

□熊本地震による建築物被害と今後の課題

国立研究開発法人 建築研究所 研究専門役 向 井 昭 義

1. 近年の震災の特徴

1) 平成7年兵庫県南部地震（阪神・淡路大震災）

平成7年1月17日に発生した兵庫県南部地震では、建築物の被害の大きさから「建築震災調査委員会」が設置された。その中間報告書では被害の特徴として以下の報告がなされている。

- ・昭和56年に改正された耐震基準（新耐震基準）以前の建築物に被害が大きい。
- ・構造種別と構造体被害状況の関係としては、鉄筋コンクリート造、鉄骨鉄筋コンクリート造では、1階層崩壊、中間階崩壊、一部の柱の座屈が見られ、鉄骨造では溶接部破断、ブレース破断、柱脚破断が見られた。

平成7年3月28日には以下の「応急的対応に対する提言」がなされた。

- ・古い建築物についての被害程度が大きいことにかんがみ、既存建築物の耐震診断、及びその結果耐震性が著しく劣ると判断された建築物の耐震補強を全国的な課題として推進するべきである。
- ・新しい建築物の被害状況からは、新耐震設計法はおおむね妥当と思われるが、今回の被害にかんがみ、建築物の特定の階や平面計画において弱点が生じないようにバランスを考慮し、かつ余裕のある設計を心がけると同時に、丁寧な施工及び綿密な検査を励行すべきである。

平成7年12月27日の最終報告では以下の提言がなされた。

「検討を急ぐべき措置」

- ・既存建築物の耐震改修の促進
- ・余裕のある設計、丁寧な施工、綿密な検査の徹底
- ・鉄骨造の溶接部の品質管理の徹底

「中長期的に検討すべき課題」

- ・略

これらの提言等を受けて以下の措置が講じられた。

- ・建築物の耐震改修の促進に関する法律等の施行
- ・鉄骨造建築物の脚部の破壊防止にかかる措置、鉄筋コンクリート造等建築物の特定階における崩壊防止にかかる措置（建築基準法告示改正）

2) 平成23年東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）

平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震における建築物等の被害に関しては、以下の調査報告にまとめられている。

- ・国土技術政策総合研究所資料第636号、建築研究資料第132号「平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震調査研究（速報）」平成23年5月
- ・国土技術政策総合研究所資料第674号、建築研究資料第136号「平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震調査報告」平成24年3月

被害を踏まえて講じられた措置（技術基準の作成等）として特に次の4点が挙げられる。

- a) 津波避難ビル等の構造上の要件に関する技術基準
- b) 特定天井の構造耐力上安全な構造方法
- c) 地震その他の震動によってエスカレーターが脱落するおそれがない構造方法
- d) 超高層建築物等における南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動対策

2. 平成28年（2016年）熊本地震における建築物等の被害

平成28年4月14日に熊本地方で、マグニチュード6.5、最大震度7の地震（前震）が、4月16日に同じく熊本地方で、マグニチュード7.3、最大震度7の地震（本震）が発生した。建築研究所は、国土交通省住宅局の派遣要請を受け、国土技術政策総合研究所と連携を図りつつ4月15日より被災地の建築物の被害状況の調査に入った。

9月30日現在、第1次調査隊から第14次調査隊まで国総研と合同で延べ44人の研究員を現地に派遣した。その他、合同の自主調査を実施している。

また、建築研究所ホームページに「熊本地震関係特設ページ」を開設し、9月30日現在10編の被害調査結果（速報）を公開している。

さらに、「熊本地震における建築物被害の原因分析を行う委員会」を設置し、5月26日、6月30日、

9月12日の3回開催した。この委員会資料も上記特設ページで公開されている。

そして、国土技術政策総合研究所資料 No.929 建築研究資料 No.173 「平成28年熊本地震建築物被害調査報告（速報）」を作成し、9月26日にホームページで公開している。

1) 被災建築物応急危険度判定（第1回被害調査検討委員会資料より）

熊本県内の18市町村において、延べ6,541人の対応人数で、54,381件（危険：15,189件、要注意：17,529件、調査済み：21,663件）について応急危険度判定を実施した。

2) 構造種類別の被害

公開済み速報のうち、木造、鉄骨造、鉄筋コンクリート造、免震、非構造部材及び基礎・地盤に関する被害を抜粋して紹介する。

a) 木造建築物の被害（第1次調査、第2次調査より）

第1次調査

- ・本震前（4/15調査）に確認できた被害は、益城町の限られた範囲で、地盤が軟弱と推測される地域や建築年代が古い木造家屋に集中していた。
- ・本震後（4/16調査）は、益城町のほぼ全域で大きな被害が発生していた。また、西原村や南阿蘇村などでも相当の被害が見られ、特に



(a) 複数の家屋倒壊



(b) 最近の建築と思われる住宅で被害が大きい例

写真1 木造建築物の被害（第1次調査速報より）

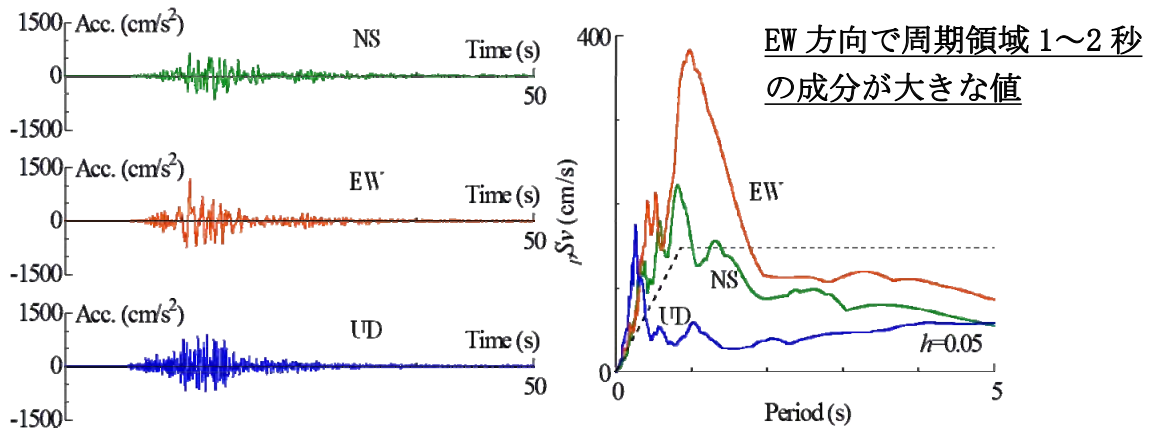


(a) 柱梁接合部の溶接部の破断



(b) 体育館鉄骨支承部のコンクリートの破壊

写真2 鉄骨造建築物の被害（第3次、第13次調査速報より）



KiK-net益城で観測された加速度時刻歴波形と擬似速度応答スペクトル
（4月16日1時25分発生の地震）

* 点線は建築基準法の第2種地盤の極稀地震（Z=0.9）に対応する応答スペクトル（参考）

図1 地震動の特徴（第1次調査速報より）

敷地地盤の変状を伴う地域では極めて多くの家屋が倒壊に至っていた。

- ・ 比較的最近の建築と思われる木造建築物において、同様の地震動を受けたにもかかわらず被害の大小の差が生じていた。

第2次調査

第2次の益城町、西原村、南阿蘇村による調査地域では、築年数が概ね40年超と推定される木造住宅や店舗併用住宅の倒壊が多数確認されたことに加え、2階建ての木造アパートや築年数が概ね20～40年と推測される軸組構法による

2階建て木造住宅の倒壊が多く確認された。

前震で著しい被害を受けていた建物が本震で被害を拡大し倒壊したものが多くあっただけでなく、前震で著しい被害までは受けていなかった建物が本震により被害を著しく拡大し、倒壊したのもあると考えられる。

b) 鉄骨造建築物の被害（第3次調査、第8次調査、第13次調査より）

第3次調査

熊本市内の立体駐車場に構造的な被害、溝形鋼ブレースの端部とブレース交差部のガセット

部分で座屈の被害や塔屋のブレースが破断、益城町では、角形鋼管柱とH形鋼梁のラーメン構造の建築物で、層崩壊等の大きな被害が見られた。

第8次調査

震度7を観測した益城町宮園観測点近傍の安永・宮園・木山・辻の城・寺迫地区における鉄骨造建築物の調査、総数は105棟である。倒壊又は大破した鉄骨造建築物の総数は16棟（倒壊1棟、大破15棟）で、その割合は15%である。

倒壊又は大破した鉄骨造建築物の特徴

- ・特徴 ① 建設年が1980年以前と推定されるもの又は古いタイプの部材を用いたもの
- ・特徴 ② 隣の倒壊した建築物による力の作用、宅地擁壁部分の壊等の当該建築物以外の周辺状況による何らかの影響があったと推定されるもの
- ・特徴 ③ 溶接部等で破断が生じていたもの

第13次調査

15棟の体育館の調査を行った。15棟のうち、新耐震は5棟、耐震改修済みが8棟、耐震診断の結果、補強不要と判断されたものが2棟であった。被害部位ごとの特徴は、以下のように

まとめられる。

- ・鉛直ブレースの被害：耐震改修により取り替えられた平鋼ブレースで、軸部の明瞭な降伏が観察されない状態で、ボルト孔欠損部での破断の被害が見られた。一方で、新耐震の建物の丸鋼ターンバックル付きブレースで、ブレースの大きなたわみ、変形、伸びが観察されたが接合部等で破断していなかった。
- ・屋根面水平ブレースの被害：ボルト等の破断の被害が数棟で観察されたが、これらの中には20か所以上でボルト破断が観察されたものもあった。これらのブレースは、耐震改修以前のブレースがそのまま残されていたものであった。
- ・屋根トラスの被害：鉄筋コンクリート造架構に立体トラスの屋根が接続された2棟の体育館で、立体トラスを構成する部材のたわみ、破断、座屈、落下等の被害が見られた。このようなトラス部材の落下は、2011年東北地方太平洋沖地震では見られなかったものである。
- ・屋根定着部の被害：鉄筋コンクリート造架構とトラスの屋根の接続部（定着部）で、コンクリートの側方破壊とコンクリート片の落下、



(a) 層崩壊した共同住宅



(b) 1階柱の損傷

写真3 鉄筋コンクリート造建築物の被害（第2次調査速報より）

ひび割れが見られた。これらの被害は、2011年東北地方太平洋沖地震でも見られたものである。

c) 鉄筋コンクリート造等建築物の被害 (第2次調査より)

第2次調査で熊本市内(中央区、東区、西区、南区)、宇土市、宇城市及び益城町の一部の鉄筋コンクリート造、鉄骨鉄筋コンクリート造建築物全24棟について調査を行った。

特徴的な被害を分類

- ・被害分類Ⅰ：振動が主たる原因と考えられる層崩壊または局部崩壊が見られるもの(7棟)
- ・被害分類Ⅱ：被害分類Ⅰ以外で、振動が主たる原因と考えられる構造部材の損傷が見られるもの(6棟)
- ・被害分類Ⅲ：被害分類Ⅰ及びⅡ以外で、振動が主たる原因と考えられる非構造部材の破壊が見られるもの(7棟)
- ・被害分類Ⅳ：地盤変状が主たる原因と考えられる被害が見られるもの(4

棟)

d) 免震建築物の被害 (第9次調査より)

- ・構造的な被害として、ダンパーの取付け基部と鉄筋コンクリート造の床スラブとの間で破壊を生じていたものがあった。
- ・別の構造的な被害として、外付け階段の損傷を生じていたものがあった。中間階免震の上部構造に対し外付け階段を張り出して立ち下げ、階段部分を個別に積層ゴム支承で支える形式としたもの。
- ・設計時に想定した変位を超える応答を生じた免震材料があった。
- ・エキスパンション部分及びクリアランス内において、柵やカバー等の変状が見られた。免震建築物の周囲には、免震効果を発揮するためにクリアランスを設ける必要があり、通行のためや立ち入り防止のためにカバー等が設置されることが多い。このカバー等は建築物の応答に合わせて可動するように設計されるが、実際には想定したとおりの挙動をせず損傷してしまったもの、損傷する前提で設計されているがその後の継続使用にあたって支障



(a) 鉛ダンパー取付け基部の被害
(床スラブの破損)



(b) 外付け階段の被害

写真4 免震建築物の被害(第9次調査速報より)

となる大きな損傷に至ったものなどがあつた。

e) 非構造部材の被害 (第3次調査より)

3棟の建築物の内部調査で吊り天井、内壁等の様々な内装材、中には外装材について、被害が出ているのを確認した。これらの被害によって被災箇所について使用禁止の措置をとっていた建築物があつた。

その他外観調査で乾式工法あるいは湿式工法による外装材、外壁タイル、大判ガラス、窓サッシ、吊り天井等において、過去の地震と同様の被害が生じており、こうした被害は比較的新しいと思われる建築物においても確認された。

f) 基礎・敷地地盤の被害 (第4次調査より)

益城町の通り目視調査

- ・宮園地区の県道28号の北側では、地形の関係上、盛土擁壁で宅地を造成している物件が多いが、県道28号に近づくにつれて、建物被害および盛土擁壁の被害が大きくなる傾向がある。
- ・安永地区、宮園地区共に、県道28号の南側では北側よりも建築物の被害が数多く見られる。
- ・県道28号の南側で見られた大破・倒壊の建築物において、地盤変状と基礎の損傷が共に認められる事例、及び地盤変状が認められるものの基礎の損傷が小さい事例が見られた。



(a) 吊り天井脱落



(b) 乾式工法による外壁材の脱落

写真5 非構造部材の被害 (第3次調査速報より)



(a) 地盤変状、基礎損傷が見られる



(b) 地盤の液状化により沈下、傾斜が見られる

写真6 基礎・敷地地盤の被害 (第4次調査速報より)

熊本市南区の液状化被害調査

- ・液状化被害は南区で広く見られるが、液状化による地盤沈下量には地域差が見られた。
- ・現時点で液状化による地盤沈下の大小の原因は不明。
- ・液状化により倒壊・崩壊に至った事例は確認されなかった。

3. 建築物の被災後の機能継続について

建築物の倒壊・崩壊の防止が必要なことはもちろんであるが、建築物の被災後の機能継続に関する観点からの調査も行われた。今後、継続して検討が行われるものとみられる。

参考として、第3回熊本地震における建築物被害の原因分析を行う委員会の報告書（案）概要より関連部分を抜粋して以下に示す。

「建築物の被災後の機能継続について

- ・倒壊・崩壊防止など構造上の安全性は適切に確保されたが、構造部材や非構造部材等の部分的

な損傷により、庁舎、体育館などの避難所、病院、共同住宅等で地震後に継続的に使用できなかった事例が確認された。例えば益城町によれば、避難所として指定されていた建築物のうち使用が検討された14棟中6棟が、発災当初は損傷等により使用できなかった。こうした状況を踏まえ、今回の熊本地震を含む最近の地震被害において建築物の機能が損なわれ、継続的に使用できなかった事例について、その原因を明らかにする必要がある。

- ・建築基準法令は、建築物の構造等に関する最低の基準を定めたものであり、構造部材や非構造部材等において全く損傷が生じないことや、被災後に継続して使用できることまでを要求しているものではない。一方で、災害時に機能を継続すべき庁舎や、防災・避難・救助等の拠点となることがあらかじめ想定されている施設等については、被害を少しでも軽減し、期待される機能が被災後に維持できるようにするための検討を行うことが必要である。」