
 $S_{service\_max}$  : 予定供用期間における最大の長期変形量の推定値  
 $t_{service}$  : 予定供用期間

4) クリープ変形に対する安全性の評価

予定供用期間における最大の長期変形量の推定値( $S_{service\_max}$ )と、同じロットの接着系あと施工アンカー製品で実施した付着強度試験で得られた最大荷重時の変位の平均値  $_{max}\delta_{ave}$  を比較し、(5)式を満たすことを確認する。

$$S_{service\_max} < _{max}\delta_{ave} \quad \dots\dots\dots (5) \text{式}$$

ここで、 $_{max}\delta_{ave}$  : 同じロットの接着系あと施工アンカー製品で実施した付着強度試験で得られた最大荷重時の変位の平均値

〔解説〕

- 1) クリープ試験の結果には相当のばらつきが生じることから、適切な統計処理を行った上で安全側の評価を行う必要がある。特に載荷荷重が小さい範囲でクリープ試験を行った場合には、相対的にばらつきが大きくなることがあるため注意が必要である。そのため、荷重が適切に載荷されていないと判断される場合、変位の取得において適切でないと判断される場合にはその試験データは採用しないこととした。また、試験結果のばらつきを考慮するため、少なくとも3体の有効なデータがあることを条件とした。
- 2) 長期的なクリープ変形の予測は、ACI および EOTA で採用されているべき乗式による推定式を適用した。この式によれば、長期の変形に対して安全側の値が得られることが確認されている。最小二乗法によって実験定数を求める場合は、試験終了前の20日間のデータを用い、少なくとも20個以上のデータから推定する。初期変形量を実験によって得ることが難しい場合は、短期載荷試験時の荷重－変位関係から、目標荷重に相当する自由端変位を求めたものを代入してもよい。

- 3) 予定供用期間における長期の変形量を予測する。予定供用期間は ACI 基準では 50 年が想定されている。日本建築学会 JASS5 などでは、長期(100 年)や超長期(200 年)などの長寿命の建築物が設計されており、これらを考慮して定めるとよい。
- 4) クリープ変形に対する安全性の評価は、付着強度試験時の最大荷重時の変位の平均値と比較することとした。また、クリープ変形量は試験体間のばらつきがあり、本評価方法案では、安全側の評価とするため、予定供用期間における変形量の最大値によって評価することとした。これまでに得られている試験結果からは、長期許容応力度相当の載荷荷重による試験では、クリープ変形量の推定値は最大荷重時の変位に対して十分に小さく、評価には相当の余裕があることが確認されている。また、最大荷重時の変位については、クリープ破壊を生じる時の変位と比較すると 1/3~1/5 の変形量となり、ここにも相当の安全率が見込まれている。

## (6) 報告

試験終了後、以下の項目について報告する。

- 1) 試験実施者に関する事項(試験担当者の氏名・所属)
- 2) 試験実施日程に関する事項(母材コンクリート打設、アンカー筋施工、付着強度試験実施)
- 3) 試験の対象とした製品に関する事項(申請者、製品名、ロット番号)
- 4) 母材コンクリートに関する事項(レディーミクストコンクリート製造者、調合および使用材料、打設後の養生、圧縮強度試験結果)
- 5) クリープ試験結果(試験体ごとの時間-荷重関係、時間-自由端変位関係、時間-自由端変位関係の平均、試験結果の有効性)
- 6) クリープ試験結果の計算結果(クリープ推定式(各試験体)、予定供用期間における長期変形量の推定値(各試験体および最大値))、クリープ変形量の評価結果
- 7) その他試験実施における特記事項

## 2-5-4 引張試験

以下、接着系あと施工アンカーの引張試験方法(案)を示す。目次立ては、本報とは独立している。

### 接着系あと施工アンカーの引張試験方法(案)・同解説

#### (1) 総則

##### 1) 目的

本試験方法案は、接着系あと施工アンカー製品の引張強度試験を実施することによって、強度とその時の伸び出し量を測定し、そのあと施工アンカー製品が必要な終局引張強度および引張剛性を有していることを確認するために行う。

##### 2) 適用範囲

本試験の適用対象とするあと施工アンカー製品は、アンカー筋の径として、異形鉄筋の D10~D25 の呼び径の範囲で、申請者が申請する範囲とする。また、本試験方法案に規定する試験体および試験方法について、同等の評価結果が得られることが確認された場合にはこれによることができる。

##### 3) 試験実施者および申請者

本試験方法(案)により試験を行う者(試験実施者)は、あと施工アンカーの引張強度試験を適切に実施でき、かつ第三者的な立場で試験を実施し、その結果を報告できる者でなければならない。申請者は、あと施工アンカー製品の製造者もしくはそのあと施工アンカーを用いて工事を行う者またはその代理者とする。

[解説]

- 1) 本試験方法案は、接着系あと施工アンカーを構造部材に適用する場合に、あと施工アンカー製品に求められる引張性能を有していることを確認するための試験方法とその評価方法について示したものである。接着系あと施工アンカーおよび接着系あと施工アンカーを用いた構造部材が所要の構造性能を有することの妥当性を審査する場合には、本試験方法に従って評価を行うことを前提としている。
- 2) 本試験方法で想定している構造部材に適用されるあと施工アンカーは、壁開口補強筋やスラブ筋の一部として、構造部材への定着のために使用されるアンカー筋である。したがって、適用するアンカー筋の径は異形鉄筋とし、呼び径はD10～D25の範囲とした。また、本試験方法案に規定した方法は、前項の目的に照らして適切な評価を行うための一例となる試験方法であり、試験体の条件や試験装置、試験方法などについて、本試験方法案と同等の評価結果が得られることが確認された場合には、それらの方法によることができる。
- 3) ここでの試験実施者とは、評価試験を適切に実施できる者を指し、試験結果を参照し、性能評価業務などを行う評価者とは異なる。試験実施者の例として、下記の条件を満たす第三者機関とする。
  - ・ ISO/IEC 17025 (JIS Q 17025) に基づく試験所認定を受けた試験機関、国際 MRA 対応認定を受けた国外の試験機関あるいはそれらと同等の機関などで申請者との利益相反を生じる関係にないこと
  - ・ 接着系あと施工アンカーの引張試験の実施に必要な加力装置および測定装置を有し、それらの精度が確認されていること。また、適切に試験を実施できること
  - ・ 試験報告書の記載事項に対する責任を担保できること
 また、ここでの申請者については、あと施工アンカー製品の製造者のほか、当該工業あと施工アンカーを使用して改修工事を行う場合の所有者、設計者、施工者などが想定される。

## (2)用語

### 1) 接着系あと施工アンカー製品

アンカー筋の固着のための樹脂もしくはセメント系の接着剤を使用したあと施工アンカー製品。カプセル方式の場合は、カプセルとその内容物およびアンカー筋、注入方式の場合は、カートリッジとその内容物およびアンカー筋の総称。ただし、引張強度試験においては、アンカー筋は試験実施者が指定するものを用いる。

[解説]

- 1) ここで定義するあと施工アンカー製品は、接着剤だけでなくアンカー筋や接着剤のカートリッジ等の総称を指す。

(3) 試験の対象および試験体

1) アンカー筋

引張強度試験において使用するアンカー筋は、異形鉄筋(JIS G 3112 適合品)とする。

2) 母材コンクリート

a. 対象

普通コンクリートとする。

b. 圧縮強度

圧縮強度の範囲は、試験実施時において 18~24 N/mm<sup>2</sup>および 30~36 N/mm<sup>2</sup>の範囲とし、それぞれの強度範囲において評価を行う。適用範囲が低強度コンクリート(13.5~18 N/mm<sup>2</sup>)を含む場合は、その範囲も対象として評価を行う。圧縮強度の確認は、母材コンクリートと同じ養生条件とした円柱供試体(φ100×200 mm)により、引張強度試験を実施する材齢と同時に試験を行う。

c. 養生

母材コンクリート打込み後、所定の強度に達したことが確認された後にアンカーの施工を行う。母材コンクリートの養生環境は、原則として常温の室内とする。ただし、屋外の場所で養生を行う場合は、日光の直射、急激な乾燥および寒気に対して適当な養生を行うものとする。

3) 試験体

a. 形状および寸法

試験体は、母材である供試体(以下、供試体)と固着したアンカーから構成されるものとする。

供試体の形状は原則として矩形とし、きれつ等の生じていない健全な状態のものとする。供試体の最小厚さは、あと施工アンカーの埋込み長さの2倍もしくは埋込み長さに100 mmを加味した厚さ以上とする。

あと施工アンカーは、あと施工アンカーの固着性能に影響するあと施工アンカー相互の干渉あるいはあと施工アンカー周辺のコンクリートの影響などを排除した、はしあき、へりあきおよびあと施工アンカー間隔を定めて、供試体に垂直に施工する。

b. 製作方法

試験体の製作は、試験実施者が責任を持って管理し、母材コンクリートの製作、試験体の養生等を行う。アンカー筋の施工は、申請者が示す施工要領に従い申請者などが施工する。申請者などがアンカー筋の施工を行う場合は、試験実施者は必ず施工に立ち会い、施工要領に従って施工されているかについて確認する。施工時および養生時の環境は、5~35℃の環境とする。

c. 製作精度

あと施工アンカーのコンクリート部分への埋込み長さは所定の長さの±3 mm以内とし、測定した長さを有効埋込み長さとする。穿孔径は製造者が指定する誤差の範囲であることを確認する。アンカー筋の倒れは、載荷面の法線に対して2度以内とする。

d. 試験体数量

5体とする。

[解説]

1) アンカー筋はアンカー筋の径として、異形鉄筋でD10~D25までの範囲での適用が想定される。

その範囲において、申請者が適用を申請するすべての鉄筋径に対して試験を行う。アンカー筋の鋼種は申請者の申請の内容に応じ、製品に用いるものと同じものを用いる。

2) 試験体の母材に用いるコンクリートは、認証を受けようとする強度に応じたコンクリートとしな

なければならない。ただし、コンクリートの強度にはばらつきも生じることから、一定の幅を持った範囲とした。ここでの圧縮強度は、試験体の母材と同一バッチで同様の養生環境としたコンクリート供試体の強度とする。また、コンクリートの種類は普通コンクリートとしているが、適用する部位のコンクリートが軽量コンクリートである場合は、適用対象のコンクリートを考慮し、できるだけその材料および品質に近いものを用いるようにする。

母材コンクリートの製造は、JIS A 5308(レディーミクストコンクリート)の規格等の品質基準に適合するものであることを確認する。例えば、JIS A 5308 の製品認証を取得しているレディーミクストコンクリート工場で製造されたものとする。コンクリートのスランプ、空気量などのフレッシュ性状は、建築工事で一般に使用されている範囲(例えば、スランプ 18 cm, 空気量 4.5%)とし、型枠(鋼管)内に適切に打ち込めるワーカビリティを有するものとする。なお本ガイドラインにて対象とする低強度コンクリートは、これまでに耐震補強技術の開発等において十分な施工実績がある範囲として、最低値を 13.5N/mm<sup>2</sup> としている。ここでの低強度コンクリートを用いる場合は、事前に試し練りを実施し、目標の強度となることに加え、施工性を確保するためには、以下のような品質、仕様を満足するとよい。

- ・ スランプ : 15±2.5cm 又は 18±2.5cm
- ・ 空気量 : 4.5±1.5%
- ・ 単位粉体量 (セメントやそれに代わる粉体状の材料の分量) : 270 kg/m<sup>3</sup> 以上
- ・ 材料分離がないことを目視確認 (JIS A 1160 を参照)

母材コンクリートの養生期間は、所定の強度範囲となる期間でできるだけ材齢を長く確保することが望ましい。また、コンクリート打ち込み後、あと施工アンカーの施工までの期間は少なくとも7日以上とする。養生環境は、常温(5℃~35℃程度)の室内とした。屋外の場合で養生を行う場合は、日光の直射、急激な乾燥および寒気に対して適当な養生を行うことなどにより、室内と同程度の環境とすることを原則とした。

- 3) 試験体は、母材である供試体(以下、供試体)と固着したあと施工アンカーから構成されるものとする。引張試験を行うあと施工アンカーを固着するコンクリート供試体の形状は、原則として矩形とし、きれつ等の生じていない健全な状態のものとする。試験体の最小厚さはあと施工アンカーの埋込み長さの2倍もしくは埋込み長さに100 mmを加味した厚さ以上とした。

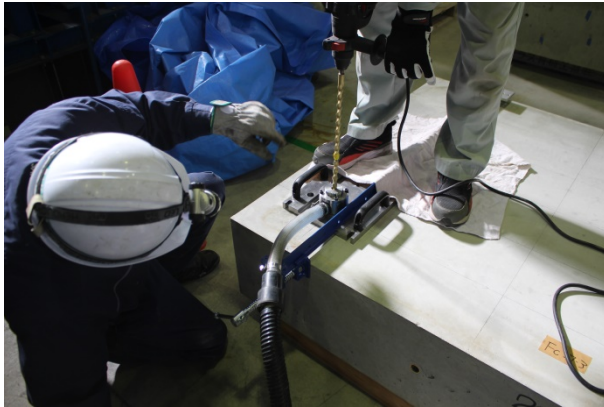
コンクリート供試体は、あと施工アンカーの固着性能に影響するあと施工アンカー相互の干渉あるいはあと施工アンカー周辺のコンクリートの影響などを排除するため、あと施工アンカー間隔を埋込み長さの2倍以上、はしあきおよびへりあきを埋込み長さの1倍以上とした。

供試体の製作は、試験実施者の責任において製作する。ただし、アンカー筋の施工については、申請者もしくは申請者が指定する者が行うこととし、試験実施者は、申請者が定めた施工要領に準じて施工が実施されているかについて必ず立ち会いでの確認を行う。

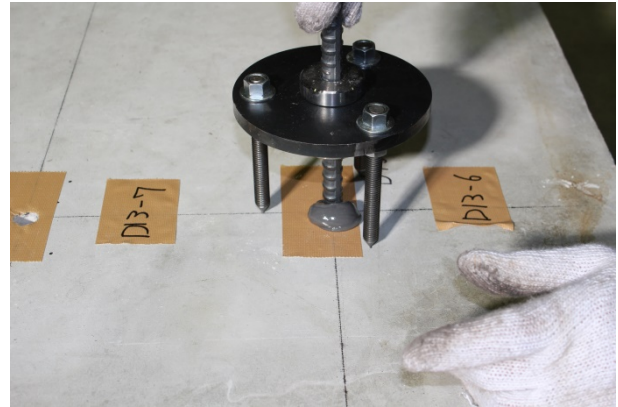
試験体の製作は、載荷面に対して垂直に穿孔およびあと施工アンカー打設を行うための治具等を用いて施工するとよい。垂直に穿孔するための治具および打設時に垂直を保持するための治具の例を解図1、解図2に示す。

試験体の数量については、少なくとも5体は必要であり、より安定性を照査する場合には増やす必要がある。





解図1 穿孔用治具の例



解図2 アンカー打設用治具の例

#### (4) 試験方法

##### 1) 試験装置

試験装置は、荷重装置、荷重計測装置、変位測定装置より構成されるものとする。

##### a. 荷重装置

- i) 荷重装置は、あと施工アンカーに引張力を与える加力装置と、その反力を支える反力台から構成される。
- ii) 加力装置は、あと施工アンカーに対して軸方向に引張力を与えられるような機構とし、想定される最大引張強度を十分上回る加力能力を有し、かつ連続的に引張力を加えられるものとする。
- iii) 反力台は、想定される最大引張耐力に対して十分な強度と剛性を有するものとする。また、反力台脚部の内法間隔は、あと施工アンカーの埋込み長さの2倍以上を原則とする。ただし、破壊モードがコーン状破壊しない場合には、あと施工アンカーの付着強度に影響しない範囲で短くできるものとする。

##### b. 荷重計測装置

- i) 荷重計測装置は、あと施工アンカーに加えられた荷重を正確に測定できるものとする。
- ii) 荷重計測装置は、想定される最大引張力を十分上回る容量を持ち、計測装置の精度は $\pm 1.5\%$ 以内とし、最少読取り値で最大引張荷重の $1/20(5\%)$ 以下の荷重を計測できるものとする。

##### c. 変位測定装置

- i) 変位測定装置は、あと施工アンカーの軸方向の変位を正確に測定できるものとする。
- ii) 変位測定装置は、想定される最大変位を十分上回る容量をもち、測定精度が $\pm 0.02 \text{ mm}$ 以内を有するものとする。
- iii) 変位測定装置の固定点は、供試体の変形の影響を受けない位置に設置する。

##### 2) 試験方法

- i) 荷重装置、荷重計測装置および変位測定装置をセットする。
- ii) 荷重は、毎秒 $5\sim 20 \text{ N/mm}^2$ 程度の荷重速度で、あと施工アンカーの軸方向に引張力を加える。
- iii) 荷重計測と変位測定は、同時に行い連続的に記録する。
- iv) 試験終了後、破壊状況を写真により記録する。

##### 3) 環境条件

5～35℃の環境において試験を行う。なお、特殊な環境下において使用することを想定した場合には、当該温度条件において試験を行う。

〔解説〕

1) 加力・計測方法

試験装置は、載荷装置、荷重計測装置、変位測定装置より構成されるものとする。解図3に載荷装置の参考例、解図4に荷重計測装置の例、解図5に変位測定装置の参考例を示す。

a. 載荷装置

載荷装置は、あと施工アンカーに引張力を与える加力装置と、その反力を支える反力台から構成される。加力装置は、あと施工アンカーを中心位置に設置し、加力はあと施工アンカーの軸線に沿って安定した状態で引張力を与えられるような装置とする。また、あと施工アンカーの引張耐力に対して十分な強度・剛性を持ち、引張力を円滑に作用させることができるものとする。アンカー筋と載荷用のロッドを強固に接続した状態で油圧ジャッキを用いて加力する。油圧ジャッキの下部には球座を置く(解図3の参考例は、アンカー筋を異形鉄筋用のチャックで掴んで引張力を加えている。)

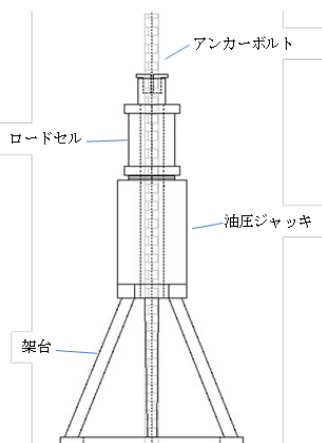
反力台は、想定される最大引張耐力に対して十分な強度と剛性を有するものとする。反力台による支持点反力は、アンカーの固着性能に影響を及ぼすため、反力台脚部の内法間隔は、あと施工アンカーの埋込み長さの2倍以上を原則とする(解図3の参考例は、D19の埋込み長さ95mmに対して内法直径が300mmの円形反力台である。)。ただし、埋込み深さが深く、明らかに鉄筋が降伏すると考えられる場合には、適切な距離を実験等により確認することで、間隔を短くできるものとする。

b. 荷重計測装置

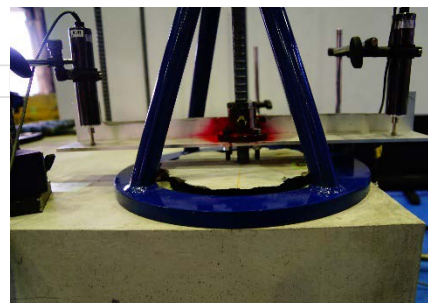
荷重を計測する装置は、あと施工アンカーに加えられた引張荷重を常にまたは定期的に、かつ正確に計測できるものでなければならない。精度のよいロードセルなどを用いて計測する必要がある。計測装置の精度は±1.5%以内とし、最小読み取り値で最大引張荷重の1/20(5%)以下の荷重を計測できるものとする。



解図3 載荷装置の例



解図4 荷重測定装置の例



解図5 変位測定装置の例

c. 変位測定装置

変位を測定する装置は、あと施工アンカーの軸方向変位(以下、アンカー軸方向変位という。)を常にまたは定期的に、かつ正確に測定できるものでなければならない。このため、精度のよい

変位計等を用いて測定する。測定装置の精度は±0.02 mm 以内とする。

変位測定装置は、載荷装置から独立して設け、アンカー軸方向変位は、少なくとも左右対称に2か所で測定する(解図5に示すアンカー軸方向変位には、アンカー筋の伸び変位も含んでいるため、供試体表面からの測定位置を、適宜、決める必要がある)。また、供試体表面での変位計固定位置は、想定されるコーン状破壊領域外とし、固定箇所は供試体の表面あるいは側面としてよい。

2) 試験方法

荷重を計測する装置は油圧ジャッキ等を用いて毎秒5~20 N/mm<sup>2</sup>(D13で38.1~152 kN/minに相当)の速度で載荷する。載荷および測定は、最大荷重を記録した後、試験体が破壊するまで載荷を継続する。データロガーの測定間隔は1秒もしくはそれ以下が望ましい。

3) 環境条件

試験は、原則5~35℃環境下の試験室内で行う。屋外で実施する場合は、室内と同等な環境下で行えるよう適宜対策を施す。

試験時の環境条件は、特に有機系の樹脂に影響を与える可能性があるため、気温が管理された試験室内で実施する。試験体は、予め試験時の温度と同じ条件で養生しておき、室温と同程度とする。また、特殊な環境に曝される環境で使用されることが想定される場合には、想定される温度での試験を行う。特に、エポキシ樹脂については、40℃を超える範囲での使用が想定される場合には想定される環境条件での試験を実施する。

(5) 試験結果の整理

1) 引張強度の評価

接着系あと施工アンカーの終局引張耐力は、破壊形式に応じて(1)式から(3)式による計算値に対して95%以上の信頼性を有することを確認する。

a. コーン破壊したアンカーの終局引張耐力計算値

$$T_{cc} = 0.23\sqrt{\sigma_B} \cdot A_c \dots\dots\dots (1) \text{式}$$

ここで、 $T_{cc}$  : コーン破壊したあと施工アンカーの終局引張耐力計算値(N)

$\sigma_B$  : 試験体コンクリートの試験実施日の圧縮強度(N/mm<sup>2</sup>)

$A_c$  : コーン状破壊面の有効水平投影面積(mm<sup>2</sup>)で、次式による。

$$A_c = \pi \cdot \ell_e \cdot (\ell_e + d_a)$$

$\ell_e$  : アンカー筋の有効埋込み長さ(mm)で次式による。なお、アンカー筋先端形状を寸切りとした場合は、 $\ell_e = L$ とする。

$$\ell_e = L - d_a$$

$L$  : アンカー筋の埋込み長さ

$d_a$  : アンカー筋の呼び径(mm)で、異形鉄筋の場合、呼び名に用いた数値。

b. 付着破壊したアンカーの終局引張耐力計算値

$$T_{cb} = \tau_a \cdot \pi \cdot d_a \cdot \ell_e \dots\dots\dots (2) \text{式}$$

ここで、 $T_{cb}$  : 付着破壊したあと施工アンカーの終局引張耐力計算値(N)

$\tau_a$  : 接着系あと施工アンカーの付着強度信頼値(N/mm<sup>2</sup>)で、次式による。

$$\tau_a = 10 \sqrt{\frac{\sigma_B}{21}}$$

$\ell_e, d_a$  : 式(1)の記号の説明による。

c. アンカー筋が破壊したアンカーの終局引張耐力計算値

$$T_{mu} = m \sigma_u \cdot s a_e \quad \dots\dots\dots (3) \text{式}$$

ここで,  $T_{mu}$  : アンカー筋が引張破断したアンカーの終局引張耐力計算値(N)

$m \sigma_u$  : アンカー筋の引張強さ(N/mm<sup>2</sup>)

$$m \sigma_u = 1.1 \sigma_y$$

$\sigma_y$  : アンカー筋の規格降伏点(N/mm<sup>2</sup>)

$s a_e$  : アンカー筋の公称断面積(mm<sup>2</sup>)

d. 95%以上の終局引張耐力の信頼性は、試験体母材コンクリート圧縮強度の水準毎、破壊形式毎に次式を満たすことにより確認する。

$$X_{mean} - t \cdot s \geq 1.0 \quad \dots\dots\dots (4) \text{式}$$

ここで,  $X_{mean}$  : (実験値/終局引張耐力計算値)の平均値で、次式による。

$$X_{mean} = \sum_{i=1}^N X_i / N \quad \dots\dots\dots (5) \text{式}$$

$X_i$  : (実験値/終局引張耐力計算値)

$N$  : 試験体数(同一破壊形式の試験体数)

$t$  : (実験値/終局引張耐力計算値)の分布形状で、t分布表において片側95%の信頼限界を与える数値( $N=5$ の時  $t=2.132$ )

$s$  : (実験値/終局引張耐力計算値)の標本標準偏差で、次式による。

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - X_{mean})^2}{N-1}} \quad \dots\dots\dots (6) \text{式}$$

2) 引張剛性

あと施工アンカーの軸方向変位量が、コンクリートの圧縮強度の水準毎、アンカー筋の種別・径毎に下記の条件を95%以上の信頼性にて満たすこと。

a.  $\min.\{2/3 \cdot T_{my}, 0.4T_{cc}, 0.4T_{cb}\}$  時における軸方向の変位量  $\delta$  が、0.3 mm 以下(図1)

b.  $\min.\{T_{my}, 0.6T_{cc}, 0.6T_{cb}\}$  時における軸方向の変位量  $\delta$  が、1.0 mm 以下(図1)

ここで,  $T_{my}$  : アンカー筋の降伏引張耐力(N)で、次式による。

$$T_{my} = \sigma_y \cdot s a_e \quad \dots\dots\dots (7) \text{式}$$

$\sigma_y$  : アンカー筋の規格降伏点(N/mm<sup>2</sup>)

$s a_e$  : アンカー筋の公称断面積(mm<sup>2</sup>)

$T_{cc}$  : コーン状破壊したあと施工アンカーの終局引張耐力計算値(N)で、(1)式による。

$T_{cb}$  : 付着破壊したあと施工アンカーの終局引張耐力計算値(N)で、(2)式による。

95%以上の軸方向変位量の信頼性は、次式を満たすことにより確認する。

$$\delta_{mean} + t \cdot s \leq \delta_T \quad \dots\dots\dots (8) \text{式}$$

ここで,  $\delta_{mean}$  : a.およびb.に規定する荷重時における軸方向変位量の平均値(mm)

$t$  : a.およびb.に規定する荷重時における軸方向変位量の分布形状で、t分布表において片側95%の信頼限界を与える数値( $N=5$ の時  $t=2.132$ )。

$s$  : a.およびb.に規定する荷重時における軸方向変位量の標準偏差で、次式

による。

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\delta_i - \delta_{mean})^2}{N-1}} \dots\dots\dots (9) \text{式}$$

- $\delta_i$  : a.およびb.に規定する荷重時における試験体軸方向変位量(mm)
- $N$  : コンクリート圧縮強度の水準かつアンカー筋の種別・径毎の試験体数
- $\delta_T$  : a.およびb.に記載の荷重時における方向変位量規定値(mm)

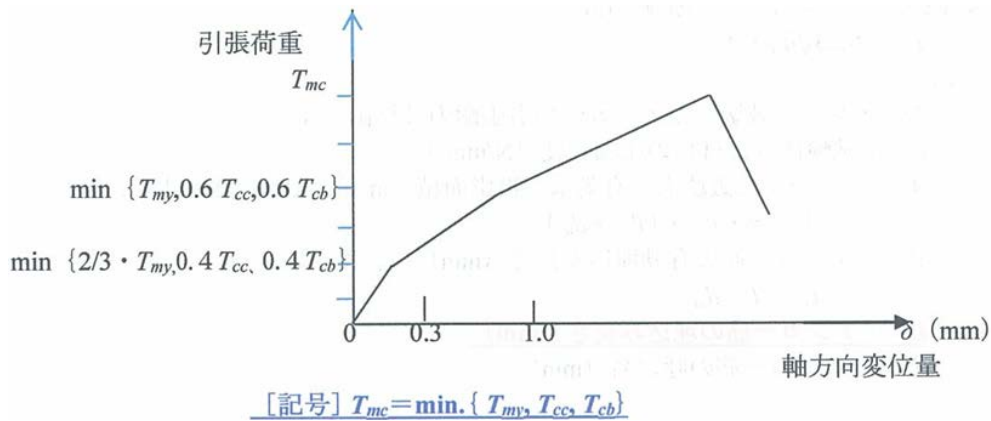


図1 あと施工アンカーの引張荷重～軸方向変位量関係模式図

[解説]

1) 接着系あと施工アンカー筋の引張に対する強度評価式は、平成18年7月7日付け国住指第1015号「あと施工アンカー・連続繊維補強設計・施工指針」において、接着系あと施工アンカーを用いて既存の架構内に鉄筋コンクリート増設壁を設置する、あるいは枠付き鉄骨ブレースを設置する工法を対象として示されており、ここでも同様の式を記載している。

また、引張強度のばらつきはスチューデントのt分布に従うと仮定して、試験体本数との関係により95%信頼下限値を求め、それが申請者が選択した基準付着強度を満足するかどうかを評価することとした。これまでの試験結果などから、試験体数を5体とした場合には、試験における最小値と95%信頼下限値が概ね同程度の値となることが確認されている。また、変動係数が極端に大きい場合には試験体の施工や試験の実施に問題があることも考えられるため、変動係数が15%を超えるような場合には、ばらつきの原因を調査し、再試験を行う。また、試験体の数量を5体以上で実施した場合は、それに適したt分布値を用いて評価してよい。

2) 接着系あと施工アンカーの品質確認のために引張剛性が確保されていることを確認する。これらは(社)日本建築あと施工アンカー協会の製品認証において実施されている方法を採用している。また、引張剛性のばらつきも引張強度同様に扱うこととしている。

(6) 報告

試験終了後、試験実施者は以下の項目について報告する。

- 1) 試験実施者に関する事項(試験担当者の氏名・所属)
- 2) 試験実施日程に関する事項(母材コンクリート打設, アンカー筋施工, 引張強度試験実施)
- 3) 試験の対象とした製品に関する事項(申請者, 製品名, ロット番号)

- 4) 母材コンクリートに関する事項(レディーミクストコンクリート製造者, 調合および使用材料, 打設後の養生, 圧縮強度試験結果)
- 5) 引張強度試験結果(試験体ごとの荷重-変位曲線, 最大耐力, 引張強度, 引張剛性, 破壊モード, 破壊状況写真)
- 6) 引張強度試験の計算結果(引張強度の平均値および95%信頼下限値, 引張剛性の平均値および95%信頼下限値)
- 7) その他試験実施における特記事項

### 2-5-5 せん断試験

以下、接着系あと施工アンカーのせん断試験方法(案)を示す。目次立ては、本報とは独立している。

#### 接着系あと施工アンカーのせん断試験方法(案)・同解説

##### (1) 総則

###### 1) 目的

本試験方法は、接着系あと施工アンカー製品のせん断強度試験を実施することによって、強度とその時のせん断変形量を測定し、そのあと施工アンカー製品が必要な終局せん断強度およびせん断剛性を有していることを確認するために行う。

###### 2) 適用範囲

本試験の適用対象とするあと施工アンカー製品は、アンカー筋の径として、異形鉄筋の D10～D25 の呼び径の範囲で、申請者が申請する範囲とする。また、本試験方法案に規定する試験体および試験方法について、同等の評価結果が得られることが確認された場合にはこれによることができる。

###### 3) 試験実施者および申請者

本試験方法(案)により試験を行う者(試験実施者)は、あと施工アンカーのせん断強度試験を適切に実施でき、かつ第三者的な立場で試験を実施し、その結果を報告できる者でなければならない。申請者は、あと施工アンカー製品の製造者もしくはそのあと施工アンカーを用いて工事を行う者またはその代理者とする。

##### [解説]

1) 本試験方法は、接着系あと施工アンカーを構造部材に適用する場合に、あと施工アンカー製品に求められるせん断性能を有していることを確認するための試験方法とその評価方法について示したものである。接着系あと施工アンカーおよび接着系あと施工アンカーを用いた構造部材が所要の構造性能を有することの妥当性を審査する場合には、本試験方法に従って評価を行うことを前提としている。

2) 本試験方法で想定している構造部材に適用されるあと施工アンカーは、壁開口補強筋やスラブ筋の一部として、構造部材への定着のために使用されるアンカー筋である。したがって、適用するアンカー筋の径は、D10～D25 の範囲とした。また、本試験方法案に規定した方法は、前項の目的に照らして適切な評価を行うための一例となる試験方法であり、試験体の条件や試験装置、試験方法などについて、本試験方法案と同等の評価結果が得られることが確認された場合には、それらの方法によることができる。

3) ここでの試験実施者とは評価試験を適切に実施できる者を指し、試験結果を参照し性能評価業務などを行う評価者とは異なる。試験実施者の例として、下記の条件を満たす第三者機関とする。

- ・ ISO/IEC 17025 (JIS Q 17025) に基づく試験所認定を受けた試験機関、国際 MRA 対応認定を受けた国外の試験機関あるいはそれらと同等の機関などで申請者との利益相反を生じる関係にならないこと
- ・ 接着系あと施工アンカーのせん断試験の実施に必要な加力装置および測定装置を有し、それらの精度が確認されていること。また、適切に試験を実施できること
- ・ 試験報告書の記載事項に対する責任を担保できること

また、ここでの申請者については、あと施工アンカー製品の製造者のほか、当該工業あと施工アンカーを使用して改修工事を行う場合の所有者、設計者、施工者などが想定される。

## (2)用語

### 1) 接着系あと施工アンカー製品

アンカー筋の固着のための樹脂もしくはセメント系の接着剤を使用したあと施工アンカー製品。カプセル方式の場合は、カプセルとその内容物およびアンカー筋，注入方式の場合は，カートリッジとその内容物およびアンカー筋の総称。ただし，せん断強度試験においては，アンカー筋は試験実施者が指定するものを用いる。

〔解説〕

- 1) ここで定義するあと施工アンカー製品は，接着剤だけでなくアンカー筋や接着剤のカートリッジ等の総称を指す。

## (3)試験の対象および試験体

### 1) アンカー筋

せん断強度試験において使用するアンカー筋は，異形鉄筋(JIS G 3112 適合品)とする。

### 2) 母材コンクリート

#### a. 対象

普通コンクリートを対象とする。

#### b. 圧縮強度

圧縮強度の範囲は，試験実施時において  $18\sim 24\text{ N/mm}^2$  および  $30\sim 36\text{ N/mm}^2$  の範囲とし，それぞれの強度範囲において評価を行う。適用範囲が低強度コンクリート( $13.5\sim 18\text{ N/mm}^2$ )を含む場合は，その範囲も対象として評価を行う。圧縮強度の確認は，母材コンクリートと同じ養生条件とした円柱供試体( $\phi 100\times 200\text{ mm}$ )により，せん断強度試験を実施する材齢と同時に試験を行う。

#### c. 養生

母材コンクリート打込み後，所定の強度に達したことが確認された後にアンカーの施工を行う。母材コンクリートの養生環境は，原則として常温の室内とする。ただし，屋外の場所で養生を行う場合は，日光の直射，急激な乾燥および寒気に対して適当な養生を行うものとする。

### 3) 試験体

#### a. 形状および寸法

試験体は，母材である供試体(以下，供試体)と固着したあと施工アンカーから構成されるものとする。

供試体の形状は原則として矩形とし，きれつ等の生じていない健全な状態のものとする。供試体の最小厚さは，アンカーの埋込み長さの2倍もしくは埋込み長さに  $100\text{ mm}$  を加味した厚さ以上とする。ただし，はしあき部分がコーン破壊するような場合には，供試体の厚さを走はしあき寸法の1.5倍以上とする。

あと施工アンカーは，あと施工アンカーのせん断性能に影響するあと施工アンカー相互の干渉あるいはあと施工アンカー周辺のコンクリートの影響などを排除した，はしあき，へりあきおよびあと施工アンカー間隔を定めて，供試体に垂直に施工する。ただし，はしあき部分がコーン破壊するような場合には，あと施工アンカー間隔をはしあき寸法の3倍以上とする。

#### b. 製作方法

試験体の製作は，試験実施者が責任を持って管理し，母材コンクリートの製作，試験体の養生等



を行う。アンカー筋の施工は、申請者が示す施工要領に従い申請者などが施工する。申請者などがアンカー筋の施工を行う場合は、試験実施者は必ず施工に立ち会い施工要領に従って施工されているかについて確認する。施工時および養生時の環境は、5～35℃の環境とする。

c. 製作精度

あと施工アンカーのコンクリート部分への埋込み長さは所定の長さの±3 mm以内とし、測定した長さを有効埋込み長さとする。穿孔径は製造者が指定する誤差の範囲であることを確認する。アンカー筋の倒れは、載荷面の法線に対して2度以内とする。

d. 試験体数量

5体とする。

〔解説〕

- 1) アンカー筋の径として、異形鉄筋でD10～D25までの範囲での適用が想定される。その範囲において、申請者が適用を申請するすべての鉄筋径に対して試験を行う。アンカー筋の鋼種は申請者の申請の内容に応じ、製品に用いるものと同じものを用いる。
- 2) 試験体の母材に用いるコンクリートは、認証を受けようとする強度に応じたコンクリートとしなければならない。ただし、コンクリートの強度にはばらつきも生じることから、一定の幅を持った範囲とした。ここでの圧縮強度は、試験体の母材と同一バッチで同様の養生環境としたコンクリート供試体の強度とする。また、コンクリートの種類は普通コンクリートとしているが、適用する部位のコンクリートが軽量コンクリートである場合は、適用対象のコンクリートを考慮し、できるだけその材料および品質に近いものを用いるようにする。

母材コンクリートの製造は、JIS A 5308(レディーミクストコンクリート)の規格等の品質基準に適合するものであることを確認する。例えば、JIS A 5308の製品認証を取得しているレディーミクストコンクリート工場で製造されたものとする。コンクリートのスランプ、空気量などのフレッシュ性状は、建築工事で一般に使用されている範囲(例えば、スランプ 18 cm, 空気量 4.5%)とし、型枠(鋼管)内に適切に打ち込めるワーカビリティを有するものとする。なお本ガイドラインにて対象とする低強度コンクリートは、これまでに耐震補強技術の開発等において十分な施工実績がある範囲として、最低値を13.5N/mm<sup>2</sup>としている。ここでの低強度コンクリートを用いる場合は、事前に試し練りを実施し、目標の強度となることに加え、施工性を確保するためには、以下のような品質、仕様を満足するとよい。

- ・ スランプ : 15±2.5cm 又は 18±2.5cm
- ・ 空気量 : 4.5±1.5%
- ・ 単位粉体量(セメントやそれに代わる粉体状の材料の分量) : 270 kg/m<sup>3</sup> 以上
- ・ 材料分離がないことを目視確認(JIS A 1160を参照)

母材コンクリートの養生期間は、所定の強度範囲となる期間でできるだけ材齢を長く確保することが望ましい。また、コンクリート打ち込み後、あと施工アンカーの打設までの期間は少なくとも7日以上とする。養生方法は、常温(5℃～35℃程度)の環境とした。屋外の場所で養生を行う場合は、日光の直射、急激な乾燥および寒気に対して適当な養生を行うことなどにより、室内と同程度の環境とすることを原則とした。

- 3) 試験体は、母材である供試体(以下、供試体)と固着したアンカーから構成されるものとする。せん断試験を行うあと施工アンカーを固着するコンクリート供試体の形状は、原則として矩形とし、きれつ等の生じていない健全な状態のものとする。試験体の最小厚さはあと施工アンカーの

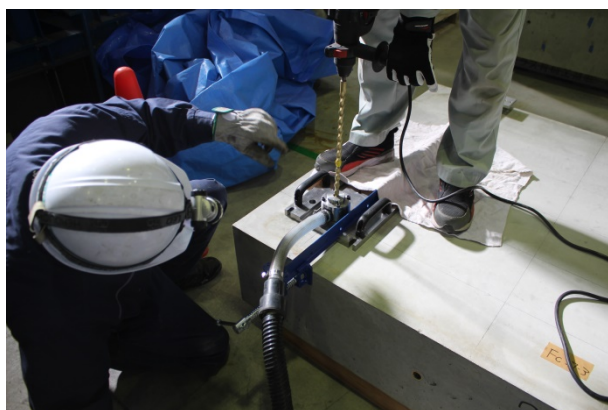
埋込み長さの2倍もしくは埋込み長さに100 mmを加味した厚さ以上とした。ただし、はしあき部分がコーン状破壊するような場合には、供試体の厚さをはしあき寸法の1.5倍以上とした。

コンクリート供試体は、あと施工アンカーの固着性能に影響するあと施工アンカー相互の干渉あるいはあと施工アンカー周辺のコンクリートの影響などを排除するため、あと施工アンカー間隔を埋込み長さの2倍以上、はしあきおよびへりあきを埋込み長さの1倍以上とした。ただし、はしあき部分がコーン状破壊するような場合には、あと施工アンカー間隔をはしあき寸法の3.0倍以上とした。

供試体の製作は、試験実施者の責任において製作する。ただし、アンカー筋の施工については、申請者もしくは申請者が指定する者が行うこととし、試験実施者は、申請者が定めた施工要領に準じて施工が実施されているかについて必ず立ち会いでの確認を行う。

試験体の製作は、載荷面に対して垂直に穿孔およびアンカー打設を行うための治具等を用いて施工するとよい。垂直に穿孔するための治具および打設時に垂直を保持するための治具の例を解図1、解図2に示す。

試験体の数量については、少なくとも5体は必要であり、より安定性を照査する場合には増やす必要がある。



解図1 穿孔用治具の例



解図2 アンカー打設用治具の例

#### (4) 試験方法

##### 1) 試験装置

試験装置は、載荷装置、荷重計測装置、変位測定装置より構成されるものとする。

- a. 載荷装置はあと施工アンカーにせん断力を与える加力装置とその反力を支える反力装置から構成される。
- b. 加力装置はあと施工アンカーの軸方向に対して直角にせん断力を与えられるような機構とし、想定される最大せん断強度を十分上回る加力装置を有し、かつ連続的にせん断力を加えられるものとする。
- c. 反力装置は、想定される最大せん断耐力に対して十分な強度を有し、加力によってせん断力方向が変わらないような十分な剛性を有するものとする。

##### 2) 荷重計測装置

- a. 荷重計測装置は、あと施工アンカーに加えられたせん断力を正確に測定できるものとする。
- b. 荷重計測装置は、想定される最大せん断力を十分上回る容量を持ち、計測装置の精度は±1.5%

以内とし、最少読取り値で最大引張荷重の1/20(5%)以下の荷重を計測できるものとする。

3) 試験方法

試験は、以下の手順によって行う。

- a. 載荷装置、荷重計測装置および変位計測装置をセットする。
- b. 載荷速度は、平均増加率、毎秒5~20 N/mm<sup>2</sup>程度で、あと施工アンカーにせん断力を加える。
- c. 荷重計測と変位測定は、同時に行い記録する。
- d. 試験終了後、せん断破壊位置、破壊状況、加力用鋼板取り付け面のせん断破壊状況を写真等により記録する。

4) 環境条件

5~35℃の環境において試験を行う。なお、特殊な環境下において使用することを想定した場合には、当該温度条件において試験を行う。

[解説]

1) 加力・計測方法

加力装置は、載荷装置、荷重計測装置、変位測定装置より構成されるものとする。解図3に載荷装置の参考例を示す。

a. 載荷装置

載荷装置は、あと施工アンカーに加力するための加力用鋼板とあと施工アンカーの軸方向に対して直角方向にせん断力を与えられる載荷部からなる加力装置と、その反力を支える反力装置から構成される。加力用鋼板の一例を解図4に示す。

あと施工アンカーには加力用鋼板を介してせん断力を加えられるようにする。また、あと施工アンカーに作用させるせん断力は一面せん断力とし、加力用鋼板は、あと施工アンカー以外により面外方向に拘束されないようにする。加力用鋼板の孔径は、できるだけボルト径に近いことが望ましく(解表1)、加力用鋼板の板厚さおよび材質は、あと施工アンカーの支圧に耐えられるように定める(解表2)。

解表1 アンカー筋の径と加力用鋼板の孔径(単位: mm)

|         |         |         |         |         |         |         |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| アンカー筋径* | D10(11) | D13(14) | D16(18) | D19(21) | D22(25) | D25(28) |
| 加力用鋼板孔径 | 12      | 16      | 20      | 23      | 27      | 30      |

\*:( )内の値は異形鉄筋の最外径

解表2 加力用鋼板の板厚さ(単位: mm)

|           |         |         |         |         |         |         |
|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| アンカー筋径    | D10(11) | D13(14) | D16(18) | D19(21) | D22(25) | D25(28) |
| 加力用鋼板板厚*1 | 13      | 15      | 20      | 25      | 30      | 38      |

\*: 加力用鋼板(SM490,  $F=330\text{ N/mm}^2$ ), アンカーボルト(F11T,  $\sigma_u=1100\text{ N/mm}^2$ ), あと施工アンカーの最大せん断荷重( $P_s=\sigma_u \times A_b / \sqrt{3}$  ( $\sigma_u$ : 引張強度,  $A_b$ : 断面積)), 加力用鋼板孔部支圧強度( $P_l=f_t \times d_a \times t$  ( $f_t$ : 支圧応力度 [ $f_t \geq 1.2F$ ],  $d_a$ : ボルト径,  $t$ : 板厚)),  $P_l \geq P_s$ となるように  $t$  を求めた。

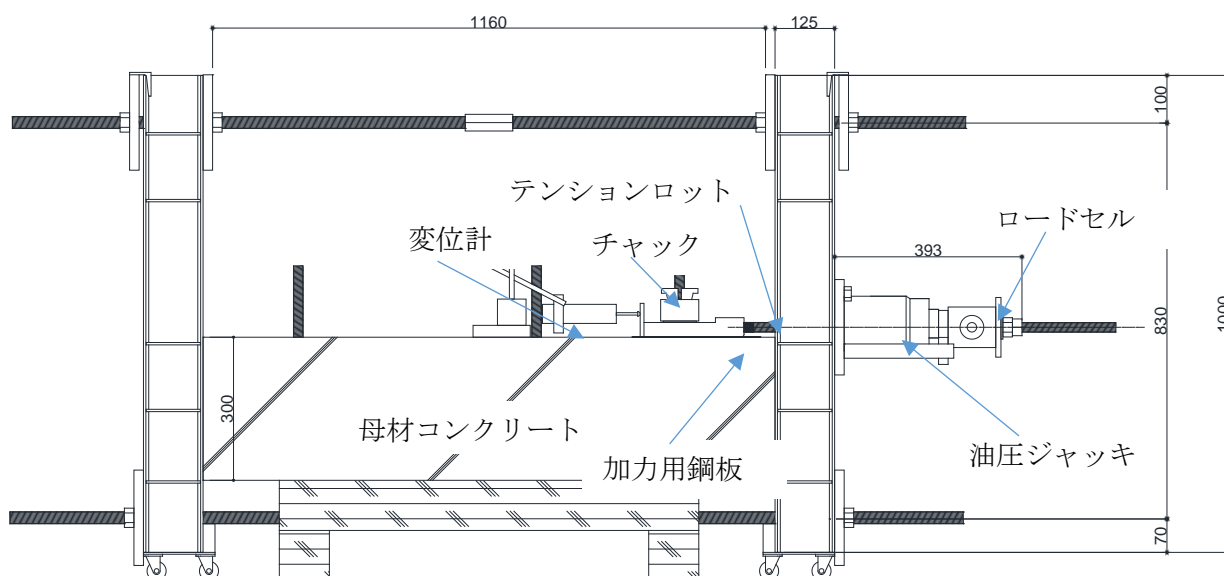
試験用アンカーボルトにより加力用鋼板の孔部分は、アンカーボルトから大きな局部応力を受ける。そのため、試験時に用いられる加力用鋼板は、通常用いるSS400, SM490程度の材質では、数回の使用で、局部応力を受ける部分が大きく局部変形し使用に耐えられなくなるため、S45C, S50C, SCM435などの高強度・高硬度材料が使われている。さらに、孔部分を保護する目的から孔部分のみ高強度・高硬度とする方式で試験されるようになってきた。したがって、加力用鋼板は、解図5に示すブッシュを介し・同一の加力用鋼板で各種のサイズのあと施工アンカーを試験してもよい。

解図5にD10, D16, D19のブッシュの参考例を示す。

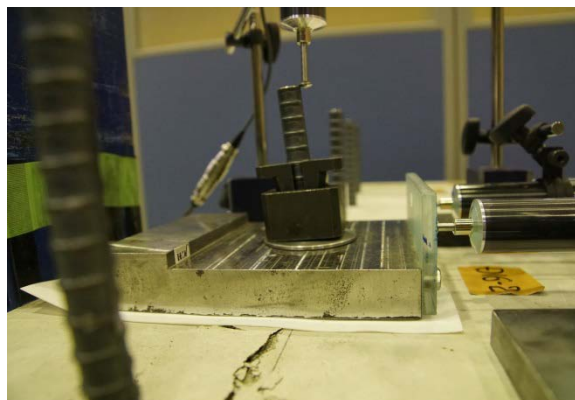
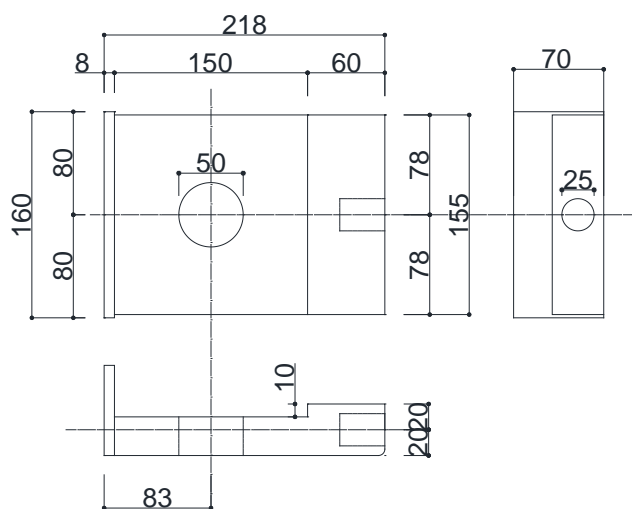
加力用鋼板の各辺の長さは、孔を設けることによる応力集中に対して、十分な強度と剛性を有するように定める。また、せん断力方向に対しては、取り付け鋼板の回転が生じにくい長さで面外変形が生じにくい剛性とする。加力用鋼板の一辺の大きさはアンカーボルト径の3.0～8.0倍程度とする。

外力は、あと施工アンカー軸方向に対し直角方向に、即ち、加力用鋼板の面内方向に作用させる。載荷部は、あと施工アンカーをせん断破壊させるための十分な荷重と変位容量を有し、連続的に加力できる装置とする。

反力装置は、想定される最大せん断力に対して十分な強度を有し、加力によってせん断力方向が変わらないような十分な剛性を有するものとする。はしあき部分がコーン状破壊するような場合には、せん断力の加力軸から両側にアンカー寸法の1.5倍以上の間隔をあけて反力装置を設置するものとする。



解図3 載荷装置の例



解図4 加力用鋼板の例

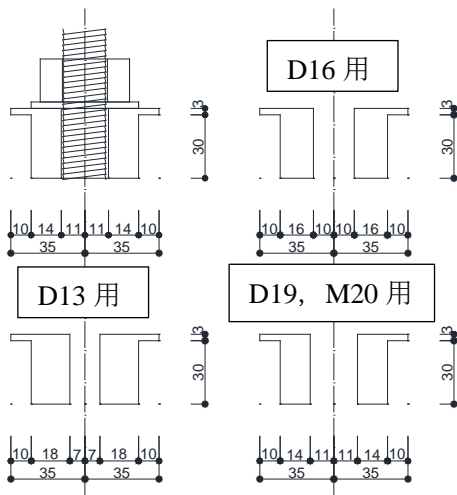
b. 荷重計測装置

荷重計測装置は、あと施工アンカーに加えられたせん断力を常にまたは定期的に、かつ正確に計測できるものでなければならない。荷重計測装置は、信頼性のない許容以上の荷重計測をしないように、想定される最大せん断耐力を十分上まわる容量を有するものを用いる。精度の良いロードセルなどを用いて測定する必要がある。計測装置の精度は±1.5%以内とし、最小読み取り値で最大せん断荷重の1/20(5%)以下の荷重を計測できるものとする。

c. 変位測定装置

変位測定装置は、あと施工アンカーのせん断力方向のせん断変位を常にまたは定期的に、かつ正確に測定できるものでなければならない。ボルトの抜け出し破断、コンクリートの支圧破壊を伴うボルトせん断破壊における最大せん断荷重時のせん断変位は大きな値を示すが、本せん断試験法では、あと施工アンカーにより物をコンクリート構造物に取付けた場合のせん断力伝達性能を把握することに主眼を置いていることから、アンカー筋径程度のせん断変位量が測定できれば良いものとする。せん断変位測定装置の読み取りまたは記録精度は、アンカー筋径の1/500以下の公差のものとする。

変位測定装置の一例を解図6に示した。変位測定装置は、載荷装置から独立して設け、荷重の影響を受けないように設置する。あと施工アンカー水平変位は、加力用鋼板の水平変位量として良いが、せん断力方向に対して同一面において、可能な限りアンカーおよびコンクリート面に近い位置の水平変位量を測定するものとする。



解図5 加力用鋼板のブッシュの例



解図6 変位測定装置の例

2) 試験方法

荷重を計測する装置は油圧ジャッキ等を用いて毎秒5~20 N/mm<sup>2</sup>(D13で38.1~152 kN/minに相当)の速度で載荷する。載荷および測定は、試験体の破壊時まで、またはアンカー筋径程度のせん断変位量まで継続する。データロガーの測定間隔は1秒もしくはそれ以下が望ましい。

荷重および変位の測定は、せん断変位がアンカー筋径程度まで行う。ただし、最大荷重は測定する。荷重-せん断変位関係で剛性の変化点について、実験終了後に確認できるように、試験中も荷重-せん断変位関係をモニターするなどして、荷重とせん断変位の関係を正確に評価できるように

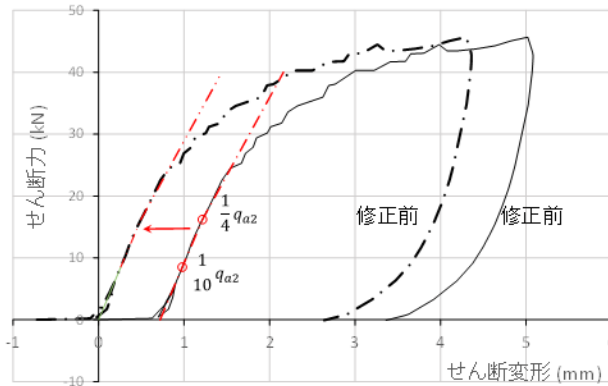
測定を行う必要がある。また、加力用鋼板のせん断スリップによる音の発生など、途中経過を記録する。

なお、解図7に実験で得られたせん断力(荷重)－せん断変形(変位)の関係の参考例を示す。通常、参考例で示した加力装置においては、加力用鋼板またはブッシュの孔においてアンカー筋と孔壁に隙間があるため、修正前の実験データのように加力初期時にアンカー筋が孔壁に接触するまでにスリップが生じる。ここでは、このスリップに関する修正方法を参考例として示す。接着系あと施工アンカーのせん断剛性に影響する要因はコンクリートの支圧強度(圧縮強度)と考えられる。したがって、データの補正は、アンカー筋を定着した母材コンクリートの支圧強度を評価する(解1)式を用いて修正する。

$$q_{a2} = 0.5\sqrt{F_c \cdot E_c} \cdot sc a \quad \dots\dots\dots (解1)式$$

ここで、 $q_{a2}$  : 定着したコンクリート母材の支圧強度により決まる場合の接着系アンカーボルト1本当たりのせん断強度  
 $F_c$  : コンクリートの設計基準強度 (N/mm<sup>2</sup>)  
 $E_c$  : コンクリートのヤング係数 (N/mm<sup>2</sup>)  
 $sc a$  : 接着系アンカーボルトの断面積で、軸部断面積とねじ部有効断面積の小なる値とする。

データは、ほぼ弾性範囲であると思われる区間での剛性を  $1/10q_{a2}$  と  $1/4q_{a2}$  から求め、その剛性からせん断力が0の時のせん断変位を求め、求めた変位が原点になるようにデータを補正する。



解図7 データの補正方法

3) 環境条件

試験は、原則 5～35℃環境下の試験室内で行う。屋外で実施する場合は、室内と同等な環境下で行えるよう適宜対策を施す。

試験時の環境条件は、特に有機系の樹脂に影響を与える可能性があるため、気温が管理された試験室内で実施する。試験体は、予め試験時の温度と同じ条件で養生しておき、室温と同程度とする。また、特殊な環境に曝される環境で使用されることが想定される場合には、想定される温度での試験を行う。特に、エポキシ樹脂については、40℃を超える範囲での使用が想定される場合には想定される環境条件での試験を実施する。

(5) 試験結果の整理

1) せん断強度の評価

接着系あと施工アンカーの終局せん断耐力は、破壊形式に応じて(1)式および(2)式による計算値に対して95%以上の信頼性を有することを確認する。

a. コンクリートが支圧破壊した時のあと施工アンカーの終局せん断耐力計算値

$$Q_{mc} = 0.4 \sqrt{E_c \cdot \sigma_B \cdot s a_e}, \text{ ただし, } 500 \leq \sqrt{E_c \cdot \sigma_B} \leq 900 \text{ (N/mm}^2\text{)} \dots\dots\dots (1) \text{ 式}$$

ここで、 $Q_{mc}$  : コンクリートが支圧破壊した時のあと施工アンカーの終局せん断耐力計算値(N)

$E_c$  : 試験体コンクリートの試験実施日のヤング係数(N/mm<sup>2</sup>)で、圧縮強度より推定してもよい。

$\sigma_B$  : 試験体コンクリートの試験実施日の圧縮強度(N/mm<sup>2</sup>)

$s a_e$  : アンカー筋の公称断面積(mm<sup>2</sup>)

b. アンカー筋が破断した時のあと施工アンカーの終局せん断耐力計算値

$$Q_{mu} = \frac{m \sigma_u}{\sqrt{3}} \cdot s a_e \dots\dots\dots (2) \text{ 式}$$

ここで、 $Q_{mu}$  : アンカー筋が破断した時のあと施工アンカーの終局せん断耐力計算値(N)

$m \sigma_u$  : アンカー筋の規格引張強さ(N/mm<sup>2</sup>)

$s a_e$  : アンカー筋の公称断面積(mm<sup>2</sup>)

c. 95%以上の終局せん断耐力の信頼性は、破壊形式毎に(3)式を満たすことにより確認する。

$$X_{mean} - t \cdot s \geq 1.0 \dots\dots\dots (3) \text{ 式}$$

ここで、 $X_{mean}$  : (実験値/終局せん断耐力計算値)の平均値で、(4)式による。

$$X_{mean} = \sum_{i=1}^N X_i / N \dots\dots\dots (4) \text{ 式}$$

$X_i$  : (実験値/終局せん断耐力計算値)

$N$  : 試験体数(同一破壊形式の試験体数)

$t$  : (実験値/終局せん断耐力計算値)の分布形状で、t分布表において片側95%の信頼限界を与える数値(N=5の時t=2.132)

$s$  : (実験値/終局せん断耐力計算値)の標準偏差で、(5)式による

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - X_{mean})^2}{N-1}} \dots\dots\dots (5) \text{ 式}$$

2) せん断剛性

あと施工アンカーの水平変位量が、コンクリートの圧縮強度の水準毎、アンカー筋の種別・呼び径ごとに下記の条件を95%以上の信頼性にて満たすことを確認する。

a.  $0.6Q_{mc}$ 時および $0.6Q_{mu}$ における水平変位量が3mm以下または $0.1d_a$ ( $d_a$ :アンカー筋呼び径)以下

ここで、 $Q_{mc}$  : (1)式による計算値。

$Q_{mu}$  : (2)式による計算値。

95%以上のせん断剛性の信頼性は、(6)式を満たすことにより確認する。

$$\delta_{mean} + t \cdot s \leq \delta_T \dots\dots\dots (6) \text{ 式}$$

ここで、 $\delta_{mean}$  : 上記 a.に規定する荷重時における水平変位量の平均値(mm)

$t$  : 上記 a.に規定する荷重時における水平変位量の分布形状で、t分布表にお

いて片側 95%の信頼限界を与える数値(N=5 の時  $t=2.132$ )

$s$  : 上記 a.に規定する荷重時における水平変位量の標本標準偏差で、(7)式による。

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\delta_i - \delta_{mean})^2}{N-1}} \dots\dots\dots (7) \text{式}$$

$\delta_i$  : 上記 a.に規定する荷重時における試験体水平変位量(mm)

$N$  : コンクリート圧縮強度の水準かつアンカー筋の種別・径毎の試験体数

$\delta_T$  : 上記 a.に記載の荷重時における水平方向変位量規定値(mm)

〔解説〕

1) 接着系あと施工アンカー筋のせん断に対する強度評価式は、コンクリートの支圧で決定する場合、アンカー筋の耐力で決定する場合の2通りがある。コンクリートの支圧により決定する式は、平成18年7月7日付け国住指第1015号「あと施工アンカー・連続繊維補強設計・施工指針」において、接着系あと施工アンカーを用いて既存の架構内に鉄筋コンクリート増設壁を設置する、あるいは枠付き鉄骨ブレースを設置する工法を対象として示されており、ここでも同様の式を記載している。一方、アンカー筋の耐力で決定する場合は、政令92条を準用した(2)式を用いることとする。なお当該式は日本建築あと施工アンカー協会の製品認証審査においても用いられている実績がある。

また、せん断強度のばらつきは学生分布のt分布に従うと仮定して、試験体本数との関係により95%信頼下限値を求め、それが申請者が選択した基準付着強度を満足するかどうかを評価することとした。これまでの試験結果などから、試験体数を5体とした場合には、試験における最小値と95%信頼下限値が概ね同程度の値となることが確認されている。また、変動係数が極端に大きい場合には試験体の施工や試験の実施に問題があることも考えられるため、変動係数が15%を超えるような場合には、ばらつきの原因を調査し、再試験を行う。また、試験体の数を5体以上で実施した場合は、それに適したt分布値を用いて評価してよい。

2) 接着系あと施工アンカーの品質確認のためにせん断剛性が確保されていることを確認する。これらは(社)日本建築あと施工アンカー協会の製品認証において実施されている方法を採用している。また、せん断剛性のばらつきも引張強度同様に扱うこととしている。

(6) 報告

試験終了後、試験実施者は以下の項目について報告する。

- 1) 試験実施者に関する事項(試験担当者の氏名・所属)
- 2) 試験実施日程に関する事項(母材コンクリート打設、アンカー筋施工、せん断強度試験実施)
- 3) 試験の対象とした製品に関する事項(申請者、製品名、ロット番号)
- 4) 母材コンクリートに関する事項(レディーミクストコンクリート製造者、調合および使用材料、打設後の養生、圧縮強度試験結果)
- 5) せん断強度試験結果(試験体ごとの荷重-変位曲線、最大耐力、せん断強度、せん断剛性、破壊モード)
- 6) せん断強度試験の計算結果(せん断強度の平均値および95%信頼下限値、せん断剛性の平均値および95%信頼下限値)



び95%信頼下限値)

7) その他試験実施における特記事項

## 2-6 まとめ

2.1 節では、本課題において適用を検討している注入方式の接着系あと施工アンカー単体の性能の確認試験の整備状況、および平成20年度～平成22年度の建築基準整備促進事業での検討内容について概説し、本課題に至る経緯を述べた。

2.2 節では、平成27年度に実施した検討内容について報告した。接着系あと施工アンカー単体の性能および品質の確認方法の標準化のために、付着強度試験の標準化のための検討として、コンクリート母材強度、アンカー筋の径・種類、試験時の拘束条件、温度条件などを水準とした実験を実施し、試験方法標準化のための基礎的資料を整備したことや、クリープ特性に対する環境温度の影響を評価するため、温度条件の異なる長期引張試験（クリープ試験）の载荷を開始したことを述べた。

2.3 節では、平成28年度に実施した検討内容について報告した。長期引張試験として、クリープによる破壊限度を得るための短期クリープ試験、および温度条件、応力条件の異なるクリープ試験を実施したことや、平成27年度に载荷開始した長期引張試験（350日間のクリープ試験）の試験結果およびその評価について検討内容を述べた。

2.4 節では、平成29年度に実施された、2.5 節で提案されているクリープ試験方法の原案に応じたクリープ試験の実施、ばらつき等に関する検討について報告した。

2.5 節では、これまでの検討結果を踏まえ、アンカー単体の性能評価試験に必要となる評価試験方法として、付着強度試験、持続的载荷試験、引張強度試験、およびせん断強度試験の提案を行った。

## 参考文献

- 2.1) 東京ソイルリサーチ, 芝浦工業大学:平成 27 年度建築基準整備促進事業報告書「あと施工アンカーを用いた部材の構造性能確認方法に関する検討」, 2016.3
- 2.2) 久保田龍太, 濱崎仁, 高橋宗臣, 土屋直子:環境温度が接着系あと施工アンカーの付着強度および剛性に及ぼす影響, あと施工アンカーの耐久性評価と設計方法の高度化に関するシンポジウム論文集, pp.183-190, 2016.6
- 2.3) 濱崎仁:制度的・技術的課題からみた建築ストック活用促進のための研究, 平成 25 年度独立行政法人建築研究所講演会テキスト, pp.9-24, 2014.3
- 2.4) 国土交通省:あと施工アンカー・連続繊維補強設計・施工指針, 2006.7
- 2.5) 日本建築学会:各種合成構造設計指針・同解説, 2010.11
- 2.6) 内田祐介ほか:接着系アンカーの引き抜き強度に関するばらつきの検証 その1 実験結果およびその2 ばらつきの検証結果, 日本建築学会大会学術講演梗概集 C-2, pp.247-250, 2015.9
- 2.7) American Concrete Institute: Qualification of Post-Installed Adhesive Anchors in Concrete (ACI 355.4-11), 2011.8
- 2.8) European Organisation for Technical Approvals: ETAG 001 GUIDELINE FOR EUROPEAN TECHNICAL APPROVAL OF METAL ANCHORS FOR USE IN CONCRETE Part five: BONDED ANCHORS Part five: BONDED ANCHORS, 3rd Amended, 2013.4
- 2.9) 中野克彦ほか:あと施工アンカーの長期許容応力度に関する研究 その3 引張クリープ実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集 C-2, pp.639-640, 2011.9
- 2.10)久保田龍太ほか:接着系あと施工アンカーのクリープ特性に及ぼす載荷荷重の影響, 日本コンクリート工学会年次論文集, Vol.37, No.1, pp.1627-1632, 2015.7
- 2.11) 石村貞夫:統計解析のはなし, 東京図書, pp.254-256, 1989.4
- 2.12)安藤重裕ほか:あと施工アンカーの引張クリープ試験方法の基礎的評価, 日本建築学会技術報告集, 第47号, p.7-10, 2015.2
- 2.13) Fisher, J.W. et al.: Shear Strength of Stud Connectors in Light-Weight and Normal-Weight Concrete, A.I.S.C., Eng. J., 1971.4
- 2.14) 秋山友昭, 細川洋治, 加藤政文, 宇佐美滋, 大芳賀義喜, 木崎襲一:あと施工アンカーの試験方法標準化に関する研究 その1 標準試験法概要, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1999.9, pp.549~550,
- 2.15) 丹羽亮, 細川洋治, 宇佐美滋, 中野克彦, 大森正秀, 今井清史:あと施工アンカーの試験方法標準化に関する研究 その2 標準せん断試験法・確認試験概要, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1999.9, pp.551~552
- 2.16)加藤政文, 細川洋治, 宇佐美滋, 中野克彦, 大森正秀, 今井清史:あと施工アンカーの試験方法標準化に関する研究 その3 標準せん断試験法・確認試験結果, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1999.9, pp.553~554
- 2.17) 安藤重裕:無機系注入式あと施工アンカー材の接着特性に関する実験的研究, 千葉工業大学学位請求論文, 2017.3
- 2.18) 久保田龍太, 濱崎仁, 安藤重裕, 高橋宗臣:接着系あと施工アンカーのクリープ特性に及ぼす載荷荷重の影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.37, No.1, pp.1627-1632, 2015.7



## 第3章

接着系あと施工アンカーに使用される接着剤単体の物性

および品質確認試験

### 3-1 検討概要

#### 3-1-1 検討目的

あと施工アンカーに使用される接着剤単体の品質確認方法は、適用される制度や技術基準等によって評価項目や評価方法、評価基準が異なるのが現状である。表 3.4.1.1 に国土交通省「建築改修工事監理指針」（以下、改修監理指針）<sup>3.1)</sup>、日本建築学会「各種合成構造設計指針・同解説」<sup>3.2)</sup>（以下、各種合成構造指針）および JCAA 製品認証における評価項目と評価基準を示す。

これらの品質基準については、必ずしも注入方式を想定していないこと、付着性能との関係について明らかではないことなどから、合理的な品質基準となっていないことが指摘されている。そこで本課題においては、あと施工アンカー製品の品質を確認するための検討として、評価項目および評価基準について、付着性能との相関性、評価項目間の相関性などを考慮した基準の検討のための実験を行った。また、試験片の製作方法についても、従来は標準的な方法が示されていない状況であったため、製作手順の標準化のための検討を行った。

表 3.1.1 製品認証、監理指針および各種合成構造指針における接着剤の品質基準

| 評価項目                          | 試験方法       | 改修監理指針                 |         | 各種合成構造指針                          |         | JCAA 製品認証                         |         |
|-------------------------------|------------|------------------------|---------|-----------------------------------|---------|-----------------------------------|---------|
| 圧縮強さ<br>(N/mm <sup>2</sup> )  | JIS K 7181 | 有機系                    | 98.0 以上 | 有機系 <sup>ア</sup> セル               | 98.0 以上 | 有機系*                              | 98.0 以上 |
|                               |            | 無機系                    | 29.4 以上 | 有機系注入                             | 50.0 以上 | 有機系**                             | 50.0 以上 |
| 圧縮弾性率<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | JIS K 7181 | 9.8×10 <sup>2</sup> 以上 |         | 9.8×10 <sup>2</sup> 以上<br>(有機系のみ) |         | 9.8×10 <sup>2</sup> 以上<br>(有機系のみ) |         |
| 引張強さ<br>(N/mm <sup>2</sup> )  | JIS K 7113 | 19.6 以上                |         | 19.6 以上                           |         | 19.6 以上                           |         |
|                               | JIS K 7161 | (有機系のみ)                |         | (有機系のみ)                           |         | (有機系のみ)                           |         |
| 曲げ強さ<br>(N/mm <sup>2</sup> )  | JIS K 7181 | 有機系                    | 29.4 以上 | 29.4 以上                           |         | 29.4 以上                           |         |
|                               |            | 無機系                    | 4.9 以上  | (有機系のみ)                           |         |                                   |         |
| 耐アルカリ性***                     | JIS K 7171 | 10%以内<br>(有機系のみ)       |         | 10%以内<br>(有機系のみ)                  |         | 10%以内<br>(有機系のみ)                  |         |

\* : フィラーを含まない接着剤(ピュア樹脂)

\*\* : フィラーを含む接着剤

\*\*\* : 100°C・10%水酸化ナトリウム水溶液に 100 時間浸漬した時の質量減少率

#### 3-1-2 検討内容

平成 28 年度の検討では、接着剤単体の物性評価方法および評価基準に関する検討、接着剤の同一性の確認のための検討として、主に以下のような検討を行った。3.2 節～3.5 節にて検討結果を報告する。

- (1) 既往の付着試験データと製品ごとに提供される品質試験結果の関係の把握(3.2 節)
- (2) 注入工法(カートリッジ式・エポキシ樹脂)における試験片製作の標準化に関する検討  
ガラス板とスペーサを用いて製作する方法を提案したが、その提案を平成 29 年度に標準化しているので、3.7 節にて報告する。
- (3) 市販の接着剤およびフィラー量を変えた樹脂による接着剤の各種物性値と付着強度の関係(3.3 節)
- (4) 燃焼試験によるフィラー量の推定方法に関する検討(3.4 節)  
詳細については、文献<sup>3.3)</sup>に示している。
- (5) FT-IR(赤外線分光スペクトル)による樹脂の区分(3.5 節)

平成 29 年度の検討においては、以下について検討を行い、接着剤の品質評価方法の提案を行うこととした。3.6 節～3.9 節にて検討結果を報告する。なお、3.6 節～3.9 節での検討は、芝浦工業大学と(一社)日本建築あと施工アンカー協会の共同研究として実施した成果を反映させたものである。

### 第3章 接着系あと施工アンカーに使用される接着剤単体の物性および品質確認試験

- (1) あと施工アンカーの拘束状態を考慮した接着性の簡易試験方法の検討(3.6節)
- (2) ラジカル反応樹脂系接着剤における試験片製作方法の検討(3.7節)
- (3) 市販の接着剤の物性評価試験，接着性試験，燃焼試験の実施(3.8節)
- (4) 上記を踏まえた品質基準値の検討(3.9節)

また、3.9節では、接着系あと施工アンカーに使用する接着剤の圧縮強さ試験方法，圧縮弾性率試験方法，接着系あと施工アンカーの接着力試験方法，燃焼試験方法および耐アルカリ試験方法の提案を行った。

### 3-2 付着試験結果と接着剤の品質に関する調査

#### 3-2-1 調査方法

接着剤単体の性能評価の妥当性を検証するため、既往の付着試験データとそこで用いられた接着剤の品質に関するデータの関連性について調査した。付着試験データは、平成25年に実施されたURとJCAAの共同研究として実施された実験の結果を参照した。この結果は文献<sup>3,4)</sup>などに報告されている。試験が実施された接着剤および工法は、30種類あり、有機系として、エポキシ樹脂、エポキシアクリレート樹脂、アクリル樹脂などが使用され、セメント系の接着剤も使用されている。なお、ここでの穿孔は、湿式コアを用いた穿孔である。これらの接着剤に対して、JCAAの協力により製品の品質に関するデータを収集し、付着強度と製品の品質データの関係を整理した。また、性能評価項目間での関係を整理した。

#### 3-2-2 調査結果

調査結果の一覧を表3.2.1に示す。また、図3.2.1～図2.2.4に樹脂単体の圧縮強度、曲げ強度、引張強度、引張せん断接着強度と付着強度の関係を示す。また、図2.2.5～図2.2.7に樹脂単体の圧縮強度、曲げ強度、引張強度それぞれの関係を示す。

付着強度と圧縮強度、曲げ強度、引張強度の間には明瞭な相関関係は見られない。引張せん断接着強度と付着強度の間には、いくらかの相関があると思われるが。それでも明瞭な関係として表れているものではなく、接着剤の樹脂の種類の違いが影響しているようにも思われる。これらのデータからは付着性能を間接的に評価するための品質基準としては合理性がないことになる。

また、接着剤単体の品質基準には、あと施工アンカーに使われている材料が一定の品質があることや粗悪品などが安易に使用されることがないようにする意図もある。その場合、付着強度との直接的な関係はなくとも樹脂の特性値として良好であることが確認できればよいことになる。そういったことから、各物性値の関係について確認すると図3.2.5～図3.2.7のようになるが、例えば、引張強度と曲げ強度の間には明瞭な相関関係があり、このような場合には、複数の試験項目で確認しなくとも一つの代表的な指標により品質を確認することが可能であると思われる。

表3.2.1 付着強度と品質評価データ一覧

| 接着剤の種類        | 付着強度              | 圧縮強度              | 引張強度              | 曲げ強度              | 引張せん断<br>接着強度     | シャルピー<br>衝撃強度     | 硬度  |
|---------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----|
|               | N/mm <sup>2</sup> | N/mm <sup>2</sup> | N/mm <sup>2</sup> | N/mm <sup>2</sup> | N/mm <sup>2</sup> | kJ/m <sup>2</sup> | HDD |
| エポキシ樹脂①       | 24.8              | 132.0             | 60.5              | 97.9              | 17.0              | 7.8               | 89  |
| エポキシ樹脂②       | 21.1              | 109.0             | 75.7              | 118.0             |                   | 9.4               | 85  |
| エポキシ樹脂③       | 21.6              | 145.0             | 44.4              | 97.8              | 10.1              | 4.0               | 90  |
| エポキシ樹脂④       | 25.3              | 77.3              | 30.7              | 65.2              | 23.9              | 7.0               | 85  |
| エポキシ樹脂⑤       | 21.6              | 98.6              | 52.8              | 96.8              | 13.5              | 6.1               | 88  |
| エポキシ樹脂⑥       | 25.6              | 108.0             | 65.0              | 107.0             |                   |                   |     |
| エポキシアクリレート樹脂① | 18.6              | 198.6             | 52.0              | 86.4              | 13.2              | 4.8               | 90  |
| エポキシアクリレート樹脂② | 14.7              | 260.0             | 30.0              | 66.2              |                   | 1.3               | 89  |
| エポキシアクリレート樹脂③ | 17.1              | 142.0             | 31.0              | 51.0              |                   |                   |     |
| アクリル樹脂①       | 15.3              | 124.0             | 25.0              | 49.0              | 13.1              |                   |     |
| セメントモルタル①     | 25.3              | 61.7              |                   | 10.1              |                   |                   |     |
| セメントモルタル②     | 20.4              | 61.2              |                   | 5.3               |                   |                   |     |



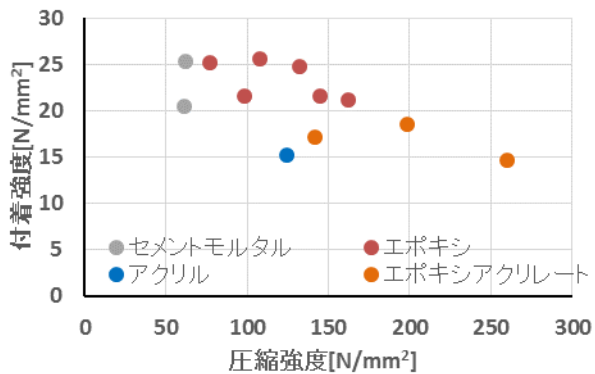


図 3.2.1 圧縮強度と付着強度の関係

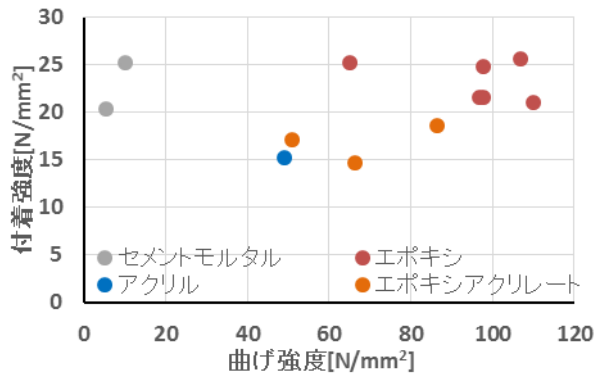


図 3.2.2 曲げ強度と付着強度の関係

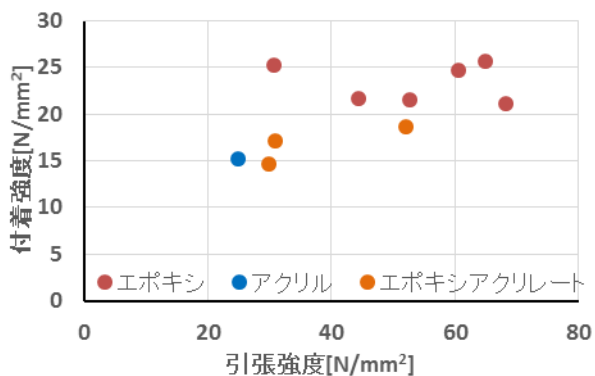


図 3.2.3 引張強度と付着強度の関係

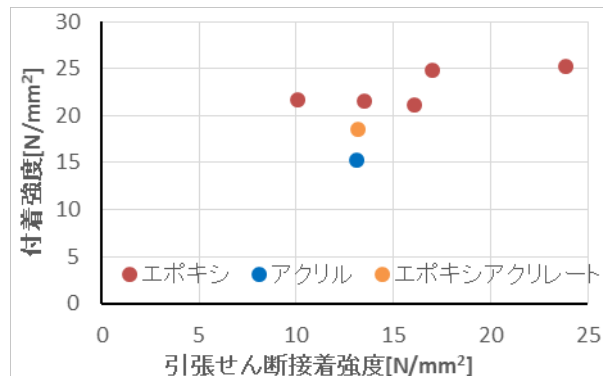


図 3.2.4 引張せん断接着強度と付着強度の関係

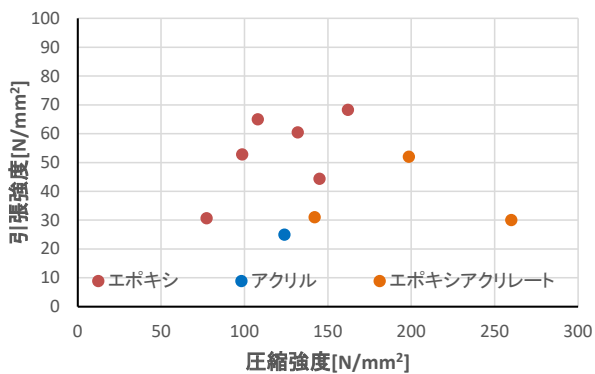


図 3.2.5 圧縮強度と引張強度の関係

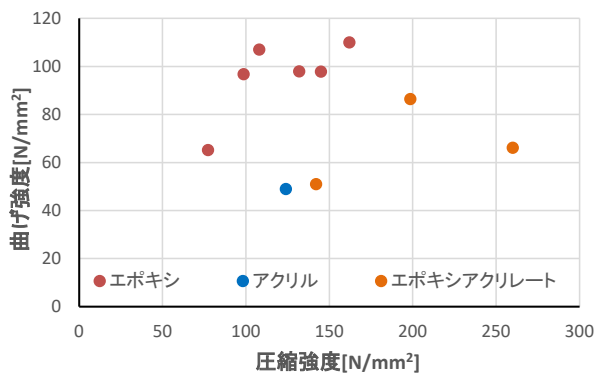


図 3.2.6 圧縮強度と曲げ強度の関係

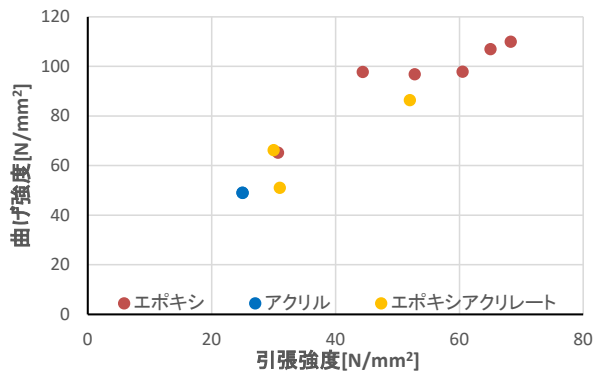


図 3.2.7 引張強度と曲げ強度の関係

### 3-3 接着剤の物性値評価に関する実験

#### 3-3-1 検討概要

前述の通り、接着剤の品質基準値とあと施工アンカーの付着性能の間には明瞭な関係はないことが示されているが、一方で、接着剤の品質が一定以上のものであることを接着剤単体のレベルでも確認する必要がある。そこで、平成28年度の検討では、エポキシ系とセメント系の接着剤について、樹脂の調合を変えた接着剤を用意し、それぞれ、アンカーの付着強度試験と接着剤単体の品質評価試験を行うことにより、品質評価に必要な評価項目およびその妥当性について検討した。

#### 3-3-2 実験計画

##### (1) 実験内容と使用した接着剤

実験は、あと施工アンカーの付着強度試験、接着剤単体の品質評価試験、接着性を評価するための接着強度試験を実施した。それぞれの実験の要因と水準を表3.3.1に示す。

表 3.3.1 実験に使用した接着剤の仕様

| 接着剤      | 仕様等            | 付着強度試験 | 樹脂単体性能試験            | 接着強度試験 |
|----------|----------------|--------|---------------------|--------|
| エポキシ樹脂 A | 樹脂のみ(ピュア)      | ○      | ○                   | ○      |
|          | フィラー量：通常製品の1/2 | ○      | ○                   | ○      |
|          | フィラー量：通常製品     | ○      | ○                   | ○      |
|          | フィラー量：通常製品の2倍  | ○      | ○                   | ○      |
| エポキシ樹脂 B | クリープ試験等使用品     |        | ○                   | ○      |
| セメント系    | 混練水量：-20%      | ○      | ○ (曲げ、曲げ弾性率、引張試験除く) | ○      |
|          | 混練水量：標準        | ○      | ○ (曲げ、曲げ弾性率、引張試験除く) | ○      |
|          | 混練水量：+20%      | ○      | ○ (曲げ、曲げ弾性率、引張試験除く) | ○      |

##### (2) 試験体および試験方法

付着強度試験に用いた試験体は、内径φ200mm・高さ60mmの鋼管内に打設した母材コンクリートにM12の全ねじボルトを注入方式で施工した。試験体の製作方法は、2-3-2項に示した内容と同様である。母材コンクリートは、平成28年11月24日に打ち込み、14日間養生後にアンカー筋を打設した。母材コンクリートの強度試験結果は、表2.3.2.4に示したとおりである。

実験に使用した接着剤は表3.3.1に示したものでありエポキシ樹脂Aについては、フィラーの有無および混入量を変えたものであり、JCAAの協力により特別に製造されたものである。エポキシ樹脂Bは平成27年度および28年度の実験に使用しているものである。セメント系の接着剤は混練水量を標準量および標準量に対して±20%とした水準であり、この範囲はアンカー筋の施工が可能な上下限の混練水量とされている。

付着強度試験の方法は、平成27年度に実施した方法と同じである。写真3.3.1に載荷試験装置、写真3.3.2に変位計の取付け状況を示す。

樹脂単体の試験方法は、表3.1.1に示したJISの規定に準じた。試験片は、圧縮せん断接着試験以外については、後述3-7項の試験片の作成方法に準じて製作した。試験の実施は、財団法人化学物質評価研究機構(CERI)に依頼して実施した。

樹脂の接着強度試験は、JIS K 6852(接着剤の圧縮せん断接着試験方法)に従って実施した。試験体は、接着剤をCERIに持ち込み、CERIにおいて作成した。



写真 3.3.1 載荷試験装置

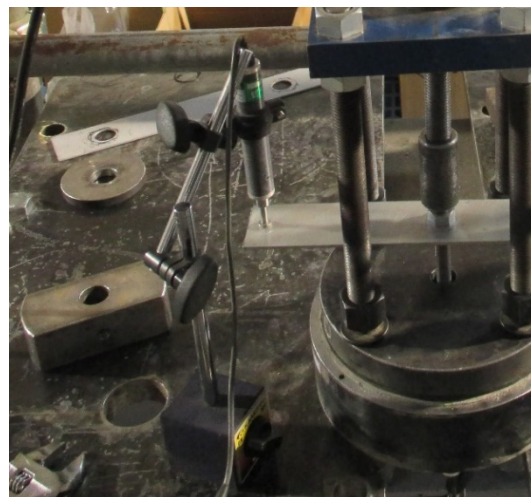


写真 3.3.2 変位計の取付け状況

### 3-3-3 実験結果

#### (1) 付着強度

付着試験の結果を表 3.3.2 に示す。また各水準の付着強度と最大荷重時の変位を図 3.3.1～図 3.3.6 に示す。なお変位は全て自由端変位である。付着強度は鉄筋側での付着面積と母材側での付着面積で求めた。それぞれの式を(3.3.1)式および(3.3.2)式に示す。

最大荷重を付着長さとし鉄筋周長で除した場合の付着強度算定式(付着強度 1)

$$\tau = P_{\max} / l_e \cdot \pi \cdot d_a \quad (3.3.1) \text{式}$$

最大荷重を付着長さとし穿孔周長で除した場合の付着強度算定式(付着強度 2)

$$\tau = P_{\max} / l_e \cdot \pi \cdot D \quad (3.3.2) \text{式}$$

ここで、

$\tau$  : 付着強度 (N/mm<sup>2</sup>)       $d_a$  : 鉄筋の呼び径 (mm)

$P_{\max}$  : 最大荷重 (N)       $D$  : 穿孔径 (mm)       $l_e$  : 付着長さ (mm)

表 3.3.2 付着試験結果

| 接着剤 | フィラー量/<br>混練水量 | 平均付着<br>強度1          | 標準偏差                 | 変動係数 | 平均付着<br>強度2          | 標準偏差                 | 変動係数 | 平均変位 | 標準偏差 | 変動係数  |
|-----|----------------|----------------------|----------------------|------|----------------------|----------------------|------|------|------|-------|
|     | [%]            | [N/mm <sup>2</sup> ] | [N/mm <sup>2</sup> ] | [%]  | [N/mm <sup>2</sup> ] | [N/mm <sup>2</sup> ] | [%]  | [mm] | [mm] | [%]   |
| EP  | ピュア(0)         | 27.81                | 1.68                 | 6.05 | 23.27                | 1.48                 | 6.36 | 0.89 | 0.06 | 6.61  |
|     | 50             | 24.79                | 0.89                 | 3.57 | 20.68                | 0.74                 | 3.58 | 1.04 | 0.16 | 15.68 |
|     | 製品(100)        | 26.52                | 1.52                 | 5.71 | 22.23                | 1.29                 | 5.80 | 1.24 | 0.13 | 10.64 |
|     | 200            | 26.68                | 2.04                 | 7.64 | 22.21                | 1.66                 | 7.45 | 0.88 | 0.14 | 16.21 |
| C   | 80             | 20.10                | 1.76                 | 8.78 | 16.77                | 1.47                 | 8.78 | 0.16 | 0.04 | 24.03 |
|     | 製品(100)        | 19.28                | 0.71                 | 3.67 | 16.09                | 0.59                 | 3.67 | 0.16 | 0.01 | 3.94  |
|     | 120            | 13.84                | 1.16                 | 8.38 | 11.55                | 0.97                 | 8.38 | 0.24 | 0.08 | 31.94 |

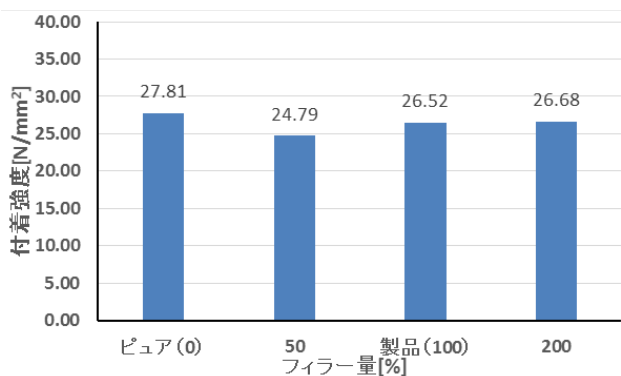


図 3.3.1 エポキシ樹脂 付着強度 1

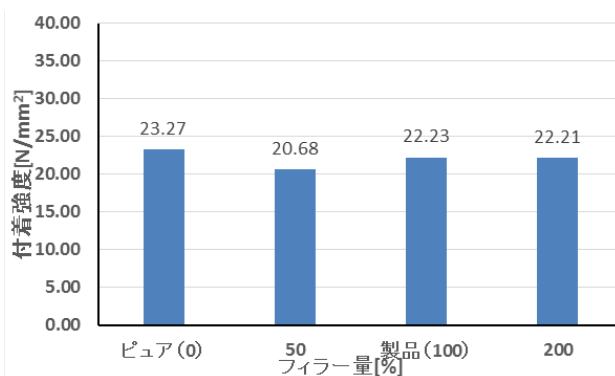


図 3.3.2 エポキシ樹脂 付着強度 2

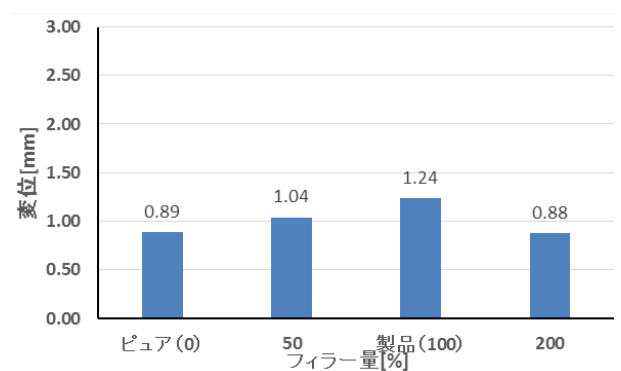


図 3.3.3 エポキシ樹脂 最大荷重時の変位

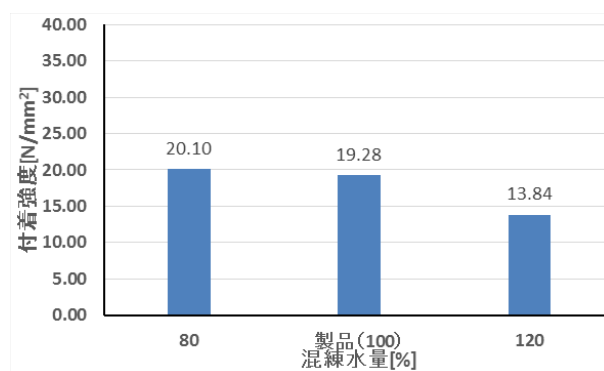


図 3.3.4 セメント系 付着強度 1

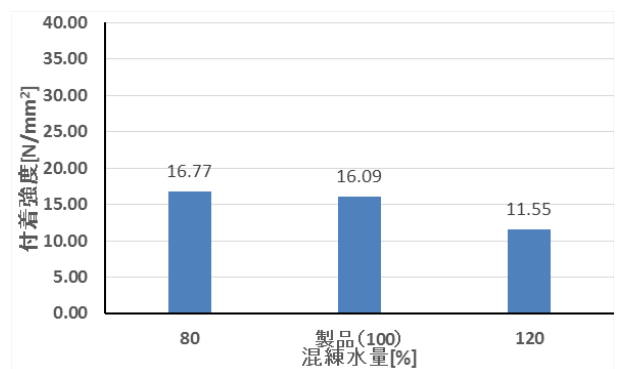


図 3.3.5 セメント系 付着強度 2

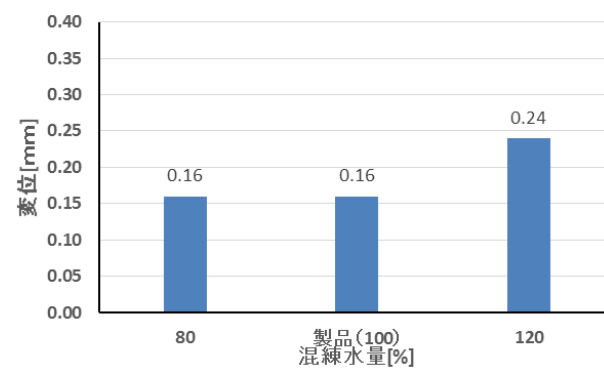


図 3.3.6 セメント系 最大荷重時の変位

エポキシ樹脂について、フィラー量と付着強度では両者にほぼ関係性がないと考えられる。最大荷重時の変位は 0%, 50%, 製品(100%)で増加している。一方で 200%ではほぼ 0%と同じ値になっている。このことから、ある点まではフィラーが増加すると最大荷重時の変位も増加すると考えられる。また付着強度のばらつきはいずれも 10%以下と非常に小さい。4水準のうち 0%以外の接着剤はカートリッジ方式で、0%のみ現場調合方式での施工であったため、0%ではばらつきが大きいと考えていたが、実際にはカートリッジ方式とほぼ変わらないことがわかった。

施工時の点としては、0%の接着剤は流動性が非常に大きく 200%では接着剤が固い。特に後者ではアンカー筋の挿入に必要な力が大きく、ハンマーで打撃を幾度も与えて無理やり打設をするような形となった。これらの問題から、あと施工アンカーに使用される接着剤のフィラーが持つ意味としては、硬化後の強度というよりは施工性の向上が大きいのではないかと思われる。ただしフィラー量と変位の関係については今後行われる試験と併せて考察を行う必要がある。

セメント系では付着強度、変位ともに混練水量 80%と 100%でほぼ変わっていない。一方で 120%で

は付着強度が 0.6 倍、変位が 1.5 倍と大きく変化している。モルタル強さ試験では一般に水セメント比と圧縮強度が負の比例関係であることを考慮すると、120%の接着剤では 100%のものより接着剤単体の圧縮強度が低くなると予想される。ばらつきは、強度については低い数値となっている。しかし変位は混練水量 80%と 120%でそれぞれ 24%、32%と非常に大きい。原因としては本来の仕様と異なる量の混練水を使用したことが考えられる。特に混練水量 80%の接着剤は調合時に十分な攪拌をできなかった可能性がある。

(2) 荷重変位曲線

図 3.3.7 にエポキシ系の各樹脂の荷重変位曲線、図 3.3.8 にセメント系の荷重変位曲線を示す。図に示したものは、各水準内で付着強度が最も平均に近いものである。

エポキシ樹脂について、荷重変位曲線は各水準内でのばらつきが比較的少ない。また降伏後はなだらかに荷重が低下する傾向となっている。一部の試験体では荷重が下がったのちに一度荷重が増加している。水準間では大きな差はみられなかった。セメント系はエポキシと比べ最大荷重後の荷重減少が速い傾向にある。エポキシ樹脂と同様に水準間での差はみられなかった。

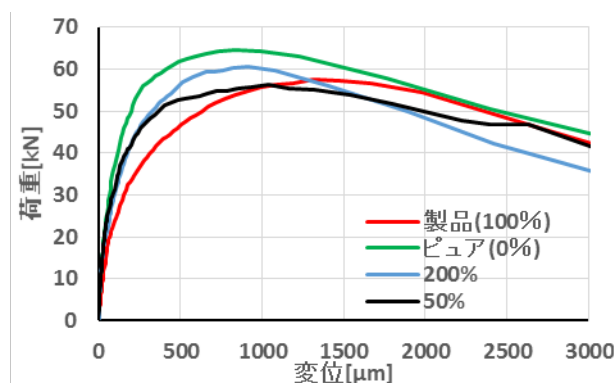


図 3.3.7 荷重変位曲線(エポキシ)

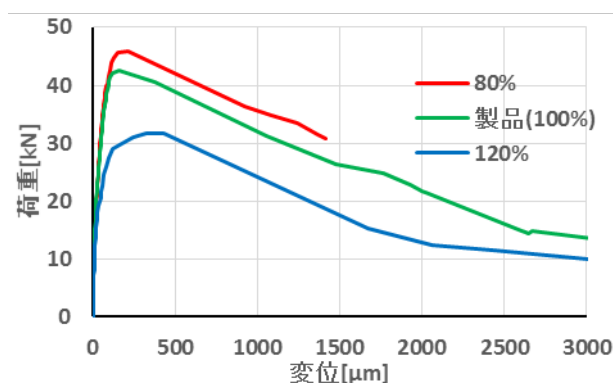


図 3.3.8 荷重変位曲線(セメント)

(3) 自由端変位 0.024 時の応力

各接着剤の初期剛性の目安として、自由端変位が 0.002D(=0.024mm)時における応力を表 3.3.3 に示す。また、図 3.3.9 および図 3.3.10 にエポキシ樹脂およびセメント系接着剤の各水準の比較を示す。

エポキシ樹脂ではフィラー量と初期剛性には関係性がないと思われる。一方で、セメント系では混練水量が多くなると初期剛性が減少していることがわかる。混練水量の多くなると水セメント比が大きくなることから、接着剤自身の強度および剛性が低下するため、付着試験時の剛性にも影響を与えていると思われる。

表 3.3.3 自由端変位 0.002D 時の応力

| 接着剤 | フィラー量/<br>混練水量 | 0.024強度              | 標準偏差                 | 変動係数  |
|-----|----------------|----------------------|----------------------|-------|
|     | [%]            | [N/mm <sup>2</sup> ] | [N/mm <sup>2</sup> ] | [%]   |
| EP  | ピュア(0)         | 6.96                 | 0.34                 | 4.82  |
|     | 50             | 7.06                 | 1.16                 | 16.43 |
|     | 製品(100)        | 6.33                 | 1.46                 | 23.01 |
|     | 200            | 7.45                 | 0.57                 | 7.59  |
| C   | 80             | 9.37                 | 1.28                 | 13.69 |
|     | 製品(100)        | 8.78                 | 0.73                 | 8.27  |
|     | 120            | 7.64                 | 0.85                 | 11.09 |

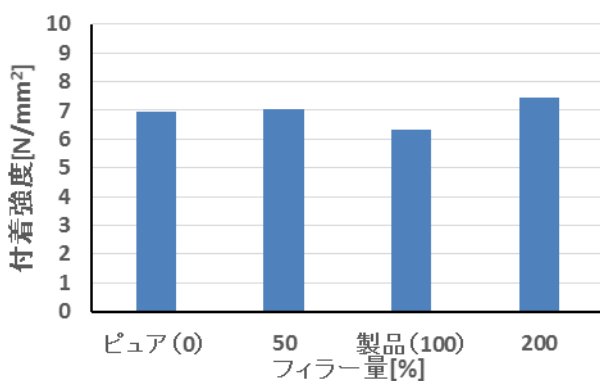


図 3.3.9 0.002D 時の応力 (エポキシ樹脂)

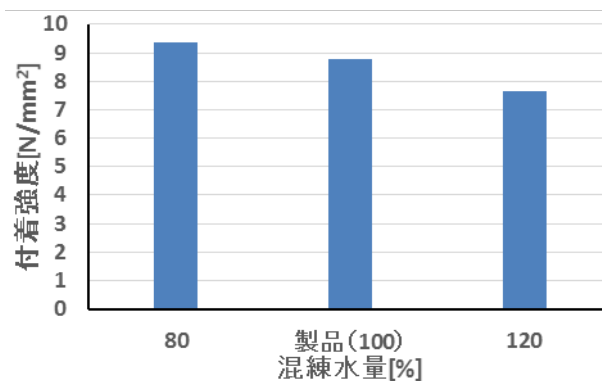


図 3.3.10 0.002D 時の応力 (セメント系)

### 3-3-4 樹脂単体の性能試験および接着強度試験

樹脂単体の性能試験および接着強度試験の結果については、結果のみをとりまとめて記載する。

#### (1) 接着強度と接着剤の物性値の関係

接着強度と、接着剤の各種物性値(圧縮強度、圧縮弾性率、引張強度、曲げ強度、曲げ弾性率、圧縮せん断接着強度)の関係について、図 3.3.11～図 3.3.16 に示す。また、エポキシ樹脂件接着剤におけるフィラー量およびセメント系における混練水量との関係を見るため、接着強度および各種物性値との比較を図 3.3.17～図 3.3.20 に示す。

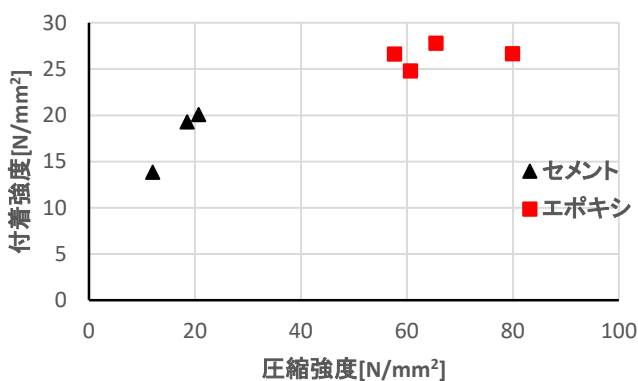


図 3.3.11 圧縮強度と接着強度の関係

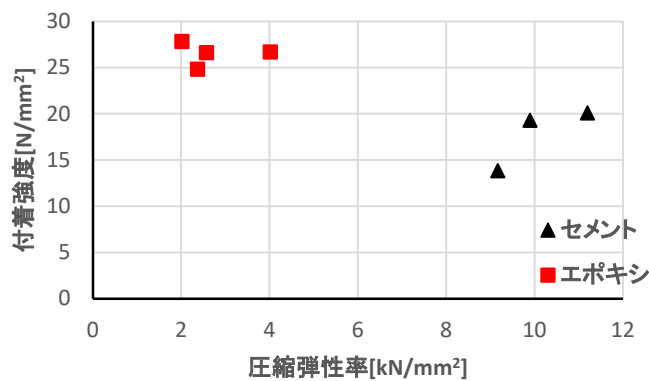


図 3.3.12 圧縮弾性率と接着強度の関係

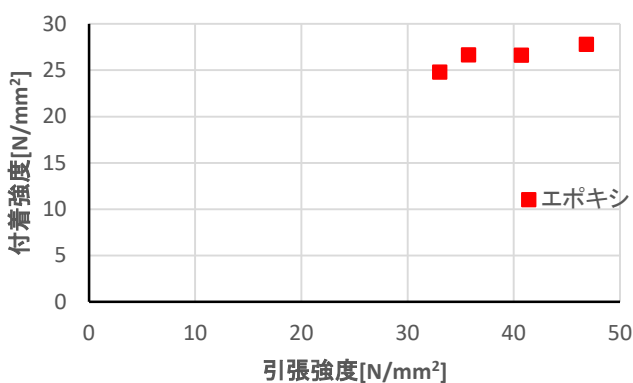


図 3.3.13 接着強度と引張強度の関係

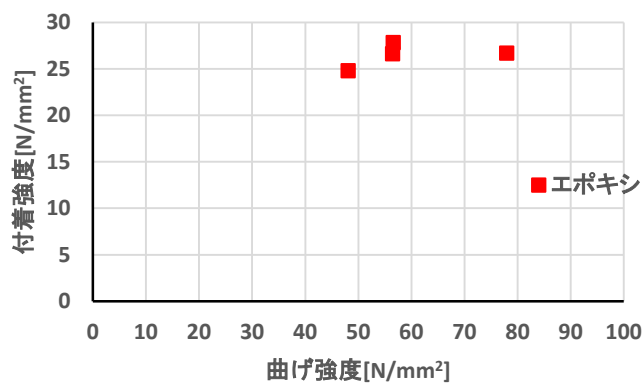


図 3.3.14 接着強度と曲げ強度の関係

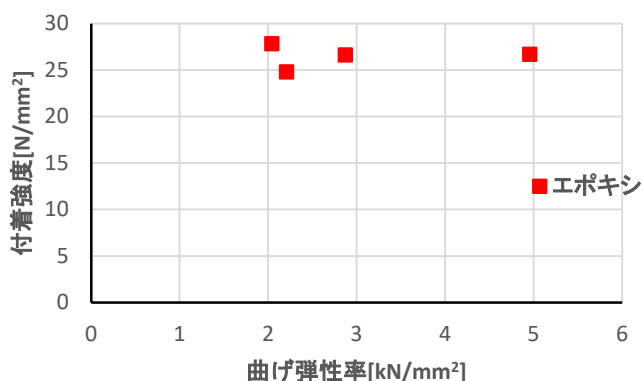


図 3.3.15 付着強度と曲げ弾性率の関係

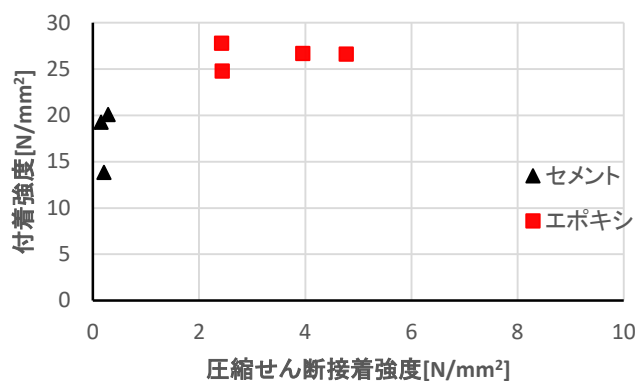


図 3.3.16 付着強度と圧縮せん断接着強度の関係

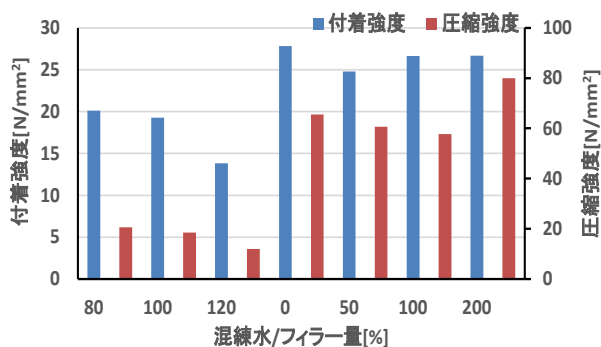


図 3.3.17 付着強度と圧縮強度の比較

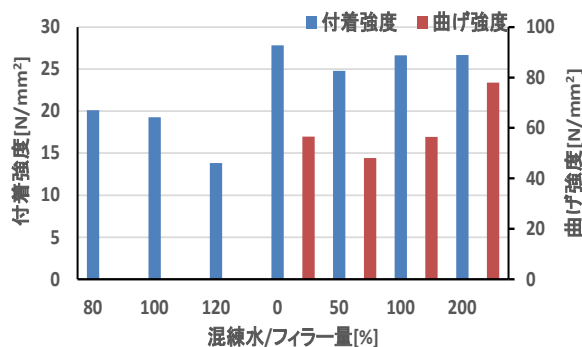


図 3.3.18 付着強度と曲げ強度の比較

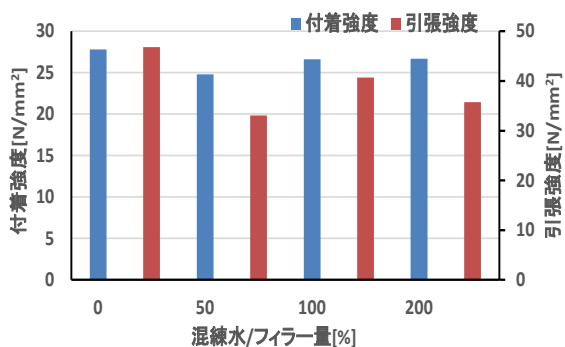


図 3.3.19 付着強度と引張強度の比較

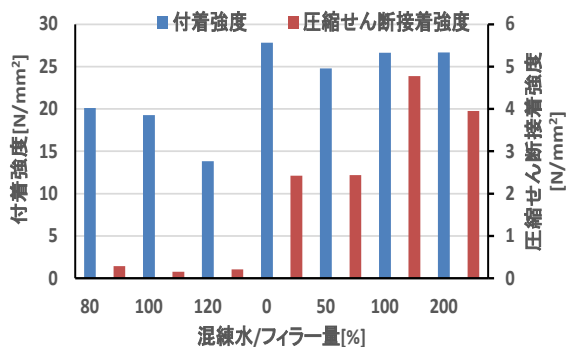


図 3.3.20 付着強度と圧縮せん断接着強度の比較

(2) 最大荷重時の変位および自由端変位 0.002D 時の応力と接着剤の物性値の関係

剛性や変形の目安となる最大荷重時の変位および自由端変位 0.002D 時の応力について、圧縮弾性率および曲げ弾性率との関係を整理する。図 3.3.21～図 3.3.24 に最大荷重時の変位および自由端変位 0.002D 時の応力と圧縮弾性率および曲げ弾性率の関係、図 3.3.25～図 3.3.28 に最大荷重時の変位および自由端変位 0.002D 時の応力と圧縮弾性率および曲げ弾性率の比較を示す。

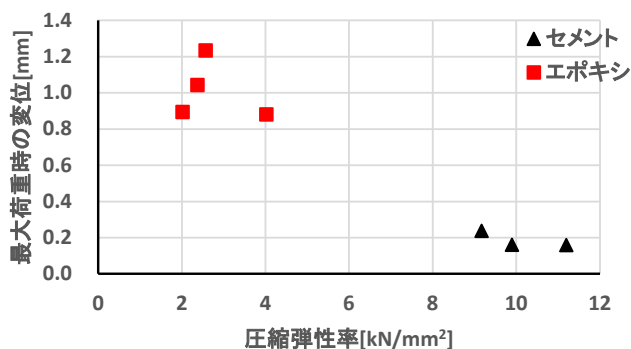


図 3.3.21 最大荷重時の変位－圧縮弾性率

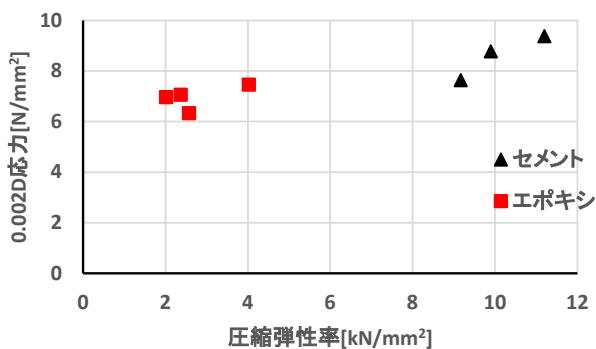


図 3.3.22 0.002D 時応力－圧縮弾性率

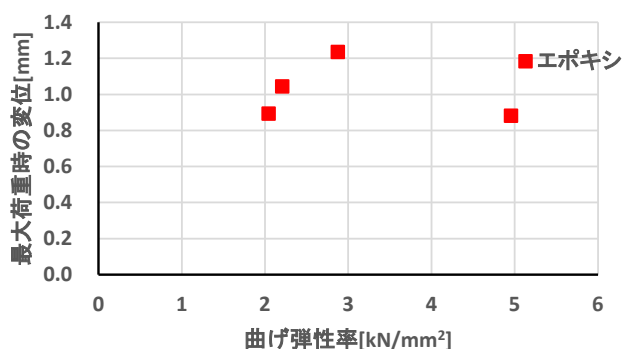


図 3.3.23 最大荷重時の変位－曲げ弾性率

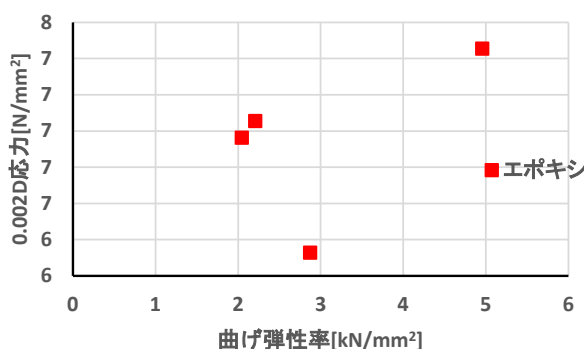


図 3.3.24 0.002D 時応力－曲げ弾性率

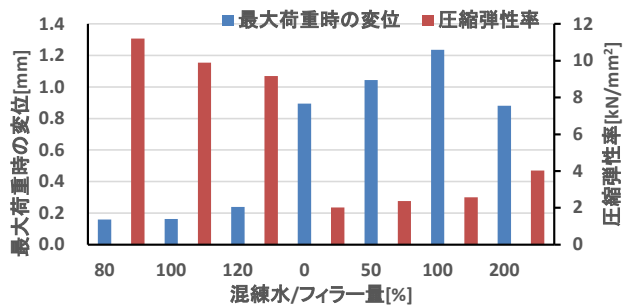


図 3.3.25 最大荷重時の変位と圧縮弾性率の比較

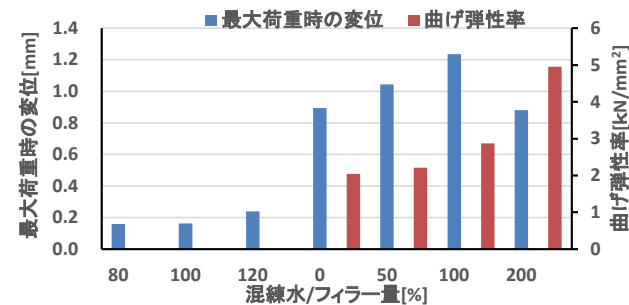


図 3.3.26 最大荷重時の変位と曲げ弾性率の比較

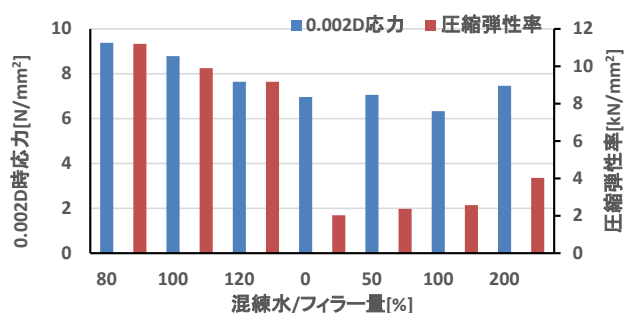


図 3.3.27 0.002D 時の応力と圧縮弾性率の比較

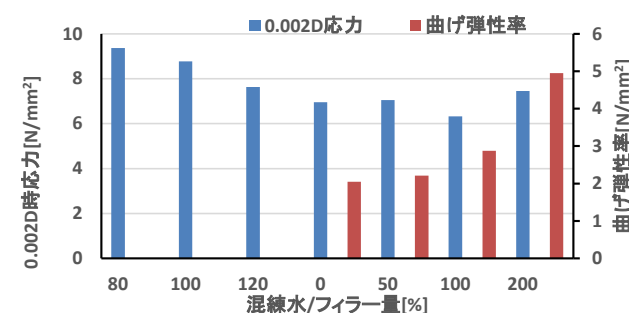


図 3.3.28 0.002D 時の応力と曲げ弾性率の比較

(3) 接着剤の物性値相互の関係

接着剤の物性値の相互の関係から、品質基準の合理化について検討する。図 3.3.29～図 3.3.37 に圧縮強度、曲げ強度、引張強度の相互の関係、圧縮強度、曲げ強度、引張強度と圧縮せん断接着強度



の関係、圧縮強度、曲げ強度と圧縮弾性率、曲げ弾性率の関係を示す。

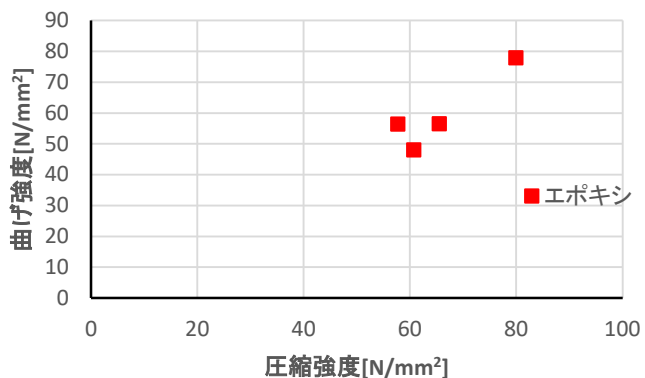


図 3.3.29 圧縮強度と曲げ強度の関係

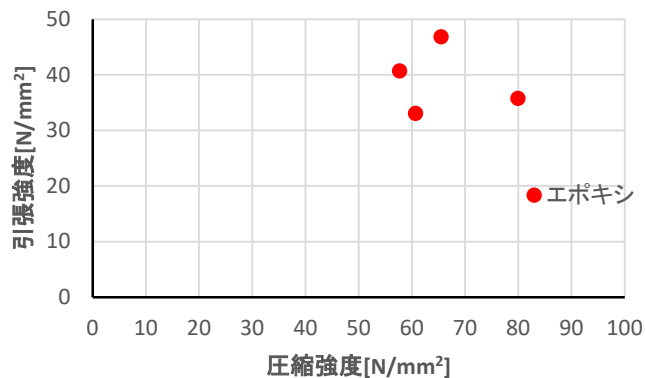


図 3.3.30 圧縮強度と引張強度の関係

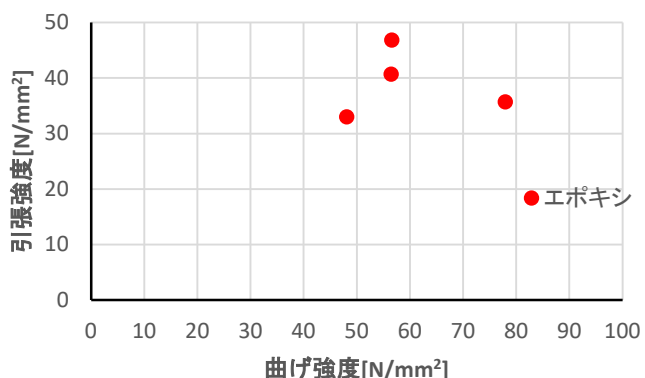


図 3.3.31 曲げ強度と引張強度の関係

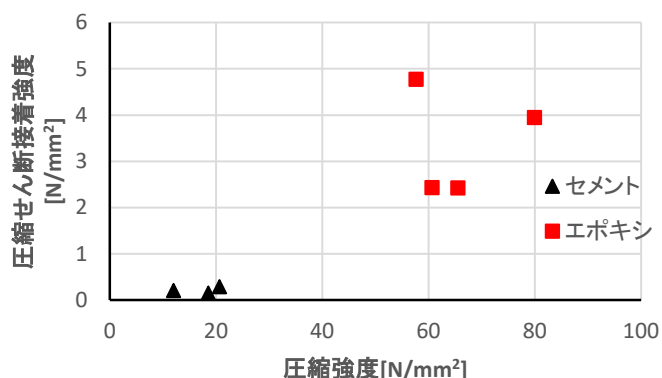


図 3.3.32 圧縮強度と圧縮せん断接着強度の関係

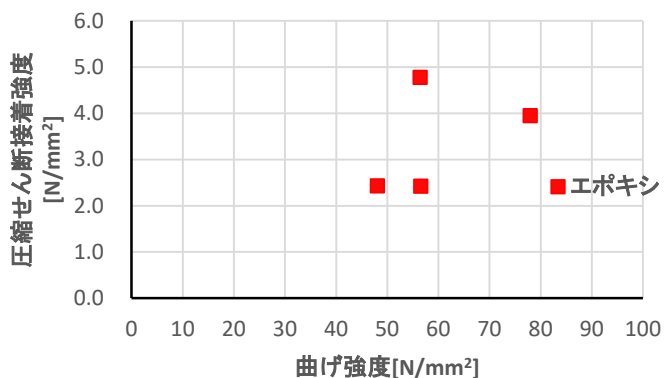


図 3.3.33 曲げ強度と圧縮せん断接着強度の関係

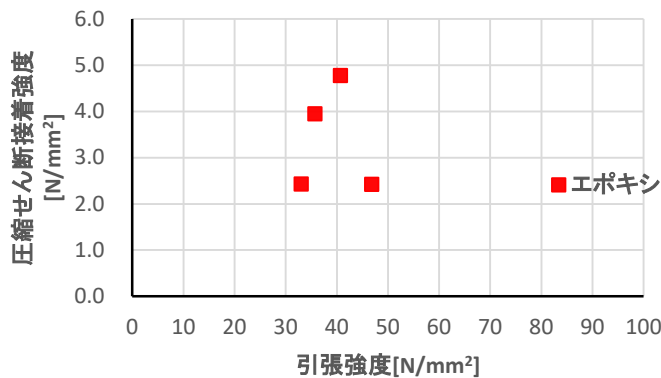


図 3.3.34 引張強度と圧縮せん断接着強度の関係

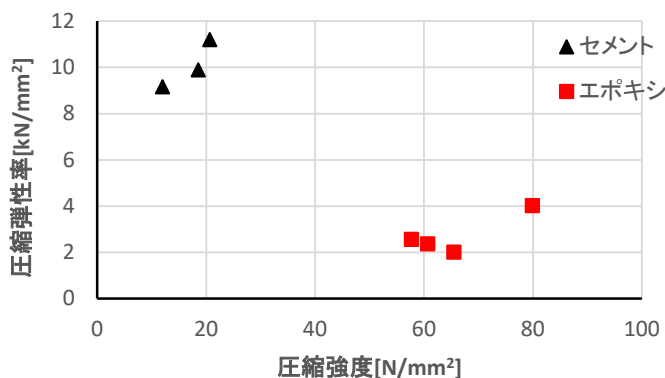


図 3.3.35 圧縮強度と圧縮弾性率の関係

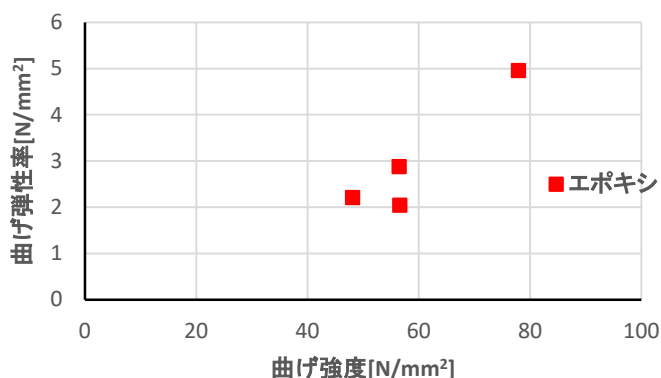


図 3.3.36 曲げ強度と曲げ弾性率の関係

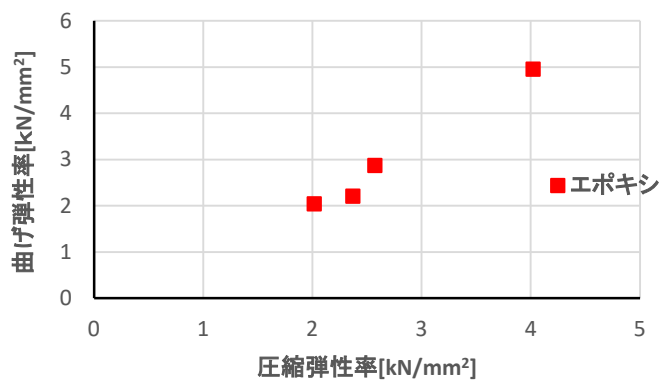


図 3.3.37 圧縮弾性率と曲げ弾性率の関係

### 3-4 燃焼試験によるフィラー(不燃物)量の確認試験

#### 3-4-1 実験計画

##### (1) 検討項目

本検討では、接着剤に対して高温で加熱する燃焼試験によって、樹脂とフィラーの構成比および構成物の同一性を確認する方法について検討した。燃焼試験の方法に関する検討項目は以下の通りである。

- 1)試験に必要な試料の量(試料質量と質量変化率の関係)
- 2)加熱温度の標準値(加熱温度と質量変化率の関係)
- 3)加熱時間の標準値(加熱時間と質量変化率の関係)
- 4)混入物(フィラー)の種類による影響
- 5)有機系フィラー(活性炭)が混入された場合の質量変化
- 6)実製品での適用性の確認

##### (2) 実験に使用した接着剤

実験には2種類のエポキシ系接着剤の製品(製品Rおよび製品B)と、フィラーとして用いられることの多い、細骨材、珪砂、ガラスビーズ、粉末活性炭を組み合わせたものを試料として用いた。製品Rの成分を表3.4.1に製品Bの成分を表3.4.2に示す。製品Rにはフィラーの代替物としてセメント強さ試験用標準砂、珪砂7号、ガラスビーズ、粉末活性炭を質量比で20%(活性炭は10%)混入させる。試料の一覧と試料番号を表3.4.3に示す。なお、製品Rは前項の樹脂単体の性能確認実験に使用したフィラー量の有無およびフィラー量を変えた樹脂と同一である。

燃焼試験用の試料は、以下の手順により作製した。

- 1)塩ビ板により型枠を作製する
  - 2)接着剤を使い捨てのカップに取り出す
  - 3)取り出した接着剤に混入物を加え、手早く攪拌する
  - 4)接着剤を型枠に流し込み、板状に硬化させる
  - 5)硬化した接着剤を金槌により粉砕する
  - 6)振動粉砕機によりさらに微粉砕し、粒形2mm以下の粉末にする
- ただし2), 3)は混入物を加える場合に限る。

表 3.4.1 エポキシ樹脂接着剤製品Rに含まれる主要成分

| 名称                      | CAS        |
|-------------------------|------------|
| ビスフェノールA型エポキシ樹脂         | 25068-38-6 |
| ビスフェノールF型エポキシ樹脂         | 28064-14-4 |
| ジグリシジル・ヘキサンジオール         | 16096-31-4 |
| トリメチロールプロパン・トリグリシジルエーテル | 30499-70-8 |
| メタキシレンジアミン              | 1477-55-0  |
| 石英                      | 14808-60-7 |

表 3.4.2 エポキシ樹脂接着剤製品 B に含まれる主要成分

| 名称                    | CAS        |
|-----------------------|------------|
| ビスフェノールF型エポキシ樹脂       | 58421-55-9 |
| シリカ                   | 14808-60-7 |
|                       | 67762-90-7 |
| 酸化チタン                 | 13463-67-7 |
| 変性脂肪族ポリアミン            | 非開示        |
| 1,3-ビス(アミノメチル)シクロヘキサン | 2579-20-6  |
| フェノール                 | 108-95-2   |
| クレゾール(混合異性体)          | 1319-77-3  |
| カーボンブラック              | 1333-86-4  |

(3) 試験方法および実験の水準

試験は JIS K 0067 化学製品の減量及び残分試験方法を参考に行った。加熱条件等の一覧を表 3.4.3 に示す。また、燃焼試験を行った試料の一覧を表 3.4.4 に示す。

表 3.4.3 加熱条件一覧

| 検討項目                 | 試料                                    | 目標温度                   | 温度保持時間         |
|----------------------|---------------------------------------|------------------------|----------------|
| 1)試験に必要な試料質量         | 質量を変えた同一試料(接着剤 R)                     | 650℃                   | 2 時間           |
| 2)加熱温度と質量変化率         | 接着剤 R に標準砂を 20%, 40% 添加したもの           | 800℃まで 100℃おきに質量測定     | 2 時間           |
| 3)加熱後の温度保持時間と質量変化率   | 接着剤 R                                 | 200℃, 300℃, 400℃, 500℃ | 1 時間ごとに 4 時間まで |
| 4)混入物(フィラー種類)        | 接着剤 R に標準砂, 珪砂, ガラスビーズ, 活性炭を各 20% 添加  | 650℃                   | 2 時間           |
| 5)有機系フィラーの加熱温度と質量変化率 | 接着剤 R に活性炭 10% 添加したもの                 | 200℃, 300℃, 400℃, 500℃ | 1 時間ごとに 4 時間まで |
| 6)実製品での適用性の検証        | 接着剤 B(フィラー無し, 標準品, フィラー50%, フィラー200%) | 500℃                   | 2 時間           |

表 3.4.4 燃焼試験を行った試料の一覧

| 接着剤製品R+混入物      | 混入物単体    | 接着剤製品B(フィラー変化)     |
|-----------------|----------|--------------------|
| 1.接着剤製品R        |          | 11.接着剤製品B          |
| 2.製品R+標準砂20%    | 7.標準砂    | 12.製品B・フィラーなし(ピュア) |
| 3.製品R+標準砂40%    |          | 13.製品B・フィラー50%     |
| 4.製品R+珪砂20%     | 8.珪砂     | 14.製品B・フィラー200%    |
| 5.製品R+ガラスビーズ20% | 9.ガラスビーズ |                    |
| 6.製品R+活性炭10%    | 10.活性炭   |                    |

試料質量の測定は、目標温度および目標時間での加熱終了後、試料をるつぼごと取り出し、徐冷した後に試料の質量を測定した。質量変化率の算出は(3.4.1)式により行う。また、試験前の試料と試験後の試料を写真 3.4.1 および写真 3.4.2 に示す。

$$\text{質量変化率} = \frac{W_1 - W_3}{W_1 - W_2} \times 100[\%] \quad (3.4.1)\text{式}$$

ここで、

$W_1$  : りつぽと試料の質量

$W_3$  : 試験後のりつぽと試料の質量

$W_2$  : りつぽの質量



写真 3.4.1 加熱前の試料



写真 3.4.2 加熱後の試料

### 3-4-2 実験結果

#### (1) 試料の量と質量減少率の関係

燃焼試験に供する試料の量を 1g, 3g, 5g, 7g, 10g と変えた場合の質量変化率と標準偏差, 変動係数を表 3.4.5 に示す。それぞれの試験回数は 4 回である。

表 3.4.5 試料質量と質量変化率, 標準偏差および変動係数

| 試料質量[g] | 質量変化率[%] | 標準偏差 | 変動係数[%] |
|---------|----------|------|---------|
| 1       | 65.75    | 0.50 | 0.76    |
| 3       | 62.83    | 0.19 | 0.31    |
| 5       | 62.15    | 0.10 | 0.16    |
| 7       | 61.86    | 0.12 | 0.19    |
| 10      | 62.12    | 0.24 | 0.38    |

変動係数から判断すると, 試料が 3g 以上では試料質量と質量変化率には影響が少ないと考えられる。1g の場合には, はかりの精度や水分の影響が相対的に大きいと思われる。また, 試料の量が多すぎると未燃焼の試料が多くなる可能性があることから, 試料の量の目安としては 3g が適当であると考え, 以降の試験については試料質量 3g で行うこととした。

#### (2) 加熱温度の標準値の検討

ここでの試料は, 1.接着剤製品 R, 2.製品 R+標準砂 20%, 3.製品 R+標準砂 40%, 7.標準砂の 4 種を用いた。表 3.4.6 および図 3.4.1 に加熱温度と質量変化率の関係を示す。図 3.4.2 に標準砂の添加量と質量減少率の関係を示す。

100°Cでは質量が 1%前後で変化しており, 試料に含まれる水分が蒸発して微量の変化が起こったと考えられる。200°Cから 400°Cまでは温度が上昇するに従い質量変化率が増加している。エポキシ樹脂の主成分は耐熱性の高いものでも 150°Cが限度とされていることから 200°Cでは既に主成分の燃焼が生じていると考えられる。200°Cから 400°Cまでの変化はそれぞれの温度で燃焼する成分の違いによる差であると思われる。500°C以上の温度では, 質量変化率にほぼ変化が見られない。700°Cではりつぽを炉に入れた途端に発火する現象を生じることがあり危険性も伴うため, 加熱温度は 500°C程度を上限とすることが望ましい。

図3.4.2から分かりますとおり、標準砂の添加率に対して質量減少率は線形的に減少しており、標準砂がほぼ質量減少がないことを踏まえると、本方法により不燃残分の評価が適切にできていることが裏付けられる。

表 3.4.6 加熱温度と質量変化率

| 加熱温度[°C] | 質量変化率[%] |          |          |      |
|----------|----------|----------|----------|------|
|          | 1.製品R    | 製品R+砂20% | 製品R+砂40% | 標準砂  |
| 100      | 1.17     | 1.67     | 0.83     | 0.33 |
| 200      | 14.83    | 12.00    | 12.50    | 0.50 |
| 300      | 29.67    | 33.00    | 29.33    | 0.83 |
| 400      | 59.00    | 51.67    | 44.67    | 0.83 |
| 500      | 63.33    | 52.33    | 44.83    | 1.17 |
| 600      | 63.50    | 52.67    | 45.00    | 1.17 |
| 700      | 63.67    | 52.67    | 45.33    | 1.67 |
| 800      | 62.67    | 52.50    | 45.00    | 0.83 |

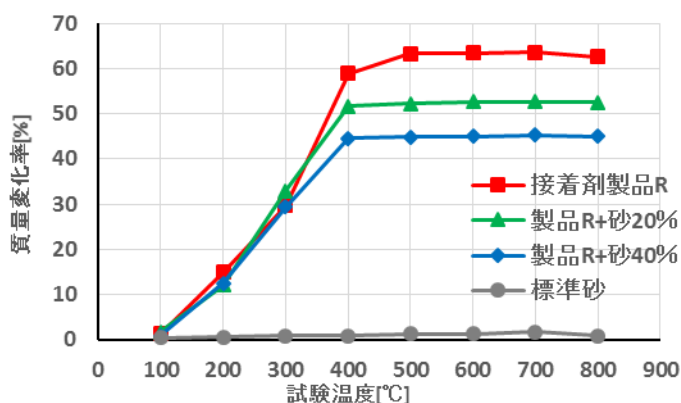


図 3.4.1 加熱温度と質量変化率の関係

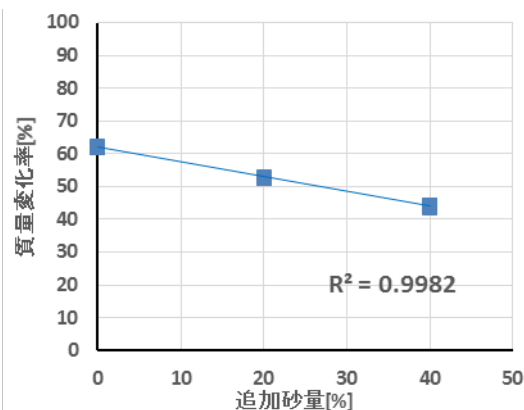


図 3.4.2 標準砂の添加率と質量減少率の関係

(3) 温度保持時間の標準値の検討

加熱後の温度保持時間によって質量減少率に違いが生じるのかを確認するため、接着剤 R に対して目標温度を 200°C、300°C、400°C、500°C とし、温度保持時間を 1 時間～4 時間まで 1 時間おきとした実験を行った。実験結果を表 3.4.7 および図 3.4.3 に示す。

これらの結果から、200°C、300°Cでの燃焼分は 400°C以降の燃焼分より少ないことがわかる。前述の加熱温度と質量変化率の関係と合わせて、本試験に使用している接着剤は図 3.4.4 に示すように 100°Cから 200°Cで燃焼する成分、200°Cから 300°Cで燃焼する成分、300°Cから 400°Cで燃焼する成分、800°C以降で燃焼する成分の 4 成分から成り立っていると思われる。また、図 3.4.5 に接着剤 B で同様の試験を行った場合の加熱温度と質量減少率を示す。

接着剤のデータやこれまでの試験から 400°Cで不燃焼の成分は石英、400°Cまでに燃焼する成分は主にエポキシ樹脂と考えられる。400°C以下の各温度での燃焼成分については不明であるが、温度域での質量減少率の違いは構成成分の違いに起因するものであるため、温度域ごとの質量減少率を評価することも接着剤の同一性の確認方法の一つとなり得ることを示している。

表 3.4.7 温度保持時間と質量変化率の関係

| 加熱温度[°C] | 加熱時間[h]ごとの質量変化率[%] |       |       |       |       |
|----------|--------------------|-------|-------|-------|-------|
|          | 0                  | 1     | 2     | 3     | 4     |
| 200°C    | 0.00               | 23.67 | 25.67 | 25.67 | 26.00 |
| 300°C    | 0.00               | 34.17 | 36.00 | 36.33 | 36.50 |
| 400°C    | 0.00               | 50.83 | 60.50 | 62.17 | 62.50 |
| 500°C    | 0.00               | 63.00 | 63.33 | 62.83 | 63.50 |

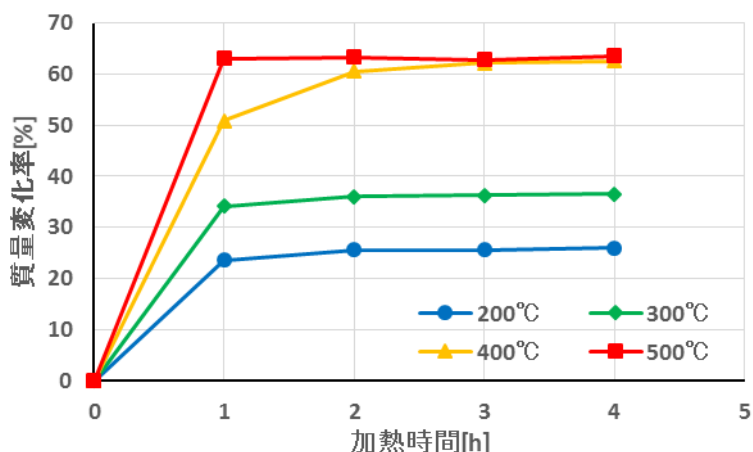


図 3.4.3 温度保持時間と質量変化率の関係

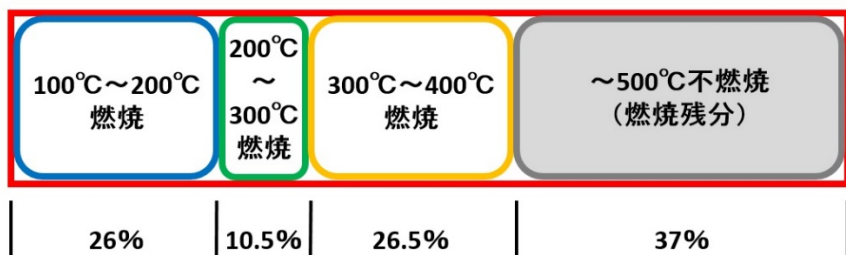


図 3.4.4 接着剤 R の各温度域での質量減少率

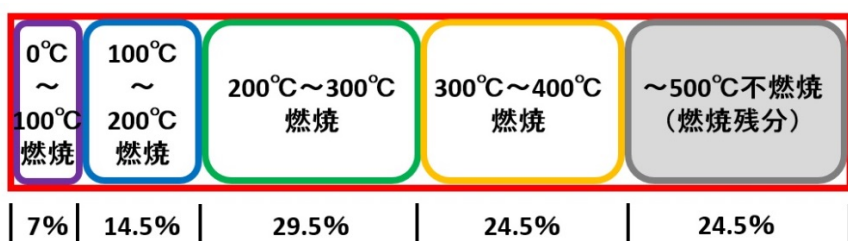


図 3.4.5 接着剤 B の各温度域での質量減少率

(4) 混入物(フィラー)の種類による影響

一般に、接着剤に使用されるフィラーには砂のほか、ガラスビーズや石英、セラミックボール、有機繊維などがある。これらを加熱した場合の質量変化率について確認する。

試料には 1.接着剤製品 R、製品 R に 4.5.珪砂およびガラスビーズを 20%加えた接着剤、6.活性炭を 10%加えた接着剤、8.珪砂、9.ガラスビーズ、10.活性炭の計 7 種類を使用した。試験温度は 650°C、温度保持時間は 2 時間とした

実験結果を表 3.4.8 および表 3.4.9 に、また混入物ごとの質量変化率を図 3.4.6 に、混入物単体の

質量変化率を図3.4.7に示す。珪砂およびガラスビーズについてはモルタル試験用標準砂とほぼ同様の結果となった。また混入物単体ではほぼ質量が変化していない。よってこれらをフィラーとした接着剤については強熱減量試験によりフィラー量変化を測定できると考えられる。粉末活性炭については単体で加熱した場合に90%弱が減量しており、活性炭を10%加えた接着剤では製品と比べ変化率が4.5%大きくなっている。フィラーに有機物を使用している接着剤は650℃で試験を行った場合は接着剤の樹脂とフィラーの両者が燃焼する可能性があるため、この場合は加熱温度を変化させて樹脂とフィラーを分けることができる点を見つけ出す必要がある。

表3.4.8 フィラー種類と質量変化率

| 水準            | 試験前[g] | 試験後[g] | 変化量[g] | 平均変化量 | 変化率[%] | 平均変化率 |
|---------------|--------|--------|--------|-------|--------|-------|
| 接着剤製品R        | 10.00  | 3.78   | 6.22   | 6.23  | 62.20  | 62.30 |
|               | 10.00  | 3.76   | 6.24   |       | 62.40  |       |
| 製品R+標準砂20%    | 10.00  | 4.73   | 5.27   | 5.29  | 52.70  | 52.85 |
|               | 10.00  | 4.70   | 5.30   |       | 53.00  |       |
| 製品R+珪砂20%     | 3.00   | 1.42   | 1.58   | 1.57  | 52.67  | 52.33 |
|               | 3.00   | 1.44   | 1.56   |       | 52.00  |       |
| 製品R+ガラスビーズ20% | 3.00   | 1.43   | 1.57   | 1.55  | 52.33  | 51.50 |
|               | 3.00   | 1.48   | 1.52   |       | 50.67  |       |
| 製品R+活性炭10%    | 3.00   | 1.00   | 2.00   | 2.01  | 66.67  | 66.83 |
|               | 3.00   | 0.99   | 2.01   |       | 67.00  |       |

表3.4.9 混入物単体の強熱減量試験結果

| 水準     | 試験前[g] | 試験後[g] | 変化量[g] | 平均変化量 | 変化率[%] | 平均変化率 |
|--------|--------|--------|--------|-------|--------|-------|
| 標準砂    | 10.00  | 9.96   | 0.04   | 0.03  | 0.40   | 0.30  |
|        | 10.00  | 9.98   | 0.02   |       | 0.20   |       |
| 珪砂     | 3.00   | 2.94   | 0.06   | 0.05  | 2.00   | 1.67  |
|        | 3.00   | 2.96   | 0.04   |       | 1.33   |       |
| ガラスビーズ | 3.00   | 2.99   | 0.01   | 0.01  | 0.33   | 0.33  |
|        | 3.00   | 2.99   | 0.01   |       | 0.33   |       |
| 活性炭    | 3.00   | 0.37   | 2.63   | 2.63  | 87.67  | 87.67 |
|        | 3.00   | 0.37   | 2.63   |       | 87.67  |       |

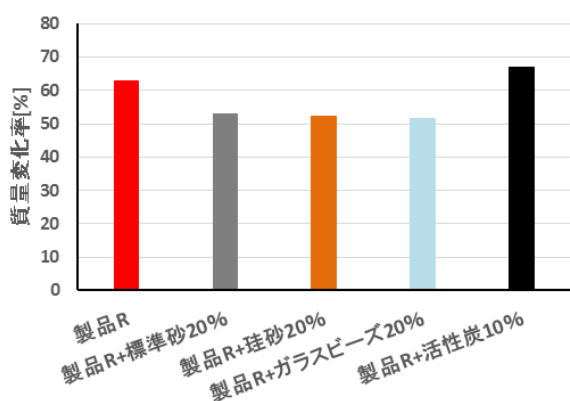


図3.4.6 各接着剤の質量変化率

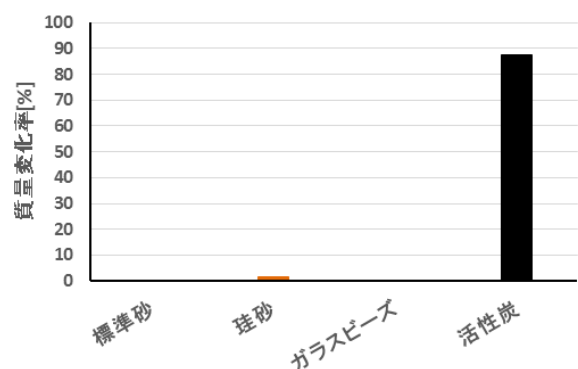


図3.4.7 各混入物の質量変化率

(5) 有機系フィラー(活性炭)が混入された場合の影響

前述のように、活性炭のような有機系のフィラーが使用された場合には、質量変化はその影響を受けるため、燃焼温度と温度保持時間の関係について確認した。試験温度は200~500℃とし、温度保持



時間は1～4時間とした。試料には10.活性炭，6.製品Rに活性炭を10%加えた接着剤を使用した。

実験結果を表3.4.10に，加熱時間および加熱温度と質量変化率の関係を図3.4.8に示す。また前述の接着剤製品の加熱時間および加熱温度と質量変化率の試験結果より，フィラーの質量を除き，樹脂の変化率のみとした場合の質量変化率を図3.4.9に示す。また，接着剤Rに活性炭を10%加えたものを200～500℃の各温度で各2時間温度保持した場合の比較を表3.4.11および図3.4.10に示す。

500℃では両者ともに100%燃焼している。また400℃でもエポキシ樹脂は全燃焼，活性炭も試験時間を伸ばすことで全て燃焼すると思われる。よって400，500℃では活性炭とエポキシ樹脂の違いを見ることができない。本検討では，接着剤の構成成分とその構成比をすべて明らかにすることが目的ではないので，400℃の燃焼温度で温度保持時間を変えた場合に質量変化があるようであれば，有機系のフィラーが使用されていると推測し，温度保持時間を長くすることで，安定した結果が得られると推測される。また，図3.4.8のような関係を得ておくことで，接着剤の同一性の目安とすることも可能になるとと思われる。

表 3.4.10 活性炭が混入された場合の加熱温度と質量変化率

| 加熱温度[℃] | 加熱時間[h]ごとの質量変化率[%] |       |       |        |        |
|---------|--------------------|-------|-------|--------|--------|
|         | 0                  | 1     | 2     | 3      | 4      |
| 200℃    | 0.00               | 4.00  | 4.00  | 4.50   | 4.67   |
| 300℃    | 0.00               | 18.67 | 19.00 | 19.00  | 19.00  |
| 400℃    | 0.00               | 24.83 | 43.50 | 59.83  | 72.33  |
| 500℃    | 0.00               | 59.83 | 85.83 | 100.33 | 100.83 |

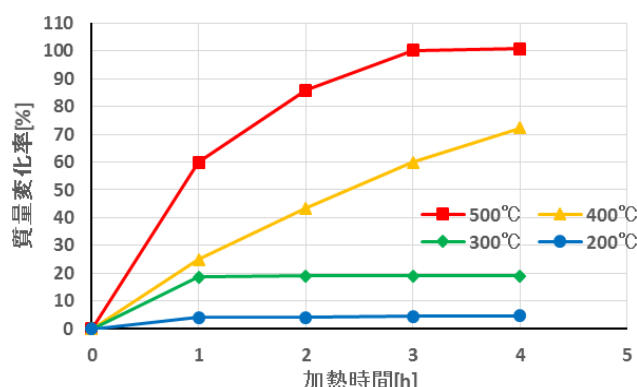


図 3.4.8 活性炭の加熱時間および加熱温度ごとの質量変化率

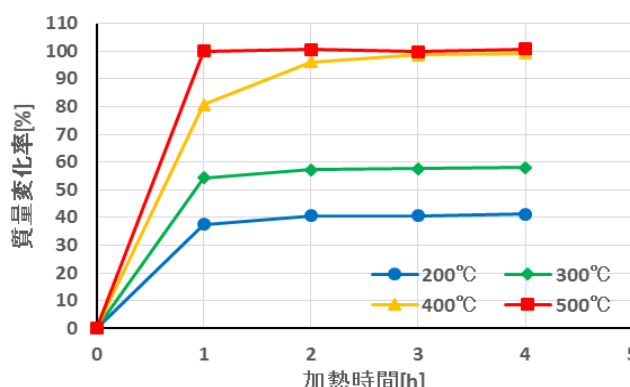


図 3.4.9 接着剤製品Rに使用された樹脂のみの加熱時間および加熱温度ごとの質量変化率

表 3.4.11 接着剤製品Rおよび活性炭を10%加えた接着剤の質量変化率

| 加熱温度[℃] | 質量変化率[%] |            |
|---------|----------|------------|
|         | 接着剤製品R   | 製品R+活性炭10% |
| 200     | 40.74    | 20.09      |
| 300     | 57.14    | 40.18      |
| 400     | 96.03    | 81.62      |
| 500     | 100.53   | 100.46     |

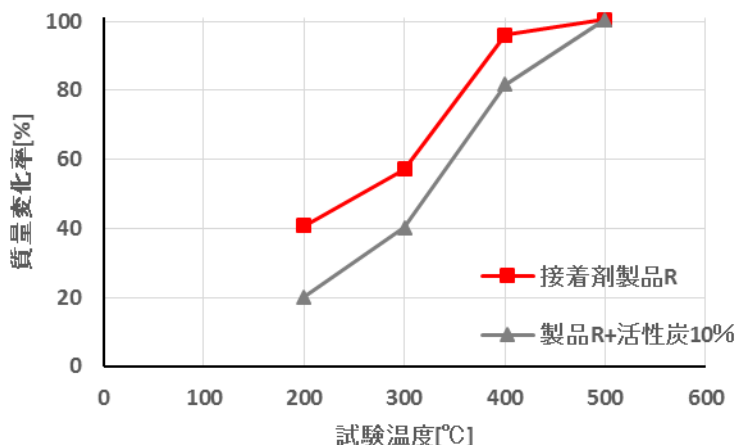


図 3.4.10 活性炭を 10%加えた場合の試験温度と質量変化率の関係

(6) 有機系フィラー(活性炭)が混入された場合の影響

実製品レベルでのフィラー混入量の違いを評価が可能かを検証するため、製品 B とフィラーの有無、フィラー量を変えた接着剤について燃焼試験を行った。これまでの検討から、試料の量は 3g、加熱温度を 100°C から 500°C とし、温度保持時間を 1 時間～3 時間まで 1 時間ごとに測定した。

加熱温度が 500°C での実験結果を表 3.4.12 と図 3.4.11 に示す。接着剤製品 B に含まれるフィラーは接着剤の約 20% であることがわかった。またフィラー量と質量変化率がほぼ線形になっており、フィラー量の違いを評価できていることが確認される。

また、表 3.4.13 と図 3.4.12 に接着剤製品 B の各温度での減量率を示す。また、図 3.4.4 と図 3.4.5 がこの結果を百分率で表したものとなる。400°C で主成分が燃焼していることは接着剤 R と同じであるが、100°C から 400°C までの減量率はそれぞれ異なっていることがわかる。この、温度ごと減量率は接着剤の構成物と構成比の目安とできるため、これを用いて接着剤に含まれる成分の同一性を見ることができると考えられる。

表 3.4.12 接着剤製品 B とフィラー量の異なる接着剤, 試験結果

| 製品Bに対する<br>フィラー量[%] | 質量変化率[%] |        |
|---------------------|----------|--------|
|                     | 2h       | 3h     |
| 0(ピュア)              | 100.00   | 100.17 |
| 50                  | 85.50    | 85.33  |
| 100(製品A)            | 75.83    | 75.67  |
| 200                 | 60.33    | 60.33  |

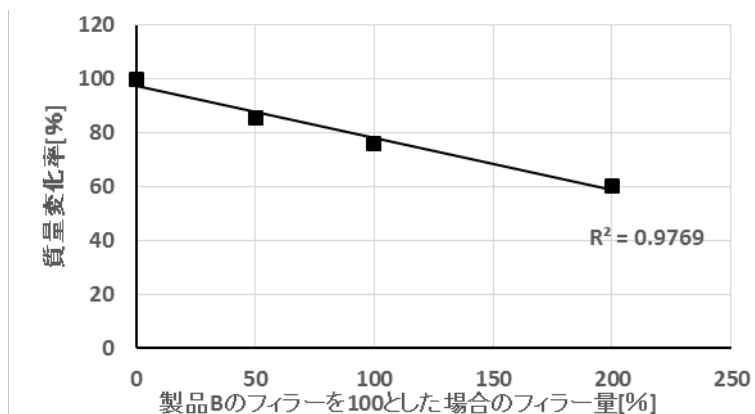


図 3.4.11 製品 B のフィラー量と 500°C での質量変化率の関係

表 3.4.13 接着剤 B, 試験温度および時間と質量変化率の関係

|        |     | 質量変化率[%] |       |       |       |
|--------|-----|----------|-------|-------|-------|
|        |     | 0        | 1     | 2     | 3     |
| 温度[°C] | 100 | 0        | 4.67  | 6.33  | 7.33  |
|        | 200 | 0        | 21.67 | 21.67 | 21.67 |
|        | 300 | 0        | 47.00 | 50.00 | 51.00 |
|        | 400 | 0        | 64.00 | 73.00 | 74.83 |
|        | 500 | 0        | 73.00 | 75.83 | 75.67 |

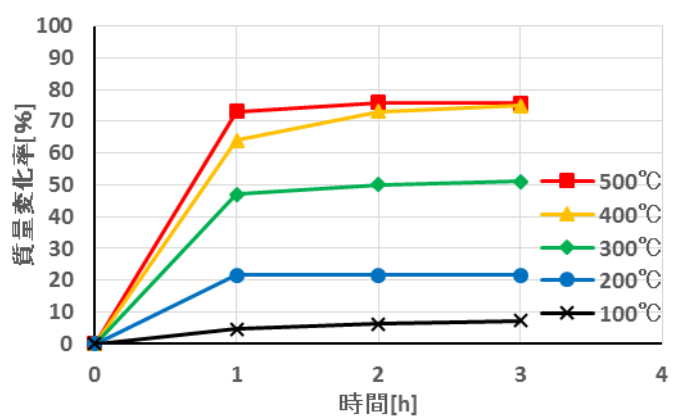


図 3.4.12 接着剤 B の加熱時間と質量変化率の関係

### 3-5 FT-IR(赤外線分光スペクトル)による樹脂の区分

#### 3-5-1 検討概要

接着剤に使用される樹脂には、主にエポキシ樹脂、エポキシアクリレート(ビニルエステル)樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、アクリル樹脂などがある。一般的には注入方式にはエポキシ樹脂が、カプセル方式にはエポキシアクリレート樹脂や不飽和ポリエステル樹脂が使われることが多いが、それ以外の樹脂が使用されている製品も存在する。また、同じ主剤が同じ樹脂系であっても製品によってその内容は異なり、さらに同じ製品でも硬化速度の違いなどによって樹脂が異なるため、接着剤の製品の同一性を確認するためには、樹脂の違いを特定する必要がある。

この樹脂の分子主成分や分子構造の違いを評価する手法として FT-IR(赤外スペクトル)法が用いられる。樹脂を透過(あるいは)反射した赤外線のスペクトル(吸収スペクトルあるいは反射スペクトル)が、分子構造によって異なることを利用して、樹脂の特定を行う手法である。

平成 28 年度においては、接着剤に使用される樹脂の同一性の確認のための FT-IR 法の適用性を確認するための検討として、いくつかの樹脂およびフィラーなどについて、FT-IR を測定し適用の可能性について検討した。

なお、測定結果およびその結果から得られた知見について、現段階の情報のみで記載することは不適切であり、将来的に評価を行う場合に支障を来す可能性もあるため、ここでは、結果のみを示し、考察等については記述しないこととした。

#### 3-5-2 実験計画

##### (1)測定方法

測定機器には島津製作所社製のフーリエ変換赤外線分光光度計(FT-IR)を使用した。分析試料を約

1mm厚の亚克力板で挟み込み外枠を接着，標本とする。これを試験機に設置し透過スペクトルを測定する。また亚克力板のみで作成した空の標本で測定を行い，結果を減算することで試料のみのスペクトルとする。測定波長は1/4000[cm]～1/400[cm]とする。測定精度は20(ある範囲で20点を測定し得られたスペクトルの平均を表示する)とし，各試料について2度の測定を行う。

(2)測定試料

試料にはエポキシ樹脂系接着剤製品B，エポキシ樹脂系接着剤Rを基本として，主剤と硬化剤，フィラーのみ，フィラーを添加したものなどを用いた。今回の実験に使用した試料の一覧を表3.5.1に示す。

表 3.5.1 FT-IR 測定を行った試料

| 製品     | 樹脂単体        | フィラーのみ | 接着剤+フィラー     |
|--------|-------------|--------|--------------|
| 接着剤製品B | 接着剤B(樹脂のみ)  | 珪砂     | 接着剤R+珪砂20%   |
| 接着剤製品R | 接着剤R(主剤のみ)  | ガラス粉   | 接着剤R+ガラス粉20% |
|        | 接着剤R(硬化剤のみ) | 活性炭    | 接着剤R+活性炭10%  |

3-5-3 測定結果

(1)樹脂の構成(主剤+硬化剤)とスペクトルの関係

図3.5.1～図3.5.4に接着剤製品Rおよび主剤と硬化剤，主剤+硬化剤の赤外線スペクトルを示す。ただし図3.5.2については，加算を行うため透過率が最大の波長をもとにスペクトルを縮小させている。

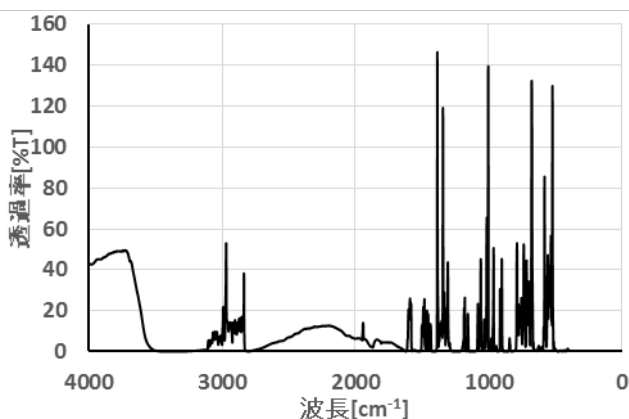


図 3.5.1 接着剤製品Rのスペクトル

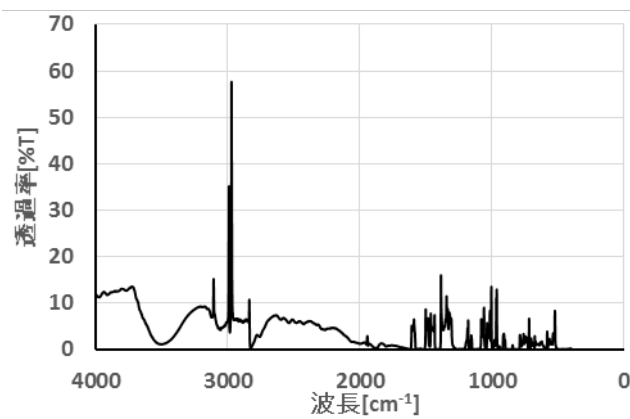


図 3.5.2 接着剤R・主剤のスペクトル

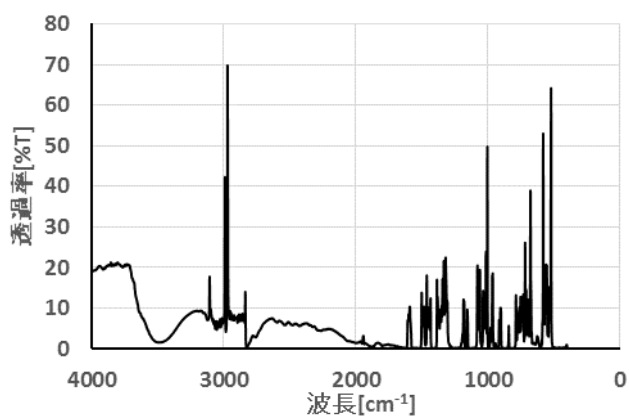


図 3.5.3 接着剤R・硬化剤のスペクトル

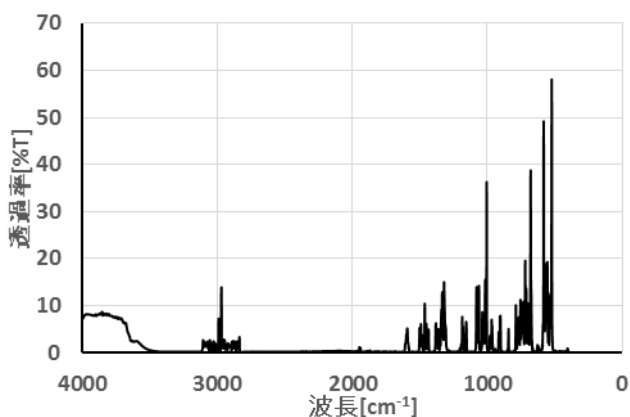


図 3.5.4 接着剤R・主剤+硬化剤のスペクトル

(2) フィラーが混入した場合のスペクトルの違い

珪砂，ガラスビーズ，活性炭入りの接着剤および単体のスペクトルを図3.5.5～図3.5.10に示す。またフィラーを混入させた接着剤からフィラー単体を減算したスペクトルを図3.5.11～図3.5.13に示す。

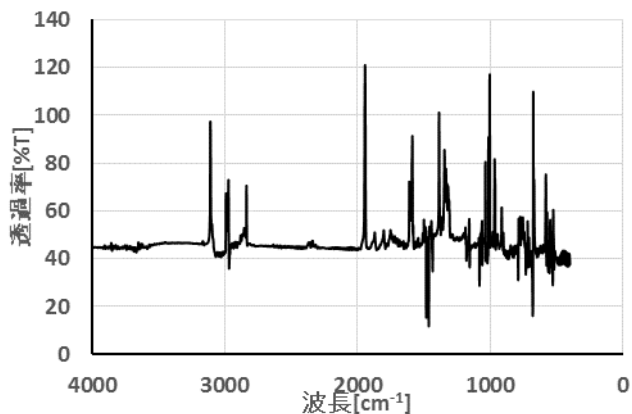


図 3.5.5 接着剤 R+珪砂 20%のスペクトル

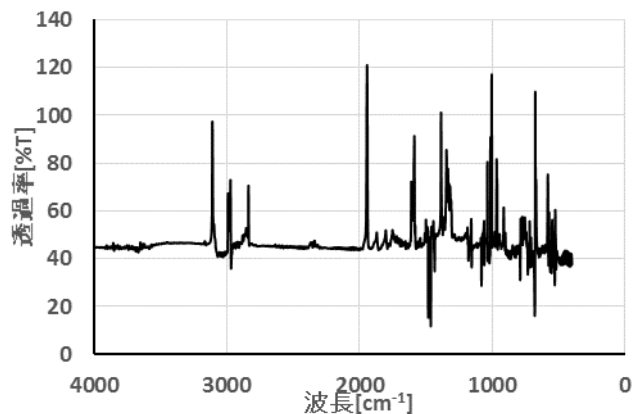


図 3.5.6 珪砂のスペクトル

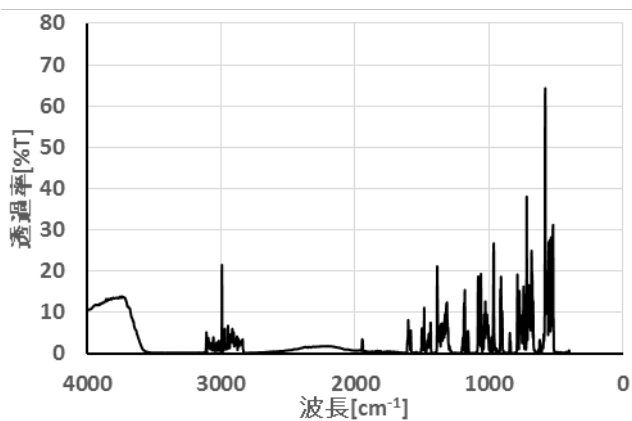


図 3.5.7 接着剤 R+ガラスビーズ 20%のスペクトル

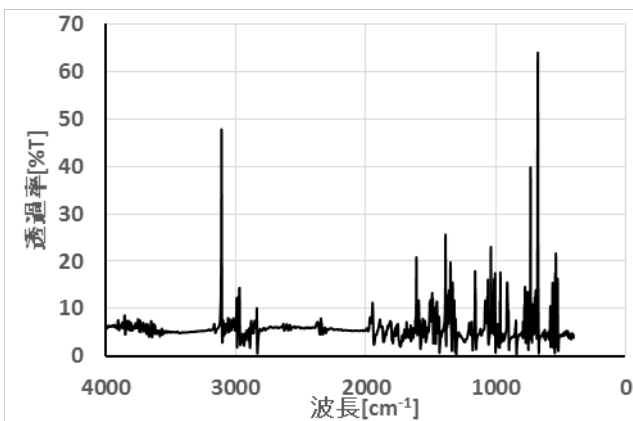


図 3.5.8 ガラスビーズのスペクトル

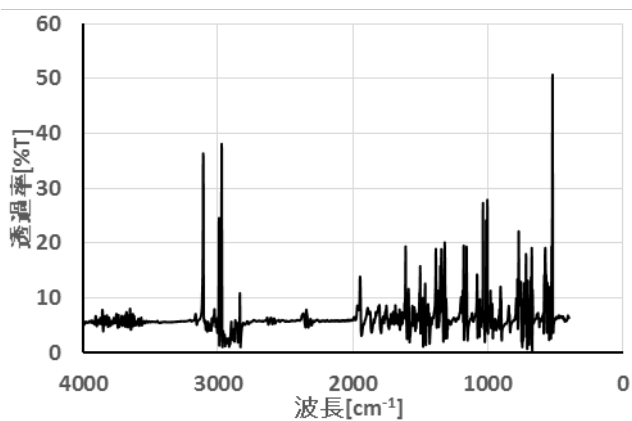


図 3.5.9 接着剤 R+活性炭 10%のスペクトル

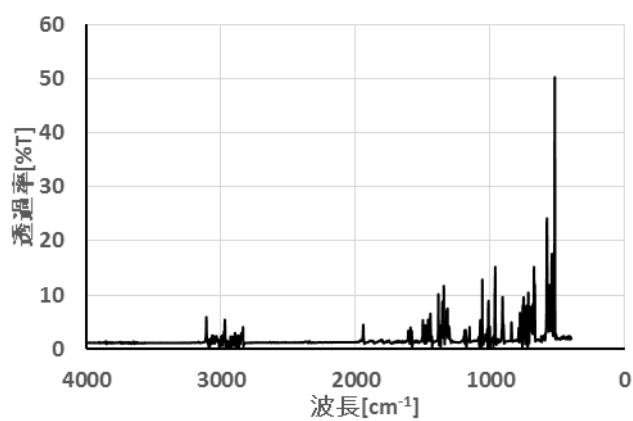


図 3.5.10 活性炭のスペクトル

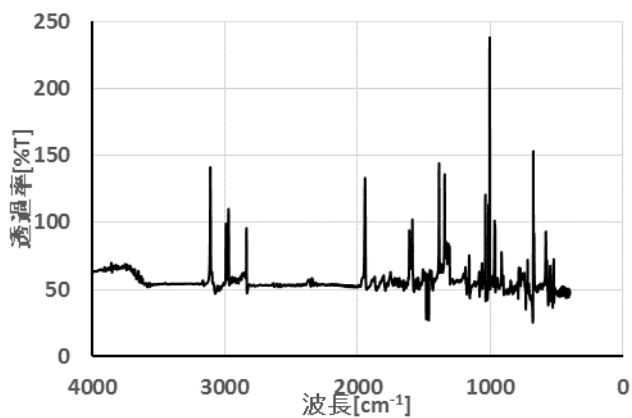


図 3.5.11 珪砂入り接着剤の減算スペクトル

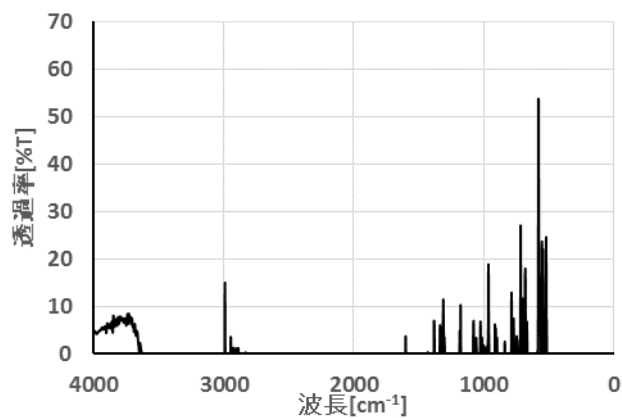


図 3.5.12 ガラスビーズ入り接着剤の減算スペクトル

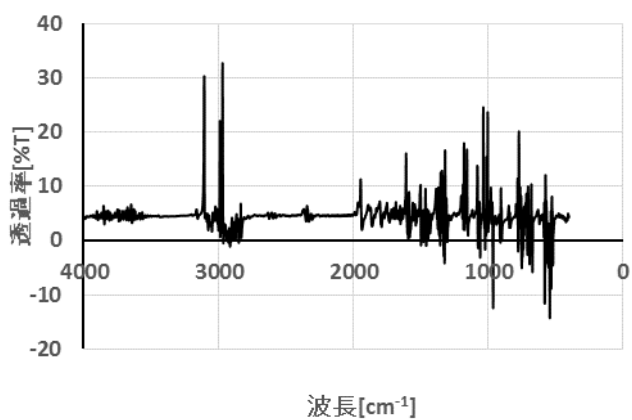


図 3.5.13 活性炭入り接着剤の減算スペクトル

(3) 減算スペクトルによる混入物の特定の可否

接着剤製品 B および接着剤 B(ピュア樹脂)の赤外スペクトルを図 3.5.14 および図 3.5.15 に示す。また図 3.5.14 から図 3.5.15 のスペクトルを減算した結果を図 3.5.16 に示す。

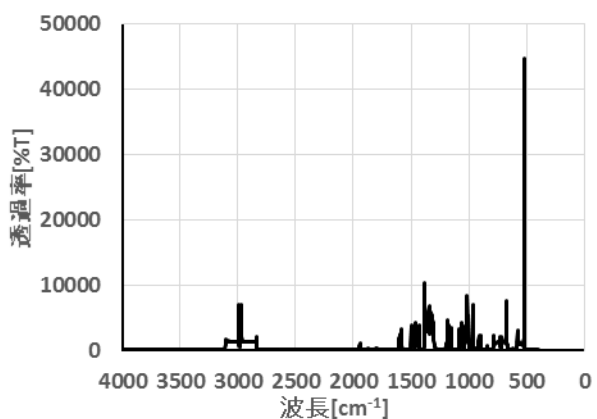


図 3.5.14 接着剤製品 B のスペクトル

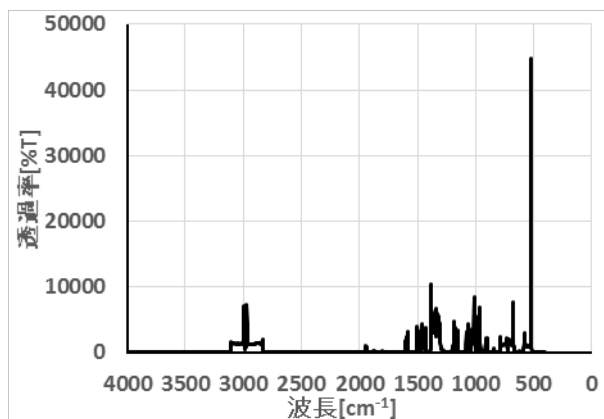


図 3.5.15 接着剤製品 B(ピュア樹脂)のスペクトル

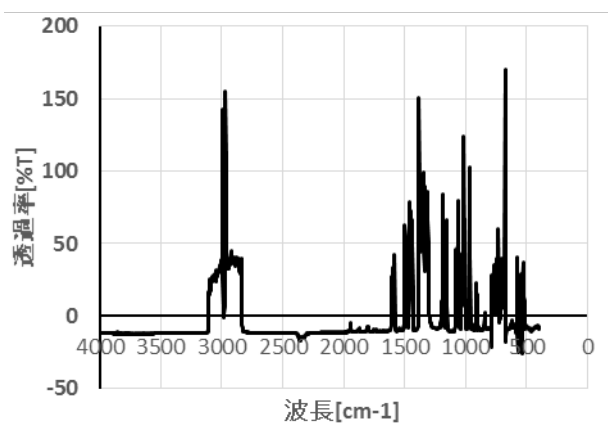


図 3.5.16 接着剤製品 B からピュア樹脂のスペクトルの減算スペクトル

### 3-6 接着系あと施工アンカーの拘束状態を考慮した接着性の簡易試験方法の検討

#### 3-6-1 検討概要

平成28年度の検討においては、接着性の評価として、圧縮せん断接着試験(JIS K 6850)を実施したが、付着強度との相関性は確認されないこと、セメント系の接着剤では試験の実施が難しいことなどが明らかとなった。その理由としては、引張せん断接着性試験では、被着体が拘束を受けないため単純に被着体と接着剤の接着性のみの評価になっていたことなどが考えられる。

そこで、平成29年度の検討では、あと施工アンカーが穿孔された孔内で周囲の拘束を受ける状態を想定した接着性の試験を検討した。また、できるだけ簡易で被着体のばらつきの影響などを受けにくい方法であることも考慮した。

#### 3-6-2 試験方法の検討

図3.6.1に本課題で検討した接着性試験の概略図、図3.6.2に試験体の形状および寸法を示す。また、写真3.6.1に実施状況の写真を示す。穿孔状況は高ナットにより再現し、アンカー筋は全ねじ筋で再現することにより、孔内の状況やアンカー筋の形状等の影響をなくすことを考えた。

アンカー筋は、M12で材質がS45Cを用いた。高ナットの寸法は呼び径をM16とM20とし、材質はS45Cとした。ねじおよび高ナットの材質は、降伏や破断が生じないようにするため、S45CあるいはSNB7が適当である。ねじとナットの組み合わせで、M12のねじとM16の高ナットでは、ねじの周囲に約1mmの接着剤の層ができることになる。M20の高ナットとの組み合わせでは、約3mmの接着剤の層ができることになる。

付着長さは24mm( $2d_a$ )とした。これはねじの降伏と接着強度の関係から決まる長さであり、試験体の安定性を考慮すると可能な範囲で長くすることが望ましい。

試験体の製作は、写真3.6.2に示すような製作治具を製作し、高ナットの中央にアンカー筋がセットされるようにし、必要量の接着剤を注入した。アンカー筋の底面および高ナットとの境界部にはテープを巻き絶縁した。

荷重は、引張試験機(島津製作所製インストロン型万能試験機・載荷容量50kN)を用い、載荷速度 $0.55\text{ N/mm}^2\cdot\text{s}$ (500N/s)として荷重制御で載荷した。変位はアンカー筋(全ねじ)にできるだけ接着部分に近くなるように治具を取り付け、マグネットスタンドを高ナットに取り付け、動ひずみ計を介してアンカー筋の抜け出し変位を計測した。

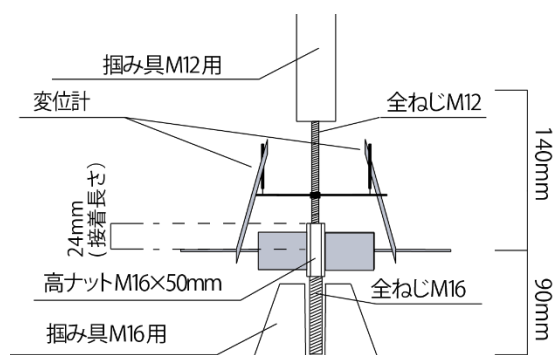


図 3.6.1 接着力試験の概要図

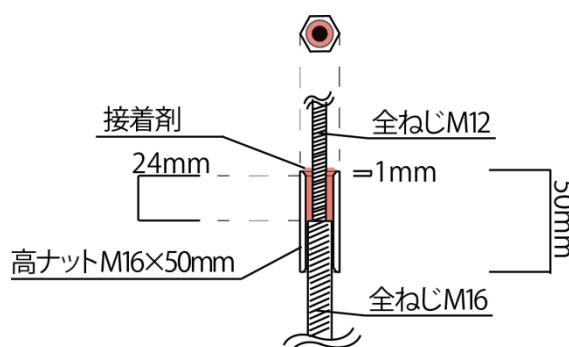


図 3.6.2 接着力試験の試験体形状・寸法



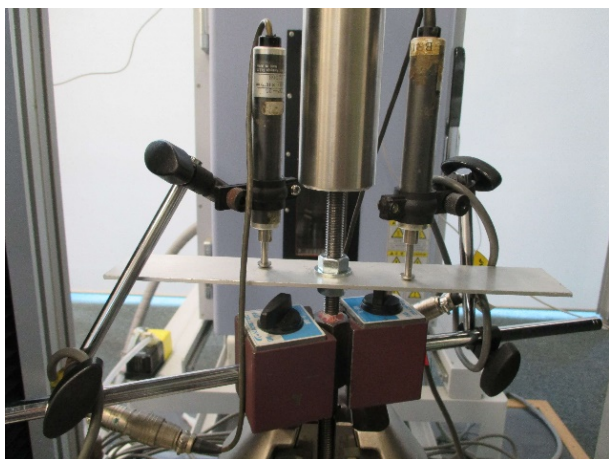


写真 3.6.1 接着力試験の状況



写真 3.6.2 試験体製作状況

### 3-7 試験片の製作方法の標準化

試験片の製作方法については、平成 28 年度においてエポキシ樹脂系の接着剤に対して、塩ビ板を用いた製作方法を提案し、均一な厚さの樹脂板を製作できること、樹脂板が型枠に接着されないこと、表面を平滑にできることを確認した。その手順を以下に示す。ここでは、カートリッジタイプの製品のノズルから吐出された樹脂をそのままの状態の評価することを主眼としており、真空脱気による樹脂中の気泡の除去等を行っていない。

- (1) 塩化ビニル板を用いて型枠を作成する(写真 3.7.1)
- (2) 接着剤を型枠に流し込む、空気が入り込まないようにノズルを動かす(写真 3.7.2)
- (3) 上部に塩ビ板を乗せ、押さえつける(写真 3.7.3)
- (4) 表面の気泡を逃がすようにしながら接着剤を広げる(写真 3.7.4)
- (5) 鉄板などを載せて均等に圧が加わるようにし、さらに重石を載せる(写真 3.7.5)
- (6) 接着剤が硬化するまで放置する
- (7) 型枠から硬化した樹脂の板を取り外す(写真 3.7.6)

ラジカル反応系樹脂の接着剤については、一般的に硬化が早く硬化時の発熱量も大きくなることを考慮した。製作手順は、エポキシ樹脂系と同様の方法で製作が可能であったが、塩ビ板をガラス板に変更することで熱容量と剛性を確保することで同様に製作が可能になった。ガラス板によって製作された樹脂板を写真 3.7.7 に示す。また、樹脂の各種物性試験に供するためには、樹脂板から試験片に加工する必要がある、加工には卓上の切断機を用いた。製作した試験片の例を写真 3.7.8 に示す。試験片の加工にあたっては、当該 JIS に規定される公差の範囲で加工する必要がある。推奨試験片の寸法は、圧縮強さが長さ  $10 \pm 0.2\text{mm}$ 、幅  $10 \pm 0.2\text{mm}$ 、厚さ  $4 \pm 0.2\text{mm}$  の角柱形、圧縮弾性率が長さ  $50 \pm 2\text{mm}$ 、幅  $10 \pm 0.2\text{mm}$ 、厚さ  $4 \pm 0.2\text{mm}$  の角柱形とされており、試験時に座屈のないような寸法とされている。今回の樹脂板の製作および切断による方法によって、この規定での試験片の製作が可能となった。また、JIS には平行度の規定はないが、切断時の平行度にも留意する必要がある、切断時に平行度を保つための治具を用意するなどの工夫をするとよいと思われる。また、この方法は注入式アンカーのカートリッジタイプの製品(フィラー等が混入されているもの)を対象としているため、現場調査タイプなどでは気泡が多く含まれることになり、このような試験片の製作方法としては適切ではないと思われる。



写真 3.7.1 樹脂板製作用型枠

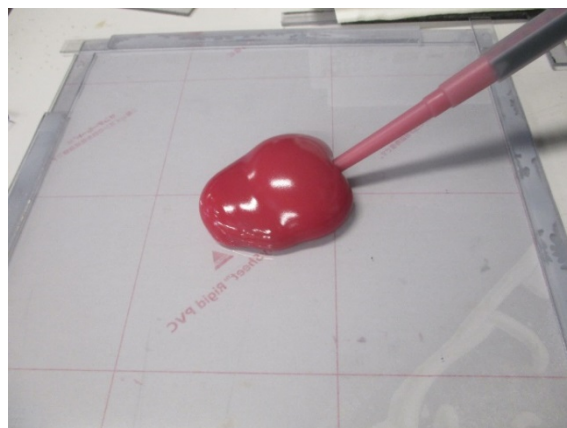


写真 3.7.2 樹脂の流し込み

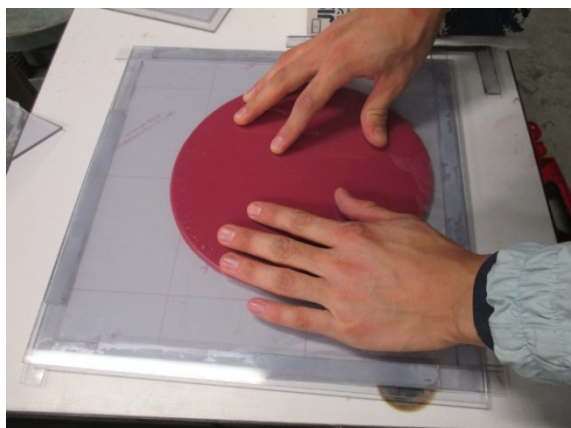


写真 3.7.3 樹脂の押さえと延ばし

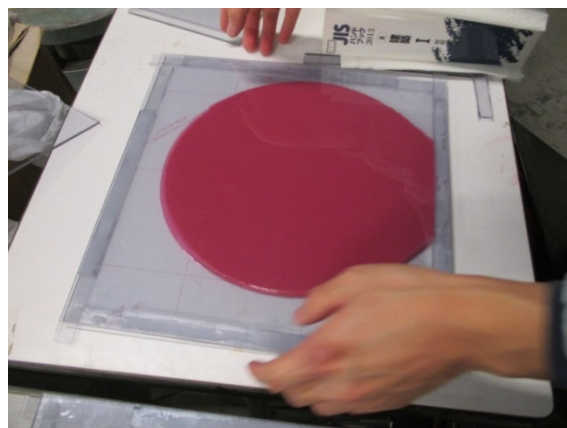


写真 3.7.4 樹脂を延ばし広げた状態



写真 3.7.5 重石による固定と硬化



写真 3.7.6 型枠の離型



写真 3.7.7 ラジカル反応系樹脂接着剤による樹脂板

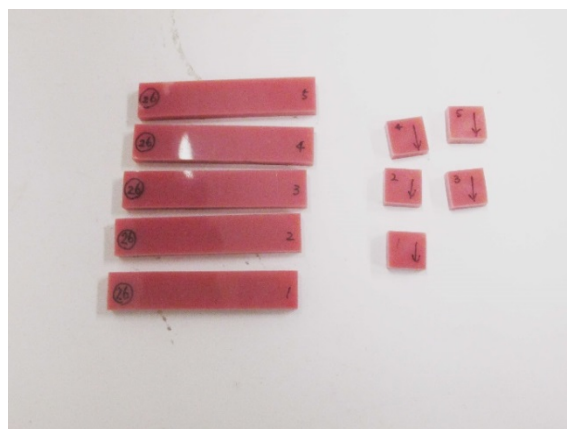


写真 3.7.8 樹脂板より切断加工した試験片の例

### 3-8 市販の製品の物性評価試験

#### 3-8-1 試験概要

平成29年度の検討では、市販のあと施工アンカー製品に使用されている接着剤に対して評価試験を行い、試験方法の妥当性、評価基準の設定等のための基礎資料とすることための検討を行った。試験の対象とした接着剤は以下のとおりである。なお、エポキシ樹脂系のうち1製品(EP15)については、カートリッジタイプではなく、現場調合タイプの接着剤である。

- ・ラジカル反応樹脂系接着剤 : 8社 15製品(記号: RA1~RA16)
- ・エポキシ樹脂系接着剤 : 10社 15製品(記号: EP1~EP15)
- ・セメント系接着剤 : 3社 3製品(C1~C3)

評価項目および評価方法を表3.8.1に示す。評価項目は、平成28年度の検討結果を踏まえ、極力少ない項目で樹脂の品質を評価できる項目に絞った。また、他の基準等で実施されていない拘束状態を考慮した接着性試験(3-6項に記載)を加えた。評価方法は、樹脂系(ラジカル反応樹脂系、エポキシ樹脂計)とセメント系に分け、それぞれ適切な方法で評価することとした。

試験に供した試験片は、樹脂系については前項に示した方法で製作し、セメント系については、JIS A 1132(コンクリートの強度試験用供試体の作り方)を参考にして製作した。

接着剤単体の性能と付着強度との関係性について考察するため、一部の試験体については、付着強度試験を行った。付着強度試験は、異形鉄筋(D13)および全ねじ(M12)をアンカー筋として、付着長さ $5d_a$ の試験体を用いて行った。試験方法は、2-4節に示した方法とした。

表 3.8.1 接着剤の試験項目・試験方法

| 評価項目        | 評価方法                        |            |
|-------------|-----------------------------|------------|
|             | 樹脂系                         | セメント系      |
| 圧縮強さ        | JIS K 7181                  | JIS A 1108 |
| 圧縮弾性率       | JIS K 7181                  | 実施せず       |
| 接着強さ        | 拘束接着力試験(3-4-2項参照)           |            |
| フィラー量(不燃残分) | 500℃・2時間加熱後質量測定(H28年度報告書参照) |            |

#### 3-8-2 圧縮強度および圧縮弾性率

図3.8.1にラジカル反応樹脂系接着剤の圧縮強さ、図3.8.2に同じく圧縮弾性率、図3.8.3にエポキシ樹脂系接着剤の圧縮強さ、図3.8.4に同じく圧縮弾性率の試験結果を示す。図中に黄色で示した試験体は、付着強度試験をあわせて実施した試験体である。

圧縮強さの基準値は、基準によって異なるが、フィラーを含まないピュア樹脂の場合は98.0 N/mm<sup>2</sup>以上、フィラーを含んだ場合でその半分程度以上とされている。また無機系を分けた場合は、国交省監理指針で29.4 N/mm<sup>2</sup>以上、建築学会の各種合成構造指針で50 N/mm<sup>2</sup>以上とされている。また、圧縮弾性率については、いずれの基準でも980 N/mm<sup>2</sup>とされている。

今回の試験結果から、圧縮強さは、概ね50~100 N/mm<sup>2</sup>の範囲にあるが、エポキシ樹脂系ではEP12のみがそれを下回る結果となった。ラジカル系ではRA15のみが下回っている。これらについては圧縮弾性率も相対的に小さい結果となっており、試験片の製作に問題があった可能性も含めて検証が必要であるが、品質基準としては、50 N/mm<sup>2</sup>程度が妥当な範囲であると思われる。なお、EP15はピュア樹脂であり、品質基準値としては98 N/mm<sup>2</sup>以上となるが、現場調合タイプであり、試験片の製作時に気泡を巻き込んだことで強度が小さくなったと推測される。

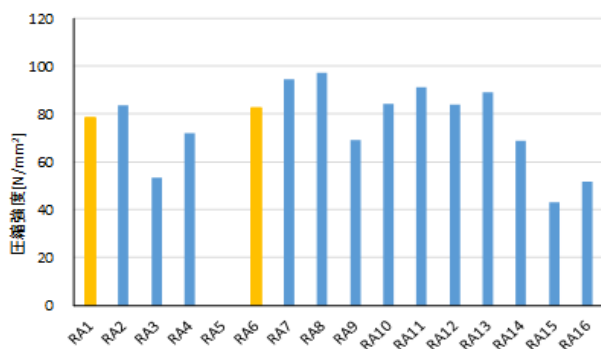


図 3.8.1 圧縮強度試験結果(ラジカル系)

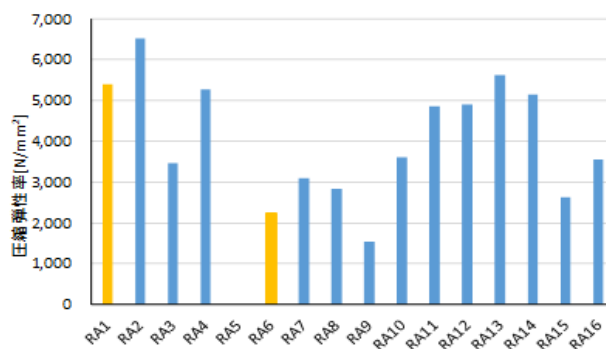


図 3.8.2 圧縮弾性率試験結果(ラジカル系)

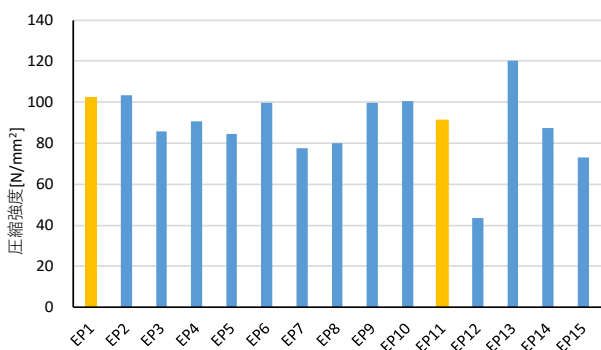


図 3.8.3 圧縮強度試験結果(エポキシ系)

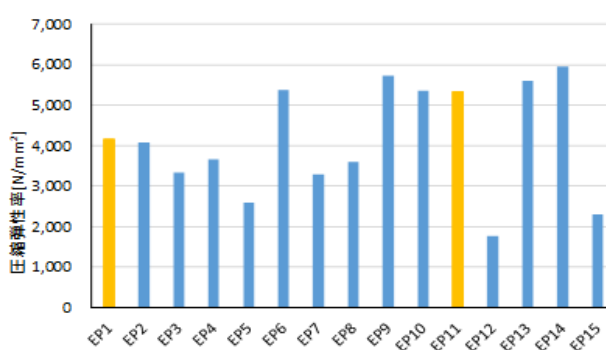


図 3.8.4 圧縮弾性率試験結果(エポキシ系)

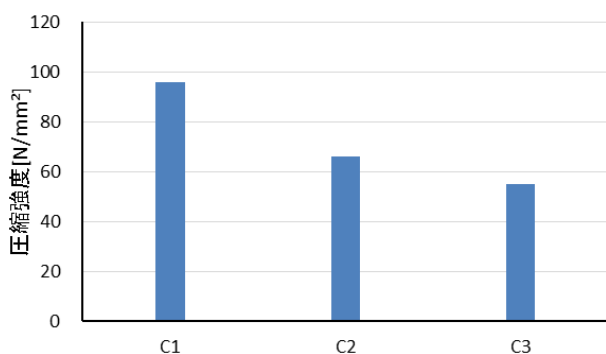


図 3.8.5 圧縮強度試験結果(セメント系)

圧縮弾性率については、いずれの試験体も 980 N/mm<sup>2</sup>を上回っている。圧縮強度試験で基準を下回ったものも圧縮弾性率では基準を上回る結果となり、平均的な値も 3,000 N/mm<sup>2</sup>程度にあるため、基準値を大きめに修正してもよいと思われる。

接着剤の圧縮強度および圧縮弾性率と付着強度の関係を図 3.8.6 および図 3.8.7 に示す。圧縮強度と付着強度の間には一応の相関関係が見られるが、付着強度を担保するための基準とはなり得ないと考えられる。

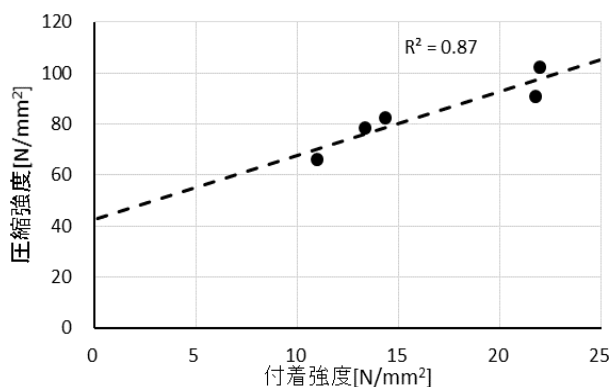


図 3.8.6 圧縮強さと付着強度の関係

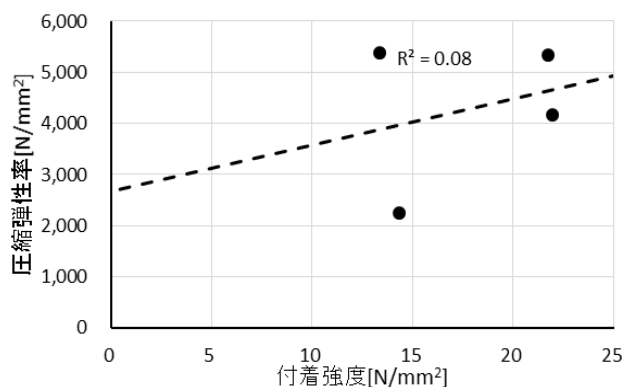


図 3.8.7 圧縮弾性率と付着強度の関係

### 3-8-3 接着力試験

#### (1) 接着力試験方法について

接着力試験は、あと施工アンカーに作用する応力状態に近い状態で接着性を評価できること、被着体の形状や状態の影響をできるだけ受けにくいこと、できるだけ簡易な方法となることなどを考慮して試験方法を検討した。

試験結果の例として図 3.8.8 (EP15) および図 3.8.9 (EP2) に応力-変位曲線の例を示す。多くの接着剤については、EP15 のように比較的安定した値が得られたが、EP2 のように試験結果が大きくばらつく場合があった。その理由として、ボルトとナットの隙間が小さい(約 1 mm) ことによる接着剤の充填不良が考えられたため、ナットの寸法を M20 とし約 3 mm の隙間のある状態で試験を行った。図 3.8.10 に EP15 を図 3.8.11 に EP2 の結果を示す。また、M16 と M20 の両方の試験を行った試験体の付着強度と変動係数の比較を図 3.8.12、図 3.8.13 に示す。

EP15 のようにフィラーが入っていない場合やその粒子が小さい場合には試験結果のばらつきも小さく良好な結果が得られる。しかし、接着剤によっては試験体によってばらつきが生じる場合がある。その原因として、フィラーの粒子が接着剤の充填性を阻害していることが考えられた。そのため M20 のナットを用いて試験を行った。M16 の場合は、ボルトとナットの間隙は約 1 mm であり、M20 の場合は約 3 mm となる。実際の穿孔径とアンカー筋径の間隙は約 1 mm である。

M20 のナットを用いた場合、ばらつきは全体的に小さくなり安定した結果が得られる。EP2 のように充填性を阻害していたと思われる試験体については、接着強度の平均値が大きくなり変動係数は小さくなる。充填性が阻害されていないと思われる試験体では、接着強度の平均値は若干小さくなり、変動係数には大きい差異は見られない。これは、接着剤層の厚みが大きくなることにより接着剤のコーン破壊で壊れる部分が大きくなり、実際の付着長さが小さくなることによると推測される。したがって、試験方法としては、安定した結果が得られ、安全側の値となる M20 のナットを用いることとした。

また、試験後の破断面を写真 3.8.1 に示す。破断面は、付着部分の上部でわずかにコーン状の破壊があり、それ以外の部分はボルトと接着剤界面のせん断破壊であった。試験を行ったすべての試験体において同様の破断面であった。

このほか、付着長さについて検討を行った。今回の実験では、加力装置の載荷容量の関係から付着長さを 24 mm ( $2d_a$ ) としたが、安定した結果を得るためには、ボルトの降伏を生じない範囲でできるだけ付着長さを長くした方がよい。そのための付着長さの上限について検討した。

一般的に高強度のねじ鋼として使用される SNB7 (JIS G 4107 に規定) の耐力(降伏点)が 725 N/mm<sup>2</sup>

### 第3章 接着系あと施工アンカーに使用される接着剤単体の物性および品質確認試験

以上とされており、M12ねじでの降伏荷重は61.1kNとなる。今回の実験では接着強度が50N/mm<sup>2</sup>程度近い接着剤もあるため、接着強度の上限値を50N/mm<sup>2</sup>とした場合、M12・SNB7の降伏荷重に相当する付着長さは32.4mmとなる。したがって、付着長さは最大で30mm(2.5d<sub>a</sub>)程度までとなる。

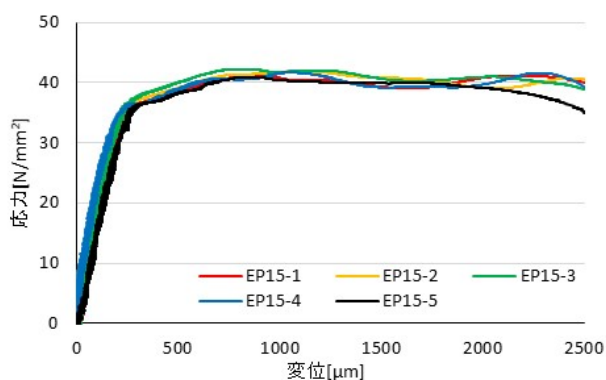


図 3.8.8 接着力試験における応力-変位曲線 (EP15・M16 ナット)

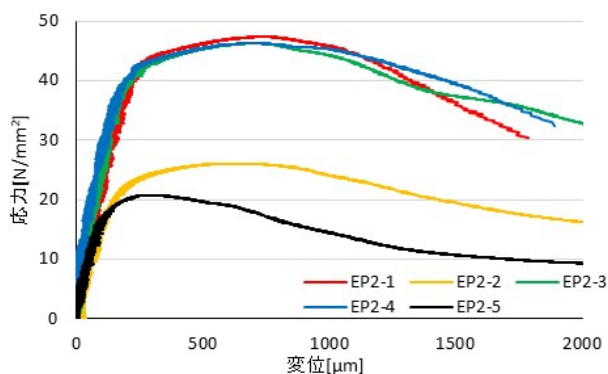


図 3.8.9 接着力試験における応力-変位曲線 (EP2・M16 ナット)

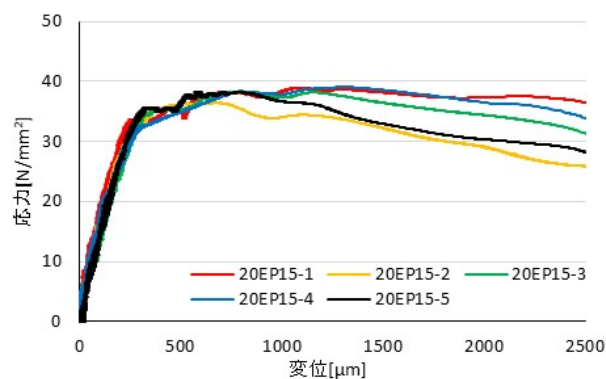


図 3.8.10 接着力試験における応力-変位曲線 (EP15・M20 ナット)

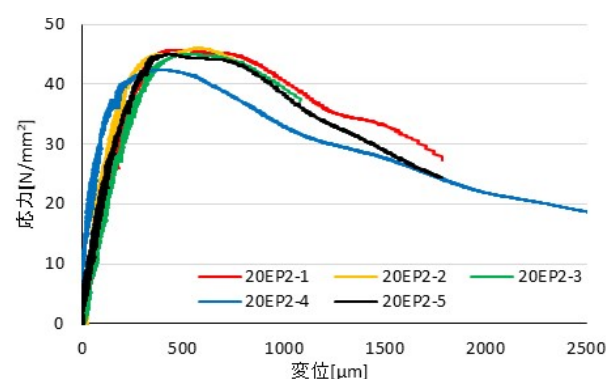


図 3.8.11 接着力試験における応力-変位曲線 (EP2・M20 ナット)

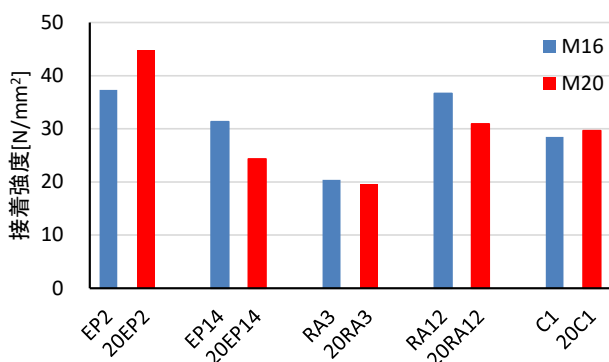


図 3.8.12 M16 と M20 ナットの接着強度の比較

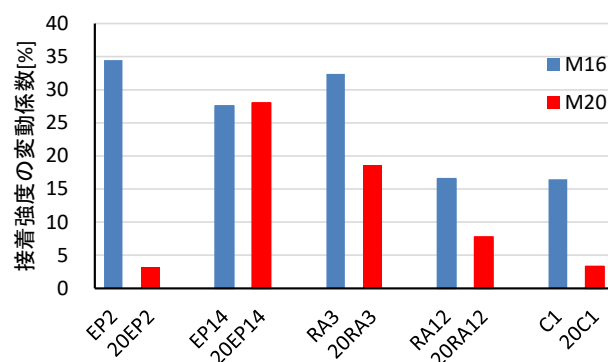


図 3.8.13 M16 と M20 ナットの変動係数の比較



写真 3.8.1 接着力試験における破断面の例

(2)接着力試験の結果および基準値の検討

図 3.8.14 にラジカル反応樹脂系接着剤, 図 3.8.15 にエポキシ樹脂系接着剤, 図 3.8.16 にセメント系接着剤の接着力試験結果を示す。いずれも M16 ナットを用いた場合の結果である。また, 図 3.8.17 に接着剤の圧縮強さと接着力の関係を示す。接着力は, エポキシ系では安定して  $30 \text{ N/mm}^2$  以上の値が得られているが, ラジカル系では概ね  $20 \sim 40 \text{ N/mm}^2$  の間にあり接着剤ごとのばらつきが大きい。セメント系はすべて  $30 \text{ N/mm}^2$  以下である。セメント系接着剤の付着のメカニズムは, 拘束による効果, 凹凸へのメカニカルな接着のほか, セメントの水和が考えられるが, 被着体が鋼材の場合にはセメント粒子同士の結合が弱まることも考えられる。圧縮強さととの関係は, ばらつきはあるもののおおよその線形関係が見られる。

ここで, 接着力試験による品質基準を検討するため, 付着強度と接着強度の関係を示す。図 3.8.18 に異形鉄筋, 図 3.8.19 に全ねじ筋を用いた場合の関係を示す。図中には, 付着強度と接着強度の比が 1:1, 1:1.5 および 1:2 となる線を追記している。

接着強度と付着強度の間には一定の相関関係があり, 同じ接着剤では接着強度の方が大きい値になっている。その比は異形鉄筋の場合には 1:1.5 以上である。全ねじの場合には付着強度が大きくなるため 1:1~1:2 の範囲にある。本課題では, 異形鉄筋との関係を確認すればよいことから, 接着強度の基準は必要となる付着強度に対して 1.5 倍程度の基準値にしておけばよいということになる。したがって, 付着強度の基準値を  $10 \text{ N/mm}^2$  とする場合は接着強度を  $15 \text{ N/mm}^2$  以上, 付着強度の基準値を  $15 \text{ N/mm}^2$  とする場合は接着強度を  $22.5 \text{ N/mm}^2$  以上とすればよい。

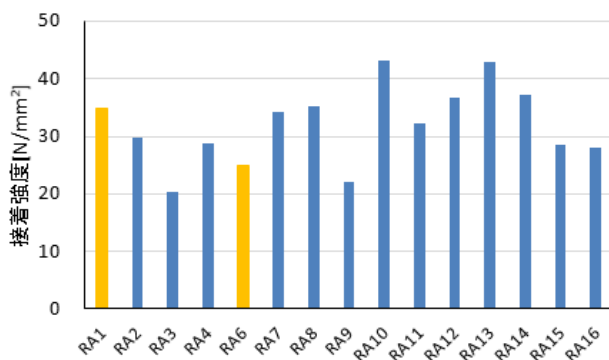


図 3.8.14 接着力試験結果 (ラジカル系)

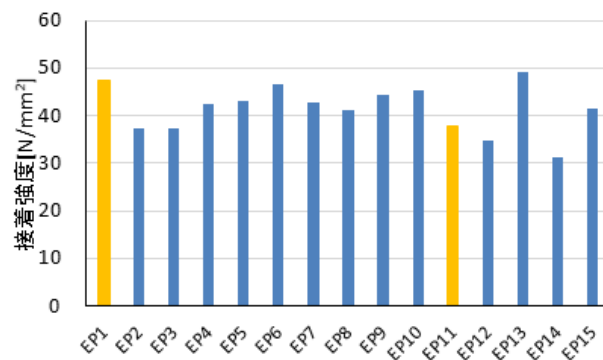


図 3.8.15 接着力試験結果 (エポキシ系)

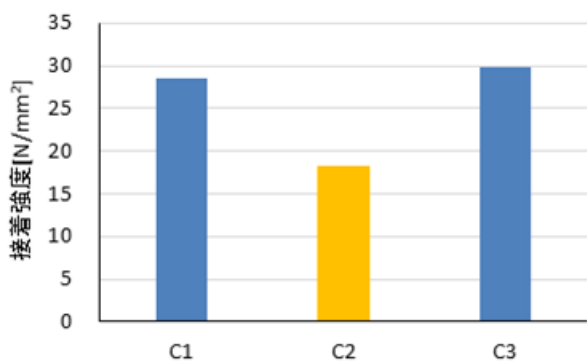


図 3.8.16 接着力試験結果(セメント系)

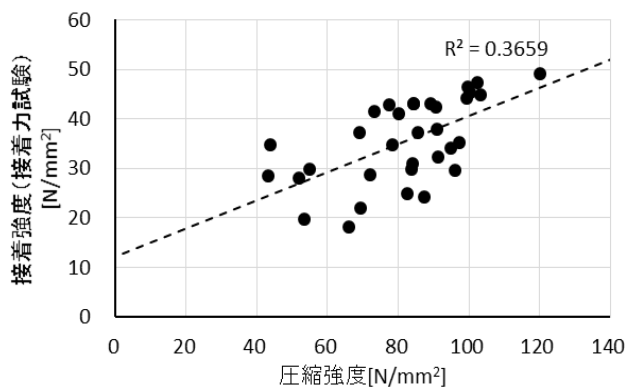


図 3.8.17 圧縮強さと接着力の関係

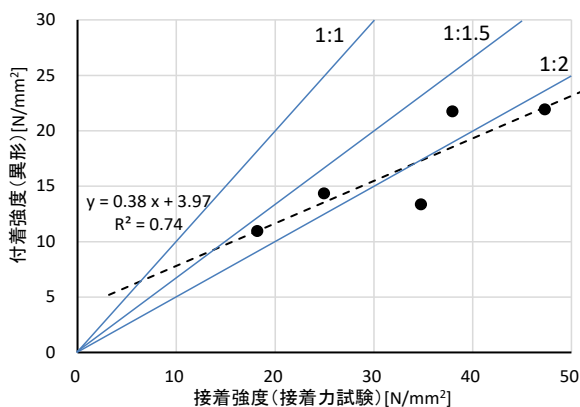


図 3.8.18 付着強度と接着強度の関係 (異形鉄筋)

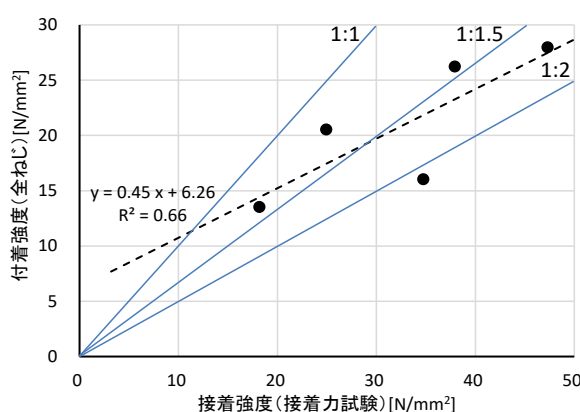


図 3.8.19 付着強度と接着強度の関係 (全ねじ)

図 3.8.20 および図 3.8.21 にラジカル反応樹脂系およびエポキシ樹脂系接着剤の圧縮弾性率と接着力試験における初期剛性(0.002D 時の応力)との関係を示す。ここでは、圧縮強さと初期剛性間に明瞭な関係は見られない。接着力試験による初期剛性に算出に当たって、試験体のなじみ等による変位の影響によると思われる。

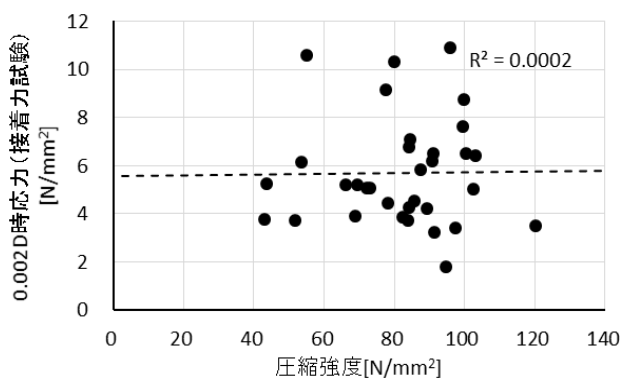


図 3.8.20 圧縮強度と初期剛性の関係図 (ラジカル反応樹脂系)

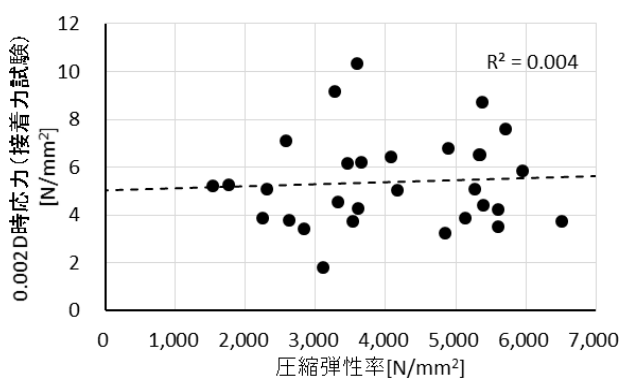


図 3.8.21 圧縮強度と初期剛性の関係 (エポキシ樹脂系)



### 3-8-4 燃焼試験

図 3.8.22 にラジカル反応樹脂系接着剤の燃焼試験の結果、図 3.8.23 にエポキシ樹脂系接着剤の燃焼試験の結果を示す。燃焼試験では、接着剤成分が燃焼してしまうため、減少率が概ね接着剤成分の量を表すことになる。また、不燃残分はフィラーなどの無機系の成分となるが、フィラーに繊維などの有機系の材料が含まれている場合は減少率に含まれることになる。

ラジカル系では接着剤ごとの違いが少なく、1 材料を除き減少率は概ね 30~40%の範囲にある。エポキシ系は材料ごとの違いが大きく全体的に減少率も大きい。EP15 はピュア樹脂であるため、ほぼ 100%の減少率となっている。

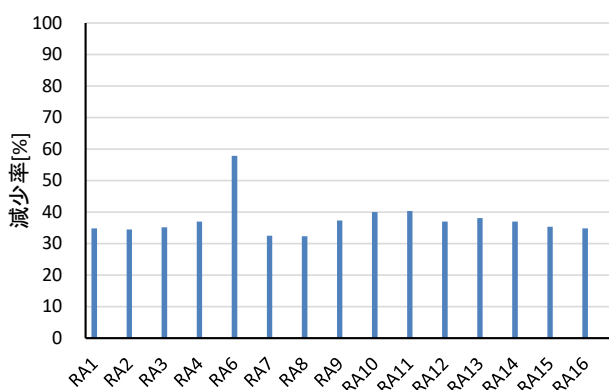


図 3.8.22 燃焼試験の結果(ラジカル系)

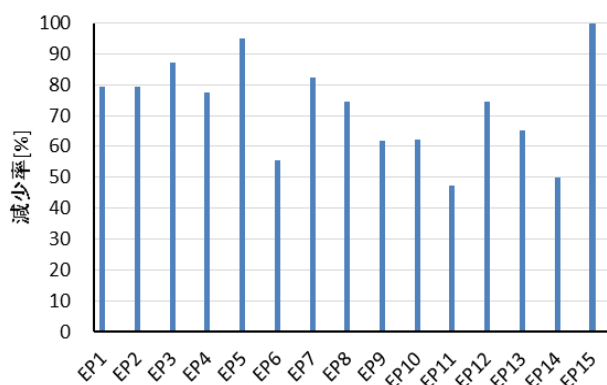


図 3.8.23 燃焼試験の結果(エポキシ系)

### 3-9 樹脂の評価方法案の提案

#### 3-9-1 評価項目および評価基準

接着系あと施工アンカーに使用する接着剤の品質評価のための評価項目および評価基準案を、表 3.9.1 に示す。評価項目および評価基準は、本課題において検討した結果を踏まえたものである。耐アルカリ性試験については、従来より JCAA の製品認証試験で実施されていたものであり、文献<sup>3.8)</sup>においてもその有効性が確認されていることから、JCAA の製品認証試験を踏襲したものとした。

表 3.9.1 接着系あと施工アンカーに使用する接着剤の品質評価項目および評価基準案

| 評価項目   | 接着剤の種類           | 試験方法       | 評価基準                                       |
|--------|------------------|------------|--|
| 圧縮強さ   | 有機系(フィラーを含まない場合) | JIS K 7181 | 98.0 N/mm <sup>2</sup> 以上                  |
|        | 有機系(フィラーを含む場合)   |            | 50.0 N/mm <sup>2</sup> 以上                  |
|        | 無機系              | JIS A 1108 | 29.4 N/mm <sup>2</sup> 以上                  |
| 圧縮弾性率  | 有機系              | JIS K 7181 | 9.8×10 <sup>2</sup> N/mm <sup>2</sup> 以上   |
| 接着強さ   | 有機系・無機系          | 接着力試験      | 基準付着強度の 1.5 倍以上                            |
| 不燃残分率  | 有機系              | 燃焼試験       | 製造者の申請値の<br>±5%以内であること                     |
| 耐アルカリ性 | 有機系              | JIS K 6919 | 質量減少率*10%以下<br>アルカリ浸漬後の試料に<br>ひび割れや欠損がないこと |

\* : 100℃・10%水酸化ナトリウム水溶液に 100 時間浸漬した時の質量減少率

### 3-9-2 圧縮強さおよび圧縮弾性率試験

以下、接着系あと施工アンカーに使用する接着剤の圧縮強さ試験、圧縮弾性率試験の試験方法(案)を示す。目次立ては、報告書とは独立している。

接着系あと施工アンカーに使用する接着剤の圧縮強さおよび圧縮弾性率試験方法(案)・同解説

#### (1) 総則

##### 1) 目的

本試験方法案は、接着系あと施工アンカー製品に使用する接着剤の圧縮強さおよび圧縮弾性率の試験を行うためのものである。

##### 2) 適用範囲

本試験方法は、接着系あと施工アンカーのうち、有機系および無機系の注入方式・カートリッジタイプのあと施工アンカー製品に使用される接着剤を対象とする。また、本試験方法案に規定する試験体および試験方法について、同等の評価結果が得られることが確認された場合にはこれによることができる。

##### 3) 試験実施者および申請者

本試験方法案により試験を行う者(試験実施者)は、樹脂およびセメント系材料の強度試験を適切に実施でき、かつ第三者的な立場で試験を実施し、その結果を報告できる者でなければならない。申請者は、あと施工アンカー製品の製造者もしくはそのあと施工アンカーを用いて工事を行う者またはその代理者とする。

#### [解説]

1,2) 本試験方法で試験の対象となる接着剤は、カートリッジタイプのあと施工アンカー製品として、ミキシングノズルより吐出された接着剤を対象としている。したがって、カプセル方式のあと施工アンカー製品は対象としていない。また、本試験方法案に規定した方法は、前項の目的に照らして適切な評価を行うための一例となる試験方法であり、試験体の条件や試験装置、試験方法などについて、本試験方法案と同等の評価結果が得られることが確認された場合には、それらの方法によることができる。

3) 本試験方法の試験実施者は、他の試験と同様に評価試験を適切に実施できる者を指す。試験実施者の例として、下記の条件を満たす第三者機関とする。

- ・ ISO/IEC 17025 (JIS Q 17025) に基づく試験所認定を受けた試験機関、国際 MRA 対応認定を受けた国外の試験機関あるいはそれらと同等の機関などで、申請者との利益相反を生じる関係にならないこと
- ・ JIS K 7181 (有機系) あるいは JIS A 1108 および JIS A 1149 (無機系) の試験の実施に必要な試験装置および測定装置を有し、それらの精度が確認されていること
- ・ 試験報告書の記載事項に対する責任を担保できること

また、ここでの申請者については、あと施工アンカー製品の製造者のほか、当該あと施工アンカーを使用して改修工事を行う場合の建物の所有者、設計者、施工者などが想定される。

## (2) 試験体

### 1) 共通事項

試験体の製作は、試験実施者が行うか、もしくは試験実施者立ち会いのもとで申請者が行う。試験体の製作時の環境は  $20 \pm 5^\circ\text{C}$  の室内とする。試験体の数量は 5 体とする。

### 2) 有機系接着剤

あと施工アンカー製品のカートリッジから吐出された接着剤について、厚さ 4 mm の板状の樹脂板を製作し、製作された樹脂板より所定の寸法の角柱形の試験体に切断加工する。試験体の寸法を表 1 に示す。樹脂板製作後の試験体の養生期間は、申請者が定める硬化に必要な時間以上 14 日以内とし、 $20 \pm 5^\circ\text{C}$  の室内に静置する。

表 1 試験体の寸法

| 試験項目  | 長さ (mm)      | 幅 (mm)       | 高さ (mm)     |
|-------|--------------|--------------|-------------|
| 圧縮強さ  | $10 \pm 0.2$ | $10 \pm 0.2$ | $4 \pm 0.2$ |
| 圧縮弾性率 | $50 \pm 2$   | $10 \pm 0.2$ | $4 \pm 0.2$ |

### 3) 無機系接着剤

あと施工アンカー製品のカートリッジから吐出された接着剤について、直径 50 mm、高さ 100 mm の円柱型枠に打ち込み、十分に締め固めを行って供試体を製作する。打ち込み後試験実施までの養生期間は 14 日とし、 $20 \pm 5^\circ\text{C}$  の室内において封かん養生とする。

〔解説〕

2) 有機系接着剤はミキシングノズルから吐出された状態の接着剤を脱気等の処理を行わずに試験片を切り出すための樹脂板を製作する。作成手順は下記による。

- ① 塩化ビニル板(エポキシ樹脂系)もしくはガラス板(ラジカル反応樹脂系)と厚さを一定に保持するスペーサを用いて型枠を作成する
- ② 接着剤を型枠に流し込む、空気が入り込まないようにノズルを動かす
- ③ 上部に塩化ビニル板(ガラス板)を乗せ、押さえる
- ④ 表面の気泡を逃がすように塩化ビニル板(ガラス板)を斜めに押さえしながら接着剤を広げる
- ⑤ 鉄板などを載せて均等に圧が加わるようにし、さらに重しを載せる
- ⑥ 接着剤が硬化するまで放置する
- ⑦ 型枠から硬化した樹脂の板を取り外す

3) 無機系接着剤は、ミキシングノズルを型枠底面から徐々に引き上げながら注入し、気泡の混入を避けるようにするとよい。また、テーブルバイブレータ等を使用して十分に締め固めを行う。

## (3) 試験

### 1) 圧縮強さ試験

有機系接着剤の圧縮強さ試験は、JIS K 7181 による。

無機系接着剤の圧縮強さ試験は、JIS A 1108 による。

### 2) 圧縮弾性率試験

有機系接着剤の圧縮弾性率試験は、JIS K 7181 による。

無機系接着剤の圧縮弾性率試験は、JIS A 1149 による。

〔解説〕

1,2) 試験の実施は、本文に示す JIS による。無機系接着剤の試験では、試験体の寸法が JIS の規定とは異なるが、試験の手順は JIS に従って実施する。

#### (4) 報告

試験結果は、以下の項目について報告する。

- 1) 試験実施者に関する事項(試験担当者の氏名・所属)
- 2) 試験実施日程に関する事項(試験体製作日, 試験実施日)
- 3) 試験の対象とした製品に関する事項(申請者, 製品名, ロット番号)
- 4) 圧縮強さ試験結果(各試験体の圧縮強さ, 平均値)
- 5) 圧縮弾性率試験の試験結果(各試験体の圧縮弾性率, 平均値)
- 6) その他試験に関する特記事項

### 3-9-3 接着力試験方法の提案

以下、接着系あと施工アンカーの接着力の試験方法(案)を示す。目次立ては、報告書とは独立している。

#### 接着系あと施工アンカーに使用する接着剤の接着力試験方法(案)・同解説

##### (1) 総則

###### 1) 目的

本試験方法案は、接着系あと施工アンカー製品に使用する接着剤の接着力を求めるための接着力試験について規定するものである。

###### 2) 適用範囲

本試験方法は、接着系あと施工アンカーのうち、有機系および無機系の注入方式・カートリッジタイプのあと施工アンカー製品に使用される接着剤を対象とする。また、本試験方法案に規定する試験体および試験方法について、同等の評価結果が得られることが確認された場合にはこれによることができる。

###### 3) 試験実施者および申請者

本試験方法案により試験を行う者(試験実施者)は、本試験を適切に実施でき、かつ第三者的な立場で試験を実施し、その結果を報告できる者でなければならない。申請者は、あと施工アンカー製品の製造者もしくはそのあと施工アンカーを用いて工事を行う者またはその代理者とする。

##### [解説]

1,2) 本試験方法で試験の対象となる接着剤は、カートリッジタイプのあと施工アンカー製品として、ミキシングノズルより吐出された接着剤を対象としている。したがって、カプセル方式のあと施工アンカー製品は対象としていない。また、本試験方法案に規定した方法は、前項の目的に照らして適切な評価を行うための一例となる試験方法であり、試験体の条件や試験装置、試験方法などについて、本試験方法案と同等の評価結果が得られることが確認された場合には、それらの方法によることができる。

3) 本試験方法の試験実施者は、他の試験と同様に評価試験を適切に実施できる者を指す。試験実施者の例として、下記の条件を満たす第三者機関とする。

- ・ ISO/IEC 17025 (JIS Q 17025) に基づく試験所認定を受けた試験機関、国際 MRA 対応認定を受けた国外の試験機関あるいはそれらと同等の機関などで、申請者との利益相反を生じる関係にならないこと
- ・ 試験の実施に必要な試験装置および測定装置(引張強度試験機等)を有し、それらの精度が確認されていること
- ・ 試験報告書の記載事項に対する責任を担保できること

また、ここでの申請者については、あと施工アンカー製品の製造者のほか、当該あと施工アンカーを使用して改修工事を行う場合の建物の所有者、設計者、施工者などが想定される。

##### (2) 試験体

###### 1) 試験体の製作

試験体の製作は、試験実施者が行うか、もしくは試験実施者立ち会いのもとで申請者が行う。試験

体の製作時の環境は  $20 \pm 5^\circ\text{C}$  の室内とする。試験体の数量は 5 体を標準とする。

2) 試験体の形状および寸法

試験体は、M20 の高ナット内に接着剤を充填し、M12 全ねじボルトを挿入したものとする。試験体の形状および寸法を図 1 に示す。接着部分の長さは、24 mm～30 mm の範囲とし、ナットの片側に挿入した長さ調整用ボルトにより接着部分の長さを調整する。ボルトはナット内の中央に垂直に挿入し、ボルトの底面および接着長さ以外の部分を絶縁する。M12 ボルトと高ナットの中心位置のずれ（芯ずれ）は、各方向に対して 0.5 mm 以内とする。また、  
は  $\pm 0.5$  度以内とする。

3) 試験体の材質

ボルトおよびナットの材質は接着強度に対して十分な降伏強度を有するものを用いることとする。

4) 試験体の養生

試験体の養生は、申請者が定める硬化時間以上の期間とし、 $20 \pm 5^\circ\text{C}$  の室内に静置する。

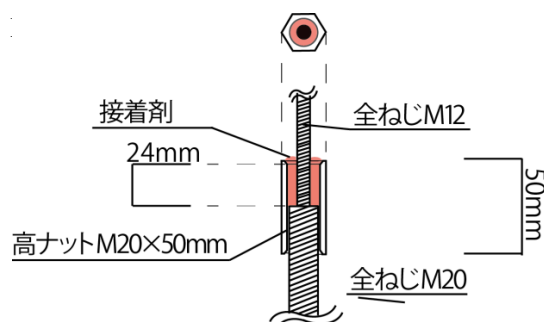


図 1 試験体の形状および寸法

[解説]

1～4) 試験片の製作では、ボルトをナットの中央に軸のずれがなく、高ナットの角度のずれがないように挿入することが重要である。作成用の治具として、解図 1 に示すような治具を用いるとよい。接着強度が確認できるようねじの材質は十分高い強度を選定する必要がある。例えば M12 ボルトにおいては JIS G 4107 に規定される SNB7、高ナットや長さ調整用ボルトについては JIS G 4051 に規定される S45C 等がそれらに該当すると考えてよい。

M12 ボルトの挿入時、長さ調整用ボルト（M20 ボルト）との間に骨材が入り込み場合の処置については、M12 全ねじボルトをハンマー等で叩いて骨材を砕く等が考えられるが、試験体精度が損なわれないよう留意する必要がある。



解図 1 接着試験体製作用治具の例

### (3) 試験方法

#### 1) 試験装置

試験に用いる荷重装置には、荷重制御が可能な引張試験機を使用し、その荷重容量は100 kN以上とする。

#### 2) 試験体の設置

図2を参考に、引張試験機に試験体を設置する。試験体は、上下のねじをチャック等で固定し、端部をユニバーサルジョイント等とし、曲げや偏心力がかからないようにする。ボルトの抜け出し量を確認するための変位計は、高ナットに変位計を固定し、ボルトに取り付けた治具により測定する。

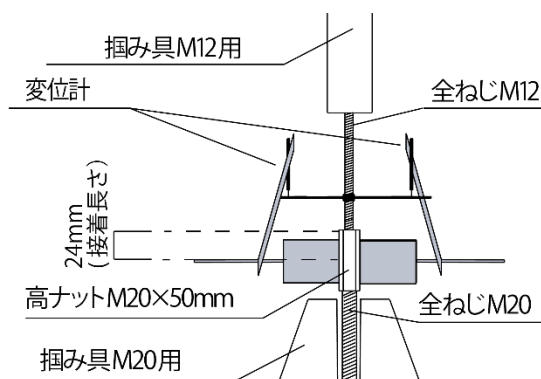


図2 試験体の設置状況

#### 3) 荷重および計測

荷重速度を $0.5 \pm 0.1$  kN/secとし、試験体に引張力を荷重する。荷重中の荷重荷重および抜け出し変位を少なくとも1秒につき1回以上の間隔で測定する。荷重は、最大荷重を示した後荷重が10%以上低下するまで継続する。荷重中は、荷重荷重および抜け出し変位を確認し、ボルトの降伏や破断を生じないように留意する。

[解説]

1～3) 試験体への荷重は、偏心を生じないようにユニバーサルジョイント等を用い、チャックあるいはねじにより固定する。解図2に試験状況を示す。

3) 荷重中は、できるだけ短い間隔で測定・記録を行う。動ひずみ計を用いて、荷重及び変位を動的に記録することも有効である。荷重中は最大荷重を示した後に変位が急激に伸びる場合があるため、常に荷重と変位を確認し、ボルトの破断や引き抜けが起こらないように注意する。



解図2 接着力試験の実施状況

### (4) 試験結果の整理

#### 1) 接着強度の計算

接着強度  $\tau_b$  は(1)式により求める



$$\tau_b = \frac{F_b}{12\pi \cdot l_b} \dots\dots\dots (1) \text{式}$$

ここで、 $\tau_b$  : 接着強さ (N/mm<sup>2</sup>)  
 $F_b$  : 接着力試験における最大荷重 (N)  
 $l_b$  : 接着部分の長さ (mm)

2) 平均接着強度の計算

接着強度の平均値  $\tau_{b\_ave}$  を (2) 式により求める。

$$\tau_{b\_ave} = \frac{\sum_{i=1}^n \tau_{bi}}{n} \dots\dots\dots (2) \text{式}$$

ここで、 $\tau_{b\_ave}$  : 平均接着強度 (N/mm<sup>2</sup>)  
 $\tau_{bi}$  : i 個目の試験体の接着強度 (N/mm<sup>2</sup>)  
 $n$  : 試験体の個数 (=5)

(5) 報告

試験結果は、以下の項目について報告する。

- 1) 試験実施者に関する事項 (試験担当者の氏名・所属)
- 2) 試験実施日程に関する事項 (試料製作日, 試験実施日)
- 3) 試験の対象とした製品に関する事項 (申請者, 製品名, ロット番号)
- 4) 試験体ごとの接着強度および平均の接着強度, 試験体ごとの荷重-変位曲線
- 5) その他試験に関する特記事項

### 3-9-4 燃焼試験方法の提案

以下、接着系あと施工アンカーに使用する接着剤の燃焼試験方法(案)を示す。目次立ては、報告書とは独立している。

#### 接着系あと施工アンカーに使用する接着剤の燃焼試験方法(案)・同解説

##### (1) 総則

###### 1) 目的

本試験方法案は、接着系あと施工アンカー製品に使用する接着剤の不燃残分を求めるための燃焼試験について規定するものである。

###### 2) 適用範囲

本試験方法は、接着系あと施工アンカーのうち、有機系の注入方式・カートリッジタイプのあと施工アンカー製品に使用される接着剤を対象とする。また、本試験方法案に規定する試験体および試験方法について、同等の評価結果が得られることが確認された場合にはこれによることができる。

###### 3) 試験実施者および申請者

本試験方法案により試験を行う者(試験実施者)は、樹脂系材料の燃焼試験を適切に実施でき、かつ第三者的な立場で試験を実施し、その結果を報告できる者でなければならない。申請者は、あと施工アンカー製品の製造者もしくはそのあと施工アンカーを用いて工事を行う者またはその代理者とする。

##### [解説]

1,2) 本試験方法は、あと施工アンカーに使用される接着剤中のフィラーの量などを推定し、接着剤の同一性の確認のために行う試験である。したがって、本試験で得られる値は、製品認証等において、申請者より申請し、実際にあと施工アンカーが使用される場合に、必要に応じてその値と確認するために実施する。本試験は無機系接着剤には適用しない。また、本試験方法案に規定した方法は、前項の目的に照らして適切な評価を行うための一例となる試験方法であり、試験体の条件や試験装置、試験方法などについて、本試験方法案と同等の評価結果が得られることが確認された場合には、それらの方法によることができる。

3) 本試験の試験実施者は、他の試験と同様に評価試験を適切に実施できる者を指す。試験実施者の例として、下記の条件を満たす第三者機関とする。

- ・ ISO/IEC 17025 (JIS Q 17025) に基づく試験所認定を受けた試験機関、国際 MRA 対応認定を受けた国外の試験機関あるいはそれらと同等の機関などで、申請者との利益相反を生じる関係にならないこと
- ・ 試験の実施に必要な試験装置および測定装置(電気炉等)を有し、それらの精度が確認されていること
- ・ 試験報告書の記載事項に対する責任を担保できること

また、ここでの申請者については、あと施工アンカー製品の製造者のほか、当該あと施工アンカーを使用して改修工事を行う場合の建物の所有者、設計者、施工者などが想定される。

##### (2) 試料

###### 1) 試料

試料の製作は、試験実施者もしくは試験実施者立ち会いのもとで申請者が行う。試料の製作時の環境は  $20\pm 5^{\circ}\text{C}$  の室内とする。試料の製作量は  $30\text{ g}$  以上とし、圧縮強さ試験および圧縮弾性率試験の試験片のために製作した樹脂板を使用するとよい。

## 2) 試料の製作方法

あと施工アンカー製品のカートリッジから吐出された接着剤について、適当な形状で養生し硬化させたのち、 $10\text{ g}$  以上を採取し、粉砕して粒径  $1.2\text{ mm}$  以下にしたものを試料とする。接着剤の養生期間は、申請者が定める硬化に必要な時間以上とし、 $20\pm 5^{\circ}\text{C}$  の室内に静置する。

## 3) 試料数量

試料数量は3体を標準とする。

### [解説]

- 1) 試験体は他の物性試験と同一であることが望ましい。したがって、圧縮試験等を行う際に製作した樹脂板から必要な量を切り出して使用するとよい。
- 2) 粉砕は、ディスクミル等の試料温度が上昇する粉砕装置を用いず、ハンマー等で粗粉砕した後、乳鉢等を使用して粉砕するとよい。粒径の目安は、目開き  $1.2\text{ mm}$  のふるいを全通することを確認すればよい。また、試料のムラをなくすため、樹脂板から採取した試料の全量を粉砕し、粉砕した粉末は容器に入れて攪拌しておく。

## (3) 試験方法

### 1) 試験装置

試験装置には、温度の調節および保持が可能な電気炉(マッフル炉)を用いる。電気炉の温度調節精度は  $\pm 3.0^{\circ}\text{C}$ 、温度分布精度は  $\pm 5.0^{\circ}\text{C}$ 、温度上昇速度は常温～ $500^{\circ}\text{C}$  を30分以内で昇温できるものとする。

### 2) 操作

#### a. 試験の準備

あらかじめ  $105^{\circ}\text{C}$  以上の温度で加熱乾燥させたるつぼまたは蒸発皿の質量をはかっておく。その後るつぼまたは蒸発皿に試料を  $0.01\text{ g}$  の精度で  $3\text{ g}$  程度はかりとる。1回の試験につき、試料数は3とする。

#### b. 試料の加熱

常温とした電気炉にるつぼまたは蒸発皿を入れ、 $100^{\circ}\text{C}/10\text{min}$  の速度で  $500^{\circ}\text{C}$  まで炉内温度を上昇させる。 $500^{\circ}\text{C}$  到達後、2時間保持する。加熱終了後、 $100^{\circ}\text{C}$  程度となるまで炉内で徐冷する。

#### c. 測定

徐冷したるつぼまたは蒸発皿を取り出し、その質量を  $0.01\text{ g}$  の精度で測定する。

### [解説]

- 1) 試験装置は、所定の温度制御精度を有する電気炉を用いる。試験では、燃焼時にガスを発生するため、排気装置を有した電気炉が望ましい。
- 2) 測定方法は、JIS K 0067(化学製品の減量および残分試験方法)を参考にしたものである。 $500^{\circ}\text{C}$  で2時間加熱することにより、接着剤の有機系の成分は完全に燃焼し、無機系のフィラー等が燃え残ることが確認されている。加熱後の試料は、大気中で冷却すると吸湿して質量が変化するため、燃焼後の炉内で徐冷するか、デシケータ等を用いて試料が吸湿しないようにしなければならない。

ない。

#### (4) 試験結果の整理

##### 1) 不燃残分率の算出

試料ごとの不燃残分率は(1)式によって算出する。3体の不燃残分率の平均を求め、小数点以下1けたに丸める。この時、3体の不燃残分率の偏差(平均値からの差)が3%を超える場合は、再試験を行う。

$$A = \left(1 - \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_3}\right) \times 100 \quad \dots\dots\dots (1) \text{式}$$

ここで、A : 不燃残分率(%)

W<sub>1</sub> : 加熱前の試料と、るつぼまたは蒸発皿の質量(g)

W<sub>2</sub> : 加熱後の試料と、るつぼまたは蒸発皿の質量(g)

W<sub>3</sub> : るつぼまたは蒸発皿の質量(g)

[解説]

1) 不燃残分率は、接着剤に含まれる不燃性の成分の割合を示すため、これがフィラー等の樹脂以外の成分を表す。ただし、活性炭等の有機成分がフィラーとして使用されている場合は、不燃残分には含まれないので、同一性の確認のためには、同条件で実施した試験結果で比較しなければならない。また、試験結果のばらつきは、3g程度の試料があれば偏差は1%程度以内に収まることが確認されている。そのため、3%の偏差があった場合には試料の均質性や試験の手順に問題があるとして、再試験を行うこととした。

#### (5) 報告

試験結果は、以下の項目について報告する。

- 1) 試験実施者に関する事項(試験担当者の氏名・所属)
- 2) 試験実施日程に関する事項(試料製作日, 試験実施日)
- 3) 試験の対象とした製品に関する事項(申請者, 製品名, ロット番号)
- 4) 試料ごとの不燃残分率および不燃残分率の平均
- 5) その他試験に関する特記事項

### 3-9-5 耐アルカリ試験方法の提案

以下、接着系あと施工アンカーに使用する接着剤の耐アルカリ性試験方法(案)を示す。目次立ては、報告書とは独立している。

#### 接着系あと施工アンカーに使用する接着剤の耐アルカリ性試験方法(案)・同解説

##### (1)総則

###### 1) 目的

本試験方法案は、接着系あと施工アンカー製品に使用する接着剤の耐アルカリ性を評価するための耐アルカリ性試験について規定するものである。

###### 2) 適用範囲

本試験方法は、接着系あと施工アンカーのうち、有機系の注入方式・カートリッジタイプのあと施工アンカー製品に使用される接着剤を対象とする。また、本試験方法案に規定する試験体および試験方法について、同等の評価結果が得られることが確認された場合にはこれによることができる。

###### 3) 試験実施者および申請者

本試験方法案により試験を行う者(試験実施者)は、樹脂系材料の化学分析等の試験を適切に実施でき、かつ第三者的な立場で試験を実施し、その結果を報告できる者でなければならない。申請者は、あと施工アンカー製品の製造者もしくはそのあと施工アンカーを用いて工事を行う者またはその代理者とする。

##### [解説]

1,2) 本試験方法は、接着剤の耐アルカリ性を評価するための試験方法であり、コンクリート中のような高アルカリ環境下での接着剤の耐久性を確認するための試験である。耐アルカリ試験は、アルカリ浸漬した試験体の押し抜き試験による方法も提案されているが、ここでは、従来より実施されているアルカリ環境下での質量減少率によって評価する試験を適用した。接着剤の劣化と質量減少率の関係は既往の研究により確認されている。耐アルカリ試験の試験方法は、JIS K 6919(繊維強化プラスチック用液状不飽和ポリエステル樹脂)において、詳細な規定があり、本試験方法では、原則としてそれに従うこととした。また、本試験方法案に規定した方法は、前項の目的に照らして適切な評価を行うための一例となる試験方法であり、試験体の条件や試験装置、試験方法などについて、本試験方法案と同等の評価結果が得られることが確認された場合には、それらの方法によることができる。

3) 本試験の試験実施者は、他の試験と同様に評価試験を適切に実施できる者を指す。試験実施者の例として、下記の条件を満たす第三者機関とする。

- ・ ISO/IEC 17025(JIS Q 17025)に基づく試験所認定を受けた試験機関、国際 MRA 対応認定を受けた国外の試験機関あるいはそれらと同等の機関などで、申請者との利益相反を生じる関係にならないこと
- ・ 試験の実施に必要な試験装置を有し、それらの精度が確認されていること
- ・ 試験報告書の記載事項に対する責任を担保できること

また、ここでの申請者については、あと施工アンカー製品の製造者のほか、当該あと施工アンカーを使用して改修工事を行う場合の建物の所有者、設計者、施工者などが想定される。

## (2) 試料

### 1) 試料

試料の製作は、試験実施者が行うか、もしくは試験実施者立ち会いのもとで申請者が行う。試料の製作時の環境は  $20 \pm 5^\circ\text{C}$  の室内とする。

### 2) 試料の形状、寸法

試料の形状および寸法は、長さ約 75 mm、幅約 25 mm、厚さ  $3 \pm 0.2$  mm とする。

### 3) 試料の製作方法

試料の製作方法は、JIS K 6919 の 5.2.3 試験片の作り方による。ただし、試料に用いる接着剤はあと施工アンカー製品のカートリッジから吐出されたものとする。試料の養生期間は、申請者が定める硬化に必要な時間以上とし、 $20 \pm 5^\circ\text{C}$  の室内に静置する。

### 4) 試料数量

試料数量は 3 体を標準とする。

#### [解説]

1～4) 試料については、JIS K 6919 の規定を標準として製作するが、カートリッジから吐出されたものを試験片とする点が異なる。また、圧縮強さ試験等の試料製作に使用した樹脂板とは厚さが異なるため、同様の方法で厚さ 3 mm のスペーサにより樹脂板を製作し、所定の寸法に切り出して加工するとよい。

## (3) 試験方法

### 1) 試料質量の測定

試験前の試料の質量を 0.01 g の精度で測定する。

### 2) アルカリ浸漬および乾燥

容量約 1 L の丸底フラスコの中に 10% の水酸化ナトリウム溶液約 500 ml を入れ、貫流冷却装置をつけて加熱する。水酸化ナトリウム溶液が沸騰し始めたら直ちに試料を静かに入れ、さらに加熱を続ける。煮沸中は、試験片が互いに接触しないようにしなければならない。溶液中で 100 時間煮沸した後、試料を取り出して流水中で水洗し、乾燥した清浄なガーゼなどで拭いてから、 $100^\circ\text{C}$  の空気浴中で 2 時間乾燥する。

### 3) 浸漬後の試料の観察

試料を目視で観察し、ひび割れや欠損の有無を調べる。

### 4) 浸漬後の試料の質量の測定

乾燥後の試料の質量を 0.01 g の精度で測定する。

#### [解説]

1～4) アルカリ煮沸の方法も JIS K 6919 の規定に従う。試料の観察では、浸漬前後の比較を行うため、浸漬前後の外観を写真として記録・保存しておく。浸漬後の観察では、ひび割れや欠損が生じていないかを目視で確認できる範囲で確認する。

## (4) 試験結果の整理

### 1) 質量減少率の整理

試料ごとの質量減少率は(1)式によって算出する。3体の質量減少率の平均を求める。

$$W_{al} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \quad \dots\dots\dots (1) \text{式}$$

ここで、  $W_{al}$  : 質量減少率(%)  
 $W_1$  : アルカリ浸漬前の試料質量(g)  
 $W_2$  : アルカリ浸漬後の試料質量(g)

2) 試料の観察結果の整理

試料の観察結果から、試料3体のうち2体以上にひび割れまたは欠損が無ければ、ひび割れや欠損がないと判断する。

**(5) 報告**

試験結果は、以下の項目について報告する。

- 1) 試験実施者に関する事項(試験担当者の氏名・所属)
- 2) 試験実施日程に関する事項(試料製作日、試験実施日)
- 3) 試験の対象とした製品に関する事項(申請者、製品名、ロット番号)
- 4) 試料ごとの質量測定結果および質量減少率、質量減少率の平均
- 5) 試料の観察結果(写真および観察結果の報告)
- 6) その他試験に関する特記事項

### 3-10 まとめ

3.1 節では、あと施工アンカーに使用される接着剤単体の品質確認方法は、適用される制度や技術基準等によって評価項目や評価方法、評価基準が異なること、これらの品質基準については、必ずしも注入方式を想定していないこと、付着性能との関係について明らかではないことなどから、合理的な品質基準となっていないという本課題の背景を述べた。

3.2 節～3.5 節では、平成 28 年度に実施された、接着剤単体の物性評価方法および評価基準に関する検討、接着剤の同一性の確認のための検討結果を報告した。3.2 節では、既往の付着試験データと製品ごとに提供される品質試験結果に関する調査、3.3 節では、市販の接着剤およびフィラー量を変えた樹脂による接着剤の各種物性値と付着強度の関係、3.4 節では、燃焼試験によるフィラー量の推定方法に関する検討、3.5 節では、FT-IR(赤外線分光スペクトル)による樹脂の区分について検討結果を報告した。

3.6 節～3.9 節では、平成 29 年度の検討結果を報告し、それを踏まえた接着剤の品質評価方法を提案した。3.6 節では、あと施工アンカーの拘束状態を考慮した接着性の簡易試験方法の検討、3.7 節では、ラジカル反応樹脂系接着剤における試験片製作方法の検討、3.8 節では、市販の接着剤の物性評価試験、接着性試験、燃焼試験の実施、3.9 節では、それらを踏まえた品質基準値の検討の結果を報告した。また、3.9 節では、接着系あと施工アンカーに使用する接着剤の圧縮強さ試験方法、圧縮弾性率試験方法、接着系あと施工アンカーの接着力試験方法、燃焼試験方法および耐アルカリ試験方法の提案を行った。



参考文献

- 3.1) 国土交通省大臣官房官庁営繕部監修：建築改修工事管理指針(下巻)平成 28 年版，建築保全センター，2016.12
- 3.2) 日本建築学会：各種合成構造設計指針・同解説，2010.11
- 3.3) 佐藤滉起ほか：接着系あと施工アンカーを用いた部材の構造特性評価に関する研究 その 10 燃焼試験による接着剤成分の確認方法に関する検討，日本建築学会大会学術講演梗概集，構造IV，pp.353-354，2017.9
- 3.4) 有木克良ほか：静充填型あと施工アンカーの実用化に関する研究：その4 予備付着実験結果の検討・今後の実験の留意点，日本建築学会大会学術講演梗概集，C-2，pp.699-700，2014.9



## 第4章

### 接着系あと施工アンカーを用いた構造部材の構造性能確認試験

## 4-1 使用方法と安全率の設定

### 4-1-1 使用方法の分類

接着系あと施工アンカーを建築物の構造部材に使用する場合、建築物としては新築建築物と既存建築物に大別することができる。

新築建築物の構造部材に接着系あと施工アンカーを使用することが想定される構造部材として、表 4.1.1.1 が考えられる。なお、表 4.1.1.1 においては、鉄筋コンクリート（以下、RC と略記）造や鉄骨鉄筋コンクリート（以下、SRC と略記）の柱、梁、耐力壁等の主筋の定着や、鉄骨造建築物本体の柱脚のアンカーボルトに使用することは想定していないことから、除外している。

表 4.1.1.1 接着系あと施工アンカーの使用が想定される新築建築物の構造部材の例

| 建築物の構造種別       | 使用部材                 | アンカー筋の使用目的           | 関連法令・告示                                     |
|----------------|----------------------|----------------------|---|
| RC 造,<br>SRC 造 | S 造階段,               | 本体建築物との一体化（定着筋）,     | 平 12 建告第 1450 号                             |
|                |                      | RC 造基礎との一体化（アンカーボルト） | 令第 66 条, 平 19 国交告第 1229 号                   |
|                | PCaRC 造階段            | 本体建築物との一体化（定着筋）,     | 平 12 建告第 1450 号                             |
|                |                      | RC 造基礎との一体化（定着筋）     | 平 12 建告第 1450 号                             |
| S 造            | S 造階段等の最下階柱脚         | RC 基礎との一体化（アンカーボルト）  | 令第 66 条, 平 19 国交告第 1229 号                   |
| 木 造            | 土台, 筋かい, 構造耐力上必要な軸組等 | RC 基礎との一体化（アンカーボルト）  | 令第 42 条, 令第 45 条, 令第 46 条, 平 13 国交告第 1540 号 |

[注] RC 造：鉄筋コンクリート造，SRC 造：鉄骨鉄筋コンクリート造，S 造：鉄骨造  
PCaRC 造：プレキャスト鉄筋コンクリート造

他方、既存建築物の構造部材に接着系あと施工アンカーを使用することが想定される構造部材として、表 4.1.1.2 が考えられる。

表 4.1.1.1 および表 4.1.1.2 に記載の使用部材に接着系あと施工アンカーを用いる場合、あと施工アンカー筋に生じる長期荷重時、短期荷重時ならびに終局時の応力（引張力、せん断力）を算定し、アンカー筋に要求される所要の性能を有していることを確認する必要がある。その際には、各応力に対するアンカー筋の長期許容応力度、短期許容応力度ならびに材料強度が必要とされる。

また、繰返し荷重を受ける場合には、強度のほかにも所要の変形性能も必要となる。したがって、あと施工アンカーを構造部材の主筋やアンカーボルト等の代わりに用いる場合には、原則として構造実験を実施し、構造部材に要求される性能（強度、変形性能等）を有していることを確認する必要がある。

なお、あと施工アンカー筋の埋込み長さを、異形鉄筋を使用する場合の所要定着長さ以上確保する場合には構造実験は不要と考えるが、所要の施工品質が確保されるかの確認は必要と考える。

表 4.1.1.2 接着系あと施工アンカーの使用が想定される既存建築物の構造部材の例

| 建築物の構造種別             | 使用部材     | アンカー筋の使用目的                          | 関連法令・告示                      |                              |
|----------------------|----------|-------------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| RC造,<br>SRC造         | 耐力壁      | 新設耐力壁や開口部設置に伴う縦補強筋, 横補強筋の周辺部材への定着   | 令第78条の2第四号<br>平12建告第1450号    |                              |
|                      | スラブ      | 増設スラブ主筋, 配力筋の周辺部材への定着               | 令第77条の2第2項第一号<br>平12建告第1450号 |                              |
|                      | 柱        | 増設柱主筋の定着, 既存柱との一体化                  | 平12建告第1450号                  |                              |
|                      | 梁(基礎梁含む) | 増設梁主筋の定着, 既存梁との一体化                  | 令第73条, 平23国交告第432号           |                              |
|                      | 階段       | RC造階段                               | RC造新設階段スラブ主筋, 配力筋の定着         | 令第77条の2第2項第一号<br>平12建告第1450号 |
|                      |          | S造階段,                               | RC造基礎との一体化(アンカーボルト)          | 令第66条, 平19国交告第1229号,         |
|                      |          |                                     | 既存建物との一体化                    | 平12建告第1450号                  |
|                      | PCaRC造階段 | RC造基礎との一体化(主筋の定着)<br>既存建物との一体化(定着筋) | 平12建告第1450号                  |                              |
|                      | EV棟      | S造EV棟                               | RC造基礎との一体化(アンカーボルト),         | 令第66条, 平19国交告第1229号,         |
|                      |          |                                     | 既存建物との一体化                    | 平12建告第1450号                  |
| RC造EV棟,<br>PCaRC造EV棟 |          | RC造基礎との一体化(主筋の定着)<br>既存建物との一体化(定着筋) | 平12建告第1450号                  |                              |

[注] RC造：鉄筋コンクリート造，SRC造：鉄骨鉄筋コンクリート造，S造：鉄骨造  
PCaRC造：プレキャスト鉄筋コンクリート造，EV：エレベーター

#### 4-1-2 安全率の考え方

接着系あと施工アンカーによるアンカー筋の引張およびせん断に対する許容応力度（終局引張耐力および終局せん断耐力に対する安全率）は、アンカー筋を用いた部材の各荷重時（長期荷重時、短期荷重時）の構造性能（ひび割れ状況、変形状態等）が、法令・告示等に基づいて所要の定着長さ以上が確保された先付け鉄筋（法令、告示等に基づく所要定着長さ以上を有する鉄筋をいい、以下同様とする）を用いた構造部材と同等の構造性能を有するように設定する必要がある。

主として長期荷重を負担するスラブにおいては、一定応力を受ける場合のクリープ変形が殆ど増大しないよう安全率を定める必要がある。また、長期荷重の他に地震力等の荷重による応力が作用する構造部材にあつては、短期荷重時における変形やひび割れ発生状況が先付け鉄筋を用いた構造部材と同程度以下となるよう安全率を設定する必要があると考える。

平成27年度の部材実験として、表4.1.1.2に記載の耐力壁とスラブを選定し、以下の安全率を設定して試験体における接着系あと施工アンカーのアンカー筋の設計を行った。まず、接着系あと施工アンカーの材料強度として、文献<sup>4.1)</sup>を参考に表4.1.1.3のように設定した。

表 4.1.1.3 接着系あと施工アンカーの材料強度

| 種類                    |         | 材料強度 (N/mm <sup>2</sup> )      |  |
|-----------------------|---------|--------------------------------|--|
|                       |         | 引張 $F_t$                       | せん断 $F_s$  |
| 断面の位置                 |         |                                |  |
| アンカー筋の断面              |         | $\sigma_y$                     | $0.7\sigma_y, 0.4\sqrt{E_c \cdot \sigma_B}$ または, 294<br>のうち, いずれか小さい数値 |
| コーン破壊を生ずるコンクリートの断面    |         | $0.23\sqrt{\sigma_B}$          | —  |
| 付着破壊を生ずる<br>コンクリートの断面 | (仮) A 級 | $15\sqrt{\frac{\sigma_B}{21}}$ | —  |
|                       | (仮) B 級 | $10\sqrt{\frac{\sigma_B}{21}}$ | —  |

【記号】  $\sigma_y$  : アンカー筋の規格降伏点 (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_B$  : アンカー筋を埋込むコンクリートの圧縮強度 (N/mm<sup>2</sup>)

$E_c$  : アンカー筋を埋込むコンクリートのヤング係数 (N/mm<sup>2</sup>)

(1) 耐力壁試験体の安全率の設定

耐力壁試験体は、既存建築物の耐力壁に出入り口開口を設ける場合の開口際の端部曲げ補強筋の周辺部材への定着に接着系あと施工アンカーを用いる場合を想定したものである。

水平荷重時に先付け鉄筋を用いた試験体の強度、変形性能と同等であることを確認することとし、下記の設計方針とした。

- ・短期荷重時相当の水平荷重時：端部曲げ補強筋に生じる引張応力度が短期許容引張応力度相当時において、変形やコンクリートのひび割れ状況が同程度である。
- ・最大耐力時：試験体の最大耐力および荷重載荷終了時までの荷重～変形関係が同等であるとともに、最終破壊形式も同様である。

アンカー筋のコンクリートへの有効埋込み長さは、下記を満たす数値以上とした。なお、アンカー筋のせん断力に対する検討、および短期荷重時の引張力に対する検討は、先付け鉄筋を用いた試験体と同様に行っていない。詳細は、4.3節を参照されたい。

1) コーン状破壊防止のための設計方針

試験体のアンカー筋のコーン状破壊を防止するため、次式を満たすこととした。詳細は、4-3-2-2項を参照されたい。

$$T_u \leq 0.23\sqrt{\sigma_B} \cdot A_c' / \alpha_1$$

(4.1.2.1)式

記号  $T_u$  : 端部曲げ補強筋の終局引張耐力 (N) で、次式による。

$$T_u = a_t \cdot \sigma_y \cdot n \tag{4.1.2.2)式}$$

$a_t$  : 端部曲げ補強筋 1 本あたりの公称断面積 (mm<sup>2</sup>)

$\sigma_y$  : 端部曲げ補強筋の降伏点強度 (N/mm<sup>2</sup>)

$n$  : 端部曲げ補強筋の本数 (耐力壁試験体の場合,  $n=2$ )

$\sigma_B$  : アンカー筋埋込み部のコンクリートの圧縮強度 (N/mm<sup>2</sup>)

$A_c'$  : コーン状破壊面の重なりを考慮した有効水平投影面積 (mm<sup>2</sup>)

$\alpha_1$  : コーン状破壊防止のための安全率で, 1.2 とした。

2) 付着破壊防止のための設計方針

試験体のアンカー筋の付着破壊を防止するため, 次式を満たすこととした。詳細は, 4-3-2-2 項を参

照されたい。

$$T_u \leq \tau_{fu} \cdot \pi \cdot d_a \cdot l_e / \alpha_2$$

(4.1.2.3)式

記号  $T_u$  : 端部曲げ補強筋 1 本あたりの終局引張耐力 (N) で, 次式による。

$$T_u = a_t \cdot \sigma_y \tag{4.1.2.4}式$$

$a_t$  : 端部曲げ補強筋 1 本あたりの公称断面積 (mm<sup>2</sup>)

$\sigma_y$  : 端部曲げ補強筋の降伏点強度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\tau_{fu}$  : 接着系あと施工アンカーの付着強度 (N/mm<sup>2</sup>) で, 次式を用いた。

$$\tau_{fu} = 15 \sqrt{\frac{\sigma_B}{21}} \tag{4.1.2.5}式$$

$\sigma_B$  : アンカー筋埋込み部のコンクリートの圧縮強度 (N/mm<sup>2</sup>)

$d_a$  : アンカー筋の呼び名 (mm)

$l_e$  : アンカー筋の有効埋込み長さ (mm)

$\alpha_2$  : 付着破壊を防止するための安全率で, 1.2 とした。

(2) スラブ試験体の安全率の設定

スラブ試験体は, 既存建築物の吹抜け部分等にスラブを増設する場合の主筋の周辺部材への定着に接着系あと施工アンカーを用いる場合を想定した 2 辺固定の一方向スラブと, 片持ちスラブの 2 タイプである。

アンカー筋を用いたスラブに対しては, 長期荷重時に先付け鉄筋を用いた試験体と同等の変形性状および, ひび割れ性状であることを確認することとし, 下記の設計方針とした。

- ・長期荷重時相当の長期載荷時: 変形性状, ひび割れ性状, 鉄筋ひずみ, 端部固定度, 長期たわみ増大率, 振動数等が先付け鉄筋使用の試験体と同程度である。
- ・長期載荷後の荷重載荷時: 最大耐力および荷重載荷終了時までの荷重～変形関係, 最終破壊状況が先付け鉄筋使用の試験体と同等である (片持ちスラブ)。

アンカー筋のコンクリートへの有効埋込み長さは, 下記を満たす数値以上とした。なお, アンカー筋のせん断力に対する検討, および短期荷重時の引張力に対する検討は, 先付け鉄筋を用いた試験体と同様に行っていない。詳細は, 4.4 節, 4.5 節を参照されたい。

1) 長期荷重時におけるコーン状ひび割れ防止のための設計方針

スラブ試験体のアンカー筋周囲のコーン状ひび割れの発生を防止するため, 次式を満たすこととした。

$${}_A T_L \leq 0.23 \sqrt{\sigma_B} \cdot A_c / F_L \tag{4.1.2.6}式$$

記号  ${}_A T_L$  : アンカー筋 1 本あたりの長期許容引張耐力 (N) で, 次式による。

$${}_A T_L = a_t \cdot l f_t$$

(4.1.2.7)式

- $a_t$  : アンカー筋 1 本あたりの公称断面積 (mm<sup>2</sup>)
- $l_{ft}$  : 同上鉄筋の長期許容引張応力度 (N/mm<sup>2</sup>)
- $\sigma_B$  : アンカー筋埋込み部のコンクリートの圧縮強度 (N/mm<sup>2</sup>)
- $A_c$  : コーン状破壊面の有効水平投影面積 (mm<sup>2</sup>)
- $F_L$  : 長期荷重時に対する安全係数

2) 長期荷重時におけるアンカー筋周囲の付着割裂ひび割れ発生防止およびクリープ変形増大のための設計方針

試験体のアンカー筋周囲の付着割裂ひび割れ発生を防止するため、次式を満たすこととした。詳細は、4.4節、4.5節を参照されたい。

$${}_A T_L \leq \tau_{fu} \cdot \pi \cdot d_a \cdot l_e / F_L \quad (4.1.2.8) \text{式}$$

記号  ${}_A T_L$  : アンカー筋 1 本あたりの長期許容引張耐力 (N) で、(4.1.2.7)式による。

$\tau_{fu}$  : 接着系あと施工アンカーの付着強度 (N/mm<sup>2</sup>) で、(4.1.2.5)式を用いた。

$d_a$  : アンカー筋の呼び名 (mm)

$l_e$  : アンカー筋の有効埋込み長さ (mm)

$F_L$  : 長期荷重時に対する安全係数



## 4-2 設計の基本的な考え方・設計フロー

### 4-2-1 設計の基本的な考え方

接着系あと施工アンカーにより母材に埋込まれたアンカー筋の設計は、アンカー筋を使用する構造部材の各荷重および外力下での応力や変形を算定し、先付け鉄筋を用いた場合の当該構造部材に必要とされる構造性能と同等の構造性能を付与することである。

接着系あと施工アンカーを構造部材の主筋の定着やアンカーボルトに使用する場合、アンカー筋の耐力に比して付着耐力やコーン状破壊耐力が十分に上回っていることが基本である。

設計に際しては、下記の項目を検討の上、進めることが必要である。

- (a) 使用する接着系あと施工アンカーにおける接着剤の性能確認
- (b) 構造部材への接着系あと施工アンカーの適用の可否
- (c) 接着系あと施工アンカーを使用する構造部材の各荷重時の要求性能の検討
- (d) 接着系あと施工アンカーの設計
- (e) 構造性能確認実験（原則）

以下に、平成27年度に実施した部材の性能確認試験における試験体の設計フローを記載する。

### 4-2-2 試験体の設計フロー

- (1) 耐力壁試験体の端部曲げ補強筋に使用する接着系あと施工アンカーの設計フロー

図4.2.2.1に、耐力壁試験体における接着系あと施工アンカーの検討フローを示す。

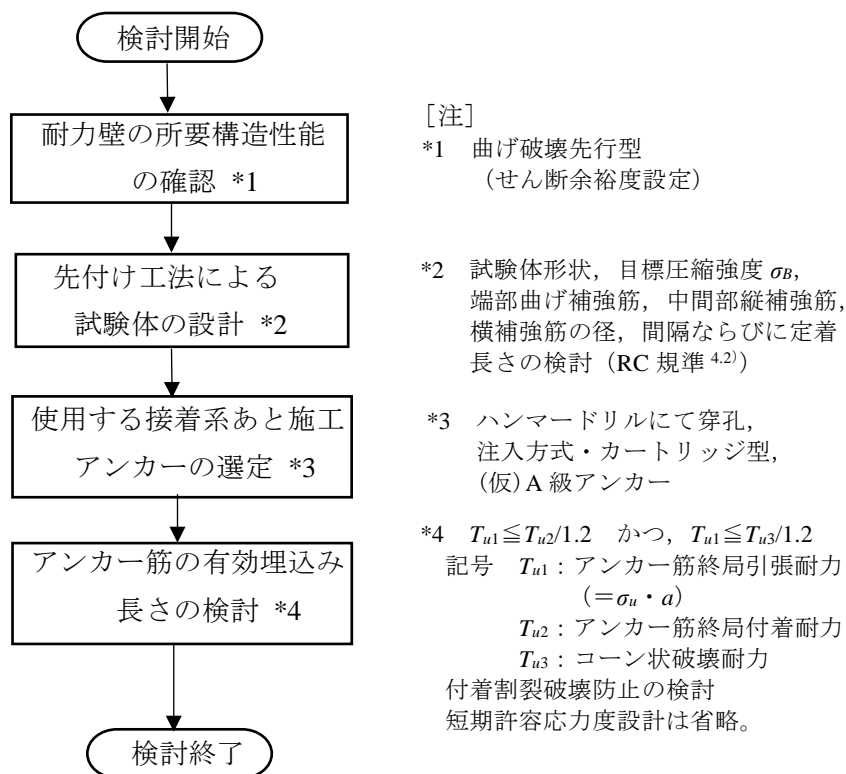


図4.2.2.1 耐力壁試験体における接着系あと施工アンカーの検討フロー

(2) 増設スラブの主筋に使用する接着系あと施工アンカーおよびアンカー筋の設計フロー

図4.2.2.2に、増設スラブ試験体における接着系あと施工アンカーの検討フローを示す。増設スラブには主として長期荷重が作用することから、長期許容応力度設計を行う。

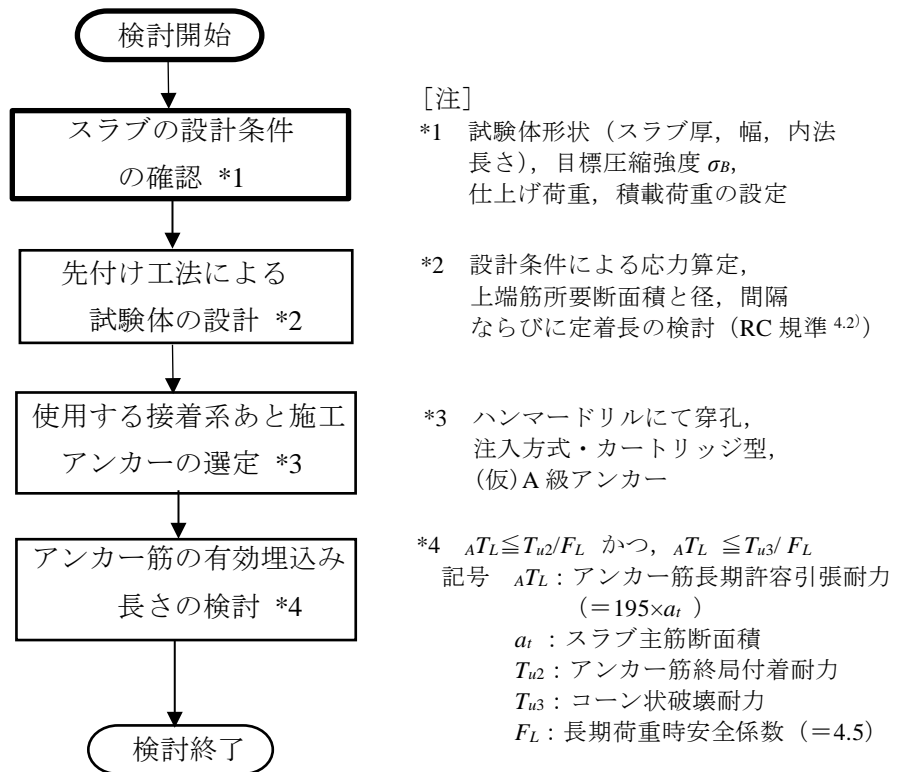


図4.2.2.2 増設スラブ試験体における接着系あと施工アンカーの検討フロー

### 4-3 耐力壁の構造性能確認試験

本節では、あと施工アンカーを用いた部材の構造性能確認実験について述べる。

#### 4-3-1 実験の主旨・概要

あと施工アンカーの引張材としての性能を検証することを目的とし、曲げ抵抗する RC 部材の主筋として用いる場合を想定する。具体的には、既存耐力壁に新たに開口を設け、縦に配筋する補強筋を床梁に定着するための用途を想定したあと施工アンカーの構造性能検証として静的構造実験を行う。想定する部位の模式図を図 4.3.1.1 に示す。

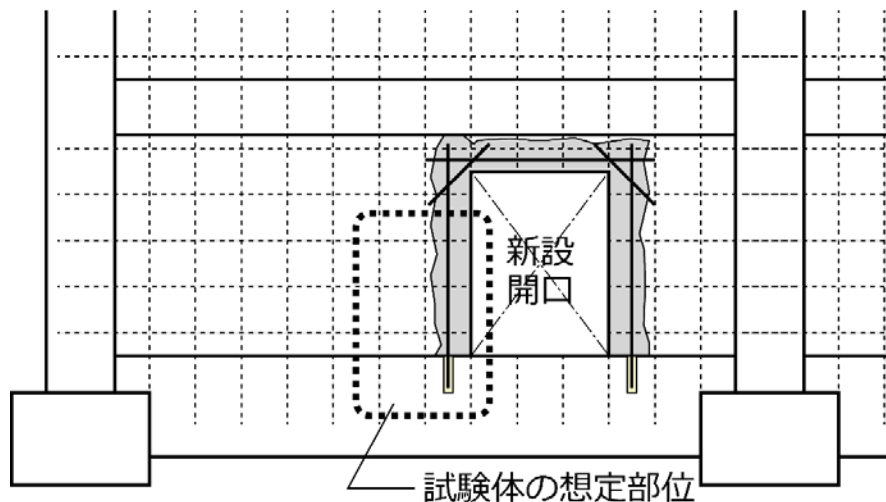


図 4.3.1.1 試験体の想定部位

### 4-3-2 実験計画

#### 4-3-2-1 計画方針

本実験の計画方針は以下とする。

- ・基準試験体は、RC 規準<sup>4.2)</sup>の定着長さを満足する先付け工法試験体とする。
- ・あと施工アンカーを用いた試験体は、埋込み長さを変数とした2体とし、1体は比較用の基準試験体と同じとし、他の1体を設計方針に基づいたものとする。
- ・部材は、曲げ降伏先行型とし、定着された主筋が引張降伏するものとする。靱性能を確認することは主目的ではないが、曲げ降伏後にせん断破壊する破壊モードを想定する。
- ・スタブは、試験部分の脚部については一部の幅を小さくし、鉄筋定着部分の拘束がやや小さい状況を再現するとともに、基礎梁を想定した配筋方法とする。(梁主筋およびあばら筋を配するのみとする。)

#### 4-3-2-2 試験体の設計

主筋の埋込み長さは以下の考え方に基づいて決定した。すなわち、(1)、(2)に基づき、埋込み長さを定める。定めた埋込み長さに対して、(3)によりコーン状破壊が生じないことを確認する。決定した各試験体の埋込み長さを表 4.3.2.1 に示す。No.2 は、基準試験体 No.1 と同じ埋込み長さとしたあと施工アンカー試験体である。

表 4.3.2.1 各試験体の埋込み長さの設計 単位 [mm]

| 試験体                              |              | No.1 (基準)   | No.2    | No.3    |
|----------------------------------|--------------|-------------|---------|---------|
| 必要長さ                             | 直線定着 (RC 規準) | (3.3.2.10)式 | 484     | —       |
|                                  | 抜け出し破壊       | (3.3.2.1)式  | —       | 85.4    |
|                                  | 群効果考慮        | (3.3.2.2)式  | —       | 265     |
| 埋込み長さ                            |              | 485         | 485     | 265     |
| 有効投影面積 $A_c'$ [mm <sup>2</sup> ] |              | —           | 335,954 | 178,812 |
| コーン状破壊耐力 $T_{a2}$ [kN]           |              | —           | 354     | 188     |
| 耐力余裕度 $T_{a2}/P_{st}$            |              | —           | 2.06    | 1.10    |

・あと施工アンカー試験体

(1) 抜出しの防止

$$l_a \geq \frac{a_{st} \cdot \sigma_u}{\tau_a \cdot \phi} \dots\dots\dots (4.3.2.1)式$$

ここで、 $l_a$  : アンカー筋埋込み長さ[mm],  $a_{st}$  : アンカー筋断面積[mm<sup>2</sup>],  $\sigma_u$  : アンカー筋の上限強度 (SD345 においては 1.25×345[N/mm<sup>2</sup>]とする),  $\tau_a$  : 接着系 (注入方式) あと施工アンカーの付着強度 (20[N/mm<sup>2</sup>] とする),  $\phi$  : あと施工アンカーの周長 (アンカー筋周長) [mm]

(2) 群効果を考慮した設計 (各種合成構造設計指針 2010<sup>4.3)</sup>)

$$P_a \geq P_{st} \dots\dots\dots (4.3.2.2)式$$

ここで、 $P_a$  : 群効果等を考慮した耐力[N],  $P_{st}$  : アンカー筋の上限強度による引張耐力[N],

$$P_a = \phi_3 \cdot \tau_a \cdot \pi \cdot d_a \cdot l_e \dots\dots\dots (4.3.2.3)式$$

$$\tau_a = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \tau_{b,avg} \dots\dots\dots (4.3.2.4)式$$

ここで、 $\alpha_n(n=1,2,3)$  : へりあきおよびアンカー筋のピッチによる付着強度の低減係数

$$\alpha_n = 0.5 \left( \frac{c_n}{l_e} \right) + 0.5 \dots\dots\dots (4.3.2.5)式$$

ここで、 $c_n$  : へりあき寸法またはアンカー筋のピッチ  $a_n$  の 1/2 ( $c_n=a_n/2$ )。

また、 $c_n/l_e \geq 1.0$  の時は  $c_n/l_e=1.0$ ,  $l_e \geq 10d_a$  の時は  $l_e=10d_a$  とする。

$$P_{st} = a_{st} \cdot \sigma_u \dots\dots\dots (4.3.2.6)式$$

ここで、 $\sigma_u$  : アンカー筋の上限強度[N/mm<sup>2</sup>]

なお、本試験体の場合、計算結果は以下となる。

|            | ゲージ                   | へりあき                         |
|------------|-----------------------|------------------------------|
| $a_n$      | 80                    | —                            |
| $c_n$      | 80/2=40               | 135                          |
| $\alpha_n$ | 0.5(40/160)+0.5=0.625 | 0.5(135/160)+0.5 =><br>0.922 |

$$\tau_a = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \tau_{b,avg}$$

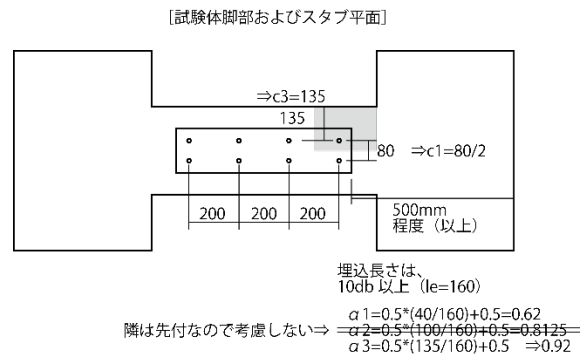
$$= 0.625 \cdot 1 \cdot 0.922 \cdot 20 = 11.5$$

$$l_e = \frac{P_a}{\phi_3 \cdot \tau_a \cdot \pi \cdot d_a} \geq \frac{P_{st}}{\phi_3 \cdot \tau_a \cdot \pi \cdot d_a} = \frac{a_{st} \cdot \sigma_u}{\phi_3 \cdot \tau_a \cdot \pi \cdot d_a}$$

$$= \frac{199 \cdot 345 \cdot 1.25}{2/3 \cdot 11.5 \cdot 16\pi} = 223\text{mm}$$

ゲージを貼付する影響等を考慮し(養生 20mm×2か所), 埋込み長さを 265mm とする。

なお, ピッチ 200mm の影響を加えると  $l_e=274\text{mm}$  となるがここでは考慮しない。



(3) コーン状破壊の防止 (各種合成構造設計指針 2010 または耐震改修設計指針 4.4)

計画する埋込み長さに対して, コーン状破壊により決まる破壊強度を求め, アンカー筋の上限強度による引張力を上回ることを確認する。

$$T_{a2} \geq P_{st} \dots\dots\dots (4.3.2.7) \text{式}$$

$$T_{a2} = 0.23 \sqrt{\sigma_B} \cdot A_C' \dots\dots\dots (4.3.2.8) \text{式}$$

ここで,  $T_{a2}$ : 耐震改修指針による引張耐力

$A_C'$ : コーン状破壊面の有効水平投影面積 (重なりを考慮する図 4.3.2.1(a))

・基準試験体 (先付け鉄筋)

先付け工法による試験体は, RC 規準に従い直線定着長さを設計する。

$$l_{ab} = \alpha \cdot \frac{S \cdot \sigma_t \cdot d_b}{10 \cdot f_b} \dots\dots\dots (4.3.2.9) \text{式}$$

ここで,  $l_{ab}$ : 定着長さ[mm],  $\alpha$ : コア内定着のため 1.0,  $S$ : 修正係数 (耐震部材につき 1.25),  $\sigma_t$ : 鉄筋の短期許容応力度[N/mm<sup>2</sup>],  $d_b$ : 鉄筋径[mm],  $f_b$ : 付着割裂の基準となる強度

$$f_b = \frac{F_c}{40} + 0.9 \dots\dots\dots (4.3.2.10) \text{式}$$

ここで,  $F_c$ : コンクリートの設計基準強度[N/mm<sup>2</sup>]

#### 4-3-2-3 計算例

本試験体の設計は前項に従って行ったが, ここでは, 4-1 節に示す設計方針に基づいた場合の計算例を示す。

1) コーン状破壊防止のための設計

$$Tu \leq 0.23 \sqrt{\sigma_B} \cdot A_C' / \alpha_1$$

$$A_C' = 178,812\text{mm}^2 \quad (\text{図 4.3.2.1(b)参照})$$

$$Tu = a_t \cdot \sigma_y \cdot n = 199 \cdot 345 \cdot 2 = 137,310 \quad [N]$$

$$0.23 \sqrt{\sigma_B} \cdot A_C' / \alpha_1 = 0.23 \sqrt{21} \cdot 178812 / 1.2 = 157,055 > 137,310 (= Tu) \dots\dots \text{OK.}$$

2) 付着破壊防止のための設計

$$Tu \leq \tau_{fu} \cdot \pi \cdot d_a \cdot l_e / \alpha_2$$

$$Tu = a_t \cdot \sigma_y = 199 \cdot 345 = 68,655 \text{ [N]}$$

$$\tau_{fu} \cdot \pi \cdot d_a \cdot l_e / \alpha_2 = 15 \cdot \pi \cdot 16 \cdot 265 / 1.2 = 166,420 > 68,655 (= Tu) \dots \text{OK.}$$

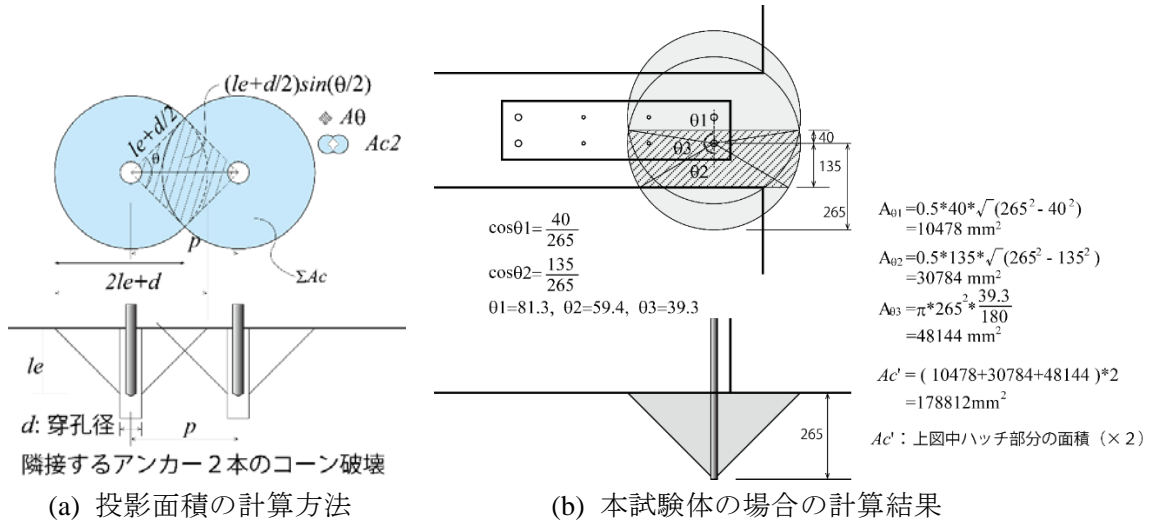


図 4.3.2.1 重なりを考慮した有効投影面積

4-3-2-4 実験スケジュール

実験スケジュールを表 4.3.2.2 に示す。2015 年 12 月より試験体製作を開始し、あと施工アンカーの施工は 1 月初旬に行い、約ひと月後に載荷試験を行った。あと施工アンカー施工時以降の外気温履歴を図 4.3.2.2 に示す。

表 4.3.2.2 実験スケジュール

| 構造部材実験工程       | 2015.12         |     |     |     | 2016.01       |     |     |     | 2016.02               |    |       |     |        |  |  |       |  |
|----------------|-----------------|-----|-----|-----|---------------|-----|-----|-----|-----------------------|----|-------|-----|--------|--|--|-------|--|
|                | 7-              | 14- | 21- | 28- | 4-            | 11- | 18- | 25- | 1-                    | 8- | 15-   | 22- | 29-    |  |  |       |  |
| 試験体製作          | ● (12/25スタブCON) |     |     |     | ▲ (1/6アンカー施工) |     |     |     | ▲ (1/14壁部CON)<br>(養生) |    |       |     |        |  |  |       |  |
| 部材実験<br>・試験体搬入 |                 |     |     |     |               |     |     |     | △<br>1/28             |    |       |     |        |  |  |       |  |
| ・加力実験          |                 |     |     |     |               |     |     |     | ●                     |    |       |     |        |  |  |       |  |
| ・報告書作成         |                 |     |     |     |               |     |     |     | ●                     |    |       |     |        |  |  |       |  |
| 委員会・WG         |                 |     |     |     |               |     |     |     | ▲ 15WG                |    | ▲ 21委 |     | ▲ 15WG |  |  | ▲ 24委 |  |

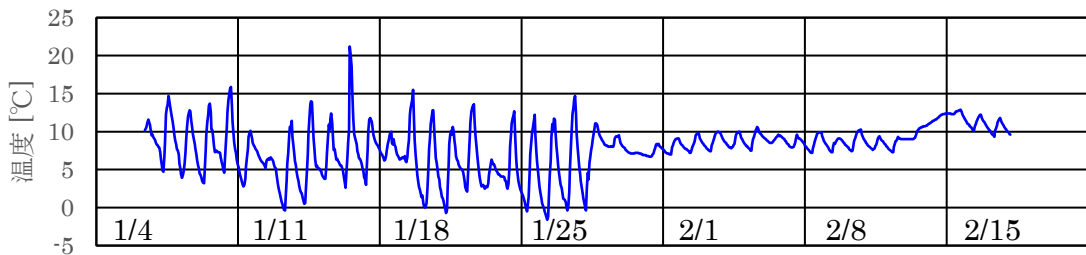


図 4.3.2.2 あと施工アンカー打設後の温度履歴

#### 4-3-2-5 試験体計画・製作概要

試験体一覧を表 4.3.2.3 に、耐力計算値一覧を表 4.3.2.4 に、試験体の形状寸法および試験体製作図面を図 4.3.2.3、図 4.3.2.4 に示す。試験体は、新設開口際の壁縦筋に生じる引張力を模擬するため、標準的な壁厚を有する片持ち柱状とし、縦筋を D10 とし、最外縁の縦筋のみを、壁開口補強筋を想定した D16 とした。また、検討対象とする縦筋 D16 が引張降伏し、アンカー部の定着性能を検証するため、部材の性能は曲げ降伏先行型となるように計画し、せん断耐力余裕度を 1.5 程度以上確保した。

試験体の製作状況を写真 4.3.2.1 に示す。また、穿孔およびアンカー打設作業後の計測結果一覧を表 4.3.2.5 に示す。



スランプ:19.5cm, Air:4.5%, CT:17.0°C, AT:15.5°C,  $\sigma_B(3\text{day})=12.0\text{N/mm}^2$  (現場封緘)

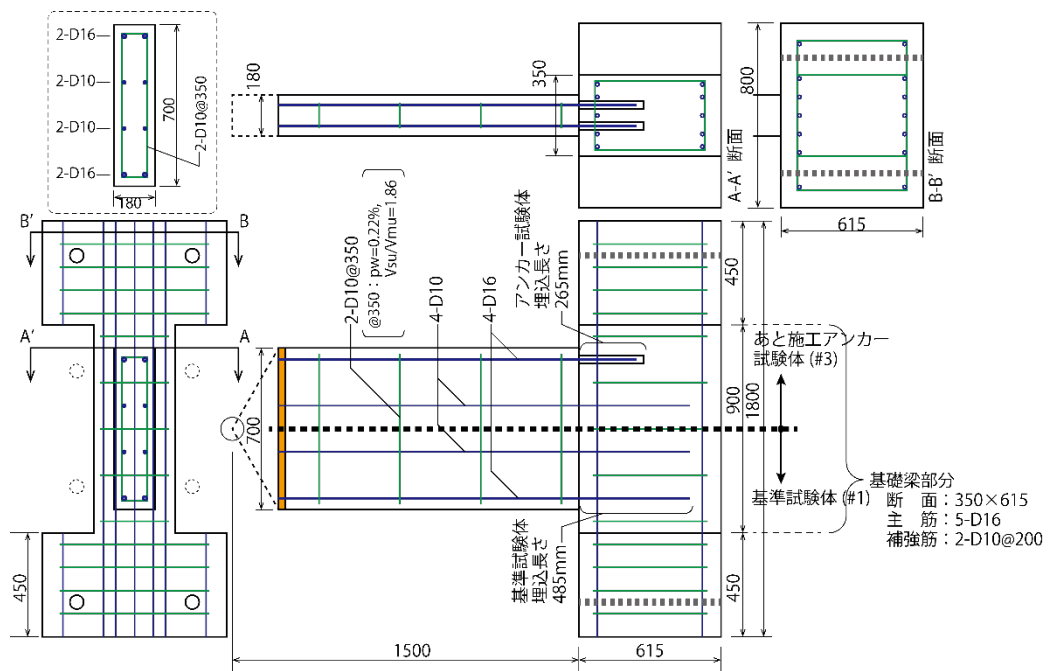
(a) スタブコンクリート打設状況



施工状況

φ24のビット

(b) あと施工アンカー施工状況  
写真 4.3.2.1 試験体製作状況





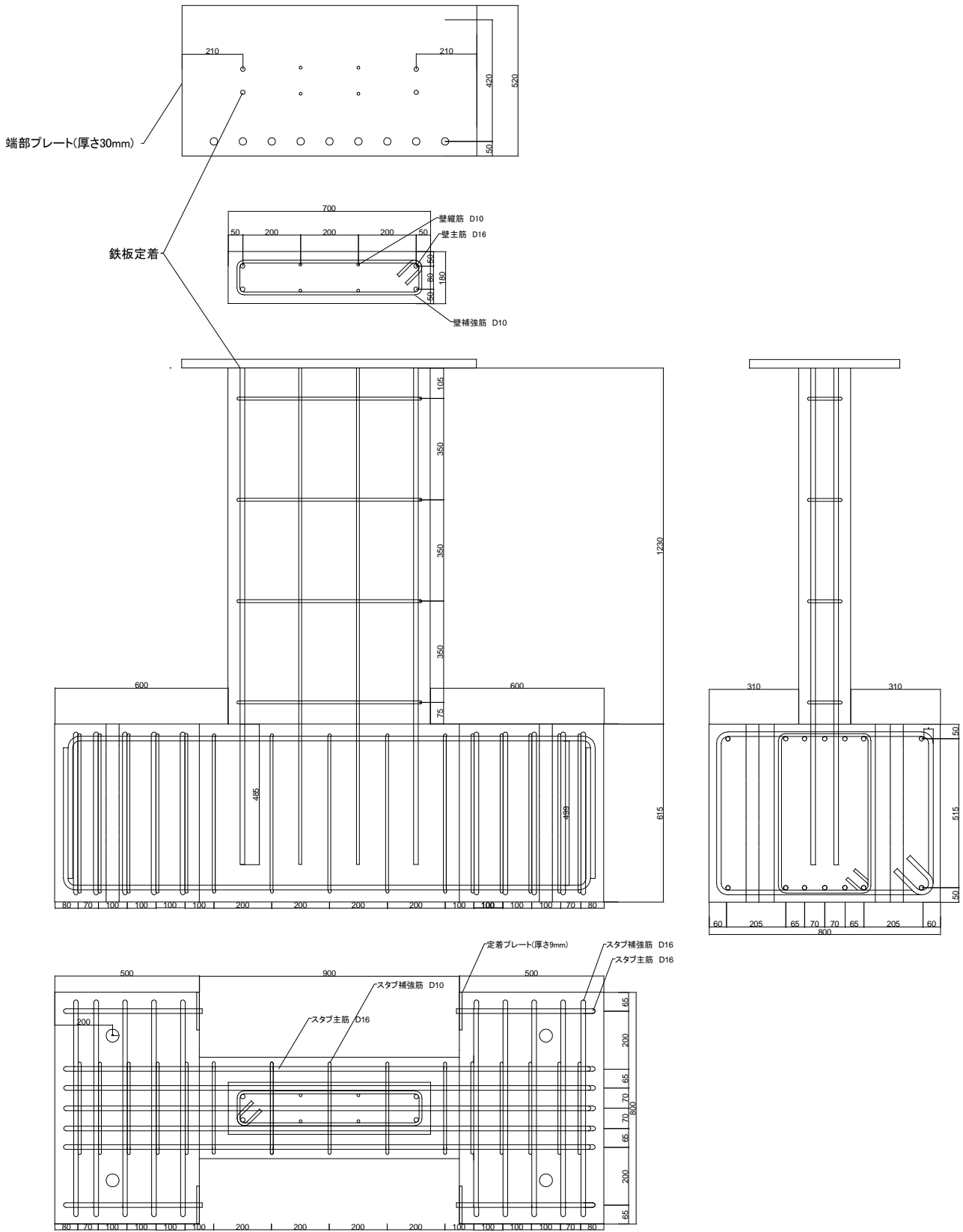


図 4.3.2.4 試験体図面(基準試験体)

表 4.3.2.3 試験体一覧

| 試験体              |       | No.1            | No.2     | No.3 |
|------------------|-------|-----------------|----------|------|
| 断面(B×D)およびスパン(a) |       | 180×700, a=1500 |          |      |
| 主筋               |       | 4-D16+4-D10     |          |      |
| 補強筋              |       | 2-D10@350       |          |      |
| 最外縁主筋            | 埋込み長さ | 485             | 485      | 265  |
|                  | 定着仕様  | 先付け(在来)         | あと施工アンカー |      |

表 4.3.2.4 各耐力

(1) 曲げ耐力

| 主筋強度の仮定                 | Qmu.A[kN] | 終局 Qmu.B[kN] | 降伏 (2段筋) Qmy2.B[kN] |
|-------------------------|-----------|--------------|---------------------|
| 規格強度 ( $\sigma_y=345$ ) | 75.3      | 86.7         | 72                  |
| 上限強度 ( $\sigma_y=431$ ) | 94.1      | 104          | 89                  |

Qmu.A :  $Mu = \sum(a_i \cdot \sigma_y) \cdot l + 0.5 \sum(a_w \cdot \sigma_{wy}) \cdot l + 0.5N \cdot l$  による, Qmu.B, Qmy2.B : 断面解析による

(2) せん断耐力

| 補強筋強度の仮定                | Qsu<br>荒川 min | Vsu [kN] |         |         |         |
|-------------------------|---------------|----------|---------|---------|---------|
|                         |               | Rp=0     | Rp=0.01 | Rp=0.02 | Rp=0.03 |
| 規格強度 ( $\sigma_y=295$ ) | 140.5         | 170      | 139     | 116     | 96      |
| 上限強度 ( $\sigma_y=369$ ) | 148.8         | 192      | 163     | 139     | 103     |

Qsu : 荒川 min 式による, Vsu : 靱性指針による。

(3) せん断耐力余裕度

|                         | Qsu/Qmu.A | Vsu(Rp=0%)/Qmu.B | Vsu(Rp=2%)/Qmu.B |
|-------------------------|-----------|------------------|------------------|
| 規格強度 ( $\sigma_y=295$ ) | 1.86      | 1.96             | 1.34             |
| 上限強度 ( $\sigma_y=369$ ) | 1.58      | 1.85             | 1.34             |

表 4.3.2.5 穿孔状況の計測結果一覧

(a) 試験体 No.2 (先付け同等試験体)

| 試験体:先付けと同長さ   | 1     | 2     | 3     | 4     | 単位:mm    |                 |        |    |  |  |
|---------------|-------|-------|-------|-------|----------|-----------------|--------|----|--|--|
| 内径奥(平行)       | 22.69 | 23.35 | 23.78 | 23.58 |          |                 |        |    |  |  |
| 内径奥(直角)       | 22.56 | 23.17 | 23.35 | 20.2  |          |                 |        |    |  |  |
| 内径手前(平行)      | 23.79 | 24.12 | 24.3  | 23.85 |          | コンクリート面から20mm程度 |        |    |  |  |
| 内径手前(直角)      | 23.74 | 24.13 | 24.11 | 23.37 |          | コンクリート面から20mm程度 |        |    |  |  |
| 深さ            | 1     | 2     | 3     | 4     | 単位:mm    |                 |        |    |  |  |
| 測定値           | 494   | 490   | 490   | 488   |          |                 |        |    |  |  |
| 勾配            | 1     | 2     | 3     | 4     | 単位:°     |                 |        |    |  |  |
| (平行)          | 92.06 | 92.2  | 92.22 | 92.04 |          | 直角              | 1      | 2  |  |  |
| (直角)          | 92.49 | 93.17 | 94.04 | 92.13 |          | ↑               | ○      | ○  |  |  |
|               |       |       |       |       |          |                 | 3      | 4  |  |  |
|               |       |       |       |       |          |                 | ○      | ○  |  |  |
| (平行):スタブに平行方向 |       |       |       |       |          |                 | -----> | 平行 |  |  |
| (直角):スタブに直角方向 |       |       |       |       |          |                 |        |    |  |  |
| アンカー筋の全長      | 1745  | 1744  | 1744  | 1743  |          |                 |        |    |  |  |
| アンカー筋の出長さ     | 1252  | 1256  | 1253  | 1254  |          |                 |        |    |  |  |
| 埋め込み長さ        | 493   | 488   | 491   | 489   | 485(設計値) |                 |        |    |  |  |
| アンカー筋勾配       | 1     | 2     | 3     | 4     |          |                 |        |    |  |  |
| (平行)上         | 44    | 41.5  | 42    | 41.5  | 単位:mm    |                 |        |    |  |  |
| (平行)下         | 43.5  | 42    | 44    | 41.5  | 単位:mm    |                 |        |    |  |  |
| 角度            | 90.03 | 89.97 | 89.89 | 90    | 単位:°     |                 |        |    |  |  |
| (直角)上         | 44    | 40    | 40    | 42    | 単位:mm    |                 |        |    |  |  |
| (直角)下         | 41    | 41    | 44    | 42    | 単位:mm    |                 |        |    |  |  |
| 角度            | 90.16 | 89.95 | 89.78 | 90    | 単位:°     |                 |        |    |  |  |

(b) 試験体 No.3 (埋込み長さ 265mm)

| 試験体:設計定着長さ    | 1     | 2     | 3     | 4     | 単位:mm    |                 |        |    |  |  |
|---------------|-------|-------|-------|-------|----------|-----------------|--------|----|--|--|
| 内径奥(平行)       | 23.5  | 23.33 | 23.22 | 23.19 |          |                 |        |    |  |  |
| 内径奥(直角)       | 23.79 | 23.57 | 23.62 | 22.76 |          |                 |        |    |  |  |
| 内径手前(平行)      | 23.97 | 23.71 | 24.09 | 23.8  |          | コンクリート面から20mm程度 |        |    |  |  |
| 内径手前(直角)      | 24.05 | 23.67 | 23.89 | 23.14 |          | コンクリート面から20mm程度 |        |    |  |  |
| 深さ            | 1     | 2     | 3     | 4     | 単位:mm    |                 |        |    |  |  |
| 測定値           | 271   | 271   | 274   | 267   |          |                 |        |    |  |  |
| 勾配            | 1     | 2     | 3     | 4     | 単位:°     |                 |        |    |  |  |
| (平行)          | 90.31 | 91.44 | 92.53 | 91.17 |          | 直角              | 1      | 2  |  |  |
| (直角)          | 92.43 | 94.05 | 92.31 | 92.52 |          | ↑               | ○      | ○  |  |  |
|               |       |       |       |       |          |                 | 3      | 4  |  |  |
|               |       |       |       |       |          |                 | ○      | ○  |  |  |
| (平行):スタブに平行方向 |       |       |       |       |          |                 | -----> | 平行 |  |  |
| (直角):スタブに直角方向 |       |       |       |       |          |                 |        |    |  |  |
| アンカー筋の全長      | 1524  | 1525  | 1525  | 1525  |          |                 |        |    |  |  |
| アンカー筋の出長さ     | 1255  | 1255  | 1251  | 1257  |          |                 |        |    |  |  |
| 埋め込み長さ        | 269   | 270   | 274   | 268   | 265(設計値) |                 |        |    |  |  |
| アンカー筋勾配       | 1     | 2     | 3     | 4     |          |                 |        |    |  |  |
| (平行)上         | 41.5  | 41    | 41    | 41    | 単位:mm    |                 |        |    |  |  |
| (平行)下         | 40    | 44    | 40    | 43    | 単位:mm    |                 |        |    |  |  |
| 角度            | 90.08 | 89.84 | 90.05 | 89.89 | 単位:°     |                 |        |    |  |  |
| (直角)上         | 41    | 44    | 43    | 43    | 単位:mm    |                 |        |    |  |  |
| (直角)下         | 41    | 44    | 43    | 44    | 単位:mm    |                 |        |    |  |  |
| 角度            | 90    | 90    | 90    | 89.95 | 単位:°     |                 |        |    |  |  |

4-3-2-6 加力・計測方法

加力は、図 4.3.2.5 に示す加力装置を用いて行った。

試験体の加力履歴は変位制御で部材角  $R=\pm 1/1000(\text{rad.}), \pm 1/500(\text{rad.}), \pm 1/250(\text{rad.}), \pm 1/150(\text{rad.}), \pm 1/100(\text{rad.}), \pm 1/50(\text{rad.}), \pm 1/33(\text{rad.}), \pm 1/25(\text{rad.})$  を目標とし載荷を行った。なお、 $R=1/1000$  と  $R=1/25$  は各 1 回、その他は各 2 回繰り返した。加力履歴を図 4.3.2.6 に示す。

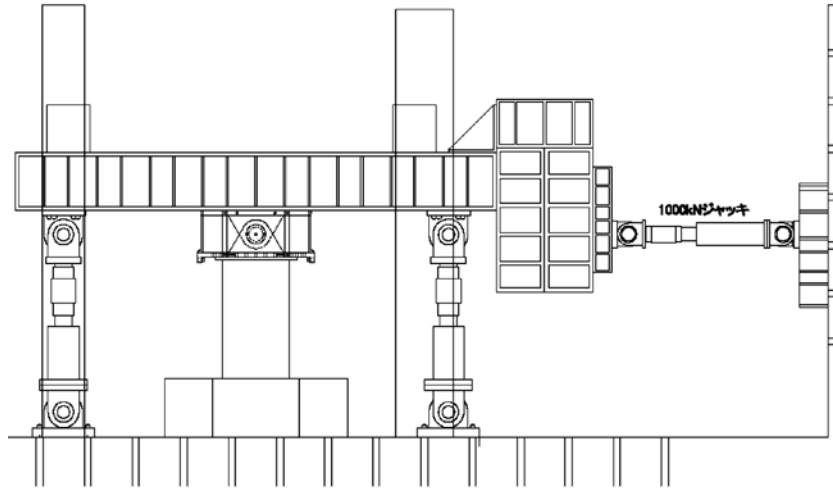


図 4.3.2.5 加力装置

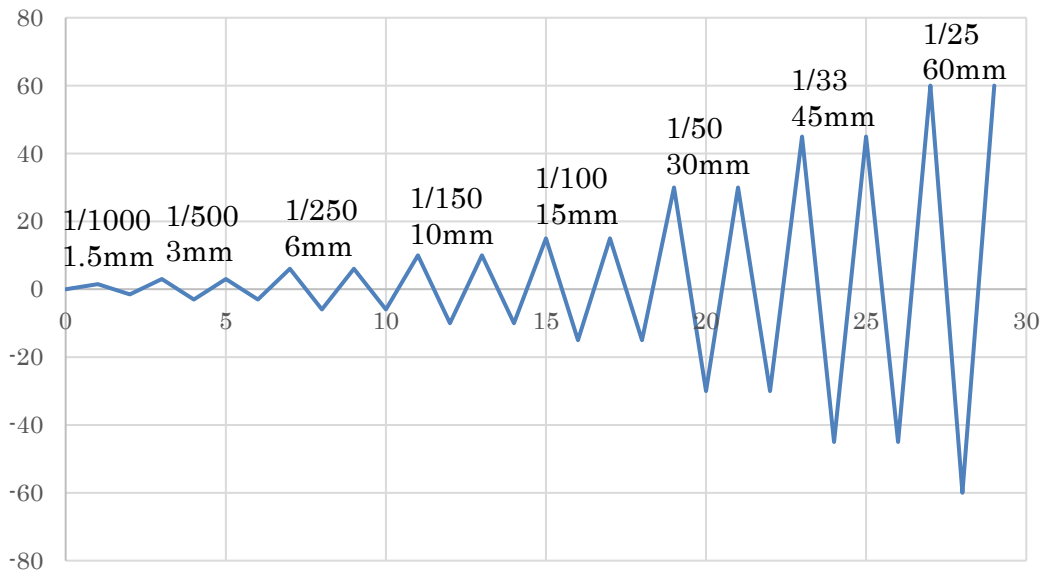


図 4.3.2.6 加力履歴

4-3-3 実験結果

4-3-3-1 使用材料特性

使用材料の特性一覧を表 4.3.3.1 に示す。また、試験体スタブと同一材料により製作した単体試験体の試験結果を表 4.3.3.2 に示す。単体試験は、標準的穿孔径の 20mm の供試体 5 体に加えて、本実験で用いた穿孔径 24mm の供試体 2 体について行った。穿孔径 24mm の場合、平均値は標準的な 5 体の平均値よりやや下回ったが、20N/mm<sup>2</sup>を上回る結果となった。

表 4.3.3.1 使用材料の特性一覧

(1) コンクリート

| 試験体  | 部位  | 圧縮強度<br>[N/mm <sup>2</sup> ] | ヤング係数<br>×10 <sup>4</sup> [N/mm <sup>2</sup> ] | 割裂強度<br>[N/mm <sup>2</sup> ] |
|------|-----|------------------------------|--|------------------------------|
| No.1 | 壁   | 25.4                         | 2.31   | 6.7                          |
|      | スタブ | 26.2                         | 2.35   | 7.1                          |
| No.2 | 壁   | 27.1                         | 2.45   | 7.2                          |
|      | スタブ | 26.9                         | 2.40   | 7.8                          |
| No.3 | 壁   | 26.8                         | 2.38   | 7.7                          |
|      | スタブ | 26.6                         | 2.29   | 7.1                          |
| 平均値  | 壁   | 26.4                         | 2.38   | 7.2                          |
|      | スタブ | 26.6                         | 2.34   | 7.3                          |

(2) 鉄筋

|     | 降伏強度<br>[N/mm <sup>2</sup> ] | ヤング係数<br>×10 <sup>5</sup> [N/mm <sup>2</sup> ] | 引張強度<br>[N/mm <sup>2</sup> ] | 破断伸び<br>[%] |
|-----|------------------------------|--|------------------------------|-------------|
| D10 | 362                          | 1.87   | 526                          | 16.9        |
| D16 | 372                          | 1.93   | 561                          | 17.8        |

表 4.3.3.2 単体試験結果

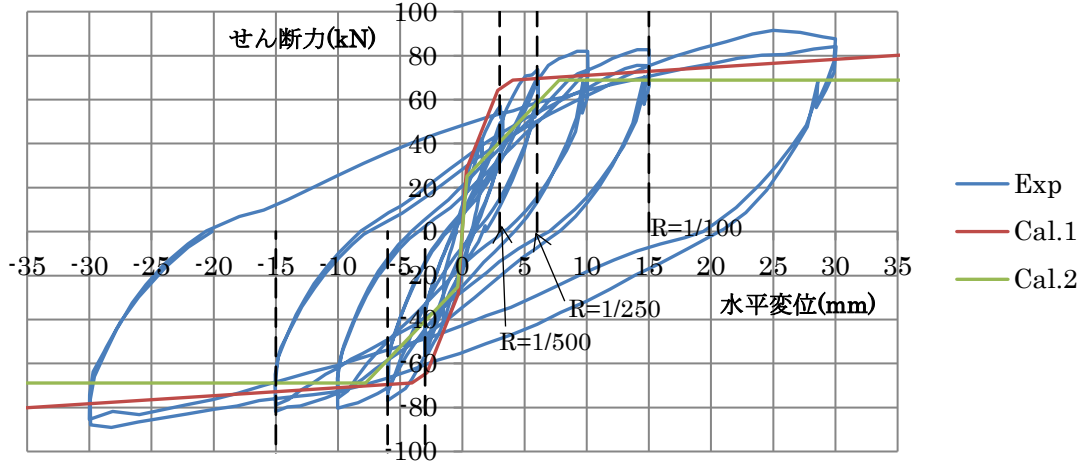
| 試験体                        | ①     | ②    | ③     | ④     | ⑤    | ⑥    | ⑦    |
|----------------------------|-------|------|-------|-------|------|------|------|
| 穿孔径 [mm]                   | 20    |      |       |       |      | 24   |      |
| 最大荷重[kN]                   | 102.8 | 86.1 | 104.2 | 108.0 | 93.4 | 95.8 | 96.5 |
| 最大強度[N/mm <sup>2</sup> *1) | 25.7  | 21.5 | 26.1  | 27.0  | 23.4 | 22.8 | 23.0 |
| 平均値 [N/mm <sup>2</sup> ]   | 24.7  |      |       |       |      | 22.9 |      |

\*1) 埋込み長さは、試験体の鋼管長さとし、①～⑤は 80mm、⑥⑦は 84mm とした。

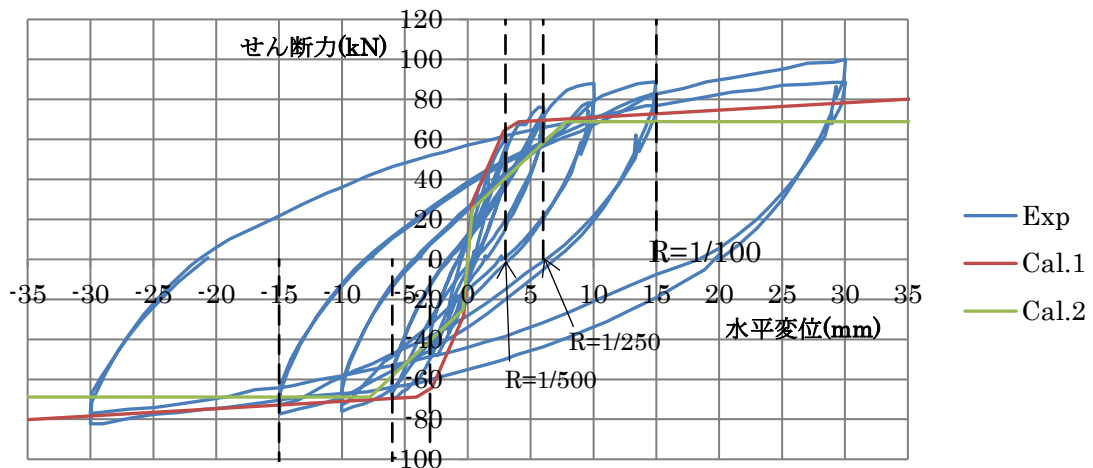
試験方法は、2-2 と同じ方法とした。

4-3-3-2 荷重-変形関係

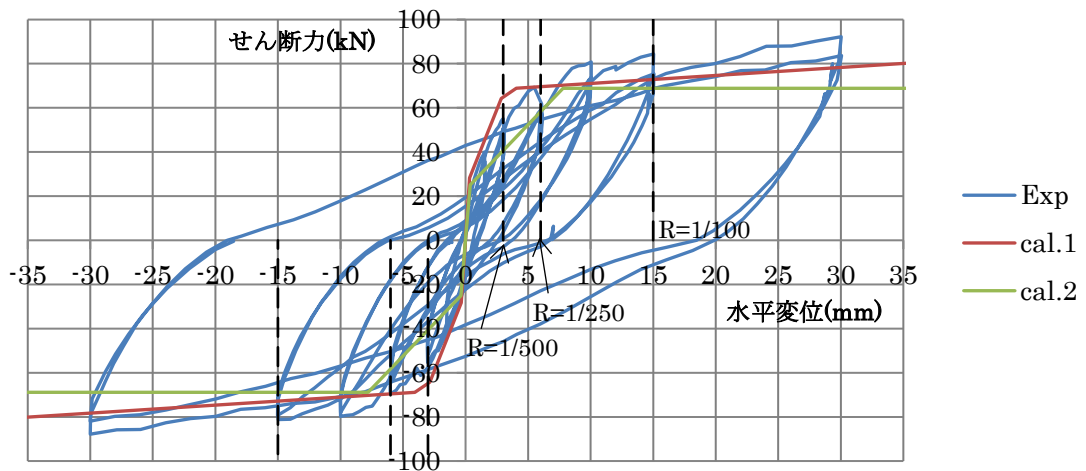
各試験体の変形角 1/50 繰り返しまでの荷重～変形関係を図 4.3.3.1 に示す。図には、耐力計算値 (Cal.1,2)をあわせて示した。なお、Cal.1 は  $M-\phi$ 関係の積分に基づく方法、Cal.2 は菅野式を用いる方法である。また、加力終了までの包絡線を図 4.3.3.2 に示す。



(a) 基準試験体



(b) あと施工アンカー試験体(埋込み長さ 485mm)



(c) あと施工アンカー試験体(埋込み長さ 265mm)

図 4.3.3.1 荷重-変形関係

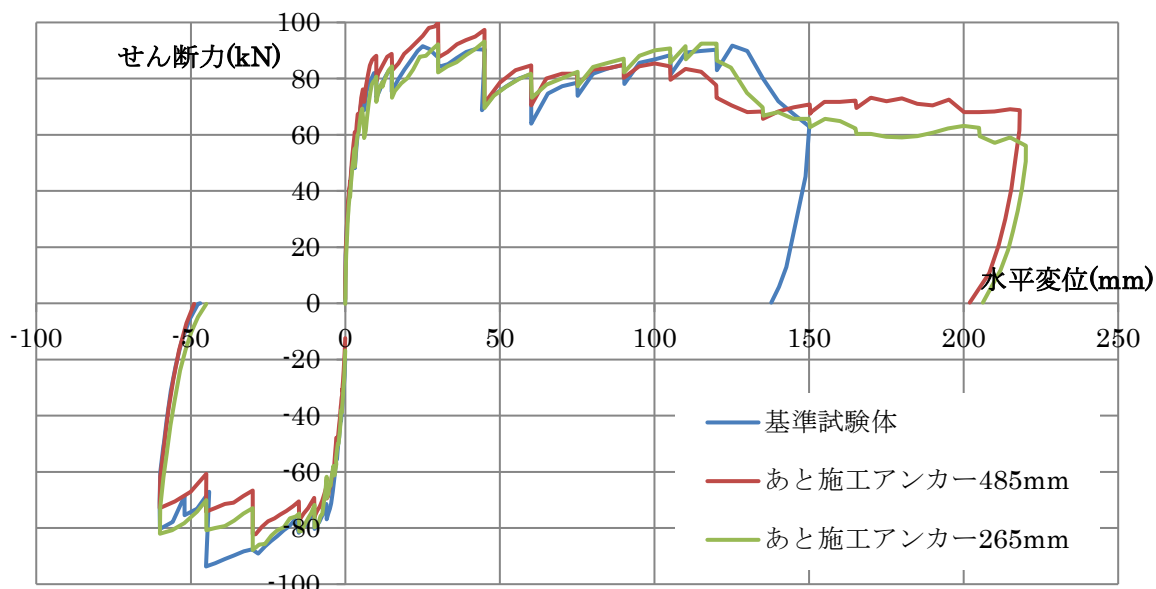


図 4.3.3.2 荷重-包絡線

いずれの試験体も、変形角  $R=1/250$  のサイクルで縦筋 (D16) の降伏が確認され、 $R=1/150$  から  $1/100$  の加力サイクルで荷重はほぼ一定となった。最大耐力は、 $R=1/50$  または  $1/33$  の加力サイクルで発揮されその後、損傷の進行とともに荷重が低下した。

全体挙動は概ね同等となったが、以下のような相違が見られた。

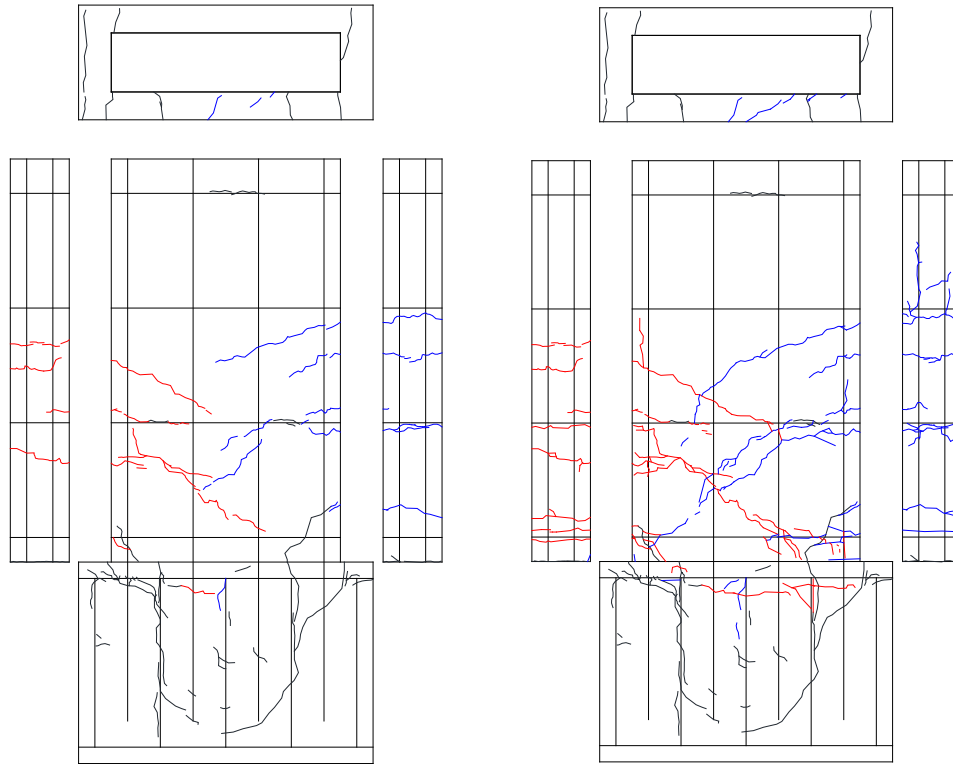
- ・埋込み長さ 265mm としたあと施工アンカー試験体では、 $R=1/250$  の加力サイクルにおいて、正負ともに他の2体に比べて、樹脂が割れる音とともに、荷重がやや低下する挙動が見られ、また、基礎梁を模したスタブ部に、アンカー筋定着端付近の水平方向のひび割れが生じた。
- ・履歴曲線は、埋込み長さ 485mm のあと施工アンカー試験体と基準試験体は繰返しの範囲内でほぼ紡錘形となったが、埋込み長さ 265mm のあと施工アンカー試験体は、ややスリップが見られた。
- ・負側加力において、基準試験体は  $R=1/33$  の繰返しまで荷重低下は見られなかったが、あと施工アンカー試験体はいずれも  $R=-1/33$  の一回目で基準試験体より荷重が低下した。
- ・大変形時は、基準試験体よりもあと施工アンカー試験体の方が、やや早く荷重低下が始まる傾向が見られた。

#### 4-3-3-3 破壊性状

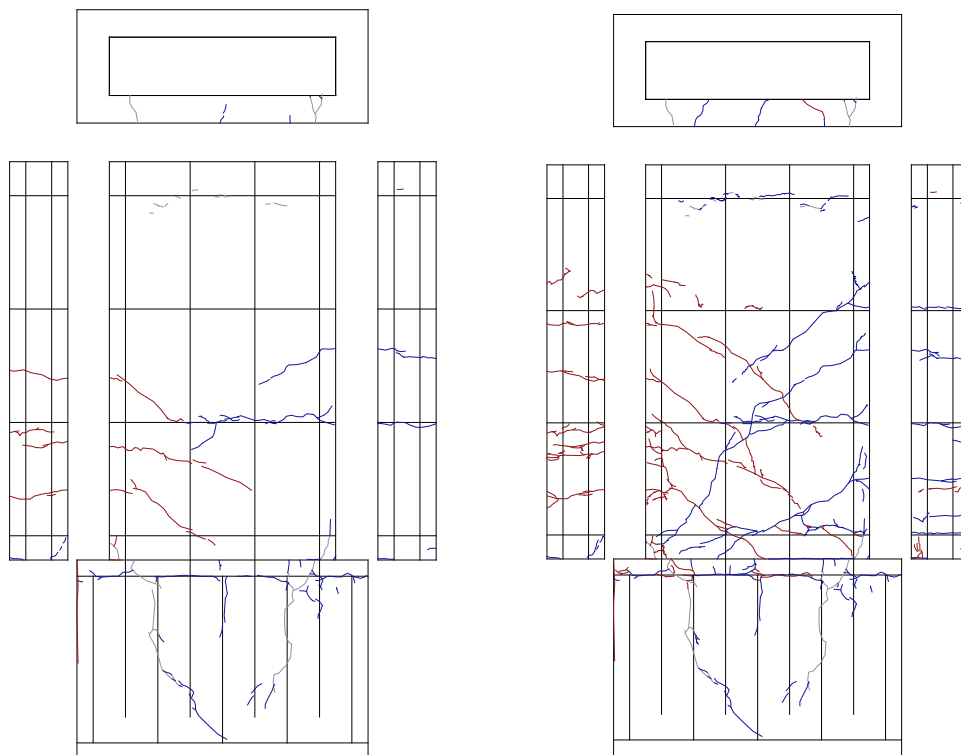
各試験体の部材角  $R=1/500$  時、 $R=1/50$  時を図 4.3.3.3 および写真 4.3.3.1 に示す。

・いずれの試験体も損傷経過は概ね同様となっているが、埋込み長さ 265mm の試験体のみ、基礎梁を模したスタブ部の中段付近（埋込み先端付近を起点として）に水平方向のひび割れが生じている点で、性状が異なっている。

・各試験体のスタブ上端主筋に沿って生じたひび割れについては、基準試験体では  $R=1/250\sim 1/150$  サイクルで、あと施工アンカー試験体2体では初期ひび割れの違いは見られたがともに  $R=1/500$  サイクルで、主なひび割れが生じた。



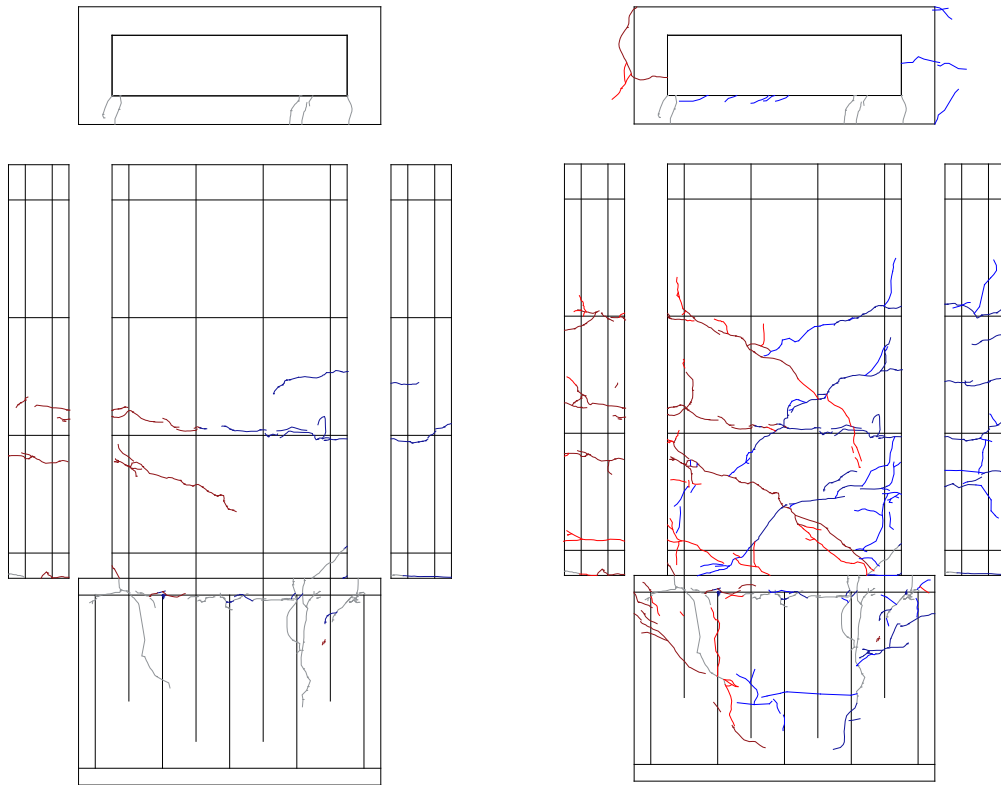
(a)基準試験体 (左 : R=1/500 時 右 : R=1/50 時)



(b)あと施工アンカー試験体(埋込み長さ 485mm) (左 : R=1/500 時 右 : R=1/50 時)

図 4.3.3.3 ひび割れ図 (つづく)





(c)あと施工アンカー試験体(埋込み長さ 265mm)(左 : R=1/500 時 右 : R=1/50 時)

図 4.3.3.3 ひび割れ図 (つづき)



(a) 基準試験体



(b) 埋込み長さ 485mm



(c) 埋込み長さ 265mm

写真 4.3.3.1 R=1/50 時の状況

4-3-3-4 定着部性状

各試験体のアンカー筋 (D16) のひずみ度分布を図 4.3.3.4 に、また、危険断面のひずみ度分布を図 4.3.3.5 に示す。

アンカー部の歪性状には試験体ごとに若干の違いが見られるものの、危険断面と危険断面よりスタブ側 (6db 内側) の降伏が先行した。なお、同図(c)で 1/100 時の CD2 が大きなひずみ度を生じているが、他の試験体も大変形時には同程度以上にひずみ度を生じている。ひび割れ発生状況の違いにより先行した可能性が考えられる。

また、危険断面のひずみ度分布では、アンカー筋 D16 のひずみが大きく進展していることがわかる。特に、R=1/250 では降伏状況に若干の差が見られるが、大きな違いは見られない。

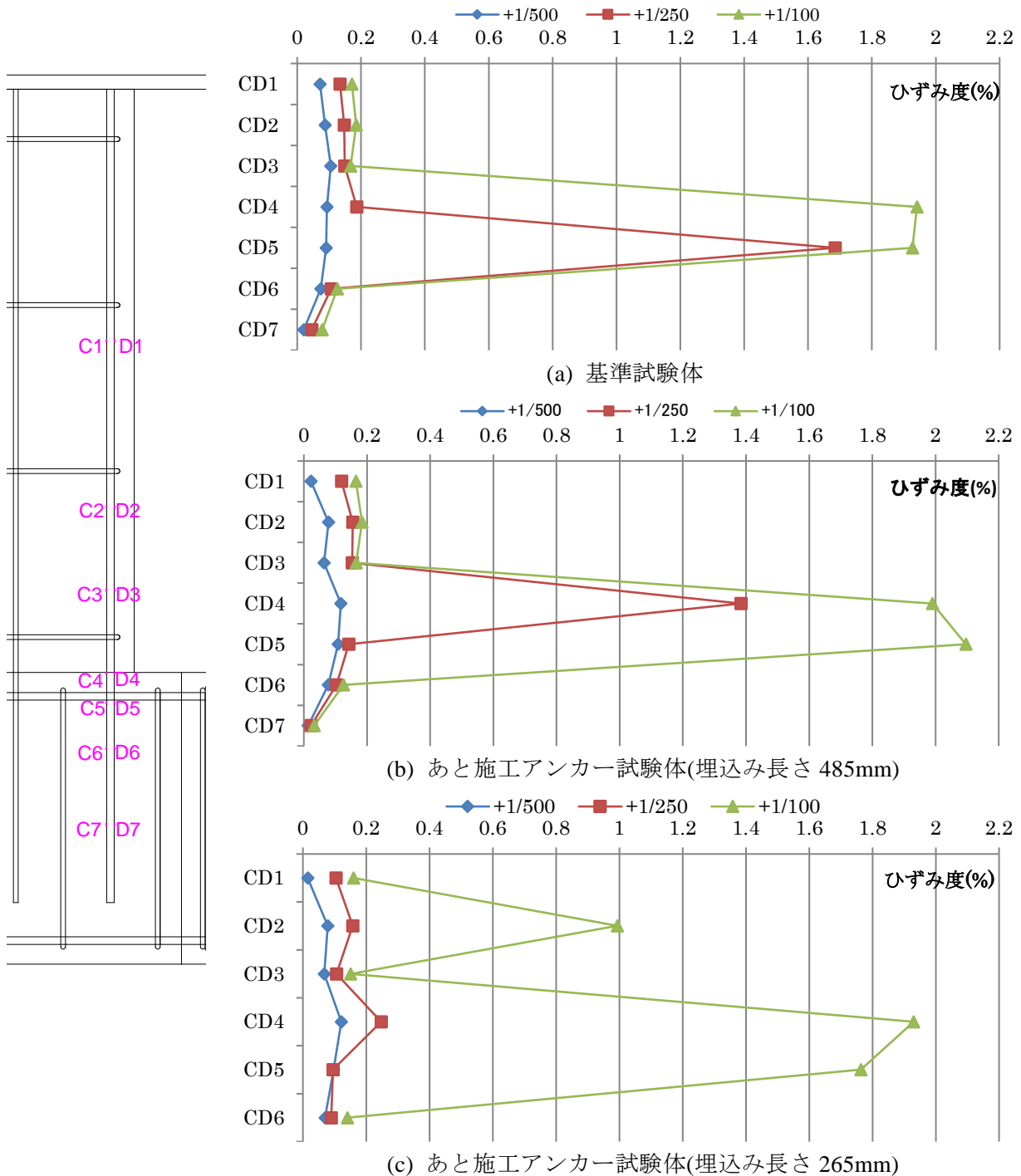
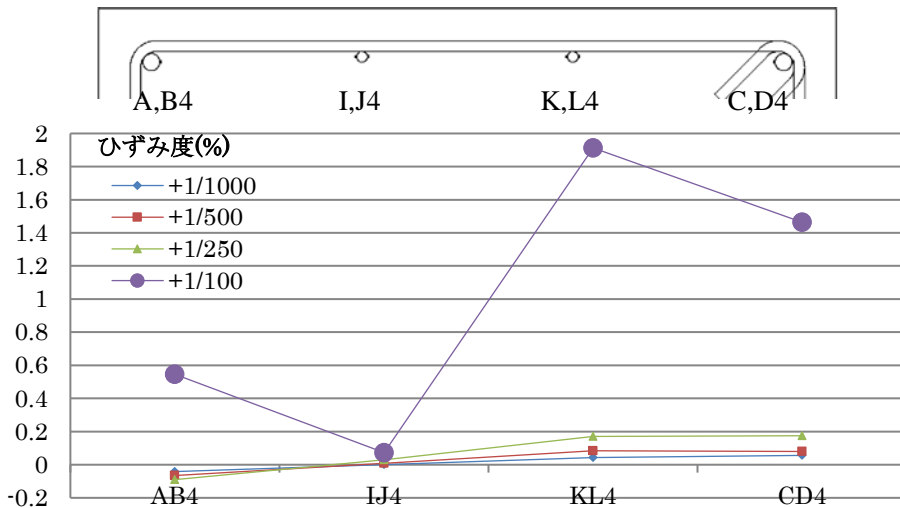
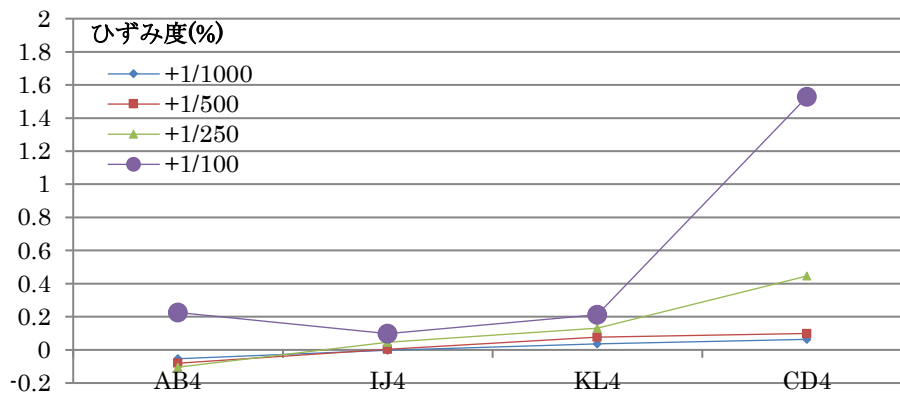


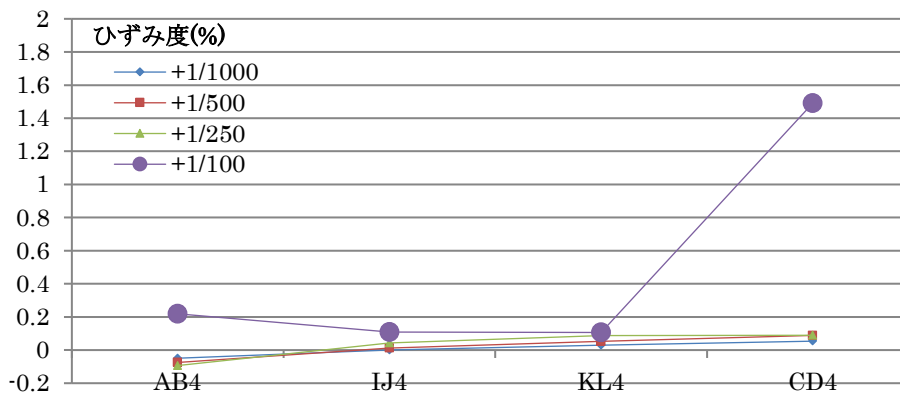
図 4.3.3.4 主筋ひずみ度分布



(a) 基準試験体



(b) あと施工アンカー試験体(埋込み長さ 485mm)

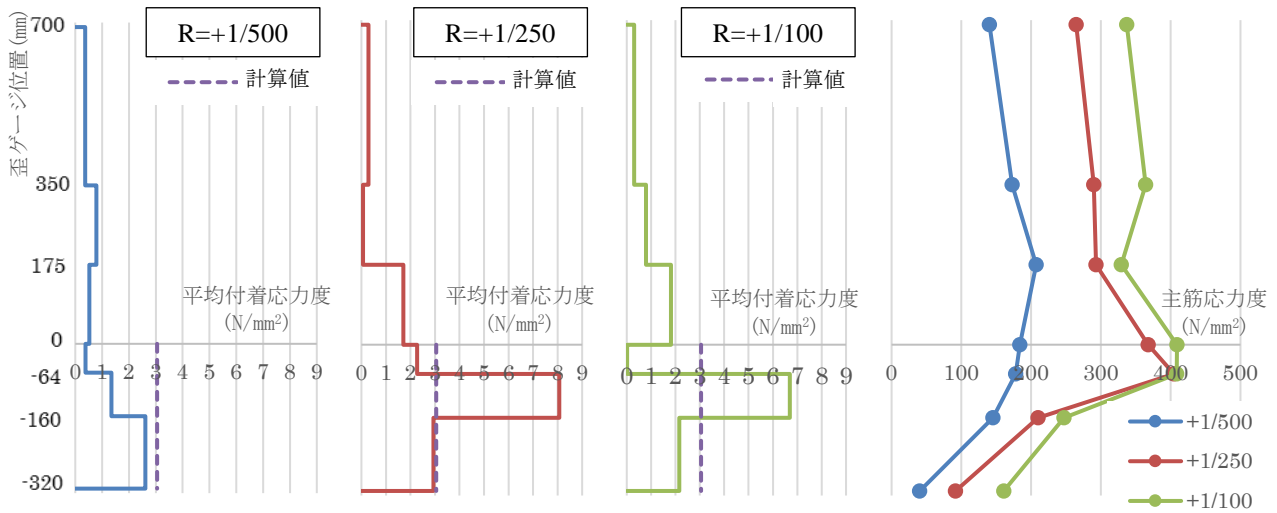


(c) あと施工アンカー試験体(埋込み長さ 265mm)

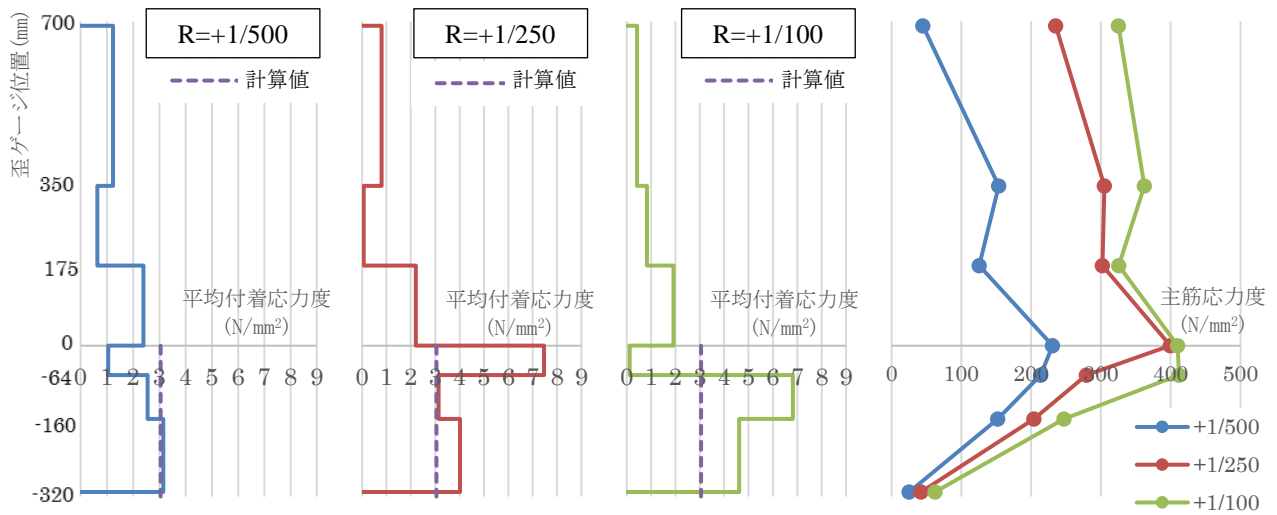
図 4.3.3.5 危険断面のひずみ度分布

#### 4-3-3-5 あと施工アンカーの定着性能の検討

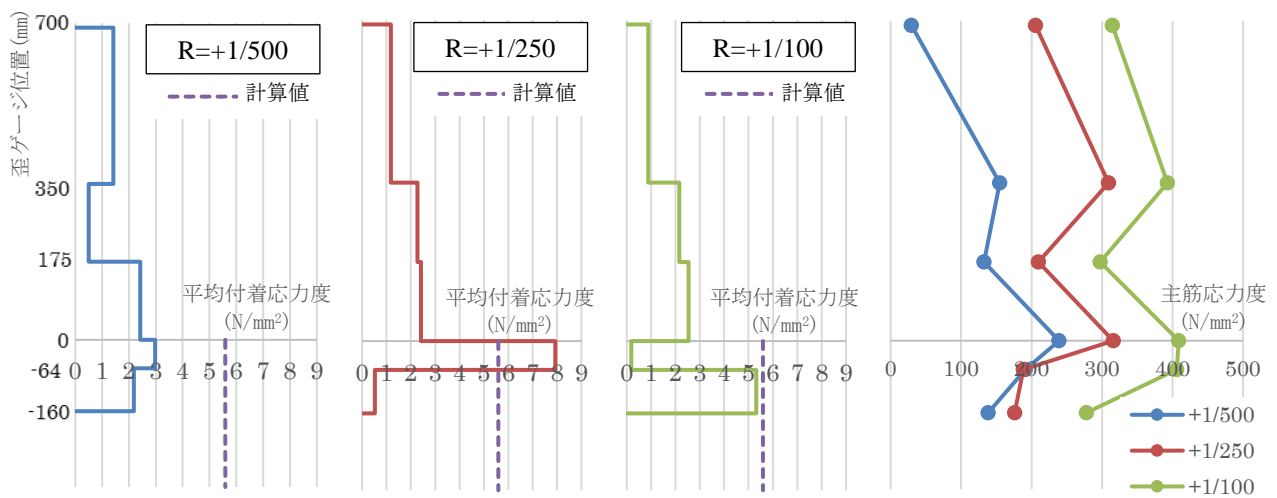
各試験体のアンカー筋 (D16) の平均付着応力度分布および主筋応力度分布を図 4.3.3.6 に示す。危険断面を歪ゲージ位置 0mm として表す。なお、計測した歪度を修正 Menegotto-Pinto モデルを用いて応力度に換算した。試験体ごとに若干の違いが見られるものの、基準試験体は R=+1/250 時の CD5~6 区間、あと施工アンカー試験体は CD4~5 区間において、平均付着応力度の値が大きくなる。



(a) 基準試験体



(b) あと施工アンカー試験体(埋込み長さ 485mm)



(c) あと施工アンカー試験体(埋込み長さ 265mm)

図 4.3.3.6 平均応力度分布および主筋応力度分布

## 4-3-4 まとめ

本節 4.3 節「耐力壁の構造性能確認試験」では、既存耐力壁に開口を新設する際の開口補強筋を新たに配筋する場合に、床梁への定着に用いるあと施工アンカーの応力状態を再現するため、壁柱状部材の片持ち柱加力による静的載荷実験を行った。適用箇所を再現するため、断面の最外縁主筋のみあと施工アンカーを用いた縦筋とした壁柱状部材と縦筋定着部分はスタブより幅の狭い基礎梁を想定した部材からなる試験体とし、基礎梁両側は反力床への固定のため剛強なスタブを設けている。本報告は、あと施工アンカーのこのような適用方法に対する設計手法の妥当性を判断するためのものではなく、条件設定や実験手法および結果の検討についての流れを例示するものである。そのため、本実験方法による場合は、適用対象として次のような条件下であることを踏まえて性能を判断する必要がある。

- ・試験体アンカー部は、部材の変形がある程度拘束されている部位であり、実架構では基礎梁やアンカー部より下階にも連層耐震壁が続く部位に相当する。一方、純ラーメン架構の通常の梁への定着を想定する場合は、梁の損傷や変形が生じるような架構形式の試験体とする必要がある。
- ・本実験の試験体は、基礎梁部分の鉄筋量は、引張鉄筋比  $p_t=0.5\%$ 、補強筋比  $p_w=0.2\%$  程度と比較的配筋量が少ないが、アンカー筋は基礎梁主筋（上端より 50mm）より深くまで定着できている。また、断面サイズ 350×615、幅は壁厚の 2 倍程度、アンカー筋芯から基礎梁側面まで距離（へりあき）は 135mm であるが、コア内に十分に定着した条件といえる。なお、本実験の計画においては、へりあき寸法は、コーン状破壊強度や群効果を考慮した付着強度の算定に反映している。
- ・本実験の試験体は、終局強度に対してのみ設計しており、長期・短期に対する設計は考慮していない。特に、開口補強の縦筋の応力状態を再現することを意図して壁長さを小さくし、壁柱状の試験体のため、耐力壁としての短期荷重等を想定することが難しい。従って、適用範囲に応じて長期・短期荷重を想定した試験体設計をするか、別途考慮するための検討を加える必要がある。
- ・実験において、主筋の歪性状を把握するため、多数のひずみゲージをアンカー部分にも貼付している。そのため、一般的な規定より穿孔径を大きくした。D16 に対して通常の穿孔径は 20mm とされるが、本実験では 24mm としている。穿孔径の違いによる影響については、コンクリートとの界面の面積が増えることで強度が上昇する可能性と、充填する接着剤の体積が増えることで収縮等の種々の要因による強度低下が生じる可能性が指摘されており、明確化されていない。本実験では、穿孔径 24mm とした単体試験も併せて実施することで、単体性能の確認を行ったが、適用条件に対応した試験体の計画が必要である。また、ゲージを貼付することでアンカー筋周面の接着剤との付着性能を阻害する可能性もあり、この点を考慮した性能評価が必要である。

以上のような条件下であることを踏まえて、本実験の結果をまとめると以下の点が挙げられる。

1. 先付け工法と同等の埋込み長さ（485mm）としたあと施工アンカー試験体は、先付け工法試験体とほぼ同等の耐力、変形性能を有していた。履歴性状に関しては、先付け工法試験体の方がややスリップが大きい性状を示した。
2. いずれの試験体も、基礎梁上端主筋に沿ったひび割れが生じた。基礎梁部を極短スパンとした拘束条件の影響も考えられるが、柱梁接合部架構試験体などでも見られる現象であり、実架構においてこのような損傷が生じる可能性も考慮して適用方法を検討する必要があると考えられる。
3. 本実験計画における設計方針により計画したあと施工アンカー試験体（埋込み長さ 265mm）は、他の2体に比べて降伏変形付近でやや荷重・剛性が小さいものの、最大耐力や変形性能の点で差は見られなかった。従って、最大耐力・変形性能を評価項目とした場合は、同等程度の性能を有しているといえる。一方で、降伏後の履歴曲線については、スリップ性状が他の2体に比べてより顕著に見られた点や、基礎梁部の定着端付近に、他の2体には見られないひび割れが生じていた点で、相違が見られた。すなわち、履歴や損傷に関する性能評価などを評価項目とした場合には、着目すべき有意差があったといえる。適用範囲や設計方針に応じて、これらの点に着目した検証実験も必要になると考えられる。

#### 4-4 試験体におけるスラブの構造性能確認試験

##### 4-4-1 実験の主旨・概要

本実験は、接着系あと施工アンカーを用いた構造部材の長期性能を確認する一例として、主筋の定着に接着系あと施工アンカーを用いた両端固定一方向スラブならびに片持ちスラブについて、通常の前付け工法の定着方法によるスラブとの比較により長期たわみ増大率、ひび割れ性状、鉄筋ひずみ、乾燥収縮率、振動数、定着部の破壊性状および強度について検証をすることを目的とする。

なお、本スラブ実験で想定しているスラブにおけるあと施工アンカーの使用方法としては、平成22年度に行われた建築基準整備促進事業「あと施工アンカーの長期許容応力度に関する検討調査」の最終成果報告書7.2節「長期応力に対する設計方針とその留意点」で述べられている以下の内容をその前提条件として考えている。

1. 引張クリープ実験結果より、あと施工アンカーの付着機構は、先付けコンクリートのそれと同じであることが予想される。従って構造部材の主筋に適用する場合には、通常鉄筋と同様の定着が必要である。また鉄筋コンクリート造のスラブや小梁へ適用する場合には、適用範囲を限定することで現行基準よりも短い定着長とすることができるものと考えられる。
2. 引張クリープ実験結果より、変位量が収束しなかった事例があるため、引張応力を負担する箇所に現時点で本式を利用する際には、引張応力をあと施工アンカーが負担できなくなった状態を想定して、あと施工アンカーを適用した部材の設計を実施し、当該部材が脱落することがないことを確認する必要がある。
3. 今回の各国基準の文献調査より、各国ではひび割れに対して強度の低減を行っているが、実施した試験体はひび割れないコンクリートへ適用されていることから、ひび割れの影響がない箇所への適用が原則である。ただし、ひび割れ防止に有効な方策が確認されている場合はその限りではない。
4. 今回の実験においては、有機系接着剤を用いたカプセル型のあと施工アンカーが用いられた。実際の部材への適用に際しては、使用するあと施工アンカーがこれと同等の性能を有することを確認する必要がある。
5. へりあき寸法は、FEM解析結果より、埋め込み深さによって付着応力度分布が変化することが確認されている。従って、埋め込み深さが $7d_a$ 以上確保されている場合には、へりあきの最小値は $10d_a$ 以上確保されていることを基本とする。
6. 火災による影響のある部位に適用する場合には、当該熱応力によって適用した部材が脱落しないことを確認する必要がある。

上記2.および6.に記載されているような、引張応力をあと施工アンカーが負担できなくなった状態を想定した場合や熱応力によっても部材が脱落しないことの確認は、本スラブ実験では、その目的があと施工アンカーを使用した部材の長期性状の把握にあるため省略している。しかし、実際の使用方法としては、上記要件を満たすようなあと施工アンカーの代わりに応力を負担できる何らかの脱落防止措置を施すことを想定している。また、片持ちスラブ試験体でも実験を行うが、これは長期載荷後の破壊性状を確認するための加力実験を行いやすいからであり、試験方法の都合上行うもので、片持ちスラブにおけるあと施工アンカーの使用を目指しているものではない。

平成28年2月26日に試験体の載荷を開始し、約2年が経過した。平成29年度は、平成28年度に

引き続き「試験体各位部に生じたひび割れの観察」「試験体の変形やアンカー筋などの鉄筋に生じたひび割れ程度の測定」を中心に行った。本報告書の内容は、一部を除き平成29年12月21日までの各種観察・測定結果をもとにまとめられている。

#### 4-4-2 試験体における実験計画

##### 4-4-2-1 計画方針

試験体は、国立研究開発法人 建築研究所の大型構造物実験棟内に、スパン 5,760 mm、幅 1,000 mm、厚さ 200 mm の両端固定一方向スラブならびに、スパン 2350 mm、幅 1,000 mm、厚さ 200 mm の片持ちスラブの接着系あと施工アンカー定着によるスラブおよび標準定着によるスラブを製作し、居室相当の載荷荷重 (2.5 kN/m<sup>2</sup>) を積載して、長期たわみ性状を把握することとした。

実験方法の概要を図 4.4.2.1 に示す。

平成28年2月16日に床スラブ部分の型枠脱型および床スラブ上面への長期荷重としての鉄筋載荷を開始し、試験体のひび割れの観察およびデータロガーからの測定データの回収等を表 4.4.2.1 に示す日に実施した。なお、床スラブ上面に鉄筋載荷を行った後は、ひび割れの観察は床スラブ下面およびスタブ部分を中心に行い、床スラブ上面は振動実験などの実施により載荷用鉄筋を移動させた時など、限られた機会にのみ行った。

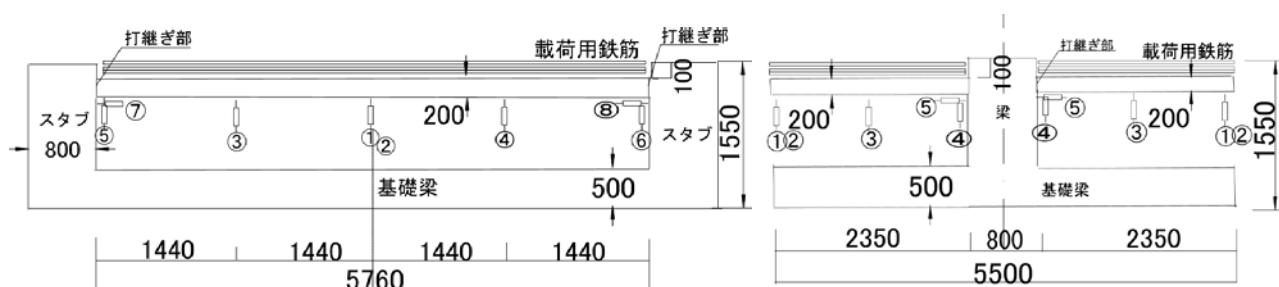


図 4.4.2.1 実験方法の概要

表 4.4.2.1 実験スケジュール

| No. | 年月日        | 計測項目          | No. | 年月日        | 計測項目         |
|-----|------------|---------------|-----|------------|--------------|
| 1   | H28. 2. 16 | 振動測定(鉄筋載荷前・後) | 14  | H28.12. 7  | ひび割れ観察       |
| 2   | H28. 3. 1  | ひび割れ観察, 振動測定  | 15  | H29. 2. 7  | ひび割れ観察, 振動測定 |
| 3   | H28. 3. 15 | ひび割れ観察, 振動測定  | 16  | H29. 2. 16 | ひび割れ観察       |
| 4   | H28. 4. 18 | ひび割れ観察        | 17  | H29. 4. 20 | ひび割れ観察       |
| 5   | H28. 4. 26 | ひび割れ観察        | 18  | H29. 5. 11 | ひび割れ観察       |
| 6   | H28. 5. 21 | ひび割れ観察, 振動測定  | 19  | H29. 6. 15 | ひび割れ観察       |
| 7   | H28. 6. 2  | ひび割れ観測        | 20  | H29. 7. 20 | ひび割れ観察       |
| 8   | H28. 6. 28 | ひび割れ観察        | 21  | H29. 8. 9  | ひび割れ観察, 振動測定 |
| 9   | H28. 7. 14 | ひび割れ観察        | 22  | H29. 8. 24 | ひび割れ観察       |
| 10  | H28. 8. 1  | ひび割れ観察        | 23  | H29.10.26  | ひび割れ観察       |
| 11  | H28. 8. 16 | ひび割れ観察, 振動測定  | 24  | H29.12.21  | ひび割れ観察       |
| 12  | H28. 9. 1  | ひび割れ観察        | 25  | H30. 2. 9  | ひび割れ観察, 振動測定 |
| 13  | H28.11. 2  | ひび割れ観察        |     |            |              |

※：試験体製作「基礎梁」部分コンクリート打設：平成27年12月11日  
「スタブ」部分コンクリート打設：平成27年12月19日  
「床スラブ」部分コンクリート打設：平成28年1月18日



4-4-2-2 設計方針・計算例

(1) 設計方針

通常定着方法(先付け定着方法)のスラブ上端筋の定着は、許容付着応力度による所要定着長さ「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(1991) 4.5) (29)式」による。

接着系あと施工アンカーを用いたスラブ上端筋のアンカー筋の定着は、アンカー筋に生じる長期許容引張力に対して長期許容付着力および長期許容コーン状破壊耐力を満たす有効埋込み長さ確保する。

(2) 計算例

計算例は、後出の図4.5.2.1に示す北側居室のスラブについて算定する。

1) 基本事項

仕上げ荷重 0.7 kN/m<sup>2</sup>  
 積載荷重 1.8 kN/m<sup>2</sup> }  $W_p = 2.5 \text{ kN/m}^2$   
 短辺方向スパン  $\ell_x = 2920 \text{ mm}$   
 長辺方向スパン  $\ell_y = 5760 \text{ mm}$  }  $\lambda = 1.97$   
 スラブ厚  $T = 200 \text{ mm}$   
 コンクリート縁から鉄筋中心までの距離

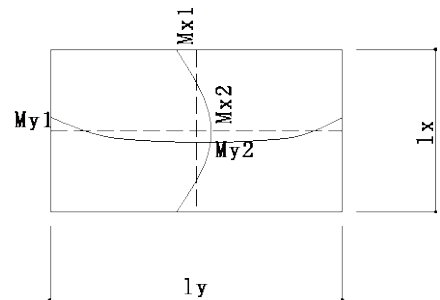


図4.4.2.1-2 計算に用いた記号の説明

上端かぶり厚 30 mm 短辺方向上端筋  $d_1 = 35.0 \text{ mm}$  短辺方向下端筋  $d_2 = 45 \text{ mm}$   
 下端かぶり厚 30 mm 長辺方向上端筋  $d_3 = 46.5 \text{ mm}$  長辺方向下端筋  $d_4 = 35 \text{ mm}$   
 コンクリート強度  $F_c = 21 \text{ N/mm}^2$  ( $\gamma = 23$ ) ヤング係数  $E_c = 21.5 \text{ kN/mm}^2$   
 鉄筋 SD295A

2) 応力の算出

$$w = 7.3 \text{ kN/m}^2$$

$$w_x = \ell_y^4 / (\ell_x^4 + \ell_y^4) \times w = 0.45 \text{ kN/m}^2$$

$$M_{x1} = 1/12 \times w_x \times \ell_x^2 = 1.24 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad M_{x2} = 1/18 \times w_x \times \ell_x^2 = 0.83 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{y1} = 1/24 \times w \times \ell_x^2 = 10.09 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad M_{y2} = 1/36 \times w \times \ell_x^2 = 6.73 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

3) 断面算定

短辺方向上端筋  $a_t = M_{x1} / f_t \cdot j = 42.9 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{D10@200 (355)} \quad \text{OK}$   
 短辺方向下端筋  $a_t = M_{x2} / f_t \cdot j = 30.6 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{D10@200 (355)} \quad \text{OK}$   
 長辺方向上端筋  $a_t = M_{y1} / f_t \cdot j = 375.6 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{D10D13@250 (396)} \quad \text{OK}$   
 長辺方向下端筋  $a_t = M_{y2} / f_t \cdot j = 233.1 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{D10@250 (284)} \quad \text{OK}$

4) たわみに対する検討

$$\delta_e = \frac{1}{32} \cdot \frac{\lambda^4}{1 + \lambda^4} \cdot \frac{w \cdot \ell_x^4}{E \cdot T^4} = 1.368 \text{ mm}$$

変形増大率  $\kappa = 16$  長期たわみ  $\delta_L = 16 \times \delta_e = 21.89 \text{ mm}$   
 たわみ率  $\delta_L / \ell_x = 1/263 \leq 1/250 \quad \text{OK}$

5) ひび割れに対する検討

端部上端  $\sigma_t = {}_tM_{max} / Z = 10\,090\,000 / 6\,666\,667 = 1.51 \text{ N/mm}^2 \leq 0.38 \sqrt{F_c} = 1.74 \text{ N/mm}^2$   
 OK  
 中央部下端  $\sigma_t = {}_cM_{max} / Z = 6\,730\,000 / 6\,666\,667 = 1.01 \text{ N/mm}^2 \leq 0.38 \sqrt{F_c} = 1.74 \text{ N/mm}^2$   
 OK

6) 試験体スラブの設計

(i) 両端固定一方向の応力

$$w = 7.3 \text{ kN/m}^2 \quad \ell_x = 5760 \text{ mm}$$

$$M_{x1} = 1/12 \times w \times \ell_x^2 = 20.18 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad , \quad M_{x2} = 1/18 \times w \times \ell_x^2 = 13.46 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$Q_{x1} = 1/2 \times w \times \ell_x = 21.0 \text{ kN}$$

$$\text{短辺方向上端筋 } a_t = M_{x1} / f_t \cdot j = 705.3 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{D13@150 (846.7)} \quad \text{OK}$$

$$\text{短辺方向下端筋 } a_t = M_{x2} / f_t \cdot j = 466.1 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{D10@150 (473.3)} \quad \text{OK}$$

(ii) たわみに対する検討

$$\text{単純支持一方向たわみ } \delta_e = \frac{15}{384} \cdot \frac{w \cdot \ell_x^4}{E \cdot T^3 / 12} = 7.29 \text{ mm}$$

$$\text{両端固定一方向たわみ } \delta_e = \frac{1}{384} \cdot \frac{w \cdot \ell_x^4}{E \cdot T^3 / 12} = 1.46 \text{ mm}$$

$$\text{変形増大率 } \kappa = 16 \quad \text{長期たわみ } \delta_L = 16 \times \delta_e = 23.3 \text{ mm}$$

$$\text{たわみ率 } \delta_L / \ell_x = 1/247$$

(3) 通常定着方法(先付け定着方法)のスラブ上端筋の定着検討

1) 許容付着応力度による所要定着長さ「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(1991)<sup>4.5)</sup> (29)式」

(i) 計算条件

- ・使用するコンクリートの設計基準強度： $F_c = 21 \text{ N/mm}^2$
- ・スラブ上端筋：D13 SD295A
- ・スラブ上端筋のコンクリートに対する許容付着応力度：

$$l_f a = \min(21/15, 0.9 + 2 \times 21/75) = \min(1.40, 1.46) = 1.40 \text{ N/mm}^2 \text{ *1}$$

[注] \*1：鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(1991)<sup>4.5)</sup>によれば、圧縮力を受ける場合および、付着破壊のおそれのない領域へ定着する場合は、1.5倍の数値としてよいとあるが、本資料では適用していない。また、平12建告第1450号に規定の長期許容付着応力度は、はりの上端筋以外は「その他の鉄筋」の数値を用いることができるが、ここでは適用していない。

(ii) 定着長さの検討

(a) 直線定着の場合

$$\ell \geq \frac{l_f t \cdot d_b}{4 \times l_f a} = 195 \times d_b / (4 \times 1.40) = 34.8 \times d_b = 34.8 \times 13 = 452.7 \text{ mm}$$

(b) 標準フック付き折曲げ定着の場合

$$\ell \geq \frac{2}{3} \times \frac{l_f t \cdot d_b}{4 \times l_f a} = 2/3 \times 195 \times d_b / (4 \times 1.40) = 23.2 \times d_b = 23.2 \times 13 = 301.8 \text{ mm}$$

2) RC規準(2010)17条「定着」による所要定着長さ

(i) 計算条件

- ・使用するコンクリートの設計基準強度： $F_c = 21 \text{ N/mm}^2$
- ・スラブ上端筋：D13 SD295A
- ・付着割裂の基準となる強度： $f_b = 0.9 + 21/40 = 1.425 \text{ N/mm}^2$

$$\text{必要定着長さ算定式: } \ell_{ab} = \alpha \cdot \frac{S \cdot \sigma_t \cdot d_b}{10 f_b} \text{ 「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(2010)<sup>4.2)</sup> (17.2)式」}$$

- ・スラブ端筋定着部の拘束の有無：スラブ上端筋を，当該スラブを支持する梁の上端筋の下に定着するディテールとすることで，拘束領域への定着とする( $\alpha=1.0$ )。

(ii) 定着長さの検討

(a) 直線定着の場合

$$\ell_{ab} = \alpha \cdot \frac{S \cdot \sigma_t \cdot d_b}{10f_b} = 1.0 \times 1.0 \times 295 \times d_b / (10 \times 1.425) = 20.7 \times d_b = 20.7 \times 13 = 269.1 \text{ mm}$$

(b) 標準フック付き折曲げ定着の場合

$$\ell_{ab} = \alpha \cdot \frac{S \cdot \sigma_t \cdot d_b}{10f_b} = 1.0 \times 0.5 \times 295 \times d_b / (10 \times 1.425) = 10.4 \times d_b = 20.7 \times 13 = 135.2 \text{ mm}$$

(4) 接着系あと施工アンカーを用いたスラブ上端筋のアンカー筋の定着検討

1) アンカー筋の所有効埋込み長さの検討

(i) 計算条件

- ・使用するコンクリートの設計基準強度： $F_c = 21 \text{ N/mm}^2$
- ・スラブ上端筋：D13 SD295A
- ・接着系あと施工アンカーの付着強度： $\tau_{fu} = 15 \text{ N/mm}^2 (= 15 \times \sqrt{\frac{\sigma_B}{21}} = 15 \times \sqrt{\frac{21}{21}})$
- ・アンカー筋に生じる長期許容引張力に対して(4.4.2.1)式および(4.4.2.2)式を満たす有効埋込み長さを確保する。

$${}_D T_{L1} \leq T_{AL2} \quad \dots \dots \dots \quad (4.4.2.1) \text{ 式}$$

$${}_D T_{L1} \leq T_{AL3} \quad \dots \dots \dots \quad (4.4.2.2) \text{ 式}$$

記号  ${}_D T_{L1}$  : アンカー筋に生じる長期荷重時引張力(N)で，次式による。

$${}_D T_{L1} = l_{f_i} \cdot a_i = 195 \times 127 = 24\,765 \text{ N} = 24.8 \text{ kN}$$

$T_{AL2}$  : アンカー筋の長期許容付着力(N)で，次式による。アンカー筋のかぶり厚さが $1.5d_a$ 以上 確保されていることから，付着強度の低減を行わない。

$$T_{AL2} = (\tau_{fu} / F) \cdot \pi \cdot d_a \cdot \ell_e \quad \dots \dots \dots \quad (4.4.2.3) \text{ 式}$$

$T_{AL3}$  : アンカー筋の長期許容コーン状破壊耐力(N)で，次式による。

$$T_{u3} = 0.23 \sqrt{\sigma_B} / F \cdot A_c \quad \dots \dots \dots \quad (4.4.2.4) \text{ 式}$$

$\tau_{fu}$  : 接着系あと施工アンカーの付着強度(N/mm<sup>2</sup>)で，15.0 N/mm<sup>2</sup>とする。

$F$  : 安全係数で，3(CASE1)および4.5(CASE2)とする。

$\ell_e$  : アンカー筋有効埋込み長さ(mm)

$\sigma_B$  : アンカー筋定着部のコンクリートの圧縮強度(N/mm<sup>2</sup>)で，設計基準強度とする。

$A_c$  : コーン状破壊面の有効水平投影面積(mm<sup>2</sup>)。本来であれば，アンカー筋のピッチ，はしあき，へりあきによるコーン状破壊面の重なり等を考慮した有効投影面積を算定する必要があるが，本資料においては考慮していない。

(ii) (4.4.2.1) 式を満たすのに必要な有効埋込み長さの検討

(a) CASE1 ( $F=3.0$ ) の場合

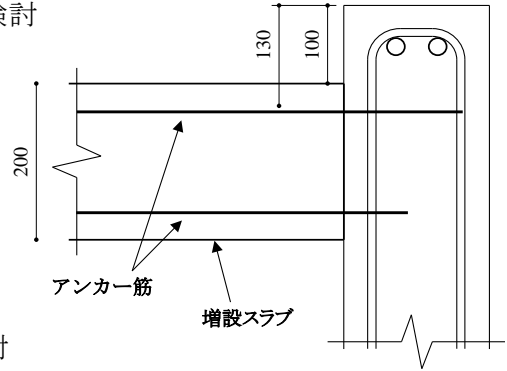
$${}_D T_{fL} = {}_D \sigma_{tL} \cdot \pi \cdot d_a^2 / 4 \leq T_{AL2} = 5.0 \times \pi \cdot d_a \cdot \ell_e \text{ より,}$$

$$\ell_e \geq {}_D \sigma_{tL} \cdot d_a / (4 \times 5) = 9.75 \times d_a (=127 \text{ mm})$$

(b) CASE2 ( $F=4.5$ ) の場合

$${}_D T_{fL} = {}_D \sigma_{tL} \cdot \pi \cdot d_a^2 / 4 \leq T_{AL2} = 3.3 \times \pi \cdot d_a \cdot \ell_e \text{ より,}$$

$$\ell_e \geq {}_D \sigma_{tL} \cdot d_a / (4 \times 3.3) = 14.7 \times d_a (=191 \text{ mm})$$



(iii) (4.4.2.2) 式を満たすに必要な有効埋込み長さの検討

(a) CASE1 ( $F=3.0$ ) の場合

${}_D T_{fL} = {}_D \sigma_{tL} \cdot \pi \cdot d_a^2 / 4 \leq T_{AL2} = 0.23 \sqrt{\sigma_B} / 3.0 \cdot A_c$  アンカー筋とスラブ支持梁の断面・配筋有効埋込み長さを 130 mm 以上とし、コーン状破壊面の有効水平投影面積  $A_c$  が次式で算定されるとする。

$$A_c = \pi \cdot \ell_e \cdot (\ell_e + d_a)$$

$${}_D \sigma_{tL} \cdot \pi \cdot d_a^2 / 4 \leq 0.23 \sqrt{\sigma_B} / 3.0 \cdot \pi \cdot \ell_e \cdot (\ell_e + d_a) \text{ より,}$$

$$\ell_e \geq \frac{d_a}{2} \cdot \left\{ -1 + \sqrt{{}_D \sigma_{tL} \times 3 / (0.23 \sqrt{\sigma_B})} \right\} = \frac{d_a}{2} \times (-1 + 23.56) = 11.3 \times d_a (=146 \text{ mm})$$

(b) CASE2 ( $F=4.5$ ) の場合

$$\ell_e \geq \frac{d_a}{2} \cdot \left\{ -1 + \sqrt{{}_D \sigma_{tL} \times 4.5 / (0.23 \sqrt{\sigma_B})} \right\} = \frac{d_a}{2} \times (-1 + 28.86) = 14.0 \times d_a (=182 \text{ mm})$$

図 4.4.2.2 スラブ上端筋に使用する

(5) 検討結果：表 4.4.2.2 を参照のこと。

表 4.4.2.2 増設スラブ上端筋の支持梁への定着長さおよびアンカー筋有効埋込み長さ

|                     | 通常定着方法  |                        | 接着系あと施工アンカー筋   |                        |                                       |                        |
|---------------------|---|------------------------|--|------------------------|---------------------------------------|------------------------|
|                     | RC 規準(1991)による場合  | RC 規準(2010)による場合       | ${}_D T_{L1} \leq T_{AL2}$ となる有効埋込み長さ  |                        | ${}_D T_{D1} \leq T_{AL3}$ となる有効埋込み長さ |                        |
|                     |   |                        | $F=3.0$  | $F=4.5$                | $F=3.0$                               | $F=4.5$                |
| 直線定着の場合             | 34.8 $d_b$<br>(453 mm)  | 20.7 $d_b$<br>(270 mm) | 9.75 $d_a$<br>(127 mm)   | 14.7 $d_a$<br>(191 mm) | 11.3 $d_a$<br>(146 mm)                | 14.0 $d_a$<br>(182 mm) |
| 標準フック付き<br>折曲げ定着の場合 | 23.2 $d_b$<br>(302 mm)  | 10.4 $d_b$<br>(135 mm) |  |                        |                                       |                        |
| 備考                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>上端筋は、RC 規準(1991)<sup>4,5)</sup>による定着長さを確保する。</li> <li>下端筋は 10<math>d_b</math>かつ 150 mm 以上とする。</li> </ul> |                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>実験であることから、有効埋込み長さ 12 <math>d_a</math>(156 mm)とする。</li> <li>スラブ下端筋としてのアンカー筋の有効埋込長は 7<math>d_a</math>(91 mm)とする。</li> <li>実験では、長期許容コーン状破壊耐力(<math>T_{AL3}</math>)に重なりによる面積の低減を考慮していない。</li> </ul> |                        |                                       |                        |

4-4-2-3 試験体計画・製作概要

両端固定一方向スラブの試験体数は2体とし、スラブの定着に接着系あと施工アンカーを用いたもの、および通常の定着方法を用いたもの各1体である。

試験体のスパンは、既存建物における実大実験を参考に5,760 mmの内法とする。試験体幅は、既往の長期たわみ実験を参考に単位幅(1,000 mm)の一方向スラブとする。スラブ厚さは既存建物のスラブを一方向スラブとして弾性たわみで1 mm以上となる厚さとして200 mmを設定した。

片持ちスラブの試験体数は2体とし、試験体中央にスタブを設け、スタブの両側に片持ちスラブを取り付け、主筋の定着に接着系あと施工アンカーを用いた片持ちスラブ試験体を梁の左側に、主筋の定着に通常の方法を用いた片持ちスラブ試験体を右側に設置した。

試験体のスパンは、両端固定とした試験体(内法スパン：5,760 mm)の固定端曲げモーメントと同値となる2,350 mmとし、試験体幅は単位幅(1,000 mm)とする。スラブ厚さは両端固定とした試験体と同一の200 mmとした。

試験体コンクリートの目標圧縮強度として、基礎梁は乾燥収縮ひずみを出来る限り小さくすべく36 N/mm<sup>2</sup>(呼び強度)とし、スタブおよびスラブは18 N/mm<sup>2</sup>(呼び強度)とした。

試験体一覧を表4.4.2.3、スラブの配筋リストを表4.4.2.4、表4.4.2.5に示す。

試験体の基本形状を図4.4.2.3、図4.4.2.4に、スラブ端部のスタブとの接合部を図4.4.2.5、図4.4.2.6に、スラブの配筋図を図4.4.2.7、図4.4.2.8に、基礎梁およびスタブの配筋図を図4.4.2.9、図4.4.2.10に示す。

表 4.4.2.3 試験体一覧

| 試験体名 | スラブ形状        | 施工方法        |
|------|--------------|-------------|
| AH   | 両端固定(単位幅一方向) | 接着系あと施工アンカー |
| BA   | 両端固定(単位幅一方向) | 標準定着        |
| CA   | 片持ち          | 接着系あと施工アンカー |
| CB   | 片持ち          | 標準定着        |

表 4.4.2.4 両端固定スラブ(AH, BA 試験体)の配筋リスト

| 板厚  | 位置 | 主筋方向    |          | 配力筋方向   |         |
|-----|----|---------|----------|---------|---------|
|     |    | 端部      | 中央       | 端部      | 中央      |
| 200 | 上  | D13@150 | D13@300  | D10@300 | D10@300 |
|     | 下  | D10@300 | D10 @150 | D10@300 | D10@300 |

表 4.4.2.5 片持ちスラブ(CA, CB 試験体)の配筋リスト

| 板厚  | 位置 | 主筋方向    | 配力筋方向   |
|-----|----|---------|---------|
| 200 | 上  | D13@150 | D10@300 |
|     | 下  | D10@300 | D10@300 |

材料試験結果を表4.4.2.6、表4.4.2.7に示す。なお、平成29年度は平成30年1月10日に下表のうち材齢103週から109週時点でのコンクリート材料試験を実施した。

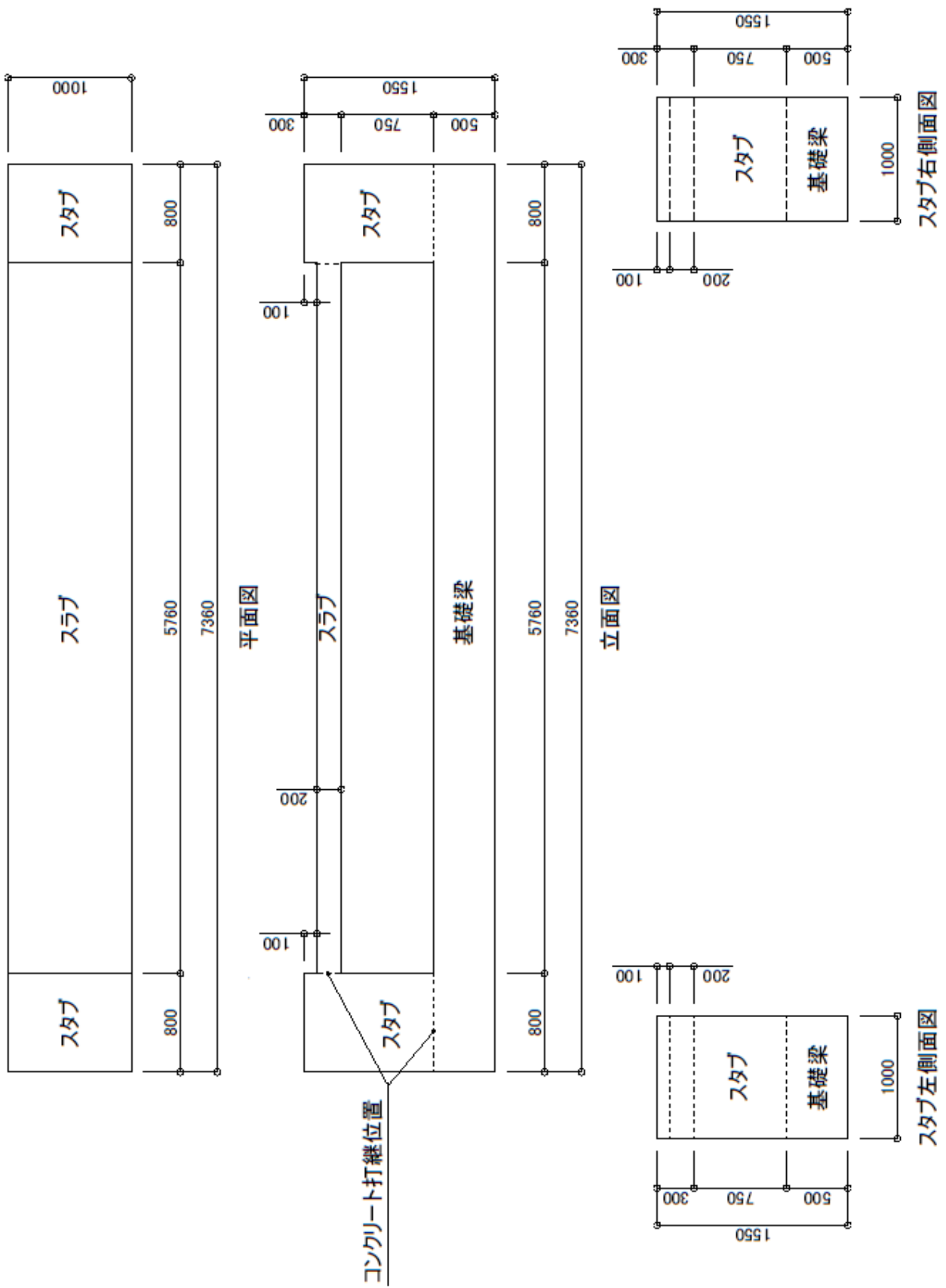


図 4.4.2.3 両端固定スラブ試験体 (AH, BA 試験体) の基本形状

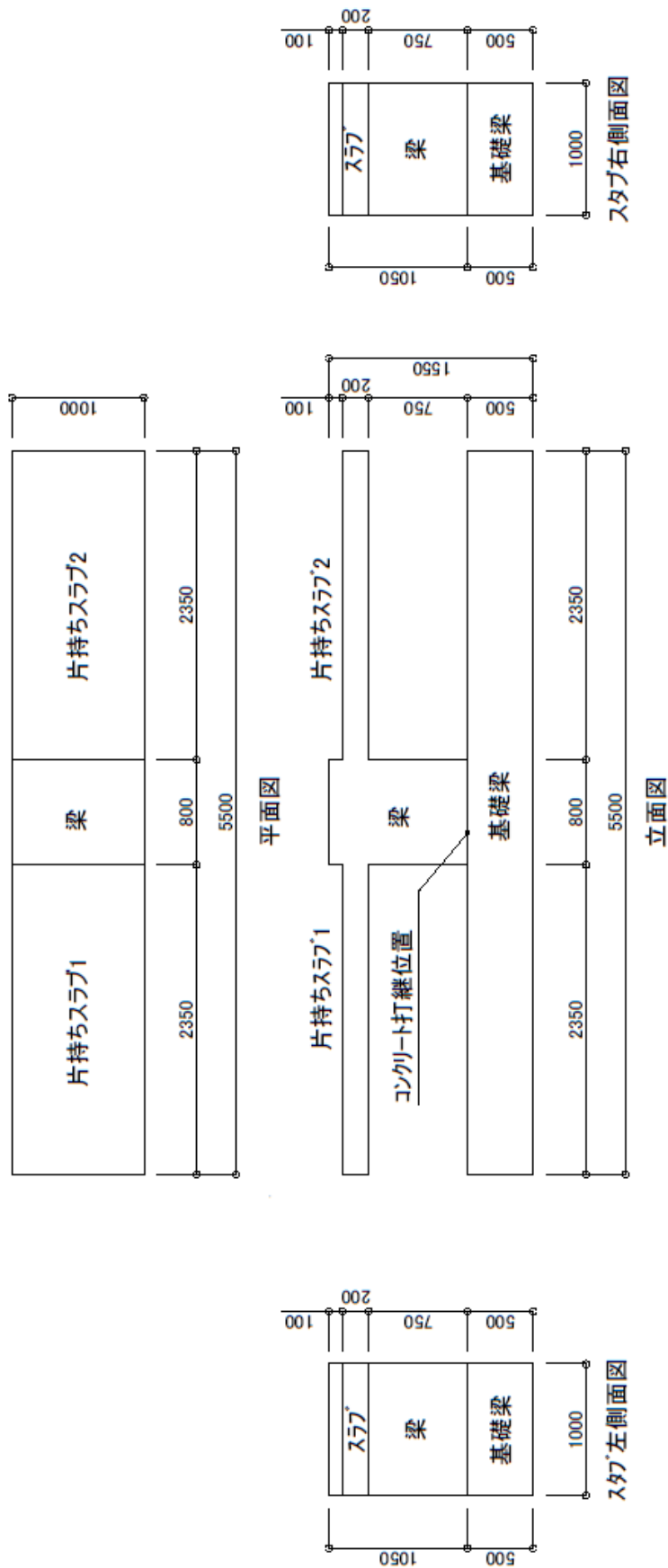


図 4.4.2.4 片持ちスラブ試験体(CA, CB 試験体)の基本形状

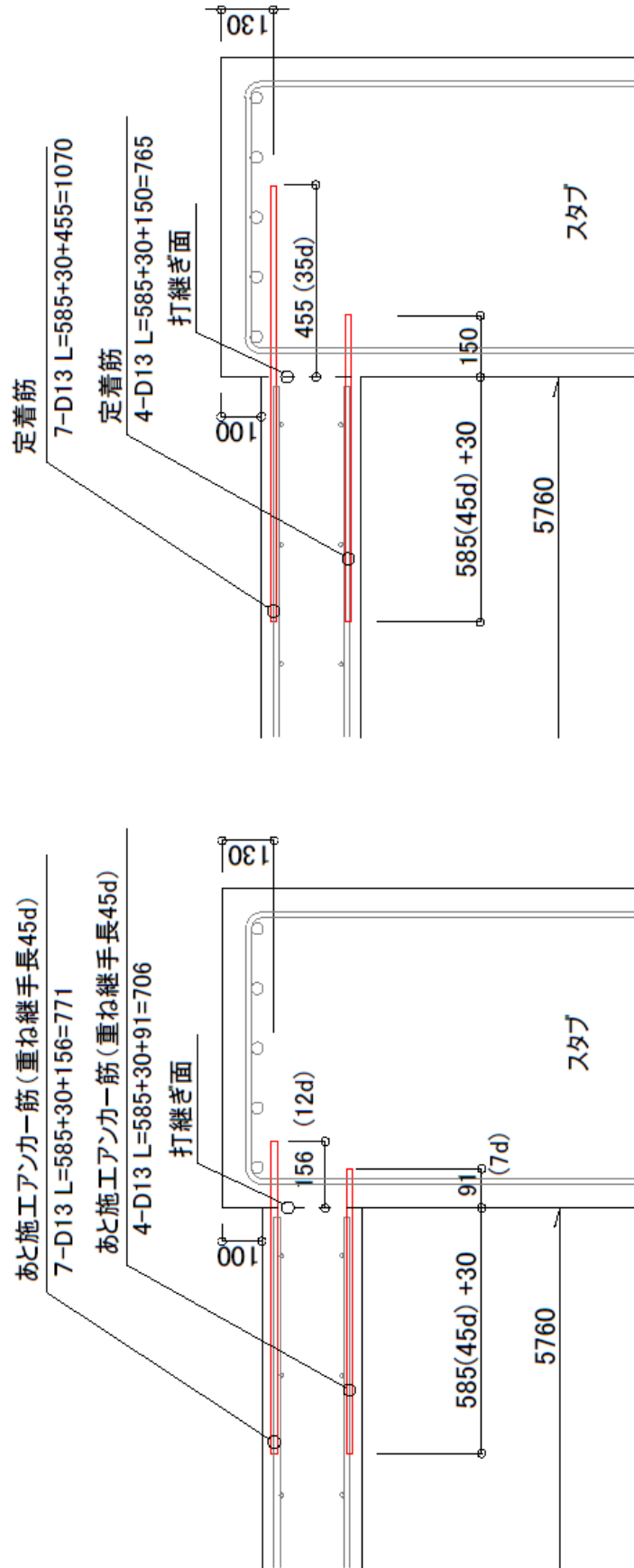


図 4.4.2.5 両端固定スラブ端部のスタブとの接合部 (AH, BA 試験体)



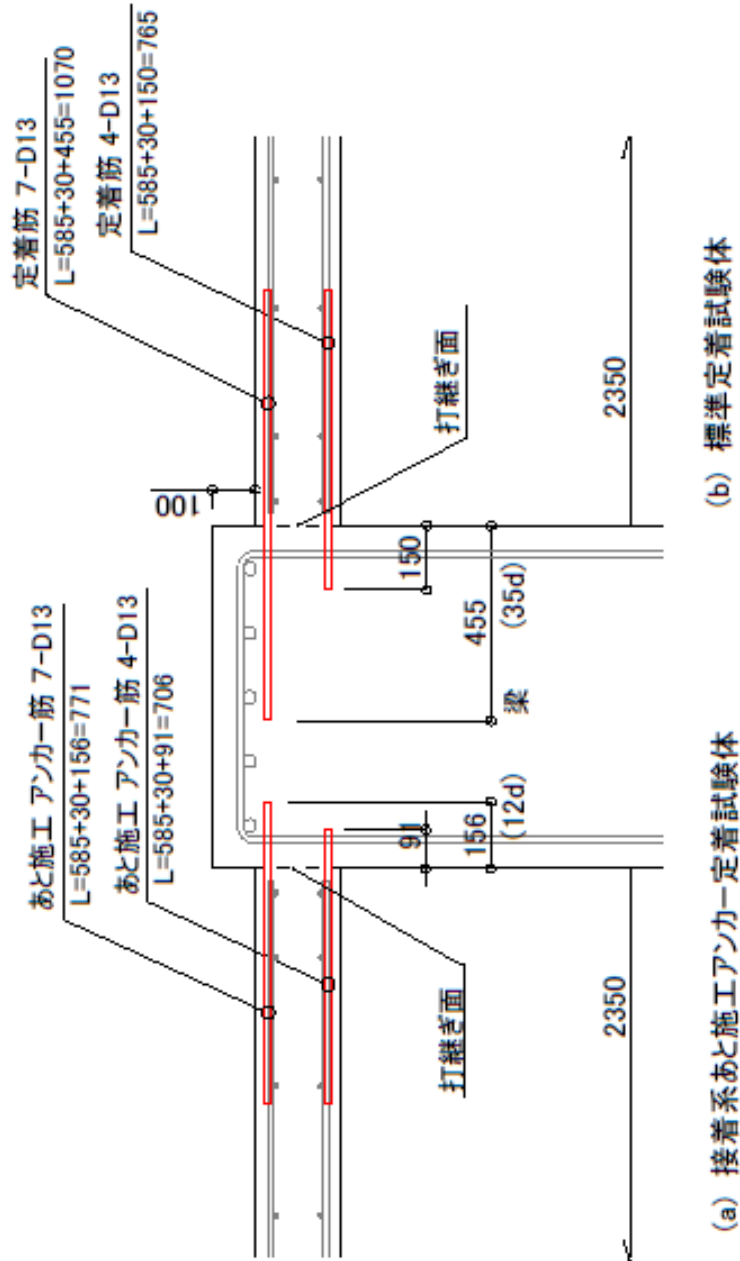


図 4.4.2.6 片持ちスラブと梁との接合部 (CA, CB 試験体)

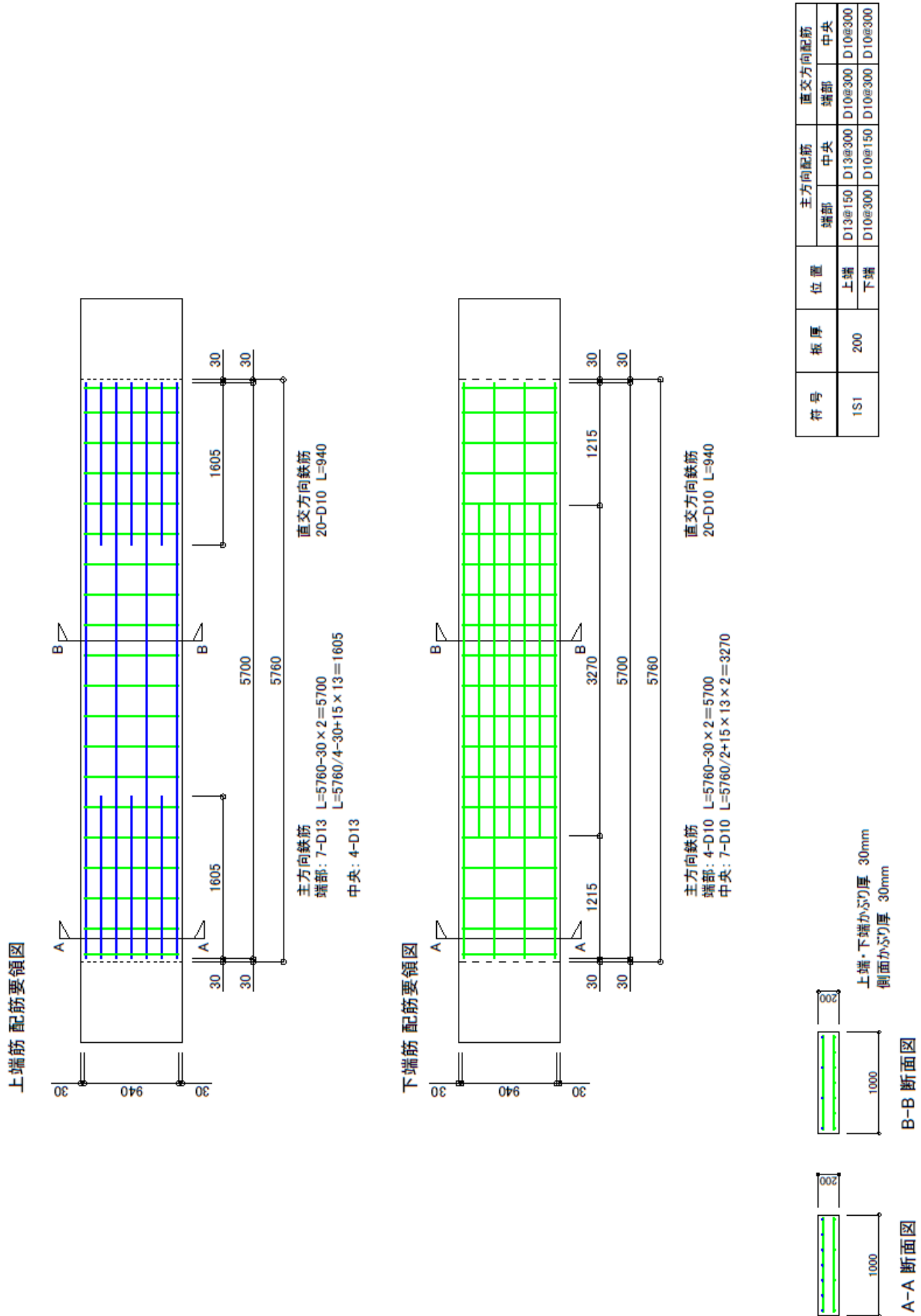


図 4.4.2.7 スラブ配筋図(AH, BA 試験体)

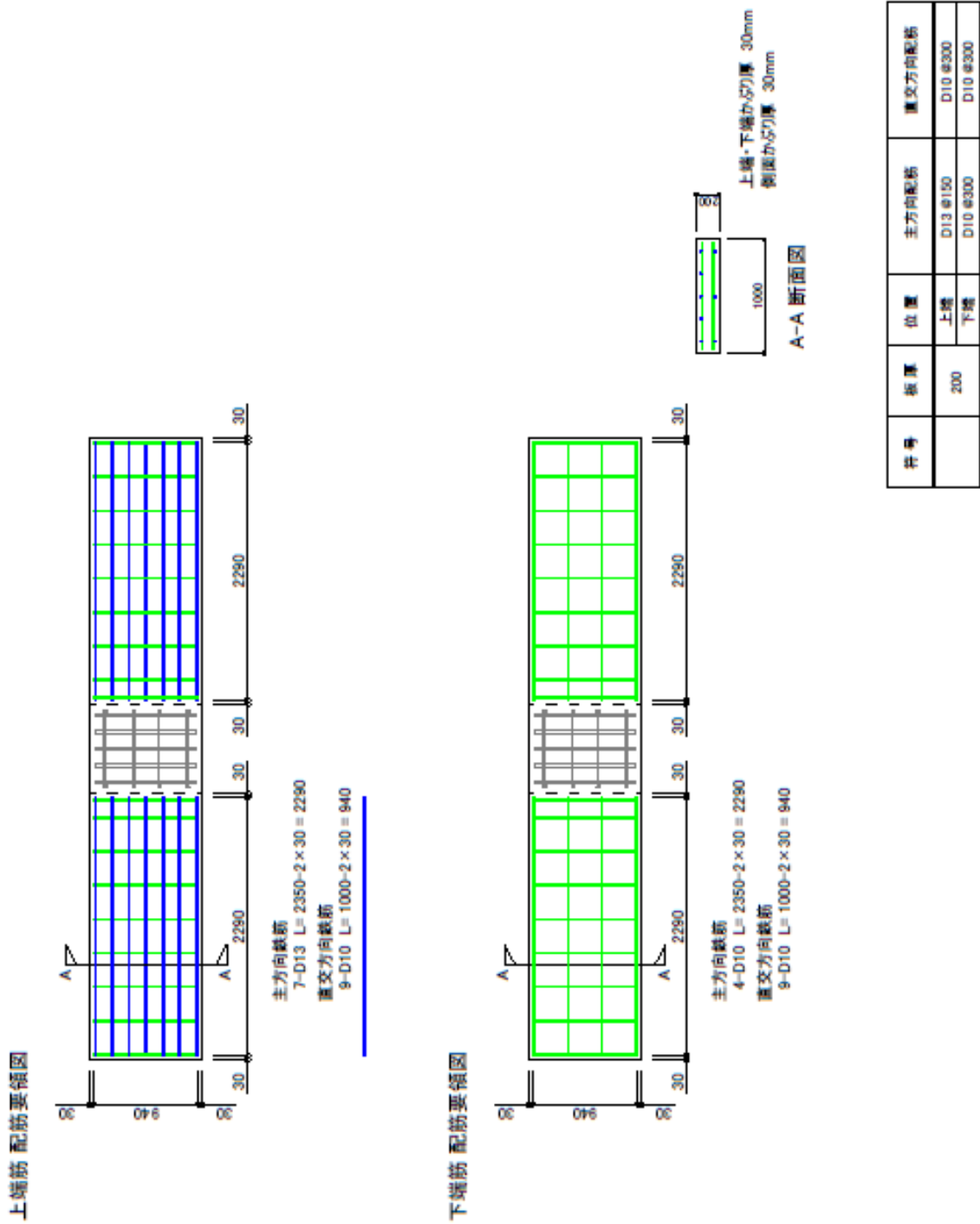


図 4.4.2.8 スラブ配筋図 (CA, CB 試験体)

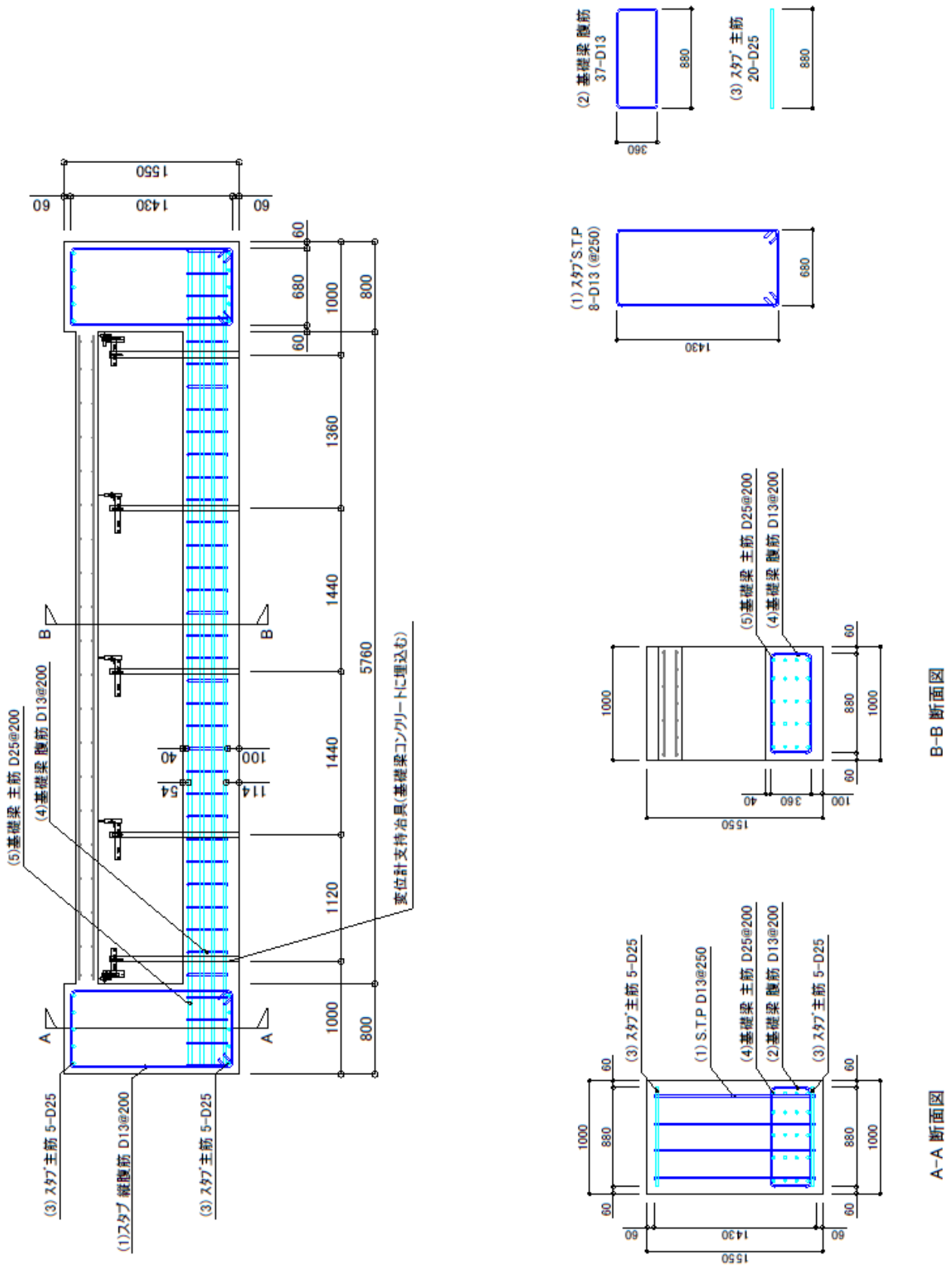


図 4.4.2.9 基礎梁・スタブ配筋図(AH, BA 試験体)

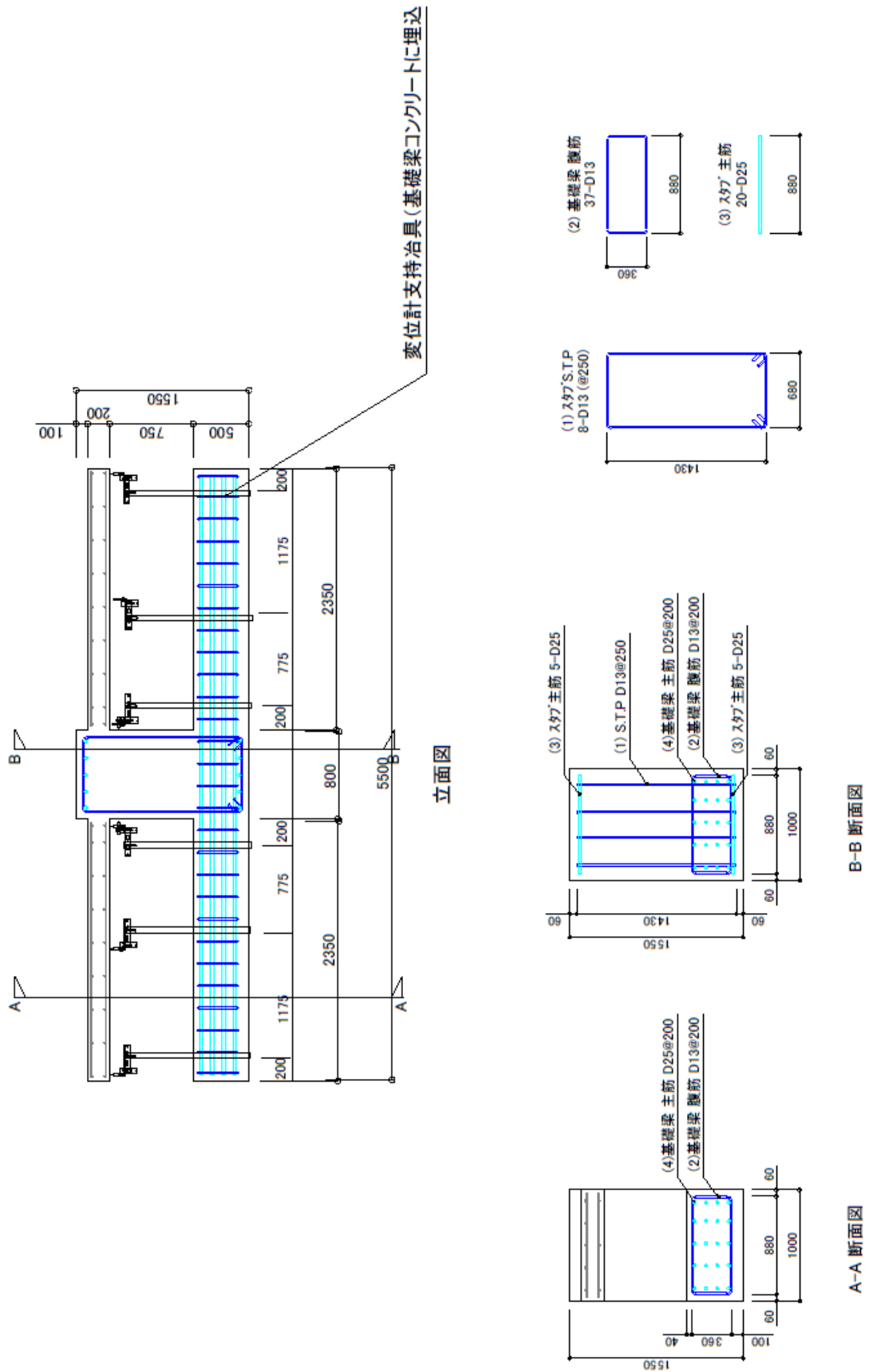


図 4.4.2.10 基礎梁および梁の配筋図 (CA, CB 試験体)

表 4.4.2.6 コンクリート材料試験結果

床スラブ 平成 28 年 1 月 18 日打設 : ”---“は不測定あるいは測定不能 ヤング係数は 1/3 割線剛性値

| 材齢<br>(週) | 番号<br>(No.) | 直径<br>(mm) | 整形後高さ<br>(mm) | 高さ<br>直径 | 質量<br>(g) | かさ比重<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | 最大荷重<br>(kN) | 圧縮強さ<br>(kN) | ヤング係数<br>(×10 <sup>4</sup> N/mm <sup>2</sup> ) |
|-----------|-------------|------------|---------------|----------|-----------|------------------------------|--------------|--------------|--|
| 4 週       | 1           | 100.2      | 199.3         | 1.99     | 3497      | 2.23                         | 166          | 21.1         | ---  |
|           | 2           | 100.1      | 199.2         | 1.99     | 3470      | 2.21                         | 171          | 21.8         | ---  |
|           | 3           | 100.4      | 199.5         | 1.99     | 3500      | 2.22                         | 175          | 22.1         | ---  |
| 13 週      | 1           | 100.20     | 200.40        | 2.00     | 3505      | 2.22                         | 208          | 26.4         | 3.93   |
|           | 2           | 100.20     | 201.20        | 2.01     | 3522      | 2.22                         | 196          | 24.9         | 2.68   |
|           | 3           | 100.10     | 201.30        | 2.01     | 3520      | 2.22                         | 201          | 25.6         | 3.32   |
| 26 週      | 1           | 100.30     | 199.20        | 1.98     | 3476      | 2.21                         | 225          | 28.5         | ---  |
|           | 2           | 100.20     | 200.10        | 2.00     | 3488      | 2.21                         | 227          | 28.8         | 3.14   |
|           | 3           | 100.40     | 199.60        | 1.99     | 3475      | 2.20                         | 229          | 29.0         | 2.78   |
| 103 週     | 1           | 100.17     | 200.68        | 2.00     | 3465      | 2.19                         | 256          | 32.6         | 2.65   |
|           | 2           | 100.04     | 198.98        | 1.98     | 3425      | 2.19                         | 266          | 33.8         | 2.91   |
|           | 3           | 100.22     | 199.77        | 1.99     | 3460      | 2.20                         | 271          | 34.4         | 2.84   |

スタブ 平成 27 年 12 月 19 日打設 : ”---“は不測定あるいは測定不能 ヤング係数は 1/3 割線剛性値

| 材齢<br>(週) | 番号<br>(No.) | 直径<br>(mm) | 整形後高さ<br>(mm) | 高さ<br>直径 | 質量<br>(g) | かさ比重<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | 最大荷重<br>(kN) | 圧縮強さ<br>(kN) | ヤング係数<br>(×10 <sup>4</sup> N/mm <sup>2</sup> ) |
|-----------|-------------|------------|---------------|----------|-----------|------------------------------|--------------|--------------|--|
| 4 週       | 1           | 99.9       | 197.8         | 1.98     | 3560      | 2.30                         | 190          | 24.3         | ---  |
|           | 2           | 100.0      | 198.2         | 1.98     | 3609      | 2.32                         | 195          | 24.8         | ---  |
|           | 3           | 99.7       | 197.7         | 1.98     | 3596      | 2.33                         | 178          | 22.8         | ---  |
| 13 週      | 1           | 100.20     | 198.00        | 1.98     | 3505      | 2.29                         | 216          | 27.5         | 2.40   |
|           | 2           | 99.80      | 198.30        | 1.99     | 3522      | 2.28                         | 223          | 28.5         | 2.33   |
|           | 3           | 100.20     | 198.90        | 1.99     | 3520      | 2.30                         | 214          | 27.1         | 2.19   |
| 26 週      | 1           | 100.01     | 199.58        | 2.00     | 3528      | 2.25                         | 238          | 30.3         | 2.48   |
|           | 2           | 100.03     | 199.33        | 1.99     | 3533      | 2.26                         | 258          | 32.8         | 2.30   |
|           | 3           | 100.15     | 200.13        | 2.00     | 3533      | 2.24                         | 256          | 32.5         | 2.31   |
| 108 週     | 1           | 100.27     | 198.59        | 1.98     | 3535      | 2.26                         | 303          | 38.3         | 2.81   |
|           | 2           | 100.16     | 197.79        | 1.97     | 3520      | 2.26                         | 309          | 39.3         | 2.93   |
|           | 3           | 100.21     | 199.06        | 1.99     | 3535      | 2.25                         | 302          | 38.3         | 2.79   |

基礎梁 平成 27 年 12 月 11 日打設 : ”---“は不測定あるいは測定不能 ヤング係数は 1/3 割線剛性値

| 材齢<br>(週) | 番号<br>(No.) | 直径<br>(mm) | 整形後高さ<br>(mm) | 高さ<br>直径 | 質量<br>(g) | かさ比重<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | 最大荷重<br>(kN) | 圧縮強さ<br>(kN) | ヤング係数<br>(×10 <sup>4</sup> N/mm <sup>2</sup> ) |
|-----------|-------------|------------|---------------|----------|-----------|------------------------------|--------------|--------------|--|
| 4 週       | 1           | 100.4      | 201.3         | 2.01     | 3645      | 2.29                         | 372          | 47.0         | ---  |
|           | 2           | 100.2      | 200.9         | 2.01     | 3633      | 2.29                         | 356          | 45.1         | ---  |
|           | 3           | 100.4      | 200.1         | 1.99     | 3639      | 2.30                         | 372          | 47.0         | ---  |
| 13 週      | 1           | 100.05     | 201.98        | 2.02     | 3678      | 2.32                         | 379          | 48.2         | 2.90   |
|           | 2           | 100.05     | 201.11        | 2.01     | 3652      | 2.31                         | 385          | 49.0         | 2.87   |
|           | 3           | 100.05     | 200.86        | 2.01     | 3631      | 2.30                         | 380          | 48.3         | 2.97   |
| 26 週      | 1           | 100.07     | 201.45        | 2.01     | 3613      | 2.28                         | 358          | 45.5         | 2.94   |
|           | 2           | 100.17     | 200.25        | 2.00     | 3588      | 2.27                         | 423          | 53.7         | 3.01   |
|           | 3           | 100.07     | 201.42        | 2.01     | 3608      | 2.28                         | 423          | 53.8         | 1.60   |
| 109 週     | 1           | 100.08     | 201.41        | 2.01     | 3605      | 2.28                         |              | 60.7         | 3.21   |
|           | 2           | 100.17     | 200.92        | 2.01     | 3610      | 2.28                         |              | 58.1         | 3.57   |
|           | 3           | 100.16     | 201.19        | 2.01     | 3620      | 2.28                         |              | 59.3         | 3.58   |

表 4.4.2.7 鉄筋材料試験結果

D10 異形鉄筋(SD295A)

| 番号<br>(No.) | 公称断面積<br>(mm <sup>2</sup> ) | 上降伏点応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 下降伏点応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 引張強さ<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 破断伸び<br>(%) | ヤング係数<br>(×10 <sup>5</sup> N/mm <sup>2</sup> ) |
|-------------|-----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|------------------------------|-------------|--|
| 1           | 71.33                       | 368.1                           | 346.8                           | 491                          | 20          | 1.74   |
| 2           | 71.33                       | 366.6                           | 355.8                           | 469                          | 14          | 1.50   |
| 3           | 71.33                       | 371.9                           | 350.3                           | 493                          | 18          | 1.79   |

D13 異形鉄筋(SD295A)

| 番号<br>(No.) | 公称断面積<br>(mm <sup>2</sup> ) | 上降伏点応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 下降伏点応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 引張強さ<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 破断伸び<br>(%) | ヤング係数<br>(×10 <sup>5</sup> N/mm <sup>2</sup> ) |
|-------------|-----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|------------------------------|-------------|--|
| 1           | 126.7                       | 362.3                           | 344.1                           | 491                          | 22          | 1.79   |
| 2           | 126.7                       | 359.9                           | 344.9                           | 489                          | 23          | 1.78   |
| 3           | 126.7                       | 359.1                           | 344.1                           | 488                          | 22          | 1.79   |

接着系あと施工アンカー施工時の穿孔穴径、深さ、アンカー筋長さ、埋込み長さ、勾配を表4.4.2.8に示す。

表4.4.2.8 接着系あと施工アンカー施工時の穿孔穴径、深さ、アンカー筋長さ、埋込み長さ、勾配

| 単位:mm       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |  |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|--|
| AH:南側       | 上端筋   |       |       |       |       |       |       | 下端筋  |      |      |      |  |
| 番号は、手前(東)から | S1    | S2    | S3    | S4    | S5    | S6    | S7    | S8   | S9   | S10  | S11  |  |
| 内径奥(平行)     | 16.2  | 16.2  | 16.1  | 16.2  | 16.3  | 16.4  | 16.2  | 16.1 | 16.1 | 16.0 | 16.4 |  |
| 内径奥(直角)     | 16.5  | 16.5  | 16.3  | 16.5  | 16.1  | 16.4  | 16.4  | 16.4 | 16.1 | 16.1 | 16.4 |  |
| 内径手前(平行)    | 16.3  | 16.3  | 16.9  | 16.3  | 16.3  | 16.3  | 16.3  | 16.4 | 16.5 | 16.7 | 16.5 |  |
| 内径手前(直角)    | 16.5  | 16.3  | 16.8  | 16.4  | 16.1  | 16.2  | 16.4  | 16.5 | 16.3 | 16.5 | 16.3 |  |
| 単位:mm       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |  |
| 深さ          | S1    | S2    | S3    | S4    | S5    | S6    | S7    | S8   | S9   | S10  | S11  |  |
|             | 162.3 | 162.3 | 162.3 | 162.7 | 162.2 | 161.0 | 162.7 | 98.0 | 97.8 | 97.7 | 96.5 |  |
| 単位:°        |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |  |
| 勾配          | S1    | S2    | S3    | S4    | S5    | S6    | S7    | S8   | S9   | S10  | S11  |  |
| スラブ面に平行方向   | 88.3  | 89.7  | 90.9  | 91.0  | 91.3  | 91.2  | 91.7  | 90.8 | 89.2 | 89.8 | 90.9 |  |
| スラブ面に直角方向   | 91.2  | 92.5  | 91.9  | 90.7  | 90.5  | 90.2  | 90.9  | 88.7 | 90.9 | 92.4 | 89.5 |  |
| 単位:mm       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |  |
|             | S1    | S2    | S3    | S4    | S5    | S6    | S7    | S8   | S9   | S10  | S11  |  |
| アンカー筋の全長    | 770   | 772   | 772   | 770   | 770   | 771   | 768   | 709  | 708  | 708  | 708  |  |
| アンカー筋の出長さ   | 610   | 610   | 613   | 618   | 611   | 615   | 609   | 612  | 613  | 614  | 613  |  |
| 埋め込み長さ      | 160   | 162   | 159   | 152   | 159   | 156   | 159   | 97   | 95   | 94   | 95   |  |
| 単位:°        |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |  |
| アンカー筋勾配     | S1    | S2    | S3    | S4    | S5    | S6    | S7    | S8   | S9   | S10  | S11  |  |
| スラブ面に平行方向   | 91.4  | 91.2  | 92.3  | 92    | 92.6  | 92    | 92.3  | ---  | ---  | ---  | ---  |  |
| スラブ面に直角方向   | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   | ---  | ---  | ---  | ---  |  |
| 測定不可        |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |  |
| 単位:mm       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |  |
| AH:北側       | 上端筋   |       |       |       |       |       |       | 下端筋  |      |      |      |  |
| 番号は、手前(東)から | N1    | N2    | N3    | N4    | N5    | N6    | N7    | N8   | N9   | N10  | N11  |  |
| 内径奥(平行)     | 16.4  | 16.1  | 16.2  | 16.3  | 16.0  | 16.0  | 16.0  | 16.1 | 16.2 | 16.2 | 16.3 |  |
| 内径奥(直角)     | 16.1  | 16.2  | 16.2  | 15.9  | 16.3  | 16.2  | 16.1  | 16.1 | 16.2 | 16.3 | 16.4 |  |
| 内径手前(平行)    | 16.7  | 16.3  | 16.4  | 16.5  | 16.7  | 16.5  | 16.2  | 16.3 | 16.6 | 16.2 | 16.0 |  |
| 内径手前(直角)    | 16.3  | 16.3  | 16.5  | 16.4  | 16.9  | 16.4  | 16.7  | 16.5 | 16.8 | 16.7 | 16.6 |  |
| 単位:mm       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |  |
| 深さ          | N1    | N2    | N3    | N4    | N5    | N6    | N7    | N8   | N9   | N10  | N11  |  |
|             | 160.5 | 161.4 | 161.2 | 162.1 | 162.0 | 162.3 | 159.3 | 96.7 | 96.6 | 97.1 | 96.4 |  |
| 単位:°        |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |  |
| 勾配          | N1    | N2    | N3    | N4    | N5    | N6    | N7    | N8   | N9   | N10  | N11  |  |
| スラブ面に平行方向   | 90.9  | 91.1  | 89.5  | 90.6  | 90.5  | 92.1  | 88.3  | 91.2 | 91.2 | 90.7 | 89.9 |  |
| スラブ面に直角方向   | 91.1  | 89.2  | 90.4  | 92.2  | 90.9  | 93.0  | 90.9  | 92.1 | 89.1 | 89.1 | 89.6 |  |
| 単位:mm       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |  |
|             | N1    | N2    | N3    | N4    | N5    | N6    | N7    | N8   | N9   | N10  | N11  |  |
| アンカー筋の全長    | 772   | 774   | 771   | 774   | 771   | 771   | 774   | 710  | 710  | 708  | 709  |  |
| アンカー筋の出長さ   | 612   | 613   | 617   | 624   | 612   | 608   | 609   | 610  | 610  | 608  | 610  |  |
| 埋め込み長さ      | 160   | 161   | 154   | 150   | 159   | 163   | 165   | 100  | 100  | 100  | 99   |  |
| ゲージ         |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |  |
| 単位:°        |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |  |
| アンカー筋勾配     | N1    | N2    | N3    | N4    | N5    | N6    | N7    | N8   | N9   | N10  | N11  |  |
| スラブ面に平行方向   | 90.1  | ---   | 91.4  | ---   | 90.1  | 91.6  | 91.1  | ---  | ---  | ---  | ---  |  |
| スラブ面に直角方向   | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   | ---  | ---  | ---  | ---  |  |
| 測定不可        |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |  |

表 4.4.2.8 接着系あと施工アンカー筋施工時の穿孔穴径，深さ，アンカー筋長さ，埋込み長さ，勾配(続き)

| 単位:mm      |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
| CA         | 上端筋   |       |       |       |       |       |       | 下端筋  |      |      |      |
| 番号は手前(東)から | S1    | S2    | S3    | S4    | S5    | S6    | S7    | S8   | S9   | S10  | S11  |
| 内径奥(平行)    | 15.7  | 16.2  | 16.5  | 16.1  | 16.0  | 16.5  | 15.8  | 16.3 | 16.1 | 16.3 | 16.4 |
| 内径奥(直角)    | 16.1  | 15.9  | 16.5  | 16.1  | 15.9  | 16.3  | 16.1  | 16.1 | 16.5 | 16.3 | 16.4 |
| 内径手前(平行)   | 16.0  | 16.4  | 16.3  | 16.6  | 16.7  | 15.9  | 16.4  | 16.5 | 16.0 | 16.5 | 15.9 |
| 内径手前(直角)   | 16.2  | 16.1  | 16.3  | 16.3  | 16.7  | 16.1  | 16.2  | 16.5 | 16.0 | 16.5 | 16.0 |
| 単位:mm      |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |
| 深さ         | S1    | S2    | S3    | S4    | S5    | S6    | S7    | S8   | S9   | S10  | S11  |
|            | 160.5 | 161.7 | 161.4 | 161.6 | 162.2 | 161.2 | 160.5 | 97.1 | 97.2 | 96.7 | 97.6 |
| 単位:°       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |
| 勾配         | S1    | S2    | S3    | S4    | S5    | S6    | S7    | S8   | S9   | S10  | S11  |
| スラブ面に平行方向  | 91.3  | 90.0  | 89.0  | 89.0  | 89.6  | 89.5  | 89.4  | 91.7 | 91.9 | 88.4 | 89.3 |
| スラブ面に直角方向  | 91.2  | 91.3  | 90.0  | 91.0  | 93.3  | 89.9  | 90.3  | 93.1 | 90.2 | 90.9 | 87.7 |
| 単位:mm      |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |
|            | S1    | S2    | S3    | S4    | S5    | S6    | S7    | S8   | S9   | S10  | S11  |
| アンカー筋の全長   | 773   | 771   | 772   | 772   | 772   | 773   | 773   | 710  | 710  | 710  | 710  |
| アンカー筋の出長さ  | 611   | 612   | 610   | 612   | 609   | 613   | 610   | 617  | 613  | 615  | 611  |
| 埋め込み長さ     | 162   | 159   | 162   | 160   | 163   | 160   | 163   | 93   | 97   | 95   | 99   |
| ゲージ 単位:°   |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |
| アンカー筋勾配    | S1    | S2    | S3    | S4    | S5    | S6    | S7    | S8   | S9   | S10  | S11  |
| スラブ面に平行方向  | 89.8  | ---   | 91.9  | ---   | 91    | 90.7  | 91    | ---  | ---  | ---  | ---  |
| スラブ面に直角方向  | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   | ---   | ---  | ---  | ---  | ---  |
| 測定不可       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |

| 南側スタブ |     |    |     |    |    |    |    | 北側スタブ |   |     |    |     |    |    |    |    |   |
|-------|-----|----|-----|----|----|----|----|-------|---|-----|----|-----|----|----|----|----|---|
| 西     | S7  | S6 | S5  | S4 | S3 | S2 | S1 | 東     | 西 | N7  | N6 | N5  | N4 | N3 | N2 | N1 | 東 |
|       | ○   | ○  | ○   | ○  | ○  | ○  | ○  |       |   | ○   | ○  | ○   | ○  | ○  | ○  | ○  |   |
|       | S11 |    | S10 |    | S9 |    | S8 |       |   | N11 |    | N10 |    | N9 |    | N8 |   |
|       | ○   |    | ○   |    | ○  |    | ○  |       |   | ○   |    | ○   |    | ○  |    | ○  |   |

4-4-2-4 加力・測定方法

(1) 水平変位・鉛直変位測定

試験体の水平変位・鉛直変位における測定位置図を図 4.4.2.11, 図 4.4.2.12 に示す。各試験体のスラブの鉛直変位および，スタブの回転を確認するため，基礎梁に固定した固定治具に変位計を取り付け，それぞれの鉛直変位および水平変位を測定する。

スラブとスタブとの回転を測定するため，スタブから張り出した固定治具に変位計を取り付け，スタブから 50 mm 離れた位置のスラブの鉛直変位を測定する(図 4.4.2.11, 図 4.4.2.12 参照)。

測定は，電気式変位計にて測定する。変位測定装置および水平変位測定位置図を図 4.4.2.13(測定番号：17, 18)に示す。



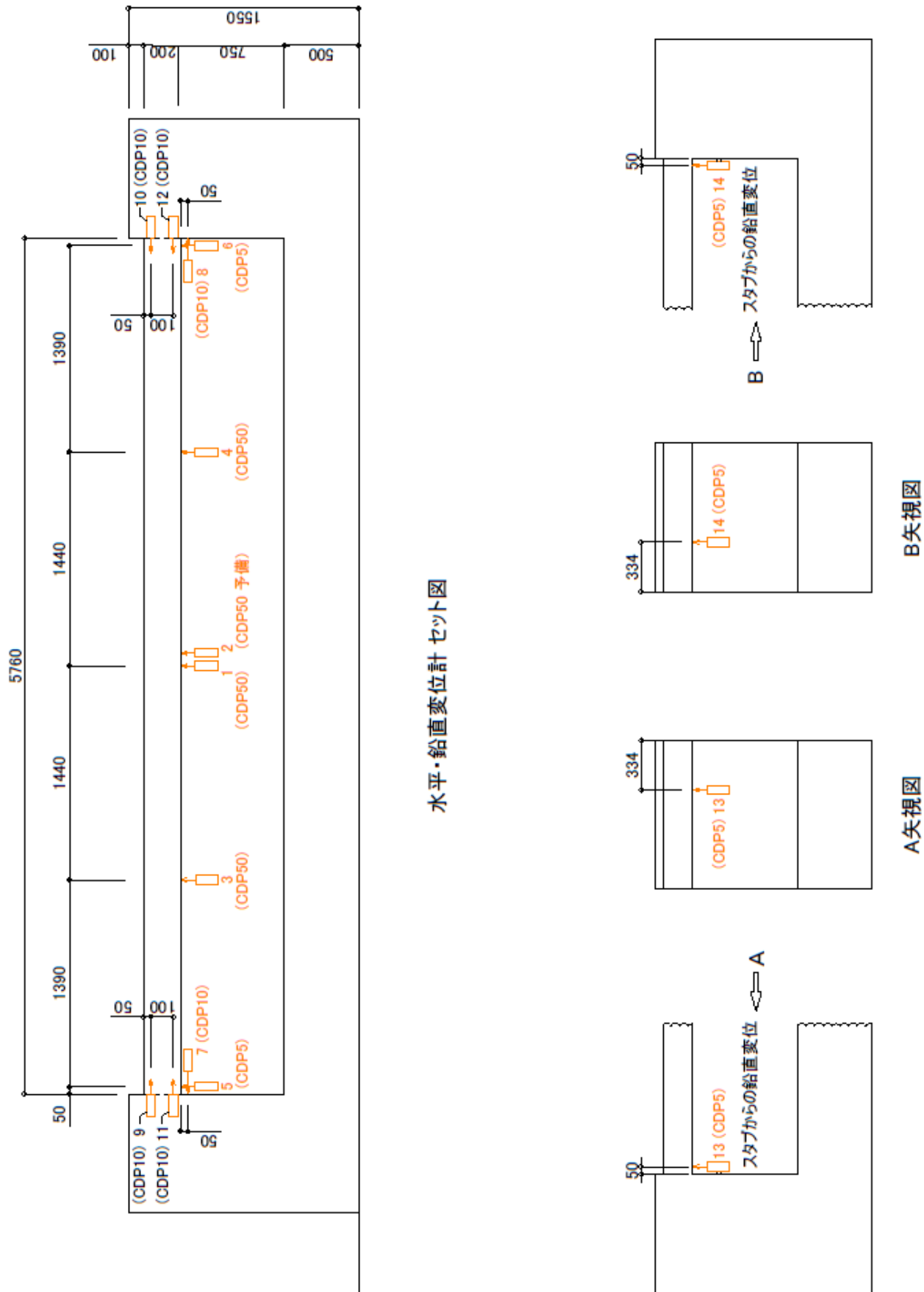


図 4.4.2.11 水平・鉛直変位測定位置図 (AH, BA 試験体)

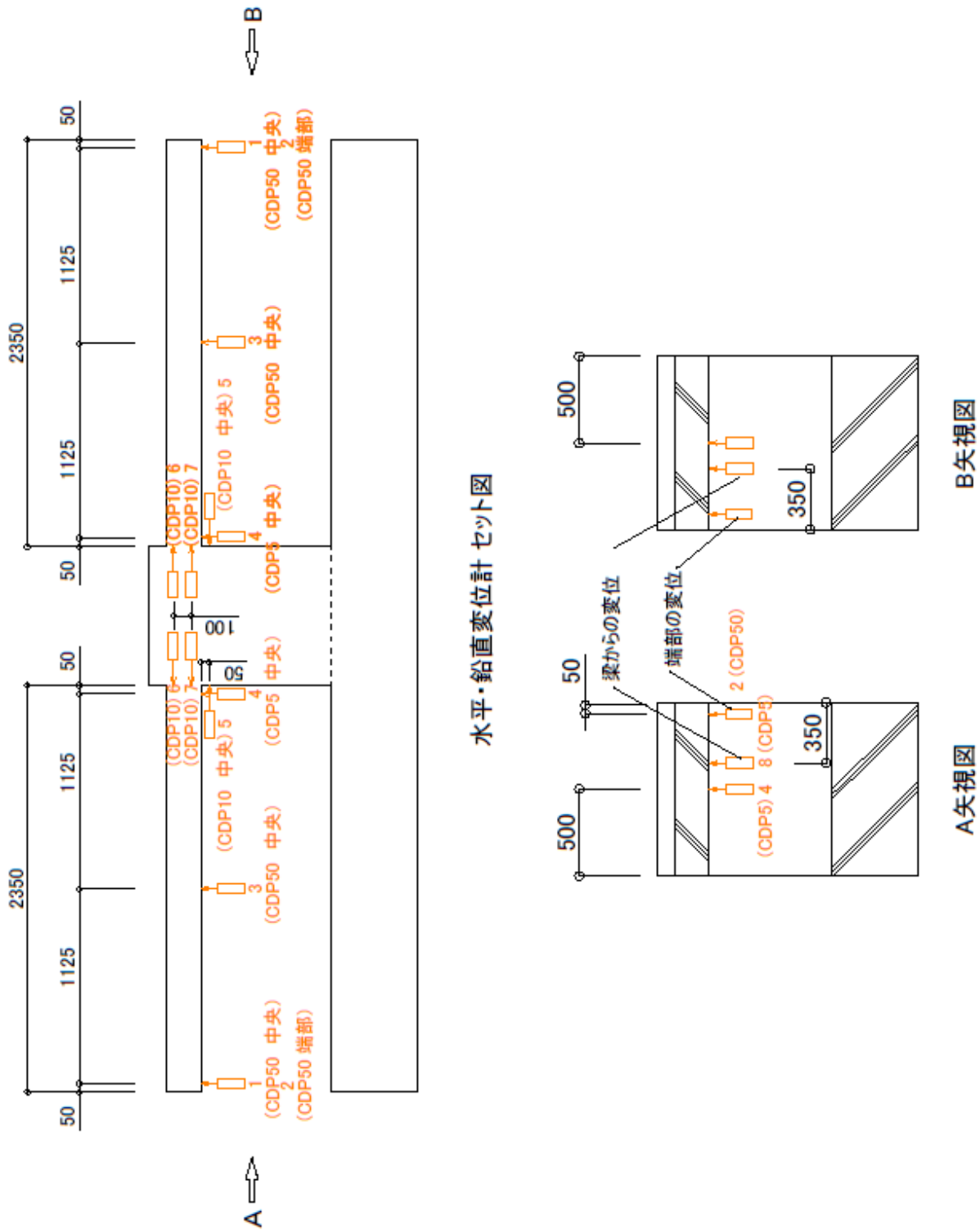


図 4.4.2.12 水平・鉛直変位測定位置図(CA, CB 試験体)

(2) スラブ水平変位測定

スラブに発生するひび割れ(発生時期, ひび割れ幅, 間隔), コンクリートの乾燥収縮, ひび割れによる鉄筋の拔出し, クリープなど, スラブの長期たわみの時間的変化を詳細に捉えるため, スラブ上面に 950 mm を基準長さとした石英棒を用いた測定用器具に変位計を取付けて水平変位を測定する。変位測定装置および水平変位測定位置図を図 4.4.2.13(測定番号: 17,18)に示す。

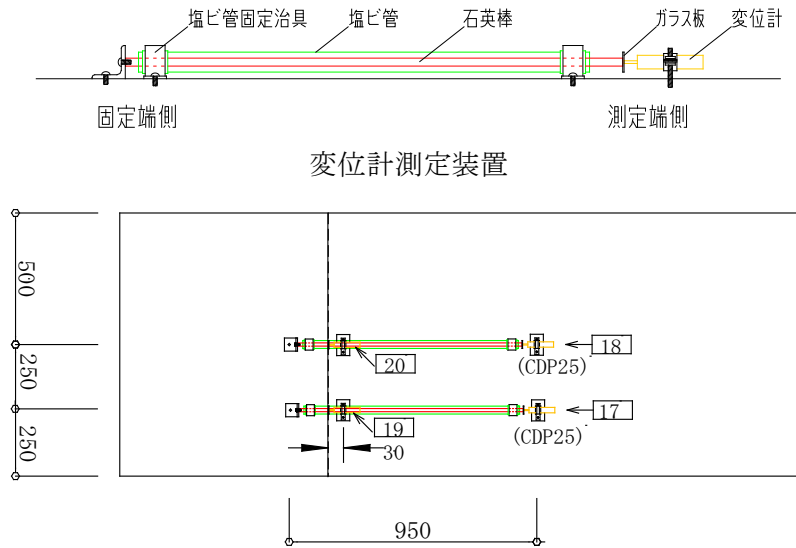


図 4.4.2.13 水平変位測定位置図

(3) スラブとスタブの打継ぎ部の水平変位測定

スラブとスタブの打ち継ぎ部の水平方向の変位測定を行い, 打ち継ぎ部の目開き量を測る(図 4.4.2.14 参照)。

測定位置は, 図 4.4.2.13 の「測定番号: 19, 20」に示す位置である。

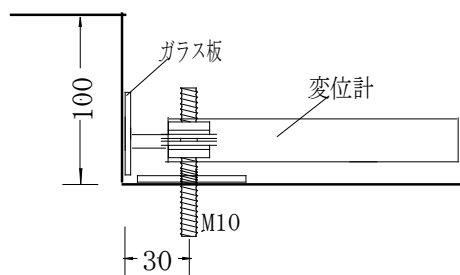


図 4.4.2.14 打ち継ぎ部の水平変位測定

(4) 鉄筋ひずみ測定

試験体のスラブ上端筋, 下端筋, アンカー筋およびスラブ上端定着筋のひずみを測定する。鉄筋のひずみ測定位置を図 4.4.2.15~図 4.4.2.18 に示す。

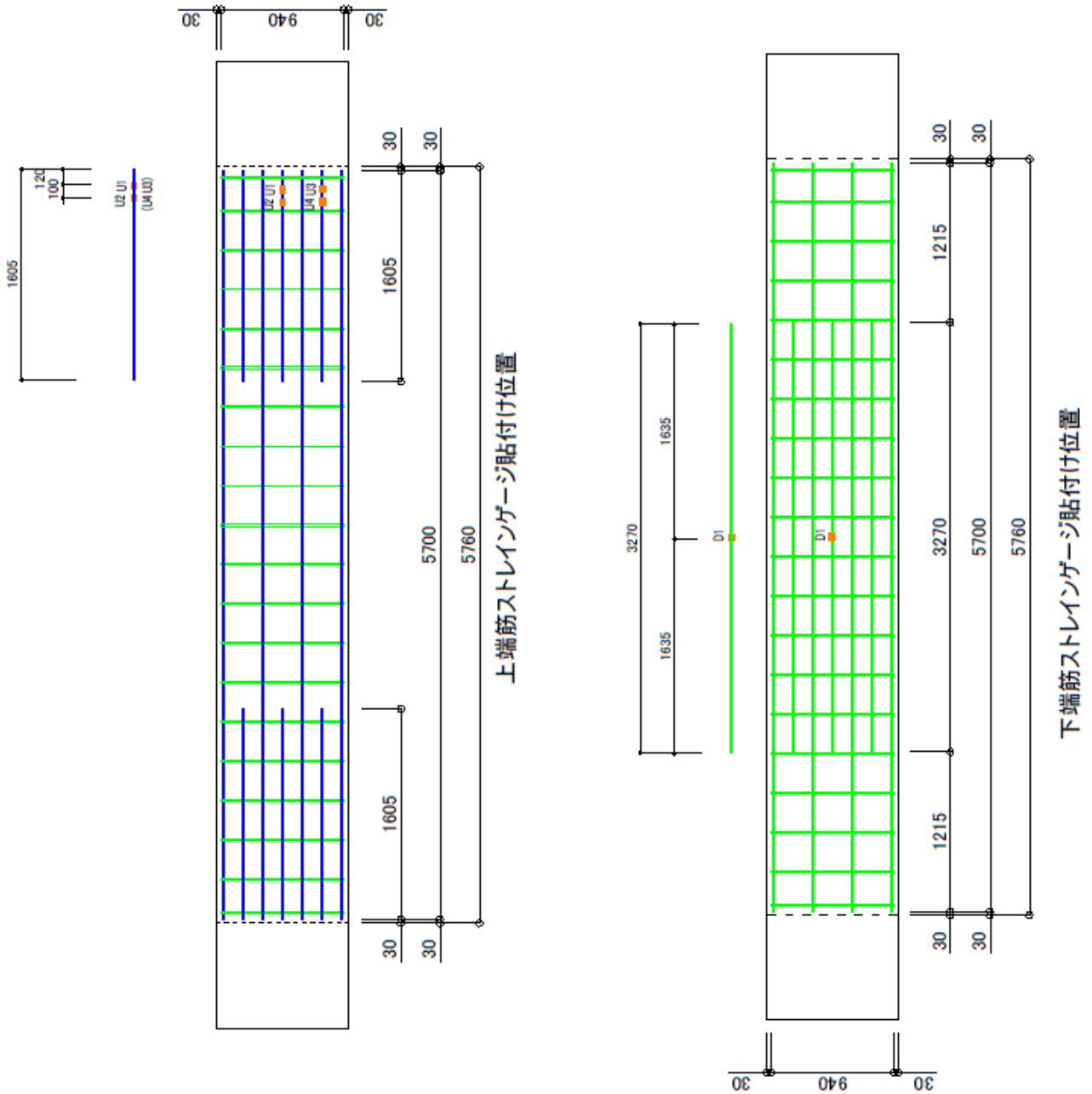


図 4.4.2.15 鉄筋(スラブ筋)ひずみ測定位置(AH, BA 試験体)

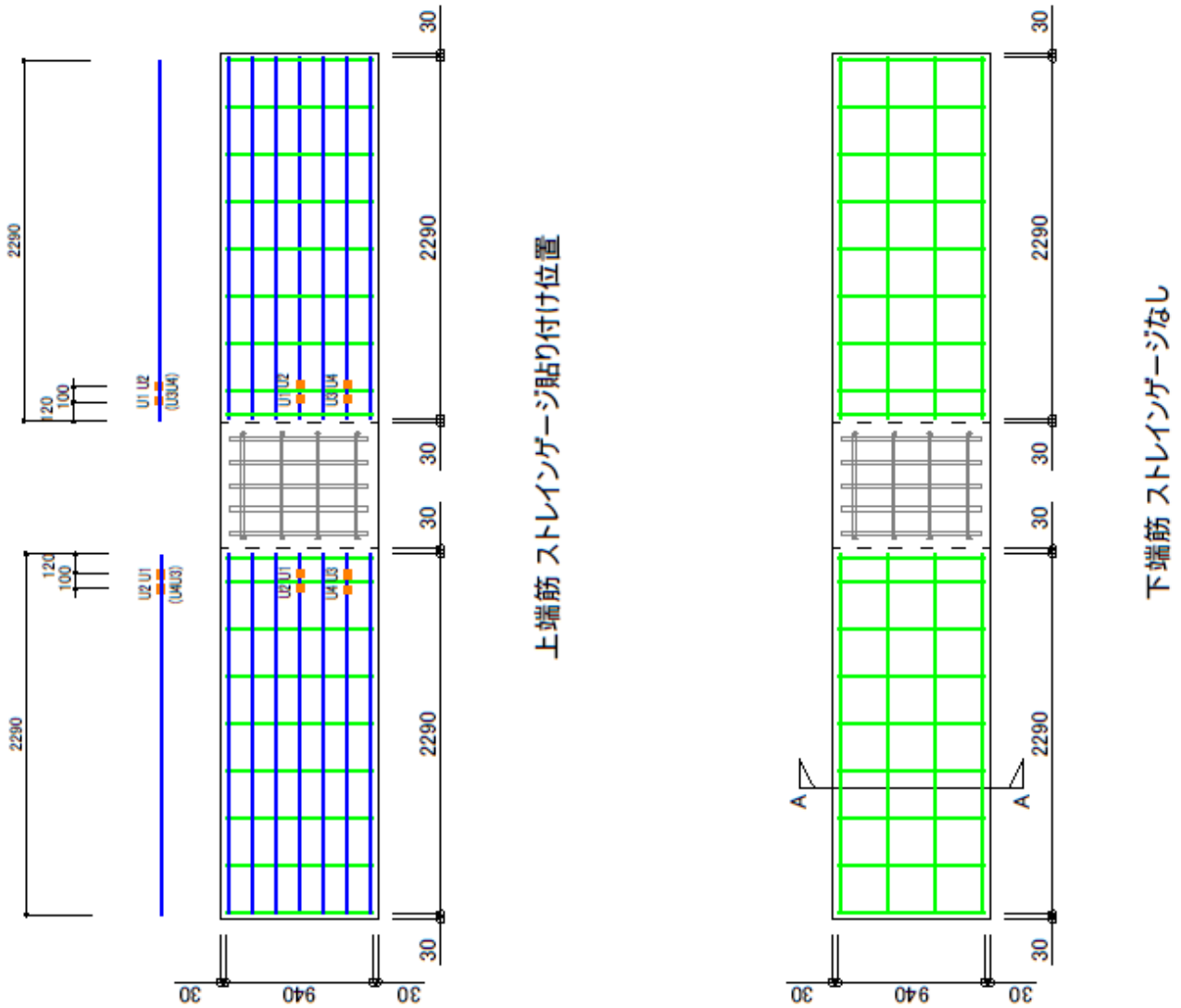


図 4.4.2.16 鉄筋(スラブ筋)ひずみ測定位置 (CA, CB 試験体)

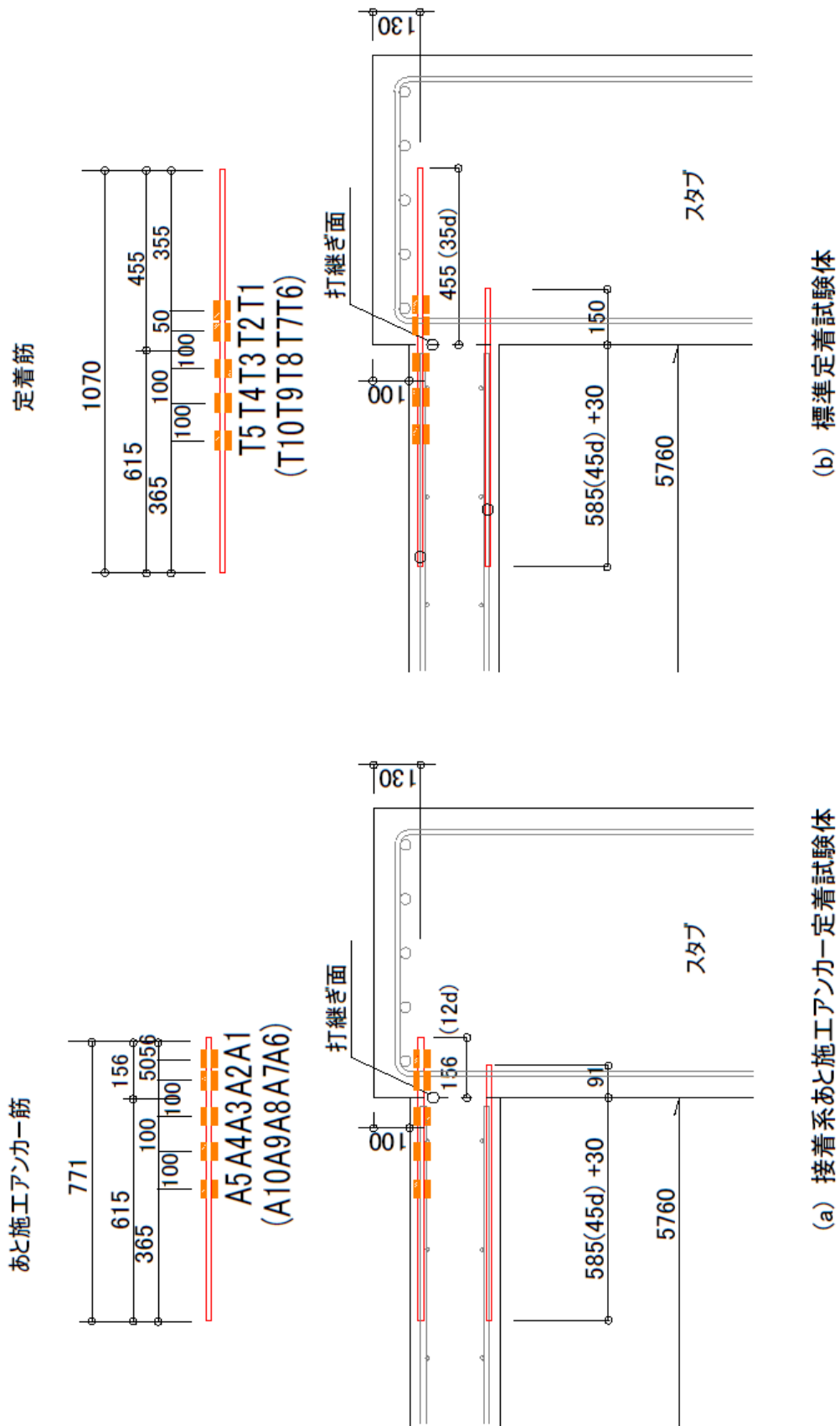


図 4.4.2.17 鉄筋(あと施工アンカー筋, 定着筋)ひずみ測定位置(AH, BA 試験体)

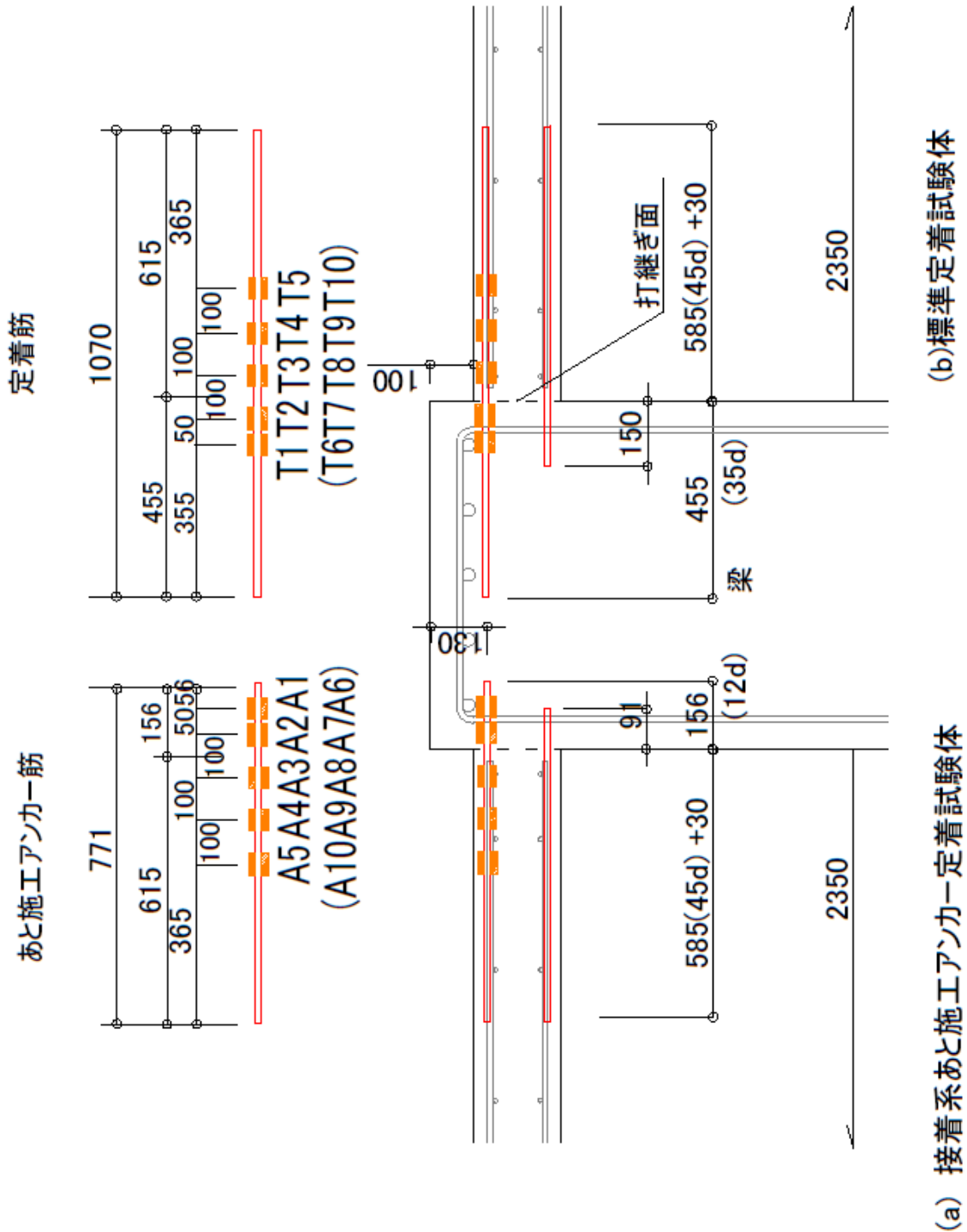


図 4.4.2.18 鉄筋(あと施工アンカー筋, 定着筋)ひずみ測定位置(CA, CB 試験体)

(5) スラブ振動測定

スラブ載荷前および載荷後の経過に合わせて振動実験を行い、振幅値、周波数ならびに、減衰定数の変化から剛性の変化等を確認する。

加振は、インパクトボールを高さ1mで落下し、試験体を振動させ、加速度応答の測定を行う。打撃位置はピックアップの位置から約150mmの位置とする。測定頻度は、支保工撤去後、鉄筋載荷直後、載荷後2週、4週、13週、半年、1年、1.5年、2年に行う。

平成29年度は、「鉄筋載荷後1年半」として平成29年8月9日に、「鉄筋載荷後2年」として平成30年2月9日に振動実験と測定を行った。

(6) 乾燥収縮による基本物性の把握

コンクリートの乾燥収縮などの物性を確認するため、以下に示す基本試験体および供試体によりコンクリートの乾燥収縮ひずみを測定する。

1) 基本試験体

図4.4.2.19に基本試験体形状を示す。基本試験体は、1,000×1,000mm、スラブ厚を200mmの形状とし、スラブ端部の配筋による試験体とする。また、基礎梁の乾燥収縮の状態を確認するために、幅×長さを1,000×1,000mm、厚さを500mmとした試験体も作成する。

スラブ上面に950mmを基準長さとした石英棒を用いた測定用器具に変位計を取付けて水平変位を測定する。

コンクリートのひずみは、埋込み型ひずみ計を、スラブ主筋方向と直交方向に各1ヶ所設置して測定する。

2) JIS規格供試体

供試体は、JIS規格に準拠して100×100×400mmとし、試験体と同様に保管した供試体2体とする。

供試体は、脱型後からは1時間毎とし、支保工撤去直前からは、試験体と同様の測定頻度にて測定を行う。

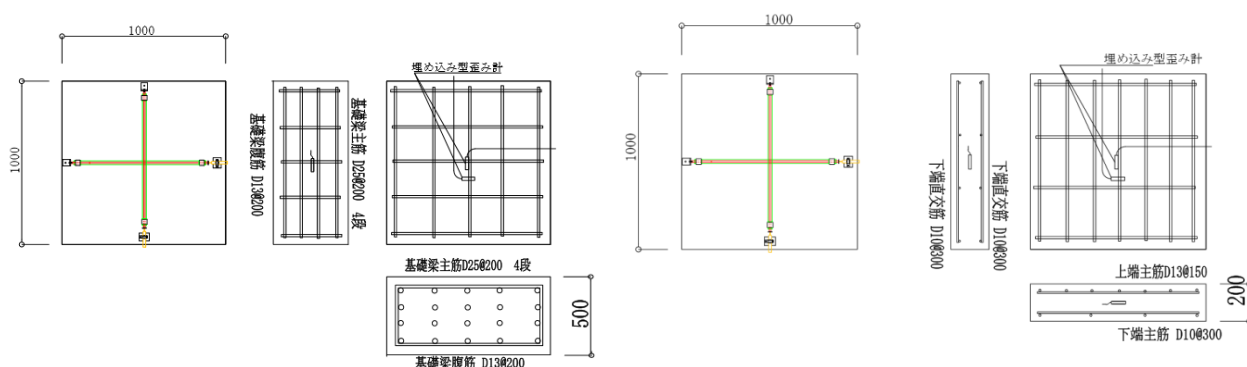


図 4.4.2.19 スラブ および基礎梁基本試験体形状・断面

(7) 載荷計画

荷重は、積載荷重 1.8 kN/m<sup>2</sup>、仕上げ荷重 0.7 kN/m<sup>2</sup>の合計 2.5 kN/m<sup>2</sup>とする。

載荷方法は、鉄筋束を等分布荷重としてスラブ上面に均等に配置する。載荷は、支保工撤去後にスラブ自重のみによる変動を測定後、その直後から載荷を開始する。



(8)測定間隔

各試験体の測定は、支保工撤去直前から実施する。測定間隔を表4.4.2.9に示す。

表 4.4.2.9 測定間隔

| 経過時間          | 測定間隔 |
|---------------|------|
| 支保工撤去から積載終了まで | 随時   |
| 初期値測定後から1週間まで | 1時間  |
| 1週間後から測定終了まで  | 6時間  |

(9)ひび割れの観測

スラブ、スタブに生じたひび割れの観測を行い、図面に記録する。

観測頻度は、支保工撤去前(乾燥収縮)、支保工撤去後(自重)、鉄筋載荷直後、載荷後2週、4週、およびその後は1か月に一度の頻度を目標に鉄筋載荷後2年まで行う。ひび割れ幅も、主なひび割れについて測定する。測定方法は、クラックスケールを用いる。

ひび割れ幅の評価としては、「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 付録7」にある方法で算定した結果と比較することにする。

(10)コンクリート強度の測定

コンクリート強度の測定は、圧縮強度をコンクリート打設後、1週、4週(載荷)、13週、半年、2年の時点で行った。ヤング係数は、4週(載荷)、半年、2年の時点で行った。今後は、最終加力時にコンクリート強度とヤング係数の測定を行う予定である。

4-4-3 実験結果

実験の経過報告として、床底板の型枠脱型を行った2016年2月16日から2018年12月21日までの実験結果を以下に示す。

4-4-3-1 試験体の変形

各試験体の中央のたわみ量を図4.4.3.1に示す。載荷開始から約半年間はたわみが増加してきているが、2016年8月以降は増加が落ち着いてきていることが分かる。2017年に入ってからはその傾向が顕著に見られる。これは、あと施工アンカーの使用の有無によらず、ほぼ同じとなっている。

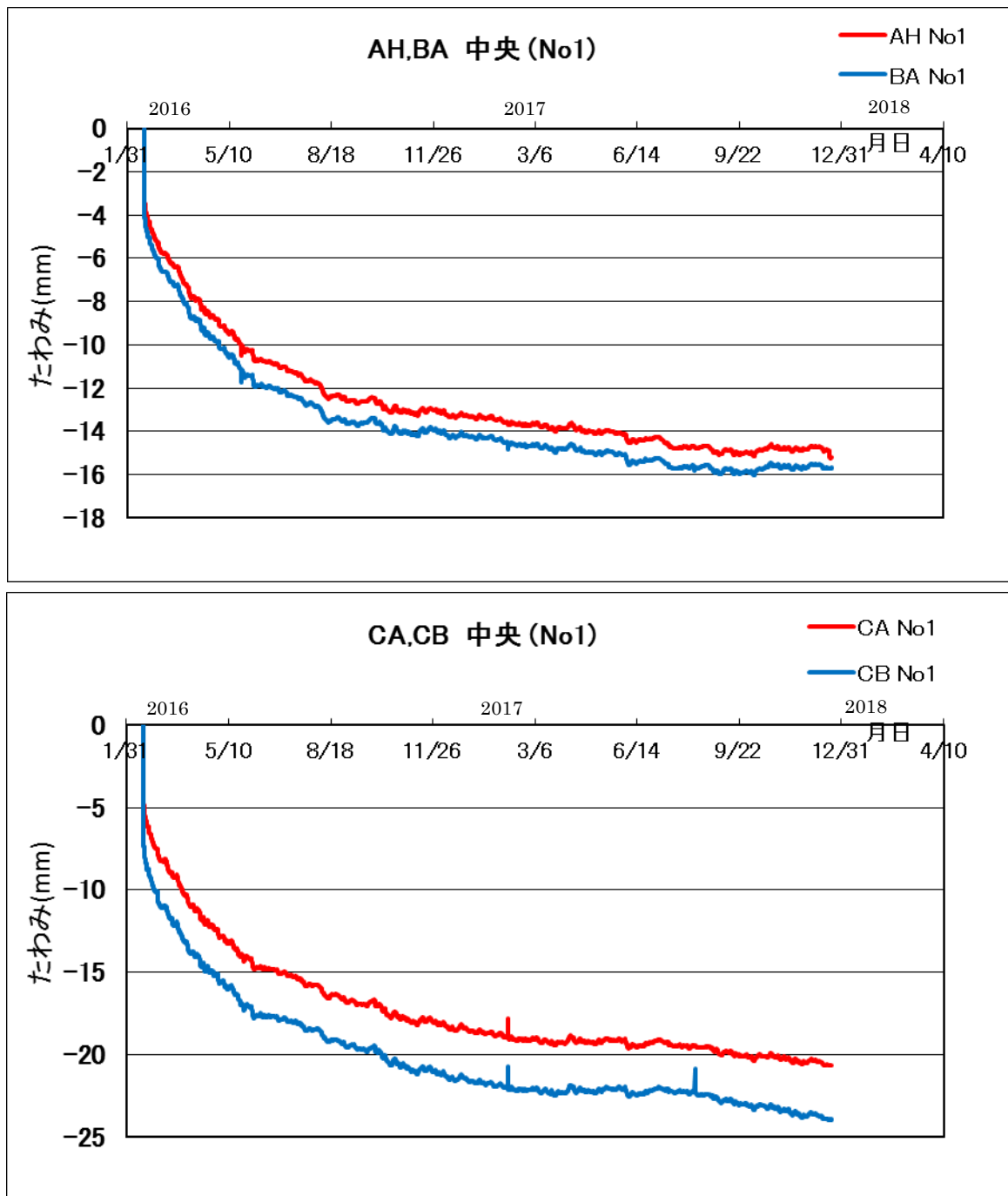


図 4.4.3.1 各試験体の中央のたわみ量

各試験体の試験体全体のたわみを図 4.4.3.2, 図 4.4.3.3 に示す。各試験体のたわみの測定位置は図 4.4.2.11, 図 4.4.2.12 に示す。図 4.4.3.1 と同じく、載荷開始から約半年間はたわみが増加してきているが、2016年8月以降は増加が落ち着いてきていることが分かる。これは、あと施工アンカーの使用の有無によらず、ほぼ同じとなっている。

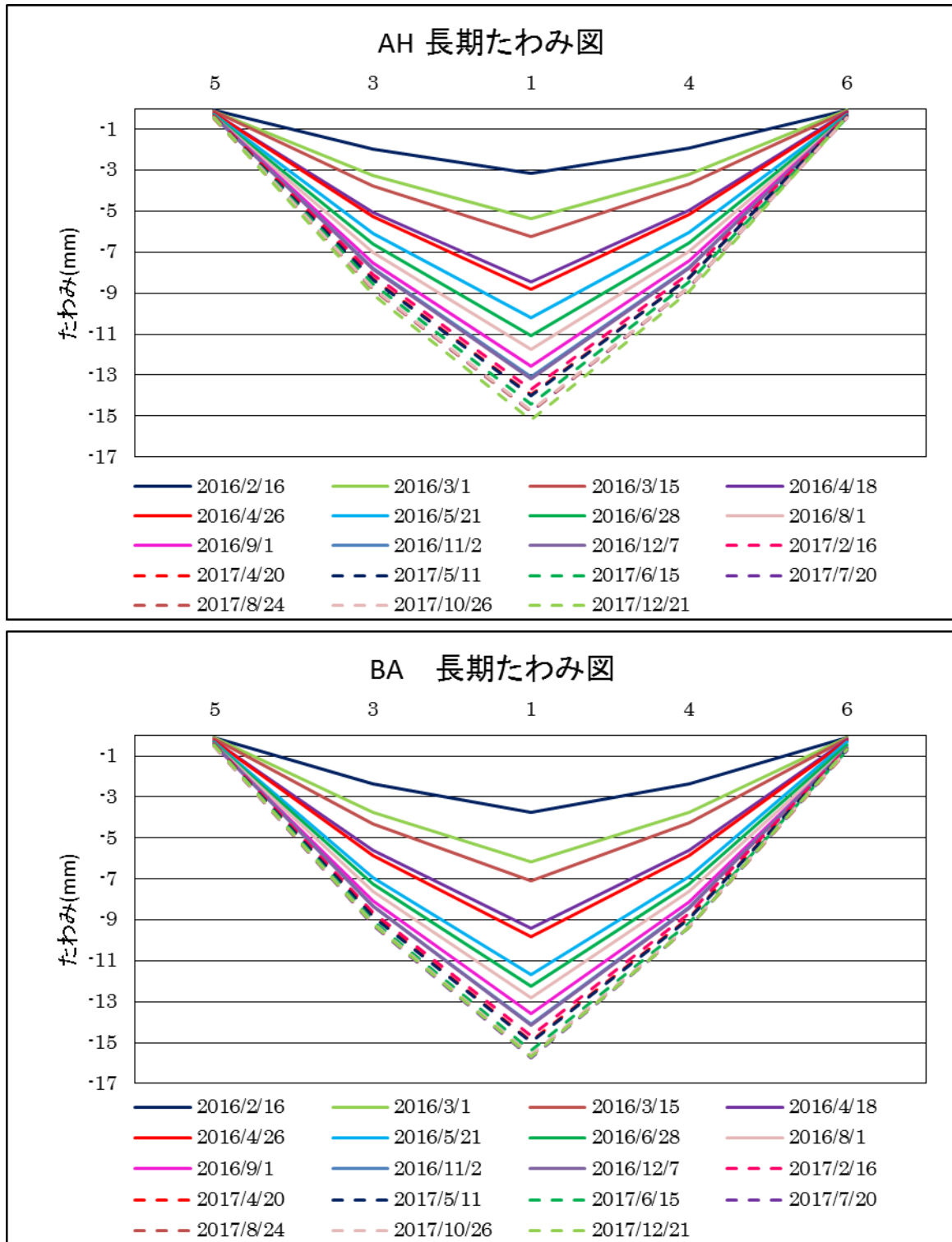


図 4.4.3.2 試験体 AH および試験体 BA の試験体全体の長期たわみ

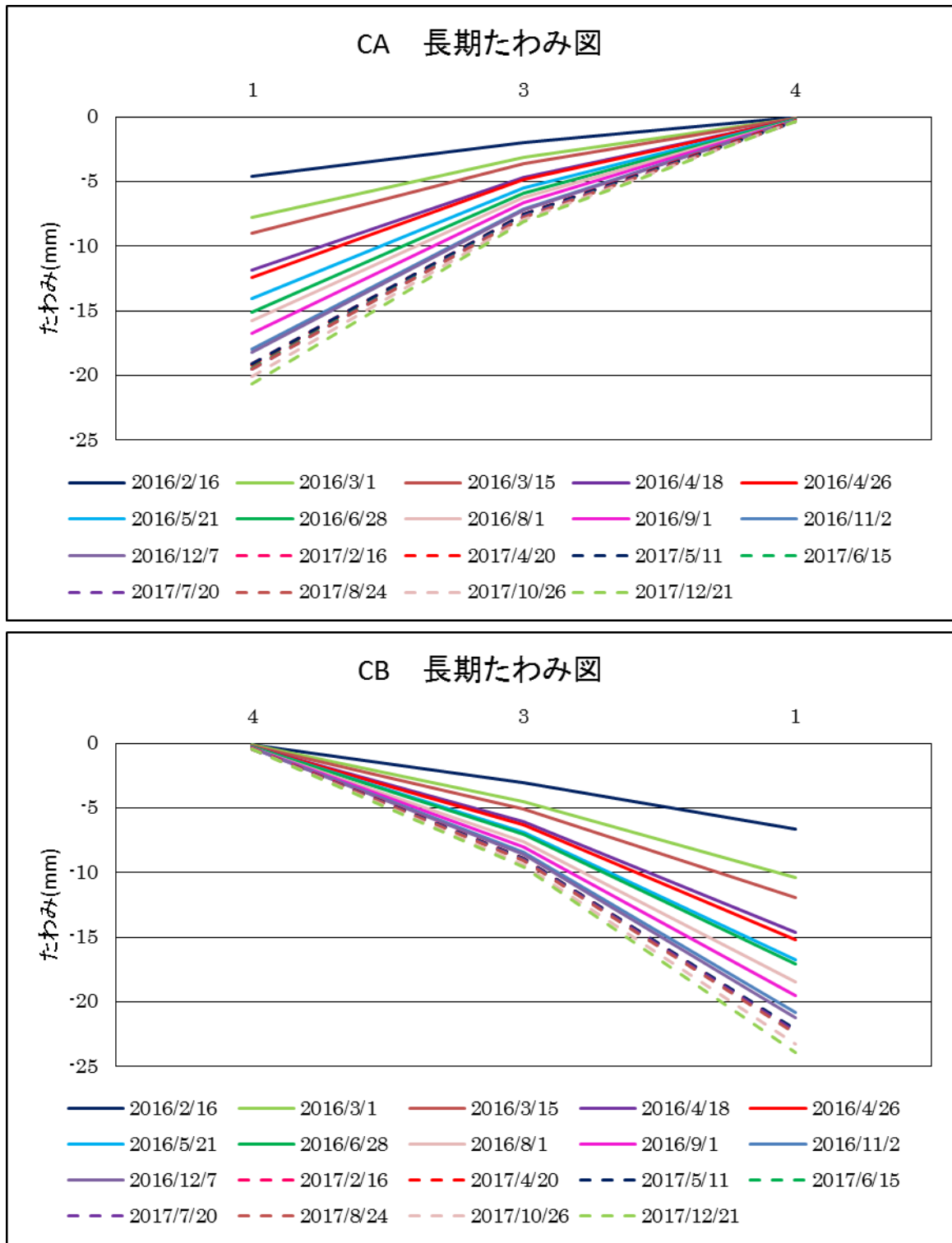


図 4.4.3.3 試験体 CA および試験体 CB の試験体全体の長期たわみ

各試験体のスラブ全体の長期たわみの測定値を表 4.4.3.1, 表 4.4.3.2 に示す。各試験体のたわみの測定位置は図 4.4.2.11, 図 4.4.2.12 に示す。試験体 AH および BA については, 4-4-2-2 項の 6) で求めた弾性計算によるたわみの値  $\delta_e = 1.46 \text{ mm}$  に対するたわみ測定位置 1 番(すなわち床スラブ長さ中央位置)での測定値の比(すなわちたわみ増大率  $\kappa$  に相当)を, あわせて示す。たわみ増大率は  $\kappa = 10$  程度であり, これは, あと施工アンカーの使用の有無によらず, ほぼ同じとなっている。

表 4.4.3.1 各試験体の長期たわみ測定値(単位: mm)

| 試験体        | 試験体 AH |        |         |        |        |                 | 試験体 BA |        |         |        |        |                 |
|------------|--------|--------|---------|--------|--------|-----------------|--------|--------|---------|--------|--------|-----------------|
|            | 測定位置   |        |         |        |        | たわみ増大率 $\kappa$ | 測定位置   |        |         |        |        | たわみ増大率 $\kappa$ |
|            | 5      | 3      | 1       | 4      | 6      |                 | 5      | 3      | 1       | 4      | 6      |                 |
| 2016/2/16  | 0.0650 | 1.9650 | 3.1300  | 1.9350 | 0.0575 | 2.14            | 0.0750 | 2.3750 | 3.7350  | 2.3600 | 0.0750 | 2.56            |
| 2016/3/1   | 0.0935 | 3.2300 | 5.3450  | 3.1850 | 0.0825 | 3.66            | 0.1025 | 3.7700 | 6.1700  | 3.7350 | 0.1025 | 4.23            |
| 2016/3/15  | 0.1145 | 3.7600 | 6.2450  | 3.6850 | 0.1065 | 4.28            | 0.1270 | 4.3000 | 7.1100  | 4.2800 | 0.1295 | 4.87            |
| 2016/4/18  | 0.2010 | 5.0350 | 8.4450  | 4.9350 | 0.1900 | 5.78            | 0.2240 | 5.6250 | 9.4300  | 5.6100 | 0.2140 | 6.46            |
| 2016/4/26  | 0.2225 | 5.2550 | 8.8150  | 5.1500 | 0.2125 | 6.04            | 0.2490 | 5.8600 | 9.8350  | 5.8500 | 0.2375 | 6.74            |
| 2016/5/21  | 0.2725 | 6.0650 | 10.2250 | 6.0100 | 0.2645 | 7.00            | 0.3080 | 6.9300 | 11.6950 | 6.9050 | 0.3005 | 8.01            |
| 2016/6/28  | 0.3110 | 6.6100 | 11.0800 | 6.5500 | 0.3130 | 7.59            | 0.3585 | 7.2600 | 12.2200 | 7.2350 | 0.4460 | 8.37            |
| 2016/8/1   | 0.3600 | 7.0250 | 11.7300 | 6.9550 | 0.3600 | 8.03            | 0.4115 | 7.5950 | 12.8100 | 7.6250 | 0.5875 | 8.77            |
| 2016/9/1   | 0.3835 | 7.5100 | 12.5700 | 7.4450 | 0.3795 | 8.61            | 0.4425 | 8.0550 | 13.6000 | 8.1200 | 0.6345 | 9.32            |
| 2016/11/2  | 0.3645 | 7.8000 | 13.1050 | 7.7200 | 0.3485 | 8.98            | 0.4115 | 8.3050 | 14.0700 | 8.3850 | 0.6270 | 9.64            |
| 2016/12/7  | 0.3500 | 7.8400 | 13.1950 | 7.7650 | 0.3305 | 9.04            | 0.3955 | 8.3350 | 14.1300 | 8.4200 | 0.6170 | 9.68            |
| 2017/2/16  | 0.3500 | 8.1150 | 13.6850 | 8.0450 | 0.3180 | 9.37            | 0.3890 | 8.6150 | 14.6450 | 8.7100 | 0.6075 | 10.03           |
| 2017/4/20  | 0.3885 | 8.2950 | 13.9700 | 8.2200 | 0.3595 | 9.57            | 0.4330 | 8.7800 | 14.9150 | 8.8750 | 0.6455 | 10.22           |
| 2017/5/11  | 0.4075 | 8.3350 | 14.0300 | 8.260  | 0.3780 | 9.61            | 0.4540 | 8.8350 | 14.9900 | 8.9250 | 0.6630 | 10.27           |
| 2017/6/15  | 0.4245 | 8.5550 | 14.3950 | 8.4750 | 0.4005 | 9.86            | 0.4780 | 9.0650 | 15.3850 | 9.1650 | 0.6870 | 10.54           |
| 2017/7/20  | 0.4470 | 8.7950 | 14.7800 | 8.7200 | 0.4305 | 10.12           | 0.5080 | 9.2600 | 15.7250 | 9.3700 | 0.7200 | 10.77           |
| 2017/8/24  | 0.4570 | 8.7850 | 14.7550 | 8.7250 | 0.4425 | 10.11           | 0.5195 | 9.2250 | 15.6450 | 9.3550 | 0.7475 | 10.72           |
| 2017/10/26 | 0.4255 | 8.7600 | 14.7300 | 8.7050 | 0.4040 | 10.09           | 0.4795 | 9.1700 | 15.5750 | 9.3150 | 0.7185 | 10.67           |
| 2017/12/21 | 0.4210 | 9.0750 | 15.2100 | 8.9200 | 0.3775 | 10.42           | 0.4340 | 9.2100 | 15.6800 | 9.3750 | 0.6800 | 10.74           |

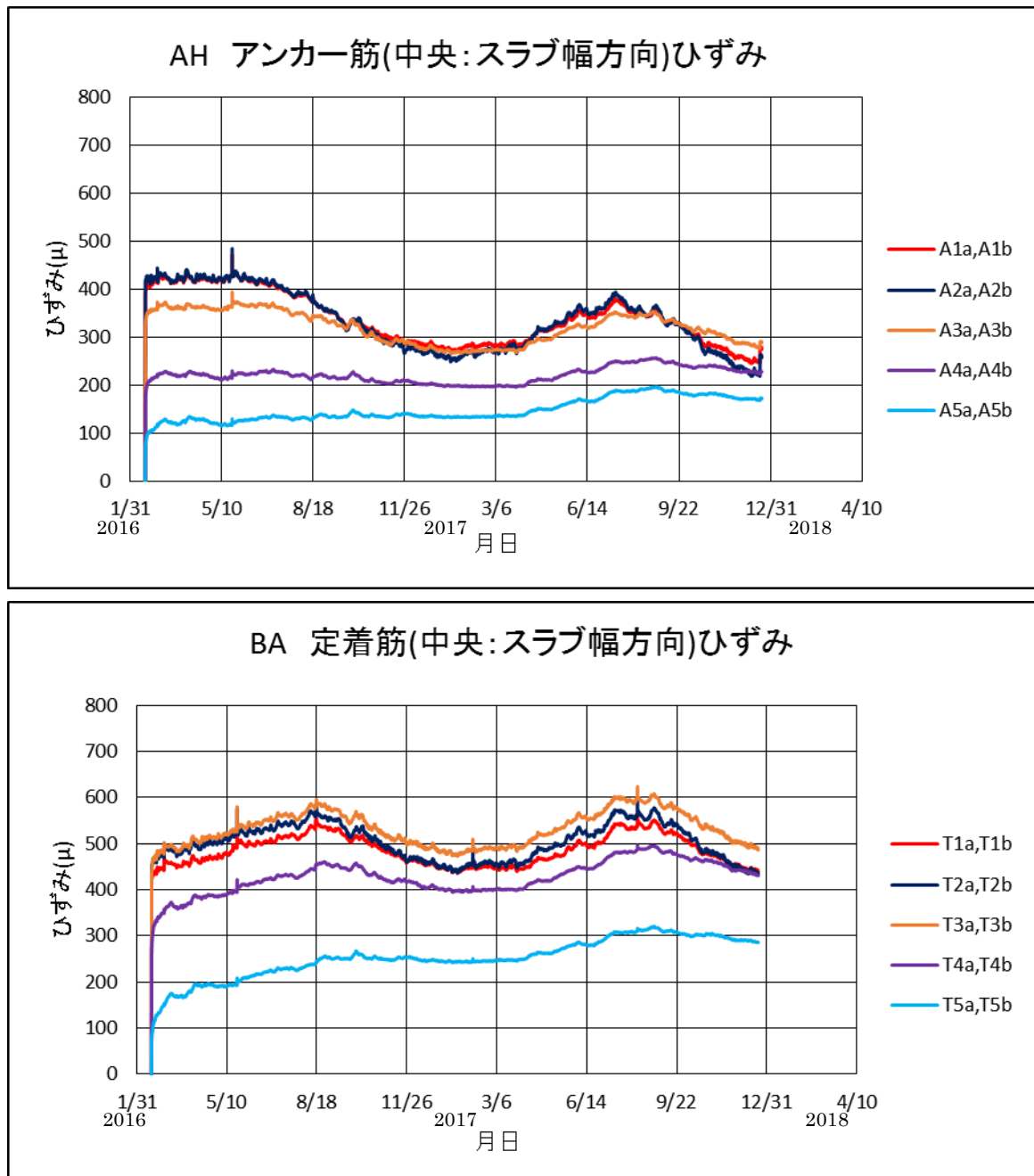
表 4.4.3.2 各試験体の長期たわみ測定値(単位: mm)

| 試験体        | 試験体 CA  |        |        | 試験体 CB |         |         |
|------------|---------|--------|--------|--------|---------|---------|
|            | 測定位置    |        |        | 測定位置   |         |         |
|            | 1       | 3      | 4      | 4      | 3       | 1       |
| 2016/2/16  | 4.5850  | 2.0150 | 0.0655 | 0.1035 | 3.0700  | 6.6050  |
| 2016/3/1   | 7.7800  | 3.1650 | 0.0850 | 0.1445 | -4.5200 | 10.3800 |
| 2016/3/15  | 9.0350  | 3.6200 | 0.1025 | 0.1735 | 5.1050  | 11.9100 |
| 2016/4/18  | 11.8450 | 4.6450 | 0.1605 | 0.2415 | 6.1050  | 14.6450 |
| 2016/4/26  | 12.4000 | 4.8500 | 0.1740 | 0.2585 | 6.3150  | 15.1950 |
| 2016/5/21  | 14.0500 | 5.4850 | 0.2055 | 0.2955 | 6.9150  | 16.7800 |
| 2016/6/28  | 15.1100 | 5.9250 | 0.2210 | 0.3080 | 7.0400  | 17.0600 |
| 2016/8/1   | 15.7850 | 6.2400 | 0.2645 | 0.3640 | 7.6250  | 18.4850 |
| 2016/9/1   | 16.7650 | 6.6650 | 0.2860 | 0.3880 | 8.0100  | 19.5050 |
| 2016/11/2  | 17.9350 | 7.1200 | 0.2930 | 0.3945 | 8.4650  | 20.8500 |
| 2016/12/7  | 18.2100 | 7.2100 | 0.2880 | 0.3930 | 8.5800  | 21.2300 |
| 2017/2/16  | 19.1200 | 7.5300 | 0.2935 | 0.3995 | 8.9050  | 22.1750 |
| 2017/4/20  | 19.2050 | 7.5700 | 0.3120 | 0.4210 | 8.9450  | 22.1900 |
| 2017/5/11  | 19.1400 | 7.5600 | 0.3220 | 0.4305 | 8.9250  | 22.0900 |
| 2017/6/15  | 19.4550 | 7.6850 | 0.3340 | 0.4455 | 9.0400  | 22.3850 |
| 2017/7/20  | 19.5000 | 7.7100 | 0.3365 | 0.4510 | 9.0350  | 22.2950 |
| 2017/8/24  | 19.5350 | 7.7600 | 0.3500 | 0.4665 | 9.1150  | 22.4300 |
| 2017/10/26 | 20.1050 | 7.9650 | 0.3505 | 0.4680 | 9.3750  | 23.2300 |
| 2017/12/21 | 20.6250 | 8.1200 | 0.3300 | 0.4560 | 9.5800  | 23.9200 |

4-4-3-2 あと施工アンカー筋および定着筋のひずみ

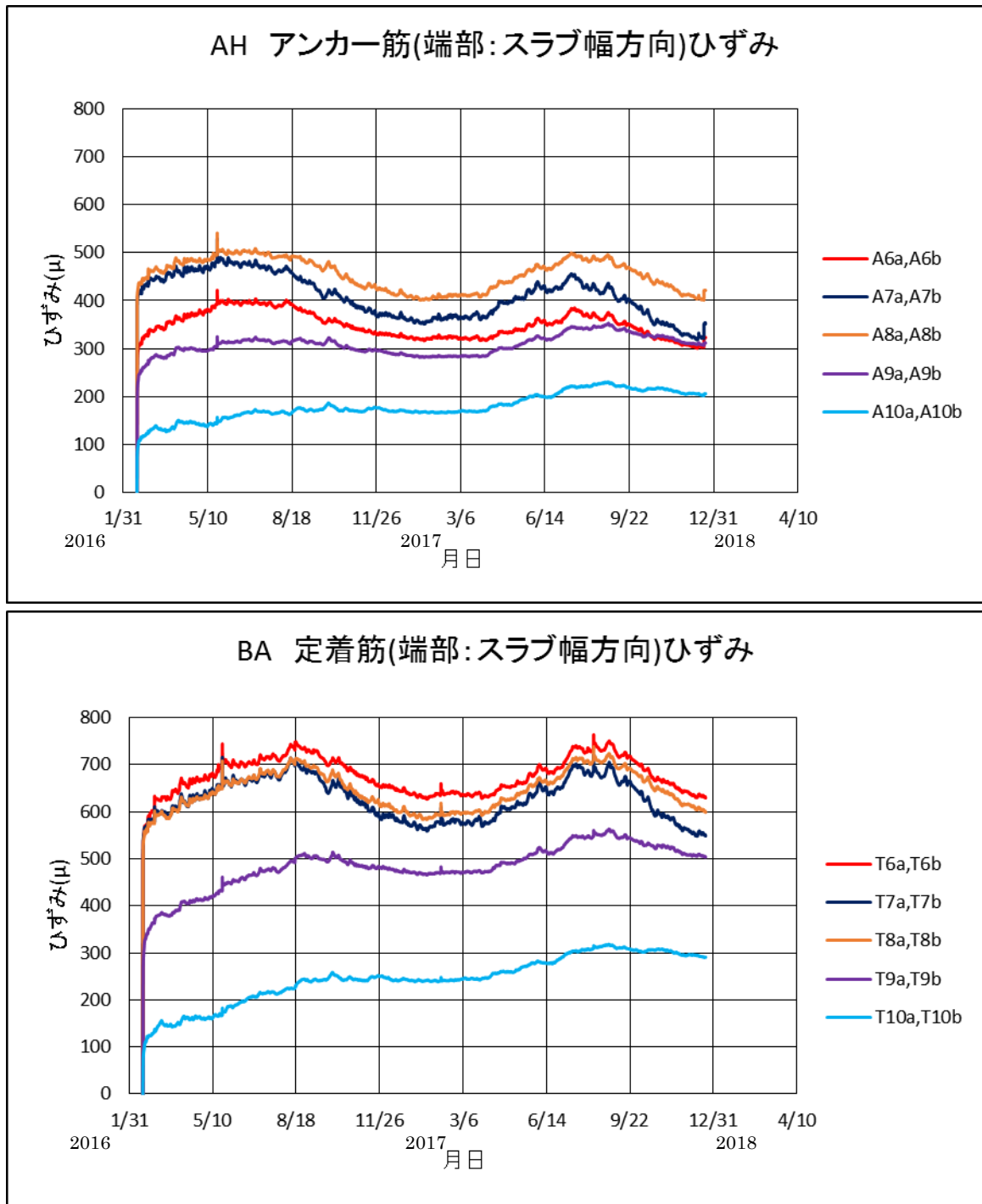
試験体 AH のあと施工アンカー筋および試験体 BA の標準定着筋のひずみを図 4.4.3.4, 図 4.4.3.5 に示す。载荷の瞬間に引張ひずみが生じた後、ひずみ度の値はほぼ一定値のまま推移している。ただし、試験体 AH の一部のひずみゲージの測定値は、8 月以降は緩やかに減少していることが分かる。あと施工アンカーを用いた試験体のひずみ度が、標準定着を用いた試験体のそれらより若干小さかった。減少している原因については、現状では判別できず、あと施工アンカーの抜出しとも考えられない。

ひずみは、各ひずみ測定位置の上下に貼りつけたゲージの平均とした。



(中央:スラブ幅方向)

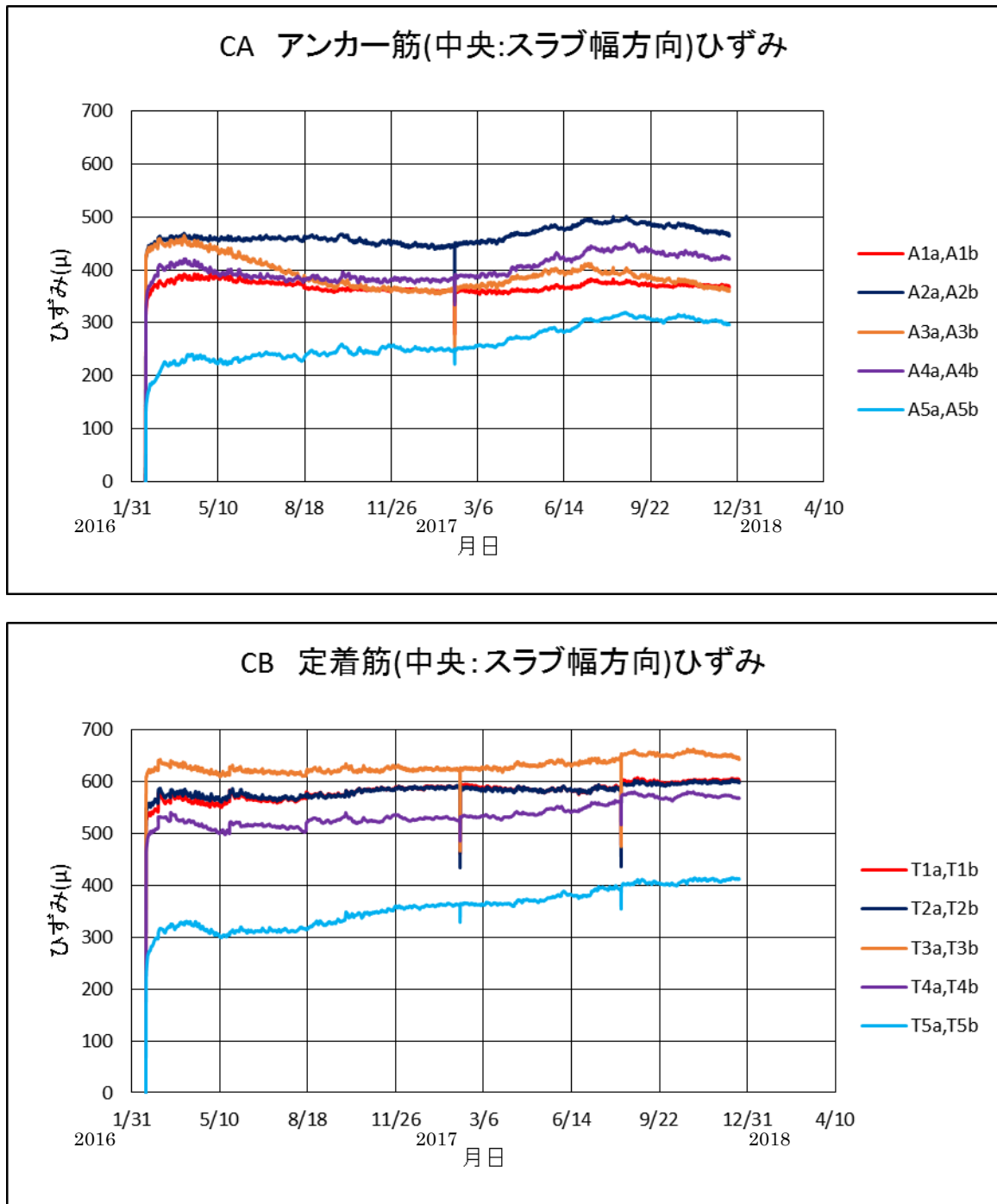
図 4.4.3.4 試験体 AH のあと施工アンカー筋および試験体 BA の標準定着筋のひずみ



(端部：スラブ幅方向)

図 4.4.3.5 試験体 AH のあと施工アンカー筋および試験体 BA の標準定着筋のひずみ

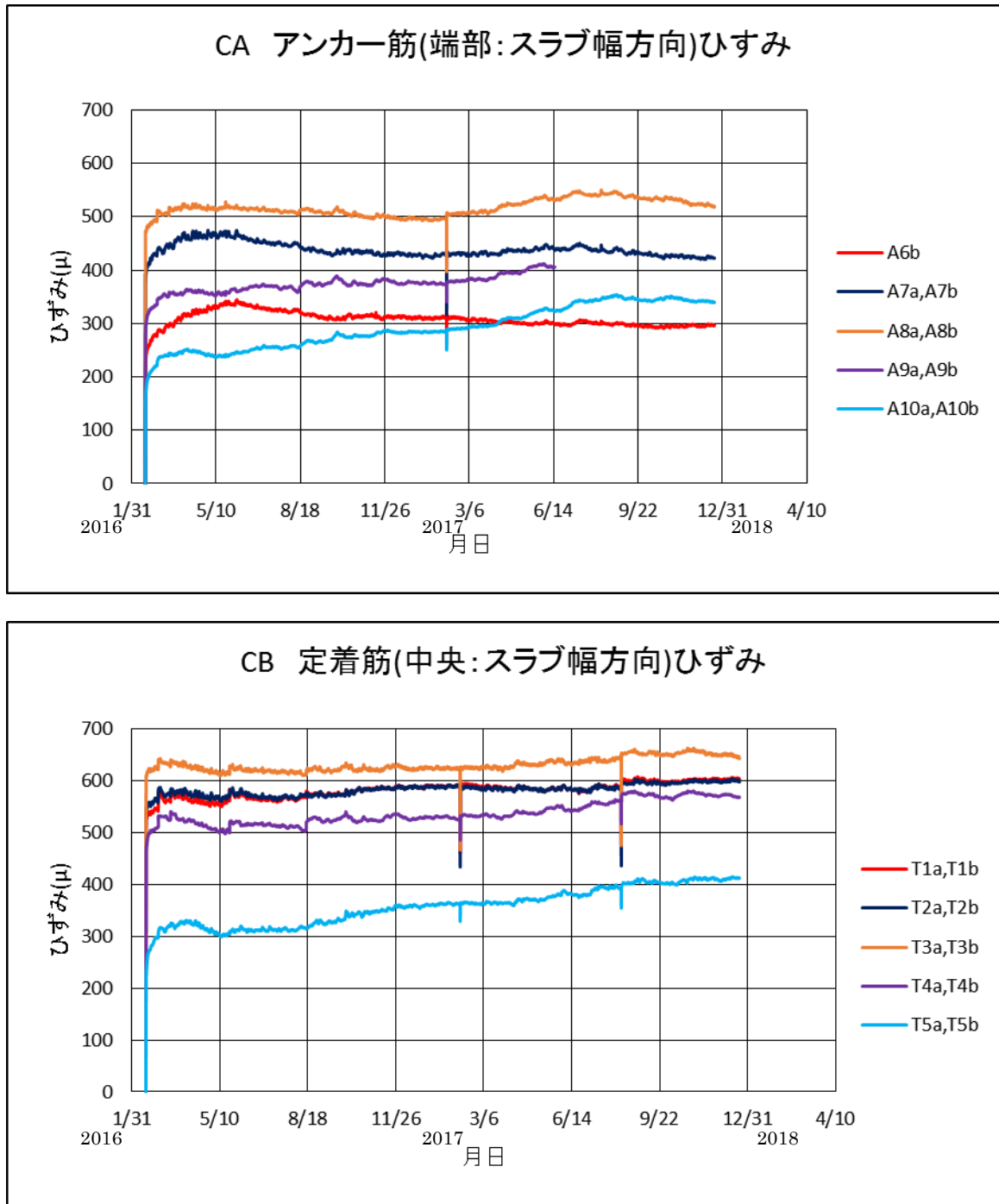
試験体 CA のあと施工アンカー筋および試験体 CB の標準定着筋のひずみを図 4.4.3.6, 図 4.4.3.7 に示す。試験体 AH および BA で見られる傾向とほぼ同じ傾向が見られる。



(中央：スラブ幅方向)

図 4.4.3.6 試験体 CA のあと施工アンカー筋および試験体 CB の標準定着筋のひずみ





(端部：スラブ幅方向)

図 4.4.3.7 試験体 CA のあと施工アンカー筋および試験体 CB の標準定着筋のひずみ

#### 4-4-3-3 試験体のひび割れ

各試験体のひび割れ図を図 4.4.3.8, 図 4.4.3.9 および図 4.4.3.10 に示す。ひび割れの発生のパターンについても、あと施工アンカーの使用の有無による違いは見られていない。

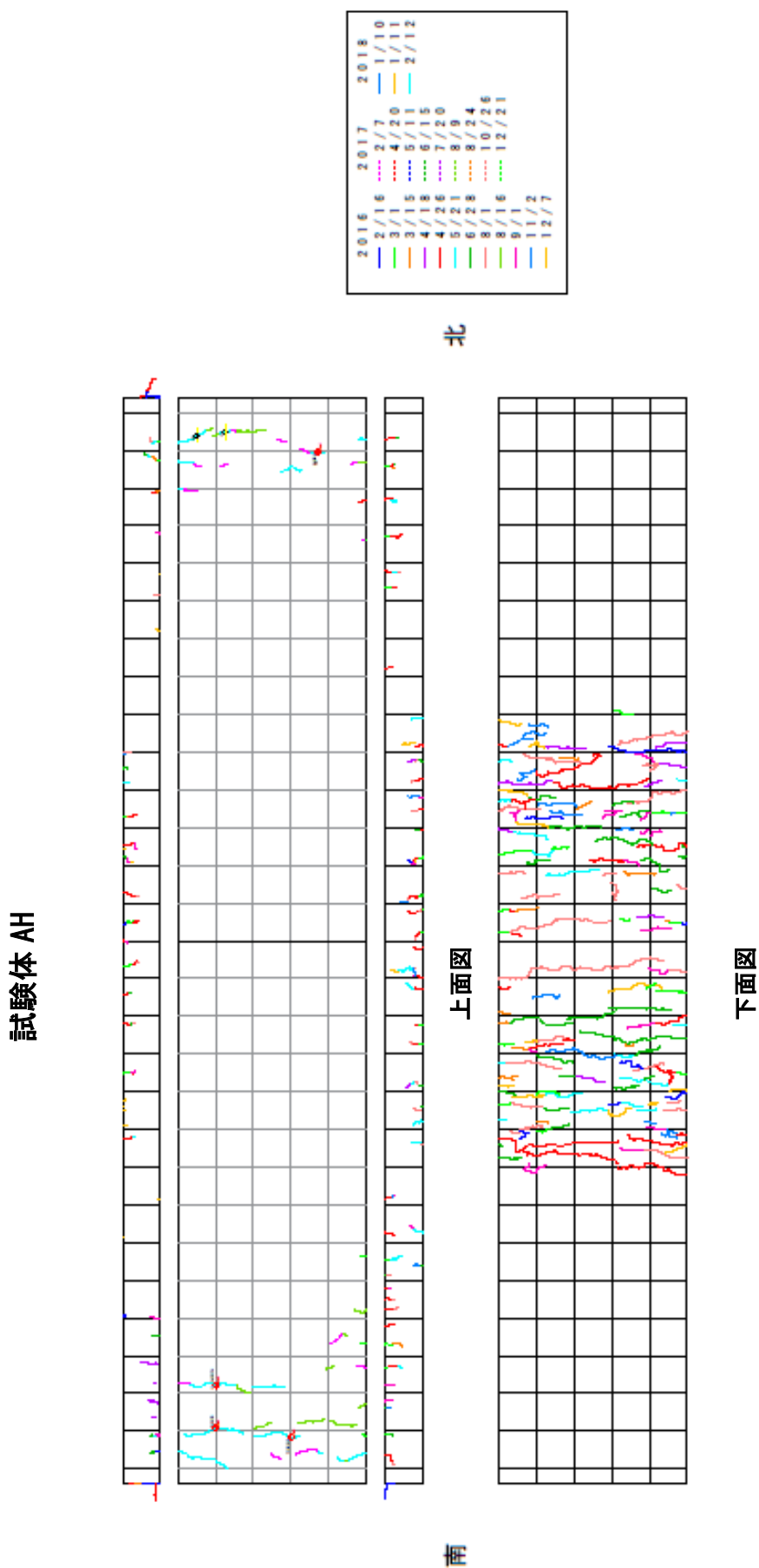


図 4.4.3.8 試験体 AH ひび割れ図

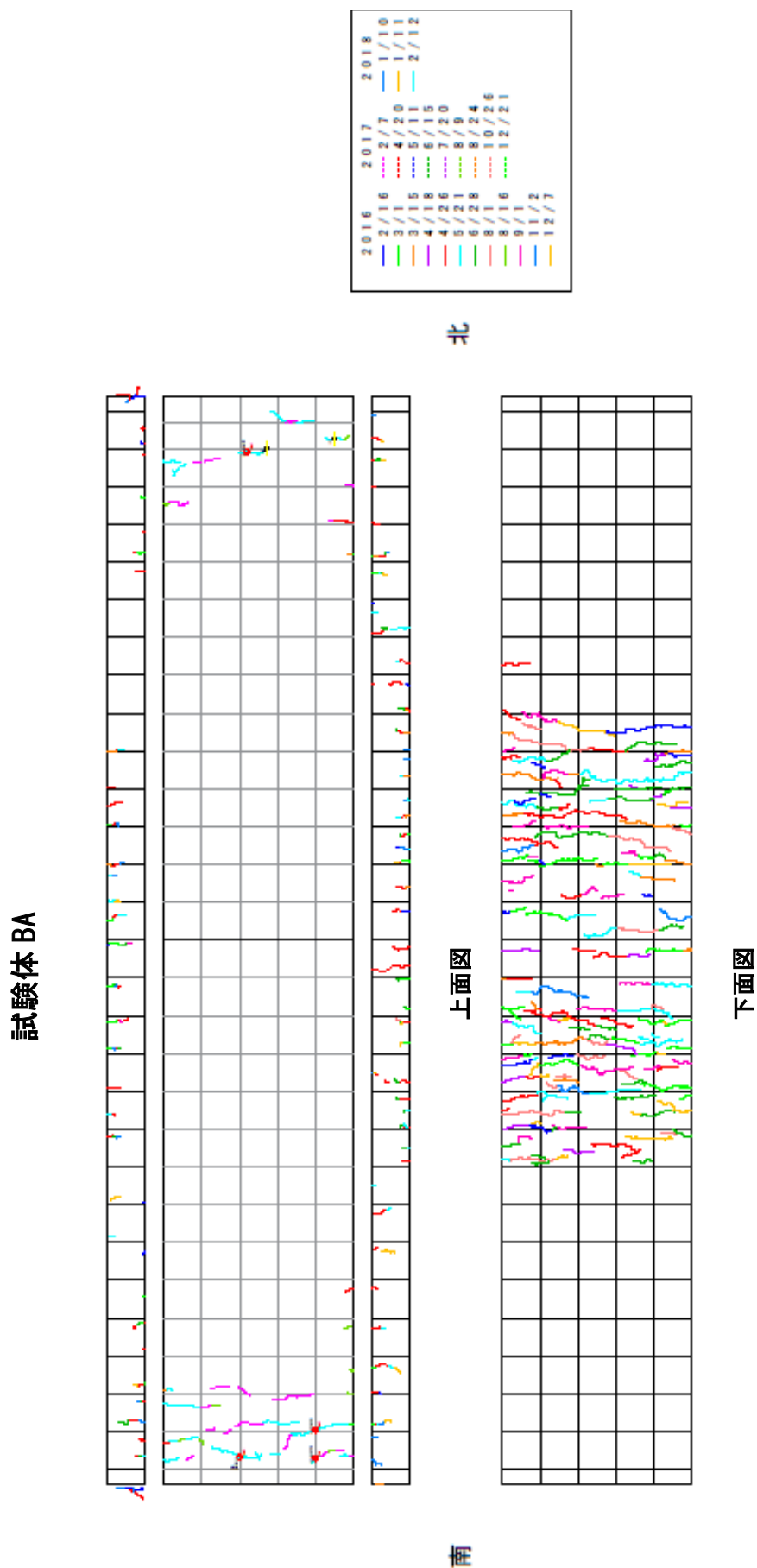


図 4.4.3.9 試験体 BA ひび割れ図

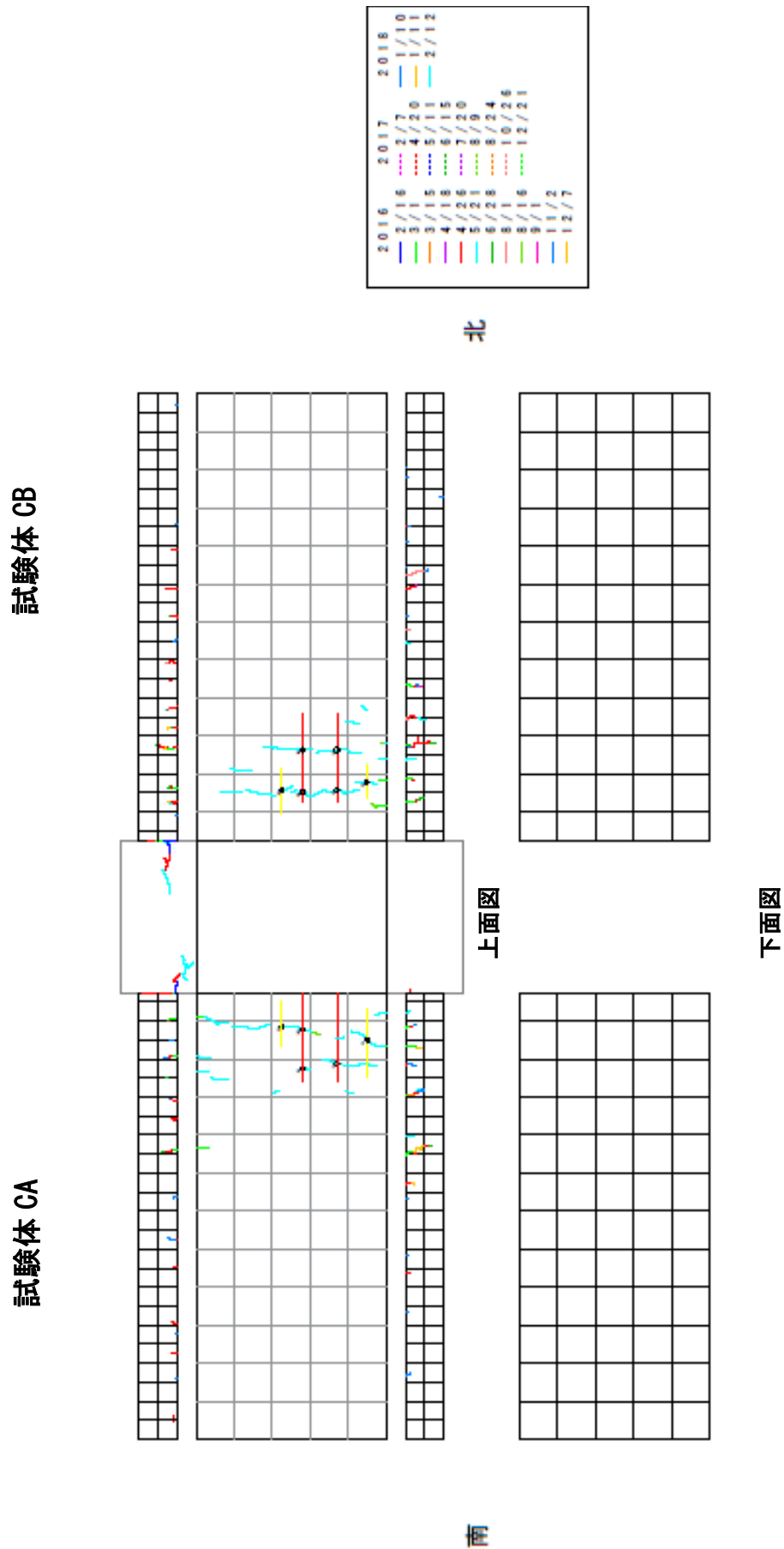
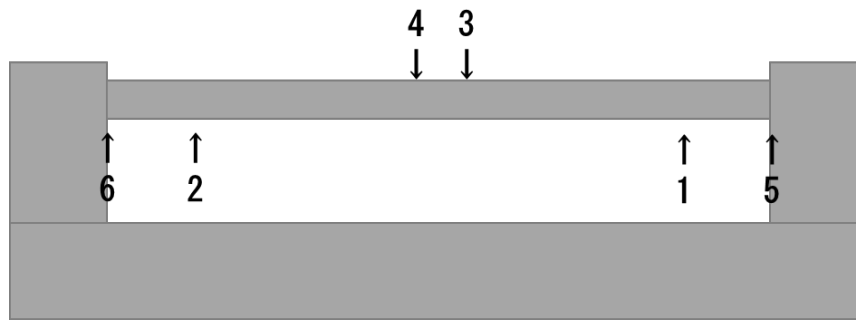
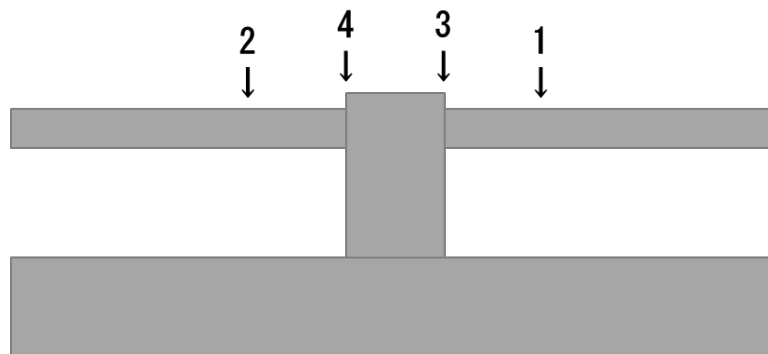


図 4. 4. 3. 10 試験体 CA, CB ひび割れ図

各試験体の目視による観測のひび割れ幅を表4.4.3.3に示す。また、ひび割れ幅の測定位置を図4.4.3.11に示す。AHおよびBA試験体では、位置5番と6番(すなわち床スラブとスタブの打継ぎ部の目開き)で0.4 mmから0.5 mmの幅が生じている。この点において、あと施工アンカーの使用の有無による違いは見られない。CAおよびCB試験体では、位置3番と4番で0.35 mm程度のひび割れが生じており、こちらについてもあと施工アンカーの使用の有無による違いは見られない。



両端固定一方向スラブ (試験体 AH, BA)



片持ちスラブ (試験体 CA, CB)

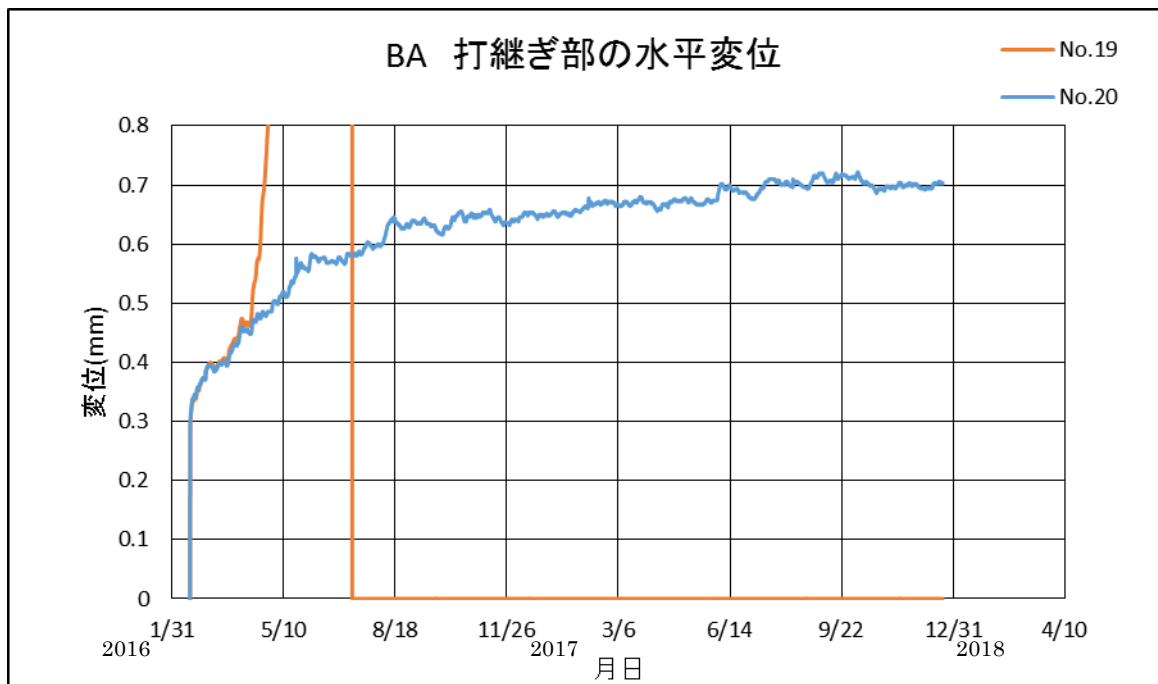
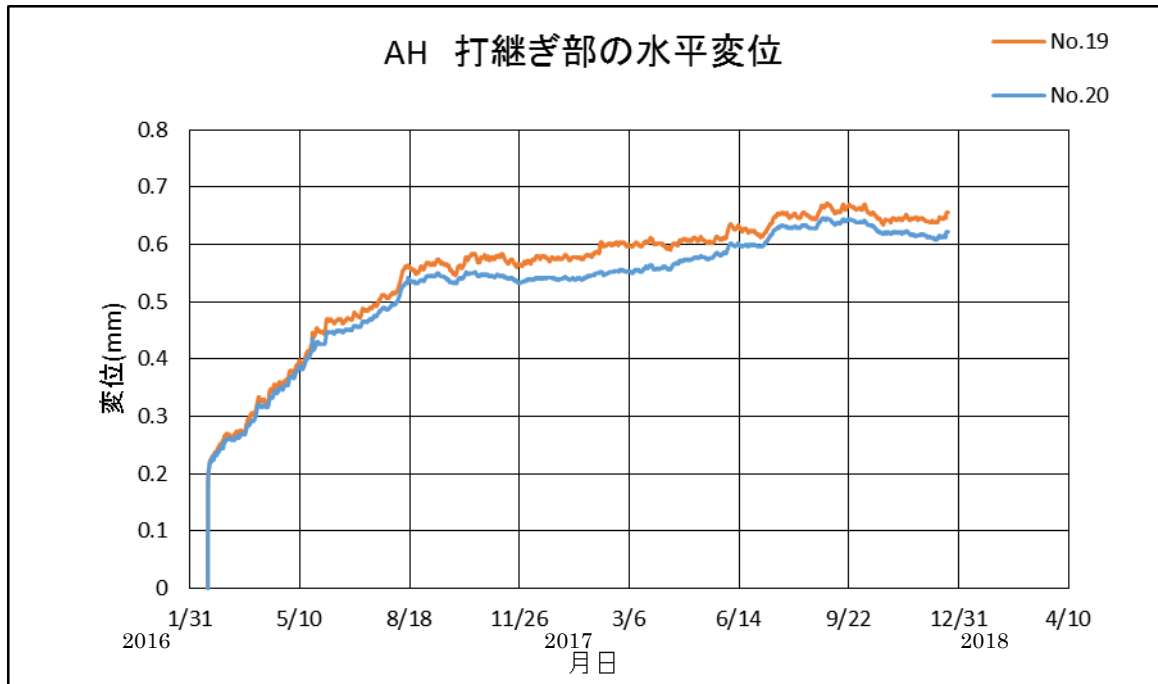
図4.4.3.11 ひび割れ幅測定位置

表4.4.3.3 各試験体の目視による観測のひび割れ幅(単位 : mm)

| 試験体<br>測定日 | 試験体 AH<br>測定位置 |      |      |       |      |      | 試験体 BA<br>測定位置 |       |       |      |      |      | 試験体 CA<br>測定位置 |       | 試験体 CB<br>測定位置 |      |
|------------|----------------|------|------|-------|------|------|----------------|-------|-------|------|------|------|----------------|-------|----------------|------|
|            | 1              | 2    | 3    | 4     | 5    | 6    | 1              | 2     | 3     | 4    | 5    | 6    | 2              | 4     | 1              | 3*   |
| 2016/4/26  | 0.10           | ---  | 0.10 | 0.1未満 | 0.25 | 0.25 | 0.10           | 0.10  | 0.1未満 | 0.15 | 0.30 | 0.25 | 0.35           | 0.1未満 | 0.10           | 0.20 |
| 2016/5/21  | 0.10           | ---  | 0.15 | 0.1未満 | 0.25 | 0.25 | 0.1未満          | 0.1未満 | 0.1未満 | 0.15 | 0.30 | 0.25 | 0.25           | 0.10  | 0.10           | 0.20 |
| 2016/6/28  | 0.10           | ---  | 0.15 | 0.1未満 | 0.25 | 0.25 | 0.1未満          | 0.10  | 0.10  | 0.10 | 0.30 | 0.25 | 0.30           | 0.1未満 | 0.10           | 0.20 |
| 2016/8/1   | 0.10           | ---  | 0.10 | 0.10  | 0.25 | 0.30 | 0.10           | 0.10  | 0.10  | 0.10 | 0.35 | 0.30 | 0.10           | 0.15  | 0.10           | 0.35 |
| 2016/9/1   | 0.10           | 0.10 | 0.15 | 0.10  | 0.30 | 0.35 | 0.1未満          | 0.15  | 0.10  | 0.15 | 0.40 | 0.35 | 0.10           | 0.25  | 0.15           | 0.40 |
| 2016/11/2  | 0.15           | 0.08 | 0.20 | 0.15  | 0.40 | 0.40 | 0.04           | 0.15  | 0.15  | 0.15 | 0.45 | 0.50 | 0.10           | 0.30  | 0.15           | 0.45 |
| 2016/12/7  | 0.10           | 0.06 | 0.20 | 0.10  | 0.40 | 0.35 | 0.04           | 0.10  | 0.15  | 0.20 | 0.40 | 0.45 | 0.10           | 0.35  | 0.10           | 0.45 |
| 2017/4/20  | 0.10           | 0.00 | 0.10 | 0.05  | 0.60 | 0.30 | 0.00           | 0.10  | 0.20  | 0.10 | 0.65 | 0.45 | 0.04           | 0.30  | 0.06           | 0.40 |
| 2017/5/11  | 0.10           | 0.00 | 0.10 | 0.06  | 0.55 | 0.35 | 0.00           | 0.06  | 0.06  | 0.06 | 0.65 | 0.55 | 0.04           | 0.25  | 0.06           | 0.45 |
| 2017/6/15  | 0.10           | 0.00 | 0.15 | 0.10  | 1.00 | 0.30 | 0.00           | 0.06  | 0.10  | 0.04 | 0.65 | 0.85 | 0.06           | 0.25  | 0.06           | 0.45 |
| 2017/7/20  | 0.10           | 0.00 | 0.10 | 0.06  | 0.95 | 0.30 | 0.00           | 0.04  | 0.08  | 0.06 | 0.65 | 0.60 | 0.04           | 0.30  | 0.06           | 0.50 |
| 2017/8/24  | 0.06           | 0.00 | 0.20 | 0.15  | 0.65 | 0.40 | 0.00           | 0.04  | 0.06  | 0.08 | 0.65 | 0.60 | 0.04           | 0.25  | 0.06           | 0.65 |
| 2017/10/26 | 0.06           | 0.00 | 0.20 | 0.10  | 0.55 | 0.30 | 0.00           | 0.04  | 0.08  | 0.06 | 0.50 | 0.55 | 0.04           | 0.20  | 0.04           | 0.60 |
| 2017/12/21 | 0.06           | 0.00 | 0.25 | 0.10  | 0.60 | 0.35 | 0.00           | 0.04  | 0.08  | 0.08 | 0.55 | 0.60 | 0.04           | 0.30  | 0.08           | 0.65 |

\* : 2017/6/15 以降測定位置3を3'に移行

各試験体のスラブとスタブの打継ぎ部の水平変位を図4.4.3.12、図4.4.3.13に示す。また、打継ぎ部の目開き量を表4.4.3.4に示す。載荷開始後、8月までは変位が増大していたが、8月以降は一転して増加が見られずほぼ一定値で推移した。あと施工アンカーの使用の有無による違いは見られない。なお、試験体CBのNo.11変位計の測定値に特異な変化が見られるが、その理由は現状では判然としない。



No.19 4/9以降測定不能

図4.4.3.12 打継ぎ部の水平変位(その1 試験体AHおよびBA)

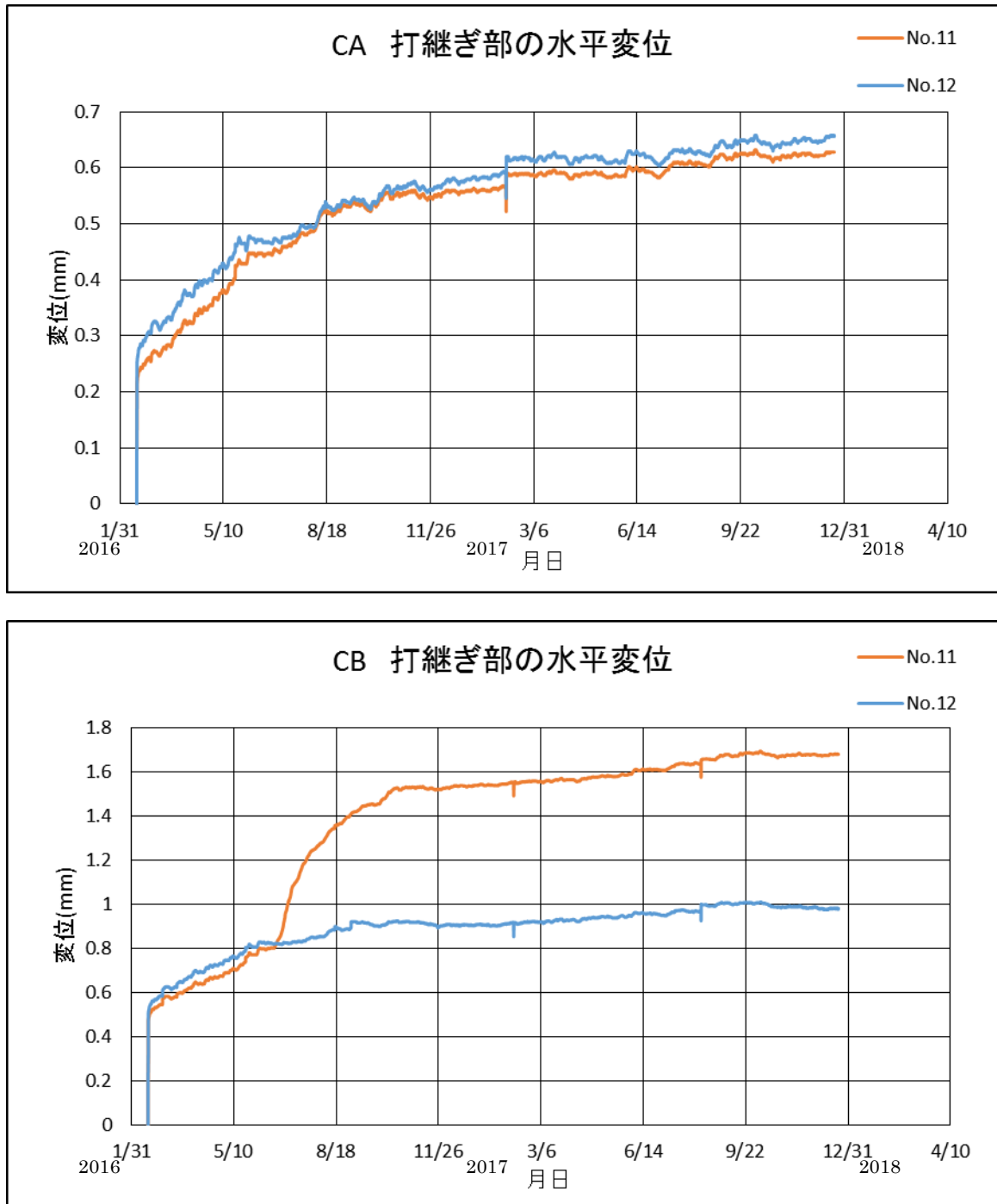


図 4.4.3.13 打継ぎ部の水平変位(その2 試験体 CA および CB)

表 4.4.3.4 スラブとスタブの打継ぎ部の目開き量(単位 : mm)

| 試験体<br>測定日 | 試験体 AH<br>測定位置 |       |       | 試験体 BA<br>測定位置 |        |       | 試験体 CA<br>測定位置 |       |       | 試験体 CB<br>測定位置 |       |       |
|------------|----------------|-------|-------|----------------|--------|-------|----------------|-------|-------|----------------|-------|-------|
|            | 5              | No.19 | No.20 | 5              | No.19  | No.20 | 4              | No.13 | No.14 | 3*             | No.13 | No.14 |
| 2016/4/26  | 0.25           | 0.362 | 0.354 | 0.30           | 0.806  | 0.486 | 0.1未満          | 0.354 | 0.402 | 0.20           | 0.674 | 0.730 |
| 2016/5/21  | 0.25           | 0.446 | 0.420 | 0.30           | 1.542  | 0.576 | 0.10           | 0.404 | 0.452 | 0.20           | 0.738 | 0.788 |
| 2016/6/28  | 0.25           | 0.480 | 0.458 | 0.30           | 13.736 | 0.578 | 0.1未満          | 0.456 | 0.474 | 0.20           | 0.924 | 0.824 |
| 2016/8/1   | 0.25           | 0.512 | 0.492 | 0.35           | +****  | 0.578 | 0.15           | 0.484 | 0.494 | 0.35           | 1.268 | 0.850 |
| 2016/9/1   | 0.30           | 0.564 | 0.542 | 0.40           | +****  | 0.636 | 0.25           | 0.530 | 0.538 | 0.40           | 1.268 | 0.850 |
| 2016/11/2  | 0.40           | 0.576 | 0.544 | 0.45           | +****  | 0.648 | 0.30           | 0.554 | 0.566 | 0.45           | 1.268 | 0.850 |
| 2016/12/7  | 0.40           | 0.572 | 0.538 | 0.40           | +****  | 0.644 | 0.35           | 0.554 | 0.568 | 0.45           | 1.530 | 0.906 |
| 2017/2/16  | --             | 0.602 | 0.552 | --             | +****  | 0.670 | --             | 0.590 | 0.618 | --             | 1.554 | 0.916 |
| 2017/4/20  | 0.60           | 0.606 | 0.568 | 0.65           | +****  | 0.670 | 0.30           | 0.590 | 0.620 | 0.40           | 1.570 | 0.934 |
| 2017/5/11  | 0.55           | 0.610 | 0.578 | 0.65           | +****  | 0.674 | 0.25           | 0.588 | 0.614 | 0.45           | 1.578 | 0.940 |
| 2017/6/15  | 1.00           | 0.626 | 0.596 | 0.65           | +****  | 0.694 | 0.25           | 0.596 | 0.624 | 0.45           | 1.606 | 0.956 |
| 2017/7/20  | 0.95           | 0.654 | 0.630 | 0.65           | +****  | 0.710 | 0.30           | 0.610 | 0.632 | 0.50           | 1.636 | 0.970 |
| 2017/8/24  | 0.65           | 0.650 | 0.632 | 0.65           | +****  | 0.698 | 0.25           | 0.606 | 0.624 | 0.65           | 1.658 | 0.994 |
| 2017/10/26 | 0.55           | 0.652 | 0.620 | 0.50           | +****  | 0.694 | 0.20           | 0.616 | 0.638 | 0.60           | 1.670 | 0.984 |
| 2017/12/21 | 0.60           | 0.656 | 0.622 | 0.55           | +****  | 0.704 | 0.30           | 0.628 | 0.658 | 0.65           | 1.678 | 0.978 |



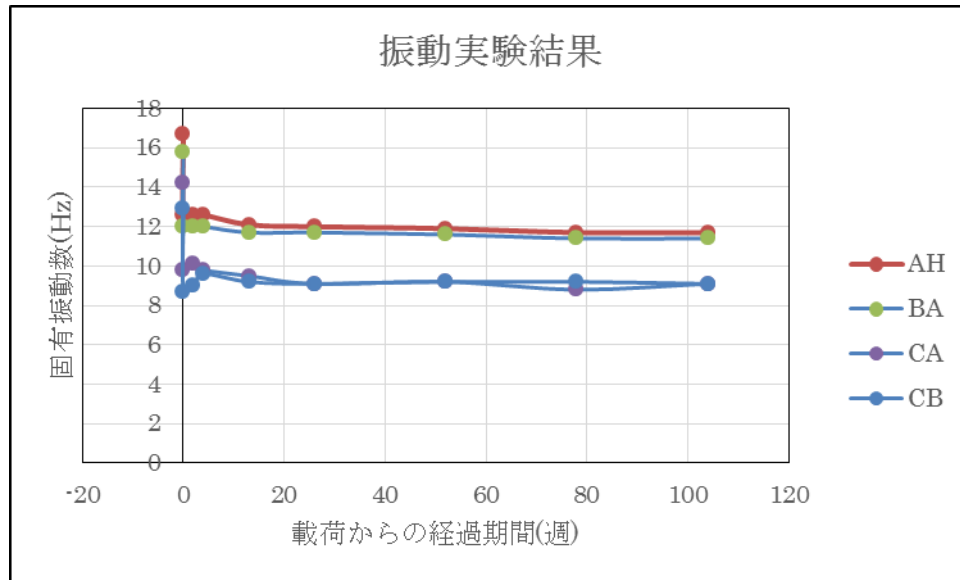
4-4-3-4 試験体の振動測定

振動測定による各試験体の固有振動数の測定結果を表4.4.3.5、図4.4.3.14に示す。

表 4.4.3.5 固有振動数の測定結果(単位：Hz)

| 実験ケース            | 試験日       |     | 試験体名        |             |             |             |
|------------------|-----------|-----|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                  |           |     | AH          | BA          | CA          | CB          |
| 鉄筋載荷前            | 2016/2/16 | 1回目 | 16.7        | 15.8        | 14.3        | 13.0        |
|                  |           | 2回目 | 16.7        | 15.8        | 14.2        | 12.9        |
|                  |           | 3回目 | 16.7        | 15.8        | 14.2        | 12.9        |
|                  |           | 4回目 | 16.7        | 15.8        | 14.3        | 13.0        |
|                  |           | 5回目 | 16.7        | 15.8        | 14.2        | 12.9        |
|                  |           | 平均  | <b>16.7</b> | <b>15.8</b> | <b>14.2</b> | <b>12.9</b> |
| 鉄筋載荷後            | 2016/2/16 | 1回目 | 12.6        | 12.0        | 9.8         | 8.7         |
|                  |           | 2回目 | 12.5        | 12.0        | 9.8         | 8.7         |
|                  |           | 3回目 | 12.6        | 12.0        | 9.9         | 8.7         |
|                  |           | 4回目 | 12.6        | 12.0        | 9.8         | 8.7         |
|                  |           | 5回目 | 12.5        | 12.0        | 9.9         | 8.7         |
|                  |           | 平均  | <b>12.6</b> | <b>12.0</b> | <b>9.8</b>  | <b>8.7</b>  |
| 載荷2週間後           | 2016/3/1  | 1回目 | 12.6        | 12.0        | 10.1        | 9.0         |
|                  |           | 2回目 | 12.6        | 12.0        | 10.1        | 9.1         |
|                  |           | 3回目 | 12.7        | 12.0        | 10.2        | 9.0         |
|                  |           | 4回目 | 12.7        | 12.0        | 10.0        | 9.1         |
|                  |           | 5回目 | 12.6        | 12.0        | 10.1        | 9.0         |
|                  |           | 平均  | <b>12.6</b> | <b>12.0</b> | <b>10.1</b> | <b>9.0</b>  |
| 載荷4週間後           | 2016/3/15 | 1回目 | 12.7        | 12.0        | 9.8         | 9.6         |
|                  |           | 2回目 | 12.6        | 12.0        | 9.8         | 9.5         |
|                  |           | 3回目 | 12.6        | 12.0        | 9.7         | 9.6         |
|                  |           | 4回目 | 12.6        | 12.1        | 9.8         | 9.6         |
|                  |           | 5回目 | 12.6        | 12.0        | 9.8         | 9.6         |
|                  |           | 平均  | <b>12.6</b> | <b>12.0</b> | <b>9.8</b>  | <b>9.6</b>  |
| 載荷3か月後<br>(13週後) | 2016/5/21 | 1回目 | 12.1        | 11.7        | 9.5         | 9.2         |
|                  |           | 2回目 | 12.1        | 11.7        | 9.5         | 9.2         |
|                  |           | 3回目 | 12.1        | 11.7        | 9.5         | 9.2         |
|                  |           | 4回目 | 12.1        | 11.7        | 9.5         | 9.2         |
|                  |           | 5回目 | 12.1        | 11.7        | 9.5         | 9.2         |
|                  |           | 平均  | <b>12.1</b> | <b>11.7</b> | <b>9.5</b>  | <b>9.2</b>  |
| 載荷6か月後<br>(26週後) | 2016/8/16 | 1回目 | 12.0        | 11.7        | 9.1         | 9.1         |
|                  |           | 2回目 | 12.0        | 11.7        | 9.1         | 9.1         |
|                  |           | 3回目 | 12.0        | 11.7        | 9.1         | 9.1         |
|                  |           | 4回目 | 12.0        | 11.7        | 9.1         | 9.1         |
|                  |           | 5回目 | 12.0        | 11.7        | 9.1         | 9.1         |
|                  |           | 平均  | <b>12.0</b> | <b>11.7</b> | <b>9.1</b>  | <b>9.1</b>  |
| 載荷1年後<br>(52週後)  | 2017/2/7  | 1回目 | 11.9        | 11.6        | 9.2         | 9.1         |
|                  |           | 2回目 | 11.9        | 11.6        | 9.2         | 9.2         |
|                  |           | 3回目 | 11.9        | 11.6        | 9.2         | 9.2         |
|                  |           | 4回目 | 11.9        | 11.6        | 9.2         | 9.2         |
|                  |           | 5回目 | 11.9        | 11.6        | 9.2         | 9.2         |
|                  |           | 平均  | <b>11.9</b> | <b>11.6</b> | <b>9.2</b>  | <b>9.2</b>  |
| 載荷1年半後<br>(78週後) | 2017/8/9  | 1回目 | 11.7        | 11.5        | 8.9         | 9.1         |
|                  |           | 2回目 | 11.7        | 11.5        | 8.8         | 9.2         |
|                  |           | 3回目 | 11.7        | 11.4        | 8.7         | 9.2         |
|                  |           | 4回目 | 11.7        | 11.4        | 8.7         | 9.2         |
|                  |           | 5回目 | 11.7        | 11.4        | 8.7         | 9.1         |
|                  |           | 平均  | <b>11.7</b> | <b>11.4</b> | <b>8.8</b>  | <b>9.2</b>  |
| 載荷2年後<br>(104週後) | 2018/2/9  | 1回目 | 11.7        | 11.5        | 9.1         | 9.1         |
|                  |           | 2回目 | 11.7        | 11.4        | 9.1         | 9.1         |
|                  |           | 3回目 | 11.7        | 11.4        | 9.1         | 9.1         |
|                  |           | 4回目 | 11.7        | 11.4        | 9.1         | 9.1         |
|                  |           | 5回目 | 11.7        | 11.4        | 9.1         | 9.1         |
|                  |           | 平均  | <b>11.7</b> | <b>11.4</b> | <b>9.1</b>  | <b>9.1</b>  |

鉄筋載荷当初は標準定着の試験体(BA, CB 両試験体)よりもあと施工アンカー定着の試験体(AH, CA 両試験体)の方がやや固有振動数が大きく(すなわち硬い)なっていたが、すべての試験体とも日数の経過と共に固有振動数がわずかながら低下していた。鉄筋載荷後26週(半年 平成28年8月)経過時以降は、床筋の定着方法の違いによる固有振動数の違いは、ほぼ見られなくなった。52週(1年:平成29年2月7日)から104週(2年:平成30年2月9日)までの1年間もほぼ同じ傾向となった。



|     |           |      |           |     |           |
|-----|-----------|------|-----------|-----|-----------|
| 0週  | 2016/2/16 | 2週   | 2016/3/1  | 4週  | 2016/3/15 |
| 13週 | 2016/5/21 | 26週  | 2016/8/16 | 52週 | 2017/2/7  |
| 78週 | 2017/8/9  | 104週 | 2018/2/9  |     |           |

図 4.4.3.14 振動測定による各試験体の固有振動数の変化

4-4-3-5 コンクリートの乾燥収縮

試験体の留置環境(温度と湿度)を図4.4.3.15に示す。留置環境として、気温が氷点下になることや摂氏30℃を超えることはなく、湿度についてもほぼ30%から90%の範囲内であった。

基礎梁、スラブ、基本試験体およびJIS規格供試体に設置した埋込み型ひずみ計による乾燥収縮の測定経過を図4.4.3.16に示す。乾燥収縮のひずみ度は、最大で-400 $\mu$ 程度の範囲に収まっている。

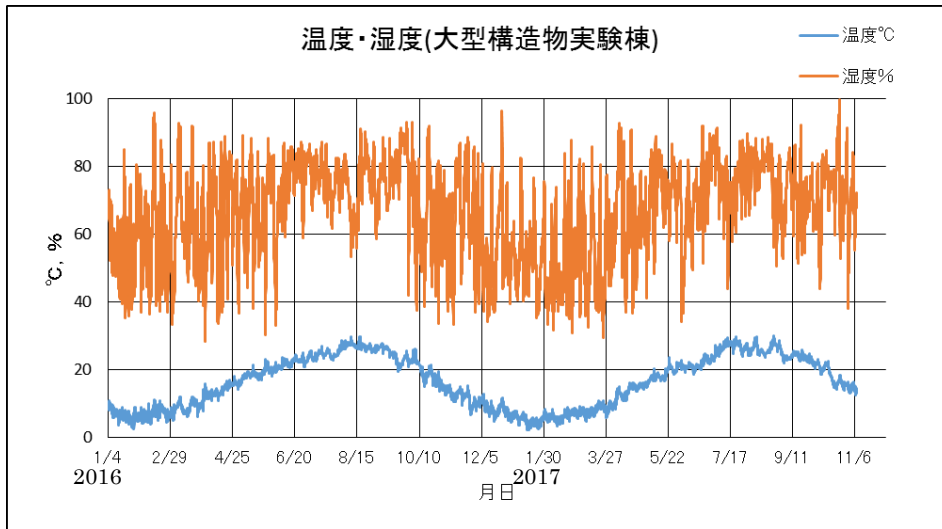


図4.4.3.15 試験体設置位置の温湿度

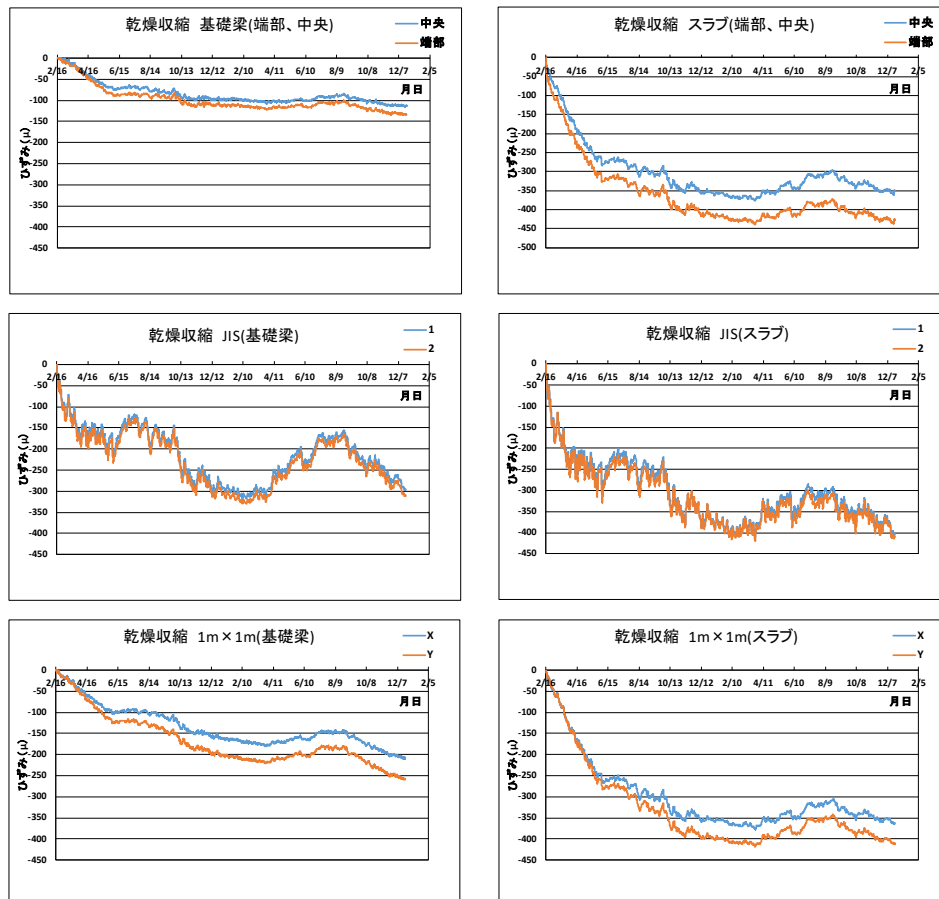


図4.4.3.16 基礎梁、スラブ、基本試験体およびJIS規格供試体の乾燥収縮

#### 4-4-4 まとめ

試験体におけるスラブの構造性能確認実験で、載荷後約2年間の結果は、以下のとおりとなった。

- ・試験体のたわみについては、載荷直後から増大し始めたが、平成28年8月以降はその増加が鈍った。平成29年に入ってもこの傾向は変わらず、増加はさらに鈍化した。たわみの値や期間を経ることによる増大の傾向という点において、あと施工アンカーの使用の有無による大きな違いはなかった。
- ・試験体のたわみで、弾性たわみに対する測定結果の比(たわみの増大率)は、両端固定一方向スラブの試験体で9程度であった。平成29年に入ってもこの傾向は変わらなかった。この点についても、あと施工アンカーの使用の有無による大きな違いはなかった。
- ・試験体のアンカー筋その他鉄筋類の軸方向ひずみ度は、載荷開始直後に値は大きくなった後は、期間を経てもほぼ一定値のまま推移した。この点について、あと施工アンカーの使用の有無による大きな違いはなかった。
- ・試験体に発生したひび割れの幅や床スラブとスタブの打継ぎ部の目開きの幅は、載荷1年を過ぎてもわずかながら増加を続けており、載荷2年の経過時点でAHおよびBA試験体で0.6mmから0.7mmほどに、CAおよびCB試験体で0.6mmから1.0mmほどになった。
- ・インパクトボールを床スラブ上に落下させる振動測定の結果、載荷後26週以降は、あと施工アンカーの使用の有無によらず、測定した固有振動数がほとんど変化しなくなり、また固有振動数がほとんど同じ値を示すようになった。この傾向は載荷2年経過後も同じであった。あと施工アンカーの使用の有無は、固有振動数に影響を与えないと判断される。

以上より、現時点においてあと施工アンカーの使用の有無による明確な違いは確認されなかったといえる。

載荷から2年が経過し、試験体の変形はほぼ落ち着いたものと判断できる。今までは約1か月程度の間隔で測定・観察を行ってきたが、今後は測定・観察の間隔を伸ばしていく予定である。

#### 4-5 実建物におけるスラブの構造性能確認試験

##### 4-5-1 実験の主旨・概要

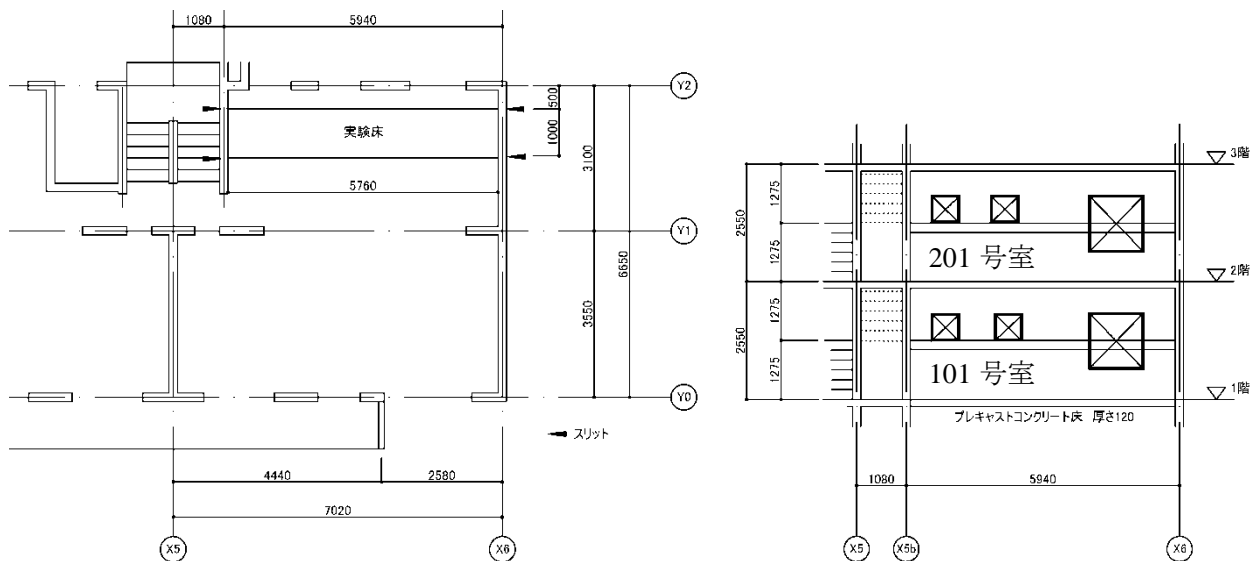
本実験は、実建物における新設スラブの主筋定着に接着系あと施工アンカーを用いたときの当該スラブの長期性状を把握することを目的とした。実建物の新設スラブでは、前節のスタブに固定した場合の試験条件と異なり、その支持部材の乾燥収縮は収束していることから、新設スラブのみ収縮が進行し、その影響によりあと施工アンカーに引張力が付加される可能性がある。また、壁式鉄筋コンクリート造建物の耐力壁にあと施工アンカーを用いた場合、耐力壁の回転変形が新設スラブのたわみ性能に及ぼす影響が無視できない可能性もあるため、これを検証するために、実建物の壁に支持した1m幅のスラブ試験体に対して長期載荷実験を行うこととした。

##### 4-5-2 実建物における実験計画

###### 4-5-2-1 計画方針

実建物として、独立行政法人 都市再生機構清瀬旭ヶ丘団地内の実験棟(壁式鉄筋コンクリート造5階建て建物)の2階201号室および1階101号室の北側居室に、スパン5,940mm、幅1,000mm、厚さ200mm、の接着系あと施工アンカー定着によるスラブおよび標準定着によるスラブを製作し、居室相当の載荷荷重(2.5kN/m<sup>2</sup>)を積載して、長期たわみ性状を把握することとした。

実験スラブ配置図を図4.5.2.1に示す。



接着系あと施工アンカー定着試験体(2階201号室)

標準定着試験体(1階101号室)

図4.5.2.1 実験スラブ配置図

4-5-2-2 設計方針・計算例

(1) 設計方針

通常定着方法(先付け定着方法)のスラブ上端筋の定着は、許容付着応力度による所要定着長さ「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(1991)<sup>4,5)</sup>(29)式」による。

接着系あと施工アンカーを用いたスラブ上端筋のアンカー筋の定着は、アンカー筋に生じる長期許容引張力に対して長期許容付着力および長期許容コーン状破壊耐力を満たす有効埋込み長さを確保する。

(2) 計算例

計算例は、図4.5.2.1の実験スラブ配置図に示す北側居室のスラブについて算定する。

1) 基本事項

仕上げ荷重 0.7 kN/m<sup>2</sup>  
 積載荷重 1.8 kN/m<sup>2</sup> }  $W_p = 2.5 \text{ kN/m}^2$   
 短辺方向スパン  $\ell_x = 2920 \text{ mm}$   
 長辺方向スパン  $\ell_y = 5760 \text{ mm}$  }  $\lambda = 1.97$   
 スラブ厚  $T = 200 \text{ mm}$   
 コンクリート縁から鉄筋中心までの距離

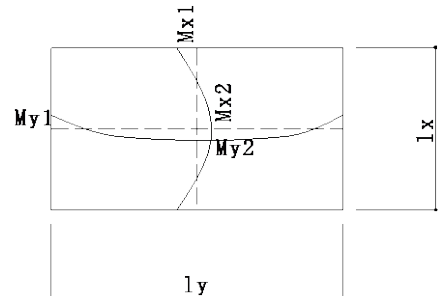


図4.5.2.1-2 計算に用いた記号の説明

上端かぶり厚 30 mm 短辺方向上端筋  $d_1 = 35.0 \text{ mm}$  短辺方向下端筋  $d_2 = 45 \text{ mm}$   
 下端かぶり厚 30 mm 長辺方向上端筋  $d_3 = 46.5 \text{ mm}$  長辺方向下端筋  $d_4 = 35 \text{ mm}$   
 コンクリート強度  $F_c = 21 \text{ N/mm}^2$  ( $\gamma = 23$ ) ヤング係数  $E_c = 21.5 \text{ kN/mm}^2$   
 鉄筋 SD295A

2) 応力の算出

$w = 7.3 \text{ kN/m}^2$   
 $w_x = \ell_y^4 / (\ell_x^4 + \ell_y^4) \times w = 0.45 \text{ kN/m}^2$   
 $M_{x1} = 1/12 \times w_x \times \ell_x^2 = 1.24 \text{ kN}\cdot\text{m}$   $M_{x2} = 1/18 \times w_x \times \ell_x^2 = 0.83 \text{ kN}\cdot\text{m}$   
 $M_{y1} = 1/24 \times w \times \ell_x^2 = 10.09 \text{ kN}\cdot\text{m}$   $M_{y2} = 1/36 \times w \times \ell_x^2 = 6.73 \text{ kN}\cdot\text{m}$

3) 断面算定

短辺方向上端筋  $a_t = M_{x1} / f_t \cdot j = 42.9 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{D10@200 (355)} \quad \text{OK}$   
 短辺方向下端筋  $a_t = M_{x2} / f_t \cdot j = 30.6 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{D10@200 (355)} \quad \text{OK}$   
 長辺方向上端筋  $a_t = M_{y1} / f_t \cdot j = 375.6 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{D10D13@250 (396)} \quad \text{OK}$   
 長辺方向下端筋  $a_t = M_{y2} / f_t \cdot j = 233.1 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{D10@250 (284)} \quad \text{OK}$

4) たわみに対する検討

$\delta_e = \frac{1}{32} \cdot \frac{\lambda^4}{1+\lambda^4} \cdot \frac{w \cdot \ell_x^4}{E \cdot T^4} = 1.368 \text{ mm}$   
 変形増大率  $\kappa = 16$  長期たわみ  $\delta_L = 16 \times \delta_e = 21.89 \text{ mm}$   
 たわみ率  $\delta_L / \ell_x = 1/263 \leq 1/250 \quad \text{OK}$

5) ひび割れに対する検討

端部上端  $\sigma_t = M_{max} / Z = 10\,090\,000 / 6\,666\,667 = 1.51 \text{ N/mm}^2 \leq 0.38 \sqrt{F_c} = 1.74 \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK}$   
 中央部下端  $\sigma_t = M_{max} / Z = 6\,730\,000 / 6\,666\,667 = 1.01 \text{ N/mm}^2 \leq 0.38 \sqrt{F_c} = 1.74 \text{ N/mm}^2$

OK

6) 試験体スラブの設計

(i) 両端固定一方向の応力

$$w = 7.3 \text{ kN/m}^2 \quad \ell_x = 5760 \text{ mm}$$

$$M_{x1} = 1/12 \times w \times \ell_x^2 = 20.18 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad , \quad M_{x2} = 1/18 \times w \times \ell_x^2 = 13.46 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$Q_{x1} = 1/2 \times w \times \ell_x = 21.0 \text{ kN}$$

$$\text{短辺方向上端筋 } a_t = M_{x1} / f_t \cdot j = 705.3 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{D13@150 (846.7)} \quad \text{OK}$$

$$\text{短辺方向下端筋 } a_t = M_{x2} / f_t \cdot j = 466.1 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{D10@150 (473.3)} \quad \text{OK}$$

(ii) たわみに対する検討

$$\text{単純支持一方向たわみ } \delta_e = \frac{15}{384} \cdot \frac{w \cdot \ell_x^4}{E \cdot T^3 / 12} = 7.29 \text{ mm}$$

$$\text{両端固定一方向たわみ } \delta_e = \frac{1}{384} \cdot \frac{w \cdot \ell_x^4}{E \cdot T^3 / 12} = 1.46 \text{ mm}$$

$$\text{変形増大率 } \kappa = 16 \quad \text{長期たわみ } \delta_L = 16 \times \delta_e = 23.3 \text{ mm}$$

$$\text{たわみ率 } \delta_L / \ell_x = 1/247$$

(3) 通常定着方法(先付け定着方法)のスラブ上端筋の定着検討

1) 許容付着応力度による所要定着長さ「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(1991)<sup>4.5)</sup> (29)式」

(i) 計算条件

- ・使用するコンクリートの設計基準強度： $F_c = 21 \text{ N/mm}^2$
- ・スラブ上端筋：D13 SD295A
- ・スラブ上端筋のコンクリートに対する許容付着応力度：

$$l f_a = \min(21/15, 0.9 + 2 \times 21/75) = \min(1.40, 1.46) = 1.40 \text{ N/mm}^2 \text{ *1}$$

[注] \*1：鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(1991)<sup>4.5)</sup>によれば、圧縮力を受ける場合および、付着破壊のおそれのない領域へ定着する場合は、1.5倍の数値としてよいとあるが、本資料では適用していない。また、平12建告第1450号に規定の長期許容付着応力度は、はりの上端筋以外は「その他の鉄筋」の数値を用いることができるが、ここでは適用していない。

(ii) 定着長さの検討

(a) 直線定着の場合

$$\ell \geq \frac{l f_t \cdot d_b}{4 \times l f_a} = 195 \times d_b / (4 \times 1.40) = 34.8 \times d_b = 34.8 \times 13 = 452.7 \text{ mm}$$

(b) 標準フック付き折曲げ定着の場合

$$\ell \geq \frac{2}{3} \times \frac{l f_t \cdot d_b}{4 \times l f_a} = 2/3 \times 195 \times d_b / (4 \times 1.40) = 23.2 \times d_b = 23.2 \times 13 = 301.8 \text{ mm}$$

2) RC規準(2010)17条「定着」による所要定着長さ

(i) 計算条件

- ・使用するコンクリートの設計基準強度： $F_c = 21 \text{ N/mm}^2$
- ・スラブ上端筋：D13 SD295A
- ・付着割裂の基準となる強度： $f_b = 0.9 + 21/40 = 1.425 \text{ N/mm}^2$

$$\text{必要定着長さ算定式: } \ell_{ab} = \alpha \cdot \frac{S \cdot \sigma_t \cdot d_b}{10 f_b} \text{ 「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(2010)<sup>4.2)</sup> (17.2)式」}$$

- ・スラブ端筋定着部の拘束の有無：スラブ上端筋を，当該スラブを支持する梁の上端筋の下に定着するディテールとすることで，拘束領域への定着とする( $\alpha=1.0$ )。

(ii) 定着長さの検討

(a) 直線定着の場合

$$\ell_{ab} = \alpha \cdot \frac{S \cdot \sigma_t \cdot d_b}{10f_b} = 1.0 \times 1.0 \times 295 \times d_b / (10 \times 1.425) = 20.7 \times d_b = 20.7 \times 13 = 269.1 \text{ mm}$$

(b) 標準フック付き折曲げ定着の場合

$$\ell_{ab} = \alpha \cdot \frac{S \cdot \sigma_t \cdot d_b}{10f_b} = 1.0 \times 0.5 \times 295 \times d_b / (10 \times 1.425) = 10.4 \times d_b = 20.7 \times 13 = 135.2 \text{ mm}$$

(4) 接着系あと施工アンカーを用いたスラブ上端筋のアンカー筋の定着検討

1) アンカー筋の所有効埋込み長さの検討

(i) 計算条件

- ・使用するコンクリートの設計基準強度： $F_c = 21 \text{ N/mm}^2$
- ・スラブ上端筋：D13 SD295A
- ・接着系あと施工アンカーの付着強度： $\tau_{fu} = 15 \text{ N/mm}^2 (= 15 \times \sqrt{\frac{\sigma_B}{21}} = 15 \times \sqrt{\frac{21}{21}})$
- ・アンカー筋に生じる長期許容引張力に対して(4.5.2.1)式および(4.5.2.2)式を満たす有効埋込み長さを確保する。

$${}_D T_{L1} \leq T_{AL2} \quad \dots \dots \dots (4.5.2.1) \text{ 式}$$

$${}_D T_{L1} \leq T_{AL3} \quad \dots \dots \dots (4.5.2.2) \text{ 式}$$

記号  ${}_D T_{L1}$  : アンカー筋に生じる長期荷重時引張力(N)で，次式による。

$${}_D T_{L1} = l_{f_t} \cdot a_t = 195 \times 127 = 24\,765 \text{ N} = 24.8 \text{ kN}$$

$T_{AL2}$  : アンカー筋の長期許容付着力(N)で，次式による。アンカー筋のかぶり厚さが $1.5d_a$ 以上 確保されていることから，付着強度の低減を行わない。

$$T_{AL2} = (\tau_{fu} / F) \cdot \pi \cdot d_a \cdot \ell_e \quad \dots \dots \dots (4.5.2.3) \text{ 式}$$

$T_{AL3}$  : アンカー筋の長期許容コーン状破壊耐力(N)で，次式による。

$$T_{u3} = 0.23 \sqrt{\sigma_B} / F \cdot A_c \quad \dots \dots \dots (4.5.2.4) \text{ 式}$$

$\tau_{fu}$  : 接着系あと施工アンカーの付着強度(N/mm<sup>2</sup>)で，15.0 N/mm<sup>2</sup>とする。

$F$  : 安全係数で，3(CASE1)および4.5(CASE2)とする。

$\ell_e$  : アンカー筋有効埋込み長さ(mm)

$\sigma_B$  : アンカー筋定着部のコンクリートの圧縮強度(N/mm<sup>2</sup>)で，設計基準強度とする。

$A_c$  : コーン状破壊面の有効水平投影面積(mm<sup>2</sup>)。本来であれば，アンカー筋のピッチ，はしあき，へりあきによるコーン状破壊面の重なり等を考慮した有効投影面積を算定する必要があるが，本資料においては考慮していない。



(ii) (4.5.2.1) 式を満たすのに必要な有効埋込み長さの検討

(a) CASE1 ( $F=3.0$ ) の場合

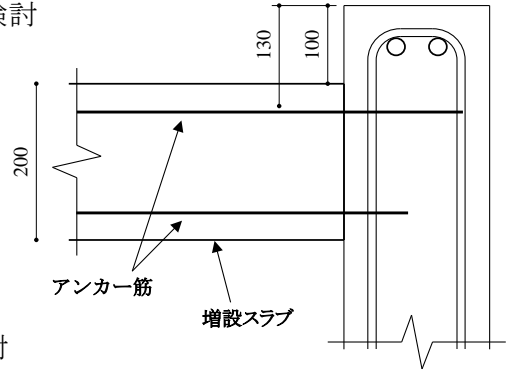
$${}_D T_{FL} = {}_D \sigma_{tL} \cdot \pi \cdot d_a^2 / 4 \leq T_{AL2} = 5.0 \times \pi \cdot d_a \cdot \ell_e \text{ より,}$$

$$\ell_e \geq {}_D \sigma_{tL} \cdot d_a / (4 \times 5) = 9.75 \times d_a (= 127 \text{ mm})$$

(b) CASE2 ( $F=4.5$ ) の場合

$${}_D T_{FL} = {}_D \sigma_{tL} \cdot \pi \cdot d_a^2 / 4 \leq T_{AL2} = 3.3 \times \pi \cdot d_a \cdot \ell_e \text{ より,}$$

$$\ell_e \geq {}_D \sigma_{tL} \cdot d_a / (4 \times 3.3) = 14.7 \times d_a (= 191 \text{ mm})$$



(iii) (4.5.2.2) 式を満たすに必要な有効埋込み長さの検討

(a) CASE1 ( $F=3.0$ ) の場合

${}_D T_{FL} = {}_D \sigma_{tL} \cdot \pi \cdot d_a^2 / 4 \leq T_{AL2} = 0.23 \sqrt{\sigma_B} / 3.0 \cdot A_c$  アンカー筋とスラブ支持梁の断面・配筋有効埋込み長さを 130 mm 以上とし、コーン状破壊面の有効水平投影面積  $A_c$  が次式で算定されるとする。

$$A_c = \pi \cdot \ell_e \cdot (\ell_e + d_a)$$

$${}_D \sigma_{tL} \cdot \pi \cdot d_a^2 / 4 \leq 0.23 \sqrt{\sigma_B} / 3.0 \cdot \pi \cdot \ell_e \cdot (\ell_e + d_a) \text{ より,}$$

$$\ell_e \geq \frac{d_a}{2} \cdot \left\{ -1 + \sqrt{{}_D \sigma_{tL} \times 3 / (0.23 \sqrt{\sigma_B})} \right\} = \frac{d_a}{2} \times (-1 + 23.56) = 11.3 \times d_a (= 146 \text{ mm})$$

(b) CASE2 ( $F=4.5$ ) の場合

$$\ell_e \geq \frac{d_a}{2} \cdot \left\{ -1 + \sqrt{{}_D \sigma_{tL} \times 4.5 / (0.23 \sqrt{\sigma_B})} \right\} = \frac{d_a}{2} \times (-1 + 28.86) = 14.0 \times d_a (= 182 \text{ mm})$$

図 4.5.2.2 スラブ上端筋に使用する

(5) 検討結果：表 4.5.2.1 を参照のこと。

表 4.5.2.1 増設スラブ上端筋の支持梁への定着長さおよびアンカー筋有効埋込み長さ

|                     | 通常定着方法  |   | 接着系あと施工アンカー筋  |                        |   |                        |
|---------------------|---|---|---|------------------------|---|------------------------|
|                     | RC 規 準<br>(1991) <sup>4.5)</sup><br>による場合   | RC 規 準<br>(2010) <sup>4.2)</sup><br>による場合 | ${}_D T_{L1} \leq T_{AL2}$ となる<br>有効埋込み長さ   |                        | ${}_D T_{D1} \leq T_{AL3}$ となる<br>有効埋込み長さ |                        |
|                     |   |   | $F=3.0$   | $F=4.5$                | $F=3.0$                                   | $F=4.5$                |
| 直線定着の場合             | 34.8 $d_b$<br>(453 mm)  | 20.7 $d_b$<br>(270 mm)                    | 9.75 $d_a$<br>(127 mm)  | 14.7 $d_a$<br>(191 mm) | 11.3 $d_a$<br>(146 mm)                    | 14.0 $d_a$<br>(182 mm) |
| 標準フック付き<br>折曲げ定着の場合 | 23.2 $d_b$<br>(302 mm)  | 10.4 $d_b$<br>(135 mm)                    |   |                        |   |                        |
| 備考                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>上端筋は、RC 規準(1991)<sup>4.5)</sup>による定着長さを確保する。</li> <li>下端筋は 10 <math>d_b</math> かつ 150 mm 以上とする。</li> </ul> |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>実験であることから、有効埋込み長さ 12 <math>d_a</math> (156 mm) とする。</li> <li>スラブ下端筋としてのアンカー筋の有効埋込長は 7 <math>d_a</math> (91 mm) とする。</li> <li>実験では、長期許容コーン状破壊耐力 (<math>T_{AL3}</math>) に重なりによる面積の低減を考慮していない。</li> </ul> |                        |   |                        |

4-5-2-3 試験体計画・製作概要

試験体は、新設スラブと既存壁との定着に接着系あと施工アンカーを用いたもの、および既存壁のコンクリートを一部撤去し、所要の定着長さを有する上端筋と下端筋を配筋した後に研り部分にコンクリートを打ち込み、硬化後に新設スラブを作成したものとする。

新設スラブは、1階および2階の北側居室において階高の1/2の位置に設置する。この時、新設スラブが取り付く両側の耐力壁の新設スラブ際に縦方向にスリットを入れて、周囲の壁と切り離し影響を受けないようにする。

新設スラブのコンクリートの目標圧縮強度は、18 N/mm<sup>2</sup>(呼び強度)とした。

新設スラブの配筋リストを表4.5.2.2に示す。

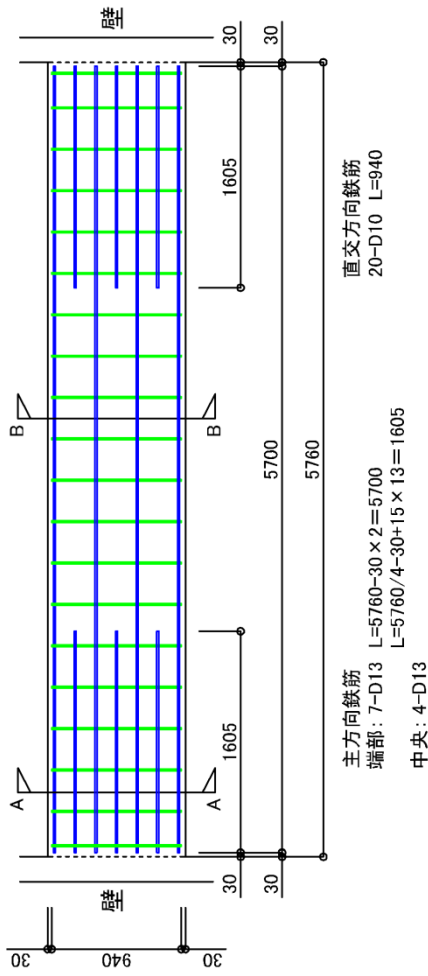
スラブ配筋図を図4.5.2.3、新設スラブと既存壁との接合詳細を図4.5.2.4に示す。

表 4.5.2.2 新設スラブの配筋リスト

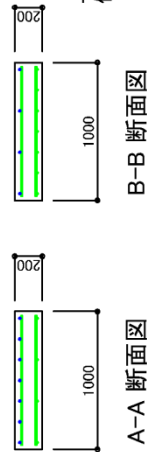
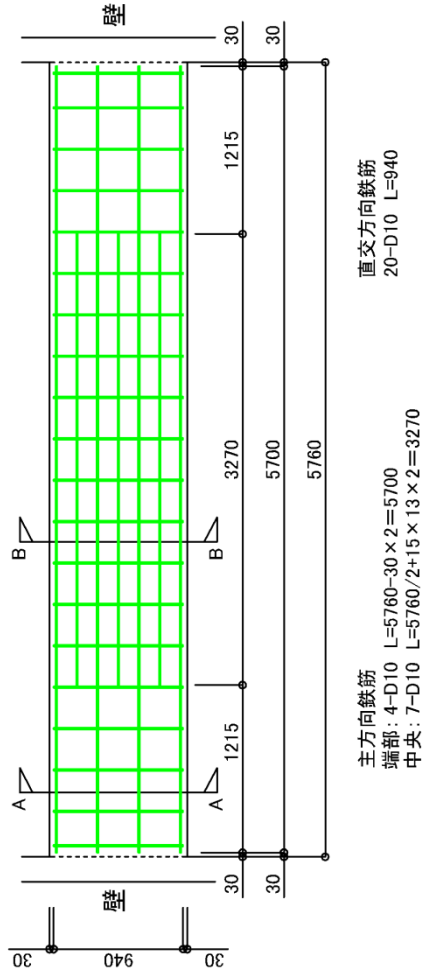
| 板厚  | 位置 | 主筋方向    |         | 配力筋方向   |         |
|-----|----|---------|---------|---------|---------|
|     |    | 端部      | 中央      | 端部      | 中央      |
| 200 | 上  | D13@150 | D13@300 | D10@300 | D10@300 |
|     | 下  | D10@300 | D10@150 | D10@300 | D10@300 |

既存壁および新設スラブの材料試験結果を表4.5.2.3、表4.5.2.4に示す。

上端筋 配筋要領図

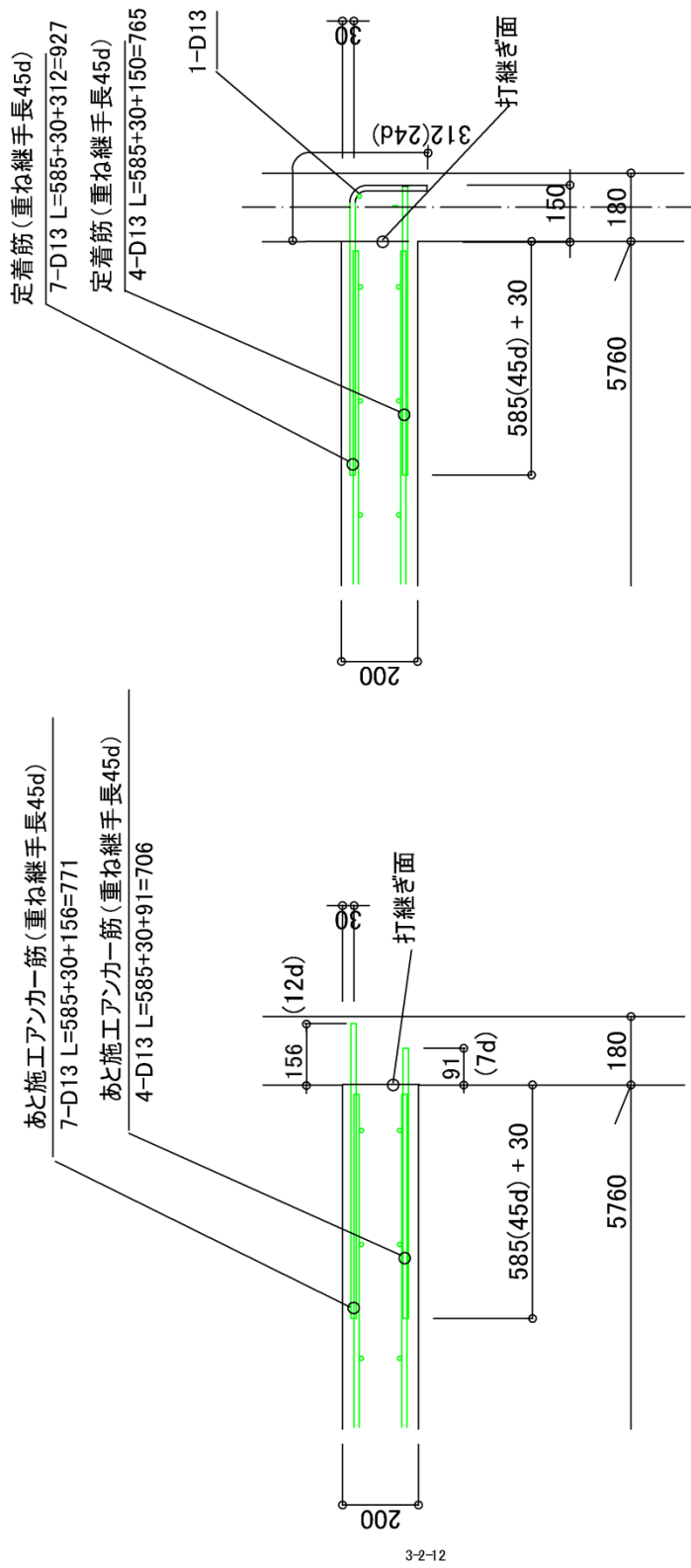


下端筋 配筋要領図



| 符号  | 板厚  | 位置 | 主方向配筋   |         | 直交方向配筋  |         |
|-----|-----|----|---------|---------|---------|---------|
|     |     |    | 端部      | 中央      | 端部      | 中央      |
| 1S1 | 200 | 上端 | D13@150 | D13@300 | D10@300 | D10@300 |
|     |     | 下端 | D10@300 | D10@150 | D10@300 | D10@300 |

図 4.5.2.3 スラブ配筋図



(b) 標準定着試験体

(a) 接着系あと施工アンカー定着試験体

図 4.5.2.4 新設スラブと既存壁との接合詳細

第4章 接着系あと施工アンカーを用いた構造部材の構造性能確認試験

表 4.5.2.3 コンクリート材料試験結果

| No.     | 直径<br>(cm) | 整形後高さ<br>(cm) | 高さ/直径 | 補正係数  | 断面積<br>(cm <sup>2</sup> ) | 質量<br>(g) | かさ比重  | 最大荷重<br>(kN) | 強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 備考  |
|---------|------------|---------------|-------|-------|---------------------------|-----------|-------|--------------|----------------------------|-----|
| 101号室-右 | 7.61       | 15.45         | 2.030 | 1.000 | 45.48                     | 1630      | 2.320 | 161.3        | 35.5                       | 既存壁 |
| 101号室-左 | 7.61       | 15.29         | 2.009 | 1.000 | 45.48                     | 1597      | 2.296 | 145.9        | 32.1                       | 既存壁 |
| 201号室-右 | 7.61       | 15.22         | 2.000 | 1.000 | 45.48                     | 1592      | 2.300 | 128.9        | 28.3                       | 既存壁 |
| 201号室-左 | 7.61       | 15.45         | 2.030 | 1.000 | 45.48                     | 1608      | 2.288 | 190.2        | 41.8                       | 既存壁 |

試験実施日: 2015年12月21日(月)

| No.                  | 直径<br>(cm) | 整形後高さ<br>(cm) | 高さ/直径 | 補正係数  | 断面積<br>(cm <sup>2</sup> ) | 質量<br>(g) | かさ比重  | 最大荷重<br>(kN) | 強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 備考 |
|----------------------|------------|---------------|-------|-------|---------------------------|-----------|-------|--------------|----------------------------|----|
| 18-18-20N<br>1W No.1 | 10.00      | 19.92         | 1.992 | 1.000 | 78.54                     | 3408      | 2.178 | 118.7        | 15.1                       | 壁  |
| 18-18-20N<br>1W No.2 | 10.00      | 19.78         | 1.978 | 1.000 | 78.54                     | 3378      | 2.174 | 123.3        | 15.7                       |    |
| 18-18-20N<br>1W No.3 | 10.00      | 19.97         | 1.997 | 1.000 | 78.54                     | 3405      | 2.171 | 115.9        | 14.8                       |    |

試験実施日: 2015年12月29日(火)

| No.                  | 直径<br>(cm) | 整形後高さ<br>(cm) | 高さ/直径 | 補正係数  | 断面積<br>(cm <sup>2</sup> ) | 質量<br>(g) | かさ比重  | 最大荷重<br>(kN) | 強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 備考  |
|----------------------|------------|---------------|-------|-------|---------------------------|-----------|-------|--------------|----------------------------|-----|
| 18-18-20N<br>1W No.1 | 10.00      | 20.22         | 2.022 | 1.000 | 78.54                     | 3595      | 2.264 | 149.1        | 19.0                       | スラブ |
| 18-18-20N<br>1W No.2 | 10.00      | 20.27         | 2.027 | 1.000 | 78.54                     | 3618      | 2.273 | 138.1        | 17.6                       |     |
| 18-18-20N<br>1W No.3 | 10.00      | 20.27         | 2.027 | 1.000 | 78.54                     | 3615      | 2.271 | 156.3        | 19.9                       |     |

試験実施日: 2016年01月12日(火)

| No.                  | 直径<br>(cm) | 整形後高さ<br>(cm) | 高さ/直径 | 補正係数  | 断面積<br>(cm <sup>2</sup> ) | 質量<br>(g) | かさ比重  | 最大荷重<br>(kN) | 強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 静弾性係数<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 備考 |
|----------------------|------------|---------------|-------|-------|---------------------------|-----------|-------|--------------|----------------------------|-------------------------------|----|
| 18-18-20N<br>4W No.1 | 10.00      | 19.68         | 1.968 | 1.000 | 78.54                     | 3344      | 2.163 | 192.6        | 24.5                       | 2.25                          | 壁  |
| 18-18-20N<br>4W No.2 | 10.00      | 19.84         | 1.984 | 1.000 | 78.54                     | 3380      | 2.169 | 188.6        | 24.0                       | 2.59                          |    |
| 18-18-20N<br>4W No.3 | 10.00      | 19.91         | 1.991 | 1.000 | 78.54                     | 3390      | 2.168 | 195.6        | 24.9                       | 2.31                          |    |

試験実施日: 2016年01月19日(火)

| No.                  | 直径<br>(cm) | 整形後高さ<br>(cm) | 高さ/直径 | 補正係数  | 断面積<br>(cm <sup>2</sup> ) | 質量<br>(g) | かさ比重  | 最大荷重<br>(kN) | 強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 静弾性係数<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 備考  |
|----------------------|------------|---------------|-------|-------|---------------------------|-----------|-------|--------------|----------------------------|-------------------------------|-----|
| 18-18-20N<br>4W No.1 | 10.00      | 19.83         | 1.983 | 1.000 | 78.54                     | 3534      | 2.269 | 226.2        | 28.8                       | 2.79                          | スラブ |
| 18-18-20N<br>4W No.2 | 10.00      | 19.93         | 1.993 | 1.000 | 78.54                     | 3566      | 2.278 | 227.8        | 29.0                       | 3.02                          |     |
| 18-18-20N<br>4W No.3 | 10.00      | 19.78         | 1.978 | 1.000 | 78.54                     | 3544      | 2.281 | 243.8        | 31.0                       | 2.98                          |     |

AVE.= 29.6 2.93

試験実施日: 2016年02月02日(火)

| No.                  | 直径<br>(cm) | 整形後高さ<br>(cm) | 高さ/直径 | 補正係数  | 断面積<br>(cm <sup>2</sup> ) | 質量<br>(g) | かさ比重  | 最大荷重<br>(kN) | 強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 備考  |
|----------------------|------------|---------------|-------|-------|---------------------------|-----------|-------|--------------|----------------------------|-----|
| 18-18-20N<br>6W No.1 | 10.00      | 19.88         | 1.988 | 1.000 | 78.54                     | 3531      | 2.261 | 216.6        | 27.6                       | スラブ |
| 18-18-20N<br>6W No.2 | 10.00      | 19.85         | 1.985 | 1.000 | 78.54                     | 3515      | 2.255 | 237.4        | 30.2                       |     |
| 18-18-20N<br>6W No.3 | 10.00      | 19.87         | 1.987 | 1.000 | 78.54                     | 3522      | 2.257 | 210.2        | 26.8                       |     |

試験実施日: 2016年03月15日(火)

| No.             | 直径<br>(cm) | 整形後高さ<br>(cm) | 高さ/直径 | 補正係数  | 断面積<br>(cm <sup>2</sup> ) | 質量<br>(g) | かさ比重  | 最大荷重<br>(kN) | 強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 備考 |
|-----------------|------------|---------------|-------|-------|---------------------------|-----------|-------|--------------|----------------------------|----|
| 清瀬壁<br>13W No.1 | 10.00      | 20.02         | 2.002 | 1.000 | 78.54                     | 3399      | 2.162 | 199.8        | 25.4                       | 壁  |
| 清瀬壁<br>13W No.2 | 10.00      | 19.93         | 1.993 | 1.000 | 78.54                     | 3429      | 2.191 | 219.8        | 28.0                       |    |
| 清瀬壁<br>13W No.3 | 10.00      | 19.96         | 1.996 | 1.000 | 78.54                     | 3431      | 2.189 | 218.8        | 27.9                       |    |

試験実施日: 2016年03月22日(火)

| No.             | 直径<br>(cm) | 整形後高さ<br>(cm) | 高さ/直径 | 補正係数  | 断面積<br>(cm <sup>2</sup> ) | 質量<br>(g) | かさ比重  | 最大荷重<br>(kN) | 強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 備考  |
|-----------------|------------|---------------|-------|-------|---------------------------|-----------|-------|--------------|----------------------------|-----|
| 清瀬床<br>13W No.1 | 10.00      | 19.92         | 1.992 | 1.000 | 78.54                     | 3522      | 2.251 | 253.4        | 32.3                       | スラブ |
| 清瀬床<br>13W No.2 | 10.00      | 19.82         | 1.982 | 1.000 | 78.54                     | 3507      | 2.253 | 248.0        | 31.6                       |     |
| 清瀬床<br>13W No.3 | 10.00      | 19.87         | 1.987 | 1.000 | 78.54                     | 3553      | 2.277 | 255.6        | 32.5                       |     |

表 4.5.2.3 コンクリート材料試験結果(続き)

| 試験実施日:2016年06月13日(月) |            |               |       |       |                           |           |       |              |                            |                               | ※静弾性係数は×10 <sup>4</sup> N/mm <sup>2</sup> |
|----------------------|------------|---------------|-------|-------|---------------------------|-----------|-------|--------------|----------------------------|-------------------------------|---|
| No.                  | 直径<br>(cm) | 整形後高さ<br>(cm) | 高さ/直径 | 補正係数  | 断面積<br>(cm <sup>2</sup> ) | 質量<br>(g) | かさ比重  | 最大荷重<br>(kN) | 強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 静弾性係数<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 備考  |
| 清瀬壁<br>26W No.1      | 10.00      | 19.12         | 1.912 | 1.000 | 78.54                     | 3279      | 2.184 | 237.4        | 30.2                       | 2.67                          | 壁   |
| 清瀬壁<br>26W No.2      | 10.00      | 19.02         | 1.902 | 1.000 | 78.54                     | 3284      | 2.198 | 256.0        | 32.6                       | 2.63                          |   |
| 清瀬壁<br>26W No.3      | 10.00      | 18.98         | 1.898 | 0.992 | 78.54                     | 3260      | 2.187 | 246.2        | 31.1                       | 2.75                          |   |
| AVE=                 |            |               |       |       |                           |           |       |              | 36.6                       | 3.00                          |   |
| 試験実施日:2016年06月20日(月) |            |               |       |       |                           |           |       |              |                            |                               | ※静弾性係数は×10 <sup>4</sup> N/mm <sup>2</sup> |
| No.                  | 直径<br>(cm) | 整形後高さ<br>(cm) | 高さ/直径 | 補正係数  | 断面積<br>(cm <sup>2</sup> ) | 質量<br>(g) | かさ比重  | 最大荷重<br>(kN) | 強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 静弾性係数<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 備考  |
| 清瀬床<br>26W No.1      | 10.00      | 19.89         | 1.989 | 1.000 | 78.54                     | 3517      | 2.251 | 287.0        | 36.5                       | 2.90                          | スラブ                                       |
| 清瀬床<br>26W No.2      | 10.00      | 19.88         | 1.988 | 1.000 | 78.54                     | 3531      | 2.261 | 294.2        | 37.5                       | 3.05                          |   |
| 清瀬床<br>26W No.3      | 10.00      | 19.77         | 1.977 | 1.000 | 78.54                     | 3501      | 2.255 | 281.4        | 35.8                       | 3.04                          |   |
| AVE=                 |            |               |       |       |                           |           |       |              | 36.6                       | 3.00                          |   |
| 試験実施日:2016年12月12日(月) |            |               |       |       |                           |           |       |              |                            |                               | ※静弾性係数は×10 <sup>4</sup> N/mm <sup>2</sup> |
| No.                  | 直径<br>(cm) | 整形後高さ<br>(cm) | 高さ/直径 | 補正係数  | 断面積<br>(cm <sup>2</sup> ) | 質量<br>(g) | かさ比重  | 最大荷重<br>(kN) | 強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 静弾性係数<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 備考  |
| 清瀬壁<br>52W No.1      | 10.00      | 19.85         | 1.985 | 1.000 | 78.54                     | 3414      | 2.190 | 263.5        | 33.5                       | 2.93                          | 壁   |
| 清瀬壁<br>52W No.2      | 10.00      | 19.97         | 1.997 | 1.000 | 78.54                     | 3412      | 2.175 | 264.6        | 33.7                       | 2.85                          |   |
| 清瀬壁<br>52W No.3      | 10.00      | 19.89         | 1.989 | 1.000 | 78.54                     | 3417      | 2.187 | 270.6        | 34.5                       | 2.97                          |   |
| AVE=                 |            |               |       |       |                           |           |       |              | 36.6                       | 3.00                          |   |
| 試験実施日:2016年12月28日(水) |            |               |       |       |                           |           |       |              |                            |                               | ※静弾性係数は×10 <sup>4</sup> N/mm <sup>2</sup> |
| No.                  | 直径<br>(cm) | 整形後高さ<br>(cm) | 高さ/直径 | 補正係数  | 断面積<br>(cm <sup>2</sup> ) | 質量<br>(g) | かさ比重  | 最大荷重<br>(kN) | 強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 静弾性係数<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 備考  |
| 清瀬床<br>53W No.1      | 10.00      | 19.89         | 1.989 | 1.000 | 78.54                     | 3466      | 2.219 | 311.2        | 39.6                       | 2.85                          | スラブ                                       |
| 清瀬床<br>53W No.2      | 10.00      | 19.79         | 1.979 | 1.000 | 78.54                     | 3478      | 2.238 | 308.7        | 39.3                       | 3.07                          |   |
| 清瀬床<br>53W No.3      | 10.00      | 19.96         | 1.996 | 1.000 | 78.54                     | 3522      | 2.247 | 325.0        | 41.4                       | 3.19                          |   |
| AVE=                 |            |               |       |       |                           |           |       |              | 36.6                       | 3.00                          |   |

壁コンクリート打設日:2015年12月14日(月)  
床コンクリート打設日:2015年12月22日(火)

表 4.5.2.4 鉄筋材料試験結果

|  | 異形鉄筋D10 (SD295) |       |       | 異形鉄筋D13 (SD295) |       |       |
|--|-----------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|
|  | I               | II    | III   | I               | II    | III   |
| 公称直径(mm)                                   | 9.53            | 9.53  | 9.53  | 12.7            | 12.7  | 12.7  |
| 公称断面積(mm <sup>2</sup> )                    | 71.33           | 71.33 | 71.33 | 126.7           | 126.7 | 126.7 |
| 上降伏荷重(N)                                   | 27320           | 27180 | 26790 | 46270           | 45890 | 46680 |
| 上降伏点応力(N/mm <sup>2</sup> )                 | 383.0           | 381.0 | 375.6 | 365.2           | 362.2 | 368.4 |
| 下降伏荷重(N)                                   | 26180           | 26030 | 25990 | 44760           | 44380 | 44780 |
| 下降伏点応力(N/mm <sup>2</sup> )                 | 367.0           | 364.9 | 364.4 | 353.3           | 350.3 | 353.4 |
| 最大荷重(N)                                    | 36050           | 35600 | 35550 | 62200           | 62500 | 62600 |
| 引張強さ(N/mm <sup>2</sup> )                   | 505.4           | 499.1 | 498.4 | 490.9           | 493.3 | 494.1 |
| 標点間距離(mm)                                  | 91.7            | 92.8  | 91.6  | 101.1           | 102.2 | 101.1 |
| 試験後標点間距離(mm)                               | 110.2           | 109.9 | 108.2 | 120.4           | 122.3 | 121.5 |
| 破断伸び(%)                                    | 20.2            | 18.4  | 18.1  | 19.1            | 19.6  | 20.2  |
| 静弾性係数(×10 <sup>5</sup> N/mm <sup>2</sup> ) | 2.10            | 1.95  | 1.73  | 1.74            | 1.78  | 1.69  |
| 破断箇所                                       | A               | A     | A     | A               | A     | A     |

接着系あと施工アンカー施工時の穿孔穴径, 深さ, アンカー筋長さ, 埋込み長さ, 勾配を表 4.5.2.5 に示す。

表 4.5.2.5 接着系あと施工アンカー施工時の穿孔穴径，深さ，アンカー筋長さ，埋込み長さ，勾配

単位: mm

| 201号室: 妻側<br>番号は、手前(南)から | 上端筋  |      |      |      |      |      |      | 下端筋  |      |      |      |  |
|--------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
|                          | E1   | E2   | E3   | E4   | E5   | E6   | E7   | E8   | E9   | E10  | E11  |  |
| 内径奥(平行)                  | 14.6 | 14.4 | 13.7 | 14.4 | 14.0 | 14.2 | 14.7 | 14.8 | 14.6 | 14.7 | 14.2 |  |
| 内径奥(直角)                  | 15.5 | 15.6 | 14.5 | 15.2 | 14.1 | 14.3 | 15.2 | 13.9 | 13.7 | 14.6 | 14.4 |  |
| 内径手前(平行)                 | 16.1 | 16.4 | 16.2 | 16.3 | 16.1 | 16.0 | 15.9 | 16.0 | 16.1 | 15.7 | 16.5 |  |
| 内径手前(直角)                 | 16.3 | 15.9 | 15.8 | 16.1 | 16.4 | 16.1 | 16.1 | 16.6 | 19.7 | 16.0 | 16.1 |  |

単位: mm

| 深さ | E1    | E2    | E3    | E4    | E5    | E6    | E7    | E8   | E9    | E10   | E11  |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|------|
|    | 167.5 | 166.0 | 162.4 | 162.3 | 162.2 | 161.3 | 161.4 | 97.4 | 101.2 | 101.3 | 98.8 |

単位: °

| 勾配        | E1   | E2   | E3   | E4   | E5   | E6   | E7   | E8   | E9   | E10  | E11  |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| スラブ面に平行方向 | 90.3 | 92.0 | 95.2 | 95.3 | 93.4 | 91.3 | 92.4 | 93.5 | 92.3 | 91.3 | 94.4 |
| スラブ面に直角方向 | 92.2 | 90.4 | 92.2 | 90.1 | 91.4 | 92.2 | 89.1 | 91.2 | 93.1 | 92.2 | 89.5 |

単位: mm

|           | E1  | E2  | E3  | E4  | E5  | E6  | E7  | E8  | E9  | E10 | E11 |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| アンカー筋の全長  | 775 | 776 | 775 | 774 | 773 | 774 | 774 | 710 | 710 | 710 | 711 |
| アンカー筋の出長さ | 612 | 623 | 615 | 613 | 619 | 616 | 629 | 614 | 613 | 612 | 615 |
| 埋め込み長さ    | 163 | 153 | 160 | 161 | 154 | 158 | 145 | 96  | 97  | 98  | 96  |

単位: °

| アンカー筋勾配   | E1   | E2   | E3   | E4   | E5   | E6   | E7   | E8  | E9  | E10 | E11 |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| スラブ面に平行方向 | ---  | ---  | ---  | ---  | ---  | ---  | ---  | --- | --- | --- | --- |
| スラブ面に直角方向 | 89.7 | 89.6 | 89.7 | 89.8 | 90.3 | 89.3 | 88.2 | --- | --- | --- | --- |

測定不可

単位: mm

| 201号室: 階段側<br>番号は、手前(南)から | 上端筋  |      |      |      |      |      |      | 下端筋  |      |      |      |  |
|---------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
|                           | W1   | W2   | W3   | W4   | W5   | W6   | W7   | W8   | W9   | W10  | W11  |  |
| 内径奥(平行)                   | 14.2 | 14.6 | 14.5 | 14.6 | 14.8 | 14.3 | 13.9 | 14.6 | 13.6 | 14.4 | 13.9 |  |
| 内径奥(直角)                   | 15.2 | 14.4 | 14.6 | 15.2 | 14.7 | 14.2 | 12.8 | 15.1 | 15.9 | 15.2 | 12.8 |  |
| 内径手前(平行)                  | 16.3 | 16.3 | 15.9 | 16.9 | 16.4 | 16.3 | 16.1 | 15.9 | 16.1 | 16.1 | 15.6 |  |
| 内径手前(直角)                  | 16.4 | 16.1 | 16.2 | 19.5 | 20.0 | 16.4 | 18.0 | 15.7 | 16.3 | 15.8 | 15.2 |  |

ゲージ                      ゲージ

単位: mm

| 深さ | W1    | W2    | W3    | W4 | W5    | W6 | W7    | W8   | W9   | W10   | W11  |
|----|-------|-------|-------|----|-------|----|-------|------|------|-------|------|
|    | 163.4 | 169.4 | 166.4 | 貫通 | 168.2 | 貫通 | 161.2 | 99.1 | 99.9 | 100.2 | 97.1 |

貫通: アンカー筋の抜け出し測定のため、せん孔穴を貫通して開けた

単位: °

| 勾配        | W1   | W2   | W3   | W4   | W5   | W6   | W7   | W8   | W9   | W10  | W11  |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| スラブ面に平行方向 | 96.1 | 92.6 | 95.3 | 91.5 | 92.1 | 92.6 | 92.3 | 93.5 | 95.2 | 94.4 | 98.1 |
| スラブ面に直角方向 | 93.2 | 91.3 | 90.6 | 91.5 | 91.4 | 92.3 | 87.6 | 91.5 | 92.5 | 90.4 | 88.5 |

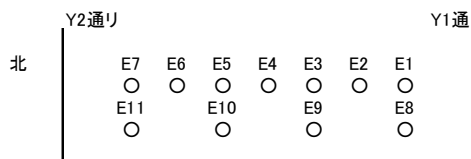
単位: mm

|           | W1  | W2  | W3  | W4  | W5  | W6  | W7  | W8  | W9  | W10 | W11 |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| アンカー筋の全長  | 773 | 775 | 776 | 776 | 774 | 776 | 773 | 710 | 711 | 710 | 710 |
| アンカー筋の出長さ | 617 | 623 | 620 | 616 | 628 | 623 | 618 | 613 | 614 | 622 | 615 |
| 埋め込み長さ    | 156 | 152 | 156 | 160 | 146 | 153 | 155 | 97  | 97  | 88  | 95  |

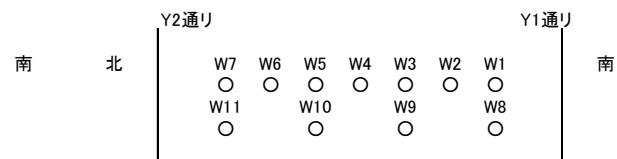
単位: °

| アンカー筋勾配   | W1   | W2   | W3   | W4   | W5   | W6   | W7  | W8  | W9  | W10 | W11 |
|-----------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| スラブ面に平行方向 | ---  | ---  | ---  | ---  | ---  | ---  | --- | --- | --- | --- | --- |
| スラブ面に直角方向 | 91.4 | 91.5 | 91.8 | 88.3 | 90.4 | 89.7 | 91  | --- | --- | --- | --- |

測定不可



201号室 妻側



201号室 階段側

4-5-2-4 加力・計測方法

(1) スラブたわみと壁回転量測定

1階および2階に新設したスラブのたわみを，変位計を取り付けた測定用ビームを設置し測定する。(図4.5.2.5参照)

測定項目は，スラブの鉛直・水平変位，既存壁の水平変位，アンカー筋の拔出し量とする。(図4.5.2.6, 図4.5.2.7参照)

測定位置番号と測定変位を以下に示す。

- ①～⑥ スラブの鉛直変位
- ⑦・⑧ 壁の水平変位
- ⑨・⑩ スラブの壁からの鉛直変位
- ⑪～⑱ 壁の水平変位(階段室壁：南側⑪・⑬ 北側⑮・⑰，妻壁：南側⑫・⑭ 北側⑯・⑱)
- ⑲・⑳ 壁間の水平変位
- ㉑・㉒ アンカー筋の拔出し(201号室，階段室側)
- ㉓～㉖ 壁のスラブからの水平変位(201号室㉓・㉔ 101号室㉕・㉖)

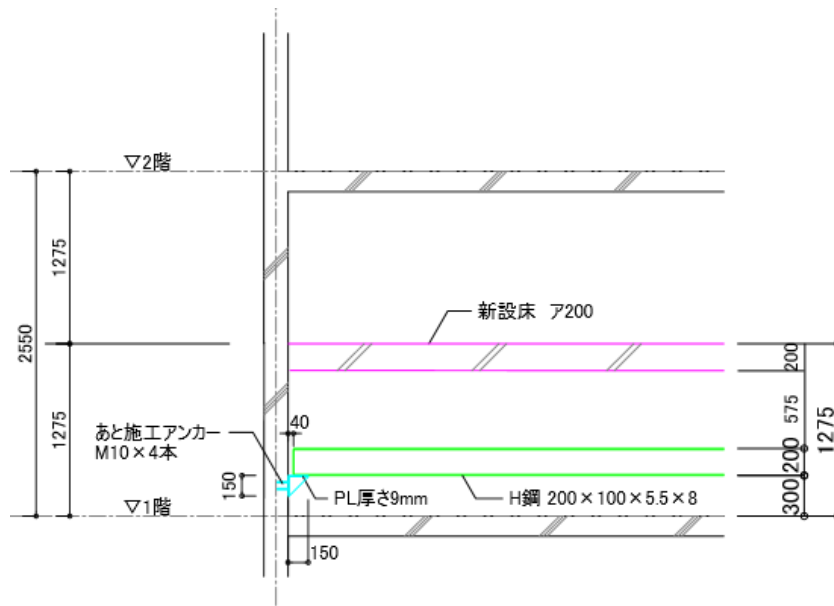


図 4.5.2.5 測定用ビーム設置位置

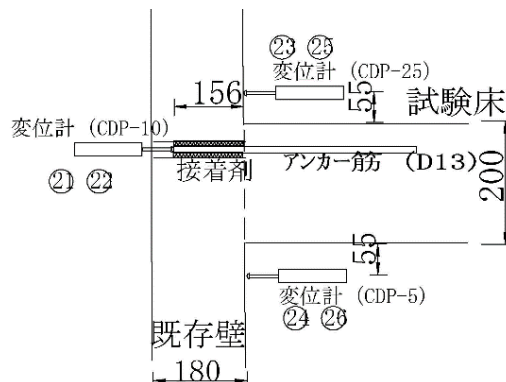


図 4.5.2.6 アンカー筋の拔出し量測定図(201号室，階段室側)



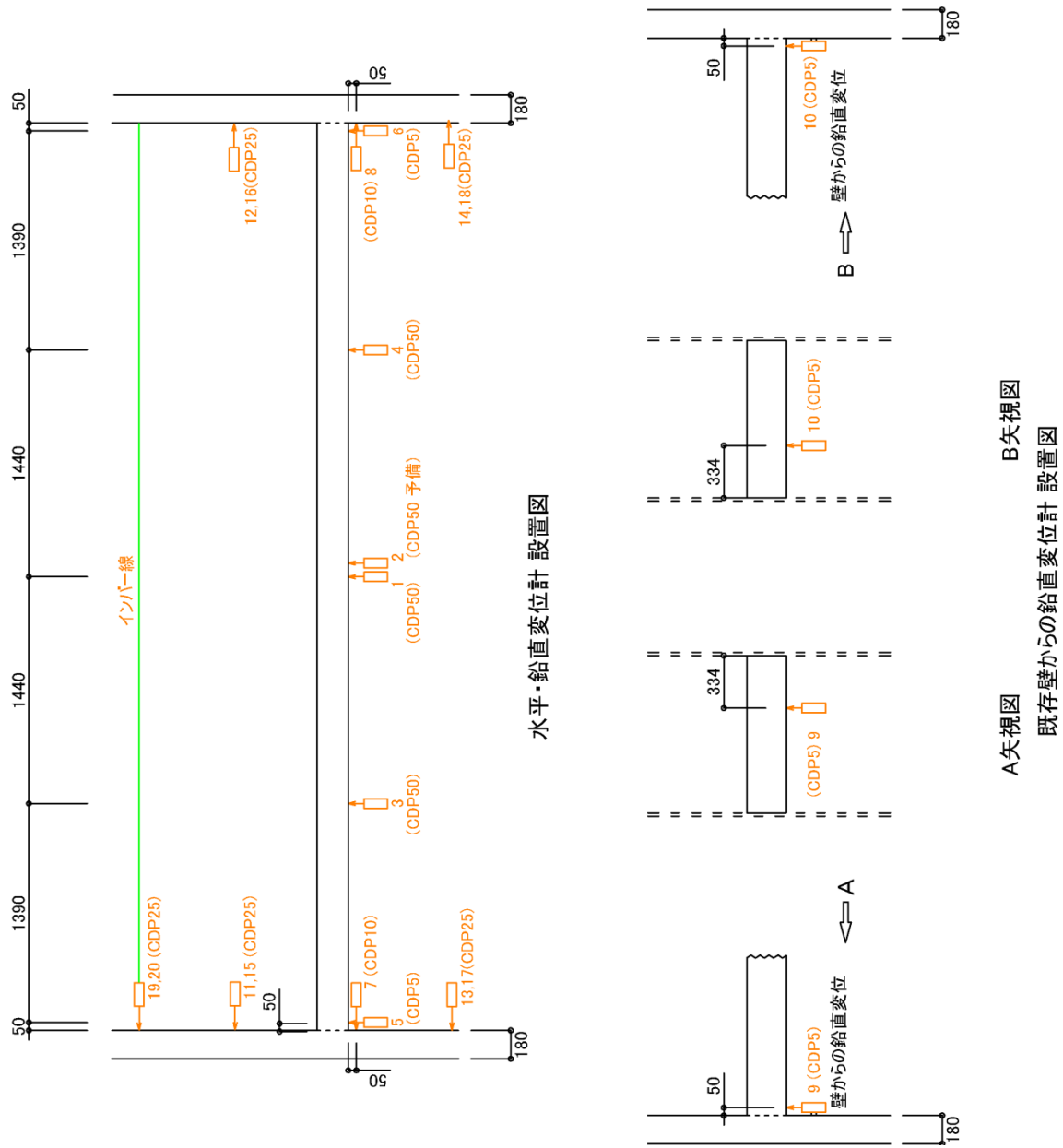


図 4.5.2.7 水平・鉛直変位測定位置図

(2) 鉄筋ひずみ

スラブ筋，アンカー筋および定着筋のひずみの測定を行う。

鉄筋のひずみ測定位置を図4.5.2.8～図4.5.2.10に示す。

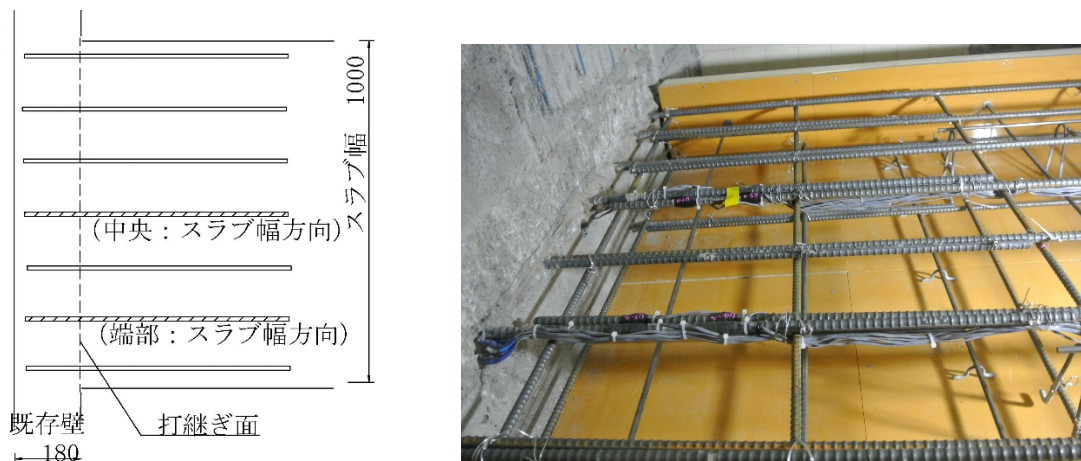


図4.5.2.8 アンカー筋および定着筋のひずみ測定位置(平面図，写真)

スラブ振動，乾燥収縮，コンクリート強度の測定，およびひび割れの観測を，定期的を実施する。

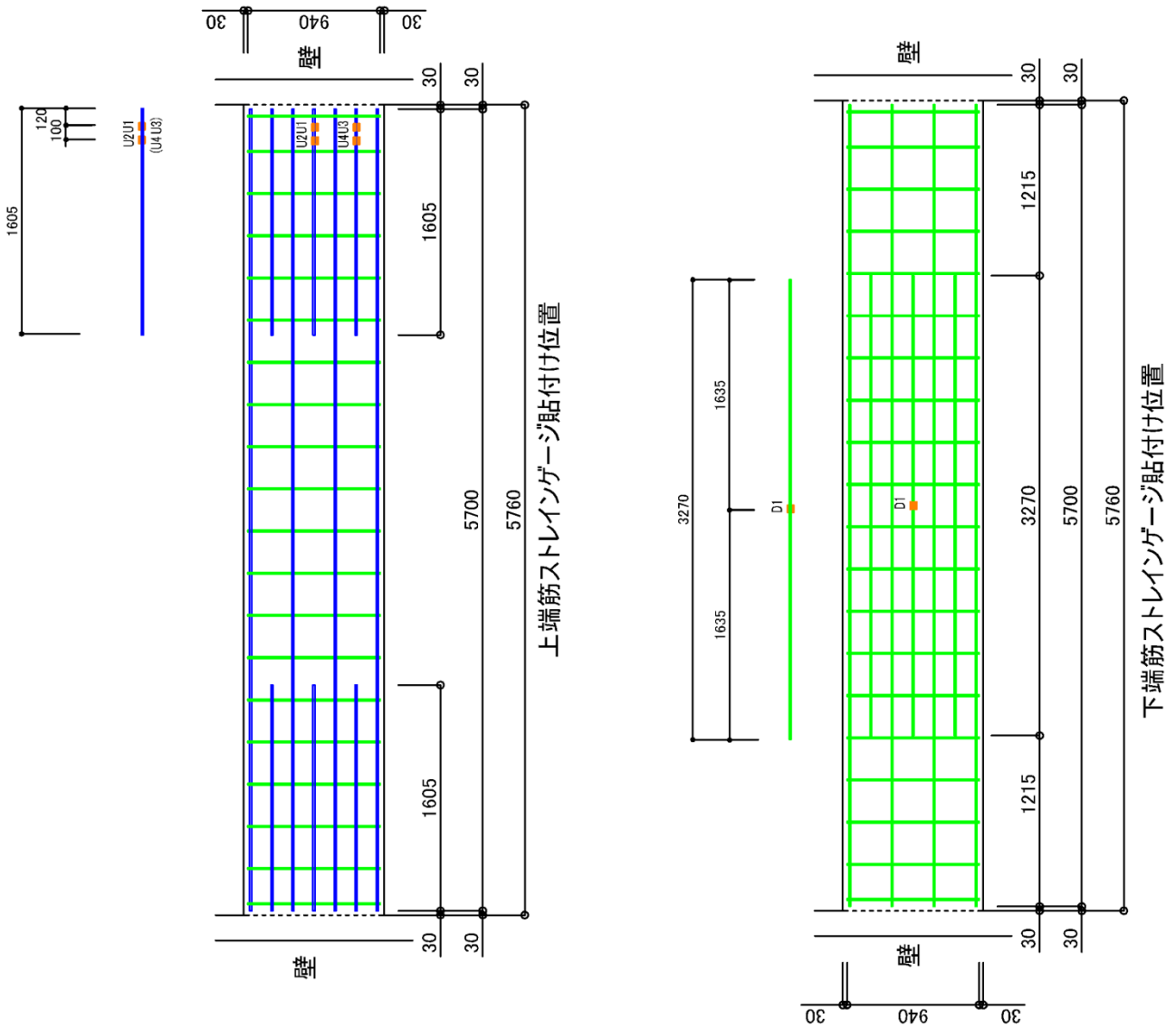


図 4.5.2.9 鉄筋(スラブ筋)ひずみ測定位置図

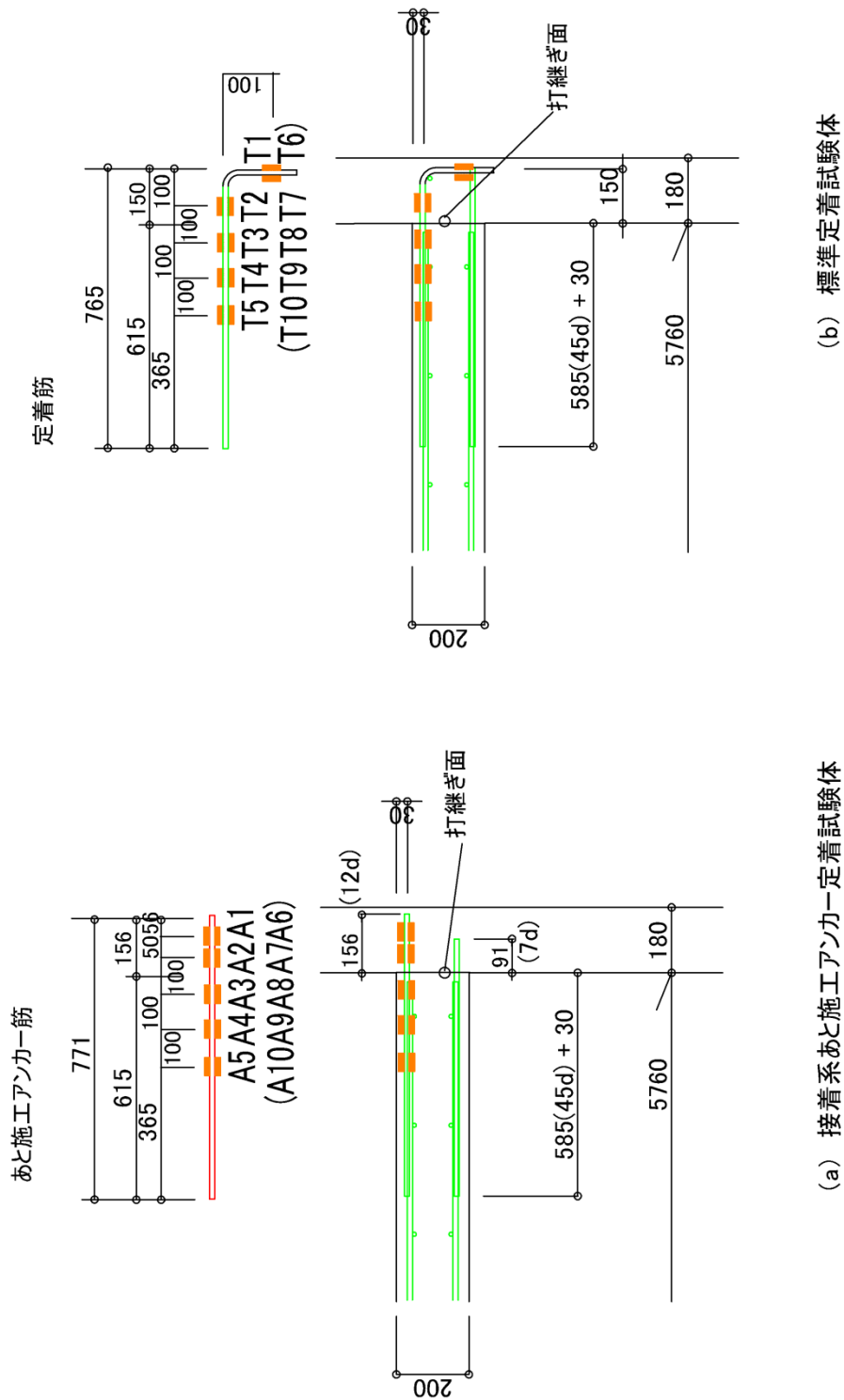


図 4.5.2.10 鉄筋(あと施工アンカー筋, 定着筋)ひずみ測定位置図

4-5-3 実験経過

実験の経過報告として、床底板の型枠脱型を行った2016年1月29日から2018年1月31日(経過日数：733日)までの実験結果を以下に示す。

4-5-3-1 試験体の変形

201, 101号室の中央のたわみ量を図4.5.3.1に、あと施工アンカー筋の抜出し(201号室, 階段室側)を図4.5.3.2に示す。両端固定の一方向スラブの計算値(1.07 mm)を示す。計算値に用いたコンクリートの静弾性係数は、材令4週の結果(2.93×10<sup>4</sup> N/mm<sup>2</sup>)とした。

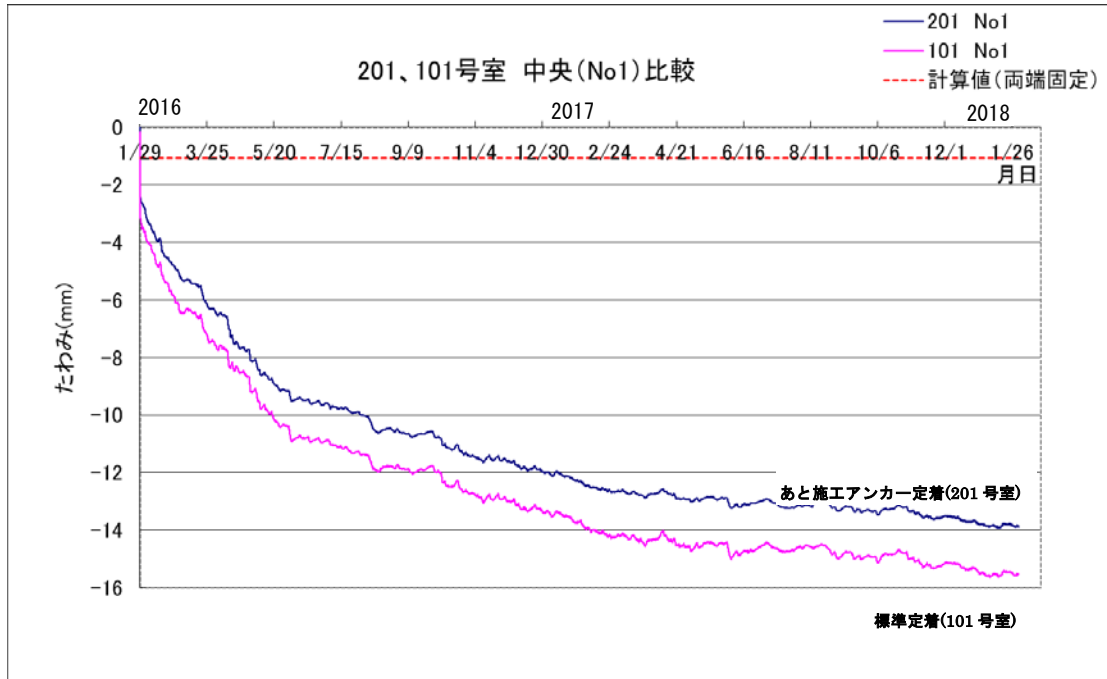


図 4.5.3.1 201, 101号室の中央のたわみ量

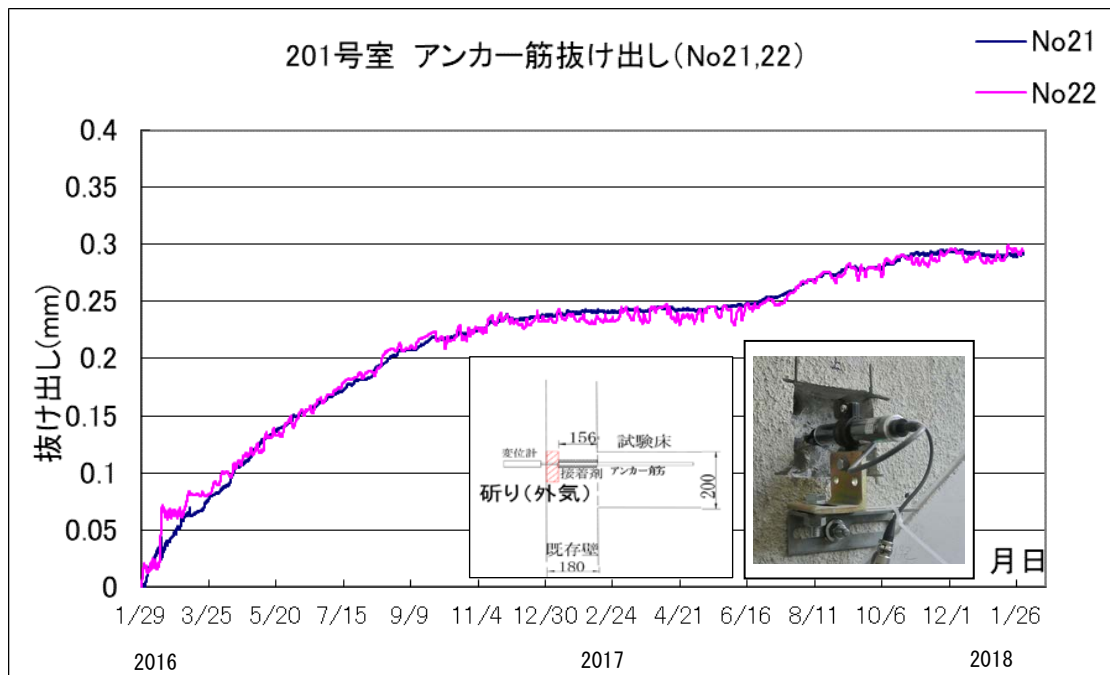


図 4.5.3.2 あと施工アンカー筋の抜出し(201号室, 階段室側)

試験 201, 101 号室のたわみ分布を図 5.2.3.3 に示す。

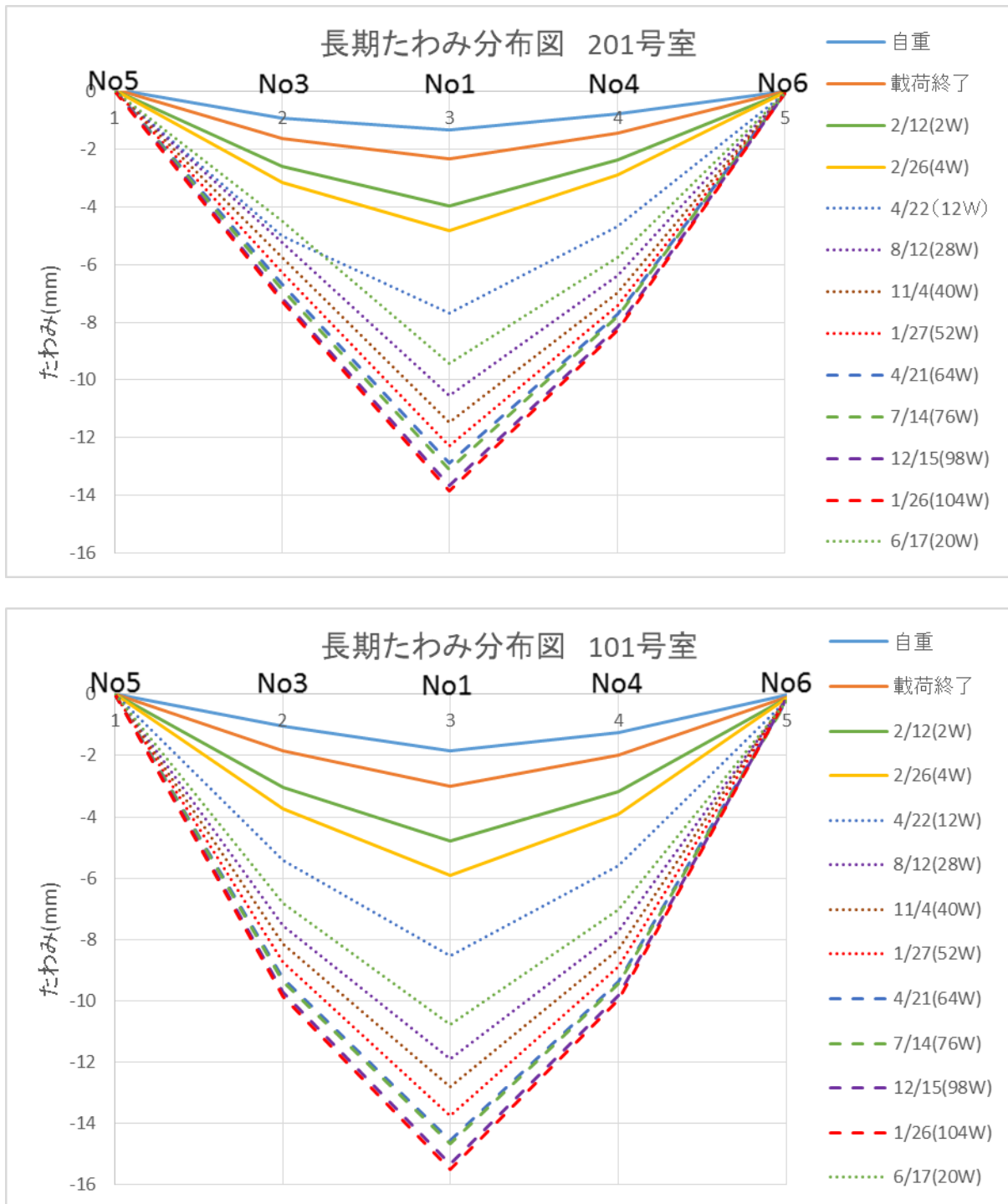
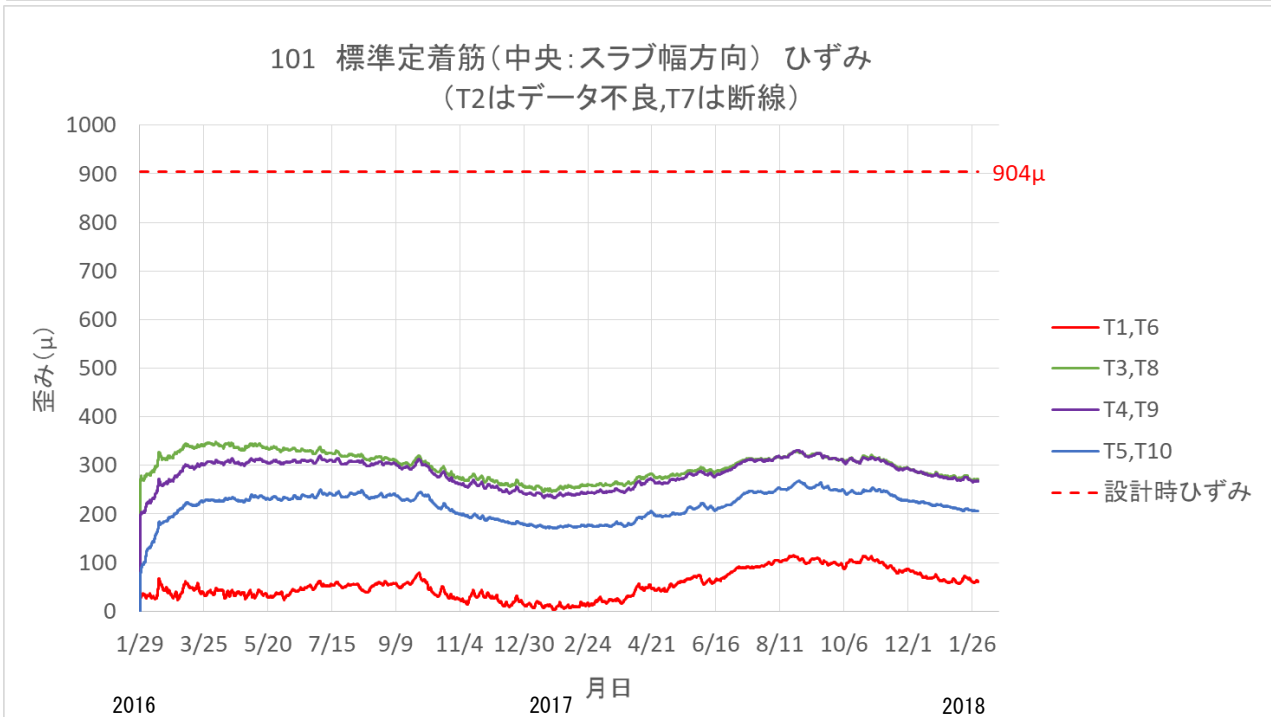
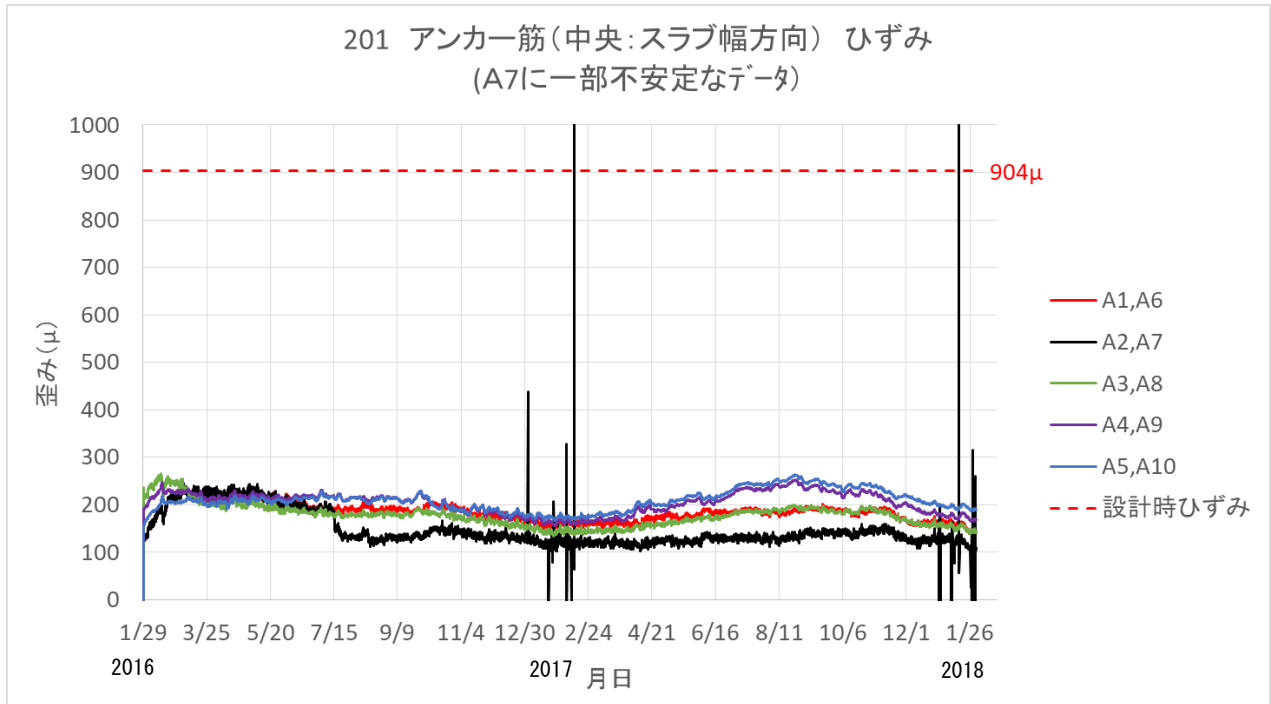


図 4.5.3.3 201, 101 号室のたわみ分布

4-5-3-2 あと施工アンカー筋および定着筋のひずみ

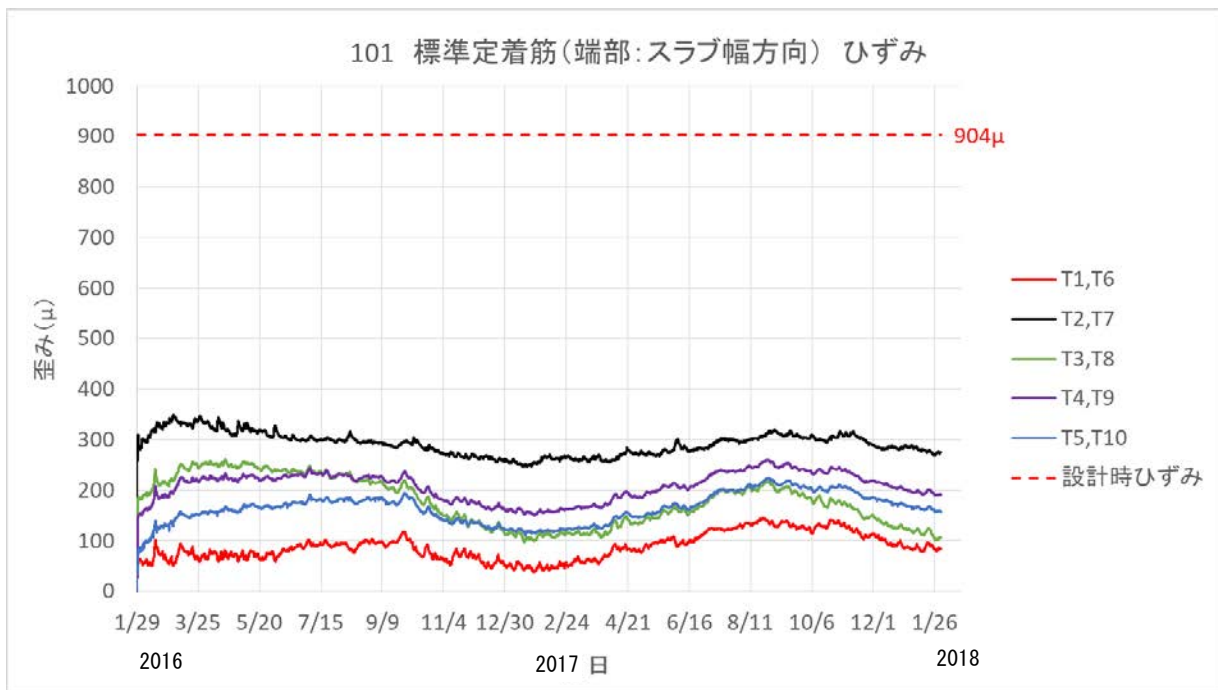
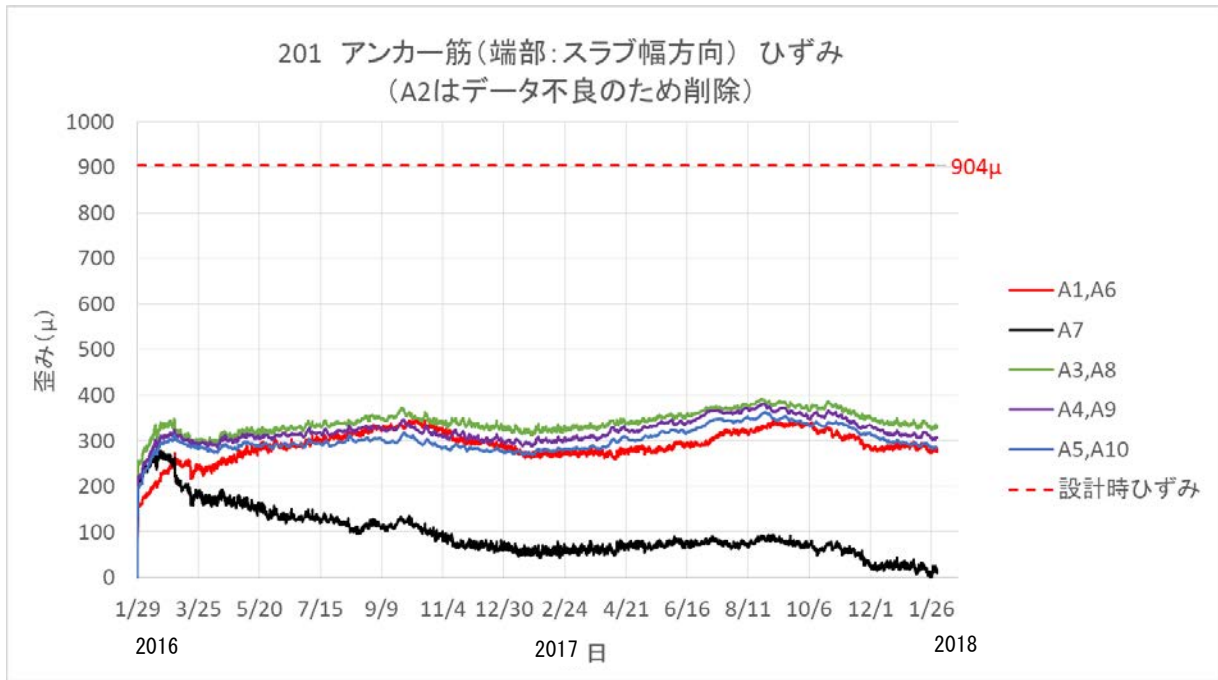
201号室のあと施工アンカー筋および101号室の標準定着筋のひずみを図4.5.3.4, 図4.5.3.5に示す。ひずみは、各ひずみ測定位置の上下に貼りつけたゲージの平均とした。

あと施工アンカー筋および標準定着筋の設計時ひずみ(904 $\mu$ )の算定は4-5-4-6項に示す。



(中央:スラブ幅方向)

図4.5.3.4 201号室のあと施工アンカー筋および101号室の標準定着筋のひずみ



(端部:スラブ幅方向)

図 4.5.3.5 201号室のあと施工アンカー筋および101号室の標準定着筋のひずみ



4-5-3-3 試験体のひび割れ

201, 101号室のひび割れ図を図4.5.3.6, 図4.5.3.7に示す。

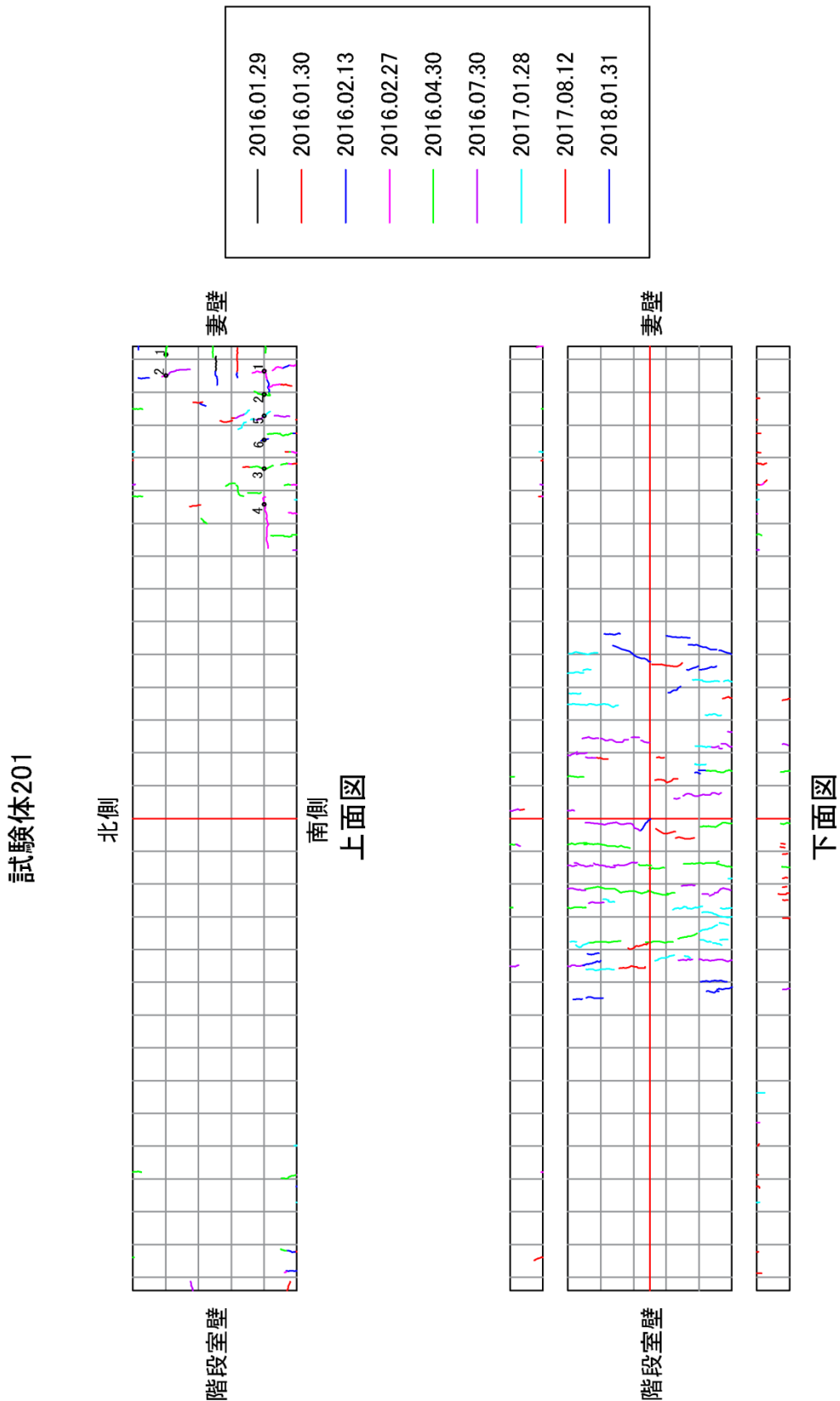


図4.5.3.6 201号室 ひび割れ図

試験体101

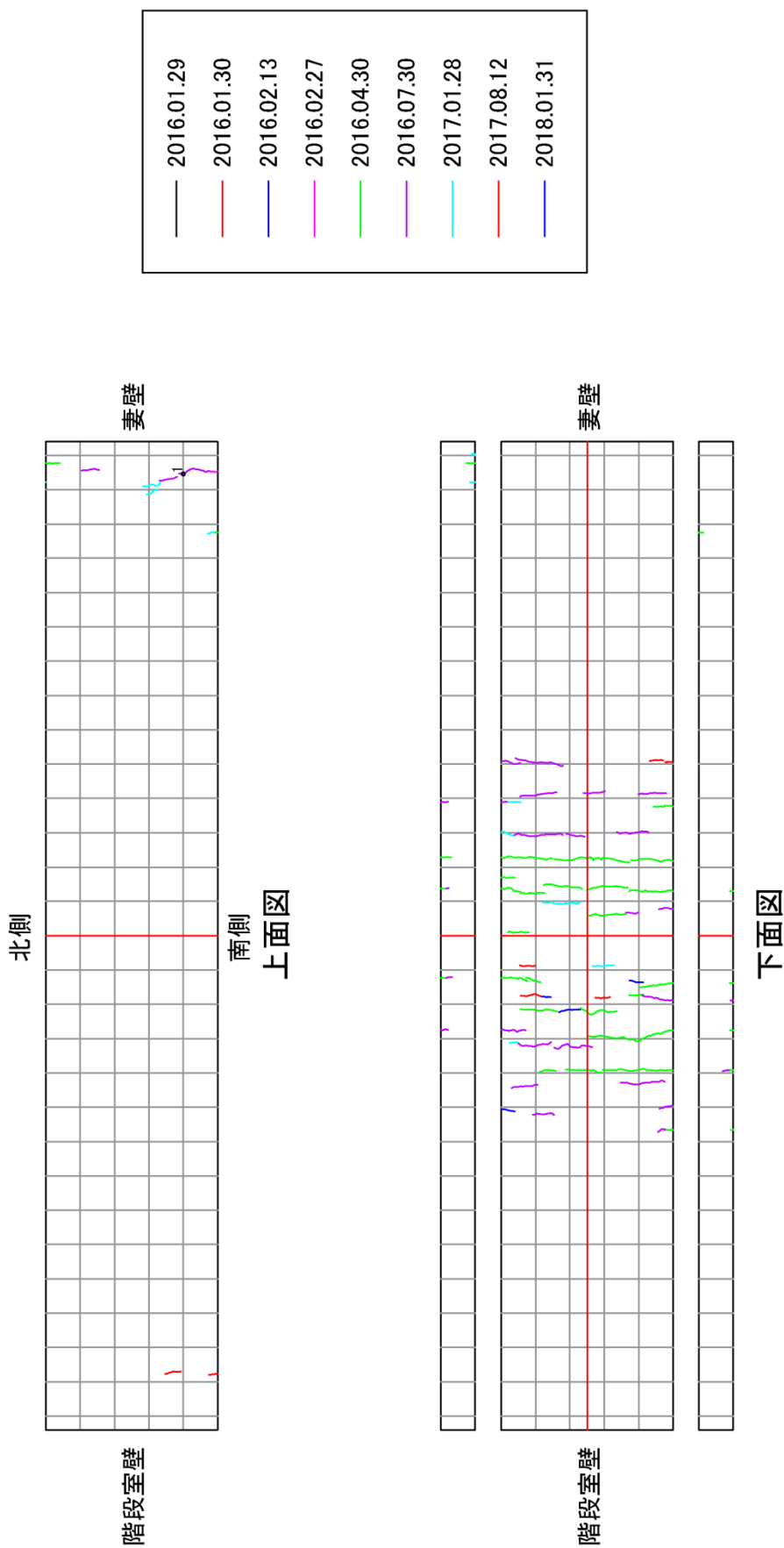


図 4.5.3.7 101号室 ひび割れ図

201号室および101号室のひび割れ幅を、デジタルマイクロスコープを用いて測定を行った。測定位置は、201号室では妻壁の南側(測定位置1~6)および北側(測定位置1, 2)と、101号室では妻壁の南側(測定位置1)を、ひび割れ測定を行った日に測定した。

測定位置を、図4.5.3.6、図4.5.3.7に示す。ひびわれ幅の測定経過の一覧を表4.5.3.1に示す。デジタルマイクロスコープを用いて撮影した画像例(201号室 妻壁 南側 測定位置1)を写真4.5.3.1に示す。ひびわれ幅は、専用ソフトを用いて各画像で5ヶ所ずつ計り平均値とした。

表4.5.3.1 ひびわれ幅の測定経過の一覧 (単位: mm)

| 201号室 妻壁 南側 |           |           |           |           |           |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 測定位置        | 測定日       |           |           |           |           |
|             | 2016/4/30 | 2016/7/30 | 2017/1/28 | 2017/8/12 | 2018/1/31 |
| 1           | 0.05      | 0.04      | 0.06      | 0.06      | 0.06      |
| 2           | 0.04      | 0.03      | 0.05      | 0.04      | 0.05      |
| 3           | 0.04      | 0.04      | 0.04      | 0.04      | 0.04      |
| 4           | 0.05      | 0.04      | 0.04      | 0.05      | 0.04      |
| 5           | ----      | ----      | ----      | 0.05      | 0.05      |
| 6           | ----      | ----      | ----      | ----      | 0.05      |

| 201号室 妻壁 北側 |           |           |           |           |           |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 測定位置        | 測定日       |           |           |           |           |
|             | 2016/4/30 | 2016/7/30 | 2017/1/28 | 2017/8/12 | 2018/1/31 |
| 1           | ----      | 0.05      | 0.06      | 0.05      | 0.04      |
| 2           | ----      | 0.03      | 0.04      | 0.04      | 0.04      |

| 101号室 妻壁 南側 |           |           |           |           |           |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 測定位置        | 測定日       |           |           |           |           |
|             | 2016/4/30 | 2016/7/30 | 2017/1/28 | 2017/8/12 | 2018/1/31 |
| 1           | ----      | 0.04      | 0.05      | 0.04      | 0.04      |

201号室および101号室の既存壁と試験床との打継面に生じた目開きの幅を、クラックスケール等を用いて測定を行った。測定位置は、201号室および101号室の階段室側壁と妻側壁の南側および北側各1箇所を、ひび割れ測定を行った日に測定した。

打ち継ぎ面の目開き幅の測定経過一覧を表4.5.3.2に示す。

表4.5.3.2 打ち継ぎ面の目開き幅 測定経過一覧(単位: mm)

| 201号室 |    |           |           |           |           |
|-------|----|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 測定位置  |    | 測定日       |           |           |           |
|       |    | 2016/7/30 | 2017/1/28 | 2017/8/12 | 2018/1/31 |
| 階段室壁  | 南側 | 0.7       | 0.8       | 0.8       | 0.9       |
|       | 北側 | 0.9       | 0.9       | 1.0       | 1.1       |

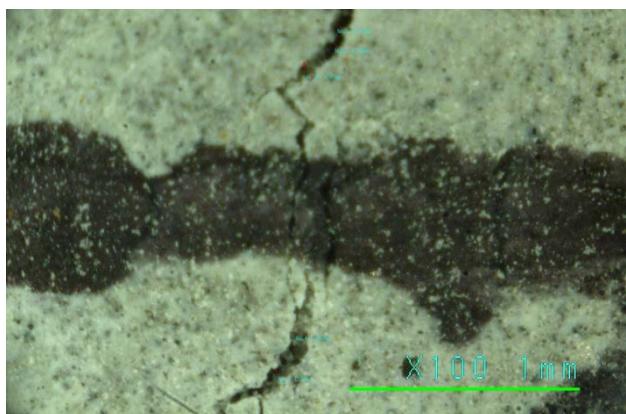
| 201号室 |    |           |           |           |           |
|-------|----|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 測定位置  |    | 測定日       |           |           |           |
|       |    | 2016/7/30 | 2017/1/28 | 2017/8/12 | 2018/1/31 |
| 妻壁    | 南側 | 0.4       | 0.5       | 0.5       | 0.6       |
|       | 北側 | 0.3       | 0.4       | 0.4       | 0.4       |

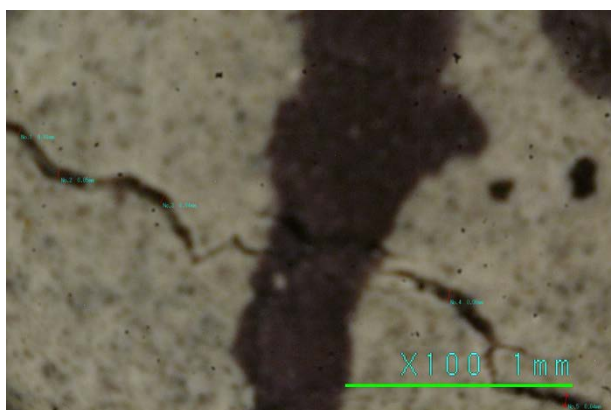
| 101号室 |    |           |           |           |           |
|-------|----|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 測定位置  |    | 測定日       |           |           |           |
|       |    | 2016/7/30 | 2017/1/28 | 2017/8/12 | 2018/1/31 |
| 階段室壁  | 南側 | 0.3       | 0.4       | 0.5       | 0.6       |
|       | 北側 | 0.3       | 0.3       | 0.4       | 0.5       |

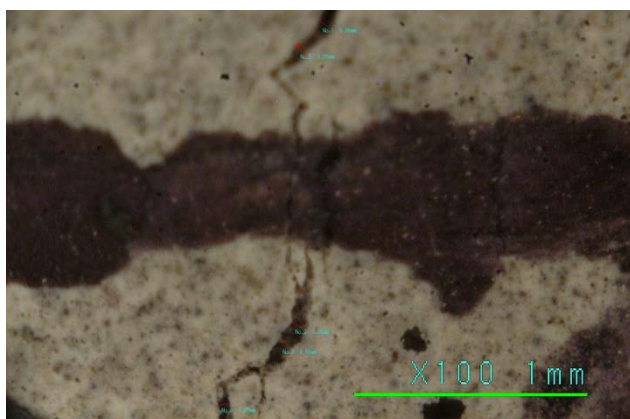
| 101号室 |    |           |           |           |           |
|-------|----|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 測定位置  |    | 測定日       |           |           |           |
|       |    | 2016/7/30 | 2017/1/28 | 2017/8/12 | 2018/1/31 |
| 妻壁    | 南側 | 0.4       | 0.4       | 0.5       | 0.6       |
|       | 北側 | 0.4       | 0.4       | 0.4       | 0.4       |



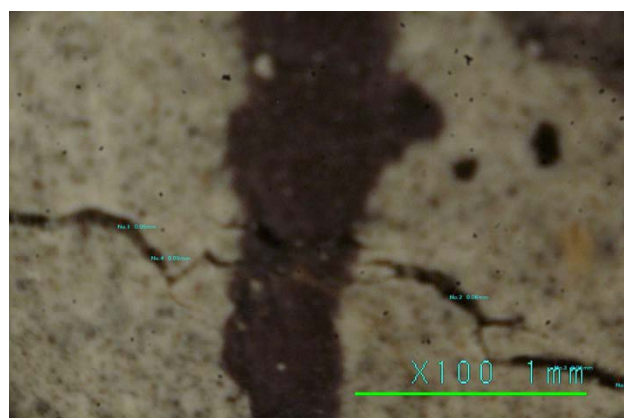
測定日 2016/4/30



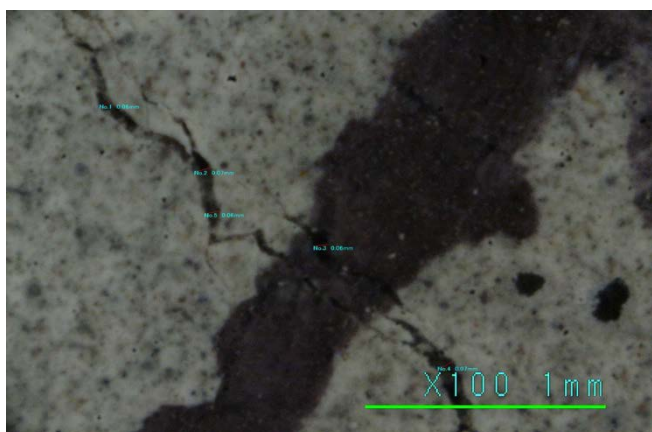
測定日 2016/7/30



測定日 2017/1/28



測定日 2017/8/12



測定日 2018/1/31

画像中の太い黒墨線はひび割れ測定用のマス目

(201号室 妻壁 南側 測定位置1)

写真4.5.3.1 デジタルマイクロスコープによるひび割れ幅の撮影画像例

4-5-3-4 試験体の振動測定

201, 101号室の固有振動数の測定結果を表4.5.3.3に示す。

表 4.5.3.3 201, 101号室の固有振動数の測定結果

| 鉄筋載荷後      | 実験日       | 振動数(Hz) |       |
|------------|-----------|---------|-------|
|            |           | 201号室   | 101号室 |
| 4日         | 2016/2/2  | 12.5    | 15.6  |
| 18日        | 2016/2/16 | 12.5    | 14.1  |
| 33日(5W)    | 2016/3/2  | 12.2    | 13.6  |
| 89日(13W)   | 2016/4/27 | 11.6    | 13    |
| 194日(28W)  | 2016/8/10 | 11.4    | 12.2  |
| 369日(53W)  | 2017/2/1  | 11.3    | 12.5  |
| 550日(79W)  | 2017/8/1  | 11.4    | 11.7  |
| 733日(105W) | 2018/1/31 | 11.1    | 12.5  |

4-5-3-5 コンクリートの乾燥収縮

201, 101号室の温湿度を図4-5.3.8に示す。

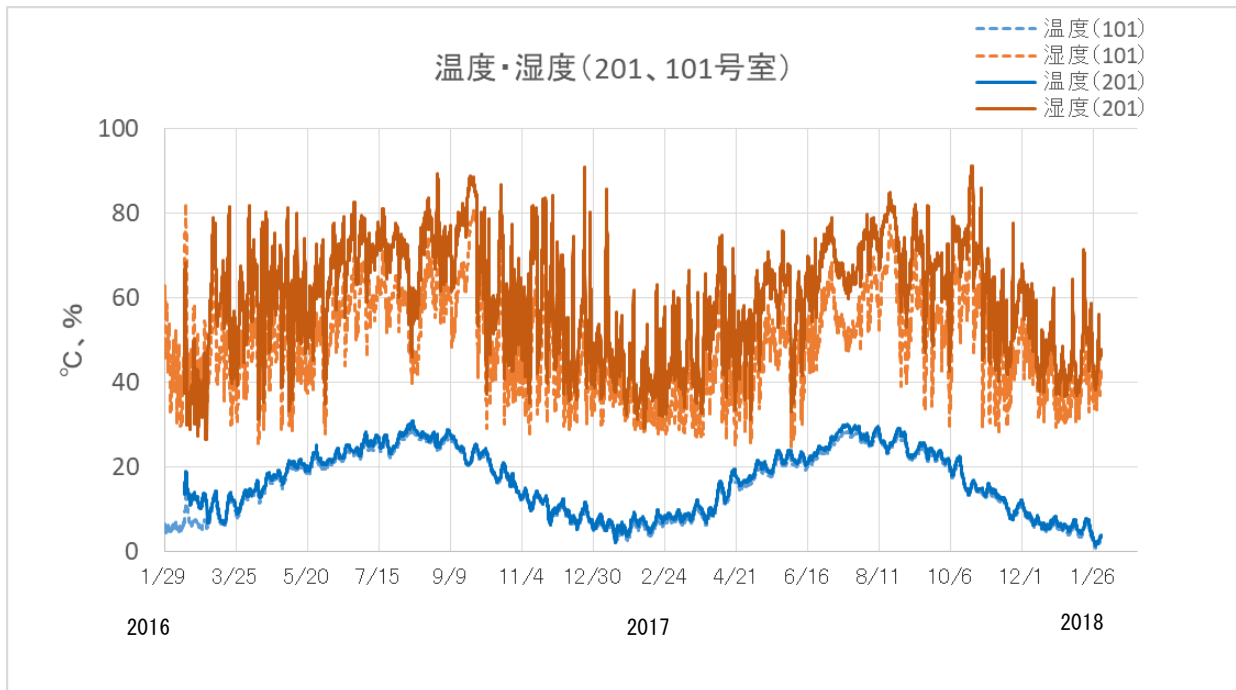


図 4-5.3.8 201, 101号室の温湿度

4-5-4 まとめ

実建物における新設スラブの主筋定着に接着系あと施工アンカーを用いたときの当該スラブの長期性状を把握することを目的として、長期荷重試験を実施した。鉄筋荷重直後の変形は、接着系あと施工アンカー定着によるスラブで 2.34 mm、標準定着によるスラブで 3.01 mm であった。

荷重後 2 年経過した時点での変形は、各々 13.9 mm、15.5 mm であった。両端固定の一方スラブの計算値(1.07 mm)に対する長期たわみ増大率は、各々 13.0、14.5 であった。

4-5-4-1 スラブ中央の長期たわみ量と長期たわみ増大率

各試験体の現在(2018.1.31)までのスラブ中央の長期たわみ量( $\delta_L$ )および長期たわみ量の弾性たわみ( $\delta_e$ )に対する倍率(以下、増大率という)を表 4.5.4.1、図 4.5.4.1 に示す。

長期たわみ量は図 4.5.3.1 に示す変形量を用い、弾性たわみ( $\delta_e$ )は、スラブ内法スパン 5 760 mm で算定した 1.07 mm とする。

表 4.5.4.1 長期たわみ量および増大率

| 試験体名  | 経過日数 | 自重   | 自重+積載 | 1W   | 2W   | 4W   | 8W(2ヶ月) | 13W(3ヶ月) | 26W(6ヶ月) | 54W  | 73W  | 105W |
|-------|------|------|-------|------|------|------|---------|----------|----------|------|------|------|
| 201号室 | 変位   | 1.24 | 2.34  | 3.32 | 3.95 | 4.82 | 6.21    | 7.84     | 9.89     | 12.5 | 13.1 | 13.9 |
| 201号室 | 増大率  | 1.76 | 2.18  | 3.1  | 3.69 | 4.5  | 5.8     | 7.33     | 9.24     | 11.7 | 12.2 | 13.0 |
| 101号室 | 変位   | 1.73 | 3.01  | 4.04 | 4.8  | 5.91 | 7.31    | 8.88     | 11.3     | 14.0 | 14.8 | 15.5 |
| 101号室 | 増大率  | 2.47 | 2.81  | 3.78 | 4.48 | 5.52 | 6.83    | 8.29     | 10.5     | 13.1 | 13.8 | 14.5 |

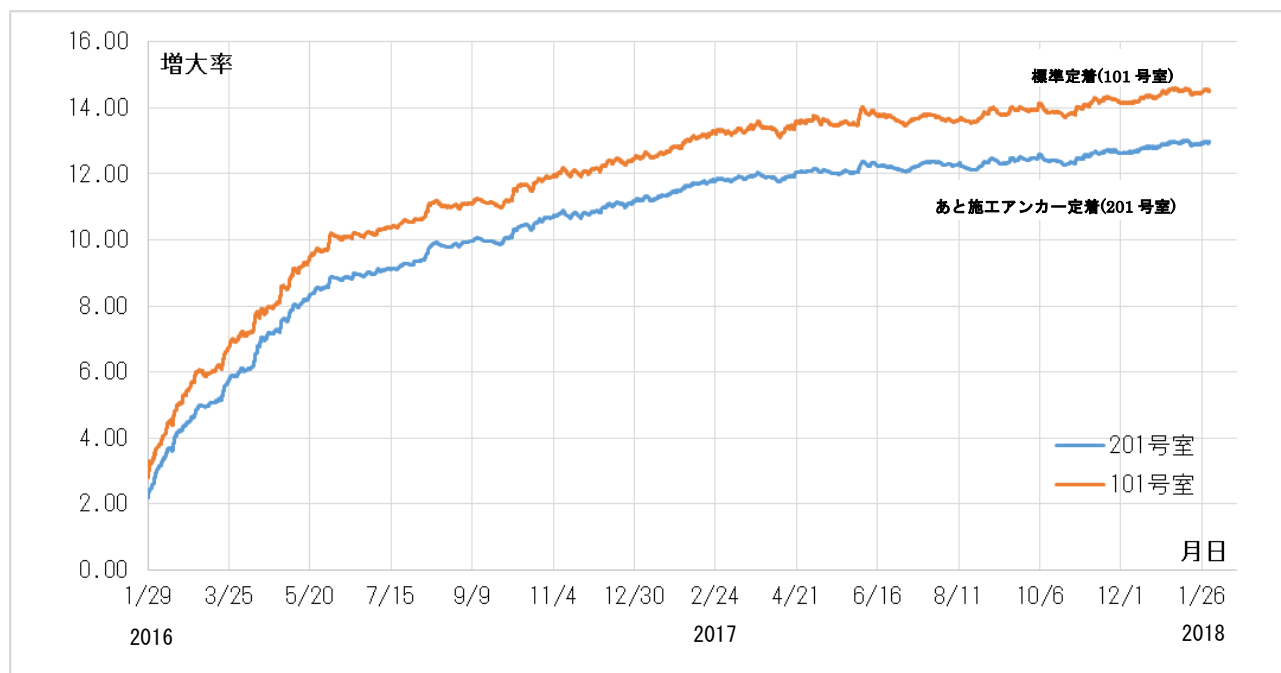


図 4.5.4.1 201, 101 号室の増大率

4-5-4-2 増大率の予測

鉄筋載荷後のたわみ測定結果を、(4.5.4.1)式に示す双曲線式を用いて、係数 A, B, C を求め、増大率を推定する。

$$Y_t = \frac{t}{A+B \cdot t} + C \quad \dots\dots\dots (4.5.4.1) \text{式}$$

ここで、 $Y_t$  : 載荷開始後の任意時間 t までに生じる増大率  
 $t$  : 経過時間(鉄筋載荷日を基準とし、単位は日とする)  
 $A, B$  : 測定結果から決まる定数  
 $C$  : 載荷完了時の増大率

実験結果から(4.5.4.1)式の常数 A, B および C を決定するため、次に示す方法を用いた。

各測定時間  $t_1, t_2, t_3 \dots t_n$  における増大率を  $Y_{t1}, Y_{t2}, Y_{t3} \dots Y_{tn}$  とする。

これらを(4.5.4.1)式に代入すると(4.5.4.2)式となる。

$$A + B \cdot t_i = \frac{t_i}{Y_{t_i}} \quad (i=1, 2, 3 \dots n) \quad \dots\dots\dots (4.5.4.2) \text{式}$$

これらの n 個の式を全て加算して(4.5.4.3)式を得る。

$$n \cdot A + B \sum_{i=1}^n t_i = \sum_{i=1}^n \frac{t_i}{Y_{t_i}} \quad \dots\dots\dots (4.5.4.3) \text{式}$$

また、(4.5.4.2)式の両辺に  $t_i$  を乗ざると(4.5.4.4)式となる。

$$A \cdot t_i + B \cdot t_i^2 = \frac{t_i^2}{Y_{t_i}} \quad (i=1, 2, 3 \dots n) \quad \dots\dots\dots (4.5.4.4) \text{式}$$

これらの n 個の式を全て加算して(4.5.4.5)式を得る。

$$A \sum_{i=1}^n t_i + B \sum_{i=1}^n t_i^2 = \sum_{i=1}^n \frac{t_i^2}{Y_{t_i}} \quad \dots\dots\dots (4.5.4.5) \text{式}$$

(4.5.4.3)式と(4.5.4.5)式より A および B を求めると、(4.5.4.6)式および(4.5.4.7)式となる。

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n t_i^2 \cdot \sum_{i=1}^n \frac{t_i}{Y_{t_i}} - \sum_{i=1}^n t_i \cdot \sum_{i=1}^n \frac{t_i^2}{Y_{t_i}}}{n \cdot \sum_{i=1}^n t_i^2 - (\sum_{i=1}^n t_i)^2} \quad \dots\dots\dots (4.5.4.6) \text{式}$$

$$B = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n \frac{t_i^2}{Y_{t_i}} - \sum_{i=1}^n t_i \cdot \sum_{i=1}^n \frac{t_i}{Y_{t_i}}}{n \cdot \sum_{i=1}^n t_i^2 - (\sum_{i=1}^n t_i)^2} \quad \dots\dots\dots (4.5.4.7) \text{式}$$

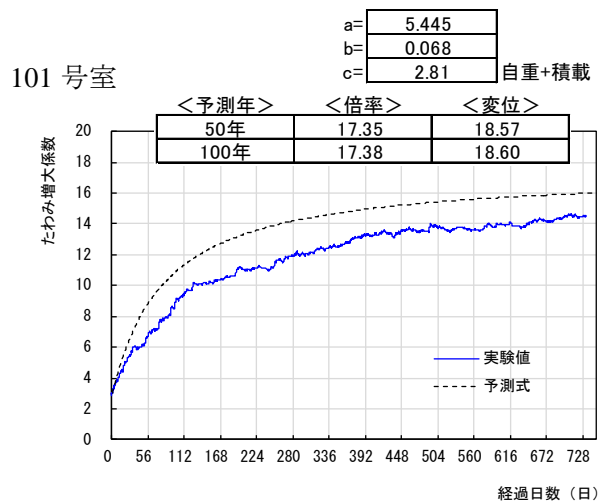
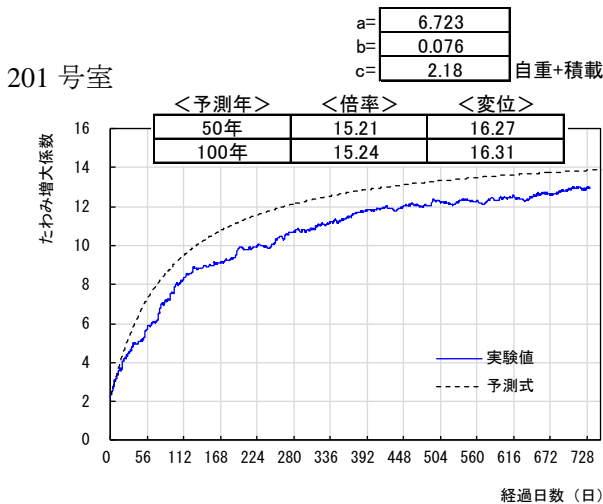


図 4.5.4.2 201, 101 号室の増大率の予測

4-5-4-3 増大率(たわみ倍率)の算定

「鉄筋コンクリート計算規準・同解説(2010年版)付7.長期荷重時におけるひび割れと変形による増大率(たわみ倍率)」の改定案による算定を、表4.5.4.2に示す。

表 4.5.4.2 鉄筋コンクリート計算規準・同解説(2010年版)付7の改定案による増大率(たわみ倍率)

| 分類        | 名称               | 記号・備考           | 単位                | 標準定着試験体 (101号室) |          |
|-----------|------------------|-----------------|-------------------|-----------------|----------|
|           |                  |                 |                   | 材料設計値           | 材料実測値    |
|           |                  |                 |                   | コンクリート111W      |          |
| 形状        | スラブ形式            |                 | -                 | 在来形式            | 在来形式     |
|           | 主方向スパン           | Lx              | mm                | 5760            | 5760     |
|           | 直交方向スパン          | Ly              | mm                | 0               | 0        |
|           | スラブ厚             | T               | mm                | 200             | 200      |
|           | プレキャスト板厚         | t               | mm                | 0               | 0        |
| 材料特性      | 新設床 コンクリート強度     | Fc              | N/mm <sup>2</sup> | 18              | 39.8     |
|           | 新設床 コンクリート弾性係数   | Ec              | N/mm <sup>2</sup> | 20600           | 30430    |
|           | 鉄筋 弾性係数          | Es              | N/mm <sup>2</sup> | 205000          | 174000   |
|           | ヤング係数比           | n               | -                 | 9.95            | 5.72     |
|           | クリフ係数            | $\psi$          | -                 | 3.0             | 3.0      |
|           | ヤング係数比(クリフ考慮)    | n'              | -                 | 39.8            | 22.9     |
|           | 乾燥収縮ひずみ          | $\epsilon_{sh}$ | $\times 10^{-6}$  | 400             | 398      |
| 荷重        | 仕上+積載荷重 (1m幅)    | Wf1             | N/m <sup>2</sup>  | 2500            | 2500     |
|           | 自重 (1m幅)         | Ws              | N/m <sup>2</sup>  | 4800            | 4800     |
|           | 線荷重(等分布) (1m幅)   | W               | kN/mm             | 7.3             | 7.3      |
| 鉄筋        | 端部上主筋            | 鉄筋種類            | -                 | -               | D13      |
|           | 鉄筋径              | Du              | -                 | -               | 13       |
|           | ピッチ              | Pu1             | mm                | 150             | 150      |
|           | 鉄筋総断面積 (1m幅)     | Au              | mm <sup>2</sup>   | 889             | 889      |
|           | 引張縁から引張鉄筋重心までの距離 | dt1             | mm                | 36.5            | 36.5     |
|           | 有効せい             | d1              | mm                | 163.5           | 163.5    |
|           | 端部下主筋            | 鉄筋種類            | -                 | -               | D10      |
|           | 鉄筋径              | Dd              | -                 | -               | 10       |
|           | ピッチ              | Pd1             | -                 | -               | 300      |
|           | 鉄筋断面積 (1m幅)      | Ad              | mm <sup>2</sup>   | 213             | 213      |
|           | 圧縮縁から圧縮鉄筋重心までの距離 | dc1             | mm                | 35.0            | 35.0     |
|           | 複筋比 (端部)         | $\gamma_1$      | -                 | -               | 0.24     |
|           | 引張鉄筋比 (端部)       | Pt1             | %                 | -               | 0.54     |
|           | 中央上主筋            | 鉄筋種類            | -                 | -               | D13      |
|           | 鉄筋径              | Du              | -                 | -               | 13       |
|           | ピッチ              | Pu2             | -                 | -               | 300      |
|           | 鉄筋断面積 (1m幅)      | Ad              | mm <sup>2</sup>   | 381             | 381      |
|           | 圧縮縁から圧縮鉄筋重心までの距離 | dc2             | mm                | 36.5            | 36.5     |
|           | 中央下主筋            | 鉄筋種類            | -                 | -               | D10      |
|           | 鉄筋径              | Du              | -                 | -               | 10       |
|           | ピッチ              | Pd2             | -                 | -               | 150      |
|           | 鉄筋断面積 (1m幅)      | As              | mm <sup>2</sup>   | 497             | 497      |
|           | 引張縁から引張鉄筋重心までの距離 | dt2             | mm                | 35.0            | 35.0     |
|           | 有効せい             | d2              | mm                | 165.0           | 165.0    |
|           | 複筋比 (中央)         | $\gamma_2$      | -                 | -               | 0.77     |
|           | 引張鉄筋比 (中央)       | Pt2             | %                 | -               | 0.30     |
|           | かぶり厚さ(上端)        | Cu              | mm                | 30              | 30       |
| かぶり厚さ(下端) | Cd               | mm              | 30                | 30              |          |
| 断面性能      | 断面積 (1m幅)        | Ac              | mm <sup>2</sup>   | 200000          | 200000   |
|           | 断面1次モーメント (1m幅)  | S               | mm <sup>3</sup>   | 20000000        | 20000000 |
|           | 中立軸              | G               | mm                | 100             | 100      |
|           | 断面2次モーメント (1m幅)  | Ig              | mm <sup>4</sup>   | 66666667        | 66666667 |
|           | 断面係数(上端) (1m幅)   | Z1              | mm <sup>3</sup>   | 6666667         | 6666667  |
|           | 断面係数(下端) (1m幅)   | Z2              | mm <sup>3</sup>   | 6666667         | 6666667  |
|           | 二方向応力倍率          | $\alpha$        | -                 | 1.000           | 1.000    |
|           | 弾性時 端部上端モーメント    | Ma1             | kN.m              | 20.18           | 20.18    |
|           | 弾性時 中央下端モーメント    | Ma2             | kN.m              | 13.46           | 13.46    |
|           | 初期弾性時たわみ         | $\delta e$      | mm                | 1.52            | 1.03     |



表 4.5.4.2 鉄筋コンクリート計算規準・同解説(2010年版)付7の改定案による増大率(たわみ倍率)

(続き)

| 分類                    | 名称                                | 記号・備考               | 単位  | 標準定着試験体(101号室) |              |
|-----------------------|-----------------------------------|---------------------|---|----------------|--------------|
|                       |                                   |                     |   | 材料設計値          | 材料実測値        |
| 乾燥収縮による応力             | 乾燥収縮時 鉄筋拘束力 (端部)                  | Psh <sub>1</sub>    | N   | 74110          | 67774        |
|                       | 全鉄筋の重心位置 (端部)                     | g <sub>1</sub>      | mm  | 139            | 139          |
|                       | CON断面の重心と鉄筋重心との距離 (端部)            | e <sub>1</sub>      | mm  | 38.66          | 38.66        |
|                       | 乾燥収縮時 鉄筋拘束力 (中央)                  | Psh <sub>2</sub>    | N   | 61286          | 55255        |
|                       | 全鉄筋の重心位置 (中央)                     | g <sub>2</sub>      | mm  | 91             | 91           |
|                       | CON断面の重心と鉄筋重心との距離 (中央)            | e <sub>2</sub>      | mm  | 9.2            | 9.2          |
|                       | 乾燥収縮時 鉄筋拘束応力 (端部)                 | σ sh <sub>1</sub>   | N/mm <sup>2</sup>   | 0.800          | 0.732        |
|                       | 乾燥収縮時 鉄筋拘束応力 (中央)                 | σ sh <sub>2</sub>   | N/mm <sup>2</sup>   | 0.391          | 0.353        |
| 曲げひび割れ耐力              | 曲げひび割れ耐力 (端部)                     | Mcr <sub>1</sub>    | kN.m  | 5.75           | 11.61        |
|                       | Mcr <sub>1</sub> /Ma <sub>1</sub> |                     |   | 0.285          | 0.575        |
|                       | 曲げひび割れ耐力 (中央)                     | Mcr <sub>2</sub>    | kN.m  | 8.48           | 14.13        |
|                       | Mcr <sub>2</sub> /Ma <sub>2</sub> |                     |   | 0.630          | 1.000        |
|                       | 中立軸深さ比 (端部)                       | Xn <sub>1</sub>     | -   | 0.458          | 0.380        |
|                       | ひび割れ断面2次モーメント (端部)                | Icr <sub>1</sub>    | kN.m  | 431350301      | 292472281    |
|                       | 中立軸深さ比 (中央)                       | Xn <sub>2</sub>     | -   | 0.359          | 0.298        |
|                       | ひび割れ断面2次モーメント (中央)                | Icr <sub>2</sub>    | kN.m  | 298422320      | 193537345    |
|                       | 等価断面2次モーメント (端部)                  | Ie <sub>1</sub>     | mm <sup>4</sup>   | 432902435      | 333405475    |
|                       | 等価断面2次モーメント (中央)                  | Ie <sub>2</sub>     | mm <sup>4</sup>   | 298783215      | 666666667    |
| 等価断面2次モーメント (合成)      | Ie                                | mm <sup>4</sup>     | 352430903   | 533362190      |              |
| <b>ひび割れ・クリープによる倍率</b> |                                   |                     | <b>K<sub>cr</sub>+K<sub>cp</sub></b>                              | <b>7.57</b>    | <b>5.00</b>  |
| 乾燥収縮                  | ひび割れのない中立軸深さ (端部)                 | xn <sub>1</sub>     | mm  |                |              |
|                       | 全断面有効領域における曲率                     | φ shg <sub>1</sub>  | mm <sup>-1</sup>  |                |              |
|                       | 部材せいに関する係数 (端部)                   | kH <sub>1</sub>     | -   | 改定案では削除        | 改定案では削除      |
|                       | ひび割れ断面における曲率 (端部)                 | φ shcr <sub>1</sub> | mm <sup>-1</sup>  |                |              |
|                       | ひび割れを考慮した等価曲率 (端部)                | φ she <sub>1</sub>  | mm <sup>-1</sup>  |                |              |
|                       | ひび割れのない中立軸深さ (中央)                 | xn <sub>2</sub>     | mm  | 101            | 101          |
|                       | 全断面有効領域における曲率                     | φ shg <sub>2</sub>  | mm <sup>-1</sup>  | 1.61373E-07    | 9.66383E-08  |
|                       | 部材せいに関する係数                        | kH <sub>2</sub>     | -   | 1.56           | 1.56         |
|                       | ひび割れ断面における曲率 (中央)                 | φ shcr <sub>2</sub> | mm <sup>-1</sup>  | 2.63E-06       | 2.61E-06     |
|                       | ひび割れを考慮した等価曲率 (中央)                | φ she <sub>2</sub>  | mm <sup>-1</sup>  | 1.65E-06       | 9.66E-08     |
|                       | 等価曲率 (全体)                         | φ she               | mm <sup>-1</sup>  |                |              |
| 乾燥収縮によるたわみ            | δ sh                              | mm                  | 4.56  | 0.27           |              |
| <b>乾燥収縮による倍率</b>      |                                   |                     | <b>K<sub>sh</sub></b>   | <b>2.99</b>    | <b>0.26</b>  |
| 端部筋の拔出し               | 既存壁 コンクリート強度                      | Fc'                 | N/mm <sup>2</sup>   | 24             | 18           |
|                       | 既存床 コンクリート弾性係数                    | Ec'                 | N/mm <sup>2</sup>   | 22669          | 20596        |
|                       | 付着応力-すべり関係による付着剛性                 | Kt                  | N/mm <sup>3</sup>   | 57.50          | 47.47        |
|                       | 付着応力に関する定数                        | k <sub>1</sub>      | -   | 0.5            | 0.5          |
|                       | 付着応力に関する係数                        | k <sub>0</sub>      | -   | 115.00         | 94.93        |
|                       | α(t)の算出                           | α(t)                | -   | 0.0131         | 0.0115       |
|                       | ρ = au/Ace                        | ρ                   | -   | 0.0238         | 0.0238       |
|                       | 幅1m当たりの端部上端筋の総断面積                 | Au                  | mm <sup>2</sup>   | 889            | 889          |
|                       | 幅1m当たりの端部上端筋に対する有効断面積             | Ace                 | mm <sup>2</sup>   | 37303          | 37303        |
|                       | 幅1m当たりの鉄筋の周長                      | U                   | mm  | 280            | 280          |
|                       | σsの算出                             | σs                  | N/mm <sup>3</sup>   | 164            | 159          |
|                       | Se0の算出                            | Se0                 | mm  | 0.101          | 0.122        |
|                       |                                   | τ yt                | -   | 2.56           | 2.11         |
|                       |                                   | k <sub>2</sub>      | -   | 0.75           | 0.75         |
|                       |                                   | τ y0                | -   | 3.41           | 2.81         |
|                       |                                   | Syt                 | -   | 0.044          | 0.044        |
|                       | S <sub>0</sub>                    | mm                  | 0.174   | 0.248          |              |
| 鉄筋の拔出しによるたわみ          | δ s                               | mm                  | 2.828   | 3.522          |              |
| <b>端部筋の拔出しによる倍率</b>   |                                   |                     | <b>K<sub>s</sub></b>  | <b>1.86</b>    | <b>3.41</b>  |
| <b>全たわみ倍率 K</b>       |                                   |                     | <b>K<sub>cr</sub>+K<sub>cp</sub>+K<sub>sh</sub>+K<sub>s</sub></b> | <b>12.41</b>   | <b>8.67</b>  |
|                       |                                   |                     | <b>割り増し係数:1.3</b>   | <b>16.14</b>   | <b>11.28</b> |

4-5-4-4 既存壁・スラブ端部の変形および回転角

201号室および101号室の既存壁の変形測定方法を図4.5.4.3に示す。

201号室および101号室の既存壁の測定開始時からの変形を階段室壁の南側(測定番号⑪, ⑬), 北側(測定番号⑮, ⑰)および妻壁の南側(測定番号⑫, ⑭), 北側(測定番号⑯, ⑱)毎に図4.5.4.4～図4.5.4.8に示す。

201号室および101号室の階段室壁および妻壁の回転角を図4.5.4.9, 図4.5.4.10に示す。

階段室壁の回転角は, 南側では測定番号⑪と⑬の差を, 北側では測定番号⑮と⑰の差を測定間距離(1,200 mm)で除して求めた。

妻壁の回転角は, 南側では測定番号⑫と⑭の差を, 北側では測定番号⑯と⑱の差を測定間距離(1,200 mm)で除して求めた。

階段室壁と妻壁間の伸縮は, 試験床上から1,100 mmの位置にインバー線を変位計に取付けて, 南側(測定番号⑲), 北側(測定番号⑳)で測定した。

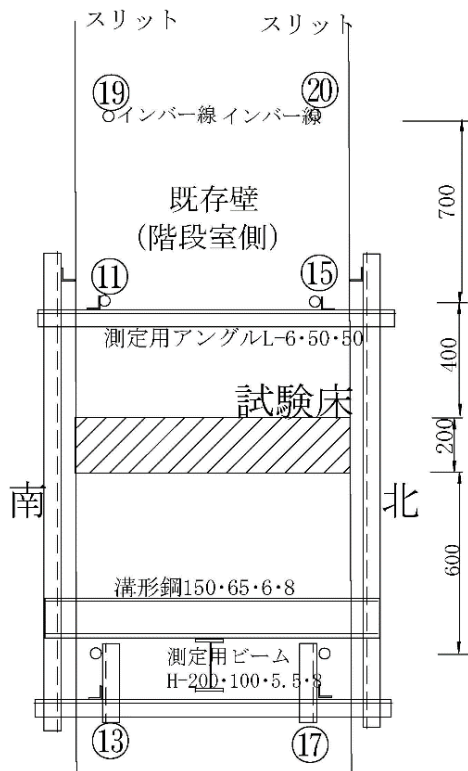


図4.5.4.3 201, 101号室 階段室側壁の変形測定方法

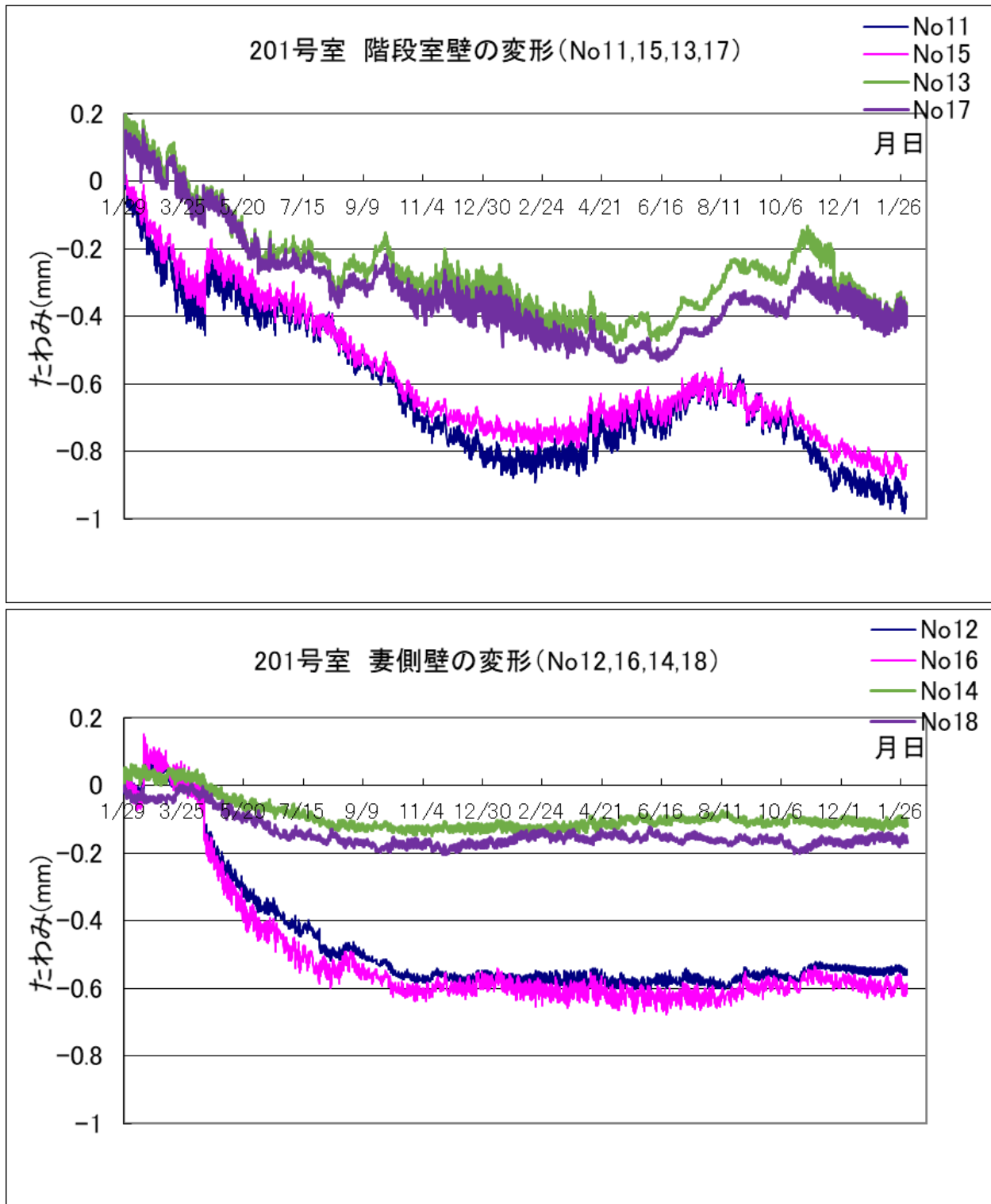


図 4.5.4.4 201号室の既存壁の変形

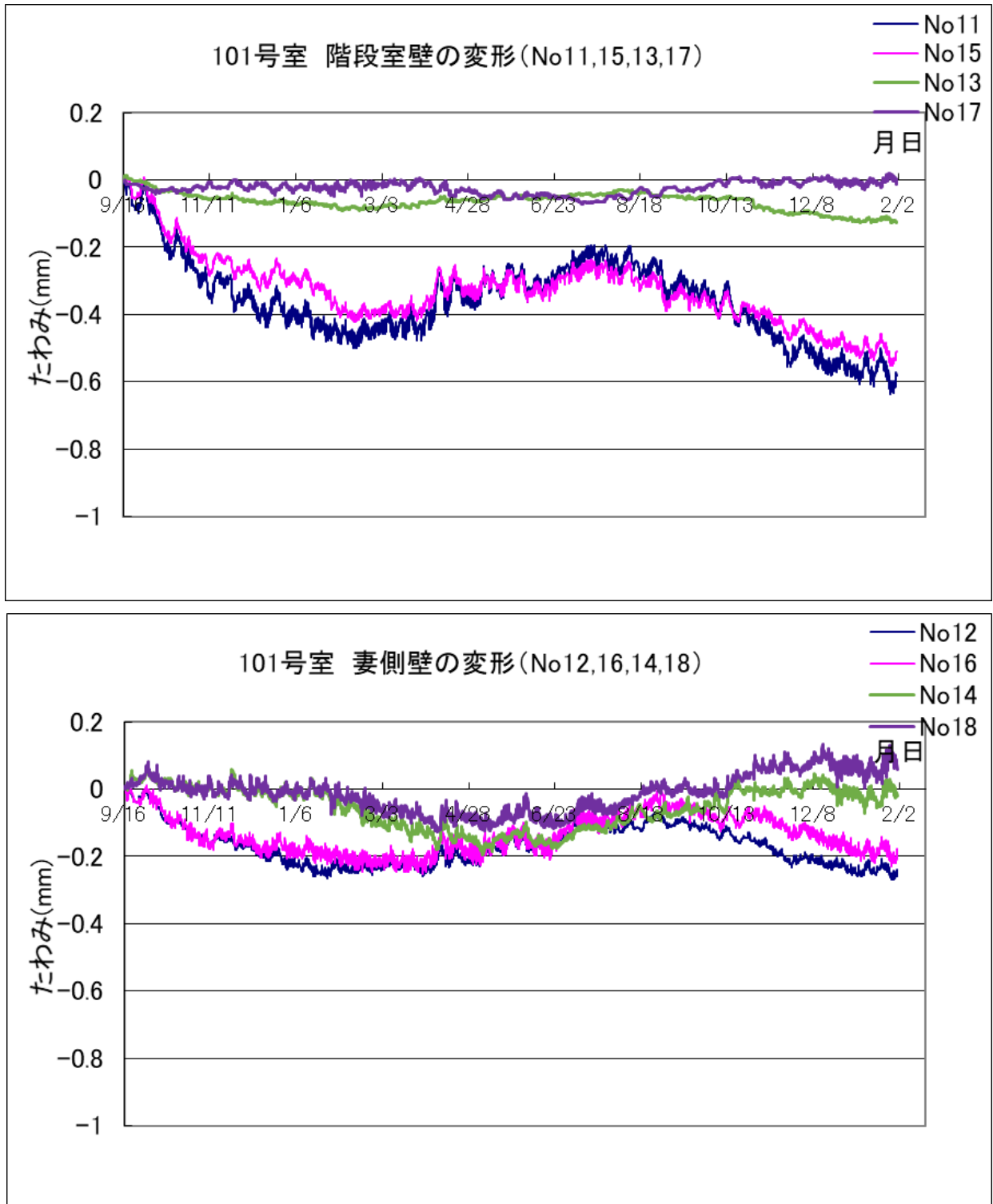


図 4.5.4.5 101号室の既存壁の変形(2016/9/16~2018/1/31)変位計取り換え後

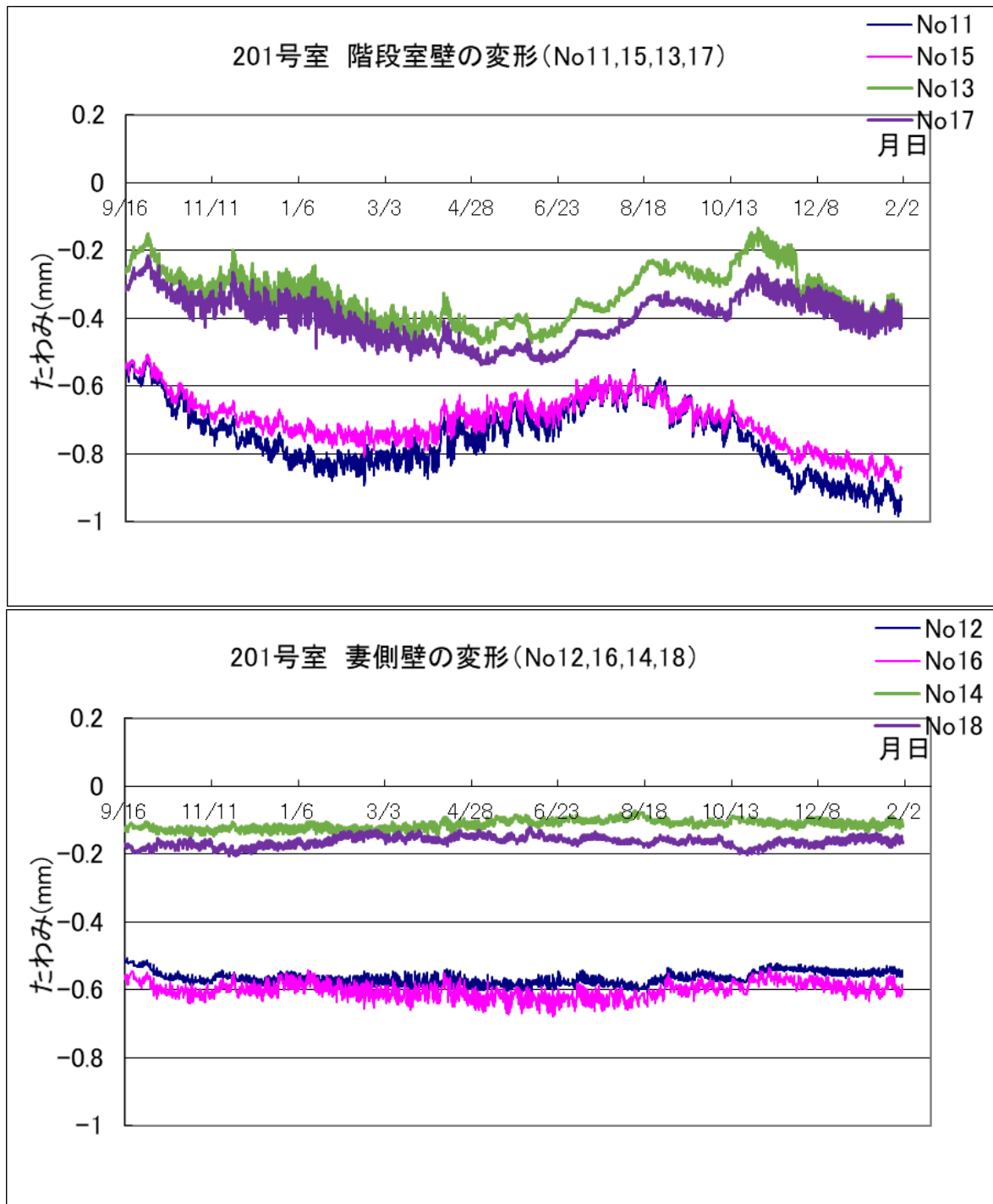


図 4. 5. 4. 6 201 号室の既存壁の変形 (2016/9/16～2018/1/31)

101 号室の変位計取り換え後の 2016/9/16～2018/1/31 までの既存壁変形は、階段室側で 0.6 mm、妻側で 0.3 mm 程度の変動である。

201 号室の 2016/9/16～2018/1/31 までの既存壁変形も、階段室側で 0.5 mm、妻側で 0.2 mm 程度の変動である。

101 号室の変位計取り換え後の既存壁の動きには、201 号室と 101 号室で同時期の変動量に差異は見られるが、現在までのところ特に不測となる現象は見られない。

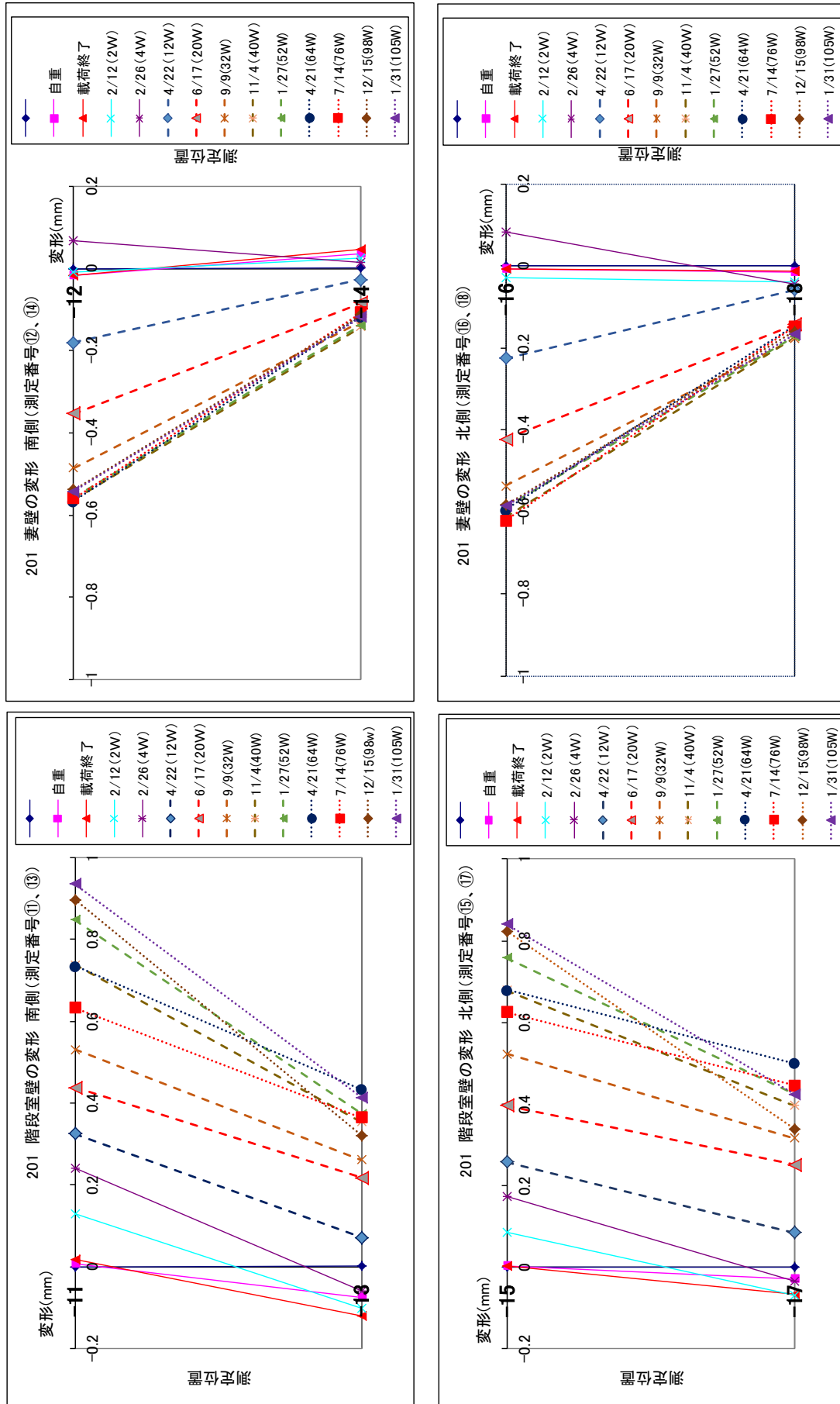


図 4.5.4.7 201号室の既存壁の測定位置毎の変形

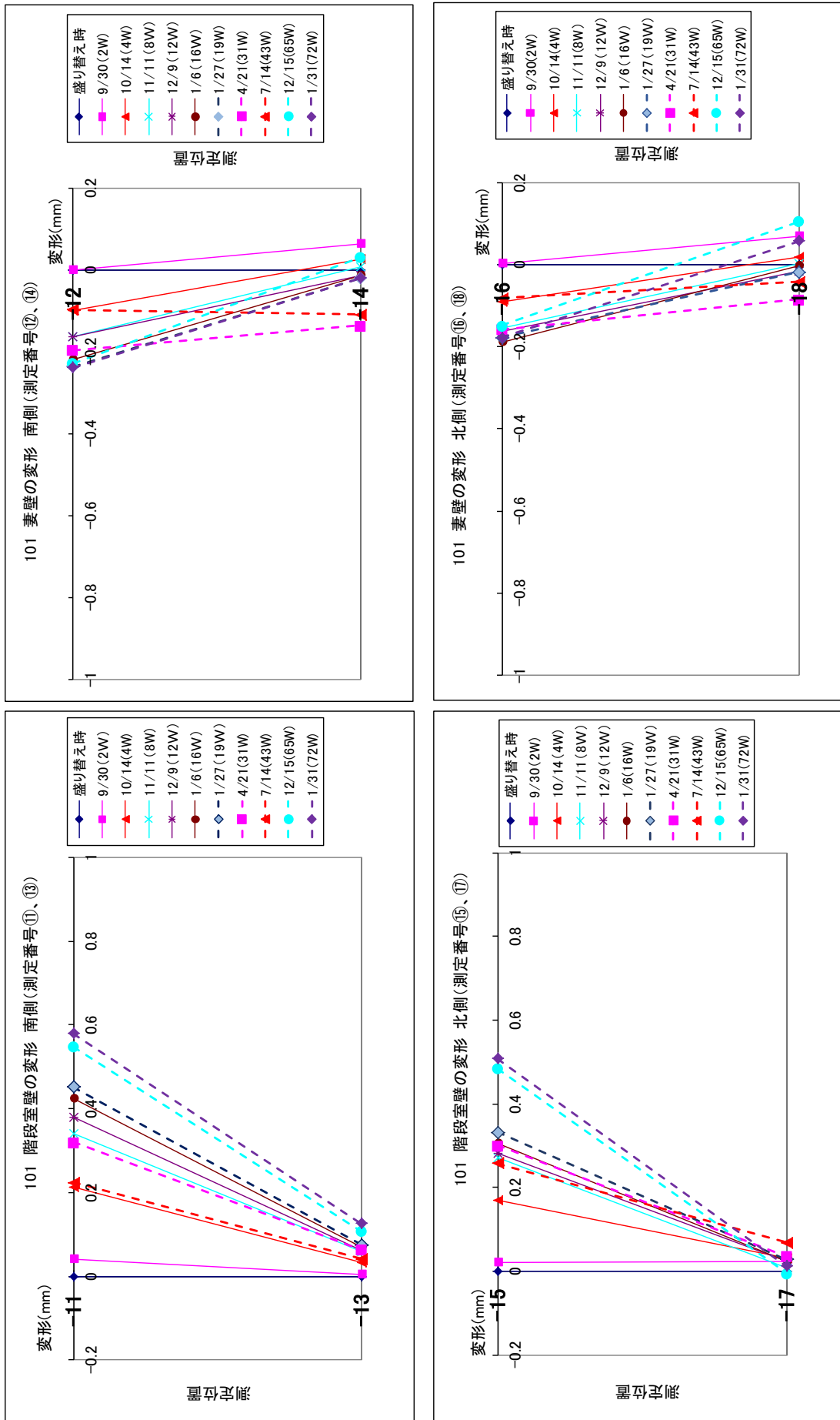


図 4.5.4.8 101号室の既存壁の測定位置毎の変形

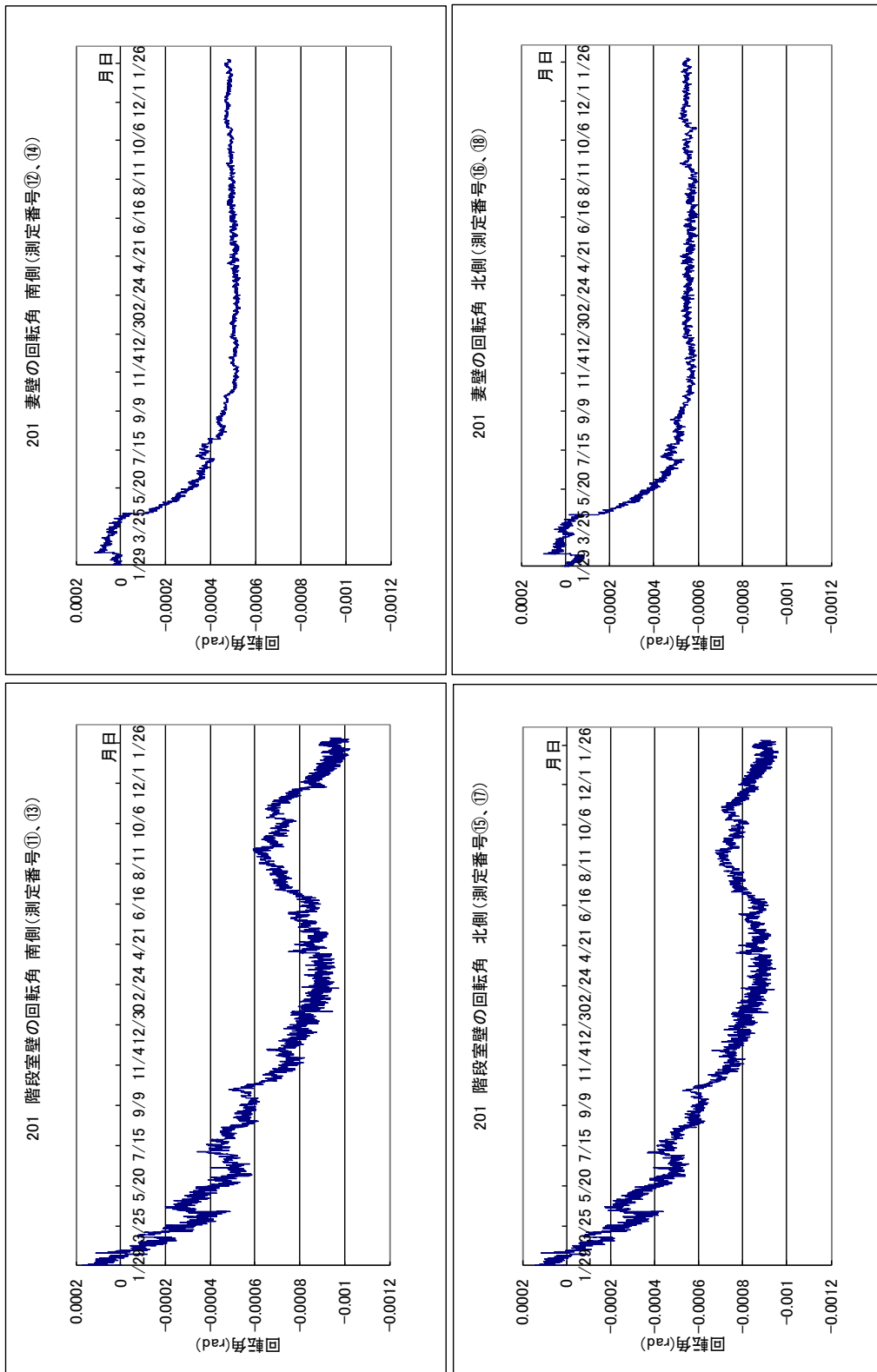


図 4.5.4.9 201号室の回転角



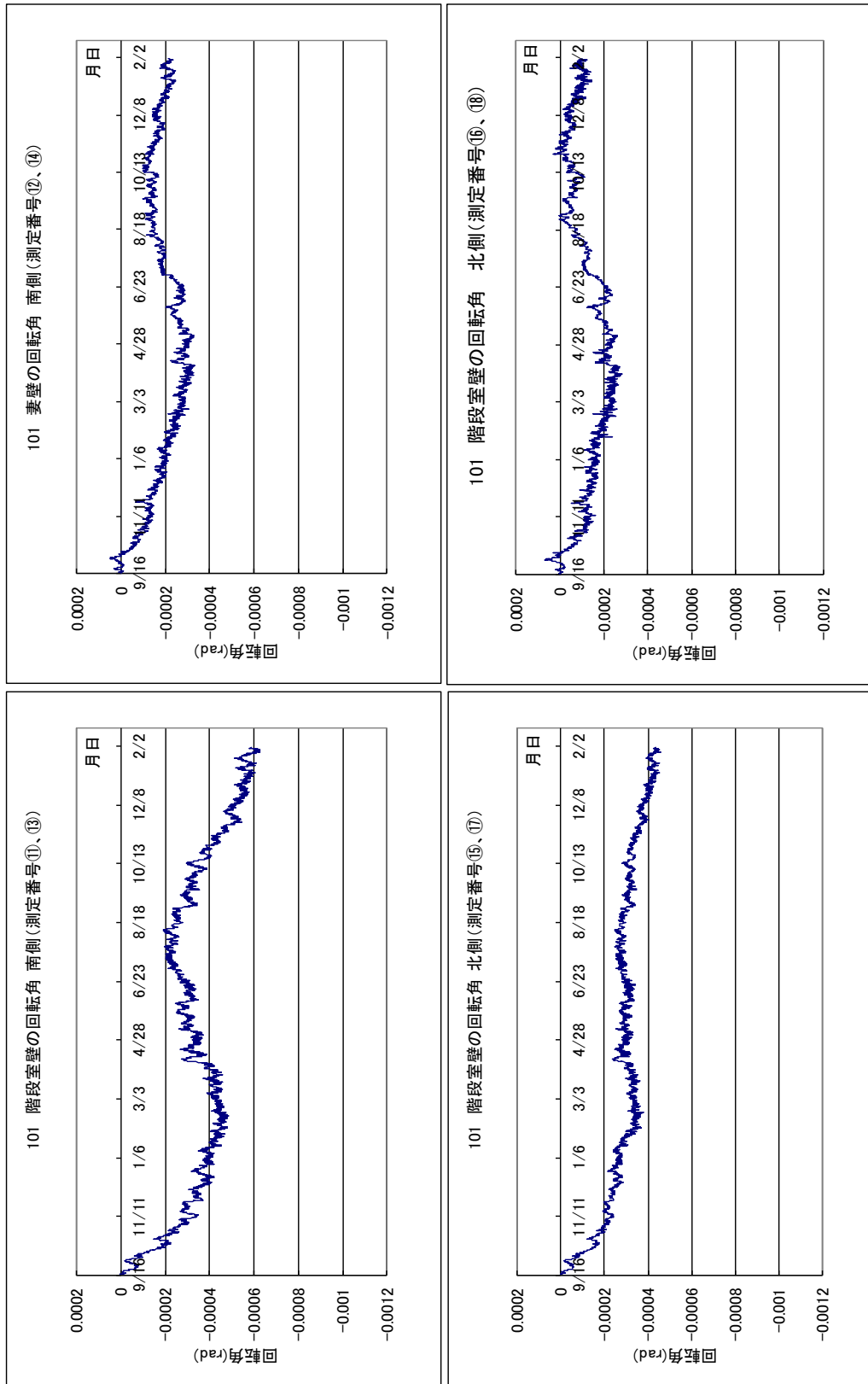


図 4.5.4.10 101号室の回転角

階段室壁のスラブ端部に対する変形および回転角を図4.5.4.11, 図4.5.4.12に示す。

スラブ端部の回転角は, 測定番号㉓(㉔)と㉔(㉕)の差を測定間距離(310 mm)で除して求めた。

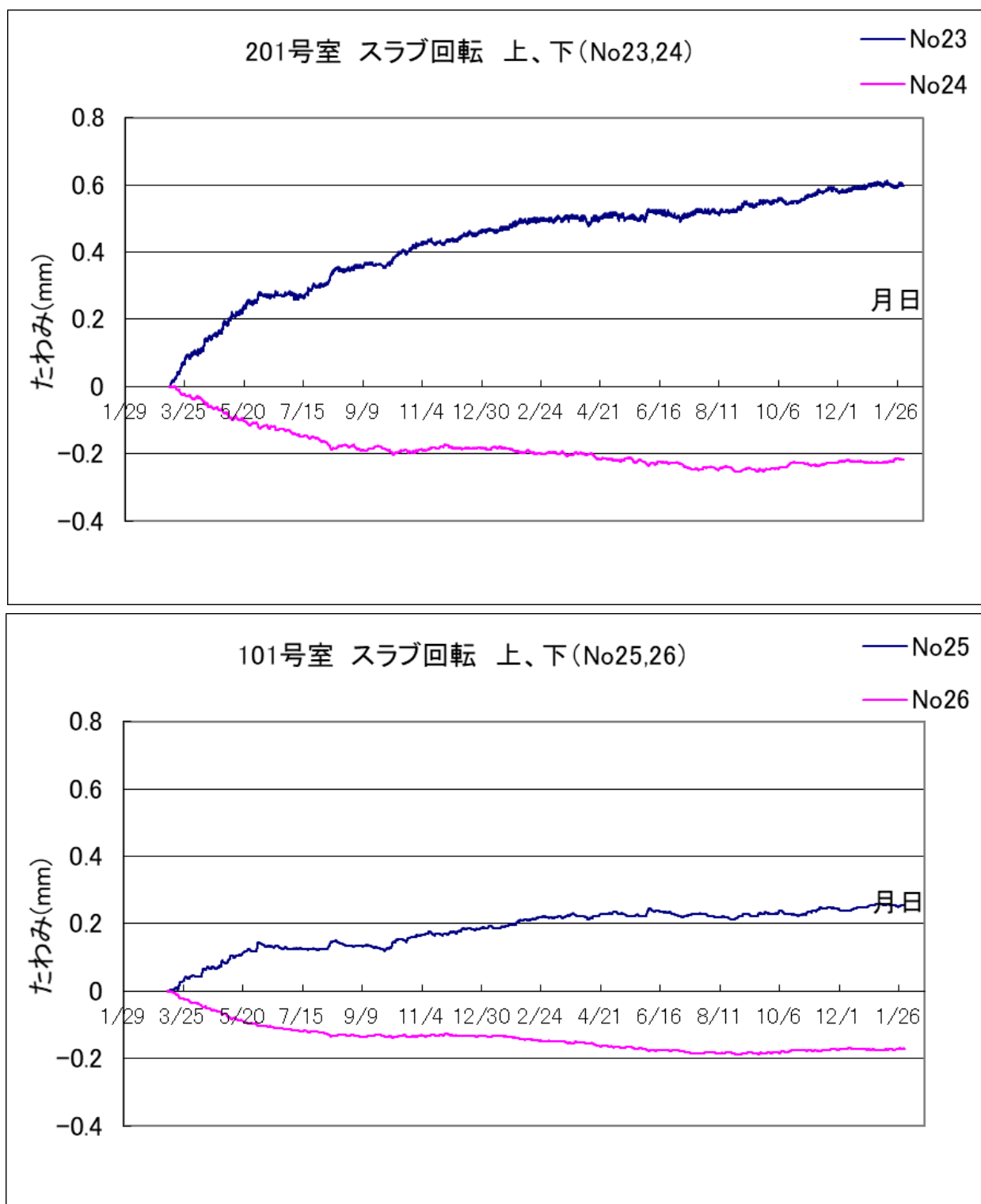


図4.5.4.11 階段室壁のスラブ端部に対する変形

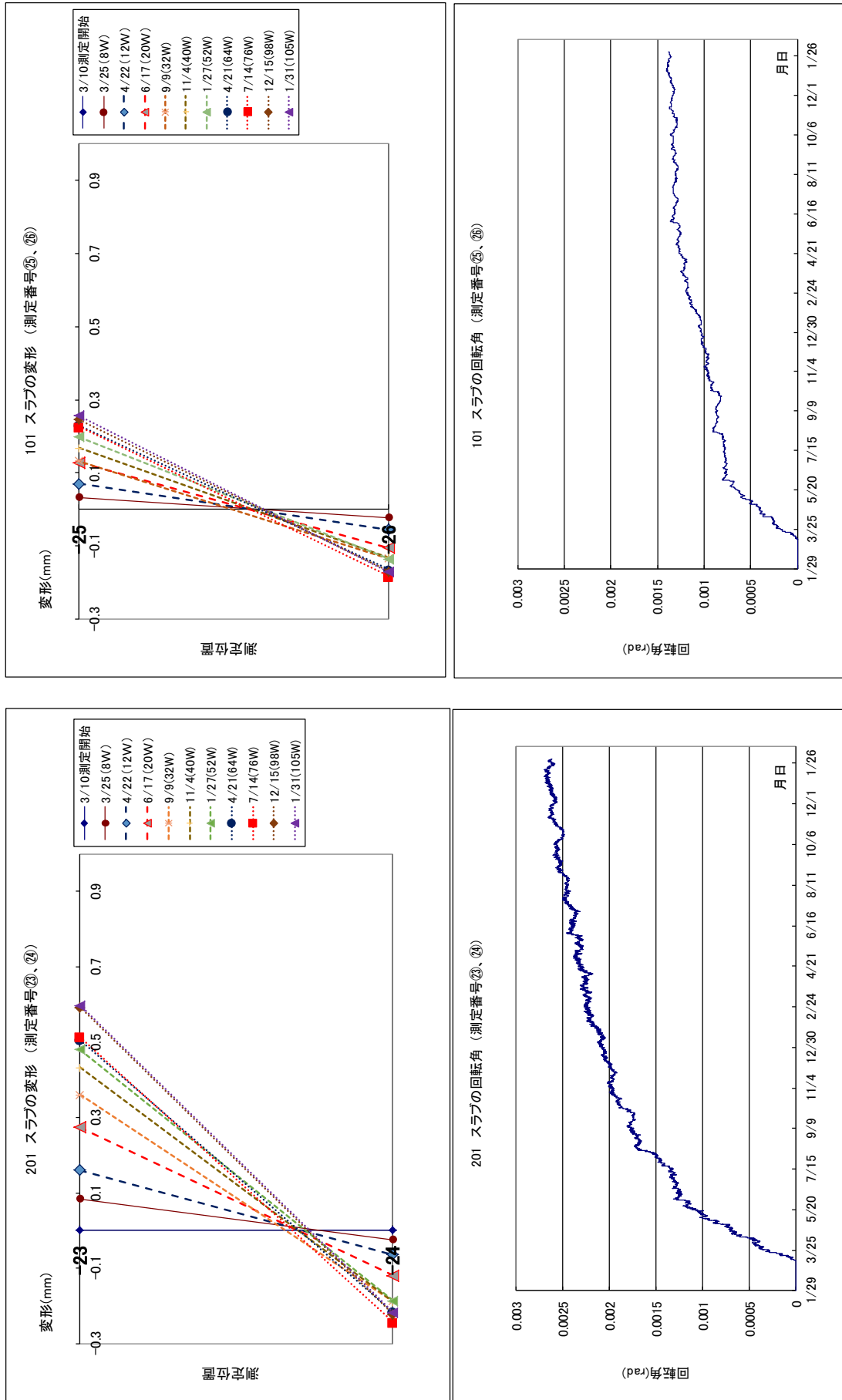


図 4.5.4.12 階段室壁のスラブ端部に対する測定位置毎の変形および回転角

階段室壁と妻壁間の伸縮(測定番号⑱, ⑳)を図4.5.4.13に示す。

階段室壁と妻壁間の温度変化量( $\Delta t$ )による伸縮量( $\Delta L$ )の計算値は、(4.5.4.8)式により算定した。

$$\Delta L = L \times \alpha \times \Delta t \quad \dots\dots\dots (4.5.4.8) \text{式}$$

ここで、L : 階段室壁と妻壁間の距離 5,760 mm

A : 鉄筋およびコンクリートの線膨張係数  $1.0 \times 10^{-5} (1/^\circ\text{C})$

$\Delta t$  : 階段室壁と妻壁間の伸縮の測定を開始した時の温度(201号室:  $5.6^\circ\text{C}$ , 101号室:  $6.5^\circ\text{C}$ )と、図4.5.3.8に示す温度との差。すなわち測定開始時の $\Delta L$ を零としている。よって開始時の温度より低くなった場合は、 $\Delta L$ が負(収縮)となる。

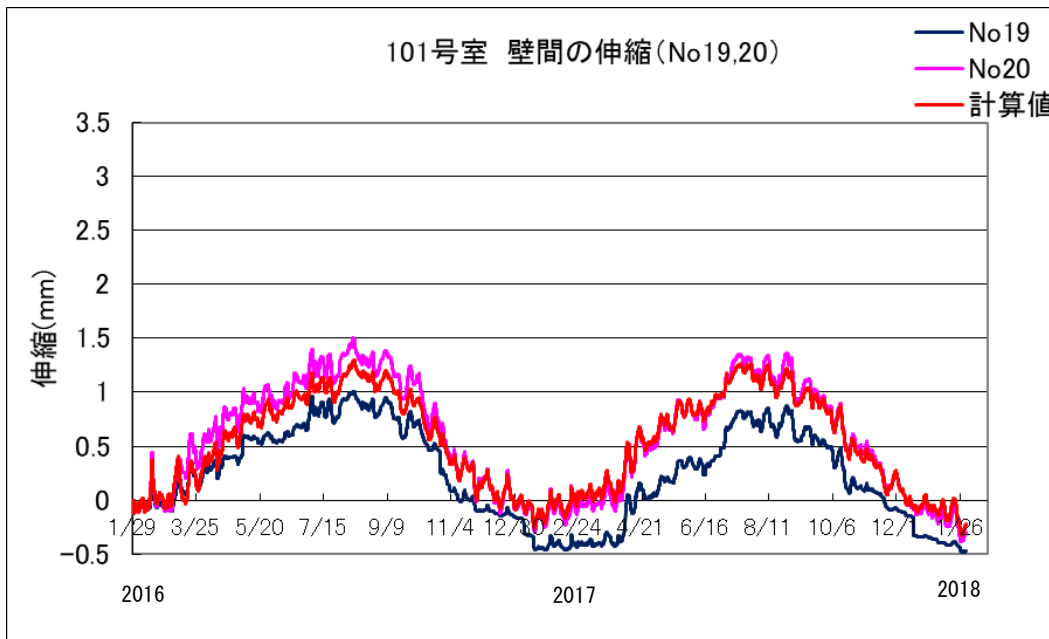
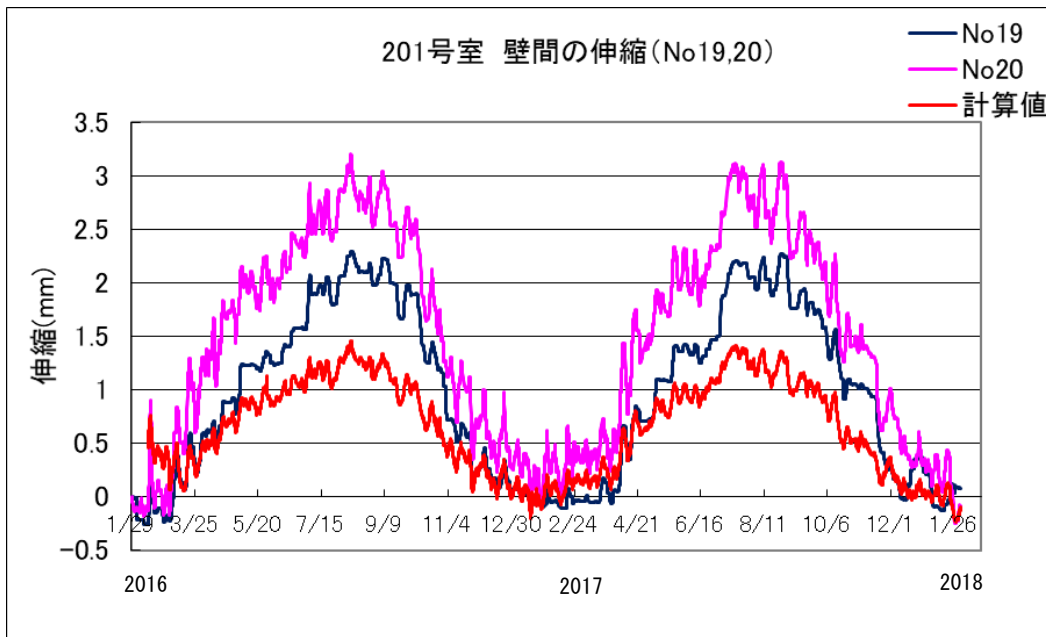


図4.5.4.13 階段室壁と妻壁間の伸縮

4-5-4-5 あと施工アンカーの抜け出しの検討試験

201号室あと施工アンカーの抜け出しは、荷重より301日で中央部および端部共に0.25mmとなっており、荷重当初より変形の増大が見られ現在も漸増している。但し、アンカー筋に生じているひずみ量は、荷重当初と殆ど変わらない。(図4.5.3.4～図4.5.3.5参照)

この状態を検討するために、実建物における長期引張試験(クリープ試験)を実施している。クリープ試験の諸元を以下に示す。

- ・荷重荷重(P) : アンカー筋のひずみ値より算定する。

$$P = a \times E \times \varepsilon_{max} = 1.74 \times 10^5 \times 350 \times 10^{-6} \times 127 = 7734 \text{ N} = 7.7 \text{ kN}$$

ここで、 $\varepsilon_{max}$  : ひずみデータ測定値 350  $\mu$

$a$  : アンカー筋断面積(D13) 127  $\text{mm}^2$

$E$  : アンカー筋ヤング係数(引張試験による)  $1.74 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$

- ・接着剤種類 : 201号室のアンカー筋と同じ
- ・荷重時温度 : 室温
- ・試験体数 : 2体 ひずみゲージの有無
- ・試験場所 : 201号室でのアンカー筋施工は、現状の測定に影響があるので、隣室の202号室の階段室側壁で行う。

試験装置を図4.5.4.14、図4.5.4.15、写真4.5.4.1に示す。加力用チャック、ロードセル、油圧ジャッキ、加力用溝形鋼、鋼管は荷重後撤去する。

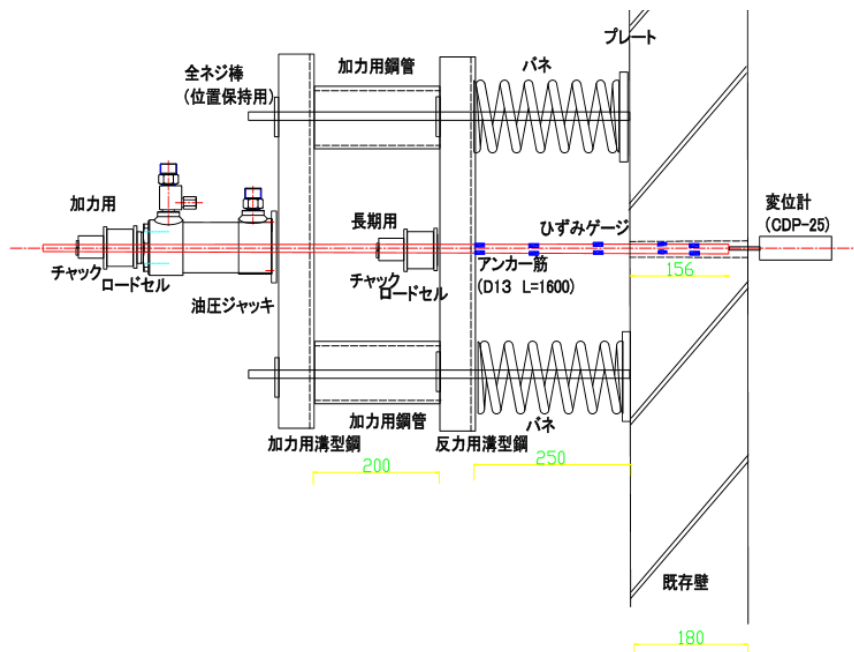


図4.5.4.14 長期クリープ試験装置(平面図, 下側)

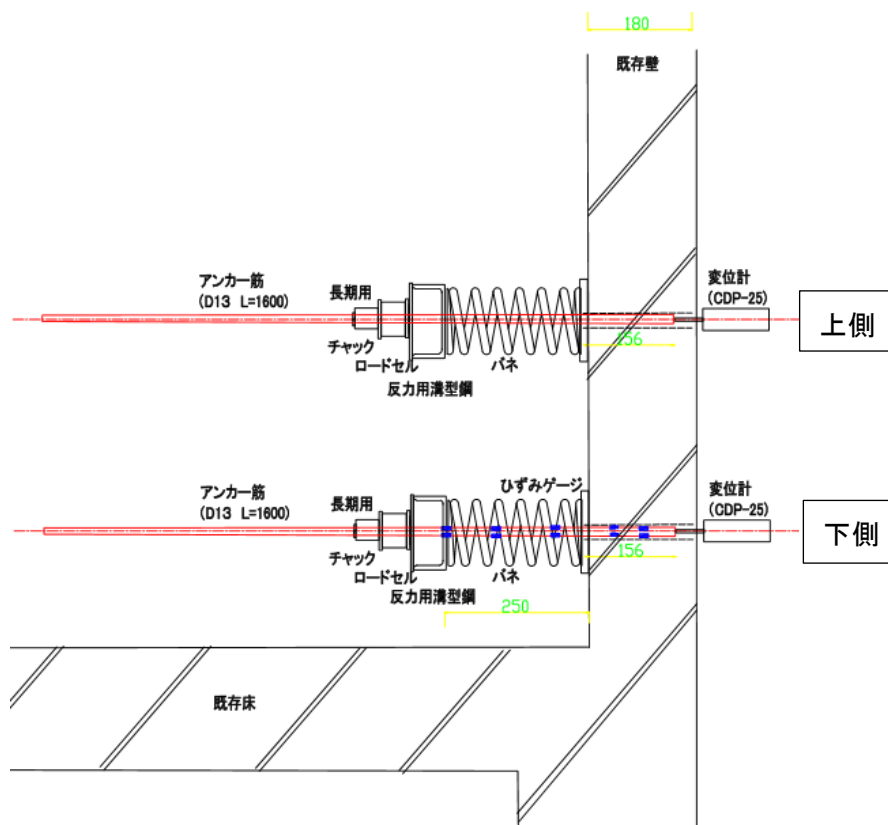


図 4.5.4.15 長期クリープ試験装置(立面図)



写真 4.5.4.1 長期クリープ試験装置(加力時)

加力後1年間の実験経過を図4.5.4.16～図4.5.4.19に示す。ひずみは、各ひずみ測定位置の上下(A1, A6)に貼りつけたゲージの平均とした。ひずみゲージの貼付位置・番号は、201号室のあと施工アンカー筋と同じとした。

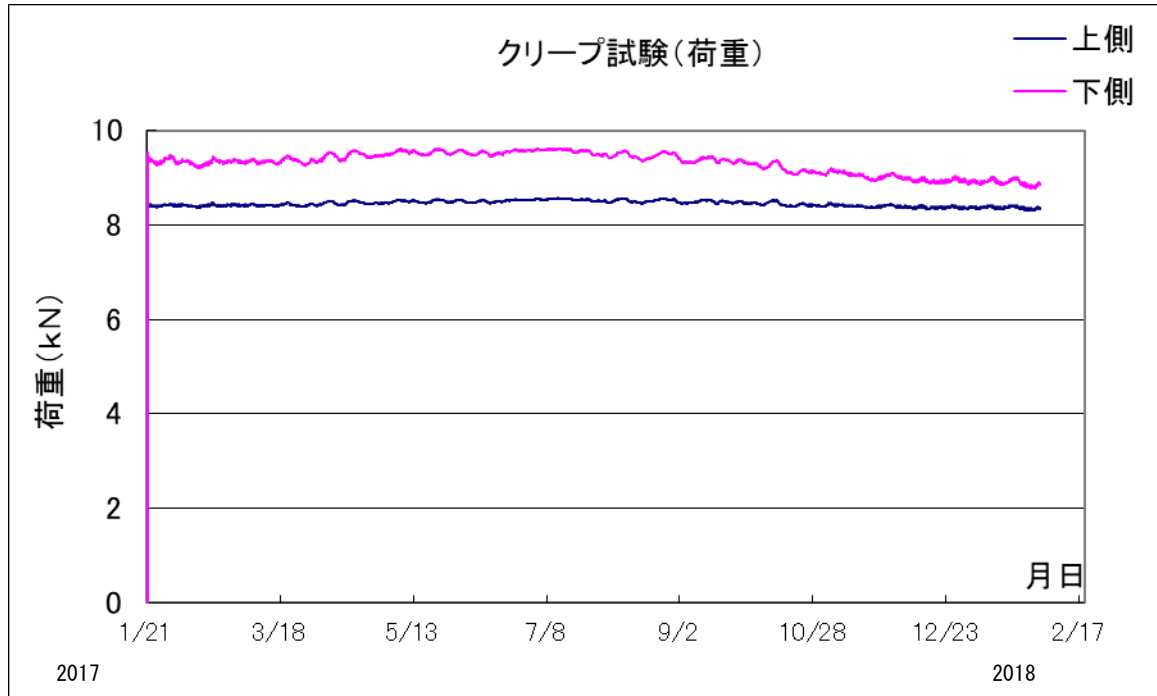


図 4.5.4.16 クリープ試験の荷重

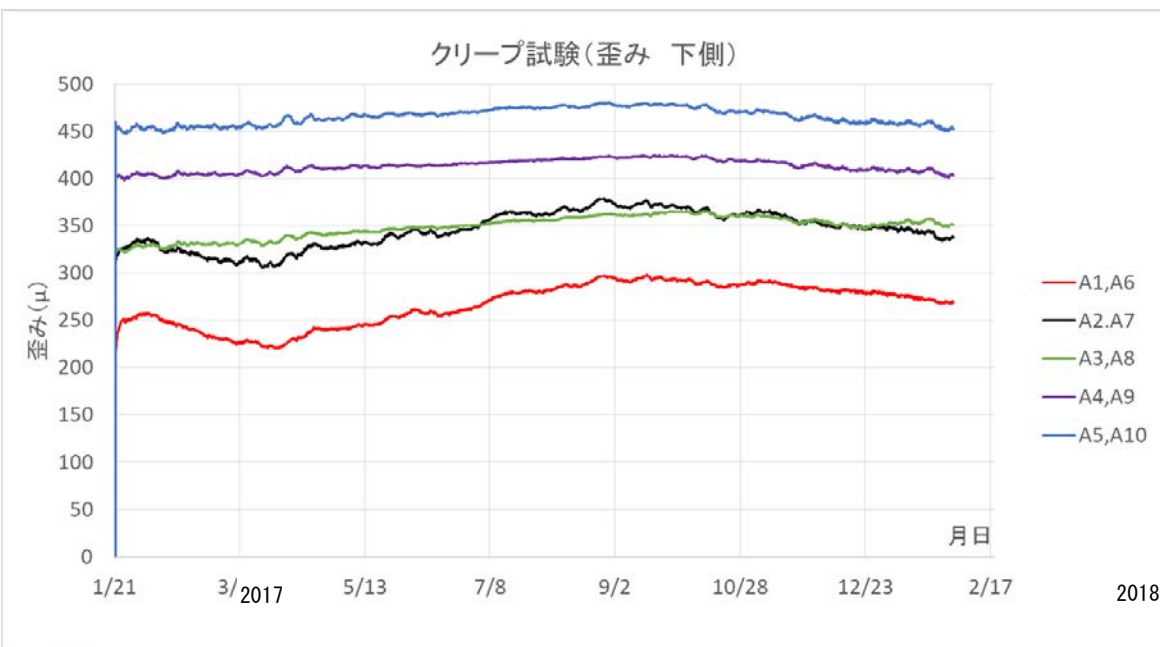


図 4.5.4.17 クリープ試験の歪み

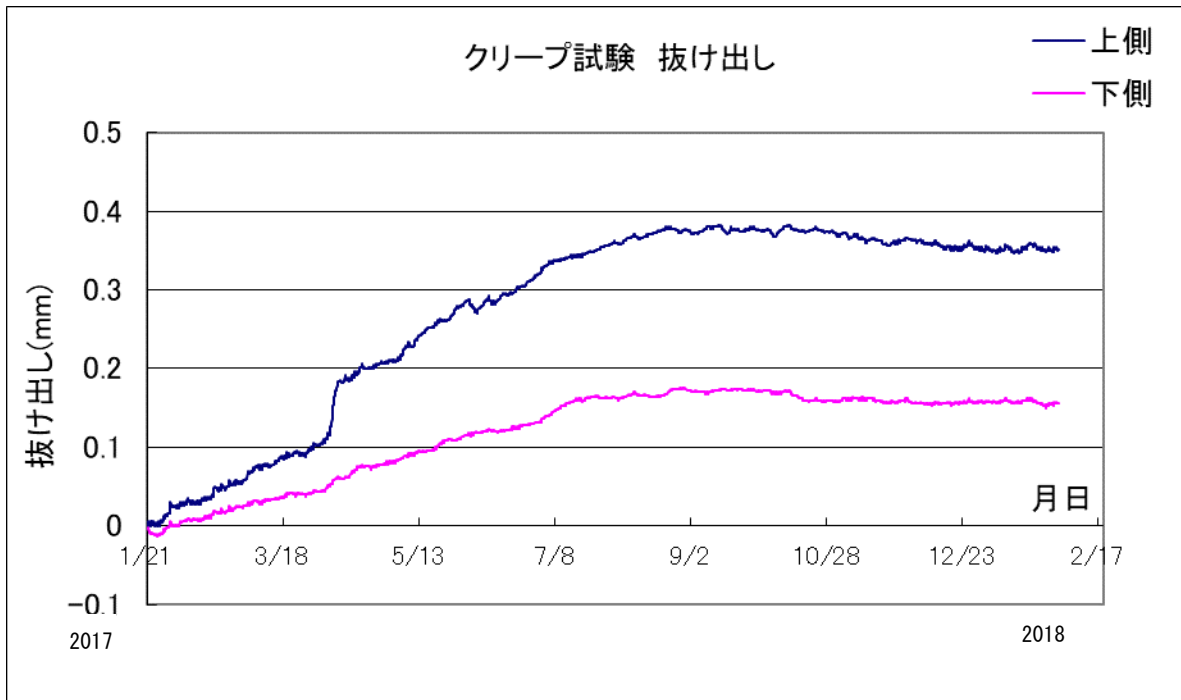


図 4.5.4.18 クリープ試験の変形

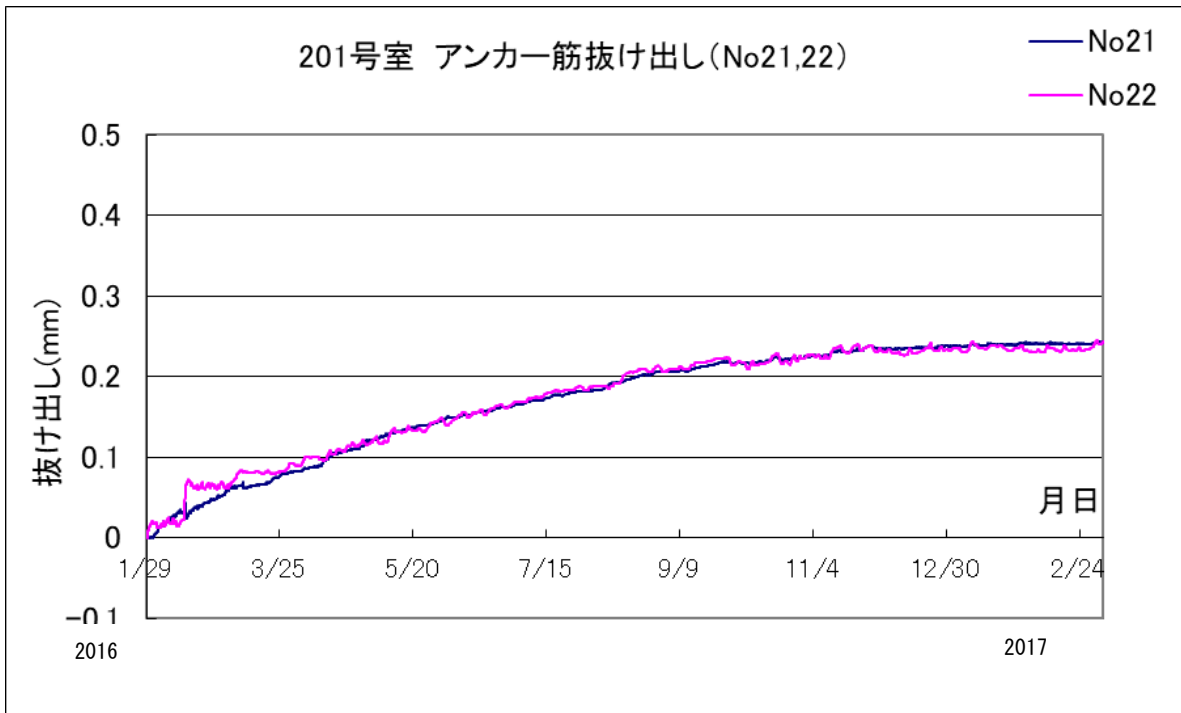


図 4.5.4.19 201号室 アンカー筋の抜け出し(載荷から1年)



#### 4-5-4-6 設計時のアンカー筋の応力レベルとの比較

計算例より、実験スラブのあと施工アンカー設計時の応力は端部上端 ( $M_{x1}$ ) の応力を用いている。

$$M_{x1} = 1/12 \times w \times \ell_x^2 = 20.18 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\varepsilon = \sigma / E_s = M_x / (a_t \times j) / E_s = 157 / 1.74 \times 10^5 = 90.4 \times 10^{-5} = 904 \mu$$

ここで、 $a_t$  : 実験スラブのアンカー筋断面積 7-D13 ( $a_t = 889 \text{ mm}^2$ )

$E_s$  : 鉄筋のヤング係数  $1.74 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$  (材料試験結果より)

よって、長期たわみ実験にアンカー筋に生じた歪みの最大値 ( $350 \mu$ ) との比率は、 $904 \mu / 350 \mu = 2.58$  となる。

#### 4-5-4-7 ひび割れ幅の検討

「鉄筋コンクリート計算規準・同解説(2010)<sup>4.2)</sup> 付 7. 長期荷重時におけるひび割れと変形 1.2 曲げひび割れ幅算定式」による計算を、以下に示す。

算定式は、「プレストレスト鉄筋コンクリート(Ⅲ種 PC)構造設計・施工指針・同解説(2003)<sup>4.6)</sup> 付 1.2 PRC 部材の曲げひび割れ算定法」に示す計算式と同様であるので、これを参考とした。

検討モーメント  $M = 20.18 \text{ kN}\cdot\text{m}$  (試験体端部上端)

スラブ厚  $t = 200 \text{ mm}$  , コンクリート強度  $F_c = 39.8 \text{ N/mm}^2$  (表 4.5.2.3 参照)

・平均ひび割れ間隔  $L_{av}$  の算出

$$L_{av} = 2 \times (c + s/10) + k \times \phi / P_e = 146 \text{ mm}$$

ここで、 $c$  : コンクリートのかぶり厚さ  $30 \text{ mm}$

$k$  :  $0.00025 \times t = 0.05$

$s$  : 鉄筋中心間隔  $150 \text{ mm}$

$\phi$  : 鉄筋の直径  $13 \text{ mm}$  (断面積  $a_t = 127 \text{ mm}^2$ )

$p_e$  :  $a_t / A_{ce} = 0.0116$

・平均鉄筋ひずみ  $\varepsilon_{t,av}$  の算出 ( $D < 0$  の場合)

$$\varepsilon_{t,av} = \max \{ (\sigma_t - 105) \times E_s , 0.4 \times \sigma_t / E_s \} = 0.000383 = 383 \mu$$

$$D = (2000 \times \sigma_t - 0.8 \times E_s) / (2 - 8000 \times E_s \times (f_t / P_e - 0.8 \sigma_t)) = -1.00 \times 10^{11}$$

ここで、 $\sigma_t$  : ひび割れ断面における鉄筋応力  $167 \text{ N/mm}^2$

$E_s$  : 鉄筋のヤング係数  $174000 \text{ N/mm}^2$  (表 4.5.2.4 参照)

$f_t$  : コンクリートの引張強度  $0.07 \times F_c = 2.79 \text{ N/mm}^2$

・コンクリート表面での最大ひび割れ幅の算出

$${}^{(\beta)}W_{max} = 1.5 \times L_{av} \times (\beta \times \varepsilon_{t,av} + \varepsilon_{sh}) = 0.22 \text{ mm}$$

ここで、 $\beta$  : 中立軸と鉄筋中心との距離に対する中立軸と引張表面との距離の比

$$\beta = 1.575$$

$\varepsilon_{sh}$  : コンクリートの乾燥収縮ひずみ  $0.000398$

(1m 角乾燥収縮試験体主方向最大値 2018/1/29)

ひび割れ幅および既存壁と試験床との打継面に生じた目開きの幅の測定を実施した 2018 年 1 月 31 日(経過日数: 733 日)での 201, 101 号室のスラブ端部上端の既存壁際に生じた目開き幅の最大値は、各々  $1.1 \text{ mm}$ ,  $0.6 \text{ mm}$  であった。

#### 4-6 まとめ

4章では、接着系あと施工アンカーを用いた構造部材の構造性能確認試験について報告した。

4.1節では、接着系あと施工アンカーを建築物の構造部材に使用する場合の使用方法の分類と安全率の設定に対する考え方を示した。

4.2節では、設計の基本的な考え方として、接着系あと施工アンカーにより母材に埋込まれたアンカー筋の設計は、アンカー筋を使用する構造部材の各荷重および外力下での応力や変形を算定し、先付け鉄筋を用いた場合の当該構造部材に必要とされる構造性能と同等の構造性能を付与することや、接着系あと施工アンカーを構造部材の主筋の定着やアンカーボルトに使用する場合、アンカー筋の耐力に比して付着耐力やコーン状破壊耐力が十分に上回っていることが基本であることを述べた。また、試験体の設計フローを示した。

4.3節では、あと施工アンカーを用いた耐力壁の構造性能確認実験の例として、既存耐力壁に新たに開口を設け、縦に配筋する補強筋を床梁に定着するための用途を想定したあと施工アンカーの構造性能検証として静的構造実験を行い、条件設定や実験手法および結果の検討についての流れを例示した。

4.4節では、あと施工アンカーを用いた構造部材の長期性能を確認する一例として、主筋の定着に接着系あと施工アンカーを用いた両端固定一方向スラブならびに片持ちスラブについて、通常の先付け工法の定着方法によるスラブとの比較により長期たわみ増大率、ひび割れ性状、鉄筋ひずみ、乾燥収縮率、振動数、定着部の破壊性状および強度に関する検証結果を述べた。

4.5節では、実建物における新設スラブの主筋定着に接着系あと施工アンカーを用いたときの当該スラブの長期性状を把握することを目的として、実建物の壁に支持した1m幅のスラブ試験体に対して長期載荷実験を行った結果について報告した。

参考文献

- 4.1) 国土交通省：あと施工アンカー・連続繊維補強設計・施工指針，pp.1-3～1-5，平成18年5月
- 4.2) 日本建築学会：鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説，2010.2
- 4.3) 日本建築学会：各種合成構造設計指針・同解説，2010.11
- 4.4) 日本建築防災協会：既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震改修設計指針 同解説，2001.10
- 4.5) 日本建築学会：鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説，1991.4
- 4.6) 日本建築学会：プレストレスト鉄筋コンクリート(Ⅲ種 PC)構造設計・施工指針・同解説，2003.2



## 第5章

### 接着系あと施工アンカーの施工品質に関する試験

## 5-1 検討概要

5.2 節では、接着系あと施工アンカーの施工品質に資する基本的な技術資料を得るために平成 27 年度に実施した実建物施工における施工品質の確認試験の結果を報告する。施工者 1 人が施工姿勢（上向き・横向き・下向き）ごとに一日に施工するアンカー筋本数相当を 1 ロットとしてアンカー施工を行い、穿孔作業およびアンカー筋固着作業にかかる施工精度と接着剤充填状況の調査ならびに付着強度の確認試験を行ったものである。

5.3 節では、接着系あと施工アンカーの引張・せん断性能に及ぼすアンカー筋の施工精度の影響を確認するために平成 28 年度に実施した傾斜したアンカーの短期引張実験およびせん断実験を報告する。

5.4 節では、平成 28 年度に実施したアンカー施工品質に対する非破壊方法の適用性の検討を報告する。150×150×530 mmの角柱試験体にアンカー施工した比較的小型の模擬試験体による衝撃弾性波法および電磁波レーダ法の適用性を検証したものである。

5.5 節では、平成 29 年度に実施した非破壊試験による樹脂の充填状況の評価に関する検討を報告する。電磁パルス法および電磁波レーダ法を用いて施工状況を模擬した試験体および実建物による適用性の検討を行った。また、その結果を踏まえ、電磁パルス法による接着剤の充填状況の試験方法案、および超音波パルス反射法によるあと施工アンカーの埋め込み長さの試験方法案を提案する。

5.6 節では、施工品質を確保するための方法として施工品質管理指針案を提案した。これに従ってあと施工アンカー工事の施工品質管理を行うことで、施工の品質を確保すること、また、不具合等が生じた場合の対策を検討することを目的とした。施工品質管理計画書および施工要領書の記載例を提示した。

## 5-2 実建物施工における施工品質の確認試験

### 5-2-1 検討概要

あと施工アンカーの性能は施工の良否による影響を受けるため<sup>例えば文献5.1)</sup>、アンカー工事が適切に実施され、所定の施工品質が確保されるように、製品や施工に関する十分な知識を持つ者が施工を行い、作業工程ごとに定められた品質管理項目をあと施工アンカー施工者、工事の全体請負業者の管理者および監理者が確認しながら工事を進める必要がある。

建築工事におけるあと施工アンカーの施工方法や品質管理項目とその確認方法が示されている関連規定としては、例えば以下にあげるものがある。ただし、接着系アンカーについてはカプセル方式を対象としており、注入方式に関する内容は明記されていない。

- ・国住指第1015号別添「あと施工アンカー・連続繊維補強設計・施工指針」（平成18年7月7日）
- ・（一財）建築保全センター「公共建築改修工事標準仕様書（建築工事編）平成25年版」（平成26年3月20日）
- ・（一財）建築保全センター「建築改修工事監理指針（平成25年版）」（平成25年12月）
- ・（一社）日本建築あと施工アンカー協会「あと施工アンカー施工指針（案）・同解説」（平成17年5月）
- ・（一財）日本建築防災協会「2001年改訂版 既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震改修設計指針同解説」（平成13年12月）
- ・（一財）日本建築防災協会「2009年改訂版 既存鉄骨鉄筋コンクリート造建築物の耐震改修設計指針同解説」（平成21年12月）

また、一般的に、あと施工アンカーのメーカーは製品ごとに施工要領や施工にかかる技術資料を取りそろえており、これらの関連規定や技術資料等を踏まえて作成した施工計画書や施工要領書に従って確実に施工することが、あと施工アンカーが所要の性能を発揮するための前提条件になる。

しかし、あと施工アンカーの施工品質の実態について、穿孔作業およびアンカー筋固着作業にかかる施工精度や施工姿勢（上向き・横向き・下向き）の違いが付着強度に与える影響を確認した試験の報告例<sup>例えば文献5.2)</sup>はこれまでもあるが、施工対象がコンクリートブロック試験体であり、施工本数も1水準あたり5本程度である。実建物の構造躯体を対象にし、施工者が一日に施工するアンカー筋本数相当を1水準とした施工品質にかかる調査報告は皆無である。また、実際のアンカー工事では施工後の立会い検査として、1日に施工されたアンカー筋を各径ごとに1ロットとして、3本の引張試験が行われる場合があるが、通常、検査荷重をアンカー筋の鋼材による引張荷重、またはコーン破壊荷重の小さい方の2/3程度までとした非拘束型による非破壊試験としているため、施工品質の影響を踏まえた付着強度やそのばらつきを確認することを目的としたものではない。

あと施工アンカーがポテンシャルとして有する付着性能は、あと施工アンカー単体試験体の性能試験で付着強度を求めることで確認されるが、これは下向き施工を前提にしているほか、試験室と実建物では施工条件・施工環境が異なること、試験体に比べて実建物の構造躯体では母材コンクリートの健全性の状態が均質ではないことから、実建物で適切に施工された場合においてもポテンシャルとして有する付着性能がそのまま確実に確保されているどうかは実証試験が必要である。無視できない程度に違いがあるのであれば、あと施工アンカーの材料強度や許容応力度を定めるにあたり、あと施工アンカー単体試験体の性能試験で確認した付着強度に対して、施工品質の影響を考慮した安全率を見

込むか、あるいは設計強度式においてその影響を施工係数として反映させるなどの何かしらの考慮が求められる可能性がある。また、施工段階においては、関連規定などに従って定められた品質管理項目に基づいて適切に施工されていることを確認するが、設計で必要とする強度が確保されていることを確認する現場非破壊試験では、実建物施工における施工品質と付着強度の実態が反映されるようなロット構成と試験本数を設定することが望ましい。

そこで、本試験ではこれらに資する技術資料を得るために、実建物の構造躯体を対象にし、施工者1人が施工姿勢（上向き・横向き・下向き）ごとに一日に施工するアンカー筋本数相当を1ロットとしてアンカー施工を行い、穿孔作業およびアンカー筋固着作業にかかる施工精度と接着剤充填状況の調査ならびに付着強度の確認試験を行った。

## 5-2-2 施工および試験計画

### 5-2-2-1 計画方針

試験を行う実建物の選定にあたっては、アンカー施工では大きな騒音・振動が発生すること、付着強度を確認するための破壊試験を行うことなどの理由から供用中や工事中の建物での実施は困難であるため、現在は全居住者が退去している元集合住宅とした。

試験で使用するあと施工アンカーの種類・施工方法は、本報 2-2 項で使用されているものと同じ注入方式による接着系アンカー（接着剤はエポキシ樹脂）とした。本報 2-2 項で確認するあと施工アンカーのポテンシャルとして有する付着強度の試験結果と、実建物施工における試験結果を比較することで、施工条件・施工環境の違いが付着性能にどの程度の差として表れるかその実態を把握するための一検証例とする。

具体的に試験で確認する項目としては、穿孔作業およびアンカー筋固着作業における穿孔深さ、穿孔径、埋込み長さおよびアンカー筋角度、ならびに施工姿勢（上向き・横向き・下向き）ごとの付着強度とした。なお、付着強度の試験方法としては、アンカー筋降伏が先行しないように高強度異形鉄筋（SD785 相当）を使用し、コーン状破壊を防止するためにアンカー筋の孔口周辺に支圧板を当てる拘束試験とした。また、付着強度試験後の一部のアンカー筋については、アンカー筋部分を含むコンクリートのコア採取を行い、これを割裂することで接着剤の充填状況を確認した。

本試験は、実建物施工で適切に施工管理がされた上での施工品質と付着強度の実態を把握することを目的としている。アンカー施工にあたっては、施工確認シートを使用し、品質管理項目について確認をしながら行った。

### 5-2-2-2 建物概要

表 5.2.2.2-1 に試験を行った建物概要、図 5.2.2.2-1 に建物の基準階平面図、写真 5.2.2.2-1 に外観を示す。

表 5.2.2.2-1 施工品質に関する試験を行った建物概要

|              |                         |
|--------------|-------------------------|
| 場 所          | 東京都清瀬市                  |
| 建物用途         | 集合住宅（現在は供用停止）           |
| 竣工年          | 1967 年                  |
| 構造形式・階数      | 壁式鉄筋コンクリート造 5 階建て       |
| コンクリート設計基準強度 | $F_c=165\text{kg/cm}^2$ |



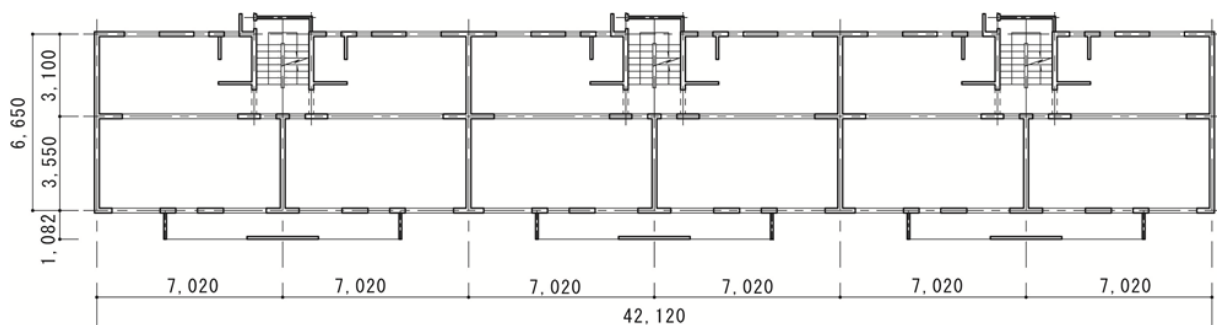


図 5.2.2.2-1 基準階平面図



写真 5.2.2.2-1 建物外観

### 5-2-2-3 施工および試験概要

#### 5-2-2-3-1 試験要因と試験水準

試験要因と試験水準を表 5.2.2.3-1 に示す。施工姿勢は、上向き、横向きおよび下向きとし、対応する試験部位は、天井、壁および床である。アンカー筋の種類は建築で多く使用される異形棒鋼、その径は高強度筋が入手しやすい D13 とし、埋込み長さ、接着剤、接着剤充填方式および穿孔方法は 2 章で報告されている試験でメインとなっている水準と同じとする。

表 5.2.2.3-1 試験要因と試験水準

| 試験要因       | 水準数 | 試験水準                   |
|------------|-----|------------------------|
| 施工姿勢（試験部位） | 3   | 上向き（天井）、横向き（壁）、下向き（床）  |
| 施工本数       | 1   | 施工姿勢ごとに各 65 本          |
| アンカー筋種類・径  | 1   | SD785 相当, D13          |
| 穿孔径        | 1   | 16 mm                  |
| 埋込み長さ      | 1   | 5da                    |
| 接着剤        | 1   | 有機系エポキシ樹脂              |
| 接着剤充填方式    | 1   | 注入方式（カートリッジ型）          |
| 穿孔方法       | 1   | ハンマードリル                |
| 施工者        | 1   | 1 人（JCAA あと施工アンカー主任技士） |

なお、施工本数は、表 5.2.2.3-2 に示す「建設物価技術資料」におけるあと施工アンカー施工量（本/人・日）を参考にして、ここでは1人が1日あたりに施工する本数を65本と設定し、それを施工姿勢ごとの付着強度試験における1ロットとみなすことにした。

表 5.2.2.3-2 1人1日当たりのあと施工アンカー施工量に関する資料

(建設物価技術資料)

| タイプ | 芯棒打込み式 | 付表 2.2 あと施工アンカー施工量 |        |          |          | 床・壁 施工  |         |       | 接着系アンカー |
|-----|--------|--------------------|--------|----------|----------|---------|---------|-------|---------|
|     |        | 内部コーン打込み式          | 本体打込み式 | スリーブ打込み式 | テーパーボルト式 | コーンナット式 | ダブルコーン式 | ウエッジ式 |         |
| M 6 | 270    | 270                | 270    | 250      | 270      | 250     | 250     | 270   |         |
| M 8 | 270    | 270                | 270    | 240      | 270      | 240     | 240     | 270   | 120     |
| M10 | 270    | 270                | 270    | 230      | 270      | 230     | 230     | 270   | 110     |
| M12 | 180    | 180                | 180    | 160      | 180      | 160     | 160     | 180   | 75      |
| M16 | 110    | 110                | 110    | 90       | 110      | 90      | 90      | 110   | 50      |
| M20 | 45     | 45                 | 45     | 40       | 45       | 40      | 40      | 45    | 30      |
| M22 | 27     | 27                 | 27     | 25       | 27       | 25      | 25      | 27    | 22      |
| M24 | 13     | 13                 | 13     | 13       | 13       | 13      | 13      | 13    | 12      |

(→D13 と  
して 65 本  
を仮定)

\*天井への施工量は 1/1.5 倍である。

### 5-2-2-3-2 試験部位とアンカー施工位置

試験部位の概要を表 5.2.2.3-3、構造体から採取したコアコンクリートの圧縮強度を表 5.2.2.3-4、天井および床のアンカー施工位置を示した平面図を図 5.2.2.3-1、壁のアンカー施工位置を示した断面図を図 5.2.2.3-2 に示す。

アンカーは、図 5.2.2.3-3 に示すように、原則、試験部位の躯体面鉄筋で格子状に区画されたほぼ中央の位置に施工し、かつアンカー筋同士が 150 mm 以上の間隔を確保するようにした。躯体面に埋設された木レンガやコンセントボックスがある場合には、埋設物と躯体面鉄筋から 50 mm 以上の離隔を確保した位置に施工した。なお、施工するコンクリート躯体面の一部には、0.3 mm 未満の軽微なひび割れやコールドジョイントによる豆板の補修の跡が見られたが、当該箇所にも施工を行った。

表 5.2.2.3-3 試験部位の概要

|           | 試験部位                         |                                |  |
|-----------|------------------------------|--------------------------------|--|
|           | 天井                           | 壁                              | 床  |
| 部屋番号・居室   | 202 号室 居室(1)                 | 302 号室 居室(2)                   | 202 号室 居室(2)                               |
| 部材の種類     | スラブ                          | 耐力壁                            | スラブ  |
| 部材の設計厚さ   | 110 mm                       | 180 mm                         | 110 mm                                     |
| 配筋        | 9φダブル@250                    | 鉄筋 9φダブル@200<br>(一部@400)       | 鉄筋 9φダブル@200<br>(一部@400)                   |
| コンクリート実強度 | 48.9N/mm <sup>2</sup>        | 42.3 N/mm <sup>2</sup>         | 42.9N/mm <sup>2</sup>                      |
| 躯体の仕上げ種類  | ひる石吹き付け                      | 打ち放し                           | 打ち放し                                       |
| 躯体面の状態    | 平滑。ひる石吹き付けの層厚は 1~2 mm 程度で薄い。 | 型枠境界位置に不陸面あり。コールドジョイントの補修箇所あり。 | こて仕上げの均し不足による不陸面が若干あり。また、レイタンスと思われる脆弱部分あり。 |
| 施工姿勢      | 上向き                          | 横向き                            | 下向き  |

表 5.2.2.3-4 構造体コンクリートの圧縮強度試験結果

| 部位 | 圧縮強度平均値<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 圧縮強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 直径 d×高さ h<br>(mm) | h/d  | 気乾単位<br>容積質量 (t/m <sup>3</sup> ) |
|----|---------------------------------|------------------------------|-------------------|------|----------------------------------|
| 天井 | 48.9                            | 53.5                         | 76.1×87.4         | 1.15 | 2.304                            |
|    |                                 | 47.1                         | 75.8×88.4         | 1.17 | 2.284                            |
|    |                                 | 46.2                         | 75.8×99.2         | 1.31 | 2.299                            |
| 壁  | 42.3                            | 40.9                         | 103.1×136.5       | 1.32 | 2.301                            |
|    |                                 | 41.1                         | 103.3×163.5       | 1.58 | 2.291                            |
|    |                                 | 45.1                         | 103.0×173.4       | 1.68 | 2.294                            |
| 床  | 42.9                            | 42.8                         | 75.9×103.9        | 1.37 | 2.274                            |
|    |                                 | 43.8                         | 75.8×103.0        | 1.36 | 2.302                            |
|    |                                 | 42.2                         | 75.8×107.8        | 1.42 | 2.212                            |

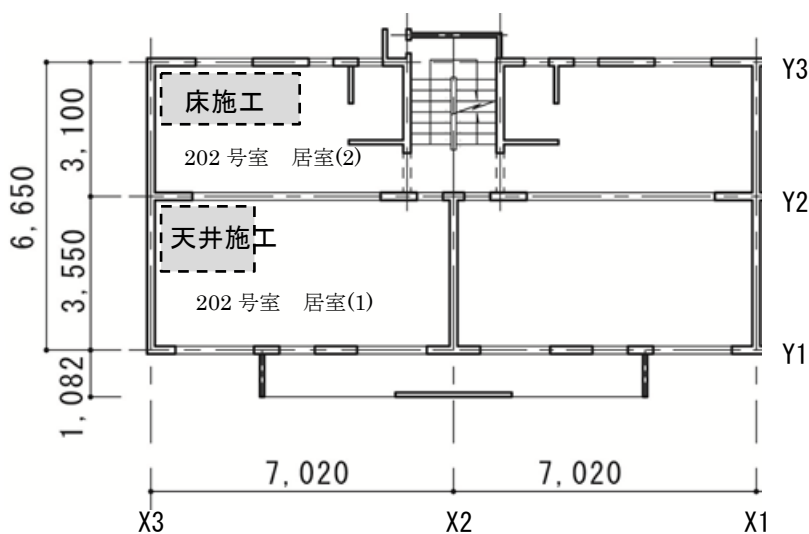


図 5.2.2.3-1 天井および床のアンカー施工位置 (平面図)

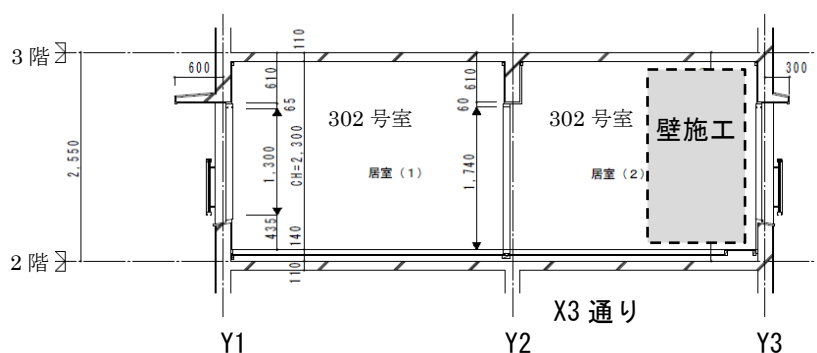


図 5.2.2.3-2 壁のアンカー施工位置 (断面図)

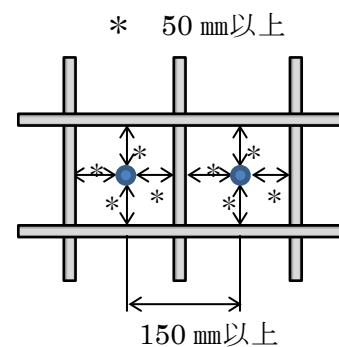


図 5.2.2.3-3

躯体内鉄筋とアンカー筋の位置

### 5-2-2-3-3 試験方法

#### (1) アンカー施工精度の計測方法

アンカー施工の精度を確認するため、施工本数全数について、穿孔後およびアンカー筋挿入後に表 5.2.2.3-5 に示す項目を計測した。引き抜き試験による付着応力度の算定に用いるアンカー筋の埋込み長さは、表中の③アンカー筋全長から④アンカー筋突出長さを差し引いて求めた。

表 5.2.2.3-5 計測方法

| 計測時期         | 計測項目       | 計測機器   | 計測模式図 |
|--------------|------------|--|-------|
| 穿孔後          | ①穿孔径       | 三点式内径測定器<br>ボアマチック<br>SBM-25CXST<br>(株式会社ミットヨ) |       |
|              | ②穿孔深さ      | コンベックス   |       |
|              | ③アンカー筋全長   | コンベックス   |       |
| アンカー筋<br>挿入後 | ④アンカー筋突出長さ | コンベックス   |       |
|              | ⑤アンカー筋角度   | デジタルプロトラクター<br>DP-601<br>(丸井計器株式会社)            |       |

アンカー筋埋込み長さ=③アンカー筋全長-④アンカー筋突出長さ

(2) 付着強度試験

アンカー筋の付着強度試験は、図 5.2.2.3-4 および表 5.2.2.3-6 に示す仕様の市販されている試験機を使用し、最大荷重を測定した。本試験の目的は付着強度の確認であるため、コーン状破壊を防止するためにアンカー筋の孔口周辺に支圧板を当てる拘束試験とした。なお、一部のアンカー筋については、試験機に変位計を取り付け、荷重と同時に変位も測定したが、参考値扱いとした。

試験の手順を以下に示す。

- ①支圧板を躯体表面に設置する。(写真 5.2.2.3-1)
- ②アンカー筋に試験機本体を通して、チャックを取付ける。
- ③アンカー筋の角度に応じて、試験機の脚の長さを調整する。
- ④油圧ポンプにて荷重をかける。(写真 5.2.2.3-2)
- ⑤最大荷重後、試験機の最大ストローク (20 mm) までアンカー筋を引き抜く。
- ⑥データロガーへの書き込み不具合等に備えて、測定器に表示される最大荷重値を写真記録する。

(写真 5.2.2.3-3)

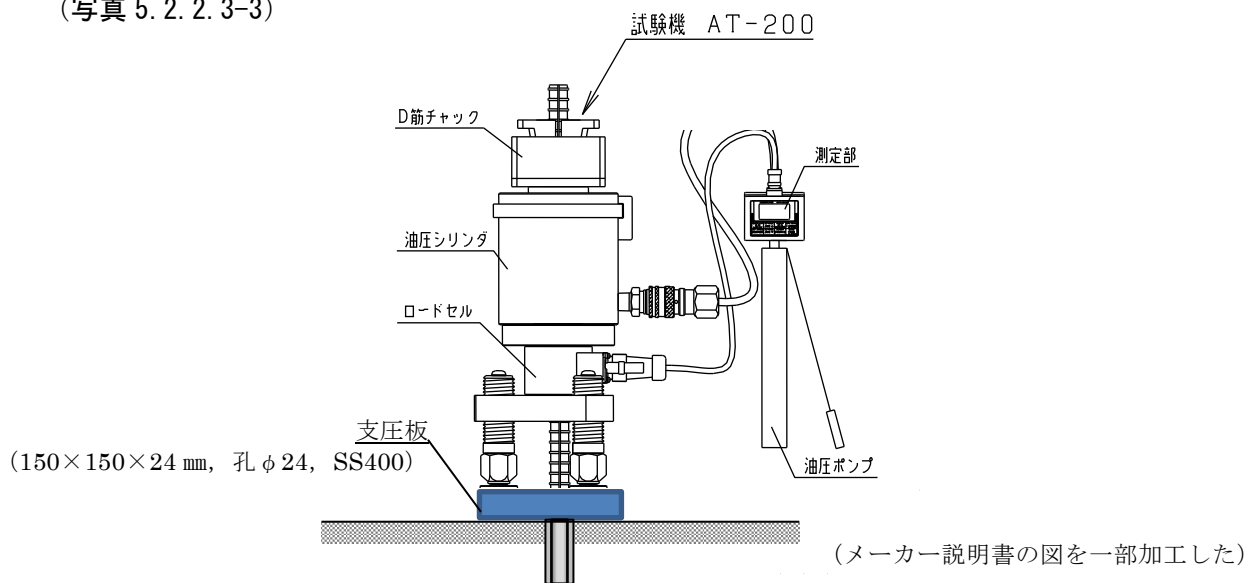


図 5.2.2.3-4 試験機の概要

表 5.2.2.3-6 試験機の仕様

|         |            |                               |
|---------|------------|-------------------------------|
| 試験機名称   |            | テクノスターAT-200<br>(サンコーテクノ株式会社) |
| 最大荷重    |            | 200 kN                        |
| 最大変位量   |            | 15mm                          |
| 傾斜補正範囲  |            | ±5 度                          |
| 荷重・変位精度 |            | 非直線性：±1.5% F. S. ±1 digit     |
| 質量      | 本体         | 11.0 kg                       |
|         | 測定部        | 1.0 kg                        |
|         | 油圧ポンプ部     | 3.9 kg                        |
| 測定部     | 測定範囲最小表示値  | 荷重：0.1kN 変位：0.01mm            |
| 機構部     | 負荷方式       | 油圧式                           |
|         | シリンダーストローク | 20mm                          |
|         | 荷重センサ      | 歪ゲージ式ロードセル                    |
|         | 荷重センサ定格    | 200kN                         |



写真 5.2.2.3-1 支圧板の設置



写真 5.2.2.3-3 最大荷重の記録



写真 5.2.2.3-2 上向き施工のアンカー筋への試験

(3) 接着剤の充填状況の確認

接着剤の充填状況を確認するため、付着強度試験後に、上向き・横向き・下向きの施工方向ごとに3～7本のアンカー筋を75φのコアドリルを使用してコア採取し(写真5.2.2.3-4)、アンカー筋の埋込み方向が割裂断面になるように圧縮試験機でコアを割裂した。なお、床で採取したコアのうち一部は、コアドリルの回転でコンクリートコアが崩壊してしまい、接着剤の充填状況の確認ができなかった。



写真 5. 2. 2. 3-4 アンカー筋部分のコア採取

5-2-2-4 試験・施工の手順および実施工程

本試験全体およびそれにかかる施工の手順は以下のとおりである。また、実施工程を表5.2.2.4-1に示す。

① 試験準備

試験に使用するアンカー筋1本ごとに通し番号を付け、全長を計測する。試験部位のコンクリートをコア採取し、圧縮強度試験を行う。

② 鉄筋探査

鉄筋探知機により試験部位における鉄筋の位置を確認し、墨出を行う。

③ 穿孔位置墨出し

試験ピッチ・既設鉄筋位置を考慮し、穿孔位置をマーキングする。また、穿孔各位置に試験用の通し番号を書いたテープを貼り付ける。

④ 穿孔

穿孔ドリルにマーキングを行い、穿孔深さを確保する。

⑤ 孔内清掃

集塵機・ブラシ等で清掃を行う。

⑥ 穿孔径・穿孔深さの計測

穿孔径・穿孔深さを計測する。

⑦ 接着剤の充填

専用注入ガンを用いて接着剤を充填する。

⑧ アンカー筋埋込み

アンカー筋を埋込み、必要に応じて位置固定・落下防止策を行う。

⑨ アンカー筋突出長さ・角度の計測

アンカー筋突出長さ・角度を計測する。

⑩ 付着強度試験

孔口周辺の硬化した余剰樹脂を除去し、付着強度試験を行う。

⑪ 接着剤の充填状況の確認

アンカー筋を含むコアを採取し、割裂する。

表 5.2.2.4-1 試験・施工の実施工程

| 項目                              | 月<br>日 | 1月 |    |    |    |    |    |    | 2月 |   |   |   |   |   |
|---------------------------------|--------|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|
|                                 |        | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 1  | 2 | 3 | 4 | 5 |   |
| 鉄筋探査                            |        | ■  |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |
| 穿孔                              | 上      |    | ■  |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |
|                                 | 横      | ■  |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |
|                                 | 下      |    | ■  |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |
| アンカー筋固着<br>(接着剤充填・ア<br>ンカー筋埋込み) | 上      |    |    | ■  |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |
|                                 | 横      |    |    | ■  |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |
|                                 | 下      |    | ■  |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |
| 養生                              |        |    |    | ■  |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |
| 付着強度試験                          |        |    |    |    |    |    |    |    | ■  |   |   |   |   |   |
| コア採取                            |        |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   | ■ |

5-2-2-5 施工要領

本試験にかかるアンカーの施工要領を以下に示す。なお、これまで注入方式における標準的な施工確認シートがなかったため、(一社)日本建築あと施工アンカー協会が作成検討中の表 5.2.2.5-1 に示す施工確認シートの提供を受け、本施工で使用している。

①母材穿孔

あらかじめ墨出しされた位置に 16φ のドリルビットでマーキング位置まで穿孔する。

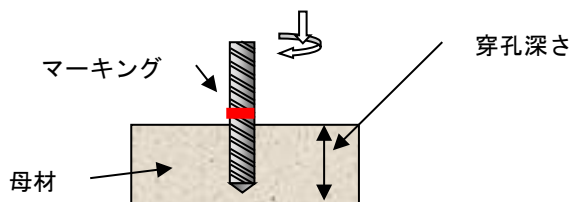


図 5.2.2.5-1 母材穿孔

②孔内清掃

集塵機で切粉を取除く→ブラシで内壁に付着した切粉を取除く→再び集塵機で切粉を取除く。

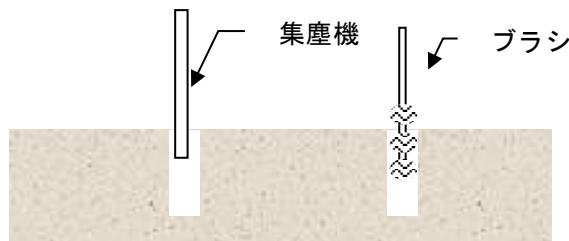


図 5.2.2.5-2 孔内清掃

③穿孔深さ確認

穿孔後の穿孔深さが、規定通りの深さであることコンベックスを用いて確認する。なお、穿孔深さが足りない場合は、再度、規定の深さまで穿孔を行う。

④接着剤充填

接着剤が有効期限内であること、気温が5度以上あることを確認する。

専用注入ガンを用いて、密封された主剤・硬化剤の樹脂を先端部に取り付けたミキシングノズル内で混合させ、孔内に接着剤を充填する。充填は、孔底より一定の速度で充填を行い、注入ノズルにつけたマーキング位置が、孔口に達するまで充填を行う。豆板やひび割れなどにより樹脂量が不足した場合は、再度、樹脂を必要樹脂量に達するまで充填する。

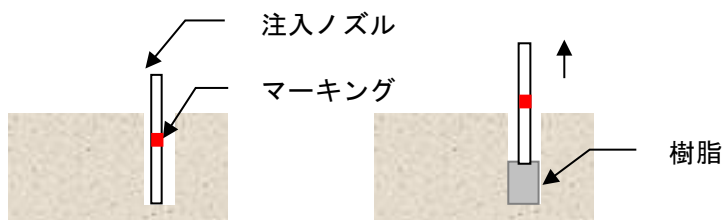


図 5. 2. 2. 5-3 接着剤充填

なお、樹脂充填管理方法は、表 5. 2. 2. 5-2 に示すような必要樹脂量計算書に基づき、アンカー1箇所当たりの樹脂量から定めた注入ノズルのマーキング位置が孔口に達したことを目視確認することで行う。また、施工前・後でカートリッジ本数・重量を記録し、使用した総樹脂量を確認する。

表 5. 2. 2. 5-2 使用するあと施工アンカーにおける必要樹脂量計算書の例

|          |                          |        |       |                          |         |
|----------|--------------------------|--------|-------|--------------------------|---------|
| ボルト条件    | ボルトサイズ                   | D13    | 1本あたり | 必要樹脂量 (cm <sup>3</sup> ) | 5.9     |
|          | ボルト外径 (mm)               | 13.0   |       | 余剰樹脂率                    | 1.20    |
|          | 有効断面積 (mm <sup>2</sup> ) | 126.70 |       | トリガーの目安 (回)              | 2       |
| 施工条件     | 穿孔径 (mm)                 | 16.0   | 全施工本数 | 必要樹脂量 (cm <sup>3</sup> ) | 1,150.5 |
|          | 穿孔長 (mm)                 | 65     |       | 必要カートリッジ数 (本)            | 4       |
| 施工本数 (本) |                          | 195    |       |                          |         |

⑤アンカー筋埋込み

先端を寸切に切断したアンカー筋を孔底に達するまで挿入する。穿孔深さが所要より深い場合も同様とする。挿入後、接着剤が孔口より溢れ出ていることを確認する。

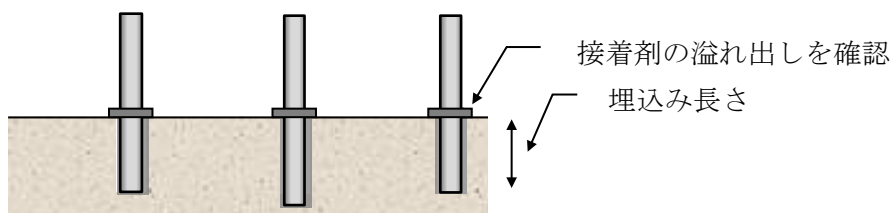


図 5. 2. 2. 5-4 アンカー筋埋込み



⑥位置固定・落下防止

上向き施工におけるアンカー筋は、ゴムバンド等を用いて位置固定および落下防止を行う。

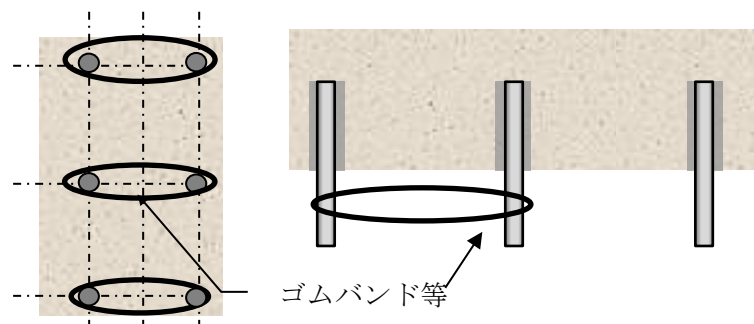


図 5.2.2.5-5 位置固定・脱落防止（ゴムバンド）



写真 5.2.2.5-1 位置固定・脱落防止（ゴムバンド）



写真 5.2.2.5-2 位置固定・脱落防止（くさび）

⑦アンカー筋角度の計測

アンカー筋角度を計測する。

⑧硬化養生

樹脂が硬化するまでアンカー筋は動かさず、衝撃などを与えないように養生を行う。

表 5.2.2.5-1 施工確認シート

| 施工確認シート                       |            |                   |                                    |                    |           |
|-------------------------------|------------|-------------------|------------------------------------|--------------------|-----------|
| (1)接着系アンカー インジェクション方式 施工管理シート |            |                   |                                    |                    |           |
| 工事名称                          |            |                   |                                    |                    |           |
| 発注者                           |            |                   |                                    |                    |           |
| 現場住所                          |            |                   |                                    |                    |           |
| 施工業者                          |            | 現場責任者             |                                    | 施工年月日              |           |
| 施工者氏名                         |            |                   |                                    | 計 名                |           |
| 施工場所                          |            |                   |                                    |                    |           |
| アンカー筋                         |            | カートリッジ            |                                    |                    |           |
| サイズ                           |            | 製造者名              |                                    |                    |           |
| 種類                            |            | 商品名               | カートリッジ容器                           |                    | ml (CC)   |
| 材質・規格                         |            | 穿孔径               | 穿孔長                                |                    | mm        |
| 先端形状                          | 寸切りカット     | ロット番号             | 有効期限                               |                    | / /       |
|                               | 他:         | 施工機材              |                                    |                    |           |
| 表面処理                          | 電気亜鉛メッキ    | 穿孔機械              | 振動ドリル / ハンマドリル / ダイヤモンドコアドリル / 削岩機 |                    |           |
|                               | 熔融亜鉛メッキ    | 清掃機器              | 専用ブラシ(ワイヤー・ナイロン・毛) / プロア / 集塵機     |                    |           |
|                               | エポキシコーティング | ブラシ有効長            | mm                                 | ブラシ有効長             | mm        |
|                               | 他:         | 埋込み機械             | 機種名:                               | ハンマドリル/インパクト/電気ドリル |           |
| 作業本数(サイズ×埋込み×本数)              |            |                   |                                    |                    |           |
| 番号                            | 項目         | 確認事項              | 現場施工者                              | 現場責任者              | 備考/措置     |
| 1                             | 穿孔位置       | 目視:所定位置に施工        |                                    |                    |           |
| 2                             | 使用ドリル径     | 作業開始前:メーカー所定のサイズ  |                                    |                    | 国内製 / 海外製 |
| 3                             | 穿孔長マーキング   | 作業開始前:所定の長さをマーキング |                                    |                    | 適宜確認/修正   |
| 4                             | 穿孔長        | 不足/過多を全数スケール等で確認  |                                    |                    | 樹脂容量に注意   |
| 5                             | 穿孔角度       | 目視:施工面に対して直角か     |                                    |                    | 最大傾き:15°  |
| 6                             | 孔内清掃       | 十分に行われているか        |                                    |                    |           |
| 7                             | 孔内の状態      | 乾燥/湿潤/湛水          |                                    |                    |           |
| 8                             | 使用期限の確認    | カートリッジの使用期限確認     |                                    |                    |           |
| 9                             | 未攪拌の捨て打ち   | 未攪拌を捨て打ちしたか       |                                    |                    |           |
| 10                            | 定着材注入      | エアーがかまず適正量注入されたか  |                                    |                    |           |
| 11                            | 埋込み・施工完了確認 | 樹脂が孔口まで充填         |                                    |                    |           |
| 12                            | 清掃         | 余剰樹脂の除去           |                                    |                    |           |
| 13                            | 固定(上向き)    | 脱落防止措置を行う         |                                    |                    |           |
| 14                            | 硬化養生時間     | メーカー所定の時間以上       |                                    |                    |           |
| 15                            | 自主検査       | 目視・打音・接触確認        |                                    |                    |           |

5-2-3 施工および試験結果

5-2-3-1 アンカー施工の状況とアンカー筋番号

アンカー筋施工後の試験部位の状況を写真 5. 2. 3. 1-1~5. 2. 3. 1-3 に、また施工精度の計測や付着強度試験を行うためにアンカー筋1本ごとに付けたアンカー筋番号を図5. 2. 3. 1-1~5. 2. 3. 1-3 に示す。

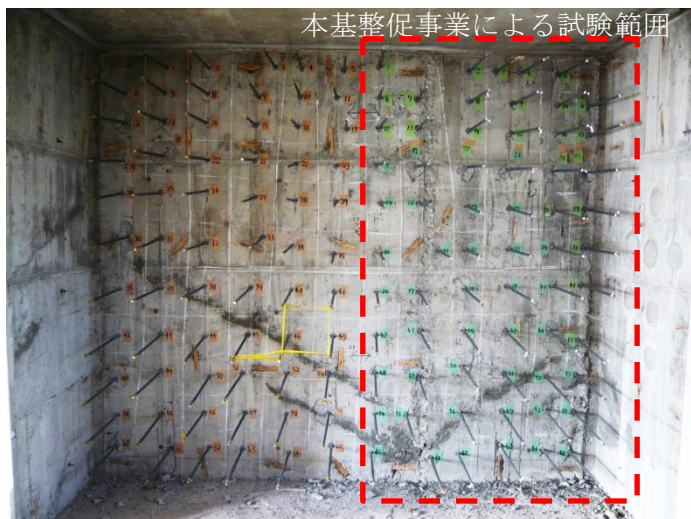


写真 5. 2. 3. 1-1 壁に施工したアンカー筋

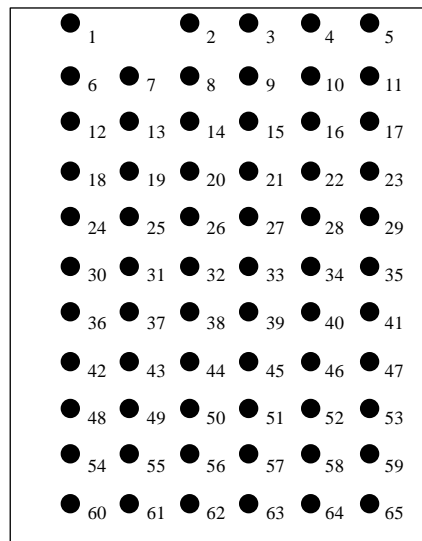


図 5. 2. 3. 1-1 壁のアンカー筋番号



写真 5. 2. 3. 1-2 天井に施工したアンカー筋

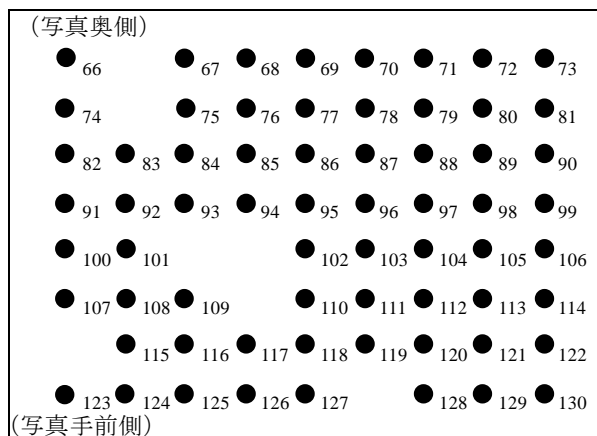


図 5. 2. 3. 1-2 天井のアンカー筋番号



写真 5. 2. 3. 1-3 床に施工したアンカー筋

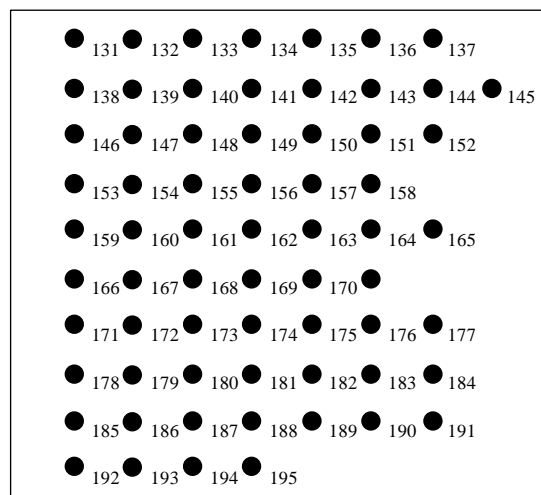


図 5. 2. 3. 1-3 床のアンカー筋番号

なお、写真の一部には、本建築基準整備促進事業で行った試験のアンカー筋のほかに、建築研究所の研究課題として別に行った試験のアンカー筋が写っているが、本報告書において試験結果の報告対象とするのは、本建築基準整備促進事業で行った試験のみである。

### 5-2-3-2 施工および試験結果一覧

施工部位ごとに施工結果の一覧を表 5.2.3.2-1～5.2.3.2-3 に、および試験結果の一覧を表 5.2.3.2-4～5.2.3.2-6 に示す。施工結果一覧表および試験結果一覧表における各項目について、次に説明する。

#### (1) 施工結果一覧表

##### ①施工日

穿孔および接着材充填・アンカー筋埋込みをした施工日を示す。

##### ②気温

接着剤充填・アンカー筋埋込み時の室内の最低気温を示す。

##### ③穿孔径

表 5.2.2.3-5 の①に示す方法により穿孔径について1箇所につき2方向で計測した結果とその平均値を示す。

##### ④アンカー筋全長

表 5.2.2.3-5 の③に示す方法により鉄筋全長について計測した結果を示す。

##### ⑤アンカー筋突出長さ

表 5.2.2.3-5 の④に示す方法によりアンカー筋突出長さについて計測した結果を示す。

##### ⑥穿孔深さ

表 5.2.2.3-5 の②に示す方法により穿孔深さについて設計値である65mm以上あることを確認した結果を示す。実測値の記録ではなく判定にしたのは、孔底部分には凹凸があり、穿孔深さとして一つの計測値を示すことが難しかったことによる。

##### ⑦埋込み長さ

上記④から⑤を引いた数値を、アンカー筋有効埋込み長さの実測値として示す。また、設計値である65mmに対する過不足を「差異」として示す。

##### ⑧アンカー筋角度

表 5.2.2.3-5 の⑤に示す方法によりアンカー筋角度についてX、Yの2方向について計測した結果を示す。また、施工面に対して直角である90度からのずれを「差異」として示す。

(2) 試験結果一覧表

①最大荷重

引張試験による最大荷重を示す。

②変位計測の有無と最大荷重時変位

変位計測を行ったアンカー筋とその最大荷重時変位を示す。ただし、荷重初期における試験装置とアンカー筋がかみ合うまでの滑りがある場合や変位計が1本しかないためアンカー筋の傾き等から正しく計測できていないと判断される場合は「計測不良」とした。

③付着強度\*1

アンカー筋の呼び径 13 mm と上記 (1) ⑦の埋込み長さから求めた付着面積で最大荷重を除して求めた強度。

④付着強度\*2

上記 (1) ③の穿孔径の平均値と上記 (1) ⑦の埋込み長さから求めた付着面積で最大荷重を除して求めた強度。

⑤試験後の躯体表面の状態

アンカー筋の引張り後における躯体表面について、以下の状態が見られた場合に特記した。

(「4-3-4-2 付着試験後の躯体表面の破壊性状」の写真 5.2.3.4-5 および 5.2.3.4-6 を参照)。

「表層剝離」・・・表層コンクリートが薄く剝離しているもの

「表層コーン」・・・表層コンクリートが深さ 10 mm 程度、若干コーン状に破壊しているもの

⑥樹脂の充填状況

5.2-2-3-3 項(3)の方法により確認した接着剤の充填状況を示す。

⑦備考

アンカー施工面となる躯体の状態等について特記した。









第5章 接着系あと施工アンカーの施工品質に関する試験

表 5.2.3.2-4 試験結果一覧表（壁）

付着強度\*1…アンカー筋径による付着面積      付着強度\*2…穿孔径による付着面積

| No. | 施工部位 | 最大荷重 [kN] | 変位計測の有無 | 最大荷重時変位 [mm] | 付着強度*1               |      |      | 付着強度*2 |                      |      | 試験後の躯体表層の破壊性状 | 樹脂の充填状況 | 備考    |      |                    |
|-----|------|-----------|---------|--------------|----------------------|------|------|--------|----------------------|------|---------------|---------|-------|------|--------------------|
|     |      |           |         |              | [N/mm <sup>2</sup> ] | 平均   | 標準偏差 | 変動係数   | [N/mm <sup>2</sup> ] | 平均   |               |         |       | 標準偏差 | 変動係数               |
| 1   | 壁    | 75.8      |         | ---          | 26.1                 |      |      |        | 20.9                 |      |               |         | 表層剥離  | ---  |                    |
| 2   | 壁    | 75.0      |         | ---          | 25.9                 |      |      |        | 20.8                 |      |               |         | 表層剥離  | ---  |                    |
| 3   | 壁    | 55.4      |         | ---          | 19.1                 |      |      |        | 15.3                 |      |               |         |       | 十分充填 |                    |
| 4   | 壁    | 71.2      |         | ---          | 24.6                 |      |      |        | 19.7                 |      |               |         |       | ---  |                    |
| 5   | 壁    | 67.1      |         | ---          | 22.8                 |      |      |        | 18.2                 |      |               |         | 表層コーン | ---  |                    |
| 6   | 壁    | 91.0      |         | ---          | 30.5                 |      |      |        | 24.4                 |      |               |         |       | 十分充填 |                    |
| 7   | 壁    | 65.7      |         | ---          | 22.3                 |      |      |        | 18.0                 |      |               |         | 表層コーン | ---  | 研り跡付近              |
| 8   | 壁    | 97.3      |         | ---          | 33.1                 |      |      |        | 26.5                 |      |               |         |       | ---  |                    |
| 9   | 壁    | 75.5      |         | ---          | 26.0                 |      |      |        | 21.0                 |      |               |         | 表層剥離  | 十分充填 |                    |
| 10  | 壁    | 74.1      |         | ---          | 25.2                 |      |      |        | 20.1                 |      |               |         |       | ---  |                    |
| 11  | 壁    | 73.3      |         | ---          | 25.3                 |      |      |        | 20.4                 |      |               |         | 表層コーン | ---  |                    |
| 12  | 壁    | 81.9      | ○       | 計測不良         | 28.2                 |      |      |        | 22.8                 |      |               |         |       | ---  |                    |
| 13  | 壁    | 80.3      |         | ---          | 27.7                 |      |      |        | 22.1                 |      |               |         |       | ---  | 研り跡付近              |
| 14  | 壁    | 81.2      |         | ---          | 28.4                 |      |      |        | 23.0                 |      |               |         |       | ---  |                    |
| 15  | 壁    | 79.3      |         | ---          | 27.3                 |      |      |        | 22.3                 |      |               |         | 表層剥離  | ---  |                    |
| 16  | 壁    | 74.0      |         | ---          | 25.5                 |      |      |        | 20.5                 |      |               |         |       | ---  |                    |
| 17  | 壁    | 53.0      |         | ---          | 18.0                 |      |      |        | 14.5                 |      |               |         | 表層コーン | ---  |                    |
| 18  | 壁    | 73.5      | ○       | 計測不良         | 25.3                 |      |      |        | 20.2                 |      |               |         | 表層剥離  | ---  | 型枠境界部の段差付近         |
| 19  | 壁    | 78.2      |         | ---          | 27.0                 |      |      |        | 21.6                 |      |               |         | 表層コーン | ---  | 研り跡付近・型枠境界部の段差付近   |
| 20  | 壁    | 77.4      |         | ---          | 26.7                 |      |      |        | 21.6                 |      |               |         | 表層コーン | ---  | 型枠境界部の段差付近         |
| 21  | 壁    | 71.9      |         | ---          | 24.1                 |      |      |        | 19.2                 |      |               |         | 表層コーン | ---  | 型枠境界部の段差付近         |
| 22  | 壁    | 81.4      |         | ---          | 28.1                 |      |      |        | 22.5                 |      |               |         | 表層コーン | ---  | 型枠境界部の段差付近         |
| 23  | 壁    | 72.5      |         | ---          | 25.0                 |      |      |        | 20.2                 |      |               |         | 表層コーン | ---  | 型枠境界部の段差付近・締固めが不十分 |
| 24  | 壁    | 81.0      |         | ---          | 28.7                 |      |      |        | 23.1                 |      |               |         |       | 十分充填 |                    |
| 25  | 壁    | 66.2      |         | ---          | 22.5                 |      |      |        | 18.1                 |      |               |         | 表層コーン | ---  | 研り跡付近              |
| 26  | 壁    | 78.6      |         | ---          | 26.7                 |      |      |        | 21.7                 |      |               |         | 表層剥離  | ---  |                    |
| 27  | 壁    | 87.4      |         | ---          | 29.7                 |      |      |        | 24.3                 |      |               |         |       | ---  |                    |
| 28  | 壁    | 82.1      |         | ---          | 28.3                 |      |      |        | 22.6                 |      |               |         | 表層コーン | ---  |                    |
| 29  | 壁    | 70.0      |         | ---          | 23.5                 |      |      |        | 18.9                 |      |               |         | 表層剥離  | ---  |                    |
| 30  | 壁    | 78.4      | ○       | 計測不良         | 26.7                 |      |      |        | 21.4                 |      |               |         |       | 十分充填 |                    |
| 31  | 壁    | 82.2      |         | ---          | 28.8                 |      |      |        | 23.0                 |      |               |         | 表層コーン | ---  | 研り跡付近              |
| 32  | 壁    | 82.0      |         | ---          | 29.1                 |      |      |        | 23.4                 |      |               |         | 表層剥離  | ---  |                    |
| 33  | 壁    | 88.2      |         | ---          | 30.4                 | 26.5 | 3.25 | 0.123  | 24.5                 | 21.3 | 2.63          | 0.123   |       | ---  |                    |
| 34  | 壁    | 89.7      |         | ---          | 30.9                 |      |      |        | 24.7                 |      |               |         |       | ---  |                    |
| 35  | 壁    | 81.9      |         | ---          | 28.2                 |      |      |        | 22.7                 |      |               |         |       | ---  |                    |
| 36  | 壁    | 82.8      |         | ---          | 29.0                 |      |      |        | 23.1                 |      |               |         |       | ---  |                    |
| 37  | 壁    | 76.6      |         | ---          | 26.0                 |      |      |        | 21.1                 |      |               |         | 表層コーン | ---  | 研り跡付近              |
| 38  | 壁    | 69.0      |         | ---          | 23.8                 |      |      |        | 19.1                 |      |               |         | 表層コーン | ---  |                    |
| 39  | 壁    | 84.8      |         | ---          | 29.7                 |      |      |        | 23.9                 |      |               |         |       | ---  |                    |
| 40  | 壁    | 85.2      | ○       | 計測不良         | 29.8                 |      |      |        | 24.2                 |      |               |         |       | ---  |                    |
| 41  | 壁    | 69.3      |         | ---          | 23.9                 |      |      |        | 19.1                 |      |               |         | 表層剥離  | ---  |                    |
| 42  | 壁    | 92.4      |         | ---          | 31.9                 |      |      |        | 25.7                 |      |               |         | 表層剥離  | ---  |                    |
| 43  | 壁    | 79.2      |         | ---          | 27.3                 |      |      |        | 21.9                 |      |               |         | 表層剥離  | ---  | 研り跡付近              |
| 44  | 壁    | 83.5      |         | ---          | 28.8                 |      |      |        | 23.3                 |      |               |         | 表層剥離  | ---  |                    |
| 45  | 壁    | 81.9      |         | ---          | 27.9                 |      |      |        | 22.6                 |      |               |         | 表層剥離  | 十分充填 |                    |
| 46  | 壁    | 94.3      |         | ---          | 32.1                 |      |      |        | 25.7                 |      |               |         |       | ---  |                    |
| 47  | 壁    | 74.4      |         | ---          | 25.0                 |      |      |        | 20.0                 |      |               |         |       | ---  | 打継ぎ位置・締固めが不十分      |
| 48  | 壁    | 85.8      |         | ---          | 28.8                 |      |      |        | 23.0                 |      |               |         | 表層コーン | ---  |                    |
| 49  | 壁    | 82.9      |         | ---          | 28.2                 |      |      |        | 22.8                 |      |               |         | 表層コーン | ---  | 研り跡付近              |
| 50  | 壁    | 70.8      | ○       | 計測不良         | 24.4                 |      |      |        | 19.6                 |      |               |         | 表層剥離  | ---  |                    |
| 51  | 壁    | 62.4      |         | ---          | 22.1                 |      |      |        | 17.9                 |      |               |         | 表層コーン | ---  | 打継ぎ付近              |
| 52  | 壁    | 79.5      |         | ---          | 27.0                 |      |      |        | 21.8                 |      |               |         |       | ---  | 打継ぎ付近              |
| 53  | 壁    | 68.0      |         | ---          | 22.5                 |      |      |        | 18.3                 |      |               |         | 表層剥離  | ---  | 打継ぎ付近・締固めが不十分      |
| 54  | 壁    | 91.7      |         | ---          | 31.6                 |      |      |        | 25.7                 |      |               |         |       | ---  |                    |
| 55  | 壁    | 88.2      |         | ---          | 30.9                 |      |      |        | 24.8                 |      |               |         |       | ---  | 打継ぎ位置・研り跡付近        |
| 56  | 壁    | 64.7      |         | ---          | 22.6                 |      |      |        | 17.9                 |      |               |         |       | ---  | 打継ぎ位置              |
| 57  | 壁    | 69.3      |         | ---          | 23.9                 |      |      |        | 19.4                 |      |               |         | 表層コーン | ---  |                    |
| 58  | 壁    | 75.5      |         | ---          | 25.7                 |      |      |        | 20.8                 |      |               |         |       | ---  | 打継ぎ付近              |
| 59  | 壁    | 71.0      |         | ---          | 23.8                 |      |      |        | 19.2                 |      |               |         | 表層コーン | ---  | 締固めが不十分            |
| 60  | 壁    | 67.2      | ○       | 計測不良         | 23.2                 |      |      |        | 18.8                 |      |               |         |       | ---  | 打継ぎ付近              |
| 61  | 壁    | 59.4      |         | ---          | 20.8                 |      |      |        | 16.6                 |      |               |         | 表層コーン | ---  | 打継ぎ位置・研り跡付近        |
| 62  | 壁    | 93.6      |         | ---          | 32.3                 |      |      |        | 25.9                 |      |               |         |       | 十分充填 |                    |
| 63  | 壁    | 68.6      |         | ---          | 24.7                 |      |      |        | 19.9                 |      |               |         | 表層剥離  | ---  |                    |
| 64  | 壁    | 73.8      |         | ---          | 25.1                 |      |      |        | 20.4                 |      |               |         | 表層剥離  | ---  |                    |
| 65  | 壁    | 63.7      |         | ---          | 22.0                 |      |      |        | 17.8                 |      |               |         | 表層剥離  | ---  | 締固めが不十分            |

第5章 接着系あと施工アンカーの施工品質に関する試験

表 5.2.3.2-5 試験結果一覧表 (天井)

| No. | 施工部位 | 最大荷重 [kN] | 変位計測の有無 | 最大荷重時変位 [mm] | 付着強度*1…アンカー筋径による付着面積 |      |      | 付着強度*2…穿孔径による付着面積 |                      |      | 試験後の躯体表層の破壊性状 | 樹脂の充填状況 | 備考   |                      |                      |
|-----|------|-----------|---------|--------------|----------------------|------|------|-------------------|----------------------|------|---------------|---------|------|----------------------|----------------------|
|     |      |           |         |              | 付着強度*1               |      |      | 付着強度*2            |                      |      |               |         |      |                      |                      |
|     |      |           |         |              | [N/mm <sup>2</sup> ] | 平均   | 標準偏差 | 変動係数              | [N/mm <sup>2</sup> ] | 平均   |               |         |      | 標準偏差                 | 変動係数                 |
| 66  | 天井   | 86.7      |         | ---          | 24.4                 |      |      |                   | 19.6                 |      |               |         |      |                      |                      |
| 67  | 天井   | 83.8      |         | ---          | 25.3                 |      |      |                   | 20.3                 |      |               |         |      |                      |                      |
| 68  | 天井   | 83.9      |         | ---          | 24.8                 |      |      |                   | 19.8                 |      |               |         |      |                      |                      |
| 69  | 天井   | 73.6      |         | ---          | 28.2                 |      |      |                   | 22.8                 |      |               |         |      |                      |                      |
| 70  | 天井   | 80.2      | ○       | 2.07         | 28.1                 |      |      |                   | 22.5                 |      |               |         |      |                      |                      |
| 71  | 天井   | 78.6      |         | ---          | 29.6                 |      |      |                   | 23.8                 |      |               |         |      |                      |                      |
| 72  | 天井   | 86.7      |         | ---          | 30.8                 |      |      |                   | 24.9                 |      |               |         |      |                      |                      |
| 73  | 天井   | 83.2      |         | ---          | 28.7                 |      |      |                   | 23.1                 |      |               |         |      |                      |                      |
| 74  | 天井   | 80.0      |         | ---          | 28.4                 |      |      |                   | 22.9                 |      |               |         |      |                      |                      |
| 75  | 天井   | 79.0      |         | ---          | 28.4                 |      |      |                   | 22.7                 |      |               |         |      |                      |                      |
| 76  | 天井   | 73.0      |         | ---          | 26.3                 |      |      |                   | 21.3                 |      |               |         |      |                      |                      |
| 77  | 天井   | 72.9      |         | ---          | 25.5                 |      |      |                   | 20.7                 |      |               |         | 十分充填 |                      |                      |
| 78  | 天井   | 80.2      |         | ---          | 26.9                 |      |      |                   | 21.6                 |      |               |         |      |                      |                      |
| 79  | 天井   | 74.3      |         | ---          | 26.0                 |      |      |                   | 20.9                 |      |               |         |      |                      |                      |
| 80  | 天井   | 74.1      | ○       | 計測不良         | 26.7                 |      |      |                   | 21.3                 |      |               |         | 十分充填 |                      |                      |
| 81  | 天井   | 56.1      |         | ---          | 25.4                 |      |      |                   | 20.6                 |      |               |         |      |                      |                      |
| 82  | 天井   | 80.4      |         | ---          | 28.5                 |      |      |                   | 22.8                 |      |               |         |      |                      |                      |
| 83  | 天井   | 83.0      |         | ---          | 28.6                 |      |      |                   | 22.8                 |      |               |         |      |                      |                      |
| 84  | 天井   | 82.2      |         | ---          | 29.2                 |      |      |                   | 23.4                 |      |               |         |      |                      |                      |
| 85  | 天井   | 75.4      |         | ---          | 26.4                 |      |      |                   | 21.2                 |      |               |         |      |                      |                      |
| 86  | 天井   | 77.8      |         | ---          | 28.0                 |      |      |                   | 22.6                 |      |               |         |      |                      |                      |
| 87  | 天井   | 82.2      |         | ---          | 30.0                 |      |      |                   | 24.4                 |      |               |         |      |                      |                      |
| 88  | 天井   | 75.6      |         | ---          | 26.8                 |      |      |                   | 21.7                 |      |               |         |      |                      |                      |
| 89  | 天井   | 68.7      |         | ---          | 24.4                 |      |      |                   | 19.5                 |      |               |         |      |                      |                      |
| 90  | 天井   | 63.0      | ○       | 1.65         | 22.4                 |      |      |                   | 18.1                 |      |               |         |      |                      |                      |
| 91  | 天井   | 84.6      |         | ---          | 28.4                 |      |      |                   | 22.6                 |      |               |         |      |                      |                      |
| 92  | 天井   | 81.5      |         | ---          | 28.9                 |      |      |                   | 23.1                 |      |               |         |      |                      |                      |
| 93  | 天井   | 74.9      |         | ---          | 25.5                 |      |      |                   | 20.3                 |      |               |         |      |                      |                      |
| 94  | 天井   | 74.7      |         | ---          | 26.9                 |      |      |                   | 21.7                 |      |               |         |      |                      |                      |
| 95  | 天井   | 77.4      |         | ---          | 26.7                 |      |      |                   | 21.5                 |      |               |         |      |                      |                      |
| 96  | 天井   | 81.1      |         | ---          | 28.4                 |      |      |                   | 22.8                 |      |               |         |      |                      |                      |
| 97  | 天井   | 83.1      |         | ---          | 28.7                 |      |      |                   | 23.2                 |      |               |         |      |                      |                      |
| 98  | 天井   | 82.2      |         | ---          | 30.0                 | 26.8 | 2.45 | 0.091             | 24.3                 | 21.6 | 1.95          | 0.090   |      |                      |                      |
| 99  | 天井   | 74.5      |         | ---          | 25.3                 |      |      |                   | 20.5                 |      |               |         |      |                      |                      |
| 100 | 天井   | 90.0      | ○       | 計測不良         | 31.0                 |      |      |                   | 25.2                 |      |               |         | 十分充填 |                      |                      |
| 101 | 天井   | 81.3      |         | ---          | 28.0                 |      |      |                   | 22.6                 |      |               |         |      |                      |                      |
| 102 | 天井   | 73.9      |         | ---          | 25.8                 |      |      |                   | 20.8                 |      |               |         |      |                      |                      |
| 103 | 天井   | 73.9      |         | ---          | 26.6                 |      |      |                   | 21.5                 |      |               |         | 十分充填 |                      |                      |
| 104 | 天井   | 79.5      |         | ---          | 29.9                 |      |      |                   | 24.1                 |      |               |         |      |                      |                      |
| 105 | 天井   | 78.6      |         | ---          | 27.5                 |      |      |                   | 22.2                 |      |               |         |      |                      |                      |
| 106 | 天井   | 80.7      |         | ---          | 28.6                 |      |      |                   | 23.2                 |      |               |         |      |                      |                      |
| 107 | 天井   | 88.0      |         | ---          | 30.8                 |      |      |                   | 24.9                 |      |               |         |      |                      |                      |
| 108 | 天井   | 85.7      |         | ---          | 30.9                 |      |      |                   | 24.9                 |      |               |         |      |                      |                      |
| 109 | 天井   | 80.7      |         | ---          | 29.1                 |      |      |                   | 23.5                 |      |               |         |      |                      |                      |
| 110 | 天井   | 79.7      | ○       | 計測不良         | 26.7                 |      |      |                   | 21.7                 |      |               |         |      |                      |                      |
| 111 | 天井   | 81.7      |         | ---          | 28.2                 |      |      |                   | 22.8                 |      |               |         |      |                      |                      |
| 112 | 天井   | 74.9      |         | ---          | 26.2                 |      |      |                   | 21.0                 |      |               |         |      |                      |                      |
| 113 | 天井   | 78.2      |         | ---          | 27.4                 |      |      |                   | 22.1                 |      |               |         |      |                      |                      |
| 114 | 天井   | 64.2      |         | ---          | 23.1                 |      |      |                   | 18.8                 |      |               |         | ---  | ゴムバンドではなく、くさびによる脱着防止 |                      |
| 115 | 天井   | 63.8      |         | ---          | 26.5                 |      |      |                   | 21.6                 |      |               |         | 十分充填 |                      |                      |
| 116 | 天井   | 72.8      |         | ---          | 24.8                 |      |      |                   | 20.0                 |      |               |         |      |                      |                      |
| 117 | 天井   | 74.2      |         | ---          | 26.0                 |      |      |                   | 21.0                 |      |               |         |      |                      |                      |
| 118 | 天井   | 71.7      |         | ---          | 24.7                 |      |      |                   | 20.1                 |      |               |         | 十分充填 |                      |                      |
| 119 | 天井   | 70.2      |         | ---          | 24.2                 |      |      |                   | 19.7                 |      |               |         |      |                      |                      |
| 120 | 天井   | 80.8      |         | ---          | 27.1                 |      |      |                   | 21.9                 |      |               |         |      |                      |                      |
| 121 | 天井   | 79.2      |         | ---          | 26.6                 |      |      |                   | 21.6                 |      |               |         |      |                      |                      |
| 122 | 天井   | 54.5      |         | ---          | 19.3                 |      |      |                   | 15.7                 |      |               |         | 表層剝離 | ---                  | ゴムバンドではなく、くさびによる脱着防止 |
| 123 | 天井   | 72.3      | ○       | 計測不良         | 25.7                 |      |      |                   | 20.8                 |      |               |         | ---  | ---                  | ゴムバンドではなく、くさびによる脱着防止 |
| 124 | 天井   | 79.5      |         | ---          | 27.8                 |      |      |                   | 22.5                 |      |               |         |      |                      |                      |
| 125 | 天井   | 72.2      |         | ---          | 24.9                 |      |      |                   | 20.1                 |      |               |         |      |                      |                      |
| 126 | 天井   | 71.0      |         | ---          | 25.9                 |      |      |                   | 21.1                 |      |               |         |      |                      |                      |
| 127 | 天井   | 76.2      |         | ---          | 26.3                 |      |      |                   | 21.4                 |      |               |         |      |                      |                      |
| 128 | 天井   | 56.8      |         | ---          | 22.8                 |      |      |                   | 18.5                 |      |               |         |      |                      |                      |
| 129 | 天井   | 68.8      |         | ---          | 24.4                 |      |      |                   | 19.9                 |      |               |         |      |                      |                      |
| 130 | 天井   | 54.8      |         | ---          | 18.6                 |      |      |                   | 15.2                 |      |               |         |      |                      | 不陸あり                 |

第5章 接着系あと施工アンカーの施工品質に関する試験

表 5.2.3.2-6 試験結果一覧表 (床)

付着強度\*1…アンカー筋径による付着面積      付着強度\*2…穿孔径による付着面積

| No. | 施工部位 | 最大荷重 [kN] | 変位計測の有無 | 最大荷重時変位 [mm] | 付着強度*1               |      |      | 付着強度*2 |                      |      | 試験後の躯体表層の破壊性状 | 樹脂の充填状況 | 備考 |      |                       |
|-----|------|-----------|---------|--------------|----------------------|------|------|--------|----------------------|------|---------------|---------|----|------|-----------------------|
|     |      |           |         |              | [N/mm <sup>2</sup> ] | 平均   | 標準偏差 | 変動係数   | [N/mm <sup>2</sup> ] | 平均   |               |         |    | 標準偏差 | 変動係数                  |
| 131 | 床    | 65.6      |         | ---          | 22.6                 |      |      |        | 18.4                 |      |               |         |    |      |                       |
| 132 | 床    | 59.0      |         | ---          | 20.3                 |      |      |        | 16.5                 |      |               |         |    |      |                       |
| 133 | 床    | 60.3      |         | ---          | 20.5                 |      |      |        | 16.7                 |      |               |         |    |      |                       |
| 134 | 床    | 67.8      |         | ---          | 21.8                 |      |      |        | 17.8                 |      |               |         |    |      |                       |
| 135 | 床    | 80.4      |         | ---          | 26.2                 |      |      |        | 21.3                 |      |               |         |    |      |                       |
| 136 | 床    | 68.0      |         | ---          | 23.5                 |      |      |        | 19.1                 |      |               |         |    |      |                       |
| 137 | 床    | 61.4      |         | ---          | 20.9                 |      |      |        | 17.0                 |      |               |         |    |      |                       |
| 138 | 床    | 69.1      |         | ---          | 25.3                 |      |      |        | 20.3                 |      |               |         |    |      |                       |
| 139 | 床    | 54.3      |         | ---          | 19.8                 |      |      |        | 16.0                 |      |               |         |    |      |                       |
| 140 | 床    | 66.0      | ○       | 0.86         | 24.5                 |      |      |        | 19.9                 |      |               |         |    |      | 十分充填                  |
| 141 | 床    | 61.5      |         | ---          | 22.5                 |      |      |        | 18.2                 |      |               |         |    |      |                       |
| 142 | 床    | 67.0      |         | ---          | 24.5                 |      |      |        | 19.8                 |      |               |         |    |      |                       |
| 143 | 床    | 63.7      |         | ---          | 22.0                 |      |      |        | 17.8                 |      |               |         |    |      |                       |
| 144 | 床    | 78.0      |         | ---          | 27.7                 |      |      |        | 22.4                 |      |               |         |    |      |                       |
| 145 | 床    | 50.9      |         | ---          | 17.6                 |      |      |        | 14.2                 |      |               |         |    |      |                       |
| 146 | 床    | 68.6      |         | ---          | 23.7                 |      |      |        | 19.2                 |      |               |         |    |      |                       |
| 147 | 床    | 65.7      |         | ---          | 22.7                 |      |      |        | 18.5                 |      |               |         |    |      |                       |
| 148 | 床    | 53.9      |         | ---          | 18.6                 |      |      |        | 15.0                 |      |               |         |    |      |                       |
| 149 | 床    | 73.2      |         | ---          | 25.2                 |      |      |        | 20.7                 |      |               |         |    |      |                       |
| 150 | 床    | 66.8      | ○       | 1.64         | 24.1                 |      |      |        | 19.5                 |      |               |         |    |      |                       |
| 151 | 床    | 58.4      |         | ---          | 20.7                 |      |      |        | 16.8                 |      |               |         |    |      | (採取コアの崩壊のため、樹脂充填確認不可) |
| 152 | 床    | 73.1      |         | ---          | 26.7                 |      |      |        | 21.7                 |      |               |         |    |      | (採取コアの崩壊のため、樹脂充填確認不可) |
| 153 | 床    | 75.7      |         | ---          | 28.1                 |      |      |        | 22.8                 |      |               |         |    |      |                       |
| 154 | 床    | 78.8      |         | ---          | 29.2                 |      |      |        | 23.6                 |      |               |         |    |      |                       |
| 155 | 床    | 59.5      |         | ---          | 20.5                 |      |      |        | 16.6                 |      |               |         |    |      |                       |
| 156 | 床    | 60.6      |         | ---          | 22.1                 |      |      |        | 17.9                 |      |               |         |    |      |                       |
| 157 | 床    | 76.0      |         | ---          | 25.8                 |      |      |        | 20.8                 |      |               |         |    |      |                       |
| 158 | 床    | 48.3      |         | ---          | 16.9                 |      |      |        | 13.7                 |      |               |         |    |      |                       |
| 159 | 床    | 64.6      |         | ---          | 23.3                 |      |      |        | 18.9                 |      |               |         |    |      |                       |
| 160 | 床    | 73.6      | ○       | 計測不良         | 25.7                 |      |      |        | 20.7                 |      |               |         |    |      |                       |
| 161 | 床    | 61.4      |         | ---          | 21.2                 |      |      |        | 17.1                 |      |               |         |    |      |                       |
| 162 | 床    | 70.2      |         | ---          | 24.6                 |      |      |        | 19.8                 |      |               |         |    |      |                       |
| 163 | 床    | 70.4      |         | ---          | 25.0                 | 23.3 | 2.99 | 0.128  | 20.1                 | 18.9 | 2.41          | 0.127   |    |      |                       |
| 164 | 床    | 67.3      |         | ---          | 23.5                 |      |      |        | 19.1                 |      |               |         |    |      |                       |
| 165 | 床    | 64.4      |         | ---          | 22.2                 |      |      |        | 18.0                 |      |               |         |    |      | (採取コアの崩壊のため、樹脂充填確認不可) |
| 166 | 床    | 69.1      |         | ---          | 24.5                 |      |      |        | 19.7                 |      |               |         |    |      | (採取コアの崩壊のため、樹脂充填確認不可) |
| 167 | 床    | 81.7      |         | ---          | 27.8                 |      |      |        | 22.5                 |      |               |         |    |      | 十分充填                  |
| 168 | 床    | 68.9      |         | ---          | 23.4                 |      |      |        | 19.1                 |      |               |         |    |      |                       |
| 169 | 床    | 66.6      |         | ---          | 23.3                 |      |      |        | 18.9                 |      |               |         |    |      |                       |
| 170 | 床    | 71.1      | ○       | 1.30         | 24.9                 |      |      |        | 20.2                 |      |               |         |    |      |                       |
| 171 | 床    | 76.6      |         | ---          | 26.4                 |      |      |        | 21.5                 |      |               |         |    |      |                       |
| 172 | 床    | 79.7      |         | ---          | 28.3                 |      |      |        | 22.7                 |      |               |         |    |      | 十分充填                  |
| 173 | 床    | 70.6      |         | ---          | 24.7                 |      |      |        | 20.0                 |      |               |         |    |      |                       |
| 174 | 床    | 66.5      |         | ---          | 23.3                 |      |      |        | 18.9                 |      |               |         |    |      | (採取コアの崩壊のため、樹脂充填確認不可) |
| 175 | 床    | 66.7      |         | ---          | 23.0                 |      |      |        | 18.7                 |      |               |         |    |      |                       |
| 176 | 床    | 69.1      |         | ---          | 23.5                 |      |      |        | 19.0                 |      |               |         |    |      |                       |
| 177 | 床    | 53.0      |         | ---          | 19.4                 |      |      |        | 15.8                 |      |               |         |    |      |                       |
| 178 | 床    | 73.1      |         | ---          | 25.2                 |      |      |        | 20.3                 |      |               |         |    |      |                       |
| 179 | 床    | 80.9      |         | ---          | 28.3                 |      |      |        | 22.9                 |      |               |         |    |      |                       |
| 180 | 床    | 70.5      | ○       | 計測不良         | 24.7                 |      |      |        | 20.0                 |      |               |         |    |      |                       |
| 181 | 床    | 81.3      |         | ---          | 28.0                 |      |      |        | 22.6                 |      |               |         |    |      |                       |
| 182 | 床    | 77.0      |         | ---          | 27.3                 |      |      |        | 22.2                 |      |               |         |    |      |                       |
| 183 | 床    | 59.3      |         | ---          | 20.5                 |      |      |        | 16.7                 |      |               |         |    |      |                       |
| 184 | 床    | 68.8      |         | ---          | 23.7                 |      |      |        | 19.4                 |      |               |         |    |      |                       |
| 185 | 床    | 60.4      |         | ---          | 20.8                 |      |      |        | 16.9                 |      |               |         |    |      |                       |
| 186 | 床    | 53.6      |         | ---          | 18.5                 |      |      |        | 14.9                 |      |               |         |    |      |                       |
| 187 | 床    | 63.5      |         | ---          | 23.2                 |      |      |        | 18.9                 |      |               |         |    |      |                       |
| 188 | 床    | 45.9      |         | ---          | 15.8                 |      |      |        | 12.9                 |      |               |         |    |      |                       |
| 189 | 床    | 59.1      |         | ---          | 19.6                 |      |      |        | 15.9                 |      |               |         |    |      | (採取コアの崩壊のため、樹脂充填確認不可) |
| 190 | 床    | 64.9      | ○       | 1.41         | 21.8                 |      |      |        | 17.3                 |      |               |         |    |      | 床面大きな不陸あり             |
| 191 | 床    | 66.8      |         | ---          | 23.0                 |      |      |        | 18.9                 |      |               |         |    |      |                       |
| 192 | 床    | 79.9      |         | ---          | 27.6                 |      |      |        | 22.2                 |      |               |         |    |      |                       |
| 193 | 床    | 55.5      |         | ---          | 19.7                 |      |      |        | 15.9                 |      |               |         |    |      |                       |
| 194 | 床    | 75.0      |         | ---          | 24.5                 |      |      |        | 19.7                 |      |               |         |    |      |                       |
| 195 | 床    | 60.9      |         | ---          | 21.6                 |      |      |        | 17.7                 |      |               |         |    |      |                       |

5-2-3-3 施工精度について

5-2-3-3-1 穿孔径

ビット呼び径 16 mm, 実測値 16.1 mm (写真 5.2.3.3-1) のハンマードリルの施工による, 壁・天井・床の各 65 箇所の穿孔径の実測値の平均値・最大値・最小値を表 5.2.3.3-1 に, 度数分布を表 5.2.3.3-2 および図 5.2.3.3-1 に示す。

傾向としては, 壁>天井>床の順に穿孔径が大きいとその差は僅かである。穿孔径の平均値は 16.1 mm前後で, 最小値が床の 15.84 mm, 最大値が壁の 16.40 mmであり, 施工精度は極めて高いと言える。

一部の穿孔径がビット径より小さくなっているのは, コンクリート躯体内でスパイラル状に穿孔されていくので, 孔内表面形状に若干の凹凸があるためと思われる。

表 5.2.3.3-1 穿孔径 (実測値) の平均値・最大値・最小値

| 部位 (姿勢) | 穿孔径 (mm) |       |       |
|---------|----------|-------|-------|
|         | 平均       | 最大    | 最小    |
| 壁 (横)   | 16.16    | 16.40 | 15.93 |
| 天井 (上)  | 16.10    | 16.31 | 15.90 |
| 床 (下)   | 16.04    | 16.35 | 15.84 |



写真 5.2.3.3-1 ビット径の実測

表 5.2.3.3-2 穿孔径 (実測値) の度数分布

| 穿孔径<br>mm<br>部位 (姿勢) | 15.8               | 15.9               | 16.0               | 16.1               | 16.2               | 16.3               | 16.4               |
|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                      | $\leq \phi < 15.9$ | $\leq \phi < 16.0$ | $\leq \phi < 16.1$ | $\leq \phi < 16.2$ | $\leq \phi < 16.3$ | $\leq \phi < 16.4$ | $\leq \phi < 16.5$ |
| 壁 (横)                | 0                  | 3                  | 20                 | 19                 | 20                 | 2                  | 1                  |
| 天井 (上)               | 0                  | 7                  | 29                 | 18                 | 10                 | 1                  | 0                  |
| 床 (下)                | 4                  | 13                 | 33                 | 12                 | 2                  | 1                  | 0                  |

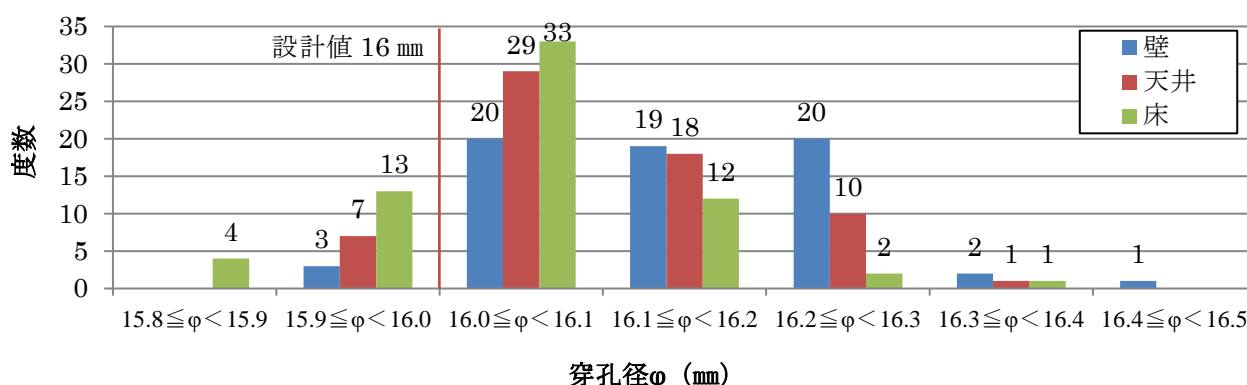


図 5.2.3.3-1 穿孔径 (実測値) の度数分布

5-2-3-3-2 穿孔深さ

穿孔深さの設計値 65 mm (5da) に対する過不足を確認した結果を表 5.2.3.3-3 に示す。全て設計値以上確保されている。なお, 1 箇所 (床, No.191) のみ計測時に不足が確認されたので, 再穿孔した。

表 5. 2. 3. 3-3 穿孔深さの確認結果

| 部位 (姿勢) | 65 mm未満 | 65 mm以上 |
|---------|---------|---------|
| 壁 (横)   | 0       | 65      |
| 天井 (上)  | 0       | 65      |
| 床 (下)   | 0       | 65      |

5-2-3-3-3 埋込み長さ

壁・天井・床の各 65 本の埋込み長さの実測値の平均値・最大値・最小値を表 5. 2. 3. 3-4 に、度数分布を表 5. 2. 3. 3-5 および図 5. 2. 3. 3-2 に示す。度数分布のピッチは 6.5 mm (0.5da) とした。

傾向としては、天井>壁>床の順に埋込み長さのばらつきが大きい。天井は、埋込み長さが長めに確保されているアンカー筋がある反面、65 本中 4 本について設計値が確保されておらず、アンカー筋の抜け出し対策が必ずしも十分ではないことが伺える。一方、壁および床については、全てのアンカー筋で設計値以上を確保していた。

表 5. 2. 3. 3-4 穿孔径 (実測値) の平均値・最大値・最小値

| 部位 (姿勢) | 埋込み長さ (mm) |    |    |
|---------|------------|----|----|
|         | 平均         | 最大 | 最小 |
| 壁 (横)   | 71         | 74 | 68 |
| 天井 (上)  | 70         | 87 | 54 |
| 床 (下)   | 70         | 76 | 66 |

表 5. 2. 3. 3-5 埋込み長さ (実測値) の度数分布

| 埋込み長さ<br>mm<br>部位 (姿勢) | 52.0<br>≤L< | 58.5<br>≤L< | 65.0<br>≤L< | 71.5<br>≤L< | 78.0<br>≤L< | 84.5<br>≤L< |
|------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                        | 58.5        | 65.0        | 71.5        | 78.0        | 84.5        | 91.0        |
| 壁 (横)                  | 0           | 0           | 42          | 23          | 0           | 0           |
| 天井 (上)                 | 1           | 3           | 49          | 9           | 2           | 1           |
| 床 (下)                  | 0           | 0           | 54          | 11          | 0           | 0           |

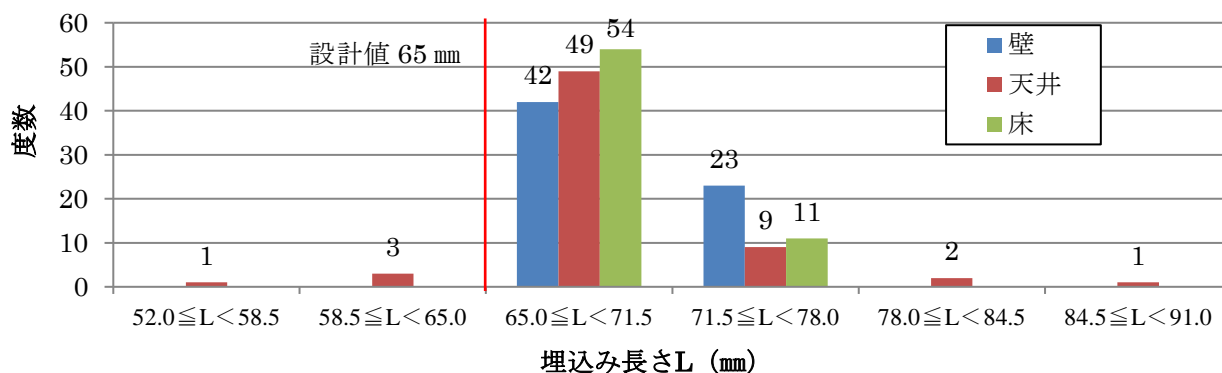


図 5. 2. 3. 3-2 埋込み長さ (実測値) の度数分布

5-2-3-3-4 アンカー筋の傾斜角度

壁・天井・床の各 65 本のアンカー筋角度の実測値として、施工面に対して直角である 90° からの傾斜角度 (=計測角度-90°) の平均値・最大値・最小値を表 5.2.3.3-6 に、度数分布を表 5.2.3.3-7 および図 5.2.3.3-3 に示す。なお、アンカー筋 1 本につき、2 方向 (X 方向, Y 方向) について計測しているため、度数分布は各 130 データになる。

傾向としては、壁>天井>床の順に傾斜が大きい。しかし、壁と天井については、単純に施工誤差ということではなく、施工作業者が意図的に傾斜をつけてアンカー筋の挿入を行っていた。すなわち、横向きの場合は、接着剤の硬化中にアンカー筋が沈み込むと孔内に隙間が生じるため、あらかじめ孔口の下方向にアンカー筋が接するように斜めに挿入している (図 5.2.3.3-4)。また、上向きの場合は、ゴムバンドによって隣同士のアンカー筋を結びつけ、孔口とアンカー筋の接触によって脱落防止を図っているため、必然的に傾斜が生ずることになる。ただし、施工による傾斜角度の管理値として一般的な 15° 以内には収まっている。

表 5.2.3.3-6 アンカー筋の傾斜角度 (実測値) の平均値・最大値・最小値

| 部位 (姿勢) | アンカー筋の傾斜角度 (°) |     |    |
|---------|----------------|-----|----|
|         | 平均             | 最大  | 最小 |
| 壁 (横)   | 2.7            | 8.2 | 0  |
| 天井 (上)  | 2.3            | 8.5 | 0  |
| 床 (下)   | 2.1            | 8.4 | 0  |

表 5.2.3.3-7 アンカー筋の傾斜角度 (実測値) の度数分布

| 傾斜角度<br>°<br>部位 (姿勢) | 0<br>≤R<<br>1.5 | 1.5<br>≤R<<br>3.0 | 3.0<br>≤R<<br>4.5 | 4.5<br>≤R<<br>6.0 | 6.0<br>≤R<<br>7.5 | 7.5<br>≤R<<br>9.0 |
|----------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                      | 壁 (横)           | 48                | 30                | 27                | 16                | 8                 |
| 天井 (上)               | 52              | 39                | 23                | 12                | 3                 | 1                 |
| 床 (下)                | 53              | 49                | 18                | 7                 | 2                 | 1                 |

※アンカー筋 1 本につき、2 方向 (X, Y 方向) のデータがあるため、各 130 データ

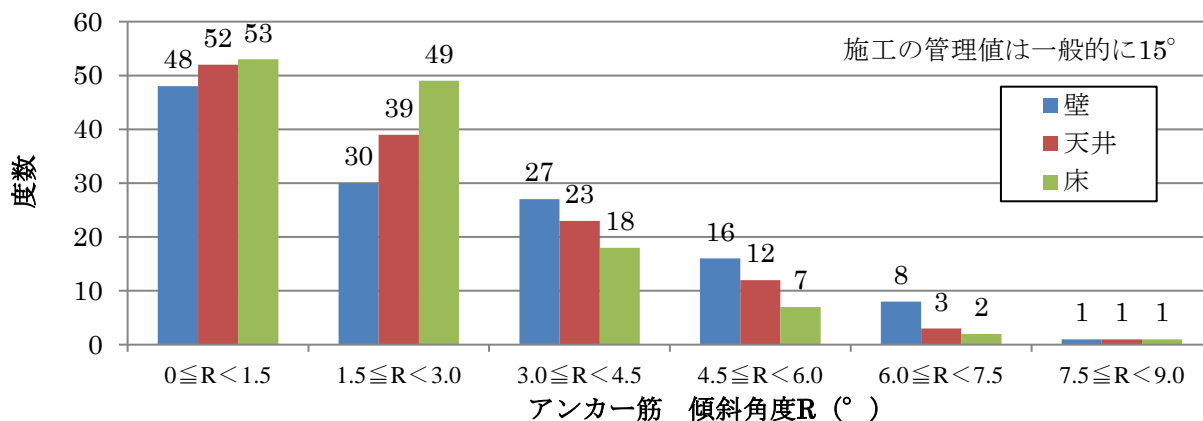


図 5.2.3.3-3 アンカー筋の傾斜角度 (実測値) の度数分布

なお、本施工では穿孔角度を計測していないため、穿孔による傾斜とアンカー筋の傾斜の関係については明らかではない。ただし、垂直に穿孔された場合におけるアンカー筋の最大傾斜は、図 5.2.3.3-4 に示すように、 $3/65\text{rad}$ . (角度  $2.6^\circ$ ) であるため、それを超える傾斜があるアンカー筋は、穿孔による傾斜が加わっていることが推測される。また、躯体表面が平滑ではないため、傾斜を測定する際の基準面を正確に定めることが難しく、測定上の誤差もある程度含まれていると思われる。

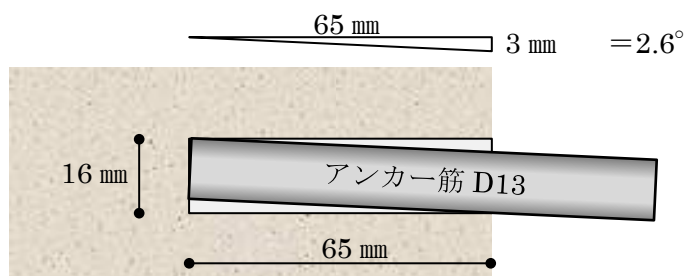


図 5.2.3.3-4 アンカー筋の傾斜角度

#### 5-2-3-4 付着強度について

##### 5-2-3-4-1 平均値・最大値・最小値・標準偏差・信頼値・変動係数

付着強度の平均値・最大値・最小値・標準偏差・95%信頼値（ここでは、t分布表より  $N=60$  の係数  $m=1.671$  を採用）・変動係数について、鉄筋径より付着面積を求めた場合の数値を表 5.2.3.4-1 に、また、参考として穿孔径（実測値）より付着面積を求めた場合の数値を表 5.2.3.4-2 に示す。

なお、本章では、特に注記がない限り、付着強度は、鉄筋径より付着面積を求めた場合の数値を用いることにする。

また、アンカー筋番号（図 5.2.3.1-1～5.2.3.1-3）ごとの付着強度を図 5.2.3.4-1～5.2.3.4-3 に示す。

表 5.2.3.4-1 付着強度\*1 の平均値・最大値・最小値・標準偏差・信頼値・変動係数

| 部位（姿勢） | 付着強度*1 (N/mm <sup>2</sup> ) |      |      |      |        | 変動係数 (%) |
|--------|-----------------------------|------|------|------|--------|----------|
|        | 平均                          | 最大   | 最小   | 標準偏差 | 95%信頼値 |          |
| 壁（横）   | 26.5                        | 33.1 | 18.0 | 3.25 | 21.0   | 12.3     |
| 天井（上）  | 26.8                        | 31.0 | 18.6 | 2.45 | 22.7   | 9.1      |
| 床（下）   | 23.2                        | 29.2 | 15.8 | 2.99 | 18.2   | 12.8     |

\* 1・・・鉄筋径より付着面積を求めた場合。本章では、特に注記がない限り、こちらを用いる。

表 5.2.3.4-2 付着強度\*2（参考値）の平均値・最大値・最小値・標準偏差・信頼値・変動係数

| 部位（姿勢） | 付着強度*2 (N/mm <sup>2</sup> ) |      |      |      |        | 変動係数 (%) |
|--------|-----------------------------|------|------|------|--------|----------|
|        | 平均                          | 最大   | 最小   | 標準偏差 | 95%信頼値 |          |
| 壁（横）   | 21.3                        | 26.5 | 14.5 | 2.63 | 16.9   | 12.3     |
| 天井（上）  | 21.6                        | 25.2 | 15.2 | 1.95 | 18.3   | 9.0      |
| 床（下）   | 18.9                        | 23.6 | 12.9 | 2.41 | 14.8   | 12.7     |

\* 2・・・穿孔径（実測値）より付着面積を求めた場合。参考値とする。

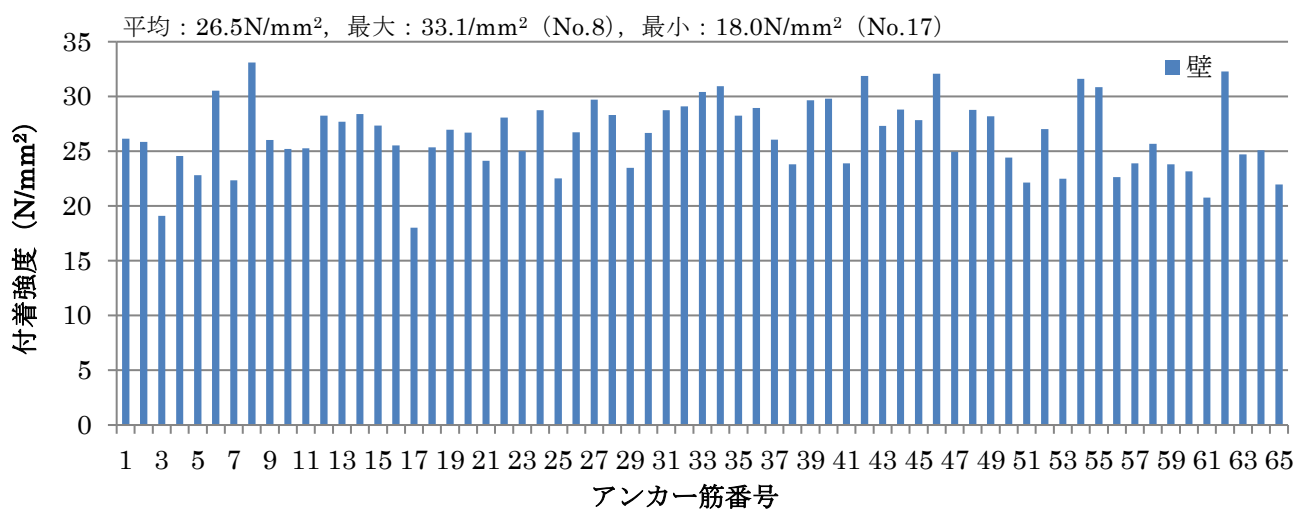


図 5.2.3.4-1 アンカー筋番号ごとの付着強度 (壁, No.1~No.65)

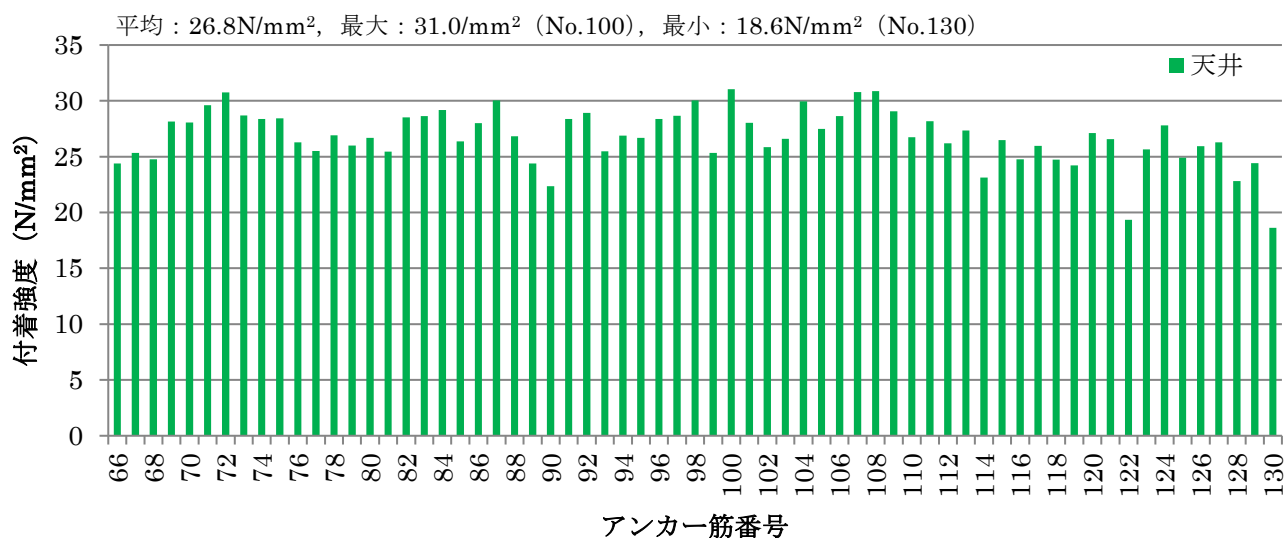


図 5.2.3.4-2 アンカー筋番号ごとの付着強度 (天井, No.66~No.130)

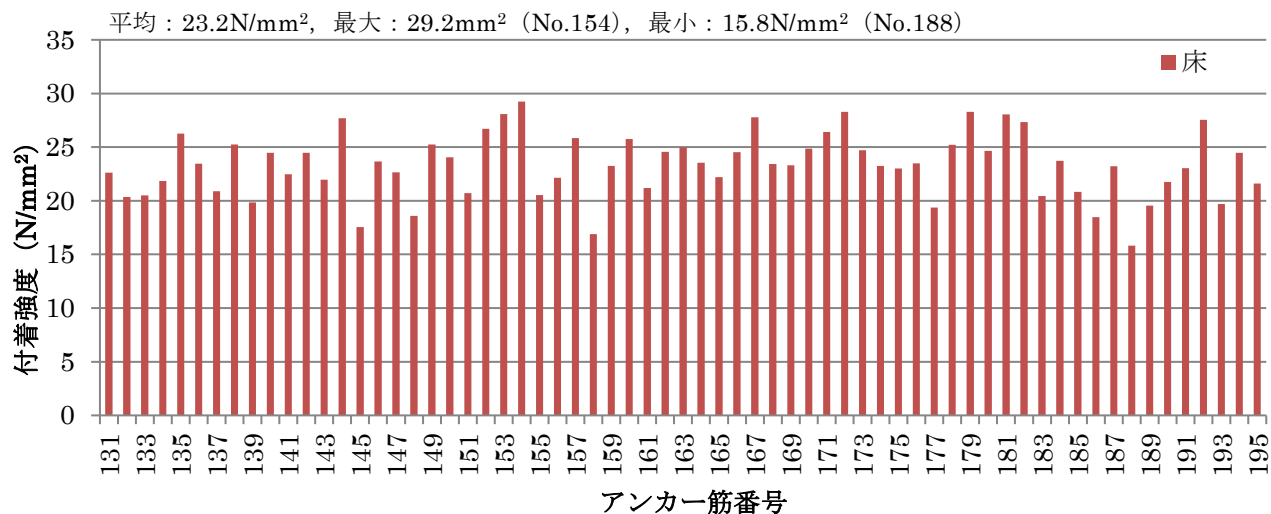


図 5.2.3.4-3 アンカー筋番号ごとの付着強度 (床, No.131~No.195)



付着強度の平均値は、壁と天井がほぼ同じ  $26\text{N/mm}^2$ 程度で、床が  $23.2\text{N/mm}^2$ であった。ここで、コンクリート強度の部位別の違い（表 4.2.3.3, 天井： $48.9\text{N/mm}^2$ , 壁： $42.3\text{N/mm}^2$ , 床： $42.9\text{N/mm}^2$ ）は、 $40\text{N/mm}^2$ を超えるような高強度領域における  $6\text{N/mm}^2$ の差なので、付着強度に与える影響の差としては、ほぼ無視できると思われる。変動係数は壁と床がほぼ同じ 12%程度、一番低い天井で 9.0%であった。床の付着強度が相対的に低く、変動係数が高いが、付着強度の最小値でも  $15.8\text{N/mm}^2$ あり、付着の設計強度として一般的に用いられる  $10\sqrt{\sigma_B/21}$  ( $\text{N/mm}^2$ ) を満足している結果であった。

部位による比較において、床の付着強度が低い理由としては、施工姿勢によるものではなく、躯体表層部分の状態に起因するものと思われる。コア供試体によるコンクリート試験の圧縮強度としては十分にあるが、表層はレイタンスの除去がされておらず、脆弱層があることが打検ハンマーによる打撃から確認された。他にも、付着試験後に、接着剤の充填状況を確認するためにアンカー筋を含むコアを採取したときに、床だけはコアドリルの回転によってコア成形されずに崩壊してしまうものが多かったことからそのことが伺える（写真 5.2.3.4-1）。表層の脆弱層部分では、アンカー筋が本来有する付着性能を十分に発揮できなかったことが推定される。



写真 5.2.3.4-1 床でコア採取を試みたがコア成形されずに崩壊した例

一方、天井において付着強度が高く、変動係数も小さい理由は、コンクリート打設の型枠面となり、部位の下側であるので、躯体表層部が緻密なコンクリートであるためと思われる。本試験部位における躯体の健全性としては、壁・天井・床の中で、天井の状態が一番安定し、良好であった。なお、天井では2本（No.122, No.130）のアンカー筋が付着強度  $20\text{N/mm}^2$ を下回っている。No.122の脱落防止はゴムバンドではなく、くさびであるため（写真 5.2.3.4-2）、断面欠損の影響も考えら

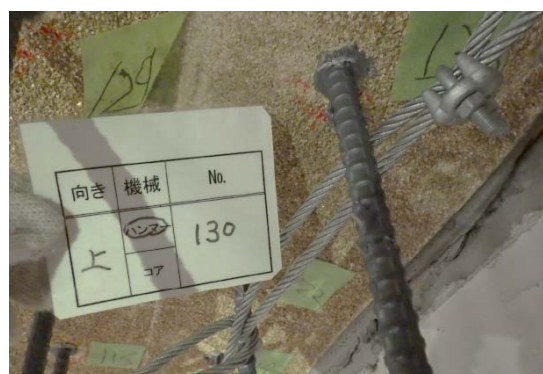


写真 5.2.3.4-2 くさびによる脱落防止(天井, No. 122) 写真 5.2.3.4-3 壁際で不陸あり(天井, No. 130)

れるが、同じくくさびのNo.114は $23.1\text{N/mm}^2$ 、No.123は $25.7\text{N/mm}^2$ の強度があるので、必ずしもそれが理由とは言えない。No.130は、アンカー筋を施工した壁際に不陸箇所があり、付着試験の支圧板による拘束が十分ではなかった可能性があるが、コーン状破壊しているわけではないので、これも原因として特定することはできない。2本とも $15\text{N/mm}^2$ 以上の強度はあるので、躯体の状態、接着剤の充填状況や試験条件の問題ではなく、あと施工アンカーの材料としてのばらつきの範囲内であることも考えられる。

以上、天井と壁の付着強度の平均値がほぼ同じであること、床の付着強度が低いのは躯体表層部分の健全性が悪いことに起因すると思われることから、実建物施工において施工姿勢（上向き・横向き・下向き）の違いが付着強度に与える影響は小さいと判断することができる。

#### 5-2-3-4-2 付着試験後の躯体表層の破壊性状

本試験は付着強度を確認することを目的にし、孔口周辺に支圧板を設置する拘束試験としているため、破壊性状は付着破壊になり、躯体表層は破壊しないはずである。しかし、躯体表層に写真5.2.3.4-4に示すような不陸があり支圧板によって完全に拘束されない試験条件になる場合や、躯体表層に脆弱な部分がある場合には、それが原因で、表層コンクリートが薄く剝離したり（写真5.2.3.4-5に示すような状態で「表層剝離」という）、あるいは、表層コンクリートが深さ10mm程度、コーン状に破壊している状態（写真5.2.3.4-6に示すような状態で「表層コーン」という）が一部で見受けられる。



写真5.2.3.4-4 壁の型枠境界位置における不陸の例



写真5.2.3.4-5 「表層剝離」の例（壁, No. 18） 写真5.2.3.4-6 「表層コーン」の例（壁, No. 31）

これらの躯体表層の破壊性状の違いと付着強度の関係を表5.2.3.4-3に示す。いずれの部位においても、「破壊なし」(付着破壊のみ) > 「表層剝離」 > 「表層コーン」 の順に付着強度が大きく、「表層コーン」の場合は平均で90%程度に低下する結果である。

壁の場合は、主に写真5.2.3.4-4に示すような不陸があることで、支圧板によって完全に拘束されない試験条件になり、「表層剝離」や「表層コーン」のような破壊性状が生じたものと思われる。躯体表層の脆弱部分に起因するものでないことは、写真5.2.3.4-1に示すような採取コアが成形されずに崩壊した例は壁ではなかったことから確認できる。つまり、付着強度を確認する試験としては十分ではなかったことを示す結果であるので、支圧板による拘束が損なわれないように躯体表面の不陸調整を行う方法の検討が必要である。

床の場合は、こて仕上げによる均し不足による若干の不陸面はあるが、写真5.2.3.4-4に示す型枠境界位置のような大きな段差はない。また、不陸面でなくとも写真5.2.3.4-7に示すように「表層剝離」している例が多く、採取コアが成形されずに崩壊することも確認されている。したがって、躯体表層に脆弱な部分があることが「表層剝離」や「表層コーン」が生じた主な原因と思われる。

表5.2.3.4-3 躯体表層の破壊性状と付着強度の関係

| 部位 (姿勢) | 躯体表層の破壊性状 | アンカー筋本数 | 付着強度 (N/mm <sup>2</sup> ) |      |      |      |
|---------|-----------|---------|---------------------------|------|------|------|
|         |           |         | 平均                        | 最大   | 最小   | 標準偏差 |
| 壁 (横)   | 破壊なし      | 27      | 28.0                      | 33.1 | 19.1 | 3.33 |
|         | 表層剝離      | 18      | 26.0                      | 31.9 | 22.0 | 2.47 |
|         | 表層コーン     | 20      | 24.8                      | 28.8 | 18.0 | 2.94 |
| 天井 (上)  | 破壊なし      | 64      | 26.9                      | 31.0 | 18.6 | 2.28 |
|         | 表層剝離      | 1       | 19.3                      | 19.3 | 19.3 | —    |
|         | 表層コーン     | —       | —                         | —    | —    | —    |
| 床 (下)   | 破壊なし      | 32      | 24.7                      | 29.2 | 15.8 | 2.95 |
|         | 表層剝離      | 13      | 22.5                      | 26.7 | 16.9 | 2.47 |
|         | 表層コーン     | 20      | 21.7                      | 27.6 | 17.6 | 2.37 |

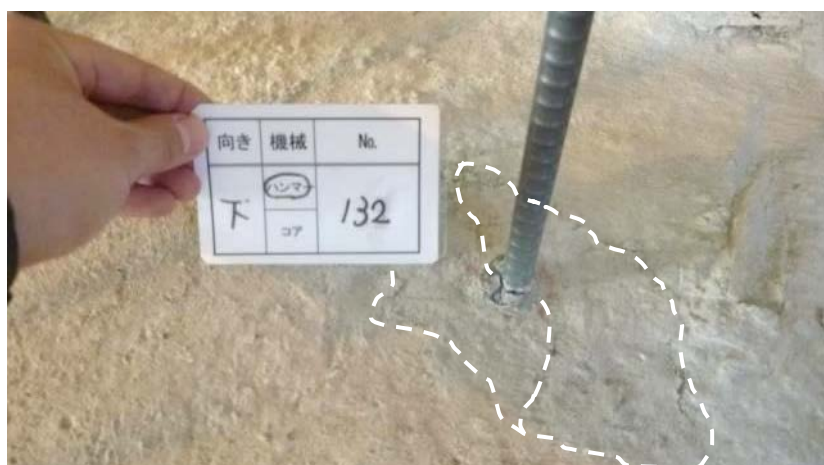


写真5.2.3.4-7 不陸面でない位置で「表層剝離」した例 (床, No.132)

5-2-3-4-3 あと施工アンカー単体試験体の付着強度との比較

本報 2-2 項では、本報 5-2 項のアンカー施工と同じ接着剤を使用し、あと施工アンカー単体試験体でポテンシャルとしての付着性能を確認する試験を行っており、表 2.2.2.2-1 の水準 No.10 (アンカー筋 D13, 埋込み 5d, コンクリート強度 33.7N/mm<sup>2</sup>) の結果を参照すると、実建物施工と試験体施工における付着性能の比較が可能である。表 5.2.3.4-4 に実建物施工と試験体施工における付着強度と変動係数の比較を示す。

試験体施工で確認したポテンシャルとして有する付着強度の平均値は 31.5N/mm<sup>2</sup>であったのに対して、実建物施工の条件でも 23.2~26.8N/mm<sup>2</sup>の付着強度は得られており、ポテンシャルに対して 70~80%程度の強度は発揮していることになる。また、コンクリート強度に違いがあるため、36N/mm<sup>2</sup>超は適用範囲外であるが、参考として、 $\sqrt{\sigma_B/21}$ の強度補正の係数で除した場合においても、実建物施工の付着強度は、ポテンシャルに対して 65%以上の強度を発揮している。変動係数については、試験体施工は 5.4%と安定しているのに対して、実建物施工は 10%前後である。母材となるコンクリートの品質のばらつきや施工条件・施工環境が異なることによる施工のばらつきが実建物の方が大きく、その与える影響が数値の違いとして表れている。

試験体施工に対する実建物施工の付着強度の比率は、言わば設計で考慮する施工係数に相当する。本試験で使用した接着剤の付着強度は全体的に高い傾向にあるため、ここでの施工係数が標準的な数値の目安としてみなせるかどうかは、他のもう少し付着強度が低い接着剤を使用した場合の結果と比較した方がよいと思われる。また、躯体コンクリートの品質は建物ごとに大きな差があるため、ここで示した同一接着剤による実建物施工と試験体施工との比較はあくまで一つの検証例に過ぎない。あと施工アンカーの施工品質の実態を踏まえた付着性能を把握するには、今後も多くのデータの蓄積が必要である。

表 5.2.3.4-4 実建物施工と試験体施工における付着強度および変動係数の比較

| 部位 (姿勢)                       | コンクリート強度<br>$\sigma_B$ (N/mm <sup>2</sup> ) | 付着強度 $\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )<br>(試験体を基準にした比率) |                             | 変動係数<br>(%) |
|-------------------------------|---|---|-----------------------------|-------------|
|                               |   | 平均  | $\tau / \sqrt{\sigma_B/21}$ |             |
| 実建物 壁 (横)                     | 42.3  | 26.5<br>(0.84)                                    | 18.7<br>(0.75)              | 12.3        |
| 実建物 天井 (上)                    | 48.9  | 26.8<br>(0.85)                                    | 17.6<br>(0.71)              | 9.1         |
| 実建物 床 (下)                     | 42.9  | 23.2<br>(0.73)                                    | 16.2<br>(0.65)              | 12.8        |
| 試験体 (下)<br>表 2.2.2.1 水準 No.10 | 33.7  | 31.5<br>(1.00)                                    | 24.9<br>(1.00)              | 5.4         |

※実建物施工と試験体施工で使用している接着材は同一のもので、アンカー筋径・埋込み長さも同じ D13・5da

5-2-3-4-4 最大荷重時の変位

一部のアンカー筋の付着強度試験時に、試験機に付属する変位計を取り付け（写真 5.2.3.4-8）、荷重と同時に変位も測定した。しかし、載荷初期における試験装置とアンカー筋がかみ合うまでの滑りがある場合や変位計が1本しかないためアンカー筋の傾き等から正しく計測されていないと判断される場合があり（図 5.2.3.4-4）、それらは「計測不良」とした。計測結果を表 5.2.3.4-5 に示す。

正しく計測されたと思われるアンカー筋の最大荷重時変位は1~2 mm程度であり、2章で行ったアンカー単体試験体による試験の最大荷重時変位とばらつきはあるものの概ね同程度である。

しかし、計測不良の割合が高く、実施工の現場試験において、市販されている試験機に付属する変位計で計測する場合は、数値は参考扱いとし、アンカー筋の急激な抜出しの有無を荷重-変形のグラフ上で確認するなどの限定的な使用目的にするのが良いと思われる。



写真 5.2.3.4-8 変位計を取り付けた試験機

表 5.2.3.4-5 最大荷重時変位の計測結果

| 部位 (姿勢) | 変位計測本数 | 正しく計測された本数 | 最大荷重時変位 (mm) | 計測不良本数 |
|---------|--------|------------|--------------|--------|
| 壁 (横)   | 6      | 0          | 0            | 6      |
| 天井 (上)  | 6      | 2          | 1.65~2.07    | 4      |
| 床 (下)   | 6      | 4          | 0.86~1.64    | 2      |

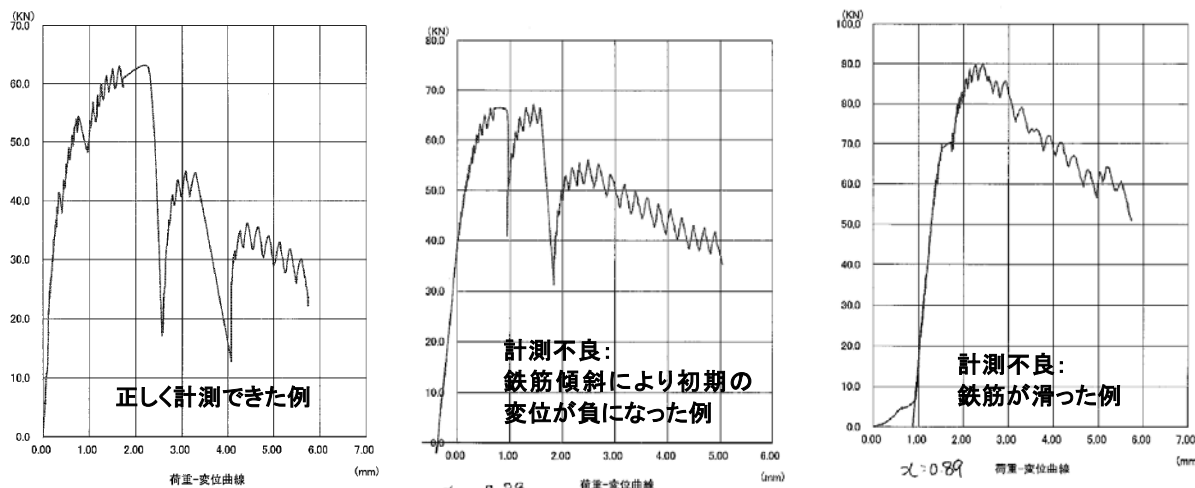


図 5.2.3.4-4 荷重-変形の計測結果のパターン

5-2-3-5 接着剤の充填状況の確認結果

接着剤の充填状況を確認するため、付着強度試験後にコアドリルを使用してアンカー筋を含むコアを採取し、圧縮試験機で割裂した結果を表5.2.3.5-1に示す。なお、床については、採取コアが崩壊したものがあり(写真5.2.3.4-1)、充填条件を確認できなかったものが一部ある。確認できたコアでは、写真5.2.3.5-1で一例として示すように接着剤が十分に充填されていた。他の確認状況の写真は付録4に収録した。

天井に対する上向き施工では、写真5.2.3.5-2に示すようなプラスチック製のキャップを使用し、接着剤の垂れ対策を行った効果もあったものと思われる。

表 5.2.3.5-1 接着剤の充填状況の確認結果

| 部位(姿勢) | コア採取本数 | 十分に充填 | 充填不十分 | 採取コア崩壊(確認不能) |
|--------|--------|-------|-------|--------------|
| 壁(横)   | 7      | 7     | 0     | 0            |
| 天井(上)  | 6      | 6     | 0     | 0            |
| 床(下)   | 9      | 3     | 0     | 6            |



写真 5.2.3.5-1 接着剤の充填状況の確認例(天井, No. 80)



写真 5.2.3.5-2 天井施工において使用した接着剤の垂れ対策のプラスチック製キャップ

### 5-2-3-6 まとめ・考察

実建物施工におけるあと施工アンカーの施工品質の実態把握を目的に、施工者1人が施工姿勢(上向き・横向き・下向き)ごとに一日に施工するアンカー筋本数相当65本を1ロットとしてアンカー施工を行い、穿孔作業およびアンカー筋固着作業にかかる施工精度の調査ならびに付着強度の確認試験を行った。得られた結果のまとめ・考察を以下に示す。

#### (1) 施工精度について

- ・穿孔径は、呼び径16mmに対して、実測値が $-0.2\text{ mm} \sim +0.4\text{ mm}$ の範囲に収まっており、施工精度は高い。壁>天井>床の順に穿孔径が大きいとその差は僅かである。
- ・アンカー筋の埋込み長さは、壁および床については全て設計値以上を確保していたが、天井で一部確保されていないものがあった。アンカー筋の抜け出し対策方法は検討の余地がある。
- ・アンカー筋の傾斜角度は、 $3^\circ$ 未満が多く、最大でも $8.5^\circ$ で、施工時の管理値として一般的な $15^\circ$ 以内には収まっている。

#### (2) 付着強度について

- ・付着強度は、壁と天井がほぼ同じで、床が相対的に低かった。ただし、床の場合でも平均で $23.2\text{ N/mm}^2$ 、最小で $15.8\text{ N/mm}^2$ の付着強度があり、十分な強度がある。
- ・施工姿勢(上向き・横向き・下向き)の違いが付着強度に与える影響は少なく、実建物施工ではコンクリート躯体の健全性の状態の違いが与える影響の方が大きいと思われる。今回の試験では、床躯体表面の状態が良好ではなかった。
- ・実建物では躯体に不陸面があり、付着強度試験に影響を与える。支圧板による拘束が十分でない場合は、付着強度は90%程度に低下した。
- ・あと施工アンカー単体の試験体施工の結果と比較すると、実建物施工では、試験体施工で確認したポテンシャルとしての付着強度の70%~80%程度の強度を発揮している。変動係数は、試験体施工では5%程度であるが、実建物施工では10%前後で2倍程度大きい。

#### (3) 接着剤の充填状況について

- ・天井に対する上向き施工でも、接着剤は孔内に十分充填されていた。

以上、これらの結果は、関連規定や技術資料等を踏まえて作成した施工要領書に従い、必要な技量を有する作業者が確実に施工した条件下でのものである。

### 5-3 傾斜したアンカーの短期引張・せん断試験

#### 5-3-1 検討概要

接着系あと施工アンカー（以下、アンカーと略す）の引張・せん断性能は、アンカー筋の施工精度により影響を受ける。施工要因は多種多様であるが、アンカーの構造性能（耐力および剛性）に最も影響を及ぼす施工要因として、アンカー筋の傾斜角度を取り上げた。施工に関するアンカー筋の傾斜角の規定としては、(財)日本建築防災協会「既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震改修設計指針 同解説<sup>5.3)</sup>」では、アンカー筋に引張抵抗を期待する場合のアンカー筋の傾斜角度は施工面への垂線に対して30°以内、せん断抵抗を期待する場合は規定がないが、通常、可能な限り傾斜させないように施工されている。(一社)日本建築あと施工アンカー協会「あと施工アンカー施工指針(案)(接着系/カプセル方式)<sup>5.4)</sup>」では、穿孔角度で5°以内(許容範囲15°以内)と規定している。

本実験では、アンカー筋の傾斜角度の違いが、アンカーの構造性能に及ぼす影響を確認するために引張実験およびせん断実験を実施した。以下に実験目的を示す。

- ・ 引張試験では、傾斜角がコーン破壊耐力と引張剛性に及ぼす影響を調べる。
- ・ せん断試験では、傾斜角がせん断剛性に及ぼす影響を調べる。

#### 5-3-2 引張実験

##### 5-3-2-1 実験要因と水準

表5.3.2.1に実験要因と水準、図5.3.2.1に引張実験用の試験体形状とアンカー筋の配置状況、図5.3.2.2にアンカー筋の傾斜の状況を示す。要因は穿孔径の傾斜角度を5水準(0°、5°、10°、15°、20°)に穿孔角度内での最大傾斜角2.2°(穿孔径の傾斜角度は0°)を加えて6水準とし、表5.3.2.1に示す試験体を計画した。なお、穿孔径の傾斜角度が5~20°のアンカー筋は、樹脂硬化後に台直しを行い、アンカー筋の傾斜角度をおおよそ0°とした。

実験は、コーン破壊耐力が確認できるよう非拘束で行い、アンカー筋の埋め込み長さは $5d_a$  ( $d_a$ : アンカー筋径)とした。

表 5.3. 2.1 引張実験の実験要因と水準

| 条件  | No. | 要因                      | 水準数 | 水準                  | 備考 |
|-----|-----|-------------------------|-----|---------------------|----|
| 試験体 | A   | コンクリート強度 ( $\sigma_B$ ) | 1   | 27N/mm <sup>2</sup> |    |
|     | B   | アンカー筋種類・径               | 1   | D19                 |    |
|     | C   | 埋込み長さ                   | 1   | $5d_a$              |    |
|     | D   | 孔の傾斜角度                  | 5   | 0°、5°、10°、15°、20°   |    |
|     | E   | アンカー筋の傾斜角度              | 2   | 0°、最大角(約2.2°)       |    |

各要因の試験体数はN=5とした。

##### 5-3-2-2 試験体

###### (1) 形状および寸法

図5.3.2.1にコンクリート母材の試験体形状・寸法および要因を示す。試験体形状は1200×1200×300mmのコンクリートブロックであり、総数4体である。1試験体につき最大9本のアンカー筋を注入方式で施工した。コンクリート強度は実験時の目標圧縮強度を27N/mm<sup>2</sup>とし、アンカー筋はD19



(SD345) を使用した。

引張実験の想定破壊モードは、非拘束試験によるコンクリート部分でのコーン状破壊を想定した。したがって、有効埋込み長さを  $5d_a$  (95mm,  $d_a$ : アンカー筋直径) とし、アンカーボルトの設置位置は図 5.3.2.1 に示すように非拘束半径 (150mm) が有効埋込み長さ (95 mm) の 1.5 倍以上となるように、400mm 間隔で配置した。

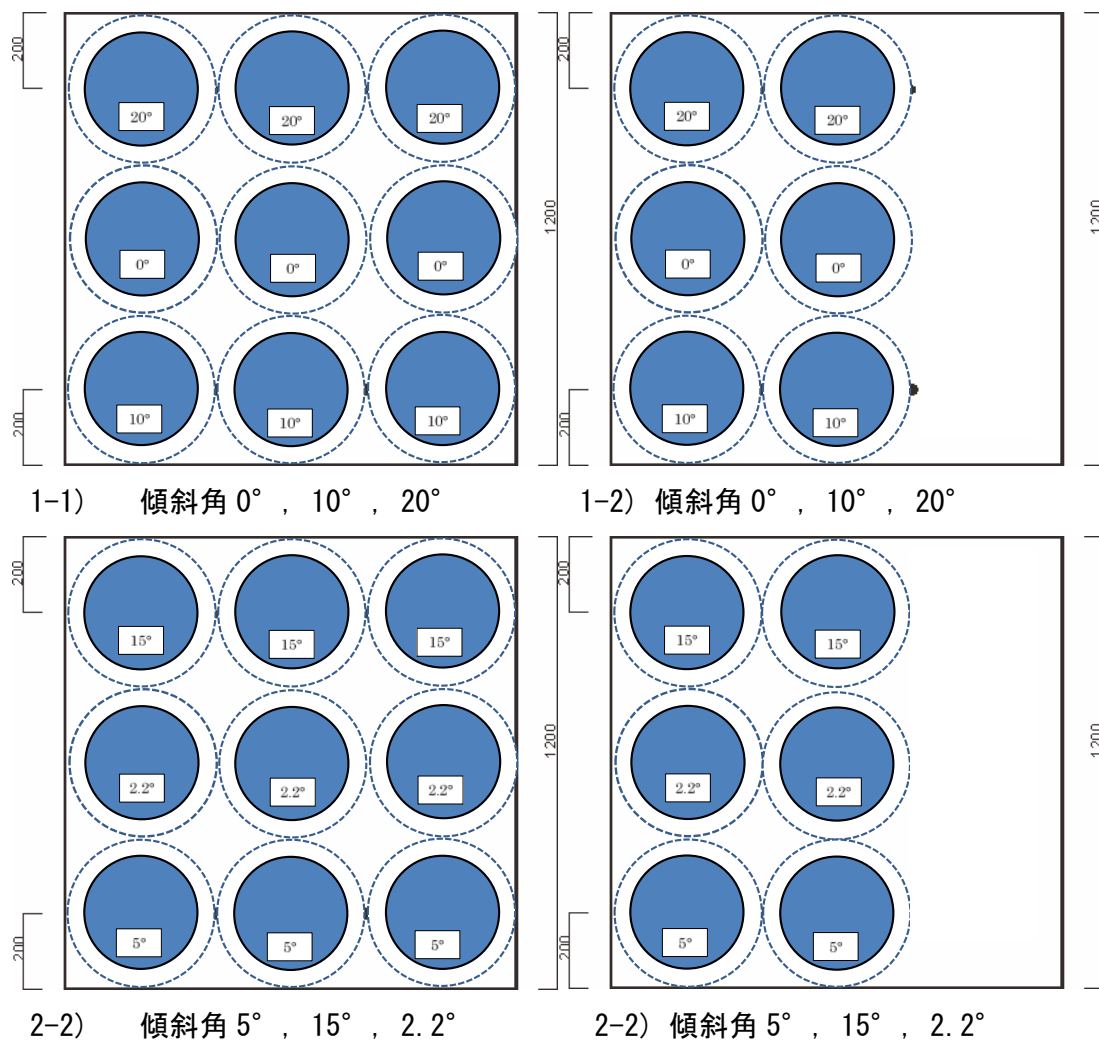


図 5.3.2.1 引張実験用の試験体形状とアンカー筋の配置状況

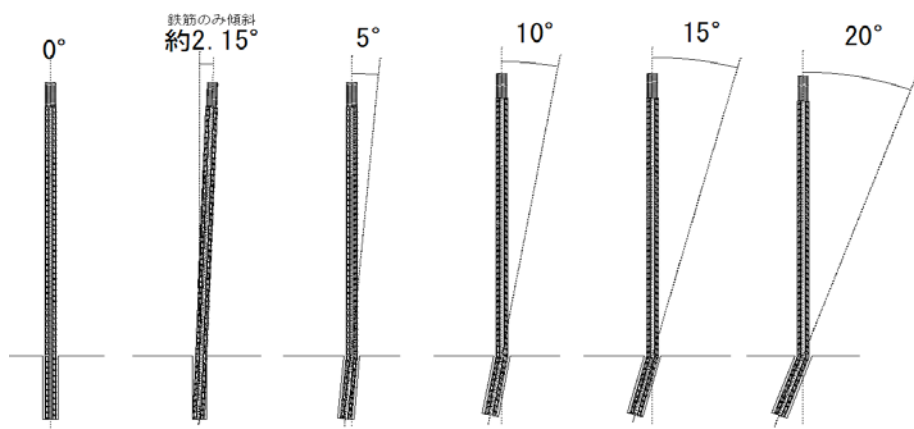


図 5.3.2.2 引張実験用のアンカー筋の傾斜の状況

(2) 使用材料

引張実験で使用したアンカー筋の材料試験結果を表 5.3.2.2 に示す。また、付図 4.6.1.1 にアンカー筋の応力度とひずみ度の関係を示す。アンカー筋の材料試験は、D19 (SD345) の異形棒鋼を用い、JIS Z 2241 金属材料引張試験に準じた。

表 5.3.2.2 アンカー筋の材料試験結果

|             | 降伏強度<br>[N/mm <sup>2</sup> ] | ヤング係数<br>[N/mm <sup>2</sup> ] | 引張強度<br>[N/mm <sup>2</sup> ] | 破断伸び<br>[%] |
|-------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------|
| D19 (SD345) | 391                          | 1.77×10 <sup>5</sup>          | 583                          | 18.0        |

引張実験で使用したコンクリートの材料試験結果を表 5.3.2.3 に示す。また、付図 4.6.1.2 にコンクリートの応力度とひずみ度の関係を示す。母材コンクリートは、目標強度 ( $\sigma_B$ ) を 27N/mm<sup>2</sup>の調合 (Fc27-18-20N) とした。コンクリートの材料試験は、JIS A 1108 コンクリートの圧縮強度試験方法、JIS A 1113 コンクリートの割裂引張強度試験方法に準じた。

コンクリート打設時のフレッシュコンクリートの試験結果は、スランプ値 18.0cm (フロー値 325×320mm)、コンクリート温度 17.0°C、空気量 3.9%であった。実験期間は 2016 年 12 月 20 日～12 月 25 日であることから、実験期間中のコンクリートの材料特性は 12 月 20 日と 12 月 26 日の平均値である下記の値とした。

$F_c27$  : 圧縮強度 25.0N/mm<sup>2</sup>, 引張強度 2.15N/mm<sup>2</sup>, ヤング係数 27.4kN/mm<sup>2</sup>

表 5.3.2.3 引張実験で使用したコンクリートの材料試験結果

引張試験用  $\sigma_B=27\text{N/mm}^2$ , 打設日 11 月 21 日, 呼び 18-18-20N

| 試験日                      | 11 月 24 日 | 11 月 28 日 | 12 月 12 日 | 12 月 19 日 | 12 月 26 日 |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 材齢                       | 3 日       | 7 日       | 21 日      | 28 日(実験前) | 35 日(実験後) |
| 養生                       | 現場封緘      | 現場封緘      | 現場封緘      | 現場封緘      | 現場封緘      |
| 重量 g                     | 3167      | 3627      | 3633      | 3626      | 3637      |
| 圧縮強度 N/mm <sup>2</sup>   | 12.1      | 17.6      | 23.3      | 24.1      | 25.8      |
| 割裂強度 N/mm <sup>2</sup>   | —         | —         | 1.99      | 2.01      | 2.28      |
| ヤング係数 kN/mm <sup>2</sup> | —         | —         | 28.3      | 27.7      | 27.0      |

表 5.3.2.4 にせん断試験用のコンクリート母材 (表 5.3.2.3 参照) において実施した付着試験による付着強度, 図 5.3.2.3 に付着試験の加力・測定装置, 図 5.3.2.4 に付着破壊状況の一例 (付図 4.6.1.4 に全試験体の破壊状況), 図 5.3.2.5 に付着応力度と伸び出し量の関係を示す。

加力プレートの穴径は 40mm (穿孔径  $\phi 24$  の約 1.7 倍) とした。試験体への加力は、油圧ジャッキおよび油圧ポンプを用いて、載荷速度 15~20kN/min 程度にて手動で載荷した。荷重の計測はロードセルにより、伸び出し量の計測はコンクリート表面からの高さ 80mm 程度の位置において左右 2 箇所計測した。図 5.3.2.4 はアンカー筋の降伏時付近までの挙動を示したものであり、No.1 の付着強度は降伏を確認後に除荷した値である。No.2~5 はアンカー筋の降伏後に付着破壊を示した。No.2~5 の 4 体の付着強度の平均値は 24.7N/mm<sup>2</sup>であった。

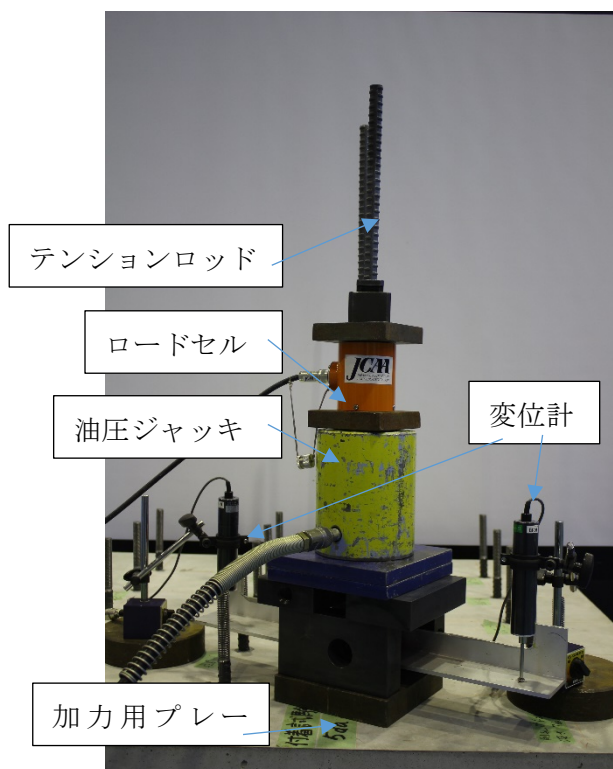


図 5.3.2.3 付着試験の加力・測定装置

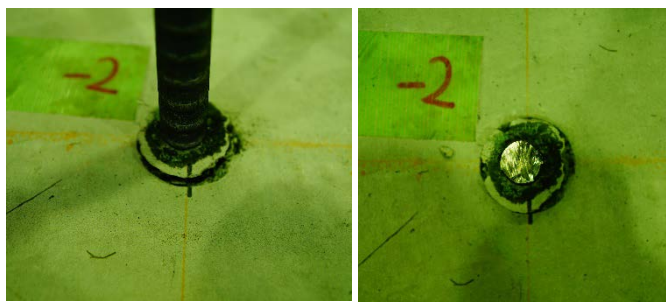


図 5.3.2.4 付着破壊状況の一例

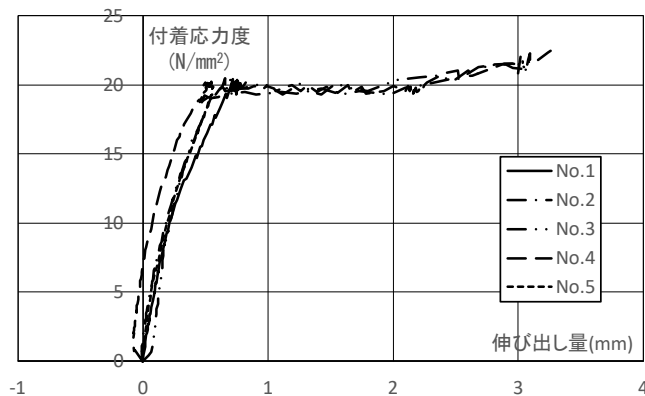


図 5.3.2.5 付着応力度と伸び出し量の関係

表 5.3.2.4 引抜き試験による付着強度

単位：N/mm<sup>2</sup>

|            | 1                  | 2    | 3    | 4    | 5    | 平均値                |
|------------|--------------------|------|------|------|------|--------------------|
| D19(SD345) | 22.5* <sup>2</sup> | 24.9 | 25.2 | 24.2 | 24.4 | 24.7* <sup>2</sup> |

\*1 付着強度は最大引抜き力を公称周長（60mm）×埋込み長さ実測値（ $5d_a$ ）で除した値である。

\*2 No.1は降伏を確認後に除荷した値である。平均値はNo.2~4の4本から算出した。

### (3) 試験体の製作方法

試験体の製作は、下記の施工手順により実施した。

- ① 施工工具、アンカー等の準備と確認
- ② 墨出し
- ③ コンクリート・ドリルの選定
- ④ マーキング（ドリル）
- ⑤ 穿孔（図 5.3.2.8, 図 5.3.2.9 参照）
  - \*ドリルの傾斜角度を所定の値に保つように穿孔した。
- ⑥ 孔内清掃および孔の深さを確認（図 5.3.2.10 参照）
  1. 吸じん, 2. 孔深さの確認, 3. ブラッシング, 4. 吸じん
- ⑦ マーキング（アンカー筋）（図 5.3.2.11 参照）
- ⑧ 樹脂注入（図 5.3.2.12, 図 5.3.2.13 参照）
  - \*カートリッジを専用ガンに取付け、ノズルにより注入した。
- ⑨ アンカー筋の埋込み（図 5.3.2.14, 図 5.3.2.15 参照）
  - \*アンカー筋に固定治具を取付け、アンカー筋を挿入した。

- ⑩ 硬化養生（固着）
- ⑪ アンカー筋の台直し

図 5.3.2.6 にコンクリート母材の配筋状況，図 5.3.2.7 にコンクリート母材のコンクリート打設状況，図 5.3.2.8～図 5.3.2.17 にアンカー筋の施工状況を示す。

コンクリート母材には鋼製型枠を使用し，D13 鉄筋を 150mm 間隔でメッシュ状に配筋し，上面から 198mm の厚さを確保した。

図 5.3.2.18 に台直し前のアンカー筋の施工状況，図 5.3.2.19 にアンカー筋の台直しの作業状況を示す。アンカー筋の台直しは，図 5.3.2.19 中に示す施工治具により行った。アンカー筋固着時のアンカー筋の傾斜方向の傾斜角平均値（目標角度との差）は， $0^{\circ}$ ， $5^{\circ}$ ， $10^{\circ}$ ， $15^{\circ}$ ， $20^{\circ}$  で  $0.41^{\circ}$  ( $0.41^{\circ}$ )， $5.62^{\circ}$  ( $0.69^{\circ}$ )， $10.33^{\circ}$  ( $0.41^{\circ}$ )， $14.00^{\circ}$  ( $1.00^{\circ}$ )， $18.92^{\circ}$  ( $1.08^{\circ}$ )であった。また，台直し後のアンカー筋の傾斜方向の傾斜角平均値は， $5^{\circ}$ ， $10^{\circ}$ ， $15^{\circ}$ ， $20^{\circ}$  で  $0.17^{\circ}$ ， $0.11^{\circ}$ ， $0.32^{\circ}$ ， $0.59^{\circ}$ であった。

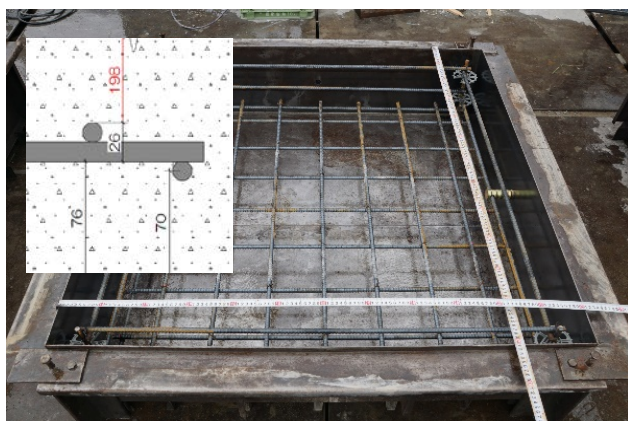


図 5.3.2.6 コンクリート母材の配筋状況

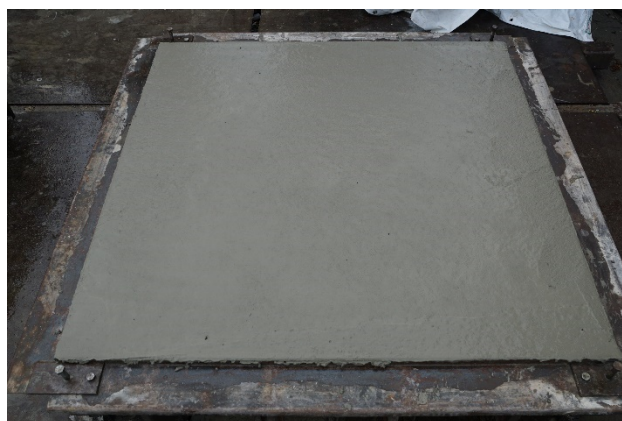


図 5.3.2.7 コンクリート母材の打設状況



図 5.3.2.8 穿孔状況(1)

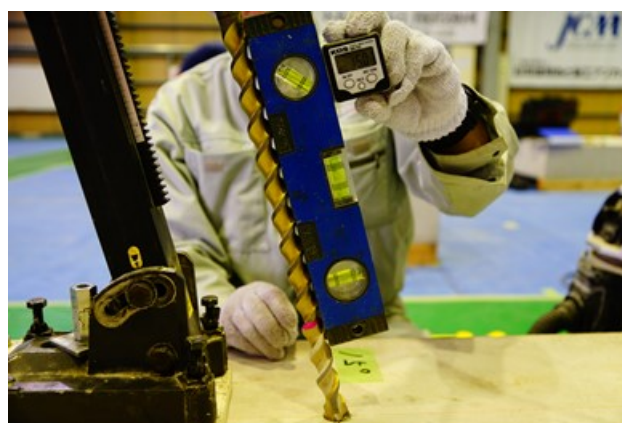


図 5.3.2.9 穿孔状況(2)



図 5.3.2.10 孔内の清掃状況

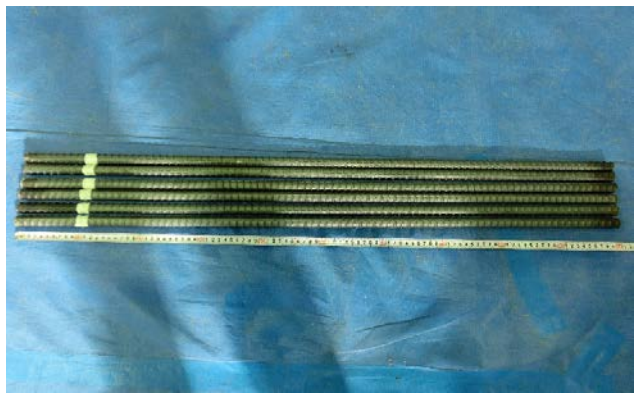


図 5.3.2.11 引張試験に使用したアンカー筋



図 5.3.2.12 樹脂注入のための工具

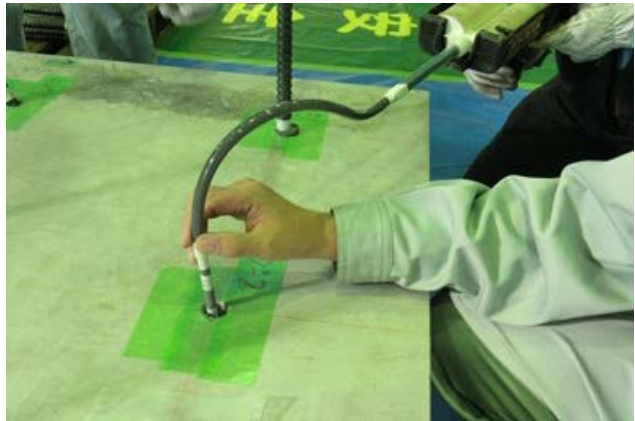


図 5.3.2.13 樹脂の注入状況



図 5.3.2.14 アンカー筋固定治具



図 5.3.2.15 アンカー筋の挿入状況

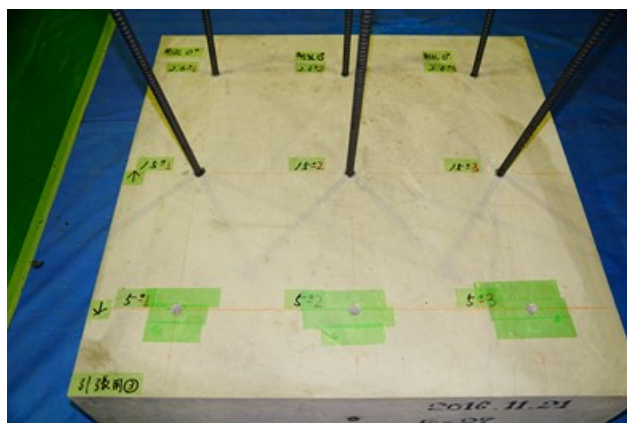


図 5.3.2.16 アンカー筋の設置状況(1)

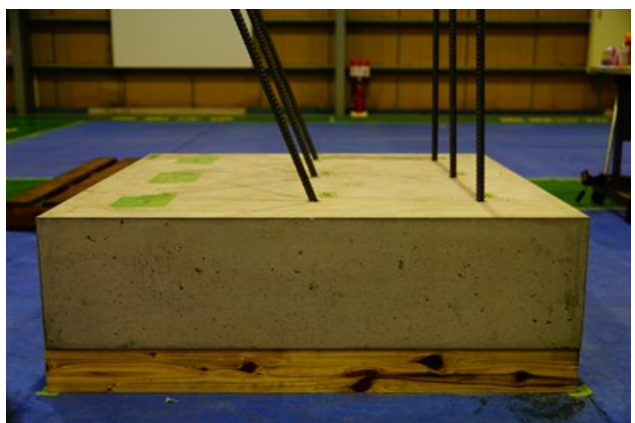


図 5.3.2.17 アンカー筋の設置状況(2)

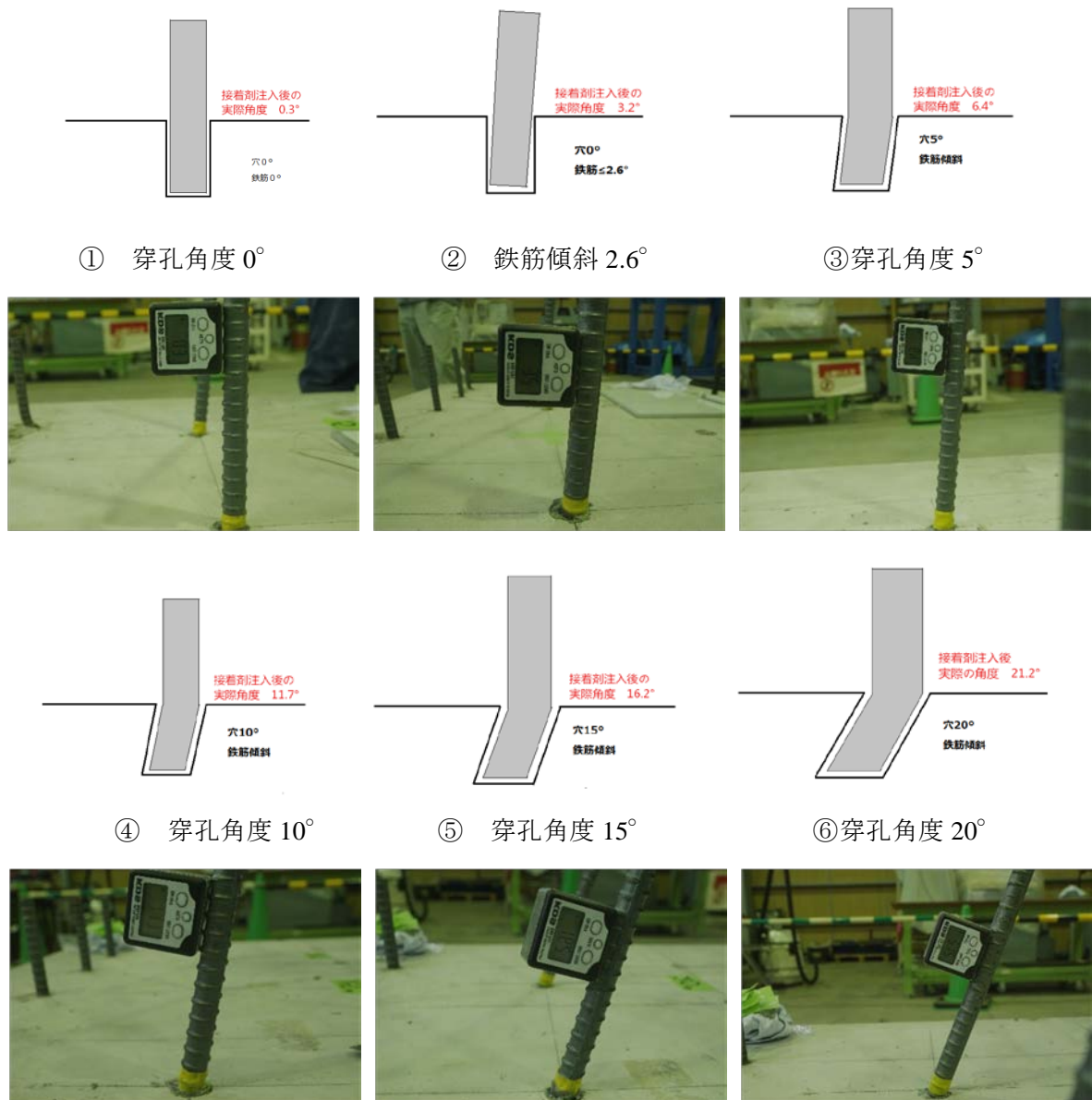


図 5.3.2.18 台直し前のアンカー筋施工後の状況



図 5.3.2.19 アンカー筋の台直しの作業状況

(4) 試験体の施工精度

本実験では、穿孔径、穿孔深さ、アンカー筋の垂直度について施工精度を測定した。これらの施工精度を表5.3.2.5に示す（詳細は付表4.6.2.1に示す）。

固着後のアンカー筋の傾斜角度が穿孔時の孔の傾斜角度に比べて、若干大きくなっている。

表 5.3.2.5 試験体の施工精度

| 傾斜角  | 穿孔径(mm) |       | 穿孔長(mm) |       | 穿孔時孔の傾斜角との差異(deg.) |       | 固着後アンカー筋の傾斜角との差(deg.) |       |
|------|---------|-------|---------|-------|--------------------|-------|-----------------------|-------|
|      | 平均値     | 標準偏差  | 平均値     | 標準偏差  | 平均値                | 標準偏差  | 平均値                   | 標準偏差  |
| 0°   | 24.30   | 0.091 | 98.35   | 1.146 | 0.41               | 0.368 | 1.14                  | 0.850 |
| 5°   | 24.26   | 0.126 | 97.75   | 1.125 | 0.69               | 0.519 | 1.19                  | 0.669 |
| 10°  | 24.21   | 0.053 | 96.58   | 0.902 | 0.41               | 0.227 | 1.12                  | 0.433 |
| 15°  | 24.25   | 0.067 | 97.07   | 0.413 | 1.00               | 0.300 | 1.34                  | 0.871 |
| 20°  | 24.26   | 0.080 | 95.66   | 0.311 | 1.08               | 0.390 | 1.43                  | 0.424 |
| 2.2° | 24.27   | 0.036 | 97.81   | 0.381 | 0.52               | 0.329 | 2.80                  | 0.454 |

\* 穿孔径の目標値は 24mm，穿孔長の目標値は 95mm である。

\* 傾斜角との差異は，傾斜方向の傾斜角と目標値との差である。

なお，2.2° の差異は 0° との差である。

5-3-2-3 加力・計測方法

図 5.3.2.20 に加力・測定装置，図 5.3.2.21 に変位測定状況を示す。載荷装置は，引張力を与える加力装置と，その反力を支える反力台から構成される。加力装置は，アンカー筋を異形棒鋼用のチャックにて固定し，油圧ジャッキにてアンカー筋に直接引張力を与える形式とした。反力台は円形とし，非拘束半径を 150mm（有効埋込み長さ 95mm の 1.58 倍）とし，コーン状破壊耐力に影響を及ぼさない値とした。

加力は，台直したアンカー筋が反力台の中心位置になるように加力装置を設置し，球座は用いずに引張した。加力速度は，油圧ジャッキおよび油圧ポンプを用いて，載荷速度 15～20kN/min.程度で手動により載荷した。測定は，荷重をロードセル，伸び出し量の計測はコンクリート表面からの高さ 80mm 程度の位置において左右 2 箇所計測した。なお，傾斜したアンカー筋の立上がり量（水平方向のズレ量）を 1 箇所計測した。載荷は，一方向単調載荷でコーン状破壊を生じるまで載荷した。ロードセルおよび変位計はデータロガーに接続し，載荷中は 2 秒間隔で連続測定を行った。

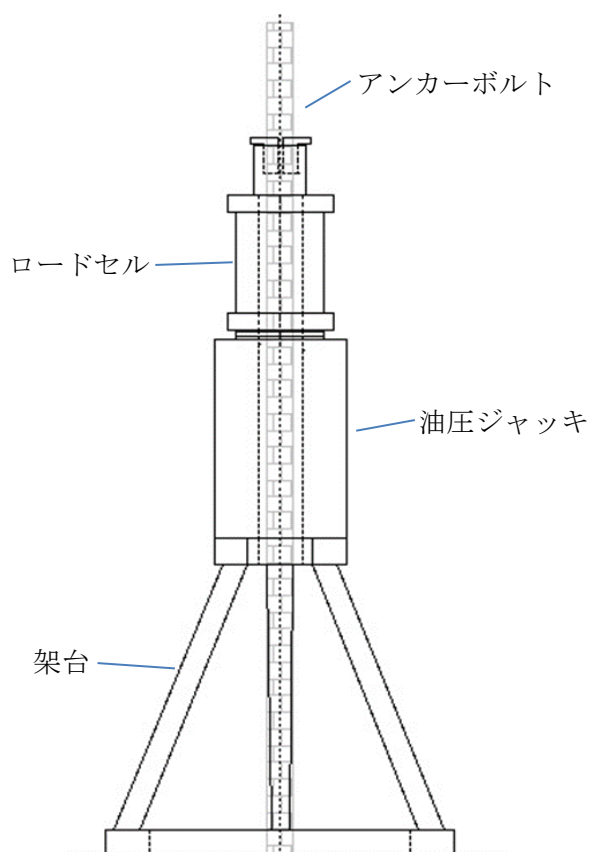
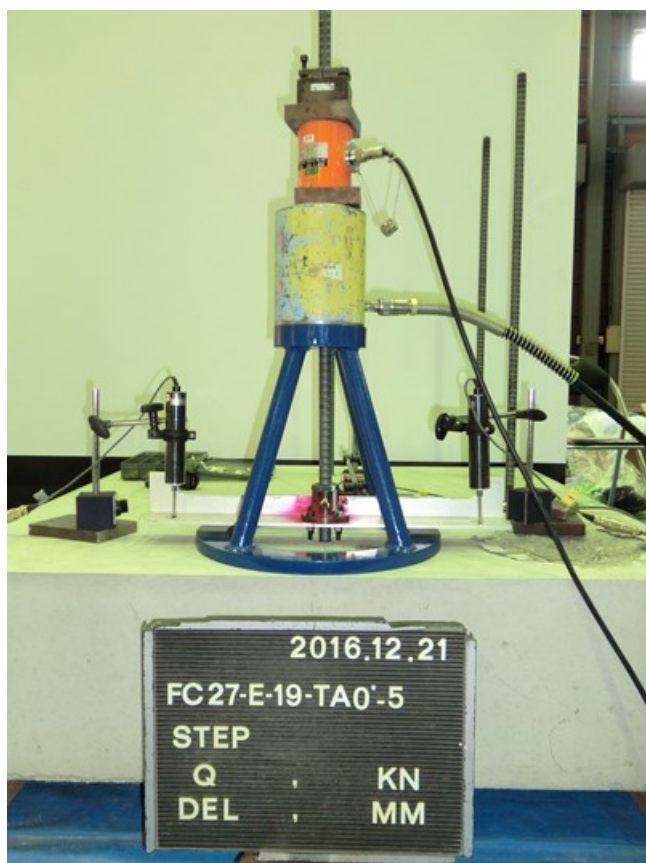
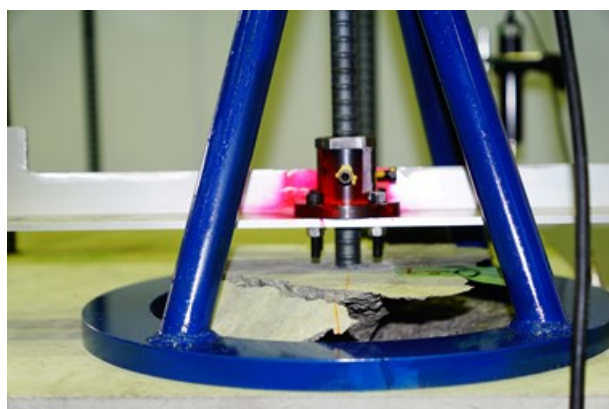
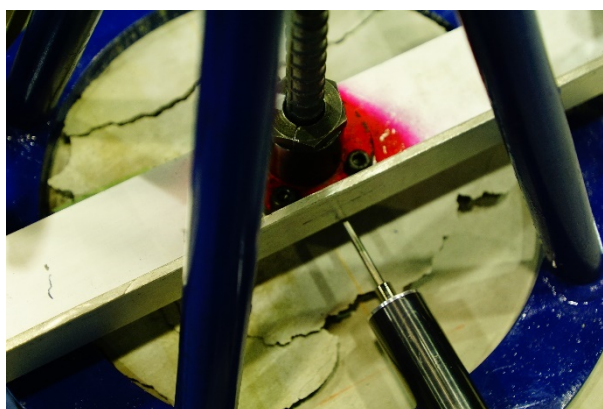


図 5.3.2.20 加力・測定装置



(a) 鉛直方向の伸び出し量の測定 (2点)



(b) 水平方向のズレ量の測定 (1点)

図 5.3.2.21 変位測定の様況



5-3-3 引張実験結果

表 5.3.3.1 に実験結果一覧，図 5.3.3.1 に最終破壊状況，図 5.3.3.2 に傾斜角度によるコーン状破壊領域の比較を示す。全てのアンカー筋においてコンクリートのコーン状破壊を示した。コーン状破壊領域は，傾斜角度が大きくなる程小さくなる傾向があり，特に 15°，20° で顕著であった。

図 5.3.3.3 に各試験体の引張力と伸び出し量の関係，図 5.3.3.4 に引張耐力と傾斜角度との関係，図 5.3.3.5 に伸び出し量が 0.3mm 時の耐力と傾斜角度の関係を示す。引張耐力時の伸び出し量は 0.4～1.2mm であり，伸び出し量が 1mm 時ではほぼ最大耐力に達していると思われる。引張耐力および最大耐力まで剛性は，アンカー筋の傾斜角度が大きくなる程小さくなる傾向があり，コーン破壊領域の減少と同様な傾向がみられた。各傾斜角度のアンカー筋の引張耐力平均値は，傾斜角度 0° のアンカー筋の引張耐力平均値に比較して，1.00 (2.2°)，1.00 (5°)，0.90 (10°)，0.89 (15°)，0.87 (20°) であった。

接着系アンカーの引張耐力は，アンカー筋の降伏で決まる(5.3.3.1)式，アンカー筋のコンクリートとの付着力で決まる(5.3.3.3)式で決定されるが<sup>5.5)</sup>，埋込み長さが小さい場合にはコーン状破壊の影響が大きく，頭付きアンカーで用いられている(5.3.3.2)式を加えた3式で評価する場合がある<sup>5.3)</sup>。

$$p_1 = s\sigma_y \cdot sc a \quad (5.3.3.1)式$$

$$p_2 = 0.31\sqrt{F_c} \cdot A_c \quad (5.3.3.2)式$$

$$p_3 = \tau_a \cdot \pi \cdot d_a \cdot l_{ce} \quad (5.3.3.3)式$$

ここで，

$p_1$  : アンカー筋の降伏で決まる引張耐力 (N)

$p_2$  : コンクリートのコーン状破壊で決まる引張耐力 (N)

$p_3$  : アンカー筋とコンクリートの付着力で決まる引張耐力 (N)

$s\sigma_y$  : アンカー筋の降伏点強度 (N/mm<sup>2</sup>)

$F_c$  : コンクリートの圧縮強度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\tau_a$  : 接着系アンカーの付着強度 (N/mm<sup>2</sup>)， $\tau_a = 10\sqrt{F_c/21}$

$sc a$  : アンカー筋の断面積 (mm<sup>2</sup>)

$A_c$  : コーン状破壊面の有効水平投影面積 (mm<sup>2</sup>)， $A_c = \pi \cdot l_{ce} \cdot (l_{ce} + d_a)$

$l_{ce}$  : 強度算定用埋込み長さ（ここでは有効埋込み長さ  $l_e$  を用いる）(mm)

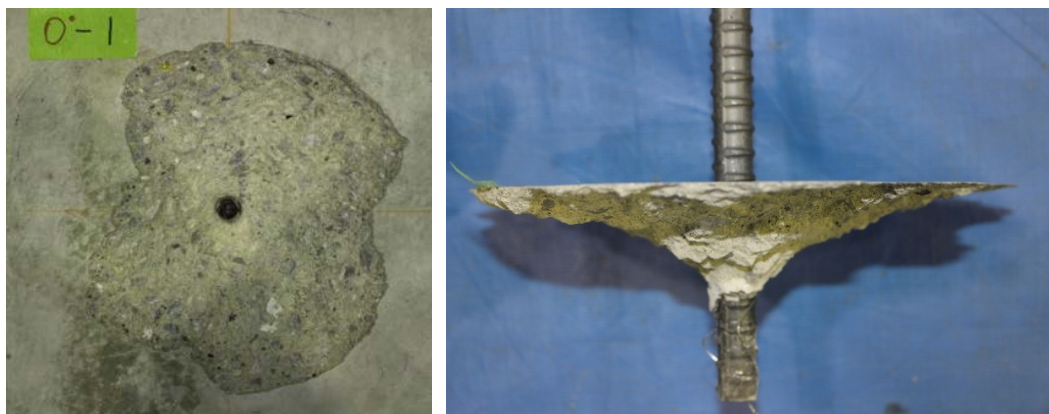
$d_a$  : アンカー筋径

「5-3-2-2 項(2)使用材料」に示した材料強度より， $s\sigma_y = 391\text{N/mm}^2$ ， $F_c = 25.0\text{N/mm}^2$ より，各引張耐力を計算すると， $p_1 = 112\text{kN}$ ， $p_2 = 52.7\text{kN}$ ， $p_3 = 61.8\text{kN}$  となり，計算上の破壊モードはコンクリートのコーン状破壊となり，実験結果と適合している。

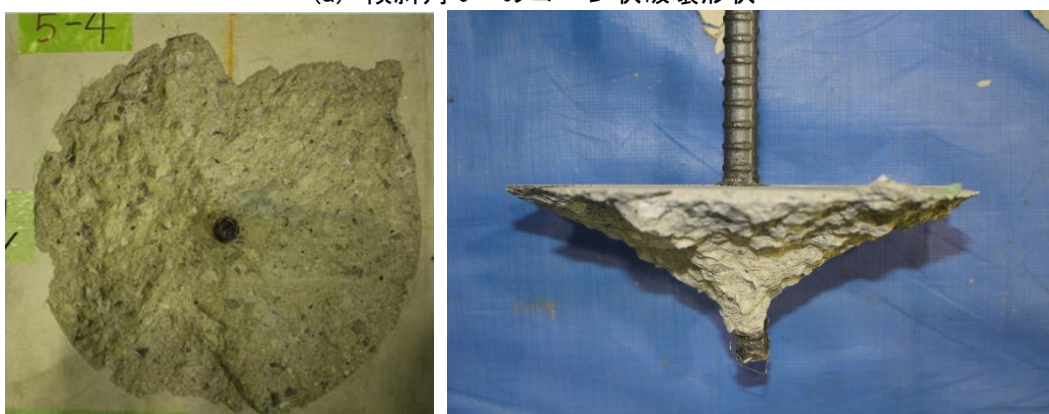
図 5.3.3.4，図 5.3.3.5 中にコンクリートのコーン状破壊で決まる耐力の計算値( $p_2$ )を示す。各傾斜角度のアンカー筋の引張耐力平均値は計算値に対して，1.35 (0°)，1.36 (2.2°)，1.36 (5°)，1.22 (10°)，1.21 (15°)，1.18 (20°) であり，0.3mm 時の引張耐力は計算値に対して，1.15 (0°)，1.17 (2.2°)，1.17 (5°)，1.06 (10°)，1.01 (15°)，0.83 (20°) であった。引張耐力は，アンカー筋の傾斜角度の違いにより異なるが計算値以上の値となっている。各変形時の耐力は，アンカー筋の傾斜角度の違いを考慮する必要がある。

表 5.3.3.1 試験体一覧および実験結果一覧

| 試験体 No.   | 穿孔結果    |        |          |          | 実験結果      |           |                |                | 母材 No. |
|-----------|---------|--------|----------|----------|-----------|-----------|----------------|----------------|--------|
|           | 深さ (mm) | 径 (mm) | X 角度 (°) | Y 角度 (°) | 最大耐力 (kN) | 伸び出量 (mm) | 0.2mm 時 耐力(kN) | 0.4mm 時 耐力(kN) |        |
| T-0° -1   | 98.19   | 24.28  | 0.130    | 0.220    | 70.95     | 0.44      | 52.76          | 68.55          | 1      |
| T-0° -2   | 97.85   | 24.41  | 0.210    | 0.160    | 80.44     | 1.02      | 51.56          | 67.65          |        |
| T-0° -3   | 99.11   | 24.37  | 0.060    | 0.070    | 71.45     | 0.63      | 52.86          | 64.75          | 2      |
| T-0° -4   | 100.0   | 24.31  | 1.250    | 1.080    | 67.95     | 0.73      | 45.07          | 62.76          |        |
| T-0° -5   | 96.62   | 24.14  | 1.460    | 0.530    | 66.05     | 0.49      | 49.37          | 63.96          |        |
| 平均値       | 98.35   | 24.30  | 0.622    | 0.412    | 71.37     | 0.66      | 50.32          | 65.50          |        |
| T-5° -1   | 97.26   | 24.23  | 0.000    | 5.930    | 74.35     | 0.80      | 52.96          | 67.85          | 3      |
| T-5° -2   | 99.70   | 24.03  | -0.210   | 6.480    | 72.55     | 0.61      | 47.77          | 67.85          |        |
| T-5° -3   | 97.01   | 24.35  | 0.210    | 4.840    | 80.64     | 0.97      | 54.66          | 67.55          | 4      |
| T-5° -4   | 96.53   | 24.38  | -0.630   | 5.790    | 61.86     | 0.38      | 55.16          | 61.86          |        |
| T-5° -5   | 98.26   | 24.31  | 0.900    | 5.080    | 70.05     | 0.48      | 51.66          | 62.76          |        |
| 平均値       | 97.75   | 24.26  | 0.054    | 5.624    | 71.89     | 0.65      | 52.44          | 65.57          |        |
| T-10° -1  | 95.90   | 24.28  | 0.290    | 10.840   | 64.26     | 0.63      | 42.77          | 56.56          | 1      |
| T-10° -2  | 98.25   | 24.22  | -0.330   | 9.810    | 66.35     | 0.46      | 48.27          | 63.26          |        |
| T-10° -3  | 95.77   | 24.19  | 0.220    | 10.410   | 61.96     | 0.41      | 43.17          | 61.96          | 2      |
| T-10° -4  | 96.21   | 24.13  | 1.450    | 10.310   | 66.65     | 0.70      | 46.67          | 61.66          |        |
| T-10° -5  | 96.77   | 24.25  | 1.060    | 10.290   | 61.96     | 0.38      | 49.47          | 61.46          |        |
| 平均値       | 96.58   | 24.21  | 0.538    | 10.332   | 64.24     | 0.52      | 46.07          | 60.98          |        |
| T-15° -1  | 96.71   | 24.18  | 0.890    | -14.390  | 59.96     | 0.58      | 42.57          | 57.61          | 3      |
| T-15° -2  | 97.36   | 24.18  | 0.540    | -14.240  | 66.95     | 0.50      | 48.77          | 65.15          |        |
| T-15° -3  | 96.63   | 24.35  | -0.380   | -13.520  | 71.65     | 0.69      | 39.57          | 57.86          | 4      |
| T-15° -4  | 97.72   | 24.28  | 0.230    | -13.910  | 56.36     | 0.46      | 37.67          | 52.86          |        |
| T-15° -5  | 96.93   | 24.28  | -0.390   | -13.950  | 62.76     | 1.17      | 47.17          | 58.86          |        |
| 平均値       | 91.67   | 24.25  | 0.178    | -14.002  | 63.54     | 0.68      | 43.15          | 58.47          |        |
| T-20° -1  | 95.45   | 24.37  | 0.000    | -19.070  | 57.26     | 0.82      | 33.08          | 47.87          | 1      |
| T-20° -2  | 95.75   | 24.15  | 0.840    | -18.490  | 72.25     | 1.12      | 35.48          | 52.06          |        |
| T-20° -3  | 95.57   | 24.26  | 0.490    | -18.900  | 59.36     | 0.99      | 31.58          | 45.37          | 2      |
| T-20° -4  | 95.32   | 24.32  | 0.970    | -18.580  | 57.16     | 0.55      | 43.27          | 54.56          |        |
| T-20° -5  | 96.21   | 24.21  | 1.620    | -19.580  | 66.05     | 0.95      | 33.48          | 50.36          |        |
| 平均値       | 95.66   | 24.26  | 0.784    | -18.924  | 62.42     | 0.89      | 35.38          | 50.04          |        |
| T-0° -S-1 | 97.82   | 24.28  | 1.950    | -0.780   | 73.35     | 0.53      | 51.36          | 69.35          | 3      |
| T-0° -S-2 | 97.89   | 24.22  | 0.720    | 0.720    | 68.45     | 0.49      | 50.76          | 65.95          |        |
| T-0° -S-3 | 97.22   | 24.24  | 0.080    | 0.080    | 71.65     | 0.68      | 51.36          | 67.65          | 4      |
| T-0° -S-4 | 98.41   | 24.31  | 0.850    | 0.850    | 69.15     | 0.51      | 48.77          | 65.05          |        |
| T-0° -S-5 | 97.71   | 24.30  | -0.160   | -0.160   | 75.15     | 0.66      | 54.66          | 70.45          |        |
| 平均値       | 97.81   | 24.27  | 0.688    | 0.280    | 71.55     | 0.57      | 51.38          | 67.69          |        |



(a) 傾斜角 0° のコーン状破壊形状



(b) 傾斜角 5° のコーン状破壊形状

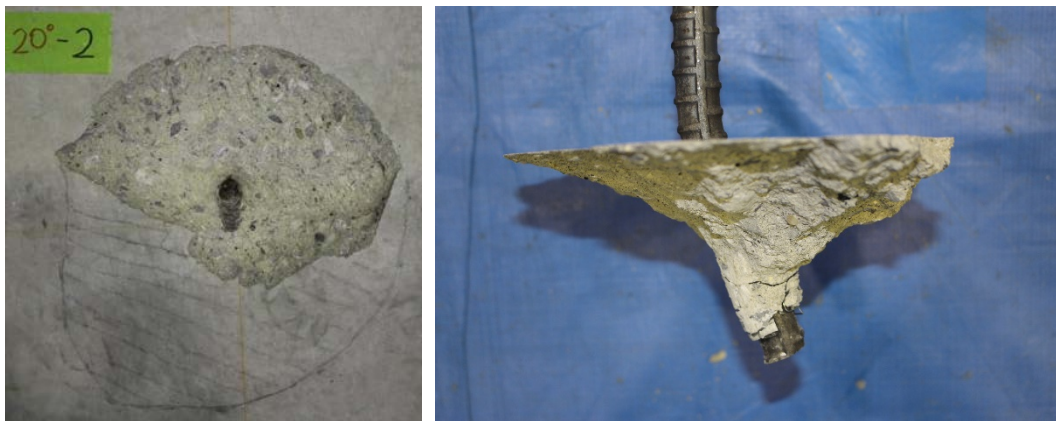


(c) 傾斜角 10° のコーン状破壊形状



(d) 傾斜角 15° のコーン状破壊形状

図 5.3.3.1 最終破壊状況



(e) 傾斜角 20° のコーン状破壊形状



(f) 傾斜角 2.2° のコーン状破壊形状

図 5.3.3.1 最終破壊状況 (続き)

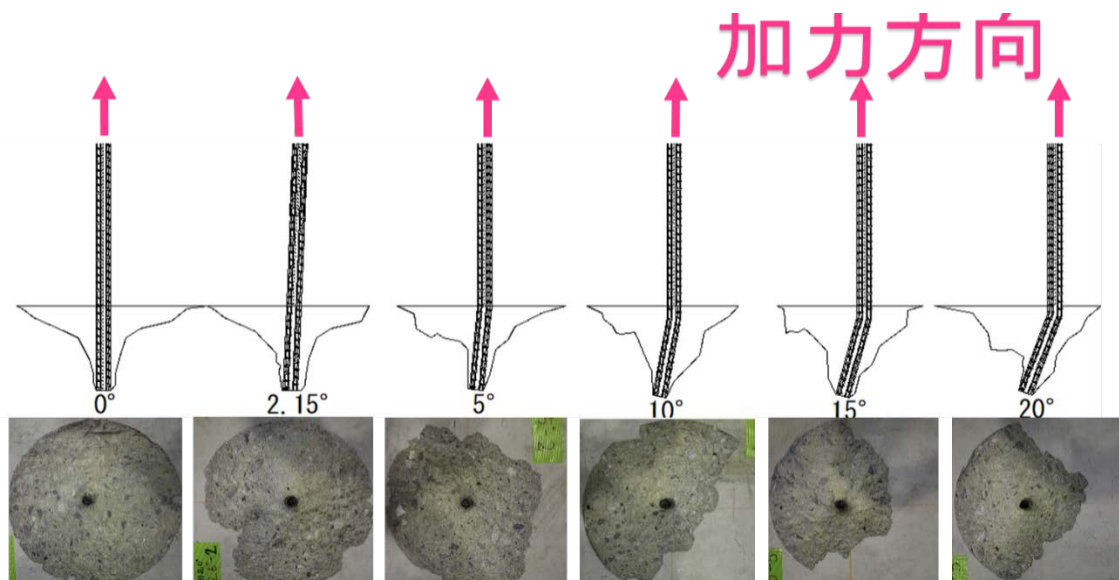
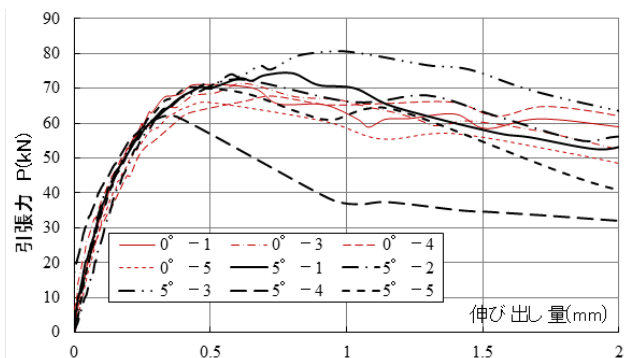
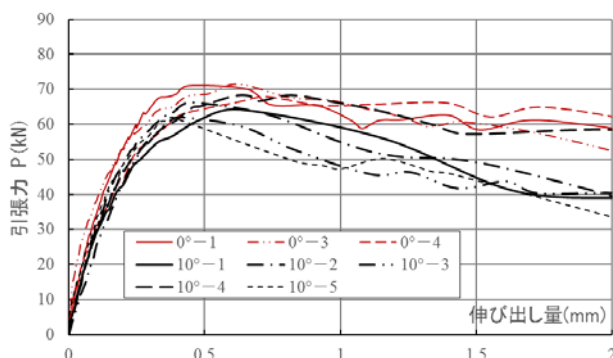


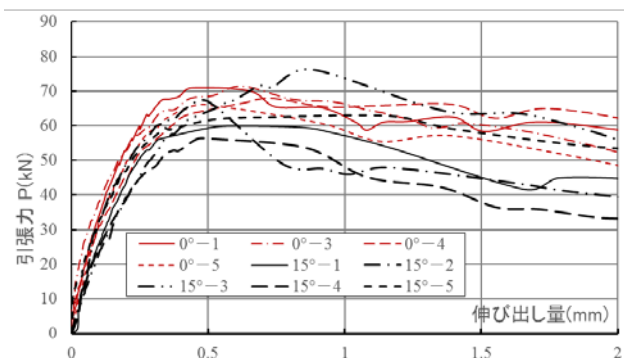
図 5.3.3.2 傾斜角度によるコーン状破壊領域の比較



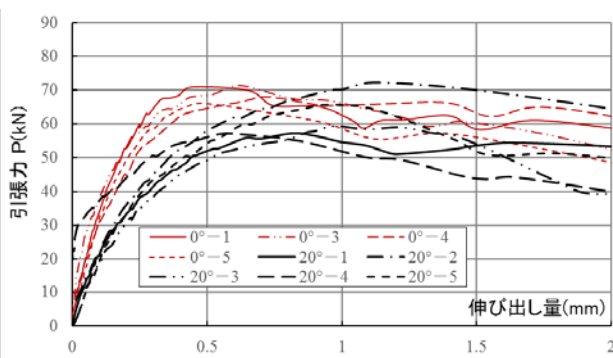
(a) 傾斜角度 0° と 5° との比較



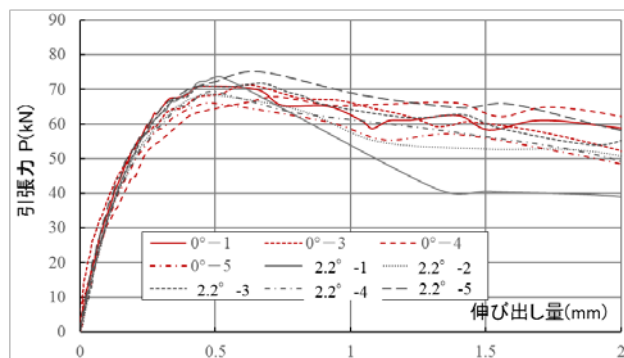
(b) 傾斜角度 0° と 10° との比較



(c) 傾斜角度 0° と 15° との比較



(d) 傾斜角度 0° と 20° の比較



(e) 傾斜角度 0° と 2.2° との比較

図 5.3.3.3 引張力と伸び出し量の関係

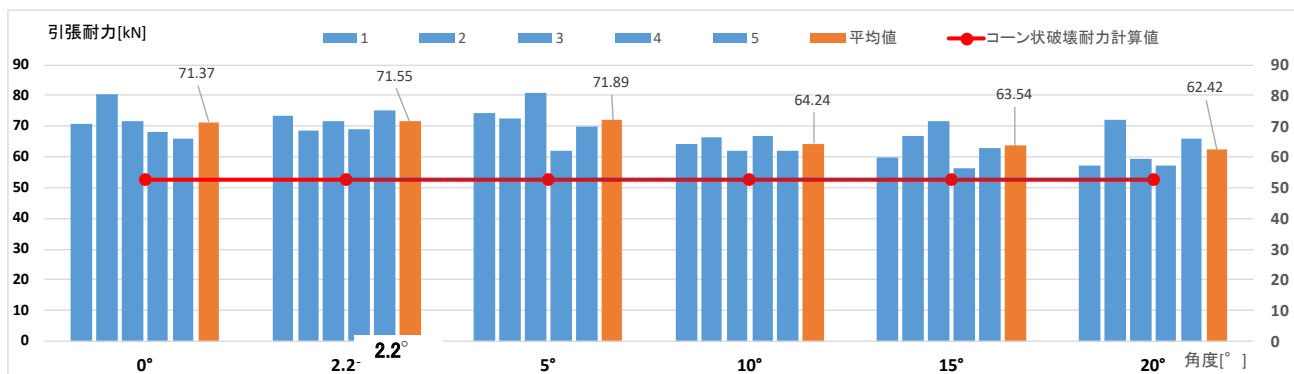


図 5.3.3.4 引張耐力と傾斜角度

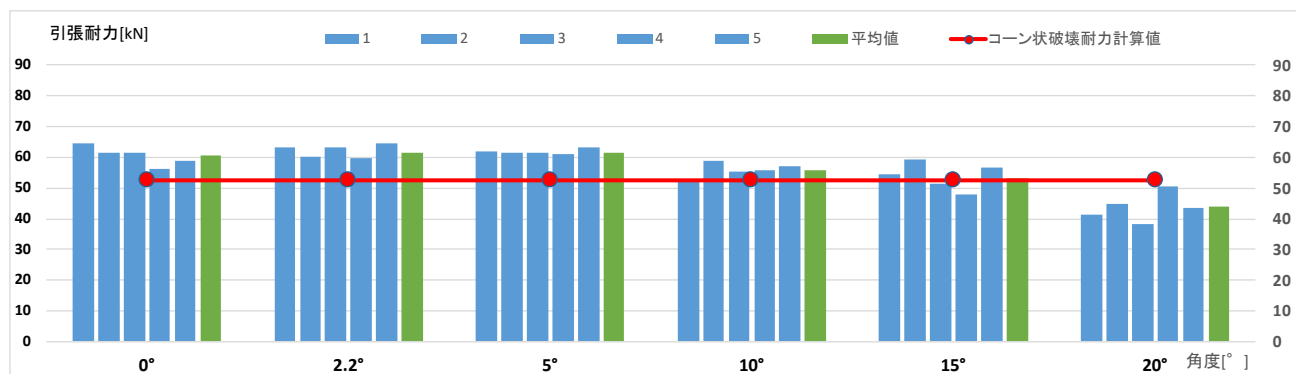


図 5.3.3.5 0.3 mm時の耐力と傾斜角度

### 5-3-4 せん断実験

#### 5-3-4-1 実験要因と水準

表 5.3.4.1 に実験要因と水準，図 5.3.4.1 にせん断実験用の試験体形状とアンカー筋の配置状況，図 5.3.4.2 にアンカー筋の傾斜状況を示す。要因は，穿孔径の傾斜角度を 5 水準（0°，5°，10°，15°，20°）に穿孔角度内での最大傾斜角 2.2°（穿孔径の傾斜角度は 0°）を加えて 6 水準とし，加力方向 2 種類（傾斜方向，逆方向）と組み合わせて，合計 11 水準とし，表 5.3.4.1 に示す試験体を計画した。

なお，埋込み長さはせん断性能が引抜き性状の付着強度不足による影響を受けないように  $7d_a$  ( $d_a$  : アンカーボルト径) の 1 水準とした。

表 5.3.4.1 せん断実験の実験要因と水準

| 条件  | No. | 要因                      | 水準数 | 水準                  | 備考              |
|-----|-----|-------------------------|-----|---------------------|-----------------|
| 試験体 | A   | コンクリート強度 ( $\sigma_B$ ) | 1   | 27N/mm <sup>2</sup> |                 |
|     | B   | アンカー筋種類・径               | 1   | D19                 | SD345           |
|     | C   | 埋込み長さ                   | 1   | $7d_a$              | $d_a$ : アンカー筋径  |
|     | D   | 孔の傾斜角度                  | 5   | 0°，5°，10°，15°，20°   |                 |
|     | E   | 鉄筋の傾斜角度                 | 2   | 0°，最大角 (約 2.6°)     | 穿孔径 : $\phi 24$ |
|     | F   | 加力方向 (せん断)              | 2   | 傾斜方向，逆方向            |                 |
|     | G   | 群効果 (せん断)               | 2   | 5° × 2，15° × 2      |                 |

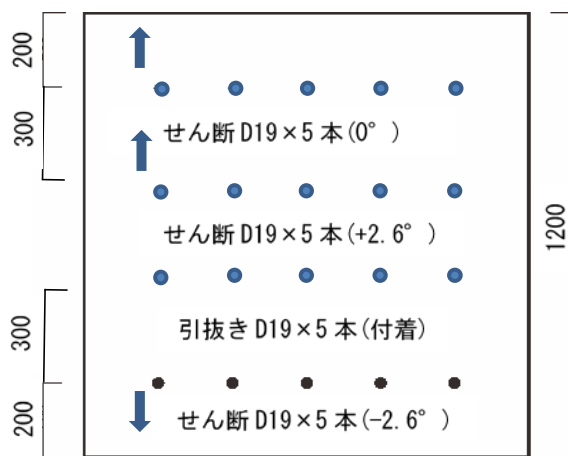
#### 5-3-4-2 試験体

##### (1) 形状および寸法

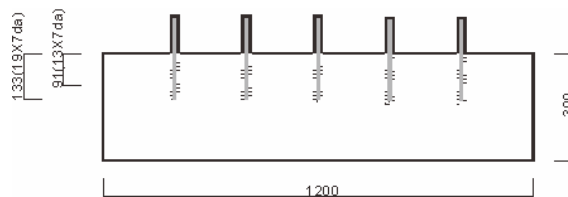
図 5.3.4.1 にコンクリート母材の試験体形状・寸法および要因を示す。試験体形状は 1200×1200×300mm のコンクリートブロックであり，総数 4 体である。1 試験体につき最大 20 本のアンカー筋を注入方式で施工した。コンクリート強度は実験時の目標圧縮強度を 27N/mm<sup>2</sup> とし，アンカー筋は D19 (SD345) を使用した。

せん断実験の想定破壊モードは，アンカー筋のせん断降伏後のせん断破壊を想定した。アンカーボルトの設置位置を図 5.3.4.1 に示す。写真上で，アンカー筋は横方向に同一要因が並んで設置されており，上下方向に傾斜している（加力方向に傾斜しているアンカー筋を－，加力方向と逆に傾斜しているアンカー筋を＋）。せん断試験用の単体アンカー筋は，各コンクリート母材に，4 要因のアンカー

筋を試験体端部より 200mm および 400mm の位置に 200mm 間隔で配置した。群 (2 本) のアンカー筋は、2 本のアンカー筋間隔を 150mm とし、1 本目のアンカー筋を試験体端部より 200mm の位置に 200mm 間隔で配置した。アンカー筋の埋込み長さはせん断試験用を  $7d_a$  ( $d_a$ : アンカー筋直径) とした。



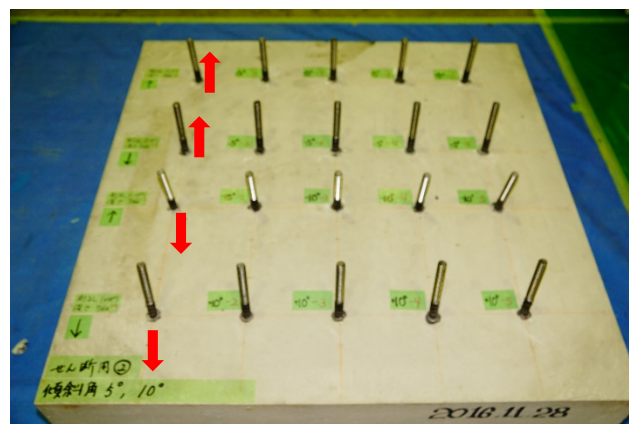
(a) 平面形状一例



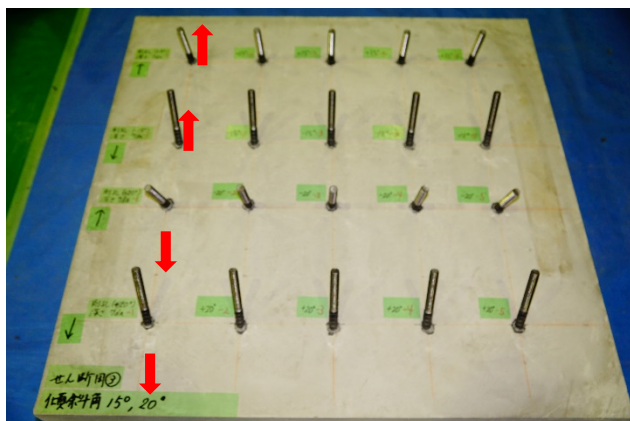
(b) 立面形状一例



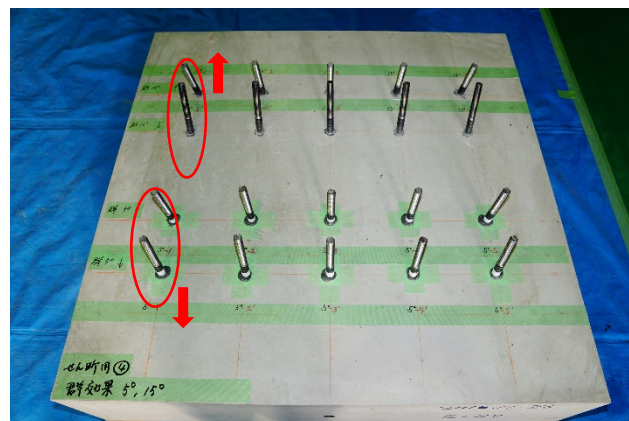
(c) 上段：傾斜角  $0^\circ$ ，2 段：傾斜角  $+2.2^\circ$   
3 段：付着試験用，下段：傾斜角  $-2.2^\circ$   
\* 矢印：加力方向



(d) 上段：傾斜角  $5^\circ$ ，2 段：傾斜角  $-5^\circ$   
3 段：傾斜  $-10^\circ$ ，下段：傾斜角  $+10^\circ$   
\* 矢印：加力方向



(e) 上段：傾斜角  $+15^\circ$ ，2 段：傾斜角  $-15^\circ$   
3 段：傾斜角  $-20^\circ$ ，下段：傾斜角  $+20^\circ$   
\* 矢印：加力方向



(f) 上段，2 段：群傾斜角  $+15^\circ$ ， $-15^\circ$   
3 段，下段：群傾斜  $-5^\circ$ ， $+5^\circ$   
\* 矢印：加力方向

図 5.3.4.1 せん断試験用の試験体形状とアンカー筋の配置状況

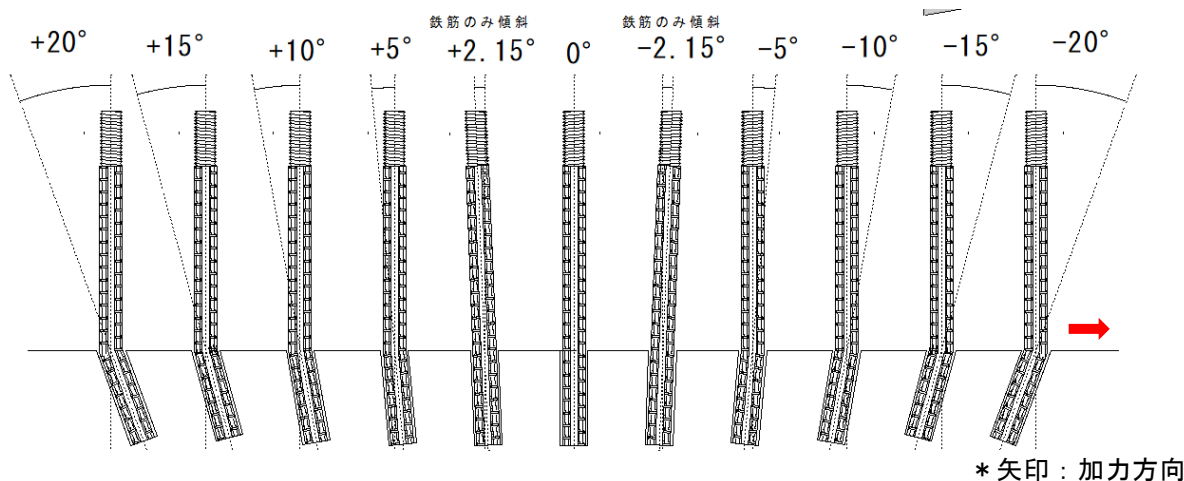


図 5.3.4.2 セン断試験用のアンカー筋の傾斜状況

(2) 使用材料

せん断試験で使用したアンカー筋は、5-3-2-2(2)の引張試験で用いた材料と同じものであり、D19 (SD345) の異形棒鋼を用いた (表 5.3.2.2, 付図 4.6.1.1 参照)。

せん断試験で使用したコンクリートの材料試験結果を表 5.3.4.2 に示す。また、付図 4.6.1.2 にコンクリートの応力度とひずみ度の関係を示す。母材コンクリートは、目標強度 ( $\sigma_B$ ) を引張実験と同じ 27N/mm<sup>2</sup> の調合 (Fc27-18-20N) とした。コンクリートの材料試験は、JIS A 1108 コンクリートの圧縮強度試験方法、JIS A 1113 コンクリートの割裂引張強度試験方法に準じた。

コンクリート打設時のフレッシュコンクリートの試験結果は、スランプ値 18.0cm (フロー値 325×320mm), コンクリート温度 17.0°C, 空気量 3.9%であった。実験期間は 2017 年 1 月 12 日～1 月 21 日であることから、実験期間中のコンクリートの材料特性は 1 月 12 日と 1 月 21 日の平均値である下記の値とした。

$F_{c27}$  : 圧縮強度 27.3N/mm<sup>2</sup>, 引張強度 2.29N/mm<sup>2</sup>, ヤング係数 26.5kN/mm<sup>2</sup>

表 5.3.4.2 コンクリートの材料試験結果

せん断試験用  $\sigma_B = 27\text{N/mm}^2$ , 打設日 11 月 28 日, 呼び 18-18-20N

| 試験日                      | 12 月 1 日 | 12 月 5 日 | 12 月 26 日 | 1 月 12 日 | 1 月 21 日 |
|--------------------------|----------|----------|-----------|----------|----------|
| 材齢                       | 3 日      | 7 日      | 28 日      | 45 日     | 54 日     |
| 養生                       | 現場封緘     | 現場封緘     | 現場封緘      | 現場封緘     | 現場封緘     |
| 重量 g                     | 3625     | 3590     | 3640      | 3627     | 3605     |
| 圧縮強度 N/mm <sup>2</sup>   | 12.7     | 18.7     | 26.3      | 28.1     | 26.5     |
| 割裂強度 N/mm <sup>2</sup>   | —        | —        | 2.24      | 2.62     | 1.95     |
| ヤング係数 kN/mm <sup>2</sup> | —        | —        | 26.1      | 27.0     | 26.0     |

アンカー筋の付着強度は、「5-3-2-2 項(2)使用材料」の表 5.3.2.4 に示した No.2～5 の 4 体の平均値である 24.7N/mm<sup>2</sup>である。

(3) 試験体の製作方法

試験体の製作は、「5-3-2-2 項(3)試験体の製作方法」に示した引張試験の試験体製作の施工手順と同様な方法で実施した。

図 5.3.4.3 にせん断試験に使用したアンカー筋の一例, 図 5.3.4.4 に群アンカー筋の台直し前の



アンカー筋の施工状況を示す。アンカー筋の台直しは、図 5.3.2.19 中に示す施工治具により行った。



図 5.3.4.3 せん断実験に使用したアンカー筋



図 5.3.4.4 引張試験に使用したアンカー筋

#### (4) 試験体の施工精度

本実験では、穿孔径、穿孔深さ、アンカー筋の垂直度について施工精度を測定した。これらの施工精度を表 5.3.4.3 に示す（詳細は付表 4.6.2.2 に示す）。

穿孔時の傾斜角が  $0^\circ$  で固着時に  $\pm 2.2^\circ$  の傾斜を意図したアンカー筋も含めて、各傾斜角のアンカー筋において、穿孔時の孔の傾斜角度と固着後のアンカー筋の傾斜角度および標準偏差に顕著な差はみられなかった。

表 5.3.4.3 試験体の施工精度

| 傾斜角           | 穿孔径(mm) |       | 穿孔長(mm) |       | 穿孔時の孔の傾斜角との差異(deg.) |       | 固着後アンカー筋の傾斜角との差(deg.) |       |
|---------------|---------|-------|---------|-------|---------------------|-------|-----------------------|-------|
|               | 平均値     | 標準偏差  | 平均値     | 標準偏差  | 平均値                 | 標準偏差  | 平均値                   | 標準偏差  |
| $0^\circ$     | 24.57   | 0.199 | 135.95  | 0.653 | 0.38                | 0.207 | 0.73                  | 0.399 |
| $+5^\circ$    | 24.31   | 0.090 | 136.08  | 1.214 | 0.92                | 0.669 | 1.60                  | 0.600 |
| $-5^\circ$    | 24.32   | 0.080 | 134.88  | 1.068 | 1.11                | 1.036 | 0.72                  | 0.706 |
| $+10^\circ$   | 24.25   | 0.097 | 137.54  | 1.272 | 0.79                | 0.526 | 0.61                  | 0.579 |
| $-10^\circ$   | 24.35   | 0.138 | 136.03  | 0.806 | 0.66                | 0.553 | 1.71                  | 0.761 |
| $+15^\circ$   | 22.79   | 0.173 | 135.66  | 1.639 | 0.54                | 0.374 | 1.07                  | 0.705 |
| $-15^\circ$   | 22.63   | 0.141 | 137.04  | 1.401 | 1.26                | 0.691 | 0.35                  | 0.269 |
| $+20^\circ$   | 22.43   | 0.180 | 138.15  | 0.411 | 0.91                | 0.404 | 0.77                  | 0.522 |
| $-20^\circ$   | 22.75   | 0.213 | 134.85  | 1.356 | 1.27                | 0.443 | 0.82                  | 0.647 |
| $+2.2^\circ$  | 24.37   | 0.201 | 136.12  | 0.385 | 0.61                | 0.570 | 0.76                  | 0.705 |
| $-2.2^\circ$  | 24.47   | 0.082 | 135.88  | 0.742 | 0.58                | 0.691 | 1.00                  | 0.499 |
| 群 $+15^\circ$ | 22.58   | 0.113 | 136.20  | 0.973 | 1.47                | 0.534 | 1.64                  | 0.834 |
| 群 $-15^\circ$ | 22.57   | 0.379 | 136.53  | 0.983 | 1.20                | 0.666 | 1.14                  | 0.611 |
| 群 $+5^\circ$  | 22.73   | 0.147 | 136.31  | 1.073 | 0.71                | 0.671 | 1.11                  | 0.604 |
| 群 $-5^\circ$  | 22.93   | 0.215 | 138.61  | 1.480 | 0.74                | 0.395 | 0.83                  | 0.435 |

\* 穿孔径の目標値は 24mm，穿孔長の目標値は 133mm である。

\* 傾斜角との差異は，傾斜方向の傾斜角と目標値との差である。

なお， $2.2^\circ$  の差異は  $0^\circ$  との差である。

5-3-4-3 加力・計測方法

図 5.3.4.5 に加力装置、図 5.3.4.6 に単体試験体の加力・測定状況および図 5.3.4.7 に群試験体の加力・測定状況を示す。加力装置は、荷重装置、荷重計測装置、変位測定装置により構成されている。荷重装置は、加力用鋼板と荷重部から構成されており、図 5.3.4.8、図 5.3.4.9 に本実験で用いた加力用鋼板を示す。アンカーボルトには、加力用鋼板を介してせん断力を加える方法とし、アンカーボルトに作用させるせん断力は一面せん断加力とした。また、アンカー筋を加力用鋼板に取付ける鋼板の孔（φ40mm）部分には、図 5.3.4.10 に示す無機系樹脂を用いた。

加力用鋼板は、荷重部とテンションロッド（M24，材質 SNB7）にてつなぎ、アンカーボルト以外から加力用鋼板が面外方向に拘束されないようにした。加力用鋼板と母材コンクリートの間に働く摩擦力を一定にするためにテフロンシートを敷いた。

試験体への加力は油圧ジャッキおよび油圧ポンプを用いて、荷重速度 10kN/min.程度で手動により荷重した。測定は、荷重をロードセル、せん断力方向のせん断変位を電気式変位計により行った。荷重は、5 体の内 2 体では一方向漸増繰返し荷重（0.5mm，1mm，2mm，4mm，8mm），3 体では一方向単調荷重でせん断変位が 20mm 程度までを目標として荷重した。なお、アンカー筋のせん断破壊が予想される  $-15^\circ$  および  $-20^\circ$  のアンカー筋はせん断変位が 10mm 程度までの荷重とした。

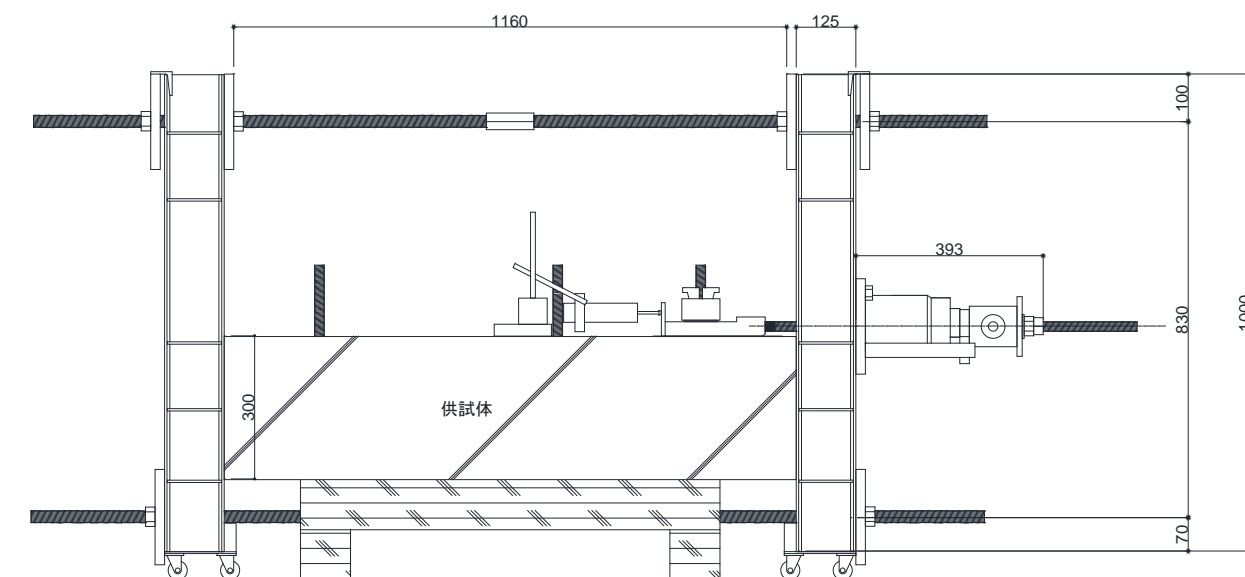


図 5.3.4.5 加力装置



図 5.3.4.6 加力・測定状況（単体）



図 5.3.4.7 加力・測定状況（群）

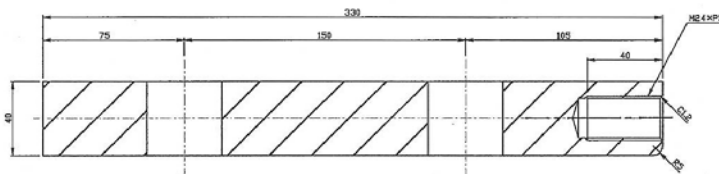
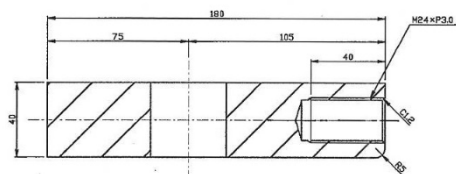
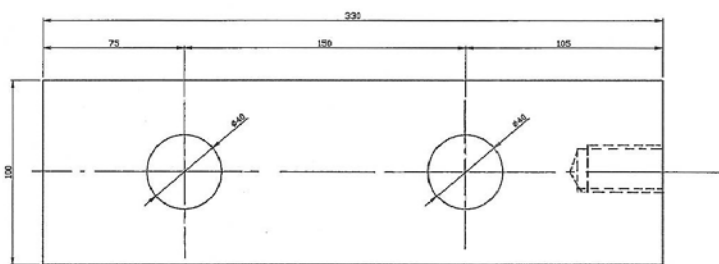
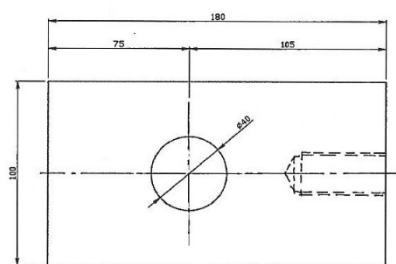


図 5.3.4.8 単体試験体の加力用鋼板

図 5.3.4.9 群試験体の加力用鋼板



図 5.3.4.10 加力用鋼板内の無機系樹脂の注入状況

### 5-3-5 せん断実験結果

表 5.3.5.1 に単体アンカーのせん断実験結果の一覧，表 5.3.5.2 に群アンカーのせん断実験結果の一覧，図 5.3.5.1 に傾斜角度ごとの単体アンカーのせん断力とせん断変形の加力方向による比較，図 5.3.5.2 に群アンカーのせん断力とせん断変形の傾斜角度による比較，図 5.3.5.3 に支圧破壊状況の一例を示す。

図 5.3.5.1 は，単体アンカーにおける傾斜角度ごとの加力方向による違いを， $0^\circ$  のアンカー筋を含めてせん断力とせん断変形の関係を比較したものである。傾斜角度が大きくなる程， $0^\circ$  の剛性および同一変形時の耐力に差が生じていることがわかる。 $0^\circ$  に比べて，プラス方向の加力では小さく，マイナス方向の加力では大きくなっている。図 5.3.5.2 は群アンカーにおける傾斜角度の違いによるせん断力とせん断変形の関係を比較したものである。傾斜角度が大きくなる程，剛性および同一変形時の耐力が大きくなっている。また，傾斜角度が等しいプラス方向とマイナス方向の同一変形時の耐力を累加した耐力と比較しても大きくなっている。

図 5.3.5.3 は，単体アンカーにおける最終破壊時のアンカー筋まわりの支圧破壊状況の一例である。プラス方向では，アンカー筋の傾斜角度を元に戻すようなせん断力が生じるため，傾斜角度が大き

なる程コーン状の破壊領域が大きくなっている。一方、マイナス方向では、コーン状の破壊は見られずに支圧によるコンクリートの圧壊が顕著になっている。

接着系アンカーのせん断強度は、アンカー筋のせん断強度で決まる強度、アンカー筋を定着した母材コンクリートの支圧強度およびコーン状破壊により決まる強度等で評価されるのが一般的である。本実験では、すべてのアンカー筋がせん断降伏に至り、アンカー筋がせん断破壊する前に除荷している。ここでは、アンカー筋を定着した母材コンクリートの支圧強度を評価する(5.3.5.1)式<sup>5.3)</sup>を用いて、所定のせん断変形(1mm, 2mm)が生じた場合のせん断耐力を評価することとした。(5.3.5.1)式は、コンクリート圧縮強度、ヤング係数および接合筋の断面積を要因とした評価式であり、J.W.Fisherらが提案した実験式<sup>5.6)</sup>を修正したものである。

$$q_{a2} = 0.4\sqrt{F_c \cdot E_c} \cdot s_c a \quad (5.3.5.1)式$$

ここで、

$q_{a2}$  : 定着したコンクリート母材の支圧強度により決まる場合の接着系アンカーボルト 1本当たりのせん断強度 (N)

$F_c$  : コンクリートの設計基準強度 (N/mm<sup>2</sup>)

$E_c$  : コンクリートのヤング係数 (N/mm<sup>2</sup>)

$s_c a$  : アンカー筋の断面積

表 5.3.5.1 中、せん断変形が 0.5mm, 1mm, 2mm, 4mm, 8mm 時の耐力、図 5.3.5.4 に 1mm 時および 2mm 時の耐力と(5.3.5.1)式より算出した計算値との比較を示す。図 5.3.5.4 には、昨年度の実験結果<sup>5.7)</sup>および(5.3.5.1)式で算出したせん断力の値に  $\phi_L = 1/3 \times 1/1.5$ ,  $\phi_{L'} = 1/3$ ,  $\phi_S = 2 \times \phi_L$ ,  $\phi_{S'} = 2 \times \phi_{L'}$  を乗じた値を示した。 $\phi_L \cdot q_{a2}$ ,  $\phi_{L'} \cdot q_{a2}$  は長期許容せん断力レベル、 $\phi_S \cdot q_{a2}$ ,  $\phi_{S'} \cdot q_{a2}$  は短期許容耐力レベルに相当している。1mm 時の耐力は  $1/3q_{a2}$  の 1.0~1.7 倍、2mm 時の耐力は  $2/3q_{a2}$  の 0.83~1.4 倍の値となっており、各許容変形時の耐力はアンカー筋の傾斜角度を考慮する必要があることがわかる。

表 5.3.5.1 単体アンカーのせん断実験結果一覧

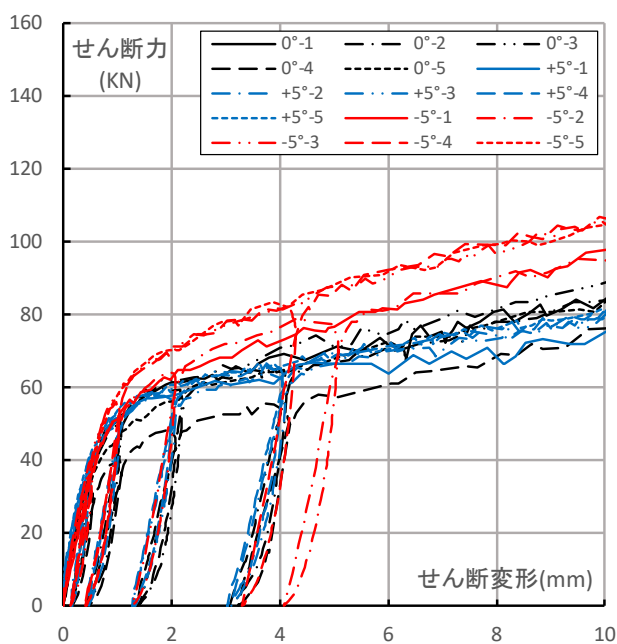
| 試験体 No.      | $F_c$<br>( $\sigma_B$ ) | 径・<br>鋼種     | 接着<br>剤 | 実験結果   |               |             |             |             |             |       |                        |
|--------------|-------------------------|--------------|---------|--------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------|------------------------|
|              |                         |              |         | 最大せん断力 | 各変形時のせん断力     |             |             |             |             |       | 20mm 時耐力・せん断変形(kN, mm) |
|              |                         |              |         |        | 0.5mm<br>(kN) | 1mm<br>(kN) | 2mm<br>(kN) | 4mm<br>(kN) | 8mm<br>(kN) |       |                        |
| 0° -1        | 18                      | D19<br>SD345 | エポキシ    | 115.3  | 36.57         | 51.28       | 61.22       | 69.00       | 80.86       | 115.3 | 19.01                  |
| 0° -2        |                         |              |         | 121.8  | 37.22         | 52.54       | 59.18       | 64.58       | 78.15       | 121.8 | 19.93                  |
| 0° -3        |                         |              |         | 121.5  | 35.23         | 50.59       | 62.10       | 70.75       | 81.54       | 121.5 | 19.31                  |
| 0° -4        |                         |              |         | 113.0  | 29.16         | 40.56       | 48.43       | 53.16       | 68.57       | 113.0 | 19.99                  |
| 0° -5        |                         |              |         | 116.1  | 33.91         | 46.39       | 56.11       | 64.32       | 77.92       | 116.1 | 19.67                  |
| 平均値          |                         |              |         |        | 34.42         | 48.27       | 57.41       | 64.58       | 77.41       |       |                        |
| プラス 2.2° -1  | 18                      | D19<br>SD345 | エポキシ    | 109.3  | -             | -           | -           | -           | -           | -     | 109.3                  |
| プラス 2.2° -2  |                         |              |         | 107.5  | 27.58         | 39.57       | 55.66       | 62.16       | -           | -     | 107.5                  |
| プラス 2.2° -3  |                         |              |         | 109.1  | -             | -           | -           | -           | -           | -     | 109.1                  |
| プラス 2.2° -4  |                         |              |         | 97.7   | 24.68         | 37.27       | 47.47       | 54.26       | -           | -     | 97.7                   |
| プラス 2.2° -5  |                         |              |         | 113.9  | -             | -           | -           | -           | -           | -     | 113.9                  |
| 平均値          |                         |              |         | 107.5  |               |             |             |             |             |       | 107.5                  |
| マイナス 2.2° -1 | 18                      | D19<br>SD345 | エポキシ    | 116.0  | -             | -           | -           | -           | -           | -     | 116.0                  |
| マイナス 2.2° -2 |                         |              |         | 110.9  | 28.88         | 44.97       | 56.46       | 62.66       | -           | -     | 110.9                  |
| マイナス 2.2° -3 |                         |              |         | 111.7  | -             | -           | -           | -           | -           | -     | 111.7                  |
| マイナス 2.2° -4 |                         |              |         | 107.8  | 25.58         | 39.47       | 52.06       | 60.66       | -           | -     | 107.8                  |
| マイナス 2.2° -5 |                         |              |         | 101.3  | -             | -           | -           | -           | -           | -     | 101.3                  |
| 平均値          |                         |              |         | 109.6  |               |             |             |             |             |       | 109.6                  |
| プラス 5° -1    | 18                      | D19<br>SD345 | エポキシ    | 110.4  | 38.06         | 51.11       | 57.87       | 62.64       | 68.18       | 110.4 | 23.26                  |
| プラス 5° -2    |                         |              |         | 105.1  | 38.87         | 50.06       | 57.74       | 62.49       | 73.34       | 105.1 | 20.06                  |
| プラス 5° -3    |                         |              |         | 102.0  | 40.83         | 54.49       | 59.64       | 65.31       | 74.19       | 102.0 | 20.10                  |
| プラス 5° -4    |                         |              |         | 105.0  | 38.40         | 49.53       | 58.64       | 65.51       | 76.25       | 105.0 | 19.96                  |
| プラス 5° -5    |                         |              |         | 109.1  | 41.02         | 53.71       | 60.72       | 65.64       | 76.12       | 109.1 | 20.11                  |
| 平均値          |                         |              |         |        | 39.44         | 51.58       | 58.92       | 64.32       | 73.61       |       |                        |
| マイナス 5° -1   | 18                      | D19<br>SD345 | エポキシ    | 134.0  | 34.95         | 51.57       | 62.74       | 72.63       | 88.27       | 134.0 | 20.14                  |
| マイナス 5° -2   |                         |              |         | 138.4  | 35.02         | 52.36       | 64.48       | 75.83       | 91.71       | 138.4 | 20.12                  |
| マイナス 5° -3   |                         |              |         | 142.1  | 39.59         | 58.00       | 69.33       | 81.63       | 96.84       | 142.1 | 19.73                  |
| マイナス 5° -4   |                         |              |         | 137.6  | 39.81         | 53.86       | 70.68       | 80.85       | 101.1       | 137.6 | 20.20                  |
| マイナス 5° -5   |                         |              |         | 139.3  | 37.76         | 57.97       | 70.35       | 82.80       | 99.16       | 139.3 | 19.84                  |
| 平均値          |                         |              |         |        | 37.43         | 54.75       | 67.52       | 78.75       | 95.42       |       |                        |

表 5.3.5.1 単体アンカーのせん断実験結果一覧（続き）

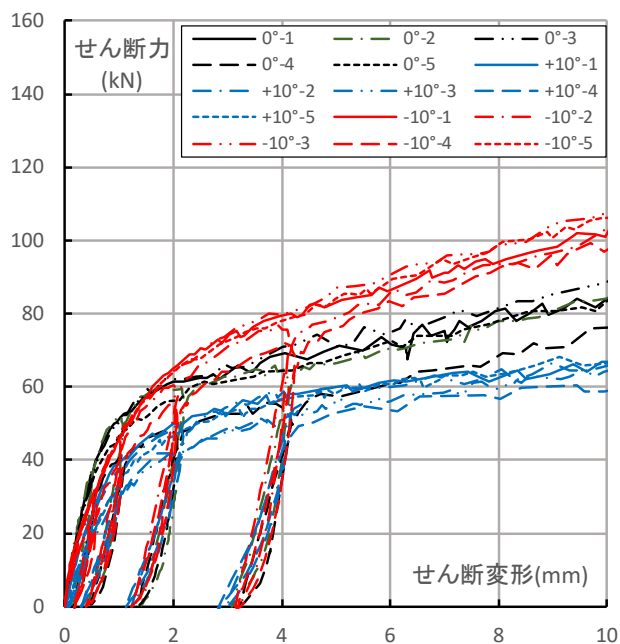
| 試験体 No.     | F <sub>c</sub><br>(σ <sub>B</sub> ) | 径・<br>鋼種     | 接着<br>剤 | 実験結果   |               |             |             |             |             |       |                        |
|-------------|-------------------------------------|--------------|---------|--------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------|------------------------|
|             |                                     |              |         | 最大せん断力 | 各変形時のせん断力     |             |             |             |             |       | 20mm 時耐力・せん断変形(kN, mm) |
|             |                                     |              |         |        | 0.5mm<br>(kN) | 1mm<br>(kN) | 2mm<br>(kN) | 4mm<br>(kN) | 8mm<br>(kN) |       |                        |
| プラス 10°-1   | 18                                  | D19<br>SD345 | エポキシ    | 88.0   | 25.32         | 39.22       | 49.89       | 56.58       | 62.53       | 88.0  | 19.89                  |
| プラス 10°-2   |                                     |              |         | 90.2   | 24.30         | 37.18       | 48.78       | 58.38       | 64.29       | 90.2  | 20.17                  |
| プラス 10°-3   |                                     |              |         | 84.9   | 17.29         | 29.91       | 41.84       | 51.60       | 59.44       | 84.9  | 19.63                  |
| プラス 10°-4   |                                     |              |         | 82.4   | 20.19         | 32.16       | 40.37       | 50.86       | 57.66       | 82.4  | 20.03                  |
| プラス 10°-5   |                                     |              |         | 92.2   | 19.05         | 33.88       | 46.55       | 56.46       | 63.28       | 92.2  | 19.84                  |
| 平均値         |                                     |              |         |        | 21.23         | 34.47       | 45.79       | 54.84       | 61.44       |       |                        |
| マイナス 10° -1 | 18                                  | D19<br>SD345 | エポキシ    | 140.3  | 29.44         | 45.52       | 64.88       | 79.37       | 94.06       | 140.3 | 20.16                  |
| マイナス 10° -2 |                                     |              |         | 135.8  | 29.10         | 45.65       | 60.56       | 76.95       | 93.43       | 135.8 | 20.16                  |
| マイナス 10° -3 |                                     |              |         | 141.0  | 29.24         | 47.27       | 64.22       | 79.75       | 98.95       | 141.0 | 20.22                  |
| マイナス 10° -4 |                                     |              |         | 137.1  | 24.52         | 39.80       | 55.26       | 71.38       | 92.34       | 137.1 | 20.06                  |
| マイナス 10° -5 |                                     |              |         | 140.5  | 28.95         | 45.88       | 63.89       | 77.92       | 97.54       | 140.5 | 20.34                  |
| 平均値         |                                     |              |         |        | 28.25         | 44.82       | 61.76       | 77.07       | 95.26       |       |                        |
| プラス 15° -1  | 18                                  | D19<br>SD345 | エポキシ    | 78.6   | 26.71         | 37.90       | 46.16       | -           | -           | 78.6  | 19.81                  |
| プラス 15° -2  |                                     |              |         | 76.1   | 20.19         | 34.38       | 42.47       | 49.29       | -           | 76.1  | 19.24                  |
| プラス 15° -3  |                                     |              |         | 76.6   | 22.19         | 35.95       | 45.24       | -           | -           | 76.6  | 19.87                  |
| プラス 15° -4  |                                     |              |         | 68.0   | 25.28         | 36.47       | 44.47       | 49.47       | -           | 68.0  | 20.08                  |
| プラス 15° -5  |                                     |              |         | 77.9   | 28.63         | 39.05       | 44.83       | -           | -           | 77.9  | 19.82                  |
| 平均値         |                                     |              |         |        | 24.60         | 36.75       | 44.63       | 49.38       | -           |       |                        |
| マイナス 15° -1 | 18                                  | D19<br>SD345 | エポキシ    | 142.6  | 26.58         | 46.89       | 68.91       | -           | -           | 142.6 | 19.83                  |
| マイナス 15° -2 |                                     |              |         | 119.8  | 28.98         | 48.57       | 67.55       | 87.54       | -           | 119.8 | 10.29                  |
| マイナス 15° -3 |                                     |              |         | 112.2  | 24.17         | 40.36       | 59.13       | -           | -           | 112.2 | 10.38                  |
| マイナス 15° -4 |                                     |              |         | 109.6  | 25.78         | 42.57       | 63.96       | 78.64       | -           | 109.6 | 9.97                   |
| マイナス 15° -5 |                                     |              |         | 118.6  | 26.03         | 42.56       | 66.23       | -           | -           | 118.6 | 10.11                  |
| 平均値         |                                     |              |         |        | 26.31         | 44.19       | 65.16       | 83.09       | -           |       |                        |
| プラス 20° -1  | 18                                  | D19<br>SD345 | エポキシ    | 67.5   | 17.90         | 29.69       | 42.25       | -           | -           | 67.5  | 19.21                  |
| プラス 20° -2  |                                     |              |         | 67.4   | 20.89         | 31.78       | 40.47       | 48.37       | -           | 67.4  | 19.95                  |
| プラス 20° -3  |                                     |              |         | 63.8   | 25.26         | 35.84       | 41.82       | -           | -           | 63.8  | 20.12                  |
| プラス 20° -4  |                                     |              |         | 62.8   | 18.09         | 29.38       | 37.27       | 42.57       | -           | 62.8  | 20.36                  |
| プラス 20° -5  |                                     |              |         | 63.0   | 15.98         | 28.34       | 38.31       | -           | -           | 63.0  | 18.50                  |
| 平均値         |                                     |              |         |        | 19.62         | 31.00       | 40.02       | 45.47       | -           |       |                        |
| マイナス 20° -1 | 18                                  | D19<br>SD345 | エポキシ    | 127.2  | 35.61         | 53.95       | 72.29       | -           | -           | 127.2 | 10.08                  |
| マイナス 20° -2 |                                     |              |         | 109.6  | 25.48         | 33.98       | 49.27       | 74.05       | -           | 109.6 | 9.84                   |
| マイナス 20° -3 |                                     |              |         | 116.1  | 24.25         | 36.32       | 55.40       | -           | -           | 116.1 | 9.75                   |
| マイナス 20° -4 |                                     |              |         | 123.1  | 36.77         | 49.47       | 64.06       | 86.04       | -           | 123.1 | 10.45                  |
| マイナス 20° -5 |                                     |              |         | 120.5  | 31.01         | 47.92       | 67.08       | -           | -           | 120.5 | 10.05                  |
| 平均値         |                                     |              |         |        | 30.62         | 44.33       |             | 80.05       | -           |       | -                      |

表 5.3.5.2 群アンカーのせん断実験結果一覧

| 試験体 No.  | F <sub>c</sub><br>(σ <sub>B</sub> ) | 径・<br>鋼種     | 接着<br>剤 | 実験結果   |               |             |             |             |             |              |              |
|----------|-------------------------------------|--------------|---------|--------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
|          |                                     |              |         | 最大せん断力 | 各変形時のせん断力     |             |             |             |             |              |              |
|          |                                     |              |         |        | 0.5mm<br>(kN) | 1mm<br>(kN) | 2mm<br>(kN) | 4mm<br>(kN) | 8mm<br>(kN) | 10mm<br>(kN) | 20mm<br>(kN) |
| 群 5° -1  | 27                                  | D13<br>SD345 | エポキシ    | 166.1  | -             | -           | -           | -           | 166.1       | -            | -            |
| 群 5° -2  |                                     |              |         | 154.8  | 65.25         | 94.03       | 112.72      | 130.71      | 154.8       | -            | -            |
| 群 5° -3  |                                     |              |         | 169.3  | -             | -           | -           | -           | 169.3       | -            | -            |
| 群 5° -4  |                                     |              |         | 170.0  | 71.45         | 101.73      | 125.01      | 145.98      | 170.0       | -            | -            |
| 群 5° -5  |                                     |              |         | 159.8  | -             | -           | -           | -           | 159.8       | -            | -            |
| 平均値      |                                     |              |         | 164.0  |               |             |             |             | 164.0       | -            | -            |
| 群 15° -1 | 27                                  | D13<br>SD345 | エポキシ    | 164.4  | -             | -           | -           | -           | 164.4       | -            | -            |
| 群 15° -2 |                                     |              |         | 161.1  | 83.34         | 116.92      | 120.715     | 157.09      | 161.1       | -            | -            |
| 群 15° -3 |                                     |              |         | 184.2  | -             | -           | -           | -           | 184.2       | -            | -            |
| 群 15° -4 |                                     |              |         | 182.5  | 101.53        | 120.72      | 141.2       | 157.09      | 182.5       | -            | -            |
| 群 15° -5 |                                     |              |         | 175.0  | -             | -           | -           | -           | 175.0       | -            | -            |
| 平均値      |                                     |              |         | 173.4  |               |             |             |             | 173.4       | -            | -            |



(a) 傾斜角 5°



(b) 傾斜角 10°

図 5.3.5.1 単体アンカーのせん断力とせん断変形の加力方向による比較

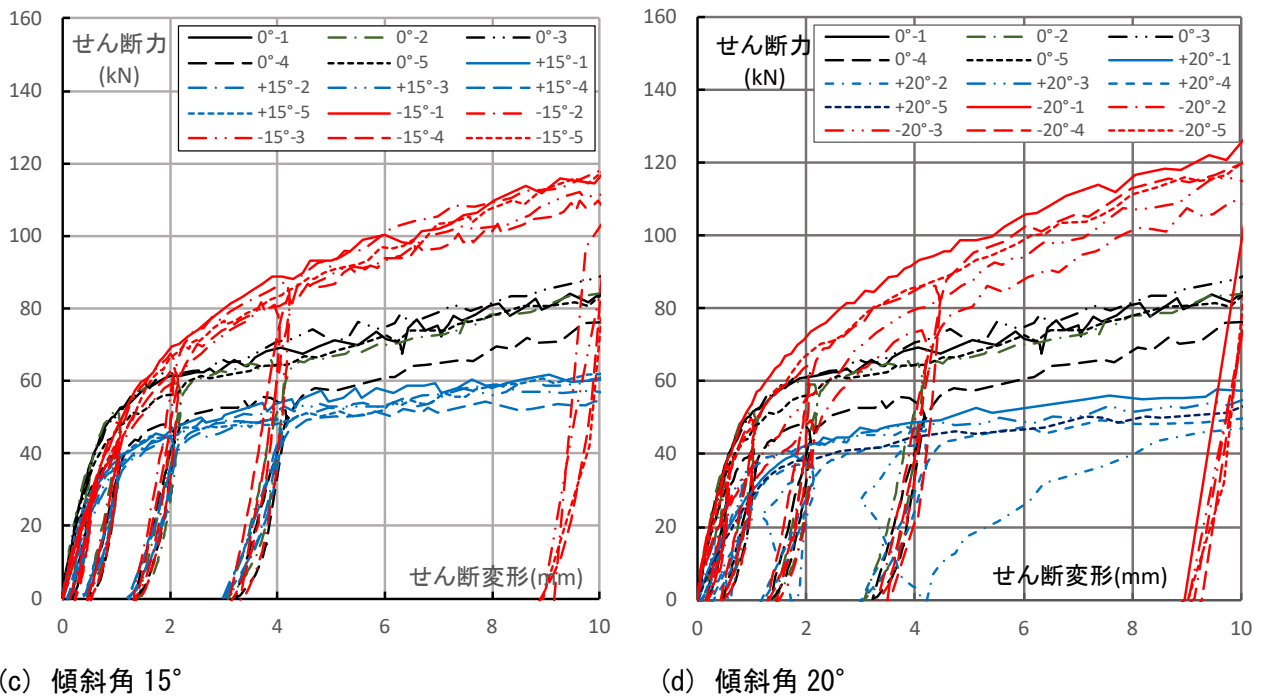


図 5.3.5.1 単体アンカーのせん断力とせん断変形の加力方向による比較 (続き)

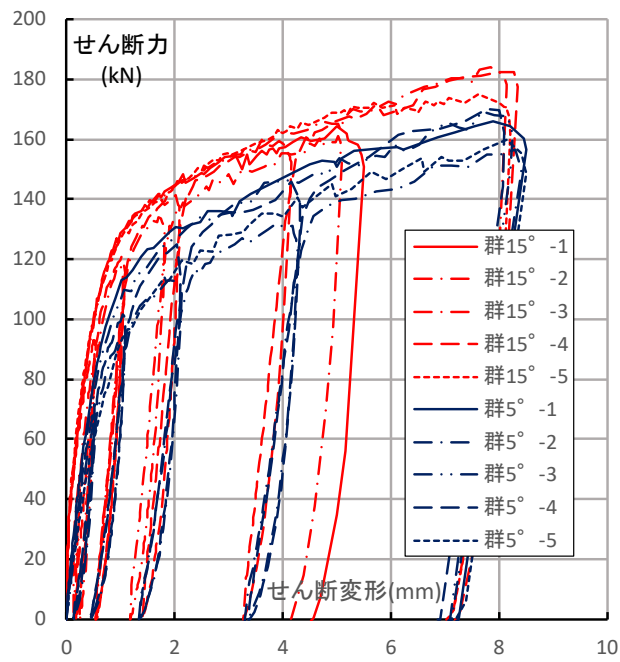


図 5.3.5.2 群アンカーのせん断力とせん断変形の傾斜角による比較



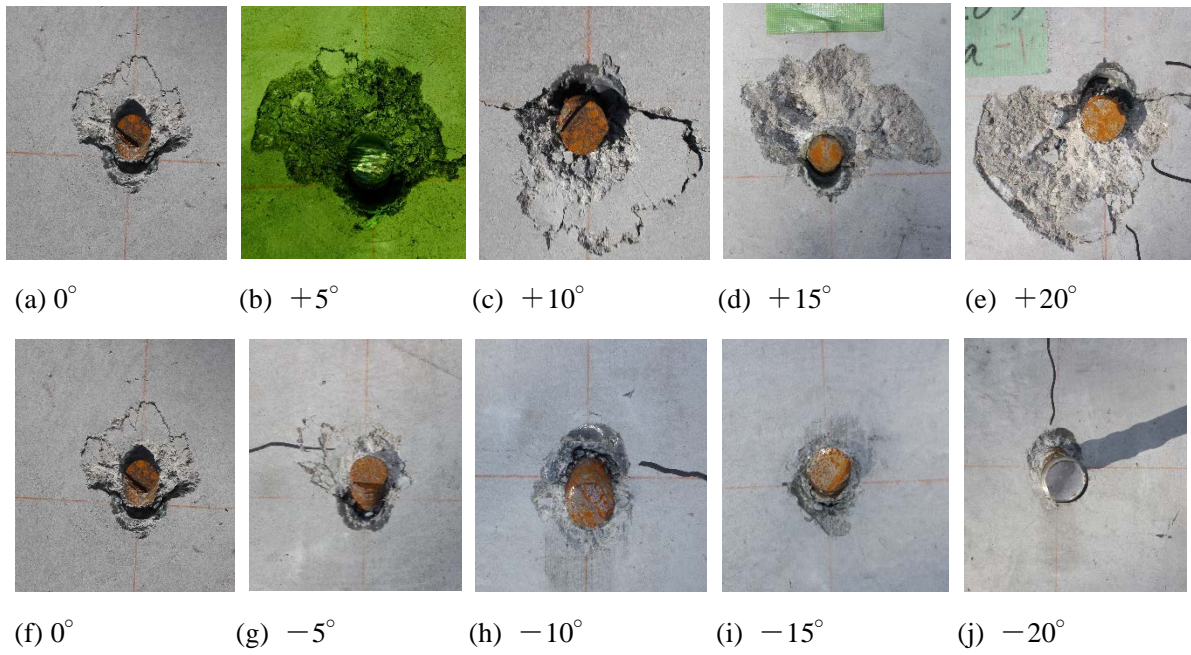


図 5.3.5.3 支圧破壊状況の一例

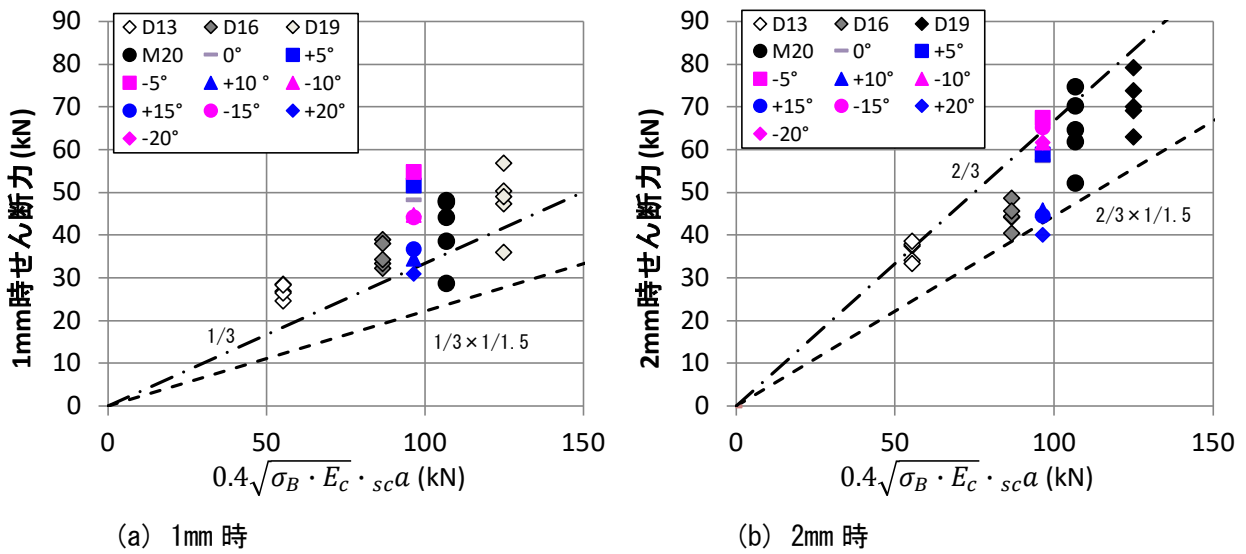


図 5.3.5.4 1mm, 2mm 時のせん断耐力と計算値

## 5-4 接着系あと施工アンカーの施工品質に対する非破壊試験方法の検討

### 5-4-1 検討概要

本基準整備促進事業のこれまでの検討においては、接着系のあと施工アンカーを構造部材に適用する場合、その付着長さは一般に耐震改修で使用される7~10d<sub>a</sub> (100~200mm)程度に比べて、より長くなることが想定される。付着長さが長くなった場合に生じることが懸念される施工上の問題点としては、以下のような点が考えられる。

- ①アンカー筋の挿入長さが不十分で付着長さが短くなること
- ②接着剤の使用量の不足やアンカー筋周辺に未付着区間（空隙）が生じてしまうこと

両者とも、付着性能に影響を及ぼすが施工後の目視検査だけでは確認が難しい。また、付着長さが長い場合には、例えば設計荷重レベルの引張試験を行うことで付着性能を評価するだけでは十分とは言えず、施工の健全性を非破壊的に評価する方法が求められる。

そこで、平成28年度の検討では、接着系あと施工アンカーの施工品質の非破壊試験方法の検討として、超音波反射法によるアンカー筋の挿入長さの確認方法、衝撃弾性波法および電磁波レーダ法による樹脂の充填状況の確認方法について実験的検討を行った。

### 5-4-2 実験概要

#### 5-4-2-1 実験の要因と水準

本検討では、あと施工アンカーの充填不良を模擬した試験体を作製し、試験体に対して非破壊試験方法の適用を検討した。充填不良状況の再現としては、奥側のみに充填されているケースを奥側充填とし、手前側のみに充填されているケース（写真5.4.2.1のような例）を手前側充填として、それぞれ充填状況を埋込長さの25%、50%、75%の水準を設けた。埋込長さはD13の鉄筋を基準として、7d<sub>a</sub> (91mm)、10d<sub>a</sub> (130mm)、20d<sub>a</sub> (260mm)、30d<sub>a</sub> (390mm)の水準を設けた。例えばD19の鉄筋の場合でも、20d<sub>a</sub> (380mm)程度の深さが再現されたことになる。試験体として要因および水準の組み合わせを表5.4.2.1に示す。

表 5.4.2.1 試験体の水準

| 埋込長さ      |          | 10d <sub>a</sub><br>(130mm) |   | 20d <sub>a</sub><br>(260mm) |   | 30d <sub>a</sub><br>(390mm) |   | 7d <sub>a</sub><br>(91mm) |    |
|-----------|----------|-----------------------------|---|-----------------------------|---|-----------------------------|---|---------------------------|----|
|           |          | ○                           | × | ○                           | × | ○                           | × | ○                         | ×  |
| 接着剤充填率    |          | ※1                          | ○ | ※2                          | ○ | ○                           | ○ | ○                         | ○  |
| 100%      |          | ※1                          | ○ | ※2                          | ○ | ○                           | ○ | ○                         | ○  |
| 手前側充填 75% | 奥側充填 75% | ×                           | × | ○                           | ○ | ○                           | ○ | ×                         | ×  |
| 手前側充填 50% | 奥側充填 50% | ○                           | ○ | ○                           | ○ | ○                           | ○ | ×                         | ※3 |
| 手前側充填 25% | 奥側充填 25% | ×                           | × | ○                           | ○ | ○                           | ○ | ×                         | ×  |

※1 穿孔深さ 30d<sub>a</sub>・挿入深さ 10d<sub>a</sub>

※2 穿孔深さ 30d<sub>a</sub>・挿入深さ 20d<sub>a</sub>

※3 横向き施工を想定して円周方向に 50% 充填

#### 5-4-2-2 試験体

##### (1) 使用材料および形状・寸法

試験体は、実験室内で母材コンクリートを製作し、アンカーを打設した。母材コンクリートは、目標スランプ 18cm、目標空気量 4.5%とし、呼び強度 21 を想定して水セメント比を 64%とした。調合お

よびフレッシュ試験結果を表5.4.2.2に示す。セメントは普通ポルトランドセメント，粗骨材は高知県産石灰石碎石，細骨材は栃木県産陸砂を用いた。

アンカー筋は，D13 異形鉄筋（SD295A・JFE 条鋼社製）を使用した。あと施工アンカーの接着剤には，エポキシ樹脂系接着剤を用いた。

試験体の形状および寸法を図5.4.2.1に示す。母材コンクリートは150mm×150mm×530mmの角柱形の供試体の長手方向に，中心からずらしてアンカーを施工した。

表5.4.2.2 コンクリートの調合およびフレッシュ試験結果

| W/C<br>(%) | S/a<br>(%) | 単位量(kg/m <sup>3</sup> ) |     |      |     | 温度<br>(°C) | スランプ<br>(cm) | 空気量<br>(%) |
|------------|------------|-------------------------|-----|------|-----|------------|--------------|------------|
|            |            | W                       | C   | G    | S   |            |              |            |
| 64.0       | 42.7       | 176                     | 275 | 1051 | 776 | 25.0       | 20.0         | 4.3        |

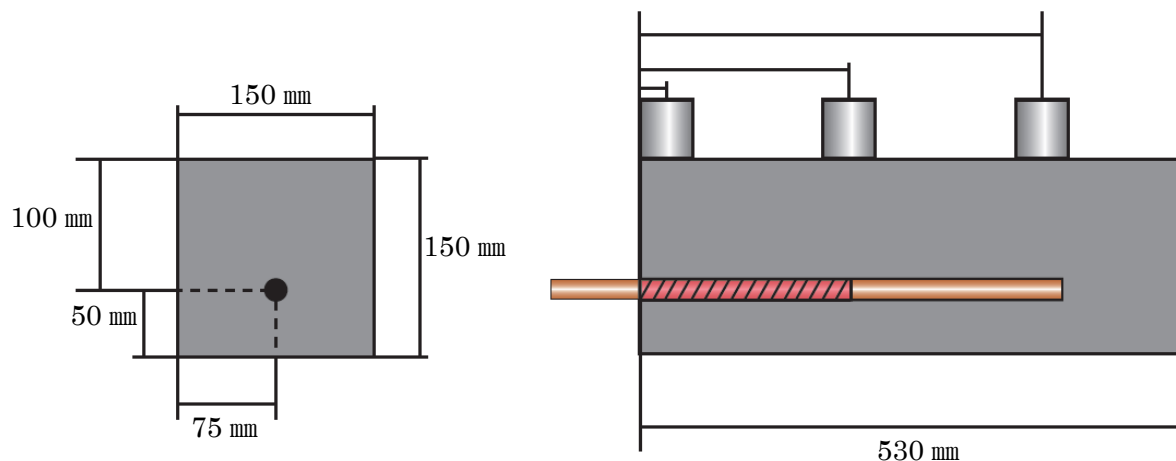


図5.4.2.1 非破壊試験用試験体の形状および寸法

(2) 充填不良の再現方法

本実験は，充填不良の状況の再現が重要であることから，試験体の作製方法について予備的な検討を行った。

施工方法の模式図を図5.4.2.2に示す。また，手前側充填の再現状況を写真5.4.2.1に示す。

奥側充填については，予め注入量と充填深さの関係を確認しておき，充填量を調整して再現した。手前側充填は，空隙箇所の境目にスポンジを巻いておき，その上側に直径10mmの注入孔を設けてアンカー筋を挿入後に圧入方式で施工した。再現状況は写真の通りであり，概ね想定通りの空隙ができている。

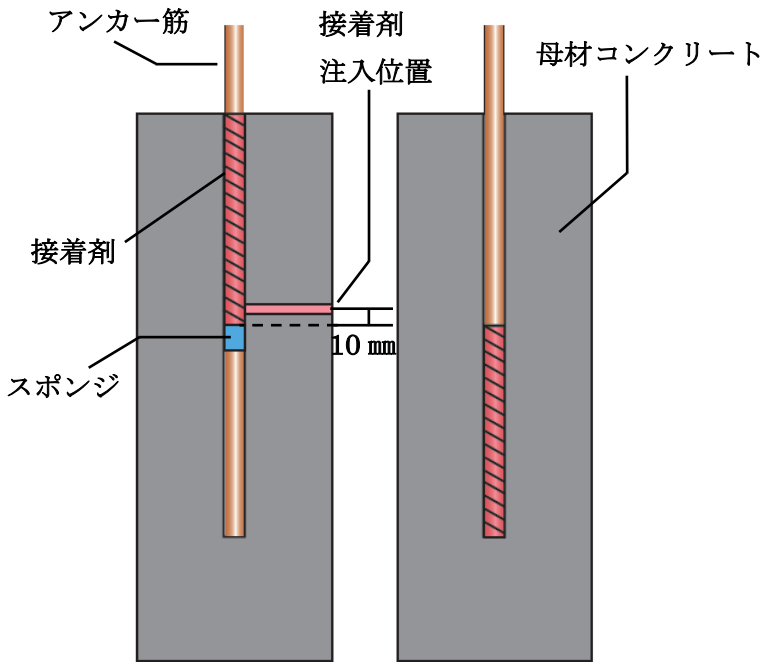


図 5.4.2.2 空隙の再現方法の模式図



写真 5.4.2.1 手前側充填の再現状況

### 5-4-2-3 試験方法

非破壊試験の方法は、既往の研究等を参考にし、以下の方法を検討した。

- ①挿入深さの試験方法
  - ・超音波反射法
- ②接着剤の充填状況
  - ・衝撃弾性波法
  - ・電磁波レーダ法

#### (1) 超音波反射法

超音波反射法は、アンカー筋の端部から超音波（縦波・横波）を入力し、その反射時間によって測定側端部から反対側端部までの距離を推定する方法である。溶接部の欠陥検査などに使用される市販の超音波探傷器が適用可能である。

超音波探傷器は、連続的にパルス波を発信しながら反射波の受信も行っており、その連続波形のFFTスペクトルのピークを捉えることにより、予め設定した鋼材中の超音波の音速から端部までの距離を推測する。測定状況を写真 5.4.2.2 に示す。

超音波を受発信するための振動子には、縦波振動子と横波振動子がある。鋼材中の縦波（粗密波）速度は 5,920m/s、横波（せん断波）速度は 3,240m/s とされている。一般的な超音波探傷では縦波振動子が使われることが多いが、コンクリート中のアンカー筋のような拘束を受ける細長の鋼材に対しては横波の方が明瞭に反射スペクトルが得られるとの報告<sup>5,8)</sup>もあり、実際の測定では、両方の振動子で測定し、明瞭な反射スペクトルが得られる振動子を選択することになる。また、鋼材中の音速は、長さが既知の同種の鋼材を用意し、その測定結果からキャリブレーションを行うとよい。

本実験で使用した装置を以下に示す。

超音波探傷器 : OLYMPUS 社製 EPOCH 600

- 縦波振動子 : OLYMPUS 社製 ジルコンチタン酸亜鉛系磁器振動子 φ 10mm, 共振周波数 5MHz  
 横波振動子 : OLYMPUS 社製 ジルコンチタン酸亜鉛系磁器振動子 φ 10mm, 共振周波数 5MHz  
 縦波用接触媒質 : OLYMPUS 社製 エチレングリコール系カップラント  
 横波用接触媒質 : 大陽日酸ガス&ウエルディング社製 SHN-C45

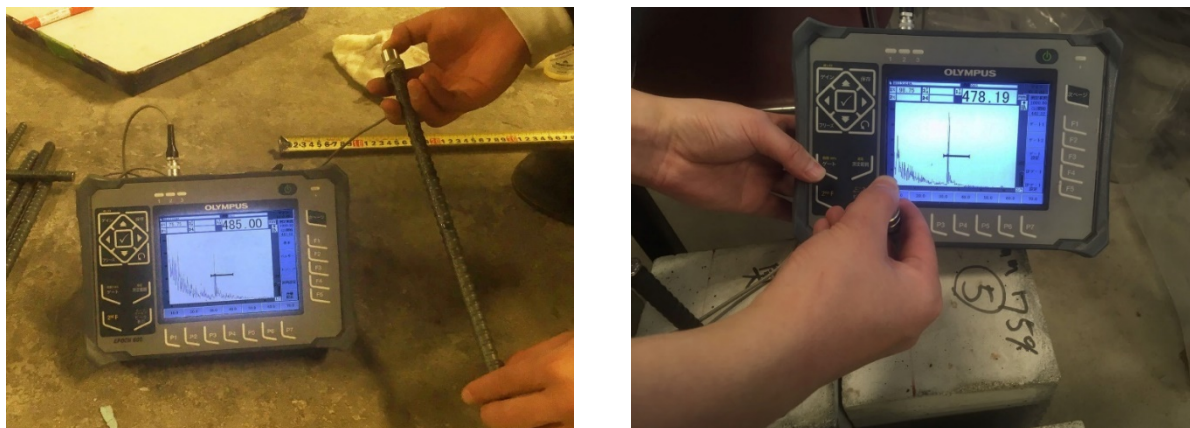


写真 5.4.2.2 超音波反射法の測定状況（左：キャリブレーション，右：試験体測定）

(2) 衝撃弾性波法

衝撃弾性波法は、ハンマ等によって外部からの衝撃によって弾性波を生じさせ、その到達時間やエネルギーの減衰、反射波のスペクトル等によって内部の状況を推定する方法である。一般にはコンクリートの強度測定や版厚測定、内部欠陥の探査などの検査方法として用いられる方法である。本実験では、アンカー筋にハンマによって衝撃を与え、そこで発生した弾性波がアンカー筋からコンクリートに伝播して、さらにコンクリート中を伝播した弾性波を検出する方法によって充填状況を評価する手法を検討した。

受信用の振動子の配置は、アンカー筋とアンカー筋の直上にあたるコンクリート表面に3箇所配置した。配置位置は埋込長さ等によって適宜変えている。配置状況の例を図5.4.2.3に示す。また、本実験で使用した装置を以下に示す。

- オシロスコープ : テクトロニクス社 TDS 2014C サンプル周波数 100MHz  
 受信用振動子 : テクノリサーチ社製 超音波探触子 外径 40mm, 共振周波数 60kHz  
 接触媒質 : OLYMPUS 社製 エチレングリコール系カップラント

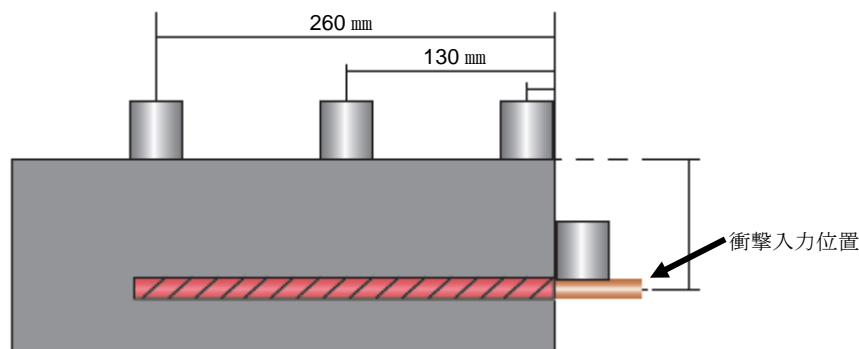


図 5.4.2.3 衝撃弾性波の振動子配置（埋込長さ 260mm の場合）

(3) 電磁波レーダ法

電磁波レーダ法は、鉄筋位置やかぶり厚さの非破壊試験のために適用される。電磁波の入力用と出力用アンテナを備えた電磁波レーダ装置から電磁波を発信し、測定対象に反射した電磁波の時間差から測定対象物までの距離を測定する。測定対象までの距離（鉄筋のかぶり厚さ）は、(5.4.2.1)式によって求められる。また、鉄筋に対して直交方向に装置を移動させ、最も反射時間が短くなる場所が鉄筋の直上にあたることから鉄筋の位置を判断する。

電磁波の反射波形は、透過物質よりも密度が大きい物質で反射する場合には同位相の反射（固定端反射）、密度が小さい物質で反射する場合には逆位相の反射（自由端反射）として表れる。本検討ではこの特性を利用して、アンカー筋で反射した波形と空隙で反射した波形を判別することを考えた。図5.4.2.4に電磁波レーダ測定の模式図を示す。

$$D = \frac{c}{\sqrt{\epsilon}} \cdot \frac{1}{2t} \tag{5.4.2.1式}$$

ここで、

- $D$  : 鉄筋までの距離 (m)
- $c$  : 真空中での電磁波速度 (=  $3.0 \times 10^8 \text{m/s}$ )
- $\epsilon$  : 比誘電率 (コンクリートの場合 4~20 程度)
- $t$  : 電磁波の反射時間 (s)

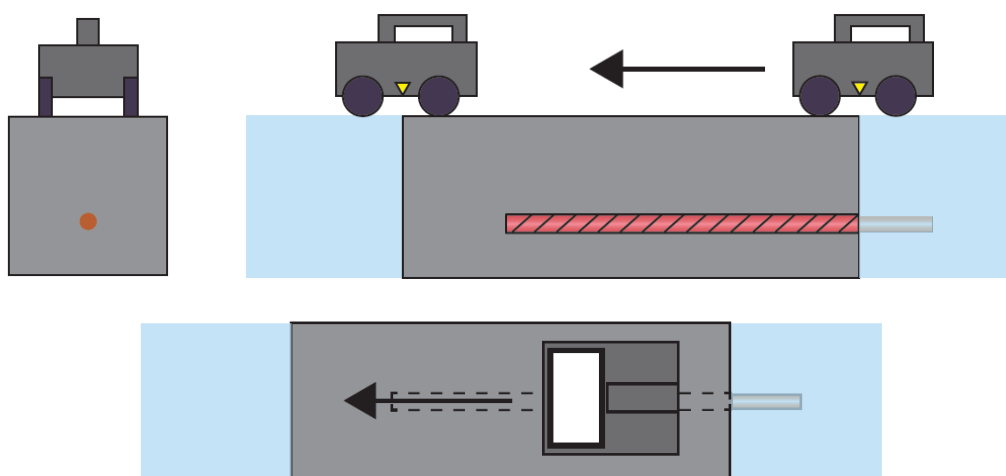


図 5. 4. 2. 4 電磁波レーダ測定の模式図

5-4-2-4 実験結果

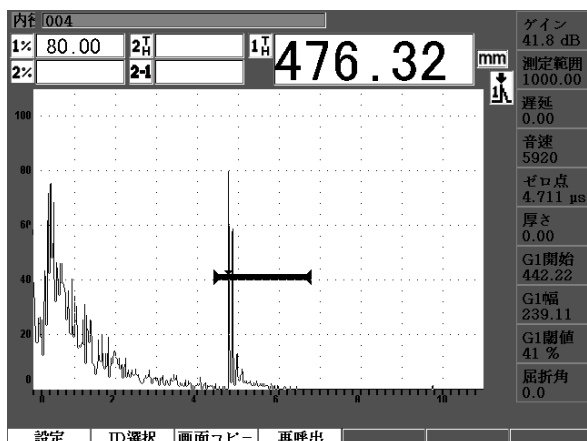
(1) 超音波反射法による挿入深さの推定

測定結果の一覧を表 5.4.2.3 に示す。また、超音波探傷器による測定画面の例を図 5.4.2.5 に示す。

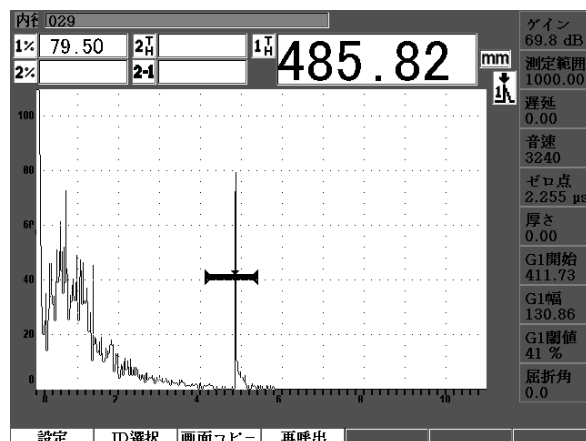
今回の測定では、縦波と横波の両方を比較している。どちらも比較的高い精度で測定可能であり、特に横波では測定誤差も小さく十分な精度で測定できていることが分かる。

しかしながら、反射スペクトルを見ると、縦波の方はスペクトルのピークが2本表れているのに対して、横波の方はピークが1本のみである。他の条件についてもこのような傾向が見られ、今回の条件では横波の方が明瞭な判断が可能であった。一般的には、鉄筋径が小さく、長さが長くなるほど横波の方が精度がよくなると言われているが、拘束の状態やアンカー筋端部の形状などによっても異なるため、実際にスペクトルを見て、より明瞭な判断ができる振動子を選択する必要がある。

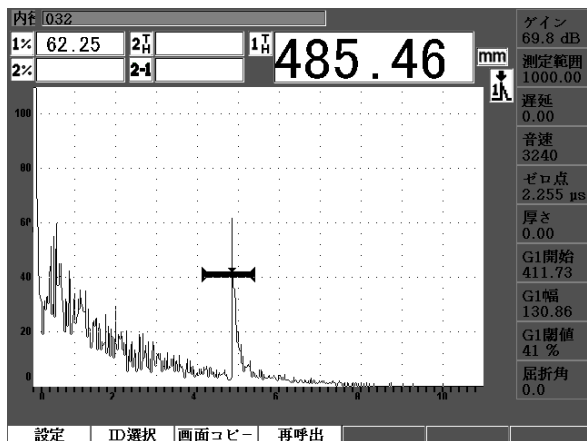
また、鉄筋の端部の形状が測定の可否に影響を与えるとされている。注入方式の場合は、鉄筋端部は直角に切断されることが多く、カプセル方式では斜め45度にカットされることが多いため、端部の角度の影響について確認した。直交にカットした場合については、カット面が15度程度傾いた場合でも測定が可能であったが、45度カットについては、40度あるいは50度にずれた時点で縦波はほとんど反射スペクトルが判断できなくなった。横波はこの範囲では判断可能であった。振動子の角度によっても異なってくるため、振動子を適当な角度にずらしながらスペクトルのピークを判断する必要がある。



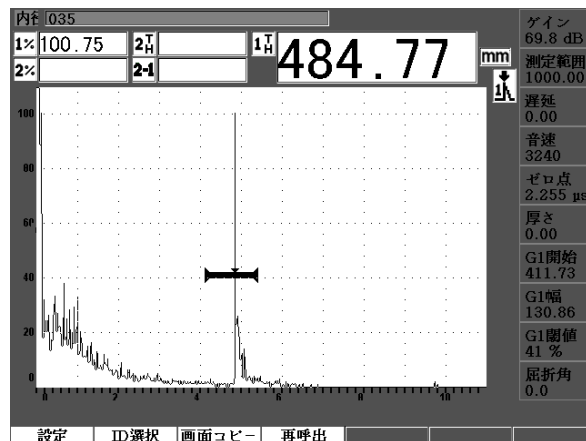
(a) 挿入深さ 390mm・100%充填・縦波



(b) 3 挿入深さ 90mm・100%充填・横波



(c) 挿入深さ 390mm・奥側充填 25%・横波



(d) 挿入深さ 390mm・手前側充填 25%・横波

図 5.4.2.5 超音波反射法による挿入深さの測定例

表 5.4.2.3 アンカー筋挿入長さの測定結果

| 試験体           | 鉄筋長さ(mm) | 縦波      |        | 横波      |        |
|---------------|----------|---------|--------|---------|--------|
|               |          | 測定値(mm) | 誤差(mm) | 測定値(mm) | 誤差(mm) |
| L390-100%     | 490.10   | 478.07  | -12.03 | 487.53  | -2.57  |
| L390-奥 75%    | 485.94   | 485.01  | -0.93  | 485.46  | -0.48  |
| L390-奥 50%    | 487.86   | 476.35  | -11.51 | 485.60  | -2.26  |
| L390-奥 25%    | 485.39   | 476.76  | -8.63  | 486.53  | 1.14   |
| L390-手前 75%   | 485.10   | 474.49  | -10.61 | 484.77  | -0.33  |
| L390-手前 50%   | 358.15   | 347.11  | -11.04 | 356.81  | -1.34  |
| L390-手前 25%   | 354.12   | 345.54  | -8.58  | 355.19  | 1.07   |
| L260-100%     | 358.76   | 348.97  | -9.79  | 360.43  | 1.67   |
| L260-奥 75%    | 352.84   | 344.38  | -8.46  | 354.45  | 1.61   |
| L260-奥 50%    | 355.51   | 345.48  | -10.03 | 355.15  | -0.36  |
| L260-奥 25%    | 354.41   | 344.03  | -10.38 | 353.64  | -0.77  |
| L260-手前 75%   | 360.57   | 346.71  | -13.86 | 356.46  | -4.11  |
| L260-手前 25%   | 227.52   | 217.32  | -10.20 | 226.65  | -0.87  |
| 穿孔 390-埋込 260 | 225.27   | 214.36  | -10.91 | 223.84  | -1.43  |
| L130-100%     | 225.53   | 214.56  | -10.97 | 223.92  | -1.61  |
| L130-手前 50%   | 188.28   | 175.85  | -12.43 | 185.25  | -3.03  |
| 穿孔 390-埋込 130 | 189.76   | 177.64  | -12.12 | 187.09  | -2.67  |
| 誤差平均          |          |         | -10.15 |         | -0.96  |
| 二乗平均誤差        |          |         | 10.38  |         | 1.80   |
| 誤差の標準偏差       |          |         | 2.73   |         | 1.63   |

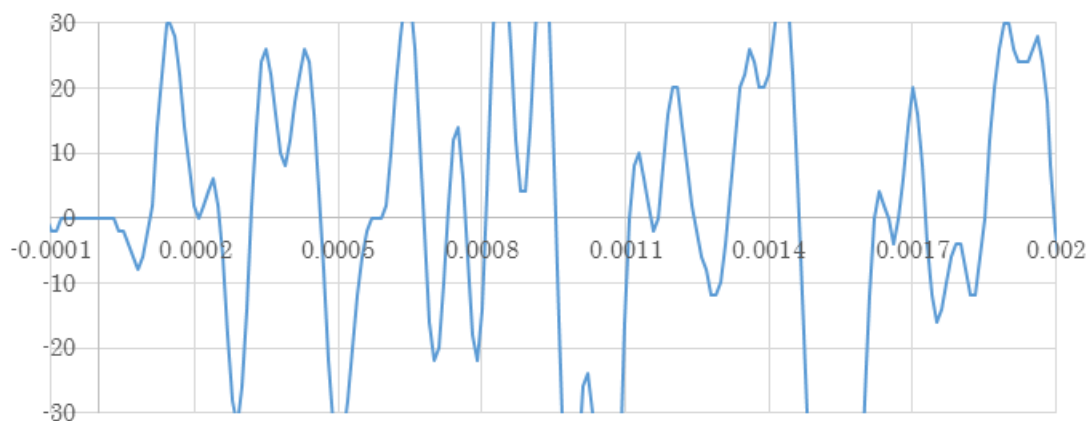
## (2) 衝撃弾性波法による充填状況の推定方法

衝撃弾性波法を適用した充填状況の推定の考え方としては、空隙箇所ではアンカー筋からコンクリートに対して弾性波が伝わらないため、弾性波が迂回することによって経路差が生じることによる立ち上がり時間の差、またこれに伴う振幅（エネルギー）の減衰による評価が考えられる。既往の研究では、アンカー筋に衝撃を与えてそのエネルギーの伝送比による評価方法<sup>5.9)</sup>や、電磁力によってアンカー筋に直接衝撃を与え、伝達エネルギーの低下やスペクトルの乱れによって評価する方法<sup>5.10)</sup>などが提案されている。本検討においては、これらの考え方も参考にしながら、衝撃弾性波法による測定を行い、充填状況の評価方法としての適用の可能性について検討した。

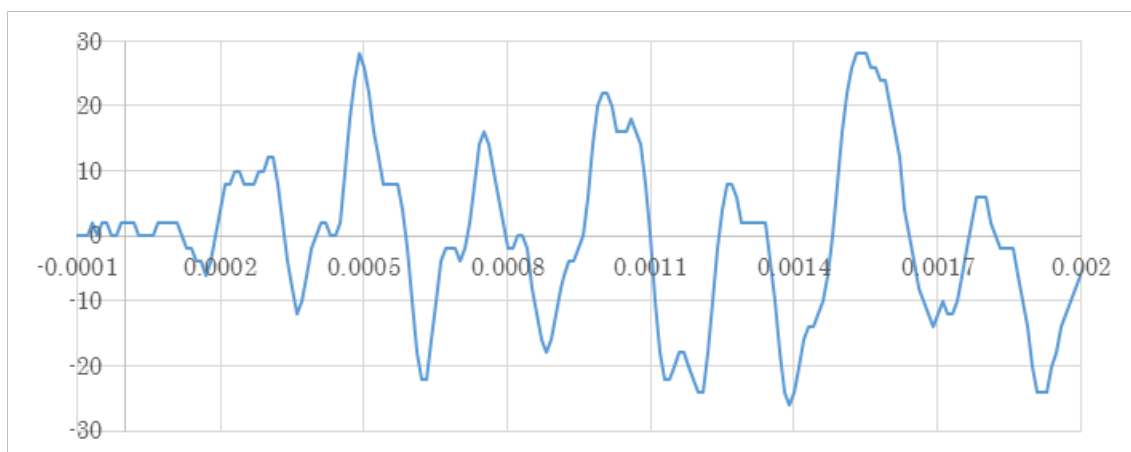
弾性波の測定例として、図 5.4.2.6～図 5.4.2.8 に埋込長さ 390mm の 100% 充填試験体、奥側 50% 充填試験体、手前側充填 50% 試験体の弾性波の時間波形を示す。測定位置は、表面付近（センサ中心部の深さ 20mm）、中央付近（深さ 195mm）、先端付近（深さ 390mm）のものを示す。また、図 5.4.2.9～図 5.4.2.10 に、L=260mm の試験体について周波数スペクトルを示す。

また、アンカー筋に固定したセンサの周波数スペクトルの比較を図 5.4.2.11 に示す。

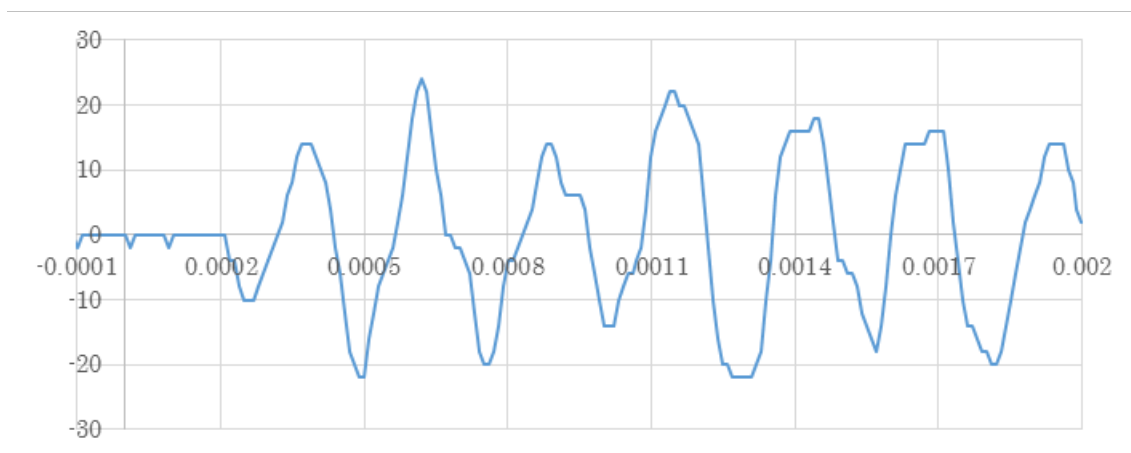




(a) センサ深さ 20mm (表面)

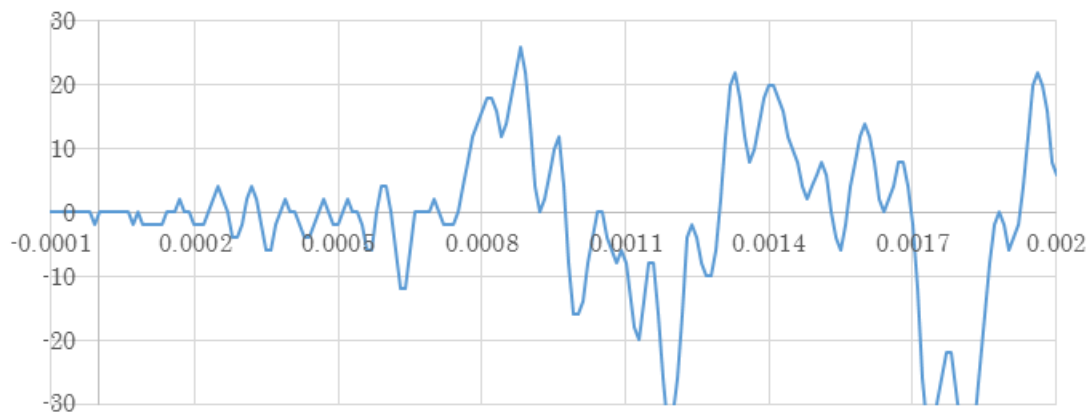


(b) センサ深さ 195mm (中央)

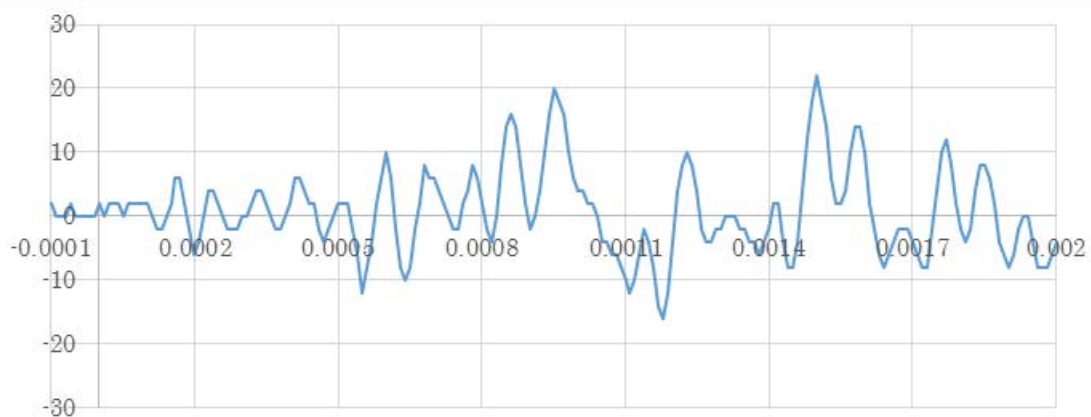


(c) センサ深さ 390mm (先端)

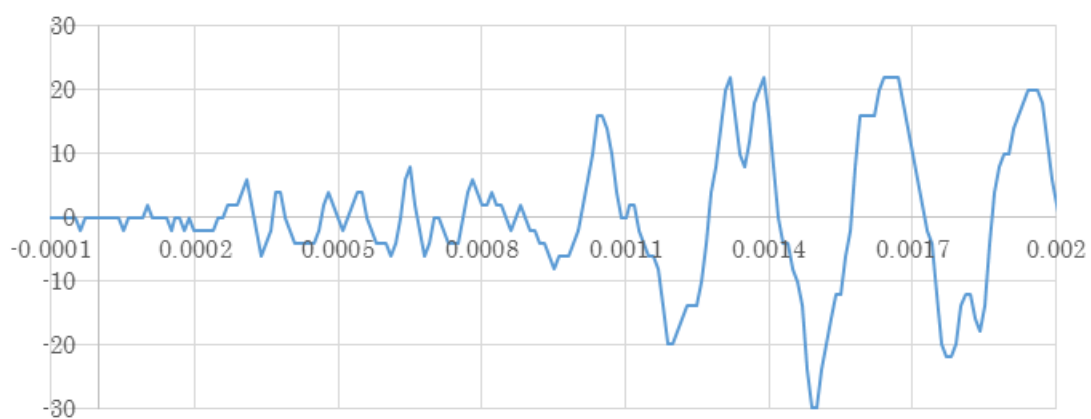
図 5.4.2.6 弾性波の時間波形 (L=390mm・100%充填)



(a) センサ深さ 20mm (表面)

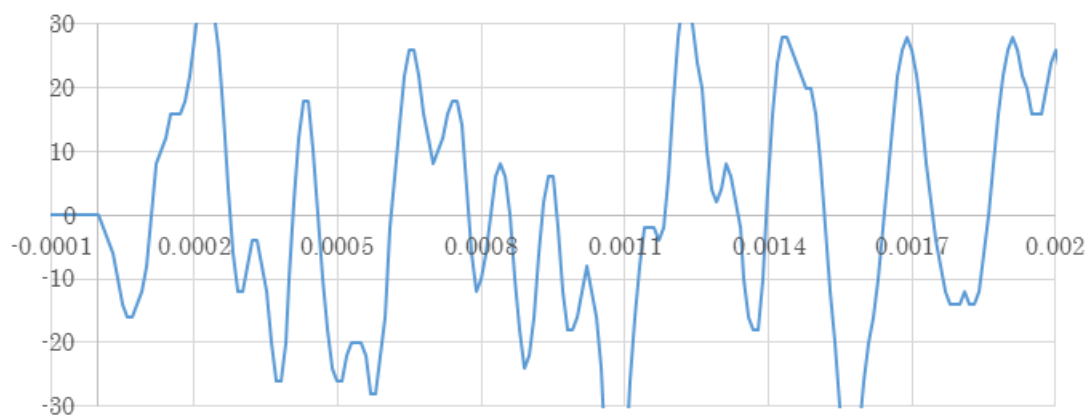


(b) センサ深さ 195mm (中央)

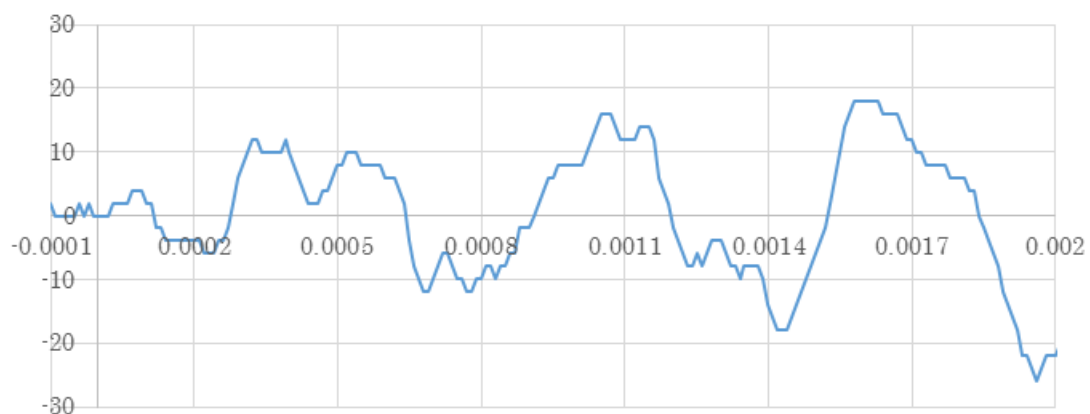


(c) センサ深さ 390mm (先端)

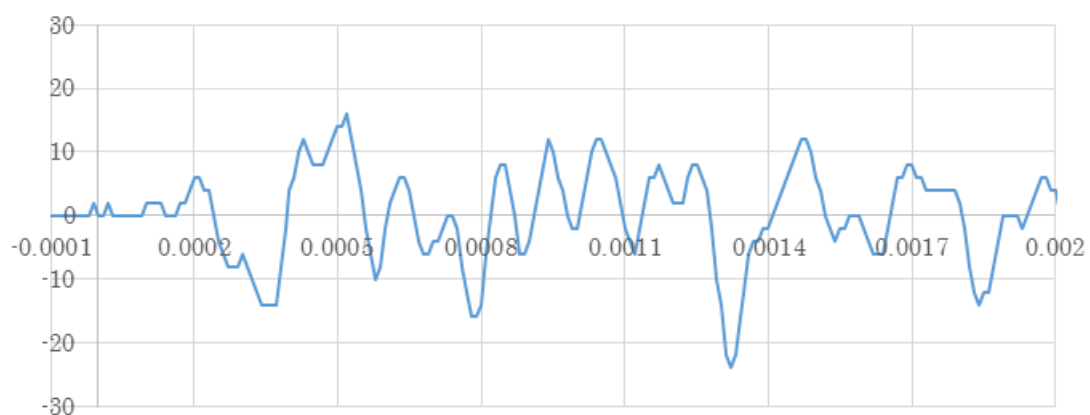
図 5.4.2.7 弾性波の時間波形 (L=390mm・奥側 50%充填)



(a) センサ深さ 20mm (表面)

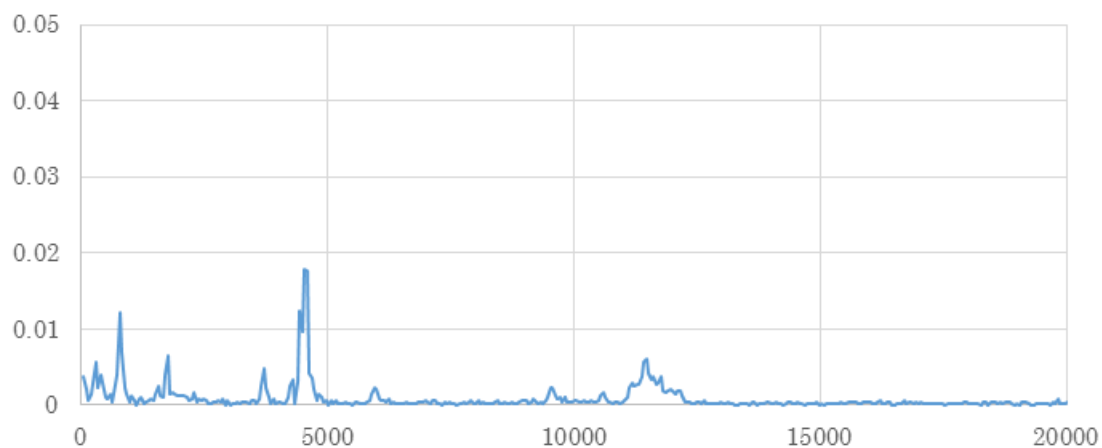


(b) センサ深さ 195mm (中央)

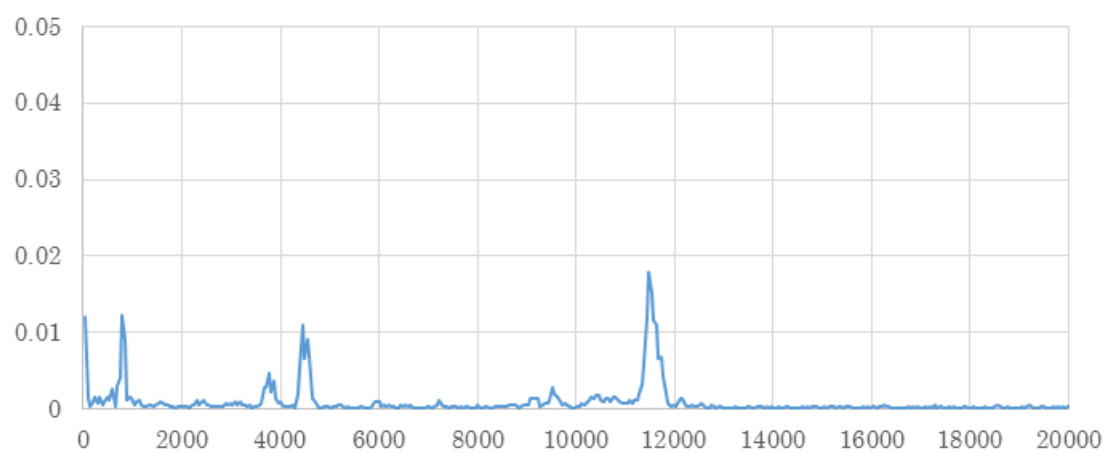


(c) センサ深さ 390mm (先端)

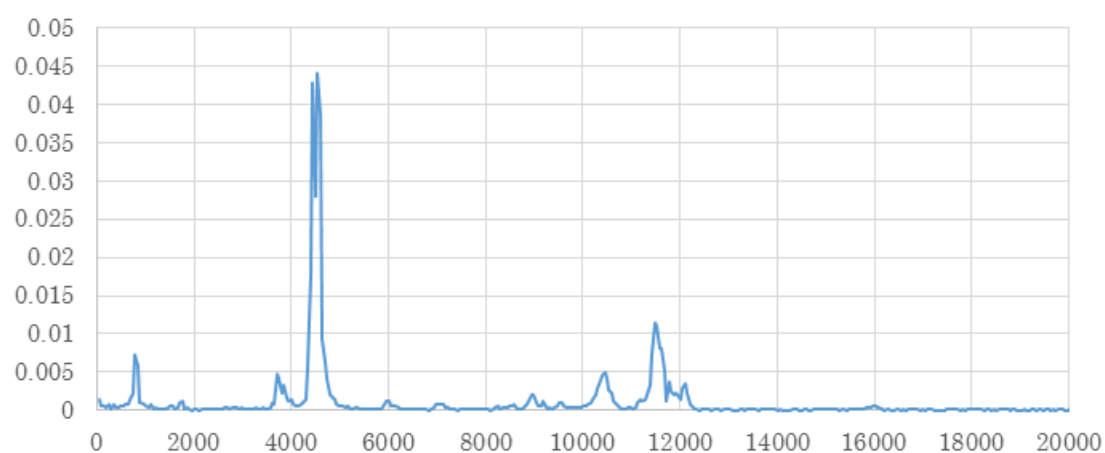
図 5.4.2.8 弾性波の時間波形 (L=390mm・手前側 50%充填)



(a) センサ深さ 20mm (表面)

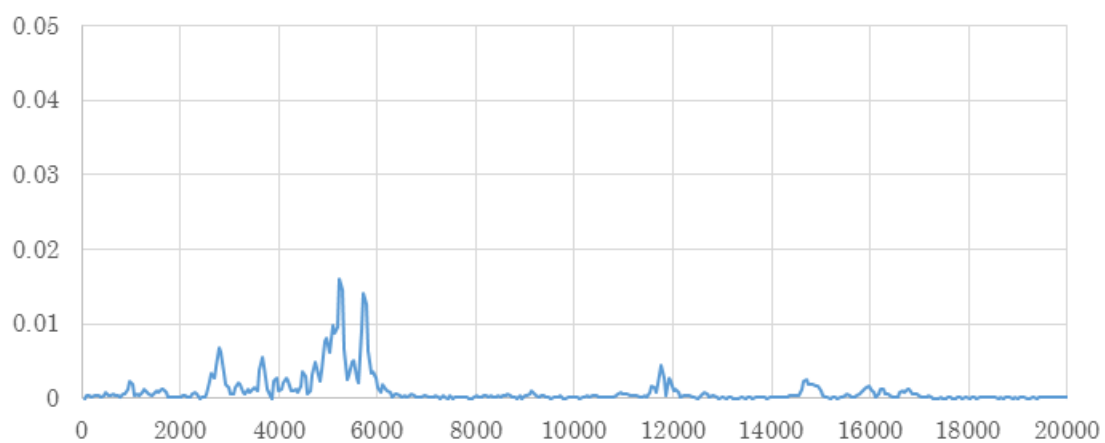


(b) センサ深さ 195mm (中央)

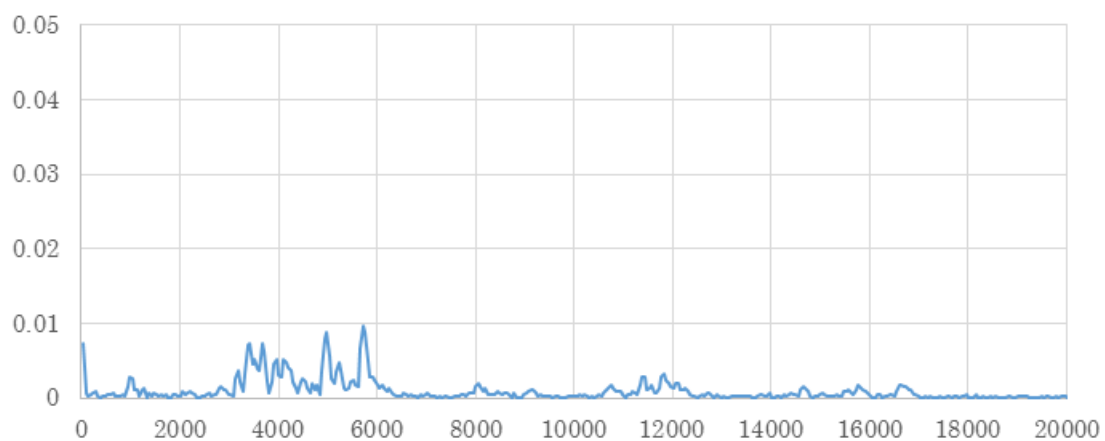


(c) センサ深さ 390mm (先端)

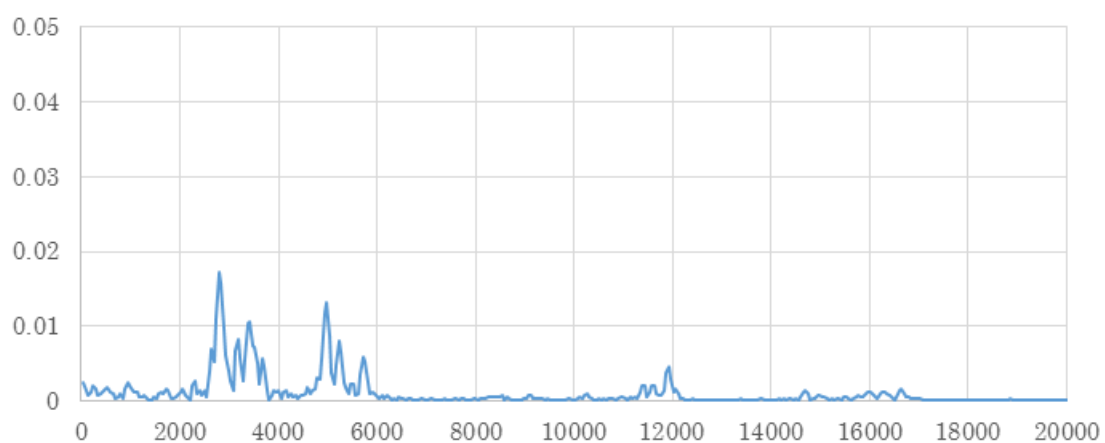
図 5.4.2.9 弾性波の周波数スペクトル (L=260mm・100%充填)



(a) センサ深さ 20mm (表面)



(b) センサ深さ 195mm (中央)



(c) センサ深さ 390mm (先端)

図 5.4.2.10 弾性波の周波数スペクトル (L=260mm・奥側 50%充填)

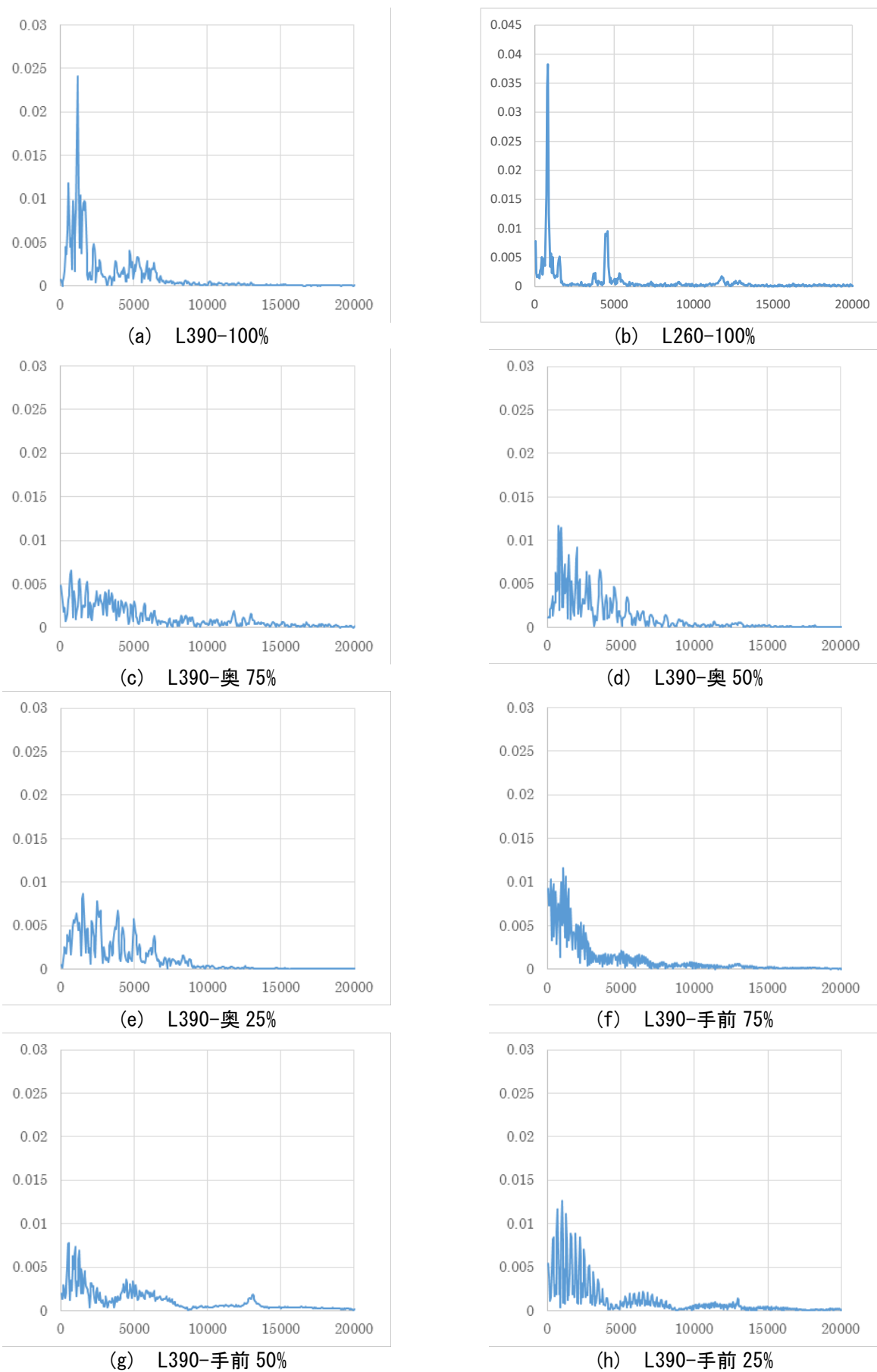


図 5.4.2.11 アンカー筋での周波数スペクトルの比較

一つの試験体の時間波形および周波数スペクトルだけを見て、充填状況の差を評価するのは困難であるため、充填状況の違いを比較してみる。

L=390mm充填率100%を見るとコンクリート表面に近い順に立ち上がりが生じていることがわかる。図5.4.2.8の手前側充填でも近い順に立ち上がりが生じる。ここには示していないが、手前側充填ではどの水準でも同様である。奥側充填の場合には、立ち上がり時間は手前側が遅れており、弾性波の伝播経路が迂回していることが推定される。図5.4.2.12に立ち上がり時間差のずれのイメージを示すが、奥側充填（手前側に充填不良）の場合には、立ち上がり時間差を健全部と比較することによって、充填不良を検出できる。手前側充填についても伝播経路には違いが生じていると思われるが、伝搬距離の差が微小なためその差を評価するのは難しいと思われる。

一方、スペクトルを見た場合、コンクリート表面で測定したスペクトルでは、充填状況の相違と関連づけることはできなかった。ここで、図5.4.2.11に示した、アンカー筋に取り付けたセンサによるスペクトルに着目すると、100%充填のスペクトルはピークが明瞭であり、390mm以外でも同様であった。一方、充填が十分でない試験体のスペクトルは、最も大きいピークと次のピークの差が小さく、スペクトルの形状もブロードな状態である。そこで、最も大きいスペクトルピークと次に表れるスペクトルピークの大きさの比をシャープ率と定義し、各試験体についてシャープ率を求めた。

図5.4.2.13に充填率とシャープ率の関係を示す。100%充填のものは少なくとも2を超えており、それ以外の水準はシャープ率は1.0~1.2の範囲にある。実際に打音を聞くと、100%充填のものは清音となり、それ以外のものは濁音であるように聞き分けることができる。試験体数も少ないため今後のデータの蓄積は必要であるが、スペクトルの明瞭さ（シャープ率）によって充填の良否の判断をすることの可能性が示された。

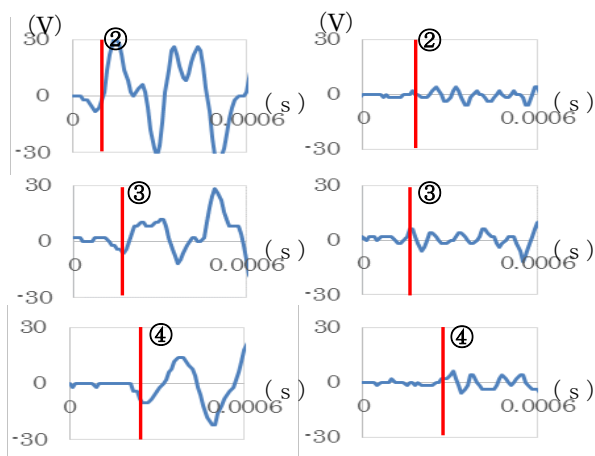


図 5.4.2.12 立ち上がり時間差のずれのイメージ  
(左：100%充填，右：奥側50%充填)

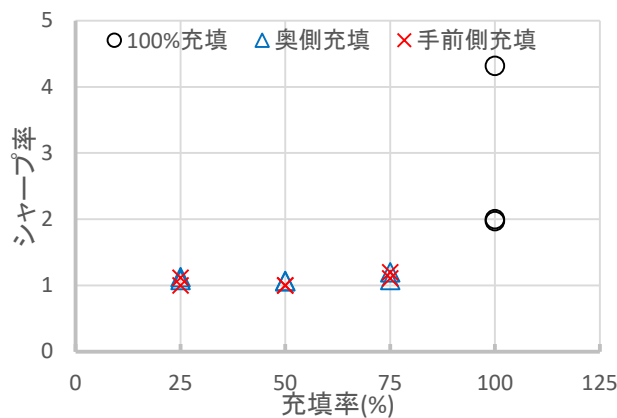


図 5.4.2.13 充填率とシャープ率の関係

## (3) 電磁波レーダ法による充填方法の確認方法

電磁波レーダ法による鉄筋探査機は、電磁波の反射を利用して鉄筋位置や空隙の位置の測定を行っている。電磁波は伝達物質内での界面があった場合に反射し、コンクリートよりも密度が大きい材料の場合には固定端反射が起こり正の位相として反射する。逆に密度が小さい空隙や水などの界面で反射した場合には自由端反射が起こり負の位相として反射する。鉄筋探査を行う場合、通常は断面画像（Bモード波形と呼ばれる）で探査を行うが、同時に反射波形（Aモード波形）を表示させることにより、アンカー筋か空隙かを判断することが可能となる。

また、通常の鉄筋探査では、鉄筋に対して直交方向にアンテナを動かすことによって鉄筋位置の同定を行うが、ここではアンカー筋の長さ方向の情報を得るため、鉄筋の直上を鉄筋に沿ってアンテナを移動させる。本実験では、電磁波レーダ法の鉄筋探査機には、日本無線社製のRJJ-105B（ハンディーマーサーチ）を使用した。鉄筋探査機として最も普及している機種装置であるが、最近では、より探査深度が深く、分解能が向上した機種も開発されている。

このような方法によって得られた、各試験体のBモード波形およびAモード波形を図5.4.2.14～図5.4.2.18に示す。図中には充填箇所を緑色の実線、未充填箇所を赤色の破線、未到達（アンカー筋がない箇所）を黄色の実線でマークしている。画像の判別に多少の知識は必要であるが、充填箇所と未充填箇所およびアンカー筋が到達していない部分を判別することができる。

アンカー筋の反射波形がBモード上のどこに表れるかは、アンカー筋のかぶり厚さが分かっているため、比誘電率（(5.4.1.1)式における $\epsilon$ ）を適当な値に設定することで判別が可能である。比誘電率の目安として、屋内で乾燥した部位のコンクリートでは比誘電率は4～6程度、屋外で乾燥しているような状態であれば6～8程度、屋外で湿潤状態にある場合は8～12程度となる。充填箇所は正の反射波形が連続しており、Bモード波形で見ると水色の部分に相当する。反射波形は通常の鉄筋に比較すると振幅が小さいため、当該部分のゲインを上げて波形を見やすくするとよい。未充填箇所はAモード波形で負の反射波が検出されるか充填箇所で見えていた正の反射波形が見えなくなる。未到達部分には何も波形が生じない。

この方法によれば、アンカー筋の挿入状況と充填状況を二次元的に評価することができる。ただし、今回の試験体は、他の鉄筋による干渉のない状況であったこと、アンカー筋の直上を探査するにはアンカー筋が施工されている場所の制約（アンカー筋の直上が部材表面になっている必要がある）を受けることなどから、すべての部材において適用が可能な方法ではない。今後、分解能の高い測定装置の適用や測定面を多方向から可能にするような検討を行って適用の可能性を広げる必要がある。



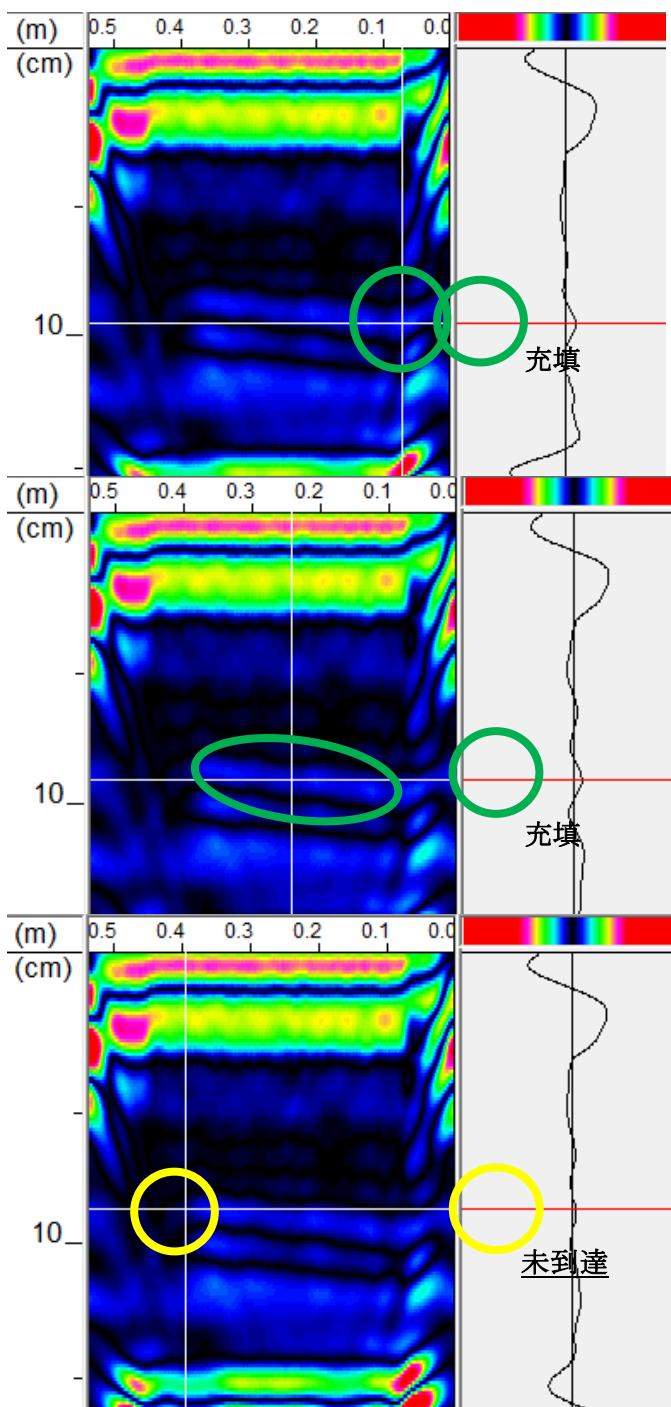


図 5.4.2.14 レーダ画像 (L=390 mm 100%)

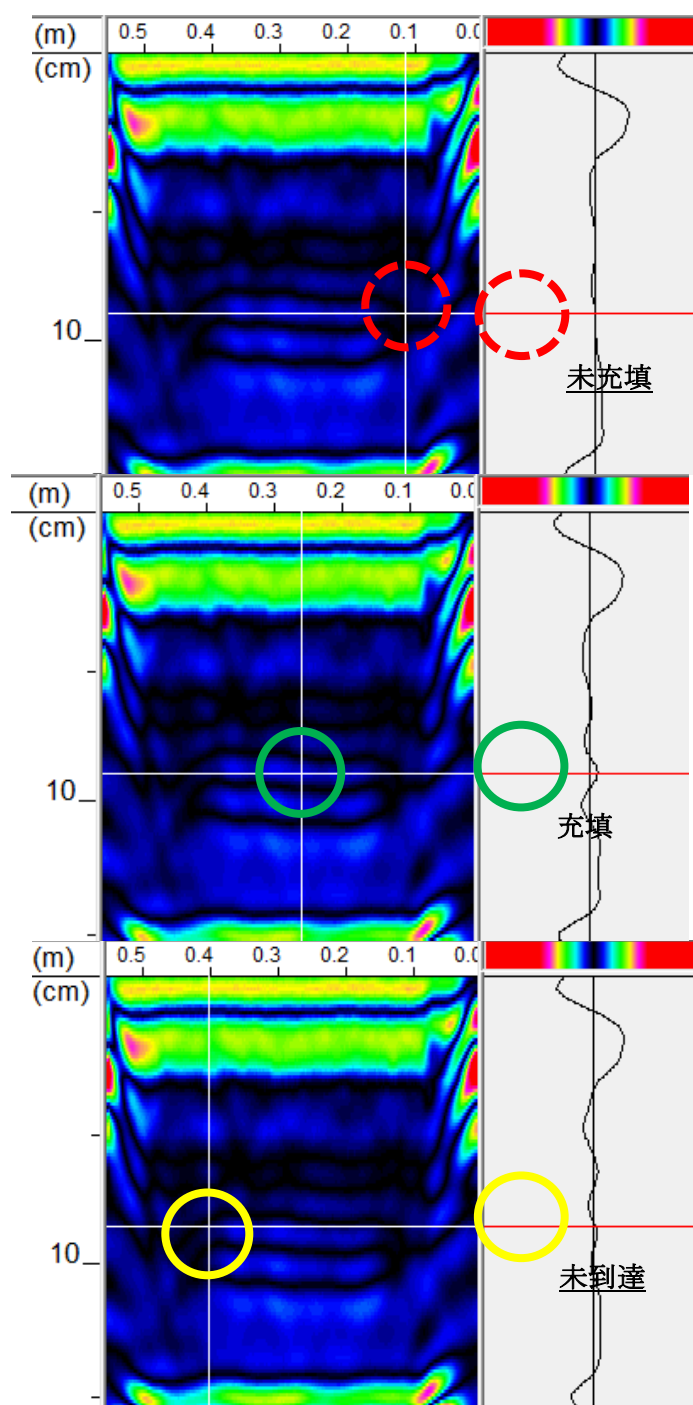


図 5.4.2.15 レーダ画像 (L=390 mm 奥側 75%)

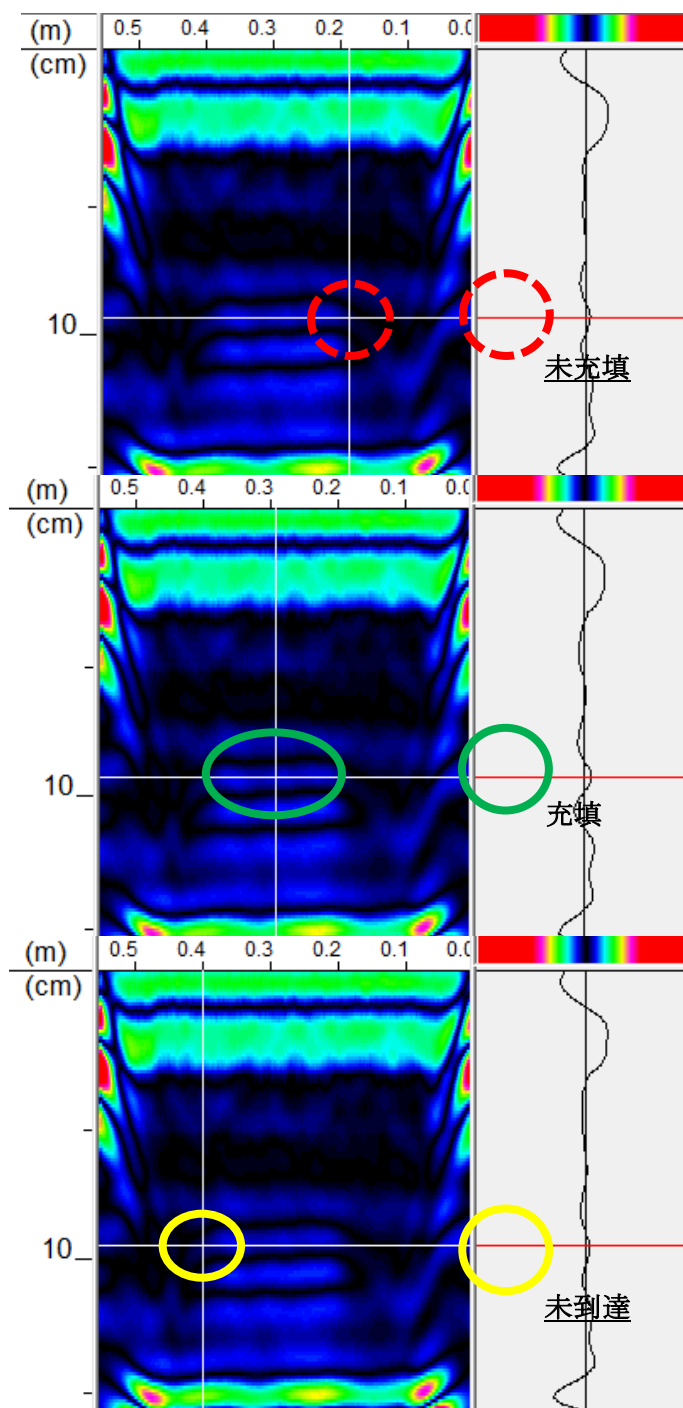


図 5.4.2.16 レーダ画像 (L=390 mm 奥側 50%)

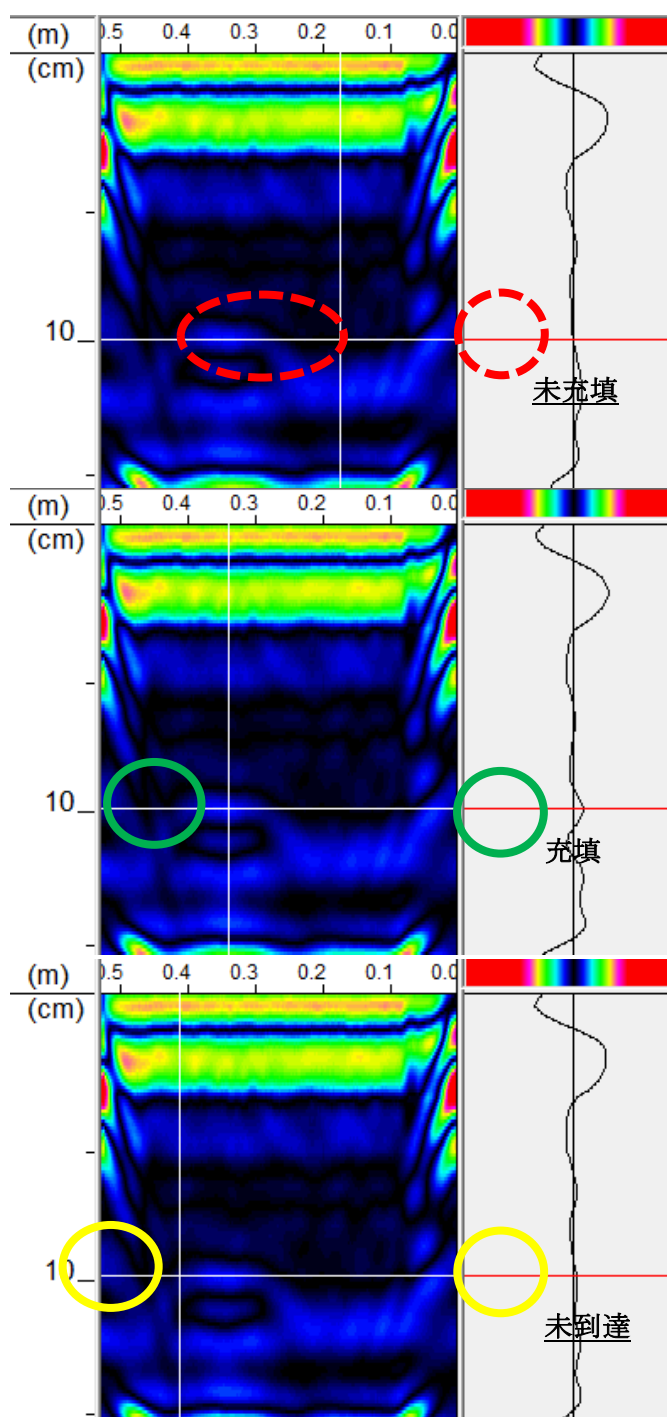


図 5.4.2.17 レーダ画像 (L=390 mm 奥側 25%)

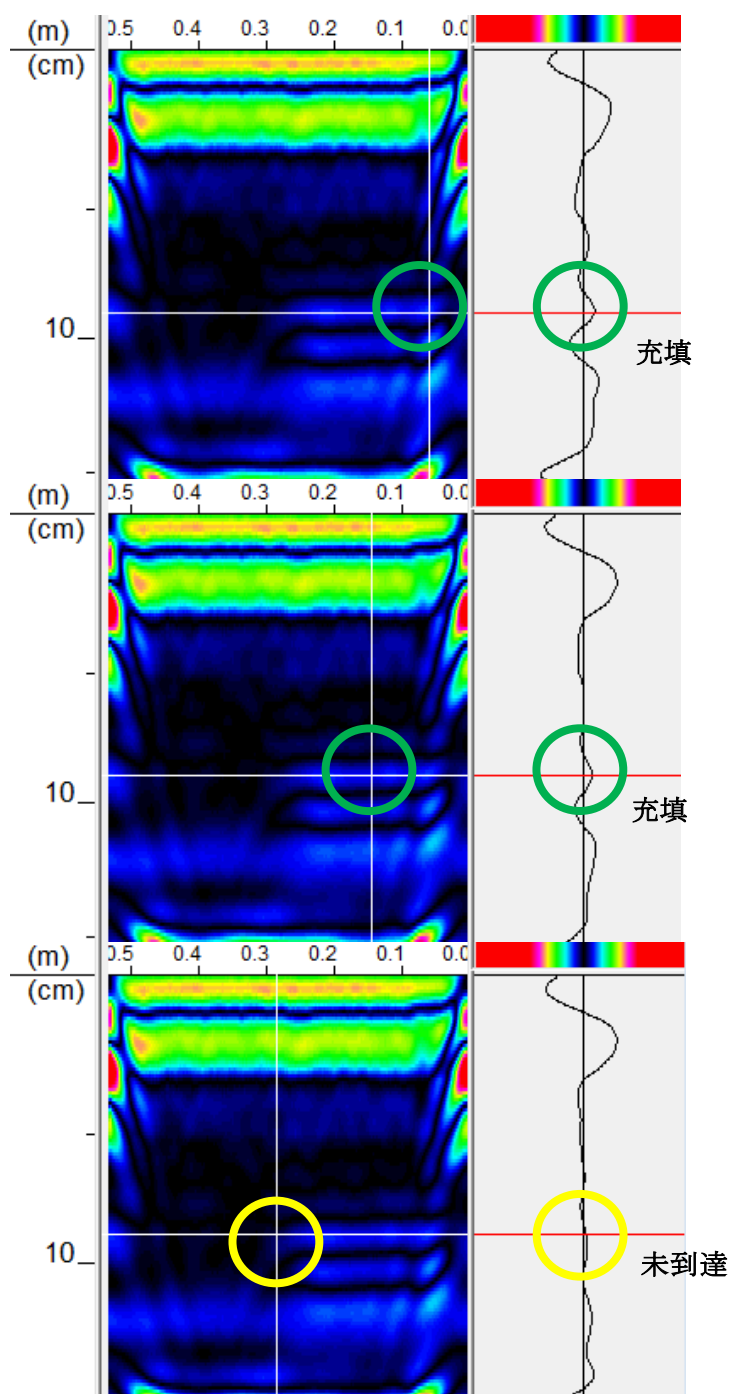


図 5.4.2.18 レーダ画像 (L=260 mm 100% )

### 5-4-3 まとめ

#### 5-4-3-1 実験結果のまとめと課題

##### (1) アンカー筋の挿入深さ

アンカー筋の挿入深さについては、超音波反射法により精度よく推定が可能である。測定上の留意点としては、以下のようなことが挙げられる

- ・縦波と横波のセンサの選択

アンカー筋の径や長さに応じた適切なセンサを選択する必要がある。選択の目安は、スペクトルを確認しながら、明瞭な反射スペクトルが得られるセンサを選ぶとよい。

- ・音速のキャリブレーション

アンカー筋の縦波伝播速度は約 5,920m/s、横波伝播速度は約 3,240m/s であるが、鋼材によって異なる場合もあるので、事前に使用されているものと同種のアンカー筋を用いて音速のキャリブレーションをすることが望ましい。

- ・アンカー筋端部の処理

アンカー筋端部が 45 度でカットされている場合は、反射波形の感度が低下する。また 45 度から  $\pm 5$  度程度以上ずれた場合には反射波形が得られなくなるため、45 度カットの場合には、試験を行う場合にはカットの正確さが必要となる。90 度にカットされている場合は  $\pm 10$  度程度までは測定が可能であるが、それ以上については確認が必要である。

- ・台直し等によるアンカー筋の曲がり

アンカー筋が曲がっていると、反射波が得られなくなるため、アンカー筋の台直し等は測定が終了した後に行う必要がある。

##### (2) 衝撃弾性波法による樹脂の充填状況の確認

衝撃弾性波法による樹脂の充填状況については、アンカー筋に取り付けたセンサから得られる波形のスペクトルの明瞭さ（シャープさ）により、充填が良好か否かの評価をすることが可能であることを示した。しかしながら、定量的な評価には至っていないため、今後アンカー筋の径や長さ、充填状況等の異なるケースについてデータの蓄積が必要である。

##### (3) 電磁波レーダ法による樹脂の充填状況の確認

電磁波レーダ法を用いて樹脂の充填状況を確認することが可能であることを示した。しかしながら、現時点では試験体レベルで良好な測定条件の場合のみの確認であるため、今後以下のようなことについて検討が必要である。

- ・既存部の配筋状態、アンカー筋の径や位置（深さ）、による影響

既存部の配筋除津愛が及ぼす影響は大きいと思われる。既存部の背筋の内側にアンカー筋が挿入された場合に評価が可能であるかについて検討が必要である。また、アンカー筋の径や位置による影響についても検討が必要である。

- ・機種による影響

本検討では、電磁波レーダ装置の最も汎用的と思われる機種を用いて試験を行った。近年では、複数の電磁波の送受信アンテナによって三次元的な探査が可能な機種や、電磁波の周波数を高くして指向性や分解能を高くした機種なども市販されており、これらを用いた場合の評価の可能性について検討する必要がある。

5-4-3-2 あと施工アンカーの施工品質の検査方法の提案

平成28年度においては、あと施工アンカーの施工品質を非破壊的に評価する方法の可能性について検討し、適用が可能な方法についてその可能性を示した。ここまでで得られた範囲で、検査方法を提案すると図5.4.3.1のようなフローで表される。

検査の項目としては、アンカー筋の挿入深さと接着剤の充填状況である。アンカー筋の挿入深さについては超音波反射法によって精度の高い測定が可能であるため、非破壊試験による全数検査が可能である。注意点としては、アンカー筋の端部処理が直交に切断されているか45度の角度に正確に切断されている必要がある。また、アンカー筋が曲がっていると測定ができない可能性があるため、大直しが必要な場合には、非破壊試験による測定後に大直しを行う必要がある。検査基準は、アンカー筋の設計上の必要埋込長さを満足していることとなる。

充填状況の検査は、まずアンカー筋に超音波センサを取り付けて、ハンマ等で衝撃を与え、その多重反射のスペクトルからシャープ率（スペクトルの1番目と2番目のピークの大きさの比）で判断する。シャープ率の測定は、部材の条件等によらず、アンカー筋が部材から突出していれば可能である。現時点ではシャープ率2を目安とし、それ以上であれば充填状況に問題は無いとする。

シャープ率が2を下回った場合は、充填状況の詳細な調査を行う。アンカー筋と部材の位置関係や配筋状態に左右されるものの、衝撃弾性波法による立ち上がり時間を見るか、電磁波レーダ法による探査を行い、充填状況に問題が無いかを確認する。これらの方法については、検討の余地を多くのこすものの、検査の流れは示されている。

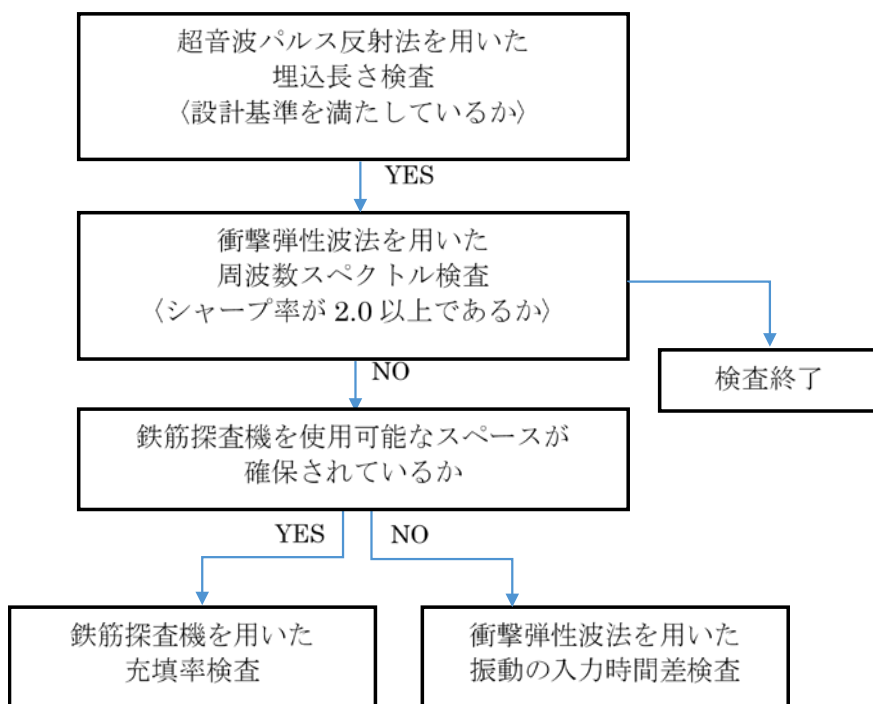


図 5.4.3.1 接着系あと施工アンカーの施工品質の検査フロー（案）

## 5-5 非破壊試験による樹脂の充填状況の評価方法に関する検討

### 5-5-1 検討概要

本課題では、注入方式で埋込み長さが 300 mm 程度までのあと施工アンカーの適用を想定している。従来のカプセル方式とは施工方法が異なることや埋込み長さが長くなることにより、接着剤を適切に充填するための施工の難易度も高くなると思われるが、現状では注入方式の施工を対象とした施工者の資格等がない。また、埋込み長さが長いことによってアンカー筋が有する付着耐力が大きくなるため、施工後の引張試験を行った場合でも施工の問題が確認されにくいという状況もある。このようなことから、注入方式のあと施工アンカーの施工の健全性、特に接着剤の充填状況の評価することが必要となる。

本課題においても、非破壊試験によって注入方式のあと施工アンカーの接着剤の充填状況の評価する方法について検討を行った。平成 28 年度の検討では、衝撃弾性波法、電磁波レーダ法の適用可能性について模擬試験体を製作して検討を行った。得られた結果について以下に示す。詳細については、平成 28 年度の報告書および文献<sup>5,11)</sup>に示している。

- ・鉄筋の埋込み長さについては、超音波反射法によって精度良く推定することが可能である。
- ・アンカー筋を打撃し、コンクリート表面で位置をずらして設置したセンサで得られる弾性波の伝搬時間によって、接着剤の充填状況の評価できる可能性がある。
- ・アンカー筋を打撃した時のアンカー筋に設置したセンサから得られる波形のスペクトルの形状によって、接着剤の充填状況の評価できる可能性がある。
- ・電磁波レーダを鉄筋に沿って探査することにより、その反射波形によってアンカー筋空隙の有無等を確認することができる。

しかしながら、上記は試験体レベルでの実験から得られた結論であり、定量的な評価もできていないことから、平成 29 年度の検討においては、下記の項目について検討を行った。

- ・電磁パルス法の適用の可能性の検討
- ・実際の施工状況を模擬した充填状況に対する評価可能性の検討
- ・実構造物での適用可能性の検討

実験等の実施場所と検討項目の組み合わせについて表 5.5.1.1 に示す。

表 5.5.1.1 平成 29 年度の実験・調査と検討項目

| 実施場所    | 適用対象       | 検討内容   |
|---------|------------|--|
| 芝浦工業大学  | 小型試験体      | <ul style="list-style-type: none"> <li>・施工状況の違いによる充填度合いの確認</li> <li>・電磁波レーダ法の適用性の確認(試験体レベル)</li> </ul>           |
| 建築研究所   | コンクリート塊試験体 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・電磁パルス法の適用性の確認(試験体レベル)</li> <li>・アンカー筋埋込み長さの検査(超音波パルス法)の適用性の確認</li> </ul> |
| 清瀬旭が丘団地 | 実構造物       | <ul style="list-style-type: none"> <li>・電磁波レーダ法の適用性の確認(実構造物レベル)</li> <li>・電磁パルス法の適用性の確認(実構造物レベル)</li> </ul>      |

### 5-5-2 施工状況を模擬した試験体による適用性の検証実験

#### 5-5-2-1 検討目的・概要

平成 28 年度の検討においては、衝撃弾性波法と電磁波レーダ法について、150×150×530 mm の角柱試験体にアンカー筋を施工した比較的小型の模擬試験体によって非破壊手法の適用可能性の検討を行った。また、そこで模擬した施工不良も、接着剤の充填量を 25%・50%・75%・100%と段階的に変えた試験体であり、現実の施工の状況を反映したものではなかった。そこで、平成 29 年度の検

討では、実際の施工上の欠陥を想定した試験体とすること、試験体の大きさを変えて、コンクリートの拘束や大きさの影響を確認すること、鉄筋の突出長さなどの影響を考慮した実験を計画した。

また、検討する非破壊試験の手法は、平成 28 年度の検討とその後の予備実験などの結果を踏まえ、以下の方法について検討を行った。

- ・電磁パルス法
- ・電磁波レーダ法

ここで、電磁パルス法とは、400 V 程度のパルス電流によりコイルを励磁させ、その時に生じる電磁力で鉄筋の内部を振動させ、その振動をアンカー筋およびコンクリートに設置したセンサで受振し、標準的に施工した試験体の測定値と比較することによって、接着剤の充填状況(施工の不良の程度)を評価する方法である。

本実験での測定にあたっては、芝浦工業大学および(株)アミックの協力を得て実施した。

### 5-5-2-2 実験概要

#### (1) 試験体

##### 1) 小型試験体による接着剤の充填状況の確認

試験体の形状および寸法を図 5.5.2.1 に示す。試験体の形状および寸法は平成 28 年度の検討と同様である。また、使用したコンクリートの材料を表 5.5.2.1 に、調合を表 5.5.2.2 に示す。あと施工アンカーには、エポキシ樹脂系の注入方式・カートリッジタイプのものを使用した。アンカー筋は、D13 と D19 の 2 種類の異形鉄筋(SD295A)を使用した。試験体の水準とアンカー筋の突出長さ、埋込み長さ、傾斜角度の計測結果を表 5.5.2.3 に示す。また、施工の状態の説明を表 5.5.2.4 に示す。本節の非破壊試験に関する実験では、ここでの呼び名で施工状態を表す。

試験体の施工は、芝浦工業大学建築材料実験室内で行い、ハンマードリルで穿孔し、下向き施工とした。

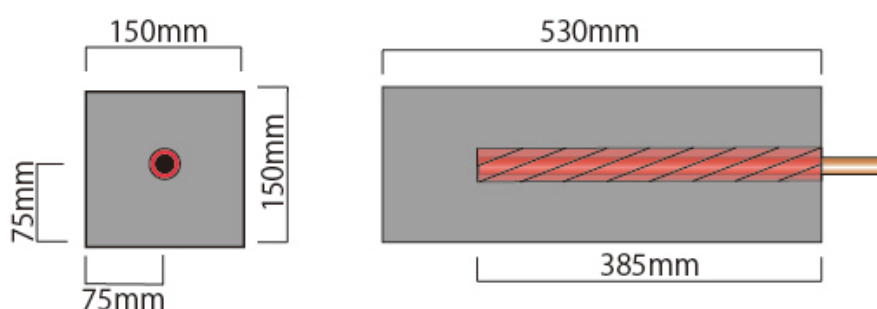


図 5.5.2.1 試験体の形状および寸法

表 5.5.2.1 コンクリートに使用した材料

| 材料       | 仕様  |
|----------|---|
| セメント(C)  | 普通ポルトランドセメント(密度: 3.16 g/cm <sup>3</sup> )   |
| 水(W)     | 水道水   |
| 粗骨材(G)   | 高知県鳥形山産石灰石砕石(表乾密度: 2.65 g/cm <sup>3</sup> ) |
| 細骨材(S)   | 栃木県鬼怒川産川砂(表乾密度: 2.57 g/cm <sup>3</sup> )    |
| 混和剤(Ad.) | リグニンスルホン酸塩系 AE 減水剤標準型                       |

表 5.5.2.2 コンクリートの調合

| W/C (%) | S/a (%) | 単位量 (kg/m <sup>3</sup> ) |     |     |     | Add. (C×%) | スランブ (cm) | 空気量 (%) | 28 日圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> ) |
|---------|---------|--------------------------|-----|-----|-----|------------|-----------|---------|-------------------------------|
|         |         | C                        | W   | G   | S   |            |           |         |                               |
| 64.0    | 46.4    | 285                      | 182 | 969 | 815 | 0.25       | 18.0      | 4.7     | 25.6                          |

表 5.5.2.3 試験体の水準と計測結果

| No. | 施工状態     | アンカー筋径 | 突出長さ (mm) | 穿孔径 (mm) | 鉄筋傾き (deg.) | 穿孔深さ (mm) |
|-----|----------|--------|-----------|----------|-------------|-----------|
| 1   | 正規施工     | D13    | 160       | 16.3     | 88.8        | 386       |
| 2   | 正規施工     |        | 220       | 16.3     | 87.1        | 385       |
| 3   | 正規施工     |        | 305       | 16.1     | 89.0        | 386       |
| 4   | 正規施工     |        | 408       | 16.3     | 88.6        | 385       |
| 5   | 正規施工     |        | 510       | 16.4     | 88.2        | 384       |
| 6   | ホットドッグ   |        | 162       | 16.3     | 87.8        | 384       |
| 7   | 樹脂量不足    |        | 155       | 16.3     | 89.8        | 375       |
| 8   | 樹脂量不足+ふた |        | 154       | 16.3     | 88.3        | 383       |
| 9   | 正規施工     | D19    | 158       | 26.1     | 87.7        | 386       |
| 10  | ホットドッグ   |        | 150       | 15.9     | 87.8        | 387       |
| 11  | 樹脂量不足    |        | 156       | 16.0     | 89.7        | 385       |

表 5.5.2.4 施工状態の水準

| 呼び方      | 施工の状況  |
|----------|--|
| 正規充填     | 施工要領書に基づき施工を行い、接着剤も完全に充填されている状態              |
| ホットドッグ   | アンカー筋に先に接着剤を塗りつけ、アンカー筋を回転させながら穿孔した孔に差し込んだ状態  |
| 樹脂量不足    | 必要な樹脂量の 1/2 程度しか充填していない状態                    |
| 樹脂量不足+ふた | 必要な樹脂量の 1/2 程度しか充填していないが、穿孔部の表面だけを接着剤を充填した状態 |
| 清掃不良     | 穿孔後ブラシで切削粉を落とさずにアンカー筋を施工した状態                 |

2) コンクリート塊試験体

試験体は、1,000×1,000×300 mm のコンクリート塊に、図 5.5.2.2 に示すような配置でアンカー筋を施工した。試験体の写真を写真 5.5.2.1 に示す。アンカー筋の水準を表 5.5.2.5 に示す。アンカー筋の施工状態の水準は、表 5.5.2.4 に示すとおりである。コンクリートは、呼び強度 21 のレディーミクストコンクリートで、2015 年度に製作されたものである。

試験体の施工は建築研究所複合材料実験棟内で行い、ハンマードリルで穿孔し、下向き施工とした。

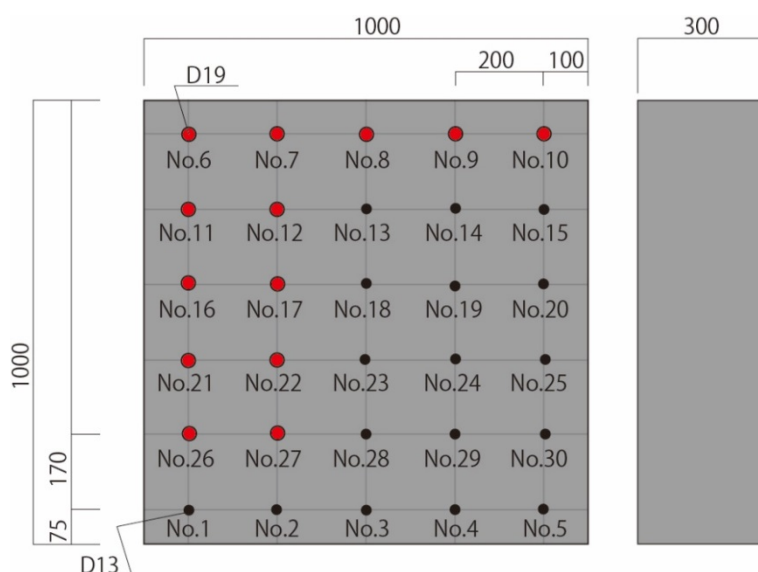


図 5.5.2.2 コンクリート塊試験体のアンカー筋配置 (単位 : mm)





写真 5.5.2.1 コンクリート塊試験体の施工後の状況

表 5.5.2.5 アンカー筋の水準

| No | 施工状況     | アンカー筋 | 穿孔径 (mm) | 鉄筋傾き | 穿孔深さ (mm) |
|----|----------|-------|----------|------|-----------|
| 1  | 正規施工     | D 13  | 16.3     | 89.2 | 258       |
| 2  |          |       | 16.4     | 88.5 | 259       |
| 3  |          |       | 16.1     | 88.2 | 258       |
| 4  |          |       | 16.0     | 89.2 | 256       |
| 5  |          |       | 16.2     | 87.5 | 257       |
| 6  |          | D 19  | 24.0     | 88.5 | 252       |
| 7  |          |       | 24.0     | 88.8 | 250       |
| 8  |          |       | 24.1     | 88.8 | 251       |
| 9  |          |       | 24.2     | 87.7 | 253       |
| 10 |          |       | 23.9     | 87.7 | 253       |
| 11 | ホットドッグ   | D 19  | 24.1     | 88.5 | 253       |
| 12 |          |       | 24.0     | 88.6 | 251       |
| 13 |          | D 13  | 15.9     | 89.2 | 258       |
| 14 |          |       | 16.1     | 89.4 | 258       |
| 15 |          |       | 16.3     | 88.6 | 248       |
| 16 | 樹脂量不足+ふた | D 19  | 24.1     | 89.3 | 250       |
| 17 |          |       | 24.0     | 88.8 | 250       |
| 18 |          | D 13  | 16.1     | 89.1 | 258       |
| 19 |          |       | 16.3     | 88.8 | 256       |
| 20 |          |       | 16.2     | 89.1 | 256       |
| 21 | 樹脂量不足    | D 19  | 24.1     | 87.7 | 250       |
| 22 |          |       | 23.8     | 89.8 | 250       |
| 23 |          | D 13  | 16.6     | 89.2 | 258       |
| 24 |          |       | 16.0     | 89.6 | 256       |
| 25 |          |       | 16.3     | 88.5 | 258       |
| 26 | 清掃不良     | D 19  | 19.2     | 89.5 | 251       |
| 27 |          |       | 24.3     | 88.9 | 248       |
| 28 |          | D 13  | 16.2     | 87.8 | 258       |
| 29 |          |       | 21.1     | 89.3 | 256       |
| 30 |          |       | 16.3     | 88.4 | 258       |

(2) 試験方法

1) 電磁パルス法

電磁パルス法は、パルサー電源で発生させた電磁パルスでアンカー筋の頂部に取り付けた電磁コイルを励磁し、その電磁力によってアンカー筋に弾性波を生じさせ、発生した弾性波をアンカー筋およびコンクリート表面に取り付けた AE センサによって受振し、その波形を分析することによってアンカーの施工の状況を評価する方法である。図 5.5.2.3 に装置の概要図、写真 5.5.2.2 および写真 5.5.2.3 に測定装置および測定状況を示す。

測定装置の仕様は以下の通りである。

- ・パルサー電源およびパルサー : 200 V
- ・電磁コイル : 4 ターン
- ・オシロスコープ : テクトロニクス社製 TDS2014C
- ・AE センサ(アンカー頂部) : 富士セラミックス社製 AE503AM
- ・AE センサ(コンクリート表面) : Vallen 社製 VS30V

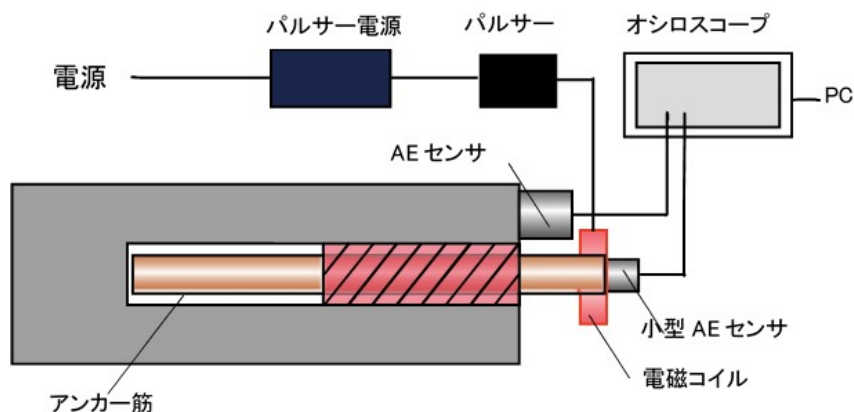


図 5.5.2.3 電磁パルス法の測定装置概要



写真 5.5.2.2 電磁パルス法の測定装置



写真 5.5.2.3 電磁パルス法による測定状況

電磁パルス法による測定および評価の手順を図 5.5.2.4 に示す。以下、図の手順に従い詳細について説明する。

(a) 電磁コイルおよび AE センサの設置および固定

(i) 電磁コイル

電磁コイルをアンカー筋の突出部の先端部に、コイルの中心にアンカー筋が来るように設置する。電磁コイルは別途スタンド等で固定するか、コイルとアンカー筋の隙間にスポンジ等を挟んで固定するとよい。

(ii) AE センサ

図 5.5.2.5 に示すように、AE センサをアンカー筋突出部頂部およびコンクリート表面 4 箇所に設置し固定する。コンクリートへの固定はすべての条件で同位置に固定できるようにアンカー筋からの距離を決定する。また、測定装置の制約により 5 チャンネル分の測定が同時に出来ない場合は、コンクリート表面への固定および測定を複数回に分けて行ってもよい。AE センサの固定には、酢酸ビニル (EVA) 系のホットメルト接着剤 (グルーガン) を用いるとよい。

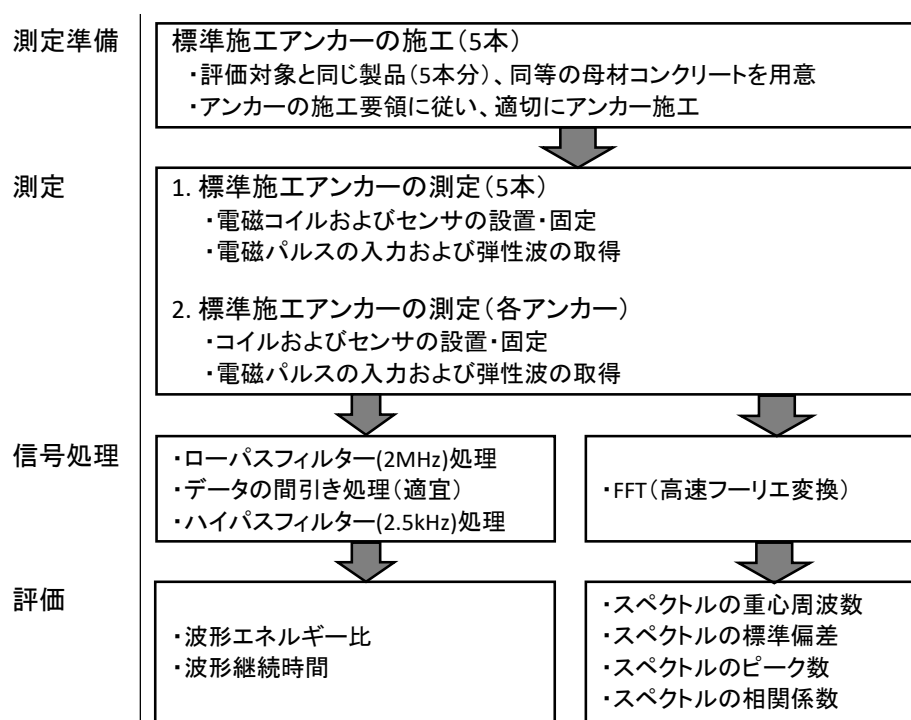


図 5.5.2.4 電磁パルス法による評価の流れ

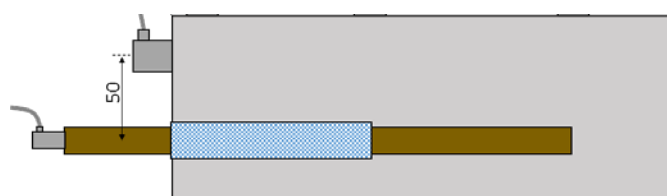


図 5.5.2.5 AE センサの設置位置

(b) 測定

パルサ電源に通電し、パルサによりコイルにパルス電流を印可する。印可電圧は 200 V、AD 変換装置の設定は、サンプリング周波数 100 MHz、データ長を 10 ms とする。AD 変換装置に

より、アンカー筋頂部に設置したセンサからの電気信号にトリガをかけ、他のコンクリート表面に設置した弾性波の波形を同時に取得する。測定した結果は、チャンネルごとの時間軸波形として、データ記録装置に保存する。

(c) 信号処理

(i) 信号処理の概要

時間軸波形の評価を行う場合の信号処理は、(ii)に従いノイズの除去を行う。

スペクトルの評価を行う場合の信号処理は、(iii)に従い周波数スペクトルを求める。

(ii) 時間軸波形に対する信号処理

データ記録装置に記録された波形データについて、ローパスフィルタ(2 MHz)処理により、高周波のノイズを除去する。

ノイズ除去後、サンプリング周波数を100 MHzから1 MHzとなるようデータの間引きを行う。データの間引きは、100データを1データの平均化処理を行う。

間引き処理の後、ハイパスフィルタ(2.5 kHz)処理を行い、低周波のノイズを除去する。

(iii) 高速フーリエ変換(FFT)

データ記録装置に記録された波形データについて、高速フーリエ変換(FFT)を行い、周波数スペクトルを求める。周波数スペクトルは、周波数の範囲を0~50 kHz、周波数分解能を200 Hz、FFTポイントを250ポイントとする。

(d) 評価

(i) 評価の概要

時間軸波形および周波数スペクトルの評価項目および評価基準の概要を表5.5.2.6に示す。

表 5.5.2.6 電磁パルス法の評価項目および評価基準の概要

| 評価指標       | 記号 | センサ           | 閾値             | NGポイント          |
|------------|----|---------------|----------------|-----------------|
| 波形エネルギー比   | ER | コンクリート/ボルト    | 標準施工の<br>最小値未満 | 各方向2点：計8点       |
| 波形継続時間     | DT | コンクリート<br>ボルト | 標準施工の<br>最大値超  | 各方向1点：計4点<br>4点 |
| スペクトル重心周波数 | SC | コンクリート<br>ボルト | 標準施工の<br>最小値未満 | 各方向1点：計4点<br>4点 |
| スペクトル標準偏差  | SD | コンクリート<br>ボルト | 標準施工の<br>最小値未満 | 各方向1点：計4点<br>4点 |
| スペクトルピーク数  | SP | コンクリート<br>ボルト | 標準施工の<br>最大値超  | 各方向1点：計4点<br>4点 |
| スペクトル相関係数  | CF | コンクリート<br>ボルト | 標準施工の<br>最小値未満 | 各方向1点：計4点<br>4点 |

(ii) 波形エネルギー比の評価

・概要

波形エネルギー比(ER)は、アンカー筋からコンクリートへの弾性波の伝達の強さに関する指標であり、接着剤の充填が不十分な場合には、波形エネルギー比が小さくなる傾向となる。

図5.5.2.6に評価の模式図を示す。

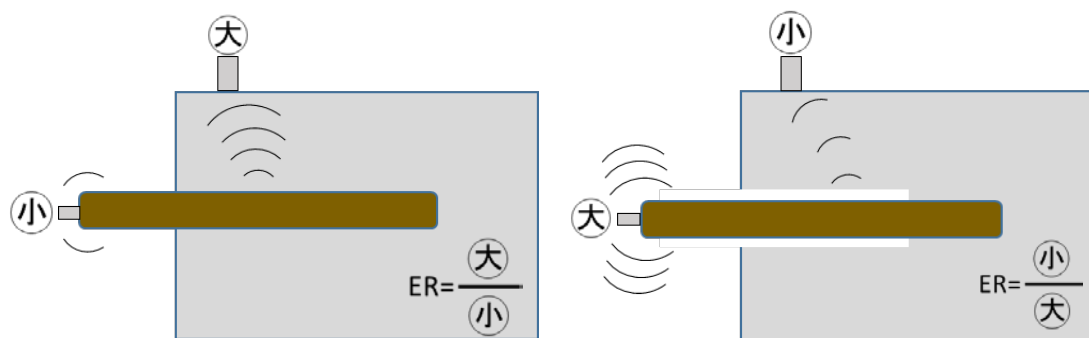


図 5.5.2.6 波形エネルギー比の評価の模式図

・計算

波形エネルギー $E$ を(5.5.2.1)式で定義し、ボルト頂部のセンサ①の波形エネルギーを( $E_b$ )、コンクリート表面に設置したセンサ②～⑤の波形エネルギー( $E_c$ )を求める。波形エネルギー比は、(5.5.2.2)式で定義し、コンクリート表面の各センサについて求める。

$$E = \sum_{i=1}^n x_i^2 \dots\dots\dots (5.5.2.1) \text{式}$$

$$ER = \frac{E_c}{E_b} \dots\dots\dots (5.5.2.2) \text{式}$$

ここに、  $n$  : 波形データとして取得したデータの個数  
 $x_i$  :  $i$  番目のデータの振幅

・評価

標準施工の5本のあと施工アンカーのコンクリート表面の測定点計20点について、その最小値  $ER_{min}$  を求め、評価対象となるあと施工アンカーの波形エネルギー比が  $ER_{min}$  未満の場合に、各センサのNGポイントを2点とし、その合計( $NG_{ER}$ )を求める。

(iii) 波形継続時間の評価

・評価の概要

波形継続時間( $DT$ )は、弾性波の収束の速さを表す指標であり、接着剤の充填が不十分な場合には、アンカー筋の拘束が小さくなり、波形継続時間が大きくなる傾向となる。図5.5.2.7に評価の模式図を示す。

・計算

波形継続時間は、振幅の絶対値  $|x_i|$  ( $i=1 \sim n$ )の最大値が、その最大値の10%の振幅とクロスする最も遅い時間として求める。

・評価

標準施工の5本のあと施工アンカーの測定点(アンカー筋頂部5点、コンクリート表面20点)について、それぞれ最大値  $DT_{max}$  を求め、評価対象となるあと施工アンカーの波形継続時間が  $DT_{max}$  を超える場合に、各センサのNGポイントをアンカー筋頂部が4点、コンクリート表面がそれぞれ1点とし、その合計( $NG_{DT}$ )を求める。

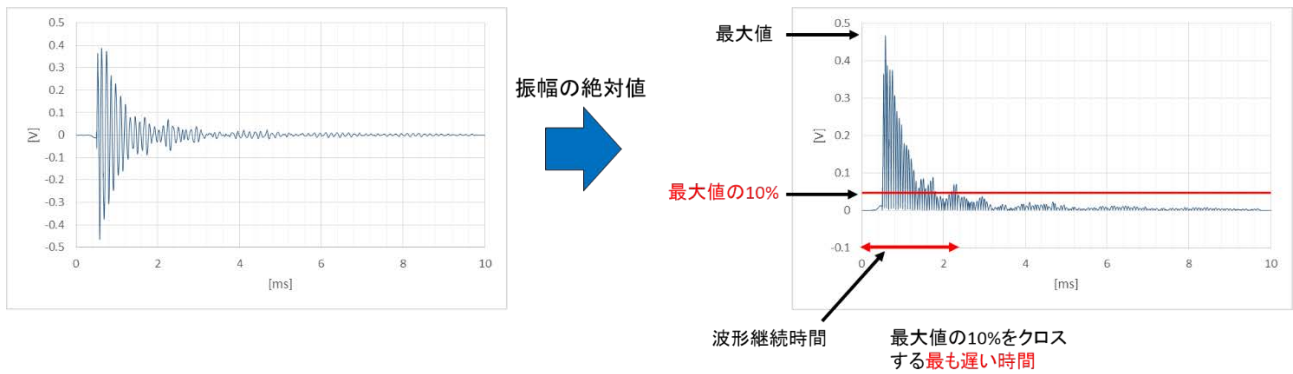


図 5.5.2.7 波形継続時間の評価の模式図

(iv) スペクトルの重心周波数

・評価の概要

スペクトルの重心周波数(SC)は、スペクトルのピークとして表れる周波数のうち最も低周波側のスペクトルピークの重心の周波数として定義される指標であり、接着剤の充填が不十分な場合には、重心周波数は低周波側にシフトする傾向となる。スペクトルの重心周波数の評価の模式図を図 5.5.2.8 に示す。

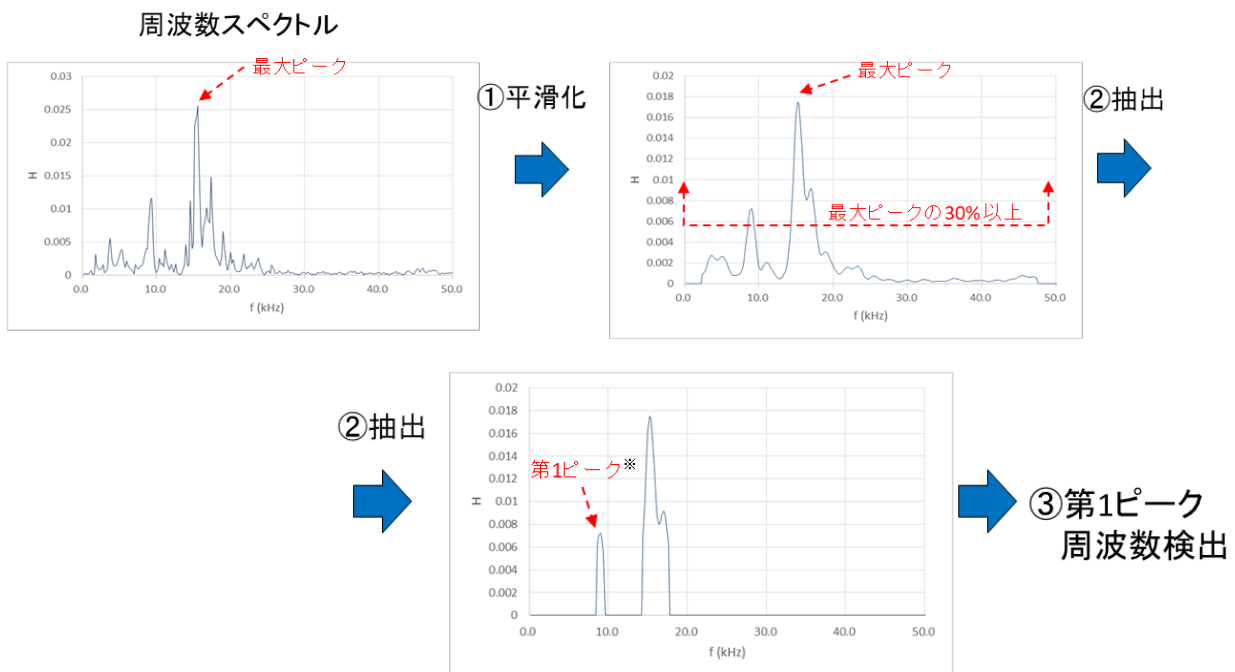


図 5.5.2.8 スペクトルの重心周波数の評価の模式図

・計算

FFT によって得られた周波数スペクトルに対して、細かいリップルを取り除くため、スペクトルの平滑化を行う。スペクトルの平滑化は、窓関数(Hamming)のほか、適当な関数を適用する。

平滑化されたスペクトルの最大ピークの30%以上となるピークの中から最も低い周波数のピークを選定し、このピークの $\pm 2.5$  kHzの範囲の周波数について、(5.5.2.3)式によりスペ

クトルの重心周波数(SC)を求める。

$$SC = \frac{H(f_1)f_1 + H(f_2)f_2 + \dots + H(f_n)f_n}{H(f_1) + H(f_2) + \dots + H(f_n)} \dots\dots\dots (5.5.2.3) \text{式}$$

ここで,  $f_i$  : 最も低いピークの±2.5 kHz となる周波数のうちの  $i$  番目の周波数  
 $H(f_i)$  : 周波数  $f_i$  における振幅

・評価

標準施工の5本のあと施工アンカーの測定点(アンカー筋頂部5点, コンクリート表面20点)について, それぞれ重心周波数の最小値  $SC_{min}$  を求め, 評価対象となるあと施工アンカーのスペクトルの重心周波数が  $SC_{min}$  より小さい場合に, 各センサのNGポイントをアンカー筋頂部が4点, コンクリート表面がそれぞれ1点とし, その合計( $NG_{SC}$ )を求める。

(v) スペクトルの標準偏差

・評価の概要

スペクトルの標準偏差(SD)は, 重心周波数の評価で選定した最も低周波側のスペクトルピークの範囲の標準偏差として定義される指標であり, 接着剤の充填が不十分な場合には, 標準偏差は小さくなる傾向となる。スペクトルの標準偏差の評価の模式図を図5.5.2.9に示す。

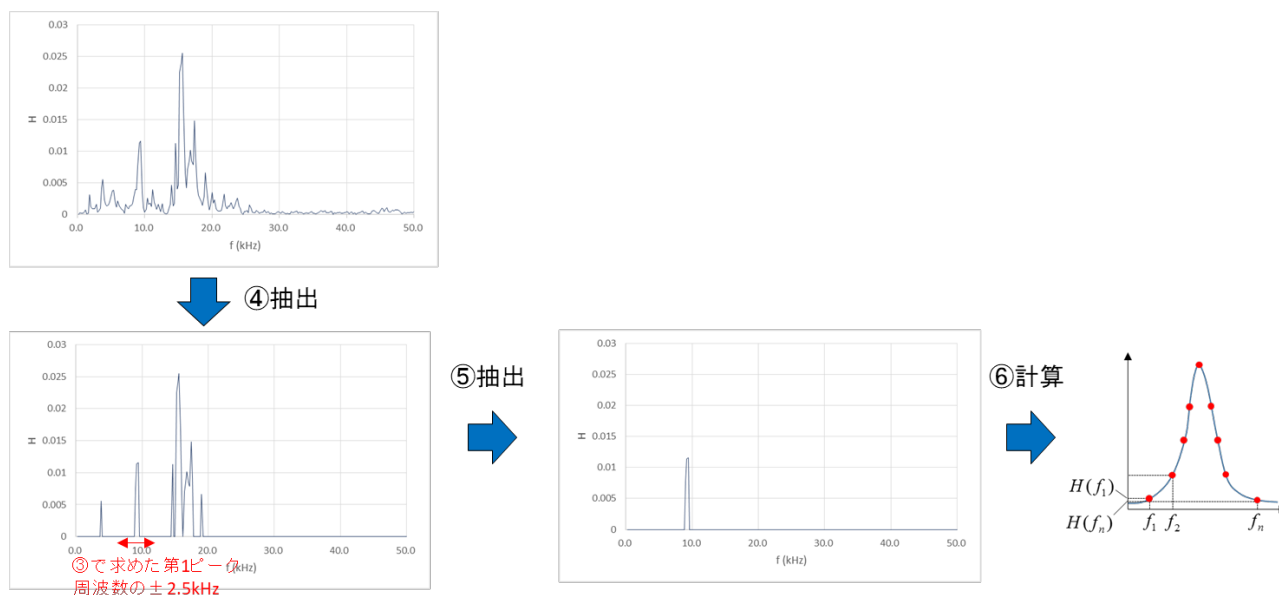


図 5.5.2.9 スペクトルの標準偏差の評価の模式図

・計算

スペクトルの標準偏差は, (v)において得られた最も低周波側のスペクトルピーク( $f_G$ )の±2.5kHzの周波数の範囲におけるスペクトルを対象とし, (5.5.2.4)式によって求める。

$$SD = \sqrt{\frac{(f_1 - f_G)^2 H(f_1) + (f_2 - f_G)^2 H(f_2) + \dots + (f_n - f_G)^2 H(f_n)}{H(f_1) + H(f_2) + \dots + H(f_n)}} \dots (5.5.2.4) \text{式}$$

・評価

標準施工の5本のあと施工アンカーの測定点(アンカー筋頂部5点, コンクリート表面20点)について, それぞれ標準偏差の最小値  $SD_{min}$  を求め, 評価対象となるあと施工アンカーのスペクトルの標準偏差が  $SD_{min}$  より小さい場合に, 各センサの NG ポイントをアンカー筋頂部が4点, コンクリート表面がそれぞれ1点とし, その合計( $NG_{SD}$ )を求める。

(vi) スペクトルのピーク数

・評価の概要

スペクトルのピーク数( $SP$ )は, (iv)で得られる平滑化したスペクトルにおいてスペクトルピークの最大値の30%のレベルを超えるピークのピーク数で定義される指標であり, 接着剤の充填が不十分な場合には, 振動モードが複雑になり様々なピークが表れる可能性があることからピーク数は大きくなる傾向となる。スペクトルのピーク数の評価の様式図を図 3.5.2.10 に示す。

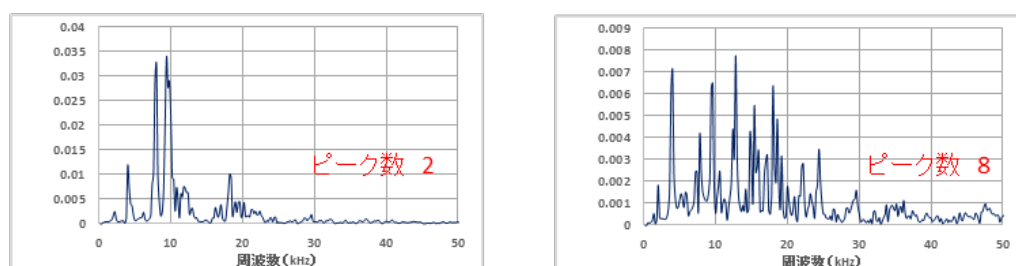


図 3.5.2.10 スペクトルのピーク数の評価の様式図

・計算

スペクトルのピーク数は, (iv)で得られる平滑化したスペクトルにおいてスペクトルピークの最大値の30%のレベルを超えるピークのピーク数として求める。

・評価

標準施工の5本のあと施工アンカーの測定点(アンカー筋頂部5点, コンクリート表面20点)について, それぞれピーク数の最大値を求め  $SP_{max}$  を求め, 評価対象となるあと施工アンカーのスペクトルのピーク数が  $SP_{max}$  より小さい場合に, 各センサの NG ポイントをアンカー筋頂部が4点, コンクリート表面がそれぞれ1点とし, その合計( $NG_{SP}$ )を求める。

(vii) スペクトルの相関係数

・評価の概要

スペクトルの相関係数( $CF$ )は, 標準施工のあと施工アンカーの平均化された周波数スペクトルと評価対象となる周波数スペクトルの相関係数として定義される指標であり, 接着剤の充填が不十分な場合には, スペクトルの相似性が小さくなることから, 相関係数は小さくなる傾向となる。スペクトルの標準偏差の評価の様式図を図 3.5.2.11 に示す。

・計算

スペクトルの相関係数を求めるために, あらかじめ標準施工あと施工アンカー5本の平均化されたスペクトル(平均スペクトル( $H_{av}(f_i)$  ( $i=1\sim n$ )))を求める。平均スペクトルは, 各周波数における振幅値の平均として求める。



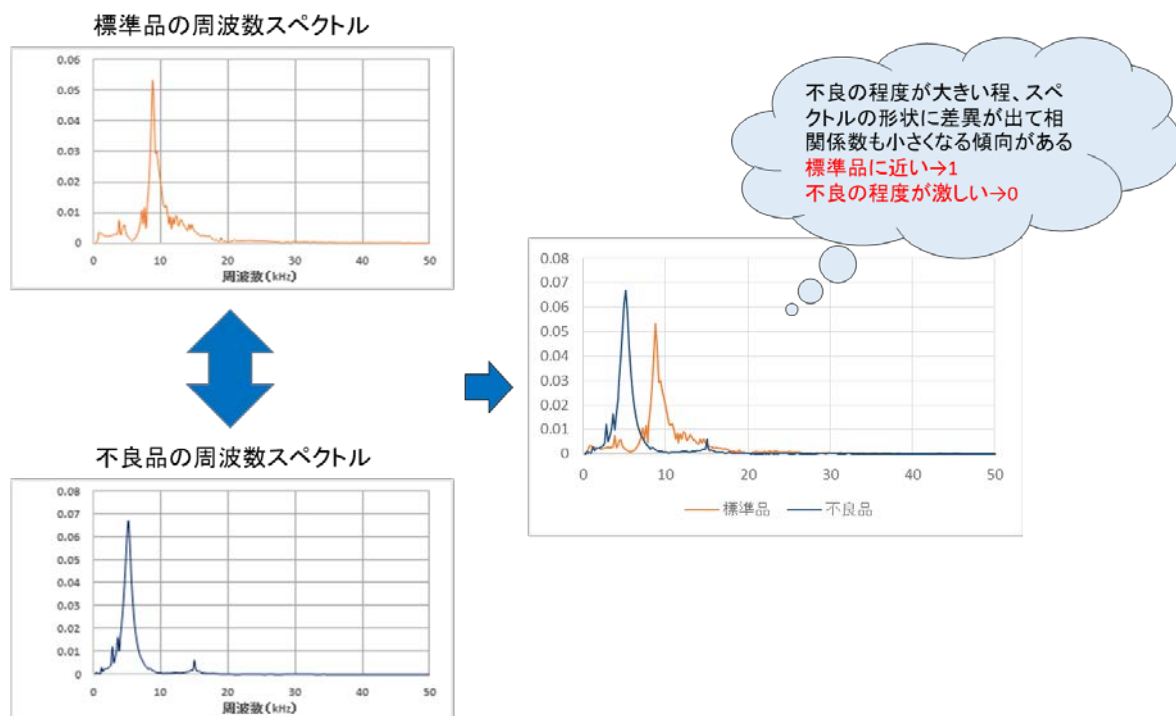


図 5.5.2.11 スペクトルの相関係数の評価の模式図

スペクトルの相関係数は、平均スペクトルと評価対象となるスペクトル( $H(f_i) (i=1\sim n)$ )との相関係数として(3.5.2.5)式により求める。

$$CF = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (H_{av}(f_i) - \bar{H}_{av}(f))(H(f_i) - \bar{H}(f))}{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (H_{av}(f_i) - \bar{H}_{av}(f))^2} \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (H(f_i) - \bar{H}(f))^2}} \dots\dots\dots (5.5.2.5)式$$

・評価

標準施工のあと施工アンカーの測定点(アンカー筋頂部 5 点, コンクリート表面 20 点)について, それぞれの平均スペクトルに対するスペクトルの相関係数を求め, それぞれの相関係数の最小値  $CF_{min}$  を求める。評価対象となるあと施工アンカーのスペクトルの相関係数が  $CF_{min}$  より小さい場合に, 各センサの NG ポイントをアンカー筋頂部が 4 点, コンクリート表面がそれぞれ 1 点とし, その合計( $NG_{CF}$ )を求める。

(viii) 総合評価

・NG ポイントの計算

(ii) から (vii) までの 6 項目の評価指標により求められた NG ポイントを加算し, 総合的な NG ポイント (NG) を(5.5.2.6)式により求める。NG ポイントの加算に対して, 各評価項目の影響度や重要度を考慮した重み付けに関する知見がある場合は, その内容に応じた重み付けの係数( $a\sim f$ )を与えることができる。重み付けに関する知見がない場合には, 重み付け係数は 1 とする。今回の実験では, 各評価項目の NG ポイントを算出し, 施工の状況に応じた評価指標の適用性を検証する。

$$NG = a \cdot NG_{ER} + b \cdot NG_{DT} + c \cdot NG_{SC} + d \cdot NG_{SD} + e \cdot NG_{SP} + f \cdot NG_{CF} \dots (5.5.2.6)式$$

ここで,  $a\sim f$  : 評価項目の重み付けに関する係数(1.0 を標準とする)

2) 超音波パルス反射法

超音波パルス反射法は、アンカー筋の端部に設置した超音波探触子によって超音波パルスを発信し、反対側の端部反射したパルス波を受信するまでの時間とアンカー筋内を伝搬する超音波の音速から、アンカー筋の埋込み長さを推定する方法である。測定イメージを図 5.5.2.12 に示す。

(a) 測定装置

(i) 超音波探傷器

超音波探傷機は、菱電湘南エレクトロニクス社製デジタル超音波探傷器(UI-27)を用いた。その機能および性能は、JIS Z 3060(鋼溶接部の超音波探傷試験方法)附属書 A の規定を満足している。

(ii) 探触子

探触子は、周波数 5 MHz、公称直径が  $\phi 10$  mm のジルコンチタン酸亜鉛系磁器振動子(5Z10N)を用いた。探触子の性能は、JIS Z 3060 附属書 A の規定を満足している。

(iii) 接触媒質

接触媒質には、グリセリンペースト(ソニコート)を使用した。

(iv) 校正用対比試験片

校正用の対比試験片は、アンカー筋と同種の異形鉄筋(SA295A)を同程度の長さに切断したものをを用いて、音速の調整を行った。

(b) 測定方法

測定方法は、5-5-4-1 項に示す「超音波パルス反射法によるあと施工アンカーの埋込み長さの試験方法(案)」に準じて行った。探傷器での測定波形の例を図 5.5.2.13 に示す。

超音波探傷器により、鉄筋全体の長さを推定し、突出長さをスケールで測定して、その長さを差し引いて埋込み長さとした。

測定は超音波探傷の専門の技術者(JIS Z 2305 の UT レベル 2 資格保有者)が行った。

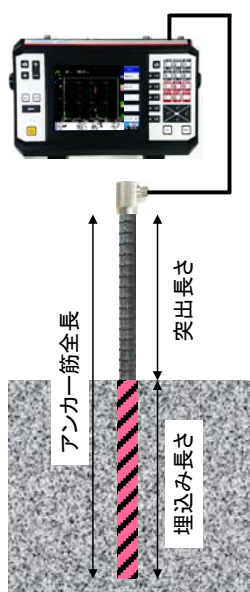


図 5.5.2.12 超音波パルス反射法による測定イメージ

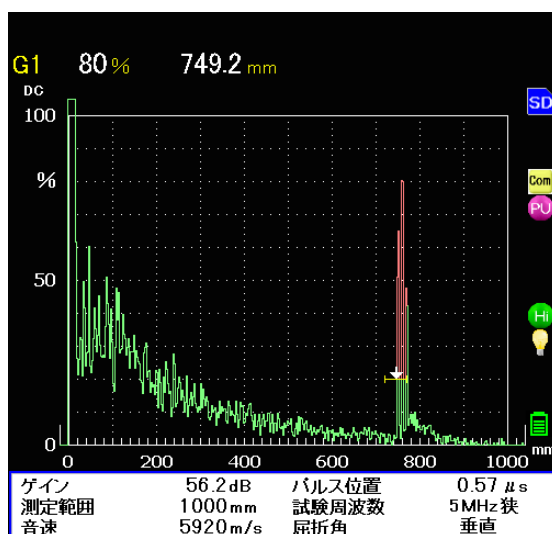


図 5.5.2.13 超音波探傷器の測定画像の例

3) 電磁波レーダ法

(a) 測定装置

測定装置は、通常は鉄筋探査に使用されている電磁波レーダ装置であり、本実験では、最も一般的に使用されている日本無線社製 NJJ-105 (電磁波の周波数 800 MHz) を使用した。

(b) 測定方法

図 5.5.2.14 に測定方法を示す。電磁波レーダ装置を鉄筋の上に沿って走査し、反射画像を評価する。

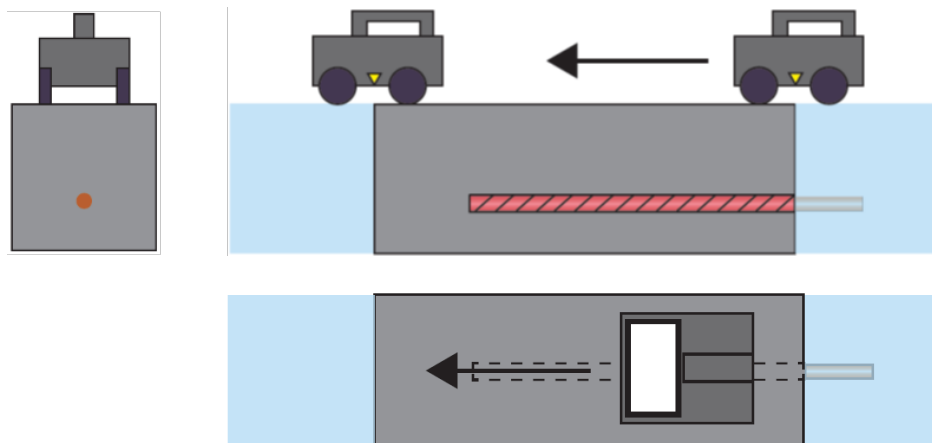


図 5.5.2.14 電磁波レーダ法の測定方法

5-5-2-3 実験結果

(1) 施工状態の違いによる接着剤の充填状況

施工状態の違いによる接着剤の充填状況を確認するため、今年度実施した実験での施工状態の水準での接着剤の充填状況を確認した。写真 5.5.2.4～写真 5.5.3.7 に接着剤の硬化後にコンクリートを割裂して充填状況を確認した状況を示す。



写真 5.5.2.4 接着材充填状況(正規施工)



写真 5.5.2.5 接着剤充填状況(ホットドッグ)



写真 5.5.2.6 接着剤充填状況(上向き樹脂量不足) 写真 5.5.2.7 接着材充填状況(清掃不良)

接着剤が充填している部分はコンクリートと一体化しているためアンカー筋や接着剤は確認できないが、ホットドッグでは接着剤はほとんどコンクリートに接着しておらず、コンクリートと接着剤間の空隙も多い。樹脂量不足の場合は、不足した部分では空隙が生じ付着していない状況が分かる。清掃不良の場合には、接着剤は充填しており空隙は生じていない。

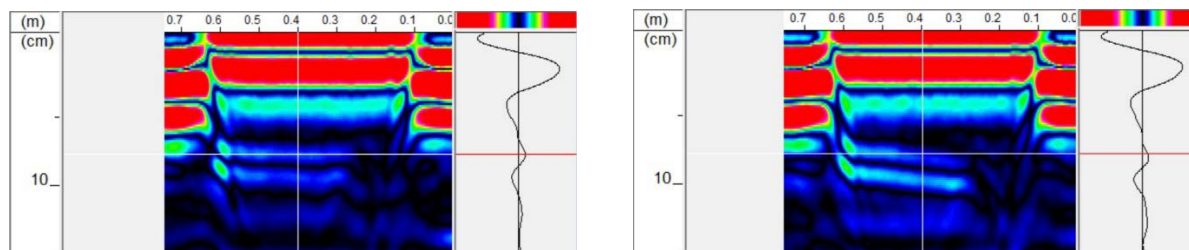
(2) 小型試験体による試験結果

1) 電磁波レーダ法

図 5.5.2.15～図 5.5.2.16 に各試験体の電磁波レーダ法によるレーダ画像を示す。

電磁波レーダ法による評価は、一般に BA モード波形と言われる深さ方向の断面画像と特定の水平位置の時間軸波形を確認することを行う。電磁波は、コンクリートより密度の大きい材料(鋼材など)で反射した場合には正の振幅をもつ反射画像が現れる。一方、空隙で反射した波形は負の振幅をもつ画像として現れる。したがって、あと施工アンカー位置での反射波形が正の振幅か負の振幅かを評価できれば鉄筋周辺の空隙を判断できる。

本実験においても充填部には正の位相の反射波が表れ、未充填部には負の位相の反射波が現れていることから、電磁波レーダの BA モード波形により評価が可能であることが分かる。ただし、この結果は鉄筋等の干渉のない、小型試験体での結果であることに留意が必要である。鉄筋の干渉を受ける実構造物における測定結果については、5-5-3 項において述べる。



(a) D13・正規施工・突出長さ 150 mm

(b) D13・正規施工・突出長さ 200 mm

図 5.5.2.15 電磁波レーダ法による反射画像(1/2)

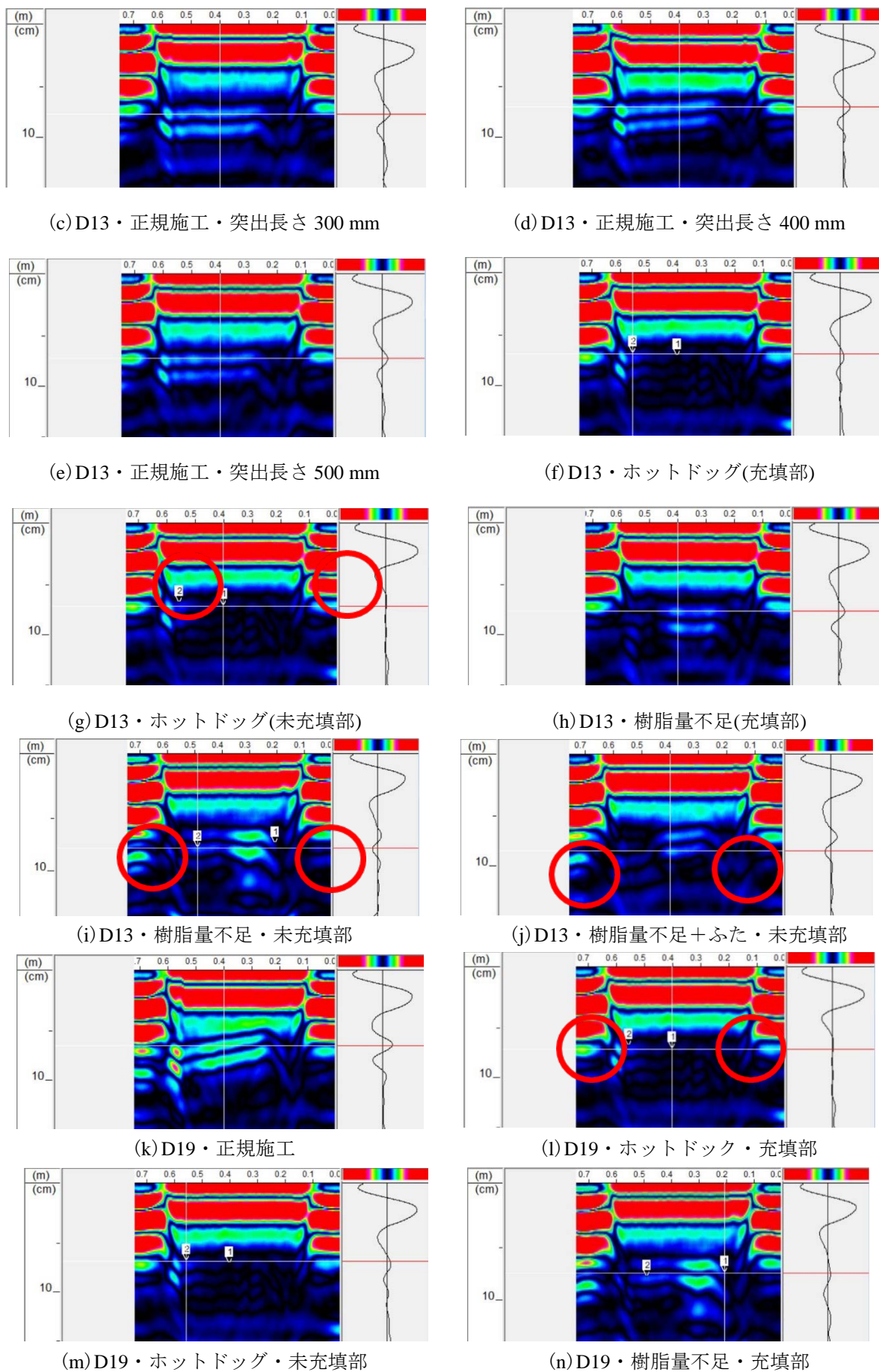


図 5.5.2.16 電磁波レーダ法による反射画像(2/2)

(3) コンクリート塊による実験

1) 電磁パルス法

電磁パルス法の適用性を確認するため、コンクリート塊試験体について測定を行った。測定結果の例として、図 5.5.2.17 に正規施工における時間軸波形、図 5.5.2.18 に正規施工における周波数軸波形、図 5.5.2.19 に充填不足+ふたの試験体に関する時間軸波形、図 5.5.2.20 に周波数軸波形を示す。

図の例では、時間軸波形では波形継続時間が増加しており、また周波数軸波形から最大のピーク周波数の低下、ピークの尖鋭化、ピーク数の増加などがみられる。このように、各試験体について各評価項目より評価した結果を以下に示す。なお、以下の評価結果は全て励磁コイルをアンカー筋先端に取り付けた場合について示している。

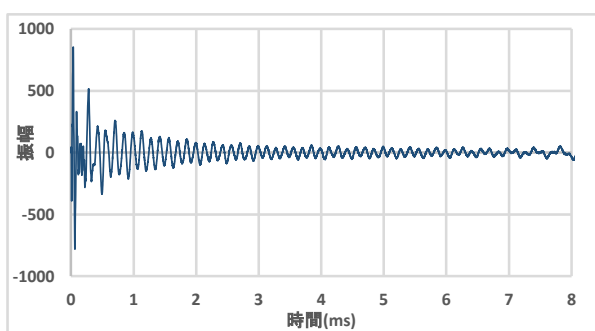


図 5.5.2.17 正規施工試験体の時間軸

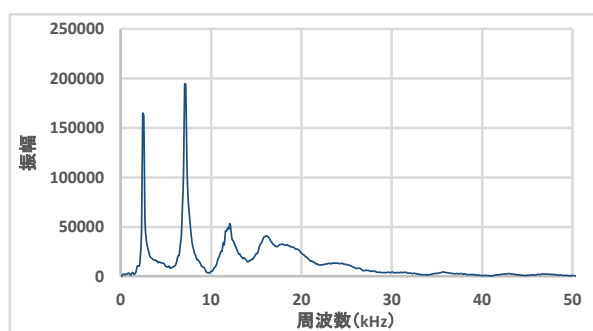


図 5.5.2.18 正規施工試験体周波数軸波形

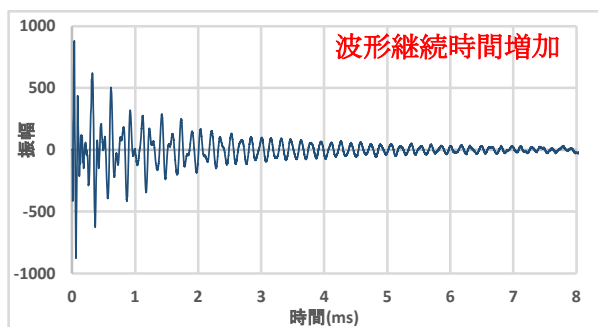


図 5.5.2.19 充填不足+ふた試験体時間軸波形

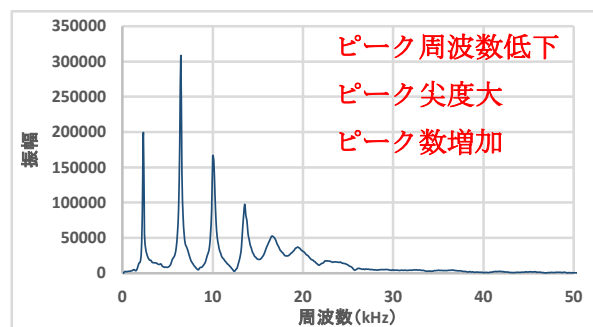


図 5.5.2.20 充填不足+ふた試験体周波数軸波形

図 5.5.2.21 以降に、電磁パルス法の各評価指標について、鉄筋径ごとの正規施工の測定結果と、施工不良の試験体の測定結果を示す。

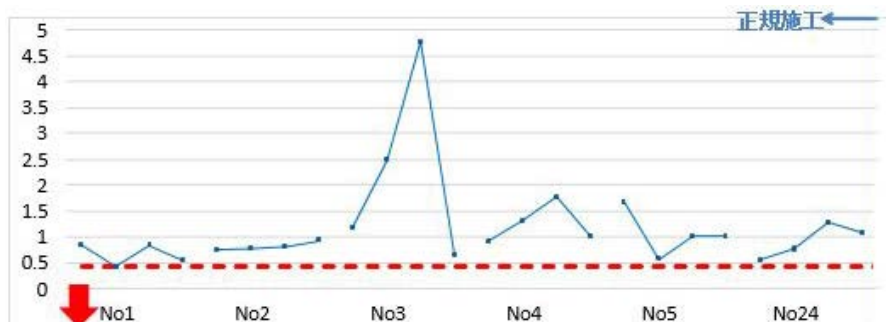


図 3.5.2.21 正規施工, D13, 波形エネルギー比

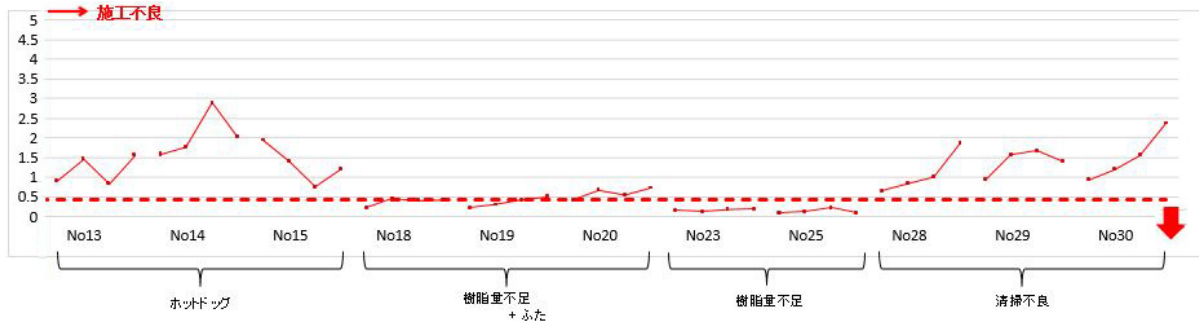


図 5.5.2.22 施工不良, D13, 波形エネルギー比

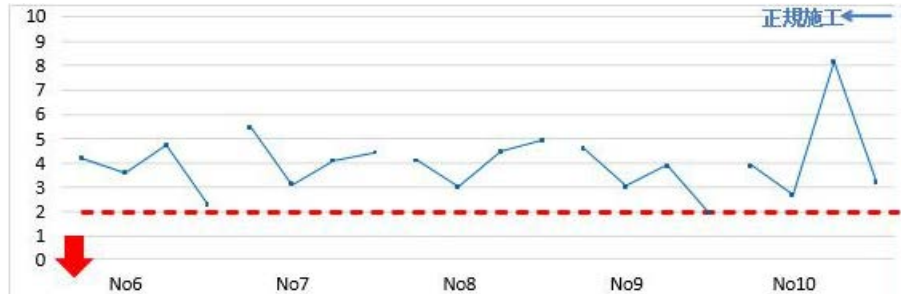


図 5.5.2.23 正規施工, D19, 波形エネルギー比

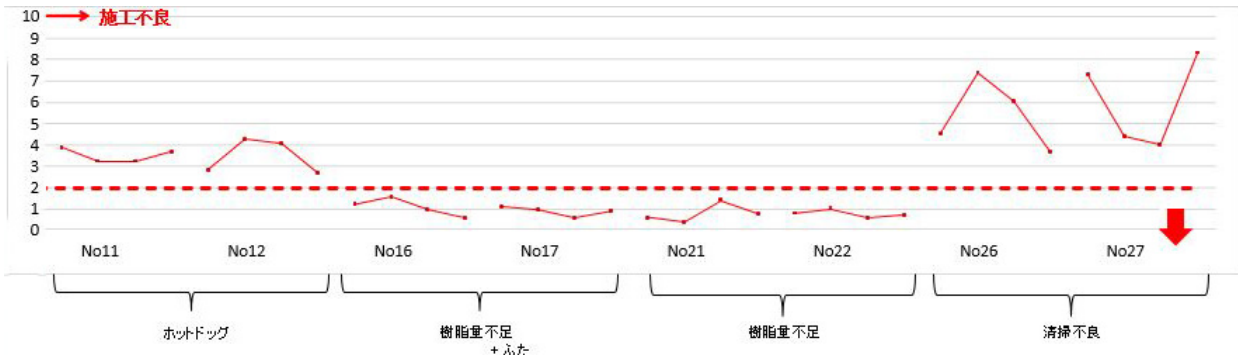


図 5.5.2.24 施工不良, D19, 波形エネルギー比

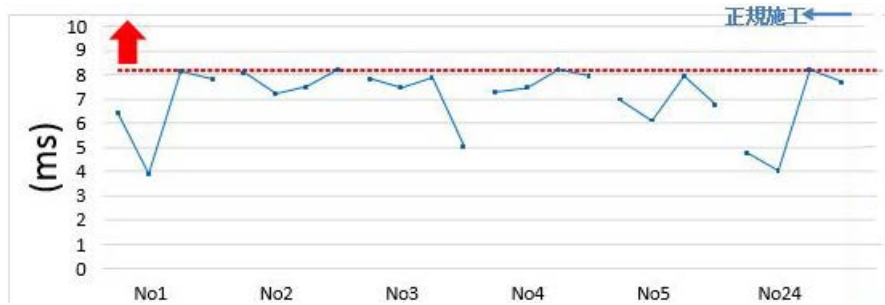


図 5.5.2.25 正規施工, D13, 波形継続時間(コンクリート側)

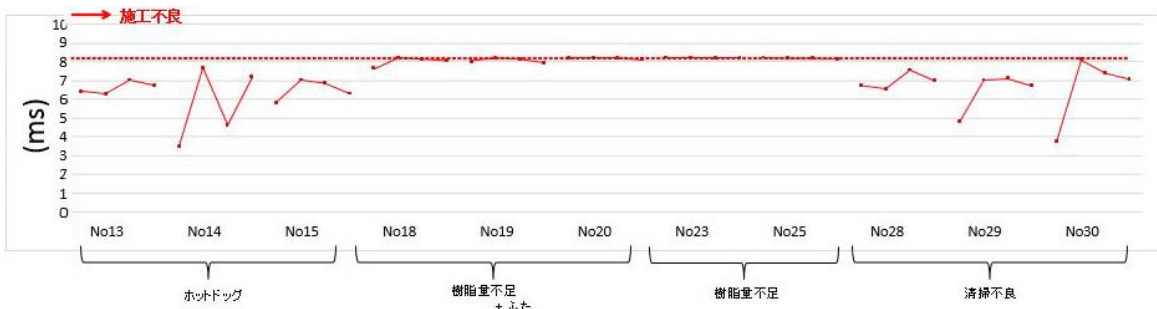


図 5.5.2.26 施工不良, D13, 波形継続時間(コンクリート側)

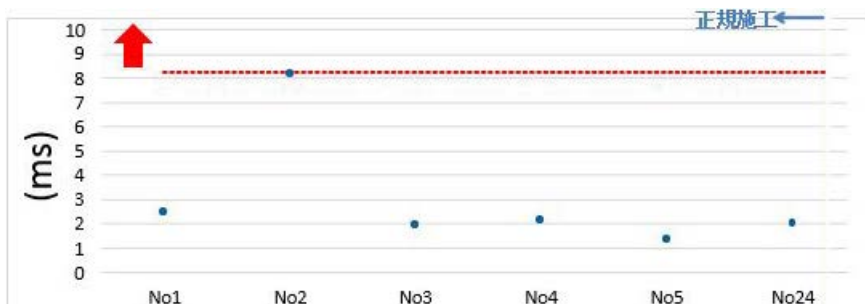


図 5.5.2.27 正規施工, D13, 波形継続時間(アンカー筋側)

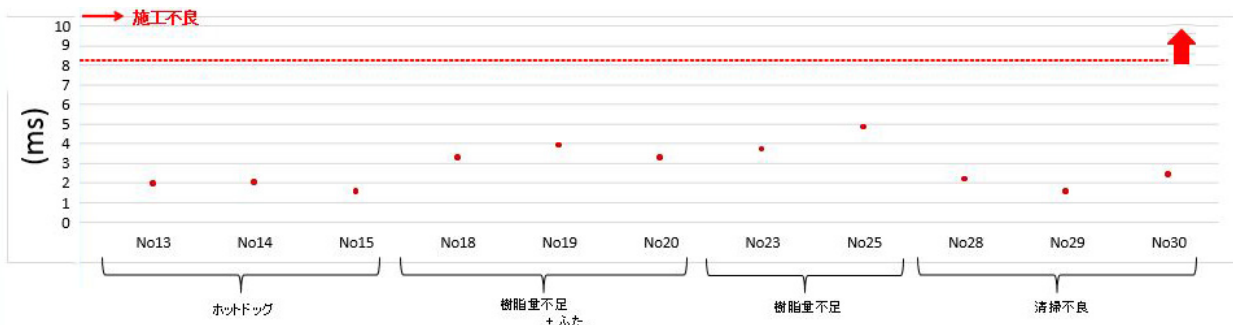


図 5.5.2.28 施工不良, D13, 波形継続時間(アンカー筋側)

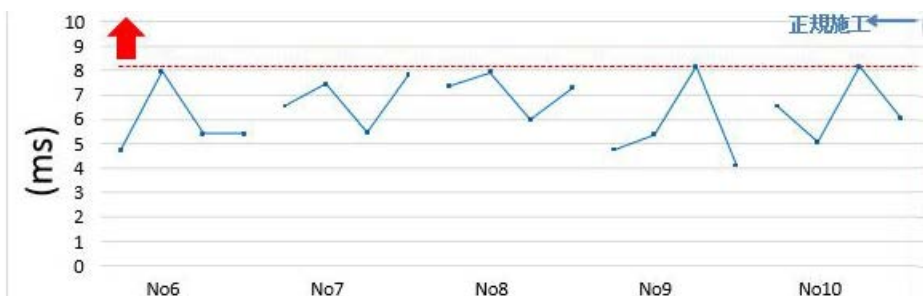


図 5.5.2.29 正規施工, D19, 波形継続時間(コンクリート側)

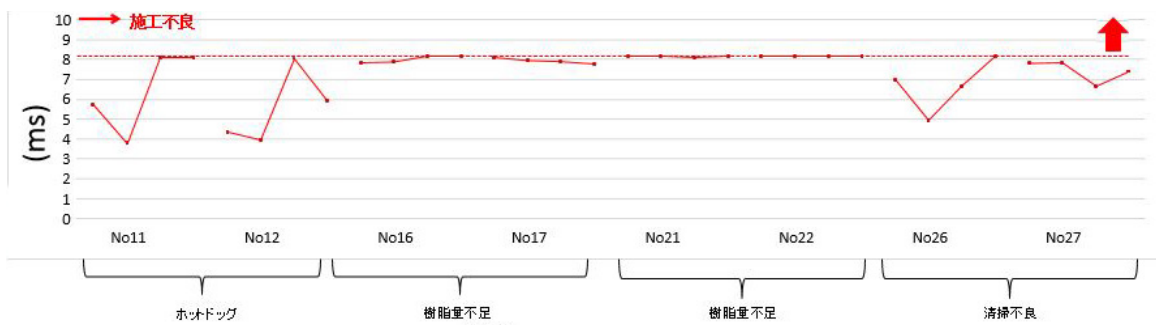


図 5.5.2.30 施工不良, D19, 波形継続時間(コンクリート側)

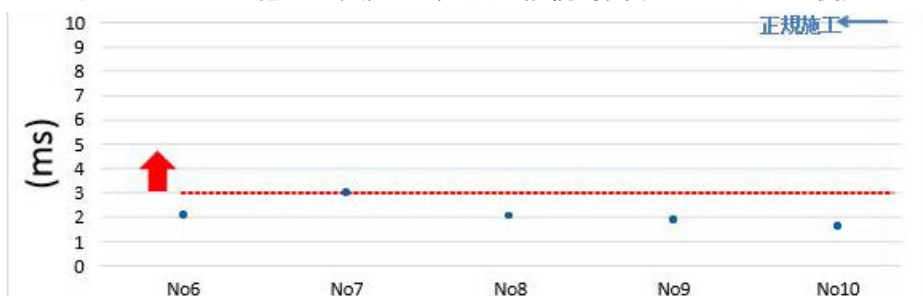


図 5.5.2.31 正規施工, D19, 波形継続時間(アンカー筋側)



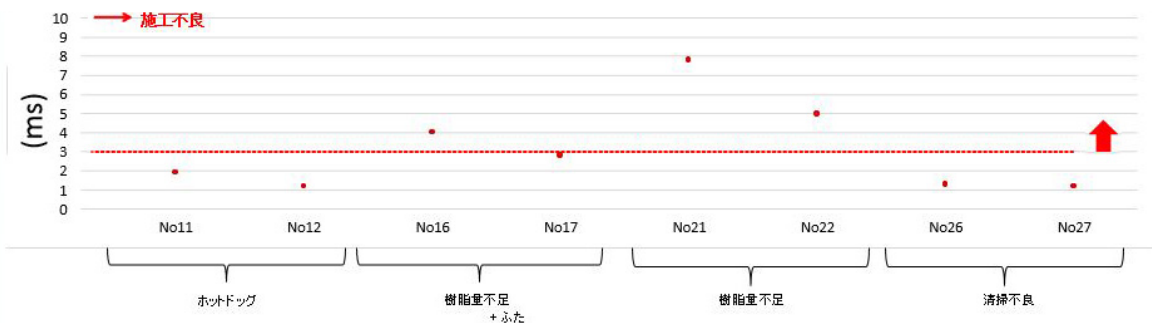


図 5.5.2.32 施工不良, D19, 波形継続時間(アンカー筋側)

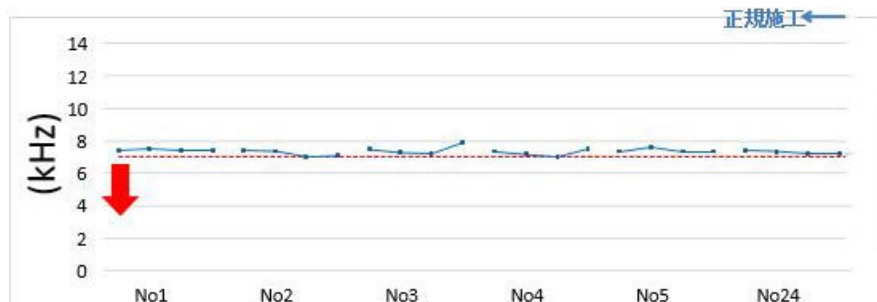


図 5.5.2.33 正規施工, D13, スペクトル重心周波数(コンクリート側)

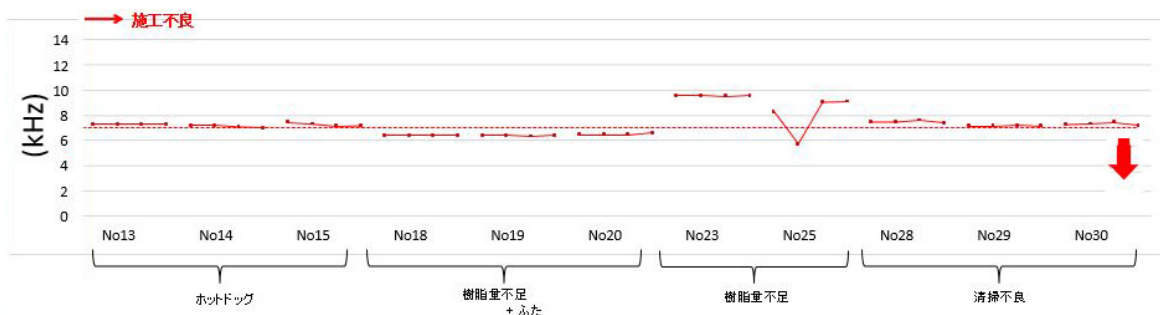


図 5.5.2.34 施工不良, D13, スペクトル重心周波数(コンクリート側)

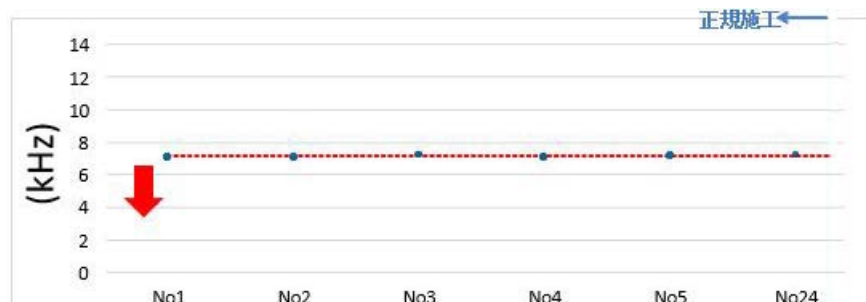


図 5.5.2.35 正規施工, D13, スペクトル重心周波数(アンカー筋側)

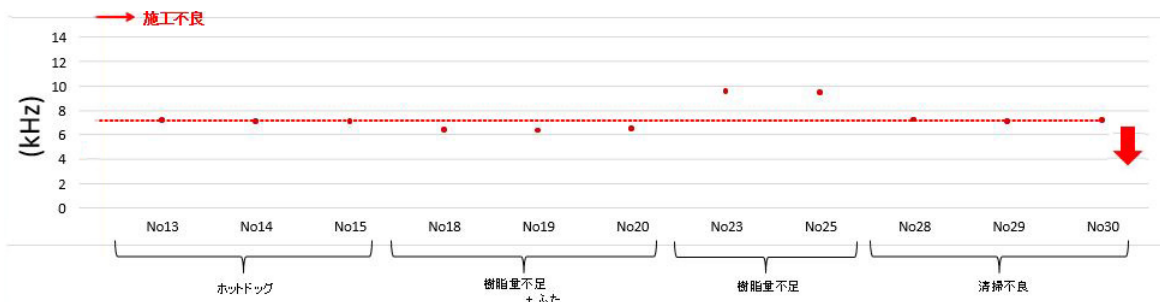


図 5.5.2.36 施工不良, D13, スペクトル重心周波数(アンカー筋側)

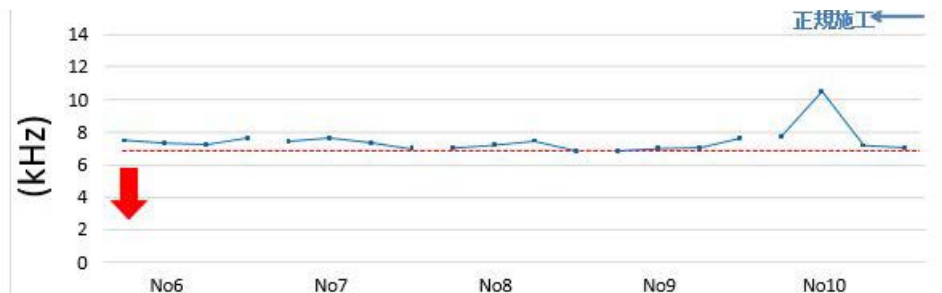


図 5.5.2.37 正規施工, D19, スペクトル重心周波数(コンクリート側)

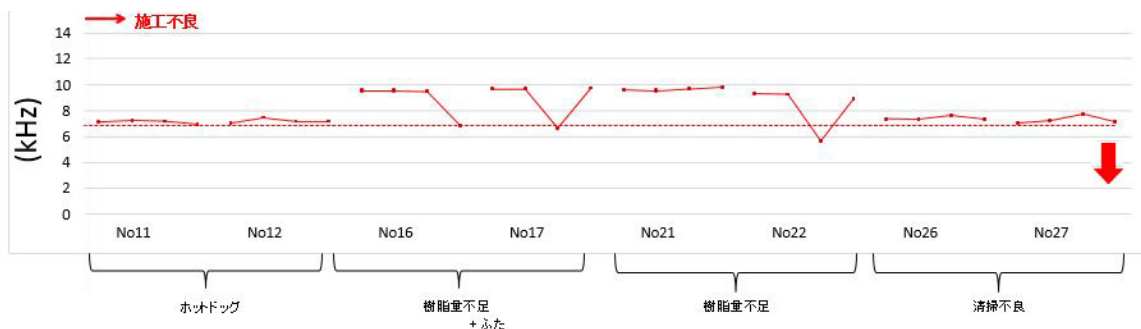


図 5.5.2.38 施工不良, D19, スペクトル重心周波数(コンクリート側)

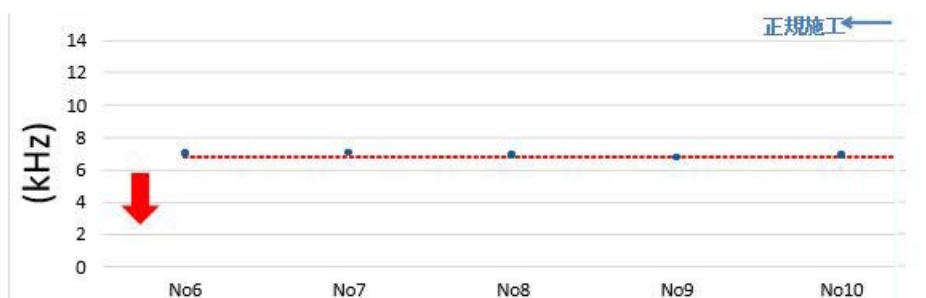


図 5.5.2.39 正規施工, D19, スペクトル重心周波数(アンカー筋側)

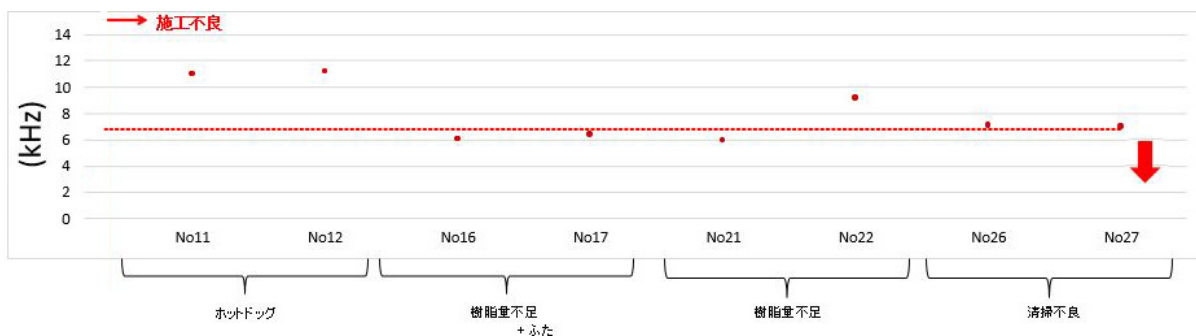


図 5.5.2.40 施工不良, D19, スペクトル重心周波数(アンカー筋側)

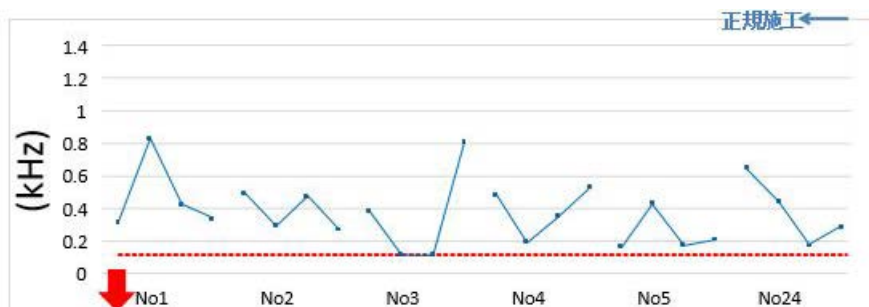


図 5.5.2.41 正規施工, D13, スペクトル標準偏差(コンクリート側)

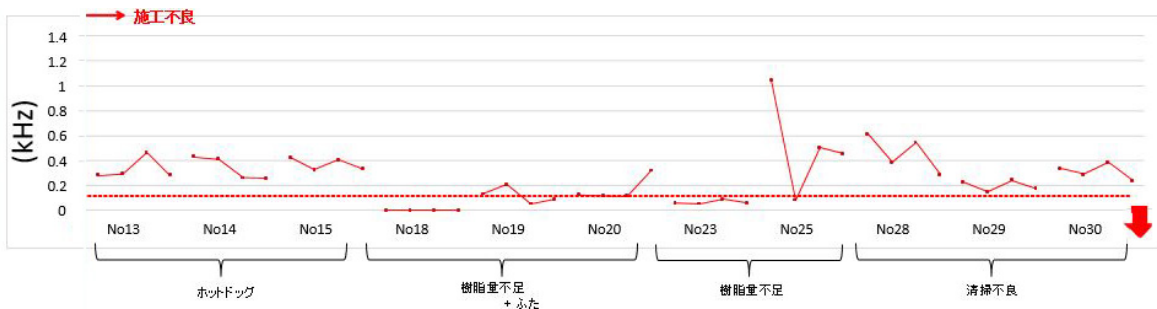


図 5.5.2.42 施工不良, D13, スペクトル標準偏差(コンクリート側)

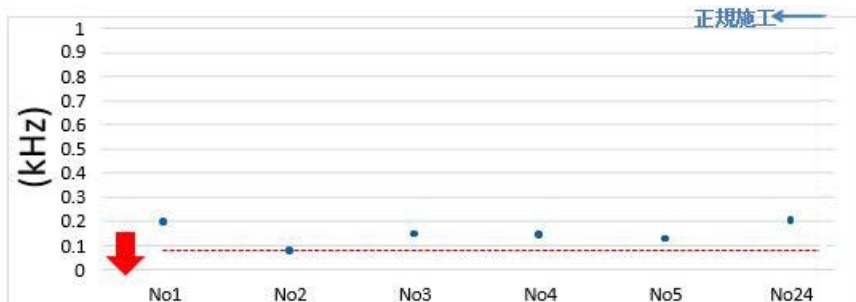


図 5.5.2.43 正規施工, D13, スペクトル標準偏差(アンカー筋側)

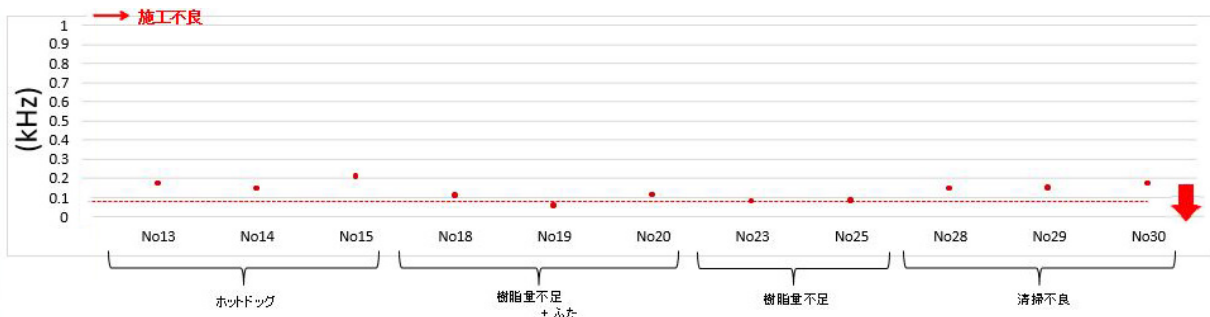


図 5.5.2.44 施工不良, D13, スペクトル標準偏差(アンカー筋側)



図 5.5.2.45 正規施工, D19, スペクトル標準偏差(コンクリート側)

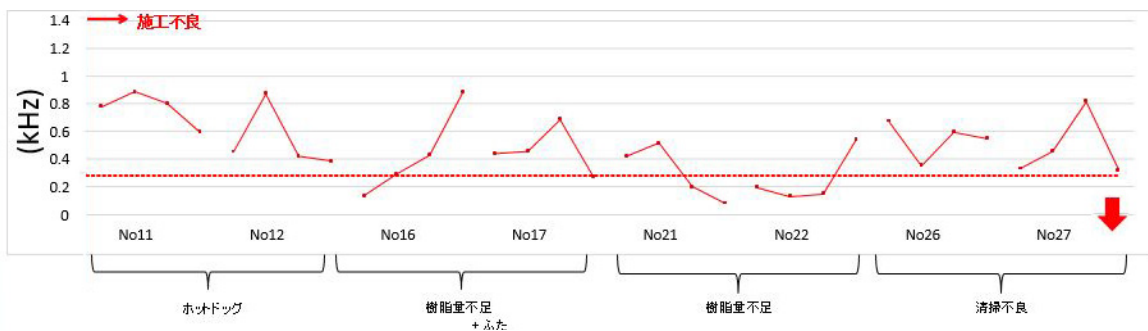


図 5.5.2.46 施工不良, D19, スペクトル標準偏差(コンクリート側)

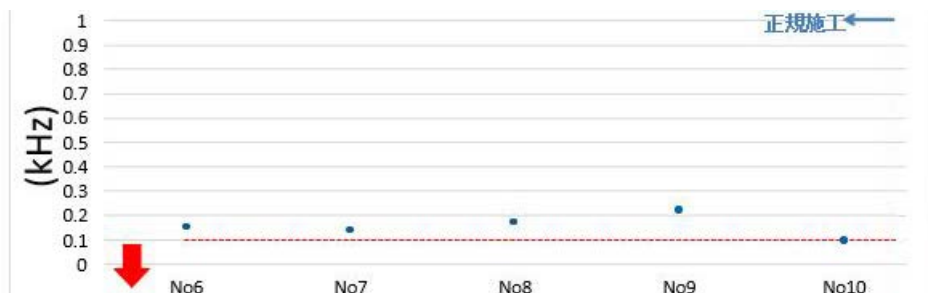


図 5.5.2.47 正規施工, D19, スペクトル標準偏差(アンカー筋側)

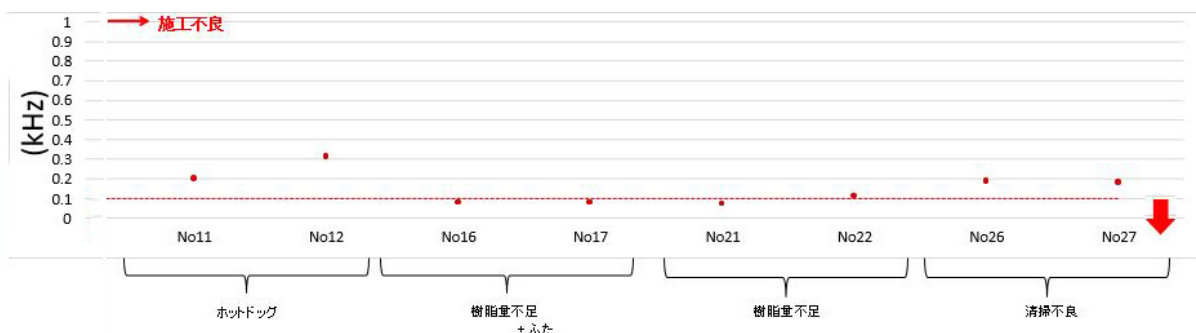


図 5.5.2.48 施工不良, D19, スペクトル標準偏差(アンカー筋側)

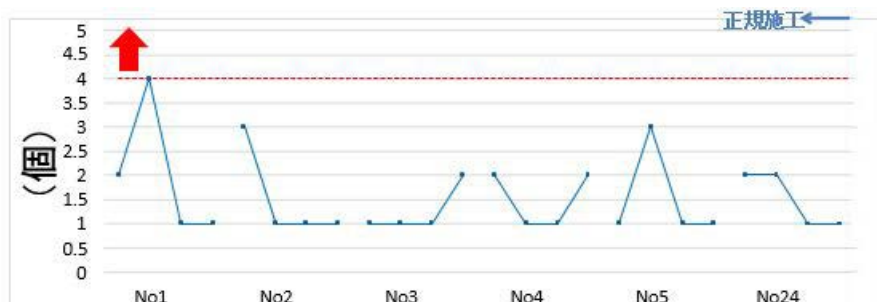


図 5.5.2.49 正規施工, D13, ピーク数(コンクリート側)

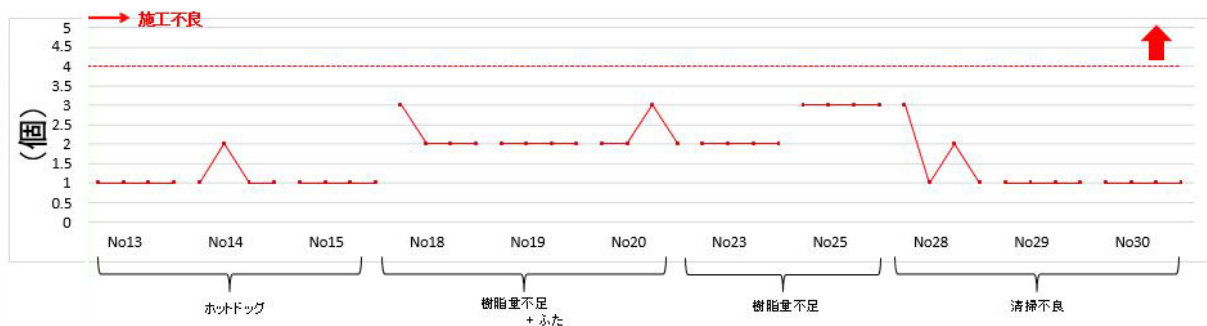


図 5.5.2.50 施工不良, D13, ピーク数(コンクリート側)

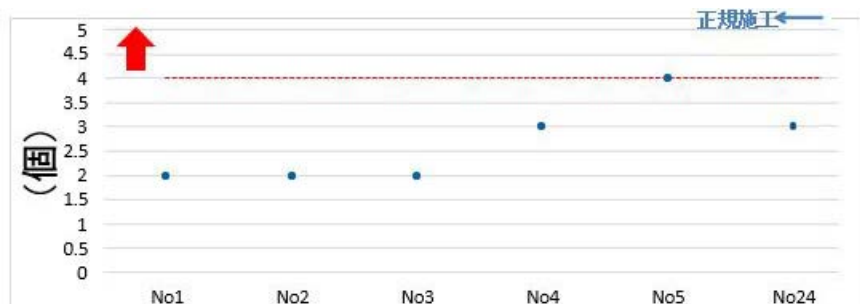


図 5.5.2.51 正規施工, D13, ピーク数(アンカー筋側)

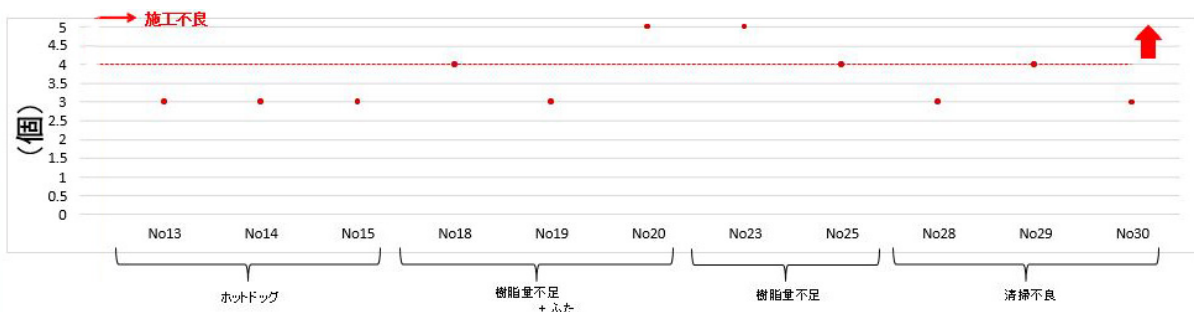


図 5.5.2.52 施工不良, D13, ピーク数(アンカー筋側)

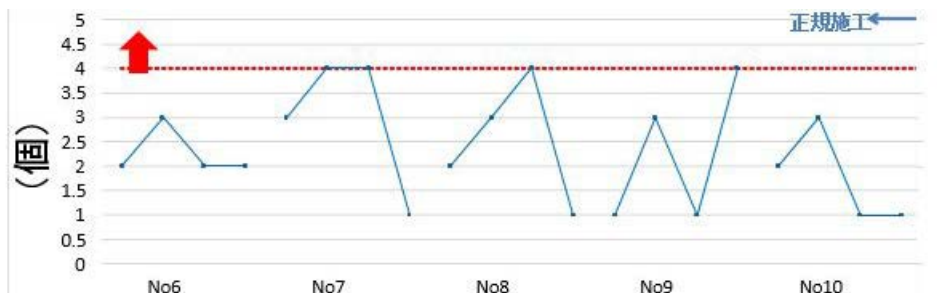


図 5.5.2.53 正規施工, D19, ピーク数(コンクリート側)

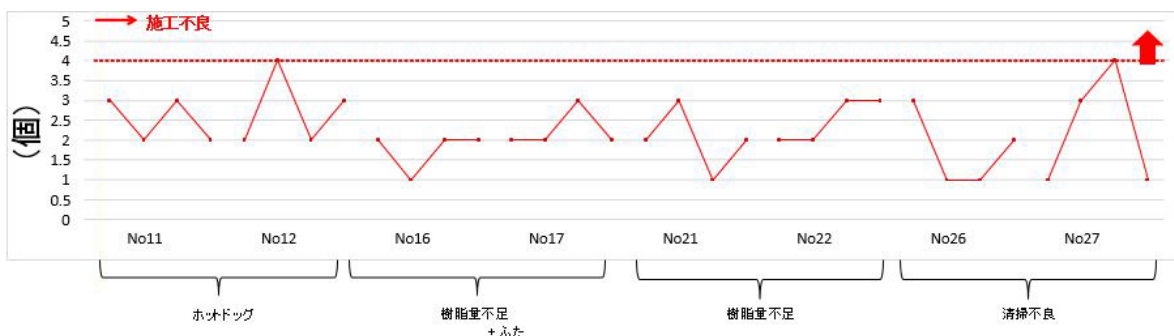


図 5.5.2.54 施工不良, D19, ピーク数(コンクリート側)

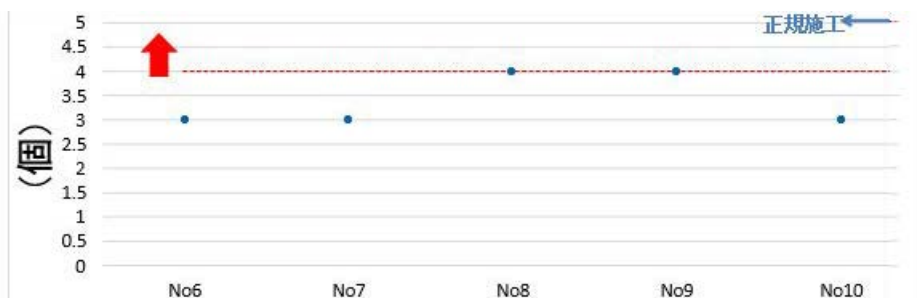


図 5.5.2.55 正規施工, D19, ピーク数(アンカー筋側)

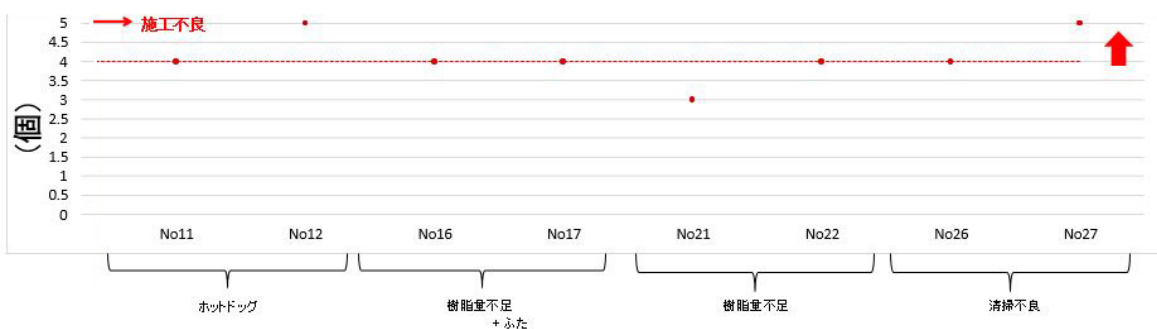


図 5.5.2.56 施工不良, D19, ピーク数(アンカー筋側)

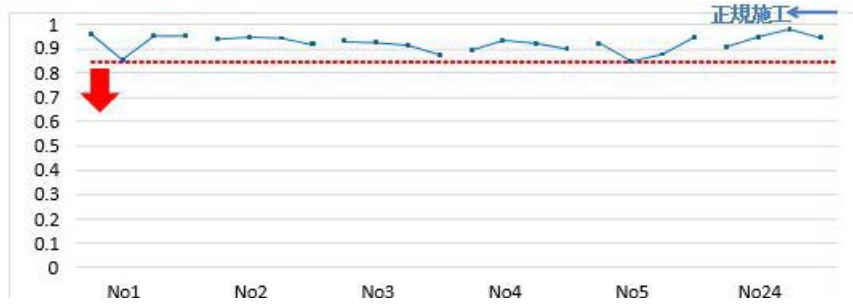


図 5.5.2.57 正規施工, D13, スペクトル相関係数(コンクリート側)

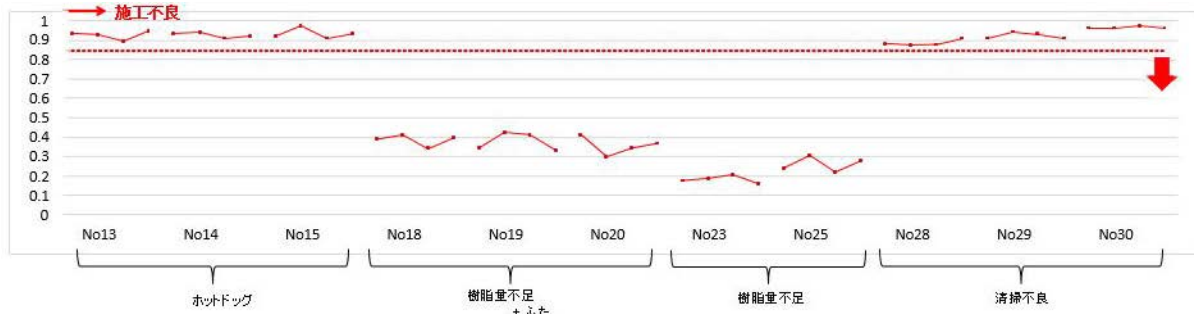


図 5.5.2.58 施工不良, D13, スペクトル相関係数(コンクリート側)

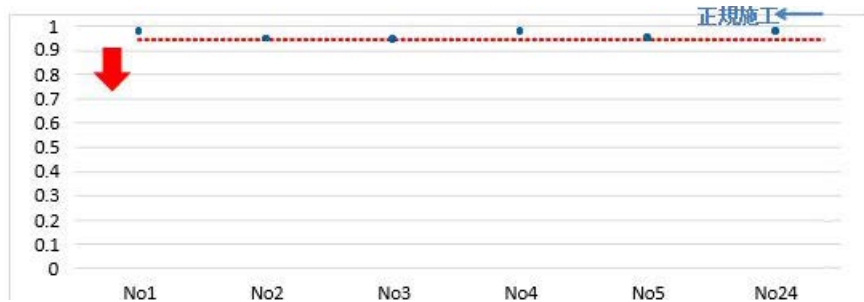


図 5.5.2.59 正規施工, D13, スペクトル相関係数(アンカー筋側)

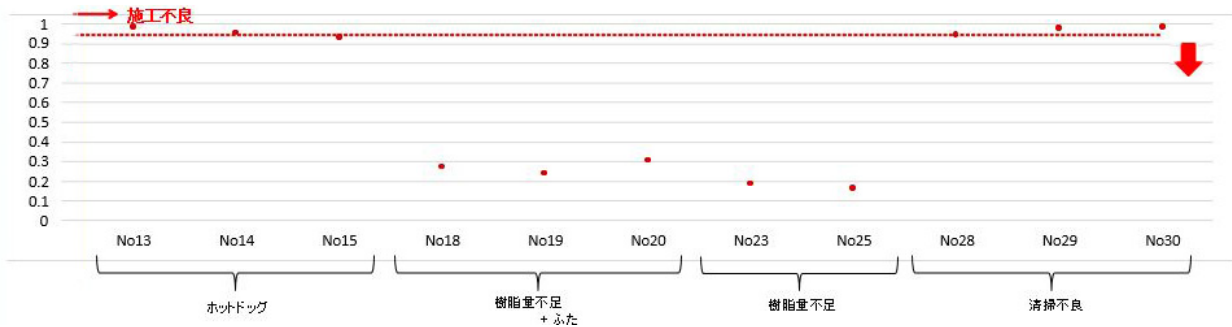


図 5.5.2.60 施工不良, D13, スペクトル相関係数(アンカー筋側)



図 5.5.2.61 正規施工, D19, スペクトル相関係数(コンクリート側)

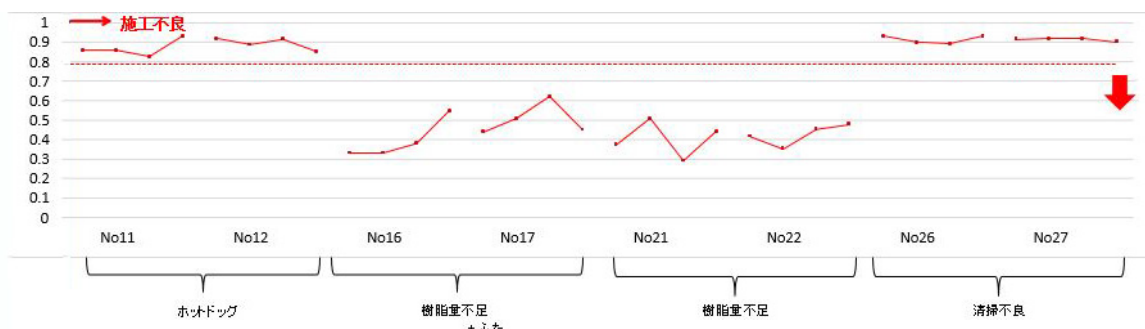


図 5.5.2.62 施工不良, D19, スペクトル相関係数(コンクリート側)

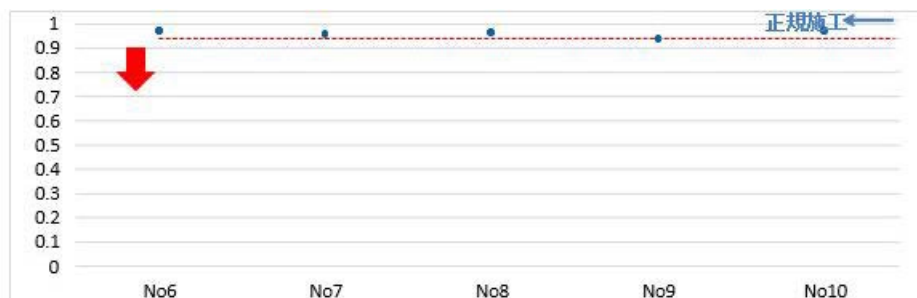


図 5.5.2.63 正規施工, D19, スペクトル相関係数(アンカー筋側)

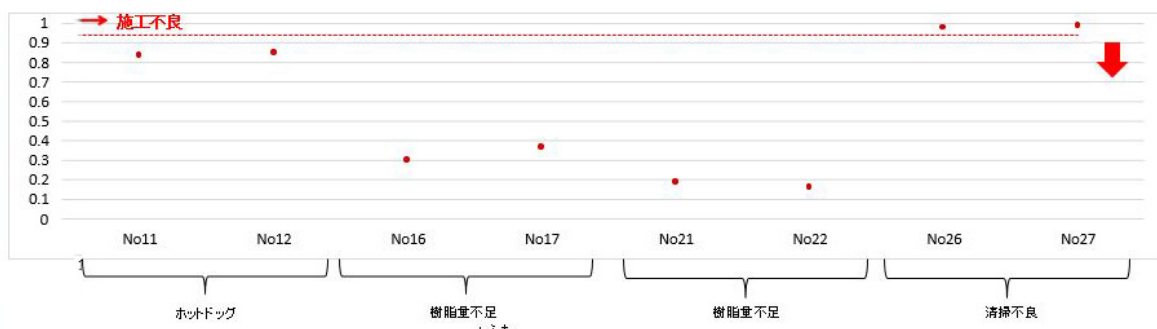


図 5.5.2.64 施工不良, D19, スペクトル相関係数(アンカー筋側)

図 5.5.2.65～図 5.5.2.67 にこれらの評価指標ごとの NG ポイントを集計した図を示す。図は、電磁パルスを導入する励磁コイルをアンカー筋の頂部，中央，底部にセットした場合に分けた図である。

励磁コイルの位置としては、アンカー筋の突出部の中央付近にセットするのが、最も施工不良に対する感度が高いことが分かる。したがって、励磁コイルの設置位置はアンカー筋の突出部の中央付近とすることにした。

NG ポイントについては、樹脂量不足や樹脂量不足にふたをした場合には、明瞭にポイントの累積値として検出できている。コンクリート中での固定度が緩くなることや見かけ上の突出長さが変わるため、アンカー筋の振動性状やコンクリートへの伝播の変化に現れやすいと推測される。ホットドッグおよび清掃不良については、相対的に感度は低くなっている。NG ポイントの合計値で 5～10 の範囲ぐらいにあるが、施工不良の状態を一定にするのが難しいこと、特にホットドッグでは樹脂量が多めになってしまったことなどから、比較的施工が良好な状態であったことも考えられる。

施工不良の判断をする場合の閾値としては、樹脂量不足など、明瞭に耐力が低下するというものを排除するには 10 ポイント程度、施工の状況が懸念されるものを安全側に把握するような

場合には3~5ポイント程度が適当であると考えられる。

今後の検討として、各指標の感度と施工の状況の要因分析、評価指標の追加、アンカー筋の突出長さや母材の条件を変えた場合の件等などにより、閾値の検討を進めることなど考えられる。なお、実構造物での評価結果については、次項に述べる。

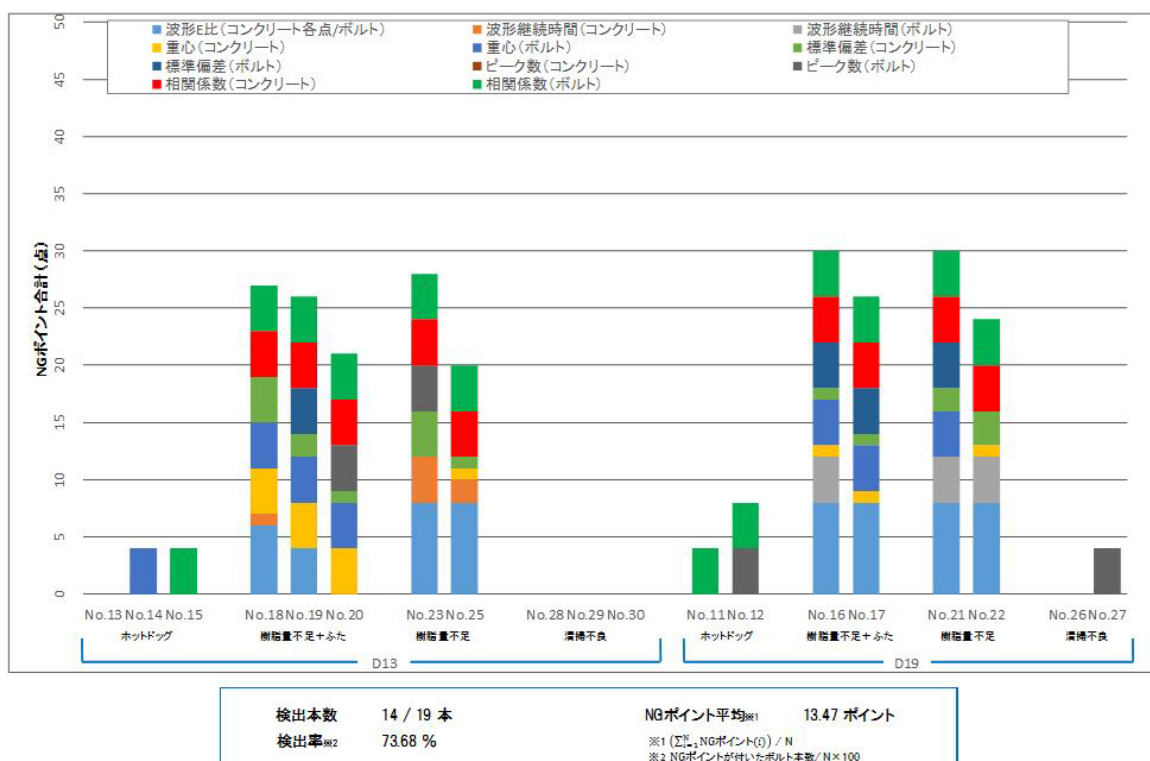


図 5.5.2.65 コンクリート塊試験体での NG ポイント合計値(コイル位置 : アンカー筋先端)

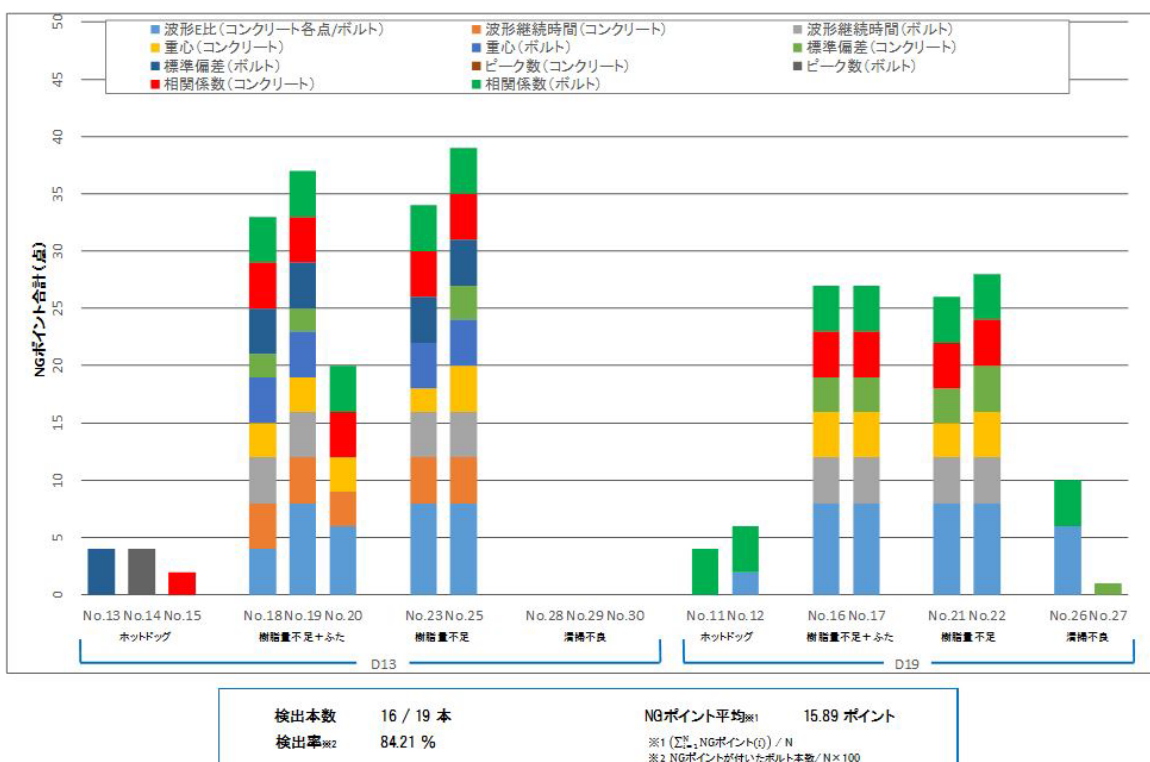


図 5.5.2.66 コンクリート塊試験体での NG ポイント合計値(コイル位置 : アンカー筋中央部)



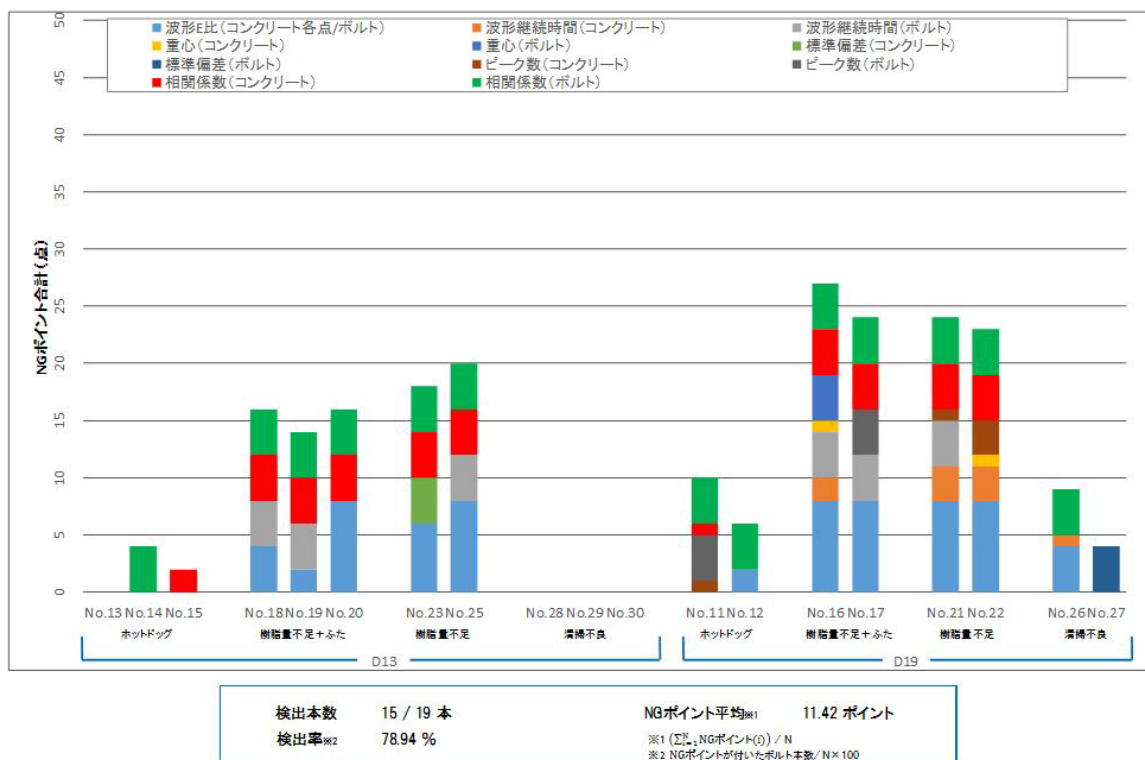


図 5.5.2.67 コンクリート塊試験体での NG ポイント合計値 (コイル位置：アンカー筋根元部)

## 2) 超音波パルス反射法によるアンカー筋の埋込み長さの測定

超音波パルス反射法による鉄筋の埋込み長さの測定結果を表 5.5.2.7 に示す。また、測定結果から、実際の埋め込み長さとの測定誤差を整理したものを表 5.5.2.8 に示す。

埋め込み長さの測定精度は、アンカー筋の端部の状態が良好な今回の実験のような条件、測定手順であれば、鉄筋径によらず非常に精度良く測定されており、平均的には±1%以内、最大でも±2%の範囲内におさまっている。また誤差の平均値もほぼ0であり、どちらかにずれていることもない。したがって、埋込み長さの検査として十分な精度を有していると判断できる。埋め込み長さの相違をどの程度許容するのかの議論は必要であるが、測定誤差を考慮しても設計値の-5%程度を閾値とすることは問題ないと思われる。

鉄筋端部の直角度については、昨年度の検討で±10度程度の傾きであれば測定が出来ることは確認されているが、どの程度まで許容されるのか、またその時の影響度などについてもさらに検討が必要である。

今後の課題としては、測定者の技能の確保、確認の問題 (UT 技術者以外でも実施できるか)、鉄筋端部の角度などの影響が挙げられる。

表 5.5.2.7 超音波パルス反射法による埋込み長さの測定結果

| 鉄筋径   | 鉄筋全長 (mm) | 測定長さ (mm) | 埋込み長さ (mm) | 誤差(mm) (測定値-全長) | 誤差(%) (全長に対する) | 誤差(%) (埋込み長さに対する) |
|-------|-----------|-----------|------------|-----------------|----------------|-------------------|
| D13   | 748.0     | 751.1     | 258.0      | 3.1             | 0.41           | 1.20              |
|       | 746.0     | 748.1     | 259.0      | 2.1             | 0.28           | 0.81              |
|       | 748.0     | 746.3     | 258.0      | -1.7            | -0.23          | -0.66             |
|       | 752.0     | 751.5     | 256.0      | -0.5            | -0.07          | -0.20             |
|       | 748.0     | 748.9     | 257.0      | 0.9             | 0.12           | 0.35              |
|       | 749.0     | 749.2     | 258.0      | 0.2             | 0.03           | 0.08              |
|       | 753.0     | 750.3     | 258.0      | -2.7            | -0.36          | -1.05             |
|       | 751.0     | 750.0     | 258.0      | -1.0            | -0.13          | -0.39             |
|       | 748.0     | 750.8     | 256.0      | 2.8             | 0.37           | 1.09              |
|       | 748.0     | 749.9     | 256.0      | 1.9             | 0.25           | 0.74              |
|       | 749.0     | 750.1     | 258.0      | 1.1             | 0.15           | 0.43              |
|       | 748.0     | 749.1     | 256.0      | 1.1             | 0.15           | 0.43              |
|       | 750.0     | 750.3     | 258.0      | 0.3             | 0.04           | 0.12              |
|       | 750.0     | 748.4     | 258.0      | -1.6            | -0.21          | -0.62             |
|       | 756.0     | 751.8     | 256.0      | -4.2            | -0.56          | -1.64             |
| 751.0 | 750.5     | 258.0     | -0.5       | -0.07           | -0.19          |                   |
| D19   | 752.0     | 749.5     | 252.0      | -2.5            | -0.33          | -0.99             |
|       | 751.0     | 748.9     | 250.0      | -2.1            | -0.28          | -0.84             |
|       | 748.0     | 748.0     | 251.0      | 0.0             | 0.00           | 0.00              |
|       | 748.0     | 745.6     | 253.0      | -2.4            | -0.32          | -0.95             |
|       | 748.0     | 746.8     | 253.0      | -1.2            | -0.16          | -0.47             |
|       | 751.0     | 750.2     | 253.0      | -0.8            | -0.11          | -0.32             |
|       | 746.0     | 746.1     | 251.0      | 0.1             | 0.01           | 0.04              |
|       | 749.0     | 748.3     | 250.0      | -0.7            | -0.09          | -0.28             |
|       | 744.0     | 746.1     | 250.0      | 2.1             | 0.28           | 0.84              |
|       | 746.0     | 748.7     | 250.0      | 2.7             | 0.36           | 1.08              |
|       | 752.0     | 751.6     | 250.0      | -0.4            | -0.05          | -0.16             |
|       | 746.0     | 747.5     | 251.0      | 1.5             | 0.20           | 0.60              |
|       | 744.0     | 748.5     | 248.0      | 4.5             | 0.60           | 1.81              |

表 5.5.2.8 超音波パルス反射法による測定誤差(埋込み長さに対する誤差)

| アンカー筋 | 誤差の平均 (%) | 二乗平均誤差 (%) | 誤差の最大値 (%) | 誤差の最小値 (%) |
|-------|-----------|------------|------------|------------|
| D13   | 0.03      | 0.76       | 1.20       | -1.64      |
| D19   | 0.03      | 0.81       | 1.81       | -0.99      |
| 全体    | 0.03      | 0.78       | 1.81       | -1.64      |

### 5-5-3 実構造物における適用性の検証

#### 3-5-3-1 検討目的・概要

小型試験体およびコンクリート塊による実験では、配筋や部材寸法の影響、狭小部や測定方向の影響などを確認することができなかつたため、実構造物において電磁パルス法および電磁波レーダ法の適用性の検証を行った。

検証実験は、UR 清瀬旭が丘団地職員住宅において、各種の施工状態を模擬して施工したあと施工アンカーを対象とした。検証した測定方法は、接着剤の充填状況として電磁パルス法および電磁波レーダ法を適用した。また、一部の鉄筋について、引張試験を行い、引張試験による評価の可否について検討を行った。

#### 5-5-3-2 実験概要

##### (1) 対象構造物

対象構造物は、UR 清瀬旭が丘団地職員住宅の 202 号室(下向き施工)および 302 号室(上向き施工・横向き施工)とした。アンカー筋の施工位置図を図 5.5.3.1 に示す。上向き施工および下向き

施工は壁梁に対して施工し、横向き施工は壁に対して施工した。施工した壁梁および壁の幅は設計図書上で180mmである。それぞれ20~30mm厚程度のモルタル仕上げ施工されていた。

(2) 施工状況

アンカー筋の施工は、2018年1月5日に実施した。アンカー筋の施工水準を、表5.5.3.1に示す。下向き施工の6本については、非破壊試験終了後、引張試験を行い、強度および剛性等の確認を行った。また、アンカー筋の施工後の状況を写真5.5.3.1、写真5.5.3.2および写真5.5.3.3に示す。

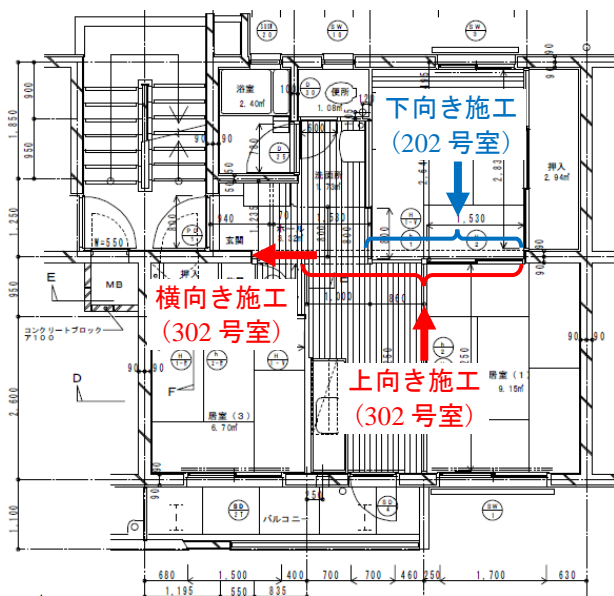


図 5.5.3.1 実構造物検証実験の施工位置図

表 5.5.3.1 実構造物におけるアンカーの施工水準

| No. | 施工の向き | 施工部材 | 施工状況           | 突出長さ (mm) | 備考       |
|-----|-------|------|----------------|-----------|----------|
| 1   | 上向き   | 壁梁   | 正規施工           | 500       |          |
| 2   | 上向き   | 壁梁   | 樹脂量不足(先端部のみ充填) | 500       |          |
| 3   | 上向き   | 壁梁   | 樹脂量不足+手前のみ     | 500       |          |
| 4   | 上向き   | 壁梁   | ホットドック         | 500       |          |
| 5   | 上向き   | 壁梁   | 清掃不良           | 500       |          |
| 6   | 上向き   | 壁梁   | 正規施工           | 200       |          |
| 7   | 上向き   | 壁梁   | 樹脂量不足(先端部のみ充填) | 200       |          |
| 8   | 上向き   | 壁梁   | 樹脂量不足+手前のみ     | 200       |          |
| 9   | 上向き   | 壁梁   | ホットドック         | 200       |          |
| 10  | 上向き   | 壁梁   | 清掃不良           | 200       |          |
| 11  | 上向き   | 壁梁   | 正規施工           | 500       |          |
| 12  | 上向き   | 壁梁   | 正規施工           | 500       |          |
| 13  | 上向き   | 壁梁   | 正規施工           | 200       |          |
| 14  | 上向き   | 壁梁   | 正規施工           | 200       |          |
| 15  | 横向き   | 耐力壁  | 正規施工           | 500       |          |
| 16  | 横向き   | 耐力壁  | 樹脂量不足(先端部のみ充填) | 500       |          |
| 17  | 横向き   | 耐力壁  | 樹脂量不足+手前のみ     | 500       |          |
| 18  | 横向き   | 耐力壁  | ホットドック         | 500       |          |
| 19  | 横向き   | 耐力壁  | 清掃不良           | 500       |          |
| 20  | 下向き   | 壁梁   | 正規施工           | 500       |          |
| 21  | 下向き   | 壁梁   | 正規施工           | 500       |          |
| 22  | 下向き   | 壁梁   | 正規施工           | 500       |          |
| 23  | 下向き   | 壁梁   | ホットドック         | 500       | 測定後に引張試験 |
| 24  | 下向き   | 壁梁   | ホットドック         | 500       |          |
| 25  | 下向き   | 壁梁   | ホットドック         | 500       |          |

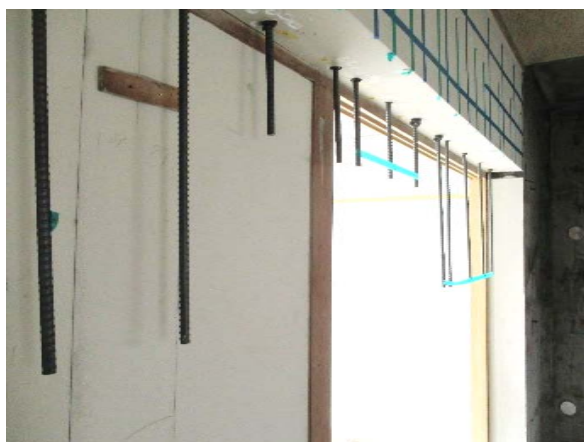


写真 5.5.3.1 施工状況(302号室壁梁・上向き)



写真 5.5.3.2 施工状況(302号室壁・横向き)



写真 5.5.3.3 施工状況(202号室壁梁・下向き)

### (3)測定方法

実構造物での測定は、電磁パルス法、電磁波レーダ法による接着剤の充填状況の評価に関する実験を行った。測定方法の詳細は前項に示したとおりである。電磁波レーダ法の装置には、前出の日本無線社製 NJJ-105B のほか、ストラクチャスキャン SIR-EZ を用いた。

引張試験は、下向き施工されたアンカー筋(水準 No.20~25)に対して、市販の引張試験装置(サンコーテクノ社製 AT-200)で拘束状態で引張試験を行った。載荷した荷重は、最大で鉄筋の降伏荷重(約 40kN)より若干小さい程度まで載荷し、荷重と抜け出しの変位を記録した。

### (4)測定結果

#### 1)電磁パルス法

図 5.5.3.2~図 5.5.3.4 に測定したアンカー筋ごとの NG ポイントを示す。図は励磁コイルの設置位置をアンカー筋突出部の頂部、中央部、根元付近に設置した場合の図を比較している。

前項に示したコンクリート塊試験体と同様に施工に問題がある場合には NG ポイントとして現れ、上向きおよび横向き施工では、樹脂量不足では 20 ポイント以上、ホットドッグでは 15 ~20 ポイントとなっている。清掃不良の場合は 5~15 ポイント程度の値になっている。下向き

施工では、ホットドッグが、3～10ポイント程度と小さい値となっている。

下向き施工については、母材となったコンクリートの床面の凹凸が大きく、センサが適切に接着していなかった可能性もある。また、清掃不良の場合は、樹脂の充填性には問題がない場合が多く、既往の実験結果<sup>5.12)</sup>などから見ても、付着強度の低下もそれほど大きくない傾向にある。したがって、検出の感度としては低くなっていると考えられる。ホットドッグについても同様に、施工によって大きくばらつきが生じるため、評価もばらつくことが考えられる。また、評価の閾値を下げた場合、施工に問題のないアンカー筋を間違えて評価する可能性も高くなり、過度に評価の基準を下げるのは問題が生じる。

以上のことおよびコンクリート塊での実験結果も踏まえ、NGポイントによる閾値を考えると、10ポイント程度を標準とし、より安全側の評価を行いたい場合などは、5ポイント程度に設定するのが現時点での適当な値であると考えられる。今後、データの蓄積によって新たな評価指標の設定や、各評価指標に対する重み付けの考え方などに関する知見が明らかになってくれば、NGポイントの閾値は見直されるべきと考える。

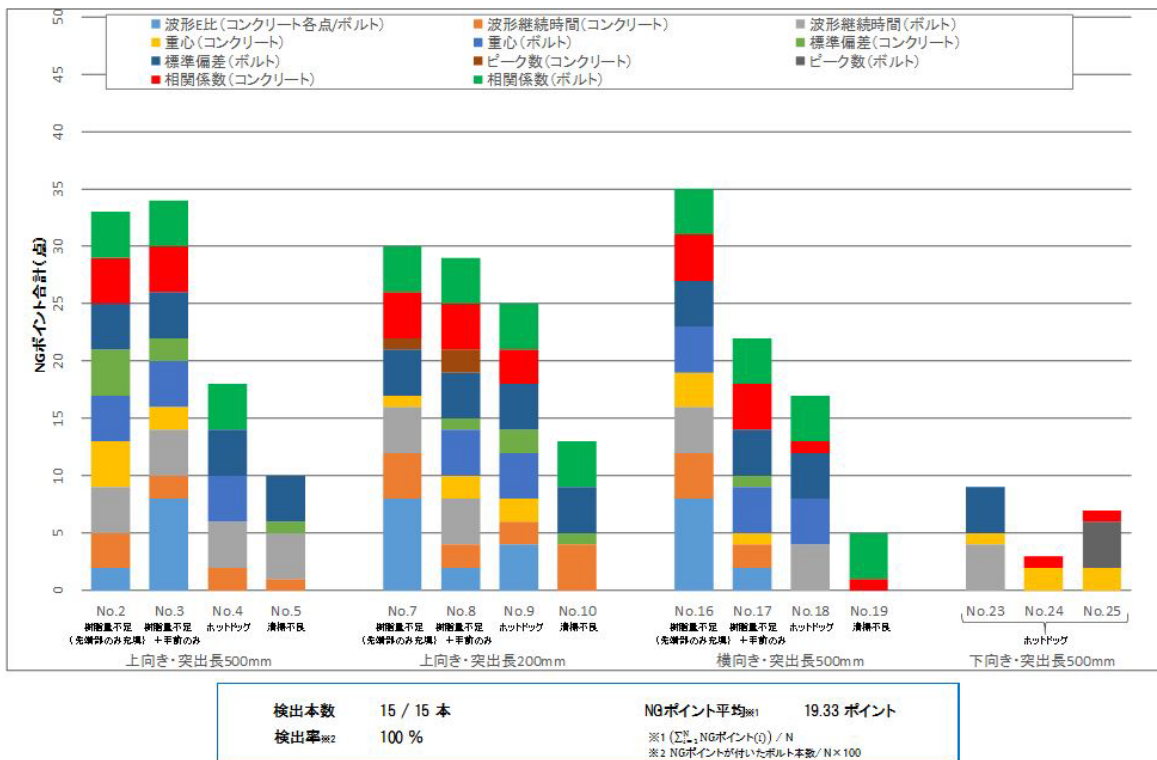


図 5.5.3.2 実構造物での NG ポイント合計値(コイル位置：アンカー筋頂部)

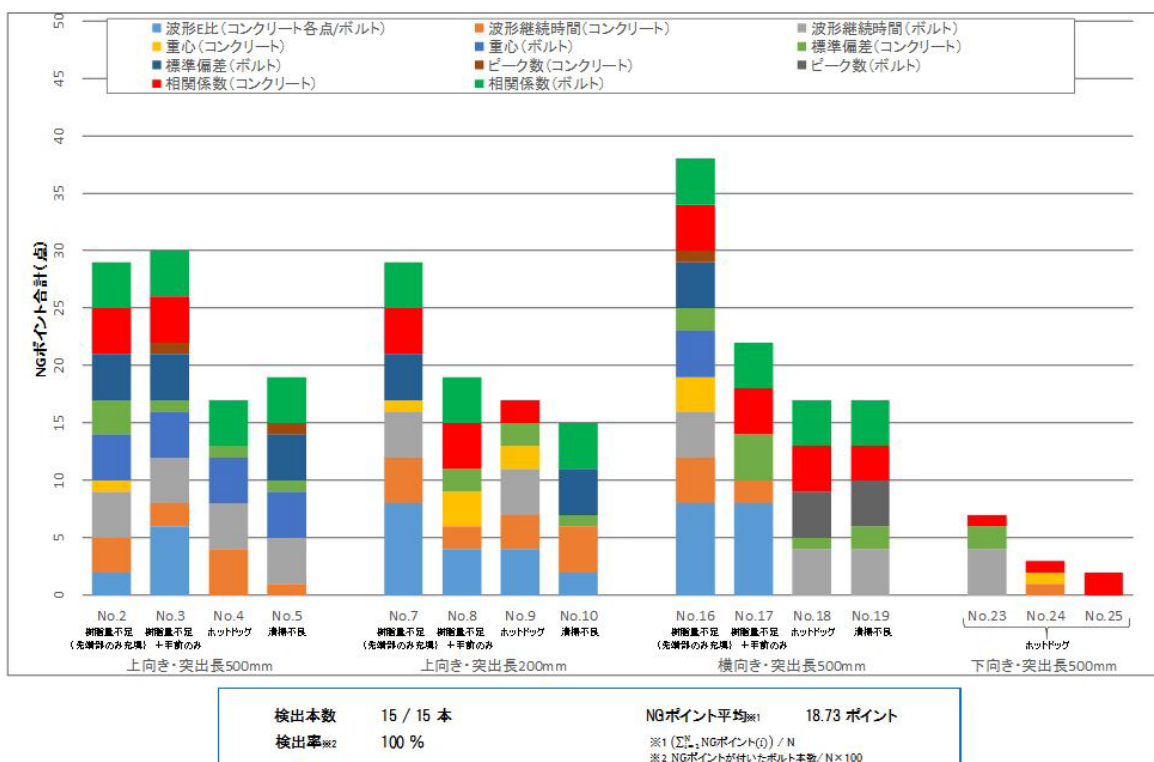


図 5.5.3.3 実構造物における NG ポイント合計値(コイル位置：アンカー筋中央)

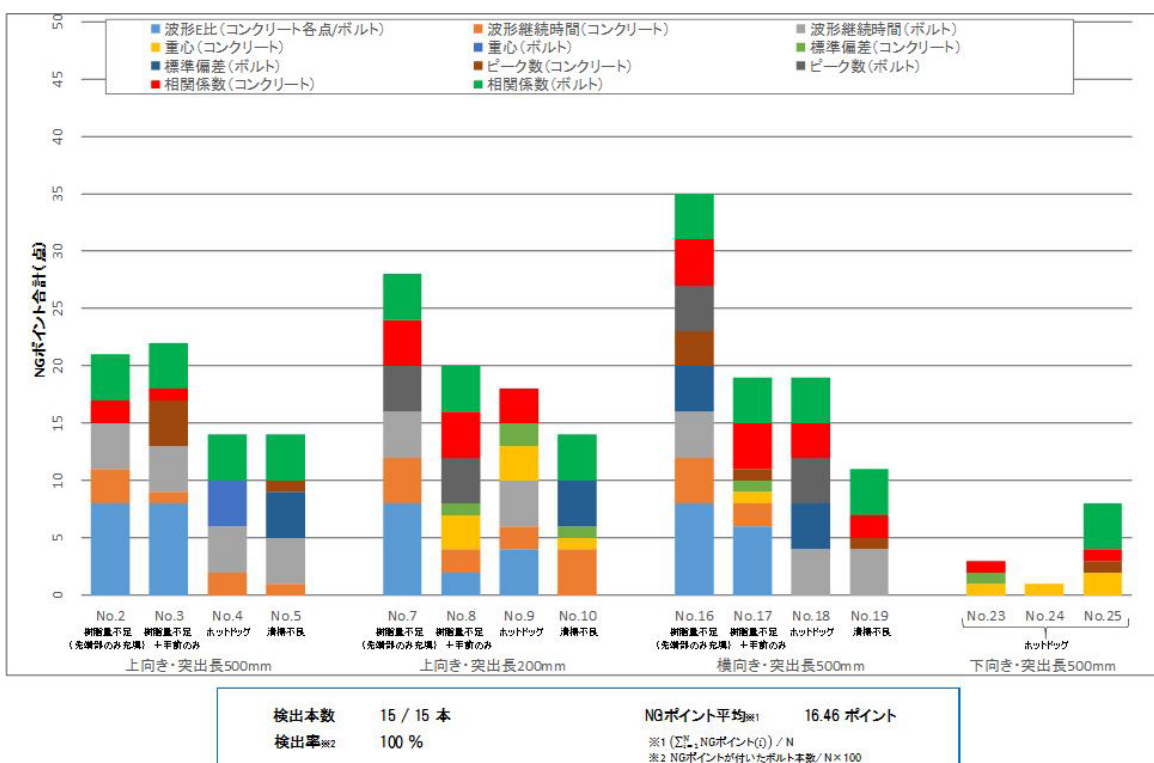


図 5.5.3.4 実構造物における NG ポイント合計値(コイル位置：アンカー筋根本部)

## 2) 電磁波レーダ法

電磁波レーダ法の探査状況を写真 5.5.3.4 および写真 5.5.3.5 に示す。写真の壁面等には、コンクリート中の鉄筋位置とアンカー筋の位置がマーキングされている。

電磁波レーダ法による測定結果について、図 5.5.3.5～図 5.5.3.10 に NJJ-105 と SIR-EZ の両機種の代表的な測定結果を示す。

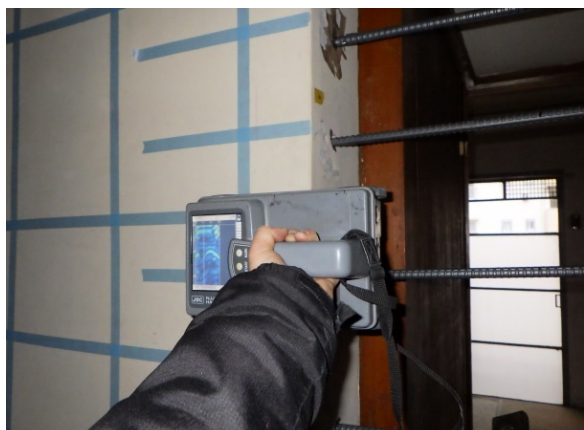


写真 5.5.3.4 壁面探査状況



写真 5.5.3.5 梁側面探査状況

(a) 正規施工

横向き(壁面)では、NJJ-105 はあと施工アンカーの反射は確認できるが、あと施工アンカーよりも深い位置にある縦筋の影響であと施工アンカーの反射が弱く判断が難しい。SIR-EZ も同様に縦筋の影響を受けている。

上向き(梁側面)では、あと施工アンカーが梁の主筋と腹筋よりほかぶりが深い位置にある為、多重反射の影響で両方のレーダともあと施工アンカーの反射は判別不可能であった。これは No.1~No.14 (梁側面) 全てにおいて同様であった。

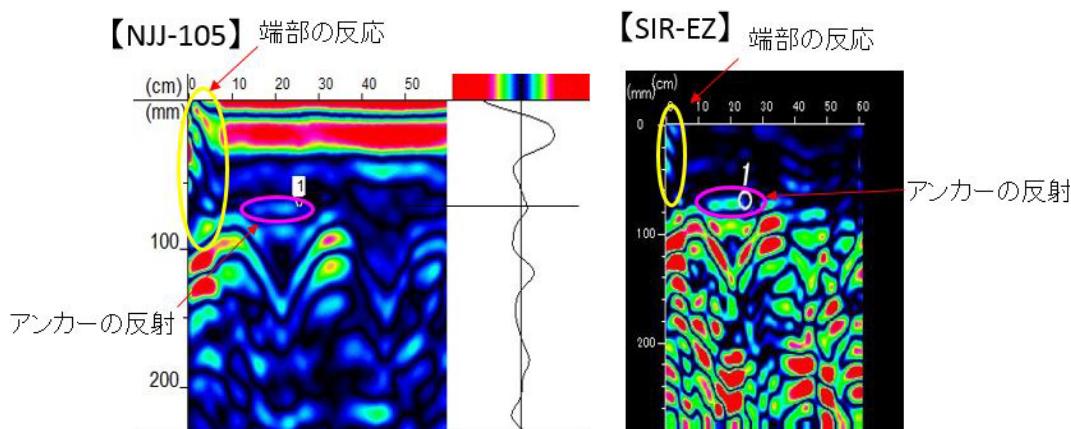


図 5.5.3.5 電磁波レーダ法の測定結果(横向き・正規施工) 左：NJJ-105・右：SIR-EZ

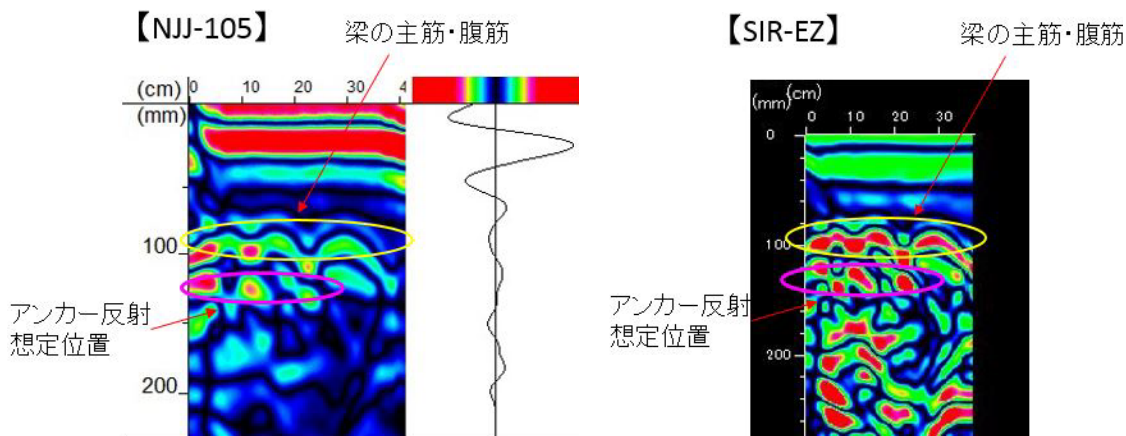


図 5.5.3.6 電磁波レーダ法の測定結果(上向き・正規施工) 左：NJJ-105・右：SIR-EZ

(b) 樹脂量不足

NJJ-105 はあと施工アンカーの反射は確認できるが、あと施工アンカーよりも深い位置にある縦筋の影響であと施工アンカーの反射が弱く判断が難しい。SIR-EZ はあと施工アンカーの反射を確認できるが正規充填と樹脂量不足との違いは確認できない。

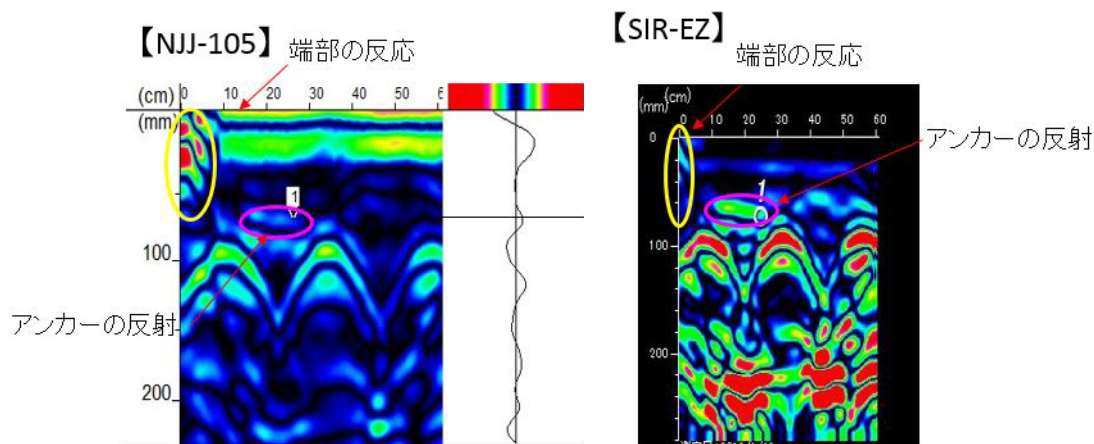


図 5.5.3.7 電磁波レーダ法の測定結果(横向き・樹脂量不足)左：NJJ-105・右：SIR-EZ

(c) 樹脂量不足+ふた

NJJ-105 はあと施工アンカーの反射が弱く確認が困難であった。SIR-EZ はあと施工アンカーの反射が確認できたが基準からおおよそ 100 mm までは半別が困難であった。

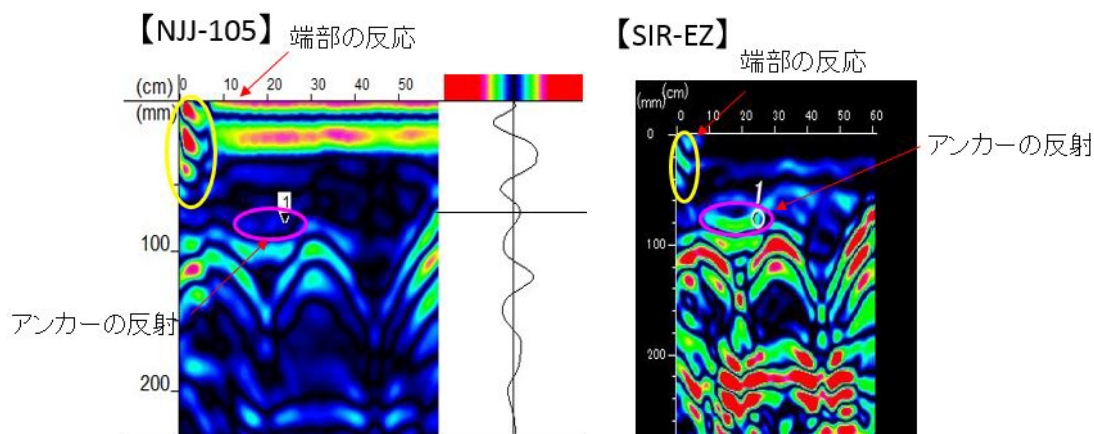


図 5.5.3.8 電磁波レーダ法の測定結果(横向き・樹脂量不足+ふた)左：NJJ-105・右：SIR-EZ

(d) ホットドッグ

NJJ-105 はあと施工アンカーの反射が弱く確認が困難であった。SIR-EZ はあと施工アンカーの反射が確認できたが線状ではなくモヤモヤとした反射となっている。



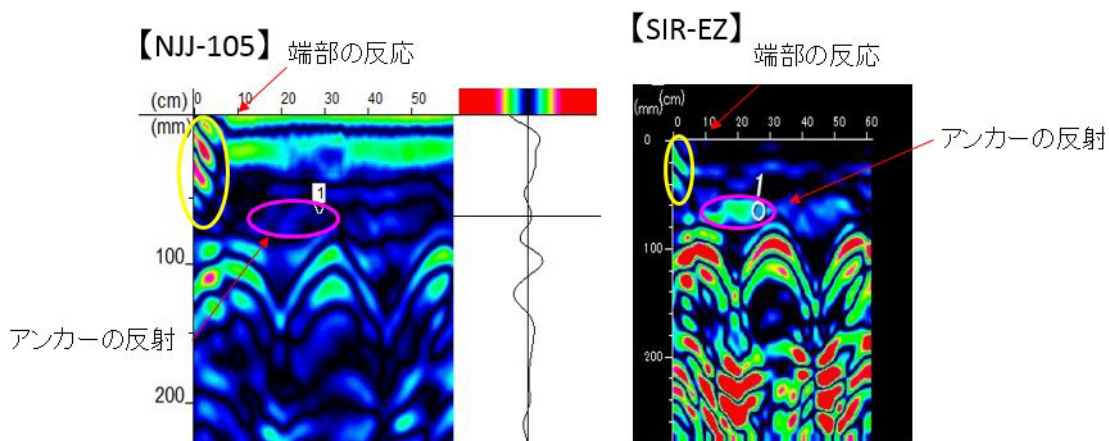


図 5.5.3.9 電磁波レーダ法の測定結果(横向き・ホットドッグ)左：NJJ-105・右：SIR-EZ

(e) 清掃不良

NJJ-105 はあと施工アンカーの反射は確認できるが、あと施工アンカーよりも深い位置にある縦筋の影響であと施工アンカーの反射が弱く判断が難しい。SIR-EZ はあと施工アンカーの反射は確認できるが正規充填と清掃不良との違いは確認できない。

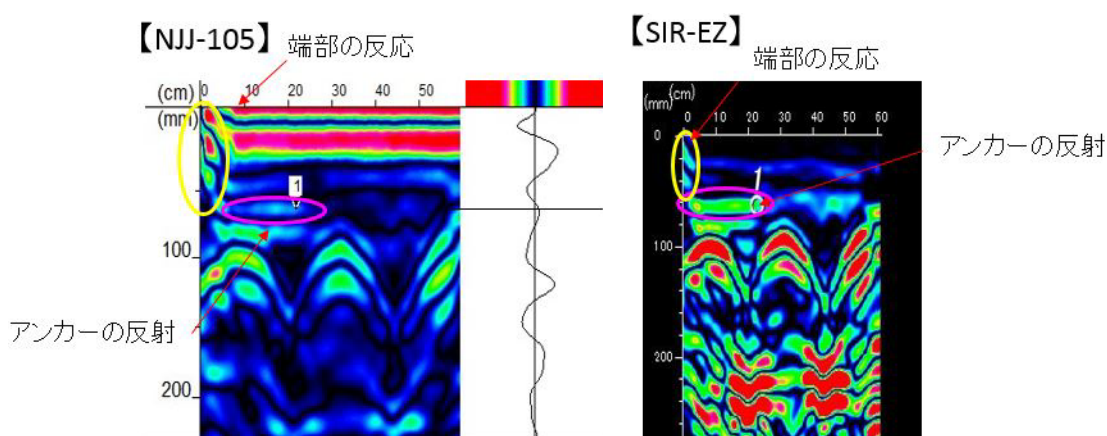


図 35.5.3.10 電磁波レーダ法の測定結果(横向き・清掃不良)左：NJJ-105・右：SIR-EZ

以上のような結果から、電磁波レーダ法の適用は、実構造物においては、アンカー筋がコンクリート通の鉄筋よりも測定面側にある場合(例えば、シングル配筋の壁部材など)に限られ、樹脂量不足については、評価できる可能性があるものの、その他の状況については評価が困難であることが確認された。また、レーダ画像の判別も技術者の経験や知識が必要である。したがって、評価手法としての可能性はあるものの、実際の工事における接着剤の充填状況の管理、検査などにおいて適用することは現時点では難しいと言わざるを得ない。

3) 引張試験

下向き施工(正規施工3本, ホットドッグ3本)に対する引っ張り試験の結果を図5.5.3.11～図5.5.3.16に示す。また、試験状況を写真5.5.3.6に、試験後(ホットドッグ②)のアンカー筋の状況を写真5.5.3.7に示す。引張試験の載荷荷重は、アンカー筋(D13・SD295A)の鉄筋降伏値直前(40 kN)までとした。

引張試験の結果、ホットドッグ②については、変位が大きくなり最終的に引き抜けを生じた。

この時の付着強度は、約  $3.5 \text{ N/mm}^2$  である。その他については、引き抜けは生じていないが、ホットドッグの場合には、除荷後の残留変形が比較的大きく残る。これは正規施工に比べると接着剤の接着面積が小さいため実際の付着応力は大きくなり、接着剤が塑性変形を生じて残留変形が残るものと推測される。

このような傾向から、引張試験による施工後の検査では、短期許容応力度相当、あるいは鉄筋降伏の直前まで引張载荷を行い、変形が過大になつたり、引き抜けを生じないこと、また除荷後の残留変形が一定量を超えないことを評価の目安にすることができると考えられる。残留変形の目安としては、今回の試験結果から  $0.1 \sim 0.2 \text{ mm}$  程度が適当であると考えられる。

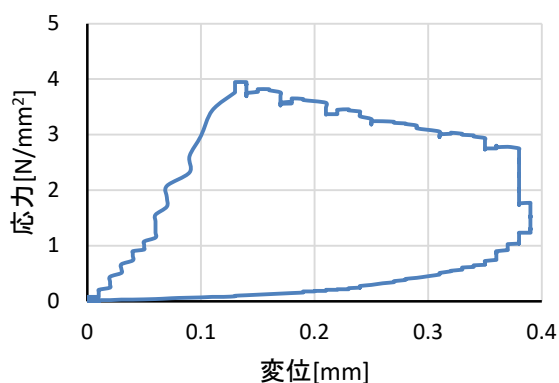


図 5.5.3.11 応力-変位曲線(正規施工①)

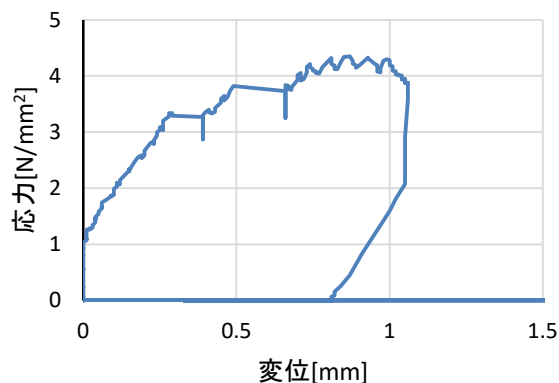


図 5.5.3.12 応力-変位曲線(ホットドッグ①)

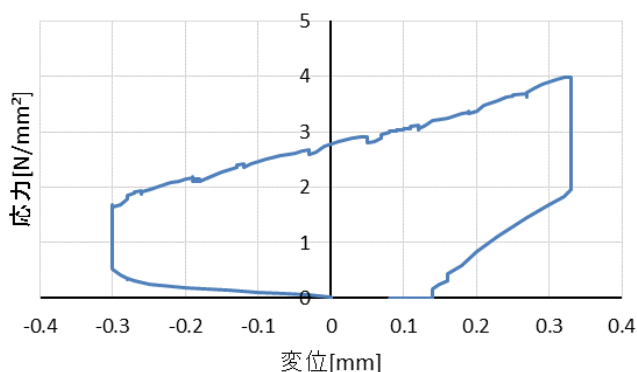


図 5.5.3.13 応力-変位曲線(正規施工②)

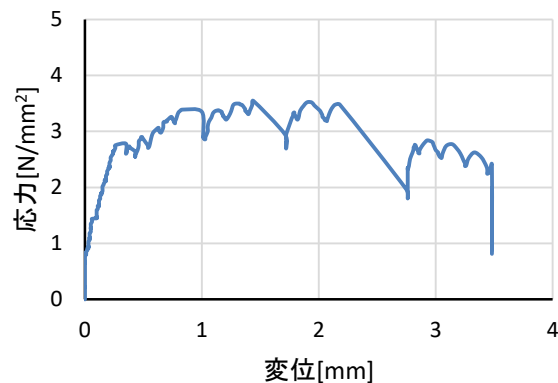


図 5.5.3.14 応力-変位曲線(ホットドッグ②)

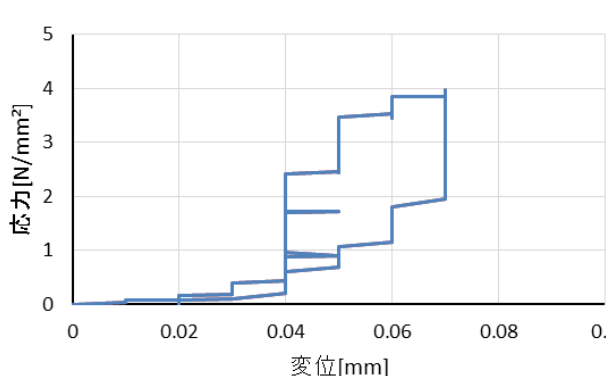


図 5.5.3.15 応力-変位曲線(正規施工③)

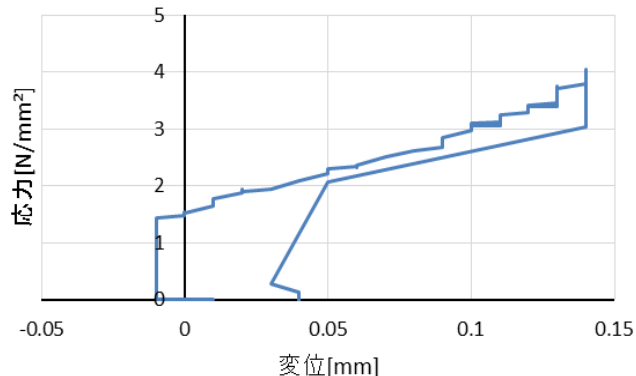


図 5.5.3.16 応力-変位曲線(ホットドッグ④)



写真 5. 5. 3. 6 引張試験後の状況 (ホットドッグ②)



写真 5. 5. 3. 7 試験後のアンカー筋

#### 5-5-4 試験方法の提案

以下に、電磁パルス法による接着剤の充填状況の試験方法(案)および超音波パルス反射法によるあと施工アンカーの埋込み長さの試験方法(案)を示す。目次立ては、本報とは独立している。

##### 5-5-4-1 電磁パルス法による接着剤の充填状況の試験方法(案)

#### 1. 適用範囲

本試験方法は、注入方式で施工された接着系あと施工アンカーの接着剤の充填状況を電磁パルス法によって確認するための試験方法である。あと施工アンカーに使用する接着剤の種類は、樹脂系および無機系を対象とする。

#### 2. 用語

本試験方法で用いる用語は次による。その他の用語については、接着系あと施工アンカー工事の施工品質管理指針(案)および JIS Z 2300(非破壊試験用語)による。

##### 2.1 電磁パルス法

電磁コイルにパルス電流を印可することにより生じた電磁力によりアンカー筋に弾性波を生じさせ、その弾性波を AE センサで電気信号に変換して得られる時間波形に信号処理を行うことによって、接着剤の充填状況を評価する試験方法。

##### 2.2 弾性波

電磁パルスによって生じたアンカー筋内の弾性波およびアンカー筋からコンクリートに伝搬した弾性波の総称。

##### 2.3 NG ポイント

本試験方法において、接着剤の充填状況が不十分である可能性があると判断される場合に加算されるポイント。各評価指標における NG ポイントと総合的な NG ポイントにより接着剤の充填度合いの評価を行う。

#### 3. 試験技術者

本試験方法を実施する者は、試験装置及び試験方法について、基礎的な知識及び技能を有していることについて、公的機関や試験装置製造者等による証明等(資格証明書、講習会修了書等)を有し、試験装置の取り扱いおよび評価方法を熟知したものとする。

#### 4. 試験フロー

本試験方法における試験の手順を図 5.4.4.1 に示す。

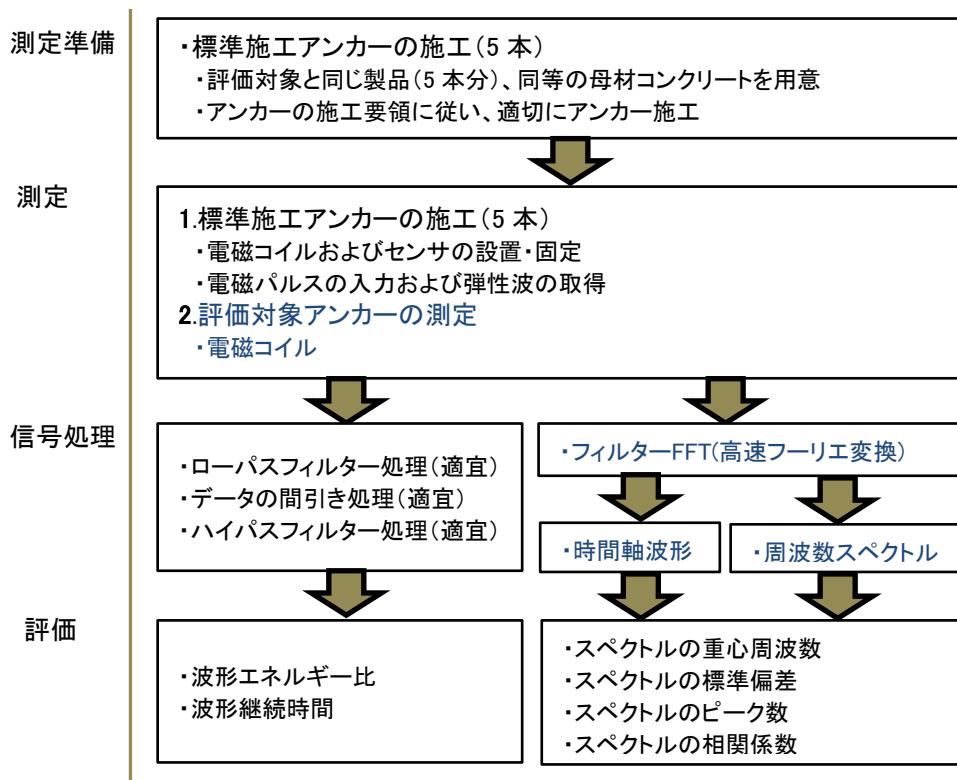


図 5.4.4.1 本試験方法の試験手順

## 5. 測定装置・器具

### 5.1 測定装置および器具等の構成

試験に用いる測定装置および器具等の構成例を図 5.4.4.2 に示す。

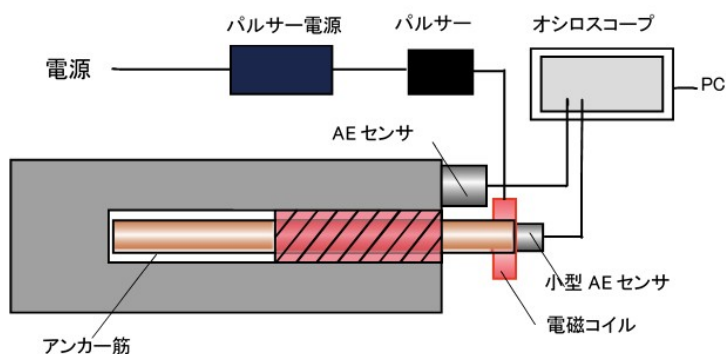


図 5.4.4.2 測定装置および器具の構成例

### 5.2 測定装置・器具等の機能および性能

#### (1) 電磁コイル

アンカー筋に対し、図 5.4.4.2 のようにリング状の電磁コイルを設置した状態で、弾性波をアンカー筋から発生させる性能を有する構造であること。電磁コイルから発生する磁場のパルス継続時間により弾性波の周波数特性が変わるため、電磁コイルの交流抵抗やインダクタンスを、電磁コイルの材質、断面積および巻き数などで調整する。

#### (2) パルサーおよびパルサー電源

パルサー電源からパルサーに電力を供給し、パルサー内のコンデンサーを十分な電圧でチャージする。チャージされたコンデンサーからパルス状の電流を電磁コイルに印可しパルス磁場を発生させる。この時のチャージ電圧が低いとパルス磁場が低下し発生する弾性波も弱くなるため、十分な弾性波を発生することのできる電圧でチャージする。

### (3) AE センサ

周波数スペクトルによるアンカー筋の評価は、数 kHz から 50 kHz の範囲で行うため、この周波数範囲の信号を受信できる AE センサを使用する。この範囲で周波数特性がフラットな AE センサが望ましい。また、アンカー筋端面に取り付ける AE センサは、アンカー筋の振動振幅や周波数特性に影響を及ぼしにくい軽量のものがよい。

### (4) AD 変換装置

サンプリング周波数 1 MHz 以上(時間分解能 1  $\mu$ s)で最低 8 ms 程度保存できる機能を有するものであること。保存した波形データは、データ記録装置と接続して送信するか、メモリーカード等に記録してデータ記録装置に転送する機能を有すること。

### (5) データ記録装置

AD 変換装置に取得された波形データを記録し、波形処理や評価のための分析等を行うためのコンピュータ等の処理装置。AD 変換装置と接続するかメモリーカード等を介してデータの受信が可能であること。

## 6. 標準施工試験体の製作

### 6.1 あと施工アンカー

評価の対象となるあと施工アンカーと同じ接着剤、同じ鋼種および径のアンカー筋を用いる。アンカー筋の埋込み長さおよび突出長さは、実際に施工するアンカー筋と同様とする。アンカー筋の種類や施工条件等が異なる場合は、それぞれに標準施工試験体を製作する。

### 6.2 母材コンクリート

評価対象のあと施工アンカーが施工されるコンクリート部材と同時に打ち込まれたコンクリート部材を原則とする。同時に打ち込まれたコンクリート部材に施工することができない場合は、別途採取したコンクリートコアの圧縮強度を参考にし、概ね同程度の強度となるコンクリートを母材コンクリートとする。母材コンクリートの形状および寸法は、施工される部材を標準とし、あと施工アンカーが 5 本以上施工可能な大きさとする。

### 6.3 あと施工アンカーの施工

あと施工アンカー製造者が指定する施工要領に従い、評価の対象となるあと施工アンカーを施工したあと施工アンカー施工者(専門工事業者)が、あと施工アンカーを施工する。施工にあたっては検査実施者が施工に立ち会い、施工要領に準じて適切に施工が行われていることを確認する。施工本数は 5 本を標準とする。試験実施が困難な場合等には、試験依頼者と協議の上、3 本とすることも可とする。また、以降の本試験方法中の標準施工の本数はこれに従う。

## 7. 測定

### 7.1 測定の流れ

標準施工試験体5体および検査対象となるあと施工アンカーそれぞれについて、7.2および7.3節に準じて、測定装置の設置と測定を行う。

## 7.2 測定装置の設置および固定

### (1) 電磁コイル

電磁コイルをアンカー筋の突出部の先端部に、電磁コイルの中心にアンカー筋が来るように設置する。電磁コイルは別途スタンド等で固定するか、コイルとアンカー筋の隙間にスポンジ等を挟んで固定するとよい。

### (2) AE センサ

図5.4.4.3に従い、AEセンサをコンクリート表面に最大4箇所(CH1~4)およびアンカー筋突出部中央部(CH5)に設置し固定する。コンクリートへの固定はすべての箇所と同じ条件で固定できるようにアンカー筋からの距離を50~100mmの間で決定する。AEセンサを固定するコンクリートの表面は、センサの固定に支障をきたす水分・油分・砂粒や粉塵等を除去し、平坦に仕上げる。アンカー筋の埋設部とAEセンサ間の弾性波伝搬経路に、ひび割れ・浮きや表面の著しい欠損等の障害がある場合は、アンカー筋とAEセンサとの距離を一定に保って、任意の位置に移動させてもよい。

AEセンサの固定には、酢酸ビニル(EVA)系のホットメルト接着剤(グルーガン)を用いるとよい。

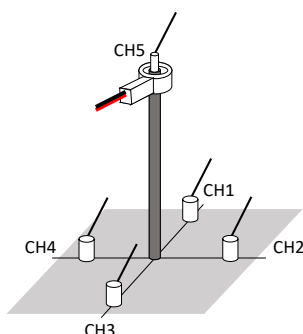


図 5.4.4.3 AE センサの設置位置

## 7.3 測定

パルサー電源に通電し、パルサーによりコイルにパルス電流を印可する。AD変換装置により、アンカー筋頂部に設置したセンサ(CH5)からの電気信号(波形)またはコイル入力電流信号にトリガをかけ、5箇所(CH1~5)の弾性波の波形を同時に取得する。AD変換装置またはデータ記録装置のチャンネル数の制限で同時に取得できない場合は、電磁コイルとアンカー筋との相対距離を変化させない条件のもと、AEセンサを付け替えながら順に弾性波を取得してもよい。

測定した結果は、チャンネルごとの時間軸波形として、データ記録装置に保存する。

## 8. 信号処理

### 8.1 信号処理の概要

時間軸波形の評価(9.2および9.3節)を行う場合の信号処理は、8.2節に従いノイズの除去を行う。

スペクトルの評価(9.4, 9.5, 9.6および9.7節)を行う場合の信号処理は、8.3節に従い周波数スペクトルを求める。

## 8.2 時間軸波形に対する信号処理の例

AEセンサで取得したデータは、評価指標(9.2, 9.3, 9.4, 9.5, 9.6および9.7節)の算出時に影響を及ぼすノイズを含む場合がある。また、AD変換装置やデータ記録装置によっては不必要に膨大なデータを取得するものもある。このような場合には、必要に応じてノイズ除去処理やデータの間引き処理を行うとよい。

データ記録装置に記録された波形データについて、ローパスフィルタ処理により、高周波のノイズを除去する。

ノイズ除去後、1 MHz を超すサンプリング周波数でデータを取得した場合は、1 MHz となるようデータの間引きを行う。例えば、100 MHz でデータを取得した場合のデータの間引きは、100 データを1 データとする。

間引き処理の後、ハイパスフィルタ処理を行い、低周波のノイズを除去する。

## 8.3 高速フーリエ変換(FFT)

データ記録装置に記録された波形データについて、高速フーリエ変換(FFT)を行い周波数スペクトルを求める。周波数スペクトルは、周波数の範囲を0~50 kHz, 周波数分解能を100~200 Hz とする。

## 9. 評価

### 9.1 評価の概要

時間軸波形および周波数スペクトルの評価項目および評価基準の概要を表5.4.4.1に示す。

表 5.4.4.1 評価項目および評価基準の概要

| 節   | 評価指標           | 記号 | センサ        | 閾値             | NGポイント          |
|-----|----------------|----|------------|----------------|-----------------|
| 9.2 | 波形エネルギー比       | ER | コンクリート/ボルト | 標準施工の<br>最小値未満 | 各方向2点：計8点       |
| 9.3 | 波形継続時間         | DT | コンクリート     | 標準施工の<br>最大値超  | 各方向1点：計4点<br>4点 |
|     |                |    | ボルト        |                |                 |
| 9.4 | スペクトル<br>重心周波数 | SC | コンクリート     | 標準施工の<br>最小値未満 | 各方向1点：計4点<br>4点 |
|     |                |    | ボルト        |                |                 |
| 9.5 | スペクトル<br>標準偏差  | SD | コンクリート     | 標準施工の<br>最小値未満 | 各方向1点：計4点<br>4点 |
|     |                |    | ボルト        |                |                 |
| 9.6 | スペクトル<br>ピーク数  | SP | コンクリート     | 標準施工の<br>最大値超  | 各方向1点：計4点<br>4点 |
|     |                |    | ボルト        |                |                 |
| 9.7 | スペクトル<br>相関係数  | CF | コンクリート     | 標準施工の<br>最小値未満 | 各方向1点：計4点<br>4点 |
|     |                |    | ボルト        |                |                 |

### 9.2 波形エネルギー比の評価

#### (1) 概要

波形エネルギー比(ER)は、アンカー筋からコンクリートへの弾性波の伝達の強さに関する指標であり、接着剤の充填が不十分な場合には、波形エネルギー比が小さくなる傾向となる。図5.4.4.4に評価の模式図を示す。



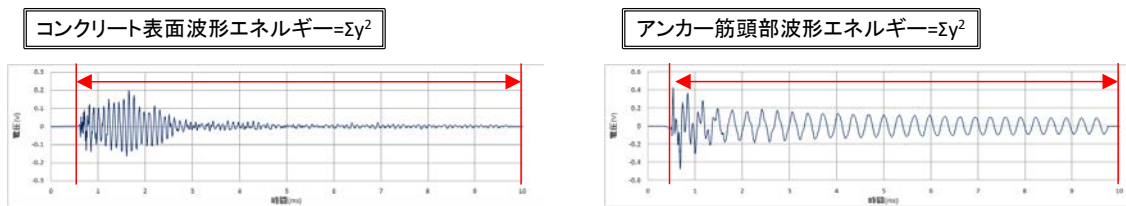


図 5.4.4.4 波形エネルギー比の評価の模式図

(2) 計算

波形エネルギー $E$ を(5.4.4.1)式で定義し、ボルト頂部のセンサ(CH5)の波形エネルギーを( $E_b$ )、コンクリート表面に設置したセンサ(CH1~4)の波形エネルギー( $E_c$ )を求める。波形エネルギー比は、(5.4.4.2)式で定義し、コンクリート表面の各センサについて求める。

$$E = \sum_{i=1}^n x_i^2 \quad \dots\dots\dots (5.4.4.1) \text{式}$$

$$ER = \frac{E_c}{E_b} \quad \dots\dots\dots (5.4.4.2) \text{式}$$

ここに、 $n$  : 波形データとして取得したデータの個数

$x_i$  :  $i$  番目のデータの振幅

(3) 評価

標準施工の5本のアンカーのコンクリート表面の測定箇所計20箇所について、その最小値 $ER_{min}$ を求め、評価対象となるアンカーの波形エネルギー比が $ER_{min}$ 未満の場合に、各センサのNGポイントを2点とし、その合計( $NG_{ER}$ )を求める。

9.3 波形継続時間の評価

(1) 評価の概要

波形継続時間( $DT$ )は、弾性波の収束の速さを表す指標であり、接着剤の充填が不十分な場合には、アンカー筋の拘束が小さくなり、波形継続時間が大きくなる傾向となる。図5.4.4.5に評価の模式図を示す。

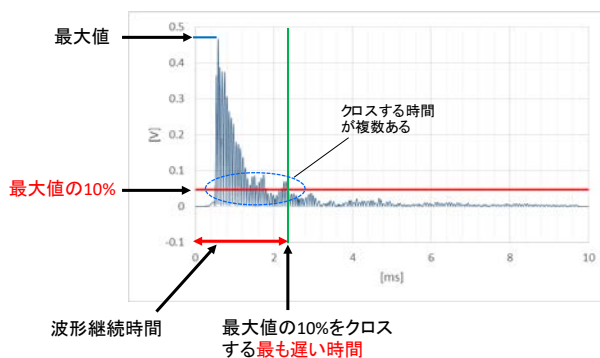


図 5.4.4.5 波形継続時間の評価の模式図

(2) 計算

波形継続時間は、振幅の絶対値 $|x_i|$ ( $i=1\sim n$ )の最大値が、その最大値の10%の振幅とクロスする最

も遅い時間として求める。

(3) 評価

標準施工の5本のアンカーの測定点(アンカー筋頂部5箇所, コンクリート表面20箇所)について, アンカー筋頂部およびコンクリート表面それぞれ最大値  $DT_{max}$  を求め, 評価対象となるアンカーの波形継続時間が  $DT_{max}$  を超える場合に, 各センサの NG ポイントをアンカー筋頂部が4点, コンクリート表面がそれぞれ1点とし, その合計( $NG_{DT}$ )を求める。

9.4 スペクトルの重心周波数

(1) 評価の概要

スペクトルの重心周波数(SC)は, スペクトルのピークとして表れる周波数のうち最も振幅の大きいスペクトルピークの重心の周波数として定義される指標であり, 接着剤の充填が不十分な場合には, 重心周波数は低周波側にシフトする傾向となる。スペクトルの重心周波数の評価および9.5節に示すスペクトルの標準偏差の評価の模式図を図5.4.4.6に示す。

(2) 計算

FFTによって得られた周波数スペクトルに対して, 細かいリップルを取り除くため, スペクトルの平滑化を行う。スペクトルの平滑化は, フィルタリング処理による方法などによる。

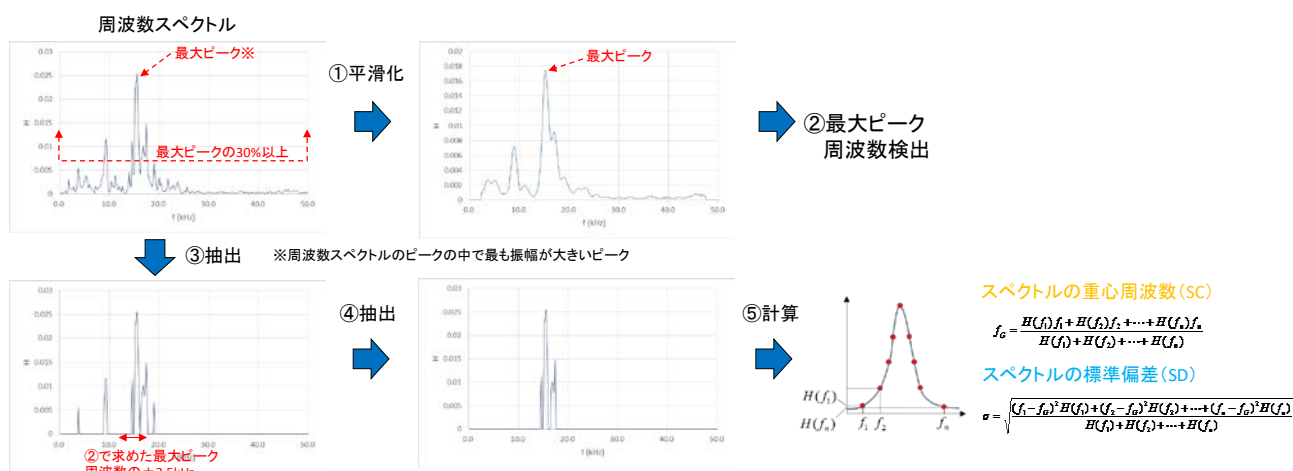


図 5. 4. 4. 6 スペクトルの重心周波数の評価の模式図

平滑化されたスペクトルのうち, 最も振幅の大きいピークを選定し, このピークの±2.5 kHz の範囲の周波数について, (付 4. 3. 3)式によりスペクトルの重心周波数(SC)を求める。

$$SC = \frac{H(f_1)f_1 + H(f_2)f_2 + \dots + H(f_n)f_n}{H(f_1) + H(f_2) + \dots + H(f_n)} \dots\dots\dots (5. 4. 4. 3)式$$

ここに,  $f_i$  : 最も振幅の大きいピークの±2.5 kHz となる周波数のうちの  $i$  番目の周波数  
 $H(f_i)$  : 周波数  $f_i$  における振幅

(3) 評価

標準施工の5本のアンカーの測定点(アンカー筋頂部5箇所, コンクリート表面20箇所)について, アンカー筋頂部およびコンクリート表面それぞれの重心周波数の最小値  $SC_{min}$  を求め, 評価対象となるアンカーのスペクトルの重心周波数が  $SC_{min}$  未満の場合に, 各センサの NG ポイントをアンカー筋頂部が4点, コンクリート表面がそれぞれ1点とし, その合計( $NG_{SC}$ )を求める。

### 9.5 スペクトルの標準偏差

#### (1) 評価の概要

スペクトルの標準偏差(SD)は、重心周波数の評価で選定した最も振幅の大きいスペクトルピークの範囲の標準偏差として定義される指標であり、接着剤の充填が不十分な場合には、標準偏差は小さくなる傾向となる。

#### (2) 計算

スペクトルの標準偏差は、9.4節において得られた最も振幅の大きいスペクトルピーク( $f_G$ )の $\pm 2.5$  kHzの周波数の範囲におけるスペクトルを対象とし、(5.4.4.4)式によって求める。

$$SD = \sqrt{\frac{(f_1 - f_G)^2 H(f_1) + (f_2 - f_G)^2 H(f_2) + \dots + (f_n - f_G)^2 H(f_n)}{H(f_1) + H(f_2) + \dots + H(f_n)}} \quad \dots\dots\dots (5.4.4.4) \text{式}$$

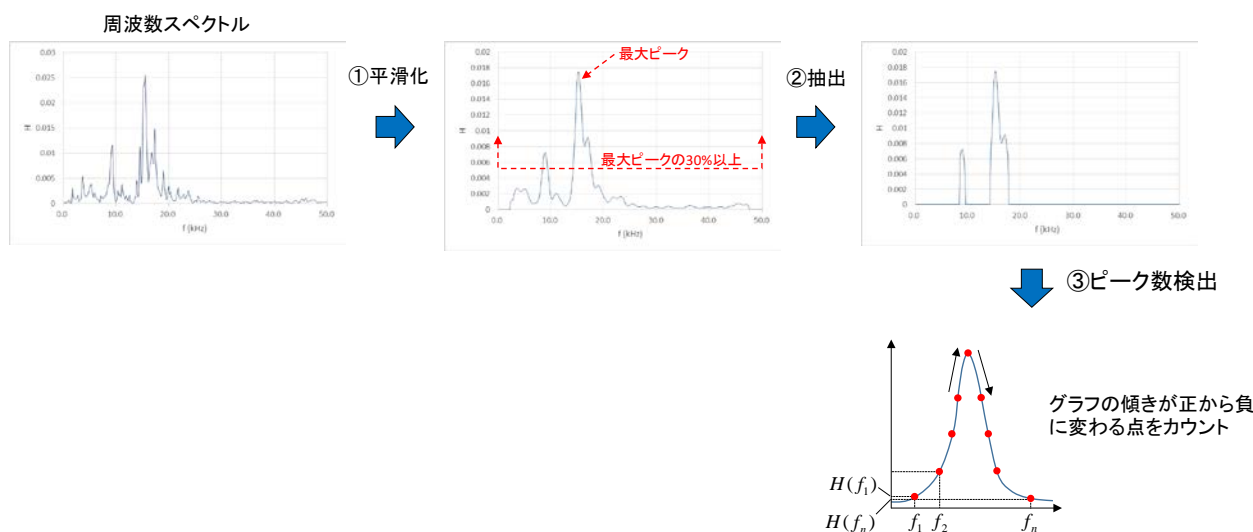
#### (3) 評価

標準施工の5本のアンカーの測定点(アンカー筋頂部5箇所, コンクリート表面20箇所)について、アンカー筋頂部およびコンクリート表面それぞれの標準偏差の最小値  $SD_{min}$  を求め、評価対象となるアンカーのスペクトルの標準偏差が  $SD_{min}$  未満の場合に、各センサのNGポイントをアンカー筋頂部が4点、コンクリート表面がそれぞれ1点とし、その合計( $NG_{SD}$ )を求める。

### 9.6 スペクトルのピーク数

#### (1) 評価の概要

スペクトルのピーク数(SP)は、9.4節で得られる平滑化したスペクトルにおいて、一定レベル(例えば、スペクトルピークの最大値の30%)のレベルを超えるピークのピーク数で定義される指標であり、接着剤の充填が不十分な場合には、振動モードが複雑になり様々なピークが表れる可能性があることからピーク数は大きくなる傾向となる。スペクトルのピーク数の評価の様式図を図5.4.4.7に示す。



5.4.4.7 スペクトルのピーク数の評価の様式図

(2) 計算

スペクトルのピーク数は、9.4節で得られる平滑化したスペクトルにおいて、一致レベル(例えばスペクトルピークの最大値の30%)のレベルを超えるピークのピーク数として求める。

(3) 評価

標準施工の5本のアンカーの測定点(アンカー筋頂部5箇所3点, コンクリート表面20箇所12点)について, アンカー筋頂部およびコンクリート表面それぞれのピーク数の最大値を求め  $SP_{max}$  を求め, 評価対象となるアンカーのスペクトルのピーク数が  $SP_{max}$  を超える場合に, 各センサのNGポイントをアンカー筋頂部が4点, コンクリート表面がそれぞれ1点とし, その合計( $NG_{SP}$ )を求める。

9.7 スペクトルの相関係数

(1) 評価の概要

スペクトルの相関係数(CF)は, 標準施工のアンカーの平均化された周波数スペクトルと評価対象となる周波数スペクトルとの相関係数として定義される指標であり, 接着剤の充填が不十分な場合には, スペクトルの相似性が小さくなることから, 相関係数は小さくなる傾向となる。スペクトルの相関係数の評価の様式図を図5.4.4.8に示す。

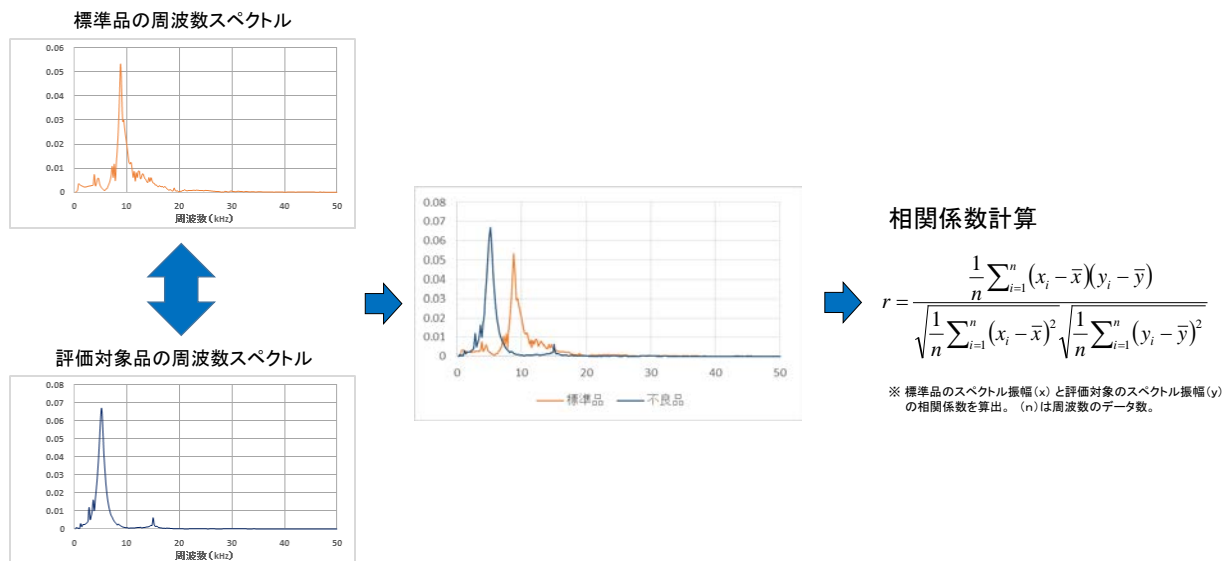


図 5.4.4.8 スペクトルの相関係数の評価の様式図

(2) 計算

スペクトルの相関係数を求めるために, あらかじめ標準施工アンカー5本の平均化されたスペクトル(平均スペクトル( $H_{av}(f_i)$  ( $i=1\sim n$ )))を求める。平均スペクトルは, 各周波数における振幅値の平均として求める。

スペクトルの相関係数は, 平均スペクトルと評価対象となるスペクトル( $H(f_i)$  ( $i=1\sim n$ ))との相関係数として(5.4.4.5)式により求める。

$$CF = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (H_{av}(f_i) - \bar{H}_{av}(f))(H(f_i) - \bar{H}(f))}{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (H_{av}(f_i) - \bar{H}_{av}(f))^2} \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (H(f_i) - \bar{H}(f))^2}} \dots\dots\dots (5.4.4.5) \text{式}$$

(3) 評価

標準施工のアンカーの測定点(アンカー筋頂部 5箇所, コンクリート表面 20箇所)について, アンカー筋頂部およびコンクリート表面それぞれの平均スペクトルに対するスペクトルの相関係数を求め, それぞれの相関係数の最小値  $CF_{min}$  を求める。評価対象となるアンカーのスペクトルの相関係数が  $CF_{min}$  未満の場合に, 各センサの NG ポイントをアンカー筋頂部が 4 点, コンクリート表面がそれぞれ 1 点とし, その合計 ( $NG_{CF}$ ) を求める。

10. 試験結果の整理

10.1 NG ポイントの計算

9.2 から 9.7 までの 6 項目の評価指標により求められた NG ポイントを加算し, 総合的な NG ポイント (NG) を (5.4.4.6) 式により求める。NG ポイントの加算に対して, 各評価項目の影響度や重要度を考慮した重み付けに関する知見がある場合は, その内容に応じた重み付けの係数 ( $a \sim f$ ) を与えることができる。重み付けに関する知見がない場合には, 重み付け係数は 1 とする。

$$NG = a \cdot NG_{ER} + b \cdot NG_{DT} + c \cdot NG_{SC} + d \cdot NG_{SD} + e \cdot NG_{SP} + f \cdot NG_{CF} \dots\dots\dots (5.4.4.6) \text{式}$$

ここに,  $a \sim f$  : 評価項目の重み付けに関する係数 (1.0 を標準とする)

10.2 総合的評価

あと施工アンカーの接着剤の充填度合いの良否について, NG ポイントにより評価する。充填度合いの合否判定に関する NG ポイントの基準値については, 試験依頼者と試験実施者が協議し, あらかじめ決定しておく。

11. 報告

試験実施者は, 以下の項目について報告する。

- 1) 試験実施者の所属, 氏名および保有資格・受講した技能講習等
- 2) 測定日時, 測定場所, 測定対象のアンカー番号等
- 3) 使用した測定装置の製造者・仕様
- 4) 標準施工試験体の製作状況
- 5) 標準施工試験体の測定結果 (時間軸波形, スペクトル等)
- 6) 測定対象の試験体の測定結果 (時間軸波形, スペクトル, 評価指標ごとの NG ポイント, NG ポイントの合計値)
- 7) 評価結果
- 8) その他試験の実施にあたって特記すべき事項

## 5-5-4-2 超音波パルス反射法によるあと施工アンカーの埋込み長さの試験方法(案)

### 1. 適用範囲

本試験方法は、注入方式で施工された接着系あと施工アンカーのアンカー筋の埋込み長さを、超音波パルス反射法により推定するための試験方法である。あと施工アンカーに使用する接着剤の種類は、樹脂系および無機系を対象とする。

### 2. 用語

本試験方法で用いる用語は次による。その他の用語については、接着系あと施工アンカー工事の施工品質管理指針(案)および JIS Z 2300(非破壊試験用語)による。

#### 2.1 超音波パルス反射法

超音波探傷器等を用いて、超音波探触子からアンカー筋に超音波パルスを発振し、その反射波を探触子で受振した時の反射波の到達時間により、アンカー筋の長さを測定する非破壊試験方法。

#### 2.2 アンカー筋

あと施工アンカー製品に使用されるもので、異形鉄筋、全ねじ筋のどちらも対象とする。アンカー筋の両端部は、アンカー筋の軸方向に対して垂直かつ平滑に切断されていなければならない。

#### 2.3 突出長さ

あと施工アンカーの施工後に突出しているアンカー筋の端部からコンクリート表面までの長さ。

### 3. 試験技術者

本試験に従事する技術者は、JIS Z 2305(非破壊試験技術者の資格および認証)における、NDT方法が超音波探傷試験で資格レベルがレベル2以上の技術者、もしくは公的機関や試験装置製造者等の技術講習等を受け、レベル2以上の技術者と同等の知識および経験を有する技術者のうち、使用する探傷器の取り扱いに精通している者とする。

### 4. 使用機材

#### 4.1 超音波探傷器

超音波探傷機は、デジタル式の汎用探傷器、もしくは試験装置製造者等により専らアンカー筋の長さを測定する目的で製造された測定装置とし、その機能および性能は、JIS Z 3060-2015(鋼溶接部の超音波探傷試験方法)附属書Aの規定を満足するものとする。

#### 4.2 探触子

探触子は、周波数5MHz、振動子の公称直径が10~20mm程度の垂直探触子とし、アンカー筋の断面積よりも小さいものを用いる。探触子の性能は、JIS Z 3060-2015 附属書Aの規定を満足するものとする。

#### 4.3 接触媒質

接触媒質は、濃度 75%以上のグリセリン水溶液、グリセリンペースト、または適度な粘性を有しこれと同等以上の超音波の伝達特性を有するものとする。

### 4.4 校正用対比試験片

校正用対比試験片は、測定対象となるあと施工アンカー製品に使用されるアンカー筋とし、径、鋼種および製造者が同一で、長さが同程度のものとする。試験片の両端部はアンカー筋の材軸と垂直で平滑な面とする。校正用対比試験片の長さは、スケール、ノギス等を用いて、0.5 mm 単位で長さを測定しておく。

## 5. 校正および点検

### 5.1 測定前校正

測定を行う前に、校正用対比試験片を使用し、探傷器の校正を行う。校正は、音速設定、パルス位置の調整、感度調整、ゲート設定などを行う。構成は以下の要領で実施するか、使用する探傷器の自動校正機能を使用してもよい。

- 1) 校正用対比試験片頭部の測定面に接触媒質を塗布し、探触子を密着させる。
- 2) ボルト先端から得られた底面エコーの内、第 1 回底面エコー(B1 エコー)および第 2 回底面エコー(B2 エコー)が表示器に出るように時間軸と感度を調整する。
- 3) B1 エコーの高さを約 80%に合わせ、ノイズの影響が入らないよう B1 エコおよび B2 エコーに適切にゲート設定を行い、ビーム路程を測定する。B1 エコーの値が校正用対比試験片の実測長さ、B2 エコーの値が校正用対比試験片の実測長さの 2 倍に合うように音速調整と 0 点調整を行う。ビーム路程の読み取り点は、ゲートとエコーのクロス位置がよい。
- 4) 校正の実施者、実施日時、実施結果(校正用対比試験片の長さ、設定した音速)を記録する。

### 5.2 測定後点検

測定終了後、測定前校正を行ったものと同じ校正用対比試験片を用い、対比試験片の長さの測定を行う。測定の結果、測定前後の対比試験片の長さの差が 1 mm を超える場合は点検結果を不合格とし、直前の測定前校正までの結果を無効とする。点検後、点検者、点検日時、点検結果を記録する。

## 6. 測定

### 6.1 測定面の処理

アンカー筋の端部が、測定が良好に行える状態であることを確認する。アンカー筋端部の腐食、汚れ、測定面の凹凸などがある場合は、サンダーなどを用いてこれらを取り除き、アンカー筋に垂直で平滑な面に仕上げる。

### 6.2 アンカー筋全長の測定

アンカー筋の全長を以下の手順で測定するが、使用する探傷器の自動測定機能を使用してもよい。測定のイメージ図を図 5.4.4.9 に、測定波形の表示例を図 5.4.4.10 に示す。

- 1) アンカーボルト端部の測定面に接触媒質を塗布し、探触子を密着させる。

- 2) 探傷器のゲインを調整し、ボルト先端から得られた底面エコーの中で、第1回底面エコーの高さを50%~80%に合わせ、ビーム路程を測定し、その結果をアンカー筋の全長とする。その際のビーム路程の読み取りは、校正時と同様に、ゲートとエコーのクロス位置の値とする。
- 3) 1回の測定により底面エコーが確認出来ない場合、および想定されるアンカー筋の全長との差が大きい場合には、測定面の処理を入念に行った後、再度測定を行う。
- 4) 測定を行ったアンカー筋ごとに、測定波形およびアンカー筋の全長を記録する。

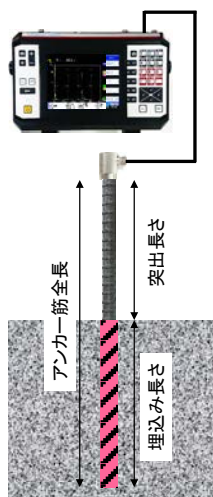


図 5.4.4.9 測定イメージ

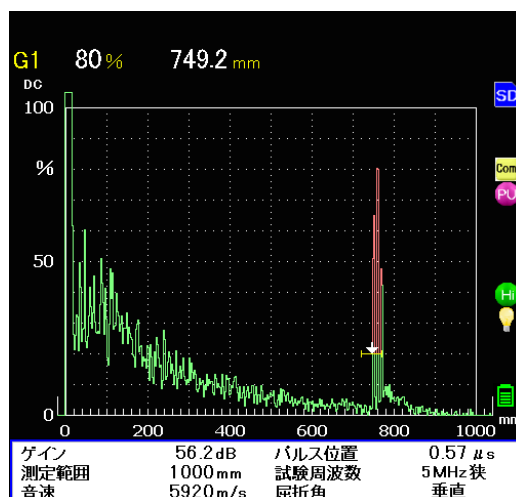


図 5.4.4.10 測定波形の表示例

### 6.3 アンカー筋の埋込み長さ

超音波探傷器により測定を行ったアンカー筋の突出長さをスケール、ノギス等を用いて mm 単位で測定する。超音波探傷器により測定されたアンカー筋の全長から突出長さを差し引いた値(小数点以下切り捨て)をアンカー筋の埋込み長さとする。

## 7. 報告

試験実施者は、以下の項目について報告する。

- 1) 試験実施者の所属、氏名および保有資格・受講した技能講習等
- 2) 測定日時、測定場所
- 3) 測定前校正の結果(校正用対比試験片の長さ、校正時の音速)
- 4) 測定後点検の結果
- 5) 測定対象(測定対象の製品名、測定位置番号等のアンカー筋を識別できるもの)
- 6) 測定結果(測定波形、アンカー筋の全長、突出長さ、埋込み長さ)
- 7) その他試験の実施にあたって特記すべき事項



## 5-6 施工品質管理指針の提案

5-6-1 項では指針の提案と解説、5-6-2 項では施工品質管理計画書の例、5-6-3 項では施工要領書の例を示す。目次立ては、本報とは独立している。

### 5-6-1 指針案と解説

あと施工アンカーは、製品と施工による品質の両者が担保されることによって、必要な性能が発揮される。したがって、施工の品質を確保することは大変重要である。本課題においては、施工品質を確保するための方法として、施工品質管理指針(案)を提案し、これに従ってあと施工アンカー工事の施工品質管理を行うことで、施工の品質を確保すること、また、不具合等が生じた場合の対策を検討することを目的とした。以下、接着系あと施工アンカー工事の施工品質管理指針(案)の内容を示す。

### 接着系あと施工アンカー工事の施工品質管理指針(案) 目次

#### 序文

- |   |             |     |                        |
|---|-------------|-----|------------------------|
| 1 | 総則          | 1-1 | 適用範囲                   |
|   |             | 1-2 | 品質管理の方針                |
|   |             | 1-3 | 用語                     |
| 2 | 品質管理体制      | 2-1 | 組織                     |
|   |             | 2-2 | 施工図、施工品質管理計画書、施工要領書の作成 |
| 3 | 使用材料の管理     | 3-1 | 使用材料                   |
|   |             | 3-2 | 材料の調達と受入れ              |
|   |             | 3-3 | 受入れ管理                  |
| 4 | 施工前の管理      | 4-1 | 施工箇所の確認                |
|   |             | 4-2 | 母材コンクリートの状態調査          |
|   |             | 4-3 | 施工者の技能の確認              |
|   |             | 4-4 | 施工前の記録と報告              |
| 5 | 施工時の品質管理    | 5-1 | 施工時の品質管理項目             |
|   |             | 5-2 | 施工時の記録と報告              |
| 6 | 施工後の管理および検査 | 6-1 | 施工後の自主確認               |
|   |             | 6-2 | 施工後の検査                 |
|   |             | 6-3 | 注入量の検査                 |
|   |             | 6-4 | アンカー筋の埋込み長さの検査         |
|   |             | 6-5 | 接着剤の充填状況の検査            |
|   |             | 6-6 | 検査の記録と報告               |

## 接着系あと施工アンカー工事の施工品質管理指針(案)

### 序文

接着系あと施工アンカー工事の施工品質管理指針(案)(以下、指針という)は、注入方式・カートリッジ型の接着系あと施工アンカーを主として既存建築物のRC系構造部材に施工し、短期あるいは長期的な応力を負担させる場合のあと施工アンカー工事の施工品質管理に適用するものであり、あと施工アンカー工事における品質管理および試験・検査に関する部分を取り上げ、あと施工アンカー工事を進めるに際して、構造部材の改修等の工事請負業者(以下、元請会社という)の責任において履行すべき品質管理項目と品質管理要領および品質管理記録の保管について記したものである。また、工事監理者が行う施工後の検査についても記している。したがって、設計者による設計図書(仕様書)の作成や、工事監理者が施工監理を計画・実施する際の手引き書としても活用することができよう。また、この内容は、あと施工アンカー工事の専門工事業者や試験・検査の実施者が当然知っておかなければならない事柄である。

あと施工アンカーは、必要な性能を有する製品を使用したとしても、実際の現場における施工が適切でなければ十分な性能を発揮することはできない。また、主として既存の建築物を対象として施工を行うため、母材となるコンクリート部分の品質を確認することも必要である。したがって、本指針では、品質を確保するための品質管理の組織・体制、使用する接着系あと施工アンカー製品の選定および受入れ時の確認・検査、施工前の既存コンクリート部分の確認、施工時の穿孔・清掃・打設等の施工時の管理、アンカー施工後の管理・検査方法などについて記している。ただし、施工の手順や具体的な方法などの施工要領は製品によって異なるものであり、本指針では、施工品質管理という観点から、各工事段階における管理項目とその方法について記載している。また、施工品質管理では、その結果を記録として残すことも重要である。したがって、あと施工アンカー工事の各段階において、どのような記録(エビデンス)を残す必要があるかを示している。

一度施工されたあと施工アンカーは、施工後に破壊試験を行って設計における性能を確認することが困難であるため、施工時における各工程での品質管理、いわゆるプロセス管理が重要となる。本指針で示す確認・試験・検査は、これらの各工程での品質管理が適切に実施されていることのエビデンスを元請会社がどのように作成すべきかを示すことを目的としたものであり、必ずしも最終的な品質・性能を担保するものではない。

元請会社は本指針を適用することにより、使用する接着系あと施工アンカーの特性や施工方法を考慮し施工品質管理指針を作成するとともに、元請会社と設計者、工事監理者ならびに専門工事業者(あと施工アンカー施工会社)が一体となってあと施工アンカー工事の品質を確保し、母材および構造に応じた性能を満たさなければならない。

## 1 総則

### 1-1 適用範囲

本指針は、主として鉄筋コンクリート(RC)造又は鉄骨鉄筋コンクリート(SRC)造建築物の増改築や模様替等に伴う既存構造部材との接合に用いる接着系注入方式カートリッジ型あと施工アンカー工事の品質管理に適用する。

[解説]

本指針は、主として鉄筋コンクリート(RC)造又は鉄骨鉄筋コンクリート(SRC)造建築物の増改築や模様替等に伴う既存構造部材との接合に用いる接着系注入方式カートリッジ型あと施工アンカー工事に適用する。既存建築物の構造部材に施工し、短期あるいは長期的な応力を負担させる場合のあと施工アンカー工事の施工品質管理に適用するものであり、あと施工アンカー工事における品質管理および試験・検査に適用し、有機系、無機系いずれも対象となる。

使用する接着系あと施工アンカー製品は、本施工品質管理指針(案)3-1項による。また、あと施工アンカー施工者は、あと施工アンカーの施工技術に精通し、実際に使用する製品に関して製造者の施工実技講習を受講し、その施工に習熟した者により行われることを前提としている。

SRC 構造物への施工に当たっては、既存建物の設計図等から鉄骨に対するコンクリートのかぶり厚さおよび鉄骨形状を把握して、計画通りにあと施工アンカーかぶり厚さおよび有効埋込み長さが確保できるかを判断する。また、現地での鉄筋探査などにより所定の位置に施工ができない場合や、梁下端の鉄骨フランジ下に豆板や空洞が確認された場合には工事監理者と協議して対処する。

### 1-2 品質管理の方針

あと施工アンカーの施工品質を確保するため、品質管理の組織・体制および役割と責任を明確にし、使用するあと施工アンカー製品の選定および受入れ時の確認、アンカー筋を埋め込む部分のコンクリートの状態確認、施工時の品質管理として施工前試験、施工時検査、施工後の管理・検査、工事の各段階での記録を残すことによりあと施工アンカー工事の品質を確保する。

[解説]

あと施工アンカーは、工事に関わるすべての関係者一人一人の日々の取組みが、そのまま結果として残るが、欠陥があってもすべてを外観から発見する事は困難で、製品管理から施工前試験、施工時検査、施工後の検査等による各工程での品質管理が重要となる。現場での施工品質を確保するため、元請会社が品質管理の組織・体制および役割と責任を明確にし、使用するあと施工アンカー製品の選定および受入れ時の確認、アンカー筋を埋め込む部分のコンクリートの状態確認、施工時の管理として施工前試験、施工時検査、施工後の管理・検査を行い、それぞれ工事の各段階での記録を残すことにより元請会社の責任範囲を明確にし、あと施工アンカー工事の品質を確保する。

施工品質を確保するには、これとは別にあと施工アンカー施工責任者とあと施工アンカー施工者が行う自主確認が確実に行われることが重要であり、硬化養生後に、全数目視・接触打音を行って施工完了となるが、元請会社は適宜・適切な時期に施工に立ち会うとともに、施工日ごとに施工実績表や自主検査結果表を提出させ日常的な施工品質管理を確実に行うものとする。アンカーの埋込み長さ検査および接着剤の充填状況の検査については、施工者の管理項目とはせずに、工事監理者が指定した検査者が行うものとする。検査の実施者(検査者)は、検査のための試験を適切に実施できる者で、検査会社(機関)などのほか、当該工事に直接関与しないあと施工アンカーの製造者や施

工者も含まれる。

### 1-3 用語

本指針で使用する用語は、次による。

- ・ **発注者(建築主)**：あと施工アンカー工事に関する工事請負契約(以下「工事請負契約」という。)の注文主。
- ・ **設計者**：あと施工アンカー工事の設計を行う者。
- ・ **工事監理者**：あと施工アンカー工事が設計図書通りに施工されているかどうかを確認する者。
- ・ **元請会社(施工者・全体工事請負業者)**：あと施工アンカー工事に関する工事請負契約の請負人。
- ・ **元請責任者**：工事において技術上の管理をつかさどり、施工に従事する者の技術上の指導監督を行う者。
- ・ **工事管理者**：元請責任者の元であと施工アンカー工事の施工管理を行う者。
- ・ **あと施工アンカー施工会社**：あと施工アンカー工事に関して、発注者もしくは元請会社との契約により施工および施工管理を実施する組織。
- ・ **あと施工アンカー施工責任者**：あと施工アンカー工事全般の施工業者の責任者で、あと施工アンカー技術に精通し、工事管理者の承認を受けた者。
- ・ **あと施工アンカー施工者**：あと施工アンカーの施工を行う者で、工事管理者が承認する施工技量を有し、使用する製品の製造者が行う取扱説明および実技講習受講証明書を有する者。
- ・ **検査会社**：あと施工アンカー工事の検査を行うことを業務とする第三者性が認められる組織。
- ・ **検査者**：検査者については、検査を行う者であと施工アンカー工事に施工と製品の面で関わらず工事監理者が指定した者。
- ・ **あと施工アンカー製造者(製造者)**：使用する製品の製造管理を確実に行うとともに、所定の性能を有する製品として責任を持って提供できる者。
- ・ **施工品質管理計画書**：発注者の要求を示した設計図書に基づいて、その内容を実現するために施工者が作成する計画書。
- ・ **施工要領書**：施工品質管理計画書に基づいて、あと施工アンカーの性能・品質を実現するために、具体的手順を定めたもので、品質管理体制に示されたあと施工アンカー施工会社が作成したもの。
- ・ **検査要領書**：施工品質を確保するための検査項目、検査内容、検査時期等の必要事項を示した文書。本要領書は元請会社(施工者)および発注者の承認を得て実施する。
- ・ **施工記録**：あと施工アンカー工事の施工管理計画書に基づき使用アンカー筋、カートリッジ情報、重点管理項目、確認事項に関するもので、施工確認シートによる記録。
- ・ **自主確認**：工事管理者および施工者による硬化養生後に行う完了確認。全数目視・接触打音・計測により行う確認で、必要に応じて非破壊引張検査を行う。
- ・ **検査**：工事監理者の指示の下、あと施工アンカー工事の施工品質の確認のために行う検査。注入量の検査、埋込み長さの検査、接着剤の充填状況の検査などがある。

## 2 品質管理体制

### 2-1 組織

あと施工アンカー工事を行うための品質管理は、あと施工アンカーの品質確保のための発注者、設計者、工事監理者、元請会社、あと施工アンカー施工会社および検査会社による責任体制を明確にした品質管理体制のもとに実施する。

〔解説〕

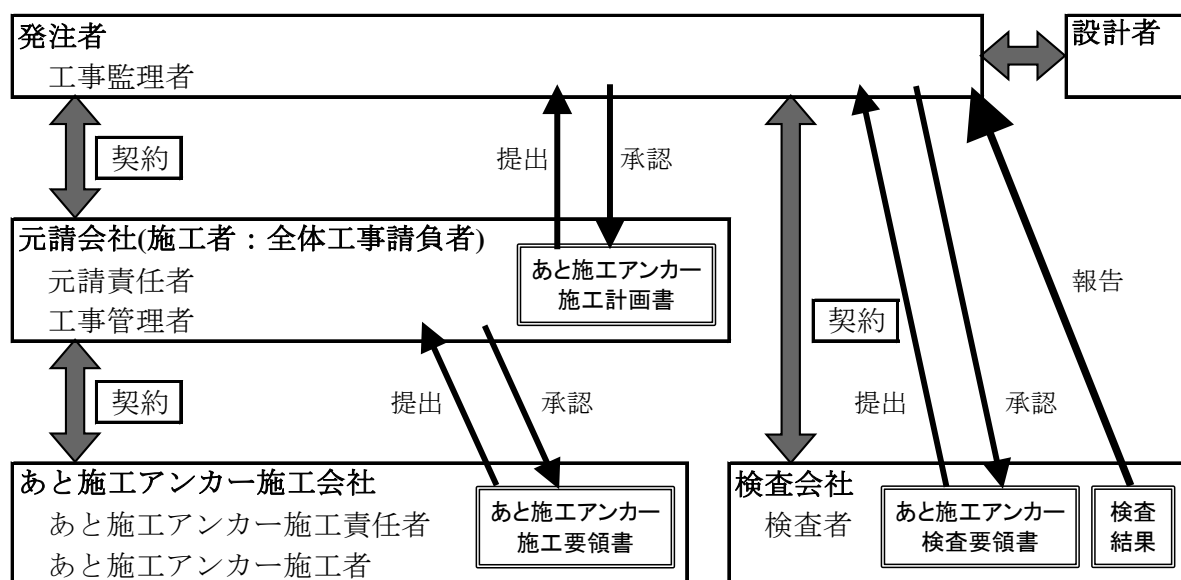
#### (1)あと施工アンカー工事の施工品質管理体制

工事監理者は、設計図書およびあと施工アンカー工事施工品質管理計画書の通りに施工が行われているか、**解図 2.1.1** に示した施工体制のもとに施工品質管理が行われていることを常に確認する責任を負う。元請会社からの報告を受けたときには速やかに承認手続きを行い、円滑な工事進捗が行われるようにする。

元請責任者は、あと施工アンカー工事施工品質管理計画書の通りに施工ができるように配慮し、施工品質確保への体制作りを行い、あと施工アンカー施工者・あと施工アンカー施工責任者が行う自主検査とは別に、品質管理を行い、発注者・工事管理者に報告する責任を負う。

あと施工アンカー施工者・あと施工アンカー施工責任者は、現場状況を正確に、必ず工事管理者を通して元請責任者に報告する責任を負う。また、あと施工アンカー施工者は、良好な状況での施工を心がけ、日頃からの技術力研鑽を怠らず、健康状態にも十分配慮し万全な状況で施工を行うこととされている。

検査会社の検査者は、独立した第三者の立場で、施工状況について確認・検査を行い工事監理者に報告を行う。



解図 2.1.1 あと施工アンカー工事の施工品質管理体制

#### (2)あと施工アンカー工事に関する重点管理項目と管理区分

あと施工アンカー工事に関する重点管理項目と管理区分を、**解表 2.1.1** に示す。

工程ごとに、準備段階・施工計画・施工実施・検査・記録について、重点管理項目のキーワードを示し、管理の方法ではそれぞれのキーワードについてのポイントを表し、管理区分では☆：承認・

確認，◎：実施・報告として，対象者ごとに分けて表の中に示した。

- ・本指針の中で示す品質管理体制については，建築物の構造部材の接合という，構造体の安全性に関わる極めて重要な役割を担う業務であることを認識する必要がある。したがって，現在まで多く使用されている機物の据付け用のあと施工アンカーとは異なる体制であと施工アンカー工事および施工品質管理を行うことを徹底するために示している。工事監理者は常にあと施工アンカー工事に関して，決められたルールが守られていることを自ら確認するとともに，報告を受けたら速やかに指示を行う。
- ・工事管理者は，施工実施において，本指針の中で現場での品質管理の中心をなすもので，墨出しから埋設物探査・材料発注・受入れ・施工前試験実施・施工実施・自主確認に至るまで確実に実施されていることを確認し，施工報告書の作成を行う。
- ・工事管理者は，準備段階において工事に関する設計図書をもとに施工図を作成し，工事範囲・工法の確認・工程を把握し，あと施工アンカー施工者の資格所有者の存在を確認してあと施工アンカー施工業者の選定を行い，工程計画を作成する。
- ・工事管理者は，施工計画では，施工品質管理計画書・施工前試験・施工管理計画書の作成について，準備段階で得た情報をもとに，施工品質を達成させるための具体的方策を各計画書に明示する。
- ・工事管理者は，検査者が行なう検査においては，検査がスムーズに進められるように障害物等の除去など協力し，施工後の検査結果で，工事監理者から是正などの指示がある場合は速やかに対処する。
- ・検査者については，業務の特殊性を考え，建築設計・施工技術に精通しているだけでなく，あと施工アンカー技術に対する経験などが必要であり，「あと施工アンカー技術管理士」の資格を有する者が望ましい。
- ・各施工段階における記録は，各関係者の責任範囲における**解表 2.1.1**に示した施工品質重点管理項目，施工品質管理の方法の欄に□で囲んだ文書について，記録・保管する。

### (3)あと施工アンカー工事施工品質記録管理文書

あと施工アンカー工事完了時には，**解表 2.1.2**に示す施工品質記録管理文書リストに従い，ファイル化して報告を行なうとともに，保管する。

解表 2.1.1 あと施工アンカー施工品質重点管理項目と管理実施の方法

(□内は記録管理文書)

| 工程   | 施工品質重点管理項目  | 施工品質管理の方法                                       | 管理区分  |       |         |            |          |     |   |
|------|-------------|---|-------|-------|---------|------------|----------|-----|---|
|      |             |   | 工事監理者 | 工事管理者 | 専門工事責任者 | 頻度         | 不合格時の措置  | 記録  |   |
| 準備   | 設計図書 a 確認   | 設計内容：数量・材料・品質の確認<br>あと施工アンカー施工範囲の母材確認，工法確認，工程表  | ◎     | ◎     | —       |            |          | a   |   |
|      | 施工業者の決定     | 業者登録簿 b，施工業者実績，技量(資格者数)確認                       | ☆     | ◎     | —       |            |          | b   |   |
|      | あと施工アンカーの品質 | 認定製品 c の使用条件の確認                                 | ☆     | ◎     | —       |            |          | c   |   |
|      | 位置墨出し       | 墨出し確認：設計図書 a に基づき構造物設置位置に合致した現況調査図 d            | ☆     | ◎     | —       | 全箇所        |          | d   |   |
|      | 埋設物確認       | 現場を照合し確認，現況図作成<br>施工位置付近の状況から鉄筋・配管等の埋設物確認し位置を決定 | ☆     | ◎     | —       | 全箇所        |          | d   |   |
|      | 施工図 e       | 現況調査図をもとに施工位置を記述する。                             | ☆     | ◎     | —       | 着手時<br>変更時 |          | e   |   |
| 施工計画 | 施工品質管理計画書 f | 確認項目，工法・施工体制の基本的条件の確認                           | ☆     | ◎     | —       | 着手時<br>変更時 |          | f   |   |
|      | 施工要領書 g     | 施工品質管理計画書に基づき，施工手順・自主確認方法を示す                    | —     | ☆     | ◎       | 着手時<br>変更時 |          | g   |   |
|      | 材料発注書 h     | 施工条件・設計図書・施工図・施工品質管理計画書による使用条件の確認               | —     | ◎     | ◎       |            |          | h   |   |
|      | 施工前試験計画書 i  | 製品・施工者技量等施工品質を確認する試験要領・判定基準の確認                  | ☆     | ◎     |         | 着手時        |          | i   |   |
|      | 施工品質管理計画書 j | 施工品質管理計画書に基づいた品質管理の具体的要領の作成                     | ☆     | ◎     |         | 着手時        |          | j   |   |
| 施工実施 | 材料の受け入れ     | 材料受入管理簿 k<br>受入簿記入，納品書・ミルシート保管<br>材質確認・マーキング確認  |       | ☆     | ◎       | その都度       |          | k   |   |
|      | 施工者確認       | 入場者名簿 l<br>資格者証明書照合コピー保管，記録，有効期限，使用機器           |       |       | ◎       | 毎日<br>入場時  |          | l   |   |
|      | 施工前試験実施     | 施工前試験計画書 i に示された頻度・判定基準・記録保管(全員)                |       | ☆     | ◎       | 施工者毎       |          | m   |   |
|      | 施工前試験結果報告   | 施工前試験実施および結果報告書 m<br>施工前試験結果の報告・合格者名簿作成         | ☆     | ◎     |         | 施工者毎       |          | m   |   |
|      | 穿孔管理        | 施工確認シート n<br>施工開始時立会い位置・深さ・径・傾き等の記録             |       |       | ◎       | ◎          | 毎日<br>全数 |     | n |
|      | 充填・埋設       | 施工確認シート n<br>施工開始時立会いマーキング・充填確認 充填量・充填状況等 記録確認  |       |       | ◎       | ◎          | 毎日<br>全数 |     | n |
|      | 施工状態の確認     | 施工確認シート n<br>自主確認，結果と記録の確認                      |       |       | ◎       | ◎          | 毎日<br>全数 | 再試験 | n |
|      | 施工報告        | 施工品質管理報告書 o                                     | ☆     | ◎     |         | 要求時<br>最後  |          | o   |   |

※ ☆：承認・確認，◎：実施・報告，記録：a～o の記録管理文書

解表 2.1.2 施工品質記録管理文書リスト

| 準備        | 施工計画        | 施工実施              |
|-----------|-------------|-------------------|
| a 設計図書    | f 施工品質管理計画書 | k 材料受入管理簿         |
| b 業者登録簿   | g 施工要領書     | l 入場者名簿           |
| c 認定製品リスト | h 材料発注書     | m 施工前試験実施および結果報告書 |
| d 現況調査図   | i 施工前試験計画書  | n 施工確認シート         |
| e 施工図     | j 施工品質管理計画書 | o 施工品質管理報告書       |

2-2 施工図，施工品質管理計画書，施工要領書の作成

あと施工アンカー工事の実施にあたり，工事管理者は設計図，仕様書をもとに施工図を作成し工事監理者の承認を受ける。

工事管理者は，承認を受けた施工図をもとにあと施工アンカー工事の技術的条件，品質確保のため施工上の要求品質を満足するための施工品質管理計画書を作成し工事監理者の承認を得た後，あと施工アンカー施工会社にその内容を示し，計画通りに実施されていることを確認する。

あと施工アンカー施工会社は，施工品質管理計画書をもとにあと施工アンカー工事の実施体制，施工手順，自主管理等について施工要領書を作成して工事管理者の承認を得る。

〔解説〕

品質管理体制に従い実際に現場での施工品質を確保するためには，工事管理者，あと施工アンカー施工会社，検査会社それぞれが役割と責任を果たさなければならない。解表 2.2.1 はそれぞれの役割と責任を確認するために必要な各項目に対する確認事項として，工事管理者による「施工品質管理計画書」，あと施工アンカー施工会社による「施工要領書」について記載すべき最低の項目を示した。

工事管理者は，施工品質管理計画書作成にあたっては，工事監理者の承認を受けた施工図をもとに，あと施工アンカー施工会社があと施工アンカー工事を行うにあたり，解表 2.2.2 に示す各項目について施工品質確保に必要な条件，管理水準を記述しなければならない。

あと施工アンカー施工会社は，施工要領書作成については，施工品質管理計画書をもとにあと施工アンカー施工者自ら品質管理を行う意味を理解して，解図 2.2.1 および解表 2.2.3 に示す標準的な施工を踏まえた上で当該現場に特有な条件などを加味して，工期内で安全に実施する内容となっていることに留意する。

解表 2.2.1 「施工品質管理計画書」・「施工要領書」に必要な記載事項

| 項目       | 確認・記載項目         | 施工品質管理計画書    | 施工要領書                |
|----------|-----------------|--------------|----------------------|
|          |                 | 元請会社<br>作成範囲 | あと施工アンカー<br>施工会社作成範囲 |
| 1.総則     | 1.1 適用範囲        | ○            | ○                    |
|          | 1.2 適用図書・準拠図書   | ○            | ○                    |
|          | 1.3 協議          | ○            | ○                    |
|          | 1.4 その他(関係者へ徹底) | ○            | ○                    |
| 2.品質管理体制 | 2.1 工事概要        | ○            | ○                    |
|          | 2.2 品質管理体制      | ○            | ○                    |
|          | 2.3 工事範囲(施工数量)  | ○            | ○                    |
|          | 2.4 工事工程表       | ○            | ○                    |
| 3.使用材料   | 3.1 鉄筋          | ○            | ○                    |
|          | 3.2 あと施工アンカー製品  | ○            | ○                    |
| 4.施工前管理  | 4.1 施工者の資格      | ○            | ○                    |
|          | 4.2 証明書類の提示     | ○            | ○                    |
|          | 4.3 施工前試験       | ○            | ○                    |
|          | 4.5 現場環境・養生     | ○            | ○                    |
| 5.施工時管理  | 5.1 安全          | ○            | ○                    |
|          | 5.2 作業手順        | ○            | ○                    |
|          | 5.3 材料・施工工具確認   | ○            | ○                    |
|          | 5.4 施工完了確認      | ○            | ○                    |
|          | 5.5 自主確認        | ○            | ○                    |
| 6.報告・記録  | 6.1 文書の維持       | ○            | ○                    |
|          | 6.2 記録の保管       | ○            | ○                    |
|          | 6.3 不合格部の再施工    | ○            | ○                    |

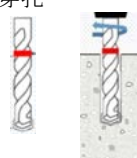


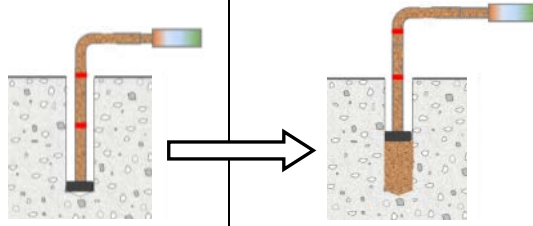

○：施工要領書，施工品質管理計画書に必要な確認・記載事項



工事管理者用

解表 2.2.2 施工品質管理計画書内のあと施工アンカー施工管理シートの一例(確認事項：各施工箇所別管理)

| 発注者名     |            | 〇〇市建設部                      | 施工箇所       |  | 〇〇階 No.①          |     |           |     |
|----------|------------|-----------------------------|------------|--|-------------------|-----|-----------|-----|
| 工事名称     |            | 〇〇増築工事                      | 管理水準       |  |                   |     |           |     |
| 現場住所     |            | 〇〇市〇〇町〇〇番地                  | 管理内容       |  |                   |     |           |     |
| 施工年月・時間帯 |            | 2018.05.10 午前               | 管理項目       |  |                   |     |           |     |
| 天候・気温    |            | 晴れ・25℃                      | 仕上げ材の撤去    |  |                   |     |           |     |
| 施工業者     |            | 〇〇工事(株)                     | 仕上げ材の撤去    |  |                   |     |           |     |
| 施工者名/資格  |            | 〇〇〇〇 / 1種施工士                | 墨出し位置      |  |                   |     |           |     |
| 使用樹脂メーカー |            | 〇〇会社                        | 墨出し位置      |  |                   |     |           |     |
| ロット番号    |            | 〇〇〇〇〇〇〇〇                    | 施工箇所状態     |  |                   |     |           |     |
| カートリッジ番号 |            | 〇〇〇〇〇〇〇〇                    | 使用鉄筋の状態    |  |                   |     |           |     |
| アンカー筋径   |            | D13                         | コンクリート状態   |  |                   |     |           |     |
| アンカー筋全長  |            | 500 mm                      | 表面のひび割れ・豆板 |  |                   |     |           |     |
| 定着長さ     |            | 300 mm                      | 表面の清掃状況    |  |                   |     |           |     |
| 埋込み長さ    |            | 200 mm                      | 穿孔位置       |  |                   |     |           |     |
| かぶり厚さ    |            | 70 mm                       | 穿孔深さ       |  |                   |     |           |     |
| アンカー筋間隔  |            | 200 mm                      | 穿孔径        |  |                   |     |           |     |
| 注入予定量    |            | 〇〇〇〇 cc                     | 穿孔角度       |  |                   |     |           |     |
| 項目       |            | 管理内容                        |            |  | 確認                |     |           |     |
| 準備       | 仕上げ材の撤去    | 墨出し前に仕上げ材の撤去を行う             |            |  | 確認                | 承認  |           |     |
|          | 墨出し位置      | 施工図表示位置に十字に表示               |            |  |                   |     |           |     |
| 施工場所     | 施工箇所状態     | あと施工アンカー施工可能状態              |            |  | 確認                | 承認  |           |     |
|          | 使用鉄筋の状態    | 錆・表面の汚れ                     |            |  |                   |     |           |     |
|          | コンクリート状態   | 表面のひび割れ・豆板                  |            |  |                   |     |           |     |
|          | 施工位置の清掃    | 表面の清掃状況                     |            |  |                   |     |           |     |
| 穿孔       | 穿孔位置       | 穿孔位置のずれが5 mm 以内に施工されていること   |            |  | 確認                | 承認  |           |     |
|          | 穿孔深さ       | 所定の深さが確保されていること             |            |  |                   |     |           |     |
|          | 穿孔径        | 所定孔径は製造者規定以内であること           |            |  |                   |     |           |     |
|          | 穿孔角度       | コンクリート表面から5度以内であること         |            |  |                   |     |           |     |
| 清掃       | 清掃機材       | 吸塵機の性能・ブラシ径を確認すること          |            |  | 確認                | 承認  |           |     |
|          | 清掃状態       | 孔内に切り粉、ゴミ類がないか              |            |  |                   |     |           |     |
|          | 注入準備       | メーカー指定のチューブ・受圧面になっていること     |            |  |                   |     |           |     |
| 注入       | 注入ノズルマキング  | マキングは所定の位置で、目視で監視可能であること    |            |  | 確認                | 承認  |           |     |
|          | 充填剤混合      | 混合状態が正常であることを確認する           |            |  |                   |     |           |     |
|          | 樹脂充填量管理    | 孔径によるマキング位置は正しいか            |            |  |                   |     |           |     |
| 鉄筋埋込み    | アンカー筋マキング  | 孔底まで挿入してマキングしていること          |            |  | 確認                | 承認  |           |     |
|          | アンカー筋セット方法 | 手でゆっくり回しながら挿入し、気泡の抜けを確認すること |            |  |                   |     |           |     |
|          | マキング位置確認   | マキングはコンクリート表面にて目視で確認可能であること |            |  |                   |     |           |     |
| 施工後管理    | 硬化および養生    | 鉄筋位置が施工直後と変化していないこと         |            |  | 確認                | 承認  |           |     |
|          | 自主管理       | 自主検査要領で確認すること               |            |  |                   |     |           |     |
| No.      | 月日         | 指摘事項・処理方法                   |            |  | 項目                | 指摘日 | 指摘事項・処理方法 | 確認者 |
| ①        | 〇/〇        | 指すが10 mm                    |            |  | 指すが10 mm          |     |           | 確認者 |
|          | 〇/〇        | 対応                          |            |  | 指すが横方向であり、修正無しとする |     |           |     |

| 手順  | 施工要領  | 確認事項   |
|---|---|--|
| (1)準備   | ①墨出し確認<br>②工具・ドリルの選定                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>・墨出し位置に鉄筋，埋設物がないことを確認する。</li> <li>・作業工具，アンカー筋等および，使用樹脂の仕様・状態を確認する。</li> </ul>   |
| (2)穿孔深さ決定<br>・穿孔<br>       | ③ドリルへのマーキング<br>④コンクリート穿孔                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>・所定の穿孔深さを確保するためのマーキングを行う。</li> <li>・コンクリート面に対して直角に穿孔する。</li> </ul>  |
| (3)孔内清掃<br>・穿孔深さ確認<br>     | ⑤孔内清掃および穿孔深さの確認                                   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 切粉除去⇒穿孔後，孔中の切粉除去を確認</li> <li>2. 穿孔深さの確認⇒穿孔深さの計測</li> <li>3. ブラシがけ⇒孔壁面から切粉を除去確認</li> <li>4. 吸引・ブローによる切粉除去⇒触診確認</li> </ol>   |
| (4)アンカー筋にマーキング<br>        | ⑥アンカー筋にマーキング                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>・有効埋込み長さに合わせて，アンカー筋にマーキングを行い，マーキングを行った後で構造部材側への所要埋込み長さが確保されていることを確認する。</li> </ul>   |
| (5)樹脂注入<br>              | ⑦樹脂注入チューブにマーキング<br>⑧樹脂注入(先端補助具が樹脂の圧力により孔口の方に移動する) | <ul style="list-style-type: none"> <li>・樹脂注入チューブ2か所(所要穿孔深さ確認用と樹脂注入量確認用)にマーキングをする。</li> <li>・孔底まで樹脂注入チューブを差し込み，先端樹脂受け部への樹脂圧によりチューブが移動し，所定位置にマーキングが達したことを確認する。</li> <li>※注入に当たっては，樹脂注入チューブを故意に引き抜かないこと。</li> </ul>             |
| (6)アンカー筋の固着<br>・硬化養生<br> | ⑨アンカー筋の固着・硬化養生                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>・余分な空気が入らないようにアンカー筋を手で回しながらゆっくりと埋め込む。</li> <li>・上向き施工などの場合に，くさびやゴムバンドなどで落下防止策を行う。また，樹脂がダレないようにキャップ等を装着する。</li> <li>・所定の硬化時間はアンカー筋を動かさないように，コンクリート表面の残存樹脂や汚れなどを除去し，硬化養生を行う。</li> </ul> |
| (7)自主確認   | ⑩自主確認<br>⑪次工程への準備                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・目視確認，接触打音などにより施工完了したことを確認する。</li> <li>・増設壁・ブレース取付け，機物取付け工事に備える。</li> </ul>   |

解図 2.2.1 施工手順(施工要領・確認事項)

解表 2.2.3 施工確認シートの一例

(あと施工アンカー施工者用)

| 発注者                   | 〇〇建設〇〇作業所長〇〇   |                       | 工事名称                                | 〇〇作業所                 |                            |                          |
|-----------------------|--|-----------------------|-------------------------------------|-----------------------|----------------------------|--------------------------|
| 現場住所                  | 〇〇区〇〇町 1-2-3   |                       |                                     |                       |                            |                          |
| あと施工アンカー<br>工事業者名     | 〇〇工務店  | あと施工アンカー<br>施工責任者     | 〇〇 〇〇                               | 工期                    | / / ~ / /                  |                          |
| 施工者氏名・資格              | 〇〇 〇〇(1種施工士) 〇〇 〇〇(1種施工士) 〇〇 〇〇(1種施工士) 〇〇 〇〇(2種施工士)                        |                       |                                     |                       |                            |                          |
| 施工場所                  | 別途 施工図に従い、施工位置を確認する  |                       |                                     |                       |                            |                          |
| 接着系あと施工アンカーの種類        | 1. ミキシングノズル式(有機系)  |                       | <input checked="" type="checkbox"/> | 2. プレ混合式(無機系)         |                            | <input type="checkbox"/> |
| アンカー筋                 |  |                       | カートリッジ( mℓ)使用樹脂量                    |                       |                            |                          |
| 本数                    | 上向   | D13(ℓ=500) 〇〇本(〇〇 mℓ) | D16(ℓ=650) 〇〇本(〇〇 mℓ)               | D19(ℓ=800) 〇〇本(〇〇 mℓ) |                            |                          |
|                       | 横向   | D13(ℓ=500) 〇〇本(〇〇 mℓ) | D16(ℓ=650) 〇〇本(〇〇 mℓ)               | D19(ℓ=800) 〇〇本(〇〇 mℓ) |                            |                          |
|                       | 下向   | D13(ℓ=500) 〇〇本(〇〇 mℓ) | D16(ℓ=650) 〇〇本(〇〇 mℓ)               | D19(ℓ=800) 〇〇本(〇〇 mℓ) |                            |                          |
| 材質規格<br>JISG3112:2010 | D13: SD295<br>D16: SD295<br>D19: SD345                                     |                       | 製造者名                                | 〇〇株式会社                | 商品名                        | 〇〇〇〇アンカー                 |
|                       |  |                       | 内容量                                 | 〇〇 mℓ                 | 有効樹脂量                      | 〇〇 mℓ                    |
|                       | 穿孔径  | 穿孔長                   | 埋込み長さ                               | 施工機材                  |                            |                          |
| D13                   |  | ℓ=                    | ℓ=                                  | 穿孔機械                  | ハンマドリル / ダイヤモンドコアドリル / 削岩機 |                          |
| D16                   |  | ℓ=                    | ℓ=                                  | 清掃ブラシ                 | 専用ブラシ(リヤ-ナイロン/毛)           | ブラシ有効長 〇〇 mm             |
| D19                   |  | ℓ=                    | ℓ=                                  | 清掃機器                  | 電動/集塵機                     |                          |
| 先端形状                  | <input checked="" type="checkbox"/> 寸切り / <input type="checkbox"/> 45° カット |                       | 注入予定樹脂量                             | 〇〇〇〇 mℓ / 本           | 施工本数                       | 本 / カートリッジ               |
| 番号                    | 重点項目   | 確認事項                  |                                     | あと施工アンカー<br>施工者       | あと施工アンカー<br>施工責任者          | 備考 / 措置                  |
| 1                     | 穿孔位置   | 目視: 所定の位置に施工          |                                     |                       |                            |                          |
| 2                     | 使用ドリル径   | 作業開始前: メーカー所定のサイズ     |                                     |                       |                            | 国内製 / 海外製                |
| 3                     | マーキング位置  | 作業開始前: 所定の長さをマーキング    |                                     |                       |                            | 適宜確認, 修正                 |
| 4                     | 穿孔長  | 全数スケール等で確認            |                                     |                       |                            | 全数写真記録                   |
| 5                     | 穿孔時注意  | 鉄筋等確認時には速やかに施工管理者に報告  |                                     |                       |                            |                          |
| 6                     | 穿孔角度   | 目視: 施工面に対して直角か        |                                     |                       |                            | 傾き: 最大5度以内               |
| 7                     | 孔内清掃   | 全数: 十分に行われているか        |                                     |                       |                            |                          |
| 8                     | 孔内の状態  | 全数: 乾燥 / 湿潤 / 湛水      |                                     |                       |                            |                          |
| 9                     | マーキング位置  | 全数: テープ等で明確に行ったか      |                                     |                       |                            |                          |
| 10                    | 捨てショット※  | ミキシングノズル取付けごとに行ったか    |                                     |                       |                            | ※無機系は混合状態確認              |
| 11                    | 樹脂注入   | 孔底から所定の樹脂量を注入したか      |                                     |                       |                            | 注入マーキング確認                |
| 12                    | アンカー筋埋<br>込み・施工終<br>了確認  | 手で回しながらゆっくり埋込む        |                                     |                       |                            |                          |
|                       |  | 全数: マーキングとコンクリート面の一致  |                                     |                       |                            | マーキング目視確認                |
|                       |  | 全数: 樹脂が孔口まで充填         |                                     |                       |                            |                          |
| 13                    | 清掃   | 全数: 余剰樹脂の除去           |                                     |                       |                            |                          |
| 14                    | 固定(上向き)  | 全数: 脱落防止措置を行う         |                                     |                       |                            |                          |
|                       | 硬化養生   | 全数: メーカー所定の時間以上       |                                     |                       |                            |                          |
| 15                    | 自主検査   | 全数: 目視・接触打音確認         |                                     |                       |                            |                          |

### 3 使用材料の管理

#### 3-1 使用材料

接着系あと施工アンカーは、設計図書に示されている性能を満足する国土交通大臣の強度指定を受けた製品から選定する。

〔解説〕

接着系あと施工アンカーは製品によりその特性および施工方法が異なり、設計図書通りの性能を確保するためには、国土交通大臣の強度指定を受けたものから選定し、材料受入れから施工までの保管についても注意を払わなければならない。

#### 3-2 材料の調達と受入れ

工事管理者は、設計図書で確認済みの鋼材・あと施工アンカー製品に関する発注・受入れについて、施工品質管理体制の中での確認事項として、責任を持って所定の製品が納入されていることを確認する。

〔解説〕

3-3 項に示す受入れ管理の要領に従って、調達した内容の確認を行い所定の方法で管理を行う。アンカー筋、カートリッジについては、施工品質管理計画書に示した内容との照合を行う。

#### 3-3 受入れ管理

工事管理者は、受入れについては、材料受入れ検査および保管管理要領に示す受入れ検査要領に従って、検査・記録を行い保管する。

〔解説〕

材料受入れ検査および保管要領

ミキシングノズル式(有機系)におけるカートリッジ、プレ混合式(無機系)における主剤(セメント粉体)・硬化剤(専用水)およびアンカー筋は、受入れ検査を行い、予め定められた場所に保管する。

請負責任者は、使用する接着系あと施工アンカーの種類、アンカー筋の種類、径および長さ、形状、本数、材質について、施工品質管理計画書に従って納入されていることを着工前までに確認し受け入れ検査を行い、**解表3.3.1**および**解表3.3.2**に例示した在庫管理簿を参照して、在庫状況を毎日確認し記入する。また、中途で残っているものの再使用は認めない。施工開始まで施工品質管理計画書で定めてある保管場所に養生等を含め、整理整頓し保管する。保管状態の確認は、原則として週に1回以上行うことが望ましい。使用量については**解表3.3.3**に例示した使用管理簿例を参照して毎日記録し、材料受入れ簿と在庫量を照合する。

解表 3.3.1 カートリッジ受入れ・在庫管理簿例

| 受入日 | 管理番号 | ロット番号 |     | 内容量 (mℓ) | 出庫月日 | 使用者   |     | 確認者   |
|-----|------|-------|-----|----------|------|-------|-----|-------|
|     |      | 主剤    | 硬化剤 |          |      | 氏名    | 受領印 |       |
| ○/○ | No.1 | ○○○   | ○○○ | 350      | ○/○  | ○○ ○○ |     | ○○ ○○ |
|     | No.2 |       |     |          | ○/○  | ○○ ○○ |     | ○○ ○○ |
|     | No.3 |       |     |          | ○/○  | ○○ ○○ |     | ○○ ○○ |
|     | ⋮    |       |     |          | ⋮    | ⋮     |     | ⋮     |
| ○/○ | No.1 | ○○○   | ○○○ | 900      | ○/○  | ○○ ○○ |     | ○○ ○○ |
|     | No.2 |       |     |          | ○/○  | ○○ ○○ |     | ○○ ○○ |
|     | No.3 |       |     |          | ○/○  | ○○ ○○ |     | ○○ ○○ |
|     | ⋮    |       |     |          | ⋮    | ⋮     |     | ⋮     |

※ 製品受取時にミルシートを確認し、各鉄筋径ごとに管理番号を付ける。  
各アンカー筋の使用詳細は、カートリッジ・アンカー筋使用管理簿に記述し、施工箇所におけるカートリッジ管理番号との照合によりどのカートリッジを使用したかを確認できるようにする。

解表 3.3.2 アンカー筋受入れ・在庫管理簿例

| 受入日 | 管理番号 | 規格値   |     | 全長 (mm) | 出庫月日 | 使用者   |     | 確認者   |
|-----|------|-------|-----|---------|------|-------|-----|-------|
|     |      | ミルシート | 材質  |         |      | 氏名    | 受領印 |       |
| ○/○ | No.1 | ○○○   | ○○○ | 600     | ○/○  | ○○ ○○ |     | ○○ ○○ |
|     | No.2 |       |     |         | ○/○  | ○○ ○○ |     | ○○ ○○ |
|     | No.3 |       |     |         | ○/○  | ○○ ○○ |     | ○○ ○○ |
|     | ⋮    |       |     |         | ⋮    | ⋮     |     | ⋮     |
| ○/○ | No.1 | ○○○   | ○○○ | 500     | ○/○  | ○○ ○○ |     | ○○ ○○ |
|     | No.2 |       |     |         | ○/○  | ○○ ○○ |     | ○○ ○○ |
|     | No.3 |       |     |         | ○/○  | ○○ ○○ |     | ○○ ○○ |
|     | ⋮    |       |     |         | ⋮    | ⋮     |     | ⋮     |

※ 製品受取時にミルシートを確認し、各鉄筋径ごとに管理番号を付ける。  
各アンカー筋の使用詳細は、カートリッジ・アンカー筋使用管理簿に記述し、施工箇所におけるカートリッジ管理番号との照合によりどのカートリッジを使用したかを確認できるようにする。

解表 3.3.3 カートリッジ・アンカー筋使用管理簿例

| 管理番号 | 受入日 | ロット番号 |     | 内容量 (mℓ) | 使用箇所<br>施工箇所 No. | 使用鉄筋 |     |            | 確認 | 承認 |
|------|-----|-------|-----|----------|------------------|------|-----|------------|----|----|
|      |     | 主剤    | 硬化剤 |          |                  | No.  | 呼び  | 埋込み長さ (mm) |    |    |
| No.1 | ○/○ | ○○○   | ○○○ | 350      | ○○階 A-No.1       | 1    | D16 | 240        |    |    |
|      |     |       |     |          | ○○階 A-No.2       | 2    | D16 | 240        |    |    |
|      |     |       |     |          | ○○階 A-No.3       | 3    | D16 | 240        |    |    |
|      |     |       |     |          | ⋮                | ⋮    | ⋮   | ⋮          |    |    |
| No.2 | ○/○ | ○○○   | ○○○ | 350      | ○○階 B-No.11      | 1    | D13 | 200        |    |    |
|      |     |       |     |          | ○○階 B-No.12      | 2    | D13 | 200        |    |    |
|      |     |       |     |          | ○○階 C-No.13      | 3    | D13 | 200        |    |    |
|      |     |       |     |          | ⋮                | ⋮    | ⋮   | ⋮          |    |    |
| No.3 | ○/○ | ○○○   | ○○○ | 900      | ○○階 D-No.21      | 1    | D19 | 300        |    |    |
|      |     |       |     |          | ○○階 D-No.22      | 2    | D19 | 300        |    |    |
|      |     |       |     |          | ○○階 D-No.23      | 3    | D19 | 300        |    |    |
|      |     |       |     |          | ⋮                | ⋮    | ⋮   | ⋮          |    |    |

(1) ミキシングノズル式(有機系)

有機系カートリッジの受入れ検査の内容を解表3.3.4に示す。また、カートリッジおよびアンカー筋の保管・管理の方法を、解表3.3.5に示す。受け入れにあたっては、材料の受入れ日、ロット番号(製造番号)、有効期限・確認者氏名を材料受入れ簿に必ず記録する。主剤と硬化剤のロット番号が違う場合には、所定の組み合わせであることを確認する。

解表 3.3.4 有機系カートリッジおよびアンカー筋の受入れ検査

| 項目          | 判定基準                     | 検査方法               | 時期・頻度   |
|-------------|--------------------------|--------------------|---------|
| 品名(材質)・本数   | 施工品質管理計画書(または注文書)と合致すること | 注文書と実物との照合         | 受入れ時に全数 |
| 寸法(サイズ・長さ)  |                          | 計測器(ノギスまたはスケール)で実測 | 受入れ時に全数 |
| カートリッジの有効期間 | 有効期限内であること               | 目視もしくはロットNo.読み取り   | 受入れ時に全数 |

解表 3.3.5 カートリッジおよびアンカー筋の保管・管理

| 項目          | 判定基準  | 検査方法  | 時期・頻度            |
|-------------|---|-------|------------------|
| カートリッジの保管状態 | メーカーの仕様書、カタログ、SDS などによる<br>水、油、土、ほこり、火気等がなく、高温・多湿の場所でなく、<br>直射日光の当たらない冷暗所に保管する。 | 目視による | 保管開始時<br>保管期間中適宜 |
| アンカー筋の保管状態  | 水、油、土、ほこり、火気等がない所に保管されていること<br>屋内で専用の場所を設けて保管されていること                            |       |                  |
| 保管          | 消防法他、関連法規を遵守すること。   |       |                  |

(2) カートリッジプレ混合式(無機系)

カートリッジの受入れ検査の内容を解表3.3.6に示す。また、カートリッジおよびアンカー筋の保管・管理方法を解表3.3.7に示す。材料の受入れ日、ロット番号(製造番号)、有効期限・確認者氏名を材料受入れ簿に必ず記録する。保管場所は、高温多湿を避けて、できるだけ乾いた場所で直射日光が当たらない室内に保管する。屋外でパレット上にブルーシートで覆うなどの保管は絶対行っていない。

解表 3.3.6 カートリッジの受入れ検査の受入れ検査

| 項目            | 判定基準                     | 検査方法               | 時期・頻度   |
|---------------|--------------------------|--------------------|---------|
| 品名(材質)・本数     | 施工品質管理計画書(または注文書)と合致すること | 注文書と実物との照合         | 受入れ時に全数 |
| 寸法(サイズ・長さ、形状) |                          | 計測器(ノギスまたはスケール)で実測 | 受入れ時に全数 |
| 主剤と硬化剤の有効期間   | 有効期限内であること               | 目視による              | 受入れ時に全数 |

解表 3.3.7 カートリッジおよびアンカー筋の保管・管理

| 項目          | 判定基準   | 検査方法  | 時期・頻度            |
|-------------|--|-------|------------------|
| 主剤と硬化剤の保管状態 | メーカーの仕様書、カタログ、SDS などによる<br>高温多湿の場所でなく、できるだけ乾いた場所で、直射日光の<br>当たらない室内に保管する。 | 目視による | 保管開始時<br>保管期間中適宜 |
| アンカー筋の保管状態  | 水、油、土、ほこり、火気等がない所に保管されていること<br>屋内で専用の場所を設けて保管されていること                     |       |                  |

#### 4 施工前の管理

施工前の確認事項として、**解表 2.2.2**に示した施工管理項目に基づき、自主管理計画書(**解表 2.2.3**に例示)、施工手順(施工要領・確認事項)(**解図 2.2.1**に例示)を作成する。施工前の管理においては、施工会社、施工者、施工資格、アンカー筋、カートリッジ、施工機械および重点品質管理項目について確認し、記録する。

〔解説〕

- ・接着系あと施工アンカーおよび、接着系あと施工アンカーを用いた構造部材に使用する材料の確認をする。
- ・接着系あと施工アンカーを埋め込むコンクリートの強度、アンカー筋の呼び径、材質、有効埋込み長さ、形状、へりあき、はしあき、ピッチ、ゲージ並びに重ね継手長さ等が設計図書に明示されていることを確認する。

##### 4-1 施工箇所の確認

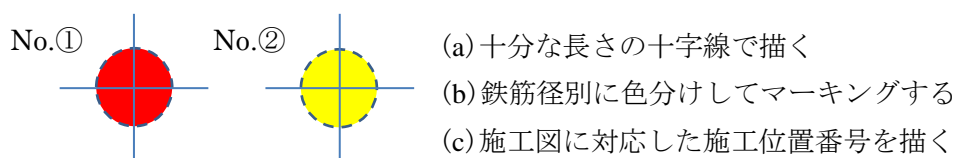
工事管理者は、接着系あと施工アンカーが施工される箇所の状況を確認し、あと施工アンカー性能に影響を与える障害となる埋設物がないことを確認し、墨出しを行う。

また、施工品質を確保するために、工期内に施工される数量の確認を行う。

〔解説〕

###### (1)あと施工アンカー施工箇所の確認

埋設物確認は工事管理者の責任において行い、設計図に記載してある箇所にあと施工アンカー施工位置の墨出しを行う。墨出しに当たりコンクリート面を清掃した後に、墨出しは十分な長さの十字線とする。この場合、穿孔中切り粉噴出や、コアドリルを使用の場合の集塵パッド・水パッドにより十字線が見え無くならないようにする。墨出しの例を**解図 4.1.1**に示す。



解図 4.1.1 墨出し位置明示の例

##### 4-2 母材コンクリートの状態調査

工事管理者は、設計図書に記載されているコンクリート強度を確認するとともに、施工箇所のコンクリートの状態があと施工アンカー性能に影響を与えないことを確認する。

〔解説〕

###### (1)母材コンクリートの状態調査

工事管理者は、接着系あと施工アンカー施工部分のコンクリートの劣化等や、施工位置に不良箇所(ひび割れや豆板等)が発生している場合は、工事監理者と協議を行いコンクリートの補修や施工位置を変更するなどの処置を行った上で墨出しを行い、あと施工アンカー施工者に施工位置の指示をする。

## 4-3 施工者の技能の確認

工事管理者は、施工前試験を実施し、充填性確認試験および付着試験により所定の技量を有することが確認されたあと施工アンカー施工者を入場者名簿に登録する。

〔解説〕

## (1) あと施工アンカー工事施工者の技能確認

注入方式接着系あと施工アンカー・カートリッジ型は、機器等の固定用など市場では多く用いられているが、施工に関する標準的な工法としては確立されておらず、製造者がそれぞれ自社製品に関する施工手順を考案して、あと施工アンカー施工者への教育を行って実務に供しているのが現状である。

あと施工アンカーに関する施工者の資格については、(一社)日本建築あと施工アンカー協会(以下、JCAA)が実施している資格制度などがあるが、注入方式を対象とした資格制度は存在しない。本指針においても共通の施工手順については施工要領で示しているが、各々の製品の詳細については独自の管理を行うことで施工品質が確保されることになるので、製造者が行う施工講習による受講修了証が、使用する製品に関する技量を有すると判断される。

現場においては、一定の水準の技量についてはJCAA等の資格を有しかつ、使用する製品の製造者の施工講習を受講したものを対象に、工事管理者は施工前試験を実施し、その施工前試験に合格した者で工事監理者が承認した者を施工者として登録する。

## (2) 施工前試験要領

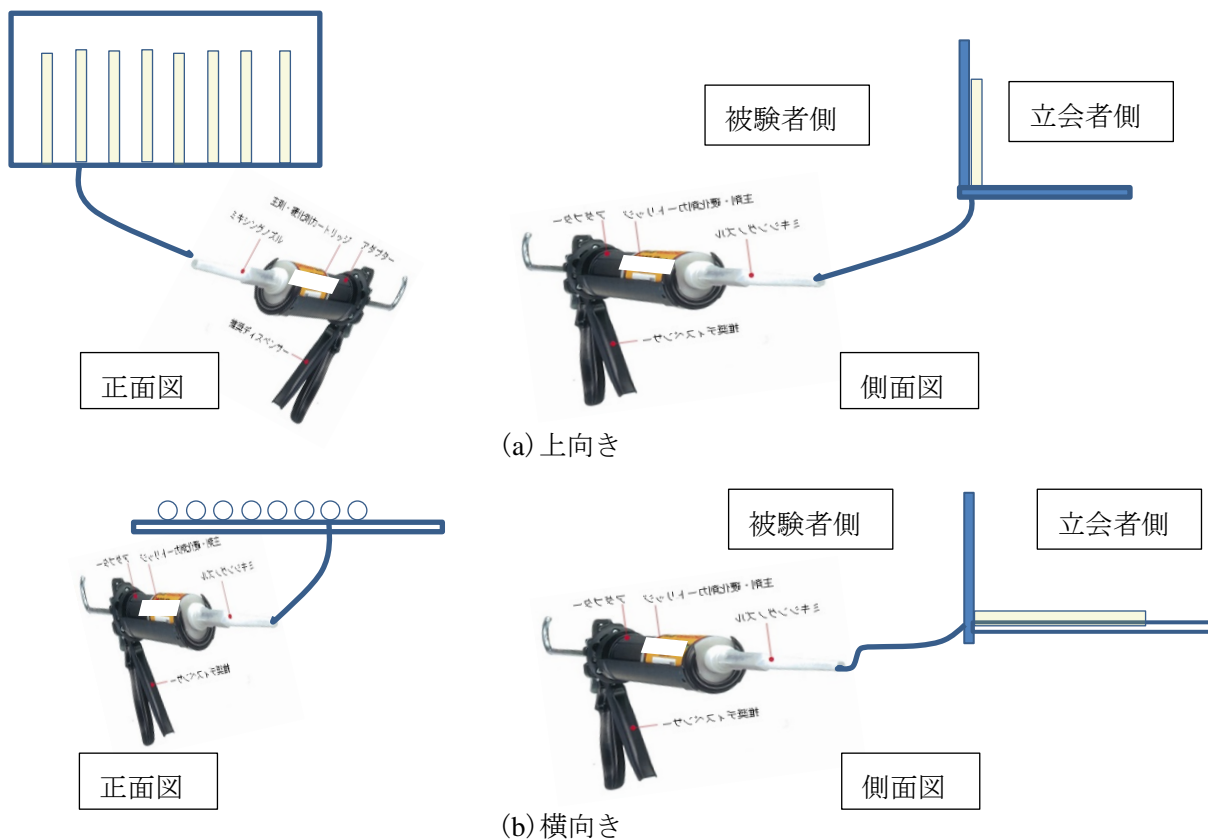
- 1) あと施工アンカー工事を行う場合、その施工に従事又は、従事予定者すべてのあと施工アンカー施工者に対して施工前試験を行う。工事の途中であと施工アンカー施工者の追加があった場合は、工事監理者と協議して対応する。
- 2) 施工前試験はあと施工アンカー施工者の技量と製品の付着力とを確認するため、樹脂の充填性確認試験と付着強度確認試験を実施する。施工前試験に使用する試験装置、透明アクリル樹脂管(透明で変形を生じないパイプ状のものであればよい)、コンクリート試験体は工事管理者が用意する。
- 3) 充填性確認試験は、透明なアクリル樹脂管に、実際に用いる樹脂・施工方法・施工者による充填試験を行い、試験本数は設計図書に記載の施工方向について各方向各5本とする。
- 4) 充填性確認試験では、樹脂が全長にわたって均一に充填されていることを確認する。充填性確認試験の合否は、アクリル樹脂管内の周囲内において鉄筋径程度以上の空洞が無く、全体として円筒形の周囲5%以上の空隙部が無い場合に合格とする。
- 5) 付着強度確認試験は、実際に施工するアンカー筋の最大径の鉄筋を用いて施工し、試験体数は5体とする。
- 6) 付着強度確認試験は、本報2-5-2節に示す「接着系あと施工アンカーの付着試験方法(案)・同解説」に準じて実施する。試験に使用する母材コンクリートの強度は、 $18\sim 24\text{ N/mm}^2$ とする。付着強度確認試験の合否は、5体の試験結果のすべてが設計図書に示される短期許容応力度を満足する場合に合格とする。
- 7) 施工前試験の合否判定は、工事管理者が行い、工事監理者に報告する。
- 8) 施工前試験の試験結果については施工者別に試験条件、状況、判定に至る経過について記録として保管する。
- 9) 施工前試験で不合格になった場合は、当該作業所における再試験は行わない。



(3) 充填性確認試験の方法

充填性確認試験は、施工者が当該現場で使用する樹脂を用いて、アクリル樹脂管に充填してその様子を工事管理者、工事監理者が立ち会って樹脂の充填性を確認する試験である。試験方法として、施工者側からは試験中の樹脂充填の状態は確認できないようにし、立会者側では試験の最初から最後まで確認できるように、施工者と立会者の間にはブラインドを設ける。

解図 4.3.1(a)は上向きの充填試験のイメージ図で、縦に並べたアクリルパイプに充填機から注入ホースを使って充填する様子で、左側は正面図、右側は側面図で被験者と立会者側の位置関係を示した。(b)は上向きの充填試験のイメージ図で、横に並べたアクリルパイプに充填機から注入ホースを使って充填する様子で、左側は正面図、右側は側面図で被験者と立会者側の位置関係を示した。



解図 4.3.1 施工前試験イメージ図

<参考> 充填方法確認試験装置例

解図 4.3.1 に示す施工前試験イメージ図をもとに、現場での使用を考えて軽量で簡便に充填確認試験ができるように、試作を行なって実用可能かの検証を行なった。

解図 4.3.2 は装置組み立てから充填準備までを示したもので、(a)は充填装置側面、(b)は充填装置正面、(c)は充填装置正面上部でアクリルパイプが見えない状態を示し、(d)は充填装置裏面でアクリルパイプが見えている。(e)は注入ホースマーキング、(f)は注入ガンにカートリッジ装填し注入ホースも接続されている様子である。



(a) 充填装置側面



(b) 充填装置正面



(c) 充填装置表面上部



(d) 充填装置裏面上部



(e) 注入樹脂量を計算した後にマーキング



(f) 注入ガンにカートリッジ装填

解図 4.3.2 施工前試験準備

解図 4.3.3 は、施工前試験充填確認の様子を示したもので、(a)は1本目の充填が終わり鉄筋を挿入している表面の様子、(b)は充填中の裏面の様子、(c)は充填中の様子で注入ホースはフリーの状態である。(d)は樹脂充填後鉄筋挿入時の空気が抜けていく様子、(e)は充填後横に回転させて樹脂充填を確認している様子である。



(a) 表面の注入状況



(b) 裏面の状況



(c) 表面の鉄筋装填状況



(d) 裏面の充填状況および余剰樹脂の様子



(e) 充填装置を90度回転して樹脂充填状況の確認を行っている様子

解図 4.3.3 施工前試験充填確認の様子

#### 4-4 施工前の計画と確認

工事管理者は、施工計画、施工図、施工業者、あと施工アンカー材料、施工前の確認内容・結果および施工要領を工事監理者に報告する。

〔解説〕

##### (1) あと施工アンカー工事施工前の計画と確認

あと施工アンカー施工管理については、**解表 2.2.2**に示した工事管理者が施工管理事項について、確認方法として工程ごとに準備、施工箇所の確認、穿孔管理、清掃、注入、鉄筋の埋込み、施工後の管理に関する管理内容と管理水準を示して確実に施工品質が確保されることを確認することが重要である。

あと施工アンカー施工要領書作成に当たってあと施工アンカー施工責任者は、**解表 2.2.2**に示した確認事項が確実に実施されるように、あと施工アンカー工事施工者が使用する材料、穿孔機械、清掃機械、注入方法などについて作成し、工事管理者に承認を得る。現場においても施工品質確保に活かすことが重要である。

##### (2) 施工手順の確認

**解表 2.2.2**に示した重点項目の具体的な施工要領について、**解図 2.2.1**に主な手順を図式により示して施工管理者側と施工者側との情報伝達に務める。あと施工アンカーは、施工後のコンクリート内部の確認が困難なため施工プロセス管理が極めて重要であり、施工管理者側と施工者側のコミュニケーションが不可欠である。そのための手段として共有の確認事項を持つことが重要であり、(1)～(7)の各項目と施工要領欄の①～⑩までを熟読して、工事管理者とあと施工アンカー施工者が一体となって品質管理を行なっていくために、作業内容の確認を施工前に行なうことが効果的である。

## 5 施工時の品質管理

### 5-1 施工時の品質管理項目

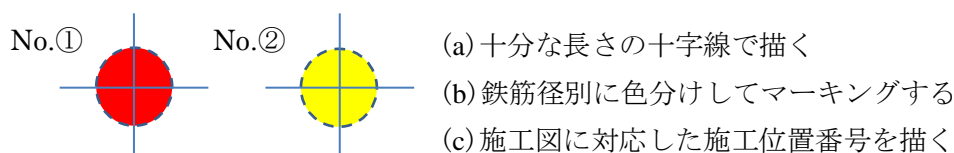
あと施工アンカー施工者およびあと施工アンカー施工責任者は、**解表 5.1.1**に示す各箇所確認シートにしたがって施工状況の確認と記録および施工状況の写真撮影を行う。

工事管理者は、あと施工アンカー施工時の品質管理について各箇所確認シートおよび撮影された写真を確認し、施工者と施工責任者の施工状況を確認する。各箇所確認シートは、施工箇所全数についてそれぞれ作成する。

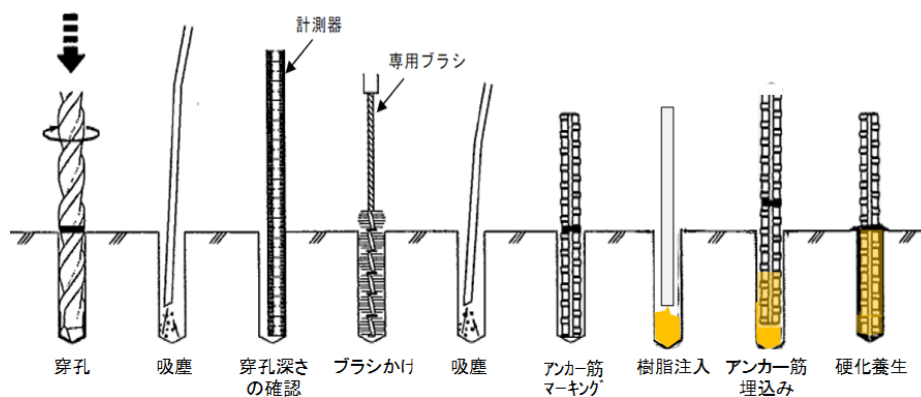
[解説]

#### (1) 準備

墨出し位置については、工事管理者は、施工図によるあと施工アンカー施工箇所位置に**解図 5.1.1**に示した十文字線による方法で明示するとともに、施工管理シートに部材端部などの基点からの位置の寸法および写真撮影による記録を行う。あと施工アンカー施工者は指示された墨出し位置の確認を行い、穿孔準備を行う。



解図 5.1.1 墨出し位置明示の例



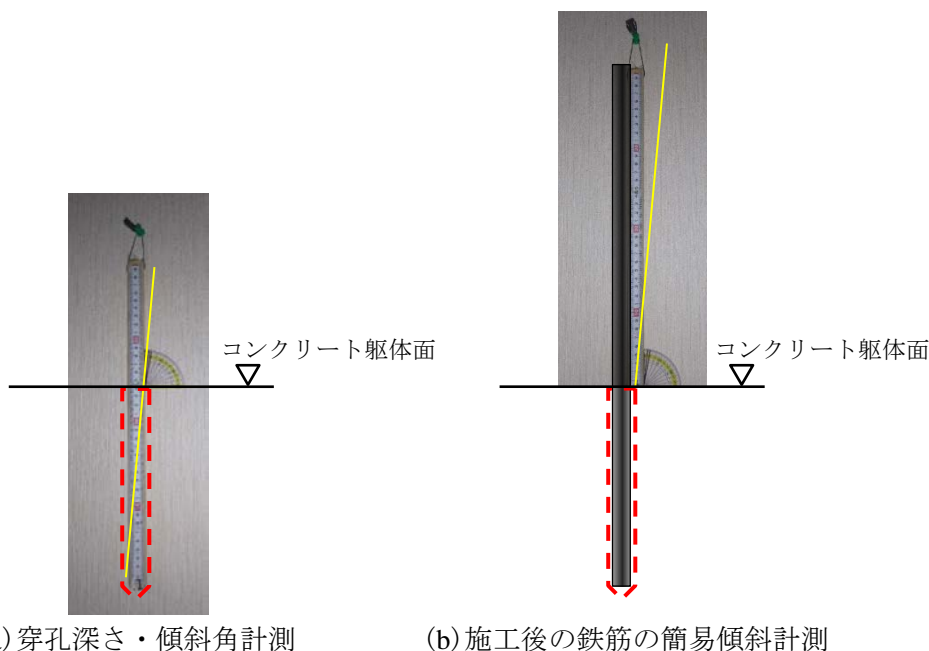
解図 5.1.2 施工手順例

#### (2) 穿孔深さ決定・穿孔

施工者は現場での使用機器が施工要領書に記載されているものであることを確認して、穿孔深さのマーキング位置が設計図書に明記されている有効埋込み長さを確保する箇所であることを確認する。穿孔後のコンクリート面に対する傾斜測定の確認を行う。穿孔途中で鉄筋等が確認された場合は、速やかに施工者から報告を受け、工事管理者は工事監理者と協議して施工に対する指示を行う。これらの結果については施工管理シートに記録する。

あと施工アンカー施工者からは、穿孔した箇所の位置、深さ、孔径、傾きについて各施工箇所確認シートに記載して提出させる。

解図 5.1.3 に穿孔深さ・傾斜角および鉄筋施工後の傾斜角を測定するための簡易測定治具を示す。この測定治具は、穿孔径より 0.5 mm 程度細い円筒形のメモリ付計測棒と穿孔角度、鉄筋傾斜角度が計測できるように分度器が組み込まれ、この分度器は上下移動可能で穿孔時には(a)に示す様にコンクリート表面に、鉄筋傾斜測定時には(b)に示す様に計測棒の先端部に移動させて、簡易に現場での計測を行うものである。



解図 5.1.3 穿孔深さ・傾斜角，施工後の鉄筋の簡易傾斜測定治具例

### (3) 清掃

施工者は、孔内清掃について清掃手順を確認するとともに、孔内切り粉が除去されていることを目視および触診にて確認する。

施工部位のコンクリート内に不良部分がある場合等は、あと施工アンカーの固着力は期待できないので、速やかに工事監理者に報告を行う。

清掃状況および孔内の状態を確認し施工管理シートに記載する。

### (4) マーキング

各アンカー筋は有効埋込み長さを満足する位置にマーキングされているかが重要であり、穿孔した孔内に使用する鉄筋を挿入してコンクリート表面位置にマーキングがあることを確認する。マーキングは白色等の油性マーカーで幅 5 mm～10 mm 程度で記す。マーキングが見え難い場合や、消えかけている場合は改めて確認できるものに再マーキングを指示する。

アンカー筋は搬入時の受け入れ検査時に有効埋込み長ささと定着長さを見込んだ所定の寸法であることが、全長の測定により確認され、さらに穿孔深さも(2)の項で確認されているが、原位置での施工時の再確認は、後工程では確認ができないので記録として保管することが重要である。

### (5) コンクリートの劣化部の処置

接着系あと施工アンカー施工位置にひび割れや豆板がある場合は、工事監理者との協議により、措置方法を定める。措置方法としては、欠陥が表面だけなのか、どの程度に広がっているのかによって異なり、部分的なはつりや除去、樹脂モルタルの塗布や注入、エポキシ樹脂の注入等を組み合わせる等の処置を行った後にあと施工アンカーの施工を指示する。

解表 5.1.1 各施工箇所確認シート

あと施工アンカー施工責任者および工事管理者確認報告用

| 施工月日：〇〇年〇〇月〇〇日〇〇時〇〇分<br>(天候：〇〇〇〇)                           |                 | 施工箇所：<br>No.〇〇                       | カートリッジNo.：〇〇〇〇<br>アンカー筋 No.：〇〇〇〇       |           |
|---|-----------------|--------------------------------------|--|-----------|
| 施工者：〇〇〇〇会社 日本 太郎 / 資格関係：JCAA 第1種施工士，メーカー講習受講                |                 |                                      |  |           |
| 項目  | 確認事項            | 確認方法                                 | 施工者                                    | 工事<br>管理者 |
| 1   | 穿孔位置<br>(墨出し位置) | 所定位置施工(位置ずれ，変更時には理由を記述)              | 位置ずれがある場合<br>x：±〇〇 mm, y：±〇〇 mm<br>理由： |           |
| 2   | 使用ドリル径<br>(刻印)  | メーカー所定のサイズ                           | 〇〇〇 mm (写真)                            |           |
| 3   | 穿孔長マーキング        | 有効埋込み長さ確認後に所定の長さをマーキング               | 〇〇〇 mm (写真)                            |           |
| 4   | 穿孔長<br>(計測で確認)  | 穿孔長<br>(写真添付)                        | 〇〇〇 mm                                 |           |
| 5   | 穿孔角度<br>(目視)    | 施工面に対して直角か<br>(5度を超える場合は理由を記述)       | OK or 度<br>理由：                         |           |
| 6   | 孔内清掃            | 手順が守られているか                           | 目視確認 (状況写真)                            |           |
| 7   | 孔内の状態           | 乾燥/湿潤/湛水                             | 目視確認                                   |           |
| 8   | 使用期限の確認         | カートリッジの使用期限確認                        | 表示確認(写真)                               |           |
| 項目1～8の工程を責任者が目視又は写真・確認シートにて確認<br>(責任者の了解を得られた後に項目9以降の工程に進む) |                 |                                      |  |           |
| 9   | 未攪拌の捨て打ち        | 未攪拌を捨て打ちしたか                          | 色変化別確認 (写真)                            |           |
| 10  | 定着材注入           | 適正量注入されたか                            | 適量マーク確認 (写真)                           |           |
| 11  | 埋込み・施工完了確認      | 樹脂が孔口まで充填                            | 目視確認 (写真)                              |           |
| 12  | 清掃              | 余剰樹脂の除去                              | 目視確認                                   |           |
| 13  | 固定<br>(上向き)     | 脱落防止措置を行う                            | 措置実施                                   |           |
| 14  | 硬化養生時間          | メーカー所定の時間以上                          | 時間管理                                   |           |
| 15  | 自主確認            | 目視・打音・接触確認<br>(不具合箇所がある場合は報告し，指示を仰ぐ) | OK or NG                               |           |

5-2 施工時の記録と報告

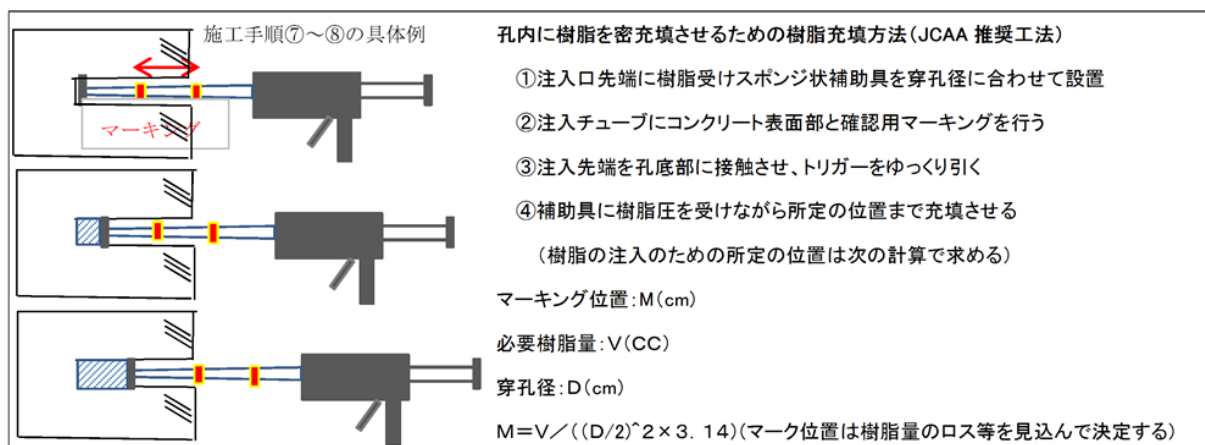
工事管理者は，各あと施工アンカー施工箇所について，各施工手順の中から解表 5.1.1 に示した重点品質管理項目について，あと施工アンカー施工責任者から報告を受け，確認を行った後記録として保管する。

〔解説〕

(1)あと施工アンカー施工時の記録と報告(全施工箇所作成)

基本的な施工手順は，解図 2.2.1 に示したとおりである。また，樹脂注入に当たって充填方法とマーキング位置について，解図 5.2.1 に示す様に必要樹脂量を計算してロスを見込んでマーキング

を行う。

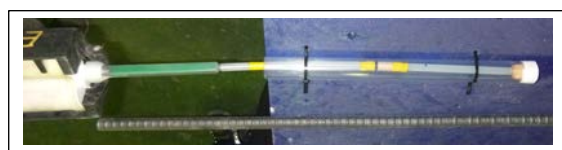


解図 5.2.1 注入方式施工要領

## (2) 注入確認方法

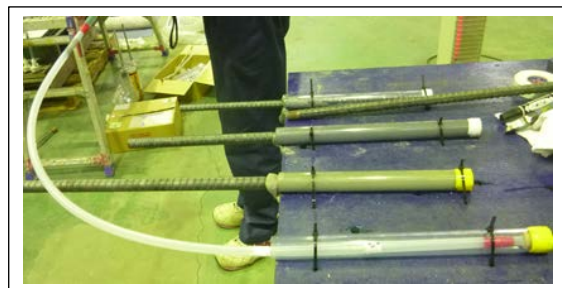
注入を行う場合、注入先端部の補助具で樹脂圧を受け、あと施工アンカー施工者が移動圧を感じ取りながら樹脂の注入を行い、所定のマーキング位置がコンクリート表面に達して注入完了となるが、カートリッジ先端のミキシングノズルにより直接注入する場合や、ノズル先端に接続するチューブが固い場合は、移動圧の感じ方が施工者によりばらついたり、故意にカートリッジを引くことも考えられる。

人為的ミスを防ぐには、自然に樹脂圧による先端部の補助具が所定の位置まで移動する仕組みが必要と考えられる。その一つの方法として、注入チューブを長めにし、且つフレキシブルなチューブが考えられる。ここでは、注入方法の一例として、カートリッジ先端部にビニールチューブを1m程度として実験を行った様子を示す。



延長チューブが短い場合

ミキシングノズル先端部に短めの延長チューブを取り付けて注入を行った場合、注入管理は樹脂圧を施工者が直接感じ、人為的な影響に左右されるので、経験に依存することになる。  
⇒故意に先端部を移動する懸念がある。



延長チューブが長い場合※

ミキシングノズル先端部に長めのチューブを取り付けて注入を行った場合、施工者は樹脂圧を感じることなく、先端部での樹脂圧による補助具の移動が自動的に行われる。  
⇒施工管理上人為的ミスや故意に先端部の移動の懸念はない。

※この充填方式はヒルテイ社の特許(特許第4592142号)であったが、ヒルテイ社により権利放棄が行われ、使用可能になった。(2017.1.24)



## 6 施工後の管理および検査

### 6-1 施工後の自主確認

施工後の自主確認は、工事管理者およびあと施工アンカー施工責任者の責任において実施する。

施工後の管理は、施工した全てのアンカーについて、以下について行う。以下の項目に加えて自主確認を行う場合は、その結果も記録・保管する。

(1) 目視による施工状態の確認  
 (2) 簡易な計測による施工精度の確認  
 (3) 接触打音による施工状態の確認

施工後の自主確認は、工事管理者とあと施工アンカー施工者がそれぞれ実施し、1ロット(1日であと施工アンカー施工者1班が施工できる同種の本数)の施工終了後、当日もしくは翌日に行う。

施工後の自主確認の結果は、**解表 5.1.1**に示される各施工箇所確認シートにアンカーごとに記録する。管理の記録は、工事監理者より要求があった場合は、工事管理者が工事監理者に提出する。

施工後の自主確認において、アンカーの施工に問題があると判断された場合には、工事監理者と協議し、その指示に従う。

〔解説〕

施工後の自主確認は、施工者が自ら行う管理(自主管理)である。工事管理者およびあと施工アンカー施工責任者は、施工したアンカー全数について両者が施工の状態を確認し、アンカーごとにその記録を残すことが管理の基本である。

施工後の自主確認の方法は、**解表 6.1.1**により実施する。自主確認の時期は、施工後のできるだけ早い時期とするが、接触打音による確認は接着剤が硬化した後に行う。**解表 5.1.1**の施工箇所確認シートには、工事管理者とあと施工アンカー施工者のそれぞれが確認、記録することとしている。

解表 6.1.1 目視・計測による確認、接触打音による確認の方法

| 確認項目       | 確認方法                               | 評価基準  |
|------------|------------------------------------|---|
| 目視による確認    | アンカー筋の種類、本数の確認                     | アンカー筋の種類、本数が設計図書に合致していること                   |
|            | 埋込み長さの確認                           | アンカー筋のマーキング位置が施工面に達していること                   |
|            | 接着剤の充填状況の確認                        | 接着剤が母材表面に達していること                            |
| 簡易な計測による確認 | アンカー筋の径をノギス等で計測                    | アンカー筋の径に相違のないこと                             |
|            | 施工位置、突出長さスケール等で計測し、設計図書の値と照合       | 施工位置のずれが±5 mm以内であること<br>突出長さが設計図書の長さ以上であること |
|            | アンカー筋の角度を傾斜計等により計測                 | 角度が施工面の法線に対して±5度の範囲にあること                    |
| 接触打音による確認  | アンカー筋を手で触れて動かしても、接着剤が硬化しており、動かないこと | ガタツキがないこと                                   |
|            | ハンマー等を用いて軽く叩いたとき、異常な反発と反発音がないこと    | 特異な音が無く、適度の反発と反発音があること                      |

6-2 施工後の検査

施工後の検査は、以下の項目について実施する。

- (1) 注入量の検査
- (2) 埋込み長さの検査
- (3) 接着剤の充填状況の検査

施工後の検査のうち、埋込み長さの検査および接着剤の充填状況の検査は、工事監理者が指定する検査者が実施する。検査者は、検査要領書を作成し、工事監理者の承認を得る。

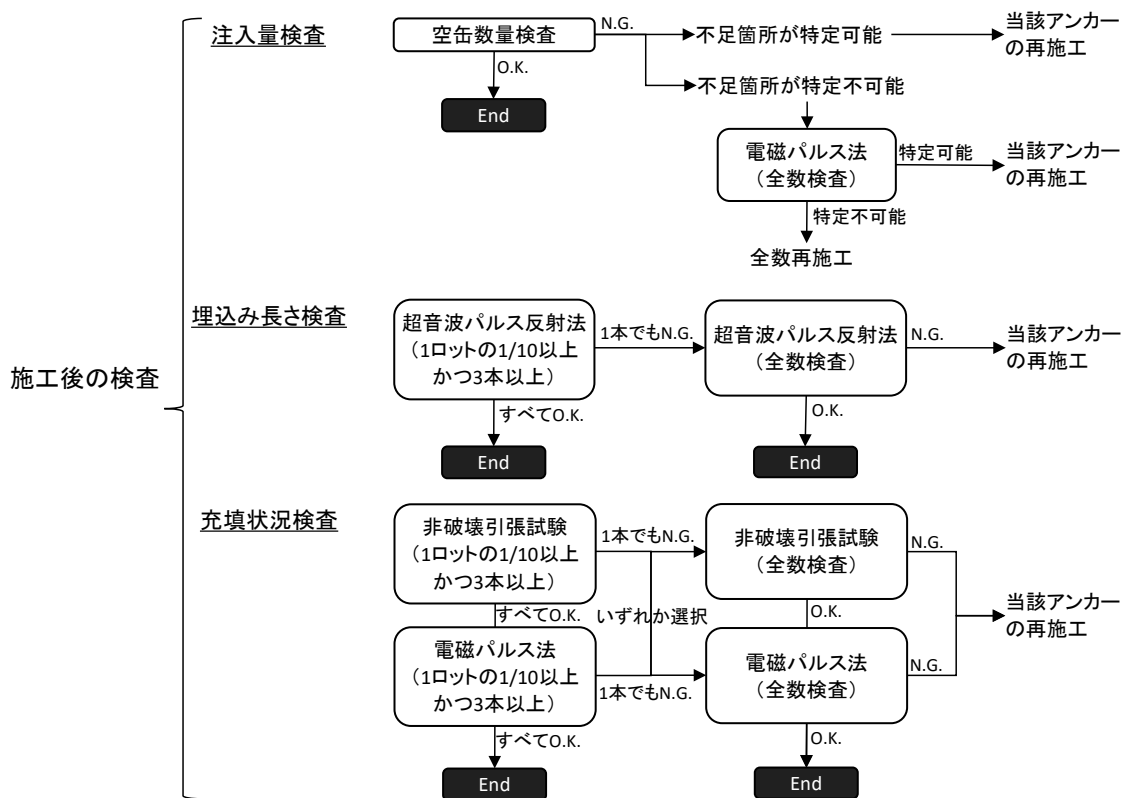
施工後の検査の方法は、6-3～6-5項に示される方法を標準とし、6-6項に従い結果を報告する。

検査の結果、あと施工アンカーの施工に問題があると判断された場合は、工事管理者は、当該アンカーあるいは検査を行ったロットの全数について再施工を行う。再施工の位置、方法等は工事監理者と協議の上決定する。再施工後のアンカーは、施工後全数検査を実施する。

[解説]

工事監理者が指定する検査の実施者(検査者)は、検査のための試験を適切に実施できる者で、かつ第三者である必要がある。ここでの第三者とは、工事に関わる元請け施工会社、あと施工アンカー施工会社、あと施工アンカー製造者らと利益相反の関係にない者のことを指し、検査会社(機関)などのほか、当該工事に直接関与しないあと施工アンカーの製造者や施工者も含まれる。また、検査のための試験は、特殊な装置や技能を有するものがあるため、それぞれ必要な資格あるいは技能講習等を受けた者が試験を行う。検査者は、検査要領書を作成し、工事監理者に提出する。

施工後の検査は本文に示した3項目とし、解図6.2.1のフローに従って実施する。検査要領書には、これらの方法が含まれる。検査方法の詳細は、本施工品質管理指針(案)6-3項～6-5項および本報5-5-4-1節および本報5-5-4-2節の試験方法を参照されたい。



解図 6. 2. 1 施工後の検査のフロー

6-3 注入量の検査

注入量の検査は、あと施工アンカー施工者があと施工アンカー工事において使用した接着剤の量とあと施工アンカー工事に必要な接着剤の量を比較する。

注入量の検査は、工事管理者が、検査に必要な資料を工事監理者に提出し、工事監理者がこれを確認する。

あと施工アンカー工事に使用した接着剤の量は、受入れ記録を確認し、受け入れた接着剤と同じカートリッジが使用されていることを確認した上で、使用されたカートリッジの数量から算出する。

あと施工アンカー工事に必要な接着剤の総量は、穿孔径、アンカー筋径、埋込み長さ、施工におけるロス率から、その総量をあらかじめ求めておく。

検査は、1ロット単位で行い、使用した接着剤の量が、工事に必要な接着剤の量以上であった場合に合格とする。

使用した接着剤の量が、必要な接着剤の量を下回っていた場合は、施工時の管理記録を確認し、注入量が不足している箇所を特定する。不足箇所が特定できた場合は、そのアンカー筋を再施工する。

不足箇所が特定できない場合は、電磁パルス法により、工事を行ったロットの全数に対して接着剤の充填状況の検査を行う。電磁パルス法による試験は、6-2項で示した検査者が行う。電磁パルス法により充填不足の可能性のあるあと施工アンカーを特定できた場合は、そのアンカー筋を再施工する。不足箇所が特定できない場合は、施工した全数について再施工を行う。

〔解説〕

注入量検査は、空缶数量検査によって行う。その際、空になったカートリッジが受入れ時および施工時に確認したあと施工アンカー製品と同じものかを確認する。使用した接着剤の量は、注入量を自動的に記録できる方法がある場合などはそれによることもできる。

必要な接着剤の総量は、アンカー筋の施工箇所数、穿孔径、穿孔深さ、アンカー筋の呼び径から(6.3.1)式のように計算し、あらかじめ求めておく。ロス率は一般的には必要量の20%程度どなるが、埋込み長さが相対的に短い場合や、カートリッジ先端に取り付ける注入用のホースが長い場合などは、ロス率が大きくなるので、工事監理者と協議の上実状に応じて定める。

$$V_{need} = \sum_{i=1}^n \frac{\pi(d_{Hi}^2 - d_{Ai}^2) \cdot l_e}{4000} \times (1 + \alpha) \quad \dots\dots\dots (6.3.1) \text{式}$$

- ここに、  $V_{need}$  : 必要な接着剤の総量(m<sup>3</sup>)
- $d_{Hi}$  :  $i$ 番目の施工箇所の穿孔径(mm)
- $d_{Ai}$  :  $i$ 番目の施工箇所のアンカー筋の呼び径(mm)
- $l_e$  : 有効埋込み長さ(mm)
- $n$  : 施工箇所数
- $\alpha$  : 施工におけるロス率で0.2を標準とする。

接着剤の総量が不足していることが分かった場合、不足している箇所を特定することが重要である。不足箇所の特定は、解表3.3.3に示したカートリッジ・アンカー筋使用管理簿例および解表5.1.1に示した各施工箇所確認シートなどを確認して行う。

電磁パルス法は、電磁コイルにパルス電流を印可することによって生じる弾性波の時間波形やスペクトルから接着剤の充填状況を評価する試験方法である。試験方法は、本報5-5-4-1節に示す「電磁パルス法によるあと施工アンカーの接着剤充填状況の試験方法(案)」による。試験実施者に求め

られる技能として、事前に電磁パルス法に関する技能講習等を受ける必要がある。電磁パルス法では、波形の分析によって求めるNGポイントにより接着剤の充填状況を評価しており、樹脂量不足と判断するNGポイントをあらかじめ設定する。評価基準となるNGポイントは、評価の対象となるアンカーの種類や母材コンクリートの状態などを考慮して検査者と監理者が協議の上決定することとする。判断の目安となるNGポイントは、10ポイント程度が標準として考えられるが、ほかに知見が得られている場合（例えば文献5.13等）はそれらを参考にするとよい。

#### 6-4 アンカー筋の埋込み長さの検査

アンカー筋の埋込み長さの検査は、超音波パルス反射法により行い、設計図書に示された埋込み長さとの比較を行う。

検査数量は、1ロットの本数の1/10以上かつ3本以上とし、1ロット単位で行う。

超音波パルス反射法により試験を行う者は、工事監理者が指定した第三者で、試験の実施に必要な知識および技能を有する者とする。

超音波パルス反射法により測定されたアンカー筋の埋込み長さが、設計図書に示された埋込み長さの95%以上の長さの場合に合格とする。

上記の検査で、不合格となるアンカー筋があった場合は、当該ロットの全数に対して、超音波パルス反射法により検査を行い、合否の判定を行う。

施工者は、不合格となったアンカー全数について再施工を行う。

##### 〔解説〕

アンカー筋の埋込み長さは、非破壊検査による抜き取り検査を実施し、不合格のアンカー筋があった場合には全数検査とする。

超音波パルス反射法は、アンカー筋の突出部の端部から超音波パルスを発信し、反射したエコーの反射時間からコンクリート中の端部までの距離を測定する方法である。試験方法は、本報5-5-4-2節に示す「超音波パルス反射法によるあと施工アンカーの埋込み長さの試験方法(案)」を参考に実施する。試験実施者に求められる技能としては、JIS Z 2305に規定されるUTレベル2の認証を有する者もしくは公的機関や試験装置製造者等の技術講習等によりアンカー筋の長さを適切に測定する技能を有する者とする。

超音波パルス反射法については、アンカー筋の端部の形状が直角かつ平滑に切断され、適切な技能を有する者が実施した場合、最大でも±2%程度の誤差であることが確認されており、これに突出長さを含めた場合の測定誤差を考慮してアンカー筋の設計長さの-5% (95%以上)を合否の判定基準とした。

検査数量は、受入れ時および施工時の管理によってアンカー筋ごとの埋込み長さの管理が適切に行われていることを前提に、抜き取り調査としている。アンカー筋ごとの埋込み長さの管理が十分でない場合は、全数検査としなければならない。抜き取り調査では、1ロットの本数が30本までは3本、以降1ロットの本数が10本ごとに1本ずつ検査数量を多くする。検査の箇所は、上向き施工がある場合は、必ず上向き施工を含むようにし、工事監理者が指定する。

不合格となったアンカーは工事管理者の責任より再施工を行う。再施工の位置、方法は工事監理者と協議の上決定する。

## 6-5 接着剤の充填状況の検査

接着剤の充填状況の検査は、非破壊引張試験もしくは電磁パルス法により行う。

検査数量は、1ロットの本数の1/10以上かつ3本以上とし、1ロット単位で行う。

非破壊引張試験および電磁パルス法により試験を行う者は、工事監理者が指定する第三者で、試験の実施に必要な知識および技能を有する者とする。

非破壊引張試験は、当該あと施工アンカー製品の基準付着強度の1/3に相当する荷重もしくはアンカー筋の降伏荷重の80%のうち、どちらか小さい方の荷重を載荷し、以下の場合を合格とする。また、試験の結果(2)となった場合は、再試験を行う。

- (1) 引張試験中にアンカー筋の抜け出しや過大な変形を生じないこと
- (2) 除荷後の残留変形が0.2 mmを超えないこと

電磁パルス法は、本報5-5-4-1節に示す「電磁パルス法による接着剤の充填状況の試験方法(案)」を参考に実施する。試験の結果算出されるNGポイントによる合否の判定基準をあらかじめ定めておき、NGポイントが判定基準未満の場合を合格とする。

試験の結果1本でも不合格となった場合は、非破壊引張試験または電磁パルス法による試験もしくは両試験法を組み合わせ、全数検査を行う。それぞれの試験方法における合否の判定基準は前記同様とし、不合格の場合は当該あと施工アンカーの再施工を行う。

〔解説〕

検査は、抜取り検査とし、施工箇所や施工方向をできるだけ分散させることが望ましく、上向き施工がある場合は、必ず上向き施工を含むようにし、検査位置は工事監理者が指定する。施工数量が少ない場合でも少なくとも3本は試験を行う。抜取検査の結果不合格となるアンカーがあった場合は、全数検査とする。

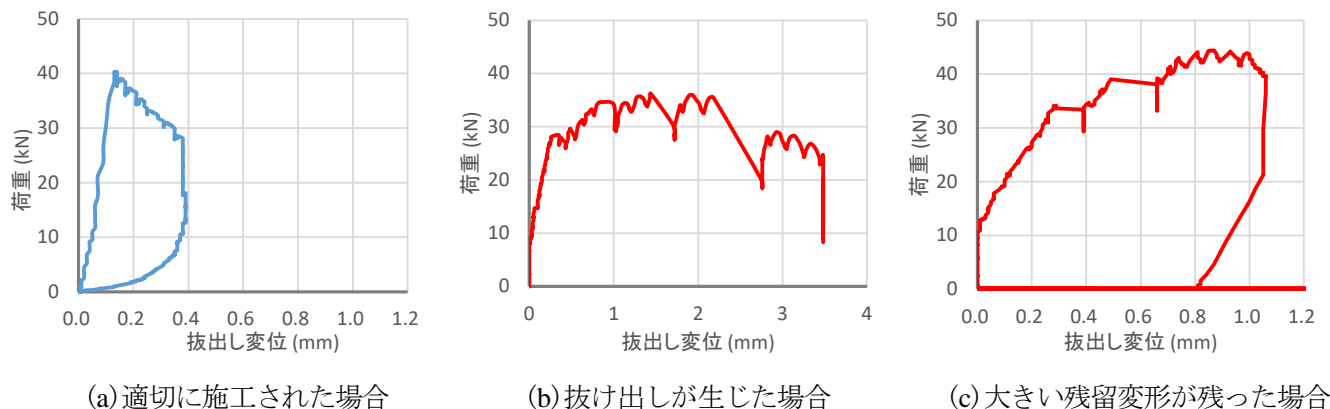
非破壊引張試験は、解図6.5.1に示すような装置を用い、直接引張法により行う。アンカー筋をチャック等で固定した油圧ジャッキによりアンカー筋に直接引張力を加える。アンカー筋の抜け出し変位を測るための変位計(最小単位0.01mm以下)を有し、荷重および変位を記録できる機能を有していなければならない。

載荷荷重は、当該アンカー製品の基準付着強度の1/3(短期許容応力度相当)を原則とするが、アンカー筋の降伏を避けるため、アンカー筋の降伏や残留変形を避けるため、強度の80%を超えない範囲とする。合否判定は、載荷中は抜け出しや大きな変位の伸びを生じること無く、除荷後に大きな残留変形を生じていないものを合格とする。

非破壊引張試験における荷重-変位曲線の例を解図6.5.2に示す。(a)の適切に施工されたものは抜け出し変位も小さく、除荷後はほぼ元の位置に戻っているが、(b)の抜け出しが生じたものや(c)大きい残留変形が生じたものについては、載荷の途中から変位が大きくなっていることが分かる。このような例を参考に合否の判定を行うとよい。



解図6.5.1 非破壊引張試験に用いる装置の



解図6.5.2 非破壊引張試験における荷重－変位曲線の例

電磁パルス法は、接着剤の注入量不足を評価する場合と同様に、本報 5-5-4-1 節に示す「電磁パルス法によるあと施工アンカーの接着剤充填状況の試験方法(案)」を参考に実施する。判定基準は、実績やその他の知見を参考に工事監理者と検査者が協議して定めるが、NG ポイントが 10 以上となった場合を不合格の目安として考えるとよい。

抜き取り検査で 1 本以上の不合格があった場合には全数検査とするが、アンカー筋の施工位置によって適用が難しい場合もあるので、両試験方法を組み合わせて検査を実施してもよい。

## 6-6 検査の記録と報告

施工後の検査の結果は、検査者が検査報告書としてとりまとめ、工事監理者に提出する。検査報告書には、下記事項を記載する。

- (1) 検査者の所属，氏名，保有資格・講習等
- (2) 検査の日時，場所，検査対象としたアンカー筋
- (3) 検査の項目，方法，検査に使用した装置・機器等
- (4) 検査結果，合否判定結果
- (5) その他検査にあたっての特記事項

## 5-6-2 施工品質管理計画書の例

### 1. 総則

#### 1.1 適用範囲

本施工品質管理計画書は〇〇〇〇〇〇〇〇新(増・改)築工事における、接着系あと施工アンカー工事の施工品質管理方針として、施工品質管理指針(案)(以下指針案という)に基づき、実施・運用する。

#### 1.2 適用図書

接着系あと施工アンカー工事は下記の仕様書および設計図に基づいて施工する。その施工に当たっての優先順位は下記による。

- (1) 質問回答書，現場説明書，現場説明事項および追加変更指示書。
- (2) 本工事の建築設計図書および特記仕様書。
- (3) 本施工品質管理指針(案)
- (4) 国土交通省告示〇〇〇〇号，建築工事監理指針
- (5) 日本建築学会 建築工事標準仕様書 JASS〇〇 〇〇工事 年版

#### 1.3 協議

本施工品質管理計画書に記載無き事項や、記載事項の質疑・変更に関しては工事監理者と協議の上で承諾を得て施工する。

#### 1.4 その他

本施工品質管理計画書に基づき主たる工事の詳細については、施工要領書を作成し工事内容および、作業の進め方について関係会社および実施者に周知徹底させて施工品質の確保に用いる。

## 2. 品質管理体制

### 2.1 工事概要

工事名称：〇〇〇〇〇〇〇〇新(増・改)築工事

工事場所：

建築規模：地上〇〇階 塔屋 〇〇階 地下 〇〇階

建物構造： 造

建物高さ：

発注者：

設計：

監理：

施工者：

工期：自平成 年 月 日～至平成 年 月 日

### 2.2 あと施工アンカー施工会社

会社名：〇〇〇〇会社

責任者：

### 2.3 品質管理体制

指針案により、重点管理項目について実施管理項目と管理区分を明示して各工程ごとに報告・確認・承認の仕組みを遵守する。

### 2.4 工事範囲(施工数量)

設計図書に基づき工事範囲を特定し施工図等により、監理者の承認を受けた後であと施工アンカー

施工業者に指示する。

## 2.5 工事工程表

所定の工事期間で完了するための準備から完了報告書提出までの期間について、全体計画、月間計画を通して、品質管理に必要な事項と目標値を明記して関係者に周知する。

## 3. 使用材料

鉄筋、あと施工アンカー製品の調達・搬入・管理については、施工品質管理指針（案）3 使用材料の管理に従って行う。

### 3.1 鉄筋

### 3.2 あと施工アンカー製品

## 4. 施工前管理

あと施工アンカー工事の施工品質確保のために、施工前試験として製品の性能および施工者の技量を確認するために、施工前試験要領に従って以下の事項について確認を行う。

### 4.1 施工者の決定・施工者の資格

### 4.2 証明書類の提示

### 4.3 施工前試験

### 4.4 現場環境・養生

## 5. 施工時管理

施工時の品質管理については、施工要領書、施工手順書に従って以下の5.1節～5.3節の項目について施工および施工管理を行い、施工管理シートにより全数の報告書を作成して、管理者の確認を受ける。

### 5.1 安全

### 5.2 作業手順

### 5.3 材料・施工工具確認

### 5.4 施工完了確認

### 5.5 自主確認

自主確認については、4-6 施工後の管理および検査に従って、施工後の品質管理を行う。

## 6. 報告・記録

### 6.1 文書の維持

### 6.2 記録の保管

## 7. 是正措置

### 7.1 不具合部の再施工

### 7.2 報告書書式



第5章 接着系あと施工アンカーの施工品質に関する試験

あと施工アンカー業者登録簿例

2000年00月00日

|          |  |   |                  |      |                 |               |
|----------|--|---|------------------|------|-----------------|---------------|
| 作業所名     | 〇〇建設〇〇作業所  | 工事名称  | 〇〇増築工事あと施工アンカー施工 |      |                 |               |
| 現場住所     | 〇〇区〇〇町 1-2-3   |   |                  |      |                 |               |
| 業者概要     | 工事業名   | 〇〇工務店   | 代表者氏名            | 〇〇〇〇 | 所在地             | 〇〇市〇〇町〇〇-〇〇番地 |
|          | 建設業許可  | 国土交通大臣(般-〇〇)第〇〇〇〇号<br>〇〇知事許可(般-〇〇)第〇〇〇〇号                            |                  | 所属団体 | (一社) 〇〇〇〇アンカー協会 |               |
|          | 施工者資格数   | (1種施工士:〇〇名), (特2種施工士;〇〇名), (2種施工士;〇〇名), (技術管理士:〇〇名)<br>(その他施工士:〇〇名) |                  |      |                 |               |
|          | 実績   | 別途 実績書添付  |                  |      |                 |               |
| 登録者氏名・資格 | 1. 日本 太郎 (1種施工士:No.〇〇〇〇〇), 〇〇アンカー製造(株)受講証明書 No.〇〇〇〇〇 |   |                  |      |                 |               |

あと施工アンカー入場者管理帳例

2000年00月00日~2000年00月00日

|          |  |       |          |                  |          |       |    |    |    |    |
|----------|--|-------|----------|------------------|----------|-------|----|----|----|----|
| 作業所名     | 〇〇建設〇〇作業所  |       | 工事名称     | 〇〇増築工事あと施工アンカー施工 |          |       |    |    |    |    |
| 登録者氏名・資格 | 1. 日本 太郎 (1種施工士:No.〇〇〇〇〇), 〇〇アンカー製造(株)受講証明書 No.〇〇〇〇〇<br>2. 〇〇 〇〇 (1種施工士:No.〇〇〇〇〇), 〇〇アンカー製造(株)受講証明書 No.〇〇〇〇〇<br>3. 〇〇 〇〇 (1種施工士:No.〇〇〇〇〇), 〇〇アンカー製造(株)受講証明書 No.〇〇〇〇〇<br>4. (1種施工士:No. ), 受講証明書 No.<br>5. (1種施工士:No. ), 受講証明書 No. |       |          |                  |          |       |    |    |    |    |
| 登録者氏名    | 1. 日本 太郎   |       | 2. 〇〇 〇〇 |                  | 3. 〇〇 〇〇 |       | 4. |    | 5. |    |
| 月/日      | 入場   | 出場    | 入場       | 出場               | 入場       | 出場    | 入場 | 出場 | 入場 | 出場 |
| 7/1      | 8:00   | 16:00 | 8:10     | 16:00            | 8:15     | 16:05 |    |    |    |    |
| 7/3      | 7:20   | 15:30 | 7:15     | 15:35            | 7:20     | 15:20 |    |    |    |    |
| 7/5      | 9:00   | 17:00 | 8:45     | 17:10            | 8:55     | 17:05 |    |    |    |    |
| 7/10     | 13:00  | 20:00 | 12:00    | 20:05            | 12:45    | 20:05 |    |    |    |    |
| 7/11     | 7:30   | 15:00 | 8:00     | 15:05            | 8:05     | 15:10 |    |    |    |    |
| 7/15     | 9:00   | 18:00 | 8:50     | 18:10            | 8:45     | 18:10 |    |    |    |    |
| 7/20     | 8:30   | 17:30 | 8:45     | 17:25            | 8:35     | 17:35 |    |    |    |    |

### 5-6-3 施工要領書の例

あと施工アンカー施工会社

会社名：〇〇〇〇会社

責任者：

#### 1. 総則

##### 1.1 適用範囲

本施工要領書は〇〇〇〇〇〇〇〇新(増・改)築工事における、あと施工アンカー工事の施工管理方針として、施工品質管理計画書に基づき、実施・運用する。

##### 1.2 適用図書

本工事は下記の仕様書および設計図に基づいて施工する。その施工に当たっての優先順位は下記による。

- (1) 施工品質管理計画書
- (2) 質問回答書，現場説明書，現場説明事項および追加変更指示書。
- (3) 本工事の建築設計図書および特記仕様書。
- (4) 国土交通省告示〇〇〇〇号，建築工事監理指針
- (5) 日本建築学会 建築工事標準仕様書 JASS〇〇 〇〇工事 年版

##### 1.3 協議

本施工要領書に記載無き事項や，記載事項の質疑変更に関しては工事管理者と協議の上で承諾を得て施工する。

##### 1.4 その他

本施工要領書に基づき主たる工事の詳細については，施工手順書を作成し工事内容および，作業の進め方についてあと施工アンカー施工者に周知徹底させて施工品質の確保に用いる。

## 2. 品質管理体制

### 2.1 工事概要

工事名称：〇〇〇〇〇〇〇〇新(増・改)築工事

工事場所：

建築規模：地上〇〇階 塔屋 〇〇階 地下 〇〇階

建物構造： 造

建物高さ：

元請会社：〇〇建設〇〇作業所

元請責任者：

工期：自平成 年 月 日～至平成 年 月 日

### 2.2 品質管理体制

施工品質管理計画書により，重点管理項目について実施管理項目と管理区分に明示されている各工程の責任分担を履行し，報告・確認・承認の仕組みを遵守する。

### 2.3 工事範囲(施工数量)

設計図書に基づき工事範囲を特定し施工図等により，工事管理者の承認を受けた後であと施工アンカー施工の工事を行なう。

## 2.4 工事工程表

所定の工事期間で完了するための準備から完了報告書提出までの期間について、全体計画、月間計画を通して、品質管理に必要な事項と目標値に対して実施する。

## 3. 使用材料

鉄筋、あと施工アンカー製品の調達・搬入・管理については、施工品質管理指針（案）3 使用材料の管理に従って行う。

### 3.1 鉄筋

### 3.2 あと施工アンカー製品

## 4. 施工前管理

あと施工アンカー工事の施工品質確保のために、施工前試験により製品の性能および施工者の技量を確認するために、施工前試験要領に従って以下の事項について確認を行う。

### 4.1 施工者の決定・施工者の資格

### 4.2 証明書類の提示

### 4.3 施工前試験

### 4.4 現場環境・養生

## 5. 施工時管理

施工時の品質管理については、施工要領書、施工手順書に従って以下の5.1節～5.3節の項目について施工および施工管理を行い、施工管理シートにより全数の報告書を作成して、管理者の確認を受ける。

### 5.1 安全

### 5.2 作業手順

### 5.3 材料・施工工具確認

### 5.4 施工完了確認

### 5.5 自主確認

自主確認については、4-6 施工後の管理および検査に従って、施工後の品質管理を行う。

## 6. 報告・記録

### 6.1 文書の維持

### 6.2 記録の保管

## 7. 是正措置

### 7.1 不具合部の再施工

### 7.2 報告書書式

## 5-7 まとめ

5章では、あと施工アンカーの施工品質に関する試験結果について報告した。5.1節では、5.2～5.5節で実施した施工品質に関する試験の検討概要を述べ、5.6節の施工品質管理指針の提案内容を概説した。

5.2節では、接着系あと施工アンカーの施工品質に資する基本的な技術資料を得るために平成27年度に実施した実建物施工における施工品質の確認試験の結果を報告した。施工者1人が施工姿勢（上向き・横向き・下向き）ごとに一日に施工するアンカー筋本数相当を1ロットとしてアンカー施工を行い、穿孔作業およびアンカー筋固着作業にかかる施工精度と接着剤充填状況の調査ならびに付着強度の確認試験を行ったものである。

5.3節では、接着系あと施工アンカーの引張・せん断性能に及ぼすアンカー筋の施工精度の影響を確認するために平成28年度に実施した傾斜したアンカーの短期引張実験およびせん断実験を報告した。

5.4節では、平成28年度に実施したアンカー施工品質に対する非破壊方法の適用性の検討を報告した。150×150×530 mmの角柱試験体にアンカー施工した比較的小型の模擬試験体による衝撃弾性波法および電磁波レーダ法の適用性を検証したものである。

5.5節では、平成29年度に実施した非破壊試験による樹脂の充填状況の評価に関する検討を報告した。電磁パルス法および電磁波レーダ法を用いて施工状況を模擬した試験体および実建物による適用性の検討を行った。また、その結果を踏まえ、電磁パルス法による接着剤の充填状況の試験方法案、および超音波パルス反射法によるあと施工アンカーの埋め込み長さの試験方法案を提案した。

5.6節では、施工品質を確保するための方法として施工品質管理指針案を提案した。これに従ってあと施工アンカー工事の施工品質管理を行うことで、施工の品質を確保すること、また、不具合等が生じた場合の対策を検討することを目的とした。施工品質管理計画書および施工要領書の記載例を提示した。

参考文献

- 5.1) 本橋健司ほか：接着系あと施工アンカーの引張り強度特性に与える施工品質の影響，日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1, pp.1338-1339, 2014.9
- 5.2) 飯塚弘道ほか：静充填型あと施工アンカーの実用化に関する研究 その3 付着予備実験結果，日本建築学会大会学術講演梗概集 C-2, pp.698-669, 2014.9
- 5.3) 日本建築防災協会：既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震改修設計指針 同解説，2010.11
- 5.4) 日本建築あと施工アンカー協会：あと施工アンカー施工指針(案)(接着系／カプセル方式)，2016.7
- 5.5) 日本建築学会：各種合成構造設計指針・同解説，2010.11
- 5.6) Fisher, J.W. et. al.: Shear strength of Stud Connectors in Light-Weight and Normal-Weight Concrete, A.I.S.C., Eng. J., 1971.4
- 5.7) 秋山友昭，賀羽，中野克彦ほか：接着系あと施工アンカーを用いた部材の構造性能に関する研究 その4 短期せん断荷重に対する検討，日本建築学会大会学術講演梗概集 C-2, pp.539-540, 2016.8
- 5.8) 村田光，柳瀬高仁，池ヶ谷靖，川越洋樹，柳沢学：パルス反射法によるアンカーボルト長さ測定に関する実験的研究(その2 コンクリートに埋め込まれたアンカーボルトの長さ測定)，日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1, pp.1191-1192, 2010.9
- 5.9) 劉軒，鎌田敏郎，内田慎哉，宮田弘和，木村貴圭：電磁パルス法に基づく接着系あと施工アンカー固着部の非破壊評価手法に関する解析的検討，土木学会第69回年次学術講演，VI-087, 2014.9
- 5.10) 磯光夫，川井重弥，室田千春，歌川紀之，黒川浩：電磁パルス法を用いたあと施工アンカーの非破壊検査に関する一検討，土木学会第69回年次学術講演会，VI-476, 2014.9
- 5.11) 濱崎仁ほか：接着系あと施工アンカーを用いた部材の構造特性評価に関する研究 その11 接着剤の充填状況の確認方法に関する検討，日本建築学会大会学術講演梗概集，構造IV, pp.355-356, 2017.9
- 5.12) 本橋健司ほか：接着系あと施工アンカーの引張り強度特性に与える施工品質の影響，日本建築学会大会学術講演梗概集，A-1, pp.1337-1338, 2014.9
- 5.13) 加賀敏明ほか：電磁パルス法によるあと施工アンカー定着部の定量的非破壊評価，日本建築学会技術報告集，Vol.25, No.60, pp603-608, 2019.6



## 第6章

### 接着系あと施工アンカーおよび接着系あと施工アンカー を用いた構造部材の構造性能確認方法の提案

## 6-1 審査基準(案)の提案

### 6-1-1 審査基準(案)の目的および審査申込み条件

審査基準(案)は、接着系あと施工アンカーおよび接着系あと施工アンカーを用いた構造部材(ただし、母材に埋め込まれたアンカー筋の降伏およびアンカー筋埋込み部の破壊によって部材性能が決定する使用方法および懸垂物は対象外とする)が所要の性能を有することの妥当性を審査するための必要事項を記載したものである。

審査申請に際しては、下記の条件を全て満たしていることが必要である。

①使用する接着系あと施工アンカーに使用する接着剤の性能および固着後のアンカー筋の終局耐力等が、別途定める「注入方式接着系あと施工アンカー審査基準(案)」を満たしていること。

②接着剤の性能確認および固着後のアンカー筋の終局耐力等の試験の実施機関としては、下記の条件を満たす第三者機関とする。

- ・ ISO/IEC 17025 (JIS Q 17025)に基づく試験所認定を受けた試験機関，国際 MRA 対応認定を受けた国外の試験機関あるいはそれらと同等の機関などで申請者との利益相反を生じる関係にないこと
- ・ 試験の実施に必要な試験装置および測定装置を有し，それらの精度が確認されていること
- ・ 試験報告書の記載事項に対する責任を担保できること

また、固着後のアンカー筋の終局耐力等の試験におけるアンカー筋の径(種別)，アンカー筋の有効埋込み長さならびに申請する母材の材料強度  $F$  と試験体の圧縮強度の組合せは、付 6.1 による。

③申請する接着系あと施工アンカーを用いた構造部材が、別途定める「注入方式接着あと施工アンカーを用いた構造部材審査基準(案)」を満たしていること。また、接着系あと施工アンカーを用いた構造部材に使用する材料が、建築基準法および同法関係施行令ならびに関連告示に定める基準に適合していること。

④申請者は、接着系あと施工アンカー製品製造会社，施工者(元請である建設会社)，設計者ならびに発注者の単独もしくは、その組合せとする。

### 6-1-2 審査項目

審査は、接着系あと施工アンカーに関する事項と、接着系あと施工アンカーを用いた構造部材(母材に埋め込まれたアンカー筋の降伏およびアンカー筋埋込み部の破壊によって部材性能が決定する使用方法および懸垂物は対象外とする)に関する事項について行う。接着系あと施工アンカーに関する審査項目、審査申請に際しての記載事項ならびに記載事項の解説を表 6.1.2.1 から表 6.1.2.3 に示す。また、接着系あと施工アンカーを用いた構造部材に関する審査項目、審査申請に対しての記載事項ならびに記載事項の解説を、表 6.1.2.4 および表 6.1.2.5 に示す。

#### (1) 接着系あと施工アンカー審査項目

審査対象とする接着系あと施工アンカーを、表 6.1.2.1 に示す。審査申請に際しては、表 6.1.2.1 に記載の条件を全て満たしていることが必要である。



表 6.1.2.1 審査対象とする接着系あと施工アンカー

| 審査項目 |  | 条件   | 備考   |
|------|--|--|--|
| 1    | 穿孔方法                                       | 原則、ハンマードリルによる穿孔  | コアドリルによる穿孔も申請可   |
| 2    | 接着剤充填方法                                    | 注入方式カートリッジ型  | カプセルの長さが適用するアンカー筋の呼び径の12.5倍以下のカプセル方式も申請可 <sup>*1</sup> |
| 3    | 母材コンクリートの種類<br>母材コンクリートの圧縮<br>に対する材料強度 $F$ | 原則、普通コンクリート<br>原則、 $F=13.5 \text{ N/mm}^2$ 以上 $36 \text{ N/mm}^2$ 以下の範囲で適宜設定 | 軽量コンクリートも申請可<br>$F>36 \text{ N/mm}^2$ も申請可             |
| 4    | 接着剤の種類                                     | 有機系、無機系より選択  |  |
| 5    | アンカー筋の種類                                   | 原則として、異形棒鋼(JIS G3112)  |  |
| 6    | アンカー筋の種別                                   | 原則として下記より選択<br>・異形棒鋼(SD295A, SD295B, SD345)                                  | SD390 も申請可   |
| 7    | アンカー筋の呼び径                                  | 原則として、異形棒鋼(D10~D25)  |  |
| 8    | アンカー筋の有効埋込み長さ                              | $7d_a \sim 20d_a$ ( $d_a$ :アンカー筋の呼び径)より適宜選択                                  | 原則として 300 mm 以下  |

[注]\*1：カプセル方式の場合の材料試験，材料試験方法ならびに判定値は，原則，注入方式カートリッジ型と同様とするが，注入方式カートリッジ型固有の材料試験は適用しなくてよい。

施工品質管理指針は，第5章 5-6-1 に記載の「施工品質管理指針(案)」を参考に作成する。

(2)接着系あと施工アンカー審査申請資料に記載すべき項目・内容

接着系あと施工アンカーの審査申請に際して記載すべき項目および内容は、表 6.1.2.2 による。

表 6.1.2.2 接着系あと施工アンカーの審査申請資料に記載すべき項目および内容

| No.                                   | 項目   | 内容 <sup>*1</sup>  | 備考                                  |
|---------------------------------------|--|---|-------------------------------------|
| 1. 構成部品 <sup>*2</sup>                 | (1) 容器(カートリッジまたはカプセルをいい、以下同様とする)の材料、容器の形状・寸法、内容量とこれらの許容差 | 容器の材質および容器の形状・寸法・内容量とこれらの許容差を明示する。                                    |                                     |
|                                       | (2) 接着剤の材質および骨材の材質                                       | 接着剤(主剤、硬化剤、添加剤(以下、フィラーという)の総称で、以下同様とする)の材質および、骨材の材質を明示する。             |                                     |
|                                       | (3) 基準付着強度   | 硬化後の接着剤の95%付着信頼強度を明示する。   |                                     |
|                                       | (4) クリーブ特性   | クリーブ変形に対する安全性を明示する。   | 長期荷重を受ける構造部材に使用しないことを条件とする場合は省略できる。 |
|                                       | (5) 接着剤(主剤、硬化剤、添加材)、および骨材の重量比率と許容差                       | 接着剤(主剤、硬化剤、フィラー)および骨材の重量比率と許容差を明示する。                                  |                                     |
|                                       | (6) 硬化後の接着剤の物性   | 硬化後の接着剤の物性を明示する。  |                                     |
|                                       | (7) 製造時品質管理  | 構成部品の製造に際しての品質管理を明示する。  |                                     |
|                                       | (8) アンカー筋の種類、形状、外観                                       | 適用範囲とするアンカー筋の種類、形状、外観を明示する。   |                                     |
|                                       | (9) アンカー筋の材質、表面処理  | アンカー筋の材質および表面処理を明示する。   |                                     |
|                                       | (10) アンカー筋の強度、ねじ等級                                       | アンカー筋の強度およびねじを使用する場合のねじ等級を明示する。                                       | 規格降伏点、規格引張強さ                        |
| 2. 製品 <sup>*3</sup> ・母材 <sup>*4</sup> | (1) 製造時品質管理  | 製品の製造時の品質管理を明示する。   |                                     |
|                                       | (2) 母材の種類  | 適用範囲とする母材の種類を明示する。  |                                     |
|                                       | (3) 母材の材料強度  | 適用範囲とする母材の材料強度の範囲を明示する。   |                                     |
|                                       | (4) 終局引張耐力   | 95%信頼値を与える終局引張耐力算定式を明示する。   |                                     |
|                                       | (5) 引張剛性   | 長期許容引張耐力計算値、短期許容引張耐力算定値および終局引張耐力計算値における95%信頼引張剛性または変形の95%信頼値を明示する。    |                                     |
|                                       | (6) 終局せん断耐力  | 95%信頼値を与える終局せん断耐力算定式を明示する。  |                                     |
|                                       | (7) せん断剛性  | 長期許容せん断耐力計算値、短期許容せん断耐力算定値および終局せん断耐力計算値における95%信頼引張剛性または変形の95%信頼値を明示する。 |                                     |
| 3. 施工 <sup>*5</sup>                   | (1) 施工資格者  | 施工資格者を明示する。   |                                     |
|                                       | (2) 穿孔方法・穿孔機械  | 施工方法および穿孔機械を明示する。   |                                     |
|                                       | (3) 施工方向   | 施工方向(上向き、横向き、下向き)を明示する。   |                                     |
|                                       | (4) ドリル径と許容差および穿孔深さと許容差                                  | 使用するドリル径と許容差および、穿孔深さと許容差を明示する。  |                                     |
|                                       | (5) 孔内清掃方法   | 孔内清掃方法を明示する。  |                                     |
|                                       | (6) 接着剤の混合方法、充填方向ならびに注入量管理方法                             | 接着剤の混合方法および充填方法ならびに、注入量管理方法を明示する。                                     |                                     |
|                                       | (7) アンカー筋固着方法および養生方法                                     | アンカー筋の固着方法および養生方法を明示する。   |                                     |
|                                       | (8) 施工時および施工後の環境条件                                       | 施工時の環境条件(温度、湿度等)および施工後の環境条件を明示する。                                     |                                     |
|                                       | (9) 施工品質管理   | 施工時の品質管理を明示する。  |                                     |

[注]\*1：詳細は、表 6.1.2.3 参照。

\*2：接着系あと施工アンカーを構成するものをいい、容器、接着剤(主剤、硬化剤、フィラーの総称)と骨材使用の場合の骨材ならびにアンカー筋をいう。

\*3：カプセル方式の場合のカプセルとその内容物および、注入方式の場合のカートリッジおよび内容物の総称。

\*4：アンカー筋が埋め込まれる部分のコンクリートをいう。

\*5：「施工要領」として記載する。

(3)接着系あと施工アンカー審査申請資料に記載すべき項目・内容の解説

接着系あと施工アンカーの審査申請に際して記載すべき項目および内容の解説を、表 6.1.2.3 に示す。

表 6.1.2.3 接着系あと施工アンカーの審査申請に際して記載すべき項目および内容の解説

| No.           | 審査項目                           | 審査資料に記載すべき内容の解説   |
|---------------|--------------------------------|---|
| 1. 構成部品<br>*1 | (1) 容器の材質、容器の形状・寸法、内容量とこれらの許容差 | 容器の材質および、容器の形状・寸法・内容量とこれ等の許容差がアンカー筋の機能を発揮させるために十分な力学的および機能的物性を有し、かつ長期にわたり安定していることを明示する。   |
|               | (2) 接着剤の材質および骨材の材質             | 接着剤(主剤、硬化剤、フィラーの総称)の材質および、構成材料に骨材を含む場合の骨材の材質を明示する。<br>JIS 製品の場合は、番号と年号を記載する。  |
|               | (3) 基準付着強度                     | 付着試験 *4結果に基づく基準付着強度が申請値に対して 95%以上の信頼性を有することを明示する。   |
|               | (4) クリーブ特性                     | クリーブ試験 *5結果より、クリーブ変形に対する安全性を有していることを明示する。   |
|               | (5) 接着剤、骨材の重量比率と許容差            | 接着剤(主剤、硬化剤、フィラー)および構成材料に骨材を含む場合は骨材の重量比率と許容差を明示する。   |
|               | (6) 硬化後の接着剤の物性                 | 硬化後の接着剤の物性として、下記項目を明示する。<br>1)有機系接着剤の場合<br>(a) 圧縮強さ*6(b) 圧縮弾性率*6(c) 接着強さ*7(d) 不燃残分率*8(e) 耐アルカリ性*9<br>2)無機系接着剤の場合<br>(a) 圧縮強さ*6(b) 圧縮弾性率*6(c) 接着強さ*7 |
|               | (7) 製造時品質管理                    | 構成部品の製造に際しての品質管理項目として、下記を明示する。<br>(a) 使用材料受入れ時の品質管理項目と検査時期<br>(b) 製造時の品質管理項目と検査時期 (c) 品質管理方法と判定基準<br>(d) 品質管理データの管理方法 (e) その他必要事項                   |
|               | (8) アンカー筋の種類、形状、外観             | 適用範囲とするアンカー筋の種類、形状、外観を明示する。   |
|               | (9) アンカー筋の材質、表面処理              | アンカー筋の材質および表面処理を明示する。   |
|               | (10) アンカー筋の強度                  | アンカー筋の強度を明示する。  |
| 2. 製品<br>*2   | (1) 製造時品質管理                    | 製品の製造時の品質管理として、下記を明示する。<br>(a) 製品受入れ時の品質管理項目と検査時期<br>(b) 製品製造時の品質管理項目と検査時期<br>(c) 製品品質管理方法 (d) 製品品質判定方法と判定時期<br>(e) 製品品質管理データの管理方法 (f) その他必要事項      |
|               | (2) 母材の種類                      | 適用範囲とする母材の種類を明示する。  |
|               | (3) 母材の材料強度                    | 適用範囲とする母材の材料強度の範囲を明示する  |
|               | (4) 終局引張耐力 *10                 | へりあき、はしあき、間隔を十分に確保した場合の 95%信頼値を与える破壊形式ごとの終局引張耐力算定式を明示する。  |
|               | (5) 引張剛性 *10                   | へりあき、はしあき、間隔を十分に確保した場合の長期許容引張耐力、短期許容引張耐力ならびに終局引張耐力計算値に対する軸方向変位量の 95%信頼値を明示する。   |
|               | (6) 終局せん断耐力 *11                | へりあき、はしあき、間隔を十分に確保した場合の 95%信頼値を与える破壊形式ごとの終局せん断耐力算定式を明示する。   |
|               | (7) せん断剛性 *11                  | へりあき、はしあき、間隔を十分に確保した場合の長期許容せん断耐力、短期許容せん断耐力ならびに終局せん断耐力計算値に対する水平変位量の 95%信頼値を明示する。   |
| 3. 施工<br>*3   | (1) 施工資格者                      | 施工資格者を明示する。   |
|               | (2) 穿孔方法・穿孔機械                  | 施工方法および穿孔機械を明示する。   |
|               | (3) 施工方向                       | 適用範囲とする施工方向(上向き、横向き、下向き等)を明示する。   |
|               | (4) ドリル径と許容差および穿孔深さと許容差        | 使用するドリル径と許容差および、穿孔深さと許容差を明示する。  |
|               | (5) 孔内清掃方法                     | 孔内清掃の手順や方法を明示する。  |
|               | (6) 接着剤の混合方法、充填方向ならびに注入量管理方法   | 接着剤の混合方法および充填方法ならびに、注入量の管理方法を明示する。  |
|               | (7) アンカー筋固着方法および養生方法           | アンカー筋の固着方法および養生方法(拔出し防止策含む)を明示する。   |
|               | (8) 施工時および施工後の環境条件             | 施工時の環境条件(温度、湿度、その他接着剤の劣化に影響を及ぼさない条件等)および施工後の環境条件温度、湿度、その他接着剤の劣化に影響を及ぼさない条件等)を明示する。  |
|               | (9) 施工品質管理                     | 施工時の品質管理項目として、下記を明示する。<br>(a) 管理項目 (b) 管理方法 (c) 施工品質判定基準<br>(d) 施工品質管理データの管理方法 (e) その他必要事項  |

[注] \*1 : 接着系あと施工アンカーを構成する材料をいい、接着剤(主剤、硬化剤、添加剤の総称)と骨材使用の場合の骨材ならびにアンカー筋をいう。

\* 2 : カプセル方式の場合のカプセルとその内容物および、注入方式の場合のカートリッジおよび内容物の総称。

\* 3 : 「施工要領」として記載する。

\* 4 : 付着試験方法は、「接着系あと施工アンカーの付着試験方法(案)・同解説」による。

\* 5 : クリーブ試験方法は、「接着系あと施工アンカーのクリーブ試験方法(案)・同解説」による。

\* 6 : 圧縮試験方法は、「接着系あと施工アンカーに使用する接着剤の圧縮強さおよび圧縮弾性率試験方法(案)・同解説」による。

\* 7 : 接着強さの試験方法は、「接着系あと施工アンカーに使用する接着剤の接着力試験方法(案)・同解説」による。

\* 8 : 不燃残分率の試験方法は、「接着系あと施工アンカーに使用する接着剤の燃焼試験方法(案)・同解説」による。

\* 9 : 耐アルカリ性の試験方法は、「接着系あと施工アンカーに使用する接着剤の耐アルカリ性試験方法(案)・同解説」による。

\*10 : 引張試験方法は、「接着系あと施工アンカーの引張試験方法(案)・同解説」による。

\*11：せん断試験方法は、「接着系あと施工アンカーのせん断試験方法(案)・同解説」による。

(4)接着系あと施工アンカーを用いた構造部材審査項目

接着系あと施工アンカーを用いた構造部材の審査項目を、表6.1.2.4に示す。

表 6.1.2.4 接着系あと施工アンカーを用いた構造部材の審査項目

| 審査項目                            | 内容   |
|---------------------------------|--|
| 1 適用範囲・適用条件等                    | (a)あと施工アンカーを用いた構造部材(ただし、母材に埋め込まれたアンカー筋の降伏およびアンカー筋埋込み部の破壊によって部材性能が決定する使用方法および懸垂物は対象外とする)の使用部位、使用条件、環境条件(温度、湿度、その他接着剤の耐久性に影響を及ぼす成分の有無、火災時の温度の影響の有無)ならびに、構造部材に作用する荷重および外力とその組合せと大きさ<br>(b)接着系あと施工アンカーを用いた構造部材の構造性能として先付け鉄筋 <sup>*1</sup> による構造部材・工法と同程度を確保<br>(c)アンカー筋を持続的に引張力が作用する構造部材の主筋の定着に使用する場合は当該構造部材の冗長性(代替支持部材)の確保                    |
| 2 構造部材および部位                     | 接着系あと施工アンカーを用いた構造部材や部位の種類、位置   |
| 3 (1)使用材料                       | (a)使用する接着系あと施工アンカー関連(表6.1.2.1の審査項目No.1~8の項目)<br>(b)接着系あと施工アンカーを用いた構造部材・工法に使用する材料   |
| (2)許容耐力、終局耐力の設定および各耐力時の剛性ならびに変形 | (a)接着系あと施工アンカーの許容耐力および終局耐力設定に際してのへりあき、はしあき、アンカー筋間隔の影響<br>(b)接着系あと施工アンカー埋込み部のコンクリートの圧縮強度のばらつき等の設計への反映やひび割れ対応<br>(c)各種荷重とその組合せ荷重作用時におけるあと施工アンカー周囲のコンクリートのひび割れ対応<br>(d)施工誤差(有効埋込み長、コンクリート面に対する傾斜)対応   |
| (3)接着系あと施工アンカーを用いた構造部材の構造検討     | 接着系あと施工アンカーを用いた構造部材に作用する荷重および外力とその組合せ時における所要の剛性と耐力を有していることの検討  |
| (4)各種構造部分への影響                   | 接着系あと施工アンカーを用いた構造部材が他の構造部材に及ぼす影響の有無と対応   |
| 4 設計指針                          | (a)適用建築物規模、構造種別、接着系あと施工アンカーを用いる構造部材<br>(b)適用範囲・適用条件等<br>(c)使用材料(接着系あと施工アンカー、アンカー筋、コンクリート、その他)<br>(d)許容応力度・材料強度<br>(e)荷重および外力とその組合せ<br>(f)接着系あと施工アンカーを用いる構造部材を含む建築物の構造設計<br>(g)接着系あと施工アンカーの設計<br>(h)接着系あと施工アンカーを用いた構造部材の冗長性の確保<br>(i)硬化後の接着剤の耐久性への対策<br>(j)構造性能確認実験結果(試験体の設計および製作含む)<br>(k)構造計算例<br>(l)その他必要と思われる事項                         |
| 5 施工指針                          | (a)全体工事体制<br>(b)接着系あと施工アンカー工事体制<br>(c)工事監理体制、工事管理体制<br>(d)使用材料(接着系あと施工アンカー、アンカー筋、コンクリート、その他)<br>(e)接着系あと施工アンカー工事着手前の調査関係<br>(f)接着系あと施工アンカー工事着手前の試験<br>(g)接着系あと施工アンカー工事施工計画<br>(h)接着系あと施工アンカー施工品質管理(管理項目、管理方法、施工品質判定基準)<br>(i)接着系あと施工アンカー工事後の試験・検査および判定基準、不合格の場合の対策<br>(j)試験・検査結果の記録、保存方法<br>(k)接着系あと施工アンカーを用いた構造部材の施工計画<br>(l)その他必要と思われる事項 |
| 6 部材製造・品質管理要領                   | 接着系あと施工アンカーを用いる構造部材がプレキャスト鉄筋コンクリート造の場合、部材製造要領および部材製造品質管理要領   |
| 7 (1)構造性能確認試験                   | (a)試験体パラメータの設定、試験体数<br>(b)試験体形状、寸法、縮尺 (c)使用材料、コンクリート圧縮強度<br>(d)試験体の設計および製作(設計指針、施工指針の反映)<br>(e)載荷方法 (f)ひずみ、変形測定位置、測定方法<br>(g)試験結果 (h)設計指針への反映  |
| (2)施工試験                         | 必要に応じた施工指針に記載の内容の妥当性確認のための施工試験(試験体の製作に置き換えても可)   |

[注]\*1：先付け鉄筋：コンクリートを打ち込む前に所定の位置に配筋する鉄筋。

(5)接着系あと施工アンカーを用いた構造部材審査申請資料に記載すべき項目・内容

接着系あと施工アンカーを用いた構造部材の審査申請資料に記載すべき項目および内容を表

6.1.2.5に示す。

表 6.1.2.5 接着系あと施工アンカーを用いた構造部材審査申請資料に記載すべき項目・内容(1/2)

| 審査項目                               | 審査資料に記載すべき内容  |
|------------------------------------|---|
| 1 適用範囲・適用条件等                       | (a)接着系あと施工アンカーを用いた構造部材(ただし、母材に埋め込まれたアンカー筋の降伏およびアンカー筋埋込み部の破壊によって部材性能が決定する使用方法および懸垂物は対象外とする)の使用部位, 使用条件, 環境条件(温度, 湿度, その他硬化後の接着剤の耐久性に影響を及ぼす成分有無, 火災時の影響の有無)や作用する荷重条件を明示する。<br>(b)接着系あと施工アンカーを用いた構造部材の構造性能の先付け鉄筋 <sup>*1</sup> による構造部材・工法と同程度であることの根拠と, 設計への反映内容を明示する。<br>(c)接着系あと施工アンカーを用いた構造部材の冗長性確保(代替支持部材の配置)方法を明示する。  |
| 2 構造部材および部位                        | 接着系あと施工アンカーを用いた構造部材での接着系あと施工アンカーを使用する部位を明示する。   |
| 3 (1)使用材料                          | 接着系あと施工アンカーおよび, 接着系あと施工アンカーを用いた構造部材に使用する材料を明示する。  |
| (2)許容耐力, 終局耐力の設定および各終局耐力時の剛性ならびに変形 | (a)接着系あと施工アンカーを埋め込むコンクリートの材料強度, アンカー筋の呼び径, 材質, 有効埋込み長さ, へりあき, はしあき, ピッチによる接着系あと施工アンカーの許容耐力, 終局耐力を明示する。<br>(b)接着系あと施工アンカーを用いた構造部材・工法を配置した建築物の応力・変形解析に用いる当該部材・工法のモデル化(荷重～変形関係)を必要に応じて明示する。  |
| (3)接着系あと施工アンカーを用いた構造部材の構造検討        | 接着系あと施工アンカーを用いた構造部材に作用する荷重および外力とその組合せ時における所要の剛性と耐力を有していることを構造計算または構造実験や文献等に基づいて明示する。  |
| (4)各種構造部分への影響                      | 接着系あと施工アンカーを用いた構造部材が他の構造部材への影響の有無と影響を及ぼす場合の対応を明示する。   |
| 4 設計指針                             | 設計指針に, 下記を明示する。<br>(a)適用建築物規模, 構造種別, 接着系あと施工アンカーを用いる構造部材<br>(b)適用範囲・適用条件等(審査項目 No.1 参照)<br>(c)使用材料(接着系あと施工アンカー, アンカー筋, コンクリート, その他)<br>・接着剤の種類, 接着剤充填および混合方法, アンカーの種類, 材質, 呼び径, 有効埋込み長さ<br>・接着系あと施工アンカーを用いた構造部材・工法に使用するコンクリートの種類および設計基準強度<br>・その他の使用材料<br>(d)許容応力度・材料強度<br>・接着系あと施工アンカーを埋め込む母材の材料強度の数値および, 材料強度設定の根拠(コア採取位置, 採取個数, コアの寸法, コア圧縮強度の平均値, 標準偏差, 信頼値算定用係数など)<br>(e)荷重および外力とその組合せ<br>(f)接着系あと施工アンカーを用いる構造部材を含む建築物の構造設計<br>・構造計算方法(長期荷重時, 短期荷重時)<br>・耐震安全性の確認方法<br>(g)接着系あと施工アンカーの設計<br>・へりあき, はしあき, ピッチを考慮した接着系あと施工アンカーの許容耐力, 終局耐力の算定<br>・接着系あと施工アンカーの構造細則<br>(h)接着系あと施工アンカーを用いた構造部材の冗長性の確保<br>・長期荷重を負担する構造部材に接着系あと施工アンカーを使用する場合のたわみ増大, 落下に対する冗長性の確保<br>・火災による接着剤やコンクリートの劣化に起因する接着系あと施工アンカーを用いた構造部材に対する対策<br>(i)硬化後の接着剤の耐久性への対策<br>・環境条件の変化に伴い硬化後の接着剤の耐久性に影響を及ぼす可能性を有する場合の耐久性への対策<br>(j)構造性能確認試験結果概要<br>・設計指針に記載の内容の妥当性について実験結果に基づいて記載<br>(k)構造計算例<br>・接着系あと施工アンカーを用いた構造部材を配置した建築物の構造計算書(接着系あと施工アンカーの計算含む)<br>(l)その他必要と思われる事項 |

表 6.1.2.5 接着系あと施工アンカーを用いた構造部材審査申請資料に記載すべき項目・内容(2/2)

| 審査項目          | 審査資料に記載すべき内容   |
|---------------|--|
| 5 施工指針        | 施工指針に下記を明示する。<br>(a) 全体工事体制<br>(b) 接着系あと施工アンカー工事体制<br>・接着系あと施工アンカー工事会社<br>・接着系あと施工アンカー工事管理責任者<br>・接着系あと施工アンカー工事施工者<br>(c) 工事監理体制, 工事管理体制<br>(d) 使用材料(接着系あと施工アンカー, アンカー筋, コンクリート, その他)<br>(e) 接着系あと施工アンカー工事着手前の調査関係<br>(f) 接着系あと施工アンカー工事着手前の試験<br>・試験内容, 試験方法, 試験個数, 判定基準<br>(g) 接着系あと施工アンカーの施工計画<br>・穿孔方法・穿孔機械<br>・施工上の留意事項(施工時の環境条件含む)<br>・ドリルの径と許容差, 穿孔深さと許容差, 許容施工誤差(へりあき, はしあき, ピッチ, 傾斜)<br>・孔内清掃方法<br>・接着剤の混合, 注入方法, だれ防止方法<br>・アンカー筋の固着方法, 養生方法(拔出し防止策含む)<br>(h) 接着系あと施工アンカー施工品質管理(管理項目, 管理方法, 施工品質判定基準)<br>(i) 接着系あと施工アンカー工事後の試験・検査および判定基準, 不合格の場合の対策<br>(j) 試験・検査結果の記録, 保存方法<br>(k) 接着系あと施工アンカーを用いた構造部材の施工計画(接着系あと施工アンカーを用いた構造部材にプレキャスト鉄筋コンクリート造を用いる場合の施工計画を含む)<br>(l) その他必要と思われる事項(安全衛生管理等) |
| 6 部材製造・品質管理要領 | 接着系あと施工アンカーを用いる構造部材・工法がプレキャスト鉄筋コンクリート造の場合, 下記を明示する。<br>(a) 部材製造要領<br>・構造部材名称<br>・使用材料と材料の品質<br>・部材製造場所<br>・部材製造方法<br>(b) 構造部材製造品質管理要領<br>・品質管理項目, 品質管理方法, 品質判定基準等  |
| (1) 構造性能確認試験  | 構造性能確認試験結果報告書に下記を明示する。なお, 参考とする関連文献に構造性能確認試験を置き換える場合は, 関連文献とそれを簡潔の纏めた資料を作成する。<br>(a) 試験体パラメータの設定, 試験体数<br>(b) 試験体形状, 寸法, 縮尺<br>(c) 使用材料, コンクリート圧縮強度(予備強度, 試験実施日圧縮強度)<br>(d) 試験体の設計および製作(設計指針, 施工指針の反映)<br>(e) 載荷方法<br>(f) ひずみ, 変形測定位置, 測定方法<br>(g) 試験結果<br>(h) 設計指針への反映  |
| (2) 施工試験      | 必要に応じた施工指針に記載の内容の妥当性確認のための施工試験(試験体の製作に置き換えても可)結果を, 施工指針に基づいて明示する。  |

[注]\*1: コンクリートを打ち込む前に所定の位置に配筋する鉄筋

## 6-2 注入方式接着系あと施工アンカー審査基準(案)

表 6.1.2.2 および表 6.1.2.3 に記載の審査項目に関する審査内容の妥当性を判定するための審査基準(案)を、以下に記載する。

### 6-2-1 構成部品

(1) 容器の材質，容器の形状・寸法，内容量とこれらの許容差

容器の材質および容器の形状・寸法・内容量とこれ等の許容差が，アンカー筋の機能を発揮させるために十分な化学的および機能的物性を有し，かつ長期にわたり安定していることの記載内容が妥当である。

(2) 接着剤の材質および骨材の材質

接着剤(主剤，硬化剤，フィラーの総称)の材質および，構成材料に骨材を含む場合の骨材の材質が妥当である。JIS 製品の場合の番号と年号が適切である。

(3) 基準付着強度

本報 2-5-2 項に記載の「接着系あと施工アンカーの付着試験方法(案)・同解説」による。

(4) クリープ特性

本報 2-5-3 項に記載の「接着系あと施工アンカーのクリープ試験方法(案)・同解説」による。

ただし，長期荷重を受ける構造部材に使用しないことを条件とする場合は試験を省略できる。

(5) 接着剤，骨材の重量比率と許容差

接着剤(主剤，硬化剤，フィラー)および構成材料に骨材を含む場合は骨材の重量比率と許容差が妥当である。

(6) 硬化後の接着剤の物性

硬化後の接着剤の物性は，本報 3-9 項に記載の数値を満たすこと。

(7) 製造時品質管理

部品の製造に際しての品質管理項目として，下記を明示しておりかつ，記載内容が妥当である。

(a) 使用材料受入れ時の品質管理項目と検査時期

(b) 製造時の品質管理項目と検査時期

(c) 品質管理方法と判定基準

(d) 品質管理データの管理方法

(e) その他必要事項

(8) アンカー筋の種類，形状，外観

適用範囲とするアンカー筋の種類，形状，外観を明示しておりかつ，記載内容が妥当である。

(9) アンカー筋の材質，表面処理

アンカー筋の材質および表面処理を明示しておりかつ，記載内容が妥当である。

(10) アンカー筋の強度，ねじ等級

アンカー筋の強度および，ねじを使用する場合のねじ等級を明示しておりかつ，記載内容が妥当である。

### 6-2-2 製品

(1) 製造時品質管理

製品の製造時の品質管理として。下記事項を明示しておりかつ，記載内容が妥当である。

(a) 部品受入れ時の品質管理項目と検査時期

(b) 製品製造時の品質管理項目と検査時期

(c) 品質管理方法

(d) 品質判定方法と判定時期

(e) 品質管理データの管理方法

(f) その他必要事項

(2) 母材の種類

適用範囲とする母材の種類を明示しておりかつ、記載内容が妥当である。

(3) 母材の材料強度

適用範囲とする母材の材料強度の範囲を明示しておりかつ、記載内容が妥当である。

(4) 終局引張耐力

本報 2-5-4 項に記載の「接着系あと施工アンカーの引張試験方法(案)・同解説」(5)試験結果の整理,による。

引張試験におけるアンカー筋,有効埋込み長さ,試験体の圧縮強度の組合せは,付 6.1 による。

(5) 引張剛性

本報 2-5-4 項に記載の「接着系あと施工アンカーの引張試験方法(案)・同解説」(5)試験結果の整理,による。

引張試験におけるアンカー筋,有効埋込み長さ,試験体の圧縮強度の組合せは,付 6.1 による。

(6) 終局せん断耐力

本報 2-5-5 項に記載の「接着系あと施工アンカーのせん断試験方法(案)・同解説」(5)試験結果の整理,による。

せん断試験におけるアンカー筋,有効埋込み長さ,試験体の圧縮強度の組合せは,付 6.1 による。

(7) せん断剛性

本報 2-5-5 項に記載の「接着系あと施工アンカーのせん断試験方法(案)・同解説」(5)試験結果の整理,による。

せん断試験におけるアンカー筋,有効埋込み長さ,試験体の圧縮強度の組合せは,付 6.1 による。

### 6-2-3 施工

(1) 施工資格者

あと施工アンカー工事の施工資格者は,公的機関等により認定された者でかつ,審査申請するあと施工アンカーの施工に精通 \*1していること。

[注]\*1:「精通」とは,下記のいずれかに該当することとする。

- ・評価申請するあと施工アンカーの施工に関する講習会(施工試験を含む)を受講し,資格証明証を有している。
- ・評価申請するあと施工アンカーの施工実績を有することの証明書を有している。

(2) 穿孔方法・穿孔機械

施工方法および穿孔機械が特定されており,かつ申請するあと施工アンカーの所要性能を十分に発揮させるものである。



(3) 施工方向

適用範囲とする施工方向(上向き, 横向き, 下向き等)が明記されておりかつ, 施工方向毎の施工上留意すべき事項が記載されておりかつ, 記載内容が妥当である。

(4) ドリル径と許容差および穿孔深さと許容差

使用するドリル径と許容差および, 穿孔深さと許容差が明示されておりかつ, 記載内容が妥当である。

(5) 孔内清掃方法

孔内清掃の手順や方法が明示されておりかつ, 記載内容が妥当である。

(6) 接着剤の混合方法, 充填方法ならびに注入量管理方法

接着剤の混合方法および充填方法ならびに, 注入量の管理方法が明示されておりかつ, 記載内容が妥当である。

(7) アンカー筋固着方法および養生方法

アンカー筋の固着方法および養生方法(拔出し防止策含む)が明示されておりかつ, 記載内容が妥当である。

(8) 施工時および施工後の環境条件

施工時の環境条件(温度, 湿度, その他接着剤の劣化に影響を及ぼさない条件等)および施工後の環境条件(温度, 湿度, その他接着剤の劣化に影響を及ぼさない条件等)が明示されておりかつ, 記載内容が妥当である。

(9) 施工品質管理

施工時の自主的品質管理項目として, 下記項目が明示されておりかつ, 記載内容が妥当である。

(a) 管理項目(施工環境, 母材状態, 接着剤, アンカー筋材質・呼び名, 施工資格, アンカー筋全長, 有効埋込み長さ, 穿孔径, 穿孔深さ, 施工精度, 清掃, 養生, 接着剤注入量, 耐力・剛性等)

(b) 管理方法

(c) 施工品質判定基準

(d) 施工品質管理データの管理方法

(e) その他必要事項

【付 6.1】

(1) 接着系あと施工アンカーの終局引張耐力を確認するための試験

接着系あと施工アンカーの終局引張耐力を確認するための試験は、下記による。なお、試験体におけるアンカー筋の施工方向と試験の組合せは、付表 6.1.1 とする。

付表 6.1.1 申請するあと施工アンカーの施工方向と引張試験およびせん断試験の実施

|                   |  |
|-------------------|--|
| 申請するあと施工アンカーの施工方向 | 試験におけるアンカー筋の施工方向と引張試験およびせん断試験の実施   |
| 下向きのみ             | 下向き施工したアンカー筋に対して、付表 2.1.2 に記載の組合せに対して試験を実施する。  |
| 下向きおよび横向き         | 下記の①および②による。<br>①申請するアンカー筋全てを横向き施工し、付表 2.1.2 に記載の組合せに対して試験を実施する。<br>②申請するアンカー筋の最小径と最大径を下向き施工し、付表 2.1.2 に記載の組合せに対して試験を実施する。       |
| 下向きおよび横向き並びに上向き   | 下記の①および②による。<br>①申請するアンカー筋全てを横向き施工し、付表 2.1.2 に記載の組合せに対して試験を実施する。<br>②申請するアンカー筋の最小径と最大径を下向きおよび上向き施工し、付表 2.1.2 に記載の組合せに対して試験を実施する。 |

- (a) 試験体コンクリートの圧縮強度  $\sigma_B$  (申請に際して、母材の材料強度の最小値と最大値の 2 水準)
- (b) アンカー筋の種類・種別：申請する種類・種別毎
- (c) アンカー筋の呼び径：申請するアンカー筋の呼び径毎
- (d) アンカー筋の有効埋込み長さ：申請する有効埋込み長さの範囲で、最小有効埋込み長さ、最大有効埋込み長さ、中間的な有効埋込み長さの 3 水準 (アンカー筋の呼び径によっては 2 水準)
- (e) 接着剤の種類：申請する接着剤の種類毎
- (f) 穿孔方法：申請する接着系あと施工アンカーの穿孔方法
- (g) 接着剤の充填方法・混合方法：申請する接着剤の充填方法および混合方法

(2) 申請するアンカー筋の種別・呼び径、有効埋込長さならびに母材材料強度  $F$  と引張試験、せん断試験の組合せの例

注入方式カートリッジ型による接着系あと施工アンカーで、異形鉄筋 (D10, D13 を SD295A, D16 ~D25 を SD345), 有効埋込み長さ  $7d_a \sim 20d_a$  (ただし, 300 mm 以下) にて性能判定を受ける場合のコンクリートの圧縮強度と引張試験およびせん断試験の組合せを、付表 6.1.2 に示す。

付表 6.1.2 引張試験およびせん断試験での試験体の圧縮強度と

アンカー筋の種別・呼び径・有効埋込み長さの組合せ \*1

| アンカー筋の<br>呼び径(種別) | アンカー筋の<br>有効埋込み長さ | 申請する母材の材料強度 $F$ と試験体の圧縮強度 $\sigma_B$ |                      |
|-------------------|-------------------|--------------------------------------|----------------------|
|                   |                   | 申請する母材の材料強度 $F$ の最小値                 | 申請する母材の材料強度 $F$ の最大値 |
| D10<br>(SD295A)   | $7d_a$            | ○                                    | ○                    |
|                   | $12d_a$           | ○                                    | ○                    |
|                   | $20d_a$           | ○                                    | ○                    |
| D13<br>(SD295A)   | $7d_a$            | ○                                    | ○                    |
|                   | $12d_a$           | ○                                    | ○                    |
|                   | $20d_a$           | ○                                    | ○                    |
| D16<br>(SD295A)   | $7d_a$            | ○                                    | ○                    |
|                   | $12d_a$           | ○                                    | ○                    |
|                   | $20d_a$           | ○                                    | ○                    |
| D19<br>(SD345)    | $7d_a$            | ○                                    | ○                    |
|                   | $12d_a$           | ○                                    | ○                    |
|                   | 300 mm            | ○                                    | ○                    |
| D22<br>(SD345)    | $7d_a$            | ○                                    | ○                    |
|                   | $10d_a$           | ○                                    | ○                    |
|                   | 300 mm            | ○                                    | ○                    |
| D25<br>(SD345)    | $7d_a$            | ○                                    | ○                    |
|                   | 300 mm            | ○                                    | ○                    |

[記号]○ : 引張試験およびせん断試験実施(各5体以上),  $d_a$  : 異形鉄筋の呼び名に用いた数値

[注]\*1 : 注入方式カートリッジ型による接着系あと施工アンカーで, 異形鉄筋(D10~D16をSD295A, D19~D25をSD345), 有効埋込み長さ  $7d_a \sim 20d_a$  にて審査申請する場合。

### 6-3 注入方式接着系あと施工アンカーを用いた構造部材審査基準(案)

表 6.1.2.4 および表 6.1.2.5 に記載の審査項目に関する審査内容の妥当性を判定するための審査基準(案)を、以下に記載する。

#### 6-3-1 適用範囲・適用条件等

- (a) 注入方式接着系あと施工アンカー(以下、接着系あと施工アンカーという)を用いた構造部材・部位が存在する環境条件(温度、湿度、その他接着剤の耐久性に影響を及ぼす成分の有無、火災の影響の有無)と、構造部材に作用する荷重条件を明確にするとともに、記載内容が妥当である。
- (b) アンカー筋を長期的に引張力が作用する構造部材の主筋の定着に使用する場合の当該構造部材の冗長性を確保するための代替支持部材の材料、配置、断面ならびに支持方法が妥当である。

#### 6-3-2 構造部材および部位

接着系あと施工アンカーの保有性能から判断して、接着系あと施工アンカーを用いた構造部材および部位の種類や位置が妥当である。

#### 6-3-3 構造およびその他の性能

##### (1) 使用材料

- (a) 接着系あと施工アンカー関連の使用材料が妥当である。
- (b) 接着系あと施工アンカーを用いた構造部材に使用する材料が妥当である。

##### (2) 許容耐力、終局耐力の設定および各耐力時の剛性ならびに変形

- (a) 接着系あと施工アンカーの許容耐力および終局耐力の設定に際して、へりあき、はしあき、ピッチの影響を考慮しておりかつ妥当である。
- (b) 接着系あと施工アンカー埋込み部のコンクリートの圧縮強度のばらつきを考慮した材料強度の数値が妥当である。また、施工時における埋込み部周囲のひび割れ等に対する各耐力の算定や剛性、変形算定への対応が妥当である。
- (c) 荷重作用時における接着系あと施工アンカー周囲のコンクリートのひび割れに対する各耐力の算定や剛性、変形算定への対応が妥当である。
- (d) 施工誤差(有効埋込み長さ、コンクリート面に対する傾斜)の各耐力の算定や剛性、変形算定への対応が妥当である。

##### (3) 接着系あと施工アンカーを用いた構造部材の構造検討

接着系あと施工アンカーのアンカー筋を用いた構造部材に作用する荷重および外力とその組合せ時において、先付け鉄筋を用いた構造部材と同程度の構造性能(剛性、耐力、変形性能等)を有していることの記載内容が妥当である。

##### (4) 各種構造部分への影響

接着系あと施工アンカー筋を用いた構造部材が他の構造部材に及ぼす影響の有無と、影響を及ぼす場合の対応が妥当である。

#### 6-3-4 設計指針

「接着系あと施工アンカーを用いた構造部材の審査項目」に記載の項目が記載されており、かつ記載内容が妥当である。

### 6-3-5 施工指針

「接着系あと施工アンカーを用いた構造部材審査項目」に記載の項目が記載されており、かつ記載内容が妥当である。

### 6-3-6 部材製造・品質管理要領

「接着系あと施工アンカーを用いた構造部材の審査項目」に記載の項目が記載されており、かつ記載内容が妥当である。

### 6-3-7 各種性能試験

#### (1) 構造性能確認試験

- ・試験体は、試験体の作成および施工に際して作成した設計指針および施工指針に基づき適切に製作されている。
- ・あと施工アンカーを使用する構造部材および部位ならびに設計指針に記載の内容に照らして、構造性能確認試験の内容が妥当である。

#### (2) 施工試験

必要に応じて実施した施工試験の内容が、あと施工アンカーを用いた構造部材が所要の性能を満たすことの妥当性が確認できる。

6-4 接着系あと施工アンカーおよび接着系あと施工アンカーを用いた構造部材の申請概要書記載例

強度指定を受けた接着系あと施工アンカーおよび、当該接着系あと施工アンカーを使用する構造部材・部位等の申請資料記載例を、表 6.4.1 に示す。

表 6.4.1 接着系あと施工アンカー・接着系あと施工アンカーを用いた

構造部材の申請概要書記載例 (1/3)

|               |  |  |        |              |
|---------------|--|--|--------|--------------|
| 工事関係          | 工事名称   | 〇〇〇改修工事  | 建物所在地  | 〇〇市〇〇町〇〇番地〇〇 |
|               | 工事請負会社 *1  | ⒶⒶ建設株式会社   |        |              |
|               | 現場責任者  | 〇〇〇〇株式会社〇〇〇部 〇〇 〇〇(資格〇〇〇〇 番号)(未定でも可)   |        |              |
|               | 工事管理者  | 〇〇建設株式会社〇〇〇部 〇〇 〇〇(資格〇〇〇〇 番号)  |        |              |
|               | 接着系あと施工アンカーの製造会社 *2                              | 〇〇〇〇株式会社   |        |              |
|               | あと施工アンカー工事会社                                     | 〇〇〇〇株式会社   |        |              |
|               | あと施工アンカー工事施工管理担当者                                | 未定(資格：あと施工アンカー技術管理士)   |        |              |
| あと施工アンカー工事施工者 | 未定(資格：第1種あと施工アンカー士 )<br>" (資格： " )<br>" (資格： " ) |  |        |              |
| 製品・構成部品関連     | 接着剤の種類   | 有機系・無機系  | 接着剤の方式 | 注入方式カートリッジ型  |
|               | 強度指定を受けた製品名                                      | 〇〇〇〇   |        |              |
|               | 接着剤の材質および骨材の材質                                   | 主 剤：〇〇〇〇〇〇 ， 硬化剤：〇〇〇〇〇〇 ，<br>ファイラー：〇〇〇〇〇〇 ， 細骨材：〇〇〇〇〇〇   |        |              |
|               | 付着強度 $\tau_{fu}$ (N/mm <sup>2</sup> )            | $\tau_{fu} = 15 \sqrt{\frac{F}{21}}$ or $10 \sqrt{\frac{F}{21}}$ ここで、 $F$ ：母材の圧縮に対する材料強度(N/mm <sup>2</sup> )   |        |              |
|               | 接着剤および骨材の重量比率と許容差                                | 主 剤：〇〇～〇〇% ， 硬化剤：〇〇～〇〇% ，<br>ファイラー：〇〇～〇〇% ， 細骨材：〇〇～〇〇%   |        |              |
|               | 硬化後の接着剤の物性                                       | 圧縮強さ：〇〇〇N/mm <sup>2</sup> ， 圧縮弾性率：〇〇N/mm <sup>2</sup> ，<br>接着強さ：〇〇〇N/mm <sup>2</sup> ， 耐アルカリ性：(質量変化率〇〇%以下)   |        |              |
|               | 母材の種別  | 普通コンクリート   |        |              |
|               | 母材の圧縮に対する材料強度の範囲                                 | $F = 〇〇〇\text{N/mm}^2$ 以上 $〇〇〇\text{N/mm}^2$ 以下  |        |              |
|               | アンカー筋の材質   | 鉄筋コンクリート用棒鋼(JISG 3112)   |        |              |
|               | アンカー筋の種類・呼び名                                     | SD295A(D〇〇, D〇〇, D〇〇), SD345(D〇〇, D〇〇)   |        |              |
|               | アンカー筋の有効埋込み長さ                                    | $7d_a \sim 12d_a$ ただし、300mm以下 $d_a$ ：異形鉄筋の呼び名に用いた数値(mm)  |        |              |
|               | 持続荷重に対する安全性                                      | $\delta_{long} = 〇〇〇\text{mm}$ (加力方法：〇〇〇〇式)， $\delta_{avr} = 〇〇〇\text{mm}$   |        |              |
|               | 終局引張耐力算定式  | アンカー筋単体の終局引張耐力は、破壊形式に応じて次の(1)式から(3)式による。<br>$T_{cc} = 0.23 \sqrt{\sigma_B} \cdot A_c \dots (1)$ ， $T_{cb} = \tau_{fu} \cdot \pi \cdot d_a \cdot \ell_e \dots (2)$ ， $T_{mu} = m \sigma_u \cdot s_{ae} \dots (3)$<br>記号 $T_{cc}$ ：コーン状破壊するアンカー筋の終局引張耐力計算値(N)<br>$\sigma_B$ ：試験時のコンクリートの圧縮強度(N/mm <sup>2</sup> )<br>$A_c$ ：コーン状破壊面の有効水平投影面積(mm <sup>2</sup> )で、はしあき、へりあきが有効埋込み長さ $\ell_e$ 以上、ピッチが有効埋込み長さ $\ell_e$ の3倍以上確保された場合、次式による。<br>$A_c = \pi \cdot \ell_e \cdot (\ell_e + d_a) \dots (4)$<br>$d_a$ ：アンカー筋の直径(mm)で、異形鉄筋の場合呼び名に用いた数値とする。<br>$T_{cb}$ ：付着破壊したアンカー筋の終局引張耐力計算値(N)<br>$\tau_{fu}$ ：付着強度(N/mm <sup>2</sup> )で、次式による。<br>$\tau_{fu} = 15 \sqrt{\frac{\sigma_B}{21}}$ or $10 \sqrt{\frac{\sigma_B}{21}} \dots (5)$<br>$T_{mu}$ ：引張破断したアンカー筋の終局引張耐力(N)<br>$m \sigma_u$ ：アンカー筋の規格引張強さ(N/mm <sup>2</sup> )<br>$s_{ae}$ ：アンカー筋の公称断面積(mm <sup>2</sup> ) |        |              |
|               | 引張剛性(軸方向変位量)                                     | 次の1)および2)による。<br>1) $\min(2/3 \cdot T_{my}, 0.4T_{cc}, 0.4T_{cb})$ 時における軸方向変位量が〇〇mm以下<br>2) $\min(T_{my}, 0.6T_{cc}, 0.6T_{cb})$ 時における軸方向変位量が〇〇mm以下<br>記号 $T_{my}$ ：アンカー筋降伏時引張耐力計算値(N)で、次式による。<br>$T_{my} = \sigma_y \cdot s_{ae} \dots (6)$<br>$\sigma_y$ ：アンカー筋の規格降伏点(N/mm <sup>2</sup> )<br>$s_{ae}$ ：アンカー筋の公称断面積(mm <sup>2</sup> )<br>$T_{cc}, T_{cb}$ ：(1)式および(2)式による終局引張耐力計算値(N)   |        |              |

表 6.4.1 接着系あと施工アンカー・接着系あと施工アンカーを用いた

構造部材の申請概要書記載例 (2/3)

|   |                             |  |   |                                       |   |                            |  |
|---|-----------------------------|--|---|---------------------------------------|---|----------------------------|--|
| 製品・構成部品関連   | 終局せん断耐力算定式                  | アンカー筋単体の終局せん断耐力は、破壊形式に応じて次の(7)式または(8)式による。<br>$Q_{mc} = 0.4 \sqrt{E_c \cdot \sigma_B \cdot s_{ae}} \text{ ただし, } 500 \text{ N/mm}^2 \leq \sqrt{E_c \cdot \sigma_B} \leq 900 \text{ N/mm}^2 \dots (7)$ $Q_{mu} = \frac{m\sigma_u}{\sqrt{3}} \cdot s_{ae} \dots (8)$ 記号 $Q_{mc}$ : コンクリートが支圧破壊した接着系あと施工アンカーの終局せん断耐力計算値(N)<br>$E_c$ : 試験時のコンクリートのヤング係数(N/mm <sup>2</sup> )で、実測によるか又は圧縮強度より推定してよい。<br>$\sigma_B$ : 試験時のコンクリートの圧縮強度(N/mm <sup>2</sup> )<br>$Q_{mu}$ : アンカー筋が破断した接着系あと施工アンカーの終局せん断耐力計算値(N)<br>$m\sigma_u$ : アンカー筋の規格引張強さ(N/mm <sup>2</sup> )<br>$s_{ae}$ : アンカー筋の公称断面積(mm <sup>2</sup> ) |   |                                       |   |                            |  |
|   | せん断剛性(水平変位量)                | 次の 1)による。<br>1) $0.6Q_{mc}$ 時および $0.6Q_{mu}$ 時における水平変位量が〇〇mm 以下<br>記号 $Q_{mc}, Q_{mu}$ : (7)式および(8)式による終局せん断耐力計算値(N)   |   |                                       |   |                            |  |
| 許容応力度・材料強度  | 種類                          | 長期に生じる力に対する許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )  |   | 短期に生じる力に対する許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> ) |   | 材料強度 (N/mm <sup>2</sup> )  |  |
|   | 断面の位置                       | 引張 $f_t$   | せん断 $f_s$   | 引張 $f_t$                              | せん断 $f_s$   | 引張 $f_t$                   | せん断 $f_s$  |
|   | アンカー筋の断面                    | $\sigma_y/1.5$   | $\frac{\sigma_y}{1.5\sqrt{3}}$ または<br>$\frac{0.4\sqrt{E_c \cdot F}}{4.5}$<br>のいずれか小さい方の数値<br>ただし、<br>$500 \leq \sqrt{E_c \cdot F} \leq 900$ | $\sigma_y$                            | または<br>$\frac{0.4\sqrt{E_c \cdot F}}{2.25}$<br>のいずれか小さい方の数値<br>ただし、<br>$500 \leq \sqrt{E_c \cdot F} \leq 900$ | $\sigma_y$                 | または<br>$\frac{0.4\sqrt{E_c \cdot F}}{1.5}$<br>のいずれか小さい方の数値<br>ただし、<br>$500 \leq \sqrt{E_c \cdot F} \leq 900$ |
|   | コーン状破壊を生じるコンクリートの断面         | $\frac{0.23\sqrt{F}}{4.5}$   | —   | $\frac{0.23\sqrt{F}}{2.25}$           | —   | $\frac{0.23\sqrt{F}}{1.5}$ | —  |
|   | 付着破壊を生じるコンクリートの断面           | A類 $\frac{15\sqrt{F}}{4.5}$  | —   | $\frac{15\sqrt{F}}{2.25}$             | —   | $\frac{15\sqrt{F}}{1.5}$   | —  |
|   | B類 $\frac{10\sqrt{F}}{4.5}$ | —  | $\frac{10\sqrt{F}}{2.25}$   | —                                     | $\frac{10\sqrt{F}}{1.5}$  | —                          |  |
| [記号] $\sigma_y$ : アンカー筋の規格降伏点 (N/mm <sup>2</sup> )<br>$F$ : 母材の圧縮に対する材料強度 (N/mm <sup>2</sup> )<br>$E_c$ : 母材のヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> ) |                             |  |   |                                       |   |                            |  |
| 施工関連  | 施工資格者                       |  |   |                                       |   |                            |  |
|   | 使用する工法の施工経験                 |  |   |                                       |   |                            |  |
|   | 穿孔方法・穿孔機械                   |  |   |                                       |   |                            |  |
|   | 施工方向                        |  |   |                                       |   |                            |  |
|   | ドリルの径と許容差<br>穿孔深さと許容差       |  |   |                                       |   |                            |  |
|   | 孔内清掃方法                      |  |   |                                       |   |                            |  |
|   | 接着剤の混合方法、充填方法<br>および注入量管理方法 |  |   |                                       |   |                            |  |
|   | アンカー筋固着方法・養生方法              |  |   |                                       |   |                            |  |
| 施工時および施工後の環境条件  |                             |  |   |                                       |   |                            |  |
| 施工品質管理  |                             |  |   |                                       |   |                            |  |

表 6.4.1 接着系あと施工アンカー・接着系あと施工アンカーを用いた

構造部材の申請概要書記載例 (3/3)

|                |                              |  |
|----------------|------------------------------|--|
| 施工<br>関連       | 施工資格者<br>使用する工法の施工経験         |  |
|                | 穿孔方法・穿孔機械                    |  |
|                | 施工方向                         |  |
|                | ドリルの径と許容差<br>穿孔深さと許容差        |  |
|                | 孔内清掃方法                       |  |
|                | 接着剤の混合方法, 充填方法<br>および注入量管理方法 |  |
|                | アンカー筋固着方法・養生方法               |  |
|                | 施工時および施工後の環境条件               |  |
|                | 施工品質管理                       |  |
| 構造<br>部材<br>関連 | 適用範囲・適用条件等                   |  |
|                | 接着系あと施工アンカーを用いる<br>構造部材・部位   |  |
|                | 許容耐力, 終局耐力の設定<br>各耐力時の剛性・変形  |  |
|                | 接着系あと施工アンカーを用いた<br>構造部材の構造検討 |  |
|                | 各構造部分への影響                    |  |
|                | 設計指針                         |  |
|                | 施工指針                         |  |
|                | 部材製造・品質管理要領                  |  |
|                | 構造性能確認試験                     |  |
|                | 施工試験                         |  |

[注]\*1 : 接着系あと施工アンカーおよび接着系あと施工アンカーを用いた構造部材の強度指定を受けた会社

\*2 : 接着系あと施工アンカーの強度指定を受けた製品名称



## 6-5 接着系あと施工アンカーの母材で定まる許容応力度・材料強度設定のための安全率

### 6-5-1 安全率設定方針

接着系あと施工アンカーは、既存の建築物のコンクリート(以下、母材という)にドリルを用いて穿孔し、接着剤を投入し攪拌混合した後にアンカー筋を固着することから、母材で決定される引張やせん断に対する許容応力度および材料強度の設定に際しては、先付け鉄筋とは異なる安全率を考慮する必要があると考える。

以下に、母材で長期許容耐力が決定される場合の長期許容応力度設定の際に考慮すべき安全率について、検討すべき事項を記載する。なお、ここで検討する安全率は、先付け鉄筋のコンクリートに対する長期許容付着応力度の安全率3に乘じる数値である。また、短期許容応力度に対しては安全率2に、材料強度に対しては安全率1に対して乘じる数値である。

### 6-5-2 安全率設定に際して考慮する項目

母材で決定される接着系あと施工アンカーの許容応力度および材料強度を設定するために考慮する安全率の設定に際して、下記の4つの係数を考慮する。

なお、長期的に作用する持続荷重によるクリープは、変形増大係数で考慮するとして、ここでは考慮しないこととする。

$$F_{safe} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \text{ ----- (6.5.2.1) 式}$$

記号  $F_{safe}$  : 母材で定まる接着系あと施工アンカーの許容応力度および材料強度設定に用いる部分安全率( $\geq 1.0$ )

$\alpha_1$  : 材料係数(設計に用いる母材の圧縮強度(以下、材料強度  $F$  という)の設定の信頼性に関する低減係数の逆数)

$\alpha_2$  : ひび割れ係数(施工後の外力によるひび割れ発生による低減係数の逆数)

$\alpha_3$  : 施工係数(施工の難易度、施工品質による低減係数の逆数)

$\alpha_4$  : 設計係数(あと施工アンカーに生じる応力の算定精度による低減係数の逆数)

### 6-5-3 各低減係数の検討

#### (1) 材料係数 $\alpha_1$

接着系あと施工アンカーのアンカー筋埋込み部のコンクリートで定まる許容応力度(許容引張応力度、許容せん断応力度)および材料強度の設定に際して、考慮すべき安全係数のうちの材料係数  $\alpha_1$  を1.0とするため、アンカー筋定着部のコンクリートの材料強度設定方法を以下の方法にて一義的に定めることとする。

#### 1) アンカー筋埋込み部のコンクリートのコア採取と圧縮強度実施不要の条件

下記の条件を満たす場合は、アンカー筋埋込み部近傍からのコンクリートのコア採取と圧縮強度実施は不要とし、コンクリートの材料強度  $F$  は設計基準強度  $F_c$  を用いてよいこととする。

【条件】 アンカー筋埋込み部の構造体コンクリートの圧縮強度のデータが有り、圧縮強度の平均値が呼び強度以上かつ、個々の圧縮強度が呼び強度の0.85倍以上である。

#### 2) コア採取および圧縮強度試験の実施

上記条件を満たさない場合、コンクリートコアを採取し圧縮強度試験を行うこととする。

#### 3) コア採取位置と個数

コンクリートコア採取位置は、接着系あと施工アンカーを埋め込む部材の埋込み部近傍より

採取することを原則とするが、採取が困難な場合は埋込み部近傍の部材から採取することも許容する。採取個数は、コンクリートコアの直径に応じて表 6.5.3.1 による。

表 6.5.3.1 コンクリートコア直径と採取個数 \*1

| 粗骨材の最大粒径                             | コンクリートコア直径 (mm) | 最小採取個数 |
|--------------------------------------|-----------------|--------|
| 粗骨材の最大粒径が 25 mm の場合<br>又は、最大寸法が不明の場合 | 75 以上           | 3      |
| 粗骨材の最大寸法が 20 mm の場合                  | 60 以上           | 3      |

[注]\*1：同一種別・同一設計基準強度の場合

4) 材料係数  $\alpha_1$  およびコンクリートの材料強度の設定

材料係数  $\alpha_1$  およびコンクリートの材料強度の設定は、下記のいずれかによる。

- (a) 接着系あと施工アンカーを埋め込む構造部材もしくは当該構造部材近傍よりコンクリートコアを 6 個以上採取<sup>6.1)</sup>した圧縮強度試験結果が得られた場合、次式により、設計に用いるコンクリートの材料強度  $F$  を設定し、材料係数  $\alpha_1$  は 1.0 としてよい。

$$F = \min(X_{mean} - 1.0 \cdot s^{*1}, F_c) \text{ ----- (6.5.3.1) 式}$$

- 記号  $F$  : 接着系あと施工アンカーの設計に用いるコンクリートの材料強度 (N/mm<sup>2</sup>)  
 $X_{mean}$  : 接着系あと施工アンカーを使用する部材もしくは部材近傍より採取したコンクリートコアの圧縮強度の平均値 (N/mm<sup>2</sup>)  
 $s$  : コア圧縮強度の標準偏差 (N/mm<sup>2</sup>) で、次式による。

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_{mean} - X_i)^2}{N-1}} \text{ ----- (6.5.3.2) 式}$$

- $X_i$  :  $i$  番目のコンクリートコアの圧縮強度 (N/mm<sup>2</sup>)  
 $N$  : 圧縮強度試験を実施したコンクリートコアの個数  
 $F_c$  : アンカー筋埋込み部のコンクリートの設計基準強度 (N/mm<sup>2</sup>)

[注]\*1：国土交通省：あと施工アンカー・連続繊維補強設計・施工指針，pp.1-1～1-3，平成 18 年 7 月

- (b) 接着系あと施工アンカーを埋め込む構造部材もしくは当該構造部材近傍よりコンクリートコアを 3～5 個を採取し圧縮強度試験結果が得られた場合、次式により設計に用いるコンクリートの材料強度  $F$  を設定し、材料係数  $\alpha_1$  は 1.0 としてよい。

$$F = \min(X_{mean} - t \cdot s, F_c) \text{ ----- (6.5.3.3) 式}$$

- 記号  $t$  : 片側不良率 0.05 (95% 信頼下限) を与える係数で、表 6.5.3.2 による。

表 6.5.3.2 95% 信頼下限値を与える係数  $t$

| コンクリートコア本数<br>$N$ | 自由度<br>( $N-1$ ) | 係数 $t$ の値 |
|-------------------|------------------|-----------|
| 3                 | 2                | 2.920     |
| 4                 | 3                | 2.353     |
| 5                 | 4                | 2.132     |

(2) ひび割れ係数  $\alpha_2$

施工後の外力によって接着系あと施工アンカーのアンカー筋埋込み部周囲のコンクリートにひび割れが発生し、接着系あと施工アンカーの耐力が低下する可能性がある。ひび割れ発生 の 要 因 として は、乾燥収縮や温度伸縮によるもの、固定荷重や積載荷重などの長期荷重によるもの、地震荷重によるものなどが考えられる。

一般的に、建築物の構造躯体の表層には仕上げ材が施されており、供用期間中の定期点検において、あと施工アンカーが埋め込まれた構造部材に発生したひび割れを通常行われる目視による検査で見出すことは困難である。

そこで、ここでは、乾燥収縮・温度伸縮、長期荷重などにより常時の状態でコンクリートに生ずる可能性がある 0.3 mm 程度までを想定したひび割れによる影響をあらかじめ許容応力度および材料強度の安全率に考慮することにした。具体には、せん断力によるコンクリートの支圧破壊、引張力によるコーン状破壊および付着破壊に対するひび割れ係数  $\alpha_2$  として、1.5 とすることにした。

$\alpha_2=1.5$  に設定した根拠としては、ACI の規準では、ひび割れ有りの場合の耐力はひび割れ無しの場合の 1/1.4 にしていること、ひび割れによる耐力への影響を確認した既往の接着系あと施工アンカーの引張試験において、ひび割れ幅が 0.3 mm 程度の場合で平均的には約 1/2 に低下していることなどによった。それらを付録 5 に示す。なお、ひび割れによる耐力の影響については、その幅によっても異なり、必要に応じて実験により検証する必要がある。

なお、ここでのひび割れ係数には、地震荷重によりアンカー筋埋込み部周囲のコンクリートに生じるひび割れによる影響は考慮していないことから、地震時にアンカー筋埋込み部周囲のコンクリートにひび割れが生じる可能性がある場合には、構造計算における部材耐力の算定においてひび割れによる耐力低減を適宜考慮する必要がある。また、地震時にひび割れが生じた場合は、適切に補修する必要がある。

(3) 施工係数  $\alpha_3$

施工係数は、適切な施工および施工品質管理が行われていることを確認できた場合において、 $\alpha_3=1.0$  とすることができる。適切な施工および施工品質管理が行われていることの確認方法の例として、本報 5 章 5-6-1 節に記載の「接着系あと施工アンカー施工品質管理指針(案)」に従って施工が行われ、施工品質管理の記録が残されていることとする。なお、同等の施工品質管理を行う場合は、これによることもできる。

(4) 設計係数  $\alpha_4$

許容応力度設計体系につき、 $\alpha_4=1.0$  とする。

## 6-6 新設スラブ上端筋の定着に接着系あと施工アンカーを使用する場合の母材の材料強度の設定および所要定着長さの検討

### 6-6-1 はじめに

既存壁式 RC 造建物の改修に伴い RC 造スラブを新設する場合、新設スラブの鉄筋の定着に接着系あと施工アンカーを使用する場合、アンカー筋の所要定着長さの計算に用いるアンカー筋定着部のコンクリートの材料強度  $F$  の設定およびアンカー筋の所要有効埋込み長さの計算例を示す。

なお、ここで示すのは、コンクリートコア採取とコア圧縮強度より、アンカー筋埋込み部のコンクリートの材料強度を設定する場合の計算例である。また、アンカー筋埋込み部のコンクリートの設計基準強度を  $17.6 \text{ N/mm}^2 (180 \text{ kg/cm}^2)$  とする。

### 6-6-2 アンカー筋定着部のコンクリートの材料強度 $F$ の設定

#### (1) コンクリートコアの採取と圧縮強度試験結果

アンカー筋埋込み部近傍のコンクリートより採取したコンクリートコアの形状および圧縮強度試験結果を、表 6.6.2.1 に示す。

表 6.6.2.1 採取したコンクリートコアの形状と圧縮強度試験結果

| コア No. | 直径 (mm) | 整形後高さ (mm) | 高さ/直径 | 補正係数  | 断面積 (mm <sup>2</sup> ) | 質量 (g) | かさ比重 (t/m <sup>3</sup> ) | 最大荷重 (kN) | 圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> ) |
|--------|---------|------------|-------|-------|------------------------|--------|--------------------------|-----------|---------------------------|
| 1      | 76.1    | 154.5      | 2.030 | 1.000 | 4,548.4                | 1,630  | 2.320                    | 161.3     | 35.5                      |
| 2      | 76.1    | 152.9      | 2.009 | 1.000 | 4,548.4                | 1,597  | 2.296                    | 145.9     | 32.1                      |
| 3      | 76.1    | 152.2      | 2.000 | 1.000 | 4,548.4                | 1,592  | 2.300                    | 128.9     | 28.3                      |
| 4      | 76.1    | 154.5      | 2.030 | 1.000 | 4,548.4                | 1,608  | 2.288                    | 190.2     | 41.8                      |

#### (2) コンクリートコア圧縮強度試験結果より材料強度 $F$ の設定例

表 6.6.2.1 より、コア圧縮強度の平均値と標準偏差は、下記の通りとなる。

・コア圧縮強度の平均値： $X_{mean} = (35.5 + 32.1 + 28.3 + 41.8) / 4 = 34.4 \text{ N/mm}^2$

・コア圧縮強度の標準偏差： $s = \sqrt{\frac{(34.4-35.5)^2 + (34.4-32.1)^2 + (34.4-28.3)^2 + (34.4-41.8)^2}{4-1}}$   
 $= 5.73 \text{ N/mm}^2$

コンクリートコアの圧縮強度のデータが 4 個と 6 個未満であることから、母材の材料強度  $F$  は次のとおりで、設計基準強度  $F_c$  を採用する。

$$F = X_{mean} - t \cdot s = 34.4 - 2.353 \times 5.73 = 22.0 \text{ N/mm}^2 > F_c (= 17.6 \text{ N/mm}^2)$$

$$\therefore F = F_c = 17.6 \text{ N/mm}^2$$

### 6-6-3 新設スラブ上端引張鉄筋の定着に用いるアンカー筋の計算

#### (コーン状破壊の検討を行う場合)

新設スラブに配置する上端筋の定着用アンカー筋の必要断面積、径、本数、間隔ならびに所要有効埋込み長さを計算する。なお、新設スラブの荷重(固定荷重、仕上げ荷重、積載荷重)による設計用せん断力に対して配置するせん断抵抗アンカー筋は、別途検討の上配置するが、ここでは計算省略する。

#### (1) 計算条件

・埋込み部分のコンクリートの材料強度： $F = 17.6 \text{ N/mm}^2$

- ・ アンカー筋の種別, 呼び名 : SD295A, D13
- ・ 使用する接着系あと施工アンカーの接着剤の基準付着強度 :  $\tau_{fu0} = 15 \text{ N/mm}^2$
- ・ 接着系あと施工アンカー埋込み部 : 既存耐力壁とスラブとの交差部 (耐力壁厚 180 mm, 既存スラブ厚さ 150 mm) (図 6. 6. 3. 1)
- ・ 増設スラブ : 厚さ 200 mm, 幅 1.0 m, 内法長さ 4.5 m
- ・ 増設スラブ単位重量 :  $7.3 \text{ kN/m}^2$  (固定荷重  $4.8 \text{ kN/m}^2$  + 仕上荷重  $0.7 \text{ kN/m}^2$  + 積載荷重  $1.8 \text{ kN/m}^2$ )

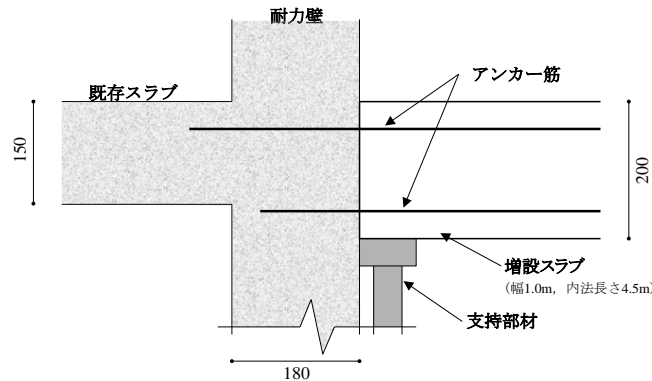


図 6. 6. 3. 1 増設スラブとアンカー筋配置等

(2) アンカー筋の必要断面積および本数ならびに引張応力度

1) 両端固定一方向スラブの端部上端固定モーメント

$$M_L = \frac{1}{12} w \cdot \ell^2 = \frac{1}{12} \times 7.3 \times 4.5^2 = 12.32 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

2) 必要上端鉄筋断面積

$$a_t = M_L / (l_f \cdot j) = 12.32 \times 10^6 / \{195 \times 7/8 \times (200 - 37)\} = 443.0 \text{ mm}^2 \Rightarrow 5\text{-D13}, @200 \text{ と設定}$$

3) アンカー筋に生じる引張応力度

$$L \sigma_t = M_L / (\Sigma a_t \cdot j) = 12.32 \times 10^6 / \{5 \times 127 \times 7/8 \times (200 - 37)\} = 136.1 \text{ N/mm}^2$$

(3) アンカー筋有効埋込長さの検討

1) 検討式

アンカー筋に生じる長期荷重時引張力に対して, (6. 6. 3. 1) 式および (6. 6. 3. 2) 式を満たすに必要な有効埋込み長さを算定する。

$${}_D T_{L1} < T_{AL2} \quad \dots \dots \dots (6. 6. 3. 1) \text{ 式}$$

$${}_D T_{L1} < T_{AL3} \quad \dots \dots \dots (6. 6. 3. 2) \text{ 式}$$

記号  ${}_D T_{L1}$  : アンカー筋に生じる長期荷重時引張力 (N) で, 次式による。

$${}_D T_{L1} = L \sigma_t \cdot a_t \quad \dots \dots \dots (6. 6. 3. 3) \text{ 式}$$

$L \sigma_t$  : アンカー筋に生じる長期荷重時引張応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$a_t$  : アンカー筋の断面積 (mm<sup>2</sup>)

$T_{AL2}$  : アンカー筋の長期許容付着耐力 (N) で, 次式による。

$$T_{AL2} = (\tau_{fu} / F_{safe}) \cdot \pi \cdot d_a \cdot \ell_e \quad \dots \dots \dots (6. 6. 3. 4) \text{ 式}$$

$\tau_{fu}$  : コンクリートの材料強度に対応する接着系あと施工アンカーの付着強度 (N/mm<sup>2</sup>) で, 次式による。

$$\tau_{fu} = \tau_{fu0} \times \sqrt{\frac{F}{21}} \quad \dots \dots \dots (6. 6. 3. 5) \text{ 式}$$

- $\tau_{fu0}$  : 使用する接着系あと施工アンカー接着剤の基準付着信頼強度 (N/mm<sup>2</sup>)
- $F$  : アンカー筋を埋め込むコンクリートの材料強度 (N/mm<sup>2</sup>)
- $F_{safe}$  : 安全率で, 長期荷重を負担する部材の主筋にアンカー筋を使用する場合は 4.5 とする。
- $d_a$  : アンカー筋に用いる異形鉄筋の呼び名に用いた数値 (mm)
- $\ell_e$  : アンカー筋の有効埋込み長さ (mm)
- $T_{AL3}$  : アンカー筋の長期許容コーン状破壊耐力 (N) で, 次式による。  

$$T_{AL3} = 0.23\sqrt{F}/F_{safe} \cdot A_c \dots\dots\dots (6.6.3.6) \text{ 式}$$
- $A_c$  : コーン状破壊面の有効水平投影面積 (mm<sup>2</sup>)

2) (6.6.3.1) 式を満たすに必要な有効埋込み長さ

(6.6.3.1) 式を満たすに必要なアンカー筋の有効埋込み長さ  $\ell_e$  は, 次のとおりとなる。

$$\begin{aligned} \ell_e \geq L \sigma_t \cdot a_t / \{ (\tau_{fu}/F_{safe}) \cdot \pi \cdot d_a \} &= 136.1 \times 127 / \{ (15.0 \times \sqrt{\frac{17.6}{21}} / 4.5) \times \pi \times 13 \} \\ &= 17\,285 / (3.05 \times \pi \times 13) = 138.8 \text{ mm} \Rightarrow 194 \text{ mm と設定} \end{aligned}$$

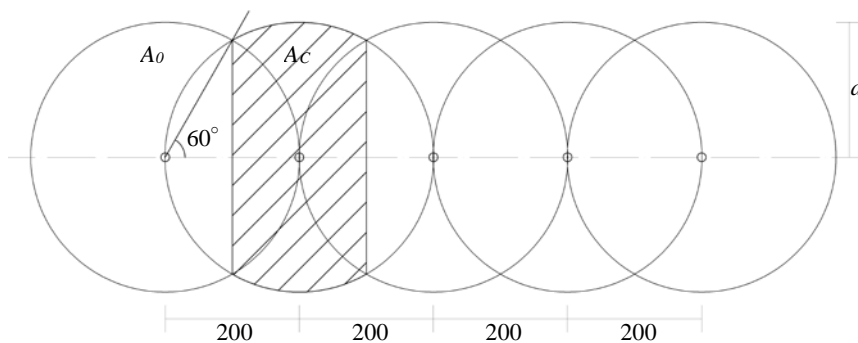
3) 有効埋込み長さ 194 mm, アンカー筋ピッチ 200 mm の場合の  $T_{AL3}$  の算定

図 6.6.3.2 に示す斜線部のアンカー筋のコーン状破壊面の面積は, 次のとおりとなる。

- ・ 長方形部分の面積 :  $A_{c1} = 200 \times 200 \times \sin 60^\circ \times 2 = 69\,280 \text{ mm}^2$
- ・ 扇上部の弦部分の面積 :  $A_{c2} = \pi \times 200^2 \times 60 / 360^\circ - 200 \times 173.2 / 2 = 20\,943 - 17\,320 = 3\,624 \text{ mm}^2$
- ・ コーン状破壊面の有効水平投影面積 :  $A_c = A_{c1} + 2A_{c2} = 69\,280 + 2 \times 3\,624 = 76\,528 \text{ mm}^2$

図 6.6.3.2 に示す左側のアンカー筋のコーン状破壊面の有効水平投影面積は, 次のとおりとなる。

$$A_0 = \pi \times 200^2 - \pi \times 200^2 \times 1/6 \times 2 + 1/2 \times 173.2 \times 100 \times 2 = 125\,663 - 41\,888 + 17\,320 = 101\,095 \text{ mm}^2$$



[記号]  $a : \ell_e + d_a/2 = 194 + 13/2 = 200.5 \text{ mm} \Rightarrow 200 \text{ mm}$

図 6.6.3.2 コーン状破壊面の有効投影面積  $A_c$  の算定

アンカー筋 5 本のコーン状破壊面の有効水平投影面積の和は, 次のとおりとなる。

$$\Sigma A = 2A_0 + 3 \times A_c = 2 \times 101\,095 + 3 \times 76\,528 = 431\,774 \text{ mm}^2$$

アンカー筋 5-D13 のコーン状破壊に対する長期許容引張耐力は, 次の通りとなる。

$$T_{AL3} = 0.23\sqrt{F}/F_{safe} \cdot \Sigma A = 0.23 \times \sqrt{17.6}/4.5 \times 431\,774 = 0.214 \times 431\,774 = 92\,399 \text{ N}$$

4) 計算結果

アンカー筋 5-D13 に生じる長期荷重時引張力は, 次の通りであり,  $\Sigma_D T_L < T_{LA3}$  より OK となる。

$$\Sigma_D T_L = M_L / j = 12.32 \times 10^6 / (163 \times 7/8) = 86\,381 \text{ N} < 92\,399 \text{ N}$$

#### 6-6-4 新設スラブ上端引張鉄筋の定着に用いるアンカー筋の計算

(各種合成構造設計指針による計算)

6-6-3 項と同様に、新設スラブに配置する上端筋の定着用アンカー筋の必要断面積、径、本数、間隔ならびに所要有効埋込み長さを計算する。なお、新設スラブの荷重(固定荷重、仕上げ荷重、積載荷重)による設計用せん断力に対して配置するせん断抵抗アンカー筋は、別途検討の上配置するが、ここでは計算省略する。

##### (1) 計算条件

- ・埋込み部分のコンクリートの材料強度： $F = 17.6 \text{ N/mm}^2$
- ・アンカー筋の種別、呼び名：SD295A, D13
- ・使用する接着系あと施工アンカーの接着剤の基準付着強度： $\tau_{fu0} = 15 \text{ N/mm}^2$
- ・接着系あと施工アンカー埋込み部：既存耐力壁とスラブとの交差部(図 6.6.3.1)
- ・増設スラブ：厚さ 200 mm, 幅 1.0 m, 内法長さ 4.5 m
- ・増設スラブ単位重量：7.3 kN/m<sup>2</sup>

##### (2) アンカー筋の必要断面積および本数ならびに引張応力度

###### 1) 両端固定一方向スラブの端部上端固定モーメント

$$M_L = \frac{1}{12} w \cdot \ell^2 = \frac{1}{12} \times 7.3 \times 4.5^2 = 12.32 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

###### 2) 必要上端鉄筋断面積

$$a_t = M_L / (l_f \cdot j) = 12.32 \times 10^6 / \{195 \times 7/8 \times (200 - 37)\} = 443.0 \text{ mm}^2 \Rightarrow 5\text{-D13, @200 と設定}$$

###### 3) アンカー筋に生じる引張応力度

$$l \sigma_t = M_L / (\Sigma a_t \cdot j) = 12.32 \times 10^6 / \{5 \times 127 \times 7/8 \times (200 - 37)\} = 136.1 \text{ N/mm}^2$$

##### (3) アンカー筋有効埋込長さの検討

###### 1) 検討式

接着系アンカーの破壊モードは、図 6.6.4.1 に示すように、有効埋込み長さ( $\ell_e$ )の違いによりコンクリートのコーン状破壊領域が異なる様相を示す。有効埋込み長さが  $10d_a$  ( $d_a$ : アンカー筋の径)程度まではコーン状破壊モードが支配的となる様相を示すが、 $10d_a$ より長くなるとコーン状破壊領域は小さくなり、付着破壊モードが顕著となってくる。接着系あと施工アンカー筋の設計において、有効埋込み長さを  $10d_a$ 程度とした場合、コンクリートのコーン状破壊と付着破壊耐力がほぼ近い値となる。さらに、へりあき寸法、群効果による耐力の低減を考慮する必要があるため、コーン状破壊の有効水平投影面積を減ずることにより評価することは有効な手段である。しかし、 $\ell_e$ が  $10d_a$ を超える場合、図 6.6.4.1 に示すように表面的にはコーン状破壊となっているが、あと施工アンカーの付着力により耐力が決定される。したがって、本設計例のように有効埋込み長さが  $10d_a$ を超えるような接着系アンカーの耐力評価は、アンカー筋の降伏により決まる耐力と付着力により決まる耐力で評価することとし、へりあき寸法、群効果による耐力の低減はアンカー筋とコンクリートの付着強度を低減することにより評価できる。

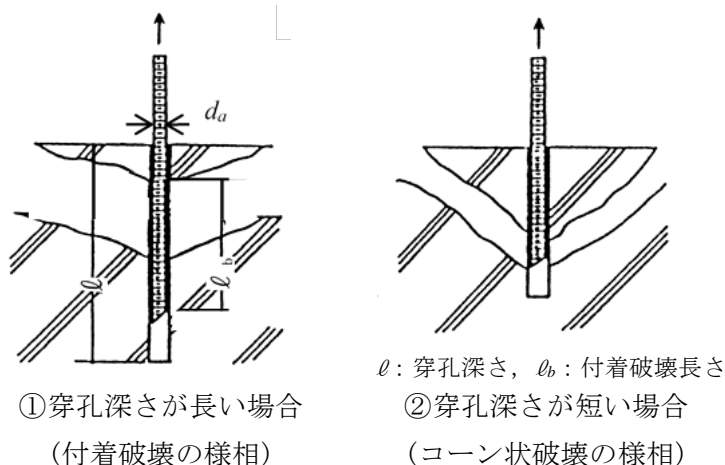


図 6.6.4.1 接着系あと施工アンカーの有効埋込み長さの違いによる破壊モード

アンカー筋に生じる長期荷重時引張力に対して、(6.6.4.1)式を満たすに必要な有効埋込み長さを算定する。

$${}_D T_{L1} < T_{AL2} \dots\dots\dots (6.6.4.1) \text{式}$$

記号  ${}_D T_{L1}$  : アンカー筋に生じる長期荷重時引張力(N)で、次式による。

$${}_D T_{L1} = {}_L \sigma_t \cdot a_t \dots\dots\dots (6.6.4.2) \text{式}$$

${}_L \sigma_t$  : アンカー筋に生じる長期荷重時引張応力度(N/mm<sup>2</sup>)

$a_t$  : アンカー筋の断面積(mm<sup>2</sup>)

$T_{AL2}$  : アンカー筋の長期許容付着耐力(N)で、次式による。

$$T_{AL2} = \tau_a / F_{safe} \cdot \pi \cdot d_a \cdot \ell_{ce} \dots\dots\dots (6.6.4.3) \text{式}$$

$\tau_a$  : へりあきおよびアンカー筋のピッチを考慮した接着系アンカーの引張力に対する付着強度で(6.6.4.4)式による。

$$\tau_a = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \tau_{fu} \dots\dots\dots (6.6.4.4) \text{式}$$

$\alpha_n$  : へりあきおよびアンカー筋のピッチによる付着強度の低減係数であり、(6.6.4.5)式による( $n=1, 2, 3$ )。最も小さい寸法となる2面までを考慮する。

$$\alpha_n = \left\{ 0.5 \left( \frac{c_n}{\ell_e} \right) + 0.5 \right\} \dots\dots\dots (6.6.4.5) \text{式}$$

ただし、 $(c_n / \ell_e) \geq 1.0$  の場合は  $(c_n / \ell_e) = 1.0$ 、 $\ell_a \geq 10d_a$  の場合は  $\ell_e = 10d_a$  とする。

$c_n$  : へりあき寸法、または、アンカー筋ピッチ  $a$  の 1/2 で  $c_n = a_n / 2$  ( $n=1 \sim 3$ ) とする。最も小さい寸法となる2面までを考慮する(図 6.6.4.2 参照)。(mm)



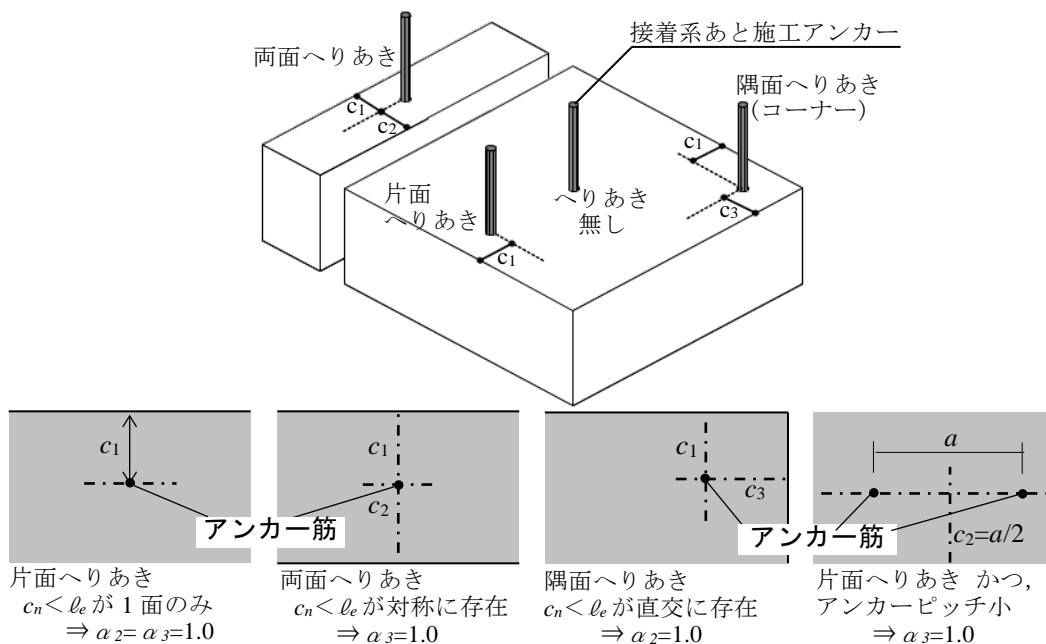


図 6. 6. 4. 2 接着系あと施工アンカーのへりあき面とへりあき寸法

$\tau_{fu}$  : コンクリートの材料強度に対応する接着系あと施工アンカーの付着強度 (N/mm<sup>2</sup>)で、次式による。

$$\tau_{fu} = \tau_{fu0} \times \sqrt{\frac{F}{21}} \dots\dots\dots (6. 6. 4. 6) \text{式}$$

$\tau_{fu0}$  : 使用する接着系あと施工アンカーの接着剤の基準付着信頼強度 (N/mm<sup>2</sup>)

$F$  : アンカー筋を埋め込むコンクリートの材料強度 (N/mm<sup>2</sup>)

$F_{safe}$  : 安全率で、長期荷重を負担する部材の主筋にアンカー筋を使用する場合は 4.5 とする。

$d_a$  : アンカー筋に用いる異形鉄筋の呼び名に用いた数値 (mm)

$l_e$  : アンカー筋の有効埋込み長さ (mm)

$l_{ce}$  : アンカーボルトの強度算定用埋込み長さで、 $l_{ce} = l_e - 2d_a$  とする。(mm)

2) (6. 6. 4. 1) 式を満たすに必要な有効埋込み長さ

(6. 6. 4. 1) 式を満たすに必要なアンカー筋の有効埋込み長さ  $l_e$  は、次のとおりとなる。

(a)  $\tau_{fu0} = 10 \text{ N/mm}^2$ ,  $F_{safe} = 4.5$  の場合、ピッチ  $a = 200 \text{ mm} \Rightarrow l_e \geq 292 \text{ mm} (22.5d_a)$

アンカー筋が耐力壁に定着されているとすると、付着強度の低減はアンカー筋ピッチのみとなる。

$a = 200 \text{ mm}$ ,  $c_1 = c_2 = a/2 = 100$ ,  $\alpha_1 = \alpha_2 = 0.5 \times 100/130 + 0.50 = 0.885$ ,  $\tau_a/F_{safe} = 2.03 \text{ N/mm}^2$

(6. 6. 4. 1) 式より、

$$D T_{L1} \leq T_{AL2} = \tau_a/F_{safe} \cdot \pi \cdot d_a \cdot l_{ce} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \tau_{fu}/F_{safe} \cdot \pi \cdot d_a \cdot l_{ce}$$

$$= \left\{ 0.5 \left( \frac{c_n}{l_e} \right) + 0.5 \right\} \times \tau_{fu0} \times \sqrt{\frac{F}{21}} / F_{safe} \cdot \pi \cdot d_a \cdot l_{ce}$$

$$136.1 \times 127 \leq \left\{ 0.5 \times \left( \frac{100}{\ell_e} \right) + 0.5 \right\} \times \left\{ 0.5 \times \left( \frac{100}{\ell_e} \right) + 0.5 \right\} \times 10 \times \sqrt{\frac{17.6}{21}} / 4.5 \times 3.14 \times 13 \times (\ell_e - 2 \times 13)$$

ただし、 $\ell_e \geq 10d_a$  となることから  $\ell_e = 10d_a = 130 \text{ mm}$  とする。

$$\leq 0.885 \times 0.885 \times 2.03 \times 3.14 \times 13 \times (\ell_e - 2 \times 13)$$

(b)  $\tau_{fu0} = 15 \text{ N/mm}^2$ ,  $F_{safe} = 4.5$  の場合, ピッチ  $a = 200 \text{ mm} \Rightarrow \ell_e \geq 204 \text{ mm} (15.7d_a)$

$a = 200 \text{ mm}$ ,  $c_1 = c_2 = a/2 = 200/2 = 100$ ,  $\alpha_1 = \alpha_2 = 0.5 \times 100/130 + 0.50 = 0.885$ ,  $\tau_a/F_{safe} = 3.05 \text{ N/mm}^2$

(c)  $\tau_{fu0} = 10 \text{ N/mm}^2$ ,  $F_{safe} = 4.5$  の場合, ピッチ  $a = 300 \text{ mm} \Rightarrow \ell_e = 235 \text{ mm} (18.1d_a)$

アンカー筋のへりあき, はしあき, ピッチによる付着強度の低減は無い。

$a = 300 \text{ mm}$ ,  $c = a/2 = 300/2 = 150 \geq 130 \text{ mm} (10d_a)$ ,  $\tau_a/F_{safe} = 2.03 \text{ N/mm}^2$

(d)  $\tau_{fu0} = 15 \text{ N/mm}^2$ ,  $F_{safe} = 4.5$  の場合, ピッチ  $a = 300 \text{ mm} \Rightarrow \ell_e = 165 \text{ mm} (12.7d_a)$

アンカー筋のへりあき, はしあき, ピッチによる付着強度の低減は無い。

$a = 300 \text{ mm}$ ,  $c = a/2 = 300/2 = 150 \geq 130 \text{ mm} (10d_a)$ ,  $\tau_a/F_{safe} = 3.05 \text{ N/mm}^2$

### 3) 計算結果

アンカー筋 5-D13 に生じる長期荷重時引張力は, 次の通りである。ピッチ 200 mm で接着材の基準信頼付着強度を  $15 \text{ N/mm}^2$  とすると,  $\Sigma_D T_L < T_{LA2}$  となる定着長さの最小値は 204 mm ( $\ell_e = 15.7d_a$ ) となり, 基準信頼付着強度を  $10 \text{ N/mm}^2$  とすると 292 mm ( $\ell_e = 22.5d_a$ ) となる。

## 6-7 既存耐力壁開口設置に伴う開口際の縦補強筋に接着系あと施工アンカーを使用する場合の母材の材料強度の設定および所要定着長さの検討

### 6-7-1 はじめに

既存壁式 RC 造建物の改修に伴い、既存 RC 造壁にドア開口を新設する場合、開口際に開口補強筋を配筋する必要がある。ここでは、このような場合に、縦筋の床梁への定着に接着系あと施工アンカーを使用する場合の、アンカー筋の所要定着長さの計算に用いるアンカー筋定着部のコンクリートの材料強度  $F$  の設定およびアンカー筋の所要有効埋込み長さの計算例を示す。

なお、ここでは、本事業で実施した部材実験で想定した部位を対象とした計算例である。ここでは、部材実験時の材料強度確認のために試験体製作時に採取した円柱供試体による材料試験結果をコンクリートコア採取によるものと見立てて、アンカー筋埋込み部のコンクリートの材料強度を設定する。また、アンカー筋埋込み部のコンクリートの設計基準強度は、 $21 \text{ N/mm}^2$ とする。

### 6-7-2 アンカー筋定着部のコンクリートの材料強度 $F$ の設定

#### (1) コンクリートコアの採取と圧縮強度試験結果

アンカー筋埋込み部近傍より採取したコンクリートコアと見立てた、試験体製作時に採取して同一養生した円柱供試体の形状および圧縮強度試験結果を、表 6.7.2.1 に示す。

表 6.7.2.1 円柱供試体の形状と圧縮強度試験結果

| 供試体 No. | 直径* (mm) | 高さ* (mm) | 断面積 (mm <sup>2</sup> ) | 最大荷重 (kN) | 圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> ) |
|---------|----------|----------|------------------------|-----------|---------------------------|
| 1       | 100.2    | 200.0    | 7881.5                 | 210.4     | 26.7                      |
| 2       | 100.4    | 200.0    | 7913.0                 | 204.6     | 25.8                      |
| 3       | 100.2    | 200.0    | 7889.4                 | 204.6     | 25.9                      |
| 4       | 100.2    | 200.0    | 7881.5                 | 203.6     | 25.8                      |
| 5       | 100.0    | 200.0    | 7857.9                 | 215.0     | 27.4                      |
| 6       | 100.2    | 200.0    | 7881.5                 | 216.4     | 27.4                      |
| 7       | 100.0    | 200.0    | 7857.9                 | 208.0     | 26.5                      |
| 8       | 100.1    | 200.0    | 7869.7                 | 204.6     | 26.0                      |
| 9       | 100.1    | 200.0    | 7869.7                 | 215.6     | 27.4                      |
| 平均値     |          |          |                        |           | 26.6                      |

\*)円柱供試体の直径は実測値、高さは型枠寸法とした。

#### (2) コンクリート圧縮強度試験結果による材料強度 $F$ の設定

表 6.7.2.1 より、圧縮強度の平均値と標準偏差は、下記の通りとなる。

・圧縮強度の平均値： $X_{mean} = 26.6 \text{ N/mm}^2$

・圧縮強度の標準偏差： $s = \sqrt{\frac{(26.7-26.6)^2+(25.8-26.6)^2+\dots+(27.4-26.6)^2}{9-1}} = 0.70$

データが 9 個で 6 個以上あることから、母材の材料強度  $F$  は次のとおり (係数は 1.0) で、設計基準強度  $F_c$  を採用する。

$$F = \min(X_{mean} - 1.0 \cdot s, F_c) = \min(26.6 - 1.0 \times 0.7, 21) = \min(25.9, 21) = 21 \quad \therefore F = F_c = 21.0 \text{ N/mm}^2$$

6-7-3 開口補強筋の定着に用いる接着系あと施工アンカーの所要有効埋込み長さの計算

(1)計算条件

- ・埋込み部分のコンクリートの材料強度： $F=21.0 \text{ N/mm}^2$
- ・アンカー筋の種別，呼び名：SD345，D16
- ・アンカー筋に生じる短期荷重時引張応力度： $s \sigma_t = s f_t = 345 \text{ N/mm}^2$
- ・使用する接着系あと施工アンカーの接着剤の基準付着強度： $\tau_{fu0} = 15 \text{ N/mm}^2$
- ・新規に開口を設ける耐力壁の厚さ 180 mm，アンカー筋の間隔 80 mm

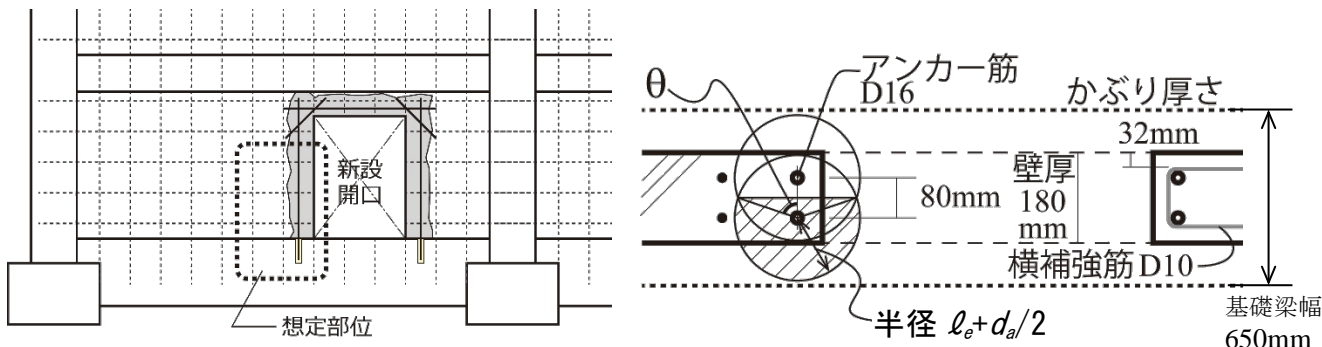


図 6.7.3.1 想定する部材およびアンカー筋配置等

(2)検討式

アンカー筋に生じる短期許容引張耐力に対して(6.7.3.1)式を満たすように有効埋込み長さを確保し，(6.7.3.2)式を満たすことを確認する。

$${}_D T_{S1} \leq T_{AS2} \quad \dots \dots \dots (6.7.3.1) \text{ 式}$$

$${}_D T_{S1} \leq T_{AS3} \quad \dots \dots \dots (6.7.3.2) \text{ 式}$$

記号  ${}_D T_{S1}$  : アンカー筋に生じる短期荷重時引張力(N)で，次式による。

$${}_D T_{S1} = s f_t \cdot a_t = 345 \times 199 = 68\,655 \text{ N}$$

$T_{AS2}$  : アンカー筋の短期許容付着耐力(N)で，次式による。

$$T_{AS2} = (\tau_{fu} / F_{safe}) \cdot \pi \cdot d_a \cdot \ell_e \quad \dots \dots \dots (6.7.3.3) \text{ 式}$$

$\tau_{fu}$  : コンクリートの材料強度に対応する接着系あと施工アンカーの付着強度(N/mm<sup>2</sup>)で，次式による。

$$\tau_{fu} = \tau_{fu0} \times \sqrt{\frac{F}{21}} \quad \dots \dots \dots (6.7.3.4) \text{ 式}$$

$\tau_{fu0}$  : 使用する接着系あと施工アンカー接着剤の基準付着信頼強度(N/mm<sup>2</sup>)

$F$  : アンカー筋を埋め込むコンクリートの材料強度(N/mm<sup>2</sup>)

$F_{safe}$  : 安全率で，短期荷重を負担する部材の主筋にアンカー筋を使用する場合は 2.25 とする。

$d_a$  : アンカー筋に用いる異形鉄筋の呼び名に用いた数値(mm)

$\ell_e$  : アンカー筋の有効埋込み長さ(mm)

$T_{AS3}$  : アンカー筋の短期許容コーン状破壊耐力(N)で，次式による。

$$T_{AL3} = 0.23 \sqrt{F} / F_{safe} \cdot A_c \quad \dots \dots \dots (6.7.3.5) \text{ 式}$$

$A_c$  : コーン状破壊面の有効水平投影面積(mm<sup>2</sup>)

(3) 有効埋込み長さの検討

(6.7.3.1) 式を満たすに必要なアンカー筋の有効埋込み長さ  $\ell_e$  は、次のとおりとなる。

$$\begin{aligned} \ell_e &\geq s f_t \cdot a_t / \{ (\tau_{fu} / F_{safe}) \cdot \pi \cdot d_a \} = 68\,655 / \{ (15.0 \times \sqrt{\frac{21}{21}} / 2.25) \times \pi \times 16 \} \\ &= 68\,655 / (5.0 \times \pi \times 16) = 204.9 \text{ mm} \end{aligned}$$

(6.7.3.2) 式を満たすに必要なアンカー筋の有効埋込み長さの算定にあたっては、有効水平投影面積の算出において、重複部分の算出のための角度が定まらないため有効埋込み長さを算出することができない。そこで、収束計算により、必要な有効埋込み長さを求め、(6.7.3.2) 式を満たすことを確認する。

$$\ell_e = 273.2 \text{ mm} \text{ とすると, } \ell_e + d_a / 2 = 273.2 + 16 / 2 = 281.2 \text{ mm}$$

$$\theta = \cos^{-1} \left( \frac{80}{\ell_e + d_a / 2} \right) = \cos^{-1} \left( \frac{80}{281.2} \right) = 81.2^\circ$$

$$A_C = \left( \frac{360^\circ - 2 \times 81.2^\circ}{360^\circ} \right) \cdot \pi \cdot \left( \ell_e + \frac{d_a}{2} \right)^2 + \left( \ell_e + \frac{d_a}{2} \right) \cdot \sin 81.2^\circ \times \frac{80}{2} \times \frac{1}{2} = 146628 \text{ mm}^2$$

$$T_{AS3} = 0.23 \sqrt{F} / F_{safe} \cdot A_C = 68.68 \text{ kN} > 68.66 \text{ OK}$$

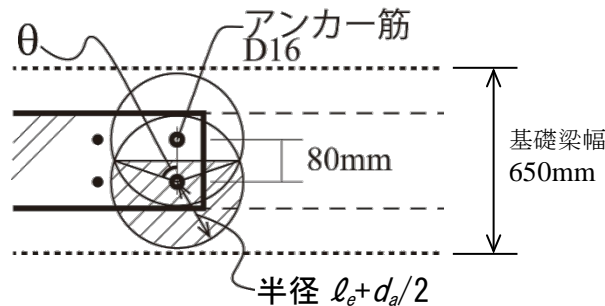


図 6.7.3.1 アンカー筋配置等

(4) 検討結果

上記の検討より、アンカー筋 D16 の有効埋込み長さ  $\ell_e$  は、下記の通りとなる。

$$\ell_e = \max(204.9, 273.2) = 274 \text{ mm} (= 17.1 d_a)$$

6-7-4 開口補強筋の定着に用いる接着系あと施工アンカーの所要有効埋込み長さの計算  
(各種合成構造設計指針による計算)

(1) 計算条件

- ・埋込み部分のコンクリートの材料強度： $F = 21.0 \text{ N/mm}^2$
- ・アンカー筋の種別、呼び名：SD345, D16
- ・アンカー筋に生じる短期荷重時引張応力度： $s \sigma_t = s f_t = 345 \text{ N/mm}^2$
- ・使用する接着系あと施工アンカーの接着剤の基準付着強度： $\tau_{fu0} = 15 \text{ N/mm}^2$
- ・新規に開口を設ける耐力壁の厚さ 180 mm, アンカー筋の間隔 80 mm

(2) 検討式

アンカー筋に生じる短期荷重時引張力に対して、(6.7.4.1) 式を満たすに必要な有効埋込み長

さを算定する。

$$dT_{SI} \leq T_{AS2} \quad \dots\dots\dots (6.7.4.1) \text{式}$$

記号  $dT_{SI}$  : アンカー筋に生じる短期荷重時引張力(N)で、次式による。

$$dT_{SI} = sf_t \cdot a_t = 345 \times 199 = 68\,655 \text{ N}$$

$T_{AS2}$  : アンカー筋の短期許容付着耐力(N)で、次式による。

$$T_{AS2} = \tau_a / F_{safe} \cdot \pi \cdot d_a \cdot \ell_{ce} \quad \dots\dots\dots (6.7.4.2) \text{式}$$

$\tau_a$  : へりあきおよびアンカー筋のピッチを考慮した接着系アンカーの引張力に対する付着強度で(6.7.4.3)式による。

$$\tau_a = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \tau_{fu} \quad \dots\dots\dots (6.7.4.3) \text{式}$$

$\alpha_n$  : へりあきおよびアンカー筋のピッチによる付着強度の低減係数であり、(6.7.4.4)式による( $n=1, 2, 3$ )。最も小さい寸法となる2面までを考慮する。

$$\alpha_n = \left\{ 0.5 \left( \frac{c_n}{\ell_e} \right) + 0.5 \right\} \quad \dots\dots\dots (6.7.4.4) \text{式}$$

ただし、 $(c_n / \ell_e) \geq 1.0$  の場合は  $(c_n / \ell_e) = 1.0$ 、 $\ell_e \geq 10d_a$  の場合は  $\ell_e = 10d_a$  とする。

$c_n$  : へりあき寸法、または、アンカー筋ピッチ  $a$  の 1/2 で  $c_n = a_n / 2 (n=1 \sim 3)$  とする。最も小さい寸法となる2面までを考慮する(図6.7.4.1参照)。(mm)

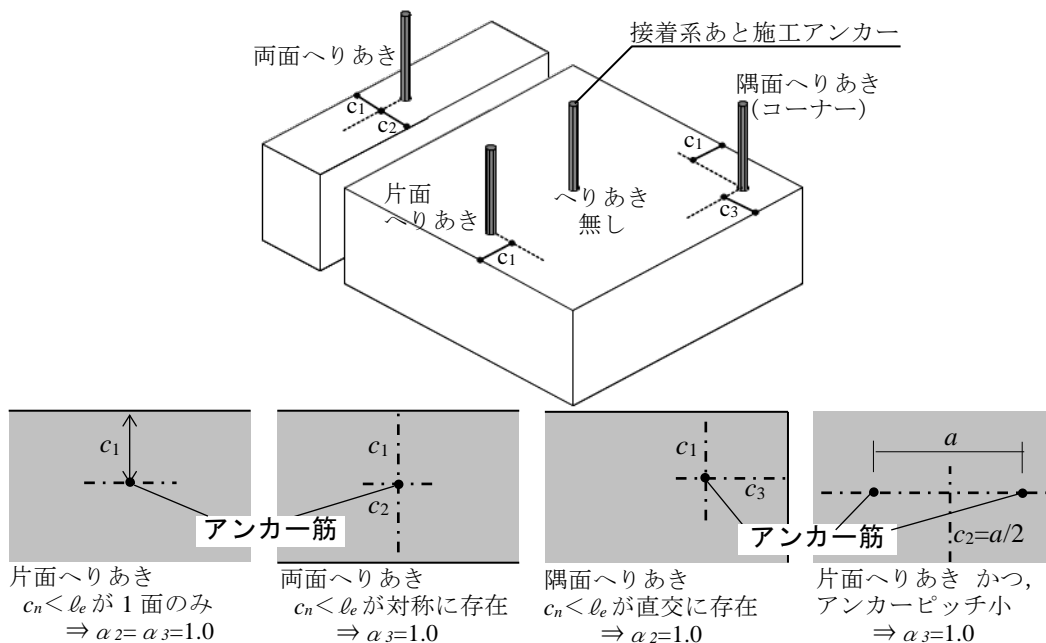


図6.7.4.1 接着系あと施工アンカーのへりあき面とへりあき寸法

$\tau_{fu}$  : コンクリートの材料強度に対応する接着系あと施工アンカーの付着強度(N/mm<sup>2</sup>)で、次式による。

$$\tau_{fu} = \tau_{fu0} \times \sqrt{\frac{F}{21}} \quad \dots\dots\dots (6.7.4.5) \text{式}$$

- $\tau_{fu0}$  : 使用する接着系あと施工アンカーの接着剤の基準付着信頼強度 (N/mm<sup>2</sup>)  
 $F$  : アンカー筋を埋め込むコンクリートの材料強度 (N/mm<sup>2</sup>)  
 $F_{safe}$  : 安全率で、長期荷重を負担する部材の主筋にアンカー筋を使用する場合は 4.5 とする。  
 $d_a$  : アンカー筋に用いる異形鉄筋の呼び名に用いた数値 (mm)  
 $\ell_e$  : アンカー筋の有効埋込み長さ (mm)  
 $\ell_{ce}$  : アンカー筋の強度算定用埋込み長さで、 $\ell_{ce} = \ell_e - 2d_a$  とする。(mm)

(3) 有効埋込み長さの検討

(6.7.4.1) 式を満たすに必要なとなるアンカー筋の有効埋込み長さ  $\ell_e$  は、次のとおりとなる。

- 1)  $\tau_{fu0} = 10 \text{ N/mm}^2$ ,  $F_{safe} = 2.25$  の場合、ピッチ  $a = 80 \text{ mm}$   $\Rightarrow \ell_e \geq 524 \text{ mm}$  (32.8 $d_a$ )

アンカー筋が幅 650 mm の基礎梁に定着されているとすると、付着強度の低減はアンカー筋の間隔 80 mm のみとなる。

ピッチ  $a = 80 \text{ mm}$ ,  $c_1 = a/2 = 80/2 = 40 \text{ mm}$ ,  $\alpha_1 = 0.5 \times 40/160 + 0.5 = 0.625$ ,  $\tau_a/F_{safe} = 4.44 \text{ N/mm}^2$

(6.7.4.1) 式より、

$$dT_{SI} \leq T_{AS2} = \tau_a/F_{safe} \cdot \pi \cdot d_a \cdot \ell_{ce} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \tau_{fu0}/F_{safe} \cdot \pi \cdot d_a \cdot \ell_{ce}$$

$$= \left\{ 0.5 \left( \frac{c_n}{\ell_e} \right) + 0.5 \right\} \times \tau_{fu0} \times \sqrt{\frac{F}{21}} / F_{safe} \cdot \pi \cdot d_a \cdot \ell_{ce}$$

$$68 \ 655 \leq \left\{ 0.5 \times \left( \frac{40}{\ell_e} \right) + 0.5 \right\} \times 10 \times \sqrt{\frac{21}{21}} / 2.25 \times 3.14 \times 16 \times (\ell_e - 2 \times 16)$$

ただし、 $\ell_e \geq 10d_a$  となることから  $\ell_e = 10d_a = 160 \text{ mm}$  とする。

$$\leq 0.625 \times 4.44 \times 3.14 \times 16 \times (\ell_e - 2 \times 16)$$

- 2)  $\tau_{fu0} = 15 \text{ N/mm}^2$ ,  $F_{safe} = 2.25$  の場合、ピッチ  $a = 80 \text{ mm}$   $\Rightarrow \ell_e \geq 360 \text{ mm}$  (22.5 $d_a$ )

1) と同様に算出すると、

$a = 80 \text{ mm}$ ,  $c_1 = a/2 = 80/4 = 40 \text{ mm}$ ,  $\alpha_1 = 0.5 \times 40/160 + 0.5 = 0.625$ ,  $\tau_a/F_{safe} = 6.67 \text{ N/mm}^2$

- 3) 参考として、現状の各種合成構造設計指針に基づくと

$\tau_{fu0} = 10 \text{ N/mm}^2$ ,  $F_{safe} = 1.5$   $\Rightarrow \ell_e \geq 360 \text{ mm}$  (22.5 $d_a$ )

ピッチ  $a = 80 \text{ mm}$ ,  $c_1 = a/2 = 80/4 = 40 \text{ mm}$ ,  $\alpha_1 = 0.5 \times 40/160 + 0.5 = 0.625$ ,  $\tau_a/F_{safe} = 6.67 \text{ N/mm}^2$

- 4) アンカー筋の降伏を保証する設計が要求される場合

$dT_{SI} \leq 1.25T_{AS2} \Rightarrow \ell_e \geq 442 \text{ mm}$  (27.6 $d_a$ )

(4) 検討結果

既存 RC 造壁にドア開口を新設する場合の開口際に配筋する開口補強筋(縦筋)の床梁への定着に接着系あと施工アンカーを使用する場合、母材の圧縮に対する材料強度  $F$  が設計基準強度  $F_c = 21 \text{ N/mm}^2$  となる場合に必要となる有効埋込み長さを計算した結果は、下記の通りである。

- ① 付着耐力に加えコーン状破壊耐力の検討を行った場合、アンカー筋 (D16, SD345) に生じる引張応力度を短期許容引張応力度とするには、有効埋込み長さ 274 mm 以上となる。  
 ② 各種合成構造設計指針によって検討した結果、アンカー筋 (D16, SD345) に生じる引張応力度を短期許容引張応力度とするには、有効埋込み長さ 360 mm 以上となる。

6-8 接着系あと施工アンカー既指定強度と許容応力度材料強度(案)比較

6-8-1 既指定書

平成13年国土交通省告示第1024号第一第十四号および第二第十三号の規定に基づき、下記のとおり数値を指定する。

6-8-1-1 指定する数値

(1) 接合部の短期に生ずる力に対する許容応力度および材料強度として指定する数値は、構造耐力上主要な断面の位置に応じてそれぞれ次の表6.8.1.1の数値とする。

表 6.8.1.1 許容応力度および材料強度の数値(既指定強度)

| 種類<br>断面<br>の位置   | 短期に生ずる力に対する許容応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |   | 材料強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |   |
|---|--|---|------------------------------|---|
|   | 引張り $f_t$                                | せん断 $f_s$   | 引張り $f_t$                    | せん断 $f_s$   |
| アンカー筋の<br>断面  | $\sigma_y$                               | $\frac{0.7\sigma_y}{1.5}$ , $\frac{0.4\sqrt{E_c \cdot \sigma_B}}{1.5}$<br>又は196のうち<br>いずれか小さい数値 | $\sigma_y$                   | $0.7\sigma_y$ , $0.4\sqrt{E_c \cdot \sigma_B}$<br>又は294のうち<br>いずれか小さい数値 |
| コーン破壊を<br>生ずるコンク<br>リートの断面  | $\frac{0.23\sqrt{\sigma_B}}{1.5}$        | —   | $0.23\sqrt{\sigma_B}$        | —   |
| 付着破壊を生<br>ずるコンクリ<br>ートの断面   | $\frac{10\sqrt{\sigma_B/21}}{1.5}$       | —   | $10\sqrt{\sigma_B/21}$       | —   |
| この表において、 $\sigma_y$ 、 $\sigma_B$ および $E_c$ は、それぞれ次の数値を表すものとする。<br>$\sigma_y$ : アンカー筋の降伏点強度 (N/mm <sup>2</sup> )<br>$\sigma_B$ : アンカー筋を埋め込むコンクリートの圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )<br>$E_c$ : アンカー筋を埋め込むコンクリートのヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> ) |  |   |                              |   |

(2) 表6.8.1.1のアンカー筋の降伏点強度 $\sigma_y$ は、その種類に応じて次の表6.8.1.2に示す数値とする。

表 6.8.1.2 アンカー筋の降伏点強度

| アンカー筋の種類  | 降伏点強度 (N/mm <sup>2</sup> ) |
|---|----------------------------|
| SD295A および SD295B   | 294                        |
| SD345   | 343                        |
| この表において、SD295A、SD295B および SD345 は、JIS G3112 (鉄筋コンクリート用棒鋼)–1987 に規定する SD295A、SD295B および SD345 を、それぞれ表すものとする。 |                            |

(3) 表6.8.1.1のコンクリートのヤング係数 $E_c$ は、実測によれない場合、次の(6.8.1.1)式によって算出した数値とする。

$$E_c = 3.35 \times 10^4 \times \left(\frac{\gamma}{24}\right)^2 \times \left(\frac{\sigma_B}{60}\right)^{1/3} \dots\dots\dots (6.8.1.1) \text{式}$$

この式において、 $\sigma_B$ および $\gamma$ は、それぞれ次の数値を表すものとする。

$\sigma_B$  : 表6.8.1.1に規定する $\sigma_B$  (N/mm<sup>2</sup>)

$\gamma$  : コンクリートの期間単位体積重量 (kN/m<sup>3</sup>)で、特に調査しない場合は、表6.8.1.3のコンクリートの単位体積重量から1を減じた数値とすることができる。



表 6.8.1.3 鉄筋コンクリートの単位体積重量

| コンクリートの種類 | コンクリートの圧縮強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 鉄筋コンクリートの単位体積重量<br>(kN/m <sup>3</sup> ) |
|-----------|-------------------------------------|---|
| 普通コンクリート  | $\sigma_B \leq 36$                  | 24                                      |

### 6-8-2 適用範囲

許容応力度および材料強度の数値の適用は、当該あと施工アンカーを用いた部分の設計および施工を平成18年7月7日付け国住指第1015号別添「あと施工アンカー・連続繊維補強設計・施工指針」に基づき行う場合に限る。

### 6-8-3 指定した建築材料の内容

付6.2, 付6.3のとおり。

【付6.2】 あと施工アンカーを用いた接合部の耐力

(1) あと施工アンカーを用いた接合部の引張耐力  $T_a$  は、次の(付6.2.1)式から(付6.2.3)式のそれぞれによって計算した数値のうちいずれか小さい数値とする。

$$T_{a1} = F_t \cdot s_{ae} \text{ (アンカー筋の断面に対する数値)} \dots\dots\dots \text{(付6.2.1)式}$$

$$T_{a2} = F_t \cdot A_c \text{ (コーン破壊を生ずるコンクリートの断面に対する数値)} \dots\dots\dots \text{(付6.2.2)式}$$

$$T_{a3} = F_t \cdot \pi \cdot d_a \cdot \ell_e \text{ (付着破壊を生ずるコンクリートの断面に対する数値)} \dots\dots \text{(付6.2.3)式}$$

これらの式において、 $F_t$ 、 $s_{ae}$ 、 $A_c$ 、 $d_a$  および  $\ell_e$  は、それぞれ次の数値を表すものとする。

$F_t$  : 指定書中の付表 6.2.1 に規定するあと施工アンカーの接合部の引張の材料強度 (N/mm<sup>2</sup>)

$s_{ae}$  : 付表 6.2.1 に規定するアンカー筋の呼び名  $d_a$  に応じた有効断面積 (mm<sup>2</sup>)

付表 6.2.1 アンカー筋の公称断面積および有効断面積

| アンカー筋の呼び名<br>$d_a$ | 異形鉄筋 |                          |
|--------------------|------|--------------------------|
|                    | 種別   | 公称断面積 (mm <sup>2</sup> ) |
| 13                 | D13  | 127                      |
| 16                 | D16  | 199                      |
| 19                 | D19  | 287                      |
| 22                 | D22  | 387                      |

この表において、D13、D16、D19 および D22 は JIS G3112(鉄筋コンクリート用棒鋼)–1987 に規定する D13、D16、D19 および D22 表すものとする。

$A_c$  : 次の(付6.2.4)式によって計算したコーン破壊を生ずるあと施工アンカーの接合部の断面の有効投影面積 (mm<sup>2</sup>)

$$A_c = \pi \cdot \ell_e (\ell_e + d_a) \dots\dots\dots \text{(付6.2.4)式}$$

$d_a$  : 付表 6.2.1 に規定するアンカー筋の呼び名

$\ell_e$  : 次の(付6.2.5)式によって計算したアンカー筋の有効埋め込み深さ (mm)

$$\ell_e = \ell - d_a$$

$\ell$  : アンカー筋の埋め込み深さ (mm)

(2) あと施工アンカーを用いた接合部の短期許容引張耐力  $T_{as}$  は、次の(付6.2.5)式によって計算した数値とする。

$$T_{as} = \begin{cases} f_t \cdot s_{ae} & (T_a \text{ が } T_{a1} \text{ で決まる場合}) \\ f_t \cdot A_c & (T_a \text{ が } T_{a2} \text{ で決まる場合}) \dots\dots\dots \text{(付6.2.5)式} \\ f_t \cdot \pi \cdot d_a \cdot \ell_e & (T_a \text{ が } T_{a3} \text{ で決まる場合}) \end{cases}$$

この式において、 $f_t$ 、 $s_{ae}$ 、 $A_c$ 、 $d_a$  および  $\ell_e$  は、それぞれ次の数値を表すものとする。

$f_t$  : 指定書中の表 1 に規定するあと施工アンカーの接合部の短期に生ずる力に対する引張りの許容応力度((1)の引張耐力  $T_a$  の算出に用いた断面の位置に該当する数値とする) (単位 N/mm<sup>2</sup>)

(3) あと施工アンカーを用いた接合部のせん断耐力  $Q_a$  は、次の(付6.2.6)式によって計算した数値とする。

$$Q_a = F_s \cdot s_{ae} \dots\dots\dots \text{(付6.2.6)式}$$

この式において、 $F_s$  および  $s_{ae}$  は、それぞれ次の数値を表すものとする。

$F_s$  : 指定書中の付表 6.2.1 に規定するあと施工アンカーの接合部のせん断の材料強度 (N/mm<sup>2</sup>)

${}_s a_e$  : 付表 6.2.1 に規定するアンカー筋の呼び名  $d_a$  に応じた公称断面積(ねじ部を設ける場合またはぼるとの場合にあつては、公称断面積) (mm<sup>2</sup>)

(4) あと施工アンカーを用いた接合部の短期許容せん断力  $Q_{as}$  は、次の(付 6.2.7)式によって計算した数値とする。

$$Q_{as} = f_s \cdot {}_s a_e \quad \dots\dots\dots \text{(付 6.2.7) 式}$$

この式において、 $f_s$  および  ${}_s a_e$  は、それぞれ次の数値を表すものとする。

$f_s$  : 付表 6.2.1 に規定するあと施工アンカーの接合部の短期に生ずる力に対するせん断の許容応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

${}_s a_e$  : (付 6.2.6) 式に規定する  ${}_s a_e$  (mm<sup>2</sup>)

【付6.3】 接着系あと施工アンカーの許容応力度および材料強度(案)

付表6.3.2 許容応力度および材料強度の数値(案)

| 種類<br>断面<br>の位置                           | 長期に生じる力に対する<br>許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> ) |  | 短期に生じる力に対する<br>許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> ) |  | 材料強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |   |
|---|---|--|---|--|------------------------------|---|
|   | 引張<br>$f_t$                               | せん断<br>$f_s$   | 引張<br>$f_t$                               | せん断<br>$f_s$   | 引張<br>$f_t$                  | せん断<br>$f_s$  |
| アンカー筋<br>の断面                              | $\sigma_y/1.5$                            | $\frac{\sigma_y}{1.5\sqrt{3}}$ または<br>$\frac{0.4\sqrt{E_c \cdot F}}{4.5}$<br>のいずれか小さい<br>方の数値<br>ただし,<br>$500 \leq \sqrt{E_c \cdot F} \leq 900^{*1}$ | $\sigma_y$                                | $\frac{\sigma_y}{\sqrt{3}}$ または<br>$\frac{0.4\sqrt{E_c \cdot F}}{2.25}$<br>のいずれか小さい<br>方の数値<br>ただし,<br>$500 \leq \sqrt{E_c \cdot F} \leq 900^{*1}$ | $\sigma_y$                   | $\frac{\sigma_y}{\sqrt{3}}$ または<br>$\frac{0.4\sqrt{E_c \cdot F}}{1.5}$<br>のいずれか小さい<br>方の数値<br>ただし,<br>$500 \leq \sqrt{E_c \cdot F} \leq 900^{*1}$ |
| コーン状破<br>壊を生じる<br>コンクリ<br>ートの断面           | $\frac{0.23\sqrt{F}}{4.5}$                | —  | $\frac{0.23\sqrt{F}}{2.25}$               | —  | $\frac{0.23\sqrt{F}}{1.5}$   | —   |
| 付着破<br>壊を<br>生じる<br>コン<br>クリ<br>ートの<br>断面 | A<br>類                                    | —  | —   | —  | —                            | —   |
|   | B<br>類                                    | —  | —   | —  | —                            | —   |

[記号]  $\sigma_y$  : アンカー筋の規格降伏点 (N/mm<sup>2</sup>)  
 $F$  : 母材の圧縮に対する材料強度 (N/mm<sup>2</sup>)  
 $E_c$  : 母材のヤング係数 (N/mm<sup>2</sup>)

[注] \*1 : 500未満の場合は適用外とし、900超の場合は900とする。

## 6-9 まとめ

6章では、接着系あと施工アンカーおよび接着系あと施工アンカーを用いた構造部材の構造性能確認方法の提案を行った。

6.1節では、接着系あと施工アンカーおよび接着系あと施工アンカーを用いた構造部材が所要の性能を有することの妥当性を審査するために審査申請資料に記載すべき項目および内容を示した。

6.2節および6.3節では、6.1節の審査項目に関する審査内容の妥当性を判定するため、注入方式接着系あと施工アンカー審査基準(案)、および注入方式接着系あと施工アンカーを用いた構造部材審査基準(案)を示した。

6.4節では、接着系あと施工アンカーおよび接着系あと施工アンカーを用いた構造部材の申請概要書記載例を示した。

6.5節では、接着系あと施工アンカーは、既存の建築物のコンクリートにドリルを用いて穿孔し、接着剤を投入し攪拌混合した後にアンカー筋を固着することから、母材で決定される引張やせん断に対する許容応力度および材料強度の設定に際しては、先付け鉄筋とは異なる安全率を考慮する必要があることから、母材で長期許容耐力が決定される場合の長期許容応力度設定の際に考慮すべき安全率について、検討すべき事項を示した。

6.6節では、既存壁式RC造建物の改修に伴いRC造スラブを新設する場合、新設スラブの鉄筋の定着に接着系あと施工アンカーを使用する場合、アンカー筋の所要定着長さの計算に用いるアンカー筋定着部のコンクリートの材料強度 $F$ の設定およびアンカー筋の所要有効埋込み長さの計算例を示した。

6.7節では、既存壁式RC造建物の改修に伴い、既存RC造壁にドア開口を新設する場合、開口際に開口補強筋を配筋する必要があるが、このような場合に、縦筋の床梁への定着に接着系あと施工アンカーを使用する場合の、アンカー筋の所要定着長さの計算に用いるアンカー筋定着部のコンクリートの材料強度 $F$ の設定およびアンカー筋の所要有効埋込み長さの計算例を示した。

6.8節では、接着系あと施工アンカー既指定強度と許容応力度材料強度(案)を比較した。

参考文献

- 6.1) 川西泰一郎, 舩田佳寛, 濱崎 仁: 構造体コンクリートの強度評価におけるコア本数と信頼性, 日本建築学会構造系論文集, 第 649 号, pp.469~474, 2010.3

## 第7章

## まとめ

## 7章 まとめ

本課題では、接着系あと施工アンカー単体の試験および接着系あと施工アンカーを用いた構造部材の材料・構造実験を実施することにより、接着系あと施工アンカーの適用条件及び許容応力度の確認方法に関する検討、接着系あと施工アンカーを用いた構造部材の構造性能確認方法に関する検討、および接着系あと施工アンカーの施工品質管理に関する検討を行った。以下に、各章のまとめを示す。

1章では、短期応力を負担する部材への接着系あと施工アンカーの使用拡大およびスラブなどの長期応力下における部材への接着系あと施工アンカーの適用が望まれている状況において、接着系あと施工アンカーの適用条件の整備、および接着系あと施工アンカーを用いた構造部材の構造性能の確認方法を提案することを本課題の目的とすることを述べた。また、本課題の主な検討内容について概説した。

2章では、3カ年で実施した接着系あと施工アンカーのせん断試験および引張試験等の結果について述べ、その結果を踏まえ、接着系あと施工アンカーの品質評価試験（付着強度試験、クリープ試験、引張試験、およびせん断試験）を提案した。

3章では、接着系あと施工アンカーに使用される接着剤単体の物性および品質確認試験結果について述べ、接着剤樹脂の評価項目および評価基準、圧縮強さおよび圧縮弾性率試験、接着力試験方法、燃焼試験方法、および耐アルカリ試験方法を提案した。

4章では、接着系あと施工アンカーを用いた構造部材の構造性能確認試験として実施した耐力壁およびスラブの部材実験結果について述べた。耐力壁試験体は、既存建築物の耐力壁に出入り口開口を設ける場合の開口際の端部曲げ補強筋の周辺部材への定着に接着系あと施工アンカーを用いる場合を想定したもので、水平荷重時に先付け鉄筋を用いた試験体の強度、変形性能と同等であることを確認した。スラブ試験体は、接着系あと施工アンカーを用いた構造部材の長期性能を確認する一例として、増築等による増床とする場合を想定したもので、主筋の定着に接着系あと施工アンカーを用いた両端固定一方向スラブならびに片持ちスラブについて、通常の前付け工法の定着方法によるスラブの長期たわみ増大率、ひび割れ性状、鉄筋ひずみ、乾燥収縮率、振動数、定着部の破壊性状および強度と同程度であることを確認した。

5章では、接着系あと施工アンカーの施工精度の引張・せん断強度に与える影響、および非破壊試験による接着系あと施工アンカーの施工品質確認結果について報告した。また、電磁パルス法による接着剤の充填状況の試験方法、および超音波パルス反射法によるあと施工アンカーの埋め込み長さの試験方法を提案した。さらに、施工品質を確保するための方法として施工品質管理指針案を提案し、施工品質管理計画書および施工要領書の記載例を提示した。

6章では、5章までの検討結果を踏まえ、接着系あと施工アンカーの強度指定に係る審査基準、注入方式接着系あと施工アンカー審査基準、および注入方式接着系あと施工アンカーを用いた構造部材審査基準を提案した。



## 付録目次

|        |  |        |
|--------|--|--------|
| 付録 1   | 既往データの分析   | 付 1-1  |
| 付録 1.1 | 非拘束式の引張試験から得られた付着強度の分析   | 付 1-1  |
| 付録 1.2 | 一面せん断実験から得られたせん断強度の分析  | 付 1-17 |
| 付録 2   | 海外の規定および文献の紹介  | 付 2-1  |
| 付録 2.1 | European Technical Approval Guidelines (ETAGs)   | 付 2-1  |
| 付録 2.2 | 接着系あと施工アンカーの耐力に対するひび割れおよび孔内清掃の影響   | 付 2-13 |
| 付録 2.3 | 繰り返しせん断力を受ける接着系あと施工アンカー性能  | 付 2-14 |
| 付録 3   | アンカー試験体一覧  | 付 3-1  |
| 付録 3.1 | 引張応力に対する性能評価試験   | 付 3-1  |
| 付録 3.2 | 耐力壁の構造性能確認試験   | 付 3-13 |
| 付録 3.3 | スラブ構造性能確認試験 (試験体)  | 付 3-14 |
| 付録 3.4 | スラブ構造性能確認試験 (実建物)  | 付 3-16 |
| 付録 3.5 | 実建物施工における付着性能のばらつき確認試験   | 付 3-18 |
| 付録 4   | 試験結果に関する資料   | 付 4-1  |
| 付録 4.1 | 引張応力に対する性能評価試験   | 付 4-1  |
| 付録 4.2 | せん断応力に関する性能評価試験  | 付 4-13 |
| 付録 4.3 | 耐力壁の構造性能確認試験   | 付 4-28 |
| 付録 4.4 | 実建物施工における付着性能のばらつき確認試験   | 付 4-31 |
| 付録 4.5 | 樹脂単体性能評価試験 付着強度試験状況  | 付 4-58 |
| 付録 4.6 | 傾斜したアンカーの短期引張・せん断試験  | 付 4-62 |
| 付録 4.7 | 試験結果に関する資料(平成 29 年度)   | 付 4-77 |
| 付録 5   | ひび割れの影響によるあと施工アンカーの耐力低下に関する各指針における規定<br>や既往の実験結果   | 付 5-1  |
| 付録 5.1 | Building Code Requirements for Structural Concrete(ACI318-14) and<br>Commentary(ACI318R-14), CHAPTER17 ANCHORING TO CONCRETE | 付 5-1  |
| 付録 5.2 | 各種合成構造設計指針(日本建築学会)   | 付 5-2  |
| 付録 5.3 | コンクリートのあと施工アンカー工法の設計・施工指針(案)(土木学会)   | 付 5-2  |
| 付録 5.4 | 接着系あと施工アンカーにおけるひび割れの影響を評価した引張試験<br>(文献報告)  | 付 5-3  |



## 付録1 既往データの分析

### 付録1.1 非拘束式の引張試験から得られた付着強度の分析

#### (1)はじめに

公的試験機関にて受託試験として実施された接着系あと施工アンカーの引張試験結果についてデータベースを作成し、そのうち付着破壊と判定されたデータを抽出し付着強度に関わる分析を行った。なお、試験体の対象は、へりあき寸法及びはしあき寸法並びにアンカーピッチの影響を受けない単体アンカーとなっている。

#### (2)実験概要

##### (2.1) 母材コンクリート

既存鉄筋コンクリート部材を想定したコンクリート母材は、原則、厚さ 300~450mm、幅 2000~2500mm、長さ 3000~3500mm によるコンクリート版を用いた。その際、下端 50~100mm の位置に格子鉄筋 (D10@250) を設けたほかは鉄筋を配していない。

##### (2.2) 接着系アンカーの種類

固着剤は、有機系と無機系の 2 種類を取り上げている。主剤は、有機系がウレタンメタクリル、エポキシアクリレート、エポキシ、ビニルウレタン、ビニルエステル、不飽和ポリエステルによる 6 種類、無機系がセメントモルタルによる 1 種類である。

固着剤の充填方法は、カプセル方式がガラス管式及びフィルムチューブ式（ただし、紙チューブ式も含む）の 2 種類、注入方式がカートリッジ型の 1 種類による合計 3 種類がある。なお、カプセル方式におけるアンカー筋の施工方式は、回転打撃型及び打込み型の 2 種類となっている。コンクリート母材への穿孔は、ハンマードリル及びダイヤモンドコアドリルによる 2 種類である。

使用したアンカー筋は、異形鉄筋及び全ねじボルトの 2 種類であり、ガラス管式及びフィルムチューブ式に限り先端 45 度カットしたアンカー筋を使用しており、その場合の埋込み長さ ( $L_e$ ) は、穿孔深さからアンカー筋径（以下、呼び名の径： $D_a$  とする）を差し引いた値とした。なお、アンカー筋の打設はいずれも下向き施工となっている。付写真1.1.1は、コンクリート版及びアンカー筋打設後の一例である。

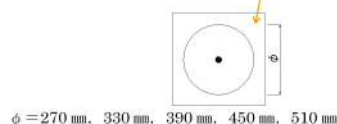


付写真1.1.1 コンクリート版及びアンカー筋打設状況の一例

### (2).3 実験方法

**付写真1.1.2**に実験方法を示す。実験は、反力用鋼板及び反力用支柱から構成される反力台を使用し、反力台上に油圧ジャッキ、ロードセル、球座を設置し、アンカー筋とPC鋼棒を接合した後に鉛直上向き方向の引張力を単調加力によって載荷した。なお、異形鉄筋におけるアンカー筋とPC鋼棒の接合は、写真中にある引張ジグを介して異形鉄筋用チャックにより、全ねじボルトにおいてはアンカー筋先端にカプラーを取付け、それぞれPC鋼棒と接合されている。また、反力用鋼板においては、 $\phi = 270\text{mm}$ ,  $330\text{mm}$ ,  $390\text{mm}$ ,  $450\text{mm}$ ,  $510\text{mm}$ によるセンターホール型の鋼板を用いており、埋め込み深さの2.0倍を直径とする有効投影面積以上となる反力用鋼板を使用した。**付写真1.1.3**は、破壊状況の一例である。

材料性状として、コンクリート圧縮強度はJIS A 1108「圧縮試験方法」による円柱供試体( $\phi 100 \times 200\text{mm}$ )3体の平均値とし、圧縮試験は実験日ごとに実施した。アンカー筋の降伏強度及び引張強度に関わる機械的性質はアンカー筋と同一ロットによる鉄筋又はボルトについてJIS Z 2241「金属材料引張試験方法」から求めた3体の平均値とした。



**付写真 1.1.2 実験方法**



**付写真 1.1.3 破壊状況の一例**

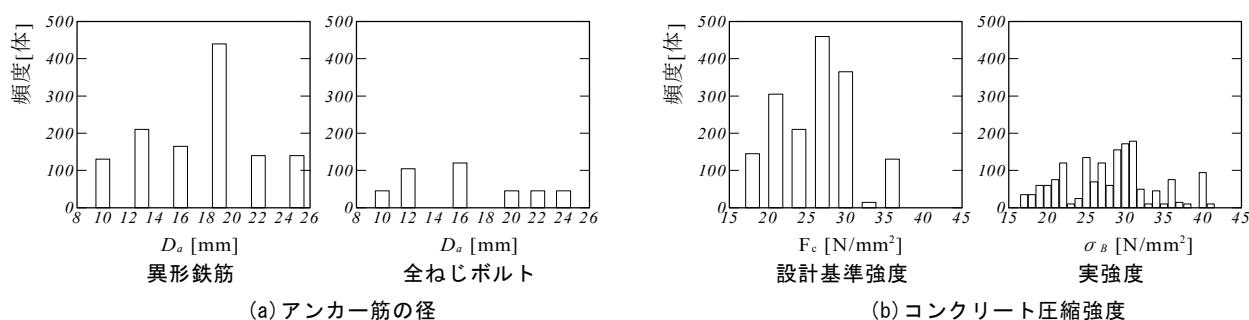
### (3)データベースの作成

固着剤以外の力学的因子に関わる変動要因は、コンクリート設計基準強度が同一条件のもとアンカー筋径を変数としたもの、アンカー筋径が同一条件のもとコンクリート設計基準強度を変数としたものがある。具体的には、径として異形鉄筋が6種類(D10, D13, D16, D19, D22, D25)、全ねじボルトが6種類(M10, M12, M16, M20, M22, M24)となっており、コンクリート設計基準強度については3種類(Fc21, F30, F36 もしくは Fc18, Fc24, Fc30 など)が適用されている。なお、アンカー筋径において、D10, D13, D16 及び M10, M12, M16 を細径、D19, D22, D25 及び M20, M22, M24 を太径に細分類した。ここで、試験体数は同一条件の試験体に対して5体ずつを実施している。

これらの変動要因に対して、データベースの作成に当たって、細径にあつては D10, D13, D16 又は M10, M12, M16 の3因子を変数としたもの、太径にあつては D19, D22, D25 又は M20, M22, M24 の3因子を変数としたものを抽出し、例えば変数が D10 及び D13 などの2因子のみとなつ

ているものはデータベースの対象外とした。同様に、コンクリート設計基準強度についても変数を3因子としたもののみ抽出し、変数が2因子のみとなっているものはデータベースの対象外とした。すなわち、3因子15体を1組（以下、データ群と呼ぶ）として取り扱う。これにより抽出されたデータ群は108種類（1620体）となる。

付図1.1.1は、アンカー筋径及びコンクリート圧縮強度に関する試験体数（頻度分布）である。図より、異形鉄筋・全ねじボルトの径として異形鉄筋 D19 の試験頻度が最も多い傾向にある。全ねじボルトにおいては、M12及びM16が多い。コンクリート設計基準強度においては、Fc25～Fc30に設定されているものが多く、試験時のコンクリート圧縮強度（実強度）も $\sigma_B=25\sim30[N/mm^2]$ の範囲を中心に実施されている傾向にある。



付図 1.1.1 アンカー筋径及びコンクリート圧縮強度に関する試験体数

付表 1.1.1及び付表 1.1.2は、データベースに採用された試験体一覧である。表において、108種類のデータ群のうちアンカー筋径を変数としたものが72種類（1080体）ある。そのうち、異形鉄筋で細径が26種類（390体）及び太径が28種類（420体）、全ねじボルトで細径が9種類及び太径が9種類となる。残り36種類（540体）はコンクリート設計基準強度を変数としたものとなる。

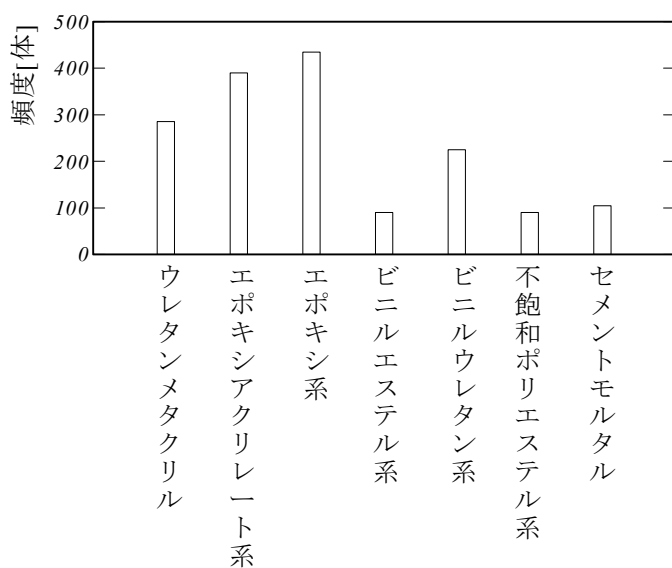
付表1.1.1 変動要因の一覧と個数（アンカー筋の径を因子とした場合）

| アンカー筋呼び名      | コンクリート設計基準強度 Fc[N/mm <sup>2</sup> ] | アンカー筋材質・強度区分 | データ群の数 [種類] | 試験体数 [体] | 合計              |
|---------------|-------------------------------------|--------------|-------------|----------|-----------------|
| D10, D13, D16 | 21                                  | SD295A       | 2           | (30体)    | 72種類<br>(1080体) |
|               | 24                                  |              | 2           | (30体)    |                 |
|               | 27                                  |              | 10          | (150体)   |                 |
|               | 30                                  | SD345        | 8           | (120体)   |                 |
|               | 21                                  |              | 2           | (30体)    |                 |
|               | 24                                  |              | 1           | (15体)    |                 |
| D19～D25       | 27                                  | SD345        | 1           | (15体)    |                 |
|               | 21                                  |              | 7           | (105体)   |                 |
|               | 24                                  |              | 4           | (60体)    |                 |
|               | 27                                  |              | 9           | (135体)   |                 |
| M10, M12, M16 | 30                                  | SNB7         | 8           | (120体)   |                 |
|               | 21                                  |              | 2           | (30体)    |                 |
|               | 24                                  |              | 1           | (15体)    |                 |
| M20, M22, M24 | 27                                  | SNB7         | 1           | (15体)    |                 |
|               | 21                                  |              | 3           | (45体)    |                 |
|               | 24                                  |              | 1           | (15体)    |                 |
| M10, M12, M16 | 27                                  | SS400        | 1           | (15体)    |                 |
|               | 21                                  |              | 2           | (30体)    |                 |
|               | 30                                  |              | 1           | (15体)    |                 |
| M20, M22, M24 | 21                                  | SS400        | 1           | (15体)    |                 |
|               | 27                                  |              | 1           | (15体)    |                 |
|               | 30                                  |              | 1           | (15体)    |                 |
| M10, M12, M16 | 24                                  | S45C         | 1           | (15体)    |                 |
| M20, M22, M24 | 24                                  | S45C         | 1           | (15体)    |                 |

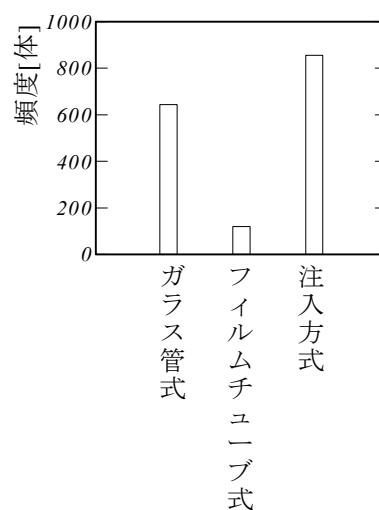
付表1.1.2 変動要因の一覧と個数（コンクリート設計基準強度を因子とした場合）

| アンカー筋呼び名 | コンクリート設計基準強度<br>Fc[N/mm <sup>2</sup> ] | アンカー筋<br>材質・強度区分 | データ群の数<br>[種類] | 試験体数<br>[体] | 合計             |
|----------|--|------------------|----------------|-------------|----------------|
| D13      | 18                                     | SD295A           | 5              | (75体)       | 36種類<br>(540体) |
|          | 27                                     |                  |                |             |                |
|          | 36                                     |                  |                |             |                |
| D16      | 21                                     | SD345            | 1              | (15体)       |                |
|          | 27                                     |                  |                |             |                |
|          | 33                                     |                  |                |             |                |
| D16      | 18                                     | SD345            | 1              | (15体)       |                |
|          | 24                                     |                  |                |             |                |
|          | 30                                     |                  |                |             |                |
| D19      | 18                                     | SD295A           | 6              | (90体)       |                |
|          | 30                                     |                  |                |             |                |
|          | 36                                     |                  |                |             |                |
| D19      | 21                                     | SD345            | 10             | (150体)      |                |
|          | 27                                     |                  |                |             |                |
|          | 36                                     |                  |                |             |                |
| D19      | 18                                     | SD345            | 4              | (60体)       |                |
|          | 24                                     |                  |                |             |                |
|          | 30                                     |                  |                |             |                |
| M12      | 18                                     | SS400            | 4              | (60体)       |                |
|          | 27                                     |                  |                |             |                |
|          | 36                                     |                  |                |             |                |
| M16      | 21                                     | SNB7             | 1              | (15体)       |                |
|          | 27                                     |                  |                |             |                |
|          | 36                                     |                  |                |             |                |
| M16      | 18                                     | SNB7             | 3              | (45体)       |                |
|          | 24                                     |                  |                |             |                |
|          | 36                                     |                  |                |             |                |
| M16      | 18                                     | S45C             | 1              | (15体)       |                |
|          | 24                                     |                  |                |             |                |
|          | 30                                     |                  |                |             |                |

他方、付図 1.1.2(a)に示すように、固着剤ごとに分類すると、ウレタンメタクリルが 19 種類 (285体)、エポキシアクリレートが 26 種類 (390 体)、エポキシが 29 種類 (435 体)、ビニルウレタンが 6 種類 (90 体)、ビニルエステルが 15 種類 (225 体)、不飽和ポリエステルが 6 種類 (90 体)、セメントモルタルが 7 種類 (105 体)となる。充填方法ごとでは、付図 1.1.2(b)に示すように、ガラス管式が 43 種類 (645 体)、フィルムチューブ式 (紙チューブも含める) が 8 種類 (120 体)、注入式が 57 種類 (855 体)となる。



(a) 固着剤



(b) 充填方式

付図 1.1.2 固着剤及び充填方式に関する試験体数

以上の試験体 1620 体に対して、以下に示す 4 つの破壊モードに分類し、破壊モードごとの試験体数を集計した結果が付表1.1.2.1及び付表1.1.2.2である。

- ・アンカー筋の破断：記号 T
- ・コンクリートのコーン状破壊：記号 C
- ・アンカー筋の抜けを伴うコーン状破壊：記号 N
- ・アンカー筋の付着破壊：記号 F

付表1.1.2.1 破壊モードごとの試験体数（アンカー筋の径を因子とした場合）

| 固着剤        | 施工方式   |          |         | アンカー筋   |           | 破壊モードごとの試験体数[体] |          |      |     | 小計   |   |    |    |
|------------|--------|----------|---------|---------|-----------|-----------------|----------|------|-----|------|---|----|----|
|            |        |          |         |         |           | T               | C        | N    | F   |      |   |    |    |
| ウレタンメタクリル  | 注入方式   | -        | ハンマードリル | 細径      | 異形鉄筋      | 0               | 5        | 5    | 50  | 60   |   |    |    |
|            |        |          |         | 太径      |           | 0               | 25       | 15   | 20  | 60   |   |    |    |
|            |        |          |         | 細径      | 全ねじボルト    | 15              | 0        | 0    | 0   | 15   |   |    |    |
|            |        |          |         | 太径      |           | 5               | 0        | 0    | 10  | 15   |   |    |    |
| エポキシアクリレート | ガラス管式  | 回転打撃併用型  | ハンマードリル | 細径      | 異形鉄筋      | 45              | 15       | 0    | 15  | 75   |   |    |    |
|            |        |          |         | 打込み型    |           | 10              | 0        | 0    | 5   | 15   |   |    |    |
|            |        |          |         | 太径      | 45        | 15              | 0        | 15   | 75  |      |   |    |    |
|            |        | 回転打撃併用型  |         | 細径      | 全ねじボルト    | 15              | 15       | 0    | 0   | 30   |   |    |    |
|            |        | 太径       |         | 0       |           | 15              | 0        | 0    | 15  |      |   |    |    |
|            |        | 注入方式     |         | -       | ハンマードリル   | 細径              | 異形鉄筋     | 0    | 0   | 15   | 0 | 15 |    |
|            | 太径     |          | 0       |         |           | 0               |          | 15   | 0   | 15   |   |    |    |
|            | エポキシ   |          | 注入方式    |         |           | -               | ダイヤモンドコア | 異形鉄筋 | 35  | 20   | 5 | 0  | 60 |
|            |        |          |         |         |           |                 | ハンマードリル  |      | 40  | 0    | 5 | 0  | 45 |
|            |        | ダイヤモンドコア |         | 全ねじボルト  | 15        |                 | 45       | 15   | 0   | 75   |   |    |    |
| ハンマードリル    |        | 30       |         |         | 0         |                 | 15       | 0    | 45  |      |   |    |    |
| ハンマードリル    |        | 細径       |         | 全ねじボルト  | 0         |                 | 15       | 15   | 15  | 45   |   |    |    |
| ダイヤモンドコア   |        | 0        |         |         | 0         |                 | 15       | 0    | 15  |      |   |    |    |
| ハンマードリル    | 太径     | 5        | 10      | 15      | 15        | 45              |          |      |     |      |   |    |    |
| ビニルエステル    | ガラス管式  | 打込み型     | ハンマードリル | 細径      | 異形鉄筋      | 0               | 0        | 0    | 30  | 30   |   |    |    |
|            |        |          |         | 太径      |           | 0               | 0        | 0    | 15  | 15   |   |    |    |
|            | ガラス管式  | 回転打撃併用型  |         | 細径      | 全ねじボルト    | 10              | 0        | 0    | 5   | 15   |   |    |    |
|            |        |          |         | 太径      |           | 15              | 0        | 0    | 0   | 15   |   |    |    |
|            | 注入式    | -        |         | 細径      | 異形鉄筋      | 10              | 0        | 0    | 5   | 15   |   |    |    |
|            |        |          |         | 太径      |           | 0               | 0        | 15   | 15  | 30   |   |    |    |
|            |        |          |         | 細径      | 全ねじボルト    | 0               | 0        | 0    | 15  | 15   |   |    |    |
|            |        |          |         | 太径      |           | 0               | 0        | 0    | 15  | 15   |   |    |    |
|            |        |          |         | ビニルウレタン | フィルムチューブ式 | 回転打撃併用型         | ダイヤモンドコア | 異形鉄筋 | 15  | 0    | 0 | 15 | 30 |
|            |        |          |         |         |           |                 | 太径       |      | 15  | 15   | 0 | 0  | 30 |
| 不飽和ポリエステル  | ガラス管式  | 回転打撃併用型  | ハンマードリル | 細径      | 異形鉄筋      | 30              | 0        | 0    | 0   | 30   |   |    |    |
|            |        |          |         | 太径      |           | 30              | 0        | 0    | 0   | 30   |   |    |    |
|            |        |          |         | 細径      | 全ねじボルト    | 15              | 0        | 0    | 0   | 15   |   |    |    |
|            |        |          |         | 太径      |           | 15              | 0        | 0    | 0   | 15   |   |    |    |
| セメントモルタル   | ガラス管式  | 回転打撃併用型  | ハンマードリル | 細径      | 異形鉄筋      | 0               | 0        | 0    | 15  | 15   |   |    |    |
|            |        |          |         | 太径      |           | 0               | 0        | 0    | 30  | 30   |   |    |    |
|            | 紙チューブ式 |          |         | 細径      | 全ねじボルト    | 0               | 0        | 0    | 15  | 15   |   |    |    |
|            |        |          |         | 太径      |           | 0               | 0        | 0    | 15  | 15   |   |    |    |
| 小計         |        |          |         |         |           | 415             | 195      | 150  | 320 | 1080 |   |    |    |

T：アンカー筋の破断， C：コーン状破壊， N：抜けを伴うコーン状破壊， F：付着（抜け）破壊

付表 1.1.2.2 破壊モードごとの試験体数（コンクリート設計基準強度を因子とした場合）

| 固着剤        | 施工方式      |      |          | アンカー筋 |        | 破壊モードごとの試験体数[体] |      |     |     | 小計  |    |
|------------|-----------|------|----------|-------|--------|-----------------|------|-----|-----|-----|----|
|            |           |      |          |       |        | T               | C    | N   | F   |     |    |
| ウレタンメタクリル  | 注入式       | -    | ダイヤモンドコア | 太径    | 異形鉄筋   | 0               | 0    | 0   | 30  | 30  |    |
|            |           |      | ハンマードリル  | 太径    |        | 0               | 30   | 30  | 0   | 60  |    |
|            |           |      |          | 細径    | 全ねじボルト | 15              | 25   | 5   | 0   | 45  |    |
| エポキシアクリレート | ガラス管式     | 回転打撃 | ハンマードリル  | 細径    | 異形鉄筋   | 10              | 0    | 5   | 0   | 15  |    |
|            |           | 打込み型 |          | 5     |        | 0               | 0    | 10  | 15  |     |    |
|            | ガラス管式     | 回転打撃 |          | 太径    | 異形鉄筋   | 15              | 0    | 0   | 30  | 45  |    |
|            |           | 打込み型 |          | 15    |        | 0               | 0    | 0   | 15  |     |    |
|            | 注入式       | -    |          | -     | 細径     | 全ねじボルト          | 15   | 15  | 0   | 0   | 30 |
|            |           |      |          |       | 太径     |                 | 異形鉄筋 | 15  | 0   | 15  | 0  |
| エポキシ       | 注入式       | -    | ダイヤモンドコア | 太径    | 異形鉄筋   | 0               | 30   | 15  | 0   | 45  |    |
|            | 注入式       | -    | ハンマードリル  | 細径    | 全ねじボルト | 0               | 15   | 45  | 0   | 60  |    |
| ビニルエステル    | ガラス管式     | 打込み型 | ハンマードリル  | 細径    | 異形鉄筋   | 0               | 0    | 0   | 30  | 30  |    |
|            |           | 回転打撃 |          |       |        | 5               | 0    | 0   | 10  | 15  |    |
|            |           | 打込み型 |          |       | 全ねじボルト | 15              | 0    | 0   | 0   | 15  |    |
|            |           | 回転打撃 |          |       |        | 10              | 0    | 0   | 5   | 15  |    |
| ビニルウレタン    | フィルムチューブ式 | 回転打撃 | ダイヤモンドコア | 太径    | 異形鉄筋   | 20              | 0    | 0   | 10  | 30  |    |
| セメントモルタル   | ガラス管式     | -    | ハンマードリル  | 細径    | 異形鉄筋   | 0               | 0    | 0   | 15  | 15  |    |
|            | 紙チューブ式    | -    |          | 太径    |        | 0               | 0    | 0   | 15  | 15  |    |
|            |           |      |          | 細径    |        | 0               | 0    | 0   | 15  | 15  |    |
| 小計         |           |      |          |       |        | 140             | 115  | 115 | 170 | 540 |    |

T：アンカー筋の破断，C：コーン状破壊，N：抜けを伴うコーン状破壊，F：付着（抜け）破壊

なお、4つの破壊モードのうちアンカー筋の破断は、鋼材自身の引張強度で最大耐力が決まるため耐力推定が比較的容易で、かつ、データのばらつきも少ないことが安易に推測される。他方、コーン状破壊及び付着破壊は、コンクリートの圧縮強度や引き抜けの影響を受けるので最大耐力にもばらつきを生じることが多い。そこで、文献1)の算定式を参照し、コンクリートのコーン状破壊については式(1)、アンカー筋の引き抜けを伴うコーン状破壊については式(2)、アンカー筋の付着破壊は式(3)を用いて破壊モードに対応した計算値を算定し、実験値最大耐力と計算値の比較を行った。ただし、式(2)は文献2)での検討結果から得られた算定式を採用している。

$$P_c = 0.23\sqrt{\sigma_B} \cdot \pi \cdot L_e \cdot (L_e + D_a) \quad (1)$$

$$P_n = 0.23\sqrt{\sigma_B} \cdot \pi \cdot (L_e - L_e'') \cdot [(L_e - L_e'') + D_a] + 10\sqrt{\frac{\sigma_B}{21}} \cdot \pi \cdot D_a \cdot L_e'' \quad (2)$$

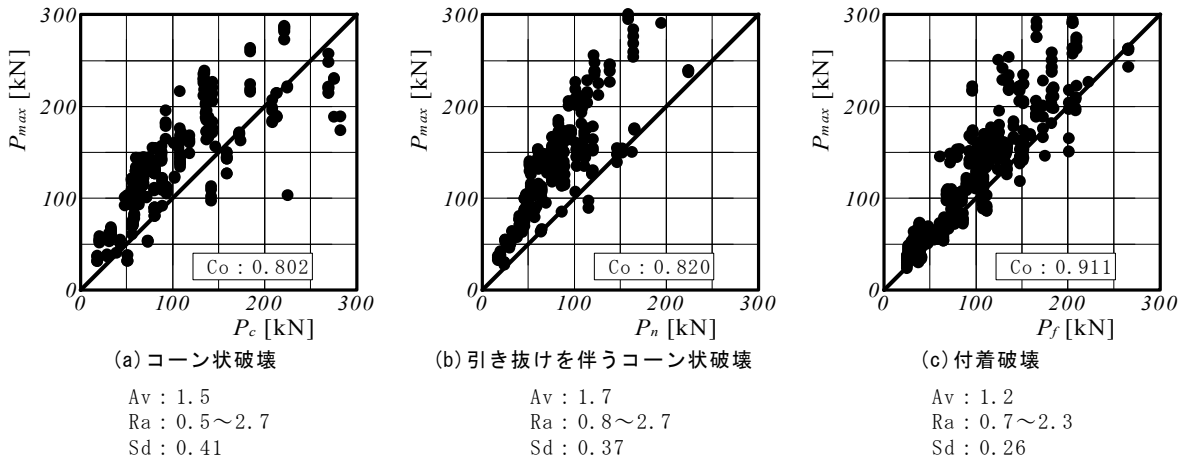
$$P_f = 10\sqrt{\sigma_B/21} \cdot \pi \cdot D_a \cdot L_e \quad (3)$$

ここで、 $\sigma_B$ ：コンクリート圧縮強度 [N/mm<sup>2</sup>]、 $L_e$ ：有効埋め込み深さ [mm]

$L_e''$ ：付着長さで $= 0.73L_e - 30$  [mm]、 $D_a$ ：アンカー筋の呼び名の径 [mm]

付図1.1.3は、実験値最大耐力(Pmax)と計算値の関係であり、破壊モードごとに示してある。図より、最大耐力と計算値の比はコーン状破壊及び引き抜けを伴うコーン状破壊の方が高い値にあるが、ばらつきそのものは付着破壊と判定されたデータの方が小さい傾向にあることが明らかとなった。





(注) 図中のCoは相関係数を示す。

(注) Av, Ra, Sdは実験値と計算値の比に関する統計値であり、それぞれ平均値、範囲、標準偏差を表わす。

付図 1.1.3 破壊モードごとの実験値最大耐力と計算値の関係

#### (4)付着強度の分析

付表 1.1.2.1 及び付表 1.1.2.2 において、付着破壊と判定された 98 種類 490 体を抽出し、付着強度に関わる分析を行った。なお、付着破壊を生じさせる拘束式引張実験と異なって、ここで得られた付着破壊は非拘束式引張試験から得られたものであり、アンカー筋の降伏などを伴っているものもある。したがって、本データはポテンシャルな付着強度ではなく下限値の取り扱いとなる。

なお、検討に当たっては、1 種類 15 本の全てが付着破壊と判定されたデータ群のみを対象とし、例えば変数 D10, D13 は付着破壊であるが、D16 は付着破壊でないなどのデータ群は検討対象から除外した。これにより、検討対象の試験体数は 435 体となる。付表1.1.3.1及び付表1.1.3.2は、付着破壊と判定された試験体一覧である。表において、固着剤の種類は、アンカー筋の径を因子としたものがビニルウレタン、ウレタンメタクリル、エポキシアクリレート、ビニルエステル、セメントモルタルによる 5 種類、コンクリート設計基準強度を因子としたものがウレタンメタクリル、エポキシアクリレート、ビニルエステル、セメントモルタルによる 4 種類となり、これらはフィルムチューブ式（ただし、紙チューブ式も含める）、注入方式及びガラス管式、異形鉄筋及び全ねじボルトなどが含まれている。

付表1.1.3.1 付着破壊と判定された試験体一覧（アンカー筋の径を因子とした場合）

| No | 施工方式      |      |          | 固着剤        | アンカー筋種類      | アンカー筋径  | 穿孔径     | 有効埋込み比 | コンクリート圧縮強度 $\sigma_b$ [N/mm <sup>2</sup> ] |     |             |
|----|-----------|------|----------|------------|--------------|---------|---------|--------|--|-----|-------------|
|    | カプセル      | 施工   | ドリル      |            |              |         |         |        | 平均   | 偏差  | 範囲          |
| 1  | フィルムチューブ式 | 回転打撃 | ダイヤモンドコア | ビニルウレタン    | 異形棒鋼(SD295A) | 10 ~ 16 | 12 ~ 20 | 8      | 31.2                                       | 0.0 | 31.2 ~ 31.2 |
| 2  | 注入方式      | —    | ハンマードリル  | ウレタンメタクリル  | 異形棒鋼(SD295A) | 10 ~ 16 | 12 ~ 20 | 10     | 29.2                                       | 0.2 | 29.1 ~ 29.5 |
| 3  | 注入方式      | —    | ハンマードリル  | ウレタンメタクリル  | 異形棒鋼(SD295A) | 10 ~ 16 | 12 ~ 20 | 7      | 30.5                                       | 0.5 | 29.8 ~ 30.8 |
| 4  | 注入方式      | —    | ハンマードリル  | ウレタンメタクリル  | 異形棒鋼(SD345)  | 19 ~ 25 | 25 ~ 32 | 7      | 30.8                                       | 0.0 | 30.8 ~ 30.8 |
| 5  | ガラス管式     | 回転打撃 | ハンマードリル  | エポキシアクリレート | 異形棒鋼(SD345)  | 19 ~ 25 | 25 ~ 32 | 7      | 29.3                                       | 0.5 | 28.6 ~ 29.8 |
| 6  | 注入方式      | —    | ハンマードリル  | ビニルエステル    | 異形棒鋼(SD345)  | 19 ~ 25 | 24 ~ 32 | 10     | 22.0                                       | 0.6 | 21.1 ~ 22.6 |
| 7  | 注入方式      | —    | ハンマードリル  | ビニルエステル    | 全ねじボルト(SNB7) | 10 ~ 16 | 12 ~ 18 | 9      | 23.0                                       | 1.7 | 21.7 ~ 25.3 |
| 8  | 注入方式      | —    | ハンマードリル  | ビニルエステル    | 全ねじボルト(SNB7) | 20 ~ 24 | 24 ~ 28 | 9      | 23.0                                       | 1.7 | 21.7 ~ 25.3 |
| 11 | ガラス管式     | 打ち込み | ハンマードリル  | ビニルエステル    | 異形棒鋼(SD295A) | 10 ~ 16 | 13 ~ 20 | 8      | 31.6                                       | 0.1 | 31.5 ~ 31.8 |
| 12 | ガラス管式     | 回転打撃 | ハンマードリル  | ビニルエステル    | 異形棒鋼(SD295A) | 10 ~ 16 | 13 ~ 20 | 7      | 30.8                                       | 0.8 | 29.8 ~ 31.7 |
| 13 | ガラス管式     | 回転打撃 | ハンマードリル  | ビニルエステル    | 異形棒鋼(SD345)  | 19 ~ 25 | 25 ~ 32 | 8      | 30.7                                       | 0.7 | 29.8 ~ 31.2 |
| 17 | 紙チューブ式    | 回転打撃 | ハンマードリル  | セメントモルタル   | 異形棒鋼(SD345)  | 19 ~ 25 | 24 ~ 32 | 10     | 24.9                                       | 0.6 | 24.1 ~ 25.4 |
| 18 | ガラス管式     | 回転打撃 | ハンマードリル  | セメントモルタル   | 異形棒鋼(SD345)  | 19 ~ 25 | 24 ~ 32 | 9      | 18.2                                       | 0.0 | 18.2 ~ 18.2 |
| 19 | ガラス管式     | 回転打撃 | ハンマードリル  | セメントモルタル   | 異形棒鋼(SD345)  | 10 ~ 16 | 13 ~ 20 | 10     | 30.3                                       | 0.0 | 30.3 ~ 30.3 |
| 20 | ガラス管式     | 回転打撃 | ハンマードリル  | セメントモルタル   | 異形棒鋼(SD345)  | 19 ~ 25 | 25 ~ 32 | 10     | 30.8                                       | 0.0 | 30.8 ~ 30.8 |

付表1.1.3.2 付着破壊と判定された試験体一覧（コンクリート設計基準強度を因子とした場合）

| No | 施工方式   |      |          | 固着剤        | アンカー筋種類      | アンカー筋径 | 穿孔径 | 有効埋込み比 | コンクリート圧縮強度 $\sigma_b$ [N/mm <sup>2</sup> ] |     |             |
|----|--------|------|----------|------------|--------------|--------|-----|--------|--|-----|-------------|
|    | カプセル   | 施工   | ドリル      |            |              |        |     |        | 平均   | 偏差  | 範囲          |
| 21 | 注入方式   | —    | ダイヤモンドコア | ウレタンメタクリル  | 異形棒鋼(SD295A) | 19     | 25  | 10     | 28.1                                       | 7.4 | 18.7 ~ 36.1 |
| 22 | 注入方式   | —    | ダイヤモンドコア | ウレタンメタクリル  | 異形棒鋼(SD345)  | 19     | 25  | 10     | 28.1                                       | 7.4 | 18.7 ~ 36.1 |
| 23 | ガラス管式  | 回転打撃 | ハンマードリル  | エポキシアクリレート | 異形棒鋼(SD345)  | 19     | 25  | 7      | 26.0                                       | 3.9 | 21.6 ~ 30.7 |
| 24 | ガラス管式  | 回転打撃 | ハンマードリル  | エポキシアクリレート | 異形棒鋼(SD345)  | 19     | 25  | 7      | 30.3                                       | 5.4 | 24.2 ~ 37.0 |
| 25 | ガラス管式  | 打ち込み | ハンマードリル  | ビニルエステル    | 異形棒鋼(SD295A) | 13     | 15  | 8      | 29.9                                       | 7.3 | 20.6 ~ 37.6 |
| 26 | ガラス管式  | 打ち込み | ハンマードリル  | ビニルエステル    | 異形棒鋼(SD295A) | 13     | 16  | 8      | 26.9                                       | 6.2 | 19.6 ~ 34.3 |
| 27 | 紙チューブ式 | 回転打撃 | ハンマードリル  | セメントモルタル   | 異形棒鋼(SD345)  | 16     | 19  | 8      | 26.9                                       | 5.0 | 22.0 ~ 33.5 |
| 28 | ガラス管式  | 回転打撃 | ハンマードリル  | セメントモルタル   | 異形棒鋼(SD345)  | 19     | 25  | 7      | 24.2                                       | 4.8 | 18.9 ~ 30.1 |
| 29 | ガラス管式  | 回転打撃 | ハンマードリル  | セメントモルタル   | 異形棒鋼(SD345)  | 16     | 19  | 7      | 23.7                                       | 5.3 | 18.6 ~ 30.6 |

付着破壊と判定された 435 体を対象に、実験から得られた最大荷重を付着応力度に換算した。

$$\tau_a = \frac{P_{max}}{\pi \cdot D_a \cdot L_e}$$

ここで、 $P_{max}$  : 実験値最大荷重 [N],

$D_a$  : アンカー筋の呼び名の径 [mm],

$L_e$  : 有効埋め込み深さ [mm]

また、付着応力度から次式から求まる逆算係数を算出した。

$$\alpha = \frac{\tau_a}{\sqrt{\sigma_B/21}}$$

ここで、 $\sigma_B$  : コンクリート圧縮強度 [N/mm<sup>2</sup>]

付表 1.1.4.1及び付表 1.1.4.2に、付着強度一覧を示す。表中には、同一条件試験体 5 体の平均値、標準偏差及び変動係数を示してある。また、5 体のばらつきを正規分布及び t 分布とみなしたときの 5% 下限値（ただし、片側検定）も示してある。さらに、参考として、アンカー筋と同一ロット試験片の素材の引張試験から得られた降伏強度及び引張強度を付着強度に換算した場合の値も示してある。

付図 1.1.4.1及び付図 1.1.4.2に、付着強度とアンカー筋径およびコンクリート圧縮強度の関係を示す。図中には、5 体それぞれの付着強度をプロットするとともに、その平均値及び 5% 下限値（ただし、正規分布に従うとした場合）についても図示してある。

付表 1.1.5.1及び付表 1.1.5.2に、付着係数一覧を示す。

各図及び各表より、付着強度とアンカー筋径の関係をみると、固着剤などの条件が同一でもアンカー筋径の違いにより付着強度は異なる値が得られている。その際、アンカー筋径が大きくなるにつれ付着強度が低下する試験体や、その逆の傾向を示す試験体などがあり、付着強度とアンカー筋径の間に明確な傾向が見られない。ついで、付着強度とコンクリート圧縮強度の関係をみると、固着剤などの条件が同一でもコンクリート圧縮強度の違いにより付着強度は異なる値が得られている。その際、本試験体の付着切れ部分はコンクリート孔壁と固着剤間での引き抜けであったが、コンクリート圧縮強度が高くなっても付着強度は大きくなっていない。なお、固着剤の違いとして、有機系及び無機系による明確な差は見られなかった。これらを統括すると、付着強度の下限値は概ね 10N/mm<sup>2</sup> 程度となり、これを付着係数に換算しても 10 程度となる。

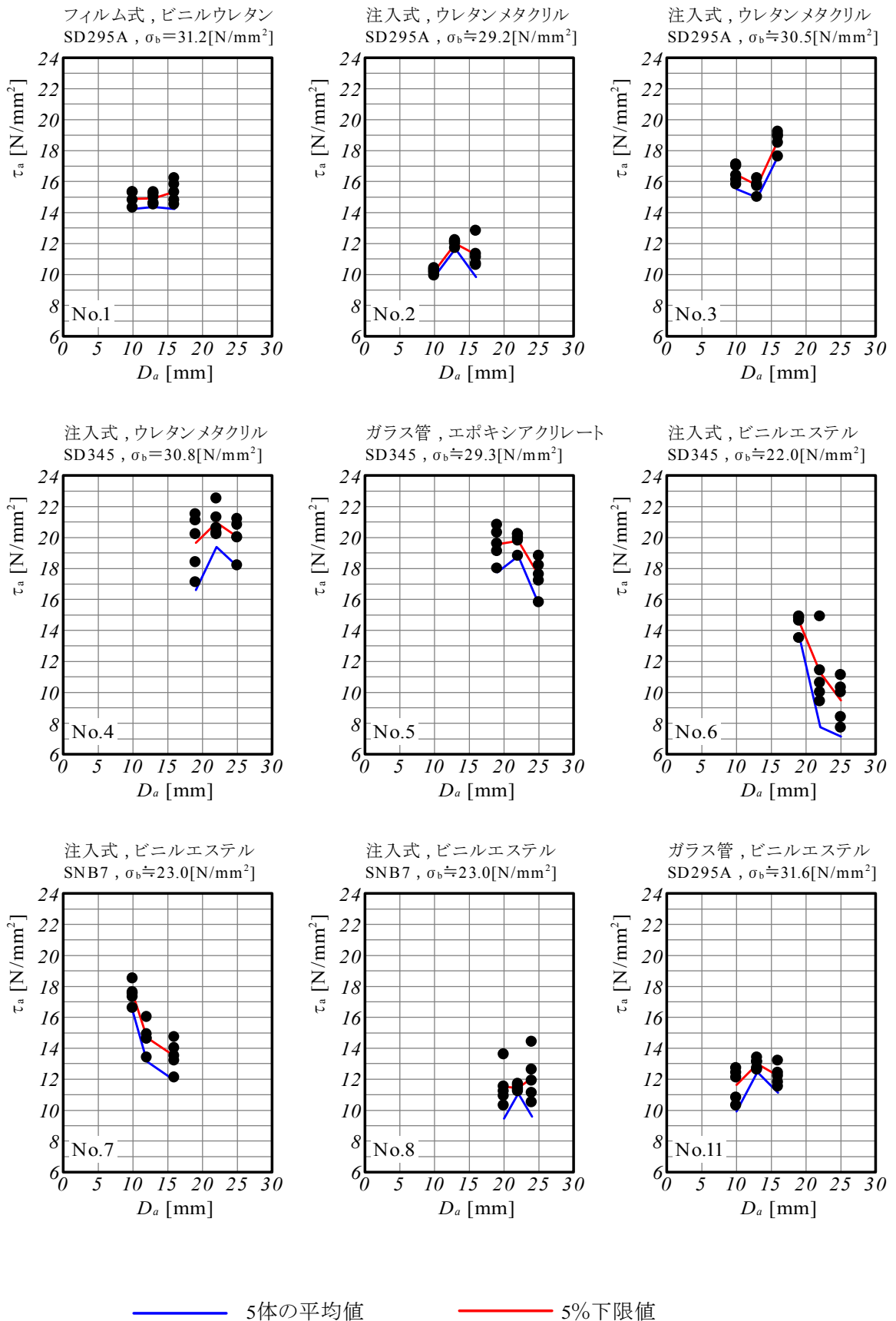
付表1.1.4.1 付着強度一覧（アンカー筋の径を因子とした場合）

| No | 施工方式          | 接着樹脂種類     | アンカー筋 |        | コンクリート<br>圧縮強度<br>$\sigma_B$<br>[N/mm <sup>2</sup> ] | 付着強度 $\tau_a$ [N/mm <sup>2</sup> ] |          |          |          |         | 付着強度<br>換算値[N/mm <sup>2</sup> ] |              |
|----|---------------|------------|-------|--------|--|------------------------------------|----------|----------|----------|---------|---------------------------------|--------------|
|    |               |            | 呼び名   | 材質区分   |  | 平均                                 | 標準<br>偏差 | 変動<br>係数 | 5%下限値    |         | 降<br>伏<br>強度                    | 引<br>張<br>強度 |
|    |               |            |       |        |  |                                    |          |          | 正規<br>分布 | t<br>分布 |                                 |              |
| 1  | フィルム<br>チューブ式 | ビニルウレタン    | D10   | SD295A | 31.2   | 14.9                               | 0.41     | 0.027    | 14.1     | 13.8    | 10.3                            | 14.8         |
|    |               |            | D13   | SD295A | 31.2   | 14.9                               | 0.34     | 0.020    | 14.2     | 14.0    | 10.6                            | 15.5         |
|    |               |            | D16   | SD295A | 31.2   | 15.3                               | 0.68     | 0.046    | 14.0     | 13.6    | 10.5                            | 15.5         |
| 2  | 注入方式          | ウレタンメタクリル  | D10   | SD295A | 29.1   | 10.2                               | 0.21     | 0.020    | 9.8      | 9.7     | 8.1                             | 11.5         |
|    |               |            | D13   | SD295A | 29.1   | 12.0                               | 0.20     | 0.017    | 11.6     | 11.5    | 8.3                             | 12.1         |
|    |               |            | D16   | SD295A | 29.5   | 11.3                               | 0.88     | 0.080    | 9.6      | 9.0     | 8.7                             | 12.6         |
| 3  | 注入方式          | ウレタンメタクリル  | D10   | SD295A | 29.8   | 16.4                               | 0.56     | 0.036    | 15.3     | 15.0    | 12.3                            | 16.9         |
|    |               |            | D13   | SD295A | 30.8   | 15.8                               | 0.48     | 0.032    | 14.9     | 14.6    | 11.8                            | 16.9         |
|    |               |            | D16   | SD295A | 30.8   | 18.7                               | 0.62     | 0.032    | 17.5     | 17.1    | 12.3                            | 17.3         |
| 4  | 注入方式          | ウレタンメタクリル  | D19   | SD345  | 30.8   | 19.7                               | 1.85     | 0.097    | 16.1     | 14.9    | 13.9                            | 20.5         |
|    |               |            | D22   | SD345  | 30.8   | 21.0                               | 0.96     | 0.048    | 19.1     | 18.5    | 14.1                            | 20.8         |
|    |               |            | D25   | SD345  | 30.8   | 20.1                               | 1.17     | 0.060    | 17.8     | 17.1    | 14.1                            | 21.2         |
| 5  | ガラス管式         | エポキシアクリレート | D19   | SD345  | 29.6   | 19.6                               | 1.10     | 0.056    | 17.4     | 16.8    | 13.6                            | 20.2         |
|    |               |            | D22   | SD345  | 29.8   | 19.8                               | 0.61     | 0.030    | 18.6     | 18.2    | 13.3                            | 20.1         |
|    |               |            | D25   | SD345  | 28.6   | 17.5                               | 1.13     | 0.063    | 15.3     | 14.6    | 14.4                            | 21.3         |
| 6  | 注入方式          | ビニルエステル    | D19   | SD345  | 22.6   | 14.5                               | 0.59     | 0.041    | 13.3     | 13.0    | 9.1                             | 14.1         |
|    |               |            | D22   | SD345  | 21.1   | 11.3                               | 2.14     | 0.187    | 7.1      | 5.8     | 9.8                             | 14.7         |
|    |               |            | D25   | SD345  | 22.2   | 9.5                                | 1.42     | 0.148    | 6.7      | 5.8     | 9.4                             | 13.9         |
| 7  | 注入方式          | ビニルエステル    | M10   | SNB7   | 25.3   | 17.5                               | 0.69     | 0.040    | 16.1     | 15.7    | —                               | 20.4         |
|    |               |            | M12   | SNB7   | 21.7   | 14.7                               | 0.94     | 0.061    | 12.9     | 12.3    | —                               | 19.7         |
|    |               |            | M16   | SNB7   | 21.9   | 13.5                               | 0.97     | 0.074    | 11.6     | 11.0    | —                               | 21.0         |
| 8  | 注入方式          | ビニルエステル    | M20   | SNB7   | 21.9   | 11.5                               | 1.25     | 0.113    | 9.1      | 8.3     | —                               | 22.0         |
|    |               |            | M22   | SNB7   | 21.7   | 11.4                               | 0.22     | 0.017    | 11.0     | 10.8    | —                               | 21.6         |
|    |               |            | M24   | SNB7   | 25.3   | 12.1                               | 1.51     | 0.124    | 9.1      | 8.2     | —                               | 22.0         |
| 11 | ガラス管式         | ビニルエステル    | D10   | SD295A | 31.5   | 11.6                               | 1.05     | 0.095    | 9.5      | 8.9     | 9.8                             | 13.5         |
|    |               |            | D13   | SD295A | 31.5   | 13.0                               | 0.33     | 0.023    | 12.4     | 12.2    | 10.8                            | 15.4         |
|    |               |            | D16   | SD295A | 31.8   | 12.2                               | 0.67     | 0.057    | 10.9     | 10.5    | 11.5                            | 17.1         |
| 12 | ガラス管式         | ビニルエステル    | D10   | SD295A | 30.9   | 15.6                               | 0.06     | 0.006    | 15.5     | 15.4    | 11.0                            | 15.2         |
|    |               |            | D13   | SD295A | 29.8   | 18.4                               | 0.53     | 0.027    | 17.4     | 17.0    | 13.3                            | 19.0         |
|    |               |            | D16   | SD295A | 31.7   | 17.0                               | 1.67     | 0.100    | 13.7     | 12.7    | 13.1                            | 19.5         |
| 13 | ガラス管式         | ビニルエステル    | D19   | SD345  | 31.2   | 15.0                               | 1.14     | 0.073    | 12.8     | 12.1    | 11.3                            | 16.7         |
|    |               |            | D22   | SD345  | 31.2   | 15.2                               | 0.82     | 0.052    | 13.6     | 13.1    | 10.9                            | 15.9         |
|    |               |            | D25   | SD345  | 29.8   | 18.2                               | 1.12     | 0.060    | 16.0     | 15.3    | 13.1                            | 19.1         |
| 17 | 紙チューブ式        | セメントモルタル   | D19   | SD345  | 25.4   | 12.7                               | 0.74     | 0.055    | 11.2     | 10.8    | 9.1                             | 13.8         |
|    |               |            | D22   | SD345  | 25.1   | 13.0                               | 0.53     | 0.039    | 12.0     | 11.6    | 9.1                             | 14.0         |
|    |               |            | D25   | SD345  | 24.1   | 13.2                               | 1.08     | 0.084    | 11.1     | 10.4    | 9.7                             | 14.4         |
| 18 | ガラス管式         | セメントモルタル   | D19   | SD345  | 18.2   | 12.3                               | 0.43     | 0.032    | 11.5     | 11.2    | 11.4                            | 17.2         |
|    |               |            | D22   | SD345  | 18.2   | 12.5                               | 0.63     | 0.048    | 11.3     | 10.9    | 10.7                            | 16.3         |
|    |               |            | D25   | SD345  | 18.2   | 11.3                               | 0.65     | 0.062    | 10.0     | 9.6     | 10.7                            | 15.5         |
| 19 | ガラス管式         | セメントモルタル   | D10   | SD345  | 30.3   | 11.1                               | 0.28     | 0.027    | 10.6     | 10.4    | 9.5                             | 12.7         |
|    |               |            | D13   | SD345  | 30.3   | 12.9                               | 0.44     | 0.031    | 12.0     | 11.8    | 10.0                            | 13.2         |
|    |               |            | D16   | SD345  | 30.3   | 11.6                               | 0.70     | 0.061    | 10.2     | 9.8     | 9.8                             | 13.4         |
| 20 | ガラス管式         | セメントモルタル   | D19   | SD345  | 30.8   | 12.9                               | 0.38     | 0.031    | 12.2     | 11.9    | 9.8                             | 13.7         |
|    |               |            | D22   | SD345  | 30.8   | 12.9                               | 0.42     | 0.031    | 12.1     | 11.8    | 9.4                             | 13.1         |
|    |               |            | D25   | SD345  | 30.8   | 12.9                               | 0.43     | 0.031    | 12.1     | 11.8    | 9.7                             | 13.5         |

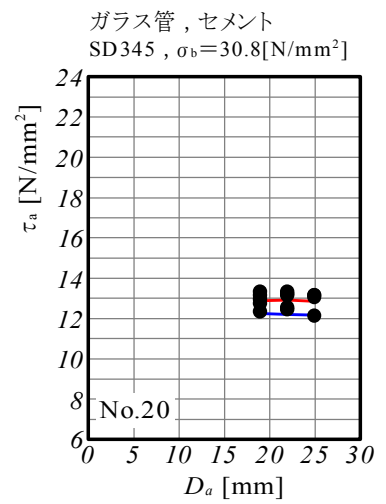
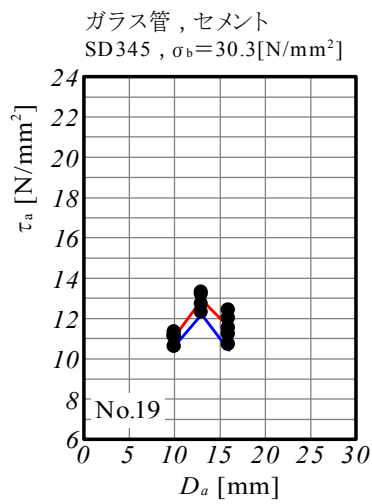
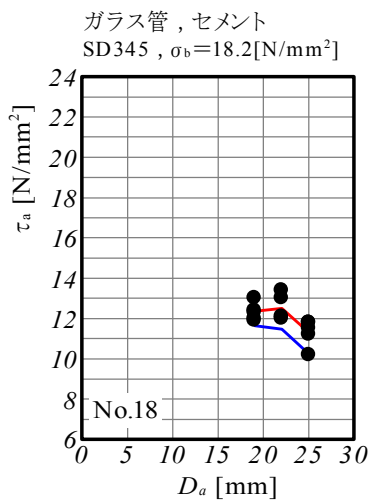
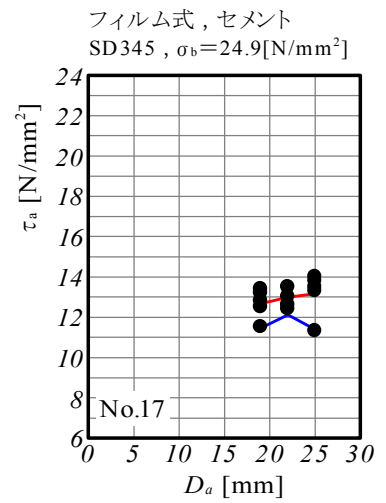
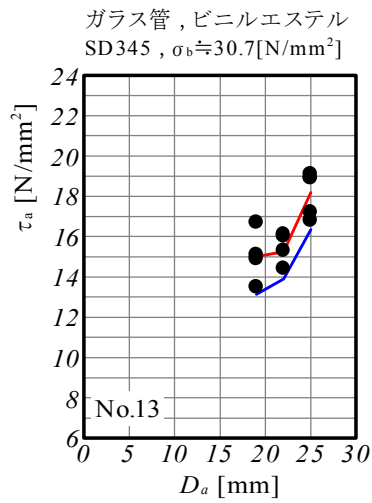
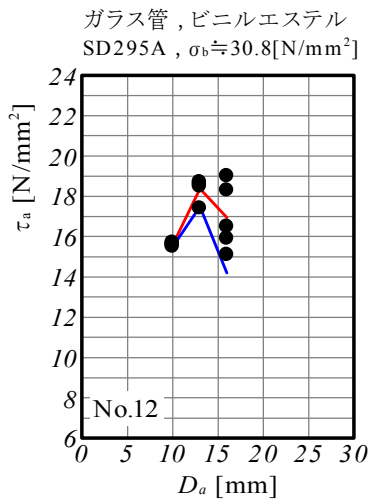
(注) 全ねじボルトでは、素材の引張試験時において明確な降伏点が得られず、「—」で表わしてある。

付表1.1.4.2 付着強度一覧（コンクリート設計基準強度を因子とした場合）

| No | 施工方式   | 接着樹脂種類     | アンカー筋 |        | コンクリート<br>圧縮強度<br>$\sigma_B$<br>[N/mm <sup>2</sup> ] | 付着強度 $\tau_a$ [N/mm <sup>2</sup> ] |          |          |                  |             | 付着強度<br>換算値[N/mm <sup>2</sup> ] |              |
|----|--------|------------|-------|--------|--|------------------------------------|----------|----------|------------------|-------------|---------------------------------|--------------|
|    |        |            | 呼び名   | 材質区分   |  | 平均                                 | 標準<br>偏差 | 変動<br>係数 | 5%下限値            |             | 降<br>伏<br>強度                    | 引<br>張<br>強度 |
|    |        |            |       |        |  |                                    |          |          | 正<br>規<br>分<br>布 | t<br>分<br>布 |                                 |              |
| 21 | 注入方式   | ウレタンメタクリル  | D19   | SD295A | 18.7   | 11.9                               | 0.87     | 0.076    | 10.2             | 9.7         | 8.8                             | 13.1         |
|    |        |            | D19   | SD295A | 29.5   | 11.6                               | 0.35     | 0.035    | 10.9             | 10.7        | 8.8                             | 13.1         |
|    |        |            | D19   | SD295A | 36.1   | 12.1                               | 0.98     | 0.083    | 10.2             | 9.6         | 8.8                             | 13.1         |
| 22 | 注入方式   | ウレタンメタクリル  | D19   | SD345  | 18.7   | 13.3                               | 0.78     | 0.060    | 11.8             | 11.3        | 9.9                             | 14.6         |
|    |        |            | D19   | SD345  | 29.5   | 13.6                               | 0.25     | 0.022    | 13.1             | 13.0        | 9.9                             | 14.6         |
|    |        |            | D19   | SD345  | 36.1   | 13.5                               | 0.77     | 0.059    | 12.0             | 11.5        | 9.9                             | 14.6         |
| 23 | ガラス管式  | エポキシアクリレート | D19   | SD345  | 21.6   | 18.4                               | 1.44     | 0.076    | 15.6             | 14.7        | 14.1                            | 20.3         |
|    |        |            | D19   | SD345  | 25.7   | 18.3                               | 1.64     | 0.088    | 15.1             | 14.1        | 14.1                            | 20.3         |
|    |        |            | D19   | SD345  | 30.7   | 18.1                               | 0.99     | 0.055    | 16.2             | 15.6        | 14.1                            | 20.3         |
| 24 | ガラス管式  | エポキシアクリレート | D19   | SD345  | 24.2   | 17.7                               | 0.59     | 0.034    | 16.5             | 16.2        | 13.6                            | 20.2         |
|    |        |            | D19   | SD345  | 29.6   | 19.6                               | 1.10     | 0.056    | 17.4             | 16.8        | 13.6                            | 20.2         |
|    |        |            | D19   | SD345  | 37.0   | 20.6                               | 0.24     | 0.010    | 20.1             | 20.0        | 13.6                            | 20.2         |
| 25 | ガラス管式  | ビニルエステル    | D13   | SD295A | 20.6   | 12.7                               | 1.06     | 0.086    | 10.6             | 10.0        | 10.8                            | 15.4         |
|    |        |            | D13   | SD295A | 37.6   | 13.1                               | 1.15     | 0.084    | 10.8             | 10.1        | 10.8                            | 15.4         |
|    |        |            | D13   | SD295A | 31.5   | 13.0                               | 0.33     | 0.023    | 12.4             | 12.2        | 10.8                            | 15.4         |
| 26 | ガラス管式  | ビニルエステル    | D13   | SD295A | 19.6   | 12.7                               | 0.61     | 0.047    | 11.5             | 11.1        | 10.6                            | 14.9         |
|    |        |            | D13   | SD295A | 26.8   | 13.6                               | 0.92     | 0.066    | 11.8             | 11.2        | 10.6                            | 14.9         |
|    |        |            | D13   | SD295A | 34.3   | 14.1                               | 0.62     | 0.042    | 12.9             | 12.5        | 10.6                            | 14.9         |
| 27 | 紙チューブ式 | セメントモルタル   | D16   | SD345  | 22.0   | 15.0                               | 0.68     | 0.047    | 13.7             | 13.3        | 11.2                            | 16.1         |
|    |        |            | D16   | SD345  | 25.1   | 15.2                               | 0.58     | 0.039    | 14.1             | 13.7        | 11.2                            | 16.1         |
|    |        |            | D16   | SD345  | 33.5   | 14.9                               | 0.68     | 0.047    | 13.6             | 13.2        | 11.2                            | 16.1         |
| 28 | ガラス管式  | セメントモルタル   | D19   | SD345  | 18.9   | 13.7                               | 0.62     | 0.044    | 12.5             | 12.1        | 13.3                            | 19.7         |
|    |        |            | D19   | SD345  | 23.5   | 14.4                               | 0.84     | 0.056    | 12.8             | 12.2        | 13.3                            | 19.7         |
|    |        |            | D19   | SD345  | 30.1   | 16.4                               | 0.42     | 0.024    | 15.6             | 15.3        | 13.3                            | 19.7         |
| 29 | ガラス管式  | セメントモルタル   | D16   | SD345  | 18.6   | 11.6                               | 0.80     | 0.069    | 10.0             | 9.5         | 13.0                            | 18.8         |
|    |        |            | D16   | SD345  | 21.8   | 12.7                               | 1.06     | 0.086    | 10.6             | 10.0        | 13.0                            | 18.8         |
|    |        |            | D16   | SD345  | 30.6   | 15.7                               | 0.79     | 0.051    | 14.2             | 13.7        | 13.0                            | 18.8         |

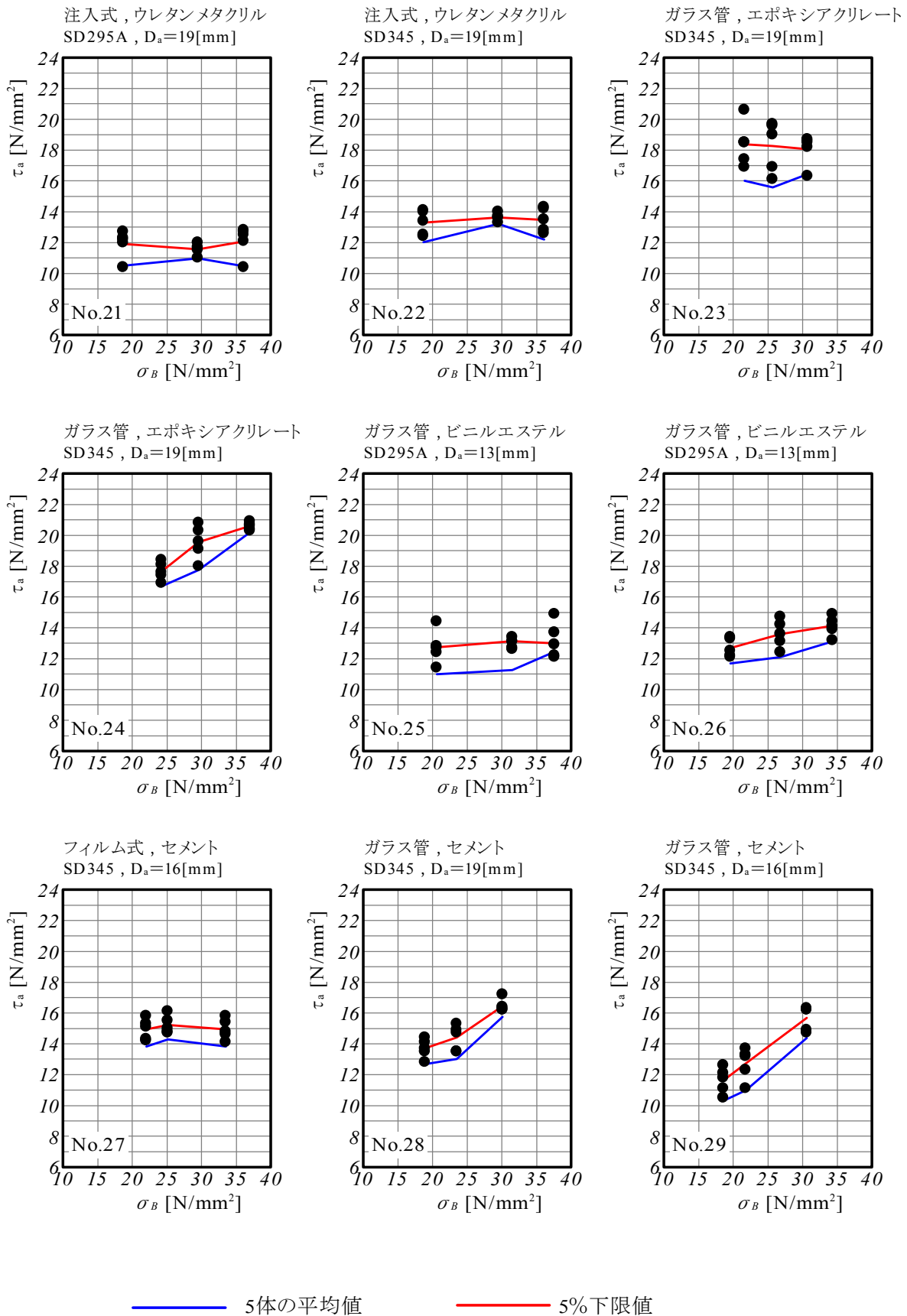


付図1.1.4.1 付着強度とアンカー筋径の関係



— 5体の平均値      — 5%下限値

付図1.1.4.2 付着強度とアンカー筋径の関係



付図 1.1.4.3 附着強度とコンクリート圧縮強度の関係



付表1.1.5.1 付着係数一覧（アンカー筋の径を因子とした場合）

| No | 施工方式          | 接着樹脂種類     | アンカー筋 |        | コンクリート<br>圧縮強度<br>$\sigma_B$<br>[N/mm <sup>2</sup> ] | 付着係数 |          |          |          |         |
|----|---------------|------------|-------|--------|--|------|----------|----------|----------|---------|
|    |               |            | 呼び名   | 材質区分   |  | 平均   | 標準<br>偏差 | 変動<br>係数 | 5%下限値    |         |
|    |               |            |       |        |  |      |          |          | 正規<br>分布 | t<br>分布 |
| 1  | フィルム<br>チューブ式 | ビニルウレタン    | D10   | SD295A | 31.2   | 12.2 | 0.34     | 0.025    | 11.5     | 11.3    |
|    |               |            | D13   | SD295A | 31.2   | 12.2 | 0.28     | 0.025    | 11.7     | 11.5    |
|    |               |            | D16   | SD295A | 31.2   | 12.6 | 0.56     | 0.048    | 11.5     | 11.2    |
| 2  | 注入方式          | ウレタンメタクリル  | D10   | SD295A | 29.1   | 8.7  | 0.18     | 0.023    | 8.3      | 8.2     |
|    |               |            | D13   | SD295A | 29.1   | 10.2 | 0.17     | 0.020    | 9.9      | 9.8     |
|    |               |            | D16   | SD295A | 29.5   | 9.5  | 0.74     | 0.074    | 8.0      | 7.6     |
| 3  | 注入方式          | ウレタンメタクリル  | D10   | SD295A | 29.8   | 13.8 | 0.47     | 0.036    | 12.9     | 12.6    |
|    |               |            | D13   | SD295A | 30.8   | 13.0 | 0.40     | 0.031    | 12.2     | 12.0    |
|    |               |            | D16   | SD295A | 30.8   | 15.4 | 0.51     | 0.032    | 14.4     | 14.1    |
| 4  | 注入方式          | ウレタンメタクリル  | D19   | SD345  | 30.8   | 16.2 | 1.53     | 0.093    | 13.2     | 12.3    |
|    |               |            | D22   | SD345  | 30.8   | 17.3 | 0.79     | 0.046    | 15.8     | 15.3    |
|    |               |            | D25   | SD345  | 30.8   | 16.6 | 0.97     | 0.060    | 14.7     | 14.1    |
| 5  | ガラス管式         | エポキシアクリレート | D19   | SD345  | 29.6   | 16.5 | 0.93     | 0.055    | 14.7     | 14.1    |
|    |               |            | D22   | SD345  | 29.8   | 16.6 | 0.51     | 0.030    | 15.6     | 15.3    |
|    |               |            | D25   | SD345  | 28.6   | 15.0 | 0.97     | 0.067    | 13.1     | 12.5    |
| 6  | 注入方式          | ビニルエステル    | D19   | SD345  | 22.6   | 14.0 | 0.57     | 0.043    | 12.9     | 12.5    |
|    |               |            | D22   | SD345  | 21.1   | 11.2 | 2.14     | 0.188    | 7.0      | 5.7     |
|    |               |            | D25   | SD345  | 22.2   | 9.2  | 1.38     | 0.152    | 6.5      | 5.7     |
| 7  | 注入方式          | ビニルエステル    | M10   | SNB7   | 25.3   | 15.9 | 0.63     | 0.038    | 14.7     | 14.3    |
|    |               |            | M12   | SNB7   | 21.7   | 14.5 | 0.93     | 0.062    | 12.7     | 12.1    |
|    |               |            | M16   | SNB7   | 21.9   | 13.2 | 0.95     | 0.076    | 11.3     | 10.8    |
| 8  | 注入方式          | ビニルエステル    | M20   | SNB7   | 21.9   | 11.3 | 1.23     | 0.106    | 8.9      | 8.1     |
|    |               |            | M22   | SNB7   | 21.7   | 11.3 | 0.22     | 0.018    | 10.9     | 10.7    |
|    |               |            | M24   | SNB7   | 25.3   | 11.0 | 1.38     | 0.127    | 8.3      | 7.5     |
| 11 | ガラス管式         | ビニルエステル    | D10   | SD295A | 31.5   | 9.5  | 0.86     | 0.095    | 7.8      | 7.3     |
|    |               |            | D13   | SD295A | 31.5   | 10.6 | 0.27     | 0.028    | 10.1     | 9.9     |
|    |               |            | D16   | SD295A | 31.8   | 9.9  | 0.54     | 0.051    | 8.8      | 8.5     |
| 12 | ガラス管式         | ビニルエステル    | D10   | SD295A | 30.9   | 12.9 | 0.05     | 0.008    | 12.8     | 12.8    |
|    |               |            | D13   | SD295A | 29.8   | 15.4 | 0.45     | 0.032    | 14.5     | 14.2    |
|    |               |            | D16   | SD295A | 31.7   | 13.8 | 1.36     | 0.101    | 11.1     | 10.3    |
| 13 | ガラス管式         | ビニルエステル    | D19   | SD345  | 31.2   | 12.3 | 0.93     | 0.073    | 10.5     | 9.9     |
|    |               |            | D22   | SD345  | 31.2   | 12.5 | 0.68     | 0.056    | 11.2     | 10.8    |
|    |               |            | D25   | SD345  | 29.8   | 15.3 | 0.94     | 0.059    | 13.5     | 12.9    |
| 17 | 紙チューブ式        | セメントモルタル   | D19   | SD345  | 25.4   | 11.5 | 0.67     | 0.061    | 10.2     | 9.8     |
|    |               |            | D22   | SD345  | 25.1   | 11.9 | 0.48     | 0.042    | 11.0     | 10.7    |
|    |               |            | D25   | SD345  | 24.1   | 12.3 | 1.01     | 0.081    | 10.3     | 9.7     |
| 18 | ガラス管式         | セメントモルタル   | D19   | SD345  | 18.2   | 13.3 | 0.47     | 0.038    | 12.4     | 12.1    |
|    |               |            | D22   | SD345  | 18.2   | 13.4 | 0.68     | 0.052    | 12.1     | 11.7    |
|    |               |            | D25   | SD345  | 18.2   | 12.2 | 0.70     | 0.057    | 10.8     | 10.4    |
| 19 | ガラス管式         | セメントモルタル   | D10   | SD345  | 30.3   | 9.2  | 0.23     | 0.022    | 8.7      | 8.6     |
|    |               |            | D13   | SD345  | 30.3   | 10.8 | 0.36     | 0.037    | 10.1     | 9.9     |
|    |               |            | D16   | SD345  | 30.3   | 9.6  | 0.58     | 0.063    | 8.5      | 8.1     |
| 20 | ガラス管式         | セメントモルタル   | D19   | SD345  | 30.8   | 10.6 | 0.32     | 0.028    | 10.0     | 9.8     |
|    |               |            | D22   | SD345  | 30.8   | 10.6 | 0.35     | 0.038    | 9.9      | 9.7     |
|    |               |            | D25   | SD345  | 30.8   | 10.6 | 0.35     | 0.038    | 9.9      | 9.7     |

付表1.1.5.2 付着係数一覧（コンクリート設計基準強度を因子とした場合）

| No | 施工方式   | 接着樹脂種類     | アンカー筋 |        | コンクリート<br>圧縮強度<br>$\sigma_B$<br>[N/mm <sup>2</sup> ] | 付着係数 |          |          |          |         |
|----|--------|------------|-------|--------|--|------|----------|----------|----------|---------|
|    |        |            | 呼び名   | 材質区分   |  | 平均   | 標準<br>偏差 | 変動<br>係数 | 5%下限値    |         |
|    |        |            |       |        |  |      |          |          | 正規<br>分布 | t<br>分布 |
| 21 | 注入方式   | ウレタンメタクリル  | D19   | SD295A | 18.7   | 12.6 | 0.92     | 0.071    | 10.8     | 10.2    |
|    |        |            | D19   | SD295A | 29.5   | 9.7  | 0.30     | 0.031    | 9.1      | 8.9     |
|    |        |            | D19   | SD295A | 36.1   | 9.2  | 0.75     | 0.087    | 7.7      | 7.3     |
| 22 | 注入方式   | ウレタンメタクリル  | D19   | SD345  | 18.7   | 14.1 | 0.82     | 0.057    | 12.5     | 12.0    |
|    |        |            | D19   | SD345  | 29.5   | 11.5 | 0.21     | 0.017    | 11.1     | 11.0    |
|    |        |            | D19   | SD345  | 36.1   | 10.3 | 0.59     | 0.058    | 9.1      | 8.8     |
| 23 | ガラス管式  | エポキシアクリレート | D19   | SD345  | 21.6   | 18.1 | 1.42     | 0.077    | 15.3     | 14.4    |
|    |        |            | D19   | SD345  | 25.7   | 16.5 | 1.48     | 0.091    | 13.6     | 12.7    |
|    |        |            | D19   | SD345  | 30.7   | 14.9 | 0.81     | 0.054    | 13.3     | 12.8    |
| 24 | ガラス管式  | エポキシアクリレート | D19   | SD345  | 24.2   | 16.5 | 0.55     | 0.036    | 15.4     | 15.1    |
|    |        |            | D19   | SD345  | 29.6   | 16.5 | 0.93     | 0.055    | 14.7     | 14.1    |
|    |        |            | D19   | SD345  | 37.0   | 15.5 | 0.18     | 0.013    | 15.1     | 15.0    |
| 25 | ガラス管式  | ビニルエステル    | D13   | SD295A | 20.6   | 12.9 | 1.07     | 0.085    | 10.8     | 10.1    |
|    |        |            | D13   | SD295A | 37.6   | 9.8  | 0.86     | 0.092    | 8.1      | 7.6     |
|    |        |            | D13   | SD295A | 31.5   | 10.6 | 0.27     | 0.028    | 10.1     | 9.9     |
| 26 | ガラス管式  | ビニルエステル    | D13   | SD295A | 19.6   | 13.1 | 0.63     | 0.046    | 11.9     | 11.5    |
|    |        |            | D13   | SD295A | 26.8   | 12.0 | 0.81     | 0.067    | 10.4     | 9.9     |
|    |        |            | D13   | SD295A | 34.3   | 11.1 | 0.49     | 0.045    | 10.1     | 9.8     |
| 27 | 紙チューブ式 | セメントモルタル   | D16   | SD345  | 22.0   | 14.6 | 0.67     | 0.048    | 13.3     | 12.9    |
|    |        |            | D16   | SD345  | 25.1   | 13.9 | 0.53     | 0.036    | 12.9     | 12.5    |
|    |        |            | D16   | SD345  | 33.5   | 11.8 | 0.54     | 0.042    | 10.7     | 10.4    |
| 28 | ガラス管式  | セメントモルタル   | D19   | SD345  | 18.9   | 14.4 | 0.65     | 0.049    | 13.1     | 12.7    |
|    |        |            | D19   | SD345  | 23.5   | 13.6 | 0.79     | 0.059    | 12.1     | 11.6    |
|    |        |            | D19   | SD345  | 30.1   | 13.7 | 0.35     | 0.029    | 13.0     | 12.8    |
| 29 | ガラス管式  | セメントモルタル   | D16   | SD345  | 18.6   | 12.3 | 0.85     | 0.073    | 10.6     | 10.1    |
|    |        |            | D16   | SD345  | 21.8   | 12.5 | 1.04     | 0.080    | 10.5     | 9.8     |
|    |        |            | D16   | SD345  | 30.6   | 13.0 | 0.66     | 0.054    | 11.7     | 11.3    |

## 付録1.2 一面せん断実験から得られたせん断強度の分析

### (1)はじめに

接着系あと施工アンカー（ただし、へりあき寸法及びはしあき寸法並びにアンカーピッチの影響を受けない単体アンカー）を対象に実施した一面せん断実験結果をもとに、せん断強度を分析した。ここでの試験体対象は、アンカー筋に異形鉄筋を用いた場合のみを取り上げている。

せん断強度の分析にあたっては、せん断強度とパラメータ因子（コンクリート圧縮強度、鉄筋径、鉄筋降伏強度）の関係を調べるが、文献3)ではこれらの因子を組み合わせて表現されたダウエル効果及び純せん断効果による力学的因子が用いられている。ゆえに、本分析においても文献3)と同様な観点で検証を進めるが、文献3)での検証は固着剤の違いがせん断強度に与える影響については深く言及されていない。そこで、本検証では、同文献データの再検証と新たに追加したデータを含め、固着剤の違いがせん断強度に及ぼす影響について調べた。

### (2)実験概要

#### (2.1) 母材コンクリート

既存鉄筋コンクリート部材を想定したコンクリート母材は、原則、厚さ300～450mm、幅2000～2500mm、長さ3000～3500mmによるコンクリート版を用いた。その際、下端50～100mmの位置に格子鉄筋（D10@250）を設けたほかは鉄筋を配していない。

#### (2.2) 接着系アンカーの種類

固着剤は、有機系と無機系の2種類を取り上げている。主剤は、有機系が不飽和ポリエステル、エポキシ、エポキシアクリレート、ビニルエステルによる4種類、無機系がセメントモルタルによる1種類である。

固着剤の充填方法は、カプセル方式がガラス管式及び紙チューブ式の2種類、注入方式がカートリッジ型の1種類による合計3種類である。なお、カプセル方式におけるアンカー筋の施工方式は、回転打撃及び打込み式の2種類となっている。コンクリート母材への穿孔は、いずれもハンマードリルとなっている。

使用したアンカー筋は異形鉄筋であり、ガラス管式及び紙チューブ式に限り先端45度カットしたアンカー筋を使用し、その場合の埋め込み深さ（ $L_e$ ）は、穿孔深さからアンカー筋径（以下、呼び名の径： $D_a$ とする）を差し引いた値とした。なお、アンカー筋の打設はいずれも下向き施工となっており、上記コンクリート版の端部から250mmの位置に打設し、短辺又は長辺方向1列に配置されている。

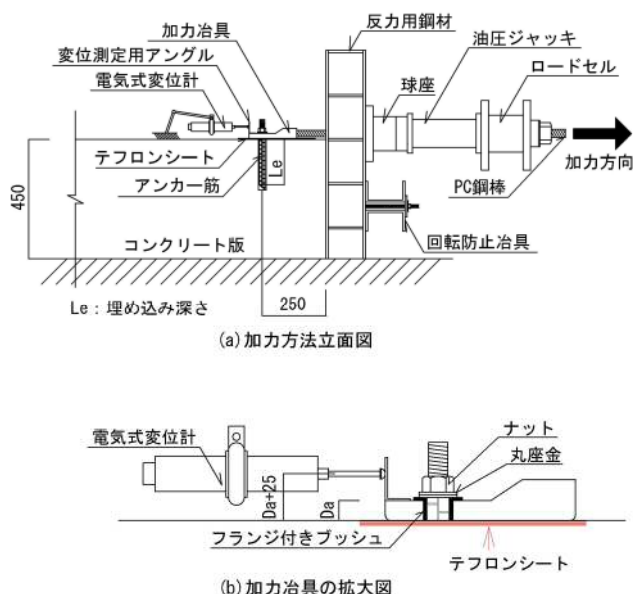
#### (2.3) 実験方法

付図1.2.1及び付写真1.2.1に実験方法を示す。実験は、文献4)の方法に準じて行った単体アンカーの一面せん断実験である。具体的には、加力部の厚さをアンカー筋径（ $1D_a$ ）とした加力治具内にフランジ付きブッシュを設置し、アンカー筋直角方向にせん断力を加えた。アンカー筋の最外径に対するブッシュとの隙間は1mm程度である。また、コンクリート面と加力治具間にはテフロンシート（厚さ0.1mm～0.3mm）を設置し、適宜グリースも添付し摩擦を除去した。更に、加力治具の底面両端部はR10の面取加工を施している。

加力装置は、反力用鋼材、球座、油圧ジャッキ、ロードセルを用いて構成した。反力用鋼材は、コンクリート版側面に緊結することで自立させ载荷中の回転を防止（更に斜材も設けた）させた。

アンカー筋の水平変位は、加力治具に電気式変位計（容量：50mm）を2本並列して設置し、その平均値をせん断滑り変位（ $\delta_s$ ）としている。

材料性状として、コンクリート圧縮強度はJIS A 1108「圧縮試験方法」による円柱供試体（ $\phi 100 \times 200\text{mm}$ ）3体の平均値とし、圧縮試験は実験日ごとに実施した。アンカー筋の降伏強度及び引張強度に関わる機械的性質はアンカー筋と同一ロットによる鉄筋又はボルトについてJIS Z 2241「金属材料引張試験方法」から求めた3体の平均値とした。



付図 1.2.1 実験方法

付写真1.2.1 実験方法

### (3)データベースの作成

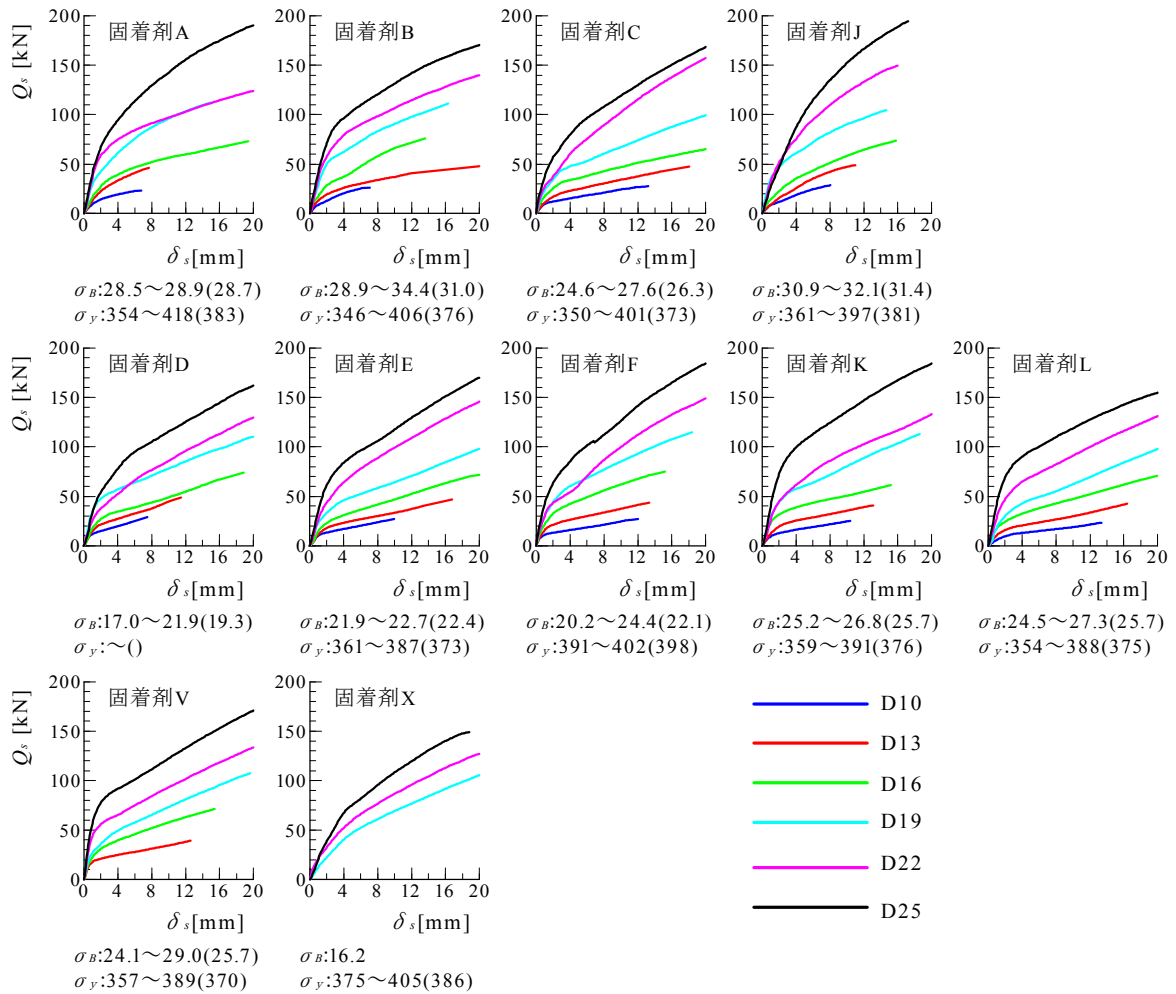
固着剤以外の力学的因子に関わる変動要因は、コンクリート設計基準強度が同一条件のもと鉄筋径を変数としたもの（6種類：D10, D13, D16, D19, D22, D25）、鉄筋径が同一条件のもとコンクリート設計基準強度を変数としたもの（3種類：Fc21, F30, F36 もしくは Fc18, Fc24, Fc30 など）がある。なお、鉄筋径においては、D10, D13, D16 を細径、D19, D22, D25 を太径に細分類する。ここで、試験数は同一条件の試験体に対して5体ずつを実施している。

付表1.2.1は、試験体一覧であるが、固着剤記号として A～X で分類している。表において、シリーズ1～シリーズ3 は鉄筋径を変数とした試験体である。具体的には、シリーズ1 及びシリーズ2 は、固着剤が有機系で充填方式がそれぞれガラス管式及び注入方式となっている。シリーズ3 は、固着剤が無機系であるが、紙チューブ式及びガラス管式による2種類の充填方式となっている。シリーズ4 及びシリーズ5 は、コンクリート設計基準強度を変数としたものでありそれぞれ固着剤が有機系及び無機系の2種類が含まれている。なお、文献3)では、記号A～Fの他に有効埋込み長さなどを変えた総計300体を取り上げているが、本検証では鉄筋径を変数としたデータ群6種類（記号A～Fによる180体）及びコンクリート設計基準強度を変数としたデータ群3種類（記号G, Hによる90体）による240体を取り上げている。その他、鉄筋径を変数としたデータ群にある記号J, K, L及びコンクリート設計基準強度を変数としたデータ群にある記号V, W, Xは、本検証にて新たに追加したデータである。

付図 1.2.2.1 及び付図 1.2.2.2 は、せん断力とせん断滑り変位の関係であり、それぞれ同一条件 5 体実施した値の平均値で図示した。ここで、平均値とは、せん断滑り変位 ( $\delta_s$ ) 0.1mm ごとのせん断力を読み取り、その平均を求めた値であるが、同一条件の試験体でも最大耐力時の変位は各々異なる値を採りうるので、平均は 5 体で割れるまで (5 体とも破壊していない状態まで) としている。

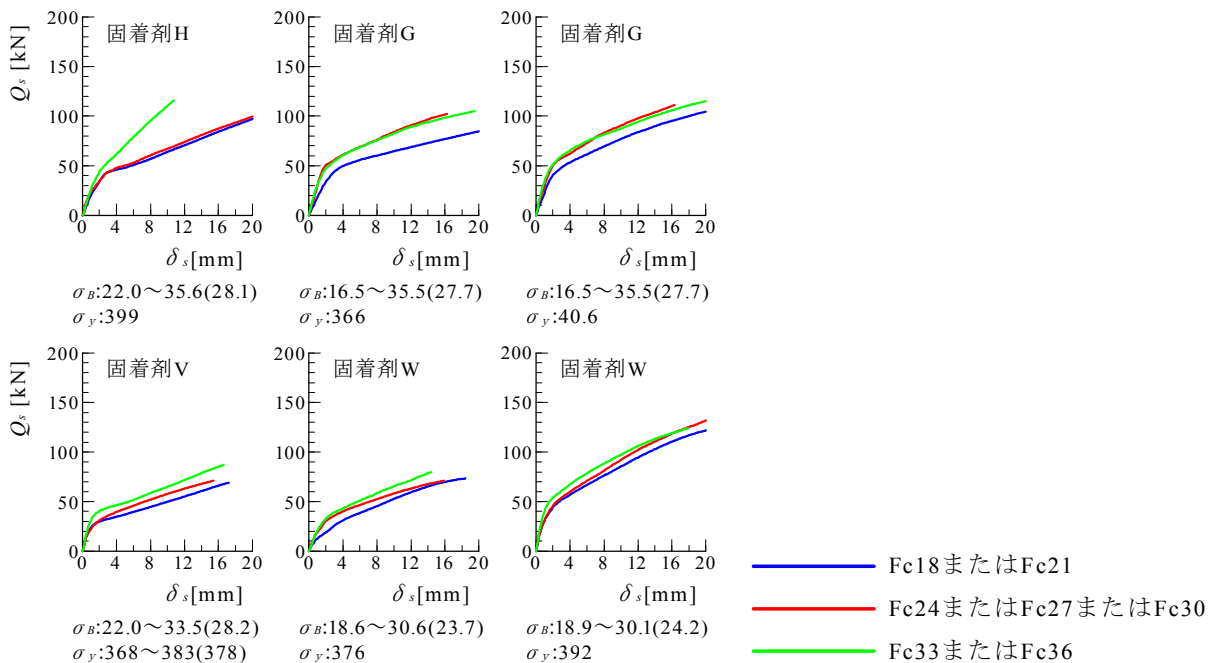
付表1.2.1 試験体一覧

| シリーズ<br>No | 鉄筋径の分類 | 固着剤 |            |                   | アンカー筋           |                  |                  | コンクリート<br>設計基準強度<br>Fc<br>[N/mm <sup>2</sup> ] |
|------------|--------|-----|------------|-------------------|-----------------|------------------|------------------|--|
|            |        | 記号  | 主剤         | 施工方法              | 径<br>Da<br>[mm] | 材質               | Le/Da            |  |
| 1          | 細径     | A   | ポリエステル     | 回転打撃併用型<br>ガラス管式  | 10,13,16        | SD295A           | 8                | 30   |
|            |        | B   | エポキシ       |                   |                 |                  |                  |  |
|            |        | C   | エポキシアクリレート |                   |                 |                  |                  |  |
|            |        | J   | ビニルエステル    |                   |                 |                  | 9                |  |
|            | 太径     | A   | ポリエステル     |                   | 19,22,25        | SD345            | 7                | 30   |
|            |        | B   | エポキシ       |                   |                 |                  |                  |  |
|            |        | C   | エポキシアクリレート |                   |                 |                  |                  |  |
|            |        | J   | ビニルエステル    |                   |                 |                  | 9                |  |
| 2          | 細径     | D   | エポキシ       | 注入方式<br>カートリッジ型   | 10,13,16        | SD345            | 10               | 21   |
|            |        | E   | エポキシアクリレート |                   |                 |                  |                  |  |
|            |        | F   | エポキシ       |                   |                 |                  |                  |  |
|            |        | K   | エポキシ       |                   |                 |                  |                  |  |
|            |        | L   | エポキシアクリレート |                   |                 |                  | 7                |  |
|            | 太径     | D   | エポキシ       |                   | 19,22,25        | SD345            | 10               | 21   |
|            |        | E   | エポキシアクリレート |                   |                 |                  |                  |  |
|            |        | F   | エポキシ       |                   |                 |                  |                  |  |
|            |        | K   | エポキシ       |                   |                 |                  |                  |  |
|            |        | L   | エポキシアクリレート |                   |                 |                  | 7                |  |
| 3          | 太径     | V   | セメントモルタル   | 回転打撃併用型<br>紙フィルム式 | 19,22,25        | SD345            | 10               | 27   |
|            |        | X   | セメントモルタル   |                   |                 |                  | 回転打撃併用型<br>ガラス管式 | 8  |
| 4          | 太径     | G   | エポキシ       | 注入方式<br>カートリッジ型   | 19              | SD295A           | 7                | 18,30,36                                       |
|            |        | G   |            |                   |                 | SD345            |                  |  |
|            |        | H   | エポキシアクリレート |                   |                 | 回転打撃併用型<br>ガラス管式 |                  |  |
| 5          | 細径     | V   | セメントモルタル   | 回転打撃併用型<br>紙フィルム式 | 16              | SD345            | 10               | 21,27,33                                       |
|            |        | W   | セメントモルタル   | 回転打撃併用型<br>ガラス管式  | 16              |                  | 8                | 18,24,33                                       |
|            | 太径     | W   | セメントモルタル   |                   | 19              |                  | 8                |  |



付図 1.2.2.1 せん断力とせん断滑り変位の関係

(アンカー筋径を因子とした場合：シリーズ1～シリーズ3)



付図1.2.2.2 せん断力とせん断滑り変位の関係

(コンクリート設計基準強度を因子とした場合：シリーズ4及びシリーズ5)

(4)せん断強度の分析

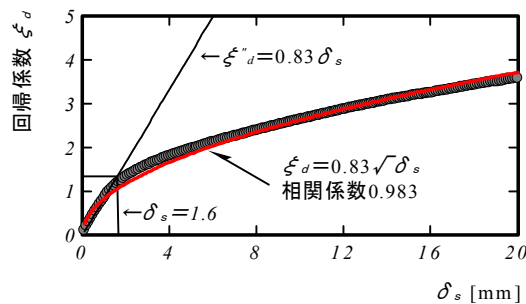
文献3)では、せん断滑り変位 0.1mm ごとのせん断力 ( $eQ_{si}$ ) を読み取り、 $eQ_{si}$  と力学的因子との関係を調べた。力学的因子としては、プレキャスト鉄筋コンクリート造接合部のせん断伝達機構の中で知られている鉄筋のダウエル効果 ( $A_a\sqrt{\sigma_y \cdot \sigma_b}$ ) と、Von Mises の降伏条件で知られる純せん断効果 ( $A_a \cdot \sigma_y$ ) による2つを取り上げ、次式で示すようにせん断力  $eQ_{si}$  と力学的因子の間で得られる回帰係数 ( $\xi_d$  及び  $\xi_t$ ) を滑り変位 0.1mm ごとに求めている。

$$Q_d = \xi_d \cdot A_a \sqrt{\sigma_y \cdot \sigma_b} \tag{1}$$

$$Q_t = \xi_t \cdot A_a \cdot \sigma_y \tag{2}$$

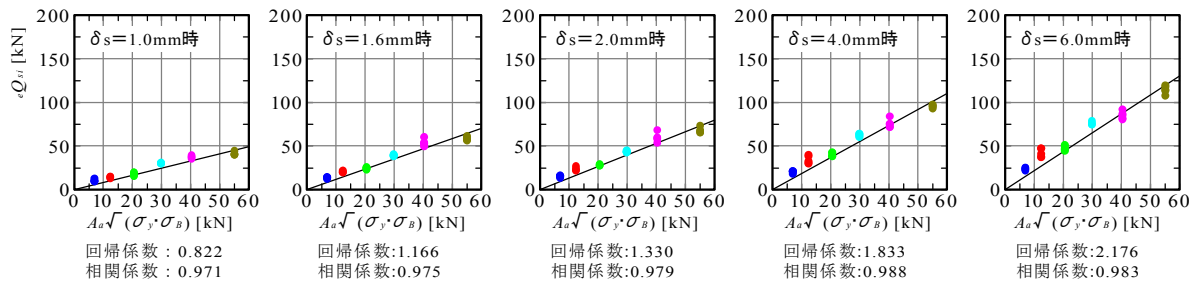
本検証では、そのうちのダウエル効果に着目するが、付図 1.2.3 は文献 3)にて示した回帰分析により得られた  $\xi_d$  とせん断滑り変位の関係である。さらに、図の関係から  $\xi_d$  と  $\delta_s$  の関係の定式化により式(3)が得られている。同式を用いることで、コンクリート圧縮強度、鉄筋径及びその降伏強度が既知となれば任意のせん断滑り変位時のせん断力を求めることができる。なお、図において、 $\xi_d$  と  $\delta_s$  の関係は  $\delta_s \approx 1.6\text{mm}$  前後までは一次式で表わされ、それ以降は緩やかな曲線を描いていたことから弾性限界点として  $\delta_s = 1.6\text{mm}$  を与えている。

$${}_c Q_d = (0.83\sqrt{\delta_s}) \cdot A_a \sqrt{\sigma_y \cdot \sigma_b} \tag{3}$$

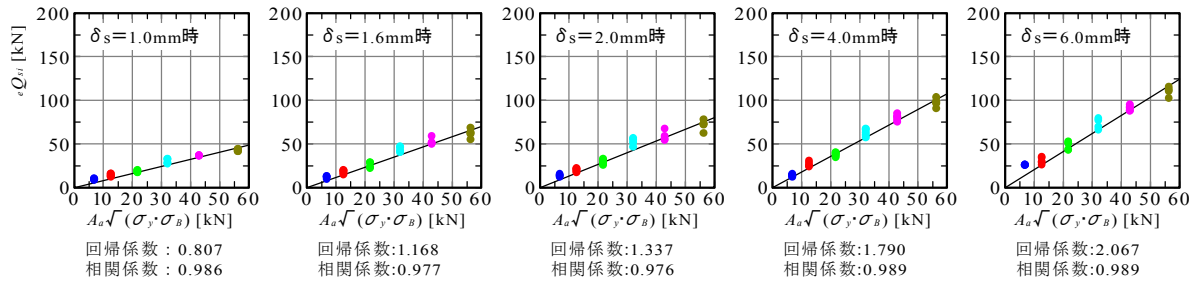


付図1.2.3 回帰係数  $\xi_d$  とせん断滑り変位  $\delta_s$  の関係

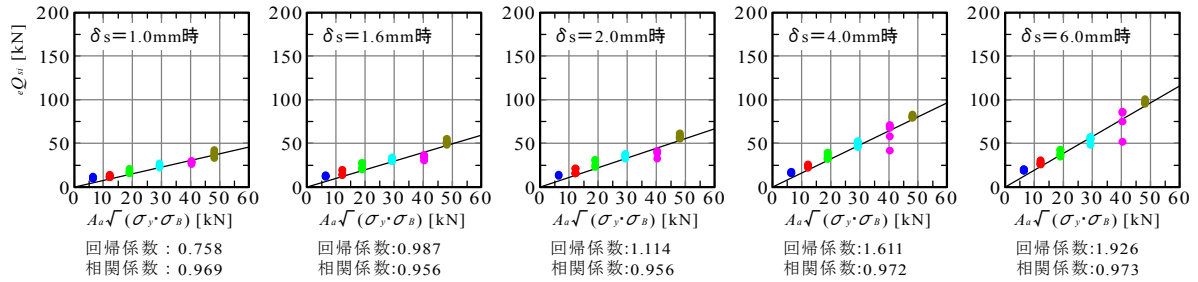
他方、前述したように、文献3)での検証は固着剤の違いについては詳細に検証されていない。これを踏まえて、代表的なせん断滑り変位として、1.0mm、1.6mm、2.0mm、4.0mm 及び 6.0mm 時のせん断力を取り上げ、固着剤ごとに調べたダウエル効果との関係で図示したものが付図1.2.4.1～付図1.2.4.5である。各図において、固着剤の違いに関わらずせん断力とダウエル効果は線形関係にあり、相関係数も比較的高い値が得られている。したがって、固着剤の違いに関わらずせん断力はダウエル効果で把握可能といえる。



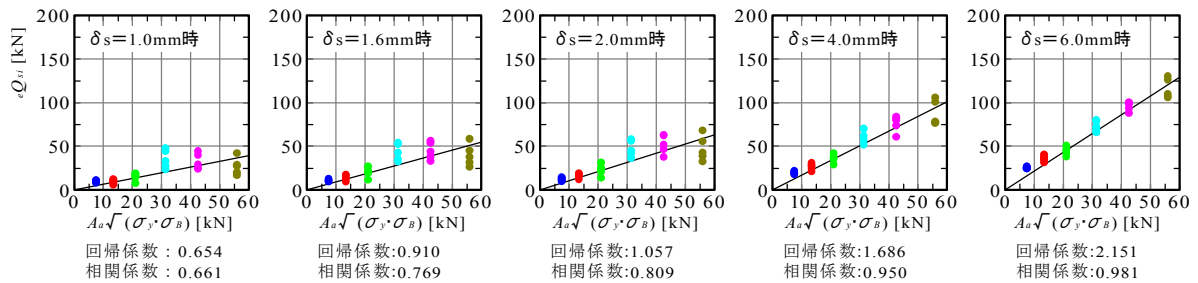
(a) 固着剤 : A



(b) 固着剤B



(c) 固着剤C

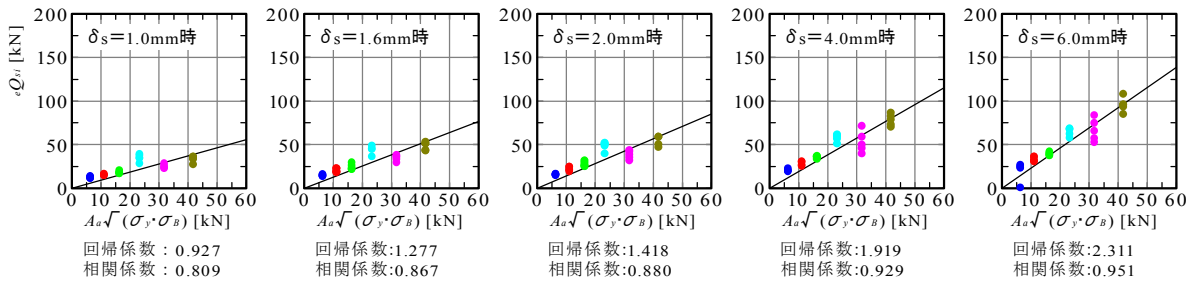


(d) 固着剤J

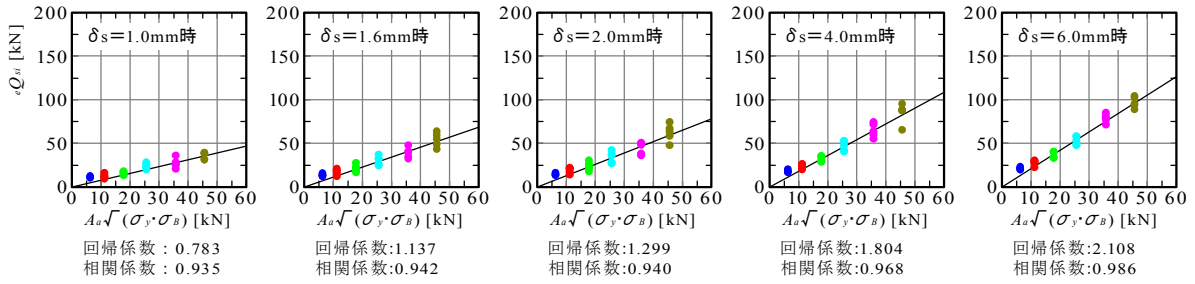
● : D10, ● : D13, ● : D16, ● : D19, ● : D22, ● : D25

付図1.2.4.1 特定変位時のせん断力とダウエル効果の関係 (シリーズ1)

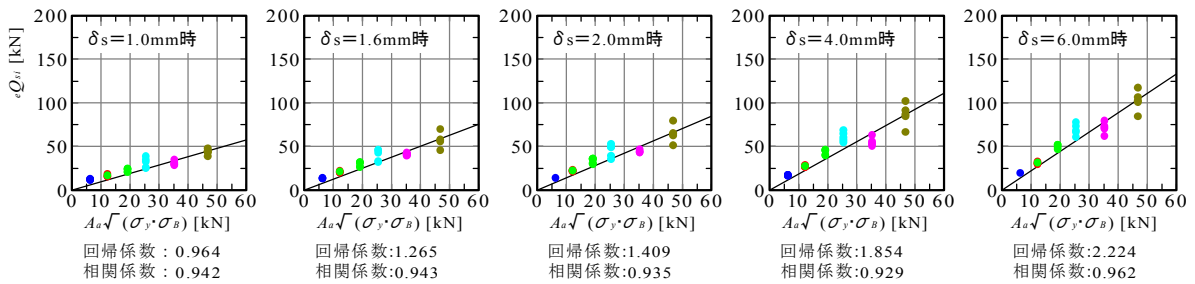




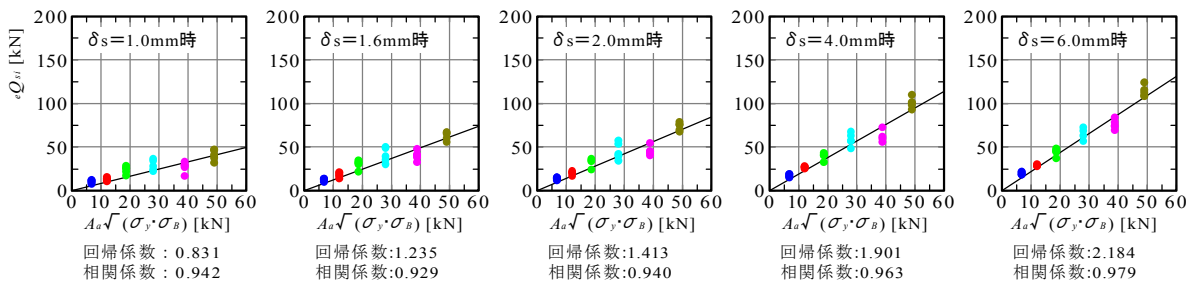
(e)固着剤:D



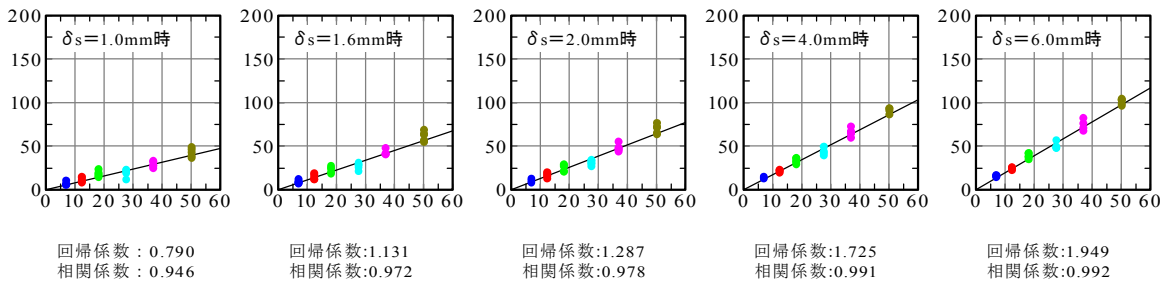
(f)固着剤:E



(g)固着剤:F



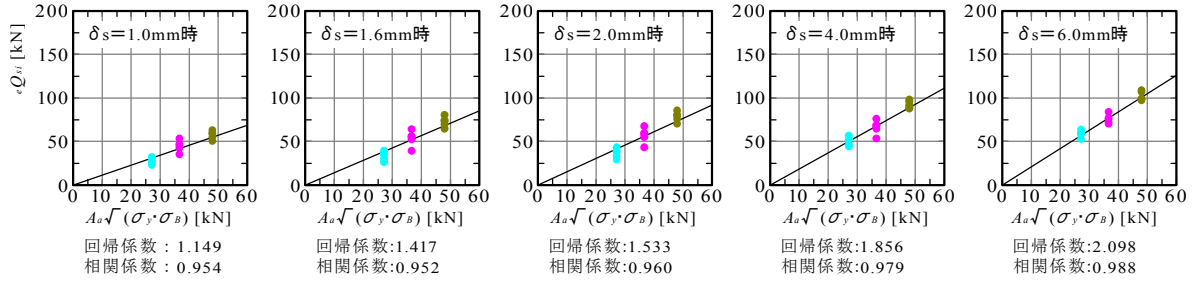
(h)固着剤:K



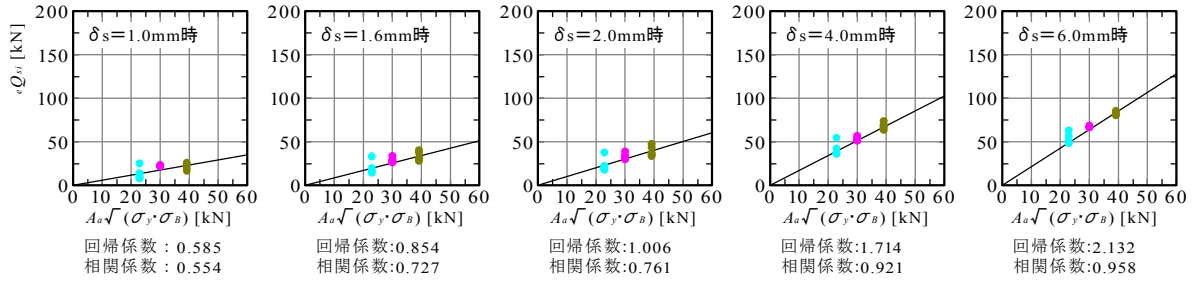
(i)固着剤:L

● : D10, ● : D13, ● : D16, ● : D19, ● : D22, ● : D25

付図1.2.4.2 特定変位時のせん断力とダウエル効果の関係 (シリーズ2)



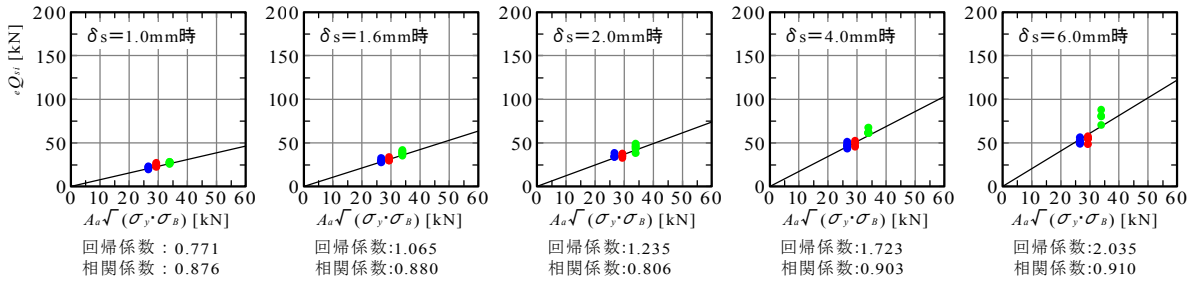
(j)固着剤:V



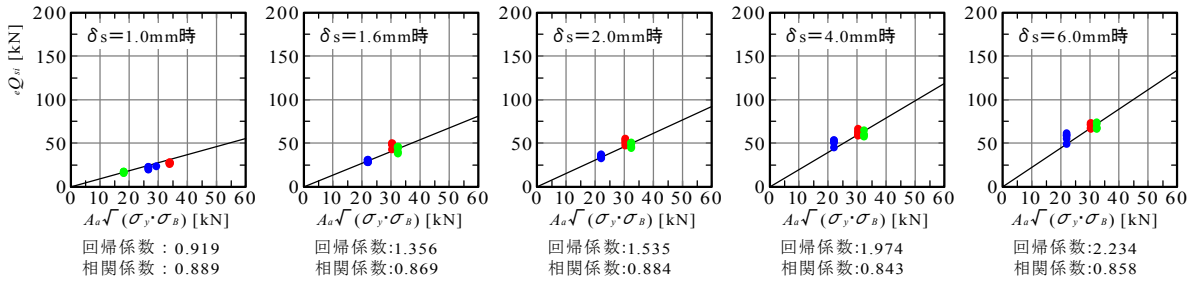
(j)固着剤:X

● : D10, ● : D13, ● : D16, ● : D19, ● : D22, ● : D25

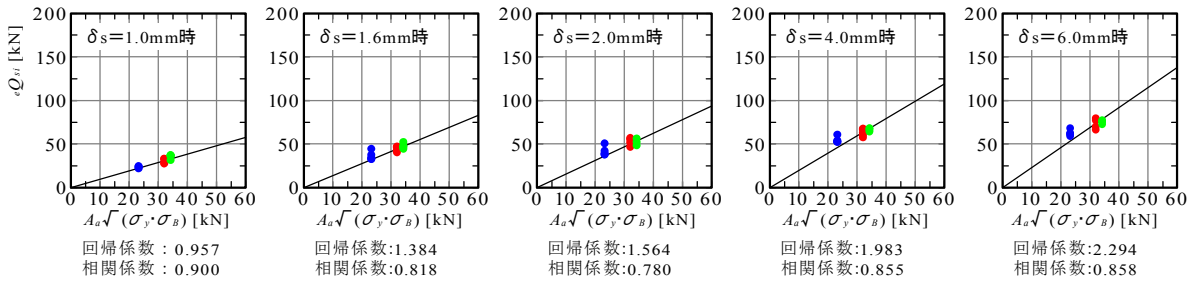
付図1.2.4.3 特定変位時のせん断力とダウエル効果の関係 (シリーズ3)



(a)固着剤:H



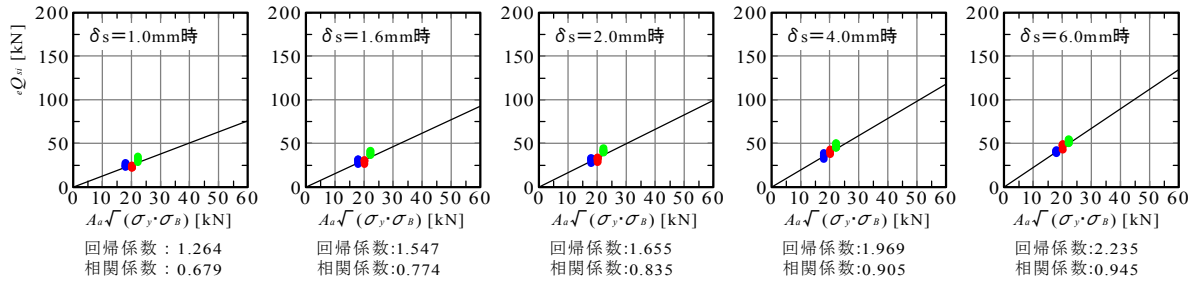
(b)固着剤:G



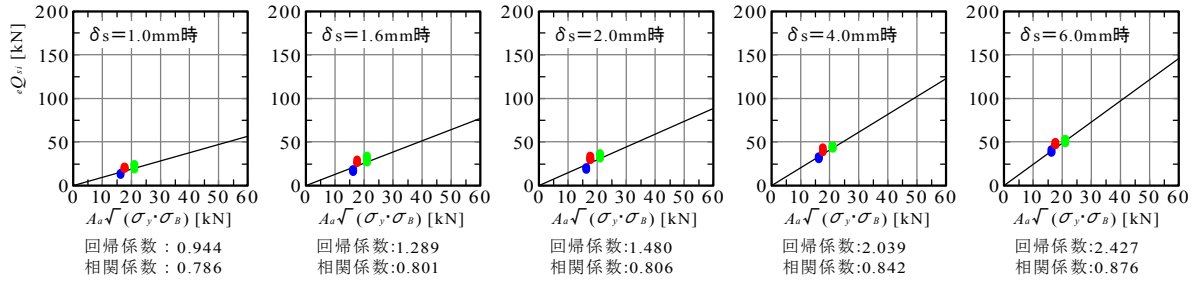
(c)固着剤:G

● : D10, ● : D13, ● : D16, ● : D19, ● : D22, ● : D25

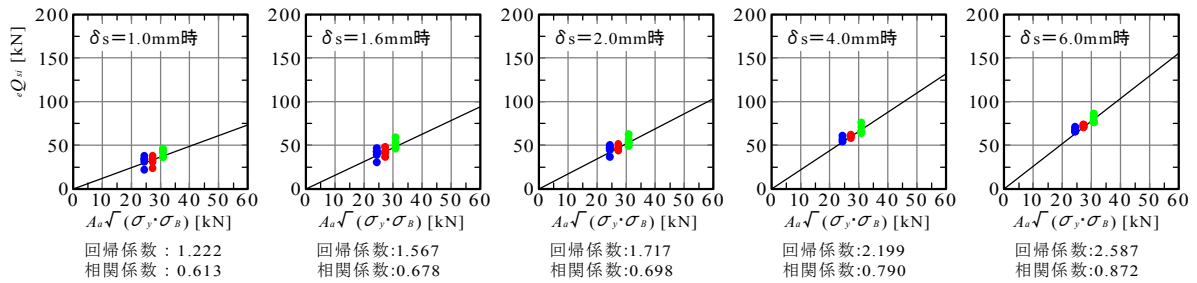
付図1.2.4.4 特定変位時のせん断力とダウエル効果の関係 (シリーズ4)



(a)固着剤：V



(b)固着剤：W

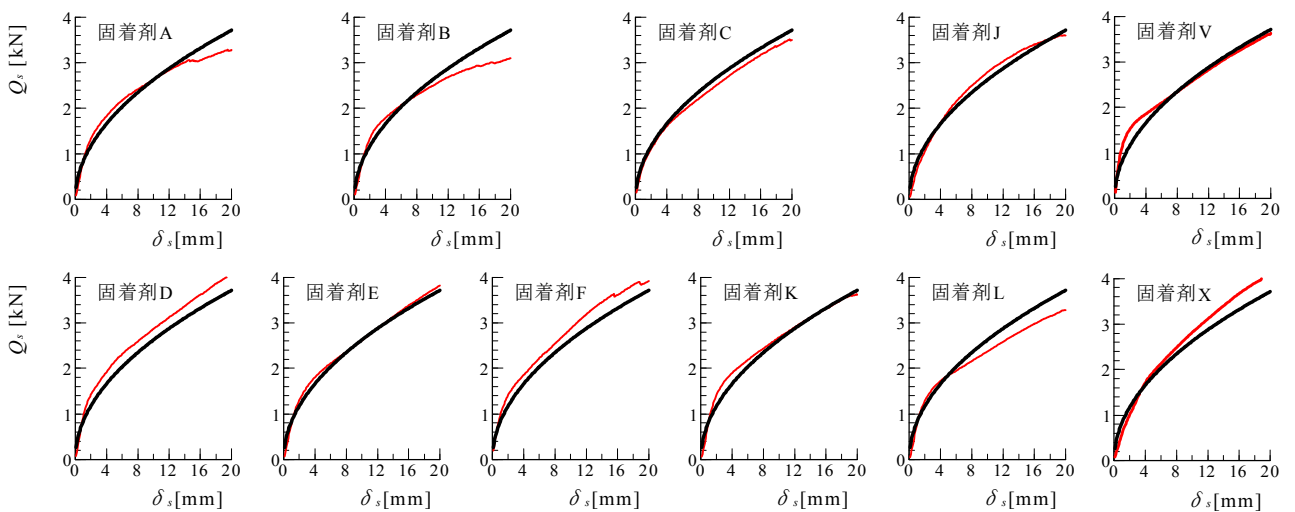


(c)固着剤：X

●：Fc18 または Fc21, ●：Fc24 または Fc27 または Fc30, ●：Fc33 または Fc36

付図1.2.4.5 特定変位時のせん断力とダウエル効果の関係 (シリーズ5)

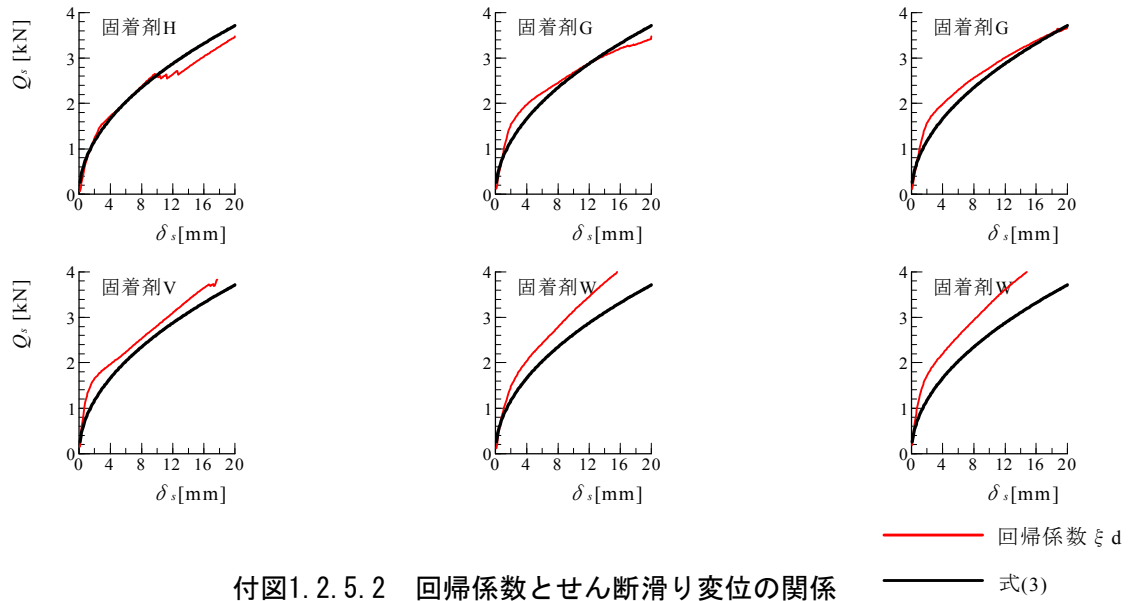
ついで、0.1mm ごとのせん断力とダウエル効果の間で得られる回帰係数  $\xi_d$  とせん断滑り変位の関係で図示したものが付図1.2.5.1及び付図1.2.5.2である。図中には、式(3)による計算値も黒実線で示してある。図より、多少のばらつきがあるが、固着剤の違いによらずせん断力は概ね式(3)で推定できることが確認できた。



付図1.2.5.1 回帰係数とせん断滑り変位の関係

(アンカー筋径を因子とした場合：シリーズ1～シリーズ3)

— 回帰係数  $\xi_d$   
— 式(3)



**付図1.2.5.2 回帰係数とせん断滑り変位の関係**  
 (コンクリート設計基準強度を因子とした場合：シリーズ4及びシリーズ5)

文献1) 日本建築防災協会：2001年改訂版 既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準及び耐震改修設計指針・同解説，2001

文献2) 伊藤嘉則，守屋嘉晃，上山耕平，他3名：接着系あと施工アンカーの引き抜き耐力に及ぼす各影響因子に関する研究（その2），日本建築学会大会学術講演梗概集 C-2 構造IV，pp71～76，2002

文献3) 伊藤嘉則，槇谷榮次，中野克彦，他：接着系あと施工アンカーのせん断力とせん断滑り変位関係の実験的評価，構造工学論文集，Vol.59B，pp.1～13，2013.3

文献4) 日本建築あと施工アンカー協会：あと施工アンカー標準試験方法（案）・同解説，1997

## 付録 2 海外の規定および文献の紹介

### 付録 2.1 European Technical Approval Guidelines (ETAGs)

European Organization of Technical Association (以降, EOTA)は, コンクリートに使用する金属製のアンカーに関する各種基準として, ETAG-001 “Metal Anchors for use in Concrete”を制定している<sup>1)</sup>。  
ETAG-001 は表に示す全 6 パート+付録 5 パートで構成される。

付表 2.1.1 ETAG-001 の構成

| Section | Title  |
|---------|--|
| Part.1  | Anchors in general   |
| Part.2  | Torque-controlled expansion anchors                            |
| Part.3  | Undercut anchors   |
| Part.4  | Deformation-controlled expansion anchors                       |
| Part.5  | Bonded anchors   |
| Part.6  | Anchors for multiple use for non-structural applications       |
| Annex A | Details of tests   |
| Annex B | Tests for admissible service conditions - Detailed information |
| Annex C | Design methods for anchorages                                  |
| Annex E | Assessment of metal anchors under seismic actions              |

ここでは, 関連性の構造部材に用いられる接着系あと施工アンカーに関連する Part.1, Part.5 およびその附則である Appendix A, C, E について概説する。

#### [適用範囲]

使用アンカー径: 直径 6mm(M6)以上

母材: C20/25 クラス以上, C50/60 クラス以下の普通コンクリート

力学条件: 静的または準静的荷重, 地震荷重 (Annex E)

埋込み深さ  $h_{ef}$ : 使用アンカー径に応じて, 下記に定める。

$$d \leq 10\text{mm} \quad h_{ef} \geq 60\text{mm}$$

$$d \leq 12\text{mm} \quad h_{ef} \geq 70\text{mm}$$

$$d \leq 16\text{mm} \quad h_{ef} \geq 80\text{mm}$$

$$d \leq 20\text{mm} \quad h_{ef} \geq 90\text{mm}$$

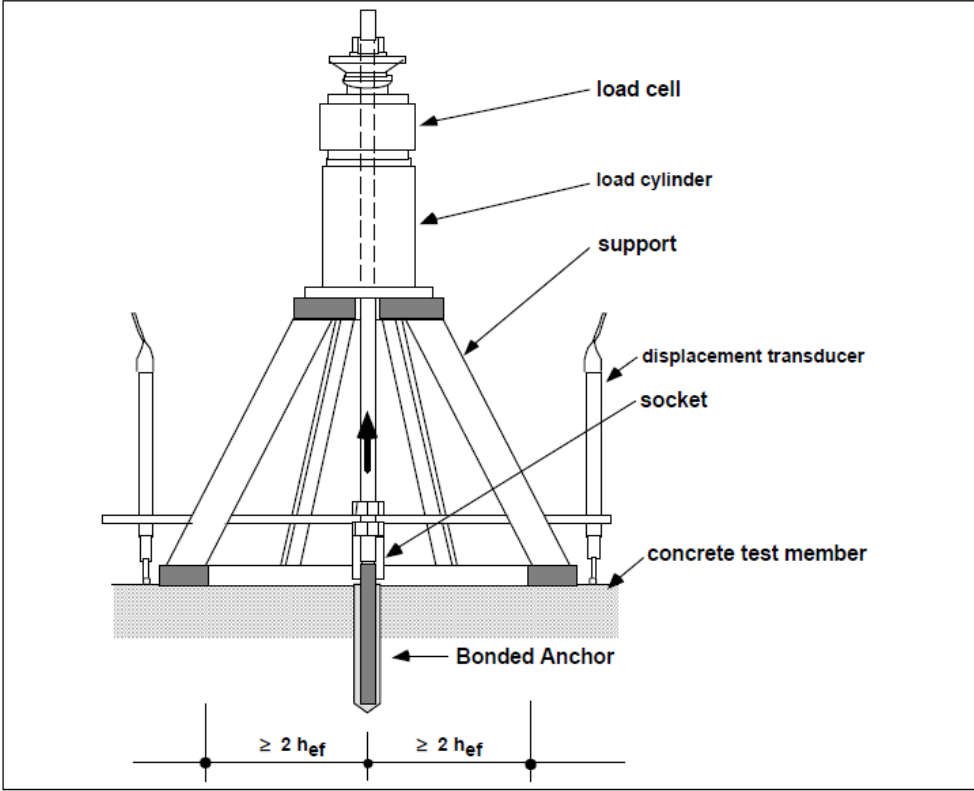
$$d \geq 24\text{mm} \quad h_{ef} \geq 4d$$

対象部材厚さ  $h$ :  $h = h_{ef} + \Delta h \geq 100\text{mm}$

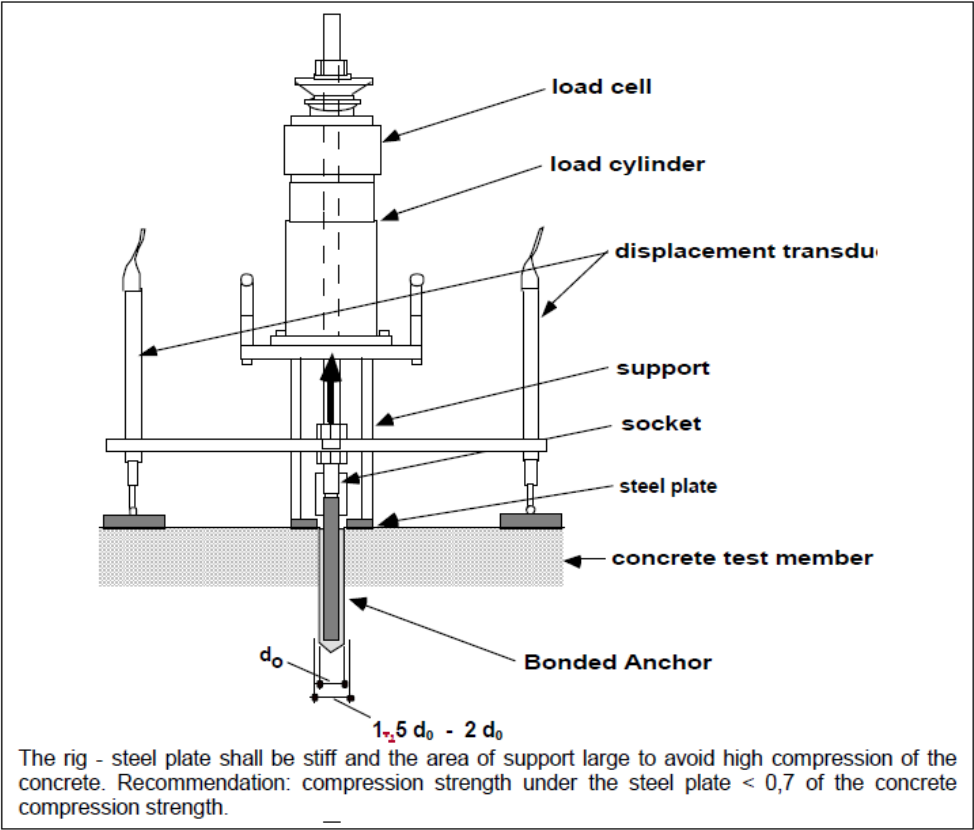
$$\Delta h \geq 2d, \Delta h \geq 30\text{mm}$$

#### [性能確認方法]

性能確認は, 下図に示すような非拘束引張試験もしくは拘束引張試験により行う。



(a) 非拘束引張試験



(b) 拘束引張試験

付図 2.1.1 引張試験方法

[確認項目]

施工に関する確認項目を付表 2. 1. 2 に示す。

付表 2. 1. 2 ETAGs における接着系あと施工アンカーの確認項目, 必要試験体数, クライテリアの一覧

|   | Purpose of test                         | Concrete | Crack width $\Delta w$ (mm) | Minimum number of tests for anchor size (1) |     |     |     |     | Criteria                       |                         | Rem. suit. tests | Test proced. suit. tests | Remarks Ref. test R (5)       |
|---|---|----------|-----------------------------|---|-----|-----|-----|-----|--------------------------------|-------------------------|------------------|--------------------------|-------------------------------|
|   |   |          |                             | s   | i   | m   | i   | l   | load/dis. behav.               | req. $\alpha$ (2)       |                  |                          |                               |
| 1 | Installation safety - (a) dry concrete  | C20/25   | 0                           | 5 R   | -   | 5 R | -   | 5 R | 6.1.1.1 (a) to (c)             | $\geq 0,8(8)$           | (3)              | 5.1.2.1 (a)              | C20/25                        |
|   | (b) wet concrete                        | C20/25   | 0                           | 5 R   | -   | 5 R | -   | 5 R |                                | $\geq 0,75(8)$          | (3)              | 5.1.2.1 (b)              | C20/25                        |
|   | (c) flooded hole installation           | C20/25   | 0                           | 5 R   | -   | 5 R | -   | 5 R |                                | $\geq 0,75(8)$          | (3)              | 5.1.2.1 (c)              | C20/25                        |
|   | (d) mixing technique                    | C20/25   | 0                           | -   | -   | 5 R | -   | -   |                                | $\geq 0,8(8)$           | (3)              | 5.1.2.1 (d)              | C20/25                        |
| 3 | Functioning in low strength concrete    | C20/25   | 0,5                         | 5 R   | -   | 5 R | -   | 5 R |                                | $\geq 0,8$              | (3)              | 5.1.2.2                  | $\Delta w = 0,3$<br>C20/25    |
| 4 | Functioning in high strength concrete   | C50/60   | 0,5                         | 5 R   | -   | 5 R | -   | 5 R |                                | $\geq 0,8$<br>or $>1,0$ | (3)              | 5.1.2.2                  | $\Delta w = 0,3$<br>C50/60(6) |
| 5 | Functioning in crack movements          | C20/25   | 0,1 - 0,3                   | 5 R   | 5 R | 5 R | 5 R | 5 R | 6.1.1.1 and Part 1 6.1.1.2 (a) | $\geq 0,9$              | (4)<br>(7)       | 5.1.2.3                  | $\Delta w = 0,3$<br>C20/25(7) |
| 6 | Functioning under sustained loads       | C20/25   | 0                           | -   | -   | 5 R | -   | -   | 6.1.1.1(a) to (c), (e)         | $\geq 0,9$              | (3)              | 5.1.2.5                  | C20/25                        |
| 7 | Maximum torque moment                   | C50/60   | 0                           | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   | Part 1, 6.1.1.2 (d)            | -                       | -                | 5.1.2.6                  | -                             |
| 8 | Functioning under freeze/thaw cond.     | C50/60   | 0                           | -   | -   | 5 R | -   | -   | 6.1.1.1(a) to (c), (f)         | $\geq 0,9$              | (3)              | 5.1.2.7                  | C50/60                        |
| 9 | Functioning with Installation direction | C20/25   | 0                           | -   | -   | -   | -   | 5 R | 6.1.1.1 (a) to (c)             | $\geq 0,9$              | (3)<br>(9)       | 5.1.2.8                  | C20/25                        |

(1) 施工精度 (拘束引張試験)

(a) 乾燥コンクリートに対する孔内清掃

製品で指定された清掃方法を行った場合の強度の確認

(b) 湿潤コンクリートに対する孔内清掃

穿孔径×0.5 倍の孔を穿孔し, 孔内に水を満たして 8 日間養生する。

水を取り除き, 指定穿孔径のドリリング後に引張り試験を行う。

(c) 水中施工

(d) 接着剤の混合精度 (カプセル方式を除く)

(e) 穿孔精度→不要

(f) 接着剤の充填量 → 不要

(2) 各種コンクリート強度に対する確認 (拘束引張試験)

(a) C20/25 クラスのコンクリートへの打設

(b) C50/60 クラスのコンクリートへの打設

(3) ひび割れ開閉試験 (Crack movement test)

所定の荷重  $N_p \pm 5\%$  を維持したまま, 0.2Hz 程度の周期で 1000 回繰り返しひび割れ開閉を行う。所

定荷重  $N_p$  は次式で表される。

$$N_p = \frac{0.75 \cdot N_{Rk,p}}{\gamma_{Mc}} \cdot \frac{1}{\alpha_2} \cdot \frac{1}{\alpha_3} \cdot \frac{1}{\alpha_4}$$

ここに、 $N_{Rk,p}$ : ひび割れコンクリートに対するあと施工アンカーの引張耐力、 $\gamma_{Mc}$ : 安全率、 $\alpha_2, \alpha_3$ : 長期および短期最高温度に関する補正係数、 $\alpha_4$ : 接着剤の耐久性に関する補正係数

#### (4) 疲労試験

所定の荷重区間  $N_{min} \sim N_{max}$  を、6Hz 程度の周波数で最大  $10^5$  回繰り返す。

$$N_{min} = \max(0.25 \cdot N_{Rk}, 120N/mm^2 \cdot A_s)$$

$$N_{max} = \frac{1.1 \cdot N_{Rk,p}}{\gamma_{Mc}} \cdot \frac{1}{\alpha_2} \cdot \frac{1}{\alpha_3} \cdot \frac{1}{\alpha_4}$$

#### (5) クリープ試験

所定の荷重  $N_{sust} \pm 5\%$  を維持し、クリープ変形を計測する。試験期間は 3 ヶ月以上とし、おおよそ 6 ヶ月程度行う。

$$N_{sust} = \frac{1.1 \cdot N_{Rk,p}}{\gamma_{Mc}} \cdot \frac{1}{\alpha_2} \cdot \frac{1}{\alpha_3} \cdot \frac{1}{\alpha_4}$$

クリープ試験は、(a) 標準温度および(b) 長期最高温度条件下で行うものとする。

#### (6) トルク試験

トルク値から換算される最大付着応力度をチェックする。

#### (7) 凍結融解試験

耐凍害性の高い C50/60 クラスのコンクリートを用いた凍結融解試験を行う。母材コンクリートは、一辺 200mm~300mm (もしくは 15d~25d) の直方体とする。所定の荷重  $N_{sust} \pm 5\%$  を維持し、下記のようなサイクルで凍結融解を 50 回繰り返す。

$$N_{sust} = \frac{N_{Rk,p}}{1.4 \cdot \gamma_{Mc}}$$

(a) 1 時間で所定温度  $+20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$  まで上昇させ、高温状態を 7 時間維持する。

(b) 2 時間で所定温度  $-20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$  まで低下させ、低温状態を 14 時間維持する。

#### (8) 施工方向

上向き施工した場合の性能を確認する。



[性能判定]

付表 2.1.3 ETAGs における接着系あと施工アンカーの性能確認項目，必要試験体数の一覧

|         | Purpose of test                               | Concrete | Crack width $\Delta w$ (mm) | Minimum number of tests for anchor size |   |   |   |   |
|---------|---|----------|-----------------------------|---|---|---|---|---|
|         |   |          |                             | s                                       | i | m | i | l |
| A1 (1)  | Tension in non-cracked low strength concrete  | C20/25   | 0                           | 5                                       | - | 5 | - | 5 |
| A1 conf |   |          |                             | 5                                       | 5 | 5 | 5 | 5 |
| A2 (1)  | Tension in non-cracked high strength concrete | C50/60   | 0                           | 5                                       | - | 5 | - | 5 |
| A3 (1)  | Tension in cracked low strength concrete      | C20/25   | 0,3 mm                      | 5                                       | - | 5 | - | 5 |
| A4 (1)  | Tension in cracked high strength concrete     | C50/60   | 0,3 mm                      | 5                                       | - | 5 | - | 5 |
| A14 (1) | Tension test in corner                        | C20/25   | 0                           | 5                                       | - | 5 | - | 5 |
| A20 (1) | Minimum spacing and edge distances            | C20/25   | 0                           | 5                                       | - | 5 | - | 5 |

(9) 強度 2 種，クラックの有無をパラメータとした引張試験

(10) コーナ部での施工

(11) 最小間隔，へりあき状態

[追加確認項目]

(12) 温度上昇養生試験

(13) 低温時施工試験

(14) 接着剤の最小養生期間での性能確認

[耐久性]

耐久性はスライステストにより確認される。

(15) 耐アルカリ性

(16) 耐酸性

以上の結果から，単体アンカーの引張強度は次式のように補正される。

$$N_{Rk} = N_{Rk,0} \cdot \min\left(\frac{\alpha}{req.\alpha}; \frac{\alpha_1}{req.\alpha}\right) \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4$$

ここに， $\alpha/req.\alpha$ : 施工試験（表 A.2）による補正係数， $\alpha_1/req.\alpha$ : 施工試験（表 A.2）および性能試験（表 A.3）による補正係数， $\alpha_2$ : 長期最高温度条件での試験による補正係数， $\alpha_3$ : 短期最高温度条件での試験による補正係数， $\alpha_4$ : 耐久性試験による補正係数

[地震荷重に対する検討]

地震荷重(動的荷重)を受ける部位に用いられるあと施工アンカーの性能確認方法については、Annex Eにて規定されている。ここでは、その概略を示す。

(1) カテゴリー

使用用途、設計荷重に応じて次表のように2つのカテゴリーに分類する。カテゴリー1は強度のみに期待するあと施工アンカーであり、カテゴリー2は強度と変形性能に期待するあと施工アンカーを示している。

付表 2.1.4 重要度係数、設計地震力とカテゴリーの関係

| Seismicity             |                                   | Importance Class acc. to EN 1998-1:2004, 4.2.5 |                                      |     |    |
|------------------------|-----------------------------------|--|--------------------------------------|-----|----|
|                        | $a_g \cdot S^2)$                  | I  | II                                   | III | IV |
| Very low <sup>1)</sup> | $a_g \cdot S \leq 0,05 g$         | ETAG 001 Part 1 to Part 5                      |                                      |     |    |
| Low <sup>1)</sup>      | $0,05 g < a_g \cdot S \leq 0,1 g$ | C1   | C1 <sup>3)</sup> or C2 <sup>4)</sup> |     | C2 |
|                        | $a_g \cdot S > 0,1 g$             | C1   | C2                                   |     |    |

<sup>1)</sup> Definition according to EN 1998-1:2004, 3.2.1.

<sup>2)</sup>  $a_g = \gamma_I \cdot a_{gR}$  Design ground acceleration on type A ground (Ground types as defined in EN 1998-1:2004, Table 3.1);

$\gamma_I$  = importance factor (see EN 1998-1:2004, 4.2.5);

$a_{gR}$  = reference peak ground acceleration on type A ground (see EN 1998-1:2004, 3.2.1);

$S$  = Soil factor (see e.g. EN 1998-1:2004, 3.2.2).

<sup>3)</sup> C1 for fixing non-structural elements to structures

<sup>4)</sup> C2 for fixing structural elements to structures

- II : 一般構造物
- III : 公共建築, 学校等 重要度係数 1.2
- IV : 病院, 消防署, 発電所等 重要度係数 1.4

(2) カテゴリー1の性能確認

付表 2.1.5 接着系あと施工アンカー(カテゴリー1)の性能確認項目、必要試験体数の一覧

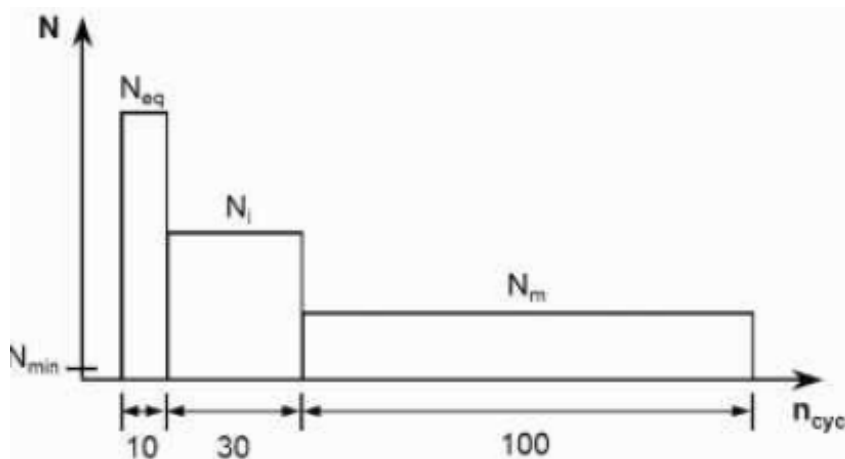
|      | Purpose of test                          | Concrete | Crack width $\Delta w$ <sup>1)</sup> [mm] | Minimum number of tests <sup>2)</sup> | Test procedure see Section | Assessment criteria see Section |
|------|--|----------|---|---------------------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| C1.1 | Functioning under pulsating tension load | C20/25   | 0,5                                       | 5                                     | 2.3.2                      | 3.1.1                           |
| C1.2 | Functioning under alternating shear load | C20/25   | 0,5                                       | 5                                     | 2.3.3                      | 3.1.2                           |

<sup>1)</sup> Crack width added to the hairline crack width after anchor installation but before loading of anchor.

<sup>2)</sup> Test all anchor diameters to be qualified for use in seismic applications. For anchors with different steel types, steel grades, production methods, head configurations (mechanical anchors), types of inserts (bonded anchors), multiple embedment depths and drilling methods see 2.2.

### C1.1 繰り返し引張試験（非拘束試験）

下図に示すような荷重レベル，サイクルでの繰返引張試験を実施し，地震による繰返し荷重に対する安全性を検証する。サイクル周期は 0.1~2Hz とする。サイクル終了後に，引張試験を実施し，引張荷重変形関係および残存引張耐力を計測する。



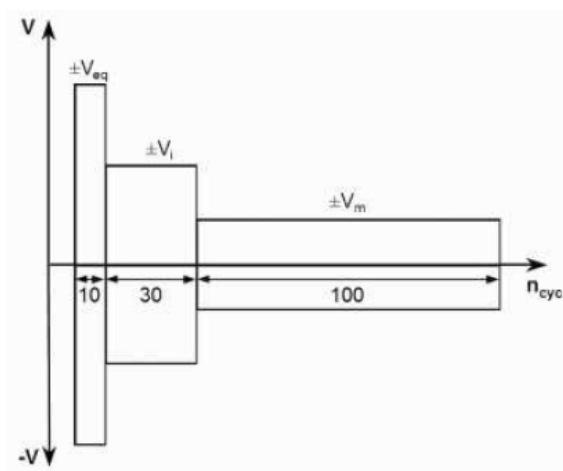
付図 2.1.2 繰返しサイクル

$$N_{eq} = 0.5 \cdot N_{Ru}$$

$$N_i = 0.75 \cdot N_{eq} \quad N_m = 0.5 \cdot N_{eq}$$

### C1.2 繰返しせん断試験

下図に示すような荷重レベル，サイクルでの繰返せん断試験を実施する。サイクル周期は 0.1~2Hz とする。サイクル終了後に，せん断試験を実施し，せん断力変形関係および残存せん断耐力を計測する。



付図 2.1.3 繰返しサイクル

$$V_{eq} = 0.5 \cdot V_{Ru}$$

$$V_i = 0.75 \cdot V_{eq} \quad V_m = 0.5 \cdot V_{eq}$$

(3) カテゴリー2 の性能確認

付表 2.1.6 接着系あと施工アンカー（カテゴリー2）の性能確認項目，必要試験体数の一覧

| Test no.           | Purpose of test   | Concrete | Crack width $\Delta w$ <sup>1)</sup><br>[mm]  | Minimum number of tests <sup>2)</sup> | Test procedure<br>see Section | Assessment criteria<br>see Section |
|--------------------|---|----------|---|---------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| C2.1a              | Reference tension tests in low strength concrete        | C20/25   | 0,8   | 5                                     | 2.4.2                         | 3.2.1, 3.2.2                       |
| C2.1b              | Tension tests in high strength concrete                 | C50/60   | 0,8   | 5                                     | 2.4.2                         | 3.2.1, 3.2.2                       |
| C2.2 <sup>3)</sup> | Reference shear tests                                   | C20/25   | 0,8   | 5                                     | 2.4.2                         | 3.2.1, 3.2.3                       |
| C2.3               | Functioning under pulsating tension load                | C20/25   | 0,5 ( $\leq 0,5 \cdot N/N_{max}$ ) <sup>4)</sup><br>0,8 ( $> 0,5 \cdot N/N_{max}$ ) | 5                                     | 2.4.3                         | 3.2.1, 3.2.4                       |
| C2.4               | Functioning under alternating shear load                | C20/25   | 0,8   | 5                                     | 2.4.4                         | 3.2.1, 3.2.5                       |
| C2.5               | Functioning with tension load under varying crack width | C20/25   | $\Delta w_1 = 0,0$ <sup>5)</sup><br>$\Delta w_2 = 0,8$                              | 5                                     | 2.4.5                         | 3.2.1, 3.2.6                       |

1) Crack width  $\Delta w$  added to the width of hairline crack after anchor installation but before loading of anchor.  
2) Test all anchor diameters for which the anchor is to be qualified for use in seismic applications. For anchors with different steel types, steel grades, production methods, head configurations (mechanical anchors), types of inserts (bonded anchors), multiple embedment depths and drilling methods see 2.2.  
3) See 2.4.2  
4) The tests may also be conducted in  $\Delta w = 0,8$  mm at all load levels ( $N/N_{max}$ ).  
5)  $\Delta w_1 = 0,0$  mm is defined in 2.4.5.

C2.1 引張試験

C20/25 クラスおよび C50/60 クラスのコンクリートに施工したあと施工アンカーの引張試験を実施する。試験結果において，最大耐力の 50% 時の変形のばらつきが 40% を超える場合にはカテゴリー2 として認められない。

試験結果に基づく補正係数 $\alpha_{C2.1}$ は次式で表される。

$$\alpha_{C2.1} = \min(\alpha_{C2.1a}, \alpha_{C2.1b}) = \min\left(\frac{N_{C2.1a}}{0,8 \cdot N_u}, \frac{N_{C2.1b}}{0,8 \cdot N_u}\right)$$

また，最大耐力のバラ付きに関する補正係数 $\beta_{C2.1}$ は次式で表される。

$$\beta_{C2.1} = \min(\beta_{C2.1a}, \beta_{C2.1b}) = \min\left(\frac{1}{1 + (CV(N_{u,C2.1a}) - 20) \cdot 0,03}, \frac{1}{1 + (CV(N_{u,C2.1b}) - 20) \cdot 0,03}\right)$$

C2.2 せん断試験

C20/25 クラスのコンクリートに施工したあと施工アンカーのせん断試験を実施する。せん断試験により引抜破壊が生じた場合には，カテゴリー2 として認められない。

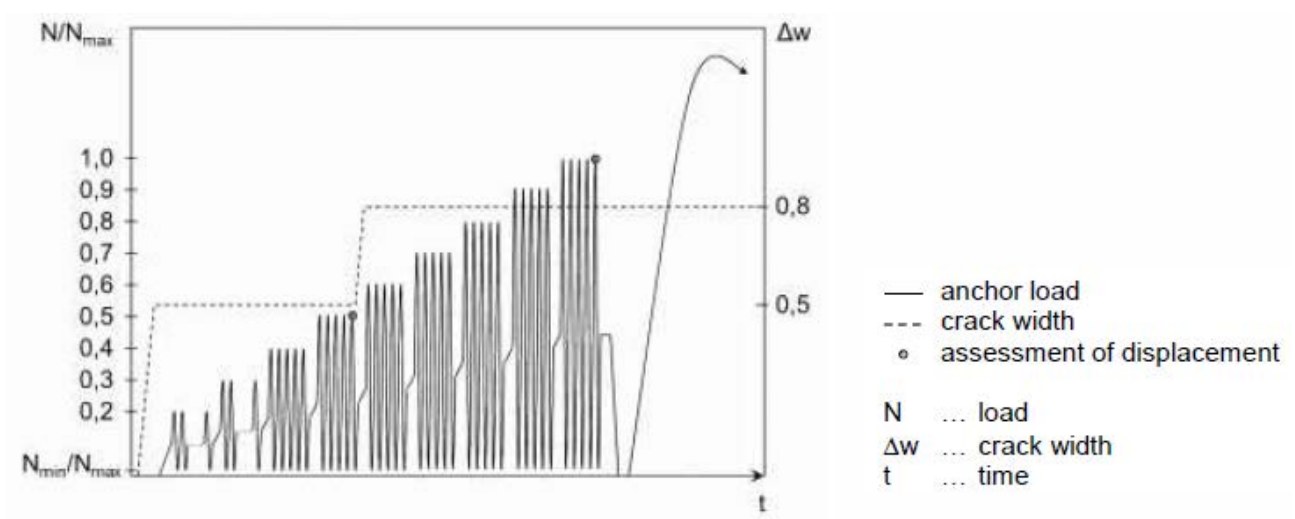
試験結果に基づく補正係数 $\alpha_{C2.2}$ は次式で表される。

$$\alpha_{C2.2} = \frac{V_{C2.2}}{0,8 \cdot V_u}$$

また，最大耐力のバラ付きに関する補正係数 $\beta_{C2.2}$ は次式で表される。

$$\beta_{C2.2} = \frac{1}{1 + (CV(V_{u,C2.2}) - 15) \cdot 0.03}$$

C2.3 繰り返し引張試験（非拘束試験）



| $N/N_{max}$ | Number of cycles | Crack width $\Delta w$ [mm] |
|-------------|------------------|-----------------------------|
| 0,2         | 25               | 0,5                         |
| 0,3         | 15               | 0,5                         |
| 0,4         | 5                | 0,5                         |
| 0,5         | 5                | 0,5                         |
| 0,6         | 5                | 0,8                         |
| 0,7         | 5                | 0,8                         |
| 0,8         | 5                | 0,8                         |
| 0,9         | 5                | 0,8                         |
| 1           | 5                | 0,8                         |
| SUM         | 75               |                             |

$$N_{max} = 0.75 \cdot N_u$$

付図 2. 1. 4 繰り返しサイクル

試験結果に基づく補正係数 $\alpha_{C2.3}$ は次式で表される。

$$\alpha_{C2.3} = \min(\alpha_{C2.3a}, \alpha_{C2.3b}) \cdot \alpha_{C2.3c}$$

ここに、 $\alpha_{C2.3a}$ : 载荷サイクルが終了前に耐力に達した場合の低減係数、 $\alpha_{C2.3b}$ : 最大耐力の 50%時の変形が 7mm を超える場合の低減係数、 $\alpha_{C2.3c}$ : 最大耐力が設計値の 90%に満たない場合の低減係数

また、最大耐力のバラ付きに関する補正係数 $\beta_{C2.2}$ は次式で表される。

$$\beta_{C2.3} = \frac{1}{1 + (CV(N_{u,C2.3}) - 20) \cdot 0.03}$$

## C2.4 繰り返しせん断試験

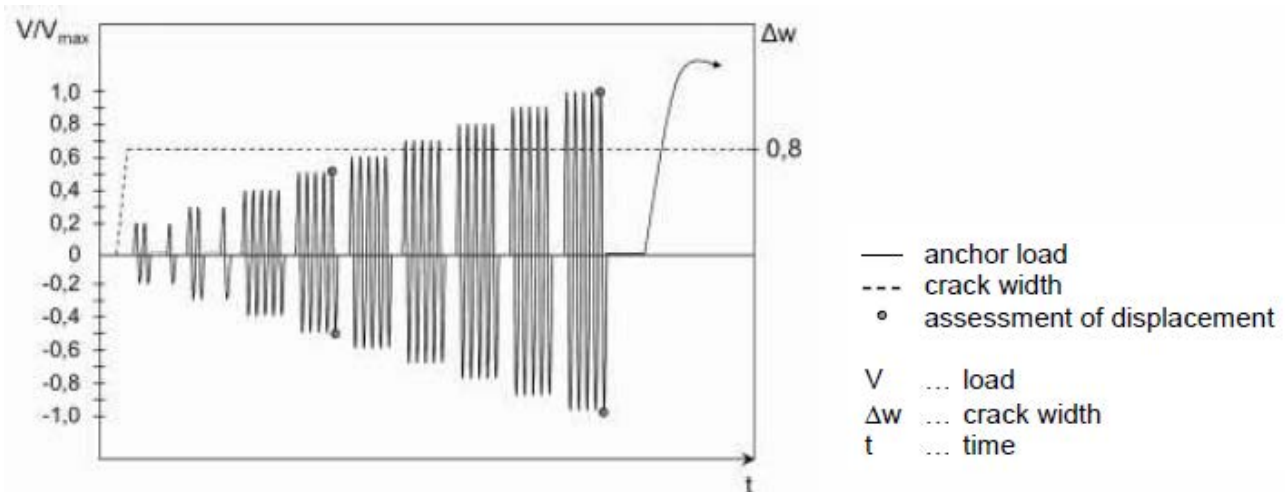


Table 2.6 Required load amplitudes for test series C2.4

| $\pm V/V_{max}$ | Number of cycles | Crack width $\Delta w$ [mm] |
|-----------------|------------------|-----------------------------|
| 0,2             | 25               | 0,8                         |
| 0,3             | 15               | 0,8                         |
| 0,4             | 5                | 0,8                         |
| 0,5             | 5                | 0,8                         |
| 0,6             | 5                | 0,8                         |
| 0,7             | 5                | 0,8                         |
| 0,8             | 5                | 0,8                         |
| 0,9             | 5                | 0,8                         |
| 1               | 5                | 0,8                         |
| SUM             | 75               |                             |

$$V_{max} = 0.85 \cdot V_u$$

付図 2.1.5 繰り返しサイクル

試験結果に基づく補正係数 $\alpha_{C2.4}$ は次式で表される。

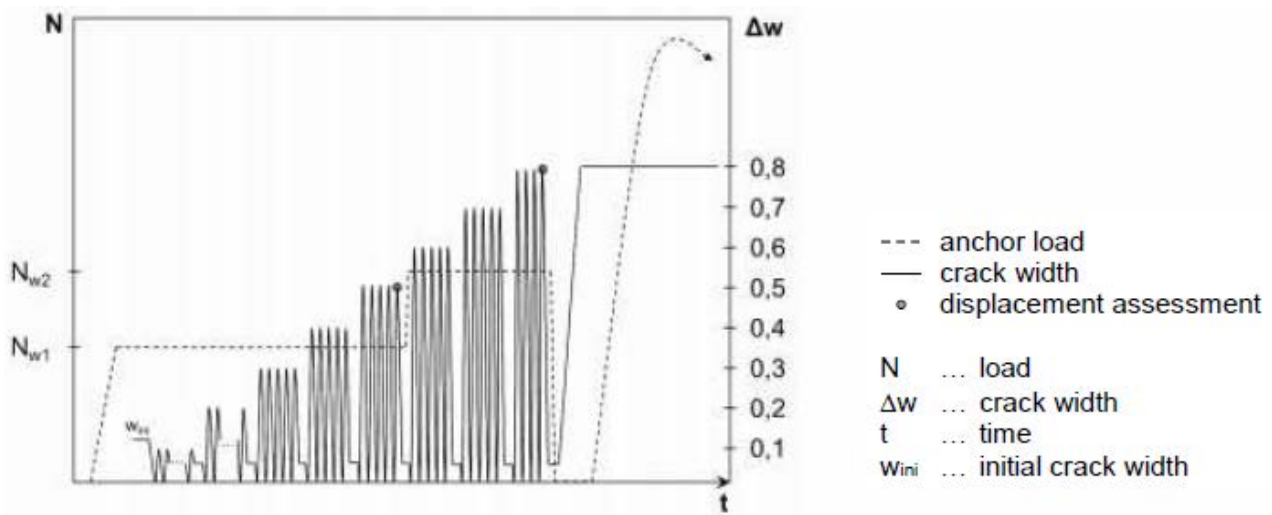
$$\alpha_{C2.4} = \min(\alpha_{C2.4a}, \alpha_{C2.4b}) \cdot \alpha_{C2.4c}$$

ここに、 $\alpha_{C2.4a}$ : 載荷サイクルが終了前に耐力に達した場合の低減係数、 $\alpha_{C2.4b}$ : 最大耐力の 50%時の変形が 7mm を超える場合の低減係数、 $\alpha_{C2.4c}$ : 最大耐力が設計値の 95%に満たない場合の低減係数

また、最大耐力のばらつきに関する補正係数 $\beta_{C2.2}$ は次式で表される。

$$\beta_{C2.4} = \frac{1}{1 + (CV(V_{u,C2.4}) - 15) \cdot 0.03}$$

C2.5 ひび割れ幅をパラメータとした引張試験



$$N_{w1} = 0.4 \cdot N_u \quad N_{w2} = 0.5 \cdot N_u$$

Table 2.7 Required crack widths for test series C2.5

| Crack width Δw [mm] | Number of cycles | Anchor load |
|---------------------|------------------|-------------|
| 0,1                 | 20               | $N_{w1}$    |
| 0,2                 | 10               | $N_{w1}$    |
| 0,3                 | 5                | $N_{w1}$    |
| 0,4                 | 5                | $N_{w1}$    |
| 0,5                 | 5                | $N_{w1}$    |
| 0,6                 | 5                | $N_{w2}$    |
| 0,7                 | 5                | $N_{w2}$    |
| 0,8                 | 4                | $N_{w2}$    |
| SUM                 | 59               |             |

付図 2.1.6 繰り返しサイクル

試験結果に基づく補正係数 $\alpha_{C2.4}$ は次式で表される。

$$\alpha_{C2.5} = \min(\alpha_{C2.5a}, \alpha_{C2.5b}) \cdot \alpha_{C2.5c}$$

ここに、 $\alpha_{C2.4a}$ : 载荷サイクルが終了前に耐力に達した場合の低減係数、 $\alpha_{C2.4b}$ : ひび割れ幅 0.5mm 時最大変形が 7mm を超える場合の低減係数、 $\alpha_{C2.4c}$ : 最大耐力が設計値の 90%に満たない場合の低減係数

また、最大耐力のばらつきに関する補正係数 $\beta_{C2.2}$ は次式で表される。

$$\beta_{C2.4} = \frac{1}{1 + (CV(V_{u,C2.4}) - 20) \cdot 0.03}$$

(4) 設計用性能

各カテゴリでの引張，せん断に対する設計用性能は次表による。

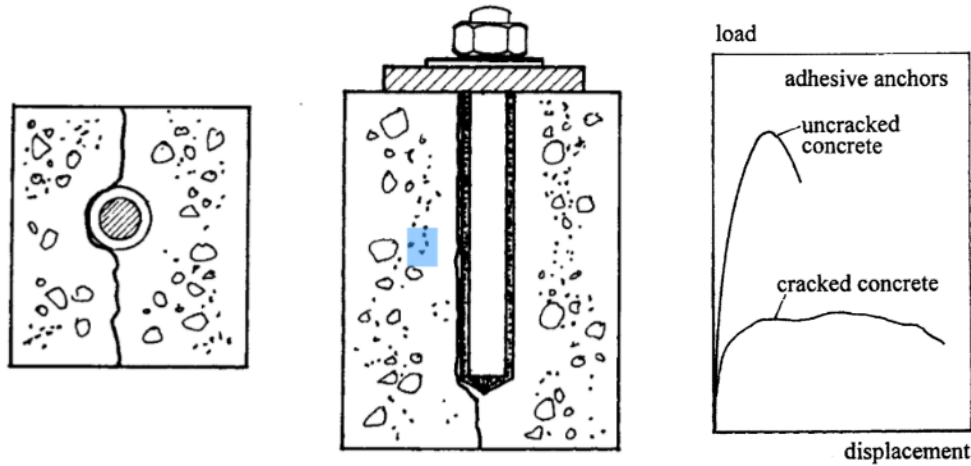
付表 2.1.7 各カテゴリごとの引張・せん断性能評価一覧

| カテゴリ   | 引張性能  | せん断性能   |
|--------|---|---|
| カテゴリ1  |   |   |
| 耐力     | $N_{Rk,s,seis} = \alpha_{N,seis,C1} \cdot N_{Rk}$   | $V_{Rk,s,seis} = \alpha_{V,seis,C1} \cdot V_{Rk}$   |
| カテゴリ2  |   |   |
| 耐力     | $N_{Rk,s,seis} = \alpha_{N,seis,C2} \cdot \beta_{CV,N,C2} \cdot N_{Rk}$<br>$\alpha_{N,seis,C2} = \alpha_{C2.1} \cdot \min(\alpha_{C2.3} \cdot \alpha_{C2.5})$<br>$\beta_{CV,N,C2} = \min(\beta_{C2.1} \cdot \beta_{C2.3} \cdot \beta_{C2.5})$ | $V_{Rk,s,seis} = \alpha_{V,seis,C2} \cdot \beta_{CV,V,C2} \cdot V_{Rk}$<br>$\alpha_{V,seis,C2} = \alpha_{C2.2} \cdot \alpha_{C2.4}$<br>$\beta_{CV,V,C2} = \min(\beta_{C2.2}, \beta_{C2.4})$ |
| 損傷限界変形 | 下記いずれかの最大値：<br>C2.3 での最大耐力の 50%時変形<br>C2.5 でのひび割れ幅 0.5mm 時の最大変形   | C2.4 での最大耐力の 50%時変形   |
| 安全限界変形 | 下記いずれかの最大値：<br>C2.3 での最大耐力時変形<br>C2.5 でのひび割れ幅 0.8mm 時の最大変形  | C2.4 での最大耐力時変形  |



付録 2.2 接着系あと施工アンカーの耐力に対するひび割れおよび孔内清掃の影響

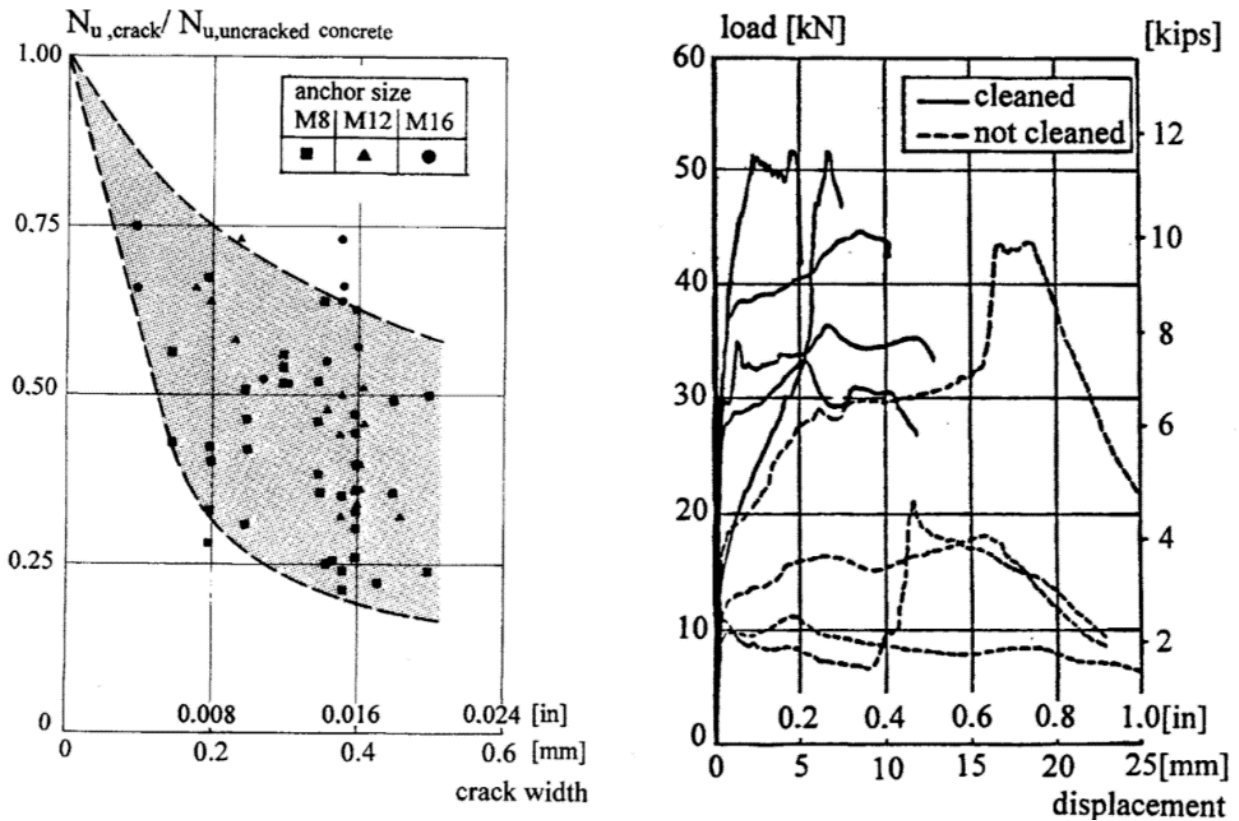
Eligehausen ら<sup>2)</sup>(1995)は、ひび割れの入った鉄筋コンクリート部材に設置されたあと施工アンカーの引張耐力に対する、ひび割れ幅の影響に関して報告している。接着系あと施工アンカーでは、アンカーに並行するひび割れの影響で、引張耐力（付着耐力）や剛性が低下する。



付図 2.2.1 母材のひび割れとアンカー性能の関係

付図 2.2.2 に示すように、ひび割れ幅が広がるにつれて耐力が低下することが分かる。おおむね、ひび割れ幅 0.3mm 程度で、耐力が 1/3 程度となる。また、ランダムに生じるひび割れの影響で、ひび割れ幅が多くなるにつれて耐力のばらつきも大きくなることも分かる。

また、Eligehausen らは、カプセルタイプの接着系あと施工アンカーにおいて、孔内清掃の有無が引張荷重変形関係に与える影響についても明らかにした。

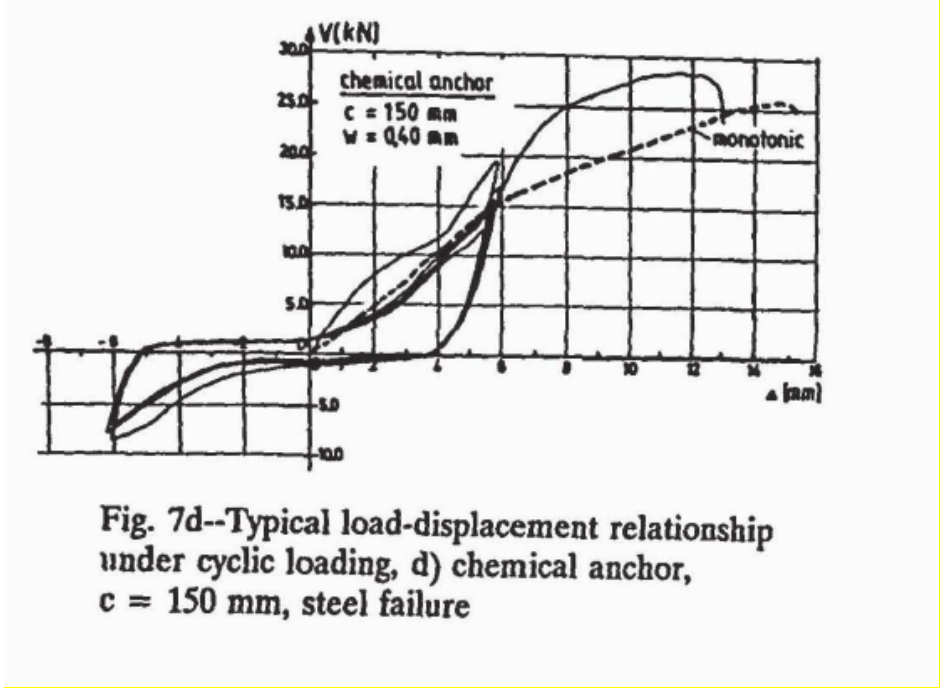


付図 2.2.2 ひび割れ幅と引張耐力の関係および孔内清掃の影響

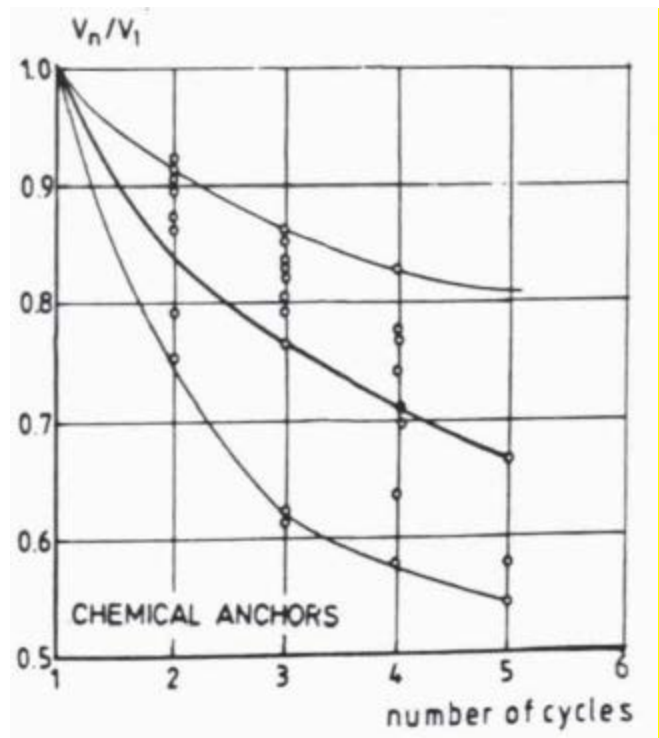
付録 2.3 繰り返しせん断力を受ける接着系あと施工アンカー性能

Vintzeleou ら<sup>3)</sup>は、繰り返しせん断力を受けるあと施工アンカーの性能について報告している。アンカーは M12 を用いており、埋め込み深さは  $h_{ef}=100\text{mm}$  である。母材コンクリートは  $F_c 25\text{N/mm}^2$  であり、母材コンクリートには  $0.1\text{mm}\sim 0.8\text{mm}$  のひび割れを生じさせている。

代表的な荷重変形関係を付図 2.3.1 に、繰り返し回数と耐力低下の関係を付図 2.3.2 に示す。



付図 2.3.1 荷重変形関係



付図 2.3.2 繰り返し回数とせん断耐力低下の関係

参考文献

- 1) EOTA, GUIDELINE FOR EUROPEAN TECHNICAL APPROVAL OF METAL ANCHORS FOR USE IN CONCRETE, 2013
- 2) Eligehausen, R. and Balogh, T., Behavior of Fasteners Loaded in Tension in Cracked Reinforced Concrete, ACI Structural Journal, V. 92, No. 3, May-June, 1995
- 3) Vintzeleou, E. N., Eligehausen, R., Behavior of Fasteners Under Monotonic or Cyclic Shear Displacement, Anchors in Concrete, ACI, SP130-07, pp.181-204, Jan., 1992

付録3 アンカー試験体一覧

付録3.1 引張応力に対する性能評価試験

付録3.1 引張応力に対する性能評価試験

付表3.1.1(1) 試験体・アンカー施工概要

| 番号 | 試験体形状 | 施工標準     |      |      |            | 接着剤 |    |          | 穿孔方法1    |         | 穿孔方法2 |    | アンカー筋 |    |     |        |                         |        | コンクリート  |          | 備考    |      |      |    |                        |                           |
|----|-------|----------|------|------|------------|-----|----|----------|----------|---------|-------|----|-------|----|-----|--------|-------------------------|--------|---------|----------|-------|------|------|----|------------------------|---------------------------|
|    |       | 注入カートリッジ | カブセル | 施工方向 | アンカー施工時温度℃ | 有機系 | EP | EPアクリレート | 無機系・セメント | 湿式コアドリル | ハンドリル | 固定 | 種類    | 異形 | 全ネジ | アンカー筋径 | 規格降伏点 N/mm <sup>2</sup> | 穿孔径 mm | 穿孔深さ mm | 埋込み長さ mm |       | 角度°  | X    | Y  | 設計強度 N/mm <sup>2</sup> | 試験時圧縮強度 N/mm <sup>2</sup> |
| 1  | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | ○          | ○   |    |          |          | ○       | ○     | ○  | ○     | ○  | ○   | ○      | 12                      | 725    | 14      | 84       | 61.36 | 87.9 | 88.5 | 27 | 20.3                   |                           |
| 2  | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | ○          | ○   |    |          |          | ○       | ○     | ○  | ○     | ○  | ○   | ○      | 12                      | 725    | 14      | 84       | 60.86 | 88.9 | 87.2 | 27 | 20.3                   |                           |
| 3  | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | ○          | ○   |    |          |          | ○       | ○     | ○  | ○     | ○  | ○   | ○      | 12                      | 725    | 14      | 84       | 59.59 | 88.3 | 88.0 | 27 | 20.3                   |                           |
| 4  | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | ○          | ○   |    |          |          | ○       | ○     | ○  | ○     | ○  | ○   | ○      | 12                      | 725    | 14      | 84       | 63.37 | 88.0 | 88.6 | 27 | 20.3                   |                           |
| 5  | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | ○          | ○   |    |          |          | ○       | ○     | ○  | ○     | ○  | ○   | ○      | 12                      | 725    | 14      | 84       | 59.92 | 89.0 | 88.4 | 27 | 20.3                   |                           |
| 6  | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | ○          | ○   |    |          |          | ○       | ○     | ○  | ○     | ○  | ○   | ○      | 12                      | 725    | 14      | 84       | 59.61 | 87.8 | 87.9 | 27 | 20.3                   |                           |
| 7  | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | ○          | ○   |    |          |          | ○       | ○     | ○  | ○     | ○  | ○   | ○      | 12                      | 725    | 14      | 84       | 60.32 | 88.4 | 88.9 | 27 | 20.3                   |                           |
| 8  | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | ○          | ○   |    |          |          | ○       | ○     | ○  | ○     | ○  | ○   | ○      | 13                      | 785    | 15.95   | 91       | 65.2  | 88.9 | 87.5 | 27 | 20.3                   |                           |
| 9  | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | ○          | ○   |    |          |          | ○       | ○     | ○  | ○     | ○  | ○   | ○      | 13                      | 785    | 16.11   | 91       | 67.59 | 89.1 | 89.3 | 27 | 20.3                   |                           |
| 10 | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | ○          | ○   |    |          |          | ○       | ○     | ○  | ○     | ○  | ○   | ○      | 13                      | 785    | 16.28   | 91       | 66.04 | 88.6 | 89.5 | 27 | 20.3                   |                           |
| 11 | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | ○          | ○   |    |          |          | ○       | ○     | ○  | ○     | ○  | ○   | ○      | 13                      | 785    | 16.17   | 91       | 67.94 | 88.7 | 88.2 | 27 | 20.3                   |                           |
| 12 | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | ○          | ○   |    |          |          | ○       | ○     | ○  | ○     | ○  | ○   | ○      | 13                      | 785    | 16.38   | 91       | 64.94 | 89.3 | 88.3 | 27 | 20.3                   |                           |
| 13 | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | ○          | ○   |    |          |          | ○       | ○     | ○  | ○     | ○  | ○   | ○      | 13                      | 785    | 16      | 91       | 66.12 | 89.0 | 88.9 | 27 | 20.3                   |                           |
| 14 | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | ○          | ○   |    |          |          | ○       | ○     | ○  | ○     | ○  | ○   | ○      | 13                      | 785    | 16      | 91       | 65.67 | 88.8 | 89.7 | 27 | 20.3                   |                           |
| 15 | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | ○          | ○   |    |          |          | ○       | ○     | ○  | ○     | ○  | ○   | ○      | 19                      | 685    | 24      | 133      | 101.5 | 88.4 | 89.9 | 27 | 20.3                   |                           |
| 16 | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | ○          | ○   |    |          |          | ○       | ○     | ○  | ○     | ○  | ○   | ○      | 19                      | 685    | 24      | 133      | 100.6 | 87.8 | 86.7 | 27 | 20.3                   |                           |
| 17 | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | ○          | ○   |    |          |          | ○       | ○     | ○  | ○     | ○  | ○   | ○      | 19                      | 685    | 24      | 133      | 101.5 | 87.8 | 89.5 | 27 | 20.3                   |                           |
| 18 | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | ○          | ○   |    |          |          | ○       | ○     | ○  | ○     | ○  | ○   | ○      | 19                      | 685    | 24      | 133      | 105.1 | 88.2 | 87.6 | 27 | 20.3                   |                           |
| 19 | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | ○          | ○   |    |          |          | ○       | ○     | ○  | ○     | ○  | ○   | ○      | 19                      | 685    | 24      | 133      | 101.8 | 88.2 | 89.7 | 27 | 20.3                   |                           |
| 20 | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | ○          | ○   |    |          |          | ○       | ○     | ○  | ○     | ○  | ○   | ○      | 19                      | 685    | 24      | 133      | 102.6 | 87.7 | 88.4 | 27 | 20.3                   |                           |

※1) 穿孔深さは座掘り長を含む。  
 ※2) 穿孔径、埋込み長さの赤字表記は、未測定のため目標値を示す。

付表3.1.1(2) 試験体・アンカー施工概要

| 番号 | 試験体形状 | 施工標準     |      |      |            | 接着剤 |          | 穿孔方法1   |       | 穿孔方法2 |    | アンカー筋  |                         |        |         |          |       | コンクリート                 |                           | 備考   |      |    |      |  |
|----|-------|----------|------|------|------------|-----|----------|---------|-------|-------|----|--------|-------------------------|--------|---------|----------|-------|------------------------|---------------------------|------|------|----|------|--|
|    |       | 注入カートリッジ | カブセル | 施工方向 | アンカー施工時温度℃ | 有機系 | 無機系・セメント | 湿式コアドリル | ハンドリル | 固定    | 種類 | アンカー筋径 | 規格降伏点 N/mm <sup>2</sup> | 穿孔径 mm | 穿孔深さ mm | 埋込み長さ mm | 角度°   | 設計強度 N/mm <sup>2</sup> | 試験時圧縮強度 N/mm <sup>2</sup> |      |      |    |      |  |
|    |       |          |      | 上    | 横          | 下   |          |         |       |       |    |        |                         |        |         | X        | Y     |                        |                           |      |      |    |      |  |
| 21 | 円柱試験体 | ○        |      |      |            | ○   | ○        | ○       |       | ○     |    | ○      | ○                       | ○      | 19      | 685      | 24    | 133                    | 101.4                     | 88.6 | 88.9 | 27 | 20.3 |  |
| 22 | 円柱試験体 | ○        |      |      |            | ○   | ○        | ○       |       | ○     |    | ○      |                         | ○      | 20      | 725      | 23    | 140                    | 111.6                     | 87.7 | 89.3 | 27 | 20.3 |  |
| 23 | 円柱試験体 | ○        |      |      |            | ○   | ○        | ○       |       | ○     |    | ○      |                         | ○      | 20      | 725      | 23    | 140                    | 110.0                     | 88.9 | 89.7 | 27 | 20.3 |  |
| 24 | 円柱試験体 | ○        |      |      |            | ○   | ○        | ○       |       | ○     |    | ○      |                         | ○      | 20      | 725      | 23    | 140                    | 107.0                     | 88.1 | 86.9 | 27 | 20.3 |  |
| 25 | 円柱試験体 | ○        |      |      |            | ○   | ○        | ○       |       | ○     |    | ○      |                         | ○      | 20      | 725      | 23    | 140                    | 105.6                     | 88.6 | 88.7 | 27 | 20.3 |  |
| 26 | 円柱試験体 | ○        |      |      |            | ○   | ○        | ○       |       | ○     |    | ○      |                         | ○      | 20      | 725      | 23    | 140                    | 108.5                     | 85.3 | 85.1 | 27 | 20.3 |  |
| 27 | 円柱試験体 | ○        |      |      |            | ○   | ○        | ○       |       | ○     |    | ○      |                         | ○      | 20      | 725      | 23    | 140                    | 106.8                     | 87.5 | 88.9 | 27 | 20.3 |  |
| 28 | 円柱試験体 | ○        |      |      |            | ○   | ○        | ○       |       | ○     |    | ○      |                         | ○      | 20      | 725      | 23    | 140                    | 109.8                     | 88.3 | 89.8 | 27 | 20.3 |  |
| 29 | 円柱試験体 | ○        |      |      |            | ○   | ○        | ○       |       | ○     |    | ○      |                         | ○      | 12      | 725      | 14    | 84                     | 63.21                     | 87.8 | 87.6 | 18 | 22.4 |  |
| 30 | 円柱試験体 | ○        |      |      |            | ○   | ○        | ○       |       | ○     |    | ○      |                         | ○      | 12      | 725      | 14.31 | 84                     | 65.23                     | 87.8 | 89.1 | 18 | 22.4 |  |
| 31 | 円柱試験体 | ○        |      |      |            | ○   | ○        | ○       |       | ○     |    | ○      |                         | ○      | 12      | 725      | 14.15 | 84                     | 64.13                     | 88.1 | 87.0 | 18 | 22.4 |  |
| 32 | 円柱試験体 | ○        |      |      |            | ○   | ○        | ○       |       | ○     |    | ○      |                         | ○      | 12      | 725      | 14.3  | 84                     | 63.73                     | 86.2 | 86.6 | 18 | 22.4 |  |
| 33 | 円柱試験体 | ○        |      |      |            | ○   | ○        | ○       |       | ○     |    | ○      |                         | ○      | 12      | 725      | 14.33 | 84                     | 64.63                     | 88.0 | 87.0 | 18 | 22.4 |  |
| 34 | 円柱試験体 | ○        |      |      |            | ○   | ○        | ○       |       | ○     |    | ○      |                         | ○      | 12      | 725      | 14.27 | 84                     | 61.54                     | 88.9 | 89.0 | 18 | 22.4 |  |
| 35 | 円柱試験体 | ○        |      |      |            | ○   | ○        | ○       |       | ○     |    | ○      |                         | ○      | 12      | 725      | 16.17 | 84                     | 64.01                     | 87.2 | 86.0 | 18 | 22.4 |  |
| 36 | 円柱試験体 | ○        |      |      |            | ○   | ○        | ○       |       | ○     |    | ○      |                         | ○      | 13      | 785      | 16.25 | 91                     | 66.93                     | 87.8 | 85.7 | 18 | 22.4 |  |
| 37 | 円柱試験体 | ○        |      |      |            | ○   | ○        | ○       |       | ○     |    | ○      |                         | ○      | 13      | 785      | 16.24 | 91                     | 66.68                     | 88.6 | 85.9 | 18 | 22.4 |  |
| 38 | 円柱試験体 | ○        |      |      |            | ○   | ○        | ○       |       | ○     |    | ○      |                         | ○      | 13      | 785      | 16.28 | 91                     | 67.24                     | 87.9 | 87.1 | 18 | 22.4 |  |
| 39 | 円柱試験体 | ○        |      |      |            | ○   | ○        | ○       |       | ○     |    | ○      |                         | ○      | 13      | 785      | 16.17 | 91                     | 66.87                     | 88.6 | 88.4 | 18 | 22.4 |  |
| 40 | 円柱試験体 | ○        |      |      |            | ○   | ○        | ○       |       | ○     |    | ○      |                         | ○      | 13      | 785      | 16.38 | 91                     | 65.6                      | 87.3 | 88.7 | 18 | 22.4 |  |

※1) 穿孔深さは座掘り長を含む。  
 ※2) 穿孔径、埋込み長さの赤字表記は、未測定のため目標値を示す。

付表3.1.1(3) 試験体・アンカー施工概要

| 番号 | 試験体形状 | 施工標準     |      |      |            | 接着剤 |          | 穿孔方法1   |       | 穿孔方法2 |    | アンカー筋  |                         |        |         |          |      | コンクリート                 |                           | 備考   |  |
|----|-------|----------|------|------|------------|-----|----------|---------|-------|-------|----|--------|-------------------------|--------|---------|----------|------|------------------------|---------------------------|------|--|
|    |       | 注入カートリッジ | カブセル | 施工方向 | アンカー施工時温度℃ | 有機系 | 無機系・セメント | 湿式コアドリル | ハンドリル | 固定    | 種類 | アンカー筋径 | 規格降伏点 N/mm <sup>2</sup> | 穿孔径 mm | 穿孔深さ mm | 埋込み長さ mm | 角度°  | 設計強度 N/mm <sup>2</sup> | 試験時圧縮強度 N/mm <sup>2</sup> |      |  |
| 41 | 円柱試験体 | ○        |      | 上    | ○          | ○   |          |         | ○     | ○     |    | 13     | 785                     | 16     | 91      | 68.57    | 89.4 | 88.4                   | 18                        | 22.4 |  |
| 42 | 円柱試験体 | ○        |      | 下    | ○          | ○   |          |         | ○     | ○     |    | 13     | 785                     | 16     | 91      | 65.22    | 88.7 | 88.3                   | 18                        | 22.4 |  |
| 43 | 円柱試験体 | ○        |      | 横    | ○          | ○   |          |         | ○     | ○     |    | 19     | 685                     | 24     | 133     | 105.1    | 89.4 | 89.3                   | 18                        | 22.4 |  |
| 44 | 円柱試験体 | ○        |      | 上    | ○          | ○   |          |         | ○     | ○     |    | 19     | 685                     | 24     | 133     | 103.8    | 89.1 | 90.0                   | 18                        | 22.4 |  |
| 45 | 円柱試験体 | ○        |      | 下    | ○          | ○   |          |         | ○     | ○     |    | 19     | 685                     | 24     | 133     | 105.0    | 89.9 | 89.8                   | 18                        | 22.4 |  |
| 46 | 円柱試験体 | ○        |      | 横    | ○          | ○   |          |         | ○     | ○     |    | 19     | 685                     | 24     | 133     | 107.9    | 88.2 | 88.4                   | 18                        | 22.4 |  |
| 47 | 円柱試験体 | ○        |      | 上    | ○          | ○   |          |         | ○     | ○     |    | 19     | 685                     | 24     | 133     | 106.1    | 88.3 | 89.1                   | 18                        | 22.4 |  |
| 48 | 円柱試験体 | ○        |      | 下    | ○          | ○   |          |         | ○     | ○     |    | 19     | 685                     | 24     | 133     | 108.2    | 87.1 | 89.1                   | 18                        | 22.4 |  |
| 49 | 円柱試験体 | ○        |      | 横    | ○          | ○   |          |         | ○     | ○     |    | 19     | 685                     | 24     | 133     | 109.0    | 88.8 | 89.3                   | 18                        | 22.4 |  |
| 50 | 円柱試験体 | ○        |      | 上    | ○          | ○   |          |         | ○     | ○     |    | 20     | 725                     | 23     | 140     | 107.2    | 89.2 | 88.6                   | 18                        | 22.4 |  |
| 51 | 円柱試験体 | ○        |      | 下    | ○          | ○   |          |         | ○     | ○     |    | 20     | 725                     | 23     | 140     | 109.9    | 89.7 | 89.6                   | 18                        | 22.4 |  |
| 52 | 円柱試験体 | ○        |      | 横    | ○          | ○   |          |         | ○     | ○     |    | 20     | 725                     | 23     | 140     | 109.7    | 88.4 | 88.9                   | 18                        | 22.4 |  |
| 53 | 円柱試験体 | ○        |      | 上    | ○          | ○   |          |         | ○     | ○     |    | 20     | 725                     | 23     | 140     | 109.4    | 89.2 | 89.5                   | 18                        | 22.4 |  |
| 54 | 円柱試験体 | ○        |      | 下    | ○          | ○   |          |         | ○     | ○     |    | 20     | 725                     | 23     | 140     | 108.5    | 89.9 | 90.0                   | 18                        | 22.4 |  |
| 55 | 円柱試験体 | ○        |      | 横    | ○          | ○   |          |         | ○     | ○     |    | 20     | 725                     | 23     | 140     | 111.2    | 88.7 | 89.5                   | 18                        | 22.4 |  |
| 56 | 円柱試験体 | ○        |      | 上    | ○          | ○   |          |         | ○     | ○     |    | 20     | 725                     | 23     | 140     | 110.0    | 89.0 | 89.1                   | 18                        | 22.4 |  |
| 57 | 円柱試験体 | ○        |      | 下    | ○          | ○   |          |         | ○     | ○     |    | 12     | 725                     | 14     | 84      | 60       |      |                        | 36                        | 33.7 |  |
| 58 | 円柱試験体 | ○        |      | 横    | ○          | ○   |          |         | ○     | ○     |    | 12     | 725                     | 14     | 84      | 60       |      |                        | 36                        | 33.7 |  |
| 59 | 円柱試験体 | ○        |      | 上    | ○          | ○   |          |         | ○     | ○     |    | 12     | 725                     | 14     | 84      | 72.32    | 88.3 | 89.2                   | 36                        | 33.7 |  |
| 60 | 円柱試験体 | ○        |      | 下    | ○          | ○   |          |         | ○     | ○     |    | 12     | 725                     | 14     | 84      | 71.39    | 89.5 | 89.8                   | 36                        | 33.7 |  |

※1) 穿孔深さは座掘り長を含む。  
 ※2) 穿孔径, 埋込み長さの赤字表記は, 未測定のため目標値を示す。

付表3.1.1(4) 試験体・アンカー施工概要

| 番号 | 試験体形状 | 施工標準     |      |      |   | 接着剤        |     | 穿孔方法1 |          | 穿孔方法2   |       | アンカー筋 |    |        |                         |        |         | コンクリート   |      | 備考   |                        |                           |   |
|----|-------|----------|------|------|---|------------|-----|-------|----------|---------|-------|-------|----|--------|-------------------------|--------|---------|----------|------|------|------------------------|---------------------------|---|
|    |       | 注入カートリッジ | カプセル | 施工方向 |   | アンカー施工時温度℃ | 有機系 |       | 無機系・セメント | 湿式コアドリル | ハンダリル | 固定    | 種類 | アンカー筋径 | 規格降伏点 N/mm <sup>2</sup> | 穿孔径 mm | 穿孔深さ mm | 埋込み長さ mm | 角度°  |      | 設計強度 N/mm <sup>2</sup> | 試験時圧縮強度 N/mm <sup>2</sup> |   |
|    |       |          |      | 上    | 下 |            | 異形  | 全ネジ   |          |         |       |       |    |        |                         |        |         |          | X    |      |                        |                           | Y |
| 61 | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | ○ | 20         | ○   | ○     |          | ○       | ○     | ○     | ○  | 12     | 725                     | 14     | 84      | 70.84    | 88.7 | 87.6 | 36                     | 33.7                      |   |
| 62 | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | ○ | 20         | ○   | ○     |          | ○       | ○     | ○     | ○  | 12     | 725                     | 14     | 84      | 72       | 88.5 | 87.6 | 36                     | 33.7                      |   |
| 63 | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | ○ | 20         | ○   | ○     |          | ○       | ○     | ○     | ○  | 12     | 725                     | 14     | 84      | 69.92    | 89.2 | 88.5 | 36                     | 33.7                      |   |
| 64 | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | ○ | 20         | ○   | ○     |          | ○       | ○     | ○     | ○  | 13     | 785                     | 16     | 91      | 66.29    | 88.4 | 87.8 | 36                     | 33.7                      |   |
| 65 | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | ○ | 20         | ○   | ○     |          | ○       | ○     | ○     | ○  | 13     | 785                     | 16     | 91      | 66.29    | 88.5 | 87.7 | 36                     | 33.7                      |   |
| 66 | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | ○ | 20         | ○   | ○     |          | ○       | ○     | ○     | ○  | 13     | 785                     | 16     | 91      | 66.83    | 87.2 | 89.5 | 36                     | 33.7                      |   |
| 67 | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | ○ | 20         | ○   | ○     |          | ○       | ○     | ○     | ○  | 13     | 785                     | 16     | 91      | 63.51    | 86.1 | 88.5 | 36                     | 33.7                      |   |
| 68 | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | ○ | 20         | ○   | ○     |          | ○       | ○     | ○     | ○  | 13     | 785                     | 16     | 91      | 65.12    | 86.2 | 88.5 | 36                     | 33.7                      |   |
| 69 | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | ○ | 20         | ○   | ○     |          | ○       | ○     | ○     | ○  | 13     | 785                     | 16     | 91      | 69.74    | 89.2 | 87.2 | 36                     | 33.7                      |   |
| 70 | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | ○ | 20         | ○   | ○     |          | ○       | ○     | ○     | ○  | 13     | 785                     | 16     | 91      | 66.25    | 88.5 | 87.5 | 36                     | 33.7                      |   |
| 71 | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | ○ | 20         | ○   | ○     |          | ○       | ○     | ○     | ○  | 19     | 685                     | 24     | 133     | 106.1    |      |      | 36                     | 33.7                      |   |
| 72 | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | ○ | 20         | ○   | ○     |          | ○       | ○     | ○     | ○  | 19     | 685                     | 24     | 133     | 103.9    |      |      | 36                     | 33.7                      |   |
| 73 | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | ○ | 20         | ○   | ○     |          | ○       | ○     | ○     | ○  | 19     | 685                     | 24     | 133     | 105.6    |      |      | 36                     | 33.7                      |   |
| 74 | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | ○ | 20         | ○   | ○     |          | ○       | ○     | ○     | ○  | 19     | 685                     | 24     | 133     | 106.4    |      |      | 36                     | 33.7                      |   |
| 75 | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | ○ | 20         | ○   | ○     |          | ○       | ○     | ○     | ○  | 19     | 685                     | 24     | 133     | 104.7    | 88.3 | 88.3 | 36                     | 33.7                      |   |
| 76 | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | ○ | 20         | ○   | ○     |          | ○       | ○     | ○     | ○  | 19     | 685                     | 24     | 133     | 107.6    | 87.0 | 87.4 | 36                     | 33.7                      |   |
| 77 | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | ○ | 20         | ○   | ○     |          | ○       | ○     | ○     | ○  | 19     | 685                     | 24     | 133     | 108.2    | 87.6 | 86.6 | 36                     | 33.7                      |   |
| 78 | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | ○ | 20         | ○   | ○     |          | ○       | ○     | ○     | ○  | 20     | 725                     | 23     | 140     | 109.2    | 88.2 | 89.4 | 36                     | 33.7                      |   |
| 79 | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | ○ | 20         | ○   | ○     |          | ○       | ○     | ○     | ○  | 20     | 725                     | 23     | 140     | 109.8    | 87.4 | 87.6 | 36                     | 33.7                      |   |
| 80 | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | ○ | 20         | ○   | ○     |          | ○       | ○     | ○     | ○  | 20     | 725                     | 23     | 140     | 108.7    | 87.7 | 87.5 | 36                     | 33.7                      |   |

※1)穿孔深さは座掘り長を含む。  
 ※2)穿孔径、埋込み長さの赤文字表記は、未測定のため目標値を示す。

付表3.1.1(5) 試験体・アンカー施工概要

| 番号  | 試験体形状 | 施工標準     |      |      |            | 接着剤      |          | 穿孔方法1   |       | 穿孔方法2 |    | アンカー筋  |                         |        |         |          |      | コンクリート                 |                           | 備考 |
|-----|-------|----------|------|------|------------|----------|----------|---------|-------|-------|----|--------|-------------------------|--------|---------|----------|------|------------------------|---------------------------|----|
|     |       | 注入カートリッジ | カプセル | 施工方向 | アンカー施工時温度℃ | 有機系      | 無機系・セメント | 湿式コアドリル | ハンドリル | 固定    | 種類 | アンカー筋径 | 規格降伏点 N/mm <sup>2</sup> | 穿孔径 mm | 穿孔深さ mm | 埋込み長さ mm | 角度°  | 設計強度 N/mm <sup>2</sup> | 試験時圧縮強度 N/mm <sup>2</sup> |    |
|     |       | 上        | 下    | 横    | EP         | EPアクリレート |          |         |       | ○     | ○  | ○      | ○                       | ○      | ○       | X        |      |                        |                           |    |
| 81  | 円柱試験体 | ○        | ○    | ○    | ○          | ○        |          |         | ○     | ○     | ○  | ○      | ○                       | ○      | ○       | 88.4     | 88.5 | 36                     | 33.7                      |    |
| 82  | 円柱試験体 | ○        | ○    | ○    | ○          | ○        |          |         | ○     | ○     | ○  | ○      | ○                       | ○      | ○       | 88.8     | 88.4 | 36                     | 33.7                      |    |
| 83  | 円柱試験体 | ○        | ○    | ○    | ○          | ○        |          |         | ○     | ○     | ○  | ○      | ○                       | ○      | ○       | 89.7     | 89.3 | 36                     | 33.7                      |    |
| 84  | 円柱試験体 | ○        | ○    | ○    | ○          | ○        |          |         | ○     | ○     | ○  | ○      | ○                       | ○      | ○       | 88.9     | 86.9 | 36                     | 33.7                      |    |
| 85  | 円柱試験体 | ○        | ○    | ○    | ○          | ○        |          |         | ○     | ○     | ○  | ○      | ○                       | ○      | ○       | 87.3     | 89.9 | 12                     | 20.2                      |    |
| 86  | 円柱試験体 | ○        | ○    | ○    | ○          | ○        |          |         | ○     | ○     | ○  | ○      | ○                       | ○      | ○       | 88.1     | 88.4 | 12                     | 20.2                      |    |
| 87  | 円柱試験体 | ○        | ○    | ○    | ○          | ○        |          |         | ○     | ○     | ○  | ○      | ○                       | ○      | ○       | 89.0     | 86.6 | 12                     | 20.2                      |    |
| 88  | 円柱試験体 | ○        | ○    | ○    | ○          | ○        |          |         | ○     | ○     | ○  | ○      | ○                       | ○      | ○       | 87.0     | 87.7 | 12                     | 20.2                      |    |
| 89  | 円柱試験体 | ○        | ○    | ○    | ○          | ○        |          |         | ○     | ○     | ○  | ○      | ○                       | ○      | ○       | 88.1     | 88.8 | 12                     | 20.2                      |    |
| 90  | 円柱試験体 | ○        | ○    | ○    | ○          | ○        |          |         | ○     | ○     | ○  | ○      | ○                       | ○      | ○       | 89.1     | 89.7 | 12                     | 20.2                      |    |
| 91  | 円柱試験体 | ○        | ○    | ○    | ○          | ○        |          |         | ○     | ○     | ○  | ○      | ○                       | ○      | ○       | 88.4     | 89.1 | 12                     | 20.2                      |    |
| 92  | 円柱試験体 | ○        | ○    | ○    | ○          | ○        |          |         | ○     | ○     | ○  | ○      | ○                       | ○      | ○       | 89.3     | 89.7 | 27                     | 22.3                      |    |
| 93  | 円柱試験体 | ○        | ○    | ○    | ○          | ○        |          |         | ○     | ○     | ○  | ○      | ○                       | ○      | ○       | 88.7     | 89.1 | 27                     | 22.3                      |    |
| 94  | 円柱試験体 | ○        | ○    | ○    | ○          | ○        |          |         | ○     | ○     | ○  | ○      | ○                       | ○      | ○       | 88.7     | 89.0 | 27                     | 22.3                      |    |
| 95  | 円柱試験体 | ○        | ○    | ○    | ○          | ○        |          |         | ○     | ○     | ○  | ○      | ○                       | ○      | ○       | 88.5     | 87.5 | 27                     | 22.3                      |    |
| 96  | 円柱試験体 | ○        | ○    | ○    | ○          | ○        |          |         | ○     | ○     | ○  | ○      | ○                       | ○      | ○       | 89.1     | 86.7 | 27                     | 22.3                      |    |
| 97  | 円柱試験体 | ○        | ○    | ○    | ○          | ○        |          |         | ○     | ○     | ○  | ○      | ○                       | ○      | ○       | 89.2     | 88.8 | 27                     | 22.3                      |    |
| 98  | 円柱試験体 | ○        | ○    | ○    | ○          | ○        |          |         | ○     | ○     | ○  | ○      | ○                       | ○      | ○       | 89.0     | 89.3 | 27                     | 22.3                      |    |
| 99  | 円柱試験体 | ○        | ○    | ○    | ○          | ○        |          |         | ○     | ○     | ○  | ○      | ○                       | ○      | ○       | 88.4     | 88.9 | 27                     | 22.3                      |    |
| 100 | 円柱試験体 | ○        | ○    | ○    | ○          | ○        |          |         | ○     | ○     | ○  | ○      | ○                       | ○      | ○       | 88.4     | 88.8 | 27                     | 22.3                      |    |

※1) 穿孔深さは座掘り長を含む。  
 ※2) 穿孔径、埋込み長さの赤字表記は、未測定のため目標値を示す。



付表3.1.1(6) 試験体・アンカー施工概要

| 番号  | 試験体形状    |      |      |            | 施工標準 |          |         | 接着剤   |     | 穿孔方法1 |        | 穿孔方法2                   |        | アンカー筋   |          |      |    |                        |                           | コンクリート |  | 備考 |
|-----|----------|------|------|------------|------|----------|---------|-------|-----|-------|--------|-------------------------|--------|---------|----------|------|----|------------------------|---------------------------|--------|--|----|
|     | 注入カートリッジ | カプセル | 施工方向 | アンカー施工時温度℃ | 有機系  | 無機系・セメント | 湿式コアドリル | ハンドリル | 固定  | 種類    | アンカー筋径 | 規格降伏点 N/mm <sup>2</sup> | 穿孔径 mm | 穿孔深さ mm | 埋込み長さ mm | 角度°  |    | 設計強度 N/mm <sup>2</sup> | 試験時圧縮強度 N/mm <sup>2</sup> |        |  |    |
|     |          | 上    | 横    | 下          | EP   |          |         |       | 異形  | 全ネジ   |        |                         |        |         | X        | Y    |    |                        |                           |        |  |    |
| 101 | 円柱試験体    | ○    | ○    | ○          | ○    | ○        | ○       | ○     | 先付け |       | 19     | 685                     | 133    | 133.6   | 88.4     | 87.0 | 27 | 22.3                   |                           |        |  |    |
| 102 | 円柱試験体    | ○    | ○    | ○          | ○    | ○        | ○       | ○     | 先付け |       | 19     | 685                     | 133    | 133.5   | 87.9     | 88.7 | 27 | 22.3                   |                           |        |  |    |
| 103 | 円柱試験体    | ○    | ○    | ○          | ○    | ○        | ○       | ○     | 先付け |       | 19     | 685                     | 133    | 133.8   | 89.7     | 88.3 | 27 | 22.3                   |                           |        |  |    |
| 104 | 円柱試験体    | ○    | ○    | ○          | ○    | ○        | ○       | ○     | 先付け |       | 19     | 685                     | 133    | 133.3   | 88.4     | 88.8 | 27 | 22.3                   |                           |        |  |    |
| 105 | 円柱試験体    | ○    | ○    | ○          | ○    | ○        | ○       | ○     | 先付け |       | 19     | 685                     | 133    | 133.1   | 89.1     | 88.5 | 27 | 22.3                   |                           |        |  |    |
| 106 | 円柱試験体    | ○    | ○    | ○          | ○    | ○        | ○       | ○     |     | ○     | 12     | 725                     | 84     | 84      | 87.3     | 88.0 | 27 | 25.6                   | 座掘なし                      |        |  |    |
| 107 | 円柱試験体    | ○    | ○    | ○          | ○    | ○        | ○       | ○     |     | ○     | 12     | 725                     | 84     | 84      | 89.0     | 89.5 | 27 | 25.6                   | 座掘なし                      |        |  |    |
| 108 | 円柱試験体    | ○    | ○    | ○          | ○    | ○        | ○       | ○     |     | ○     | 12     | 725                     | 84     | 84      | 89.4     | 87.9 | 27 | 25.6                   | 座掘なし                      |        |  |    |
| 109 | 円柱試験体    | ○    | ○    | ○          | ○    | ○        | ○       | ○     |     | ○     | 12     | 725                     | 84     | 84      | 88.4     | 87.7 | 27 | 25.6                   | 座掘なし                      |        |  |    |
| 110 | 円柱試験体    | ○    | ○    | ○          | ○    | ○        | ○       | ○     |     | ○     | 12     | 725                     | 84     | 84      | 88.9     | 87.4 | 27 | 25.6                   | 座掘なし                      |        |  |    |
| 111 | 円柱試験体    | ○    | ○    | ○          | ○    | ○        | ○       | ○     |     | ○     | 12     | 725                     | 60     | 60      | 88.5     | 87.5 | 27 | 25.6                   | 座掘なし                      |        |  |    |
| 112 | 円柱試験体    | ○    | ○    | ○          | ○    | ○        | ○       | ○     |     | ○     | 12     | 725                     | 60     | 60      | 89.0     | 88.2 | 27 | 25.6                   | 座掘なし                      |        |  |    |
| 113 | 円柱試験体    | ○    | ○    | ○          | ○    | ○        | ○       | ○     |     | ○     | 12     | 725                     | 60     | 60      | 88.7     | 87.8 | 27 | 25.6                   | 座掘なし                      |        |  |    |
| 114 | 円柱試験体    | ○    | ○    | ○          | ○    | ○        | ○       | ○     |     | ○     | 12     | 725                     | 60     | 60      | 88.9     | 88.8 | 27 | 25.6                   | 座掘なし                      |        |  |    |
| 115 | 円柱試験体    | ○    | ○    | ○          | ○    | ○        | ○       | ○     |     | ○     | 12     | 725                     | 60     | 60      | 88.5     | 89.0 | 27 | 25.6                   | 座掘なし                      |        |  |    |
| 116 | 円柱試験体    | ○    | ○    | ○          | ○    | ○        | ○       | ○     |     | ○     | 12     | 725                     | 60     | 60      | 88.8     | 88.2 | 27 | 25.6                   | 座掘なし                      |        |  |    |
| 117 | 円柱試験体    | ○    | ○    | ○          | ○    | ○        | ○       | ○     |     | ○     | 12     | 725                     | 60     | 60      | 90.0     | 89.2 | 27 | 25.6                   | 座掘なし                      |        |  |    |
| 118 | 円柱試験体    | ○    | ○    | ○          | ○    | ○        | ○       | ○     |     | ○     | 12     | 725                     | 84     | 84      | 87.0     | 87.8 | 27 | 25.6                   |                           |        |  |    |
| 119 | 円柱試験体    | ○    | ○    | ○          | ○    | ○        | ○       | ○     |     | ○     | 12     | 725                     | 84     | 84      | 89.0     | 88.2 | 27 | 25.6                   |                           |        |  |    |
| 120 | 円柱試験体    | ○    | ○    | ○          | ○    | ○        | ○       | ○     |     | ○     | 12     | 725                     | 84     | 84      | 88.6     | 89.0 | 27 | 25.6                   |                           |        |  |    |

※1) 穿孔深さは座掘り長を含む。  
 ※2) 穿孔径、埋込み長さの赤字表記は、未測定のため目標値を示す。

付表3.1.1(7) 試験体・アンカー施工概要

| 番号  | 試験体形状 | 施工標準     |      |      |            | 接着剤 |          | 穿孔方法1   |       | 穿孔方法2 |    | アンカー筋  |                         |        |         |          |      | コンクリート                 |                           | 備考      |
|-----|-------|----------|------|------|------------|-----|----------|---------|-------|-------|----|--------|-------------------------|--------|---------|----------|------|------------------------|---------------------------|---------|
|     |       | 注入カートリッジ | カプセル | 施工方向 | アンカー施工時温度℃ | 有機系 | 無機系・セメント | 湿式コアドリル | ハンドリル | 固定    | 種類 | アンカー筋径 | 規格降伏点 N/mm <sup>2</sup> | 穿孔径 mm | 穿孔深さ mm | 埋込み長さ mm | 角度°  | 設計強度 N/mm <sup>2</sup> | 試験時圧縮強度 N/mm <sup>2</sup> |         |
|     |       |          |      | 上    |            | EP  |          |         |       |       | 異形 | 全ネジ    |                         |        |         | X        |      |                        |                           |         |
| 121 | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | 20         | ○   |          |         | ○     | ○     | ○  | 12     | 725                     | 14     | 144     | 120      |      | 27                     | 25.6                      |         |
| 122 | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | 20         | ○   |          |         | ○     | ○     | ○  | 12     | 725                     | 14     | 144     | 120      |      | 27                     | 25.6                      |         |
| 123 | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | 20         | ○   |          |         | ○     | ○     | ○  | 12     | 725                     | 14     | 144     | 120      |      | 27                     | 25.6                      |         |
| 124 | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | 20         | ○   |          |         | ○     | ○     | ○  | 12     | 725                     | 14     | 144     | 120      |      | 27                     | 25.6                      |         |
| 125 | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | 20         | ○   |          |         | ○     | ○     | ○  | 12     | 725                     | 14     | 144     | 120      |      | 27                     | 25.6                      |         |
| 126 | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | 20         | ○   |          |         | ○     | ○     | ○  | 12     | 725                     | 14     | 144     | 120      |      | 27                     | 25.6                      |         |
| 127 | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | 20         | ○   |          |         | ○     | ○     | ○  | 12     | 725                     | 14     | 144     | 120      |      | 27                     | 25.6                      |         |
| 128 | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | 20         | ○   |          |         | ○     | ○     | ○  | 12     | 725                     | 14     | 84      | 60       | 87.4 | 27                     | 22.6                      | 座掘径28mm |
| 129 | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | 20         | ○   |          |         | ○     | ○     | ○  | 12     | 725                     | 14     | 84      | 60       | 88.3 | 27                     | 22.6                      | 座掘径28mm |
| 130 | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | 20         | ○   |          |         | ○     | ○     | ○  | 12     | 725                     | 14     | 84      | 60       | 88.9 | 27                     | 22.6                      | 座掘径28mm |
| 131 | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | 20         | ○   |          |         | ○     | ○     | ○  | 12     | 725                     | 14     | 84      | 60       | 87.3 | 27                     | 22.6                      | 座掘径28mm |
| 132 | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | 20         | ○   |          |         | ○     | ○     | ○  | 12     | 725                     | 14     | 84      | 60       | 89.2 | 27                     | 22.6                      | 座掘径28mm |
| 133 | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | 20         | ○   |          |         | ○     | ○     | ○  | 12     | 725                     | 14     | 84      | 60       | 89.9 | 27                     | 22.6                      | 座掘径28mm |
| 134 | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | 20         | ○   |          |         | ○     | ○     | ○  | 12     | 725                     | 14     | 84      | 60       | 89.5 | 27                     | 22.6                      | 座掘径28mm |
| 135 | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | 20         | ○   |          |         | ○     | ○     | ○  | 12     | 725                     | 14     | 84      | 60       |      | 27                     | 22.6                      | 座掘径17mm |
| 136 | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | 20         | ○   |          |         | ○     | ○     | ○  | 12     | 725                     | 14     | 84      | 60       |      | 27                     | 22.6                      | 座掘径17mm |
| 137 | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | 20         | ○   |          |         | ○     | ○     | ○  | 12     | 725                     | 14     | 84      | 60       |      | 27                     | 22.6                      | 座掘径17mm |
| 138 | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | 20         | ○   |          |         | ○     | ○     | ○  | 12     | 725                     | 14     | 84      | 60       |      | 27                     | 22.6                      | 座掘径17mm |
| 139 | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | 20         | ○   |          |         | ○     | ○     | ○  | 12     | 725                     | 14     | 84      | 60       |      | 27                     | 22.6                      | 座掘径17mm |
| 140 | 円柱試験体 | ○        |      | ○    | 20         | ○   |          |         | ○     | ○     | ○  | 12     | 725                     | 14     | 84      | 60       |      | 27                     | 22.6                      | 座掘径17mm |

※1) 穿孔深さは座掘り長を含む。  
 ※2) 穿孔径、埋込み長さの赤字表記は、未測定のため目標値を示す。

付表3.1.1(8) 試験体・アンカー施工概要

| 番号  | 試験体形状    |      |          |            | 施工標準 |          |         |        | 接着剤 |    |        | 穿孔方法1                   |        |         | 穿孔方法2    |      | アンカー筋 |                        |                           |         |         |         | コンクリート  |         | 備考 |         |         |         |         |         |         |
|-----|----------|------|----------|------------|------|----------|---------|--------|-----|----|--------|-------------------------|--------|---------|----------|------|-------|------------------------|---------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|     | 注入カートリッジ | カブセル | 施工方向     | アンカー施工時温度℃ | 有機系  | 無機系・セメント | 湿式コアドリル | ハンマドリル | 固定  | 種類 | アンカー筋径 | 規格降伏点 N/mm <sup>2</sup> | 穿孔径 mm | 穿孔深さ mm | 埋込み長さ mm | 角度°  |       | 設計強度 N/mm <sup>2</sup> | 試験時圧縮強度 N/mm <sup>2</sup> | 座掘径17mm | 試験時温度5℃ | 試験時温度5℃ | 試験時温度5℃ | 試験時温度5℃ |    | 試験時温度5℃ | 試験時温度5℃ | 試験時温度5℃ | 試験時温度5℃ | 試験時温度5℃ | 試験時温度5℃ |
| 上   | 下        | EP   | EPアクリレート | ハンド        | 異形   | 全ネジ      | X       | Y      |     |    |        |                         |        |         |          |      |       |                        |                           |         |         |         |         |         |    |         |         |         |         |         |         |
| 141 | ○        |      | ○        | 20         | ○    |          | ○       | ○      | ○   | 12 | 725    | 14                      | 84     | 60      |          |      | 27    | 22.6                   | 座掘径17mm                   |         |         |         |         |         |    |         |         |         |         |         |         |
| 142 | ○        |      | ○        | 20         | ○    |          | ○       | ○      | ○   | 12 | 725    | 14.27                   | 84     | 60      | 87.5     | 88.9 | 27    | 22.6                   | 試験時温度5℃                   |         |         |         |         |         |    |         |         |         |         |         |         |
| 143 | ○        |      | ○        | 20         | ○    |          | ○       | ○      | ○   | 12 | 725    | 14.12                   | 84     | 67.0    | 88.6     | 89.0 | 27    | 22.6                   | 試験時温度5℃                   |         |         |         |         |         |    |         |         |         |         |         |         |
| 144 | ○        |      | ○        | 20         | ○    |          | ○       | ○      | ○   | 12 | 725    | 14.09                   | 84     | 70.7    | 87.8     | 87.9 | 27    | 22.6                   | 試験時温度5℃                   |         |         |         |         |         |    |         |         |         |         |         |         |
| 145 | ○        |      | ○        | 20         | ○    |          | ○       | ○      | ○   | 12 | 725    | 14.26                   | 84     | 68.1    | 87.8     | 89.0 | 27    | 22.6                   | 試験時温度5℃                   |         |         |         |         |         |    |         |         |         |         |         |         |
| 146 | ○        |      | ○        | 20         | ○    |          | ○       | ○      | ○   | 12 | 725    | 14.13                   | 84     | 67.7    | 87.7     | 89.3 | 27    | 22.6                   | 試験時温度5℃                   |         |         |         |         |         |    |         |         |         |         |         |         |
| 147 | ○        |      | ○        | 20         | ○    |          | ○       | ○      | ○   | 12 | 725    | 14                      | 84     | 68.6    | 88.3     | 87.9 | 27    | 22.6                   | 試験時温度5℃                   |         |         |         |         |         |    |         |         |         |         |         |         |
| 148 | ○        |      | ○        | 20         | ○    |          | ○       | ○      | ○   | 12 | 725    | 14                      | 84     | 67.5    | 88.0     | 88.2 | 27    | 22.6                   | 試験時温度5℃                   |         |         |         |         |         |    |         |         |         |         |         |         |
| 149 | ○        |      | ○        | 20         | ○    |          | ○       | ○      | ○   | 12 | 725    | 14.14                   | 84     | 69.7    | 88.8     | 87.6 | 27    | 22.6                   | 試験時温度5℃                   |         |         |         |         |         |    |         |         |         |         |         |         |
| 150 | ○        |      | ○        | 20         |      |          | ○       | ○      | ○   | 12 | 725    | 14.25                   | 84     | 65.25   | 88.8     | 88.2 | 27    | 22.6                   | 試験時温度5℃                   |         |         |         |         |         |    |         |         |         |         |         |         |
| 151 | ○        |      | ○        | 20         |      |          | ○       | ○      | ○   | 12 | 725    | 14.31                   | 84     | 61.65   | 88.8     | 89.9 | 27    | 22.6                   | 試験時温度5℃                   |         |         |         |         |         |    |         |         |         |         |         |         |
| 152 | ○        |      | ○        | 20         |      |          | ○       | ○      | ○   | 12 | 725    | 14.3                    | 84     | 62.94   | 88.6     | 88.8 | 27    | 22.6                   | 試験時温度5℃                   |         |         |         |         |         |    |         |         |         |         |         |         |
| 153 | ○        |      | ○        | 20         |      |          | ○       | ○      | ○   | 12 | 725    | 14.2                    | 84     | 64.17   | 88.5     | 89.3 | 27    | 22.6                   | 試験時温度5℃                   |         |         |         |         |         |    |         |         |         |         |         |         |
| 154 | ○        |      | ○        | 20         |      |          | ○       | ○      | ○   | 12 | 725    | 14.11                   | 84     | 65.48   | 89.6     | 88.9 | 27    | 22.6                   | 試験時温度5℃                   |         |         |         |         |         |    |         |         |         |         |         |         |
| 155 | ○        |      | ○        | 20         |      |          | ○       | ○      | ○   | 12 | 725    | 14.4                    | 84     | 64.71   | 88.2     | 88.3 | 27    | 22.6                   | 試験時温度5℃                   |         |         |         |         |         |    |         |         |         |         |         |         |
| 156 | ○        |      | ○        | 20         |      |          | ○       | ○      | ○   | 12 | 725    | 14.37                   | 84     | 67.73   | 88.7     | 89.4 | 27    | 22.6                   | 試験時温度5℃                   |         |         |         |         |         |    |         |         |         |         |         |         |
| 157 | ○        |      | ○        | 20         |      |          | ○       | ○      | ○   | 12 | 725    | 14                      | 84     | 64.91   | 89.6     | 87.5 | 27    | 22.6                   | 試験時温度5℃                   |         |         |         |         |         |    |         |         |         |         |         |         |
| 158 | ○        |      | ○        | 20         |      |          | ○       | ○      | ○   | 12 | 725    | 14                      | 84     | 65.39   | 88.9     | 87.1 | 27    | 22.6                   | 試験時温度5℃                   |         |         |         |         |         |    |         |         |         |         |         |         |
| 159 | ○        |      | ○        | 20         |      |          | ○       | ○      | ○   | 12 | 725    | 14                      | 84     | 66.18   | 88.9     | 87.6 | 27    | 22.6                   | 試験時温度5℃                   |         |         |         |         |         |    |         |         |         |         |         |         |
| 160 | ○        |      | ○        | 20         |      |          | ○       | ○      | ○   | 12 | 725    | 14                      | 84     | 67.64   | 89.4     | 88.0 | 27    | 22.6                   | 試験時温度5℃                   |         |         |         |         |         |    |         |         |         |         |         |         |

※1) 穿孔深さは座掘り長を含む。  
 ※2) 穿孔径、埋込み長さの赤字表記は、未測定のため目標値を示す。

付表3.1.1(9) 試験体・アンカー施工概要

| 番号  | 試験体形状 | 施工標準     |      |      |   | 接着剤        |     |          | 穿孔方法1    |         |       | 穿孔方法2 |    | アンカー筋  |                         |        |         |          |       | コンクリート |                        | 備考 |                           |          |
|-----|-------|----------|------|------|---|------------|-----|----------|----------|---------|-------|-------|----|--------|-------------------------|--------|---------|----------|-------|--------|------------------------|----|---------------------------|----------|
|     |       | 注入カートリッジ | カブセル | 施工方向 |   | アンカー施工時温度℃ | 有機系 |          | 無機系・セメント | 湿式コアドリル | ハンダリル | 固定    | 種類 | アンカー筋径 | 規格降伏点 N/mm <sup>2</sup> | 穿孔径 mm | 穿孔深さ mm | 埋込み長さ mm | 角度°   |        | 設計強度 N/mm <sup>2</sup> |    | 試験時圧縮強度 N/mm <sup>2</sup> |          |
|     |       |          |      | 上    | 下 |            | EP  | EPアクリレート |          |         |       |       |    |        |                         |        |         |          | 異形    | 全ネジ    |                        |    |                           | X        |
| 161 | 円柱試験体 | ○        |      |      | ○ | ○          | ○   |          |          | ○       | ○     | ○     | ○  | ○      | 12                      | 725    | 14      | 84       | 66.8  | 89.7   | 88.0                   | 27 | 22.6                      | 試験時温度5℃  |
| 162 | 円柱試験体 | ○        |      |      | ○ | ○          | ○   |          |          | ○       | ○     | ○     | ○  | ○      | 12                      | 725    | 14      | 84       | 64.61 | 89.5   | 89.8                   | 27 | 22.6                      | 試験時温度5℃  |
| 163 | 円柱試験体 | ○        |      |      | ○ | ○          | ○   |          |          | ○       | ○     | ○     | ○  | ○      | 12                      | 725    | 14      | 84       | 64.19 | 87.9   | 88.5                   | 27 | 22.6                      | 試験時温度5℃  |
| 164 | 円柱試験体 | ○        |      |      | ○ | ○          | ○   |          |          | ○       | ○     | ○     | ○  | ○      | 12                      | 725    | 14      | 84       | 62.38 | 88.6   | 89.3                   | 27 | 22.6                      | 試験時温度20℃ |
| 165 | 円柱試験体 | ○        |      |      | ○ | ○          | ○   |          |          | ○       | ○     | ○     | ○  | ○      | 12                      | 725    | 14      | 84       | 64.13 | 88.7   | 88.8                   | 27 | 22.6                      | 試験時温度20℃ |
| 166 | 円柱試験体 | ○        |      |      | ○ | ○          | ○   |          |          | ○       | ○     | ○     | ○  | ○      | 12                      | 725    | 14      | 84       | 64.75 | 88.3   | 88.4                   | 27 | 22.6                      | 試験時温度20℃ |
| 167 | 円柱試験体 | ○        |      |      | ○ | ○          | ○   |          |          | ○       | ○     | ○     | ○  | ○      | 12                      | 725    | 14      | 84       | 64.49 | 88.4   | 88.1                   | 27 | 22.6                      | 試験時温度20℃ |
| 168 | 円柱試験体 | ○        |      |      | ○ | ○          | ○   |          |          | ○       | ○     | ○     | ○  | ○      | 12                      | 725    | 14      | 84       | 59.71 | 88.5   | 88.3                   | 27 | 22.6                      | 試験時温度20℃ |
| 169 | 円柱試験体 | ○        |      |      | ○ | ○          | ○   |          |          | ○       | ○     | ○     | ○  | ○      | 12                      | 725    | 14      | 84       | 61.28 | 89.0   | 86.6                   | 27 | 22.6                      | 試験時温度20℃ |
| 170 | 円柱試験体 | ○        |      |      | ○ | ○          | ○   |          |          | ○       | ○     | ○     | ○  | ○      | 12                      | 725    | 14      | 84       | 62.51 | 88.8   | 89.3                   | 27 | 22.6                      | 試験時温度20℃ |
| 171 | 円柱試験体 | ○        |      |      | ○ | ○          | ○   |          |          | ○       | ○     | ○     | ○  | ○      | 12                      | 725    | 14      | 84       | 63.49 | 88.3   | 88.1                   | 27 | 22.6                      | 試験時温度20℃ |
| 172 | 円柱試験体 | ○        |      |      | ○ | ○          | ○   |          |          | ○       | ○     | ○     | ○  | ○      | 12                      | 725    | 14      | 84       | 63.69 | 89.9   | 89.7                   | 27 | 22.6                      | 試験時温度20℃ |
| 173 | 円柱試験体 | ○        |      |      | ○ | ○          | ○   |          |          | ○       | ○     | ○     | ○  | ○      | 12                      | 725    | 14      | 84       | 65.5  | 89.4   | 89.2                   | 27 | 22.6                      | 試験時温度20℃ |
| 174 | 円柱試験体 | ○        |      |      | ○ | ○          | ○   |          |          | ○       | ○     | ○     | ○  | ○      | 12                      | 725    | 14      | 84       | 62.92 | 88.2   | 88.9                   | 27 | 22.6                      | 試験時温度20℃ |
| 175 | 円柱試験体 | ○        |      |      | ○ | ○          | ○   |          |          | ○       | ○     | ○     | ○  | ○      | 12                      | 725    | 14      | 84       | 63.2  |        |                        | 27 | 22.6                      | 試験時温度20℃ |
| 176 | 円柱試験体 | ○        |      |      | ○ | ○          | ○   |          |          | ○       | ○     | ○     | ○  | ○      | 12                      | 725    | 14      | 84       | 68.05 | 89.2   | 89.6                   | 27 | 22.6                      | 試験時温度20℃ |
| 177 | 円柱試験体 | ○        |      |      | ○ | ○          | ○   |          |          | ○       | ○     | ○     | ○  | ○      | 12                      | 725    | 14      | 84       | 63.06 | 88.4   | 86.6                   | 27 | 22.6                      | 試験時温度20℃ |
| 178 | 円柱試験体 | ○        |      |      | ○ | ○          | ○   |          |          | ○       | ○     | ○     | ○  | ○      | 12                      | 725    | 14      | 84       | 72.4  | 88.4   | 88.2                   | 27 | 22.6                      | 試験時温度40℃ |
| 179 | 円柱試験体 | ○        |      |      | ○ | ○          | ○   |          |          | ○       | ○     | ○     | ○  | ○      | 12                      | 725    | 14      | 84       | 65.87 | 87.8   | 88.3                   | 27 | 22.6                      | 試験時温度40℃ |
| 180 | 円柱試験体 | ○        |      |      | ○ | ○          | ○   |          |          | ○       | ○     | ○     | ○  | ○      | 12                      | 725    | 14      | 84       | 67.74 | 88.6   | 88.2                   | 27 | 22.6                      | 試験時温度40℃ |

※1) 穿孔深さは座掘り長を含む。  
 ※2) 穿孔径、埋込み長さの赤文字表記は、未測定のため目標値を示す。

付表3.1.1(10) 試験体・アンカー施工概要

| 番号  | 試験体形状 | 施工標準     |      |            |     | 接着剤      |          |       | 穿孔方法 |    |        | アンカー筋                   |        |         |          |     |                        | コンクリート                    |  | 備考 |
|-----|-------|----------|------|------------|-----|----------|----------|-------|------|----|--------|-------------------------|--------|---------|----------|-----|------------------------|---------------------------|--|----|
|     |       | カブセル     | 施工方向 | アンカー施工時温度℃ | 有機系 | 無機系・セメント | 湿式コアドリル  | ハンドリル | 固定   | 種類 | アンカー筋径 | 規格降伏点 N/mm <sup>2</sup> | 穿孔径 mm | 穿孔深さ mm | 埋込み長さ mm | 角度° | 設計強度 N/mm <sup>2</sup> | 試験時圧縮強度 N/mm <sup>2</sup> |  |    |
|     |       | 注入カートリッジ | 上    | 横          | 下   | EP       | EPアクリレート |       |      |    |        |                         |        |         | X        |     |                        |                           |  |    |
| 181 | 円柱試験体 | ○        |      |            | ○   | ○        |          |       | ○    |    |        | ○                       |        |         | 88.4     | 27  | 22.6                   | 試験時温度40℃                  |  |    |
| 182 | 円柱試験体 | ○        |      |            | ○   | ○        |          |       | ○    |    |        | ○                       |        |         | 89.0     | 27  | 22.6                   | 試験時温度40℃                  |  |    |
| 183 | 円柱試験体 | ○        |      |            | ○   | ○        |          |       | ○    |    |        | ○                       |        |         | 88.9     | 27  | 22.6                   | 試験時温度40℃                  |  |    |
| 184 | 円柱試験体 | ○        |      |            | ○   | ○        |          |       | ○    |    |        | ○                       |        |         | 87.7     | 27  | 22.6                   | 試験時温度40℃                  |  |    |
| 185 | 円柱試験体 | ○        |      |            | ○   | ○        |          |       | ○    |    |        | ○                       |        |         | 88.8     | 27  | 22.6                   | 試験時温度40℃                  |  |    |
| 186 | 円柱試験体 | ○        |      |            | ○   |          |          | ○     | ○    |    |        | ○                       |        |         | 88.6     | 27  | 22.6                   | 試験時温度40℃                  |  |    |
| 187 | 円柱試験体 | ○        |      |            | ○   |          |          | ○     | ○    |    |        | ○                       |        |         | 88.3     | 27  | 22.6                   | 試験時温度40℃                  |  |    |
| 188 | 円柱試験体 | ○        |      |            | ○   |          |          | ○     | ○    |    |        | ○                       |        |         | 88.9     | 27  | 22.6                   | 試験時温度40℃                  |  |    |
| 189 | 円柱試験体 | ○        |      |            | ○   |          |          | ○     | ○    |    |        | ○                       |        |         | 88.4     | 27  | 22.6                   | 試験時温度40℃                  |  |    |
| 190 | 円柱試験体 | ○        |      |            | ○   |          |          | ○     | ○    |    |        | ○                       |        |         | 87.7     | 27  | 22.6                   | 試験時温度40℃                  |  |    |
| 191 | 円柱試験体 | ○        |      |            | ○   |          |          | ○     | ○    |    |        | ○                       |        |         | 89.8     | 27  | 22.6                   | 試験時温度40℃                  |  |    |
| 192 | 円柱試験体 | ○        |      |            | ○   |          |          | ○     | ○    |    |        | ○                       |        |         | 89.5     | 27  | 22.6                   | 試験時温度40℃                  |  |    |
| 193 | 円柱試験体 | ○        |      |            | ○   |          |          | ○     | ○    |    |        | ○                       |        |         | 89.7     | 27  | 22.6                   | 試験時温度40℃                  |  |    |
| 194 | 円柱試験体 | ○        |      |            | ○   |          |          | ○     | ○    |    |        | ○                       |        |         | 89.2     | 27  | 22.6                   | 試験時温度40℃                  |  |    |
| 195 | 円柱試験体 | ○        |      |            | ○   |          |          | ○     | ○    |    |        | ○                       |        |         | 87.9     | 27  | 22.6                   | 試験時温度40℃                  |  |    |
| 196 | 円柱試験体 | ○        |      |            | ○   |          |          | ○     | ○    |    |        | ○                       |        |         | 89.5     | 27  | 22.6                   | 試験時温度40℃                  |  |    |
| 197 | 円柱試験体 |          |      |            |     |          |          | ○     | ○    |    |        | ○                       |        |         | 88.1     | 27  | 22.6                   | 試験時温度40℃                  |  |    |
| 198 | 円柱試験体 |          |      |            |     |          |          | ○     | ○    |    |        | ○                       |        |         | 88.5     | 27  | 22.6                   | 試験時温度40℃                  |  |    |
| 199 | 円柱試験体 |          |      |            |     |          |          | ○     | ○    |    |        | ○                       |        |         | 88.8     | 27  | 22.6                   | 試験時温度40℃                  |  |    |
| 200 | 円柱試験体 |          |      |            |     |          |          | ○     | ○    |    |        | ○                       |        |         | 87.5     | 27  | 22.6                   | 試験時温度60℃                  |  |    |

※1) 穿孔深さは座掘り長を含む。  
 ※2) 穿孔径、埋込み長さの赤文字表記は、未測定のため目標値を示す。

付表3.1.1(11) 試験体・アンカー施工概要

| 番号  | 試験体形状 |    |    |    | 施工標準 |        |     | 接着剤 |   |      | 穿孔方法 |    | アンカー筋 |          |      |        |       |    |      | コンクリート |                   | 備考 |    |       |      |      |                   |                   |           |
|-----|-------|----|----|----|------|--------|-----|-----|---|------|------|----|-------|----------|------|--------|-------|----|------|--------|-------------------|----|----|-------|------|------|-------------------|-------------------|-----------|
|     | 形状    | 寸法 | 方向 | 温度 | カプセル | 注入     | カブセ | 上   | 下 | アンカー | 施工   | 温度 | 有機系   | 無機系      | セメント | 穿孔方法1  | 穿孔方法2 | 種類 | アンカー | 規格降    | 穿孔                |    | 穿孔 | 埋込    | 角度   | 設計強度 | 試験時               | 温度                |           |
|     |       |    |    | °C |      | カートリッジ |     |     |   |      |      |    | EP    | EPアクリレート |      | ハンドドリル | 固定    | 異形 | 全ネジ  | 筋径     | N/mm <sup>2</sup> | 径  | 深さ | 長さ    | X    | Y    | N/mm <sup>2</sup> | N/mm <sup>2</sup> | °C        |
| 201 | 円柱試験体 |    |    | 20 |      |        |     |     |   |      |      | ○  |       |          | ○    |        |       | ○  |      | 12     | 725               | 14 | 84 | 64.73 | 88.6 | 89.3 | 27                | 22.6              | 試験時温度60°C |
| 202 | 円柱試験体 |    |    | 20 |      |        |     |     |   |      |      | ○  |       |          | ○    |        |       |    | ○    | 12     | 725               | 14 | 84 | 65.43 | 88.4 | 89.4 | 27                | 22.6              | 試験時温度60°C |
| 203 | 円柱試験体 |    |    | 20 |      |        |     |     |   |      |      | ○  |       |          | ○    |        |       |    | ○    | 12     | 725               | 14 | 84 | 66.14 | 88.2 | 88.3 | 27                | 22.6              | 試験時温度60°C |
| 204 | 円柱試験体 |    |    | 20 |      |        |     |     |   |      |      | ○  |       |          | ○    |        |       |    | ○    | 12     | 725               | 14 | 84 | 65.07 | 89.4 | 89.6 | 27                | 22.6              | 試験時温度60°C |
| 205 | 円柱試験体 |    |    | 20 |      |        |     |     |   |      |      | ○  |       |          | ○    |        |       |    | ○    | 12     | 725               | 14 | 84 | 66.08 | 89.4 | 88.5 | 27                | 22.6              | 試験時温度60°C |
| 206 | 円柱試験体 |    |    | 20 |      |        |     |     |   |      |      | ○  |       |          | ○    |        |       |    | ○    | 12     | 725               | 14 | 84 | 66.25 | 89.4 | 89.8 | 27                | 22.6              | 試験時温度60°C |
| 207 | 円柱試験体 |    |    | 20 |      |        |     |     |   |      |      | ○  |       |          | ○    |        |       |    | ○    | 12     | 725               | 14 | 84 | 60.84 | 88.9 | 89.1 | 27                | 22.6              | 試験時温度60°C |
| 208 | 円柱試験体 |    |    | 20 |      |        |     |     |   |      |      |    |       | ○        |      |        |       |    | ○    | 12     | 725               | 14 | 84 | 60.59 | 89.9 | 89.8 | 27                | 22.6              | 試験時温度60°C |
| 209 | 円柱試験体 |    |    | 20 |      |        |     |     |   |      |      |    | ○     |          | ○    |        |       |    | ○    | 12     | 725               | 14 | 84 | 60.8  | 89.5 | 89.8 | 27                | 22.6              | 試験時温度60°C |
| 210 | 円柱試験体 |    |    | 20 |      |        |     |     |   |      |      |    |       | ○        |      |        |       |    | ○    | 12     | 725               | 14 | 84 | 61.51 | 89.8 | 89.5 | 27                | 22.6              | 試験時温度60°C |
| 211 | 円柱試験体 |    |    | 20 |      |        |     |     |   |      |      |    |       | ○        |      |        |       |    | ○    | 12     | 725               | 14 | 84 | 59.52 | 89.8 | 89.6 | 27                | 22.6              | 試験時温度60°C |
| 212 | 円柱試験体 |    |    | 20 |      |        |     |     |   |      |      |    |       | ○        |      |        |       |    | ○    | 12     | 725               | 14 | 84 | 61.1  | 89.0 | 88.8 | 27                | 22.6              | 試験時温度60°C |
| 213 | 円柱試験体 |    |    | 20 |      |        |     |     |   |      |      |    |       | ○        |      |        |       |    | ○    | 12     | 725               | 14 | 84 | 60.9  | 88.6 | 89.2 | 27                | 22.6              | 試験時温度60°C |
| 214 | 円柱試験体 |    |    | 20 |      |        |     |     |   |      |      |    |       | ○        |      |        |       |    | ○    | 12     | 725               | 14 | 84 | 65.1  | 87.8 | 88.0 | 27                | 22.6              | 試験時温度60°C |
| 215 | 円柱試験体 |    |    | 20 |      |        |     |     |   |      |      |    | ○     |          | ○    |        |       |    | ○    | 12     | 725               | 14 | 84 | 65.32 | 89.3 | 89.6 | 27                | 22.6              | 試験時温度60°C |
| 216 | 円柱試験体 |    |    | 20 |      |        |     |     |   |      |      |    | ○     |          | ○    |        |       |    | ○    | 12     | 725               | 14 | 84 | 64.55 | 89.7 | 89.5 | 27                | 22.6              | 試験時温度60°C |
| 217 | 円柱試験体 |    |    | 20 |      |        |     |     |   |      |      |    | ○     |          | ○    |        |       |    | ○    | 12     | 725               | 14 | 84 | 66    | 88.7 | 88.2 | 27                | 22.6              | 試験時温度60°C |
| 218 | 円柱試験体 |    |    | 20 |      |        |     |     |   |      |      |    | ○     |          | ○    |        |       |    | ○    | 12     | 725               | 14 | 84 | 66.3  | 88.5 | 89.0 | 27                | 22.6              | 試験時温度60°C |
| 219 | 円柱試験体 |    |    | 20 |      |        |     |     |   |      |      |    | ○     |          | ○    |        |       |    | ○    | 12     | 725               | 14 | 84 | 62.72 | 89.5 | 88.9 | 27                | 22.6              | 試験時温度60°C |
| 220 | 円柱試験体 |    |    | 20 |      |        |     |     |   |      |      |    | ○     |          | ○    |        |       |    | ○    | 12     | 725               | 14 | 84 | 67.37 | 89.7 | 98.1 | 27                | 22.6              | 試験時温度60°C |

※1) 穿孔深さは座掘り長を含む。  
 ※2) 穿孔径、埋込み長さの赤字表記は、未測定のため目標値を示す。

付表3.1.1(12) 試験体・アンカー施工概要

| 番号  | 試験体形状     |      |      |   | 施工標準       |     |    | 接着剤      |          |         | 穿孔方法   |    | アンカー筋 |    |     |        |                         |        |         | コンクリート   |     | 備考 |                        |                           |          |  |
|-----|-----------|------|------|---|------------|-----|----|----------|----------|---------|--------|----|-------|----|-----|--------|-------------------------|--------|---------|----------|-----|----|------------------------|---------------------------|----------|--|
|     | 注入手カールリッジ | カブセル | 施工方向 |   | アンカー施工時温度℃ | 有機系 | EP | EPアクリレート | 無機系・セメント | 湿式コアドリル | ハンマドリル | 固定 | 種類    | 異形 | 全ネジ | アンカー筋径 | 規格降伏点 N/mm <sup>2</sup> | 穿孔径 mm | 穿孔深さ mm | 埋込み長さ mm | 角度° |    | 設計強度 N/mm <sup>2</sup> | 試験時圧縮強度 N/mm <sup>2</sup> | 試験時温度60℃ |  |
| 221 |           |      | 上    | 横 | 20         | ○   |    | ○        |          |         | ○      | ○  | ○     |    |     | 14     | 725                     | 84     | 67.3    | X        | Y   | 27 | 22.6                   |                           |          |  |
|     |           |      |      |   |            |     |    |          |          |         |        |    |       |    |     |        |                         |        |         |          |     |    |                        |                           |          |  |
|     |           |      |      |   |            |     |    |          |          |         |        |    |       |    |     |        |                         |        |         |          |     |    |                        |                           |          |  |
|     |           |      |      |   |            |     |    |          |          |         |        |    |       |    |     |        |                         |        |         |          |     |    |                        |                           |          |  |
|     |           |      |      |   |            |     |    |          |          |         |        |    |       |    |     |        |                         |        |         |          |     |    |                        |                           |          |  |
|     |           |      |      |   |            |     |    |          |          |         |        |    |       |    |     |        |                         |        |         |          |     |    |                        |                           |          |  |
|     |           |      |      |   |            |     |    |          |          |         |        |    |       |    |     |        |                         |        |         |          |     |    |                        |                           |          |  |
|     |           |      |      |   |            |     |    |          |          |         |        |    |       |    |     |        |                         |        |         |          |     |    |                        |                           |          |  |
|     |           |      |      |   |            |     |    |          |          |         |        |    |       |    |     |        |                         |        |         |          |     |    |                        |                           |          |  |
|     |           |      |      |   |            |     |    |          |          |         |        |    |       |    |     |        |                         |        |         |          |     |    |                        |                           |          |  |
|     |           |      |      |   |            |     |    |          |          |         |        |    |       |    |     |        |                         |        |         |          |     |    |                        |                           |          |  |
|     |           |      |      |   |            |     |    |          |          |         |        |    |       |    |     |        |                         |        |         |          |     |    |                        |                           |          |  |
|     |           |      |      |   |            |     |    |          |          |         |        |    |       |    |     |        |                         |        |         |          |     |    |                        |                           |          |  |
|     |           |      |      |   |            |     |    |          |          |         |        |    |       |    |     |        |                         |        |         |          |     |    |                        |                           |          |  |
|     |           |      |      |   |            |     |    |          |          |         |        |    |       |    |     |        |                         |        |         |          |     |    |                        |                           |          |  |
|     |           |      |      |   |            |     |    |          |          |         |        |    |       |    |     |        |                         |        |         |          |     |    |                        |                           |          |  |
|     |           |      |      |   |            |     |    |          |          |         |        |    |       |    |     |        |                         |        |         |          |     |    |                        |                           |          |  |
|     |           |      |      |   |            |     |    |          |          |         |        |    |       |    |     |        |                         |        |         |          |     |    |                        |                           |          |  |
|     |           |      |      |   |            |     |    |          |          |         |        |    |       |    |     |        |                         |        |         |          |     |    |                        |                           |          |  |
|     |           |      |      |   |            |     |    |          |          |         |        |    |       |    |     |        |                         |        |         |          |     |    |                        |                           |          |  |

※1)穿孔深さは座掘り長を含む。  
 ※2)穿孔径、埋込み長さの赤字表記は、未測定のため目録値を示す。





付録3.3 スラブ構造性能確認試験（試験体）

付録3.3 スラブ構造性能確認試験（試験体）

付表3.1.3.(1) 試験体・アンカー施工概要

| 番号  | 試験体形状   | 施工標準     |      |      |   | 接着剤        |     | 穿孔方法1    |         | 穿孔方法2   |    | アンカー筋 |        |                         |        |         |          | コンクリート |      | 備考   |                        |                           |
|-----|---------|----------|------|------|---|------------|-----|----------|---------|---------|----|-------|--------|-------------------------|--------|---------|----------|--------|------|------|------------------------|---------------------------|
|     |         | 注入カートリッジ | カプセル | 施工方向 |   | アンカー施工時温度℃ | 有機系 |          | 湿式コアドリル | ハンマードリル | 固定 | 種類    | アンカー筋径 | 規格降伏点 N/mm <sup>2</sup> | 穿孔径 mm | 穿孔深さ mm | 埋込み長さ mm | 角度°    |      |      | 設計強度 N/mm <sup>2</sup> | 試験時圧縮強度 N/mm <sup>2</sup> |
|     |         |          |      | 上    | 下 |            | EP  | EPアクリレート |         |         |    |       |        |                         |        |         |          | X      | Y    |      |                        |                           |
| S1  | 両端固定スラブ | ○        |      | ○    | ○ | 9          | ○   | ○        | ○       | ○       |    | 13    | 295    | 16.36                   | 162.3  | 160     | 91.4     | 計測不可   | 18   | 27.2 |                        |                           |
| S2  | 両端固定スラブ | ○        |      | ○    | ○ | 9          | ○   | ○        | ○       | ○       |    | 13    | 295    | 16.33                   | 162.3  | 162     | 91.2     | 計測不可   | 18   | 27.2 |                        |                           |
| S3  | 両端固定スラブ | ○        |      | ○    | ○ | 9          | ○   | ○        | ○       | ○       |    | 13    | 295    | 16.51                   | 162.3  | 159     | 92.3     | 計測不可   | 18   | 27.2 |                        |                           |
| S4  | 両端固定スラブ | ○        |      | ○    | ○ | 9          | ○   | ○        | ○       | ○       |    | 13    | 295    | 16.33                   | 162.7  | 152     | 92       | 計測不可   | 18   | 27.2 |                        |                           |
| S5  | 両端固定スラブ | ○        |      | ○    | ○ | 9          | ○   | ○        | ○       | ○       |    | 13    | 295    | 16.18                   | 162.2  | 159     | 92.6     | 計測不可   | 18   | 27.2 |                        |                           |
| S6  | 両端固定スラブ | ○        |      | ○    | ○ | 9          | ○   | ○        | ○       | ○       |    | 13    | 295    | 16.33                   | 161    | 156     | 92       | 計測不可   | 18   | 27.2 |                        |                           |
| S7  | 両端固定スラブ | ○        |      | ○    | ○ | 9          | ○   | ○        | ○       | ○       |    | 13    | 295    | 16.31                   | 162.7  | 159     | 92.3     | 計測不可   | 18   | 27.2 |                        |                           |
| S8  | 両端固定スラブ | ○        |      | ○    | ○ | 9          | ○   | ○        | ○       | ○       |    | 10    | 295    | 16.33                   | 97.96  | 97      | 計測不可     | 18     | 27.2 |      |                        |                           |
| S9  | 両端固定スラブ | ○        |      | ○    | ○ | 9          | ○   | ○        | ○       | ○       |    | 10    | 295    | 16.23                   | 97.82  | 95      | 計測不可     | 18     | 27.2 |      |                        |                           |
| S10 | 両端固定スラブ | ○        |      | ○    | ○ | 9          | ○   | ○        | ○       | ○       |    | 10    | 295    | 16.32                   | 97.71  | 94      | 計測不可     | 18     | 27.2 |      |                        |                           |
| S11 | 両端固定スラブ | ○        |      | ○    | ○ | 9          | ○   | ○        | ○       | ○       |    | 10    | 295    | 16.39                   | 96.54  | 95      | 計測不可     | 18     | 27.2 |      |                        |                           |
| N1  | 両端固定スラブ | ○        |      | ○    | ○ | 9          | ○   | ○        | ○       | ○       |    | 13    | 295    | 16.36                   | 160.5  | 160     | 90.1     | 計測不可   | 18   | 27.2 |                        |                           |
| N2  | 両端固定スラブ | ○        |      | ○    | ○ | 9          | ○   | ○        | ○       | ○       |    | 13    | 295    | 16.22                   | 161.4  | 161     | 計測不可     | 18     | 27.2 |      |                        |                           |
| N3  | 両端固定スラブ | ○        |      | ○    | ○ | 9          | ○   | ○        | ○       | ○       |    | 13    | 295    | 16.32                   | 161.2  | 154     | 91.4     | 計測不可   | 18   | 27.2 |                        |                           |
| N4  | 両端固定スラブ | ○        |      | ○    | ○ | 9          | ○   | ○        | ○       | ○       |    | 13    | 295    | 16.28                   | 162.1  | 150     | 計測不可     | 18     | 27.2 |      |                        |                           |
| N5  | 両端固定スラブ | ○        |      | ○    | ○ | 9          | ○   | ○        | ○       | ○       |    | 13    | 295    | 16.46                   | 162    | 159     | 90.1     | 計測不可   | 18   | 27.2 |                        |                           |
| N6  | 両端固定スラブ | ○        |      | ○    | ○ | 9          | ○   | ○        | ○       | ○       |    | 13    | 295    | 16.26                   | 162.3  | 163     | 91.6     | 計測不可   | 18   | 27.2 |                        |                           |
| N7  | 両端固定スラブ | ○        |      | ○    | ○ | 9          | ○   | ○        | ○       | ○       |    | 13    | 295    | 16.26                   | 159.3  | 165     | 91.1     | 計測不可   | 18   | 27.2 |                        |                           |
| N8  | 両端固定スラブ | ○        |      | ○    | ○ | 9          | ○   | ○        | ○       | ○       |    | 10    | 295    | 16.25                   | 96.67  | 100     | 計測不可     | 18     | 27.2 |      |                        |                           |
| N9  | 両端固定スラブ | ○        |      | ○    | ○ | 9          | ○   | ○        | ○       | ○       |    | 10    | 295    | 16.45                   | 96.6   | 100     | 計測不可     | 18     | 27.2 |      |                        |                           |

付表3.1.3.(2) 試験体・アンカー施工概要

| 番号   | 試験体形状   | 施工標準     |      |      |   | 接着剤        |     |          | 穿孔方法1    |       |         | 穿孔方法2 |    |    | アンカー筋 |     |        |                         |        |         | コンクリート   |      | 備考 |                        |                           |   |
|------|---------|----------|------|------|---|------------|-----|----------|----------|-------|---------|-------|----|----|-------|-----|--------|-------------------------|--------|---------|----------|------|----|------------------------|---------------------------|---|
|      |         | 注入カートリッジ | カプセル | 施工方向 |   | アンカー施工時温度℃ | 有機系 | EPアクリレート | 無機系・セメント | 湿式ドリル | ハンドマドリル | ハンド   | 固定 | 種類 | 異形    | 全ネジ | アンカー筋径 | 規格降伏点 N/mm <sup>2</sup> | 穿孔径 mm | 穿孔深さ mm | 埋込み長さ mm | 角度°  |    | 設計強度 N/mm <sup>2</sup> | 試験時圧縮強度 N/mm <sup>2</sup> |   |
|      |         |          |      | 上    | 下 |            |     |          |          |       |         |       |    |    |       |     |        |                         |        |         |          | X    |    |                        |                           | Y |
| N10  | 両端固定スラブ | ○        |      | ○    | ○ | 9          | ○   | ○        |          | ○     | ○       |       | ○  | ○  | ○     | 10  | 295    | 16.34                   | 97.11  | 100     | 計測不可     | 計測不可 | 18 | 27.2                   |                           |   |
| N11  | 両端固定スラブ | ○        |      | ○    | ○ | 9          | ○   | ○        |          | ○     | ○       |       | ○  | ○  | ○     | 10  | 295    | 16.32                   | 96.41  | 99      | 計測不可     | 計測不可 | 18 | 27.2                   |                           |   |
| CS1  | 片持ちスラブ  | ○        |      | ○    | ○ | 9          | ○   | ○        |          | ○     | ○       |       | ○  | ○  | ○     | 13  | 295    | 15.99                   | 160.5  | 162     | 計測不可     | 計測不可 | 18 | 27.2                   |                           |   |
| CS2  | 片持ちスラブ  | ○        |      | ○    | ○ | 9          | ○   | ○        |          | ○     | ○       |       | ○  | ○  | ○     | 13  | 295    | 16.17                   | 161.7  | 159     | 計測不可     | 計測不可 | 18 | 27.2                   |                           |   |
| CS3  | 片持ちスラブ  | ○        |      | ○    | ○ | 9          | ○   | ○        |          | ○     | ○       |       | ○  | ○  | ○     | 13  | 295    | 16.39                   | 161.4  | 162     | 計測不可     | 計測不可 | 18 | 27.2                   |                           |   |
| CS4  | 片持ちスラブ  | ○        |      | ○    | ○ | 9          | ○   | ○        |          | ○     | ○       |       | ○  | ○  | ○     | 13  | 295    | 16.27                   | 161.6  | 160     | 計測不可     | 計測不可 | 18 | 27.2                   |                           |   |
| CS5  | 片持ちスラブ  | ○        |      | ○    | ○ | 9          | ○   | ○        |          | ○     | ○       |       | ○  | ○  | ○     | 13  | 295    | 16.33                   | 162.2  | 163     | 計測不可     | 計測不可 | 18 | 27.2                   |                           |   |
| CS6  | 片持ちスラブ  | ○        |      | ○    | ○ | 9          | ○   | ○        |          | ○     | ○       |       | ○  | ○  | ○     | 13  | 295    | 16.22                   | 161.2  | 160     | 計測不可     | 計測不可 | 18 | 27.2                   |                           |   |
| CS7  | 片持ちスラブ  | ○        |      | ○    | ○ | 9          | ○   | ○        |          | ○     | ○       |       | ○  | ○  | ○     | 13  | 295    | 16.14                   | 160.5  | 163     | 計測不可     | 計測不可 | 18 | 27.2                   |                           |   |
| CS8  | 片持ちスラブ  | ○        |      | ○    | ○ | 9          | ○   | ○        |          | ○     | ○       |       | ○  | ○  | ○     | 10  | 295    | 16.35                   | 97.05  | 93      | 計測不可     | 計測不可 | 18 | 27.2                   |                           |   |
| CS9  | 片持ちスラブ  | ○        |      | ○    | ○ | 9          | ○   | ○        |          | ○     | ○       |       | ○  | ○  | ○     | 10  | 295    | 16.15                   | 97.23  | 97      | 計測不可     | 計測不可 | 18 | 27.2                   |                           |   |
| CS10 | 片持ちスラブ  | ○        |      | ○    | ○ | 9          | ○   | ○        |          | ○     | ○       |       | ○  | ○  | ○     | 10  | 295    | 16.39                   | 96.67  | 95      | 計測不可     | 計測不可 | 18 | 27.2                   |                           |   |
| CS11 | 片持ちスラブ  | ○        |      | ○    | ○ | 9          | ○   | ○        |          | ○     | ○       |       | ○  | ○  | ○     | 10  | 295    | 16.18                   | 97.63  | 99      | 計測不可     | 計測不可 | 18 | 27.2                   |                           |   |
|      |         |          |      |      |   |            |     |          |          |       |         |       |    |    |       |     |        |                         |        |         |          |      |    |                        |                           |   |
|      |         |          |      |      |   |            |     |          |          |       |         |       |    |    |       |     |        |                         |        |         |          |      |    |                        |                           |   |
|      |         |          |      |      |   |            |     |          |          |       |         |       |    |    |       |     |        |                         |        |         |          |      |    |                        |                           |   |
|      |         |          |      |      |   |            |     |          |          |       |         |       |    |    |       |     |        |                         |        |         |          |      |    |                        |                           |   |
|      |         |          |      |      |   |            |     |          |          |       |         |       |    |    |       |     |        |                         |        |         |          |      |    |                        |                           |   |
|      |         |          |      |      |   |            |     |          |          |       |         |       |    |    |       |     |        |                         |        |         |          |      |    |                        |                           |   |
|      |         |          |      |      |   |            |     |          |          |       |         |       |    |    |       |     |        |                         |        |         |          |      |    |                        |                           |   |

付録3.4 スラブ構造性能確認試験（実建物）

付録3.4 スラブ構造性能確認試験（実建物）

付表3.1.4(1) 試験体・アンカー施工概要

| 番号  | 試験体形状  | 施工標準     |      |      |   | 接着剤       |     | 穿孔方法1    |         | 穿孔方法2    |    | アンカー筋 |    |     |        |                         |        | コンクリート  |          | 備考   |      |      |                        |                           |
|-----|--------|----------|------|------|---|-----------|-----|----------|---------|----------|----|-------|----|-----|--------|-------------------------|--------|---------|----------|------|------|------|------------------------|---------------------------|
|     |        | 注入カートリッジ | カプセル | 施工方向 |   | アンカー施工温度℃ | 有機系 |          | 湿式コアドリル | ハンドマードリル | 固定 | 種類    | 異形 | 全ネジ | アンカー筋径 | 規格降伏点 N/mm <sup>2</sup> | 穿孔径 mm | 穿孔深さ mm | 埋込み長さ mm |      | 角度°  |      | 設計強度 N/mm <sup>2</sup> | 試験時圧縮強度 N/mm <sup>2</sup> |
|     |        |          |      | 上    | 下 |           | EP  | EPアクリレート |         |          |    |       |    |     |        |                         |        |         |          |      | X    | Y    |                        |                           |
| E1  | 実建物スラブ | ○        |      | ○    |   | 12.1      | ○   | ○        | ○       | ○        |    | ○     |    | 13  | 295    | 15.64                   | 167.5  | 163     | 計測不可     | 89.7 | 16.5 | 35.1 |                        |                           |
| E2  | 実建物スラブ | ○        |      | ○    |   | 12.1      | ○   | ○        | ○       | ○        |    | ○     |    | 13  | 295    | 15.57                   | 166    | 153     | 計測不可     | 89.6 | 16.5 | 35.1 |                        |                           |
| E3  | 実建物スラブ | ○        |      | ○    |   | 12.1      | ○   | ○        | ○       | ○        |    | ○     |    | 13  | 295    | 15.06                   | 162.4  | 160     | 計測不可     | 89.7 | 16.5 | 35.1 |                        |                           |
| E4  | 実建物スラブ | ○        |      | ○    |   | 12.1      | ○   | ○        | ○       | ○        |    | ○     |    | 13  | 295    | 15.51                   | 162.3  | 161     | 計測不可     | 89.8 | 16.5 | 35.1 |                        |                           |
| E5  | 実建物スラブ | ○        |      | ○    |   | 12.1      | ○   | ○        | ○       | ○        |    | ○     |    | 13  | 295    | 15.15                   | 162.2  | 154     | 計測不可     | 90.3 | 16.5 | 35.1 |                        |                           |
| E6  | 実建物スラブ | ○        |      | ○    |   | 12.1      | ○   | ○        | ○       | ○        |    | ○     |    | 13  | 295    | 15.16                   | 161.3  | 158     | 計測不可     | 89.3 | 16.5 | 35.1 |                        |                           |
| E7  | 実建物スラブ | ○        |      | ○    |   | 12.1      | ○   | ○        | ○       | ○        |    | ○     |    | 13  | 295    | 15.49                   | 161.4  | 145     | 計測不可     | 88.2 | 16.5 | 35.1 |                        |                           |
| E8  | 実建物スラブ | ○        |      | ○    |   | 12.1      | ○   | ○        | ○       | ○        |    | ○     |    | 10  | 295    | 15.35                   | 97.43  | 96      | 計測不可     | 計測不可 | 16.5 | 35.1 |                        |                           |
| E9  | 実建物スラブ | ○        |      | ○    |   | 12.1      | ○   | ○        | ○       | ○        |    | ○     |    | 10  | 295    | 16.02                   | 101.2  | 97      | 計測不可     | 計測不可 | 16.5 | 35.1 |                        |                           |
| E10 | 実建物スラブ | ○        |      | ○    |   | 12.1      | ○   | ○        | ○       | ○        |    | ○     |    | 10  | 295    | 15.25                   | 101.3  | 98      | 計測不可     | 計測不可 | 16.5 | 35.1 |                        |                           |
| E11 | 実建物スラブ | ○        |      | ○    |   | 12.1      | ○   | ○        | ○       | ○        |    | ○     |    | 10  | 295    | 15.3                    | 98.83  | 96      | 計測不可     | 計測不可 | 16.5 | 35.1 |                        |                           |
| W1  | 実建物スラブ | ○        |      | ○    |   | 12.1      | ○   | ○        | ○       | ○        |    | ○     |    | 13  | 295    | 15.53                   | 163.4  | 156     | 計測不可     | 89.7 | 16.5 | 35.1 |                        |                           |
| W2  | 実建物スラブ | ○        |      | ○    |   | 12.1      | ○   | ○        | ○       | ○        |    | ○     |    | 13  | 295    | 15.35                   | 169.4  | 152     | 計測不可     | 89.6 | 16.5 | 35.1 |                        |                           |
| W3  | 実建物スラブ | ○        |      | ○    |   | 12.1      | ○   | ○        | ○       | ○        |    | ○     |    | 13  | 295    | 15.29                   | 166.4  | 156     | 計測不可     | 89.7 | 16.5 | 35.1 |                        |                           |
| W4  | 実建物スラブ | ○        |      | ○    |   | 12.1      | ○   | ○        | ○       | ○        |    | ○     |    | 13  | 295    | 16.56                   | 貫通     | 160     | 計測不可     | 89.8 | 16.5 | 35.1 |                        |                           |
| W5  | 実建物スラブ | ○        |      | ○    |   | 12.1      | ○   | ○        | ○       | ○        |    | ○     |    | 13  | 295    | 16.46                   | 168.2  | 146     | 計測不可     | 90.3 | 16.5 | 35.1 |                        |                           |
| W6  | 実建物スラブ | ○        |      | ○    |   | 12.1      | ○   | ○        | ○       | ○        |    | ○     |    | 13  | 295    | 15.32                   | 貫通     | 153     | 計測不可     | 89.3 | 16.5 | 35.1 |                        |                           |
| W7  | 実建物スラブ | ○        |      | ○    |   | 12.1      | ○   | ○        | ○       | ○        |    | ○     |    | 13  | 295    | 15.2                    | 161.2  | 155     | 計測不可     | 88.2 | 16.5 | 35.1 |                        |                           |
| W8  | 実建物スラブ | ○        |      | ○    |   | 12.1      | ○   | ○        | ○       | ○        |    | ○     |    | 10  | 295    | 15.33                   | 99.06  | 97      | 計測不可     | 計測不可 | 16.5 | 35.1 |                        |                           |
| W9  | 実建物スラブ | ○        |      | ○    |   | 12.1      | ○   | ○        | ○       | ○        |    | ○     |    | 10  | 295    | 15.47                   | 99.9   | 97      | 計測不可     | 計測不可 | 16.5 | 35.1 |                        |                           |

付表3.1.4(2) 試験体・アンカ施工概要

| 番号  | 試験体形状  | 施工標準     |      |      |      | 接着剤         |     |          | 穿孔方法1   |         | 穿孔方法2 |    | アンカー筋 |    |     |       |                         |        |         | コンクリート   |      | 備考   |                        |                           |      |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-----|--------|----------|------|------|------|-------------|-----|----------|---------|---------|-------|----|-------|----|-----|-------|-------------------------|--------|---------|----------|------|------|------------------------|---------------------------|------|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|     |        | 注入カートリッジ | カプセル | 施工方向 |      | アンカー施工時温度°C | 有機系 | 無機系・セメント | 湿式コアドリル | ハンドマドリル | ハンド   | 固定 | 種類    | 異形 | 全ネジ | アンカー径 | 規格降伏点 N/mm <sup>2</sup> | 穿孔径 mm | 穿孔深さ mm | 埋込み長さ mm | 角度°  |      | 設計強度 N/mm <sup>2</sup> | 試験時圧縮強度 N/mm <sup>2</sup> |      |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|     |        |          |      | 上    | 横    |             |     |          |         |         |       |    |       |    |     |       |                         |        |         |          | 下    |      |                        |                           | X    | Y |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|     |        | ○        | ○    | ○    | ○    | ○           | ○   | ○        | ○       | ○       | ○     | ○  | ○     | ○  | ○   | 10    | 295                     | 15.37  | 100.2   | 88       | 計測不可 |      | 計測不可                   | 16.5                      | 35.1 |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| W10 | 実建物スラブ | ○        | ○    | ○    | 12.1 | ○           | ○   | ○        | ○       | ○       | ○     | ○  | ○     | ○  | 10  | 295   | 15.37                   | 100.2  | 88      | 計測不可     | 計測不可 | 16.5 | 35.1                   |                           |      |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| W11 | 実建物スラブ | ○        | ○    | ○    | 12.1 | ○           | ○   | ○        | ○       | ○       | ○     | ○  | ○     | ○  | 10  | 295   | 14.37                   | 97.1   | 95      | 計測不可     | 計測不可 | 16.5 | 35.1                   |                           |      |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|     |        |          |      |      |      |             |     |          |         |         |       |    |       |    |     |       |                         |        |         |          |      |      |                        |                           |      |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|     |        |          |      |      |      |             |     |          |         |         |       |    |       |    |     |       |                         |        |         |          |      |      |                        |                           |      |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|     |        |          |      |      |      |             |     |          |         |         |       |    |       |    |     |       |                         |        |         |          |      |      |                        |                           |      |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|     |        |          |      |      |      |             |     |          |         |         |       |    |       |    |     |       |                         |        |         |          |      |      |                        |                           |      |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|     |        |          |      |      |      |             |     |          |         |         |       |    |       |    |     |       |                         |        |         |          |      |      |                        |                           |      |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|     |        |          |      |      |      |             |     |          |         |         |       |    |       |    |     |       |                         |        |         |          |      |      |                        |                           |      |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|     |        |          |      |      |      |             |     |          |         |         |       |    |       |    |     |       |                         |        |         |          |      |      |                        |                           |      |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|     |        |          |      |      |      |             |     |          |         |         |       |    |       |    |     |       |                         |        |         |          |      |      |                        |                           |      |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

付録3.5 実建物施工における付着性能のばらつき確認試験

付録3.5 実建物施工における付着性能のばらつき確認試験

付表3.1.5(1) 試験体・アンカー施工概要

| 試験体形状 | 施工標準     |      |   |            | 接着剤 |    | 穿孔方法1   |         | 穿孔方法2 |    | アンカー筋 |        |                         |        | コンクリート  |          | 備考    |          |      |                        |                           |
|-------|----------|------|---|------------|-----|----|---------|---------|-------|----|-------|--------|-------------------------|--------|---------|----------|-------|----------|------|------------------------|---------------------------|
|       | 注入カートリッジ | 施工方向 |   | アンカー施工時温度℃ | 有機系 |    | 湿式コアドリル | ハンマードリル | ハンド   | 固定 | 種類    | アンカー筋径 | 規格降伏点 N/mm <sup>2</sup> | 穿孔径 mm | 穿孔深さ mm | 埋込み長さ mm |       | 角度°      |      | 設計強度 N/mm <sup>2</sup> | 試験時圧縮強度 N/mm <sup>2</sup> |
|       |          | 上    | 横 |            | 下   | EP |         |         |       |    |       |        |                         |        |         |          |       | EPアクリレート | 異形   |                        |                           |
| 1     | ○        |      | ○ | ○          | ○   | ○  |         | ○       | ○     |    |       | 13     | 785                     | 16.23  | 65      | 71       | 89.42 | 94.23    | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 2     | ○        |      | ○ | ○          | ○   | ○  |         | ○       | ○     |    |       | 13     | 785                     | 16.19  | 66      | 71       | 90.47 | 94.09    | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 3     | ○        |      | ○ | ○          | ○   | ○  |         | ○       | ○     |    |       | 13     | 785                     | 16.24  | 65      | 71       | 89.51 | 98.2     | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 4     | ○        |      | ○ | ○          | ○   | ○  |         | ○       | ○     |    |       | 13     | 785                     | 16.19  | 65      | 71       | 93.15 | 95.18    | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 5     | ○        |      | ○ | ○          | ○   | ○  |         | ○       | ○     |    |       | 13     | 785                     | 16.26  | 66      | 72       | 89.53 | 94.51    | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 6     | ○        |      | ○ | ○          | ○   | ○  |         | ○       | ○     |    |       | 13     | 785                     | 16.24  | 67      | 73       | 90.17 | 94.39    | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 7     | ○        |      | ○ | ○          | ○   | ○  |         | ○       | ○     |    |       | 13     | 785                     | 16.16  | 65      | 72       | 89.45 | 94.53    | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 8     | ○        |      | ○ | ○          | ○   | ○  |         | ○       | ○     |    |       | 13     | 785                     | 16.24  | 67      | 72       | 87.52 | 93.26    | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 9     | ○        |      | ○ | ○          | ○   | ○  |         | ○       | ○     |    |       | 13     | 785                     | 16.1   | 66      | 71       | 89.35 | 92.32    | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 10    | ○        |      | ○ | ○          | ○   | ○  |         | ○       | ○     |    |       | 13     | 785                     | 16.3   | 67      | 72       | 89.18 | 93.04    | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 11    | ○        |      | ○ | ○          | ○   | ○  |         | ○       | ○     |    |       | 13     | 785                     | 16.09  | 68      | 71       | 93.32 | 93.41    | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 12    | ○        |      | ○ | ○          | ○   | ○  |         | ○       | ○     |    |       | 13     | 785                     | 16.08  | 65      | 71       | 87.29 | 91.04    | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 13    | ○        |      | ○ | ○          | ○   | ○  |         | ○       | ○     |    |       | 13     | 785                     | 16.32  | 69      | 71       | 89.11 | 91.58    | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 14    | ○        |      | ○ | ○          | ○   | ○  |         | ○       | ○     |    |       | 13     | 785                     | 16.06  | 67      | 70       | 88.5  | 90.02    | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 15    | ○        |      | ○ | ○          | ○   | ○  |         | ○       | ○     |    |       | 13     | 785                     | 15.96  | 66      | 71       | 85.2  | 96.4     | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 16    | ○        |      | ○ | ○          | ○   | ○  |         | ○       | ○     |    |       | 13     | 785                     | 16.2   | 65      | 71       | 84.58 | 92.32    | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 17    | ○        |      | ○ | ○          | ○   | ○  |         | ○       | ○     |    |       | 13     | 785                     | 16.15  | 66      | 72       | 89.22 | 90.4     | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 18    | ○        |      | ○ | ○          | ○   | ○  |         | ○       | ○     |    |       | 13     | 785                     | 16.29  | 65      | 71       | 87.11 | 94.57    | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 19    | ○        |      | ○ | ○          | ○   | ○  |         | ○       | ○     |    |       | 13     | 785                     | 16.26  | 67      | 71       | 90.41 | 93.41    | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 20    | ○        |      | ○ | ○          | ○   | ○  |         | ○       | ○     |    |       | 13     | 785                     | 16.1   | 68      | 71       | 90.43 | 93.46    | 16.5 | 42.3                   |                           |

付表3.1.5(2) 試験体・アンカー施工概要

| 試験体形状 | 施工標準     |      |      |   | 接着剤        |     |    | 穿孔方法1    |         | 穿孔方法2  |     | アンカー筋 |    |        |                         | コンクリート |         | 備考 |          |          |      |                        |                           |
|-------|----------|------|------|---|------------|-----|----|----------|---------|--------|-----|-------|----|--------|-------------------------|--------|---------|----|----------|----------|------|------------------------|---------------------------|
|       | 注入カートリッジ | カプセル | 施工方向 |   | アンカー施工時温度℃ | 有機系 |    | 無機系・セメント | 湿式コアドリル | ハンマドリル | ハンド | 固定    | 種類 | アンカー筋径 | 規格降伏点 N/mm <sup>2</sup> | 穿孔径 mm | 穿孔深さ mm |    | 埋込み長さ mm | 角度°      |      | 設計強度 N/mm <sup>2</sup> | 試験時圧縮強度 N/mm <sup>2</sup> |
|       |          |      | 上    | 横 |            | 下   | EP |          |         |        |     |       |    |        |                         |        |         |    |          | EPアクリレート | 異形   |                        |                           |
| 21    | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          |         | ○      | ○   |       | ○  | 13     | 785                     | 16.33  | 67      | 73 | 91.1     | 95.05    | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 22    | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          |         | ○      | ○   |       | ○  | 13     | 785                     | 16.22  | 68      | 71 | 90.46    | 93.53    | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 23    | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          |         | ○      | ○   |       | ○  | 13     | 785                     | 16.07  | 66      | 71 | 91.48    | 92.1     | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 24    | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          |         | ○      | ○   |       | ○  | 13     | 785                     | 16.18  | 65      | 69 | 91.31    | 95.58    | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 25    | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          |         | ○      | ○   |       | ○  | 13     | 785                     | 16.21  | 66      | 72 | 91.24    | 95.35    | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 26    | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          |         | ○      | ○   |       | ○  | 13     | 785                     | 16.02  | 65      | 72 | 90.48    | 97.29    | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 27    | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          |         | ○      | ○   |       | ○  | 13     | 785                     | 15.93  | 67      | 72 | 89.3     | 96.35    | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 28    | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          |         | ○      | ○   |       | ○  | 13     | 785                     | 16.28  | 65      | 71 | 87.38    | 96.14    | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 29    | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          |         | ○      | ○   |       | ○  | 13     | 785                     | 16.13  | 65      | 73 | 91.01    | 95.37    | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 30    | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          |         | ○      | ○   |       | ○  | 13     | 785                     | 16.19  | 69      | 72 | 90.5     | 96.31    | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 31    | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          |         | ○      | ○   |       | ○  | 13     | 785                     | 16.24  | 67      | 70 | 88.59    | 85.52    | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 32    | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          |         | ○      | ○   |       | ○  | 13     | 785                     | 16.18  | 67      | 69 | 91.13    | 87.55    | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 33    | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          |         | ○      | ○   |       | ○  | 13     | 785                     | 16.12  | 67      | 71 | 89.23    | 87.19    | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 34    | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          |         | ○      | ○   |       | ○  | 13     | 785                     | 16.28  | 69      | 71 | 88.34    | 85.46    | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 35    | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          |         | ○      | ○   |       | ○  | 13     | 785                     | 16.15  | 67      | 71 | 90.09    | 88.27    | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 36    | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          |         | ○      | ○   |       | ○  | 13     | 785                     | 16.27  | 69      | 70 | 92.19    | 93.41    | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 37    | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          |         | ○      | ○   |       | ○  | 13     | 785                     | 16.08  | 68      | 72 | 90.31    | 91.22    | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 38    | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          |         | ○      | ○   |       | ○  | 13     | 785                     | 16.17  | 67      | 71 | 91.2     | 94.36    | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 39    | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          |         | ○      | ○   |       | ○  | 13     | 785                     | 16.15  | 65      | 70 | 87.51    | 94.16    | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 40    | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          |         | ○      | ○   |       | ○  | 13     | 785                     | 16.02  | 65      | 70 | 88.19    | 94.53    | 16.5 | 42.3                   |                           |

付表3.1.5(3) 試験体・アンカー施工概要

| 試験体形状 | 施工標準     |      |      |   | 接着剤        |     |    | 穿孔方法1    |         |         | 穿孔方法2 |    |    | アンカー筋  |                         |        | コンクリート  |          | 備考    |          |      |                        |                           |
|-------|----------|------|------|---|------------|-----|----|----------|---------|---------|-------|----|----|--------|-------------------------|--------|---------|----------|-------|----------|------|------------------------|---------------------------|
|       | 注入カートリッジ | カプセル | 施工方向 |   | アンカー施工時温度℃ | 有機系 |    | 無機系・セメント | 湿式コアドリル | ハンマードリル | ハンド   | 固定 | 種類 | アンカー筋径 | 規格降伏点 N/mm <sup>2</sup> | 穿孔径 mm | 穿孔深さ mm | 埋込み長さ mm |       | 角度°      |      | 設計強度 N/mm <sup>2</sup> | 試験時圧縮強度 N/mm <sup>2</sup> |
|       |          |      | 上    | 横 |            | 下   | EP |          |         |         |       |    |    |        |                         |        |         |          |       | EPアクリレート | 異形   |                        |                           |
| 41    | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          |         | ○       | ○     |    | ○  | 13     | 785                     | 16.27  | 68      | 71       | 90.52 | 92.16    | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 42    | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          |         | ○       | ○     |    | ○  | 13     | 785                     | 16.14  | 70      | 71       | 92.19 | 93.38    | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 43    | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          |         | ○       | ○     |    | ○  | 13     | 785                     | 16.2   | 67      | 71       | 89.57 | 94.41    | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 44    | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          |         | ○       | ○     |    | ○  | 13     | 785                     | 16.08  | 65      | 71       | 90.55 | 97.04    | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 45    | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          |         | ○       | ○     |    | ○  | 13     | 785                     | 16.05  | 66      | 72       | 89.08 | 96.37    | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 46    | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          |         | ○       | ○     |    | ○  | 13     | 785                     | 16.2   | 68      | 72       | 91.42 | 95.14    | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 47    | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          |         | ○       | ○     |    | ○  | 13     | 785                     | 16.25  | 66      | 73       | 91.5  | 95.47    | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 48    | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          |         | ○       | ○     |    | ○  | 13     | 785                     | 16.25  | 66      | 73       | 94.16 | 88.01    | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 49    | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          |         | ○       | ○     |    | ○  | 13     | 785                     | 16.08  | 65      | 72       | 91.03 | 87.5     | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 50    | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          |         | ○       | ○     |    | ○  | 13     | 785                     | 16.18  | 66      | 71       | 91.03 | 94.23    | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 51    | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          |         | ○       | ○     |    | ○  | 13     | 785                     | 16.1   | 65      | 69       | 88.05 | 84.32    | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 52    | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          |         | ○       | ○     |    | ○  | 13     | 785                     | 16.1   | 66      | 72       | 91.32 | 96.29    | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 53    | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          |         | ○       | ○     |    | ○  | 13     | 785                     | 16     | 67      | 74       | 92.53 | 93.58    | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 54    | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          |         | ○       | ○     |    | ○  | 13     | 785                     | 15.98  | 68      | 71       | 92.2  | 91.24    | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 55    | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          |         | ○       | ○     |    | ○  | 13     | 785                     | 16.19  | 67      | 70       | 88.47 | 94.16    | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 56    | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          |         | ○       | ○     |    | ○  | 13     | 785                     | 16.4   | 65      | 70       | 91.32 | 92.28    | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 57    | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          |         | ○       | ○     |    | ○  | 13     | 785                     | 16.05  | 67      | 71       | 93.1  | 93.4     | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 58    | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          |         | ○       | ○     |    | ○  | 13     | 785                     | 16.07  | 66      | 72       | 91.58 | 95.06    | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 59    | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          |         | ○       | ○     |    | ○  | 13     | 785                     | 16.15  | 65      | 73       | 92.28 | 94.38    | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 60    | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          |         | ○       | ○     |    | ○  | 13     | 785                     | 16.05  | 69      | 71       | 89.53 | 90.31    | 16.5 | 42.3                   |                           |

付表3.1.5(4) 試験体・アンカー施工概要

| 番号 | 試験体形状 | 施工標準     |      |      |   | 接着剤        |     |    | 穿孔方法1    |         | 穿孔方法2   |     | アンカー筋 |    |        |                         | コンクリート |         | 備考 |          |       |      |                        |                           |
|----|-------|----------|------|------|---|------------|-----|----|----------|---------|---------|-----|-------|----|--------|-------------------------|--------|---------|----|----------|-------|------|------------------------|---------------------------|
|    |       | 注入カートリッジ | カプセル | 施工方向 |   | アンカー施工時温度℃ | 有機系 |    | 無機系・セメント | 湿式コアドリル | ハンマードリル | ハンド | 固定    | 種類 | アンカー筋径 | 規格降伏点 N/mm <sup>2</sup> | 穿孔径 mm | 穿孔深さ mm |    | 埋込み長さ mm | 角度°   |      | 設計強度 N/mm <sup>2</sup> | 試験時圧縮強度 N/mm <sup>2</sup> |
|    |       |          |      | 上    | 横 |            | 下   | 異形 |          |         |         |     |       |    |        |                         |        |         |    |          | 全ネジ   | X    |                        |                           |
| 61 | 壁     | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          | ○       | ○       |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.29  | 66      | 70 | 90.03    | 88.5  | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 62 | 壁     | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          | ○       | ○       |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.18  | 65      | 71 | 91.29    | 88.58 | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 63 | 壁     | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          | ○       | ○       |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.1   | 67      | 68 | 89.21    | 86.1  | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 64 | 壁     | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          | ○       | ○       |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.02  | 67      | 72 | 91.43    | 86.03 | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 65 | 壁     | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          | ○       | ○       |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.06  | 68      | 71 | 88.1     | 86.45 | 16.5 | 42.3                   |                           |
| 66 | 天井    | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          | ○       | ○       |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.17  | 67      | 87 | 91.52    | 91.22 | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 67 | 天井    | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          | ○       | ○       |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.19  | 65      | 81 | 90.4     | 92.28 | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 68 | 天井    | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          | ○       | ○       |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.29  | 69      | 83 | 95.47    | 90.16 | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 69 | 天井    | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          | ○       | ○       |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.02  | 69      | 64 | 87.34    | 93.32 | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 70 | 天井    | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          | ○       | ○       |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.23  | 69      | 70 | 92.28    | 93.26 | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 71 | 天井    | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          | ○       | ○       |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.19  | 68      | 65 | 88.3     | 94.54 | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 72 | 天井    | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          | ○       | ○       |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.09  | 67      | 69 | 90.23    | 92.13 | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 73 | 天井    | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          | ○       | ○       |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.15  | 67      | 71 | 92.24    | 87.29 | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 74 | 天井    | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          | ○       | ○       |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.11  | 66      | 69 | 90.51    | 89.17 | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 75 | 天井    | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          | ○       | ○       |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.26  | 68      | 68 | 94.23    | 91.53 | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 76 | 天井    | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          | ○       | ○       |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.08  | 70      | 68 | 85.05    | 90.38 | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 77 | 天井    | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          | ○       | ○       |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.03  | 69      | 70 | 97.36    | 91.22 | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 78 | 天井    | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          | ○       | ○       |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.16  | 66      | 73 | 87.58    | 94.26 | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 79 | 天井    | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          | ○       | ○       |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.14  | 69      | 70 | 93.34    | 90.26 | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 80 | 天井    | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○  |          | ○       | ○       |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.27  | 65      | 68 | 89.14    | 88.34 | 16.5 | 48.9                   |                           |



付表3.1.5(5) 試験体・アンカー施工概要

| 番号  | 試験体形状 | 施工標準     |      |      |   | 接着剤        |     |   | 穿孔方法1    |         | 穿孔方法2  |     | アンカー筋 |    |        |                         | コンクリート |         | 備考 |          |       |      |                        |                           |
|-----|-------|----------|------|------|---|------------|-----|---|----------|---------|--------|-----|-------|----|--------|-------------------------|--------|---------|----|----------|-------|------|------------------------|---------------------------|
|     |       | 注入カートリッジ | カプセル | 施工方向 |   | アンカー施工時温度℃ | 有機系 |   | 無機系・セメント | 湿式コアドリル | ハンマドリル | ハンド | 固定    | 種類 | アンカー筋径 | 規格降伏点 N/mm <sup>2</sup> | 穿孔径 mm | 穿孔深さ mm |    | 埋込み長さ mm | 角度°   |      | 設計強度 N/mm <sup>2</sup> | 試験時圧縮強度 N/mm <sup>2</sup> |
|     |       |          |      | 上    | 下 |            | 横   | 縦 |          |         |        |     |       |    |        |                         |        |         |    |          | X     | Y    |                        |                           |
| 81  | 天井    | ○        |      | ○    |   |            | ○   |   |          | ○       | ○      |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.08  | 67      | 54 | 90.15    | 98.46 | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 82  | 天井    | ○        |      | ○    |   |            | ○   |   |          | ○       | ○      |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.25  | 66      | 69 | 87.14    | 93.2  | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 83  | 天井    | ○        |      | ○    |   |            | ○   |   |          | ○       | ○      |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.29  | 65      | 71 | 93.44    | 91.54 | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 84  | 天井    | ○        |      | ○    |   |            | ○   |   |          | ○       | ○      |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.23  | 68      | 69 | 85.57    | 90.37 | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 85  | 天井    | ○        |      | ○    |   |            | ○   |   |          | ○       | ○      |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.18  | 67      | 70 | 91.33    | 91.49 | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 86  | 天井    | ○        |      | ○    |   |            | ○   |   |          | ○       | ○      |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.09  | 70      | 68 | 89.15    | 93.32 | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 87  | 天井    | ○        |      | ○    |   |            | ○   |   |          | ○       | ○      |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.03  | 66      | 67 | 89.59    | 91.41 | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 88  | 天井    | ○        |      | ○    |   |            | ○   |   |          | ○       | ○      |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.09  | 67      | 69 | 86.52    | 93.56 | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 89  | 天井    | ○        |      | ○    |   |            | ○   |   |          | ○       | ○      |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.21  | 67      | 69 | 91.51    | 90.37 | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 90  | 天井    | ○        |      | ○    |   |            | ○   |   |          | ○       | ○      |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.07  | 68      | 69 | 90.16    | 93.01 | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 91  | 天井    | ○        |      | ○    |   |            | ○   |   |          | ○       | ○      |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.31  | 68      | 73 | 89.32    | 92.32 | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 92  | 天井    | ○        |      | ○    |   |            | ○   |   |          | ○       | ○      |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.24  | 68      | 69 | 95.05    | 92.19 | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 93  | 天井    | ○        |      | ○    |   |            | ○   |   |          | ○       | ○      |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.29  | 69      | 72 | 87.52    | 88.45 | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 94  | 天井    | ○        |      | ○    |   |            | ○   |   |          | ○       | ○      |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.08  | 65      | 68 | 91.2     | 88.46 | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 95  | 天井    | ○        |      | ○    |   |            | ○   |   |          | ○       | ○      |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.17  | 66      | 71 | 89.05    | 89.1  | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 96  | 天井    | ○        |      | ○    |   |            | ○   |   |          | ○       | ○      |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.15  | 66      | 70 | 91.01    | 91.18 | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 97  | 天井    | ○        |      | ○    |   |            | ○   |   |          | ○       | ○      |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.07  | 67      | 71 | 86.23    | 90.02 | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 98  | 天井    | ○        |      | ○    |   |            | ○   |   |          | ○       | ○      |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.04  | 67      | 67 | 92.13    | 90.17 | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 99  | 天井    | ○        |      | ○    |   |            | ○   |   |          | ○       | ○      |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.06  | 68      | 72 | 88.4     | 87.49 | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 100 | 天井    | ○        |      | ○    |   |            | ○   |   |          | ○       | ○      |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.04  | 65      | 71 | 85.31    | 91.23 | 16.5 | 48.9                   |                           |

付表3.1.5(6) 試験体・アンカー施工概要

| 番号  | 試験体形状 | 施工標準     |      |      |   | 接着剤        |     |          | 穿孔方法1    |         | 穿孔方法2   |     | アンカー筋 |    |        |                         | コンクリート |         | 備考 |          |       |      |                        |                           |
|-----|-------|----------|------|------|---|------------|-----|----------|----------|---------|---------|-----|-------|----|--------|-------------------------|--------|---------|----|----------|-------|------|------------------------|---------------------------|
|     |       | 注入カートリッジ | カプセル | 施工方向 |   | アンカー施工時温度℃ | 有機系 |          | 無機系・セメント | 湿式コアドリル | ハンマードリル | ハンド | 固定    | 種類 | アンカー筋径 | 規格降伏点 N/mm <sup>2</sup> | 穿孔径 mm | 穿孔深さ mm |    | 埋込み長さ mm | 角度°   |      | 設計強度 N/mm <sup>2</sup> | 試験時圧縮強度 N/mm <sup>2</sup> |
|     |       |          |      | 上    | 下 |            | EP  | EPアクリレート |          |         |         |     |       |    |        |                         |        |         |    |          | 異形    | 全ネジ  |                        |                           |
| 101 | 天井    | ○        |      | ○    |   | ○          |     |          |          | ○       | ○       |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.13  | 69      | 71 | 91.23    | 92.26 | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 102 | 天井    | ○        |      | ○    |   | ○          |     |          |          | ○       | ○       |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.13  | 68      | 70 | 86.1     | 88.49 | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 103 | 天井    | ○        |      | ○    |   | ○          |     |          |          | ○       | ○       |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.07  | 68      | 68 | 89.38    | 89.2  | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 104 | 天井    | ○        |      | ○    |   | ○          |     |          |          | ○       | ○       |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.17  | 68      | 65 | 85.51    | 89.09 | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 105 | 天井    | ○        |      | ○    |   | ○          |     |          |          | ○       | ○       |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.11  | 66      | 70 | 91.32    | 90.15 | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 106 | 天井    | ○        |      | ○    |   | ○          |     |          |          | ○       | ○       |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.02  | 69      | 69 | 88.34    | 93.02 | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 107 | 天井    | ○        |      | ○    |   | ○          |     |          |          | ○       | ○       |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.07  | 70      | 70 | 86.43    | 90.1  | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 108 | 天井    | ○        |      | ○    |   | ○          |     |          |          | ○       | ○       |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.11  | 69      | 68 | 90.58    | 89.17 | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 109 | 天井    | ○        |      | ○    |   | ○          |     |          |          | ○       | ○       |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.11  | 67      | 68 | 90.2     | 90.13 | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 110 | 天井    | ○        |      | ○    |   | ○          |     |          |          | ○       | ○       |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.01  | 70      | 73 | 84.44    | 87.49 | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 111 | 天井    | ○        |      | ○    |   | ○          |     |          |          | ○       | ○       |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.08  | 68      | 71 | 88.2     | 87.51 | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 112 | 天井    | ○        |      | ○    |   | ○          |     |          |          | ○       | ○       |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.2   | 69      | 70 | 86.44    | 89.26 | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 113 | 天井    | ○        |      | ○    |   | ○          |     |          |          | ○       | ○       |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.12  | 69      | 70 | 96.37    | 95    | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 114 | 天井    | ○        |      | ○    |   | ○          |     |          |          | ○       | ○       |     |       | ○  | 13     | 785                     | 15.98  | 70      | 68 | 87.32    | 94.22 | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 115 | 天井    | ○        |      | ○    |   | ○          |     |          |          | ○       | ○       |     |       | ○  | 13     | 785                     | 15.9   | 70      | 59 | 85.12    | 90.38 | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 116 | 天井    | ○        |      | ○    |   | ○          |     |          |          | ○       | ○       |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.06  | 67      | 72 | 84.59    | 88.09 | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 117 | 天井    | ○        |      | ○    |   | ○          |     |          |          | ○       | ○       |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.08  | 67      | 70 | 90.32    | 88.46 | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 118 | 天井    | ○        |      | ○    |   | ○          |     |          |          | ○       | ○       |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.01  | 69      | 71 | 85.45    | 91.52 | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 119 | 天井    | ○        |      | ○    |   | ○          |     |          |          | ○       | ○       |     |       | ○  | 13     | 785                     | 15.99  | 67      | 71 | 91.2     | 88.58 | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 120 | 天井    | ○        |      | ○    |   | ○          |     |          |          | ○       | ○       |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.05  | 68      | 73 | 86.13    | 90.08 | 16.5 | 48.9                   |                           |

付表3.1.5(7) 試験体・アンカー施工概要

| 番号  | 試験体形状 | 施工標準     |      |      |   | 接着剤        |     |    | 穿孔方法1    |         | 穿孔方法2  |     | アンカー筋 |    |        |                         | コンクリート |         | 備考 |          |       |      |                        |                           |
|-----|-------|----------|------|------|---|------------|-----|----|----------|---------|--------|-----|-------|----|--------|-------------------------|--------|---------|----|----------|-------|------|------------------------|---------------------------|
|     |       | 注入カートリッジ | カプセル | 施工方向 |   | アンカー施工時温度℃ | 有機系 |    | 無機系・セメント | 湿式コアドリル | ハンマドリル | ハンド | 固定    | 種類 | アンカー筋径 | 規格降伏点 N/mm <sup>2</sup> | 穿孔径 mm | 穿孔深さ mm |    | 埋込み長さ mm | 角度°   |      | 設計強度 N/mm <sup>2</sup> | 試験時圧縮強度 N/mm <sup>2</sup> |
|     |       |          |      | 上    | 横 |            | 下   | 異形 |          |         |        |     |       |    |        |                         |        |         |    |          | 全ネジ   | X    |                        |                           |
| 121 | 天井    | ○        |      | ○    |   | ○          |     | ○  |          | ○       |        | ○   |       | ○  | 13     | 785                     | 15.98  | 69      | 73 | 90.25    | 89.29 | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 122 | 天井    | ○        |      | ○    |   | ○          |     |    |          | ○       |        |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.01  | 70      | 69 | 87.06    | 95.44 | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 123 | 天井    | ○        |      | ○    |   | ○          |     | ○  |          | ○       |        |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16     | 65      | 69 | 92.08    | 92.46 | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 124 | 天井    | ○        |      | ○    |   | ○          |     |    |          | ○       |        |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.04  | 68      | 70 | 87.36    | 93.31 | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 125 | 天井    | ○        |      | ○    |   | ○          |     | ○  |          | ○       |        |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.1   | 68      | 71 | 84.56    | 92.25 | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 126 | 天井    | ○        |      | ○    |   | ○          |     | ○  |          | ○       |        |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.02  | 68      | 67 | 93.32    | 92.55 | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 127 | 天井    | ○        |      | ○    |   | ○          |     |    |          | ○       |        |     |       | ○  | 13     | 785                     | 15.97  | 70      | 71 | 85.55    | 92.05 | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 128 | 天井    | ○        |      | ○    |   | ○          |     |    |          | ○       |        |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.05  | 69      | 61 | 90.01    | 91.04 | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 129 | 天井    | ○        |      | ○    |   | ○          |     | ○  |          | ○       |        |     |       | ○  | 13     | 785                     | 15.96  | 70      | 69 | 83.17    | 91.24 | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 130 | 天井    | ○        |      | ○    |   | ○          |     |    |          | ○       |        |     |       | ○  | 13     | 785                     | 15.93  | 67      | 72 | 90.59    | 91.42 | 16.5 | 48.9                   |                           |
| 131 | 床     | ○        |      |      | ○ |            |     |    |          | ○       |        |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16     | 65      | 71 | 86.38    | 86.17 | 16.5 | 42.9                   |                           |
| 132 | 床     | ○        |      |      | ○ |            |     |    |          | ○       |        |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.05  | 65      | 71 | 86.56    | 84.53 | 16.5 | 42.9                   |                           |
| 133 | 床     | ○        |      |      | ○ |            |     |    |          | ○       |        |     |       | ○  | 13     | 785                     | 15.93  | 68      | 72 | 93.31    | 83.39 | 16.5 | 42.9                   |                           |
| 134 | 床     | ○        |      |      | ○ |            |     |    |          | ○       |        |     |       | ○  | 13     | 785                     | 15.97  | 68      | 76 | 84.21    | 81.58 | 16.5 | 42.9                   |                           |
| 135 | 床     | ○        |      |      | ○ |            |     |    |          | ○       |        |     |       | ○  | 13     | 785                     | 15.99  | 67      | 75 | 91.06    | 84.44 | 16.5 | 42.9                   |                           |
| 136 | 床     | ○        |      |      | ○ |            |     |    |          | ○       |        |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16     | 65      | 71 | 93.14    | 86    | 16.5 | 42.9                   |                           |
| 137 | 床     | ○        |      |      | ○ |            |     |    |          | ○       |        |     |       | ○  | 13     | 785                     | 15.99  | 69      | 72 | 90.25    | 85.31 | 16.5 | 42.9                   |                           |
| 138 | 床     | ○        |      |      | ○ |            |     |    |          | ○       |        |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.15  | 65      | 67 | 89.05    | 86.36 | 16.5 | 42.9                   |                           |
| 139 | 床     | ○        |      |      | ○ |            |     |    |          | ○       |        |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.11  | 65      | 67 | 91.29    | 88.15 | 16.5 | 42.9                   |                           |
| 140 | 床     | ○        |      |      | ○ |            |     |    |          | ○       |        |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.02  | 65      | 66 | 90.38    | 87.39 | 16.5 | 42.9                   |                           |

付表3.1.5(8) 試験体・アンカー施工概要

| 番号  | 試験体形状 | 施工標準     |      |      |   | 接着剤        |     |     | 穿孔方法1    |         | 穿孔方法2   |     |    |    | アンカー筋 |        |                         |        | コンクリート  |          | 備考    |       |      |                        |                           |
|-----|-------|----------|------|------|---|------------|-----|-----|----------|---------|---------|-----|----|----|-------|--------|-------------------------|--------|---------|----------|-------|-------|------|------------------------|---------------------------|
|     |       | 注入カートリッジ | カプセル | 施工方向 |   | アンカー施工時温度℃ | 有機系 |     | 無機系・セメント | 湿式コアドリル | ハンマードリル | ハンド | 固定 | 種類 |       | アンカー筋径 | 規格降伏点 N/mm <sup>2</sup> | 穿孔径 mm | 穿孔深さ mm | 埋込み長さ mm |       | 角度°   |      | 設計強度 N/mm <sup>2</sup> | 試験時圧縮強度 N/mm <sup>2</sup> |
|     |       |          |      | 上    | 下 |            | 異形  | 全ネジ |          |         |         |     |    | X  | Y     |        |                         |        |         |          |       |       |      |                        |                           |
| 141 | 床     | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○   |          | ○       | ○       |     |    | ○  | ○     | 13     | 785                     | 16.02  | 65      | 67       | 91.2  | 92.12 | 16.5 | 42.9                   |                           |
| 142 | 床     | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○   |          | ○       | ○       |     |    | ○  | ○     | 13     | 785                     | 16.08  | 65      | 67       | 91.25 | 86.57 | 16.5 | 42.9                   |                           |
| 143 | 床     | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○   |          | ○       | ○       |     |    | ○  | ○     | 13     | 785                     | 16.04  | 69      | 71       | 90.05 | 90.1  | 16.5 | 42.9                   |                           |
| 144 | 床     | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○   |          | ○       | ○       |     |    | ○  | ○     | 13     | 785                     | 16.03  | 68      | 69       | 89.5  | 87.27 | 16.5 | 42.9                   |                           |
| 145 | 床     | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○   |          | ○       | ○       |     |    | ○  | ○     | 13     | 785                     | 16.07  | 65      | 71       | 88.46 | 86.38 | 16.5 | 42.9                   |                           |
| 146 | 床     | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○   |          | ○       | ○       |     |    | ○  | ○     | 13     | 785                     | 16.01  | 65      | 71       | 91.08 | 92.04 | 16.5 | 42.9                   |                           |
| 147 | 床     | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○   |          | ○       | ○       |     |    | ○  | ○     | 13     | 785                     | 15.94  | 65      | 71       | 93.28 | 89.21 | 16.5 | 42.9                   |                           |
| 148 | 床     | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○   |          | ○       | ○       |     |    | ○  | ○     | 13     | 785                     | 16.07  | 65      | 71       | 89.53 | 90.23 | 16.5 | 42.9                   |                           |
| 149 | 床     | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○   |          | ○       | ○       |     |    | ○  | ○     | 13     | 785                     | 15.84  | 66      | 71       | 91.39 | 89.13 | 16.5 | 42.9                   |                           |
| 150 | 床     | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○   |          | ○       | ○       |     |    | ○  | ○     | 13     | 785                     | 16.03  | 65      | 68       | 89.16 | 90.17 | 16.5 | 42.9                   |                           |
| 151 | 床     | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○   |          | ○       | ○       |     |    | ○  | ○     | 13     | 785                     | 16.03  | 65      | 69       | 92.09 | 87.19 | 16.5 | 42.9                   |                           |
| 152 | 床     | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○   |          | ○       | ○       |     |    | ○  | ○     | 13     | 785                     | 16.02  | 65      | 67       | 91.17 | 87.58 | 16.5 | 42.9                   |                           |
| 153 | 床     | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○   |          | ○       | ○       |     |    | ○  | ○     | 13     | 785                     | 16.02  | 65      | 66       | 93.17 | 89.01 | 16.5 | 42.9                   |                           |
| 154 | 床     | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○   |          | ○       | ○       |     |    | ○  | ○     | 13     | 785                     | 16.07  | 65      | 66       | 92.1  | 87.59 | 16.5 | 42.9                   |                           |
| 155 | 床     | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○   |          | ○       | ○       |     |    | ○  | ○     | 13     | 785                     | 16.03  | 65      | 71       | 89.34 | 89.07 | 16.5 | 42.9                   |                           |
| 156 | 床     | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○   |          | ○       | ○       |     |    | ○  | ○     | 13     | 785                     | 16.05  | 65      | 67       | 92.01 | 93.28 | 16.5 | 42.9                   |                           |
| 157 | 床     | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○   |          | ○       | ○       |     |    | ○  | ○     | 13     | 785                     | 16.17  | 65      | 72       | 89    | 91.56 | 16.5 | 42.9                   |                           |
| 158 | 床     | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○   |          | ○       | ○       |     |    | ○  | ○     | 13     | 785                     | 15.98  | 65      | 70       | 92.35 | 92.34 | 16.5 | 42.9                   |                           |
| 159 | 床     | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○   |          | ○       | ○       |     |    | ○  | ○     | 13     | 785                     | 16.02  | 65      | 68       | 91.46 | 88.33 | 16.5 | 42.9                   |                           |
| 160 | 床     | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○   |          | ○       | ○       |     |    | ○  | ○     | 13     | 785                     | 16.16  | 65      | 70       | 89.47 | 89.4  | 16.5 | 42.9                   |                           |

付表3.1.5(9) 試験体・アンカー施工概要

| 番号  | 試験体形状 | 施工標準     |      |      |   | 接着剤        |     |          | 穿孔方法1    |         | 穿孔方法2  |     | アンカー筋 |    |        |                         | コンクリート |         | 備考 |          |       |      |                        |                           |
|-----|-------|----------|------|------|---|------------|-----|----------|----------|---------|--------|-----|-------|----|--------|-------------------------|--------|---------|----|----------|-------|------|------------------------|---------------------------|
|     |       | 注入カートリッジ | カプセル | 施工方向 |   | アンカー施工時温度℃ | 有機系 |          | 無機系・セメント | 湿式コアドリル | ハンマドリル | ハンド | 固定    | 種類 | アンカー筋径 | 規格降伏点 N/mm <sup>2</sup> | 穿孔径 mm | 穿孔深さ mm |    | 埋込み長さ mm | 角度°   |      | 設計強度 N/mm <sup>2</sup> | 試験時圧縮強度 N/mm <sup>2</sup> |
|     |       |          |      | 上    | 下 |            | EP  | EPアクリレート |          |         |        |     |       |    |        |                         |        |         |    |          | 異形    | 全ネジ  |                        |                           |
| 161 | 床     | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○        |          | ○       | ○      |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.08  | 66      | 71 | 93.2     | 93.35 | 16.5 | 42.9                   |                           |
| 162 | 床     | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○        |          | ○       | ○      |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.13  | 65      | 70 | 91.52    | 91.54 | 16.5 | 42.9                   |                           |
| 163 | 床     | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○        |          | ○       | ○      |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.16  | 65      | 69 | 90.28    | 90.3  | 16.5 | 42.9                   |                           |
| 164 | 床     | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○        |          | ○       | ○      |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.05  | 65      | 70 | 90.46    | 89.31 | 16.5 | 42.9                   |                           |
| 165 | 床     | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○        |          | ○       | ○      |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.06  | 67      | 71 | 92.3     | 89.28 | 16.5 | 42.9                   |                           |
| 166 | 床     | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○        |          | ○       | ○      |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.22  | 68      | 69 | 91.13    | 87.19 | 16.5 | 42.9                   |                           |
| 167 | 床     | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○        |          | ○       | ○      |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.08  | 67      | 72 | 89.43    | 86.15 | 16.5 | 42.9                   |                           |
| 168 | 床     | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○        |          | ○       | ○      |     |       | ○  | 13     | 785                     | 15.99  | 66      | 72 | 89.33    | 88.19 | 16.5 | 42.9                   |                           |
| 169 | 床     | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○        |          | ○       | ○      |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.05  | 66      | 70 | 88.35    | 87.31 | 16.5 | 42.9                   |                           |
| 170 | 床     | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○        |          | ○       | ○      |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.01  | 65      | 70 | 87.36    | 88.55 | 16.5 | 42.9                   |                           |
| 171 | 床     | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○        |          | ○       | ○      |     |       | ○  | 13     | 785                     | 15.98  | 65      | 71 | 87.22    | 88.15 | 16.5 | 42.9                   |                           |
| 172 | 床     | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○        |          | ○       | ○      |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.22  | 69      | 69 | 88.19    | 91.55 | 16.5 | 42.9                   |                           |
| 173 | 床     | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○        |          | ○       | ○      |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.02  | 65      | 70 | 87.07    | 87.02 | 16.5 | 42.9                   |                           |
| 174 | 床     | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○        |          | ○       | ○      |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.04  | 67      | 70 | 87.44    | 88.55 | 16.5 | 42.9                   |                           |
| 175 | 床     | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○        |          | ○       | ○      |     |       | ○  | 13     | 785                     | 15.96  | 66      | 71 | 88.11    | 89.36 | 16.5 | 42.9                   |                           |
| 176 | 床     | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○        |          | ○       | ○      |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.11  | 69      | 72 | 90.13    | 88.35 | 16.5 | 42.9                   |                           |
| 177 | 床     | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○        |          | ○       | ○      |     |       | ○  | 13     | 785                     | 15.98  | 65      | 67 | 87.43    | 90.38 | 16.5 | 42.9                   |                           |
| 178 | 床     | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○        |          | ○       | ○      |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.11  | 65      | 71 | 84.17    | 88.38 | 16.5 | 42.9                   |                           |
| 179 | 床     | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○        |          | ○       | ○      |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.03  | 65      | 70 | 87.18    | 88.44 | 16.5 | 42.9                   |                           |
| 180 | 床     | ○        |      | ○    | ○ | 12         | ○   | ○        |          | ○       | ○      |     |       | ○  | 13     | 785                     | 16.07  | 65      | 70 | 86.32    | 88.22 | 16.5 | 42.9                   |                           |

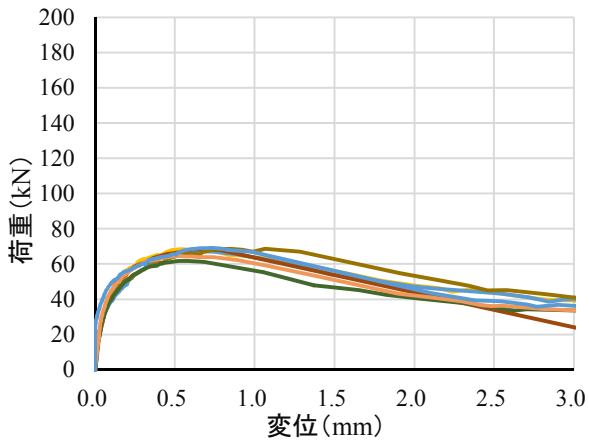
付表3.1.5(10) 試験体・アンカー施工概要

| 番号  | 試験体形状 | 施工標準     |      |      | 接着剤 |                   | 穿孔方法1       |           | 穿孔方法2        |    | アンカー筋           |            |                                |               | コンクリート         |                 | 備考    |       |      |                           |                                  |  |
|-----|-------|----------|------|------|-----|-------------------|-------------|-----------|--------------|----|-----------------|------------|--------------------------------|---------------|----------------|-----------------|-------|-------|------|---------------------------|----------------------------------|--|
|     |       | 注入カートリッジ | カプセル | 施工方向 |     | 有機系<br>EP<br>クレート | 無機系<br>セメント | 湿式<br>ドリル | ハンマード<br>ドリル | 固定 | 種類<br>異形<br>全ネジ | アンカー<br>筋径 | 規格降<br>伏点<br>N/mm <sup>2</sup> | 穿孔<br>径<br>mm | 穿孔<br>深さ<br>mm | 埋込み<br>長さ<br>mm |       | 角度    |      | 設計強度<br>N/mm <sup>2</sup> | 試験時<br>圧縮強度<br>N/mm <sup>2</sup> |  |
|     |       |          |      | 上    | 下   |                   |             |           |              |    |                 |            |                                |               |                |                 |       | X     | Y    |                           |                                  |  |
| 181 | 床     | ○        |      | ○    | ○   | ○                 |             |           | ○            |    |                 | 13         | 785                            | 16.16         | 66             | 71              | 87.27 | 89.08 | 16.5 | 42.9                      |                                  |  |
| 182 | 床     | ○        |      | ○    | ○   | ○                 |             |           | ○            |    |                 | 13         | 785                            | 16.02         | 65             | 69              | 87.05 | 87.02 | 16.5 | 42.9                      |                                  |  |
| 183 | 床     | ○        |      | ○    | ○   | ○                 |             |           | ○            |    |                 | 13         | 785                            | 15.96         | 70             | 71              | 90.51 | 89.08 | 16.5 | 42.9                      |                                  |  |
| 184 | 床     | ○        |      | ○    | ○   | ○                 |             |           | ○            |    |                 | 13         | 785                            | 15.87         | 65             | 71              | 87.32 | 87.34 | 16.5 | 42.9                      |                                  |  |
| 185 | 床     | ○        |      | ○    | ○   | ○                 |             |           | ○            |    |                 | 13         | 785                            | 16.04         | 68             | 71              | 84.25 | 90.05 | 16.5 | 42.9                      |                                  |  |
| 186 | 床     | ○        |      | ○    | ○   | ○                 |             |           | ○            |    |                 | 13         | 785                            | 16.14         | 65             | 71              | 83.57 | 87.22 | 16.5 | 42.9                      |                                  |  |
| 187 | 床     | ○        |      | ○    | ○   | ○                 |             |           | ○            |    |                 | 13         | 785                            | 15.97         | 65             | 67              | 89.02 | 88.21 | 16.5 | 42.9                      |                                  |  |
| 188 | 床     | ○        |      | ○    | ○   | ○                 |             |           | ○            |    |                 | 13         | 785                            | 16            | 65             | 71              | 87.53 | 90.15 | 16.5 | 42.9                      |                                  |  |
| 189 | 床     | ○        |      | ○    | ○   | ○                 |             |           | ○            |    |                 | 13         | 785                            | 16            | 65             | 74              | 89.14 | 87.37 | 16.5 | 42.9                      |                                  |  |
| 190 | 床     | ○        |      | ○    | ○   | ○                 |             |           | ○            |    |                 | 13         | 785                            | 16.35         | 70             | 73              | 84.47 | 86.05 | 16.5 | 42.9                      |                                  |  |
| 191 | 床     | ○        |      | ○    | ○   | ○                 |             |           | ○            |    |                 | 13         | 785                            | 15.84         | 61             | 71              | 87.1  | 87.46 | 16.5 | 42.9                      |                                  |  |
| 192 | 床     | ○        |      | ○    | ○   | ○                 |             |           | ○            |    |                 | 13         | 785                            | 16.12         | 69             | 71              | 89.33 | 91.05 | 16.5 | 42.9                      |                                  |  |
| 193 | 床     | ○        |      | ○    | ○   | ○                 |             |           | ○            |    |                 | 13         | 785                            | 16.08         | 65             | 69              | 89.17 | 89.1  | 16.5 | 42.9                      |                                  |  |
| 194 | 床     | ○        |      | ○    | ○   | ○                 |             |           | ○            |    |                 | 13         | 785                            | 16.13         | 69             | 75              | 89.27 | 89.32 | 16.5 | 42.9                      |                                  |  |
| 195 | 床     | ○        |      | ○    | ○   | ○                 |             |           | ○            |    |                 | 13         | 785                            | 15.89         | 65             | 69              | 89.31 | 86.41 | 16.5 | 42.9                      |                                  |  |
|     |       |          |      |      |     |                   |             |           |              |    |                 |            |                                |               |                |                 |       |       |      |                           |                                  |  |
|     |       |          |      |      |     |                   |             |           |              |    |                 |            |                                |               |                |                 |       |       |      |                           |                                  |  |
|     |       |          |      |      |     |                   |             |           |              |    |                 |            |                                |               |                |                 |       |       |      |                           |                                  |  |
|     |       |          |      |      |     |                   |             |           |              |    |                 |            |                                |               |                |                 |       |       |      |                           |                                  |  |
|     |       |          |      |      |     |                   |             |           |              |    |                 |            |                                |               |                |                 |       |       |      |                           |                                  |  |
|     |       |          |      |      |     |                   |             |           |              |    |                 |            |                                |               |                |                 |       |       |      |                           |                                  |  |
|     |       |          |      |      |     |                   |             |           |              |    |                 |            |                                |               |                |                 |       |       |      |                           |                                  |  |
|     |       |          |      |      |     |                   |             |           |              |    |                 |            |                                |               |                |                 |       |       |      |                           |                                  |  |
|     |       |          |      |      |     |                   |             |           |              |    |                 |            |                                |               |                |                 |       |       |      |                           |                                  |  |
|     |       |          |      |      |     |                   |             |           |              |    |                 |            |                                |               |                |                 |       |       |      |                           |                                  |  |
|     |       |          |      |      |     |                   |             |           |              |    |                 |            |                                |               |                |                 |       |       |      |                           |                                  |  |
|     |       |          |      |      |     |                   |             |           |              |    |                 |            |                                |               |                |                 |       |       |      |                           |                                  |  |

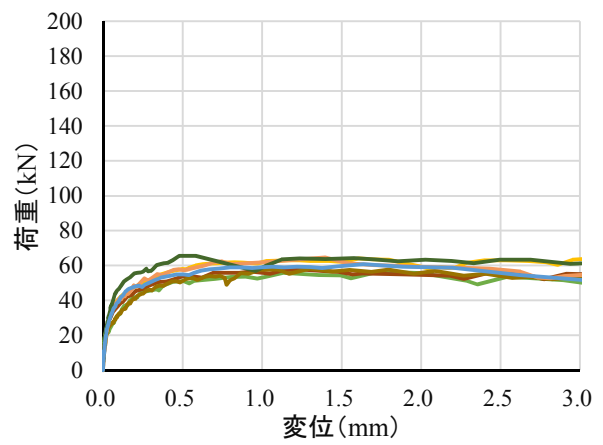
付録4 試験結果に関する資料

付録4.1 引張応力に対する性能評価試験

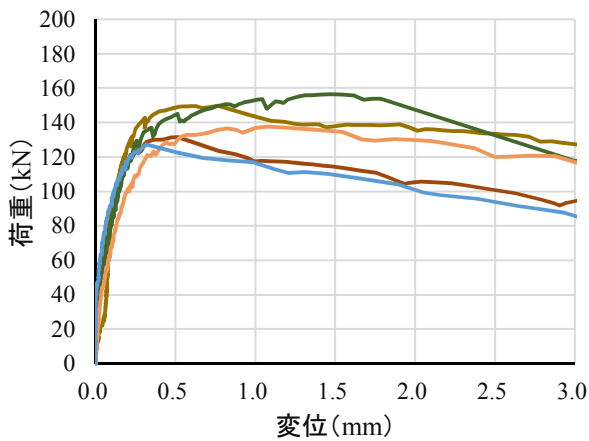
付録4.1.1 短期載荷試験における荷重－変位曲線



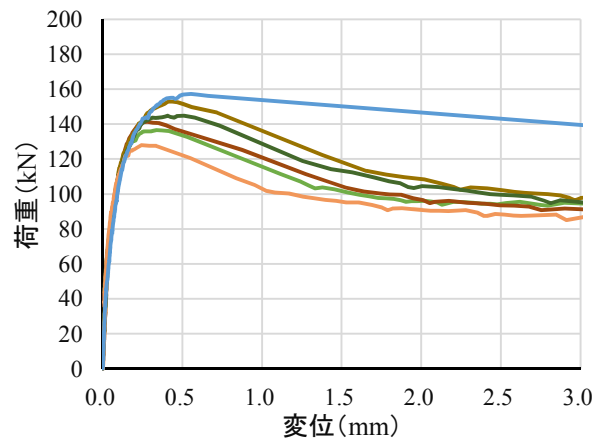
付図 4.1.1 水準 No. 1\_S27・M12・5da



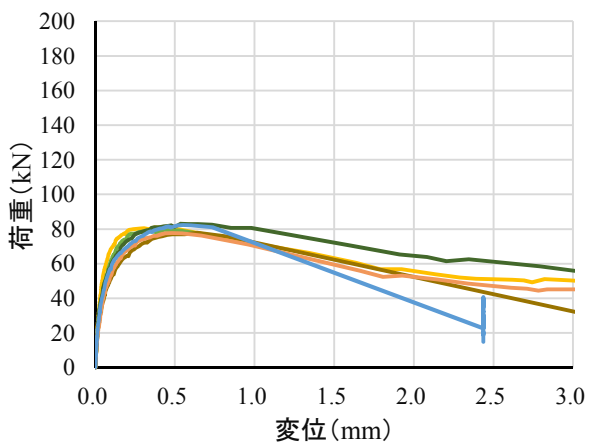
付図 4.1.2 水準 No. 2\_S27・M12・5da



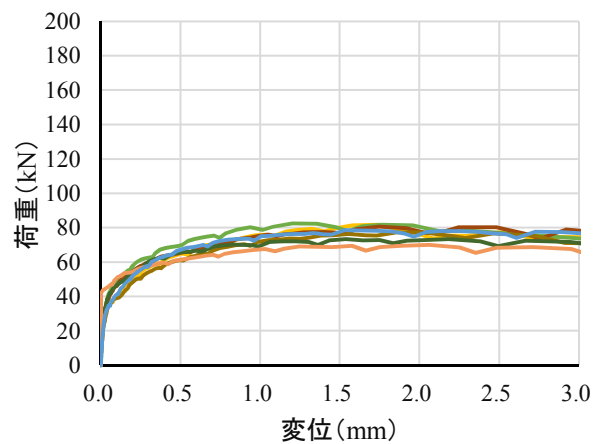
付図 4.1.3 水準 No. 3\_S27・D19・5da



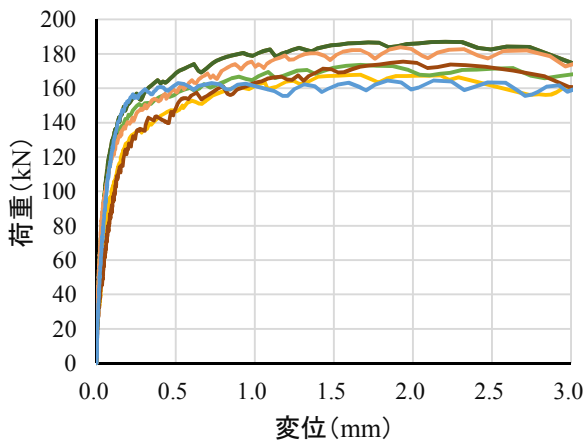
付図 4.1.4 水準 No. 4\_S27・M20・5da



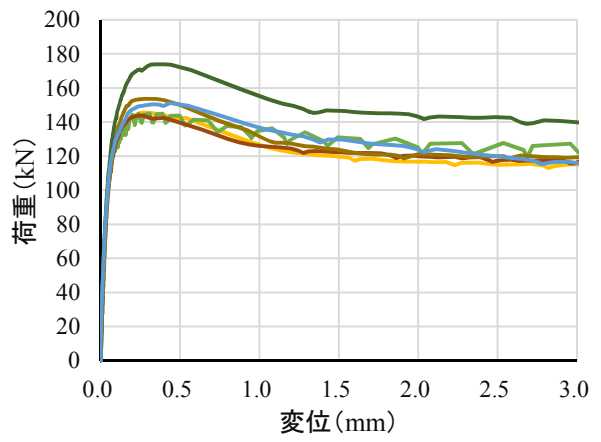
付図 4.1.5 水準 No. 5\_S18・M12・5da



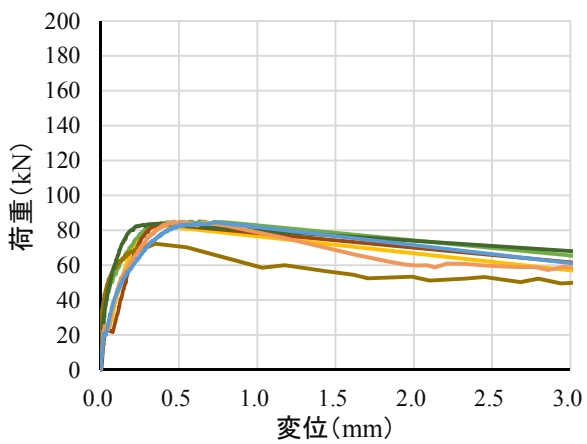
付図 4.1.6 水準 No. 6\_S18・D135da



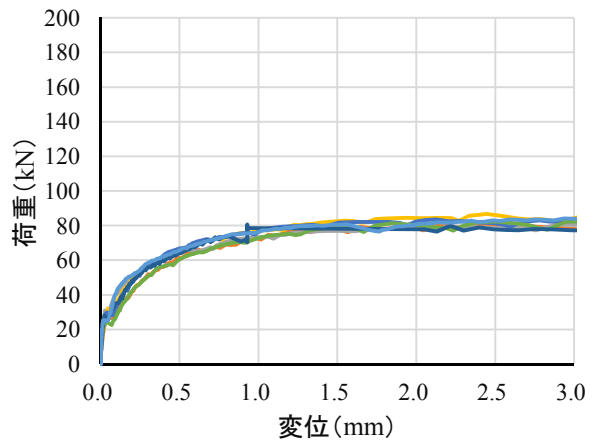
付図 4.1.7 水準 No. 7\_S18·D19·5da



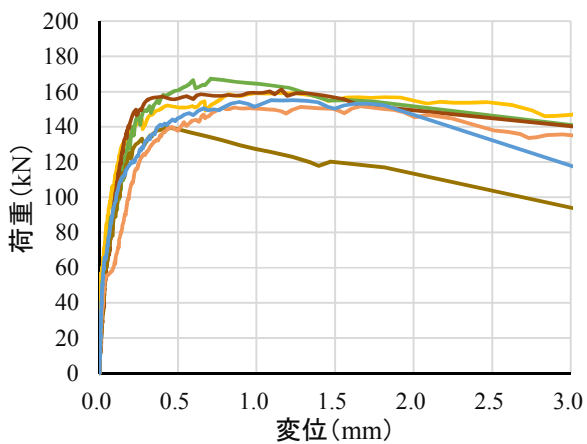
付図 4.1.8 水準 No. 8\_S18·M20·5da



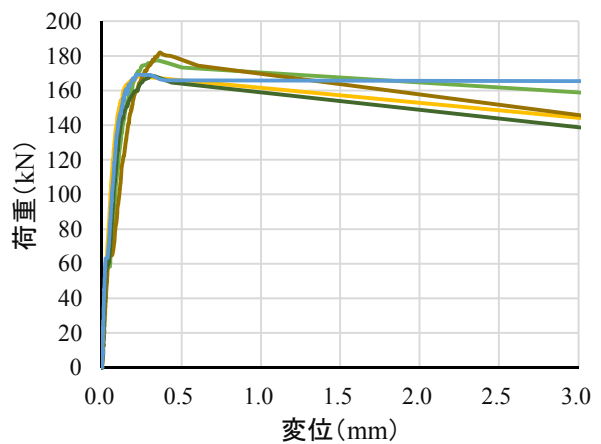
付図 4.1.9 水準 No. 9\_S36·M12·5da



付図 4.1.10 水準 No. 10\_S36·D13·5da

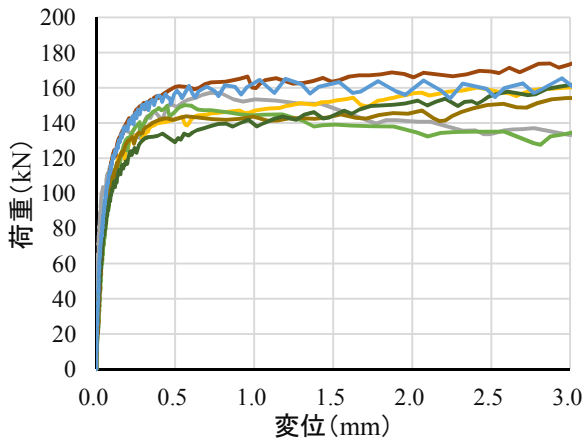


付図 4.1.11 水準 11\_S36·D19·5da

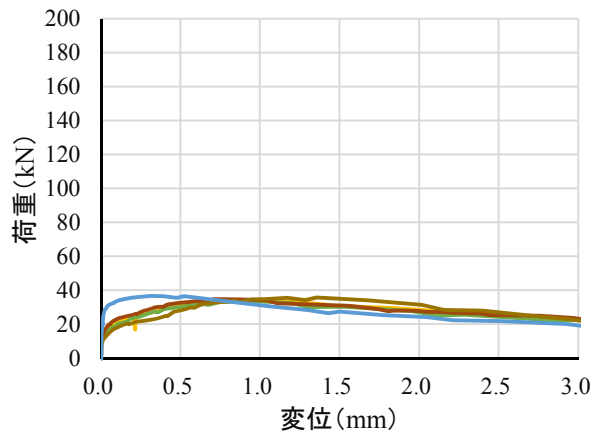


付図 4.1.12 水準 No. 12\_S36·M20·5da

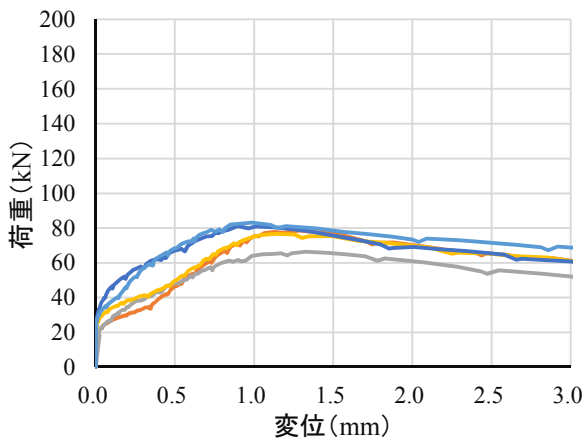




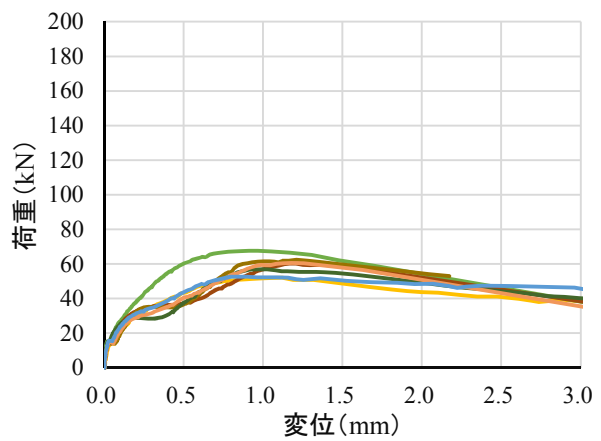
付図 4. 1. 13 水準 13\_S12-D19-5da



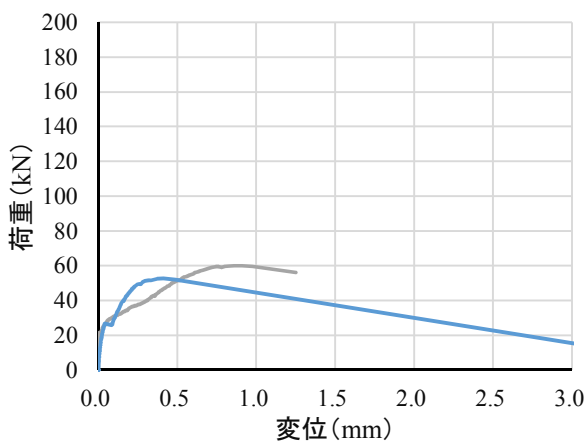
付図 4. 1. 14 水準 No. 14\_S27-D13 先付け-7da



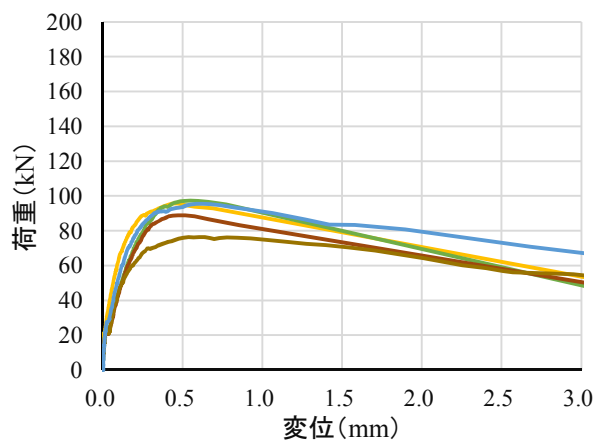
付図 4. 1. 15 水準 15\_S27-D19 先付け-7da



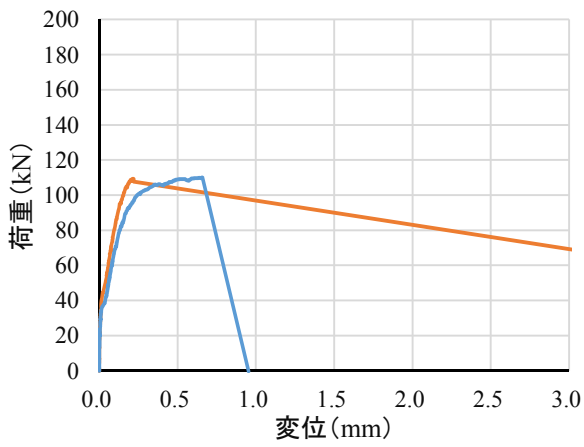
付図 4. 1. 16 水準 No. 16\_S27-M12-5da-座掘無



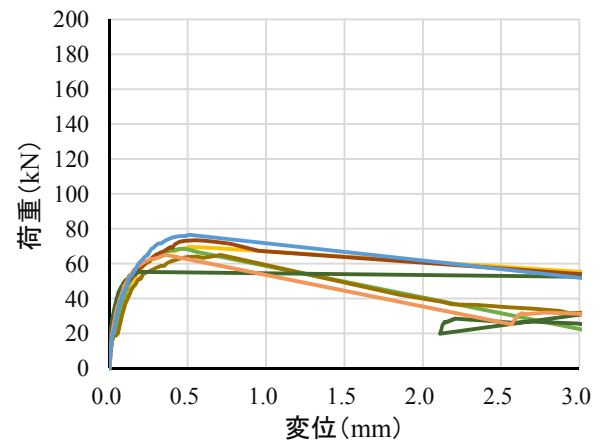
付図 4. 1. 17 水準 18\_S27-M12-5da-両面座掘



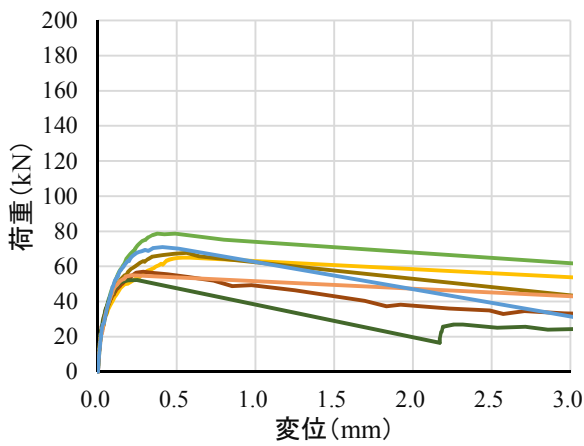
付図 4. 1. 18 水準 No. 19\_S27-M12-7da



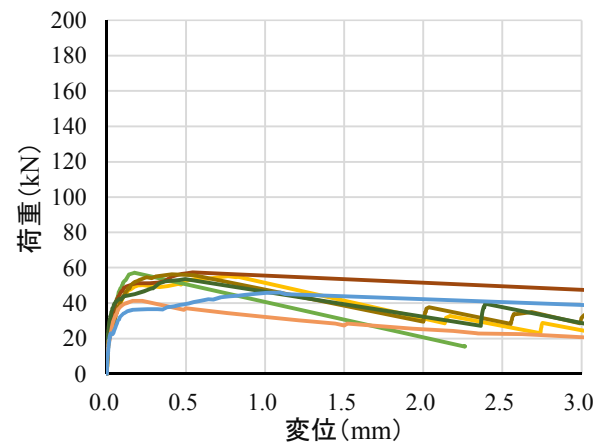
付図 4. 1. 19 水準 No. 20\_S27・M12・10da



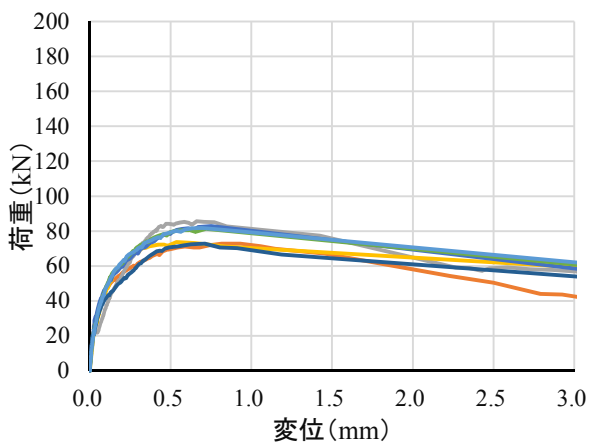
付図 4. 1. 20 水準 No. 21\_S27・M12・5da・座掘径 2. 0D



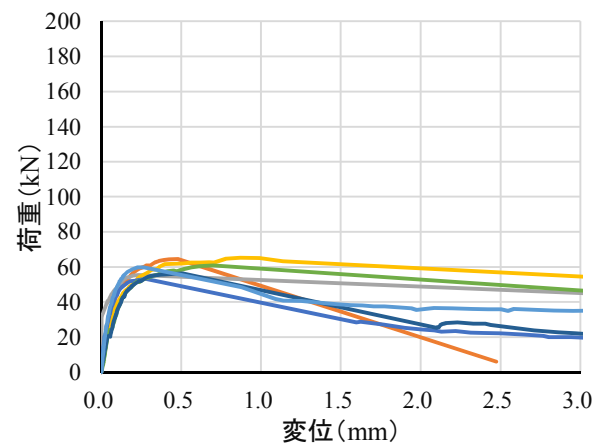
付図 4. 1. 21 水準 No. 23\_S27・M123・5da・座掘径 1. 2D



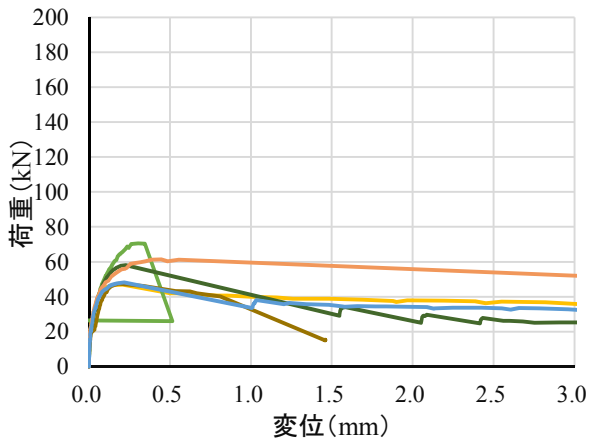
付図 4. 1. 22 水準 No. 24\_セメント系・5°C



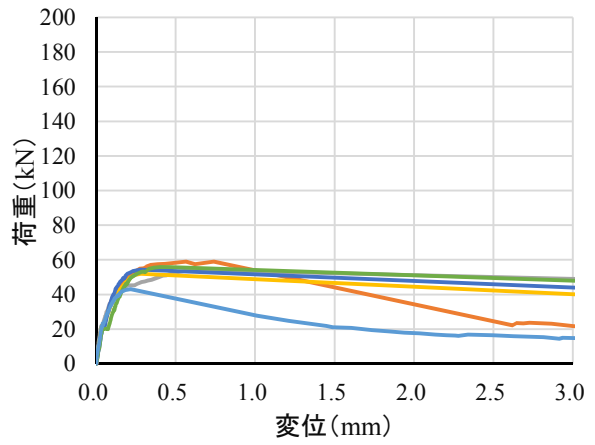
付図 4. 1. 23 水準 No. 25\_エポキシ系・5°C



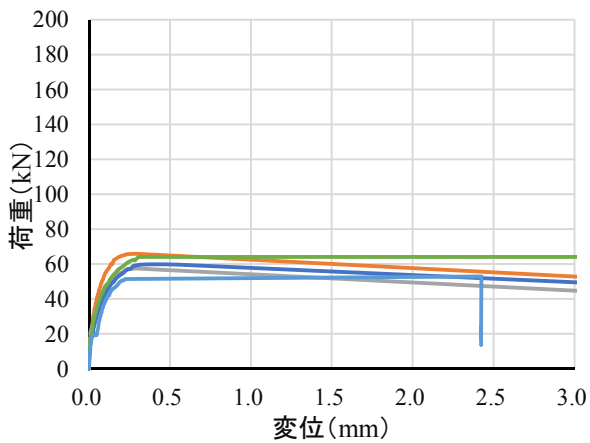
付図 4. 1. 24 水準 No. 26\_珪キアクリルト系・5°C



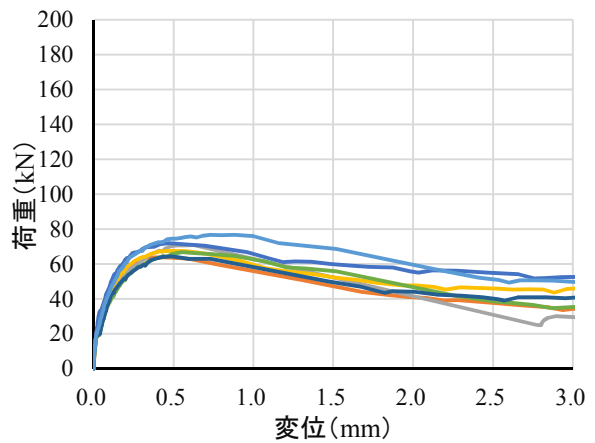
付図 4. 1. 25 水準 No. 27\_セメント系 20°C



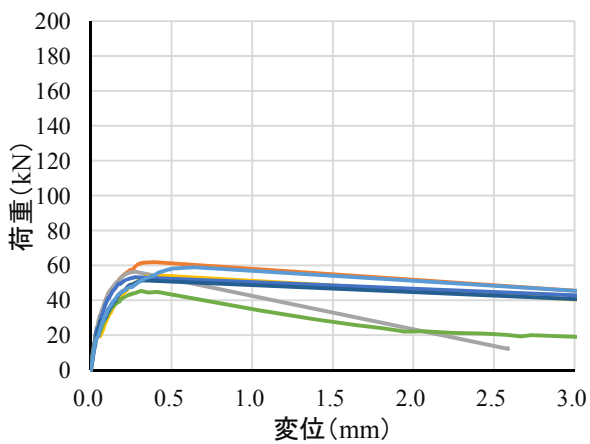
付図 4. 1. 26 水準 No. 29\_エポキシアクリート系・20°C



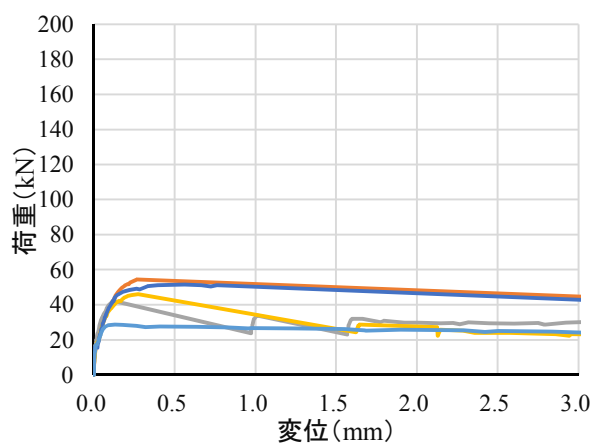
付図 4. 1. 27 水準 No. 30\_セメント系・40°C



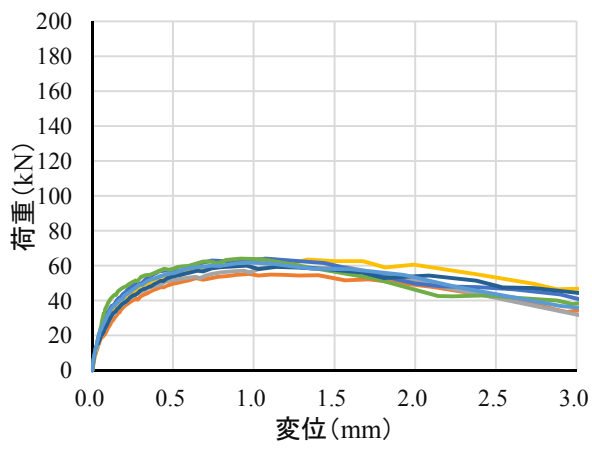
付図 4. 1. 28 水準 No. 24 エポキシ系・40°C



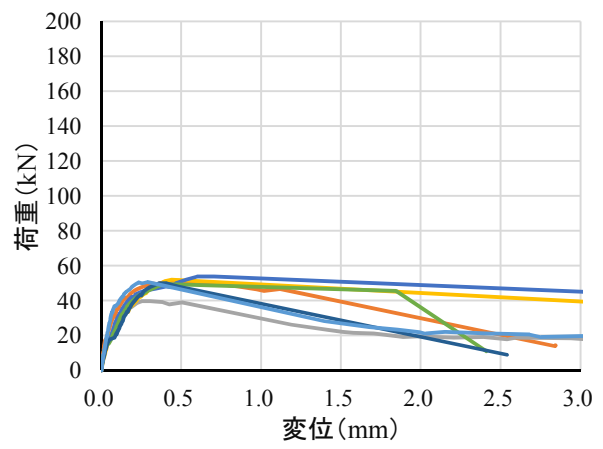
付図 4. 1. 29 水準 No. 32\_エポキシアクリート・40°C



付図 4. 1. 30 水準 No. 33\_セメント系・60°C



付図 4.1.31 水準 No. 27\_エポキシ系・60°C



付図 4.1.32 水準 No. 35\_エポキシアクリレート系・60°C

付録4.1.2 短期載荷試験後のアンカー筋の状況



付写真 4.1.1 水準 No. 1\_S27・M12・5da



付写真 4.1.2 水準 No. 2\_S27・M12・5da



付写真 4.1.3 水準 No. 3\_S27・D19・5da



付写真 4.1.4 水準 No. 4\_S27・M20・5da



付写真 4.1.5 水準 5\_S18・M12・5da



付写真 4.1.6 水準 No. 6\_S18・D135da



付写真 4. 1. 7 水準 7\_S18・D19・5da



付写真 4. 1. 8 水準 No. 8\_S18・M20・5da



付写真 4. 1. 9 水準 9\_S36・M12・5da



付写真 4. 1. 10 水準 No. 10\_S36・D13・5da



付写真 4. 1. 11 水準 11\_S36・D19・5da



付写真 4. 1. 12 水準 No. 12\_S36・M20・5da



付写真 4. 1. 13 水準 13\_S12・D19・5da



付写真 4. 1. 14 水準 No. 14\_S27・D13 先付け・7da



付写真 4. 1. 15 水準 15\_S27・D19 先付け・7da  
5da・座堀無



付写真 4. 1. 16 水準 No. 16\_S27・M12・



付写真 4. 1. 17 水準 18\_S27・M12・5da・両面座堀



付写真 4. 1. 18 水準 No. 19\_S27・M12・7da



付写真 4.1.19 水準 20\_S27・M12・10da  
(アンカー筋破断状況)



付写真 4.1.20 水準 21\_S27・M12・5da・座掘径  
2.0D



付写真 4.1.21 水準 No. 23\_S27・M123・5da・  
座掘径 1.2D



付写真 4.1.22 水準 24\_セメント系・5°C



付写真 4.1.23 水準 No. 25\_エポキシ系・5°C



付写真 4.1.24 水準 26\_珪キヤクリート系・5°C

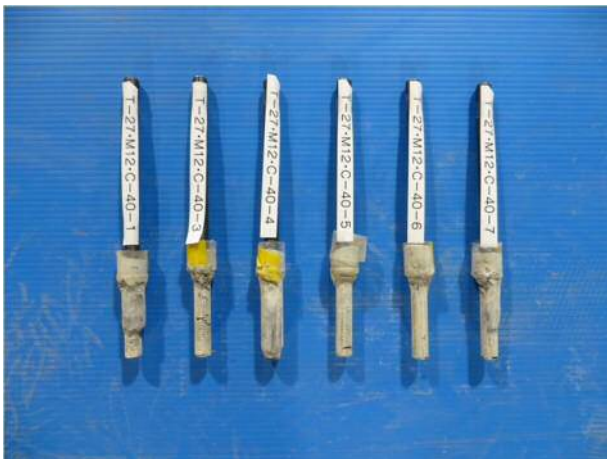




付写真 4.1.25 水準 No.27\_セメント系 20℃  
系・20℃



付写真 4.1.26 水準 29\_珪キアクリト



付写真 4.1.27 水準 No.30\_セメント系・40℃



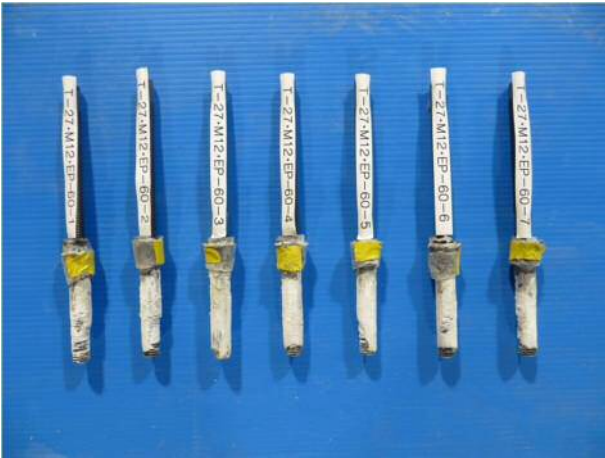
付写真 4.1.28 水準 24 エポキシ系・40℃



写真 4.1.29 水準 No.32\_珪キアクリト・40℃



付写真 4.1.30 水準 33\_セメント系・60℃



付写真 4.1.31 水準 No.27\_エポキシ系・60°C



付写真 4.1.32 水準 35\_珪キアクリルト系・60°C

付録4.2 せん断応力に関する性能評価試験

付録4.2.1 施工結果一覧

付表 4.2.1 施工結果一覧 (母材コンクリート 1,  $F_c18$ )

|               | 穿孔径 (mm) |       |       | 穿孔深さ<br>(mm) | 突出長さ<br>(mm) | 定着長 (mm) |        |        | 角度 (°) |       |      |      |
|---------------|----------|-------|-------|--------------|--------------|----------|--------|--------|--------|-------|------|------|
|               | X        | Y     | 平均値   |              |              | 設計値      | 実測     | 差異     | X      | Y     | 差異X  | 差異Y  |
| Fc18-E-D13-1  | 16.17    | 16.38 | 16.28 | 89.28        | 159.50       | 91.00    | 90.50  | -0.50  | 89.82  | 90.18 | 0.50 | 0.50 |
| Fc18-E-D13-2  | 15.98    | 16.24 | 16.11 | 91.48        | 170.00       | 91.00    | 80.00  | -11.00 | 89.16  | 90.84 | 2.50 | 2.50 |
| Fc18-E-D13-3  | 15.85    | 15.75 | 15.80 | 95.37        | 164.00       | 91.00    | 86.00  | -5.00  | 89.30  | 89.83 | 2.00 | 0.50 |
| Fc18-E-D13-4  | 16.09    | 16.07 | 16.08 | 91.33        | 171.00       | 91.00    | 79.00  | -12.00 | 89.50  | 89.83 | 1.50 | 0.50 |
| Fc18-E-D13-5  | 15.99    | 16.03 | 16.01 | 92.12        | 151.00       | 91.00    | 99.00  | 8.00   | 90.19  | 90.00 | 0.50 | 0.00 |
| Fc18-E-M20-A1 | 22.25    | 23.02 | 22.64 | 102.61       | 148.00       | 100.00   | 102.00 | 2.00   | 89.61  | 90.00 | 1.00 | 0.00 |
| Fc18-E-M20-A2 | 23.43    | 23.25 | 23.34 | 101.65       | 149.00       | 100.00   | 101.00 | 1.00   | 89.23  | 90.77 | 2.00 | 2.00 |
| Fc18-E-M20-A3 | 22.25    | 22.19 | 22.22 | 101.00       | 151.00       | 100.00   | 99.00  | -1.00  | 90.76  | 91.14 | 2.00 | 3.00 |
| Fc18-E-M20-A4 | 23.29    | 22.23 | 22.76 | 104.50       | 151.00       | 100.00   | 99.00  | -1.00  | 89.43  | 90.76 | 1.50 | 2.00 |
| Fc18-E-M20-A5 | 23.12    | 23.03 | 23.08 | 101.58       | 149.50       | 100.00   | 100.50 | 0.50   | 89.04  | 90.96 | 2.50 | 2.50 |
| Fc18-E-M20-B1 | 23.35    | 22.85 | 23.10 | 141.40       | 110.50       | 140.00   | 139.50 | -0.50  | 89.48  | 90.78 | 1.00 | 1.50 |
| Fc18-E-M20-B2 | 23.84    | 23.20 | 23.52 | 140.92       | 111.50       | 140.00   | 138.50 | -1.50  | 89.49  | 90.26 | 1.00 | 0.50 |
| Fc18-E-M20-B3 | 23.06    | 23.34 | 23.20 | 141.98       | 110.00       | 140.00   | 140.00 | 0.00   | 90.26  | 90.52 | 0.50 | 1.00 |
| Fc18-E-M20-B4 | 22.95    | 23.07 | 23.01 | 141.74       | 110.00       | 140.00   | 140.00 | 0.00   | 89.48  | 90.00 | 1.00 | 0.00 |
| Fc18-E-M20-B5 | 22.74    | 23.02 | 22.88 | 142.14       | 110.00       | 140.00   | 140.00 | 0.00   | 89.22  | 90.00 | 1.50 | 0.00 |

付表 4.2.2 施工結果一覧 (母材コンクリート 2,  $F_c27$ )

|                | 穿孔径 (mm) |       |       | 穿孔深さ<br>(mm) | 突出長さ<br>(mm) | 定着長 (mm) |        |        | 角度 (°) |       |      |      |
|----------------|----------|-------|-------|--------------|--------------|----------|--------|--------|--------|-------|------|------|
|                | X        | Y     | 平均値   |              |              | 設計値      | 実測     | 差異     | X      | Y     | 差異X  | 差異Y  |
| Fc27-E-D13-6   | 16.23    | 16.00 | 16.12 | 91.12        | 149.50       | 91.00    | 100.50 | -9.50  | 91.15  | 90.58 | 3.00 | 1.50 |
| Fc27-E-D13-7   | 15.62    | 15.88 | 15.75 | 91.52        | 161.50       | 91.00    | 88.50  | 2.50   | 89.47  | 90.00 | 1.50 | 0.00 |
| Fc27-E-D13-8   | 15.90    | 15.98 | 15.94 | 91.93        | 148.00       | 91.00    | 102.00 | -11.00 | 90.00  | 90.00 | 0.00 | 0.00 |
| Fc27-E-D13-9   | 16.38    | 15.88 | 16.13 | 91.30        | 149.00       | 91.00    | 101.00 | -10.00 | 90.19  | 89.81 | 0.50 | 0.50 |
| Fc27-E-D13-10  | 15.91    | 16.08 | 16.00 | 91.35        | 151.50       | 91.00    | 98.50  | -7.50  | 90.00  | 89.81 | 0.00 | 0.50 |
| Fc27-E-M20-A6  | 23.12    | 22.77 | 22.95 | 101.29       | 150.00       | 100.00   | 100.00 | 0.00   | 89.43  | 90.96 | 1.50 | 2.50 |
| Fc27-E-M20-A7  | 23.24    | 23.15 | 23.20 | 102.70       | 148.50       | 100.00   | 101.50 | -1.50  | 90.39  | 90.19 | 1.00 | 0.50 |
| Fc27-E-M20-A8  | 22.97    | 23.20 | 23.09 | 100.95       | 150.00       | 100.00   | 100.00 | 0.00   | 90.57  | 90.00 | 1.50 | 0.00 |
| Fc27-E-M20-A9  | 23.14    | 23.14 | 23.14 | 102.45       | 149.50       | 100.00   | 100.50 | -0.50  | 90.19  | 89.23 | 0.50 | 2.00 |
| Fc27-E-M20-A10 | 23.06    | 23.09 | 23.08 | 100.66       | 151.00       | 100.00   | 99.00  | 1.00   | 89.43  | 89.62 | 1.50 | 1.00 |
| Fc27-E-M20-B6  | 23.00    | 23.24 | 23.12 | 140.01       | 109.50       | 140.00   | 140.50 | -0.50  | 89.48  | 90.00 | 1.00 | 0.00 |
| Fc27-E-M20-B7  | 23.00    | 23.31 | 23.16 | 140.09       | 112.00       | 140.00   | 138.00 | 2.00   | 88.98  | 90.51 | 2.00 | 1.00 |
| Fc27-E-M20-B8  | 21.09    | 22.71 | 21.90 | 142.45       | 119.00       | 140.00   | 131.00 | 9.00   | 90.48  | 90.48 | 1.00 | 1.00 |
| Fc27-E-M20-B9  | 23.21    | 22.99 | 23.10 | 140.95       | 119.50       | 140.00   | 130.50 | 9.50   | 89.04  | 90.00 | 2.00 | 0.00 |
| Fc27-E-M20-B10 | 22.79    | 22.90 | 22.85 | 140.99       | 111.00       | 140.00   | 139.00 | 1.00   | 90.52  | 90.00 | 1.00 | 0.00 |

付表 4.2.3 施工結果一覧 (母材コンクリート 3,  $F_c36$ )

|                | 穿孔径 (mm) |       |       | 穿孔深さ<br>(mm) | 突出長さ<br>(mm) | 定着長 (mm) |        |       | 角度 (°) |       |      |      |
|----------------|----------|-------|-------|--------------|--------------|----------|--------|-------|--------|-------|------|------|
|                | X        | Y     | 平均値   |              |              | 設計値      | 実測     | 差異    | X      | Y     | 差異X  | 差異Y  |
| Fc36-E-D13-11  | 16.01    | 15.98 | 16.00 | 93.68        | 164.50       | 91.00    | 85.50  | -5.50 | 89.83  | 90.35 | 0.50 | 1.00 |
| Fc36-E-D13-12  | 15.85    | 16.10 | 15.98 | 92.94        | 149.50       | 91.00    | 100.50 | 9.50  | 89.23  | 90.38 | 2.00 | 1.00 |
| Fc36-E-D13-13  | 16.70    | 15.90 | 16.30 | 93.07        | 168.50       | 91.00    | 81.50  | -9.50 | 89.32  | 88.81 | 2.00 | 3.50 |
| Fc36-E-D13-14  | 16.58    | 16.08 | 16.33 | 92.72        | 150.00       | 91.00    | 100.00 | 9.00  | 89.43  | 89.43 | 1.50 | 1.50 |
| Fc36-E-D13-15  | 15.53    | 16.16 | 15.85 | 92.41        | 148.70       | 91.00    | 101.30 | 10.30 | 90.39  | 89.42 | 1.00 | 1.50 |
| Fc36-E-M20-A11 | 23.21    | 23.26 | 23.24 | 100.24       | 152.50       | 100.00   | 97.50  | -2.50 | 88.87  | 90.00 | 3.00 | 0.00 |
| Fc36-E-M20-A12 | 23.34    | 23.23 | 23.29 | 100.61       | 151.50       | 100.00   | 98.50  | -1.50 | 89.43  | 90.19 | 1.50 | 0.50 |
| Fc36-E-M20-A13 | 23.44    | 23.36 | 23.40 | 100.34       | 152.00       | 100.00   | 98.00  | -2.00 | 90.19  | 90.94 | 0.50 | 2.50 |
| Fc36-E-M20-A14 | 23.16    | 22.98 | 23.07 | 102.65       | 150.50       | 100.00   | 99.50  | -0.50 | 89.43  | 90.57 | 1.50 | 1.50 |
| Fc36-E-M20-A15 | 23.20    | 23.19 | 23.20 | 100.05       | 151.50       | 100.00   | 98.50  | -1.50 | 90.95  | 89.43 | 2.50 | 1.50 |
| Fc36-E-M20-B1  | 23.64    | 23.54 | 23.59 | 143.95       | 110.50       | 140.00   | 139.50 | -0.50 | 89.48  | 91.04 | 1.00 | 2.00 |
| Fc36-E-M20-B2  | 22.83    | 23.07 | 22.95 | 141.22       | 111.50       | 140.00   | 138.50 | -1.50 | 88.46  | 89.49 | 3.00 | 1.00 |
| Fc36-E-M20-B3  | 23.32    | 23.18 | 23.25 | 142.82       | 111.00       | 140.00   | 139.00 | -1.00 | 89.48  | 90.00 | 1.00 | 0.00 |
| Fc36-E-M20-B4  | 22.91    | 23.21 | 23.06 | 141.01       | 110.00       | 140.00   | 140.00 | 0.00  | 88.96  | 89.48 | 2.00 | 1.00 |
| Fc36-E-M20-B5  | 23.26    | 22.99 | 23.13 | 140.82       | 110.00       | 140.00   | 140.00 | 0.00  | 90.52  | 90.00 | 1.00 | 0.00 |

付表 4.2.4 施工結果一覧（母材コンクリート 4,  $F_c27$ ）

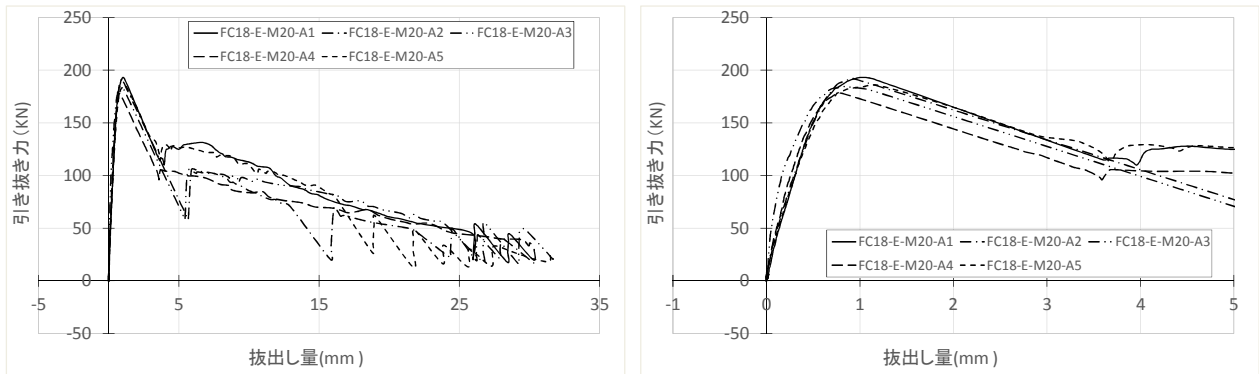
|                | 穿孔径 (mm) |       |       | 穿孔深さ<br>(mm) | 突出長さ<br>(mm) | 定着長 (mm) |        |       | 角度 (°) |       |      |      |
|----------------|----------|-------|-------|--------------|--------------|----------|--------|-------|--------|-------|------|------|
|                | X        | Y     | 平均値   |              |              | 設計値      | 実測     | 差異    | X      | Y     | 差異X  | 差異Y  |
| Fc27-E-D16-1   | 20.10    | 20.25 | 20.18 | 111.89       | 144.00       | 112.00   | 116.00 | -4.00 | 91.19  | 90.60 | 3.00 | 1.50 |
| Fc27-E-D16-2   | 19.98    | 20.00 | 19.99 | 114.97       | 145.00       | 112.00   | 115.00 | -3.00 | 88.42  | 90.79 | 4.00 | 2.00 |
| Fc27-E-D16-3   | 19.97    | 20.02 | 20.00 | 116.56       | 146.00       | 112.00   | 114.00 | -2.00 | 91.77  | 90.39 | 4.50 | 1.00 |
| Fc27-E-D16-4   | 19.86    | 20.16 | 20.01 | 116.37       | 145.50       | 112.00   | 114.50 | -2.50 | 92.17  | 90.39 | 5.50 | 1.00 |
| Fc27-E-D16-5   | 20.06    | 20.08 | 20.07 | 116.48       | 148.00       | 112.00   | 112.00 | 0.00  | 90.58  | 90.39 | 1.50 | 1.00 |
| Fc27-C-M20-A16 | 23.09    | 23.08 | 23.09 | 102.61       | 149.50       | 100.00   | 100.50 | -0.50 | 89.42  | 90.58 | 1.50 | 1.50 |
| Fc27-C-M20-A17 | 23.28    | 22.36 | 22.82 | 104.35       | 150.00       | 100.00   | 100.00 | 0.00  | 89.24  | 89.43 | 2.00 | 1.50 |
| Fc27-C-M20-A18 | 23.07    | 22.53 | 22.80 | 103.39       | 150.00       | 100.00   | 100.00 | 0.00  | 89.62  | 89.43 | 1.00 | 1.50 |
| Fc27-C-M20-A19 | 22.94    | 23.18 | 23.06 | 102.35       | 149.50       | 100.00   | 100.50 | -0.50 | 89.42  | 90.38 | 1.50 | 1.00 |
| Fc27-C-M20-A20 | 22.65    | 22.07 | 22.36 | 103.15       | 150.00       | 100.00   | 100.00 | 0.00  | 89.81  | 89.43 | 0.50 | 1.50 |
| Fc27-C-M20-B16 | 23.44    | 23.65 | 23.55 | 139.64       | 111.00       | 140.00   | 139.00 | 1.00  | 90.00  | 90.26 | 0.00 | 0.50 |
| Fc27-C-M20-B17 | 23.46    | 24.16 | 23.81 | 142.19       | 112.00       | 140.00   | 138.00 | 2.00  | 88.72  | 90.00 | 2.50 | 0.00 |
| Fc27-C-M20-B18 | 23.74    | 23.66 | 23.70 | 141.67       | 113.00       | 140.00   | 137.00 | 3.00  | 89.24  | 89.24 | 1.50 | 1.50 |
| Fc27-C-M20-B19 | 24.18    | 24.21 | 24.20 | 139.92       | 111.00       | 140.00   | 139.00 | 1.00  | 88.45  | 89.48 | 3.00 | 1.00 |
| Fc27-C-M20-B20 | 24.28    | 23.72 | 24.00 | 142.60       | 112.50       | 140.00   | 137.50 | 2.50  | 91.27  | 88.98 | 2.50 | 2.00 |

付表 4.2.5 施工結果一覧（母材コンクリート 5,  $F_c27$ ）

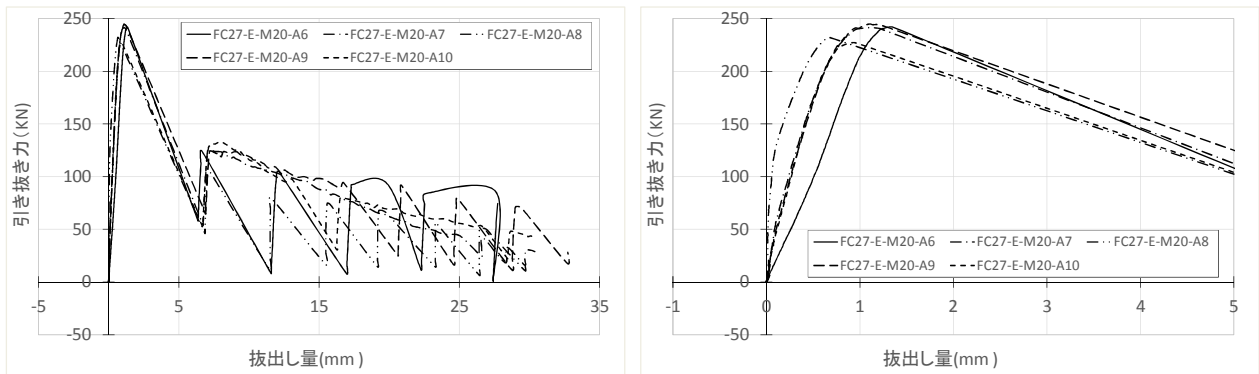
|                 | 穿孔径 (mm) |       |       | 穿孔深さ<br>(mm) | 突出長さ<br>(mm) | 定着長 (mm) |        |       | 角度 (°) |       |      |      |
|-----------------|----------|-------|-------|--------------|--------------|----------|--------|-------|--------|-------|------|------|
|                 | X        | Y     | 平均値   |              |              | 設計値      | 実測     | 差異    | X      | Y     | 差異X  | 差異Y  |
| Fc27-E-D19-1    | 24.28    | 24.48 | 24.38 | 135.46       | 146.00       | 133.00   | 134.00 | 1.00  | 89.21  | 90.20 | 2.00 | 0.50 |
| Fc27-E-D19-2    | 24.10    | 24.08 | 24.09 | 135.45       | 145.00       | 133.00   | 135.00 | 2.00  | 89.80  | 88.62 | 0.50 | 3.50 |
| Fc27-E-D19-3    | 24.30    | 24.13 | 24.22 | 133.16       | 145.00       | 133.00   | 135.00 | 2.00  | 90.40  | 90.20 | 1.00 | 0.50 |
| Fc27-E-D19-4    | 24.29    | 24.10 | 24.20 | 135.59       | 145.00       | 133.00   | 135.00 | 2.00  | 89.60  | 90.00 | 1.00 | 0.00 |
| Fc27-E-D19-5    | 23.97    | 24.10 | 24.04 | 133.86       | 145.50       | 133.00   | 134.50 | 1.50  | 90.00  | 90.39 | 0.00 | 1.00 |
| Fc27-EA-M20-A21 | 22.92    | 23.25 | 23.09 | 100.86       | 150.50       | 100.00   | 99.50  | -0.50 | 90.00  | 89.81 | 0.00 | 0.50 |
| Fc27-EA-M20-A22 | 23.28    | 23.10 | 23.19 | 100.64       | 150.00       | 100.00   | 100.00 | 0.00  | 89.81  | 89.24 | 0.50 | 2.00 |
| Fc27-EA-M20-A23 | 22.52    | 22.99 | 22.76 | 99.03        | 150.50       | 100.00   | 99.50  | -0.50 | 88.86  | 89.43 | 3.00 | 1.50 |
| Fc27-EA-M20-A24 | 23.23    | 23.12 | 23.18 | 102.33       | 149.00       | 100.00   | 101.00 | 1.00  | 89.42  | 90.00 | 1.50 | 0.00 |
| Fc27-EA-M20-A25 | 22.94    | 22.41 | 22.68 | 102.55       | 148.50       | 100.00   | 101.50 | 1.50  | 90.39  | 88.84 | 1.00 | 3.00 |
| Fc27-EA-M20-B21 | 22.78    | 23.62 | 23.20 | 140.16       | 110.00       | 140.00   | 140.00 | 0.00  | 90.00  | 88.96 | 0.00 | 2.00 |
| Fc27-EA-M20-B22 | 23.04    | 23.40 | 23.22 | 141.07       | 109.50       | 140.00   | 140.50 | 0.50  | 89.48  | 91.57 | 1.00 | 3.00 |
| Fc27-EA-M20-B23 | 22.63    | 23.12 | 22.88 | 141.71       | 109.50       | 140.00   | 140.50 | 0.50  | 91.05  | 89.74 | 2.00 | 0.50 |
| Fc27-EA-M20-B24 | 23.24    | 22.88 | 23.06 | 141.71       | 110.50       | 140.00   | 139.50 | -0.50 | 90.00  | 92.08 | 0.00 | 4.00 |
| Fc27-EA-M20-B25 | 22.98    | 22.80 | 22.89 | 139.63       | 111.50       | 140.00   | 138.50 | -1.50 | 89.49  | 90.51 | 1.00 | 1.00 |

付録4.2.2 引抜き試験の結果

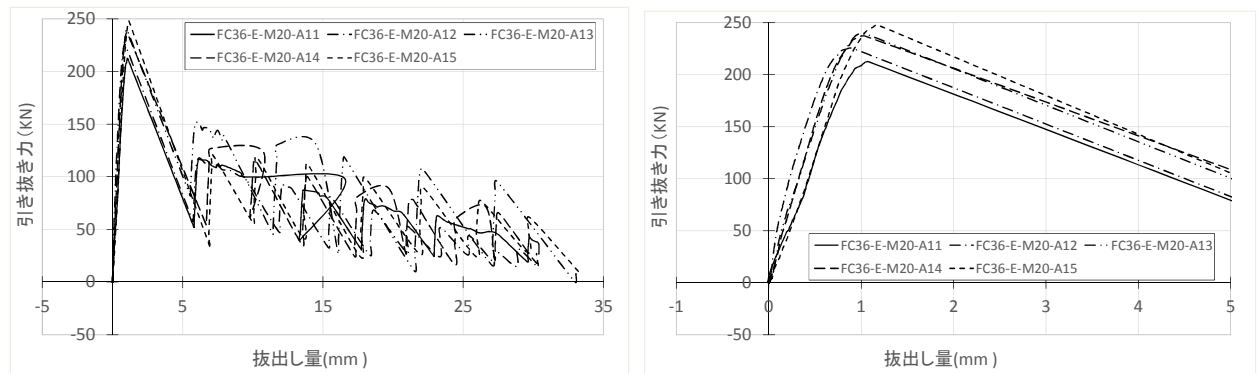
付録4.2.2.1 引抜き力と拔出し量の関係



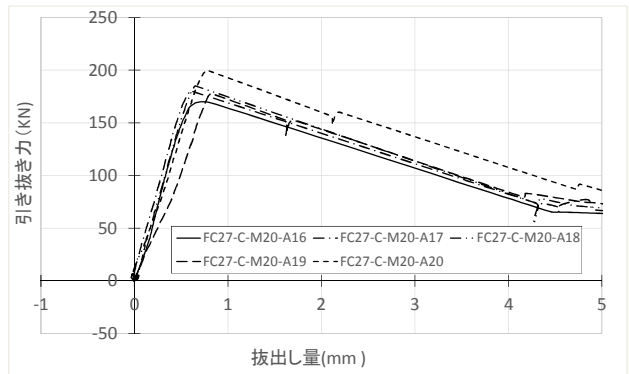
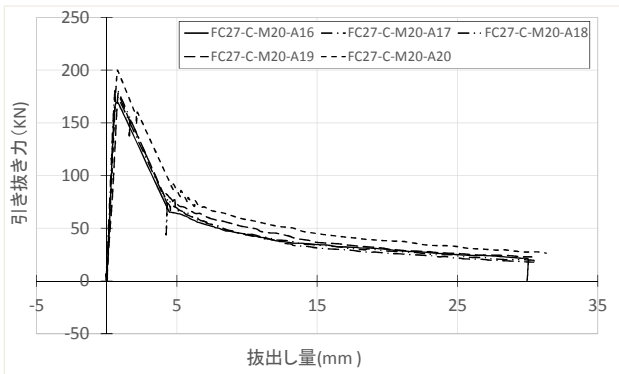
付図 4.2.1 引抜き力-拔出し量関係 ( $F_{c18}$ , エポキシ)



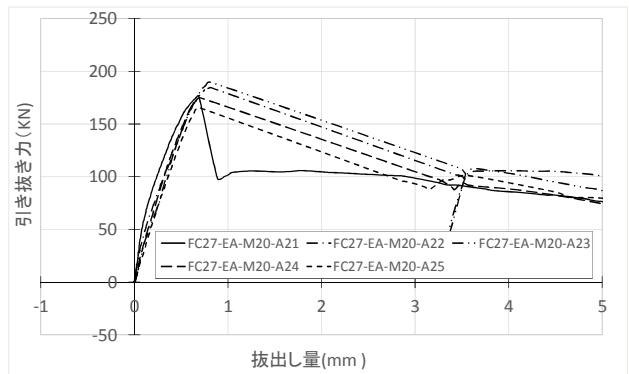
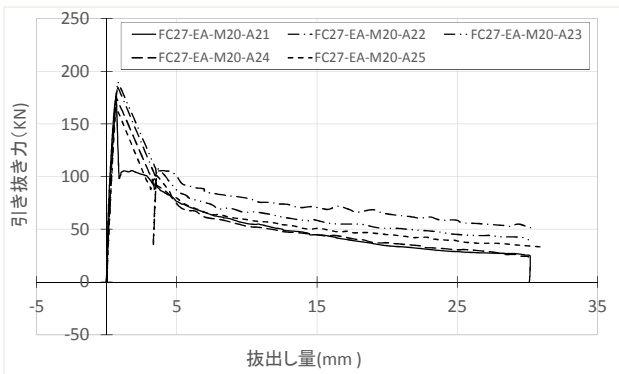
付図 4.2.2 引抜き力-拔出し量関係 ( $F_{c27}$ , エポキシ)



付図 4.2.3 引抜き力-拔出し量関係 ( $F_{c36}$ , エポキシ)



付図 4.2.4 引抜き力-拔出し量関係 ( $F_c27$ , セメント)



付図 4.2.5 引抜き力-拔出し量関係 ( $F_c27$ , エポキシアクリレート)

付録4.2.2.2 最終破壊状況



付図 4.2.6 最終破壊状況 ( $F_c18$ , エポキシ)



付図 4.2.7 最終破壊状況 ( $F_c27$ , エポキシ)



付図 4.2.8 最終破壊状況 ( $F_c36$ , エポキシ)



付図 4.2.9 最終破壊状況 ( $F_c27$ , セメント)



付図 4.2.10 最終破壊状況 ( $F_c27$ , エポキシアクリレート)

付録4.2.3 せん断試験の破壊状況



(D13-1)



(D13-2)



(D13-3)



(D13-4)



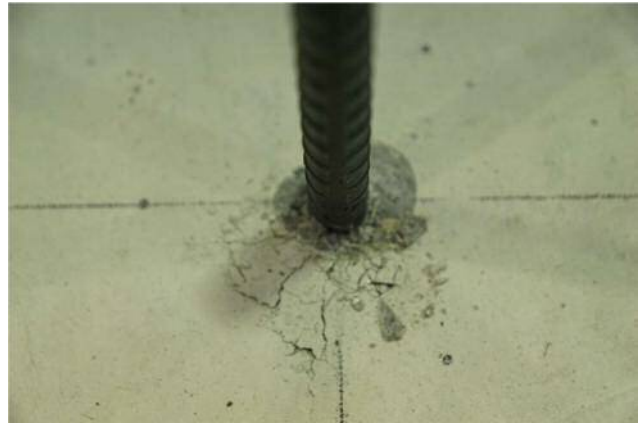
(D13-5)

付図 4.2.11 4mm 時の破壊状況 ( $F_c18$ , D13, エポキシ)





(D13-6)



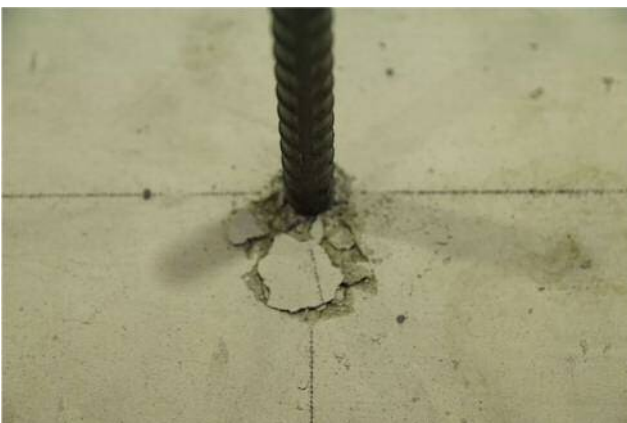
(D13-7)



(D13-8)



(D13-9)



(D13-10)

付図 4.2.12 4mm 時の破壊状況 ( $F_c27$ , D13, エポキシ)



(D13-11)



(D13-12)



(D13-13)



(D13-14)



(D13-15)

付図 4. 2. 13 4mm 時の破壊状況 ( $F_c36$ , D13, エポキシ)



(D16-1) \*32mm 時の破壊状況



(D16-2)



(D16-3)



(D16-4)



(D16-5)

付図 4. 2. 14 4mm 時の破壊状況 ( $F_c27$ , D16, エポキシ)



(D19-1)



(D19-2)



(D19-3)



(D19-4)



(D19-5)

付図 4. 2. 15 4mm 時の破壊状況 ( $F_c27$ , D19, エポキシ)



(M20-B1)



(M20-B2)



(M20-B3)



(M20-B4)

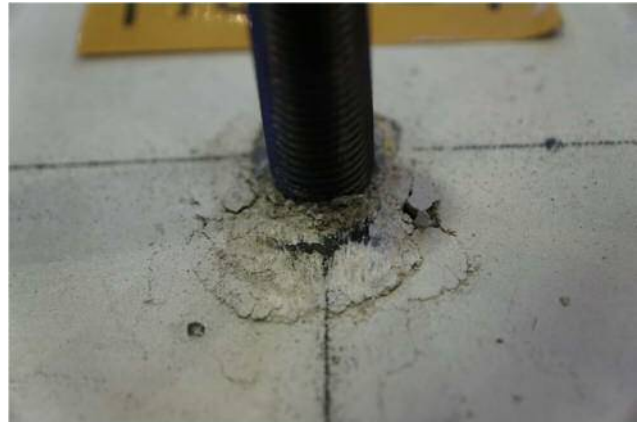


(M20-B5)

付図 4. 2. 16 8mm 時の破壊状況 ( $F_c$ 18, M20, エポキシ)



(M20-B6)



(M20-B7)



(M20-B8)



(M20-B9)



(M20-B10)

付図 4. 2. 17 8mm 時の破壊状況 ( $F_c27$ , M20, エポキシ)



(M20-B11)



(M20-B12)



(M20-B13)

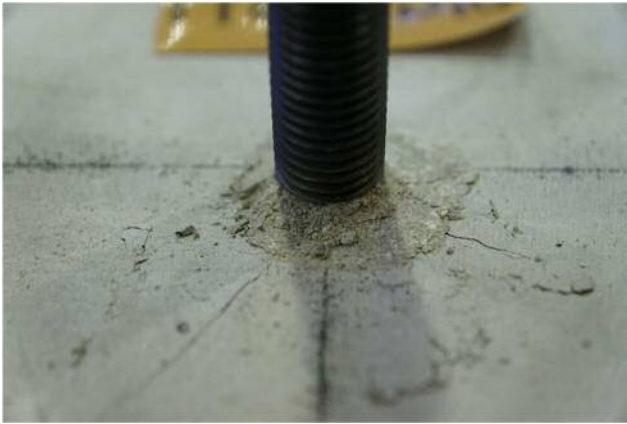


(M20-B14)

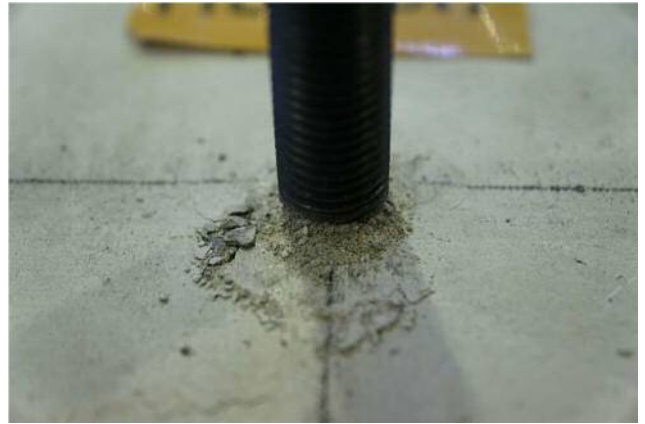


(M20-B15) \*アンカー筋の破断

付図 4. 2. 18 8mm 時の破壊状況 ( $F_c36$ , M20, エポキシ)



(M20-B16)



(M20-B17)



(M20-B18)



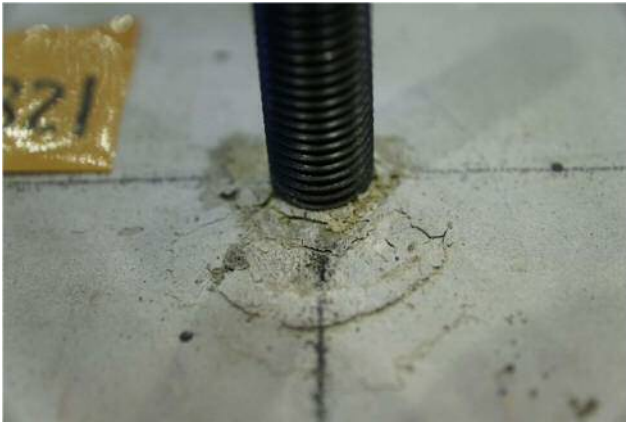
(M20-B19)



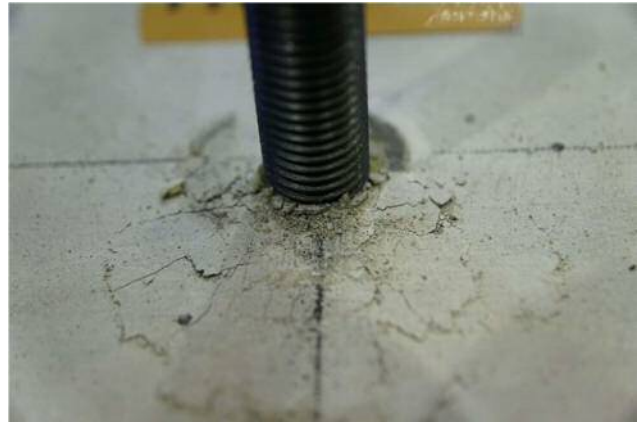
(M20-B20)

付図 4. 2. 19 8mm 時の破壊状況 ( $F_c27$ , M20, セメント)

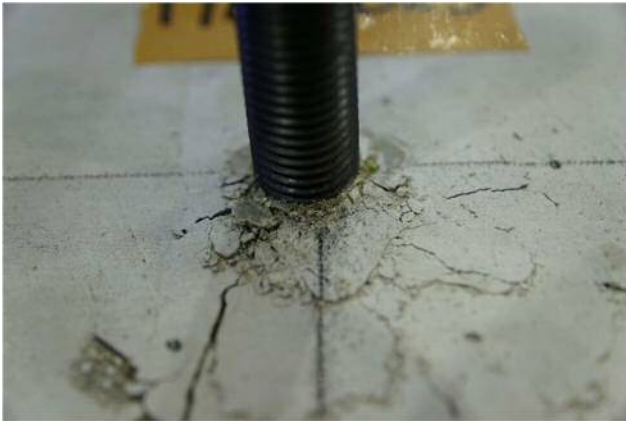




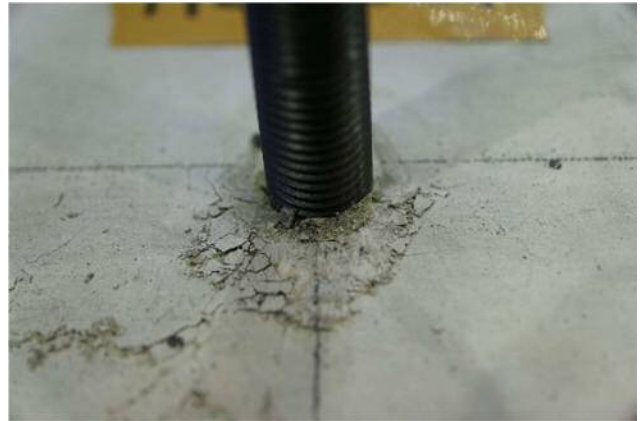
(M20-B21)



(M20-B22)



(M20-B23)



(M20-B24)

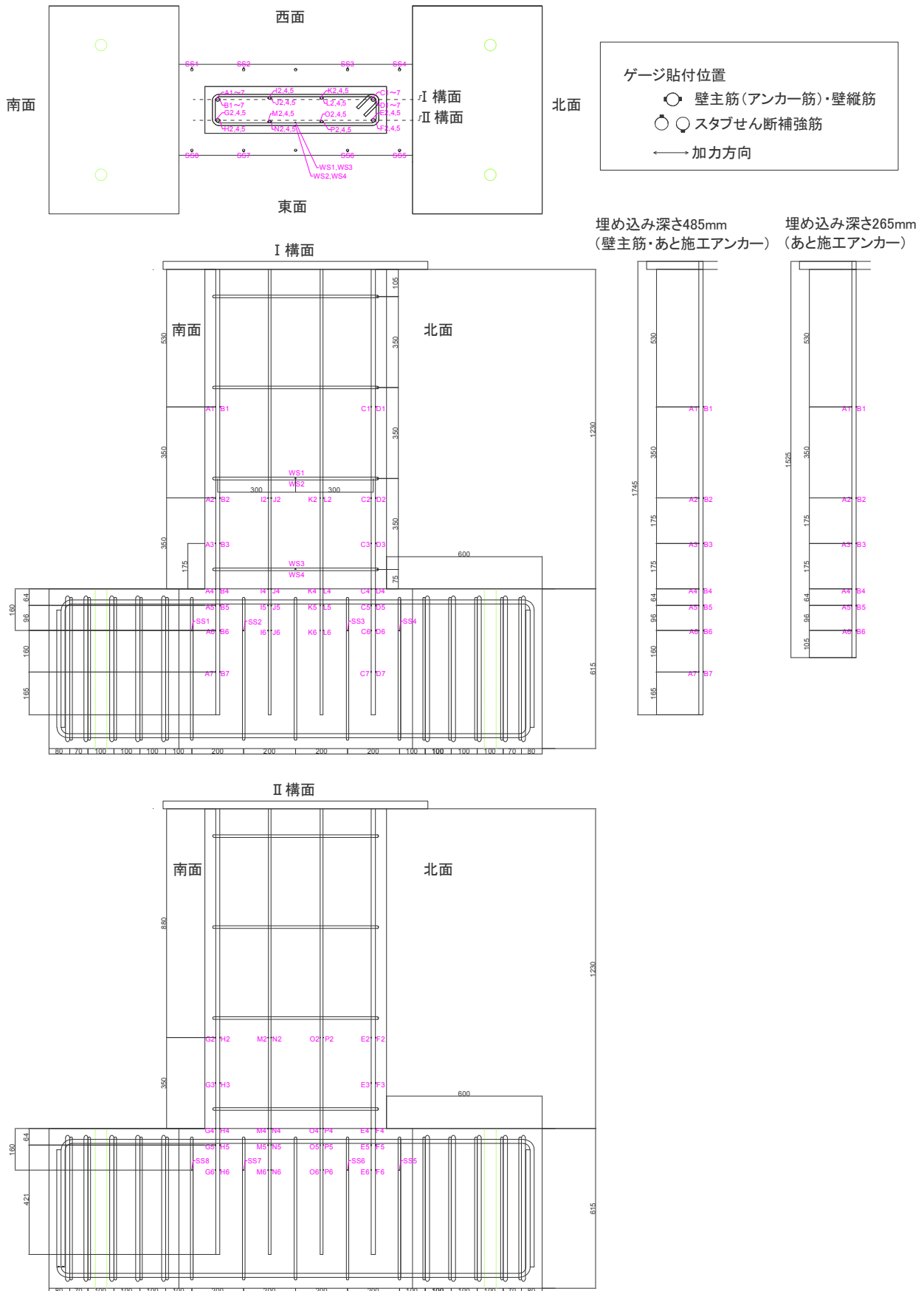


(M20-B25)

付図 4. 2. 20 8mm 時の破壊状況 ( $F_c27$ , M20, エポキシアクリレート)

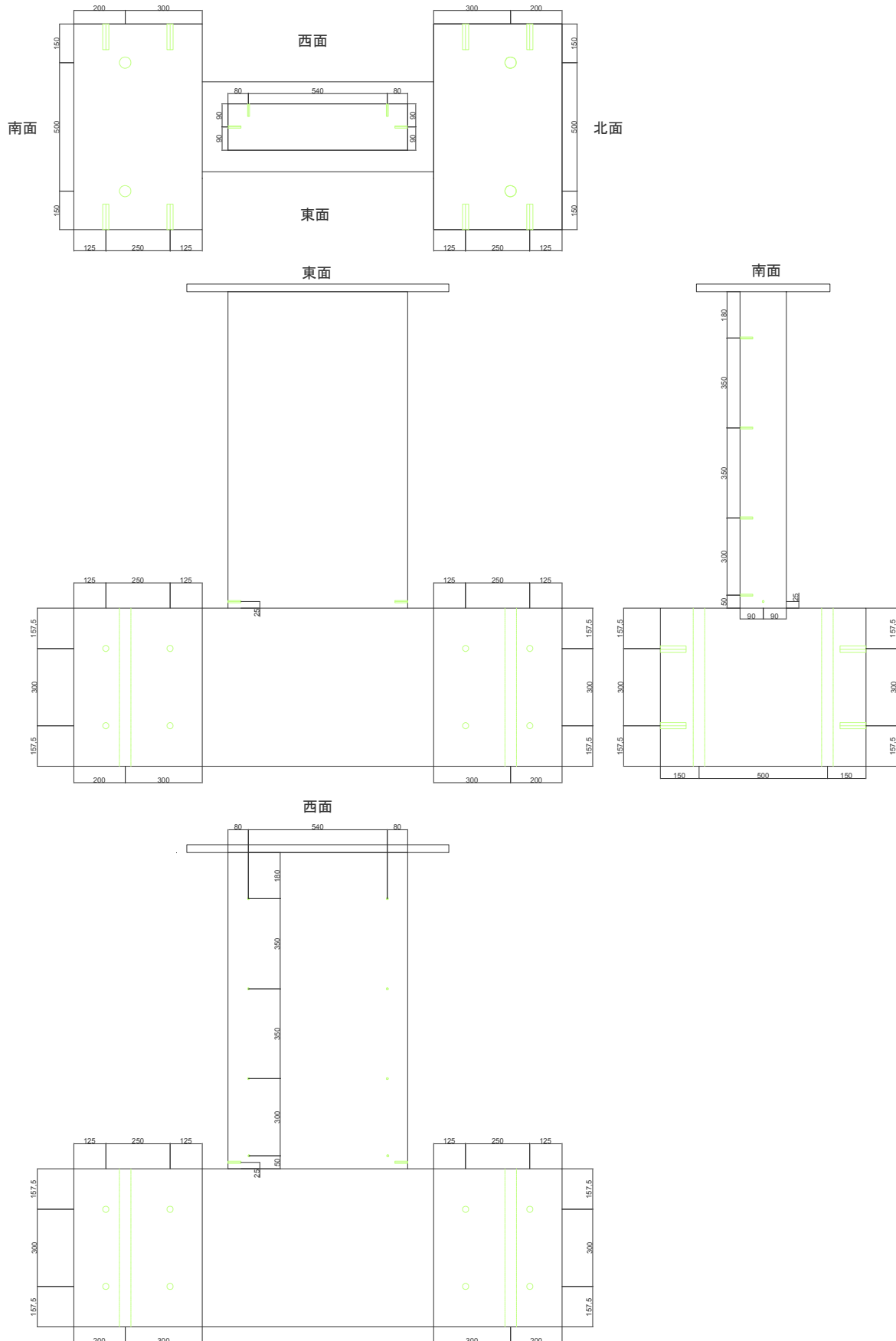
# 付録4.3 耐力壁の構造性能確認試験

## 付録4.3.1 歪ゲージ図



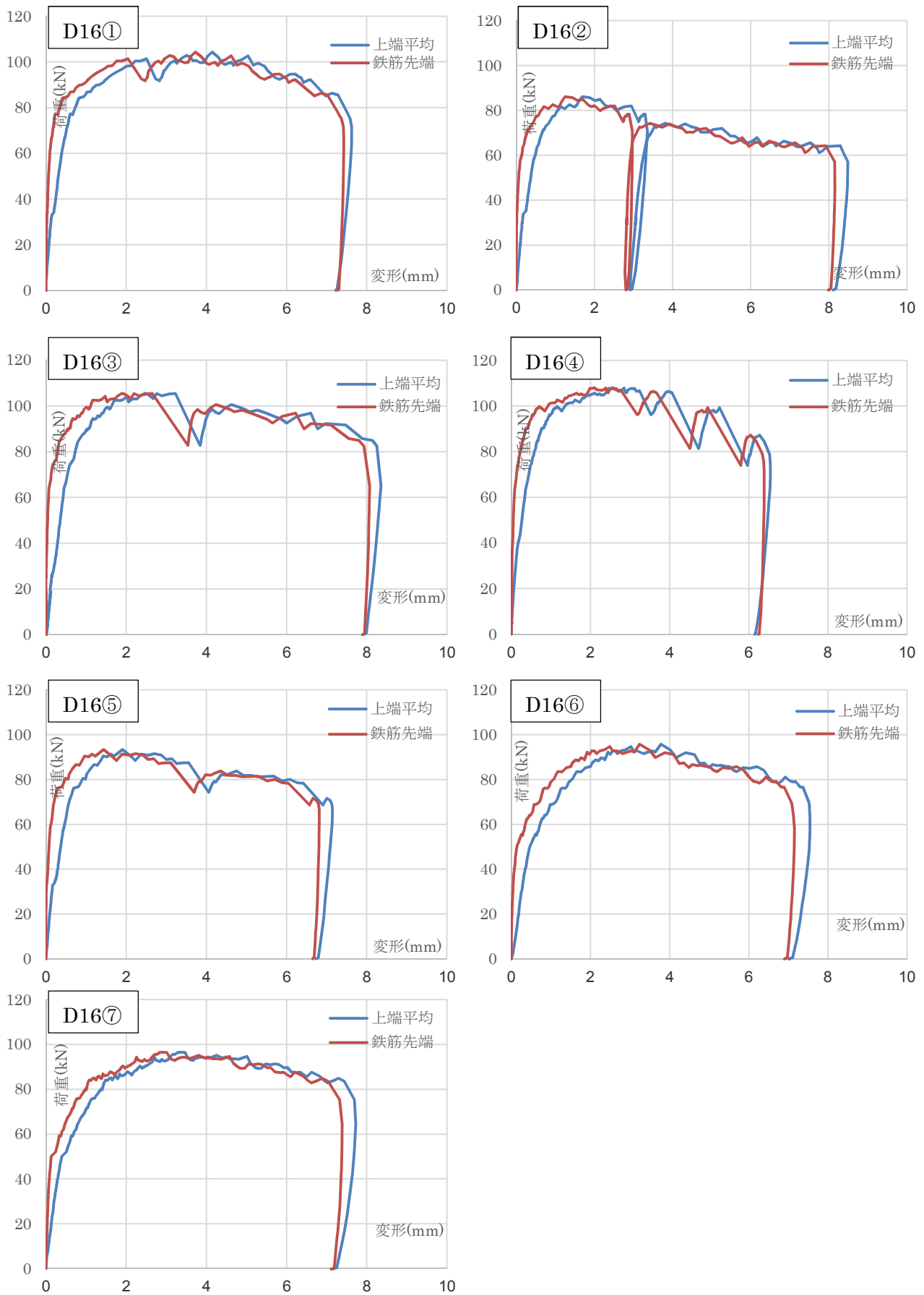
付図4.3.1 歪ゲージ図

付録4.3.2 インサート図



付図4.3.2 インサート図

付録4.3.3 単体引き抜き試験結果(D16 荷重-変形曲線)



付図4.3.3 単体引き抜き試験結果(D16 荷重-変形曲線)

#### 付録4.4 実建物施工における付着性能のばらつき確認試験

##### 付録4.4.1 実建物施工におけるアンカー付着試験の荷重－変位関係

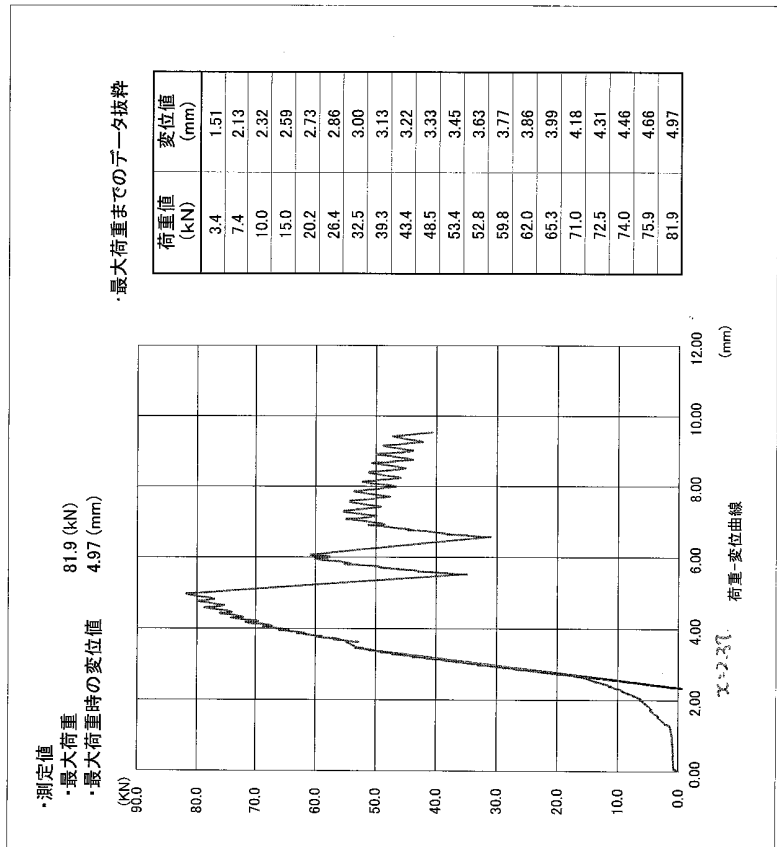
引張試験の際に変形を計測したあと施工アンカーの荷重変形曲線を示す。  
対象は以下の18本である。

- ・ 壁 H- 12
- ・ 壁 H- 18
- ・ 壁 H- 30
- ・ 壁 H- 40
- ・ 壁 H- 50
- ・ 壁 H- 60
- ・ 天井 H- 70
- ・ 天井 H- 80
- ・ 天井 H- 90
- ・ 天井 H- 100
- ・ 天井 H- 110
- ・ 天井 H- 123
- ・ 床 H- 140
- ・ 床 H- 150
- ・ 床 H- 160
- ・ 床 H- 170
- ・ 床 H- 180
- ・ 床 H- 190

測定結果

- 試験日時 2016-2-1 16:43:56
- 試験名称 清瀬実建物実験棟
- 試験番号 横向 No.12(ハンマードリル)
- 荷重設定値 (kN)
- 変位設定値 (mm)
- 立会者
- 試験者 サンコーテクノ株式会社
- 試験機 AT-200
- 供試体

- 母材
- 施工条件

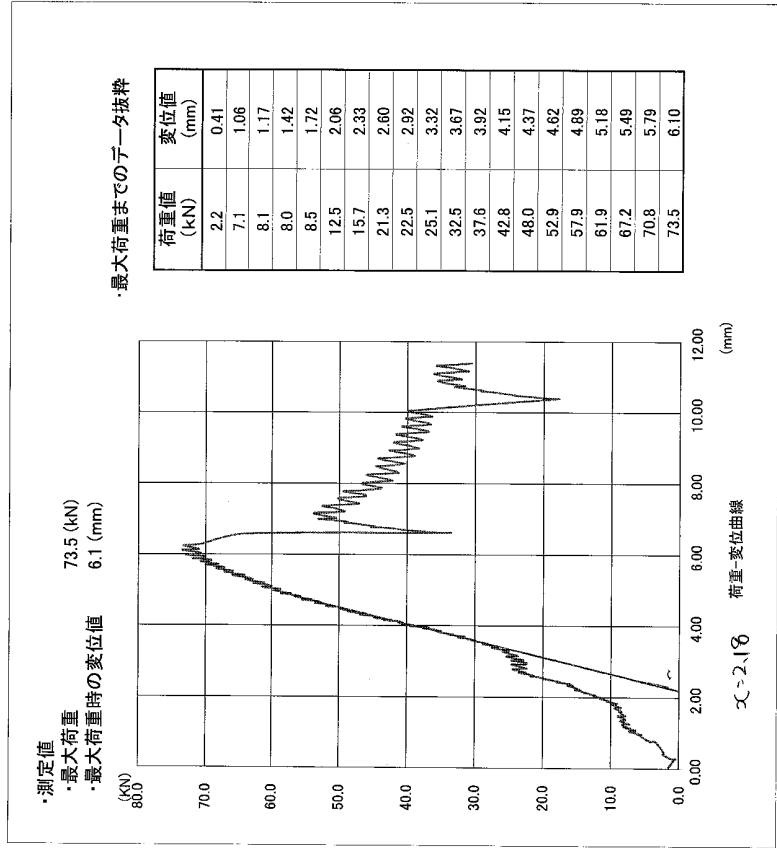


付図4.4.2 実建物施工におけるアンカー付着試験の荷重-変位関係

測定結果

- 試験日時 2016-2-1 16:13:25
- 試験名称 清瀬実建物実験棟
- 試験番号 横向 No.18(ハンマードリル)
- 荷重設定値 (kN)
- 変位設定値 (mm)
- 立会者
- 試験者 サンコーテクノ株式会社
- 試験機 AT-200
- 供試体

- 母材
- 施工条件

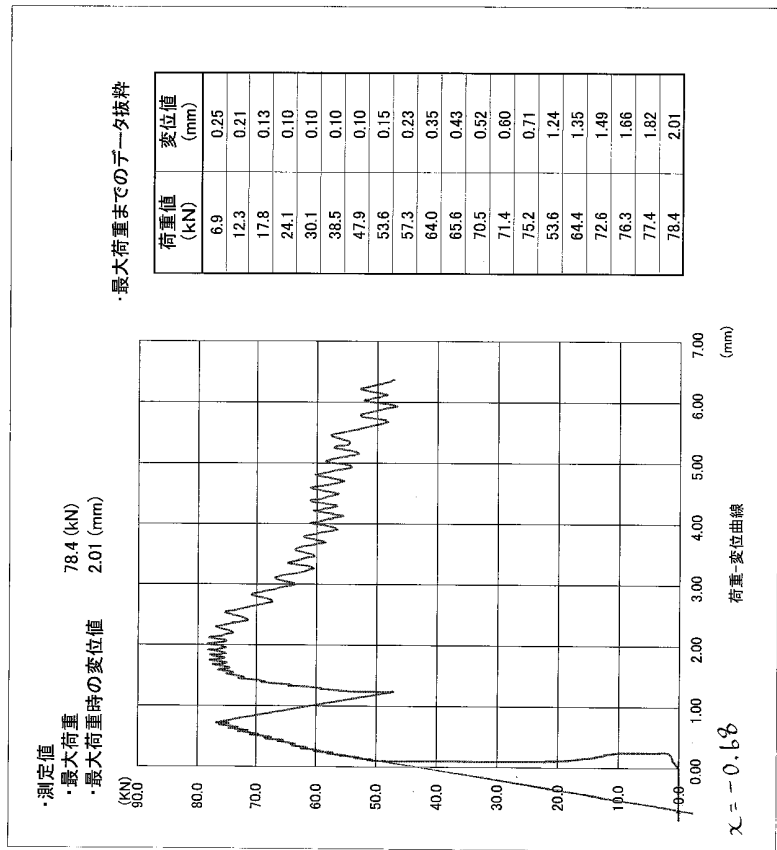


付図4.4.1 実建物施工におけるアンカー付着試験の荷重-変位関係

・測定結果

・試験日時 2016-2-1 14:48:40  
 ・試験名称 清瀬実建物実験棟  
 横向 No.30(ハンマードリル)  
 ・荷重設定値 (kN)  
 ・変位設定値 (mm)  
 ・立会者 サンコーテック株式会社  
 ・試験者 AT-200  
 ・試験機  
 ・供試体

・母材  
 ・施工条件

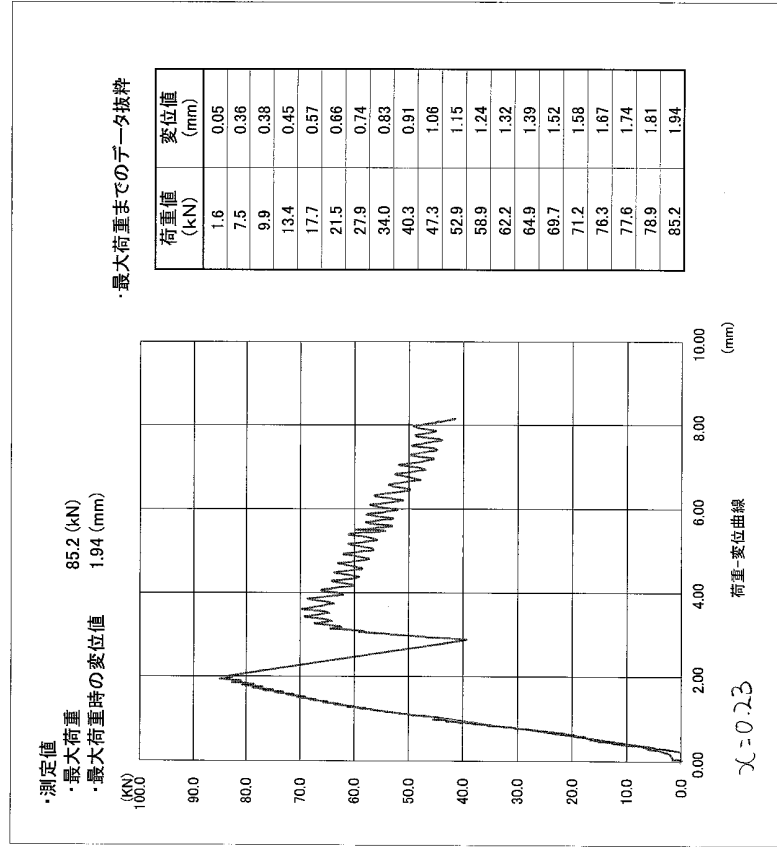


付図4.4.4 実建物施工におけるアンカー付着試験の荷重-変位関係

・測定結果

・試験日時 2016-2-1 14:18:13  
 ・試験名称 清瀬実建物実験棟  
 横向 No.40(ハンマードリル)  
 ・荷重設定値 (kN)  
 ・変位設定値 (mm)  
 ・立会者 サンコーテック株式会社  
 ・試験者 AT-200  
 ・試験機  
 ・供試体

・母材  
 ・施工条件



付図4.4.3 実建物施工におけるアンカー付着試験の荷重-変位関係

測定結果

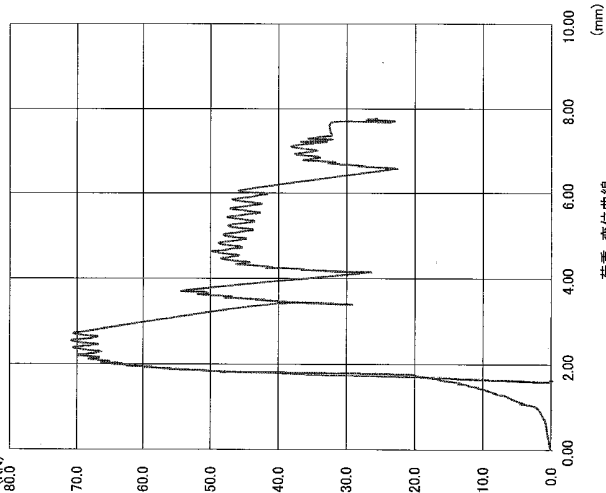
- 試験日時 2016-2-1 13:43:10
- 試験名称 清瀬実建物実験棟
- 試験名称 横向 No.50(ハンマードリル)
- 荷重設定値 (kN)
- 変位設定値 (mm)
- 立会者 サンコーテクノ株式会社
- 試験者 AT-200
- 試験機
- 供試体

- 母材
- 施工条件

- 測定値
- 最大荷重 70.8 (kN)
- 最大荷重時の変位値 2.54 (mm)

最大荷重までのデータ抜粋

| 荷重値 (kN) | 変位値 (mm) |
|----------|----------|
| 3.9      | 1.08     |
| 9.2      | 1.38     |
| 11.1     | 1.47     |
| 14.9     | 1.60     |
| 19.8     | 1.73     |
| 23.6     | 1.77     |
| 28.1     | 1.79     |
| 33.2     | 1.80     |
| 39.1     | 1.81     |
| 45.2     | 1.81     |
| 51.3     | 1.85     |
| 53.3     | 1.88     |
| 55.9     | 1.90     |
| 62.4     | 1.96     |
| 64.3     | 2.00     |
| 66.2     | 2.05     |
| 67.2     | 2.14     |
| 68.7     | 2.23     |
| 69.4     | 2.35     |
| 70.8     | 2.54     |



$\chi = 0.57$

荷重-変位曲線

付図4.4.6 実建物施工におけるアンカー付着試験の荷重-変位関係

測定結果

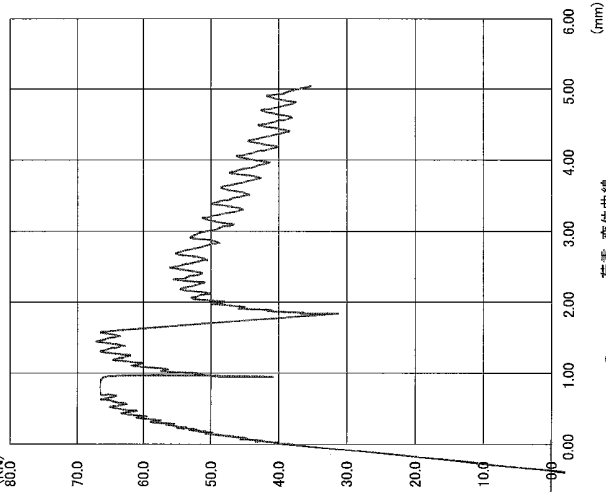
- 試験日時 2016-2-1 12:03:53
- 試験名称 清瀬実建物実験棟
- 試験名称 横向 No.60(ハンマードリル)
- 荷重設定値 (kN)
- 変位設定値 (mm)
- 立会者 サンコーテクノ株式会社
- 試験者 AT-200
- 試験機
- 供試体

- 母材
- 施工条件

- 測定値
- 最大荷重 67.2 (kN)
- 最大荷重時の変位値 1.44 (mm)

最大荷重までのデータ抜粋

| 荷重値 (kN) | 変位値 (mm) |
|----------|----------|
| 8.8      | -0.14    |
| 16.4     | -0.14    |
| 24.9     | -0.11    |
| 32.9     | -0.07    |
| 37.9     | -0.01    |
| 43.4     | 0.04     |
| 45.1     | 0.09     |
| 48.6     | 0.13     |
| 51.1     | 0.18     |
| 55.0     | 0.23     |
| 55.6     | 0.28     |
| 60.3     | 0.36     |
| 61.8     | 0.46     |
| 62.6     | 0.57     |
| 64.0     | 0.68     |
| 47.1     | 0.95     |
| 57.0     | 1.04     |
| 60.6     | 1.12     |
| 62.0     | 1.24     |
| 67.2     | 1.44     |



$\chi = 0.38$

荷重-変位曲線

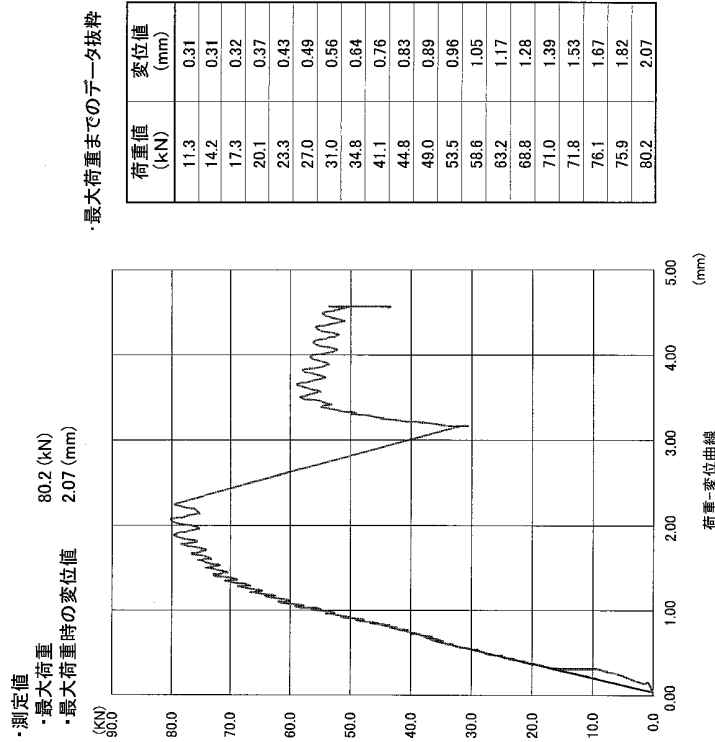
付図4.4.5 実建物施工におけるアンカー付着試験の荷重-変位関係



・測定結果

- ・試験日時 2016-2-2 10:01:09
- ・試験名称 清瀬実建物実験棟
- ・荷重設定値 80.2 (kN)
- ・変位設定値 2.07 (mm)
- ・立会者 サンコーテクノ株式会社
- ・試験者 AT-200
- ・試験機
- ・供試体

- ・母材
- ・施工条件

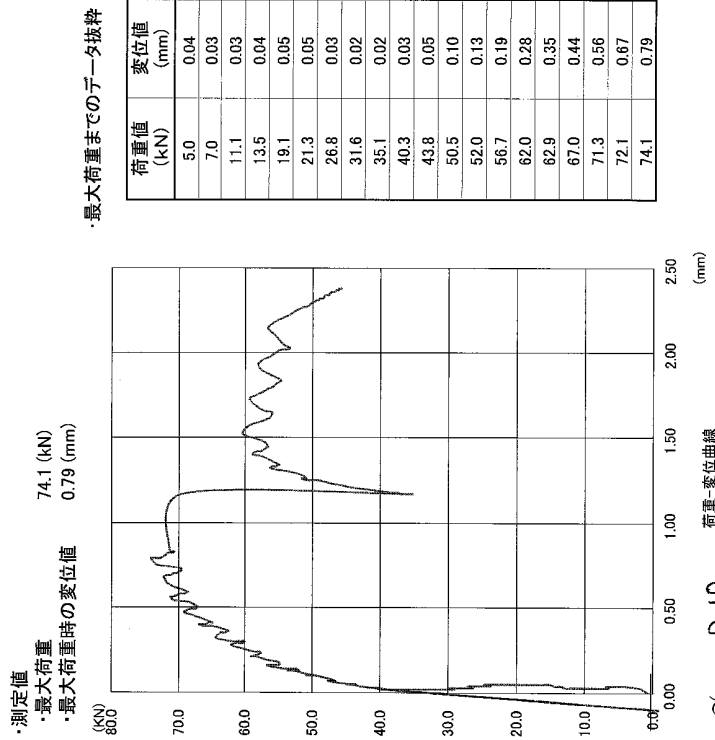


付図4.4.8 実建物施工におけるアンカー付着試験の荷重-変位関係

・測定結果

- ・試験日時 2016-2-2 9:14:29
- ・試験名称 清瀬実建物実験棟
- ・荷重設定値 74.1 (kN)
- ・変位設定値 0.79 (mm)
- ・立会者 サンコーテクノ株式会社
- ・試験者 AT-200
- ・試験機
- ・供試体

- ・母材
- ・施工条件



付図4.4.7 実建物施工におけるアンカー付着試験の荷重-変位関係

・測定結果

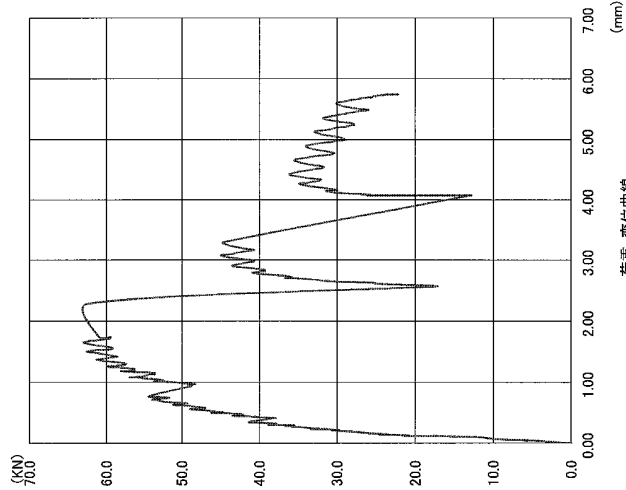
- ・試験日時 2016-2-1 16:00:50
- ・試験名称 清瀬実建物実験棟  
上向 No.90(ハンマードリル)
- ・荷重設定値 (kN)
- ・変位設定値 (mm)
- ・立会者 サンコーテクノ株式会社  
AT-200
- ・試験機
- ・拱試体

- ・母材
- ・施工条件

- ・測定値
- ・最大荷重 63 (kN)
- ・最大荷重時の変位値 1.65 (mm)

・最大荷重までのデータ抜粋

| 荷重値 (kN) | 変位値 (mm) |
|----------|----------|
| 8.9      | 0.06     |
| 15.3     | 0.11     |
| 21.1     | 0.13     |
| 23.6     | 0.15     |
| 30.6     | 0.21     |
| 32.9     | 0.24     |
| 35.9     | 0.28     |
| 37.8     | 0.32     |
| 39.4     | 0.42     |
| 45.5     | 0.49     |
| 48.5     | 0.55     |
| 50.7     | 0.65     |
| 53.0     | 0.73     |
| 48.7     | 0.96     |
| 52.6     | 1.02     |
| 54.8     | 1.11     |
| 54.1     | 1.16     |
| 59.4     | 1.27     |
| 58.9     | 1.42     |
| 63.0     | 1.65     |



付図4.4.10 実建物施工におけるアンカー付着試験の荷重-変位関係

・測定結果

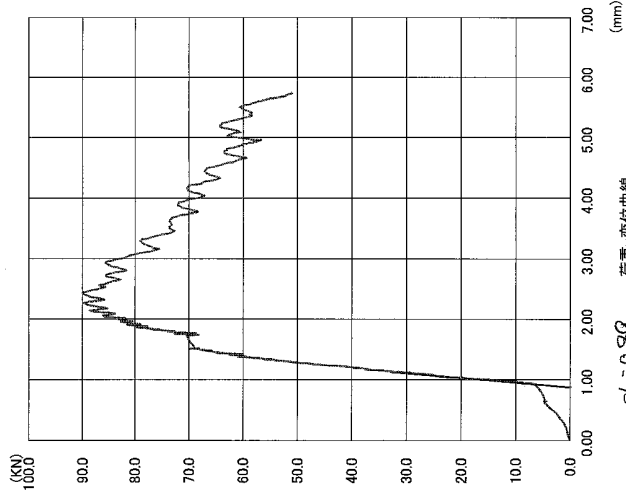
- ・試験日時 2016-2-1 14:41:27
- ・試験名称 清瀬実建物実験棟  
上向 No.100(ハンマードリル)
- ・荷重設定値 (kN)
- ・変位設定値 (mm)
- ・立会者 サンコーテクノ株式会社  
AT-200
- ・試験機
- ・拱試体

- ・母材
- ・施工条件

- ・測定値
- ・最大荷重 90 (kN)
- ・最大荷重時の変位値 2.43 (mm)

・最大荷重までのデータ抜粋

| 荷重値 (kN) | 変位値 (mm) |
|----------|----------|
| 7.6      | 0.94     |
| 10.9     | 0.98     |
| 16.8     | 1.01     |
| 21.3     | 1.04     |
| 29.7     | 1.12     |
| 38.3     | 1.19     |
| 43.3     | 1.23     |
| 51.0     | 1.29     |
| 55.2     | 1.34     |
| 61.4     | 1.42     |
| 64.7     | 1.45     |
| 69.2     | 1.74     |
| 70.3     | 1.76     |
| 73.6     | 1.79     |
| 75.5     | 1.83     |
| 79.6     | 1.92     |
| 83.8     | 2.01     |
| 84.2     | 2.09     |
| 89.4     | 2.25     |
| 90.0     | 2.43     |



付図4.4.9 実建物施工におけるアンカー付着試験の荷重-変位関係

・測定結果

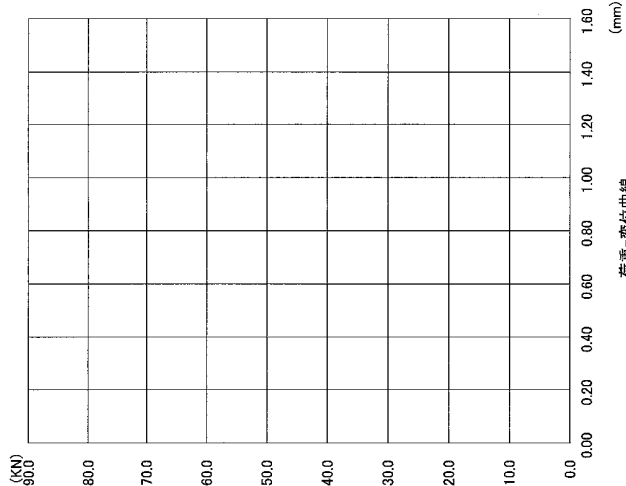
- ・試験日時 2016-2-1 13:53:31
- ・試験名称 清瀬実建物実験棟  
上向 No.110(ハンマードリル)
- ・荷重設定値 (kN)
- ・変位設定値 (mm)
- ・立会者 サンコーテクノ株式会社  
AT-200
- ・試験者
- ・試験機
- ・供試体

- ・母材
- ・施工条件

- ・測定値
- ・最大荷重 79.7 (kN)
- ・最大荷重時の変位値 -10.86 (mm)

・最大荷重までのデータ抜粋

| 荷重値 (kN) | 変位値 (mm) |
|----------|----------|
| 0.0      | -17.12   |
| 0.0      | -19.38   |
| 0.0      | -19.77   |
| 0.0      | -13.25   |
| 7.1      | -12.94   |
| 11.9     | -12.88   |
| 16.8     | -12.56   |
| 21.6     | -12.48   |
| 26.6     | -12.40   |
| 34.4     | -12.30   |
| 43.2     | -12.22   |
| 48.4     | -12.16   |
| 54.4     | -12.09   |
| 63.5     | -11.96   |
| 68.5     | -11.84   |
| 69.6     | -11.71   |
| 68.1     | -11.41   |
| 75.2     | -11.27   |
| 74.7     | -11.10   |
| 79.7     | -10.86   |



付図4.4.12 実建物施工におけるアンカー付着試験の荷重－変位関係

・測定結果

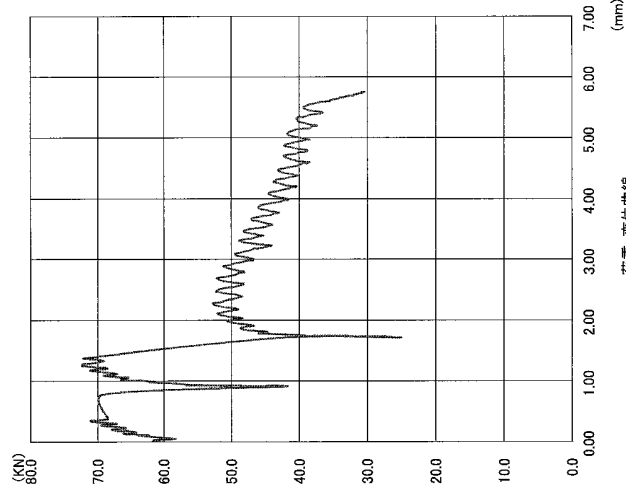
- ・試験日時 2016-2-1 11:41:21
- ・試験名称 清瀬実建物実験棟  
上向 No.123(ハンマードリル)
- ・荷重設定値 (kN)
- ・変位設定値 (mm)
- ・立会者 サンコーテクノ株式会社  
AT-200
- ・試験者
- ・試験機
- ・供試体

- ・母材
- ・施工条件

- ・測定値
- ・最大荷重 72.3 (kN)
- ・最大荷重時の変位値 1.25 (mm)

・最大荷重までのデータ抜粋

| 荷重値 (kN) | 変位値 (mm) |
|----------|----------|
| 10.2     | -0.31    |
| 16.2     | -0.31    |
| 21.5     | -0.31    |
| 25.5     | -0.31    |
| 29.8     | -0.30    |
| 34.2     | -0.27    |
| 36.6     | -0.26    |
| 43.0     | -0.23    |
| 47.7     | -0.20    |
| 52.7     | -0.15    |
| 58.2     | -0.07    |
| 61.4     | 0.01     |
| 59.4     | 0.04     |
| 62.8     | 0.11     |
| 66.9     | 0.18     |
| 67.2     | 0.30     |
| 44.0     | 0.91     |
| 56.5     | 0.93     |
| 65.3     | 1.06     |
| 72.3     | 1.25     |



付図4.4.11 実建物施工におけるアンカー付着試験の荷重－変位関係

・測定結果

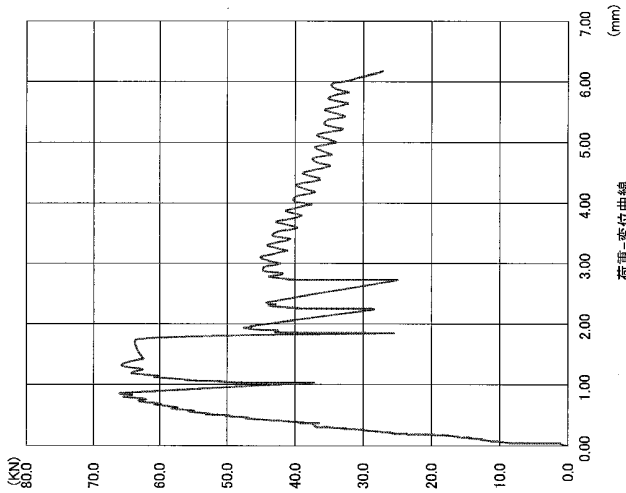
- ・試験日時 2016-2-2 10:44:38
- ・試験名称 清瀬実建物実験棟  
下向 No.140(ハンマードリル)
- ・荷重設定値 (kN)
- ・変位設定値 (mm)
- ・立会者 サンコーテクノ株式会社  
AT-200
- ・試験者
- ・試験機
- ・供試体

- ・母材
- ・施工条件

- ・測定値
- ・最大荷重 66 (kN)
- ・最大荷重時の変位値 0.86 (mm)

・最大荷重までのデータ抜粋

| 荷重値 (kN) | 変位値 (mm) |
|----------|----------|
| 3.8      | 0.05     |
| 8.6      | 0.05     |
| 10.1     | 0.08     |
| 12.6     | 0.11     |
| 15.5     | 0.14     |
| 17.7     | 0.18     |
| 21.1     | 0.19     |
| 23.6     | 0.20     |
| 26.0     | 0.22     |
| 30.1     | 0.27     |
| 32.9     | 0.29     |
| 37.4     | 0.37     |
| 38.7     | 0.38     |
| 44.4     | 0.42     |
| 47.6     | 0.47     |
| 53.1     | 0.51     |
| 54.9     | 0.57     |
| 60.2     | 0.67     |
| 62.5     | 0.75     |
| 66.0     | 0.86     |



付図4.4.14 実建物施工におけるアンカー付着試験の荷重－変位関係

・測定結果

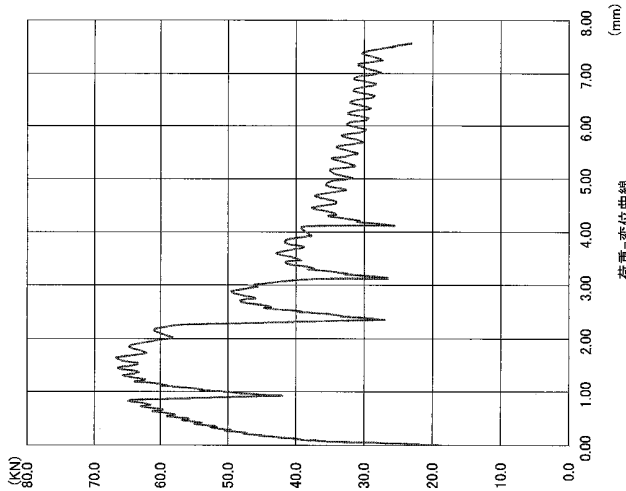
- ・試験日時 2016-2-2 9:20:53
- ・試験名称 清瀬実建物実験棟  
下向 No.150(ハンマードリル)
- ・荷重設定値 (kN)
- ・変位設定値 (mm)
- ・立会者 サンコーテクノ株式会社  
AT-200
- ・試験者
- ・試験機
- ・供試体

- ・母材
- ・施工条件

- ・測定値
- ・最大荷重 66.8 (kN)
- ・最大荷重時の変位値 1.64 (mm)

・最大荷重までのデータ抜粋

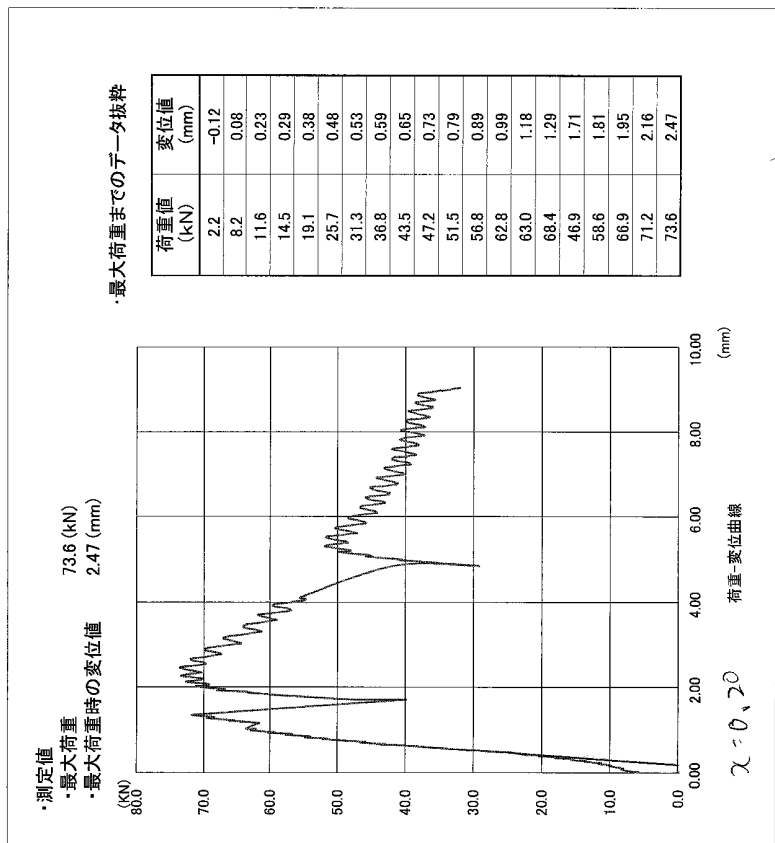
| 荷重値 (kN) | 変位値 (mm) |
|----------|----------|
| 4.8      | -0.02    |
| 9.8      | -0.02    |
| 13.7     | -0.02    |
| 17.3     | -0.02    |
| 19.4     | 0.01     |
| 24.0     | 0.03     |
| 25.8     | 0.04     |
| 30.8     | 0.06     |
| 35.5     | 0.07     |
| 39.7     | 0.12     |
| 42.3     | 0.15     |
| 47.3     | 0.23     |
| 51.9     | 0.34     |
| 56.8     | 0.47     |
| 60.2     | 0.62     |
| 61.5     | 0.76     |
| 48.0     | 0.97     |
| 59.0     | 1.12     |
| 64.7     | 1.33     |
| 66.8     | 1.64     |



付図4.4.13 実建物施工におけるアンカー付着試験の荷重－変位関係

・測定結果

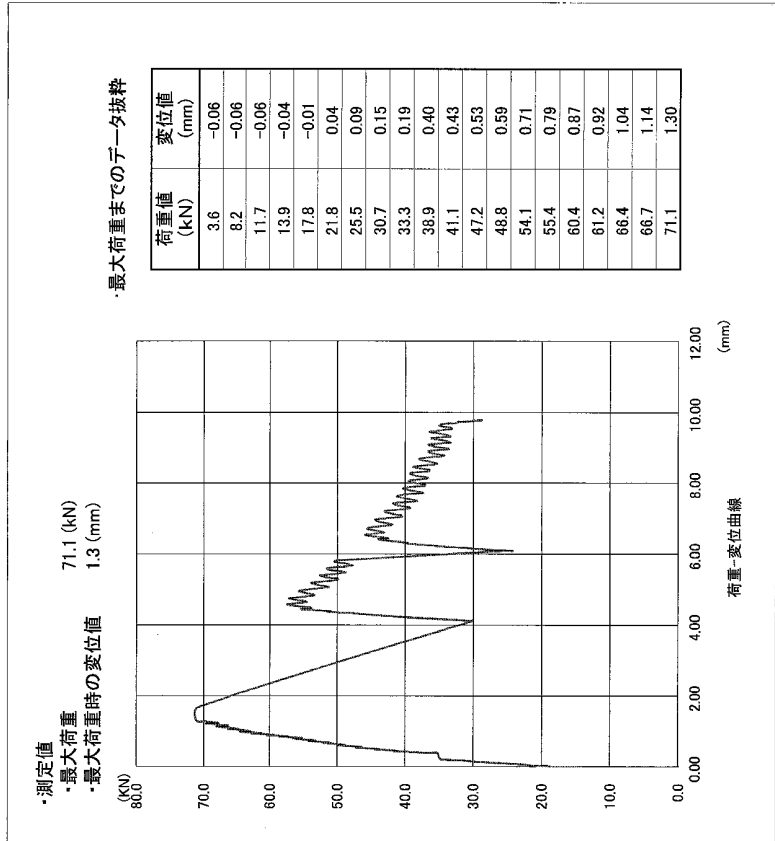
- ・試験日時 2016-2-1 16:16:02
- ・試験名称 清瀬実建物実験棟  
下向 No.160(ハンマードリル)
- ・荷重設定値 (kN)
- ・変位設定値 (mm)
- ・立会者 サンコーテクノ株式会社  
AT-200
- ・試験者
- ・試験機
- ・供試体
- ・母材
- ・施工条件



付図4.4.16 実建物施工におけるアンカー付着試験の荷重-変位関係

・測定結果

- ・試験日時 2016-2-1 14:20:19
- ・試験名称 清瀬実建物実験棟  
下向 No.170(ハンマードリル)
- ・荷重設定値 (kN)
- ・変位設定値 (mm)
- ・立会者 サンコーテクノ株式会社  
AT-200
- ・試験者
- ・試験機
- ・供試体
- ・母材
- ・施工条件



付図4.4.15 実建物施工におけるアンカー付着試験の荷重-変位関係

・測定結果

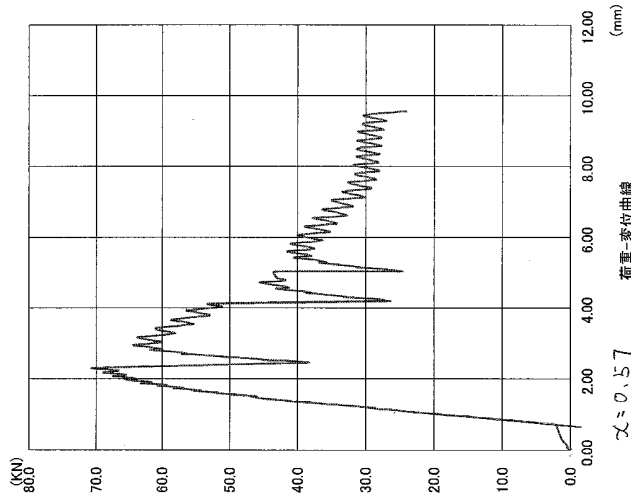
- ・試験日時 2016-2-1 13:19:49
- ・試験名称 清瀬実建物実験棟
- ・試験名称 下向 No.180(ハンマードリル)
- ・荷重設定値 (kN)
- ・変位設定値 (mm)
- ・立会者 サンコーテクノ株式会社
- ・試験者 AT-200
- ・試験機
- ・供試体

- ・母材
- ・施工条件

- ・測定値
- ・最大荷重 70.5 (kN)
- ・最大荷重時の変位値 2.3 (mm)

・最大荷重までのデータ抜粋

| 荷重値 (kN) | 変位値 (mm) |
|----------|----------|
| 1.1      | 0.25     |
| 5.5      | 0.78     |
| 9.1      | 0.84     |
| 12.6     | 0.90     |
| 17.1     | 0.97     |
| 20.0     | 1.02     |
| 25.5     | 1.12     |
| 28.9     | 1.19     |
| 31.9     | 1.24     |
| 38.1     | 1.33     |
| 41.3     | 1.38     |
| 44.0     | 1.43     |
| 49.1     | 1.54     |
| 52.5     | 1.61     |
| 54.7     | 1.67     |
| 56.9     | 1.74     |
| 63.2     | 1.87     |
| 64.3     | 1.97     |
| 65.5     | 2.10     |
| 70.5     | 2.30     |



付図4.4.18 実建物施工におけるアンカー付着試験の荷重－変位関係

・測定結果

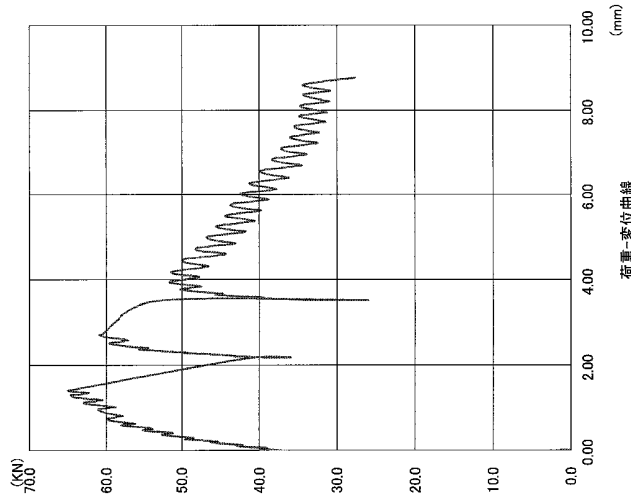
- ・試験日時 2016-2-1 10:31:15
- ・試験名称 清瀬実建物実験棟
- ・試験名称 下向 No.190(ハンマードリル)
- ・荷重設定値 (kN)
- ・変位設定値 (mm)
- ・立会者 サンコーテクノ株式会社
- ・試験者 AT-200
- ・試験機
- ・供試体

- ・母材
- ・施工条件

- ・測定値
- ・最大荷重 64.9 (kN)
- ・最大荷重時の変位値 1.41 (mm)

・最大荷重までのデータ抜粋

| 荷重値 (kN) | 変位値 (mm) |
|----------|----------|
| 5.4      | -0.07    |
| 10.0     | -0.07    |
| 13.4     | -0.08    |
| 18.4     | -0.09    |
| 23.6     | -0.09    |
| 29.2     | -0.09    |
| 30.1     | -0.09    |
| 32.9     | -0.07    |
| 38.9     | 0.02     |
| 43.0     | 0.12     |
| 45.9     | 0.19     |
| 49.3     | 0.27     |
| 51.9     | 0.38     |
| 54.5     | 0.49     |
| 57.0     | 0.61     |
| 59.2     | 0.76     |
| 61.0     | 0.97     |
| 62.9     | 1.13     |
| 63.9     | 1.24     |
| 64.9     | 1.41     |



付図4.4.17 実建物施工におけるアンカー付着試験の荷重－変位関係

#### 付録4.4.2 樹脂充填状況写真

樹脂の充填状況を確認するために、横・上・下向きの施工方向毎に直径 50φのコアを採取して、埋込み方向が割裂面になる様に圧縮試験機を用いて割裂した。




対象としたあと施工アンカーは、表層がコーン状に破壊していないものを、施工順にグループ分けし、その中で最小の付着強度であったものと、全体で付着強度が十分に得られたもの 1 本を選定した。

但し、床(下向き)については、表層がコーン状に破壊しているものが多く、付着強度の小さなものは採取の際に崩壊してしまい、コンクリートコアが採取できなかった。その為、表層が平滑でコンクリートコアが崩壊せずに採取できるものを選定した。

採取したコンクリートコアを割裂し、樹脂の充填状況を確認したいずれにおいても、気泡など確認されず、十分に充填されていた。

対象は以下の 16 本である。






- ・ 壁 H- 3
- ・ 壁 H- 6
- ・ 壁 H- 9
- ・ 壁 H- 24
- ・ 壁 H- 30
- ・ 壁 H- 45
- ・ 壁 H- 62
- ・ 天井 H- 77
- ・ 天井 H- 80
- ・ 天井 H- 100
- ・ 天井 H- 103
- ・ 天井 H- 115
- ・ 天井 H- 118
- ・ 床 H- 140
- ・ 床 H- 167
- ・ 床 H- 172

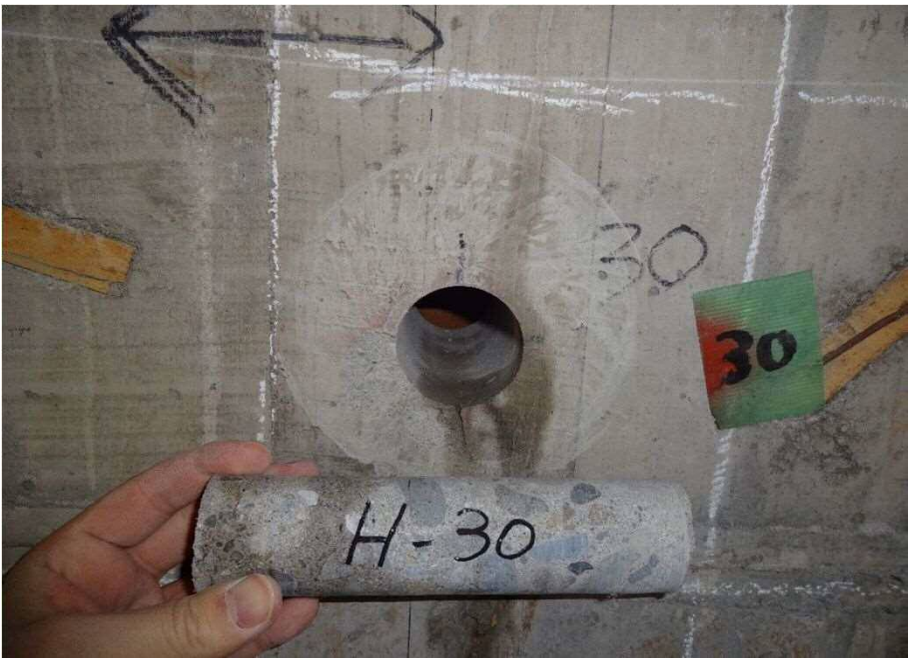


|                 |  |
|-----------------|--|
| 付写真4. 4. 1      |  |
| 充填状況確認          |  |
| 採取状況<br>〈 H-3 〉 |     |
| 付写真4. 4. 2      |  |
| 充填状況確認          |  |
| 割裂状況<br>〈 H-3 〉 |   |
| 付写真4. 4. 3      |  |
| 充填状況確認          |  |
| 充填状況<br>〈 H-3 〉 |  |









|                 |  |
|-----------------|--|
| 付写真4. 4. 4      |  |
| 充填状況確認          |  |
| 採取状況<br>〈 H-6 〉 |  |
| 付写真4. 4. 5      |  |
| 充填状況確認          |  |
| 割裂状況<br>〈 H-6 〉 |  |
| 付写真4. 4. 6      |  |
| 充填状況確認          |  |
| 充填状況<br>〈 H-6 〉 |  |

|                 |  |
|-----------------|--|
| 付写真4. 4. 7      |  |
| 充填状況確認          |  |
| 採取状況<br>〈 H-9 〉 |  |
| 付写真4. 4. 8      |  |
| 充填状況確認          |  |
| 割裂状況<br>〈 H-9 〉 |  |
| 付写真4. 4. 9      |  |
| 充填状況確認          |  |
| 充填状況<br>〈 H-9 〉 |  |

|                  |  |
|------------------|--|
| 付写真4. 4. 10      |     |
| 充填状況確認           |  |
| 採取状況<br>〈 H-24 〉 |   |
| 付写真4. 4. 11      |  |
| 充填状況確認           |   |
| 割裂状況<br>〈 H-24 〉 |  |
| 付写真4. 4. 12      |  |
| 充填状況確認           |  |
| 充填状況<br>〈 H-24 〉 |  |
|                  |  |

|                  |  |
|------------------|--|
| 付写真4. 4. 13      |  |
| 充填状況確認           |  |
| 採取状況<br>〈 H-30 〉 |     |
| 付写真4. 4. 14      |  |
| 充填状況確認           |  |
| 割裂状況<br>〈 H-30 〉 |   |
| 付写真4. 4. 15      |  |
| 充填状況確認           |  |
| 充填状況<br>〈 H-30 〉 |  |

|                  |  |
|------------------|--|
| 付写真4. 4. 16      |     |
| 充填状況確認           |  |
| 採取状況<br>〈 H-45 〉 |  |
| 付写真4. 4. 17      |   |
| 充填状況確認           |  |
| 割裂状況<br>〈 H-45 〉 |  |
| 付写真4. 4. 18      |  |
| 充填状況確認           |  |
| 充填状況<br>〈 H-45 〉 |  |

|                  |  |
|------------------|--|
| 付写真4. 4. 19      |  |
| 充填状況確認           |  |
| 採取状況<br>〈 H-62 〉 |     |
| 付写真4. 4. 20      |  |
| 充填状況確認           |  |
| 割裂状況<br>〈 H-62 〉 |   |
| 付写真4. 4. 21      |  |
| 充填状況確認           |  |
| 充填状況<br>〈 H-62 〉 |  |

付写真4. 4. 22

充填状況確認

採取状況

< H-77 >



付写真4. 4. 23

充填状況確認

割裂状況

< H-77 >





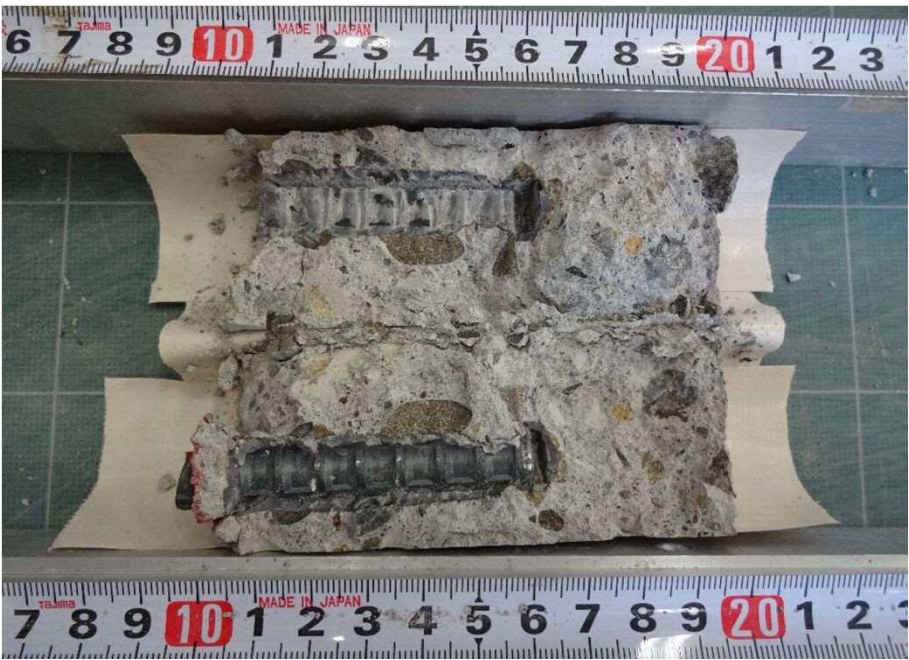
付写真4. 4. 24

充填状況確認

充填状況

< H-77 >



|   |  |
|---|--|
| <p>付写真4. 4. 25</p>                      |     |
| <p>充填状況確認</p>                           |  |
| <p>採取状況<br/>         &lt; H-80 &gt;</p> |  |
| <p>付写真4. 4. 26</p>                      |   |
| <p>充填状況確認</p>                           |  |
| <p>割裂状況<br/>         &lt; H-80 &gt;</p> |  |
| <p>付写真4. 4. 27</p>                      |  |
| <p>充填状況確認</p>                           |  |
| <p>充填状況<br/>         &lt; H-80 &gt;</p> |  |

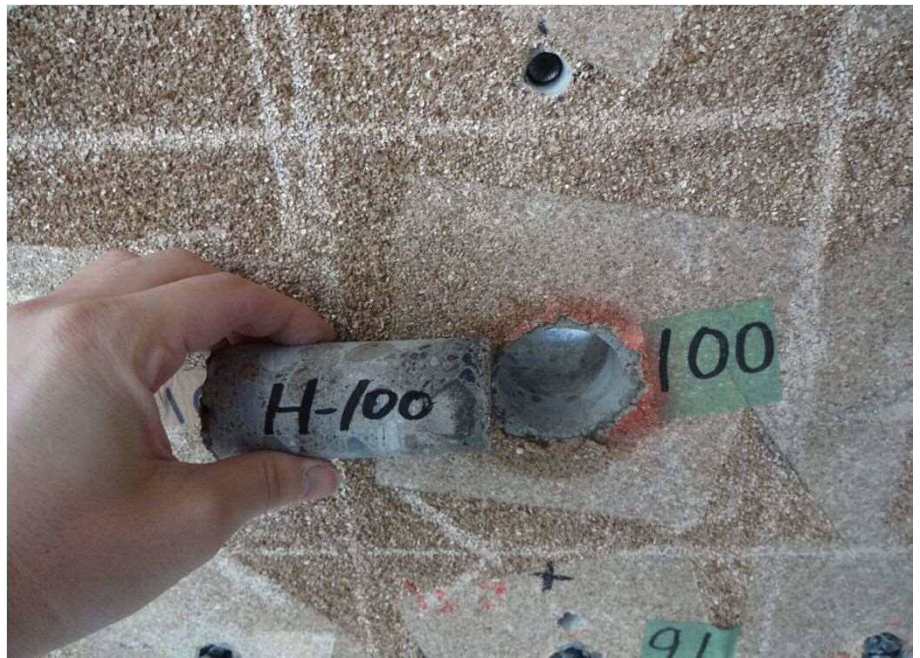


付写真4. 4. 28

充填状況確認

採取状況

< H-100 >



付写真4.4.29

充填状況確認

割裂状況

< H-100 >



付写真4.4.30

充填状況確認

充填状況

< H-100 >



付写真4. 4. 31

充填状況確認

採取状況

〈 H-103 〉



付写真4. 4. 32

充填状況確認

割裂状況

〈 H-103 〉



付写真4. 4. 33

充填状況確認

充填状況

〈 H-103 〉



|  |  |
|--|--|
| <p>付写真4. 4. 34</p>                       |     |
| <p>充填状況確認</p>                            |  |
| <p>採取状況<br/>         &lt; H-115 &gt;</p> |  |
| <p>付写真4. 4. 35</p>                       |   |
| <p>充填状況確認</p>                            |  |
| <p>割裂状況<br/>         &lt; H-115 &gt;</p> |  |
| <p>付写真4. 4. 36</p>                       |  |
| <p>充填状況確認</p>                            |  |
| <p>充填状況<br/>         &lt; H-115 &gt;</p> |  |

付写真4. 4. 37

充填状況確認

採取状況

〈 H-118 〉

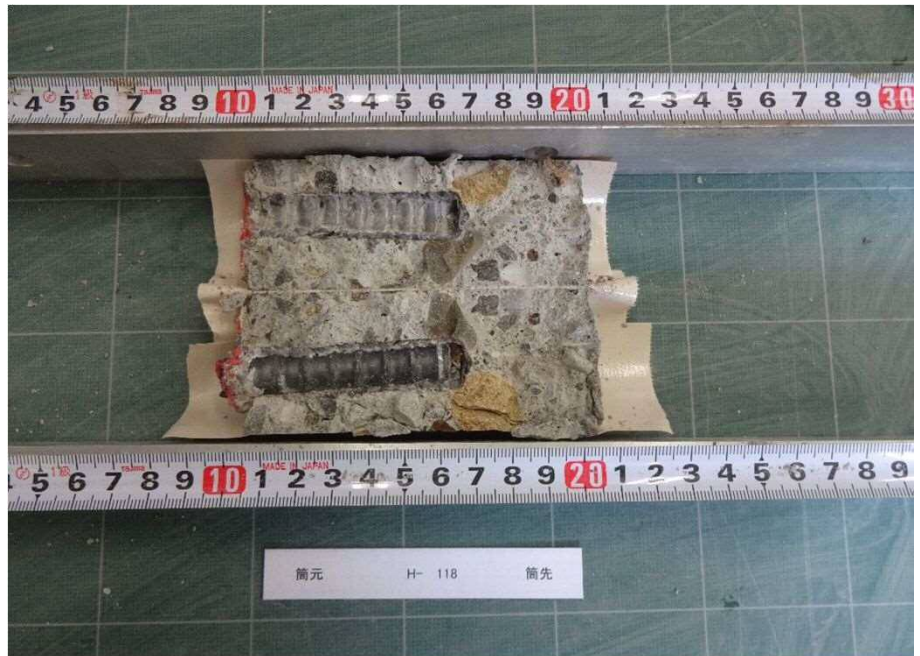


付写真4. 4. 38

充填状況確認

割裂状況

〈 H-118 〉



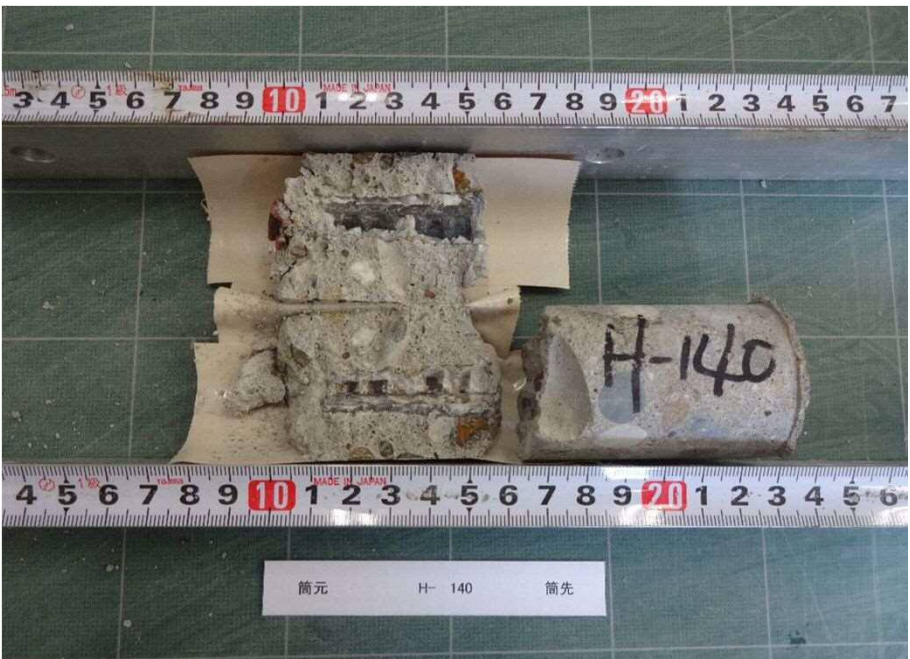
付写真4. 4. 39

充填状況確認

充填状況

〈 H-118 〉



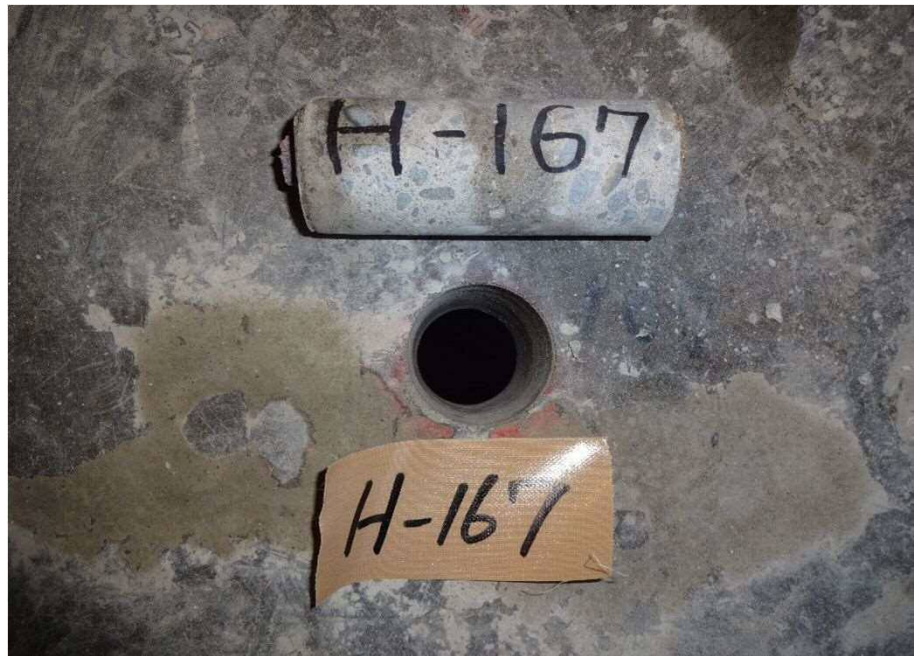
|  |  |
|--|--|
| 付写真4. 4. 40                                    |     |
| 充填状況確認   |  |
| 採取状況<br>〈 H-140 〉                              |   |
| 付写真4. 4. 41<br>充填状況確認                          |  |
| 割裂状況<br>〈 H-140 〉                              |  |
| 付写真4. 4. 42<br>充填状況確認<br><br>充填状況<br>〈 H-140 〉 |  |

付写真4. 4. 43

充填状況確認

採取状況

< H-167 >



付写真4. 4. 44

充填状況確認

割裂状況

< H-167 >






付写真4. 4. 45

充填状況確認

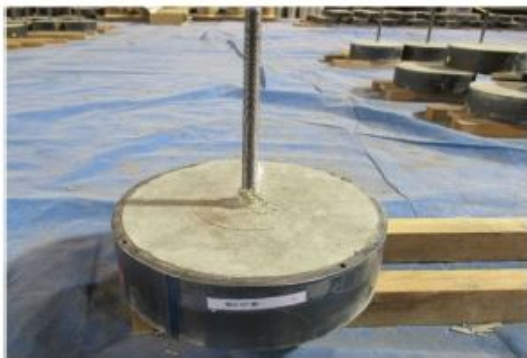
充填状況

< H-167 >

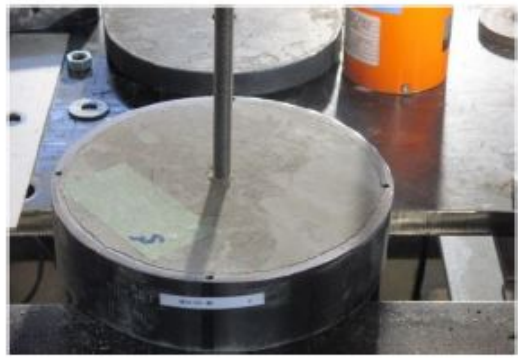


|  |  |
|--|--|
| <p>付写真4. 4. 46</p>                       |     |
| <p>充填状況確認</p>                            |  |
| <p>採取状況<br/>         &lt; H-172 &gt;</p> |   |
| <p>付写真4. 4. 47</p> <p>充填状況確認</p>         |  |
| <p>割裂状況<br/>         &lt; H-172 &gt;</p> |  |
| <p>付写真4. 4. 48</p> <p>充填状況確認</p>         |  |
| <p>充填状況<br/>         &lt; H-172 &gt;</p> |  |

付録 4.5 樹脂単体性能評価試験 付着強度試験状況



付写真 4.5.1 エポキシ樹脂 1-製品-①



付写真 4.5.2 エポキシ樹脂 1-製品-②



付写真 4.5.3 エポキシ樹脂 1-製品-③



付写真 4.5.4 エポキシ樹脂 1-製品-④



付写真 4.5.5 エポキシ樹脂 1-ピュア樹脂-①



付写真 4.5.6 エポキシ樹脂 1-ピュア樹脂-②



付写真 4.5.7 エポキシ樹脂 1-ピュア樹脂-③



付写真 4.5.8 エポキシ樹脂 1-ピュア樹脂-④





付写真 4.5.9 エポキシ樹脂 1-フィラー200%-①



付写真 4.5.10 エポキシ樹脂 1-フィラー200%-②



付写真 4.5.11 エポキシ樹脂 1-フィラー200%-③



付写真 4.5.12 エポキシ樹脂 1-フィラー200%-④



付写真 4.5.13 エポキシ樹脂 1-フィラー50%-①



付写真 4.5.14 エポキシ樹脂 1-フィラー50%-②



付写真 4.5.15 エポキシ樹脂 1-フィラー50%-③



付写真 4.5.16 エポキシ樹脂 1-フィラー50%-④



付写真 4.5.17 セメント系-製品-①



付写真 4.5.18 セメント系-製品-②



付写真 4.5.19 セメント系-製品-③



付写真 4.5.20 セメント系-製品-④



付写真 4.5.21 セメント系-水量 80%-①



付写真 4.5.20 セメント系-水量 80%-②



付写真 4.5.23 セメント系-水量 80%-③



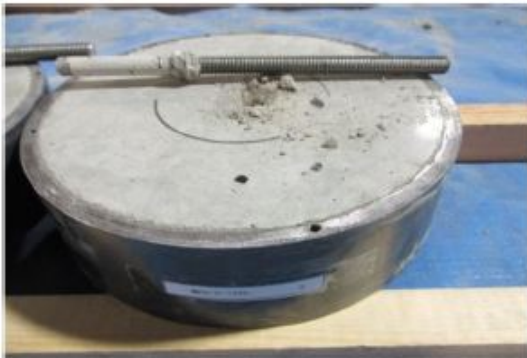
付写真 4.5.24 セメント系-水量 80%-④



付写真 4. 5. 25 セメント系-水量 120%-①



付写真 4. 5. 26 セメント系-水量 120%-②



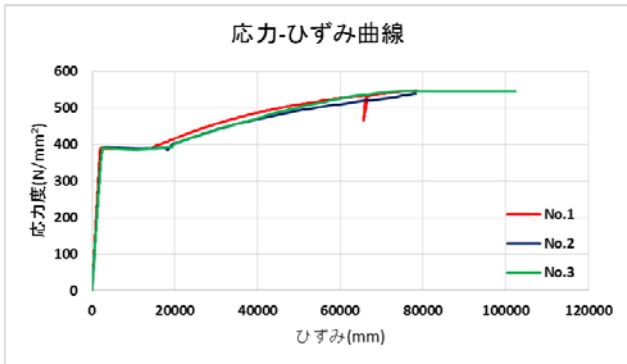
付写真 4. 5. 27 セメント系-水量 120%-③



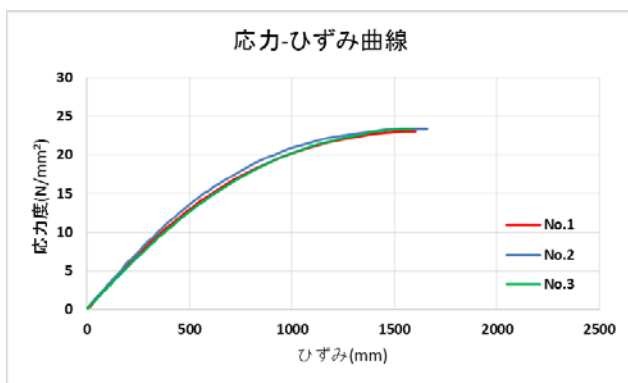
付写真 4. 5. 28 セメント系-水量 120%-④

付録 4.6 傾斜したアンカーの短期引張・せん断試験

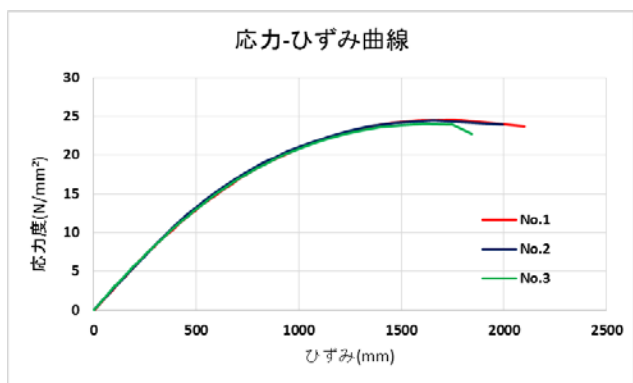
付録 4.6.1 材料試験結果



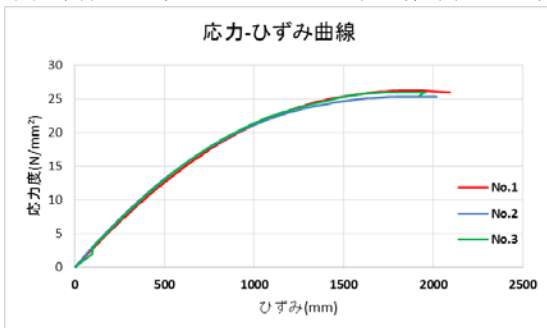
付図 4.6.1 アンカー筋 (D19, SD345) の  $\sigma$ - $\varepsilon$  関係



(a) 平成 28 年 12 月 12 日試験 (材齢 21 日)

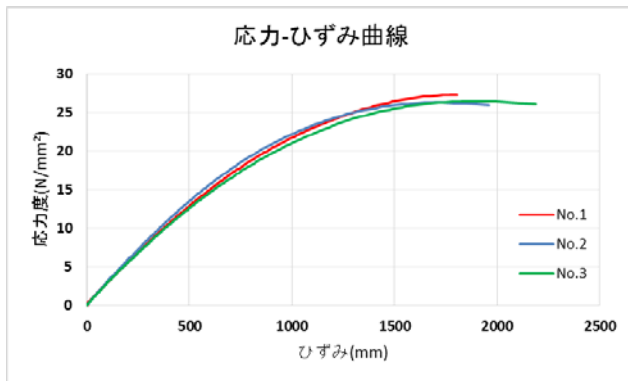


(b) 平成 28 年 12 月 19 日試験 (材齢 28 日)

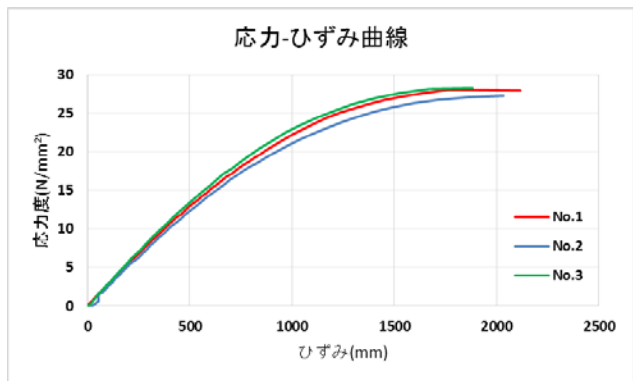


(c) 平成 28 年 12 月 26 日試験 (材齢 35 日)

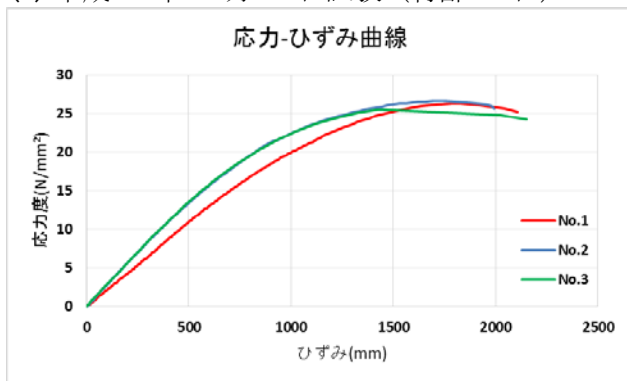
付図 4.6.2 引張試験 (11 月 21 日打設) で用いたコンクリート母材の  $\sigma$ - $\varepsilon$  関係



(a) 平成 28 年 12 月 26 日試験 (材齢 28 日)

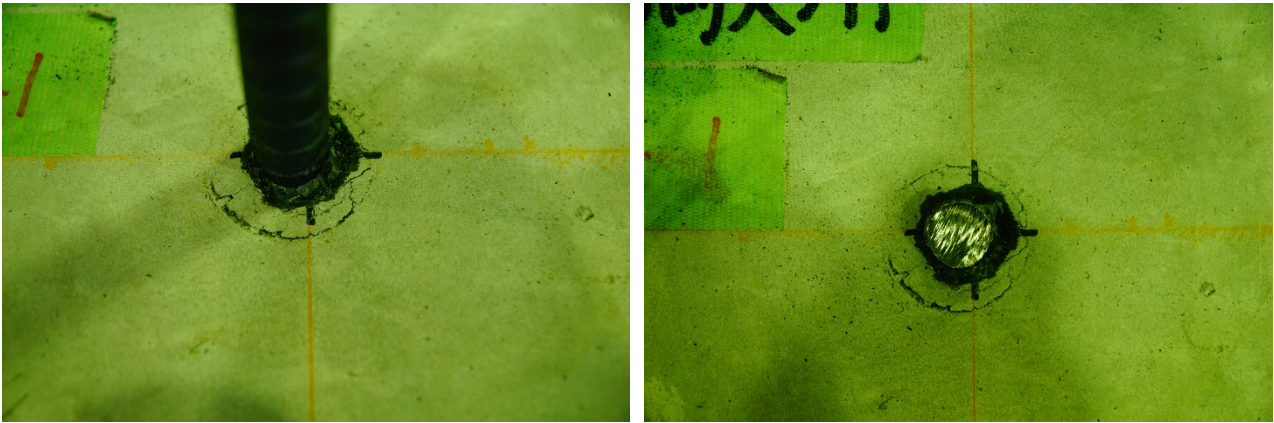


(b) 平成 29 年 1 月 12 日 (材齢 45 日)

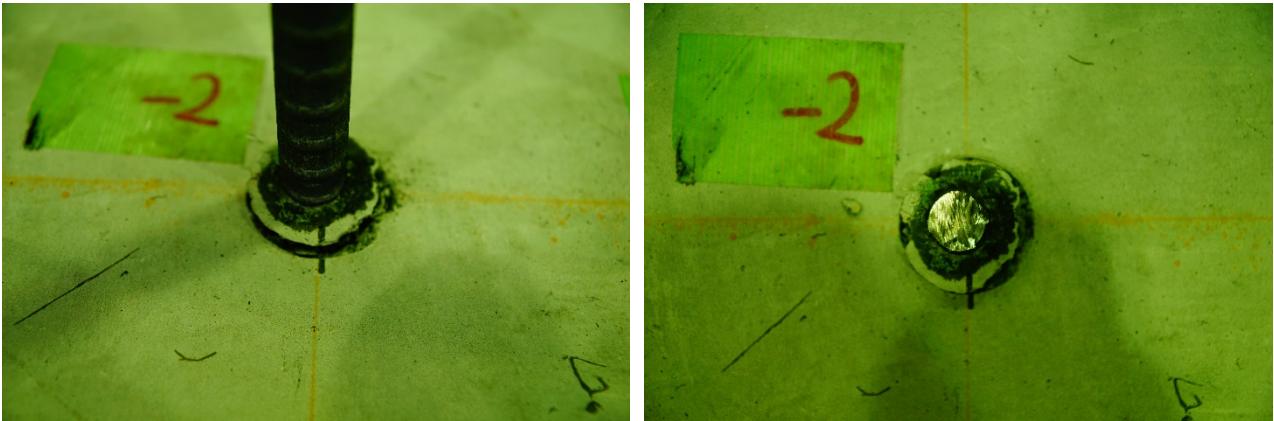


(b) (c) 平成 29 年 1 月 21 日 (材齢 54 日)

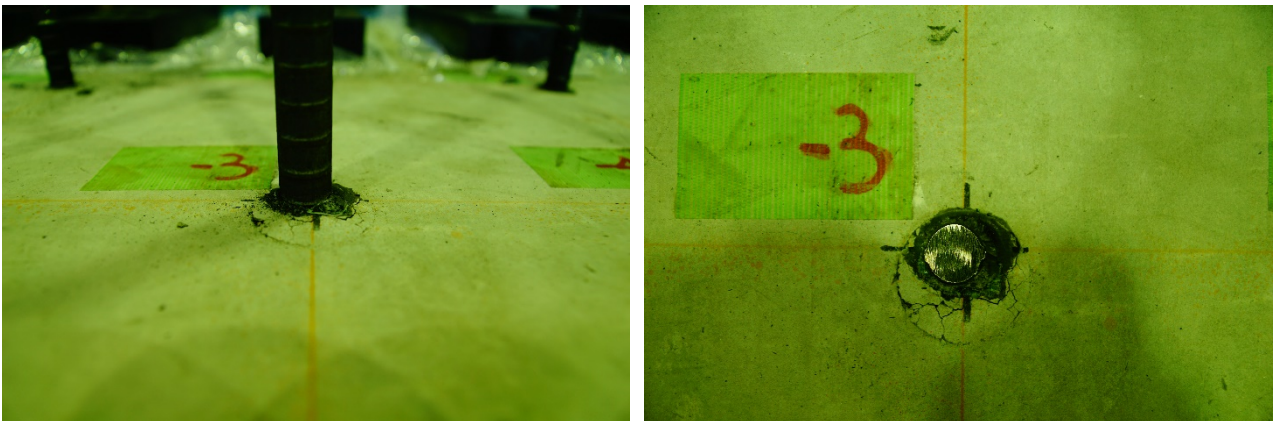
付図 4.6.3 せん断試験 (11 月 28 日打設) で用いたコンクリート母材の  $\sigma$ - $\epsilon$  関係



(No. 1)

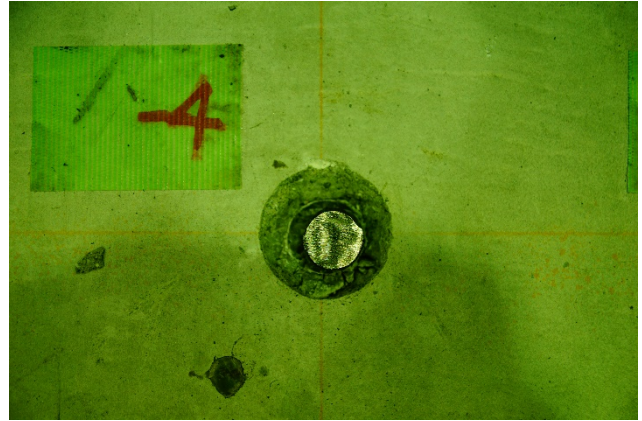
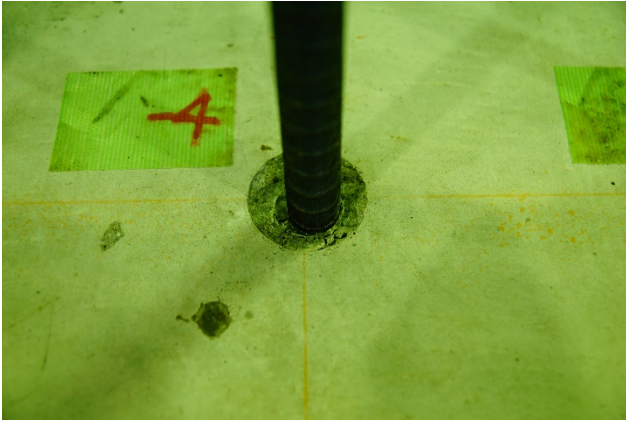


(No. 2)

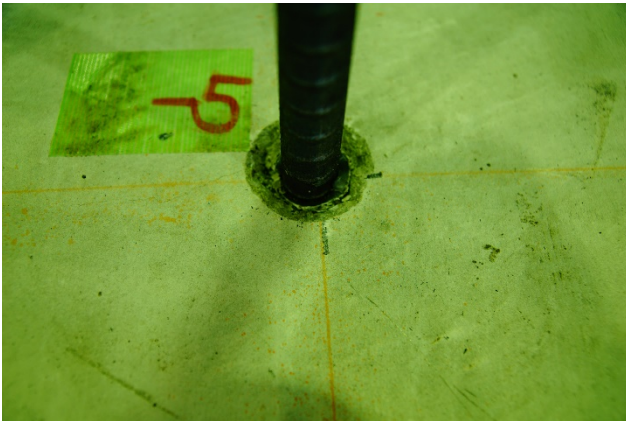


(No. 3)

付写真 4. 6. 1 (1) 付着試験の破壊状況



(No. 4)



(No. 5)

付写真 4. 6. 1 (2) 付着試験の破壊状況

付属 4.6.2 試験体の施工結果一覧

付表 4.6.1 引張試験体の施工結果一覧

| 番号        | 試験体種別 | 穿孔時                   |        |        |        |       |        |      |      | 定着後   |        |      |      | 台直し後  |       |      |      |
|-----------|-------|-----------------------|--------|--------|--------|-------|--------|------|------|-------|--------|------|------|-------|-------|------|------|
|           |       | 穿孔径mm<br>表面から<br>60mm | 穿孔深さmm |        |        | 角度°   |        |      |      | 角度°   |        |      |      | 角度°   |       |      |      |
|           |       |                       | 長い側    | 中央     | 短い側    | 平均    | 実測X    | 実測Y  | 差異X  | 差異Y   | 実測X    | 実測Y  | 差異X  | 差異Y   | 実測X   | 実測Y  | 差異X  |
| T-0° -1   | 引張    | 24.28                 | 98.19  | 98.19  | 98.19  | 0.13  | 0.22   | 0.13 | 0.22 | 0.53  | 0.33   | 0.53 | 0.33 | 0.53  | 0.33  | 0.53 | 0.33 |
| T-0° -2   | 引張    | 24.41                 | 97.85  | 97.85  | 97.85  | 0.21  | 0.16   | 0.21 | 0.16 | -0.70 | -2.00  | 0.70 | 2.00 | -0.70 | -2.00 | 0.70 | 2.00 |
| T-0° -3   | 引張    | 24.37                 | 99.11  | 99.11  | 99.11  | 0.06  | 0.07   | 0.06 | 0.07 | -0.74 | -2.27  | 0.74 | 2.27 | -0.74 | -2.27 | 0.74 | 2.27 |
| T-0° -4   | 引張    | 24.31                 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 1.25  | 1.08   | 1.25 | 1.08 | 0.39  | 0.87   | 0.39 | 0.87 | 0.39  | 0.87  | 0.39 | 0.87 |
| T-0° -5   | 引張    | 24.14                 | 96.62  | 96.62  | 96.62  | 1.46  | 0.53   | 1.46 | 0.53 | 0.27  | 0.21   | 0.27 | 0.21 | 0.27  | 0.21  | 0.27 | 0.21 |
| 平均        |       | 24.30                 |        |        | 98.35  | 0.62  | 0.41   | 0.62 | 0.41 | 0.53  | 1.14   | 0.53 | 1.14 | 0.53  | 1.14  | 0.53 | 1.14 |
| T-5° -1   | 引張    | 24.23                 | 97.62  | 96.89  | 97.26  | 0.00  | 5.93   | 0.00 | 0.93 | 0.76  | 5.22   | 0.76 | 0.22 | 0.36  | 0.14  | 0.36 | 0.14 |
| T-5° -2   | 引張    | 24.03                 | 100.24 | 99.15  | 99.70  | -0.21 | 6.48   | 0.21 | 1.48 | -0.13 | 6.39   | 0.13 | 1.39 | -0.23 | -0.02 | 0.23 | 0.02 |
| T-5° -3   | 引張    | 24.35                 | 97.16  | 96.85  | 97.01  | 0.21  | 4.84   | 0.21 | 0.16 | -0.58 | 6.55   | 0.58 | 1.55 | -0.87 | -0.51 | 0.87 | 0.51 |
| T-5° -4   | 引張    | 24.38                 | 96.18  | 96.88  | 96.53  | -0.63 | 5.79   | 0.63 | 0.79 | 0.21  | 7.11   | 0.21 | 2.11 | -0.68 | 0.14  | 0.68 | 0.14 |
| T-5° -5   | 引張    | 24.31                 | 97.88  | 98.63  | 98.26  | 0.90  | 5.08   | 0.90 | 0.08 | 0.18  | 5.66   | 0.18 | 0.66 | -0.06 | 0.02  | 0.06 | 0.02 |
| 平均        |       | 24.26                 | 97.82  | 97.68  | 97.75  | 0.39  | 5.62   | 0.39 | 0.69 | 0.37  | 6.19   | 0.37 | 1.19 | 0.44  | 0.17  | 0.44 | 0.17 |
| T-10° -1  | 引張    | 24.28                 | 96.72  | 95.07  | 95.90  | 0.29  | 10.84  | 0.29 | 0.84 | 1.08  | 11.93  | 1.08 | 1.93 | 0.33  | -0.14 | 0.33 | 0.14 |
| T-10° -2  | 引張    | 24.22                 | 99.01  | 97.48  | 98.25  | -0.33 | 9.81   | 0.33 | 0.19 | -0.28 | 10.98  | 0.28 | 0.98 | -0.38 | -0.17 | 0.38 | 0.17 |
| T-10° -3  | 引張    | 24.19                 | 96.50  | 95.04  | 95.77  | 0.22  | 10.41  | 0.22 | 0.41 | 0.34  | 10.98  | 0.34 | 0.98 | -0.17 | -0.04 | 0.17 | 0.04 |
| T-10° -4  | 引張    | 24.13                 | 97.21  | 95.21  | 96.21  | 1.45  | 10.31  | 1.45 | 0.31 | -0.46 | 11.08  | 0.46 | 1.08 | -0.15 | -0.15 | 0.15 | 0.15 |
| T-10° -5  | 引張    | 24.25                 | 97.74  | 95.80  | 96.77  | 1.06  | 10.29  | 1.06 | 0.29 | 0.39  | 10.63  | 0.39 | 0.63 | 0.05  | 0.03  | 0.05 | 0.03 |
| 平均        |       | 24.21                 | 97.44  | 95.72  | 96.58  | 0.67  | 10.33  | 0.67 | 0.41 | 0.51  | 11.12  | 0.51 | 1.12 | 0.22  | 0.11  | 0.22 | 0.11 |
| T-15° -1  | 引張    | 24.18                 | 98.55  | 94.87  | 96.71  | 0.89  | -14.39 | 0.89 | 0.61 | -2.42 | -16.00 | 2.42 | 1.00 | -0.13 | -0.01 | 0.13 | 0.01 |
| T-15° -2  | 引張    | 24.18                 | 98.74  | 95.97  | 97.36  | 0.54  | -14.24 | 0.54 | 0.76 | -1.52 | -15.97 | 1.52 | 0.97 | 0.35  | -0.19 | 0.35 | 0.19 |
| T-15° -3  | 引張    | 24.35                 | 98.26  | 94.99  | 96.63  | -0.38 | -13.52 | 0.38 | 1.48 | -3.01 | -15.87 | 3.01 | 0.87 | 0.03  | -0.43 | 0.03 | 0.43 |
| T-15° -4  | 引張    | 24.28                 | 99.36  | 96.08  | 97.72  | 0.23  | -13.91 | 0.23 | 1.09 | -1.60 | -18.07 | 1.60 | 3.07 | 0.55  | -0.26 | 0.55 | 0.26 |
| T-15° -5  | 引張    | 24.28                 | 98.64  | 95.22  | 96.93  | -0.39 | -13.95 | 0.39 | 1.05 | 1.78  | -15.77 | 1.78 | 0.77 | 0.45  | -0.69 | 0.45 | 0.69 |
| 平均        |       | 24.25                 | 98.71  | 95.43  | 97.07  | 0.49  | -14.00 | 0.49 | 1.00 | 2.07  | -16.34 | 2.07 | 1.34 | 0.30  | 0.32  | 0.30 | 0.32 |
| T-20° -1  | 引張    | 24.37                 | 98.12  | 92.77  | 95.45  | 0.00  | -19.07 | 0.00 | 0.93 | -2.38 | -21.67 | 2.38 | 1.67 | 0.05  | -0.12 | 0.05 | 0.12 |
| T-20° -2  | 引張    | 24.15                 | 97.88  | 93.61  | 95.75  | 0.84  | -18.49 | 0.84 | 1.51 | -3.45 | -21.87 | 3.45 | 1.87 | -0.22 | -0.71 | 0.22 | 0.71 |
| T-20° -3  | 引張    | 24.26                 | 97.04  | 94.10  | 95.57  | 0.49  | -18.90 | 0.49 | 1.10 | -2.85 | -21.77 | 2.85 | 1.77 | -0.79 | -1.02 | 0.79 | 1.02 |
| T-20° -4  | 引張    | 24.32                 | 97.41  | 93.22  | 95.32  | 0.97  | -18.58 | 0.97 | 1.42 | -3.21 | -20.82 | 3.21 | 0.82 | 0.16  | -0.21 | 0.16 | 0.21 |
| T-20° -5  | 引張    | 24.21                 | 98.41  | 94.01  | 96.21  | 1.62  | -19.58 | 1.62 | 0.42 | -1.73 | -21.03 | 1.73 | 1.03 | 0.55  | -0.88 | 0.55 | 0.88 |
| 平均        |       | 24.26                 | 97.77  | 93.54  | 95.66  | 0.78  | -18.92 | 0.78 | 1.08 | 2.72  | 21.43  | 2.72 | 1.43 | 0.35  | 0.59  | 0.35 | 0.59 |
| T-2.2° -1 | 引張    | 24.28                 | 97.82  | 97.82  | 97.82  | 1.95  | -0.78  | 1.95 | 0.78 | -0.27 | 3.32   | 0.27 | 3.32 | 0.02  | 0.17  | 0.02 | 0.17 |
| T-2.2° -2 | 引張    | 24.22                 | 97.89  | 97.89  | 97.89  | 0.72  | 0.72   | 0.72 | 0.72 | 0.27  | 2.90   | 0.27 | 2.90 | 0.14  | 0.39  | 0.14 | 0.39 |
| T-2.2° -3 | 引張    | 24.24                 | 97.22  | 97.22  | 97.22  | 0.08  | 0.08   | 0.08 | 0.08 | -0.41 | 2.92   | 0.41 | 2.92 | 0.08  | 0.17  | 0.08 | 0.17 |
| T-2.2° -4 | 引張    | 24.31                 | 98.41  | 98.41  | 98.41  | 0.85  | 0.85   | 0.85 | 0.85 | 0.40  | 2.92   | 0.40 | 2.92 | 0.03  | 0.26  | 0.03 | 0.26 |
| T-2.2° -5 | 引張    | 24.30                 | 97.71  | 97.71  | 97.71  | -0.16 | -0.16  | 0.16 | 0.16 | -0.43 | 1.95   | 0.43 | 1.95 | 0.02  | 0.18  | 0.02 | 0.18 |
| 平均        |       | 24.27                 | 97.81  | 97.81  | 97.81  | 0.75  | 0.52   | 0.75 | 0.52 | 0.36  | 2.80   | 0.36 | 2.80 | 0.06  | 0.23  | 0.06 | 0.23 |

\* 傾斜は Y 方向である。

\* T-2.6° -1~5 の試験体の穿孔時および定着時の角度の差異は、0° からの差異である。



付表 4.6.2 せん断試験体の施工結果一覧

| 番号          | 試験体種別 | 穿孔時      |          |       |         |        |        |        |       |        |      | 固着後  |       |        |      |      |
|-------------|-------|----------|----------|-------|---------|--------|--------|--------|-------|--------|------|------|-------|--------|------|------|
|             |       | 穿孔径 mm   |          |       | 穿孔深さ mm |        |        |        | 角度°   |        |      |      | 角度°   |        |      |      |
|             |       | 表面から10mm | 表面から60mm | 平均    | 長い側     | 中央     | 短い側    | 平均     | 実測X   | 実測Y    | 差異X  | 差異Y  | 実測X   | 実測Y    | 差異X  | 差異Y  |
| S-0°-1      | せん断   | 24.67    | 24.33    | 24.50 | 134.97  | 136.12 | 134.64 | 135.24 | 0.37  | 0.57   | 0.37 | 0.57 | 0.64  | -0.42  | 0.64 | 0.42 |
| S-0°-2      | せん断   | 24.56    | 25.26    | 24.91 | 135.55  | 137.69 | 136.88 | 136.71 | -1.05 | -0.61  | 1.05 | 0.61 | -0.34 | -1.30  | 0.34 | 1.30 |
| S-0°-3      | せん断   | 24.76    | 24.53    | 24.64 | 133.19  | 137.34 | 135.80 | 135.44 | 0.70  | 0.34   | 0.70 | 0.34 | 0.03  | -0.27  | 0.03 | 0.27 |
| S-0°-4      | せん断   | 24.42    | 24.50    | 24.46 | 134.86  | 136.70 | 135.25 | 135.60 | -0.60 | -0.03  | 0.60 | 0.03 | -1.08 | -0.57  | 1.08 | 0.57 |
| S-0°-5      | せん断   | 24.23    | 24.41    | 24.32 | 136.65  | 136.28 | 137.40 | 136.78 | -0.44 | 0.36   | 0.44 | 0.36 | 0.52  | -1.10  | 0.52 | 1.10 |
| 平均          |       |          |          | 24.57 | 135.04  | 136.83 | 135.99 | 135.95 | -0.20 | 0.13   | 0.63 | 0.38 | -0.05 | -0.73  | 0.52 | 0.73 |
| S-(+5°)-1   | せん断   | 24.53    | 24.20    | 24.37 | 136.41  |        | 135.26 | 135.84 | -2.70 | -4.29  | 2.70 | 0.71 | -2.12 | -7.20  | 2.12 | 2.20 |
| S-(+5°)-2   | せん断   | 24.03    | 24.55    | 24.29 | 137.73  |        | 134.61 | 136.17 | -0.35 | -5.00  | 0.35 | 0.00 | -1.55 | -6.33  | 1.55 | 1.33 |
| S-(+5°)-3   | せん断   | 23.76    | 24.55    | 24.16 | 139.86  |        | 135.87 | 137.87 | -0.99 | -6.89  | 0.99 | 1.89 | -2.86 | -7.43  | 2.86 | 2.43 |
| S-(+5°)-4   | せん断   | 24.42    | 24.43    | 24.43 | 138.14  |        | 134.74 | 136.44 | -0.66 | -4.43  | 0.66 | 0.57 | -2.02 | -5.94  | 2.02 | 0.94 |
| S-(+5°)-5   | せん断   | 24.20    | 24.42    | 24.31 | 135.23  |        | 132.94 | 134.09 | 0.29  | -3.55  | 0.29 | 1.45 | -1.83 | -6.11  | 1.83 | 1.11 |
| 平均          |       |          |          | 24.31 | 137.47  |        | 134.68 | 136.08 | -0.88 | -4.83  | 1.00 | 0.92 | -2.08 | -6.60  | 2.08 | 1.60 |
| S-(+5°)-1   | せん断   | 24.19    | 24.15    | 24.17 | 137.29  |        | 136.18 | 136.74 | 1.16  | 4.17   | 1.16 | 0.83 | -0.33 | 3.00   | 0.33 | 2.00 |
| S-(+5°)-2   | せん断   | 24.03    | 24.63    | 24.33 | 135.55  |        | 133.32 | 134.44 | 0.86  | 6.48   | 0.86 | 1.48 | -0.40 | 4.81   | 0.40 | 0.19 |
| S-(+5°)-3   | せん断   | 24.44    | 24.35    | 24.40 | 135.35  |        | 133.49 | 134.42 | 0.76  | 7.94   | 0.76 | 2.94 | 0.58  | 4.90   | 0.58 | 0.10 |
| S-(+5°)-4   | せん断   | 24.32    | 24.42    | 24.37 | 134.31  |        | 132.82 | 133.57 | 1.58  | 5.14   | 1.58 | 0.14 | 0.04  | 4.65   | 0.04 | 0.35 |
| S-(+5°)-5   | せん断   | 24.40    | 24.30    | 24.35 | 135.22  |        | 135.25 | 135.24 | -1.23 | 4.82   | 1.23 | 0.18 | 0.77  | 4.06   | 0.77 | 0.94 |
| 平均          |       |          |          | 24.32 | 135.54  |        | 134.21 | 134.88 | 0.63  | 5.71   | 1.12 | 1.11 | 0.13  | 4.28   | 0.42 | 0.72 |
| S-(+10°)-1  | せん断   | 24.16    | 24.34    | 24.25 | 139.76  |        | 131.25 | 135.51 | -0.55 | 11.06  | 0.55 | 1.06 | 0.04  | 9.73   | 0.04 | 0.27 |
| S-(+10°)-2  | せん断   | 24.27    | 24.05    | 24.16 | 138.99  |        | 135.74 | 137.37 | 1.25  | 10.32  | 1.25 | 0.32 | -0.67 | 9.19   | 0.67 | 0.81 |
| S-(+10°)-3  | せん断   | 24.37    | 24.29    | 24.33 | 141.11  |        | 137.59 | 139.35 | 0.70  | 10.04  | 0.70 | 0.04 | -0.83 | 9.99   | 0.83 | 0.01 |
| S-(+10°)-4  | せん断   | 24.11    | 24.13    | 24.12 | 139.27  |        | 137.28 | 138.28 | -0.93 | 11.09  | 0.93 | 1.09 | -0.73 | 11.65  | 0.73 | 1.65 |
| S-(+10°)-5  | せん断   | 24.55    | 24.20    | 24.38 | 137.67  |        | 136.76 | 137.22 | 1.58  | 11.45  | 1.58 | 1.45 | 0.94  | 10.33  | 0.94 | 0.33 |
| 平均          |       |          |          | 24.25 | 139.36  |        | 135.72 | 137.54 | 0.41  | 10.79  | 1.00 | 0.79 | -0.25 | 10.18  | 0.64 | 0.61 |
| S-(+10°)-1  | せん断   | 24.65    | 24.02    | 24.34 | 137.04  |        | 134.30 | 135.67 | -0.59 | -9.38  | 0.59 | 0.62 | -1.18 | -10.70 | 1.18 | 0.70 |
| S-(+10°)-2  | せん断   | 24.39    | 24.03    | 24.21 | 136.87  |        | 134.84 | 135.86 | -0.98 | -10.80 | 0.98 | 0.80 | -1.88 | -13.02 | 1.88 | 3.02 |
| S-(+10°)-3  | せん断   | 24.61    | 24.30    | 24.45 | 138.44  |        | 135.32 | 136.88 | -1.00 | -10.20 | 1.00 | 0.20 | -2.32 | -11.47 | 2.32 | 1.47 |
| S-(+10°)-4  | せん断   | 24.71    | 24.39    | 24.55 | 138.28  |        | 135.63 | 136.96 | -2.34 | -10.05 | 2.34 | 0.05 | -2.81 | -11.90 | 2.81 | 1.90 |
| S-(+10°)-5  | せん断   | 24.21    | 24.18    | 24.20 | 136.19  |        | 133.41 | 134.80 | -2.55 | -11.62 | 2.55 | 1.62 | -2.65 | -11.46 | 2.65 | 1.46 |
| 平均          |       |          |          | 24.35 | 137.36  |        | 134.70 | 136.03 | -1.49 | -10.41 | 1.49 | 0.66 | -2.17 | -11.71 | 2.17 | 1.71 |
| S-(+15°)-1  | せん断   | 24.43    | 21.33    | 22.88 | 135.90  |        | 135.60 | 135.75 | -0.14 | -14.07 | 0.14 | 0.93 | -2.22 | -15.12 | 2.22 | 0.12 |
| S-(+15°)-2  | せん断   | 24.44    | 21.57    | 23.00 | 139.73  |        | 136.44 | 138.09 | -0.95 | -15.43 | 0.95 | 0.43 | -3.30 | -15.50 | 3.30 | 0.50 |
| S-(+15°)-3  | せん断   | 24.69    | 20.66    | 22.67 | 136.07  |        | 132.94 | 134.51 | 0.71  | -15.18 | 0.71 | 0.18 | -2.23 | -17.15 | 2.23 | 2.15 |
| S-(+15°)-4  | せん断   | 24.49    | 21.26    | 22.87 | 138.55  |        | 134.69 | 136.62 | -2.65 | -15.12 | 2.65 | 0.12 | -2.41 | -16.30 | 2.41 | 1.30 |
| S-(+15°)-5  | せん断   | 23.78    | 21.25    | 22.52 | 135.00  |        | 131.72 | 133.36 | -2.18 | -16.02 | 2.18 | 1.02 | -1.42 | -16.27 | 1.42 | 1.27 |
| 平均          |       |          |          | 22.79 | 137.05  |        | 134.28 | 135.66 | -1.04 | -15.16 | 1.33 | 0.54 | -2.32 | -16.07 | 2.32 | 1.07 |
| S-(+15°)-1  | せん断   | 23.64    | 21.28    | 22.46 | 139.11  |        | 138.23 | 138.67 | 1.75  | 17.22  | 1.75 | 2.22 | -0.13 | 14.34  | 0.13 | 0.66 |
| S-(+15°)-2  | せん断   | 24.00    | 21.15    | 22.58 | 139.28  |        | 137.22 | 138.25 | 1.72  | 15.98  | 1.72 | 0.98 | 0.40  | 15.70  | 0.40 | 0.70 |
| S-(+15°)-3  | せん断   | 24.55    | 20.62    | 22.59 | 136.55  |        | 132.88 | 134.72 | -0.48 | 16.65  | 0.48 | 1.65 | -0.26 | 15.21  | 0.26 | 0.21 |
| S-(+15°)-4  | せん断   | 24.57    | 21.20    | 22.89 | 137.93  |        | 136.20 | 137.07 | 0.05  | 15.15  | 0.05 | 0.15 | 0.22  | 14.90  | 0.22 | 0.10 |
| S-(+15°)-5  | せん断   | 24.19    | 21.05    | 22.62 | 137.75  |        | 135.27 | 136.51 | 0.93  | 16.32  | 0.93 | 1.32 | -0.32 | 15.10  | 0.32 | 0.10 |
| 平均          |       |          |          | 22.63 | 138.12  |        | 135.96 | 137.04 | 0.79  | 16.26  | 0.99 | 1.26 | -0.02 | 15.05  | 0.27 | 0.35 |
| S-(+20°)-1  | せん断   | 23.76    | 21.02    | 22.39 | 139.31  |        | 135.99 | 137.65 | 1.07  | 19.79  | 1.07 | 0.21 | 0.18  | 20.50  | 0.18 | 0.50 |
| S-(+20°)-2  | せん断   | 24.24    | 20.80    | 22.52 | 139.30  |        | 136.71 | 138.01 | 0.87  | 20.79  | 0.87 | 0.79 | -1.34 | 21.28  | 1.34 | 1.28 |
| S-(+20°)-3  | せん断   | 23.68    | 21.13    | 22.40 | 139.47  |        | 136.56 | 138.02 | -0.21 | 21.04  | 0.21 | 1.04 | -0.10 | 21.50  | 0.10 | 1.50 |
| S-(+20°)-4  | せん断   | 23.00    | 21.29    | 22.15 | 139.94  |        | 137.85 | 138.90 | -0.17 | 21.07  | 0.17 | 1.07 | -0.26 | 20.32  | 0.26 | 0.32 |
| S-(+20°)-5  | せん断   | 24.32    | 21.07    | 22.70 | 139.69  |        | 136.67 | 138.18 | -0.91 | 21.43  | 0.91 | 1.43 | -0.44 | 20.23  | 0.44 | 0.23 |
| 平均          |       |          |          | 22.43 | 139.54  |        | 136.76 | 138.15 | 0.13  | 20.82  | 0.65 | 0.91 | -0.39 | 20.77  | 0.46 | 0.77 |
| S-(+20°)-1  | せん断   | 24.95    | 21.15    | 23.05 | 138.05  |        | 134.41 | 136.23 | -2.04 | -21.62 | 2.04 | 1.62 | -2.46 | -20.55 | 2.46 | 0.55 |
| S-(+20°)-2  | せん断   | 24.42    | 20.34    | 22.38 | 136.08  |        | 130.63 | 133.36 | -2.52 | -21.10 | 2.52 | 1.10 | -1.37 | -20.54 | 1.37 | 0.54 |
| S-(+20°)-3  | せん断   | 24.22    | 21.25    | 22.73 | 138.34  |        | 135.00 | 136.67 | -0.53 | -21.39 | 0.53 | 1.39 | -1.11 | -22.10 | 1.11 | 2.10 |
| S-(+20°)-4  | せん断   | 24.76    | 21.11    | 22.94 | 135.77  |        | 131.45 | 133.61 | -2.06 | -19.50 | 2.06 | 0.50 | -3.10 | -20.34 | 3.10 | 0.34 |
| S-(+20°)-5  | せん断   | 24.53    | 20.79    | 22.66 | 136.28  |        | 132.51 | 134.40 | -2.04 | -21.74 | 2.04 | 1.74 | -4.37 | -20.55 | 4.37 | 0.55 |
| 平均          |       |          |          | 22.75 | 136.90  |        | 132.80 | 134.85 | -1.84 | -21.07 | 1.84 | 1.27 | -2.48 | -20.82 | 2.48 | 0.82 |
| S-(+2.6°)-1 | せん断   | 24.68    | 24.06    | 24.37 | 135.59  | 137.50 | 134.96 | 136.02 | -0.32 | -0.16  | 0.32 | 0.16 | 0.21  | 0.18   | 0.21 | 0.18 |
| S-(+2.6°)-2 | せん断   | 24.56    | 24.48    | 24.52 | 136.94  | 137.01 | 134.61 | 136.19 | -0.27 | -0.21  | 0.27 | 0.21 | 0.07  | 0.95   | 0.07 | 0.95 |
| S-(+2.6°)-3 | せん断   | 24.29    | 24.08    | 24.19 | 135.58  | 136.45 | 135.05 | 135.69 | -0.60 | 0.20   | 0.60 | 0.20 | -0.83 | 0.63   | 0.83 | 0.63 |
| S-(+2.6°)-4 | せん断   | 24.47    | 24.86    | 24.67 | 135.12  | 137.35 | 135.20 | 135.89 | -0.07 | 0.84   | 0.07 | 0.84 | -0.28 | 2.01   | 0.28 | 2.01 |
| S-(+2.6°)-5 | せん断   | 24.15    | 24.10    | 24.13 | 135.95  | 137.90 | 136.61 | 136.82 | 0.40  | -1.63  | 0.40 | 1.63 | -0.20 | 0.03   | 0.20 | 0.03 |
| 平均          |       |          |          | 24.37 | 135.84  |        | 135.29 | 136.12 | -0.17 | -0.19  | 0.33 | 0.61 | -0.21 | 0.76   | 0.32 | 0.76 |
| S-(+2.6°)-1 | せん断   | 24.41    | 24.42    | 24.41 | 135.49  | 135.42 | 135.51 | 135.47 | 1.30  | -0.05  | 1.30 | 0.05 | -0.46 | -0.56  | 0.46 | 0.56 |
| S-(+2.6°)-2 | せん断   | 24.36    | 24.87    | 24.62 | 136.51  | 132.71 | 135.85 | 135.02 | -0.22 | 0.79   | 0.22 | 0.79 | -0.49 | 1.00   | 0.49 | 1.00 |
| S-(+2.6°)-3 | せん断   | 24.40    | 24.43    | 24.41 | 136.06  | 136.74 | 135.98 | 136.26 | 0.17  | 0.11   | 0.17 | 0.11 | -0.38 | 0.39   | 0.38 | 0.39 |
| S-(+2.6°)-4 | せん断   | 25.08    | 23.96    | 24.52 | 136.24  | 138.12 | 137.04 | 137.13 | 1.00  | 1.85   | 1.00 | 1.85 | -0.56 | 1.24   | 0.56 | 1.24 |
| S-(+2.6°)-5 | せん断   | 24.72    | 24.10    | 24.41 | 136.28  | 135.28 | 134.97 | 135.51 | 2.39  | -0.10  | 2.39 | 0.10 | 0.17  | 1.79   | 0.17 | 1.79 |
| 平均          |       |          |          | 24.47 | 136.12  |        | 135.87 | 135.88 | 0.93  | 0.52   | 1.02 | 0.58 | -0.34 | 0.77   | 0.41 | 1.00 |

\* 傾斜はY方向である。

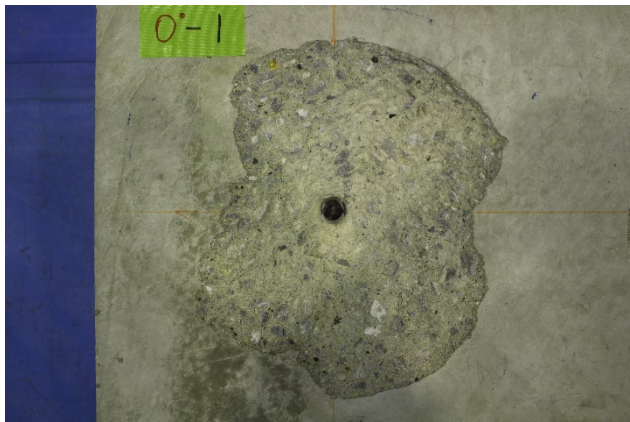
\* S-+2.6° -1~5, S-2.6° -1~5 の試験体の穿孔時および定着時の角度の差異は、0° からの差異である。

付表 4. 6. 3 せん断群試験体の施工結果一覧

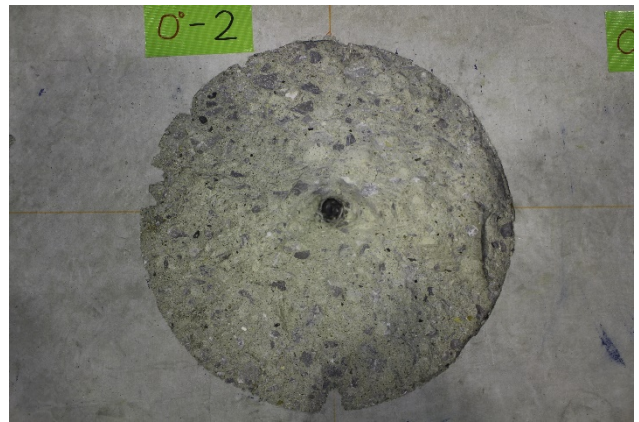
| 番号          | 試験体 | 穿孔時      |          |       |        |    |        |        |       |        |      | 定着後  |       |        |      |      |
|-------------|-----|----------|----------|-------|--------|----|--------|--------|-------|--------|------|------|-------|--------|------|------|
|             |     | 穿孔径 mm   |          |       | 穿孔深さmm |    |        |        | 角度°   |        |      |      | 角度°   |        |      |      |
|             |     | 表面から10mm | 表面から60mm | 平均    | 長い側    | 中央 | 短い側    | 平均     | 実測X   | 実測Y    | 差異X  | 差異Y  | 実測X   | 実測Y    | 差異X  | 差異Y  |
| 群S-(15°)-1  | せん断 | 24.39    | 20.69    | 22.54 | 139.75 |    | 135.64 | 137.70 | -3.85 | -16.99 | 3.85 | 1.99 | -3.54 | -16.90 | 3.54 | 1.90 |
| 群S-(15°)-2  | せん断 | 24.30    | 20.71    | 22.51 | 135.27 |    | 134.53 | 134.90 | -0.60 | -15.76 | 0.60 | 0.76 | -2.81 | -14.85 | 2.81 | 0.15 |
| 群S-(15°)-3  | せん断 | 24.27    | 20.84    | 22.55 | 137.91 |    | 134.65 | 136.28 | -1.97 | -15.90 | 1.97 | 0.90 | -2.41 | -16.63 | 2.41 | 1.63 |
| 群S-(15°)-4  | せん断 | 24.43    | 21.18    | 22.80 | 139.00 |    | 131.87 | 135.44 | -0.30 | -16.96 | 0.30 | 1.96 | -2.20 | -17.72 | 2.20 | 2.72 |
| 群S-(15°)-5  | せん断 | 24.28    | 20.73    | 22.50 | 136.69 |    | 136.65 | 136.67 | 0.34  | -16.76 | 0.34 | 1.76 | -1.95 | -16.80 | 1.95 | 1.80 |
| 平均          |     |          |          | 22.58 | 137.72 |    | 134.67 | 136.20 | -1.28 | -16.47 | 1.41 | 1.47 | -2.58 | -16.58 | 2.58 | 1.64 |
| 群S-(15°)-1' | せん断 | 23.72    | 20.41    | 22.06 | 138.17 |    | 134.87 | 136.52 | 0.51  | 14.50  | 0.51 | 0.50 | 0.03  | 16.00  | 0.03 | 1.00 |
| 群S-(15°)-2' | せん断 | 24.88    | 21.49    | 23.19 | 137.90 |    | 135.67 | 136.79 | 2.05  | 14.06  | 2.05 | 0.94 | -0.12 | 15.22  | 0.12 | 0.22 |
| 群S-(15°)-3' | せん断 | 23.75    | 21.19    | 22.47 | 139.44 |    | 135.45 | 137.45 | -0.45 | 14.36  | 0.45 | 0.64 | -1.45 | 16.67  | 1.45 | 1.67 |
| 群S-(15°)-4' | せん断 | 24.31    | 21.22    | 22.76 | 137.29 |    | 132.07 | 134.68 | 1.46  | 16.67  | 1.46 | 1.67 | 0.49  | 14.14  | 0.49 | 0.86 |
| 群S-(15°)-5' | せん断 | 24.10    | 20.66    | 22.38 | 140.18 |    | 134.30 | 137.24 | 1.12  | 17.26  | 1.12 | 2.26 | -0.25 | 16.94  | 0.25 | 1.94 |
| 平均          |     |          |          | 22.57 | 138.60 |    | 134.47 | 136.53 | 0.94  | 15.37  | 1.12 | 1.20 | -0.26 | 15.79  | 0.47 | 1.14 |
| 群S-(5°)-1   | せん断 | 24.30    | 21.37    | 22.84 | 136.41 |    | 136.32 | 136.37 | 2.45  | -6.33  | 2.45 | 1.33 | -0.91 | -6.55  | 0.91 | 1.55 |
| 群S-(5°)-2   | せん断 | 24.27    | 20.82    | 22.54 | 139.02 |    | 134.71 | 136.87 | -2.43 | -4.93  | 2.43 | 0.07 | -0.47 | -6.63  | 0.47 | 1.63 |
| 群S-(5°)-3   | せん断 | 24.51    | 21.24    | 22.87 | 139.26 |    | 136.55 | 137.91 | -1.14 | -6.66  | 1.14 | 1.66 | -0.27 | -5.70  | 0.27 | 0.70 |
| 群S-(5°)-4   | せん断 | 24.12    | 21.58    | 22.85 | 136.09 |    | 135.21 | 135.65 | -0.85 | -5.48  | 0.85 | 0.48 | 0.93  | -6.57  | 0.93 | 1.57 |
| 群S-(5°)-5   | せん断 | 24.08    | 21.05    | 22.56 | 135.73 |    | 133.75 | 134.74 | -0.97 | -5.00  | 0.97 | 0.00 | 0.25  | -4.88  | 0.25 | 0.12 |
| 平均          |     |          |          | 22.73 | 137.30 |    | 135.31 | 136.31 | -0.59 | -5.68  | 1.57 | 0.71 | -0.09 | -6.07  | 0.57 | 1.11 |
| 群S-(5°)-1'  | せん断 | 24.50    | 21.35    | 22.92 | 136.78 |    | 136.34 | 136.56 | 0.65  | 4.36   | 0.65 | 0.64 | -0.75 | 3.72   | 0.75 | 1.28 |
| 群S-(5°)-2'  | せん断 | 24.53    | 21.45    | 22.99 | 138.93 |    | 136.57 | 137.75 | 2.31  | 6.50   | 2.31 | 1.50 | -1.04 | 6.23   | 1.04 | 1.23 |
| 群S-(5°)-3'  | せん断 | 24.53    | 21.80    | 23.17 | 141.49 |    | 139.41 | 140.45 | 0.77  | 4.64   | 0.77 | 0.36 | 1.62  | 4.04   | 1.62 | 0.96 |
| 群S-(5°)-4'  | せん断 | 24.48    | 21.60    | 23.04 | 140.90 |    | 139.41 | 140.16 | 1.46  | 5.54   | 1.46 | 0.54 | -0.17 | 4.49   | 0.17 | 0.51 |
| 群S-(5°)-5'  | せん断 | 23.99    | 21.07    | 22.53 | 139.39 |    | 136.86 | 138.13 | -0.19 | 4.36   | 0.19 | 0.64 | -1.27 | 4.85   | 1.27 | 0.15 |
| 平均          |     |          |          | 22.93 | 139.50 |    | 137.72 | 138.61 | 1.00  | 5.08   | 1.08 | 0.74 | -0.32 | 4.67   | 0.97 | 0.83 |

付録 4. 6. 3 コンクリート母材のコーン破壊状況

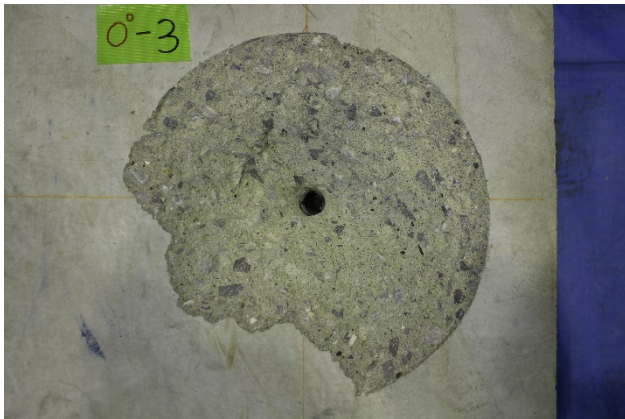
付録 4. 6. 3. 1 コンクリート母材側のコンクリートコーン破壊状況



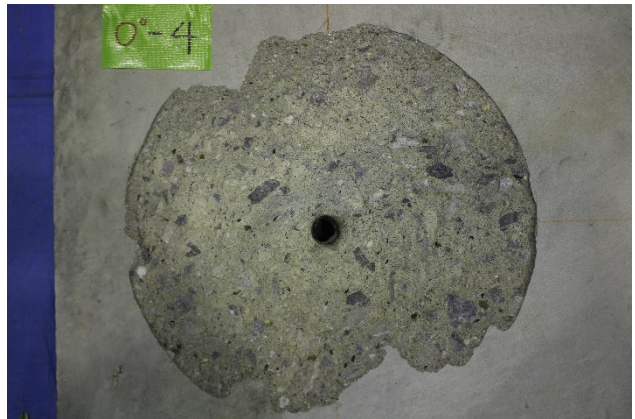
(0° -1)



(0° -2)



(0° -3)



(0° -4)



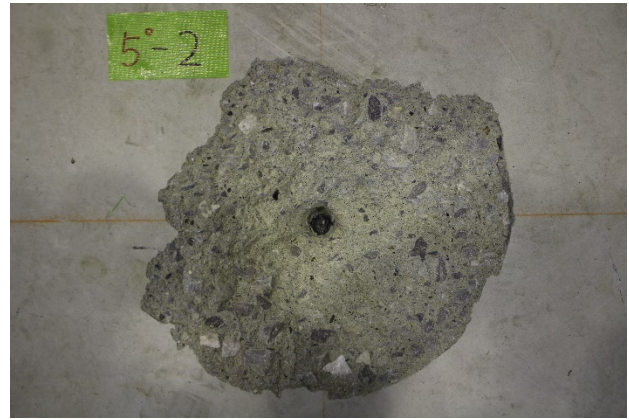
(0° -5)

(1) 穿孔傾斜角 0°

付写真 4. 6. 2 コンクリート母材側のコンクリートコーン状破壊状況 (0° )



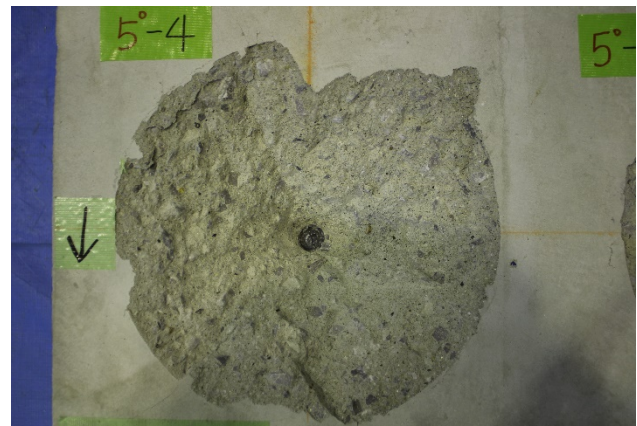
(5° -1)



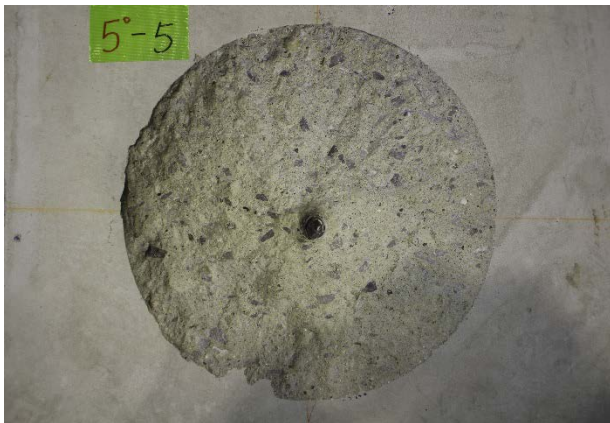
(5° -2)



(5° -3)

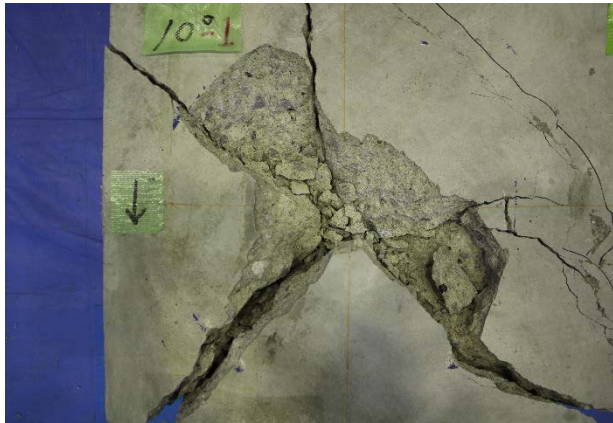


(5° -4)

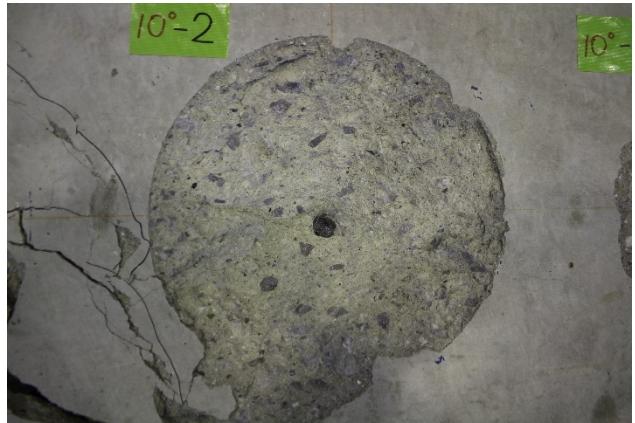


(5° -5)

(2) 穿孔傾斜角 5°  
付写真 4.6.3 コンクリート母材側のコンクリートコーン状破壊状況 (5° )



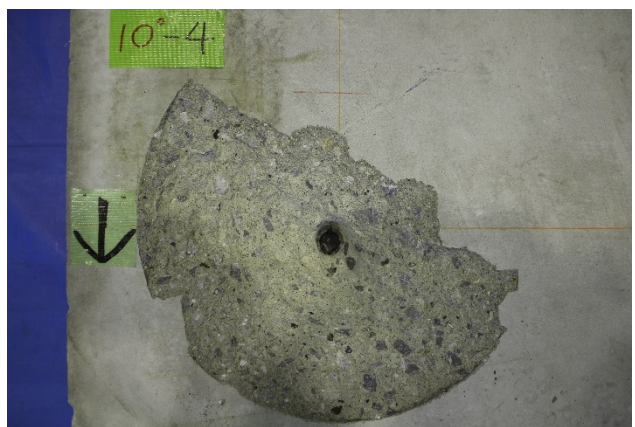
(10° -1)



(10° -2)



(10° -3)



(10° -4)



(10° -5)

(3) 穿孔傾斜角 10°

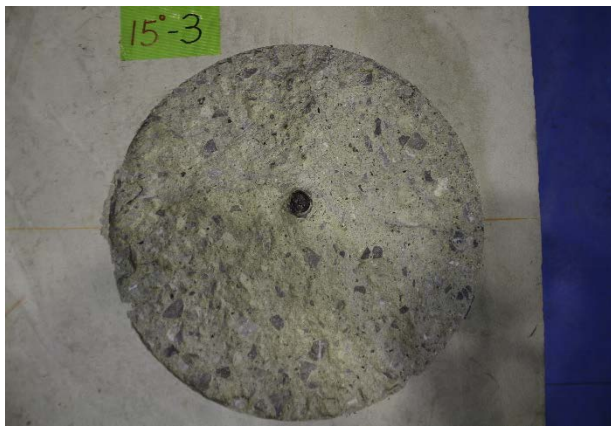
付写真 4. 6. 4 コンクリート母材側のコンクリートコーン状破壊状況 (10° )



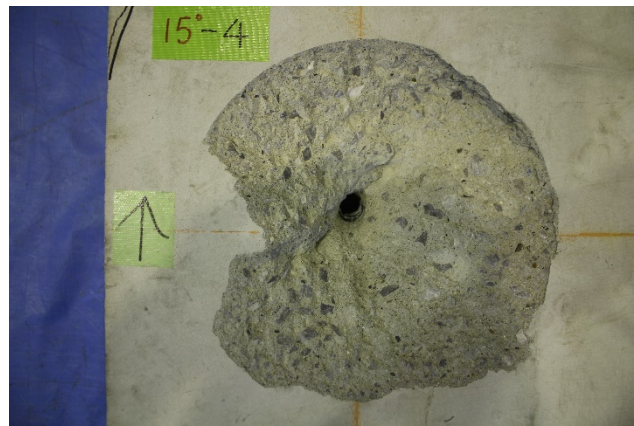
(15° -1)



(15° -2)



(15° -3)



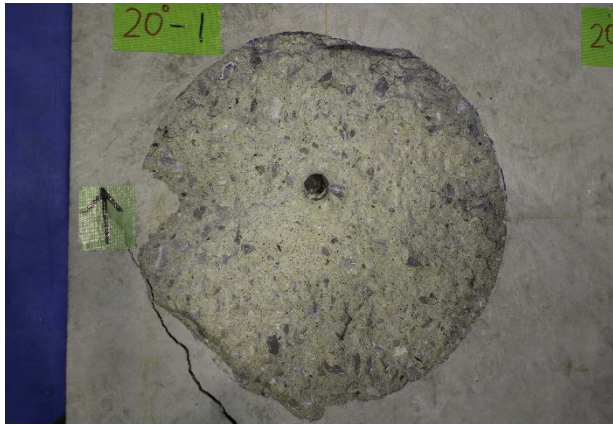
(15° -4)



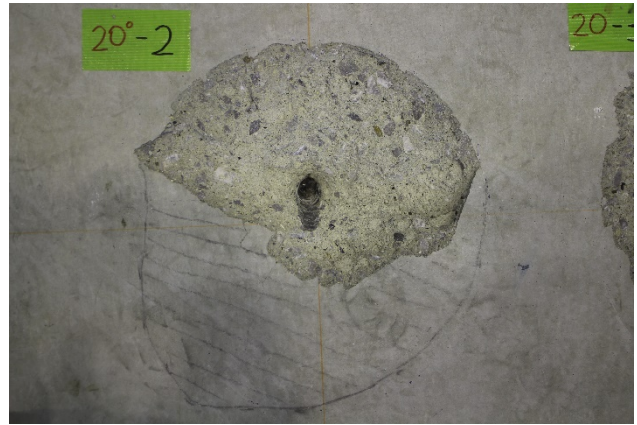
(15° -5)

(4) 穿孔傾斜角 15°

付写真 4.6.5 コンクリート母材側のコンクリートコーン状破壊状況 (15° )



(20° -1)



(20° -2)



(20° -3)



(20° -4)



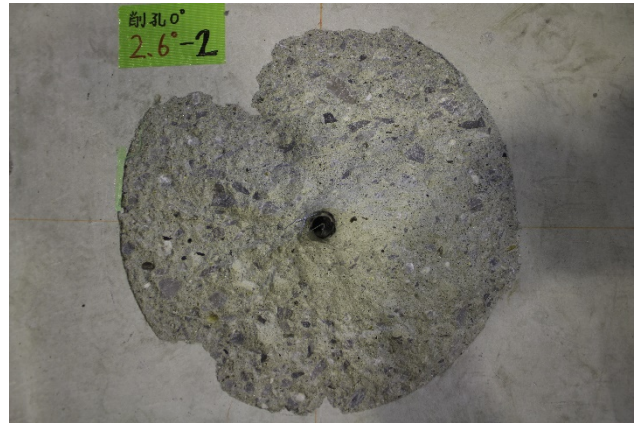
(20° -5)

(5) 穿孔傾斜角 20°

付写真 4. 6. 6 コンクリート母材側のコンクリートコーン状破壊状況 (20° )



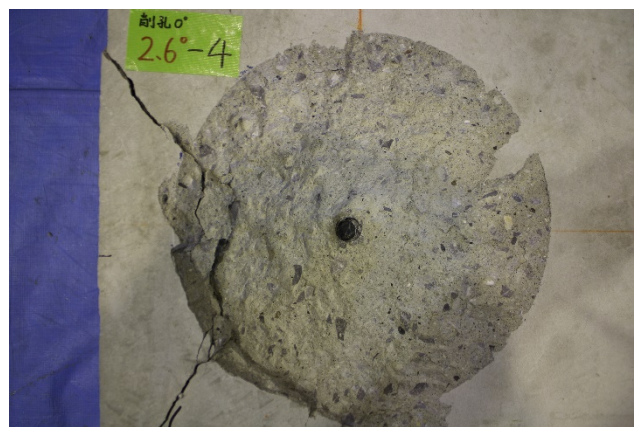
(2.15° -1)



(2.15° -2)



(2.15° -3)



(2.15° -4)



(2.15° -5)

(6) 穿孔傾斜角 0° , アンカー傾斜角 2.15°  
付写真 4. 6. 6 コンクリート母材側のコンクリートコーン状破壊状況 ( 2. 15° )



付録 4. 6. 3. 2 アンカー筋のコンクリートコーン破壊状況



(1) 穿孔傾斜角 0°

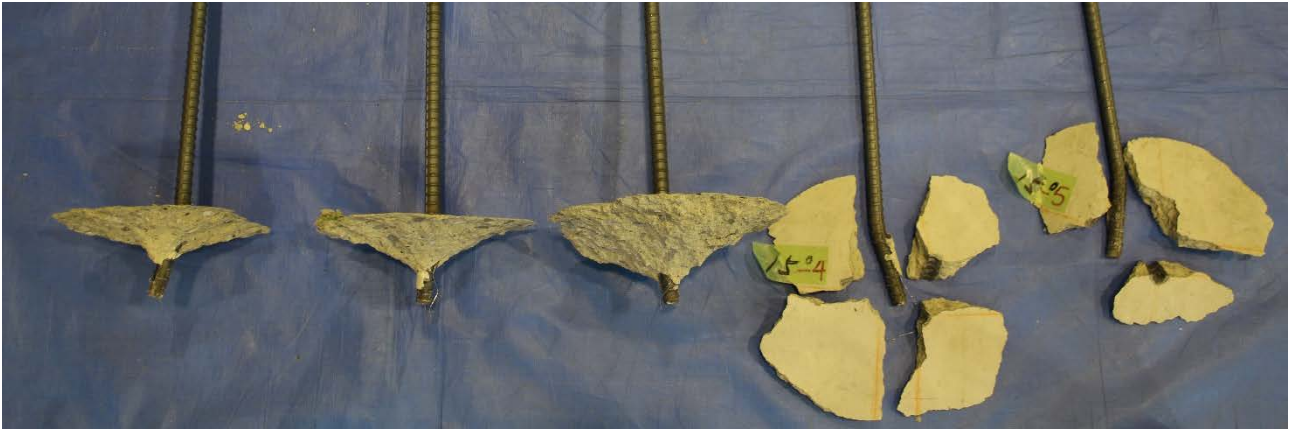


(2) 穿孔傾斜角 5°

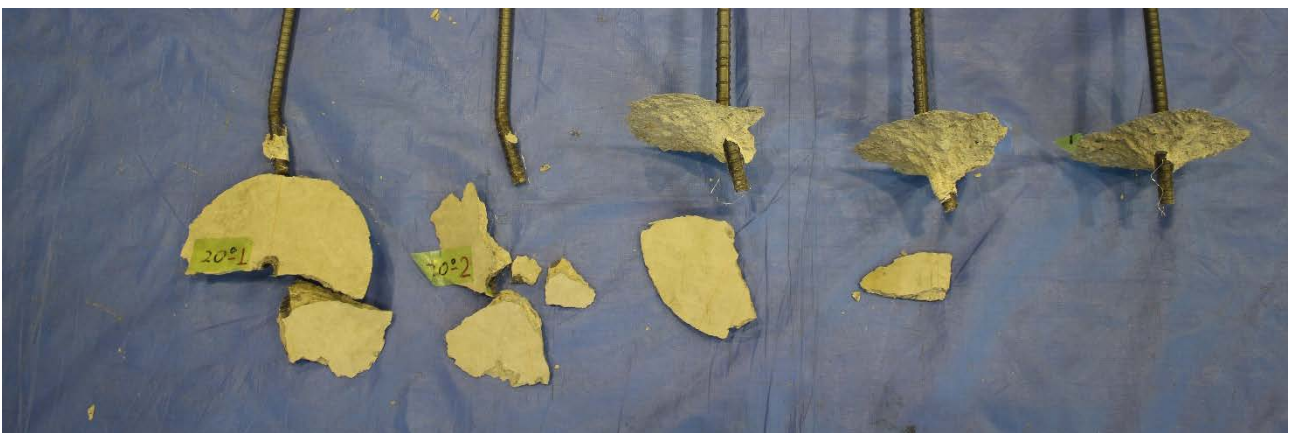


(3) 穿孔傾斜角 10°

付写真 4. 6. 7(1) アンカー筋側のコンクリートコーン状破壊状況



(4) 穿孔傾斜角  $15^{\circ}$



(5) 穿孔傾斜角  $20^{\circ}$

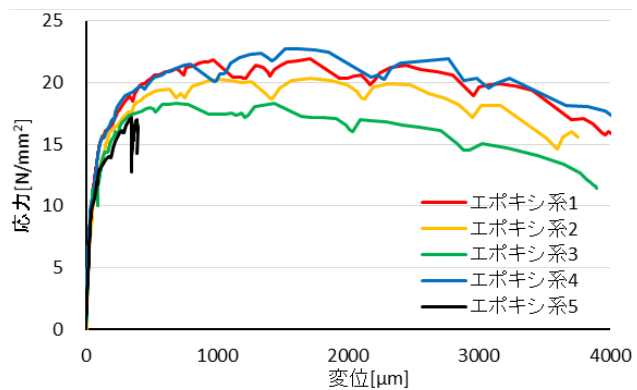


(6) 穿孔傾斜角  $0^{\circ}$  , アンカー筋傾斜角  $2.15^{\circ}$

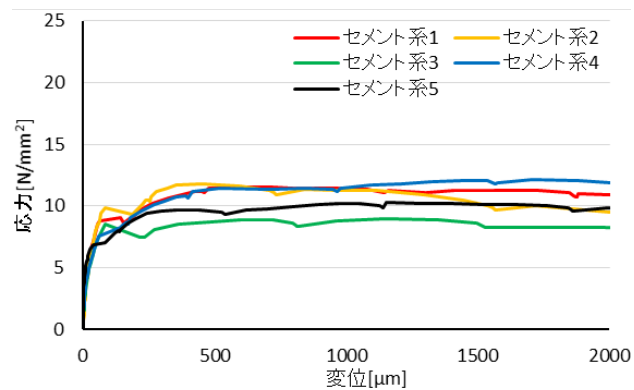
付写真 4. 6. 7(2) アンカー筋側のコンクリートコーン状破壊状況

付録 4.7 試験結果に関する資料 (平成 29 年度)

付録 4.7.1 付着試験結果(クリープ試験実施前)

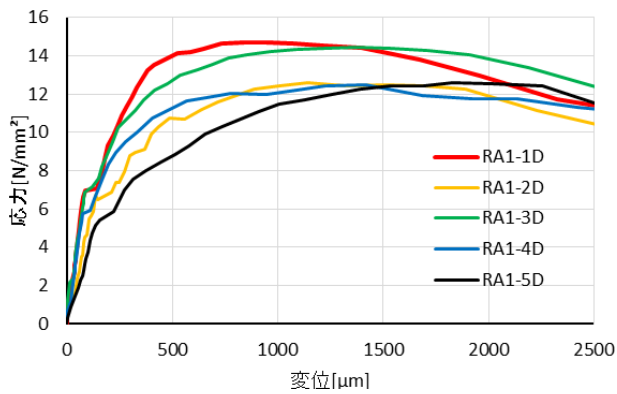


付図 4.7.1 応力-変位曲線(エポキシ系)

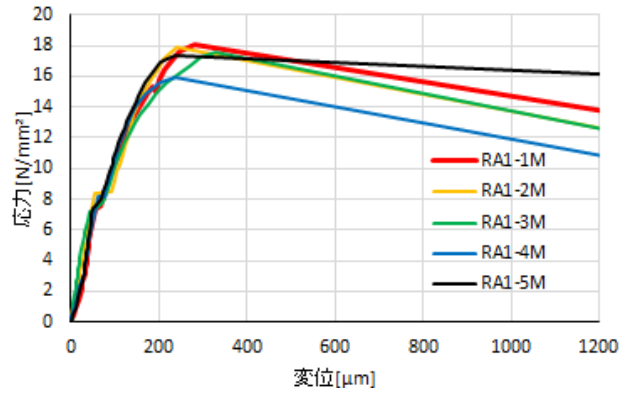


付図 4.7.2 応力変位曲線(セメント系)

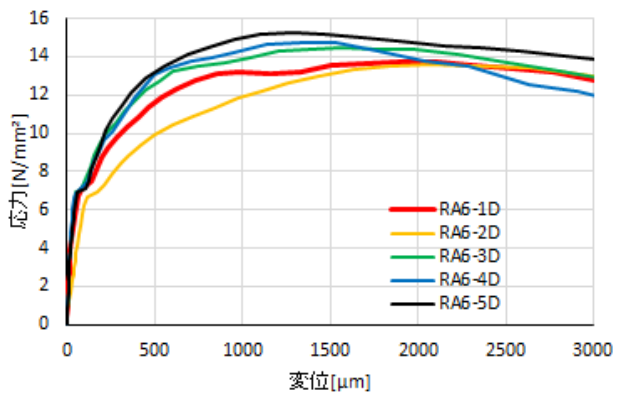
付録 4.7.2 付着試験結果(接着力試験実施時)



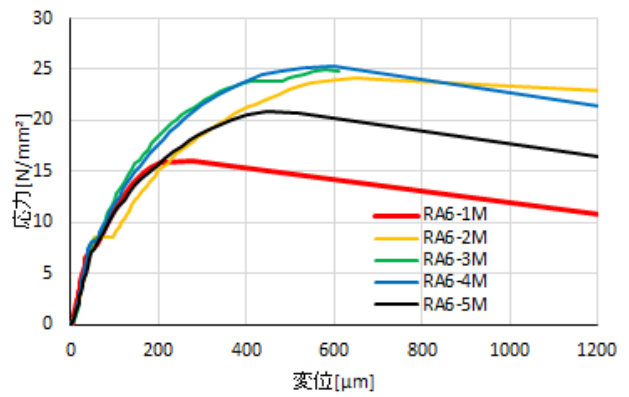
付図 4.7.3 応力変位曲線(RA1・異形)



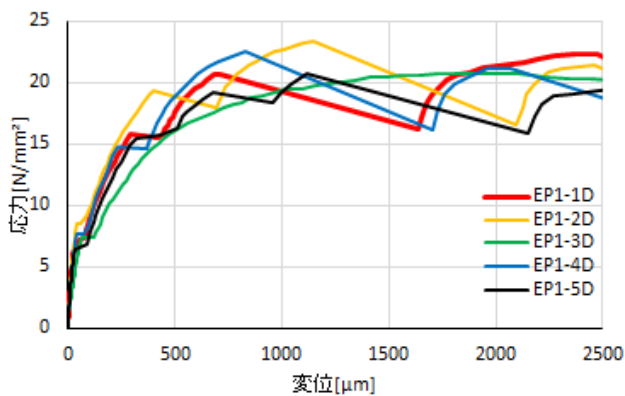
付図 4.7.4 応力変位曲線(RA1・全ねじ)



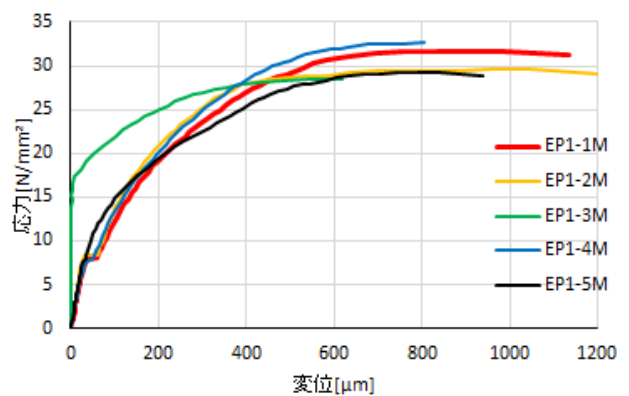
付図 4.7.5 応力変位曲線(RA6・異形)



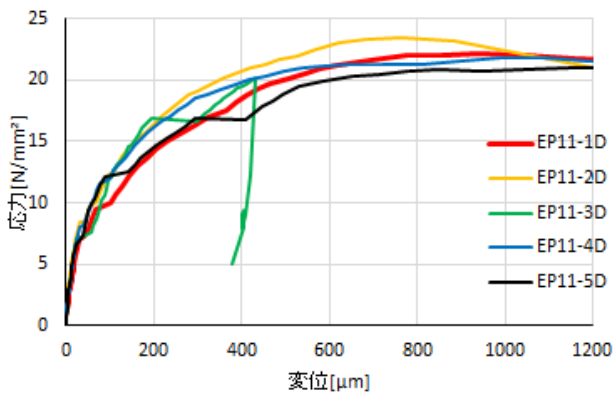
付図 4.7.6 応力変位曲線(RA6・全ねじ)



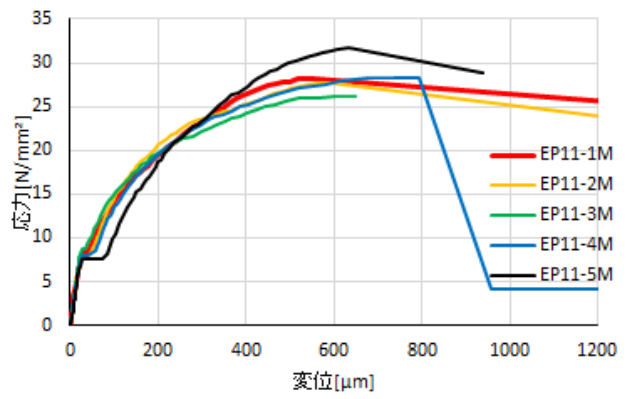
付図 4.7.7 応力-変位曲線(EP1・異形)



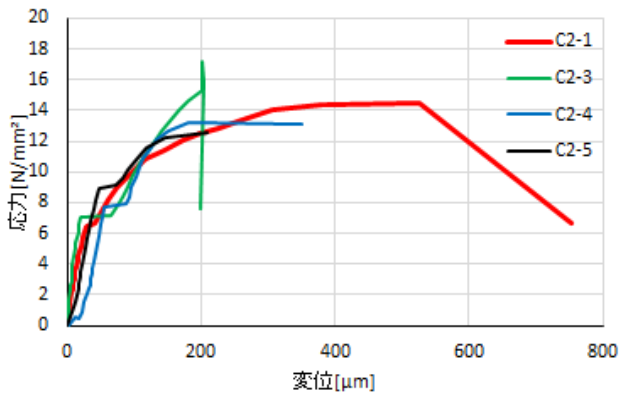
付図 4.7.8 応力-変位曲線(EP1・全ねじ)



付図 4.7.9 応力-変位曲線 (EP11・異形)



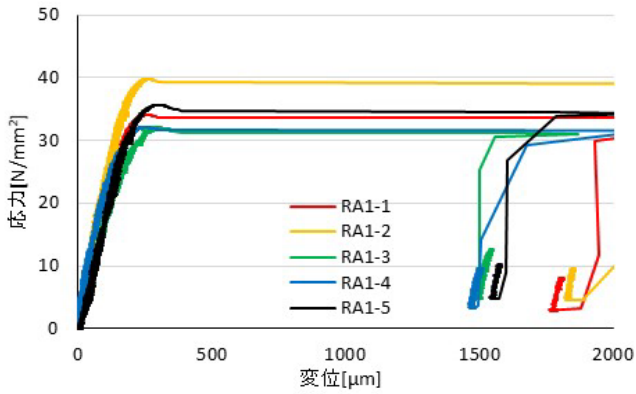
付図 4.7.10 応力-変位曲線 (EP11・全ねじ)



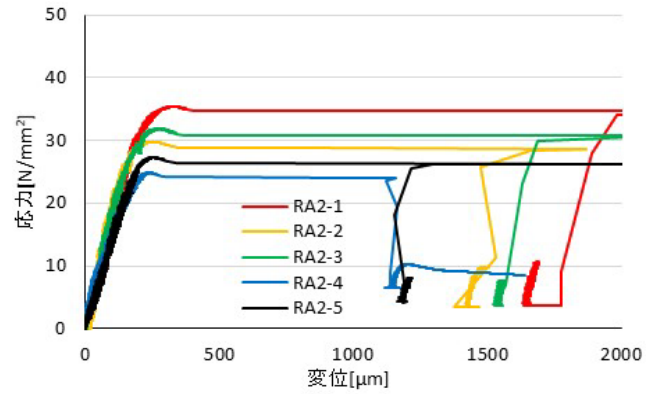
付図 4.7.11 応力-変位曲線 (C2・全ねじ)

※異形鉄筋は付図 4.7.2 に示す試験結果を準用

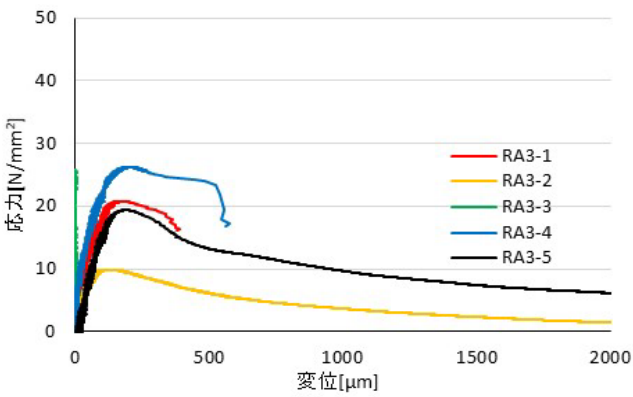
付録 4.7.3 接着力試験結果



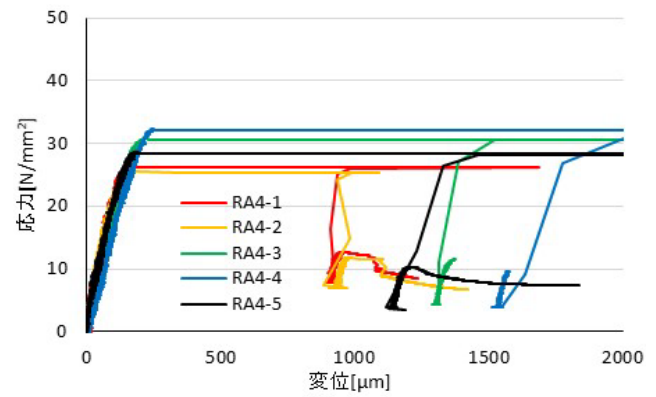
付図 4.7.12 応力-変位曲線 (RA1・M16)



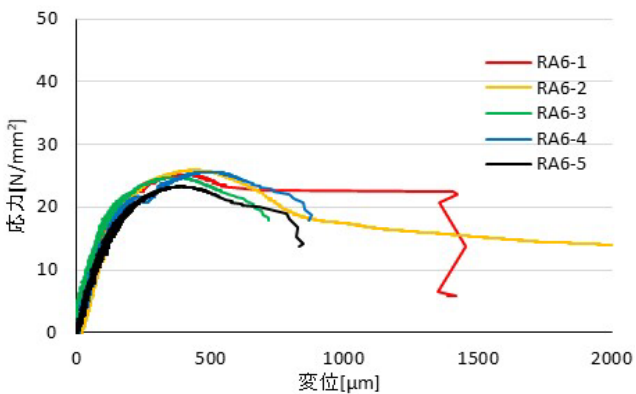
付図 4.7.13 応力変位曲線 (RA2・M16)



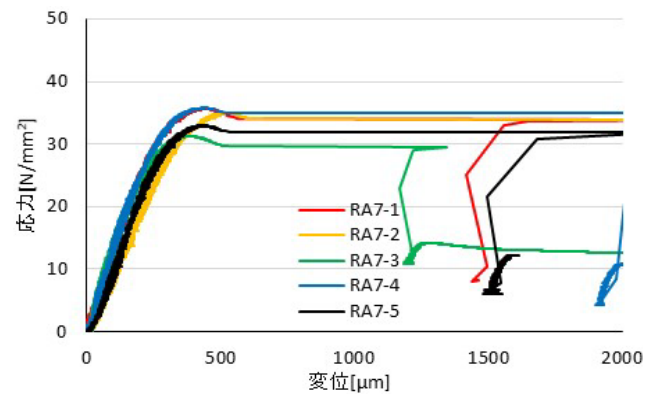
付図 4.7.14 応力-変位曲線 (RA3・M16)



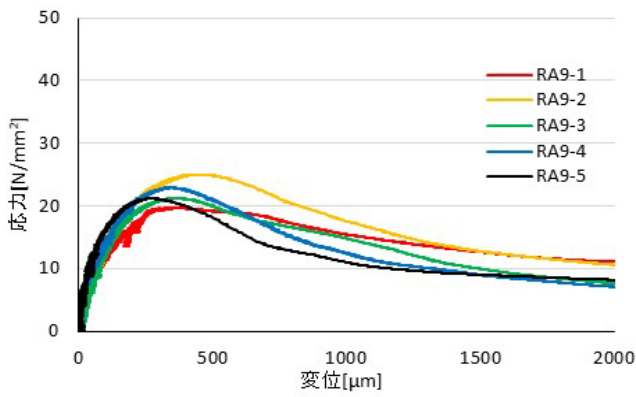
付図 4.7.15 応力変位曲線 (RA4・M16)



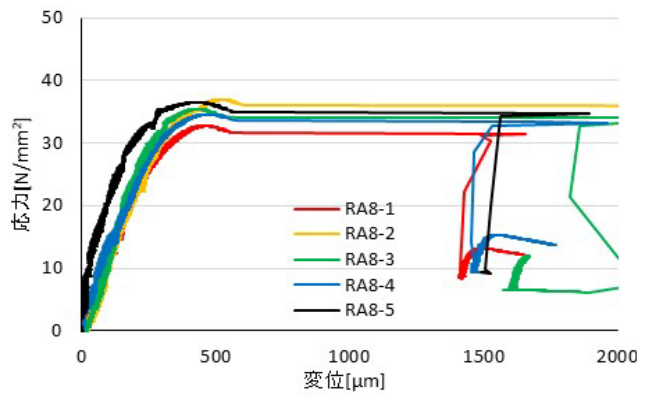
付図 4.7.16 応力-変位曲線 (RA6・M16)



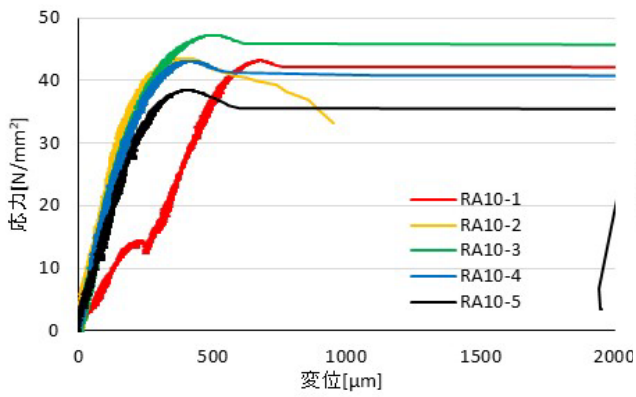
付図 4.7.17 応力変位曲線 (RA7・M16)



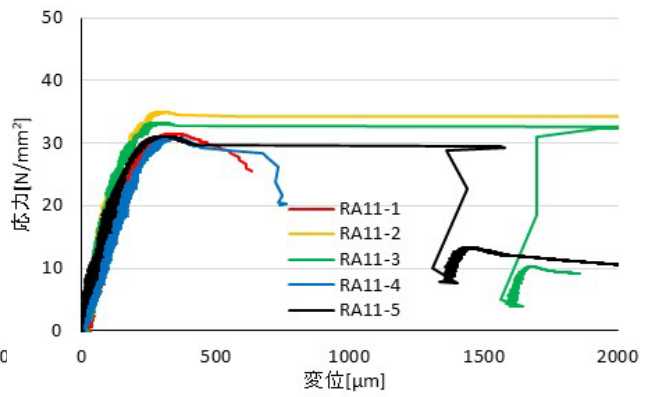
付図 4.7.18 応力－変位曲線 (RA8・M16)



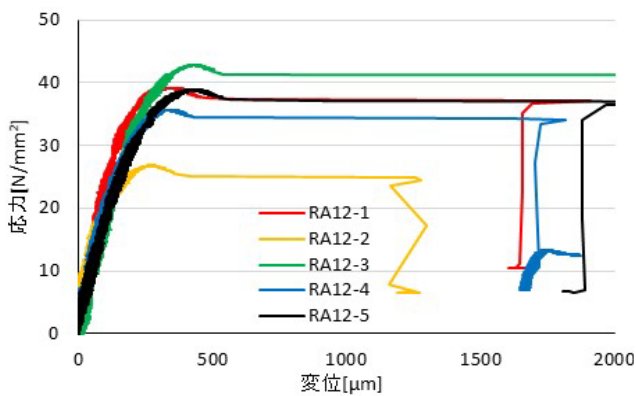
付図 4.7.19 応力変位曲線 (RA9・M16)



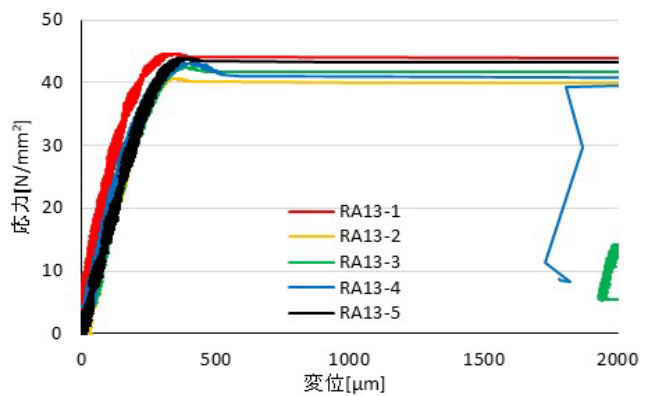
付図 4.7.20 応力－変位曲線 (RA10・M16)



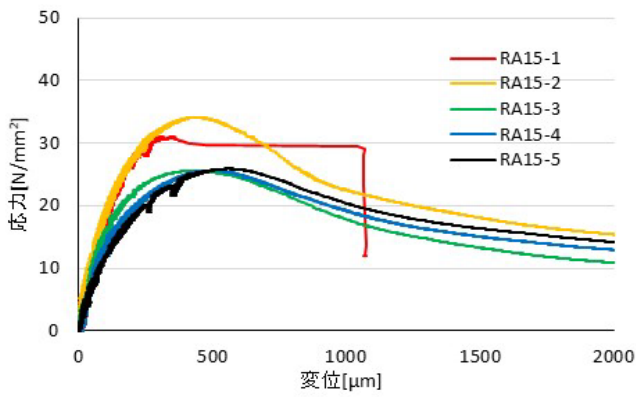
付図 4.7.21 応力変位曲線 (RA11・M16)



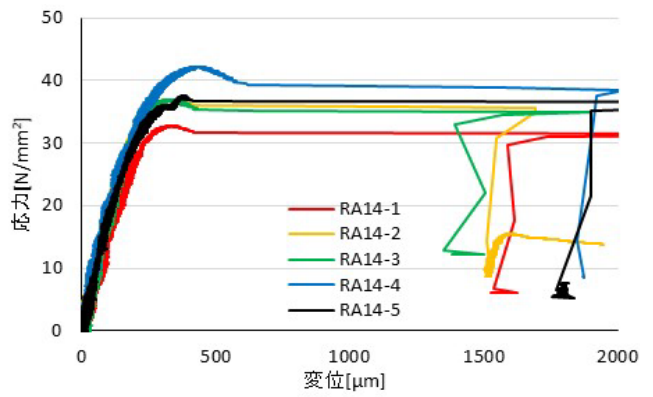
付図 4.7.22 応力－変位曲線 (RA12・M16)



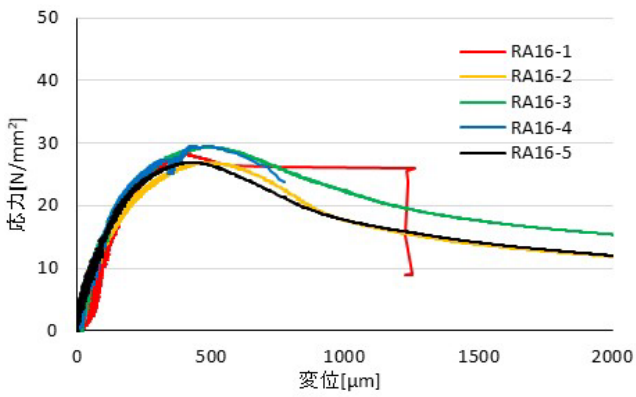
付図 4.7.23 応力変位曲線 (RA13・M16)



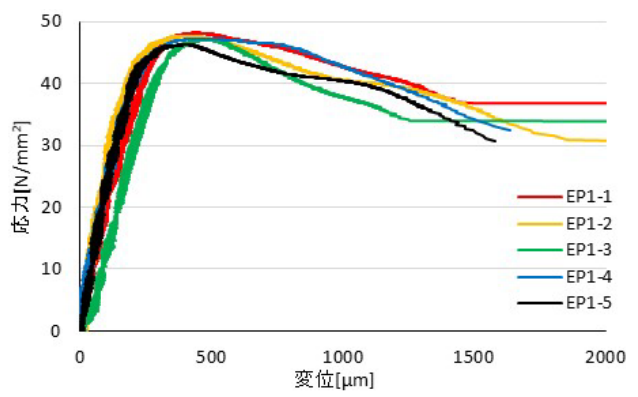
付図 4.7.24 応力－変位曲線 (RA14・M16)



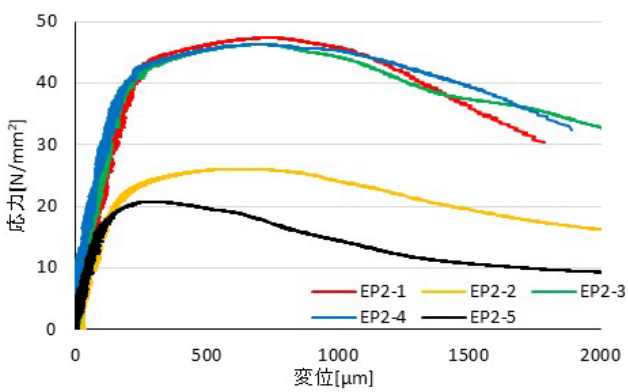
付図 4.7.25 応力変位曲線 (RA15・M16)



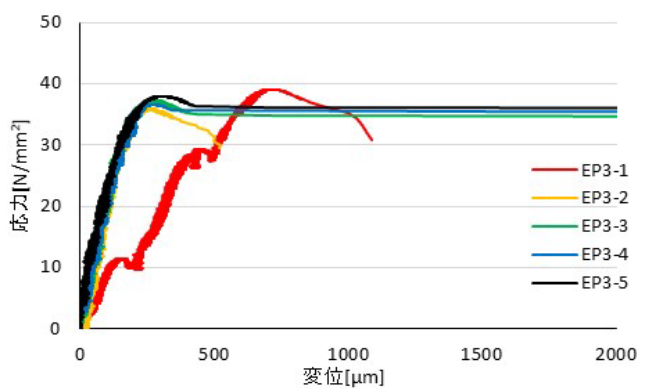
付図 4.7.26 応力－変位曲線 (RA16・M16)



付図 4.7.27 応力変位曲線 (EP1・M16)

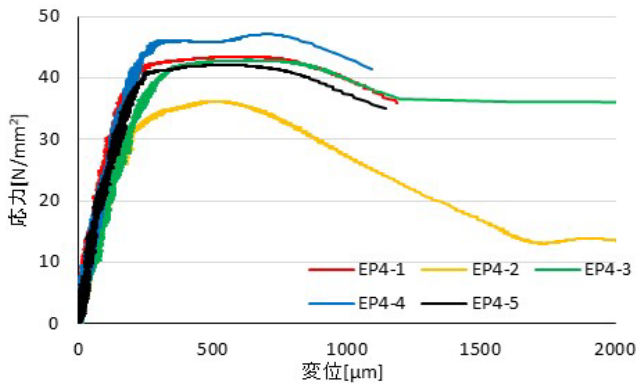


付図 4.7.28 応力－変位曲線 (EP2・M16)

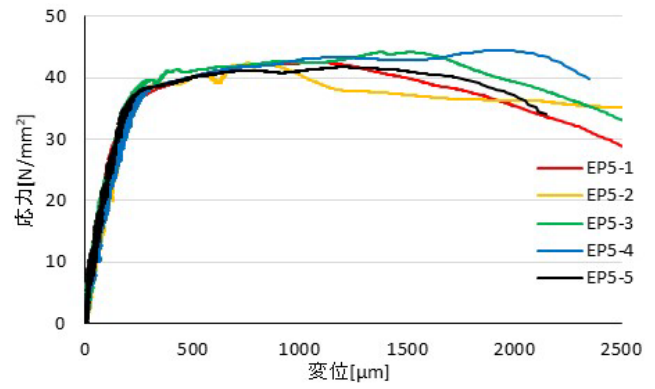


付図 4.7.29 応力変位曲線 (EP3・M16)

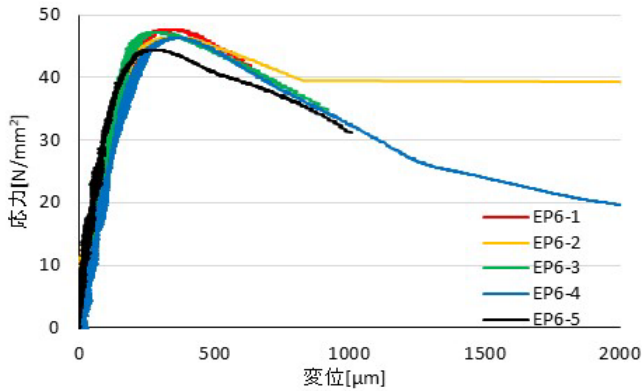




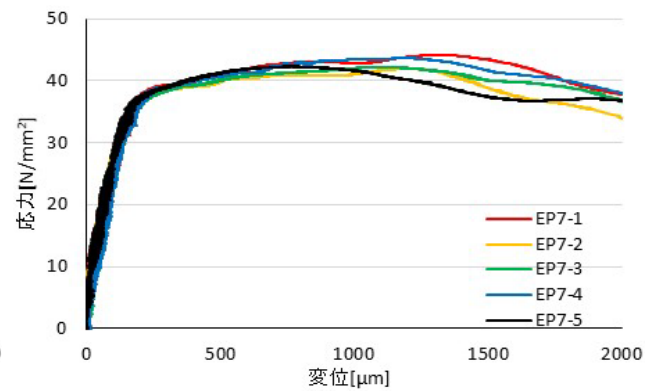
付図 4.7.30 応力-変位曲線 (EP4・M16)



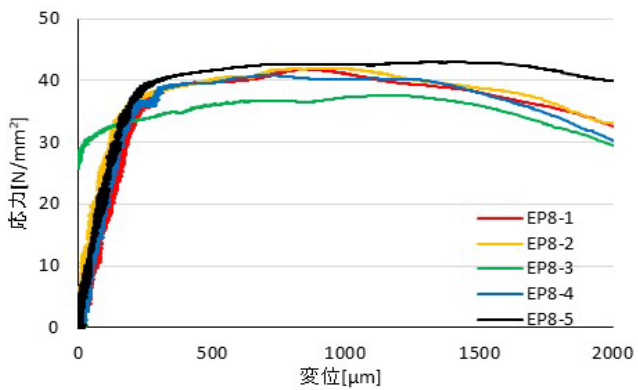
付図 4.7.31 応力変位曲線 (EP5・M16)



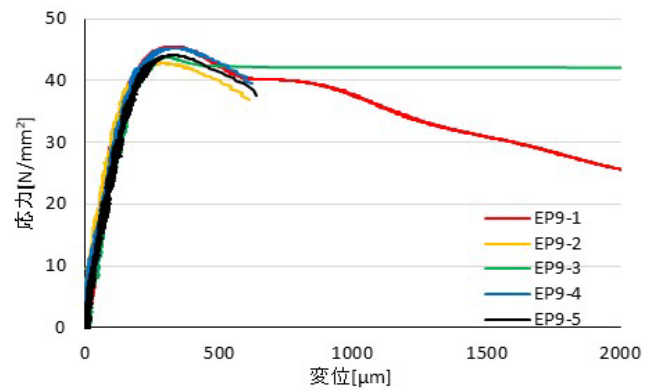
付図 4.7.32 応力-変位曲線 (EP6・M16)



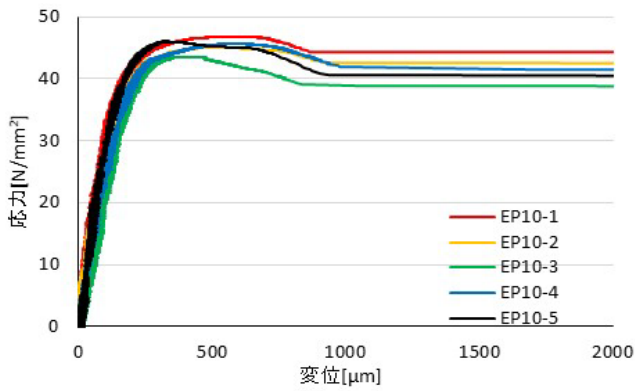
付図 4.7.33 応力変位曲線 (EP7・M16)



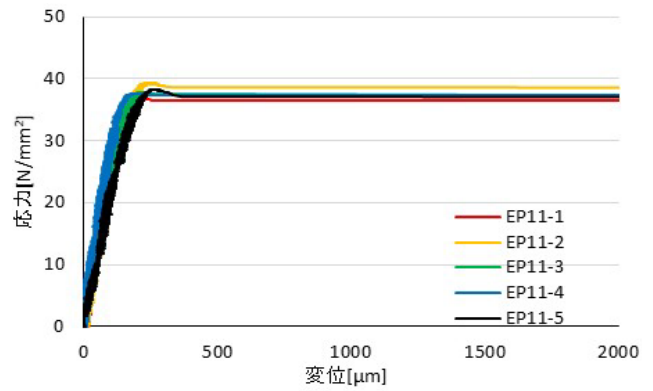
付図 4.7.34 応力-変位曲線 (EP8・M16)



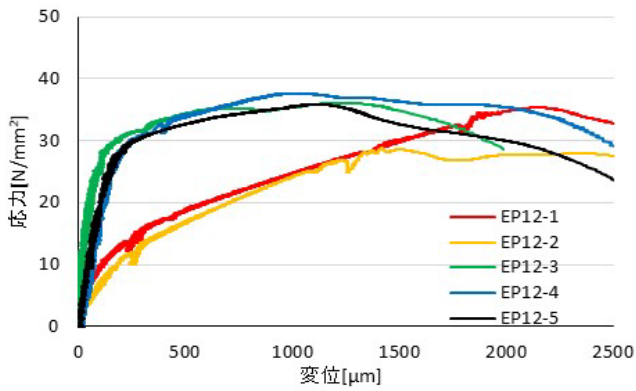
付図 4.7.35 応力変位曲線 (EP9・M16)



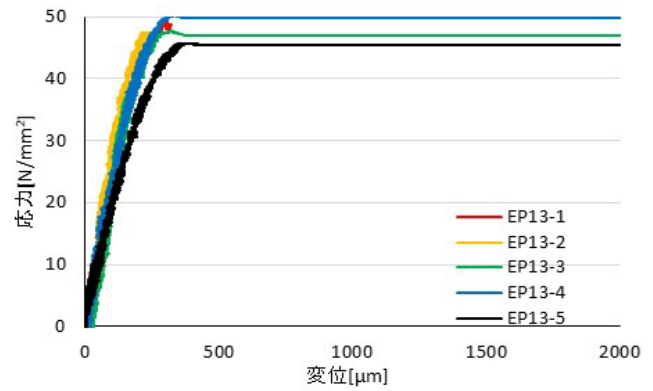
付図 4.7.36 応力-変位曲線 (EP10・M16)



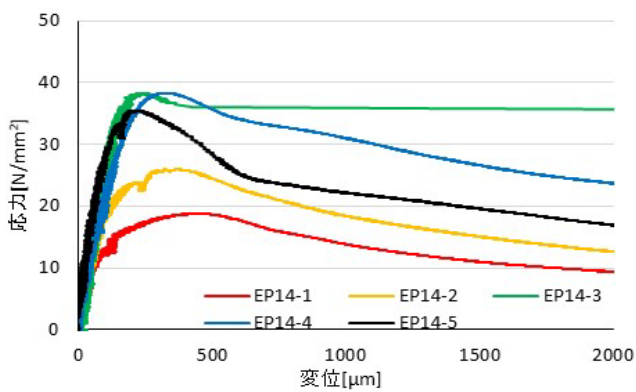
付図 4.7.37 応力変位曲線 (EP11・M16)



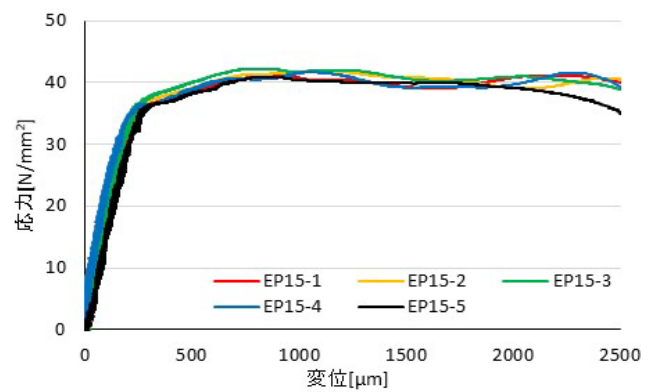
付図 4.7.38 応力-変位曲線 (EP12・M16)



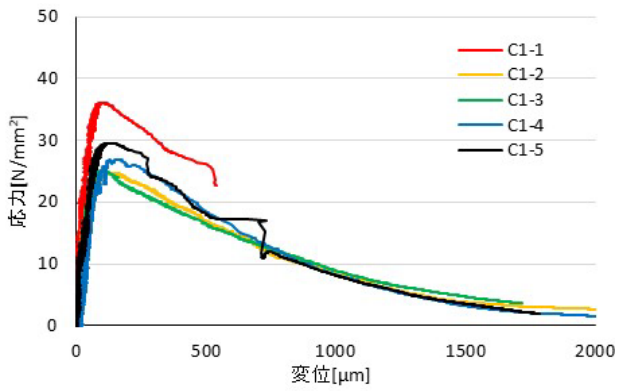
付図 4.7.39 応力変位曲線 (EP13・M16)



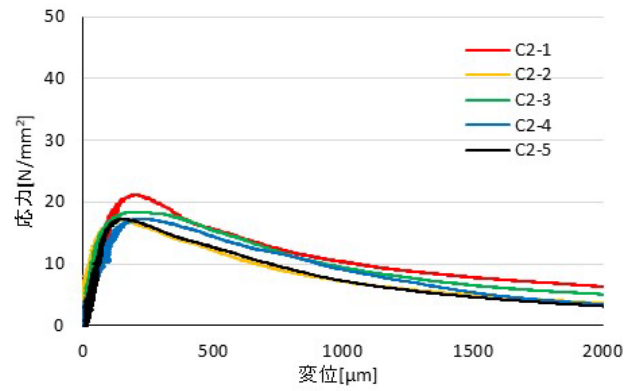
付図 4.7.40 応力-変位曲線 (EP14・M16)



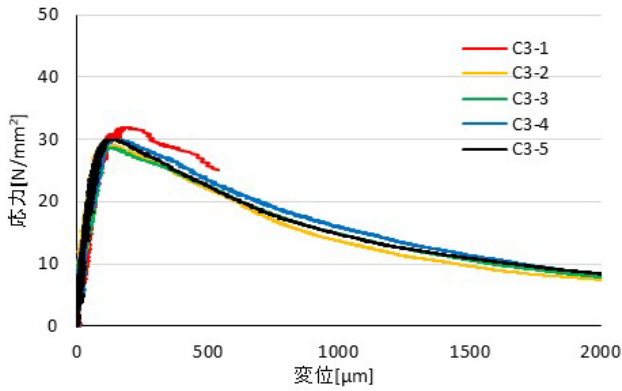
付図 4.7.41 応力変位曲線 (EP15・M16)



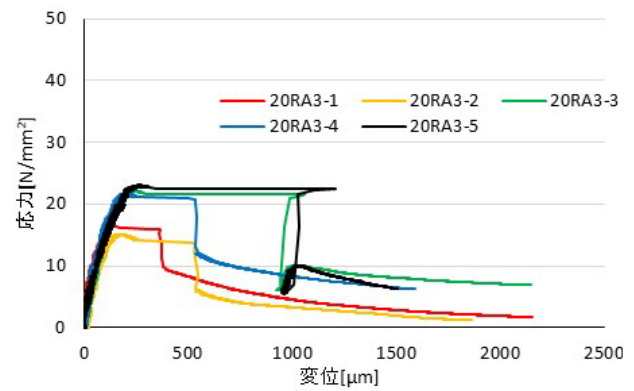
付図 4.7.42 応力-変位曲線(C1・M16)



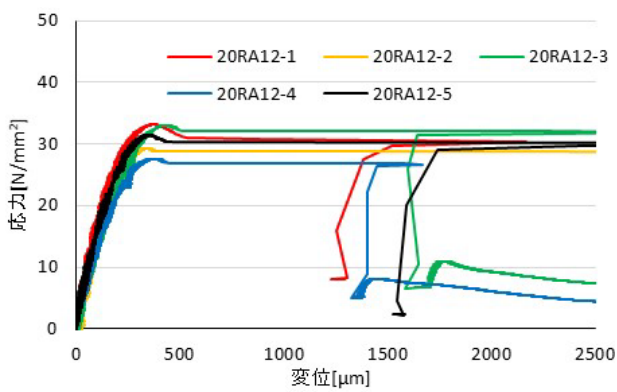
付図 4.7.43 応力変位曲線(C2・M16)



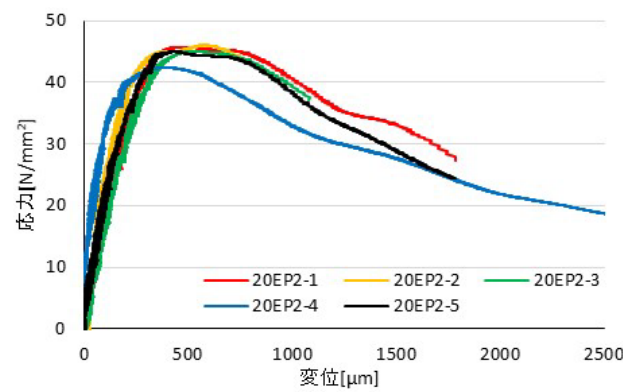
付図 4.7.44 応力-変位曲線(C3・M16)



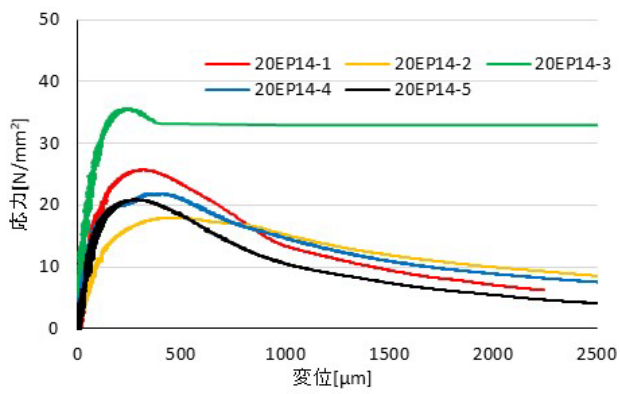
付図 4.7.45 応力変位曲線(RA3・M20)



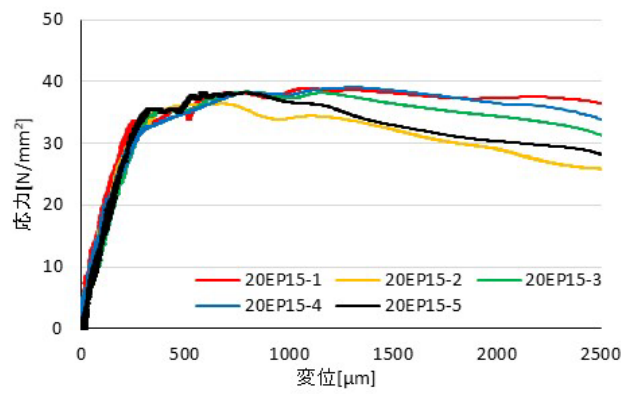
付図 4.7.46 応力-変位曲線(RA12・M20)



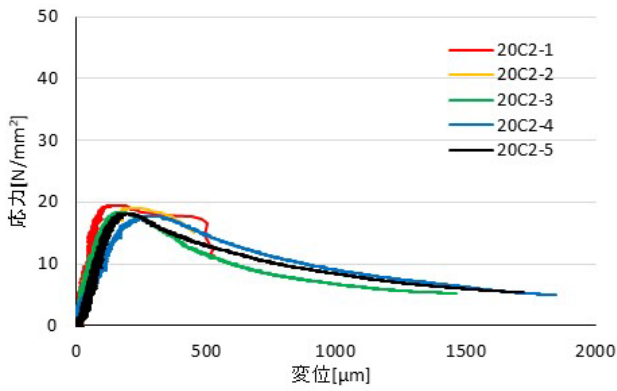
付図 4.7.47 応力変位曲線(EP2・M20)



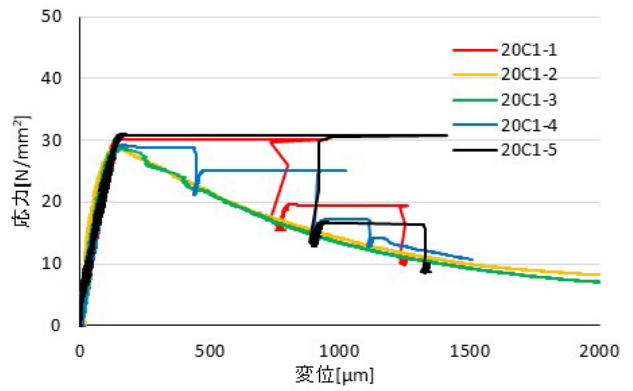
付図 4.7.48 応力-変位曲線 (EP14・M20)



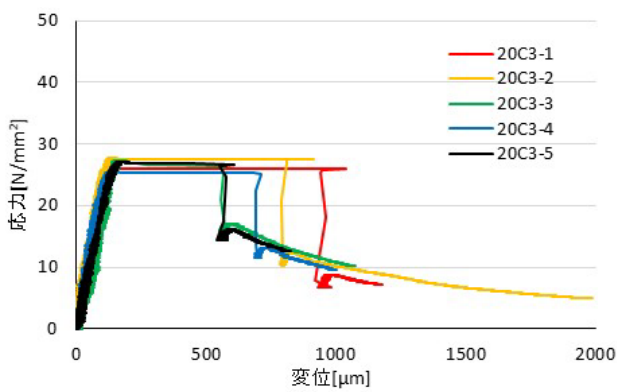
付図 4.7.49 応力変位曲線 (EP15・M20)



付図 4.7.50 応力-変位曲線 (C1・M20)



付図 4.7.51 応力変位曲線 (C2・M20)



付図 4.7.52 応力変位曲線 (C3・M20)

**付録5 ひび割れの影響によるあと施工アンカーの耐力低下に関する各指針における規定や既往の実験結果**

**付録5.1 Building Code Requirements for Structural Concrete(ACI318-14) and Commentary (ACI318R-14), CHAPTER17 ANCHORING TO CONCRETE**

引張, 付着およびせん断の耐力式は, 以下のとおりである。

17.4.2 引張時のコンクリート破壊耐力

(a) あと施工アンカー単体

$$N_{cb} = \frac{A_{NC}}{A_{NCO}} \cdot \Psi_{cd,N} \cdot \Psi_{C,N} \cdot \Psi_{CP,N} \cdot N_b \quad \dots\dots\dots (17.4.2.1a) \text{ 式}$$

(b) あと施工アンカー群

$$N_{cbg} = \frac{A_{NC}}{A_{NCO}} \cdot \Psi_{ec,N} \cdot \Psi_{cd,N} \cdot \Psi_{C,N} \cdot \Psi_{CP,N} \cdot N_b \quad \dots\dots\dots (17.4.2.1b) \text{ 式}$$

- 記号  $\frac{A_{NC}}{A_{NCO}}$  : コンクリート破壊の基準面積(あと施工アンカー単独, へりあきなどの影響なし)に対する実際の水平投影面積
- $\Psi_{ed,N}$  : へりあきによる修正係数
- $\Psi_{c,N}$  : ひび割れによる修正係数  
(実荷重でひび割れあり : 1.0, 実荷重でひび割れなし : 1.4)
- $\Psi_{cp,N}$  : 割裂防止筋の有無による修正係数
- $\Psi_{ec,N}$  : 偏心荷重によるあと施工アンカー群への修正係数
- $N_b$  : 基準引張耐力

17.4.5 引張時の付着耐力

(a) あと施工アンカー単体

$$N_a = \frac{A_{NC}}{A_{NCO}} \cdot \Psi_{ed,Na} \cdot \Psi_{cp,Na} \cdot N_{ba} \quad \dots\dots\dots (17.4.5.1a) \text{ 式}$$

(b) あと施工アンカー群

$$N_{ag} = \frac{A_{NC}}{A_{NCO}} \cdot \Psi_{ec,Na} \cdot \Psi_{ed,Na} \cdot \Psi_{cp,Na} \cdot N_{ba} \quad \dots\dots\dots (17.4.5.1b) \text{ 式}$$

- 記号  $\frac{A_{NC}}{A_{NCO}}$  : 付着破壊の基準面積(あと施工アンカー単独, へりあきなどの影響なし)に対する実際の水平投影面積
- $\Psi_{ed,Na}$  : へりあきによる修正係数
- $\Psi_{cp,Na}$  : 割裂防止筋の有無による修正係数
- $\Psi_{ec,Na}$  : 偏心荷重によるあと施工アンカー群への修正係数
- $N_{ba}$  : 基準付着耐力(耐力式  $N_{ba} = \lambda_a \cdot \tau_{cr} \cdot \pi \cdot d_a \cdot h_{ef}$  中の, 基準付着応力度は以下による)

実荷重でひび割れあり : ACI355.4 のひび割れコンクリートに適用するための試験方法で求めた  $\tau_{cr}$

実荷重でひび割れなし : ACI355.4 のひび割れなしコンクリートに適用するための試験方法による  $\tau_{uncr}$

### 17.3.2 せん断時のコンクリート破壊耐力

(a)せん断力がへりに直角に作用するあと施工アンカー単体

$$V_{cb} = \frac{A_{vc}}{A_{vco}} \cdot \Psi_{ed,V} \cdot \Psi_{c,V} \cdot \Psi_{h,V} \cdot V_b \quad \dots\dots\dots (17.5.2.1a) \text{式}$$

(b)せん断力がへりに直角に作用するあと施工アンカー群

$$V_{cbg} = \frac{A_{vc}}{A_{vco}} \cdot \Psi_{ec,V} \cdot \Psi_{ed,V} \cdot \Psi_{c,V} \cdot \Psi_{h,V} \cdot V_b \quad \dots\dots\dots (17.5.2.1b) \text{式}$$

(c)せん断力がへりに平行に作用する場合は，(a)，(b)を2倍

(d)コーナー部のあと施工アンカーは，各へりにおけるコンクリート破壊耐力の最小値とする。

- 記号  $\frac{A_{vc}}{A_{vco}}$  : コンクリートへり部側面の破壊基準面積(あと施工アンカー単独，へりあきなどの影響なし)に対する実際の破壊投影面積
- $\Psi_{ed,V}$  : へりあきによる修正係数
- $\Psi_{c,V}$  : ひび割れによる修正係数  
 実荷重でひび割れあり：補強筋の有無・間隔の条件により 1.0, 1.2, 1.4  
 実荷重でひび割れなし：1.4
- $\Psi_{h,V}$  : アンカーが設けられたコンクリート部材厚による修正係数
- $\Psi_{ec,V}$  : 偏心荷重によるあと施工アンカー群への修正係数
- $V_b$  : 基準せん断強度

### 付録5.2 各種合成構造設計指針(日本建築学会)

Dr.Rolf Eligehausen による母材コンクリートのひび割れ幅が接着系あと施工アンカー筋の引張支持力に及ぼす影響を示した実験例(有効埋込み長さ  $L_e=8d_a$  の場合の結果)<sup>5.1)</sup>の紹介  
 →ひび割れ幅が 0.3 mm 程度の場合，引張力は平均的には約 50%に低下している

この実験結果を参考に，アンカー筋の埋込み長さが  $10d_a$  未満の短い場合で，ひび割れが生じている母材コンクリートに施工する場合には，平均付着強度を適切に低減して評価することも必要

### 付録5.3 コンクリートのあと施工アンカー工法の設計・施工指針(案)(土木学会)

ひび割れが発生した場合についても，あと施工アンカー一部に要求される性能が満足されるか否かを適切な方法を用いて照査し，必要に応じて対策を講じなければならない。ただし，ひび割れを伴うあと施工アンカー部の性能照査は非常に高度である現状を鑑み，例えば，地震によりひび割れの発生が予想される部位にはできる限り，あと施工アンカー工法を適用しない配慮も必要である。

指針に取り入れられている安全係数は，以下のとおり。(ひび割れはなし)

材料係数  $\gamma_m$  : 材料特性のばらつき，材料特性値の経時変化等  
 →一般に，コンクリート 1.3，アンカー筋 1.1

作用係数  $\gamma_f$  : 作用の算定方法の不確実性，設計耐用期間中の作用の変化  
 →コンクリート標準示方書による。

- 構造解析係数  $\gamma_a$  : 応答値算定時の構造解析の不確実性  
 →一般に, 1.0
- 部材係数  $\gamma_b$  : 施工の難易度, 部材耐力計算上の不確実性  
 →一般に, 引張: アンカー筋降伏 1.1, コーン状破壊 1.6, 付着 1.6  
 せん断: アンカー筋降伏 1.1, 支圧破壊 1.6
- 影響度係数  $\gamma_i$  : 重要度, 終局限界状態に達したときの第三者へ及ぼす影響  
 →あと施工アンカー部の破壊による周辺環境への影響を小さくできる場合は 1.0
- 不均等係数  $\beta$  : 複数のあと施工アンカーを用いる場合, 荷重分担の不均一性  
 →実験等により合理的な数値を設定できない場合には 1.8

#### 付録5.4 接着系あと施工アンカーにおけるひび割れの影響を評価した引張試験(文献報告)

| 実施機関<br>文献             | 接着剤 | 施工       | ひび割れ<br>時期 | ひび割れ<br>導入方法   | 引張<br>試験 | 破壊<br>モード | 耐力比<br>(無/有) |
|------------------------|-----|----------|------------|----------------|----------|-----------|--------------|
| NEXCO<br>文献 5.2        | 有機  | カプセル     | 施工前        | くさびを打撃         | 拘束       | 付着        | 1.54         |
|                        | 有機  | 注入カートリッジ | 施工前        | くさびを打撃         | 拘束       | 付着        | 1.18         |
|                        | 有機  | 現場調合     | 施工前        | くさびを打撃         | 拘束       | 付着        | 4.35         |
| 住友大阪<br>セメント<br>文献 5.3 | 無機  | 注入カートリッジ | 施工前        | テフロン           | 非拘束      | コーン       | 1.14~1.39    |
|                        | 無機  | 注入カートリッジ | 施工前        | テフロン           | 拘束       | 付着        | 1.20         |
|                        | 無機  | 注入カートリッジ | 施工前        | 試験機加力          | 非拘束      | コーン       | 1.52~1.59    |
|                        | 無機  | 注入カートリッジ | 施工後        | 試験機加力          | 非拘束      | コーン       | 1.69         |
| 建研<br>文献 5.4           | 有機  | 注入カートリッジ | 施工前        | 実大建物試験<br>体を加力 | 拘束       | 付着        | 1.11~1.18    |

#### 引用文献

- 5.1) Rolf Eligehausen, Isabelle Hofacker and Steffen Lettow : Fastening Technique-Current Status and Future Trends, RILEM, Pro21, Vol.1, 2001, pp.11-27
- 5.2) 青木圭一ほか3名 : あと施工アンカーにおけるひび割れの影響試験について, コンクリート工学, Vol.54, No.2, pp.170-175, 2016.2
- 5.3) 川上明大ほか3名 : 超速硬セメント系注入式あと施工アンカーの引抜き耐力に及ぼすひび割れの影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.36, No.1, pp.894-1899, 2014.6
- 5.4) 田沼毅彦ほか7名 : 湿式コアドリル穿孔による注入方式あと施工アンカーの付着性能確認実験, 日本建築学会学術講演梗概集 C-2, pp.549-550, 2016.8

---

© 建築研究資料 第 200 号

令和 2 年 7 月 印刷・発行  
編集・発行 国立研究開発法人建築研究所

---

本資料の転載・複写の問い合わせは下記まで  
国立研究開発法人建築研究所企画部企画調査課  
〒305-0802 茨城県つくば市立原 1 番地  
電話 (029) 864-2151(代)