

■既存の施設に天井が設置されていた理由

- ・域内の中核校として、体育的行事だけでなく、文化的行事での活用が多くなることが想定されたため音響効果を考え、システム天井を設置した。
- ・照明器具を低く設置することができ照度をより確保できることや、配管等が隠されるための意匠上の利点等があった。
- ・地域特性として、冬場の寒さによる鉄骨梁の結露が想定されたため、結露対策としても天井を設置した。

■対策の検討過程

【補強の可能性の検討】

- ・屋根形状と天井形状に明らかな違いがあり、吊り長さが明らかに違ったことから、手引に基づき補強は不可と判断した。

【工法の選定理由】

- ・地域防災計画で避難所として位置づけられているため落下防止ネットも不可と判断した。
- ・他の学校が天井なしでも問題がないことから撤去を中心に検討したが、天井等落下防止対策の検討協議会委員の意見もあり、補強・再設置との見積もり比較を実施し参考とした。
- ・補強・再設置は工期約2ヶ月、概算費用1,882万円、
- ・撤去直張りは工期約2ヶ月、概算費用1,846万円
- ・利用者の安全性を考慮し、落下の危険がない天井撤去を選択することとしたが、建築して間もないことから、既存グラスウールボードについては再利用する計画とした(不燃性・吸音性・断熱性に優れるため)

■対策の概要

【既存の天井が有していた性能の補完方法】

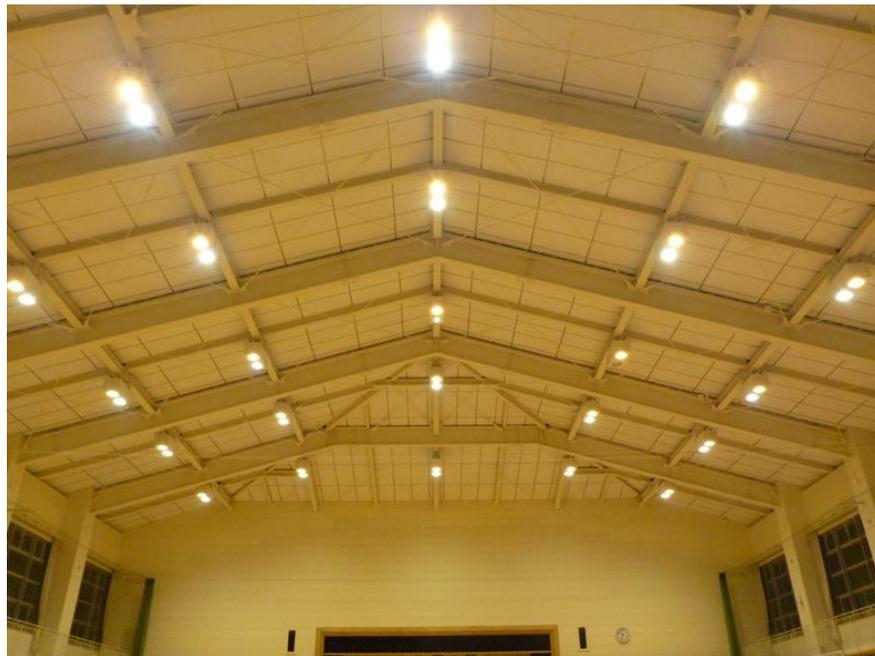
- ・反響音の吸音対策と冬場の温度管理対策としてグラスウールボードを再設置する
- ・天井撤去により剥き出しとなる鉄骨部については結露防止塗料を塗布する

【撤去に伴って行った関連工事】

- ・梁の塗装
- ・照明の付け替え工事



対策前の内観

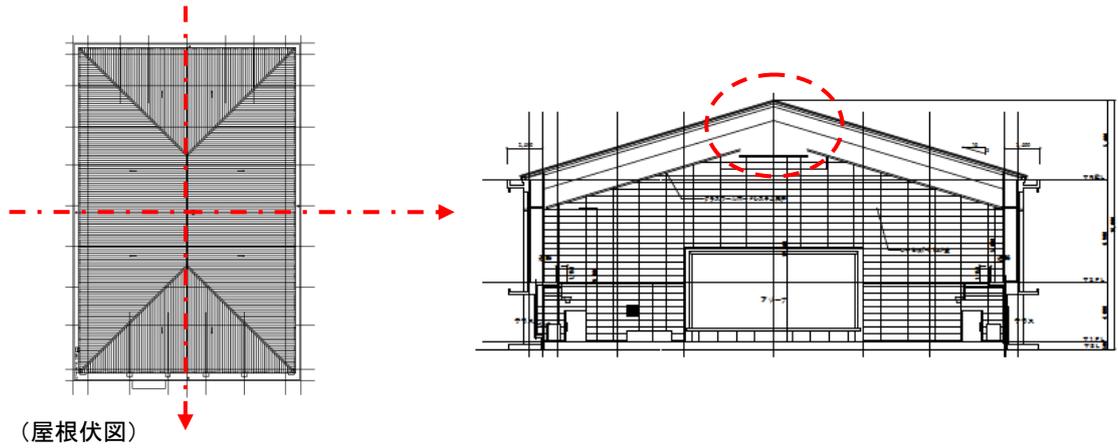


対策後の内観

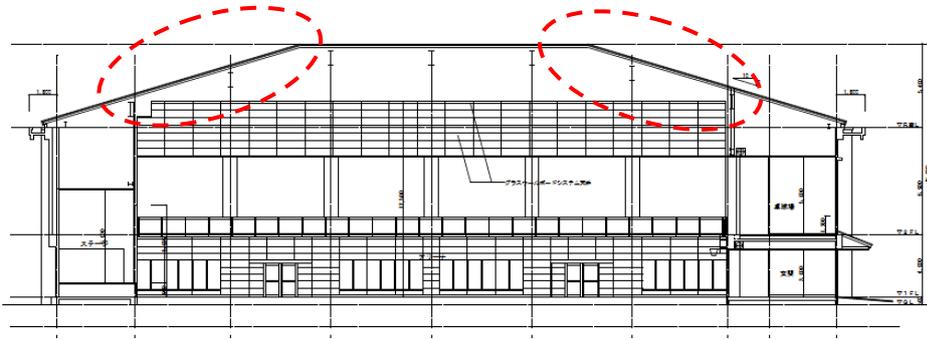


対策前の天井
(天井周囲等にはクリアランスが設置されていた)

本建物は、技術基準告示前の技術的助言の内容(クリアランス等)を満たす設計だったが、屋根と異なる形状の天井であったため異なる吊り長さが混在しており撤去を選択した。(■ 診断の概要のチェック表 1-4 参照)



(屋根伏図)



対策前の建物断面図
(天井頂部や寄せ棟部分の吊り長さが違う)



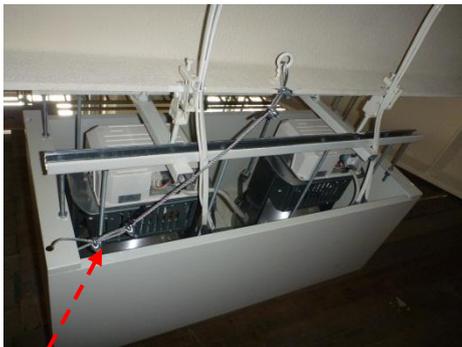
既存のグラスウールボードを外したところ



母屋へ下地材を直接取付
(グラスウールボード再設置用)



グラスウールボードを直天井として再設置



照明設備は取り外し後、再取付
-- (落下防止用ワイヤを設置)

■ 概算費用

● 約 3,104 万円

(内訳) 直接仮設: 1,200 万円、
天井撤去処分: 87 万円、
グラスウールボード再取付・壁頂部の処理: 896 万円、
照明撤去再設置: 539 万円、
共通費、現場管理費、一般管理費、消費税: 約 319 万円

■ 概算工期

● H25.12.27~H26.3.7

内訳: 足場組立: 約 2 週間
天井撤去・処分: 約 1 週間
グラスウールボード再取付・壁頂部の処理: 約 2 週間
照明再設置: 約 1 週間

■ 工事期間中の対応

・隣接の公共施設等の利用で対応した。

事例4

主な対策項目	●母屋への下地直接取付による直天井への改修
--------	-----------------------

建物用途	屋内運動場	延べ面積	569 m ²
構造・階数	S2	建築年	昭和 45 年
建物高さ	8.15m	軒高	6.8m
対象室面積	415 m ²	天井高さ	5.7m~6.8m
天井面積	354 m ²	天井の質量	8.1kg/m ²
構造体の耐震診断(is 値)	実施済	構造体の耐震改修	実施済
吊り長さ	500mm で長さが異なる吊りボルトは混在していない		
備考(天井の形状等)	鉄骨アーチ屋根にアーチ天井(有孔けい酸カルシウム板 在来工法)		

■診断の概要

チェック表	項目	確認結果				
		(学校設置者記入欄)		(該当結果に○)		
1-2	吊り天井の有無	梁は見えるが木毛セメント板は見えない	吊り天井あり	吊り天井なし		
1-3	壁際のクリアランスの有無	クリアランスのない部分がある	撤去等検討	図面診断		
	天井の耐震措置に関する特記事項の有無	天井に関する特記事項はない	撤去等検討	図面診断		
	斜め部材の有無	斜め部材を確認できない	撤去等検討	図面診断		
1-4	屋根形状と天井形状の比較	屋根形状と天井形状は概ね平行している	撤去等検討	図面診断		
3-1	野縁等の材料	軽量鉄骨下地	撤去等検討	実地診断	OK	
	天井の質量区分	天井面が石膏ボードを1枚含む場合	撤去等検討	実地診断	OK	
3-2	全体的な天井断面の確認	円弧状屋根と同心円状の天井が設けられている	撤去等検討	実地診断	OK	
	局部的な天井断面の確認	段差や折れ曲がりは見受けられない	撤去等検討	要検討	実地診断	OK
3-3	吊りボルトの方向	斜め方向に取り付けられたものがある	撤去等検討	実地診断	OK	
	吊り長さ	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(吊り長さ:0.5m)	撤去等検討	要検討	実地診断	OK
3-4	吊りボルトの間隔	XY両方向とも 1m以内	撤去等検討	要検討	実地診断	OK
3-5	斜め部材1組当たりの室面積	斜め部材が無いため計算不能	撤去等検討	要検討	実地診断	OK
	斜め部材の配置バランス	-	撤去等検討	要検討	実地診断	OK
3-6	斜め部材の1組の形状	-	撤去等検討	要検討	実地診断	OK
	斜め部材の材料	-	撤去等検討	要検討	実地診断	OK
	斜め部材の接合部	-	撤去等検討	要検討	実地診断	OK
3-7	壁際のクリアランス	妻側方向にクリアランスがない部分がある	撤去等検討	要検討	実地診断	OK
	段差や折れ曲がり部分のクリアランス	-	撤去等検討	要検討	実地診断	OK
	設備等の周囲のクリアランス	設備等周囲に6cm以上確保されている	撤去等検討	要検討	実地診断	OK
3-8	吊り元の仕様	鉄骨母屋(C形鋼)に吊り金具	撤去等検討	要検討	実地診断	OK
	ハンガーの仕様	通常ハンガー(ワンタッチハンガー)	撤去等検討	要検討	実地診断	OK
	クリップの仕様	通常のクリップ留め	撤去等検討	要検討	実地診断	OK
	石膏ボードの取付方法の仕様	150~200mm程度の間隔でねじ留め(面材:有孔けい酸カルシウム板 t5)	撤去等検討	要検討	実地診断	OK
付1-1	照明設備の取付部分	照明器具が支持材に緊結されている	要対策		OK	
	照明設備の落下防止対策	ワイヤが設けられている	要対策		OK	
付1-2	吊下式バスケットゴールの状況	-	要対策		OK	
	壁面式バスケットゴールの状況	バックボードの取り付け部が外れないよう対策が講じられている	要対策		OK	
付1-3	その他の設備の取付部分	支持材に緊結されている	要対策		OK	
	その他の設備の落下防止対策	-	要対策		OK	
付2	鉄骨屋根の定着部の状況	柱が鉄骨である	要対策	実地診断	OK	
	屋根構面の仕様	屋根面プレーズに山形鋼が使用され、接合部が保有力接合となっている	要対策	実地診断	OK	

ステップ1の実施により補強は実質的に不可能と判断されたが、天井点検口等から天井裏を目視できたことから、より詳細な診断を実施した。

■既存の施設に天井が設置されていた理由

- ・学内(附属学校含む)にある6棟の体育館の内、天井が設置されているのは1棟のみ。
- ・体育の授業に加え、集会、行事や公開研究会等の利用も高いため、屋内環境(音響性能、断熱性能、美観)への配慮が必要であることから設置した。

■対策の検討過程

【補強の可能性の検討】

- ・手引に基づき補強は不可と判断

【工法の選定理由】

- ・学内において、吊り天井なしでも問題がないとの判断により撤去を中心に検討したが、念のため再設置とのコスト比較を実施
 - 再設置:工期約3ヶ月、概算費用1,500万
 - 撤去:工期約1.5ヶ月、概算費用1,100万円
- ・学校運営上、対策工期は2ヶ月未満が限度のため撤去を選択した
- ・当施設は屋内運動場としての利用の他、講堂的役割も果たす施設であり、天井撤去後の屋内環境として吸音性、断熱性、意匠性への配慮が必要

■対策の概要

【既存の天井が有していた性能の補完方法】

- ・内部の反響音を押さえるための吸音対策と屋根面の結露を防止するための断熱対策並びに意匠性を検討
- ・吸音、断熱、美観に一定の効果がある化粧グラスウール吸音ボードを設置することで天井が有していた性能を補完することとした

【撤去に伴って行った関連工事】

- ・鉄骨梁の塗装工事(防露塗装含む)
- ・内壁頂部の処理工事
- ・照明器具の取り外し再設置工事
- ・ステージ幕の取り外し再設置工事

【対策前後での使用感の違い、不具合など】

- ・対策の実施による体育館アリーナ残響時間変化を測定。対策工事前の 1.70 秒に対し、1.43 秒と対策前より短くなった。
- ・対策後の使用感(会話や音楽の聞き取り、暖房の温まり、照明の明るさ、全体の美観)について教職員にアンケートを実施したところ、対策前と比べ概ね「変わらない」結果となった。



対策前の内観



対策後の内観



既存鉄骨母屋へ結露防止塗装を吹付



既存鉄骨母屋に軽量鉄骨天井下地を設置



特注クリップを母屋にビス留めし緊結



天井ボード止め材の塩ビジョイナーを設置



化粧ガラスウールボードの設置



照明器具を再設置
(落下防止のワイヤを設置)

■概算費用

●約1,250万円

内訳:直接仮設:210万円、
 天井撤去処分:60万円、
 吸音材設置:390万円、
 壁頂部の処理:90万円、
 鉄骨梁の塗装:110万円、
 照明撤去再設置:110万円、
 ステージ幕撤去再設置:30万円、
 共通費:250万円

■概算工期

・設計期間: H25.11~H25.12
 ・工期: H26.1.8~H26.2.21 (48日間)
 内訳:足場組立:約2週間
 天井撤去・処分:約1週間
 グラスウールボード再取付・壁頂部の処理:約3週間
 照明・ステージ幕再設置:約1週間

■工事期間中の対応

・代替施設がないため、工事期間中は隣接の大学施設の利用や校庭での活動に振り替えた。

事例5

主な対策項目	●母屋への治具取付による直天井への改修（設計まで実施）
--------	-----------------------------

建物用途	武道場	延べ面積	556 m ²
構造・階数	R1(一部S)	建築年	平成元年3月
建物高さ	11m	軒高	5.8m
対象室面積	405 m ²	天井高さ	4.0m～9.4m
天井面積	405 m ²	天井の質量	7.0kg/m ²
構造体の耐震診断(is 値)	新耐震	構造体の耐震改修	-
吊り長さ	約 1.2m		
備考(天井の形状等)	方形形状+棟頂部が折り上げ天井(石膏ボード+岩綿吸音板)		

■診断の概要

節	チェック表	項目	確認結果			
			(学校設置者記入欄)	(該当結果に○)		
1節	1-2	吊り天井の有無	梁は見えるが野地板が見えない。	吊り天井あり	吊り天井なし	
	1-3	壁際のクリアランスの有無	クリアランスがまったくない。	撤去等検討	図面診断	
		天井の耐震措置に関する特記事項の有無	天井に関する特記事項がない。	撤去等検討	図面診断	
		斜め部材の有無	斜め部材を確認できない。	撤去等検討	図面診断	
	1-4	屋根形状と天井形状の比較	屋根形状と天井形状は概ね平行している。	撤去等検討	図面診断	
	3-1	...	...	...	...
	3-2	...	...	...	...
	3-3	吊りボルトの方向	斜め方向にとりつけられたものがある。	撤去等検討	実地診断	OK
3-4	...	ステップ3-3で補強は不可能と判断したため他の項目は実施せず。	...	...	...
3-5	...		...	...	...
3-6	...		...	...	...
3-7	...		...	...	...
3-8	...		...	...	...
2節	付1-1	照明設備の取付部分	照明器具が支持材に緊結されている。ただし、天井埋込み型設備であるため、天井撤去に合わせた改修が必要。	要対策	OK	
		照明設備の落下防止対策	ワイヤやロープ、チェーン等は設けられていない。	要対策	OK	
	付1-2	吊下式バスケットゴールの状況		要対策	OK	
		壁面式バスケットゴールの状況		要対策	OK	
	付1-3	その他の設備の取付部分		要対策	OK	
		その他の設備の落下防止対策		要対策	OK	
3節	付2	鉄骨屋根の定着部の状況	コンクリートの側方破壊跡は確認できない。	要対策	実地診断	OK
		屋根構面の仕様	確認できる資料が無い	要対策	実地診断	OK

■既存の施設に天井が設置されていた理由

- ・市内の武道場は7棟全てに天井が設置されている。
- ・明確な理由は不明だが、断熱効果や吸音効果への配慮、意匠面への配慮があったと類推される。

■対策の検討過程

【対策工法の選定要件】

- ・既存天井が一定の断熱・吸音性能を有しており、同等の断熱・吸音性能の確保が必要。
- ・学校側からは既存の内装に整合するよう意匠に配慮して欲しい旨の要望あり。

【補強の可能性の検討】

- ・目視により吊りボルトが全て斜め方向に取り付けられていることから、実質的に補強は不可能と判断した。

【工法の選定理由】

- ・既存の天井を撤去することを中心にしながら、複数案を比較し、上記要件を満たす工法となるかの検討を実施。
 - ・耐震仕上げ天井より軽量の材質で、経済性に優れることのほか、柔剣道等競技時の活動音を考慮し、吸音性能を重視[※]した結果、屋根下地一体型システム天井を採用。
- ※小学校屋内運動場での残響時間測定結果から、仕上げ材の持つ吸音性能のほか、天井内空気層の有無が館内の吸音性能に大きく影響することが考えられるため、天井内空気層があり、吸音性能の上昇効果が期待できる当該工法を評価した。
- ・また、当該工法での仕上げは、既存建物の内部意匠と整合することも評価された。

■対策の概要

【既存の天井が有していた性能の補完方法】

- ・石膏ボード＋岩綿吸音板から化粧ガラスウールボードに変わること、既存の天井と同等以上の断熱性能と吸音性能が得られ、かつ天井材の軽量化を図ることができる。

【撤去に伴って行う予定の関連工事】

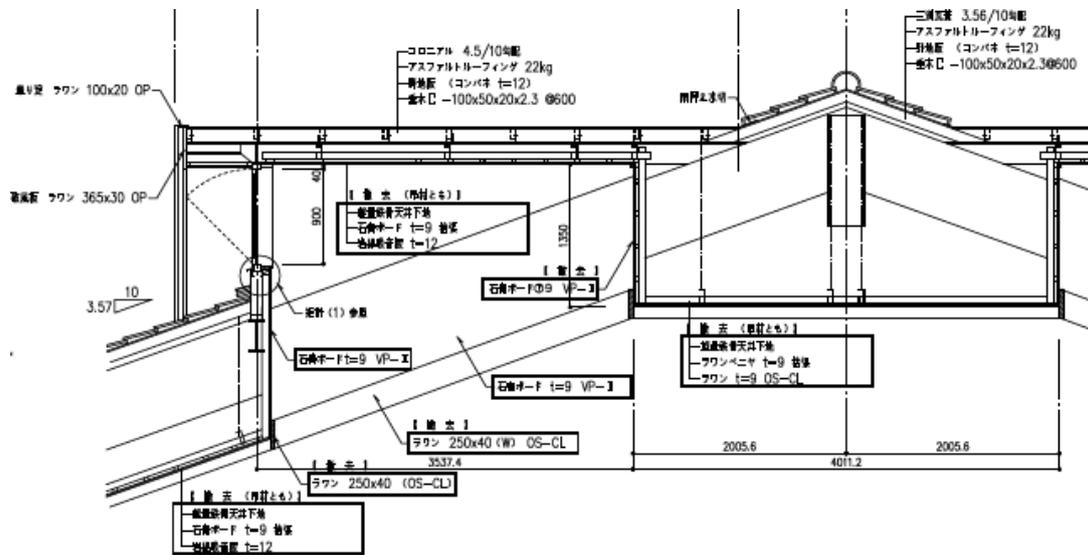
- ・天井形状変更に伴う照明及び弱電機器の改修工事
- ・天井撤去後に露出する鉄骨梁の塗装工事



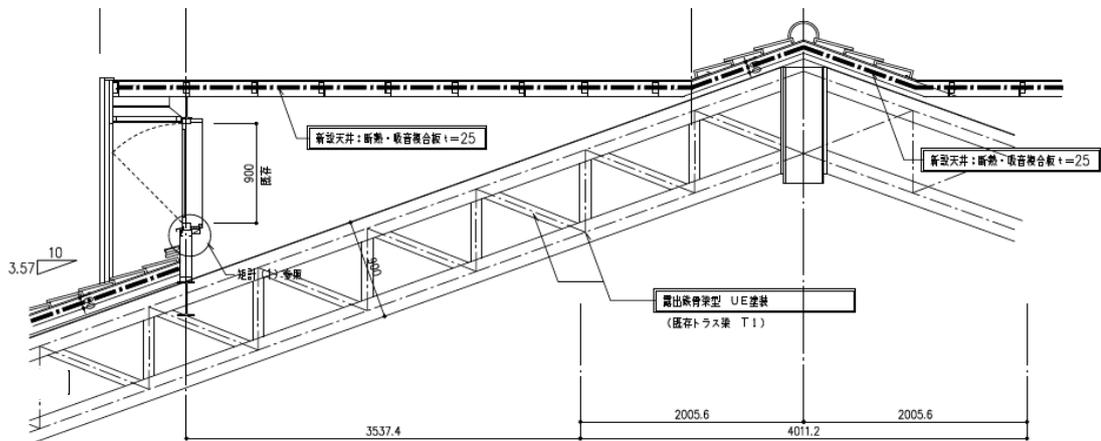
対策前の内観



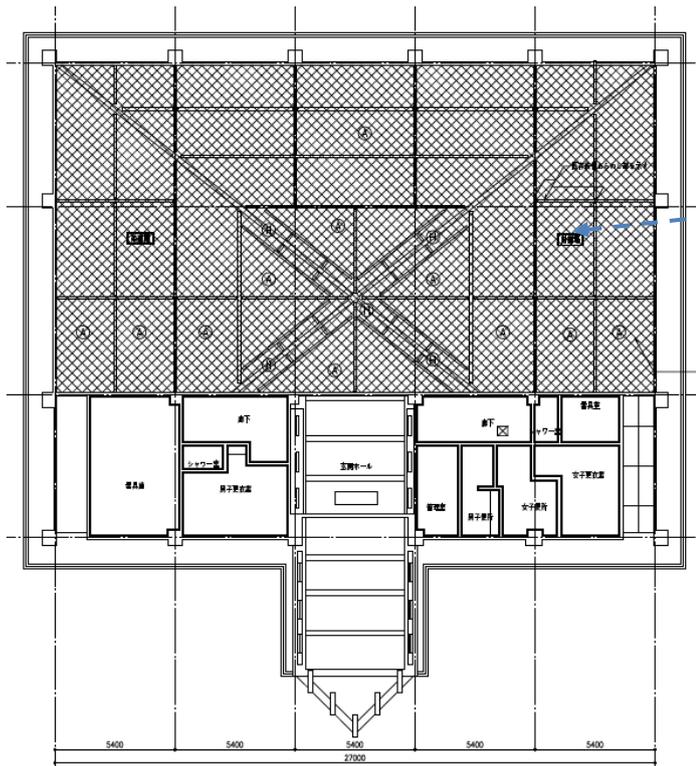
対策前の天井内部(吊りボルトが全て斜めに設置)



既存天井の撤去断面図



対策後の断面図



網掛け部は既存天井を撤去後、屋根下地一体型システム天井に改修。母屋に専用治具を取付けた後、化粧グラスウールボードを設置。梁、垂木、水平ブレース等の鉄骨あらかわし部は2液系ポリウレタンエナメル塗装。

天井伏図(改修図)

■ 概算費用

- 約1,960万円(税抜き)
- 内訳: 直接仮設工事費: 約280万円
- 天井解体撤去・処分費: 約140万円
- 天井ボード設置費: 約570万円
- 照明・弱電機器改修費: 約430万円
- 鉄骨塗装費: 約90万円
- 共通費: 約450万円

■ 概算工期

・設計期間: 約2ヶ月 ・工期: 75~90日間

■ 工事期間中の対応

- ・当該施設の使用中止期間: 約60日
- ・隣接する屋内運動場や近隣の地域体育館を代替施設として利用することを想定している。

事例6

主な対策項目	●既存天井の撤去後、軽量の膜天井を設置
--------	---------------------

建物用途	屋内運動場	延べ面積	3,017 m ²
構造・階数	SRC3(1階はRC、梁はS)	建築年	昭和61年
建物高さ	20.1m	軒高	13.6m
対象室面積	996 m ²	天井高さ	6.2m～10.5m
天井面積	1,049 m ²	天井の質量	13.3kg/m ²
構造体の耐震診断(is値)	新耐震	構造体の耐震改修	-
吊り長さ	鉄骨山形架構に曲面天井のため940mm～3,760mm		
備考(天井の形状等)	かまぼこ形の曲面天井(有孔石膏ボード+グラスウール50mm 在来工法)		

■診断の概要

節	チェック表	項目	確認結果		
			(学校設置者記入欄)	(該当結果に○)	
1節	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 ○吊り天井なし	
	1-3	壁際のクリアランスの有無	□クリアランスが全くない	○撤去等検討 ○図面診断	
		天井の耐震措置に関する特記事項の有無	□天井に関する特記事項がない*	○撤去等検討 ○図面診断	
		斜め部材の有無	□斜め部材を確認できない	○撤去等検討 ○図面診断	
	1-4	屋根形状と天井形状の比較	□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	○撤去等検討 ○図面診断	
	3-1	野縁等の材料	□鋼製(鋼製下地、軽鉄下地)	○撤去等検討 ○実地診断	○OK
		天井の質量区分	□天井面が石膏ボードを1枚含む場合(石膏ボード捨張り、化粧石膏ボード直張り)	○撤去等検討 ○実地診断	○OK
	3-2	全体的な天井断面の確認	□吊り長さを揃える小屋裏措置なしで、屋根と異なる勾配の天井が設けられている	○撤去等検討 ○要検討	○実地診断 ○OK
		局部的な天井断面の確認	□吊り長さを揃える小屋裏措置なしで、天井面に段差や折れ曲がり部分が設けられている	○撤去等検討 ○要検討	○実地診断 ○OK
	3-3	吊りボルトの方向	□斜め方向に取り付けられたものがある*	○撤去等検討 ○要検討	○実地診断 ○OK
		吊り長さ	□3mを超えるものがある**	○撤去等検討 ○要検討	○実地診断 ○OK
	3-4	吊りボルトの間隔	□1mを超える間隔がある	○撤去等検討 ○要検討	○実地診断 ○OK
	3-5	斜め部材1組当たりの室面積	□4m 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 ○要検討	○実地診断 ○OK
		斜め部材の配置バランス	〃	○撤去等検討 ○要検討	○実地診断 ○OK
	3-6	斜め部材の1組の形状	〃	○撤去等検討 ○要検討	○実地診断 ○OK
		斜め部材の材料	〃	○撤去等検討 ○要検討	○実地診断 ○OK
	3-7	斜め部材の接合部	〃	○撤去等検討 ○要検討	○実地診断 ○OK
		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 ○要検討	○実地診断 ○OK
		段差や折れ曲がり部分のクリアランス	□上記のクリアランスが確保されていない	○撤去等検討 ○要検討	○実地診断 ○OK
	3-8	設備等の周囲のクリアランス	□上記のクリアランスが確保されていない	○撤去等検討 ○要検討	○実地診断 ○OK
吊り元の仕様		□金具	○撤去等検討 ○要検討	○実地診断 ○OK	
ハンガーの仕様		□ビスなし	○撤去等検討 ○要検討	○実地診断 ○OK	
クリップの仕様		□ネジ止めでない	○撤去等検討 ○要検討	○実地診断 ○OK	
2節	付1-1	照明設備の取付部分	□ひび割れや変形、腐食、緩みが見当たらない	○要対策 ○OK	
		照明設備の落下防止対策	□振れ止め、落下防止等の措置が行われていない	○要対策 ○OK	
	付1-2	吊下式バスケットゴールの状況	〃	○要対策 ○OK	
		壁面式バスケットゴールの状況	□変形や腐食、緩み、亀裂が見当たらない	○要対策 ○OK	
付1-3	その他の設備の取付部分	□取付金物の緩みや腐食、破損が見当たらない	○要対策 ○OK		
	その他の設備の落下防止対策	〃	○要対策 ○OK		
3節	付2	鉄骨屋根の定着部の状況	□柱が鉄骨である	○要対策 ○実地診断 ○OK	
		屋根構面の仕様	□確認できる資料がない	○要対策 ○実地診断 ○OK	

ステップ1の実施により補強は実質的に不可能と判断

■既存の施設に天井が設置されていた理由

- ・外観の意匠にも凝った建物であり、内部についても人に与える雰囲気など、空間の持つ「質」へのこだわりがうかがえる。そのことから、曲面天井を設置したと考えられる。

■対策の検討過程

【補強の可能性の検討】

- ・手引のステップ1により補強は不可能と判断した。

【工法の選定理由】

- ・地域防災計画で避難所として位置づけられており落下防止ネットも不可と判断
- ・天井の対策と併せて照明器具の落下防止対策も必要(器具の取替えを行う)
- ・3つの対策手法(①天井撤去 ②撤去+(技術基準に則した)吊り天井の再設置 ③撤去+軽量天井設置)について比較検討を実施
 - ①撤去・・・工期約3ヶ月、概算費用3,100万円(照明取替含む)
 - ②再設置・・・工期3.5ヶ月、概算費用4,200万円(照明取替含む)
 - ③撤去+膜天井・・・工期約3ヶ月、概算費用4,400万円(照明取替含む)
- ・上記を踏まえ、協議会で検討した結果、既存建物は曲面天井により柔らかな印象の空間としていたことから、天井撤去のみの仕上でなく、万が一の落下物の衝撃を吸収し、吸音等音響効果がある程度見込め、かつ柔らかな曲面での施工が可能な(軽量の)膜天井を選定¹⁶。

■対策の概要

【既存の天井が有していた性能の補完方法】

- ・天井が有していた断熱性能を補完するため、室内側屋根面に湿式不燃断熱材を吹き付け
- ・内部の音の反響を押さえるための吸音措置となる軽量の膜天井を設置。なお吸音効果は改修前後の残響音測定を行い、次のとおり確認している。

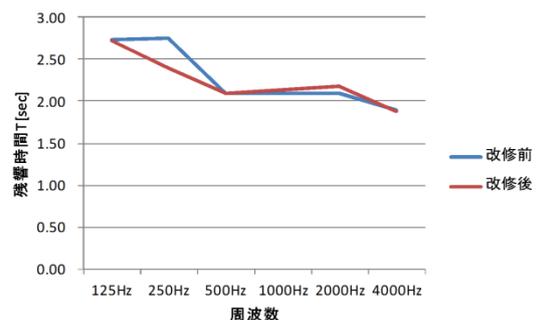
	施工前	施工後	差(T _後 -T _前)
125Hz	2.74	2.72	-0.01
250Hz	2.75	2.39	-0.36
500Hz	2.10	2.10	0.00
1000Hz	2.10	2.14	0.04
2000Hz	2.09	2.18	0.09
4000Hz	1.89	1.88	-0.01

※単位：秒

※残響音の評価法：ISO-3382-2:2008に規定するノイズ断続法

※差は改修後の残響時間から改修前の残響時間を差し引いたもの

■施工前後の残響時間測定結果(周波数ごとの平均値)



■施工前後の残響時間分布曲線(周波数ごとの平均値)

【関連工事】

- ・照明の取替え工事

¹⁶ 同県内の屋内プールで膜天井の使用実績があった。



建物外観(山形屋根)

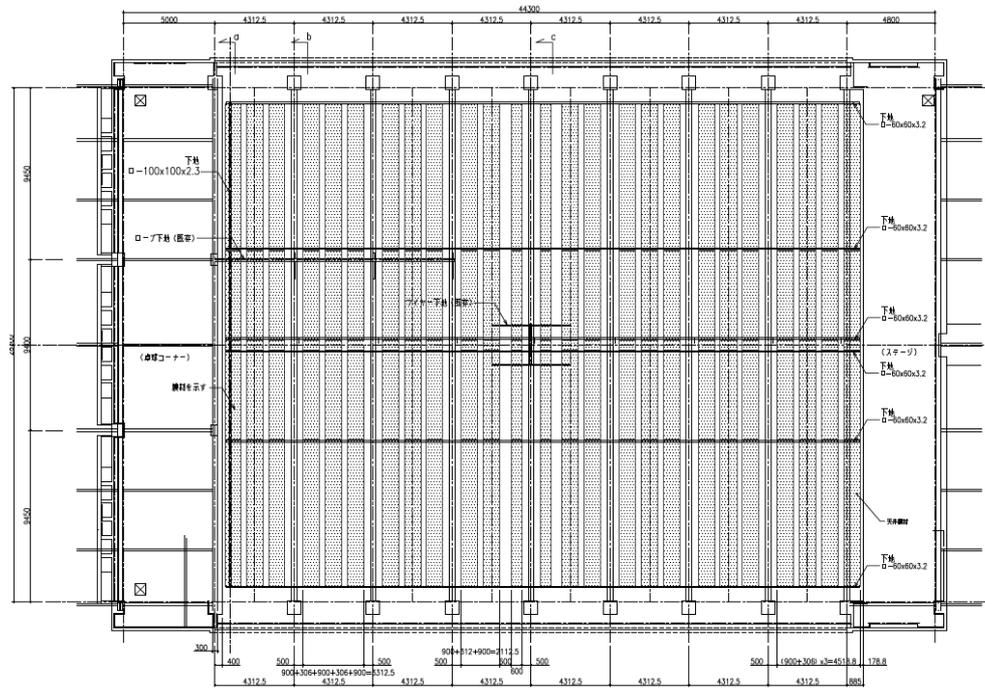
・山形屋根と曲面天井の組み合わせのため全体にわたって吊り長さが異なっている



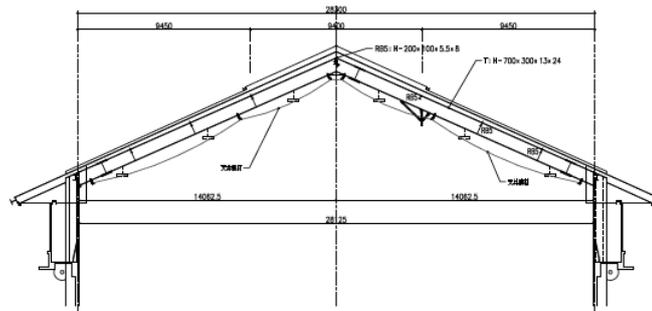
対策前の内観(曲面天井)



膜天井設置後の内観

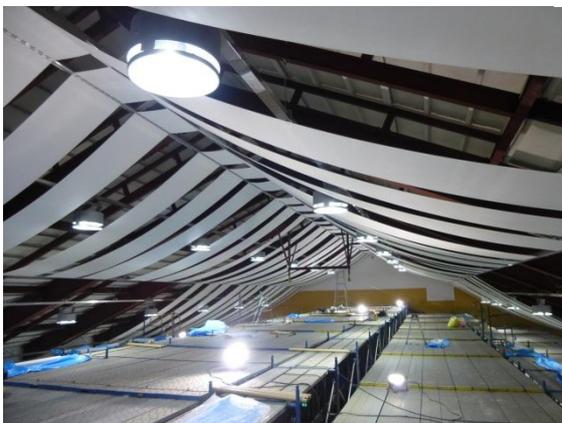


対策実施後の天井伏図



対策実施後の断面図

この事例では幅 900mm の膜を並行して設置することで照明等との干渉を回避した設計としている



膜天井の設置 (施工中)



・断熱材吹付け
(厚 15mm)

・既存照明は
撤去後新設

・照明取付用下地材に
振れ止めを設置

照明設備等の施工状況

■概算費用

●約 4600 万円

内訳：直接仮設：440 万円、
天井撤去処分：310 万円、
断熱材吹付：350 万円、
壁頂部の処理：110 万円、
照明取替え：1140 万円、
自動火災報知設備再設置：110 万円、
膜天井設置：1040 万円、
共通費・消費税：1100 万円

■概算工期

・設計期間：H24.10～H24.11 ・工期：H25.11.21～H26.2.28(100 日間)
内訳：足場組立：約 3 週間、天井撤去・処分：約 2 週間、
内装工事：約 3 週間、断熱工事：約 2 週間、
電気工事：約 2 週間、膜天井約 2 週間

■工事期間中の対応

・代替施設がないため、校庭での活動に振り替えた。

事例7

主な対策項目

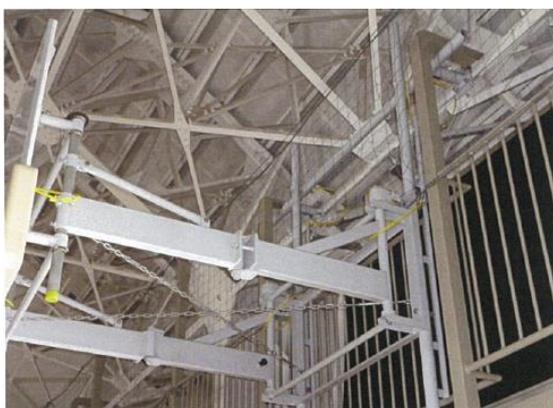
●照明器具やバスケットゴール等の点検・対策

■対策の概要(照明設備)

・事例1～6における各照明設備の落下防止対策を参照のこと

■対策の概要(バスケットゴール)

- ①:異動足場を使って校内のバスケットゴールの点検と接合部の増し締めを実施した。
点検で不具合はなかったものの、落下防止対策としてワイヤを接合部を巻き付けた。



壁面式バスケットゴールへのワイヤ巻き付け

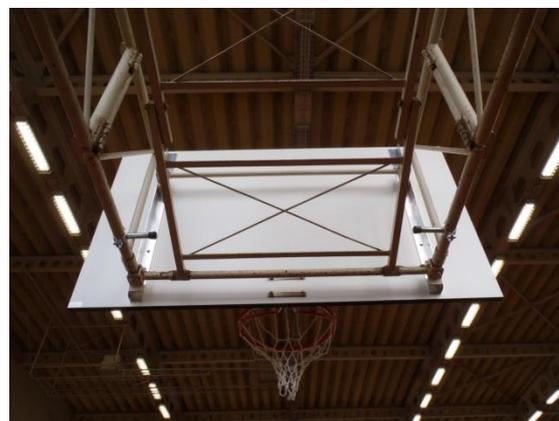


吊下式バスケットゴールへのワイヤ巻き付け

- ②:壁面式バスケットゴールの点検の結果、木製バックボードが木ねじで取り付けられており、緩みも見られることから、新しいバックボード(プラスチック製)への取り替えを実施した。



対策前の木製バックボード



取り替え後のバックボード

③：地震により、吊下式バスケットゴールの吊り元の斜め部材が落下するなど、損傷が大きかったため装置全体を取り替えた。取り替えに際しては専用の補助梁を設けることなどにより落下防止対策を行った。



対策前のバスケットゴール(専用梁がない)



専用の梁等を新設

付け替えた後のバスケットゴール

■ 対策の概要(その他の設備)

・事例1におけるステージの吊下形ライトや、スピーカー・校歌の落下防止対策を参照のこと。

東日本大震災において被災した武道場の天井撤去事例

- 本書1章に記載のとおり、平成23年3月に発生した東日本大震災では、多くの学校施設において天井の脱落被害がみられ、高さ6m以下の武道場の天井も脱落した。
- 武道場は、内装を和の趣の仕上げにすることが多く、屋内運動場と比べて天井を設けている傾向がある。屋内運動場と比べ、面積・高さともに小さい¹⁷ことが多いものの、屋内運動場と同様、被災時において避難住民の生活の場として専ら活用される場所であること等から、安全確保の観点から、落下防止対策を実施していくことが重要である。

<茨城県茨城町の天井撤去事例>

- 茨城県茨城町では、3校の中学校の武道場において天井の脱落被害が発生¹⁸した。3校の武道場はいずれも鉄骨山形架構の屋根で、天井は頂部に折れ曲がりのある舟底天井となっており、天井高は3.6～6mという状況であった。壁との間、折れ曲がり部分においてクリップが外れ、下地材も含めて天井材が脱落したが、それに伴う人身被害は発生していない。
- 天井は、意匠性に加え、断熱や吸音等、室内環境を考慮し設置したと推察されるが、余震が頻発する中、天井を復旧しても再度被災する恐れがあると判断し、安全確保に万全を期す観点から、天井の撤去を選択した。
- 天井材の撤去工事に伴い、梁等鉄骨部の塗装や照明器具の付け替え工事を実施し、うち2校においては、屋根面の遮熱塗料工事も実施した。断熱や吸音等の機能低下について不安はあったものの、学校側からの不具合の報告は出ていない。
(工期は3～4ヶ月程度、工事費は約550万～650万円程度)

<天井の被害事例(改修前)>



A 中学校

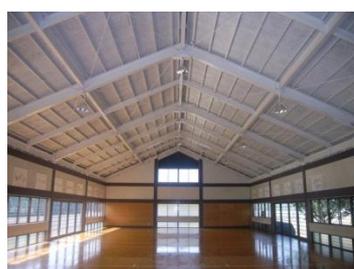


B 中学校



C 中学校

<天井の撤去事例(改修後)>



A 中学校



B 中学校



C 中学校

¹⁷ 一般的な屋内運動場の面積は小学校で900㎡程度、中学校で1,100㎡程度であり、天井高は小中学校ともに9m程度である。一方、一般的な中学校武道場の面積は300㎡程度であり、天井高は5m程度である。

¹⁸ 町内の中学校武道場3棟全てにおいて天井が脱落。屋内運動場も3棟全てにおいて天井が脱落。

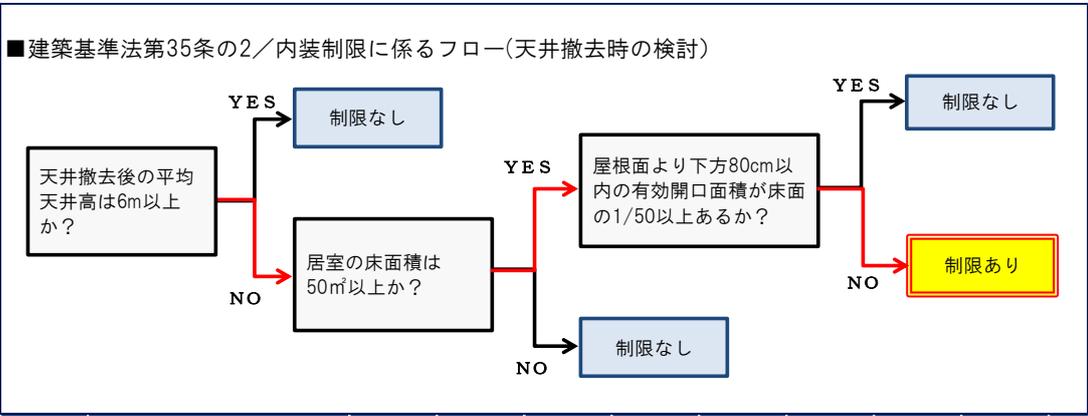
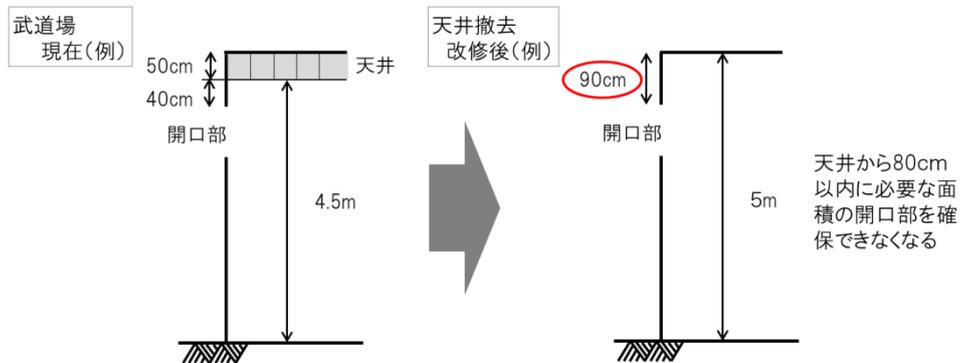
武道場における内装制限の扱い（避難安全検証法について）

○特殊建築物等の壁及び天井については、建築基準法第35条の2で、防火上支障がないようにしなければならない旨が規定されている。基本的に学校(武道場)は内装制限の対象外となるが、天井の高さ6mを超えるものを除き床面積が50㎡を超える居室で天井又は天井から下方80cm以内に窓その他の開口部の開放できる部分がない場合は、内装制限を受けることとなる。

■天井撤去に伴う内装制限の扱い

○天井の高さ6m以下の武道場等で、天井を撤去することによって屋根面から80cm以内に規定面積の開口部を確保できない場合は、内装制限の対象となる。

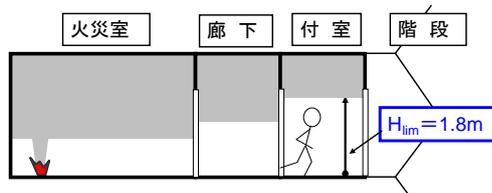
○ただし、建築基準法に基づく「避難安全検証法」※により火災時の安全性能が確認された場合には、内装制限は適用除外となる。



※避難安全検証法

○想定される火災条件の下で、建築物の利用者が避難を終了するまで煙・ガスにより危険な状態にならないことを確認する検証法である。

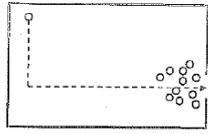
○施設のプランや有効出口幅等により結果が異なるため、施設ごとの検証が必要となる。



※適用範囲は、主要構造部が準耐火構造であるか又は不燃材料でつくられたものに限定

【避難を終了するまでの時間】 ≤ 【煙・ガスが避難上支障がある高さまで降下してくる時間】 を確認

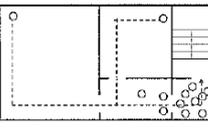
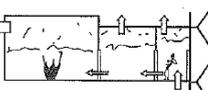
＜避難安全検証法の手順＞
 ※階避難安全検証法の例

各居室ごとに避難安全を検証		
居室外への避難終了時間を計算		以下の3つの時間を合計する。 ・避難開始するまでの時間 ・出口までの歩行時間 ・出口の通過時間
居室内の煙降下時間を計算		・煙やガスが避難上支障のある高さまで降下するのに要する時間
検証	居室の避難終了時間 ≤ 居室の煙降下時間	

出口近傍で火災が発生したことを想定し、その影響により避難に利用できない幅を除いた幅。(積載可燃物、壁・天井の仕上げをパラメータ)

避難経路等の部分(廊下、階段室等)の收容可能人数や避難者が出口に集中した際の滞留を考慮した係数。

火災の大きさ(積載可燃物、壁・天井の仕上げをパラメータ)に火災の熱気流が周囲の空気を巻き込むことにより煙の量が增大する度合い(天井高さをパラメータ)を考慮。

各火災室ごとに避難安全を検証		
直通階段への避難終了時間を計算		以下の3つの時間を合計する。 ・避難開始するまでの時間 ・直通階段までの歩行時間 ・階段への出口の通過時間
避難経路の煙降下時間を計算		出火室から直通階段への出口を有する室に通ずる経路ごとの各室ごとに以下の時間を合計し、最小値を求める。 ・煙やガスが限界煙層高さまで降下するのに要する時間
検証	階の避難終了時間 ≤ 階煙降下時間	

(表の出典:2001年版避難安全検証法の解説及び計算例とその解説)

【参考】

◎建築基準法(抄)

(特殊建築物等の内装)

第三十五条之二 (前略)政令で定める窓その他の開口部を有しない居室を有する建築物(中略)は、政令で定めるものを除き、政令で定める技術的基準に従って、その壁及び天井(天井のない場合においては、屋根)の室内に面する部分の仕上げを防火上支障がないようにしなければならない。

◎建築基準法施行令(抄)

(制限を受ける窓その他の開口部を有しない居室)

第二百二十八条之三之二 法第三十五条之二(略)の規定により政令で定める窓その他の開口部を有しない居室は、次の各号のいずれかに該当するもの(天井の高さが六メートルを超えるものを除く。)とする。

一 床面積が五十平方メートルを超える居室で窓その他の開口部の開放できる部分(天井又は天井から下方八十センチメートル以内の距離にある部分に限る。)の面積の合計が、当該居室の床面積の五十分の一未満のもの

二 略

防衛施設周辺の学校における天井落下防止対策

○自衛隊や在日米軍の飛行場等周辺の学校施設においては、航空機による騒音の障害を防止・軽減するために、防衛省の補助を受けて防音対策工事を実施している学校が多く、防音対策の一環として、吊り天井が設けられている。

(主な防音工事の例)

- ・遮音(防音サッシの取付け)
- ・吸音(壁・天井における吸音仕上げ)
- ・密閉された室内空気の換気・除湿(空調機器の取付け)

○音響測定の結果によって、防衛省の定めた「防衛施設周辺防音事業工事標準仕方書」により工事を実施することとなり、天井には、石膏ボード+グラスウール吸音板等が使用され、天井裏などに空調設備が設けられる。



防衛施設周辺の屋内運動場における天井の典型的形状



天井裏の空調設備の例

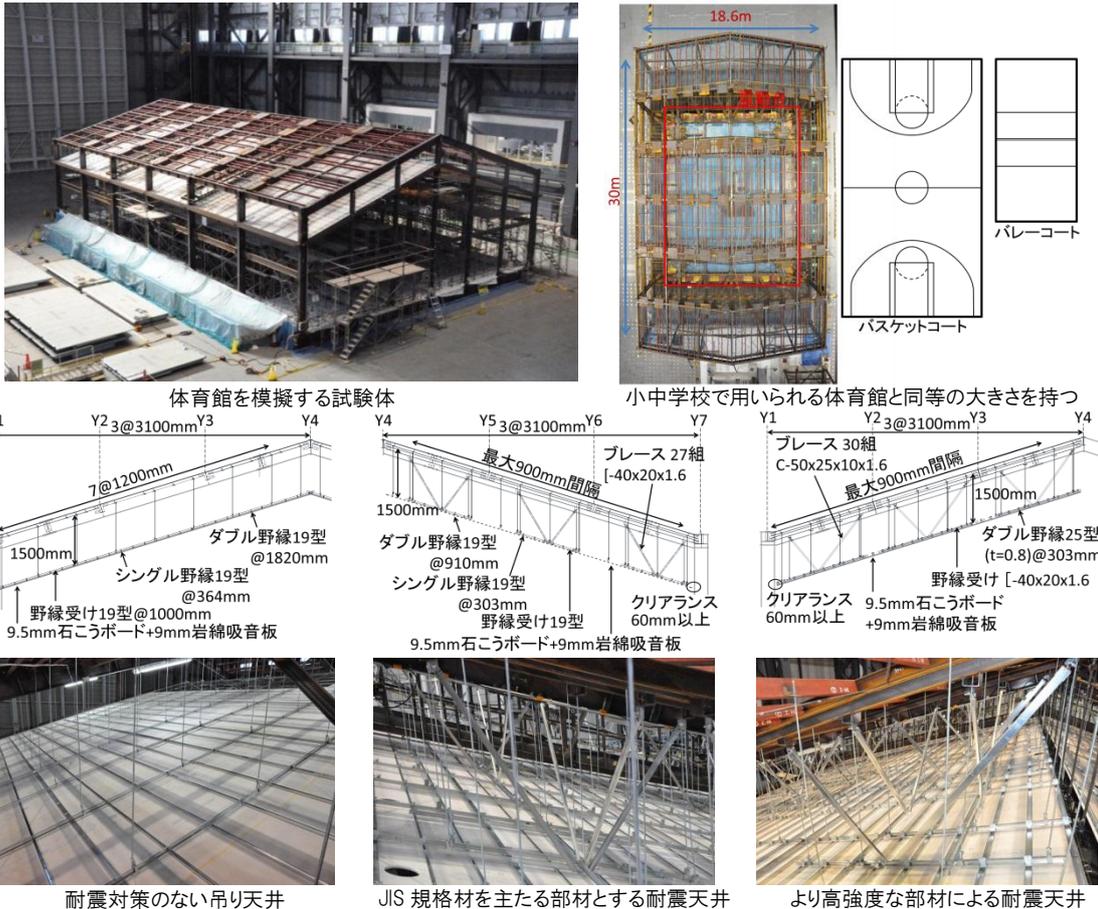
○防音工事を実施した屋内運動場等において、天井落下防止対策を実施する場合は、天井の再設置など、防音機能を考慮した対策を講じる必要があり、その際は、国土交通省の技術基準を満たす必要があることに留意が必要である。

<天井再設置に係る留意点>

- ・本書1(3)で示した実務上のポイント(p.15~18)のほか、防音対策上の課題を踏まえた技術的な検討事項として、主に以下の点が挙げられる。
 - ・壁の周り、折れ曲がりのある部分については、技術基準に基づき、天井同士が緩衝しないよう適切なクリアランスを設ける必要があるが、回り縁などでクリアランスを隠す処置をするなど、防音機能を考慮した対応についても併せて検討することが考えられる。
 - ・斜め部材については、技術基準に基づき、算定式で必要とされる組数を釣り合いよく配置する必要があるが、空調設備周囲には斜め部材が配置しにくいいため、専門家と相談し、十分かつ慎重に検討することが考えられる。

技術基準に基づく天井の設計・施工に当たっての課題

○(独)防災科学技術研究所では、大規模空間に設置された吊り天井の脱落被害の原因究明と被害低減技術開発を目指した研究をすすめている。この研究プロジェクトの一貫として平成 26 年 1 月に耐震対策のない吊り天井による脱落被害再現実験を、平成 26 年 2 月に平成 26 年 4 月施行の技術基準に準拠した吊り天井(以下、本ピックにおいて「耐震天井」という。)の耐震余裕度検証実験を実施した。



○この実験に用いた吊り天井は実際の建物でも用いられている資材と同じものを使用しており、実際の現場と同じ方法で設計・施工した。これにより、吊り天井の設計・施工に関して様々な課題が明らかとなった。

■耐震天井の設計・施工に関するポイント

○耐震天井の設計においては、構造に関する知識と経験に基づく判断が必要となった。天井設計に仕様ルートを選択しても、細かい仕様については設計者の判断による部分も有り、専門性が求められる。構造設計の知識を有した専門家(構造設計に携わる建築士などの有資格者)が設計するなど、専門家が天井設計に積極的に関与する体制が望ましい。

○例えば技術基準では適切な数のブレースをバランス良く配置することとなっているが、今回の実験のブレース配置がバランスの良い配置かどうか議論となった。地震時に部材を伝える力がどう伝達されるかを把握している必要があり、専門的な知識が求められる。

○耐震天井のブレース本数は非常に多くなった。一般的な天井施工の場合には、様々な部分と干渉することが想定される。ブレースと設備の配置をあらかじめ検討し、所定の数のブレースが入れられることを確認する必要がある。ブレースの干渉を避けるために配置バランスを大きくくずすと、天井の損傷を誘発することも十分考えられるので注意が必要である。

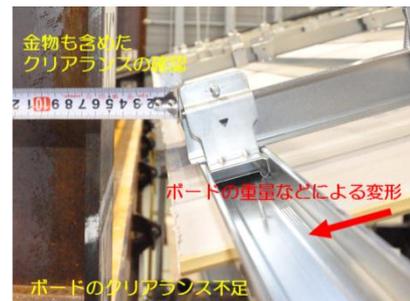
○一般的な天井は屋根板を支えるC形鋼の母屋などにつり下げられていることが多い。この部材は天井の重量を支えるには十分な性能を持っているが、天井面の揺れを抑えるブレースを接合すると、地震によりブレースが揺れに抵抗したときに母屋が変形してしまい、耐震天井の性能が低下する原因ともなり得る。今回の実験ではブレースの荷重を受け止める準構造部材を追加し、これにブレースを接合した。一般的な天井でも同様の対応が望ましいと考えられる。



耐震天井のブレースの取り付け

○耐震天井では、高強度な部材、金具を組み合わせ、それらをビスで固定するとともに、ブレースによる揺れ止めなどの多数の部材が追加されたため、従来の天井の施工に比較して数倍にも及ぶ手間がかかった。今後の天井施工でも注意が必要である。

○技術基準の仕様ルートなどでは天井周囲の壁・柱や天井の段違い部などについて、クリアランスを60mm以上確保するよう定められている。今回の実験でも60mmのクリアランスで下地を組み、ボード施工を行った。しかし、勾配天井であったためにボードの重量により天井面が引っ張られて変形し、クリアランスが小さくなってしまった。そのため、クリップを緩めて野縁を動かし、ボードを切断するなど調整した。勾配天井などボードの重量などにより変形する天井は注意が必要である。特に、ブレースの本数が少ない箇所では天井面が自分の重みで変形し、軒先方向にずれやすい。また、勾配天井の場合は、クリップなどの部材も傾斜により外にはみ出る場合があり、結果としてクリアランスが小さくなることもあるため注意が必要である。



クリアランスの不足した勾配天井
(ボード施工後にクリアランスを調整した)

■フェイルセーフ機能の設計・施工に関するポイント

○今回の実験では、天井脱落に際してワイヤおよびネットにより脱落した部材を受け止め人的被害を抑えるフェイルセーフ機能の検証も実施した。これは、耐震対策の不足した既存の天井に対し、応急対策としての適用を想定したものである。

○ワイヤ・ネットによるフェイルセーフ機能は、天井裏や壁の中の構造に対してワイヤをつり下げる部材を取り付ける必要がある。これらの部材をどう取り付けるかの検討が重要である。今回の実験ではワイヤ・ネットの取り付けは短い工期で完了できたため、取り付け部さえ用意できれば、ワイヤ・ネットの取り付け工期は短くて済む。



ワイヤとネットによるフェイルセーフ機能

(本稿は(独)防災科学技術研究所において作成。写真及び図面は同研究所より提供。)