

2008年中国四川大地震における建築物被害と復興状況に関する 調査報告について

建築研究所及び国土技術政策総合研究所は、2008年（平成20年）5月12日に中国・四川省で発生した地震に関して、これまでに、地震被害情報の収集や中国に対する復興支援に関する技術協力等を継続的に行ってきました。

このたび、今後さらに続けられる復興支援に関する技術協力等に資することを目的に、平成20年11月4日及び5日に四川省で現地調査を行いましたので、報告いたします。

1. 調査成果の概要

- (1) 建築研究所は、平成18年に中国・同済大学（上海）と国際研究協力協定を締結しています。この関係から、今回の四川調査は中国・同済大学の協力を得て実施しました。
- (2) 現地での被害状況の調査は、震源地に近い映秀や都江堰など計4地区において、四川地域で一般的な構造形式である枠組み組積造、組積造及び鉄筋コンクリート造の建築物を中心に行いました。
- (3) 被害を分類すると、「1階は比較的健全だが2階に被害が集中」「1階が破壊し2階以上が落階」「長さの短い柱でせん断破壊」「柱の頭部と脚部や接合部で曲げ破壊」など、6つの被害形式に整理できました。
- (4) 「1階が比較的健全だが2階に被害が集中」については、1階が鉄筋コンクリートフレーム構造で2階以上が枠組み組積造の建築物で被害が見られました。日本でも構造形式が切り替わる階で被害が集中した事例が兵庫県南部地震等で見られましたが、現在、構造形式の変わる階の応力伝達に配慮した設計により対応しているため、中国でもその経験が活かせると考えます。
- (5) このように、被害形式の多くが、日本でも過去の地震被害で見られ、これまでに対応してきたものであるため、今後の中国における地震被害の防止・軽減には日本の経験を活かせるものが多いことがわかりました。

2. 今後の対応

建築研究所では、JICA及び政策研究大学院大学と連携して「国際地震工学研修」(研修期間：約1年)を実施しており、中国への震災復興支援策として、今年度7人の中国人研修生を受け入れています。このため、今回の調査成果はこの研修内容にも配慮する予定です。

建築研究所及び国土技術政策総合研究所では、今回の調査成果を踏まえ、引き続き、中国における地震被害の防止・軽減に向けた技術協力等を行っていきます。

(内容の問合せ先)

独立行政法人 建築研究所
所属 構造研究グループ
氏名 福山洋、諏訪田晴彦、田尻清太郎
電話 029-864-6647 (福山)
029-864-6652 (諏訪田)
029-864-6635 (田尻)
E-mail fukuyama@kenken.go.jp
suwada@kenken.go.jp
tajiri@kenken.go.jp

国土交通省 国土技術政策総合研究所
所属 建築研究部
氏名 井上波彦
電話 029-864-4274
E-mail inoue-n92ta@nilim.go.jp

2008年中国四川大地震における建築物被害と復興状況に関する調査報告

1 はじめに

2008年5月12日午後2時28分頃、中華人民共和国・四川省汶川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）の大地震が発生し、2008年6月25日時点で死者69,185人、負傷者374,171人、行方不明者18,404人、家屋の被害23,143,000戸のうち6,525,000棟が倒壊するという甚大な被害が発生した（中国建築科学研究院主編 2008年汶川地震建築震害図片集より引用）。建築研究所および国土技術政策総合研究所では、これまでに地震被害情報の収集や復興支援に関する技術協力等を継続的に行なってきたが、この度、中国同済大学の協力により2008年11月4、5日に現地調査を実施した。この現地調査の目的は、建築物の被害パターンなどの地震被害の特徴を把握し、今後さらに続けられる復興支援に関する技術協力等に資することである。ここでは、建築物の被害の特徴と復興状況等についての調査結果を報告する。

2 調査体制

今回の調査は、中国同済大学と日本国独立行政法人建築研究所との間の関連分野における研究と関連技術開発に関する協定書に基づき、同済大学に現地調査の協力を依頼し、その協力の下で行なわれたものである。調査にあたっては、建築研究所および国土技術政策総合研究所の研究者に加え、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にも協力を仰ぎ、様々な視点から調査を実施する方針とした。本調査の日本側からの参加者を以下に示す。

福山 洋（独立行政法人建築研究所構造研究グループ 上席研究員）

諏訪田晴彦（独立行政法人建築研究所構造研究グループ 研究員）

田尻清太郎（独立行政法人建築研究所構造研究グループ 研究員）

井上 波彦（国土交通省国土技術政策総合研究所建築研究部

基準認証システム研究室 主任研究員）

亀山 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建設技術研究部 RC 構造グループ 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）

3 調査地域

今回の地震による被害は広範囲に及んでいるが、今回、調査を実施したのは映秀、都江堰、漢旺および白鹿である。映秀、都江堰、漢旺、白鹿は、震源からそれぞれ約10km北東、約20km東、約90km東北東、約55km東北東に位置する都市である。調査実施地域における建築物の主要な構造形式は枠組み組積造、鉄筋コンクリート造および組積造であり、以下では映秀、都江堰、漢旺および白鹿における建築物の被害の特徴を枠組み組積造、鉄筋コンクリート造および組積造を中心にまとめる。

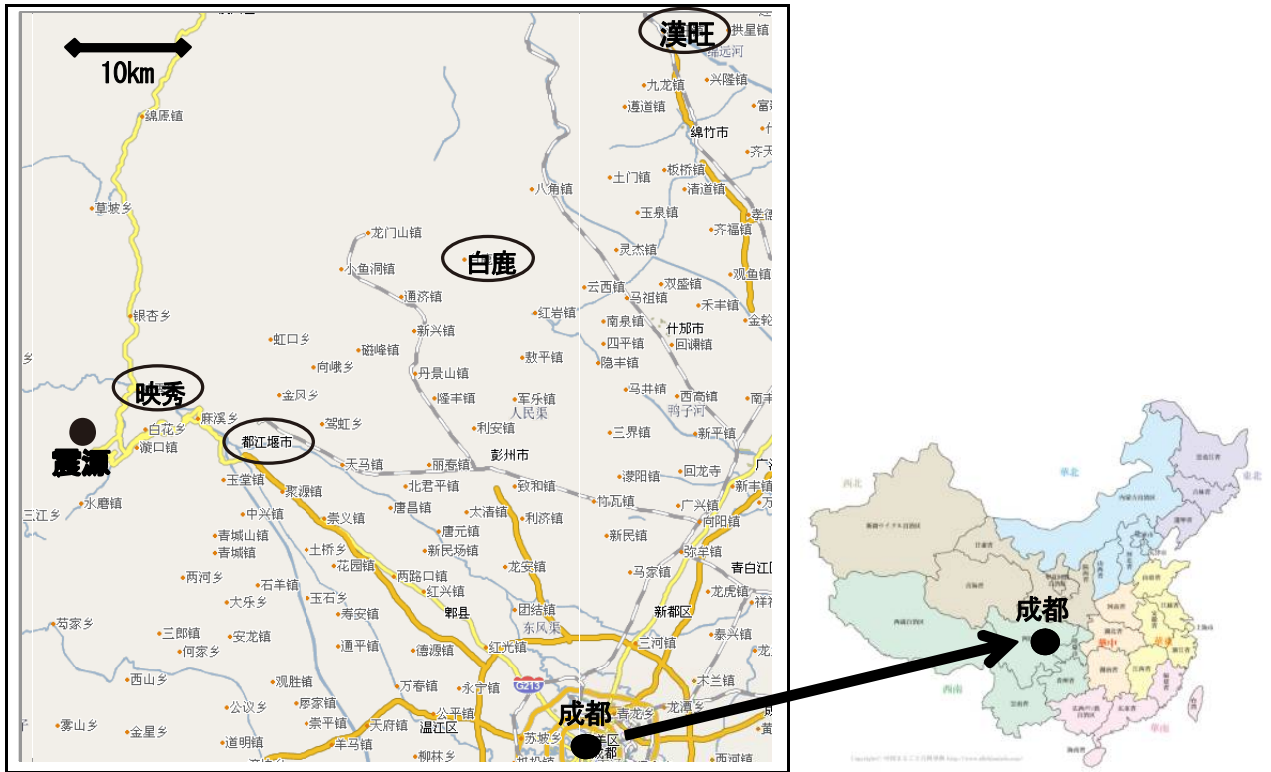


図1 現地調査地域

4 建築物の被害の特徴

4.1 四川地域で一般に見られる建築物の構造形式

四川地域の一般的な建築物の構造形式として、枠組み組積造が挙げられる。これは、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剛節架構で構成される構造形式）の中にレンガブロック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。そのほか、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フレーム構造とし、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。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。これらの構造に関して見られた特徴的な被害パターンを整理して以下に示す。なお、これらは限られた調査結果に基づく検討結果であることに留意されたい。



写真1 1階が完全に崩壊した5階建ての学生寮（映秀）



写真2 1階が大きく破壊された組積造（漢旺）



写真3 下階壁抜け部分で大きく損傷した1階の柱（都江堰）



写真4 2階に被害が集中した建築物（都江堰）

4.2 鉄筋コンクリート造および組積造建築物に見られた被害形式の分類

(1) 1階の破壊

写真1～2は、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）被害形式である。組積造建築物に特徴的に見られる被害形式であり、日本ではあまり見られない。一方、写真3は、鉄筋コンクリート造の下階壁抜け部分（いわゆるピロティ）で1階の柱が大きく損傷した例であり、同様な被害は日本のこれまでの地震被害でも比較的多く見られた。このような破壊を防止するためには、壁の量や柱・梁の断面を大きくして層の抵抗力を高める方法等が考えられる。それらの効果は実験等によって調べた後に、適切に設計に反映させることが肝要である。このような実験技術や設計への反映方法に関しては、日本の多くの経験を技術移転することが可能であろう。

(2) 2階の破壊

写真4は、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である。これは、1階が鉄筋コンクリートフレーム構造で2階以上が枠組み組積造であるが、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ために、相対的に桁行方向の2階の耐力が小さくなり、2階に被害が集中したものと考えられる。日本ではこのような構造形式が無いことから、これと同様な被害は見られないが、鉄骨鉄筋コンクリート造から鉄筋コンクリート造へ構造が切り替わる階に被害が集中した事例は、兵庫県南部地震等で見られている。

このような被害を防止するためには、1階と2階の応力伝達を実験等によって調べ、その結果を適切に設計へ反映させる必要がある。(1)と同様に、日本の経験を活かすことが出来る分野である。

(3) 短柱のせん断破壊

写真5は、長さが短い柱が斜めひび割れを伴って脆性的に壊れる被害形式（せん断破壊）で、1968年の十勝沖地震以降日本でも多く見られた破壊形式である。多くの柱にせん断破壊が生じると、落階が生じる危険性もある。

この破壊を防止するために、日本では耐震スリットを設ける方法やせん断補強筋を多く配して柱のせん断耐力を向上させる方法が一般的であり、また、耐震補強としては鋼板や炭素繊維シートによるせん断補強など様々な方法が開発されている。このような技術の移転は被害の軽減に有効であろう。



写真5 短柱のせん断破壊 (都江堰)



写真6 柱頭・柱脚の曲げ破壊 (映秀)

(4) 柱頭・柱脚の曲げ破壊や接合部分での破壊

写真6は、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がある。一般には、柱は梁よりも強く設計し、梁が変形して地震エネルギーを吸収する抵抗機構が推奨されているが、そのような strong column weak beam の考え方に基づく設計を徹底していく必要がある。日本でも、1995年の兵庫県南部地震において同様な被害例が見られたことから、設計方法の見直しが行われた。このような経験が、技術協力にも有効であると思われる。

(5) 階段の取り付く柱の破壊

写真7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「(4) 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「(3) 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考えられるが、階段は避難に不可欠であることから適切な対策が望まれる。日本では、階段に鉄筋コンクリート造の壁が取り付け、それに地震力を負担させることも良く行われているが、このような日本の設計方法を紹介することも被害の防止には有効であろう。

(6) 非構造壁の破壊・脱落

写真8は、組積造の壁のせん断破壊であるが、このような破壊は比較的小さな変形で生じやすい。しかしながら、この破壊が生じたとしても柱やはりなどの構造部材が健全であれば、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一般には許容されよう。ただし、地震以降の建築物の機能性が求められる場合には、非構造部材の損傷も適切に制御していく必要があるが、そのための設計方法については、日本でも研究途中の課題である。



写真7 階段が取り付く柱の破壊
(映秀)



写真8 組積造による非構造壁のせん断破壊
(都江堰)

5 復興状況について

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、現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25万人の都江堰市街地では、いたるところで4～6階建て程度の枠組組積造の集合住宅が大きな損傷を受けており、現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、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、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。

6 中国の建築物の耐震設計基準について

中国における建築物の耐震基準の変遷は、1978年に「工業および民用建築抗震設計規範」(TJ11-78)、1989年に「建築抗震設計規範」(GBJ11-89)、2001年に「建築抗震設計規範」(GB50011-2001)が制定されている。中国の耐震規定において設計用の入力考え方は12段階の烈度によって規定されており、各烈度に応じて設計用の入力加速度(設計用せん断力係数)が定められている。また、建物の用途に応じて耐震等級(甲乙丙丁)も定められている。中国政府は今回の地震を受け、2008年7月に耐震基準を見直している。その主な内容は、学校建築をはじめ多くの人が集まる建築物の設計用せん断力係数のグレードを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を引き上げたことである。なお、耐震規定の見直し作業が極めて迅速に行われた背景には、中国における耐震基準は、10年を目安に改定されるが、その改定時期が近かったということがあったようである。

7 まとめ

2008年11月4、5日に実施した現地調査の概要を示すとともに、現地調査で見られた被害の分類、調査時点における復興状況、中国の建築物の耐震設計基準について概説した。本調査により、建築物の被害パターンなどの地震被害の特徴を把握し、今後さらに続けられる復興支援に関する技術協力等に資する情報を収集することができた。

謝辞

本現地調査においては同済大学、成都市及び都江堰市の関係各位の多大なる協力の元に行われたものである。ここに御礼申し上げます。