

4. 調査結果を踏まえた総括

本報告の第2章（地震及び地震動の特徴）及び第3章（被害状況・被害要因等の分析）の調査結果を踏まえ、「建築物の倒壊・崩壊等の防止」の観点を始め、「建築物の被災後の継続使用性」、さらに本委員会で十分な検討を加えられなかった「その他の課題」について、本委員会の検討結果の総括を示す。

各項目については、本委員会で直接の目的とする調査あるいは分析の結果に加えて、その対応として今後進めて行くべき検討の方向性についても、一例として下線を付して区別した上で示した。この下線部を参考として委員会設置者である国総研及び建研、また国土交通省においてより具体的な措置の検討がなされること、さらには、その他の関係機関や建物所有者、設計者、技術者、関係業界においても今後の活動に当たって参考にさせていただくことを期待したい。

なお、本章の内容は総括であり、第2章・第3章では各分野に個別の技術的課題も示されている。さらに、本報告に示されるほか、従来より調査研究や検討の対象となっている地震入力や建築物の耐震性能の評価・改善技術などに係る中長期的な対応を要する諸課題についても、熊本地震により得られた情報や知見も踏まえつつ、引き続き検討を推進してゆく必要がある。

4.1 建築物の倒壊・崩壊の防止について

木造及び鉄骨造で小規模の建築物を中心に、益城町及びその周辺の被害に基づき検討を行った。また、中規模～大規模な建築物についても、熊本市及びその周辺の被害を含めて検討することで、建築物の倒壊・崩壊等の被害とその要因の検討を行うための適切な情報が得られたと考えられる。

熊本地震による建築物被害が生じたのは、地震地域係数が0.9又は0.8の地域であったが、大きな被害を受けた木造の小規模な建築物については地震地域係数を用いないいわゆる壁量計算などによって設計されていることや、新耐震基準導入以降で倒壊・崩壊した鉄骨造は隣棟の倒壊や不十分な溶接が被害要因と見られることなど、今回の分析の範囲では、地域の被害状況に地震地域係数の影響は確認されなかった。なお、地震地域係数は、過去の地震記録により得られた各地域で予測される地震動の長期的な期待値を勘案して設定されており、そのあり方は中長期的に検討すべき課題であると考えられる。

また、益城町においては、震度7が2度観測され、熊本地域全体では震度6弱以上が7度観測された。このような状況に対し、建築基準法令の構造計算が、これまでの地震被害において余震を含めた複数回の地震動の作用を経験しているという実態を踏まえつつ、極めて稀に生ずるものとして規定された一の地震動又は地震力を用いて構造安全性の検証を行っていることから、現行基準の有効性の検討に関する被害要因分析に当たっては、一連の地震の結果として、調査時点での被害を対象として分析を行うことを基本とした。

4.1.1 木造

○ 旧耐震基準（新耐震基準導入以前のものをいう。以下同じ。）の木造建築物については、過去の震災と同様に新耐震基準導入以降の木造建築物と比較して顕著に高い倒壊率であった。必要

壁量が強化された新耐震基準は、旧耐震基準と比較して、今回の地震に対する倒壊・崩壊の防止に有効であったと認められ、旧耐震基準の木造建築物については、耐震化の一層の促進を図ることが必要である。

- 5 ○ 新耐震基準導入以降の木造建築物では、接合部の仕様等が明確化された 2000 年以降の倒壊率が低く、接合部の仕様等が現行規定どおりのものは、今回の地震に対する倒壊・崩壊の防止に有効であったと認められる。このため、2000 年に明確化された仕様等に適合しないものがあることに留意し、被害の抑制に向けた取り組みが必要である。
- 10 ○ 大きな被害のあった益城町中心部においても、住宅性能表示制度に基づく耐震等級（構造躯体の倒壊等防止）が 3 のものには大きな損傷が見られず、大部分が無被害であった。このため、木造住宅に関して消費者に向けてより高い耐震性能を確保するための選択肢を示す際には、住宅性能表示制度の活用が有効と考えられる。

4.1.2 鉄骨造・鉄筋コンクリート造等

- 15 ○ 旧耐震基準の鉄骨造建築物及び鉄筋コンクリート造等建築物については、過去の震災と同様に倒壊や大破の被害が見られた。一方、耐震診断及びそれに基づき耐震改修された鉄骨造建築物及び鉄筋コンクリート造等建築物には、倒壊・崩壊の被害は見られなかった。このため、旧耐震基準の鉄骨造建築物や鉄筋コンクリート造等建築物については、耐震化の一層の促進を図ることが必要である。
- 20 ○ 新耐震基準は、今回の地震に対する鉄骨造建築物や鉄筋コンクリート造等建築物の倒壊・崩壊の防止に有効であったと認められる。しかし、柱はり接合部における不十分な溶接方法等により倒壊又は大破した鉄骨造建築物や、下階壁抜け柱が多く存在するピロティ構造でピロティ層が大破した鉄筋コンクリート造建築物が複数確認された。これらに関しては、1995 年兵庫県南部地震後に一連の運用基準が整備されているところである。このため、新耐震基準の建築物については、こうした被害事例やそれに対応した運用基準の周知など、被害の抑制に向けた取り組みが必要である。
- 25 ○ その他、鉄骨造による屋根において、これまでの震災でも見られた屋根支承部の被害などが確認された。これらについては、被害事例や対策方法の周知が必要である。

4.1.3 免震建築物

- 30 ○ 免震建築物は、概ね期待された性能を発揮した。しかし一部に、ダンパーの基部となる鉄筋コンクリート造部材の破壊など、地震時に作用する力が伝達できず、期待する性能が発揮されなくなるおそれのある破壊が見られた。これらについては、被害事例や対策方法の周知が必要である。

4.1.4 非構造部材

- 35 ○ 非構造部材の被害のうち特定天井に該当するものの脱落被害は、全て特定天井の基準を満たさないもので見られた。学校体育館等で落下防止対策として天井の撤去が進められている一方で、多目的ホールなど、用途・機能上必要な天井を設けざるを得ない施設もあり、特定天井について引き続き脱落被害の防止に向けた取り組みが必要である。
- 40 ○ その他、これまでの地震でも見られているようなガラス開口部、外壁パネル、防煙垂れ壁等の

非構造部材等の落下が見られた。これらについては、引き続き、設計・施工上の留意事項について周知することが必要である。

5 4.2 建築物の被災後の機能継続等について

- 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。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
10 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、今回の熊本地震のような大地震に際し構造部材や非構造部材等において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。したがって、災害時に機能を継続すべき
15 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。
- 共同住宅、事務所等その他の建築物についても、構造部材や非構造部材等の損傷による地震後の継続使用への影響を軽減する観点から、建築主や設計者が余裕のある設計を求める際に活用
20 できる情報の提供等の対応を行うことが望まれる。

4.3 その他の課題

4.3.1 要因分析に至らなかったものの対応

- 益城町内において震源や地震動の特性に起因して局所的に大きな地震動入力があった可能性
25 を評価するための地盤調査等による情報の把握やそれに基づく地震動の検討をはじめ、本報告の第3章（被害状況・被害要因等の分析）において被害や現象が報告されているものの、必要な情報が十分に得られていない等により要因分析に至っていないとされているものについては、引き続き情報収集や詳細な検討が必要である。

30 4.3.2 今後の調査研究の進捗に応じた対応

- 本委員会の調査時点では情報が得られていない項目について、今後、新たな被害や被害原因の報告があった場合には、必要に応じ被害調査や原因分析を行って適切な措置を講ずることを期待する。

謝辞

本報告書の作成にあたっては、多くの建築物所有者、管理者及び居住者の方々や関係機関各位から、調査への協力や情報提供などのご協力を頂きました。ここに記して、深甚なる感謝の意を表します。

位置表示や図の作成などにおいては、地理院地図、Google Map、GMT などの各プログラムを利用させて頂きました。

政府機関、地方公共団体、関係団体等による各種公表資料及び調査データの他、国立研究開発法人防災科学技術研究所が運用している K-NET、KiK-net 及び気象庁、公益財団法人鉄道総合技術研究所による強震観測データ、気象庁により公表された自治体（新潟県、佐賀県、熊本県、大分県、宮崎県）の震度計データ、並びに自治体よりご提供頂いた震度計データを活用させて頂きました。