

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。

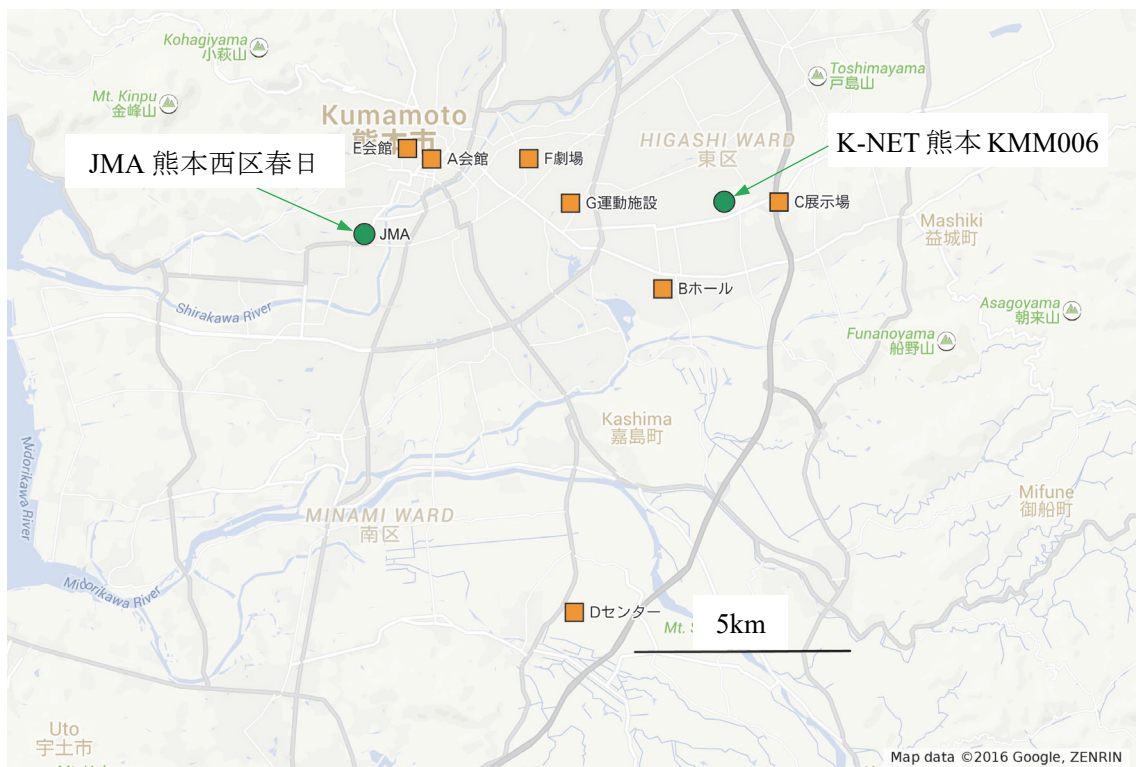


図 1 調査対象と地震動観測点（Google Map を利用）

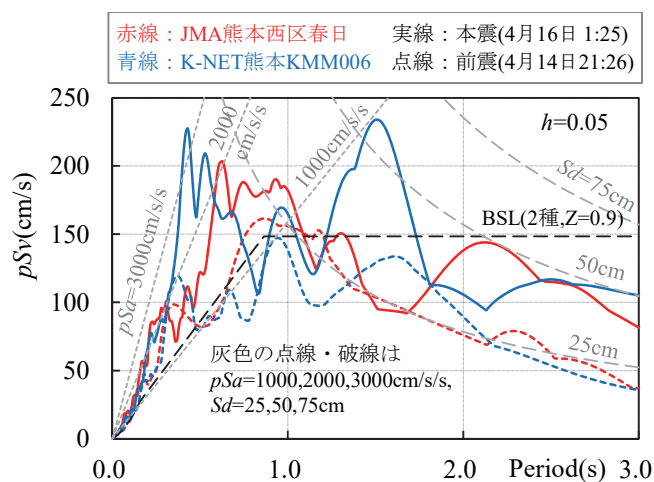


図 2 擬似速度応答スペクトル

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のので、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



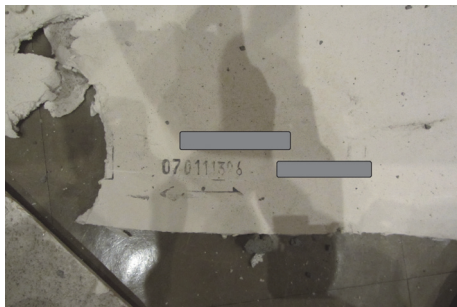
(b) ホール



(c) 1階客席へのラスモルタル天井の脱落



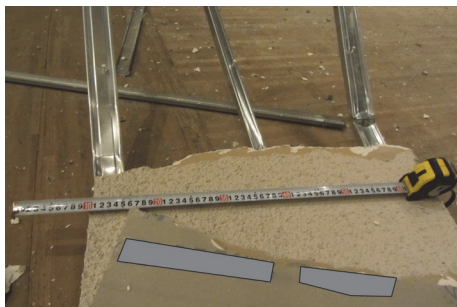
(d) ラスモルタル天井 (モルタル厚さ約 4cm)



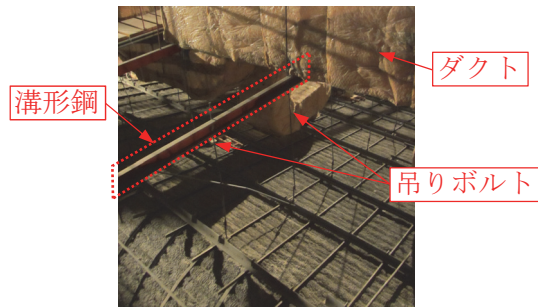
(e) 繊維混入せっこうボード
(1階客席ラスモルタル天井落下位置付近)



(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。

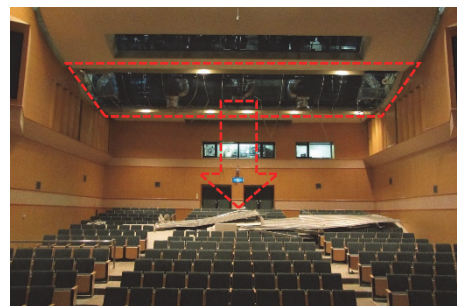
その他、屋外の地上レベルにある受水槽が傾いていた。

※ 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。

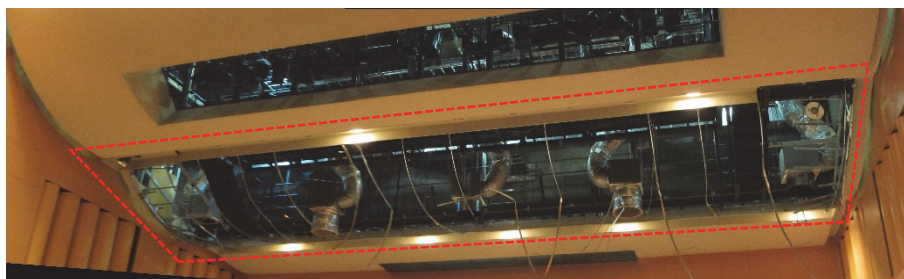
震度	1	2	3	4	5弱以上
回数	108	51	17	4	0



(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。



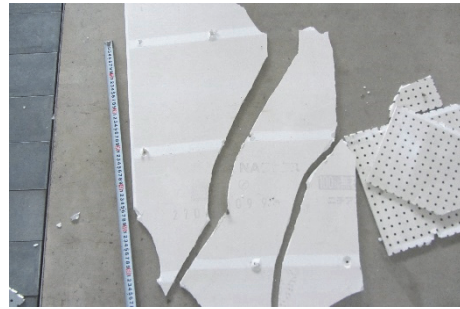
(a) 外観



(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)



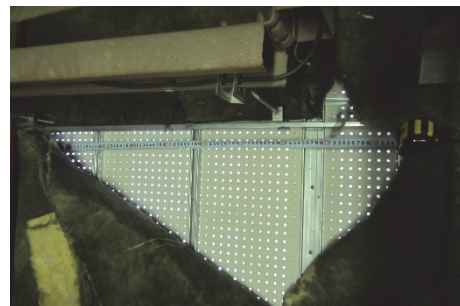
(e) 天井端部の損傷 (b ホール)



(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)



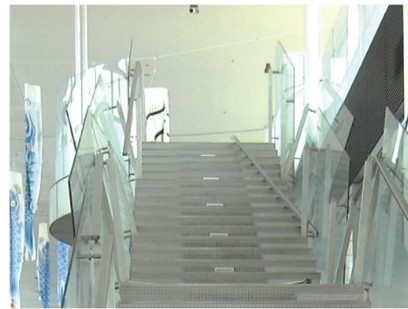
(k) 屋根支承部 (諸室棟)



(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)

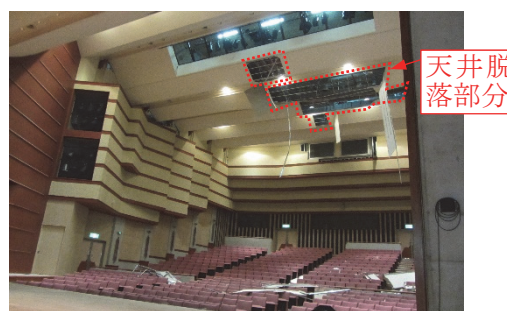
5. 4 Dセンター

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



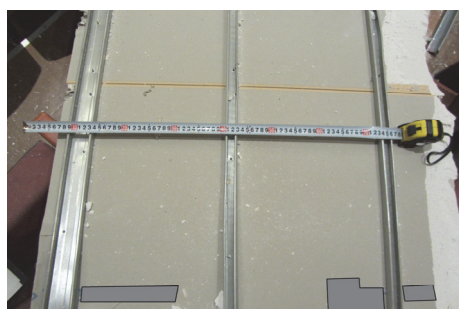
(b) ホール



(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



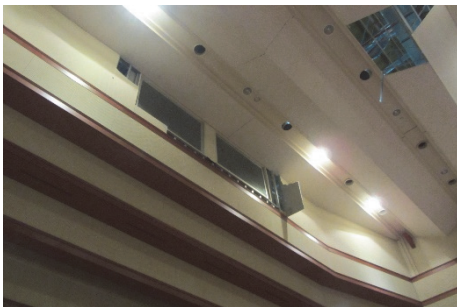
(h) 天井と内壁の損傷・落下



(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。）



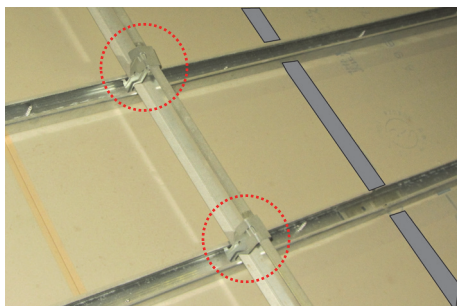
(j) 天井裏



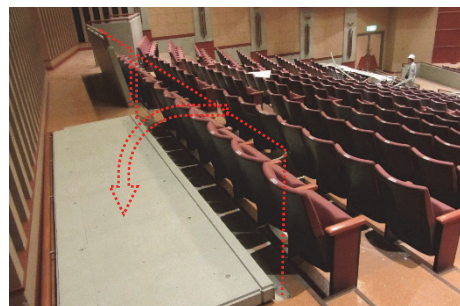
(k) 客席後方上部の開口脇の内壁の損傷・脱落



(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



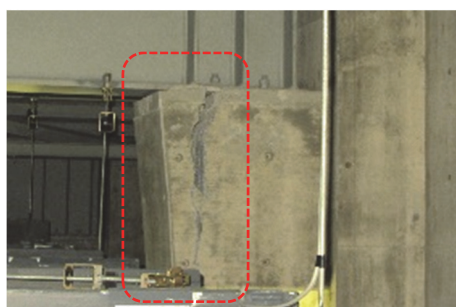
(b) ホール



(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。

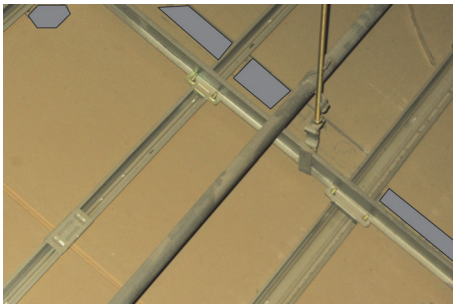
コンサート用ホールの天井は、特定天井に該当する。天井板が部分的に剥落したが、一定以上の面積の天井面が脱落するような顕著な被害は確認されなかった。演劇用ホールの舞台袖で、舞台とカウンターウェイト部分を間仕切るメッシュの足下部分の留め付けが部分的に外れていた。外壁のPCパネルで面外方向にずれたものが相当数（全体の1割程度）あった。調査時点で建築物北面の外壁面についてPCパネルを外して損傷状況の確認を行っていた。その他、高架水槽で、内外のパネルが損傷するとともに給水配管が外れていた。



(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



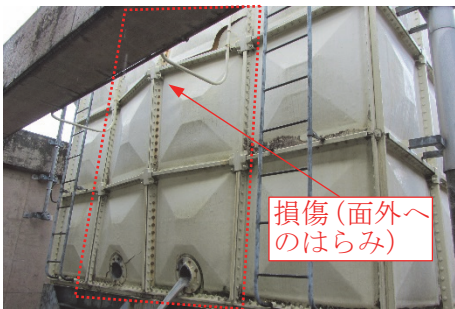
(b) 天井裏 (野縁ピッチ約 30cm)



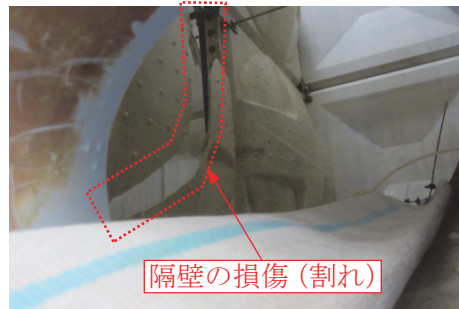
(c) 天井裏 (勾配天井と水平補剛材)



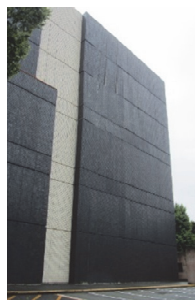
(d) 野縁ハット鋼とねじ留めクリップ



(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



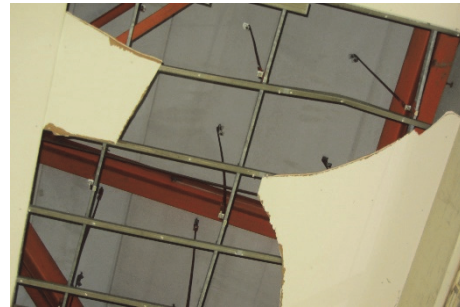
(e) 柔道場 (3 階)



(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	5月24日(火)	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		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	5月25日(水)	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		F劇場	1982年	SRC造+屋根S造	コンサート用ホール	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		
					演劇用ホール		16.1(客席前方)	約610(客席部分。21.8×27.8)	○	なし	なし	同上	野縁ピッチ約30cm	—	—	同上	あり			
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(折り返し天井)	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)。