

3-2 天井の断面形状の確認

〈確認内容〉 ステップ2で収集した資料に基づき、小屋裏（屋根と天井の間にある空間）の高さが概ね均一であることを、①天井面が屋根面とほぼ同じ形状であること（表 3-2(1)）、②天井面の段差（立上り）や折れ曲がりがないこと（表 3-2(2)）によって確認する。小屋裏の高さが均一でない場合は吊りボルト長さを揃える小屋裏措置が行われていることを確認する（表 3-2(1)(2)）。

〈解説〉

- ・本ステップでは吊りボルト長さが概ね均一であることを、小屋裏の高さから簡略的に確認する。なお吊りボルト長さの値の確認はステップ3-3で行う。
- ・体育館などの屋根は切妻のような勾配屋根か円弧状屋根が一般的である。こうした屋根に対してほぼ同じ形状の天井面を設けた場合、吊りボルトが配置される小屋裏の高さは概ね均一となる。
- ・天井の段差（立上り）や折れ曲がり、天井頂部や壁際に設けられることが多く、ほとんどが吊りボルトの長さが均一ではない。
- ・仮に、吊りボルトの長さを揃える小屋裏措置として、屋根を支える部材以外の鉄骨を天井面と平行に設置し小屋組と一体化すること等が想定される。しかし現状ではこうした措置を施した体育館等はほとんどないと考えられる。（表 3.2.1、図 3.2.1～2 参照）。

〈補足〉

- ・技術基準原案の仕様ルートは、天井の吊りボルト長さが概ね均一であることを求めている。ただし、適切なクリアランスを設ければ（ステップ3-7参照）、吊り長さが異なる天井部分を同一室内に配置できる。
- ・天井面は屋根面よりも緩勾配のことも少なくない。こうした天井の多くは異なる長さの吊りボルトが混在するため、地震時に捻れ振動が生じることがある。
- ・視覚的効果や音響効果などのため、天井面の途中に段差（立上り）や折れ曲がりがあることがある。こうした部分では地震時に複雑な動きが生じることがある。

〈表 3-2(1)〉

項目	確認結果	確認すべき主な資料
全体的な天井断面の確認（屋根面と天井面の関係）	<input type="checkbox"/> 陸屋根に平天井が設けられている*	OK
	<input type="checkbox"/> 勾配屋根（寄棟・切妻等）と同じ勾配で舟底天井が設けられている	
	<input type="checkbox"/> 円弧状屋根と同心円状の天井が設けられている	
	<input type="checkbox"/> 吊りボルト長さを揃える小屋裏措置がある（表 3.2.1、図 3.2.1～2 参照）	
※吊りボルト長さの確認はステップ3-3で行う	<input type="checkbox"/> 吊りボルト長さを揃える小屋裏措置なしで、屋根と異なる勾配の舟底天井が設けられている	撤去等検討
	<input type="checkbox"/> 上記以外（ ）	
	<input type="checkbox"/> 確認できる資料がない	実地診断

*陸屋根に相当する折板屋根（水勾配 5/100 程度まで）に平天井を設けた場合も含む。

〈表 3-2(2)〉 天井面に段差や折れ曲がりがある場合に確認する

項目	確認結果	確認すべき主な資料
局部的な天井断面の確認（天井面の段差や折れ曲がりの有無） ※吊りボルト長さの確認はステップ 3-3 で行う	□全体として平面で連続している （写真 1.2.2 参照）	OK
	□全体として舟底天井である （写真 1.2.4 参照）	
	□全体として曲面で連続している	
	□クリアランスや吊りボルト長さを揃える小屋裏措置によって、段差や折れ曲がりに対応している （表 3.2.1、図 3.2.1～2 参照）	
	□クリアランスなしで、天井面に段差が設けられている**	撤去等 検討
	□吊りボルト長さを揃える小屋裏措置なしで、天井面の頂部や壁際に折れ曲がり部が設けられている	
	□上記以外（ ）	
	□確認できる資料がない	実地診断

**クリアランス寸法はステップ 3-7 参照。

表 3.2.1 天井断面の種類と出現頻度

屋根		舟底天井				平天井		曲面天井		その他 天井・
		傾斜のみ	段差つき	平天井つき	段差つき 平天井+	平天井のみ	段差つき等	み曲面天井の	段差つき等 平天井や	
根架 構の 種類	鉄骨山形架構	◎	◎	○	○	○	※	○	※	◎
	トラス架構	◎	○	○	※	○	※	○	※	※
	RC 造	※	○	※	○	○	※	※	※	※
	鉄骨アーチ 鉄骨シェル	※	※	※	※	※	※	○	※	○

備考^{注)}：◎ 頻出する組み合わせ（これらで全体の約 50%を占める） ○ 比較的良好に現れる組み合わせ

※ 例外的な組み合わせ（確認率 1%未満）

注) 「学校施設の屋内運動場等の天井等に関する実態調査（平成 24 年 6 月実施）」に基づく。

天井に立上り（段差）や折れ曲がりが設けられた場合、壁際のクリアランスだけでなく、「吊り長さを揃える小屋裏措置」や「吊り長さの異なる天井部分の縁を切るためのクリアランス（壁際以外のクリアランス）」も必要になる。

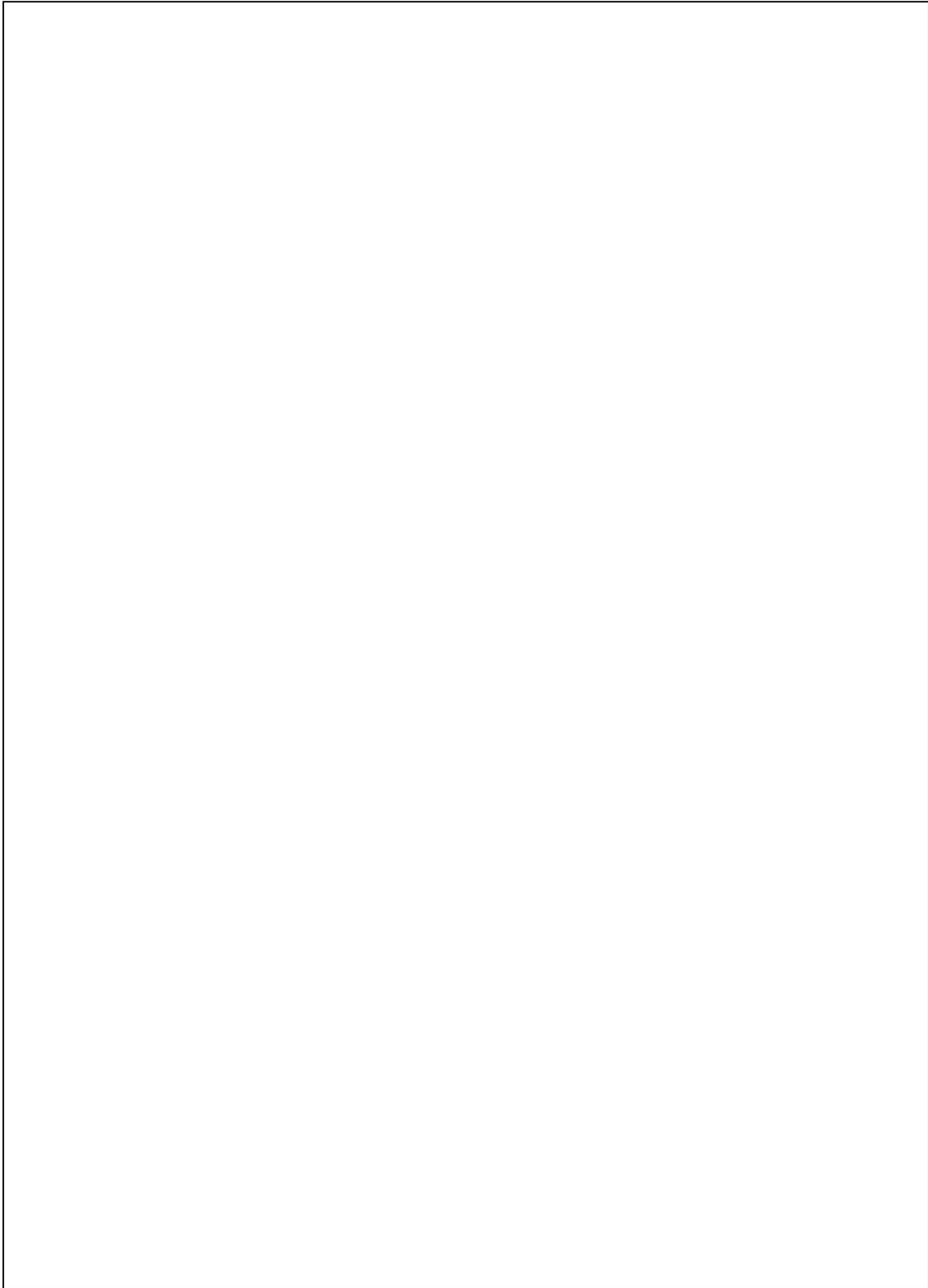


図 3.2.1 : 天井の断面形状のチェックポイント（山形架構の例）



図 3.2.2 : 吊り長さを揃える小屋裏措置の考え方 (山形架構一舟底天井 (平天井つき) の例)

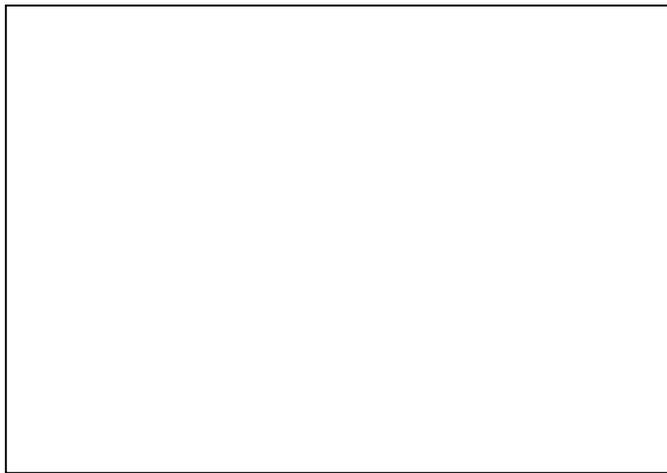


写真 3.2.1 : 折れ曲がりを持つ天井 (平天井つき舟底天井) の被害例

引用：ガイドブック p41
(トリミングして使用)

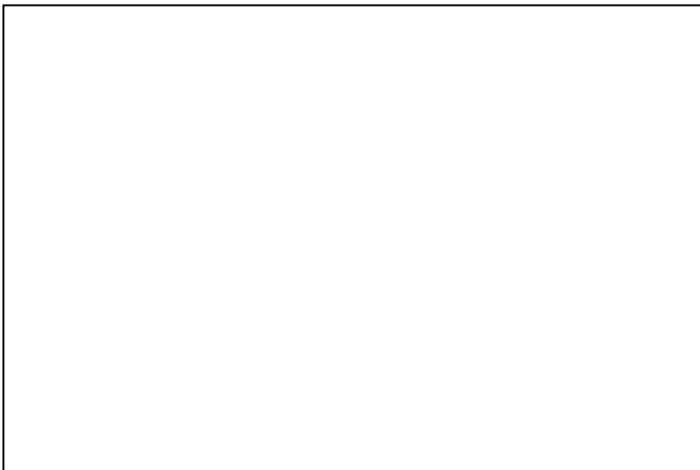


写真 3.2.2 : 段差天井 (複数の天井立上りを持つ天井) の被害例

複数の段差や折れ曲がり

音響効果を向上させるために設けられることが多い。学校の屋内運動場でも複数の天井立上り (段差) をもつ天井は珍しくない。

引用：「地震被害を踏まえた非構造部材の基準の整備に資する検討」 p2-45
(トリミングして使用)

3-3 天井の各部仕様の確認①吊りボルトの方向と長さ

〈確認内容〉ステップ2で収集した資料に基づき、吊りボルトの方向と長さを確認する（表3-3）。

〈解説〉

- ・吊りボルトを曲げたり斜め方向に取り付けたりすると、天井の重さを適切に支持できないおそれがあるため、鉛直方向下向きに取り付ける。
- ・吊りボルト長さが3mを超える天井仕様は音楽ホールなどに用いられ、計算による耐震性の検証が求められる。こうした天井仕様にもかかわらず耐震計算書がない場合には、実地診断を行っても耐震性を確認できない。
- ・長さの異なる吊りボルトが混在すると、天井が特別な揺れ方（捻れ振動）をするおそれがある。

〈補足〉

- ・吊りボルト長さが1.5mを超えると水平補剛材が必要となる。この部材の取付方法は斜め部材（ブレース）の取付方法と併せて確認する（ステップ3-6参照）。
- ・吊り元の仕様について、荷重又は外力により、容易に滑りや外れ、損傷を生じないものとなっているか確認する（ステップ3-8参照）。
- ・吊りボルト長さが短いと天井懐に入っの作業が困難になり、天井面を全面的に撤去しないと斜め部材を適切に増設できないことがある（P.43「対策の検討」参照）。

〈表 3-3〉

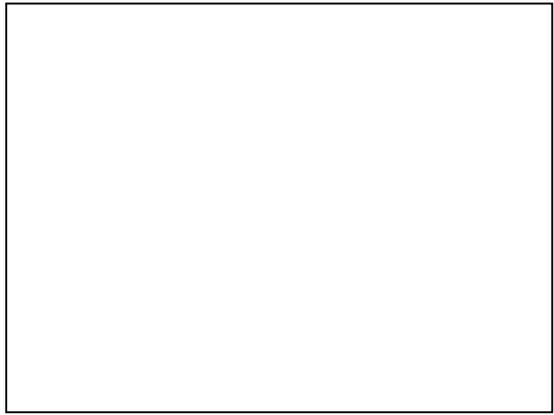
項目	確認結果		確認すべき主な資料
吊りボルトの方向	<input type="checkbox"/> 全て鉛直方向に取り付けられている	OK	矩計図、天井下地伏図
	<input type="checkbox"/> 斜め方向に取り付けられたものがある*	撤去等検討	
	<input type="checkbox"/> 曲げて取り付けられた吊りボルトがある*	撤去等検討	
	<input type="checkbox"/> 確認できる資料がない	実地診断	
吊りボルト長さ	<input type="checkbox"/> XY両方向とも3m以下で、長さが異なる吊りボルトは混在していない（吊りボルト長さ： m）	OK	矩計図、天井下地伏図
	<input type="checkbox"/> 3mを超えるものがある**	撤去等検討	
	<input type="checkbox"/> 長さが異なる吊りボルトが一部に混在している***	要検討	
	<input type="checkbox"/> 確認できる資料がない	実地診断	

*矩計図や断面図に吊りボルトが斜め方向の取り付けや曲げて取り付けることが図示されている場合は一連の箇所が該当するため危険性が高い。一方、ステップ4の実地診断において「斜め方向に取り付けられたもの」や「曲げて取り付けられたもの」が数カ所確認されても「撤去等検討」と判断する必要はない。

**天井の耐震計算書がある場合は「計算ルート」による検討を専門家（建築士等の有資格者）に依頼する。

***例えば屋根と天井の勾配が同一でも、吊りボルトが母屋だけでなく梁にも取り付けられていると異なる長さが混在することになる。

引用：天井メーカーWebカタログ
(トリミングして使用)

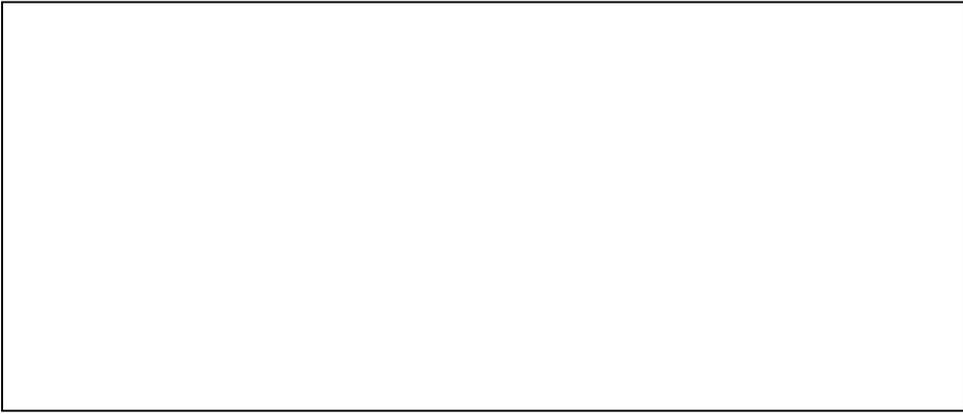


吊りボルトの方向
図面上の吊りボルトが鉛直でも目視すると斜めになっていることがある。吊り元や吊り先に適切な部材を選定しないと、吊りボルトが斜めになってしまう。

吊りボルトの折り曲げ
吊り元にも不適切な仕様がある。吊りボルトが鉛直ならば補強方法も存在するが、斜めに設置したり曲げたりしている場合には吊りボルトの交換が必要になる。

図 3.3.1 : 吊りボルトが斜めに取り付けられた例

引用：事例集 p13
(トリミングして使用)
(赤点線は削除。斜め部材はV字に修正)



引用？…スケッチを清書して使用？

図 3.3.2 : 吊り長さが異なる天井の例 (勾配屋根+平天井の場合)

引用？…スケッチを清書して使用？



図 3.3.3 : 吊りボルトを折り曲げた例

3-4 天井の各部仕様の確認②吊りボルトの間隔

〈確認内容〉吊りボルトの間隔*が技術基準原案の規定以内であることを確認する(表 3-4)。

〈解説〉

- ・本ステップでは天井下地伏図などに示された水平投影長さを測って、吊りボルトの間隔を簡略的に確認する。
- ・ただし、次のどちらかに該当する場合には、技術基準原案の方法に戻って天井面積に対する吊りボルト配置を確認する*。確認した結果、基準原案を満たす場合は「OK」、満たしていない場合は「要検討」と判断する。

①天井面が急勾配の場合（半円に近い円筒形屋根や瓦葺き屋根など）

②一般的な吊りボルト配置よりも広い間隔が採用されている場合（補足参照）

- ・天井下地伏図は、一般的に天井工事の専門事業者が作成する「施工図」に含まれる。

〈補足〉

- ・勾配天井では、吊りボルト間隔実長は水平投影長さよりも大きい。しかし次のような一般的な吊りボルト配置が採用されていれば、**34**寸勾配 (**34**／10) までは、表 3-4 に示す方法によって吊りボルト配置が技術基準原案を満たすことが確認できる。 **(P)**

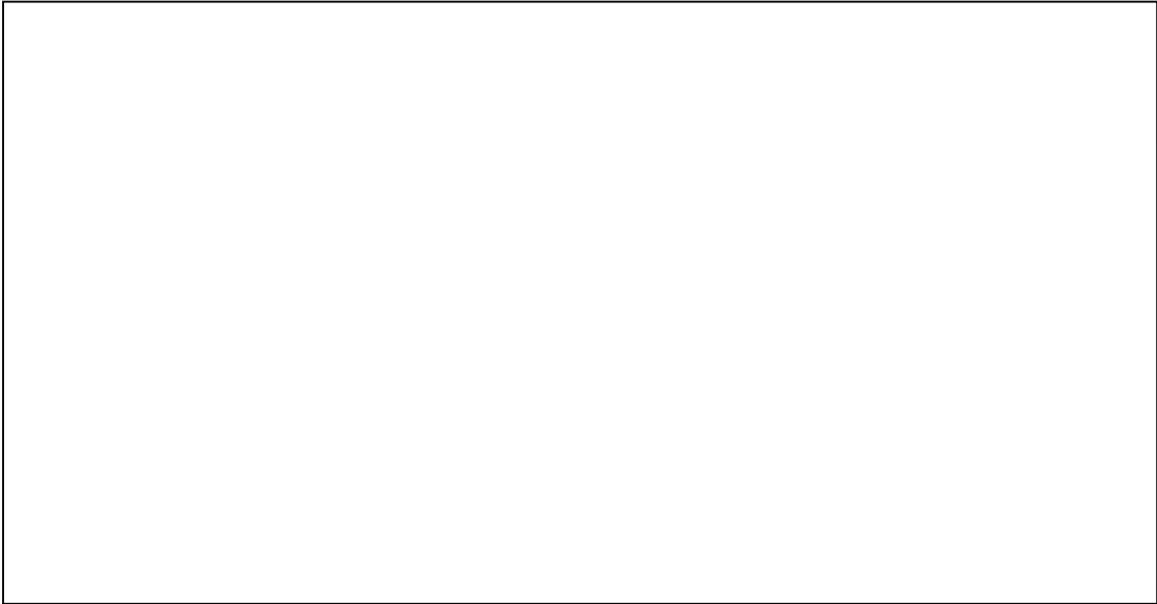
①石膏ボード捨張り天井：XY 両方向とも約 0.9m の間隔

②システム天井：XY 両方向とも約 1.2～1.3m の間隔

〈表 3-4〉

項目	確認結果		確認すべき主な資料
□天井の質量区分：天井面が石膏ボードを1枚含む場合 <u>(石膏ボード捨張り、化粧石膏ボード直張り)</u> (6～20kg/m ²)			天井下地伏図、矩計図
吊りボルトの間隔*	□XY 両方向とも 1m 以内	OK	
	□1m を超える間隔がある	要検討	
	□確認できる資料がない	実地診断	
□天井の質量区分：天井面が石膏ボードを含まない場合 <u>(システム天井、ロックウール吸音板直張り)</u> (2～6kg/m ²)			天井下地伏図、矩計図
吊りボルトの間隔**	□図面上の XY 両方向とも 1.4m 以内	OK	
	□1.4m を超える間隔がある	要検討	
	□確認できる資料がない	実地診断	

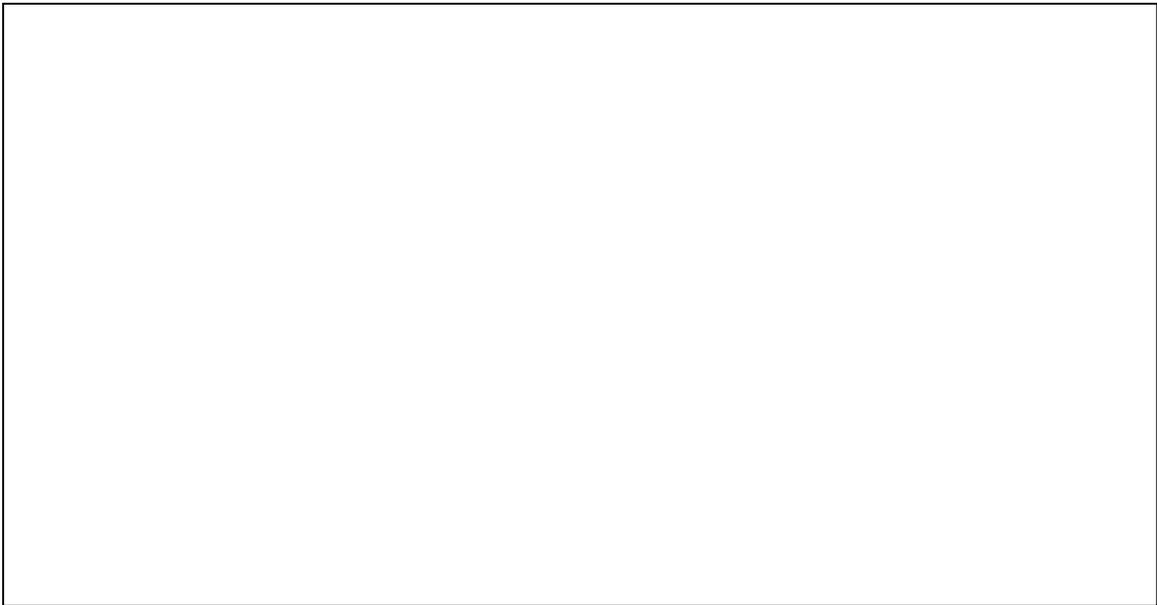
*技術基準原案では、天井の質量区分 6～20kg/m² の場合は天井面積 1m² 当たり 1 本以上。2～6kg/m² の場合は 1m² 当たり 0.5 本以上の吊りボルトを求めている。



引用…事例集p.66(加筆キャプションは削除。図面そのものを提示)

〈図面解説〉
屋根勾配 3/10、母屋間隔が 606mm。母屋 1 本おきに吊りボルトが設けられているので、間隔は 1.16m となる。

図 3.4.1 : 天井断面図の例



引用…川崎市提供資料(要掲載許可)
※斜め部材配置について要確認

〈図面解説〉
吊りボルト間隔は「書き込み寸法」を捜して判断する。なお片方の間隔は「野縁受けの間隔」と考えて差し支えない。

図 3.4.2 : 天井下地伏図の例

3-5 天井の各部仕様の確認③斜め部材（ブレース）の配置

〈確認内容〉斜め部材 1 対当たりの室面積*が技術基準**原案**の規定以内であることを確認する（表 3-5(1)）。

斜め部材が各方向に、概ね釣り合いよく万遍なく配置されていることを確認する（表 3-5(2)）。

〈解説〉

・本ステップでは次の方法によって斜め部材の配置数を簡略的に確認する。

①斜め部材の数：図面上の X 方向と Y 方向とで別々に求める。

②室面積：通り心で囲まれた面積から求める。

③各方向の斜め部材 1 対当たりの室面積＝ $\frac{\text{室面積}}{\text{X 方向 (Y 方向) の斜め部材本数} \times 0.5}$

・ただし、天井面が急勾配の場合には、技術基準**原案**の方法に戻って斜め部材 1 対当たりの天井面積を確認する。

・斜め部材が天井全体に散らばって配置され、天井の一部に偏っていないことを確認する。

〈補足〉

・斜め部材は 2 本 1 対で有効に設置する必要がある（ステップ 3-6 参照）。したがって本ステップでは「斜め部材 2 本」を「斜め部材 1 対」とみなして概算する。

・勾配天井の天井面積は室面積より大きくなるが、本ステップでは天井質量区分の上限値を用いて斜め部材 1 対当たりの室面積を求めている**、***。そのため **3** 寸勾配 (**3**/10) までは、表 3-5(1)に示す方法によって斜め部材の配置数が技術基準**原案**を満たすことが確認できる。(P)

〈表 3-5(1)〉

項目	確認結果（方向と値）		確認すべき主な資料
□天井の質量区分：天井面が石膏ボードを 1 枚含む場合 (6～20kg/m ²)			
斜め部材 1 対当たりの室面積*	(X 方向： m ² , Y 方向： m ²)		天井下地伏図、矩計図
	□XY 両方向とも 3m ² 以内**	OK	
	□3m ² を超える方向がある	要検討	
	□6m ² を超える方向がある。または斜め部材がないので計算不能である	撤去等検討	
	□確認できる資料がない	実地診断	
□天井の質量区分：天井面が石膏ボードを含まない場合 (2～6kg/m ²)			
斜め部材 1 対当たりの室面積*	(X 方向： m ² , Y 方向： m ²)		天井下地伏図、矩計図
	□XY 両方向とも 9 m ² 以内***	OK	
	□ 9 m ² を超える方向がある	要検討	
	□ 18 m ² を超える方向がある。または斜め部材がないので計算不能である	撤去等検討	
	□確認できる資料がない	実地診断	

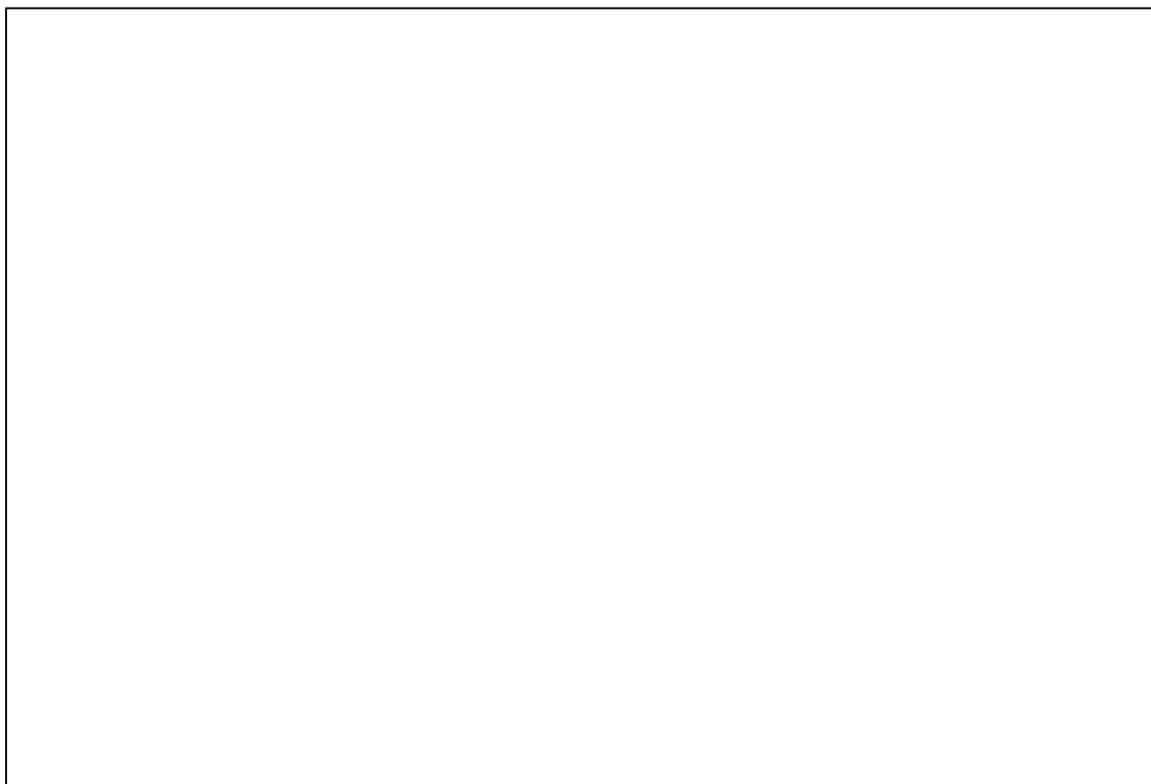
〈表 3-5(2)〉

項目	確認結果（方向）	確認すべき主な資料
斜め部材の配置のバランス	<input type="checkbox"/> X Y両方向とも <u>釣り合いよくまんべんなく</u> 配置されている	OK
	<input type="checkbox"/> 著しく偏った配置の方向がある（ ）	実地診断
	<input type="checkbox"/> 確認できる資料がない	

*技術基準**原案**では斜め部材の配置数を天井面積で考えるが、本マニュアルでは室面積で概算する。

**3寸勾配の天井を吊りボルトの間隔と長さ 0.9m、天井質量 20kg/m²、ブレース C38×12×1.6 を仮定して算出すると 2.7 m²/対となる。この値の小数点以下を四捨五入して概数とした。なお石膏ボード捨張り天井の質量は約 13kg/m² とした^{注)}。

***3寸勾配の天井を吊りボルトの間隔と長さ 0.9m、天井質量 6kg/m²、ブレース C38×12×1.6 を仮定して算出すると 8.9m²/対となる。この値の小数点以下を四捨五入して概数とした。なおシステム天井の質量は約 5.5kg/m² とした^{注)}。



〈斜め部材の配置のバランス〉

上図の天井面に対して、

- ①X 方向の斜め部材の配置は概ね対称 ⇒OK
- ②Y 方向の斜め部材の配置は著しく偏っている
(X4) - (X5) 通り間に配置されていないため

図 3.5.1 : 斜め部材の配置が偏った例

〈斜め部材 1 対当たりの室面積〉 ①X 方向 $-8.7\text{m}^2/\text{対} < 10\text{m}^2/\text{対} \Rightarrow \text{OK}$

②Y 方向 $-2.9\text{m}^2/\text{対} < 3\text{m}^2/\text{対} \Rightarrow \text{OK}$

概算室面積 : $25.2\text{m} \times 19.4\text{m} = 488.9\text{m}^2$

斜め部材の対 : X 方向 56 対 (\therefore 112 本 (14 本/スパン \times 4 スパン \times 2 スパン))

Y 方向 56 対 (\therefore 112 本 (14 本/スパン \times 4 スパン \times 2 スパン))

〈斜め部材の配置のバランス〉 XY 両方向とも概ね対称 $\Rightarrow \text{OK}$

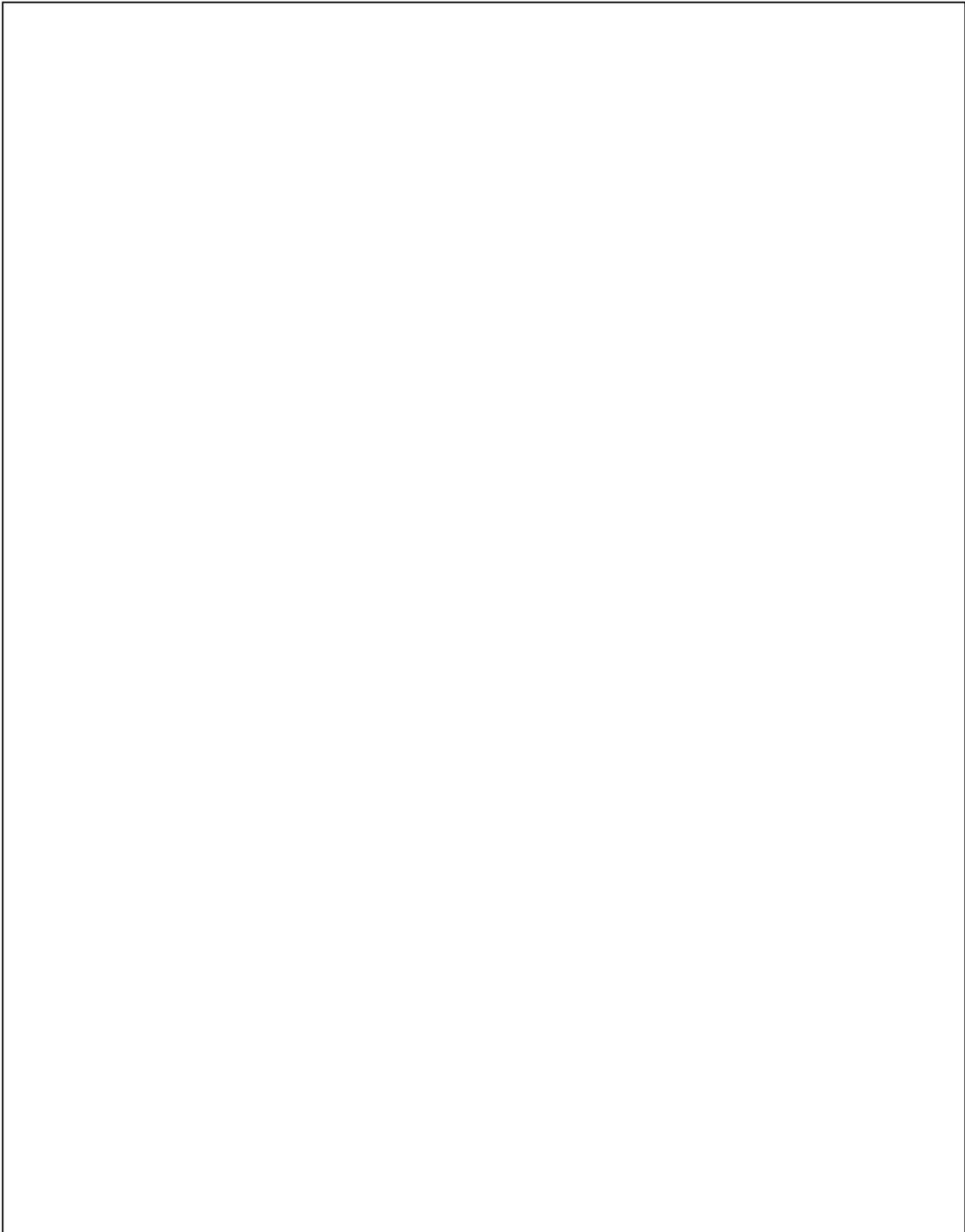


図 3.5.2 : 斜め部材の適切な配置の例 (天井面が石膏ボードを含まない場合)

〈斜め部材 1 対当たりの室面積〉 ①X 方向 $-2.9\text{m}^2/\text{対} < 3\text{m}^2/\text{対}$ $\Rightarrow \text{OK}$

②Y 方向 $-2.9\text{m}^2/\text{対} < 3\text{m}^2/\text{対}$ $\Rightarrow \text{OK}$

概算室面積 : $25.2\text{m} \times 19.4\text{m} = 488.9\text{m}^2$
斜め部材の対 : X 方向 168 対 (∵ 336 本 (42 本/スパン \times 4 スパン \times 2 スパン))
Y 方向 168 対 (∵ 336 本 (42 本/スパン \times 4 スパン \times 2 スパン))

〈斜め部材の配置のバランス〉 XY 両方向とも概ね対称 $\Rightarrow \text{OK}$

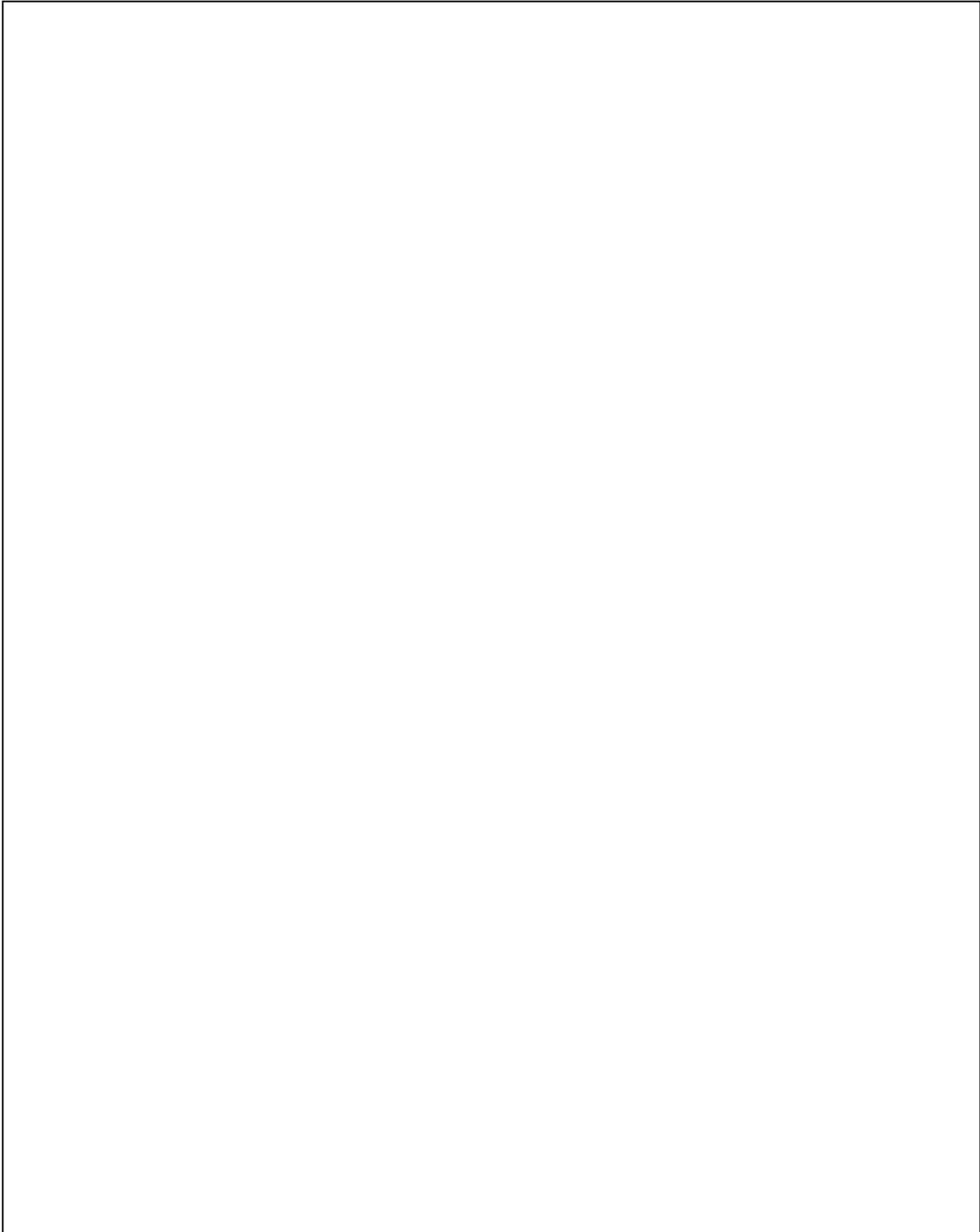


図 3.5.3 : 斜め部材の適切な配置の例 (天井面が石膏ボードを 1 枚含む場合)

3-6 天井の各部仕様の確認④斜め部材の設置仕様

〈確認内容〉斜め部材の対が全てV字形になっていることを確認する（表 3-6(1)）。

斜め部材の接合部の仕様を確認する（表 3-6(2)）。

〈解説〉

- ・斜め部材は、各方向とも、吊りボルトを挟んで2本1対で配置される。ただし、斜め部材の対が「ハ」の字形をしていると地震に対して有効に機能しない。
- ・斜め部材は吊りボルトや野縁受けに対して専用金具やねじ留めを用いて接合するものとし、荷重又は外力により、容易に滑りや外れ、損傷を生じないものとする必要がある。
- ・吊り長さが長い場合には、地震時に吊りボルトが座屈して斜め部材が有効に機能しない可能性がある。そのため吊り長さ1.5m超の場合には、水平補剛材を設けて吊りボルトと緊結する。なお、水平補剛材はXY両方向とも釣り合いよく設ける。

← 告示内容に応じて修正

〈表 3-6(1)〉

項目	確認結果		確認すべき主な資料
斜め部材の1対の形状	<input type="checkbox"/> 全ての対がV字 状形*	OK	天井下地伏図、矩計図
	<input type="checkbox"/> ハの字 状形 の対がある	要検討	
	<input type="checkbox"/> 2本1対になっていないものがある		
	<input type="checkbox"/> 確認できる資料がない	実地診断	
※吊り長さ1.5m超の場合は下記も確認する			
水平補剛材の設置	<input type="checkbox"/> 水平補剛材がXY両方向とも釣り合いよく配置され、吊りボルトと緊結されている（図3.6.3参照）	OK	天井下地伏図、矩計図
	<input type="checkbox"/> 上記以外（ ）	要検討	
	<input type="checkbox"/> 確認できる資料がない	実地診断	

〈表 3-6(2)〉

項目	確認結果		確認すべき主な資料
斜め部材の材料	<input type="checkbox"/> C38×12×1.2 <input type="checkbox"/> C38×12×1.6	OK	天井下地伏図、矩計図、特記仕様書、ブレース強度の計算書
	<input type="checkbox"/> C40×20×1.6		
	<input type="checkbox"/> 上記以外の材料（ ）	実地診断	
	<input type="checkbox"/> 確認できる資料がない		
斜め部材の接合部	<input type="checkbox"/> 全てに金具で緊結されている	OK	
	<input type="checkbox"/> 溶接されたものが一部にある	要検討	
	<input type="checkbox"/> 全てに溶接が用いられている	撤去等検討	
	<input type="checkbox"/> 確認できる資料がない	実地診断	

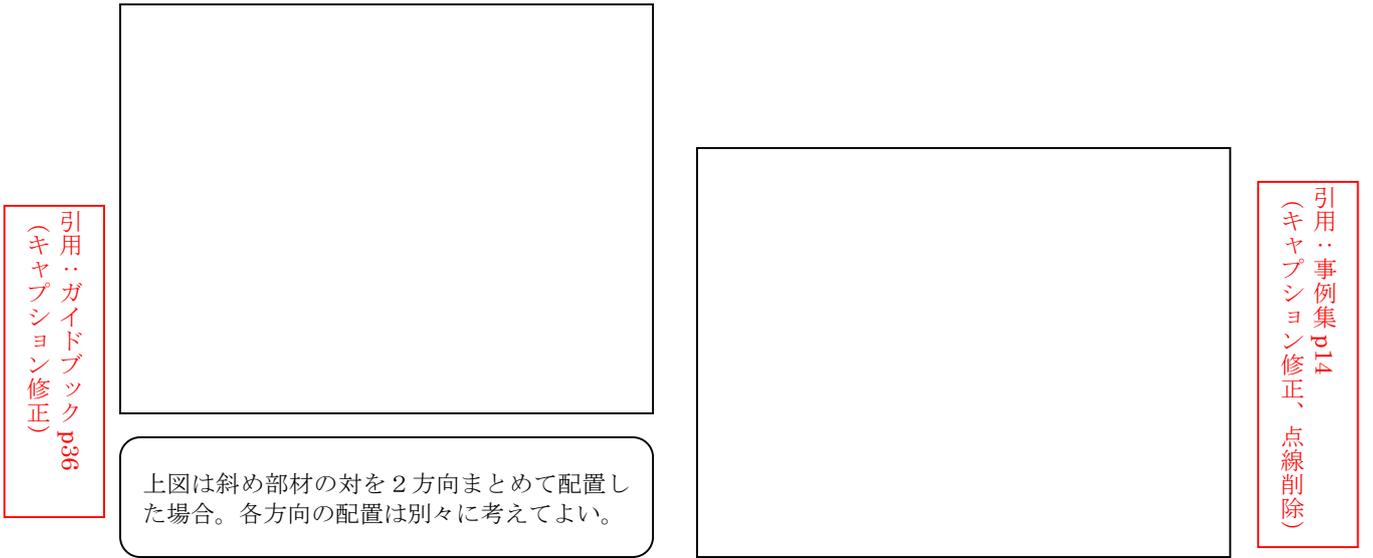


図 3.6.1 : 斜め部材のV字形配置の模式図

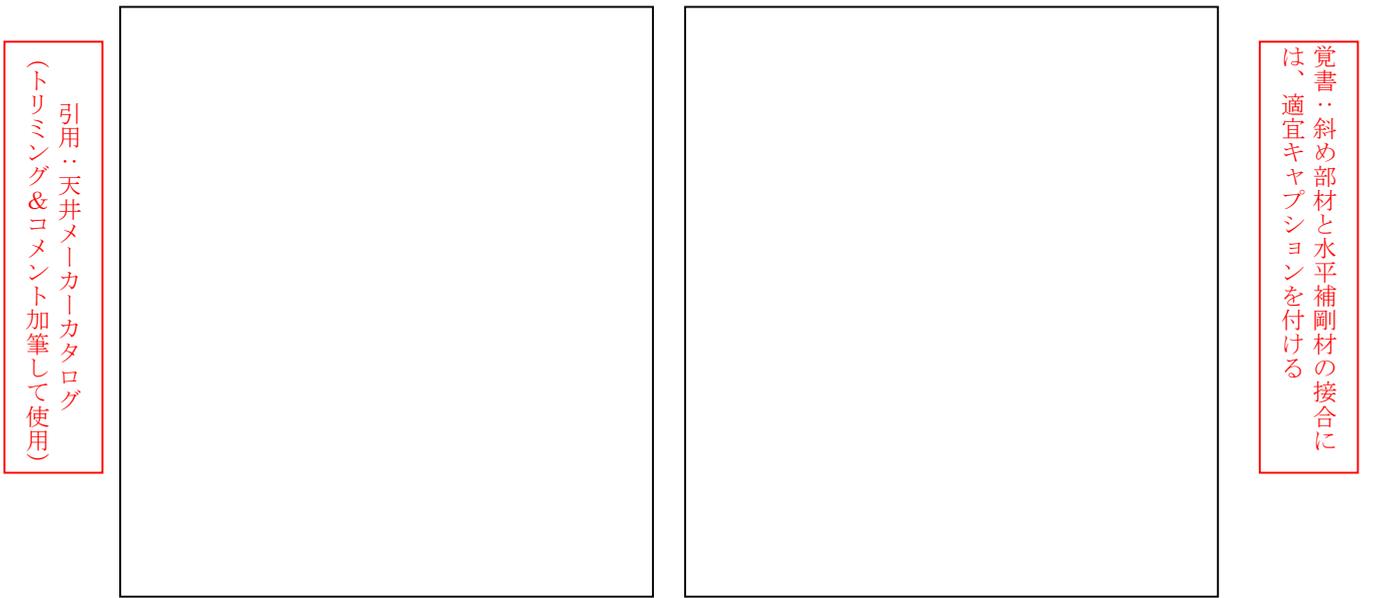


図 3.6.2 : 斜め部材の接合部の例

図 3.6.3 : 吊り長さ 1.5m 超部分の斜め部材の例

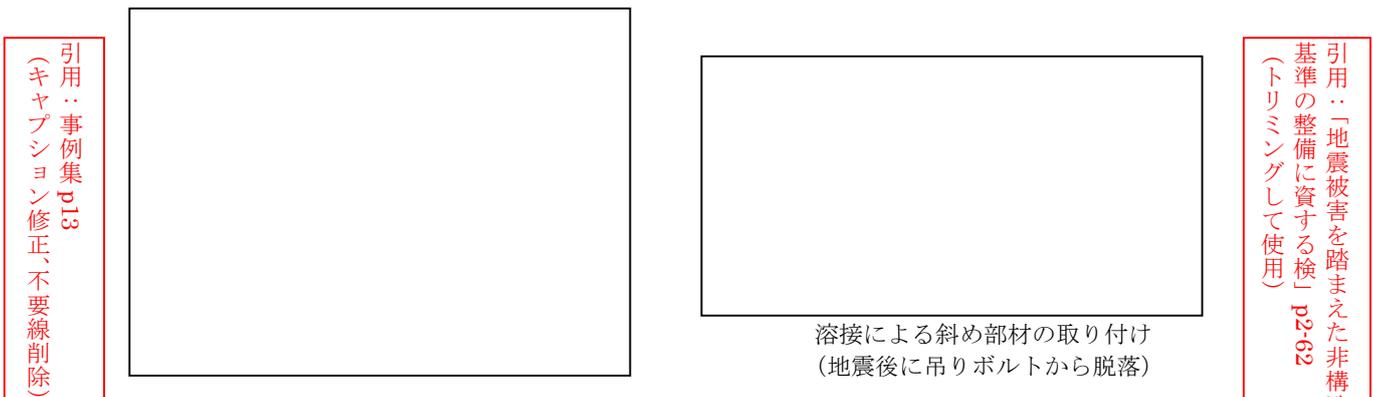


図 3.6.4 : 仕様ルートを満たさない斜め部材の配置や接合部の例

3-7 天井の各部仕様の確認⑤クリアランスの確保

〈確認内容〉壁際：天井面と壁との間に、クリアランス（隙間）が設けられていることを確認する（表 3-7(1)）。

段差・折れ曲がり：吊り長さが異なる天井部分が隣接する場合、クリアランスが設けられていることを確認する（表 3-7(2)）。（ステップ 3-2 参照）

設備等周り：天井面と一体に動かない設備等の周囲には、クリアランスが設けられていることを確認する（表 3-7(3)）。

〈解説〉

- ・天井落下被害の中でも、壁際の天井材落下は典型的な被害である。天井と壁との衝突を防止するために天井を壁から 6 cm 以上離す。（図 3.7.1～3.7.3）
- ・天井の段差や折れ曲がりでは、吊り長さが異なる部分や野縁受けが連続していない部分が隣接することがある。この場合は地震時に異なる動き方をする可能性があるため、6 cm 以上離す。（図 3.7.4～3.7.5）
- ・天井から吊られたバスケットゴール（以下「吊下式バスケットゴール」^{注1）} という。）等の支柱周囲には 6 cm 以上のクリアランスを設ける。
- ・クリアランスは、天井面材だけでなく野縁や野縁受に対しても設ける。

〈補足〉

- ・技術基準原案の仕様ルートでは、天井面の次の部分にクリアランス設置を求めている。
 - ①天井面の壁際
 - ②地震時に天井面と一体に動かない設備^{注1）}の周囲
 - ③地震時に一体的に動かない段差（立上り）や折れ曲がり
 - ④エキスパンションジョイントを跨ぐ部分^{注2）}
- ・吊下式バスケットゴールは、天井とは別にRC躯体や小屋組鉄骨に取り付けられた設備であるため、天井面と一体的に動かない。
- ・RC 躯体や小屋組鉄骨から吊られている直吊り照明設備や空調設備について、天井面と一体に挙動しないものは天井面との間にクリアランスが必要となる（図 3.7.6）。また別途、照明設備等には落下防止措置を行う（第2節（P.55～）参照）。
- ・天井埋込み式の照明設備について、天井面と一体的に挙動するものは天井面との間にクリアランスは不要である（図 3.7.8）。ただし、別途、落下防止措置は行う（第2節（P.55～）参照）。
- ・電動昇降式照明設備も、本体そのものが天井面に埋め込まれている場合で、天井面と一体に挙動するものについては、天井面との間のクリアランスは不要である。ただし、落下防止機構を備えた製品を用いる（図 3.7.7）。^{注3）}
- ・天井埋込み式や固定式のスピーカー等は照明設備と同様に対応する。

注 1)吊下式バスケットゴールに類似する設備として、天井に設置された体操用のつり輪などがある（P.59、付写真 1.2.5 参照）。

注 2)こうした部分は学校の屋内運動場等には現れないと考えられるため、本マニュアルのチェック項目には含めていない。なお、こうした部分にクリアランスを設ける場合は③の場合と同様である。

注 3)電動昇降装置（リレー）をRC 躯体や小屋組鉄骨に取り付けている場合のワイヤー貫通孔は昇降する懸垂物と同様に考える。（図 3.7.9）

〈表 3-7(1)〉

項目	確認結果		確認すべき主な資料
壁際のクリアランス	<input type="checkbox"/> 全周に 6cm 以上確保されている	OK	天井伏図、矩計図
	<input type="checkbox"/> 全周確保されているが 6cm 未満や寸法不明の部分がある	要検討	
	<input type="checkbox"/> クリアランスがない部分がある		
	<input type="checkbox"/> クリアランスが全くない	撤去等 検討	
	<input type="checkbox"/> 確認できる資料がない	実地診断	

〈表 3-7(2)〉

項目	確認結果		確認すべき主な資料
段差や折れ曲がり部分*のクリアランス	<input type="checkbox"/> 6cm 以上確保されている	OK	天井伏図、矩計図
	<input type="checkbox"/> 上記のクリアランスが確保されていない	要検討	
	<input type="checkbox"/> 確認できる資料がない	実地診断	

*隣接する天井部分と一体的に動かない場合。

〈表 3-7(3)〉

項目	確認結果		確認すべき主な資料
天井バスケット ゴール等の設備 等の支柱 周囲のクリアランス	<input type="checkbox"/> クリアランスが 設備等支柱 周囲に 6cm 以上確保されている	OK	<u>取付詳細図</u> 等
	<input type="checkbox"/> 上記のクリアランスが確保されていない	要検討	
	<input type="checkbox"/> 確認できる資料がない	実地診断	

図調整



図 3.7.1: 壁際クリアランスの納まりの例 (回り縁)



図 3.7.2: クリアランスがない壁際の例

引用…ガイドブック p.37
(図修正…天井材の取り付けビスを長くする…径の2倍ほど貫通させる)

引用…天井メーカーカタログ
(トリミング&コメント加筆して使用)

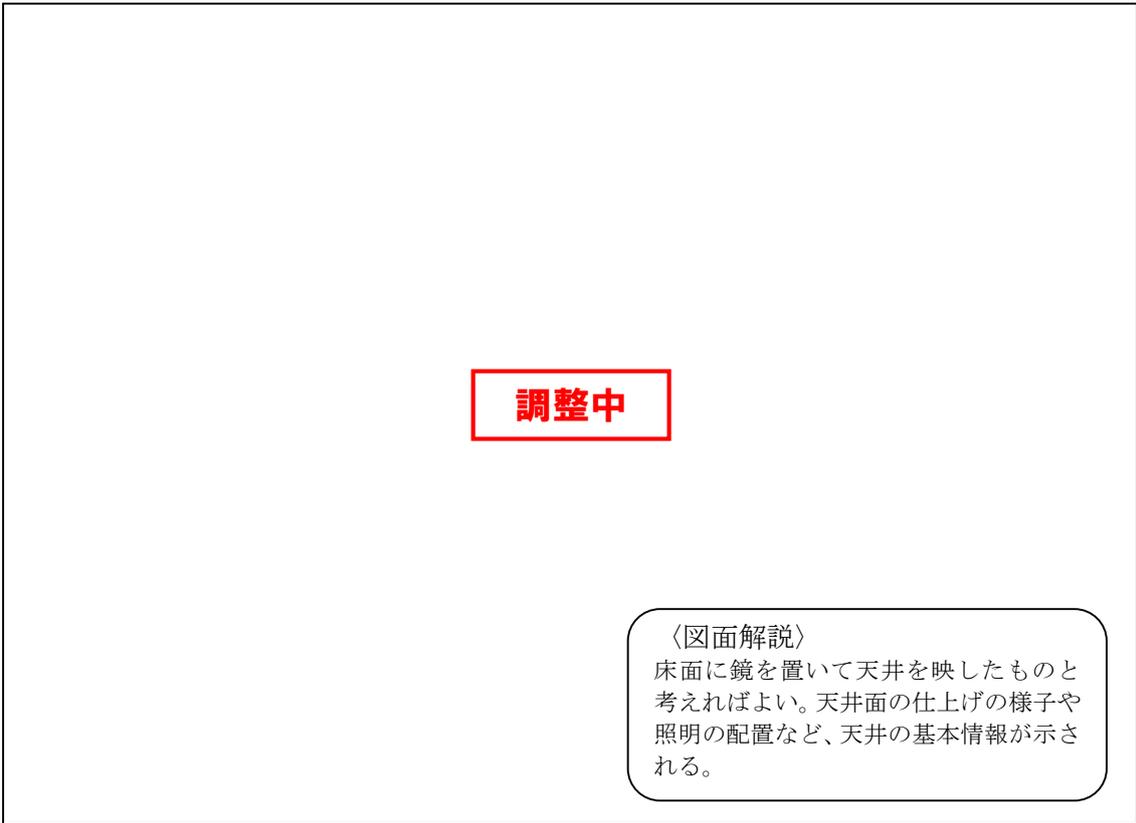


図 3.7.3 : 天井伏図の例



*ファンコイルユニット

参考 Web 写真
(許可がとれば掲載)

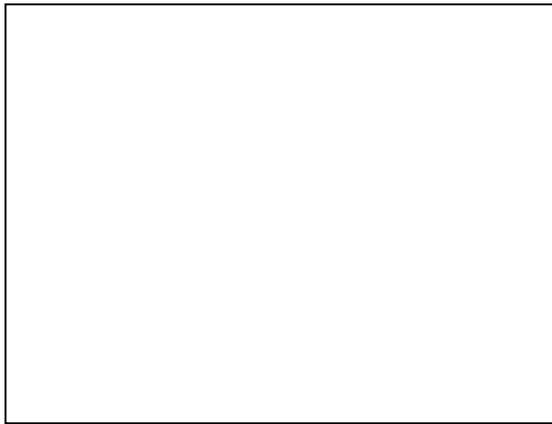


写真 3.7.1 : 吊下式バスケット装置の支柱と天井の取り合い部

図 3.7.6 : 空調設備機器のクリアランス

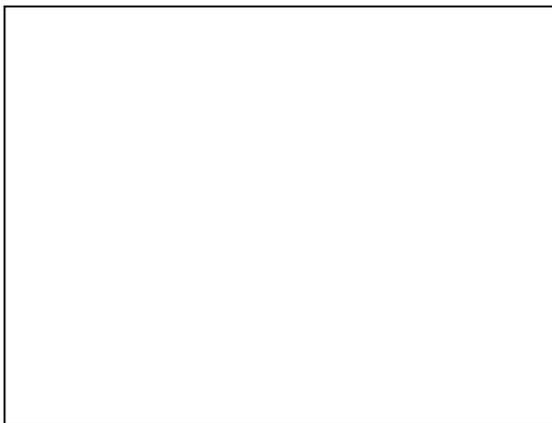


図 3.7.7 : 直吊り照明のクリアランス
(電動昇降式の例)

図 3.7.8 : 天井埋込み照明のクリアランスの考え方



天井埋込み照明の設置方法

蛍光灯などの大型器具は専用金物を用いて野縁受けに取り付けられ、照明の開口部周りの野縁受けには所定の補強が行われる。

一方ダウンライトなど小型器具は天井面材そのものに取り付けられる。ロックウール吸音板直張りの場合、照明開口部周りは石膏ボード裏打ちによって補強される。

懸垂物のためのワイヤー貫通孔

昇降する懸垂物の場合、天井にワイヤー貫通孔が設けられる。バトン^{注)}の場合は直径 150mm 程度の貫通孔を設けることが多い。

注) 照明設備や音響設備を吊るための鋼管。

図 3.7.9 : 昇降する懸垂物のワイヤー貫通孔のクリアランスの考え方

3-8 天井の各部仕様の確認⑥天井部材の緊結

〈確認内容〉ステップ2で収集した資料に基づき、天井を構成する各部材の緊結状況を整理する（表3-8）。

〈解説〉

- ・ 接合部は、ボルト、ねじなどの接合方法により相互に緊結し、荷重や外力により、容易に滑りや外れ、損傷を生じない構造となっているかを確認する。
- ・ 天井下地組みの各接合部の仕様を確認し、製品名・型番や施工要領などに関する情報を表3-8に記入する。
- ・ このステップでの確認は、原則として資料に記載された文字情報に基づいて行う。ただし、カタログが収集できた場合は図形情報を参考にしてよい。

〈表3-8〉

項目	確認結果（製品名・型番など）	確認すべき主な資料
吊り元の仕様	<input type="checkbox"/> RC スラブへの埋込み	OK
	<input type="checkbox"/> 吊り元アングル材の使用	
	<input type="checkbox"/> 折板屋根から直吊り <u>そのもの</u>	撤去等 検討
	<input type="checkbox"/> 溶接 <input type="checkbox"/> 金具（ ）	要検討
	<input type="checkbox"/> 上記以外（ ）	
	<input type="checkbox"/> 確認できる資料がない	実地診断
ハンガーの仕様	<input type="checkbox"/> ビス付き勾配用（ ）	OK
	<input type="checkbox"/> ビス付き；平天井の場合（ ）	
	<input type="checkbox"/> ビス付き；勾配天井の場合（ ）	要検討
	<input type="checkbox"/> 上記以外（ ）	
	<input type="checkbox"/> 確認できる資料がない	実地診断
クリップの仕様	<input type="checkbox"/> 野縁・野縁受けの両方に <u>ビスねじ</u> 留め （ ）	OK
	<input type="checkbox"/> 上記以外（ ）	要検討
	<input type="checkbox"/> 確認できる資料がない	実地診断
石膏ボード*の 取付方法の仕様	<input type="checkbox"/> 100～150mm 程度の間隔でねじ留め**	OK
	<input type="checkbox"/> 150～200mm 程度の間隔でねじ留め** （野縁直下の面材： ）	
	<input type="checkbox"/> 間隔は不明だがねじ留め	要検討
	<input type="checkbox"/> 上記以外（ ）	
<input type="checkbox"/> 確認できる資料がない	実地診断	

特記仕様書、施工要領書 (カタログ等を含む)、~~カタログ~~、~~矩~~計図、天井下地伏図

*直張り（面材が1枚のみ）の場合は仕上材の取付方法を確認する。

**公共建築工事標準仕様書では石膏ボードのビス留めに150～200mmの間隔を求めている。なお直張り製品では100～150mm程度の間隔でビス留めを求めているものが多い。

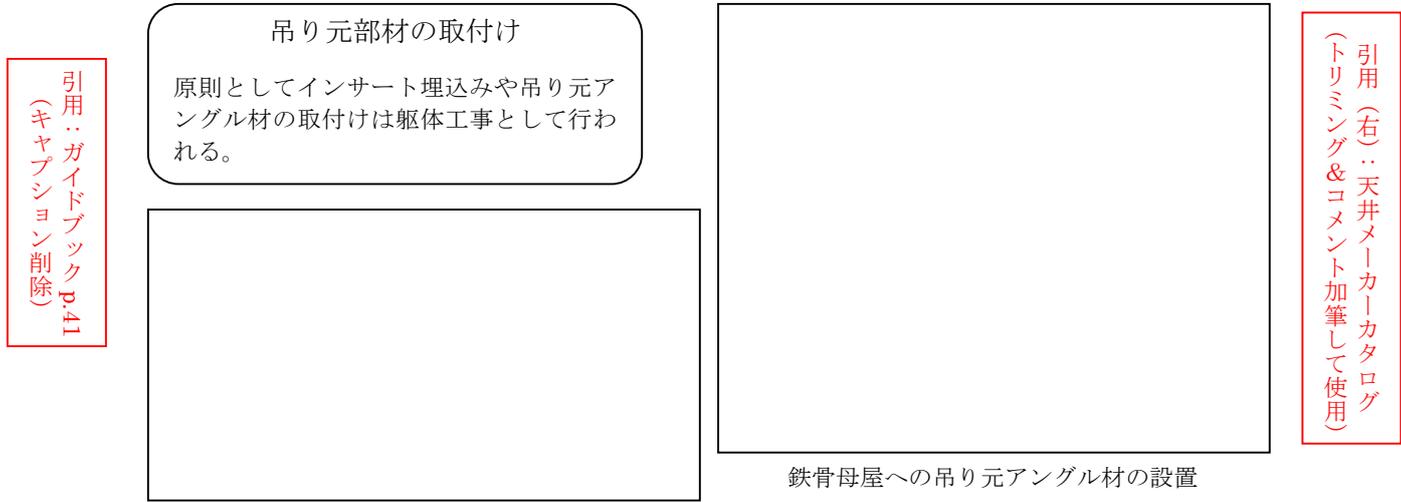


図 3.8.1：吊り元の例

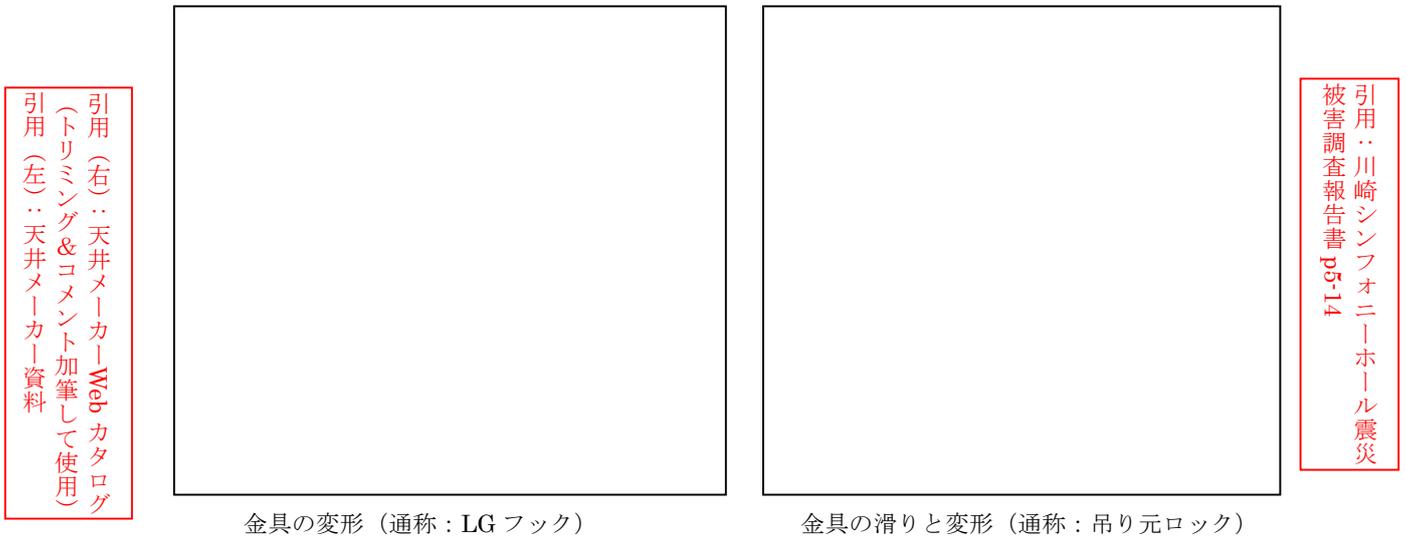
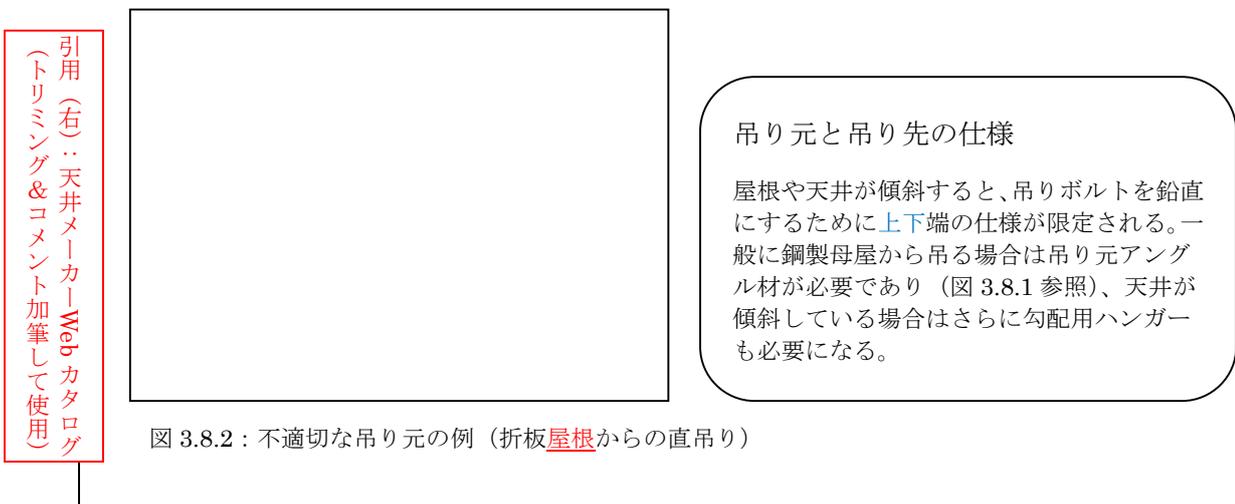


写真 3.8.2：吊り元の被害の例





ビス付きハンガー

平天井に用いる。ハンガーが開いて野縁受けが脱落することを防ぐ。

ビス付き勾配用ハンガー

「フリーハンガー」などとも呼ばれる。2枚のプレートから構成されており、鉛直な吊りボルトに対しても天井勾配に沿って野縁受けを設置できる。

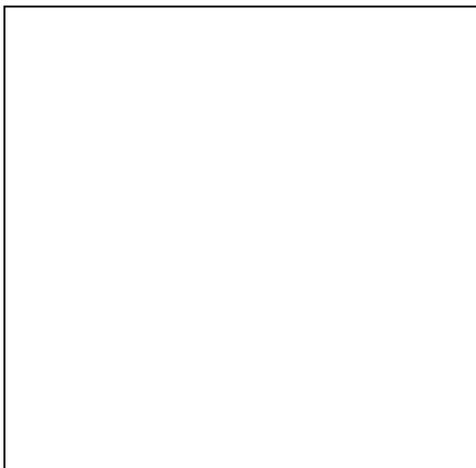
引用：懸垂物安全指針・同解説 p145
(周囲のRC部分をレタッチして使用)

写真 3.8.3 : ビス付きハンガー



引用：天井メーカーWebカタログなど
(トリミング&コメント加筆して使用)
(アイソメは写真に差し替えた)

図 3.8.3 : ビス付き勾配用ハンガー



通常のハンガーは「ワンタッチハンガー」などとも呼ばれる。大きく揺れるとプレートが開いて野縁受けが脱落することがある。

引用：天井メーカーカタログ
(トリミング&コメント加筆して使用)

写真 3.8.4 : ハンガーの損傷の例

引用：天井メーカーWebカタログなど
(トリミング&コメント加筆して使用)

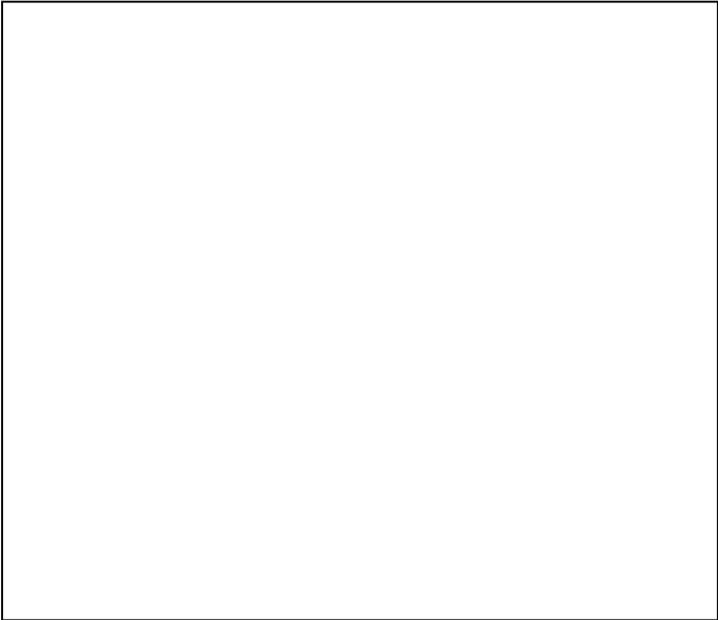


図 3.8.4 : 野縁と野縁受けにビス留めするクリップの例

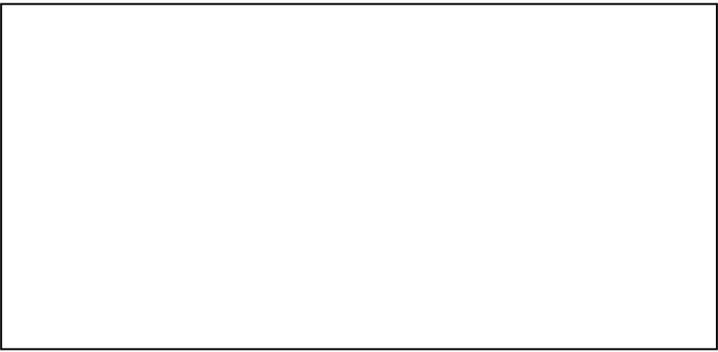
クリップの損傷

大きな揺れを受けると通常のクリップは爪部分が開いて天井脱落の原因となる。

耐震性のない補強の例

通常のクリップを 1 箇所につき 2 枚用いたとしても補強にならない (写真 3.8.5 左)。また、こうしたクリップを野縁受けにビス留めしただけでは、野縁に引っかけている突起部分が変形して、天井面が野縁ごと脱落することがある (写真 3.8.5 右)。

引用：ガイドブック p39



通常のクリップの両側留め 野縁受けにビス止め

写真 3.8.5 : 耐震性のないクリップ補強の例

ビスの頭抜け

壁際に押しつけられた野縁が座屈すると、ビス留めされていた石膏ボードが野縁から脱落することがある。

引用：南河内小学校を参考として例示
(東日本大震災の被害例)

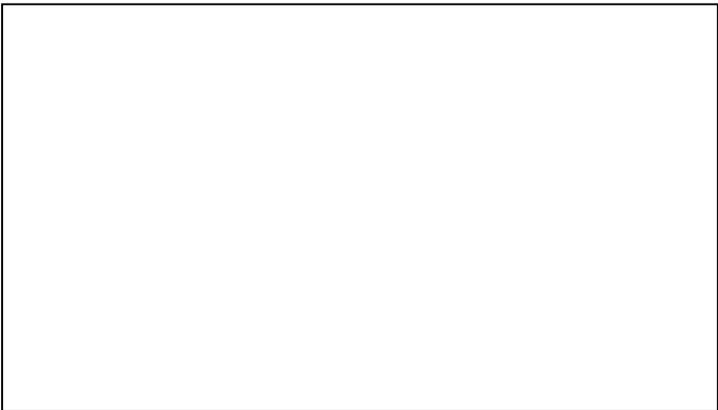


写真 3.8.6 : 石膏ボードのビス頭抜け

対策の検討

〈確認内容〉ステップ1-3、1-4とステップ3の確認結果を踏まえ、天井の落下防止対策を検討する。その際、安全面での課題や、天井により確保している断熱・音響・空調等の各種環境条件を勘案し、天井の必要性を検討する。

〈解説〉

- ・別表1に示す「天井撤去」「天井の補強による耐震化」「天井の撤去及び再設置」「落下防止ネット等の設置」のどの対策手法を採用するにせよ、それぞれの特長と必要となるコスト、安全性を勘案して、適正な対策手法を選択する(ステップ5の対策事例(P.47～50)も参照)。
- ・既存天井の仕様や取付け状況によっては、補強による改修工事が実質的に困難な場合もあり、より確実な安全性を確保するための対策として、撤去による対策が望ましい場合もある。天井撤去に当たっては、別表3の留意点等も参照しながら有効な対策を施す。

〈別表1〉屋内運動場等の天井落下防止対策の手法と主な特長等

対策手法	主な特長等
i) 天井撤去	地震被害の発生危険性のある天井部材を解体・撤去し、大空間天井の耐震安全性を確保する方法。地震時に落下する部材そのものをなくすことで、天井裏の構造躯体の状況も可視化され、被災状況を正確に把握できる。 撤去に伴い、天井が保有していた断熱性能や吸音性能など環境条件が変化し使用に影響を及ぼす場合があるため、屋根面への断熱対策や吸音体の付加などの対策を施すことが必要である。 (別表3参照)
ii) 天井の補強による耐震化	耐震補強の必要な部材及び接合部の改修を行うものであり、天井脱落対策に係る技術基準を踏まえて、耐震的な仕様により性能を高める方法。補強により安全性は確保されるが、既存施設の対策状況によっては、天井面の全面的な撤去が避けられず、補強が不可能な場合がある。
iii) 天井の撤去及び再設置	既存天井を全面的に撤去し、目標性能に適合した天井を耐震設計し直すなどした上で、再び天井を設置する方法。新たに耐震設計し直した天井の設置により安全性は確保されるが、天井全面を改修するため高コストである。 <u>なお、仮に落下しても人に危害を及ぼす可能性の低いものとして、技術基準によらない軽量の天井を再設置することは有効である。</u>
iv) 落下防止ネット等の設置	落下防止ネットやワイヤー、ロープなどによる対策を施すことにより、天井の <u>落下を防止する</u> 方法。 <u>原則として、既存天井を対象とするものであり、</u> 上記i)～iii)の対策を実施するまでの間の応急的な措置として実施するもの。

〈天井撤去を中心とした検討〉

- ・別表2に示した項目に一つでも該当する場合、他の項目を診断しなくても「危険性が高い」と判断できる。この場合、既存天井の撤去を中心とした対策の検討を行うことができる。

〈別表2 撤去等検討のケース〉

項目	確認結果	対応するステップ
壁際のクリアランス	<input type="checkbox"/> クリアランスが全くない	ステップ 1-3 ステップ 3-7
斜め部材の有無	<input type="checkbox"/> 斜め部材を確認できない	ステップ 1-3
斜め部材の接合部	<input type="checkbox"/> 全て溶接である	ステップ 3-6
耐震措置に関する特記事項	<input type="checkbox"/> 天井に関する特記事項がない*	ステップ 1-3
屋根形状と天井形状の確認	<input type="checkbox"/> 屋根形状と天井形状に明らかな違いがあり、吊り長さも明らかに違う	ステップ 1-4
野縁等の材料	<input type="checkbox"/> 木材など（鋼製野縁、システム天井以外）	ステップ 3-1
天井の質量	<input type="checkbox"/> 天井面が石膏ボードを2枚以上含む（天井の耐震計算書なし）	
全体的な天井断面	<input type="checkbox"/> 吊りボルト長さを揃える小屋裏措置なしで、屋根と異なる勾配の舟底天井が設けられている	ステップ 3-2
局所的な天井断面	<input type="checkbox"/> クリアランスなしで、天井面に立上り(段差)が設けられている <input type="checkbox"/> 吊りボルト長さを揃える小屋裏措置なしで、天井面の頂部や壁際に折れ曲がり部が設けられている	
吊りボルト長さ	<input type="checkbox"/> 3mを超えるものがある（天井の耐震計算書なし）	ステップ 3-3
吊りボルトの方向	<input type="checkbox"/> 斜め方向に取り付けられている <input type="checkbox"/> 曲げて取り付けられた吊りボルトがある	
斜め部材1対当たりの室面積	〈天井の質量区分〉天井面が石膏ボードを1枚含む場合	ステップ 1-3 ステップ 3-5
	<input type="checkbox"/> 6m ² を超える方向がある**	
	<input type="checkbox"/> 計算不能（斜め部材がない）	
	〈天井の質量区分〉天井面が石膏ボードを含まない場合	
	<input type="checkbox"/> 20m ² を超える方向がある** <input type="checkbox"/> 計算不能（斜め部材がない）	
吊り元の仕様	<input type="checkbox"/> 折板屋根からの直吊り <u>そのもの</u>	ステップ 3-8

*「(各公的機関の) 標準仕様書による」といった記述のみで耐震措置に関する特記事項がない場合も含む。

**それぞれの天井質量区分に対して、斜め部材の設置数が必要数の半数に満たない場合を示す。なお、天井仕様の仮定はステップ 3-5 参照。

〈別表3 天井撤去の検討に当たって留意すべき点〉

項目	留意すべき点
□断熱	天井撤去に伴う断熱性能の低下を補うため、屋根面への断熱補強の実施を検討する。
□音響	吸音性のある天井の撤去により、屋内運動場等の発生騒音が響きすぎて使用上の妨げとなるため、不足する吸音力を吸音体の付加等により補充することを検討する。
□空調・換気	大空間の天井の撤去による空調負荷の増大（気積、気流の変化等）を補うため、天井換気扇、吹出口の増設による改善を検討する。
□照明等	天井撤去に伴い天井面の照度が均一でなくなり、競技環境の悪化等支障が生じる場合は、空間の照明計画等を見直し、必要に応じ照明改修を検討する。 天井材埋込形の照明器具であれば、天井撤去に伴い、照明器具を母屋に直接緊結するよう改修が必要となる。

〈補強の可能性の検討〉

- ・天井の補強による耐震化を図る場合は、3-3 から 3-8 までの全ての項目の確認結果が OK となるよう、部材の交換又は補強等を行う必要がある。しかしながら、次の1つでも該当する場合は、天井面の全面的な撤去が避けられないことから実質的に「補強」は不可能と考えられる。
 - ①吊り元の基本的な取付方法が技術基準**原案**を満たさない場合
 - ②斜め部材の設置数が必要数の半数に満たない場合
 - ③斜め部材を入れる空間がない場合
 - ④野縁等に金属製下地以外が用いられている場合
- ・また、吊りボルト長さが短いと天井懐に入っでの作業が困難になり、天井面を全面的に撤去しないと斜め部材を適切に増設できないことがある。
- ・なお、定期的な点検や地震時の緊急点検を適切に行うことができるよう、補強工事に併せて、点検口を設けることが重要である。

〈天井の耐震性等を計算で検証する場合〉

- ・第2章1（1）で示したとおり、天井の耐震性等を計算で検証する場合には別途専門家に相談し実施する必要があるが、基準が厳しくなったことにより、これまでの考え方による斜め部材（ブレース）の設置数で基準を満たすことは困難である。また、「計算ルート」適用の前提として求められている、天井面を一体として挙動させるためには、クリップの緊結といった措置も必要となる場合がほとんどであると想定されることから、既存の屋内運動場等における天井の耐震性等を計算でクリアすることは実質的に困難である。

〈天井の撤去及び再設置の検討〉

- ・既存天井を撤去し新たな天井を再設置するに当たっては、耐震性等を考慮した天井の仕様を満たすか、天井の耐震性等を計算で検証することで、技術基準を満たした天井を設置する必要があり、今後国土交通省で作成される技術資料も踏まえる必要がある。
- ・また、定期的な点検や地震時の緊急点検を適切に行うことができるよう、天井の再設置工事に併せて、点検口を設けることが重要である。

〈落下防止ネット等の設置の検討〉

- ・現時点では「落下防止ネット等の設置」に関する明確な基準は示されていない。この方法を検討する場合には、少なくとも以下の点に留意する。
 - ①落下途中の天井を捕捉することが目的であり、一般に落下自体を防ぐ方法ではない。
 - ②天井材の重量に加え落下時の衝撃力を構造耐力上十分に支えられるように、落下防止ネットやワイヤー、ロープ等の強度及び取付方法を十分に検討する。支持金物は屋根鉄骨等に固定しバランスよく設置する必要がある。
 - ③ネット等からこぼれ落ちた落下物が人身に危害を与えないよう、適切なネットの目を検討する。
- ・実際の設置に当たっては、今後国土交通省で作成される技術資料も踏まえる必要がある。