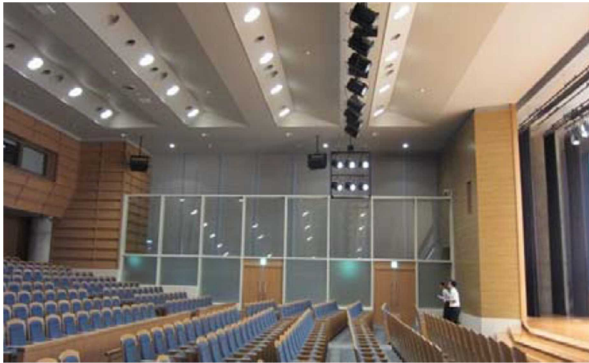


対策前断面

建物用途	講堂	延べ面積	1,773 m ²
構造・階数	SR 2-1	建築年	2003年
建物高さ	12.4 m	軒高	11.7 m
対象室面積	747 m ²	天井高さ	7.2 m
天井面積	747 m ²	天井の質量	30 kg/m ² 超
構造体の耐震診断	新耐震	構造体の耐震改修	—



対策前（客席部分）



対策前（天井裏）

■ 診断の概要

項目		確認結果	
1-2	吊り天井の有無		吊り天井有り
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	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	軽鉄下地	OK
	天井の質量区分	石膏ボード+ロックウール吸音板	撤去等検討
3-2	全体的な天井断面の確認	屋根と異なる勾配の天井部有り	撤去等検討
	局部的な天井断面の確認	クリアランスが無く折れ曲がり有り	撤去等検討
3-3	吊りボルトの方向	鉛直方向に取付られている	OK
	吊り長さ	2.85m~3.12m	要検討
3-4	吊りボルトの間隔	ほぼ 90 cm以下	OK
3-7	壁際のクリアランス	クリアランスが全く無い	撤去等検討
	段差・折れ曲がり部分のクリアランス	クリアランスが確保されていない	要検討
	設備等の周囲のクリアランス	クリアランスがない箇所が多い	要検討
3-8	吊り元の仕様	デッキスラブへの埋込み	OK
	ハンガーの仕様	ビス留め等の無い一般仕様	要検討
	クリップの仕様	ねじ留め等の無い一般仕様	要検討
	石膏ボードの取付方法の仕様	150~200 mm程度間隔でビス留め	OK

特徴

- ・フラットな屋根スラブに波形状の天井
- ・壁際や天井折れ部にクリアランスなし
- ・天井材は石膏ボード+ロックウール吸音板

■ 対策の検討過程

- ・壁際や天井折れ曲り部にクリアランスが無いことや、吊り長さが一部 3.0mを超えていること等、技術基準を満たす為の改善要素があり、実質的に既存天井の補強による耐震化(落下防止対策)は不可能である。
- ・行事等の利用頻度が高い為、施工期間はできるだけ短く（3ヶ月程度）する必要がある。
- ・講演等を行うホールであり、現況の残響時間を確保しなければならない等、天井は必要である。
- ・天井の撤去・再設置を前提とし、現況の天井形状を踏襲した音響効果に考慮した空間とすることとし、併せて壁際には技術基準に従ったクリアランスを設けることとした。

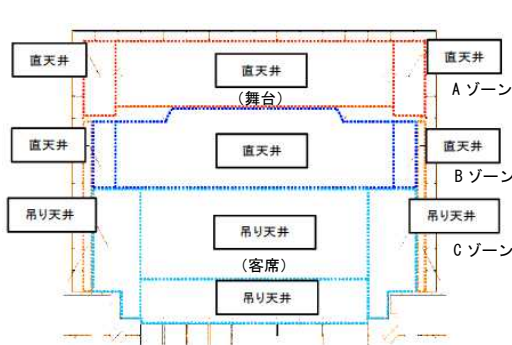
検証	中地震で天井が損傷しないことを下記のルートを採用し検討		落下防止措置を検討		特定天井に該当しない措置を検討	
	仕様ルート 耐震性等を考慮した天井の仕様に適合する事で検証(天井の質量2kg/m ² 超20kg/m ² 以下)	計算ルート 天井の耐震性等を告示で定める計算で検証	天井が損傷しても落下しないような措置を検証			
検証方法	仕様規定が適用できる範囲であることを確認し、既製品の耐震天井下地を使用する方法	水平震度法	工期短縮とコスト削減に着目した方法		軽量化を図り、天井質量2.0kg/m ² 以下とする方法	直天井仕上げとみなせる天井裏構造とする方法
改修内容	天井仕上材、下地材共に撤去新設する。 仕様規定を満足するフラットな形状で天井をつくる。 既製品の耐震天井下地を採用し斜め部材を設置する。 壁際、設備廻りのクリアランスを確保する。 天井の構造とは縁を切った音響反射板を設置する。	天井仕上材、下地材共に撤去新設する。 既設天井形状とほぼ同一の天井をつくる。 計算により斜め部材等の補強を決定する。 壁際、設備廻りのクリアランスを確保する。	ワイヤーメッシュ支持材を設置する。 天井仕上撤去部に干渉する設備機器類の再配置を行う。 既存の天井直下に金属製のワイヤーメッシュを張りめぐらす。 ワイヤーメッシュ支持部材設置の為、ほぼ全面の天井仕上の撤去新設が必要である。	天井仕上材、下地材共に既存のままとする。 天井ふところ内の工事で下地材をワイヤーで補強する。 既存の天井下地に細かく専用落下防止金物を取り付け、それを小屋組等から支持した親ワイヤーから吊り下げる。	天井仕上材、下地材共に撤去新設する。 膜天井支持金物設置用ブドウ棚を設置する。 設備機器類の再配置を行う。 「膜天井」を設置する。 支持構造部より音響反射板を設置する。	天井仕上材、下地材共に撤去新設する。 主要構造部と同じように挙動する構造下地を設置する。 設備機器類の再配置を行う。 既設と同形状の天井を設置する。
意匠	△ (既設天井形状不可)	○ (既設天井形状とほぼ同形状)	△ (現状の意匠性の損失)	○ (既設天井既存のまま)	△ (現状の意匠性の損失)	○ (既設天井形状と同形状)
構造	△ (荷重上構造検討要)	○ (現状荷重維持)	× (現状荷重以上により不可)	△ (補助的対策)	△ (荷重上構造検討要)	× (現状荷重以上により不可)
音響	△ (既存音響確保による検討要)	○ 残響時間 改修前0.95秒 →改修後1.07秒 (カーテン有り、500Hzでの比較) (既設天井形状とほぼ同形状)	○ (既設天井形状のまま)	○ (既設天井既存のまま)	△ (既存音響確保による検討要)	○ (既設天井形状のまま)
工期	○ (約3ヶ月)	○ (約3ヶ月)	—	○ (約1.5ヶ月)	△ (約3.5ヶ月)	—
まとめ	天井等に音響反射板を設けなければならないので、構造上で現状荷重以上になる可能性があり構造検討が必要である。また予算額を超えると思われる。	既設とほぼ同一の天井が可能なので、現状状態に近いものになる。概算ではコスト及び工期とも条件の範囲内で実施可能と考える。	ワイヤーメッシュ支持材及びワイヤーメッシュを設置する為、現状荷重以上になると予想されるので構造上建物本体がもたないと判断される。	既設天井を既存のままにすることが出来るが、施工性の問題や天井材脱落防止対策の工法としては簡易で、補助的対策と考える。ただしコスト及び工期は大幅に抑えられる。	ブドウ棚及び音響反射板を設けなければならないので、構造上で現状荷重以上になる可能性があり構造検討が必要である。また予算額を超えると思われる。	直天井を構成する鉄骨下地の重量が重い為、現状荷重を大幅に超えると想定されるので構造上建物本体の構造補強が必要となる。従ってコスト及び工期も大幅アップし、予算内及び工期内が守られないと判断する。

工法比較表

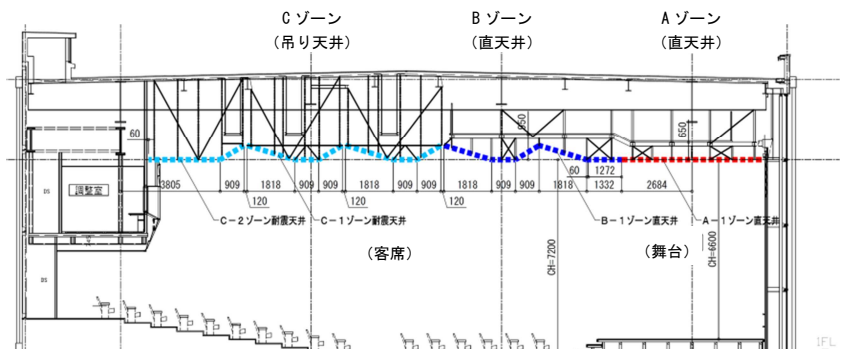
■ 対策の概要

【対策の概要】

- ・重量増による建物への影響から、天井全体を直天井化することは困難なため、直天井と吊り天井を併用することとし、併せて仕上げを二重張りから一重張りにして質量を軽減し、耐震性を高めることとした。
- ・舞台など上部に既設ぶどう棚がある範囲 (Aゾーン・Bゾーン) は、舞台装置・ダクト等の干渉や、吊り天井の補強に必要な斜め部材の設置が不可能 (吊り長さが短小なため) であるため、直天井とすることとした。

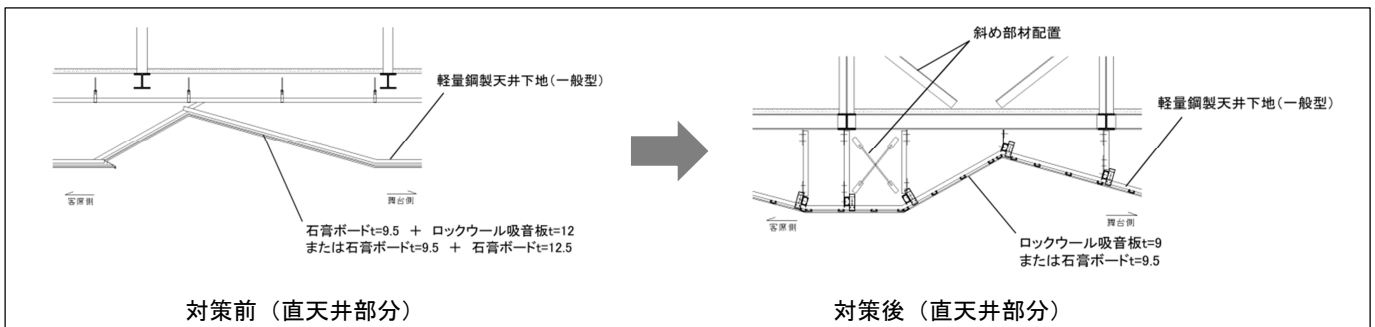
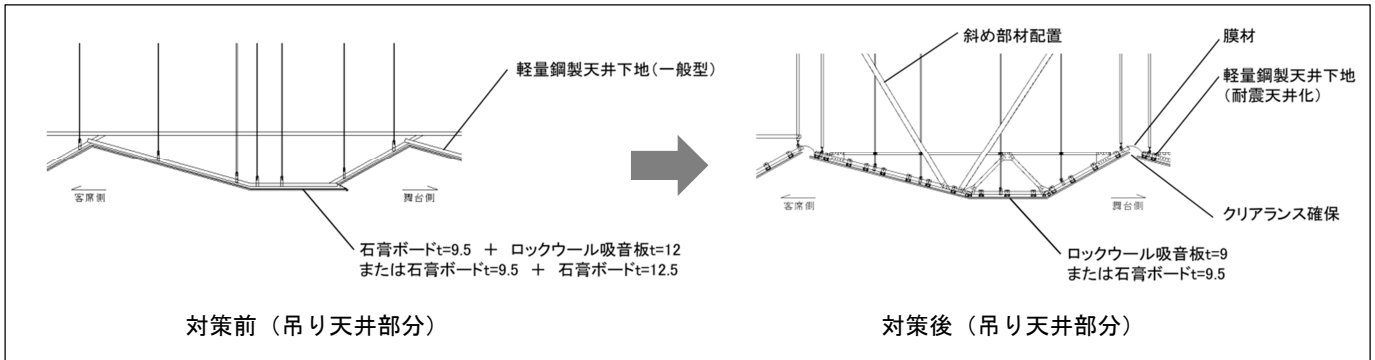


ゾーニング (平面)

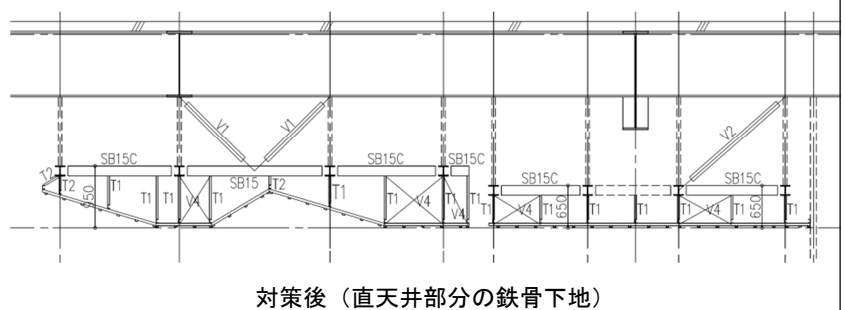


ゾーニング (断面)

- ・吊り天井部分（Cゾーン）については、仕様ルートとする場合、天井形状をフラットにする必要があるため、使用者の要望を含めた総合的な判断の結果、既存の天井形状及び音響特性を確保した計画として、安全性は水平震度法による検証（計算ルート）を行った。
- ・壁との取り合い部にはクリアランスを設け、クリアランス用金物を施す。（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、設計に関して一般財団法人日本建築センターの評定を取得した。



符号	部材	備考
SB12	H-125x125x6.5x9	GPL-9 HTB 2-M20
SB15	H-150x150x7x10	GPL-9 HTB 2-M20
SB15C	C-150x75x6.5x10	GPL-9 HTB 2-M20
V1	L-90x90x7	GPL-9 HTB 3-M20
V2	2Ls-90x90x7	GPL-9 HTB 3-M20
V3	2Cs-125x65x6	GPL-9 HTB 3-M20
V4	1-M12 (タンパクル付き)	JIS規格品



【その他の成果】

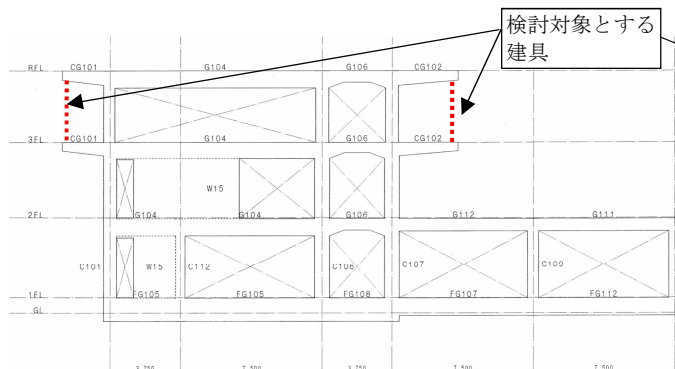
（天井以外の対策）

- ・舞台装置：暗幕及びバトン等の吊り元である既設ブドウ棚を補強する。
- ・照明設備：大型ダウンライトは既設を再利用し、天井撤去に伴い配線・配管は撤去・新設する。天井新設時にクリアランスの確保及び落下防止のためのワイヤーを設置する。
- ・放送設備：天井付スピーカー等は既設を再利用し、落下防止のためのワイヤーを設置する。
- ・火報設備：感知器等は天井耐震化に伴い配線等に支障を及ぼすことが考えられるため、新設とする。
- ・空調設備：天井内ダクトは、耐震化のための斜め部材等に干渉を及ぼすことが予想されるので、既設ダクトを撤去し新たに再配置を行い、振れ止めを設ける。また天井面からの吹出し口にはクリアランスを設ける。
- ・その他：天井内の既設キャットウォークは振れ止めを設ける。
天井内既設ケーブルラックは撤去・新設とし、振れ止めを設ける。



建物外観

建物用途	教育・研究施設	延べ面積	3,107 m ²
構造・階数	RC 3	建築年	1975 年
建物高さ	16.4 m	軒高	12.8 m
片持ち梁	有	片持ち先端梁	有
片持ち出の長さ	3.225m(片持ち小梁の大梁面からの出の長さ)		
構造体の耐震診断	済	構造体の耐震改修	未



断面図



立面図

検討対象とする
建具

■ 診断の概要

項目	項目	点検結果
I-1	外傷の有無	ガラスには容易に目視できる傷は見られなかった。 障子には容易に目視できる傷は見られなかった。
I-2	開閉動作確認	特に支障なし。ただし、ゴミ、汚れの付着により動きが悪い。
I-3	ガラスの固定方法（FIX窓）	ガラスの枠とのシーリング材にはウレタン系の素材が用いられており、また、シーリング材の硬化は見られなかったため、ある程度変形追従性が期待できる。
I-4	障子の取付方法	障子の取付方法は、ある程度変形追従性が期待できる。
I-5	建具と躯体との取付方法	腰壁、垂壁の先端に設けられた小さなスラブ状の部分に建具が取り付けられている。
I-6	建具が取付く躯体の劣化状況	建具周辺の躯体には容易に目視できるひび割れその他の劣化現象は見られなかった。
I-7	寸法確認	腰壁及びサッシ高さを計測し、断面詳細図と相違ないことを確認した。
I-8	その他	ガラスには熱線吸収、あるいは飛散防止を目的としたと思われるフィルムが貼られている。
II-1	既存意匠図の有無	有 配置図、立面図、片持ち先端建具部分を含む断面詳細図を確認
II-2	既存構造図の有無	有 伏図、軸組図、断面リストを確認
II-3	片持ち部の支持方法の確認	片持ち床は片持ち大梁及び小梁で支持していることを確認。片持ち梁は3.75mピッチで配置されている。
II-4	使用材料の確認	コンクリート $F_c=210\text{kgf/cm}^2$ 主筋 SD30、横補強筋 SR24
II-5	片持ち部地震時応力の検討	片持ち梁の地震時応力は、曲げ降伏モーメント、せん断終局耐力未満であることを確認
II-6	上下階での片持ち先端の相対変位	上下階での片持ち先端の相対変位（鉛直方向変位）は最大で 3mm 程度

(片持ち構造の耐力の算定)

- ・耐震診断結果報告書に示されていた仮定荷重に基づき、片持ち構造を支持している片持ち大梁、小梁に作用する地震時応力を算定するとともに、片持ち梁の断面算定を行った。
- ・いずれの梁も地震時応力は片持ち梁の曲げ降伏耐力、せん断終局耐力以下に収まることを確認した。

(地震時変位の算定)

- ・躯体が鉄筋コンクリート造であるため、上下階の片持ち梁が同位相で振動すると仮定すると、地震時における上下階の片持ち梁先端の相対変位（鉛直方向変位）は3mm程度であり、階高の1/1400程度だった。

(障子の脱落に対する検討)

- ・代表的なサッシメーカー3社の引違窓の詳細図から、障子のレールに対するかかり代を想定した結果、いずれも、7~8mm程度だった。地震時における上下階の片持ち梁の先端の相対変位はかかり代よりも小さく、また、片持ち先端建具は、ある程度変形追従性のあるディテールになっており、構造躯体の耐震性が発揮されている時点で建具・ガラスが損傷する危険性は小さいと考えられる

(その他の成果)

- ・本事業の成果に基づき、片持ち構造となっている横連窓の検討フロー（案）を作成した。

