

熊本地震による学校建築の被害、 推定される原因と今後の対策

壁谷澤 寿海
東京大学地震研究所

日本建築学会学術委員会文教施設小委員会
熊本地震学校建築被災度判定WG主査

1

はじめに

4月14日から16日にかけて九州地方を襲った2016年熊本地震では数多くの建物に地震動によって深刻な被害が生じた。日本建築学会学術委員会文教施設小委員会では文部科学省からの委託研究により熊本地震学校建築被災度判定WGを立ち上げ、約225棟(校舎94、体育館84、社会教育施設47)の被災度判定と災害調査を行っている。

2

調査研究の目的

2016年熊本地震により、学校施設等の文教施設に多数の被害が生じたことから、文教施設の構造的な被害状況等を詳細に調査し、被災施設の復旧方法の方針(新築復旧・補修復旧の判別等)を示し、原因を推定して今後の文教施設の耐震性能等について検討する。また、被災した学校施設における教育活動の早期再開及び施設の早期復旧を図る。

3

調査方法

自治体から依頼があった建物(約225棟)の被災度判定を実施し、必要な復旧方法を提案する。

依頼がなかった建物も含めて、被害の全容を統計的に把握するとともに、個別の被害事例を記録する。被害の特徴と原因を整理して、今後の対策を提案する。

4

地震動の特徴

2016年4月14日午後9時26分ごろ、熊本地方の深さ11kmを震源とするマグニチュード6.5の地震があり、益城町で震度7、熊本市で震度6弱の揺れを観測した。さらに16日午前1時25分ごろ熊本県で発生したマグニチュード7.3、深さ12km)の大地震では、熊本県の広い範囲で震度6強を、大分県でも震度6弱を観測した。

16日の地震規模が14日より大きかったが、14日の地震被害により「余震」を警戒して多くの住民が避難所に留まった。16日の地震では多くの住宅が倒壊したが、学校を含む避難所が多くの住民の命を救うことになったことはむしろ幸運ではあった。

5

被害概要、推定される原因と対策

鉄筋コンクリート構造の学校建築(主に校舎、一部鉄骨造、木造と混合構造による校舎や体育館も含む)の被害調査結果にもとづいて、被害の概要および推定される被害の原因および対策をまとめると、以下ようになる。なお、次項も含め以下の内容にはWG主査(壁谷澤寿海)による私見が含まれる。

6

被害概要①(倒壊大破)

①. (倒壊大破)倒壊, 大破等の被災により改築が必要になる被害, また, 中破小破の被害により立入り制限が必要になる建物がみられた。それらの多くは耐震補強が未了の建物で、公立学校ではごくわずかであり、私立学校でやや目立った。構造被害の多くは柱のせん断破壊および軸崩壊、あるいは基礎地盤に関連する被害である。渡り廊下で耐震性能が基準を満足するが、倒壊に近いレベルの被害があった。

7

被害原因①(倒壊大破)

①. (倒壊大破)とくに1971年以前の古い建物では、旧規準により、柱のせん断補強筋量が不足している。私学では耐震補強の進行が遅れていた。また、地盤の変状が上部構造の応答に直接影響したと推定される例がある。さらに、震源近傍では地震動が通常想定される地震動を大きく上回ったため、靱性が十分に耐力が必要なレベルを上回る場合でも応答が倒壊に近い過大な変形に至る場合があった。

8

対策①(倒壊大破)

①. (倒壊大破)柱または極短柱のせん断破壊に対しては、現行の規定による補強、配筋詳細、あるいはスリットが有効である。また、断層近傍などでは通常想定される地震動を上回る地震動が生じる場合があり、現行規定の必要保有水平耐力でも十分でないので、目標の耐力を高める設計などが有効になる。ただし、地震動の確率を考慮して、費用対効果を判断する必要がある。

9

被害概要②(損傷制御)

②. (損傷制御)1982年(新耐震)以降に建設された建物、あるいは、耐震診断で補強不要と判定された建物では、継続使用に支障をきたす中破あるいは小破程度の被害が少数見られた。主な構造被害は、短柱のせん断破壊、柱のせん断ひびわれ等である。なお、今後被害率を整理するが、県全体で数%であったと推定される。

10

被害原因②(損傷制御)

②. (損傷制御)現行の基準法や耐震診断・補強においては、損傷制御は中小地震に対する目標性能であり、大地震に対しては安全性の確保(倒壊防止)が目標になる。したがって、設計法の規定あるいは計算の上では、新築あるいは補強後の建物であっても、継続使用ができない程度の損傷が生じる可能性もある。

11

対策②(損傷制御)

②. (損傷制御)十分な柱断面積および壁量を確保して、強度型の耐震(補強)設計により大地震に対しても損傷制御を意識した設計とするのが望ましい。

12

被害概要③(混合構造)

③. (混合構造) 体育館または公民館など大スパンの構造など、S造、W造との混合構造において、屋根構造における梁端定着部などのコンクリート構造との接合部において、かぶりコンクリートの剥落、崩落、ひびわれが散見された。これらの被害は1982年以降に建設された建物でも同様にみられた。

13

被害原因③(混合構造)

③. (混合構造) 接合部に作用する応力計算法に問題がある可能性がある。さらに、定着部の耐力は、終局強度として評価可能であっても、かぶりコンクリートの剥落防止やひびわれ制御などに関しては構造規定が十分であるかどうかも検討の余地がある。これらの問題は、本質的には現状の耐震補強でも十分には対応してきていないと考えられるので、相対的に被害は目立つ結果になっている。

14

対策③(混合構造)

③. (混合構造) 当面鉄骨の屋根面の梁やブレースに十分な剛性を付与することによって、一体性のある挙動を確保する。シートや鋼板で柱面のコンクリート落下防止対策も有効である。

15

被害概要④(耐震補強)

④. (耐震補強) 耐震補強がされていた建物は大部分が軽微な被害レベルにとどまった。ただし、補強済であっても補強部分を除いて評価した被災度が中破程度になる被害があった。また、数は少ないが補強後あるいは診断で判定値を概ね満足する建物でもやや大きな被害を受けた例がみられた。

16

被害原因④(耐震補強)

④. (耐震補強) 熊本市の公立学校では耐震診断法とその後の耐震補強によって、耐震化率100%を達成していた。公立学校では大きな被害がほとんどなかったのは耐震補強の効果によるものであったと考えられる。一方、一部の私立学校では I_s 値あるいはコンクリート強度が低い建物で、未補強・未対策であったため、極めて大きな被害が生じたと考えられる。

17

対策④(耐震補強)

④. (耐震補強) 耐震要素(耐震壁、補強ブレース)の配置は剛床仮定の限界を意識して平面的にバランスのよい計画とする。

18

被害概要⑤(非構造部材)

⑤. (非構造部材)非構造壁や仕上げ材の損傷制御, 天井材など非構造部材の崩落防止は計算によって保証されていないので一部の建物(私学)で被害があった。ただし、熊本市の公立学校の体育館では原則天井の撤去による対策が実施されていたため、(地震発生時間の幸運もあるが)天井落下の被害および人的被害はみられなかった。

19

被害原因⑤(非構造部材)

⑤. (非構造部材)非構造壁や仕上げ材の損傷制御, 天井材など非構造部材の崩落防止は計算によって保証されていないので一部の建物(私学)で被害があった。ただし、熊本市の公立学校の体育館では原則天井の撤去による対策が実施されていたため、(地震発生時間の幸運もあるが)天井落下の被害および人的被害はみられなかった。

20

対策⑤(非構造部材)

⑤. (非構造部材)天井や非構造壁などの非構造部材の耐震点検を速やかに実施するとともに、崩落防止対策は被害の経験や現地詳細調査を踏まえて個別に判断し十分な対策を講じる必要がある。

21

被害概要⑥(基礎地盤)

⑥. (基礎地盤)杭, 地盤の変状, 液状化、地表面にあらわれた断層(地割れ)が原因であると推定される建物の基礎の沈下や傾斜がみられた。これらは新耐震以降の比較的新しい建物, 上部構造が耐震補強された建物にもみられた。

22

被害原因⑥(基礎地盤)

⑥. (基礎地盤)ほとんどの建物で杭や地盤は終局時の検討がされていないので、杭頭で脆性的な破壊が生じる場合がある。さらに、熊本地震では断層の影響が直上の地表面の地盤変状としてあらわれたため、地盤変状の直接的な影響で上部構造の不同沈下や傾斜が生じたと推定される。

23

対策⑥(基礎地盤)

⑥. (基礎地盤)新築の設計あるいは補強でも、地盤条件を十分に考慮する必要がある。上部構造も含めて余裕のある設計、液状化対策, 杭の2次設計などを基礎構造の設計を十分に行うのが望ましい。耐震補強でも基礎構造の補強も視野に入れるのが望ましい。ただし、地震動の発生確率を踏まえて、いずれも経済的な合理性を考慮する必要がある。

24