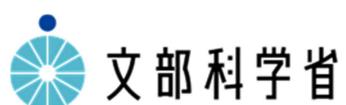


屋内運動場等の天井等落下防止対策事例集

(平成 27 年度事業 最終報告)

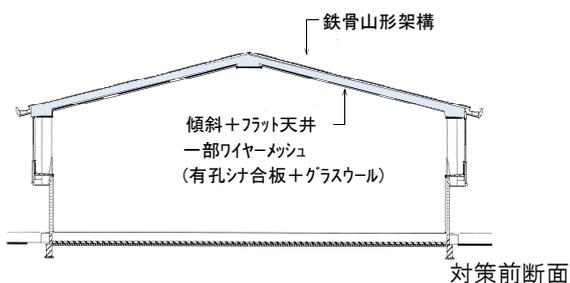
平成 28 年 8 月



文部科学省

目 次

事例 1 (撤去) 長野県 駒ヶ根市立東伊那小学校屋内運動場	1
事例 2 (撤去) 奈良県 河合町立河合第一中学校屋内運動場	3
事例 3 (撤去) 和歌山県 湯浅町立田栖川小学校屋内運動場	5
事例 4 (撤去) 奈良女子大学附属幼稚園保育棟遊戯室	7
事例 5 (撤去・再設置及び補強) 東京工業大学 70 周年記念講堂	9
事例 6 (撤去・再設置) 京都大学百周年時計台記念館百周年記念ホール	12
事例 7 (その他非構造部材) 筑波大学 1 A 棟 (横連窓)	15



建物用途	屋内運動場	延べ面積	1,215 m ²
構造・階数	S2	建築年	1987 年
建物高さ	13.5 m	軒高	9.5 m
対象室面積	958 m ²	天井高さ	11 m
天井面積	958 m ²	天井の質量	10 kg/m ²
構造体の耐震診断	新耐震	構造体の耐震改修	—



対策前



対策後

■ 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の有無	クリアランス一部なし	図面診断
	耐震措置特記事項の有無	天井に関する特記事項なし	撤去等検討
	斜め部材の有無	斜め部材なし(棟部より確認)	撤去等検討
1-4	屋根形状と天井形状の比較	屋根形状と天井形状が一部異なる	撤去等検討

特徴

- ・鉄骨山形屋根に船底天井
- ・天井材は有孔シナ合板+グラスウール
- ・ワイヤーメッシュの開口部
- ・つり上げ式のバスケットゴール
- ・システム天井で照明器具ははめ込み式

※ ステップ1で補強は不可能と判断したため以降の項目は省略

- ・壁際の一部や棟部の天井折れ曲がり部にクリアランスがないこと等、目視確認だけで技術基準を満たしていないことが判明した。



■対策の検討過程

- ・既存天井に斜め部材が全く配置されておらず、新たに斜め部材を適切に配置するためには、懐が狭く補強が困難なため、下地を含めた天井全面撤去が必要なことから補強は不可と判断した。
- ・既存天井は、音響効果に配慮されており、音響変化が懸念された。音響効果について残響時間を計算式より算定すると撤去後でも推奨値範囲内である。
- ・既存天井には一部開口部があり撤去しても断熱性の変化は少ないと考えた。
- ・天井撤去に伴い結露が生じる可能性があったため、天井を有さない屋内運動場等の事例調査を行った。

対策	内訳(参考)		工期(参考)
	項目	金額	
対策1 天井撤去 採用	直接仮設工事	700万	約2ヶ月
	天井撤去処分	200万	
	天井塗装	300万	
	照明撤去再設置	600万	
	共通費	700万	
	合計	2,500万	
対策2 天井撤去再設置	直接仮設工事	700万	約4ヶ月
	天井撤去処分	200万	
	天井再設置	1,300万	
	照明撤去再設置	600万	
	共通費	1,000万	
	合計	3,800万	

コスト面や施工期間の比較(天井面積 958m²)

	残響時間		
	対策前	対策後	音響変化
計算値	1.58 秒	2.17 秒	+0.59 秒
測定値	1.86 秒	2.22 秒	+0.36 秒
差	+0.28 秒	+0.05 秒	-0.23 秒

コスト面や施工期間の比較
(500Hzと1000Hzの平均で比較)

■対策の概要

【対策の概要】

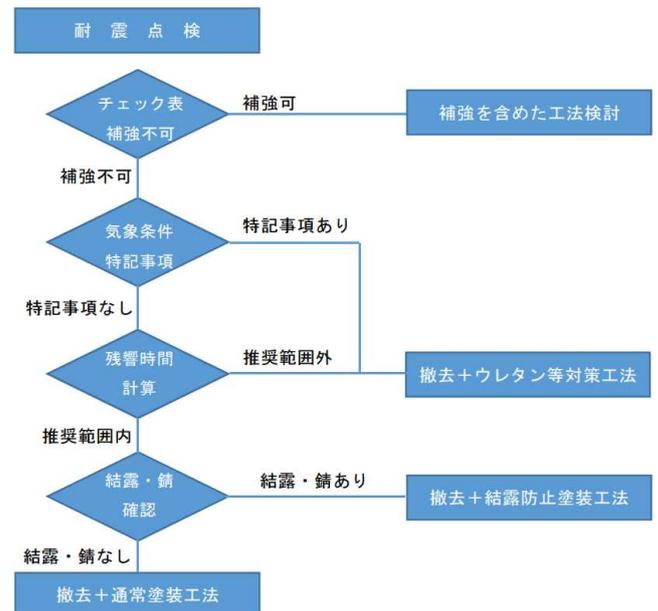
- ・既存天井を撤去して、天井面を塗装した。
- ・梁、母屋、天井材は既存壁面と同色に塗装した。

【撤去に伴う関連工事】

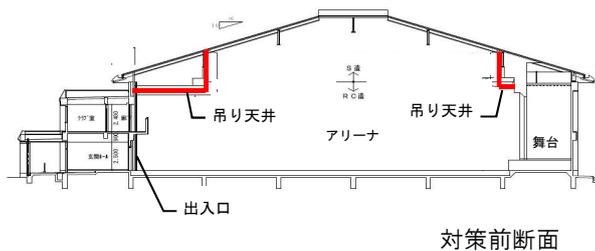
- ・照明器具に落下防止対策が施されていなかったため、落下防止機能付き照明器具へ取り替えた。
- ・バスケットゴールは、吊元が屋根部材に固定されていたので、新たに専用の梁から吊り下げ、補強材を設置した。

【その他の成果】

- ・残響時間は、対策前の天井は開口部があり、複雑な形状であったため、計算値と測定値で差が見られたが、撤去後の残響時間は計算式で算出できることが確認できた。
- ・事業結果を踏まえ、つり天井落下防止対策の工法選定フローチャートを作成した。



駒ヶ根市吊り天井落下防止対策フローチャート



建物用途	屋内運動場	延べ面積	1,612 m ²
構造・階数	R2	建築年	1989年
建物高さ	14.7 m	軒高	8.4 m
対象室面積	207 m ² :出入口部	天井高さ	7.5 m:出入口部
	40 m ² :舞台側		8.2 m:舞台側
対象室面積 天井面積	207 m ² :出入口部	天井の質量	41.4 kg/m ²
	40 m ² :舞台側		5.5 kg/m ²
構造体の耐震診断	新耐震	構造体の耐震改修	—



対策前（舞台側）



対策後（舞台側）



対策前（出入口側）



対策後（出入口側）

■ 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の有無	クリアランスが全くない	図面診断
	耐震措置特記事項の有無	天井に関する特記事項なし	撤去等検討
	斜め部材の有無	斜め部材なし(棟部より確認)	撤去等検討
1-4	屋根形状と天井形状の比較	屋根形状と天井形状が異なる	撤去等検討

特徴
 ・ギャラリー及びステージの上部の吊り天井の一部がアリーナにせり出している。残りの部分は吊り天井なし。
 ・天井材は軽量鉄骨壁下地＋有孔シナ合板

※ ステップ1で補強は不可能と判断したため、以降の項目は省略

・屋根と天井の形状に違いがあり、梁を隠す見栄えを重視しているだけと判断される。

■対策の検討過程

- ・ 梁を隠す見栄えを重視して天井が設置されたと思われる。
- ・ 補強する場合、クリアランスの確保や、斜め部材を配置する際に、天井を撤去しなければ施工できない。
- ・ 授業や部活動に支障をきたす工事期間を短くし、より安価で完成する撤去が望ましいと判断した。

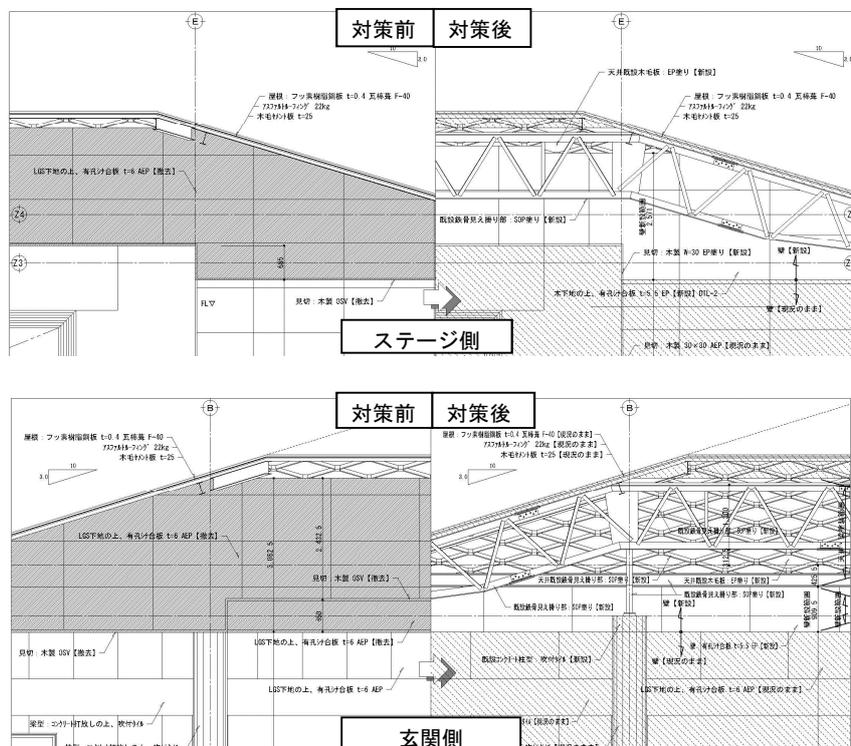
対策	内訳(参考)		工期(参考)
対策1 天井撤去 採用	直接仮設工事	310万	約2ヶ月
	天井撤去処分	100万	
	天井撤去部分改修工事	200万	
	電気設備工事	180万	
	共通費	410万	
	合計	1,200万	
対策2 天井撤去 再設置	直接仮設工事	310万	約4ヶ月
	天井撤去処分工事	100万	
	天井復旧工事	650万	
	電気設備工事	210万	
	共通費	530万	
	合計	1,800万	

コスト面や施工期間の比較(天井面積計 247m²)

■対策の概要

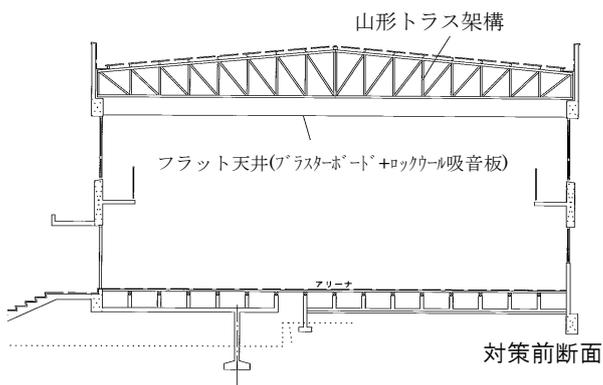
【対策の概要】

- ・ 非構造部材の診断及び検討結果を踏まえ、補強ではなく吊り天井の撤去工事を行った。
- ・ 工事内容は仮設工、吊り天井撤去工、内装工、塗装工、電気工であった。



【その他の成果】

これまでの耐震対策では、非構造部材でも補強を重視した点が多かったが、今回の耐震対策先導的開発事業において、建築士等アドバイザーを入れることにより、工期の短縮や事業費の削減を図ることができ、また、利用者が安心して安全に使用できる体育館となった。



建物用途	屋内運動場	延べ面積	379 m ²
構造・階数	R1	建築年	1970年
建物高さ	9.0 m	軒高	7.05 m
対象室面積	3168 m ²	天井高さ	7.05 m
対象室面積 天井面積	2592 m ²	天井の質量	3.8 kg/m ²
構造体の耐震診断	済	構造体の耐震改修	済



対策前



対策後

■ 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の有無	クリアランスが全くない	撤去等検討
	耐震措置特記事項の有無	天井に関する特記事項なし	撤去等検討
	斜め部材の有無	斜め部材なし(棟部より確認)	撤去等検討
1-4	屋根形状と天井形状の比較	屋根形状と天井形状が異なる	撤去等検討

特徴
 ・山形トラス架構
 ・既存天井に斜め部材が全く配置されていない。
 ・天井材はプラスターボード+ロックウール吸音板

※ ステップ1で補強は不可能と判断したため、以降の項目は省略



壁際のクリアランスなし

■ 対策の検討過程

- ・既存の天井に斜め部材が配置されておらず、新たに斜め材を配置することは不可能であると考えられ、下地を含めた天井全面撤去が必要と判断した。
- ・天井全面撤去後の対応方針について、以下の表のとおり比較検討を行った
 - ①直張天井（母屋に軽量のグラスウールボードを直接固定）
 - ②内部塗装（断熱・吸音性のある塗料を使用）
 - ③膜天井（非常に軽量の膜材料を使用）
 - ④屋根断熱（天井を撤去した分、屋根面に断熱材を用い外断熱）
 - ⑤耐震天井（告示による新基準にあった天井）
- ・体育の授業に加え、集会や行事等の利用頻度も高いため、断熱性、音響、意匠及び工期等を総合的に検討した結果、直張天井を設置する工法を採用することとした。

	断熱性、遮音性	室内の音響	意匠性	工期 (設監+工事期間)	経済性 (設監+工事税抜)
直張天井 採用	○	○	○	○ (4ヶ月)	○ (1,220万)
内部塗装	×	×	×	◎ (3.5ヵ月)	◎ (785万)
膜天井	×	○	◎	△ (4.5ヶ月)	×
屋根断熱	◎	×	×	○ (4ヶ月)	×
耐震天井	○	○	○	×	×
				(6ヶ月)	(1,520万)

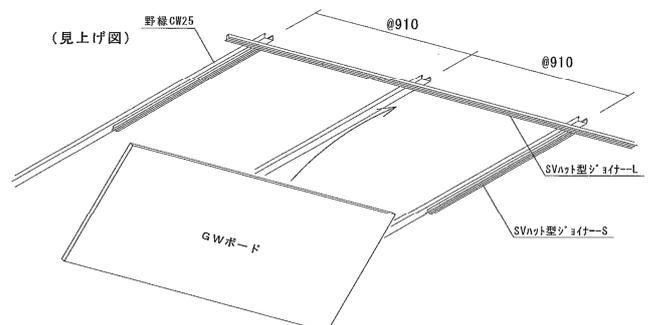
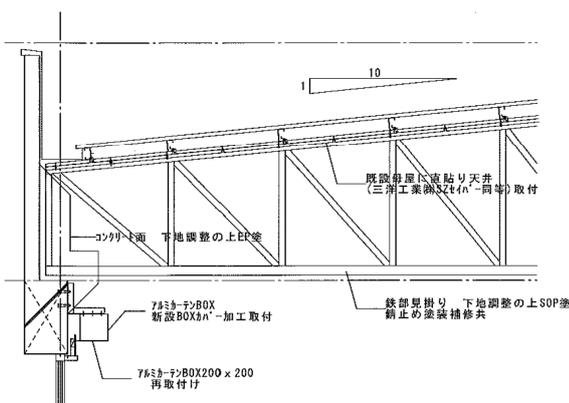
■ 対策の概要

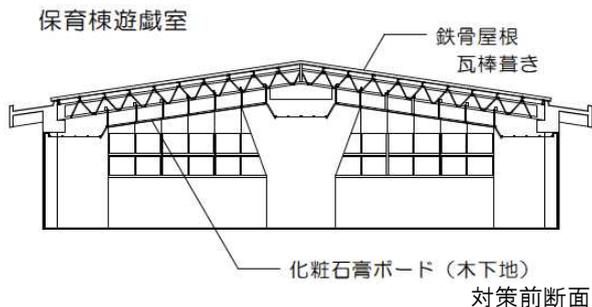
【対策の概要】

- ・母屋に軽量のグラスウールボードを直接固定した。
- ・残響音等の影響が懸念されたが、学校からも特に気にならないと報告を受けている。
- ・断熱・吸音面で一定の効果が得られることを確認した。

【その他の成果】

- ・照明器具は既存の自動昇降式照明を再利用し、構造部材に直接設置した。
- ・照明器具やステージ脇の高所スピーカーには、新たに落下防止ワイヤーを取り付けた。





建物用途	遊戯室	延べ面積	448 m ²
構造・階数	R1	建築年	1967年
建物高さ	5.5 m	軒高	4.16 m
対象室面積	216 m ²	天井高さ	4.00 m
天井面積	216 m ²	天井の質量	20kg/m ²
構造体の耐震診断	済	構造体の耐震改修	—



対策前



対策後

■ 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	撤去等検討
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
1-3 耐震措置特記事項の有無	天井に関する特記事項なし	撤去等検討
斜め部材の有無	斜め部材なし(棟部より確認)	撤去等検討
1-4 屋根形状と天井形状の比較	屋根形状と天井形状が異なる	撤去等検討
3-1 野縁等の材料	木下地	撤去等検討
	化粧石膏ボード	OK

特徴
 ・鉄骨山形屋根瓦棒葺き
 ・天井材は化粧石膏ボード(木下地)

※ ステップ 3-1で補強は不可能と判断したため、以降の項目は省略

■ 対策の検討過程

- ・ 屋根鉄骨材に吊り木受け材を設置した木下地の吊り天井であるため、構造体への緊結が不十分であると考え、木下地天井全体を撤去した。
- ・ 衝撃音などに配慮した吸音対策が必要であること、鉄骨屋根のため断熱対策が必要であること、施設利用者の天井再設置への強い要望があることから、天井が必要であると判断した。



木下地状況写真

■ 対策の概要

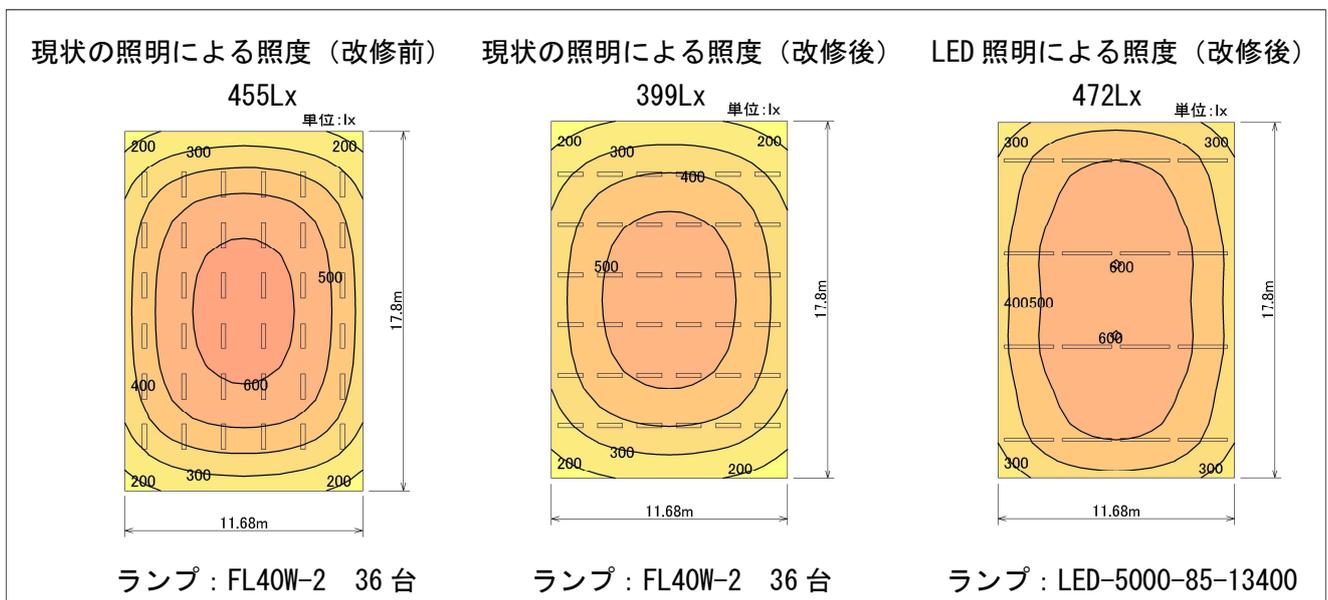
- ・ 既存天井を撤去後、既存母屋への下地直接取り付けによる直天井とすることで工期短縮を図った。
- ・ 天井面に化粧ガラスウールボードを採用することにより天井の軽量化を図り、断熱性能・吸音性能を備えた天井とした。
- ・ 採用した軽量天井については、数社のメーカーが商品を製造販売しているが、メーカーにより施工方法が異なるため、施工については、「メーカーの責任施工」と特記事項に記載する等の注意が必要である。

【撤去に伴う関連工事】

- ・ 照明器具、自動火災報知設備、空気調和設備（シーリングファン）を撤去し、照明器具は落下防止ワイヤーを取り付け、シーリングファンは既存の鉄骨材（梁型）にアンカーボルト固定（ダブルナット）の落下防止対策をとり再設置した。
- ・ 見栄えを考慮し、既存天井撤去後に現れる鉄骨材（梁型）の側面に天井材を張り付けた。

【その他の成果】

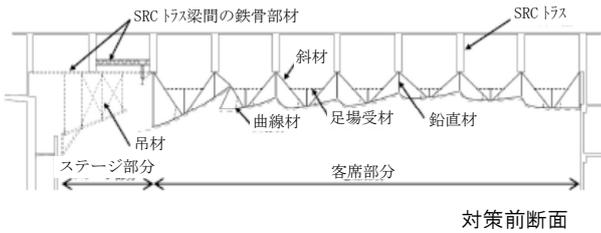
- ・ 既存の照明器具を再設置した場合の室内照度についてシミュレーションを実施し、既存の照明器具では、天井の高さが高くなることにより室内照度が不足することが判明したため、新規の照明器具を LED 照明として再設置した。



事例5 東京工業大学 70 周年記念講堂

撤去・再設置
(ステージ部分)

補強
(客席部分)



対策前断面

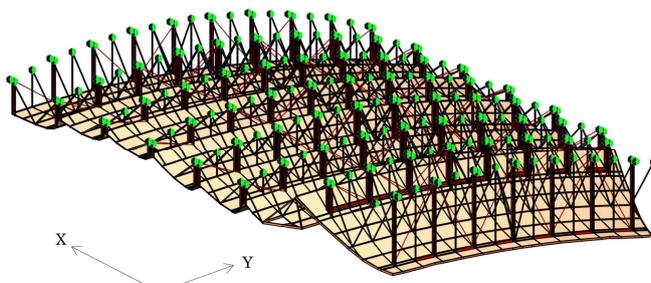
建物用途	講堂	延べ面積	1,301 m ²
構造・階数	SR 3-1	建築年	1955 年
建物高さ	14 m	軒高	12 m
対象室面積	616 m ²	天井高さ	9 m
天井面積	540 m ²	天井の質量	40 kg/m ²
構造体の耐震診断	済	構造体の耐震改修	不要



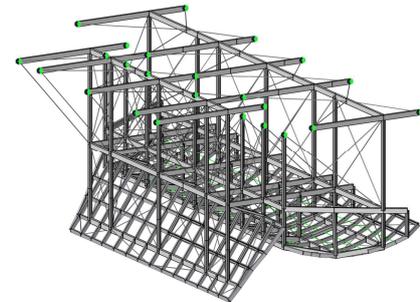
客席部分 (対策前)



天井裏 (対策前)



対策後モデル図 (客席部分)



対策後モデル図 (ステージ部分)

■ 診断の概要

(客席部分天井)

・鉄骨形鋼下地材の水平地震力 (X Y 方向) に対する検討、鉛直方向地震力に対する検討、各接合部の検討、木下地の検討を行った結果、下記の点で耐力の不足が確認された。

- ① 長辺方向 (X 方向) の水平地震力に対する斜材接合部 (B P L 山形鋼) の部材耐力不足。
- ② 短辺方向 (Y 方向) の水平地震力に対する斜材の部材耐力不足。
- ③ 天井下地材の水平面剛性が小さく、水平せん断力の伝達が出来ない。また、天井仕上板の水平面剛性が小さく、せん断力の伝達が困難であることを実験と計算結果との整合により確認した。
- ④ 長辺方向の天井端部 (客席後ろ側) については、壁との間にクリアランスが無い。

特徴

- ・(客席部分) SRCトラス梁※に接合された形鋼を下地とした、木製の曲面形状の天井。
- ・(ステージ部分) SRCトラス梁間にかけ渡された鉄骨部材から吊材で吊られた木製の天井。

※SRCトラス梁:トラス状に組まれた鋼材をコンクリートで覆った梁 (トラスとは三角形を基本単位として、その集合体で構成する構造形式のこと)

・現地調査を行った結果、下記の点で補修が必要であることを確認した。

- ⑤ SRCトラス梁の軽量コンクリートの不具合 (割れ、剥離) 箇所
- ⑥ 鋼材と木部の接合部のボルト不具合 (ナット無し、木部との空き) 箇所
- ⑦ 木部の不具合 (野縁欠損部、継ぎ手の隙間) 箇所
- ⑧ 天井板を留めているビスが、野縁から外れている箇所

(ステージ部分反射板)

- ・吊材として用いられている丸鋼は、材の途中で不十分な現場溶接で継がれており、吊材間に配置された斜材も同様の現場溶接で接合されている。溶接部の強度の信頼性が無く、耐震性は極めて低い。

■対策の検討過程

(客席部分天井)

- ・補強部材を追加することにより、前記の①～③の補強は可能であり、木下地・天井板の安全も期待できるため、既存天井の木仕上げを生かしたまま、補強を行う方針で検討する。
- ・④については、構造的なクリアランスを設け、⑤～⑧については、箇所毎に補修を行うことで対応する。

(ステージ部分反射板)

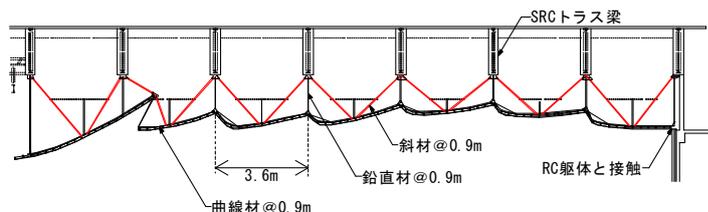
- ・吊材および吊材間の斜材は所要の耐震性能を期待することができない。また、吊材を支持しているSRCトラス梁間にかけて渡された鉄骨部材は、鉄骨部材の水平剛性のみで地震力を水平方向へ伝達することはできない。以上のことから、下地ごと撤去新設を検討する。
- ・反射板形状を演奏音などの反射に考慮した形状に変更し、壁や天井間との隙間を小さくすることで、舞台上での演奏時の音響性能向上を図る。

■対策の概要

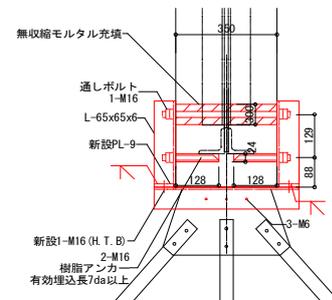
【対策の概要】

(客席部分天井)

- ・現状の天井面を生かして、天井支持部材の補強によって対応する。
- ・長辺方向は、既存の鋼材ブレースで強度は十分確保できるが、接合部の耐力が不足するため、SRCトラス梁と鋼材の接合部補強を行う。SRCトラス梁にアンカーを設け、新たな接合金物を取り付けて、既存のブレースと鉛直吊り材を支えているガゼットプレートと結合する。

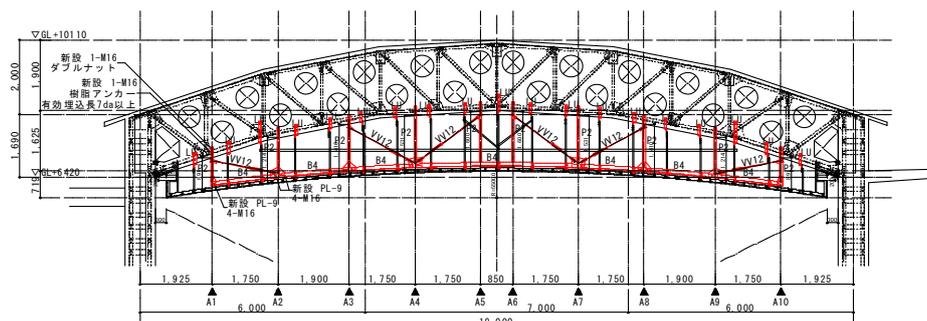


長辺方向 (客席上部)



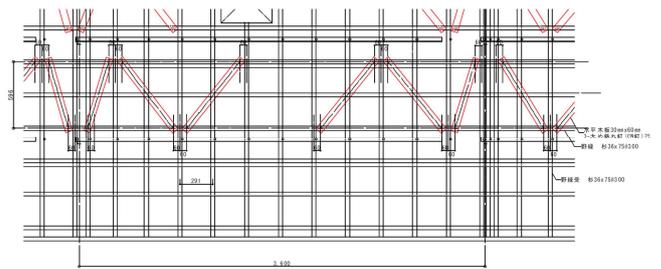
接合部補強 (拡大図)

- ・短辺方向は、地震力を負担するブレースが不足するため、SRCトラス梁の両側にブレースを追加する。



短辺方向 (客席上部)

- ・木造版の水平面内剛性を確保するため、野縁の上部に木板（30 mm×60 mm）の水平ブレースを設ける。
- ・客席後方部は、天井と壁を切り離し、クリアランスを設け、天井を新たな吊材で支持する。両サイドは、約 300 mmのクリアランスがあるが、端部に鉛直材が設けられているため、天井材への影響を与えず、鉛直部材が天井の変形に追従できるよう改修を行う。

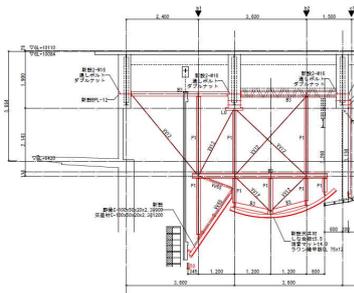


野縁上部の水平ブレース

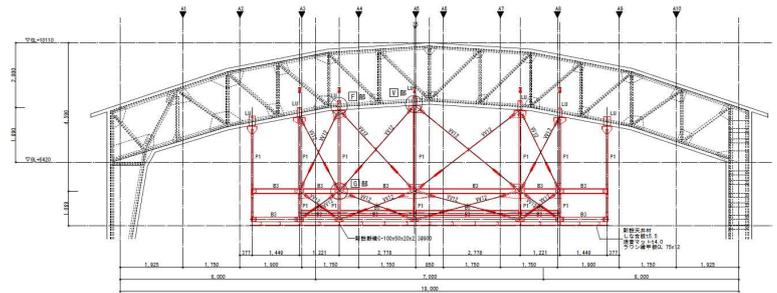
- ・現地調査により明らかになった不具合については以下の通り補修した。
 - 鋼材と木部の接合部のボルト不具合箇所については、新設ボルトに入れ替え、木部のボルト接合部はガタを防止するため、ボルト孔にエポキシ樹脂を注入する。
 - SRC トラス梁の軽量コンクリートの不具合（割れ、剥落など）については、高強度モルタルで補修し、木部不具合（野縁欠損部、継ぎ手の隙間など）については、補強材を設ける。
 - 天井板を留めているビスが野縁から外れている箇所は、別のビスを追加する。

（ステージ部分反射板）

- ・新たな下地鉄骨を設け、鉛直 2 方向及び水平ブレースを設けて、剛な下地材を構成する。



X方向



Y方向

【その他の成果】

（天井板（木仕上げ材）の耐力実験）

- ・天井板の取付部については、実状の取付状況を確認し、所要の耐力を有する接合であることの確認が必要であるため耐力実験を行った。現地実物を採取し、天井板の取り付け部の造作及び経年劣化を確認するとともに、設計上必要な部位の耐力を実験にて確認した。

（水平動による曲面屋根の上下動の影響に対する検討）

- ・屋根面がRC造の曲面屋根となっている。水平動による曲面屋根の上下動の影響を確認するため、固有値解析、及び屋根架構に地震波を入力し、上下動の応答の確認を行った結果、応答加速度が微小であることを確認したため、曲面による上下動の影響は少ないと判断した。

（安全性の担保）

- ・対策後の天井について、安全性を客観的に評価するため、計算ルートを準用した検証を行い、設計に関し一般財団法人日本建築センターの評定を取得した。