

## 7. 非構造部材の被害

非構造部材の被害調査は主に公共体育館の天井被害について行った。以下にその概要を示す。

### 7.1 調査概要

#### 7.1.1 調査日程

第1次調査：平成19年3月28日（水）～30日（金）

第2次調査：平成19年4月9日（月）～4月11日（水）

#### 7.1.2 調査者

国土交通省国土技術政策総合研究所

建築研究部 西田和生主任研究官（3/28～30，4/9～4/11）

建築研究部 石原直主任研究官（3/28～30，4/9～4/11）

独立行政法人建築研究所

国際地震工学センター 長谷川隆主任研究員（4/9～4/11）

建築生産研究グループ 脇山善夫研究員（3/28～30，4/9～4/11）

#### 7.1.3 調査スケジュール

##### ①第1次調査

3月28日 加賀市

3月29日 志賀町

3月30日 金沢市，七尾市

##### ②第2次調査

4月9日 七尾市，穴水町

4月10日 能登町，輪島市

4月11日 輪島市，穴水町

### 7.2 学校体育館

#### 7.2.1 体育館A（加賀市）

昭和62年に竣工した中学校体育館である。構造はRC造であり、屋根はS造山形屋根である。アリーナの内法は実測で、桁行（東西）39.8m×張間33.7m、床から天井までは9.6m～13.7mである。

アリーナの天井面は梁間方向中央を頂点とする山形であり、菱形の照明部分と、六角形の天井ボード部分がある（写真-7.1）。菱形の部分と六角形の部分の境界は金属フレームで出来ている。六角形のボード部分では桁行方向にクロスTバーが、梁間方向にメインTバーが配置されている。Tバーは外縁では境界の金属フレームから吊られ、内側では建築用鋼製下地材から吊られている。天井パネルは、菱形の照明部は金属網、六角形のボード部はグラスウールボードである。アリーナ2階ギャラリーや舞台裏の通路上部の天井は捨て張り工法による天井であり、天井パネルは実測で厚さ9mmのせっこうボードに厚さ11.5mmのロックウール吸音板で仕上げたものである。

被害としては、グラスウールボードが18枚脱落した。ボードが脱落した部分を見ると、バー材には

ボードの押さえ金物はなかった。クロスTバーが1箇所なくなっていた(写真-7.2)。2階ギャラリーの捨て張り工法による天井が舞台脇の箇所では左右対象に破損・脱落していた(写真-7.3)。



写真-7.1 体育館Aの内観(パノラマ合成)



写真-7.2 クロスTバーがない箇所  
(床面から見上げた様子)



写真-7.3 捨て張り工法による天井の被害  
(加賀市役所提供)

### 7.2.2 体育館B(志賀町)

平成元年に竣工した小学校体育館である(小学校は閉校)。構造はRC造で、屋根はS造H形鋼による山形屋根である。アリーナの内法は実測で、桁行(東西)23.8m×張間17.7m、床から天井までは7.7m~9.3mである。

天井は、桁行方向にクロスTバー、梁間方向にメインTバーが配置されている。天井面は中央部が平坦な山形をしており、平坦な部分から勾配のある部分に変わる箇所では天井面が分かれている。

被害としては、グラスウールボードが多数脱落していた(写真-7.4)。脱落箇所は、妻壁際(写真-7.5)、照明器具部分、天井が桁と取り合う段違い部分の垂直面が主な箇所であった。舞台と反対側の妻面では、長さ約1.3m、重量約800gのクロスTバーが複数本落下していた(写真-7.6)。窓の被害は見られなかった。渡り廊下のエクステンションジョイントカバーが脱落していた。構造的には、体育館アリーナの2階ギャラリーの床レベルで、柱に曲げひび割れがあった。



写真-7.4 体育館B内観（パノラマ合成）



写真-7.5 舞台と反対側の妻面での被害状況



写真-7.6 脱落したグラスウールボードとバー材

### 7.2.3 体育館C（志賀町）

昭和62年に竣工した小学校体育館（小学校は閉校）。構造はRC造であり、屋根はH形鋼による山形屋根である（体育館Bと同じ構造形式）。アリーナの内法は実測で、桁行（南北）26.3m×張間17.7m、床から天井までは7.7m～9.3mである。張間寸法及び天井高さは体育館Bと同じである。

天井は、桁行方向にメインTバーが、梁間方向にクロスTバーが配置されている。天井面は中央部が平坦な山形をしており、平坦な部分から勾配のある部分に変わる箇所では天井面が分かれている。バスケットゴール昇降用ケーブルの中継滑車の支持部材や照明がバーのグリッド上に配置されており、その箇所ではバーが不連続になっている。

被害は、グラスウールボード、バー材及び部品等が多数脱落しており（写真-7.7、7.9）、特に照明器具の近辺でボード等が脱落していた（写真-7.8）。断面がC型で薄くて部材長の長い金属材が落下していた。学校校舎については、玄関脇に飾られたトロフィー類の倒れ、ガラスブロック壁の破損、エキスパンションジョイント部分周辺モルタルの剥離などが見られた。隣接する比較的古い木造建物に被害は見られなかった。



写真-7.7 体育館C内観（パノラマ合成）



写真-7.8 照明機器周辺における天井の被害



写真-7.9 落下したシングルクリップ

#### 7.2.4 体育館D（穴水町）

昭和60年に竣工した高等学校体育館。体育館のある建物は2階建てで、2階が体育館、1階はピロティと柔剣道場である。構造はRC造。屋根はS造（H形鋼による山形屋根、図面により確認）である。アリーナの内法は実測で、桁行（北東－南西）32.8m×張間 23.6m。床から天井までは7.6m～9.7mである。

天井は、桁行方向にメインTバーが、梁間方向にクロスTバーが配置されている。天井面は中央部が平坦な山形である。

被害は、体育館を始業式よりの使用に間に合わせるために既に復旧工事が行われており、現地での確認は行っていない。学校関係者によると、グラスウールボード7枚と、30cm程度の長さの金属製の部材（詳細不明）が1つ落下したとのことである（写真-7.10）。ステージとは反対側の妻面の壁と天井の取り合いの材が一部新しくなっていた（写真-7.11）。1階ピロティ部分で腰壁が柱際で破損していた。ただし、腰壁と柱の間にスリットがあり、柱に特段の損傷はなかった。その他は構造的な被害は見られなかった。



写真-7.10 天井パネル脱落被害 (学校提供資料より)



写真-7.11 壁と天井の取り合い

### 7.2.5 体育館 E (能登町)

昭和 60 年竣工の小学校体育館 (小学校は昨年度で閉校)。構造は RC 造。屋根は山形 H 形鋼鉄骨造である。アリーナの内法は実測で、桁行 (南北) 29.7m×張間 16.7m である。

天井は、梁間方向に T バーが、桁行方向に H バーが配置されている。H バーが T バーに留められていた形跡は見られない。吊りボルトは H 鋼梁に溶接されたり屋根折板に取り付けた金属部材に溶接されたりしている (写真-7.13)。天井パネルはロックウール吸音板で、幅 300mm×長さ 1,657mm 又は 1,480mm×厚さ 15mm である。

被害としては、ほぼ全面で天井パネルが落下していた (写真-7.12、7.14)。構造的には屋根面の水平ブレース 1 箇所わずかな変形が見られる程度であった。体育館と校舎をつなぐ渡り廊下のエキスパンションジョイント部分に被害が出ていた (写真-7.16)。



写真-7.12 体育館 E 内観 (パノラマ合成)



写真-7.13 天井下地の様子



写真-7.14 ずれたり脱落しかけたりしている  
天井パネル



写真-7.15 落下した様々な部材



写真-7.16 エキスパンション  
ジョイント部分の破損

#### 7.2.6 体育館F（加賀市）

昭和49年に竣工した小学校体育館。構造はRC造。屋根はS造山形屋根である。アリーナの内法は実測で、桁行（南北）29.4m×張間24.8m、床から天井までは7.1m～8.5mである。

天井は、鋼製の正方形の枠（L-50×50×6，2m四方）にワイヤーメッシュ及びグラスウールボード等がはめ込まれている。枠は径9mm程度の丸鋼4本で母屋等の構造材から吊られており、隣り合った枠は径9mm程度の丸鋼で連結されている。

被害としては、吊り材と鋼製の枠の溶接部分が切れて鋼製枠が下がっていた（写真-7.18）。また学校関係者によると、丸鋼（径9mm、400mm）、ネジ・ナット、詳細が不明な赤褐色の金属部材が落下したとのことである（写真-7.19）。



写真-7.17 体育館Fの内観（パノラマ合成）



写真-7.18 被害を受けた天井の様子



写真-7.19 様々な落下物

### 7.2.7 体育館G（志賀町）

昭和59年に竣工した中学校体育館である。体育館のある建物はRC造2階建てであり、1階が剣道場、2階が体育館である。屋根はPC造の陸屋根である。アリーナの内法は実測で、桁行（東西）34.5m×張間22.7m、床から屋根梁下までは9.5mである。

天井面は平坦である。鋼製枠に金属網がはめ込まれた単位で構成されており、アンカー部分よりつりボルトで吊られている。

被害としては、短いネジや金属製の部品が数個落下していた。金属製の部品と同様の部品は、張間方向端部で、天井面を構成する金属枠と建物壁面との間に取り付けられていた。つりボルトが3箇所アンカーより抜けており、その部分の天井面が下がっていた（写真-7.21）。照明器具のカバーが外れて、落下防止の鎖にぶら下がっていた。

体育館の柱にわずかに曲げひび割れがあった（写真-7.22）。校舎の非耐力壁や1階床にひび割れがあった。校舎と体育館を結ぶエキスパンションジョイントが破損していた。校舎脇の側溝付近には亀裂があった。敷地内の石標が転倒していた。



写真-7.20 体育館 G 内観 (パノラマ合成)

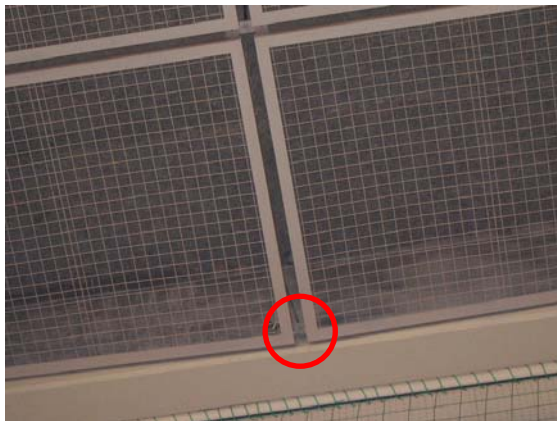


写真-7.21 梁際で下がった天井面

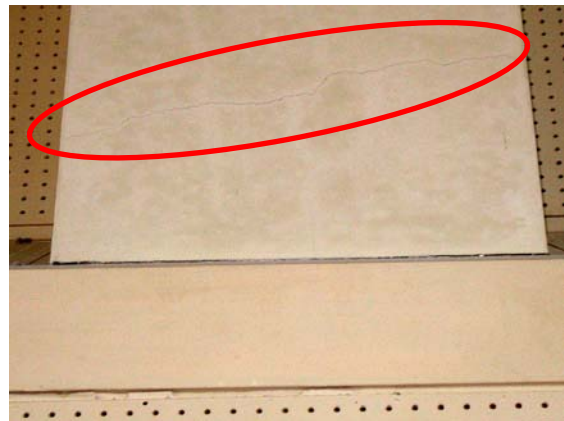


写真-7.22 体育館の柱に生じた曲げひび割れ

### 7.2.8 体育館 H (志賀町)

昭和 52 年に竣工した小学校体育館である。構造は RC 造。屋根は鉄骨 H 形鋼梁の山形屋根である。アリーナの内法は実測で、桁行 (南北) 22.3m×張間 17.7m、床から天井までは 6.6m~8.4m である。

天井は断面形状は円筒状である。天井板は図面によると厚さ 9mm のせっこうボードである。

被害としては、バスケットゴール昇降用ケーブルの中継滑車の支持部材が天井面を貫通する箇所と壁際の箇所で、天井パネルがそれぞれ 1 枚ずつ脱落しかけており (写真-7.24)、ビスの頭抜けが見られた。登り綱を吊るすレールの支持部材が天井面を貫通する箇所で、天井材が 10cm 角程度の小片で脱落していた (写真-7.25)。



写真-7.23 体育館 H 内観





写真-7.24 脱落しかけた天井材



写真-7.25 落下した天井材

## 7.3 公共体育施設

### 7.3.1 体育館Ⅰ（加賀市）

昭和59年に竣工した公共体育館である。構造は1層はRC造、2層はH形ハンチ柱＋ブレース（L-90×90×13の2丁合わせ、X型）。アリーナの内法は実測で、桁行（東西）44.0m×張間34.0m、床から天井までは9.1m～13.7mである。

天井板は厚さ26mm程度のグラスウールボードであり、落下したボードを測定したところ大きさは、980mm×1,070mmであった。ボードの各辺が載るバー材に2個ずつ押さえ金物がある。バー材の吊り長さは、アリーナ上部は図面より約20cm～80cmであり、ランニングロード上部は実測で約90cm～130cmである。

被害としては、グラスウールボードがアリーナ部で7枚、ランニングロードで13枚、脱落していた（写真-7.27、7.28）。天井以外の非構造部材の被害は体育館関係者によると、窓ガラス13枚、窓枠9箇所破損したとのことであり、2段の窓の特に上段（グレージング止め、引き違い窓を固定）についてのみ、南側の中央部に破損が集中していたとのことである（写真-7.26の円内辺り）。構造被害は、柱脚部に微細なクラックが見られる程度であった。



写真-7.26 体育館Ⅰの内観（パノラマ合成）



写真-7.27 被災直後のランニングロード上部の様子 写真-7.28 脱落しかけたガラスウールボード  
(加賀市役所提供資料より)

### 7.3.2 体育館J（金沢市）

平成11年に竣工した公共体育館である。体育館のある建物は地下1階、地上2階、2階に体育館があり、1階に事務室、地下1階に温水プールがある。構造はRC造。屋根はS造（H形鋼）で円筒状である。アリーナの内法は実測で、桁行（東西）36.7m×張間 26.9m、床から天井までは7.0m～9.8mである。

天井は、断面形状は円筒状である。メインTバーが桁行方向、クロスTバーが梁間方向に配置されており、天井パネルはガラスウールボードがはめ込まれている。

被害としては、柱近くのガラスウールボード1枚が落下していた（写真-7.30）。ガラスウールボードがTバーの掛かり代からはみ出しているものは多数あった（写真-7.31）。アリーナの2階ギャラリーの床レベルで、柱に曲げひび割れがあった。



写真-7.29 体育館J内観（パノラマ合成）



写真-7.30 グラスウールボードが脱落した箇所



写真-7.31 天井のグラスウールボードの様子

### 7.3.3 体育館K（七尾市）

平成3年に竣工した公共体育館である。体育館のある建物は3階建てであり、体育館は1階にあってアリーナは3階まで吹き抜けている。構造はRC造。屋根はS造の山形屋根である。アリーナの内法は実測で、桁行（南北）33.7m×張間42.7m、床から天井までは9.8m～12.4mである。

天井は中央及び端部に平坦部があり、張間方向になだらかな勾配部を持つような形状である。桁行方向にクロスTバーが、梁間方向にメインTバーが配置されており、天井パネルはグラスウールボードがはめ込まれている。

被害としては、妻壁際や天井の勾配が変わっている部分でグラスウールボードが計7枚脱落していた。中央の水平部分ではグラスウールボードが5枚脱落していた。壁際で周り縁が脱落しかけたり（写真-7.33）、クロスTバーがメインTバーとの接合部分で外れたりしていた。アリーナの2階ギャラリーの床レベルで、柱に曲げひび割れがあった。施設関係者によると1階観覧席の60ヶ所にひび割れが報告されたとのことであり、スロープや座席床に幅2mm程度のひび割れが見られた（写真-7.34）。建物周辺には、地盤の沈降による段差ができていた。



写真-7.32 体育館K内観（パノラマ合成）



写真-7.33 妻壁際で脱落しかけた天井部材



写真-7.34 観覧席横の階段に見られたひび割れ

## 7.4 その他の建物

### 7.4.1 建物L

竣工年は不明である。平屋建て、構造はS造である。屋根は道路側と敷地裏側に向かって緩やかに下り勾配がついており、頂点部分では段差がある。

天井は建築用鋼製下地材に化粧せっこうボード張りである。建築用鋼製下地材は、道路に平行な方向が野縁方向。せっこうボードがない箇所を見ると、せっこうボードは野縁に釘で留め付けられている。

被害としては、せっこうボードが周辺部との取り合いで破損していた（写真-7.36）。道路側端部のせっこうボードの破損部分を見ると、野縁に留め付けられていなかった。天井面にゆがみが見られたり（写真-7.37）、天井面と周囲の壁面との間にすきまが見られたりした（写真-7.38）。



写真-7.35 建物L外観（破線部で天井被害を確認）



写真-7.36 端部でのせっこうボードの破損

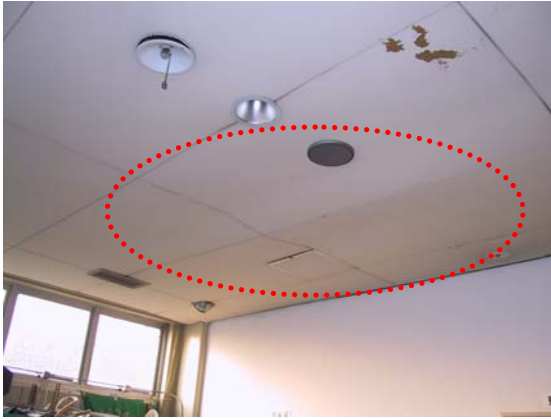


写真-7.37 天井面のゆがみ



写真-7.38 天井と壁面のすきま

#### 7.4.2 建物M

平成4年竣工の事務所建物で、建物Nと同じ敷地内に建っている。構造はS造2階建て、屋根は瓦葺である。敷地内に関係する建物が数棟建っている。エントラスホールは2層吹き抜けになっており、スパンは実測で13.8m、勾配天井の高さは8.1m~9.6mである。天井は被害写真や現場の目視によると、建築用鋼製下地材に石膏ボード捨て張り、化粧ロックウール吸音板仕上げである。

被害としては、エントランスホールの勾配天井が部分的に脱落していた（写真-7.40）。施設関係者によると、本震の際に天井面が2cm程度垂れ下がり、3月26日に余震で脱落したとのことである。軒天井が2箇所脱落している。屋根ブレースに若干の伸びが見られた。建物の棟瓦が破損していた。



写真-7.39 建物Mの外観



写真-7.40 エントランスホールの天井の被害

#### 7.4.3 建物N

平成5年竣工であり建物内にホールなどがある。建物Mと同じ敷地内に建っている。構造はS造平屋建てで、屋根は瓦葺である。建物内のホールの天井は、Tバーを桁行方向に、クロスTバーを梁間方向に配置している。天井パネルは、グラスウールボードがはめ込まれている。

被害としては関係者によると、グラスウールボードパネルが複数枚落下したとのことである。建物の棟瓦が破損しており、外壁タイルに割れが見られた。



写真-7.41 ホールの内観



写真-7.42 天井補修工事の様子  
(建物N 関係者提供)

## 7.5 まとめ

近年の地震による大規模空間の天井の主な被害についてまとめると表-7.1 のようになる。在来工法による天井をA型としている（在来工法による天井は、建築用鋼製下地材にせっこうボードをビスでとめた上にロックウール化粧吸音板を接着材とステーブルでとめて天井面を仕上げるなどする）。枠材等に面材をはめ込むような形式の天井で、面材にグラスウールボードなど比較的軽量なもの（軽量天井面材と呼ぶこととする）を用いるものをB型としている。B型と同じ形式の天井で、面材にロックウール化粧吸音板や金網・ルーバーなど比較的質量・密度のある面材（普通重量天井面材と呼ぶこととする）を用いるものをC型としている。

表-7.1 近年の地震における大規模空間の天井の主な被害について

	芸予地震 (平成13年)	十勝沖地震 (平成15年)	宮城県沖の地震 (平成17年)	能登半島地震 (平成19年)
在来工法 普通重量天井面材 (せっこうボード +ロックウール化粧吸音板、等) ねじどめ+ステーブル 接着剤 [A型]	○	○	○	—
はめ込み型 軽量天井面材 (グラスウールボード等) [B型]	○	—	—	○
はめ込み型 普通重量天井面材 (ロックウール化粧吸音板等) [C型]	—	—	—	○

○：被害報告あり —：被害報告なし

平成13年芸予地震による体育館の天井脱落、平成15年十勝沖地震による空港ターミナルビルの天井脱落、平成17年の宮城県沖の地震による屋内水泳場の天井脱落では、A型の天井の脱落被害が報告された。天井面は連続的に脱落しており、比較的広範囲の脱落被害となっている。平成13年芸予地震ではB型の天井の被害についても報告されている。

今回の能登半島地震では、はめ込み型の天井について、従来から被害報告のあるB型に加えて、C

型の天井の脱落被害があった。B型の天井面材は軽く、脱落したとしても人身を損傷する可能性は非常に少ない。今回被害のあったC型の天井では天井面材の脱落が見られ、多くの部材が脱落した場合には比較的広範囲の被害にもなっている。C型の天井には比較的重量のある天井面材が用いられており、脱落により人身を損傷する可能性もある。

今回の地震では大規模空間の天井について、これまで主に取り上げられてきた天井とは異なる工法による天井の脱落被害があった。その被害はこれまで報告されてきた被害とは異なるものであり、その被害内容を踏まえて大規模空間の天井の耐震対策について検討する必要がある。