

## 天井等落下防止対策等検討ワーキンググループ による施設状況調査の報告

13/03/27

### 1.はじめに

非構造部材被害については、外観調査が可能な外壁などではある程度網羅的な調査が行われてきたが、天井などの内部の被害については、定量的な調査と分析はこれまでほとんど行われていなかった。また、東北地方太平洋沖地震およびその一連の地震においても、天井で多数の被害があったことが指摘されているが、その全体像は把握できていない。

本稿では、公立学校施設における非構造部材の被害、特に体育館の被害について、災害復旧事業計画書<sup>1)</sup>に基づき明らかにする。その中で被害の全体的な傾向を明らかにする。

対象とする建物は、校舎と体育館を中心としている。対象とする非構造部材は、天井、外壁、窓ガラスを中心として、その他分析可能なものを集計した。校舎は複数あり、また被害が一部の場合と全面の場合があるため、学校単位で被害の有無を集計している。体育館については、建物ごとに分析している。

### 2.調査概要

文部科学省保管の平成23年度公立学校施設の災害復旧事業計画書のうち、本稿の分析では小・中・高の学校施設の資料を対象とした。なお、定量的分析から除外しているが、幼稚園および大学施設についても被害状況の入力は行い把握した。ここでは校舎の被害（学校単位の集計）、体育館の被害、武道場の被害について集計し、分析を行った。

対象となる都県は青森、岩手、宮城、山形、福島、茨城、栃木、群馬、埼玉、千葉、東京、神奈川、新潟、山梨、長野、静岡にわたる。校舎の被害については、天井、ガラス、外壁、内壁、エキスパンションジョイント（以下 EXP.J）を対象とした。体育館の被害については、天井、舞台上の内壁、窓ガラス、外壁、内壁、照明器具、運動器具（バスケットゴール等）、軒天を対象とした。また体育館（屋内運動場）と同様にある程度の被害のあった武道場（格技場、卓球場など体育館以外の運動施設を含む）についても、天井、窓ガラス、外壁、内壁、照明、軒天を対

象として分析した。

災害復旧事業計画書が提出された学校で津波被害を受けていない1895校のうち、非構造部材に何らかの被害があった校舎1560件と体育館1553件を対象とした。なお、津波による非構造部材の被害は本稿の分析からは除いている。

### 3.単純集計

#### 3.1 校舎の被害

##### (1) 被害の概要

校舎における非構造部材の被害を、学校単位で集計した。（図1）校舎における天井の脱落被害は150件確認され、また一部破損は188件であり、338件で何らかの被害があった。天井被害には、特別教室、職員室、廊下などが含まれている。校舎ガラスの割れは236件で見られた。外壁の被害は630件で被害が見られたが、その内外壁の一部脱落被害が21件で確認され、その他はクラックが生じた被害である。内壁被害は821件で起きており、その大部分がクラックの発生である。EXP.Jの被害は806件あった。

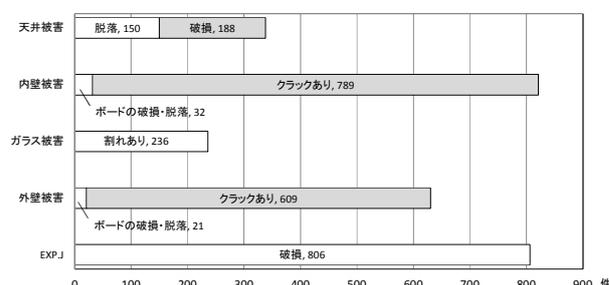


図1 校舎における非構造部材の被害

##### (2) 被害の傾向

上記の中で被害として深刻な天井の被害と、調査対象の半数以上の割合で報告されているEXP.Jの破損について、詳しく傾向を見た。

天井脱落被害は音楽室や大講義室など、面積が大きく天井が折れた形状をしている教室などで大規模に脱落している事例があった。また壁との取合い部などで天井が破損・脱落している事例が多くみられた。

EXP.Jの被害は、校舎間、または校舎と体育館をつなぐ渡り廊下部分の接続部などで発生しやすい。EXP.Jの破損は建物躯体などへの被害を抑制する上で効果を発揮していると考えられるが、同時にEXP.Jカバーの脱落が周囲の天井や内装を巻き込んで破損

させる被害も多くみられた。

### 3.2 体育館の被害

#### (1) 被害の概要

体育館全 1553 件のうち、体育館の天井の有無について確認できたものは 746 件であり、天井の有無が不明なものが 807 件である。その他は体育館がない、もしくは体育館の存在が不明なものである。天井の有無について確認できた体育館のうち、「天井なし」が 550 件、「天井あり」が 196 件であった。なお、本調査における「天井」は一般に吊天井のことを指しており、直天井や野地板のみの場合は「天井なし」とした。また本稿における天井は体育館アリーナの天井のみを対象としている。一方でアリーナ以外のステージやギャラリー部に天井ははってある場合があり、破損や一部脱落も多く見られるが、本稿における体育館の天井被害には含めていない。体育館の非構造部材の被害について図 2 に示す。

体育館天井被害は 152 件であり、全体体育館数における天井被害の割合は 9.8% である。内訳は、「全面脱落」が 25 件、「一部脱落」が 88 件、「破損」が 39 件である。人的被害につながりやすい全面脱落および一部脱落を合わせると 113 件であり、体育館の天井被害の 74.3% を占める。したがって、体育館総数における天井被害の割合は 10% 程度であるものの、被害を受けた場合は人的被害につながる危険性が比較的高いと思われる。

体育館の舞台上の壁は脱落すると人的被害につな

体育館は 14 件と比較的少なかった。

体育館のガラス被害は 220 件で見られ、うち可動サッシの割れが 142 件と最も多い。なお、障子ごと脱落した被害も 34 件で見られた。体育館の外壁の被害は 379 件と多く、そのうち脱落被害は 97 件であった。

アリーナの照明脱落被害は 72 件で確認された。運動器具の脱落はみられなかったが、一部は破損していた。軒天については 79 件で脱落していた。

#### (2) 被害の傾向

体育館の天井の被害は、各地の震動の大きさに加えて、天井の有無が関係している。体育館における天井の有無やその仕様は自治体内の学校で共通していることが比較的多いため、天井被害の地域的傾向を地図にプロットして分析を行った（図 3）。

### 3.3 武道場の被害

#### (1) 被害の概要

武道場の天井や外壁に被害のあった 100 件を対象とした。非構造部材の被害を図 4 に示す。

武道場の天井は、「全面脱落」が 3 件、「一部脱落」が 36 件、「破損」が 18 件の合計 57 件の被害があった。被害の傾向として一部脱落しているものが多いことが特徴としてあげられる。一方でその他の非構造部材として窓ガラスについても合計 16 件、外壁が 18 件、内壁が 14 件、照明が 20 件、軒天が 8 件の被害となり、天井の 57 件の被害がもっとも多いことが

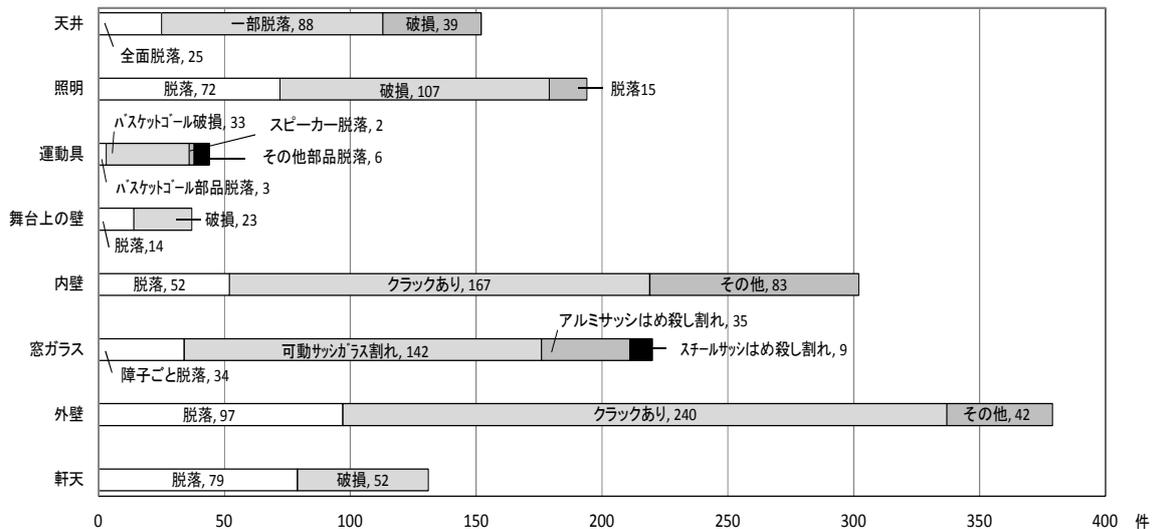


図 2 体育館の非構造部材の被害

がる危険性があり、過去の地震で脱落していることが報告されている。今回は舞台上部の壁が脱落した



図3 体育館の天井被害の分布

特徴だと言える。

(2) 被害の傾向

武道場は内部を和風の仕上げとすることが多く、天井が張られる傾向が体育館と比較して強い。

体育館と同様に、一部破損の場合では、壁との取合い部などで破損する傾向がみられる。また、体育館の天井よりは折り上げなどの段差が多く、そこからの破損も多く見られた(図4)。

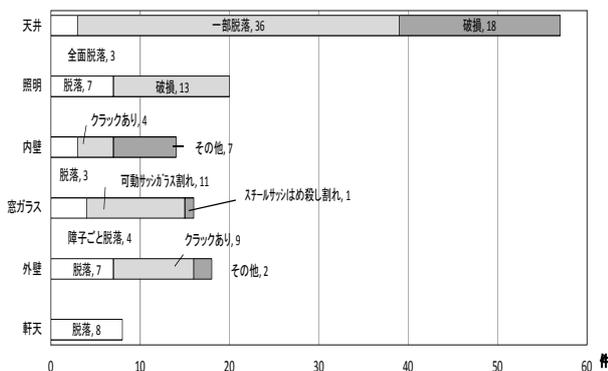


図4 武道場の非構造部材の被害

4. 構造被害と非構造被害の相関

非構造部材は、その耐震性が低いために被害が発生する場合だけでなく、取り付けられている構造躯体の変形などが大きくなりすぎて、非構造部材側に想定以上の加速度や変形が加わることで被害が発生する可能性がある。

そこで本節では、非構造部材の被害の要因に、構造性能が関連する傾向があるのかどうかを明らかにするため、鉄骨造体育館に着目し、その構造と非構造部材の被害などの相関をみることで、傾向を把握することを目的とした。対象は学校施設の鉄骨造体育館とし、構造被害と、非構造部材の被害の相関を分析する。

調査は鉄骨造体育館のうち、岩手、宮城、福島、茨城、栃木の5県の事例を対象とする。このうち鉄骨造体育館で天井に被害があったことが確認されたものの計121件および照明に被害が確認された167件を対象とする。ただし、震動被害の分析を目的としているため、津波被害の事例は対象外としている。非構造部材については、吊り天井と照明および内外壁を対象として、構造躯体の特性との関係性を分析する。

(1) 構造被害の大小別分析

ここでは構造被害のうち大、中、小および構造被害報告無しの4分類との相関をみる。ここでの構造被害は、被災度区分判定基準<sup>2)</sup>による鉛直構面耐震要素の最大の被災度を分類したものであり、ある程度塑性化した程度までの損傷に対応するI sおよびII sを構造被害小、最大耐力に至る程度の損傷に対応するIII sを構造被害中、座屈や破断により耐力が低下あるいは喪失する程度の損傷に対応するIV sおよびV sを構造被害大、としている。ただし、ほとんどが構造被害報告無しとなっている。

① 天井

天井被害を受けたものの構造被害は、構造被害大6件、構造被害中2件、構造被害小18件、構造被害報告無し95件の合計121件であった。全面脱落の比率で言えば、構造被害が小さい方が比率も少ないが、構造被害報告無しでも、全面脱落・一部脱落がかなりの数ある(図5)。

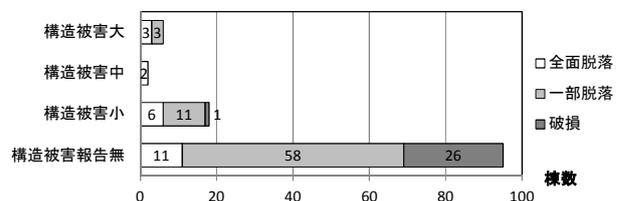


図 5 天井被害と構造被害の関係

② 照明

被害を受けたものの構造被害は、構造被害大 14 件、構造被害中 2 件、構造被害小 31 件、構造被害報告無し 120 件の合計 167 件であった。照明脱落の比率で言えば、被害が少ない方が比率も少ないが、構造被害報告無しでも、照明脱落がかなりの数ある。(図 6)。

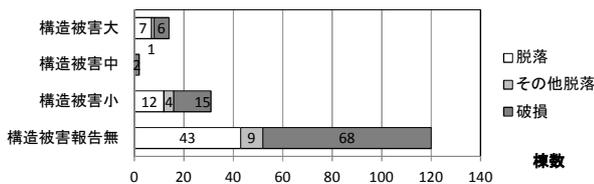


図 6 照明被害と構造被害の関係

(2) 建築年代別

ここでは建築年代別の分析を行う。ただし、構造躯体の補強、天井の改修・補強、照明の改修などは把握していないため、全体の傾向を確認しているにとどまる分析である。

① 天井

天井被害があった建物の年代別を見ると、全体には 1981 年の新耐震以前のものより、新耐震以降のものが多い(図 7)。傾向としては、1970 年代以前には全面脱落が 1 棟、1971 年～1981 年では一部脱落と破損が同程度、1982 年～1990 年では大部分が一部脱落、1991 年～2000 年では大部分が一部脱落、2001 年以降は一部脱落、全面脱落、破損の順となっている。ただし、1991 年～2000 年が被害を受けた中では「全面脱落」の割合が最も高くなっており、建築年代と被害の相関はほとんど見られない。

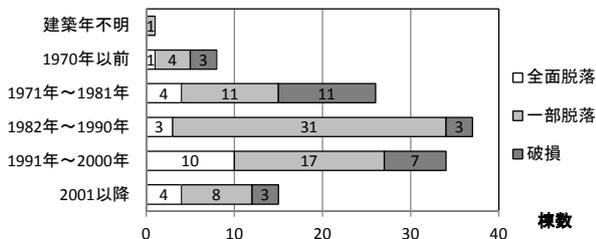


図 7 天井被害と建築年の関係

② 照明

照明の被害があった建物の年代別を見ると、全体には 1981 年の新耐震以前のものより、新耐震以降の

ものが多い(図 8)。傾向としては、1970 年代以前には脱落が 6 棟、1971 年～1981 年、1982 年～1990 年、1991 年～2000 年では、脱落が同程度の件数あり、他の年代に比べてその割合も多い。2001 年以降は脱落が 5 棟となっている。

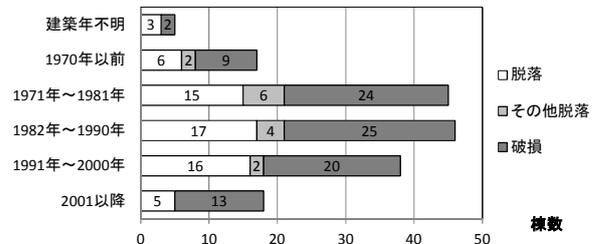


図 8 照明被害と建築年の関係

(3) 構造躯体の耐震性別分析

ここでは構造躯体の耐震性との相関を見る。耐震性は、診断あるいは補強未対応、補強不要、補強済、新耐震の 4 つに分類されるが、今回の対象は新耐震のものが多くを占める。

① 天井

天井被害があった建物の耐震性を見ると、診断あるいは補強未対応 11 件、補強不要 6 件、補強済 18 件、新耐震 85 件、合計 120 件であった。全面脱落の件数は、ほとんどが補強済と新耐震になっている(図 9)。

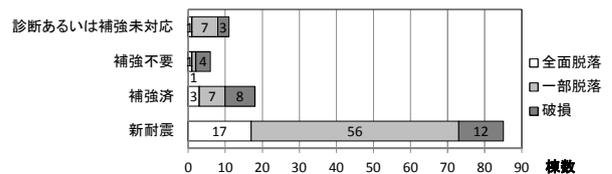


図 9 天井被害と耐震性の関係

② 照明

照明被害があった建物の耐震性を見ると、診断あるいは補強未対応 33 件、補強不要 8 件、補強済 20 件、新耐震 101 件、合計 162 件であった。照明脱落の比率にも特に傾向はない(図 10)。照明脱落の件数は、新耐震が多く、補強したものでも被害がある。

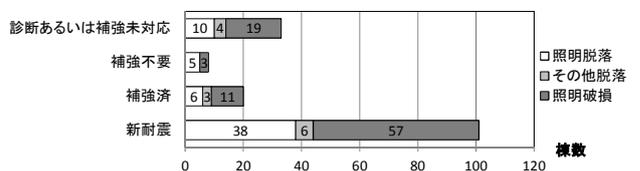


図 10 照明被害と耐震性の関係

(4) 構造形式別分析

ここでは構造形式との相関を見る。構造形式は、未確認、S or R タイプ、R タイプ、RS タイプ、S タイプに分かれる。

① 天井

天井被害があった建物の構造形式を見ると、未確認 57 件、S or R タイプ 20 件、R タイプ 29 件、RS タイプ 7 件、S タイプ 8 件、合計 121 件であった。天井の全面脱落の比率を見ると、R タイプが 29 件中 16 件と半分以上を占めているのが特徴である(図 11)。傾向としては、S タイプでは一部脱落と破損が同程度、RS タイプでは、一部脱落が最も多く、R タイプでは全面脱落と一部脱落が同程度となっている。

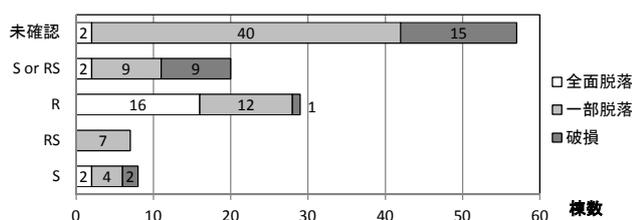


図 11 天井被害と構造形式の関係

② 照明

照明被害があった建物の構造形式を見ると、未確認 10 件、S or R タイプ 3 件、R タイプ 14 件、S タイプ 5 件、合計 32 件であった。照明脱落の比率を見ると S タイプの比率が高い(図 12)。R タイプでは、「その他脱落」、「脱落」、「破損」の順に多かった。

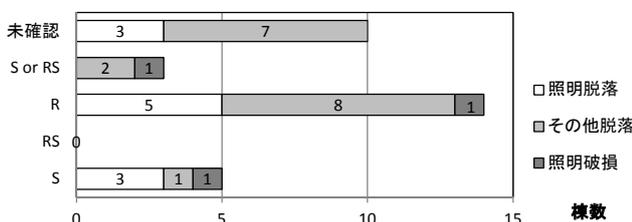


図 12 照明被害と構造形式の関係

5. まとめ

本調査により、東北地方太平洋沖地震による公立学校施設の非構造部材の震動被害の実態を網羅的に明らかにした。

校舎の被害としては、何らかの被害のあった学校

施設 1560 件を集計したところ、居室又は廊下の天井被害が 338 件、そのうち脱落が 150 件あった。また外壁、内壁では多くのクラックが発生する被害はあったが、脱落などの深刻な被害はきわめて少なかった。一方で EXP.J の被害は半分を越える 806 件で発生していた。

体育館の被害としては、天井が 25 件で全面脱落、88 件で一部脱落、39 件で一部破損と、全体の中では比率が少ないものの全面及び一部脱落で 100 件を超えていた。これ以外に窓ガラスや外壁、軒天等の被害も件数としては多かった。また、内部では照明の脱落が 72 件と多かったが、一方でもともとの重量の大きな運動具の深刻な被害はほとんどなかった。天井の被害分布には、大きな被害を生じた地域は比較的集中していた。

また体育館の天井については、構造被害と非構造被害の相関をみることで、非構造部材の被害に躯体の状態の影響があるのかどうかについて、傾向をつかもうとした。結果としては、構造被害がなくてもある程度天井被害があることと、躯体が新耐震でも補強済みでも、天井、照明ともに被害があることとなる。つまり、現時点での被害を分析する限りは、構造躯体の被害や耐震性能によらず天井、照明ともに被害が起きており、これら非構造部材側の耐震性に問題がある可能性が高いと捉える方が、安全側の判断だと言えよう。

関連して建築年代が 1982 年以降のもの、とくに 1990~2000 年代の体育館にも非構造部材の被害はある。つまり天井は新しくても要注意であり、照明は年代に関わりなく注意が必要といえる。

全体としては、構造被害と天井の全面脱落および照明脱落には相関が読み取れたが、他に関連が読み取れるものはほとんど無かった。

なお、構造形式の R タイプにおいて、天井の全面脱落の比率が相対的に高かった。その要因については、分析する必要がある。

今後については、校舎の非構造部材に対する課題と、体育館、武道場における天井に対する課題がある。校舎の被害については、学校単位で集計したものであり、例えば天井被害にも教室や廊下などが含まれている。今後はこれら被害があった建物を再集計して、詳細を分析する必要がある。体育館、武道場については、体育館の天井および照明の被害と構造被害の相関について、把握することができたが、他の天井形状や天井版の重さなどとの相関も分析す

る必要がある。

#### 参考文献

- 1)平成 23 年度公立学校施設災害復旧事業計画書、文部科学省
- 2)震災建築物の被災度区分判定、日本建築防災協会

日本建築学会耐震性能等小委員会 S・非構造 SWG（下線は文科省 WG 委員）：清家剛（東京大学）、名取発（東洋大学）、井上朝雄（九州大学）、脇山善夫（国総研）、熊谷亮平（東京理科大学）、江口亨（横浜国立大学）

協力委員：佐藤考一（建築環境ワークス協同組合）