

## 参 考 资 料

## ( 参考資料目次 )

1. 中間まとめ概要	2 1
2. 東日本大震災における学校施設等の被害状況の概要	2 2
(別添) 文教施設の耐震性能等に関する調査研究報告諸(平成23年度概要版)	2 5
3. 学校施設の屋内運動場等の天井等に関する実態調査結果(抜粋)	2 7
4. 「建築物における天井脱落対策試案」について(国土交通省)	3 1
(別添) 天井脱落対策に係る技術基準原案	3 3
5. 屋内運動場等の天井の分類と構成例	4 4
6. 関連データ等	
・非常災害時の応急避難場所となる学校施設	4 5
・学校施設の耐震化の状況	
公立学校施設	4 6
国立学校施設	4 7
私立学校施設	4 8
・非構造部材の耐震対策の状況	4 9
・非構造部材の耐震点検・対策が進まない理由	5 0
・教育委員会における施設担当技術職員の数	5 1
・建築基準法の関連規定等	5 2
・学校保健安全法に基づく学校施設・設備の安全点検	
「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	5 3
・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	5 5
国立学校施設	5 6
私立学校施設	5 7
その他の交付金制度(国土交通省関係)	5 8
・「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～(概要)	5 9
・「学校施設の非構造部材の耐震対策事例集」(概要)	5 9
・被災文教施設の応急危険度判定制度について	6 0
7. 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	6 1
天井落下防止対策等検討ワーキンググループについて	6 3
8. 本調査研究協力者会議の審議の経過	6 5

# 学校施設における天井等落下防止対策の推進に向けて (中間まとめ概要)

平成24年9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」(主査:岡田恒男 一般財団法人日本建築防災協会理事長)において、国土交通省の天井脱落対策に関する基準適合義務付けの検討等を踏まえ、本年度は致命的な事故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。

## 1. 東日本大震災における学校施設の被害状況等

- ・非構造部材の耐震対策実施率は約3割に留まり、対策が遅れている状況。
- ・東日本大震災では多くの学校施設で非構造部材の被害が発生。天井被害は全面落下や余震により落下範囲が拡大した事象などが発生。



## 2. 学校施設が備えるべき耐震性能の考え方

- ・大地震動後でも重度の損傷や大規模な落下等による被害を起こさない。
- ・児童生徒の安全確保、応急避難場所として利用可能、地震後の教育活動の速やかな回復を図る。
- ・非構造部材については、これまでの知見を生かし適切な対策を施すことで、必要となる性能を確保。

## 3. 屋内運動場等の天井等落下防止対策の必要性と基本的な考え方

- ・屋内運動場等の天井等落下防止対策の必要性
- ・学校設置者による主体的な対策の実施
- ・対策を進める上での各種環境条件に関する総合的な検討
- ・屋内運動場の構造特性と天井等の挙動
- ・構造体と非構造部材の一体的な検討

## 4. 屋内運動場等の天井等落下防止のための緊急に講ずべき措置

### ○総点検の実施

- ・屋内運動場等の天井等について、緊急性に鑑み、耐震補強等の有無など具体的な対策状況の総点検を実施。その他の非構造部材の点検についても速やかに実施。
- ・図面診断と実地診断による診断フローチャートを活用し、迅速・効率的な点検を実施。
- ・点検結果等を踏まえ、施設の危険度・対策優先度を総合的に判断。

### ○天井等落下防止対策の実施

- ・耐震化ガイドブックに加え、国土交通省が示した天井脱落対策に係る技術基準原案も参考に、①天井撤去、②天井の補強による耐震化、③天井の撤去及び再設置、④落下防止ネット等の設置のいずれかの対策を実施。
- ・構造体の耐震補強や、鉄骨屋根定着部コンクリートの破壊・落下防止対策、水平ブレースの耐震対策など、関連する構造体の対策についても検討。

### ○天井等落下防止対策とあわせて緊急に講ずべき措置

- ・余震に備えた緊急点検のための体制整備、地震災害に対する防災教育の推進。

## 5. 天井等落下防止対策を推進するための方策

- ・天井等落下防止対策の手引きの作成、従来のガイドブック等の見直し
- ・耐震対策推進に必要な施設整備予算の確保
- ・専門家による相談窓口の設置、専門的技術者の派遣の仕組みの検討等
- ・非構造部材の地震被害メカニズムに係る調査研究の推進

## 東日本大震災における学校施設等の被害状況の概要

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において、関係委員から報告された東日本大震災の被害状況の概要のうち、関係部分を抜粋した。(被害状況は、構造及び天井等の震動被害に整理し、津波による被害は含んでいない)

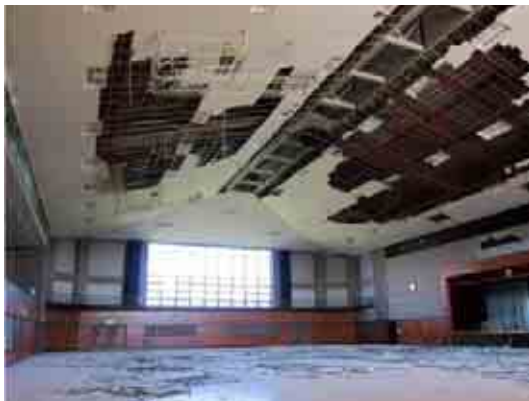
### 1. 建築性能基準推進協会における被害状況調査の報告

#### (調査の概要)

- ・ 国土交通省の建築基準整備促進事業として、建築性能基準推進協会では「地震による天井脱落対策に関する検討委員会」及び各種WGを設置し、天井地震被害調査等を実施。
- ・ 同協会から(社)日本建設業連合会にアンケート調査を依頼し、天井について顕著な被害が見られた建築物211件について集計。うち、体育館は9件(4.3%)。

#### (天井等の震動被害)

- ・ 現地被害調査では、平天井の端部、天井の中央部分での脱落のほか、段差部・折れ曲がり部分や、設備機器との取り合い部での脱落も多く見られた。
- ・ 斜めの天井での被害事例があり、水平方向だけでなく上下方向の震動も影響。
- ・ アンケート調査の回答で在来工法で顕著に見られた被害は、野縁と野縁受けを接合するクリップの外れ、野縁から仕上げ材のみが脱落、野縁受けと吊りボルトを接合するハンガーの開き・破断・外れ、斜め部材の溶接の外れなど。
- ・ 今回の被害では、振れ止めやクリアランスなど対策を講じていても被害が生じた事例あり。



天井の中央部分での脱落



斜め部材の溶接が外れた被害



H形鋼梁への吊り金具が外れた被害



野縁受けの接合箇所(金具接合)の外れ

※上記は本調査研究協力者会議において清家委員から報告された内容を基にワーキンググループでまとめた。



## 2. 国土技術政策総合研究所等における被害状況調査の報告

### (調査の概要)

- ・ 国土交通省国土技術政策総合研究所及び独立行政法人建築研究所で連携し調査を実施。
- ・ 鉄骨造建築物の被害調査で、茨城県の県立高校、水戸市の小中学校の体育館 89 棟を調査。
- ・ 調査した体育館について被災度区分判定を行い、設計基準との関係等を分析。

### (構造の震動被害)

- ・ 鉛直ブレース材の座屈、破断と接合部の破断、RC造柱とS造屋根の定着部のコンクリートの剥離、屋根面水平ブレースのたわみ、座屈、破断などの被害を確認。

### (天井等の震動被害)

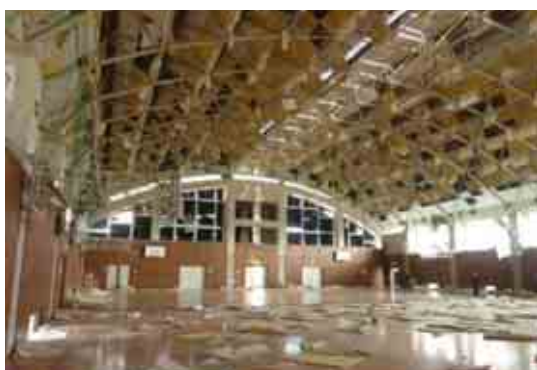
- ・ 天井、照明の脱落、内外壁の脱落、軒天の脱落、窓ガラスの破損等を確認。
- ・ 被害を受けた体育館の天井は木下地天井、在来工法による天井、システム天井等様々。
- ・ 木下地天井の被害は、構造体に大きな損傷が確認されたものにおいて、天井板・下地ともに全面脱落した事例や、天井端部の損傷に留まる事例も確認。
- ・ 在来工法による天井の被害は、天井板・下地落下、天井端部等損傷などを確認。天井板と下地がともに脱落した比較的程度の大きな被害事例では屋根ブレースの破断を確認。
- ・ システム天井の被害は、天井板・下地ともに脱落した事例、天井板が全面脱落した事例などを確認。
- ・ 勾配部分を在来工法による天井、水平部分を波形で重量のある鋼板を用いた天井とした事例で、程度の大きな脱落被害を確認。
- ・ 木下地天井や在来工法による天井は、構造骨組の被害との間に明確な相関は確認できなかった。システム天井は、構造骨組の被災度区分が大きくなるに従って天井の被害程度が大きくなる傾向を確認。
- ・ 天井被害について、旧基準と現行基準に被害棟数の傾向に大きな差はないが、比較的大きな被害の割合は現行基準の方がやや多い。Is 値が比較的大きくても非構造の被害が大い場合があった。



木下地による天井の地震被害



在来工法による天井の地震被害



システム天井の地震被害



システム天井の地震被害

※上記は本ワーキンググループにおいて、脇山委員から報告された内容を基にまとめた。

### 3. 日本建築学会における被害状況調査の報告 (学会の調査報告概要は別添を参照)

#### (調査の概要)

- ・ 日本建築学会では文部科学省の委託で被災文教施設の被災度区分判定・被害調査を実施。
- ・ 調査した鉄骨造建物216棟のうち、屋内運動場・格技場は全体の7割の147棟。

#### (構造の震動被害)

- ・ 診断あるいは補強未対応の建物では大破の割合が多い。一方、新耐震基準の建物、耐震補強済みの建物等では小破程度の被害が多いが、一部で大破・中破の被害あり。
- ・ 大破被害は、ピンとして設計された柱脚の破壊や、RC造柱とS造屋根の定着部の破壊、変形能力が保証されていないターンバックルブレースの破壊など。
- ・ 天井の水平ブレースは地震により伸びてきかなくなった時の構面はばらばらに動き、層間変形も増大。本震後も屋内運動場を継続使用する際は屋根構面の構造体も課題。

#### (天井等の震動被害)

- ・ 天井の脱落被害のほか、外壁・内装の全面的な剥離など、非構造部材に大きな被害が発生。
- ・ アリーナ部に天井が吊られていた13棟のうち6棟で全面・大部分の天井が落下、3棟で一部破損の被害。被害が見られなかった4棟のうち2棟は規模の小さい格技場。
- ・ 耐震対策をした天井裏の水平ブレースや定着部に被害が生じている例あり、天井により内部の損傷が見えなくなり危険。



ターンバックルブレースねじ部での早期破断



保有耐力接合されていないブレース端接合部の破断



柱脚アンカーボルトのねじ部破断



鉄骨屋根定着部コンクリートの破壊



水平ブレースの歪み



屋根定着部アンカーの破断

※上記は本ワーキンググループにおいて、山田委員から報告された内容を基にまとめた。

## 文教施設の耐震性能等に関する調査研究報告書（平成23年度概要版）

平成24年3月  
日本建築学会  
文教施設委員会  
耐震性能等小委員会

### I 平成23年度調査研究の概要

平成23年3月に発生した東日本大震災では、地震や津波により甚大な被害がみられ、文教施設の構造体や非構造部材にも多大な被害が発生した。本調査研究の目的は、東日本大震災による文教施設の被害を調査し、被害原因を明らかにして、今後の耐震設計法及び既存施設の耐震性能評価法、補強方法等を考察することである。

このため、本調査研究では文教施設の被災度判定と被害調査を実施した上で、文教施設の被害概要、推定される被害原因及び今後の当面の対応を検討し、今般、中間的な整理をするに至った。

### II 調査結果の概要

調査対象は、今回地震により比較的大きな被害を受けた建物で、地方公共団体から被災度判定と復旧計画について確認と指導の依頼があった公立学校、私立学校、公立社会教育施設などの建物計778棟である。

#### 1 鉄筋コンクリート造建物（主に校舎）

- (1) 倒壊・大破等の被害により改築が必要な建物、中破・小破の被害により継続使用ができない建物がみられた。これらの多くは昭和56年以前に建設された建物で、特に深刻な被害は、昭和46年以前の建設で耐震補強が未了の建物である。構造被害の大部分は柱のせん断破壊及び軸崩壊であり、柱のせん断補強筋の不足、短柱への地震力の集中、大スパンによる高軸力、下階壁抜け柱への変動軸力などにより生じたと推定される。また、地盤、地形効果による過大な入力地震動で被害が増大したと推定される例もあった。
- (2) 昭和57年以降の建物、耐震診断で補強不要と判定された建物で、倒壊・大破したものはないが、継続使用に支障をきたす中破程度の被害は少数みられた。現行の耐震診断・補強は安全性の確保（倒壊防止）を目標としており、特に靱性型建物では過大な応答変形により損傷が生じる場合もあるためである。
- (3) 鉄骨造、木造との混合構造において接合部コンクリート部分の破壊、崩落が散見された。
- (4) 耐震補強済みの建物では、補強の有効性が確認された一方で、補強部材が平面的・立面的に偏って配置された場合など、部分的に被害を受けた例もわずかにみられた。
- (5) 天井材の落下など非構造部材の破壊により、継続使用ができない建物が数多くみられた。このような被害は新耐震基準以降の比較的新しい建物にもみられた。

## 2 鉄骨造建築物（主に屋内運動場）

- (1) 昭和56年以前の建物で補強されていない耐震性がない建物では、鉛直ブレースもしくは鉛直ブレース端接合部、柱脚、鉄骨屋根とRC架構の定着部の損傷などにより、大破・中破に区分される大きな被害が多く発生した。昭和56年以前の建物では、ブレース端接合部が保有耐力接合となっていない場合が多いことが原因の一つである。
- (2) 昭和57年以降の建物でも、柱脚アンカーボルト、ターンバックルブレースの早期破断などにより、大破・中破に区分される被害を受けた建物が10棟程度あった。柱脚の損傷は、平成8年以前におけるピンと仮定した設計が原因の一つである。また、使用鋼材の靱性不足も原因の一つである。伸び能力が保証されたターンバックルブレースやアンカーボルトの普及は平成12年頃以降であり、それ以前のもの軸部が塑性化する前にねじ部で早期に破断する場合がある。
- (3) 昭和56年以前の建物で耐震診断の結果耐震性があると判定された建物および補強された建物においても大破・中破に区分される被害が発生したが、調査建物に占める被災度の割合では昭和57年以降に建てられた建物と同程度であった。大きな被害を受けた建物で支配的な損傷部位となった箇所は、鉛直ブレースもしくは鉛直ブレース端接合部、柱脚、鉄骨屋根とRC架構の定着部であった。建築当時から使用されていた鋼材の靱性不足が原因の一つである。
- (4) 屋根構面の水平ブレースにおいて、破断や大きな伸びといった機能を損なう被害が発生した。塑性化を許容する部位ではあるが、地震時に発生する変形までは設計で検討されていないこと、平成12年頃までは伸び能力が保証されたターンバックルブレースが使われていなかったことが原因の一つであると推定される。
- (5) 鉄骨屋根定着部においてコンクリートが破壊し、落下する被害が発生している。設計での想定よりも大きな変形や応力が発生したことにより被害が発生したと推定される。また、設計に関する知見の周知が不十分であったことも被害原因の一つであると推定される。
- (6) 天井の落下や外壁の剥離、窓枠の剥離脱落など、非構造部材にも多くの被害が発生した。大変形に追従できない取付方法や応答変形・加速度が正しく予測されていないことが原因の一つであると推定される。



# 学校施設の屋内運動場等の天井等に関する実態調査結果(抜粋)

国立教育政策研究所文教施設研究センターまとめ

## 1)調査目的

学校施設の屋内運動場等の天井等に関する実態を把握し、今後の検討の活用資する基礎資料とする。

※学校施設:本調査では、小中学校の施設をいう(中等教育学校は前期を含む)

※屋内運動場等:アリーナ等の大空間(広さ概ね500㎡以上)を有する建築物 例:屋内運動場、武道場、屋内プール、講堂等(校舎を除く)

※天井等:天井のほか、照明設備やバスケットゴールをいう。

## 2)調査方法

本調査は平成24年6月に18都道府県の各域内において、特に調査対象の学校の多い5市町の教育委員会に依頼し、同年5月現在の実態を調査した。(調査期間6月4日～19日)

※平成17年度に国土交通省が実施した「大規模空間を持つ建築物の天井の崩落対策に関する調査」の結果、「つり天井」を有する500㎡以上の大規模空間を持つ建築物の数が多かった都道府県(岩手県、宮城県、福島県を除く)について地域性を考慮し抽出。(北海道、青森県、山形県、茨城県、千葉県、東京都、富山県、石川県、長野県、愛知県、京都府、大阪府、兵庫県、広島県、山口県、香川県、福岡県、熊本県)

## 3)調査結果の概要

18都道府県83市町より回答を得た(回答率92%)

調査対象小中学校数:3,566校、500㎡以上のアリーナ等の大空間を持つ施設の数:688施設

### 屋内運動場の標準的な架構種別

(参考)

標準的な架構種別の内容を以下に示す。

S1 :純鉄骨造・1層

RS2a:2層で上層部が鉄骨造・下層部が鉄骨鉄筋コンクリート造

RS2b:2層で上層部が鉄骨造・下層部が鉄筋コンクリート造

RS1a:はり・床スラブがなく1層とみなせ、鉄骨柱は基礎まで通っており、鉄筋コンクリートで寝巻してある。

RS1b:RS1aと同様であるが、ギャラリーがある。

RS1c:RS1aと同様であるが、鉄骨柱が基礎まで通っており、鉄骨コンクリート部材と接合されている。

R1 :鉄筋コンクリート造の上に鉄骨はり・屋根がのっている。

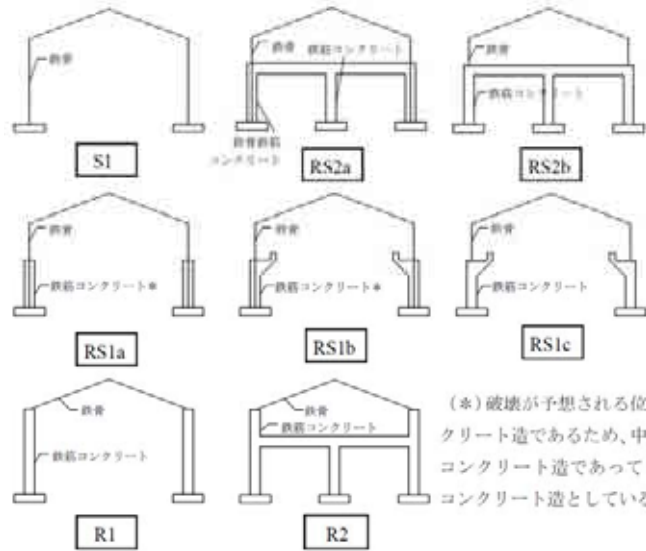
R2 :2層の鉄筋コンクリート造の上に鉄骨はり・屋根がのっている。

「屋内運動場等の耐震性能診断基準」より

注:下のグラフ(構造種別)では、

以下のように集計している。

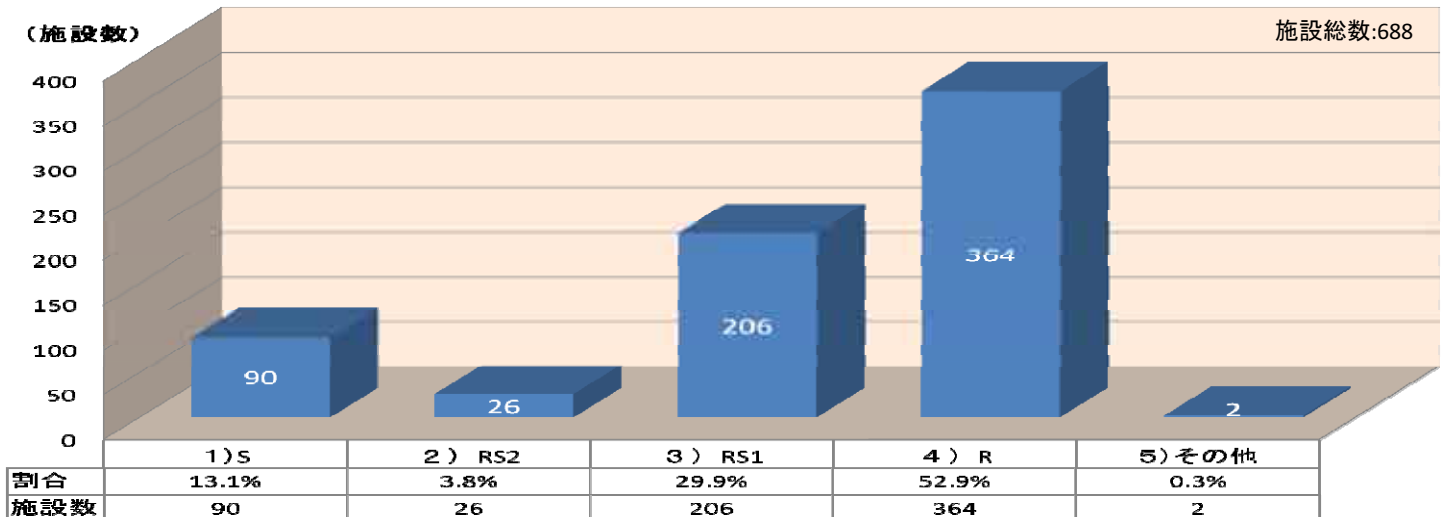
S1 → S  
RS2a, RS2b → RS2  
RS1a, RS1b, RS1c → RS1  
R1, R2 → R



(\*)破壊が予想される位置では鉄筋コンクリート造であるため、中間部で鉄骨鉄筋コンクリート造であってもここでは鉄筋コンクリート造としている。

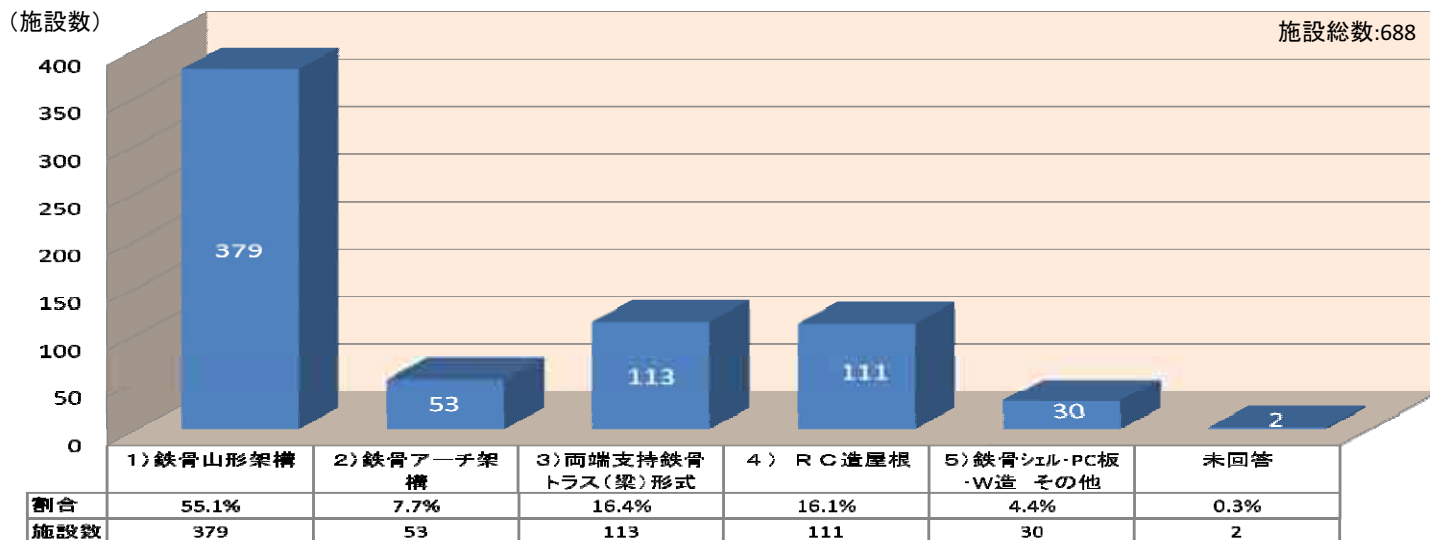
### 架構種別

柱頭部まで鉄筋コンクリート造の施設は5割強、上層部が鉄骨造・下層部が鉄筋コンクリート造の施設は約3割、純鉄骨造の施設は1割強を占めている。



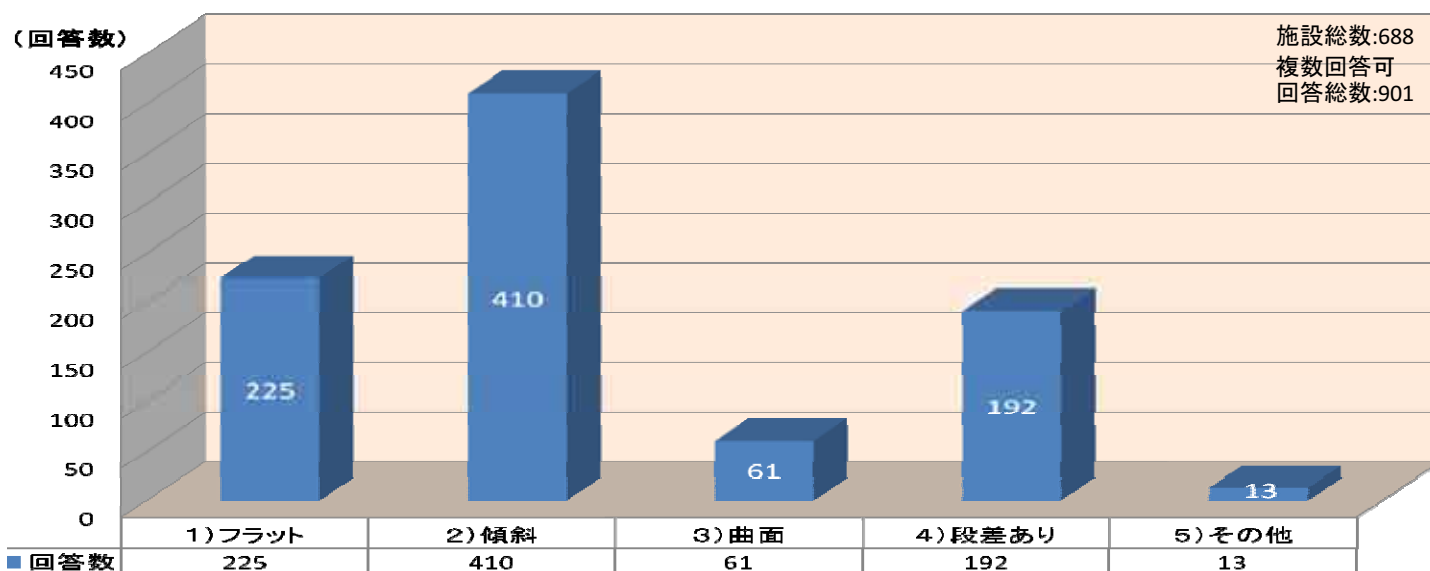
## 屋根構面の形態

鉄骨山形架構の施設は6割弱、両端支持鉄骨トラス梁形式の施設は2割弱、RC造屋根の施設は2割弱を占めている。 ※RC造屋根には上層にプールや教室等施設があるものを含む。



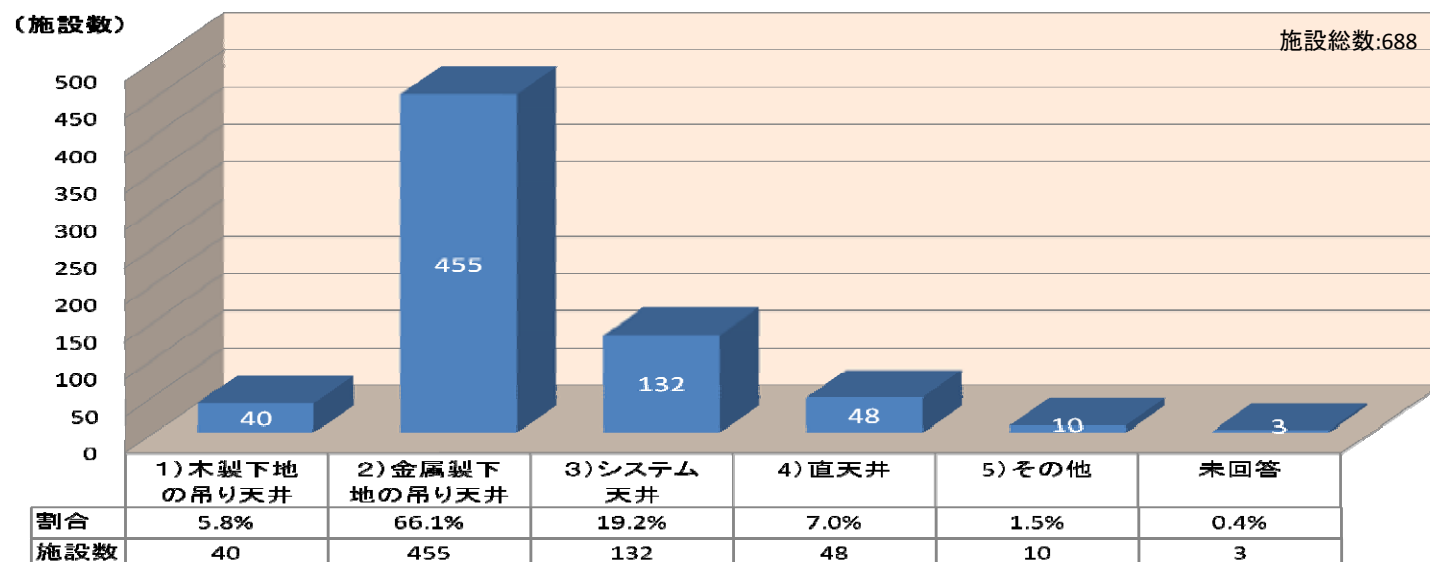
## 天井の形状

天井が傾斜して設置されている施設が施設総数の6割(410/688)を占めている。



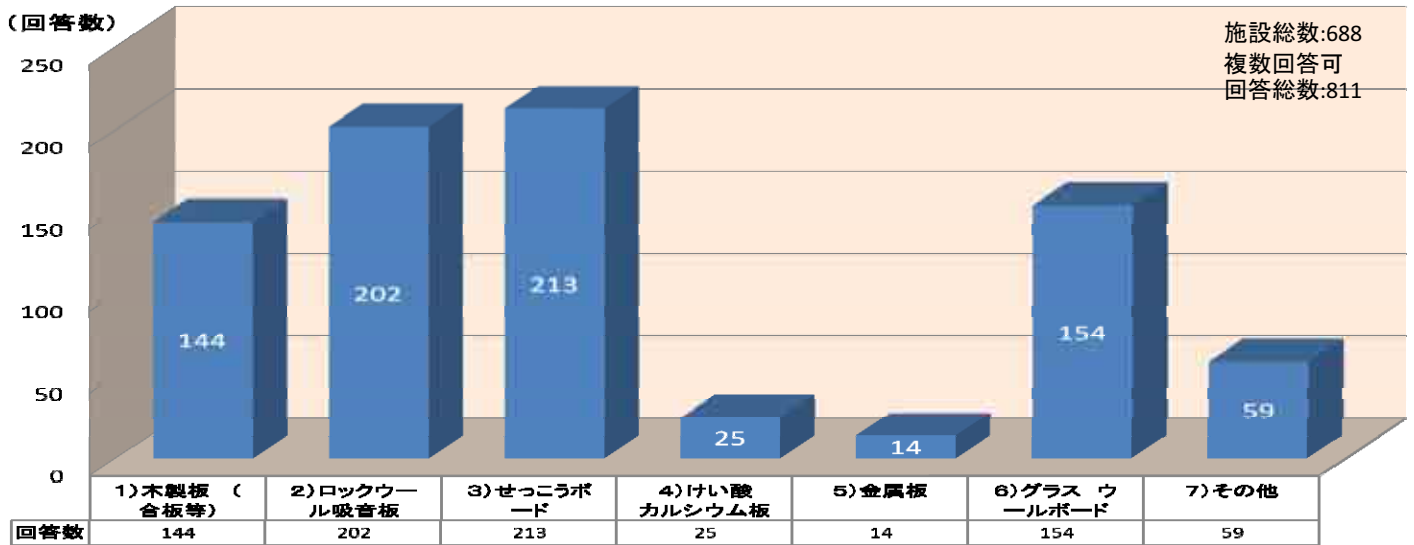
## 天井下地

金属製下地の吊り天井の施設が7割弱を占めている。



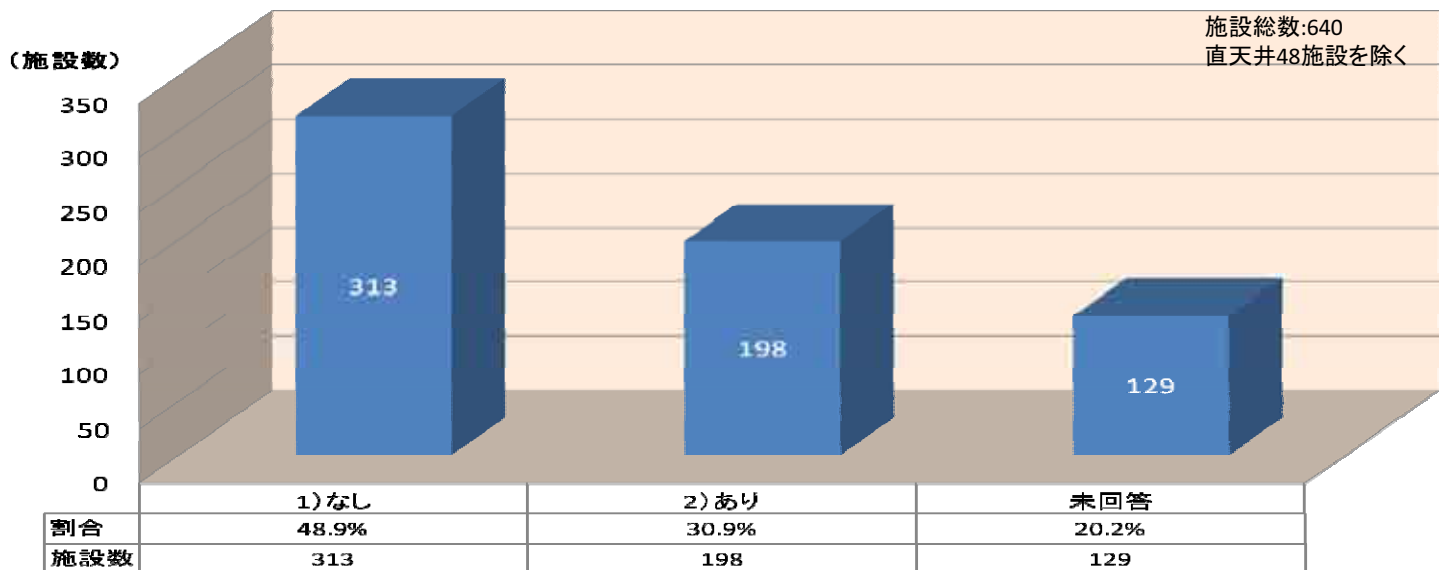
## 天井仕上げ材料

対象施設の約3割はロックウール吸音板(202/688)やせっこうボード(213/688)を、2割強がグラスウールボード(144/688)を使用している。



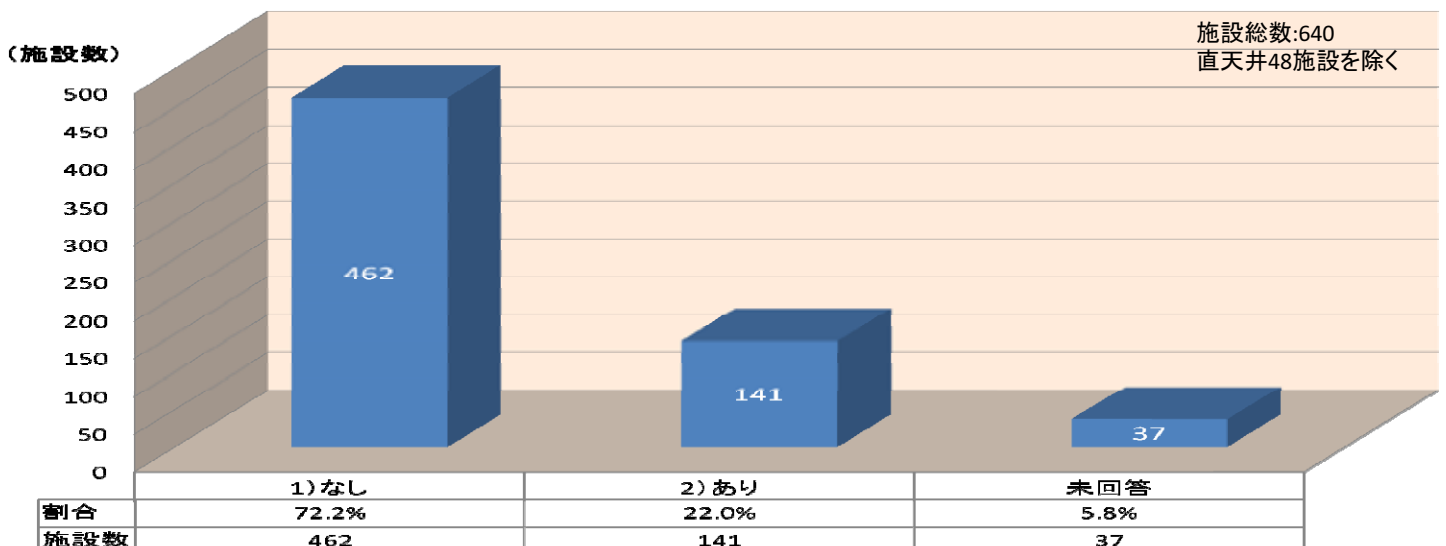
## 天井振れ止めの有無

天井振れ止め「なし」と回答した施設は5割弱を占めている。



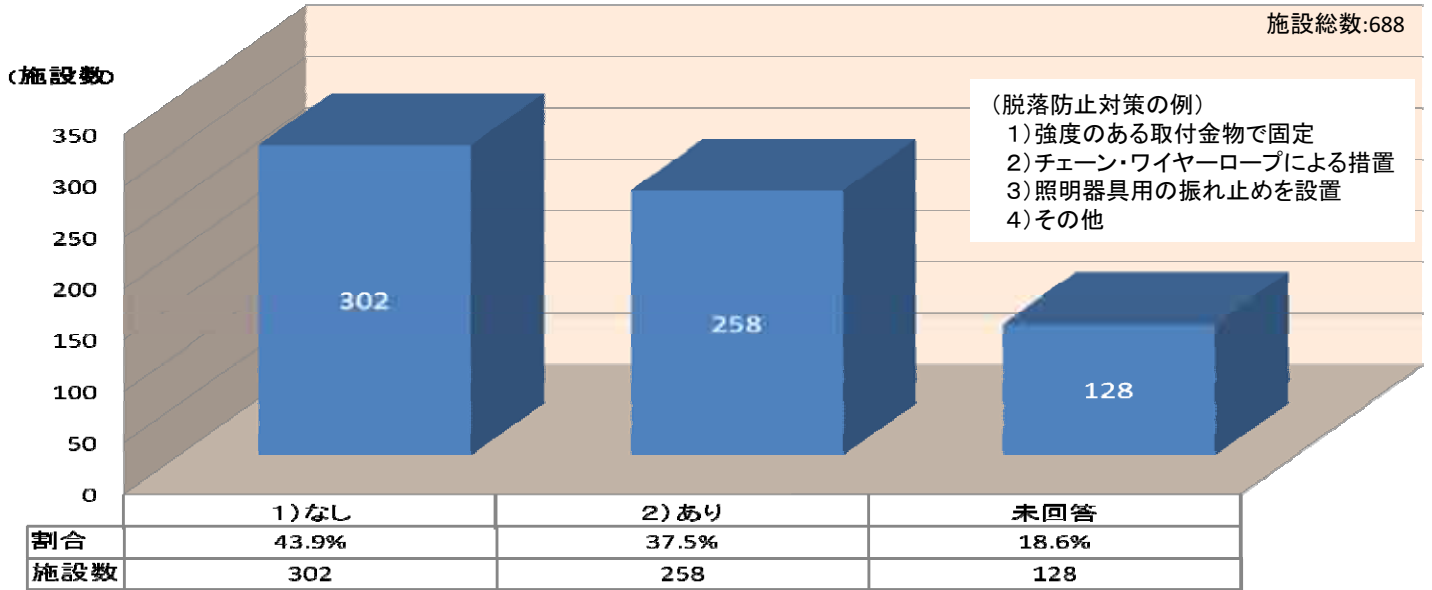
## 天井と周囲の壁とのクリアランスの有無

天井と周囲の壁とのクリアランスを「なし」と回答した施設は7割強を占めている。



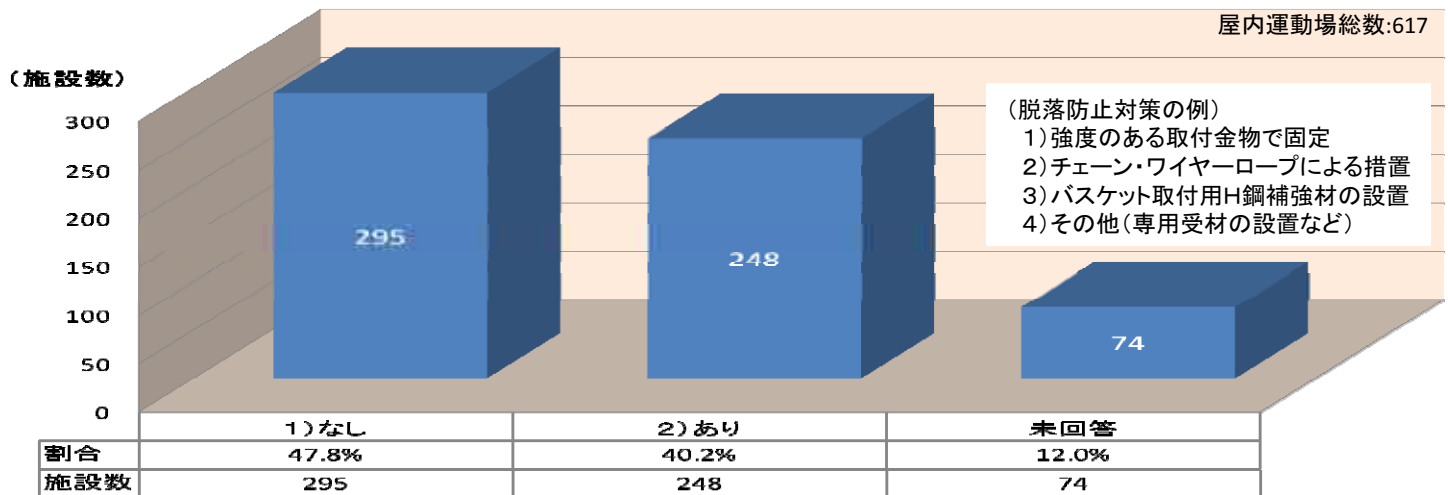
## 照明器具の脱落防止対策の有無

対策「あり」と答えた施設は4割弱を占めている。



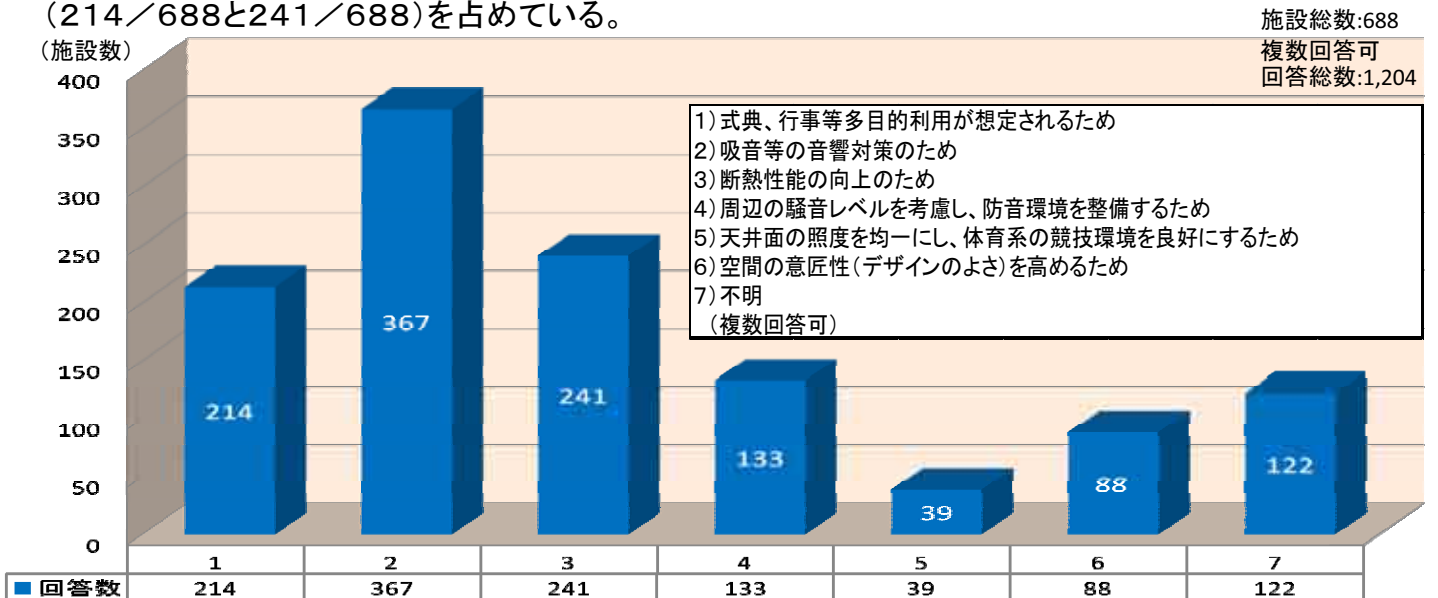
## バスケットゴールの脱落防止対策の有無

対策「あり」と答えた施設は屋内運動場総数に対して4割を占めている。



## 天井を設けた理由

音響対策が施設総数の5割強(367/688)、行事等の多目的利用と断熱対策がそれぞれ3割強(214/688と241/688)を占めている。





# 「建築物における天井脱落対策試案」について

(国土交通省パブリックコメント資料より)

## ■建築基準法の天井脱落に係る規定

- 建築基準法では、天井について、風圧並びに地震その他の震動及び衝撃によって脱落しないようにしなければならない旨規定【建築基準法施行令第39条】



## ■建築基準法に基づく天井脱落対策の規制強化

天井脱落対策について、「天井脱落対策に係る技術基準原案」をもとに基準を定め、建築基準法に基づき、新築建築物等への適合を義務付け

対象：6m以上の高さにある200㎡以上の吊り天井

基準：吊りボルト等を増やす、接合金物の強度を上げるなど  
又は、ネットの設置などによる落下防止措置

## ■既存建築物への対応

- 防災拠点施設など特に早急に改善すべき建築物\*について改修を行政指導

\* ア. 災害応急対策の実施拠点となる庁舎、避難場所に指定されている体育館等の防災拠点施設

イ. 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

- 定期報告制度の活用による状況把握

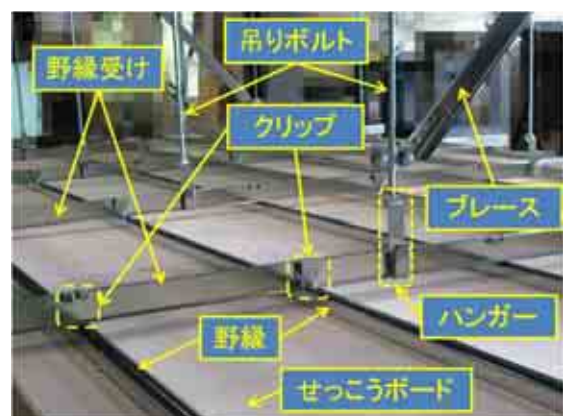
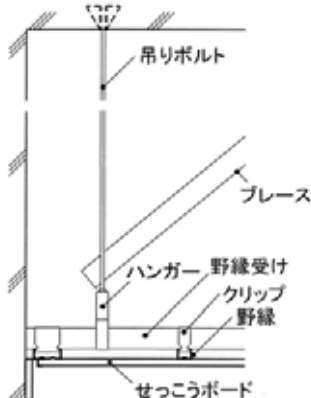
- 社会資本整備総合交付金の活用による改修費用への支援

## 【天井脱落対策に係る技術基準原案】

### ○現状と、天井脱落対策に係る技術基準原案の比較例

	現状	見直し後
クリップ、ハンガー等の接合金物	引っ掛け式等で地震時に滑ったり外れるおそれ	ねじ留め等により緊結
吊りボルト、ブレース等の配置	設計により様々	密に配置 (吊りボルト 1本/㎡ 強化したブレース 1対/15㎡)
設計用地震力(水平方向)	実態上1G程度	最大2.2G

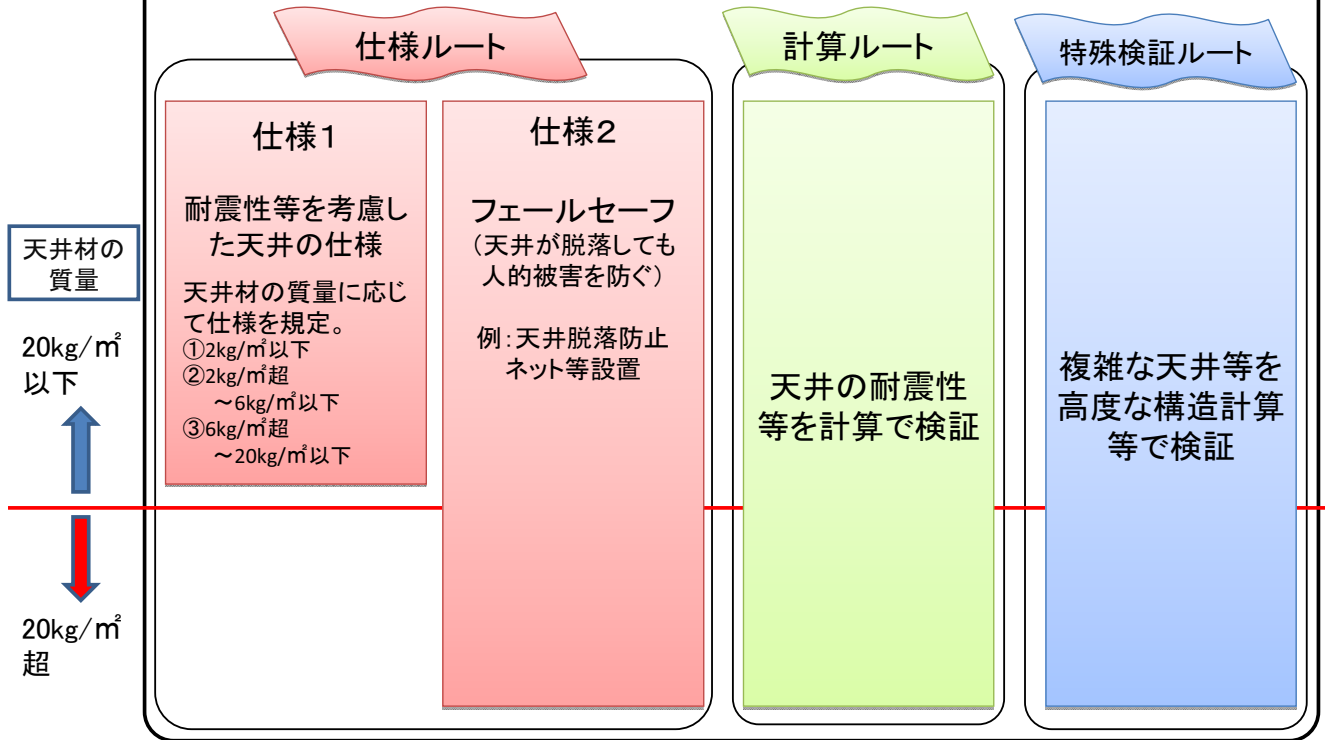
### ○現状の在来工法による天井の構成例



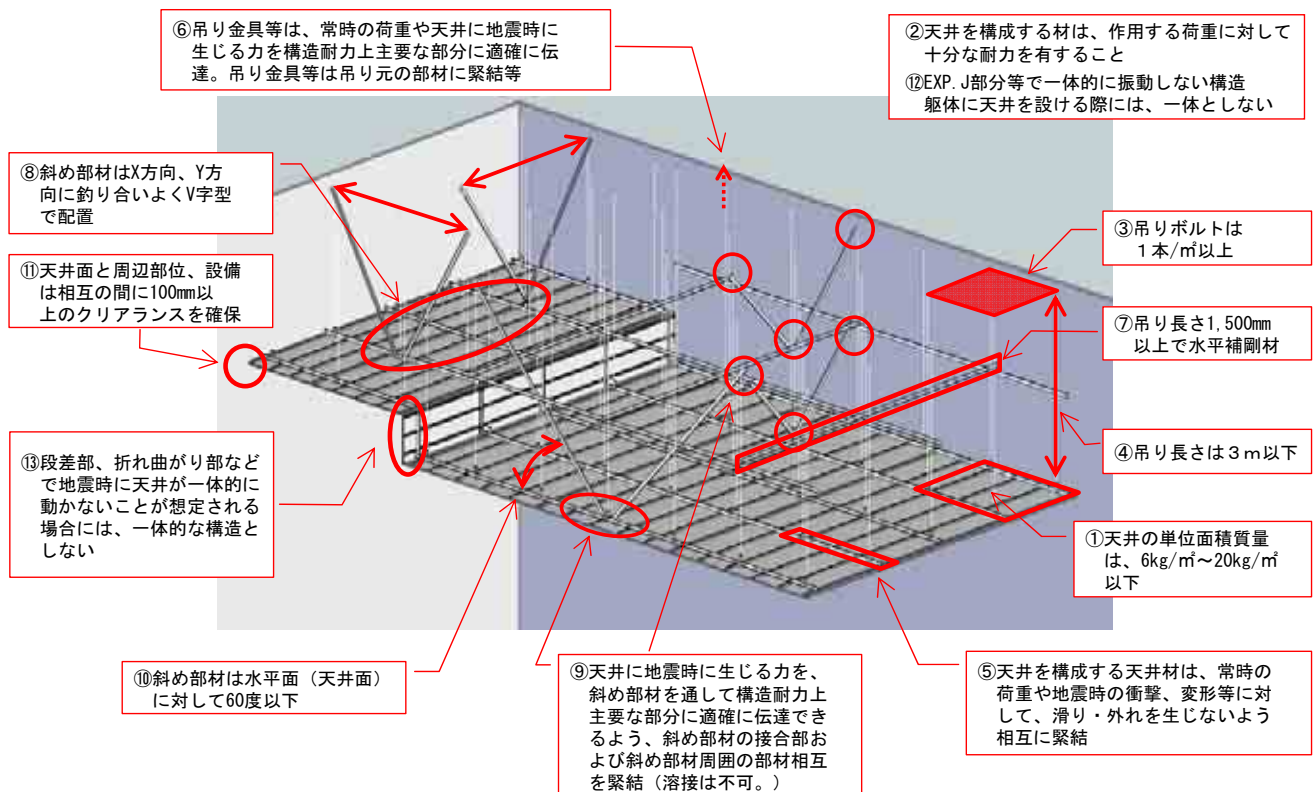
## 【天井脱落対策に係る技術基準原案（検証ルート）】

脱落対策の規制の対象となる天井  
〔 6m以上の高さにある200㎡以上の吊り天井 〕

○以下のいずれかのルートを適用し検証。



## 【天井脱落防止に係る技術基準原案の概要（仕様ルート、6kg～20kg/㎡の場合）】



## 天井脱落対策に係る技術基準原案

### (1) 天井の脱落対策の適用範囲について

#### (1-1) 天井の種類

この技術基準原案の対象となる天井は、応答倍率が大きく、脱落し人に危害を及ぼすような吊り天井とし、応答倍率のごく小さい天井（直天井等）は対象としない。

#### (1-2) 天井の設置状態

天井の脱落対策の対象は、6 m以上の高さにある200 m<sup>2</sup>以上の天井とする。考え方は、以下の通り。

- ① 天井が施工されている室の天井のうち、要件に該当するものを対象とする。
- ② 床面から天井面までの高さが6m以上の部分（A）がある。
- ③ （A）の部分が、一続きに200 m<sup>2</sup>以上ある。
- ④ ③の一続きとは、一体となっている場合だけでなく、一連の天井とみなされる場合を含む。
- ⑤ 高さの要件（6m以上）は、床から天井面までの鉛直の長さとする。斜めの床、天井の場合も同様。
- ⑥ 面積の要件（200 m<sup>2</sup>以上）は、天井面の水平投影面積とする。

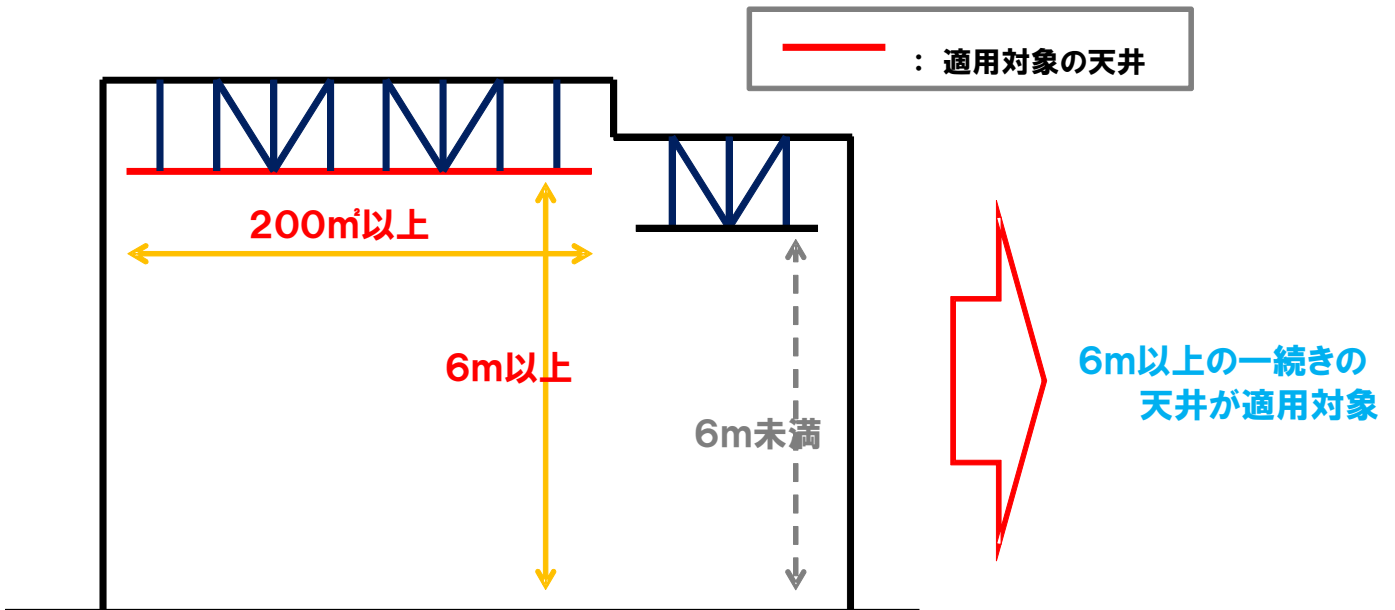


図1 天井の脱落対策の適用範囲について

※図1のほか、天井の形状による適用範囲については、12 ページ以降に示す。

(本中間まとめの参考資料からは省略)

## (2) 天井の脱落対策の適用方法について

脱落対策の方法については、耐震性等（常時及び地震時に脱落しない又は脱落により人的被害を生じないための性能をいう。以下同じ。）を考慮した天井の仕様を定める方法（仕様ルート）、天井の耐震性等を計算で検証する方法（計算ルート）、その他高度な計算などの特別な手段によって天井の耐震性等を検証する方法（特殊検証ルート）を設定する。

- 仕様ルートとしては、耐震性等を考慮した天井の仕様として、仕様1と仕様2を設定し、どちらか一方に適合することとする。
  - ▶ 仕様1として、 $2\text{kg}/\text{m}^2$ 以下の天井、 $2\text{kg}/\text{m}^2$ 超～ $6\text{kg}/\text{m}^2$ 以下の天井、 $6\text{kg}/\text{m}^2$ 超～ $20\text{kg}/\text{m}^2$ 以下の天井それぞれについて、その天井質量に応じた耐震性等を考慮した天井の仕様を設定する。
  - ▶ 仕様2として、天井が脱落しても人的被害を防ぐフェールセーフ機能を付加した仕様を設定する。
- 計算ルートとしては、一続きの天井が一質点系にモデル化できる天井（水平で面内剛性があるもの等）について、耐震性等を計算で検証する方法を設定する。  
仕様1・仕様2を適用しない場合や、構造躯体に高度な構造計算（限界耐力計算）が適用される場合は、本ルートで耐震性等を検証することを想定している。
- 特殊検証ルートとしては、時刻歴応答解析等高度な計算などの特別な手段によって天井の耐震性等を検証する方法を設定する。  
仕様1・仕様2・計算ルートを適用しない場合や、構造躯体に高度な構造計算（時刻歴応答解析）が適用される場合は、本ルートで耐震性等を検証することを想定している。



### (3) 仕様ルート

仕様ルートとしては、耐震性等を考慮した天井の仕様として、仕様1 ((3-1) から (3-3)) と仕様2 (3-4) を設定し、いずれかに適合することとする。

なお、天井の単位面積質量は、一体となって脱落するおそれがあると想定される部材（吊りボルト、斜め部材等は含まれない。）を算入する。独自に吊り元がない照明や空調等については、天井に負担させている荷重を算入する。

	(3-1) 仕様1 (2kg/m <sup>2</sup> 以下)	(3-2) 仕様1 (2kg/m <sup>2</sup> 超～6kg/m <sup>2</sup> 以下)	(3-3) 仕様1 (6kg/m <sup>2</sup> 超～20kg/m <sup>2</sup> 以下)
①	天井の単位面積質量は 2kg/m <sup>2</sup> 以下。	天井の単位面積質量は 2kg/m <sup>2</sup> 超～6kg/m <sup>2</sup> 以下。	天井の単位面積質量は 6kg/m <sup>2</sup> 超～20kg/m <sup>2</sup> 以下。
②	天井を構成する天井材は、作用する荷重に対して十分な耐力を有すること。		
③	—	吊りボルトは 2 m <sup>2</sup> に 1 本以上、軸を鉛直方向に向けて配置。	吊りボルトは 1 m <sup>2</sup> に 1 本以上、軸を鉛直方向に向けて配置。ただし、設備の配置等により、やむをえず吊りボルト間隔が開く場合には、釣合い良く配置するよう留意。
④	吊り長さは 3m 以下。	吊り長さは 3m 以下。また、各吊りボルトの吊り長さは概ね均一とする。	吊り長さは 3m 以下。また、各吊りボルトの吊り長さは概ね均一とする。
⑤	天井を構成する天井材（落下して人に危害を及ぼすおそれのないものを除く。）は、常時の荷重や地震時の衝撃、変形等に対して、外れを生じないよう相互に緊結。	天井を構成する天井材（落下して人に危害を及ぼすおそれのないものを除く。）は、常時の荷重や地震時の衝撃、変形等に対して、滑り・外れを生じないよう相互に緊結。（クリップについては耐風圧クリップを用いるか、又は番線等による留め付けを行う。ハンガーについては、口が開かないようにねじ留めを行う。野縁受け同士の接合はねじ留めとする。）	天井を構成する天井材は、常時の荷重や地震時の衝撃、変形等に対して、滑り・外れを生じないよう相互に緊結。（クリップについては耐風圧クリップを用いるか、又は番線等による留め付けを行う。ハンガーについては、口が開かないようにねじ留めを行う。野縁受け同士の接合はねじ留めとする。）

⑥	—	<p>吊り金具等は、常時の荷重や天井に地震時に生じる力を構造耐力上主要な部分に適確に伝達し、天井を支持するよう措置。吊り金具等は吊り元に緊結等の措置。</p>	<p>吊り金具等は、常時の荷重や天井に地震時に生じる力を構造耐力上主要な部分に適確に伝達し、天井を支持するよう措置。吊り金具等は吊り元に緊結等の措置。</p>																		
⑦	—	<p>天井の吊り長さが 1,500mm を超える場合は、水平補剛材を X 方向、Y 方向に釣合いよく配置し、水平補剛材と吊りボルトとの接合部は緊結。水平補剛材で区切るのは、2 段までとする。</p>	<p>天井の吊り長さが 1,500mm を超える場合は、水平補剛材を X 方向、Y 方向に釣合いよく配置し、水平補剛材と吊りボルトとの接合部は緊結。水平補剛材で区切るのは、2 段までとする。</p>																		
⑧	—	<p>斜め部材は X 方向、Y 方向に釣合いよく V 字型で <math>n</math> 組以上配置。(面内剛性のない天井では、できるだけ分散して配置。)</p> $n \geq \frac{\alpha_{Lb}^3 \kappa W}{\alpha_B \alpha_I V_0}$ <p>ここで、</p> $\alpha_{Lb} = L_b / B_0$ <p><math>L_b</math> (m) : 斜め部材の有効座屈長さ (m)、<math>B_0 = 0.9</math>(m)</p> $\alpha_B = B / B_0$ <p><math>B</math> : 斜め部材の水平投影距離(m)</p> <p><math>\alpha_I</math> : 表 1 に掲げる数値</p> <p><math>\kappa</math> : 表 2 に掲げる水平震度</p> <p><math>W</math> : 吊り天井の総重量(kN)</p> $V_0 = 2 \cdot \frac{1.5}{2.17} \cdot \frac{\pi^2 EI_0}{B_0^2} = 3.73 \text{ (kN)}$ <p style="text-align: center;">表 1 <math>\alpha_I</math></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">斜め部材の断面</th> <th style="width: 15%;">C38x12x1.2</th> <th style="width: 15%;">C38x12x1.6</th> <th style="width: 15%;">C40x20x1.6</th> <th style="width: 15%;">その他の鋼製部材</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>\alpha_I</math></td> <td>0.785</td> <td>1.00</td> <td>4.36</td> <td><math>I/I_0</math></td> </tr> </tbody> </table> <p>ここで、<math>I</math> 及び <math>I_0</math> は、当該部材及び C38x12x1.6 の断面 2 次モーメントとする。</p> <p style="text-align: center;">表 2 水平震度 <math>\kappa</math></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">設置階</th> <th style="width: 70%;">水平震度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>上層階</td> <td><math>2.2r_1</math></td> </tr> <tr> <td>中間階</td> <td><math>1.3r_1</math></td> </tr> <tr> <td>下層階</td> <td>0.50</td> </tr> </tbody> </table> <p><math>r_1</math> は次式に示す値とする。ここで、<math>N</math> は階数である。</p>		斜め部材の断面	C38x12x1.2	C38x12x1.6	C40x20x1.6	その他の鋼製部材	$\alpha_I$	0.785	1.00	4.36	$I/I_0$	設置階	水平震度	上層階	$2.2r_1$	中間階	$1.3r_1$	下層階	0.50
斜め部材の断面	C38x12x1.2	C38x12x1.6	C40x20x1.6	その他の鋼製部材																	
$\alpha_I$	0.785	1.00	4.36	$I/I_0$																	
設置階	水平震度																				
上層階	$2.2r_1$																				
中間階	$1.3r_1$																				
下層階	0.50																				

$$r_1 = \min\left(\frac{1+0.125(N-1)}{1.5}, 1.0\right)$$

「上層階」とは最上階から次式

$$i < 0.3(2N+1)$$

を満たす階  $i$  の1つ上の階まで、「下層階」とは次式を満たす階  $i$  から下の階とする。

$$i < 0.11(2N+1)$$

なお、平家 ( $N=1$ ) のときは「上層階」を適用する。

「中間階」とは「上層階」又は「下層階」に分類される階以外の階とする。

水平補剛材で区切る場合は、上記を満たしつつ、斜め部材を有効に配置する。

ただし、特別な調査又は研究の結果に基づき上記と同等以上に水平方向に対する耐力を有することを確かめられた場合にあっては、これによらないことができる。

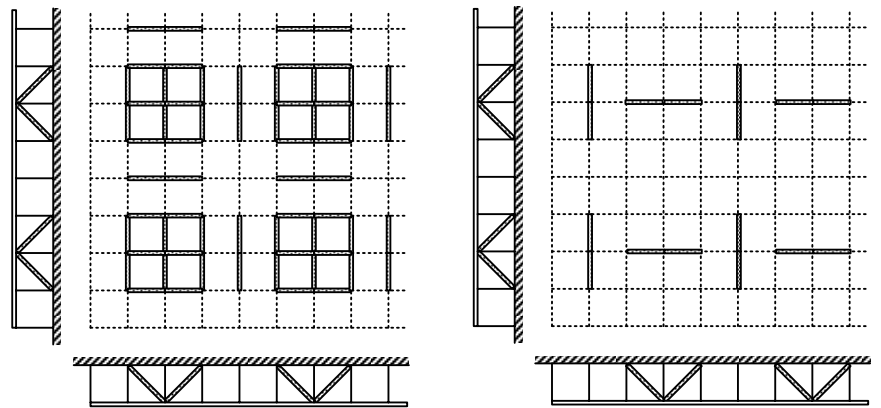
(参考)

吊り天井の諸元： 900 mm グリッド、吊り長さ 900mm、17kg/m<sup>2</sup>

水平震度： 2.2

斜め部材断面： C38x12x1.6……3.6 m<sup>2</sup>/対 以下

C40x20x1.6……15.6 m<sup>2</sup>/対 以下



3.2 m<sup>2</sup>/対

13 m<sup>2</sup>/対

⑨

天井に地震時に生じる力を、斜め部材を通して構造耐力上主要な部分に適確に伝達できるよう、斜め部材の接合部および斜め部材周囲の部材相互を緊結（溶接は不可。）。

天井に地震時に生じる力を、斜め部材を通して構造耐力上主要な部分に適確に伝達できるよう、斜め部材の接合部および斜め部材周囲の部材相互を緊結（溶接は不可。）。

⑩	—	斜め部材は水平面に対して60度以下の角度で設置。	斜め部材は水平面に対して60度以下の角度で設置。
⑪	—	天井面と周辺部位、設備は相互の間に100mm以上のクリアランスを確保。ただし、天井面と一体として挙動する設備の間については、この限りではない。また、落下して人に危害を及ぼすおそれのあるものについては、有効な措置を講じた場合については、この限りではない。	天井面と周辺部位、設備は相互の間に100mm以上のクリアランスを確保。ただし、天井面と一体として挙動する設備の間については、この限りではない。また、落下して人に危害を及ぼすおそれのあるものについては、有効な措置を講じた場合については、この限りではない。
⑫	—	エキスパンションジョイント部分等で一体的に振動しない構造躯体に天井を設ける際には、一体としないよう措置。	エキスパンションジョイント部分等で一体的に振動しない構造躯体に天井を設ける際には、一体としないよう措置。
⑬	天井面に段差を生じる部分、折れ曲がる部分などで地震時に天井が一体的に動かないことが想定される場合には、一体的な構造としないよう天井相互の間でクリアランスを確保。	天井面に段差を生じる部分、折れ曲がる部分などで地震時に天井が一体的に動かないことが想定される場合には、一体的な構造としないよう天井相互の間でクリアランスを確保。	天井面に段差を生じる部分、折れ曲がる部分などで地震時に天井が一体的に動かないことが想定される場合には、一体的な構造としないよう天井相互の間でクリアランスを確保。



### (3-4) 仕様2 フェールセーフ

以下のいずれか1つ以上の措置を講ずること。

- ①落下する天井材を保持する時に生じる力を構造耐力上主要な部分に適確に伝達できるように、天井をロープ等で吊り、天井面が外れても下まで落ちないように措置。
- ②落下する天井材を保持するように天井面より下の位置にネットを設置。(ネットは天井面に沿って設ける。)
- ③その他、人がいる場所が守られるよう措置。人が危険物に近接しないよう措置。

#### (4) 計算ルート

計算ルートを適用する前提として、以下の点を満たす必要がある。

- ①吊りボルト、斜め部材、面材等は、釣合いよく配置されていること。
- ②段差部等で縁を切っている場合には、別々の吊り天井として計算すること。
- ③計算対象とする天井面は一体として挙動し、一質点系にモデル化できること。

計算ルートとして、(4-1)の常時荷重に対する安全性の検証を行った上で、(4-2)地震動に対する耐震性の検証を行い、更に(4-3)クリアランスの検討を行う。

なお、(4-1)、(4-2)で「損傷しない」とは、部材相互の間のずれやすべりも生じないことを意味する。ずれやすべりが発生せず、斜め部材や吊りボルトの弾性座屈が生じる場合には、構造躯体の筋かい等と同様に安全率を取り、オイラー座屈荷重の1.5/2.17倍とすることとする。

##### (4-1) 常時荷重に対する安全性の検証

固定荷重(及び積載荷重の和)によって吊り天井の各部に生ずる力を計算し、当該力の3倍の力に対して構成部材及び接合部が損傷(部材相互の間のずれやすべりを含む。)しないことを確かめること。

##### (4-2) 地震動に対する耐震性の検証

稀に発生する地震によって天井面に作用する加速度又は震度を(4-2-1)から(4-2-3)のいずれか(構造躯体に高度な構造計算(限界耐力計算)が適用される場合は、(4-2-1))によって求め、当該加速度又は震度による慣性力によって天井を構成する部材及び接合部が損傷(部材相互の間のずれやすべりを含む。)しないことを確かめること。

免震建築物(H12 建告第2009号)にあつては、上記によらず天井面に作用する水平震度0.5とし、当該震度による慣性力によって天井を構成する部材及び接合部が損傷(部材相互の間のずれやすべりを含む。)しないことを確かめること。スパンが15mを超える場合にあっては、上下震度0.5が同時に作用するものとする。

##### (4-2-1) スペクトル法

天井面に作用する水平方向加速度 $Saf_{lh}$ (単位 m/s/s)及び上下方向加速度 $Saf_{lv}$ (単位 m/s/s)を次の式(1)及び式(2)によって計算すること。この場合において、スパンが15m以下の場合にあっては水平方向の加速度を式(3)により算定し、かつ、 $Saf_{lv}=0$ とすることができる。

$$Saf_{lh}(T_{ceil,h}) = \sqrt{\sum_{j=1}^n \underbrace{\left\{ R(T_j, T_{ceil,h}) \cdot \beta_{hj} U_{lhj} \cdot Sa_h(T_j) \right\}^2}_{\text{①水平地震動による水平振動}} + \sum_{j=1}^n \underbrace{\left\{ R(T_j, T_{ceil,h}) \cdot \beta_{vj} U_{lhj} \cdot Sa_v(T_j) \right\}^2}_{\text{②上下地震動による水平振動}}} \quad (1)$$

$$Saf_{lv}(T_{ceil,v}) = \sqrt{\sum_{j=1}^n \underbrace{\left\{ R(T_j, T_{ceil,v}) \cdot \beta_{hj} U_{lvj} \cdot Sa_h(T_j) \right\}^2}_{\text{③水平地震動による上下振動}} + \sum_{j=1}^n \underbrace{\left\{ R(T_j, T_{ceil,v}) \cdot \beta_{vj} U_{lvj} \cdot Sa_v(T_j) \right\}^2}_{\text{④上下地震動による上下振動}}} \quad (2)$$

$$Saf_{Ih}(T_{ceil,h}) = \sqrt{\sum_{j=1}^n \underbrace{\{R(T_j, T_{ceil,h}) \cdot \beta_{hj} U_{Ihj} \cdot Sa_h(T_j)\}^2}_{\text{①水平地震動による水平振動}}} \quad (3)$$

ここで、下添え字の  $I$  は吊り元の位置の番号を、 $h$  及び  $v$  はそれぞれ水平及び上下を表し、

$R(T_j, T_{ceil,h})$  及び  $R(T_j, T_{ceil,v})$  :

$$\begin{cases} T_{ceil} \leq T_j - 0.1(\text{s}) \text{ のとき} : & R(T_j, T_{ceil}) = 1 + 5(T_{ceil}/(T_j - 0.1))^3 \\ T_j - 0.1(\text{s}) < T_{ceil} \leq T_j + 0.1(\text{s}) \text{ のとき} : & R(T_j, T_{ceil}) = 6 \\ T_j + 0.1(\text{s}) < T_{ceil} \text{ のとき} : & R(T_j, T_{ceil}) = 6((T_j + 0.1)/T_{ceil})^3 \end{cases}$$

$\beta_{hj} U_{Ihj}$ 、 $\beta_{vj} U_{Ivj}$ 、 $\beta_{hj} U_{Ivj}$  及び  $\beta_{vj} U_{Ivj}$  : 構造躯体の  $j$  次、位置  $I$  での刺激関数、

$\beta_{hj}$  及び  $\beta_{vj}$  : 構造躯体の  $j$  次の水平及び上下方向の刺激係数、

$U_{Ihj}$  及び  $U_{Ivj}$  : 吊り元の位置  $I$  の  $j$  次モードの水平及び上下成分、

$T_j$  : 固有値解析により求めた構造躯体の  $j$  次モードの固有周期 (単位 s)、

$T_{ceil,h}$  及び  $T_{ceil,v}$  : 吊り天井の水平及び上下方向の固有周期 (単位 s)、

$n$  : 採用次数 ( $j=1,2,\dots,n$ ) で  $n \geq 3$  とする。

$Sa_h$  及び  $Sa_v$  : 入力地震動の水平及び上下方向の加速度応答スペクトル (単位 m/s/s)

$Sa_h(T_j)$  : 次式で規定される加速度応答スペクトル

$$Sa_h(T_j) = Gs(T_j) \cdot Z \cdot Sa_0(T_j)$$

ここで、

$Gs$  : 令第 82 条の 5 (限界耐力計算) 第三号ハの表に規定する表層地盤による加速度の増幅率 (平 12 建告第 1457 号 (限界耐力計算) 第十第 1 項)、

$Z$  : 令第 88 条第 1 項に規定される数値 (地域係数)、

$Sa_0$  : 次式で規定する解放工学的基盤における加速度応答スペクトル (単位 m/s/s)

$$Sa_0(T_j) = \begin{cases} 0.64 + 6T_j & (T_j < 0.16 \text{ のとき}) \\ 1.6 & (0.16 \leq T_j < 0.64 \text{ のとき}) \\ 1.024/T_j & (0.64 \leq T_j \text{ のとき}) \end{cases}$$

$$Sa_v(T_j) = Sa_h(T_j)/2$$

である。

#### (4-2-2) 簡易スペクトル法

設置階等に応じて表 3 に示す水平震度を用いること。この場合において、表 3 の周期帯の欄に掲げる周期以外の周期については直線的に補間するものとし、スパンが 15m を超える場合にあっては上下震度 0.5 が同時に作用するものとする。

表 3 水平震度

設置階		周期帯		
		1次共振 <sup>注1)</sup>	2次共振 <sup>注2)</sup>	剛 <sup>注3)</sup>
上層階 <sup>注5)</sup>	$T_1 \leq T_G$ <sup>注4)</sup>	$2.2r_1Z$	$1.1r_2Z$	0.50Z
	$T_G < T_1$	$2.2(T_G/T_1)Z$		
中間階 <sup>注6)</sup>	$T_1 \leq T_G$	$1.3r_1Z$	0.66Z	
	$T_G < T_1$	$1.3(T_G/T_1)Z$		
下層階 <sup>注7)</sup>		0.50Z		

表中の  $Z$  は (4-2-1) に規定する値、 $r_1$  及び  $r_2$  は次式に示す値とする。

$$r_1 = \min\left(\frac{1+0.125(N-1)}{1.5}, 1.0\right)$$

$$r_2 = \min(0.2N, 1.0)$$

ここで、 $N$  は階数とする。

注 1) 1次共振とは、 $T_1 - 0.1 \leq T_{ceil,h}$  の場合とする。ここで、 $T_1$  は構造躯体の1次固有周期 (単位 s) で、固有値解析により算定するか、又は設計用1次固有周期 (昭和55年建設省告示第1793号第2) による。 $T_{ceil,h}$  は吊り天井の水平方向の固有周期 (単位 s)。

注 2) 2次共振とは、 $\max(T_2 - 0.1, 0.1) \leq T_{ceil,h} \leq T_2 + 0.1$  の場合とする。ここで、 $T_2$  は構造躯体の2次固有周期 (単位 s) で、固有値解析により算定するか、又は  $T_2 = T_1/3$  とする。

注 3) 剛とは、 $T_{ceil,h} \leq 0.1$  の場合とする。

注 4)  $T_G$  は加速度一定領域と速度一定領域の境界周期。(2種地盤： $T_G=0.864(s)$ )

注 5) 「上層階」とは最上階から次式を満たす階  $i$  の1つ上の階までとする。

$$i < 0.3(2N+1)$$

なお、 $N=1$  のときは「上層階」を適用する。

注 6) 「中間階」とは「上層階」又は「下層階」に分類される階以外の階とする。

注 7) 「下層階」とは次式を満たす階  $i$  から下の階とする。

$$i < 0.11(2N+1)$$

### (4-2-3) 震度法

設置階等に応じて表 4 に示す水平震度を採用すること。この場合において、スパンが 15 m を超える場合にあっては上下震度 0.5 が同時に作用するものとする。

表 4 水平震度

設置階	共振の程度により分類		
	$T_1/3 < T_{ceil,h}$ 又は $T_{ceil,h}$ が不明	$0.1(s) < T_{ceil,h} \leq T_1/3$	$T_{ceil,h} \leq 0.1(s)$
上層階	$2.2r_1Z$	$1.1r_2Z$	0.50Z
中間階	$1.3r_1Z$	0.66Z	
下層階	0.50Z		

表中の上層階、中間階、下層階並びに  $T_1$ 、 $T_{ceil,h}$ 、 $Z$ 、 $r_1$  及び  $r_2$  は (4-2-2) による。

### (4-3) クリアランスの検証

構造耐力上主要な部分及び吊り天井の耐力や履歴特性を考慮して、極めて稀に生じる地震によって天井面に生じる水平変位を算定し、周囲の壁、天井相互又は設備（天井と一体として挙動するものを除く）との間に衝突等が生じないことを確認すること。ただし、当該水平変位を次式の数値若しくは 100mm 以上の数値とする場合又は特別な調査若しくは研究により天井の脱落につながるおそれのないことが確かめられた場合にあってはこの限りでない。

$$Sdf_{lh}(T_{ceil,h}) = 10 \left( \frac{T_{ceil,h}}{2\pi} \right)^2 Saf_{lh}(T_{ceil,h}) + L \cdot DA$$

ここで、

$Sdf_{lh}(T_{ceil,h})$  : 吊り天井の水平変位 (単位 m)、

$T_{ceil,h}$  : 吊り天井の水平方向の固有周期 (単位 s)。ただし、 $T_{ceil,h}$  が不明な場合には、 $T_{ceil,h} = T_1$  とする。

$Saf_{lh}(T_{ceil,h})$  : (4-2-1) で計算した天井面に作用する水平方向加速度 (単位 m/s/s)。ただし、(4-2-2) 又は (4-2-3) による場合には、表 3 又は表 4 の水平震度を  $K$ 、重力加速度を  $g$  (単位 m/s/s) として、 $Saf_{lh} = Kg$  とする。

$L$  : 衝突等が生じないことを確認する位置での吊り長さ (単位 m)、

$DA$  : 令第 82 条の 5 (限界耐力計算) 第五号イの当該階の安全限界変位に対応する層間変形角又は同号ハに規定する地震力に耐えているときの層間変形角。ただし、当該層間変形角を 1/40 以上の数値とする場合にあっては当該数値とすることができる。

## (5) 特殊検証ルート

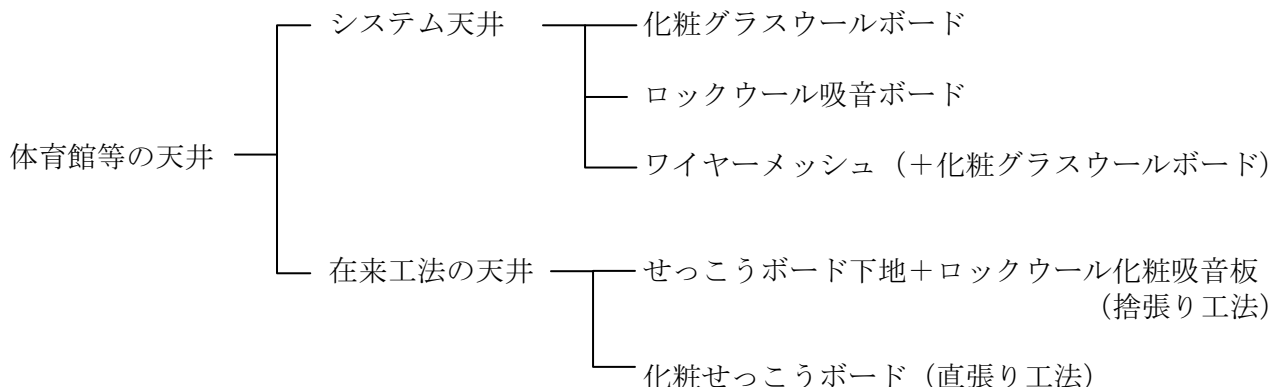
構造躯体に高度な構造計算 (時刻歴応答解析) が適用される場合の天井の耐震性等の検証方法を設定する。検証方法としては、時刻歴応答解析等高度な構造計算などの特別な手段を用い耐震性を検証する手法を設定する。

### (5-1) 高度な構造計算等

天井の耐震性の検証として、計算ルートよりもさらに高度な構造計算 (時刻歴応答解析) などの特別な手段を用い耐震性を検証する。

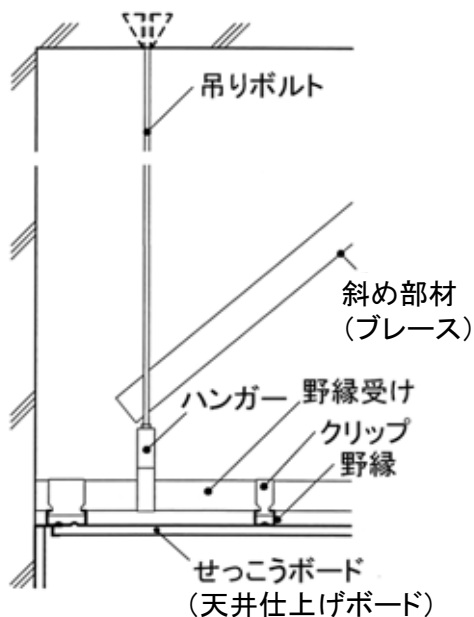
# 屋内運動場等の天井の分類と構成例

## 吊り天井の分類



出典:「体育館等の天井の耐震設計ガイドライン」(平成17年5月、(財)日本建築センター)

## 現状の在来工法による吊り天井の構成例



### 【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

### 【斜め部材(ブレース)】

地震時の水平力を負担し、天井が大きく振れることを防ぐ斜材

### 【野縁(のぶち)】

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

### 【野縁受け(のぶちうけ)】

野縁と直交する野縁の支持部材

### 【ハンガー】

野縁受けと吊りボルトを緊結する金具

### 【クリップ】

野縁を野縁受けに取り付ける金具

