

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)）。

設備周り：天井面と一体に動かない設備の周囲には、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 10cm 以上離す。
- ・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ことがあるので、10cm 以上離す。
- ・天井から吊られたバスケットゴール等（以下「天井バスケットゴール等」^{注1)} という）の支柱周囲には 10cm 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)}
- ・天井埋込み式の照明設備にクリアランスは不要である。ただし大型の場合には落下防止措置を行う（P54、付図 1.2.2 参照）。
- ・固定式の直吊り照明設備は、天井と別に RC 躯体や小屋組鉄骨から吊られていて、天井面と一体に挙動しないものについては天井面との間にクリアランスが必要となる。また別途、照明設備の落下防止措置を行う（P54、付図 1.2.1 参照）。
- ・電動昇降式照明設備も、本体そのものが天井面に埋込まれている場合は、天井面と一体に挙動するため、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 3.7.4）。
- ・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。昇降する懸垂物は電動昇降式照明設備と同様に対応する。

注 1)天井面と一体的に動かない設備とは、RC 躯体や小屋組鉄骨に取り付けられた設備で天井を貫通するものを指す。天井バスケットゴールがその典型である。なお天井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.〇〇、付図 1.1.5 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。

〈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 10cm 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 10cm 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"/> 10cm 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 の支柱周囲の クリアランス	<input type="checkbox"/> クリアランスが支柱周囲に 10cm 以上確保されている	OK	
	<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

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)



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…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)

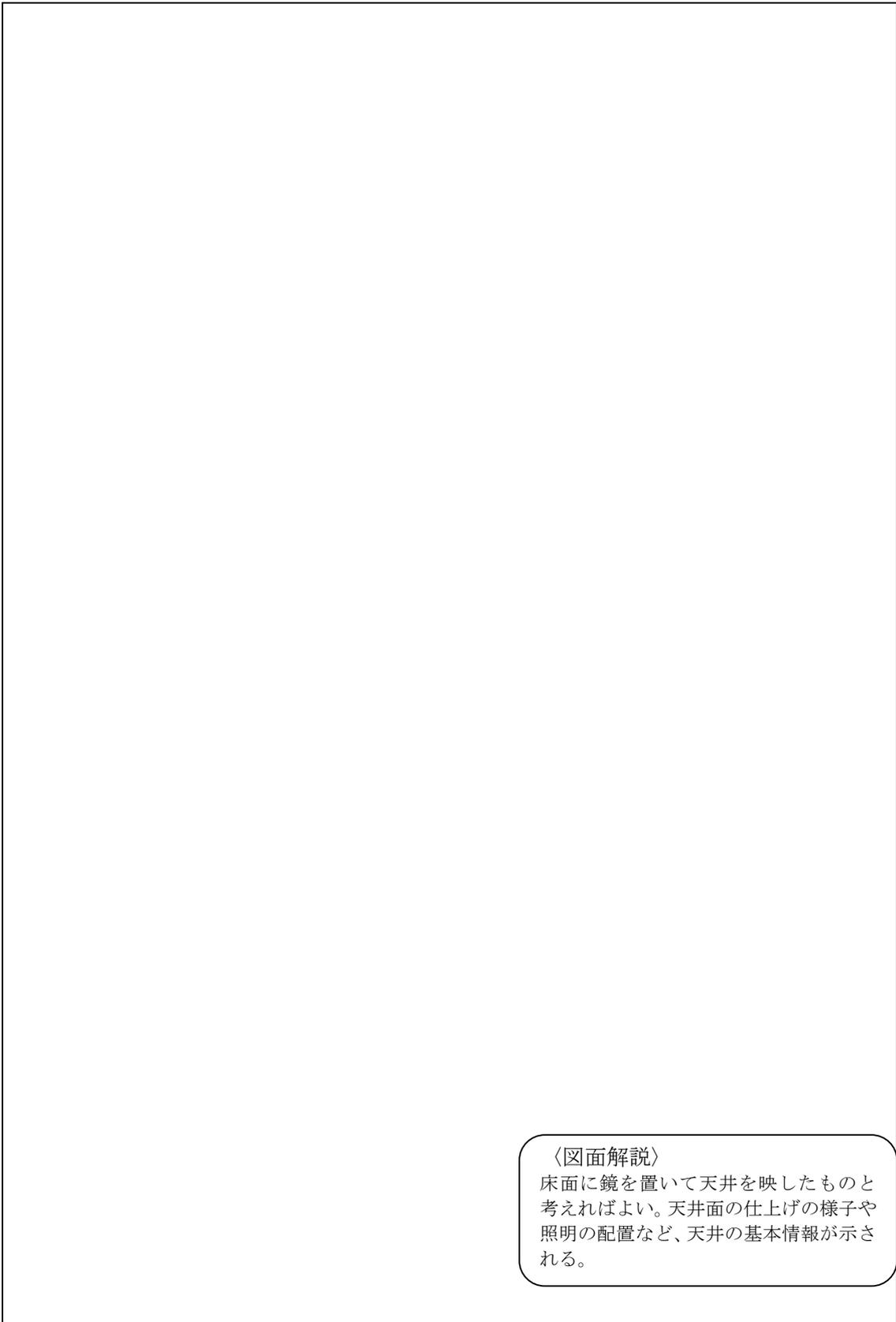


図 3.7.8 : 天井伏図の例

引用「1109資料3」の左写真

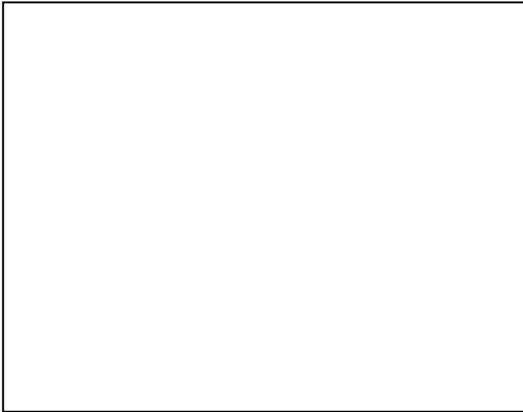


写真 3.7.2 : バスケットゴール支柱と天井の取り付け部

引用…？（メーカー問い合わせ？）

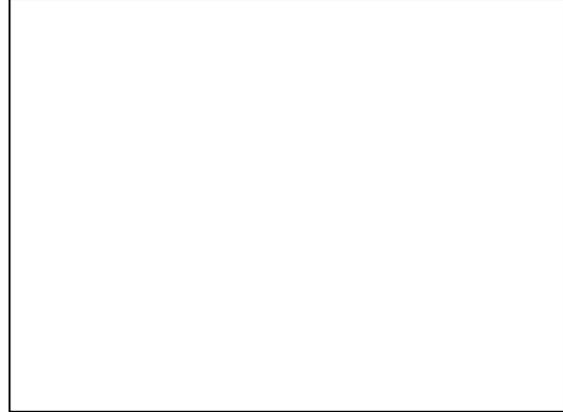


図 3.7.3 : バスケットゴール支柱と天井の取り付け部

引用…？（メーカー問い合わせ？）



図 3.7.4 : 電動昇降式直吊り照明のクリアランスの考え方



写真 3.7.3 : 電動昇降式の直吊り照明



図 3.9.7 : 懸垂物のためのワイヤー貫通孔のクリアランスの考え方

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。

覚書…どこに確認する？

吊り元部材の取り付け

原則としてインサート埋込み
や吊り元アンゲル材の取付け
は躯体工事の担当になる。

引用：ガイドブック p.41
(キャプション削除)

引用(右)：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)

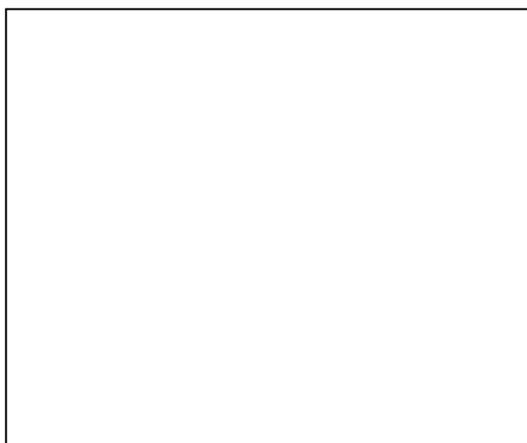


RC スラブへのインサート埋込み

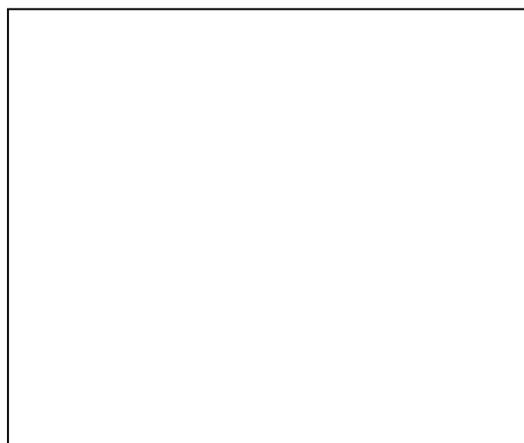


鉄骨母屋への吊り元アンゲル材の設置

図 3.8.1：吊り元の例



金具の変形 (通称：LG フック)



金具の滑りと変形 (通称：吊り元ロック)

引用(右)：天井メーカーWeb カタログ
(トリミング&コメント加筆して使用)
引用(左)：天井メーカー資料

引用：川崎シンフォニーホール震災
被害調査報告書 p5-14

写真 3.8.2：吊り元の被害の例

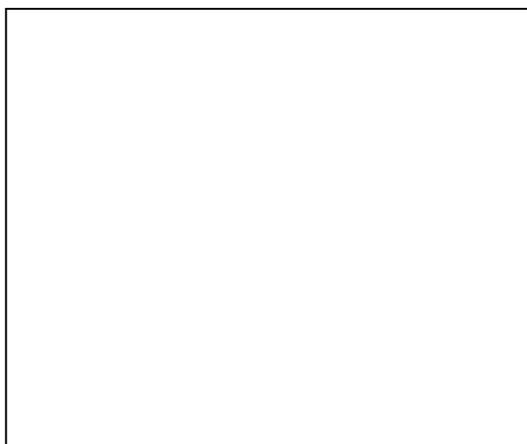
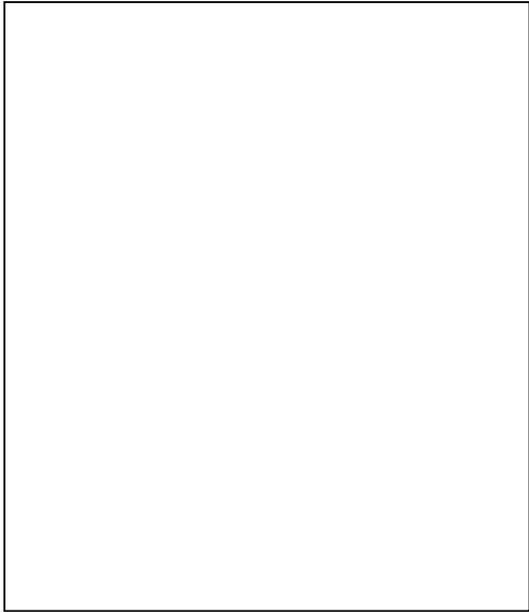


図 3.8.2：不適切な吊り元の例 (折板からの直吊り)

吊り元と吊り先の仕様

屋根や天井が傾斜すると、吊りボルトを鉛直にするために上下端の仕様が限定される。一般に鋼製母屋から吊る場合は吊り元アンゲル材が必要であり (図 3.8.1 参照)、天井が傾斜している場合はさらに勾配用ハンガーも必要になる。

引用(右)：天井メーカーWeb カタログ
(トリミング&コメント加筆して使用)



ビス付きハンガー

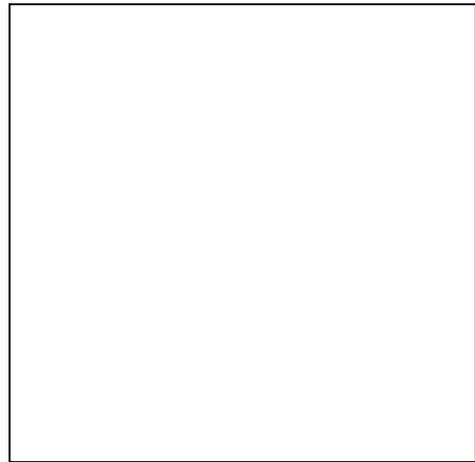
平天井に用いる。ハンガーが開いて野縁受けが脱落することを防ぐ。

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)

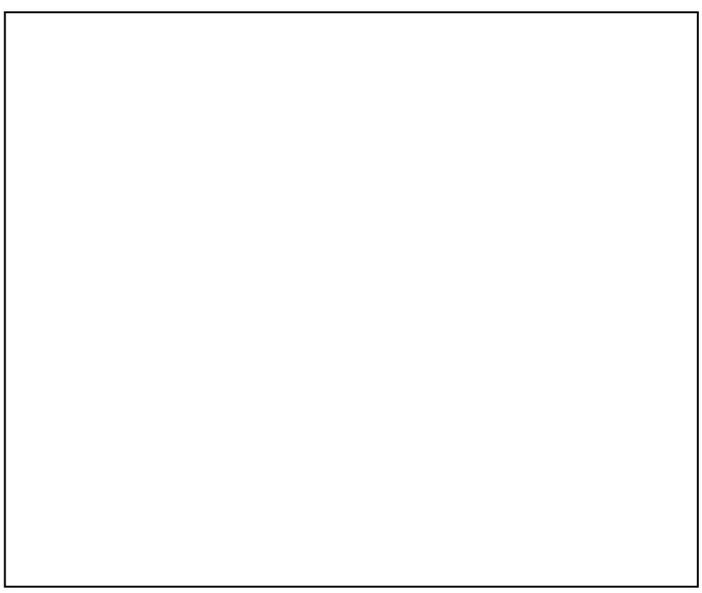


図 3.8.4 : 野縁と野縁受けにビス留めするクリップの例

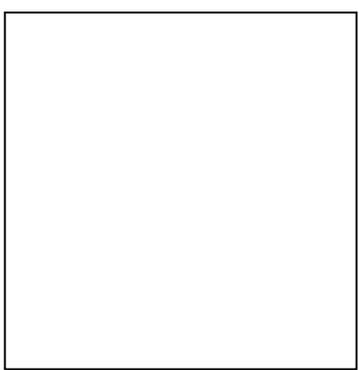
クリップの損傷

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。

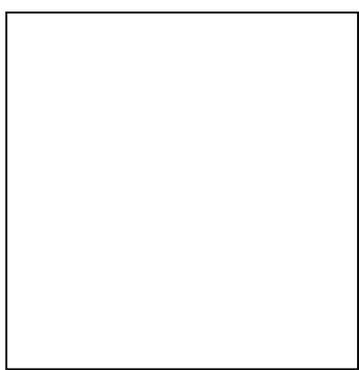
耐震性のない補強の例

通常のクリップを1箇所にも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)

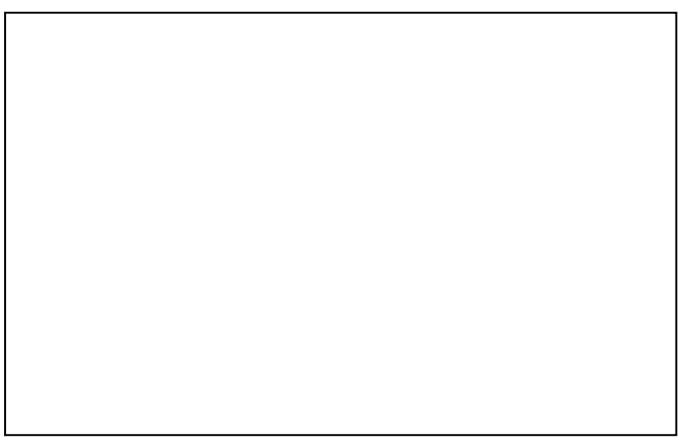


写真 3.8.6 : 石膏ボードのビス頭抜け

対策の検討

〈確認内容〉 ステップ1-3、1-4とステップ3の点検結果を踏まえ、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（p47～50）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

対策手法	主な特長
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	耐震補強に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。
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、大地震時に天井が脱落しても下まで落ちないようにする方法。あくまで上記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であり、根本的な耐震対策ではない。

〈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
局部的な天井断面	<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"/> 折板屋根そのもの	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
<input type="checkbox"/> 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。
<input type="checkbox"/> 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。
<input type="checkbox"/> 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。
<input type="checkbox"/> 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り付け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。

ステップ4 実地診断

〈実施者〉 専門家（建築士等の有資格者）

〈確認内容〉 ステップ3で確認結果が「実地診断」「OK」の項目について天井裏から目視確認・計測を行って、図面診断で表3-1～3-8に整理した内容に対して、実際に技術基準を満たす対策が適切に施工されているかを確認し、対応状況を赤字で記入していく。図面診断と結果が同じ場合には赤丸をつける。

〈解説〉

- ・目視確認は天井裏全体に対して行う。計測による確認は矩計図や天井断面図に対応する部分など、天井を代表する部分で行う。
- ・天井点検口が適切な位置にない場合は、天井の一部を外して実地診断を行う。この場合、ローリングタワー（移動式足場）などの仮設が必要になることが多い。
- ・目視・計測の結果は写真記録する。撮影対象の位置は天井下地伏図、天井断面図、天井伏図などに記入する。
- ・天井の現況がステップ2の収集資料と異なる場合は、そのコメントを写真に付ける。また天井下地伏図、天井断面図、天井伏図などを元図として天井現況の略図を作成する。
- ・天井下地伏図、天井断面図、天井伏図などがステップ2で収集できなかった場合は、小屋伏図、断面図、平面図などを利用して天井現況の略図を作成する。

〈補足〉

- ・適切な位置に天井点検口がある場合は、学校設置者の技術系職員（建築士等の有資格者）が実地診断を行うこともできる。
- ・耐震診断や耐震改修などを実施した建物では表3-1～3-8に示した項目の目視や計測が済んでいることがある。これらによって、表3-1～3-8に示した項目の全てが「OK」であると確認されている場合には、実地診断を省略することもできる。

〈ステップ4のチェック表（表3-1～3-8）の利用方法〉

1) 「撤去等検討」に赤字でチェックが入った場合

「撤去等検討」に1つでも該当する項目があれば、ステップ3と同様に、他の項目を診断しなくてもP39の「対策の検討」に移り、既存天井の撤去を中心とした落下防止対策の検討を進めることができる。

2) 「要検討」に赤字でチェックが入った場合

実地診断の結果がOK以外になった項目は、技術基準原案が示す仕様を満たしていない可能性が高いことを示す。補強による対策を行う場合は、全ての項目がOKになるような対策を施すか、技術基準原案を満たす改修設計を行って対策を講じる。

3) 全ての項目が「OK」となった場合

技術基準原案が示す仕様ルートを満たすと判断し対策は不要である。

対策の検討

- P39～と同様に対策の検討を実施する。
- 実地診断によって「吊りボルトが錆びており取り替えが必要」と確認された場合、天井面の全面的な撤去が避けられないため、実質的に「補強」は不可能と考えられる。

対策の緊急性、優先度の総合的な検討

〈実施者〉 学校設置者

〈実施対象〉 天井点検を実施したすべての施設

〈実施内容〉 総点検の結果、何ら耐震対策を施していない施設については一層の緊急性をもって対策を講じる必要があるが、対策を実施しなければならない屋内運動場等を多く保有している学校設置者においては、各施設の対策状況に加えて、落下時の被害程度等に関連する諸条件も考慮して、対策の緊急性を判断し、優先度の高いものから速やかに対策を実施する。

〈解説〉

- ・ステップ1で整理した建物の基本情報を踏まえ、落下危険性や落下時の被害程度に関する情報として以下の別表4を確認し、対策の緊急性、優先度を検討する。
- ・なお、ステップ1では基本情報が不足している場合、必要に応じ、ステップ3やステップ4の各項目に該当する部分に従い、図面診断または実地診断により現状を確認する。

〈補足〉

- ・別表4以外にも大規模空間の天井に段差や凸凹があるといった項目も落下危険性に関連する項目として考慮することができる。このほか、施設の老朽化の状況や利用状況など、各施設や地域の実情等に応じて、緊急性や優先度を判断する。

要調整

〈別表4〉

項目	確認結果	対応するステップ
落下の可能性を高めると考えられる場合	<input type="checkbox"/> 構造体の耐震性が確保されていない ※天井落下のみならず建物自体も倒壊する危険性がある	1-1
	<input type="checkbox"/> 学校が行った天井点検でも、天井材にずれ、ひび割れ、漏水跡等の不具合が確認されている	
	<input type="checkbox"/> 被災・事故歴が確認されているが、耐震的な検討がなされずに復旧している	
	<input type="checkbox"/> 震度5強以上の地震歴が確認されているが、耐震的な検討がなされていない	
落下時により大きな被害が予想される場合	<input type="checkbox"/> 天井の質量が大きい ※地震時の慣性力により大きく揺れ、落下時の被害程度が大きくなる	3-1
	<input type="checkbox"/> 天井の面積が広い ※地震時に屋根構面が変形しやすく、天井被害を誘発する危険性が高まる	1-1 ※必要に応じ図面で確認
	<input type="checkbox"/> 天井高が高い ※天井の落下速度が大きくなり、落下時の被害程度が大きくなる	
その他	<input type="checkbox"/> 上記以外に考慮すべき事項 例) 当該建物の代替となる屋内運動場等が校内や隣地にある ()	1-1

ケーススタディについては要調整

ステップ5 対策の実施

〈実施者〉 学校設置者（必要に応じて専門家に相談し実施）

〈実施対象〉 表 1-3 と 3-1～3-8 の確認結果が「OK」以外にチェックが入った施設

〈実施内容〉 「対策の検討」及び「対策の緊急性・優先度の総合的な検討」での検討結果に基づき、それぞれの施設における適切な対策を実施する。

〈解説〉

- ・本ステップでは、設置者が対策を実施する際に具体的なイメージを描きやすいよう4つのケーススタディを使って示す。各ケーススタディでは、天井総点検から対策の実施までの一連の流れを把握できる構成としている。
- ・現時点では天井落下防止対策に関する新たな基準を満たすような推奨事例がなく、これから基準を踏まえた対策を求めていく段階であるため、実際の実例ではなく、一定の仮定の下でのケーススタディを示している。
- ・4事例のうち3事例については屋内運動場を、1事例については武道場を想定し、点検の結果や対策の手法等を示している。
- ・実態調査の結果^{注)}に基づき、「屋根の形態」と「天井の形状」は学校施設に多く実在する以下の4つの組み合わせを想定している。

ケーススタディ1：「鉄骨山形架構」で「傾斜天井」

ケーススタディ2：「鉄筋コンクリートフラット屋根」で「フラット天井」

ケーススタディ3：「鉄骨山形架構」で「傾斜天井+段差有」

ケーススタディ4：「鉄骨アーチ架構」で「アーチ天井」

〈各ケーススタディの構成〉

○建物の基本情報

対策実施前の施設の概略図と、表 1-1 で得られる建物の基本情報を示す。

○診断の概要

表 1-3 及び表 3-1～3-8 による診断の結果を一覧にして示す。実際の点検においては全項目を実施せずとも対策の検討に移ることが可能だが、仮に全項目を点検したとした場合の結果を想定として示している。

○対策の検討

各設置者が対策を検討する際の参考となるよう、天井の点検結果のみでなく、対策を実施する施設に必要とする環境性能や、対策手法の違いによるコスト・施工期間などの比較といった、各種条件を組み合わせた総合的な対策の検討過程を示す。

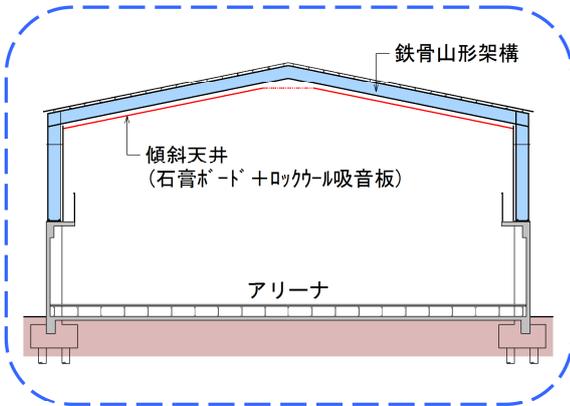
○対策の実施

各対策における留意点等を示すが、この対策例のみが解決手法ということではなく、あくまで数ある対策のうちの一つとして捉え、参考として活用されたい。

注) 平成 24 年 6 月に文部科学省及び国立教育政策研究所文教施設研究センターが実施した 18 都道府県 83 市町村 688 施設を対象とした抽出調査で、吊り天井等を有する 500 m²以上の大規模空間を持つ屋内運動場を対象。

対策の実施 【 ケーススタディ（１）：撤去 】

建物の基本情報



建物名称	〇〇市立△△小学校体育館		
建物用途	屋内運動場	延べ面積	950㎡
構造・階数	RS1	建築年	1978年
建物高さ	10m	軒高	8m
主要室面積	700㎡	天井高さ	9m
構造体の耐震診断	済	構造体の耐震改修	済
備考:	鉄骨山形屋根に船底天井の体育館		

診断の概要

項目	確認結果		
1-2 吊り天井の有無	梁・トラスと木毛セメント板の両方が見えない	吊り天井あり	
1-3 壁際のクリアランス	クリアランスが全くない	撤去等検討	
	耐震措置特記事項	天井に関する特記事項なし	撤去等検討
斜め部材	点検口なし	—	
3-1 野縁等の材料	軽鉄下地	OK	
天井面の質量区分	石膏ボード+ロックウール吸音板	OK	
3-2 天井の断面形状	全体として船底天井	OK	
3-3 吊りボルトの方向	斜め方向に取付られている	撤去等検討	
吊りボルトの長さ	90cm	OK	
3-4 吊りボルトの間隔	90cm	OK	
3-5 斜め部材1対当たりの室面積	計算不能(なし)	撤去等検討	
斜め部材の配置バランス	—	—	
3-6 斜め部材の1対の形状	—	—	
	水平補剛材の設置	吊り長さ90cm	—
	斜め部材の材料	—	—
	斜め部材の接合部	—	—
3-7 壁際のクリアランス	クリアランスが全くない	撤去等検討	
天井バスケットゴールの支柱周囲のクリアランス	12cm	OK	
3-8 吊り元の仕様	吊り元の仕様	LGフック	撤去等検討
	ハンガーの仕様	ビスなしの通常ハンガー	要検討
	クリップの仕様	ビスなしの通常クリップ	要検討
	石膏ボード取付方法の仕様	150mm 間隔でビス留め	OK

対策の検討

1) 補強の可能性の検討

・壁際にクリアランスが全くないため壁際の天井にクリアランスを確保する必要がある。
 ・吊りボルトの吊り元の緊結方法及び吊り方向を技術基準を満たすように改修するためには、全ての吊りボルトを付け替える必要がある。
 ・既存の天井には斜め部材がない。新たに斜め部材を適切に配置するためには、下地を含めた天井全面撤去が必要となる。



実質的に補強は不可能

2) 天井の必要性の検討

・見栄えによるところが大きく絶対に天井が必要ではない。
 ・屋内運動場としての利用がほとんどのため音響効果までは求めないが、吸音対策は必要。

3) コスト面や施工期間の比較

・天井撤去再設置
 → 費用：約3,000万円、施工期間：約2ヶ月
 ・天井撤去
 → 費用：約1,500万円、施工期間：約1ヶ月
 付帯工事：ウレタン塗布、照明器具再設置

対策の実施



落下防止対策実施前の天井



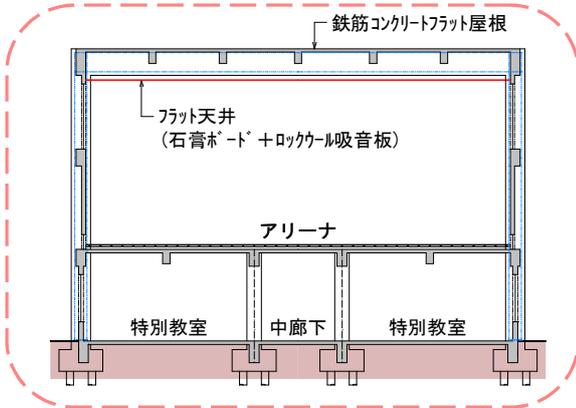
天井撤去工事施工後の状況

(備考)

学校運営を考慮すると施工期間にとれるのは概ね1ヶ月が限度であり、天井撤去を選択した。天井撤去後の屋根裏にウレタンを塗布することで、断熱・吸音面で相応の効果が得られた。

対策の実施 【 ケーススタディ（２）：補強 】

建物の基本情報



建物名称	〇〇市立△△小学校体育館		
建物用途	屋内運動場	延べ面積	1,130㎡
構造・階数	R2	建築年	2008年
建物高さ	13m	軒高	12.5m
主要室面積	850㎡	天井高さ	7.5m
構造体の耐震診断	—	構造体の耐震改修	—
備考:	RCフラット屋根にフラット天井の重層体育館		

診断の概要

	項目	確認結果	
1-2	吊り天井の有無	梁・トラスと木毛セメント板の両方が見えない	吊り天井あり
1-3	壁際のクリアランス	クリアランスのない部分がある	図面診断
	耐震措置特記事項	吊りボルト、斜め部材等に関する記述あり	図面診断
	斜め部材	点検口あり、斜め部材を確認できる	図面診断
3-1	野縁等の材料	軽鉄下地	OK
	天井面の質量区分	石膏ボード+ロックウール吸音板	OK
3-2	天井の断面形状	全体として平面で連続している	OK
3-3	吊りボルトの方向	鉛直方向に取付られている	OK
	吊りボルトの長さ	120cm	OK
3-4	吊りボルトの間隔	90cm	OK
3-5	斜め部材1対当たりの室面積	3㎡を超える方向がある	要検討
	斜め部材の配置バランス	両方向ともまんべんなく配置されている	OK
3-6	斜め部材の1対の形状	全ての対がV字形	OK
	水平補剛材の設置	吊り長さ120cm	—
	斜め部材の材料	C40×20×1.6	OK
	斜め部材の接合部	確認できる資料がない	実地診断
3-7	壁際のクリアランス	クリアランスがない部分がある	要検討
	天井バスケットゴールの支柱周囲のクリアランス	10cm	OK
3-8	吊り元の仕様	確認できる資料がない	実地診断
	ハンガーの仕様	確認できる資料がない	実地診断
	クリップの仕様	確認できる資料がない	実地診断
	石膏ボード取付方法の仕様	150mm 間隔でビス留め	OK

対策の検討

1) 補強の可能性の検討

★専門家による「実地診断」を実施した

- ・吊りボルトは全てフラットなRC屋根スラブのインサートから支持されており、吊りボルトを鉛直に配置するための配慮がなされていた。
- ・ハンガー、クリップはビス付きの仕様となっており、脱落に対する配慮がなされていた。
- ・斜め部材1対当たりの室面積が3(㎡)は超えるが、技術基準に準じた構造計算により斜め部材は所用の数量が確保されていることを確認した。
- ・ステージの前部壁とRC柱型突起部との壁際でクリアランスが確保されていないが、天井内部の下地については補強を必要としない。

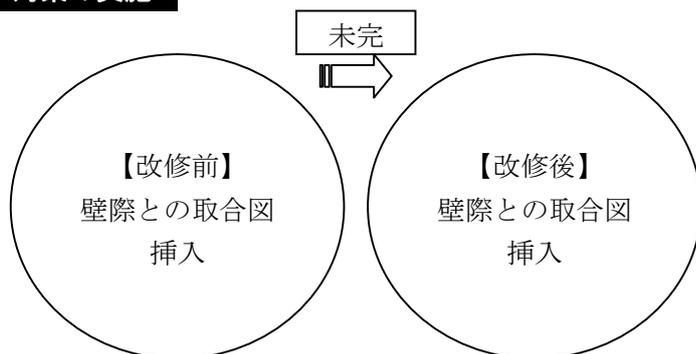


部分的な壁際のクリアランス
設置による補強が可能

2) コスト面や施工期間の比較

- ・天井補強(部分的な壁際クリアランスの設置)
→ 費用：約600万円、施工期間：約1ヶ月
- ・天井撤去
→ 費用：約1,300万円、施工期間：約1ヶ月

対策の実施

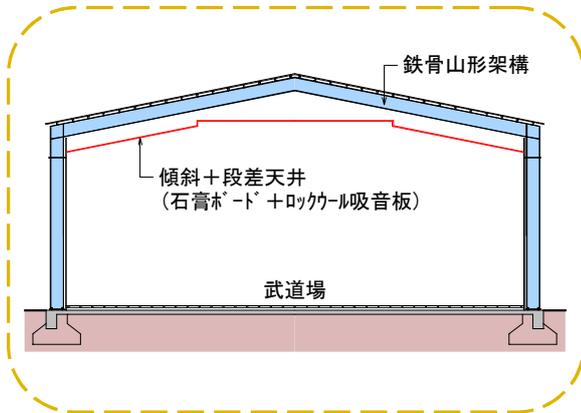


(備考)

既存天井の補強対策は壁際のクリアランスがないステージの前部壁とRC柱型突起部に、新たにクリアランスを設置した。天井撤去とする場合、工事範囲が天井全面となり照明器具の撤去・新設など付帯工事が発生する。コスト面も勘案して天井補強を選択した。

対策の実施 【 ケーススタディ（3）：撤去再設置 】

建物の基本情報



建物名称	〇〇市立△△小学校武道場		
建物用途	武道場	延べ面積	350㎡
構造・階数	S1	建築年	1980年
建物高さ	6.5m	軒高	6m
主要室面積	300㎡	天井高さ	5m
構造体の耐震診断	済	構造体の耐震改修	済
備考:	鉄骨山形屋根に傾斜(段差あり)天井の武道場		

診断の概要

	項目	確認結果	
1-2	吊り天井の有無	梁・トラスと木毛セメント板の両方が見えない	吊り天井あり
1-3	壁際のクリアランス	クリアランスが全くない	撤去等検討
	耐震措置特記事項	天井に関する特記事項なし	撤去等検討
	斜め部材	点検口あり、斜め部材を確認できる	図面診断
3-1	野縁等の材料	軽鉄下地	OK
	天井面の質量区分	石膏ボード+ロックウール吸音板	OK
3-2	天井の断面形状	段差があり、段差部にクリアランスがない	要検討
3-3	吊りボルトの方向	鉛直方向に取付られている	OK
	吊りボルトの長さ	70cm~130cm	OK
3-4	吊りボルトの間隔	90cm	OK
3-5	斜め部材1対当たりの室面積	6㎡を超える方向がある	撤去等検討
	斜め部材の配置バランス	両方向ともまんべんなく配置されている	OK
3-6	斜め部材の1対の形状	全ての対がV字形	OK
	水平補剛材の設置	吊り長さ70~130cm	—
	斜め部材の材料	C38×12×1.2	OK
	斜め部材の接合部	確認できる資料がない	実地診断
3-7	壁際のクリアランス	クリアランスが全くない	撤去等検討
	天井バスケットゴールの支柱周囲のクリアランス	設置なし	—
3-8	吊り元の仕様	吊り元アングル材	OK
	ハンガーの仕様	ビスなしの通常ハンガー	要検討
	クリップの仕様	ビスなしの通常クリップ	要検討
	石膏ボード取付方法の仕様	150mm 間隔でビス留め	OK

対策の検討

1) 補強の可能性の検討

- 壁際にクリアランスが全くないため壁際の天井にクリアランスを確保する必要がある。
- クリップ、ハンガーがビスなしの仕様であり、滑りや外れを生じさせない対策が必要がある。
- 既存の天井の斜め部材は数量が不足しており、所用の数量を配置するためには施工上、下地を含めた天井全面撤去が必要となる。



実質的に補強は不可能

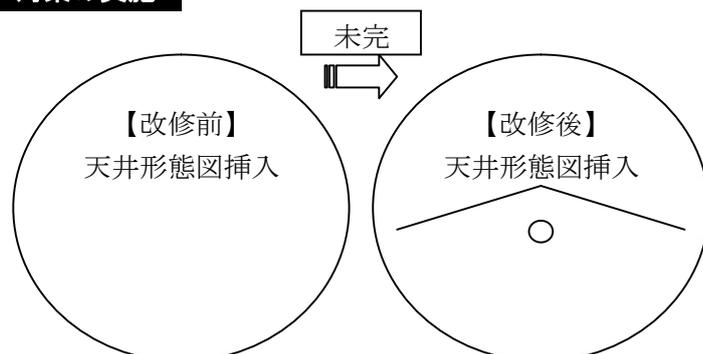
2) 天井の必要性の検討

- 衝撃音などに配慮した吸音対策が必要。
- 施設利用者の天井再設置への強い要望がある。

3) コスト面や施工期間の比較

- 天井撤去再設置
→ 費用：約1,600万円、施工期間：約2ヶ月
- 天井撤去
→ 費用：約800万円、施工期間：約1ヶ月

対策の実施

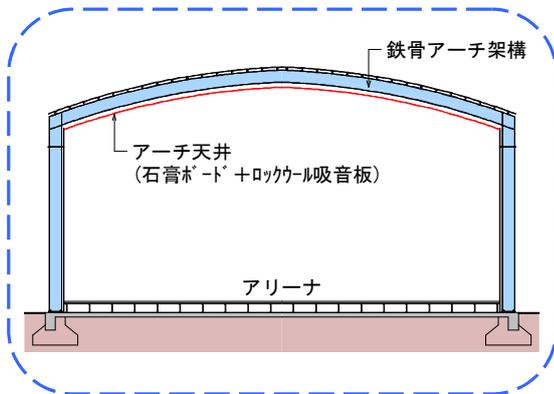


(備考)

約2ヶ月の施工期間を要しても学校運営上の問題がないことや、武道場の吸音性能や施設利用者の要望に配慮し、天井の撤去及び再設置を選択した。天井再設置に際しては、専門家に設計委託して検討し、改修後の天井形態は既存と異なる船底(山形)天井とした。舟底天井としても音響への問題はなく、下地(斜め材等)の剛性・強度を全面的に均一となるよう配慮した。

対策の実施 【 ケーススタディ（４）：撤去 】

建物の基本情報



建物名称	〇〇市立△△小学校体育館		
建物用途	屋内運動場	延べ面積	700㎡
構造・階数	S1	建築年	1968年
建物高さ	9.5m	軒高	8m
主要室面積	580㎡	天井高さ	8.5m
構造体の耐震診断	済	構造体の耐震改修	済
備考：	鉄骨アーチ屋根に曲面天井の体育館		

診断の概要

項目	確認結果		
1-2 吊り天井の有無	梁・トラスと木毛セメント板の両方が見えない	吊り天井あり	
1-3	壁際のクリアランス	クリアランスが全くない	撤去等検討
	耐震措置特記事項	天井に関する特記事項なし	撤去等検討
	斜め部材	点検口なし	—
3-1	野縁等の材料	木下地	撤去等検討
	天井面の質量区分	化粧石膏ボード	OK
3-2	天井の断面形状	全体として曲面で連続している	OK
3-3	吊りボルトの方向	確認できる資料がない	実地診断
	吊りボルトの長さ	90cm	OK
3-4	吊りボルトの間隔	90cm	OK
3-5	斜め部材1対当たりの室面積	計算不能(なし)	撤去等検討
	斜め部材の配置バランス	—	—
3-6	斜め部材の1対の形状	—	—
	水平補剛材の設置	吊り長さ90cm	—
	斜め部材の材料	—	—
	斜め部材の接合部	—	—
3-7	壁際のクリアランス	クリアランスが全くない	撤去等検討
	天井バスケットゴールの支柱周囲のクリアランス	確認できる資料がない	実地診断
3-8	吊り元の仕様	確認できる資料がない	実地診断
	ハンガーの仕様	確認できる資料がない	実地診断
	クリップの仕様	確認できる資料がない	実地診断
	石膏ボード取付方法の仕様	確認できる資料がない	実地診断

対策の実施

対策の検討

1) 補強の可能性の検討

- 壁際にクリアランスが全くないため壁際の天井にクリアランスを確保する必要がある。
- 吊り材、野縁、野縁受け材など、天井下地材には木材が仕様されている。これら下地材については技術基準を満たすよう改修するためには、全ての下地材を鋼製のものに付け替える必要がある。
- 既存の天井には斜め部材が入っていないため、斜め部材を適切に配置するためには、天井全面撤去が必要となる。



実質的に補強は不可能

2) 天井の必要性の検討

- 見栄えによるところが大きく絶対に天井が必要ではない。
- 竣工後45年が経過して施設全般的に老朽化が著しく、近い将来に改築したいと考えている。

3) コスト面や施工期間の比較

- 天井撤去再設置
 - 費用：約2,200万円、施工期間：約2ヶ月
- 天井撤去
 - 費用：約1,300万円、施工期間：約1ヶ月
 - 付帯工事：〇〇〇塗布、照明/スピーカー再設置

(備考)

施設全般の老朽化が著しく、天井撤去再設置の選択は視野になかった。診断の結果、木下地であることが判明し、実質的に補強が不可能であったことから天井撤去を選択した。ただし、天井撤去後の環境には配慮が必要と考え、天井撤去後の天井面に〇〇〇を塗布した上で、高性能のスピーカーを再設置した。

第2節「照明器具・バスケットゴール等の取付部分の総点検と対策の実施」

〈実施者〉 学校設置者

〈点検対象〉 屋内運動場（体育館）、武道場（格技場）、講堂、屋内プール等として使用する大規模空間を有する施設。

（※吊り天井の有無によらず実施する）

付1-1 バスケットゴールの取付部分と落下防止措置の確認

〈確認内容〉

吊下式バスケット装置の場合：

吊り元の仕様やフレームの接合部、ワイヤーロープ、バックボード等の取付部分の状態を確認する。（付表 1-1-1）

壁面式バスケット装置の場合：

フレームの接合部やバックボード等の取付部分及び取り付けしている壁面の状態を確認する（付表 1-1-2）

〈確認結果〉

OKの場合：本確認を完了する。

要対策の場合：バスケットゴールの保守業務と共に落下防止措置を行う。

〈解説〉

- ・バスケットゴールの取付位置は壁と天井とに分かれる。
- ・バスケットゴールの取付部分に変形・腐食がある場合は運動用具の保守業務を行う。
- ・吊り天井が設置されている場合は、吊下式バスケット装置の吊元等の確認は天井の実地診断（ステップ4）と併せて行う。
- ・バスケットゴールがギャラリーの腰壁などに設置されている場合、RC部分にひび割れが生じていることがある。この場合はコンクリート片も落下防止対策も行う（参照：第3節「関連する構造体の点検と対策の実施」）。

〈補足〉

- ・古い壁面式バスケットゴール装置の場合、フレーム接合部のピンが抜けて落下することがあるため、運動用具メーカー等に該当する型式かを確認し、該当する場合は、運動用具メーカー等と相談の上、ゆるめ止めナットの取付などの落下防止対策を実施する。
- ・吊元が天井部材に設置されているものや、接合部に鋳物を使用されている吊下式バスケット装置は対策を実施する。
- ・古いバックボードの場合は取付が木ねじなど外れやすいものが使われている場合がある
- ・吊下式バスケット装置のワイヤーロープが劣化していると、破断する可能性がある。
- ・吊下式バスケットゴールに類似する取付方法をもつ運動用具として、天井に設置された体操用のつり輪がある（付図 1.1.5 参照）。

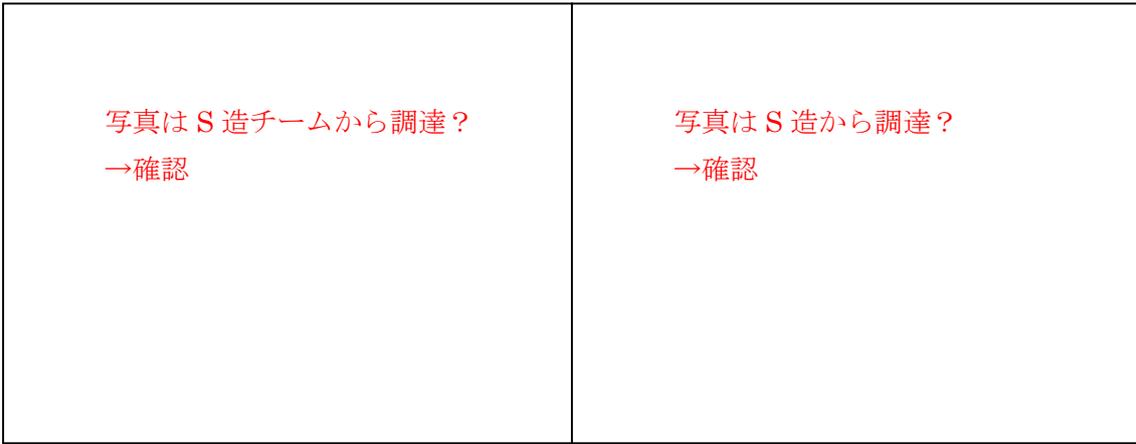
〈付表 1-1-1〉

項目	確認結果	確認方法
吊下式バスケット装置の状況	<input type="checkbox"/> 変形や腐食、緩みが見当たらない	OK 目視確認
	<input type="checkbox"/> 吊元が屋根部材からでなく専用の梁等から吊り下げられている	
	<input type="checkbox"/> 部材に鋳物を使用されていない	
	<input type="checkbox"/> ワイヤーロープに著しい変形や腐食、損傷等が見られない	
	<input type="checkbox"/> バックボードの取付に木ねじなど外れやすいものが使われていない	
	<input type="checkbox"/> 上記以外	要対策

〈付表 1-1-2〉

項目	確認結果	確認方法
壁面式バスケット装置の状況	<input type="checkbox"/> 変形や腐食、緩みが見当たらない	OK 目視確認
	<input type="checkbox"/> RC 腰壁などにひび割れが見当たらない	
	<input type="checkbox"/> フレーム接合部が外れないよう対策が講じられている	
	<input type="checkbox"/> バックボードの取付に木ねじなど外れやすいものが使われていない	
	<input type="checkbox"/> 上記以外	要対策

覚書：運動器具メーカーに対策を確認する。付写真 1.1.1 については位置づけを確認（対策成功例？反例？）



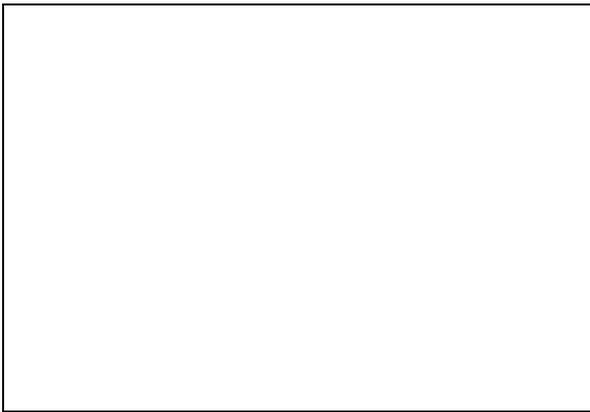
写真は S 造チームから調達？
→確認

写真は S 造から調達？
→確認

付写真 1.1.1：壁付けバスケットゴールの取付部分の変形の例

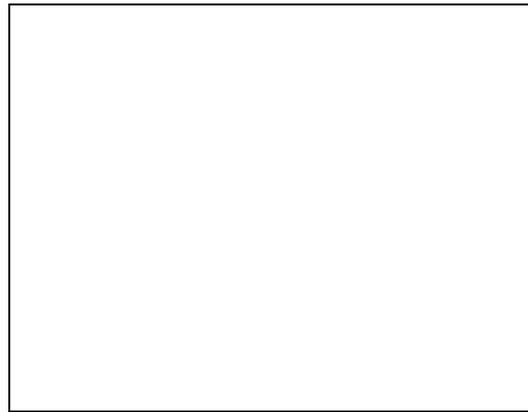
付写真 1.1.2：壁付けバスケットゴールの取付部分の RC 腰壁のひび割れの例

引用：益子芳星高校を参考として例示
(東日本大震災の被害例)



付写真 1.1.3：落下防止措置により宙吊りに止まった壁付けバスケットゴール

引用：佐久山中学校を参考として例示
(東日本大震災の被害例)



付写真 1.1.4：天井バスケットゴールの被害例(ブレースの外れ)



付写真 1.1.5：天井に設置された体操用のつり輪
(天井バスケットゴールに類似する運動具の例)

覚書：天井付け方式の接合部が外れることが本当にならないのか確認。落下防止対策は不要？

付 1 - 2 天井照明設備の落下防止措置の確認

〈確認内容〉天井照明設備の取付部分や落下防止措置の有無を目視確認する（付表 1-2）

〈確認結果〉OK の場合：本確認を完了する。

要対策の場合：照明設備の保守業務と共に落下防止措置を行う

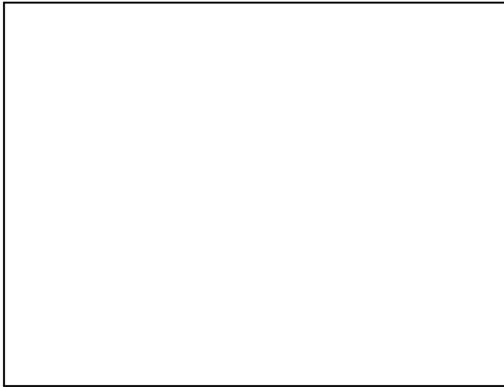
〈解説〉

- ・直吊り照明設備の小屋組や RC 躯体に対する取付部分に不具合がないことを確認する。
- ・小屋組や RC 躯体からの直吊り照明はワイヤーロープやチェーンを用いて小屋組鉄骨や RC 躯体に緊結し落下防止措置を行う。
- ・天井埋込み大型照明はワイヤーロープやチェーンを用いて野縁受けに緊結し落下防止措置を行う。

〈付表 1-2〉

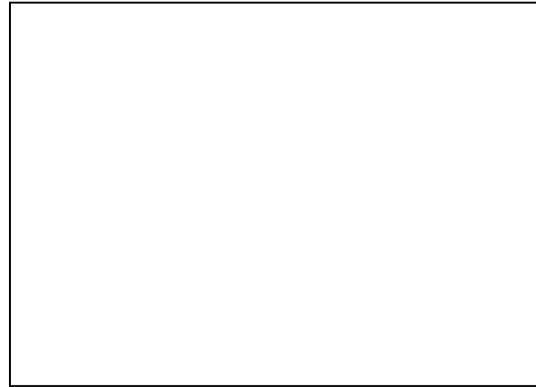
項目	確認結果		確認方法
照明設備の取付部分	<input type="checkbox"/> 変形や腐食、緩みが見当たらない	OK	目視確認
	<input type="checkbox"/> 上記の措置が行われていない	要対策	
照明設備の落下防止措置	<input type="checkbox"/> 落下防止措置となるワイヤーロープやチェーンが設けられている	OK	
	<input type="checkbox"/> 上記の措置が行われていない	要対策	

引用…ガイドブック p.48 をレタッチ？（メーカー問い合わせ？）



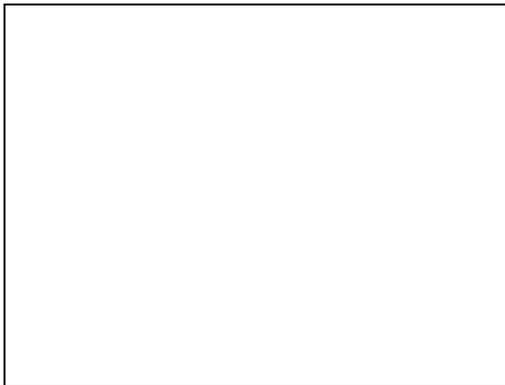
付図 1.2.1：固定式の直吊り照明の落下防止措置の例（ワイヤーロープ設置）

引用…ガイドブック p.48（技術基準原案によれば不要？）



付図 1.2.2：天井埋込み大型照明の落下防止措置の例

引用…事例集 p.41（「振れ止め」という表現は避ける）



付写真 1.2.1：直天井に設けられた直吊り照明の落下防止措置の例（ワイヤー設置）

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。

覚書…ロックウール工業会？などに確認する。

付 1 - 3 その他の設備の落下防止措置の確認

〈確認内容〉その他の照明設備の取付部分や落下防止措置の有無を目視確認する（付表 1-3）

〈確認結果〉OK の場合：本確認を完了する。

要対策の場合：その他の設備の落下防止措置を行う

〈解説〉

- ・その他の設備の小屋組や RC 躯体に対する取付部分に不具合がないことを確認する。
- ・小屋組や RC 躯体から吊られたその他の設備は、ワイヤーロープやチェーンを用いて小屋組鉄骨や RC 躯体に緊結し落下防止措置を行う。

〈付表 1-3〉

項目	確認結果		確認方法
その他の設備の取付部分	<input type="checkbox"/> 変形や腐食、緩みが見当たらない	OK	目視確認
	<input type="checkbox"/> 上記の措置が行われていない	要対策	
その他の設備の落下防止措置	<input type="checkbox"/> 落下防止措置となるワイヤーロープやチェーンが設けられている	OK	
	<input type="checkbox"/> 上記の措置が行われていない	要対策	



覚書…設備周りのクリアランスを入手する。

写真付 1.3.1：空調設備周りのクリアランス

第3節「関連する構造体の点検と対策の実施」

〈実施者〉 建築士等の有資格者（建築構造設計の知見・経験等を有する者）

〈確認内容〉

鉄筋コンクリート造の柱梁の上に鉄骨小屋組が乗っている屋内運動場等：

- ・地震時に鉄骨屋根の定着部からコンクリートの破片が人がいる場所に落下する可能性があるかどうかを確認する。
- ・可能性がある場合は鉄骨屋根の定着部の状況を確認し、その対策状況を確認する（付表 2(1)）。

鉄骨屋根で天井を有する屋内運動場等：

- ・屋根の構造部材の仕様を確認し、天井に大きな揺れをもたらすような損傷が発生する可能性が高くないことを確認する（付表 2(2)）。

〈確認結果〉

OK の場合：本確認を完了する。

実地診断の場合：目視確認・計測や必要に応じて鉄筋レーダー等の活用により建物の現状を確認する。確認の結果「OK」とならなかった場合は、要対策と同様の措置をとる。

要対策の場合：構造計算等に基づいて次の対策を行う。

①RC 造の鉄骨屋根：コンクリート破片の落下防止（付図 2.1.1 参照）

※ただし、早急な対策が困難な場合は、応急対策として、落下防止のための“朝顔”の設置や、人が落下物に近接しないよう措置するなどの対策を講じることが必要であり、専門家とよく相談のうえ実施すること。

②鉄骨屋根：屋根構面の過大な変形防止（付図 2.1.2 参照）

〈解説〉

- ・鉄筋コンクリート造の柱梁の上に鉄骨小屋組が乗っている場合、地震時に両者の接合部が損傷しコンクリート片が落下することがある。
- ・屋根面ブレースの接合部の耐力が構造計算により不足している（保有耐力接合でない）場合や伸び能力のないターンバックル^注が使用されている場合には、ブレースやブレース端部の接合部が破断し過大な変形が生じることがあり、天井が設置された屋内運動場等では地震時に天井落下の可能性が高まる。

〈補足〉

- ・この点検は次のいずれかの建物であることを前提とする。
 - ①建物が新耐震基準で設計されている。
 - ②耐震診断によって耐震性能があると判断されたか必要な耐震補強が行われている。
- ・耐震診断が済んでいない新耐震基準以前の建物は、早急に耐震診断を実施する。第一次診断や耐震化優先度調査しか実施していない施設については、早期に第二次診断を完了する。
- ・耐震診断の結果、耐震性がないことが判明した施設については、速やかに耐震化を図るとともに関連する構造体の点検と対策も併せて実施する。

注) 伸び能力が保証されたターンバックルブレースの普及は 2000 年頃以降であり、それ以前のものには軸部が塑性化する前にねじ部で早期に破断する可能性があるため、適正なブレースに交換する必要がある。

〈付表 2(1)〉

項目	確認結果（製品名・型番など）	確認資料と方法
鉄骨屋根の定着部の状況	<input type="checkbox"/> 柱が鉄骨である	OK
	<input type="checkbox"/> 十分なへり空き寸法が確保されており、コンクリートの側方破壊が生じる可能性はない。配筋もしっかりなされている。	
	<input type="checkbox"/> 上記以外（ ）	要対策
	<input type="checkbox"/> 確認できる資料がない	実地診断

〈付表 2(2)〉

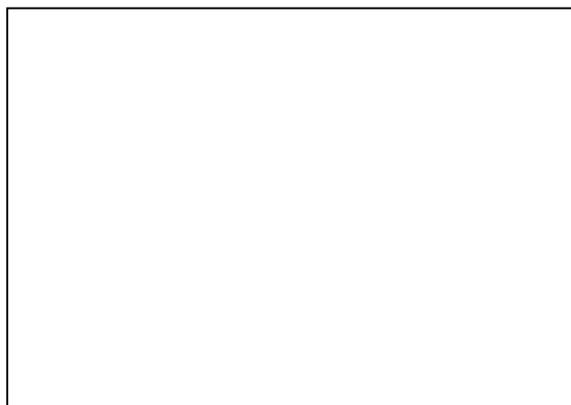
項目	確認結果（製品名・型番など）	確認資料と方法
屋根構面の仕様	<input type="checkbox"/> 屋根構面が地震時にも弾性に留まるよう設計された立体トラスやシェルである。	OK
	<input type="checkbox"/> 屋根面ブレースに山形鋼が使用されており、接合部が保有耐力接合となっている	
	<input type="checkbox"/> 屋根面ブレースに伸び能力が保証された建築用 JIS ターンバックルが使用され、接合部が保有耐力接合となっている。	
	<input type="checkbox"/> 上記以外（ ）	要対策
	<input type="checkbox"/> 確認できる資料がない	実地診断



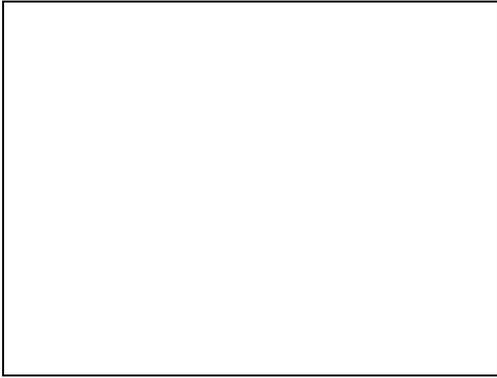
付写真 2.1.1: RC 造の柱梁の上に鉄骨小屋組が乗っている体育館



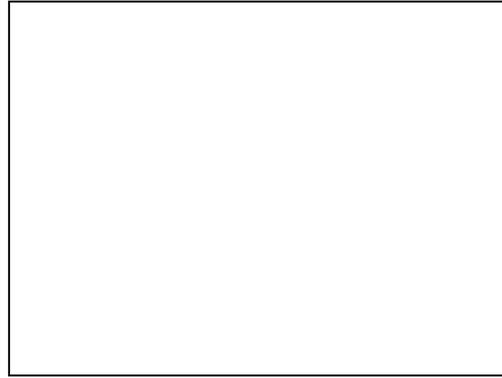
付写真 2.1.2: 定着部コンクリートの破壊



付写真 2.1.3: 耐力の不十分な接合部の破断



付写真 2.1.4 : 伸び能力のないターンバックルブレースの破断



付写真 2.1.5 : ターンバックルブレースの接合部破断

定着部コンクリート破壊に対する計算例

●コンクリートの側方破壊耐力とアンカーボルトのせん断耐力を比較し、コンクリートの側方破壊が先行する可能性がある場合には、鋼板を巻き付けるなどのコンクリートの落下対策を取る。

コンクリートの側方破壊耐力 : $Q_c = 0.31 \sqrt{F_c} \cdot A_{qc}$

アンカーボルトのせん断耐力 : $Q_a = A_e \cdot F_u / \sqrt{3}$

ここで、 F_c : コンクリートの強度

A_{qc} : 側方のコーン状破壊に対する有効投影面積*

(*) 日本建築学会「各種合成構造設計指針・同解説」による)

A_e : アンカーボルトのねじ部断面積

F_u : アンカーボルト材の引張強さ

材料強度のばらつきがあること、またコンクリートの破壊は脆性的であるとともに非常に危険であるので、2倍の安全率をとって $Q_c \leq 2.0Q_a$ であればコンクリートの側方破壊が先行する可能性があるかと判断し、鋼板を巻くなどの対策を講じる。

計算例

へりあきが 80mm、はしあきがへりあき (この場合 80mm) より長く、アンカーボルト間隔がへりあきの 2 倍 (この場合 160mm) 以上あり、アンカーボルトは M20, SS400 である。コンクリート強度はコア抜き試験の結果が無いことから $F_c = 13$ (N/mm²) とする。

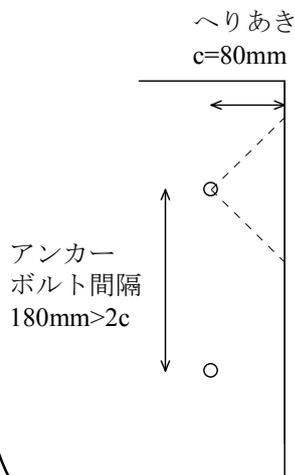
この場合、側方のコーン状破壊に対する有効投影面積は、 $0.5\pi c^2$ となることから、コンクリートの側方破壊耐力は

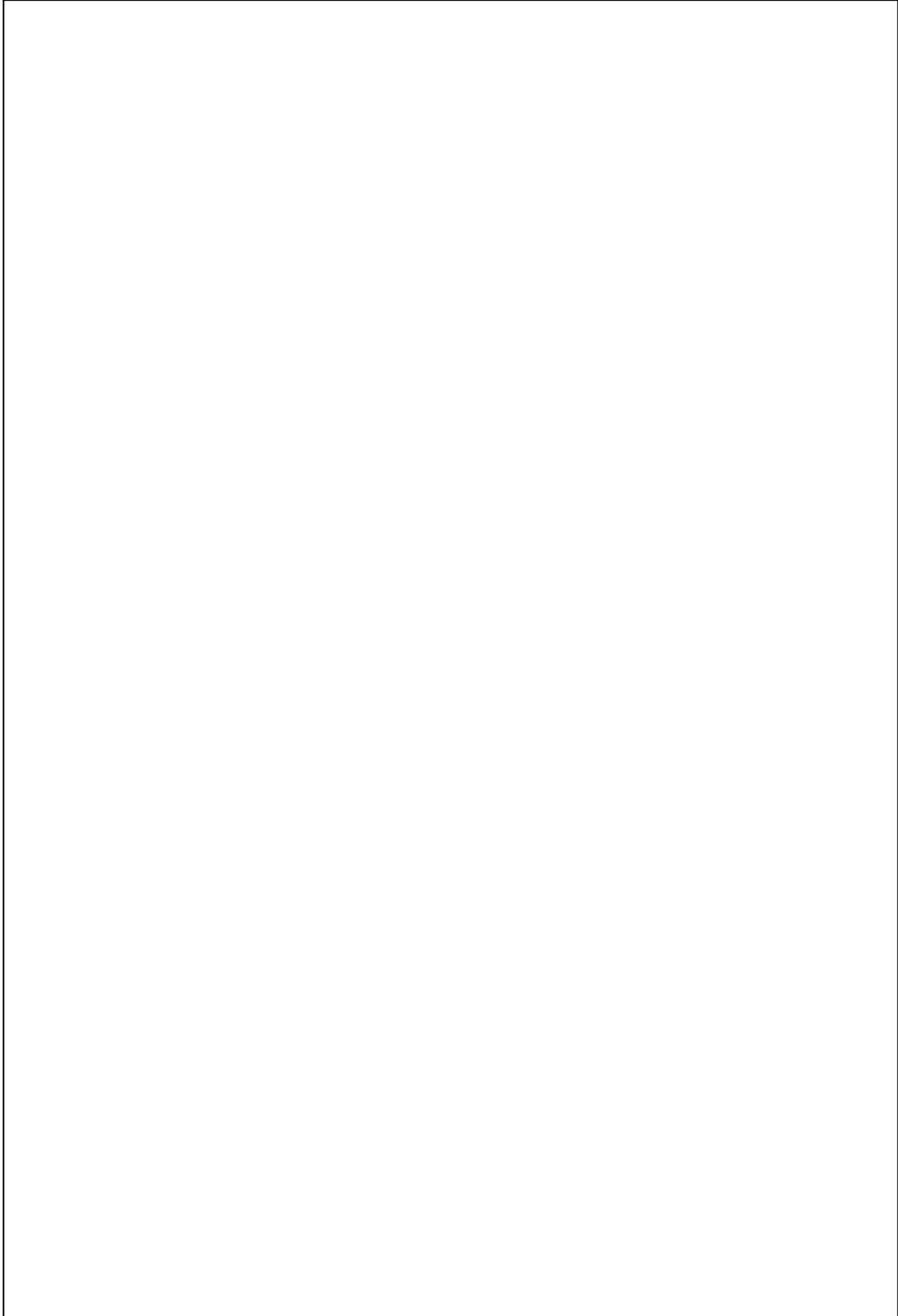
$$Q_c = 0.31 \sqrt{F_c} \cdot A_{qc} = 0.31 \sqrt{13} \cdot 0.5 \cdot 3.14 \cdot 80^2 = 1.1 \times 10^4 \text{ (N)} = 11 \text{ (kN)}$$

一方アンカーボルトのせん断耐力は

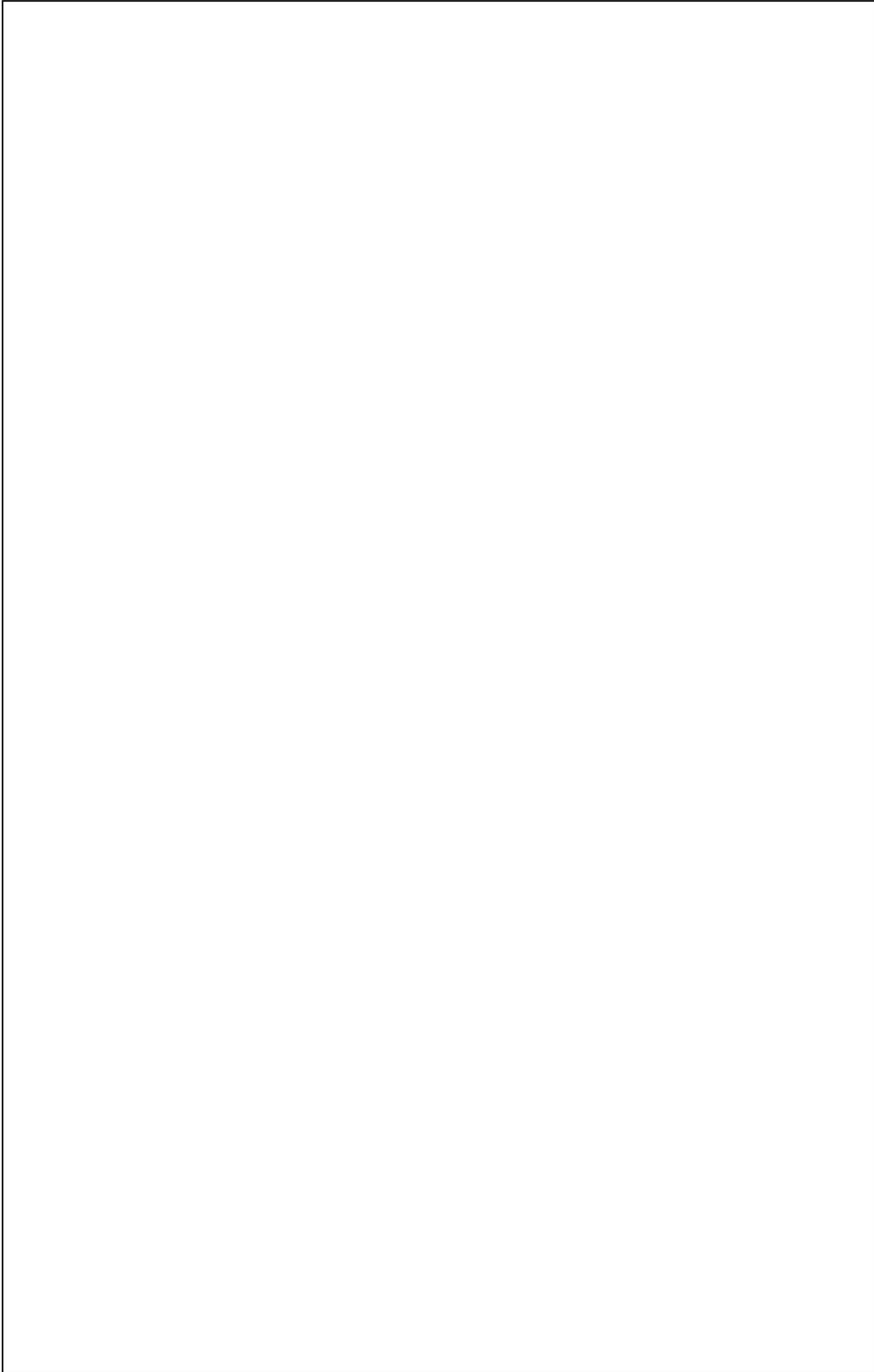
$$Q_a = 0.75 \cdot 314 \cdot 400 / \sqrt{3} = 5.4 \times 10^4 \text{ (N)} = 54 \text{ (kN)}$$

となり、 $Q_c = 11 \text{ (kN)} < 2.0Q_a = 108 \text{ (kN)}$ であることから、対策が必要と判断する。





付図 2.1.1 : RC 造と鉄骨屋根の定着部のコンクリート破片落下防止の例



付図 2.1.2 : 過大な変形が生じる可能性のある鉄骨屋根の対策の例