

国土交通記者会、国土交通省建設専門紙記者会、筑波研究学園都市記者会 同日発表

「建築物における天井脱落対策試案」に関するご意見募集について

平成 24 年 7 月 31 日

国 土 交 通 省

住 宅 局 建 築 指 導 課

国 土 技 術 政 策 総 合 研 究 所

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災において、多数の建築物において天井が脱落し、かつてない規模で甚大な被害が生じたところです。

このような状況を踏まえ、今般、国土交通省では、地震時等における天井脱落への対策について、「建築物における天井脱落対策試案」をとりまとめましたので、これを公表し、広く意見募集を行います。意見募集期間は約 1 ヶ月半です。

この意見募集を通じて寄せられたご意見を踏まえ、十分に検討を行った上で、対策をとりまとめる予定です。

[建築物における天井脱落対策試案の骨子]

1. 天井脱落対策の内容

- 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、建築物を建築する際には当該基準への適合を義務付けることとする。
- 既存の建築物については、以下の対策を講ずることとする。なお、既存の建築物について増築又は改築を行う場合には、原則として、上記により基準への適合が義務付けられる。
 - ・ 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は、改修を行政指導する。
 - ・ 定期報告制度等を活用し状況を把握する。
 - ・ 天井脱落対策のための改修費用については、社会資本整備総合交付金の活用による支援を図る。

2. 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

- ・ 吊り天井を対象とする。

- ・ 6m 以上の高さにある 200 m²以上の天井を対象とする。
- (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、次の 3 つのルートを設定する。
 - ①仕様ルート
 - ②計算ルート
 - ③特殊検証ルート
- (3) 仕様ルート
- [仕様 1]
- ・ 単位面積質量 20kg/m²以下を対象とする。
 - ・ 天井の単位面積質量に応じて仕様を設定する。
 - ・ 吊りボルトを増やす、接合部を強化するなどを規定する。
- [仕様 2]
- ・ ネットの設置などによる天井落下防止措置を講ずる。
- (4) 計算ルート
- ・ 仕様ルート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)が適用される場合を対象とする。
 - ・ スペクトル法、簡易スペクトル法、震度法のいずれかにより検証する。
- (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）が適用される場合等を対象とする。
 - ・ 高度な構造計算（時刻歴応答解析等）を行う。

【参考】 現行の建築基準法上の規定

■ 建築基準法施行令(抄)

第 39 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
 動及び衝撃によって脱落しないようにしなければならない。

問合せ先

国土交通省住宅局建築指導課 課長補佐 前田 亮 (内線 39-532)

代表 03-5253-8111 夜間直通 03-5253-8514 FAX 03-5253-1630

国土交通省国土技術政策総合研究所建築研究部基準認証システム研究室長

代表 029-864-2211 深井 敦夫 (内線 4324) FAX 029-864-6774

(技術的事項に関して)

「建築物における天井脱落対策試案」に関するご意見募集について

平成 24 年 7 月 31 日
国 土 交 通 省
住 宅 局 建 築 指 導 課
国 土 技 術 政 策 総 合 研 究 所

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災において、体育館、音楽ホール等の天井が脱落する被害が生じたこと等を踏まえ、今般、「建築物における天井脱落対策試案」をとりまとめました。

つきましては、本試案について、広く国民の皆様からのご意見を伺うべく、下記の通りご意見を募集いたします。

記

1. 意見募集の対象

「建築物における天井脱落対策試案」について（別添）

2. 意見募集要領

(1) 意見募集期間

平成 24 年 7 月 31 日（火）～平成 24 年 9 月 15 日（土）

(2) 意見提出方法

意見提出用紙に記入の上、以下のいずれかの方法で国土交通省住宅局建築指導課までご意見を日本語にて送付して下さい。なお、電話によるご意見の受付は対応しかねますので、あらかじめご了承ください。

①郵送の場合 〒100-8918 東京都千代田区霞が関 2-1-3

②FAX の場合 03-5253-1630

③電子メールの場合 kenshi@mlit.go.jp

※郵送の場合は封筒の表面に、FAX 又は電子メールの場合は件名に、「建築物における天井脱落対策試案」に対する意見」と明記して下さい。

(3) 注意事項

- ・電子メールのご意見送付の場合はテキスト形式、マイクロソフト社ワード形式又はジャストシステム社一太郎形式（容量 1MB まで）としてください。
- ・皆様から頂きましたご意見につきましては、最終的な決定における参考とさせていただきます。なお、頂いたご意見に対しての個別の回答はいたしかねますので、あらかじめその旨ご了承ください。

- ・頂いたご意見は、住所、電話番号、電子メールアドレスを除き公開される可能性があることをご承知おき下さい。

3. 資料の入手方法

- ①ホームページへの掲載
- ②窓口（国土交通省住宅局建築指導課）での配布

4. 問合せ先

(1) 本件の問合せ先

国土交通省住宅局建築指導課 前田、岡野

TEL 03-5253-8111 (内線 39-537)

(2) 技術的事項に関する問合せ先

国土交通省国土技術政策総合研究所建築研究部 向井、深井

TEL 029-864-2211(内線 4311)

国土交通省住宅局建築指導課 ご意見募集担当 宛
「建築物における天井脱落対策試案」に対する意見

氏 名	(フリガナ)
住 所	
所 属	(会社名) (部署名)
電 話 番 号	
電子メールアドレス	
ご 意 見	(対象部分 :)

(別添)

平成 24 年 7 月 31 日
国 土 交 通 省
住 宅 局 建 築 指 導 課
国 土 技 術 政 策 総 合 研 究 所

「建築物における天井脱落対策試案」

1. 経緯

建築基準法施行令第 39 条においては、「(略) 内装材 (略) は、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。」と規定されており、天井の脱落対策を講ずることを求めているが、詳細な基準は示されていない。

これまで、平成 13 年の芸予地震における体育館等の大空間建築物における天井落下、平成 15 年の十勝沖地震における空港ターミナルビル等の天井の崩落、平成 17 年の宮城県沖の地震におけるスポーツ施設の天井の崩落など、過去、数次の地震において天井の脱落の被害が報告されたことを踏まえ、これまで国土交通省では、振れ止めの設置、クリアランスの確保等について技術的助言を発出するなどにより、大規模空間を持つ建築物の天井の崩落対策を進めてきた。

しかしながら、平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災においては、体育館、音楽ホール等の多数の建築物において天井が脱落し、かつてない規模で甚大な被害が生じたところである。

これらの被害を踏まえ、国土交通省においては、平成 23 年度に建築基準整備促進事業による一般社団法人建築性能基準推進協会及び独立行政法人建築研究所が行った調査研究等に基づき、建築物における天井脱落対策試案をとりまとめた。このうち天井脱落対策に係る技術原案については、独立行政法人建築研究所の協力を得て検討を進め、国土技術政策総合研究所においてとりまとめたものである。

なお、本資料は対策試案であり、今後国民の皆様のご意見を踏まえて十分に検討を行った上で対策をとりまとめることとする。

2. 天井脱落対策の内容

(1) 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、「3. 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、建築物を建築する際には当該基準への適合を義務付けることとする。

なお、当該基準が適用されない建築物についても、天井の脱落対策を講じようとする場合は、設計に当たって当該基準を活用することが有効である。

(2) 既存建築物への対応

既存の建築物に係る天井脱落対策については、以下の施策を講ずることとする。なお、既存の建築物について増築又は改築を行う場合には、原則として、(1)により基準への適合が義務付けられる。

① 特に早急に改善すべき建築物の対策

防災拠点や多数の者が利用する建築物で避難に時間を要するものなど、特に早急に改善すべき建築物については、特定行政庁において、天井の脱落対策の改修を行うことを行政指導する。

特に早急に改善すべき建築物としては、基準の適用対象となる天井を有するもので、以下のものとする。

- 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施設
その他の防災拠点施設
- 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

② 定期報告制度等の活用による状況把握

建築基準法第12条第1項に基づく定期報告制度及び同条第2項に基づく定期点検制度について、対象となる天井を基準の適用対象となるものとするなどの見直しを行う。

建築基準法第12条第1項に基づく定期報告制度により、その対象となる建築物の所有者は、一級建築士等の資格者に天井の状況の調査をさせ、その結果を特定行政庁に報告することとなる。

建築基準法第12条第2項に基づく定期点検制度により、地方公共団体等は一級建築士等の資格者に天井の状況の点検をさせることとなる。さらに、地方公共団体等がその点検結果を特定行政庁に報告するよう求める。

③ 天井脱落対策のための改修への支援

既存建築物の天井脱落対策のための改修費用については、社会資本整備総合交付金の活用による支援を図る。

3. 天井脱落対策に係る技術基準原案

天井脱落対策に係る技術基準原案は、(別紙)のとおりとする。

なお、設計及び審査の実務者の技術的支援のため、別途、天井材として用いられる金具等の部材・接合金物等の許容耐力又はその試験方法、緊結等の仕様基準に適合する結合方法などの具体的設計仕様、計算ルートによる場合の具体的計算例又は留意点などについて技術的な情報を整理した資料を整備する。

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 m²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 m²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 m²以上）は、天井面の水平投影面積とする。

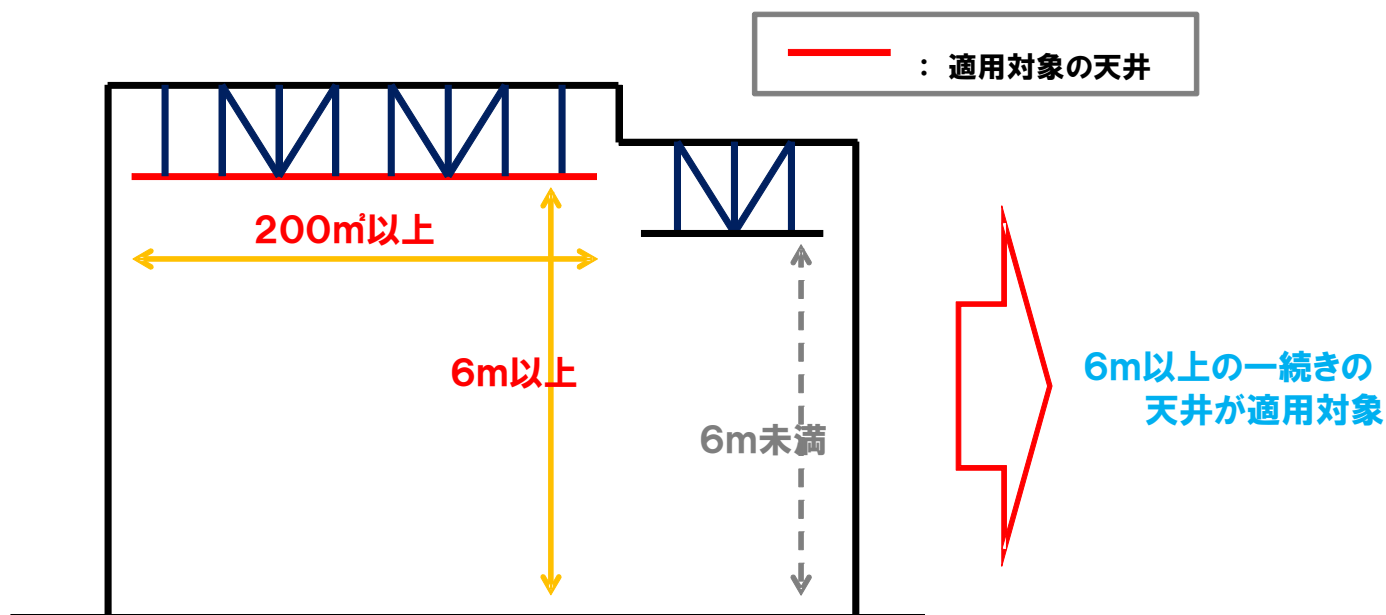


図1 天井の脱落対策の適用範囲について

※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。

(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 ² 以下)	(3-2) 仕様1 (2kg/m ² 超～6kg/m ² 以下)	(3-3) 仕様1 (6kg/m ² 超～20kg/m ² 以下)
①	天井の単位面積質量は 2kg/m ² 以下。	天井の単位面積質量は 2kg/m ² 超～6kg/m ² 以下。	天井の単位面積質量は 6kg/m ² 超～20kg/m ² 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 ² 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 ² 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 n 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>L_b (m) : 斜め部材の有効座屈長さ (m)、$B_0 = 0.9$(m)</p> $\alpha_B = B / B_0$ <p>B : 斜め部材の水平投影距離(m)</p> <p>α_I : 表 1 に掲げる数値</p> <p>κ : 表 2 に掲げる水平震度</p> <p>W : 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 α_I</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>α_I</td> <td>0.785</td> <td>1.00</td> <td>4.36</td> <td>I/I_0</td> </tr> </tbody> </table> <p>ここで、I 及び I_0 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 κ</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;">設置階</th> <th style="width: 80%;">水平震度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>上層階</td> <td>$2.2r_1$</td> </tr> <tr> <td>中間階</td> <td>$1.3r_1$</td> </tr> <tr> <td>下層階</td> <td>0.50</td> </tr> </tbody> </table> <p>r_1 は次式に示す値とする。ここで、N 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	α_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																	
α_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。

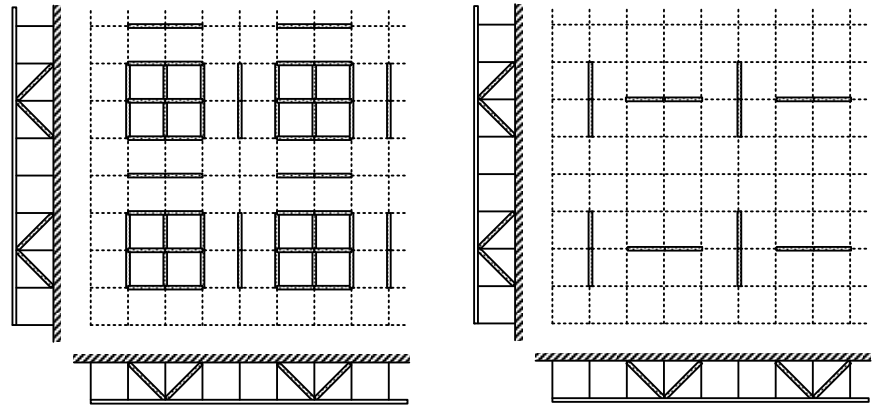
(参考)

吊り天井の諸元： 900 mm グリッド、吊り長さ 900mm、17kg/m²

水平震度： 2.2

斜め部材断面： C38x12x1.6……3.6 m²/対 以下

C40x20x1.6……15.6 m²/対 以下



3.2 m²/対

13 m²/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。

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

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

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

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

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

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

β_{hj} 及び β_{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 ^{注1)}	2次共振 ^{注2)}	剛 ^{注3)}
上層階 ^{注5)}	$T_1 \leq T_G$ ^{注4)}	$2.2r_1Z$	$1.1r_2Z$	0.50Z
	$T_G < T_1$	$2.2(T_G/T_1)Z$		
中間階 ^{注6)}	$T_1 \leq T_G$	$1.3r_1Z$	0.66Z	
	$T_G < T_1$	$1.3(T_G/T_1)Z$		
下層階 ^{注7)}		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

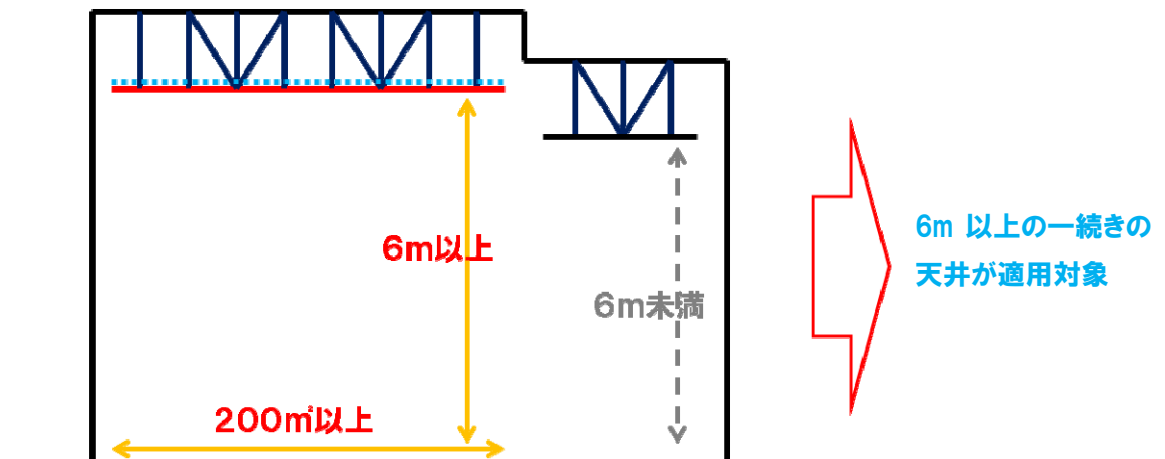
構造躯体に高度な構造計算 (時刻歴応答解析) が適用される場合の天井の耐震性等の検証方法を設定する。検証方法としては、時刻歴応答解析等高度な構造計算などの特別な手段を用い耐震性を検証する手法を設定する。

(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。

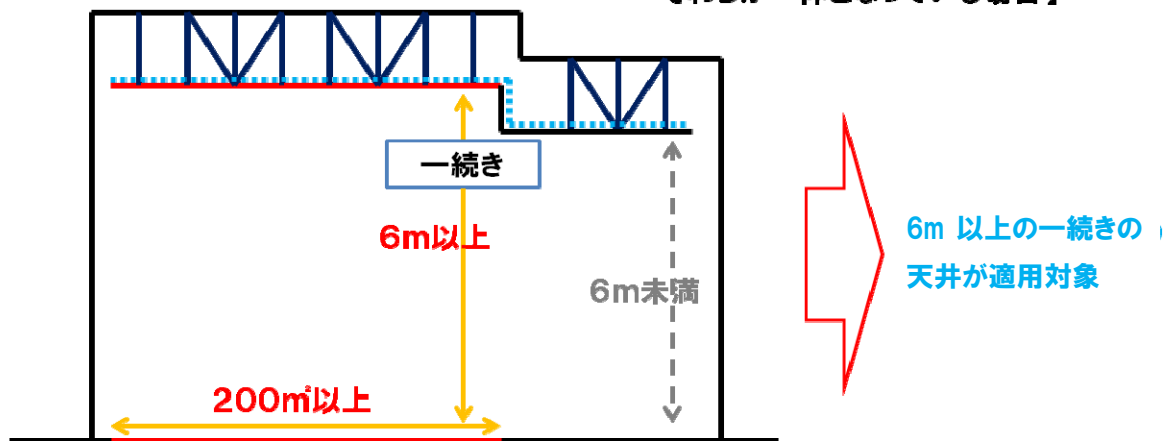
■天井の形状による基準の適用関係

【ケース1-①:6m以上の部分と、6m未満の部分に天井がある場合】

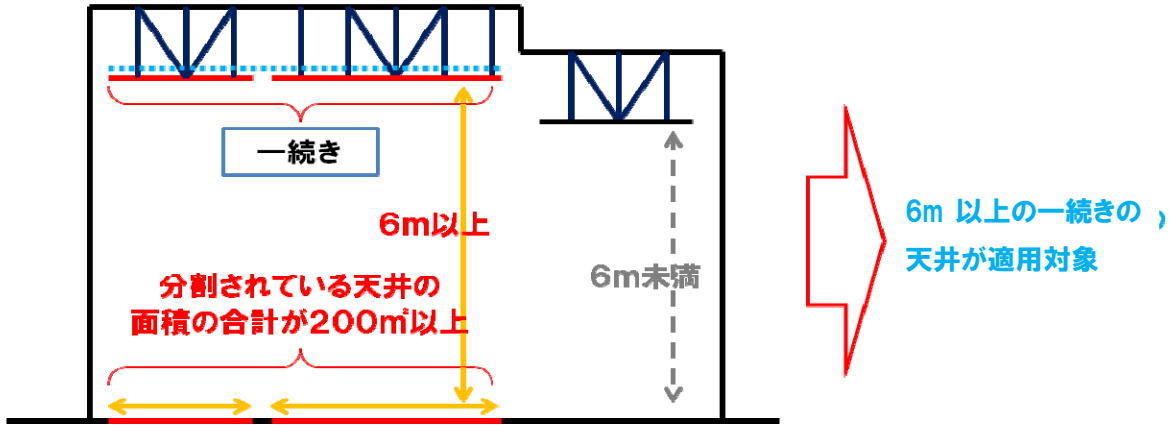


..... : 適用対象
 ————— : 面積を算定する天井

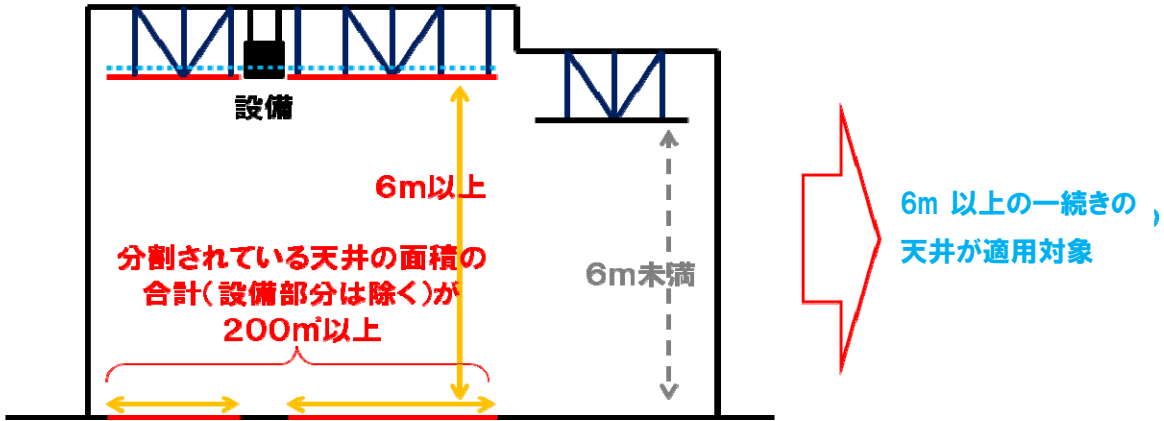
【ケース1-②:6m以上の部分と、6m未満の部分に天井があり、それらが一体となっている場合】



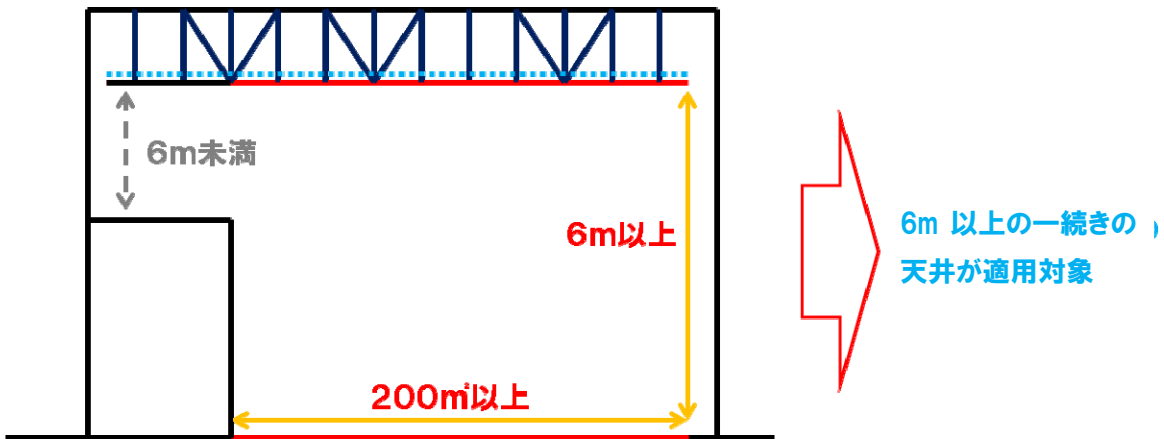
【ケース1-③:6m以上の部分の天井が一続きだが分割されている場合】



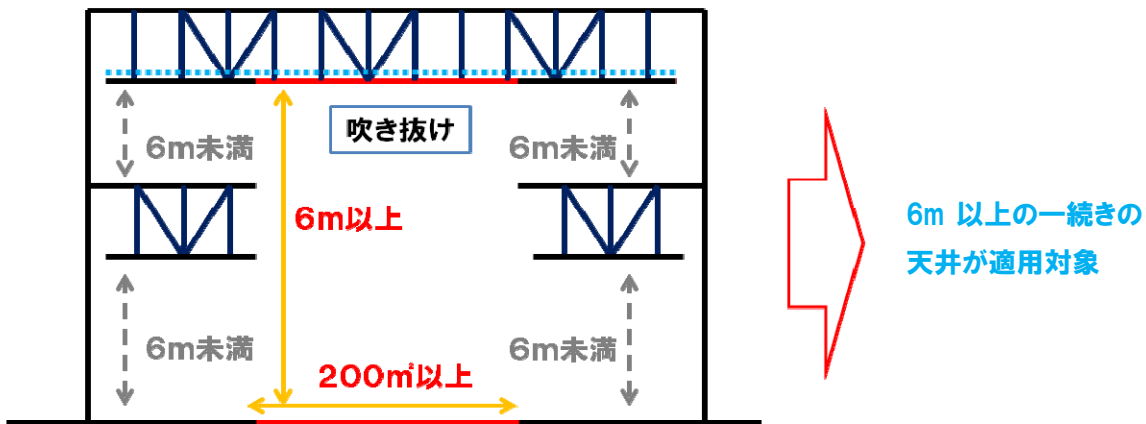
【ケース1-④:6m以上の部分の天井に設備がある場合】



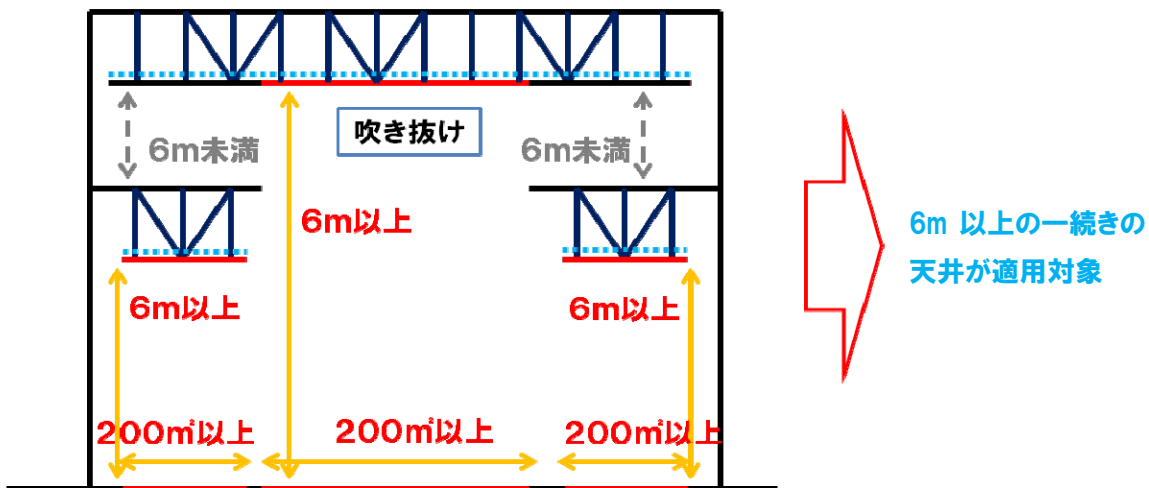
【ケース2-①:6m以上の部分と、6m未満の部分に天井がある場合】



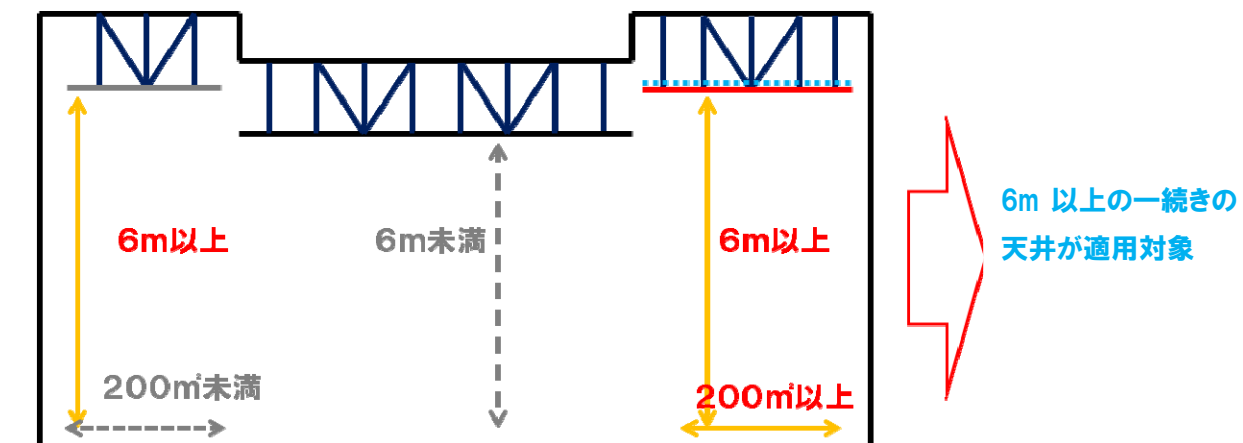
【ケース2-②:6m以上の部分と、6m未満の部分に天井がある場合(吹き抜け)】



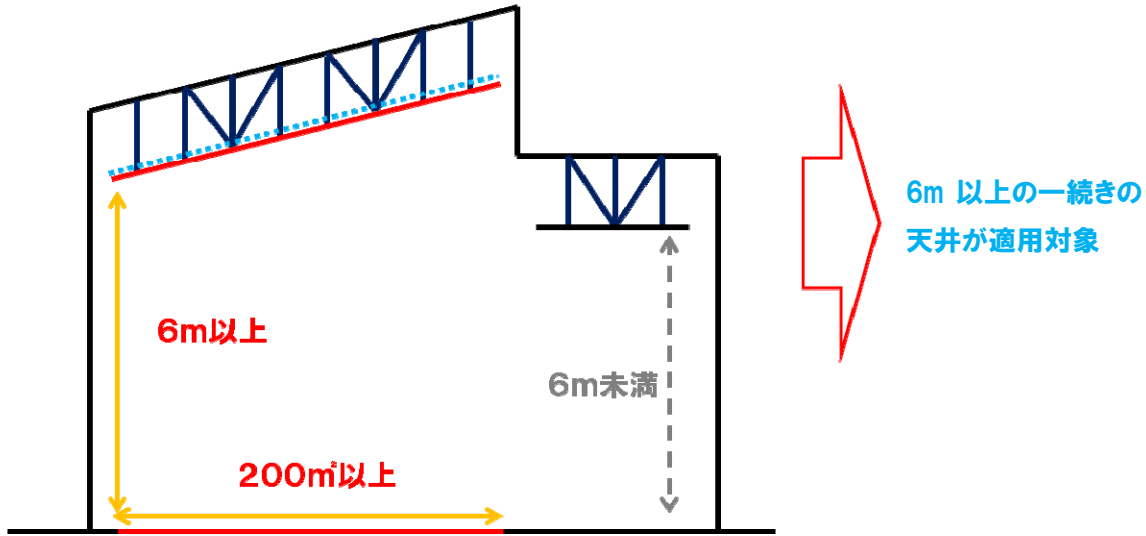
【ケース2-③:吹き抜け部分以外にも6m以上の部分に天井がある場合】



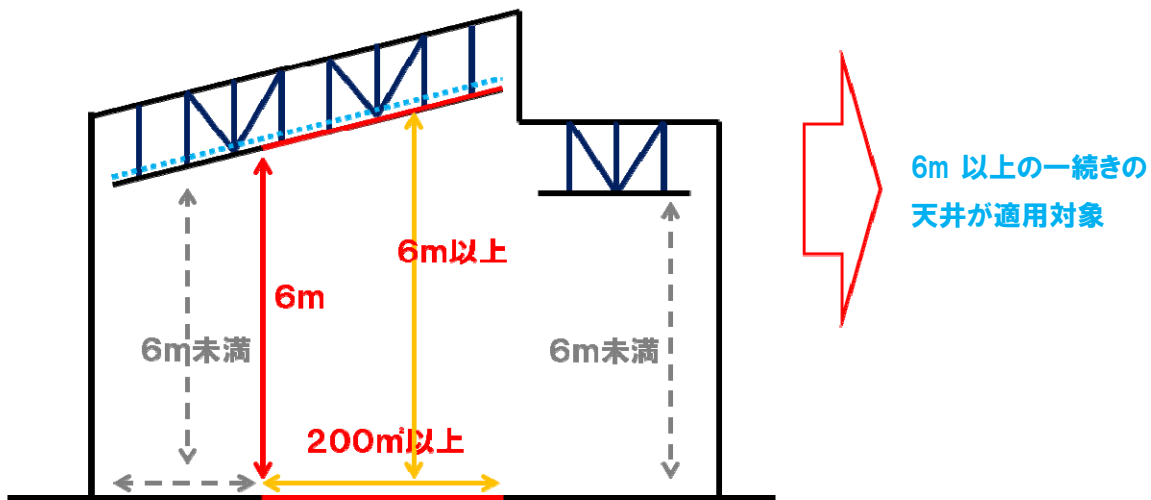
【ケース3:6m以上の部分が複数ある場合】



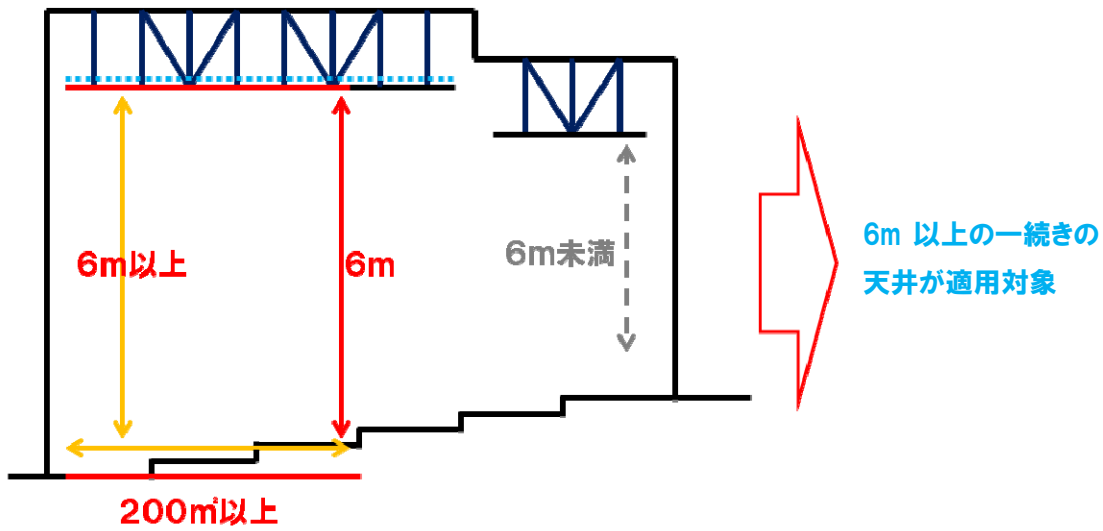
【ケース4-①:斜めの天井がある場合】



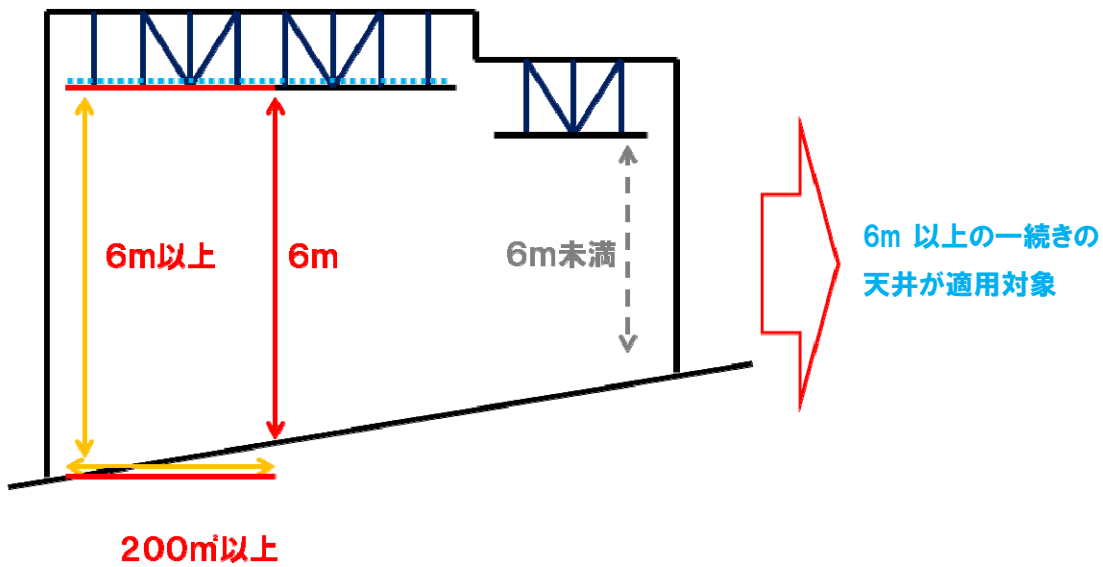
【ケース4-②:斜めの天井があり、全てが6m以上ではない場合】



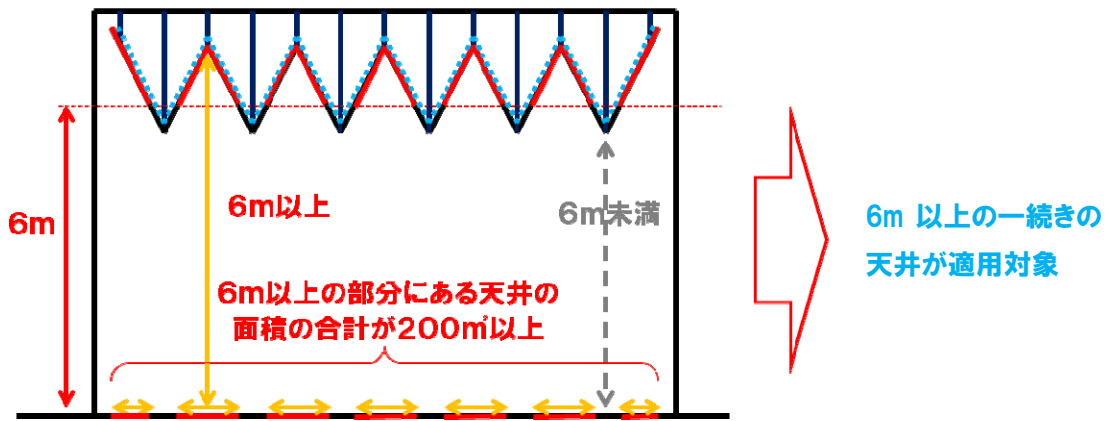
【ケース5-①:床に段差がある場合】



【ケース5-②:床が斜めの場合】



【ケース6-①:天井が複雑な場合】

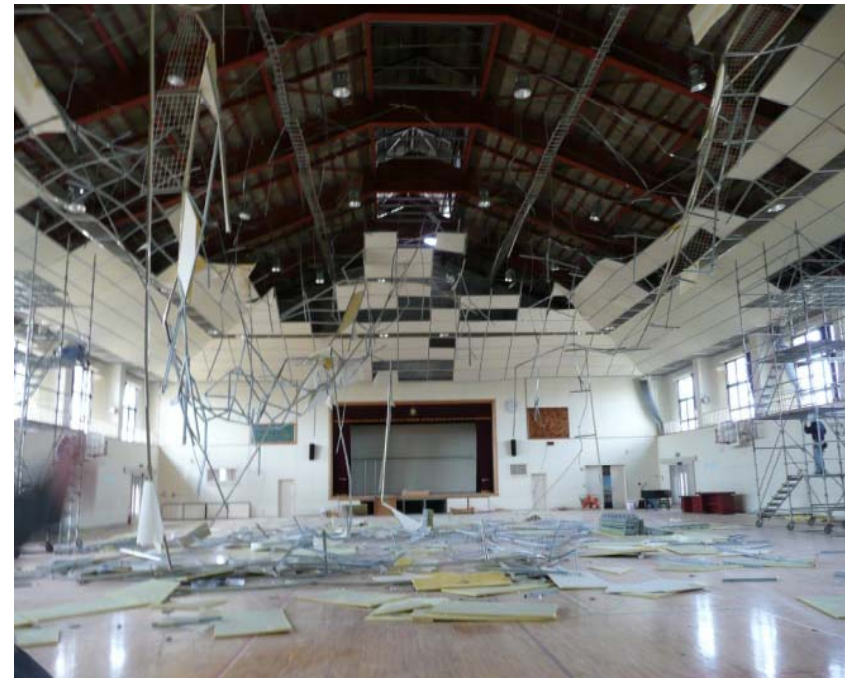


■東日本大震災での天井脱落の被害

- 東日本大震災では、体育館、劇場、商業施設、工場などの大規模空間を有する建築物の天井について、比較的新しい建築物も含め、脱落する被害が多く見られた。
- 報道等によれば、天井の脱落等による人的被害は、死者5名、負傷者72名以上。また、被害件数は、(社)日本建設業連合会からの報告によれば、約2000件判明。



音楽ホールにおける天井の脱落



体育館における天井の脱落



ホールにおける天井の脱落



体育館における天井の脱落



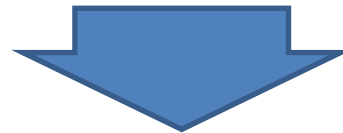
旅客施設における天井の脱落



脱落した天井部材

■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

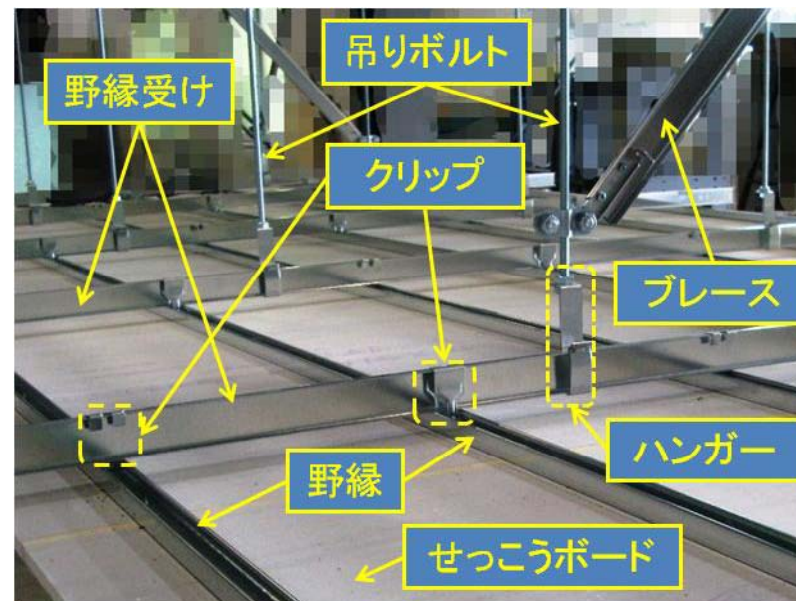
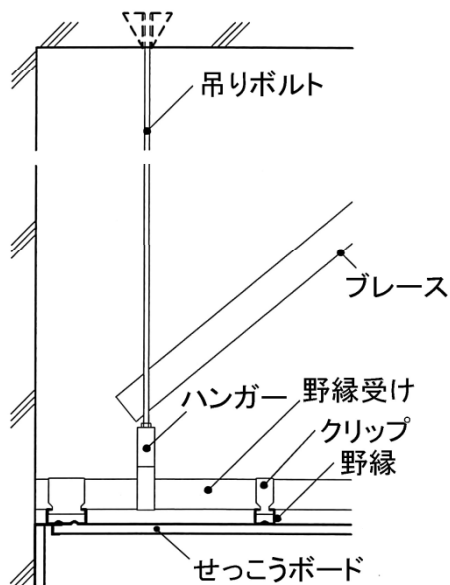
- 定期報告制度の活用による状況把握

- 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

○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/m ² 強化したブレース 1対/15m ²)
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



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。

仕様ルート

仕様1

耐震性等を考慮した天井の仕様

天井材の質量に応じて仕様を規定。

- ①2kg/㎡以下
- ②2kg/㎡超
~6kg/㎡以下
- ③6kg/㎡超
~20kg/㎡以下

仕様2

フェールセーフ
(天井が脱落しても人的被害を防ぐ)

例:天井脱落防止ネット等設置

計算ルート

天井の耐震性等を計算で検証

特殊検証ルート

複雑な天井等を高度な構造計算等で検証

天井材の質量

20kg/㎡以下



20kg/㎡超



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

