

6. 非構造部材の被害状況報告

1. 調査の概要・範囲等

これまでの非構造部材を主対象とした地震被害調査としては、日本建築学会が4/23～4/24に熊本市内、4/30～5/1に大分県及び熊本県で実施したもの¹⁾があるほか、日本建築学会の各被害調査報告の中で一部、非構造部材の被害報告がある。

国総研・建研では、非構造部材に関する被害調査（第三次調査²⁾、第十一次調査³⁾、第十三次調査）を行っている。第三次調査は報道等で非住宅の非構造部材に被害があるとの情報のあった建築物を対象に、第十一次調査は事前の聴き取り調査で被害情報のあったホール等を有する建築物を対象に、第十三次は、熊本県と熊本市への事前ヒアリング情報に基づいて被害が大きいと考えられる学校等の体育館を対象に、内部調査をそれぞれ実施している。調査建築物の所在地は熊本市、益城町近傍であり、調査行程上で建築物の外観から非構造部材の被害調査を行っている。内部調査を行った対象は、学校等体育館15棟、音楽等用ホールを有する施設5棟、運動施設2棟、展示用ホールを有する施設、美術館、飛行場が各1棟である。

2. 調査結果の概要と被害の特徴

2. 1 今回の地震で見られた被害の分類とその要因について

(1) 吊り天井の被害

これまで国総研・建研で実施した調査に基づき、吊り天井に顕著な被害が確認された9棟10室についてまとめると最終ページの表3のようになる。特定天井に該当するものが10室中の6室である。天井種類から見ると、建築物I及び建築物Cを除くとすべて在来工法による天井であり、いずれも以前から被害の確認されている種類の天井での被害である。

天井の形態から見ると、一様な勾配の天井の建築物Bでは全面的な脱落を生じており、捨て張りの天井板が金属板であったことが影響していると考えられる。概ね水平の天井が大部分である建築物E、G、Iでは、被害は比較的小さいものに留まっている。音楽用ホール等で天井面が一方方向に複雑な断面をもつもの（建築物C、D、F）や立ち上がり壁を有するもの（建築物A）では野縁と天井板が一体的に落ちるなど比較的大きな被害を生じている。また、建築物Iでは0.4mの吊り材が脱落しているが、勾配屋根に水平な天井を設けるための吊り材であり、その他が1.9mと2.4mである中で最も短いものである。

(2) ガラスによる開口部等の被害

国総研・建研による調査と日本建築学会の被害報告会での報告それぞれの被害情報を踏まえて、ガラスによる開口部等における被害発生状況を整理すると表1のようになる。

①に示すようなガラスをサッシに硬化性パテどめにする方法は、昭和53年の2月と6月に起こった宮城県沖地震で被害を受けた窓ガラスの多くが硬化性パテどめであったことを踏まえて昭和45年建設省告示第109号が改正されて“地階を除く階数が三以上である建築物の屋外に面する帳壁”について“帳壁として窓にガラス入りのはめごろし戸(網入ガラス入りのものを除く。)を設ける場合にあつては、硬化性のシーリング材を使用しないこと。ただし、ガラスの落下による危害を防止するための措置が講じられている場合にあつては、この限りでない。”と規定されたことを踏まえて、現在の新築では使われていない。

表1 ガラスによる開口部等の被害

	現在の新築では同様の使用方をしないもの	現在も新築で使われているもの	
		被害報告がある程度あるもの	被害報告が少ないもの
サッシ窓	 <p>①硬化性パテどめ</p>	 <p>②-1 ガラスが小さいもの</p>	 <p>③ ガラスが大きいもの</p>
		 <p>②-2 ガラスが小さいもの</p>	
全面ガラス		 <p>④ ガラススクリーン構法</p>	 <p>⑤ DPG 構法</p>
その他		 <p>⑥ ガラス防煙垂れ壁</p>	

②-1、2 と③はガラスをサッシに弾性シーリング材で納めるはめこみ構法である。②-1、2 は比較的小さなガラスが、③は比較的大きなガラスがそれぞれ用いられており、②-1、2 は以前から体育館等で被害の報告があり、③のような被害の報告は少ない。これらはめこみ構法のガラス開口部の耐震性能については層間変形角に対する検討があり⁴⁾、サッシ枠が変形してもガラスと接触しないように、ガラスとサッシ枠との間に適正なクリアランスを設けて変位を吸収するようにしている。

④は大判のガラスを用いた開口部である。ガラススクリーン構法の被害は以前から低層鉄骨造建築物を中心に被害報告があり、東日本大震災の際には仙台市近辺において多くの被害報告がある⁵⁾。ガラススクリーン構法の耐震設計では層間変形角の設計値がチェックポイントとされており、構造

体の層間変形角が示されているときはそれに従って設計し、そうでない場合は 1/100 を想定する、とされ、最低でも 1/100 の層間変形角を考慮することになっている⁶⁾。

⑤は合わせガラスを用いた DPG 構法による開口部で、過去の地震では被害報告はあまり見られない。本震後の写真¹⁾を見ると、両側の柱際のガラスを除くと、全 5 段中で下 3 段のガラスが損傷している。ガラスは各段で 1 枚毎に前後に出入りしており、ガラス被害の多くは“後ろ”のガラスで生じていた。地震動によりガラスを支持するフレームに生じた大きな応答が損傷につながったことが想定されるが、被害要因を明らかにするには更に詳細な検討が必要になる。

⑥はガラスを用いた防煙垂れ壁である。ガラス防煙垂れ壁は、低層で大規模な鉄骨造の建物に多数採用されていて以前から多数の被害報告があるものである⁶⁾。ガラスには網入りガラスまたは線入りガラスが用いられており、地震時のガラス端部と壁・柱などとの取合い部の破損防止策としてクリアランスを十分にとってガラス端部に緩衝材を設け、ガラスが破損した場合のことを考慮してガラス落下防止用の下枠等があるものを採用する、などが設計上の注意点として挙げられている⁷⁾。

(3) 外壁の被害

国総研・建研による調査より、外壁について被害発生状況を整理すると表 2 のようになる。

①のラスシートモルタル外壁や②のラスモルタル外壁はこれまでの地震でも被害報告が少なからず見られるものであり、比較的古い鉄骨造での被害が多く見られる。これらの被害が見られたような鉄骨造建築物の外壁には現在は乾式工法が用いられることがほとんどであり、現在は新築の建築物では①や②の被害で見られたような使われ方をするものはほぼないと思われる。

③のようなタイル張り外壁の被害は、過去の地震でも、今回の地震でも、少なからず見られる被害である。③のように下地の鉄筋コンクリート壁の被害が確認されるものも少なくない。

④の被害に見られる ALC 縦壁挿入筋構法の被害は以前の地震でも被害報告が見られるものである。ALC パネルを用いた外壁を縦壁に用いる場合は現在はロッキング構法を用いるようになっており、縦壁挿入筋構法が用いられることはない。

⑤-1、2 は ALC 横壁構法による外壁の被害である。⑤-1 のように天井面のレベルで脱落等を生じる被害は過去の地震でも報告があり今回の地震でも複数見られる。⑤-2 は ALC 横壁を支持する軽量形鋼の下地から傾斜を生じたものであり、過去の地震ではあまり被害報告はない。

⑥は PC パネル外壁の被害であるが、過去の地震では、比較的古い建築物について被害報告が見られる。PC パネルについては、硬化性パテどめのガラス同様に、昭和 53 年の宮城県沖地震の被害を踏まえた昭和 45 年建設省告示第 109 号の改正で“地階を除く階数が三以上である建築物の屋外に面する帳壁”について“プレキャストコンクリート板を使用する帳壁は、その上部又は下部の支持構造部分において可動すること。ただし、構造計算又は実験によつてプレキャストコンクリート板を使用する帳壁及びその支持構造部分に著しい変形が生じないことを確かめた場合にあっては、この限りでない。”とされており、⑥の被害のあった建築物も支持構造部は可動となっていたものと考えられる。

表 2 外壁の被害

	現在の新築では同様の使われ方をしないもの	現在も新築で使われているもの	
		被害報告がある程度あるもの	被害報告が少ないもの
湿式工法	 <p>①ラスシートモルタル外壁</p>	 <p>③タイル張り外壁</p>	
	 <p>②ラスモルタル外壁</p>		
乾式工法	 <p>④ALC 縦壁挿入筋構法</p>	 <p>⑤-1 ALC 横壁アンカー構法</p>	 <p>⑤-2 ALC 横壁アンカー構法</p>
			 <p>⑥PC パネル外壁</p>

2. 2 被害結果のまとめ

吊り天井については、ホール等を中心に過去の地震と同様に被害を確認している。吊り天井以外の部位については、既に使われなくなっている構法の非構造部材だけでなく、現在も使われている構法による非構造部材についても、以前の地震でもある程度の被害報告がある被害や被害報告の少ない被害が確認されている。また、ガラス開口部については、比較的新しい構法を用いたもので被害が確認されている。

3. 今後の検討事項

第3回に向けて、吊り天井の被害の把握・整理と、全般的な非構造部材の被害状況の把握・整理を引き続いて実施する。吊り天井の被害調査として、地方自治体等が所有する体育館を主対象とした調査の実施を予定しており、これまでの調査で把握している被害や文部科学省において把握されている学校体育館の被害と合わせて整理して被害発生について取りまとめることを検討する。また、吊り天井以外の非構造部材については、日本建築学会等の他機関における被害調査報告等からも情報収集を引き続き進めて被害発生について取りまとめることを検討する。

中・長期的な課題としては、現在も使われている構法の被害については、被害程度を踏まえて、既存のガイドライン等を活用・補強等することで対応が可能なものか、技術基準の策定が必要なものかなど検討する必要があると考える。

参考文献

1) 清家剛：平成 28 年熊本地震における非構造部材の被害について（日本建築学会 「2016 年熊本地震」地震被害調査速報会）

2) 国土技術政策総合研究所・建築研究所：平成 28 年(2016 年)熊本地震による建築物等被害第三次調査報告（速報）

※本調査は、鉄骨造建築物、非構造部材、設備の被害調査として実施した。

3) 国土技術政策総合研究所・建築研究所：平成 28 年(2016 年)熊本地震による建築物等被害第十一次調査報告（速報）

※本調査は、非構造部材（特に特定天井）の被害状況を把握するためホール等を対象に実施した。

4) 建築工事標準仕様書・同解説 JASS17 ガラス工事，（一社）日本建築学会，2003 年 12 月

5) 板硝子協会：平成 23 (2011) 年東北地方太平洋沖地震におけるガラス等の被害調査報告書，2012 年 1 月

6) 2011 年東北地方太平洋沖地震災害調査速報，（社）日本建築学会，2011 年 7 月

7) 安全・安心ガラス設計施工指針 増補版，（一財）日本建築防災協会，2014 年 9 月

表3 顕著な被害のあった吊り天井

		建築物A	建築物B	建築物C	建築物D	建築物E	建築物F	建築物G		建築物H	建築物I	
建築物の諸元	建設地	熊本市	益城町	熊本市	熊本市	益城町	熊本市	熊本市		熊本市	熊本市	
	建設年	1992年改修 (1958年、1967年)	1998年	1967年	1995年	1998年	1997年	1971年		1979年	1985年	
	構造	RC造・S造	S造	RC造(屋根S造)	RC造(屋根S造)	S造	RC造(屋根S造)	RC造(屋根S造)		S造	S造	
被災室の主な用途		展示室	ライフル射場	ホール(音楽用)	ホール(音楽用)	ホール(展示用)	ホール(音楽用)	剣道場(1/4階)	柔道場(3/4階)	体育室	体育室	
特定天井		○		○	○	○	○	○				
天井のおおよその高さ(m)		7	2.3~7	14.6~15.7	5.9~10.0	14.5~15.5	9.5~13.1	5.7、6.1	5.3	4	9.6	
天井種類	在来工法による天井 及びそれに準ずる天井	○	○		○	○	○	○	○	○		
	システム天井										○	
	モルタル天井			○								
天井の断面形状		一様に水平 立ち上がり壁あり	一様な勾配	一方向に複雑	一方向に複雑	下に凸の緩い曲面	一方向に複雑	水平 段差あり	水平	一方向に複雑	水平	
当該室の様子												
脱落した天井の仕様	吊り元	RCスラブ		○				○				
		ぶどう棚・母屋等	○	○		○	○	○			○	
		ALCパネル(屋根版)								○		
	吊り元との接合	インサートねじ込み			○				○	○		
		接合金物(引っ掛ける形のもの)		○			○	○				○
	天井板	溶接	○			○						○
捨て張り工法		○	○		○		○					
直張り工法						○		○	○	○		
その他				○							○	
被害箇所の天井面内の位置	全面・ほぼ全面・区切られた一面	○	○		○							
	端部・他の部位との取り合い部	○		○	○	○		○	○	○	○	
	段差部・折れ曲がり部	○		○	○		○			○		
脱落した天井の被害状況	部材被害の状況	吊り元との接合の外れ										○
		ハンガーの開き		○				○				
		ハンガーの吊りボルトからの外れ										
		野縁受け継手部の外れ(金物接合)		○								
		野縁受け同士の溶接の外れ										
		野縁受けのハンガーからの外れ							○			
		野縁受けがハンガーから外れて落下										
		クリップの野縁受けからの外れ	○	○		○		○				
		天井板が天井下地と一体で落下	○	○	○			○				
天井板が野縁から外れて落下						○	○	○	○	○		
天井材の床面への落下		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	

※天井の仕様・被害状況は現地調査で確認した範囲について記述。