

## 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	$F_c=165\text{kg/cm}^2$

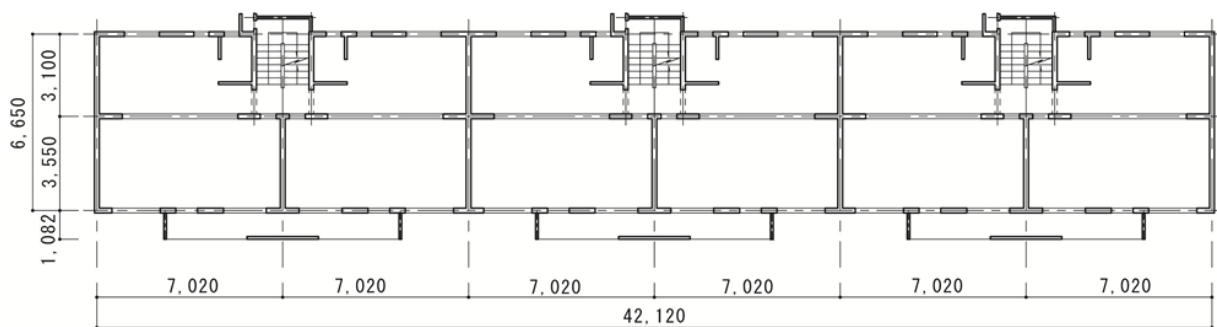


図 5.2.2.2-1 基準階平面図



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、試験部位の躯体面内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150mm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、埋設物と躯体面内鉄筋から50mm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、0.3mm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	110mm	180mm	110mm
配筋	9φダブル@250	鉄筋9φダブル@200 (一部@400)	鉄筋9φダブル@200 (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1~2mm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 (N/mm <sup>2</sup> )	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	直径 d×高さ h (mm)	h/d	気乾単位 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

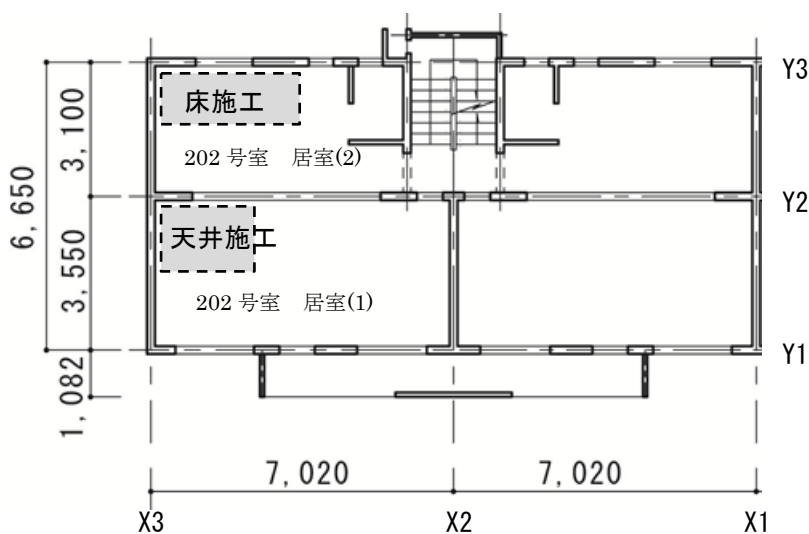


図 5.2.2.3-1 天井および床のアンカー施工位置 (平面図)

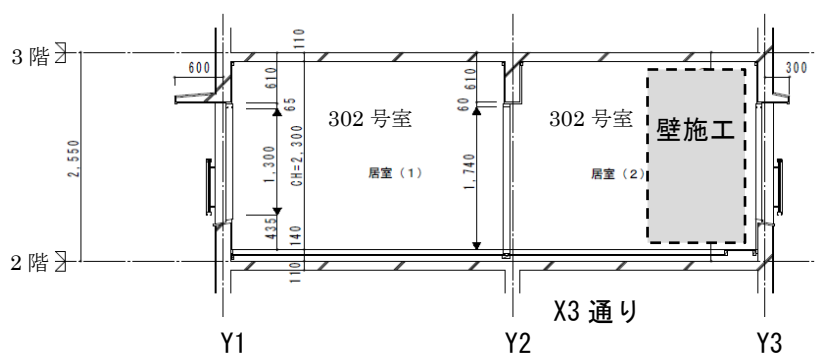


図 5.2.2.3-2 壁のアンカー施工位置 (断面図)

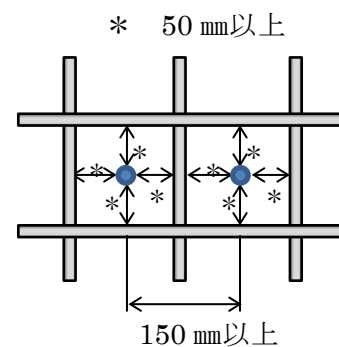


図 5.2.2.3-3

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 ボアマチック SBM-25CXST (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 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 DP-601 (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)

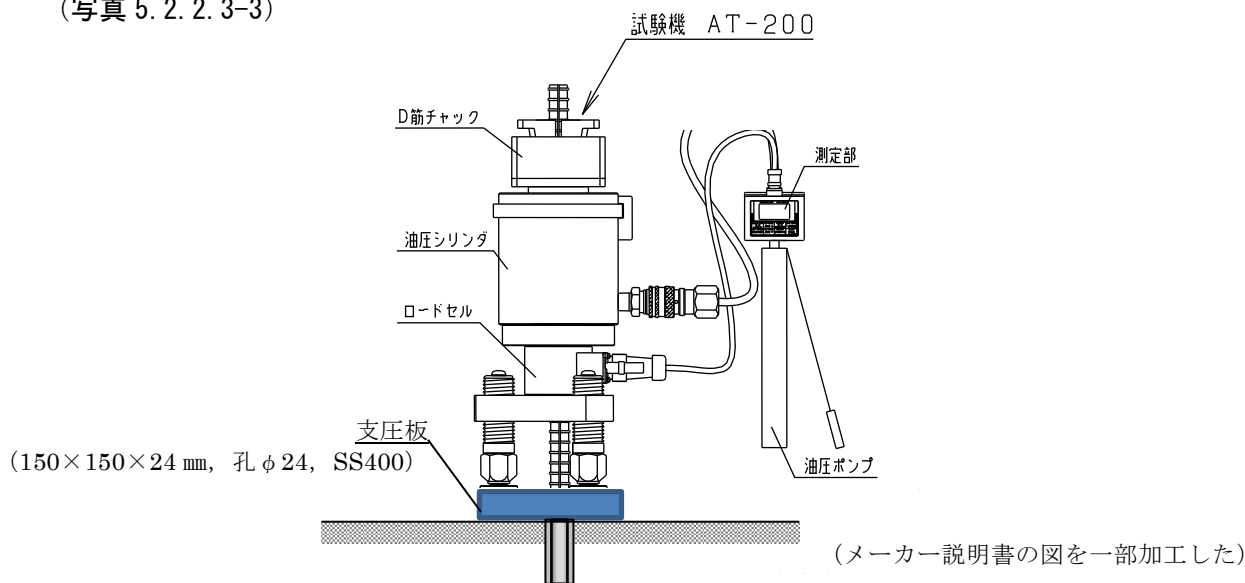


図 5.2.2.3-4 試験機の概要



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 (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 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 (接着剤充填・ア 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。

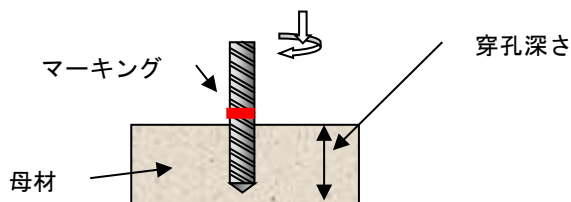


図 5.2.2.5-1 母材穿孔

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。

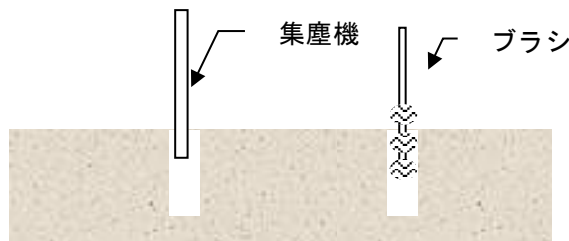


図 5.2.2.5-2 孔内清掃

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。

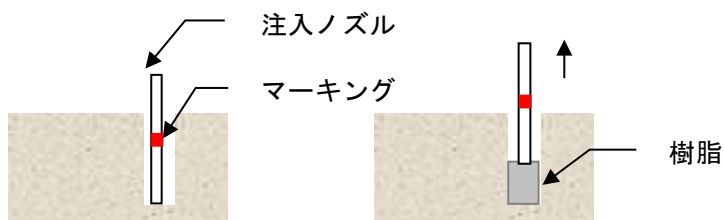


図 5. 2. 2. 5-3 接着剤充填

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。

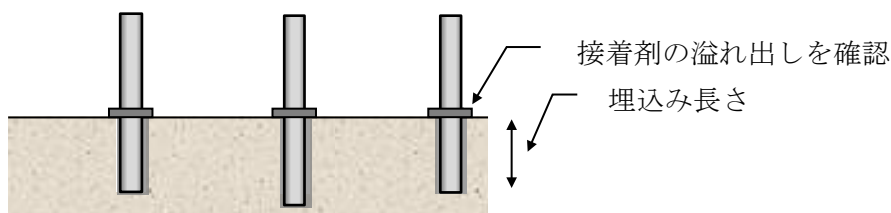


図 5. 2. 2. 5-4 アンカー筋埋込み

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。

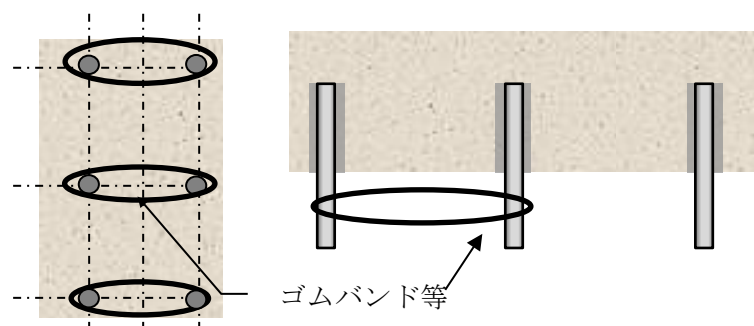


図 5.2.2.5-5 位置固定・脱落防止（ゴムバンド）



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。

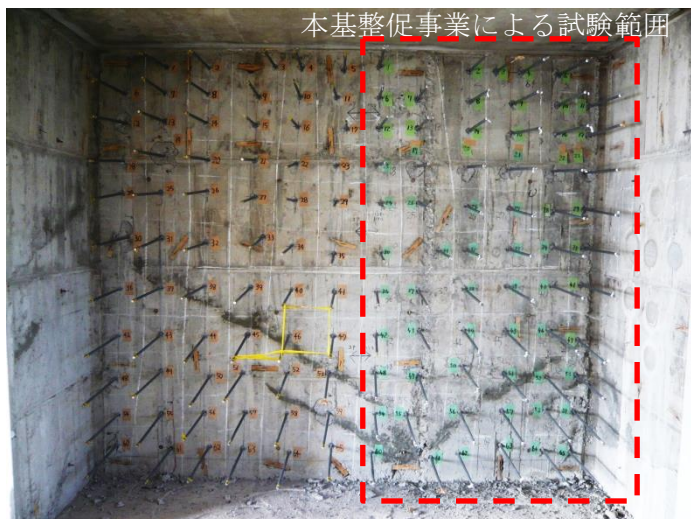


写真 5. 2. 3. 1-1 壁に施工したアンカー筋

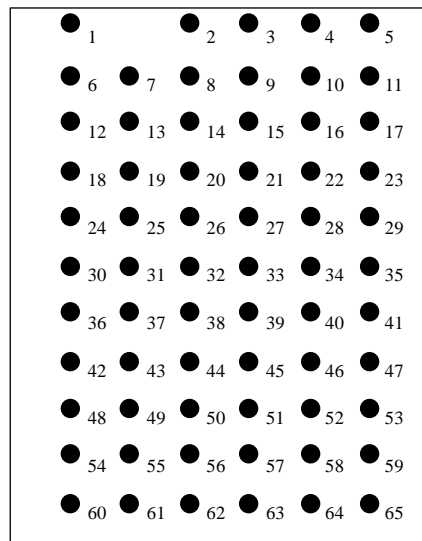


図 5. 2. 3. 1-1 壁のアンカー筋番号



写真 5. 2. 3. 1-2 天井に施工したアンカー筋

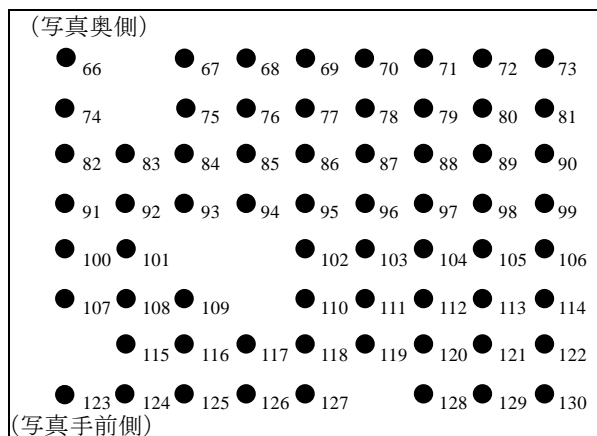


図 5. 2. 3. 1-2 天井のアンカー筋番号



写真 5. 2. 3. 1-3 床に施工したアンカー筋

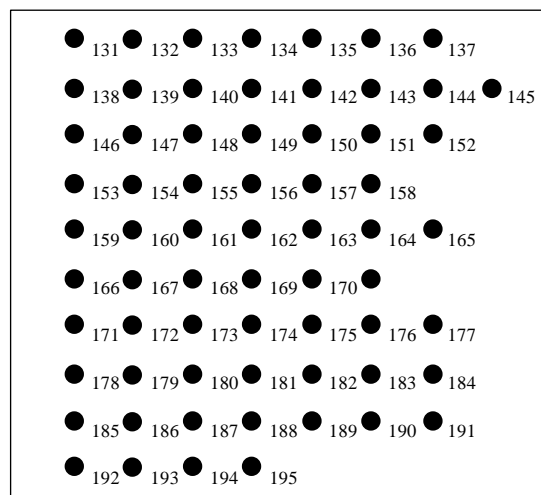


図 5. 2. 3. 1-3 床のアンカー筋番号

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 65 mm 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 65 mm 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				表層剥離	---	
132	床	59.0		---	20.3				16.5				表層剥離	---	
133	床	60.3		---	20.5				16.7				表層剥離	---	
134	床	67.8		---	21.8				17.8				表層コーン	---	床面大きな不陸あり
135	床	80.4		---	26.2				21.3					---	
136	床	68.0		---	23.5				19.1				表層剥離	---	
137	床	61.4		---	20.9				17.0				表層剥離	---	
138	床	69.1		---	25.3				20.3					---	
139	床	54.3		---	19.8				16.0				表層コーン	---	
140	床	66.0	○	0.86	24.5				19.9					充分充填	
141	床	61.5		---	22.5				18.2				表層剥離	---	
142	床	67.0		---	24.5				19.8					---	
143	床	63.7		---	22.0				17.8				表層コーン	---	
144	床	78.0		---	27.7				22.4					---	
145	床	50.9		---	17.6				14.2				表層コーン	---	
146	床	68.6		---	23.7				19.2					---	
147	床	65.7		---	22.7				18.5				表層コーン	---	
148	床	53.9		---	18.6				15.0				表層コーン	---	
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				表層コーン	---	(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				表層剥離	---	(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				表層剥離	---	
159	床	64.6		---	23.3				18.9				表層コーン	---	
160	床	73.6	○	計測不良	25.7				20.7					---	
161	床	61.4		---	21.2				17.1				表層コーン	---	
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	表層剥離	---	
164	床	67.3		---	23.5				19.1				表層剥離	---	
165	床	64.4		---	22.2				18.0				表層剥離	---	(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				表層剥離	---	(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					充分充填	
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				表層コーン	---	
171	床	76.6		---	26.4				21.5					---	
172	床	79.7		---	28.3				22.7					充分充填	
173	床	70.6		---	24.7				20.0					---	
174	床	66.5		---	23.3				18.9				表層剥離	---	(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				表層コーン	---	
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				表層コーン	---	
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				表層コーン	---	
188	床	45.9		---	15.8				12.9					---	
189	床	59.1		---	19.6				15.9				表層コーン	---	(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				表層コーン	---	床面大きな不陸あり
191	床	66.8		---	23.0				18.9				表層コーン	---	
192	床	79.9		---	27.6				22.2				表層コーン	---	
193	床	55.5		---	19.7				15.9				表層コーン	---	
194	床	75.0		---	24.5				19.7				表層コーン	---	
195	床	60.9		---	21.6				17.7				表層コーン	---	

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 mm 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

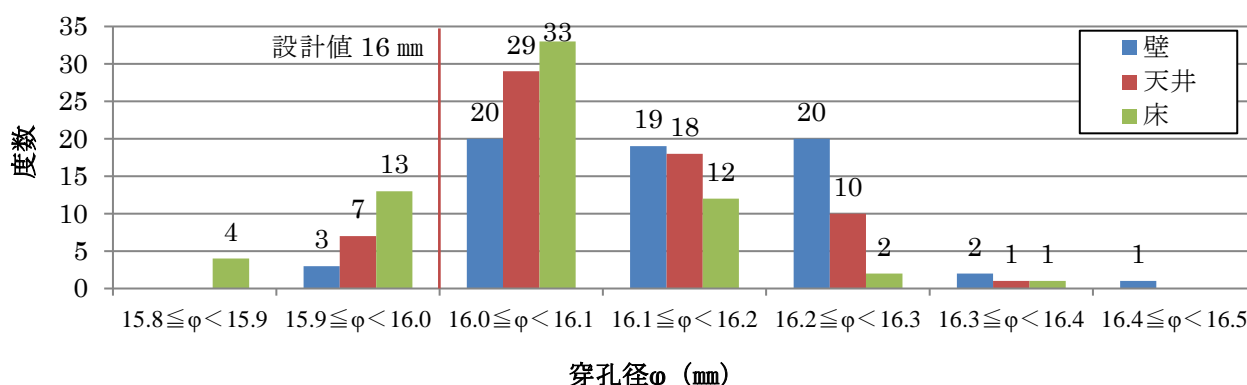


図 5.2.3.3-1 穿孔径 (実測値) の度数分布

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 mm 部位 (姿勢)	52.0	58.5	65.0	71.5	78.0	84.5
	$\leq L < 58.5$	$\leq L < 65.0$	$\leq L < 71.5$	$\leq L < 78.0$	$\leq L < 84.5$	$\leq L < 91.0$
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

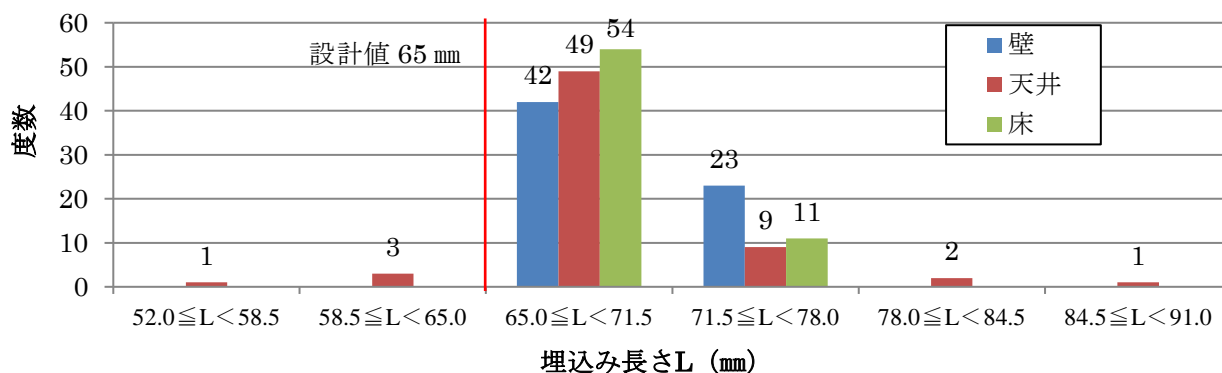


図 5. 2. 3. 3-2 埋込み長さ (実測値) の度数分布

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 ° 部位 (姿勢)	0 ≤ R < 1.5	1.5 ≤ R < 3.0	3.0 ≤ R < 4.5	4.5 ≤ R < 6.0	6.0 ≤ R < 7.5	7.5 ≤ R < 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

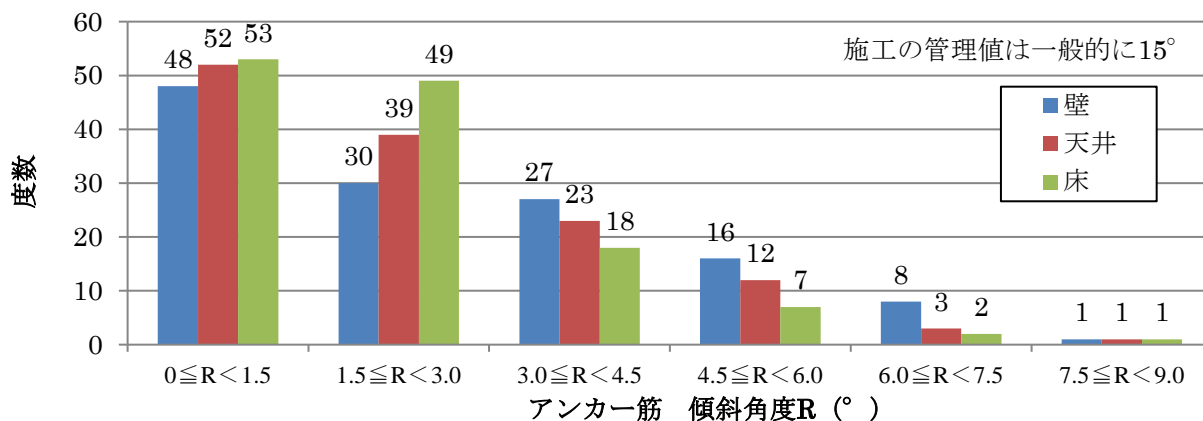


図 5.2.3.3-3 アンカー筋の傾斜角度 (実測値) の度数分布

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。

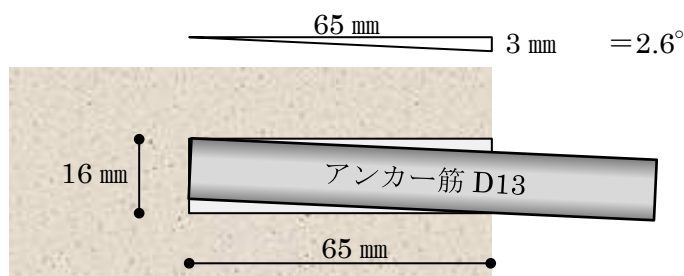


図 5.2.3.3-4 アンカー筋の傾斜角度

#### 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。

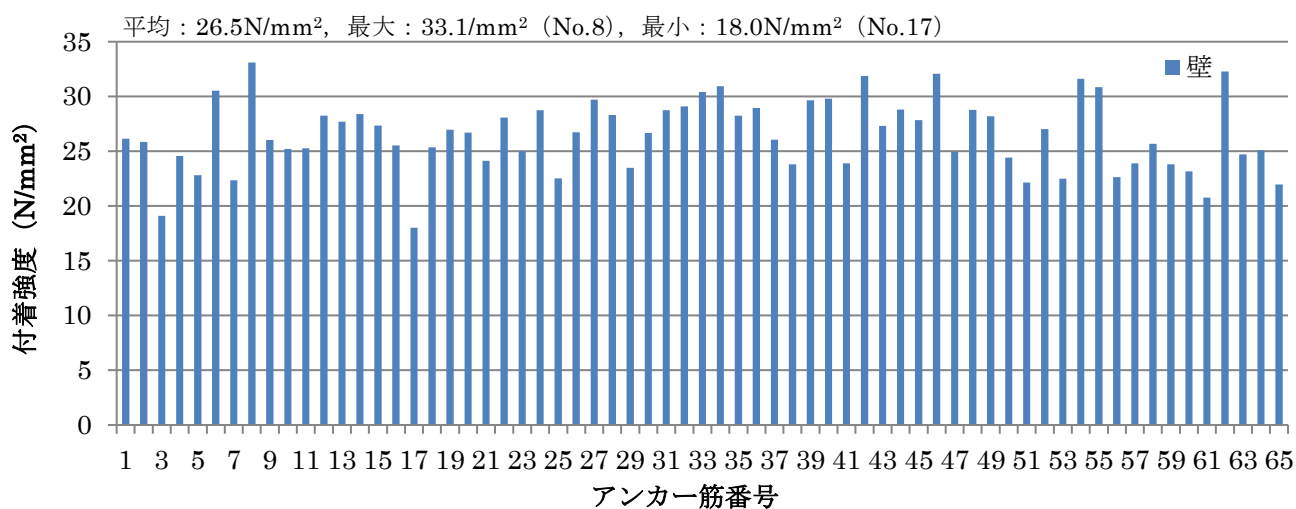


図 5.2.3.4-1 アンカー筋番号ごとの付着強度 (壁, No. 1~No. 65)

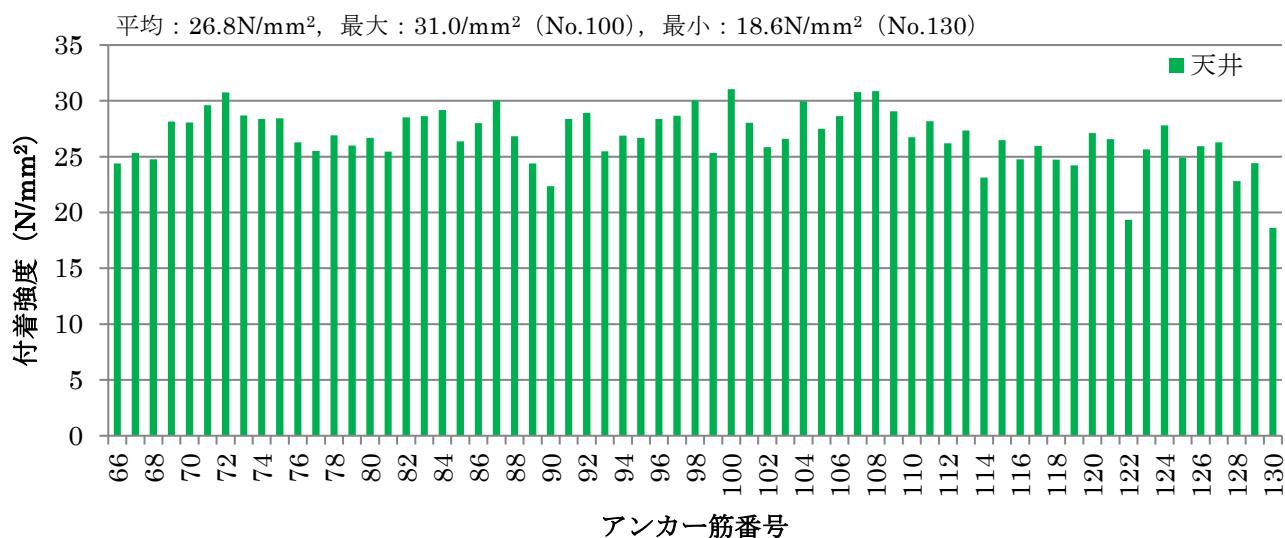


図 5.2.3.4-2 アンカー筋番号ごとの付着強度 (天井, No. 66~No. 130)

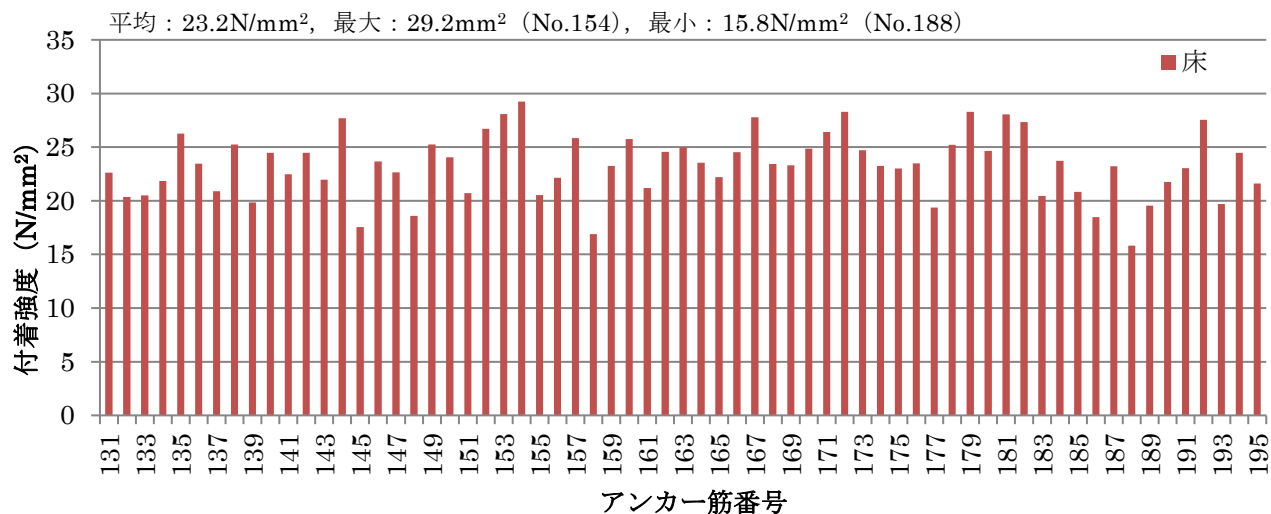


図 5.2.3.4-3 アンカー筋番号ごとの付着強度 (床, No. 131~No. 195)

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

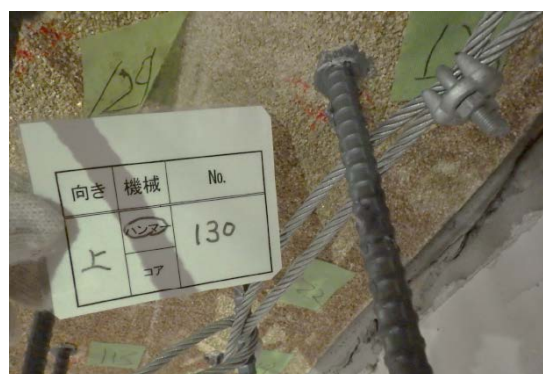


写真 5.2.3.4-2 くさびによる脱落防止(天井, No. 122) 写真 5.2.3.4-3 壁際で不陸あり(天井, No. 130)

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

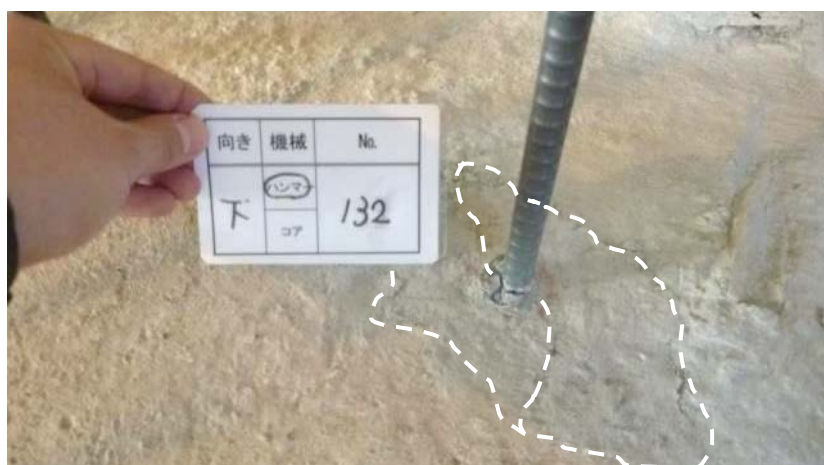


写真5.2.3.4-7 不陸面でない位置で「表層剝離」した例 (床, No.132)

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 $\sigma_B$ (N/mm <sup>2</sup> )	付着強度 $\tau$ (N/mm <sup>2</sup> ) (試験体を基準にした比率)		変動係数 (%)
		平均	$\tau / \sqrt{\sigma_B/21}$	
実建物 壁 (横)	42.3	26.5 (0.84)	18.7 (0.75)	12.3
実建物 天井 (上)	48.9	26.8 (0.85)	17.6 (0.71)	9.1
実建物 床 (下)	42.9	23.2 (0.73)	16.2 (0.65)	12.8
試験体 (下) 表 2.2.2.1 水準 No.10	33.7	31.5 (1.00)	24.9 (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

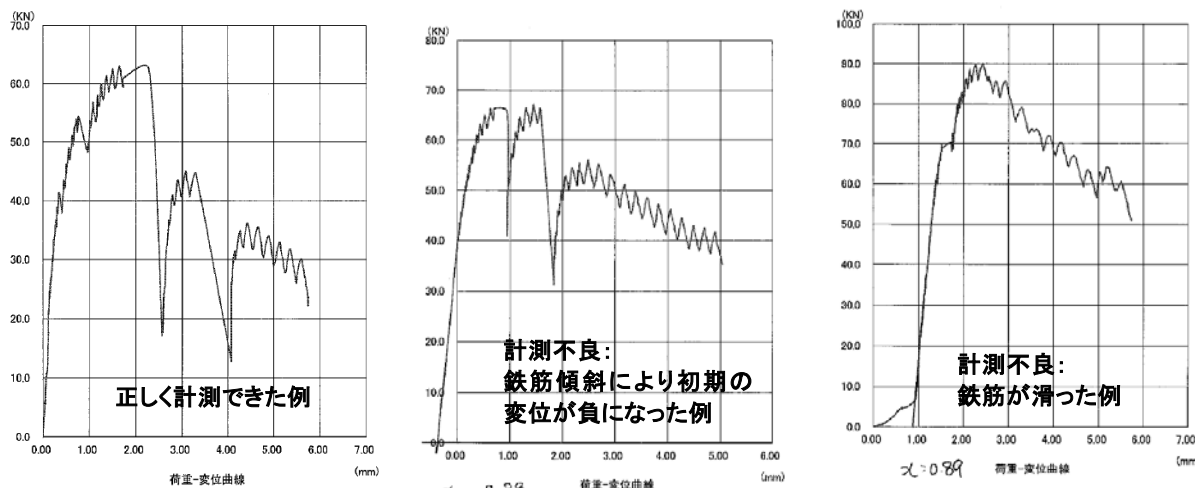


図 5.2.3.4-4 荷重-変形の計測結果のパターン

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。

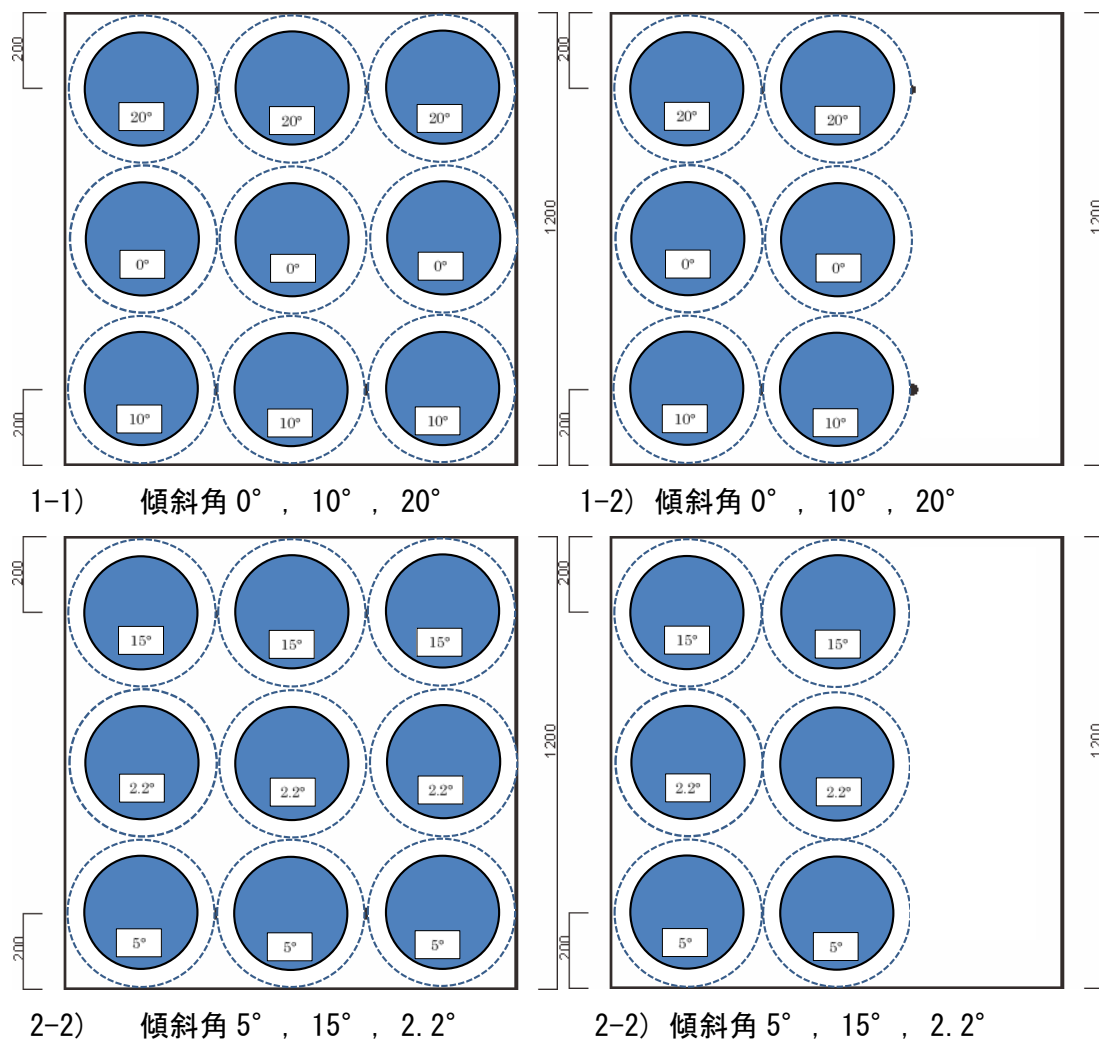


図 5.3.2.1 引張実験用の試験体形状とアンカー筋の配置状況

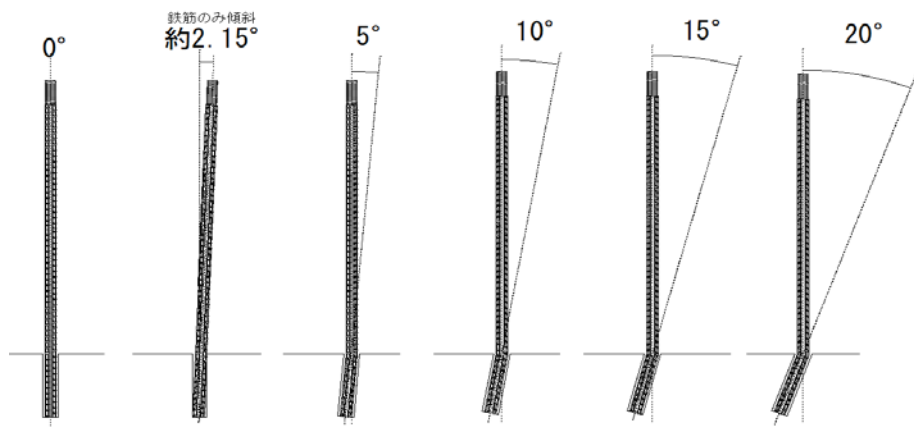


図 5.3.2.2 引張実験用のアンカー筋の傾斜の状況

(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 [N/mm <sup>2</sup> ]	ヤング係数 [N/mm <sup>2</sup> ]	引張強度 [N/mm <sup>2</sup> ]	破断伸び [%]
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。

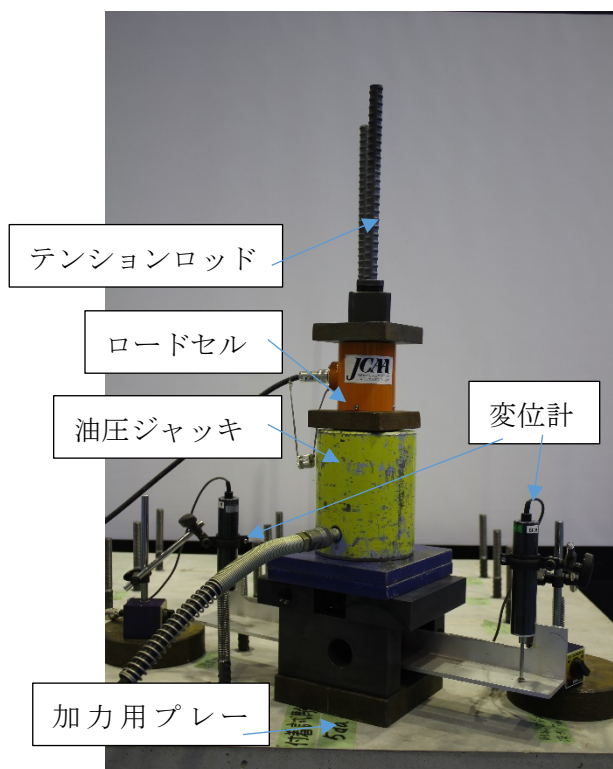


図 5.3.2.3 付着試験の加力・測定装置

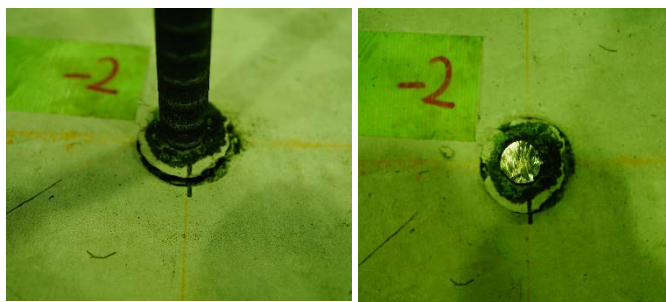


図 5.3.2.4 付着破壊状況の一例

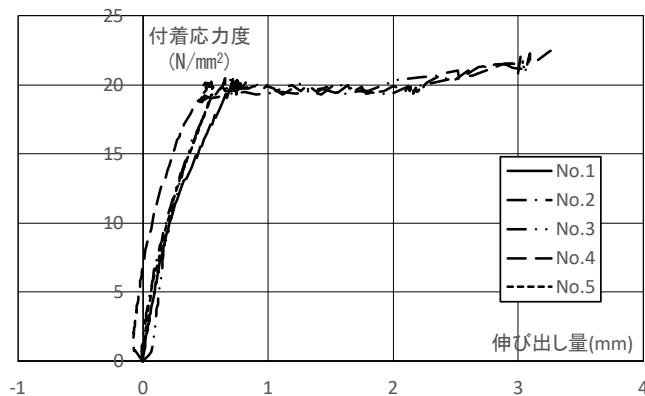


図 5.3.2.5 付着応力度と伸び出し量の関係

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*2	24.9	25.2	24.2	24.4	24.7*2

\*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<sub>a</sub>) 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。

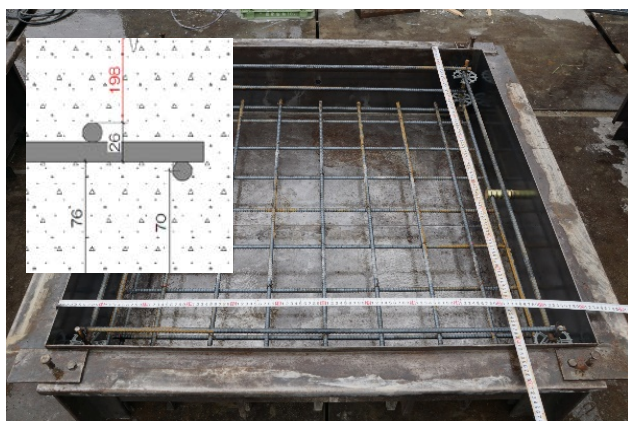


図 5.3.2.6 コンクリート母材の配筋状況

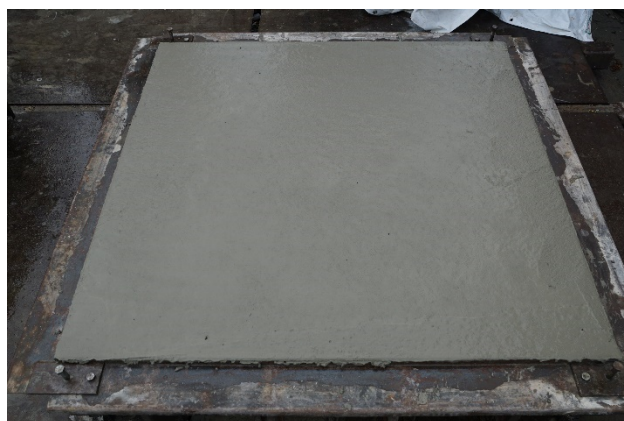


図 5.3.2.7 コンクリート母材の打設状況



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

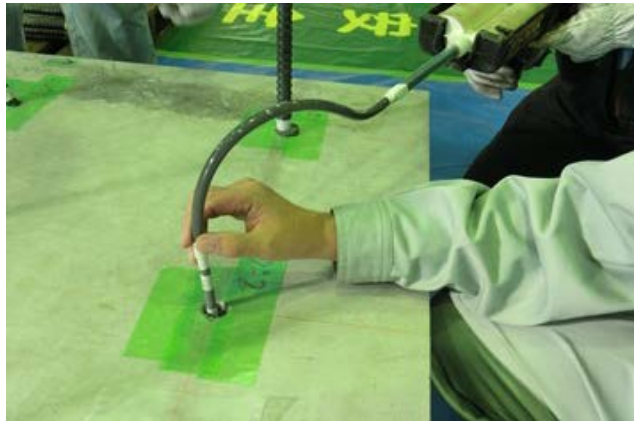


図 5.3.2.13 樹脂の注入状況



図 5.3.2.14 アンカー筋固定治具

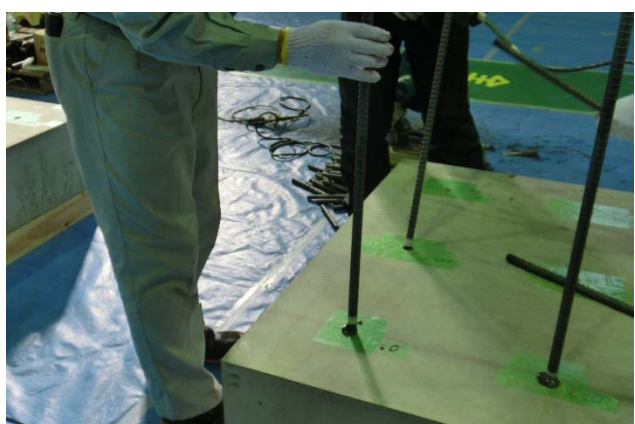


図 5.3.2.15 アンカー筋の挿入状況

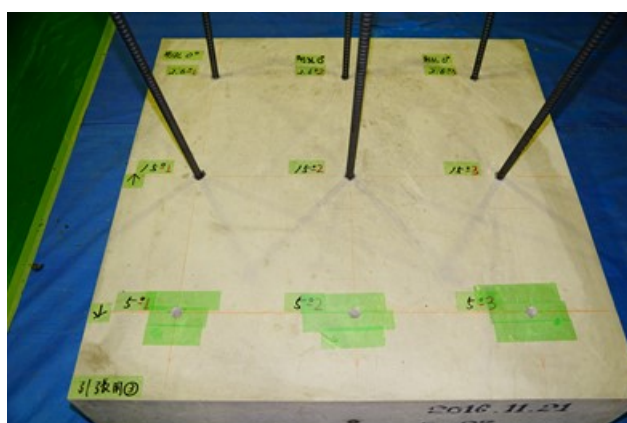


図 5.3.2.16 アンカー筋の設置状況(1)



図 5.3.2.17 アンカー筋の設置状況(2)

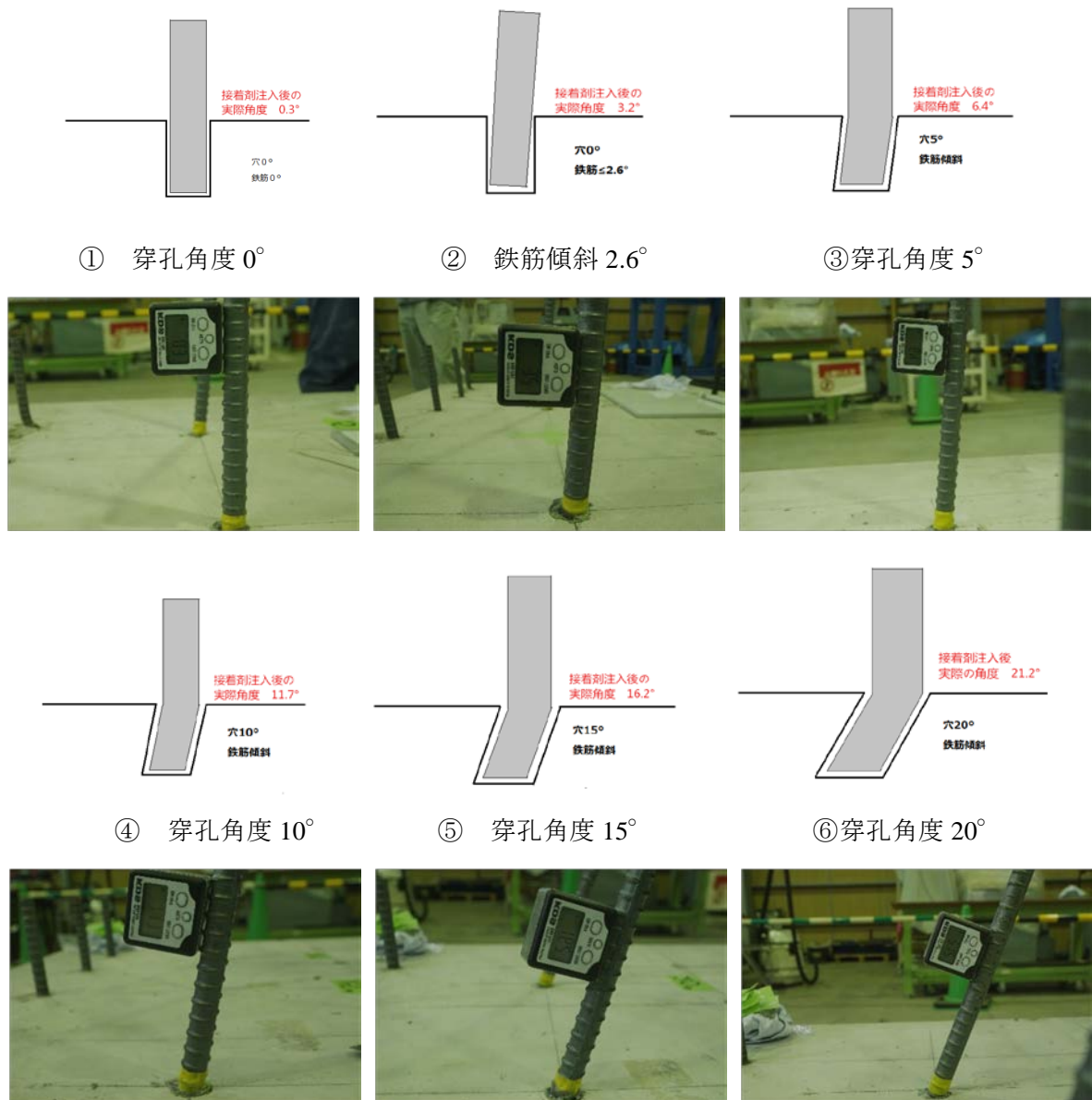


図 5.3.2.18 台直し前のアンカー筋施工後の状況



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。

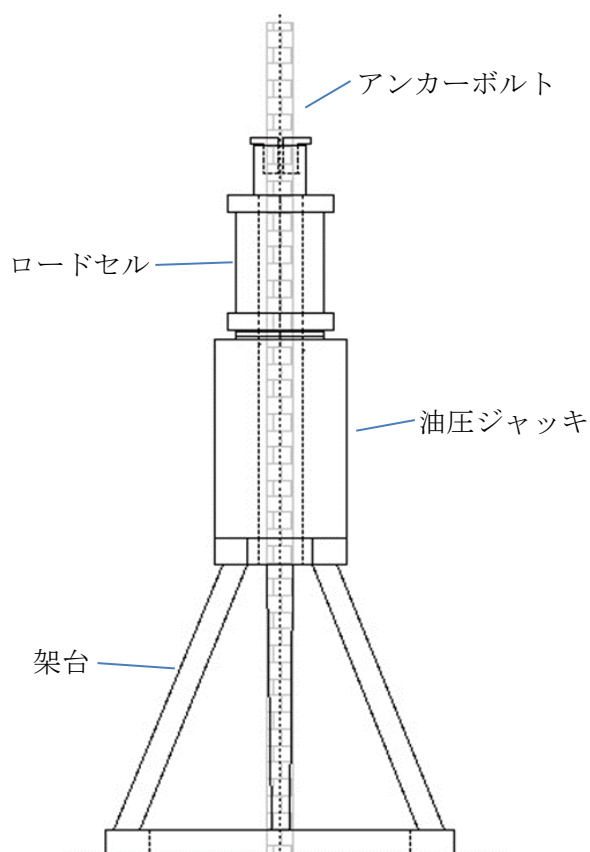
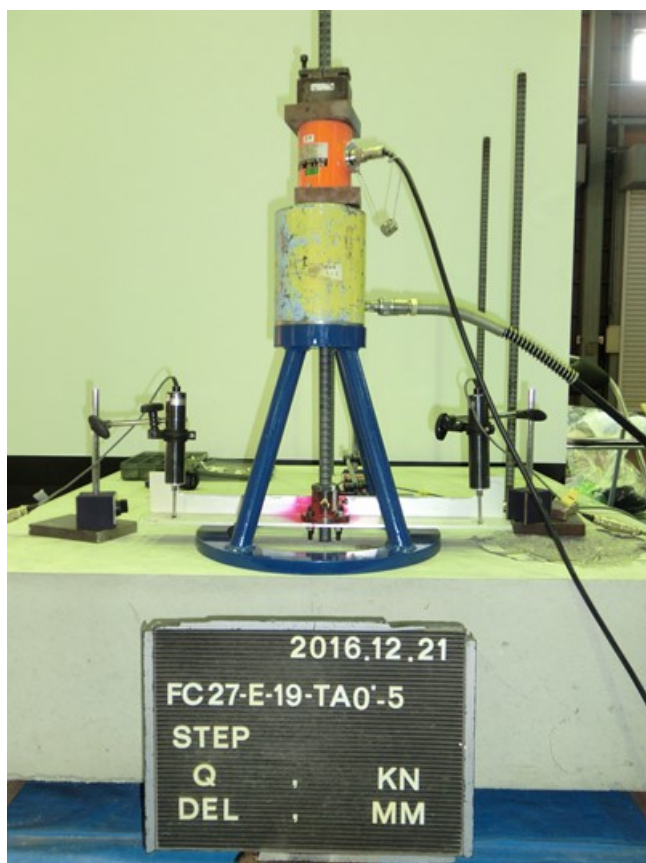
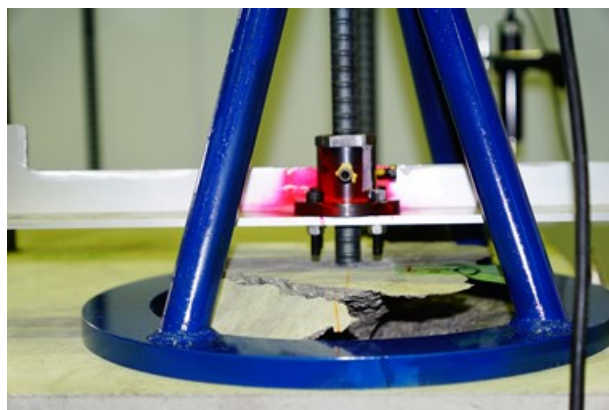
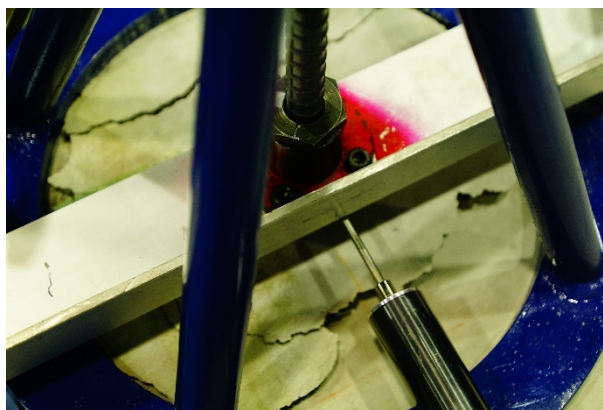


図 5. 3. 2. 20 加力・測定装置



(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 変位測定の状態

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)

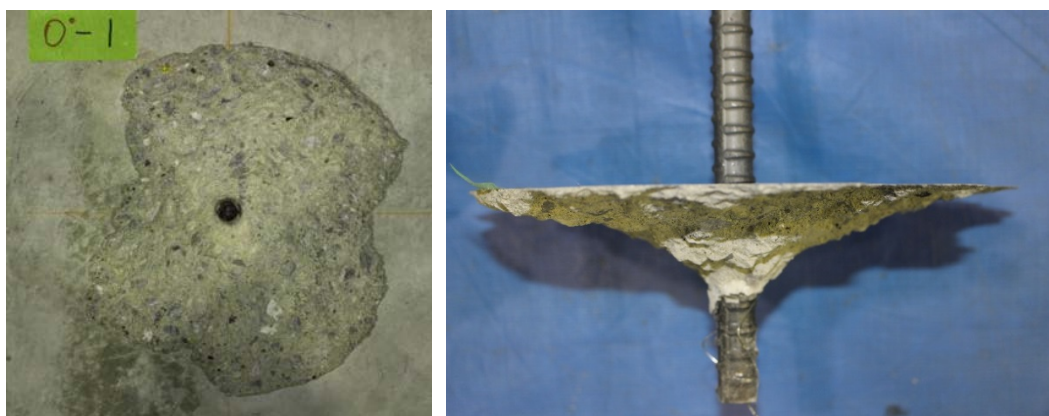
$d_a$  : アンカー筋径

「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。

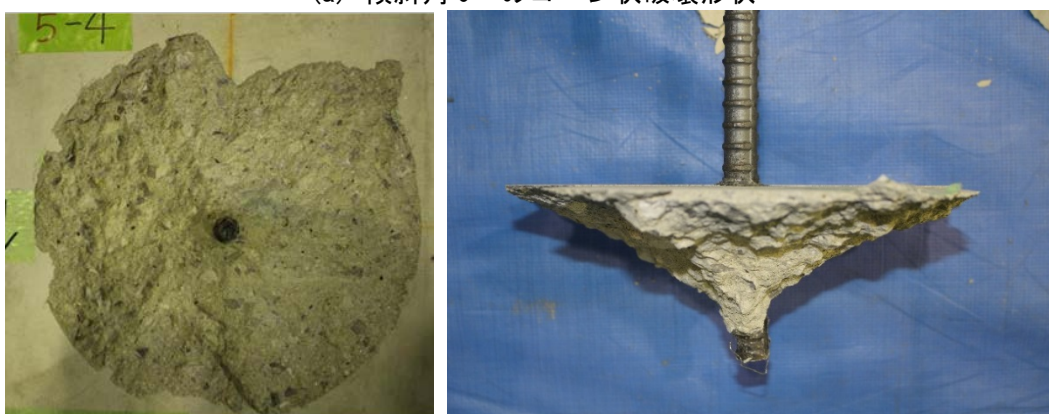
図 5.3.3.4，図 5.3.3.5 中にコンクリートのコーン状破壊で決まる耐力の計算値( $p_2$ )を示す。各傾斜角度のアンカー筋の引張耐力平均値は計算値に対して，1.35 (0°)，1.36 (2.2°)，1.36 (5°)，1.22 (10°)，1.21 (15°)，1.18 (20°) であり，0.3mm 時の引張耐力は計算値に対して，1.15 (0°)，1.17 (2.2°)，1.17 (5°)，1.06 (10°)，1.01 (15°)，0.83 (20°) であった。引張耐力は，アンカー筋の傾斜角度の違いにより異なるが計算値以上の値となっている。各変形時の耐力は，アンカー筋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	
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	
T-5° -4	96.53	24.38	-0.630	5.790	61.86	0.38	55.16	61.86	4
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	
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	
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	
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	
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  $0^\circ$  のコーン状破壊形状



(b) 傾斜角  $5^\circ$  のコーン状破壊形状



(c) 傾斜角  $10^\circ$  のコーン状破壊形状



(d) 傾斜角  $15^\circ$  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)

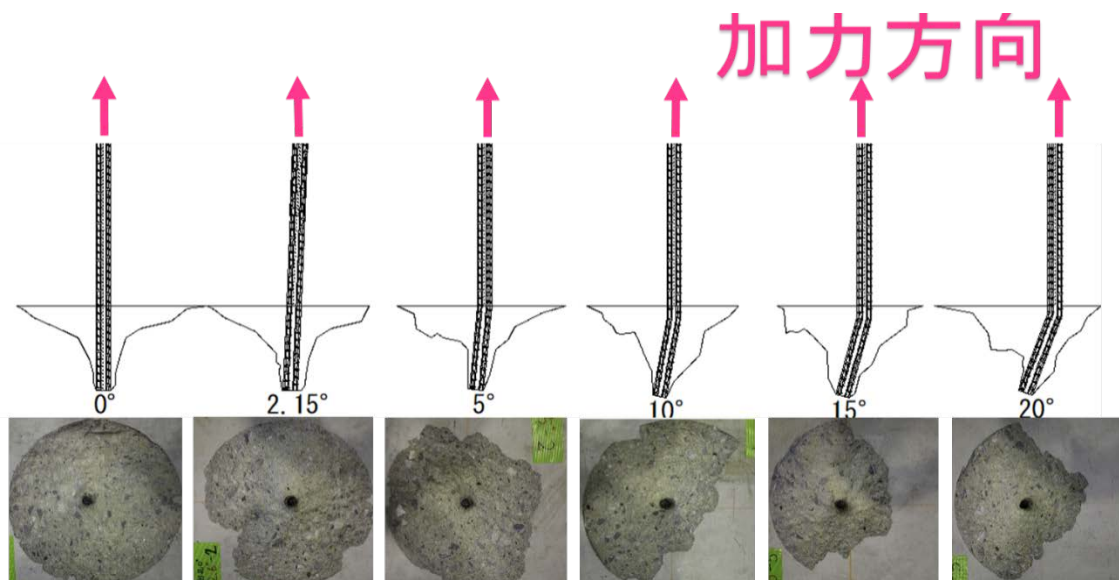
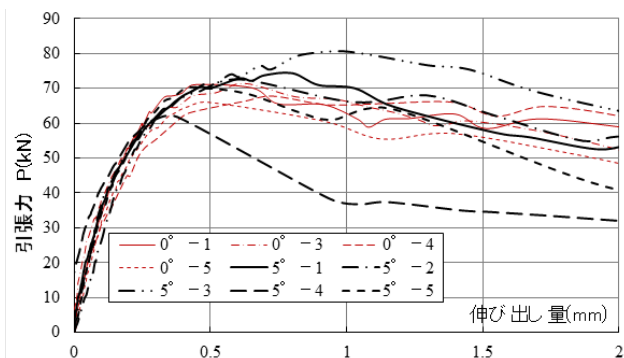
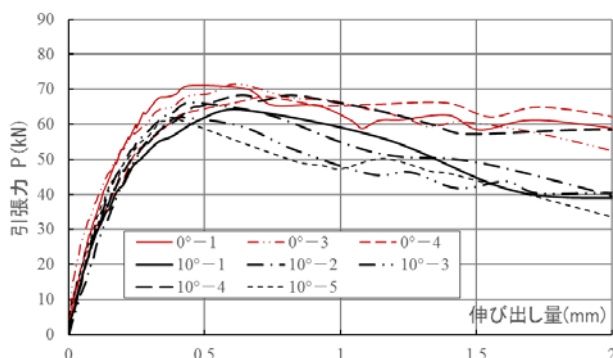


図 5.3.3.2 傾斜角度によるコーン状破壊領域の比較

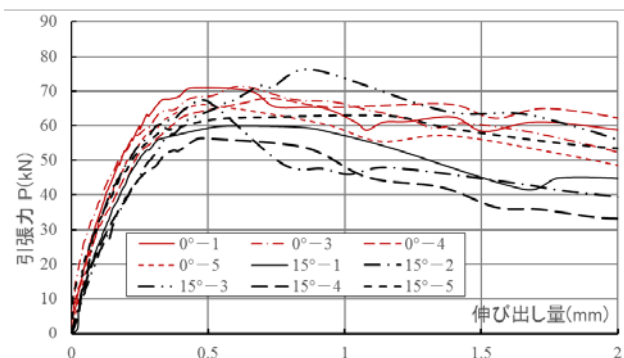




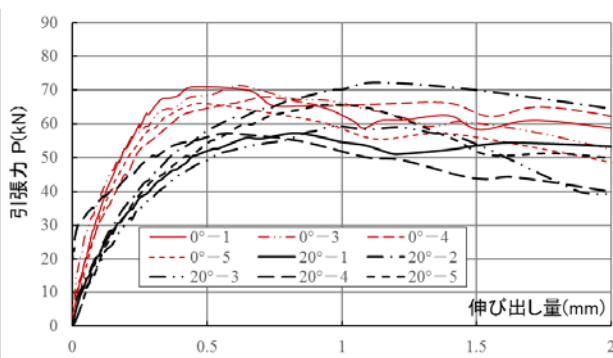
(a) 傾斜角度 0° と 5° との比較



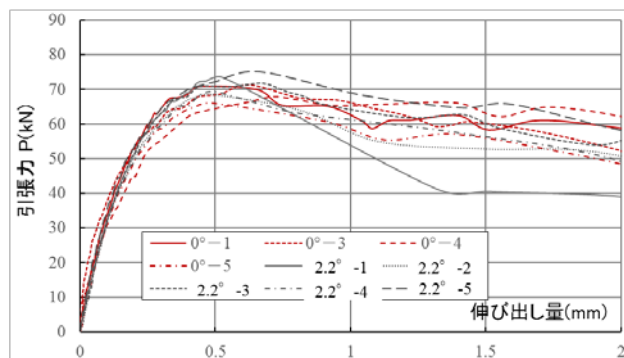
(b) 傾斜角度 0° と 10° との比較



(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

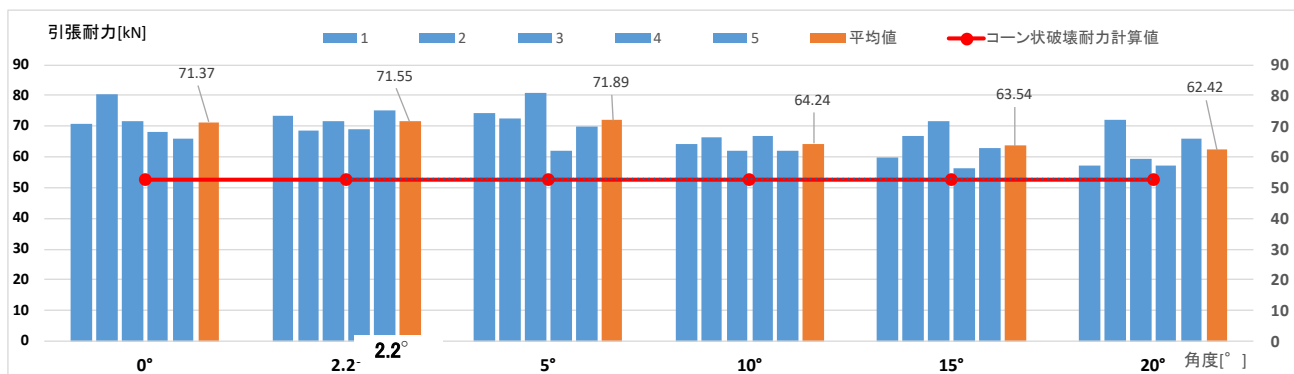


図 5.3.3.4 引張耐力と傾斜角度

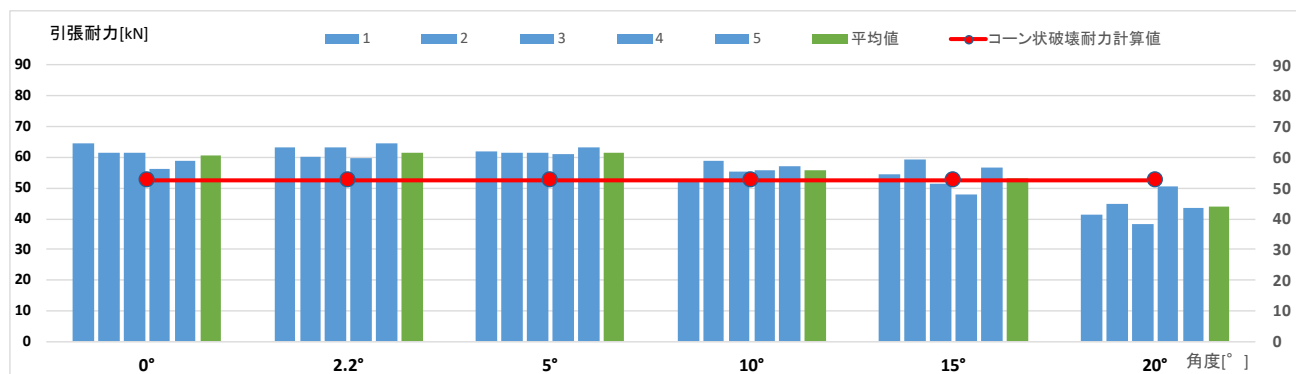


図 5.3.3.5 0.3 mm時の耐力と傾斜角度

### 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	

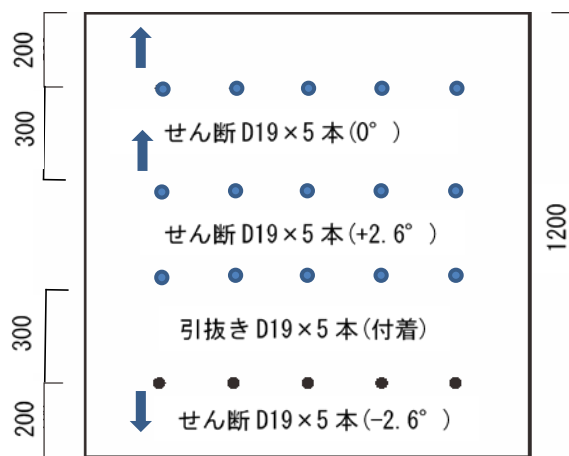
#### 5-3-4-2 試験体

##### (1) 形状および寸法

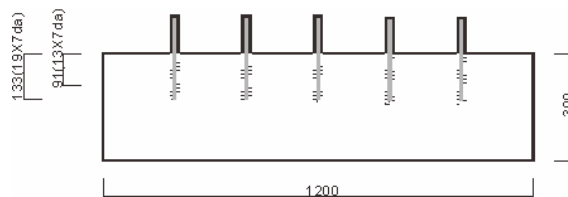
図 5.3.4.1 にコンクリート母材の試験体形状・寸法および要因を示す。試験体形状は 1200×1200×300mm のコンクリートブロックであり，総数 4 体である。1 試験体につき最大 20 本のアンカー筋を注入方式で施工した。コンクリート強度は実験時の目標圧縮強度を 27N/mm<sup>2</sup> とし，アンカー筋は D19 (SD345) を使用した。

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。



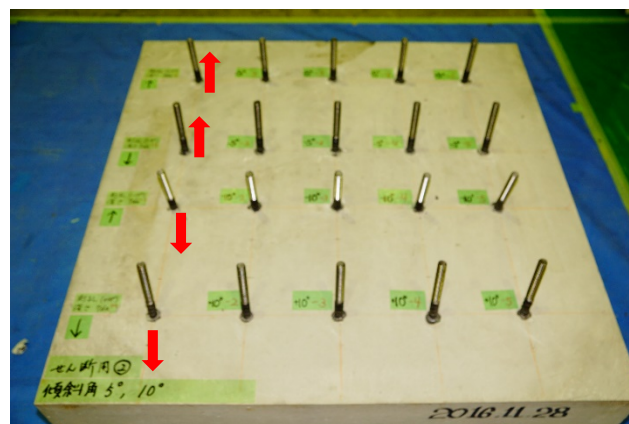
(a) 平面形状一例



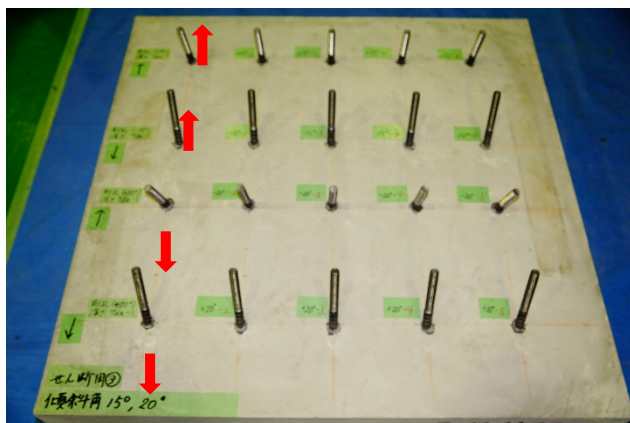
(b) 立面形状一例



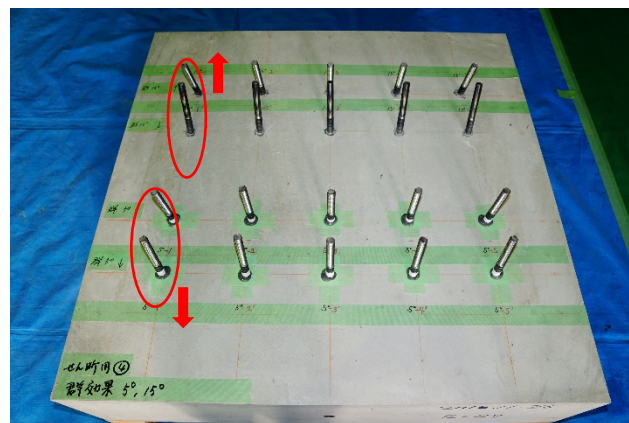
(c) 上段：傾斜角  $0^\circ$  , 2 段：傾斜角  $+2.2^\circ$   
3 段：付着試験用, 下段：傾斜角  $-2.2^\circ$   
\* 矢印：加力方向



(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) : 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

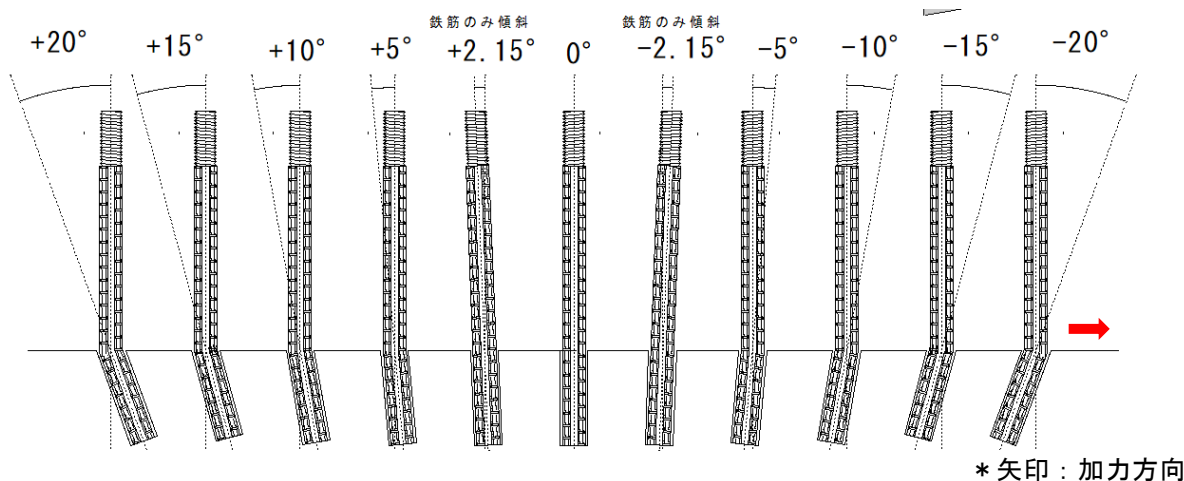


図 5.3.4.2 セン断試験用のアンカー筋の傾斜状況

(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」に示した引張実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。

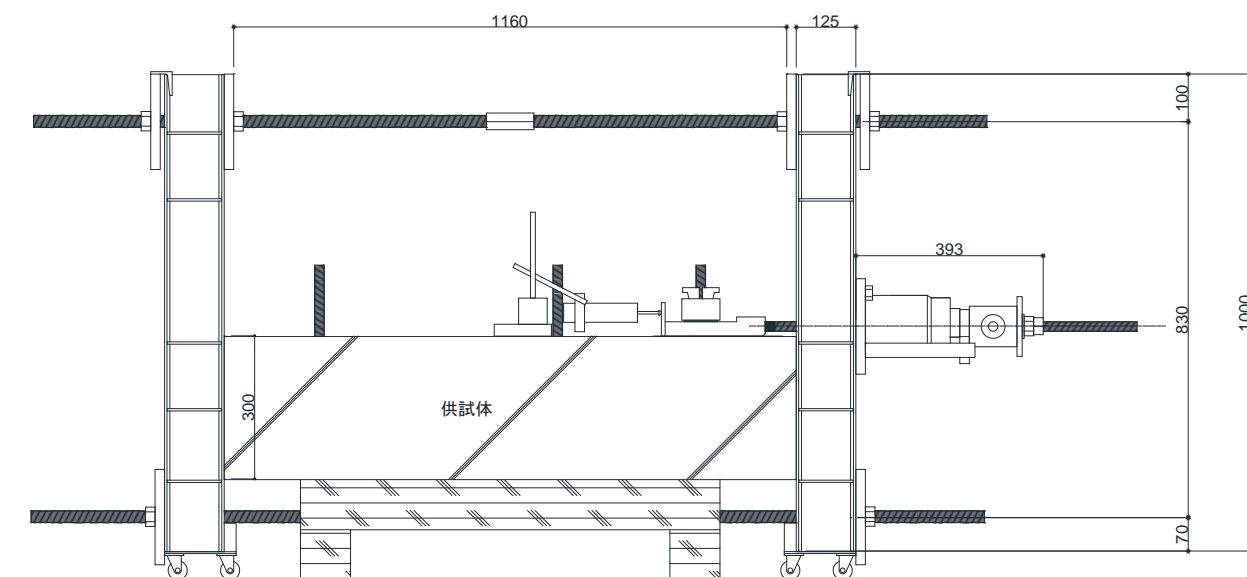


図 5.3.4.5 加力装置



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）

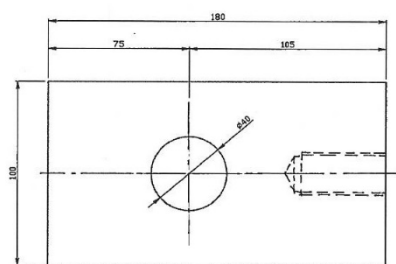


図 5.3.4.8 単体試験体の加力用鋼板

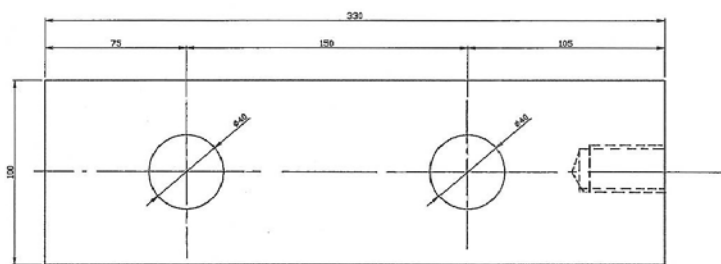


図 5.3.4.9 群試験体の加力用鋼板

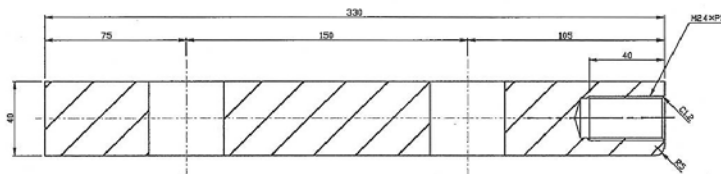
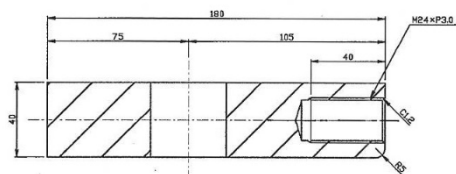


図 5.3.4.10 加力用鋼板内の無機系樹脂の注入状況

### 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

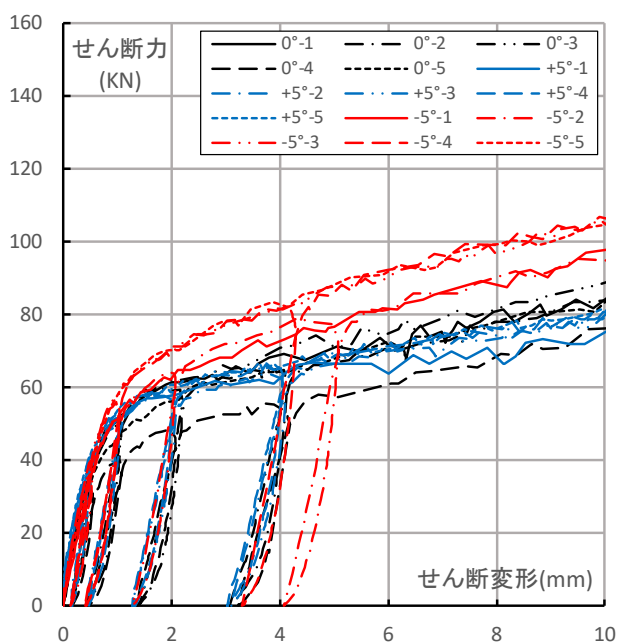
試験体 No.	$F_c$ ( $\sigma_B$ )	径・ 鋼種	接着 剤	実験結果							
				最大せん断力	各変形時のせん断力						20mm 時耐力・せん断変形(kN, mm)
					0.5mm (kN)	1mm (kN)	2mm (kN)	4mm (kN)	8mm (kN)		
0° -1	18	D19 SD345	エポキシ	115.3	36.57	51.28	61.22	69.00	80.86	115.3	19.01
0° -2				121.8	37.22	52.54	59.18	64.58	78.15	121.8	19.93
0° -3				121.5	35.23	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 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 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 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 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）

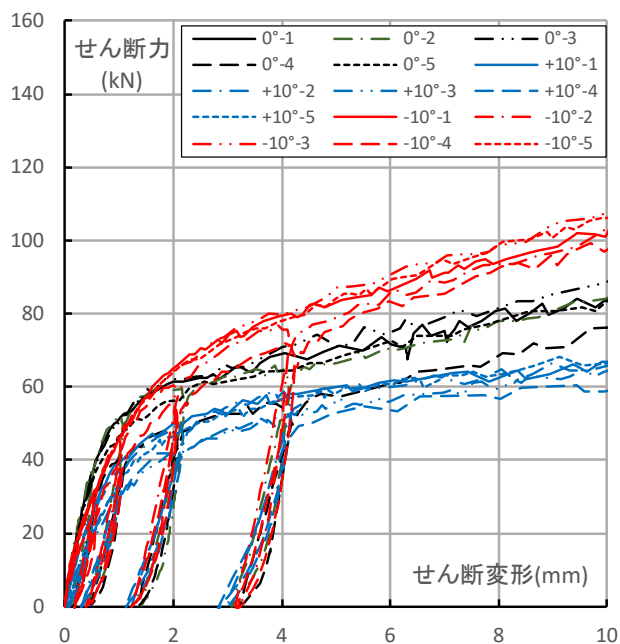
試験体 No.	F <sub>c</sub> (σ <sub>B</sub> )	径・ 鋼種	接着 剤	実験結果							
				最大せん断力	各変形時のせん断力						20mm 時耐力・せん断変形(kN, mm)
					0.5mm (kN)	1mm (kN)	2mm (kN)	4mm (kN)	8mm (kN)		
プラス 10°-1	18	D19 SD345	エポキシ	88.0	25.32	39.22	49.89	56.58	62.53	88.0	19.89
プラス 10°-2				90.2	24.30	37.18	48.78	58.38	64.29	90.2	20.17
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 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 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 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 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 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> (σ <sub>B</sub> )	径・ 鋼種	接着 剤	実験結果							
				最大せん断力	各変形時のせん断力						
					0.5mm (kN)	1mm (kN)	2mm (kN)	4mm (kN)	8mm (kN)	10mm (kN)	20mm (kN)
群 5° -1	27	D13 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 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

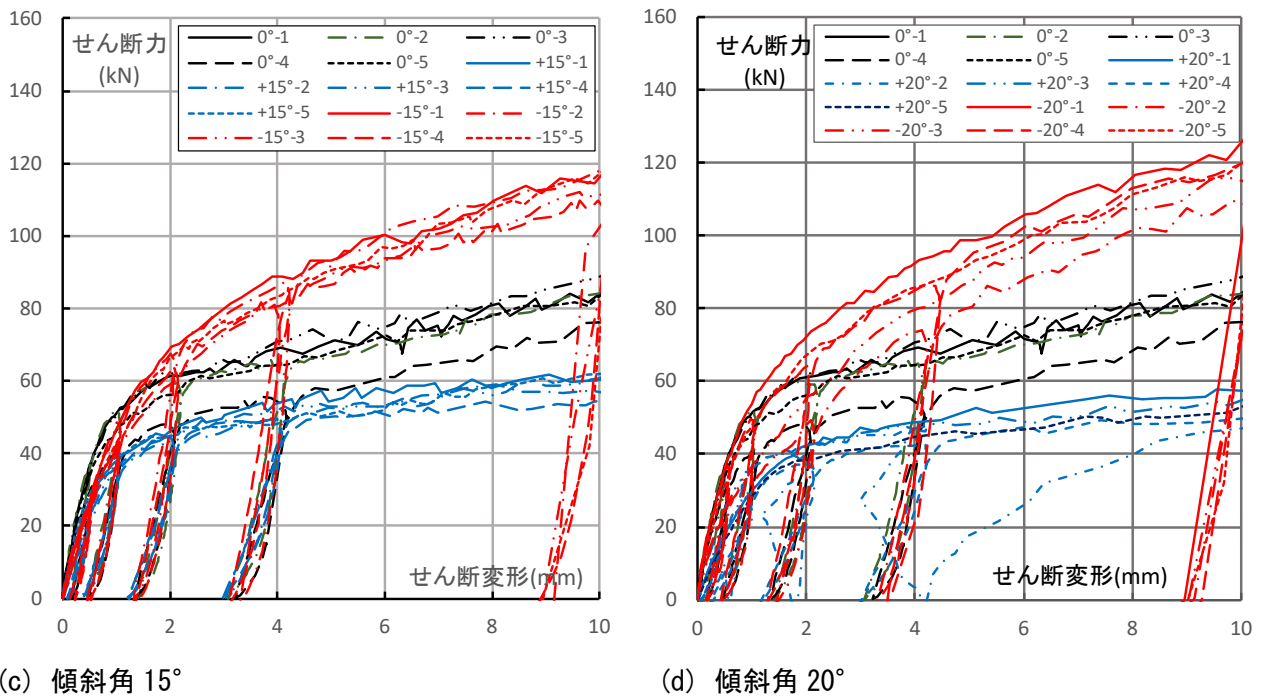


図 5.3.5.1 単体アンカーのせん断力とせん断変形の加力方向による比較 (続き)

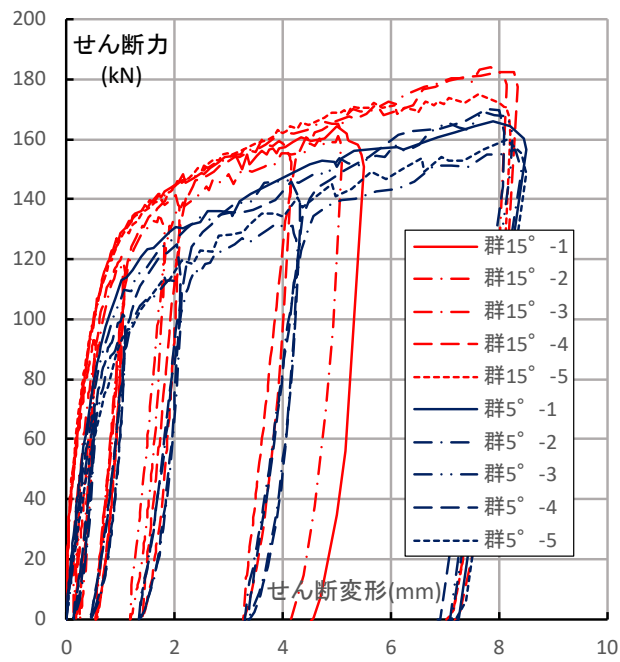


図 5.3.5.2 群アンカーのせん断力とせん断変形の傾斜角による比較

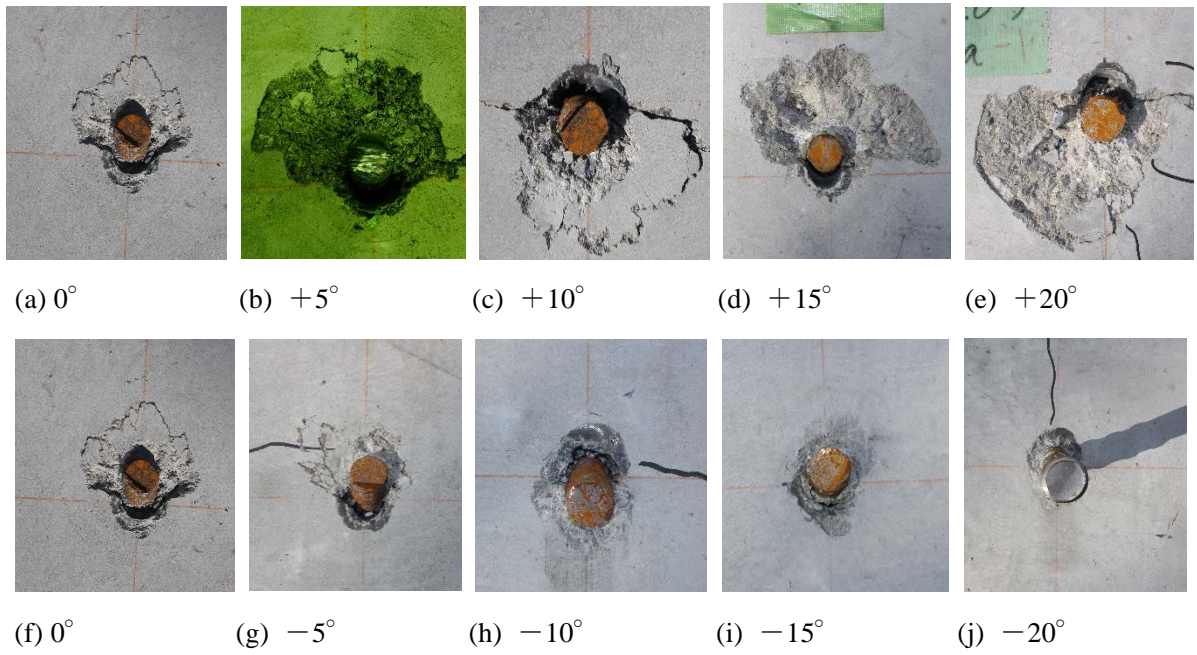


図 5.3.5.3 支圧破壊状況の一例

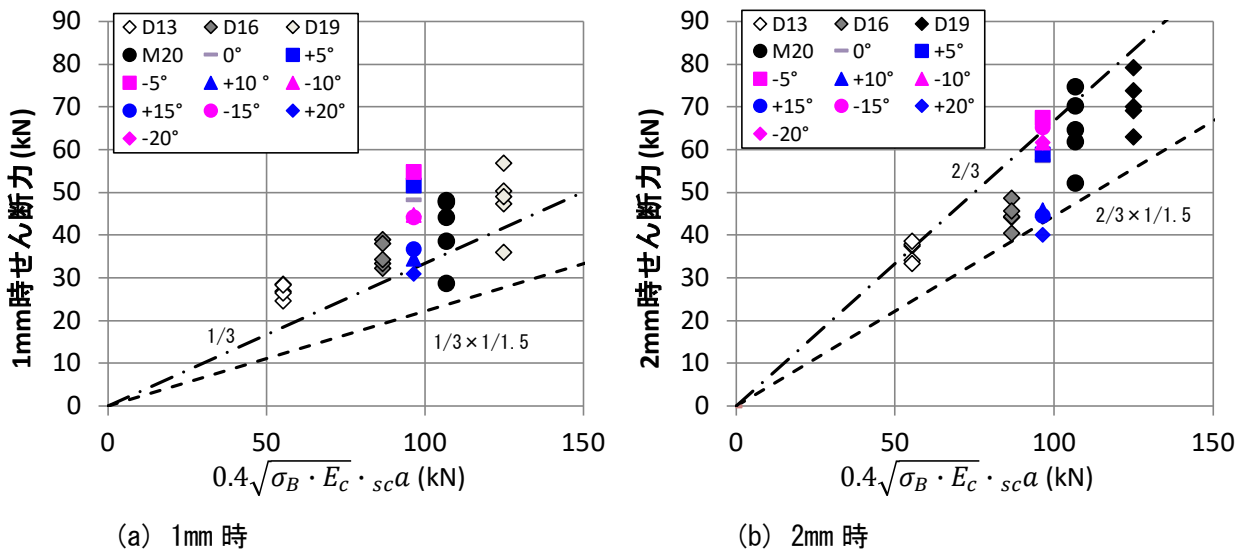


図 5.3.5.4 1mm, 2mm 時のせん断耐力と計算値

## 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> (130mm)		20d <sub>a</sub> (260mm)		30d <sub>a</sub> (390mm)		7d <sub>a</sub> (91mm)	
		○	×	○	×	○	×	○	×
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 (%)	S/a (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )				温度 (°C)	スランプ (cm)	空気量 (%)
		W	C	G	S			
64.0	42.7	176	275	1051	776	25.0	20.0	4.3

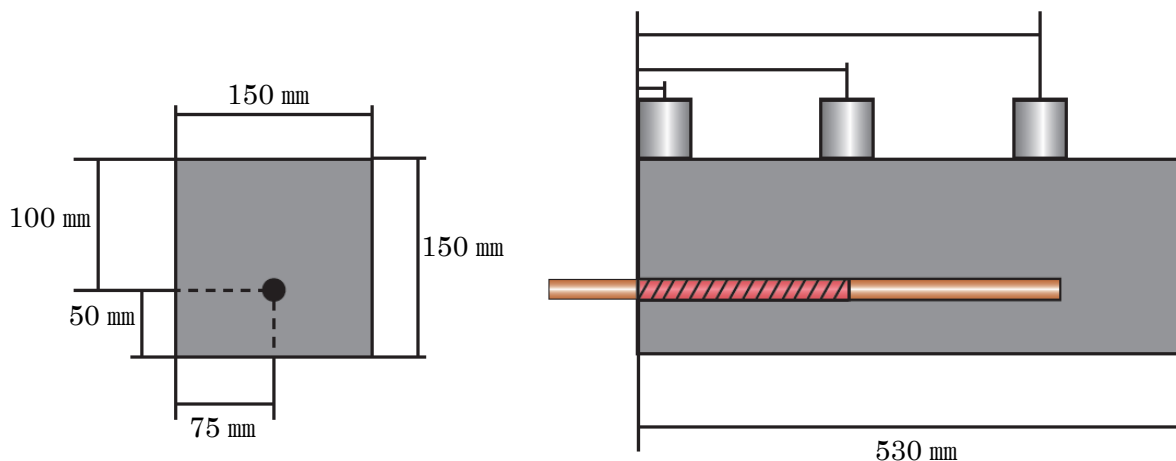


図5.4.2.1 非破壊試験用試験体の形状および寸法

(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。

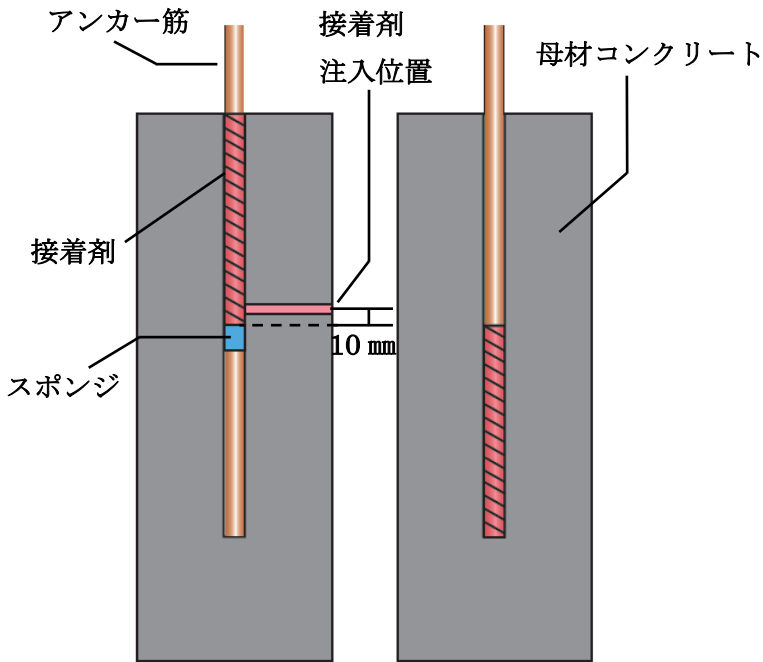


図 5.4.2.2 空隙の再現方法の模式図



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  $\phi$  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  $\phi$  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

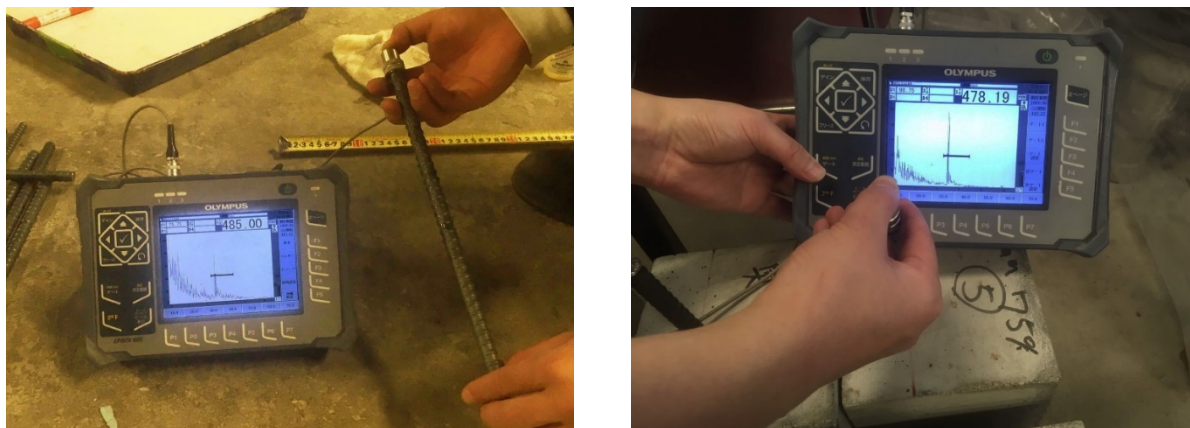


写真 5.4.2.2 超音波反射法の測定状況（左：キャリブレーション，右：試験体測定）

(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

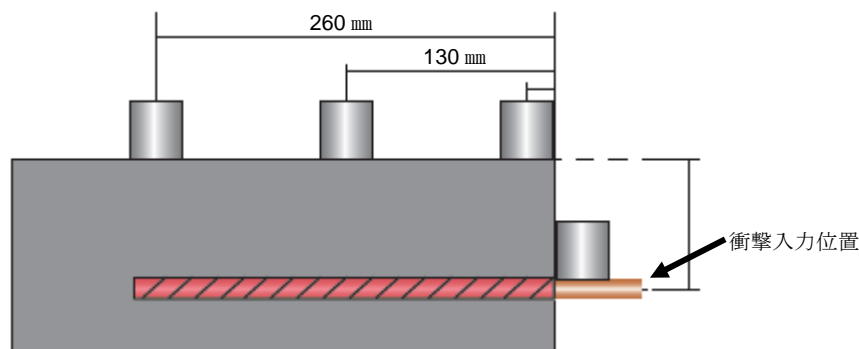


図 5.4.2.3 衝撃弾性波の振動子配置（埋込長さ 260mm の場合）

(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)

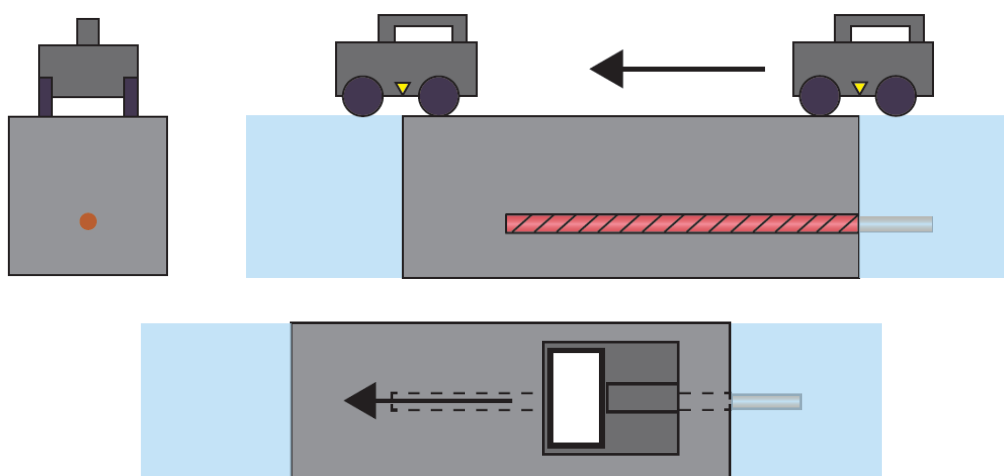


図 5. 4. 2. 4 電磁波レーダ測定の模式図

5-4-2-4 実験結果

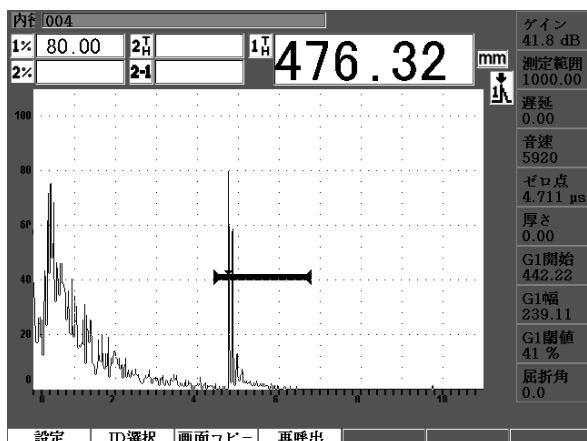
(1) 超音波反射法による挿入深さの推定

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。

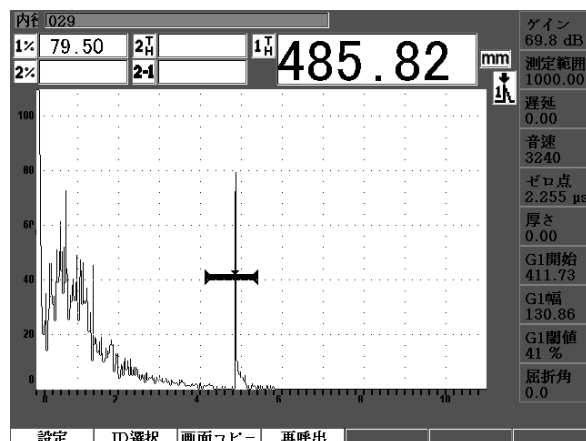
今回の測定では、縦波と横波の両方を比較している。どちらも比較的高い精度で測定可能であり、特に横波では測定誤差も小さく十分な精度で測定できていることが分かる。

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。

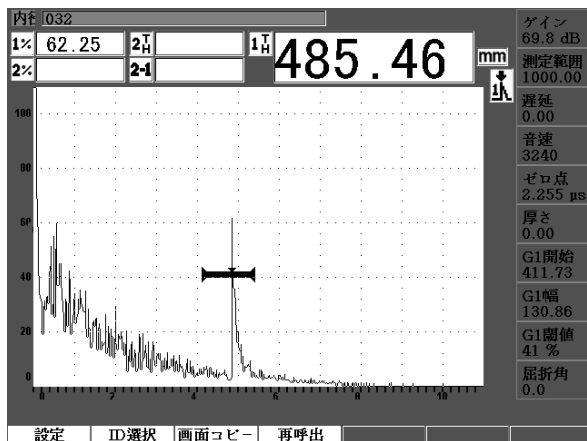
また、鉄筋の端部の形状が測定の可否に影響を与えるとされている。注入方式の場合は、鉄筋端部は直角に切断されることが多く、カプセル方式では斜め45度にカットされることが多いため、端部の角度の影響について確認した。直交にカットした場合については、カット面が15度程度傾いた場合でも測定が可能であったが、45度カットについては、40度あるいは50度にずれた時点で縦波はほとんど反射スペクトルが判断できなくなった。横波はこの範囲では判断可能であった。振動子の角度によっても異なってくるため、振動子を適当な角度にずらしながらスペクトルのピークを判断する必要がある。



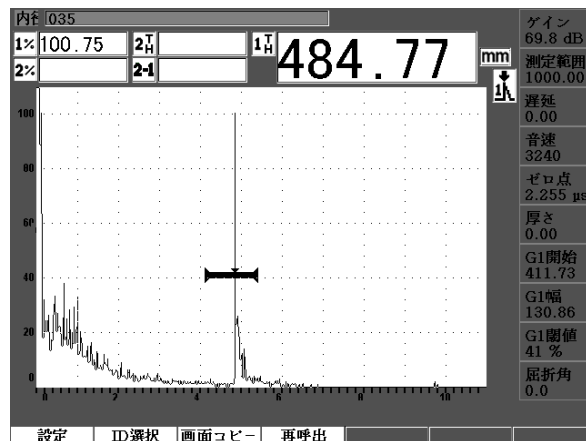
(a) 挿入深さ 390mm・100%充填・縦波



(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

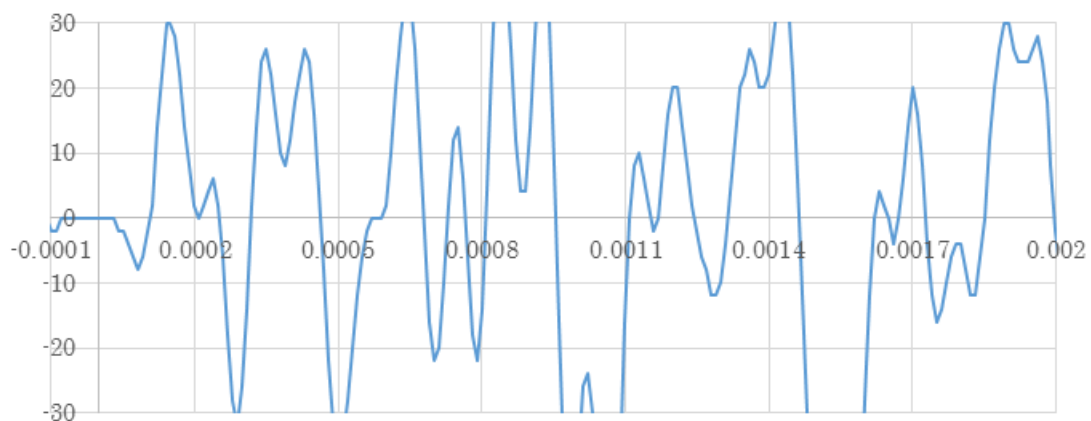
試験体	鉄筋長さ(mm)	縦波		横波	
		測定値(mm)	誤差(mm)	測定値(mm)	誤差(mm)
L390-100%	490.10	478.07	-12.03	487.53	-2.57
L390-奥 75%	485.94	485.01	-0.93	485.46	-0.48
L390-奥 50%	487.86	476.35	-11.51	485.60	-2.26
L390-奥 25%	485.39	476.76	-8.63	486.53	1.14
L390-手前 75%	485.10	474.49	-10.61	484.77	-0.33
L390-手前 50%	358.15	347.11	-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

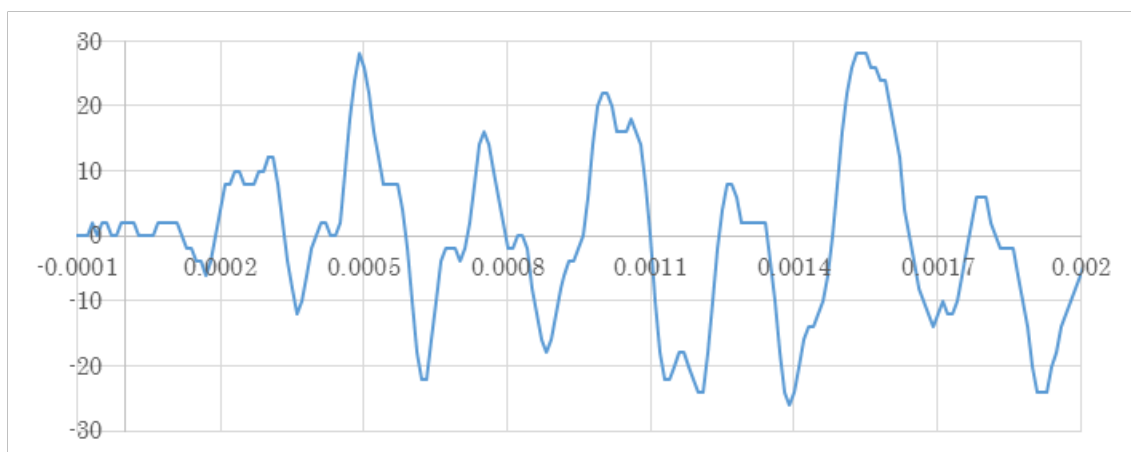
衝撃弾性波法を適用した充填状況の推定の考え方としては、空隙箇所ではアンカー筋からコンクリートに対して弾性波が伝わらないため、弾性波が迂回することによって経路差が生じることによる立ち上がり時間の差、またこれに伴う振幅（エネルギー）の減衰による評価が考えられる。既往の研究では、アンカー筋に衝撃を与えてそのエネルギーの伝送比による評価方法<sup>5.9)</sup>や、電磁力によってアンカー筋に直接衝撃を与え、伝達エネルギーの低下やスペクトルの乱れによって評価する方法<sup>5.10)</sup>などが提案されている。本検討においては、これらの考え方も参考にしながら、衝撃弾性波法による測定を行い、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。

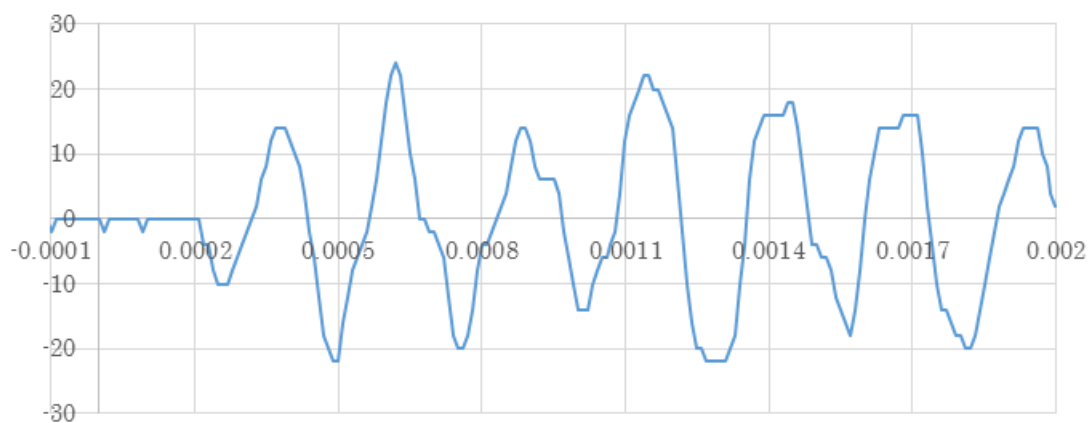
また、アンカー筋に固定したセンサの周波数スペクトルの比較を図 5.4.2.11 に示す。



(a) センサ深さ 20mm (表面)

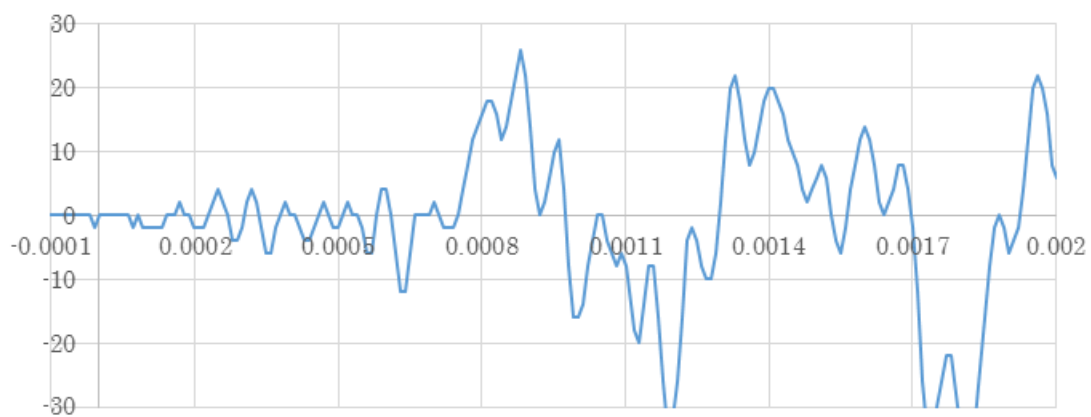


(b) センサ深さ 195mm (中央)

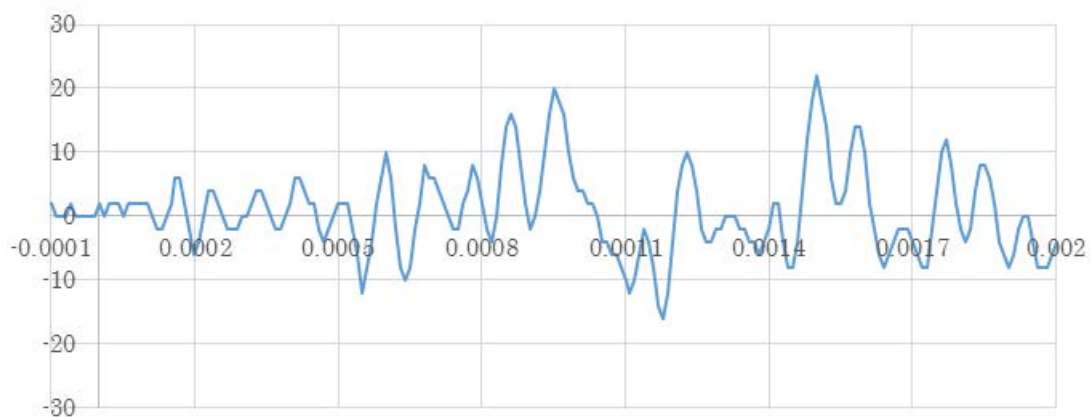


(c) センサ深さ 390mm (先端)

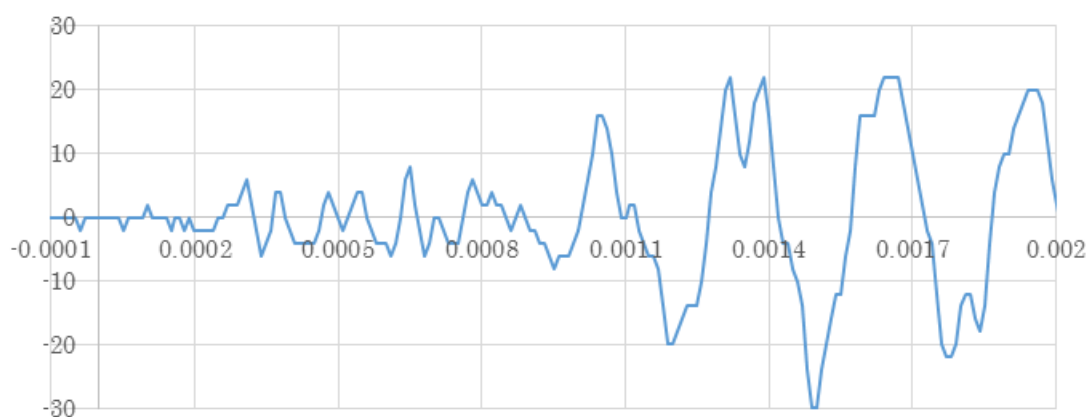
図 5.4.2.6 弾性波の時間波形 (L=390mm・100%充填)



(a) センサ深さ 20mm (表面)

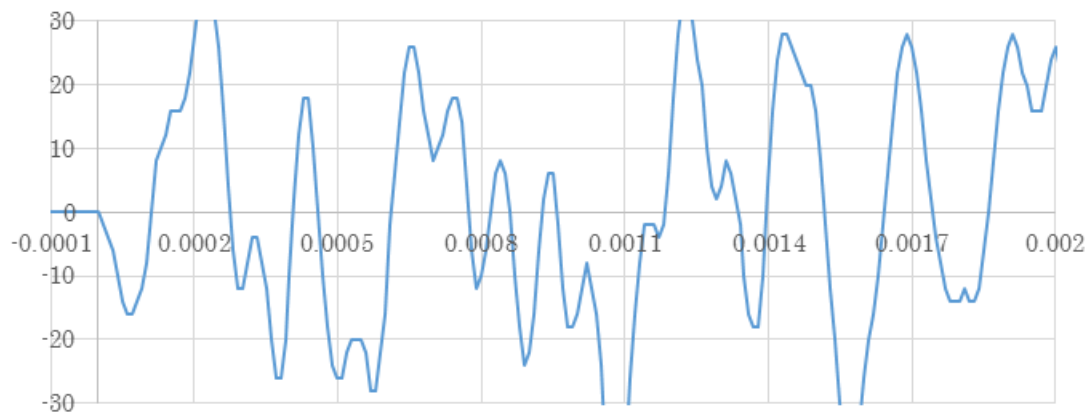


(b) センサ深さ 195mm (中央)

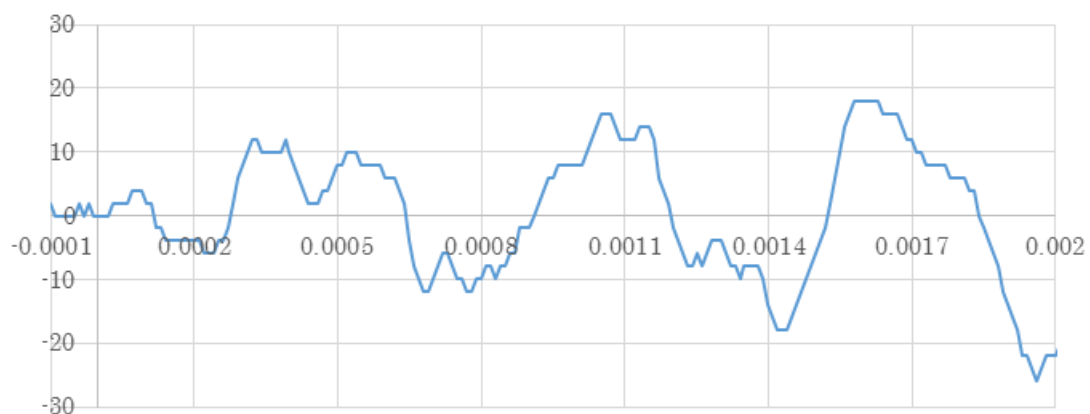


(c) センサ深さ 390mm (先端)

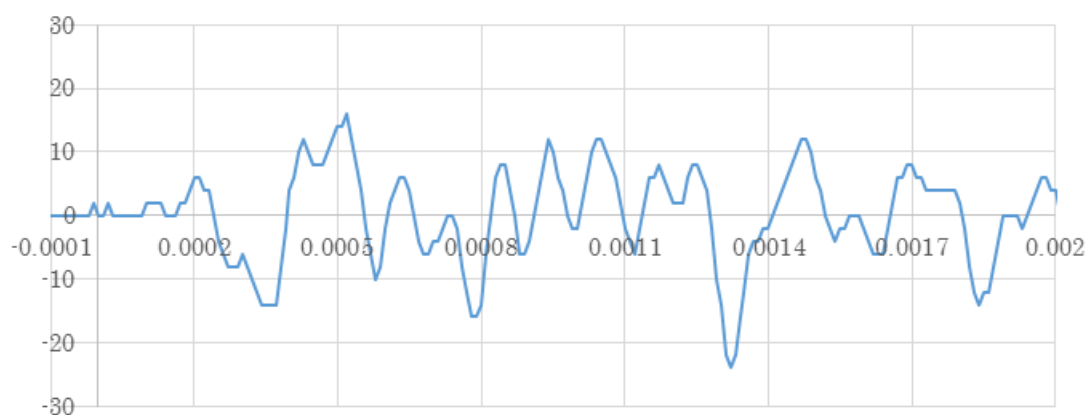
図 5.4.2.7 弾性波の時間波形 (L=390mm・奥側 50%充填)



(a) センサ深さ 20mm (表面)

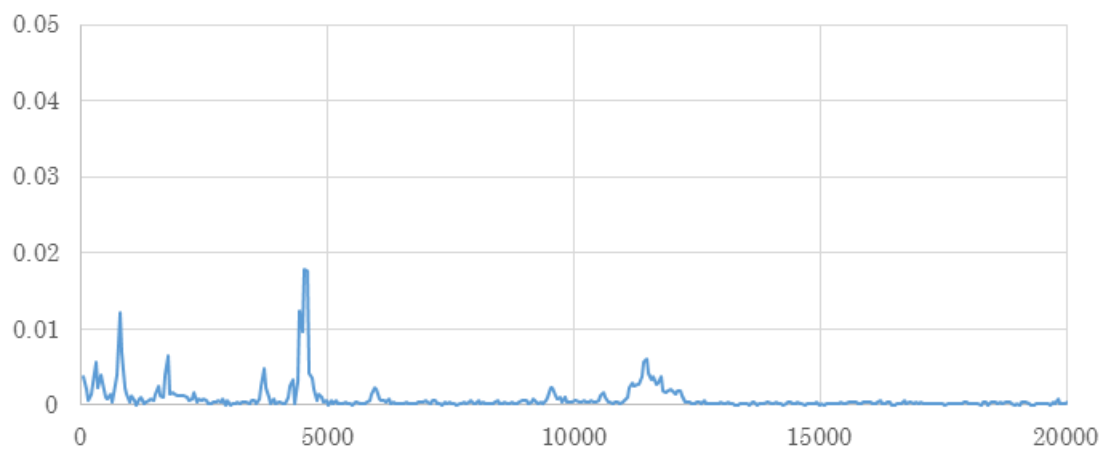


(b) センサ深さ 195mm (中央)

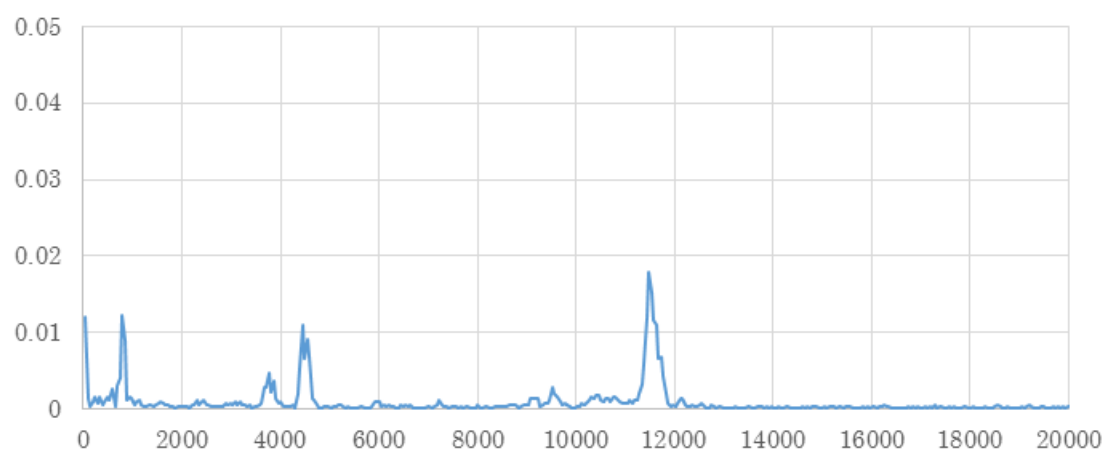


(c) センサ深さ 390mm (先端)

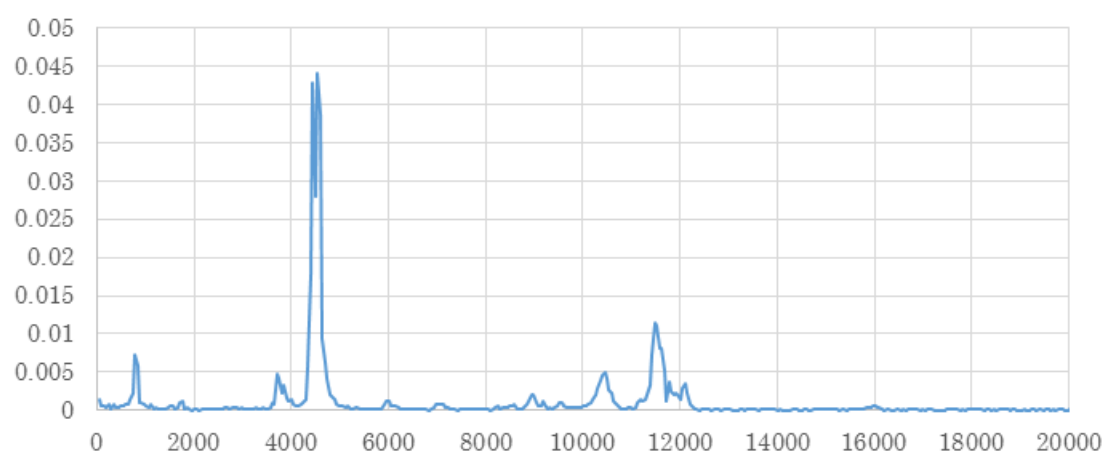
図 5.4.2.8 弾性波の時間波形 (L=390mm・手前側 50%充填)



(a) センサ深さ 20mm (表面)



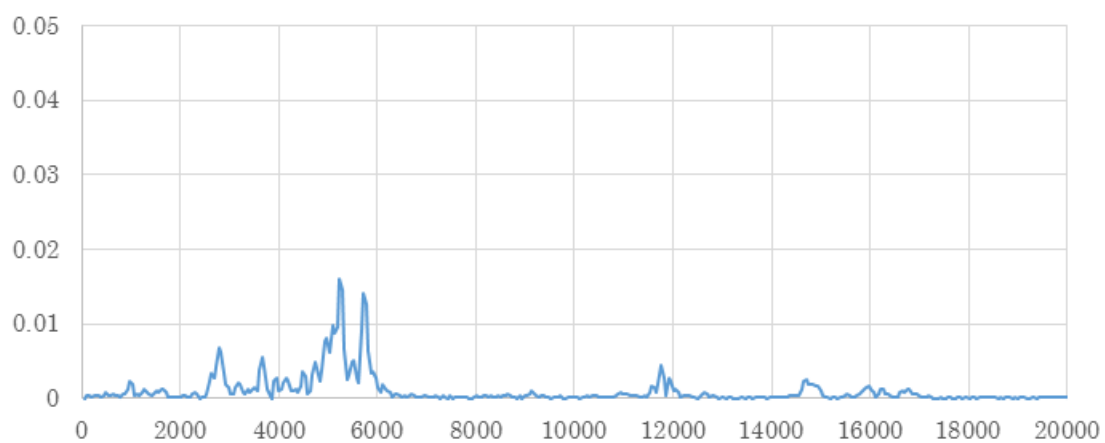
(b) センサ深さ 195mm (中央)



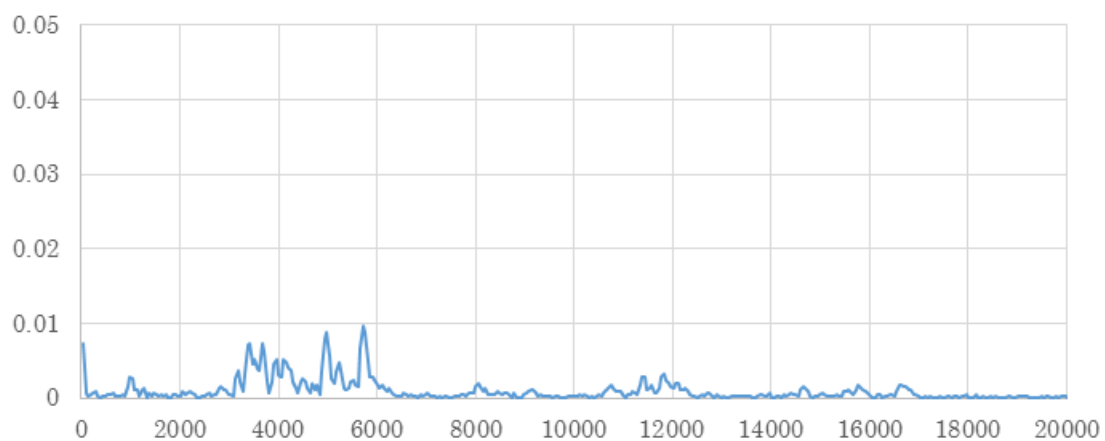
(c) センサ深さ 390mm (先端)

図 5.4.2.9 弾性波の周波数スペクトル (L=260mm・100%充填)

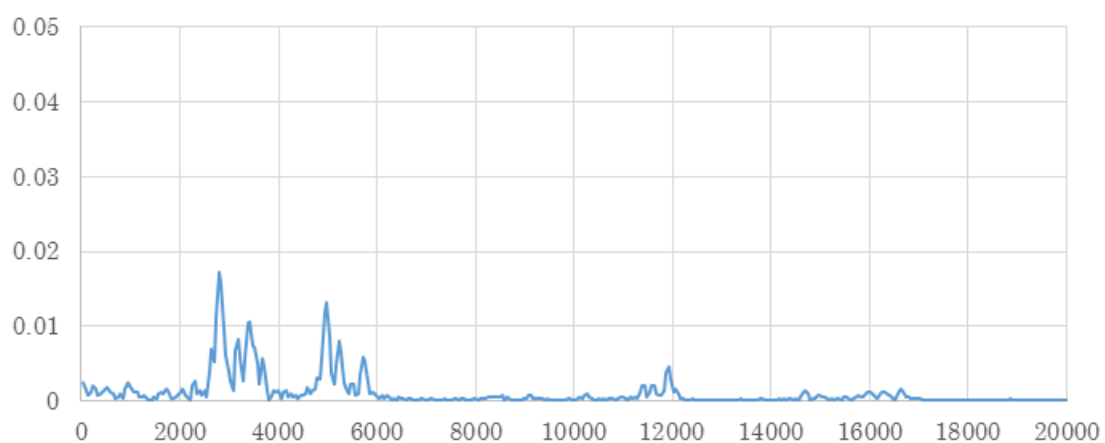




(a) センサ深さ 20mm (表面)



(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)

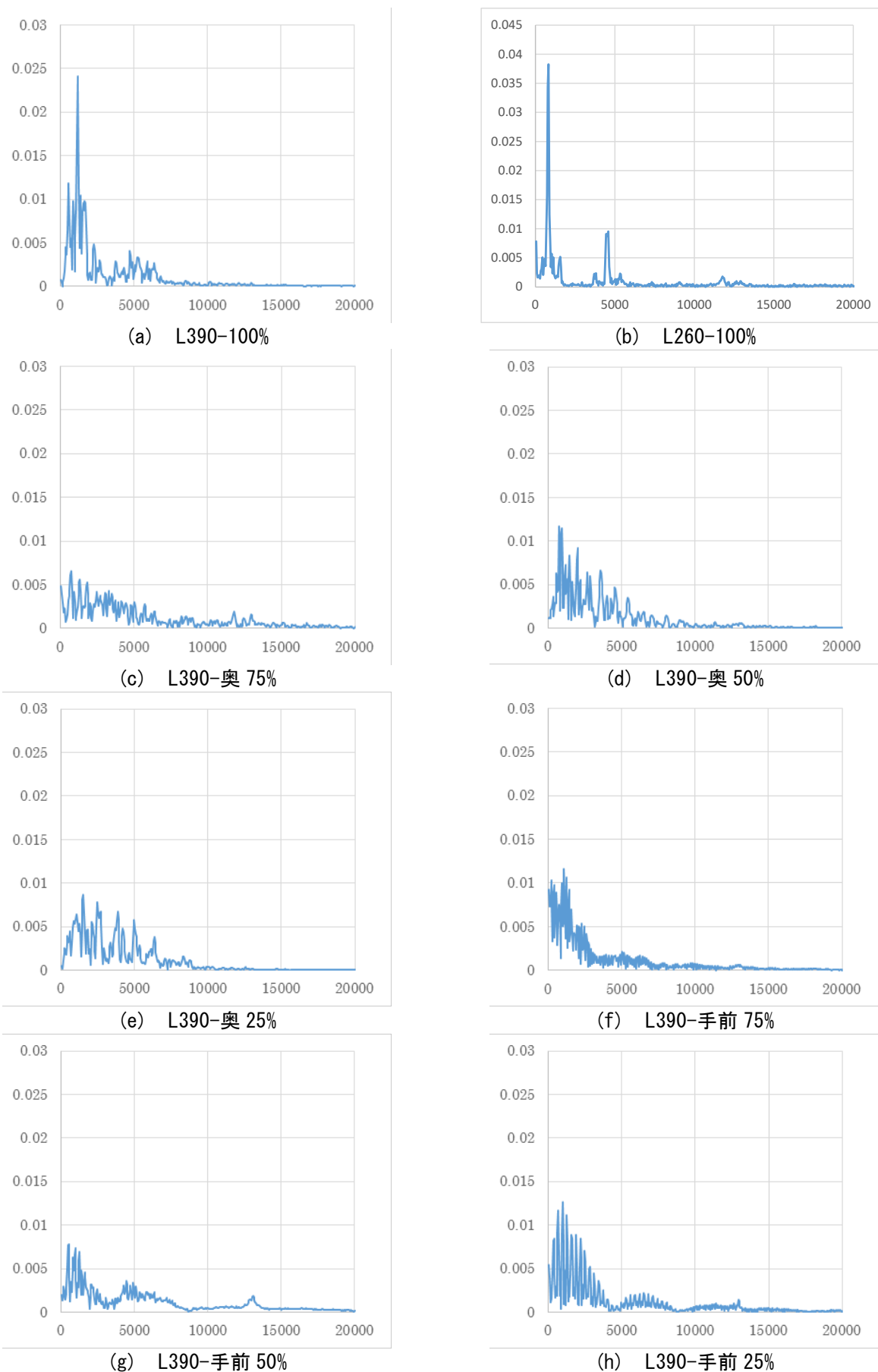


図 5.4.2.11 アンカー筋での周波数スペクトルの比較

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。

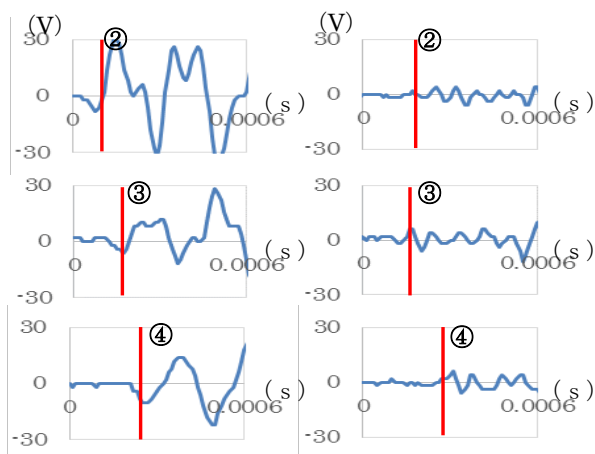


図 5.4.2.12 立ち上がり時間差のずれのイメージ  
(左：100%充填，右：奥側50%充填)

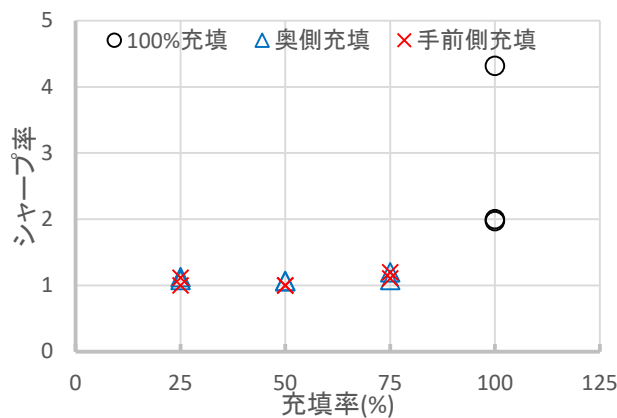


図 5.4.2.13 充填率とシャープ率の関係

## (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。

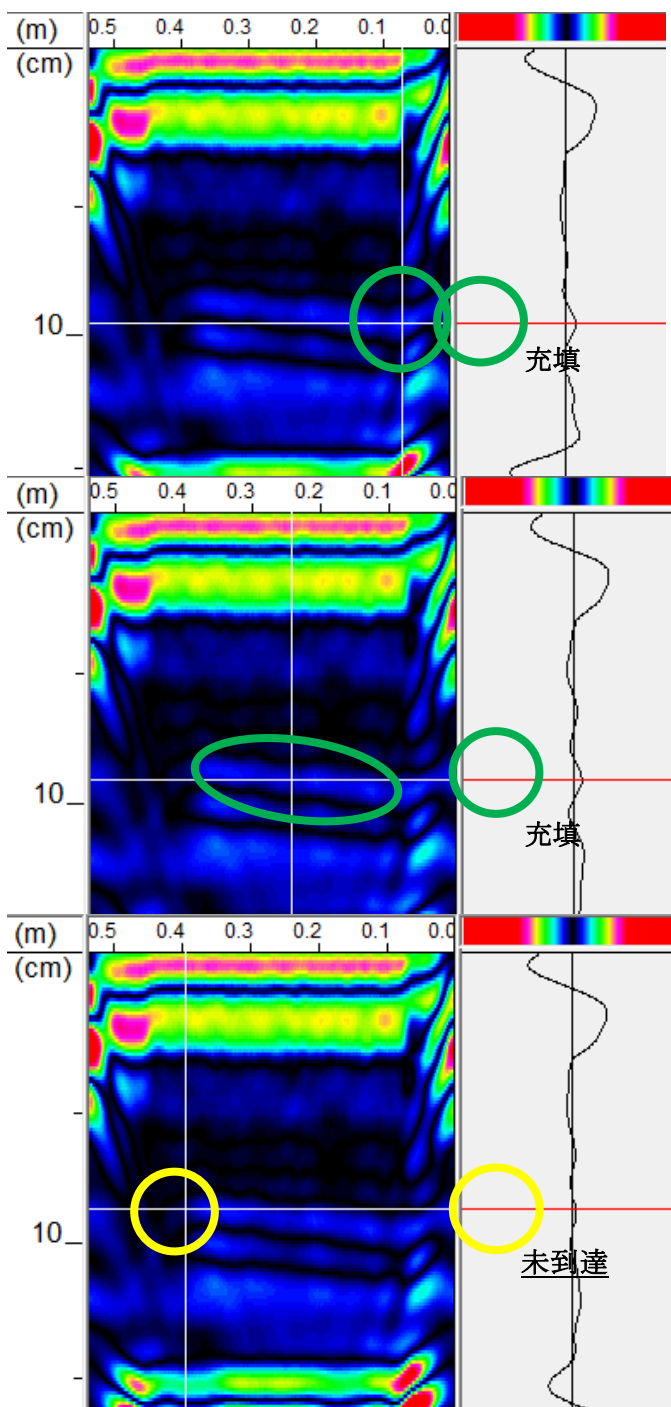


図 5.4.2.14 レーダ画像 (L=390 mm 100%)

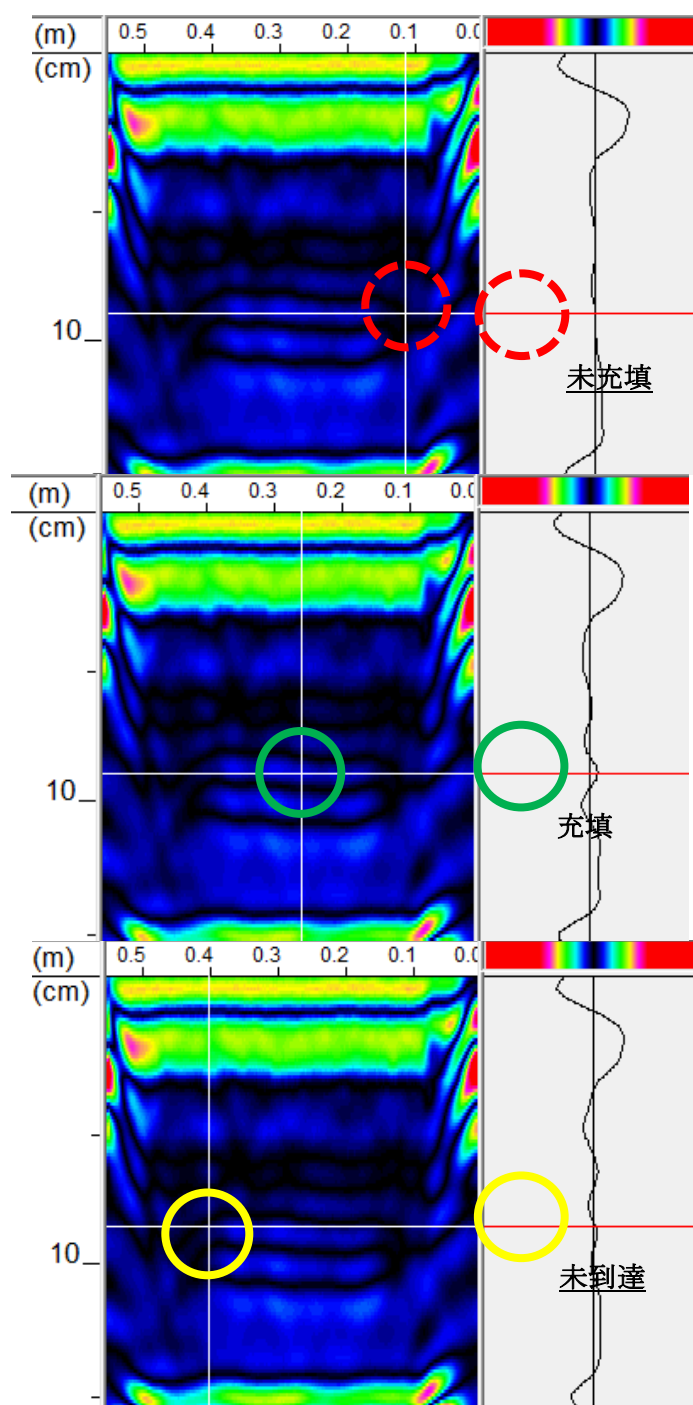


図 5.4.2.15 レーダ画像 (L=390 mm 奥側 75%)

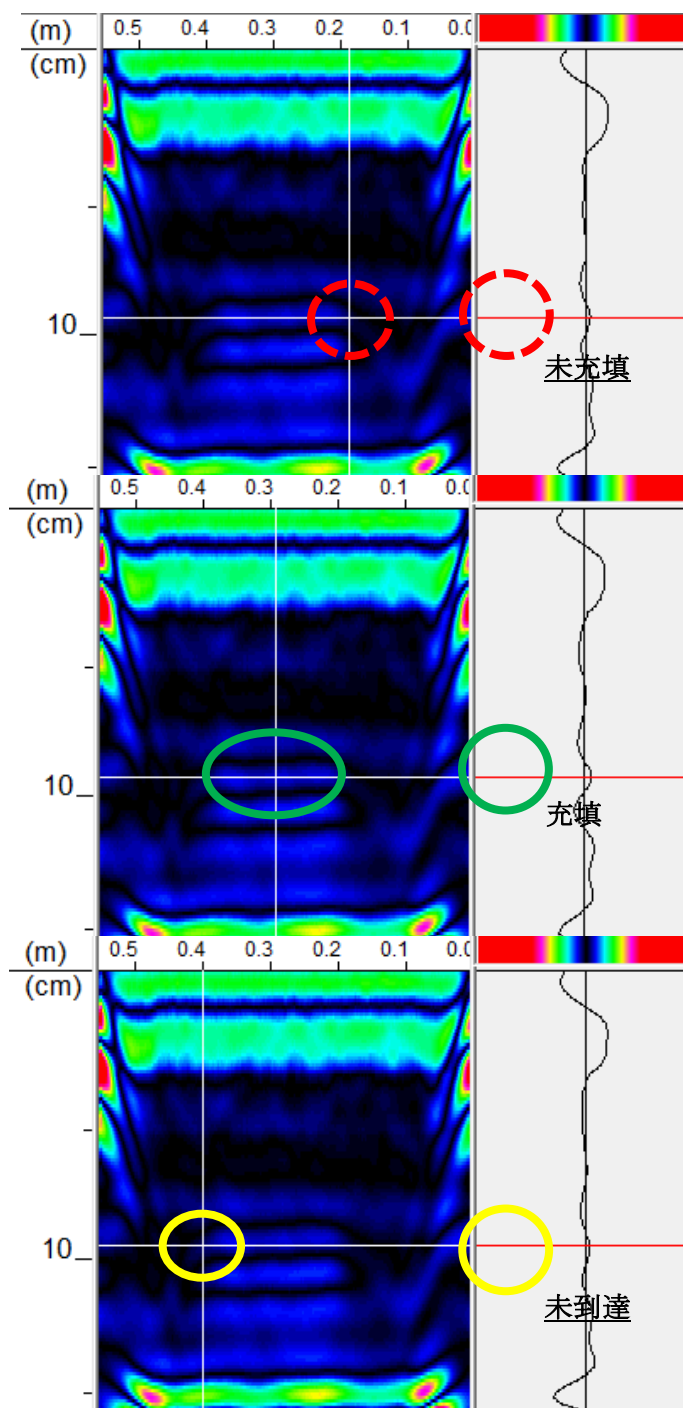


図 5.4.2.16 レーダ画像 (L=390 mm 奥側 50%)

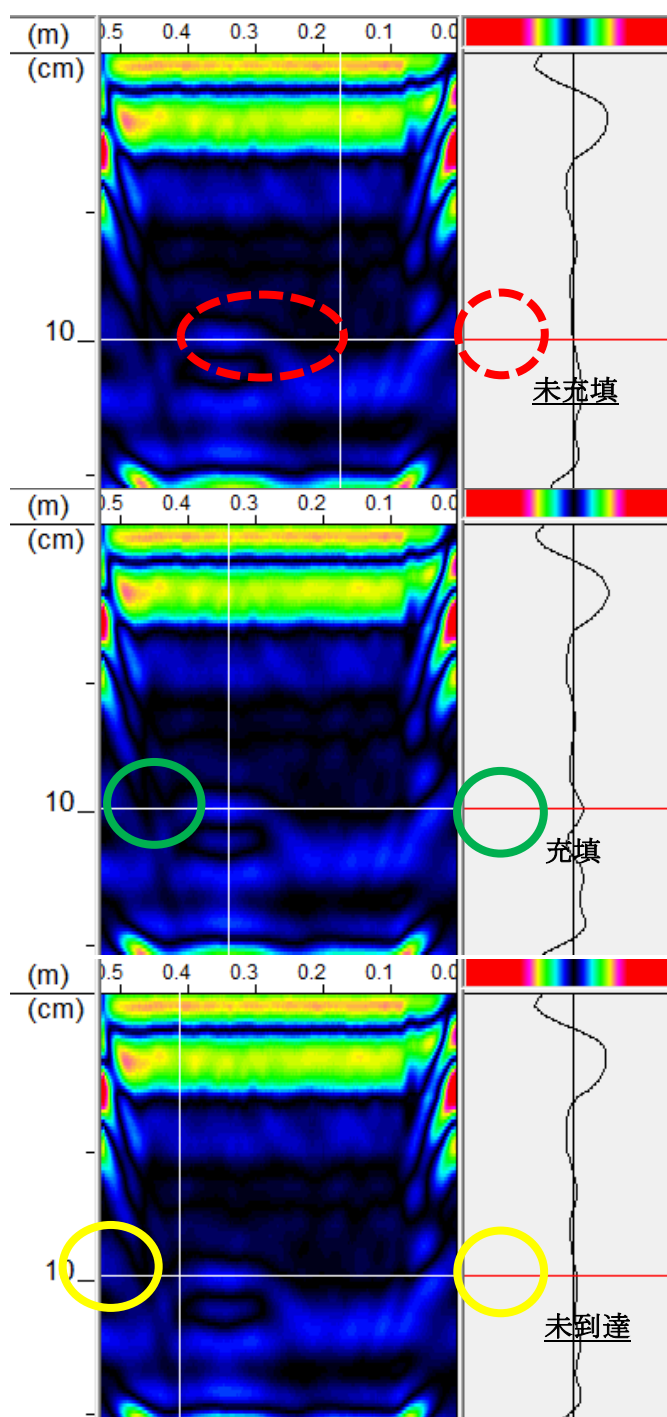


図 5.4.2.17 レーダ画像 (L=390 mm 奥側 25%)

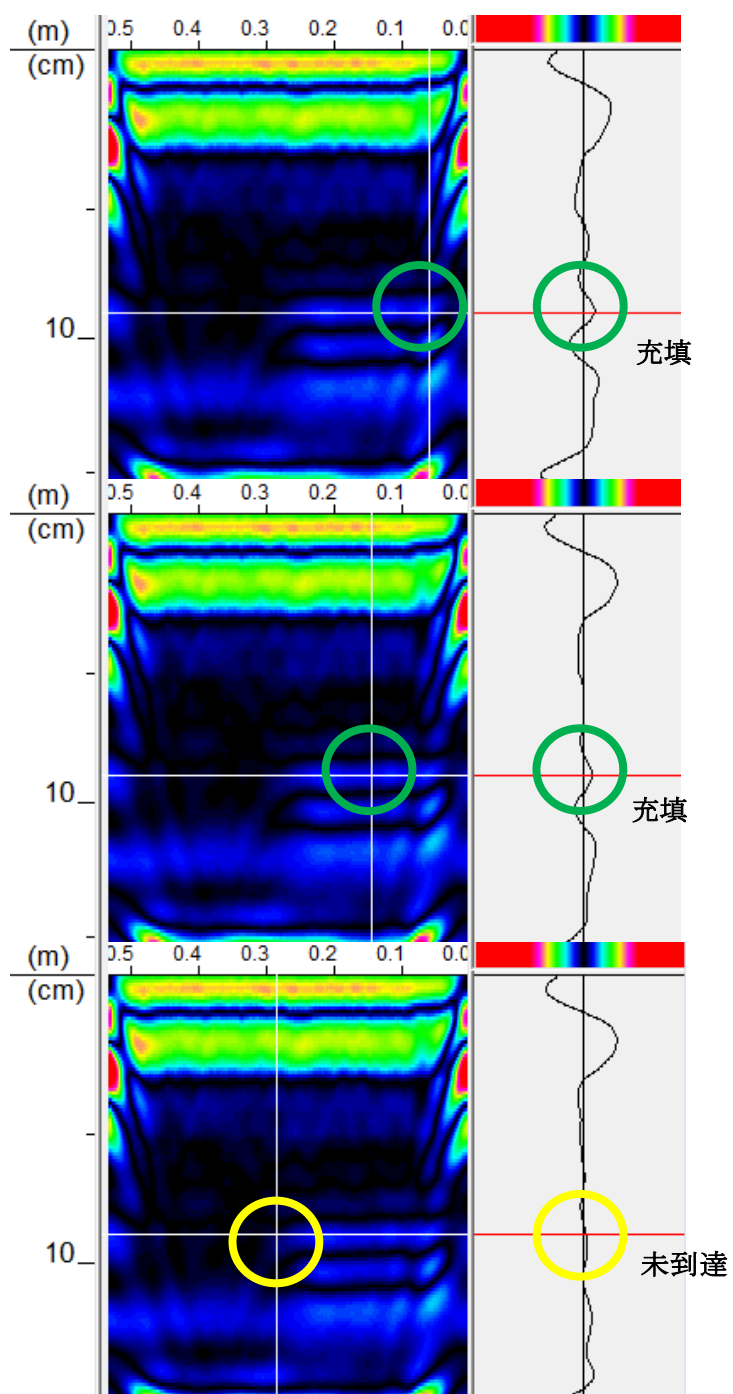


図 5.4.2.18 レーダ画像 (L=260 mm 100% )

### 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。

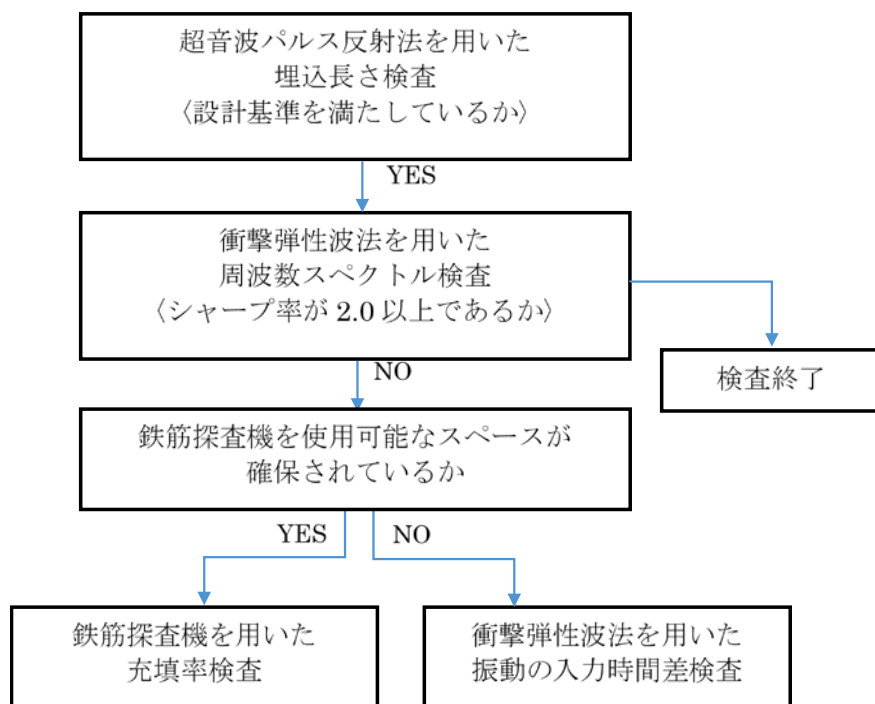


図 5.4.3.1 接着系あと施工アンカーの施工品質の検査フロー（案）

## 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。

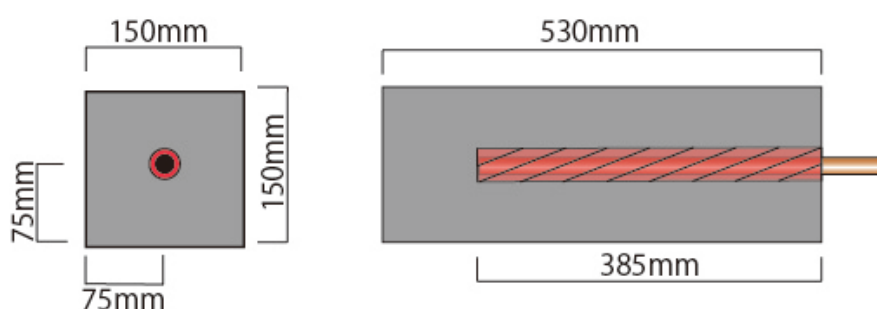


図 5.5.2.1 試験体の形状および寸法

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。

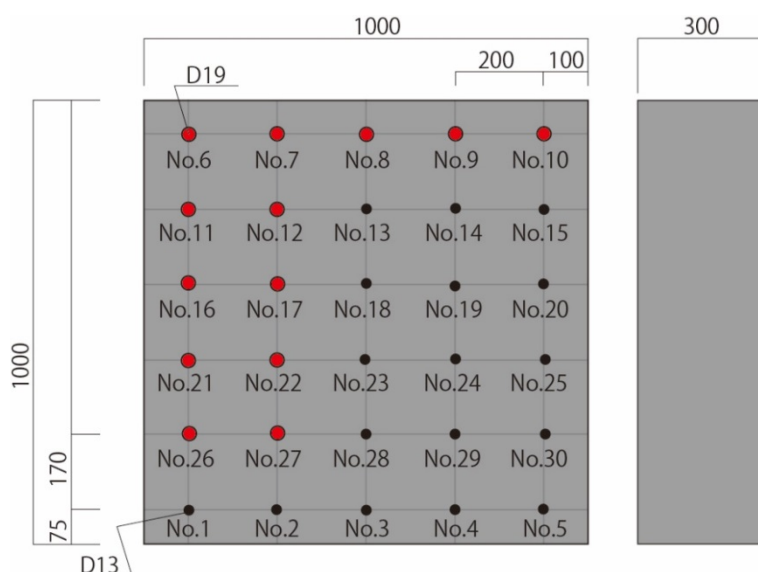


図 5.5.2.2 コンクリート塊試験体のアンカー筋配置 (単位 : mm)



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

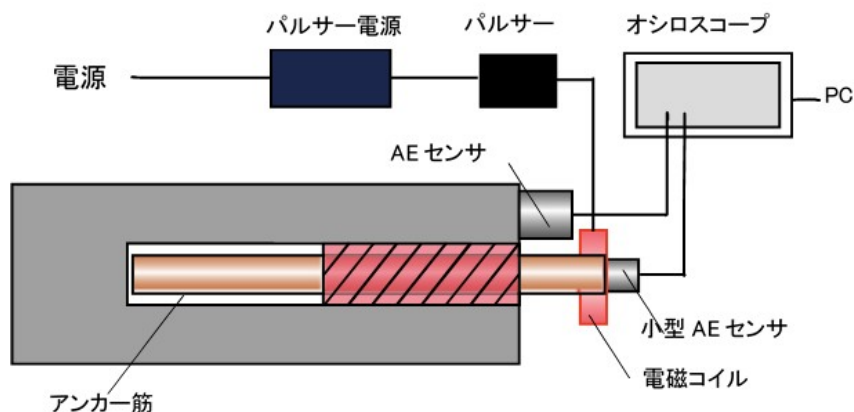


図 5.5.2.3 電磁パルス法の測定装置概要



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。

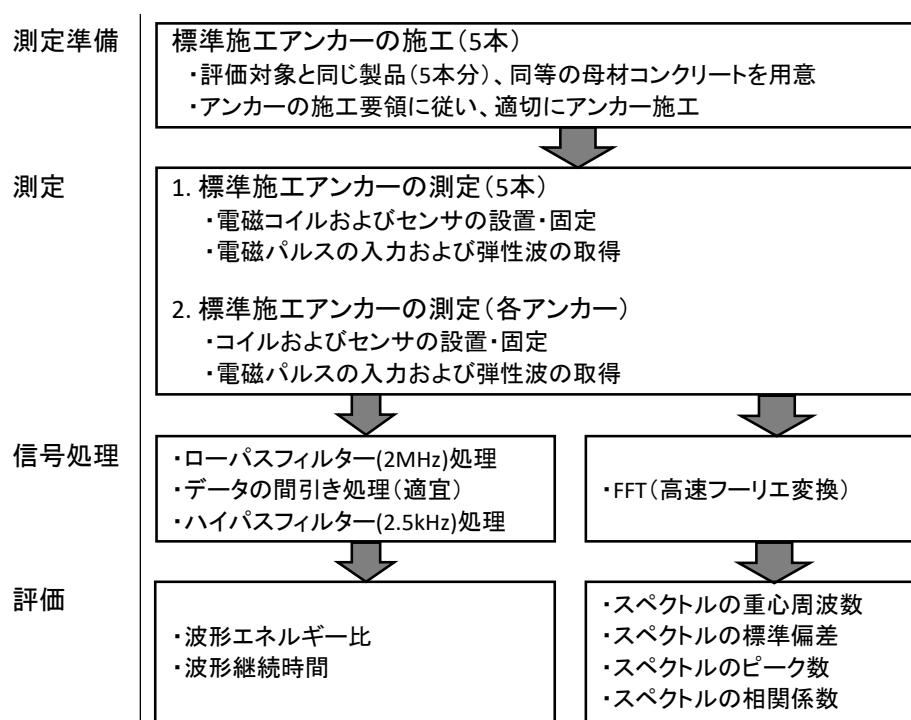


図 5.5.2.4 電磁パルス法による評価の流れ

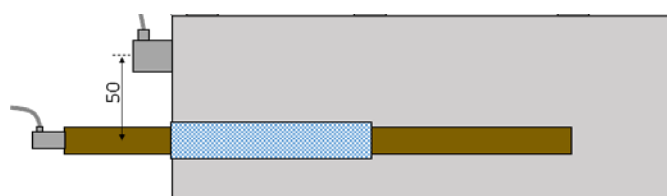


図 5.5.2.5 AE センサの設置位置

(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 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 ボルト	標準施工の 最大値超	各方向1点：計4点 4点
スペクトル重心周波数	SC	コンクリート ボルト	標準施工の 最小値未満	各方向1点：計4点 4点
スペクトル標準偏差	SD	コンクリート ボルト	標準施工の 最小値未満	各方向1点：計4点 4点
スペクトルピーク数	SP	コンクリート ボルト	標準施工の 最大値超	各方向1点：計4点 4点
スペクトル相関係数	CF	コンクリート ボルト	標準施工の 最小値未満	各方向1点：計4点 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。



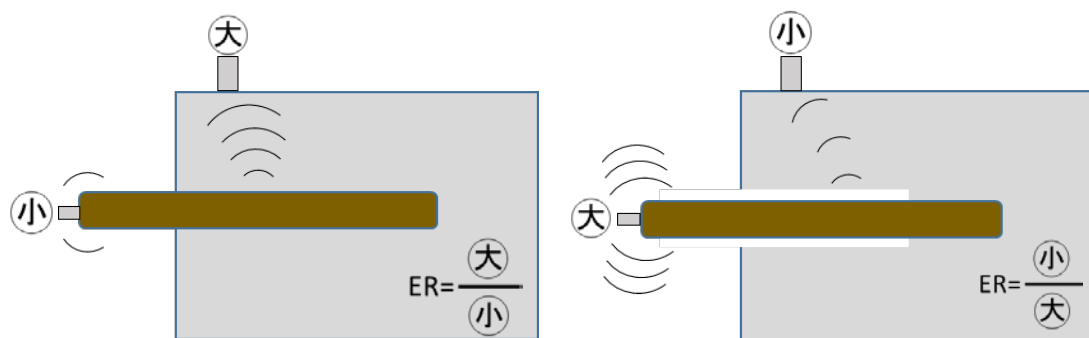


図 5.5.2.6 波形エネルギー比の評価の模式図

・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。

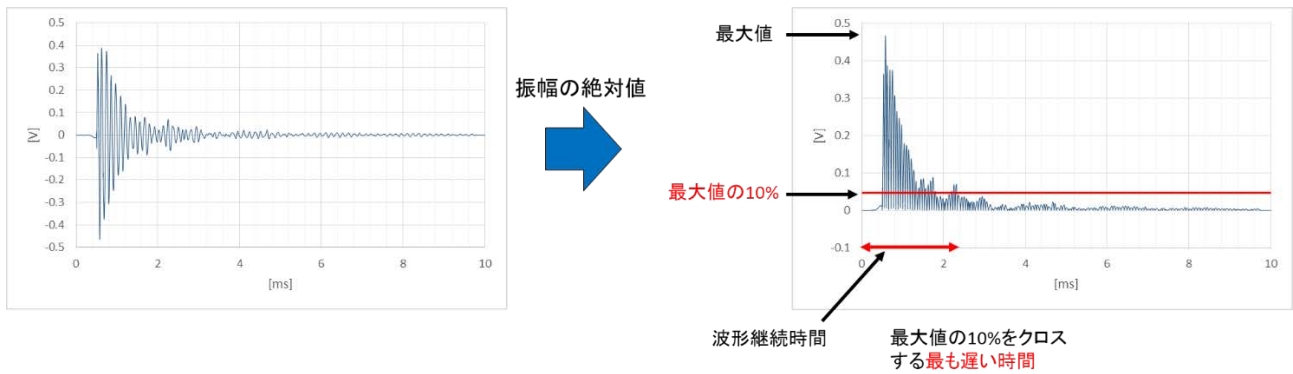


図 5.5.2.7 波形継続時間の評価の模式図

(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。

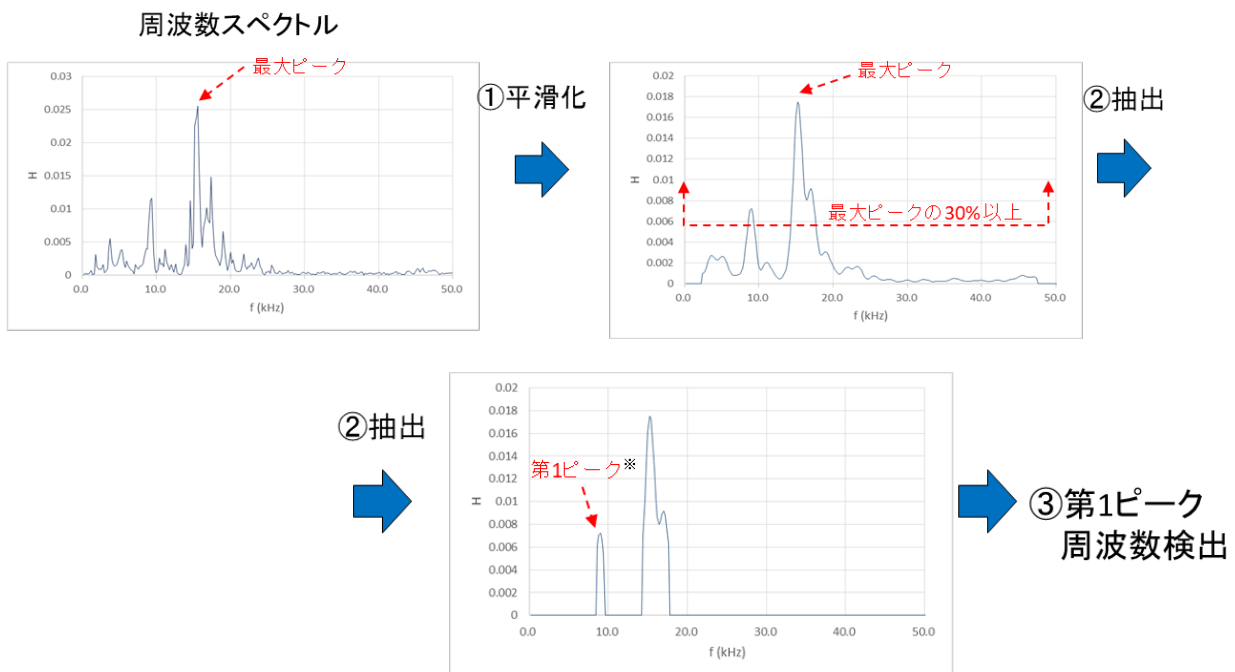


図 5.5.2.8 スペクトルの重心周波数の評価の模式図

・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。

$$SC = \frac{H(f_1)f_1 + H(f_2)f_2 + \dots + H(f_n)f_n}{H(f_1) + H(f_2) + \dots + H(f_n)} \dots\dots\dots (5.5.2.3)式$$

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。

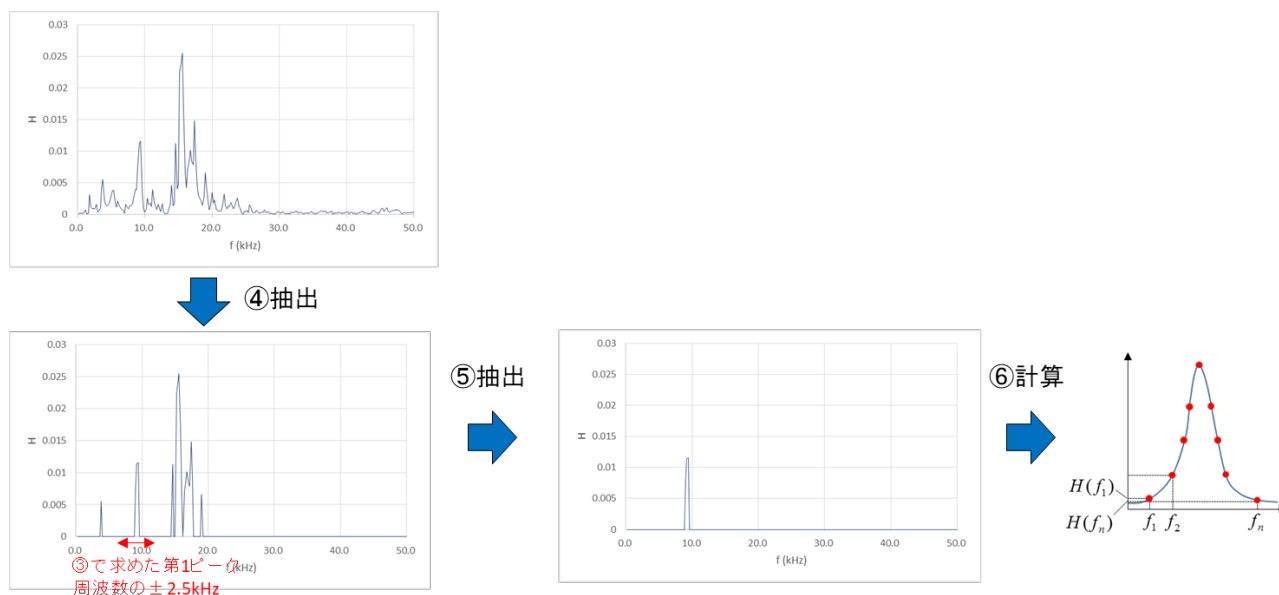


図 5.5.2.9 スペクトルの標準偏差の評価の模式図

・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。

$$SD = \sqrt{\frac{(f_1 - f_G)^2 H(f_1) + (f_2 - f_G)^2 H(f_2) + \dots + (f_n - f_G)^2 H(f_n)}{H(f_1) + H(f_2) + \dots + H(f_n)}} \dots (5.5.2.4)式$$

・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模式図を図 3.5.2.10 に示す。

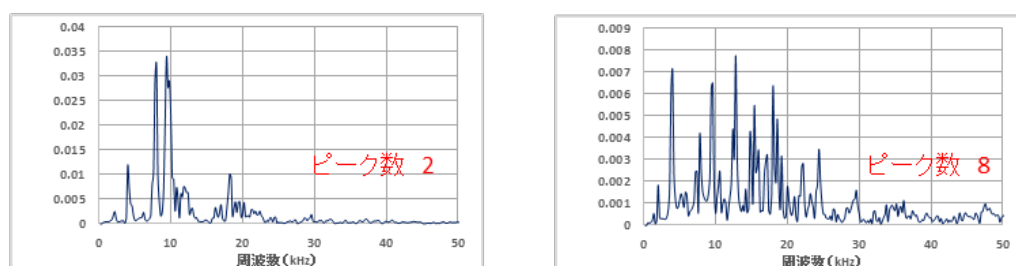


図 3.5.2.10 スペクトルのピーク数の評価の模式図

・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模式図を図 5.5.2.11 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。

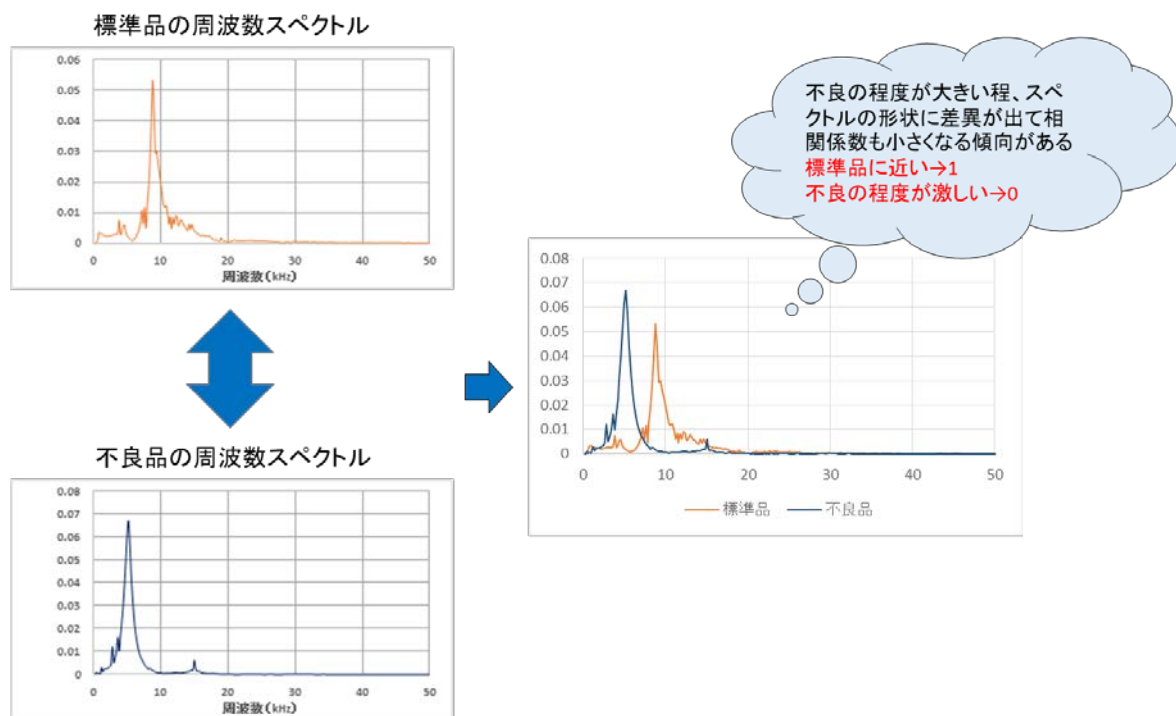


図 5.5.2.11 スペクトルの相関係数の評価の模式図

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。

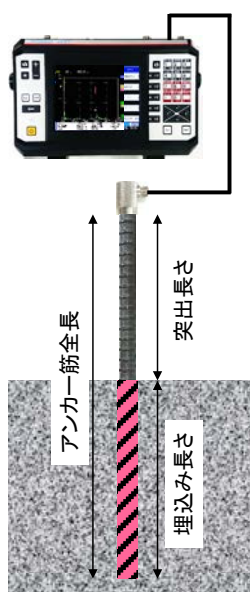


図 5.5.2.12 超音波パルス反射法による測定イメージ

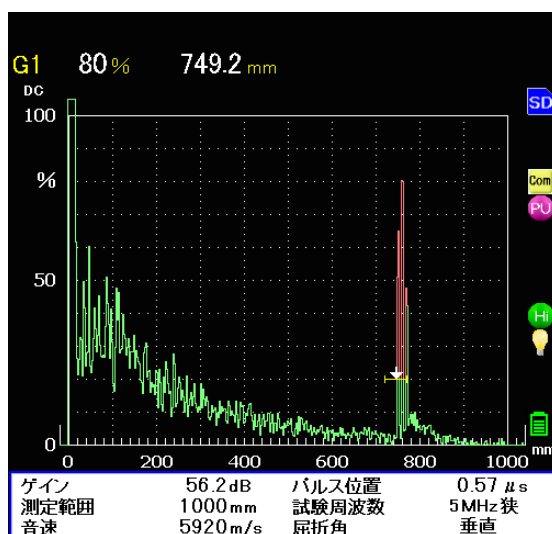


図 5.5.2.13 超音波探傷器の測定画像の例

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。

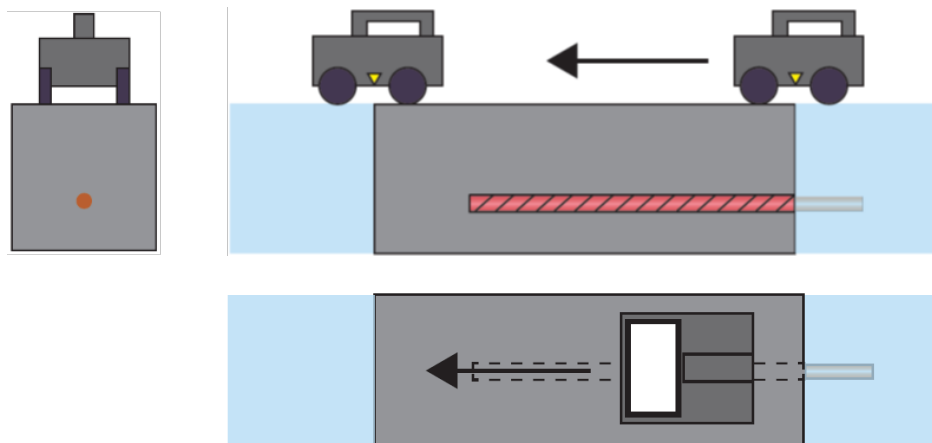


図 5.5.2.14 電磁波レーダ法の測定方法

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。

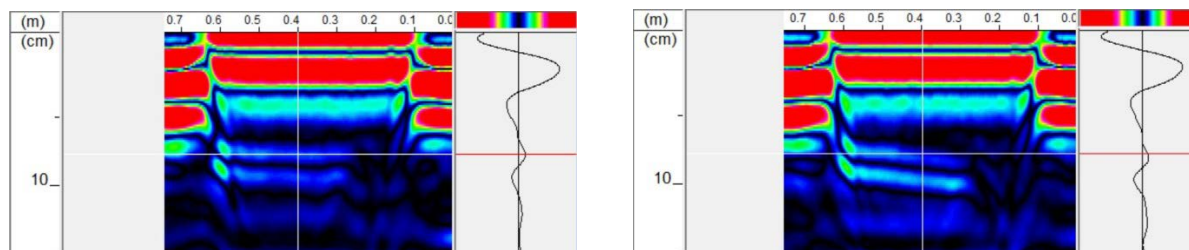
(2) 小型試験体による試験結果

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)



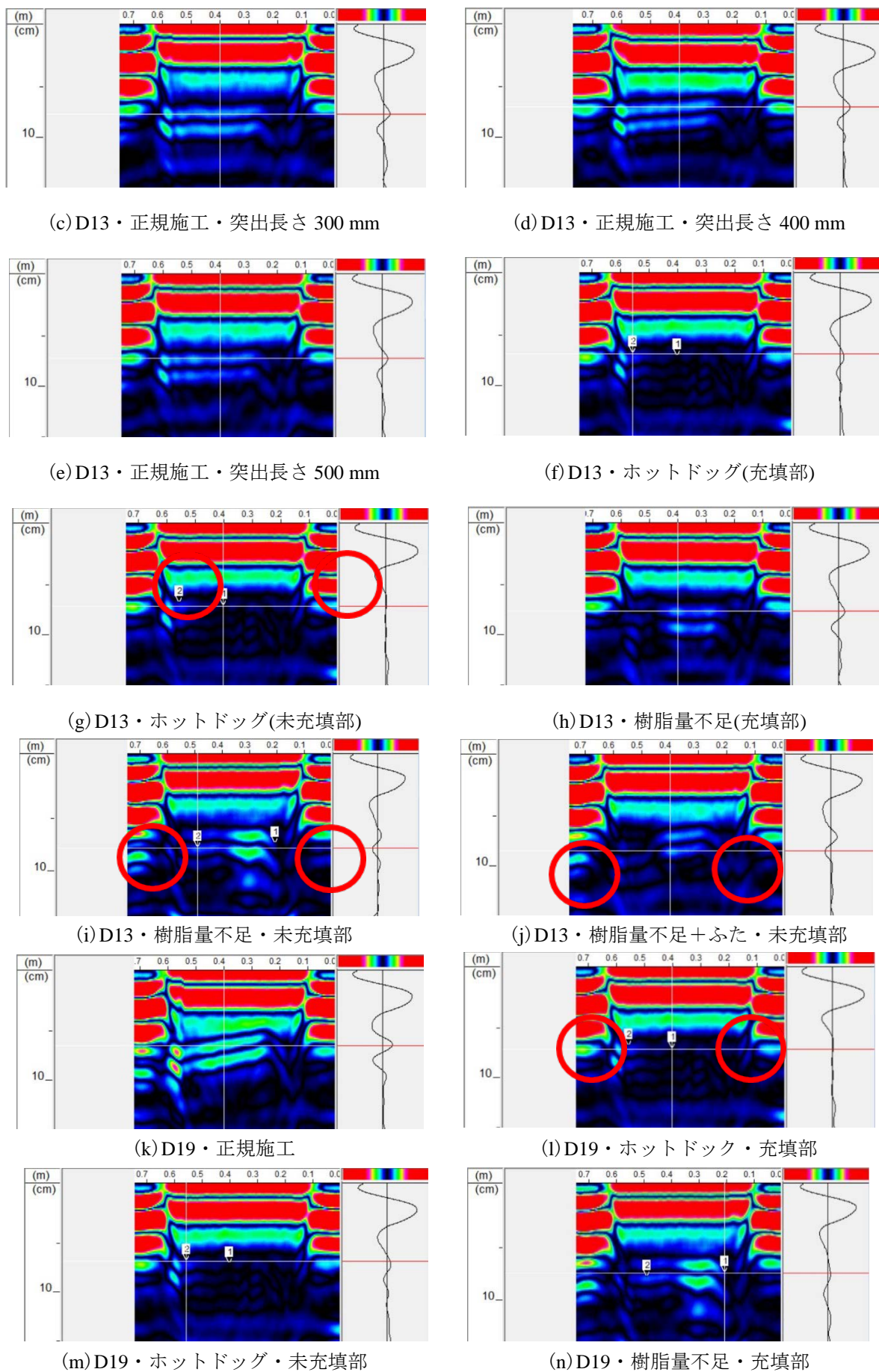


図 5.5.2.16 電磁波レーダ法による反射画像(2/2)

(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。

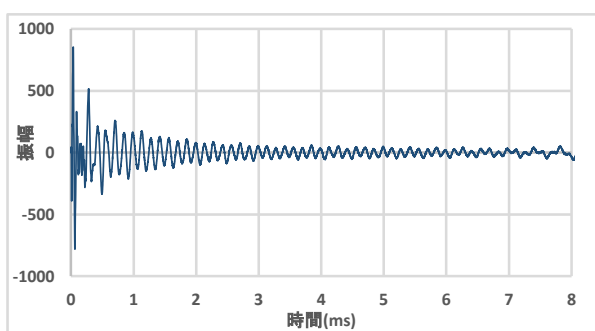


図 5.5.2.17 正規施工試験体の時間軸

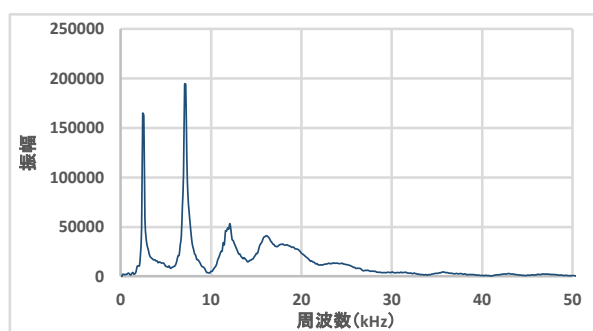


図 5.5.2.18 正規施工試験体周波数軸波形

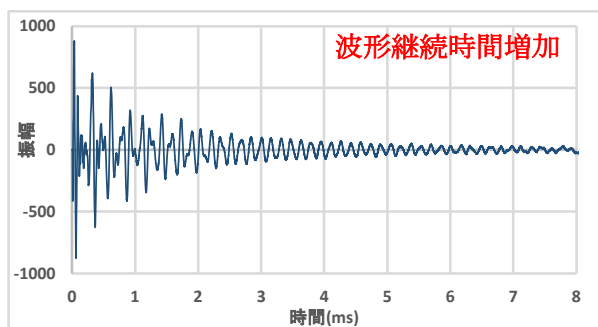


図 5.5.2.19 充填不足+ふた試験体時間軸波形

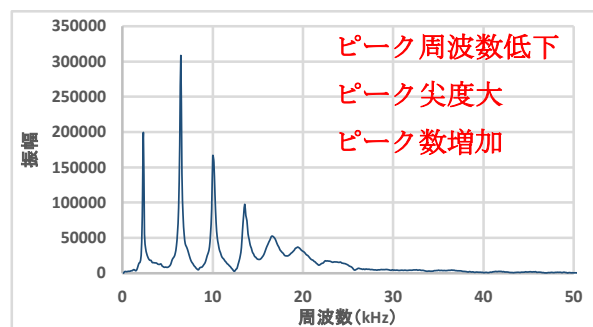


図 5.5.2.20 充填不足+ふた試験体周波数軸波形

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。

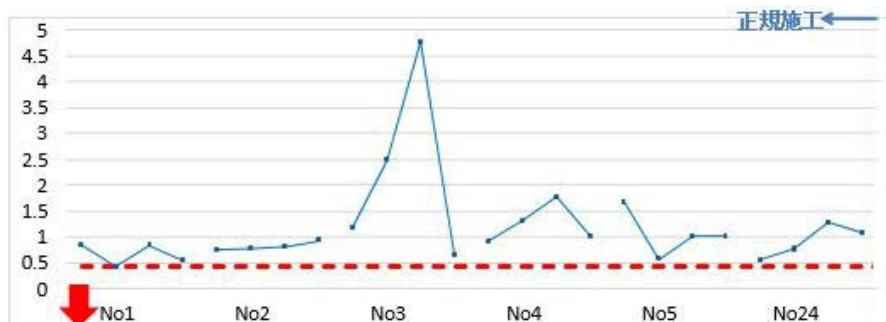


図 3.5.2.21 正規施工, D13, 波形エネルギー比

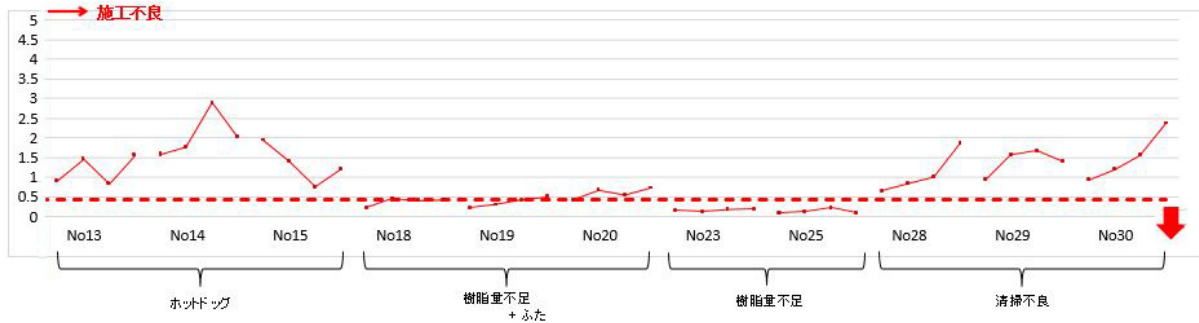


図 5.5.2.22 施工不良, D13, 波形エネルギー比

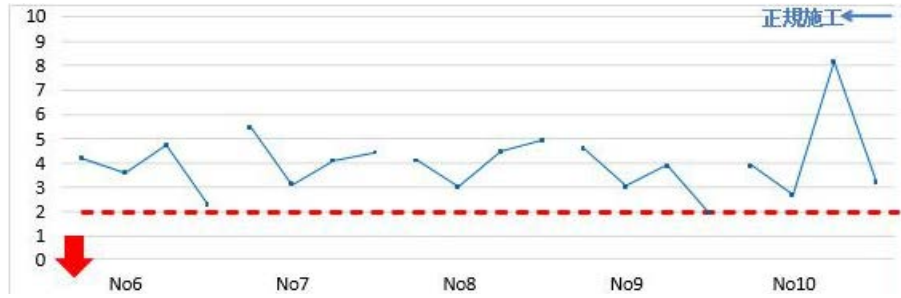


図 5.5.2.23 正規施工, D19, 波形エネルギー比

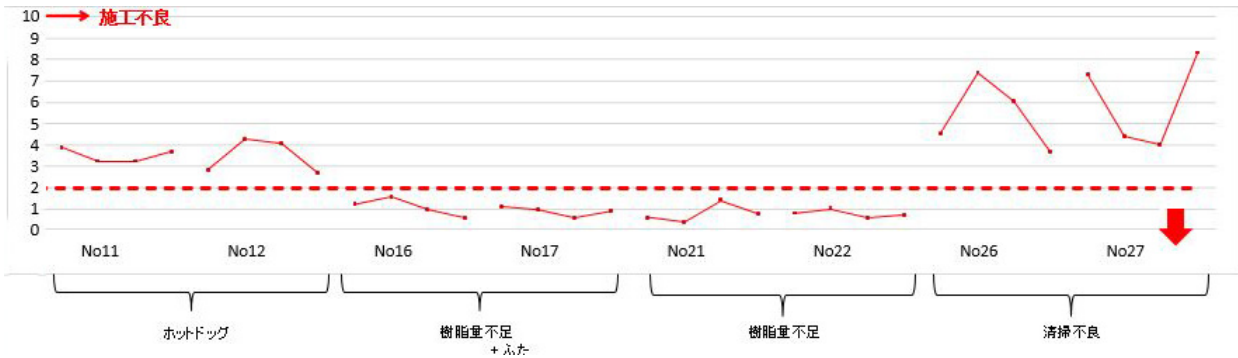


図 5.5.2.24 施工不良, D19, 波形エネルギー比

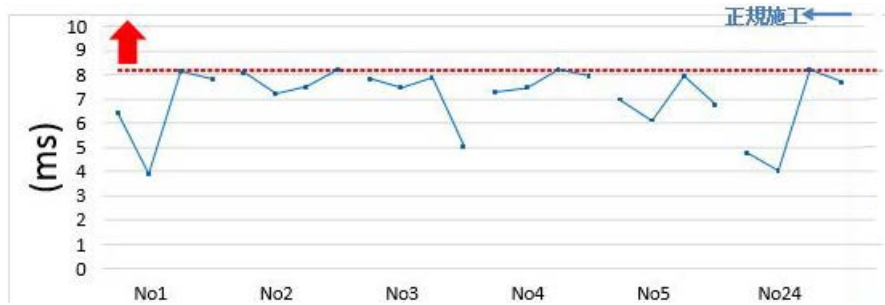


図 5.5.2.25 正規施工, D13, 波形継続時間(コンクリート側)

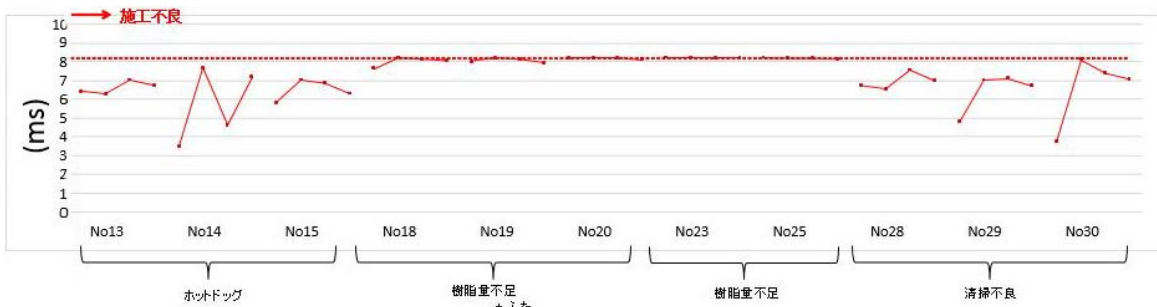


図 5.5.2.26 施工不良, D13, 波形継続時間(コンクリート側)

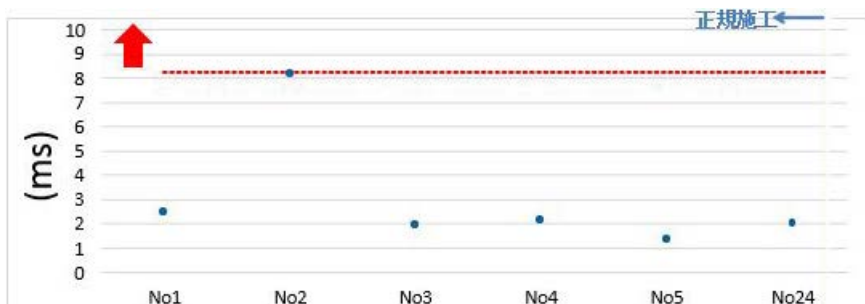


図 5.5.2.27 正規施工, D13, 波形継続時間(アンカー筋側)

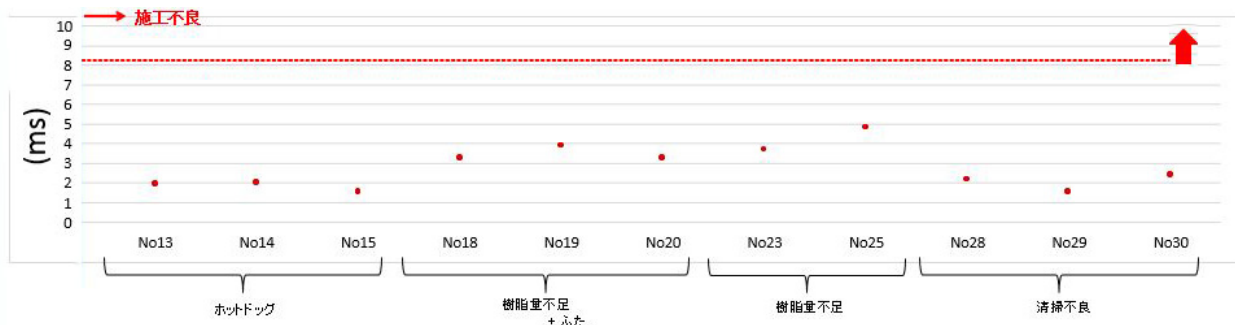


図 5.5.2.28 施工不良, D13, 波形継続時間(アンカー筋側)

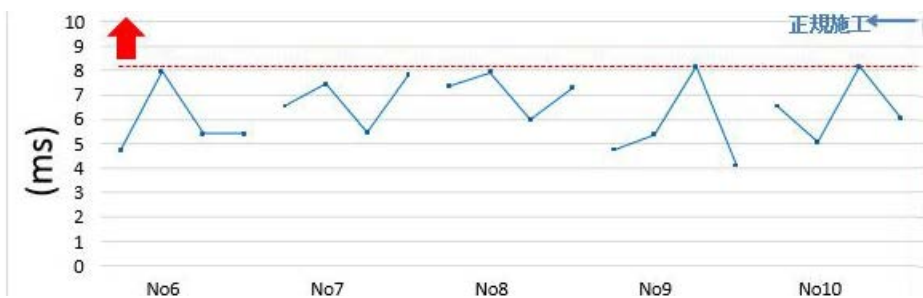


図 5.5.2.29 正規施工, D19, 波形継続時間(コンクリート側)

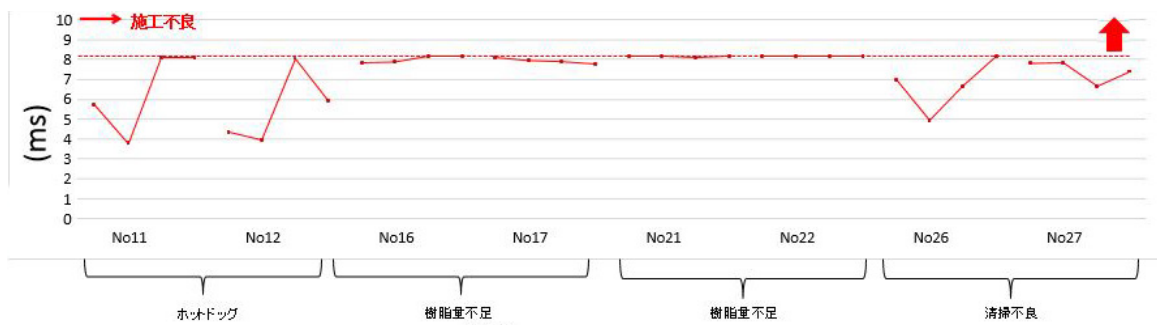


図 5.5.2.30 施工不良, D19, 波形継続時間(コンクリート側)

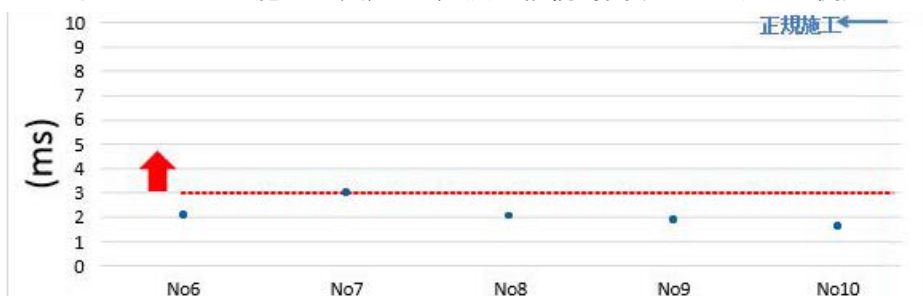


図 5.5.2.31 正規施工, D19, 波形継続時間(アンカー筋側)

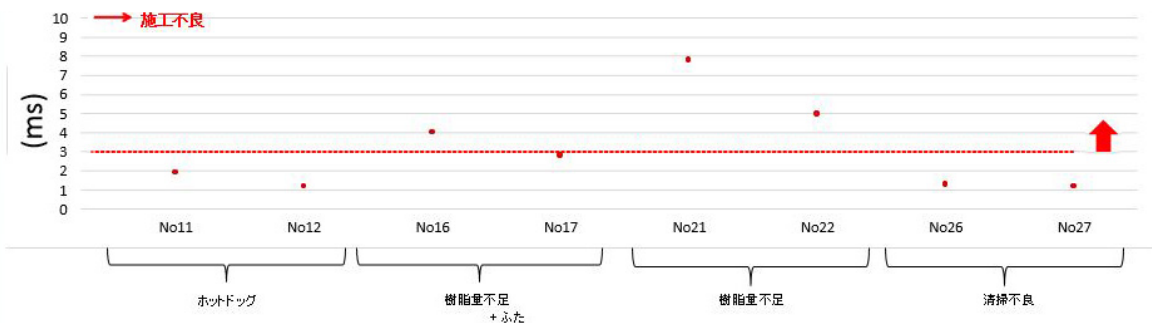


図 5.5.2.32 施工不良, D19, 波形継続時間(アンカー筋側)

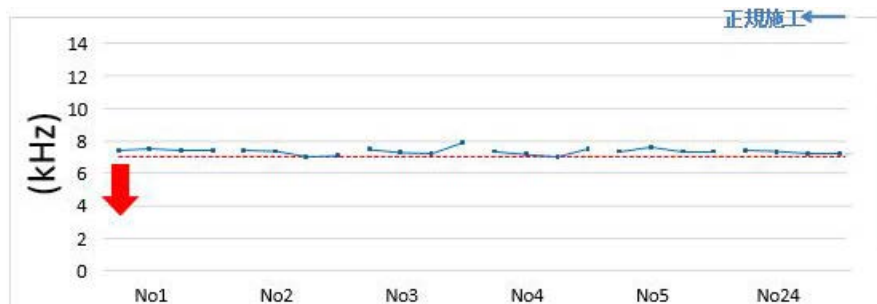


図 5.5.2.33 正規施工, D13, スペクトル重心周波数(コンクリート側)

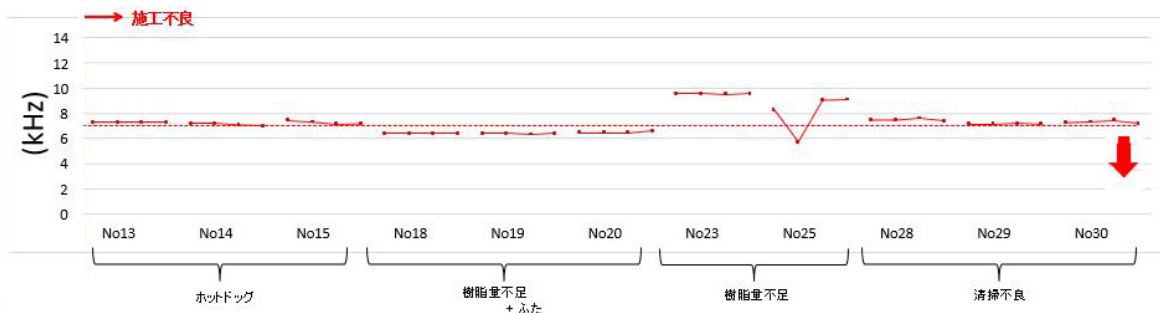


図 5.5.2.34 施工不良, D13, スペクトル重心周波数(コンクリート側)

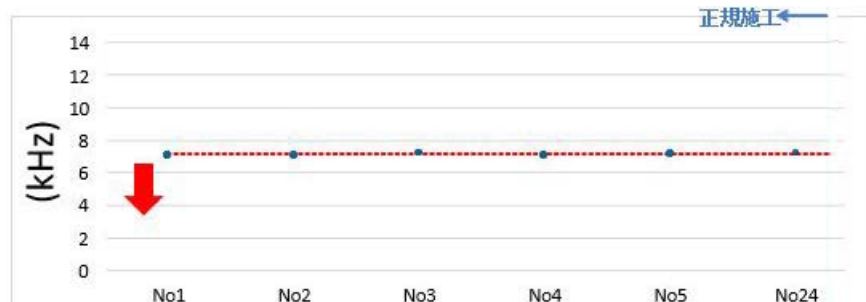


図 5.5.2.35 正規施工, D13, スペクトル重心周波数(アンカー筋側)

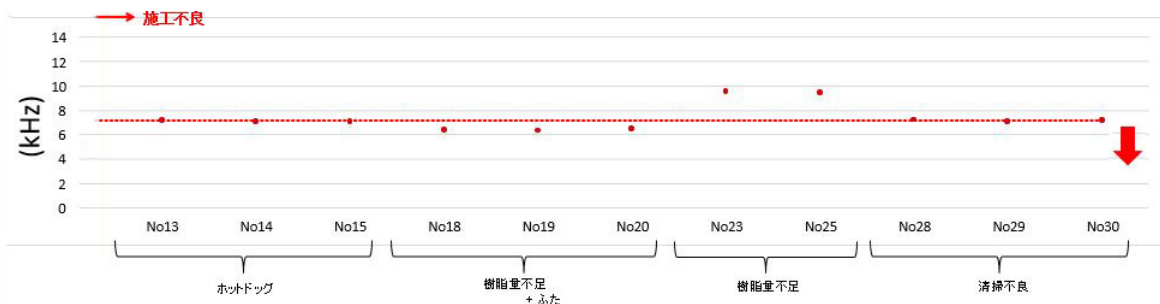


図 5.5.2.36 施工不良, D13, スペクトル重心周波数(アンカー筋側)

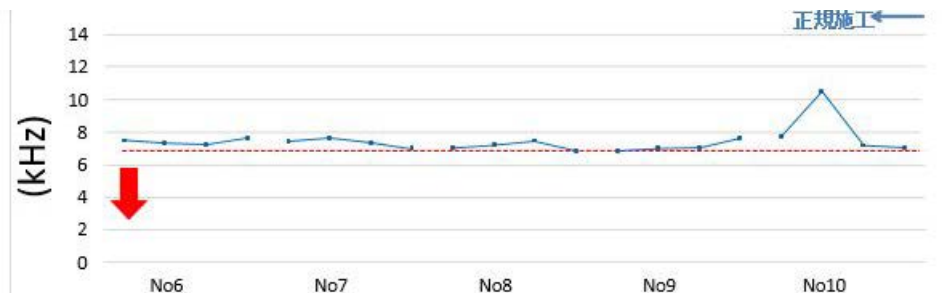


図 5.5.2.37 正規施工, D19, スペクトル重心周波数(コンクリート側)

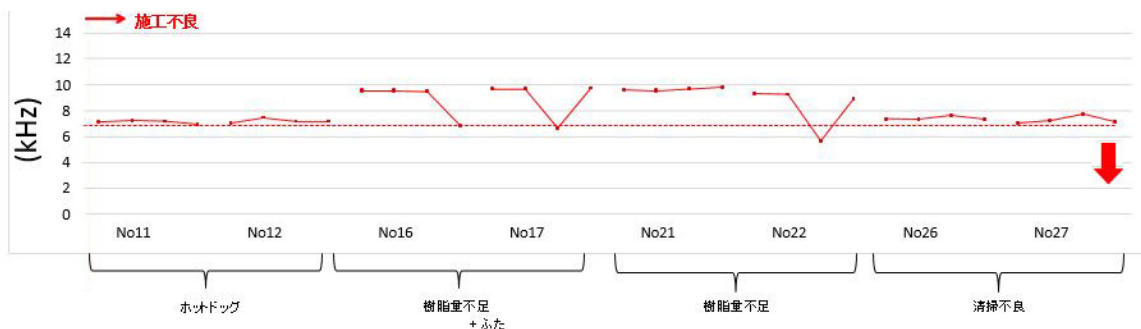


図 5.5.2.38 施工不良, D19, スペクトル重心周波数(コンクリート側)

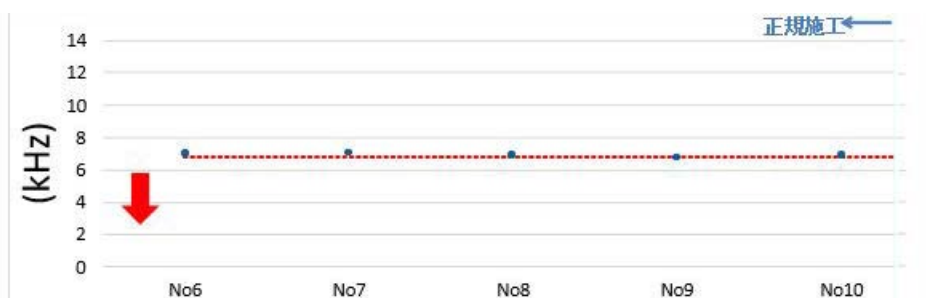


図 5.5.2.39 正規施工, D19, スペクトル重心周波数(アンカー筋側)

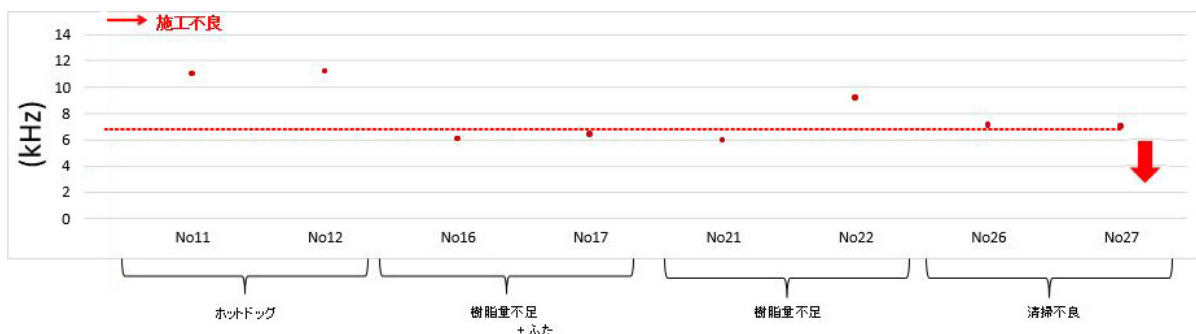


図 5.5.2.40 施工不良, D19, スペクトル重心周波数(アンカー筋側)

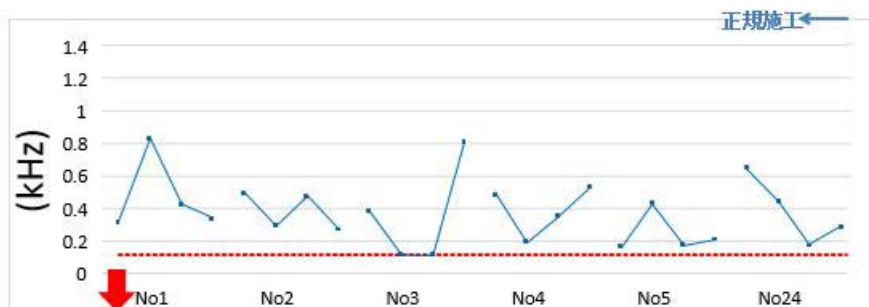


図 5.5.2.41 正規施工, D13, スペクトル標準偏差(コンクリート側)

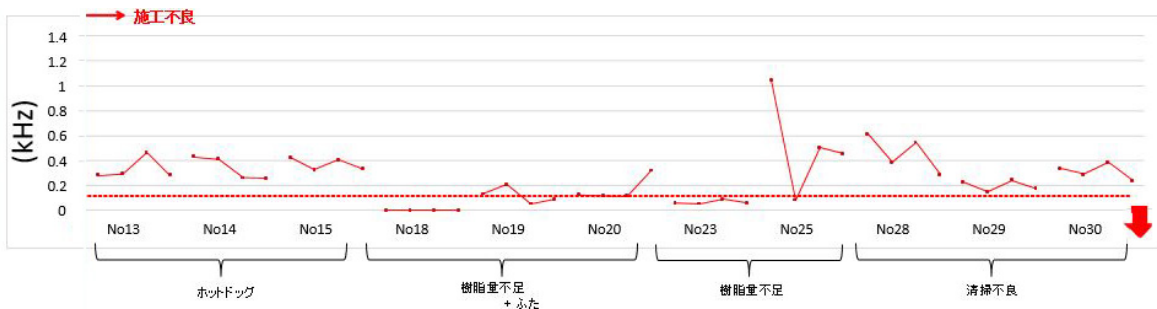


図 5.5.2.42 施工不良, D13, スペクトル標準偏差(コンクリート側)

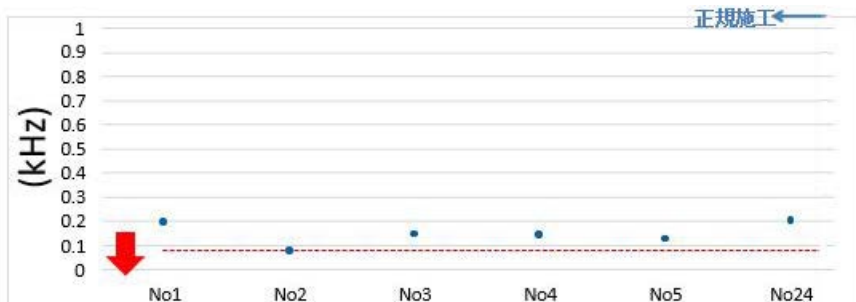


図 5.5.2.43 正規施工, D13, スペクトル標準偏差(アンカー筋側)

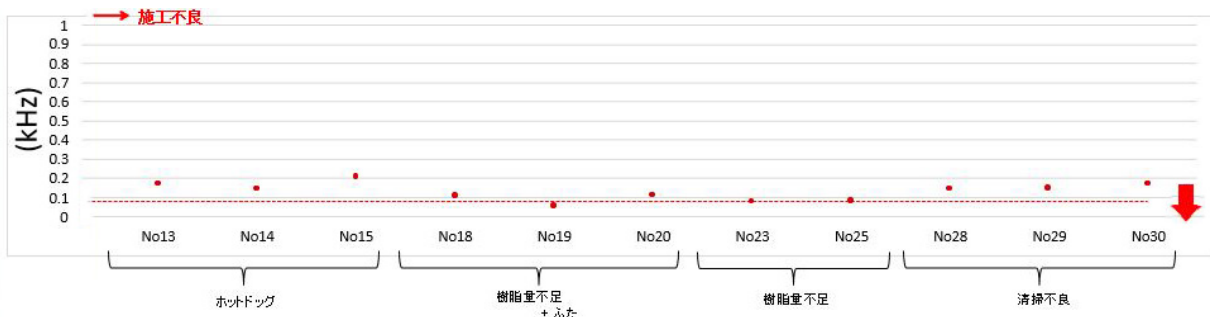


図 5.5.2.44 施工不良, D13, スペクトル標準偏差(アンカー筋側)

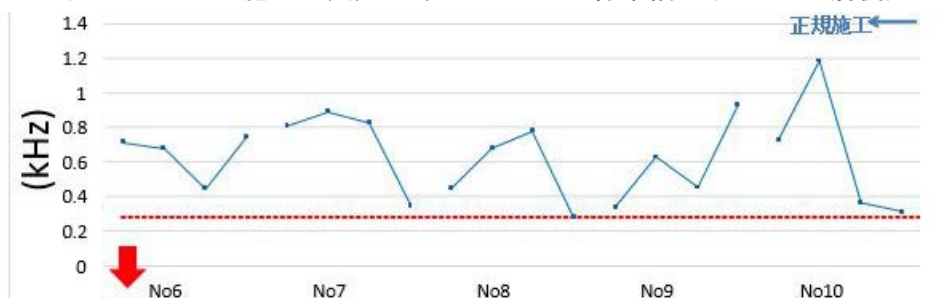


図 5.5.2.45 正規施工, D19, スペクトル標準偏差(コンクリート側)

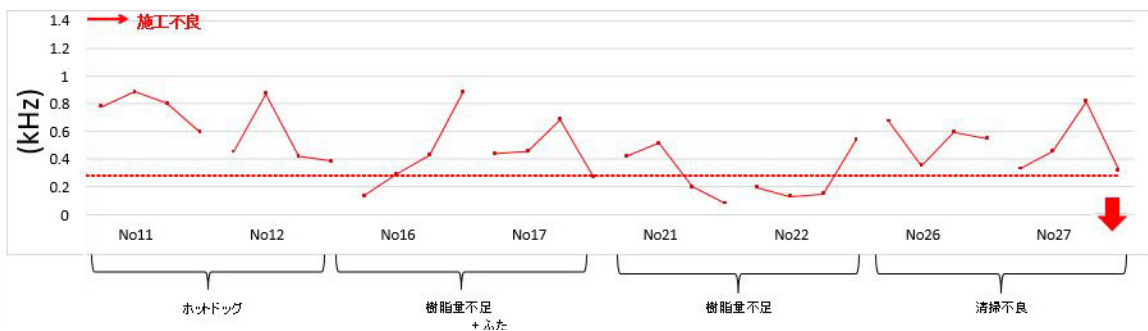


図 5.5.2.46 施工不良, D19, スペクトル標準偏差(コンクリート側)

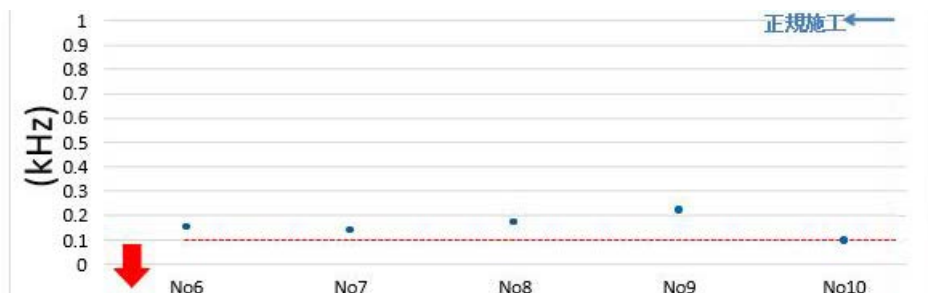


図 5.5.2.47 正規施工, D19, スペクトル標準偏差(アンカー筋側)

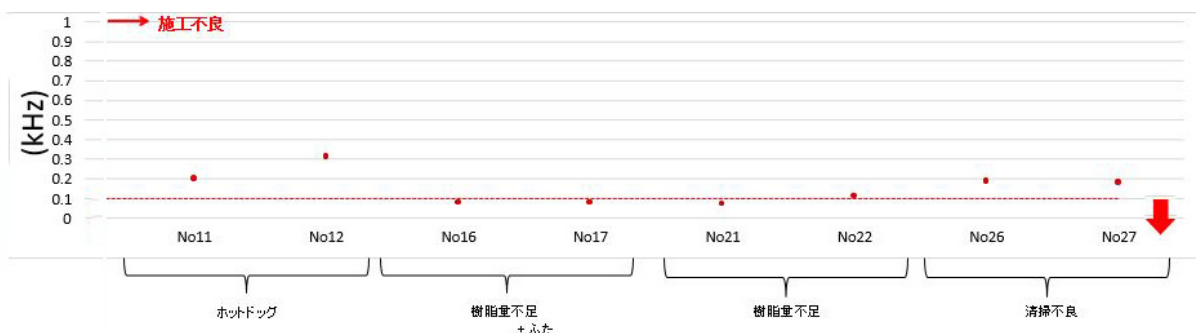


図 5.5.2.48 施工不良, D19, スペクトル標準偏差(アンカー筋側)

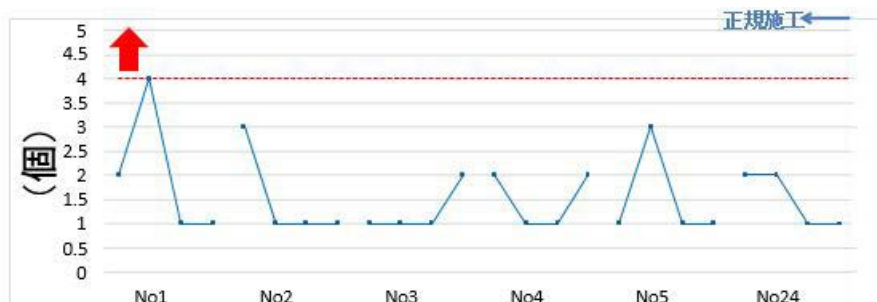


図 5.5.2.49 正規施工, D13, ピーク数(コンクリート側)

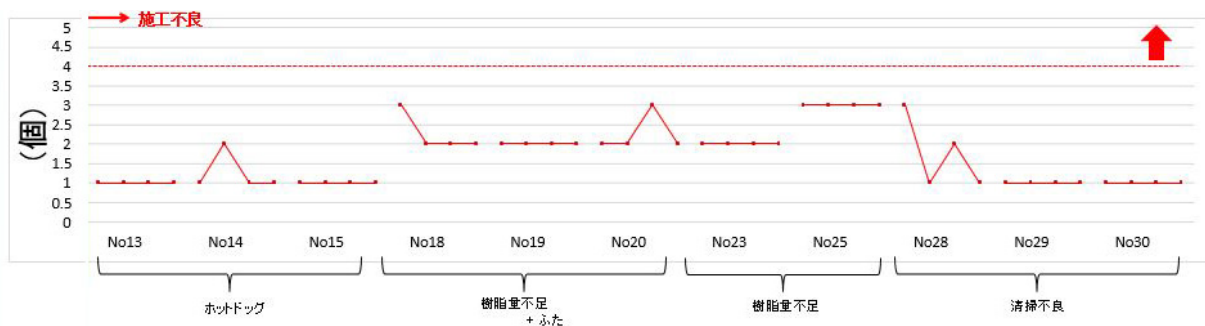


図 5.5.2.50 施工不良, D13, ピーク数(コンクリート側)

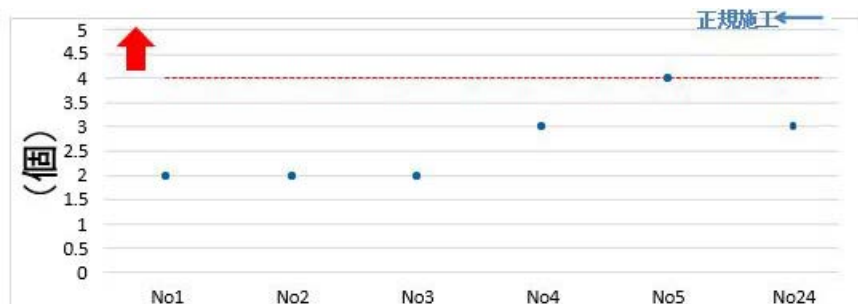


図 5.5.2.51 正規施工, D13, ピーク数(アンカー筋側)



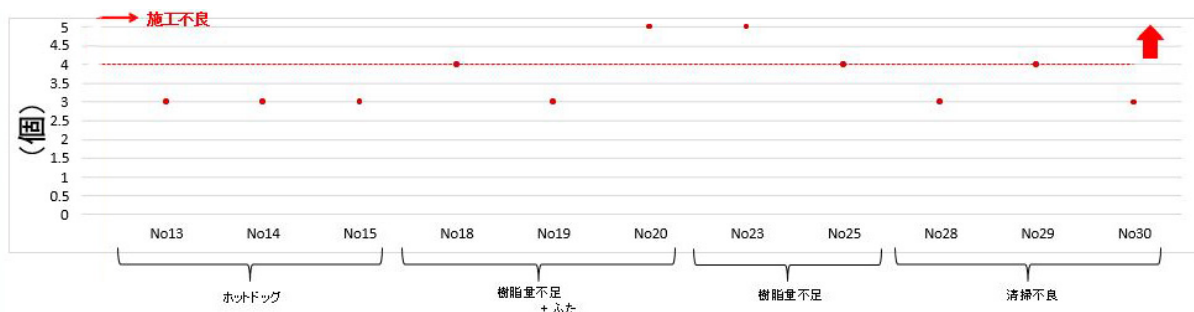


図 5.5.2.52 施工不良, D13, ピーク数(アンカー筋側)

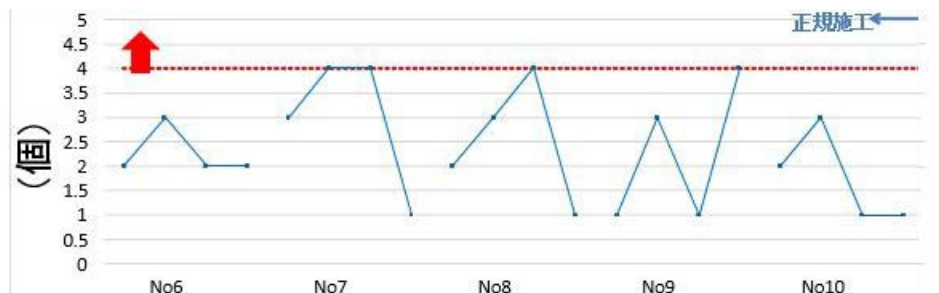


図 5.5.2.53 正規施工, D19, ピーク数(コンクリート側)

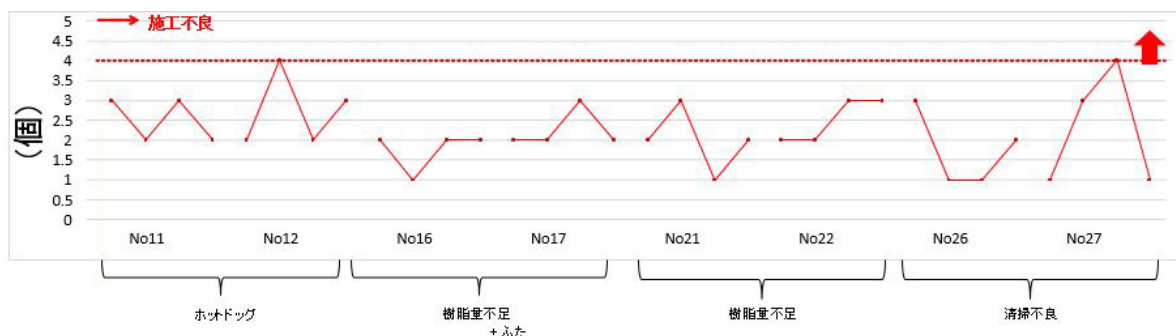


図 5.5.2.54 施工不良, D19, ピーク数(コンクリート側)

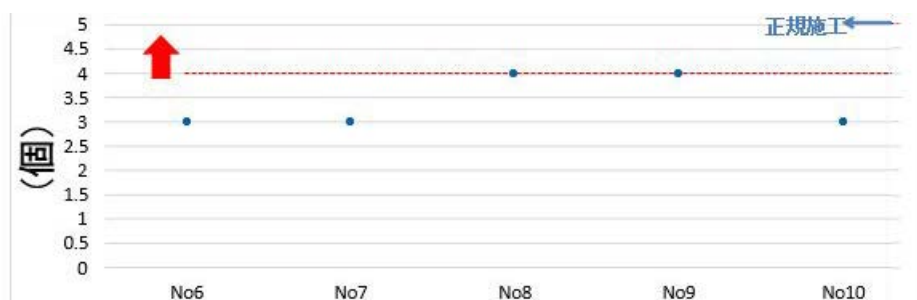


図 5.5.2.55 正規施工, D19, ピーク数(アンカー筋側)

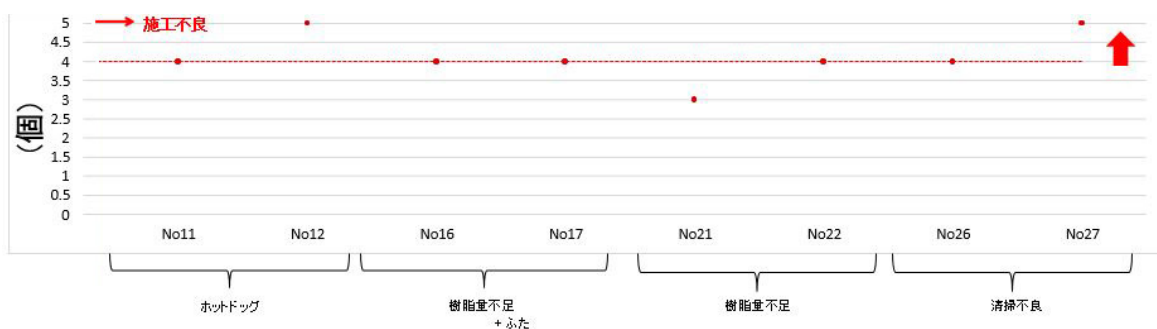


図 5.5.2.56 施工不良, D19, ピーク数(アンカー筋側)

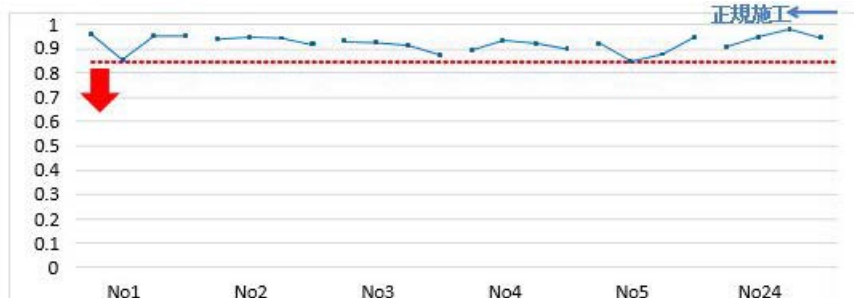


図 5.5.2.57 正規施工, D13, スペクトル相関係数(コンクリート側)

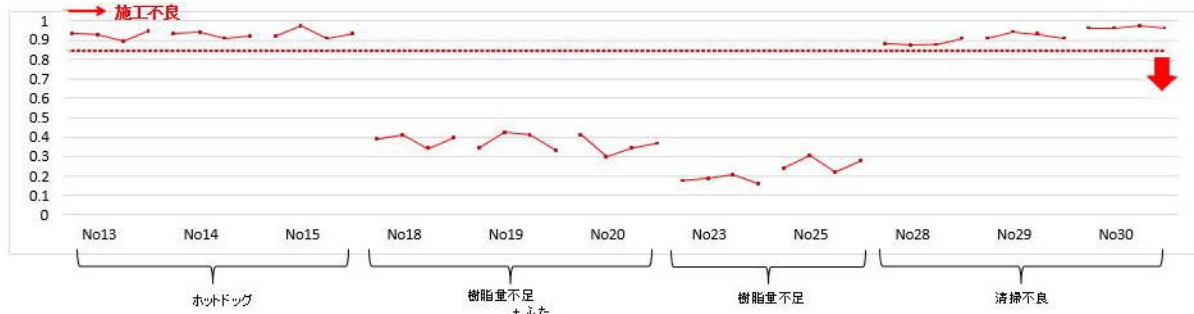


図 5.5.2.58 施工不良, D13, スペクトル相関係数(コンクリート側)

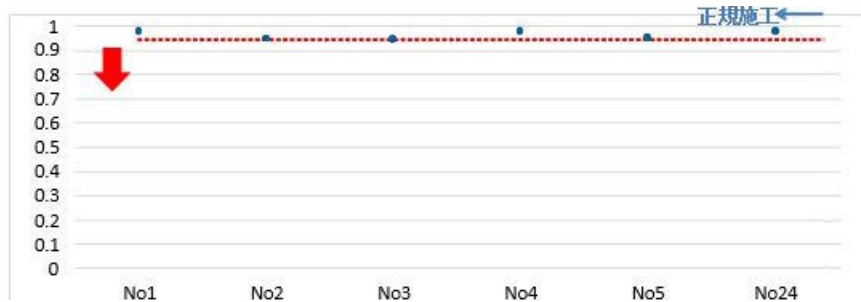


図 5.5.2.59 正規施工, D13, スペクトル相関係数(アンカー筋側)

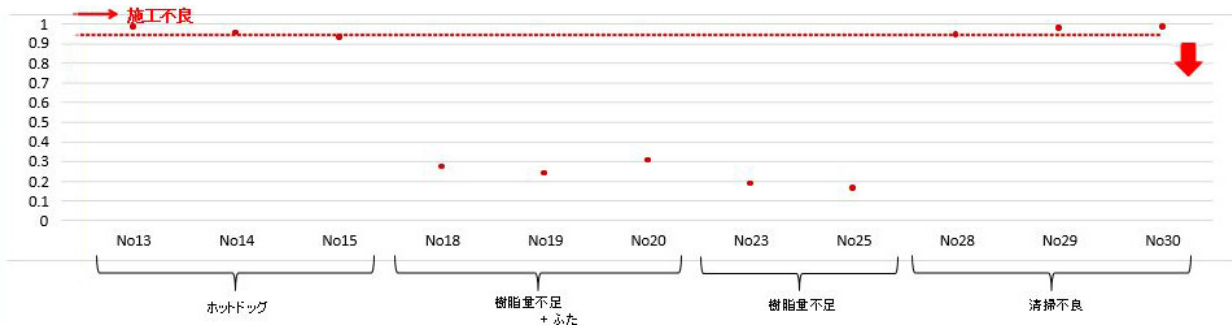


図 5.5.2.60 施工不良, D13, スペクトル相関係数(アンカー筋側)



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)

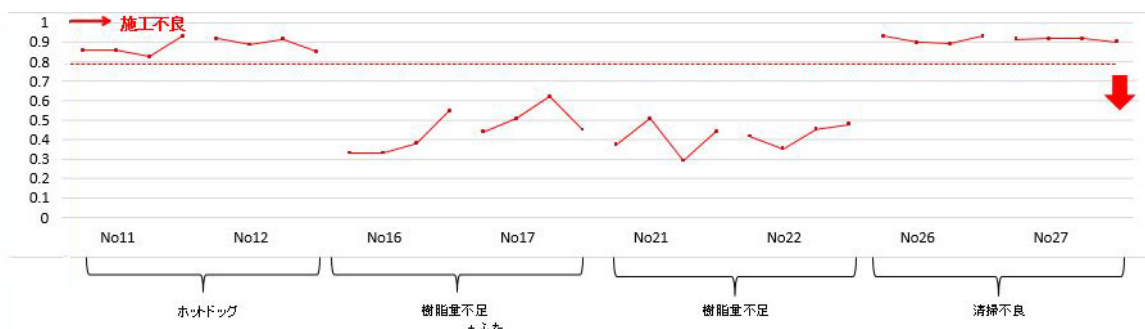


図 5.5.2.62 施工不良, D19, スペクトル相関係数(コンクリート側)

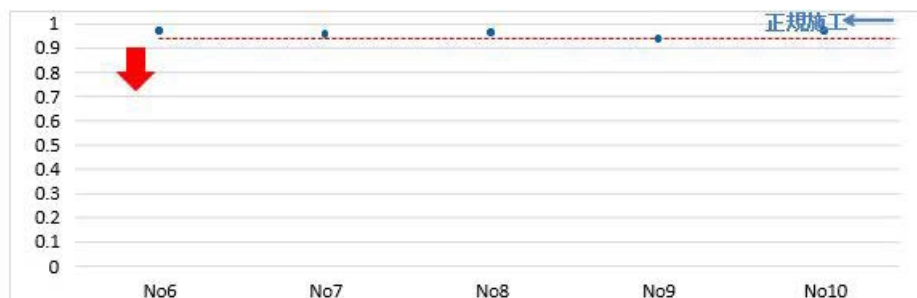


図 5.5.2.63 正規施工, D19, スペクトル相関係数(アンカー筋側)

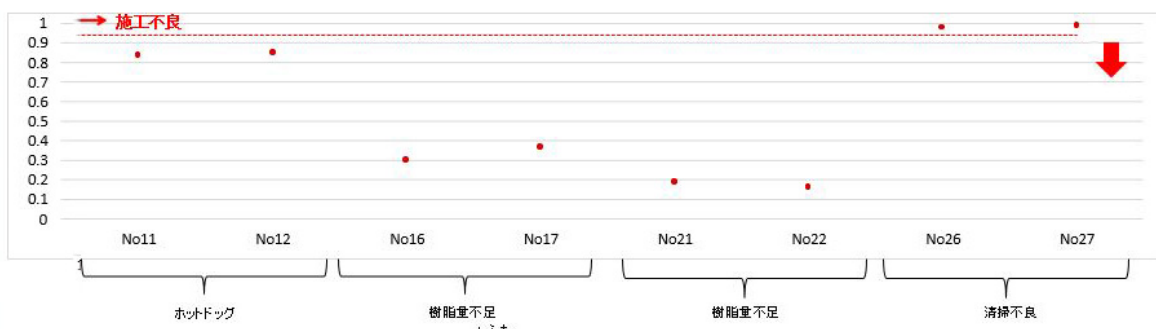


図 5.5.2.64 施工不良, D19, スペクトル相関係数(アンカー筋側)

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。

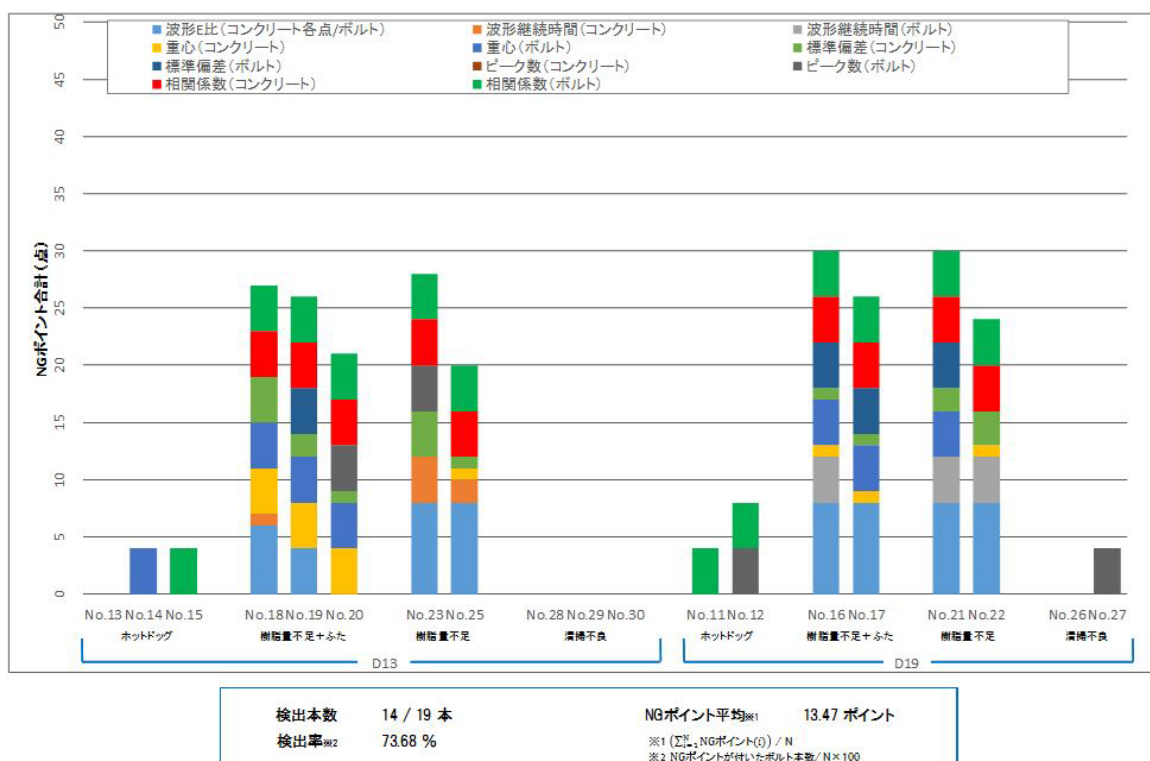


図 5.5.2.65 コンクリート塊試験体での NG ポイント合計値(コイル位置 : アンカー筋先端)

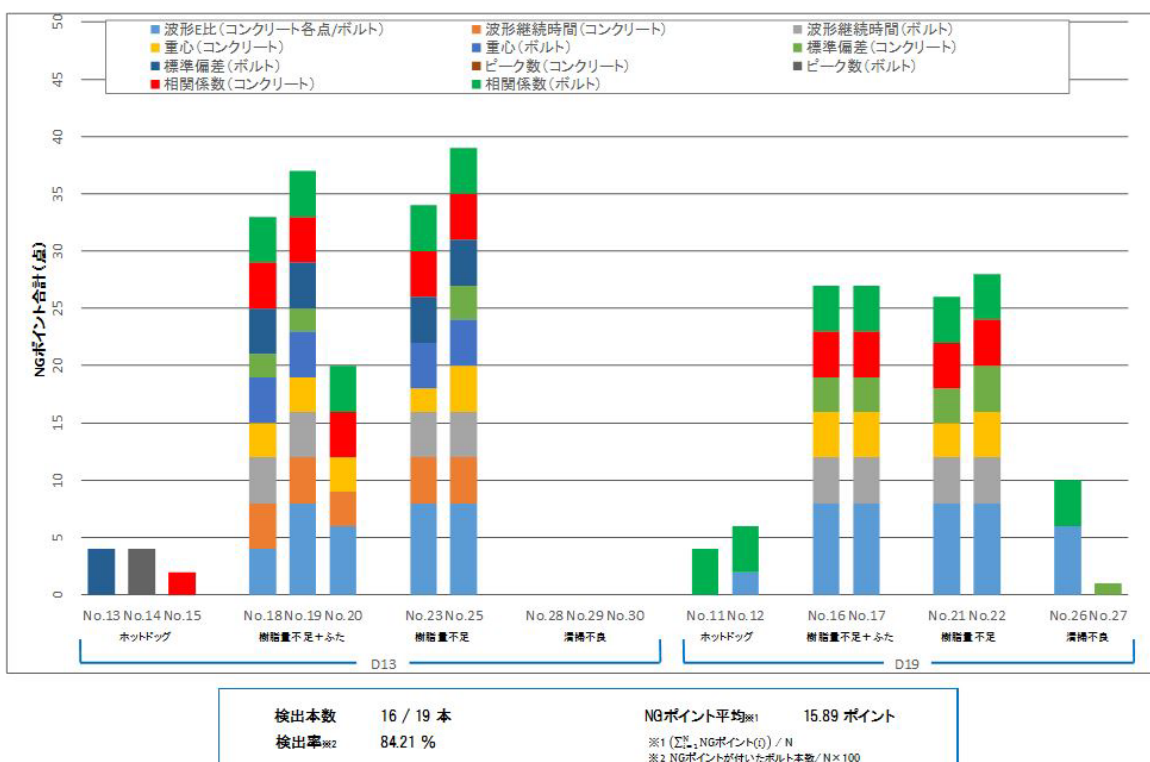


図 5.5.2.66 コンクリート塊試験体での NG ポイント合計値(コイル位置 : アンカー筋中央部)

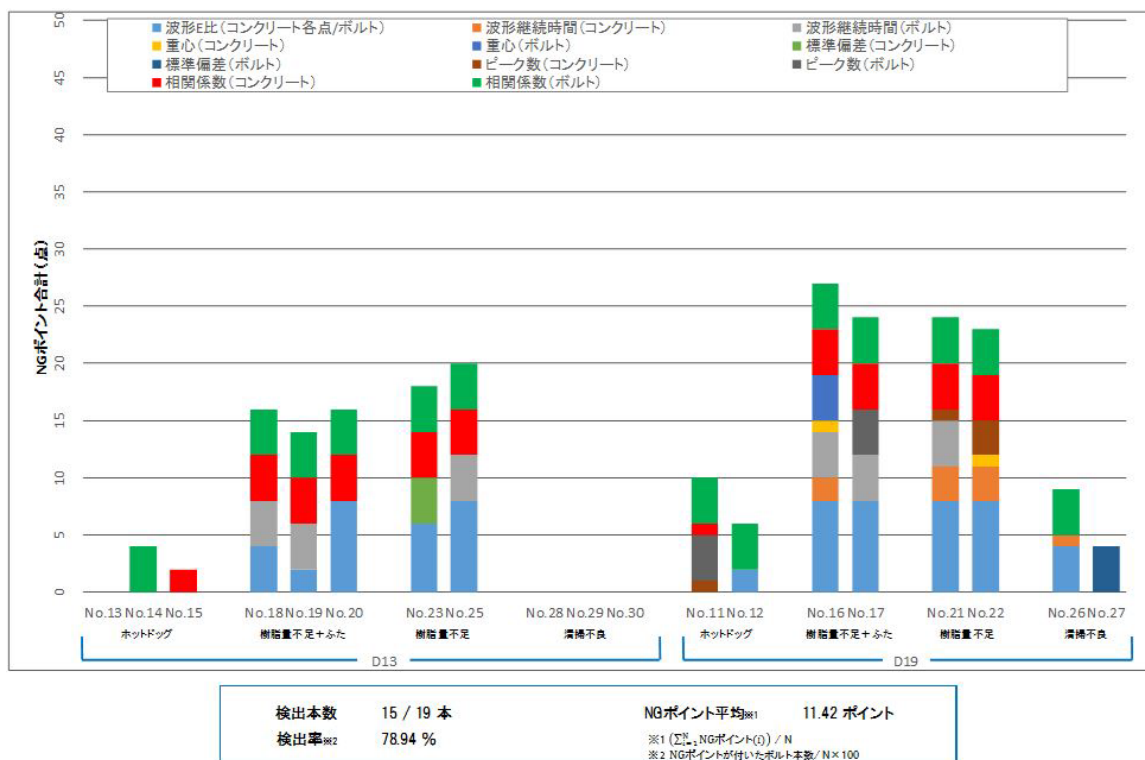


図 5.5.2.67 コンクリート塊試験体での NG ポイント合計値 (コイル位置：アンカー筋根元部)

## 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。

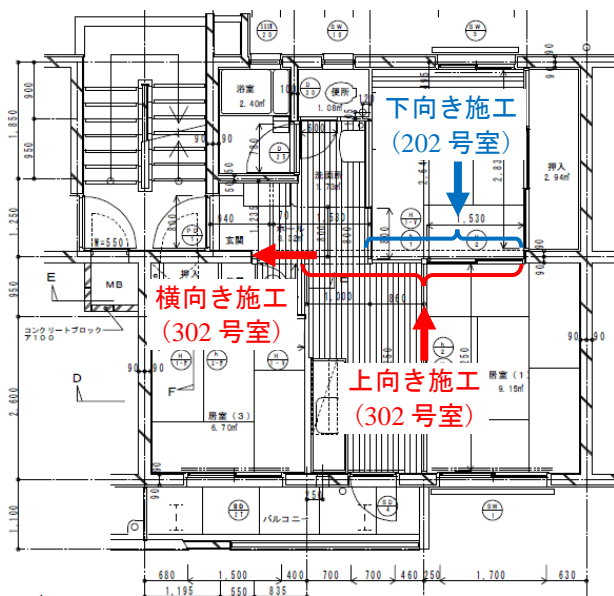


図 5.5.3.1 実構造物検証実験の施工位置図

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	

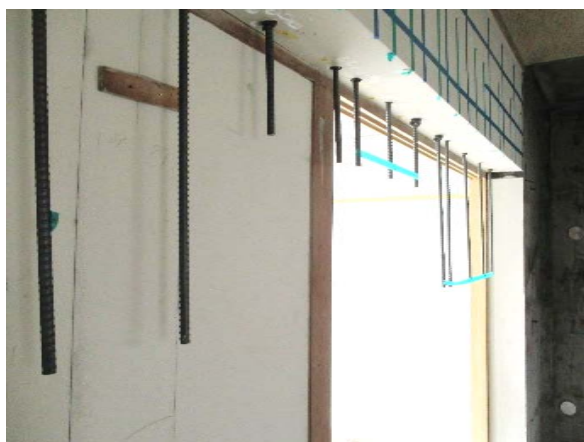


写真 5.5.3.1 施工状況(302号室壁梁・上向き)



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。

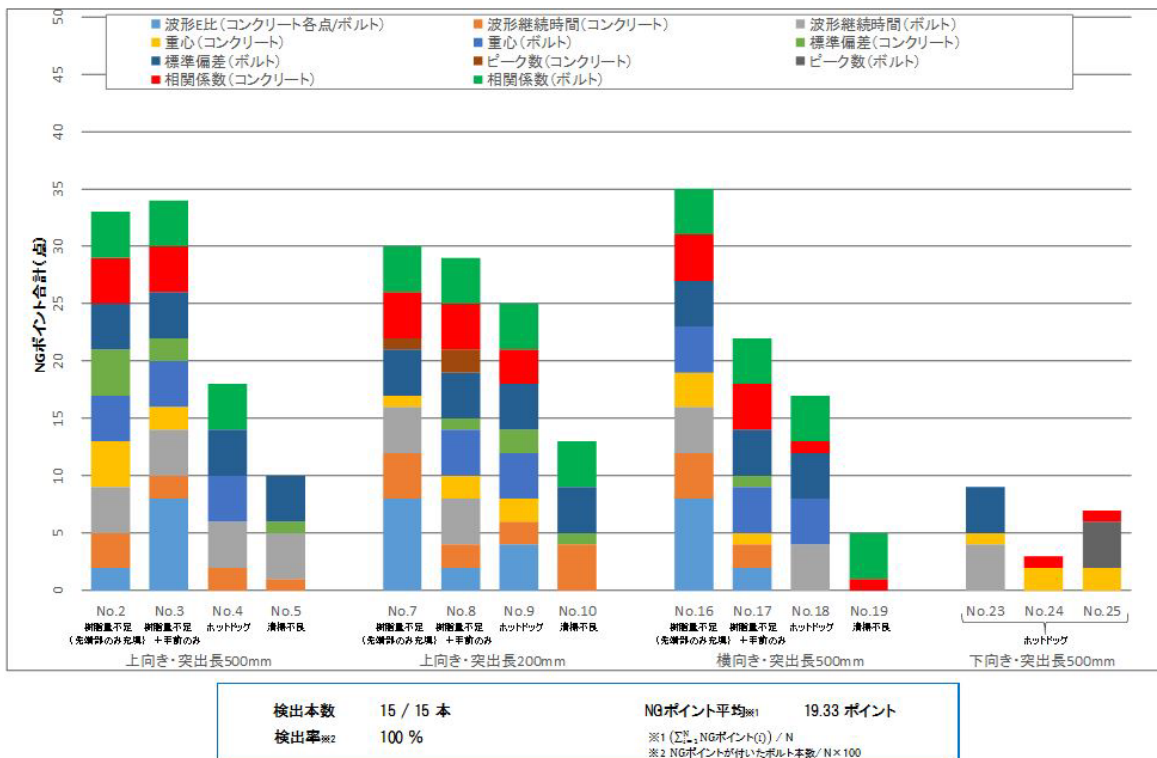


図 5.5.3.2 実構造物での NG ポイント合計値(コイル位置：アンカー筋頂部)

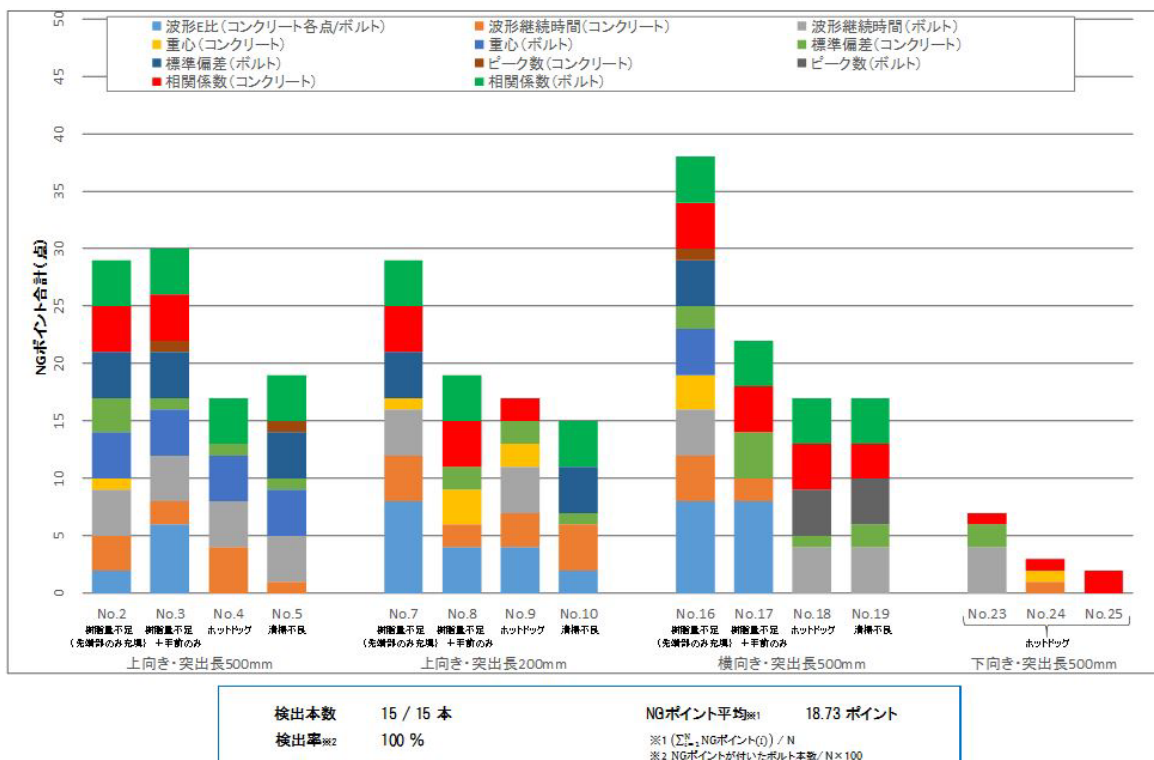


図 5.5.3.3 実構造物における NG ポイント合計値(コイル位置：アンカー筋中央)

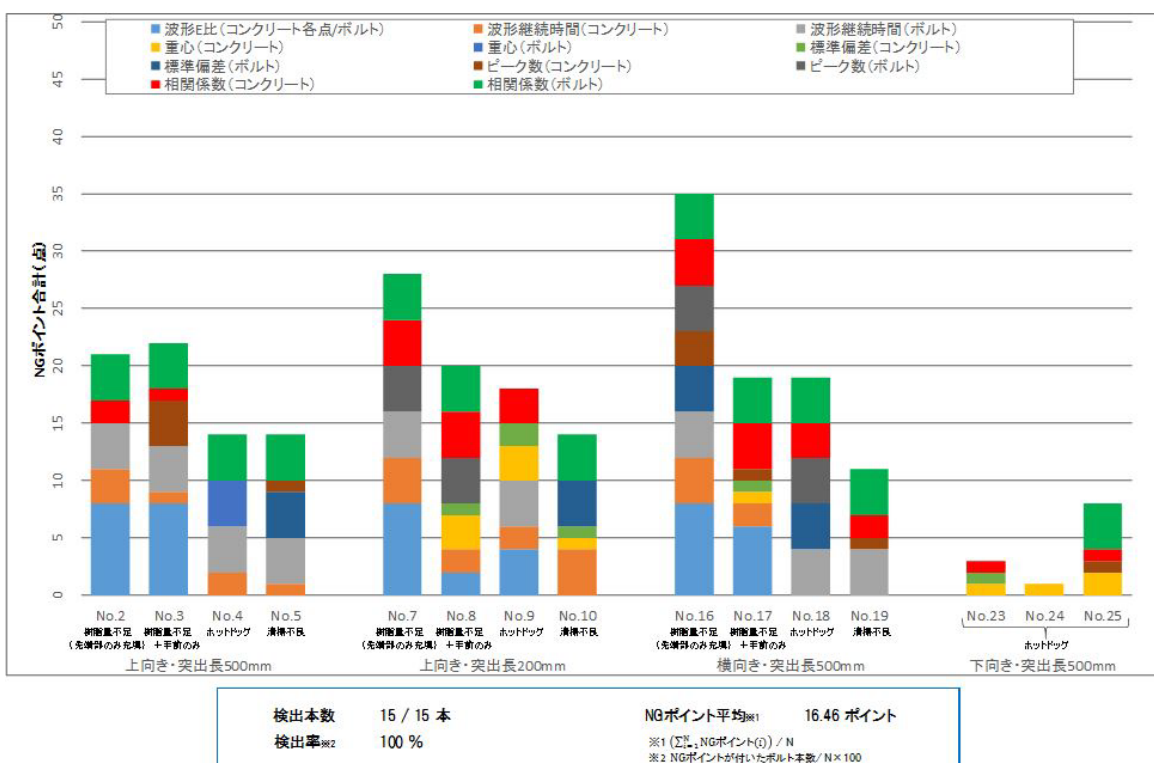


図 5.5.3.4 実構造物における NG ポイント合計値(コイル位置：アンカー筋根本部)

## 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。

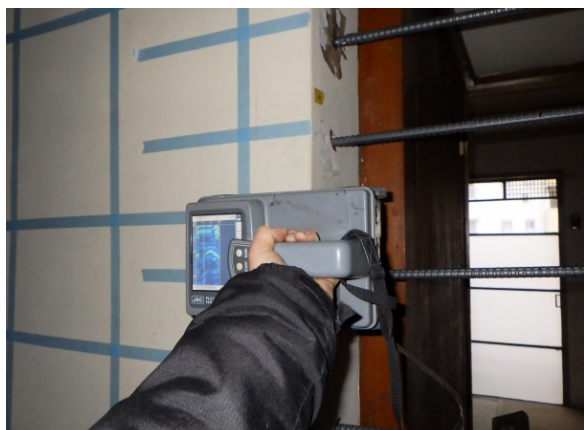


写真 5.5.3.4 壁面探査状況



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。

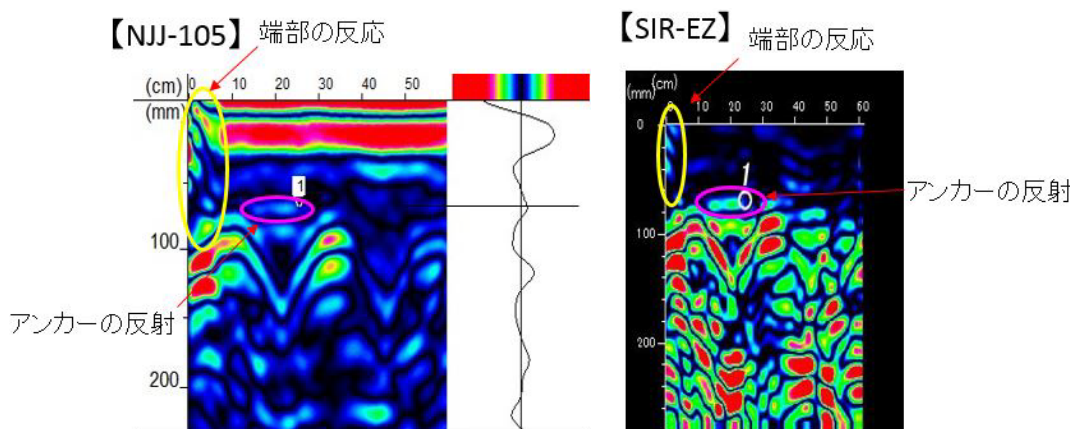


図 5.5.3.5 電磁波レーダ法の測定結果(横向き・正規施工)左: NJJ-105・右: SIR-EZ

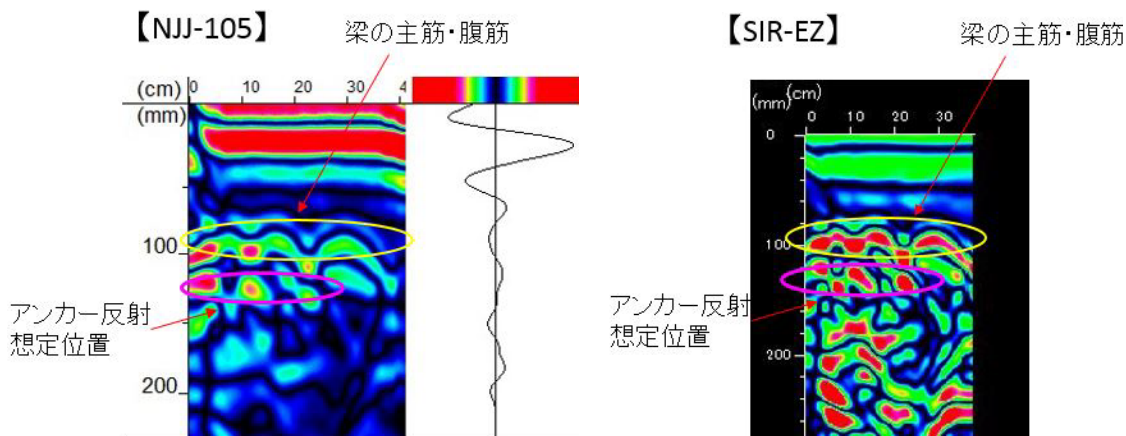


図 5.5.3.6 電磁波レーダ法の測定結果(上向き・正規施工)左: NJJ-105・右: SIR-EZ

(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。

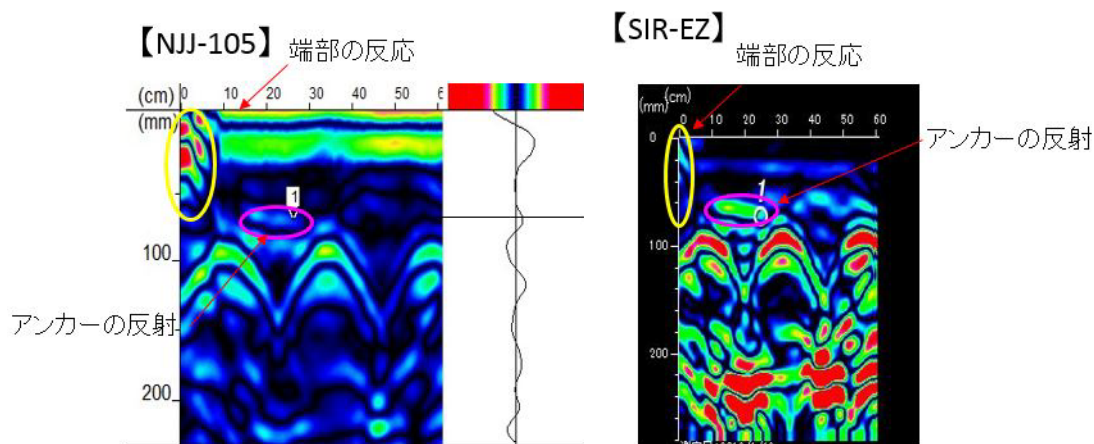


図 5.5.3.7 電磁波レーダ法の測定結果(横向き・樹脂量不足)左：NJJ-105・右：SIR-EZ

(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。

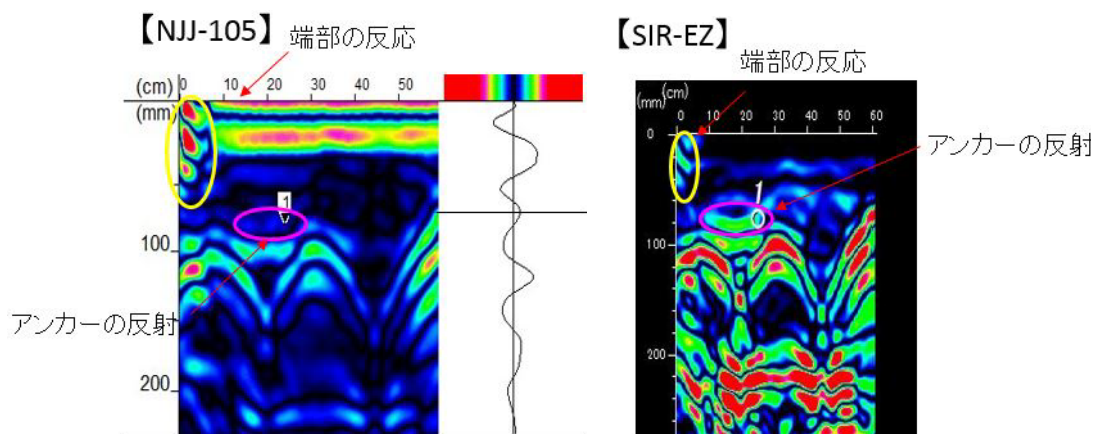


図 5.5.3.8 電磁波レーダ法の測定結果(横向き・樹脂量不足+ふた)左：NJJ-105・右：SIR-EZ

(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。

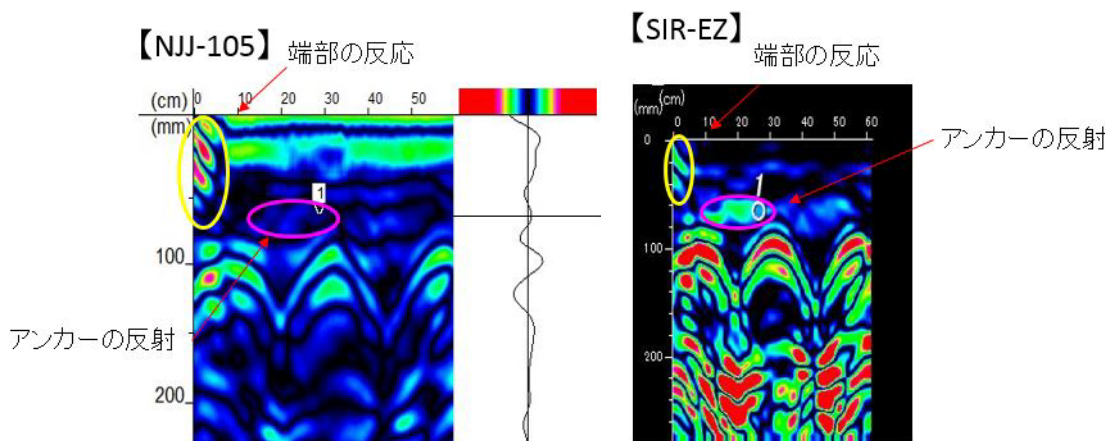


図 5.5.3.9 電磁波レーダ法の測定結果(横向き・ホットドッグ)左：NJJ-105・右：SIR-EZ

(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。

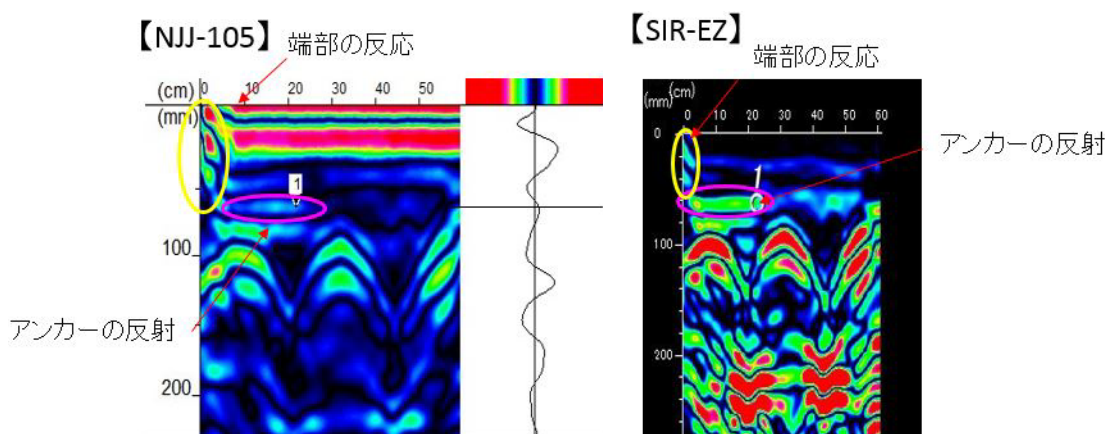


図 35.5.3.10 電磁波レーダ法の測定結果(横向き・清掃不良)左：NJJ-105・右：SIR-EZ

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。

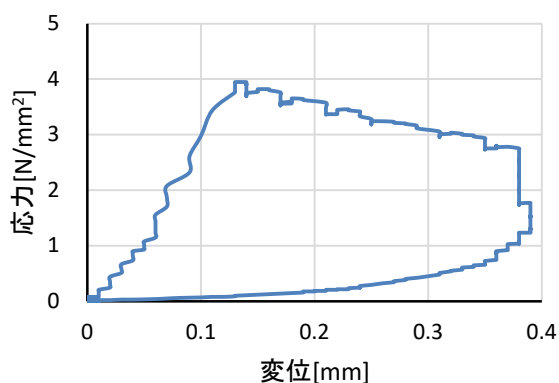


図 5.5.3.11 応力-変位曲線(正規施工①)

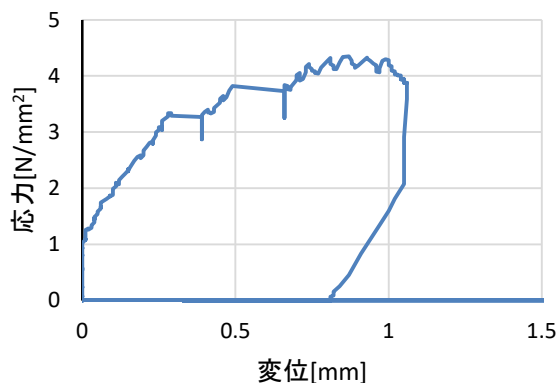


図 5.5.3.12 応力-変位曲線(ホットドッグ①)

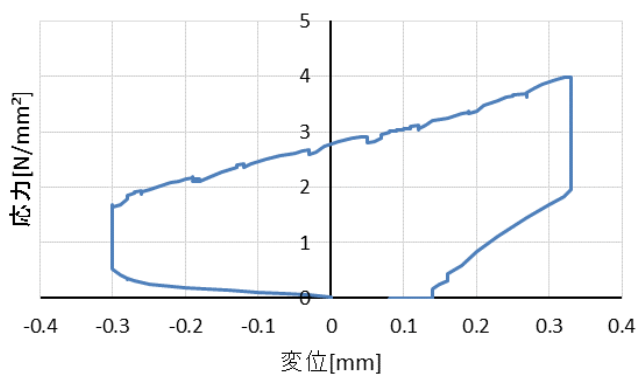


図 5.5.3.13 応力-変位曲線(正規施工②)

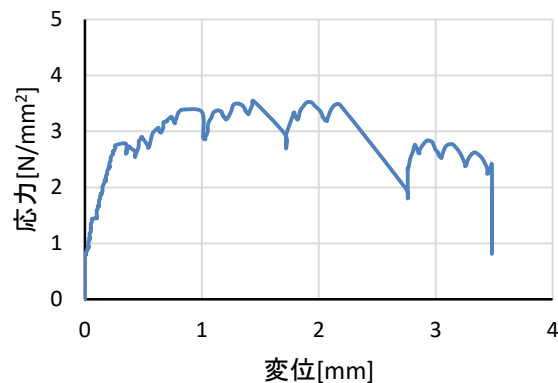


図 5.5.3.14 応力-変位曲線(ホットドッグ②)

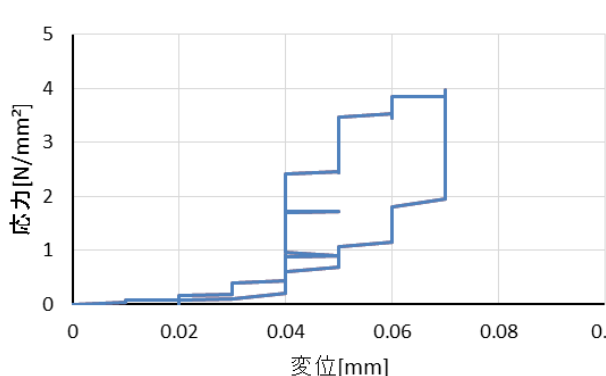


図 5.5.3.15 応力-変位曲線(正規施工③)

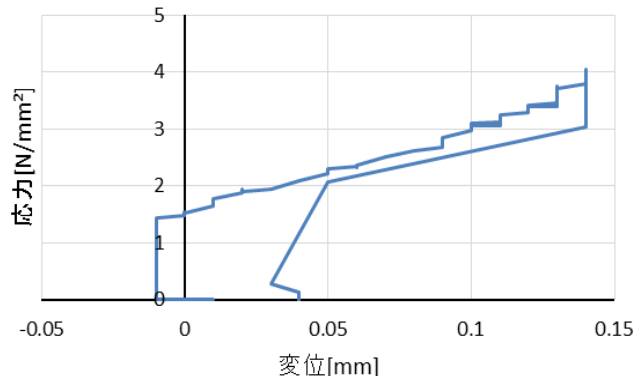


図 5.5.3.16 応力-変位曲線(ホットドッグ④)



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場合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。



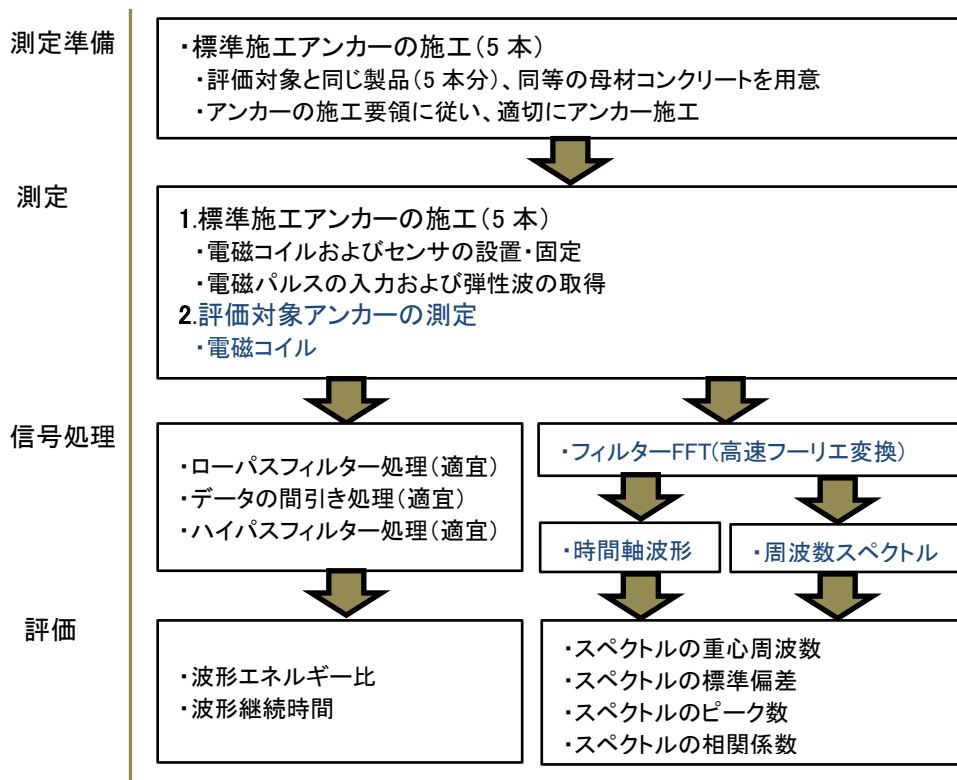


図 5.4.4.1 本試験方法の試験手順

## 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。

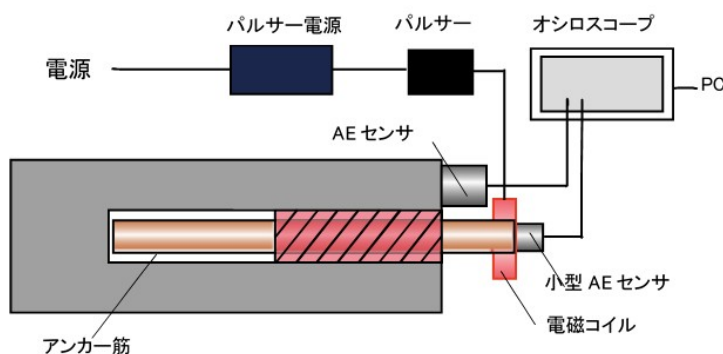


図 5.4.4.2 測定装置および器具の構成例

### 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で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。

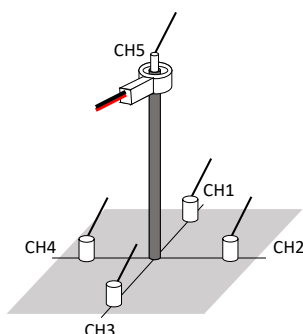


図 5.4.4.3 AE センサの設置位置

## 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 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 最大値超	各方向1点：計4点 4点
			ボルト		
9.4	スペクトル 重心周波数	SC	コンクリート	標準施工の 最小値未満	各方向1点：計4点 4点
			ボルト		
9.5	スペクトル 標準偏差	SD	コンクリート	標準施工の 最小値未満	各方向1点：計4点 4点
			ボルト		
9.6	スペクトル ピーク数	SP	コンクリート	標準施工の 最大値超	各方向1点：計4点 4点
			ボルト		
9.7	スペクトル 相関係数	CF	コンクリート	標準施工の 最小値未満	各方向1点：計4点 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。

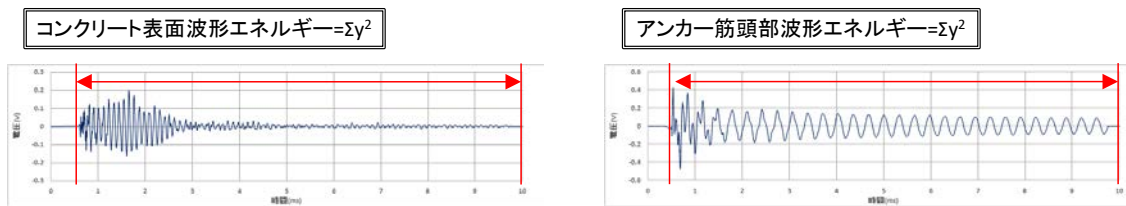


図 5.4.4.4 波形エネルギー比の評価の模式図

(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。

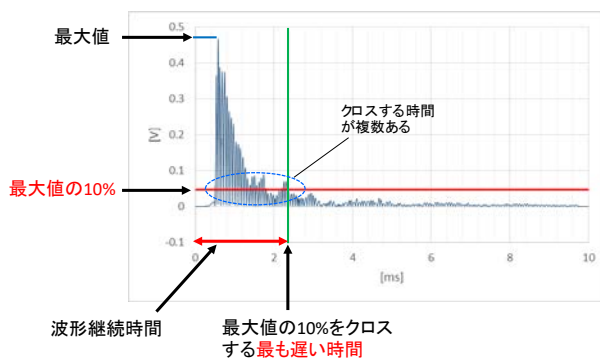


図 5.4.4.5 波形継続時間の評価の模式図

(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。

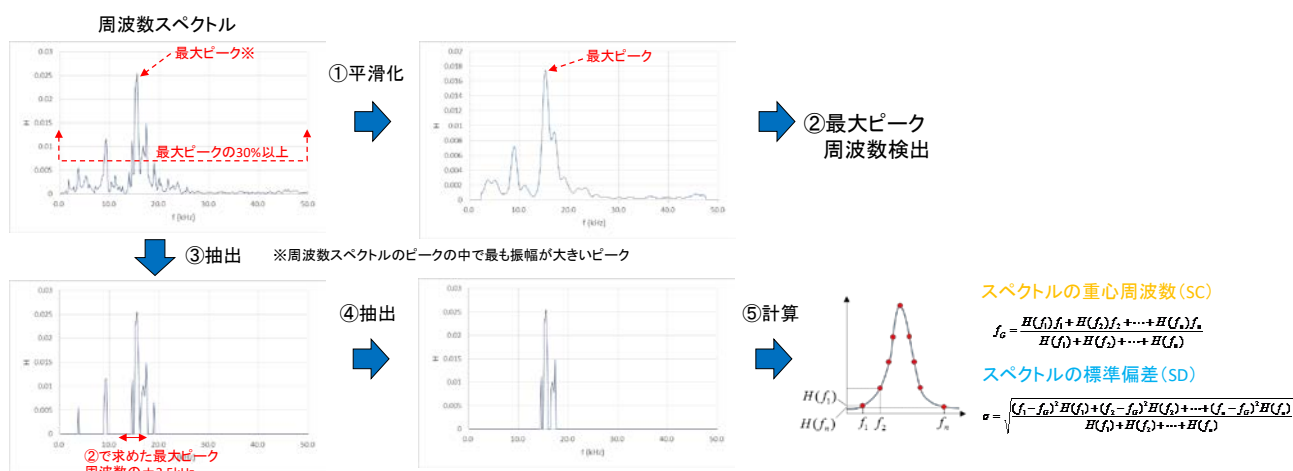


図 5. 4. 4. 6 スペクトルの重心周波数の評価の模式図

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。

$$SC = \frac{H(f_1)f_1 + H(f_2)f_2 + \dots + H(f_n)f_n}{H(f_1) + H(f_2) + \dots + H(f_n)} \quad \dots \dots \dots (5.4.4.3)式$$

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。

$$SD = \sqrt{\frac{(f_1 - f_G)^2 H(f_1) + (f_2 - f_G)^2 H(f_2) + \dots + (f_n - f_G)^2 H(f_n)}{H(f_1) + H(f_2) + \dots + H(f_n)}} \quad \dots\dots\dots (5.4.4.4) \text{式}$$

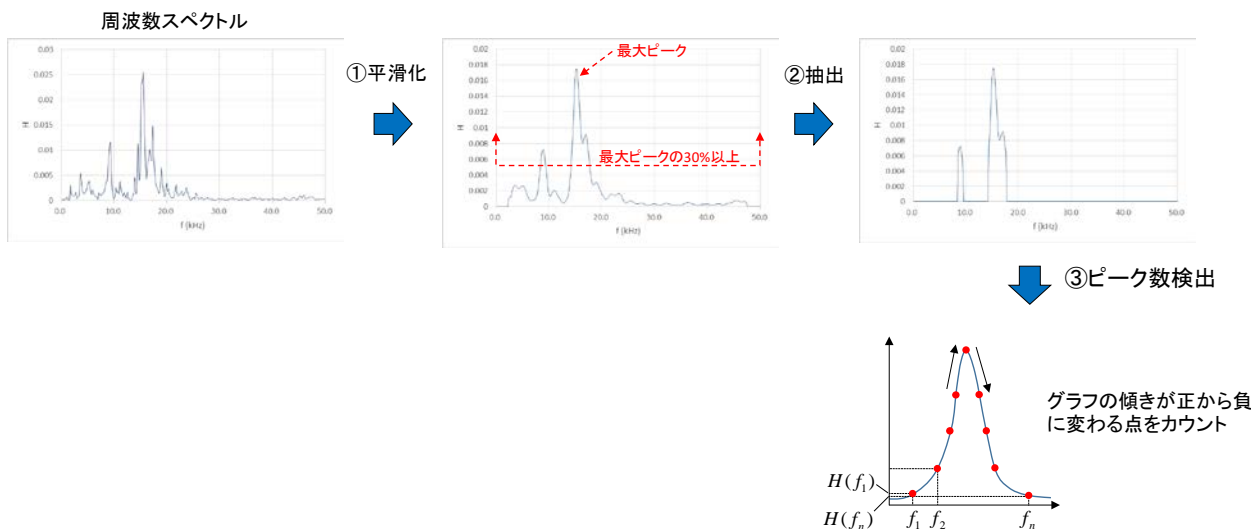
#### (3) 評価

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。

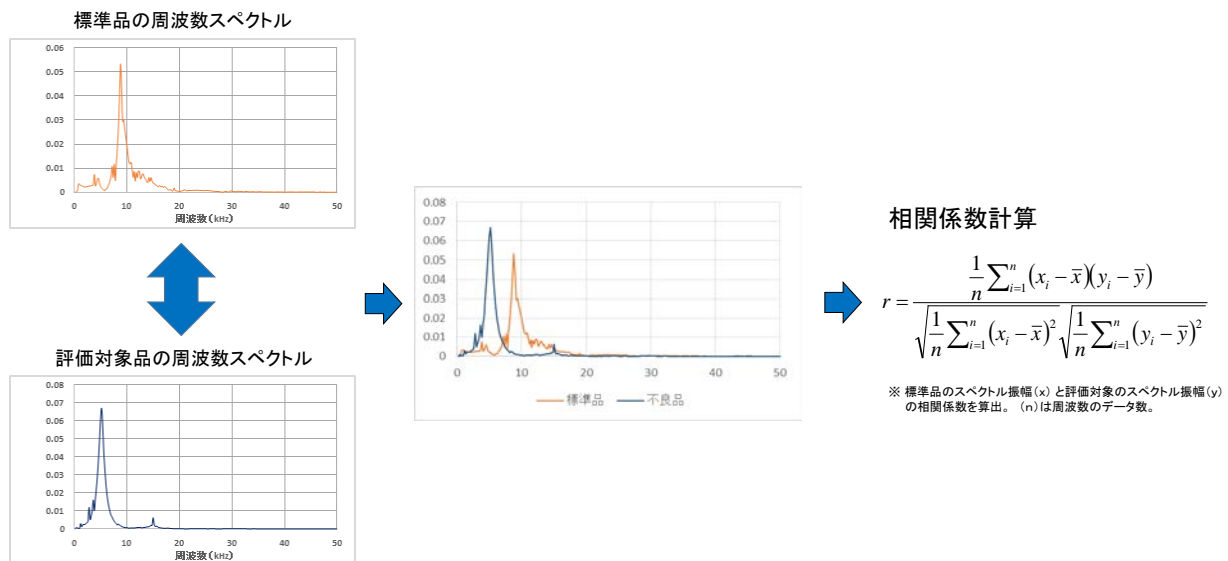


図 5.4.4.8 スペクトルの相関係数の評価の様式図

(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。



$$CF = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (H_{av}(f_i) - \bar{H}_{av}(f))(H(f_i) - \bar{H}(f))}{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (H_{av}(f_i) - \bar{H}_{av}(f))^2} \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (H(f_i) - \bar{H}(f))^2}} \dots\dots\dots (5.4.4.5) 式$$

(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。

$$NG = a \cdot NG_{ER} + b \cdot NG_{DT} + c \cdot NG_{SC} + d \cdot NG_{SD} + e \cdot NG_{SP} + f \cdot NG_{CF} \dots\dots\dots (5.4.4.6) 式$$

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。

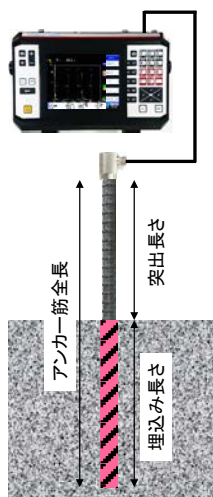


図 5.4.4.9 測定イメージ

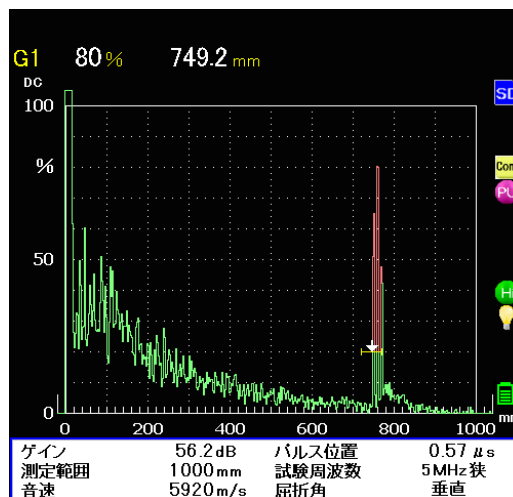


図 5.4.4.10 測定波形の表示例

### 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〕

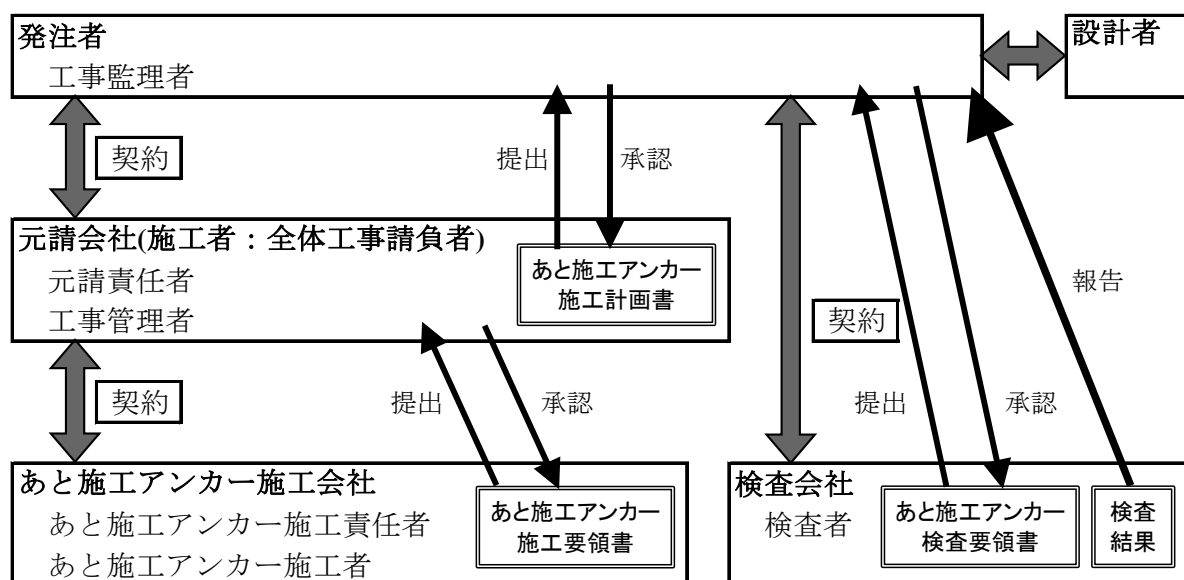
#### (1)あと施工アンカー工事の施工品質管理体制

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 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 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 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 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 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 受入簿記入，納品書・ミルシート保管 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 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 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 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 施工開始時立会い位置・深さ・径・傾き等の記録			◎	◎	毎日 全数		n
	充填・埋設	施工確認シート n 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 全数		n
	施工状態の確認	施工確認シート n 自主確認，結果と記録の確認			◎	◎	毎日 全数	再試験	n
	施工報告	施工品質管理報告書 o	☆	◎		要求時 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

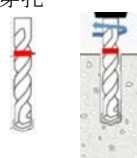


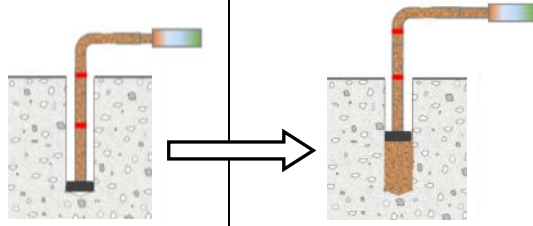

項目	確認・記載項目	施工品質管理計画書	施工要領書
		元請会社 作成範囲	あと施工アンカー 施工会社作成範囲
1.総則	1.1 適用範囲	○	○
	1.2 適用図書・準拠図書	○	○
	1.3 協議	○	○
	1.4 その他(関係者へ徹底)	○	○
2.品質管理体制	2.1 工事概要	○	○
	2.2 品質管理体制	○	○
	2.3 工事範囲(施工数量)	○	○
	2.4 工事工程表	○	○
3.使用材料	3.1 鉄筋	○	○
	3.2 あと施工アンカー製品	○	○
4.施工前管理	4.1 施工者の資格	○	○
	4.2 証明書類の提示	○	○
	4.3 施工前試験	○	○
	4.5 現場環境・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				
現場住所		〇〇市〇〇町〇〇番地				
施工年月・時間帯		2018.05.10 午前				
天候・気温		晴れ・25℃				
施工業者		〇〇工事(株)				
施工者名/資格		〇〇〇〇 / 1種施工士				
使用樹脂メーカー		〇〇会社				
ロット番号		〇〇〇〇〇〇〇〇				
カートリッジ番号		〇〇〇〇〇〇〇〇				
アンカー筋径		D13				
アンカー筋全長		500 mm				
定着長さ		300 mm				
埋込み長さ		200 mm				
かぶり厚さ		70 mm				
アンカー筋間隔		200 mm				
注入予定量		〇〇〇〇 cc				
項目	管理項目	管理内容	管理水準	確認	承認	
準備	仕上げ材の撤去	墨出し前に仕上げ材の撤去を行う	表面は部材接合可能状態になっていること	確認	承認	
	墨出し位置	施工図表示位置に十字を表示	マーキング十字線はつきりしており十分長いこと、			
施工場所	施工箇所の状態	あと施工アンカー施工可能状態	足場等の仮設等の準備がなされていること	確認	承認	
	使用鉄筋の状態	錆・表面の汚れ	使用鉄筋の錆・油汚れがないこと			
穿孔	コンクリート状態	表面のひび割れ・豆板	必要に応じて措置はなされていること	確認	承認	
	施工位置の清掃	表面の清掃状況	施工位置の汚れがないこと			
穿孔	穿孔位置	穿孔位置ずれの確認	施工位置の芯ずれが 5 mm 以内に施工されていること	確認	承認	
	穿孔深さ	穿孔深さ計測の確認	所定の深さが確保されていること			
穿孔	穿孔径	穿孔径計測の確認	所定孔径は製造者規定以内であること	確認	承認	
	穿孔角度	穿孔角度計測の確認	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	孔内清掃機材は用意され、適正か	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	孔内目視観察	孔内に切り粉、ゴミ類がないか			
注入	注入準備	メーカー指定の方法	メーカー指定のチューブ・受圧面になっていること	確認	承認	
	注入ノズルマーキング	注入管理マーキング位置の確認	マーキングは所定の位置で、目視で監視可能であること			
鉄筋埋込み	充填剤混合	注入前不完全混合樹脂の除去	混合状態が正常であることを確認する	確認	承認	
	樹脂充填量管理	注入ノズルへのマーキング	孔径によるマーキング位置は正しいか			
施工後管理	アンカー筋マーキング	穿孔後鉄筋挿入してマーキング位置	孔底まで挿入してマーキングしていること	確認	承認	
	マーキング位置確認	孔内空気除去を意識して挿入	手でゆっくり回りながら挿入し、気泡の抜けを確認すること			
施工後管理	硬化および養生	鉄筋の固定状態(移動がない)確認	マー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	確認	承認	
	自主管理	所定の養生後接触打音で確認	鉄筋位置が施工直後と変化していないこと 自主検査要領で確認すること			
No.	月日	指摘事項・処理方法	指摘事項・処理方法	項目	指摘日	確認者
①	〇/〇	芯ずれが 10 mm, 工事監理者と協議して指示する				確認者
	〇/〇	芯ずれが横方向であり, 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 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 ・穿孔 	③ドリルへのマーキング 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 ・穿孔深さ確認 	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 	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 	⑦樹脂注入チューブにマーキング 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> </ul> <p>※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。</p>
(6)アンカー筋の固着・硬化養生 	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 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 工事業者名	〇〇工務店	あと施工アンカー 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 JISG3112:2010	D13: SD295 D16: SD295 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 施工者	あと施工アンカー 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 込み・施工終 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 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 などによる水、油、土、ほこり、火気等がなく、高温・多湿の場所でなく、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 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 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はいけない。

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、直射日光の当たらない室内に保管する。	目視による	保管開始時 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 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

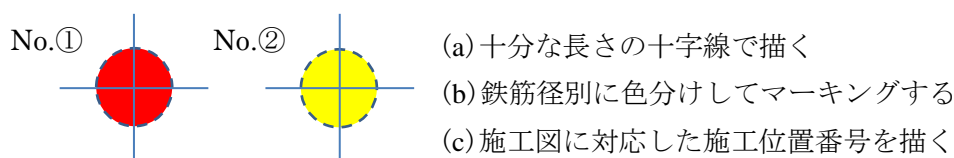
工事管理者は、接着系あと施工アンカーが施工される箇所の状況を確認し、あと施工アンカー性能に影響を与える障害となる埋設物がないことを確認し、墨出しを行う。

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。

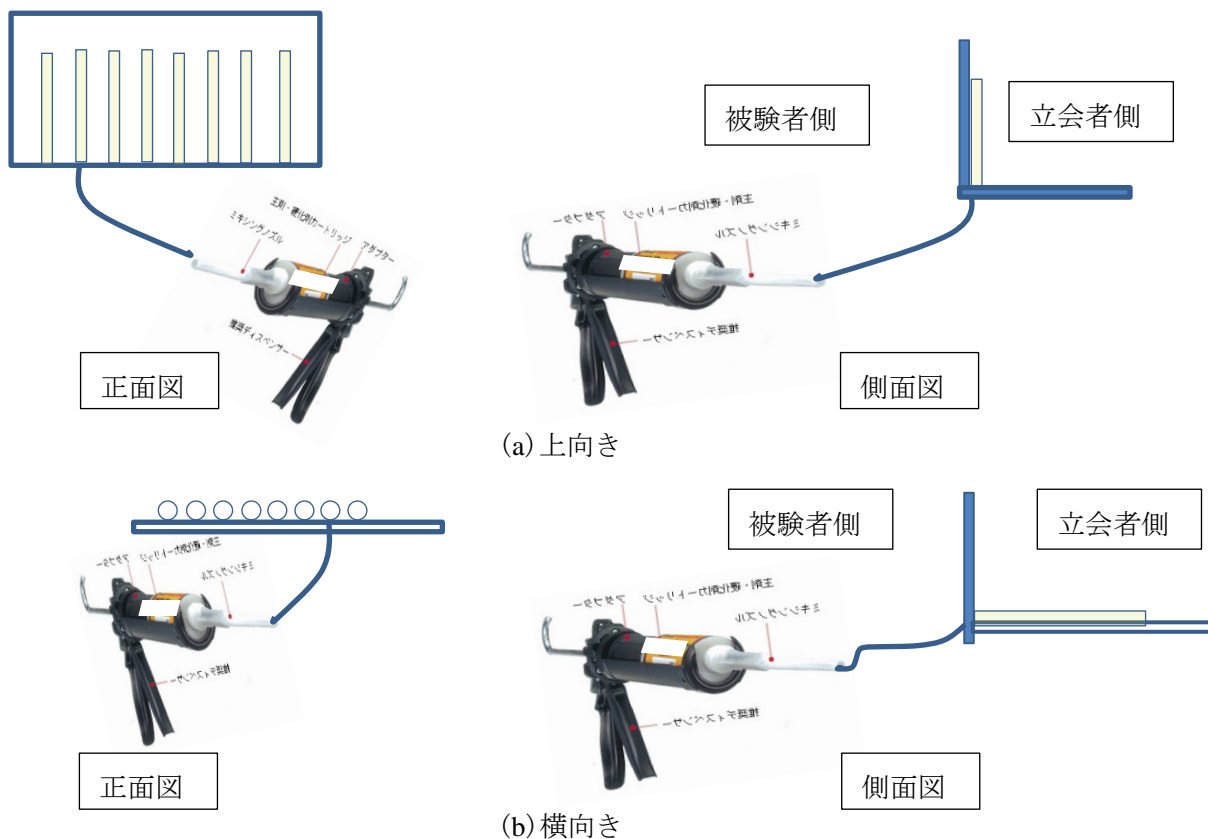
## (2) 施工前試験要領

- 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

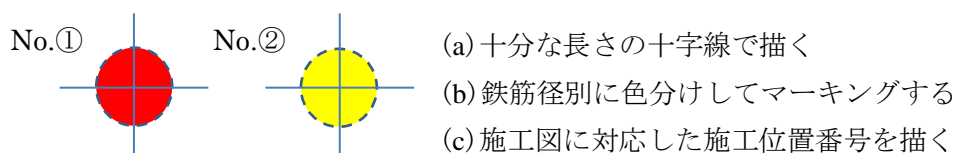
あと施工アンカー施工者およびあと施工アンカー施工責任者は、**解表 5.1.1**に示す各箇所確認シートにしたがって施工状況の確認と記録および施工状況の写真撮影を行う。

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。

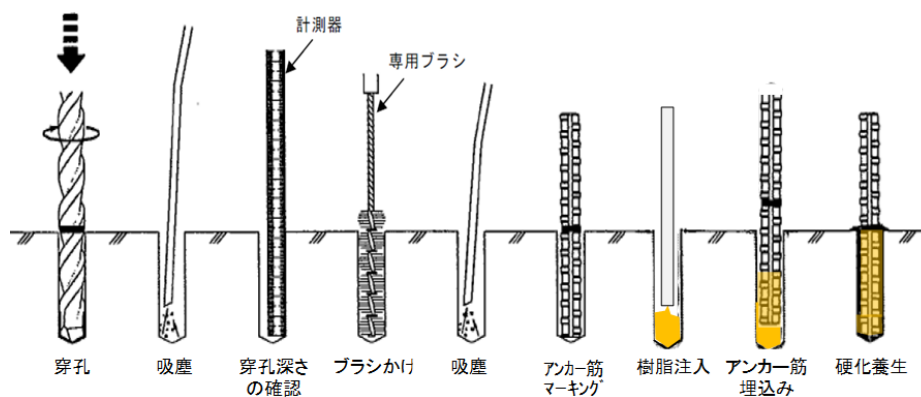
[解説]

#### (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



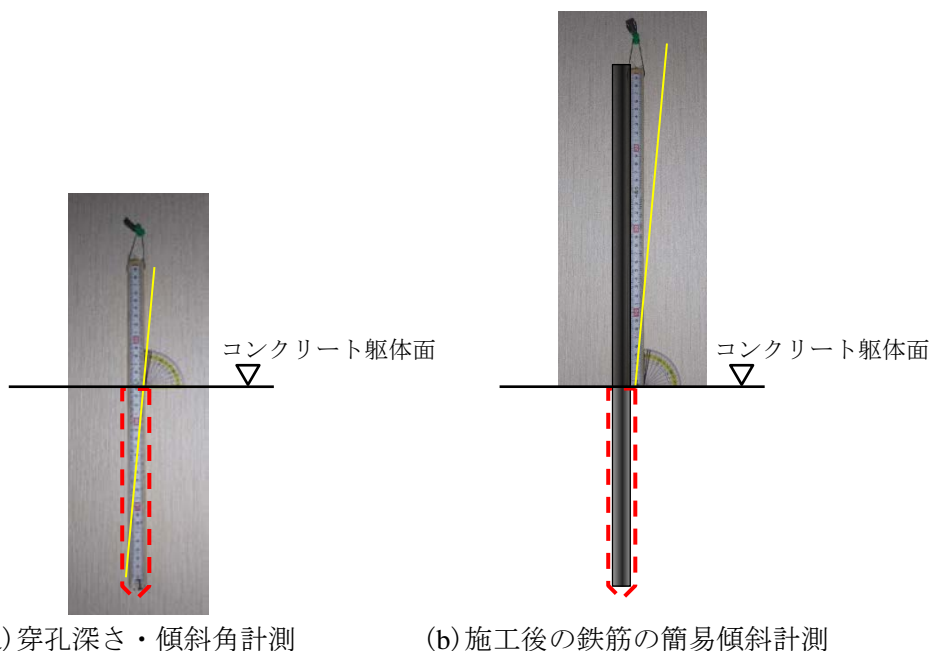
解図 5.1.2 施工手順例

#### (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 (天候：〇〇〇〇)		施工箇所： No.〇〇	カートリッジNo.：〇〇〇〇 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 管理者
1	穿孔位置 (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 x：±〇〇 mm, y：±〇〇 mm 理由：	
2	使用ドリル径 (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 (計測で確認)	穿孔長 (写真添付)	〇〇〇 mm	
5	穿孔角度 (目視)	施工面に対して直角か (5度を超える場合は理由を記述)	OK or 度 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 (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 (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 (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

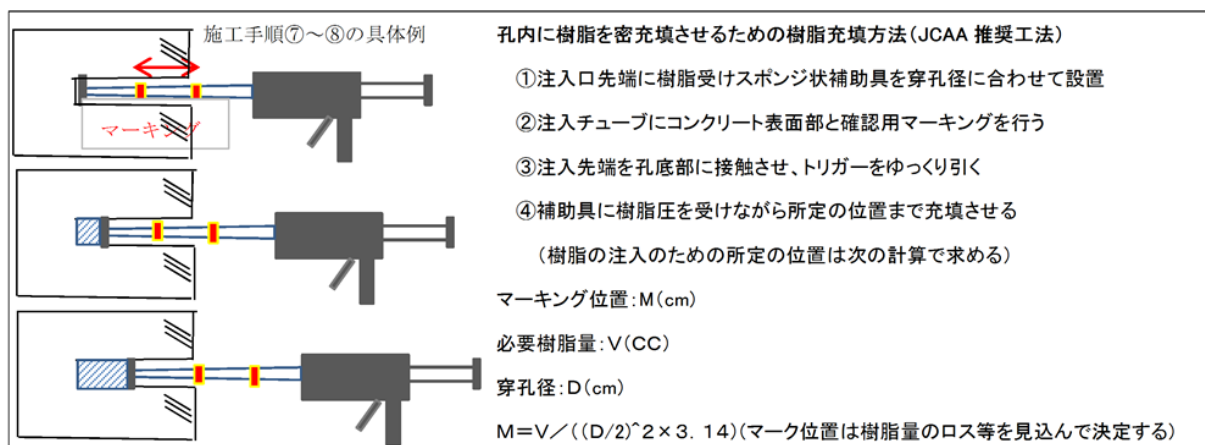
工事管理者は，各あと施工アンカー施工箇所について，各施工手順の中から解表 5.1.1 に示した重点品質管理項目について，あと施工アンカー施工責任者から報告を受け，確認を行った後記録として保管する。

〔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。

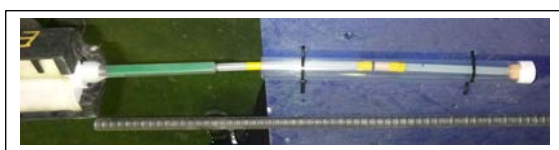


解図 5.2.1 注入方式施工要領

(2) 注入確認方法

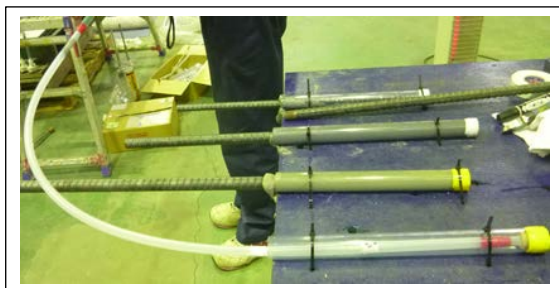
注入を行う場合、注入先端部の補助具で樹脂圧を受け、あと施工アンカー施工者が移動圧を感じ取りながら樹脂の注入を行い、所定のマーキング位置がコンクリート表面に達して注入完了となるが、カートリッジ先端のミキシングノズルにより直接注入する場合や、ノズル先端に接続するチューブが固い場合は、移動圧の感じ方が施工者によりばらついたり、故意にカートリッジを引くことも考えられる。

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**の施工箇所確認使シートには、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 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。

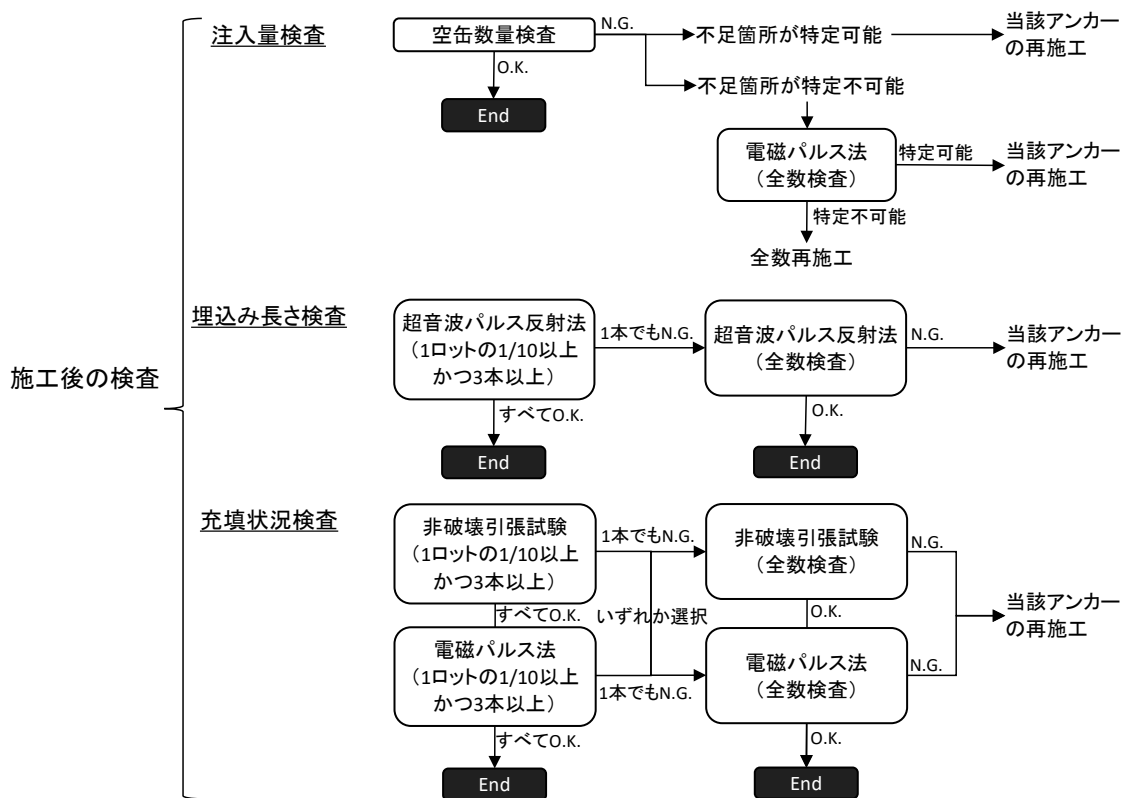
施工後の検査の方法は、6-3～6-5項に示される方法を標準とし、6-6項に従い結果を報告する。

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が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。

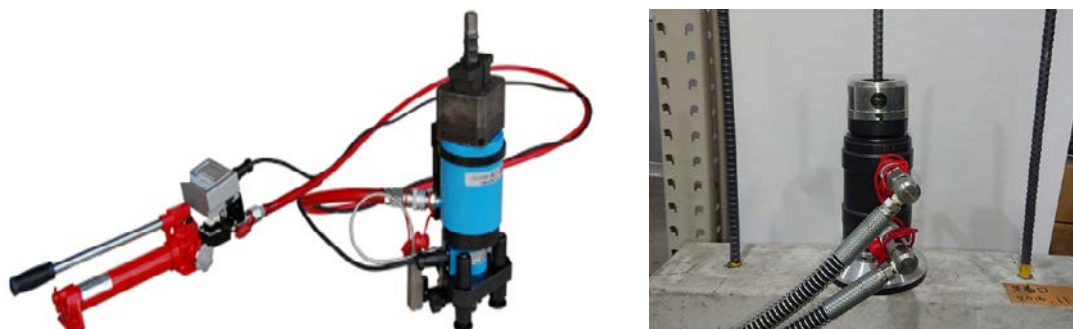
〔解説〕

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。

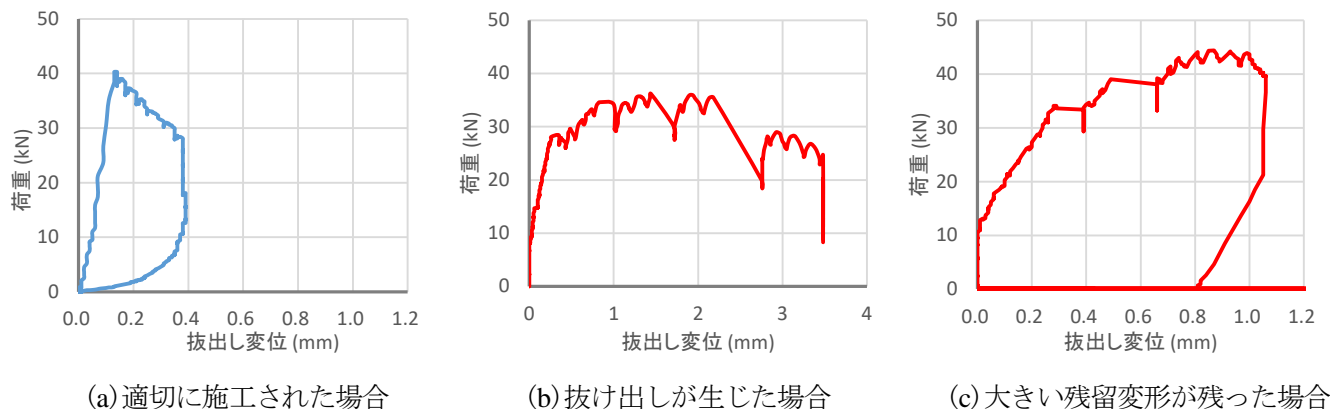
非破壊引張試験は、解図6.5.1に示すような装置を用い、直接引張法により行う。アンカー筋をチャック等で固定した油圧ジャッキによりアンカー筋に直接引張力を加える。アンカー筋の抜け出し変位を測るための変位計(最小単位0.01mm以下)を有し、荷重および変位を記録できる機能を有していなければならない。

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 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) (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 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 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 4. (1種施工士:No. ), 受講証明書 No. 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

