

平成 28 年（2016 年）熊本地震による建築物等被害第 13 次調査報告 （学校体育館等の被害調査速報）

1. 調査の目的及び概要

平成 28 年（2016 年）熊本地震においては、いくつかの学校体育館等（市民体育館も含む。以下、単に「体育館」という）で構造的な被害が生じていることが、熊本県及び熊本市からのヒアリング調査により明らかにされた。それらの被害は、ブレース架構の学校体育館のブレースの座屈や接合部等での破断、屋根面水平ブレースの接合部等の破断、RC 架構に鉄骨屋根が接続された学校体育館における屋根と RC 架構の接続部（支承部）でのコンクリートの破壊、鉄骨トラス屋根のボールジョイントと部材との接合部での破壊等である。本調査では、国土交通省住宅局の要請を踏まえ、このような被害が生じた学校体育館を対象に、被害状況を把握するとともに、被害の特徴と原因を明らかにすることを目的としている。本報告はこの調査の速報として、各体育館の被害の概要と被害の特徴についてまとめたものである。

2. 調査者

国土交通省国土技術政策総合研究所

建築研究部基準認証システム研究室 主任研究官 岩田善裕

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

研究専門役 向井昭義

構造研究グループ 主任研究員 長谷川隆

構造研究グループ 研究員 三木徳人

建築生産研究グループ 主任研究員 石原直

3. 調査行程及び調査した体育館

平成 28 年 6 月 8 日（水）

A 班（長谷川、脇山、三木）：

13:30～16:00 熊本市内の体育館 A 及び B

16:00～17:00 熊本市役所訪問、図面などの受け取り、ヒアリング

B 班（向井、石原、岩田）：

13:30～16:30 熊本市内の体育館 C 及び D

平成 28 年 6 月 9 日（木）

A 班（長谷川、脇山、三木）：

9:00 ～12:00 上益城郡山都町の体育館 E 及び熊本市内の体育館 F

13:00～17:00 宇城市の体育館 I 及び熊本市内の体育館 J 及び K

B 班（向井、石原、岩田）：

9:00 ～15:00 熊本市内の体育館 G、H 及び L

平成 28 年 6 月 10 日（金）

A 班（向井、長谷川、脇山、三木）：

9:00 ～15:00 熊本市内の体育館 M、N 及び O

図 3-1 に調査した 15 棟の体育館 A～O の位置を示す。

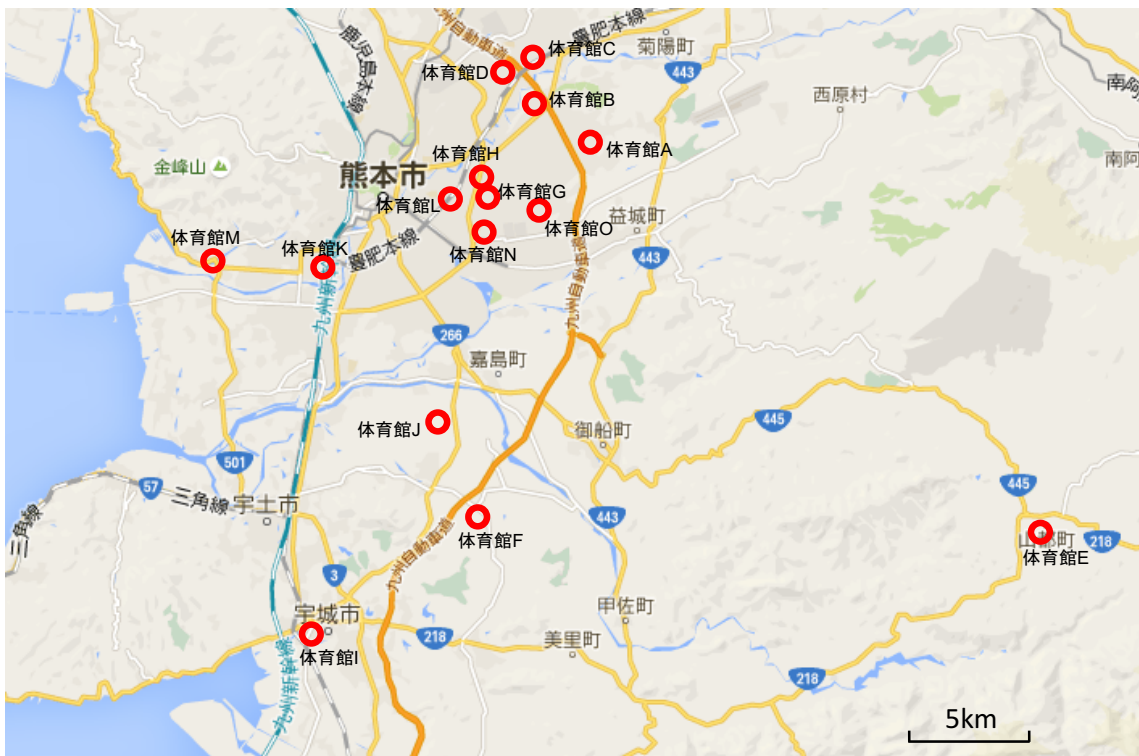


図 3-1 調査した 15 棟の体育館の位置（Google Map を利用）

4. 体育館の被害の概要と特徴

4.1 被害の概要

4.1.1 体育館 A

【建築物の概要】 1969 年建設、2011 年度に耐震改修された体育館。架構は鉄骨造で、張間方向アーチ形屋根のラーメン構造、桁行き方向ブレース構造。

【構造被害】 鉛直ブレースでは、何カ所かのガセットプレート及びブレース端部に塑性変形が見られた。また、屋根面水平ブレース（ターンバックル付き丸鋼ブレース）では、2 箇所

でボルト破断が観察され、ブレースのたわみも観察された。屋根面水平ブレースは、耐震改修前のブレースがそのまま設置されていたものである（耐震改修によって、鉛直ブレースは全て交換されていたが、屋根面水平ブレースは新設または取り替えられておらず、改修前のブレースがそのまま設置されていた）。また、一部の柱脚部のコンクリートのひび割れや周辺地盤の沈下も観察された。

【非構造部材の被害】舞台に向かって右側に位置する掃き出し窓上部の内壁（コンクリートブロックに有孔ベニアで仕上げたもの。）が損傷して傾いていた。コンクリートブロック壁の鉄筋の頂部は、確認した範囲では、梁等への定着は確認されていなかった。その他、吊り下げ式バスケットゴールのテンションリングの脱落、窓ガラスの損傷・脱落、ラスモルタル外壁の損傷・脱落などが確認された。

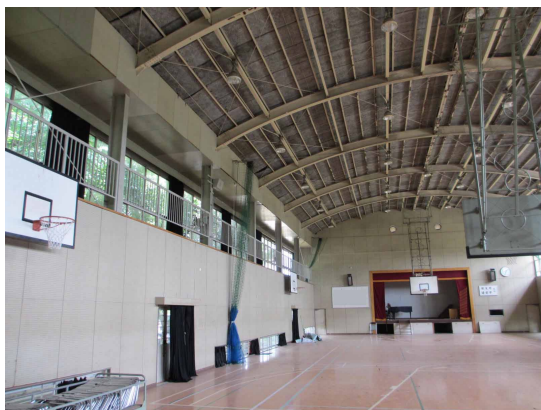


写真 4.1.1-1 内観



写真 4.1.1-2 耐震改修された鉛直ブレース
（一部の床板が交換されている）



写真 4.1.1-3 ブレース端部の塑性化



写真 4.1.1-4 ガセットプレートの曲がり



写真 4. 1. 1-5 屋根面水平ブレースの曲がり



写真 4. 1. 1-6 屋根面水平ブレースのボルト破断

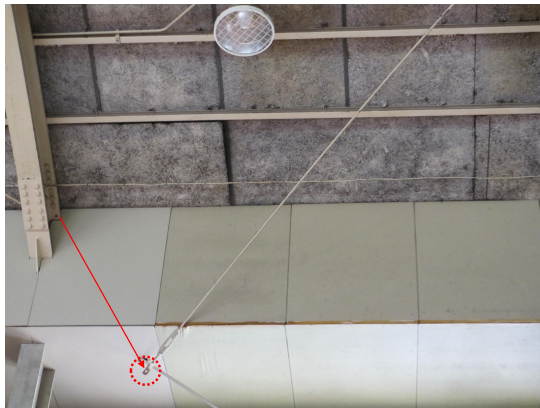


写真 4. 1. 1-7 屋根面水平ブレースボルト破断と垂れ下がり



写真 4. 1. 1-8 破断した屋根面水平ブレースのボルト



写真 4. 1. 1-9 柱脚部のコンクリートひび割れ



写真 4. 1. 1-10 周辺地盤の沈下



写真 4.1.1-11 損傷して傾いた内壁



写真 4.1.1-12 損傷したバスケットゴール
(赤点線箇所のテンションリングが脱落)

4.1.2 体育館B

【建築物の概要】2003年建設の新耐震基準に基づき設計された体育館。架構はRC、屋根が鉄骨造アーチトラス。

【構造被害】RC造架構とS造屋根の接合部（支承部）の数カ所で、コンクリートの側方破壊や大きなひび割れ、コンクリートの落下が見られた。また、屋根面の丸鋼ブレースに数カ所たわみが見られた。

【非構造部材の被害】設備を吊り下げていたと思われる吊り下げ金具が1つ床面に落下していた。



写真 4.1.2-1 内観



写真 4.1.2-2 支承部のコンクリートの側方破壊



写真 4.1.2-3 支承部のコンクリートの側方破壊



写真 4.1.2-4 支承部のコンクリートのひび割れ

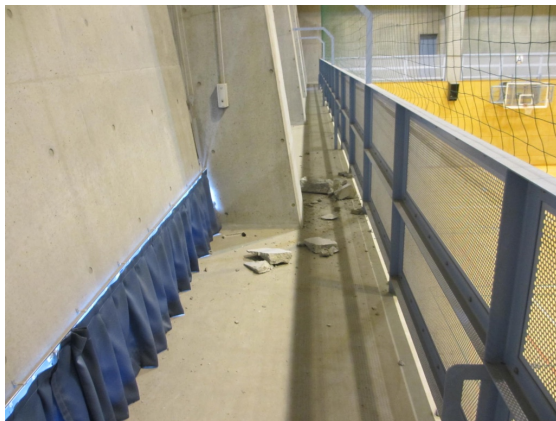


写真 4.1.2-5 落下したコンクリート



写真 4.1.2-6 落下した吊り金具

4.1.3 体育館C

【建築物の概要】1979年建設、耐震診断の結果、 I_s 値は0.80で補強不要と判断された。架構は鉄骨造、張間方向山形屋根のラーメン構造、桁行き方向ブレース構造。柱梁部材は変断面H形鋼、桁行方向ブレースはX形で断面はL-75x75x9。

【構造被害】屋根面水平ブレースのうち3本の片側端部が外れて垂れ下がった状態であった。当該ブレースの羽子板や接合部のガセットプレートは健全のように見え、ボルトが破断したと思われる。

【非構造部材の被害】舞台の天井（ロックウール吸音板1枚張り。のこぎり形状。）の一部が脱落していた。また、舞台裏手外壁のラスモルタルの脱落（幅約3m。厚さ約3.5cm）も確認された。



写真 4.1.3-1 外観（外壁の被害は写真
4.1.3-9, 4.1.3-10 参照）



写真 4.1.3-2 内観



写真 4.1.3-3 1階鉛直ブレース（被害なし）



写真 4.1.3-4 2階（ギャラリーレベル）鉛
直ブレース（被害なし）

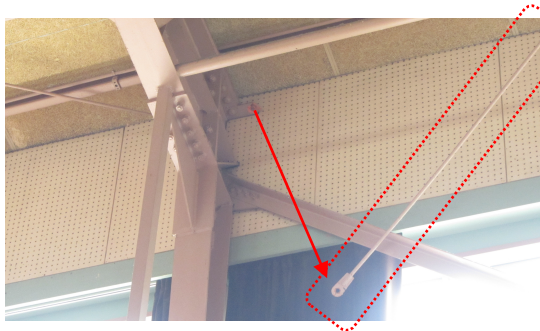


写真 4.1.3-5 屋根面水平ブレースの接合
部の外れ

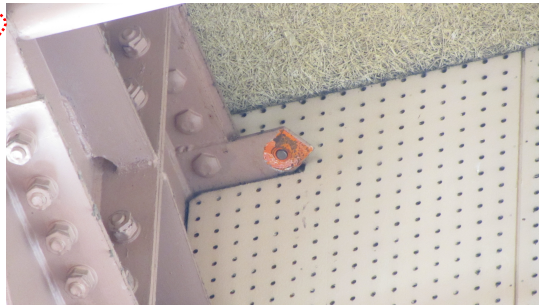


写真 4.1.3-6 左のガセットプレート拡大
（ボルトが残っているように見える）

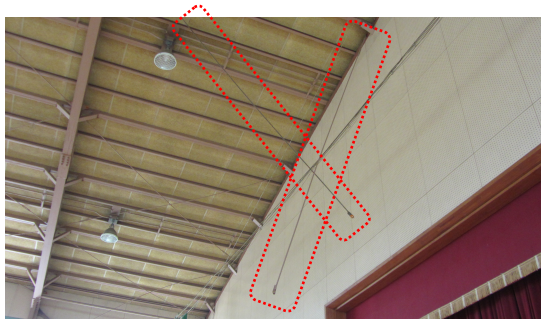


写真 4.1.3-7 接合部が外れた屋根面水平
ブレース

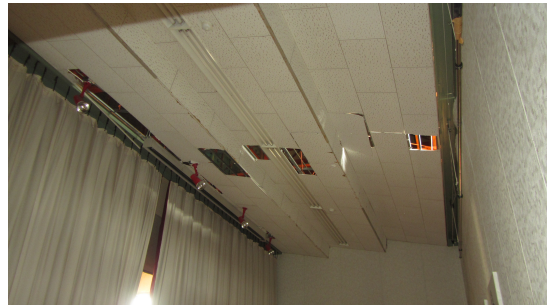


写真 4.1.3-8 舞台の天井の損傷・一部脱落

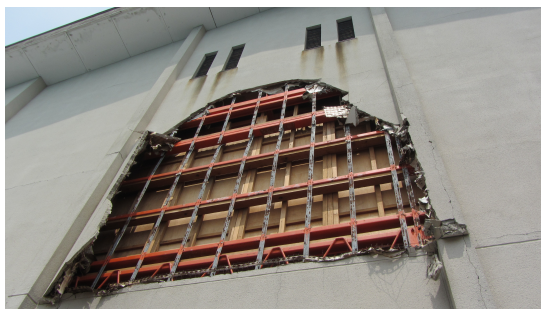


写真 4.1.3-9 舞台裏 ラスモルタル外壁
の落下



写真 4.1.3-10 左の壁面から脱落したモル
タル（厚さ約 3.5cm）

4.1.4 体育館D

【建築物の概要】1975年建設、2013年度に耐震改修された体育館。架構は鉄骨造で、張間方向山形屋根のラーメン構造、桁行き方向ブレース構造。柱梁の部材は変断面 H 形鋼（体育館 C と同様の構造）、桁行方向ブレースは X 形でターンバックル付きの $\phi 20$ 丸鋼ブレース。

【構造被害】2階レベルの大部分の鉛直ブレースに大きなたわみが見られ、ブレース端部では軸部及び羽子板の変形が確認された。一方、1階レベルの鉛直ブレースにはたわみは見られなかった。屋根面水平ブレースのうち4本でたわみが確認された。

【非構造部材の被害】妻面の仕上げに欠けが見られたものの、大きな被害はなかった。



写真 4.1.4-1 外観



写真 4.1.4-2 内観



写真 4. 1. 4-3 舞台天井（被害なし）



写真 4. 1. 4-4 鉛直ブレース（左：2階レベル、右：1階レベル）

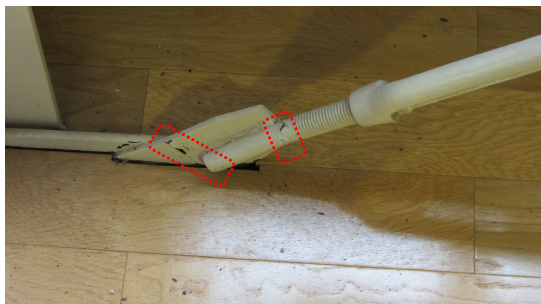


写真 4. 1. 4-5 鉛直ブレース（2階）の軸部
及び羽子板の変形



写真 4. 1. 4-6 鉛直ブレース（2階）の軸部
及び羽子板の変形

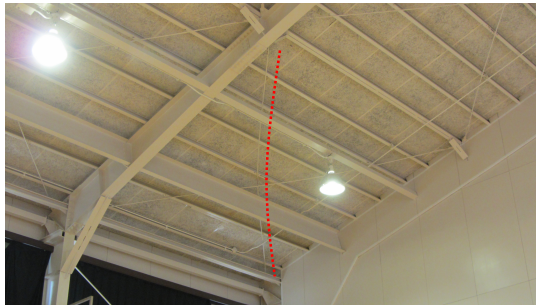


写真 4.1.4-7 屋根面水平ブレースのたわみ（隅角部）

4.1.5 体育館E

【建築物の概要】1977年建設、耐震診断の結果、 I_s 値は 0.62 で補強不要と判定された。架構は RC 造で、ギャラリーから上部が鉄骨フレーム。鉄骨部分の張間方向は山形屋根のラーメン構造、桁行き方向はターンバックル付き丸鋼ブレース。

【構造被害】ほとんど全ての桁行き方向のブレース構面で、鉛直ブレースのボルト接合部のボルト（中ボルト）が破断している。一部の柱脚部でコンクリートの破壊が見られた。

【非構造部材の被害】ガラス窓の損傷・脱落（5箇所。ただし落ちかけたためはずしたものを含む）、水銀灯安定器を留め付けた有孔ベニヤの壁板の外れ（3箇所）、外壁モルタルの脱落、などが確認された。



写真 4.1.5-1 内観（赤円内が安定器を留め付けた板が外れた箇所）



写真 4.1.5-2 鉛直ブレース接合部のボルトの破断



写真 4.1.5-3 鉛直ブレースのボルト破断



写真 4.1.5-4 鉛直ブレースのボルト破断



写真 4.1.5-5 柱脚部のコンクリート破壊



写真 4.1.5-7 窓ガラスの被害



写真 4.1.5-8 安定器を留め付けた板の外れ

4.1.6 体育館F

【建築物の概要】1981年建設、2008年度耐震改修された体育館。架構の構造は鉄骨造で、張間方向山形屋根のラーメン構造、桁行き方向ブレース構造で、桁行き方向の1階は平鋼のブレース、2階はターンバックル付き丸鋼ブレースである。

【構造被害】1階の平鋼のブレースでは、多くのブレースで母材破断及びボルト孔欠損部での破断が見られた。ブレースの母材破断は、ブレース端部におけるやや幅広のプレートとブ

レース軸材の境界部分で生じていた（この破断部分は、溶接で接合後にグラインダー等で仕上げた可能性もあるが、目視では溶接接合されたかどうか確認できなかった）。また、たわみも見られた。これらのブレースでは、引張によるブレース材自体の材軸方向の降伏や伸びの痕跡は、目視からは確認できなかった。2階の被害としては、ほとんど全てのブレースでわずかなたわみが見られ、また、いくつかの羽子板で、わずかな曲がりが見られた。

【非構造部材の被害】舞台壁の広い範囲で仕上げのひび割れ、入り口脇の外壁等の数箇所でひび割れ・タイル剥落などが確認された。



写真 4.1.6-1 内観



写真 4.1.6-2 平鋼ブレースのたわみ



写真 4.1.6-3 平鋼ブレースの端部での破断



写真 4.1.6-4 平鋼ブレースの端部での破断
(写真 4.1.6-3 の拡大)



写真 4.1.6-5 ブレース端接合部分はやや幅広のプレート



写真 4.1.6-6 ブレース母材と端部の幅広プレートの境界がわずかに降伏している
(写真 4.1.6-5 の拡大)



写真 4.1.6-7 ブレースのたわみ



写真 4.1.6-8 ブレース交差部の塑性化と破断



写真 4.1.6-9 ブレース交差部の伸び

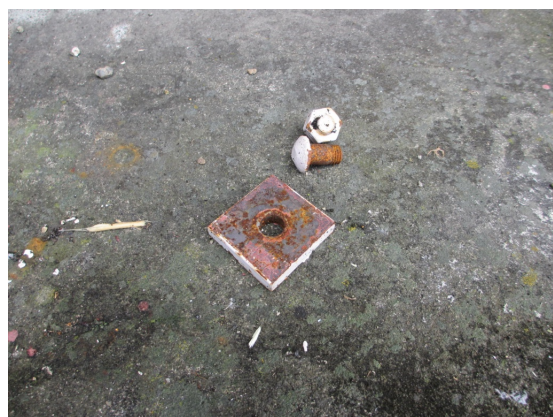


写真 4.1.6-10 破断した交差部のボルトと
ブレースの間に挿入されていたプレート



写真 4.1.6-11 2階ブレースのわずかなたわみ



写真 4.1.6-12 2階ブレース端部の降伏とブレース端部羽子板のわずかな曲がりが見られた



写真 4.1.6-13 舞台背面壁の仕上げボード継ぎ目のずれ



写真 4.1.6-14 外壁のひび割れ・タイル剥落（赤円内にひび割れ・タイル剥離）

4.1.7 体育館G

【建築物の概要】1970年建設、2011年度に耐震改修された体育館。架構は鉄骨造、張間方向山形屋根のラーメン構造、桁行き方向ブレース構造。柱梁は変断面H形鋼。桁行方向はX形のターンバックル付き丸鋼ブレースで、径は2階で $\phi 22$ 、1階で $\phi 24\sim 27$ 。昨年夏にアリーナの天井は撤去（舞台の天井は張られたまま）。

【構造被害】ボルト破断により多数の屋根面水平ブレースが垂れ下がった。現地調査時には24本が取り外され、舞台上に置かれていた。ボルトはM12とM16の2種類の太さがあり、破断したものはM12のみであった。

【非構造部材の被害】舞台上部の内壁の一部に、落下や浮き上がりが見られた。舞台の照明が外れてぶら下がっていた。外壁にひび割れが生じていた。



写真 4.1.7-1 内観

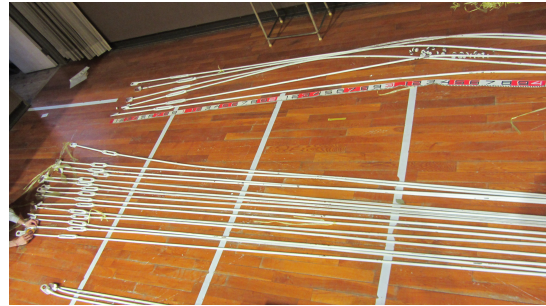


写真 4.1.7-2 撤去された屋根面の水平ブレース



写真 4.1.7-3 撤去された屋根面の水平ブレースの羽子板部分（ボルト孔は健全）



写真 4.1.7-4 屋根面水平ブレース用のボルト

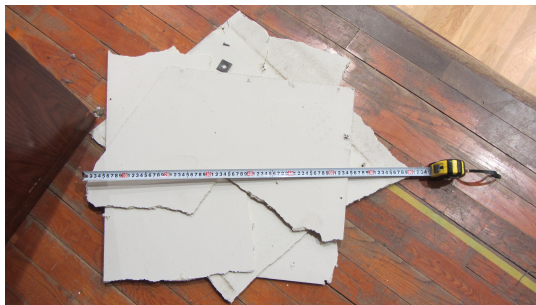


写真 4.1.7-5 落下した舞台上部内壁の仕上げ材



写真 4.1.7-6 落下した舞台上部内壁の仕上げ材



写真 4.1.7-7 舞台の天井（被害なし）と照明のぶら下がり

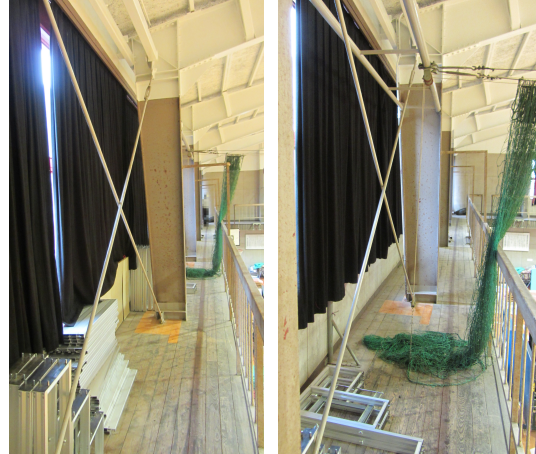


写真 4.1.7-8 2階鉛直ブレース（被害なし）



写真 4.1.7-9 舞台裏妻面（仕上げモルタルにひび割れ（赤線））



写真 4.1.7-10 1階鉛直ブレース（被害なし）

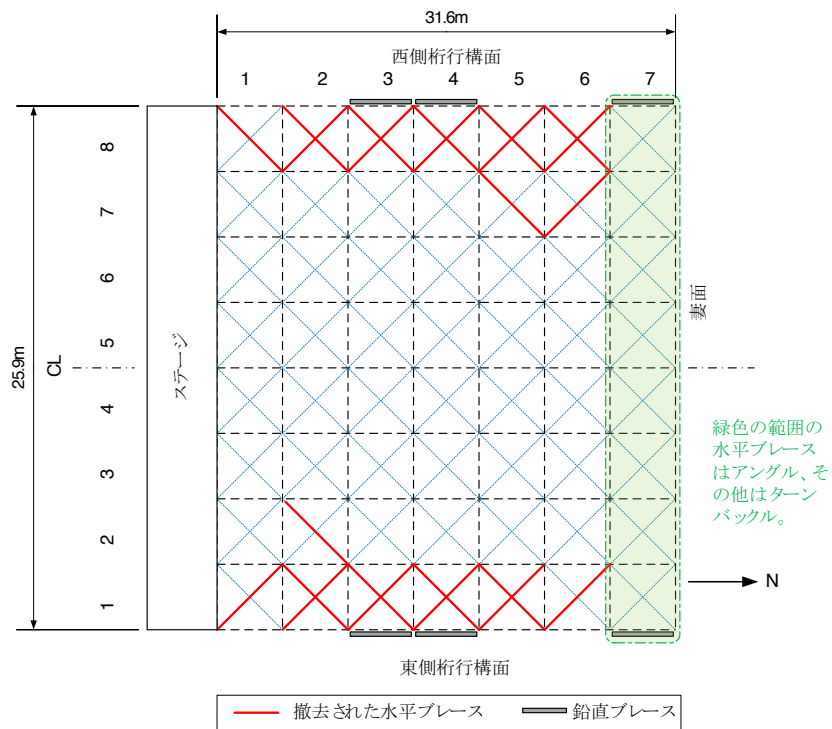


図 4.1.7-1 撤去されたアリーナ屋根面水平ブレースの位置

4.1.8 体育館H

【建築物の概要】1973年建設、2010年度に耐震改修された体育館。架構は鉄骨造、張間方向山形屋根のラーメン構造、桁行き方向ブレース構造。柱梁は変断面H形鋼、桁行方向はX形のターンバックル付き丸鋼ブレースで、径は1階でφ20、2階でφ16。アリーナには天井が張られている。1階の外壁はラスシートにモルタル（厚さ約3cm）で仕上げたもの。2階の外壁は新しいサイディング。

【構造被害】桁行ブレースに数箇所程度、ゆるみが生じていた。その他は特に被害は見受けられなかった。

【非構造部材の被害】入口のはめころしガラス2枚にひび割れが生じた。1階外壁のモルタルが一部落下した。



写真 4.1.8-1 外観



写真 4.1.8-2 内観



写真 4.1.8-3 2階鉛直ブレース

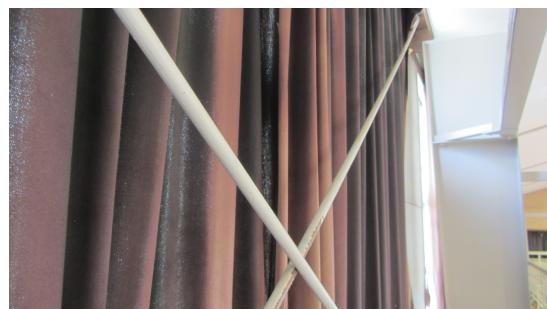


写真 4.1.8-4 2階鉛直ブレース（交点での擦れ）



写真 4.1.8-5 2階鉛直ブレース下端接合部 塗料の剥げ、ブレースの若干の変形



写真 4.1.8-6 1階の鉛直ブレース



写真 4.1.8-7 1階外壁の水平なひび割れ



写真 4.1.8-8 入り口脇の外壁モルタルの落下



写真 4.1.8-9 左の落下したモルタル(厚さ約3cm)

4.1.9 体育館 I

【建築物の概要】 1989年建設の新耐震基準に基づき設計された体育館。架構は鉄骨造で、張間方向山形屋根のラーメン構造、桁行き方向ブレース構造で、ターンバックル付き丸鋼ブレース。

【構造被害】 すべてのブレースで降伏及び伸びが観察され、大きくたわんでいる。また、それらのブレース接合部やブレース材で破断は見られなかった。

【非構造部材の被害】 舞台後方壁の下部の広い範囲での損傷や引き戸 2 枚の外れ、舞台両脇壁の数箇所のあばれ、引違い窓で障子の 15 箇所の外れやそれに伴うガラスの損傷、その他のガラスのわれ 1 箇所、などが確認された。



写真 4.1.9-1 内観



写真 4.1.9-2 1階の大きくたわんで変形したブレース

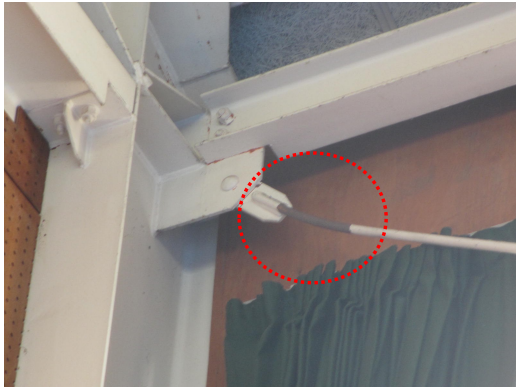


写真 4.1.9-3 ブレース端部の塑性化の様子



写真 4.1.9-4 ブレース端部の塑性化と羽子板の曲がり



写真 4.1.9-5 ブレースの変形状況



写真 4.1.9-6 1階のブレースの様子



写真 4.1.9-7 舞台壁の損傷、引き戸の外れ

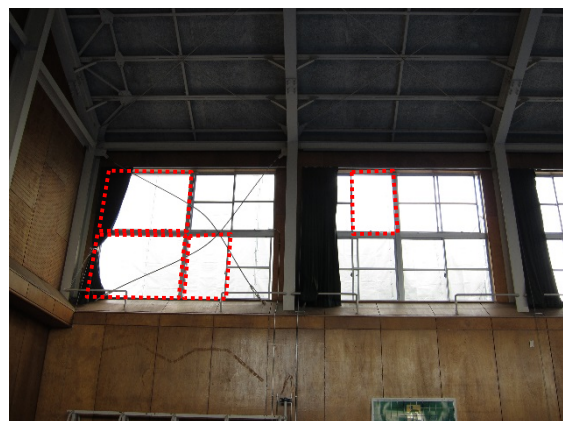


写真 4.1.9-8 ガラス窓の障子の脱落（赤点線枠箇所）

4.1.10 体育館J

【建築物の概要】1980年建設、2008年度耐震改修された体育館。架構は鉄骨造で、張間方向山形屋根のラーメン構造、桁行き方向ブレース構造、1階は平鋼のブレース、2階はター

ンバックル付き丸鋼ブレース。

【構造被害】1、2階とも、数か所程度で、ブレースのたわみやブレース接合部におけるブレースのわずかな滑りが見られた。

【非構造部材の被害】壁や基礎のコンクリートに数箇所ひび割れが確認された。

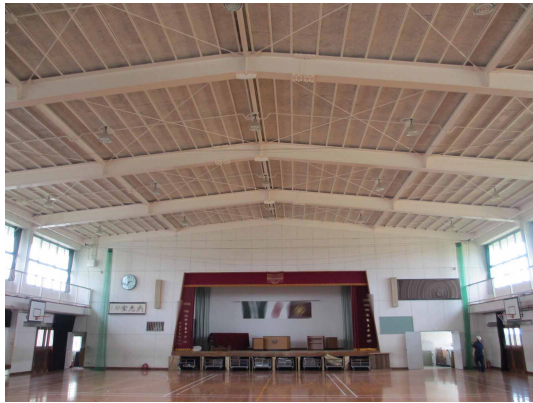


写真 4.1.10-1 内観



写真 4.1.10-2 ブレースのわずかなたわみ



写真 4.1.10-3 ブレース接合部におけるブレースのわずかな滑り



写真 4.1.10-4 2階のブレースのわずかなたわみ

4.1.11 体育館K

【建築物の概要】1965年建設で、2009年度耐震改修された体育館。架構は鉄骨造で、張間方向山形屋根のラーメン構造、桁行き方向ブレース構造で、ターンバックル付き丸鋼ブレース。

【構造被害】妻面の鉛直ブレースでは丸鋼ブレースで2箇所、ブレースのボルト破断が見られた。桁行き方向の鉛直ブレースでは、2階ブレースにわずかなたわみが生じている程度。また、屋根面水平ブレースでは2箇所ボルト破断が見られた。ボルト破断した妻面の鉛直

ブレースと屋根面水平ブレースは、耐震改修前のものがそのまま設置されていたものである（耐震改修により桁行き方向の鉛直ブレースは全て交換されていたが、妻面の鉛直ブレースと屋根面水平ブレースは新設または交換されておらず、改修前のブレースがそのまま設置されていた）。

【非構造部材の被害】妻面の外装材の脱落1箇所、窓ガラスの損傷1箇所などが確認された。



写真 4. 1. 11-1 内観



写真 4. 1. 11-2 取り替えられていない妻面
ブレースのボルト破断



写真 4. 1. 11-3 改修で取り替えられたブレ
ースのわずかなたわみ



写真 4. 1. 11-4 改修で取り替えられたブレ
ース（被害無し）



写真 4. 1. 11-5 改修で取り替えられたブレース（被害無し）



写真 4. 1. 11-6 取り替えられていない屋根面水平ブレースのボルト破断



写真 4. 1. 11-7 妻面の外装材の脱落



写真 4. 1. 11-8 妻面の窓ガラスの損傷

4. 1. 1 2 体育館 L

【建築物の概要】1996年建設の新耐震基準に基づき設計された体育館。架構はRC造で、屋根が鉄骨造立体トラス。1、2階には剣道場、柔道場、トレーニングルーム、職員室があり、3階レベルに体育館のアリーナ、4階レベルにギャラリーがある。アリーナ上部の屋根はボルト（円筒）形状で、鋼管部材とボールドジョイントを用いた複層立体トラス。

【構造被害】立体トラスの構成部材に座屈、破断が生じ、アリーナ床面に部材が落下していた（下弦材5本、上弦材1/2本（部材中央で破断したものの片方）、斜材0本）。またトラス支承部の損傷によると思われるモルタル（支承部を直接目視で確認できていない）や、トラスまわりに付いていたと思われる金具がアリーナ床面に多数散乱していた。

【非構造部材の被害】屋根ふき材のずれ等に伴う雨漏りが生じていた（現地調査時にはギャラリーに水が溜まっていた）。



写真 4. 1. 12-1 外観



写真 4. 1. 12-2 内観 (3階アリーナ)

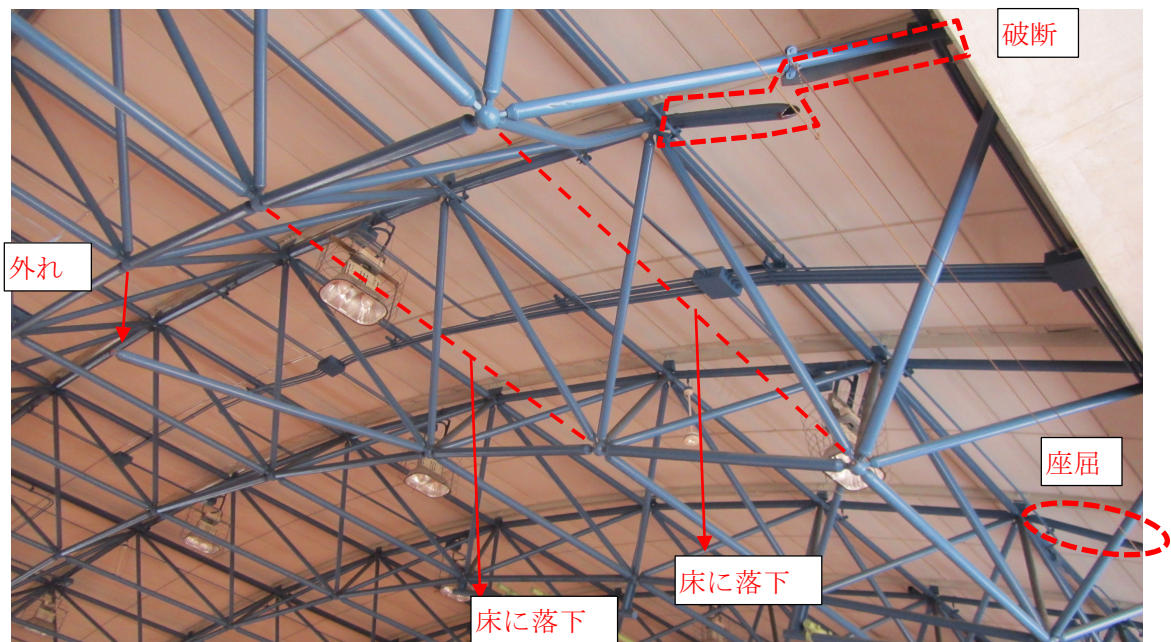


写真 4. 1. 12-3 屋根の立体トラス

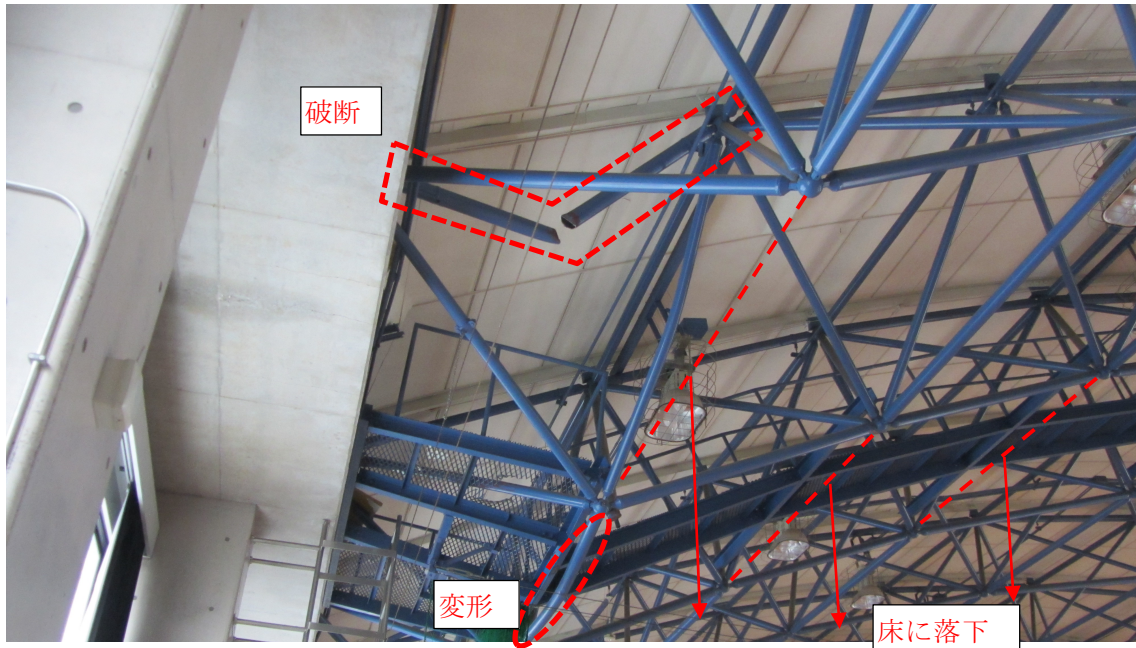


写真 4. 1. 12-4 屋根の立体トラス



写真 4. 1. 12-5 落下した立体トラスの部材

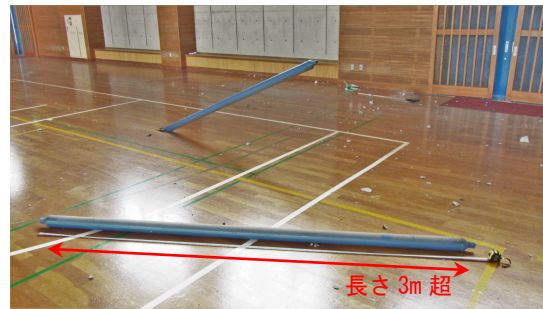


写真 4. 1. 12-6 落下した立体トラスの部材
(奥の部材は床に突き刺さっている)



写真 4. 1. 12-7 落下した立体トラス部材の端部 (ボルトの破断)



写真 4.1.12-8 多数落下していた金具



写真 4.1.12-9 落下していたモルタル

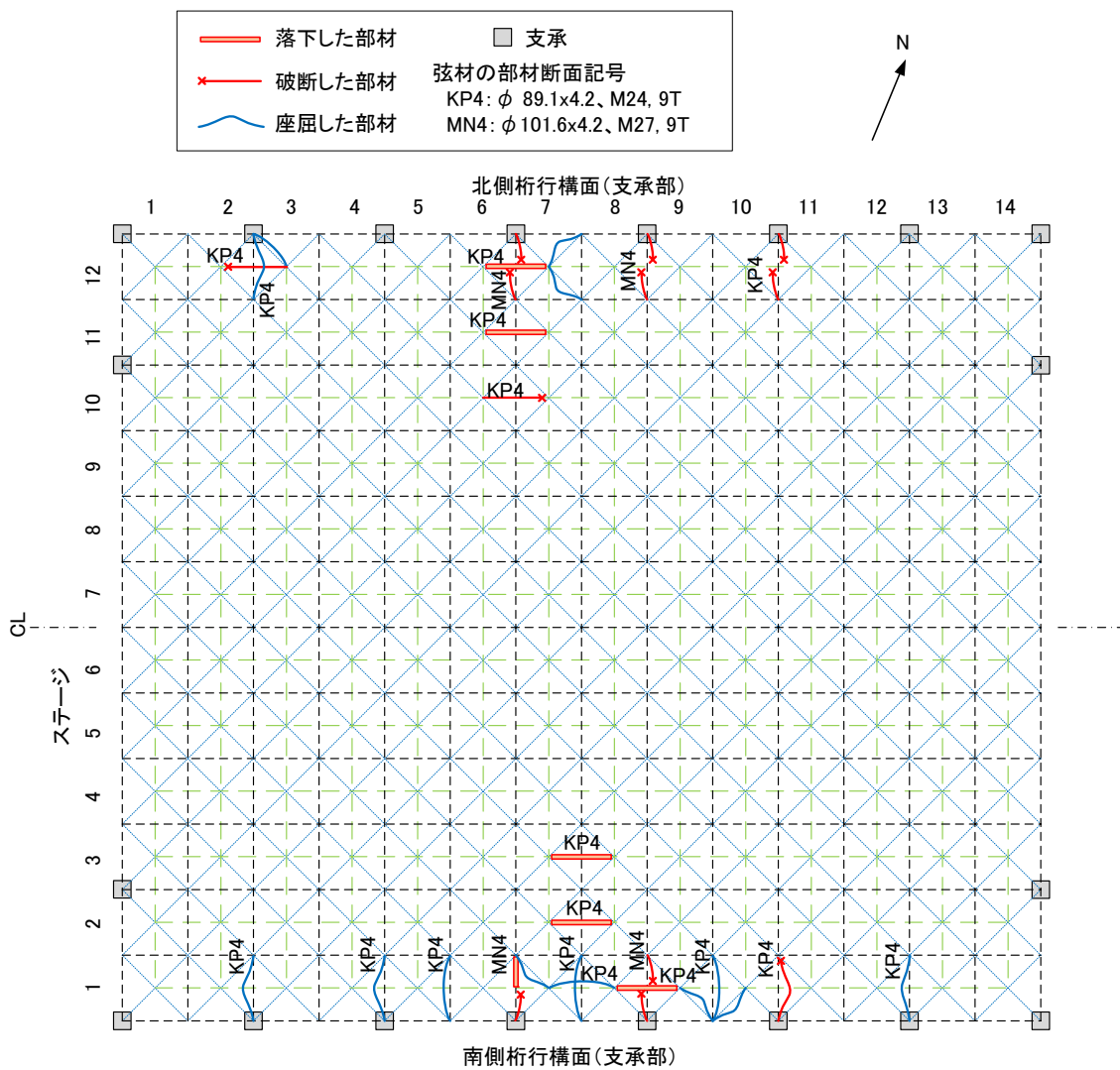


図 4.1.12-1 落下・破断・座屈した立体トラスの構成部材の位置

4.1.13 体育館M

【建築物の概要】1965年建設で、2011年度耐震改修された体育館。架構は鉄骨造で、張間方向はラチス形式の柱梁の山形屋根のラーメン構造、桁行き方向はブレース構造でターンバックル付き丸鋼ブレース。

【構造被害】桁行き方向の鉛直ブレースは、ほぼ無被害。ラチス形式の柱の柱脚で1箇所アンカーボルトの破断が見られた。屋根面水平ブレースは無被害であった。

【非構造部材の被害】窓ガラス1枚にひび割れが入ったとのことで、調査時点で修復済みであった。その他、モルタル外壁にひび割れが数箇所見られた。



写真 4.1.13-1 内観



写真 4.1.13-2 耐震改修で取り替えられたブレース



写真 4.1.13-3 ラチス形式のフレーム



写真 4.1.13-4 柱脚のアンカーボルトの破断

4.1.14 体育館N

【建築物の概要】1997年建設の新耐震基準に基づき設計された体育館。架構はRC造で、屋根が鉄骨造アーチ立体トラス。

【構造被害】屋根のトラスで、下弦材が1カ所落下し、5箇所でたわみが観察された。ステージ上の妻壁上部のRC架構と下屋の屋根の支承部でコンクリートの破壊、落下が見られた。一方、桁行き構面の支承部では被害は見られなかった。

【非構造部材の被害】トラスの下弦材が脱落した近傍で妻面の軒天が一部垂れ下がっていた。その他、2階レベルの外周部の床に一部ひび割れが確認された。



写真 4.1.14-1 内観



写真 4.1.14-2 落下したトラス下弦材



写真 4.1.14-3 落下したトラス部位

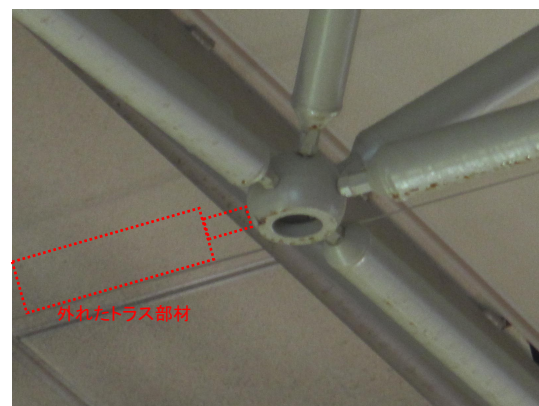


写真 4.1.14-4 トラス部材が外れたボールジョイント部分



写真 4.1.14-5 落下したトラス下弦材



写真 4.1.14-6 少したわんだ下弦材



写真 4.1.14-7 少したわんだ下弦材



写真 4.1.14-8 建物の4隅はピン支承部であり無被害



写真 4.1.14-9 建物桁行構面は長孔の支承部で長孔の端までボルトが移動



写真 4.1.14-10 ステージ上の下屋の支承部コンクリートの破損



写真 4.1.14-11 ステージ上の下屋の支承部コンクリートの破損、落下



写真 4.1.14-12 軒天の部分的な垂れ下が

4.1.15 体育館〇

【建築物の概要】1985年建設の新耐震基準に基づき設計された体育館。架構は鉄骨造で、張間方向山形屋根のラーメン構造、桁行き方向ブレース構造で平鋼ブレース。

【構造被害】2階の全てのブレース構面でブレース材の破断が観察された。また、1階では1箇所ブレース材の破断が観察された。それらは、ブレース孔欠損部の破断、ブレース端部の母材破断である。ブレースの接合部は、保有耐力接合で設計されていると考えられるが、ブレース材自体の降伏による明確な伸びは、目視では確認できなかった。屋根面水平ブレースには被害は見られなかった。

【非構造部材の被害】山形屋根の棟部分が断面で台形状になっており、その部分について金属メッシュを用いた吊り天井が張られている。この吊り天井について、バー材が壁と取り合う端部付近で変形したり、複数の吊り材が吊り元で外れたり床面まで落下したりしていた。吊り材の長さは現地での計測や脱落した吊り材の計測から、0.4m、1.9m、2.4mの3種類が確認されたが、吊り元の溶接が外れていたのは総て最も短い0.4mの吊り材であった。その他、ガラス窓の障子の外れ1枚、外装材の脱落1箇所などの被害が確認された。



写真 4.1.15-1 内観



写真 4.1.15-2 2階のブレースの破断



写真 4. 1. 15-3 孔欠損部近傍での破断



写真 4. 1. 15-4 孔欠損部での破断



写真 4. 1. 15-5 ブレース端部での母材破断

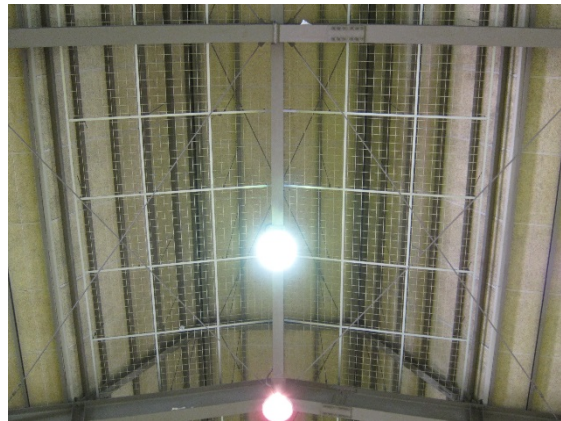


写真 4. 1. 15-6 吊り材が脱落した天井



写真 4. 1. 15-7 吊り材 (円内は溶接痕)

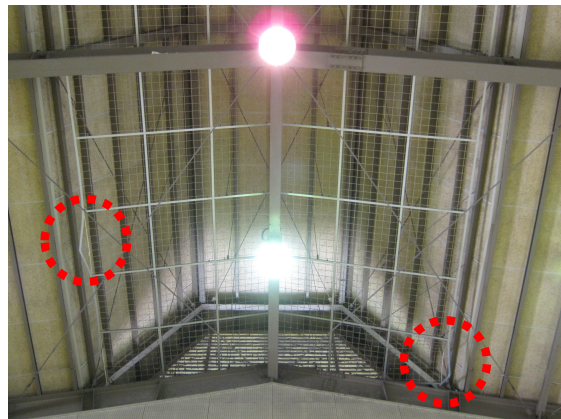


写真 4. 1. 15-8 端部付近で変形したバー材
(棟部分の形状は台形になっている)



写真 4. 1. 15-9 外装材の脱落

4. 2 構造被害の特徴

表 4. 2-1 に 15 棟の体育館の架構種別、建設年、耐震改修年度、構造被害等の一覧を示す。調査を行った 15 棟の体育館は、熊本県立高校及び支援学校が 4 棟、熊本市立小学校及び中学校が 10 棟、熊本市立の運動施設が 1 棟である。これらの体育館 15 棟のうち、新耐震基準に基づき設計された体育館は 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 棟である。これらの調査結果に基づいて、体育館の被害部位毎の特徴を以下に示す。

表 4.2-1 15 棟の体育館の架構の構造、建設年、耐震改修年度、構造被害等の一覧

体育館 名称	架構の構造	建設年	耐震改修 年度	構造躯体の被害				
				鉛直ブレースの 被害	柱脚の被害	屋根部分の被害		
						屋根面水平ブ レース	屋根トラス	屋根支承部
体育館 A	鉄骨造	1969年	2011年度	ガセットプレート及びブレース端部に塑性変形	一部でコンクリートひび割れ	2箇所所ボルト破断	—	—
体育館 B	RC造架構で 屋根鉄骨造	2003年	—	—	—	数カ所所たわみ	被害無し	数カ所所コンクリートひび割れ、破壊、落下
体育館 C	鉄骨造	1979年	Is値0.80 で補強不要	被害無し	被害無し	外れ、垂れ3本	—	—
体育館 D	鉄骨造	1975年	2013年度	大きなたわみ	被害無し	たわみ4本	—	—
体育館 E	RC造架構で ギャラリー から上部鉄 骨造架構	1977年	Is値0.62 で補強不要	ほとんど全ての ブレース構面で ボルト破断	一部の柱脚 でコンク リート破壊	被害無し	—	—
体育館 F	鉄骨造	1981年	2008年度	平鋼ブレース母 材破断及びボ ルト穴欠損部破 断、たわみ	被害無し	被害無し	—	—
体育館 G	鉄骨造	1970年	2011年度	被害無し	被害無し	外れ、垂れ24本	—	—
体育館 H	鉄骨造	1973年	2010年度	数カ所程度、ゆる み	被害無し	天井により未確 認	—	—
体育館 I	鉄骨造	1989年	—	全てのブレース で降伏及び伸 び、大きなた わみ	被害無し	被害無し	—	—
体育館 J	鉄骨造	1980年	2008年度	わずかなたわ み、滑り	被害無し	被害無し	—	—
体育館 K	鉄骨造	1965年	2009年度	わずかなたわ み、妻面ブ レース2カ所ボ ルト破断	被害無し	2カ所所ボルト 破断	—	—
体育館 L	RC造架構で 屋根鉄骨造	1996年	—	—	—	—	立体トラスの部 材6本落下	モルタル落下 (詳細未確 認)
体育館 M	鉄骨造	1965年	2011年度	被害無し	柱脚1カ所 でアンカー ボルト破断	被害無し	被害無し	—
体育館 N	RC造架構で 屋根鉄骨造	1997年	—	—	—	被害無し	立体トラスの部 材1本落下、5 箇所所曲がり	ステージ上の 支承部でコン クリート破 壊、落下
体育館 O	鉄骨造	1985年	—	2階のブレースの ブレース穴欠 損部破断、ブ レース母材破断	被害無し	被害無し	—	—

(1) 鉛直ブレースの被害

鉛直ブレースについて、破断を伴う大きな被害が見られたものとしては体育館E、F、K、Oである。それらの被害は、丸鋼ブレースのボルト破断、平鋼ブレースのボルト孔欠損部またはブレース端部の母材の破断である。平鋼ブレースの被害は、耐震改修により取り替えられたブレースでの被害である。それらの被害写真を、写真4.2-1～3に示す。これらの被害では、ブレース材自体の伸びや降伏したと思われる痕跡が目視では確認できなかった。一方、ターンバックル付き丸鋼ブレースが使われていた体育館Iでは写真4.2-4に示すように、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。このような鉛直ブレースの被害は、2011年東北地方太平洋沖地震等の地震被害でも観察されている²⁾。



写真 4.2-1 体育館Eのボルト破断



写真 4.2-2 体育館Fの母材破断



写真 4.2-3 体育館Oのブレース孔欠損部の破断



写真 4.2-4 体育館Iのブレースの大きなたわみ及び伸び

(2) 屋根面水平ブレースの被害

屋根面水平ブレースについては、被害のなかったものやたわみなどの比較的小さな被害のものが半数以上の9棟であったが、ボルト等の破断を伴うものも4棟（体育館A、C、

G、K)で観察され、これらの中には20か所以上が取り外されていた体育館があった。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る(耐震改修により、鉛直ブレースは交換されていたが、屋根面水平ブレースは新設または取り替えられおらず、改修前のブレースがそのまま設置されていたものや、耐震診断で補強不要と判断されたもの)。被害例を、写真4.2-5~8に示す。同様の被害は、2011年東北地方太平洋沖地震等の地震被害でも観察されている²⁾。

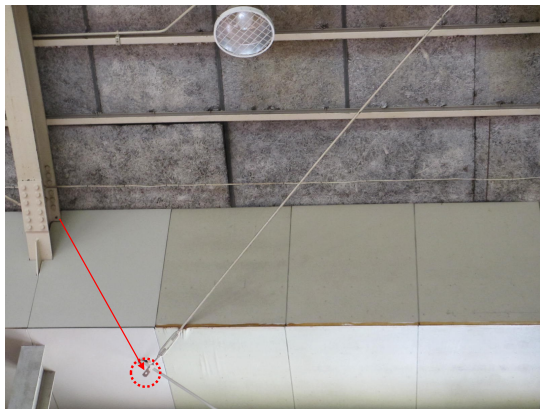


写真 4.2-5 体育館Aの屋根面水平ブレースのボルト破断

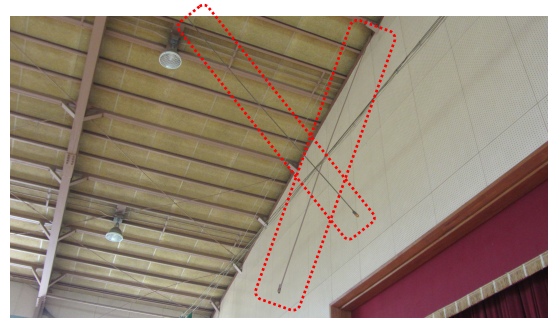


写真 4.2-6 体育館Cの屋根面水平ブレースのボルト破断

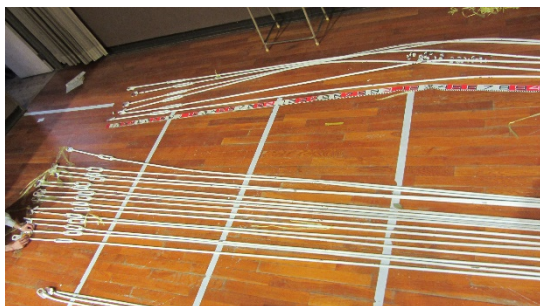


写真 4.2-7 体育館Gの撤去された屋根面水平ブレース



写真 4.2-8 体育館Kの屋根面水平ブレースのボルト破断

(3) 屋根トラスの被害

体育館B、L、Nは、RC架構に立体トラスの屋根が接続された体育館であり、このうち、体育館LとNで、立体トラスを構成する部材の曲がり、破断、座屈、落下等の被害が見られた。被害例を、写真4.2-9~12に示す。2011年東北地方太平洋沖地震では、トラス梁の座屈は見られた²⁾が、部材の落下は観察されなかった。

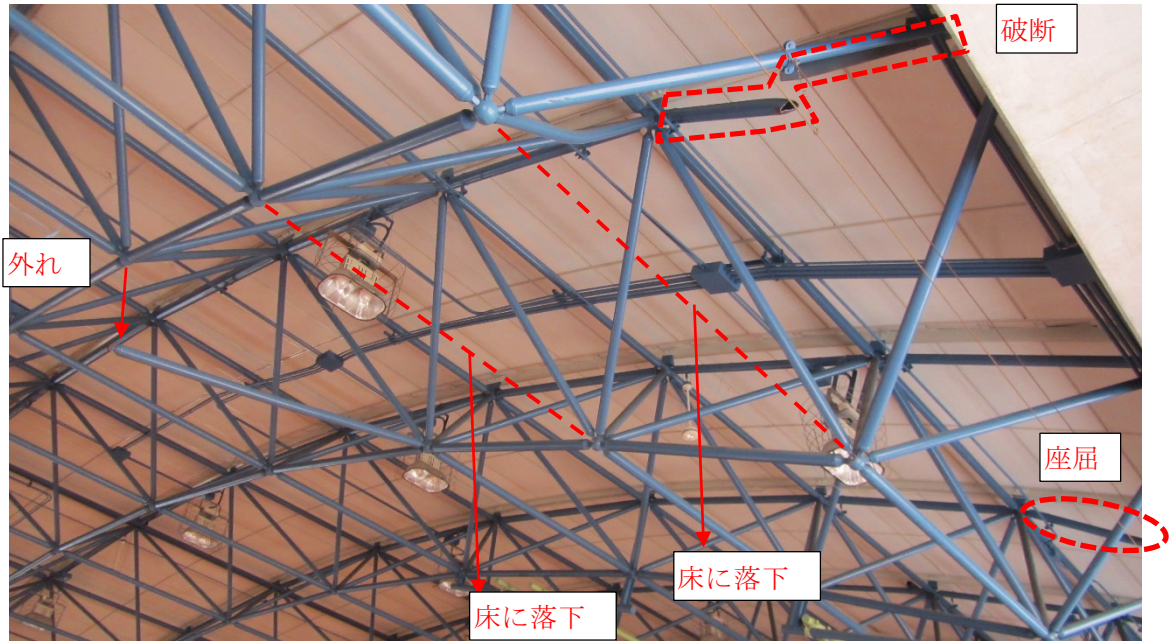


写真 4.2-9 体育館Lのトラス屋根の被害状況

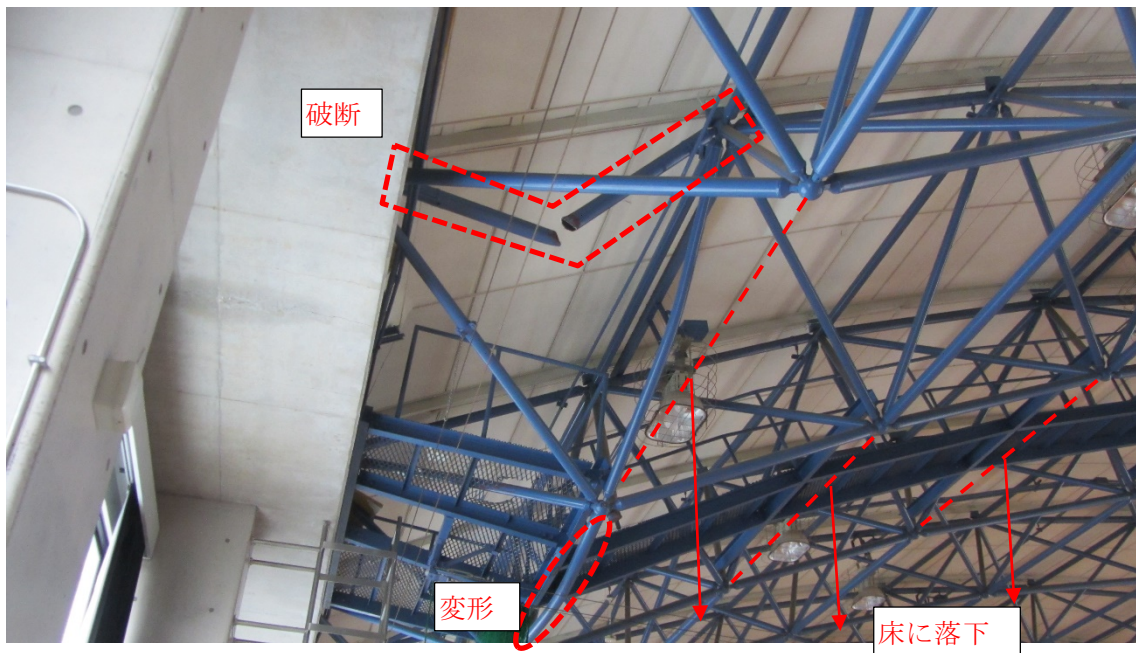


写真 4.2-10 体育館Lのトラス屋根の被害状況



写真 4.2-11 体育館Nのトラス屋根の下弦材の落下



写真 4.2-12 体育館Nのトラス屋根の下弦材の曲がり

(4) 屋根支承部の被害

体育館B、L、Nは、RC 架構に立体トラスの屋根が接続された体育館であり、これらの体育館のうち、体育館BとNで、RC 架構とS 造屋根の接続部（支承部）で、コンクリートの側方破壊とそれに伴うコンクリート片の落下やコンクリートのひび割れが観察された。それらの被害を写真 4.2-13～15 に示す。このような被害は、2011 年東北地方太平洋沖地震で見られた被害と同様のものである³⁾。



写真 4.2-13 体育館Bの屋根支承部のコンクリートの側方破壊

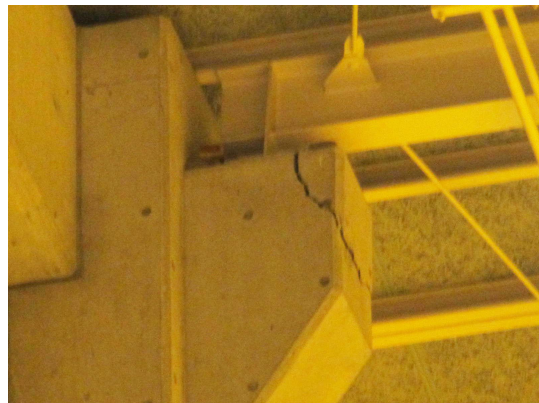


写真 4.2-14 体育館Bの屋根支承部のコンクリートのひび割れ



写真 4.2-15 体育館Nのステージ上の屋根根支承部のコンクリートの破壊



写真 4.2-16 体育館Nの桁行き構面の屋根根支承部（長孔の端までボルトが移動）

4.3 非構造部材の被害の特徴

今回の調査で対象とした体育館で、アリーナ上部に吊り天井があったものは2棟（体育館H、0）であり、そのうち体育館Hが特定天井に該当するものであった。吊り天井の被害は、舞台上部での天井板の破損・脱落やアリーナ上部での吊り材の脱落が見られ、一部で軒天の被害も確認された。内壁の被害は、舞台の後方、上部、脇の壁で複数確認され、コンクリートブロックの内壁の被害も見られた。窓ガラスの被害は、窓ガラスの損傷だけでなく、障子が脱落しているものも確認された。外壁は、モルタル系の外壁の被害が複数見られた。その他、外装材の一部脱落等も確認された。いずれの被害も過去の地震で確認された種類の被害である。

5. まとめ

本報告は、平成28年（2016年）熊本地震における学校体育館の被害調査結果の速報であり、調査した各体育館の被害の概要と被害の特徴についてまとめたものである。この調査から得られた体育館の被害形態とその特徴を以下にまとめて示す。

- 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ボルト孔欠損部等での破断の被害が見られた。一方で、新耐震基準に基づき設計された体育館のターンバックル付き丸鋼ブレースでは、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。これらの被害は、2011年東北地方太平洋沖地震等の地震でも見られたものである。
- 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。これらの被害は、2011年東北地方太平洋沖地震等の地震でも見られたものである。
- 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。このような立体トラス屋根の部材の落下は、これまでの地震では、ほとんど観察されなかったものである。

- 4) 屋根支承部の被害：RC 架構とトラスの屋根の接続部（支承部）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等の地震でも見られたものである。
- 5) 非構造部材の被害は、吊り天井、内壁、ガラス窓等について確認された。

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、熊本県土木部建築住宅局、熊本県教育庁教育総務局施設課、熊本市教育委員会事務局、熊本市経済観光局スポーツ振興課、並びに体育館の調査にご対応を頂きました学校関係の皆様には大変お世話になりました。ここに深謝申し上げます。

参考文献

- 1) 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）、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、2016年5月
<http://www.nilim.go.jp/lab/bbg/saigai/h28/20160420kumamotokentiku4.pdf>
<http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/topics/2016/03-kumamoto.pdf>
- 2) 山田哲、伊山潤、島田侑子、松本由香、長谷川隆、清家剛、中野達也、吉敷祥一：東北地方太平洋沖地震および余震による学校体育館の構造被害、日本建築学会技術報告集 第44号、pp.133-138、2014年2月
- 3) 平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震被害調査報告、国総研資料第674号、建築研究資料第136号、2012年3月
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0674.htm>
<http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/topics/20110311/0311report.html>