

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

—校舎等における非構造部材の耐震対策の推進について—

(案)

平成 26 年 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

はじめに

- 学校施設は、未来を担う子供たちが集い、いきいきと学び生活する場であり、また、非常災害時には地域住民を受け入れ、避難生活のよりどころとして重要な役割を果たす。だからこそ、学校施設は子供たちを始め、そこに集う人たちの安全と安心を十分に確保したものでなければならない。
- 平成 23 年 3 月に発生した東日本大震災は、広範囲に甚大な被害をもたらした。地震動による建物の被害は、構造体のみならず、天井材や照明器具、内・外装材など非構造部材にまで及び、人命も失われた。学校施設についても多数が被災し、屋内運動場の天井材が全面的に崩落し生徒が負傷するなど人身被害が生じた例もあり、高所からの落下物を防止することの重要性に改めて気づかされた。
- 本協力者会議では、このような問題意識の下、学校施設における非構造部材の耐震対策を一層加速していくための方策等について検討を重ねており、平成 24 年度は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中心に検討を進め、25 年 8 月には「学校施設における天井等落下防止対策のための手引」を策定した。さらに、本年度は校舎等における非構造部材全体を対象を拡大し、その耐震対策について検討を進めてきた。
- 検討に当たっては、東日本大震災における非構造部材の被害状況について全体像を把握するとともに、特に非構造部材の中でも著しい被害があったものに着目し、可能な限り、具体的な被害要因等を分析した。本報告では、これらの分析を踏まえて、既存の学校施設に対し現時点で有効と考えられる対策手法等を提案するとともに、別冊として、対策手法も含めた現行の「学校施設の非構造部材の耐震化ガイドブック」等の見直しの方向性についても提言している。
- 首都直下地震や南海トラフ地震など、大地震発生の切迫性が指摘されている中、建物の構造体のみならず、非構造部材についても一層の対策の推進が求められる。文部科学省においては、速やかに耐震化ガイドブック等の見直しに着手するとともに、各学校設置者においては、本報告及び耐震化ガイドブック等の活用により、非構造部材の耐震対策が一層推進されることを強く願う。
- なお、本報告は小中学校等を中心に記載しているが、ここで示した基本的考え方や対策手法等は、類似の建物を持つ大学や社会教育施設、社会体育施設等の対策を講じる上でも有効であり、各設置者においては、安全性の強化のために本報告を積極的に活用していただきたい。

目次

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

第1章 近年の大規模地震による非構造部材の被害と対応

- 1-1 近年の大規模地震による非構造部材の被害状況 ○
- 1-2 文部科学省等におけるこれまでの対応 ○

第2章 東日本大震災における非構造部材の被害と対応

- 2-1 東日本大震災における非構造部材の被害の概況 ○
 - 2-1-1 校舎の被害の概況 ○
 - 2-1-2 屋内運動場の被害の概況 ○
 - 2-1-3 武道場の被害の概況 ○
- 2-2 文部科学省等におけるこれまでの対応 ○

第3章 東日本大震災における屋内運動場の天井被害調査の実施

- 3-1 屋内運動場における天井の震動被害と構造性能・特性の関係に関する検討 ○
 - 3-1-1 調査方法の概要
 - 3-1-2 天井の震動被害と屋根架構との関係
 - 3-1-3 天井の震動被害と屋内運動場の構造形式との関係
 - 3-1-4 天井の震動被害と建築年代、耐震診断・補強の状況との関係

第4章 屋内運動場等の天井等落下防止対策の推進

- 4-1 天井脱落対策に係る技術基準の制定 ○
- 4-2 「学校施設における天井等落下防止対策のための手引」等の作成 . . . ○
- 4-3 屋内運動場等における天井等落下防止対策の推進の要請 ○

II 編 校舎等における非構造部材の耐震対策について

第1章 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

- 1-1 調査方法の概要 ○
- 1-2 全数調査・分析の実施 ○
- 1-3 個別調査・分析の実施 ○

第2章 被害調査結果

- 2-1 全数調査・分析の結果及び所見 ○
 - 2-1-1 校舎における天井の震動被害と構造性能・特性の関係に関する検討 . ○
 - 2-1-2 屋内運動場における非構造部材の震動被害と構造性能・特性の関係に関する検討 ○
 - 2-1-3 校舎・屋内運動場の被害に関する補足調査・分析 ○

2-2	個別調査・分析の結果（校舎）	○
2-2-1	階高の高い大空間の天井の脱落	○
2-2-2	折れ曲がり天井の脱落	○
2-2-3	システム天井の脱落	○
2-2-4	天井裏の設備等の脱落	○
2-2-5	横連窓の障子ごとの脱落	○
2-2-6	渡り廊下における外壁等の脱落	○
2-2-7	ALC パネルの脱落	○
2-2-8	バルコニー先端の RC 造腰壁の傾斜	○
2-2-9	教室のコンクリートブロック間仕切り壁の倒壊	○
2-2-10	エキスパンション・ジョイントカバーの脱落	○
2-3	個別調査・分析の結果（屋内運動場）	○
2-3-1	大開口部のはめ殺し窓の破損・脱落	○
2-3-2	横連窓の大規模な破損・脱落	○
2-3-3	外壁妻壁のラスシートの全面脱落	○
2-3-4	妻壁の ALC パネルの脱落	○
2-3-5	外装材（フレキシブルボード等）の脱落	○
2-3-6	妻面内壁の大規模脱落	○
2-3-7	内壁モルタルの脱落	○
2-3-8	軒天井の脱落	○

第3章 非構造部材の耐震対策手法の検討

3-1	非構造部材の耐震対策に係る基本的な考え方	○
3-1-1	学校施設の非構造部材が備えるべき性能目標	○
3-1-2	学校設置者による専門的な点検の実施	○
3-1-3	老朽改修等と併せた効率的・効果的な対策の実施	○
3-1-4	構造体との一体的な検討	○
3-2	対策手法を示すに当たっての留意点	○
3-3	既存の校舎における非構造部材の耐震対策手法	○
3-3-1	天井の脱落防止対策	○
3-3-2	天井裏の設備等の脱落防止対策	○
3-3-3	横連窓の障子ごとの脱落防止対策	○
3-3-4	渡り廊下における外壁等の脱落防止対策	○
3-3-5	ALC パネルの脱落防止対策	○
3-3-6	バルコニー先端の RC 造腰壁の傾斜防止対策	○
3-3-7	コンクリートブロック間仕切り壁の落下防止対策	○
3-3-8	エキスパンション・ジョイントカバーの脱落防止対策	○

3-4	既存の屋内運動場における非構造部材の耐震対策手法	○
3-4-1	大開口部のはめ殺し窓の破損・脱落防止対策	○
3-4-2	横連窓の破損・脱落防止対策	○
3-4-3	外壁妻壁のラスシート等の脱落防止対策	○
3-4-4	妻壁のALCパネルの脱落防止対策	○
3-4-5	外装材（フレキシブルボード等）の脱落防止対策	○
3-4-6	妻面内壁の脱落防止対策	○
3-4-7	内壁モルタル・ラスシート等の脱落防止対策	○
3-4-8	軒天井の脱落防止対策	○

Ⅲ編 今後の推進方策について

第1章 既存施設に関する推進方策

1-1	国における推進方策	○
1-1-1	優先度の明確化と対策の促進	○
1-1-2	耐震対策推進に係る予算の確保と積極的な活用の促進	○
1-1-3	非構造部材の耐震化ガイドブック等の改訂	○
1-1-4	技術的な情報提供機能の充実	○
1-1-5	天井落下防止対策に係る判定・審査の仕組みの検討	○
1-1-6	応急危険度判定に係る環境整備の促進	○
1-1-7	地震災害に対する防災教育の推進	○
1-2	学校設置者等における推進方策	○
1-2-1	優先度の検討と対策の実施	○
1-2-2	耐震対策推進に係る予算の確保と積極的な活用	○
1-2-3	技術的な情報提供機能の積極的な活用	○
1-2-4	震災後の余震に備えた緊急点検のための体制整備	○
1-2-5	地震災害に対する防災教育の推進	○

第2章 新築等施設に関する推進方策

2-1	国における推進方策	○
2-2	学校設置者における推進方策	○

第3章 地震以外の災害を含めた非構造部材の安全対策の推進方策

3-1	国における推進方策	○
3-2	学校設置者における推進方策	○

別添	個別調査・分析の調査事例一覧	○
----	----------------	---

参考資料		○
------	--	---

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

第1章 近年の大規模地震による非構造部材の被害と対応

1-1 近年の大規模地震による非構造部材の被害状況

- ・我が国は世界有数の地震国であり、過去にも大きな地震が頻発しており、倒壊、大破など建物構造上の甚大な被害とともに、天井や照明器具等の非構造部材¹の落下や転倒などによる被害も多発している。
- ・近年では兵庫県南部地震（平成7年）を始め、芸予地震（平成13年3月）、新潟県中越地震（平成16年10月）、福岡県西方沖地震（平成17年3月）、新潟県中越沖地震（平成19年7月）などにおいて、非構造部材の落下などによる人身被害等が発生しており、平成17年に発生した宮城県沖を震源とする地震ではスポーツ施設の天井が全面的に崩落し、35名の負傷者を出す大惨事になった。
- ・これらの震災では学校施設においても甚大な被害が発生しており、非構造部材の落下・転倒等の被害により、通常の学校における教育活動はもとより、地域住民の避難所としての使用に耐えない被害により、児童生徒、地域住民に大きな不安を与えた。
- ・非構造部材は、構造体が致命的な被害に至らない場合であっても、落下・転倒等により児童生徒等に多大な障害を与えるおそれがあり、災害時の避難経路確保の観点からも、天井材の落下やガラスの飛散等に対する配慮は重要である。

平成7年 1月	兵庫県南部地震	多くの構造体に被害が発生し、非構造部材も様々な被害が発生。 非住宅で42,000棟超に天井被害。 ⇒「建築物の耐震改修の促進に関する法律」の制定等
13年3月	芸予地震	システム天井及び在来工法による天井の天井材が脱落。 ⇒国土交通省がクリアランスの確保等について通知（技術的助言）
15年9月	十勝沖地震	空港ターミナルロビー上部の在来工法による天井が大面積にわたって脱落。 ⇒国土交通省がクリアランスの確保等に追加して通知（技術的助言）
16年10月	新潟県中越地震	学校施設において天井や外壁等非構造部材の脱落被害。
17年3月	福岡県西方沖地震	市街地のSRC造オフィスで窓ガラスが大量に破損及び落下。 （ほとんどのガラスが硬化性パテ止め）
17年8月	宮城県沖地震	スポーツ施設（温水プール）で天井が大面積で脱落。負傷者35名。 ⇒国土交通省が天井の崩落対策の徹底について通知（技術的助言）
19年7月	新潟県中越沖地震	学校施設を始め、大規模空間における天井が脱落。
20年6月	岩手・宮城内陸地震	建物の構造体の被害報告がほとんどない一方、窓ガラス、外壁、天井等が破損及び脱落。学校の屋内運動場の天井も大面積で脱落。

表1：近年の大規模な地震と非構造部材の主な被害（東日本大震災を除く）

¹ 本報告書において、非構造部材とは、構造設計・構造計算の主な対象となる構造体（骨組み）と区分した天井材、照明器具、窓ガラス、外装材、内装材、設備機器、家具等を指す。



天井材の脱落



照明器具の脱落



ステージ前部の壁の脱落



外装材の損傷



書棚の転倒



窓ガラスの破損

写真1：近年の大規模地震（東日本大震災を除く）による非構造部材の主な被害

1-2 文部科学省等におけるこれまでの対応

- ・平成13年に発生した芸予地震において大空間建築物の天井が落下する被害事例が報告され、国土交通省から技術的助言が示されて以降、文部科学省は、平成14年に日本建築学会に調査研究を委託²し、平成17年には国立教育政策研究所文教施設研究センターにおいて耐震対策事例集を作成³するなど、非構造部材の耐震対策の必要性について周知を図ってきた。
- ・平成22年には、非構造部材の耐震点検・対策の考え方や具体的な点検方法等を示した「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

² 「学校施設の非構造部材等の耐震点検に関する調査研究」（平成14年3月 社団法人日本建築学会文教施設委員会文教施設の耐震性能等に関する調査研究小委員会）

³ 「学校施設における非構造部材等の耐震対策事例集」（平成17年12月 国立教育政策研究所文教施設研究センター「学校施設の耐震化の促進に関する調査研究」研究会報告書）

耐震化ガイドブック～」（以下「耐震化ガイドブック」という。）を作成し、平成 24 年には、耐震化ガイドブックで示した各点検項目に関する既存事例等を収集した「学校施設の非構造部材の耐震対策事例集」（以下「耐震対策事例集」という。）を作成し、学校設置者に対し非構造部材の耐震対策の推進を働きかけてきた。

第 2 章 東日本大震災における非構造部材の被害と対応

2-1 東日本大震災における非構造部材の被害の概況

- ・平成 23 年 3 月に発生した東日本大震災では、多くの建築物において非構造部材の落下等による被害が発生し、中でも、大規模空間を有する建築物の天井については、比較的新しい建築物も含めて脱落する被害が多く見られ、被害件数は 2,000 件以上⁴にのぼると報告されている。
- ・また、国土交通省の調査⁵によると、同震災における非構造部材の落下等により死亡・重傷といった重大な人身被害が発生したのとして、配管・空調機器等の建築設備の落下等では、配管の落下やボイラーの転倒により 2 件 3 名に被害があった。天井の落下については、天井板、鉄骨等の落下により 5 件 6 名、外壁・内壁の落下では、石膏ボード、ALC パネル、モルタル材、土蔵の土壁の落下等により 6 件 6 名、屋根ふき材の落下については、瓦の落下により 2 件 2 名の計 15 件 17 名の人身被害が確認された。このような人身被害に至らなかったものでも、施設の被害は甚大であり、非構造部材の落下等による危険性を改めて認識するに至った。
- ・一方、同震災では、多くの学校施設においても非構造部材の被害が発生した。学校の校舎も多数が被災したが、特に、天井高の高い屋内運動場等の天井材が全面的に落下した事象や部分的に落下した事象など落下被害が多く見られた。これらの中には新耐震基準⁶の施設あるいは構造体の損傷が軽微な場合でも大きな被害が生じたものがあり、天井材等の落下により生徒が負傷する人身被害や、学校施設が避難所として使用できない事態も発生した。
- ・本協力者会議では、同会議の下に天井落下防止対策等検討ワーキンググループ（以下「WG」という。WG 主査：清家剛東京大学大学院准教授）を設置し、文部科学省の平成 23 年度公立学校施設の災害復旧事業計画書等（以下「災害復旧資料」という。）を基に、東日本大震災における非構造部材の被害調査分析を実施した。
- ・以下は調査の概況であり、屋内運動場の天井に関する調査結果の詳細は本編第 3 章に、校舎等における非構造部材に関する調査結果の詳細はⅡ編に記載する。なお、武道場については、屋内運動場における非構造部材に関する調査により傾向を把握できると判断し、概況を把握することとどめ、詳細な調査を省略した。

⁴ （一社）日本建設業連合会からの報告による。

⁵ 非構造部材等の落下等による重大被害の再発防止を図ることを目的に、東日本大震災及びその余震における死亡・重症被害について調査。救急による死亡・重症被害の事案について、特定行政庁の建築物情報や消防署の救助情報など関係部局の情報から被害情報を把握した（平成 25 年 8 月 1 日付け国土交通省報道発表資料）。

⁶ 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。

(調査対象)

- ・災害復旧資料のうち、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学校施設の資料を対象。
- ・校舎の被害については学校単位、屋内運動場及び武道場の被害については棟単位で集計。
- ・対象都県は青森、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。(本編第3章、II編の詳細調査は地域を限定)
- ・校舎の被害については、天井、窓ガラス、外壁、内壁、エキスパンション・ジョイント(以下「EXP. J」という。)を対象。
- ・屋内運動場の被害については、天井、舞台前部の内壁、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)、軒天井を対象。武道場(格技場、卓球場など屋内運動場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、照明器具、軒天井を対象。
- ・災害復旧資料が提出された学校で津波被害を受けていない学校は1,895校ある。調査対象とした校舎は、そのうち何らかの非構造部材の被害が確認された1,560校である。また、屋内運動場は、その1,560校の中で存在が確認された1,553棟を対象とした。なお、武道場は非構造部材に被害が認められた100棟を対象とした。

2-1-1 校舎の被害の概況

- ・校舎における非構造部材の被害の概況について図1に示す。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り、普通教室や特別教室、職員室、廊下などで発生している。ガラスの割れは236件で見られた。外壁の被害630件のうち、一部脱落被害が21件、それ以外はクラックが生じた被害である。内壁被害は821件であり、その大部分がクラックの発生であるが、破損・脱落32件のうち12件はコンクリートブロック壁の脱落によるものであった。EXP. Jの被害は806件あった。

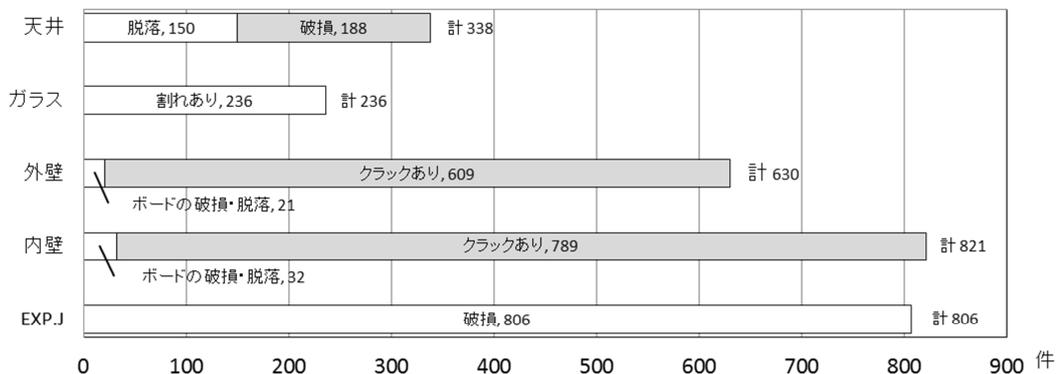


図1 校舎における非構造部材の被害

2-1-2 屋内運動場の被害の概況

- ・屋内運動場における非構造部材の被害の概況について図2に示す。天井⁷被害は152件であり、全面脱落が25件、一部脱落が88件、破損が39件である。人身被害につながるおそれのある全面脱落及び一部脱落を合わせると113件であり、天井被害の約74%を占める。
- ・アリーナの照明の脱落被害は72件で見られた。
- ・運動器具の本体の脱落は見られなかったが、一部で破損や部品等の脱落が見られた。
- ・ガラス被害は220件で見られ、うち可動サッシでのガラスの割れが142件と最も多く、障子ごと脱落した被害も34件で見られた。
- ・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。
- ・屋内運動場の舞台前部の壁は脱落すると人身被害につながる危険性があり、過去の地震でも脱落していることが報告されている。今回、舞台前部の壁の脱落は破損を含めた被害37件中14件と、過去の地震に比べて少ない割合であった。
- ・その他の内壁でも52件で脱落が見られ、舞台前部の壁と合わせると66件で内壁の脱落が見られた。
- ・軒天井については79件で脱落していた。

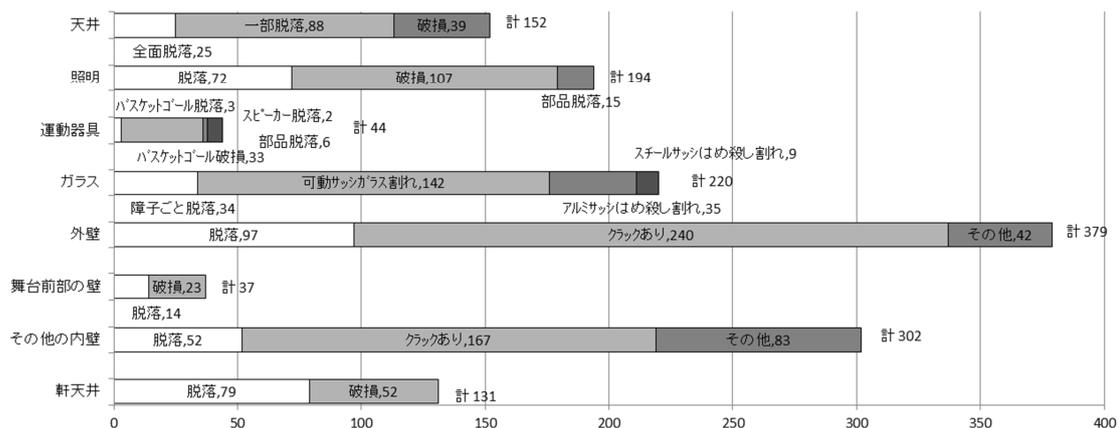


図2 屋内運動場における非構造部材の被害

2-1-3 武道場の被害の概況

- ・武道場における非構造部材の被害の概況を図3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。人身被害につながるおそれのある全面脱落及び一部脱落を合わせると39件であり、天井被害の約68%を占める。武道場は内装を和の趣の仕上げにすることが多く、屋内運動場と比べて天井を設けている傾向があるが、高さが6mを下回るものでも脱落している。
- ・その他、照明が20件、窓ガラスが16件、外壁が18件、内壁が14件の被害となっており、天井の被害が最も多いことが特徴である。

⁷ 本調査における「天井」は吊り天井を指し、直天井や野地板のみの場合は「天井なし」とした。また、本調査における天井は屋内運動場のアリーナの天井のみを対象としている。

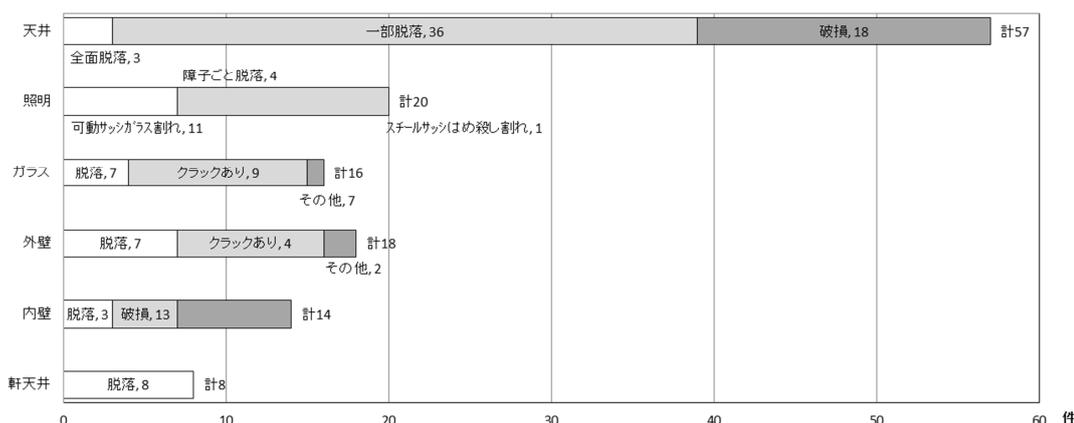


図3 武道場における非構造部材の被害

2-2 文部科学省等におけるこれまでの対応

- ・文部科学省では、東日本大震災の被害を踏まえて有識者会議を開催し、平成23年7月に「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」とする緊急提言を取りまとめた。その中で、構造体の耐震化だけでなく、非構造部材の耐震対策も速やかに実施する必要があること、特に、致命的な被害が起こりやすい屋内運動場の天井材、照明器具等の落下防止対策を進める必要があること等を提言した。また、こうした提言も踏まえ、平成24年度には、非構造部材の耐震対策や避難所としての防災機能強化などの財政支援制度を新たに設けるなど、学校設置者における取組を支援してきた。
- ・さらに、学校施設における非構造部材の耐震対策を一層加速していくための方策等について検討するため、平成24年5月に本協力者会議を立ち上げ、順次、検討の成果を取りまとめてきたところである（本編第4章4-2参照）。
- ・一方で、平成25年4月現在、公立小中学校における非構造部材の耐震対策実施率（人に重大な被害を与える恐れがある箇所について、耐震対策を実施しているかを調査）は60.2%⁸と、構造体の耐震化⁹と比べ非構造部材の耐震対策の取組は遅れている状況であり、これまでの震災による被害等を教訓に、学校設置者の取組をより一層推進していくことが必要である。

⁸ 調査対象は学校施設の非構造部材（天井材・照明器具・窓ガラス・外装材・内装材・設備機器・家具等）全体から、屋内運動場・武道場・講堂及び屋内プールの吊り天井・照明器具・バスケットゴールを除いたもの（これらについては別項目で調査）。

⁹ 公立学校施設の耐震化率（平成25年4月現在）は、小中学校88.9%、幼稚園79.4%、高等学校86.2%、特別支援学校94.6%となっており、このうち、公立小中学校については、平成26年度予算案執行後は約96%まで進捗する見込み。国立学校施設の耐震化率（平成25年5月現在）は91.5%となっており、平成26年度予算案執行後は約96%まで進捗する見込み。私立学校施設の耐震化率は、幼稚園から高等学校の耐震化率（平成25年4月現在）が77.9%、大学等の耐震化率（平成25年5月現在）が83.7%となっている。

第3章 東日本大震災における屋内運動場の天井被害調査の実施

- ・本協力者会議では、平成24年5月に会議を開催して以降、非構造部材のうち、致命的な被害が起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してきた。本章及び次章では、非構造部材のうち、屋内運動場等の天井等に関する検討を示す。

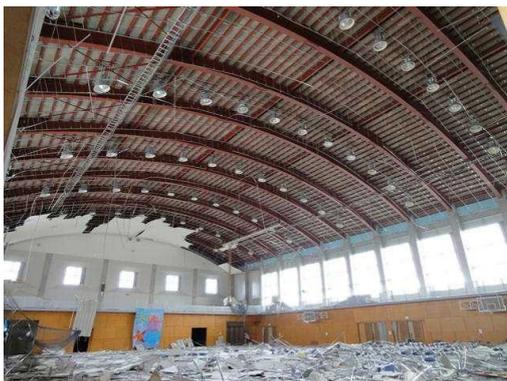
3-1 屋内運動場における天井の震動被害と構造性能・特性に関する検討

3-1-1 調査方法の概要

- ・本編第2章と同様の災害復旧資料を活用し、屋内運動場における非構造部材の震動被害について、構造性能・特性との関係に着目し整理分析を行った。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、非構造部材の耐震対策を考える上で重要な課題の一つである。
- ・調査対象として、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（以下「調査対象5県」という。）に限定し、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¹⁰1,538棟を対象に、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、建築年代などとの関係を調査した。本章では、天井被害について記載することとし、天井以外の窓ガラス、外壁、内壁の調査結果については、Ⅱ編第2章にその詳細を記載する。

(天井被害の分類)

- ・災害復旧資料において、上記の屋内運動場のうち、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165棟について、天井被害の程度に応じ、「全面脱落」、「一部脱落」、「破損」の3分類に区分した上、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」¹¹として加えた。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2に示す。



(1) 全面脱落の例



(2) 一部脱落の例

写真2 天井の震動被害の例

¹⁰ 調査対象は屋根架構が鉄骨造の屋内運動場とし、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は除く。

¹¹ 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。

3-1-2 天井の震動被害と屋根架構との関係

- ・天井の震動被害と張間のスパンとの関係を図4に示す。張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。また、屋根架構の立体形状を表す指標であるライズスパン比¹²と天井の震動被害との関係などについても分析を試みたが、本文では省略する。（参考資料3 2.2 参照）
- ・屋根架構の形状がわかったもののうち、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5に示す。屋根架構に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脱落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、耐震上不利な条件¹³と対応している。

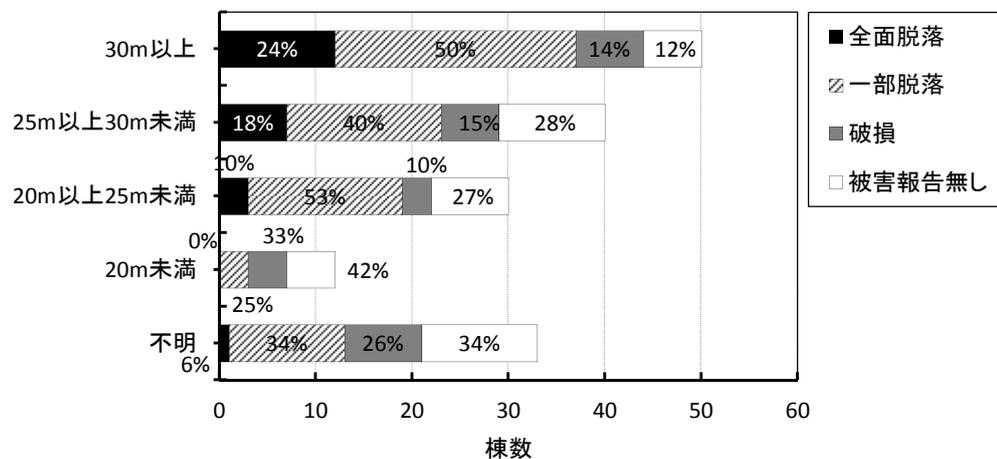


図4 天井の震動被害と張間のスパンとの関係

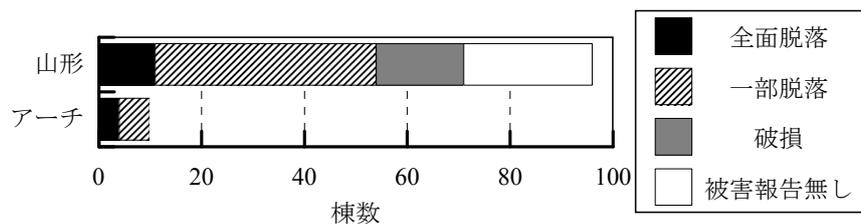


図5 天井の震動被害と屋根の架構形状との関係

3-1-3 天井の震動被害と屋内運動場の構造形式との関係

- ・図6に示すように、屋内運動場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

¹² 屋根架構の立体形状を表す指標であり、屋根架構のライズ (R) の張間スパン (L) に対する比率 (R/L) を指す。(参考3 2.2 図3 参照)

¹³ 吊り長さが異なる場合、地震時に有害な応力集中が生じるおそれがあることから、建築物における天井脱落対策に係る技術基準 (本書 p. 15 第4章 4-1 参照) では、吊り長さをおおむね均一とすることを求めている。

根架構を載せた「Rタイプ」に分類し、これに上部は鉄骨造であるが下部の構造が確認できなかった「S若しくはRS」を合わせ、天井の震動被害と構造形式との関係を図7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、幾つかの分析を試みたが、規模・形状と構造形式には明白な関係は見られなかった。また、屋根架構と下部RC架構の接合方式、定着部（接合部）における被害などとの関係についても分析したところ、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ことがわかった。（参考資料3 2.3参照）

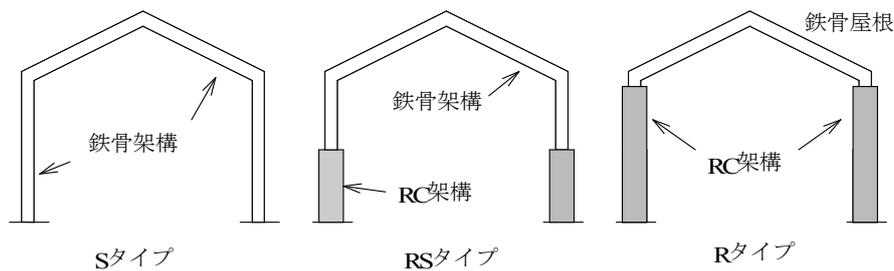


図6 屋内運動場の構造形式

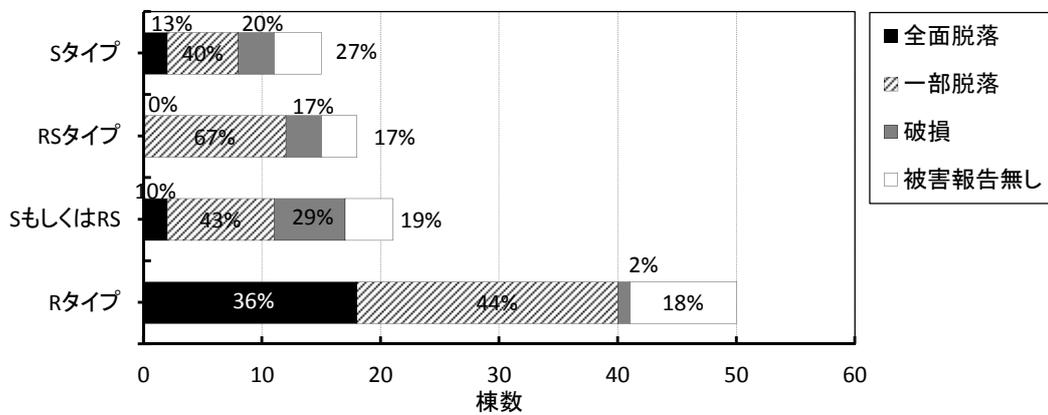


図7 天井の震動被害と屋内運動場の構造形式との関係

3-1-4 天井の震動被害と建築年代、耐震診断・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施設（以下「新耐震」という。）、②耐震補強工事が施されている施設（以下「補強済み」という。）、③耐震診断の結果Is値¹⁴が0.7以上であると判定された施設（以下「補強不要」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Is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施

¹⁴ 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。Is値が大きいほど耐震性が高い。国土交通省の告示では、Is値0.6以上を地震に対して倒壊又は崩壊する危険性が低いものとしているが、文部科学省では、地震時の児童生徒の安全性、避難所としての機能性を考慮し、耐震補強後のIs値が0.7を超えることを求めている。

設(以下「未対応」という。), ⑤災害復旧資料からは建築年代や耐震診断・補強の実施状況が不明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施設(以下「不明」という。), の5つのグループに分類した。更に新耐震の施設については, 2001年以降に建てられた施設, 1991年から2000年の間に建てられた施設, 1982年から1990年の間に建てられた施設に細かく分類した。

- ・分類の結果, 新耐震が108棟と, 天井の設置が確認された165棟の2/3程度を占めており, このうち2001年以降の施設が22棟, 1991年から2000年の施設が42棟, 1982年から1990年の施設が44棟であった。また, 補強済みは21棟, 補強不要は7棟, 未対応は24棟, 不明は3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8に示す。天井の被害の程度については, 比較的新しい1991年以降の施設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含まれる未対応の施設を含めて, 天井の被害の程度には大きな違いは見られない。言い換えれば, 建築年代が新しい施設でも, 新耐震あるいは耐震補強済みの施設であっても, 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, 天井の耐震対策を急ぐ必要がある。

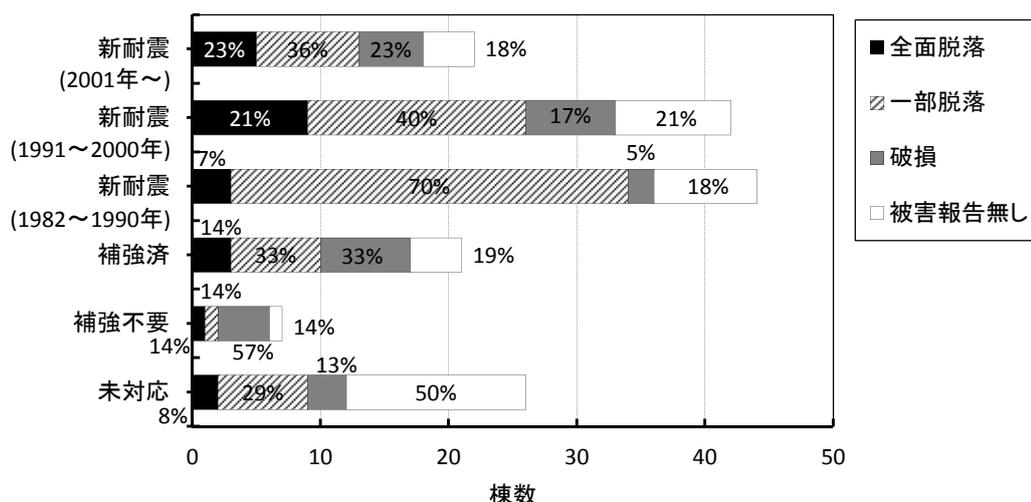


図8 天井の震動被害と建築年代, 診断・補強の状況との関係

- ・このほか, 被災度区分判定¹⁵の結果から, 構造が受けた震動被害との関係についても分析したが, 構造の被害の大小に関わらず, 天井は大きな被害を受けていることがわかった。(参考資料3 2.5 参照)

¹⁵ 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, 傾斜及び構造区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要否を判定するもの。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

第4章 屋内運動場等の天井等落下防止対策の推進

4-1 天井脱落対策に係る技術基準の制定

- ・東日本大震災において、多数の建築物で天井が脱落し、かつてない規模で甚大な被害が生じたことを踏まえ、国土交通省では、地震時等における天井脱落への対策を強化することを趣旨とし、建築基準法施行令の一部を改正する政令（平成25年政令第217号）を平成25年7月に、同政令に基づく天井脱落対策関連告示（以下「技術基準」という。）を同年8月に公布し、同年9月には、技術基準に伴う解説書及び設計例を作成し公表した。平成26年4月には、技術基準が施行され、建築物を建築する際には当該基準への適合が義務づけられることとなる。

「建築基準法施行令の一部を改正する政令について」（平成26年4月施行）

http://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/build/jutakukentiku_house_fr_000053.html

「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10月）

<http://www.seinokyo.jp/tenjou/top/>

4-2 「学校施設における天井等落下防止対策のための手引」等の作成

- ・本協力者会議では、こうした技術基準の検討を踏まえ、非構造部材の耐震対策のうち、天井高の高い屋内運動場等の天井等については、落下した場合に致命的な被害につながるおそれ大きいこと等、被害の影響度等を十分に考慮し、緊急性をもって優先的に対策を講じる必要があるという視点に立ち、平成24年5月より、屋内運動場等の天井等落下防止対策を中心に検討を進め、同年9月には「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）を取りまとめ、既存の屋内運動場等における天井等の総点検と落下防止対策の速やかな実施を求めるとともに、対策を推進するために国及び学校設置者等において講ずべき方策等について提言した。
- ・同中間まとめでは、各学校設置者が所管する学校施設の総点検及び対策を円滑に推進できるよう、天井等落下防止対策の具体的な手順等を示した手引の策定を求めており、本協力者会議における議論を踏まえ、平成25年8月、文部科学省は「学校施設における天井等落下防止対策のための手引」（以下「手引」という。）を作成・公表した。
- ・同手引は、既存の屋内運動場等の吊り天井等について、点検と対策の手順や内容等をわかりやすく解説したものであり、
 - 対策工事の要否を迅速かつ効率的に判断するため、詳細な実地診断等を行わずとも、対策の検討に着手できるフローチャートを提示したこと、
 - ①天井撤去、②補強による耐震化、③撤去及び再設置、④落下防止ネット等の設置といった手法を示しつつ、確実な安全確保方策として「天井撤去を中心とした対策の検討」を促したものであることなどを特長としている。

「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）（平成24年9月）

http://www-mext-go-jp/b_menu/shingi/chousa/shisetu/025/toushin/1325217-htm

「学校施設における天井等落下防止対策のための手引」（平成25年8月）

http://www-mext-go-jp/b_menu/houdou/25/08/1338394-htm

学校施設における天井等落下防止対策のための手引（概要）

平成25年8月 文部科学省

■背景

- ・東日本大震災では、非構造部材で甚大な被害が生じ、学校の屋内運動場等の天井材が全面落下した事象等が多数発生。
- ・平成24年5月以降、有識者会議*で屋内運動場等の天井等の落下防止対策を中心に検討。同年9月、全国の学校設置者に対し天井等の総点検及び対策を要請。
- ・国土交通省において、建築基準法施行令等を改正し、吊り天井に関する技術基準を制定（平成25年8月公布、26年4月施行）。



*「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」（主催：岡田恒男 日本建築防災協会理事長）

「技術基準」を踏まえ、既存の屋内運動場等の吊り天井等について、点検と対策の手順や内容等をわかりやすく解説した手引を作成。

■主な内容

第1章 屋内運動場等における天井等落下防止対策の考え方

- ・致命的な事故が起こりやすい屋内運動場等の天井等は緊急性をもって優先的に対策を実施。
- ・構造体の耐震化が図られている施設であっても天井等の落下防止対策が必要。

第2章 天井等総点検用マニュアル

☆対策工事の要否を迅速かつ効率的に判断するため、詳細な実地診断等を行わずとも対策の検討に着手できるフローチャートを提示

第1節 天井の耐震点検と対策の実施

○天井の耐震点検から対策の実施までの手順を5つのステップに分けて解説。

（天井の耐震性に関する基本項目）

- ・壁際のクリアランス（隙間）の有無
- ・天井の耐震措置に関する特記事項の有無
- ・斜め部材の有無
- ・屋根形状と天井形状の比較による吊り長さの違い

➡ 外観からの目視等により
大半が点検可能

○①天井撤去、②補強による耐震化、③撤去及び再設置、④落下防止ネット等の設置という手法を示しつつ、確実な安全確保方策として「天井撤去を中心とした対策の検討」を要請。

○天井撤去と併せて断熱・吸音等の工夫を施したケーススタディも提示。



天井撤去後の屋根面に吹付け材を塗布し断熱性能等を確保



第2節 照明器具・バスケットゴール等の取付部分との耐震点検と対策の実施

第3節 関連する構造体の耐震点検と対策の実施

- ・第2節、第3節の耐震点検と対策は、吊り天井の有無にかかわらず実施する。

第3章 震災後の余震に備えた屋内運動場等の天井等の緊急点検チェックリストの活用

○二次災害防止の観点等から震災後の余震に備えた緊急点検チェックリストを提示。

図9 「学校施設における天井等落下防止対策のための手引」（概要）