

第7章 おわりに

熊本地震は、震度 7 を 2 度経験する初めての震災であり、全壊・半壊・一部損壊した住家は約 17 万棟にのぼった。余震も多く発生したことから、多くの被災者が避難せざるを得なかった。我々の被害調査においても、4 月 15 日に派遣した調査班が、宿泊していた南阿蘇村で 4 月 16 日の本震に遭い、宿泊施設が損傷したため夜中に車への避難を余儀なくされた。これにより、被害調査における安全の確保や派遣者との連絡のやり取りについて再考され、その後の被害調査に反映されることとなった。

本報告書は、このような現地派遣による被害調査の結果を速報として取りまとめたものである。以下、各章ごとの内容をまとめる。

第 1 章では、「はじめに」として、地震発生の後、国総研と建研が連携して被害状況とその要因分析を行う検討体制として「熊本地震建築物災害対策会議」を立ち上げ、国土交通省住宅局からの要請に基づく現地派遣やその調査結果の Web 公開などを行ってきたことなどを記載した。

第 2 章では、「調査研究の概要」として、具体的に実施した調査研究についてその概要をまとめるとともに、調査結果や原因分析の取りまとめにあたり外部有識者の意見を反映するために「熊本地震における建築物被害の原因分析を行う委員会」を合同で設置したことなどを記載した。

第 3 章では、「被害一般」として、主として本報告書の取りまとめを行った時点における公式発表資料に基づき、熊本地震の概況、災害関連法の適用状況、人的・物的被害の状況、応急仮設住宅などの確保状況ほかをまとめた。

第 4 章では、「地震及び地震動」として、地震諸元や震度分布、被災地域の地形および地質、観測された地震動特性、建築研究所強震観測ネットワークの記録などの研究成果をまとめた。

第 5 章では、「地震動による建築物等の被害」として、建築物の地震被害調査の方針と一般社団法人日本建築学会が実施した益城町中心部における悉皆調査および国土交通省が行ったそれらの年代調査の結果について記載した。さらに、木造、鉄骨造、鉄筋コンクリート造等、基礎・地盤、免震、非構造部材・建築設備のそれぞれの被害調査の結果をまとめた。まだ速報段階ではあるが、以下のように要約される。

- 1) 日本建築学会により実施された益城町の一部地域にて建築物の被害状況を把握している悉皆調査の情報と、建築確認台帳や航空写真等の情報を用い、構造別・建築時期別の建築物被害状況の整理を行った。県道 28 号の南側のエリアでは、倒壊・崩壊した建築物が段丘面に存在し、倒壊率 0%のエリアが氾濫平野・旧河道とよく一致する傾向があり、倒壊した建築物の位置は 20 世紀初頭から続く住宅地のエリアとよく一致する傾向にあった。倒壊・崩壊の棟数が最も多かった木造では、新耐震基準導入以前の建築物の倒壊・崩壊は 27.9%、新耐震基準導入以降、平成 12 年改正以前のものの倒壊・崩壊は 8.7%、平成 12 年改正以降のものの倒壊・崩壊は 2.2%であった。
- 2) 木造建築物の被害状況を把握するために益城町、西原村、南阿蘇村で現地調査を行った。また、特に益城町中心部において新耐震基準導入以降の建築確認で倒壊・崩壊した木造住宅について構造的特徴を把握し、被害要因の分析を行った。その結果、新耐震基準導入以降の木造住宅で倒壊・崩壊が確認された 107 棟のうち、接合部の状況等が確認できた木造住宅の全てについて接合部の仕様が不十分と考えられる等の何らかの被害要因が見られた。平成 12 年基準の木造住

宅では7棟の倒壊が確認され、そのうち4棟については不十分な接合部の仕様、地盤変状の影響等の被害要因が見られた。残りの3棟について、構造計算や応答解析により分析を行った結果、2棟については建築物の重量、荷重変形関係と、地震動の特性により被害に差が生じた可能性が考えられ、1棟は敷地を含む限られた範囲での地震入力の影響との差異など、建築物本体ではない部分の被害要因の影響が考えられる。

- 3) 鉄骨造建築物の被害状況や倒壊、大破した建築物の被害要因を把握するため、益城町を対象にして96棟の鉄骨造建築物の被害調査を行った。調査の結果、倒壊又は大破した建築物の総数は16棟（倒壊1棟、大破15棟）であった。これらの16棟の建築物では、次の3つのいずれかまたは複数の被害要因が見られることがわかった。1) 新耐震基準導入以前またはそれに準ずる古いタイプの柱部材の使用、2) 隣接建物や周囲擁壁の倒壊等の外的な要因、3) 溶接部等での破断。また、工場や倉庫などの鉄骨造大空間構造を代表するものとして、学校体育館の被害調査を行った。被害が大きかった熊本市等の体育館15棟（新耐震基準導入以降5棟、耐震改修済み8棟、耐震診断結果が改修不要2棟）について調査を行った結果、鉛直ブレース（ボルト孔欠損部の破断）、屋根トラス（部材の落下）、屋根支承部（コンクリートの側方破壊）、屋根面水平ブレース（接合部ボルトの破断等）、等で被害が観察され、それらの被害要因などについて検討した。
- 4) 鉄筋コンクリート造等建築物では、地震後に実施した被災調査結果を用いて、建築物の設計年に着目して被害の特徴を纏めた。その結果、倒壊・崩壊は計10棟確認されたが、それらは全て新耐震基準導入以前の建築であった。従って、現行基準を満たすもので倒壊・崩壊に至った建築物は確認されていない。また新耐震基準導入以降に設計された建物のうち、ピロティ柱が大きく損傷し大破と判定された建築物が少なくとも4棟確認された。これらは、想定する崩壊形の保証設計やスリット付き壁のモデル化等に原因があったと考えられ、今後より詳細な検討を実施する予定である。また構造部材の損傷が顕著でなくとも、非構造部材の被害が大きく、地震後の建物の継続使用性に影響を及ぼしている事例も確認されていることから、それらについても今後詳細な検討を行う予定である。
- 5) 基礎・地盤では、建築物の被害要因になりうる基礎の損傷及び敷地地盤の変状の状況を確認するために、1) 建築物の被害が特に大きいとされた益城町の通り目視調査（南北方向）、2) 別途の情報で液状化被害が見られているとされた熊本市南区の現地踏査、の2つの調査結果を報告した。益城町の通り目視調査地域における被害事例について、①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、28号に近づくにつれて、建築物被害及び盛土擁壁の被害が大きくなる傾向があること、②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こと、③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ことを示した。現時点で断定することはできないが、構造力学的な観点から地盤変状が建物被害に及ぼすメカニズムを考えると、この地域の建築物被害に対して、地盤変状よりも振動が大破等の甚大な建築物被害の主要因であった可能性が高いと考えられる。熊本市南区の液状化被害調査については、④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こと、⑤現時点で液状化による地盤沈下量の大小の原因は不明であること、⑥液状化により倒壊・崩壊に至った事例は見当たらなかったこと、を示した。
- 6) 免震建築物では、現地調査を行い、ダンパー取付け基部や外付け階段など構造耐力上主要な部

分の被害や免震材料の変状、エキスパンションジョイント等の変状の状況を把握し、それらの特徴と被害要因をまとめた。また、それぞれの免震建築物の近傍で観測された本震時の地震（加速度）記録を用いて解析を行い、構造計算図書との比較を行った。さらに、4件の免震建築物について居住者を対象に地震時の免震挙動に関するアンケート調査を行い、結果を整理した。これらをまとめると、今回の地震では、多くの免震建築物に「大地震」に相当する地震が作用したが、調査の範囲ではすべての免震建築物で居住者・使用者が期待する免震性能をおおむね発揮したと考えられる。

- 7) 非構造部材・建築設備では、現地で内部調査と外観調査を行った。内部調査は、学校等体育館15件、音楽等用ホールを有する施設5件、運動施設2件、病院2件、行政庁舎、学校校舎、展示用ホールを有する施設、美術館、空港旅客ターミナル、共同住宅が各1件について実施した。非構造部材については、吊り天井、ガラス開口部、内装、外装、防火戸等について被害を確認している。東日本大震災後に技術基準が制定された吊り天井では、基準の対象となる特定天井で被害をうけたものはいずれも技術基準制定以前のものであった。その他の被害の多くは以前から地震被害が確認されている種類の被害であった。建築設備については、電気設備、給排水・衛生設備、昇降機設備、防災設備について被害を確認しており、新耐震基準導入以前の建築物だけでなく、導入以降の建築物で確認された被害もあったが、これら被害の多くは、以前から地震被害が確認されている種類の被害であった。

第6章では、「火災による建物被害」として、火災の発生状況を把握するために実施した、消防本部へのヒアリング調査ならびに現地調査の結果をまとめると同時に、本地震で発生した火災の特徴を、出火確率や火災の内訳といった観点から整理した。火災件数は16件と、1995年兵庫県南部地震の293件、2011年東北地方太平洋沖地震の330件に比べて少ないが、出火確率の観点からは大きな違いは見られなかった。この原因は、2016年熊本地震において、強い揺れを記録した地域内の世帯数が少なかったためと考えられる。

本報告書に記載した被害調査は、述べ約120人日を費やし、かつ、可能な限り慎重に実施したが、被害が甚大であることを考慮すると、必ずしも地震被害の全体像やその被害原因を十分に把握できたとは言えない。今後、さらに調査検討を進める所存である。

冒頭で、国総研と建研は「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、外部有識者の意見も反映するように努めてきたと記載した。この委員会は、建築構造の専門家、建築設計や建築審査の実務者を委員とし、幅広く収集・整理した建築物被害調査の情報を基に専門的、実務的知見を活かして、建築物被害の原因分析を行うことを目的としている。同委員会は、国総研に設置されている「建築構造基準委員会」と建研に新たに設置された「建築研究所熊本地震建築物被害調査検討委員会」の合同開催の形式で、5月26日、6月30日、9月12日の3回開催され、取りまとめがなされているが、その根幹には本報告書の内容が活用されている。なお、国土交通省は、同委員会における分析のとりまとめを踏まえて、建築基準のあり方を含め、建築物における耐震性の確保・向上方策について検討を行うこととしている。

国総研および建研は、国土交通省の検討を技術的に支援するとともに、引き続き、関連する調査研究活動に積極的に取り組んでいく所存である。

最後に、本地震で亡くなられた方とそご遺族に対し、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を申し上げます。

なお、現地調査に当たって、被災地の困難な状況にも拘わらず調査にご協力戴いた方々、資料を提供して戴いた方々に、ここで厚く御礼申し上げます。