

東京藝術大学奏楽堂は、明治以来の東京音楽学校と戦後の藝大のシンボルであった旧奏楽堂の輝かしい歴史を継承するものであり、旧奏楽堂の移転跡地に建設された新しい奏楽堂の設計に当たっては、音楽教育・研究の場としての機能、音響効果、設備を重要視し、江戸期から継承されている上野の森の歴史・風土と東京音楽学校以来の伝統を踏まえ、環境と結びついた格調の高い建築物として、藝大キャンパスに配置された。

さらにホールそのものが調和の取れた響きを生む優れた楽器として、その音響特性はさまざまな音楽形態に応じて変えられるよう、本邦では初めて客席全体の天井を可動式とし、室容積を変化させる方式を採用している。

奏楽堂の設計における耐震の考え方は、SRC造耐震壁付きラーメン構造として建築基準法に則った構造設計を行っているが、客席上部天井を3分割、舞台上部は音響反射板が、それぞれ10.8m~15.8mの高さに昇降可能で、構造的安全性については、日本建築センターの構造評価を得ている。

しかしながら2011年3月11日の東日本大震災では、重さ数十トンの舞台上部音響反射板同士がぶつかり合う事象が発生し、その破損対策や客席上部可変天井の再評価を含め、今後発生が予想される大規模地震に備えた天井耐震化手法の検討が急務であるが、建築基準法施行令に基づく天井脱落対策関連告示等はそのまま本事業に適用できないことから、あらためて対象施設の許容できる安全基準を設定し、地震動レベルに応じ、どの状態であれば使用可能なのか等を把握するため、忠実に建物モデルを再現し、動的解析を行うことにより定量的かつ具体的に何が起こるのかを把握し、性能目標を明確にするため日本建築センターの特定天井評定委員会に評定を申請し、その評価を得た。

■建物概要

| | | | |
|-----------------------------------|---------------------|----------|---------------------|
| 建物名称 | 東京藝術大学奏楽堂 | | |
| 建物用途 | 音楽ホール | 延べ面積 | 6,540m ² |
| 構造・階数 | SRC5-2 | 建築年 | 1998年 |
| 建物高さ | 27.0m | 軒高さ | 24.5m |
| 対象室面積 | 1,252m ² | 天井高さ | 10.8~15.8m |
| 可変天井面積(客席) | 767m ² | 同質量 | 186t(62t×3) |
| 音響反射板面積(舞台) | 208m ² | 同質量 | 70t(43t+7t) |
| 構造体の耐震診断 | 新耐震 | 構造体の耐震改修 | — |
| 備考：舞台上部の音響反射板は、上下昇降、角度調整可能となっている。 | | | |

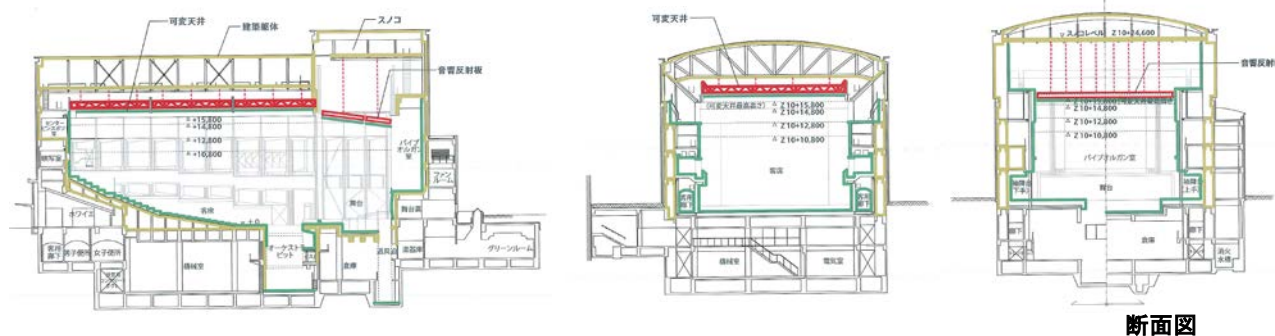


外観



ホール内観

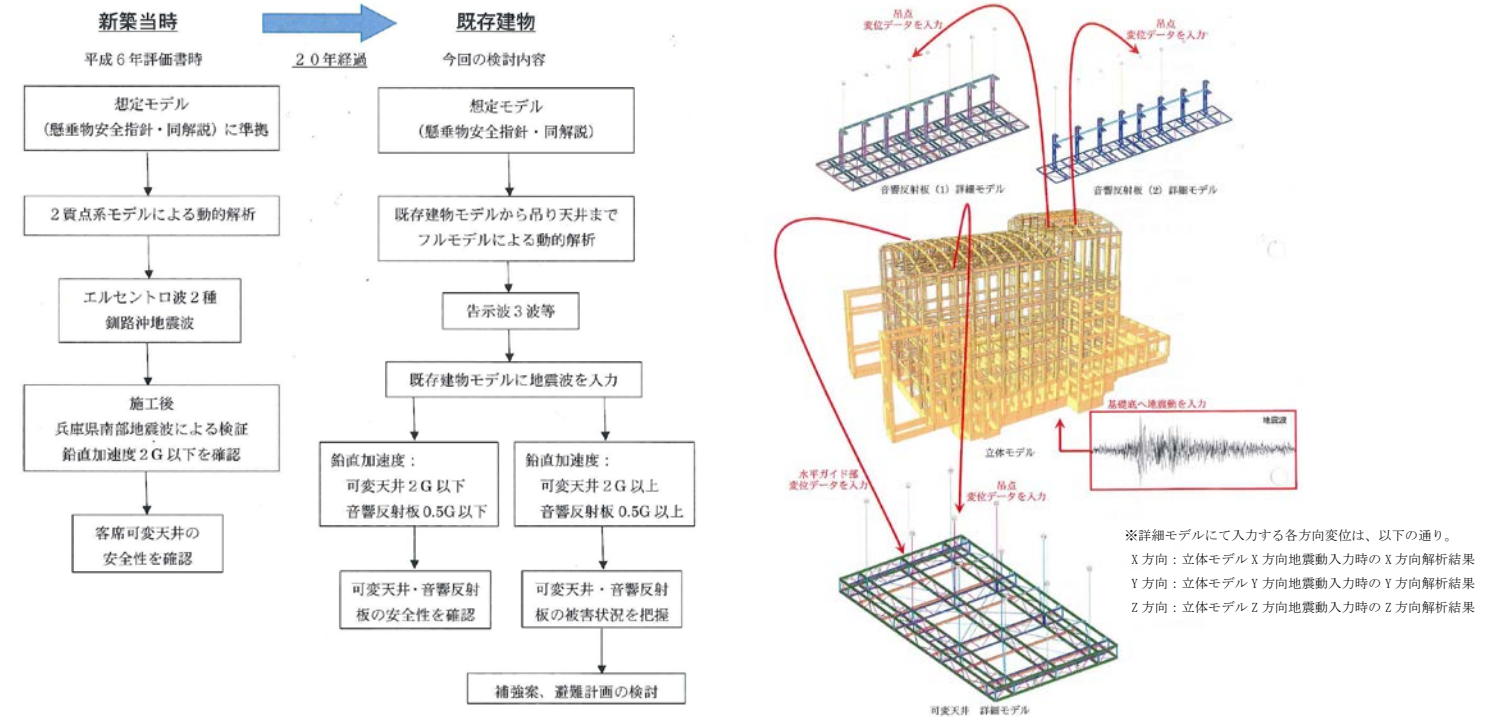
■奏楽堂の仕組み



断面図

■耐震検討の概要

本建物の吊り天井は、平成6年の評価当時から20年が経過しており、その間に関係法令の改正や東日本大震災などの地震被害の発生により、本建物の吊り天井に求められている安全性が変わってきている。平成6年の評価時では2質点モデルで観測波による時刻歴応答解析を行っていたが、ここでは、立体のフルモデルによる告示波3波による解析を行った。確認方法は、時刻歴応答解析から得られた天井材の加速度、変位の時刻歴を用いて取付部の安全性を確認することとした。



■安全性の検証

既往の評定では2質点系動的解析モデルを用いてEL CENTRO波による動的解析を行い、天井材の安全性の確認を行っていた。本計画では国土交通省の告示に従って入力波(告示波)を作成し、より忠実な立体モデルを用いて動的解析を行い、天井材の安全性を確認した。

| | | | | | |
|-----------|-------|----|------|----|--------|
| クライテリアの設定 | 可変天井 | 水平 | 1G以下 | 垂直 | 2G以下 |
| | 音響反射板 | 水平 | 1G以下 | 垂直 | 0.5G以下 |

■地震応答解析の結果と対策

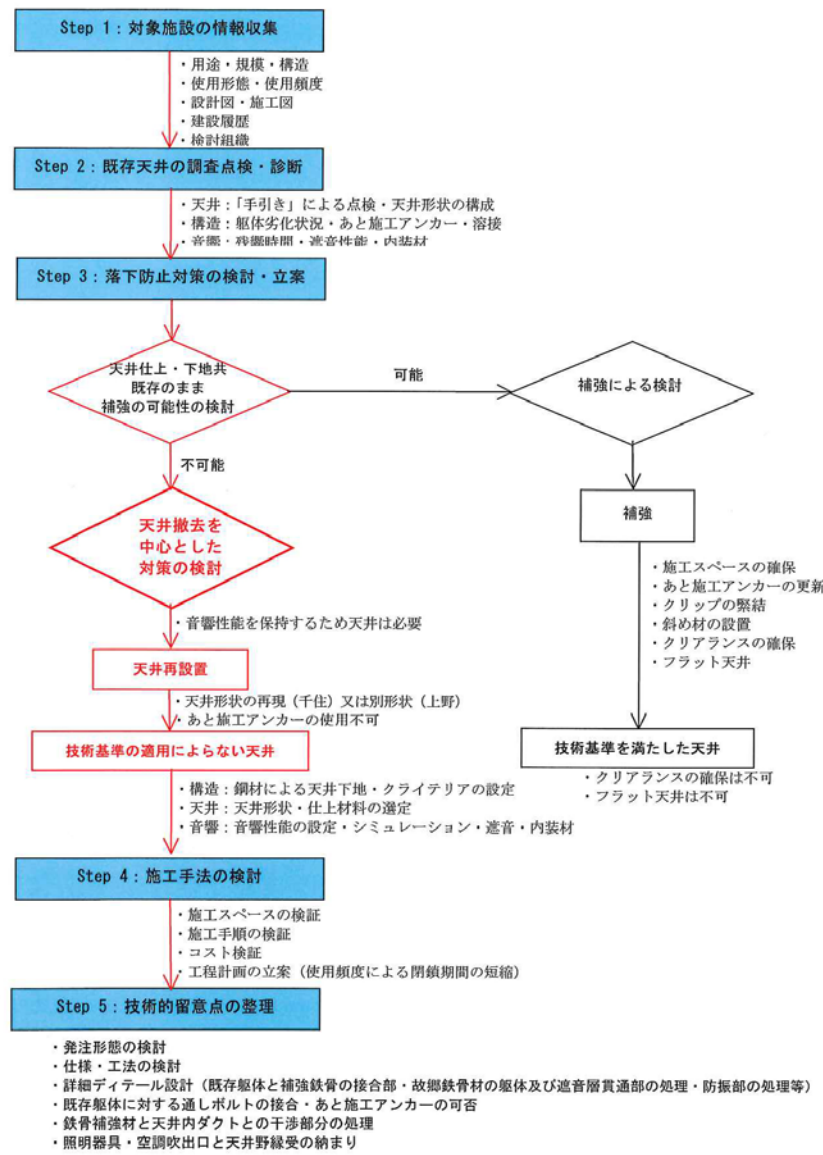
- ・客席上部可変天井の対策
 - ①レベル1の地震応答解析の結果 最大応力度は許容応力度以下であることを確認。
 - ②レベル2の地震応答解析の結果 水平ブレース及びトラスの下弦材、縦材は補強の対象とする。
 - ③GRC板等部材の検討結果 大地震時において直ちに天井材の脱落に至ることはないことを確認。
 - ④水平ガイド部の耐力検討結果 耐震安全性は確保されていることを確認。
- ・舞台上部音響反射板の対策
 - ①レベル1の地震応答解析の結果 最大応力度は許容応力度以下であることを確認。
 - ②レベル2の地震応答解析の結果 大地震時においてGRC板仕上材の欠損破片等の落下が懸念されるため補強の対象とする。対策方法としては、下地通し材の鉄骨フレーム部を利用し、緩衝材を取付けることにより直接GRC材が衝突しないよう計画した。
 - ③GRC板等部材の検討結果 上下方向の応答加速度は原設計震度3.3G以下であったため、検討を省略。

東京藝術大学音楽学部の上野練習ホール館（第1練習ホール、第2練習ホール）並びに千住スタジオAを対象施設として、その天井落下防止対策について検討した。

上野第1、第2練習ホールでは、既存躯体のコンクリート劣化調査、あと施工アンカー引張試験調査等を踏まえ、信頼性の高いPC大梁を支持材として鉄骨下地を組み建物本体と一体化させその下地に天井材を直貼りする方法を基本方針とした。

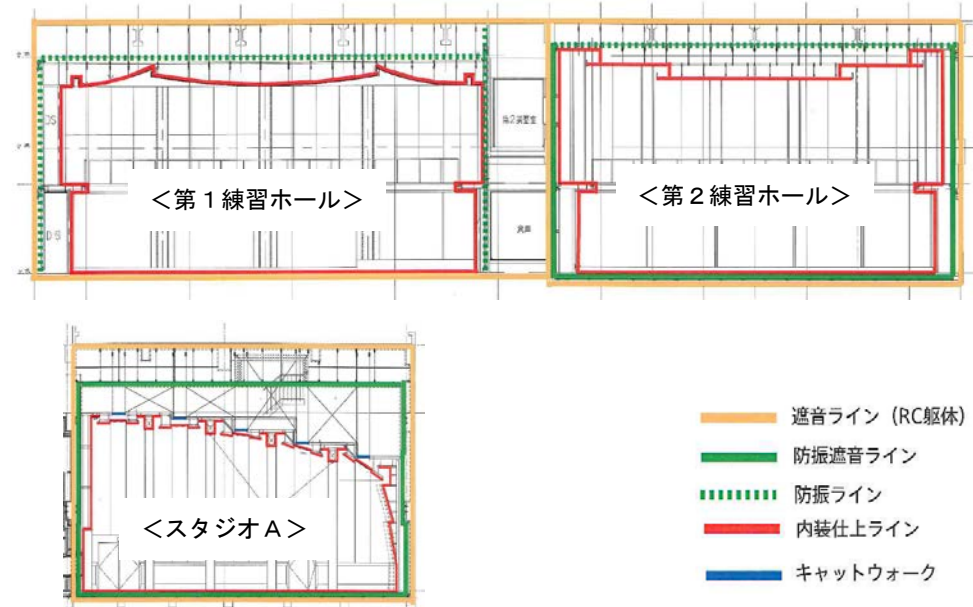
千住スタジオAについては、既存のキャットウォークを最大限利用し、補強鉄骨材を追加設置し建物本体と一体化させ、その下地に天井材を直貼りする方法を基本方針とした。**が難しいは**これらの基本方針に基づいて、天井形状の検討、仕上材料の選定、構造補強のクライテリアの設定、音響性能の設定と音響シミュレーション、施工手順の検証、コスト検証、工程計画の立案等を行った。

天井落下防止対策検討のフローチャート



■検討対象ホール断面（現状）

各ホールとも、音響に配慮した天井形状であり、遮音層を有する二重構造となっている。



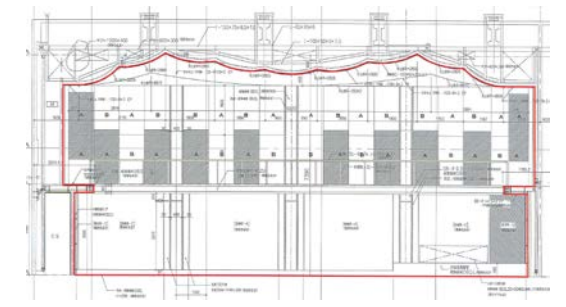
■上野練習ホール天井形状の検討

第1、第2ホールとも、可能な限り天井を高くし、既存天井の一部に存在した吸音部を反射部とすることで響性能は改善される。

＜第1練習ホール＞

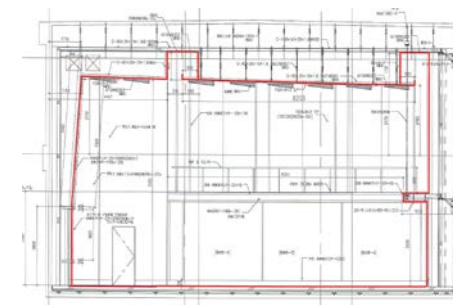


現状

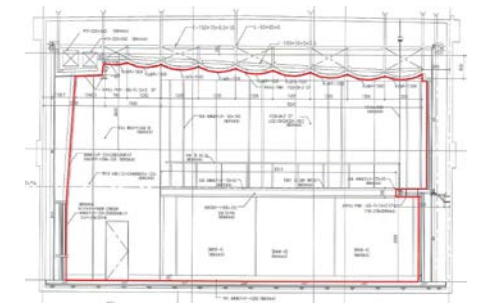


対策後

＜第2練習ホール＞



現状

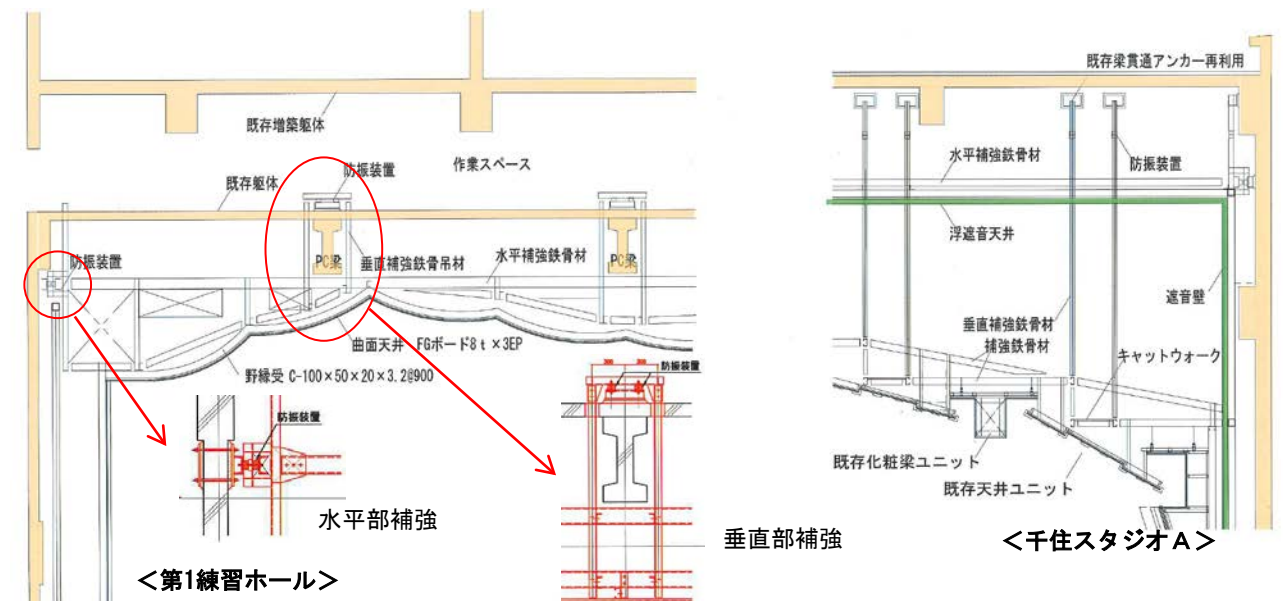


対策後

■天井耐震化の検討

平成25年の天井調査報告により、両ホールとも耐震規定を満足していないと判断されるため耐震補強が必要となるが、天井告示（平成25年告示771号、および平成28年告示791号、隙間なし天井の新基準）に基づく吊り天井としての補強方法は、本天井には適用が難しいため、告示における「その他の天井」として、吊り天井以外の方法を選択する。設計方法と設計クライテリア等については以下とする。

- ①設計方法：水平震度法とする。設計震度は2.2Gを採用する。
 - ②設計クライテリア：想定される外力によって生ずる部材応力が短期許容応力度を満足することを確認する耐震クリップについては、メーカーにおいて繰り返し試験を行ったものを使用する。
- また、外部からの音響障害を遮断するために、天井と躯体の間の吊り材に防振ゴムが設置されている。建物と一体化天井を構築するにあたっては、防振ゴムの新たな設置位置および大きな地震力の伝達が可能でかつ防振性能を損なわない設置方法についても検討を行う。



もみじ山文化センターは都市型の複合文化施設である。1292名収容の多目的大ホール、50万冊蔵書の中野区立中央図書館ほか生涯教育関連施設からなる本館（1993年完成：弊社設計監理）および507名収容の小ホールほか社会教育施設からなる西館（1972年完成：他社設計）とで構成されている。

とくに本館大ホールは、本格的なオーケストラ演奏を最良の状態を楽しむことができるよう10㎡/人以上の気積を確保し、複雑な天井形態とゆるくカーブした客席は舞台にも近く、演劇、バレエ、ミュージカルなどの演目にも最適な音響性能と空間性能を持ち合わせている。

本館大ホールの天井は2011年の東日本大地震の影響により、天井支持材の一部が脱落するなど、極めて脆弱な状態であることが判明し、緊急安全対策工事が行われたが、緊急安全対策工事において補強されていない部分を含め、国土交通省の天井の耐震化指針に沿った本格的な天井耐震化および外壁、金属大屋根などの改修工事が実施された。



大ホール内観（客席側）



大ホール内観（舞台側）

■天井耐震化の基本方針

国土交通省は東日本大震災による吊り天井の落下被害を踏まえ、2013年7月に建築基準法施行令を改正した。脱落すると人に重大な危害を加える天井を「特定天井」と位置付け、技術基準によって安全性を確保するよう義務付けた。特定天井に該当する場合、告示が示した「仕様ルート」「計算ルート」「大臣認定ルート」のいずれかで設計する必要がある。特定天井とは、吊り天井であることや6m以上の高さにあることなど、告示が示した条件を満たす天井を指す。もみじ山文化センターの天井はすべての条件を満たすため、特定天井に該当していた。

上記の天井告示を踏まえ、もみじ山文化センターの天井を耐震改修するには、以下に示す3つの方法がある。

- (1) 国土交通省告示第771号に該当する構造方法
- (2) 既存建物緩和規定に該当すれば、「落下防止措置」（平成17年告示第566号）などに基づき既存部分の改修を行う方法
- (3) その他の天井（吊り天井以外の天井等）

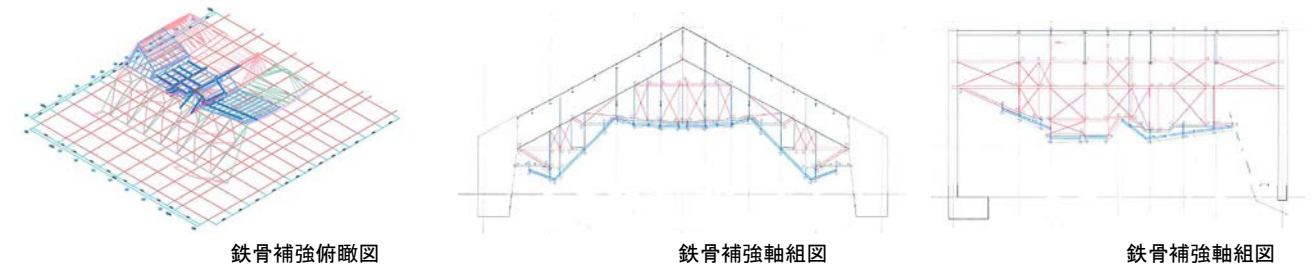
(1)は特定天井のまま告示に沿った方法で設計する方法であり、(2)は天井の損傷の落下を防止する方法であり、(3)は吊り天井以外の天井として、天井を本体構造と一体化して安全性を担保するなど、特定天井に当てはまらない仕様とする方法である。

もみじ山文化センターにおいては、特定天井とした場合のブレース補強を考えた場合、ブレースの配置が天井内で密になり施工計画上、現実的でない判断し、(3)の方法を選択した。

■天井改修

改修方針として、天井を構造と一体化して安全性を担保して、特定天井に当てはまらない仕様とする方法を採用した。具体的な方法として、既存の天井下地材（キャットウォーク部材含む）を残置し、その部材に鉄骨部材を追加することで、本体構造と一体化を図り、剛性の確保された鉄骨下地を建物と可能な限り同一周期による揺れにとどめ、天井及び天井下地材の破損を防ぎ脱落防止対策を行う。つまり、特定天井と判定される吊り天井ではなく、天井面まで鉄骨部材を配置することによる直張天井として、耐震補強を行うこととした。

- ①既存キャットウォークの構成材（一次下地レベル）に水平補強材、水平ブレースを加え剛性を確保する。なお、水平補強材は、建物本体の柱・大梁に接続することで本体と一体化させる。
- ②一次下地レベルに追加した水平補強材と既存鉄骨の大梁を柱補強材において接合させ、柱補強材間を垂直ブレースにて補強する。
- ③剛性の確保された一次下地レベルの下に、天井仕上レベル（二次下地レベル）に沿った水平補強材を設置し、この水平補強材と一次下地レベルの水平補強材を柱補強材により接合する。さらに、一次下地レベルと二次下地レベルの水平補強材に対して、鉛直ブレース及び変形防止用プレートを設置することにより、一体化を図る。天井仕上げは全面撤去し、既存と同仕様の新規材料によって既存の形状を忠実に復元した。内部足場構築のため、客席を取り外し、天井工事完了後再設置している。その際に客席の一部を改善した。



鉄骨補強俯瞰図

鉄骨補強軸組図

鉄骨補強軸組図

■その他の改修

金属大屋根については、既存屋根を撤去し、新規葺き替えとしている。その他外壁タイルの損傷部の張替、シーリングの打ち替え、高圧洗浄等を行った。また、エントランスホールのガラス屋根の電動ブラインドを更新した。

西館小ホールについても、既存のキャットウォークを残置し、既存吊材を鉄骨材に置換することによって鉄骨下地と建物本体を一体化させる剛天井直貼り方式として天井耐震化を図った。内部足場構築のため、客席を全面撤去し、これを機会に、1972年の建築時から利用されてきた客席椅子（幅員48cm）を幅員52cmに更新した。このことで客席数は550席から507席に減らしている。また、小ホールの音響改善のため、天井材、壁材とも吸音材から反射仕様材に張り替え、後壁の一部を吸音壁としたことにより音響性能が非常に向上させている。

さらに西館では、バリアフリー化のためエレベーターを2基新設する改修工事を行っている。



外観（南側）



エントランスホール