

白石市文化体育活動センター（ホワイトキューブ大林組コンサートホール）

08-025-2025 作成	発 注 者	白石市	所 在 地	宮城県白石市
種 別 耐震改修	改修設計	株式会社 三菱地所設計	竣 工 年	1997 年（平成 9 年）
建物用途 集会場・体育館		株式会社 織本構造設計	改修竣工	2024 年（令和 6 年）
	改修施工	株式会社 大林組		

安心・安全、そしてこだわりの音響環境を継承させた「天井耐震化」

●建物概要

地上 4 階、最高高さ 20.2m、建築面積 10,925 m²、
延べ床面積 13,047.9 m²、鉄骨造一部鉄筋コンクリート造
（コンサートホール）席数 610 席 天井高さ 12.4m

●地震被害と改修経緯

宮城県白石市では 2022 年 3 月 16 日に発生したマグニチュード 7.4 の福島県沖地震により新幹線車両の脱線や高架橋の脚部がせん断破壊するなど大きな被害が出た。白石市文化体育活動センターでもコンサートホールの吊り天井が崩落するなど甚大な被害が発生した。（写真 2）

地震後、白石市は余震の発生を考慮し、落下物による人的二次被害を防ぐため、コンサートホール内部への立ち入りを禁止した。ホール内の状況調査の方法を模索する中、JACCA（日本耐震天井施工協同組合）と株式会社 井製作所（JACCA 組合員）がドローンによる調査を白石市に提案し、安全に詳細調査が出来る手法として認められ、3 月 31 日に調査を実施した。調査により天井吊りボルトの定着部破断、天井材落下の他、野縁受けを固定するハンガー材の変形が各所で見受けられ、天井構成部材の接合部に大きな負荷が掛かっていた事がわかった。

本地震による被害が激甚災害に指定され、文部科学省等による復旧費用の補助は原形復旧が原則であった。現行基準から外れた特定天井（吊り天井）であることから、震災前からの形状変更を極力抑え、耐震基準をクリア出来る構造的な変更を兼ねた復旧工法を選定することが必要となった。

●耐震改修計画

当該コンサートホールの天井は現行法下では特定天井にあたり、技術基準を満たさない状態であった。また、当該コンサートホールはパイプオルガンの演奏を念頭において 3.9 秒/500Hz という国内有数の音響性能を誇っていた。改修工事では天井の耐震性能と音響性能を両立し、災害復旧補助を受けられるよう、形状変更を最小に留める工法を選定し、実施する必要があった。

既存天井内はダクト等の設備部材に加え、舞台装置など多くの機器が存在するため、ブレースによる補強はスペース的に難しい。また、壁際のクリアランスについても音響性能の低下につながるため、設けることは出来なかった。

上記の状況を踏まえ、本工事では新たに組んだ鉄骨に繋がる支持構造部材に接合金物を介して直接天井仕上げ材を取り付ける準構造耐震天井を採用した。

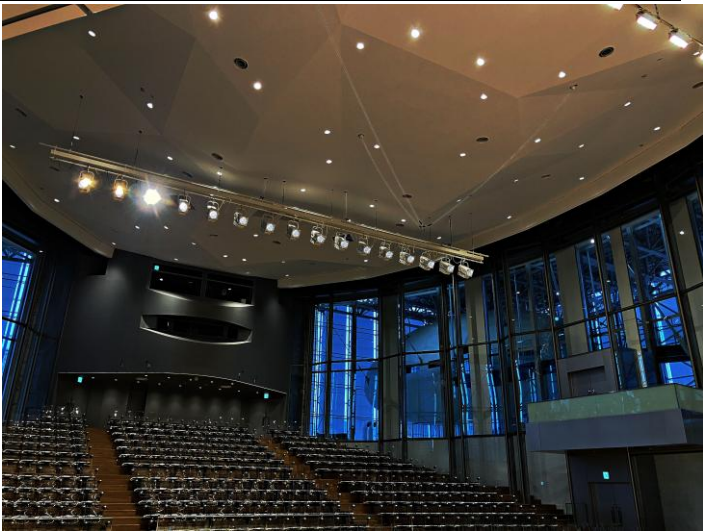


写真 1 コンサートホール改修後内観



写真 2 コンサートホール被災直後内観（2022 年 3 月 16 日）

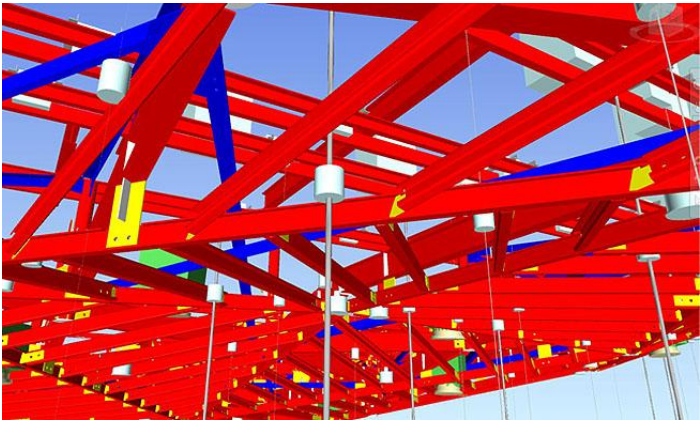


図 1 BIM による設備機器と支持構造部材との干渉検討

【凡例】赤：支持構造部材・青：ブレース・白：バトンワイヤー・黄：ガセットプレート

【要約】2022 年 3 月に発生した福島県沖地震により崩落したコンサートホール吊り天井の震災復旧工事。現行基準から外れた特定天井を全撤去し、構造躯体と一体化させ、準構造耐震天井として安心・安全な計画とした。国内でも稀有な 5 段鍵盤を備えた大型パイプオルガンに適した残響時間を確保するため、複雑でアシンメトリーな三角多面集合体の天井形状を変えずに音響性能を損なうことなく、復旧させた。

【耐震改修の特徴】被災した天井部に準構造耐震天井工法を採用し耐震化を構築且つ、既存音響性能を損なわずに復旧させた。

【耐震改修の方法】強度向上 靱性向上 免震改修 制震改修 仕上げ改修 天井改修 設備改修 液状化対策 基礎の耐震改修 その他

●改修技術の説明

a) 耐震性能の確保

既存の吊り天井部材は全て撤去し、支持構造部材から天井仕上げ材を直接固定する準構造耐震天井工法（KIRII アングルクランプ L100、写真 4）の採用により地震時の天井面の振動増幅が抑えられ、地震動等の水平力に対する性能が向上した。

b) 天井パネルの軽量化

既存天井の仕上げは厚さ 8mm の繊維強化石膏板 5 枚重ねとなっていた。事前のシミュレーションにより枚数を減らしても残響時間に影響が無い事が確認できたため、改修工事では 3 枚重ねに変更することで、天井パネルの総重量を約 40%低減し、耐震性の向上が図られた。

c) 鉄骨製作前の BIM 検証

高さ・角度の同じものがない複雑な天井部材の製作に当たり、既存物の点群データを採取、BIM 化したものと鉄骨製作図を重ね合わせ、支障箇所の検討を行った。これにより、手戻りの無い、効率的な鉄骨製作及び天井改修が実現出来た。（図 1 及び写真 3）

d) 音響性能の確保と復旧費補助

天井内に新規支持鋼材を設けたため、天井高が変化したが、設備ルートとの干渉部を BIM 検証し、変化量を最小限にすることで残響時間の変動を抑えた。（表 1）形状変更を最低限に留めることで復旧費の補助を受けられる形に納めることが出来た。

●改修工事概要

改修工事は、コンサートホール天井耐震化と同時に施設各所の震災復旧工事についても実施し、全体工期は延べ 13 か月に及んだ。工事中であるコンサートホールと一部供用中の会議室やアリーナ等の共用部とのゾーン分けやルート変更は施設側と協議し、安全面については第三者にも配慮して無事故で竣工を迎えることが出来た。

●耐震改修の効果

改修後は現行基準に合致した準構造耐震天井へ変わることで安心・安全な環境となった。

●改修コスト

事業費としては、全ての震災復旧工事を含めて約 19 億円。そのうち約 3 分の 2 の費用が、国からの補助金で賄われた。

●設計者コメント

コンサートホールの天井は特定天井に該当するため、原状復旧では従来の吊りボルトを使用せず、支持構造部材と一体化した準構造耐震天井を構成できる工法を採用し、地震時の振動増幅を防ぐこととした。多面体で構成された複雑な形状で、天井内にはキャットウォークや設備配管

などがあるため、支持構造部材などの配置には施工者が作成した BIM モデルを活用した。

●施工者コメント

仮設計画、構造部材検討、鉄骨部材検証、設備・舞台装置ルート干渉検討等の多くに BIM が寄与し、限られた時間の中で社内各署の技術力の集合体として今回の復旧工事を効率的且つ確実にまとめ上げることが出来た。（写真 1）

●発注者コメント

本施設は、パイプオルガン演奏に適した国内でも屈指の残響時間を誇るコンサートホールであったが、2022 年 3 月に発生した福島県沖地震により、天井が崩落するなど甚大な被害を受けた。天井の形状が複雑になっており、難しい施工であったにもかかわらず、被災前の残響時間と同等の音響環境に原形復旧できたのは、設計者及び施工者の高度な技術の賜物であると感謝している。



写真 3 新設された支持鋼材

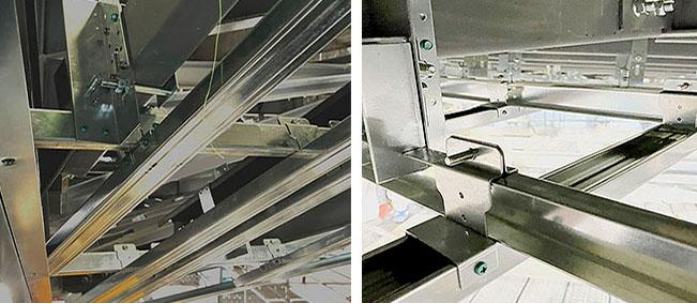


写真 4 KIRII アングルクランプ L100 工法による天井部材の固定

表 1 残響時間周波数特性の測定結果

	オクターブバンド中心周波数 [Hz]							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
改修後 空席時(測定値平均)	2.67	2.86	3.06	3.90	3.95	3.61	2.96	1.88
(平均吸音率)	(0.14)	(0.14)	(0.13)	(0.10)	(0.10)	(0.11)	(0.13)	(0.20)
改修後 満席時(推定計算値)	—	2.45	2.19	2.20	2.03	1.89	1.70	1.27
(平均吸音率)	—	(0.16)	(0.17)	(0.17)	(0.19)	(0.20)	(0.22)	(0.28)
竣工時 空席時(測定値平均)	2.80	3.10	3.10	3.90	3.80	3.60	2.90	1.80
(平均吸音率)	(0.14)	(0.13)	(0.13)	(0.11)	(0.11)	(0.11)	(0.14)	(0.21)
竣工時 満席時(推定計算値)	—	2.60	2.20	2.20	2.00	1.90	1.70	1.20
(平均吸音率)	—	(0.15)	(0.18)	(0.18)	(0.20)	(0.20)	(0.23)	(0.30)