

ISSN 1346-7328
国総研資料 第 535 号
ISSN 0286-4630
建築研究資料 第 118 号
平成 21 年 5 月

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land and Infrastructure Management
No. 535 May 2009

建築研究資料

Building Research Data
No. 118 May 2009

2008 年 5 月 12 日汶川地震（四川大地震）における

建築物被害と復興に係わる調査活動の記録

Record of the Activities on the Investigation of the Building Damage
and Restoration by the 2008 Sichuan Earthquake

平成 21 年 5 月

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

独立行政法人 建築研究所

Building Research Institute
Incorporated Administrative Agency, Japan

はしがき

2008年5月12日14時28分頃（現地時間）、中華人民共和国（以後、中国と呼ぶ）・四川省^{せん ぶんせん}汶川^{ぶんせん}県を震源とするマグニチュード7.9（米国地質調査所の発表、中国地震局の発表は8.0）の地震が発生した。震源から3,000km以上離れた東京湾岸でも5秒以上の周期については、先の2008年岩手・宮城内陸地震などによる長周期地震動と同じ程度の振幅レベルの記録が観測されている。

中国民政部の発表によれば、6月25日12時（現地時間）時点で、死者69,195名、負傷者374,177名、行方不明者18,404名、家屋被害23,143,000室（倒壊6,525,000室）という甚大な被害が発生したとされている。

地震直後から、国土交通省国土技術政策総合研究所及び独立行政法人建築研究所では連携して、現地調査や震災復興等への技術協力など迅速に対応できる体制を整え情報収集を行ってきたが、地震発生から3週間が経過した6月2日、中国住宅・都市農村建設部から在中国日本大使館経由で協力要請があり、6月19日及び20日に河北省^{かほく ろうほう}廊坊^{ろうほう}市で開催された中国・都市発展・計画国際フォーラムへ職員派遣を行った。その後、6月29日から7月4日には、中国四川省大地震復興支援政府調査団への職員派遣など国レベルから、民間レベルまでの各種活動を通して幅広く技術交流を行った。また、同済大学の協力の下、11月2日から8日には、地震被害に関する現地調査、12月27日から31日には、復興計画及び復興状況に関する現地調査を実施した。

本報告では、上記の各レベルでの技術交流及び現地調査の結果及びこれらを通じて収集した資料などを、現地調査結果を中心に活動の記録として平成21年3月末時点で、とりまとめている。この内容は、汶川地震（四川大地震）における建築物被害と復興状況を資料として、教訓を学び取り、今後の地震対策に生かすことができるだけでなく、現在、独立行政法人建築研究所において検討が進められている耐震設計、耐震診断・改修に関する中国研修生の教育・研修等の基礎資料としても有用に役立てることができるものと考えている。

最後に、本地震で亡くなられた方及びそのご家族に対し深く哀悼の意を表するとともに、被災された方々に心からお見舞い申し上げます、なるべく早い復興を心から望みます。また、現地調査に当たって調査にご協力いただいた方々、資料を提供して頂いた方々に厚く御礼申し上げます。

平成21年5月

国土交通省国土技術政策総合研究所
所 長 布村 明彦
独立行政法人建築研究所
理事長 村上 周三

2008年5月12日汶川地震（四川大地震）における

建築物被害と復興に係わる調査活動の記録

目次

はしがき

第1章 目的	(1-1～1-2)
第2章 国土技術政策総合研究所及び建築研究所の活動の概要	(2-1～2-3)
2.1 中国国内で開催されたシンポジウム、調査等	2-1
2.2 日本国内で開催されたシンポジウム等	2-2
2.3 2国間での技術協力等に関する動き	2-3
第3章 地震及び地震動の特徴	(3-1～3-8)
3.1 地震諸元	3-1
3.2 地震過程	3-2
3.3 震度分布	3-3
3.4 強震記録	3-4
3.5 地震に関する報道等について	3-5
第4章 現地調査と各地の被害状況	(4-1～4-27)
4.1 調査地域	4-1
4.2 各地の被害状況	4-2
(1) 映秀	4-2
(2) 都江堰	4-6
(3) 漢旺	4-11
(4) 白鹿	4-17
(5) 北川	4-20
(6) 綿竹	4-21
(7) 虹口	4-22
4.3 仮設住宅、住宅再建の様子	4-25
4.4 まとめ	4-27
第5章 建築物の被害の特徴	(5-1～5-7)
5.1 四川地域の一般的な構造形式と被害パターンの分類	5-1
5.2 1階の破壊	5-1

5.3	2階の破壊	5-3
5.4	短柱のせん断破壊	5-4
5.5	柱頭・柱脚の曲げ破壊、または接合部分での破壊	5-5
5.6	階段の取り付く柱の破壊、階段スラブの破壊	5-5
5.7	基礎と上部構造のずれ	5-6
5.8	非構造壁の破壊・脱落	5-7
5.9	まとめ	5-7
第6章	震災復興の状況	(6-1～6-12)
6.1	調査の概要	6-1
6.2	復興計画のプロセス	6-3
6.3	各地の復興状況	6-6
6.4	まとめ	6-12
第7章	中国の耐震設計基準	(7-1～7-7)
7.1	中国の耐震設計基準の概要	7-1
7.2	中国の耐震設計基準の変遷	7-3
7.3	まとめ	7-7
おわりに		(8-1～8-2)
付録		
1.	中国・都市発展・計画国際フォーラム	A1-1
2.	中国四川省大地震復興支援政府調査団及び国土交通省調査団	A2-1
3.	中国西部大地震に係る日中復旧・復興セミナー	A3-1
4.	光華フォーラム「四川地震および震災復興」と日中建築構造技術交流会 (中国四川地震と復興シンポジウム、第8回日中建築構造技術交流会)	A4-1
5.	農村耐震モデル住宅/JICA「中国・四川地震復興支援まちづくり分野プロジェクト 形成調査」	A5-1
6.	中国の耐震設計基準に関する資料 (GB50011-2001 和訳)	A6-1

執筆分担

第1章 目的

西山 功 国土技術政策総合研究所建築研究部長

第2章 国土技術政策総合研究所及び建築研究所の活動の概要

塚田夕子 国土技術政策総合研究所企画部主任研究官

飯田直彦 建築研究所企画部国際研究協力参事

第3章 地震及び地震動の特徴

井上波彦 国土技術政策総合研究所建築研究部主任研究官

鹿嶋俊英 建築研究所国際地震工学センター主任研究員

第4章 現地調査と各地の被害状況

犬飼瑞郎 国土技術政策総合研究所総合技術政策センター
評価システム研究室長

井上波彦 前掲

榎府龍雄 建築研究所国際協力審議役

福山 洋 建築研究所構造研究グループ上席研究員

諏訪田晴彦 建築研究所構造研究グループ研究員

田尻清太郎 建築研究所構造研究グループ研究員

斉藤大樹 建築研究所国際地震工学センター上席研究員

第5章 建築物の被害の特徴

井上波彦 前掲

福山 洋 前掲

諏訪田晴彦 前掲

田尻清太郎 前掲

第6章 震災復興の状況

岩田 司 建築研究所住宅・都市研究グループ上席研究員

第7章 中国の耐震設計基準

井上波彦 前掲

おわりに

西山 功 前掲

付録

1. 福山 洋 前掲

2. 犬飼瑞郎 前掲

3. 斉藤大樹 前掲

4. 斉藤大樹 前掲

5. 加藤博人 建築研究所構造研究グループ主任研究員

6. 井上波彦 前掲、斉藤大樹 前掲

第1章 目的

2008年5月12日14時28分頃（現地時間）中華人民共和国（以後、中国と呼ぶ）¹・四川省²汶川県¹を震源とするマグニチュード7.9（米国地質調査所発表）の地震により、死者69,195名、負傷者374,177名、行方不明者18,404名、家屋被害23,143,000室（倒壊6,525,000室）という甚大な被害²が発生した。

日本国内で発生した地震と同様、国土交通省国土技術政策総合研究所（以下、国総研）及び独立行政法人建築研究所（以下、建研）は、連携して、地震による建築物の被害から教訓を学び取り、日本国内だけでなく同じような構造形式の建築物が建設されている各国における今後の地震対策に生かすべく現地調査の実施を計画した。しかし地震直後、震央に近い汶川県映秀鎮（町）に通じる道路が交通規制されたとの報道がなされた。また、交通規制が緩和されアクセスが可能となった後も、国総研は国の研究機関であり、中国側の受け入れの調整が整わなかったため、日本国内で建築物被害の状況把握を資料収集により行うとともに、中国側に対しては、インターネットなどを通じて応急危険度判定などに関する情報提供などを実施した。

一方で、大学や民間レベルでは、中国側の民間からの協力の下、現地調査が行われた。このような状況の中、地震発生から約1か月が経過した6月2日、中国住宅・都市農村建設部から在中国日本大使館経由で協力要請があり、6月19日及び20日に河北省³廊坊市⁴で開催される中国・都市発展・計画国際フォーラムへ耐震構造の専門家である職員を派遣することとなった。その後も、6月29日から7月4日には、中国四川省大地震復興支援政府調査団への職員派遣を行うなど国レベルでの技術交流を行うとともに、例えば、10月8日から11日に開催された日中地震防災学術シンポジウムのような民間レベルでの技術交流への協力も順次進めていった。これらの技術交流には、1～2日程度の現地調査が含まれていたものがあり、派遣された職員が建築物被害の状況を視察する機会に恵まれた。

このような状況の中、建研と研究協力協定を結んでいる同済大学の協力の下、11月2日から8日に建築物の地震被害に関する現地調査を行うことが決定した。この時点では、既に、大学や民間レベルによる現地調査が行われ、いくつかの報告書も公表されていたため、国総研と建研との連携による現地調査の目的を、他の日本の調査チームが四川省成都市⁵を中心とする地域の被害調査を中心に実施したのに対して、できるだけ震央に近い地域での調査を実施すること、調査から一歩進めて、1）構造種別と被害パターンの分類、2）被害パターンに応じた復旧・補強方法や今後の耐震対策方法などについて考察ができるような情報を収集すること、という点に置いて実施することとした。

国レベルの技術交流の中では、「建築物の耐震性強化に係る人材の育成に関する研修プロジェクト（以下、「耐震建築人材育成プロジェクト」）」の実施検討が中国政府との間で

¹ 本報告では、中国地名の日本語読みをルビで示している。

² 中国民政部による6月25日12時（現地時間）の発表による。家屋被害が室数単位で示されているが、一家族は大凡4室を使用している。

進められており、建研の国際地震工学センターが中心となって研修を実施する方向で調整がなされていたため、研修にこの現地調査の成果を生かすということをもう一つの目的に据えることとした。

また、上記同済大学との間の研究協力協定の下、同済大学からの復興計画の策定及びその後の防災計画研究に係わる支援要請を受け、12月27日から31日の間、復興計画の策定とその実施状況についてのヒアリングと復興状況に関する現地調査を汶川県映秀鎮ほかで行い、復興計画上の諸問題についての討論を通じて、阪神・淡路大地震など大都市大規模災害の経験を復興技術援助のため提供した。

上記のとおり、本報告は、日本国内で発生した地震の際にとりまとめている建築物被害調査報告とは異なり、海外で発生した地震による巨大災害に関して、その概要を現地調査の成果として記録するとともに、人材育成など今後実施する研修に役立てるため、また、都市の復興支援に対する技術支援について、調査活動の記録として残すことを目的として平成21年3月末時点でとりまとめている。

第2章では、どのような調査活動を行ったかを記載した。第3章では、地震及び地震動の特徴について、中国国内で観測された強震記録のデジタルデータの公表が行われていない中で、可能な範囲で資料収集し、まとめた。第4章では、同済大学の協力の下で実施した現地調査結果を中心としつつ、現地視察としてごく短時間で被害状況を観察記録した情報も適宜追加して建築物被害をまとめた。第5章では、建物の構造形式のパターン分類と、被害の特徴などを、第4章の調査結果に基づいてまとめた。第6章では、地震後の復興計画の策定や復興状況に関する現地調査について、そして、第7章では、中国の耐震基準の変遷と今回の地震を受けた改訂概要について、ごく簡単にまとめた。

付録には、第2章で記載した各調査活動の内、第3章から第7章には記載されていない内容について、会議などへの参加報告という形で載せた。

なお、今回の地震については、中国国内においても「汶川地震」「汶川8.0級地震」「5.12地震」など様々な名称がつけられているが、続く本報告（第2章～第7章）中では、統一して「四川大地震」を名称として用いることとした。

第2章 国土技術政策総合研究所及び建築研究所の 活動の概要

2008年5月12日、中国四川省を震源とするマグニチュード7.9の大規模な地震（四川大地震）が発生した。この地震に関連し、国土技術政策総合研究所（国総研）及び建築研究所（建研）（以後、両研究所を合わせて「L建研」と呼ぶ。）が行った主な活動は次の通りである。

2.1 中国国内で開催されたシンポジウム、調査等

（1）中国・都市発展・計画国際フォーラム（付録1参照）

6月2日、中国住宅・都市農村建設部から在中国日本国大使館に、「中国・都市発展・計画国際フォーラム」に日本から講演者を招聘したいとの要請があった。同フォーラムは、「地震災害後の都市の再建・復興」を主要テーマとして6月19、20日に河北省廊坊市で開催された。建研の福山上席研究員が派遣され、建築物の耐震技術、耐震補強技術に関する講演を行った。

（2）中国四川省大地震復興支援政府調査団及び国土交通省調査団（第4章の「1次調査」及び付録2参照）

6月29日～7月4日、中国四川省大地震復興支援政府調査団及び国土交通省調査団に国総研の犬飼評価システム研究室長が参加した。犬飼室長は、政府調査団として国家発展改革委員会、住宅・都市農村建設部等関係部局との意見交換、都江堰市の視察等を行った後、国土交通省調査団として綿竹市等の被災状況調査等を行った。

（3）中国西部大地震に係る日中復旧・復興セミナー（付録3参照）

7月1、2日、北京で独立行政法人国際協力機構（JICA）及び中国住宅・都市農村建設部の主催により開催された「中国西部大地震に係る日中復旧・復興セミナー」で、建研の斉藤上席研究員が、建築物被害の診断と補強、建築物の耐震基準と耐震改修に関する講演を行った。

（4）日中地震防災学術シンポジウム

10月8～11日、四川省成都で独立行政法人防災科学技術研究所、独立行政法人日本学術振興会及び中国建築科学研究院の主催により開催された「日中地震防災学術シンポジウム」で、建研の榎府国際協力審議役が、日本の建築耐震基準やノンエンジニアド構造に関する講演を行うとともに、本シンポジウムの一環として実施された現地調査に同行した。（第4章の「2次調査」参照）

（5）中国四川地震と復興シンポジウム（付録4参照）

10月10、11日、上海で同済大学の主催により開催された「中国四川地震と復興シンポジウム」に、建研の斉藤上席研究員が出席し、応急危険度判定に関する講演を行った。

(6) 第 8 回日中建築構造技術交流会 (付録 4 参照)

10 月 18 ~ 20 日、北京で日中建築構造技術交流会の主催により開催された「第 8 回日中建築構造技術交流会」で、建研の斉藤上席研究員が耐震基準に関する講演を行った。

(7) 地震被害とその後の復興に関する四川現地調査 (第 4 章の「3 次調査」、第 5 章参照)

11 月 2 ~ 8 日、建研と同済大学の研究協力協定に基づく同大学の協力を得て、国総研の井上主任研究官、建研の福山上席研究員、諏訪田研究員、田尻研究員が被災地の現地調査を実施した。建築物の被害状況及び復興状況の詳細な調査を行うとともに、同済大学とワークショップを開催し、情報交換を行った。

(8) 国際ワークショップ「地震災害軽減のための建築物の免震・制振技術」

11 月 18 日 ~ 20 日、南京市で、建研、(社) 日本免震構造協会及び南京工業大学の共催により、国際ワークショップ「地震災害軽減のための建築物の免震・制振技術」が開催された。本ワークショップは、建築研究国際協議会 (CIB) の委員会 W114「地震工学と建築」の活動の一環として開催されたもので、建研から W114 のコーディネータである斉藤上席研究員が出席した。

(9) 同済大学からの支援要請に基づく復興計画と復興状況に関する現地調査 (第 6 章参照)

12 月 27 日 ~ 31 日、建研と同済大学の研究協力協定に基づく同済大学からの復興計画策定及び今後の防災計画研究に係わる支援要請に基づき、同済大学及び四川省人民政府の協力の下、建研の岩田司上席研究員が復興計画の策定及びその実施状況についてのヒヤリング、復興状況に関する現地調査(阿坝チベット族羌族自治州汶川县映秀鎮の被災地、及び復興計画展示館ほか) を実施した。

2.2 日本国内で開催されたシンポジウム等

(1) 建研国際地震工学センターのスペシャルホームページ

5 月 13 日、国際地震工学センターはホームページ内に四川大地震に関連する情報を掲載するスペシャルページを立ち上げた。

(<http://iisee.kenken.go.jp/special/20080512sichuan.htm>)

(2) アジア地域国土整備関係研究所長等会議の開催

10 月 21、22 日、国総研の主催により旭庁舎で開催されたアジア地域国土整備関係研究所長等会議に、中国建築科学研究院の黄研究員が出席した。また、黄研究員は立原庁舎において四川大地震の被害と復興に関するプレゼンテーションを行ったほか、L 建研関係者と日中の建築規制制度に関する意見交換を行った。

(3) 第 3 回日中建築・住宅技術交流会議

10 月 30、31 日、(財) 日本建築センター、(財) ベターリビング、中国建築設計研究院及び中国建築科学研究院の主催により、東京で開催された「第 3 回日中建築・住宅技術交流会議」において、国総研の犬飼評価システム研究室長が日本の耐震基準の動向に関する講義を行った。

2.3 2国間での技術協力等に関する動き

(1) 四川大地震に係る復旧・復興支援策パッケージ

7月9日、日中首脳会談で首相が四川大地震に係る復旧・復興支援策を提示した。付属の支援パッケージに、L建研関連の次の3項目が登録された。

JICA 集団研修「地震・耐震・防災工学」(国際地震工学センター研修)への研修生の追加の受入

建築物の応急危険度判定、応急復旧・補強技術、耐震診断・改修等に関する技術資料の提供

住宅・建築・宅地・まちづくり分野における技術協力

に関し、平成20年度の研修生が5名追加された。は住宅局と分担し、7月に本省を通して提供した。については、JICAを通じた専門家派遣等に、要請に応じて対応している。

(2) 農村耐震モデル住宅/JICA「中国・四川地震復興支援 まちづくり分野プロジェクト形成調査」/JICA「建築物の耐震性強化に係る人材の育成に関する研修プロジェクト(耐震建築人材育成プロジェクト)」(付録5参照)

・7月15日、国土交通本省を通じて在中国日本大使館から、農村耐震モデル住宅に関する協力の検討依頼があった。8月1日、国土交通本省を通じて在中国の砺波専門家から、再度検討を依頼された。L建研は、設計に関する技術指導等について、可能な範囲で協力する旨を回答。次項目に挙げた建研の加藤主任研究員の派遣内で対応した。

・9月21日～27日、JICA「中国・四川地震復興支援 まちづくり分野プロジェクト形成調査」調査団員として、国総研の西野都市施設研究室長と建研の加藤主任研究員が派遣された。加藤主任研究員は、農村耐震モデル住宅に関する意見交換、「建築物の耐震性強化に係る人材の育成に関する研修プロジェクト¹(以下、「耐震建築人材育成プロジェクト」)」の形成に関する協議を行った。西野都市施設研究室長は、復興都市計画・復興まちづくりに関する協議を行った。

¹ 中国人技術者100人に対して行う本邦研修と、研修を受けた中国人技術者と日本人専門家がカリキュラムや教材を開発し、中国において現場技術者に対して研修を行う中国国内研修からなり、期間は2009年度から2011年度までの3年間が計画されている。研修内容は次の から とされ、 およびを一本化した研修を建研国際地震工学センターで実施する方向で協議中である。

耐震構造設計に関する研修
耐震診断、耐震補強に関する研修
歴史的建築の保全保護
建築に関する計画等に関する研修
政策に関する研修

第3章 地震及び地震動の特徴

3.1 地震諸元

米国地質調査所(USGS)による四川大地震の諸元は以下のとおりである³⁻¹⁾。

- ・ 発震時:2008年5月12日06時28分01秒(UTC)、14時28分01秒(北京時間)
- ・ マグニチュード:7.9
- ・ 緯度, 経度: 30.986°N, 103.364°E
- ・ 震源深さ: 19 km

また中国地震局(CEA)による同地震の諸元は以下のようになっている³⁻²⁾。

- ・ 発震時:2008年5月12日06時28分04秒(UTC)、14時28分04秒(北京時間)
- ・ マグニチュード:8.0
- ・ 緯度, 経度: 31.021°N, 103.367°E
- ・ 震源深さ: 14 km

図3.1にUSGSによる震央の位置を示す。なお本報告書では、特記ない限りUSGSの地震諸元を参照している。



図 3.1 震央位置(Google Earth より)

3.2 地震過程

震源のメカニズムは北西落ちの逆断層で、破壊はチベット高原との境界に沿って北東に約 300km に渡り伝播している。図 3.2 に西村・八木による震源過程の解析結果³⁻³⁾を示す。大きな破壊領域が2つ認められ、最初の南東の領域では逆断層のすべりが優勢ですべり量は 6m を超えている。2 番目の破壊は最初の破壊から 60 秒後に震源の北東約 100km の位置で生じ、横ずれが卓越している。断層の長さは計 300km に及ぶ。

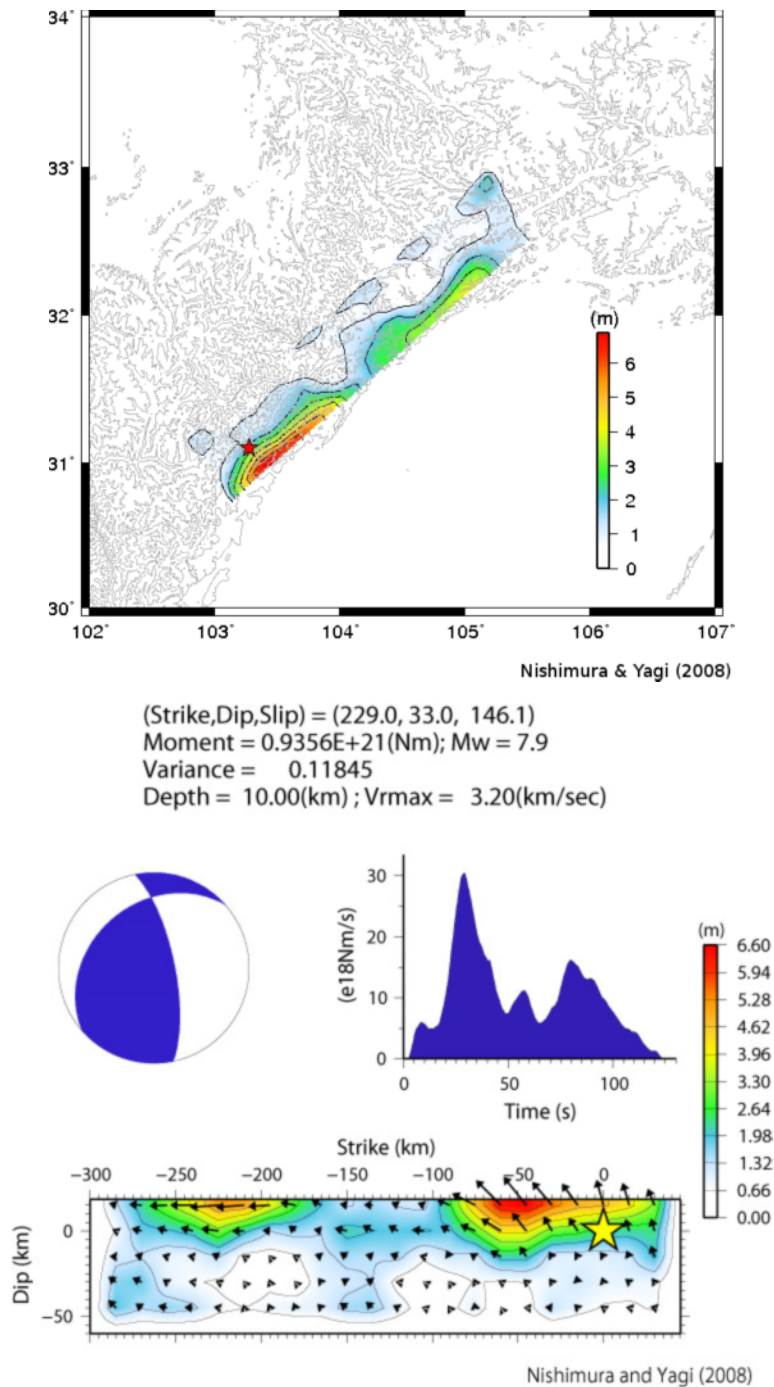


図 3.2 西村・八木による震源破壊過程³⁻³⁾

3.3 震度分布

中国地震局によって調査された震度分布を図 3.3 に示す。震度階は中国独自のもので、ほぼ MSK 震度階に準拠した 12 階級が採用されている³⁻⁴⁾。震源断層の近傍では、2 番目に大きい震度である XI(家屋の被災程度が壊滅とされる)となっており、高震度の地域は震源断層を中心に楕円形に分布する。参考のため、図 3.4 に各種震度階の対応を示す³⁻⁵⁾。中国の震度階は低震度の一部を除き MSK 震度階に対応しており³⁻⁴⁾、中国の震度 XI(11)は気象庁震度の 6 強から 7 に相当する。

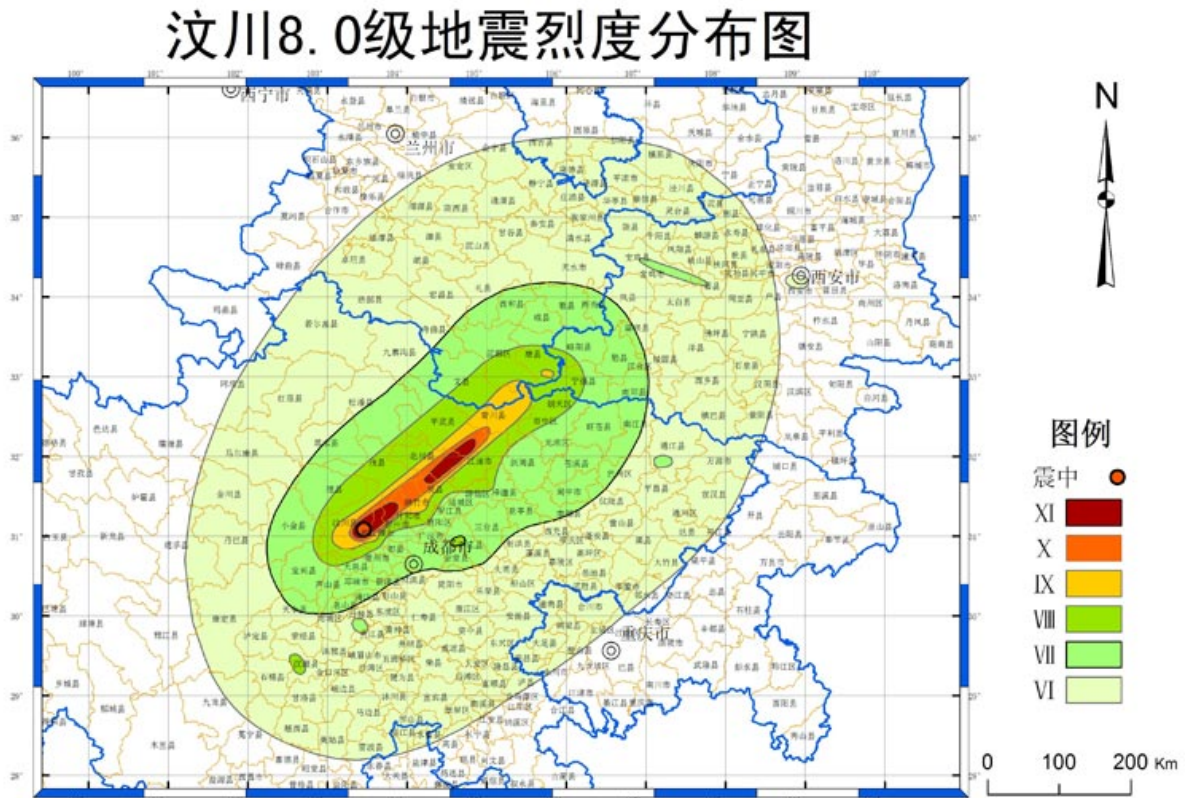


図 3.3 震度分布(中国地震局の Web より³⁻²⁾)

気象庁震度階級	0	1	2	3	4	5弱	5強	6弱	6強	7		
ロッシ・フォレル震度階級	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
MM 震度階級	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
MSK 震度階級	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

図 3.4 各種震度階級の比較³⁻⁵⁾

3.4 強震記録¹

四川大地震では、中国の強震観測網のうち 478 箇所の観測地点で記録が得られ、そのうち 141 箇所の観測地点が四川省内であった³⁻⁶⁾。このうち 12 地点が震源断層より 20km 以内に位置する。震源断層近傍の観測地点の EW 成分の最大加速度を図 3.5 に示す³⁻⁶⁾。震央から最も近かった臥龍 (Wolong) 観測地点では 958cm/s^2 の最大加速度が観測されている。

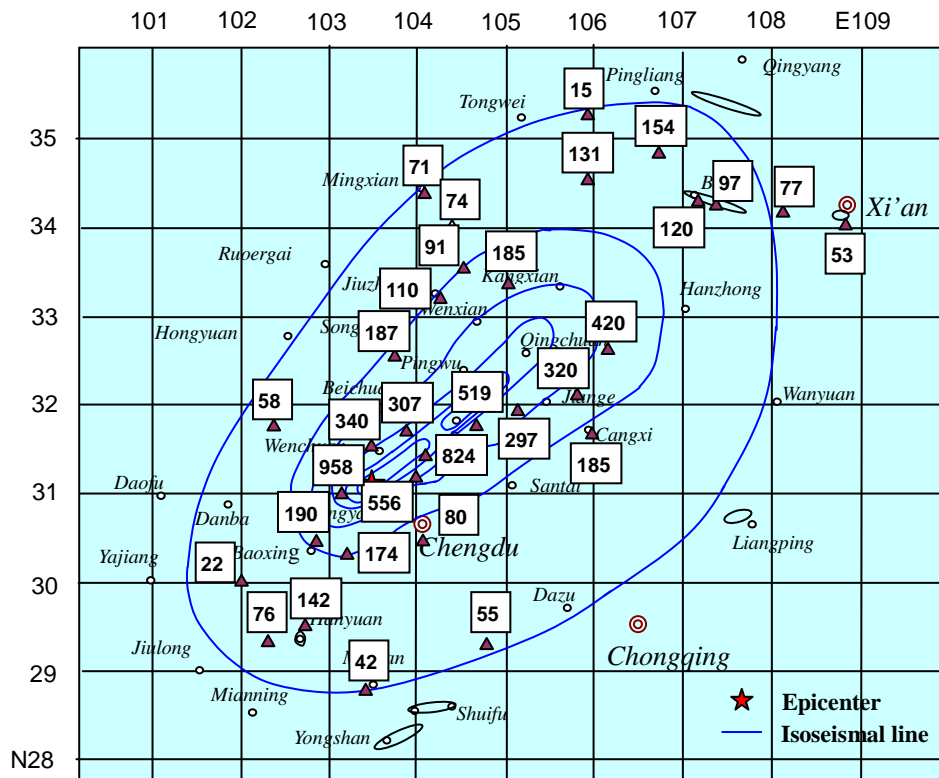


図 3.5 最大加速度分布(EW 成分、単位 cm/s^2)³⁻⁶⁾

また文献 3-6)には、震央から 1,200km 離れた山東省で得られた継続時間が 1,000 秒にも及ぶ強震記録が紹介されている。一方、震央から 3,000km 以上離れた東京湾でも、長周期地震動が観測されており、5 秒以上の周期領域では東北地方で発生する M7 クラスの地震と同等の振幅レベルを持つと報告されている³⁻⁷⁾。

¹ 中国強震ネットセンター (<http://www.csmnc.net/>) では 2009 年 3 月 20 日付で、四川大地震で得られた強震記録の数値データの公開をアナウンスしている。本章の執筆時点ではその詳細が確認できていないが、今後多方面で強震記録の分析が進めば、地震動と被害の関連についてより詳細な知見が得られ、地震防災上貴重な知見を与えると考えられる。

3.5 地震に関する報道等について

四川大地震の発生直後より、中国政府及び自治体から被害の進展及び復興等の状況に関して精力的に報道が行われている。本節では、これらのうち建築物等の被害に関するものを抜粋し、時系列で示す。

なお、復興状況に関しては第6章に、建築物被害を踏まえた建築基準の改正については第7章に、それぞれ詳述する。

(1) 被害の状況

2008年5月14日、新華社通信によって四川省人民政府の発表と伝えられた、四川省内の各自治体の被災者数³⁻⁸⁾を表3.1に示す。被災規模の参考として、同表には各自治体の概算人口³⁻⁹⁾を併記した。また、被災地域周辺の人口分布を図3.6に示す。この報告では、地震被害は17の市及び州にわたり、合計で人的被害については死亡14,463人、行方不明1,405人、土砂災害により埋められた者25,788人及び負傷者64,746人、建築物被害については損壊室数約415万及び倒壊室数約21.6万とされている。

表 3.1 四川省内各地域の概算人口と地震直後の被災者数

地域	概算人口 (万人)	死亡 (人)	行方不明 (人)	土砂災害 (人)	負傷 (人)
阿坝州	85	161	11		725
綿陽市	531	5,430	1,396	18,486	23,235
徳陽市	382	6,049		約6,200	約21,020
成都市	1,082	1,215			5,735
廣元市	305	711	11	1,102	9,838
雅安市	154	20			421
南充市	730	22			1,655
遂宁市	374	25			233
資陽市	489	16			542
眉山市	341	10			549
巴中市	361	8			193
内江市	420	5			
甘孜州	92	9			13
自貢市	315	2			79
廣安市	454	1			37
泸州市	474	1			1
涼山州	426	2			4

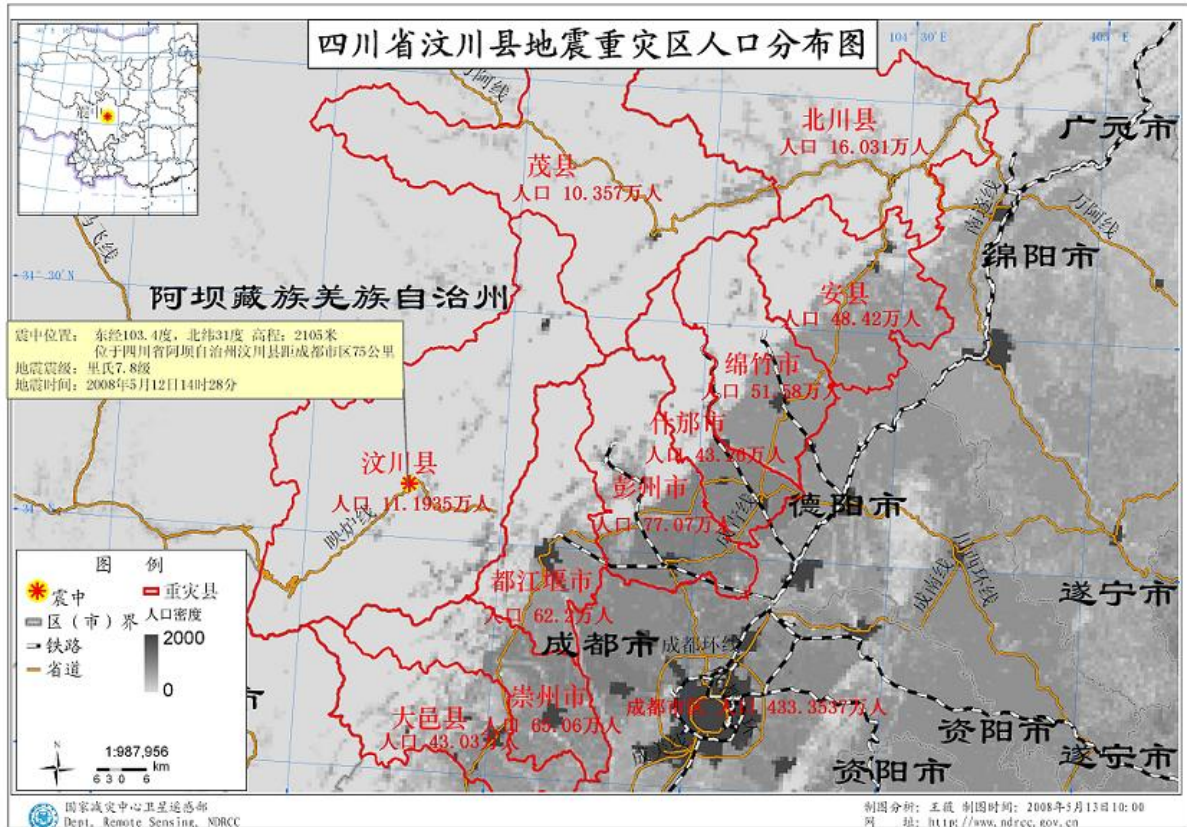


图 3.6 四川省周边地域の人口分布（中国民政部³⁻¹⁰より転載）

2008年5月28日には、中国国务院より被害の状況が報告³⁻¹¹され、被害は全体として44万m²（うち四川省28万m²、以下カッコ内同じ）、被災者数4,561万（2,961万）に達し、人的被害としては死亡67,183人（66,674人）、負傷361,822人（350,133人）及び行方不明20,790人（20,779人）、建築物被害については損壊室数約2,314.3万及び倒壊室数約652.5万とされている。

2008年6月24日には、四川省人民政府より国务院の情報として被害の状況が報告³⁻¹²され、人的被害としては死亡69,181人（68,669人）、負傷374,171人（360,352人）及び行方不明18,498人（18,498人）、建築物被害については損壊室数約2,459万及び倒壊室数約778.91万とされている。

また、同報告では、避難者数は1,510.62万人に達し、被災者用に救済テントを157.97万帳、仮設住宅42.59万棟を用意したことが示されている。

2009年2月16日には、中国地震局より2008年の中国国内の地震活動と人的・経済損失の状況が報告³⁻¹³され、四川大地震の人的被害の状況として死亡69,227人、負傷373,643人及び行方不明17,923人とされている。

これらのほか、成都市内の3市1県の被害については、表3.2のとおり報告されている。（「成都市震災復興計画」（未発表）より。成都市企画管理局企画編成管理处 万小鹏 处长提供）

表 3.2 成都市内の被害状況

		都江堰	彭州	崇州	大邑	合計
直接経済損失（億元）		537	317	77	53	984
都市部住宅 （延床面積）	倒壊（万 m ² ）	70.7	24.8	18.6	0.8	114.9
	大破（万 m ² ）	423.7	170.0	51.6	37.5	682.8
農村地域住宅 （延床面積）	倒壊（万 m ² ）	366.4	364.8	112.1	29.4	872.6
	大破（万 m ² ）	1,066.0	1,183.6	137.9	16.7	2,404.3
農村地域道路損害（km）		853	478	142	43	1516

また、中国住宅・都市農村建設部が四川大地震による学校建築物の被害（復旧の可否）を取りまとめたものとして、表 3.3 が示されている。（同済大学 呂西林教授及び周徳源教授による資料「建築耐震設計標準の改正」（2008 年 9 月）より抜粋。）

表 3.3 四川省内の学校建築物の被害

被害状況（震後対応）	棟数	割合
構造躯体は健全で、応急措置ののち使用可能	22	35%
構造躯体が損傷し、耐震補強・補修ののち使用可能	34	55%
構造躯体が破壊し、補強等の措置が不可能で除去すべき	6	10%
計	62	100%

(2) 復興の状況

四川大地震直後の 2008 年 5 月 23 日には、中国住宅・都市農村建設部より、「^{ぶんせん}汶川地震における震災後の農村住宅の復旧に関する技術規準《汶川地震灾后农房恢复重建技术导则》」³⁻¹³⁾として、木造やこれと土・レンガ等の混構造となる農村部の建築物を対象に、基礎及び上部構造の設計条件や仕様規定等が通知された。また、同年 10 月 23 日には、「地域の実情を考慮して、住民が選択する住居の構造種別に制限を設けてはならない」としつつも、震災後の建築物の設計に当たって参照にすべき基準類として次の文書等が通知³⁻¹⁴⁾された。

- 「農村建築物の耐震に関する技術規準《镇(乡)村建筑抗震技术规程》」（JGJ161-2008，住宅・都市農村建設部第 49 号公告）
- 「汶川地震における震災後の農村住宅の復旧に関する技術規準《汶川地震灾后农房恢复重建技术导则》」（建村函 [2008]175 号）
- 「農村住宅耐震構造詳細図《农村民宅抗震构造详图》」（国家建築標準設計図集 SG618-1～4，建质[2008]112 号）

参考文献・参考サイト

- 3-1) 米国地質調査所(United State Geological Survey: USGS):
<http://earthquake.usgs.gov/eqcenter/eqinthenews/2008/us2008ryan/>
- 3-2) 中国地震局: <http://www.cea.gov.cn/>
- 3-3) 西村直樹, 八木勇治: 2008年5月12日中国四川省で発生した巨大地震(暫定),
http://www.geo.tsukuba.ac.jp/press_HP/yagi/EQ/20080512/
- 3-4) 石川有三, 白玲: 中国の震度階について, 日本地震学会ニュースレター, Vol.20 No.2, July, 2008
- 3-5) 気象庁: 震度を知る, ぎょうせい, 1996年9月
- 3-6) General Introduction to Engineering Damage during Wenchuan Earthquake, Journal of Earthquake Engineering and Engineering Vibration, Vol.28 Supplement, Chinese Society of Theoretical and Applied Mechanics, and Institute of Engineering Mechanics, CEA, Oct., 2008
- 3-7) 植竹富一, 高橋聡: 東京湾岸における中国・四川地震の記録の特徴, 日本地震工学会・大会-2008梗概集, pp.274-275, 日本地震工学会, 2008年11月
- 3-8) 新華社通信: 四川副省长李成云通报最新灾情 成都1215人死(四川省副省长李成による最新震災状況の報告 成都で1215人死亡)
http://news.xinhuanet.com/politics/2008-05/14/content_8171246.htm
- 3-9) 成都地図出版社: 四川省地図冊, 2008.1, ISBN978-7-80544-660-8
- 3-10) 中国民政部: 四川汶川县地震灾害评估(1)(四川省汶川県の震災評価その1)
<http://mzzt.mca.gov.cn/article/yqwlrm/zqygjc/200805/20080500014259.shtml>
- 3-11) 中国中央人民政府: 关于当前抗震救灾进展情况和下一阶段的工作任务(当面の震災救援の進展状況と次の段階の作業について)
http://www.gov.cn/gongbao/content/2008/content_1005416.htm
- 3-12) 四川省人民政府: 国务院关于抗震救灾及灾后重建报告(国务院による震災救援及び震後の再建に関する報告)
http://www.sc.gov.cn/jrsc/200806/t20080624_291942.shtml
- 3-13) 中国地震局: 2008年中国大陆地震灾害损失述评(2008年の中国大陸における地震災害による損失に関する論評)
http://www.cea.gov.cn/manage/html/8a8587881632fa5c0116674a018300cf/_content/09_02/16/1234771823427.html
- 3-14) 中国住宅・都市農村建設部: 关于印发《汶川地震灾后农房恢复重建技术导则(试行)》的通知(「汶川地震における震災後の農村住宅の復旧に関する技術規準(試行)」の発行に関する通知)(建村函[2008]175号)
http://www.cin.gov.cn/zcfg/jswj/czghyjs/200806/t20080625_173562.htm
- 3-15) 中国住宅・都市農村建設部: 关于加强汶川地震灾后农房重建指导工作的通知(汶川地震における震災後の農村住宅の復旧への対策の強化に関する通知)(建村[2008]109号)
http://www.cin.gov.cn/zcfg/jswj/czghyjs/200810/t20081023_178405.htm

第4章 現地調査と各地の被害状況

4.1 調査地域

四川大地震による被害は広範囲に及んでいるが、L建研の研究者が被災地域（四川省内）において実施した建築物調査は、3次にわたり、それぞれ次のとおりである。

1次調査（調査期間：2008年6月29日～7月4日）

参加者：犬飼 瑞郎（国総研総合技術政策センター評価システム研究室 室長）

調査地域：北川羌族自治州曲山鎮、都江堰市、徳陽市、綿陽市、綿竹市

調査概要：政府調査団（2.1節（2）参照）に参加し、調査及び視察を行った⁴⁻¹。

2次調査（調査期間：2008年10月8日～10月11日）

参加者：檜府 龍雄（建研国際協力審議役）

調査地域：都江堰市虹口郷

調査概要：成都市で開催された日中地震防災学術シンポジウム（2.1節（4）参照）の一環として実施された現地調査⁴⁻²に同行して実施した。

3次調査（調査期間：2008年11月2日～11月8日）

参加者（L建研）：

福山 洋（建研構造研究グループ 上席研究員）

諏訪田晴彦（建研構造研究グループ 研究員）

田尻清太郎（建研構造研究グループ 研究員）

井上 波彦（国総研建築研究部基準認証システム研究室 主任研究官）

参加者（建築研究開発コンソーシアムほか）：

穂山 靖司（鹿島建設技術研究所 上席研究員）

山野辺宏治（清水建設技術研究所生産技術センター 主任研究員）

宮内 靖昌（竹中工務店技術研究所構造部門 主任研究員）

杉本 訓祥（大林組技術研究所構造技術研究部 副主査）

岩田 左紅（通訳、コーディネータ）

調査地域：汶川県映秀鎮、都江堰市、綿竹市漢旺鎮および彭州市白鹿鎮等

調査概要：中国同済大学と建研との間の共同研究協定に基づき、同済大学の協力の下で被災建築物の詳細調査⁴⁻³を行った。さらに、実施に当たっては上記のとおり建築研究開発コンソーシアムを通じて民間企業の研究者らの協力を得た。（2.1節（7）参照）

図4.1.1に震源及び調査地域の位置図を示す。

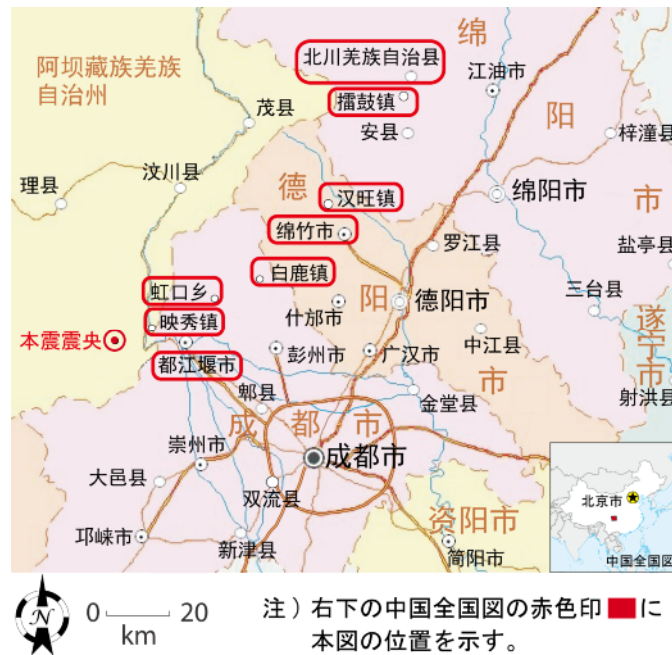


図 4.1.1 四川大地震の震源及び現地調査地域 (にて示す。4.2 節参照)

4.2 各地の被害状況

(1) 映秀 (Yingxiu) ・ ・ 3 次調査

映秀は、都江堰市から北の汶川 (Wenchuan) に向かう川沿いの道を車で約 1 時間行った所にある町 (鎮) であり、震源から約 10km 北東、都江堰市から北西に直線距離で約 20km にある。都江堰から汶川への道は土砂崩れや落橋などの被害が大きく、地震後しばらくは車で向かうことはできなかった。

写真 4.2.1.1 は、丘から遠望した映秀であり、ほとんどの建物が崩壊あるいは大破している様子がわかる。

ここでは、主に漩口^{せんこう}中学校を調査した。漩口中学校には約 10 棟の建物があり、いくつかの典型的な被害パターンを確認することができた。なお、漩口中学校は今回の地震被害の記念碑とすることが決まっており、そのため地震直後の被害状況がほぼそのまま残されていた。

写真 4.2.1.2 および写真 4.2.1.3 に示す建物は、比較的オープンな屋内スペースにある柱が柱頭柱脚で曲げ破壊したものである。柱断面は約 400mm × 400mm、引張側柱主筋は D19 相当で 3 本あるいは 4 本であった。

一方、写真 4.2.1.4 ~ 写真 4.2.1.6 の建物は、正門を入れて正面にある校舎であり、写真 4.2.1.5 に示すように、1 階柱が曲げ破壊して大きく水平変位し、上部荷重を支えることができず、写真 4.2.1.4 の手前に傾斜したものである。

また、写真 4.2.1.7 および写真 4.2.1.8 は、敷地内にある 5 階建ての学生寮である。この建物の構造形式は、枠組み組積造であり、1 階が完全に層崩壊するとともに、2 ~ 5 階においてもレンガ壁及び RC 柱に大きなせん断ひび割れが多数見られた。

写真 4.2.1.9 および写真 4.2.1.10 は、2 つの校舎を結ぶ廊下および階段室棟である。写真 4.2.1.10 に示すように、段床が取り付け柱が短柱化し、柱脚での破壊がみられた。



写真 4.2.1.1 映秀の遠景



写真 4.2.1.2 漩口中学校内の校舎(1)



写真 4.2.1.3 写真 4.2.1.2 の内部（柱の柱頭柱脚が曲げ破壊し、主筋の座屈も若干見られた。）



写真 4.2.1.4 漩口中学校内の校舎(2)



写真 4.2.1.5 写真 4.2.1.4 の建物の1階柱（柱頭の曲げ破壊が見られ、手前に大きく傾斜している。）



写真 4.2.1.6 写真 4.2.1.4 の建物の裏側
(裏側の 1 階柱も柱頭柱脚で曲げ破壊しているが、残留変位はさほど見られない。)



写真 4.2.1.7 漩口中学校内の学生寮



写真 4.2.1.8 写真 4.2.1.7 の建物の詳細
(白い壁部分の中央が RC 柱であるが、RC 柱およびレンガのそで壁にもせん断ひび割れが見られた。)



写真 4.2.1.9 漩口中学校内の廊下・階段室



写真 4.2.1.10 写真 4.2.1.9 の 1 階柱(段床により短柱化した右側の柱が、柱脚で破壊した。)

(2) 都江堰 (Dujiangyan) ・ ・ 1次調査、3次調査

震源から約 20km 東、成都市から約 60km 北西に位置する都江堰市内に残る複数の被災建物を調査した。市内には、被害が大きく立ち入り禁止とされている建物で、そのまま保存される計画もあるとのことである。なお、都江堰市内の被災状況調査にあたっては、都江堰市企画管理（都市計画）局の職員に同行していただき、いくつかの被災建物については建設年代や被災直後の様子を伺うことができたので、併せて述べる。

(2.1) ショッピングセンター（写真 4.2.2.1～写真 4.2.2.4）

建設は 80 年代後半とのこと。隣接する 2 階建ての建物（同じくショッピングセンター）は倒壊し、調査時点では完全に解体されていた。



写真 4.2.2.1 入口の部分崩壊



写真 4.2.2.2 写真 4.2.2.1 の側面（手前は崩壊した 2 階建て建物からの救助作業に伴う解体とのこと。）



写真 4.2.2.3 写真 4.2.2.1 の 2 階床部分（床版下面のコンクリート剥落により、露出したメッシュ筋が確認できる。）



写真 4.2.2.4 解体跡に残る中空 PCa 床版

(2.2) 3階建て共同住宅（写真4.2.2.5～写真4.2.2.10）

建設年代は2000年代とのこと。複数の棟で団地を形成している。倒壊した建物に隣接した同様の建物（写真4.2.2.7）では、腰壁高さのブロックの存在により短柱化してせん断破壊したRC柱（写真4.2.2.8）、ブロックの破壊が先行したことで長柱化して曲げ破壊となったRC柱（写真4.2.2.9）が混在していた。



写真4.2.2.5 倒壊した共同住宅



写真4.2.2.6 写真4.2.2.5の裏側（解体跡、救助作業に伴うものと思われる。）



写真4.2.2.7 隣接する同様の共同住宅



写真4.2.2.8 短柱のせん断破壊（ブロックの腰壁が剛強で短柱化したと思われる。）



写真 4.2.2.9 長柱化した柱（腰壁（ブ
ック）の崩壊が先行したことで、RC 柱
が長柱化したと推察される。）

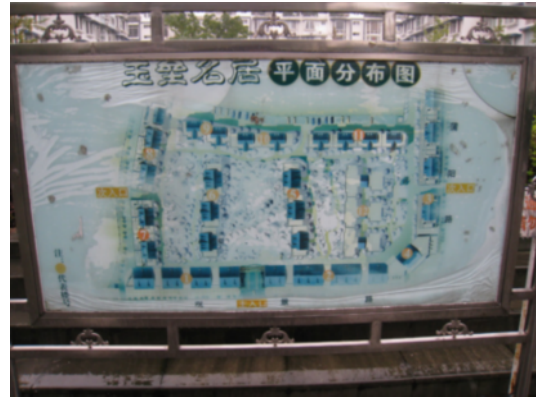


写真 4.2.2.10 団地内の建物配置図(右
下に横に並ぶ 4 棟のうち右 2 棟が倒壊して
いる。)

(2.3) 店舗兼共同住宅（写真 4.2.2.11～写真 4.2.2.14）

建設は 90 年代とのこと。1 階部分は RC 造の店舗、2 階以上は枠組み組積造の住居とした 5 階建て建物。1 階部分の RC 柱位置と、2 階以上の柱・壁位置がそろっていない場所もある。1 階は間口 3m 程度の RC 造で剛強と思われる。構造種別が変化する 2 階部分の損傷が激しい。隣接する建物群は解体撤去作業が進んでいるが、撤去途中の 1 階 RC 造部分は損傷が小さいように見える。



写真 4.2.2.11 2 層が大きく損傷（1 階
柱と 2 階以上の柱位置が異なる。）



写真 4.2.2.12 解体途中の隣接建物(解体
が進んでいることから、2 階以上は、写真
4.2.2.11 より被害が大きかったと推測さ
れる。)



写真 4.2.2.13 写真 4.2.2.11 の張り出し部（1、2階の柱芯のずれのため、片持ち梁が、大きなせん断力を負担したと思われる。）



写真 4.2.2.14 写真 4.2.2.12 の張り出し部（写真 4.2.2.11、4.2.2.12 の比較と同様に、写真 4.2.2.13 より損傷が激しい。）

(2.4) 共同住宅（写真 4.2.2.15～写真 4.2.2.17）

部分崩壊した7階建て共同住宅である。隣り合った同様の建物のうち、一方は激しく部分崩壊し、他方は損傷が少ない。



写真 4.2.2.15 共同住宅群（右側は損傷が少ないが、左側は部分崩壊となっている。）



写真 4.2.2.16 部分崩壊した共同住宅(写真 4.2.2.15 の右奥に見える建物。外壁に見える白い壁は、部分崩壊により露出した内壁の一部と思われる。)



写真 4.2.2.17 部分崩壊した共同住宅
(写真 4.2.2.15 の左奥に見える建物。
建物右側の階段室と思われる部分は、左
側に比べて1層分落下し、右側階段室奥
の部分は完全に崩壊している)

(2.5) 歴史的建築物

都江堰市には、歴史的建築物が多くあり、屋根瓦の脱落(写真 4.2.2.18)、落石による崩壊(写真 4.2.2.19)等の被害が生じているものがあった。



写真 4.2.2.18 歴史的建築物(屋根瓦の脱落)



写真 4.2.2.19 歴史的建築物(落石により屋根が陥没している。)

(3) 漢旺 (Hanwang) ・ ・ 3 次調査

震源から約 90km 東北東に位置する綿竹市漢旺鎮を調査した。漢旺は、断層の推定断面長さのほぼ中央に位置しているとの情報もある。当該市内では公安警察により立入禁止となっている区域もあった。漢旺も町の一角を地震記念碑として残す計画があり、被害建物が取り壊されずに残っているため、地震直後の被害の様子を調べることができた。

市内の被害は、市内北側に設けられた立入禁止区域に近づくほど大きくなっているように見受けられた。その途中では、道路沿いに 3 ～ 4 階建て住宅が比較的密集して並んでおり、建物同士の衝突の跡が見られたものの、比較的軽微な被害であった。なお、重大な被害は組積造および枠組み組積造に集中していることが確認できた。

破壊形式として、6 ～ 7 階建ての典型的な枠組み組積造建物（1 階が店舗で 2 階以上が住居：写真 4.2.3.1～4.2.3.11）では、1 階柱の曲げ破壊及び枠内組積壁の破壊が顕著であった。建物によっては 1 階のみに破壊が集中し、2 階以上はほとんど無被害であったものも見られた（写真 4.2.3.1～4.2.3.2）。また、2 階以上に被害が集中している建物も見られた（写真 4.2.3.3～4.2.3.11 および写真 4.2.3.15～4.2.3.18）。被災した建物の中には、緩やかな坂道に沿って建てられているため床レベルが不連続となっている建物もあり、その境界部周辺で高さ全長にわたり組積壁のせん断破壊が見られた（写真 4.2.3.6～4.2.3.8）。この被害は、不連続部分が短柱のような挙動を示した結果と考えられる。公安施設（写真 4.2.3.12）では、1 階の被害状況はそれほど顕著ではないように見受けられ、2 階以上の被害が顕著であった。



写真 4.2.3.1 （店舗兼住宅 1）1 階柱の曲げ破壊 + 組積壁のせん断破壊



写真 4.2.3.2 （店舗兼住宅 1）1 階内部の破壊状況



写真 4.2.3.3 (店舗兼住宅 2) 1階柱曲げ破壊および2階以上の組積壁のせん断破壊



写真 4.2.3.4 (店舗兼住宅 2) 2階以上の組積壁のせん断破壊



写真 4.2.3.5 (店舗兼住宅 3) 1階柱の曲げ破壊 + 2階以上の部分的組積壁のせん断破壊



写真 4.2.3.6 (金融ビル) 1階柱曲げ破壊および2階以上組積壁のせん断破壊



写真 4.2.3.7 (金融ビル) 2階以上の組積壁せん断破壊



写真 4.2.3.8 (金融ビル) 2階以上の組積壁せん断破壊 (正面)



写真 4.2.3.9 (店舗兼住宅 4) 1階柱曲げ
破壊 + 1・2階組積壁せん断破壊



写真 4.2.3.10 (店舗兼住宅 4) 破壊状
況 (拡大)



写真 4.2.3.11 (店舗兼住宅 4) 破壊状況
(拡大) 2階隅柱の破壊状況



写真 4.2.3.12 (警察署) 被害状況全景

その他の被害状況として、写真 4.2.3.13~4.2.3.14 のように基礎部からの脱落により建物の崩壊に至ったものも見られた。

4階建ての枠組み組積造建物(写真 4.2.3.15~4.2.3.16)の被害例として、3階の組積妻壁と2階の壁端脚部に破壊が見られたが、枠となるRC柱が1階から上層階まで連続していなかったことが原因と考えられる。さらに、1階と2階の柱が連続していない建物の被害例が比較的多く見られた(写真 4.2.3.17~4.2.3.18)。また、組積造の被害では、ほぼ1階に集中していることも確認できた(写真 4.2.3.19)。



写真 4.2.3.13 (店舗兼住宅 5) 建物崩壊状況



写真 4.2.3.14 (店舗兼住宅 5) 基礎部からの脱落



写真 4.2.3.15 (店舗兼住宅 6) 3階組積妻壁のせん断破壊



写真 4.2.3.16 (店舗兼住宅 6) 2階の壁端脚部の破壊



写真 4.2.3.17 (店舗兼住宅 7) 建物崩壊状況(1階と2階柱の不連続による破壊)



写真 4.2.3.18 (店舗兼住宅 7) 2階組積妻壁の破壊



写真 4.2.3.19 (住宅 1) 3階建て組積造の破壊(1階が大きく破壊)

市内北側の立入禁止区域(写真 4.2.3.20~25)周辺の建物被害については近くで観察することはできなかったが、各階のレベルがずれた被害が見られた。この原因としては、1階が部分崩壊または層崩壊したこと、または、この付近で堀状の川が流れていることから部分的に側方流動が生じたこと等が考えられる。



写真 4.2.3.20 継続的な立入禁止区域(1)



写真 4.2.3.21 継続的な立入禁止区域(2)



写真 4.2.3.22 (店舗兼住宅 8) 部分的崩壊



写真 4.2.3.23 立入禁止区域内の被災住宅全景



写真 4.2.3.24 立入禁止区域内住宅の部分的崩壊



写真 4.2.3.25 立入禁止区域内住宅の被害状況

これらの建築物被害のほか、市内中央部に設けられた、盛土によって造成されたとみられる公園において、写真 4.2.3.26～29 に示す地盤変状を伴う構造物等の被害が見られた。



写真 4.2.3.26 RC 擁壁の傾斜



写真 4.2.3.27 擁壁背面部分の地盤沈下



写真 4.2.3.28 公園内構造物の被害 1
(不同沈下に伴う亀裂の発生)



写真 4.2.3.29 公園内構造物の被害 2
(照明灯の傾斜)

(4) 白鹿 (Bailu) ・ ・ 3 次調査

震源から約 55km 東北東 (成都の北北東、直線距離で約 40km の彭州市中心部からさらに北北東方向に 40km ほど山間部に入ったところ) に位置する彭州市白鹿鎮を調査した。白鹿では、白鹿中学校 (9 年制、日本の小学校と中学校をあわせたものに相当する) を視察した。この中学校も建物はすべて枠組み組積造または組積造である。ここの被災の特徴は敷地内に断層があり、それが上下に 2m ほどずれたにもかかわらず、断層の直近両側に位置する 2 棟の教室棟が倒壊せずに残っていることである。断層で上にずれた側にある棟は軽微な損傷、下にずれた側にある棟は大破したものの倒壊は免れている。ただし、敷地内ではこの 2 棟以外はほとんど倒壊している。敷地全体の被災状況をそのまま保存する計画のようで、敷地入り口や敷地内に被災状況説明の看板が設置されていた。

視察した中学校以外に、走行中の車中から多数の仮設住居が見え、ときおり倒壊もしくは大破した民家も観察されたことから、白鹿鎮全体の被害は大きかったと推察される。

(4.1) 白鹿中学校 (写真 4.2.4.1 ~ 写真 4.2.4.10)



写真 4.2.4.1 敷地内の断層 (左右の建物は倒壊を免れているが奥の建物は倒壊している。)



写真 4.2.4.2 断層上側の建物 (この建物の被害は軽微である。手前の地盤と建物の地盤は地震前には同一の高さ。)



写真 4.2.4.3 断層下側の建物 (腰壁、方立て壁のほとんどが大きく損傷し、特に奥側 4 階の方立て壁の損傷は激しい。)



写真 4.2.4.4 写真 4.2.4.3 の奥のほう (4 階の方立て壁の上部がせん断破壊している)



写真 4.2.4.5 写真 4.2.4.4 の左の妻面
(妻面の壁は大きく損傷している。)



写真 4.2.4.6 写真 4.2.4.3 の手前の柱脚
(RC柱が激しく損傷している。)



写真 4.2.4.7 崩落した敷地前の橋(2連のアーチ橋であるが、奥のアーチが崩落している。左手前が中学校である。)



写真 4.2.4.8 敷地内の倒壊した建物(断層直上にあり手前の建物は崩壊、奥の建物は傾いている。)



写真 4.2.4.9 敷地内に掲示された地震発生前後の比較写真1(写真 4.2.4.1 と同じ場所より撮影。左が震前、右が震後)

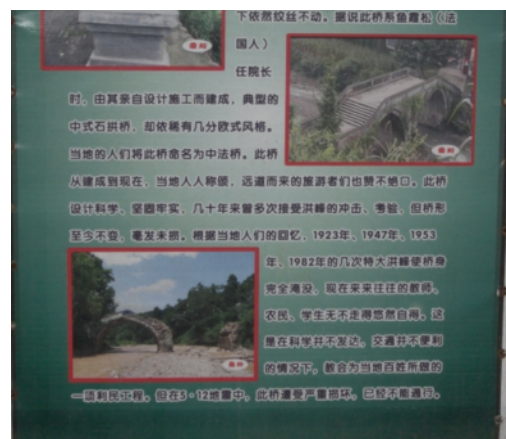


写真 4.2.4.10 敷地内に掲示された地震発生前後の比較写真2(「中法橋」と呼ばれる歴史的建造物で、写真 4.2.4.7 と同じ橋。上段右が震前、下段が震後)

(4.2) 白鹿鎮内（走行中の車中から）(写真 4.2.4.11～写真 4.2.4.12)



写真 4.2.4.11 仮設住宅（鎮内に数箇所、仮設住宅が建てられている敷地があった。）



写真 4.2.4.12 倒壊した建物の跡(手前の瓦礫は倒壊した建物の跡であると思われる。奥に仮設住宅が見える。)

(5) 北川 (Beichuan) ・ ・ 1 次調査

北川羌族自治州曲山鎮は、成都市の北約 130km にあり、標高約 1,000m に位置し、周囲を標高約 2,000m の山々に囲まれている。ここに南側から通じる道路が、地震時の落石により寸断されたが、応急復旧工事により、車両が、落石の残骸を避けながら、通行できるようになっていた(写真 4.2.5.1)。地震後、全住民が避難しており、治安や衛生状態の確保のため、立ち入りが規制されていた。写真 4.2.5.2 及び 4.2.5.3 は、曲山鎮を一望できるところまで山道を進み、そこから撮影したものである。

被害の概要は、写真の左側の山から崩落してきた土砂により、旧市街地のほとんどが埋められたこと、及びその他の周辺の山からの土砂崩落である。旧市街地には木造建築物が多く建築されていたらしいが、土砂によりほとんどを見ることはできない。その周辺には、鉄筋コンクリート枠組み組積造と思われるホテル等が建築されているが、ほとんどの建築物に傾斜等による甚大な被害が生じていた。



写真 4.2.5.1 落石による道路損傷
(北川県入口)



写真 4.2.5.2 大規模な土砂崩落
(北川羌族自治州曲山鎮)



写真 4.2.5.3 曲山鎮の全景

(6) 綿竹 (Mingzu) ・ ・ 1 次調査

綿竹市は、成都市の北約 70km にあり、標高は成都市とほとんど変わらないところにある町である。

綿竹市市街地においては、枠組み組積造やレンガ造の建築物の被害が多数生じた。写真 4.2.6.1 及び 4.2.6.2 は、綿竹市市街地にある 5 階建て枠組み組積造の中学校建築物の被害状況であり、天井脱落、内装材の脱落が生じている。柱、梁等の構造躯体に対する被害は小さい。



写真 4.2.6.1 天井脱落等の学校建築



写真 4.2.6.2 学校教室内の内装材の脱落

(7) 虹口 (Hongkou) ・ ・ 2 次調査

(7.1) 調査地区及び調査対象

都江堰市中心部から車で 30 分程度山間部に入った虹口地区の調査を行った。同地区には、地震時に生じた断層面が地表部に現れた場所が存在している。写真 4.2.7.1 に示すとおり、写真右手前から左奥にかけて高さ約 4 m の段差が見られるが、地震以前は、この段差は無く、写真に入っている範囲内は全体が平坦であったとのことである。(水平移動は約 8m とのことである) 調査対象は、この断層面から 500m 程度の範囲内に所在する一般的な住宅であり、地震時には、相当の地震動に見舞われたものと推測される。なお、一般的な住宅を調査対象としたのは、これらが地震による倒壊建物の大部分を占め、人的被害を引き起こす主要な原因となっているからである。



写真 4.2.7.1 地震により地表面に現れた断層(人のいる手前の崖が地震により生じた(以前は一帯が平坦))

写真 4.2.7.2 都江堰市虹口地区の斜面崩壊

(7.2) 調査対象

対象住宅は、駐車場所から、上述の断層面の所在地までの間(約 500m)に立地し、近寄って被害状況を確認することのできた住宅 10 棟(表 4.2.7.1)である。

構造の不明な 2 棟を除き、レンガ造 2 棟、木造 2 棟、コンクリートブロック造 1 棟であり、レンガ造がもっとも多い。レンガ造の壁厚は、判別できるものは、半枚積み(レンガの短手寸法が壁厚となる) 2 棟、1 枚積み(レンガの長手寸法が壁厚となる) 2 棟で、新旧、建物規模などによる傾向は見出すことはできない。また、枠組み組積造は見られなかった。小屋は、判別できるものは全て木造である。

木造住宅が 2 棟あったが、2 棟とも相当の年数を経ているように思われることから、地域の伝統的な工法は木造であったと推測される。

上記のほか、中空のプレキャストコンクリートパネルを 2 階床スラブに使用している住宅があった(No.10。写真 4.2.7.7, 4.2.7.8)。

表 4.2.7.1 都江堰市虹口地区の一般的な住宅被害状況

No.	構造	階数	用途	被害状況	備考
1	壁に被害が無く不明	1	店舗	屋根等が破損し、ビニールシートで応急措置	外観から比較的新しいと思われる
2	壁に被害が無く不明	2	住宅	屋根等が破損し、ビニールシートで応急措置	外観から比較的新しいと思われる
3	レンガ造（半枚積み）小屋組は木造	1	住宅	壁の相当部分が崩壊、屋根落下	
4	木造	1	住宅	建物全体が傾斜するも倒壊は免れる。瓦の一部落下。	No.5 と同一敷地
5	コンクリートブロック造	1	住宅	ゲープル（妻壁の上部）崩落、屋根落下。壁はせん断力により破壊。	No.4 と同一敷地
6	レンガ造	1	物置	壁に大きなせん断クラック。屋根瓦の一部落下。原型を留めている。	小規模建築
7	レンガ（1枚積み）小屋組は木造	1	店舗	ゲープル崩落、屋根落下。壁はせん断クラックが見られる（幅 1cm 程度）。	5 軒の長屋形式
8	木造	1	住宅	屋根瓦の一部落下。調査対象建物で、唯一継続使用されている。	No.9 と同一敷地
9	レンガ造（半枚積み）	2	住宅	2 階のパラペットが崩落。1 階壁が一部崩壊。	No.8 と同一敷地
10	レンガ（1枚積み）小屋組は木造	2	住宅	1 及び 2 階の壁が崩落。屋根落下。	中空のプレキャストコンクリートパネルを使用



写真 4.2.7.1 レンガ造住宅 (No.3)
ゲープルなどが崩壊し、屋根が落下している



写真 4.2.7.2 レンガ造小規模建物 (No.6)
壁の大きなせん断クラック、瓦の落下などが見られるが、原型を留めている。



写真 4.2.7.3 木造の住宅 (No.4)
相当傾いているものの倒壊は免れている



写真 4.2.7.4 コンクリートブロック造
(No.5) ゲーブルの崩壊、屋根の落下、
壁のせん断破壊が見られる



写真 4.2.7.5 木造(左 No.8)とレンガ造
(右 No.9) が並存する敷地。木造は、
農作物が収納されており継続使用され
ている



写真 4.2.7.6 レンガ造の建物 (No.9) 2
階パラペットが落下。1階の壁にも重大
なせん断クラックを生じている

(7.3) 被害状況と所感

調査対象地域は震源地域で断層面露出部に近接しており、いずれの建物も甚大な被害を蒙っている。その中で際立つのは、継続使用している唯一の建物を含め、木造は2棟とも壁崩落、屋根落下まで至っておらず、他の構造に比べて被害が軽く済んでいることがある。いずれも伝統的と思われる工法で、筋交い、耐力壁などは使われておらず、柱、梁と貫によって組み立てられている。

一方、新しい工業材料である、コンクリートブロック(写真4.2.7.4)、中空のプレキャストコンクリートパネルを使用している住宅(写真4.2.7.7, 4.2.7.8)はいずれも倒壊の状況となっている。

レンガ造の被害状況は、過去の被害調査で指摘されている状況が繰り返されている。ゲーブル(妻壁の上部)の崩壊により、屋根が崩落するという重大な被害を生じるパターンが多く見られる。(写真4.2.7.9) また、せん断力による壁の破壊はもっとも一般的な被害である。

一方、被害が比較的軽微な建物(No.1, No.2など。写真4.2.7.10)があり、その

要因を明らかにできれば、今後の耐震性向上を考える際の貴重な知見となると思われる。今回は、限られた時間と実施体制の下の調査であり、これに取り組むことができなかったことは残念である。



写真 4.2.7.7 地区でもっとも大きな住宅 (No.10) 無補強レンガ造。PCa パネルを受ける梁のみ RC 部材で、柱はない



写真 4.2.7.8 同左。床に PCa パネルを使用していたことが分かる



写真 4.2.7.9 組積造の典型的な倒壊パターンの一つであるゲートル崩壊による屋根の落下 (No.7)



写真 4.2.7.10 2階建てで被害が軽微な住宅 (No.1)

4.3 仮設住宅、住宅再建の様子・・・3次調査

震源に近い山間部の農村地区である映秀、震源から約 90km 東北東に離れた山間部の町である漢旺、震源から約 55km 東北東に離れた山間部の町である白鹿では、町全体が壊滅的な被害を受けたと見られ、写真 4.3.1 に示すように 2008 年 11 月時点においても大半の住民が仮設住宅で生活しているようであるが、映秀や白鹿付近においては写真 4.3.2 に示すように自らの手で住宅を再建している姿も散見された。また、震源から約 20km 東に位置し、断層に近い人口約 60 万人の都江堰市街地では、写真 4.3.3 に示すように至るところで 4 ～ 6 階建て程度の枠組み組積造の集合住宅が大きな損傷を受けており、第 3 次時点においてもきわめて多くの住民が仮設住宅で生活している。しかし、写真 4.3.4 に示すように 1 階が店舗で 2 階以上が住宅となっている被害建物では 1 階が RC 造で 2 階以上が枠組み組積造という構造形式が一般的であり、1 階の損傷の程度が比較的軽微

である場合には1階の店舗のみを使用している建物も多く見られた。今回の調査過程で面会する機会があった成都市規画管理局の担当者によれば、中国全体で約8億の人口を抱える農村地区の復興をどのようにすればよいか現時点においても苦慮しているとのことであった。



写真 4.3.1 山間部（映秀）における仮設住宅



写真 4.3.2 山間部（映秀）における住宅再建の様子



写真 4.3.3 市街地（都江堰）における枠組み組積造集合住宅の被害



写真 4.3.4 市街地（都江堰）における店舗併用住宅（1階はRC造2階以上は枠組み組積造）の被害

4.4 まとめ

四川省内（成都市及びその周辺）の被災地域において建築物の被害状況を調査した。山間部の断層周辺では広域地盤災害に伴って多数の建築物が倒壊・崩壊等の大きな被害を受けていた。都江堰市、漢旺鎮などの規模の大きな市街地では、中層（10層程度以下）の商業施設や共同住宅が多数建設されているが、それらについても倒壊・崩壊等の大きな被害がみられた。しかしながら、軽微な被害にとどまり、適切な補修・補強によって再使用可能であると考えられるものもあった。

なお、3次調査結果に関しては、調査した各地における被害状況に基づき、被害の特徴と原因等を第5章において分析しているので、そちらを参照されたい。

謝辞

本章の一部について、建築研究開発コンソーシアムからの参加者である穂山靖司氏、山野辺宏治氏、宮内靖昌氏、杉本訓祥氏より貴重なご助言、ご協力を頂いた。ここに記して謝意を表す。

参考サイト

- 4-1) 中国四川大地震の復興支援に係る中国政府関係機関との意見交換及び現地調査の結果概要について

http://www.mlit.go.jp/report/press/sogo07_hh_000006.html

- 4-2) 日中地震防災学術シンポジウム～災害軽減の知恵を集めて、新たに地域創りを目指し～

<http://www.bosai.go.jp/koho/event/China-Japan2008/index.html>

- 4-3) 2008年中国四川省大地震後の復旧支援に係る政府調査団及び現地調査について（2008年5月発生）

<http://www.nilim.go.jp/lab/beg/foreign/kokusai/shinsen.pdf>

第5章 建築物の被害の特徴

5.1 四川地域の一般的な構造形式と被害パターンの分類

四川地域の一般的な建築物の構造形式としては、^{しせん} 枠組み組積造が挙げられる。この構造は、レンガの壁の周囲を鉄筋コンクリート造の柱とはりで囲った構造であり、世界的にもポピュラーな構造形式である。また、都市部では鉄筋コンクリートラーメン構造（鉄筋コンクリート造の柱とはりの架構で構成される構造形式）の中に中空のレンガを充填したものも多く見られる。これは、前者の枠組み組積造と似ているが、柱と梁の断面寸法が大きく、また、レンガの壁を取り払って広いスペースを確保することが出来るところが、異なる点である。また、1階が店舗で2階以上が住居として使われる建築物では、店舗のスペース確保のために、1階のみ鉄筋コンクリートラーメン構造とし、2階以上は枠組み組積造としているものも多く見られる。この形式では、2階以上の戸境レンガ壁の直下に1階の戸境レンガ壁がないこともあり、これは、阪神・淡路大震災において被害が多く見られたいわゆるピロティ構造（下階壁抜け構面を有する構造）と同様な構造形式である。また、山間部の比較的小規模な住居等では、鉄筋コンクリート造の枠組みを有しない、純粋な組積造も多く見られる。

四川地域で見られた典型的な建築物の被害パターンは、以下のように分類できる。次節以降では、各被害パターン毎にその特徴を記載する。

- (1) 1階の破壊
- (2) 2階の破壊
- (3) 短柱のせん断破壊
- (4) 柱頭・柱脚の曲げ破壊、または接合部分での破壊
- (5) 階段の取り付く柱の破壊、階段スラブの破壊
- (6) 基礎と上部構造のずれ
- (7) 非構造壁の破壊・脱落

5.2 1階の破壊

写真 5.1～5.4 に見られるように、建築物の1階が破壊し2階以上の部分が落階する（もしくは、落階しそうになっている）被害形式であり、次のような原因が考えられる。

写真 5.1～5.2 は枠組み組積造、写真 5.3 は組積造であるが、これらの構造では一般に全層で同じ断面や配筋とすることが多いため、各階の耐力はほぼ同じである。一方、地震力は一般に1階が最も大きいため、相対的に1階が最も壊れ易くなる。もし、組積壁の量が充分にあって、その強度で地震時に発生する力に抵抗できる場合には安全な構造形式となるが、地震時の力に対して組積壁の耐力が不足する場合には、1階が破壊され層崩壊を生じる危険性がある。もともと相対的に弱い1階の組積壁が損傷すると、その剛性と耐力が低下するため、さらに被害が1階に集中するという危険な破壊につながる可能性がある。このような、1階に被害が集中する現象は、張り間、桁行きの両方向ともに考えられる。なお、1階が損傷を受けた段階では、下階壁抜け架構に近い状況とな

るため、これまでに日本で被害が多く見られたピロティ構造と同様な状況となる。また、日本と同様に、鉄筋コンクリート造の下階壁抜け部分で1階の柱が大きく損傷した例も見られた（写真5.4）。

このような破壊を防止するためには、周辺フレームにより組積壁の拘束の度合いを高めたり、壁や柱・梁の断面を大きくして層の抵抗力を高めることが考えられる。このような工夫を施した場合の効果（面内の剛性と抵抗力）を実験等によって調べることにより、その結果を適切に設計に反映させることは可能であるが、前提条件として、壁の面外破壊は適切に防止されていない点（一体性、つまりインテグリティの確保）に注意が必要となる。



写真 5.1 1階が完全に崩壊した学生寮(映秀) 写真 5.2 写真 5.1 の妻面の1階部分



写真 5.3 1階が大きく破壊された組積造（漢旺）

写真 5.4 張り間方向の下階壁抜け部分で大きく損傷した1階の柱（都江堰）

5.3 2階の破壊

1階は比較的健全であるが、2階に破壊が集中している被害形式(写真5.5)であり、次のような原因が考えられる。

1階が鉄筋コンクリートラーメン構造で2階以上が枠組み組積造である複合構造の場合、1階の鉄筋コンクリート造柱に比べ、2階の枠柱の断面が極端に小さくなっている場合が多い(写真5.6、5.7)。張り間方向の耐力は組積壁の量に依存するが、桁行き方向の耐力は組積壁の量が少ないので柱の強度にそのまま依存する。2階の柱は小さく、組積の袖壁が取り付けられているが、この袖壁は比較的小さな変形で破壊するため、結果として桁行き方向の耐力は1階に比べて2階は小さい。このため、2階に破壊が集中したものと考えられる。

なお、桁行き方向の柱の位置が、1階に比べて2階の方が外側に張り出している場合があるが、その場合には、2階の柱を支える梁に大きな力が作用することからせん断破壊している場合がある(写真5.8)。

このような破壊を防止するためには、桁行き方向の応力伝達と組積壁の取り扱いを明確にするのが有効である。すなわち、組積壁を構造体とするのであれば、その効果を実験等によって調べ、結果を適切に設計へ反映させればよい。そうではなく、組積壁を無視するのであれば、組積壁が悪影響を及ぼさないように留意し、かつ、鉄筋コンクリート造のフレームのみで地震力に抵抗できるように、適切に断面設計を行う必要がある。



写真 5.5 2階に被害が集中した建物（都江堰）



写真 5.6 写真 5.5 の1階柱と2階柱の接合部



写真 5.7 寸法が大きく異なる 1 階柱と 2 階柱



写真 5.8 1 階柱と 2 階柱をつなぐ梁のせん断破壊（都江堰）

5.4 短柱のせん断破壊

柱が曲げ降伏する前にせん断破壊で脆性的に壊れる被害形式（写真 5.9）であり、多くの柱がせん断破壊すると、落階の危険性もある。

その原因は、柱に腰壁等が取り付けくことで内法長さが短くなり、せん断力が大きくなるが、柱のせん断耐力がそれを上回っていないことである。

この破壊を防止する対策としては、短柱の場合の大きな入力せん断力よりも柱のせん断耐力が上回るように、多くのせん断補強筋を配する等の設計を行うことである。ただし、腰壁が先に壊れて短柱とはならない場合もあり（写真 5.10）、そのコントロールは容易ではない。このような壁が取り付けく柱の挙動を実験等によりよく調べる必要がある。これは、そのまま日本にもあてはまる課題である。



写真 5.9 短柱のせん断破壊（都江堰）



写真 5.10 腰壁が先に壊れて短柱とはならなかった柱（写真 5.9 と同じ建物）

5.5 柱頭・柱脚の曲げ破壊、または接合部分での破壊

柱の頭部および脚部で曲げ破壊し、鉄筋の座屈やコンクリートの圧壊等が見られる破壊で、最終的にはその階で倒壊する危険性もある。

原因は、梁よりも先に柱に塑性ヒンジができることであり、一般に推奨されている梁降伏先行型の考え方が実現できていないためである。この破壊を防止するためには、柱軸力を考慮した上で、柱と梁の曲げ耐力比を適切に設定するといった対応が求められる。日本では1995年の阪神・淡路大震災で梁よりも柱の先行降伏やせん断破壊が見られたことから、例えば全体崩壊形を目標とする設計体系（日本の鉄筋コンクリート造の耐震規定におけるルート2-3）では、確実に梁降伏を先行させるような規定の改訂が行われた。



写真 5.11 柱頭の曲げ破壊（映秀）



写真 5.12 柱頭・柱脚の曲げ破壊（映秀）

5.6 階段の取り付く柱の破壊、階段スラブの破壊

写真 5.13 は階段が取り付く柱の破壊であり、特に短柱となった柱の部分では、大きな強制変形を受けるために 5.5 の「柱頭・柱脚の曲げ破壊」が生じ易くなり、また、大きなせん断力が作用することにより 5.4 の「短柱のせん断破壊」も生じ易い。これらに起因する損傷が進むと、落階につながることもあり得る。この対策としては、階段も考慮して架構の応力を算定するか、階段に壁を設けて水平力を伝達できるようにするという方法が考えられる。なお、日本では階段に作用する水平力は階段が取り付く壁に負担させるか、もしくは隣接する建物に負担させる設計が一般的であるが、このような抵抗要素の明確化は有効な設計上の考え方であると思われる。



写真 5.13 階段が取り付く柱の破壊（映秀）

5.7 基礎と上部構造のずれ

写真 5.14 は、基礎梁と上部構造の枠組み組積造の間にずれが生じた被害形式である。この原因としては、写真 5.15 に示すように、枠柱の主筋が基礎梁に緊結されていないことがあげられる。

ただし、多少のずれであればこれを許容することにより、上部構造への入力せん断力を小さくしてその被害を軽減できる可能性もあり、今後研究的に検討すべき課題と考えられる。



写真 5.14 基礎と上部構造のずれ（映秀） 写真 5.15 基礎と柱脚の詳細（映秀）

5.8 非構造壁の破壊・脱落

写真 5.16 のように、組積造の壁は比較的小さな変形でせん断破壊などの大きな損傷を受けやすい。しかしながら、写真 5.17 のように、柱やはりが健全であれば、建築物の耐震性能はほとんど低下していないと考えられることから、脱落の危険性を除けばこのような被害は許容されよう。その上で、地震後の建物の機能性を考慮することも今後次第に求められてくると思われることから、そのような要求をいかに適切に充足していくかは今後の重要な検討課題の一つである。



写真 5.16 組積造方立て壁のせん断破壊 写真 5.17 非構造壁の破壊（漢旺）
（都江堰）

5.9 まとめ

本章では、被災地域で多く用いられている枠組み組積造と鉄筋コンクリートラーメン構造の建築物について、被害パターンを分類しそれぞれの特徴を示した。その多くは日本の過去の被害事例でも同様に見られたものであり、日本の技術・知見がこれらの建築物の設計に有用な情報となり得る。しかし、地震後の建物の機能性の観点から非構造部材の損傷をいかに制御するか、基礎との緊結を緩めて建物への地震入力を低減する設計を許容し得るか等、現在の知見では解決し難い問題を提起する被害事例もあり、それらについては今後研究を進める必要がある。

第6章 震災復興の状況

6.1 調査の概要

独立行政法人建築研究所では、2006年3月に中国・同済大学（上海）と研究協力協定を締結しているが、この研究協力協定に基づき、2008年5月12日に中国・四川省で発生した地震に関し、同済大学より復興計画策定、及び今後の防災計画研究に関わる支援要請を受けた。この要請に基づき、同済大学、四川省人民政府の協力の下、2008年12月27日から31日にかけて復興計画と復興状況に関する調査を行った。

調査では、同済大学、及び四川省人民政府からこれまでの復興計画の策定、及びその実施状況についてのヒアリングを行うとともに、復興状況に関する現地調査を行った。

現地調査地区は以下の通りである（図6.1.1）。

- ・ 阿^ア坝^バ藏^{チベット}族^{チヤン}羌^{チヤン}族自治州（以下阿坝州）汶川县映秀鎮の被災地、及び復興計画展示館
- ・ 綿陽市北川^{チヤン}羌^{チヤン}族自治州（以下北川県）曲山鎮の被災地
- ・ 綿陽市北川県擂鼓鎮の仮設住宅
- ・ 都江堰市内の被災地
- ・ 都江堰市近郊農村部の安龍鎮における自立再建方式における復興住宅
- ・ 都江堰市の山間部の観光地（避暑地）である泰山古鎮における自立再建方式における復興住宅

震災後すでに6ヶ月経過し、仮設住宅の建設、入居がほぼ完了したことから、日本側から阪神・淡路大震災、中越地震における震災後6ヶ月から3年程度の期間に必要な計画上の問題点についてのプレゼンテーションを行い、今後必要となる復興計画上の諸問題についての討論を四川省政府と行った。

なお住宅・都市研究グループでは、日本都市計画学会四川大地震復旧・復興調査特別委員会、及び兵庫県庁の協力の下、これまでに同済大学の支援要請に従い、仮設住宅計画に関する情報、復興計画策定に関する情報等を適宜収集、送付してきたところである。このため、今回の調査には日本都市計画学会四川大震災復興支援特別委員会のメンバーが同行した。これにより、より効果的な調査、支援を行うことができた。

以下に今回の調査チームのメンバーを掲げておく。

- ・ 岩田 司 建築研究所住宅・都市研究グループ上席研究員
- ・ 系井川 栄一 建築研究所住宅・都市研究グループ客員研究員
（筑波大学大学院システム情報科学研究科教授）
- ・ 中林 一樹 首都大学東京大学院都市環境科学研究科教授
- ・ 石川 幹子 東京大学大学院工学系研究科教授
- ・ 池田 浩敬 富士常葉大学教授
- ・ 大西 一嘉 神戸大学大学院工学系研究科准教授

- ・ 牧 紀男 京都大学防災研究所巨大災害研究センター准教授
- ・ 村尾 修 筑波大学大学院システム情報科学研究科准教授
- ・ 澤田 雅浩 長岡造形大学准教授
- ・ 加藤 孝明 東京大学大学院工学系研究科助教
- ・ 岩田 左紅 株式会社マイスタジオ



図 6.1.1 調査地区

また同済大学、四川省建設庁等の復興計画担当者と意見交換を行った。以下に今回の訪問先での中国側スタッフを、訪問日程とともに掲載しておく。

日付	場所	中国側出席者名簿
12月27日	同済大学 上海同済城市規劃設計研究院 との情報及び意見交換	夏南凱 上海同済城市規劃設計研究院 常務副院長
		裴新生 上海同済城市規劃設計研究院三所 所長
		高崎 上海同済城市規劃設計研究院五所 所長
		周珂 上海同済城市規劃設計研究院科研部 主任
		顧玄淵 上海同済城市規劃設計研究院六所
		王蓓芳 上海同済城市規劃設計研究院科研部 副主任
		他スタッフ 12名
12月28日	阿坝州映秀鎮の現地調査	張波 四川省建設庁弁公室 副主任
		楊斌 阿坝州規劃和建設局 副調研員
		他スタッフ数名
12月29日	北川県 曲山鎮、擂鼓鎮の仮設住宅 の現地調査	何林泰 綿陽市規劃局 副総規劃師
		劉光輝 北川県規劃和建設局 常務副局長
		劉志彬 四川省建設庁規劃処 工程師
		申琴 綿陽市規劃局弁公室
		馬軍 德陽市規劃和建設局弁公室 主任
		他スタッフ数名
12月30日	都江堰の現地調査	鄧盛傑 都江堰規劃管理局 副局長
	四川省建設庁 との情報及び意見交換	邱建 四川省建設庁 総規劃師
		張波 四川省建設庁弁公室 副主任
		李根芽 四川省建設庁城市規劃処 副処長
		王正卿 四川省建設庁抗震弁公室 副主任
		万小鹏 成都市規劃局規劃処 処長
		宋鋒 成都市建委設計処 主任科員

6.2 復興計画のプロセス

6.2.1 中国の行政組織

中国の行政組織は、中央政府の下に直轄市（北京市、上海市、天津市、重慶市）と省、自治区（内蒙古自治区、広西チワン族自治区、チベット自治区、寧夏回族自治区、新疆ウイグル自治区）がある。

省の下には市と州が置かれている。市には都市部に区が置かれ、それ以外には県または市（県級市）が置かれる。都江堰市は成都市に所属するこの県級市である。州の下にも県が置かれている。県、県級市の下に鎮（町）、郷（農村集落）が置かれている。

6.2.2 支援体制

中国政府は復興事業を円滑に進めるため、2008年6月11日に国务院弁公庁から「汶川地震震災復興建設一対一支援方策」に関する通知を出した。これは被災地を20の地区に分け、それぞれの地区と中国の東部、中部地区の19の直轄市、省政府に西部地区の重

慶市を加えた 20 の地方政府との一対一のペアリングを行い、それぞれの被災地とペアとなった直轄市政府や省政府が今後 3 年間にわたり復興支援を行うものである。この一対一支援は、被災地の被災状況と、支援する直轄市政府や省政府の財政力などを勘案して以下のように決定された。

- | | |
|----------------|----------|
| ・ 山東省 | 四川省北側県 |
| ・ 広東省 | 四川省汶川県 |
| ・ 浙江省 | 四川省青川県 |
| ・ 江蘇省 | 四川省綿竹市 |
| ・ 北京市 | 四川省什邡市 |
| ・ 上海市 | 四川省都江堰市 |
| ・ 河北省 | 四川省平武県 |
| ・ 遼寧省 | 四川省安県 |
| ・ 河南省 | 四川省江油市 |
| ・ 福建省 | 四川省彭州市 |
| ・ 山西省 | 四川省茂県 |
| ・ 湖南省 | 四川省理県 |
| ・ 吉林省 | 四川省黒水県 |
| ・ 安徽省 | 四川省松潘県 |
| ・ 江西省 | 四川省小金県 |
| ・ 湖北省 | 四川省漢源県 |
| ・ 重慶市 | 四川省崇州市 |
| ・ 黒竜江省 | 四川省劍閣県 |
| ・ 広東省（主として深圳市） | 甘肅省内の被災地 |
| ・ 天津市 | 陝西省内の被災地 |

この結果、それぞれの被災地区においてペアとなった直轄市政府や省政府により、復興計画策定や復興建設事業など、ハード面のみならずソフト面をも含め、人的、物的、財政的、知的なすべての分野にわたる援助が行われている。特に援助側には、今後 3 年間財政収入の 1% 相当の資金援助が求められている。

例えば今回現地調査を行った都江堰市は、上海市が全面的に支援している。成都市政府によると、都江堰市の住宅、インフラ関係の主な被害は、

- | | | |
|------------|--------------------------------------|---|
| ・ 都市部住宅 | 倒壊：70.7 万 ^m ² | 重大な損壊を受けたもの：423.7 万 ^m ² |
| ・ 農村地域住宅 | 倒壊：366.4 万 ^m ² | 重大な損壊を受けたもの：1,066.0 万 ^m ² |
| ・ 農村地域道路損害 | 853 km | |

であり、直接的な経済損失は 537 億元に上ると見積もられている。これに対し上海市政府は今後 3 年間、総額 100 億元に上る財政支援を行うことになる。

6.2.3 復興プロセス

中央政府の指示による復興スケジュールによると、

- ・ 3ヶ月 仮設住宅供給完了
- ・ 3年 復興完了
- ・ 5年 発展1：復興発展
- ・ 10年 発展2：計画目標達成

となっている。実際には仮設住宅は現地調査地域では12月末時点で入居は完了しており、テント生活を続けている人はごくわずかであり、これも自力建設のため、自宅の敷地内に住んでいるなどの特別な場合であり、発災後半年程度で仮設住宅供給は完了している。

被災者の救出、救援、道路、電力、通信などのインフラの復旧、建物の安全性の評価、テントなどの臨時居住施設の確保といった応急救援段階を進めながら行われた、仮設住宅建設から復興計画策定に至る復興プロセスの概略を、成都市を例として以下に示す。

- ・ 仮設住宅の建設
 - 全国の建築、土木、ランドスケープ、施工の専門家を動員し、5月19日から29日にかけて仮設住宅の立地選定から農村地区約400カ所の仮設住宅建設計画を策定した。
 - すべての仮設住宅建設地に対し、地質調査を行い、災害評価を行った。
 - 仮設住宅建設は9月末に完了した。仮設住宅戸数は成都市内で約16万戸にのぼる。
- ・ 復興計画策定
 - 震災後約3ヶ月を目途に、国、省、市、県及び鎮レベルにおいて、復興計画マスタープランの策定を行った。
 - 成都市においては、国際的に復興計画の提案を求め、それに基づきマスタープランを作成した。
 - 都江堰市再建概念計画策定には国内外の設計者が参加し、8月策定を目指したが、実際には12月に最終決定した。図6.2.3.1に都江堰市の土地利用計画図、図6.2.3.2に今回策定された再建概念計画図を示す。
 - 住宅再建計画は、政府が中心となって計画を策定し、それに基づき都市部では郊外ニュータウンを建設し、そこに移住することを基本としている。ただし、1980年代から国営住宅、国営企業住宅を居住者に払い下げたり、民間企業による開発住宅もあり、これらの結果権利関係が複雑しており、その権利調査に時間を要している。2008年12月の調査段階ではほとんど手つかずの状態であった。都市部の住宅再建は2009年2月から本格化しており、1.6万戸の新築住宅の着工が始まっており、さらに1.5万戸の新築住宅の設計が完了している。
 - 各鎮における復興マスタープラン、住宅再建計画はほぼ完成している。これに基づき、復興事業が進行している。農村部においては、自力建設を基本として



写真 6.2.3.1 都江堰市内の被災ビル

おり、都市部に比較すると復興は着実に進んでいる。特に震災前から農村部の生活改善のため、新農村建設モデル事業が推進されている。これはこれからの新しい農村の姿を構築するもので、都市部住民の交流人口を活用した農村活性化事業である。グリーンツーリズムの考えも取り入れられ、農村部における再建計画はこのモデル事業の概念を取り入れたものとなっており、各鎮の復興計画にも郊外型レストランや民宿などの建設計画が取り入れられ、自力建設によってこれら施設が建設されている。

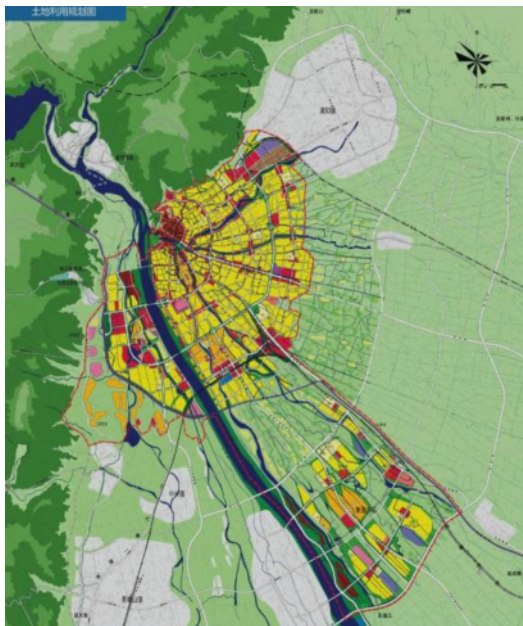


図 6.2.3.1 都江堰市土地利用計画図

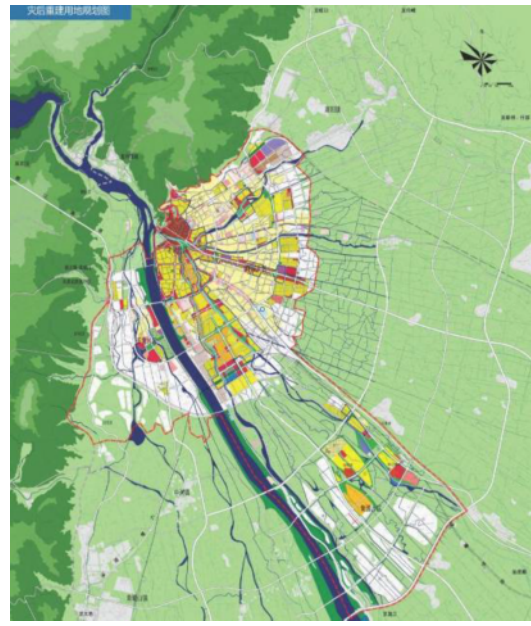


図 6.2.3.2 都江堰市震災復興用地計画図

6.3 各地の復興状況

6.3.1 阿坝州汶川县映秀鎮

映秀鎮内、及び映秀小中学校の建物被災状況の視察を行った後、阿坝州復興計画展示館の視察を行った。

- ・ ここでは被災地毎の復興計画の概要が展示されている。
- ・ 自立再建のための復興住宅のプロトタイプが展示されている。
- ・ 藏族、羌族の伝統的住居のデザインモチーフを用いた復興住宅のイメージが展示されている。



写真 6.3.1.1 計画展示館



写真 6.3.1.2 鎮毎の計画図



写真 6.3.1.3 自力建設住宅モデル



写真 6.3.1.4 計画模型

6.3.2 北川県曲山鎮

曲山鎮は北川県の中心地であり、今回の汶川地震の最大の被災地の一つである。北川県の県庁所在地であるが、被害が大きく、現在県庁は安県のビルに間借りしている。

- ・ 鎮の人口は約3万人あったが、この内助かった人は7千人。
- ・ 5月12日の地震でほぼ壊滅し、死者のほとんどは建物の倒壊による圧死。助かった人は高層階に住んでいた人がほとんど。
- ・ その後の豪雨で土石流が生じ、鎮内のほとんどが土石流に埋まり、再建不能となる。
- ・ 現在は鎮の入り口には門が設けられ、人民軍が入りを規制している。通行できるのは曲山鎮の奥にある集落の住民のみ。
- ・ 周辺の地質構造が特異で、元々一帯を地質博物館として整備する予定であった。今後、汶川大地震の歴史的遺産としてそのまま保存される予定。従



北川県曲山鎮

って住民は他へ移住する。当保存計画は同済大学が担当している。

- ・ 今後県庁は隣接する安県の安昌に移転予定。
- ・ 隣接する安県の2鎮を北川県に割譲し、北県県の県庁を移転し、北県県の再建を図る。

6.3.3 北川県播鼓鎮の仮設住宅

元々この仮設住宅地は、北県県の県庁所在地である曲山鎮が高密度したため、その人口を分散、移住するために計画された人口2万人のニュータウン予定地である。このニュータウン計画はほぼできていたため、インフラの計画等を若干変更して、仮設住宅地とした。再建後は元の計画に基づくニュータウン建設を行う予定である。

- ・ 5月12日被災後、2週間で基本計画を策定。メンバーは、建築、土木、ランドスケープ、施工の専門家が協力し合って作成した。



写真 6.3.3.1 仮設住宅



写真 6.3.3.2 仮設住宅の増築

- ・ ニュータウン計画での病院や広場の位置に仮設住宅を建設している。道路などはほぼ計画を踏襲しているが、道路幅は若干狭くなっている。これらの計画は仮設撤去後、速やかに団地建設が進められることが前提となっている。
- ・ その後2週間で実施設計。6月30日に仮設住宅を発注。
- ・ 7月～8月に入居完了。



写真 6.3.3.3 小売店舗



写真 6.3.3.4 住戸の1ユニット

- ・ 住戸は一部屋 20 m²程度で、電気は各戸に引かれているが、水道、ガスは引かれていない。電気は冷蔵庫 1 台分ぐらいの容量しかない。
- ・ トイレ、シャワー、洗濯機は共同。集会場もある。これらは仮設の住棟の一部を使っている。
- ・ 住棟間には、テントやブロックを使って各自で増築が行われている場合がよく見受けられる。
- ・ 仮設住宅は計画に従って山東省（北川県の復興のパートナーの自治体）の工場で作られた。
- ・ 生活に必要な小売店舗は、仮設住宅の道路沿いに設けられており、日用品が売られている。

6.3.4 都江堰市近郊農村部の安龍鎮

この鎮では、新農村建設モデル事業として、自立再建による農村体験観光の試みが行われている。

- ・ 住宅の基本設計、鎮の全体計画は都江堰市が行う（統一計画）。
- ・ インフラ、緑地は政府が整備。



写真 6.3.4.1 統一計画図



写真 6.3.4.2 自立建設される民宿

- ・ 住宅は計画に基づき、それぞれが自力建築を行う。この鎮では合計 15 戸が建設される。
- ・ 各住宅は、人民政府の作成した設計図、イメージ図に基づいて行う。
- ・ 「農家楽」と呼ばれる農家風レストラン、民宿を起業し、今後の新しい農村をつくるプロジェクトであり、都江堰市内の 160～200 の集落で同様の計画が進行中である。
- ・ 設計図、施工図に基づいて実際に住宅が建てられているかをチェックする人を政府が教育し（都江堰で数千人規模）、その人の点検、指導により、品質を確保する。
- ・ 一般的に 3 人家族用の住宅で建設費は 9 万元程度。そのうち 3 万元を補助する。
- ・ 建設資材の高騰を防ぐため、政府が材料を確保。政府に申請し、材料を買くと材料を自宅まで運搬してくれる。この材料を利用して、自力で建設を行う。
- ・ 新農村モデルの顧客は、成都市からの観光客。一泊 60～80 元。
- ・ 宿泊客以外に休日に料理を食べに来る客、日長一日麻雀をしながら、ゆっくり過

ごす客など、日帰り客の需要も見込めるとのことであった。

・ 都江堰市の農村部の被害、及び補助

(ア) 被害家屋：約 8 万戸

(イ) 内 4 万戸 = 軽微な被害

(ウ) 他の 4 万戸に対して政府が補助を行う。

3 万戸：統一計画・自立再建

1 万戸：完全自立再建

その他：修復

(エ) 被害に対する補助金

軽微な被害：2,000 元

中程度被害：4,000 元



写真 6.3.4.3 自立建設された住宅



写真 6.3.4.4 自立再建中の住宅内



写真 6.3.5.1 泰安古鎮



写真 6.3.5.2 店舗併用住宅の自立



写真 6.3.5.3 配給資材の煉瓦



写真 6.3.5.4 被災した建築

6.3.5 都江堰市山間部の泰山古鎮の自立再建（観光地、避暑地の再建）

泰山古鎮は、都江堰市内の近くの急峻な山間部に入った、中国の名勝青城山にある観光地である。道教の発祥の地である青城山の奥山、青城山地域有数の観光地であり、周辺地域では別荘開発が行われている。道教寺院、古泰安寺が立地し、観光業で成り立っている。従って鎮民の所得水準は総じて高い。

- ・ 被災前の居住人口は 200 人。鎮民は元々農民である。
- ・ 復興計画
 - (ア) 同済大学が担当している。
 - (イ) 統一して計画を行い、それに従って自立再建する方式を採用
 - (ウ) 計画方針：街並みの再生、維持を計画の方針としている。
 - (エ) 1 階店舗・2 階住居のタウンハウスの形式であり、従前と同様の建物を再建している。
 - (オ) 現在被災者は、近くの仮設住宅に住んでいる

(カ) 第一期工事は、5月開業を目標としている。

・ 費用負担

(キ) インフラ建設は、上海からの支援で賄われている。

(ク) 住商を区別せず、個人にまとめて支援している。支援内容は一般のものと同じ。

6.4 まとめ

今回調査した現地での復興状況は、我が国では考えられないほど早い。これは、我が国に比べると住宅の設備や断熱、気密といった住宅性能のレベルが低く、仮設住宅に限ってはその生産、建設にかかる費用、時間とも軽減できたことによる。また、すでにニュータウン計画のために用意した土地、あるいは耕地の転用によって建設地を迅速に用意できたこともその一因と考えられる。

都市計画としては、再建計画というよりは、新規開発計画と考えられるものがほとんどであり、従って旧住宅地の再建計画としてではなく、旧住宅地に隣接した地域、あるいは都市部においては、都市近郊にニュータウンを建設する計画となっている。従って、被災民は移住を伴うことになり、このため計画に対する反発は大きいようである。例えば都江堰市では都心から20～30kmの場所に被災者のための最終的な住宅建設を発表したが、遠すぎるということで、10km程度の位置に計画変更している。また山間部の集落は、集落ごと都市部に移転することが公表されたが、これも住民の反対にあい、集落内での自力建設に計画変更された。成都市政府は、住民の意向を最優先して計画を考えているとしているが、これはこれらの住民の反対の結果であることは否めない事実である。

都市部では、住宅の国家から居住者への払い下げ、民間開発の推進などにより、権利が輻輳しており、権利調整に手間取っており、復興が進んでいないが、農村部では自力建設のよりかなり復興が進んでおり、またそれが仕事につながっていることから活気が感じられる。今後、これらが落ち着いた後、被災民同士の不公平感や、脱力感などへの心のケアも含めたきめ細やかな対処が必要になる。

住民の負担を最小限にする、あるいは旧市街地自身の再建と新規開発との有機的なリンクを考えた復興計画策定手法や、長期にわたる復興の各時期において必要となる施策などについて、阪神・淡路大震災などの大都市大規模災害の経験を持つ我が国の技術援助の可能性は、これからますます必要となると考えられる。

第7章 中国の耐震設計基準

7.1 中国の耐震設計基準の概要

3.5 節において示した通り、中国の耐震規定では、設計用の地震力は各地方ごとに定められた烈度（6～9の4段階）に応じて、入力加速度（設計用せん断力係数）の形で規定されている。また、建物の用途ごとの耐震等級（甲、乙、丙及び丁）や、それぞれについて建設可能となる規模等の制限も規定されている。これらは、国家標準であるGB規格の一部（GB 50011「建築耐震設計基準」など）として定められているが、その他にも地方標準DB規格、技術指針的位置づけの業界標準規格等として定められている。

これら規格を制定・発行する機関の中心となっているのは、中国国務院直属の国家品質監督検査検疫総局（AQSIQ, <http://www.aqsiq.gov.cn/>）や、国家標準化管理委員会（SAC, <http://www.sac.gov.cn/>）などであり、さらに分野ごとに関連する機関と連携して規格の制定作業に当たっている。建築分野では、主として日本の（旧）建設省に相当する住宅・都市農村建設部（MOHURD, <http://www.mohurd.gov.cn/>）が基準の策定に関与している。

標準規格を建築分野との関連で示すと、それぞれ次に示すとおりである。

国家標準GB*：建築関連の規格は、主としてGB 50000～59999に整理されている。単にGBとある規格は「強制国家標準」であるが、他に推奨（任意）規格である「勸奨国家標準GB/T」「国家標準化指導性技術書GB/Z」と区分されている。

地方標準DB：DB 11（北京市）、DB 51（四川省）など、地域ごとに固有のヘッダを付けて区分される。地方の特産品などが主な対象であり、建築関連の基準はほとんどないが、DB 11-224「地震応急避難場所標示」などの規格も存在する。

GB規格と同様に、推奨規格には/Tを付けて区分する。

業界標準：日本の各省庁に当たる監督部署が所管して策定する分野別の標準であり、建築関連ではJC（建材）、JG（建設工業）などがある。

GB規格と同様に、推奨規格には/Tを付けて区分する。

中国政府は四川大地震の発生及び被災状況を受け、2008年7月に耐震設計基準を見直し⁷⁻¹⁾している。その主な内容は、第3章（表3.3）で示したように約1割が倒壊など大きな被害を受けた学校建築をはじめ多くの人が集まる建築物のグレード（高い場合に設計用せん断力係数の割り増しを要する）を1ランク引き上げたことと、被災地域の設計用せん断力係数の基準値を引き上げたことである。なお、この耐震規定の見直し作業は、表7.1.1に示すとおり極めて迅速に行われたが、その背景には、中国における耐震基準は10年程度を目安に改定されることになっており、もともと今年はその改定予定時期に近く、必要な検討にすでに着手していたといったような状況があるようである。

* 国家標準化管理委員会ホームページにおいて、GB規格の検索・一覧表示と、そのうち強制国家標準であるものについては、本文の閲覧が可能となっている。ただし、2008年3月末現在、建築関連のGB規格（GB 5xxxx）については、表示されない状態である。

表 7.1.1 四川大地震後の耐震設計基準見直し作業状況（同済大学 呂西林教授及び周徳源教授による資料「建築耐震設計標準の改正」（2008年9月）より抜粋。）

時期	作業状況
5月12日	四川大地震発生
6月4日	国務院による震災後の復興及び再建に関する条例 ⁷⁻²⁾ （第45条、第50条）に基づき、建設部が改定に関する意見を提出
6月10日	建設部が第1回の会合を開催し、改定原案について関連部局や団体からの意見聴取を実施
6月14日	建設部が第2回の会合を開催し、意見聴取の結果を踏まえて改定原案を修正
7月2日	（指導者の指示により）耐震等級の分類と耐震設計基準の改定を第1段の作業として実施
7月10日	学識経験者や専門家に対する意見聴取を実施
7月19日	審査会を召集し改定案を完成（7月30日公布）

本章では、これ以前の主要な耐震設計基準の改定と、現行の耐震設計基準について簡便に示す。

7.2 中国の耐震設計基準の変遷

(1) 四川大地震以前の制定・改正（2001年まで）

表 7.2.1 に、1959 年以降の耐震設計基準の一覧⁷⁻³⁾を示す。これらは施行された年によってたとえば「59 規範」と通称されており、表中でもそれに従っている。なお、実際の耐震設計は、これらの基準のほか、7.1 節において示すように、組積造（G B 50003）、鉄筋コンクリート造（G B 50010）などの各種構造ごとや付随する試験方法等に関して、さらに詳細な構造規定が別途数多く定められ、関連するそれらの基準類に従って設計が行われる。

表 7.2.1 耐震設計基準の変遷

年	名称	制定の背景	基準の概要
1959	中：地震区建筑规范（草案） 日：地震区域建筑基準（案）*	1954 年から建築物の震災防止の検討を開始、当時の旧ソ連の基準を参考に、これと同様な静的地震力の考え方を導入した基準を作成した。	旧ソ連の基準を参考に制定 建築物に加えて道路、水利、給排水なども対象 烈度 7 ~ 9 地域の建築物は要求性能を 1 段階下げてよい 応答スペクトルによる地震力算定手法
1964	同上	59 規範について、さらに中国の特徴を反映した基準として改定	地盤種別を 4 種類に区分 実際の地震記録に基づき平均加速度を定め、延性因子（韌性？）に基づき低減する 以降の耐震設計基準の基本的考え方を示した
1974	同上	住戸や工場等に甚大な被害をもたらした 1966 年の河北邢台地震、1970 年の雲南通海地震の被害調査結果に基づき改定	建築物及び煙突・給水塔の基礎の基準を改正 地盤種別を 4 種類から 3 種類に変更し、砂質土の液状化判定式を導入 要求性能を 1 段階下げる場合でも、烈度 7 を下回らないこと
1978	中：工业与民用建筑抗震设计规范（TJ11-78） 日：工業及び民間建築物用耐震設計基準	1975 年の遼寧海城地震及び 1976 年の河北唐山地震（唐山大地震）の被害を踏まえ、74 規範を部分的に改定	唐山大地震後に改定 組積造に対して、耐震要素の量を増やすこととする 64 規範を踏襲

1989	<p>中：建築抗震設計規範 (GBJ11-89) 日：建築耐震設計基準</p>	<p>1970年代の一連の被害地震(特に唐山大地震)以降、豊富な地震被害調査に基づく耐震設計及び地震動の推定精度の向上があり、1982年より78規範の全面改定に着手した。さらに1984年に国家地震局が新たに地震ゾーニングを作成し、これと合わせて基準を改名、公布した。</p>	<p>「建築耐震設計基準」に改名 「小震不壊・中震可修・大震不倒」の原則に基づき、多遇地震(訳注：烈度1.5度低い地震)に対する弾性設計を行うほか、倒壊に対する設計を細分化し、ラーメン構造については稀遇地震(訳注：烈度1度高い地震)に対する変形を計算する 設防烈度(設計震度)の概念を導入。近い地震及び遠い地震それぞれに対して設計用スペクトルを設定し、烈度6度以上の場合に耐震設計を行う 地域区分の分類にあたり、せん断波速度及び表層の層厚の2要素を考慮 地盤種別を4種に戻し、簡易な液状化判定(危険度評価)を導入</p>
2001	<p>同上 (GB50011-2001)</p>	<p>20世紀の最後の約10年間に中国内外で発生した大きな被害地震(1988年雲南瀾滄 耿馬地震、1996年雲南麗江地震、1999年台湾集集地震、1995年阪神・淡路大震災、1999年イズミット地震(トルコ)等)で得られた新たな知見、地震・耐震工学の進歩、さらにWTO加盟に伴う参入障壁の解消のための技術基準の対応の要求に合わせて、1997年から開始された89規範の検討に基づき改定基準を交付した</p>	<p>重要度係数の調整と対応する設計用加速度を規定するとともに、89規範の近震、遠震を設計用周期特性区分として改め、基準の位置づけを最低要求として明確化 地域係数、液状化判定、地震影響係数などを修正 不整形な建築物に対する計算の導入等 組積造、鉄筋コンクリート造に関する基準の修正 鋼構造、コンクリートブロック造、免震等に関する基準の追加 平面形状や高さ制限のほか、特に極端に不整形な建築物の制限を強化 煙突、給水塔などの規定を他の基準に移動</p>

* ...中国における基準名に仮の和訳を付した。

中国の耐震設計において、どのような構造方法に主眼が置かれているかの参考として、建築耐震設計基準（G B 50011-2001）の目次を掲げると、次のとおりである。なお、7.1節で示した通り、本基準は強制国家標準に該当するが、規定するすべての項目が義務規定として扱われているわけではなく、規格の制定時にどの部分が強制されるかどうかを示⁷⁻⁴⁾されている。

なお、以下の目次において 印を付した章については、基準を和訳したものを本報告の付録6として収録した。

- 第1章 総則
- 第2章 技術用語
- 第3章 耐震設計の基本要求
- 第4章 敷地、地盤及び基礎
- 第5章 地震作用及び耐震構造計算（ ）
- 第6章 多層及び高層鉄筋コンクリート構造（ ）
- 第7章 多層組積造、低層部ラーメン組積造及び枠組み組積造
- 第8章 多層及び高層鋼構造
- 第9章 単層工場構造
- 第10章 単層開放構造
- 第11章 土造、木造及び石造
- 第12章 免震（支承及び減衰）構造
- 第13章 非構造要素
- 付録A 主要地域の耐震設計烈度、設計用加速度及び地震分類
- 付録B 高強度コンクリート構造
- 付録C プレストレストコンクリート構造
- 付録D 柱梁接合部の耐震設計
- 付録E 形式等が不連続である層を有する構造（訳注：ピロティ等）
- 付録F 小規模コンクリートブロック造
- 付録G 多層鋼構造の工場
- 付録H クレーンを有する単層工場の地震力の調整
- 付録J 単層鉄筋コンクリート柱形式の工場
- 付録K 単層組積柱形式の工場
- 付録L 免震構造の簡易計算及び組積造の免震措置

(2) 四川大地震による基準改正概要

表7.1.1に示されたように、四川大地震後に国务院より条例が出され、建築耐震設計分類標準（G B 50223）及び建築耐震設計基準（G B 50011）の改正が行われている。具体的な改正があった主要な項目を、それぞれ表7.2.1及び表7.2.2にまとめた。

表 7.2.1 建築物耐震分類標準 (G B 50223) の改正概要

条	項目
1.0.3	建築物の設計に当たって耐震分類と設計条件を示さねばならないこととした。
3.0.2	建築物の重要度を4つに区分した。 特殊建築物(甲類):多数が使用する等で、地震により重大な二次災害が発生する恐れのあるもの 重点建築物(乙類):ライフライン等、地震により重大な被害が発生する恐れのあるもの 標準建築物(丙類):「大震不倒」を満足すべきもの。多くの建築物がこれに該当する 適度建築物(丁類):倒壊等によって人的被害を生ずる恐れのないもの
3.0.3	3.0.2条での分類に従い設計クライテリアを定めた。 特殊建築物(甲類):烈度を1増加させるほか、烈度が9以上の地域においては、地震安全性評価を受けること 重点建築物(乙類):烈度を1増加させるほか、烈度が9以上の地域においては、地盤・基礎等についてさらに別途定める基準を満足すること 標準建築物(丙類)は、烈度に対応する地震動加速度に対して倒壊等の被害を生じないこと。 適度建築物(丁類):烈度を1度低減できる。ただし、6までとする。
4.0.3	地方級の病院は、乙類(以上)とする。
4.0.7	地震時の避難施設として使用する建築物は、乙類以上とする。
6.0.8	幼稚園、小学校、中学校の校舎、食堂、宿舎については、乙類以上とする。(さらに、地震力割増等の措置を講ずることが望ましい)
その他	駅、運動場など集客施設の人数の上限を定めた。

表 7.2.2 建築物耐震設計基準 (G B 50011) の改正概要

条	項目
3.3.1	危険な敷地には甲類・乙類の建設を禁止し、丙類も好ましくないとした。
3.3.5	山地では支持層に注意すべきこととした。
3.4.1	不整形な建築物については特別な検討を行って強度を増すべきこととした。
3.5.4	高層建築物の床は現場打ちとし、プレキャストを禁止した。
3.6.6	構造計算において階段の影響を考慮することとした。
4.1.8	斜面地など、地盤条件の良くない場合は、地震力増大係数として 1.1~1.6 程度の数値を設定すべきこととした。
その他	義務規定を追加して指定した。 観測地震動に基づき、各地の設計用地震動加速度を増大させた。 例) 北川、都江堰、汶川 : 0.10g 0.20g 綿竹、彭州 : 0.10g 0.15g 階段の具体的な構造方法を定めた。 等々

7.3 まとめ

中国における建築物の耐震設計基準の実態についてとりまとめた。四川大地震後に速やかな改定作業が行われた背景として、基準類の見直し作業が定期的実施されており、日本においても、最新の知見の蓄積や技術の発展を迅速に取り入れる仕組みが必要であると考えられる。

参考サイト

- 7-1) 中国住宅・都市農村建設部：关于做好《建筑工程抗震设防分类标准》和《建筑抗震设计规范》实施工作的通知（「建築耐震設計分類標準」及び「建築耐震設計基準」の確実な実行に関する通知）（建标函[2008]225号），2008.8.5
http://www.cin.gov.cn/zcfg/jswj/bzde/200808/t20080805_176407.htm
- 7-2) 中国国务院：《汶川地震灾后恢复重建条例》（「汶川地震の震災後の復興及び再建に関する条例」），2008.6.20
http://www.gov.cn/zxft/ft129/content_1022702.htm
- 7-3) 杜晓霞他：砌体结构抗震设计规定的变迁（組積造の耐震設計基準の変遷），第8回日中建築構造技術交流会論文集，pp.98-110，2008.10
- 7-4) 中国建設部：关于发布国家标准建筑抗震设计规范的通知（国家標準「建築耐震設計基準」の発行に関する通知），建标[2001] 156号，2001.7.20

おわりに

2008年5月12日14時28分頃(現地時間)中国四川省汶川県に発生したマグニチュード7.9の地震により、6月25日12時(現地時間)時点で、死者69,195名、負傷者374,177名、行方不明者18,404名、家屋被害23,143,000室(倒壊6,525,000室)という甚大な被害が発生した。地震後、国土交通省国土技術政策総合研究所及び独立行政法人建築研究所が連携して、建築物の被害性状に関する現地調査や現地で開催されたシンポジウム等への参加を行うとともに、震災復興等への技術協力などの準備への協力を進めてきている。本編は、これらの調査活動の記録を整理し、平成21年3月末時点で、まとめたものである。

第2章では、調査活動の内容別に、中国で開催されたシンポジウム、調査等、日本国内で開催されたシンポジウム等、2国間での技術協力等に関する動き、耐震建築人材育成プロジェクトの形成への展開、に分類しその概要をまとめた。

第3章では、各種の公表資料などから地震及び地震動の特徴をまとめた。これによれば、今回の地震は、中国四川省汶川県の緯度31.021°N、経度103.367°Eを震源とするマグニチュード7.9(震源深さ14km)の地震であり、震源のメカニズムは、北西落ちの逆断層で、チベット高原の境界に沿って北東に約300kmにわたり伝播している。大きな破壊領域は2つ認められ、最初の破壊は、震源域のほぼ南東の端の領域で発生し、逆断層のすべりが優勢(すべり量は6m超)している。2番目の破壊は、最初の破壊から60秒後に震源の北東約100kmの位置で生じ、横ずれが卓越している。各地の震度は、中国の震度XI(11)(気象庁震度の6強から7に相当)の地域が、幅30km程度で長さがそれぞれ50km及び100kmの帯状となっており、震央から最も近かったWolong(臥龍)観測地点では958cm/s²の最大加速度が観測されている。震央から3,000km以上離れた東京湾でも、長周期地震動が観測されており、5秒以上の周期領域では東北地方で発生するM7クラスの地震と同等の振幅レベルを持つと報告されている。

第4章では、同済大学の協力の下、11月2~8日の間に実施された現地調査の結果を中心に、映秀、都江堰、漢旺、白鹿、北川など各市における建築物の被害状況をまとめた。

第5章では、第4章でまとめた建築物の被害状況より、被災地域で多く用いられている枠組み組積造と鉄筋コンクリートラーメン構造の建築物について、被害パターンを7分類し、それぞれの特徴とともに示した。多くは日本の過去の被害事例でも同様に見られたものであり、日本の技術・知見がこれらの建築物の設計に有用な情報となり得る。しかし、地震後の建物の機能性の観点から非構造部材の損傷をいかに制御するか、基礎の固定度を下げて建物への地震入力を低減する設計を許容し得るか等、現在の知見では解決し難い問題を提起する被害事例もあり、今後、研究的に検討する必要がある。

第6章では、同済大学及び四川省人民政府の協力の下、12月27日~31日の間に実施された復興計画の策定及びその実施状況についてのヒヤリング、復興状況に関する現地調査の結果をまとめた。

第7章では、中国の耐震設計基準の概要と今回の地震を受けての改訂など変遷についてまとめた。

付録では、第2章で記載した各活動の内、第3章から第7章には記載されていない内容についてのやや詳細な資料の他、2001年版の中国耐震基準の部分訳を参考に載せた。

最後に、調査の実施、資料の収集及び調査結果の整理にあたっては、多くの方々のご協力、ご支援を頂きました。ここに改めて感謝申し上げます。

付録 1 .

中国・都市発展・計画国際フォーラム

[概要]

中国住宅・都市農村建設部（日本の省に相当）は、四川大地震後の都市の再建・復興を主要テーマとした国際フォーラムの開催に当たり、地震災害後及び復興の知見や経験を多く有する国土交通省に対し、協力を要請した。これを受けて国土交通省は、阪神・淡路大震災、新潟県中越地震等の度重なる地震災害を通じて得た経験やノウハウを広く伝えるために、建築研究所・福山洋上席研究員を派遣することとした。派遣者は、このフォーラムに参加し、「建築物の耐震技術・耐震補強技術」について講演を行った。また、これに合わせて、住宅・都市農村建設部等の幹部と被害の状況や災害後の再建・復興に関する支援のニーズ等について意見交換を行った。

1. 背景

中国住宅・都市農村建設部は、6月19、20日に河北省廊坊市（北京より50km程の都市）で開催される「2008年都市発展・計画国際フォーラム」に、5月12日に中国四川省で発生した大地震を踏まえて「地震災害後の再建・復興」を急遽テーマに加え、さらに、これに関する日本の経験を紹介する講演者の派遣を、日本大使館を通じて国土交通省に要請した。

これを受けて、阪神・淡路大震災、新潟県中越地震等の度重なる地震災害を通じて得た経験やノウハウを広く伝えるために、下記の3名が講演者として国土交通省から派遣されることとなった。

- ・テーマ1：日本の地震災害及び都市の復興の経験（プレナリーセッションでの講演）
望月達也（国土交通省・総合政策局技術参事官）
- ・テーマ2：都市の復興・再建計画等について（分科会での講演（都市分野））
松谷春敏（国土交通省都市・地域整備局街路課長）
- ・テーマ3：建築物の耐震技術・耐震補強技術について（分科会での講演（住宅分野））
福山洋（独立行政法人建築研究所）

これには、国土交通省総合政策局国際建設室の大庭孝之国際建設技術企画官も同行した。

また、これに合わせて、住宅・都市農村建設部や運輸交通部等の幹部等と被害の状況や災害後の再建・復興に関する支援のニーズ等について意見交換を行った。

2. 「2008年都市発展・計画国際フォーラム」への出席

都市発展・計画国際フォーラムは、毎年中国住宅・都市農村建設部の主催で開催されるもので、プレナリーセッションと分科会より構成される。プレナリーセッションには、これまでも世界的な著名人が出席しており、今年もノーベル賞受賞者のRobert A Mundell コロンビア大学教授、世界銀行のChristian Delvoie 東アジア太平洋地域持続発展局長、仇保興中国住宅・都市農村建設部副部長（日本の次官に相当）、望月達也国土交通省総合政策局技術参事官ら7名が講演を行った。

また、分科会は「都市の災害復興と減災・防災」、「環境交通」、「都市の発展と計画の理論」、「中国の環境都市計画」、「国際環境都市の理論とモデル」、「都市再生」の6テーマに分かれており、福山上席研究員は「都市の災害復興と減災・防災」のセッションにおいて、日本における地震災害の経験とそこから得られた技術的な知見、耐震基準類の整備状況、耐震改修技術、今後の耐震設計等について

約 30 分の講演を行った。講演には同時通訳が付き、約 100 名の参加者が熱心に聴講していた。特に、仇保興中国住宅・都市農村建設部副部長も北京から 1 時間半程かけて我々の講演を聴くために来られたそうで、メモを取りながら熱心に聞き入っていた。これらの講演に対して、仇次官とともに今回の直接の依頼者である、趙暉中国住宅・都市農村建設部村鎮建設弁公室副主任から感謝の言葉を戴いた。なお、仇副部長が分科会に出席するのは初めてのことであり、極めて異例とのことであった。

3 . 会談等

5 月 12 日に中国四川省で発生した極めて大きな地震被害からの復興に対する日本からの支援等について、下記の通り中国の住宅・都市農村建設部および運輸交通部と意見交換を行った。

3.1 住宅・都市農村建設部 仇保興副部長との会談

中国側は、仇保興副部長と趙暉副主任が出席した。この会談から得られた中国側の情報は次の通り。

被災地の復興に向け、被災した建物をどう補強するかが重要な課題である。現在も、安全性が不安なために避難生活をしている人が多い。また、全て取り壊すというのは地球環境の面からも問題であり避けたい。そのため、補修・補強に関する日本の技術を学びたい。日本には樹脂で繊維を巻くという方法があると聞いている。そのような技術を学びたい。幾つかの被災した建物を日本の技術で補修・補強し、その過程を中国の技術者が学ぶということができないだろうか。これらの補修・補強は、冬になる前に実施したいので急ぐ必要がある。

3.2 運輸交通部 局成志・国際合作司長との会談

中国側は、局成志・国際合作司長と道路及び橋梁の担当者が出席した。この会談から得られた中国側の情報は次の通り。

橋の耐震基準では設計震度が定められているが、今回の地震ではそれを上回る震度が多く見られた。そのため、基準を見直す予定である（ちょうど 10 年ぶりの改定作業中であった）。今回は多くの道路が比較的簡易な補修で再使用可能であり、その挙動はますますであったと考えている。しかしながら、普段からも常に検査し評価していくべきであり、そのためのマニュアルの策定が必要と考えている。また、補強にも興味を持っている。これらに関し、今年の末頃に中国の成都にてシンポジウムを開催したい。シンポジウムのテーマについては日中双方で考えていきたい。

3.3 在中国日本大使館経済部長の香川剛広公使との意見交換

在中国日本大使館経済部長の香川剛広公使と、地震に関する中国への支援等について意見交換を行った。その中で公使から、政府ミッションでは現地も訪問すべきではないかとの意見があった。

4 . まとめ

今回の派遣では、フォーラムにおける技術的な情報提供に加え、中国側が要望する日本からの技術支援等についての情報収集と意見交換を行った。それらから、中国側が復興に関する日本の経験と技術を強く望んでいること等が明らかとなった。

今回の復興は、短期間で極めて大規模な対処を要することが特徴であり、より慎重な対応が求められる。



図1 フォーラムの開会式(千名を超える出席者) 図2 望月参事官のプレナリーセッションでの講演

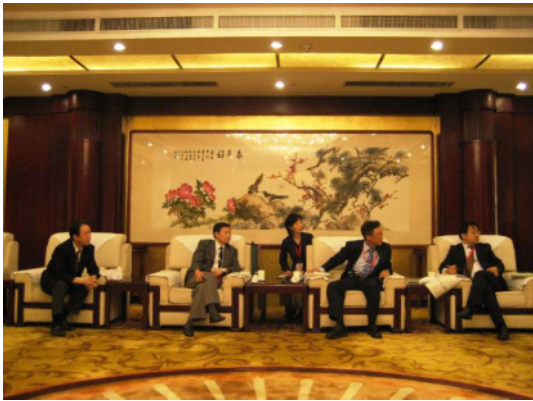


図3 住宅・都市農村建設部仇保興副部長との会談 図4 フォーラムの分科会出席者
(左より砺波専門家、松谷課長、福山上席研究員、趙暉副主任)

付録 2 .

中国四川省大地震復興支援政府調査団及び国土交通省調査団

1 . はじめに

2008年5月12日14時28分(現地時間)、中華人民共和国四川省^{しせん ぶんせん}汶川県東部を震央とするマグニチュード7.9の地震が発生した。

日本政府は、中国政府からの要請により、地震後に、国際緊急援助隊を派遣し、また、復興支援のための調査団を派遣する等、支援活動を行った。

ここでは、2008年6月29日～7月4日に派遣された政府調査団及び国土交通省調査団に、国土交通省国土技術政策総合研究所・犬飼瑞郎室長が参加して行った建築物被害調査の概要を報告する。政府調査団は、12の府省庁・機関等から28名で構成され、北京市及び四川省において、国家発展改革委員会、住宅・都市農村建設部、科学技術部、地震局等中国中央政府及び四川省人民政府と協議を行った。国土交通省調査団は、復興まちづくり、建築物の耐震、道路防災、橋梁の耐震、ダム^{ダム}の安全基準等の分野の専門家である職員・研究員等で構成され、四川省において、住宅・都市農村建設部、四川省人民政府等と協議を行った。

2 . 調査概要

6月30日(月)に、中国側との意見交換が北京市において実施され、防災分野、災害に強いまちづくり分野等、我が国が有する復興のための経験、知識、技術などソフト面での協力を重点とする日本の復興支援策概要が、政府調査団から提示された。(これについて、中国関係部局において検討され、外交ルートを通じて、7月上旬には、中国側から協力要請があったところである。)

7月1日(火)には、四川省に移動し、都江堰市^{とこうえん}視察(都江堰の被害、住宅被害、テント村・仮設住宅等)、四川省発展改革委員会との意見交換が行われた。

日程後半の7月2日(水)から4日(金)には、中国住宅・都市農村建設部からの要請に基づき、国土交通省調査団として、四川省建設庁、綿陽市^{めんよう}等関係機関と、今後の協力の方向性に関し、専門家による技術的意見交換が実施された。あわせて、住宅・建築物や道路・橋梁の被害状況、斜面崩落状況等について現地調査が、中国側から許可された地域において、実施された。

3 . 地震概要

中国四川省は、図1に示すとおり、中国南西部に位置し、省西部にヒマラヤ山脈の裾野が広がっている。州都である成都市^{せいと}の標高は約600mあり、その北西約100kmにある汶川県の標高は2,000～4,000mである。地震は、汶川県東部を震央とし(図2)、断層破壊面は、北東方向に、約250kmの長さにならわたって発生したと言われている。被害の甚大な地域は、震央周辺にある汶川映秀鎮^{えいしゅう}、震央から北東約150kmにある北川羌族自治县^{ほくせんきょう}曲山鎮^{きょくざん}等、広い範囲に及んでいる。

今回の断層は、断層破壊面を境に、上側にある汶川側の大陸プレート(インドプレート)が、下側にある成都市側の大陸プレート(ユーラシアプレート)に乗り上げた逆断層であり、ヒマラヤ山脈の一部の標高が数cm上昇したと言われている。逆断層が発生した場合、一般に、断層破壊面の上側の大陸プレート上、及びその周辺において、地震被害が大きくなると言われている。



図1 中国概要図と本震震央位置

(被害が甚大な汶川県及び北川羌族自治州の県境も示す。)



図2 中国四川省成都市周辺と調査地

中国国内には、数多くの地震計が設置されており、今回の地震においても、加速度記録が計測されたようである。国家地震局設置の地震計により、四川省成都市、雲南省昆明市、上海市等二十数カ所で加速度が計測され、既にホームページ上で公表されている。また、四川省地震局設置の地震計により、四川省内二百箇所以上で加速度が計測されたようだが、未公表である。震央周辺での地盤の振動性状を調査する上で、四川省地震局による観測データの公表が望まれている。

4. 建築物被害の概要

(1) 北川羌族自治州曲山鎮

北川羌族自治州曲山鎮は、成都市の北約130kmにあり、標高約1,000mに位置し、周囲を標高約2,000mの山々に囲まれている。ここに南側から通じる道路が、地震時の落石により寸断されたが、応急復旧工事により、車両が、落石の残骸を避けながら、通行できるようになっていた(写真1)。地震後、全住民が避難しており、治安や衛生状態の確保のため、立ち入りが規制されていた。写真2及び3は、曲山鎮を一望できるところまで山道を進み、そこから撮影したものである。

被害の概要は、写真の左側の山から崩落してきた土砂により、旧市街地のほとんどが埋められたこと、及びその他の周辺の山からの土砂崩落である。旧市街地には木造建築物が多く建築されていたらしいが、土砂によりほとんどを見ることはできない。その周辺には、鉄筋コンクリート枠組積造と思われるホテル等が建築されているが、ほとんどの建築物に傾斜等による甚大な被害が生じていた。

写真4は、北川県に隣接する安県擂鼓鎮にある3階建てレンガ造の農村住宅の層崩壊である。この住宅の敷地は斜面に有り、写真中央に見えるのは2階である。

(2) 都江堰市

都江堰市は、成都市の北西約50kmにあり、標高の高い阿坝藏族羌族自治州に通じる道沿いにある都市である。市街地には、中高層の枠組積造の集合住宅や事務所等が多く建築されており、地震により被害を受けた建築物が多く見られた。写真5は、4階建て事務所建築物の一部が層崩壊したところである。地震前には、手前に2階建ての建築物が、写真5を横断して建築され、それとつなげら

れていたようである。都江堰市には、歴史的建築物が多くあり、屋根瓦の脱落(写真6)、落石による崩壊等の被害が生じていた。

都江堰市郊外には、仮設住宅が数百戸程度まとまって建設され、避難生活が既に始まっていた(写真7)。仮設住宅は、他の市、県、鎮にも、数多く設置されている。

(3) 綿竹市

綿竹市は、成都市の北約70kmにあり、標高は成都市とほとんど変わらないところにある町である。

綿竹市の市街地及び漢旺鎮かんおうにおいては、枠組組積造やレンガ造の建築物の被害が多数生じた。写真8は、そのうちの崩壊した建築物の残骸である。写真9及び10は、綿竹市市街地にある5階建て枠組組積造の中学校建築物の天井脱落、組積造壁の脱落である。柱、梁等の構造躯体に対する被害は小さい。

この地域は、断層破壊面に近い位置にあり、什邡市じゅうほう(図2参照)において、今回の本震時の観測加速度のうち、最大級の加速度が観測されたようである。

5. まとめ

今回の訪問における中国側との議論をまとめると以下の通りである。

中国側としては、復興計画の策定に入り、特に、住宅、インフラの診断や補修、補強技術に苦勞しており、日本の経験、技術、復旧・復興制度などの情報を必要としていると考えられる。

特に、例えば被災住宅でもその戸数が膨大であり、再建と補修ではその経費が異なってくるため、合理的な対策を必要としている。

今後、中国側と外交ルートを通じて、具体的な要請に基づく対応を図っていくことが予定されている。



写真1 落石による道路損傷
(北川^{ほくせん}県入口)



写真2 大規模な土砂崩落
(北川^{きょう}羌族自治^{きよくさん}県曲山鎮)



写真3 曲山鎮の全景



写真4 農村住宅の層崩壊
(安^{あん}県^{らいく}擂鼓鎮)



写真5 都市部の中層建築物の層崩壊
(都江堰市^{とこうえん}街地)



写真6 歴史的建築物の屋根瓦の脱落等
(都江堰市)



写真7 仮設住宅
(都江堰市郊外)



写真8 崩壊した建築物の残骸
めんちく かんおう
(綿竹市漢旺鎮)



写真9 学校建築の天井脱落等
(綿竹市市街地)



写真10 学校教室内の組積造壁の脱落
(綿竹市市街地)

付録 3 .

中国西部大地震に係る日中復旧・復興セミナー

1 . はじめに

5月12日に発生した中国四川大地震による人的被害は、これまで、死者6万8千人、負傷者36万人、行方不明者1万6千人に達している。また、被害建物の数は2千9百万棟という膨大な数に及んでいる。その後の余震による、山間部の土石流や地震ダムの決壊などの2次被害が懸念された。中国政府では、地震直後から被災地の復興計画の策定を緊急に勤めてきた。そうした中、日本国際協力機構と中国住宅・都市農村建設部・村鎮建設弁公室の主催により、中国西部大地震に係る日中復旧・復興支援セミナーが、2008年7月1日、2日の両日、北京市の紫光国際交流中心において開催され、建築研究所・斉藤大樹上席研究員が参加した。

2 . セミナーの概要

セミナー開始に先立ち、中国四川大地震および日本の岩手宮城内陸地震の被災者への黙祷が行われた。その後、中国住宅・都市農村建設部村鎮建設弁公室の李主任、JICA中国事務所の古賀所長による主催者挨拶に続き、日本大使館経済部長・香川公使、四川省建設庁のリョウ副所長による来賓挨拶が行われた。以下、とくに中国側の講演内容や質疑を中心に概要を示す。

被災地復旧・復興に関わる基本方針・戦略」イ・キョウ・中国城市規画設計研究院所長

中国政府は、7月20日をタイムリミットに復興計画の最終案を策定する予定である。四川省の成都を含む8つの都市の復興計画を担当し、それ以外は地方政府が担当する。また、成都是同済大学が、汶川は清華大学が中心となり計画立案をするなど、作業を分担している。今回の地震の影響地域は、大きく、平野地域と高山地域、その間の峡谷地域の3地域に分けられることができるが、被害は峡谷地域に集中した。また、3つの地域は人口、産業、経済に差があり、それぞれの地域に適した復興計画が必要である。平野地域は都市化と産業ベルトの計画があるが、高山地域は都市化よりも自然保護に重点を置く。また、被災が集中した峡谷地域では人口を減らし、観光を中心とする計画である。地震を受けて、産業の立地を見直す予定であるが、集中するか分散するかは意見が分かれている。北川（ホクセン）やセイセンは被災が大きいため、収容能力のある他の地域に集中移転する計画である。人の移動についても、そのまま被災地にとどめるか、他の地域に移住させるか検討しているが、農地は限られているため、移住には困難がある。建物の補修や補強に関しては、病院や学校を優先的に行う予定である。取り壊す建物の鉄筋やレンガなどの再資源化に取り組んでいる。

「2004年新潟県中越地震における経験と教訓」森民夫・新潟県長岡市長

新潟県中越地震の経験を紹介。仮設住宅において高齢者を対象としたサポートセンターの設置などの生活支援やコミュニティの再建例、長岡市の復興計画の紹介、低所得者や高齢者世帯のための公営住宅の建設、景観に配慮した復興住宅の提案、宅地復旧・住宅再建の支援などを説明。

「阪神・淡路大震災の復旧・復興における日本の経験」村田昌彦・人と防災未来センター主幹

日本の災害の歴史、阪神・淡路大震災の被害概要、復旧概要、地震からの教訓、災害への備えなどについて紹介。とくにコミュニティ防災力の重要性を強調。

「阿バ州被災地の復興計画作成の過程と挑戦」リョウ・イ・清華大学都市計画設計研究副院長

現在、阿バ州は成都までの交通（700kmの山道）が完全に遮断された陸の孤島になっている。ブン川県を始めとする調査を終えて、清華大学は、四川省建設庁とともに阿バ州の復興計画のドラフトを

作成している。汶川県の 95%の建物は余震により倒壊する危険がある。建物だけでなく自然の破壊も大きく、余震や雨水による浸食で崖地での土石の崩壊の危険性がある。断層も密集しており、傾斜地が多いなど、地域の 90%は人の居住には適していない。今後は、移民によって人口の負荷を減らし、観光を中心に復興する計画である。

「コミュニティ再建に当たっての留意点」本荘雄一・神戸市企画調整局参事

阪神・淡路大震災の被害と震災からの復旧・復興プロセス。神戸市では「神戸市震災復興本部」を設置して 10 年を期間とした復興計画を策定。復興計画においては、経済の活性化、中小企業対策、住宅再建、都市計画を 4 つの柱としている。震災後、仮設住宅の孤独死などの問題が起きたことから、50 戸ごとにふれあいセンターを建設するなどコミュニティ形成の支援を行ってきた。

[質疑]

- 1) 阪神・淡路大震災では地方政府(神戸市)が主導的に復興計画を立てているが、中国では中央政府がアレンジ役をしている。これをどう思うか?
 - 日本ではインフラの整備が 1990 年までにほぼ終えて、高齢者対策などソフト的な問題が重要であり、より市民に近い地方政府に権限を移す地方分権が進められていたという背景がある。中国の状況に合わせて、中央と地方の役割分担が決められるべきであるが、地域の特性を踏まえた復興計画を立てること、市民を早い時期から参加させるなどを考えてはどうか。(本荘)
 - 中国では、中央政府と地方との役割分担に関わる法律がまだ未整備である。(顧)
- 2) 地震によって街が崩壊し、大量の廃棄物が発生したが、そのリサイクルの経験を教えてほしい。
 - コンクリート系の廃棄物は神戸港の埋め立て、木造は一部、再利用も行った。(本荘)
 - 中国では、農家は建築廃棄物を利用して自分で家を建て始めている。都市部では、危険な建物を爆破しているが、廃棄物を河川に捨てるわけにもいかず、リサイクルの技術もないので、問題になっている。(イ)
- 3) 仮設住宅の建設地と恒久住宅の建設地は異なるのか?
 - 断層が多く、安全な用地に限られている。また、山間部からも避難民が降りてきており、用地が不足している。仮設住宅は一時的なものとして、元の集落の近くや道路沿いに建設しているが、いずれ取り壊さなければならない。(リョウ)

「被災地域の復興まちづくり計画策定」片瀬範雄・神戸市都市整備公社理事

阪神・淡路大震災による交通施設の被災と復旧、災害に強い復興まちづくり計画、被災後の市民生活と住宅の復興について解説。とくに震災復興における土地区画整理では、市民の理解を得ることを目的に、2 段階の都市計画を行った。最初の段階で、区域、道路、公園などの都市計画の枠組みを決定し、次の段階で、各地区にまちづくり協議会を設置して、市民の合意形成を得ながら細部の計画を定めた。

「市民の参加と行政との連携」鈴木隆太・中越復興市民会議スタッフ

阪神・淡路大震災の年は「ボランティア元年」と言われている。仮設住宅の孤独死などの問題は、コミュニティの欠如が背景にある。その経験は、新潟県中越地震の仮設住宅のコミュニティ形成に役立っている。その後、KOBE 市民が世界の災害救援活動を行っており、1999 年トルコの地震での仮設住宅団地「日本トルコ村」でもコミュニティ支援が行われた。NGO の役割は、当初は市民側に立って、行政と対立するようなことが多かったが、新潟県中越地震では、市民と行政の間をつなぐ役割としての NGO の存在価値が再認識された。

[質疑]

- 1) 中国と日本の震災復興の取り組みは、以下の点で相違があると思われる。一つは、中国が政府主導の復興であるのに対し、日本では地元住民が参加することが強調されていることである。復興プランも、中国のようなトップダウンで決めるのではなく、ボトムアップの傾向が感じられる。もう一つは、日本の復興経験の話の中に、産業育成・産業配置や人口配置の話がなかったことである。日本では産業の育成は市場にまかせているのだと思う。(楊)
- 2) 中国では、農村住宅をどのように復興するかが大きな問題になっている。農民には、中央政府から1万元、地方政府から1万元の、合わせて2万元の補助を出して、自分たちで再建することを奨励している。合わせると新築住宅の購入費の半分程度の補助になる。住宅・都市農村建設部では、設計図やモデルを提供し、建設の指導を行う計画である。ただし、建築材料が値上がりしているという問題がある。冬を迎える前に農村住宅の復旧・復興を成し遂げたいと考えている。(ヤン)

なお、農村住宅とはどのような構造の建物かと質問したところ、土壁の戸建住宅とのこと、建設は農村にいる地元の技術者らしい。どうやって耐震性のある住宅にするのか、との質問については、壁を厚くする程度の考えしかないようである。

「応急仮設住宅の建設」田坂勝芳・社団法人プレハブ建築協会

応急仮設住宅は、厚生労働省の災害救助法の災害救助の基準の中で規格が決められている。1戸当り6坪、9坪、12坪の3タイプがあり、限度額237万円で建設される。期間は2年以内である。社団法人プレハブ建築協会は、阪神・淡路大震災でも5万戸の仮設住宅の7割を供給した。最近では、お年寄りのためにバリアフリー仕様のもを用意している。また、1999年のトルコ地震でも2000戸を供給してトルコ日本村をつくるなど、海外への支援協力も行っている。使用後の解体に際しては、鉄骨枠は再利用、トイレ、ユニットバスは廃棄している。

[質疑]

- 1) 中国では150万戸の仮設住宅の建設を予定しており、地震後1ヶ月ですでに35万戸が建設されている。簡易なプレハブ住宅で、トイレ、台所は共通、1戸あたり15平方メートル。やはり使用後の廃棄とリサイクルが問題になっている。
- 2) 住宅・都市農村建設部では、農村住宅の復興のための設計図書の作成を行っている。汶川地域は交通が遮断されているために建築材料を運搬することが難しく、地元の材料を利用して住宅を建設したい。このとき、建築廃材の有効利用、仮設住宅での生活レベルの維持、仮設住宅の役割が終えた後の処分などに関心がある(趙、住宅・都市農村建設部)
- 3) 精華大学ではASA板を使ったプレハブ住宅工法を開発しており、省エネや環境の条件を満足しており、かつ工費が1ヶ月程度と短く済む。費用は1平方メートルあたり1000円である。

「建築物被害の診断から補強および建築物の耐震基準と耐震改修」齊藤大樹・(独)建築研究所
日本の応急危険度判定制度、建築物の耐震補強(耐震、制振、免震)、耐震設計の歴史的経緯、建築研究所で行われている研修事業の概要について解説。

[質疑]

- 1) 応急危険度判定の実施主体は？
 - 地方自治体(県レベル)であるが、全国応急危険度判定協議会において、各県が協力する制度や体制ができています。

「阪神・淡路震災における生活再建の経験と教訓」常松貞雄・兵庫県神戸県民局地域振興部長
阪神・淡路大震災における被災者支援として、応急的な支援(災害救助法による支援、義援金など)

生活再建支援（生活資金の貸付、高齢者の見守り、こころのケアなど）、住宅再建支援（低利の住宅融資、公営住宅の供給）、財団法人阪神・淡路大震災復興基金の活用（被災者自立支援金の支給、雇用対策、生活再建支援金など）、生活再建支援法の改正、住宅再建共済制度などを説明。

「生活再建に関わる諸制度」牧紀男・京都大学防災研究所准教授

復興を急ぎすぎると被災地の長期的な雇用確保ができなくなる、支援が避難所にいる被災者に集中してしまう（血縁者の家に避難している人などが援助対象からもれる）などに注意が必要。すまいの再建のフレームワーク（個別・・集団、別の場所・・元の場所）で考える。例えば、（集団、元の場所）の組み合わせが土地区画整理や再開発に相当する。阪神・淡路大震災では、応急仮設住宅は少し不便な場所に建設して、元の場所で土地区画整理が行われた。個人住宅再建支援として国や県の生活再建支援制度などがある。2005年能登半島沖地震では、全壊建物の再建には合計770万円の支援金が支払われた。個別住宅再建の課題として、建築基準法の容積率・接道条件、マンション再建の合意形成、再建費用の2重ローンや高齢者問題（お金が借りられない）などがある。

[質疑]

- 1))日本では阪神・淡路大震災のあとに復興支援のための新しい法制度が整備された。四川大地震でも日本にならって復興のための制度面の改革が必要である。阪神・淡路大震災では、地方政府が主体となって復興がなされたが、それは神戸市が先進国の経済的な中心であったために可能であったので、中国とは事情が異なっている。被災地のブン川は発展が遅れており、中央政府の役割が重要である。四川は出稼ぎがもっとも多い地域であり、神戸と違って、人口の移動が大きいので、今回の地震を受けて人口の再配置も考えなければならない。（林・国務院発展研究センター社会発展部副部長）
- 2) 中国は地震直後に首相が被災地を訪れるなど、対応は迅速であった。しかし、応急対応の能力向上、訓練など、日本に学ぶことは多い。（セン・国務院应急管理弁公室チーム長）
- 3))被災地である阿パ州には、チャン族などの少数民族がいる。復興計画を実行できる現地の人間がない。激甚指定の18の県には、それぞれ中央の県や市がカウンターパートとして決められており、支援することになっている。

3. まとめ

今回のセミナーは、阪神・淡路大震災や新潟県中越地震における日本の復興経験や建築物の耐震化技術を紹介し、中国四川大地震の復興計画の策定に役立ててもらおうという主旨で開催された。参加者は150名ほどで、中国住宅・都市農村建設部、中国国務院应急管理弁公室、精華大学公共安全研究所、精華大学都市計画設計研究院、日本のNHKを含むマスコミ等に加えて、被災地である四川省からも建設局の担当者が聞きに来るなど、関心の高さを伺わせた。中国側からの質問は、主催機関である中国住宅・都市農村建設部が農村住宅の復興を主に担当していることもあり、

- 被災した建築物の廃棄物の再利用と農村住宅の再建
- 仮設住宅の建設場所の選定や仮設住宅の使用後の処理、再利用方法
- 恒久的な復興住宅の設計、耐震性の確保

などに関するものが多かった。被災地の阿パ州にはチベット族などの少数民族が多く、住居も土壁のものが多いとの説明があったが、その構造について詳細な情報は得られなかった。中国側からは、復興住宅として近代的なプレハブ住宅の提案もあったが、地域性や文化に配慮して、伝統的な住宅様式をできるだけ残すことも大切であると感じられた。一方、日本側の講演の内容は、

- 復興における地方自治体（兵庫県、神戸市、長岡市）の役割、支援内容
- 被災者の心のケアを中心としたボランティアやNGOの活動
- 仮設住宅における孤独死などの問題、地域コミュニティの再生

など、被災者の立場に立った内容が多かった。中国の復興計画は、大枠は中央政府がすべて決めており、少数民族の問題はあるが、被災者の立場や心情に配慮するような内容はほとんどないため、日本側の講演内容に、新鮮さと共にとまどいを感じたようである。中国政府は、山間部の被災地の人口を減少させ、観光産業を育てるなど、大局的な見地で大鉦をふるう方針を持っており、日本側とは話がかみ合わないところがあった。

出張者の専門である建築物の耐震化については、具体的なニーズは提示されなかった。むしろ、国際地震工学センターの研修コースへの関心が高かった。JICAの担当者からは、その日のうちに、複数の機関から研修参加の問い合わせがあったそうである。なお、JICAから、今回の震災を受けて、レスキューに関する技術協力プロジェクトを新たに立ち上げる方針であるとの話を伺ったので、建築研究所が協力できる被災建築物の応急危険度判定を盛り込むことを提案した。

（以上）



写真1 セミナー会場（約150名の参加）



写真2 講演する齊藤上席研究員

付録 4 .

光華フォーラム「四川地震および震災復興」と日中建築構造技術交流会 (中国四川地震と復興シンポジウム、第 8 回日中建築構造技術交流会)

1 . はじめに

北京市郊外で開催された第 14 回世界地震工学会議の直前の 10 月 10 日、11 日に、上海市において光華フォーラム「四川地震および震災復興」が開催された。また、世界地震工学会議の直後の 10 月 18 日～20 日には、北京市にある北京工業大学において「日中構造技術者会議」が開催された。

2 . 光華フォーラム「四川地震および震災復興」の概要

世界地震工学会議開催の直前に、上海市の同済大学キャンパスにおいて、「四川地震および震災復興」と題する研究集会が開催された。光華教育財団が会議スポンサーであることから光華フォーラムとの名称が付けられている。会議は 10 月 10 日と 11 日の 2 日間開催され、日本からは、久保哲夫・東京大学教授、笠井和彦・東京工業大学教授、高田至郎・神戸大学教授、趙 衍剛・名古屋工業大学准教授および斉藤大樹・建築研究所上席研究員の 5 名が招待を受けた。この他、米国、カナダ、韓国、台湾などからも参加者があった。中国側の発表は四川大地震の被害報告が中心であったが、日本を含めた諸外国の研究者は被災後の復興技術について報告を行った。斉藤上席研究員は、日本における被災建築物の応急危険度判定システムについて講演を行った。会場からは応急危険度判定士の資格制度と訓練方法について質問があった。他の講演では、南カリフォルニア大学の Yan Xiao 教授の竹の集成材による復興住宅の建設や、オレゴン大学の Kent Yu 博士によるサステナブルな学校再建プロジェクトなどに関するものがあった。

3 . 日中構造技術者会議の概要

日中建築構造技術交流会(秋山宏会長・東京大学名誉教授)は、1993 年に北京の精華大学で開催されて以来、2 年後ごとに開催され、今回が第 8 回となる。日本から 25 名、香港、台湾から 23 名、中国から 175 名の、総 223 名の参加があった。10 月 18 日には、全体会議および分科会が、19 日には討論会が行われた。分科会は「地震災害および耐震化」、「構造設計技術」、「免制振技術」、「部材・構造技術」に分かれて研究発表が行われた。また、討論会は「四川大地震における構造被害」、「長周期地震動と超高層建築物」、「免制振技術」、「部材・構造技術」の主題について討論が行われた。斉藤上席研究員は、分科会「構造設計技術」の中で「2007 年建築基準法改正に伴う構造計算規定の見直しについて」と題する講演を行うとともに、討論会「長周期地震動と超高層建築物」の司会を担当した。基調講演では、中国建築科学研究院の王氏により、中国四川大地震の被害状況とその後の基準の改正内容について発表があった。王氏の講演の概要を以下にまとめる。

- ・ 地震被害を受けて、2008 年 7 月 30 日に耐震基準の改正を行った (GB 50011-2008)
- ・ 改正は、地震地域係数 (中国では耐震烈度という) の内容、プレキャスト構造の設計法、解体に関する規定、階段の構造規定、鉄筋材料などである。
- ・ とくに学校や病院のプレキャストスラブに関しては、現場打ちとの混合構造とする。また、スパン 6m を超える梁の支持構造には、レンガ造を禁止する。
- ・ 学校、集合建物、避難場所の建築物では、重要度 (甲、乙、丙) を引き上げて耐震性を強化する。

- ・ 烈度 8, 9 の地域では、建設地を断層から 200m 以上離すように規定する。ただし、正確な断層位置については今後の研究が必要である。
- ・ 危険地帯（崖地など）には甲、乙の建物の建設を禁止する。

なお、四川大地震の強震動記録のデジタルデータはまだ公開されていないが、最大加速度値や波形図などは論文として公開されている（たとえば、世界地震工学会議論文 S31-052 など）。要点のみ記すと、中国の地震観測網では、460 観測点で記録が取れ、そのうち最大加速度 600 ガル以上が 7 成分、400 ガル以上が 16 成分である。最大は、Wenchuan の Wolong において、EW 成分 958 ガル、NS 成分 653 ガル、上下成分 948 ガルである。

付録 5 .

農村耐震モデル住宅/JICA「中国・四川地震復興支援まちづくり分野プロジェクト形成調査」

1. 農村耐震モデル住宅

四川大地震後の復興支援に関する日本政府と中国政府の合意に基づき、(独)国際協力機構(JICA)「中国・四川地震復興支援まちづくり分野プロジェクト形成調査」が、2008年9月21~27日に実施された。調査目的は、国家発展改革委員会を通じて出された中国側の協力要請内容と、7月上旬の日本政府ミッションの提案内容との関係を確認した上で、農村耐震住宅支援、耐震建築技術者の人材育成、復興都市計画・復興まちづくりなどについて中国側の要請を確認し、プロジェクト形成について意見交換を行うことである。

当初調査項目として、農村の耐震住宅のモデルプラン作成に対する技術支援が挙がっていたが、調査においては具体的な議論、要請は殆どなかった。日本側では再建住宅の耐震性確保のために、ペルーやエルサルバドルなどで実施しているような建設業者や住民を対象にした簡易マニュアル作成等の協力を想定していたが、以下のような理由により、中国側のニーズは高くないと判断された。

- ・ 耐震住宅のモデルプラン作りが、既に始まっている。
- ・ 施工者の技術力向上を図るための研修事業が、今後の課題であるとの説明がなされた。
- ・ いくつか散見された工事中の建物を見ると、鉄筋も十分に配筋され基準に則った施工が行われていると考えられる。

中国側の説明では、住宅再建は今後3年間で行い、必要戸数は300万戸以上となる。被災民に対しては、2万元を限度に中央政府と省政府が再建資金を提供する。複数の耐震住宅のモデルプランを予め用意し、住民はそこから選択して住宅を再建する。施工監理は、省建設局や中央政府建設部の支援を得ながら行政側の担当部局が行い、施工品質の確保を図る。

2. 草の根無償資金協力による公共建物再建支援

JICAプロジェクト形成調査と併せて、外務省の「草の根無償資金協力」に係わる下記3案件の建設予定地の視察を行い、地元行政部局担当者と意見交換を行った。本協力では、四川大地震復興支援の一環として被災地域での公共建物再建に係わる資金協力を行う予定になっている。

いずれの建物も2階建て、もしくは平屋の枠組組積造であり、四川大地震後に強化された規定に従い烈度7^{註1)}の設計用想定地震動に対して耐震設計されている。

註1) 日本の気象庁震度5弱程度に相当する

広元市朝天区曹家鎮福利院

構造、規模 枠組組積造、一部2階建（屋根：木造瓦葺き）、床面積 407 m²

建物用途 福利院（養老院、障害者施設、孤児院を一緒にした施設）

工期 2ヶ月



写真付 4.1 第一建設候補地（広元市曹家鎮） 写真付 4.2 第二建設候補地（広元市曹家鎮）

第一候補地は段差のある畑地で、盛り土をして建設するとの説明があった。工期2～3ヶ月で冬前に完成させたいとの意向であったが、不同沈下が懸念されるため第二候補地を視察した。旧小学校跡地で整地されており、地盤は良好と推測される。敷地東側は切り立った崖地であるが、調査によって安全性を確認しているとの説明を受けた。現存している古い建物を取り壊して建設する。第一候補地は村落の中心に近い道路沿いで、第二候補地は少し山中に入ったところで人目に付き難い場所であるが、地盤の状態から判断して後者が適切であろうとの結論に至った。

綿陽市游仙区忠興鎮集会所

構造、規模 枠組組積造、一部2階建、床面積 147 m²

建物用途 集会所（コミュニティーセンター）

工期 5ヶ月



写真付 4.3 建設候補地（綿陽市忠興鎮）

写真付 4.4 鎮の仮庁舎（綿陽市忠興鎮）

建設予定地は畑地で、周囲は平坦である。鎮の役所も同一敷地内に建設する計画があると説明された（旧役所は地震で壊れたため、調査時点では仮庁舎で執務している）。現在は魚の養殖池（深さ 1.5～2m 程度）となっているが、池を埋め立てて建設する。養殖池の下の地盤（池底から 0.5m 程度）は良好であると説明された。当初予定では、10 月着工、来年 2 月頃の竣工を希望していた。冬期の気温は 0～10 で、建設工事は可能である。当該施設では、生活雑排水等からメタンガスを発生させエネルギーとして再利用するシステムを計画しており、環境に配慮した設計を目指している。綿陽市では、以前からこのような事業を政策として行っており、ノウハウのある専門技術者が管理に当たるとしていた。

綿竹市九龍鎮敬老院

構造、規模 枠組組積造、平屋建（屋根：木造瓦葺き）、床面積 281 m²

建物用途 敬老院（老人ホーム）

工期 3 ヶ月



写真付 4.5 建設予定地（綿竹市九龍鎮）

建設予定地は、畑の中の旧薬品工場（漢方薬）跡地で、周囲は比較的平坦である。電気、給排水設備等のインフラ整備は、既設の改設程度で引き込み可能とのことであり、上水は井戸、下水は浄化处理槽で計画している。8 部屋 16～24 人を収容予定で、担当者の話では 12 月までに完成させて、冬が来る前に入居者を収容したいという希望であった。本地区は地震被害が甚大で、建物はほとんど壊滅状態である。仮設住宅の建設が進んでいるが、テント生活を強いられている被災者も見られた。

いずれの建物も建設予定地の地盤調査はまだ行われておらず、調査結果によっては基礎の設計が変更される可能性があるため、早期に調査を行い設計に反映させることを要請した。建設予定地、設計図面、施工管理体制に関する説明では、技術的に大きな問題はないと判断された。

付録 6 .

中国の耐震設計基準に関する資料 (G B 50011-2001 和訳)

国家標準 G B 50011-2001 (建築耐震設計基準) は、中国の地震防災関連の法律の一つであり、中華人民共和国建設部 (現 : 中華人民共和国住房和城乡建设部) が発行する全国的に統一された強制的な技術要求である。

本付録は、その主要な部分である「第 5 章 地震作用および耐震構造計算」及び「第 6 章 多層および高層鉄筋コンクリート建物」を抜粋して訳出したものである。

なお、第 5 章・第 6 章のうち、以下の規定については、公布時の通知において、必ず守らなければならないものとされている。これらに関しては、各項目 (条) の冒頭に下線を付し、さらに本文の字体を太字として区別して示した。

- 第 5 章中の次の項目 (条) : 5.1.1、5.1.3、5.1.4、5.1.6、5.2.5、5.4.1、5.4.2
- 第 6 章中の次の項目 (条) : 6.1.2、6.3.3、6.3.8、6.4.3

5. 地震作用および耐震構造計算

5.1 一般規定

第5.1.1条 各種建築構造の地震作用は、以下の規定を満たさなければならない。

- 1 通常、建築構造における2つの主軸方向につき、それぞれの水平地震力を計算し、かつ耐震計算を行うことができるものとし、当該方向の水平抵抗部材によって各方向の水平地震力を担保しなければならない。
- 2 斜めの水平抵抗構面を有する場合、交差角度が 15° 以上である時は、各水平抵抗方向の作用地震力を、それぞれ計算しなければならない。
- 3 質量および剛性分布が明らかに非対称の構造である場合は、双方向の水平地震力下におけるねじれの影響を算入しなければならない。それ以外の状況である場合は、地震作用を調整する簡略な方法を用いて、ねじれの影響を算入することができるものとする。
- 4 烈度8、9の地域に建設される大スパンおよび張り出しの大きな片持ち構造、烈度9に対応する高層建築では、垂直方向の地震力を計算しなければならない。

注：烈度8、9の地域において免震構造を採用した建築構造では、関係する規定に基づき垂直方向の地震力を計算しなければならない。

第5.1.2条 各種建築構造の耐震計算では、以下の方法を採用しなければならない。

- 1 高さが40mを超えず、せん断変形が支配的で、かつ質量および剛性の高さ方向に沿った分布が比較的均一である構造、ならびに一質点系の構造である場合は、ベースシア係数法などの簡便な方法を採用することができる。
- 2 第1項に規定される以外の建築構造については、振動モード解析による応答スペクトル法を採用しなければならない。
- 3 特に不整形な建築や甲類の建築および表5.1.2-1に記載される建物高さの高層建築については、時刻歴応答解析法を用いて発生頻度の高い地震の作用下における補充計算を行うものとし、多数の時刻歴解析に基づく計算結果の平均値と振動モード解析による応答スペクトル法による計算結果のうち、いずれか大きい数値を採用することができる。

時刻歴応答解析法を採用する場合は、地域の類別および耐震設計区分に基づき選定した2つ以上の強震記録と1つ以上のシミュレーションによる加速度時刻歴波形を選定しなければならない。それらの平均地震影響係数曲線と振動モード解析による応答スペクトル法で採用した地震影響係数曲線が統計的に符合しなければならず、また、その加速度時刻歴の最大値には表5.1.2-2の数値を採用しなければならない。弾塑性時刻歴応答解析を行う場合は、それぞれの時刻歴波形に基づいて計算されたベースシアが、振動モード解析による応答スペクトル法に基づき計算された結果の65%以上、多数の時刻歴波形に基づく計算により得られたベースシアが振動モード解析による応答スペクトル

法に基づき計算された結果の80%以上でなければならない。

表 5.1.2-1 時刻歴応答解析法を採用する建築物高さの範囲

烈度、地域の類別	建築物高さ (m)
烈度8の、類地および烈度7	100超
烈度8の、類地	80超
烈度9	60超

表 5.1.2-2 時刻歴応答解析に使用する地動加速度時刻歴波形の最大値 (cm/s²)

地震の影響	6度	7度	8度	9度
発生頻度の高い地震	18	35(55)	70(110)	140
発生頻度の低い地震		220(310)	400(510)	620

注: カッコ内の数値は、設計基本加速度が0.15gおよび0.30gの場合に、それぞれ適用すること。

- 4 発生頻度の低い地震に対する構造変形を計算する場合は、本章第5.5節に規定に基づき、簡易な弾塑性解析法または弾塑性時刻歴応答解析法を用いなければならない。

注: 免震構造については、本基準第12章の規定に基づき計算しなければならない。

第 5.1.3 条 地震作用の計算時、建築物の重量代表値には、構造および部材の自重標準値と各変動荷重の和を採用しなければならない。また、変動荷重の組合せ係数は、表 5.1.3 に基づき採用しなければならない。

表 5.1.3 荷重組合せ係数

変動荷重の種類		組合せ係数
積雪荷重		0.5
屋根積灰荷重		0.5
屋根活荷重		算入せず
実況に応じて計算された層活荷重		1.0
等分布荷重として 計算された層活荷重	書庫、ファイル庫	0.8
	その他民用建築	0.5
クレーン懸吊物重力	硬質フッククレーン	0.3
	軟質フッククレーン	算入せず

注: 硬質フッククレーンの懸吊重量が重い場合は、実況に応じた係数を採用しなければならない。

第 5.1.4 条 建築構造の地震影響係数は、烈度、地域の類別、耐震設計区分および構造の固有振動周期および減衰定数に基づき、確定しなければならない。水平地震影響係数の最大値は、表 5.1.4-1 に基づき定める。また、場所の類別および耐震設計区分に基づき、表 5.1.4-2 の特性周期を採用しなければならないものとし、烈度 8、9 の地域の発生頻度の低い地震に対する計

算にあたっては、特性周期に 0.05s を加算しなければならない。

注：1 周期 6.0 秒以上の建築構造に採用する地震影響係数については専門的な検討が必要である。

2 耐震防災区画に組み入れられる都市では、承認を受けた設計地震パラメータに基づく地震影響係数を採用しなければならない。

表 5.1.4-1 水平地震影響係数の最大値

地震の影響	6 度	7 度	8 度	9 度
発生頻度の高い地震	0.04	0.08(0.12)	0.16(0.24)	0.32
発生頻度の低い地震		0.05(0.72)	0.90(1.20)	1.40

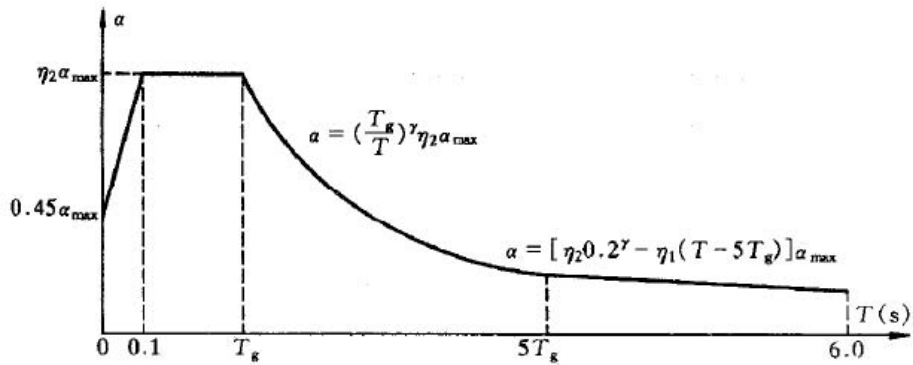
注：カッコ内の数値は、設計基本加速度が 0.15g および 0.30g の場合に、それぞれ適用すること。

表 5.1.4-2 特性周期 (s)

耐震設計区分	地域の類別			
第 1 群	0.25	0.35	0.45	0.65
第 2 群	0.30	0.40	0.55	0.75
第 3 群	0.35	0.45	0.65	0.90

第 5.1.5 条 地震影響係数曲線 (図 5.1.5) の減衰定数と形状パラメータは、以下の要求を満たさなければならない。

- 1 特別な方法によらない限り、建築構造の減衰定数は 0.05 としなければならない。地震影響係数曲線の減衰定数調整係数は 1.0 を採用しなければならない。形状パラメータは以下の規定を満たさなければならない。
 - 1) 直線上昇域は周期 0.1 秒以下とする。
 - 2) 0.1 秒から特性周期までの範囲では、最大値 (α_{\max}) を取らなければならない。
 - 3) 曲線下降域は、特性周期から特性周期の 5 倍までの範囲とし、減衰指数は 0.9 としなければならない。
 - 4) 直線下降域は、特性周期の 5 倍から 6 秒までとし、下降傾斜率調整係数は 0.02 としなければならない。



α : 地震影響係数、 α_{\max} : 地震影響係数の最大値、 η_1 : 直線下降域の下降傾斜率調整係数、
 γ : 減衰指数、 T_g : 特性周期、 η_2 : 減衰調整係数、 T : 構造の固有振動周期

図 5.1.5 地震影響係数曲線

2 建築構造の減衰定数が規定の 0.05 と異なる場合においては、地震影響係数曲線の減衰定数調整係数および形状パラメータは、以下の規定を満たさなければならない。

1) 曲線下降域の減衰指数は、以下の条件に基づき確定しなければならない。

$$\gamma = 0.9 + \frac{0.05 - \zeta}{0.5 + 5\zeta} \quad (5.1.5-1)$$

ここに、 γ : 曲線下降域の減衰指数

ζ : 減衰定数

2) 直線下降域の下降傾斜率調整係数は、以下の条件に基づき確定しなければならない。

$$\eta_1 = 0.02 + (0.05 - \zeta) / 8 \quad (5.1.5-2)$$

ここに、 η_1 : 直線下降域の下降傾斜率調整係数で、0 以下の場合は 0 とする。

3) 減衰調整係数は以下の条件に基づき確定しなければならない。

$$\eta_2 = 1 + \frac{0.05 - \zeta}{0.06 + 1.7\zeta} \quad (5.1.5-3)$$

ここに、 η_2 : 減衰調整係数で、0.55 以下の場合は 0.55 としなければならない。

第 5.1.6 条 耐震構造計算は、以下の規定を満たさなければならない。

- 1 烈度 6 の地域における建築物（ 類地に建築された高層建築物を除く ） 土造建築物および木造建築物などについては、耐震計算は不要とするが、関連する詳細構造規定を満たす必要がある。
- 2 第 1 項の建築物以外については、規定に従い、発生頻度の高い地震に対する断面算定を

を行わなければならない。

注：免震構造については、関係規定に従って耐震計算を行わなければならない。

第5.1.7条 本章第5.5節の規定を満たす構造では、規定に基づき発生頻度の高い地震に対する断面算定を行う以外にも、適切な変形計算を行わなければならない。

5.2 水平地震力の計算

第 5.2.1 条 ベースシア係数法を採用する場合には、各層に 1 つの自由度を有するものとし、水平地震力の基準値は、以下の条件に基づき確定しなければならない。(図 5.2.1)

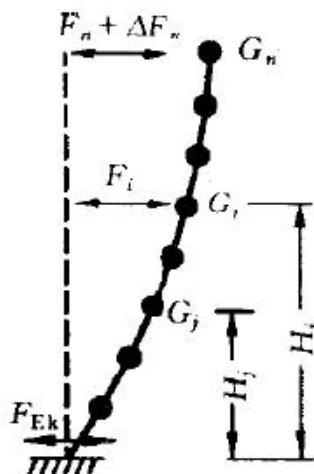


図 5.2.1 水平地震力の簡略図

$$F_{Ek} = \alpha_1 G_{eq} \quad (5.2.1-1)$$

$$F_i = \frac{G_i H_i}{\sum_{j=1}^n G_j H_j} F_{Ek} (1 - \delta_n) \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (5.2.1-2)$$

$$\Delta F_n = \delta_n F_{Ek} \quad (5.2.1-3)$$

ここに、 F_{Ek} : 総水平地震力基準値

α_1 : 基本固有振動周期に対応する水平地震影響係数を表し、本章第 5.1.4 条に基づき定めるものとし、多層組積造、低層部ラーメン組積造及び多層枠組み組積造建物の場合には、水平地震影響係数の最大値を採用しなければならない。

G_{eq} : 等価総重量を表し、一質点系では総重量代表値を採用し、多質点では、総重量代表値の 85% を採用しなければならない。

F_i : 質点 i の水平地震力基準値

G_i, G_j : 質点 i および j にそれぞれ集中した重量の代表値であり、本章第 5.1.3 条に基づき定めなければならない。

H_i, H_j : 質点 i および j それぞれの高さ

δ_n : 最上層部に付加する地震作用係数で、鉄筋コンクリート造および鉄骨造の高層建物については、表 5.2.1 に基づき適切な数値を採用するものとし、多層枠組み組積造建物は 0.2、その他の建物では 0.0 を採用しなければ

ばならない。

ΔF_n : 最上層部に付加する水平地震力

表 5.2.1 最上層部に付加する地震作用係数

T_g (秒)	$T_1 > 1.4T_g$ の場合	$T_1 \leq 1.4T_g$ の場合
0.35 以下の場合	$0.08T_1 + 0.07$	0.0
0.35 を超え 0.55 以下の場合	$0.08T_1 + 0.01$	
0.55 を超えるの場合	$0.08T_1 + 0.02$	

注 : T_1 は基本固有振動周期である。

第 5.2.2 条 振動モード解析による応答スペクトル法を採用する場合において、ねじれカップリング計算を行わない場合は、以下の規定に基づき、その地震作用および作用効果を計算しなければならない。

- 1 j 次振動モードにおける質点 i の水平地震力基準値は、次の式に基づき計算しなければならない。

$$F_{ji} = \alpha_j r_j X_{ji} G_i \quad (i = 1, 2L n, j = 1, 2L m) \quad (5.2.2-1)$$

$$r_j = \frac{\sum_{i=1}^n X_{ji} G_i}{\sum_{i=1}^n X_{ji}^2 G_i} \quad (5.2.2-2)$$

ここに : F_{ji} : j 次振動モードにおける質点 i の水平地震力基準値

α_j : j 次振動モードの固有振動周期に対応する地震影響係数であり、本章第 5.1.4 条に基づき定めなければならない。

X_{ji} : j 次振動モードにおける質点 i の水平相対変位

γ_j : j 次振動モードの関係係数

- 2 水平地震力による効果 (曲げモーメント、せん断力、軸方向力および変形) は、次の式に基づき計算しなければならない。

$$S_{Ek} = \sqrt{\sum S_j^2} \quad (5.2.2.3)$$

ここに、 S_{Ek} : 水平地震力による効果

S_j : j 次振動モードの水平地震力による効果であり、直前 2 ~ 3 次までの振動モードを採用し、基本固有振動周期が 1.5 秒以上、または建築物の幅に対する高さの比率 (= アスペクト比) が 5 以上の場合は、適宜、振動モードの個数を追加しなければならない。

第 5.2.3 条 建築構造が水平地震力によってねじれの影響を受けるおそれのある時は、以下の規定に基づきその地震作用および作用効果を計算しなければならない。

- 1 整形な構造であり、ねじれカップリング計算を行わない場合には、地震作用方向と平行な外構の 2 辺のフレームの地震作用効果に増幅係数を乗じなければならない。通常、短辺の増幅係数には 1.15 を、長辺には 1.05 を採用する。ねじれ剛性の低い場合は、1.3 以上を採用する必要がある。
- 2 ねじれカップリング解析法による計算を行う場合は、各層ごとに直交する水平 2 方向と鉛直軸周りの回転方向の計 3 自由度を取り、以下の条件に基づき、構造の地震作用および作用効果を計算しなければならない。確認のある場合は、簡便な計算方法を用いて地震作用効果を計算することができる。
 - 1) j 次振動モードにおける i 層の水平地震力基準値は、次の式に基づき計算しなければならない。

$$F_{xji} = \alpha_j \gamma_{ij} X_{ji} G_i$$

$$F_{yji} = \alpha_j \gamma_{ij} Y_{ji} G_i \quad (i = 1, 2L, n, j = 1, 2L, n) \quad (5.2.3-1)$$

$$F_{tji} = \alpha_j \gamma_{ij} r_i^2 \varphi_{ji} G_i$$

ここに、 $F_{xji}, F_{yji}, F_{tji}$: それぞれ j 次振動モードにおける i 層の x 方向、 y 方向および回転方向の地震作用基準値を表す

X_{ji}, Y_{ji} : それぞれ j 次振動モードにおける i 層重心の x 、 y 方向への水平相対変位を表す

φ_{ji} : j 次振動モードにおける i 層の相対回転角

r_i : i 層の回転半径で、 i 層重心の回転慣性量を当該層の質量で割って得られた商の平方根

γ_{ij} : j 次振動モードのねじれを考慮した係数で、次の式に基づき算定することができる。

x 方向のみの地震作用を採用する場合

$$\gamma_{ij} = \sum_{i=1}^n X_{ji} G_i / \sum_{i=1}^n (X_{ji}^2 + Y_{ji}^2 + \varphi_{ji}^2 r_i^2) G_i \quad (5.2.3-2)$$

y 方向のみの地震作用を採用する場合

$$\gamma_{ij} = \sum_{i=1}^n Y_{ji} G_i / \sum_{i=1}^n (X_{ji}^2 + Y_{ji}^2 + \varphi_{ji}^2 r_i^2) G_i \quad (5.2.3-3)$$

x 方向からの斜交角の地震作用を採用する場合

$$\gamma_{ij} = \gamma_{xj} \cos \theta + \gamma_{yj} \sin \theta \quad (5.2.3-4)$$

ここに、 γ_{xj}, γ_{yj} : それぞれ式(5.2.3-2)、(5.2.3-3)にて求められた係数

θ : 地震作用方向と x 方向との角度。

- 2) 1方向水平地震力のねじれ効果は、次の式に基づき計算しなければならない。

$$S_{Ek} = \sqrt{\sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^m \rho_{jk} S_j S_k} \quad (5.2.3-5)$$

$$\rho_{jk} = \frac{8 \zeta_j \zeta_k (1 + \lambda_T) \lambda_T^{1.5}}{(1 - \lambda_T^2)^2 + 4 \zeta_j \zeta_k (1 + \lambda_T)^2 \lambda_T} \quad (5.2.3-6)$$

ここに、 S_{Ek} : 地震作用基準値のねじれ効果

S_j, S_k : それぞれ j, k 次振動モードの地震作用基準値の効果であり、直前9～15個の振動モードを採用することができる。

ζ_j, ζ_k : それぞれ j, k 次振動モードの減衰定数

ρ_{jk} : j 次振動モードおよび k 次振動モードの結合係数

λ_T : k 次振動モードおよび j 次振動モードの固有振動周期比

- 3) 両水平方向地震作用のねじれ効果は、次の2つの式に基づき計算した、いずれか大きい数値としなければならない。

$$S_{Ek} = \sqrt{S_x^2 + (0.85S_y)^2} \quad (5.2.3-7)$$

$$S_{Ek} = \sqrt{S_y^2 + (0.85S_x)^2} \quad (5.2.3-8)$$

ここに、 S_x, S_y は、それぞれ式(5.2.3-5)にて計算された x 方向及び y 方向の1方向水平地震力のねじれ効果を表す。

第5.2.4条 ベースシア係数法を採用する場合において、ペントハウスやパラペット、煙突などの突出部分の地震作用効果には増幅係数3を乗じるものとする。本増加部分は下方へ伝達させず、当該突出部分に係る部材にのみ算入しなければならない。振動モード解析法を採用する場合においては、突出部分を1質点系とすることができる。平屋建て工場の突出屋根天窗フレームの地震作用効果の増幅係数には、本基準第9章の関連規定を適用しなければならない。

第 5.2.5 条 各層の水平地震せん断力は、次の式の条件を満たすものとしなければならない。

$$V_{Eki} > \lambda \sum_{j=1}^n G_j \quad (5.2.5)$$

ここに、 V_{Eki} : 第 i 層の水平地震力基準値に対応する層せん断力

λ : せん断力係数で、表 5.2.5 に規定される層の最小地震せん断力係数の値以上であり、かつ、高さ方向に不均一な構造の脆弱層 (= ピロティ層) では、増幅係数 1.15 を乗じなければならない。

G_j : 第 j 層の重量代表値

表 5.2.5 層の最小地震せん断力係数

類別	烈度 7 度	烈度 8 度	烈度 9 度
ねじれ効果が明らか、または基本周期が 3.5 秒以下の構造	0.016(0.024)	0.032(0.048)	0.064
基本周期が 5.0 秒以上の構造	0.012	0.024(0.032)	0.040

注 : 1 基本周期が 3.5 秒 ~ 5.0 秒の範囲にあっては、表の数値を補間して用いる。

2 カッコ内の数値は、基本設計加速度が 0.15g および 0.30g の場合に適用する。

第 5.2.6 条 構造の層水平地震せん断力は、以下の原則に基づき配分しなければならない。

- 1 床剛性が高い、現場打ちおよびプレキャストコンクリート造の屋根・床が一体である建築物については、水平抵抗部材の剛性比率に基づき、配分しなければならない。
- 2 床剛性が低い、木造の屋根、床からなる建築については、水平抵抗部材に働く重量比率に基づき、配分しなければならない。
- 3 床剛性が中間的な、通常のプレキャストコンクリートの建築、屋根や床が半剛性の建築では、上記 2 項による配分結果の平均値を採用しなければならない。
- 4 水平抵抗部材の空間的な相互作用や、床組の変形、壁の弾塑性変形およびねじれの影響を算入する場合は、本規則の各関連規定に基づき、上記配分結果に適切な調整を加えることができる。

第 5.2.7 条 構造耐震計算には、通常、地盤と建物の動的相互作用の影響を算入しなくとも良い。

ただし、烈度 8 および 9 の地域における 類、類地における鉄筋コンクリート造高層建築について、地盤と建物の動的相互作用の影響を考慮する場合は、以下の規定による。高層建築は、剛性の高い直接基礎あるいは杭基礎とし、構造物の基本固有振動周期が特性周期の 1.2 ~ 5 倍までの範囲内に収まること。地盤と建物の動的相互作用の影響を算入する場合には、基礎固定を仮定して計算した水平地震せん断力を以下の規定に従って低減できるものとし、建物の層間変

形は、低減した後の層せん断力に基づき計算することができる。

- 1 アスペクト比が3未満の構造における各層の水平地震せん断力の低減係数は、次の式に基づき計算することができる。

$$\varphi = \left(\frac{T_1}{T_1 + \Delta T} \right)^{0.9} \quad (5.2.7)$$

ここに、 φ ：基礎および構造物の動的相互作用を算入した地震せん断力の低減係数

T_1 ：基礎固定を仮定した構造の基本固有振動周期（秒）

ΔT ：基礎および構造物の動的相互作用を算入した付加周期（秒）で、表5.2.7に従い適切な数値を採用する。

表 5.2.7 付加周期（秒）

烈度	地域の類別	
	類	類
8	0.08	0.20
9	0.10	0.25

- 2 アスペクト比が3以上の構造では、最下階の地震せん断力を第1項の規定に基づき低減できるものとするが、最上階では低減措置を取らず、中間層については、それらを直線的に補間した数値を用いて低減するものとする。
- 3 低減した後の各層の水平地震せん断力についても、本章第5.2.5条の規定を満たさなければならない。

5.3 鉛直地震力の計算

第 5.3.1 条 烈度 9 の地域における高層建築の鉛直地震力の基準値は、次の式に基づき計算しなければならない(図 5.3.1)。層の鉛直地震力の効果については、各部材の支持する重量代表値の比率に基づき配分を行うものとし、同時に、増幅係数 1.5 を乗じるものとする。

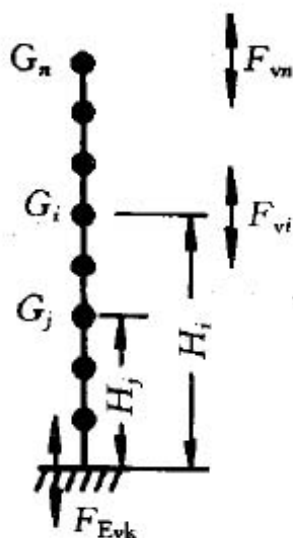


図 5.3.1 鉛直地震力の簡略図

$$F_{Evk} = \alpha_{v \max} G_{eq} \quad (5.3.1-1)$$

$$F_{vi} = \frac{G_i H_i}{\sum G_j H_j} G_{eq} \quad (5.3.1-2)$$

ここに、 F_{Evk} : 総鉛直地震力基準値

F_{vi} : 質点 i の鉛直地震力基準値

$\alpha_{v \max}$: 鉛直地震影響係数の最大値で、水平地震影響係数の最大値の 65% とすることができる。

G_{eq} : 有効総重量で、重量代表値の 75% とすることができる。

第 5.3.2 条 フラットラチス屋根(システムトラス)やスパン 24m を超える屋根では、鉛直地震力基準値は、重量代表値に鉛直地震力係数を乗じた積としなければならない。鉛直地震力係数は、表 5.3.2 に従い、適切な数値を採用する。

表 5.3.2 鉛直地震力係数

構造タイプ	烈度	地域の類別		
フラットラチス、鉄骨造	8	考慮しない (0.10)	0.08(0.12)	0.10(0.15)
	9	0.15	0.15	0.20
鉄筋コンクリート造	8	0.10(0.15)	0.13(0.19)	0.13(0.19)
	9	0.20	0.25	0.25

注：カッコ内の数値は、基本設計加速度が 0.15g および 0.30g の場合に適用する。

第 5.3.3 条 張り出しの大きな片持ち梁や大スパン構造の鉛直地震力基準値については、烈度 8 および 9 の地域において、それぞれ当該構造部材の重量代表値の 10% および 20% を採用するものとし、基本設計加速度が 0.30g の場合には、当該構造部材の重量代表値の 15% を採用する。

5.4 構造部材の耐震計算

第 5.4.1 条 構造部材の地震作用に対する効果およびその他荷重効果の基本組合せ値は、次の式に基づき計算した数値としなければならない。

$$S = \gamma_G S_{GE} + \gamma_{Eh} S_{Ehk} + \gamma_{Ev} S_{Evk} + \psi_w \gamma_w S_{wk} \quad (5.4.1)$$

ここに S : 構造部材の内力組合せ設計値であり、曲げモーメント、軸方向力およびせん断力を表すものとする。

γ_G : 重量に関する荷重係数で、通常は 1.2 を採用し、重量の効果が部材積載能力に対して優勢である場合は、1.0 以下としてよい。

γ_{Eh}, γ_{Ev} : 水平及び鉛直地震力の作用に関する荷重係数で、表 5.4.1 に従い適切な数値を採用する。

γ_w : 風圧力に関する荷重係数で、1.4 とする。

S_{GE} : 重量代表値による効果で、クレーンを有する場合は、懸吊物の重力基準値による効果を含む。

S_{Ehk} : 水平地震力基準値による効果で、適切な増幅係数または調整係数を乗じる必要がある。

S_{Evk} : 鉛直地震力基準値による効果で、適切な増幅係数または調整係数を乗じる必要がある。

S_{wk} : 風圧力基準値による効果

ψ_w : 風圧力組合せ係数で、通常の構造では 0.0 を、風荷重が支配的な作用を持つ高層建築では 0.2 を採用する。

注：本基準では、通常、水平方向を示す添字記号を省略するものとした。

表 5.4.1 地震作用に関する荷重係数

地震作用	γ_{Eh}	γ_{Ev}
水平地震力だけの計算	1.3	0.0
鉛直地震力だけの計算	0.0	1.3
水平および鉛直地震力の同時計算	1.3	0.5

第 5.4.2 条 構造部材の断面計算は、次の設計式によらなければならない。

$$S \leq R / \gamma_{RE} \quad (5.4.2)$$

ここに、 γ_{RE} : 構造部材の耐力調整係数で、別段の規定のある場合を除き、表 5.4.2

に従い適切な数値を採用する。

R : 構造部材の耐力設計値

表 5.4.2 耐力調整係数

材料	構造部材	応力の状態	γ_{RE}
鋼材	柱、梁		0.75
	支承		0.80
	ブレースパネル、ボルト接合		0.85
	溶接接合		0.90
レンガ	両端柱付きまたは中心柱付き耐震壁	せん断	0.90
	その他の耐震壁	せん断	1.00
コンクリート	梁	曲げ	0.75
	軸力比 0.15 以下の柱	偏圧縮	0.75
	軸力比 0.15 以上の柱	偏圧縮	0.80
	耐震壁	偏圧縮	0.85
	全ての部材	せん断力、引張力	0.85

第 5.4.3 条 鉛直地震力のみでの計算を行う場合においては、全ての構造部材の耐力調整係数は 1.0 を採用する。

5.5 層間変形の検証

第 5.5.1 条 表 5.5.1 に定める構造については、発生頻度の高い地震の作用下における構造計算に当たって各層内の最大弾性層間変位を計算し、それぞれ次の式を満たすものとしなければならない。

$$\Delta u_e \leq [\theta_e] h \quad (5.5.1)$$

ここに、 Δu_e ：発生頻度の高い地震の作用基準値によって各層に生ずる最大の弾性層間変位。計算にあたっては、曲げ変形を主とした高層建築を除き、構造全体の曲げ変形を、必ずしも差し引く必要はない。荷重係数は 1.0 を採用するものとし、鉄筋コンクリート造の構造部材には弾性剛性を採用することができる。

$[\theta_e]$ ：弾性層間変形角の限界値であり、表 5.5.1 に基づき適切な数値を採用する。

h ：各階の階高

表 5.5.1 弾性層間変形角の限界値

構造方法	構造形式	$[\theta_e]$
鉄筋コンクリート造	純フレーム構造	1/550
	フレーム耐震壁、スラブ・柱・耐震壁、コアチューブフレーム構造	1/800
	耐震壁、ダブルチューブ構造	1/1000
	フレーム支持構造	1/1000
鉄骨造	多層かつ高層の構造	1/300

第 5.5.2 条 構造脆弱層については、発生頻度の低い地震の作用下における弾塑性変形の検討として、次に定めるところによらなければならない。

- 1 以下の構造については、弾塑性変形の検討を行わなければならない。
 - 1) 烈度 8 の地域の、類地および烈度 9 の地域における、鉄筋コンクリート造の長柱を設けた大スパンの工場建物の曲げ架構
 - 2) 烈度 7 ~ 9 の地域における、層の耐力係数が 0.5 未満の鉄筋コンクリートフレーム構造
 - 3) 高さ 150m を超える鉄骨造
 - 4) 甲類の建築および烈度 9 の地域における乙類の建築のうち、鉄筋コンクリート造および鉄骨造

- 5) 免震構造
- 2 以下の構造については、弾塑性変形の検討を行うのが望ましい。
 - 1) 表 5.1.2-1 に規定する建物高さの範囲にあり、かつ表 3.4.2-2 に規定する高さ方向の不整形性タイプに該当する高層建築構造
 - 2) 烈度 7 の地域の、Ⅰ類地および烈度 8 の地域における乙類ののうち、鉄筋コンクリート造および鉄骨造
 - 3) スラブ・柱・耐震壁構造および最下層をフレーム構造とした組積造
 - 4) 高さ 150m 以下の高層の鉄骨造

注：層の耐力係数は、層のせん断耐力と発生頻度の低い地震の作用下における弾性せん断力との比率である。曲げ部材では、曲げ強度と発生頻度の低い地震の作用基準値に基づき計算された弾性曲げモーメントの比率とする。層のせん断耐力は、部材断面の配筋量や材料強度および柱や壁に作用する軸力から計算される。

第 5.5.3 条 発生頻度の低い地震の作用下における構造脆弱層（部位）の弾塑性変形の計算には、以下の方法を採用することができる。

- 1 12 階建て以下で各層の剛性に急激な変化のない鉄筋コンクリートフレーム構造および 1 層鉄筋コンクリート柱構造の工場には、本節第 5.5.4 条に規定する簡易計算方法を採用することができる。
- 2 第 1 項に規定する建築構造以外には、静的弾塑性解析法または弾塑性時刻歴応答解析法などを採用することができる。
- 3 整形な構造には、曲げせん断系モデルまたは平面線材モデルを採用することができるものとし、本基準第 3.4 節に規定される不整形構造には、立体構造モデルを採用することができるものとする。

第 5.5.4 条 構造脆弱層（部位）の弾塑性層間変位の簡易計算を行う場合は、次に定めるところによらなければならない。

- 1 構造脆弱層（部位）の位置は、以下のように確定しなければならない。
 - 1) 層の耐力係数が建物高さに沿って均一に分布する構造である場合は、最下層とする。
 - 2) 層の耐力係数が建物高さに沿って不均一に分布する構造である場合は、当該係数が最小となる層（部位）および相対的に当該係数が小さい方の層とし、通常の場合 2 ～ 3 箇所を超えないものとする。
 - 3) 1 層の工場建物では、柱上部とする。
- 2 弾塑性層間変位は、次のいずれかの式に基づき計算する。

$$\Delta u_p = \eta_p \Delta u_e \quad (5.5.4-1)$$

又は

$$\Delta u_p = \mu \Delta u_y = \frac{\eta_p}{\xi_y} \Delta u_y \quad (5.5.4-2)$$

ここに、 Δu_p ：弾塑性層間変位

Δu_y ：降伏層間変位

μ ：層塑性率

Δu_e ：発生頻度の低い地震の作用下における弾性解析に基づく層間変位。

η_p ：弾塑性層間変位に関する増幅係数であり、脆弱層（部位）の降伏強度係数が隣接層（部位）における当該係数平均値の0.8倍以上の時は、表5.5.4に従い適切な数値を採用する。当該平均値の0.5倍以下の場合は、対応する表の数値の1.5倍の数値を採用する。その他の場合は、線形補間によって得られた数値とする。

ξ_y ：層降伏強度係数

表 5.5.4 弾塑性層間変位に関する増幅係数

構造タイプ	総層数 又は部位	ξ_y		
		0.5	0.4	0.3
多層均一フレーム構造	2～4	1.30	1.40	1.60
	5～7	1.50	1.65	1.80
	8～12	1.80	2.00	2.20
単層工場	柱上部	1.30	1.60	2.00

第 5.5.5 条 構造脆弱層(部位)の弾塑性層間変位は、次の式を満たすものとしなければならない。

$$\Delta u_p \leq [\theta_p] h \quad (5.5.5)$$

ここに、 $[\theta_p]$ ：弾塑性層間変形角の制限値であり、表 5.5.5 に基づき適切な数値を採用する。鉄筋コンクリートフレーム構造については、軸力比が 0.40 以下である場合は、制限値を 10% 増加する。柱全高のフープ筋構造が、本基準の表 6.3.12 条に規定される最小フープ筋配筋特性値の 30% 以上である場合は、制限値を 20% 増加させることができるものとするが、累計で 25% を超えてはならない。

表 5.5.5 弾塑性層間変形角の限度値

構造方法	構造形式	$[\theta_p]$
鉄筋コンクリート造	単層の柱による架構	1/30

	純フレーム構造	1/50
	低層部ラーメン組積造のラーメン架 構・耐震壁部分	1/100
	フレーム耐震壁、スラブ・柱・耐震壁、 コアチューブフレーム構造	1/100
	耐震壁、ダブルチューブ構造	1/120
鉄骨造	多層かつ高層の構造	1/50

6. 多層および高層鉄筋コンクリート建物

6.1 一般規定

第 6.1.1 条 本章が適用される現場打ちコンクリート建物の構造タイプおよび最大高さは、表 5.1.1 に定めるところによらなければならない。平面および立面的に不整形な構造または 類地に建造される構造物については、適宜、適用される最大高さを下げなければならない。

注：本章の「耐震壁」とは、国家標準「コンクリート構造設計規則」(G B 50010) に規定されるせん断耐力壁のことをいう。

表 6.1.1 現場打ちコンクリート建物の最大高さ (m)

構造タイプ	烈度			
	6	7	8	9
フレーム構造	60	55	45	25
フレーム耐震壁構造	130	120	100	50
耐震壁構造	140	120	100	60
部分フレーム支持耐震壁構造	120	100	80	採用してはならない
フレーム コアチューブ構造	150	130	100	70
ダブルチューブ構造	180	150	120	80
スラブ・柱・耐震壁構造	40	35	30	採用してはならない

注：1 建物の高さとは、室外の地面から主要な屋根の面板最上層部までの高さのことをいう（局部的に突出する屋根最上層部は含まず）

2 フレーム コアチューブ構造とは、周辺の大スパンフレームとコアチューブとで構成された構造のことをいう。

3 部分フレーム支持耐震壁構造とは、耐震壁が連層ではなく、第 1 層または最下層の 2 層がフレームで支持されている構造のことをいう。

4 乙類建築については、当該地区の烈度に基づき適切な最大高さを確定することができる。

5 表内の高さを超過する建物については、専門的な調査検証を行い、有効な耐震化の措置を講じなければならない。

第 6.1.2 条 鉄筋コンクリート建物には、烈度、構造タイプおよび建物高さに基づき、異なる耐震等級を採用し、それぞれ適用される構造計算および構造規定を満たすものとしなければならない。また、丙類建築の耐震等級は、表 6.1.2 に基づき定めるものとしなければならない。

表 6.1.2 現場打ちコンクリート建物の耐震等級

構造タイプ			地域の烈度						
			6		7		8		9
フレーム構造	高さ (m)		30	> 30	30	> 30	30	> 30	25
	フレーム		4 級	3 級	3 級	2 級	2 級	1 級	1 級
	劇場、体育館など大スパンの公共建築		3 級		2 級		1 級		1 級
フレーム耐震壁構造	高さ (m)		60	> 60	60	> 60	60	> 60	50
	フレーム		4 級	3 級	3 級	2 級	2 級	1 級	1 級
	耐震壁		3 級		2 級		1 級		1 級
耐震壁構造	高さ (m)		80	>80	80	>80	80	>80	60
	耐震壁		4 級	3 級	3 級	2 級	2 級	1 級	1 級
フレーム支持壁構造	耐震壁		3 級	2 級	2 級		1 級		
	支持フレーム		2 級		2 級	1 級	1 級		
チューブ構造	フレーム	フレーム	3 級		2 級		1 級		1 級
	コアチューブ	コアチューブ	2 級		2 級		1 級		1 級
	ダブルチューブ	外チューブ	3 級		2 級		1 級		1 級
		内チューブ	3 級		2 級		1 級		1 級
スラブ・柱耐震壁構造	スラブ・柱の柱		3 級		2 級		1 級		
	耐震壁		2 級		2 級		2 級		

注：1 地盤が 類地である場合は、烈度 6 の地域を除き、実際よりも 1 級低い表内の耐震等級に基づき、構造規定を適用できるものとするが、構造計算については、要求を下げてはならない。
 2 建物高さが表の高さ境界の数値に近い場合、または境界数値と同一である場合は、建物の不整形の程度および地盤、基礎の条件に基づき耐震等級を確定する。
 3 部分フレーム支持耐震壁構造で、耐震壁の補強部位に支持される部材については、耐震壁構造の耐震等級とする。

第 6.1.3 条 鉄筋コンクリート建物の耐震等級の確定にあたっては、次に定めるところによらなければならない。

- 1 フレーム耐震壁構造では、基本振動モードの地震作用下においてフレーム部分の担保する転倒モーメントが総転倒モーメントの 50% を超える場合は、フレーム部分の耐震等級は、フレーム構造についての数値を適用しなければならない。
- 2 従たる建築物 (= 別棟) が主たる建築物 (= 母屋) と連結されている時には、従たる建築物の耐震等級は、それ自体の構造に基づき確定するが、主たる建築物の耐震等級を下回ってはならない。主たる建築物の構造においては、従たる建築物の最上階 (= 連結部分) およびその上下各 1 層において適切な耐震補強措置を施さなければならない。従た

る建築物が主たる建築物と分離している場合には、従たる建築物本体の構造に基づき、耐震等級を確定する。

- 3 地下構造の上スラブが上部構造の固定位置となる場合には、地下1階の耐震等級は上部構造の耐震等級と同等でなければならない、また、地下1階より下の階の耐震等級は、実況に応じ、3級またはそれ以下の等級を採用することができる。地下室に上部構造との接続部分がない場合には、具体的な状況に基づき3級またはそれ以下の等級を採用することができる。
- 4 耐震分類が甲、乙、丁類の建築では、本基準第3.1.3条の規定および表6.1.2に基づき、耐震等級を確定しなければならない。そのうち、烈度8の地域における乙類建築の高さが、表6.1.2に規定される範囲を超過する場合は、専門的な調査検討を経て、1級よりもさらに堅固な耐震措置を講じる必要がある。

注：本章の「1、2、3、4級」とは「耐震等級1、2、3、4級」の略称である。

第6.1.4条 鉄筋コンクリート高層建物には、本基準第3.4節に規定される不整形な平面・立面計画を採用しないことや、耐震ジョイントを設置しないことが望ましい。耐震ジョイントを設置する必要のある時は、以下の規定を満たさなければならない。

- 1 耐震ジョイントの最小幅については、以下の要求を満たす必要がある。
 - 1) フレーム構造建物の耐震ジョイントの幅は、高さ15m以下である場合には70mmとする。高さが15mを超える場合は、烈度6、7、8および9に対して、それぞれ高さが5m、4m、3m及び2m増加するごとに、幅20mmを追加しなければならない。
 - 2) フレーム耐震壁構造建物の耐震ジョイント幅は、第1項の規定による数値の70%とする。また、耐震壁構造建物の耐震ジョイント幅は、第1項の規定による数値の50%とする。ただし、いずれの場合も、70mmを下回ることは望ましくない。
 - 3) 耐震ジョイント両側の構造タイプが異なる場合は、耐震ジョイント幅の広い構造タイプおよび低い側の建物の高さに基づき、耐震ジョイント幅を確定する。
- 2 烈度8、9の地域におけるフレーム構造建物の耐震ジョイント両側の構造高さ、剛性または階高に相対的に大きな相違のある場合は、ジョイント両側に補強壁を設置する。補強壁は以下の条件を満足するものとする。
 - 1) ジョイントと直角に、建物の全高さに渡り設置する。
 - 2) 各側の補強壁の数量は2以上とし、それぞれ対称に設置しなければならない。壁の長さは柱間の距離以下とする。
 - 3) フレームおよび補強壁の応力については、補強壁を設置した場合および設置しない場合の双方の状況に基づき、各々解析を行い、不利な状況下における数値を採用しなければならない。
 - 4) 耐震ジョイント両側の補強壁の端柱とフレームの辺柱については、せん断補強筋を建物全高に沿って緊密に配筋しなければならない。

第 6.1.5 条 フレーム構造およびフレーム耐震壁構造において、フレームおよび耐震壁は直交するそれぞれの方向に設置されなければならない。柱と梁の中心線及び柱と耐震壁の中心線は、それぞれ偏心距離が柱幅の 1/4 を超過してはならない。

第 6.1.6 条 フレーム耐震壁およびスラブ・柱・耐震壁構造において、耐震壁間に大開口部のない建物である場合は、スラブのアスペクト比が、表 6.1.6 に規定する数値を超えてはならない。超える場合には、スラブの面内変形の影響を算入しなければならない。

表 6.1.6 耐震壁間の床版、屋根版のアスペクト比の制限値

床版、屋根版の形式	烈度			
	6	7	8	9
現場打ち、梁一体型スラブの場合	4	4	3	2
プレキャストの場合	3	3	2.5	採用しない方が良い
支持フレームとスラブ・柱・耐震壁構造で、梁を現場打ちとする場合	2.5	2.5	2	採用してはならない

第 6.1.7 条 フレーム耐震壁構造においてプレキャストの床版あるいは屋根版とする場合は、床版や屋根版としての一体性および耐震壁との信頼性の高い接合を保證する措置を講じなければならない。そのために現場打ちの鉄筋コンクリートを用いる場合は、かぶり厚さを 50mm 以上としなければならない。

第 6.1.8 条 フレーム耐震壁構造中における耐震壁の設置については、次に定めるところによらなければならない。

- 1 耐震壁は建物全高にわたり連層とし、かつ張り間方向および桁行き方向の耐震壁を接続しなければならない。
- 2 耐震壁は壁面において大開口の必要がない位置に設置しなければならない。
- 3 建物に長さのある場合は、桁行き方向の建物の両端に剛性の高い耐震壁を設置しなければならない。
- 4 耐震壁開口部は上下対称とし、開口端から柱までの距離は 300mm 以上としなければならない。
- 5 1、2 級である耐震壁の開口部に設ける連結梁の桁高比は 5 を超えないものとし、断面高さは 400mm 以上としなければならない。

第 6.1.9 条 耐震壁構造および部分フレーム支持耐震壁構造中における耐震壁の設置については、次に定めるところによらなければならない。

- 1 比較的長さのある耐震壁は、連結梁を介して幾つかの壁に均等に区分するものとし、そ

の場合の開口部における桁高比 6 を超えないものとするほか、それぞれの壁の高さと幅の比率を 2 以上とする。

- 2 建物高さに沿って壁の長さに突然の変化のないものとする。耐震壁に比較的大きな開口部のある場合や 1 級、2 級の耐震壁の最下層部補強部位がある場合には、開口部を上から下まで連続して配置する。
- 3 整形な平面を有する部分フレーム支持耐震壁構造では、その支持フレーム層の剛性は、隣接する（壁式構造である）上の層の剛性の 50% を下回らないものとする。支持フレーム層内では地盤まで連続する耐震壁間の距離を 24m 以下、水平抵抗要素の平面配置は対称とし、かつ耐震チューブを設置する。

第 6.1.10 条 部分フレーム支持耐震壁構造における耐震壁において、最下層部補強部位の高さは、支持フレーム層に支持フレーム層以上の 2 層を加えた高さおよび地面までの連層耐震壁の高さの 1/8 のうち、いずれか大きい方の数値を採用することができるものとするが、15m 以下としなければならない。その他の構造の耐震壁の最下層部補強部位の高さは、耐震壁の総高さの 1/8 および最下層部の 2 層のうち、いずれか大きい方の数値を採用することができる。ただし、これもまた 15m 以下としなければならない。

第 6.1.11 条 フレーム構造において、柱脚部が次のいずれかに該当する場合は、2 つの主軸方向に基礎梁を設けることが望ましい。

- 1 1 級および 類地の 2 級である場合
- 2 柱の支持する荷重がそれぞれ大きく異なる場合
- 3 基礎の埋め込みが深い場合、または各基礎の埋め込み深さが大きく異なる場合
- 4 基礎の主な支持層の範囲内に軟弱な粘土層や液状化層がある場合、または極めて不均一な土層のある場合
- 5 杭基礎の台座間である場合

第 6.1.12 条 フレーム耐震壁構造中における耐震壁の基礎および部分フレーム支持耐震壁構造の地盤まで連続する耐震壁の基礎は、良好な一体性と回転抵抗力を持つものでなければならない。

第 6.1.13 条 主たる建物と従たる建物が接続され、かつ直接基礎を採用する時は、本基準の第 4.2.4 条の規定を満たす場合を除き、地震作用下において主たる建物の基礎底面に応力 0 となる領域が出現しないようにしなければならない。

第 6.1.14 条 地下部分の頂部のスラブを上部構造に対して固定部と扱う場合は、スラブに大開口

部を設けてはならず、現場打ちコンクリート構造としなければならない。この場合において、スラブ厚は 180mm 以上、コンクリート強度等級は C30 以上とし、縦横の二層配筋を行い、各方向および各層の鉄筋比は 0.25% 以上とする。

地下部分の水平剛性は、隣接する上部構造の水平剛性の 2 倍以上とする。地下部分の柱主筋の断面積は、計算で必要な量を設けるほかに、それぞれの側面で地上部分の最下階の柱主筋の断面積の 1.1 倍以上としなければならない。

地上 1 階のフレーム構造柱と耐震壁の下部断面の曲げモーメント設計値は、本章第 6.2.3 条、第 6.2.6 条、第 6.2.7 条の規定を満たすものとする。地下部分の柱上部の接合部において、接合部の左右の梁端断面の曲げ耐力の和は、上下の柱曲げ耐力の和よりも小さくしてはならない。

第 6.1.15 条 フレームの充填壁は、本基準第 13 章の規定による。

第 6.1.16 条 高強度コンクリート構造の耐震設計は、本基準の付録 B による。

第 6.1.17 条 プレストレスコンクリート構造の耐震設計は、本基準の付録 C による。

6.2 構造計算の要点

第6.2.1条 鉄筋コンクリート構造については、本節の規定に基づき、組合せによる応力を計算するものとし、層間変位にあっては、本基準第5.5節の関連規定を満たさなければならない。

断面算定に当たって、本章および関係する付録に定めのない場合は、関連する現行の構造設計基準類の要求を満たさなければならない。ただし、非耐震部材の耐力は、本規則に規定される耐震調整係数で除して得られた数値としなければならない。

第6.2.2条 1、2、3級であるフレームの柱梁接合部については、フレームの最上層の柱、柱の軸力比が0.15未満である場合及び鉛直支持柱と梁との接合部である場合を除き、柱端部の設計用曲げモーメントについて、次の式を満たすものとしなければならない。

$$\sum M_c = \eta_c \sum M_b \quad (6.2.2-1)$$

1級のフレーム構造および烈度9の地域においては、さらに次の式も満たさなければならない。

$$\sum M_c = 1.2 \sum M_{bua} \quad (6.2.2-2)$$

ここに、 $\sum M_c$ ：接合部上下の柱端断面について時計回りまたは反時計回り方向に組み合わせた設計用曲げモーメントの総和であり、上下の柱端の曲げモーメント設計値は、弾性解析に基づき配分することができる。

$\sum M_b$ ：接合部左右の梁端断面について反時計回りまたは時計回り方向に組合せた設計用曲げモーメントの総和であり、1級のフレームの接合部の左右梁端にマイナスの曲げモーメントが生じる場合は、絶対値の小さい曲げモーメントを0としてよい。

$\sum M_{bua}$ ：接合部の左右梁端断面に関する反時計回りまたは時計回り方向の曲げ耐力に対応する曲げモーメント値の総和であり、実際の鉄筋断面積（圧縮鉄筋を含む）および材料強度基準値に基づき計算する。

η_c ：柱端曲げモーメントの割増係数であり、1級のフレームの柱に対しては1.4、2級では1.2、3級では1.1とする。

反曲点が柱の層高さ範囲内に存在しない場合は、柱の設計用曲げモーメントに、上記柱端曲げモーメントの割増係数を乗じて用いるものとする。

第 6.2.3 条 1、2、3 級であるフレーム構造の最下層については、柱下端断面の設計用曲げモーメントに、それぞれ増幅係数 1.5、1.25 および 1.15 を乗じなければならない。最下層の柱の主筋は、上下端のうち、いずれか不利な状況に基づき、配置しなければならない。

注：最下層とは、地下階のない場合は基礎上、地下階のある場合は地下階上の第 1 層をいう。

第 6.2.4 条 1、2、3 級であるフレーム構造の梁および耐震壁内に設ける桁高比が 2.5 を超える連結梁については、その梁端断面の設計用せん断力について次の式を満たすものとしなければならない。

$$V = \eta_{vb} (M_b^l + M_b^r) / l_n + V_{Gb} \quad (6.2.4-1)$$

1 級のフレーム構造および烈度 9 の地域においては、さらに次の式も満たさなければならない。

$$V = 1.1 (M_{bua}^l + M_{bua}^r) / l_n + V_{Gb} \quad (6.2.4-2)$$

ここに、 V ：梁端断面の設計用せん断力

l_n ：梁の実効スパン

V_{Gb} ：重量代表値（烈度 9 の地域では、高層建築の鉛直地震力基準値を含む）作用下において、単純梁解析に基づき計算された梁のせん断力

M_b^l, M_b^r ：それぞれ梁左右端断面の反時計回り、時計回り方向に作用する曲げモーメントであり、1 級のフレームでは、両端の曲げモーメントがともにマイナスの曲げモーメントである場合は、絶対値の小さい曲げモーメントを 0 とする。

M_{bua}^l, M_{bua}^r ：それぞれ梁左右端断面の反時計回り、時計回り方向の曲げ耐力に対応する曲げモーメント値であり、実際の鉄筋断面積（圧縮鉄筋を含む）および材料強度基準値に基づき計算する。

η_{vb} ：梁端せん断力の割増係数であり、1 級のフレームの梁に対しては 1.3、2 級では 1.2、3 級では 1.1 とする。

第 6.2.5 条 1、2、3 級であるフレーム構造の柱および支持フレームの柱の設計用せん断力は、次の式を満たすものとしなければならない。

$$V = \eta_{vc} (M_c^b + M_c^t) / H_n \quad (6.2.5-1)$$

1級のフレーム構造および烈度9の地域においては、さらに次の式も満たさなければならない。

$$V = 1.2 (M_{cua}^b + M_{cua}^t) / H_n \quad (6.2.5.2)$$

ここに、 V ：柱端断面の設計用せん断力であり、フレーム構造の柱では、本節第6.2.10条の規定を満たさなければならない。

H_n ：柱の実効高さ

M_c^t, M_c^b ：それぞれ柱の上下端断面に時計回り、反時計回りに作用する曲げモーメントであり、本節第6.2.2条、第6.2.3条の規定を満たさなければならない。フレーム構造の柱の設計用曲げモーメントは、この他にも、本節第6.2.10条の規定を満たさなければならない。

M_{cua}^t, M_{cua}^b ：それぞれ偏心軸力を受ける柱の上下端の時計回り、反時計回り方向の曲げ耐力に対応する曲げモーメント値であり、実際の鉄筋断面積（圧縮鉄筋を含む）および材料強度基準値に基づき計算する。

η_{vc} ：柱端せん断力の割増係数であり、1級のフレームの柱に対しては1.4、2級では1.2、3級では1.1とする。

第6.2.6条 1、2、3級であるフレーム構造の隅柱については、本節第6.2.2条、第6.2.3条、第6.2.5条、第6.2.10条によって計算した設計用曲げモーメント及び設計用せん断力に、さらに1.10以上の割増係数を乗じなければならない。

第6.2.7条 耐震壁の各壁脚断面の設計用曲げモーメントは、次に定めるところによらなければならない。

- 1 1級である耐震壁の最下層部補強部位および直上の1層については、壁脚断面の設計用曲げモーメントを採用しなければならない。その他の部位については、壁脚断面の設計用曲げモーメントに割増係数1.2を乗じなければならない。
- 2 部分フレーム支持耐震壁構造における地面まで連層の耐震壁脚には、偏心引張力を受けないことが望ましい。
- 3 ダブルリム壁の耐震壁では、リム壁に偏心引張力を受けないことが望ましい。いずれか一方のリム壁が偏心引張力を受ける場合は、別の一方のリム壁のせん断力設計値、曲げモーメント設計値に増幅係数1.25を乗じなければならない。

第6.2.8条 1、2、3級である耐震壁の最下層部補強部位については、その断面の設計用せん断力は、次の式によって計算した数値とする。

$$V = \eta_{vw} V_w \quad (6.2.8-1)$$

烈度9の地域においては、さらに次の式も満たさなければならない。

$$V = 1.1 \frac{M_{wua}}{M_w} V_w \quad (6.2.8-2)$$

ここに、 V ：耐震壁の最下層部補強部位断面の設計用せん断力

V_w ：耐震壁の最下層部補強部位断面のせん断力計算値

M_{wua} ：耐震壁の最下層部断面の曲げ耐力に対応する曲げモーメント値であり、実際の鉄筋断面積、材料強度基準値及び軸力などに基づき計算する。フランジ壁のある場合は、壁両側の各フランジ壁厚の1倍の範囲内における縦方向の鉄筋を算入しなければならない。

M_w ：耐震壁の最下層部断面の設計用曲げモーメント

η_{vw} ：耐震壁のせん断力割増係数であり、1級の場合は1.6、2級では1.4、3級では1.2とする。

第6.2.9条 鉄筋コンクリート構造の梁、柱、耐震壁および連結梁の設計用せん断力は、次の式によって計算した数値とする。

桁高比が2.5を超える梁および連結梁、ならびにせん断スパン比が2を超えるの耐震壁の場合：

$$V \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} (0.20 f_c b h_0) \quad (6.2.9-1)$$

桁高比が2.5以下の連結梁、せん断スパン比が2以下の柱、耐震壁、部分フレーム支持耐震壁構造のフレーム柱およびフレーム梁、ならびに連層耐震壁の最下層補強部位の場合：

$$V \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} (0.15 f_c b h_0) \quad (6.2.9-2)$$

せん断スパン比は、次の式によって計算する：

$$\lambda = M^c / (V^c h_0) \quad (6.2.9.3)$$

ここに、 λ ：せん断スパン比であり、材端の曲げモーメント計算値 M^c 、せん断力計算値 V^c 及び断面の有効高さ h_0 に基づき計算するものとし、部材上下端の計算で得られた数値のうち、いずれか大きい数値を採用する。反曲点が柱の中央にないフレーム柱では、柱の有効高さとして柱断面せいの2倍との比

率として計算した数値としなければならない。

V : 本節第 6.2.5 条、第 6.2.6 条、第 6.2.8 条、第 6.2.10 条などの規定に基づき計算した梁端、柱端または壁断面の設計用せん断力

f_c : コンクリート圧縮強度設計値

b : 梁、柱または耐震壁の断面幅で、円形断面の柱は、面積の等しい矩形断面に基づき計算することができる。

h_0 : 断面の有効高さで、耐震壁では壁脚の長さとしてすることができる。

第 6.2.10 条 部分フレーム支持耐震壁構造のフレーム柱は、以下の要求を満たさなければならない。

- 1 フレーム柱の担保する最小地震せん断力については、フレーム柱が 10 本以上の場合では、柱の総地震せん断力は、地震層せん断力の 20%以上とする。10 本未満の場合では、各柱の地震せん断力は、それぞれ地震層せん断力の 2 %以上とする。
- 2 1、2 級であるフレーム柱は、地震作用により生じる付加軸力に、それぞれ割増係数 1.5、1.2 を乗ずるものとする。ただし、軸力比を計算する場合には、付加軸力に割増係数を乗じなくともよい。
- 3 1、2 級であるフレーム柱の最上層柱上端部と最下層柱下端部については、設計用曲げモーメントに、それぞれ割増係数 1.5、1.25 を乗ずるものとする。またフレーム柱の中間接合部については、本節第 6.2.2 条の規定を満たさなければならない。
- 4 フレーム梁とフレーム柱断面の中心線は一致していなければならない。

第 6.2.11 条 1 級である部分フレーム支持耐震壁構造で、地面までの連層耐震壁最下層における補強部位については、次に定めるところによる。

- 1 耐震壁のせん断力の計算時には、コンクリートの断面積は算入しないものとする。コンクリートの断面積を考慮する場合には、壁脚の境界部材を超えて、部位の 2 列の鉄筋間に直径 8mm 以上の引張鉄筋を配筋しなければならない。また水平および垂直方向の間隔は、各方向に分布する鉄筋間隔の 2 倍、または 400mm のうち、いずれか小さい数値以下とする。
- 2 地下室がなくリム壁最下部の断面が偏心引張力を受けている場合には、リム壁と基礎の接合面に滑り防止の交差鉄筋を別途設置しなければならない。交差鉄筋の担保する引張強度は、接合面の設計用せん断力の 30%とする。

第 6.2.12 条 部分フレーム支持耐震壁構造のフレーム支持層のスラブは、本基準の付録 E . 1 を満たさなければならない。

第 6.2.13 条 鉄筋コンクリート構造の耐震計算にあたっては、上記に加えて、次に定めるところによらなければならない。

- 1 水平剛性分布が建物高さに沿ってほぼ均一であるフレーム耐震壁構造については、いずれの層のフレーム部分が負担する地震せん断力についても、最下層部分における総地震せん断力の 20%、またはフレーム耐震壁構造解析に基づき得られたフレーム部分の各地震層せん断力の最大値の 1.5 倍のうち、いずれか小さい値以上としなければならない。
- 2 耐震壁における連結梁の剛性を低減する場合には低減率は 0.50 を下回ってはならない。
- 3 耐震壁構造、部分フレーム支持耐震壁構造、フレーム耐震壁構造、チューブ構造、スラブ・柱・耐震壁構造について内力および変形を計算する場合においては、耐震壁のフランジとウェブの相互作用も算入しなければならない。フランジの有効長さは、壁面から計算して、隣接する耐震壁のフランジ間隔の半分か、フランジの開口部の端、または耐震壁総高さの 15%のうち、いずれか最小値となるものを採用しなければならない。

第 6.2.14 条 1 級である耐震壁における打継部断面の受けるせん断力は、次の式に基づき計算した数値としなければならない。

$$V_{wj} \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} (0.6 f_y A_s + 0.8N) \quad (6.2.14)$$

ここに、 V_{wj} : 耐震壁打継部のせん断力設計値

f_y : 縦方向鉄筋の引張強度設計値

A_s : 打継部のある耐震壁ウェブ部の垂直方向に分布する鉄筋断面積、両フランジを含まない打継部部材の鉄筋の断面積

N : 打継部の設計用軸力で、圧縮に対してプラス、引張はマイナスとする。

第 6.2.15 条 フレーム接合部の耐震計算は、次に定めるところによらなければならない。

- 1 1、2 級のフレーム接合部コア部分については、耐震計算を行わなければならない。3、4 級のフレーム接合部については、耐震計算は行わなくてもよいが、構造規定を満たさなければならない。
- 2 接合部の耐震計算の方法は、本基準付録 D によることとする。

6.3 フレーム構造の構造規定

第 6.3.1 条 梁の断面サイズは次に定めるところによらなければならない。

- 1 断面幅は 200mm 以上とする。
- 2 断面アスペクト比は 4 以下とする。
- 3 有効スパンと断面高さの比率は 4 以上とする。

第 6.3.2 条 梁幅が柱幅以上となる扁平梁を採用した場合には、床スラブは現場打ちとし、梁と柱の中心線は一致させ、扁平梁は建物の主要な 2 方向に設置しなければならない。また、扁平梁は 1 級であるフレーム構造には使用してはならない。扁平梁の断面サイズは次に定めるところによるものとし、加えて、たわみ、ひび割れ幅に関する現行の関連規則を満たさなければならない。

$$b_b \leq 2b_c \quad (6.3.2-1)$$

$$b_b \leq b_c + h_b \quad (6.3.2-2)$$

$$h_b \geq 16d \quad (6.3.2-3)$$

ここに、 b_c : 柱断面幅で、円形断面の場合は柱直径の 0.8 倍とする。

b_b, h_b : それぞれ梁断面幅および梁断面高さ

d : 柱主筋の直径

第 6.3.3 条 梁の鉄筋配置については、次に定めるところによらなければならない。

- 1 梁端部の主筋のうち引張鉄筋比は 2.5% 以下とする。また、圧縮鉄筋を考慮した断面の中立軸高さとの断面の有効高さの比率は、1 級では 0.25 以下、2、3 級では 0.35 以下とする。
- 2 梁端部断面の上下の主筋の配筋量比は、計算上必要な数値とするほか、1 級では 0.5 以上、2、3 級では 0.3 以上とする。
- 3 梁端部におけるフープ筋の密集区間の長さ、最大間隔および最小直径は、表 6.3.3 に基づき定めた数値とする。ここで、梁端部の引張側の主筋の鉄筋比が 2% を超える場合は、表中に記載されるフープ筋の最小直径をそれぞれ 2 mm 増加しなければならない。

表 6.3.3 梁端部におけるフープ筋の密集区間の長さ、フープ筋の最大間隔および最小直径

耐震等級	密集区間の長さ (大きい方の数値とする)(mm)	フープ筋最大間隔 (最小値とする)(mm)	フープ筋最小直径 (mm)
1	$2h_b, 500$	$h_b/4, 6d, 100$	10
2	$1.5h_b, 500$	$h_b/4, 8d, 100$	8
3	$1.5h_b, 500$	$h_b/4, 8d, 150$	8
4	$1.5h_b, 5000$	$h_b/4, 8d, 150$	6

注： d は主筋の直径、 h_b は梁断面高さを表す。

第 6.3.4 条 梁の主筋の配置については、次に定めるところによらなければならない。

- 1 梁全長における上端と下端の配筋については、1、2 級では 2 14 以上とし、かつそれぞれ梁両端部における上端と下端の主筋量のうち、いずれか大きい断面積の 1/4 以上とする。3、4 級については 2 12 以上とする。
- 2 1、2 級であるフレームで柱を貫通する梁主筋の直径は、矩形断面柱については、主筋方向の柱断面サイズの 1/20 以下とする。また円形断面柱については、梁の主筋方向における柱断面弦長の 1/20 以下とする。

第 6.3.5 条 梁端部のフープ筋密集区間におけるフープ筋間隔について、1 級では 200mm 以下かつフープ筋直径の 20 倍以下、2、3 級では 250mm 以下かつフープ筋直径の 20 倍以下、4 級では 300mm 以下としなければならない。

第 6.3.6 条 柱断面サイズについては、次に定めるところによらなければならない。

- 1 断面の幅および高さはそれぞれ 300mm 以上、また円柱の直径は 350mm 以上としなければならない。
- 2 せん断スパン比は 2 より大きくしなければならない。
- 3 断面の長辺と短辺の辺長比は、3 以下としなければならない。

第 6.3.7 条 柱軸力比は、表 6.3.7 に規定される限界値を超えてはならない。 類地に建造される高層建築にあっては、柱軸力比の限界値は適宜低減しなければならない。

表 6.3.7 柱軸力比の限界値

構造タイプ	耐震等級		
	1	2	3
フレーム構造	0.7	0.8	0.9
フレーム耐震壁、スラブ・柱・耐震壁およびチューブ	0.75	0.85	0.95
部分フレーム支持耐震壁	0.60	0.70	

注：1 軸力比とは、柱構造の設計用軸力と、柱の総断面積にコンクリートの圧縮強度設計値を乗じた数値との比率を言う。地震作用の計算を行わなくてもよい構造である場合は、地震作用を含まない設計用軸力を用いること。

2 表内の限界値は、2 を超えるせん断スパン比、ならびにコンクリートの強度等級が C 60 以下の柱に適用する。せん断スパン比が 2 以下の柱における軸力比の限界値については、表の数値を 0.05 引き下げる。せん断スパン比が 1.5 未満の柱における軸力比の限界値については、専門的な調査検討に基づき、特別な構造措置を講じること。

3 次の3つのケースのいずれかに該当する場合にあっては、軸力比の限界値については、0.10 を加えてよい。

- 1) 柱全体に複合フープ筋を採用し、クロスタイ間隔が 200mm 以下、フープ筋間隔が 100mm 以下、直径は 12mm 以上の場合
- 2) 柱全体に複合らせん型フープ筋を採用し、らせん間隔は 100mm 以下、クロスタイ間隔が 200mm 以下、直径は 12mm 以上の場合
- 3) 柱全体に連続複合長方形らせん型フープ筋を採用し、らせん純間隔は 80mm 以下、クロスタイ間隔が 200mm 以下、直径は 10mm 以上の場合

4 柱の断面中心部に中子主筋を付加する場合には、付加する主筋の総面積は柱断面積の 0.8% 以上とすることで軸力比の限界値に 0.05 を加えることができる。また、本項目の措置および注 3 の措置を同時に採用した場合は、軸力比の限界値に 0.15 を加えるものとするが、フープ筋の配筋特性値については、0.10 を加えた軸力比に基づき定めるものとしなければならない。

5 柱軸力比は 1.05 以下としなければならない。

第 6.3.8 条 柱の鉄筋配置については、次に定めるところによらなければならない。

- 1 柱の主筋の最小総鉄筋比は表 6.3.8-1 に基づき定めるものとし、鉄筋比は全て 0.2% 以上としなければならない。類地に建造される高層建築については、表中の数値に 0.1 を追加しなければならない。

表 6.3.8-1 柱断面主筋の最小総鉄筋比 (%)

柱の種類	耐震等級			
	1	2	3	4
中柱および側柱	1.0	0.8	0.7	0.6
隅柱、支持フレーム支柱	1.2	1.0	0.9	0.8

注：HRB400 級の熱間圧延棒鋼を採用する場合には 0.1 を減じ、コンクリートの強度等級が C60 を超える場合には、0.1 を追加しなければならない。

2 柱のフープ筋は、規定の範囲内において密集配置し、密集区間のフープ筋の間隔と直径は、以下の要求を満たさなければならない。

1) 通常の場合、フープ筋の最大間隔および最小直径は、表 6.3.8-2 に基づき定めた数値としなければならない。

表 6.3.8-2 柱のフープ筋密集区域における最大間隔および最小直径

耐震等級	フープ筋の最大間隔 (小さい方の数値とする)(mm)	フープ筋の最小直径 (mm)
1	6d, 100	10
2	8d, 100	8
3	8d, 150 (柱脚は 100)	8
4	8d, 150 (柱脚は 100)	6 (柱脚は 8)

注：d は柱の主筋最小直径を表す。柱脚とはフレーム最下層における柱のはめ込み部位のことをいう。

2) 2 級であるフレーム柱のフープ筋直径は 10mm 以上とし、フープ筋の脚間が 200mm 以下の場合には、柱脚を除き、最大間隔を 150mm とすることができる。

3 級であるフレーム柱の断面サイズが 400mm 以下の場合、フープ筋最小直径は 6mm とすることができる。

4 級であるフレーム柱のせん断スパン比が 2 以下の場合、フープ筋直径は 8mm 以上としなければならない。

3) フレーム柱およびせん断スパン比が 2 以下の柱については、フープ筋の間隔を 100mm 以下としなければならない。

第 6.3.9 条 柱の主筋の配置については、次に定めるところによらなければならない。

1 対称に配置しなければならない。

2 断面サイズが 400mm を超える柱については、主筋間隔は 200mm 以下とする。

3 柱の総鉄筋比は 5% 以下とする。

4 せん断スパン比が 2 以下である 1 級の柱については、鉄筋比は 1.2% 以下とする。

5 側柱、隅柱および耐震壁端柱については、地震作用により偏心引張力が生じる場合においては、柱内主筋の総断面積は計算値に 25% を加えなければならない。

- 6 柱の主筋の結束および継ぎ手は、柱端部のフープ筋密集区間から離して配置しなければならない。

第6.3.10条 柱のフープ筋密集範囲については、次に定めるところによらなければならない。

- 1 柱端部については、断面高さ(円柱の場合は直径)柱の有効高さの1/6、500mmのうち、最大となる値を採用しなければならない。
- 2 1層の柱については、脚部からの範囲は、柱の有効高さの1/3以上とする。剛な地表面の場合は、地面の上下各500mmとしなければならない。
- 3 せん断スパン比が2以下の柱および充填壁の設置などにより柱の有効高さ(柱断面高さ)の比が4以下となる柱については、柱の全高としなければならない。
- 4 支持フレーム支柱に関しては、柱の全高としなければならない。
- 5 1級および2級であるフレームの隅柱については、柱の全高としなければならない。

第6.3.11条 柱のフープ筋密集区域におけるフープ筋のピッチについては、1級では200mm以下、2、3級では250mmとフープ筋直径の20倍のうちいずれか大きい数値以下とし、4級では300mm以下とする。主筋については、クロスタイは主筋を拘束するために二方向に配置し、複合フープ筋が使用されるときには、クロスタイはフープと主筋に緊結しなければならない。

第6.3.12条 柱のフープ筋密集区間における体積あたりのフープ筋鉄筋比は、次の式に基づき計算した数値としなければならない。

$$\rho_v \geq \lambda_v f_c / f_{yv} \quad (6.3.12)$$

ここに、 ρ_v : 柱のフープ筋密集区域における体積あたりのフープ筋鉄筋比で、1級では0.8%以上、2級では0.6%以上、3、4級は0.4%以上としなければならない。複合フープ筋の体積あたりのフープ筋鉄筋比を計算する場合は、重複部分のフープ筋体積を差し引かなければならない。

f_c : コンクリート軸心の圧縮強度設計値で、強度等級がC35を下回る場合は、C35として計算しなければならない。

f_{yv} : フープ筋または引張鉄筋の引張強度設計値で、360N/mm²を超える場合は、360N/mm²として計算しなければならない。

λ_v : 最小フープ筋特性値で、表6.3.12に基づき定めた数値とする。

表 6.3.12 柱のフープ筋密集区域におけるフープ筋の最小配筋特性値

耐震等級	フープ筋形式	柱軸力比								
		0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.05
1	普通、複合	0.10	0.11	0.13	0.15	0.17	0.20	0.23		
	らせん、複合または連続複合矩形らせん	0.08	0.09	0.11	0.13	0.15	0.18	0.21		
2	普通、複合	0.08	0.09	0.11	0.13	0.15	0.17	0.19	0.22	0.24
	らせん、複合または連続複合矩形らせん	0.06	0.07	0.09	0.11	0.13	0.15	0.17	0.20	0.22
3	普通、複合	0.06	0.07	0.09	0.11	0.13	0.15	0.17	0.20	0.22
	らせん、複合または連続複合矩形らせん	0.05	0.06	0.07	0.09	0.11	0.13	0.15	0.18	0.20

注：1 普通フープ筋とは、単一の矩形フープ筋および単一の円形フープ筋のことを言う。複合フープ筋とは、矩形、多角形、円形のフープ筋、または引張鉄筋により構成されたフープ筋のことを言う。複合らせんフープ筋とは、らせんフープ筋および矩形、多角形、円形のフープ筋、または引張鉄筋により構成されたフープ筋のことを言う。連続複合矩形らせんフープ筋とは、全てのらせんフープ筋を一本の鉄筋として加工したフープ筋のことを言う。

2 支持フレーム支柱には、複合らせんフープ筋または複合フープ筋を用いる。当該フープ筋の最小配筋特性値については、表の数値に 0.02 を加えるものとし、体積あたりのフープ筋鉄筋比は、1.5%以上としなければならない。

3 せん断スパン比が 2 以下の柱については、複合らせんフープ筋または格子状複合フープ筋を採用し、体積あたりのフープ筋鉄筋比は 1.2%以上、烈度 9 の地域においては、1.5%以上としなければならない。

4 複合らせんフープ筋の体積あたりの鉄筋比を計算する場合には、非らせん部分のフープ筋体積に低減係数 0.8 を乗じなければならない。

第 6.3.13 条 柱のフープ筋非密集区間における体積あたりのフープ筋鉄筋比は、密集区間の 50% 以上としなければならない。フープ筋の間隔については、1、2 級であるフレーム構造の柱では、主筋直径の 10 倍以下、また 3、4 級であるフレーム構造の柱については、15 倍以下としなければならない。

第 6.3.14 フレーム接合部のコア部分におけるフープ筋最大間隔および最小直径については、本章第 6.3.8 条の規定に基づき求めた数値としなければならない。1、2、3 級であるフレーム

接合部のコア部分におけるフープ筋配筋特性値については、それぞれ、0.12、0.10、0.08 以上とし、体積あたりのフープ筋鉄筋比はそれぞれ 0.6%、0.5%、0.4%以上としなければならない。柱のせん断スパン比が2以下であるフレーム接合部のコア部分におけるフープ筋配筋特性値については、コア部分の上下柱端部におけるフープ筋配筋特性値のうち、いずれか大きい数値以上としなければならない。

6.4 耐震壁構造の構造規定

第 6.4.1 条 耐震壁の壁厚については、1、2 級である場合は 160mm 以上かつ層高の 1/20 以上としなければならない。3、4 級では 140mm 以上かつ層高の 1/25 以上としなければならない。最下層部の補強部位における壁厚については、1、2 級である場合は 200mm 以上かつ層高の 1/16 以上としなければならない。端部柱またはフランジ壁のない場合は、層高の 1/12 以上としなければならない。

第 6.4.2 条 耐震壁厚が 140mm を超える場合は、縦筋および横筋は複配筋としなければならない。複配筋間の緊結筋の間隔は 600mm 以下、直径は 6 mm 以上としなければならない。最下層補強部位における境界部材をまたがる緊結筋の間隔については、適切な密度を保持しなければならない。

第 6.4.3 条 耐震壁の縦筋および横筋の配筋については、次に定めるところによらなければならない。

- 1 1、2、3 級である耐震壁の垂直方向および水平方向に分布する鉄筋の最小鉄筋比は、等しく 0.25% 以上としなければならない。4 級耐震壁については、0.20% 以上としなければならない。鉄筋最大間隔は、300mm 以下、最小直径は 8 mm 以上としなければならない。
- 2 部分フレーム支持耐震壁構造の耐震壁最下層部における補強部位については、縦方向および横方向に分布する鉄筋比をそれぞれ 0.3% 以上、鉄筋間隔は 200mm 以下としなければならない。

第 6.4.4 条 耐震壁の縦筋および横筋の直径は、壁厚の 1/10 以下としなければならない。

第 6.4.5 条 1 級および 2 級である耐震壁については、最下層補強部位における重量代表値作用時の壁脚部軸力比を、1 級(列度 9 の地域)では 0.4 未満、1 級(列度 8 の地域)では 0.5 未満、2 級では 0.6 未満としなければならない。

第 6.4.6 条 耐震壁の両端および開口両側には境界部材を設置し、次に定めるところによらなければならない。

- 1 耐震壁構造については、1、2 級である耐震壁の最下層部の補強部位および隣接する上層には、本章第 6.4.7 条に基づき、拘束境界部材を設置しなければならない。ただし、壁脚最下層部断面における重量代表値作用時の軸力比が表 6.4.6 の規定値を下回る場合には、本章第 6.4.8 条に基づき、構造境界部材を設置しなければならない。

表 6.4.6 耐震壁に設置する構造境界部材の最大軸力比

等級と烈度	1 級 (烈度 9)	1 級 (烈度 8)	2 級
軸力比	0.1	0.2	0.3

- 2 部分フレーム支持耐震壁構造については、1、2 級である地面までの連層耐震壁の最下層部における補強部位および隣接する上層部の両端に境界拘束部材に適したフランジ壁または柱を設置しなければならない。また開口の両側に境界拘束部材を設置しなければならない。非連層の耐震壁については、最下層部の補強部位および隣接する上層部の壁脚両端に境界拘束部材を設置しなければならない。
- 3 1、2 級である耐震壁のその他の部位および 3、4 級である耐震壁については、本章第 6.4.8 条に基づき構造境界部材を設置しなければならない。

第 6.4.7 条 耐震壁の境界拘束部材には、埋込型柱、端部柱およびフランジ壁が含まれる(図 6.4.7)。境界拘束部材は壁脚の長さおよびフープ筋配筋特性値に鑑み、表 6.4.7 の要求を満たさなければならない。1、2 級である耐震壁の境界拘束部材については、フープ筋の設置範囲内(図 6.4.7 中の陰影部分)における主筋鉄筋比を、それぞれ 1.2%、1.0% 以上としなければならない。

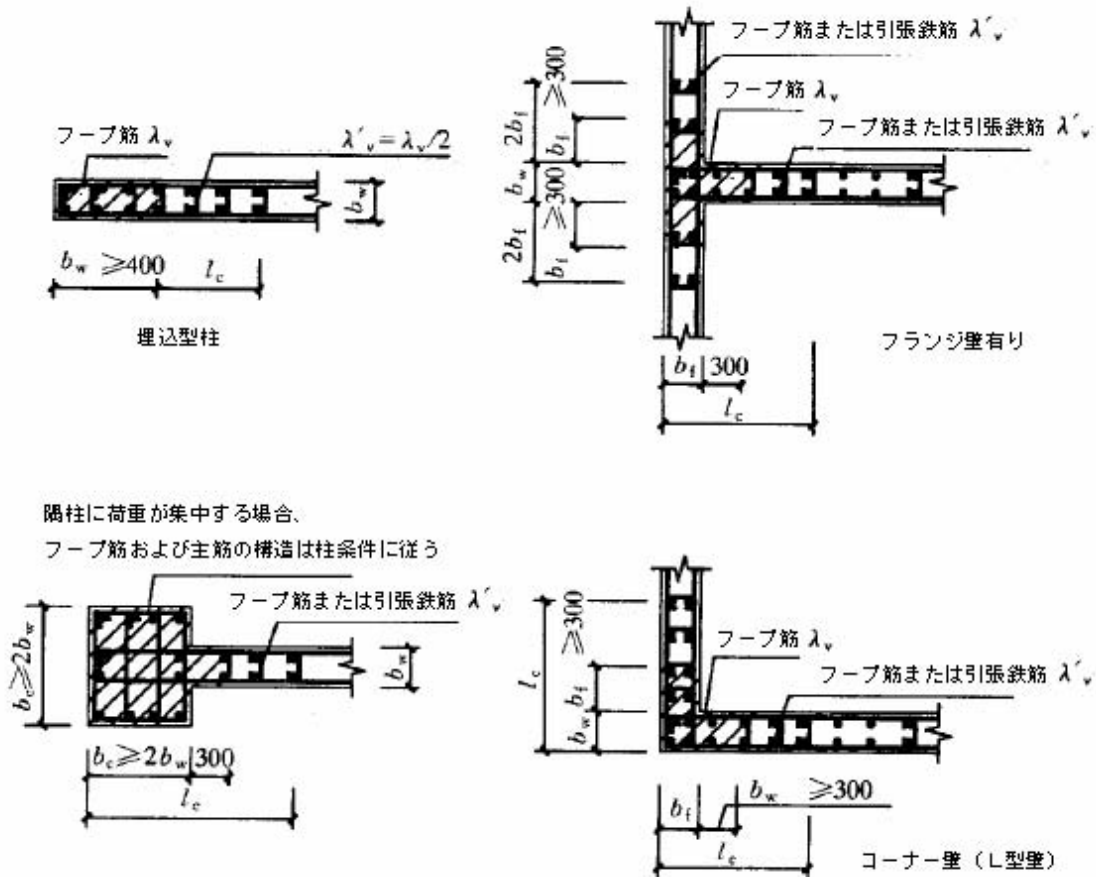


図 6.4.7 耐震壁の境界拘束部材

表 6.4.7 境界拘束部材の範囲 l_c およびフープ筋配筋特性値 λ_v

項目	1 級 (烈度 9)	1 級 (烈度 8)	2 級
λ_v	0.2	0.2	0.2
l_c (埋込型柱)	$0.25 h_w$	$0.20 h_w$	$0.20 h_w$
l_c (フランジ壁または隅柱)	$0.20 h_w$	$0.15 h_w$	$0.15 h_w$

注：1 耐震壁のフランジ壁長さが厚さの 3 倍未満、または隅柱断面の短辺長さが壁厚さの 2 倍未満の場合は、フランジ壁なし、または隅柱なしとみなす。

2 l_c は、壁脚に沿った境界拘束部材の長さを表し、表中数値、 $1.5 h_w$ 、450mm のうち、いずれか大きな数値以上としなければならない。フランジ壁または端部柱を有する場合は、フランジ壁厚さ、または壁脚方向に沿った隅柱断面高さに 300mm を追加した数値以上としなければならない。

3 λ_v は、境界拘束部材のフープ筋配筋特性値を表し、鉄筋比を計算する場合に、フープ筋、または引張鉄筋の引張強度設計値が 360N/mm^2 以上である時は、 360N/mm^2 として計算を行わなければならない。垂直方向に沿ったフープ筋、または引張鉄筋の間隔については、1 級では 100mm 以下、2 級では 150mm 以下としなければならない。

4 h_w は、耐震壁の壁脚長さを表す。

第 6.4.8 条 耐震壁における構造境界部材の範囲については、図 6.4.8 に定めるところによる。構造境界部材の配筋は、曲げ耐力に関する規定および表 6.4.8 に定めるところによらなければならない。

表 6.4.8 耐震壁における構造境界部材の配筋要求

耐震等級	最下層補強部位			その他部位		
	主筋最小量 (大きい方の数値とする)	フープ筋		主筋最小量	引張鉄筋	
		最小直径 (mm)	垂直方向最大間隔 (mm)		最小直径 (mm)	垂直方向最大間隔 (mm)
1	$0.010A_c, 6 \ 16$	8	100	6 \ 14	8	150
2	$0.008A_c, 6 \ 14$	8	150	6 \ 12	8	200
3	$0.005A_c, 4 \ 12$	6	150	4 \ 12	6	200
4	$0.005A_c, 4 \ 12$	6	200	4 \ 12	6	200

注：1 A_c は境界部材における縦方向構造鉄筋による埋込型柱または端部柱の面積であり、図 6.4.8 に示す耐震壁断面の陰影部分のことである。

2 その他部位については、水平緊結筋の間隔は主筋間隔の 2 倍以下とし、隅角部にはフープ筋を使用しなければならない。

3 端部柱が集中荷重を受ける場合、主筋、フープ筋の直径および間隔は関連する柱の条件を満たさなければならない。

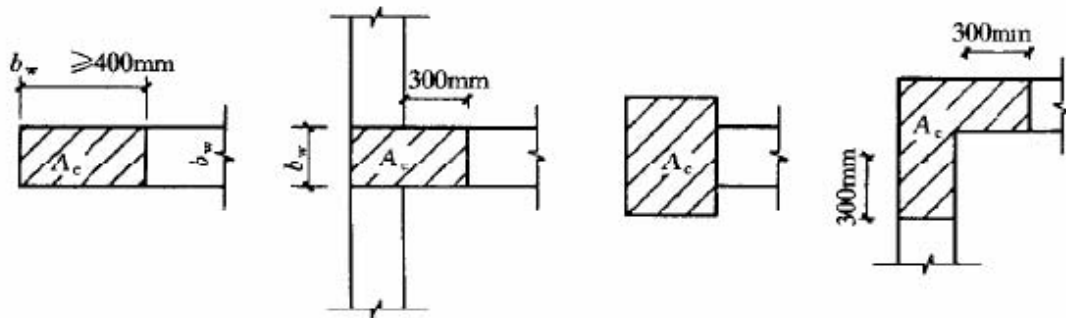


図 6.4.8 耐震壁における境界構造部材の範囲

第 6.4.9 条 耐震壁の壁脚長さが、壁厚の 3 倍以下の場合には、柱の条件に基づき設計を行い、フープ筋を壁高さ方向に配置しなければならない。

第 6.4.10 条 1、2 級である耐震壁における桁高比が 2 以下、かつ壁厚が 200mm 以上の場合の連結梁については、通常フープ筋のほか、斜めに交差する構造鉄筋を、設置しなくてはならない。

第 6.4.11 条 最上層連結梁の主筋のアンカー長の範囲内において、フープ筋を設置しなければならない。

6.5 フレーム耐震壁構造の構造規定

第 6.5.1 条 耐震壁厚は 160mm 以上、階高の 1/20 以上としなければならない。最下層部の補強部位における耐震壁厚は 200mm 以上、階高の 1/16 以上としなければならない。耐震壁周辺には、梁（または埋込型梁）および端部柱で構成されたフレームを設置しなければならない。隅柱の断面は同層のフレーム柱と同一とするのが望ましく、本章第 6.3 節のフレーム柱に対する要求を満たさなければならない。耐震壁最下層部の補強部位における端部柱および耐震壁開口部に緊結する端部柱については、柱のフープ筋密集区域に対する規定に従い、柱全体にフープ筋を緊密に配筋しなければならない。

第 6.5.2 条 耐震壁の縦筋および横筋については、鉄筋比をともに 0.25% 以上とし、かつ複配筋としなければならない。また配筋間の緊結筋の間隔は 600mm 以下、直径は 6 mm 以上としなければならない。

第 6.5.3 条 フレーム耐震壁構造のその他の詳細設計は、本章第 6.3 節、第 6.4 節のフレームおよび耐震壁に対する規定によらなければならない。

6.6 スラブ・柱・耐震壁構造の構造規定

第 6.6.1 条 スラブ・柱・耐震壁構造の耐震壁については、本章第 6.4 節の関連する構造規定によらなければならない。最下層面補強部位および隣接する上層部については、本章第 6.4.7 条に基づき境界拘束部材を設置し、またその他部位については、第 6.4.8 条に基づき構造境界部材を設置しなければならない。柱（耐震壁端部柱を含む）については、本章第 6.3 節のフレーム柱の構造規定によらなければならない。

第 6.6.2 条 建物周辺、建物およびエレベーター開口部周辺には梁フレームを採用しなければならない。

第 6.6.3 条 烈度 8 の地域においては、副木または柱キャップを有するスラブ・柱接合部構造を採用しなければならない。副木または柱キャップ・脚部の厚さ（板厚を含む）は、柱の主筋直径の 16 倍以上としなければならない。副木または柱キャップ部分の辺長は、板厚の 4 倍および柱断面に相応する辺長の総和以上としなければならない。

第 6.6.4 条 建物の屋根および地下 1 階の天板には、梁スラブ構造を採用しなければならない。

第 6.6.5 条 スラブ・柱・耐震壁構造の耐震壁は、構造物における全ての地震作用を負担するものとしなければならない。また各層のスラブ・柱部分は、計算条件を満たさなければならない。各層における総地震作用の 20% 以上を負担するものとしなければならない。

第 6.6.6 条 地震作用下において、等価平面フレームに基づきスラブ・柱構造を解析する場合における等価梁幅は、等値平面フレームにおける垂直方向の柱間隔の 50% としなければならない。

第 6.6.7 条 柱キャップのないフラットスラブでは、柱上に埋込型構造梁を設置しなければならない。その埋込型梁幅は、柱幅と同一とし、柱の両側においていずれも板厚の 1.5 倍以下としなければならない。埋込型梁の支持部上部における鉄筋面積は、柱における鉄筋面積の 50% 以上とし、埋込型梁の下部の鉄筋面積は、上部の鉄筋面積の 1/2 以上としなければならない。

第 6.6.8 条 柱キャップのない柱上のスラブ底の鉄筋の重ね継ぎ手長さは、柱面からのアンカー筋

長さの2倍を超えなければならず、鉄筋端部にスラブ面に直交するフックを有しなければならない。

第6.6.9条 二つの主軸方向に沿って柱断面のスラブ底を通過する連続鉄筋の総断面積は、以下の条件の要求を満たさなければならない。

$$A_s \geq N_G / f_y \quad (6.6.9)$$

ここに、 A_s : スラブ底の連続鉄筋の総断面積

N_G : 当該層のスラブ重量代表値作用下における設計用柱軸力

f_y : スラブ鉄筋の引張強度設計値

6.7 チューブ構造の構造規定

第6.7.1条 フレームコアチューブ構造は、以下の要求を満たさなければならない。

- 1 コアチューブとフレーム間の床面には、梁スラブ構造を採用しなければならない。
- 2 烈度9未満の地域において張り出し部材による層補強を採用する場合には、張り出し部材の大梁またはトラスがコアチューブ内の壁脚を貫通しなければならない。大梁またはトラスと周辺のフレーム柱の連結には、ヒンジ連結、または半剛性連結を採用しなければならない。
- 3 構造全体の解析では、張り出し部材の変形の影響も算入しなければならない。
- 4 烈度9の地域においては、張り出し部材による層補強を採用してはならない。
- 5 建設工程および連結の構造においては、温度や軸圧縮力による垂直変形に伴う、張り出し部材による層補強に及ぼす影響を低減する措置を講じなければならない。

第6.7.2条 フレームコアチューブ構造のコアチューブ、ダブルチューブ構造の内側チューブの耐震壁については、本章第6.4節の関連規定を満たさなければならない。耐震壁厚、垂直方向および水平方向に分布する鉄筋については、本章第6.5節の規定を満たさなければならない。チューブ最下層部の補強部位および隣接する上層部については、その壁厚を変更してはならない。

1、2級であるチューブ角部の境界部材については、次の補強を行う。最下層補強部位については、境界拘束部材の壁脚に沿った長さを壁脚断面高さの1/4とし、境界拘束部材の範囲内全体にフープ筋を配筋しなければならない。最下層補強部位以上の全高範囲内においては、本章の図6.4.7の隅角壁に基づき、境界拘束部材を設置しなければならない。境界拘束部材の壁脚に沿った長さは、壁脚断面高さの1/4としなければならない。

第6.7.3条 内チューブのドア開口部は隅角部を避けるのが望ましい。

第6.7.4条 床梁は、内側チューブまたはコアチューブの隅角部に集中させてはならない。また、開口部の連結梁上に集中させてもならない。内チューブまたはコアチューブ内の床梁のサポート位置は、埋込型柱上に設置しなければならない。

第6.7.5条 1、2級であるコアチューブおよび内チューブ中の桁高比が2以下の連結梁については、梁幅が400mm以上の場合に、交差式埋込型柱配筋を採用し、総せん断力を、埋込型柱配筋で担保しなければならない。またフレーム梁構造の規定に従って普通フープ筋を設置しなければならない。梁断面幅が200mm以上かつ400mm未満の場合には、普通フープ筋以外にも、別途、交差式鉄筋を設置しなければならない。

第 6.7.6 条 チューブ構造の層の連結部分の耐震設計については、本基準の付録 E . 2 による。

国土技術政策総合研究所資料
TECHNICAL NOTE of N I L I M
No.5 3 5 May 2009
建築研究資料

Building Research Data
No.118 May 2009

編集・発行 ©国土技術政策総合研究所
©独立行政法人建築研究所

本資料の転載・複写の問い合わせは

国土技術政策総合研究所企画部研究評価・推進課
〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地 電話 029-864-2675

独立行政法人建築研究所企画部企画調査課
〒305-0802 茨城県つくば市立原1番地 電話(029) 864-2151 (代)