

屋内運動場における非構造部材の震動被害と構造性能・特性に関する検討 (天井落下防止対策等検討ワーキンググループ)

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震及びその余震では、多くの学校で屋内運動場が震動被害を受けた。2012年度の調査においては、自治体から2011年度に文部科学省に提出された「公立学校施設災害復旧事業計画書」（以下「災害復旧資料」という。）について、校舎、屋内運動場、武道場でみられた非構造部材の震動被害について全数調査を行った。また、屋内運動場において構造が受けた震動被害について、地震動が強かった地域である岩手県、宮城県、福島県、茨城県、栃木県について整理分析を行った。

非構造部材の震動被害が建物の構造的な特徴や構造が受けた震動被害とどのような関係にあったのかを調べることは、非構造部材の被害防止策を考える上で重要な課題の一つである。2013年度においては、これまで行ってきた屋内運動場における非構造部材と構造が受けた震動被害の調査結果を統合した上で再整理・分析し、岩手県、宮城県、福島県、茨城県、栃木県（以下「調査対象5県」という。）における公立の小学校、中学校、中等教育学校、高等学校及び特別支援学校の屋内運動場のうち、屋根架構がRC造あるいは木造等、一般的な屋内運動場で採用されている鉄骨造とは異なる構造形式であることが確認できたものを除く1538棟を対象に、落下・破損が人体に対する直接的な危険となる天井、窓ガラス、外壁、内壁の震動被害と、構造の震動被害や、構造形式、建築年代などの関係を調査した。

2. 天井の震動被害と屋内運動場の構造的特徴・震動被害の関係

2.1 分析の概要

災害復旧資料において、アリーナに吊り天井が設置されていることが確認できた調査対象5県の屋内運動場165棟について、天井の震動被害と、構造形式や構造性能並びに構造の震動被害の程度の関係について検討を行った。2012年度においては天井の震動被害の程度を「全面脱落」、「一部脱落」、「破損」の3段階に区分したが、2013年度は天井の存在が確認されたが被害の報告がなかったものを「被害報告無し」としてカウントした。被害報告無しについては、天井以外の部位が受けた被害報告の中で天井の設置が確認できたものであり、天井が設置されていて震動被害がなかった屋内運動場の全てを表すものではない。165棟のうち、全面脱落したものが23棟、一部脱落したものが72棟、破損したものが28棟で、被害報告無しは42棟である。全面脱落と一部脱落の例を写真1に示す。



(1) 全面脱落の例

(2) 一部脱落の例 1

(3) 一部脱落の例 2

写真 1 天井の震動被害の例

2.2 天井の震動被害と屋根架構の幾何学的条件の関係

屋根架構の幾何学的条件の一つである、梁間のスパン L_s と天井の震動被害の関係を図 1 に示す。梁間のスパンが短いほど全面脱落となる割合は低下しており、スパンが長くなるほど大きな被害を受けた天井が多くなっている。

次に、屋根架構の立体形状を表す指標であるライズスパン比 R/L_s がわかったものについて、天井の震動被害との関係で図 2 に示す。ここでライズ R とスパン L_s は図 3 に示すとおりである。今回の調査対象である屋内運動場で天井が設置されているものは $R/L_s=0.05 \sim 0.20$ 程度のもが多い。ライズスパン比と天井の応答の関係までは言及されていないが、ライズスパン比が大きくなるほど屋根架構の応答が大きくなることが指摘されている¹⁾など。図 2 において全面落下した屋内運動場の棟数に着目すると、ライズスパン比が小さな領域では被害の程度が低くなる傾向は見られるものの、ライズスパン比が 0 となる水平な屋根の場合には大きな被害が発生している。天井の被害が大きくなる条件としては、ライズスパン比だけでは説明することはできない。

また、屋根架構の形状がわかったもののうち前述のライズが 0 となる水平な屋根架構となっているものを除いて、山形かアーチかという架構形状と天井の震動被害の関係を図 4 に示す。なお、ライズやスパンの値がわかっていなくても形状がわかったものはデータに加えていることから、図 2 と図 4 では棟数は異なる。ライズがあるものの大部分は山形の架構である。アーチのものは少ない数ではあるものの、天井の設置が確認された屋内運動場の全てで全面落下か一部脱落という大きな被害が発生している。これは、屋根架構の形状が円弧状であることから、天井材の吊り長さが必然的に一定とならないことから、耐震上不利と言われている吊り長さが一定とならない条件と対応している。アーチの場合にはライズスパン比はあまり小さくならないことから、図 2 で示したライズスパン比が大きな領域で天井が被害を受けやすくなる一因として、この領域にアーチの建物が含まれることも挙げられる。

屋根架構の構造形式については、複数の平面骨組を水平ブレースで繋いだ形式と、立体トラスなどのように 3 次元的に骨組が構成された形式に大別できるが、今回の調査で屋根架構の構造形式がわかったもののほとんどが前者であり、架構形式と天井の震動被害の関係については、今回の調査結果からは分析できなかった。

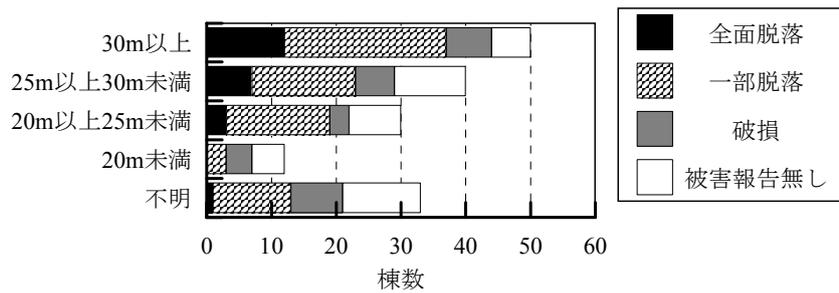


図1 天井の震動被害とスパンの関係

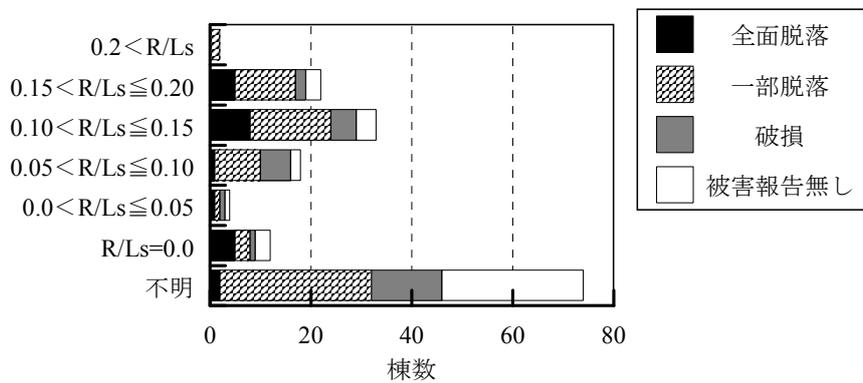


図2 天井の震動被害とライズスパン比 R/Ls との関係

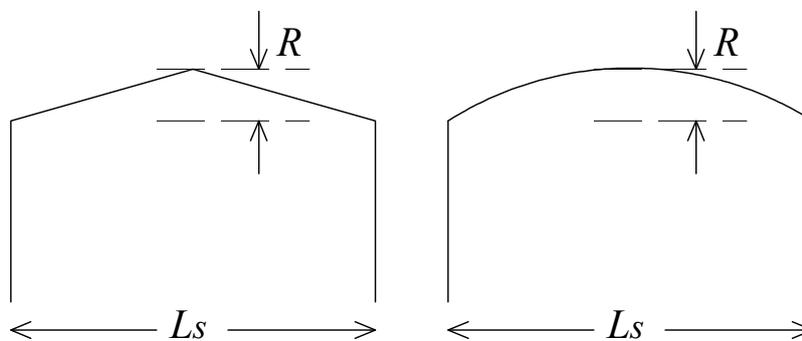


図3 ライズとスパン

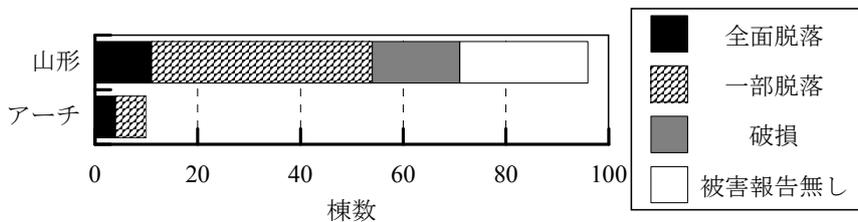


図4 天井の震動被害と屋根の架構形状との関係

2.3 天井の震動被害と屋内運動場の構造形式との関係

図5に示すように、屋内運動場全体の構造形式を大まかに純鉄骨構造であるSタイプ、下部をRC架構とし、上部を鉄骨架構としたRSタイプ、RC架構の上に鉄骨造の屋根架構を載せたRタイプに分類し、この構造形式と天井の震動被害の関係で図6に示す。SタイプあるいはRSタイプの屋内運動場に比べ、Rタイプの屋内運動場で全面脱落となるような大きな被害の発生が顕著となっている。

Rタイプの屋内運動場において天井の被害が大きくなったことについては、屋内運動場の規模や形状によって採用される構造形式が異なることが影響している可能性がある。この点を確認するため、Rタイプの屋内運動場と、SタイプあるいはRSタイプである屋内運動場それぞれについて、スパン L_s 、ライズスパン比 R/L_s と天井の震動被害の関係をプロットし、図7に示す。いずれのタイプにおいてもスパンが20~35m、ライズスパン比が0.2以下のものが多く、規模・形状と構造形式には明瞭な関係は見られなかった。ライズスパン比が0の場合を除くと、Rタイプの屋内運動場の場合はスパンやライズスパン比に関わらず天井に大きな被害が生じているのに対し、SタイプあるいはRSタイプの屋内運動場ではスパンが長いもので天井の被害が大きくなる傾向が見られる。規模が同等の場合には、Rタイプの方がSタイプあるいはRSタイプに比べて天井の被害が大きくなり易い傾向が読み取れる。ライズスパン比が0の場合は、いずれの構造種別においても天井の被害が大きくなっている。

また、SタイプあるいはRSタイプの屋内運動場では屋根架構が鉄骨の柱と連続しているが、Rタイプの屋内運動場については天井が取り付け位置の近くで構造がRCから鉄骨に切り替わる。屋根架構と下部RC架構の接合方式や、定着部(接合部)における被害などによって屋根架構とRC架構の間に生じる相対変位が天井の被害に影響している可能性がある。接合方式については、図8に示すように(1)RC架構に屋根架構が埋め込まれているか、(2)置き屋根形式となっており屋根架構がアンカーボルトでRC架構に接合されているかに分類した。置き屋根形式であれば、ベースプレートのボルト孔がアンカーボルト径より5mm程度大きくあけられている場合が多く、ルーズホールとなっている場合もあることから、大地震時には屋根架構とRC架構の間に相対変位が生じやすい。また、埋め込み方式においても、間柱や屋根面ブレースの主架構への定着部においてアンカーボルトの破断やコンクリートの破壊が生じると、破壊箇所周辺では屋根架構とRC架構の間に相対変位が生じる。屋根架構とRC架構の定着部における接合方式並びに屋根架構とRC架構の間に生じる相対変位の発生要因となる定着部における破壊の有無と天井における震動被害の関係を図9に示す。ここで、定着部における破壊については、主架構の定着部だけでなく、屋根架構を支持している間柱や屋根面ブレース等の定着部における破壊も含めている。定着部の接合方式がわかったものについては、置き屋根形式や埋め込み形式であっても間柱や屋根面ブレース等も含めた定着部に破壊が生じたものが多く、埋め込み方式で定着部での破壊が生じている場合には天井は全面脱落しているように、屋根架構と下部RC架構の一体性に問題があるものが多いことがRタイプで天井の被害が多く発生した一因と考えられる。ただし、埋め込み形式で定着部での破壊が報告されていないものでも天井には大きな被害が発生しているが、構造詳細が不明なものも多く、これらの屋内運動場で屋根架構と下部RC架構の一体性に問題がなかったか、あるいはRタイプの屋内運動場で天井に被

害が起こりやすい他の原因があるかは、今後検討する必要がある。

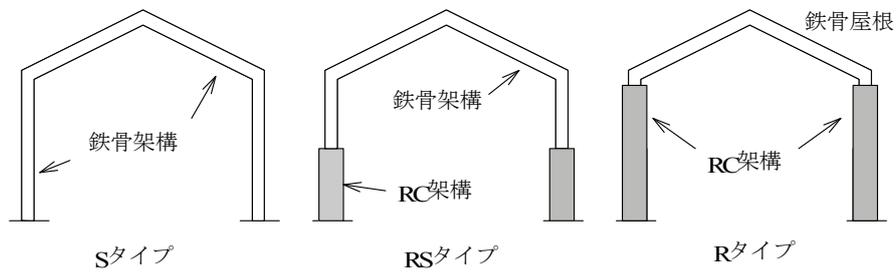


図5 屋内運動場の構造形式

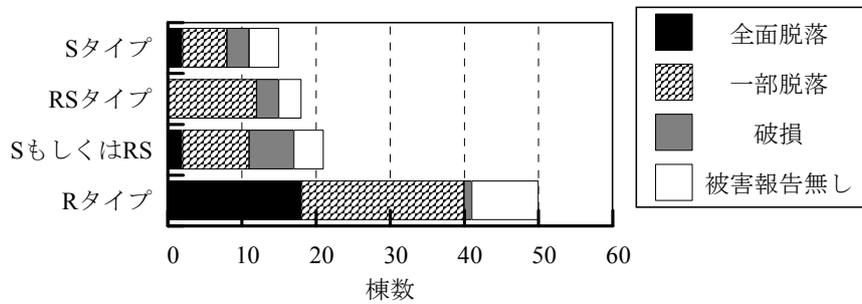
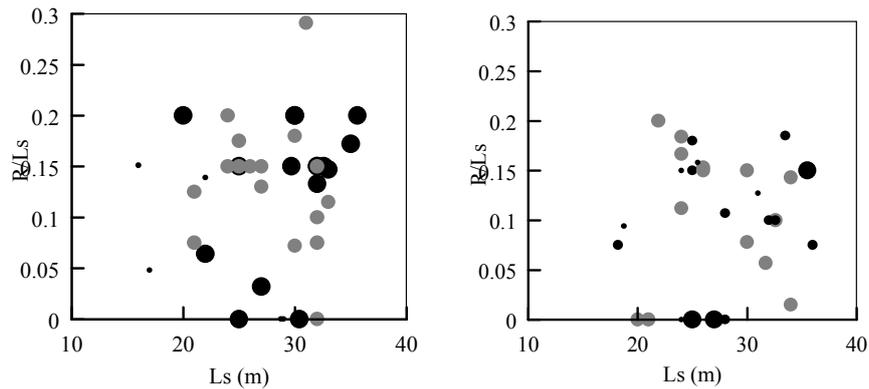


図6 天井の震動被害と屋内運動場の構造形式との関係



(1) Rタイプの屋内運動場

(2) SタイプあるいはRSタイプである屋内運動場

図7 天井の震動被害と構造形式・形状との関係

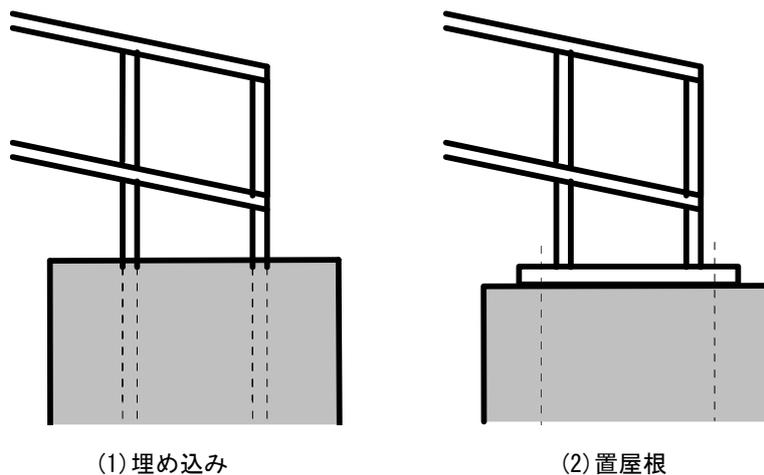


図8 Rタイプの屋内運動場における屋根架構の接合方式

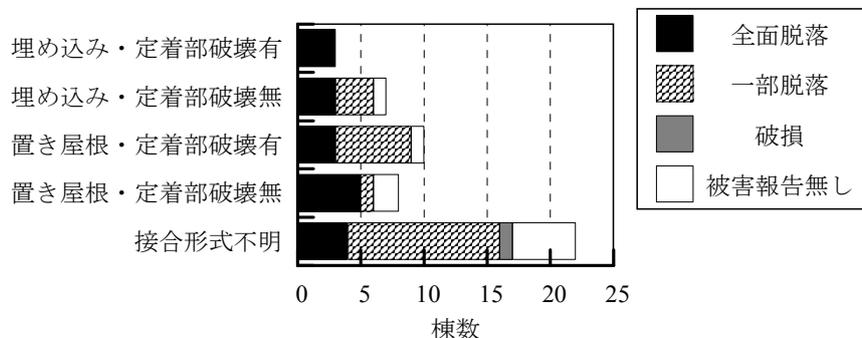


図9 天井の震動被害と屋根架構の接合方式・定着部被害との関係

2.4 天井の震動被害と屋内運動場の建築年代、診断・補強の状況との関係

天井の設置が確認された屋内運動場を、建築年代及び耐震診断・補強の有無で分類し、①新耐震基準で建てられた屋内運動場(「新耐震の屋内運動場」という)、②耐震補強工事が施されている屋内運動場(「補強済の屋内運動場」という)、③耐震診断の結果 I_s 値が0.7以上あると判定された屋内運動場(「補強不要の屋内運動場」という)、④耐震診断が実施されていない、あるいは耐震診断の結果 I_s 値が0.7を下回っているが耐震補強工事が実施されていない屋内運動場(「未対応の屋内運動場」という)、⑤建築年代や耐震診断・補強の実施状況が不明である、あるいは耐震診断は行われているものの診断値が不明である屋内運動場の5つのグループに分類した。さらに新耐震の屋内運動場については、2001年以降に建てられた屋内運動場、1991年から2000年の間に建てられた屋内運動場、1982年から1990年の間に建てられた屋内運動場に細分類した。天井が設置されていた屋内運動場においては、新耐震の屋内運動場が108棟と、天井の設置が確認された屋内運動場165棟の2/3程度を占めており、このうち2001年以降に建てられた屋内運動場が22棟、1991年から2000年の間に建てられた屋内運動場が42棟、1982年から1990年の間に建てられた屋内運動場が44棟であった。また、補強済みの屋内運動場は21棟、補強不要の屋内運動場は7棟、未対応の屋内運動場は26棟であった。

天井の震動被害と建築年代、診断・補強の状況との関係を図10に示す。天井の被害の程

度については、比較的新しい1991年以降に建てられた屋内運動場で全面脱落したものが比較的多いが、全体的に見ると、構造の耐震性能が低いものが含まれる未対応の屋内運動場を含めて、天井の被害の程度には大きな違いは見られず、建築年代や構造の耐震性能と天井の被害の間には、相関性は見られない。

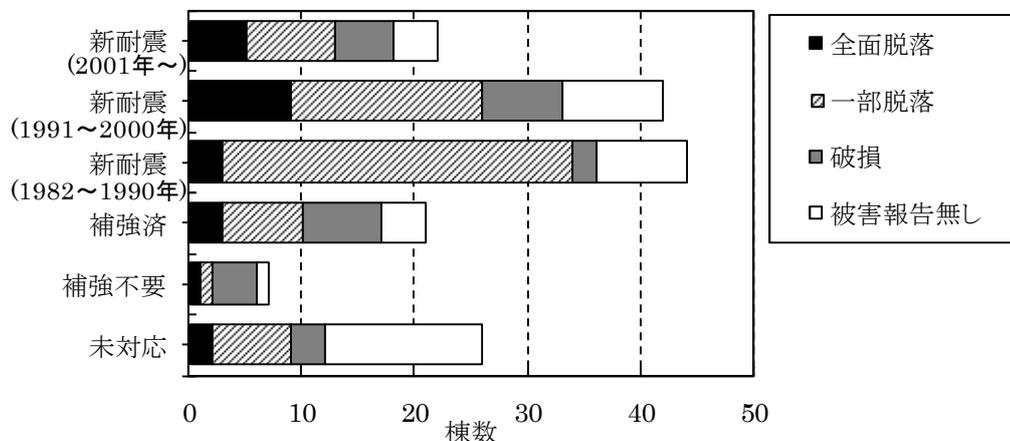


図 10 天井の震動被害と建築年代、診断・補強の状況との関係

2.5 天井の震動被害と構造の震動被害の関係

構造が受けた震動被害について、被災度区分判定²⁾における主架構を構成する構造要素(柱、梁、鉛直ブレース、柱脚)の被災度区分の最大値をとり、天井の震動被害との関係で図 11 に、このうち天井が全面脱落あるいは一部脱落という大きな被害を受けたものを抽出して図 12 に示す。構造がⅢs~Ⅴs に区分される大きな被害を受けた場合には、天井の被害も全面脱落あるいは一部脱落と大きくなっているが、構造の被害が被災度区分でⅠs~Ⅱs 程度と比較的小さい、あるいは被害報告が無いような場合でも、天井が大きな被害を受けたものが非常に多い。

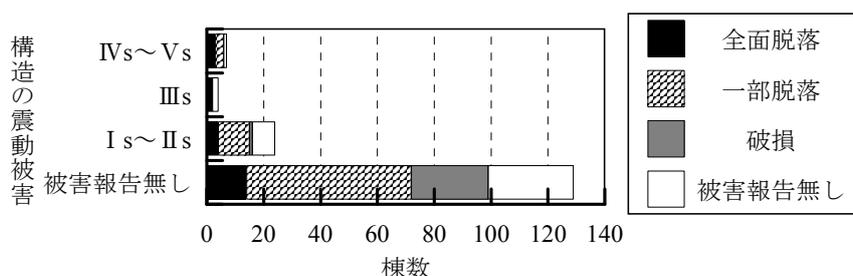


図 11 天井の震動被害と構造の被災度区分の関係

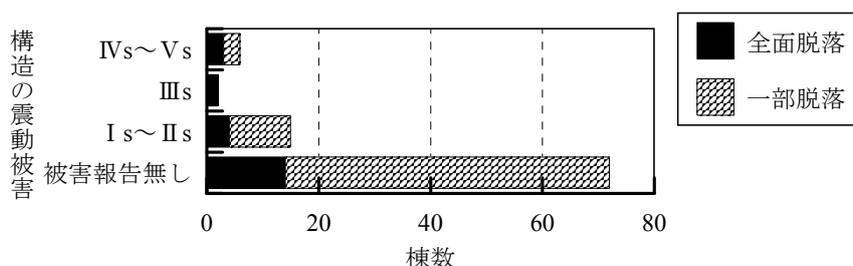


図 12 天井が大きな震動被害を受けた屋内運動場の構造の被災度区分

3. 窓ガラスの震動被害と構造的特徴・震動被害の関係

3.1 分析の概要

災害復旧資料において、窓ガラスについて何らかの震動被害が報告された屋内運動場は、調査対象5県で206棟あった。これらの屋内運動場について、窓ガラスの被害と構造形式や構造性能並びに構造の震動被害の程度の関係について検討を行った。窓ガラスの被害については、2012年度は①「障子ごと脱落」②「可動サッシガラス割れ」③「アルミサッシはめ殺し割れ」④「スチールサッシはめ殺し割れ」の4つに分類した。この分類では、④から①の順番で、小さな変形で起こる被害となっている。これらのうち、スチールサッシはめ殺し割れは件数が少なかったことから、アルミサッシはめ殺し割れと併せ「サッシ窓はめ殺し割れ」とし、本報では「障子ごと脱落」、「可動サッシガラス割れ」、「サッシ窓はめ殺し割れ」の3つに分類で整理した。なお、同じ棟で2種類の被害が見られた場合は、より大きな変形で発生したと考えられる被害で代表した。障子ごと脱落、可動サッシガラス割れ、サッシ窓はめ殺し割れの例を写真2に示す。



(1) 障子ごと脱落

(2) 可動サッシガラス割れ

(3) サッシ窓はめ殺し割れ

写真2 窓ガラスの震動被害の例

3.2 窓ガラスの震動被害と屋内運動場の構造形式との関係

屋内運動場全体の構造形式と窓ガラスの震動被害の関係を図13に示す。可動サッシガラス割れとサッシ窓はめ殺し割れについては、どのタイプの屋内運動場においても同様にみられるが、障子ごと脱落した棟数は、RSタイプの屋内運動場で最も多い。RSタイプの屋内運動場で障子ごと脱落した被害が多かった原因としては、図14に例示するように、鉄骨架構と外壁が離れて設置された屋内運動場で外壁が剛性の低い軒梁等に接合されたような場合に、梁間方向の応答に伴い軒梁先端が大きく上下方向に変形したことが考えられる。

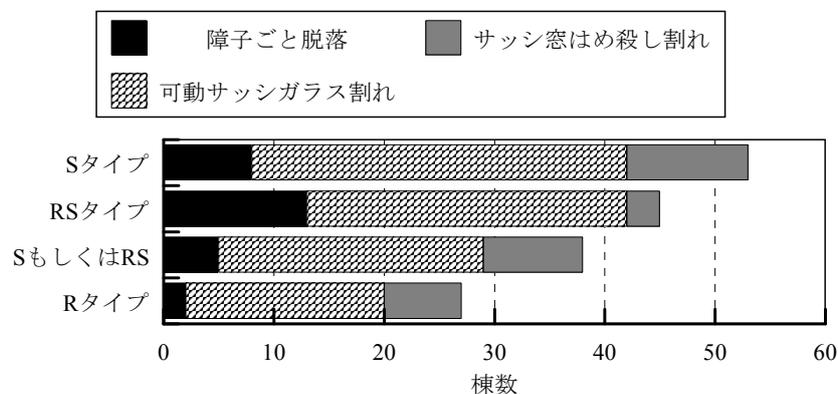


図13 窓ガラスの震動被害と屋内運動場の構造形式との関係

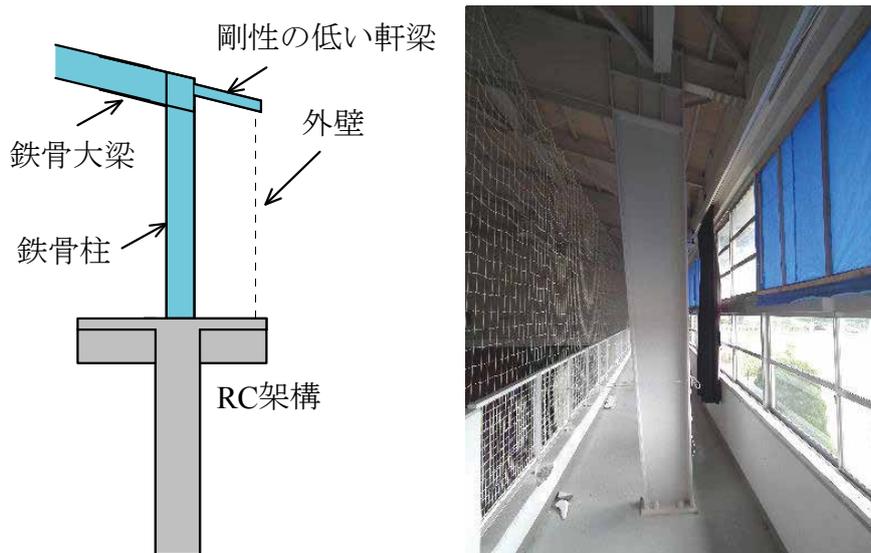


図 14 障子ごと脱落した RS タイプの屋内運動場の例

3.3 窓ガラスの震動被害と屋内運動場の建築年代、診断・補強の状況との関係

窓ガラスに関する震動被害が報告された屋内運動場について、天井の場合と同様に建築年代及び耐震診断・補強の有無で分類し、図 15 に示す。ここで、調査対象とした屋内運動場の内訳は、新耐震の屋内運動場が 732 棟、うち 2001 年以降に建てられた屋内運動場が 146 棟、1991 年から 2000 年の間に建てられた屋内運動場が 239 棟、1982 年から 1990 年の間に建てられた屋内運動場が 347 棟であり、補強済の屋内運動場が 260 棟、補強不要の屋内運動場が 67 棟、未対応の屋内運動場が 423 棟であった。窓ガラスに何らかの被害があった棟数とその割合は、新耐震の屋内運動場全体で 77 棟 (10.5%)、このうち 2001 年以降に建てられた屋内運動場では 10 棟 (6.8%)、1991 年から 2000 年の間に建てられた屋内運動場では 22 棟 (9.2%)、1982 年から 1990 年の間に建てられた屋内運動場では 45 棟 (13.0%)、補強済の屋内運動場では 40 棟 (15.4%)、補強不要の屋内運動場では 9 棟 (13.4%)、未対応の屋内運動場では 76 棟 (17.9%) と、耐震性能の低い屋内運動場が多く含まれる未対応の屋内運動場で、窓ガラスの被害が発生した棟数、割合ともに高くなっている。また、新耐震の屋内運動場、構造の耐震性能が新耐震の屋内運動場と同等と考えられる補強済み及び補強不要の屋内運動場においても、建築年が古いものほど窓ガラスに被害が発生する割合が増えている。

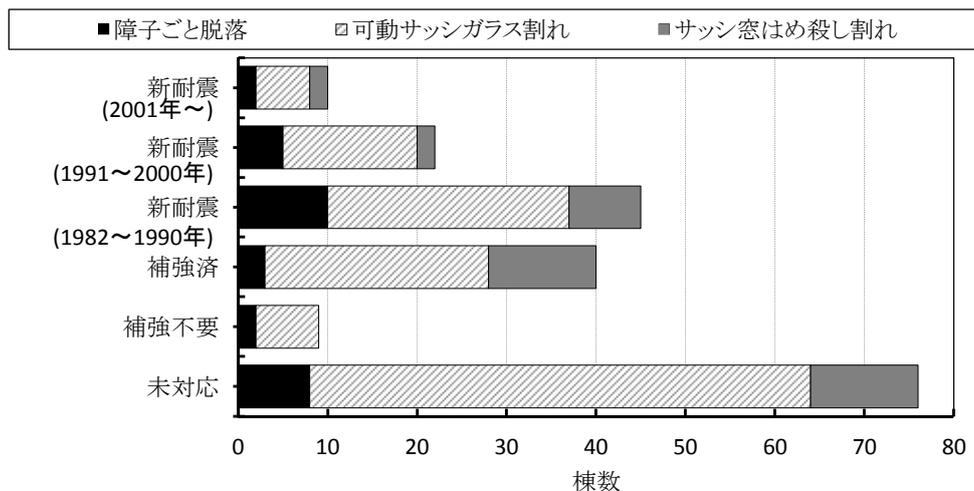


図 15 窓ガラスの震動被害と建築年代、診断・補強の状況との関係

3.4 窓ガラスの震動被害と構造の震動被害の関係

構造が受けた震動被害について、被災度区分判定²⁾における主架構を構成する構造要素の被災度区分の最大値をとり、窓ガラスの震動被害との関係で図 16 に示す。構造が被災度区分でIVs~Vsの大きな被害を受けている場合には窓ガラスにも被害が発生している。IVs~Vsの被害を受けた屋内運動場は28棟あったが、そのうち15棟が未対応の屋内運動場であり、構造の耐震性能が低いことで窓ガラスも含め屋内運動場全体が大きく損傷したこともわかる。一方、構造の被害が被災度区分でIs~IIsと比較的小さい、あるいは被害報告が無いような場合でも、窓ガラスが障子ごと脱落するなどの被害を受けたものは多い。窓ガラスの震動被害を防ぐためには、窓ガラスが付く壁面での応答変形を抑える必要がある。

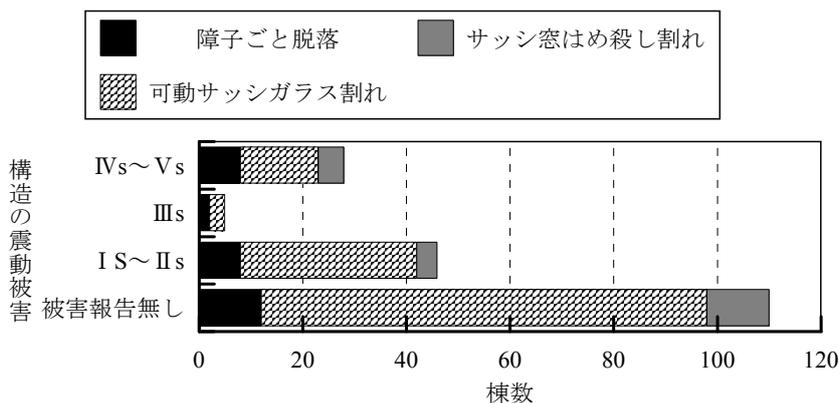


図 16 窓ガラスの震動被害と構造の被災度区分の関係

4. 外壁・内壁の脱落と構造の被災度区分

外壁・内壁の脱落の例を写真 3 に、外壁及び内壁の脱落が報告された屋内運動場における建築年代、診断・補強の状況と主架構を構成する構造要素の被災度区分⁶⁾の最大値の関係をそれぞれ図 17 並びに図 18 に示す。外壁が脱落したもののうち、未対応の屋内運動場

については構造がIVs～Vsに区分される大きな被害を受けたものの割合が大きいが、外壁・内壁が脱落した建物全体としては、建築年代にかかわらず構造の被害がIs～IIsと比較的小さい、あるいは被害報告が無いものが大半を占めている。

外壁が脱落したものは、新耐震の屋内運動場で28棟、補強済みの屋内運動場で16棟、補強不要の屋内運動場で12棟、未対応の屋内運動場で28棟である。調査対象に占める割合はそれぞれ3.8%、6.2%、17.9%、6.6%と、変形追従性能が低い外壁が使われていることが多い建築年代の古い屋内運動場で脱落が多く発生している。補強不要の屋内運動場での発生率が高いことと、構造要素の被災度区分との関係から、構造の耐震性能との相関性は低いと言える。また、写真3(2)に例示するように、サイディングなど変形追従性が高いと考えられている外壁の脱落も発生している。変形追従性の高いと考えられる構法であっても脱落した原因の一つとして、構造骨組と離れた位置に壁が取り付けられ構造骨組と一体になっていなかった、あるいは構造骨組自体の剛性が不足していたことにより、壁の取り付く位置での応答変形が大きくなったことが考えられる。



(1) 外壁(ラスシート)脱落

(2) 外壁(サイディング)脱落

(3) 内壁(ボード)脱落

写真3 外壁・内壁の脱落

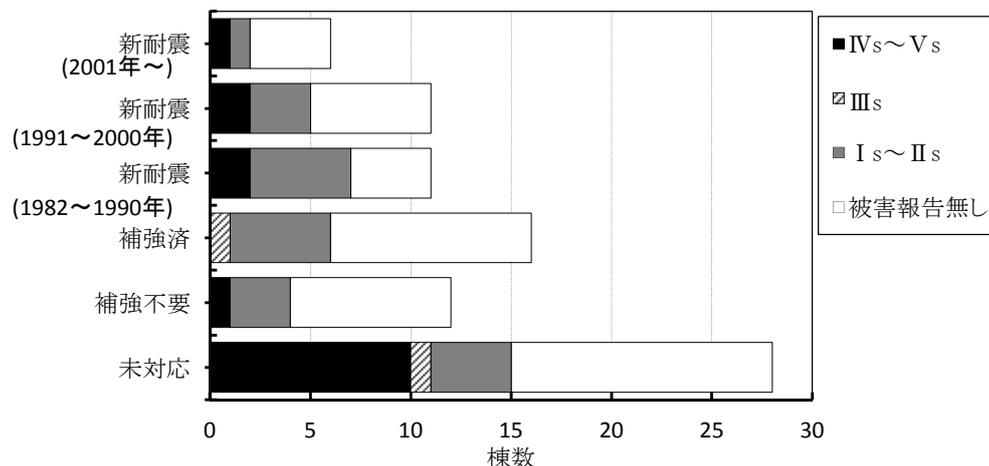


図17 外壁が脱落した屋内運動場における構造の被災度区分

一方内壁の脱落については、新耐震の屋内運動場で17棟、補強済みの屋内運動場で12棟、補強不要の屋内運動場で4棟、未対応の屋内運動場で11棟発生しており、調査対象に占める割合はそれぞれ2.3%、4.6%、6.0%、2.6%と、建築年代の古い屋内運動場で多く発生している傾向はあるが、外壁同様に構造の耐震性能との相関性は低いといえる。

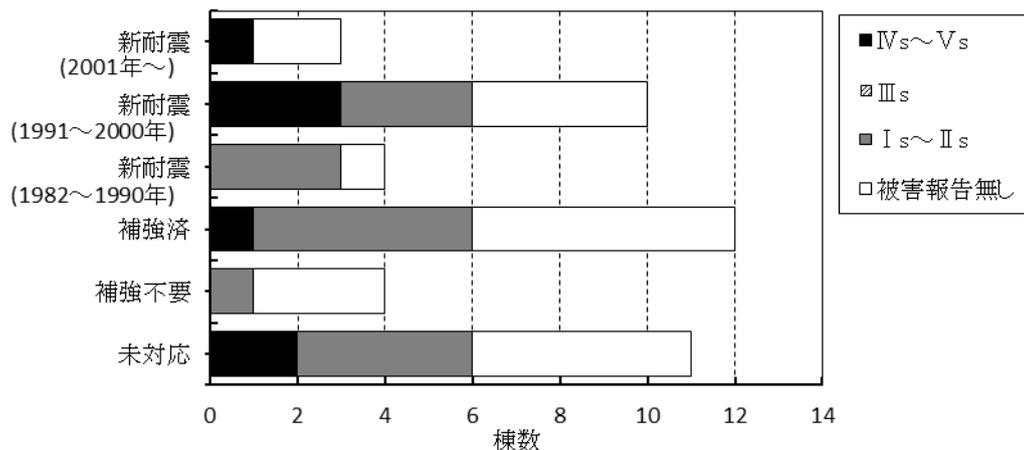


図 18 内壁が脱落した屋内運動場における構造の被災度区分

5. まとめ

自治体から文部科学省に提出された災害復旧資料に拠り、調査対象 5 県の屋内運動場のうち、屋根架構が RC 造あるいは木造等、一般的な屋内運動場で採用されている鉄骨造とは異なる構造形式であることが確認できたものを除く 1538 棟を対象に、落下、破損が人体に対する直接的な危険となる天井、窓ガラス、外壁、内壁の震動被害と、構造の震動被害や構造形式、建築年代などの関係を調査した。

天井の震動被害については、RC 造の上に鉄骨造の屋根を乗せた R タイプの屋内運動場で大きな被害が多く発生していること、スパンが長いもの、ライズスパン比が大きいあるいは水平な屋根の場合に大きな被害が多く発生していることなどがわかった。R タイプの屋内運動場では屋根架構と下部 RC 架構の定着部に被害があるなど、屋根架構と下部 RC 架構の一体性に問題があると考えられるものが多く、天井の被害が多く発生した一因と考えられる。また、構造形式によらず、構造の被害が比較的小さいあるいは被害報告が無いような場合でも、天井が大きな被害を受けたものは多い。

窓ガラスについても、構造の被害が比較的小さいあるいは被害報告が無いような場合でも、大きな被害を受けたものは多い。窓ガラスが付く壁面での応答変形を抑える必要がある。

外壁・内壁についても、構造の被害が比較的小さいあるいは被害報告が無いような場合でも脱落したものは多い。変形追従性の高い構法を適用することはもちろんのこと、外壁・内壁が取り付く位置での応答変形を抑える必要がある。

参考文献

- 1) 竹内 徹, 渡辺 覚, 熊谷知彦, 小河利行: ライズの高い支持架構付き円筒ラチスシェルの地震応答評価, 日本建築学会構造系論文集, 第 666 号, pp.1515-1522, 2011.8
- 2) 日本建築防災協会: 再使用の可能性を判定し, 復旧するための震災建築物の被災度区分判定基準および復旧技術指針 第 2 版, 2002.8

※調査研究報告書本文への掲載に当たっては、本資料の主要なポイントに限定するとともに、一部表現を整理している。

※本調査は天井落下防止対策等検討ワーキンググループ委員のうち、以下の委員を中心に実施し取りまとめた。

伊山 潤 東京大学大学院准教授 江口亨 横浜国立大学准教授
 熊谷亮平 東京理科大学講師 清家 剛 東京大学大学院准教授
 松本由香 横浜国立大学准教授 山田 哲 東京工業大学建築物理研究センター准教授

校舎における天井の震動被害の傾向等に関する検討 (天井落下防止対策等検討ワーキンググループ)

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震及びその余震では、多くの校舎が震動被害を受けた。2012年度の調査においては、自治体から2011年度に文部科学省に提出された「公立学校施設災害復旧事業計画書」(以下「災害復旧資料」という。)について、校舎でみられた天井部材の震動被害について全数調査を行った。

非構造部材の震動被害が、建物の構造的な特徴や構造が受けた震動被害とどのような関係にあったのかを調べることは、非構造部材の被害防止策を考える上で重要な課題の一つである。2013年度においては、学校施設の校舎における天井の震動被害について、その傾向を把握するとともに、構造が受けた震動被害との関係に着目し再整理・分析を行った。調査対象として、岩手県、宮城県、福島県、茨城県、栃木県、群馬県、埼玉県、千葉県、東京都の9都県に限定し、公立の幼稚園、小学校、中学校、中等教育学校、高等学校及び特別支援学校の校舎のうち、天井に何らかの脱落被害があったもので、架構が木造等のものを除く205棟を中心に、天井の被害傾向等を調査した。

2. 天井の震動被害の概要

2.1. 分析の概要

文部科学省の2012年の公立学校施設台帳に基づき、対象とした都県に存在する校舎のうち100㎡以上の棟数を集計した¹。ただし、これらの校舎に天井が張られているか否かを確認してはいたないため、天井に脱落被害があった施設との単純比較は困難であることに留意が必要である。

階数をみると、RC造は3階建てが最も多く、S造は1階建てが70%以上を占めていた。また構造種別に見ると、RC造では1970年代がもっとも多いが近年になるほど減り、S造でも同様の傾向があった。

¹ 100㎡未満の校舎には倉庫や増築部分が多くある。そこで、図1と2では教室などがある校舎の傾向を把握するため、100㎡以上の校舎を集計した。なお、台帳の情報によると、天井脱落被害があった校舎205棟のうち100㎡未満のものは3棟であった。

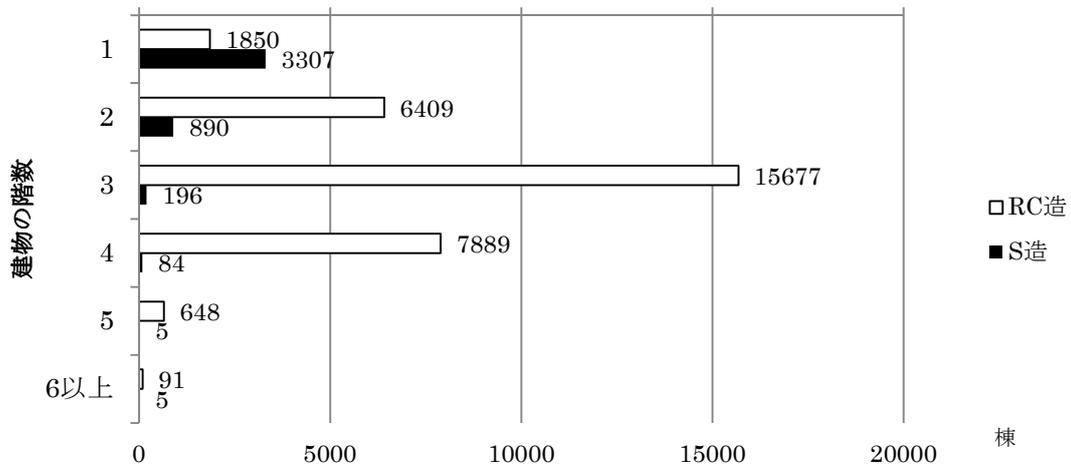


図 1 校舎の階数（構造種別）

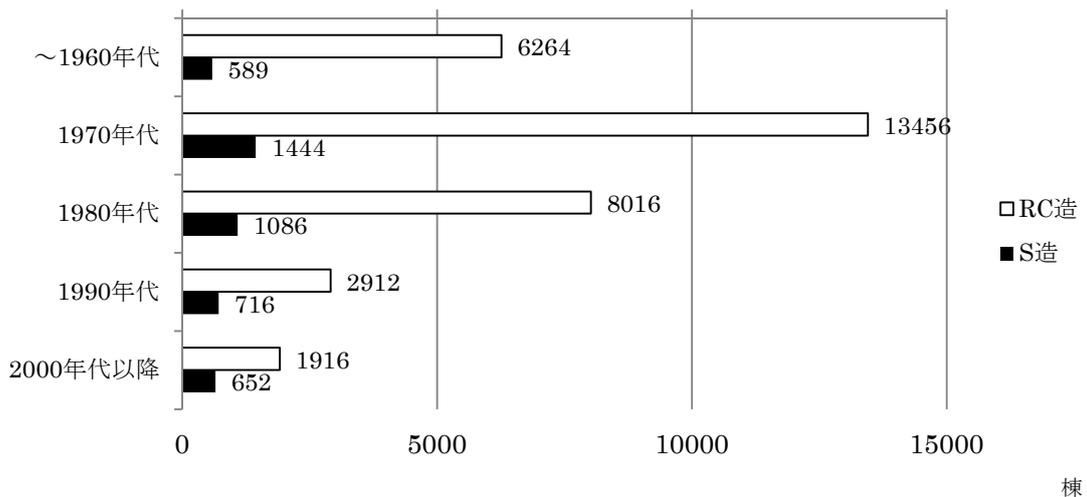


図 2 校舎の建設年代（構造種別）

2.2. 脱落した天井被害の傾向

以下の図における単位が、「棟」では建物単位で、「件」では室単位²で集計している。なお、分析する項目によって災害復旧資料から判断できるものが異なる³ため、項目により合計値が異なる場合があることに留意が必要である。

(1) 校舎の構造種別、建設年代別

天井が脱落した校舎は、RC造が151棟、S造が54棟であった。そのうち、建物の構造種別と建設年代が判明した計180棟について分析を行った。

² 廊下の場合は、折れ曲がりなどがなく、ひと続きのものを1件と集計している。

³ 同一の建物でも、天井が脱落した部屋の種別は判断できるが、部屋の規模や形状は判断できないものもある。

調査対象の都県に存在する校舎の割合からみると、比較的、鉄骨造架構の建物に被害が多いことが伺える。また、建設年代別を10年ごとに区切って比較したところ、RC造は1970年代と1980年代が多かった。一方S造は2000年代が最も多かった。

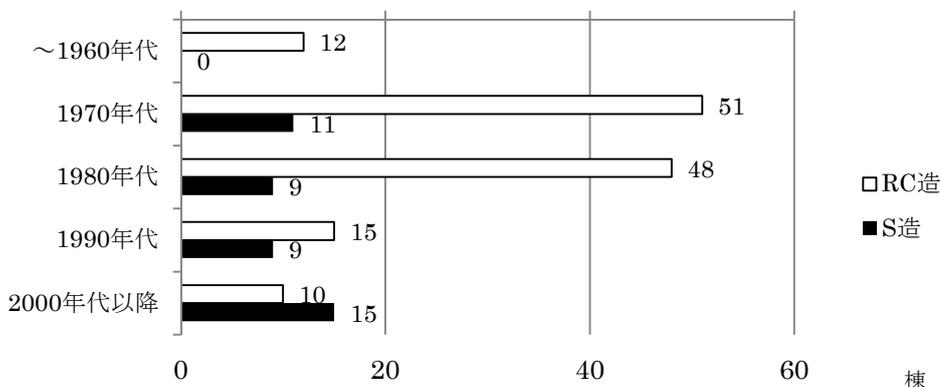


図 3 天井が脱落した校舎の構造種別

(2) 天井が脱落した部屋の位置

建物の階数と、天井脱落被害があった階⁴を分析したところ、建物の最上階に被害が集中している傾向があった。5階建てでは60%、4階建てでは56%、3階建てでは60%、2階建てでは69%であった。つまり、天井脱落被害を受けていた建物の6割以上が、その最上階で被害があった。一般的に、高層になればなるほど、地震時の揺れが強くなるため、建物の階数が高くなるに従って、脱落被害が多くなる傾向があると言える。

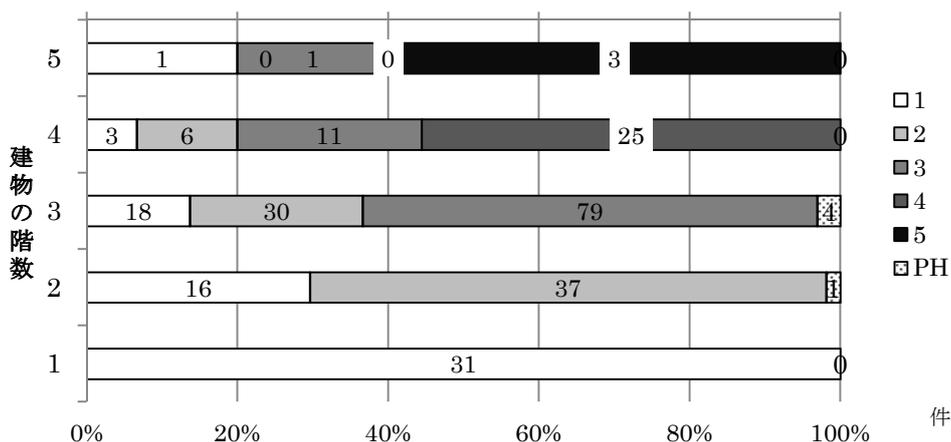


図 4 天井が脱落した部屋の位置

⁴ この項目のみ、同一階で重複しないように集計した。例えば、ある階の3つの部屋で天井脱落被害があった場合、他の項目では「3件」であるが、この項目では「1件」として集計している。

(3) 天井が脱落した部屋の用途

天井が脱落した部屋の用途を図面などの資料に記載されている部屋の名称に基づいて分類し、更に最上階にあるものを特定した。最上階での被害は、普通教室が70件のうち37件、音楽室や美術室などの特別教室が145件のうち91件、実習棟などの比較的小規模な建物である別棟が20件のうち12件、廊下が85件のうち34件、階段室が16件のうち0件、便所などのその他が15件のうち11件であった。すなわち、最上階で天井脱落の被害を受けた割合は他の階に比べて高かった。最上階に位置する音楽室などに段差・折れ曲がりのある天井が設けられている場合は、一層の注意が必要である（後述の「(4) 脱落した天井の形状」等を参照）。



(1) 普通教室の天井脱落

(2) 特別教室（多目的室）の天井脱落

(3) 廊下の天井脱落

写真1 校舎天井の脱落被害の例

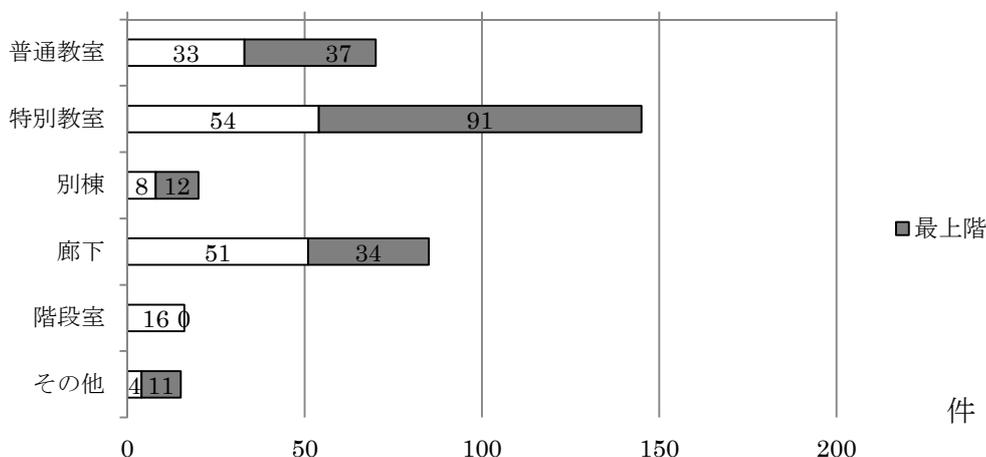


図5 天井が脱落した部屋の用途

また、普通教室と特別教室、別棟の3つについて、廊下と階段室、その他を除いた「教室」を面積規模と高さで分類を試みた⁵。すなわち、通常的面積（60㎡程度）の教室を「通常教室」、それより規模の大きい音楽室や美術室などを「大教室」とし、天井高については、3m以下のものを「通常天井高」、3mを超えるか2層以上にわたる天井高のものを「吹き抜

⁵ ただし、集計にあたっては教室の面積と階高が、写真や図面から判別できるものを対象とした。そのため、図5と図6では母数が異なっている。

け」として分類した。

これによると、通常教室のうち通常の天井高のものが53件、吹き抜けのものが3件、大教室で通常天井高のものが103件、吹き抜けのものが35件であり、大教室における天井脱落被害が多く発生している。一方、「吹き抜け」の教室にとどまらず、通常の天井高でも数多くの脱落被害が確認された。大教室の中には、水平投影面積が200㎡を超える規模の天井も含まれており、大規模な面積になるほど、落下危険性の範囲が広がり、安全な場所に退避することが困難となることから危険性が高くなる可能性がある。

以下では、この「通常教室」と「大教室」の分類をもとに考察していく。

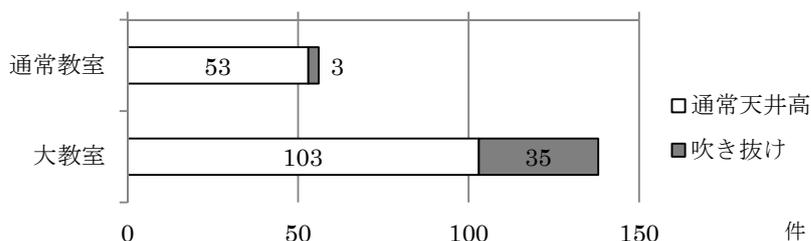


図6 天井が脱落した部屋の規模

(4) 脱落した天井の形状

脱落した天井の形状⁶をみると、平天井が272件、舟底天井6件、傾斜天井が8件、のこぎり天井が31件であった。また、のこぎり天井について部屋の規模を比較すると、脱落したのこぎり天井は「大教室」のみで、そのうち「通常天井高」が28件と約90%を占めていた。音楽室などは、音響環境を確保するため、反射性能を期待して折れ曲がりのある天井（本調査では「のこぎり天井」として集計）を設けることがある。段差や折れ曲がりのある天井は、段差・折れ曲がり部分に局所的な力が作用し損傷する危険性が高まることが指摘されており、今般の天井被害においても、こうした天井の脱落被害が見られた。



(1) 音楽室の折れ曲がり天井脱落



(2) 音楽室の折れ曲がり天井脱落

写真2 折れ曲がり天井（のこぎり天井）の脱落被害の例

⁶ 平天井は勾配や段差等がないフラットな天井、舟底天井は中央が両端より高くなった山形の天井、傾斜天井は勾配のある天井、のこぎり天井はのこぎりの刃のような形をした折れ曲がりのある天井を指す。

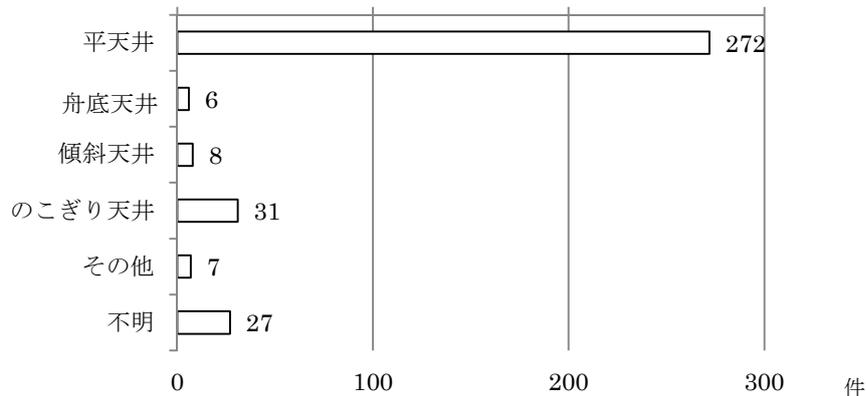


図7 脱落した天井の形状

(5) 脱落した天井の下地

脱落した天井の下地をみると、吊り天井が 341 件、直貼りが 2 件であった。また、吊り天井のうち、鉄骨下地のものが 323 件、木下地のものが 18 件であった。さらに、鉄骨下地の吊り天井のうち、在来天井が 177 件、システム天井が 146 件であった。

このうち、吊り天井について天井の吊り元の形式を確認したところ、躯体から吊っているものが 286 件、躯体にではなく二次部材を設けてそこから吊っているものが 0 件、不明が 55 件であった。

また、吊り天井のうち在来天井とシステム天井に着目する。まず建物の建設年別が判明したものをみると、脱落したシステム天井は 1970 年代、1980 年代の順に割合が高かった⁷。一方、部屋の規模が判明したものをみると、脱落したシステム天井は「廊下」、「大教室で通常天井高」の順に割合が高かった。

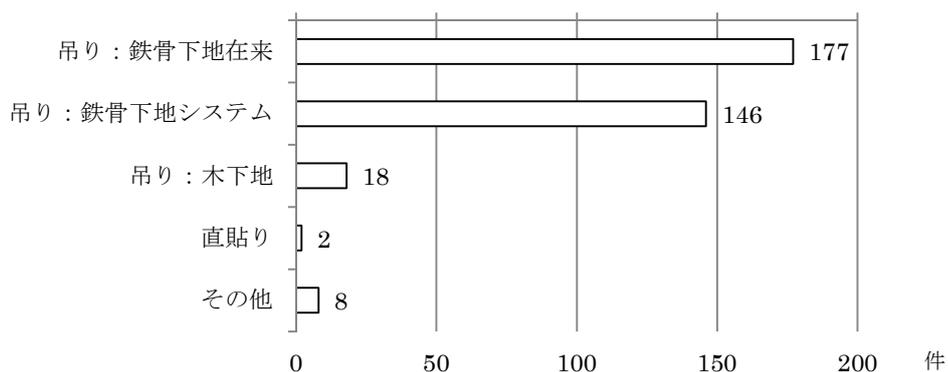


図8 脱落した天井の下地

⁷ システム天井が普及したのが、1970 年代～1980 年代と言われている。

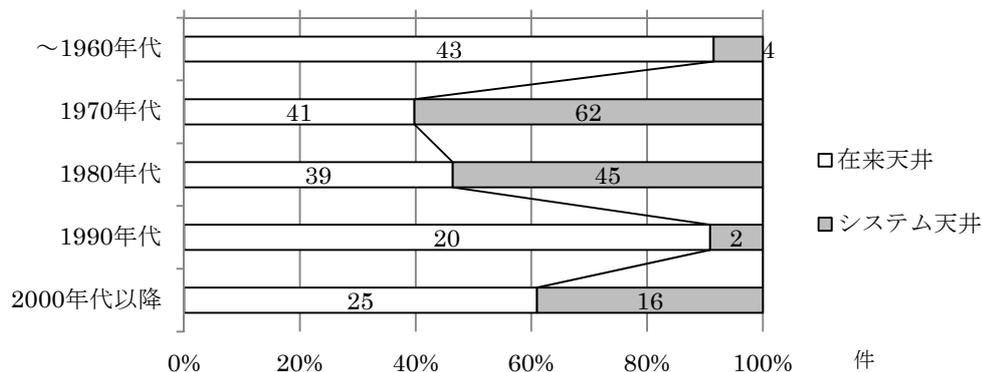


図9 脱落した天井の下地（建設年別）

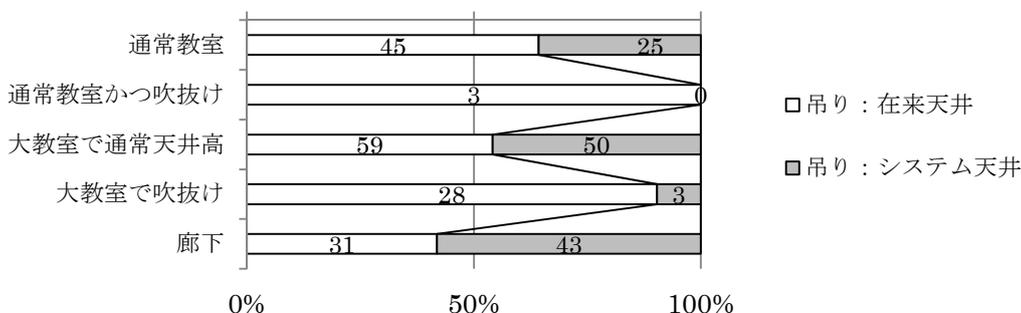


図10 脱落した天井の下地（部屋の規模別）

(6) 脱落した天井の仕様

脱落した吊り天井のうち、仕様が判別できたものを集計すると、グラスウールが2件、石膏ボードあるいはロックウール吸音板⁸が324件であった。

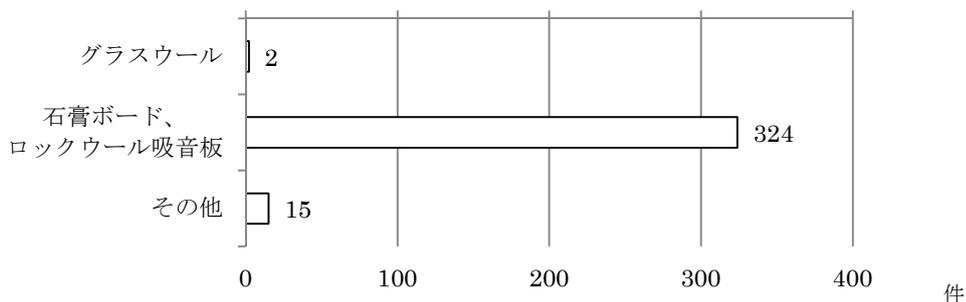


図11 脱落した天井の仕様

⁸ これらの2つの材料は報告書の写真からは判別が難しかったため、合わせて集計した。

(7) 脱落した天井の被害程度

脱落した天井の被害の程度をみると、野縁などの下地を含む脱落 114 件、天井板のみの脱落が 220 件であり、下地を含む脱落は全体の脱落被害の 34% だった。

これを天井の形状別にみると、下地を含む脱落は「のこぎり天井」で最も多く、傾斜がある天井、すなわち舟底天井、傾斜天井、のこぎり天井に被害が多い傾向があった。また、下地の種類別でみると、鉄骨下地の「在来天井」と「システム天井」ではシステム天井の方が「板のみ脱落」の割合が多い一方で、システム天井でも「下地を含んだ脱落」被害が 34% だった。

学校施設の天井面は、一般的に、鋼製下地に石膏ボードを取り付け、ロックウール吸音板を仕上げ材として張っていることが多く、この場合の天井面構成部材⁹の単位面積質量は、10.2～13.1kg/m²¹⁰となる。下地を含んだ脱落は、人的被害の拡大につながるおそれがあり、一層の注意が必要と考えられる。

既述のとおり、段差や折れ曲がりのある天井では地震時に有害な応力集中が生ずるおそれがあり、また、傾斜天井や舟底天井において吊り長さが異なった場合には、地震力に対する応力が複雑化し天井の挙動が不規則になり、その結果、局所的な力が作用して損傷する危険性が高まる可能性があることに注意が必要である。

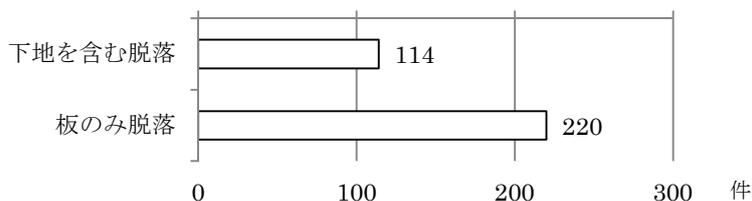


図 12 脱落した天井の被害程度

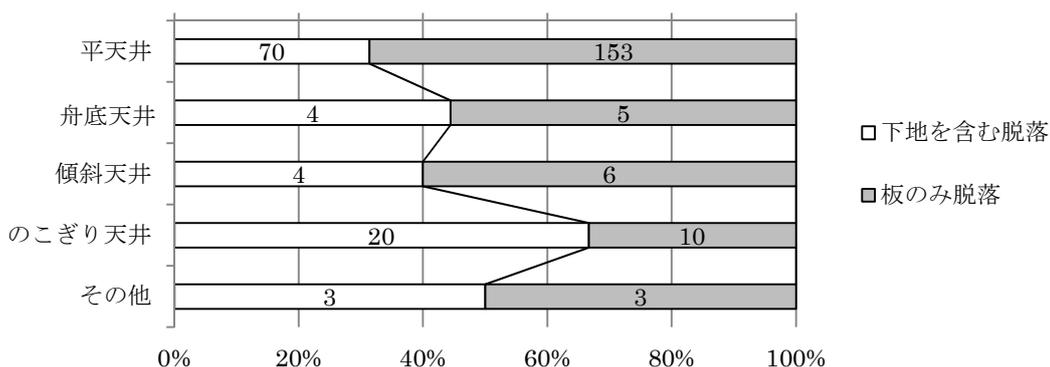


図 13 脱落した天井の被害程度（天井の形状別）

⁹ 天井面を構成する天井板、天井下地材及びこれに附属する金物をいう。

¹⁰ 「建築物における天井脱落対策に係る技術基準の解説」（平成 25 年 9 月 国土交通省国土技術政策総合研究所，独立行政法人建築研究所，一般社団法人新・建築士制度普及協会）p. 23 の表 2.1 「各種の吊り天井における天井面構成部材の単位面積質量」より

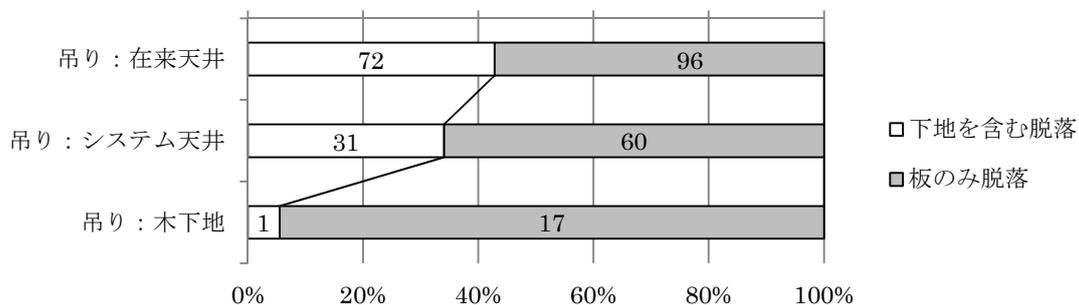


図 14 脱落した天井の被害程度（天井の下地別）

(8) 脱落した天井の取り合い

天井の取り合い部での脱落被害があった 144 件についてその部位・部材を確認したところ、エキスパンションジョイントが 27 件、照明などの設備が 26 件、間仕切り壁が 48 件、外壁が 30 件であった。

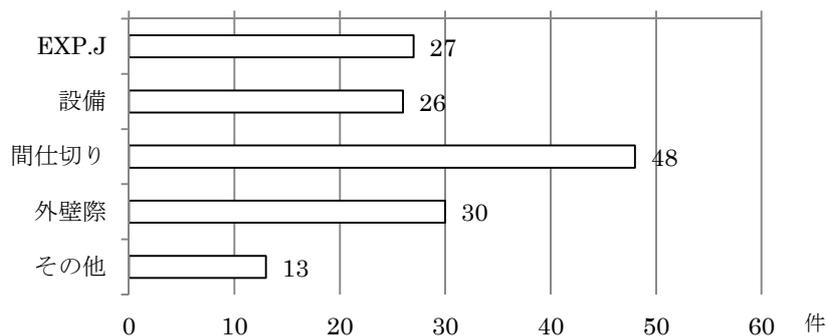


図 15 脱落した天井の取り合い

3. 天井の震動被害の構造種別による傾向

以下では、構造特性の異なる RC 造と S 造の建物の天井被害について、それぞれで天井の震動被害と、構造性能並びに構造の震動被害の程度の関係について検討を行った結果について報告する。

(1) 構造の震動被害との関係

校舎の天井に脱落被害のあった建物について、構造の震動被害¹¹との関係について確認したところ、RC 造の校舎については、ほとんどの建物において構造被害は軽微であった。ま

¹¹ 構造の被災度区分については、被災度区分判定手法に基づき、軽微、小破、中破、大破に分類。被災後に日本建築学会が実施した「文教施設の耐震性能等に関する調査」の対象施設については、その結果を入力しているが、調査対象外の施設については、学校設置者からの報告、被害写真や図面等に基づき被災度を区分しており、被害の概略を捉えるものとは考えられるが、個別建物を詳細に調査した結果ではないことに注意が必要である。

た、S造の校舎についても、ほとんどの建物で構造被害が報告されておらず、軽微あるいは小破にとどまっている。このことから、天井震動被害と構造被害との明確な相関は見受けられなかったと言える。

(2) 構造性能との関係

また、天井に脱落被害のあった建物について、耐震診断・補強の実施状況について詳細に調査は実施していないものの、図16にあるとおり、RC造、S造ともに、明らかに新耐震基準で建てられている1990年代、2000年以降の建物でも、天井の脱落被害が発生している。言い換えれば、建築年代が新しい施設でも、新耐震基準の施設であっても、天井の被害が生じており、構造体の耐震化が図られている施設も含め、天井の耐震対策が求められると言える。

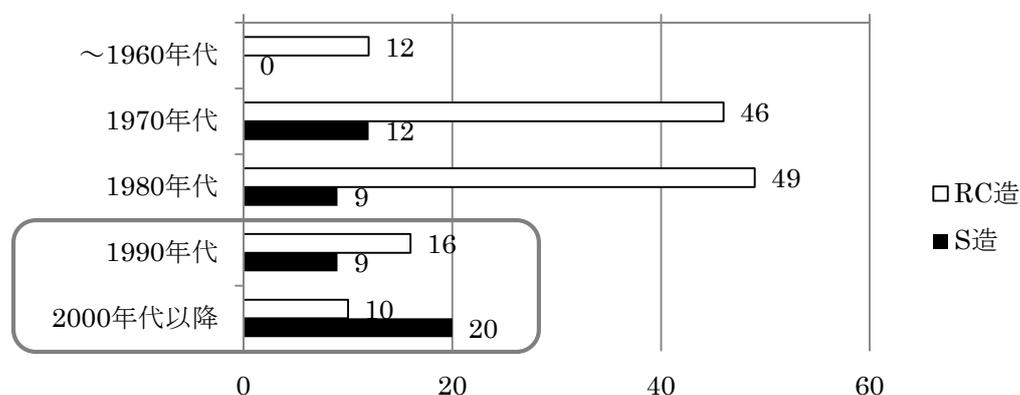


図16 天井が脱落した校舎の構造種別（図3の再掲）

4. まとめ

自治体から文部科学省に提出された災害復旧資料により、岩手県、宮城県、福島県、茨城県、栃木県、群馬県、埼玉県、千葉県、東京都の9都県における公立学校の校舎のうち、天井に何らかの脱落被害があったもので、架構が木造等を除く205棟を中心に、天井の震動被害の傾向を把握するとともに、構造が受けた震動被害との関係を調査した。

天井の震動被害については、RC造は1970年代と1980年代が多く、S造は2000年代が最も多かった。

天井脱落被害があった階を分析したところ、建物の最上階に被害が集中している傾向があることがわかった。天井が脱落した部屋の用途を分類し確認したところ、普通教室、音楽室や美術室などの特別教室、実習棟などの比較的小規模な建物である別棟も含め、最上階で天井脱落の被害を受けた割合は他の階に比べて高かったことがわかった。のこぎり天井のように、折れ曲がりのある天井については、折れ曲がり部分に局所的な力が作用し損

傷する危険性が高まることが指摘されており、今般の天井被害においても、こうした天井の脱落被害が見られた。最上階に位置する部屋で段差・折れ曲がりのある天井が設けられている場合は、一層の注意が必要である。

脱落した天井の被害の程度をみると、野縁等の下地を含む脱落は全体の脱落被害の4割近くであり、特に、下地を含む脱落はのこぎり天井で最も多く、舟底天井、傾斜天井にも被害が多い傾向があることがわかった。天井面のみならず、下地を含んだ脱落は、人的被害の拡大につながるおそれがあり、一層の注意が必要と考えられる。

また、構造の震動被害や構造性能との関係については、新耐震基準の施設であっても、また、構造の被害が比較的小さいあるいは被害報告がないような場合であっても、天井の震動被害は発生していることから、構造体の耐震化が図られている施設も含め、天井の耐震対策が求められる。

※調査研究報告書本文への掲載に当たっては、本資料の主要なポイントに限定するとともに、一部表現を整理している。

※本調査は天井落下防止対策等検討ワーキンググループ委員のうち、以下の委員を中心に実施し取りまとめた。

伊山 潤	東京大学大学院准教授
江口 亨	横浜国立大学准教授
椛山 健二	芝浦工業大学教授
楠 浩一	横浜国立大学准教授
熊谷 亮平	東京理科大学講師
清家 剛	東京大学大学院准教授
松本 由香	横浜国立大学准教授
山田 哲	東京工業大学建築物理研究センター准教授

建築基準法の関連規定等

建築基準法（抜粋）

（報告、検査等）

第十二条 第六条第一項第一号に掲げる建築物その他政令で定める建築物（国、都道府県及び建築主事を置く市町村の建築物を除く。）で特定行政庁が指定するものの所有者（所有者と管理者が異なる場合においては、管理者。第三項において同じ。）は、当該建築物の敷地、構造及び建築設備について、国土交通省令で定めるところにより、定期に、一級建築士若しくは二級建築士又は国土交通大臣が定める資格を有する者にその状況の調査（当該建築物の敷地及び構造についての損傷、腐食その他の劣化の状況の点検を含み、当該建築物の建築設備についての第三項の検査を除く。）をさせて、その結果を特定行政庁に報告しなければならない。

2 国、都道府県又は建築主事を置く市町村の建築物（第六条第一項第一号に掲げる建築物その他前項の政令で定める建築物に限る。）の管理者である国、都道府県若しくは市町村の機関の長又はその委任を受けた者（以下この章において「国の機関の長等」という。）は、当該建築物の敷地及び構造について、国土交通省令で定めるところにより、定期に、一級建築士若しくは二級建築士又は同項の資格を有する者に、損傷、腐食その他の劣化の状況の点検をさせなければならない。

国土交通省告示

※以下、天井関連を中心に整理

- 建築基準法第12条に規定する調査（定期調査）の項目、方法及び結果の判定基準等を規定。
 - ①敷地及び地盤、②建築物の外部、③屋上及び屋根、④建築物の内部、⑤避難施設、⑥その他
 - 建築物の内部として、天井の耐震対策の状況や、照明器具の落下防止対策の状況などの調査項目あり。
- （以下、一部のみ抜粋）

天井	
調査項目	概ね500㎡以上の空間の天井における耐震対策の状況
調査方法	設計図書等により確認するとともに、必要に応じて双眼鏡等を使用し目視により確認する。
判定基準	当該空間の天井に耐震対策がないこと。

建築基準法施行令（抜粋）

施行令の一部を改正する政令 平成25年7月公布、平成26年4月施行

（屋根ふき材等の緊結）

第三十九条 屋根ふき材、内装材、外装材、帳壁その他これらに類する建築物の部分及び広告塔、装飾塔その他建築物の屋外に取り付けるものは、風圧並びに地震その他の震動及び衝撃によつて脱落しないようにしなければならない。

- 2 屋根ふき材、外装材及び屋外に面する帳壁の構造は、構造耐力上安全なものとして国土交通大臣が定めた構造方法を用いるものとしなければならない。
- 3 特定天井（脱落によつて重大な危害を生ずるおそれがあるものとして国土交通大臣が定める天井をいう。以下同じ。）の構造は、構造耐力上安全なものとして、国土交通大臣が定めた構造方法を用いるもの又は国土交通大臣の認定を受けたものとしなければならない。
- 4 特定天井で特に腐食、腐朽その他の劣化のおそれのあるものには、腐食、腐朽その他の劣化しにくい材料又は有効なさび止め、防腐その他の劣化防止のための措置をした材料を使用しなければならない。

国土交通省告示

H25. 8	・天井脱落対策に係る告示（技術基準）の公布
H26. 4	・天井脱落対策に係る技術基準の施行

3-2 ② 点検

※「学校防災マニュアル（地震・津波災害）作成の手引き」より抜粋

学校の施設及び設備等の安全点検については、学校保健安全法第27条において、計画的に実施するよう定められています。災害発生時に児童生徒等の安全を確保するとともに、安全に避難させるためには、校舎内の施設及び設備だけではなく、避難経路や避難場所の点検も必要です。

1 施設及び設備等の安全点検

安全点検の対象である学校施設等は、常に同じ状態にあるわけではなく、季節あるいは時間、自然災害等により変化します。そのため、安全点検を継続的かつ計画的に行わなければ、環境や行動における重大な危険が見過される可能性があります。学校保健安全法施行規則では、下表のように定期的、臨時的、日常的に行う安全点検について示されています。

安全点検の種類	時間・方法等	対 象	法的根拠等
定期の安全点検	毎学期1回以上 計画的に、また教職員全員が 組織的に実施	児童生徒等が使用する施設・整備及び防火、防災、犯罪に関する設備などについて	毎学期1回以上、幼児、児童、生徒又は学生が通常時に使用する設備及び設備の異常の有無について系統的に行われなければならない（規則28条第1項）
	毎月1回 計画的に、また教職員全員が 組織的に実施	児童生徒等が多く使用すると 思われる校地、運動場、教室、 特別教室、廊下、昇降口、ベランダ、 階段、便所、手洗い場、給食室、 屋上など	明確な規定はないが、各学校の 実情に応じて、上記（規則28条 第1項）に準じて行われる例が 多い
臨時的安全点検	必要があるとき ・運動会や体育祭、学芸会や 文化祭、展覧会などの学校行事の 前後 ・暴風雨、地震、近隣での火災 などの災害時 ・近隣で危害のおそれのある 犯罪（侵入や放火など）の発生時 など	必要に応じて点検項目を設定	必要があるときは、臨時に、 安全点検を行う（規則28条第2項）
日常の安全点検	毎授業日ごと	児童生徒等が最も多く活動を行う と思われる箇所について	設備等について日常的な点検を行い、 環境の完全確保を図らなければならない （規則29条）

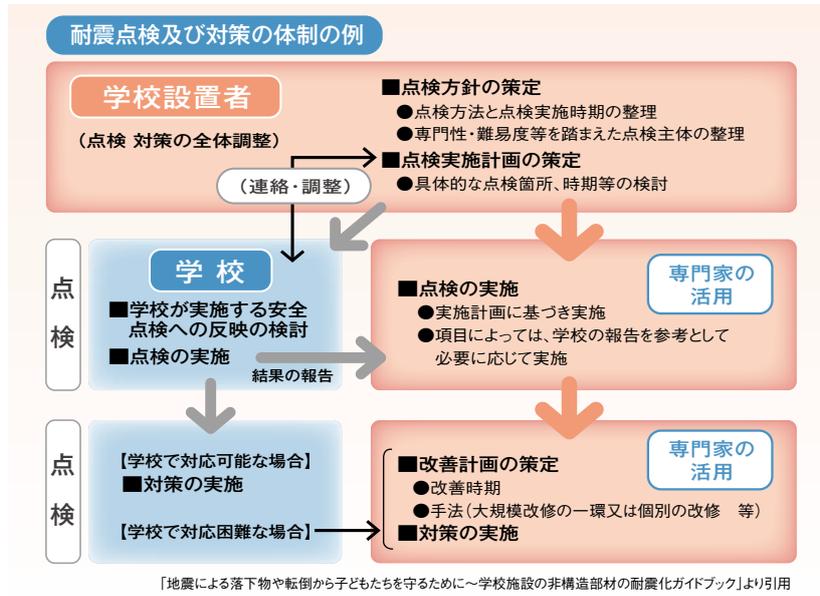
〔「生きる力」をほぐくむ学校での安全教育より引用〕

2 非構造部材の点検

学校施設は、児童生徒等の活動の場であるとともに、地域住民の応急避難場所としての役割を果たすことから、その安全性の確保は重要です。このため、学校施設の構造体の安全性について専門家が耐震診断を行い、必要な補強工事を実施しています。また、学校施設の安全性を確保するためには、構造体だけでなく、天井材や外装材等の非構造部材の耐震対策を行うことも重要です。

非構造部材の耐震点検に当たっては、教育委員会が中心となり、教職員や専門家等と連携して実施する必要があります。教職員は、建築の専門的な知識は有しないものの、施設を日常的に使用している者として、日々活動する中で施設の不具合を見つけ、危険箇所を察知できる立場にあることから、教育委員会と緊密に情報共有することにより、効率的な耐震対策の実施に結びつけることが期待されます。教職員は、施設に何らかの異変がないかという観点で、以下のような項目を点検することが考えられ、点検の実施に当たっては、それらを安全点検に組み込むことが有効です。なお、点検項目は、各学校の状況等に応じて必要な項目を検討する必要があります。

■ 耐震点検及び対策の体制の例



解説

建物そのものではなく、天井材、外装材、照明器具、家具等を総称して非構造部材といいます。耐震化が図られ、地震動によって建物が倒壊する危険性の低い学校施設でも、非構造部材による危険が考えられ、これらについての点検が必要です。

■ 教職員の点検項目の例

教職員の点検項目(例)	
天井	天井材(仕上げボード)に破損等の異状は見当たらないか
照明器具	照明器具に変形、腐食等の異状は見当たらないか
窓ガラス	窓ガラスにひび割れ等の異状は見当たらないか
外壁(外装材)	開閉可能な窓のクレセントはかかっているか
	外壁にひび割れ等の異状は見当たらないか
収納棚など	書棚等は取付金物で壁や床に固定しているか

3 避難経路・避難場所の点検

津波被害が想定される学校では、設定している校外への避難経路や避難場所の点検も重要です。造成等による地形の変化や道路工事等での通行障害等、環境の変化に応じて点検を行うことが求められます。また、避難場所の設定に当たっては、教職員だけでなく、防災担当部局や研究者などの専門家の意見も参考にして決定しましょう。

点検の観点(例)
<ul style="list-style-type: none"> ・分かりやすい案内板や表示があるか ・避難経路に障害物がないか ・災害種、状況に対応した複数の経路と場所が確保されているか ・児童生徒等の特性や発達段階を踏まえているか ・地域の自然的環境や社会的環境を踏まえているか ・近隣住民の避難や帰宅困難者の避難を想定しているか ・実地見分を行って確認されているか ・学校等の定めた避難経路、避難場所を児童生徒等や保護者に周知しているか

参考資料

「東日本大震災の被害を踏まえた学校施設の整備について 緊急提言」

平成23年7月(東日本大震災の被害を踏まえた学校施設の整備に関する検討会)

「地震による落下物や転倒物から子どもたちを守るために～学校施設の非構造部材の耐震化ガイドブック～」

平成 22年3月(文部科学省)

非構造部材の耐震対策に係る財政支援制度

公立学校施設

(1) 事業名

学校施設環境改善交付金 防災機能強化事業

(2) 対象施設

公立の幼稚園、小学校、中学校、中等教育学校（前期課程）、特別支援学校

(3) 算定割合等

算定割合：1／3 下限額：400万円～上限額：2億円
 (過去急増市町村にあつては3億円)

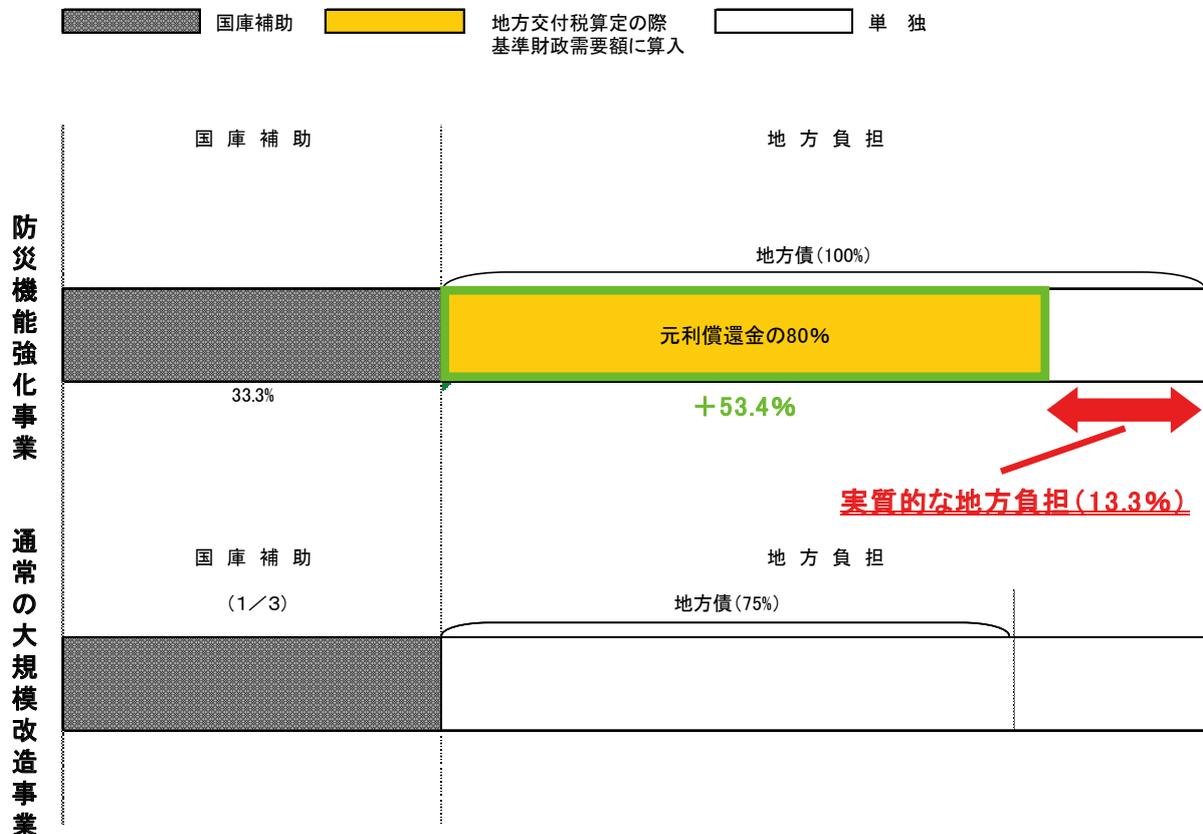
(4) 対象事業

建築非構造部材の耐震化工事

- ・天井材、照明器具等の落下防止工事（吊り天井の撤去工事も対象）
- ・外壁、建具、間仕切り等の剥落・落下防止工事
- ・設備機器の移動・転倒防止工事 等

※非構造部材の点検等に係る経費（点検～設計）は、工事に合わせて補助対象となる

<参考：防災機能強化事業（非構造部材の耐震対策）に係る財源内訳（平成25年度）>



国立学校施設

(1) 事業名

国立大学法人等施設整備補助事業

(2) 対象施設

国立大学法人、大学共同利用機関法人、独立行政法人国立高等専門学校機構

(3) 算定割合

定額補助

- ・一般施設：10割補助
- ・病院施設：1割補助
- (※施設費貸付金：9割)

(4) 対象事業

非構造部材の耐震化を含む施設整備事業全般

※ 国立大学法人等施設整備においては、施設整備費補助金を基本的な財源とし、「第3次国立大学法人等施設整備5か年計画」(平成23年8月26日文部科学大臣決定)に基づいた施設の重点的・計画的整備を支援している。この中で、非構造部材の耐震化を老朽改善整備の一環として実施することが可能。

(参考) 国立学校施設整備の主な財源

財源	主な対象
施設整備費補助金	大規模な施設整備事業、不動産購入 (事業費が概ね2,500万円を超える新增改築・改修事業及び基幹・環境整備等。 附属病院整備事業は、附属病院の用に供する施設を対象)
施設費交付金	営繕事業 ※維持管理に係る修繕は対象外 (事業費が概ね2,500万円以下の建物の部分的な改修、小規模な建物の整備、小規模な工作物の整備、設備の設置、部分的なライフライン・屋外環境等の整備等)
施設費貸付金	国立大学附属病院の施設整備(9割)

※いずれの財源においても非構造部材の耐震化を講じることが可能。

私立学校施設

(1) 事業名

私立幼稚園施設整備費補助
私立高等学校等施設高機能化整備費補助
私立大学・大学院等教育研究装置施設整備費補助

(2) 対象施設

私立の幼稚園、小学校、中学校、高等学校、中等教育学校、特別支援学校、大学、短期大学、高等専門学校

(3) 対象事業

非構造部材の耐震対策（単体実施、耐震補強と一体実施のいずれも可）

(4) 申請単位

- ・ 100㎡以上の部屋（特別講義室や大講義室、体育館、講堂など）
 - ・ 100㎡未満の部屋は、耐震補強と一体で行う工事のみが対象
- ※ただし、幼稚園については面積要件なし

(5) 補助対象範囲等

○補助率等

- ・ 大学、短期大学、高等専門学校 → 補助率：1／2以内
下限度額：300万円～上限度額：なし
- ・ 小、中、高等学校等 → 補助率：1／3以内
下限度額：なし～上限度額：2億円
- ・ 幼稚園 → 補助率：1／3以内
下限度額：なし～上限度額：1億円

※幼稚園、小、中、高等学校等の補助率は、Is値0.3未満の施設の耐震補強工事と合わせて実施する場合は1／2以内

○非構造部材の点検・設計に係る経費は、工事に合わせて補助対象となる

※ 上記のほか、日本私立学校振興・共済事業団において、平成27年度までに着工する耐震改築（建替え）事業、耐震補強事業及び非構造部材の耐震対策に対する長期低利融資を実施

その他の交付金制度(国土交通省関係)

(1) 事業名

社会資本整備総合交付金 防災・安全交付金 住宅・建築物安全ストック形成事業

※平成25年度予算より劇場、避難所等震災時の安全確保・機能確保が特に必要な施設について、天井のみ耐震改修する場合についても支援対象に追加。

(天井のみの耐震改修工事の補助対象化)

(2) 対象となる天井

- a. 用途が次のいずれかであること
 - ・固定された客席を有する劇場、映画館、演芸場、観覧場、公会堂、集会場等
 - ・防災拠点施設（避難場所に指定されている体育館、災害応急対策の実施拠点となる庁舎等）
- b. 6m超の高さにある200㎡超の吊り天井であること
- c. 耐震診断の結果、天井が脱落する危険性が高いこと

(3) 対象費用

天井の耐震改修に要する費用（撤去費用を含む。）

※天井の改修は、建築基準法に基づく改正後の基準を満たすものとする。

※構造躯体の耐震性のない建築物において、構造躯体を改修せず、天井のみ改修する場合については対象外。

(4) 補助率

国：11.5%、地方：11.5%

(地域防災計画等に位置づけられた避難所等については、国：1/3、地方：1/3)

(5) 補助対象限度額（天井面積あたり）

13,000円/㎡（平均天井高が10mを超える場合は高さ3m毎に3,000円/㎡加算）

(6) 構造躯体と天井とを併せて耐震改修する場合の単価の設定

住宅・建築物安全ストック形成事業により構造躯体と天井とを併せて耐震改修する場合は、耐震改修の補助対象限度額に天井面積あたり13,000円/㎡（平均天井高が10mを超える場合は当該額に高さ3m毎に3,000円/㎡を加算）を加算する。

ただし、屋根面の耐震改修と併せて実施する場合の加算額は天井面積あたり4,000円/㎡とする。

※天井の改修は、建築基準法に基づく改正後の基準を満たすものとする。

委託事業

学校施設の天井等落下防止対策加速化事業（平成26年度）

背景

東日本大震災では、学校施設において屋内運動場等の天井が崩落し児童生徒が負傷した例も発生。構造体の耐震化と同様、天井等落下防止対策を緊急的に加速化することが必要。

1) 点検・対策を加速させるための専門的技術者の養成等

○学校設置者に対して天井等落下防止対策に係る助言等を行う“アドバイザー”を養成する講習会（全国5会場）を開催し、全国の自治体における活用を促進。



2) 学校施設の天井等落下防止対策加速化のための先導的開発事業

○屋内運動場等^{*}や校舎（音楽室、エントランスホール等）の大規模空間を対象とし、施設特性等を踏まえ、天井の補強や再設置も含めた対策の有効性を検証するための先導的開発事業を実施。

^{*}屋内運動場、武道場、講堂及び屋内プール

①モデル実証1の内容:協議会、天井調査、対策検討、設計、工期短縮手法開発（5件）

②モデル実証2の内容:協議会、天井調査、対策検討、設計（13件）

検討内容(例)

施設の特性	・屋内運動場等や校舎の構造種別(RC、S)、建物形状・階数、天井形状等を踏まえた対策手法の検討 ・吊り天井の機能(遮音・吸音等)を考慮した対策手法の検討
工期の短縮	・点検及び設計、工事を通じ、工期を短縮するための手法を開発



～成果の取りまとめ～

- ・屋内運動場等や校舎の施設特性等を踏まえた対策手法、実施にあたっての留意点の整理
- ・効果的・効率的な対策手法等、工期短縮手法の提案 など

先導的開発事業の成果を踏まえた文部科学省の有識者会議での検討
(学校施設において考慮すべき技術的留意点、対策事例等の取りまとめ)

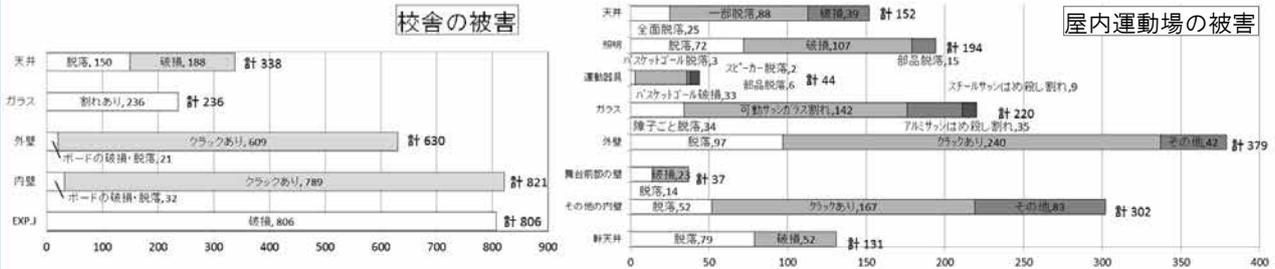
文部科学省として成果を全国に発信し、天井等落下防止対策等を加速化

学校施設における非構造部材の耐震対策の推進に関する調査研究報告書（概要）

（平成26年3月 学校施設における非構造部材の耐震対策の推進に関する調査研究協力者会議）

I 編 学校施設における非構造部材の耐震対策の背景と必要性

- ✓ 近年の大規模地震に加え、東日本大震災でも、多くの学校施設で天井材や窓ガラス、外壁・内壁等様々な非構造部材の被害が発生。生徒が負傷する被害や避難所として使用できない事態も発生。



図：東日本大震災における公立学校施設の非構造部材の被害状況

- ✓ 致命的な被害が起こりやすい屋内運動場等の天井等落下防止対策を先行して検討。25年8月「学校施設における天井等落下防止対策のための手引」を学校設置者に周知し天井撤去を中心とした対策を要請。

II 編 校舎等における非構造部材の耐震対策について

東日本大震災における校舎等の非構造部材被害調査の実施

- ✓ 東日本大震災における非構造部材の被害について、被害の程度や特徴等を把握し被害要因等を分析。

■全数調査・分析（※主な調査結果概要）

（校舎の天井）

- ・天井が脱落した場所の用途は音楽室等特別教室が最も多い。
- ・面積規模が大きい空間の方がより多く脱落しており、建物の最上階に被害が集中。

（屋内運動場の窓ガラス）

- ・窓面が構造体から外側に離れた片持ち構造の屋内運動場で障子（窓枠）ごと脱落した被害が多く発生。構造体の耐震化が図られていても被害は発生。

（屋内運動場の外壁）

- ・変形追従性の低い外壁が使用されるケースが多い建築年代が古い施設で脱落被害が多く発生。

■個別調査・分析（※主な被害例）



大規模空間の天井脱落。段差部分や壁際において天井面の衝突により破損・脱落。



大開口部のはめ殺し窓※の破損。硬化性パテ※の使用により変形に追従できず破損。
※枠材に固定された窓
※弾力性がなく堅い硬化性シーリング材



横連窓が窓枠ごと脱落。構造体から外側に張り出した窓面が上下方向の振動により脱落。



外壁が全面脱落。変形追従性が低い上、経年により取付け部に錆びが発生。

非構造部材の耐震対策手法の検討

■非構造部材の耐震対策に係る基本的な考え方

- 1) 学校施設が備えるべき性能目標として、児童生徒等の安全を確保できるレベルを目指す
- 2) 重大な危害を与える恐れがある非構造部材は、学校設置者が責任をもって専門的な点検を実施
- 3) 老朽改修等と併せた効率的・効果的な対策を実施
- 4) 非構造部材の対策の検討に当たっては、構造体も含め一体的に検討

✓ 被害調査・分析を踏まえ、既存学校施設における対策手法、点検手法を整理。

(主な対策手法)

部材	想定される対策手法
天井の脱落防止対策	特定天井（天井高6m超かつ水平投影面積200㎡超の天井）に該当する既存の大規模な天井は、 <u>建築基準法に基づく技術基準や手引を踏まえた対策が必要</u> 。
大開口部のはめ殺し窓の破損・脱落防止対策	窓ガラスの取付けに硬化性パテを使用しているはめ殺し窓は、 <u>弾性シーリング材への改修等が必要</u> 。アルミサッシ等への改修も有効。
横連窓の破損・脱落防止対策	面内変形に対して十分なクリアランス（隙間）の確保が必要。窓面が構造面から外側に張り出している場合は、 <u>構造面の検討も必要</u> 。
外壁ラスシート等の脱落防止対策	ラスシート等は変形追従性が乏しく重量があるため、 <u>高所に用い続けることは避ける</u> 。外壁がラスシート等で耐震性が不十分な場合は <u>撤去の上、サイディング等の外装材への改修が必要</u> 。

III編 今後の推進方策について

✓ 今後、非構造部材の耐震対策を一層推進していくために必要となる方策を検討。

■既存施設に関する推進方策（国における推進方策のみ抜粋）

- ・ 優先度の明確化と対策の促進（緊急性をもって優先的に対策を講じるべきもの※を明確化）

※落下時により大きな被害が想定され、児童生徒等が日常的に立ち入る場所に設けられているもので、それ自体の耐震対策が実施されていないもの

- ・ 耐震対策の推進に係る予算の確保と積極的な活用の促進
- ・ 非構造部材の耐震化ガイドブック等の改訂
- ・ 技術的な情報提供機能の充実
- ・ 天井落下防止対策に係る判定・審査の機会の充実
- ・ 応急危険度判定に係る環境整備の促進
- ・ 地震災害に対する防災教育の推進

■新築等施設に関する推進方策

- ・ 学校施設整備指針の規定の充実

■地震以外の災害を含めた非構造部材の安全対策の推進

- ・ 地震被害以外の様々な現象等を想定した総合的な安全対策の検討

別冊 学校施設の非構造部材の耐震化ガイドブック等の見直しについて

✓ 東日本大震災における被害等を踏まえ、現行の「学校施設の非構造部材の耐震化ガイドブック」及び「学校施設の非構造部材の耐震対策事例集」の見直しの方向性を整理。

- ・ 学校設置者が責任をもって主体的に点検・対策を実施することをより明確化
- ・ 東日本大震災の被害調査・分析を踏まえて示した対策手法の反映
- ・ 落下時により大きな被害が想定される非構造部材の明確化 など

学校施設における非構造部材の耐震対策の推進に関する調査研究について

平成24年5月23日
文教施設企画部長決定

1 趣旨

近年の大規模地震においては、構造体への被害が軽微な場合でも天井材や外壁材の落下など、いわゆる非構造部材の被害が多く発生しており、東日本大震災でも多くの学校において天井材の落下などの被害が発生し、一部では人的被害が生じるなど、改めて非構造部材の耐震対策の重要性を認識した。

非構造部材の耐震点検・対策については、学校及び学校設置者において速やかに取り組むべきであり、特に致命的な事故が起こりやすい屋内運動場の天井材等の落下防止対策は急務であるが、十分な取組がなされていない状況にある。

こうしたことから、今後の学校施設の非構造部材の耐震点検・対策を推進するために、調査研究を実施する。

2 調査研究事項

- (1) 東日本大震災における屋内運動場の天井材等を中心とする非構造部材の被害状況と課題の整理
- (2) 学校施設における非構造部材の点検・対策の基本的考え方について
- (3) 学校施設における非構造部材の耐震対策の推進方策について
- (4) 非構造部材の耐震対策に係る取組事例等の収集・提供について
- (5) その他

3 実施方法

実施方法

- (1) 別紙1の学識経験者等の協力を得て、2に掲げる事項について調査研究を行う。
- (2) (1)の他、教育に関する政策に係る基礎的な事項の調査および研究の状況を把握するため、別紙2に掲げる特別協力者の参画を得る。
- (3) 必要に応じ、その他の関係者の協力を求めることができる。

4 実施期間

平成24年5月30日から平成26年3月31日までとする。

5 その他

この調査研究に関する庶務は、大臣官房文教施設企画部施設企画課防災推進室において行う。

(別紙1)

学校施設における非構造部材の耐震対策の推進に関する調査研究協力者名簿

氏名	職名
宇留間 雅彦	川崎市教育委員会教育環境整備推進室 建築・保全調整担当課長
○ 岡田 恒男	一般財団法人日本建築防災協会理事長
壁谷澤 寿海	東京大学地震研究所教授
国崎 信江	危機管理教育研究所代表
坂本 功	東京大学名誉教授
清家 剛	東京大学大学院准教授
中埜 良昭	東京大学生産技術研究所長・教授
矢崎 良明	前板橋区立志村第一小学校長 板橋区教育委員会 学校防災・安全教育専門員
山田 哲	東京工業大学建築物理研究センター准教授

(以上9名、五十音順、敬称略)

(主査：○)

(別紙2)

学校施設における非構造部材の耐震対策の推進に関する調査研究特別協力者名簿

氏名	職名
齋藤 福栄	国立教育政策研究所文教施設研究センター長 (以上1名、敬称略)

学校施設における非構造部材の耐震対策の推進に関する調査研究協力者会議
天井落下防止対策等検討ワーキンググループについて

平成24年5月30日
学校施設における非構造部材の耐震対策
の推進に関する調査研究協力者会議決定

1 趣旨

「学校施設における非構造部材の耐震対策の推進に関する調査研究協力者会議」（以下「協力者会議」という。）の下に、更に専門的な検討が必要な天井落下防止対策等の検討を行うため、「天井落下防止対策等検討ワーキンググループ」（以下「ワーキンググループ」という。）を設置する。

ワーキンググループは、検討の経過を協力者会議に報告するものとする。

2 調査研究事項

- (1) 学校施設の屋内運動場等の天井落下防止対策等の検討
- (2) その他

3 実施方法

実施方法

- (1) ワーキンググループに属すべき協力者及び特別協力者は、協力者会議の主査が指名する。
- (2) ワーキンググループに主査を置くこととし、協力者会議の主査が指名する。
- (3) 主査に事故があるときは、ワーキンググループに属する協力者のうちから主査があらかじめ指名する者がその職務を代理する。
- (4) 必要に応じ、その他の関係者の協力を求めることができる。

4 実施期間

平成24年5月30日から平成26年3月31日までとする。

5 その他

この調査研究に関する庶務は、大臣官房文教施設企画部施設企画課防災推進室において行う。

学校施設における非構造部材の耐震対策の推進に関する調査研究協力者会議
天井落下防止対策等検討ワーキンググループ協力者名簿

氏名	職名
伊 山 潤	東京大学大学院准教授
梅 園 雅 一	有限会社万建築設計事務所設計課長
江 口 亨	横浜国立大学准教授
栂 山 健 二	芝浦工業大学教授（平成25年8月6日以降）
楠 浩 一	横浜国立大学准教授（平成25年8月6日以降）
熊 谷 亮 平	東京理科大学講師
佐 藤 考 一	建築環境ワークス協同組合代表理事
○ 清 家 剛※	東京大学大学院准教授
古 内 久	川崎市教育委員会 教育環境整備推進室 施設マネジメント担当課長 （平成25年8月6日以降）
松 本 由 香	横浜国立大学准教授
山 田 哲※	東京工業大学建築物理研究センター准教授

（以上11名、五十音順、敬称略）

（※学校施設における非構造部材の耐震対策の推進に関する調査研究協力者）

（○：主査）

学校施設における非構造部材の耐震対策の推進に関する調査研究協力者会議
天井落下防止対策等検討ワーキンググループ特別協力者名簿

氏名	職名
小 林 正 浩	国立教育政策研究所文教施設研究センター 総括研究官（平成25年3月31日まで）
福 手 孝 人	同 上（平成25年4月1日以降）
脇 山 善 夫	国土交通省国土技術政策総合研究所 総合技術政策研究センター主任研究官

（以上2名、五十音順、敬称略）

学校施設における非構造部材の耐震対策の推進に関する調査研究協力者会議 及び天井落下防止対策等検討ワーキンググループの審議の経過

■第1回協力者会議（平成24年5月30日）

- ・これまでの非構造部材の耐震対策の取組状況等
- ・被害状況についてのヒアリング、自由討議

□第1回天井落下防止対策等検討ワーキンググループ（以下「ワーキンググループ」）（24年6月30日）

- ・関係委員からの被害状況等報告
- ・中間まとめ（骨子案）について

■第2回協力者会議（24年7月6日）

- ・屋内運動場等の天井等の実態調査結果について
- ・有識者からのヒアリング
- ・中間まとめ（骨子案）について

□第2回ワーキンググループ（24年7月26日）

- ・論点整理

□第3回ワーキンググループ（24年7月31日）

- ・中間まとめ（素案）について

□第4回ワーキンググループ（24年8月8日）

- ・中間まとめ（案）について

■第3回協力者会議（24年8月31日）

- ・ワーキンググループにおける検討状況の報告
- ・中間まとめ（案）について

平成24年9月 「学校施設における天井等落下防止対策の推進に向けて（中間まとめ）」の公表

□第5回ワーキンググループ（24年11月7日）

- ・手引きの構成素案について など

□第6回ワーキンググループ（24年11月28日）

- ・総点検用簡易マニュアル（案）について など

□第7回ワーキンググループ（24年12月14日）

- ・総点検用簡易マニュアル素案について など

■第4回協力者会議（24年12月21日）

- ・天井等落下防止対策のための手引（仮称）の検討状況について

□第8回ワーキンググループ（25年1月24日）

- ・天井等落下防止対策のための手引について

□第9回ワーキンググループ（25年2月21日）

- ・学校施設における天井等落下防止対策のための手引について

■第5回協力者会議（25年2月27日）

- ・学校施設における天井等落下防止対策のための手引について

□第10回ワーキンググループ（25年3月18日）

- ・学校施設における天井等落下防止対策のための手引について

■第6回協力者会議（25年3月27日）

- ・学校施設における天井等落下防止対策のための手引について

※平成25年8月、国土交通省において建築基準法に天井脱落対策関連告示（技術基準）の公布（平成26年4月1日施行）

平成25年8月 「学校施設における天井等落下防止対策のための手引」の公表

■第7回協力者会議（25年7月22日）

- ・校舎等の非構造部材に関する調査分析の方向性について

□第11回ワーキンググループ（25年8月6日）

- ・校舎等の非構造部材に関する調査分析の方向性について
- ・屋内運動場等の天井等の対策事例の収集方針について

□第12回ワーキンググループ（25年10月2日）

- ・校舎等の非構造部材に関する調査分析の方法について
- ・屋内運動場等の天井等の落下防止対策の事例集構成

※ワーキンググループメンバーにおいて、個別の被害事例について調査・分析を実施（10月15日、11月12日、11月26日）

※ワーキンググループメンバーにおいて、栗原市（12月4日）、茨城県（12月6日）、郡山市（12月13日）の現地調査を実施し被害状況及び復旧方法等について調査

□第13回ワーキンググループ（25年12月2日）

- ・非構造部材の被害調査・分析の結果について
- ・調査研究報告書（素案）について
- ・屋内運動場等の天井等落下防止対策事例集について

■第9回協力者会議（25年12月16日）

- ・非構造部材の被害調査・分析の検討状況の報告について
- ・調査研究報告書（素案）について
- ・屋内運動場等の天井等落下防止対策事例集（案）について

□第14回ワーキンググループ（26年1月20日）

- ・調査研究報告書（案）について
- ・屋内運動場等の天井等落下防止対策事例集（案）について

■第10回協力者会議（26年2月24日）

- ・調査研究報告書（案）について
- ・屋内運動場等の天井等落下防止対策事例集（案）について

□第15回ワーキンググループ（26年3月7日）

- ・調査研究報告書（案）について
- ・屋内運動場等の天井等落下防止対策事例集（案）について

■第11回協力者会議（26年3月17日）

- ・調査研究報告書（案）について
- ・屋内運動場等の天井等落下防止対策事例集（案）について

平成26年3月 「学校施設における非構造部材の耐震対策の推進に関する調査研究報告書」の公表

＜参考＞用語の定義

本報告書における用語の定義については以下の通りである（一部本文中の脚注と重複しているものがある。）。

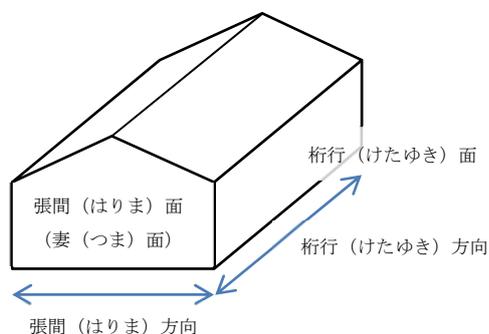
用語	定義
あ行	
Is 値	建築物の構造耐震指標であり、構造体の耐震性能を表す指標。
R S タイプ	下部をRC架構とし上部を鉄骨架構とした構造形式。
RC造	鉄筋コンクリート構造（RCはReinforced-Concreteの略）。
Rタイプ	RC架構の上に鉄骨造の屋根架構を載せた構造形式。
合わせガラス	2枚または数枚の板ガラスの間にポリビニルブチラール樹脂フィルムを中間膜として挟み込んで加熱圧着ではり合わせた安全ガラス。
アンカーピン	外壁等の欠損や浮きの補修を行うために使用される金具。
アンカーボルト	構造物の柱や土台をコンクリート基礎に定着するために基礎に埋め込んで用いるボルト。
ALCパネル	高温高压で蒸気養生した軽量コンクリート製のパネル。
エキスパンション・ジョイント	建物を分割し、地震の揺れ等に対する被害を軽減させるために設ける建物同士の隙間。
S RC造	鉄骨鉄筋コンクリート構造（SRCはsteel reinforced concreteの略）。
S造	鉄骨構造（Sはsteelの略）。
Sタイプ	純鉄骨の構造形式。
<small>おしだしせいけい</small> 押出成形セメント板	無機質繊維、混和剤を混練し中空を有する形に押し出し成形したものを高温高压蒸気養生した板のこと。
か行	
<small>かこう</small> 架構	柱や梁等の部材で構成された骨組。
片引き形式	1枚の戸を1本の溝やレールに沿って引き動かす建具の開閉形式。
<small>かたも ぼり</small> 片持ち梁	水平に持ちだした跳ね出し状の梁。キャンティレバー。
慣性力	物体が現在の状態を維持しようとして生じる力。
強化ガラス	安全ガラスの一つ。板ガラスを加熱した後、空気を全表面に均一に吹き付けて急冷してつくったガラス。衝撃、曲げ、圧縮に強く、割れた際破片が粒状となる。
<small>きりづま</small> 切妻	二つの傾斜面により山形の形状をした屋根。下図参照。
クラック	コンクリート面にできた亀裂、ひび割れ。
クリアランス	隙間。天井と壁等との隙間。サッシとガラスの隙間など。
クリップ	野縁を野縁受けに取り付ける金具。
ケイ酸カルシウム板	消石灰、珪藻土、石綿に水を混ぜて練り合わせてボード状にしたもの。耐火性に優れ比重が軽いため、建築分野では幅広い用途で使われている。

けたゆき 桁行面	小屋梁に直角な面。長方形平面の建物の長手方向の面。下図参照。
硬化性パテ	窓ガラスの固定に硬化性シーリング材を使用したもの。硬化性パテを使用した窓ガラスの場合、ガラスとサッシが硬化接着して、ガラスの移動や回転を妨げられガラスが破損する可能性が高い。
ごうせい 剛性	曲げやねじりの力に対する、変形のしづらさの度合い。
構造体	梁、柱、壁など自重や外力に抵抗する役割を担う建築物の構成要素。
構面	外力に抵抗できるように、部材で組み立てられた平面の骨組。
こしかべ 腰壁	壁の窓台より下の部分、壁の腰の部分。
コンクリートスラブ	床の荷重を支える鉄筋コンクリート造の床。
さ行	
サイディングボード	製品化されたセメントや金属製の乾式外壁板。一般的に変形追従性が高いとされている。
在来天井	野縁、野縁受けで組まれた格子状の天井下地材に石膏ボード等の天井板を張り上げた天井。
じくぐみ 軸組	土台、柱、梁、桁、筋かい等で構成される骨組。それを立面的にみたもの。
地震水平力	建物に水平方向に作用する外力。地震力ともいう。
システム天井	空調や照明等を組み込んで一体化した定型のパネルを、Tバーと呼ばれる軽量形鋼の下地材にのせて構成された天井。
じやくじく 弱軸	部材の断面に関する二つの直交する主軸のうち、断面二次モーメントが小さい方の軸。
じんせい 靱性	材料の粘り強さ。材料の中で亀裂が発生しにくく、かつ伝播しにくい性質。
新耐震基準	昭和56年6月に施行された建築基準法に基づく現行の耐震基準。震度5強程度の中規模の地震動に対して大きな損傷がないものとして設計。また、阪神・淡路大震災クラスの震度6強から7に達する程度の大規模の地震動に対して倒壊などの大きな損傷を防ぎ人命を保護するものとして設計。
水平せん断力	物体内の単位面積の面に平行して作用し、その両側を逆方向にずれさせるように働く力。
スチフナ	鉄骨の座屈を防ぐための補剛材。
せい 成	高さのことで、梁や桁など建築部材の下端から上端の垂直距離をいう。
せっこう 石膏ボード	芯材に石膏を入れ、その両面と側面をボード用紙で被覆した板。耐火・防火・遮音性能をもち、室内の仕上げ下地としてよく使われる。
そうかん 層間変位	地震等の外力を受けて建物が変形する際、層に生じる水平方向のずれ。
層間変位追従性	地震発生時に建物の変形に追従して外壁などが変形する性能。
層間変形	地震等の外力を受けた際の建物の変形（揺れ幅）。
た行	
たてかべ 縦壁挿入筋構法	ALCパネルを外壁の縦壁として取付ける構法。層間変位追従性に乏しく、2002年に廃止され、現在は耐震性のより高いロッキング構法へと全面的に変更されている。

垂れ壁	天井から垂れ下がったような形の壁。
弾性シーリング材	硬化後の力学的性質としてゴム弾性をもつ不定形のシーリング材
長寿命化改修	老朽化した建物について、物理的な不具合を直し建物の耐久性を高めることに加え、建物の機能や性能を現在の学校が求められている水準まで引き上げる改修を行うこと。これにより、建物を将来にわたり長く使い続けることができる。(上記は学校施設の場合の定義)
つな きん 繋ぎ筋	おびきん あぼらきん しゆきん 帯筋や肋筋など、せん断補強のために主筋の周囲に巻き付ける鉄筋のこと。
つ 吊り天井	天井のうち、構造耐力上主要な部分又は支持構造部(以下「構造耐力上主要な部分」という。)から天井面構成部材を吊り材により吊り下げる構造の天井をいう。
つ 吊りボルト	天井材等を支持するために用いられる軸の長いボルト。
とうや 塔屋	階段室、昇降機塔、冷却塔などの屋上に突出した部分。ペントハウス。
トラス構造	外力に対する抵抗が強い三角形の部材を組み合わせた骨組構造。
トリミング	フィルム・シートの両端を切断し、整寸する作業のこと。
な行	
斜め部材	地震の震動により天井に生ずる力を構造耐力上主要な部分等に伝達するために天井面に対して斜めに設ける部材をいう。
のき 軒天井	軒(屋根の端部で外壁から外にもち出された部分)の下面に張った天井。
の ぐち 野縁	天井材を取り付けるための下地材として配置される細長い材。
の ぐち 野縁受け	野縁と直交する野縁の支持部材。
は行	
倍強度ガラス	強化ガラスと同様な処理を行い、表面に圧縮応力を生じさせたガラス。
はめ殺し窓	枠材にガラスをはめ込み固定し、開閉しない窓。
はりま 張間面	小屋梁に平行な面。長方形平面の建物の短手方向の面。妻面。下図参照。
ハンガー	野縁受けと吊りボルトを緊結する金具。
非構造部材	構造設計・構造計算の主な対象となる構造体(骨組み)以外の、天井材、照明器具、窓ガラス、外装材、内装材、設備機器、家具等を指す。
被災度区分判定	地震により被災した建築物を対象に、建築構造技術者がその建築物の内部に立入り、建築物の沈下、傾斜及び構造躯体の損傷状況などを調査することにより、被災度の区分を行うとともに、継続的に使用するための復旧の可否を判定するもの。
ふくしや 輻射暖房	壁・床・天井など躯体の内側に熱を加え、躯体表面から放出する輻射熱による暖房のこと。
フレキシブルボード	繊維強化セメント板の一種で、セメントと補強繊維を原料に高压プレスで成形した部材。防火・防湿性に優れ、軒の天井材などに用いられる。
ブレース構造	建物に加わる水平の力をブレース(筋かい)に負担させる構造。
ま行	
まわ りぐち 回り縁	天井と壁の接する部分に取り付ける化粧部材。
めんがひ 面外変形	平板あるいは曲面板において板面の直交する方向の変形

めんたい 面内変形	平板あるいは曲面板において板面の接線方向の変形
や行	
ゆうこう 有孔ベニヤ板	等間隔に穴を開けて加工した合板。吸音性に優れている。
よこれんぞう 横連窓	方立て（窓枠を支えるために垂直に立てる部材）を立てず横に連ねた窓。
ら行	
ラスシート	亜鉛鉄板の角形波板の上面にメタルラス等のラス下地（モルタルを付着させるために用いる金属）を溶接したもの。主としてモルタル塗の下地として用いる。
ラスモルタル	メタルラス等のラス下地にモルタルで下塗り、または仕上げをしたもの。
ラーメン構造	柱と梁を剛に接合した構造。外力に対して曲げモーメント、せん断力、圧縮軸力及び引張軸力により抵抗する。
ルーバー	薄くて細長い羽根板を平行又は格子状に組み、開口部や照明器具に設けて、視線や風・光の方向を調節するスクリーン。
ロッキング構法	構造躯体の変形に対し、パネルが1枚ごとに微少回転して追従する機構。パネル内部に設置されたアンカーと取付け金物により躯体に取付ける。
ロックウール吸音板	無機質繊維の岩綿（ロックウール）を主原料として板状に成型し、表面仕上げをした内装材で、吸音性・断熱性・防火性などに優れた不燃材。

（張間方向・桁行方向の概念図）



【参考文献等】

「建築大辞典」（第2版）（彰国社）

「建築学用語辞典（第2版）」（日本建築学会編、岩波書店）

「特定天井及び特定天井の構造耐力上安全な構造方法を定める件」（平成25年国土交通省告示第771号）

「地震による落下物や転倒物から子どもたちを守るために～学校施設の非構造部材の耐震化ガイドブック～」

（平成22年3月文部科学省）

「学校施設の長寿命化改修の手引～学校のリニューアルで子供と地域を元気に！～」

（平成26年1月文部科学省）

ほか

<参考> 出典一覧

ページ	図・写真		出典
55	図 36	層間変位追従性が高い取付け例（ロッキング構法）	「入門 ALC パネル 2013 年 6 月改訂版」 (ALC 協会)
55	図 37	ロッキング構法の概念図	「入門 ALC パネル 2013 年 6 月改訂版」 (ALC 協会)
56	図 38	コンクリートブロック壁の配筋例	日本建築学会「壁式構造関係設計規準集・ 同解説（メゾンリー編）」2006 年
57	図 39	鉄筋コンクリート造とブロック帳壁の緊結例 (後積みの場合)	日本建築学会「壁式構造関係設計規準集・ 同解説（メゾンリー編）」2006 年
59	図 41	サッシカバー工法（模式図）	(一社) 日本サッシ協会
62	図 43	層間変位追従性が高い取付け例（ロッキング構法）	「入門 ALC パネル 2013 年 6 月改訂版」 (ALC 協会)
62	図 44	ロッキング構法の概念図	「入門 ALC パネル 2013 年 6 月改訂版」 (ALC 協会)

上記以外の図表・写真は、文部科学省のほか、学校設置者及び協力者会議委員からの提供による。

*この報告書は再生紙を使用しています。