

国土交通省・国土技術政策総合研究所（以下「国総研」という。）と国立研究開発法人建築研究所（以下「建研」という。）が合同で設置した「熊本地震における建築物被害の原因分析を行う委員会」（以下「本委員会」という。）が9月12日に開催され、報告書案が大筋で了承された。本委員会は、国総研、建研、一般社団法人日本建築学会（以下「建築学会」という。）等が実施した熊本地震における建築物被害調査内容を幅広く収集・整理するとともに、建築物被害の原因分析を行うことを目的として、5月26日に第1回が開催され、今回が第3回の開催となる。同委員会が出た意見を盛り込み、9月末までに報告書がまとめられる予定という。国土交通省は、これを踏まえて、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することとしている。本稿では、熊本地震で最も被害の大きかった木造建築物の耐震化について、報告書案の概要を紹介するとともに、主な論点等を整理してみたい。

### 1. 熊本地震の概要と特徴

本年4月14日午後9時26分頃、熊本県熊本地方を大きな地震が襲った。マグニチュード6.5、同県益城町で震度7を記録した。震源の深さは11km、日奈久（ひなぐ）断層帯のズレにより発生した内陸直下型地震という。以後余震が頻発していたが、16日午前1時25分頃、同地方を再び激しい地震が襲った。今度はマグニチュード7.3、同県益城町と西原村で震度7を記録し、これが本震、14日の地震が前震と訂正された。震源の深さは12km、日奈久断層帯の北を走る布田川（ふたがわ）断層帯のズレによるものであった。この断層帯を北東方向に伸ばした阿蘇地方や大分県でも地震が続発した。100kmを超える広い範囲でマグニチュード5～7クラスの地震が同時に起こるのは例がないと言われたが、大分県から熊本県にかけては、九州地方を東西に横断する「別府―島原地溝帯」が走り、このような多数の断層が集中する地域では地震の群発が起りやすいという。気象庁は、この一連の地震活動を「平成28年熊本地震」と命名した。熊本地震による被害は、死者87人、全壊・焼失建物8066棟、経済被害2.4～4.6兆円とされ、8000棟を超える建物の全壊被害は、東日本大震災（12万1809棟）、阪神・淡路大震災（10万4906棟）に次ぐものであった。

本委員会の報告書案は、地震及び地震動の特徴を、次のようにまとめている。

- ① 内陸の活断層の活動によること、震源の近くでは強い揺れに何度も襲われた地区があること、地表に地新断層が出現したこと、誘発された地震を含めた余震が九州をほぼ横断する長さを持つこと。
- ② 震度7が観測された益城町及び西原村で得られた地震動は、前震については阪神・淡路大震災のJR鷹取等の過去地震と同程度かそれ以下であったが、本震については過去地震を超える記録が観測されている。

報告書案が言うとおり、熊本地震の最も大きな特徴は、数日の間隔で震度7に達する地震が2回連続して発生し、しかも後の地震の方が阪神・淡路大震災を上回る激しいものであったということであろう。気象庁は、当初、14日の地震を本震とし、震度6程度の余震への警戒を呼び掛けていた。政府の地震調査委員会が1998年に過去の内陸直下型地震153例を分析してまとめた「余震確率評価手法」に基づき、マグニチュード6.4以上の地震を本震とみなし、余震確率を算出して発表していたものである。しかし、熊本地震を受けて地震調査委員会が過去の内陸型地震を再調査したところ、約6%で最初の地震を上回る規模の地震が発生していたことが判明

した。気象庁は、その報告を受け、今後は余震確率の公表方法を改めることとしたという。

## 2. 被害状況・被害要因等の分析

### (1) 調査方針

本委員会は、以下の調査方針で、被害調査と要因分析を行っている。

- ① 極めて大きな地震動が作用し、多数かつ甚大な建築物被害が生じた益城町及びその周辺地域に着目して検討を進める。
- ② 規模の大きな鉄骨造や鉄筋コンクリート造・鉄骨鉄筋コンクリート造の建築物については、上記地域にはそれほど多くないため、震度6程度の地震動を受けた熊本市内などの調査結果も対象とする。
- ③ 余震を含めた一連の地震動全体を1回のイベントと捉え、その結果としての被害状況について分析等を行う。

### (2) 益城町中心部における悉皆調査

建築学会によって益城町中心部（安永、宮園、木山及び辻の城）において悉皆調査が実施され、国総研・建研の詳細調査等による精査を踏まえ、2340棟について集計・分析が行われている。その内訳は、木造1955棟、鉄骨造276棟、鉄筋コンクリート造52棟などである（表1参照）。

### (3) 木造建築物の被害の特徴と要因

益城町中心部における悉皆調査によれば、1981年5月までの旧耐震基準の木造住宅の被害率が顕著に大きい（倒壊・崩壊率27.9%）。1981年6月の新耐震基準導入以降では、2000年6月の接合部等の基準の明確化（2000年基準）以降の木造住宅の被害率（同2.2%）が、それ以前（昭和56年基準）の被害率（同8.7%）と比較して小さい（図1参照）。

2000年6月以降の木造住宅は、7棟倒壊しているが、うち3棟については接合部仕様の不十分、1棟については敷地の崩壊・基礎の傾斜等が確認された。しかし、残り3棟については明確な被害要因が確認できず、「震源や地盤の特性に起因して局所的に大きな地震動が作用した可能性が考えられる」としている。

また、益城町中心部における国総研・建研調査（悉皆調査エリア外を含む）によれば、倒壊・崩壊し、接合部の状況等が確認できた昭和56年基準の木造住宅全てについて、2000年基準の接合部仕様を満たしていないことが確認された。また、被害を大きくしたその他の要因として、地盤変状、隣棟の衝突、蟻害等がみられた。

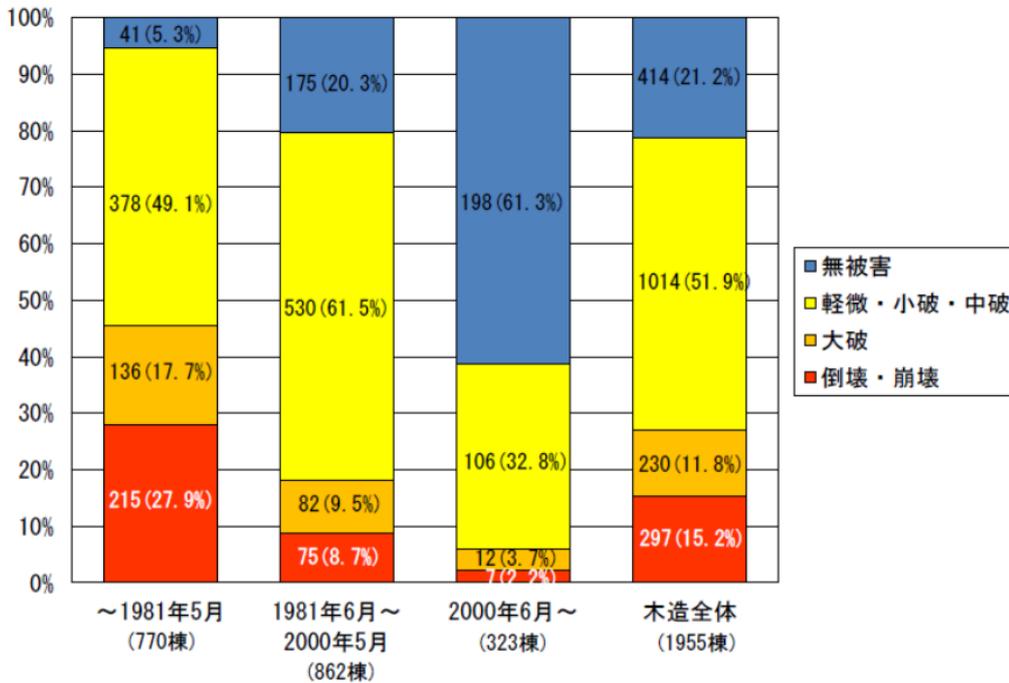
悉皆調査エリア内に住宅性能表示制度を活用した木造住宅が19棟あったが、うち耐震等級3の16棟は、14棟無被害、2棟軽微・小破、耐震等級2の2棟は、1棟無被害、1棟軽微、耐震等級1の1棟は、軽微の被害であった。

前震で倒壊・崩壊した木造住宅は、悉皆調査エリア内で35棟確認された。その内訳は、旧耐震基準が30棟、昭和56年基準が5棟であり、2000年基準はなかった。昭和56年基準の5棟については、不十分な接合部の仕様、隣接建物の倒壊等が確認された。

(表1) 構造別・建築時期別の建築物被害状況 (益城町中心部)

構造	建築物の被害レベル	建築時期			総計
		～1981年5月	1981年6月～ 2000年5月	2000年6月～	
木造	無被害	41 ( 5.3%)	175 ( 20.3%)	198 ( 61.3%)	414 ( 21.2%)
	軽微・小破・中破	378 ( 49.1%)	530 ( 61.5%)	106 ( 32.8%)	1014 ( 51.9%)
	大破	136 ( 17.7%)	82 ( 9.5%)	12 ( 3.7%)	230 ( 11.8%)
	倒壊・崩壊	215 ( 27.9%)	75 ( 8.7%)	7 ( 2.2%)	297 ( 15.2%)
	小計	770 ( 100.0%)	862 ( 100.0%)	323 ( 100.0%)	1955 ( 100.0%)
S造	無被害	27 ( 47.4%)	82 ( 53.6%)	49 ( 74.2%)	158 ( 57.2%)
	軽微・小破・中破	21 ( 36.8%)	56 ( 36.6%)	14 ( 21.2%)	91 ( 33.0%)
	大破	5 ( 8.8%)	10 ( 6.5%)	2 ( 3.0%)	17 ( 6.2%)
	倒壊・崩壊	4 ( 7.0%)	5 ( 3.3%)	1 ( 1.5%)	10 ( 3.6%)
	小計	57 ( 100.0%)	153 ( 100.0%)	66 ( 100.0%)	276 ( 100.0%)
RC造	無被害	5 ( 33.3%)	33 ( 89.2%)	0 ( - )	38 ( 73.1%)
	軽微・小破・中破	8 ( 53.3%)	4 ( 10.8%)	0 ( - )	12 ( 23.1%)
	大破	0 ( 0.0%)	0 ( 0.0%)	0 ( - )	0 ( 0.0%)
	倒壊・崩壊	2 ( 13.3%)	0 ( 0.0%)	0 ( - )	2 ( 3.8%)
	小計	15 ( 100.0%)	37 ( 100.0%)	0 ( - )	52 ( 100.0%)
混構造	無被害	3 ( 20.0%)	3 ( 18.8%)	0 ( 0.0%)	6 ( 18.8%)
	軽微・小破・中破	9 ( 60.0%)	10 ( 62.5%)	1 ( 100.0%)	20 ( 62.5%)
	大破	3 ( 20.0%)	2 ( 12.5%)	0 ( 0.0%)	5 ( 15.6%)
	倒壊・崩壊	0 ( 0.0%)	1 ( 6.3%)	0 ( 0.0%)	1 ( 3.1%)
	小計	15 ( 100.0%)	16 ( 100.0%)	1 ( 100.0%)	32 ( 100.0%)
その他	無被害	0 ( 0.0%)	4 ( 57.1%)	10 ( 90.9%)	14 ( 66.7%)
	軽微・小破・中破	2 ( 66.7%)	2 ( 28.6%)	1 ( 9.1%)	5 ( 23.8%)
	大破	1 ( 33.3%)	1 ( 14.3%)	0 ( 0.0%)	2 ( 9.5%)
	倒壊・崩壊	0 ( 0.0%)	0 ( 0.0%)	0 ( 0.0%)	0 ( 0.0%)
	小計	3 ( 100.0%)	7 ( 100.0%)	11 ( 100.0%)	21 ( 100.0%)
不明	無被害	0 ( 0.0%)	1 ( 33.3%)	0 ( - )	1 ( 25.0%)
	軽微・小破・中破	1 ( 100.0%)	1 ( 33.3%)	0 ( - )	2 ( 50.0%)
	大破	0 ( 0.0%)	1 ( 33.3%)	0 ( - )	1 ( 25.0%)
	倒壊・崩壊	0 ( 0.0%)	0 ( 0.0%)	0 ( - )	0 ( 0.0%)
	小計	1 ( 100.0%)	3 ( 100.0%)	0 ( - )	4 ( 100.0%)
全体	無被害	76 ( 8.8%)	298 ( 27.6%)	257 ( 64.1%)	631 ( 27.0%)
	軽微・小破・中破	419 ( 48.7%)	603 ( 55.9%)	122 ( 30.4%)	1144 ( 48.9%)
	大破	145 ( 16.8%)	96 ( 8.9%)	14 ( 3.5%)	255 ( 10.9%)
	倒壊・崩壊	221 ( 25.7%)	81 ( 7.5%)	8 ( 2.0%)	310 ( 13.2%)
	小計	861 ( 100.0%)	1078 ( 100.0%)	401 ( 100.0%)	2340 ( 100.0%)

(図1) 木造建築物の建築時期別被害状況 (益城町中心部)



### 3. 調査結果を踏まえた総括

本委員会の報告書案は、「調査結果を踏まえた総括」として、本委員会が直接の目的とする「調査・分析の結果」に加えて、その対応としての「今後進めていくべき検討の方向性」も示している。そして、「これを参考として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」等を期待したいとしている。うち木造建築物に関するものは、以下のとおりである。

- ① 旧耐震基準の木造建築物については、新耐震基準導入以降と比較して顕著に高い倒壊率であった。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る。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。
- ② 新耐震基準導入以降の木造建築物では、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。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組が必要である。
- ③ 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3のものについては大きな損傷がみられず、大部分が無被害であった。消費者により高い耐震性能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. 論点等の整理

以上が木造建築物に関する報告書案の概要である。今後確定した報告書がまとめられ、国土交通省における耐震性の確保・向上方策の検討が進められることとなるが、ここで、新聞や専門誌などで報じられている有識者の意見等も含め、主な論点等を整理してみたい。

#### (1) 現行耐震基準の評価

熊本地震では、2000年基準で建てられていた木造住宅も7棟倒壊し、うち3棟については接合部仕様の不

十分等が確認されている。報告書案は、その倒壊率が低いことから、「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」とし、被害要因が確認されていない3棟については、「総括」のその他の課題で、「引き続き情報収集や詳細な検討が必要である」としている。この点に関し、現行の耐震基準では考慮されていない、壁量計算の根拠となる建物荷重の検証、耐力壁の上下階のつながり（直下率）のよし悪しと倒壊の関係の解析、軟弱地盤の鋼管杭による補強の有効性の解析等の必要性を指摘する意見もある。大破・中破した建築物を含め、このような原因要素について積極的に検討していくこともあり得るのではないかとと思われる。

## (2) 耐震診断・耐震改修の促進

熊本地震においても、報告書案にあるとおり、旧耐震基準の木造建築物は、新耐震基準と比較して顕著に倒壊率が高く、その耐震化を促進することが何よりも必要である。一方、新耐震基準の木造建築物についても、2000年5月までの建築物については、倒壊・崩壊し、接合部の状況等が確認された住宅の全てについて2000年基準を満たしていないことが確認され、これが倒壊・崩壊の大きな原因と考えられている。また、日本木造住宅耐震補強事業者協同組合が8月31日に発表した調査結果によると、耐震診断の結果として、1981年～2000年の新耐震の木造住宅の8割超が大地震の際に倒壊するおそれがあるという。今後は、2000年5月以前の耐震基準の建築物についても、体系的に耐震診断・耐震改修が進められるよう措置していくことが肝要と思われる。

## (3) 大規模地震の連続発生・再度発生への対応

報告書案では、「余震を含めた一連の地震動全体を1回のイベントと捉え、その結果としての被害状況について分析等を行う」との調査方針の下、前震と本震の比較検討は必ずしも行われていない。しかし、現行の耐震基準は、大規模地震の発生により、建物の倒壊・崩壊は防止するが、建物に損傷が残ることはあり得るとしている。大規模地震によってどのような損傷が残る可能性があるのか、その程度や判断方法を明らかにすることは、今後公表方法を改めた気象庁の地震情報を踏まえて行動する場合にも、大きな参考となるであろう。また、大規模地震の連続発生がないとしても、将来の再度発生に備えて適切な対応を図るためには、その知見を活かして、一度被災した建築物に対する耐震診断や耐震改修の方法を確立することが重要と思われる。こうした取組が今後着実に進められることを期待したい。

## (4) 住宅性能表示制度の活用

住宅性能表示制度による住宅の耐震性能は、壁量が、現行基準と同等なら耐震等級1、約1.25倍なら耐震等級2、約1.5倍なら耐震等級3になるという。また、これまで各等級で地震による被害がどの程度軽減されるのかを明確に示した資料はなかったという。しかし、熊本地震の実績は上記のとおりであり、特に耐震等級3について大きな効果が確認されている。建築基準法による耐震基準は、建築物の安全性を確保するための強制力を伴う最低限の基準であり、これまでも大規模地震の発生等により新たな知見が得られる度にいわばギリギリの基準として整備されてきた。しかし、震度7は上限のない最高ランクであり、人知の及ばないこともあり得る。また、熊本地震のように連続して発生することもある。そのような意味では、建物に損傷を残さない、あるいは少なくとも構造部分に重大な損傷を残さない等の安全サイドに立った選択肢を消費者に提供することも重要である。報告書案にもある通り、住宅性能表示制度は、その有力なツールになるものと考えられる。そのため、建築基準法の耐震基準を超えた有効な選択肢として、耐震性能基準の更なる精緻化・合理化を図るとともに、各等級が建築物の安全性確保にどのように資するのか消費者に分かり易く情報提供していくことが肝要と思われる。

(丹上 健)