

熊本地震における建築物被害の原因分析を行う委員会（第2回）

第12回 建築構造基準委員会 ・第2回 建築研究所熊本地震建築物被害調査検討委員会

国土交通省合同庁舎3号館 10階共用会議室A
平成28年6月30日(木) 17:00~19:00

議事次第

1 開会

2 議事 「熊本地震の被害の状況について」

(1) 現時点における現地調査等に基づく被害状況報告等

- ① 建研、国総研による調査概要
- ② 日本建築学会等における主な調査一覧
- ③ 地震動の概要
- ④ 益城町の悉皆調査に基づく構造別・建築時期別の建築物被害状況
- ⑤ 木造の被害状況報告
- ⑥ 鉄骨造の被害状況報告
- ⑦ 鉄筋コンクリート造の被害状況報告
- ⑧ 基礎地盤の被害状況報告
- ⑨ その他の被害状況報告

(2) 質疑応答

(3) 今後の方針等

3 閉会

建築構造基準委員会 委員名簿

◎委員長 ○委員長代理

委員

- ◎久保 哲夫 東京大学 名誉教授
○平石 久廣 明治大学理工学部建築学科 教授
丑場 英温 (一社) 日本建設業連合会設計委員会 構造設計部会長
遠藤 正幸 (一社) 日本建築士事務所協会連合会 副会長
大熊 久理子 日本建築行政会議 構造部会長
奥田 泰雄 国立研究開発法人建築研究所 構造研究グループ長
金岡 宏幸 日本建築行政会議 適判部会長
河合 直人 工学院大学建築学部建築学科 教授
北村 春幸 東京理科大学理工学部建築学科 教授
田中 仁史 京都大学 名誉教授
棚野 博之 国立研究開発法人建築研究所 材料研究グループ長
中井 正一 千葉大学 名誉教授
中島 正愛 京都大学防災研究所 教授
中埜 良昭 東京大学生産技術研究所 教授
柘田 佳寛 宇都宮大学 名誉教授
緑川 光正 北海道大学 名誉教授
森高 英夫 (一社) 日本建築構造技術者協会 会長
安村 基 静岡大学学術院農学領域 教授

事務局

国土技術政策総合研究所 建築研究部

(平成28年6月30日現在)

建築研究所熊本地震建築物被害調査検討委員会 委員名簿

◎委員長 ○委員長代理

委員

- | | | |
|--------|--------------------------|--------|
| ◎塩原 等 | 東京大学大学院工学系研究科建築学専攻 | 教授 |
| ○飯場 正紀 | 北海道大学大学院工学研究院 | 教授 |
| 五十田 博 | 京都大学生存圏研究所 | 教授 |
| 楠 浩一 | 東京大学地震研究所災害科学系研究部門 | 准教授 |
| 清家 剛 | 東京大学大学院新領域創成科学研究科 | 准教授 |
| 福山 洋 | 国土交通省国土技術政策総合研究所 | 住宅研究部長 |
| 山田 哲 | 東京工業大学科学技術創生研究院未来産業技術研究所 | 教授 |

事務局

国立研究開発法人建築研究所 構造研究グループ

(平成28年6月30日現在)

現時点における現地調査に基づく被害状況報告等 建研、国総研による調査概要

これまでに国土交通省住宅局の要請を踏まえて実施した国総研・建研の合同調査一覧

項目	派遣期間	調査地域	目的	備考
第一次調査 (2名)	4/15 -4/17	熊本市、益城町、南阿蘇村、西原村、山都町	基本的情報収集、追加的調査の必要性検討などのための初動調査	速報 公開済
第二次調査 (4名)	4/16 -4/19	【木造】熊本市、益城町、南阿蘇村	木造住宅の倒壊等の被害が多いとの情報があった地域の被害状況を調査	速報 公開済
		【RC造等】熊本市、益城町、宇土市、宇城市	RC造・SRC造建築物の被害情報があった地域の被害状況を調査	
第三次調査 (3名)	4/19 -4/21	熊本市、益城町、西原村	多数の建築物被害が発生している地域のS造建築物、非構造部材及び設備の被害状況調査	速報 公開済
第四次調査 (2名)	4/22 -4/24	熊本市、益城町	益城町における地盤・基礎に着目した建築物の被害状況調査。熊本市南区における液状化の状況調査	速報 公開済
第五次調査 (3名)	4/26 -4/28	熊本市、益城町、大津町、御船町	建築物の火災被害（設備を含む）について、消防当局、火災現場周辺住民からのヒアリング及び現地調査	速報 公開済
第六次調査 (4名)	4/26 -4/28	益城町、南阿蘇村	一部地域において比較的築年数の浅い木造住宅の被害状況を悉皆的に調査	
第七次調査 (2名)	4/28 -4/29	熊本市、益城町、宇土市	新耐震基準によるRC建築物の被害状況調査	
第八次調査 (3名)	4/28 -4/29	益城町	益城町の一部地域におけるS造建築物の被害状況と、そのうち倒壊・大破している建築物の被害状況詳細調査	速報 公開済
第九次調査 (3名)	4/29 -4/30	熊本市、阿蘇市、山鹿市、菊池郡	免震建築物の被害状況調査	速報 公開済
第十次調査 (4名)	5/19 -5/20	益城町	益城町の一部地域における木造建築物及び基礎・地盤を中心とした調査	
第十一次調査 (2名)	5/23 -5/25	熊本市、益城町	ホール等の特定天井を中心とした非構造部材の被害状況調査	速報 公開済
第十二次調査 (4名)	6/6 -6/8	熊本市	新耐震基準適用のRC造建築物の被害状況調査	
第十三次調査 (6名)	6/8 -6/10	熊本市、宇城市、山都町	体育館の被害状況調査	

現時点における現地調査に基づく被害状況報告等 建築学会等による調査概要(平成28年6月29日現在)

No	調査実施者 (敬称略)	区分 (主対象)	調査等の内容	調査対象地域	調査日 (公開日)	情報源 (URL)
1	大阪大学多田元英教授・桑原進准教授ら	S造	S造建物を中心とした調査(速報。写真とコメント)	熊本市, 益城町, 宇土市, 宇城市, 西原村, 嘉島町, 城南町	5/21-22	AIJ①
2	東京理科大学永野正行教授・東京大学肥田剛典助教ら	木造	南阿蘇村の被害状況報告(写真のみ)	南阿蘇村	5/2	AIJ①
3	京都大学西山峰広教授・谷昌典准教授ら	RC造	PC造建築物, 耐震補強済RC造建築物, RC造雑壁に被害を受けた集合住宅等調査(写真とコメント)	熊本市, 菊陽町, 嘉島町, 宇土市, 宇城市	5/14-15	AIJ①
4	京都大学川瀬博教授ら	地震動	スペクトル分離で求めた震源特性とサイト特性の分析結果と考察		(5/14)	AIJ①
5	九州大学神野達夫教授ら	建物全般	本震前後の被害状況の比較(写真のみ)	益城町	4/15, 23-25	AIJ①
6	早稲田大学曾田五月也教授・広島大学宮津裕次助教ら	建物全般	被害状況調査(写真とコメント)	益城町, 阿蘇市, 南阿蘇村, 西原村	5/3-5	AIJ①
7	東京工業大学瀬尾和ら名誉教授	建物全般、地震動等	印象記、被害状況(写真とコメント)、過去の震災との比較、地震動分析等	阿蘇市, 南阿蘇村, 益城町, 熊本市ほか	5/5-6	AIJ①
8	豊橋技術科学大学斉藤大樹教授ら	建物全般、避難所	被害状況報告、避難所の状況報告(写真とコメント)、ヒアリング記録	大津町, 南阿蘇村, 西原村, 益城町, 合志市, 熊本市, 宇土市, 御船町	5/5-8	AIJ①
9	東京工業大学河野進教授ら	RC造	RC造建物の被害状況の把握(写真とコメント)	M町, K市, O町, N村, U市	5/1-3	AIJ①
10	京都大学川瀬博教授ら	地震動	被害状況報告(写真とコメント)、微動観測と地震観測データの分析とそれに基づく考察	益城町, 西原村	4/29-5/1	AIJ①
11	京都大学建築保全再生学講座	地震動、建物全般	地震記録分析、墓石転倒状況調査、微動計測結果、被害状況報告(写真とコメント)	阿蘇市, 西原村, 益城町, 熊本市	4/29-30	AIJ①
12	三重大学富岡義人教授・田端千夏子助教・川口淳准教授・水木千春特任助教	建物全般	被害調査(写真と被害状況分析)	熊本市	4/24-5/2	AIJ①
13	東京大学地震研究所壁谷澤寿海教授ら	RC造	耐震補強建物の被害状況(写真と被害状況分析)	熊本市, 益城町, 宇土市	4/25	AIJ①
14	三重大学田端千夏子助教・富岡義人教授	木造	木造の被害状況調査(写真とコメント)	益城町	4/23, 25	AIJ①
15	東京大学地震研究所楠浩一准教授ら	RC造	RC造建物等の被害状況(写真、被害状況分析、簡易耐震診断等)	益城町, 熊本市, 宇土市	4/23-24	AIJ①
16	大阪大学真田靖土准教授ら	RC造	RC壁式構造の被害状況(写真、被害状況分析)	益城町, 宇土市	4/24	AIJ①
17	筑波大学・境研究室	地震動	地震動記録とその特性の分析、観測点付近の被害状況等	大津町, 西原村, 合志市, 益城町, 熊本市, 天草市,	(4/19)	AIJ①

				宇土市, 宇城市		
18	三重大学富岡義人教授・川口淳准教授ら	建物全般	被害状況報告(写真とコメント)、ヒアリング記録	西原村	4/26	AIJ①
19	広島工業大学荒木秀夫研究室	RC造	RC造建物等の被害状況(写真とコメント)	熊本市, 益城町, 八代市	4/23-24	AIJ①
20	東京大学田尻清太郎准教授ら	RC造	RC造建物等の被害状況(写真とコメント)	熊本市, 益城町, 八代市	4/16-17	AIJ①
21	京都大学建築保全再生学講座	地震動	地震記録分析、観測点の状況・被害状況(写真)、墓石転倒状況調査	益城町, 熊本市, 八代市, 宇土市, 大津町, 菊池市, 山鹿市, 八女市	4/16-17	AIJ①
22	九州大学大学院佐藤利昭准教授	建物全般	本震前の益城町の被害状況(写真とコメント)	益城町	4/15	AIJ①
23	高山峯夫(福岡大学)		建築学会の取り組み、地震記録、被害状況、今後の課題等		(5/14)	AIJ②
24	神野達夫・重藤迪子(九州大学)	地震動	地震記録とその分析、余震観測等の説明		(5/14)	AIJ②
25	菊池健児(大分大学)・黒木正幸(崇城大学)	建物全般	益城町の本震前後の状況、益城町の悉皆調査の概要、大分県内の被害状況	益城町(悉皆調査) 由布市, 別府市(大分県内)	5/3-8(悉皆調査) 4/25-30, 5/6(大分県内)	AIJ②
26	五十田博(京都大学)	木造	木質構造災害WGによる調査概要と被害状況分析			AIJ②
27	田中圭(大分大学)	木造	木質構造建物、文化財等の被害状況(写真とコメント)	熊本市, 阿蘇市, 益城町, 南阿蘇村		AIJ②
28	花井伸明(九州産業大学)・向井智久(建築研究所)・田尻清太郎(東京大学)	RC造	RC造建物の被害状況(写真とコメント)	熊本市, 益城町, 大津町, 宇土市, 八代市, 人吉市, 御船町	4/16-5/8	AIJ②
29	松尾真太郎(九州大学)	S造	S造建物の被害状況(写真とコメント)	益城町, 熊本市等	5/7他	AIJ②
30	清家剛(東京大学)	非構造	木造・ガラス・その他の非構造部材の被害状況(写真とコメント、分析)、学校建築の非構造部材の被害状況(写真とコメント、分析)	熊本市, 宇城市, 宇土市, 八代市, 由布市, 大分市, 別府市		AIJ②
31	神戸大学向井洋一准教授ら(建築学会近畿支部木造部会)	木造	木造建築物の被害調査の結果の概要	益城町, 西原村ほか	5/21-23	AIJ 災害委 ML
32	長尾毅(神戸大学)	地震動	被害状況(写真)、地震記録分析、常時微動測定・アレイ観測結果とそれに関する考察	益城町, 御船町, 阿蘇市	4/15-18	神戸大 HP
33	秦吉弥(大阪大学)・後藤浩之(京都大学)	地震動	主要観測点付近の地震記録分析・被害状況(写真とコメント)、益城町等における臨時地震観測結果	益城町ほか	4/15-16(臨時観測)	土木学会 HP
34	東京工業大学山中研究室ほか	地震動	余震観測点付近の被害状況、余震観測結果	益城町ほか	4/16-(余震観測)	東工大 HP
35	宇根寛(日本活断層学会)		活断層についての考察、調査結果等			SCJ
36	東畑郁生ら(地盤工学会)		液状化、土砂災害の被害状況、考察等			SCJ
37	熊木洋太(日本地理学会)		写真撮影、測量、その他各種調査や解析結果等			SCJ
38	三谷泰浩(地理情報システム学会)		参加型情報収集システム等による災害対応			SCJ
39	本田利器(土木学会)		土木学会の活動状況、インフラの被災状況			SCJ

40	高山峯夫（福岡大学）		建築学会の取り組み、今後の対策等			SCJ
41	楠浩一（地震工学会）		建築物の被害調査結果			SCJ
42	鈴木尚登ら（農業農村工学会）、 釜井俊孝（応用地質学会）、福 岡浩ら（地すべり学会）、山下 伸太郎（砂防学会）		ため池・農地等の被災状況と対策；斜面変動、地すべり等 の状況、都市域の発展と地盤災害に関する考察等；斜面災 害の状況；土砂災害の状況			SCJ
43	山本あい子（災害看護学会）、 森野一真（集団災害医学会）、 山本佳世子（計画行政学会）、 中林一樹（災害復興学会）、吉 岡敏明ら（廃棄物資源循環学 会）		各学会の活動状況等			SCJ

AIJ①：日本建築学会災害委平成 28 年（2016 年）熊本地震サイト

AIJ②：日本建築学会「2016 年熊本地震」地震被害調査速報会

SCJ：日本学術会議・防災学術連携体 熊本地震・緊急報告会（H28.5.2）

1. 地震動の概要

1. 地震の概要

熊本県熊本地方において、平成28年4月14日21時26分頃に最大震度7を観測する地震(Mj6.5、以下、前震)が、16日1時25分頃に同じく最大震度7を観測する地震(Mj7.3、以下、本震)が発生した(図1)。図2左に示すとおり、一連の地震は布田川断層帯・日奈久断層帯の近傍で発生しており、最大震度5弱以上の地震が複数回発生している。前震および本震後には活発な地震活動が続いており、図2右に示すようにMj3.5を超える地震が248回(5月24日13時30分時点の速報値)発生している。

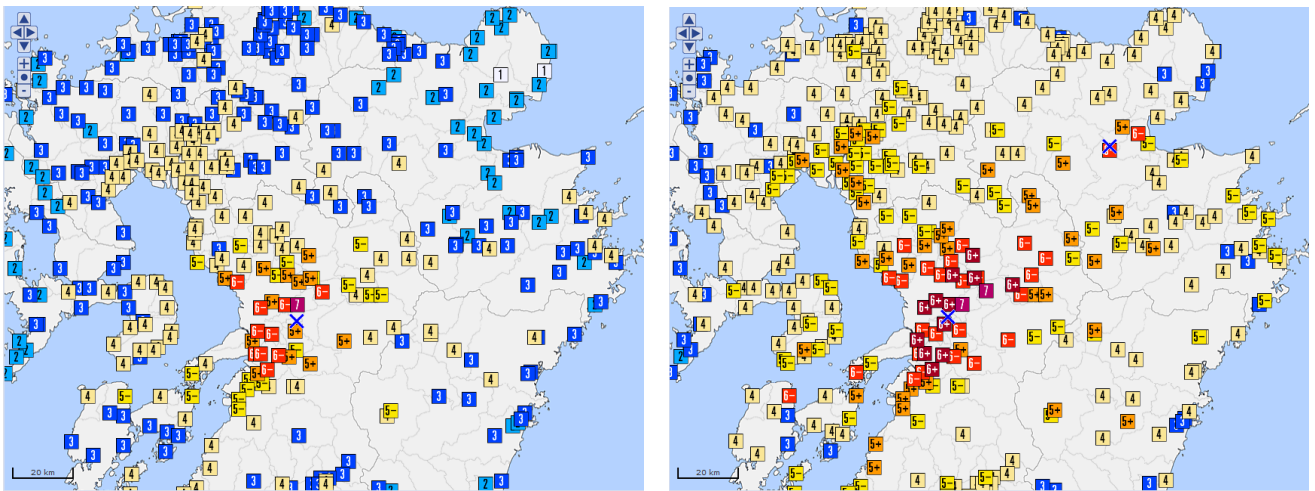


図1 熊本地震の前震(左)および本震(右)の震度分布図¹⁾

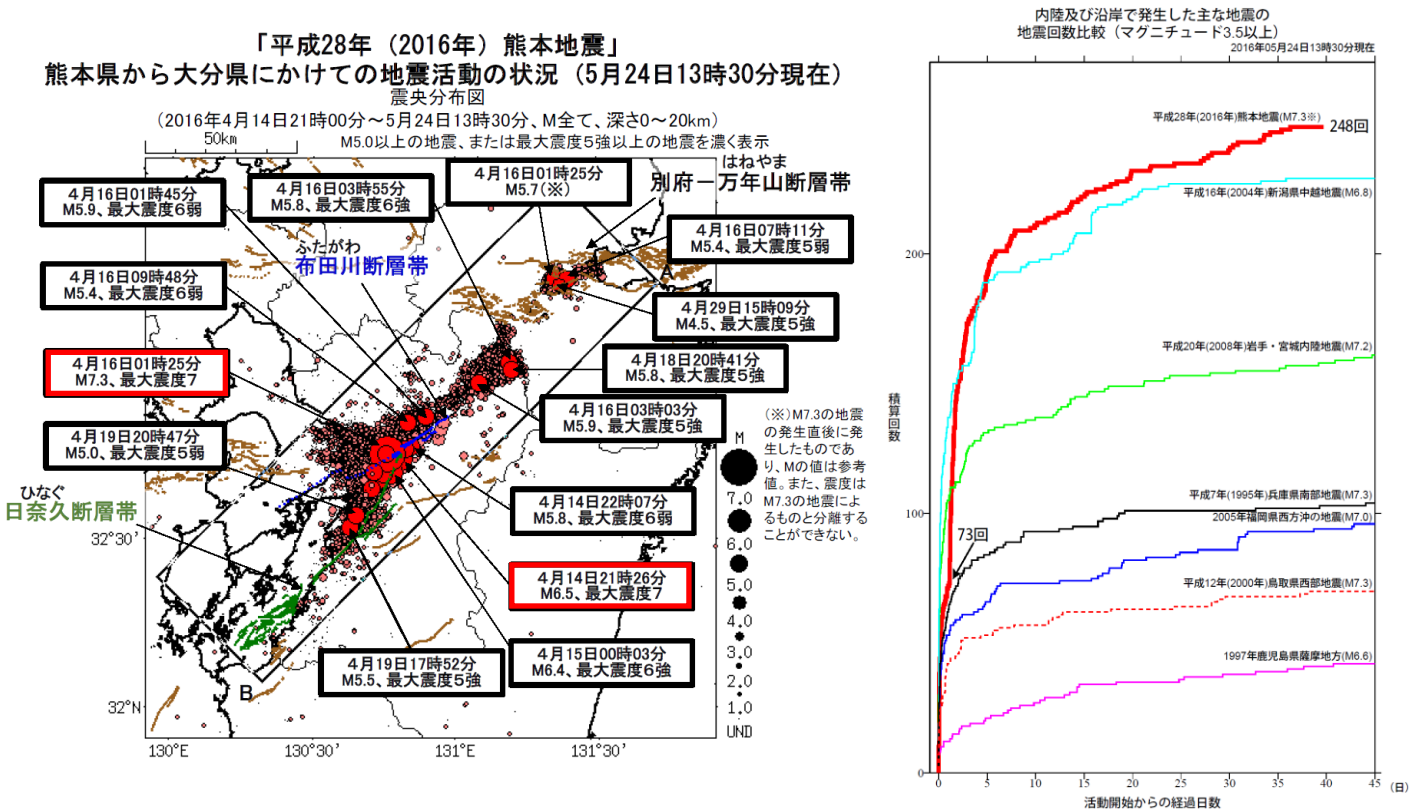


図2 地震活動の状況²⁾(左)および地震回数の比較³⁾(右)

2. 強震観測記録

防災科学技術研究所の K-NET 及び KiK-net で得られた本震の強震記録、気象庁の震度計で得られた本震の強震記録のうち、地表で震度 5 強(計測震度 5.0)以上のものを表 1 に示す。また熊本県の震度計のうち震度 7 を計測した益城町宮園及び西原村小森の震度計の記録も加えている。これらの観測地点位置を図 3 に示す。

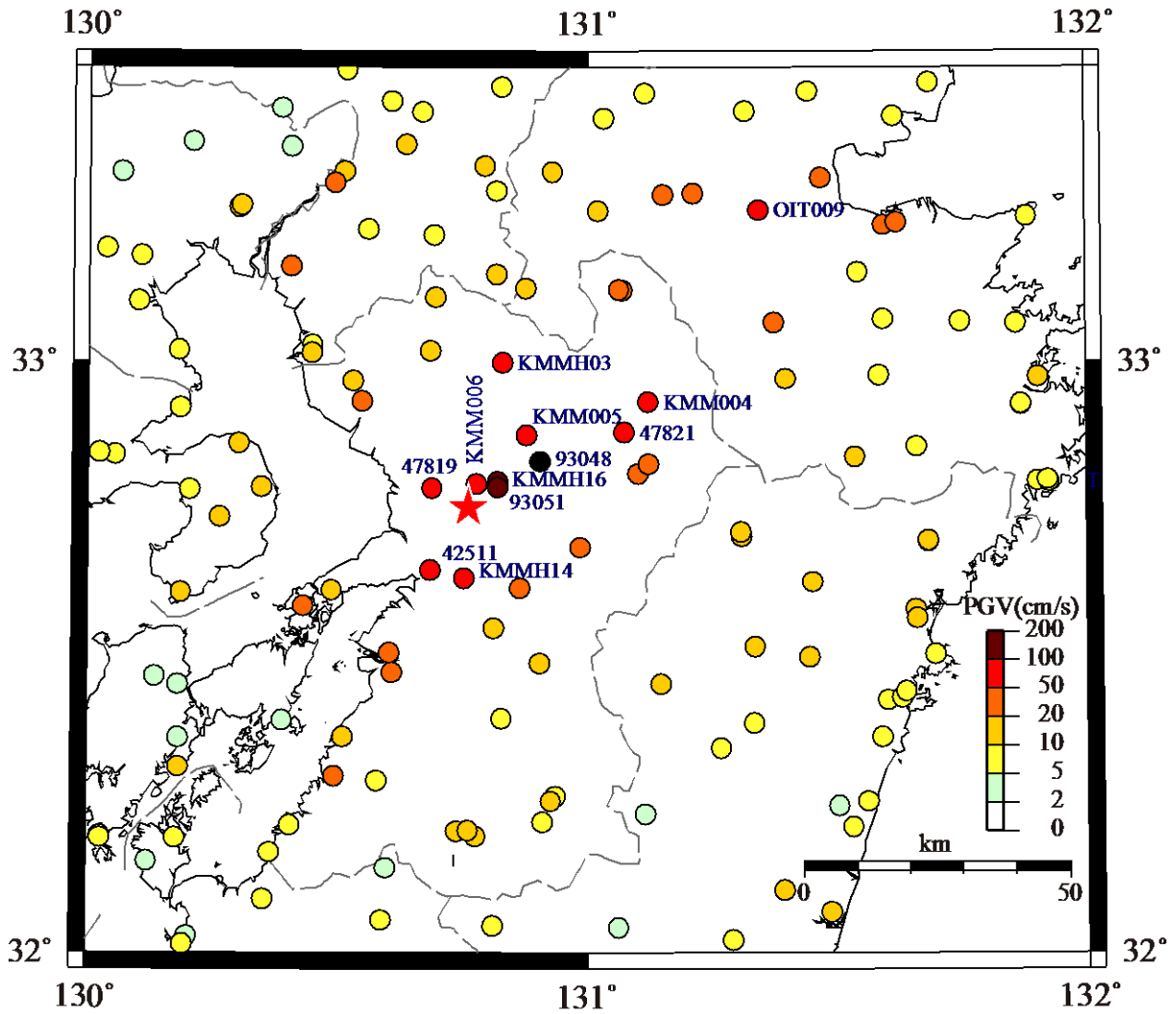
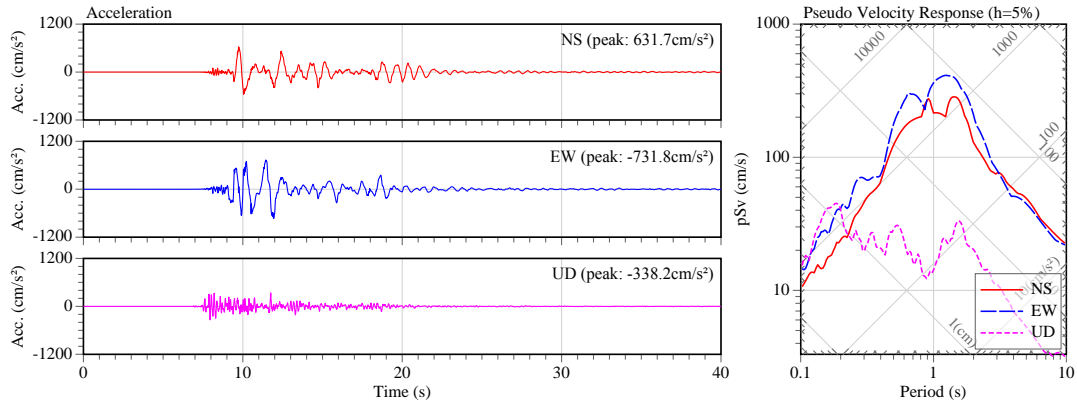


図 3 強震観測地点と本震の最大速度分布 (3成分合成)

表1 本震の強震記録一覧

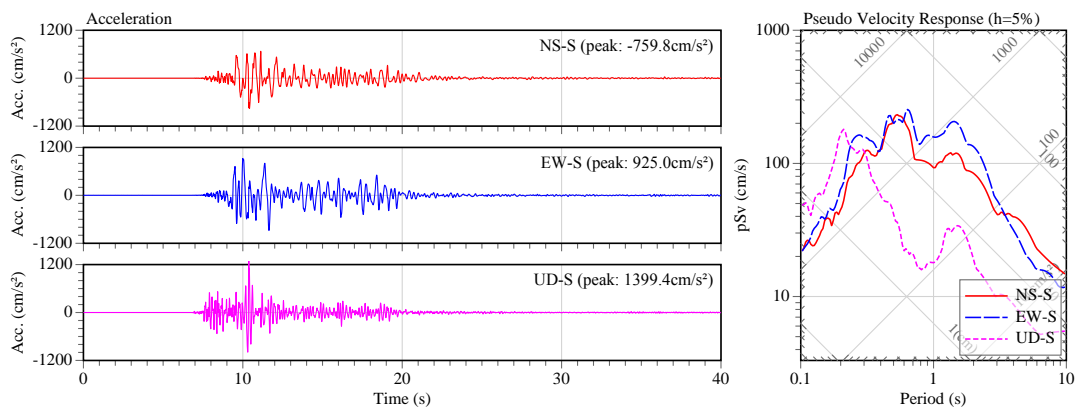
記号	観測地点	震央距離 (km)	計測 震度	最大加速度 (cm/s ²)			最大速度 (cm/s)		
				NS	EW	UD	NS	EW	UD
KMM006	K-NET 熊本	4.7	6.0	828	617	534	66.4	90.7	32.6
93051	益城町宮園	6.6	6.7	776	825	669	94.1	177.0	51.5
KMMH16	KiK-net 益城	7.3	6.4	652	1156	873	85.5	129.1	48.8
47819	熊本西区春日	7.9	6.0	606	552	405	71.0	41.4	15.5
KMMH14	KiK-net 豊野	13.2	5.7	457	402	539	60.6	42.1	24.4
42511	宇城市松橋町	13.8	6.0	493	343	314	76.7	51.1	16.5
93048	西原村小森	16.0	6.6	742	770	531	113.7	239.0	128.7
KMM005	K-NET 大津	17.4	5.7	525	482	397	55.5	55.4	51.2
KMM011	K-NET 砥用	18.0	5.6	598	603	255	28.8	29.0	8.5
KMM009	K-NET 矢部	22.3	5.7	777	640	187	32.3	26.7	12.4
KMMH03	KiK-net 菊池	28.0	6.1	787	227	403	80.4	20.9	15.3
KMM003	K-NET 玉名	28.3	5.0	177	217	69	18.8	17.4	4.0
KMM012	K-NET 八代	31.1	5.2	198	165	130	27.0	20.6	8.2
KMMH09	KiK-net 泉	32.2	5.0	241	200	109	12.8	13.5	6.7
47821	南阿蘇村中松	32.4	5.9	794	607	653	53.8	65.7	44.5
41509	八代市平山新町	34.1	5.1	172	176	83	20.7	25.5	7.5
KMM007	K-NET 高森	34.7	5.3	279	420	302	33.0	42.4	22.4
42514	上天草市大矢野町	36.1	5.5	262	334	122	24.0	24.2	8.5
KMM004	K-NET 一の宮	39.0	5.5	261	347	269	72.9	79.7	21.3
KMM013	K-NET 田浦	49.2	5.0	155	138	73	19.2	13.4	6.9
KMMH02	KiK-net 小国	49.7	5.5	303	660	286	35.8	37.5	14.5
KMM001	K-NET 小国	49.9	5.1	164	220	92	35.3	31.8	14.0
FKO015	K-NET 柳川	56.4	5.0	162	207	59	16.8	23.8	5.7
42512	芦北町芦北	56.4	5.0	139	125	41	19.3	18.0	2.9
41505	久留米市津福本町	66.1	5.0	126	167	66	12.4	20.6	5.0
OITH11	KiK-net 九重	72.4	5.5	560	519	272	22.2	19.5	7.5
OIT009	K-NET 湯布院	78.0	6.0	528	719	475	52.4	81.1	11.4
41510	別府市鶴見	90.4	5.5	831	806	861	42.3	17.1	12.0

図4、図5に震度7を観測した地点を含めた代表的な3地点（益城町宮園、KiK-net 益城、西原村小森）における前震および本震の観測記録を示す。加速度波形を見ると、前震、本震ともに主要動は数秒～10秒程度となっており、1995年兵庫県南部地震や2004年中越地震などの過去の内陸地殻内地震と同様に継続時間は比較的短い。擬似速度応答スペクトル（減衰5%）を見ると、



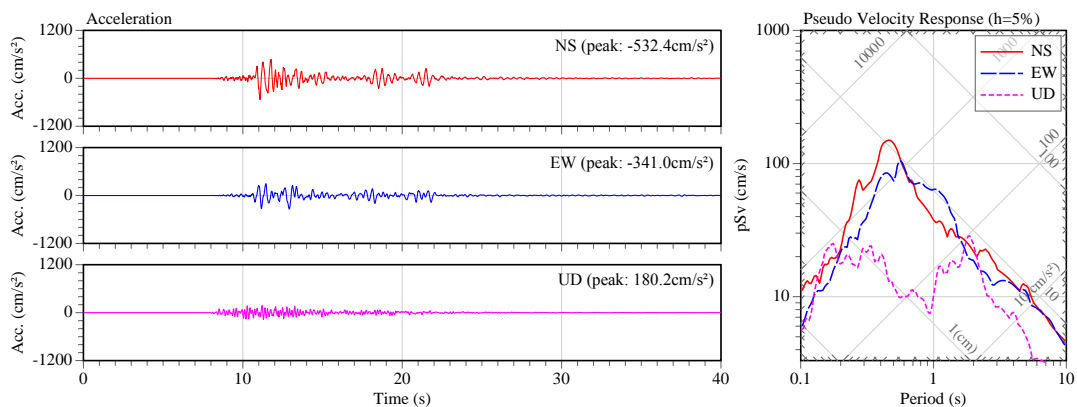
2016/04/14 21:26:30 at 93051: 益城町宮園, Intensity: 6.6

i) 益城町宮園（益城町役場(93051)、地震計位置：庁舎1階）



2016/04/14 21:26:30 at KMMH16: KiK-net station, Intensity: 6.4

ii) KiK-net 益城（KMMH16、地震計位置：地表）

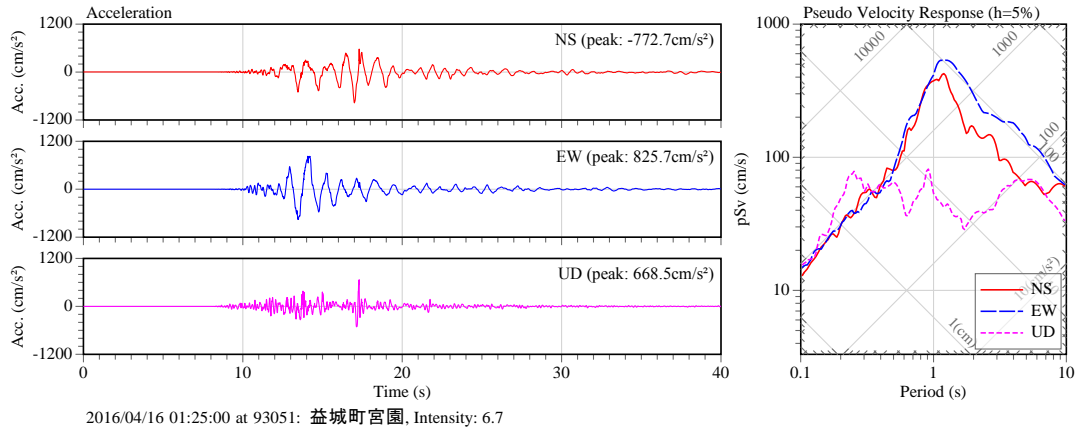


2016/04/14 21:26:30 at 93048: 西原村小森, Intensity: 5.7

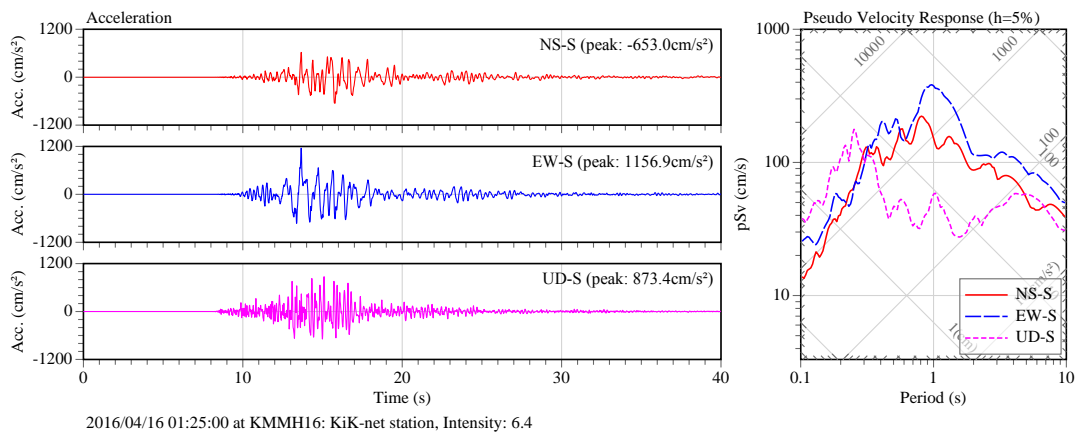
iii) 西原村小森（西原村役場(93048)、地震計位置：地表）

図4 熊本地震の前震（4月14日）の観測記録例

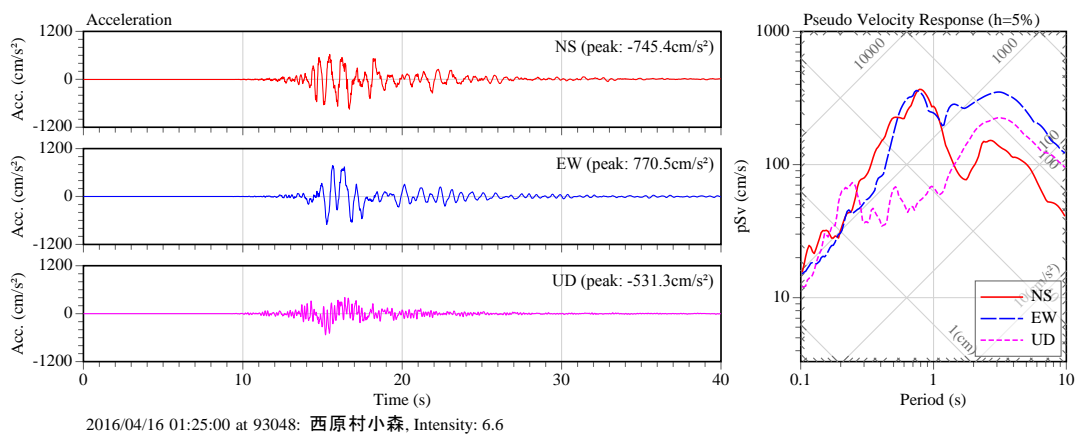
益城町宮園および KiK-net 益城では周期 1 秒付近で大きな値となっている。また、西原村小森の記録は本震時に周期 3 秒付近の成分が卓越していることがわかる。前震と本震を比べると、周期 0.5 秒以下ではほぼ同等のレベルとなっている。



i) 益城町宮園 (益城町役場(93051)、地震計位置：庁舎 1 階)



ii) KiK-net 益城 (KMMH16、地震計位置：地表)



iii) 西原村小森 (西原村役場(93048)、地震計位置：地表)

図 5 熊本地震の本震 (4 月 16 日) の観測記録例

図6に過去地震の記録との擬似速度応答スペクトル（減衰5%）の比較を示す。益城町宮園（益城町役場の1階）で観測された本震の記録は、周期0.6秒～1.8秒において1995年兵庫県南部地震で観測されたJR鷹取波を超えていることがわかる。ただし、益城町役場の観測記録は庁舎1階で得られたものであるため、地盤と建物の動的相互作用の影響が含まれている可能性がある。すなわち、観測記録には入力損失効果や上部構造の応答の影響も含まれていること等が考えられ周辺の地震動（地表）とは異なっている可能性があることに留意されたい。

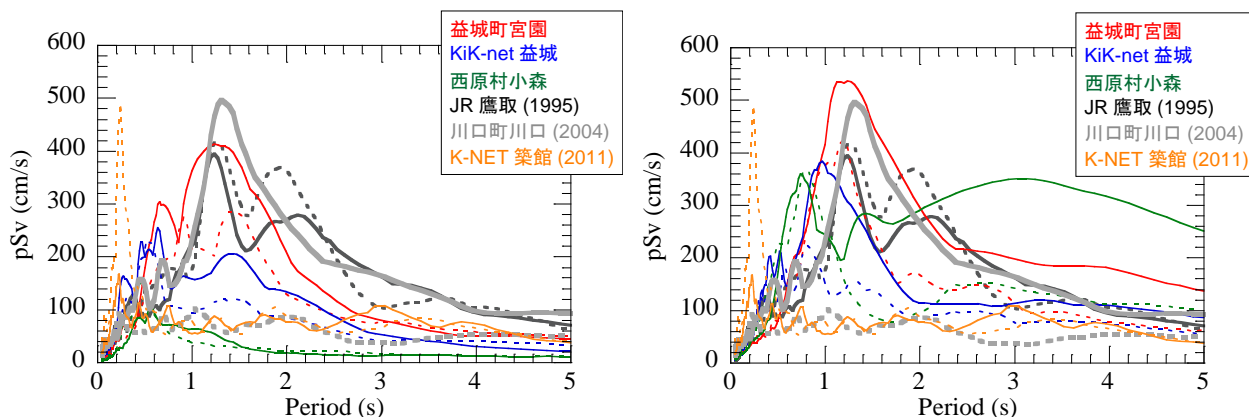


図6 擬似速度応答スペクトルの比較

(左：前震、右：本震、破線はNS方向、実線はEW方向を表す)

謝辞：強震記録は、防災科学技術研究所、熊本県、新潟県、鉄道総合技術研究所よりご提供いただきました。記して謝意を表します。

参考文献：

- 1) 気象庁：震度データベース、<http://www.data.jma.go.jp/svd/eqdb/data/shindo/>
- 2) 気象庁：震央分布図及び字空間分布図、
http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/2016_04_14_kumamoto/kouiki.pdf
- 3) 気象庁：内陸及び沿岸で発生した主な地震の地震回数比較、
http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/2016_04_14_kumamoto/kaidan.pdf

益城町の悉皆調査に基づく構造別・建築時期別の建築物被害状況の集計

発災直後（5月3日～8日）に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を整理する。

※なお、被害状況等の調査結果については日本建築学会において現在精査中であり、ここに示す数値は暫定的なものである。

1. 集計にあたって

○集計対象

- ・日本建築学会悉皆調査では、益城町大字安永、大字宮園、大字木山、大字辻の城の概ね全ての建築物の2,652棟で調査がされている。
- ・これらのうち、用途が倉庫、神社等のものを除いた2,328棟について集計。

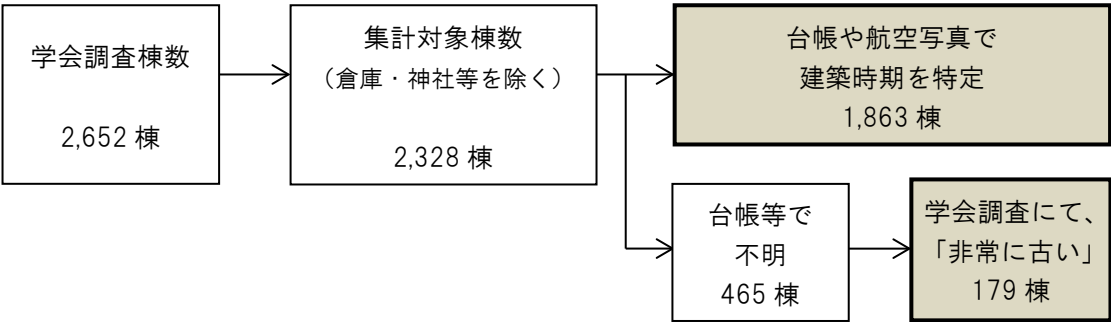
○建築物の被害レベルの設定方法

- ・日本建築学会悉皆調査にて判断されている Damage Grade を参考に、次のように設定。

建築物の被害レベル	日本建築学会悉皆調査での Damage Grade
無被害	D0
軽微・小破・中破	D1/D2/D3
大破	D4
倒壊・崩壊	D5/D6

○建築時期の特定方法

- ・建築確認台帳との突き合わせ、及び、過去の航空写真により、建築時期を特定。
[特定できた建築物は、1,863棟（特定率80%）]
- ・上記作業で建築時期が不明の建築物465棟のうち、日本建築学会悉皆調査にて目視及び聞き取りの結果「非常に古い（1981年以前）」と分類された179棟について、「～1981.05」の区分に追加。



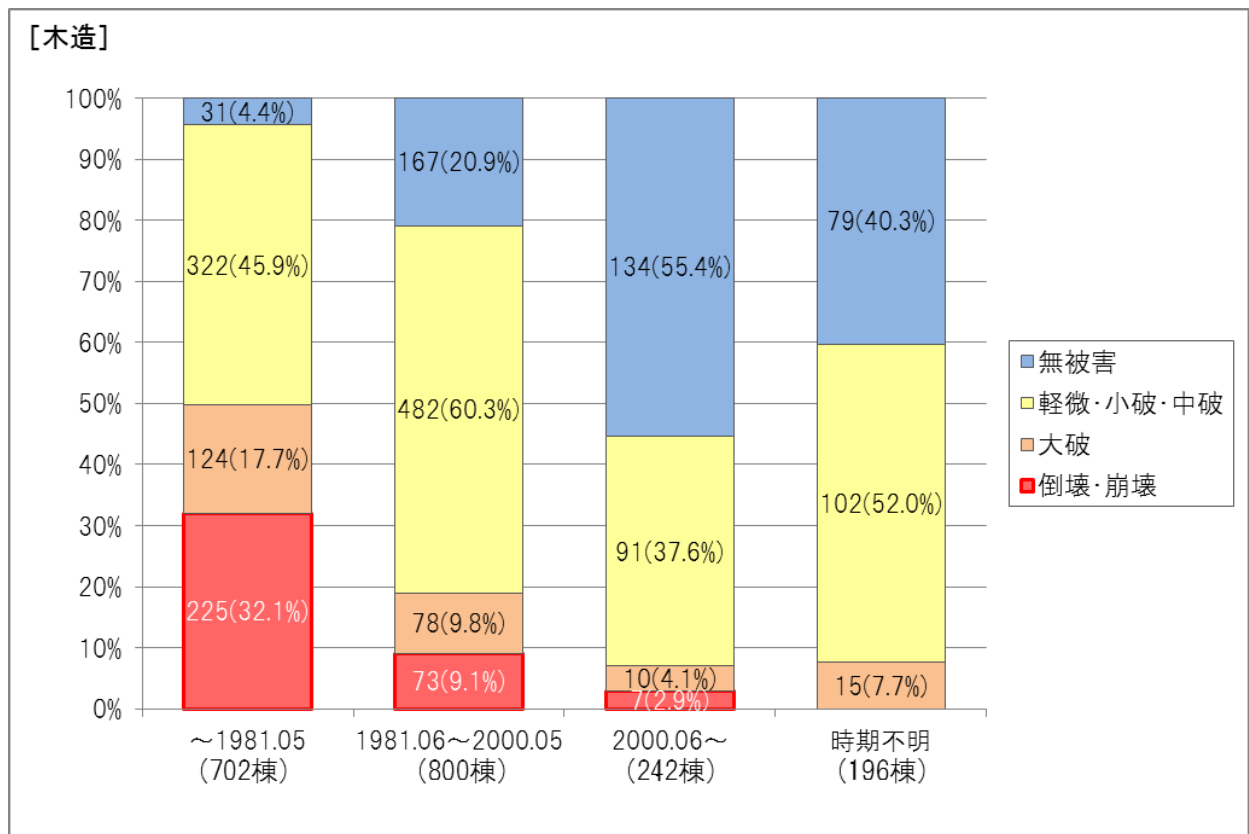
※上図の色塗り部分にて建築時期を特定している

2. 集計結果

□集計表

構造	建築物の被害レベル	建築時期				総計
		～1981.05	1981.06～ 2000.05	2000.06～	時期不明	
木造	無被害	31 (4.4%)	167 (20.9%)	134 (55.4%)	79 (40.3%)	411 (21.2%)
	軽微・小破・中破	322 (45.9%)	482 (60.3%)	91 (37.6%)	102 (52.0%)	997 (51.4%)
	大破	124 (17.7%)	78 (9.8%)	10 (4.1%)	15 (7.7%)	227 (11.7%)
	倒壊・崩壊	225 (32.1%)	73 (9.1%)	7 (2.9%)	0 (0.0%)	305 (15.7%)
	小計	702 (100.0%)	800 (100.0%)	242 (100.0%)	196 (100.0%)	1,940 (100.0%)
S造	無被害	20 (54.1%)	54 (53.5%)	32 (76.2%)	25 (65.8%)	131 (60.1%)
	軽微・小破・中破	11 (29.7%)	33 (32.7%)	7 (16.7%)	11 (28.9%)	62 (28.4%)
	大破	4 (10.8%)	8 (7.9%)	3 (7.1%)	2 (5.3%)	17 (7.8%)
	倒壊・崩壊	2 (5.4%)	6 (5.9%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	8 (3.7%)
	小計	37 (100.0%)	101 (100.0%)	42 (100.0%)	38 (100.0%)	218 (100.0%)
RC造	無被害	4 (57.1%)	14 (70.0%)	0 (-)	18 (75.0%)	36 (70.6%)
	軽微・小破・中破	1 (14.3%)	6 (30.0%)	0 (-)	6 (25.0%)	13 (25.5%)
	大破	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (-)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
	倒壊・崩壊	2 (28.6%)	0 (0.0%)	0 (-)	0 (0.0%)	2 (3.9%)
	小計	7 (100.0%)	20 (100.0%)	0 (-)	24 (100.0%)	51 (100.0%)
その他 (混構造等)	無被害	8 (40.0%)	21 (47.7%)	19 (70.4%)	12 (42.9%)	60 (50.4%)
	軽微・小破・中破	10 (50.0%)	18 (40.9%)	7 (25.9%)	11 (39.3%)	46 (38.7%)
	大破	1 (5.0%)	2 (4.5%)	0 (0.0%)	3 (10.7%)	6 (5.0%)
	倒壊・崩壊	1 (5.0%)	1 (2.3%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	2 (1.7%)
	不明	0 (0.0%)	2 (4.5%)	1 (3.7%)	2 (7.1%)	5 (4.2%)
	小計	20 (100.0%)	44 (100.0%)	27 (100.0%)	28 (100.0%)	119 (100.0%)
計	無被害	63 (8.2%)	256 (26.5%)	185 (59.5%)	134 (46.9%)	638 (27.4%)
	軽微・小破・中破	344 (44.9%)	539 (55.9%)	105 (33.8%)	130 (45.5%)	1,118 (48.0%)
	大破	129 (16.8%)	88 (9.1%)	13 (4.2%)	20 (7.0%)	250 (10.7%)
	倒壊・崩壊	230 (30.0%)	80 (8.3%)	7 (2.3%)	0 (0.0%)	317 (13.6%)
	不明	0 (0.0%)	2 (0.2%)	1 (0.3%)	2 (0.7%)	5 (0.2%)
	小計	766 (100.0%)	965 (100.0%)	311 (100.0%)	286 (100.0%)	2,328 (100.0%)

□グラフ



2. 木造の被害状況報告

1. 調査の概要・範囲等

これまで、国総研・建研では、複数回の現地調査（第一次、第二次、第六次及び第十次）を実施している。調査の中心となっているのは、多数の木造建築物が倒壊・崩壊等の被害を受けた地域として、震度7を観測した益城町、西原村及び報道等で大きな被害の報告された南阿蘇村である。

日本建築学会等で行われている調査もほぼ同様の対象となっているが、上記以外の地域での被害の把握状況については、次の通りである。

- ①益城町、西原村にて、伝統木造建築物の構造仕様の調査や、悉皆調査が行われている。
- ②熊本市内、阿蘇市等での文化財の被害の報告がある。
- ③熊本市内、嘉島町周辺で倒壊・大破の木造住宅を数棟確認したが、国総研・建研が調査を行った地域よりは被害が少ない印象であり、築年数が概ね40年超と推定される木造住宅の被害が多かった。

2. 調査結果の概要と被害の特徴

2. 1 益城町における建築学会の悉皆調査との関係

益城町で実施された建築学会の悉皆調査区域においては、倉庫・神社等を除くと1940棟の木造が対象となっており、国総研・建研で詳細調査を実施した木造の約240棟中、上記の区域に存在するものは170棟程度であった。

2. 2 今回の地震で見られた被害の特徴について

木造建築物については、（大破以下の被害を含めると膨大になることから）主として倒壊・崩壊等したものについての調査・分析を行っている。以下、調査地域ごとに被害の特徴のまとめを示す。

（1）益城町中心部の被害の概要

木造建築物の倒壊が集中していた益城町中心部において、被害の全体像を把握するための概要調査と、日本建築学会による悉皆調査（以下、悉皆調査）の結果、応急危険度判定の結果、建築確認台帳の建築確認年月の情報等を参考に、新耐震以降の建築確認で倒壊した木造住宅の現地調査や図面等による構造的特徴の把握、被害要因の分析を行った。被害要因については2.3に分析結果を報告する。

- ①益城町役場周辺、県道28号沿い、県道から南側に木造住宅の被害が比較的多かった。
 - ②前震で被害が軽微であった木造住宅が本震で倒壊した例が多数確認された。（写真1）
 - ③新耐震以前の建築確認の木造住宅、店舗併用の2階建て木造住宅の倒壊が多数確認された。
（悉皆調査エリアでは新耐震以前の木造は702棟あり、そのうち225棟（32.1%）が倒壊^{※1}）
 - ④新耐震以降の建築確認の木造の倒壊（ここでは大破を除く）が99棟^{※1}確認された。筋かい端部が釘打ち程度の軽微な接合方法であったものが多く確認された（写真2～3）。
（悉皆調査エリアでは新耐震以降の木造は1042棟あり、そのうち80棟（32.1%）が倒壊^{※1}）
 - ⑤2000年の建築基準法改正以降の建築確認の木造の倒壊が7棟^{※1}確認された。（写真4～7）
（悉皆調査エリアでは2000年改正以降の木造は242棟あり、そのうち7棟（2.9%）が倒壊^{※1}）
- （※1）第2回合同委員会（6月30日）時点で把握している情報



写真1 4/15時点では壁が外れただけの家屋（左）が本震で倒壊（右）した例



写真2 倒壊した木造住宅

写真3 写真2の住宅の柱頭部



写真4 倒壊した木造住宅

写真5 写真4の建物の写真筋かい端部、柱脚接合部



写真6 倒壊した木造住宅

写真7 写真6の建物の写真筋かい端部、柱脚接合部

(2) 西原村

- ① 畑、^{はた}風当、^{かぎあて}古閑、^{こが}大切畑、^{おぎりはた}、^{ふだ}布田地区が木造住宅の被害が多かった。
- ② 築年数が概ね 40 年超と推測される木造住宅の倒壊が多く確認された（写真 8～9）。
- ③ 傾斜地において、敷地の被害や擁壁の崩壊が多数確認された（写真 10～11）。



写真 8 倒壊した木造住宅



写真 9 倒壊した木造住宅



写真 10 崩壊した擁壁



写真 11 崩壊した擁壁

(3) 南阿蘇村

かわようくろかわ

- ①河陽黒川地区（大字：河陽、字：黒川、以下黒川地区）に木造住宅の被害が集中していた。
- ②黒川地区では2階建ての木造アパートが多く存在し、そのうち7棟の倒壊を確認した。
- ③これらの木造アパートのうち、柱脚・柱頭、筋かい端部が確認できたものの多くは接合方法が釘打ち程度の比較的軽微な接合方法であった（写真12～15）。
- ④木造アパートの他、築年数が概ね40年超と推定される木造住宅の倒壊が多数確認された。
- ⑤年代ごとの航空写真の分析により、新耐震以降の建築確認と推測される木造住宅の倒壊が数棟確認された。木造アパートと同様に柱脚・柱頭、筋かい端部の接合方法が比較的軽微な建物が多かったが、中には金物により緊結されている建物も確認された（写真16～17）。



写真12 倒壊した木造アパート

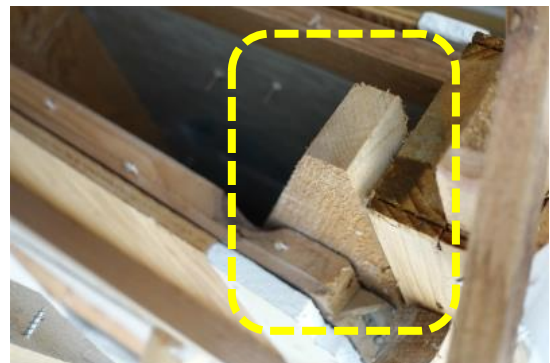


写真13 筋かい端部（釘打ちによる接合）



写真14 倒壊した木造アパート



写真15 写真16のアパートの柱脚部
（柱脚、筋かい端部は釘打ちのみ）



写真16 倒壊した木造住宅

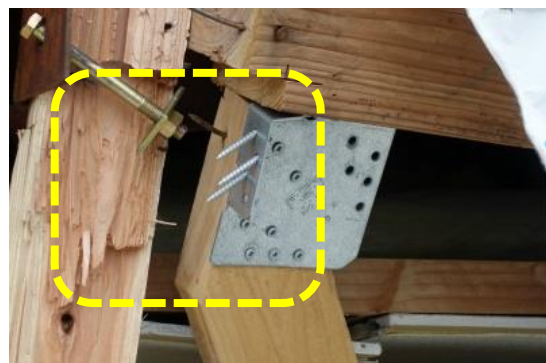


写真17 写真17の住宅の柱頭部

2.3 益城町中心部における新耐震以降の建築確認で倒壊した木造建築物の構造的特徴と被害要因の分析（中間報告）

新耐震以降の建築確認で倒壊した木造住宅について、構造的特徴の把握、被害要因の分析を行った結果を下記にまとめる。

- ・被害の概要・構造的特徴等を資料 2-5-2 に示した。※分析には悉皆調査エリア外の 19 棟を含む
- ・分析対象の 99 棟のうち、筋かい端部の接合仕様を確認したものが 70 棟で、その中で接合仕様が不十分であったものが 51 棟（72.9%）であった。
- ・分析対象の 99 棟のうち、柱脚柱頭の接合仕様を確認したものが 94 棟で、その中で接合金物が施工されていることを確認したものが 24 棟（25.5%）、現行基準通りの接合仕様と推定されるものが 4 棟（4.3%）であった。残りの 90 棟（95.7%）は現行基準の接合仕様を満たしていない可能性が考えられる。
- ・接合部仕様が不十分であるために、地震動により接合部が先行破壊し、耐力壁が有効に機能しなかったことが被害を大きくした主な要因の一つと推測される。
- ・分析対象の 99 棟のうち、接合部仕様以外の被害を大きくした要因（隣棟の衝突、立面・平面不整形等）に該当するものは 31 棟（31.3%）であった。
- ・2000 年改正以降で倒壊した 7 棟については、入手した図面等から被害要因の分析を行っている（資料 2-5-3）。
- ・前震で倒壊した木造建築物は悉皆調査エリア内で、33 棟（文献^{*1}を元に集計）確認した。そのうち、5 棟は新耐震以降の建築確認の木造建築物であった（資料 2-5-4）。5 棟全てにおいて、接合仕様が不十分、隣接した新耐震以前の建物の衝突等が主な倒壊要因の一つであることが推定された。

3. 今後の検討事項

第 3 回に向けて、倒壊した建築物のうち原因が特定できていないものについて、図面等によって引き続き倒壊・崩壊原因の詳細な分析を行う。以降も、中・長期的な課題として同様の検討を行う。

参考文献

- 1) 山田真澄、大邑潤三、後藤浩之：「2016 年熊本地震における前震と本震の益城町の建物被害」
日本地球惑星科学連合 2016 年大会

3. 鉄骨造の被害状況報告

1. 調査の概要・範囲等

今回の地震に対する鉄骨造建築物の被害調査については、被災建築物をおおまかに、①小規模鉄骨造建物②学校体育館③その他、に区分して調査を行っている。

小規模な鉄骨造建物の調査については、低層の鉄骨造建物の倒壊や大破の被害があるとして情報が得られた地域である益城町の一部の区域において鉄骨造建物の調査を行った。この調査は、県道28号沿線を中心として、被害の大小に関わらず、あらかじめ鉄骨造建築物と思われる建物105棟を無作為に選定して実施したものである。

学校体育館の調査は、熊本県と熊本市からのヒアリング情報に基づいて、被害が大きいと考えられる15棟の学校等の体育館を選定して調査を行った。これらは大半が熊本市内の体育館である。文科省から委託された建築学会の体育館調査は、熊本県内を中心として、大分県でも行われ、これら2県での広範囲な市町村で調査されている。

これらの調査以外には、熊本市内や西原村等で、比較的規模の大きな建物数棟程度について、外観からの調査を行った。

2. 調査結果の概要と被害の特徴

2.1 益城町における建築学会の悉皆調査との関係

益城町で実施された建築学会の悉皆調査区域においては218棟の鉄骨造が対象となっており、国総研、建研で実施した益城町における小規模な鉄骨造建物105棟と重複する建物は75棟である。この建築学会の悉皆調査区域の鉄骨造建物における、年代ごとの大破以上と分類された建築物の被害率は、表1に示すように1981以前が約16%、1981～2000年が約14%、2000年以降は約7%であった。また、この悉皆調査における1981以降の新耐震の建物の倒壊・崩壊棟数は6棟である。

表1 年代毎の倒壊、大破の棟数及び被害率（建築学会の悉皆調査）

	S造			建築確認年等不明	計
	旧耐震	新耐震			
	-1980	1981- 2000.5	2000.6-		
総棟数	37	101	42	38	218
倒壊・大破 棟数	6	14	3	2	25
倒壊・大破率	16.2%	13.9%	7.1%	5.3%	11.5%

2.2 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) 小規模鉄骨造建物の被害

表2に、国総研、建研で調査した105棟の建物の建設年代毎の倒壊、大破の棟数と被害率を示す。倒壊又は大破レベルの鉄骨造建築物の総数は16棟であり、倒壊1棟、大破15棟であった。全体では15%程度の被害率であるが、年代毎に見ると、1981以前が約25%、1981～2000年が約20%、2000年以降は約7%であった。これらの年代ごとの被害率は、建築学会の悉皆調査区域の鉄骨造建物の大破以上と分類された建築物の被害率とおおむね同様の傾向となっている。なお、倒壊、大破の判定は、調査者が被災度区分判定に基づいて決定したものである。

表 2 年代毎の倒壊、大破の棟数及び被害率（国総研、建研の調査）

	S造（混構造を含む。）			木造 RC造	建築確 認年等 不明	計
	旧耐震	新耐震				
	-1980	1981- 2000.5	2000.6-			
総棟数	12	45	29	9	10	105
倒壊・大破 棟数	3	9	2	0	2	16
倒壊・大破率	25.0%	20.0%	6.9%	0.0%	20.0%	15.2%

調査した益城町の倒壊、大破の被害建物は、概ね次の特徴に分類される。

- ・特徴 1) 建設年が 1980 年以前と推定されるもの又は古いタイプの部材を用いたもの
- ・特徴 2) 隣の倒壊した建築物による力の作用、宅地擁壁部分の崩壊等の当該建築物以外の周辺状況による何らかの影響があったと推定されるもの
- ・特徴 3) 溶接部等で破断が生じていたもの

倒壊又は大破した 16 棟の建築物と特徴 1), 2), 3) との対応関係は表 3 のとおりである。建物番号 01 の建物のみが倒壊で、02～16 までの 15 棟は大破の被害である。新耐震の建物は合計 11 棟であり、建物番号の右上の*印は 1981 年以降の建物である。これらの 3 つの特徴に対応する被害事例を写真 1～3 に示す。

表 3 倒壊又は大破した建築物と特徴 1), 2), 3) との対応関係

建物番号	01*	02	03	04	05*	06*	07	08	09*	10*	11*	12*	13*	14*	15*	16*
倒壊 /大破	倒壊	大破														
特徴 1)		○	○	○			○	○				○	○			
特徴 2)					○					○	○					○
特徴 3)	○	○				○	○		○	○		○		○		○

1) 倒壊した建物について

「倒壊」の 01 の建物は、1987 年建設の新耐震であり、特徴 3) に分類される。一般的には完全溶け込み溶接で施工される柱とダイアフラムの溶接で、隅肉溶接が行われており、その溶接部で破断が生じて倒壊した可能性がある。このような被害は、1995 年の兵庫県南部地震でも見られた被害形態であり、接合部の溶接施工の重要性については、その後、提言が出されている。

建築学会の悉皆調査区域の鉄骨造建物で、新耐震以降で倒壊した建物が、上記以外に 5 棟あった。これらの建物では、隣接建物の倒壊、柱梁接合部の適切でないと考えられる接合方法等、が影響したと考えられ、これらが倒壊の原因になった可能性がある。

2) 大破の建物について

「大破」の 02～16 建物のうち、新耐震は 10 棟である。10 棟のうち 2 棟は特徴 1) に分類され、日の字柱が用いられている建物であり、現在一般的に用いられている角形鋼管柱と H 形鋼梁の接合部に比べれば、塑性変形性能が劣っていると考えられる。また、4 棟は特徴 2) であり、隣接建物や地盤崩壊の影響、6 棟は特徴 3) に分類され、必ずしも適切でないと思われる溶接方法や接合方法

が原因で大破に至ったと考えられる。

(2) 学校体育館の被害

15 棟の体育館の調査を行った。15 棟のうち、新耐震は 5 棟、耐震改修済みが 8 棟、耐震診断の結果、補強不要と判断されたものが 2 棟であった。被害部位ごとの特徴は、以下のようにまとめられる。

① 鉛直ブレースの被害：耐震改修により取り替えられた平鋼ブレースで、軸部の明瞭な降伏が観察されない状態で、ボルト孔欠損部での破断の被害が見られた。一方で、新耐震の建物の丸鋼ターンバックル付きブレースで、ブレースの大きなたわみ、変形、伸びが観察されたが接合部等で破断していなかった。

② 屋根面水平ブレースの被害：ボルト等の破断の被害が数棟で観察されたが、これらの中には 20 か所以上でボルト破断が観察されたものもあった。これらのブレースは、耐震改修以前のブレースがそのまま残されていたものであった。(ゾーニングにより検討を行うことで、屋根面ブレースの検討が不要になっている可能性もある)

③ 屋根トラスの被害：RC 架構に立体トラスの屋根が接続された 2 棟の体育館で、立体トラスを構成する部材のたわみ、破断、座屈、落下等の被害が見られた。このようなトラス部材の落下は、2011 年東北地方太平洋沖地震では見られなかったものである。

④ 屋根定着部の被害：RC 架構とトラスの屋根の接続部（定着部）で、コンクリートの側方破壊とコンクリート片の落下、ひび割れが見られた。これらの被害は、2011 年東北地方太平洋沖地震でも見られたものである。

(3) その他の被害

国総研、建研の調査や学会の調査では、熊本市内で数棟程度の構造的な被害が報告されている。それらをまとめると次のとおりである。

- ・比較的規模の大きな立体駐車場のブレースの座屈
- ・事務所ビルの梁端部の破断
- ・工場の引張ブレース破断 など

これらはいずれも、益城町で見られたような建物の倒壊やその危険があるような大きな被害ではない。また、西原村の工業団地内では工場建物の外装材などに剥落の被害があったが、構造体の被害は目視では観察されなかった。

2.3 被害結果のまとめ

益城町で小規模な鉄骨造建物の調査を行い、それらを 3 つの特徴に分類した。新耐震の建物については、建築学会の悉皆調査を含めて 6 棟の建物が倒壊したが、これらは、隣接建物の影響、適切でないと考えられる溶接接合部、等が影響したと考えられるものであり、現状で、これら以外には、現行の耐震基準に適合する建物で、倒壊・崩壊等の被害は見られない。

体育館の被害については、屋根面でのトラス部材やブレースで被害が見られ、屋根面の地震時の応力の計算方法や耐震診断における屋根面ブレースの扱いに注意が必要と考えられ、今後、被害との関係を明らかにする必要がある。



建築物 02 (1971 年) 大破



建築物 04 (1976 年) 大破

写真 1 特徴 1) の事例



建築物 05 (1993 年) 大破



建築物 10、11 (2006 年) 大破

写真 2 特徴 2) の事例



建築物 01 (1987 年) 倒壊



建築物 09 (1995 年) 大破



写真 3 特徴 3) の事例

3. 今後の検討事項

(1) 第3回までの検討見込み

体育館で観察されたブレースの被害については、その原因を明らかにするとともに、今後の対応策については、既往の研究などについて調査、分析を行い、それらに基づいて取りまとめる。

(2) 中・長期的な検討課題

体育館については、継続使用性の観点から、どのような設計を行うべきか、既往の研究の調査を行うとともに、可能であれば解析的な検討を行うことも必要と考えられる。

前震と本震の2回の地震による鉄骨造建物の地震応答に及ぼす影響について解析的な検討を行っているので、それらの検討を引き続き行う。

4. 鉄筋コンクリート造の被害状況報告

1. 調査の概要・範囲等

鉄筋コンクリート造（以下 RC 造）については、地方自治体やマスコミによって収集された被害情報に基づき、熊本市、宇土市、益城町、西原村、南阿蘇村の地域で、建築物の倒壊や構造部材、非構造部材の被害を受けた建築物 70 棟について調査を行った。国総研・建研以外の機関でも、熊本市や益城町を中心に同様の被害を受けた RC 造建築物の調査が実施されており、把握できている建築物が 14 棟ある（但し、国総研・建研の調査と重複する建築物は除く）。

2. 調査結果の概要と被害の特徴

2. 1 益城町の悉皆調査との関係

益城町で実施された日本建築学会の悉皆調査区域においては、51 棟の RC 造建築物が存在することが報告されている。そのうち 2 棟は 1 章で示した調査によって被害が確認されており、いずれも 1981 年以前の建築物で倒壊している。

2. 2 今回の地震で見られた被害の分類について

これまでに国総研・建研で実施した RC 造の被害調査結果に基づき、以下の被害パターンに分類する。

(1) 1981 年以降に設計された建築物：

- ・ピロティ 01：曲げ・引張応力による柱の破壊（1995 年以降の建物 2 棟について紹介）：
1995 年以降に設計されたピロティ柱に主筋の座屈や破断といった大きな損傷（写真 1, 2）によって大破に至る事例が確認された。
- ・ピロティ 02：せん断・付着割裂による破壊（いずれも 1995 年以前の建築物）：柱にせん断破壊や付着割裂破壊といった脆性的な破壊（写真 3）が確認された。
- ・梁端部損傷に基づく梁のたわみ：梁端部の曲げ破壊に基づく梁およびスラブのたわみが確認された（写真 4）。
- ・RC 造非耐力壁の破壊：共同住宅における RC 造非耐力壁（写真 5）やエキスパンションジョイント（写真 6）およびその周辺部の大きな損傷によって、地震後の継続使用を難しくした事例が確認された。

(2) 1981 年以前に設計された建築物：

- ・耐震補強済みで構造部材の損傷度が大きい建築物：耐震補強された RC 造構造部材の被害は、耐震補強された耐震壁の側柱のせん断破壊（写真 7）や補強された庁舎における耐震壁の顕著なせん断ひび割れ（写真 8）が挙げられる。東日本大震災においても補強された RC 造建築物の構造部材の被害が確認されているが、同じ被害パターンであるかは今後検証が必要である。
- ・倒壊および崩壊した建築物：柱や柱梁接合部の大きな損傷による局部崩壊した庁舎（写真 9）や 1 層崩壊した診療所が挙げられる。後者は阪神淡路大震災や東日本大震災においても同様の被害が確認されている。

2. 3 被害結果のまとめ

倒壊・崩壊は 11 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物であった。従って、構造計算が必要な建築物については、現行の建築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 1981 年以降に設計された建築物のうち、ピロティ柱が大きく損傷した建築物が 3 棟確認された（写真 1～3）。これらは、想定する崩壊形の保証設計等に課題があったと考えられる。

3. 今後の検討事項

第 3 回検討会に向け、新耐震以降の建築物の被害概要とその要因分析を実施する。それ以降の中期的な対応として、庁舎建物の地震後継続使用性に関する分析を研究課題として実施する予定である。



写真1 大きく損傷した柱頭部

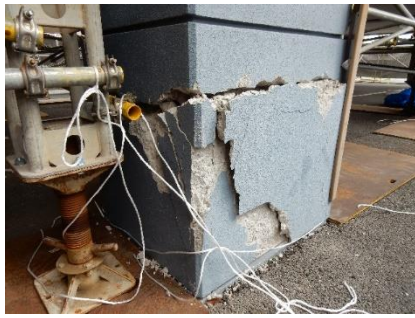


写真2 大きく損傷した柱脚部



写真3 付着割裂破壊した柱



写真4 梁端部損傷による梁・スラブのたわみ



写真5 大きく損傷したベランダ側の非耐力壁

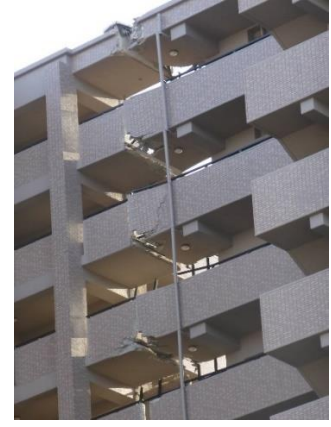


写真6 大きく損傷したエキスパンションジョイント



写真7 増設耐震壁側柱のせん断破壊



写真8 耐震壁のせん断ひび割れ



写真9 柱梁接合部破壊による局部崩壊

5. 基礎・地盤の被害状況報告

1. 調査の概要・範囲等

基礎・地盤に関する調査として、①益城町の調査（通り悉皆調査）②液状化の調査を行っている。

①益城町の調査について、益城町中心部では、県道 28 号からの南北方向の距離に応じて、建築物及び地盤の被害程度に差異が見られるとの報告があった。そこで、被害状況を把握するために、図 1 に示すように、益城町内を南北方向に通る 2 本の道路を抽出し（安永地区：A 通り、宮園地区：B 通り）、道路沿いの建築物に対して、基礎・地盤の地震被害に重点を置いた目視調査を実施した。

また、液状化については、地震発生直後に報道された情報や東京電機大学地震・地盤工学研究室による被害調査報告¹に基づき、図 2 に示す、液状化被害が報告された熊本市南区近見地区及び刈草地区について現地調査を実施した。

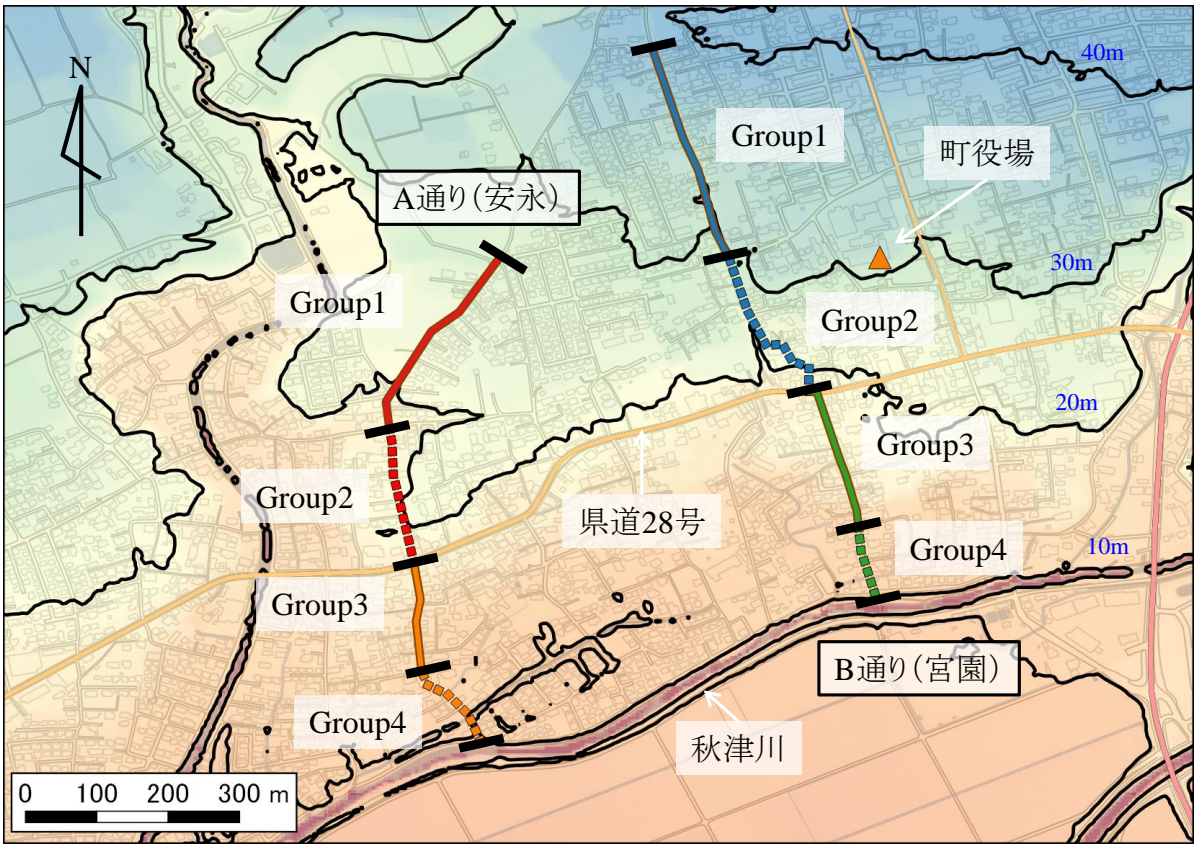


図 1 調査対象地域と調査対象とした道路（背景地図：国土地理院基盤地図情報を使用）

¹ 東京電機大学理工学部理工学科地震・地盤工学研究室 HP (<http://yasuda.g.dendai.ac.jp/>)

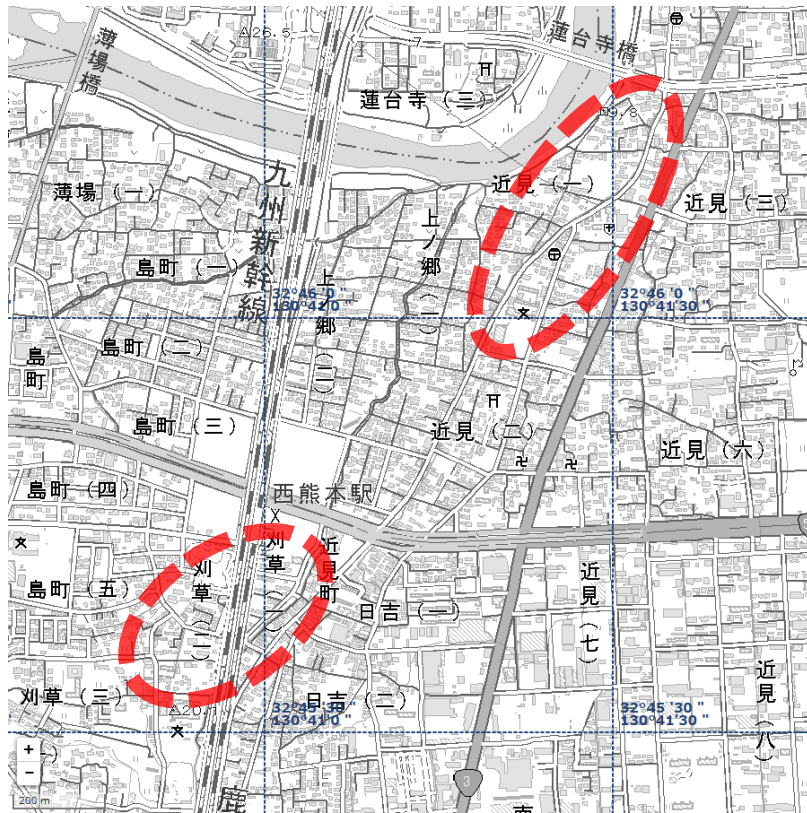


図2 熊本市南区の液状化被害調査の範囲 (赤点線) (背景地図: 国土地理院電子地形図 (タイル))

2. 調査結果の概要と被害の特徴

2.1 益城町の悉皆調査との関係

国総研・建研が実施した益城町の調査で対象としたA通り 78 棟、B 通り 67 棟のうち、日本建築学会で実施された悉皆調査と重複している建物はA通り 29 棟、B 通り 65 棟となっている。国総研・建研で実施した益城町の調査では、文献 1) に基づいて作成した調査シートを用いた。

2.2 今回の地震で見られた被害の特徴

(1) 益城町の調査 (通り悉皆調査)

地盤が建築物の被害に及ぼす影響として、静的な地盤変状と動的な地盤震動があるが、ここでは建築物の被害状況に加えて地震後の基礎・地盤の状態を調査・分析することにより、主として静的な地盤変状に着目して検討した。益城町内で確認された大破・倒壊に相当する被害を受けた建築物において、確認できた基礎・地盤関連の被害は、

- 1) 建築物が倒壊したことにより基礎もしくは敷地地盤全体の状況確認が困難なもの (写真 1)
 - 2) 地盤変状が認められ、基礎に損傷が著しいもの (写真 2、写真 3、写真 3 は調査範囲外の事例)
 - 3) 地盤変状が認められ、基礎の損傷が軽微・無損傷なもの (写真 4)
 - 4) 地盤変状が認められないが、基礎に損傷が認められるもの (写真 5)
- の 4 つのパターンに分類できる。



写真1 建築物が倒壊したことにより基礎もしくは敷地地盤全体の状況確認が困難な事例



写真2 地盤変状が認められ、基礎に損傷が著しい事例1



写真3 地盤変状が認められ、基礎に損傷が著しい事例2



写真4 地盤変状が認められ、基礎の損傷が軽微・無損傷の事例



写真5 地盤変状が認められないが、基礎に損傷が認められる事例

地盤変状が建築物被害に影響を及ぼすメカニズムを構造力学的な観点から考えると、地盤変状が生じることによって基礎が破壊し、1階柱脚に強制変位が作用することによって、建築物に構造的被害が生じるメカニズムが考えられる。このとき、基礎固定条件で上部構造が崩壊状態となるような部材変形角を1階柱脚の強制変位によって生じさせるためには相当量の変位量が要求され、基礎にはパターン2)の写真3で見られる程度以上の破壊状態が要求されることになる。しかし、このような基礎被害は調査の中ではほとんど認められなかった。よって、パターン1)のような倒壊事例に対して基礎の状態を十分に確認できていないため、現時点で断定することはできないが、建築物に甚大な被害を生じさせた外力要因として、地盤変状の影響は小さいと思われる。今後、地盤調査等の実施により、地盤震動が建築物の応答とそれに伴う被害発生に及ぼす影響を分析し、被害要因を明らかにすることが重要と考えられる。

(2) 液状化の被害

熊本市南区の九州新幹線沿いの緑川と白川に挟まれた地域について、建築物の液状化被害を次の通りに分類できる。

- 1) 液状化の影響で地盤沈下が生じているが、基礎形式によると思われる影響で建築物に傾斜被害が生じていないもの
- 2) 液状化の影響で地盤沈下が生じ、建築物に著しい傾斜被害が生じているもの

現時点で確認できる他機関での調査報告として東京電機大学の安田教授によるレポートがあるが、熊本市南区や緑川沿い、秋津川沿いで液状化被害が広く見られているとしている。国総研・建研による調査でも、液状化被害は南区で広範囲で見られた。ただし、液状化による地盤沈下量には地域差が見られており、地域差は約200m程度の距離の間で顕著に見られた。液状化による地盤の沈下メカニズムには不明な点が多く残されており、現時点で沈下量の大小の原因を推察することはできない。

3. 基礎・地盤に関する今後の検討事項

第3回合同委員会に向けての検討事項、および中長期的に実施すべき検討課題は下記のとおりである。

(1) 第3回合同委員会に向けての検討見込み

- ・ 国総研・建研で実施した調査内容の精査と基礎・地盤の被害率等の数値化により、被害の特徴と被害要因を分析（地域性や建築年代による分析など）
- ・ 益城町のボーリング調査計画の策定
- ・ 平成26年熊本地震による杭被害の情報入手と精査

(2) 中・長期的な検討課題

- ・ 地盤調査の実施による益城町の入力地震動評価
- ・ 建築物および基礎・地盤被害と入力地震動レベルの関係を整理、被害要因の明確化

参考文献

- 1) 岡田成幸、高井伸雄：地震被害調査のための建物分類と破壊パターン，日本建築学会構造系論文集, No. 524, pp.65-72, 1999.10.

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つては、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。

7. 免震建築物の被害状況報告

1. 調査の概要・範囲等

今回の地震に対する免震建築物の被害調査として、熊本県内に二十数棟、大分県内に十数棟存在する免震建築物（戸建てを除く）のうち、熊本県内の 12 棟（熊本市 7 物件 9 棟、ほか阿蘇市、菊池郡、山鹿市それぞれ 1 棟）について、免震層内及び周辺を目視確認、建物管理者及び使用者へのヒアリングを中心とした現地調査を実施した。調査対象は、震源に近い熊本市内を中心に、事前連絡等により免震層及び周囲の状況が把握できているものから選定した。

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

調査の結果、次のような被害が見られた。これらのうち①及び②は、過去の震災調査では報告されたことのないタイプのものである。③及び④は、これまでも見られた被害である。

- ①ダンパー取付け基部の被害
- ②外付け階段の被害
- ③免震材料の被害（変状）
- ④クリアランス部の被害

（1）ダンパー取付け基部の被害

鉛ダンパーを上部構造に緊結するための取付け基部と鉄筋コンクリート造の床スラブとの間で破壊を生じていたものがあつた（2棟）。

この被害の原因としては、ダンパーの応答変形に伴って取付け基部に作用するせん断力及び曲げモーメント等の作用に対する想定が十分でなく、周囲のはり等の部材配置や、定着部の配筋等について適切な設計が行われなかったことが考えられる。



写真1 鉛ダンパー取付け基部の破損とスラブの被害

（2）外付け階段の被害

外付け階段の損傷を生じていたものがあつた（2棟）。

この被害は、中間階免震の上部構造に対し外付け階段を張り出して立ち下げ、階段部分を個別に積層ゴム支承で支える形式としたものについて発生している。外付け階段の設計において、自重に

対する検討は行われているが、地震に対しては本体架構の付加質量としてのみ取り扱われていたことから、当該階段の基部に取り付けた積層ゴム支承の応答変形に伴う復元力に対する強度が十分でなかったことが考えられる。

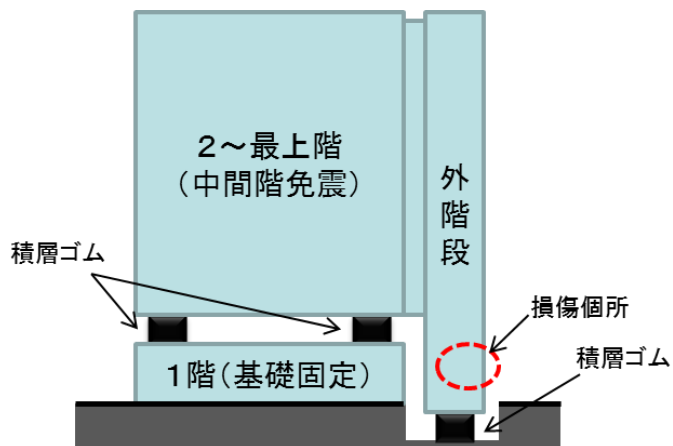


図1 中間階免震の上部構造に対する外階段の配置と損傷位置

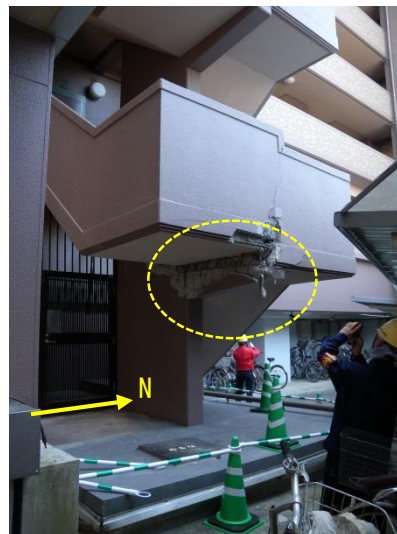


写真2 外部階段の被害

(3) 免震材料の被害 (変状)

鋼材ダンパーの屈曲部における残留変形や塗料の剥がれ、積層ゴム支承の保護材のずれ・脱落やゴム部分の膨れなど、免震材料に変状を生じていたものがあった。

これらの変状は、免震材料の一方向又は繰り返し変形に伴うものであるが、必ずしも問題のある損傷とは限らず、通常はあらかじめ定められた免震建築物の維持管理の基準に基づき、点検を行う必要に応じ交換等の措置を講ずることに対応する。



写真3 積層ゴムカバーの脱落

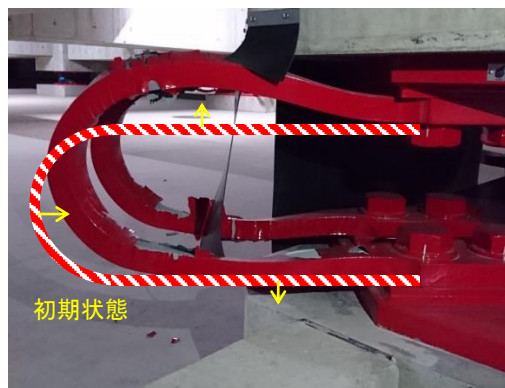


写真4 鋼材部分の残留変形と塗装のはがれ

(4) クリアランス部の被害

クリアランス部について、被害を生じていたものがあった。

これらの被害は、クリアランス部に配置された金具類 (エキスパンションジョイント等) が免震層の応答に追従できなかったために生じたものである。



写真5 エキスパンションカバー
周囲の変状

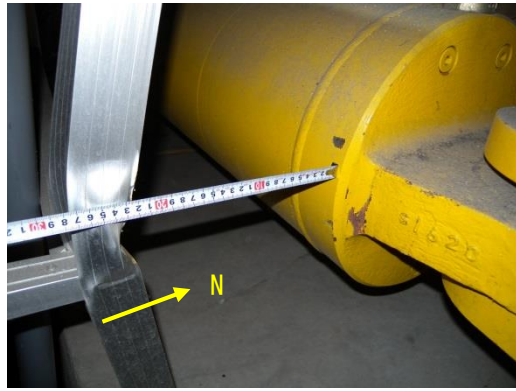


写真6 オイルダンパー胴部の移動・接触に伴う
周囲柵の変形

2. 2 被害結果のまとめ

これまでの調査で確認された被害は、4つの特徴に分類された。

ダンパー取付け基部や階段の被害については、免震層の地震時応答に伴って被害部分に作用する外力の想定が十分になされておらず、設計情報や技術資料の充実が必要である。

支承やダンパーの変状は、一方向又は繰返しの応答変位によって生じたものであるが、通常は維持管理の範囲内で対応可能であると考えられる。

クリアランス部の被害は、免震層の地震時応答に金具類が追随できなかったために生じたものであり、一般的には構造計算の対象ではないが、設計者への注意喚起が必要である。

3. 今後の検討事項

(1) 第3回までの検討見込み

被害及びその要因について情報収集に努め、必要な対応について検討する。

(2) 中・長期的な検討課題

上記の検討を引き続き行う。

(以上)

**平成 28 年（2016 年）熊本地震による建築物等被害第五次調査報告（速報）
（火災被害ならびに建築設備被害に関する調査）**

1. はじめに

本報告は、平成 28 年（2016 年）熊本地震（前震は 4 月 14 日 21 時 26 分に発生、本震は 4 月 16 日 1 時 25 分に発生）による火災被害ならびに建築設備被害について 4 月 26 日から 28 日にかけて実施した調査の速報である。

火災被害については、これまでに 16 件の地震に起因する火災（以下、地震火災）の発生が報告されている¹。本調査では、それらの概要（出火地点や発生日時、被害程度など）について各消防本部への問い合わせを行った上で、熊本市消防局管内で発生している 9 件の火災について、より詳細な情報を得るためヒアリング調査（対象は熊本市消防局と火災現場周辺住民）と現地調査を行った。

建築設備被害については、給湯設備や防災設備の破損による漏水等の被害情報があった建築物のうち、6 棟の建築物の被害発生状況の現地調査を行うと同時に、機能継続上の問題について建物管理者を対象とした聞き取りを行った。

以上により、火災被害ならびに建築設備被害の発生状況を把握し、今後の詳細な調査の必要性を検討するための情報収集を行った。

2. 調査概要

本調査は以下の 3 名で実施した。また、調査概要を表 2-1 に示す。一部の調査対象施設は、第二次調査²ならびに第三次調査³でも調査対象となっている。

国土交通省 国土技術政策総合研究所	
建築研究部 防火基準研究室 主任研究官	樋本圭佑
国立研究開発法人 建築研究所	
住宅・都市研究グループ 主任研究員	岩見達也
防火研究グループ 主任研究員	西野智研

表 2-1 調査概要

調査日	調査対象	調査分類
平成 28 年 4 月 26 日 (火)	空港旅客ターミナル (益城町) ⁽³⁾	設備被害
	火災現場 (益城町)	火災被害
	共同住宅 (熊本市中央区) ⁽²⁾	設備被害
平成 28 年 4 月 27 日 (水)	熊本市消防局 (熊本市中央区)	火災被害
	病院 (大津町)	設備被害
平成 28 年 4 月 28 日 (木)	病院 (熊本市東区) ⁽²⁾	
	行政庁舎 (御船町)	
	学校 (熊本市中央区) ⁽²⁾	

※ (2) : 第二次調査の調査対象, (3) : 第三次調査の調査対象

3. 火災被害

消防庁報告¹にある火災の発生状況は表 3-1 に示す通りである (ただし, 管轄内で火災の発生した消防本部についてのみ示してある)。各消防本部への事前の問い合わせにより明らかになった出火地点を図 3-1 に示す。ここでは, このうち熊本市消防局管内で発生した火災について, ヒアリング調査を行った結果と, 1 件の火災について現地調査を行った結果を整理する。なお, 各消防本部による調査は現在も継続中であり, 本章の内容は今後変更される可能性がある。

表 3-1 火災の発生状況

消防本部	管轄自治体	火災件数	火災件数 (計)
上益城消防組合消防本部	嘉島町, 甲佐町, 御船町, 山都町	1	16
熊本市消防局	熊本市, 西原村, 益城町	9	
八代広域行政事務組合消防本部	氷川町, 八代市	2	
阿蘇広域行政事務組合消防本部	阿蘇市, 南小国町, 小国町, 産山村, 高森町, 南阿蘇村	1	
宇城広域連合消防本部	宇土市, 宇城市, 美里町	1	
菊池広域連合消防本部	菊池市, 大津町, 合志市, 菊陽	2	

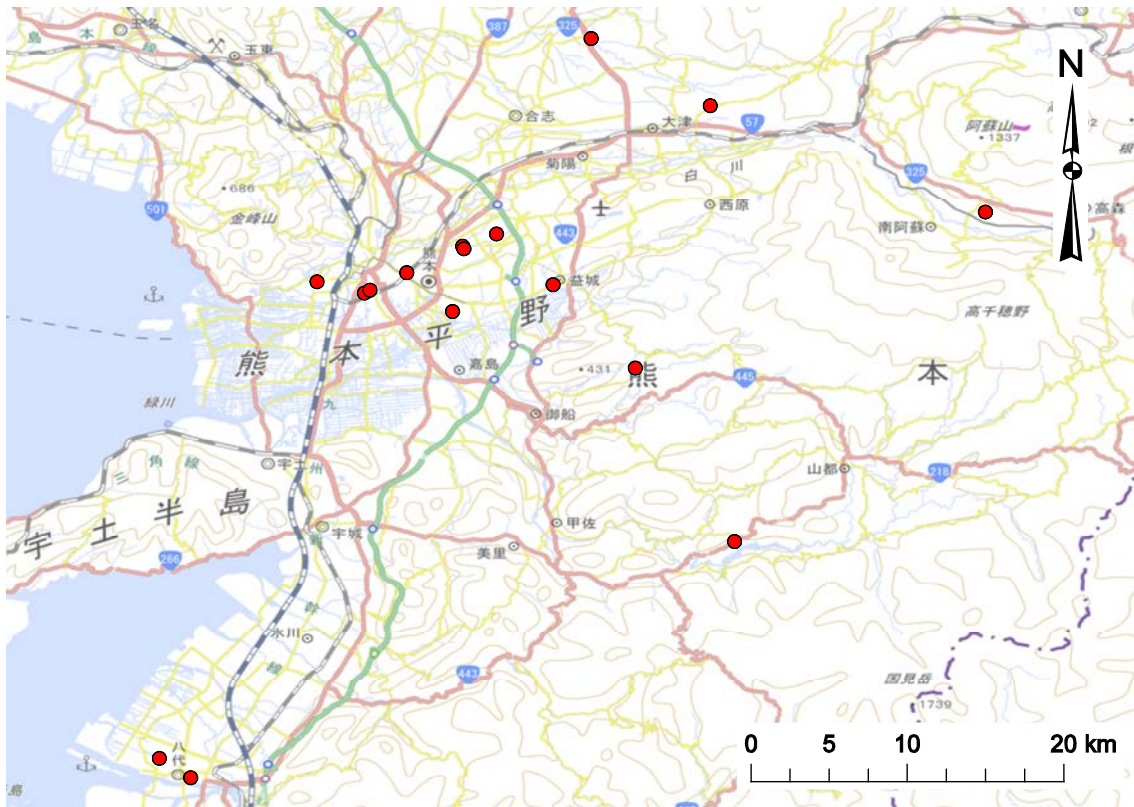


図 3-1 出火地点（背景地図：国土地理院標準地図）

3.1 火災の特徴

地震の発生日時と火災の出火推定日時を図 3-2 に示す。前震に起因する火災は 5 件発生しているが、その内訳は、前震直後に発生した火災が 2 件、その後時間において本震までに発生した火災が 3 件となっている。本震に起因する火災は 11 件発生しているが、その内訳は、本震直後に発生した火災が 6 件、その後時間において発生した火災が 5 件となっている。

PGV（Peak Ground Velocity：最大地動速度）の面的推定値⁴の大きさをもとに九州地方の市町村を分類（0~10, 10~20, 20~30, 30~40, 40~80, 80~150cm/s の 6 区分）し、平成 22 年国勢調査の結果⁵を利用して世帯あたり出火確率を算出した結果を図 3-3 に示す。本地震における 16 件という出火件数は、兵庫県南部地震（1995）の 293 件⁶や東北地方太平洋沖地震（2011）の 330 件（津波浸水区域内の出火を含む）⁷に比べて少ない。しかし、出火確率は、PGV の大きな領域でこそ兵庫県南部地震の記録より小さいものの、東北地方太平洋沖地震の記録から大きく隔たりがあるわけではない。図 3-4 は、上記の PGV 区分に市町村を分類し、各区分に含まれる世帯数を、本地震と東北地方太平洋沖地震で比較したものである。これによると、本地震において強い揺れ（10cm/s 以上とする）を記録した地域の世帯数は、東北地方太平洋沖地震に比べて大幅に少ない。出火件数は、地震の規模や、出火原因の季節的・時間的変動によって左右されるが、出火確率が大きくは変わらないことを考慮すれば、

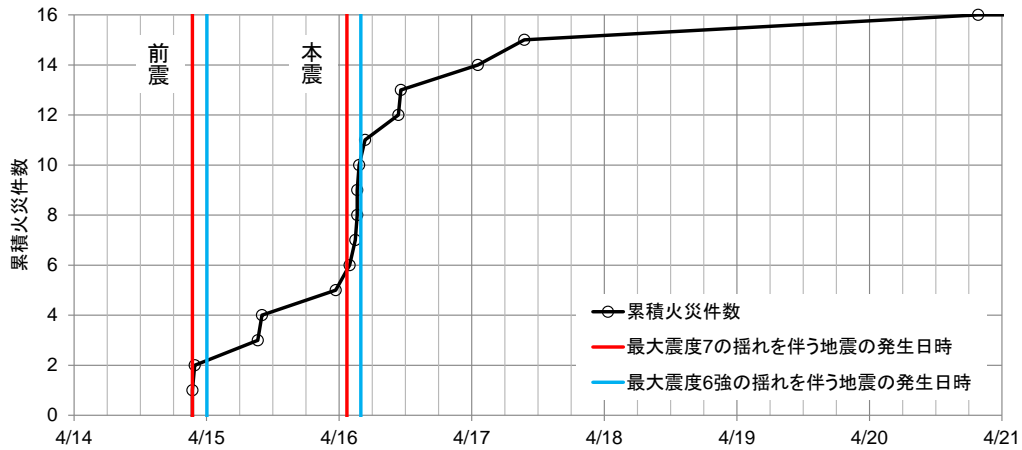


図 3-2 地震の発生日時と火災の出火推定日時の関係

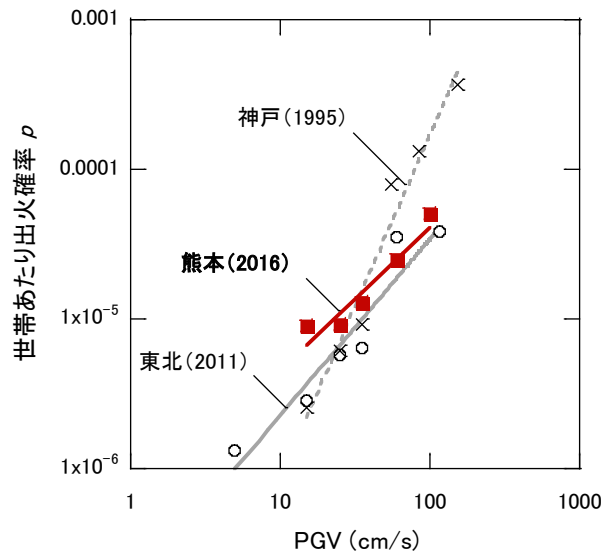


図 3-3 世帯あたり出火確率（文献⁸に追記，図中の直線は回帰式を示す*）

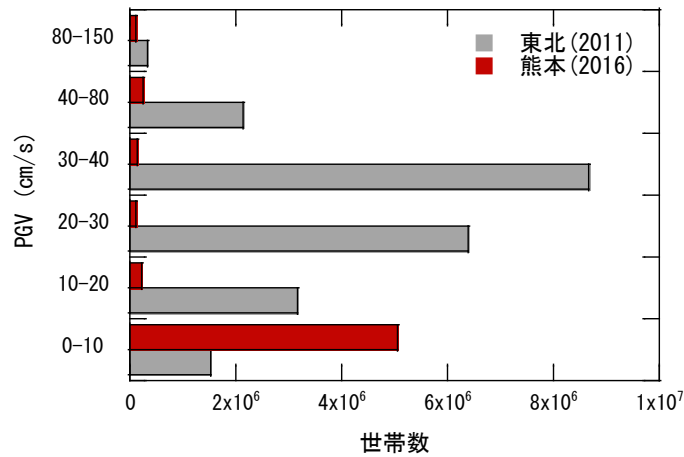


図 3-4 PGV 区分ごとの世帯数の比較

* 1995 年兵庫県南部地震，2011 年東北地方太平洋沖地震，2016 年熊本地震では，PGV の推定方法が異なっている。

強い揺れを記録した地域の世帯数，すなわち出火の可能性が高くなる世帯数の少なさが，本地震における相対的な出火件数の少なさの原因の一つであったと言える。

本地震に起因する16件の火災は，いずれも建物火災であった。出火建物の用途の内訳を図3-5に示す。これによると，住宅用途の建物（戸建住宅，共同住宅，店舗兼住宅）からの出火が最も多く，10件（約6割）となっている。

出火原因の内訳を図3-6に示す。これによると，推定や疑いを含め，出火原因が分かっている13件の火災のうち，電気関連（屋内配線・コンセント，電気設備，観賞魚用ヒーター）の出火が8件（約6割）となっている。

火災による焼損規模の内訳を図3-7に示す。これによると，焼損規模が分かっている15件の火災のうち，6件がぼやに留まっている。火災発生件数の多かった熊本市では，揺れによる建物被害が比較的小さかったが，このことは火災発生の早期発見や，居住者自身による初期消火活動の実施にもつながっていたものと考えられる。なお，出火建物から隣接する建物への延焼（出火建物は全焼）は3件発生しているが，いずれも隣接する1棟もしくは2棟の建物への延焼に留まっている。

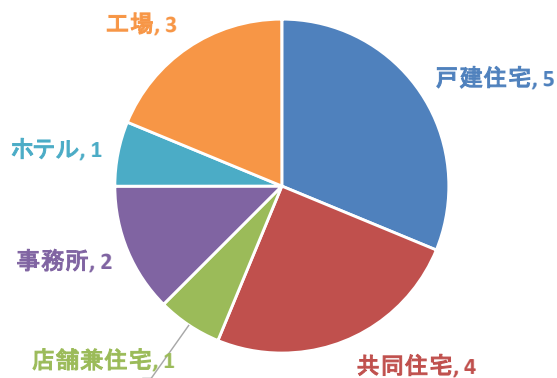


図 3-5 出火建物の用途の内訳

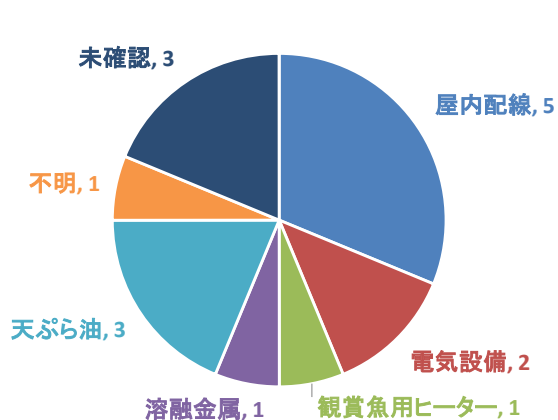


図 3-6 出火原因の内訳（推定・疑い含む）

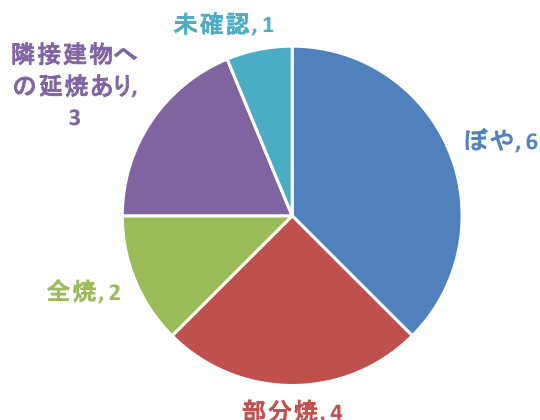


図 3-7 焼損規模の内訳

3.2 住宅火災の例

益城町内の住宅街で、前震後まもなく発生した火災では、出火した2階建て木造住宅を全焼している。出火建物は、三方を住宅で囲まれており、周辺に燃え広がる可能性があった火災であるが、延焼を免れていることから、その背景を調べるために現地調査を行った。

出火は建物の2階東側と見られているが、その原因は明らかになっていない。火災発生後、直ちに消防に通報され、ポンプ車が駆けつけている。火災現場までの途上、道路の陥没や、地震後の避難に伴うと見られる交通混雑があったものの、駆け付け時間の遅れにはつながらない程度であったようである。ただし、地震の影響で最寄りの消火栓が使えなかったため、防火水槽から取水して放水が行われている。なお、益城町に設置されたアメダス観測所の記録によると、火災発生当時の風向・風速は、北東の風1.8m/sであった。

空中写真（国土地理院）をもとに作成した出火建物周辺の状況を図3-8に示す。

南側の住宅は2階建て（構造不明）で、出火建物と最も近接している場所で0.8mほどしか離れていなかった。出火建物に面する北側の外壁は変色しており、強い加熱を受けていたものと見られるが、開口部が設けられていなかったことに加え、窯業系サイディングが使用されていたことで延焼が阻止されたものと考えられる。

東側の住宅は2階建て（構造不明）で、出火建物と最も近接している場所で3.3mほど離れている。出火建物との間にあった植栽は焼け焦げ、2階開口部の樹脂製サッシには溶融痕

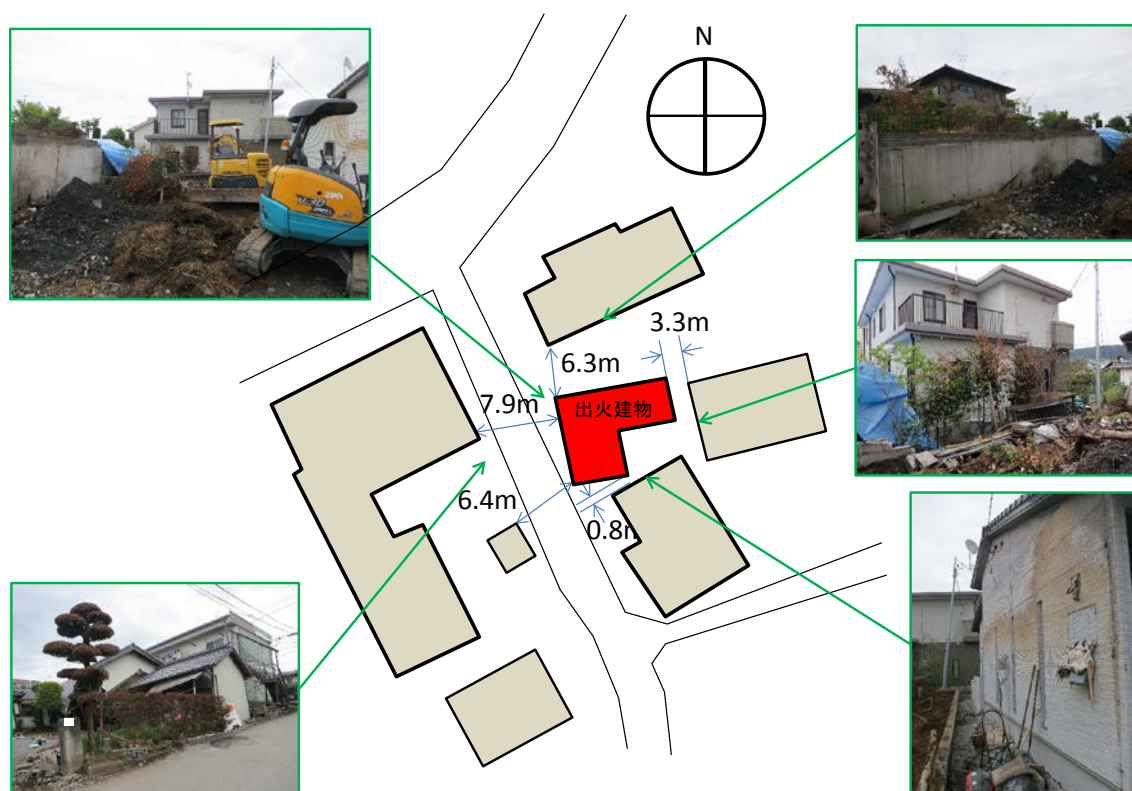


図 3-8 住宅火災現場の状況

があったものの、外壁や開口部にこの他の目立った被害は確認できなかった。

北側の住宅は2階建て（構造不明）で、出火建物と最も近接している場所で6.3mほど離れているが、北側の敷地は、出火建物の敷地に比べて2mほど高くなっており、実際の離隔距離はさらに大きい。ただし、北側の敷地の植栽は焼け焦げたものも少なくない。2階の南側屋根の樹脂製雨樋は2~3mほどの幅で溶融していたが、外壁や開口部にこの他の目立った被害は確認できなかった。

西側の住宅は木造2階建て、金属系サイディング張りである。前震、本震のいずれによるものなのかは確認できていないが、揺れにより建物は傾斜し、屋根や外壁の木製下地が露出した状態になっていた。出火建物とは、最も近接している場所で6.4mほど離れている。外構の植栽は茶色く変色しているが、その程度は東側や北側の敷地の植栽に比べると軽い。通りに面して設けられた樹脂製の雨よけ底は黒く変色し、溶融していたが、外壁や開口部にこの他の目立った被害は確認できなかった。

4. 建築設備被害

調査対象となった6棟の建物の立地を図4-1に示す。ここでは、これらの建物の設備被害発生状況に関する現地調査と、建物の機能継続上の課題について管理者等に聞き取りを行った結果を整理する。



図4-1 調査対象施設（背景地図：国土地理院標準地図）

4.1 空港旅客ターミナル（益城町）

本施設は、3つの空港旅客ターミナルからなっている。1971年の竣工から2012年までに5次にわたる増改築・改修工事を経ており、鉄筋コンクリート造と鉄骨造が混在している。前震の際に特段大きな被害はなく、施設内の点検の後、翌日の夕方には営業を再開していた。しかし、本震により、建物の壁にはクラックが発生し、コンクリートブロック造の界壁は脱落、落下物も多数発生している。停電は一時的であったが、ガス、水道は使用不能となり、当日朝からの営業は停止している。その後、施設の点検・補修を経て、4/19より段階的に営業を再開している。ここでは、3つあるターミナルのうち、最も利用客数の多い1つのターミナルを調査対象とした。

空調設備については、アネモ型の天井吹き出し口の脱落が多数発生している（写真4-1）。ただし、実用上の大きな支障にはならないことから、当面、そのまま使用されている（4/26時点）。

給排水設備については、本震により、屋外にあるガラス繊維強化プラスチック（以下、FRP）製受水槽の天板が脱落している（写真4-2）。施設管理者によると、受水槽の貯水機能自体は維持されているが、雨水が流入するなどしているため、4/19の敷地への上水供給開始後も飲料水としては使用できず、トイレ洗浄水としてのみ使用されているとのことであった（4/26時点）。このほかにも、給水管等の損傷によると思われる漏水が屋内各部で発生しているとのことであった。

電気設備については、電気室内に複数設置されていた変圧器のうち1基が転倒している。転倒した変圧器では、あと施工のメネジアンカーが使用されていた。なお、施設管理者によると、本震の際には、短時間の停電が発生したものの、非常用電源は問題なく作動したとのことであった。

防災設備については、搭乗待ち合いスペースで天井板の落下があった。また、同スペースでは、スプリンクラー設備が誤作動し、水損が発生している。施設管理者によると、スプリンクラー配管には変位吸収型の継手が使われていなかったとのことであった。防火戸については、扉がヒンジから外れて脱落したものや、扉や戸枠の歪み、床の盛り上がりによる開閉障害が複数確認されている（写真4-3、写真4-4）。このほか、天井裏界壁のコンクリートブロック壁が崩れる被害も確認されている（写真4-5）。

昇降機設備については、接続部が破損したために使用を停止しているエスカレーターが複数ある（写真4-6）。また、エレベーターシャフトと建物とをつなぐエキスパンションジョイント部分で段差が生じているために、使用を停止しているエレベーターがある（4/26時点）。



写真 4-1 天井吹き出し口の被害



写真 4-2 屋外受水槽天板の被害



写真 4-3 ヒンジから脱落した防火戸



写真 4-4 開放できなくなった防火戸



写真 4-5 ブロック壁（天井裏界壁）の被害



写真 4-6 エスカレーター接続部の被害

4.2 共同住宅（熊本市中央区）

本施設は、11階建ての鉄筋コンクリート造であり、1978年（S53年）に建設されている。住戸は共用の外廊下に沿って並んでおり、住戸数は1階に5戸、2階以上は10戸の全105戸である。前震翌日の段階で、構造的な安全性は建物管理者により確認されていたが、本震



写真 4-7 開閉障害が発生した玄関扉



写真 4-8 方立て壁のせん断被害（等級IV）

階		住戸									
		北側階段					南側階段				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
階	11	○	○	○	○	○	○	○	II	○	○
	10	○	○	○	○	○	I	III	IV	II	I
	9	○	II	○	II	○	III	IV	IV	IV	II
	8	○	II	II	II	○	III	III	IV	IV	II
	7	○	III	III	III	I	III	IV	IV	IV	III
	6	I	III	IV	II	I	IV	III	IV	IV	III
	5	II	III	III	IV	II	IV	IV	IV	IV	IV
	4	II	IV	IV	IV	II	IV	IV	IV	IV	IV
	3	III	III	IV	IV	III	IV	IV	IV	IV	IV
	2	II	II	III	III	II	II	III	IV	IV	II
1	I	I	II	II	II	○	○	×	△	○	

壁面のせん断破壊等級の定義（文献 ⁹ を参考にした）
I：近寄らないと見えにくい程度のひび割れが発生
II：肉眼ではっきり見える斜め方向のひび割れが発生
III：せん断ひび割れの幅が比較的大きく、複数発生するも、かぶりコンクリートの剥落はごくわずか
IV：せん断ひび割れの幅が拡大し、多数発生。かぶりコンクリート剥落や圧縮破壊が著しく、鉄筋が露出していることも
V：鉄筋が曲がり、内部のコンクリートも崩れ落ちるなど、部材耐力がほとんど残っていない状態

玄関扉の開閉障害
○：開閉障害なし
△：開閉障害の疑いがある
×

図 4-1 廊下側方立て壁のせん断破壊と玄関扉の開閉障害の状況

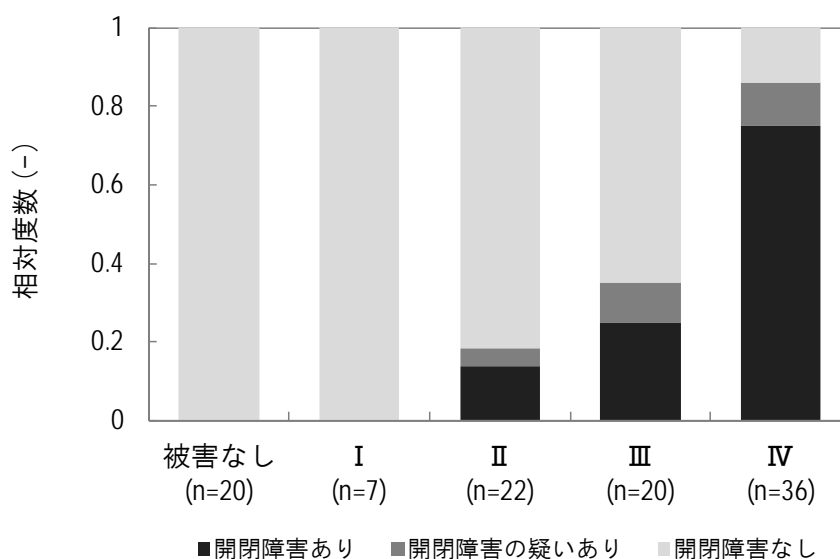


図 4-2 玄関扉の開閉障害の発生率

が発生した後にも再度安全性を確認した上で継続使用されている。

本施設については、共用廊下に面した方立て壁の被害について既に報告されているが²、方立て壁にせん断破壊が生じている場合、住戸の鋼製玄関扉にも開閉障害が発生している例が多く見られた(写真 4-7)。施設管理者ならびに居住者によると、バールで外側から玄関扉をこじ開けたり、玄関扉を内側から蹴破ったり、ベランダから隣接住戸に避難したりした人もあったとのことである。玄関扉に開閉障害が発生している場合には、火災時などにおける避難上の支障となる可能性があることから、本調査では、各住戸の玄関扉の被害について重点的に調査を行った。具体的には、共用部からの目視調査を行い、方立て壁のせん断破壊の程度⁹と鋼製玄関扉の開閉障害との関係を調べた。ただし、実際に玄関扉の開閉を行って障害の有無を確認することはできなかったため、開放されたままで閉鎖ができない状態になっているものを「閉鎖障害あり」、閉鎖はされているものの、ドアノブ周辺で扉と枠の間のクリアランスがなく、開閉に支障をきたしていると見られるものを「開閉障害の疑いあり」とした。また、参照したせん断破壊等級⁹は、鉄筋コンクリート造の耐力壁の損傷程度として定義されたものであるが、ここで対象とした方立て壁は非耐力壁である。方立て壁の被害と玄関扉の開閉障害の有無の関係を整理した結果を図 4-1、4-2 に示す。これによると、方立て壁、玄関扉とも、中央階段より南側に被害が集中している。破壊等級がIVの住戸では、36 戸中に 27 戸で玄関扉の開閉障害が発生しているなど、せん断破壊の程度が大きいほど、より多くの開閉障害が発生していることが確認できる。

4.3 病院 (大津町)

本施設は、竣工時期の異なる 4 棟 (東館、西館、中棟、北館) からなる病院で、二次救急医療施設に指定されている。竣工年は東館が 1981 年 (S56 年)、西館が 1988 年 (S63 年)、

中棟と北館が2004年（H16年）となっている。構造は、東館と西館がRC造で、中棟と北館はS造である。ただし、東館の4階部分は、もともと3階だった棟に、中棟と北館の増築時に建て増しされたS造である。大きな被害が出たのは本震の際で、壁には広い範囲で亀裂が発生、隣接する棟をつなぐエキスパンションジョイントが破損した上、西館では揺れによる給湯設備の破損で大規模な漏水が発生している。本震直後は安全性の確認を行わず、入院患者の館外への避難と他院への搬送を行っている。その後、構造上の安全性の確認がなされ、外来診療の受け付けは行っているものの、医療機器にも上記の漏水による被害が出ており、病院としての診療機能は制限された状態が続いている（4/27時点）。

空調設備については、西棟4階でファンコイルユニットの冷温水配管が数か所で破損し、水漏れが発生している。

給湯設備については、前震により、北館屋上の電気温水器のアンカーが外れたことで給水配管も外れ、漏水が発生している。また、本震により、北館屋上の貯湯槽のアンカー接合部分が損傷したほか（写真4-9）、北館3階の浴室天井でも給水配管の破損による漏水が発生している。西館の7階にある機械室では、貯湯槽2基の基礎が崩れ、給湯配管が外れたことで漏水が発生している（写真4-10、写真4-11）。これらの被害のうち、機械室の貯湯槽による漏水被害は特に大きく、下層階に大量のお湯が流れ出して居室が使用不能な状態となっている（4/27時点）。

電気設備については、西館の上層階で水損が発生し、電気系統の使用ができなくなっている（4/27時点）。施設管理者によると、非常用電源は本震後も問題なく作動していたとのことであった。

防災設備については、北館3階のエレベーター前に設置された折り畳み式防火戸が、揺れの影響で戸先が垂れ下がり、開閉ができない状態になっている。また、エレベーターシャフトと室内空間を隔てていた防火戸の枠板も脱落したため、現在は仮留めをした上でエレベーターの使用が停止されている（写真4-12）（4/27時点）。また、東館4階では、線入りガラス製の防煙垂れ壁が落下し、割れたガラスが周囲に散乱した（写真4-13）。このほか、天井に設置されたスプリンクラーヘッドの抜けや煙感知器の歪みが各所で散見された。破損の有無については定かではないが、再使用にあたっては作動確認が必要な状態となっている（写真4-14、写真4-15）。なお、防災設備には分類されないが、防火区画を形成すると見られる北館階段室内の壁では、2枚重ね合わせたせっこうボードのうち室内側の1枚が脱落している（写真4-16）。また、北館屋上では、電気温水器用貯湯槽の配管が揺れにより鉄骨梁に接触し、吹き付けられた耐火被覆が剥落している（写真4-17）。

昇降機設備については、西館のエレベーターが漏水により使用不能となっているほか、先述したように、北館のエレベーターも防火戸が破損したために使用不能となっている（4/27時点）。



写真 4-9 温水器用貯湯タンクのアンカー接合部分の被害



写真 4-10 ボイラー貯湯槽基礎の被害



写真 4-11 ボイラー貯湯槽の配管の被害



写真 4-12 開閉障害の発生した防火戸

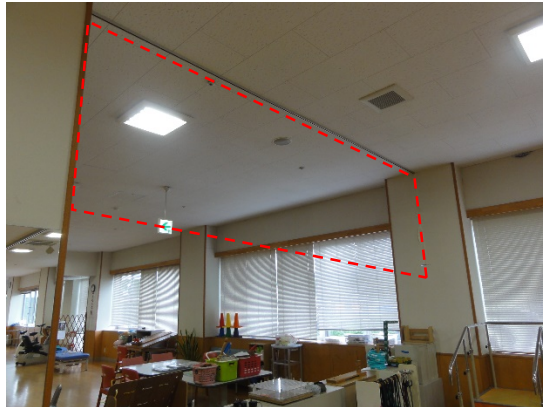


写真 4-13 防煙垂れ壁の脱落あと（赤線部）

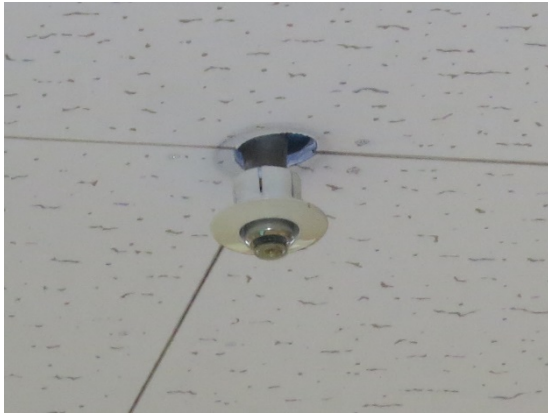


写真 4-14 スプリンクラーヘッドの抜け



写真 4-15 煙感知器の歪み

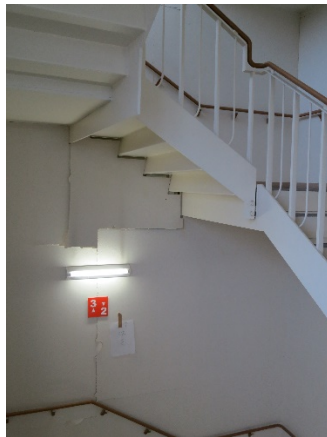


写真 4-16 階段室内の壁の被害



写真 4-17 耐火被覆が剥落した鉄骨梁

4.4 病院（熊本市東区）

本施設は、竣工時期の異なる3棟（南館、北館、新館）からなる病院で、熊本市内にある24の二次救急医療機関の1つに指定されている。竣工年は、南館が1979年（S54年）、北館が1984年（S59年）、新館が2001年（H13年）であるが、いずれもSRC造となっている。

前震による大きな被害はなかったものの、本震時には、非構造部材に損傷が生じたほか、外壁の脱落や窓ガラスの破損・落下が発生している。4/19に実施された応急危険度判定では構造上の問題は指摘されていないが、本震直後は安全性の確認を行えず、入院患者の館外への避難と他院への搬送を行っている。その後、建物や設備の補修を経て、4/28には部分的に外来診療を再開している。

空調設備については、屋上に設置してあるFRP製冷却塔で、冷却水配管との接合部が破断して、空調設備が使用できない状態となっている（写真4-18）（4/28時点）。これは、配管の置き基礎が移動したことと（写真4-19）、冷却塔の下部支持材が一部破断してアンカーが抜けたことにより（写真4-20）、冷却塔本体と配管に変位差が生じ、破断部に力が加わったためと考えられる。

給排水設備については、FRP製受水槽の天板が破損したが、貯水機能自体は維持されている（写真4-21）。また、屋上に4基ある高架水槽のうち3基のオーバーフロー管（水槽内部）が破損している（写真4-22）。施設管理者によると、地震後、上水の供給が停止していたが、井戸水を取り込めるようになっていたため、トイレ洗浄水は確保できているとのことであった。このほか、屋内の給水配管が数か所で破損して漏水が発生したものの、漏水量は多くなかったため、居室の使用に影響は出ていないとのことであった。

電気設備については、大きな問題は発生していない。施設管理者によると、本震の際に1時間程度の停電があったものの、非常用電源が起動し、非常灯などは点灯したとのことであった。

防災設備については、北館と南館の間のエキスパンションジョイント近くに設置された防火戸が、枠の変形のために完全には閉鎖しない状態となっているほか、2、3か所で閉鎖障害が発生している（写真4-23）。また、スプリンクラーヘッドが天井板から抜け出した状態になっているものがあるが、漏水被害は発生していない（写真4-24）。このほか、支持部が破損した避雷針が転倒するなどしている（写真4-25）。

昇降機設備については、5基のエレベーターで被害が発生し、使用できない状態となっている。建物管理者によると、被害の内訳は、つり合いおもりの脱落が2基、綱車のワイヤーの外れが1基、機械室内の巻き上げ機の破損が2基とのことであった。



写真 4-18 冷却塔配管と冷却水配管接合部の被害



写真 4-19 配管置き基礎の移動



写真 4-20 冷却塔支持材の被害



写真 4-21 受水槽天板の被害

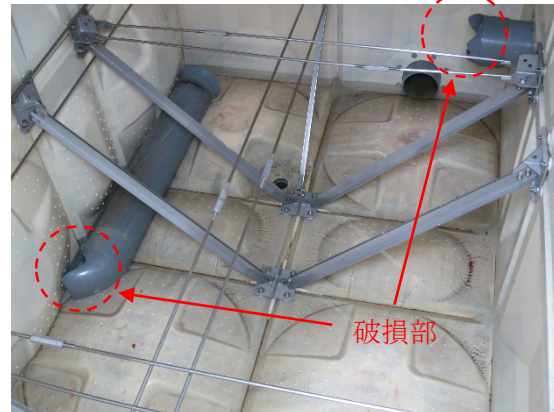


写真 4-22 高架水槽オーバーフロー管の被害



写真 4-23 完全には閉鎖しなくなった防火戸



写真 4-24 スプリンクラーヘッドの抜け



写真 4-25 支持部の破損により転倒した避雷針

4.5 行政庁舎（御船町）

本施設は、地上3階、地下1階のRC造の行政庁舎で、1974年（S49年）に竣工、2010年（H22年）に耐震補強を行っている。前震による大きな被害はなかったものの、本震により一部構造でコンクリートの剥落や鉄筋の露出、窓ガラスの破損・脱落が発生する被害を受けている。設計者による調査で構造上の安全性に関する問題は指摘されていないが、天井材が広範囲に落下し、窓ガラスの破損・脱落がある居室もあることから、一部機能を隣の庁舎に移して業務を継続している。

空調設備については、屋上の冷却塔が基礎の根元の部分から傾斜したほか、冷却塔と冷却水配管の接合部が破断して水漏れが発生している（写真 4-26, 4-27）。これも、前述の病院の被害と同様、冷却塔本体と配管の変位差により、破断部に力が加わったことが原因になったものと考えられる。屋内では、天井材のほか、空調ダクトや空調吹き出し部、照明設備の脱落も多数発生している（写真 4-28, 4-29）。

給排水設備については、受水槽や高架水槽に被害はなかったものの、上水の供給が前震後に停止している。施設管理者によると、トイレ洗浄水に近くの川の水を使用するなどして節水を行ったとのことであった。水道水の供給は4/21になって復旧しているが、飲料水とし

での使用は再開されていない（4/28 時点）。

電気設備については、施設管理者によると、本震後に漏電のためにブレーカーが作動し、4/27 の応急復旧工事までの間、館内の一部で電気が使用できなくなったとのことであった。なお、非常用電源については、本震後の停電中も問題なく作動していたとのことであった。

防災設備については、施設管理者によると、防火シャッターが自動閉鎖したものの、付属するモーターの電源が起動せず、開放することができなくなったとのことであった。ただし、防火シャッターが閉鎖したままでは避難安全上の支障があることから、専門業者の作業により開放されたとのことである（写真 4-30）。また、空調ダクト内の防火ダンパーが自動閉鎖したため、後日、手動で開放されたとのことであった。



写真 4-26 基礎部分から傾斜した冷却塔



写真 4-27 冷却塔と冷却水配管接続部の被害



写真 4-28 天井材の被害



写真 4-29 空調ダクトの被害



写真 4-30 自動閉鎖したのち開放できなくなっていた防火シャッター

4.6 学校（熊本市中央区）

本施設は、複数の鉄筋コンクリート造の棟からなる学校で、竣工年は1979年（S54年）である。地震の影響により、敷地内の広い範囲で地盤沈下が起こり、建物との間には段差、隙間が生じている（写真 4-31）。複数棟ある中の一棟では、室内に傾斜が生じており、立ち入りが禁止されている。このほかに構造体の目立った被害は見られない（4/28時点）。

給排水設備については、地下に埋設された給水管の破損・漏水が5か所あった。いずれも各棟への地下導入部においてであり、地盤変状の影響が考えられる（写真 4-32）。ただし、屋内の漏水は発生しておらず、教室使用に影響は出ていない。このほか、受水槽から高架水槽への送水を行う揚水ポンプが故障する被害が発生している。



写真 4-31 建物と地盤面の段差



写真 4-32 地下埋設給水配管の破損箇所付近

5. まとめ

火災被害については、出火確率を過去の記録をしたところ、PGVの大きな領域でこそ兵庫県南部地震の記録より小さいものの、東北地方太平洋沖地震の記録からの隔たりは大きくなかった。

建築設備被害については、当面の建物使用上の影響はない軽微な被害が多く見られたが、施設の機能継続に影響を及ぼしていると思われる例も見られた。機能継続に関連すると考えられる項目を整理した結果を表 5-1 に示す。ここから、以下のような点を指摘することができる。

- ・ 構造上の安全性を速やかに判断することが、施設を機能継続させる上で重要である。
- ・ ガス供給が停止している施設であっても、電気とトイレ洗浄水が使用できることで、施設の機能継続・再開がなされている例がある。トイレ洗浄水の確保には、上水の供給再開を待たず、井戸水、河川水を使用している例がある。
- ・ 空調設備の被害が、施設の機能継続・再開の要件となっている例はなかったが、異なる季節、異なる地域で地震が起こっていれば、状況が異なっていた可能性がある。

表 5-1 建築物被害と機能継続の関係

		4.1 節	4.2 節	4.3 節	4.4 節	4.5 節	4.6 節
立地		益城町	熊本市中央区	大津町	熊本市東区	御船町	熊本市中央区
最大震度	前震	7	5 強	5 強	6 弱	5 強	5 強
	本震	7	6 強	6 強	6 強	6 弱	6 強
用途		空港旅客ターミナル	共同住宅	病院	病院	行政庁舎	学校
構造		RC 造, S 造	RC 造	RC 造, S 造	SRC 造	RC 造	RC 造
竣工		1971 年以降, 5 次にわたり増改築	1978 年	東館: 1981 年 西館: 1988 年 中棟, 北館: 2004 年	南館: 1979 年 北館: 1984 年 新館: 2001 年	1974 年 (2010 年補強)	1979 年
構造等		- EJ 破損, ずれ - 非構造部材損傷 - ブロック壁脱落(天井裏) - 落下物多数	- EJ 破損 - 非構造部材損傷 - 玄関扉の開閉障害	- 非構造部材損傷 - EJ 破損	- EJ 破損 - 非構造部材損傷 - 外壁脱落 - 窓ガラス破損・落下	- EJ 破損 - 非構造部材損傷 - 天井材落下 - 窓ガラス破損・落下	- 地盤沈下 - 建物床傾斜 - EJ 破損
建築設備	空調設備	- 吹き出し口脱落	- 被害なし	- FCU 冷温水配管破損(屋内)	- 冷却塔破損(屋上)	- 冷却塔破損(屋上) - 空調ダクト脱落(屋内)	- 被害なし
	給排水設備	- 受水槽天板破損 - 給水配管破損(屋内)	- 被害なし	- 貯湯槽破損(屋上, 機械室) - 給水配管破損(屋内)	- 受水槽天板破損 - 高架水槽破損(屋上) - 給水配管破損(屋内)	- 被害なし	- 揚水ポンプ故障 - 給水配管破損(地下)
	電気設備	- 変圧器転倒(電気室)	- 被害なし	- 被害なし	- 被害なし	- 漏電(屋内)	- 照明器具落下(屋内)
	防災設備	- SP 誤作動 - 防火戸脱落	- 被害なし	- 防火戸脱落 - 防煙垂れ壁脱落 - SP ヘッド等破損 - 防火区画破損(階段室) - 耐火被覆剥落	- 防火戸閉鎖障害 - SP ヘッド等破損 - 避雷針脱落(屋上)	- 防火シャッター破損 - ダンパー閉鎖	- 被害なし
	昇降機設備	- ESL 接続部被害 - EV 使用停止(4/26 時点)	- 被害なし	- EV 被害	- EV 被害	- 被害なし	- EV 被害
	その他			- 医療機器水損	- 医療機器使用停止		
都市設備	水道	- 断水(4/16~4/18)	- 断水(~4/25)	- 給水再開(4/22) - 井戸水利用	- 井戸水利用	- 断水(4/14~4/21)	- 断水(4/16~4/19)
	電力	- 短時間停電(4/16)	- 停電なし	- 短時間停電(4/16)	- 短時間停電(4/16)	- 半日停電(4/16)	- 短時間停電(4/16)
	ガス	- 使用停止(4/26 時点)	- 開栓作業中(4/27)	- LPG 使用再開(4/17)		- 使用停止	- 開栓作業中(4/28)
機能継続・再開		- 一部営業再開(~4/19)	- 機能停止なし	- 入院患者転院 - 診療制限 (4/16~)	- 入院患者転院 - 一部診療再開 (4/28~)	- 一部機能移転 - 機能停止なし	- 休校中(4/28 時点)

※ EJ : エキスパンションジョイント, EV : エレベーター, ESL : エスカレーター, SP : スプリンクラー設備, FCU : ファンコイルユニット, LPG : プロパンガス (ガスボンベ)

謝辞

本調査を実施するにあたり、熊本市消防局には火災情報の収集にご協力をいただきました。また、個別にお名前を挙げることはできませんが、火災現場調査ならびに建築物被害調査にご協力をいただきました皆様にはお見舞いとお礼を申し上げます。

-
- ¹ 消防庁：熊本県熊本地方を震源とする地震（第49報），2016年5月9日
 - 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第二次調査報告（速報） - （木造住宅及び鉄筋コンクリート造等建築物を中心とした調査），2016年5月2日
 - 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第三次調査報告（速報） - （鉄骨造建築物、非構造部材、設備を中心とした調査），2016年5月13日
 - ⁴ 産業技術総合研究所：地震動マップ即時推定システム（<https://gbank.gsj.jp/Quake/>）
 - ⁵ 総務省統計局：平成22年国勢調査（<http://www.e-stat.go.jp/>）
 - ⁶ 総務省消防庁：阪神・淡路大震災について（確定報）（2006）
 - ⁷ 総務省消防庁：平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）について，第153報（2016）
 - ⁸ 樋本圭佑・山田真澄・西野智研：2011年東北地方太平洋沖地震における津波浸水区域外の出火傾向の分析，日本建築学会環境系論文集，Vol.79，No.697，pp.219-226（2014）
 - ⁹ 日本建築防災協会：震災建築物等の被災度判定基準および復旧技術指針（鉄筋コンクリート造編），1991

平成 28 年(2016 年)熊本地震による建築物等被害第九次調査報告(速報) (免震建築物に関する調査)

1. 調査の目的及び概要

平成 28 年熊本地震の被災地である熊本県内には、病院、共同住宅など確認された範囲で十数棟の免震建築物が存在している。これまでの震災等を通じて免震建築物の有効性が実証されつつあるところであるが、実際の大地震(地震動)を経験した免震建築物の事例は少なく、地震時の挙動や地震後の被害状況を把握し、今後の基準の整備や設計に資する知見を取りまとめることの重要性は高い。そこで、国土交通省住宅局の要請を踏まえて、熊本県内の免震建築物を対象に現地調査を行った。本報では、速報としてその概要について示す。

2. 調査者

国土交通省国土技術政策総合研究所	建築研究部構造基準研究室	室長	森田 高市
国立研究開発法人建築研究所	構造研究グループ	上席研究員	井上 波彦
		研究員	三木 徳人
	国際地震工学センター	上席研究員	小豆畑達哉

3. 調査地域及び建築物

調査対象とした建築物及び対象地域内の地震観測点の位置を図 3.1 に、また、各種の設計情報を表 3.1 に示す。調査は 4 月 29 日(金)(建築物 A~C、J)及び 30 日(土)(建築物 D~I)の二日間で実施した。

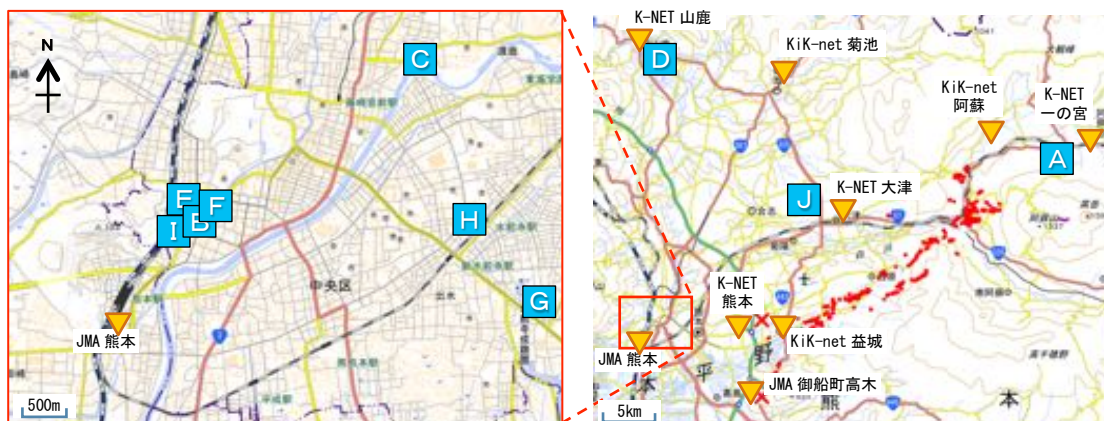


図 3.1 調査建築物 (A~J) 及び地震観測点 (▽) 位置 (左図は右図の熊本市内を拡大)

背景地図：国土地理院電子地形図 (タイル)：×印は震央 (下が 4/14 前震、上が 4/16 本震)、・印は布田川断層帯周辺の地表の亀裂分布

表 3.1 調査建築物一覧（建築物 A～J は図 3.1 と対応）

建築物 （*は告示免震 ^{a)} ）	クリア ランス ^{b)}	上部構造		免震材料 ^{d)}	評定年 ^{e)} (建設年)	罫書き 記録	最寄り ^{f)} の 震度(本震)
		形式 ^{c)}	階数				
A 医療施設*	620mm	RC	4	RB, LRB	(2014)	○	6 弱
B 事務所*	650mm	S+SRC	8	RB, SnRB, USD	(2015)	○	6 強
C 共同住宅*	(未確認)	RC	13	RB, USD, LD	2007		6 強
D 事務所	600mm	S	5+B1	RB, ESD, USD	2012	○	5 弱
E 事務所	(未確認)	S	5+B1	RB, LRB, LSB, OD	2014		6 強
F 宿泊施設	450mm	RC	12	HRB, OD	2001		6 強
G 共同住宅 A 棟	430mm	RC	14	HRB	1996		6 強
B 棟	430mm	RC	11	HRB	1996		
H 共同住宅 E 棟	600mm	RC	14	HRB	2000		6 強
W 棟	600mm	RC	14	HRB	2000		
I 共同住宅*	600mm	RC	15	RB, USD, LD	2006		6 強
J 倉庫	580mm	S+SRC	2	RB, LRB, ESD	2011	○	6 強

a …平成 12 年建設省告示第 2009 号を満たすものとして設計された免震建築物をいう。
b …免震建築物と周囲に設けられた擁壁等との間の距離。免震建築物の地震時の動きを損なわないように設けられる。
c …RC：鉄筋コンクリート造、S：鉄骨造、SRC：鉄骨鉄筋コンクリート造
d …RB：天然ゴム系積層ゴム、HRB：高減衰積層ゴム、LRB：鉛プラグ入り積層ゴム、SnRB：錫プラグ入り積層ゴム、ESD：弾性すべり支承、LSB：直動転がり支承、USD：U形鋼材ダンパー、LD：鉛ダンパー、OD：オイルダンパー
e …時刻歴応答解析を行い、指定性能評価機関等において性能評価を取得した年を指す。
f …図 3.1 に示す観測点（▼印）のうち、それぞれの建築物に最も近い地点。A は K-NET 一の宮、D は K-NET 山鹿、G は K-NET 熊本、J は K-NET 大津、その他はすべて JMA 熊本である。

4. 地震動特性

調査対象建築物に作用した地震動に関する目安として、各建築物の最寄りの観測点のうち 5 地点での地震記録を用いた検討を実施した。

図 3.1 に▼印で示された観測点のうち、K-NET 一の宮、JMA 熊本、K-NET 熊本、K-NET 山鹿及び k-NET 大津で観測された本震時の地震記録による擬似速度応答スペクトルを図 4.1 に示す。参考として、建築基準法令による第二種地盤（地震地域係数 $Z = 0.9$ ）での擬似速度応答スペクトルを黒点線で示す。A 医療施設近傍（約 4 km 東）の K-NET 一の宮において、周期約 3 秒の長周期成分が大きくなっていることが特徴的である。

図 4.2 は、各地震記録による変位応答スペクトルである。減衰定数は 20%とした。現時点で、設計時における免震層の予測変位とクリアランスが判明している建築物については、それぞれの建築物の最寄りの観測点に対する線の色と同色とした上でこれらの値も図にプロットしている。最寄りの観測点での地震記録の変位応答スペクトルと設計時の免震層予測変位を比較した場合、A 医療施設においては K-NET 一の宮の NS と EW の両方向で、G 共同住宅において K-NET 熊本の EW 方向で、J 倉庫においては K-NET 大津の NS と EW の両方向で、それぞれ応答変位が予測変位を上回る結果となっている。

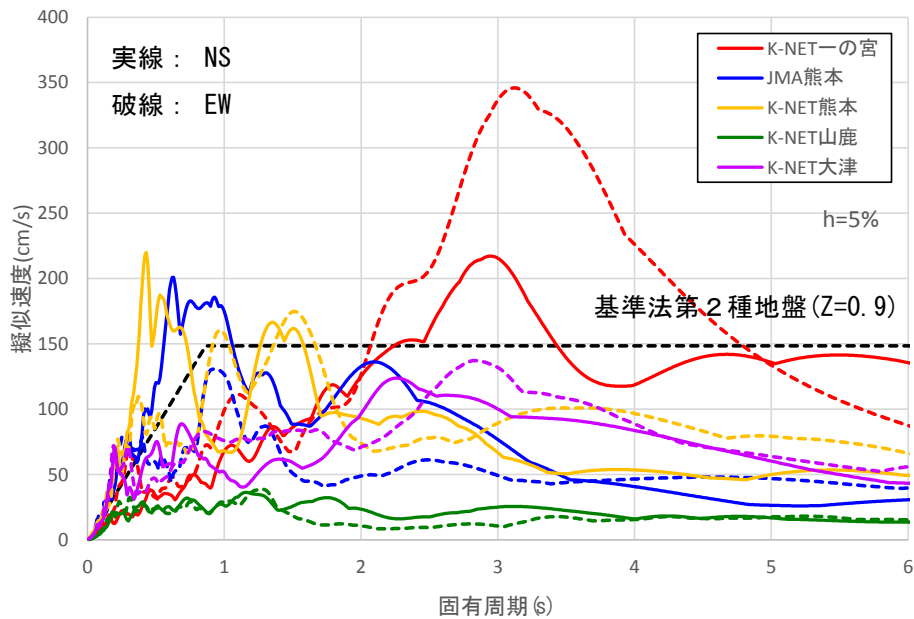


図 4.1 調査建築物近傍での地震記録による擬似速度応答スペクトル

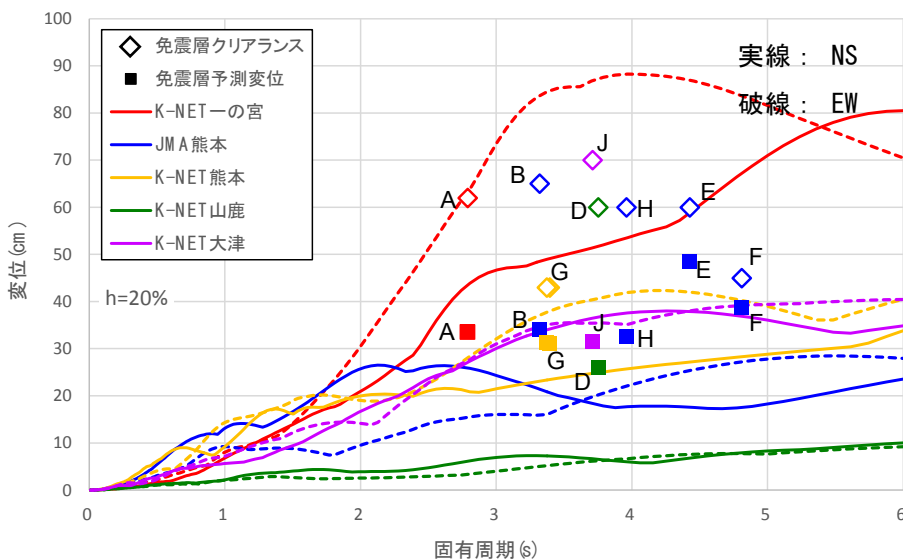


図 4.2 変位応答スペクトル (h=20%) 及び免震層の設計時予測変位とクリアランス

5. 調査結果の概要

調査は、免震層内、免震層周囲及び建築物内の目視確認を中心に実施し、同時に建物管理者及び使用者への聞き取り調査（ヒアリング）も行った。さらに、可能な場合には、前震又は本震時に建築物内で免震挙動を体験された方を対象に、調査票（末尾別紙参照）を用いたアンケート調査も行った。以下に各建築物における調査結果を示す。

5.1 A 医療施設

A医療施設は、阿蘇市に位置する免震建築物である。免震層には、天然ゴム系積層ゴム 45 基及び鉛プラグ入り積層ゴム 27 基が設置されている。上部構造は、併設されたRC造2階建ての中央

診療棟とRC造4階建ての病棟が、1階の床版を共有する形で全体として一つの免震層に支えられる形式となっている。また、これらの免震部分は、さらにエキスパンションジョイントを介して平家建ての外來棟に接続されている。

免震層内に罫書き式の変位計が設置されており、最大で正負約45cm（トータル約90cm）の軌跡が記録されていた（写真5.1.1）。別途入手した資料による本建築物の設計変位（地震応答変位）は正負各33.5cmであり、これを超える数値となっている。その他、大変形を経験した積層ゴム支承カバーのふくれが見られた（写真5.1.2）。建物外周部では、非免震部分との接続箇所であるエキスパンションカバー周囲の軽微な変状（写真5.1.3：モルタルの欠けや金具の変形）があったが、使用上の問題は見られなかった。

上記のほか、職員の方（1名）へのヒアリングでは、下記の回答があったが、ライフライン途絶への対応を含め、いずれも機能継続上の問題はないとのことであった。

- ・エキスパンションカバーの破損（写真5.1.4：写真5.1.3の室内側）があった。（前震時は軽微な変状で、本震後に破損が確認された。危険はなかったが修繕工事のため取り外されていた。）
- ・中央診療棟（免震構造）北側緊急外來出入り口のガラス製自動ドア（吊り下げ式）が開いたまま外れていた（写真5.1.5）。
- ・固定していないロッカー（写真5.1.6、写真5.1.7）の転倒があった。（病棟の2～4階の同じ位置でそれぞれ発生。写真5.1.6のロッカーの奥行きは37cm、高さは173cmあり、日本建築学会「非構造部材の耐震設計施工指針・同解説および耐震設計施工要領」¹⁾の式を用いると床応答加速度は 230cm/s^2 以上と推定される。）
- ・2階で液晶TVの転倒・落下があった。
- ・中央診療棟1階で手術用器具の棚の転倒があった。

また、事前に送付し当時勤務されていた方々（7名）に記入いただいた免震建築物の挙動に関する質問票によれば、ほとんどの方が地震時に入院患者や室内の様子を見たり周囲のものを抑える等の行動が可能であったことや、2階より上層では吊り下げ物の落下、食器類の落下、家具の転倒などの被害が見られたとの記入があった。

その他、敷地周囲の建築物等の被害は軽微で、住宅の屋根を覆うブルーシートやブロック塀の倒壊が散見される程度であった。

なお、免震建築物が性能を発揮する際には上部構造が大きく水平に動くことになるため、そのとき周囲の人・物に危険や支障がないよう、免震建築物にはその旨の表示（以下「免震表示」という。）を行っている。本建築物では、免震部分である中央診療棟の救急外來入口と、建築物内部のエキスパンション周辺に免震表示があった（写真5.1.8、写真5.1.9）。

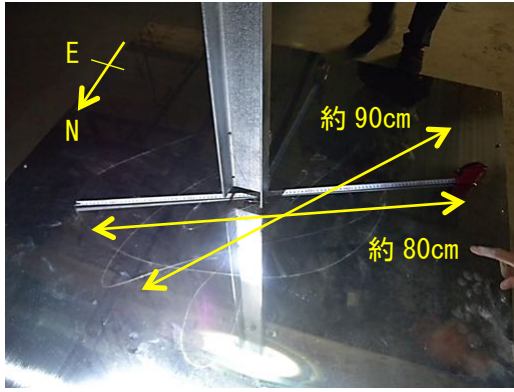


写真 5.1.1 罫書き式の変位計（以降の写真では「罫書き」と記す）の軌跡

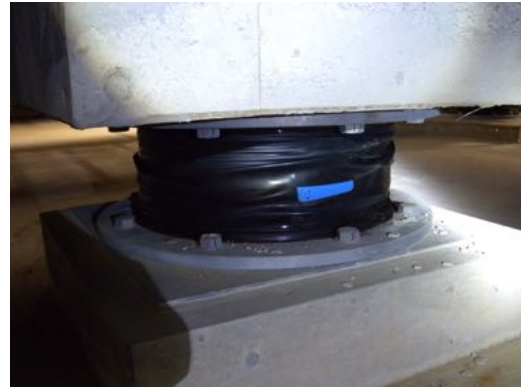


写真 5.1.2 積層ゴム支承のカバーのふくれ



写真 5.1.3 エキスパンションカバー周囲の変状



写真 5.1.4 破損したエキスパンションカバー（撤去済み）



写真 5.1.5 外れた自動ドアの扉



写真 5.1.6 転倒したロッカー①



写真 5.1.7 転倒したロッカー②



写真 5.1.8 出入口周辺における免震表示（右図は左図囲みの表示内容の拡大）



写真 5.1.9 建築物内部における免震表示（右図は左図囲みの表示内容の拡大）

5.2 B事務所

B事務所は、熊本市中央区に建つ免震建築物で、免震層には天然ゴム系積層ゴム、錫プラグ入り積層ゴム及びU形鋼材ダンパー（いずれも基数未確認）が設置されている。上部構造は鉄骨造＋SRC造の8階建てである。

免震層内に罫書き式の変位計が設置されており、正負約 35cm（トータル 71cm）の軌跡が記録されていた（写真 5.2.1）。また、U形鋼材ダンパーの鋼材部分に大きな残留変形（ゆがみ）及びそれに伴う表面の塗装の剥がれが見られた（写真 5.2.2）が、いずれも通常の作動範囲内で想定される変状であり、免震挙動への影響はなかったものと考えられる。管理者の方へのヒアリングでは、実際に地震時に室内では一部のパソコンのモニタが倒れたが、地震直後から建物として求められている機能は、全く支障がなく維持できたとのことであった。

上記のほか、地震応答の痕跡（被害）として、階段室の内装クロスのしわ及び4階の窓サッシ部金具のずれが見られた（写真 5.2.3、写真 5.2.4）。建物周囲においては、通用口の鋼製扉の取付け部の変形、クリアランスのカバーの端の鉄板の折れ曲がり（カバー下に巻き込まれていた）が見られた。管理者の方によれば、この鉄板部の支障は前震時にカバー全体のうち 1/3 程度で、本震時にさらにもう 1/3（トータル 2/3）程度で見られたとのことであった。

免震表示（写真 5.2.5）は、屋外に面した入り口付近に設けられていた。

なお上部構造の外観上の変状は調査時点では全く見られなかったが、隣接する建築物では、外装材の広範な落下が見られた（写真 5.2.6）。

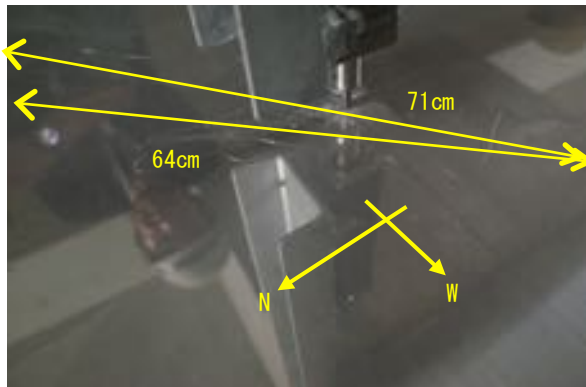


写真 5.2.1 野書きの軌跡



写真 5.2.2 鋼材部分の残留変形と塗装のはがれ

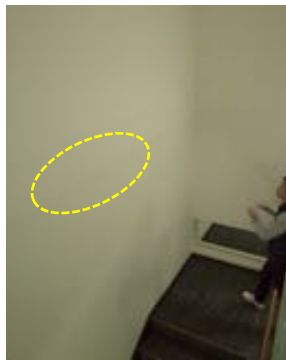


写真 5.2.3 階段室の内装クロスのずれに伴うしわ



写真 5.2.4 窓サッシ部の金具のずれ



写真 5.2.5 免震表示



写真 5.2.6 隣接建物（右）の外装材落下被害

5.3 C共同住宅

C共同住宅は、熊本市中央区に位置する免震建築物である。免震層には、天然ゴム系積層ゴム、U形鋼材ダンパー（いずれも基数未確認）及び鉛ダンパー6基が設置されている。上部構造はR C造13階建てで、免震層を掘り下げるのではなく、免震層底盤の周囲に立上り部分を設け、地表面より上に免震層が位置する形式となっている。免震表示（写真 5.3.1）は出入口付近に掲示されていた。

罫書き式の変位計等の設置はなく、最大変位の把握はできていない。免震層内では、積層ゴムの被覆（保護）カバーの外れ（写真 5.3.2）やU形鋼材ダンパーの鋼材部分の軽微な残留変形（ゆがみ）及び塗料の剥がれが見られたほか、構造上の被害として、鉛ダンパーの取付け基部周辺のスラブの大きな破損が見られた（写真 5.3.3）。鉛ダンパーの屈曲部の表面に生じているしわの目視観察からは、10cm内程度の変形と考えられ、破壊した取り付け基部での変形が原因でダンパーが十分にせん断変形できず、設計で想定した性能を発揮できなかった可能性がある。

13階、8階及び7階で構造躯体を目視観察したところ、ひび割れ等の発生は見られなかった。管理会社の方からのコメントでは、住民は前震後の時点では建物内に留まっていたが、本震後には避難所に移動した住人もいたとのことである。また構造設計者から5階の住人に行った聞き取り調査では、前震後も本震後も室内のもの（家具等）は転倒していなかったとのことであった。

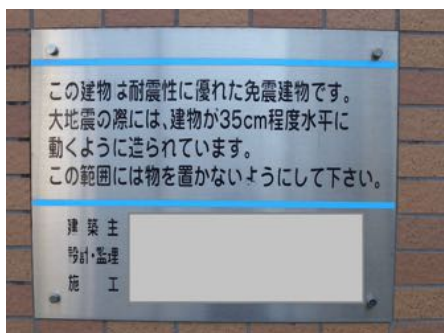


写真 5.3.1 免震表示



写真 5.3.2 積層ゴム被覆カバーの外れ



写真 5.3.3 鉛ダンパー取付け基部の被害（床スラブの破損）

5.4 D事務所

D事務所は、山鹿市に位置する免震建築物である。免震層には、天然ゴム系積層ゴム、弾性すべり支承及びU形鋼材ダンパー（いずれも基数未確認）が設置されている。上部構造は鉄骨造5階＋地下1階である。

免震層内に罫書き式の変位計が設置されており、両振幅で南北に約16cmの軌跡を確認した（写真5.4.1）。免震表示（写真5.4.2）は正面玄関周りにはみられず、通用口周りに掲示されていた。免震材料及び免震層内外のクリアランス部の変状は、ごく軽微なものを除き見られなかった。

職員の方へのヒアリングによれば前震・本震とも継続使用上の支障はなかったとのことである。

敷地周囲においては、稀にブルーシートによる屋根覆いが見られる程度で、建築物等の被害は微少と思われる。その他、D事務所より約500m北西に位置するK-NET山鹿観測点の設置状況を確認した。観測点は高台の辺縁部に設置されていた（写真5.4.3）。

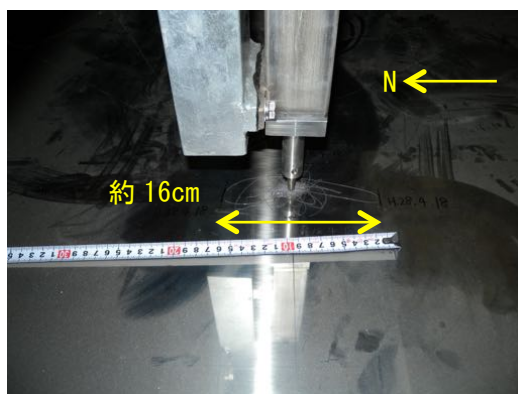


写真 5.4.1 罫書きの軌跡



写真 5.4.2 免震表示



写真 5.4.3 K-NET 山鹿観測点

5.5 E 事務所

E 事務所は、熊本市中央区に位置する施工中の免震建築物で、上部構造は鉄骨造 5 階＋地下 1 階＋屋上工作物（鉄塔）である。

本建築物は施工中（躯体については 5 階まで及び鉄塔の一部の工事が終了した段階）で敷地外周に鋼板による仮囲いやフェンス等が配置され、免震層内への立ち入り調査等はできなかった。現場担当者の方へのヒアリングでは、免震層内には天然ゴム系積層ゴム、鉛プラグ入り積層ゴム、直動転がり支承及びオイルダンパー（いずれも基数未確認）が設置されており、工事中であるため免震層が動かないよう止め付けていたターンバックル等が本震の際には外れてしまったが、上部構造は無傷とのことであった。

5.6 F 宿泊施設

F 宿泊施設は、熊本市中央区に位置する免震建築物で、免震層には高減衰積層ゴムとオイルダンパー（いずれも基数未確認）が設置されている。上部構造は R C 造 12 階建てである。

免震層に罫書き式変位計等の設置はないが、免震層の変位の発生に伴う痕跡として、クリアランス部に設けられた配管の吊りボルトの変形（写真 5.6.1）、オイルダンパー軸部の摺動跡、オイルダンパーの周囲柵等への接触跡（写真 5.6.2）などにより、南に約 28cm、西に約 18cm 程度（北及び東方向については不明）の変位が生じたものと考えられる。さらに、積層ゴムの最上層部分には変形跡が見られたが、大きなせん断変形により積層ゴムのゴム部分（積層された鋼板の間にあるゴム）が若干外部に膨らみ出したものと考えられる。

事務員の方（2 名）へのヒアリングでは、次の回答があった。

- ・前震、本震共に宿泊室及び 1 F 食堂ではいずれも被害（備品落下等も含む）は見られなかった。
- ・前震時に、1 階事務室の隅に置いていたコピー機（写真 5.6.3）が約 30cm 移動した。
- ・本震時に、5 階宿泊室での姿見の転倒及び 1 階事務室のパーティション（写真 5.6.4）の転倒があった。
- ・本震直後には、免震建築物であるとして 1 階ロビー内に周辺の通行人も含め約 50 人が避難していた。
- ・他の宿泊施設では、客室の T V 転倒やエレベータ停止などの被害で営業できないものがあった。

が、この施設は継続して営業が可能だった。

- ・免震建築物の揺れ方は、ゆっくりしているが歩けるほどではなく、免震とわかっていても恐怖感のあるものであった。ただし、継続して営業可能だったことなどから、免震の有効性は高いと感じている。
- ・本震の特徴として、初期の上下動が大きかった。前震はそのような感じはなかった。



写真 5. 6. 1 配管吊り下げ用ボルトの変形（ボルトの接触痕から擁壁まで約 28cm）

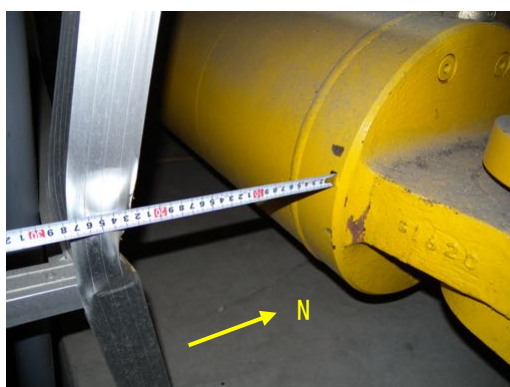


写真 5. 6. 2 オイルダンパー胴部の移動・接触に伴う周囲柵の変形



写真 5. 6. 3 移動したコピー機



写真 5. 6. 4 転倒したパーティション

5.7 G共同住宅

G共同住宅は、熊本市中央区に位置する2棟の免震建築物で、中間に配置された非免震の渡り廊下（兼集会場、地上2階）を挟んで、RC造14階建ての基礎免震であるA棟と、RC造11階建ての中間階免震であるB棟（免震層は2階床下）が建てられている。A棟の免震層内には高減衰積層ゴム15基が、B棟の免震層内には高減衰積層ゴム15基（中間階免震部分）及び2基（外階段及び渡り廊下部直下）が、それぞれ設置されている。

免震層に罫書き式変位計等の設置はないが、A棟では、免震層の変位の発生に伴う痕跡として、自転車置ききの金具の変形、免震層周囲の石の移動痕、犬走り部分の周囲への接触、エキスパンション周囲での変状があり（写真5.7.1～写真5.7.4）、北に約30cm程度の変位が生じたものと考えられる（他の方向は不明）。また、A棟の積層ゴム支承で、北に3cm程度の残留変位が観察された（写真5.7.5）。この建築物では免震層の定期的な点検の一環として下げ振りを用いた変位の観測を実施しており、管理会社によれば直近の点検時（約一月前、3月）にはほぼ原点とのことで、この残留変位は今回の一連の地震で生じたものと考えられる。

中間階免震となっているB棟は、図5.7.1に示す通り免震部分から構面外に張り出して立ち下げる形式で外階段を設けており、階段の脚部の地下にも積層ゴム支承が設置されている。この外階段の被害が大きく、階段中央の壁部分の損傷によって使用禁止となっていた（写真5.7.6）。また、階段下の積層ゴム支承について、上側の取付け基部の損傷（かぶりコンクリート部分の剥落）も観察された。

住民の方へのヒアリングでは、前震より本震の方が縦揺れなどを強く感じ、実際に前震では特に使用上の支障がなかったエキスパンションジョイント部が本震で破損し補修の必要が生じたこと、また、A棟とB棟が角度を付けて配置されており、南北が張り間になるA棟の方が家具の転倒などの被害の報告が少ないことから、主要な南北方向と推測される（張り間方向の戸境壁に家具の背を付けた場合、揺れが南北方向であれば倒れにくい長辺方向で耐えられることになるため）との意見があった。また外装タイル等について、落下等の被害は見られなかったとのことであった。その他、前震後の時点では建物内に留まっていた住民の多くが、本震後には隣接する駐車場に避難（車中泊）したとのことであった。

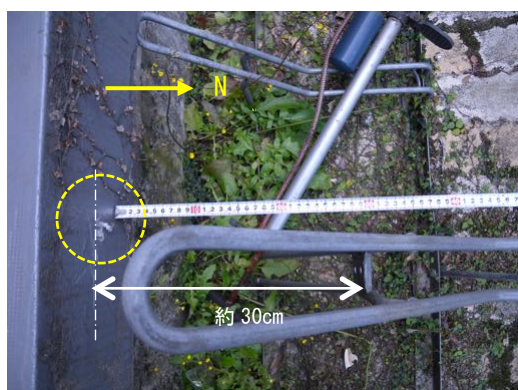


写真 5.7.1 自転車置ききの金具の接触跡



写真 5.7.2 免震層周囲の石の移動跡

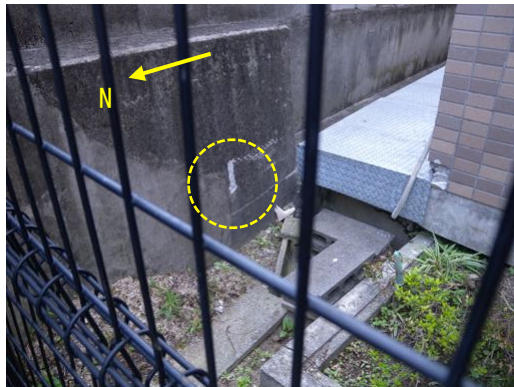


写真 5.7.3 犬走り部分の周囲への接触跡

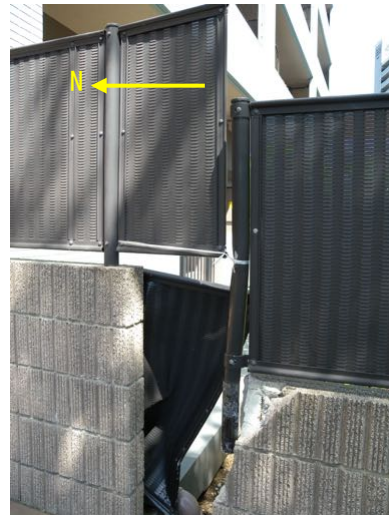


写真 5.7.4 エキスパンション部変形

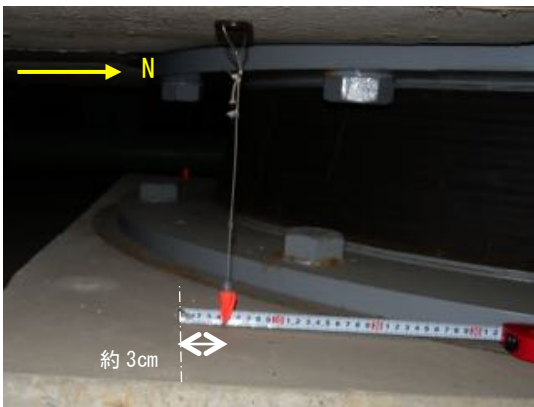


写真 5.7.5 積層ゴムの残留変形

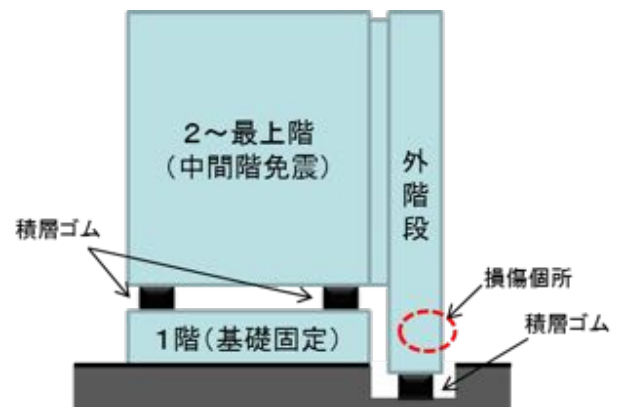


図 5.7.1 B棟(中間階免震)及び階段損傷位置

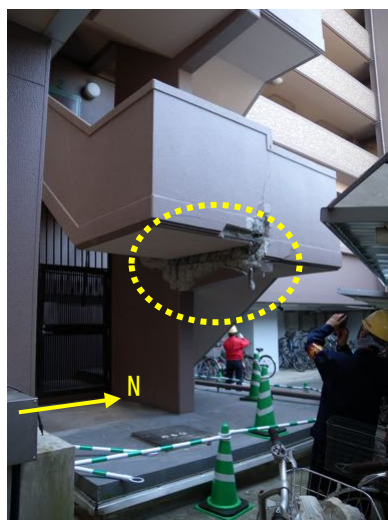


写真 5.7.6 外付け階段の被害と階段下に設置された積層ゴム支承の取り付け基部の損傷



5.8 H共同住宅

H共同住宅は、熊本市中央区に位置する2棟の免震建築物で、中間に配置された非免震の渡り廊下（地上2階）を挟んで、いずれもRC造14階建ての中間階免震であるE棟・W棟（共に免震層は2階床下）が建てられている。E棟の免震層内には高減衰積層ゴム8基（中間階免震部分）及び1基（外階段直下）、W棟の免震層内には高減衰積層ゴム15基（中間階免震部分）及び1基（外階段直下）が、それぞれ設置されている。

免震層に罫書き式変位計等の設置はないが、免震層の変位の発生に伴う痕跡として、免震層内の配管について、非免震部分である鉄製の架台との接触部分での断熱被覆に約70cmにわたる損傷、可動式の配管基部に約40cmのこすれ跡が見られ（写真5.8.1、写真5.8.2）、北東—南西方向に両振幅70cm程度の変位が生じたものと考えられる。

この建築物も5.7節のG共同住宅と同様に外側に張り出して独立した免震基部を設ける形式の外階段があり、階段部分の損傷や同様の被害が生じていた（写真5.8.3）。また、エキスパンション部の損傷として、カバー（天井被覆）の破損及び二次壁の変形等があった（写真5.8.4～写真5.8.6）。天井被覆については、管理会社の方によれば想定内とのことであったが、避難経路部分であることや落下の危険があるため、調査時には除去されていた。

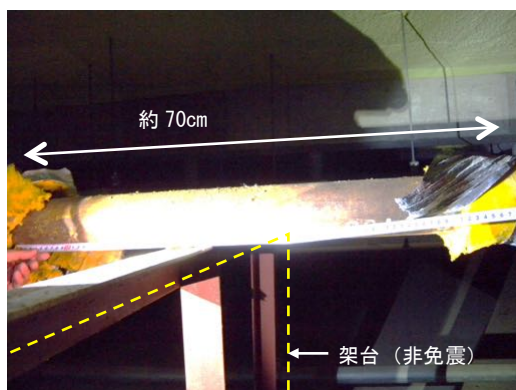


写真 5.8.1 配管の断熱被覆の損傷

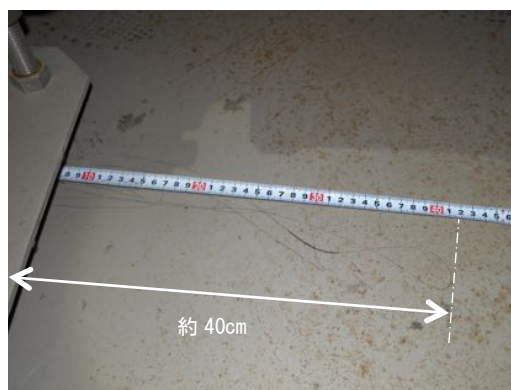


写真 5.8.2 可動式の配管基部のこすれ跡



写真 5.8.3 外階段の被害



写真 5.8.4 エキスパンション部の変状①（天井被覆は撤去済み）

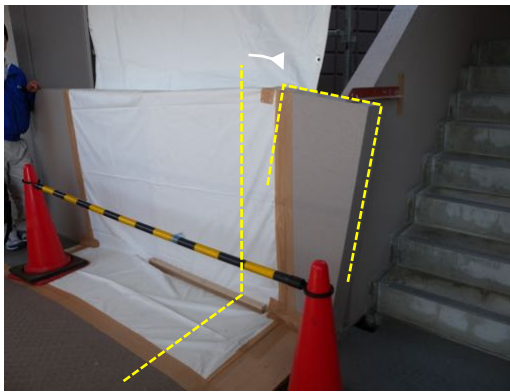


写真 5.8.5 同 変状②（二次壁の変形）



写真 5.8.6 同 変状③（カバーの変形）

5.9 I 共同住宅

I 共同住宅は、熊本市中央区に位置する免震建築物で、免震層内には天然ゴム系積層ゴム 18 基、U形鋼材ダンパー 8 基及び鉛ダンパー 8 基が設置されている。上部構造はRC造 15 階建てである。建築物入口付近に掲示されていた免震表示（写真 5.9.1）によれば、大地震時の想定（設計）変位は 32cm である。

免震層内では、5.3 節のC 共同住宅と同様の構造的な被害として、U形鋼材ダンパーや鉛ダンパーの取付け基部と床スラブとの間で損傷を生じていた（写真 5.9.2）。また、この損傷は床スラブの上面にあたる 1 階の駐車場部分まで達していた（写真 5.9.3）。なお設計図書に基づくスラブの厚さは 200mm であった。

その他、エキスパンション部分で、免震部分と非免震部分の双方に止め付けられていた手すりの変形が見られた（写真 5.9.4）。また、このエキスパンション部分の移動跡、犬走り部分と周囲の接触跡（写真 5.9.5）からは、少なくとも 10cm 程度の変位が生じたことが考えられる。建築物の北西角部ではエキスパンション部分の鉄板に 5cm 程度の鉛直方向の隙間が見られたほか、敷地境界の塀の傾斜があり（写真 5.9.6）、地盤の沈下に起因する現象と考えられる。

管理会社及び住民の方へのヒアリングでは、上部構造には全くクラックが見られず、本震後もライフラインが止まらず生活が継続できた、室内の被害は周囲の共同住宅と比較しても少なく、家具の転倒の報告もなかった等、免震の効果は発揮されたと思うとの回答があった。

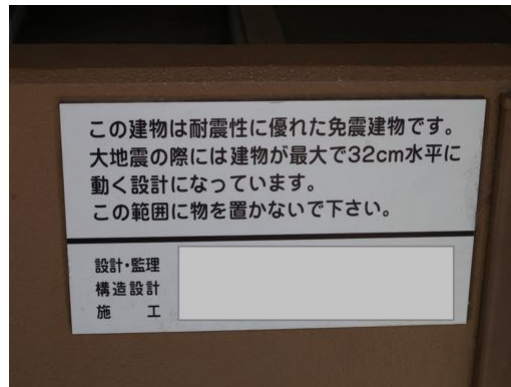


写真 5.9.1 免震表示

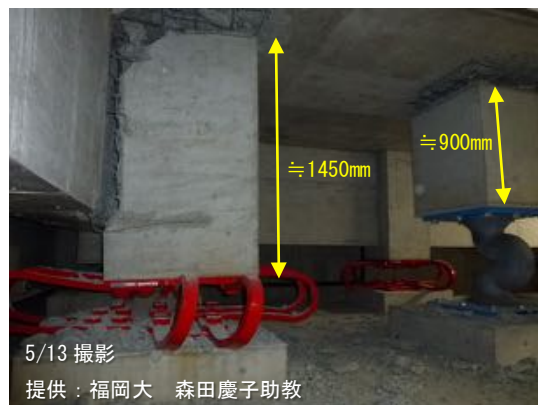


写真 5.9.2 ダンパー取付け基部の損傷

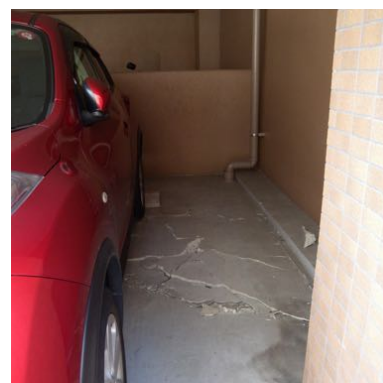


写真 5.9.3 免震層上面にあたる床スラブの損傷



写真 5.9.4 エキスパンション部の変状 (手すりの変形、移動跡)

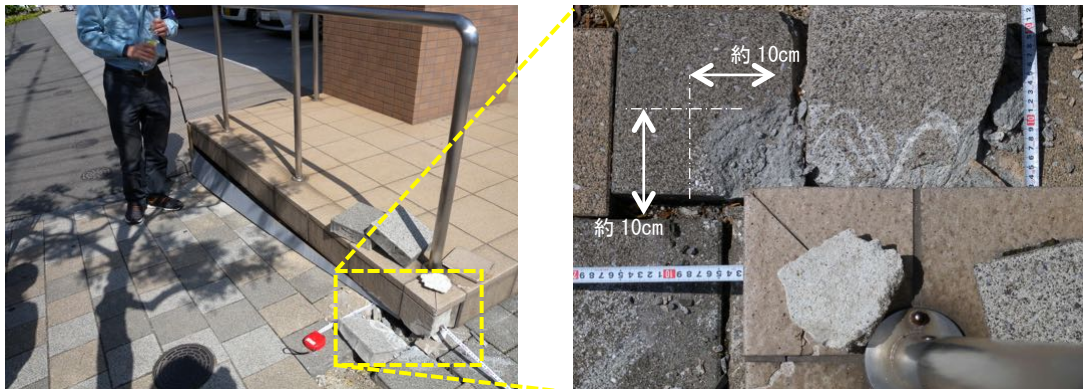


写真 5.9.5 犬走り部分の周囲との接触跡 (右図は左図囲み部分の拡大)



写真 5.9.6 周囲における地盤沈下の痕跡 (隣接する塀の傾斜、エキスパンション部の隙間)

5.10 J 倉庫

J 倉庫は、菊池郡に位置する免震建築物で、免震層内には天然ゴム系積層ゴム 6 基、鉛プラグ入り積層ゴム 19 基及び弾性すべり支承 9 基が設置されている。上部構造は柱 S R C 造り鉄骨造の 2 階建てである。

免震層内に罫書き式変位計が設置されており、東に約 32cm、北西に約 23cm の軌跡が確認された (写真 5.10.1)。免震材料には異常は見られなかったが、免震層内部及び周辺で、鉛直クリア

ランス部のゴムカバー（免震スカート）のはみ出し、エキスパンション部の破損などが見られた（写真 5. 10. 2、写真 5. 10. 3）。

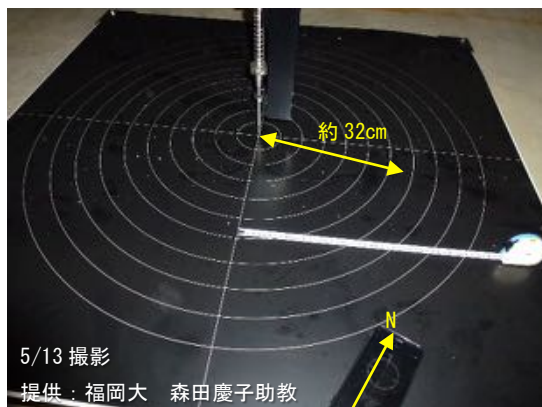


写真 5. 10. 1 野書きの軌跡



写真 5. 10. 2 免震スカートのはみ出し



写真 5. 10. 3 エキスパンション部の破損と取り外されたカバー

6. まとめと今後の課題

今回の現地調査のまとめを以下に示す。

- ・現地調査を実施した際の建物使用者・管理者等へのヒアリング等によれば、いずれの免震建築物も継続使用上の大きな支障は見られず、周囲の建築物（耐震設計）と比較して一定の効果が見られたとの指摘があった。
- ・構造的な被害として、ダンパーの取付け基部と鉄筋コンクリート造の床スラブとの間で破壊を生じていたものがあつた（C共同住宅、I共同住宅）。ダンパーの応答変形に伴うせん断力及び曲げモーメント等の作用に対する強度が十分でなかったことが考えられる。
- ・別の構造的な被害として、外付け階段の損傷を生じていたものがあつた（G共同住宅、H共同住宅）。中間階免震の上部構造に対し外付け階段を張り出して立ち下げ、階段部分を個別に積層ゴム支承で支える形式としたもので、当該階段の基部に取り付けた積層ゴムの応答変形に伴って作用する荷重・外力に対する強度が十分でなかったことが考えられる。こうした階段の損傷

は、避難上の支障に直結することから避けるべきであるといえる。

- ・設計時に想定した変位を超える応答を生じた免震材料があった（A医療施設）。原因としては、建築物に作用した地震動の特性が免震の応答周期に近いものであった可能性が高い。積層ゴムは大変形においてハードニングと呼ばれる剛性の上昇が見られることから、それに至らない範囲で設計されるが、今回その（通常は使用しない）ハードニング領域での挙動を経験し、設置時の特性からの変動（差異）を生じている可能性がある。
- ・エキスパンション部分及びクリアランス内において、柵やカバー等の変状が見られた（多数）。免震建築物の周囲には、免震効果を発揮するためにクリアランスを設ける必要があり、通行のためや立ち入り防止のためにカバー等が設置されることが多い。このカバー等は建築物の応答に合わせて可動するように設計されるが、実際には想定したとおりの挙動をせず損傷してしまったもの、損傷する前提で設計されているがその後の継続使用にあたって支障となる大きな損傷に至ったものなどがあった。

今後の課題としては次のような項目が考えられる。

- 1) 構造的な被害が見られた2項目（ダンパーの取付け基部と鉄筋コンクリート造床スラブとの接合部及び外付け階段）については、設計の実態を把握するとともに、再発の防止のため、設計用の適切な荷重及び外力の設定等に関する技術資料の整備等について検討する必要がある。
- 2) 設計で想定した変形を超える応答を生じた積層ゴムについては、性能評価時の実験等の結果を踏まえて、ハードニング等の影響（特性の変動）の評価の必要性等について検討する必要がある。
- 3) 免震建築物の周囲に設けるクリアランスやエキスパンション部については、想定外の被害の発生を防止し、適切な設計が行われるように注意喚起の必要性等について検討を行う必要がある。

おわりに

本地震で亡くなられた方及びそのご遺族に対し、深く哀悼の意を表します。また、被災された方々に心からお見舞いを申し上げますとともに、一刻も早い復興を祈念いたします。

本調査を実施するにあたり、現地で建物管理者・使用者をはじめとする多数の方にご協力をいただきました。深く感謝いたします。また、調査計画及び結果の取りまとめに際し、福岡大学工学部建築学科 高山峯夫教授及び森田慶子助教の両名の協力を得ました。特に、5.9 節の一部及び5.10 節の調査内容については、森田氏に提供いただいた資料に基づいています。その他、本稿では、国立研究開発法人防災科学技術研究所による K-NET の観測記録及び気象庁による観測記録を利用させていただきました。これらについても、ここに感謝申し上げます。

【参考文献】

- 1) （一社）日本建築学会：「非構造部材の耐震設計施工指針・同解説および耐震設計施工要領」，p. 271, 2003. 1

免震建物の地震時挙動に関する調査票

国土交通省国土技術政策総合研究所
国立研究開発法人建築研究所

(記入： 年 月 日)

1. 性別

男 女

2. 年齢

20代未満 20代 30代 40代 50代 60以上

3. 地震時にいた階と地震時の行動

階： 場所(居室、廊下など)：

日常行為をそのまま続行した 就寝中だった 立ち止まって様子を見た
ガス栓等の火の元の始末を行なった
机、テーブルの下に潜る等の避難行動を行なった
その他 ()

4. 揺れの感じ方

(1) 震度にした場合

震度 1～3 程度 震度 4 震度 5 震度 6 震度 7 不明

(2) 恐怖感

まったくない あまりない すこしあった かなりあった

(3) 不快感

まったくない あまりない すこしあった かなりあった

5. 室内の揺れの状況

(1) 吊下げ物

揺れなかった わずかに揺れた 大きく揺れた 落下した その他

(2) 食器類

落ちないし音もしない 音を立てたが落ちなかった 一部落ちた
かなり落ちた その他

(3) 家具の転倒

なかった あった その他

6. 免震構造の有効性

(1) この建物が免震構造であることを知っていましたか

はい いいえ

(2) 免震構造の有効性を実感できましたか

一般の建物と比較して耐震性に優れている
一般の建物と比較してもあまり変わらない
今回の地震だけではよく分からない

※ その他、免震構造に関する感想をお聞かせ下さい

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 （ホール等の特定天井を中心とした非構造部材の被害調査速報）

1 調査の目的及び概要

熊本地震による建築物の非構造部材、特に特定天井^{脚注1}の被害状況を把握するため、国土交通省住宅局の要請を踏まえ、熊本市とその近傍にある、ホール等の大規模な屋内空間を有する建築物を対象として 5 月 24 日及び 25 日に現地調査を行った。本報告は当該調査の結果をとりまとめた速報である。

2 調査者

国土交通省国土技術政策総合研究所
建築研究部評価システム研究室 主任研究官 脇山善夫
国立研究開発法人 建築研究所
建築生産研究グループ 主任研究員 石原直

3 調査行程と対象建築物の所在地

3. 1 調査行程

平成 28 年 5 月 24 日（火）	平成 28 年 5 月 25 日（水）
9:10 A 会館	9:30 E 会館
11:30 B ホール	11:00 F 劇場
13:00 C 展示場	13:10 G 運動施設
16:00 D センター	

3. 2 対象建築物の所在地

図 1 に、地震動の観測点と合わせて、対象建築物の所在地を示す。対象建築物は熊本市（中央区、東区、南区）と益城町にある。熊本市西区（気象庁）と同市東区（K-NET）で地震動が観測されている。

図 2 に熊本市の地震動観測点における観測記録から描いた擬似速度応答スペクトル^{脚注2}を示す。赤線が気象庁（JMA）の熊本西区春日、青線が K-NET 熊本であり、実線と点線がそれぞれ本震（4 月 16 日 1:25 の地震）と前震（4 月 14 日 21:26 の地震）を表す。黒の破線

脚注1： 特定天井とは、建築基準法施行令第 39 条第 3 項に基づき平成 25 年国土交通省告示第 771 号第 2 に規定されるものをいう。吊り天井であって、人が日常立ち入る場所に設けられ、高さ 6m 超、水平投影面積 200 m²超、天井面構成部材等が 2kg/m²超のものを指す。

脚注2： 擬似速度 pSv は $pSv = \omega S_d$ として求めた。ここで、 ω は固有円振動数（固有周期 $T = 2\pi/\omega$ ）、 S_d は水平 2 方向の地震動に対する 2 次元等方性単振子の最大変位である。なお、減衰定数は 5% とした。

は建築基準法の応答スペクトル（極めて稀に発生する地震動、2種地盤、表層地盤の増幅は略算、地域係数 $Z=0.9$ ）を示し、灰色の点線と破線はそれぞれ擬似加速度 $pSa=1000, 2000, 3000\text{cm/s/s}$ と変位 $Sd=25, 50, 75\text{cm}$ を表している。固有周期（図 2 の横軸の Period）が 1 秒以下では前震でも建築基準法とほぼ同程度であり、本震ではさらに大きくなっている。周期帯によっては応答加速度が前震で 1~2G、本震で 2~3G、長周期側の変位は前震で 25cm 程度、本震で 50cm 程度に達している。

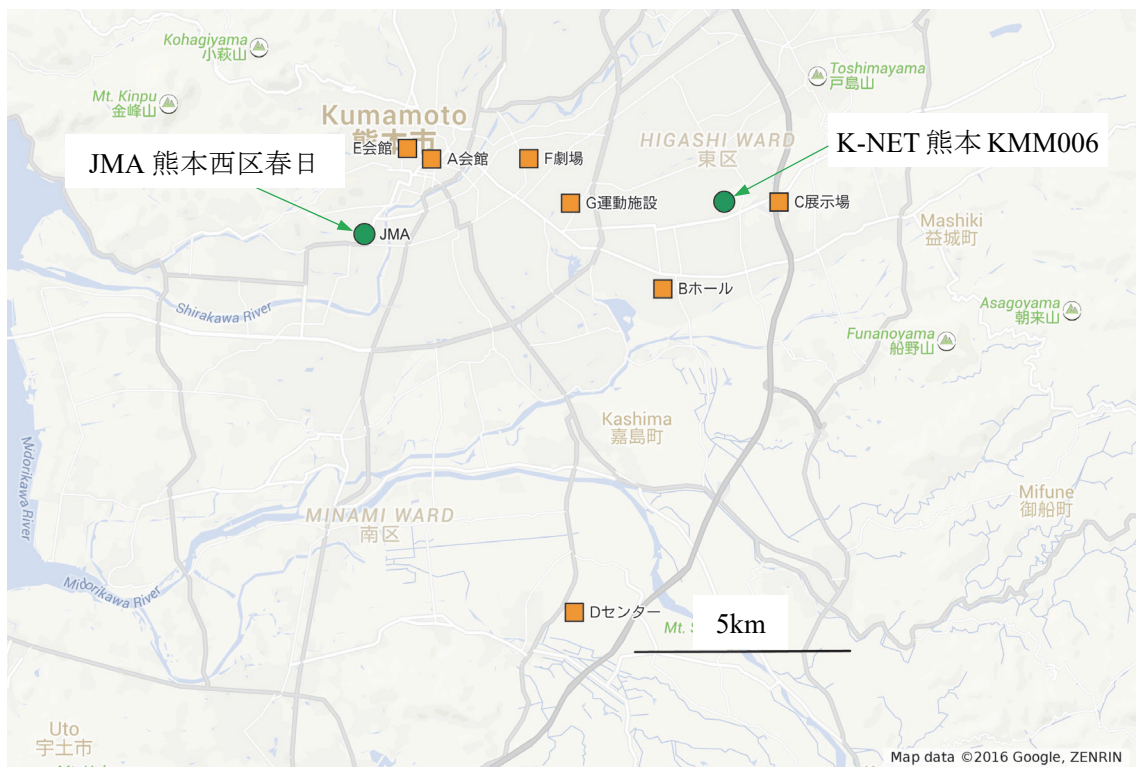


図 1 調査対象と地震動観測点（Google Map を利用）

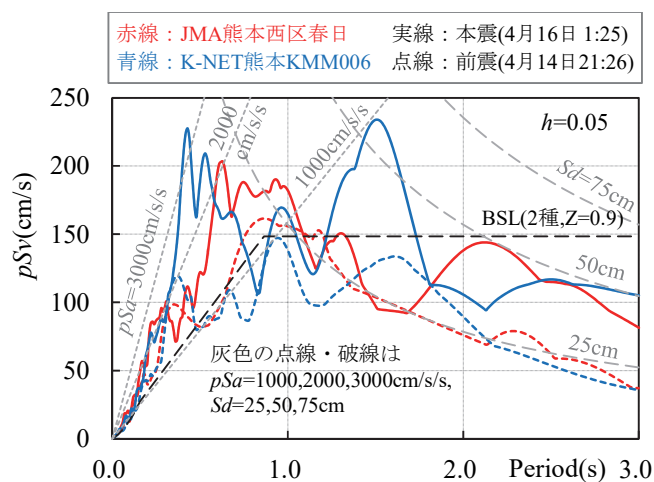


図 2 擬似速度応答スペクトル

4 被害の概要

今回の調査はホール等の大規模な屋内空間を有する建築物が対象であり、調査を行ったホール等の天井は一部を除いて特定天井に該当する。ヒアリングによると、天井に関しては前震では比較的小さな被害に留まっていたものの、本震で大きな被害を受けたものが多かった。中には5月9日になってから更に脱落したものもあった。調査対象の天井の仕様はいわゆる在来工法天井が大部分であった。天井以外の内外装材の被害としては、ガラスの破損・脱落、内壁の損傷・脱落、外壁のプレキャストコンクリートパネル（PCパネル）のずれ、などが見られた。設備関係では、舞台装置の損傷、照明やそのカバーの落下、空調吹き出し口の落下、高架水槽の損傷などがあつた。構造躯体の被害として鉄筋コンクリート造の柱や梁の上に鉄骨造の屋根が載る構造形式（いわゆる置き屋根）で、屋根の支承部に被害が見られたものもあったが、これ以外の構造躯体の顕著な被害は、いずれの建築物にも確認されていない。

5 個別の被害状況

対象建築物ごとに被害状況を示す。各建築物の諸元や被害状況の詳細については本報告の末尾に付表としてまとめて示しているため、合わせて参照されたい。

5. 1 A会館

会議室棟とホール棟からなる建築物である。竣工は1967年で、構造体は鉄筋コンクリート造である。会議棟1階床とホール棟客席1階床に亀裂があり段差が生じていた。

ホールで特定天井に該当する吊り天井が脱落していた。前震で舞台上部の天井面が部分的に脱落し、本震でその他の部分が脱落したとのことである。天井面は、吊りボルト下に組んだアングルに鋼線で鉄網を取り付けてモルタルを塗ったもの（ラスモルタル天井）が多くを占めていた。1階客席に脱落した天井のモルタルの厚さを計測したところ約4cmであり、単位体積重量を 20kN/m^3 とすれば平米当たり800N（約80kgw）となって単位面積質量は相当に大きい。ラスモルタル天井以外の部分はいわゆる在来工法の天井であり、1階客席前方や2階客席部分等に脱落が生じていた。

その他の被害では、天井面にある吹き出し口の垂れ下がりや脱落等も確認された。



(a) 外観



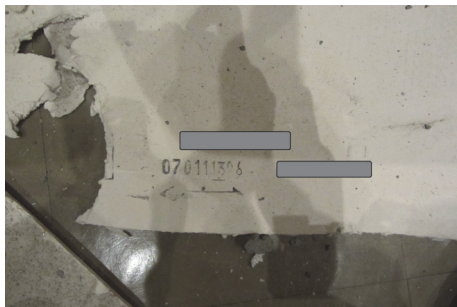
(b) ホール



(c) 1階客席へのラスモルタル天井の脱落



(d) ラスモルタル天井 (モルタル厚さ約 4cm)



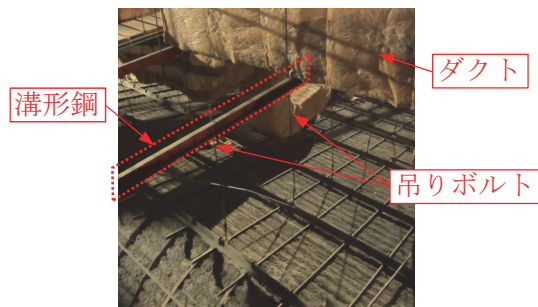
(e) 繊維混入せっこうボード
(1階客席ラスモルタル天井落下位置付近)



(f) 1階客席前方に落下した天井(せっこうボード(厚さ 12.5mm)+吹付)



(g) 舞台上に落下した天井



(h) 天井裏

写真 1 A会館



(i) 天井の立ち上げ部分の舞台への落下



(j) 天井の立ち上げ部分((i)の上方見上げ)



(k) 2階客席への天井の脱落



(l) 2階客席に落ちた天井板(せっこうボード(厚さ9.5mm)×2枚)



(m) 天井裏 多数のH形鋼が水平に配置されている。

写真 1 A会館
(続き)

5. 2 Bホール

諸室棟とホール棟からなる建築物である。竣工は1995年、構造体は鉄筋コンクリート造（屋根は鉄骨造）である。

ホールの特定天井に該当する天井で脱落が生じていた。天井は在来工法による吊り天井である。ヒアリングによると、前震では粉がパラパラ降る程度であったが、本震で設備が設置されている箇所で1畳程の大きさを天井面が脱落するとともにその他の箇所でも落ちかけて、5月9日の朝に天井面が大きく脱落しているのが確認された、とのことである*。天井面の吹き出し口も天井と一緒に脱落していた。

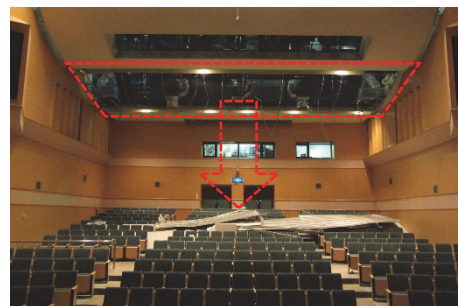
その他、屋外の地上レベルにある受水槽が傾いていた。

※ 気象庁の震度データベース検索により、4月16日9時48分の最大震度6弱の地震の後、5月8日までにK-NET熊本で観測された震度の回数を示すと、次の表のとおりである。

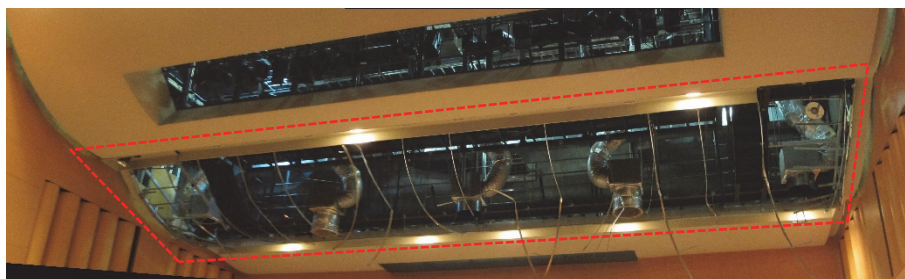
震度	1	2	3	4	5弱以上
回数	108	51	17	4	0



(a) 外観



(b) ホール



(c) 脱落部分の天井（赤点線枠内）

写真 2 Bホール



(d) 脱落した天井面



(e) 天井板の断面



(f) 天井裏の状況



(g) 受水槽の傾き



(h) 受水槽の基礎

写真 2 Bホール (続き)

5. 3 C展示場

展示ホール棟、諸室棟とそれらをつなぐ通路棟からなる建築物である。竣工は 1998 年、構造体は、展示ホール棟と諸室棟は鉄筋コンクリート造（屋根は鉄骨造）であり、通路棟は鉄骨造である。展示ホール棟と諸室棟で鉄骨屋根の支承部のベースプレート下のモルタルが損傷した。

展示ホール棟は可動式間仕切りで 4 つの展示スペース（a～d ホール）に区切ることができるようになっており、いずれも特定天井に該当する在来工法の天井が設置されている。天井面の部分的な破損・脱落が吊り物の支持部分や天井面端部で確認され、照明ボックスの脱落などによる落下物が多数確認されたが、b ホールの被害程度が最も大きかった。また、d ホールでは、前震で損傷した鉄骨屋根の支承部（妻壁上部）近傍にある開口部のガラスが本震で破損・脱落した。

諸室棟では、非構造部材に顕著な被害は確認されなかった。

通路棟では、吊り天井、ガラス手すり、ガラス腰壁、ガラス防煙垂れ壁等の内装、窓ガラスや窓サッシ等の外装の被害を確認した。外装のガラスを除き、被害の多くは本震によるとのことである。また、スプリンクラーが誤作動して内装が水浸しになったとのことである。



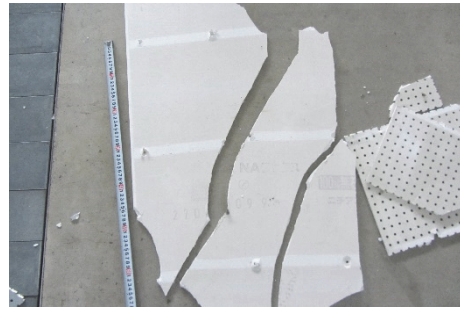
(a) 外観



(b) 天井 (b ホール)



(c) 脱落した照明ボックス (b ホール)



(d) 脱落した天井板 (野縁ピッチ約 30cm、b
ホール)



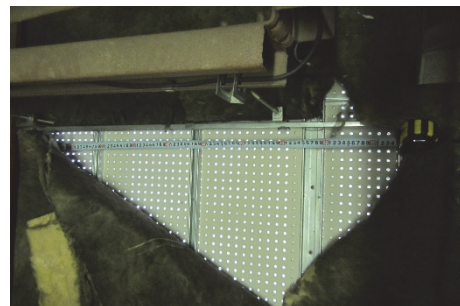
(e) 天井端部の損傷 (b ホール)



(f) 天井裏 (吊り元はぶどう棚、d ホール上
部)



(g) ぶどう棚の溝形鋼に付けられた吊りボ
ルト (d ホール上部)



(h) 野縁ピッチ約 30cm (d ホール上部)

写真 3 C 展示場



(i) 屋根支承部及びガラス (d ホール)



(j) 屋根支承部 (d ホール)



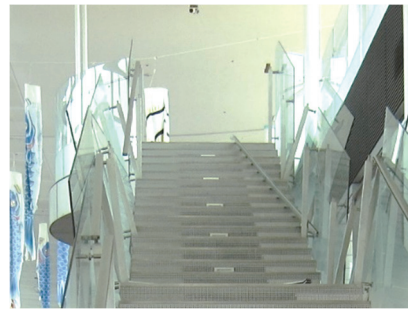
(k) 屋根支承部 (諸室棟)



(l) 天井の一部落下 (通路棟。吊り元は ALC
パネル)



(m) ガラス防煙垂れ壁の被害 (通路棟)



(n) ガラス手すりの被害 (通路棟)

写真 3 C 展示場 (続き)

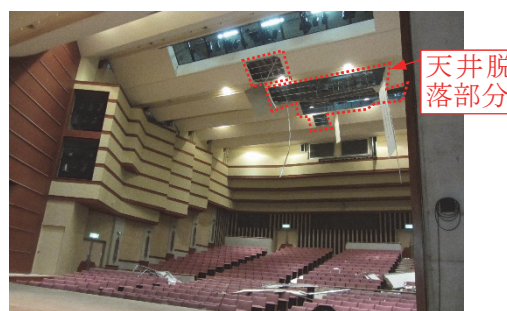
5. 4 Dセンター

ホールと諸室が入っている建築物である。竣工は1997年、構造体は鉄筋コンクリート造（屋根は鉄骨造）である。

ホールで、特定天井に該当する吊り天井が破損・脱落していた。天井は在来工法による吊り天井である。また、内壁が天井面との取合い部分や客席後方上部の開口脇で損傷・脱落していた。設備では、天井裏の給気ダクトの吊り元やダクト自体が外れていた。その他、最後方の客席とその後ろの通路を隔てるように設置された高さ1 m程度のコンクリート製の壁が転倒していた。



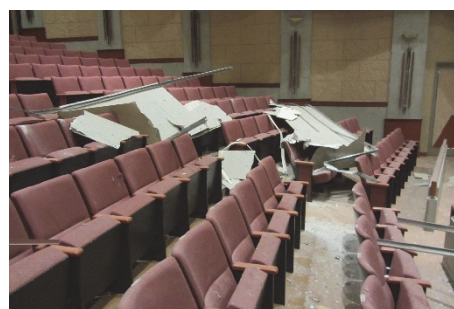
(a) 外観



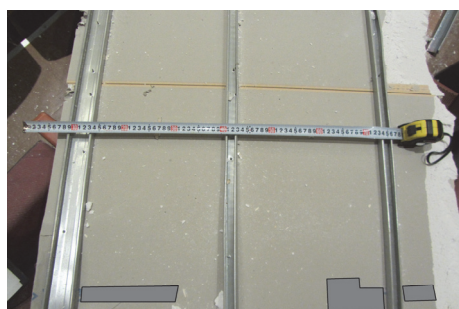
(b) ホール



(c) 天井脱落部分



(d) 脱落した天井



(e) 野縁ピッチ約 30cm



(f) 脱落した天井

写真 4 Dセンター



(g) 天井脱落部分見上げ



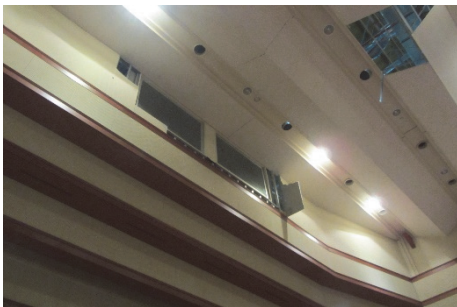
(h) 天井と内壁の損傷・落下



(i) 落下した三角形のせっこうボード（天井取合い内壁と思われる。）



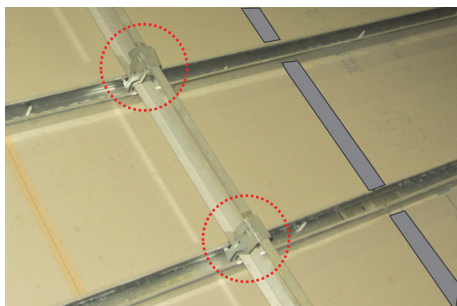
(j) 天井裏



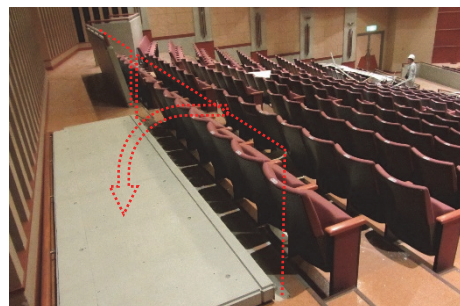
(k) 客席後方上部の開口脇の内壁の損傷・脱落



(l) 吊り元は屋根の母屋



(m) クリップ両掛け



(n) 最後方の客席とその後ろの通路を隔てる壁の転倒（写真奥では傾き発生）

写真 4 Dセンター（続き）

5. 5 E会館

ホールと諸室が入る建築物である。竣工は1994年、構造体は鉄筋コンクリート造（屋根は鉄骨造）である。最上階4階の鉄骨屋根の支承部が損傷し、コンクリートが割れたり脱落したりしていた。

ホールは最上階にあり、特定天井に該当するシステム天井にはグラスウールボードにずれが生じていたものの顕著な被害は確認されなかった。設備では、照明装置が3基落下していた。

その他、外装のタイルに一部損傷が見られるとのことであった。



(a) 外観



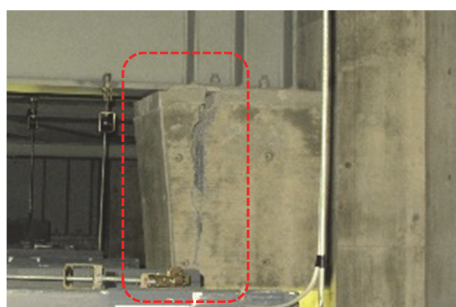
(b) ホール



(c) 落下した照明



(d) 天井裏（H形鋼から短いボルトで吊り）



(e) S造屋根支承部の損傷（割れ）



(f) S造屋根支承部の損傷（脱落）

写真 5 E会館

5. 6 F 劇場

2つのホール（コンサート用、演劇用）と諸室が入った建築物である。竣工は1982年、構造体は鉄骨鉄筋コンクリート造（屋根は鉄骨造）である。

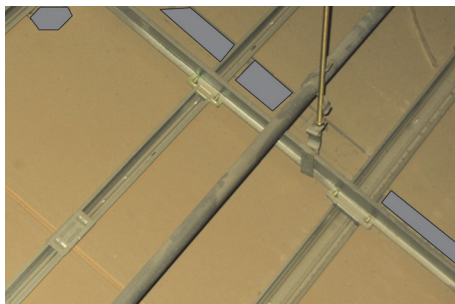
コンサート用ホールの天井は、特定天井に該当する。天井板が部分的に剥落したが、一定以上の面積の天井面が脱落するような顕著な被害は確認されなかった。演劇用ホールの舞台袖で、舞台とカウンターウェイト部分を間仕切るメッシュの足下部分の留め付けが部分的に外れていた。外壁のPCパネルで面外方向にずれたものが相当数（全体の1割程度）あった。調査時点で建築物北面の外壁面についてPCパネルを外して損傷状況の確認を行っていた。その他、高架水槽で、内外のパネルが損傷するとともに給水配管が外れていた。



(a) コンサート用ホール



(b) コンサート用ホール
(客席から舞台を見る)



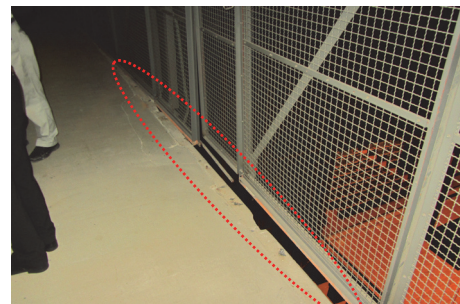
(c) 天井下地 ハット鋼とねじ留めクリップ



(d) 天井裏 多数の水平補剛材



(e) 吊り元はデッキや梁



(f) 舞台とカウンターウェイト部分を間仕切るメッシュの足下部分の部分的外れ

写真 6 F 劇場（コンサート用ホール）



(a) 演劇用ホール



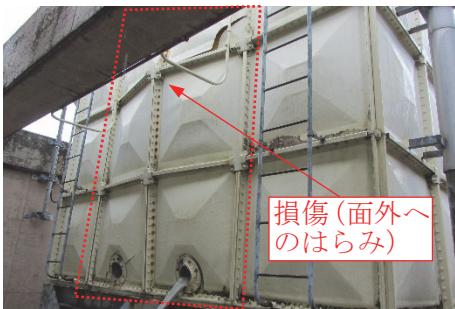
(b) 天井裏 (野縁ピッチ約 30cm)



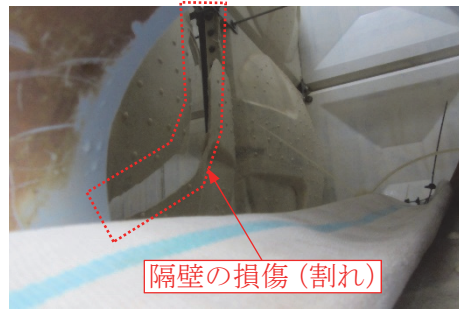
(c) 天井裏 (勾配天井と水平補剛材)



(d) 野縁ハット鋼とねじ留めクリップ



(e) 高架水槽の損傷



(f) 高架水槽の内部 (隔壁の損傷)



(g) 南面外壁



(h) 南面外壁 (拡大) PC パネルの面外への
ずれ

写真 7 F 劇場 (演劇用ホール、等)

5. 7 G運動施設

2層分吹き抜ける剣道場と柔道場がそれぞれ1階と3階にある4階建ての建築物である。その他、1階には事務室、3階には第1、第2小道場があり、2階と4階は観覧席となっている。竣工は1971年、構造体は鉄筋コンクリート造（屋根は鉄骨造）である。

1階の剣道場は、天井は在来工法による天井で特定天井に該当し、照明周りや壁際で損傷が見られた。鋼製サッシに硬化性パテでとめた窓ガラスが計16枚破損したとのことである。

3階の柔道場は、照明周りや天井端部等で天井が多く損傷・脱落していた。在来工法による天井であり、高さが6mを超えないため特定天井に該当しない。鋼製サッシに硬化性パテでとめた窓ガラスが計29枚破損したとのことである。

室内ではその他に、各階の内壁にひび割れが確認され、3階の第1、第2小道場の2室で、窓際の天井の垂れ下がりが確認され、鋼製サッシに硬化性パテでとめた窓ガラスが計7枚破損したとのことである。

屋外では、軒天井の一部が損傷して欠けていた。詳細が確認できていないが、吊り天井である場合は特定天井に該当する。その他、建築物周囲の1階の外壁には城壁を模倣したと思われる石積みがあるが、全体の3分の2程度で落石して崩れていた。これに伴って、石積みにアンカーをとっていた設備や雨樋が損傷し、落ちてきた石で1階の入り口のガラス扉が損傷するなどしていた。



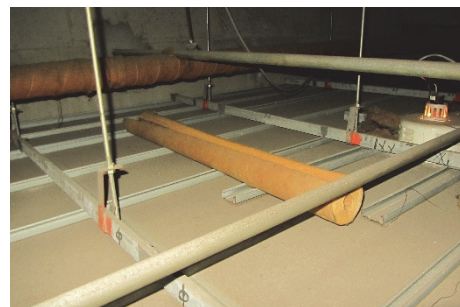
(a) 外観



(b) 剣道場 (1階)



(c) 剣道場ガラス破損



(d) 剣道場観覧席 (2階) の天井裏

写真 8 G運動施設



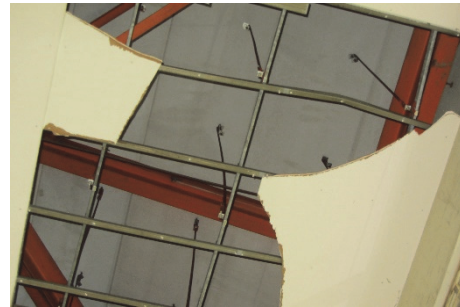
(e) 柔道場 (3 階)



(f) 壁際や照明まわりの天井の一部脱落



(g) せっこうボード 天井 (厚さ 8mm)、壁 (厚さ 9mm)



(h) 柔道場の天井 (吊り元は ALC パネル)



(i) 第 1 小道場 (剣道場、3 階)



(j) 軒天の損傷

写真 8 G 運動施設
(続き)

5. 8 その他の非構造部材の被害

5月24日の移動中に、外観の目視で確認した非構造部材の被害を示す。

5. 8. 1 駅舎のガラスの被害

写真 9(a)に示す立面の右側で、写真 9(b)に示すように正方形のガラスを四隅で点支持するような形式のガラスが損傷・脱落していた。写真 9(a)の赤枠で示した損傷・脱落箇所の左側にあるサッシに入ったガラスには被害は確認されなかった。



(a)全体



(b)拡大

写真 9 駅舎のガラスの被害

5. 8. 2 商業施設の外壁の被害

ALC パネルを用いた横壁アンカー構法の外壁で、天井レベルのパネルが脱落していた。



写真 10 商業施設における天井レベルでの ALC パネルの損傷

6 まとめ

熊本市とその近隣にある、ホール等の大規模な屋内空間を有する7つの建築物を対象として、特定天井等の非構造部材の地震被害の現地調査を行った。以下、非構造部材等の種類ごとにまとめる。

6. 1 天井

第三次調査²⁾で確認されたような天井の全面的な脱落はなかったものの、鉄網にモルタルを塗った重たい天井や在来工法の天井の一部が高所から脱落する被害が見られた。前震と本震は夜間や未明に発生したこともあり、幸い人的被害はなかったようであるが、時間帯によっては人的被害を招きうる非常に危険な被害が確認された。また、本震後に一定の期間をおいた後で脱落する被害が見られた。

6. 2 内装材（天井以外）

天井と取り合う壁の破壊・脱落などの被害が見られた。

6. 3 外装材

プレキャストコンクリートパネル（PCパネル）が大きく面外方向にずれを生じる被害があった。

6. 4 ガラス

エントランス付近のガラス、地震被害を受けた屋根支承部付近に設置されたガラス、現在の新築では使用されていない硬化性パテ止めのガラスにおいて、破損・脱落が見られた。また駅舎の外装のガラス被害も確認した。

6. 5 設備

舞台装置の損傷、照明やそのカバーの落下、空調吹き出し口の落下、高架水槽の損傷などがあった。

6. 6 鉄筋コンクリート造の壁・梁上にある鉄骨造屋根の支承部

いわゆる置き屋根の支承部での被害が2つの建築物で確認された。

おわりに

今回の地震で亡くなられた方及びそのご遺族に対し、深く哀悼の意を表します。また、被災された方々に心からお見舞い申し上げるとともに、一刻も早い復興を祈念いたします。本調査を実施するに当たり、熊本県、熊本市をはじめとする、被災建築物の調査にご協力を頂きました関係者の皆様には大変お世話になりました。また、本稿では、国立研究開発法人防災科学技術研究所が公開している K-NET 及び気象庁震度計の観測記録を利用させて頂きました。ここに深謝申し上げます。

参考文献

- 1) 気象庁：震度データベース検索

<http://www.data.jma.go.jp/svd/eqdb/data/shindo/>

- 2) 国土交通省国土技術政策総合研究所、(国研) 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）（鉄骨造建築物並びに非構造部材及び設備を中心とした調査）、2016 年 5 月 13 日

<http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/topics/2016/03-kumamoto.pdf>

付表 被害状況一覧

No.	調査日	名称	建設年	構造	室用途	天井等の改修	天井高(m)	室面積(m ²)	特定天井 ※1	天井被害(前震)	天井被害(本震)	天井地下 ※2	天井板 ※3	天井板留め付け間隔	天井吊り元	水平補剛材	内外装材被害(天井以外)	設備被害	S造屋根支承部被害
1		A会館	1967年	RC造	ホール	H18年(2006年)改修天井裏の赤い部材が新設。吊りボルト増設。	14.6(モルタル落下)～15.7	約1100(客席のみ。29.7×38.3)	○	舞台脇で落下(客席は落下なし)	舞台・客席で一部脱落(畳3畳分程度が落下。日に日に下がっているとのこと。)	在来(野縁受けの上にアングル(L)があるところも)、鉄網+モルタル	せっこうボードt6、t9.5×2枚、t12.5+吹付モルタル厚さ約4cm	約30cm	RC屋根スラブ及び屋根梁	なし(ダクトまわり等でH鋼やC鋼あり)			
2		Bホール	1995年	RC造+屋根S造	ホール	2002年に屋根の防音工事(天井は改修なし)	5.9(最後方)～7.4(落下部)～10.0(中央で最も高い所)	約240(客席のみ。15.2×15.8)	○	吹付が落ちる程度	照明と天井の一部が落下(その後、5月9日までに天井が一部脱落)	在来	繊維混入せっこうボードt6×2枚+吹付	約15cm	ぶどう棚(一方向の溝形鋼梁)	なし		スピーカー、舞台装置(反響板)、水槽	
3	5月24日(火)	C展示場	1998年	RC造+屋根S造	展示ホール棟 展示スペースa, b, c, d	昨年、天井補強工事(天井板の目地部にライン上の補強)	14.5～15.5	約1900(1つのホール。54.1×35.7)	○	一部脱落		在来	ケイカル板t6(図面に記載あり) 補強としてガルバリウム鋼板t1.6、幅100mm	ダブル野縁：約15cm(金属板補強) シングル野縁：約20cm	ぶどう棚(通路棟はALCパネル)	なし	aホール：ガラス破損 エントランスガラス(t15)：前震で1枚ひび、本震で全体が破壊。 cホール入口垂れ壁ガラス t6.8破損 dホール脇の入口ガラス t8破損 dホール：ガラス破損	照明ボックス落下(70cm×160cm。30～40kg程度)	ベースプレート下のモルタルの破壊、アンカーボルトの伸び(諸室棟でも同様の被害あり)
4		Dセンター	1997年	RC造+屋根S造	ホール	天井改修なし(吊り物の改修程度)	9.5(後ろから2列目)～13.1(前から3列目)	約510(客席のみ。20.8×24.6)	○	天井の脱落はなし(隅部と客席後方上部の内壁の損傷)	一部脱落	在来(クリップ両掛け)野縁間隔20cm(急勾配部)～30cm(落下部)	せっこうボードt9.51枚張り塗装仕上げ	約20～22cm	S造屋根の母屋	あり	客席後部の腰壁(高さ108cm、幅392cm。1枚倒れ、1枚傾き。アンカー鉄筋 端部D12、中央D9@15～25cm)客席側面にある天井と取り合う部分の内壁の損傷・脱落 客席後部の開口部脇の内壁損傷・脱落	ガイドレール曲がり、ダクト吊り外れ、スピーカー	
5		E会館	1994年	RC造+屋根S造	多目的ホール(4階建ての4階)		5.5～8.2(移動式客席が出された状態)	約260(客席のみ。16.0×16.2)	○	なし	なし	システム天井	金属メッシュ	—	ぶどう棚(H形鋼)	なし		照明3基脱落。前震で照明に傾き。本震で落下。	屋根支承部のかぶりコンクリートの損傷・落下(側方破壊)。損傷が広がってきているとのこと。
6	5月25日(水)	F劇場	1982年	SRC造+屋根S造	コンサート用ホール 演劇用ホール	2013年に舞台上のシャンデリアの耐震工事	15.3(1階席前方)～16.2(1階席後方)	約1100(49.1×22.2、舞台含む)	○	なし	一部損傷(舞台際、奥)	在来(野縁ハット鋼、クリップはねじ留めタイプ)	—	—	デッキ、梁	あり	外壁PCパネルのずれ(特に南北面。全体の1割程度。1枚について、幅90cm×長さ346cm×厚さ17.5cm(仕上げ込)。)	高架水槽の損傷	
7		G運動施設	1971年	RC造+屋根S造	剣道場(4階建ての1階)	天井改修なし(一昨年度に特定天井の調査あり)	6.1、5.7(折り上げ天井)	約580(15.7×37.2、剣道場部分)	○	なし	一部損傷(壁際、照明まわり)	在来工法(ハンガーは現状のJISと逆向きの内曲り)	—	—	RCスラブ	なし	ガラス破損。石垣は前震で一部、本震で2/3程度崩壊		
					柔道場(4階建ての3階)		5.3	約580(15.7×37.2、柔道場部分)	×	なし	一部脱落(軒天も一部損傷。同じ階にある2つの小道場では天井にたわみが発生。)	在来工法(ハンガーは現状のJISと逆向きの内曲り)	せっこうボードt8	—	ALCパネル	なし	ガラス破損(29枚)(同じ階にある2つの小道場でもガラス破損。)		

※1 ○：該当、×：非該当。なお、天井地下と天井板の種類から特定天井の要件である2kg/m²をいずれも超えていると判断した。
 ※2 いずれの天井でも、特定天井の基準でいう「斜め部材」は設置されていない。(段差のある天井の斜め補強は確認された。)

※3 tは厚さ(単位 mm)。

前回委員会以降にいただいたご意見（要旨）

内容
<ul style="list-style-type: none">○ 木造住宅について、仕様規定で想定している単位重量が小さいのではないかと、被害分析をしてはどうか。○ 全般的に、加速度が大きい割には（計算すると変形角で 1/50 ぐらいになる）、非構造部材の被害が少ないように思うが検証してはどうか。
<ul style="list-style-type: none">○ 学校体育館の天井のブレースは、保有耐力接合しなければならないという規定は無く、また改修の際に撤去しなかった古いブレースが破断したとしても耐震性能上の問題はないが、保有耐力接合されていたにもかかわらず、接合部で早期に破断したものがあれば検討が必要であることを踏まえて、今後の調査・分析を進めてほしい。
<ul style="list-style-type: none">○ 九州新幹線熊本駅でガラスの落下被害では、構造体ではなく、ガラスが取り付けられているフレームが大きく変形したことが原因であると考えられる。このような部位については、設計等における責任の所在が曖昧であり、何らかの対応が必要と考えられる。○ 一般の体育館については、特定天井に該当する吊り天井を撤去したため落下被害がなかったという説明があったが、多目的ないわゆる総合体育館の天井については、音響効果の維持等のために、撤去ではなく改修を行わなければならない場合が多いことを前提として調査や検討を行い、改修に対する補助の充実などの措置について検討すべきである。
<ul style="list-style-type: none">○ 擁壁の耐震性に関して、擁壁が移動すると、それが住宅の被害の要因になる可能性があり、大破・倒壊した物件でそのような変状を伴っているものがあれば、被災状況の確認が必要である。