

JATJET JOURNAL

Vol.
10

[2016]

特集

東京文化会館 (25) 改修工事

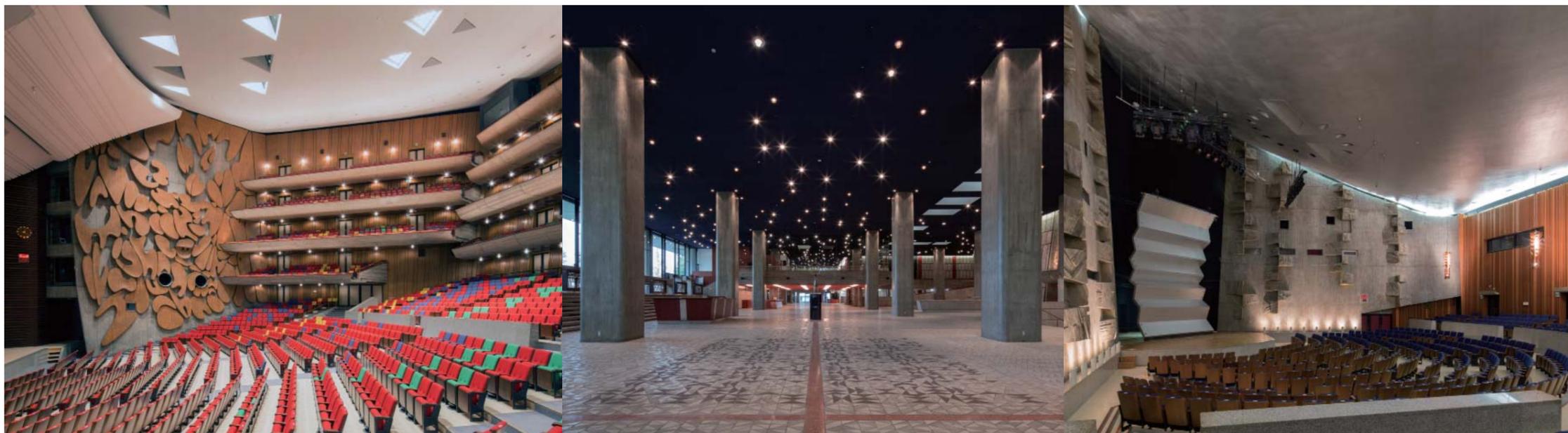


PHOTO: 株式会社エスエス

特集

東京文化会館 (25) 改修工事

01 株式会社前川建築設計事務所 田中茂／江川徹／濱興治／原田忠弘

東京文化会館の改修

02 森平舞台機構株式会社 技術部技術グループ 都築雄一

高度化した劇場の改修工事 ～変化のない変化～

03 ヤマハサウンドシステム株式会社 村中勝利／美土路啓太

東京文化会館の舞台音響設備更新・改修について

04 丸茂電機株式会社 技術部設計課 原田裕介

東京文化会館 舞台照明設備改修工事の概要について

東京文化会館の改修

株式会社前川建築設計事務所 田中茂／江川徹／濱興治／原田忠弘

1. 工事までの経緯

東京文化会館は竣工以来、頻りに小・中規模の改修工事を行ってきたが、大規模な改修工事は平成9年から11年が初めてであった。この工事は大ホールの舞台奈落を下に掘削し、舞台反射板を舞台台下格納式に変更して、フライの吊下げ機構を増設した工事で、工期17ヵ月(休館14ヵ月)の中で、大ホールの客席・舞台等の客廻り部分を主に改修工事を行った。

平成20年の「東京文化会館(20)改修のための事前調査及び改修計画作成委託」の中で、平成9年の改修工事で行うことができなかった裏方廻り部分(1F事務室や4F会議・応接室等)の改修を行うことを主な目的に改修工事を行うこととし、平成26年の約6ヵ月の休館期間が決定に至った。

その後、平成23年3月に発生した東日本大震災により、地震後の緊急被害調査を行った。その際、大ホール及び小ホールの天井について安全性を数値上確認することができないとの結論に至り、今後の長期休館の予定が無い場合、平成26年の6ヵ月の休館の際にそれらの改修も合わせて行う必要があるという判断に至った。

実施設計期間は平成25年3月までであり、その際、国土交通省からは、同年2月に公表された「建築基準法施行令及び関係省令の一部改正案 安全上重要である天井及び天井の構

造耐力上安全な構造方法を定める件等を制定・一部改正する告示案」を基に実施設計を完了した。その後、7月の建築基準法施行令の改正、8月の関係告示の制定、10月に「建築物における天井脱落対策に係る技術基準の解説」が公表されたが、その段階では既に施工者が仮契約中という状況であった。

2. 設計主旨

常々改修工事の現場が始まる際、施工者に対し「今回の工事ではどこが変わったかわからないと言われる改修工事したい」と話をする。改修する部分はもちろんのこと、その周辺やそこに至る経路などを熟慮しながら計画をたて、その建物の造られた当時の設計意図やディテールを考慮し設計を行い、現場で最終確認を行いながら材質や色を決め、それらを施工者に理解してもらって工事をしなければ、その建物の持っている匂い(空気感)を壊してしまうことになると考えている。特に音楽ホールとして定評のある、当会館の大ホール、及び小ホールの音響効果を司る天井を、6ヵ月の工期内で全面補強して安全性を確保し、且つ優れた音響特性と意匠の維持をすることが、前川國男の作品を改修していく前川事務所の使命だと考えている。



工事データ

建物名	東京文化会館		
所在地	東京都台東区上野公園		
主要用途	劇場		
建主	東京都		
設計・監理	株式会社前川建築設計事務所		
施工	建築	清水・池田建設共同企業体	
	機械	新日空・五建・當木建設共同企業体	
	電気	三光・大栄・渋谷建設共同企業体 (舞台音響:ヤマハサウンドシステム株式会社)	
舞台装置	森平舞台機構株式会社		
舞台照明	丸茂電機株式会社		
昇降機その1	株式会社日立ビルシステム		
昇降機その2	守谷輸送機工業株式会社		
工程	設計期間	2011年 9月～2013年 3月	
	施工	契約期間	2013年12月～2014年11月
	実質期間	2014年 5月～2014年11月	

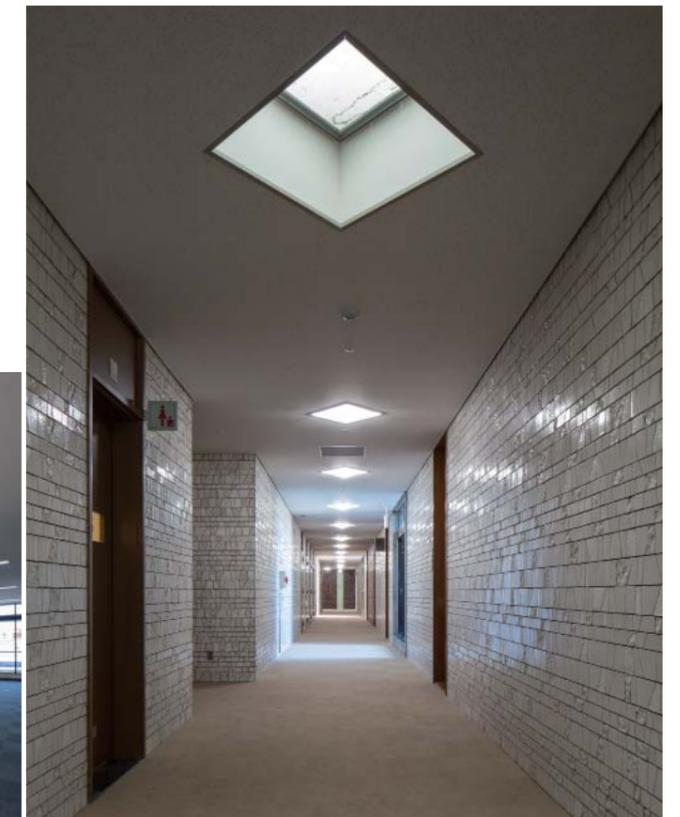


PHOTO: 株式会社エスエス

外壁 コンクリート打ち放し外壁補修

既存の外壁改修は竣工後既に2回行っており、前回の工事では平成11年の改修時にウレタン塗りを7回行っている。ウレタンの採用などについては前担当者はかなり熱意をもって改修に挑んでいた。詳細については、「月刊PROOF 2002年4月号 打放しコンクリートの維持と再生 - 東京文化会館の場合 -」を参照して欲しい。

当初今回設計が始まった時点の調査では、既存のウレタン塗膜が半分以上残っているため、軽微な補修を行うのみとしていたが、設計を進めていくにつれ、改修後10年経過した段階で半分まで塗膜が劣化しているということは、あと10年程度で躯体が裸になってしまう。10年後に全面足場の外壁改修を行うことを予定することができないとの意見が出て、設計では既存塗膜にシリコンを上塗りする方法を採用した。工事が進めていく中で、大庇の中性化が思ったより進んでおり、最終的にはアルカリ付与を行うために既存塗膜を除去し、光沢が少ないフッ素樹脂塗装で仕上げることが決断した。



外壁西側での試験施工



既存塗膜除去施工状況



色合わせ施工状況



足場解体状況



竣工 (東側外壁)

PHOTO: 株式会社エスエス

外壁 大理石打込 PC 外壁版補修

文化会館の外壁仕上で前記のコンクリート打ち放しの大庇と双壁をなすのが、大ホールフライ部分を主に覆う大理石打込み PC 版である。PC 版に打ち込んである大理石が経年劣化で地面の植栽部分に落ちているのが見られるため、落下する危険性があると考えられていた。高圧洗浄 (100Mpa 程度) で汚れを洗い流すと同時に劣化した部位を圧力で落とすこととした。設計では、透明の被覆型落下防止コートを採用していたが、次回の改修時の塗膜除去が非常に困難であること、塗膜が紫外線劣化で黄ばんでしまう恐れがあることを考慮し、大理石が打ち込まれているコンクリート部分の耐力を回復する無機質系の材料を含浸させた。



試験施工 (高圧洗浄)



試験施工 (透明の被覆型落下防止コート)



試験施工 (無機質系の材料)



竣工 (大ホールフライ南側)

外壁 クーリングタワー目隠しパネル

大ホールフライの西側には館全体の空調をまかなう、クーリングタワーが設置されており、PC 製の目隠しパネルが設置されていた。今回工事で室外機置場の増床に伴い、目隠しパネルを延長することとなったが、屋外用の PC 版では現行基準の鉄筋のかぶり厚さが取れないため、GRC 製で同一形状を製作することとした。

改修前



竣工

photo: 特記以外 前川建築設計事務所提供

大ホール天井 改修

大ホール天井は、屋根スラブと天井スラブとの間にトラス構造が組み込まれている架構であり、天井スラブは軽量コンクリートでできている。天井面はモルタル塗り+プaster塗り+麻クロス+ペンキ仕上となっていた。天井面のモルタル塗り+プaster塗りは、平成11年工事の際にピン打ち補修(@300mm程度、長さ100mm)をしており、それを行っていたため東日本大震災時に剥落しなかった。天井構成上は、天井スラブに直接仕上げ左官を行っており、吊り天井方式では無いが、当時の軽量コンクリートスラブにピン止めしており、左官塗り部等の剥離について、安全性を数値上確認することができなかった。また、屋根天井を構成する構造メインフレームの再構築は、6カ月の工期内では不可能であった。これらを踏まえて、今回の改修で

は、大地震時に既存天井の仕上げ下地用モルタルや、天井軽量コンクリートスラブの落下防止に防護ネット的な役割を果たす目的として、既存天井面を構造補強用炭素繊維シートで補強、及び覆う方策を考案した。表層クロスとプaster塗りを剥がし、モルタル塗り面に構造補強用炭素繊維シートを全面貼りし、天井スラブ梁も炭素繊維シートで補強の上、CFアンカーと呼ばれる炭素繊維の束にて、天井スラブ梁と天井面を結び付けた。その後、天井面のCFアンカーの凹凸面を最小限のカチオン系モルタルで薄塗りし、その上に既存麻クロスと同型テクチュアーのガラスクロス+ペンキ仕上とした。また、音響上天井質量を変えるとホール内音響が変わるという観点により、撤去したプaster部分の重量と同等のモルタルをスラブ上部に載せ、天井の形状、意匠、音響を維持した。

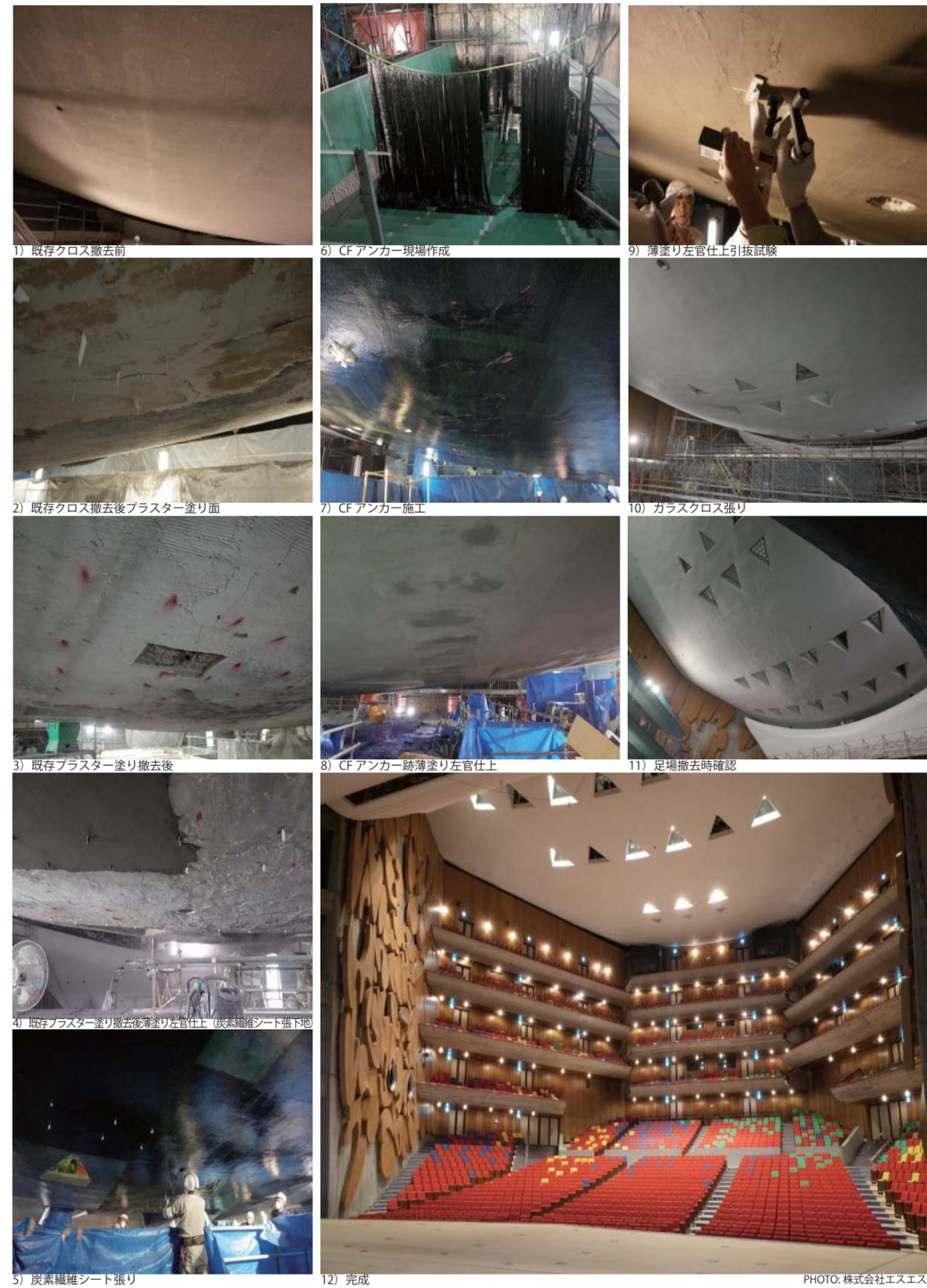
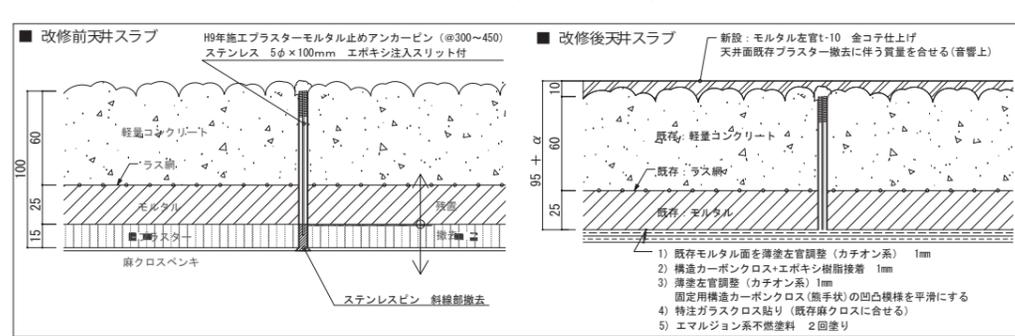
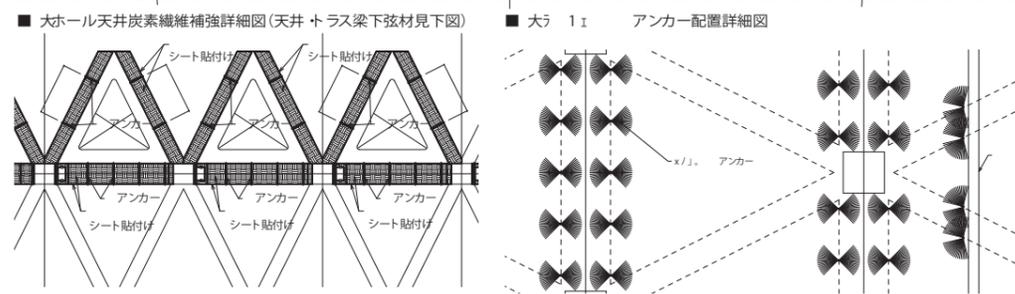
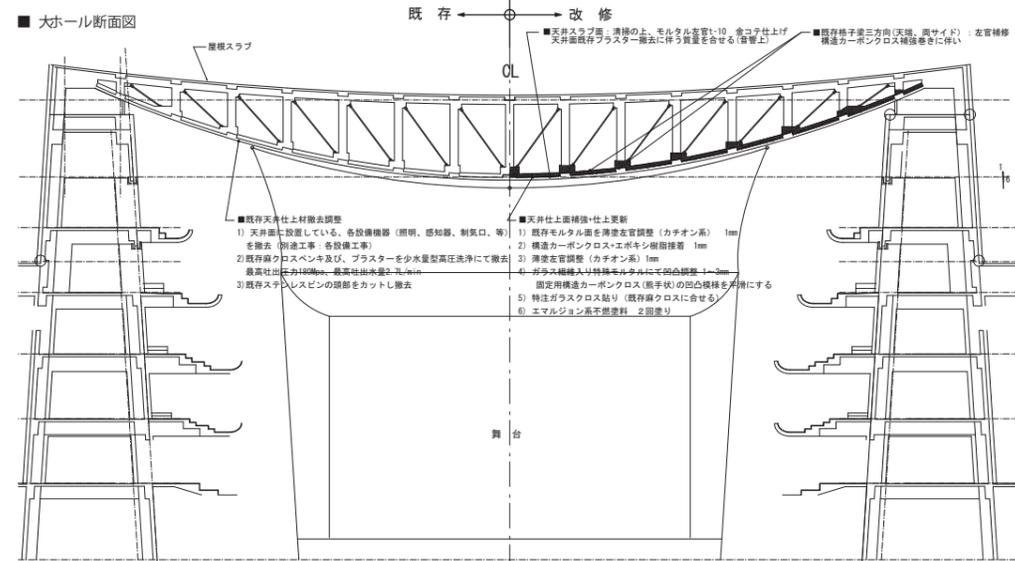


PHOTO: 株式会社エスエス
PHOTO: 特記以外 前川建築設計事務所提供

小ホール天井改修

天井は、大ホールと同様のトラス架構であるが、天井スラブ下部は曲面を強調するためか、スラブ直下に木軸下地を組み、木製ボード + 麻クロス + ペンキ仕上となっていた。東日本大震災時に問題は起きなかったが、当時の軽量コンクリートより固定されている天井材について、安全性を数値上で確認することはできなかった。

また、既存天井スラブ、梁を補強し、且つスラブ直下の狭い空間に強固な下地組で天井仕上げを行う方法は、構造積載荷重上不可能となり、メインフレームの再構築も、工期内では不可能であった。

そこで今回の改修では、既存天井スラブ、天井仕上下地は撤去、梁を再構築及び補助梁を追加することで強化し、軽量鉄骨下地ボード張り天井にて、同形状に再生する方策を考案した。まず、既存天井を天井スラブごと撤去し再生するため、複雑な3次曲面形状や、照明開口位置を復元するため3次元測量に

て記録し、又、音響測定にて事前確認を行った。

次に、既存天井スラブ及び木組天井材仕上を撤去し、既存天井スラブ梁を補強のため梁内部に設けている鉄骨まではつり出し、鉄筋コンクリートで再構築をした。そこに新設鉄骨を掛け、鉄骨部材と天井下地軽量鉄骨部材を直接固定した。天井面は既存天井スラブを撤去したため、音響上は質的にボード×3枚張りで再構築させ、既存麻クロスと同型テクチャーのガラスクロス + ペンキ仕上とした。天井梁内部のコンクリートに被覆された鉄骨があり、大規模に研りださないと既存スラブと仕上との関係が全体的には不明確な部分があったため、一部梁の研りを行いその調査結果を元に天井レベルを確認する必要があった。ちなみに今回の耐震天井の設計水平震度は安全性確保のため、2.2Gを想定している。再構築強化された天井面梁と、強固に接続される天井野縁という連続した材料が、天井全体に設置されていることで地震に対しての強度を確保し、同形状にて再生することで音響と、意匠の継承を維持した。

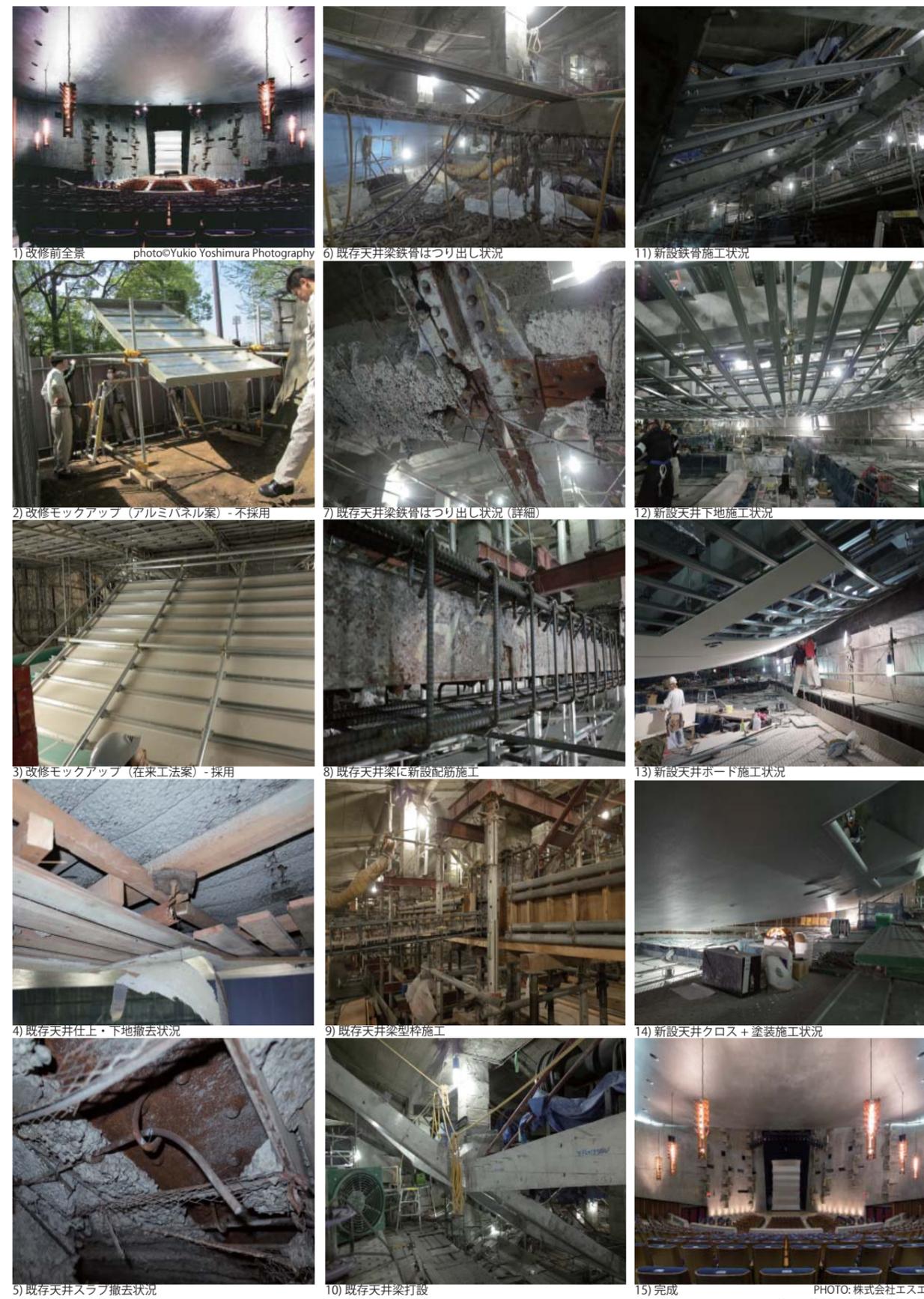
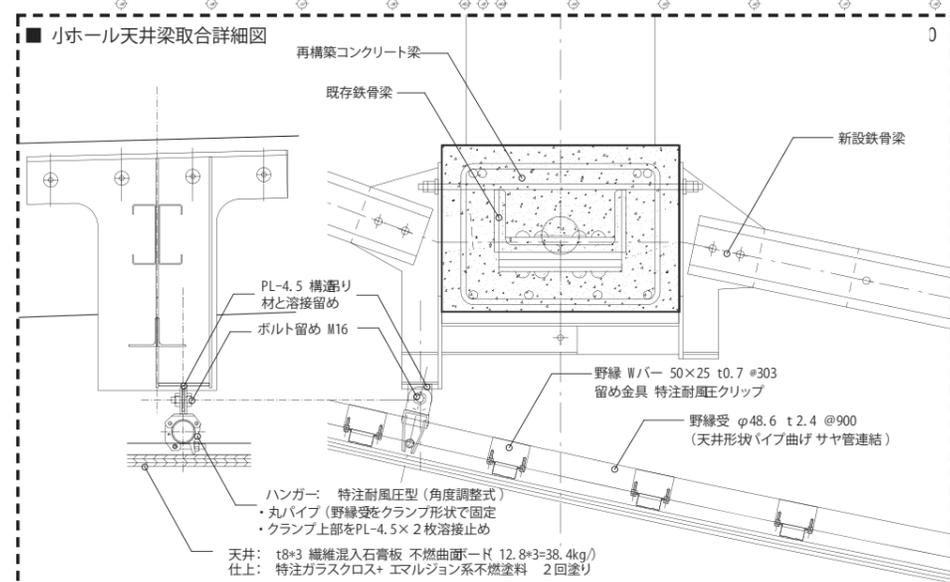
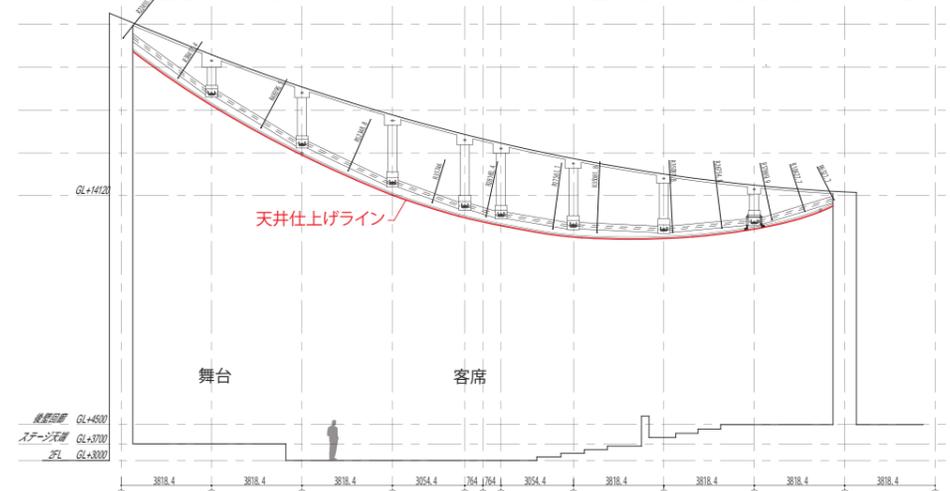


PHOTO: 株式会社エスエス
PHOTO: 特記以外 前川建築設計事務所提供

大・小ホール劇場椅子改修

1) 概要

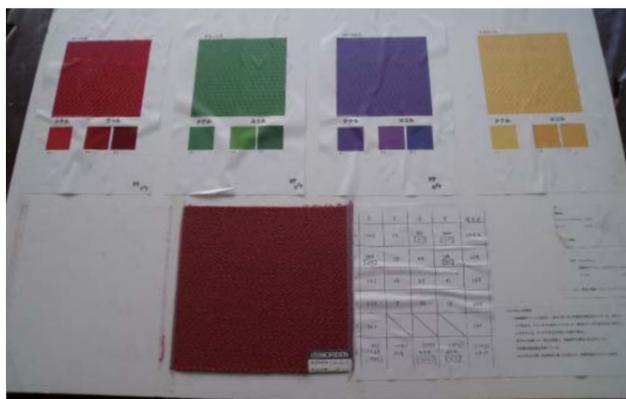
今回の工事では、大ホール天井及び小ホール天井、ホワイエ天井を改修するため、ホール内及びホワイエには全面柵足場を掛ける必要があった。そのため劇場椅子(大ホール:2303席+小ホール:649席)の仮置きをしておくスペース確保が必要となった。また、ホールの稼働率が高いことから、大ホールの改修履歴を調べると、約20年の周期で椅子の改修を行っており、前回の改修は、平成11年に実施され、既に15年経過していた。次回の改修時期が未定であることと、置場の問題を解消するために、今回は座と背板のウレタン材取替え、張地の張替え、木部の補修、鉄部の再塗装を行った。

2) 張地のラミネート加工

劇場椅子のウレタン取替えを行うと既存のウレタンよりも吸音率が上がり、工事前と工事後のホール全体の響きが変わってしまうということは、永田音響のレポート(「永田音響設計 News 05-06号」)でも書かれているように、ホールを改修する上で注意すべき点の一つである。これまで文化会館の改修でも取替えを行う際には張地の裏にラミネート加工を施すことを行って来た。今回の改修では既存の大ホールと小ホールの張地を同時に剥がし、そのラミネート加工について調べた結果、改修時期によって材料の主成分や厚みが違う事が分かった。そのため、ラミネート加工を行う上では材質や厚みを規定する必要があり、椅子の吸音試験では、既存、改修(ラミネート無)、改修(ラミネート有厚)、改修(ラミネート有薄)の4パターンを測定を行い、座り心地の影響を考慮して厚みを決定した。

3) 張地の風合い

提出された張地の試作品と保管してあった平成11年の改修時の張地見本を比較したところ見た目の風合いが違うことが分かった。原因を追究してみると、ウールの原産地の違いはあるものの、生地製作後の起毛で影響を及ぼすことが分かった。通常の森傳「フォーチュン」の場合、肌触りをよりよくするために起毛を行っている。今回は特注色の縦糸1色と横糸2色の3色が混ざっているため、起毛すると糸が潰れ3色が不明確になってしまうため、起毛を行わず、現況に出来るだけ近い張地とした。



大ホール張地色見本 (H9年改修時)



大ホール劇場椅子音響測定 (着席時)

photo: 前川建築設計事務所提供

東京文化会館 フォーチュン特注色 糸分解見本		糸色名 縦糸横糸(1色) 縦糸横糸(2色)		4.23
900スカーレット	Y(イエロー)	YG(イエローグリーン)	DB(ダークブルー)	
中綿10年型試作分	中綿10年型試作分	中綿10年型試作分	中綿10年型試作分	
中綿20年型試作分	中綿20年型試作分	中綿20年型試作分	中綿20年型試作分	
中綿10年型試作分	中綿10年型試作分	中綿10年型試作分	中綿10年型試作分	
中綿20年型試作分	中綿20年型試作分	中綿20年型試作分	中綿20年型試作分	
中綿10年型試作分	中綿10年型試作分	中綿10年型試作分	中綿10年型試作分	
中綿20年型試作分	中綿20年型試作分	中綿20年型試作分	中綿20年型試作分	

大ホール張地色見本

糸色名		縦糸		横糸	
縦糸	横糸	縦糸	横糸	縦糸	横糸
縦糸	横糸	縦糸	横糸	縦糸	横糸
縦糸	横糸	縦糸	横糸	縦糸	横糸

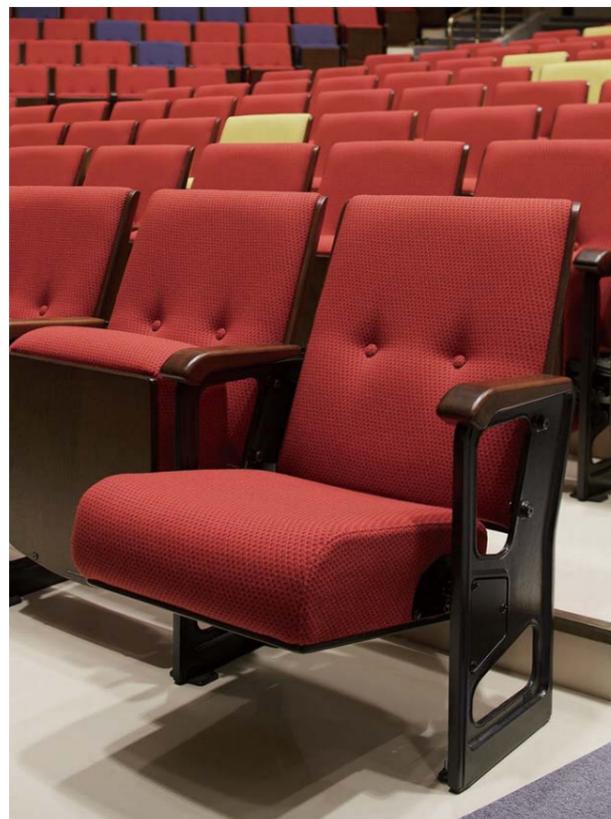
小ホール張地色見本



大ホール客席全景



大ホール客席全景



大ホール劇場椅子



小ホール劇場椅子



小ホール客席全景

写真提供：コトブキシーティング株式会社
撮影：荒木文雄

空調その他設備改修

空調改修工事においては、これまで1987年に機器類の更新、1999年に大ホール廻りの空調環境改善を行ってきた。今回の改修では、老朽化した機器類・システムの全面更新による室内環境改善と省エネルギー化、CO2削減等を図った。その中でも、快適性の向上(大ホール客席、舞台、小ホール、レストラン等)や楽器への保存環境・湿度の定常化(舞台、小ホール、ピアノ庫)、空調騒音NC-20(オーケストラの騒音基準)以下の堅持(大ホール客席、舞台、小ホール)には、特に注意を払った。

1) 熱源設備

- 26年間使用したガス焚冷温水発生機を更新。
⇒新システムはベストミックス方式(高効率ヒートポンプチラー+ガス焚冷温水発生機)
- 冷却塔置場にヒートポンプチラーと冷却塔を設置し冷温水発生機を現状の機械室に設置。
- 新リハーサル室の熱源はヒートポンプチラー1台と既設蓄熱槽の組合せとし、本館に比べ冷房期間の長い状況に対処。
- 工事範囲はB1Fポンプ室、冷温水発生機室、ボイラー室、冷却塔置場

2) 空調設備

- 大ホールの客席の1階～5階までの温度差の解消と湿度の定常化を行った。
- 楽器は湿度変動に敏感であるので、舞台、小ホールでの湿度の定常化を目指した。
- ピアノ庫の保存(湿度の定常化)環境を確立。(大ホール、小ホール)
- レストランの冷房負荷増大に対し空調能力増強を図り、快適性の向上を行った。
- 厨房(B1F、2F)の夏期における空調環境(冷房能力増強・衛生環境)の改善を行った。
- 大・小ホール廻りの舞台設備関係緒室におけるパッケージ型空調機の更新を行った
- 工事範囲はB1F送風機室A～D、4F機械室A～C、5F機械室内の空調機・ダクト・配管等の工事を行った。

3) ダクト設備

- 送風機室の新空調機に伴うダクト更新と大・小ホール天井内、ホワイエ、都響楽屋の一部、レストラン、厨房、4F会議室・図書室他天井更新箇所等を行った。また、適正なエアバランスへの改修・調整を行った。

- 空調騒音NC-20(オーケストラの騒音基準)以下を堅持(大ホール客席、舞台、小ホール)した。

4) 配管設備

- 新熱源システムのベストミックス(冷温水発生機+ヒートポンプチラー)方式と新設空調機に伴う配管を一新した。
- 機械室・送風機室以外では、冷却塔置場から野球場側のトレンチを経て、B1Fの冷温水発生機室までの配管を行った。
- 個別空調(パッケージエアコン)の更新に伴う、配管全面更新を行った。

5) 換気設備

- 機械室・送風機室・電気室等のダクトと送風機の更新を行った。
- 空調諸室との適正なエアバランス、機械室・送風機室内での適切な換気量の改修・調整を行った。

6) 自動制御

- 中央監視室内と各所機械室・送風機室間の自動制御を行い、各部屋ごとのセンサーの更新を行った。
- 快適性の向上(大ホール客席、舞台、小ホール、レストラン等)への調整を綿密に行った。
- 楽器への保存環境・湿度の定常化(舞台、小ホール、ピアノ庫)への調整を綿密に行った。
- エネルギー消費利用をグラフ化し、中央監視において、電力消費状況等を把握し易いものにした。
- 受変電設備の監視装置の更新を行った。

7) 屋外衛生設備

イ) 給水引込み配管

- 上野公園内の給水本管から野球場北側を經由して、本館西側より冷温水発生機室に入り、ポンプ室を經由し受水槽と雑排水槽までの工事を行った。また、埋設配管の一部撤去も行った。
- 受水槽は26年経過しており更新し、雑用水槽は、コンクリート槽からパネル型に更新した。また、飲料係を上水-1とし、トイレ(洗浄便座設置)係を上水-2とした。

ロ) 排水設備

- 本館の北側一都知事の銅像から駅側の舞台搬入口までの排水管(雨水+雑排水)の更新を行った。(深さ約4m)

8) 屋内衛生・消火設備

- 1F多目的便所の更新を行った。
- 地下の汚水排水ポンプの更新を行った。
- 給湯ボイラー(一般系、厨房用)の更新を行った。
- ホワイエ天井の耐震化、4F会議室天井の改修に伴い、スプリングラウの再取付を行った。
- 洗浄便座設置と一部和風便器の洋式化を行った。



冷温水発生器



空調機(大ホール舞台系統)



冷水二次ポンプ



冷却塔・ヒートポンプチラー



中央監視室

PHOTO: 株式会社エスエス

電気設備改修

電気改修工事においては、1998年時の改修でつみ残した老朽設備の改修を主とし、建築工事・機械工事の改修に伴う必要電気設備の改修・更新を行った。

A) 本館

1) 受変電設備工事

・1998年時に改修されていない400V系遮断器を更新した。更新に当たっては新旧遮断器の寸法違いを十分考慮し、盤内部銅帯組立寸法を正確に計測して部材加工を行い、不必要な穴あけを行わないこととした。

・新設される空調熱源ヒートポンプチラー用動力電源3系統を増設し、動力容量増に対応するため4系統の配線用遮断器を更新した。

2) 自家発電設備工事

・既設ガスタービン発電装置の整備を行い、増設するディーゼル発電装置設置に対応して、既設油タンクの更新と始動盤の移設及び必要なケーブルの更新等を行った。

・震災時停電に対処する目的でディーゼル発電装置を増設した(64KW)。給電先はアース付コンセント内蔵の分電盤3面と舞台用C型コンセント内蔵の舞台照明分電盤3面とし、停電時には保有の舞台用投光器を接続すれば、客席内、ホワイエを約33時間照らす事を可能とした。

3) 蓄電設備工事

・変電室内の直流電源盤の整流器及び鉛蓄電池の更新・整備を行った。

4) 幹線・動力設備工事

・増設されるヒートポンプチラー用動力幹線3系統の増設とほぼ全数の動力制御盤の更新、動力制御盤1TP-3、5HP-1、5HP-2の新設及び幹線新設を行った。

・空調設備の監視・制御、デマンド監視・制御は、別途空調その他工事の中央監視盤で行う事とし、電気設備情報の伝送と制御線の布設を行った。

5) 電灯・コンセント設備工事

・1998年時改修で未更新の照明器具を更新した。省エネ化を図る目的から、可能なものについてはLED器具を採用した。(1階事務室・都響事務室・楽屋入口及び廊下、4階会議室・音響資料室等)

・天井耐震改修、内部部材更新のための改修及び塗装改修に伴い、既設天井照明器具の撤去・再取付及び配線の更新を行った。(ホワイエ器具のガラスカバーには落下防止ワイヤーを追加)

・客用トイレにウォシュレットが設けられる事に対応して、電源確保の為、ウォシュレット変圧器盤を新設し、各トイレにはMg

付分電盤を設けて、電源ON・OFFを中央制御盤で制御し、公演に合わせて通電可能とした。

・地中埋設排水管更新工事による堀削範囲に外灯が設置されているため、関連工事会社と協力して外灯を撤去し、球替え(LED球)・大庇照明投光器更新・ポール再塗装を施して同一位置に再設置した。

・4階屋上にバリアフリー通路が形成される事に伴い、既設給水配管固定用アングル架台を利用して、LED足元灯を設置した。

6) I T V 設備工事

・大ホールオーケストラピットの指揮者カメラを更新した。

・地下1階、1階通路にセキュリティゲートが設置される事に伴い、I T Vカメラを増設した。

・4階音楽資料室改修に伴い、I T Vカメラの撤去再取付と、書棚配置に適合したI T Vカメラの増設を行った。

7) 放送・時計・トイレ呼び出し表示設備工事

・館内各所の天井改修に伴い、非常用スピーカー、壁掛時計の撤去・再取付と配線の更新を行った。

・だれでもトイレを1階、4階へ設置することに伴い、トイレ等呼出表示器と呼出ボタン、復旧ボタン、廊下灯を設置した。

・1階のだれでもトイレには、位置案内用のセンサー起動式シート状スピーカー音声案内装置を設置した。

8) 自動火災報知・防災設備工事

・館内各所の天井改修に伴い、火災感知器、配線の撤去と更新を行った。

・円形階段に防煙シャッターが設置される事に伴い、煙感知器新設と必要配線を行い、既設受信機の窓表示を追加した。

・大ホール、小ホールホワイエ天井の光天井を利用して排煙口が設けられる事に伴い、駆動装置から操作器間の配管、配線を行うとともに電源供給を行った。

B) リハーサル棟

1) 幹線・動力設備工事

・空調機、送風機、送排風機及び楽器庫パッケージエアコンの更新に伴い、配電盤及び動力制御盤の更新と配管配線の更新・増設を行った。

・動力設備の監視・制御は別途工事の中央監視盤で行う事とし、電気設備情報の伝送と制御線の布設を行った。

2) 電灯設備工事

・地下2階廊下及び諸室の天井改修に伴い、既設照明器具、配線の撤去と更新を行った。

3) 自動火災報知設備工事

・地下2階廊下及び諸室の天井改修に伴い、既設火災感知器、配線の撤去と更新を行った。



震災対応発電機



震災対応変圧器盤・震災対応分電盤



動力盤



既存照明のLED化(1F楽屋ロビー)



ウォシュレット変圧器盤



外灯

昇降機設備改修

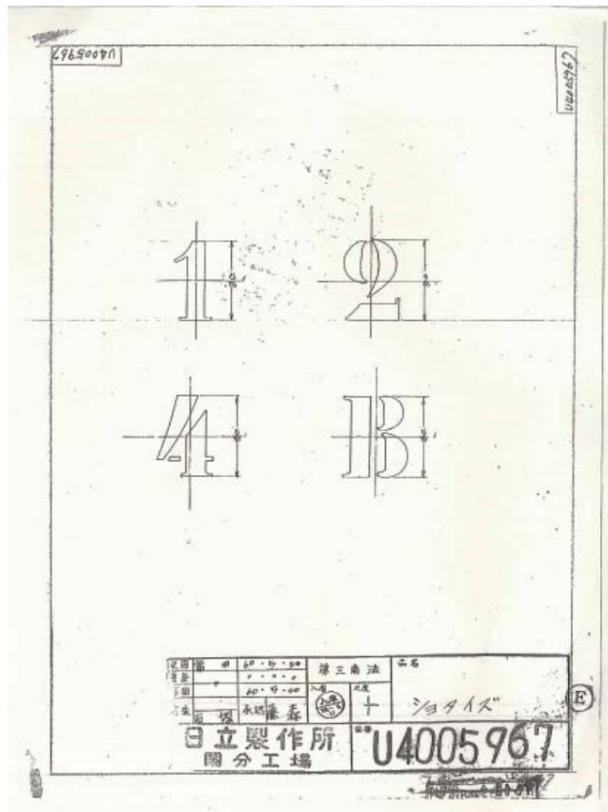
- ・各昇降機設備(6箇所)の法的機能更新と、意匠の継承。
- ・本館人荷用、リハ棟乗用昇降機の駆動方式について、油圧式を機械室レスロープ式へ変更し、メンテの向上を行った。
- ・戸開走行保護装置の追加、乗用及び人荷用昇降機扉の遮煙性能付乗場戸へ変更し、利用者の扉挟まれ防止や火災時の安全性向上を行った。
- ・本館1・2号機は館の運営に応じて連動制御を解除し、個別に停止階を選択出来るようにした。
- ・本館1・2・3号機の乗場扉色と幕板インジケータの切文字フォントについては、竣工時の意匠に合わせた。



1・2号機



1号機インジケータ (オリジナルフォント)



竣工当時のインジケータオリジナルフォントの版下



3号機

PHOTO: 株式会社エスエス

高度化した劇場の改修工事 ～変化のない変化～

森平舞台機構株式会社 技術部技術グループ 都築雄一

1. はじめに

演出の多様化により高度化した劇場の改修工事が相次ぐ中で、今回の東京文化会館の改修工事は大きな特徴のあるものであった。それは「変化のない変化」である。

今回の東京文化会館の改修工事は、平成9年度から始まった改修工事以来の大規模改修工事であった。前回の改修工事では、吊物機構・床機構共に大きな更新が行われ、特に反射板格納迫りは、音響反射板を組み立てた状態で舞台床下に格納するもので、他に例の無い機構である。また、それを支える制御システムも当時としては最新のものが入り、高機能な演出を支える礎となった。

その点、今回の改修工事では目立った変化の無い工事となった。改修工事が始まる際、設計・監理者である株式会社前川建築設計事務所様より、「今回の改修工事ではどこが変わったか分からないと言われる改修工事をしたい」という主旨の説明があった。舞台機構だけでなくどの分野においても、空気感をそのままに、延命とはまた違った機能更新を行なう改修工事としたいという思いの中で、今回の工事は始まった。

2. 工事概要

今回の改修工事では、上記に記したように舞台機構としても見た目として大幅に変化したものや、特筆すべき新機能のようなものは無い。強いて言えば舞台床を研磨したことにより、前回の改修当時の綺麗な檜舞台が再びお目見えしたことが、目に見える変化の一つといえる。

ここで、今回の舞台機構としての改修工事項目を以下に示す。

[大ホール]

- ・ 制御装置更新
- ・ 反射板格納迫り改修(ボールナット更新)
- ・ 吊物機構懸垂用ワイヤロープ更新
- ・ 諸幕交換
- ・ 舞台床研磨(サンダー掛け)
- ・ 舞台用リフト改修
- ・ オーケストラ迫り改修

[小ホール]

- ・ 天井改修に伴う舞台機構設備の撤去・再取付・養生
- ・ プロセニウムスピーカーバトン新設(上手・下手)
- ・ 舞台床研磨(サンダー掛け)
- ・ ピアノ迫り改修

多岐にわたった工事の中でも、ここでは特に特徴的であった大ホールの吊物機構の制御装置更新と、床機構の反射板格納迫り改修について述べる。

3. PCからPLC

前回の改修工事の際に、演出の多様化・高機能化に応える為、パーソナルコンピュータ(以下PC)を使用した制御システムを導入した。改修から15年が経ち、技術的な不具合は無い中でも老朽化は進み、機器として不安定な時期に到達し、安全性・安定性が低下してきている状態であった為、今回の更新に至った。

今回の制御システムは、一般的なオペレーティングシステム(以下OS)のアップグレードやサポート終了等の影響を受けないものとするという大きな趣旨があった。前回の改修当時は、ディスプレイ上での表現の豊かさ、検索能力の高さ、またCPU能力の高さから、吊物機構の設定・監視・表示用としてPCを利用し、制御系としてはプログラマブル・ロジック・コントローラ(以下PLC)を利用していた。それ以降、他の会館でも同様の改修を行ってきたが、OSのアップグレードの度にソフトウェアの更新やデバッグを行うこととなり、システムの安定性としても、またコスト面でも厳しいものとなっていた。その中で、技術の進歩もありPLC機器の安定性や堅牢性は高くなり、プログラマブル操作表示器(以下POD)のグラフィック処理が、設定・監視・表示用として実用に能うものとなった為、今回の改修工事ではPCに変わりPLCを用いてシステムを再構成することとした。

これによりOSの更新に影響を受けない安定したシステムを作ることができたと共に、システムの冗長化を行うことでPLC故障の際でも公演を止めることのない制御システムを構成し

た。またPODも、設定用PODが故障した際は、他の表示用PODを設定用に切り替えることができ、1台故障したとしても運用し続けることが出来るシステムを構成した。

4. ボールナットの更新

反射板格納迫りの駆動方式はスクリー式であり、質量約150tの反射板を4本のボールねじを用いて昇降する機構である。ボールねじは、摩耗が少なく回転が滑らかという特徴があるが、設置後15年が経ちメンテナンスを行う中で、グリスに摩耗粉とみられるものが発見され、今回の更新に至った。

ボールねじは、ねじ軸とボールナットで構成され、ボールナットの中には約125個の鋼球が入っている。この鋼球が動作時にぶつかり合い摩耗してきたことが今回の原因と予想された。

更新内容としては、ボールねじごと交換することができれば、今後より安全な運用となると思われたが、ねじ軸を搬出入するには舞台面に大きく穴を空ける必要があり、工期から考えても厳しいものであった。そこで今回はねじ軸より早く摩耗するように設計されていたボールナットを交換することで、安定運用できるように考えた。

ボールナットの走行寿命としては以下の式により求めることができる。

$$L_s = (Ca / Fa) 3 \cdot l \cdot 106 \quad \dots (1)$$

ここに、 L_s は走行距離寿命[km]、 Ca は基本動力定格荷重(473,300N)、 Fa は軸方向荷重(451,000N)、 l はねじのリード(48mm)である。軸方向荷重については、反射板のその形状から、舞台後方の質量が客席側の質量より大きくなっており、4つあるボールねじのうち舞台奥の2つにより多くの荷重がかかる構造となっている。ここでは、より安全側の計算と

$$L_s \approx 55.5[\text{km}] \quad \dots (2)$$

と求められる。

実際の使用頻度としては、時期によっても異なるが、ここでは週3日反射板を使用し往復させ、また保守日程等使用しない日を考慮して48週とする。反射板格納迫りのストロークは12.5mなので、1年間の動作距離 L_1 は

$$L_1 = (12.5 \times 2) \times 3 \times 48 = 3,600[\text{m}] \dots (3)$$

となる。15年では

$$L_{15} = 3,600 \times 15 = 54,000[\text{m}] = 54[\text{km}] \quad \dots (4)$$

となり、式(2)、(4)より適切な交換時期であったことが確認できる。

ここで実際に交換した既設のボールナット内に入っていた鋼球を図1に示す。これを見ると表面が摩耗し凹凸があることが見て取れる。また製作時の鋼球径が25.4mmの真球であるのに対し、この既設の鋼球の直径は約24.5mmと0.9mmすり減っており、グリスに混入していた摩耗粉はこの鋼球のものであることがわかった。



図1 既設ボールナット内の鋼球

5. 工程に与える影響

今回の舞台機構の改修工事の中でも、上記2項目が工程に与える影響は大きなものだった。どちらも、万が一予期せぬトラブルが起こった場合に、その被害の程度は甚大で、最悪竣工後の公演に影響を及ぼしかねないものであった。その為丁寧に工事を行うことはもちろんのこと、リスクヘッジの観点からも慎重に工程を考えなければならなかった。そこで製作に約5か月かかるボールナットの更新を、大ホール工事着手後すぐに行い、交換・試運転までを行う計画とした。その計画の為には、受変電設備更新の為に、当初大ホール工事着手後すぐに停電する予定であった工程を、試運転調整が終わる時期までずらす必要があり、それを打合せの中で関連工事各担当者をお願いした。また安定したシステム確保のために制御装置の試運転調整に約2か月かかることから、当初10月からの受電予定を、舞台機構だけ約1か月早めてもらうよう合わせてお願いした。計画段階からこれらの問題が露呈していたので、早急に打合せし、検討できたことが今回の工程調整の決め手となったといえる。

6. おわりに

舞台機構に関わらず、経年劣化での改修は数多くあり、今回取り上げた2項目もまさにそれに該当するものであった。その中でも、ボールナットの更新は、まさに蓋を開けてみるまでどうなっているかわからないもので、その時まで改修が正しかったのかどうか関係者を大いに悩ませた。結果としては上記に記載したとおりであったが、同様に難しい判断を強いられることは今後もあり得ると考える。

“伝統”と“技術の革新”とは、一見相反する事象のように思われるが、改修工事に於いては常に考えさせられる課題の一つといえる。その意味でも今回“奇跡の音響”とまで言われる東京文化会館の伝統を、如何に変えずに機能的に更新していくのかということは、その課題に挑戦する一つの試みであった。

最後に、今回の工事は舞台機構のみでは到底達成できない課題が多々あり、多くの方にご指導ご鞭撻を頂いた。東京文化会館の皆様、設計・監理者、建築及び各設備工事関係者、またこの工事に関わられたすべての方々に感謝申し上げます。

東京文化会館の舞台音響設備更新・改修について

村中勝利 Katsutoshi MURANAKA、美土路啓太 Keita MIDORO
ヤマハサウンドシステム株式会社 YAMAHA SOUND SYSTEMS INC.

1.はじめに

2014年12月、東京都上野にある東京文化会館がリニューアルオープンした。このリニューアル工事は大小ホールの天井の耐震補強改修など建築工事をはじめ、各設備の更新・改修が行われた。ここでは、電気設備改修工事の一部として行われた舞台音響設備・インターカム装置の改修内容を紹介する。

2.大ホール

1998年の改修等で先送りされた部位のうち、老朽機器の更新を主に、改修に長期間の休館や足場等が必要とされる箇所が今回の改修対象となっている。具体的には以下の通り。

- ・プロセニアムスピーカー群、オーケストラピットはね返りスピーカー、客席天井スピーカーおよび客席壁スピーカー更新とそれに伴うパワーアンプ等の更新
- ・有線インターカム装置の機器更新、コネクター増設、それに伴う回線増設(配線配管工事)、および、ワイヤレスインターカム装置の機器更新
- ・劣化が進んでいる録音調整卓のオーバーホール

拡声メインのプロセニアムスピーカー群は、コンパクトラインアレイ型(d&b audiotechnik T-series)が採用された。歴史あるホール内の意匠を極力損なわないよう既存スピーカー開口寸法を変更しない計画である。【写真1】



写真1.
プロセニアムスピーカー群

プロセニアムスピーカー群は、
 ・反射板最上部の遠距離用(下、上手向けに各2台構成)
 →5階サイドバルコニー席【写真2】
 ・中央スピーカー(正面向け4台構成)
 →5階、4階正面バルコニー席【写真3】
 ・L Rスピーカー(下手、上手外振りに各7台構成)
 →1~3階正面バルコニー席【写真4】
 をそれぞれでカバーし、スピーカー群全体で客席全体をカバーしている。【図1】

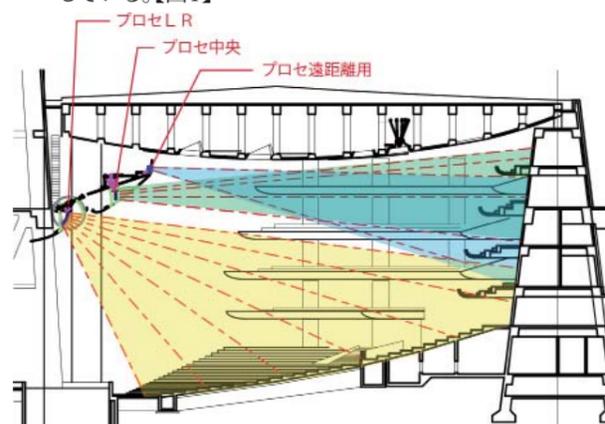


図1. プロセニアムスピーカー音線図



写真2. プロセ遠距離用



写真3. プロセ中央



写真4. プロセLR

オーケストラピットはね返りスピーカーは、プロセニアムスピーカー群と同型式(d&b audiotechnik T10)をバトン吊下げ型とした。このスピーカーはラインアレイとしてもポイントソースとしても使用できることが特徴であり、ここではポイントソース設定とした。これによりプロセニアムスピーカーと音質の統一ができ、更に、バトン吊下げ設置としたことで、演目によっては持ち込みスピーカー等に容易に吊換えができるように配慮している。【写真5】



写真5. オーケストラピットはね返りスピーカー

客席天井スピーカーおよび客席壁スピーカーは、新築当時はメインスピーカーとして使用されていたものであり、初めての更新となった。【写真6】



写真6. 客席天井スピーカーおよび客席天井スピーカー

客席天井スピーカーは、はね返りスピーカーと同様、プロセニアムスピーカーと同型式(d&b audiotechnik T10)が採用され、ポイントソース設定である。

客席壁スピーカーは、両側壁を飾る木のレリーフ(壁面反射板)内に設置するという設置条件のため、取付方法等の検討に時間を要したが、同軸2ウェイ・スピーカーユニット型(8インチ)を採用し、意匠的にマッチした更新ができた。【写真7】



写真7. 客席壁スピーカー(内部)

客席天井スピーカーと客席壁スピーカーは、プロセニアムスピーカーや持込などのメインスピーカーの補助として使用されている。

スピーカー更新に伴いパワーアンプ架の機器更新を行った。デジタルマルチプロセッサは2010年に導入されたYAMAHA DME64Nを1台構成から、2台構成(Cascade接続)に拡張している。また、プロセニアムスピーカー群などのパワーアンプはスピーカーメーカーによるスピーカー専用モデル(d&b audiotechnik D12、D6)に更新した。このアンプはAES/EBUデジタル入力を備えており、2010年に導入された音響調整卓(DiGiCo SD7)からデジタルマルチプロセッサを経由し、アンプまでをデジタルのまま伝送するシステムとなった。



写真8. パワーアンプ架

プロセ中央とプロセLR系統は、割り込み入力ジャックを設け、持込みスピーカーの補助として容易にインサートできる工夫がされている。

各機器の省スペース化により、パワーアンプ架の左側を空ラックとし、棚や引き出しを組込することで収納スペースになっている【写真8】。

既存有線インターカム装置は、既存のClear-Com 2ch仕様をバックアップ回線として、新たに4ch仕様の配線増設とコネクタプレートを増設を行った。コネクタプレートの増設は、既存位置に基づき使用頻度等を考慮した上で計画されている。

照明スタッフ系やプロジェクター室など公演によって使用チャンネルの切替えが必要な場所には、チャンネルアサインスイッチ付きプレート(MTC WP-6X4S)が採用されている。スピーカーステーションは2chが最大であることから、使いやすい仕様になっている【写真9】。



写真9.チャンネルアサインスイッチ付きプレート

さらにインカム機器架では、通常はリアパネルで行うターミネーションを専用プラグにてパッチパネルで行う手法をとっている。これは、外部持ち込み機器を接続するなどダブルターミネートによる誤動作を避ける理由があり、リアパネルでの作業を省くとともに持ち込み後の復旧確認も容易に行うことができるようになった。【写真10】



写真10.インカム機器架

3.小ホール

小ホールは、3階下手側面にあった音響調整室が4階客席後方正面(下手側)へ位置変更になったことに伴い、既設音響調整卓、入出力パッチ架、モニタースピーカー等を移設し、配線延長を行った。その他、天井耐震改修に伴い、3点吊マイク装置、1点吊マイク装置を一時撤去し、天井再生後に再取付けを行った。また、舞台上手袖とプロセニアムスピーカー設置を想定し増設される吊ボタン(2本)用にスピーカーケーブルリールとスピーカー回線増設を実施した。また、インターカム装置は機器の更新を行っている。

音響調整室の位置変更により、音響調整卓は新しい音響調整室(以下、新音響調整室)へ移設を行い、入出力パッチ架と周辺機器架の更新を行った。【写真11】

また、今までの音響調整室(以下、旧音響調整室)は既設電力増幅架に日常的に操作することがないデジタルマルチプロセッサ(新音響調整室のPCにてリモート操作が可能)と既設パワーアンプのみ組み込みとした(デジタルマルチプロセッサはYAMAHA DME64Nに更新)。

新音響調整室の音響調整卓YAMAHA M7CL-32に新しくDante対応の入出力カード(Audinate Dante-MY16-AUD)を追加挿入し、旧音響調整室の電力増幅架組み込みのデジタルマルチプロセッサYAMAHA DME64Nにも同カードを挿入し、新音響調整室と旧音響調整室間の伝送をデジタルオーディオネットワーク「Dante」で構築している。



写真11.入出力パッチ架と周辺機器架
(新音響調整室)



写真12.音響調整卓(新音響調整室)

音響調整室が客席後方に移設されたことで、舞台の様子や場内の音を確認しながらオペレートが可能となった。

舞台上手袖とプロセニアムスピーカー設置を想定した吊ボタン2本にスピーカー回線増設したことにより、旧音響調整室の電力増幅架にスピーカーパッチを追加している。

舞台上手袖はスピーカー10系統、ボタンには各5系統の増設を行っている。ちなみに、舞台下手袖は袖スペースが大きいこと、旧音響調整室(電力増幅架)との距離があまりないため、必要な時には直にケーブル仮設を行うことができるため、回線増設は行っていない。

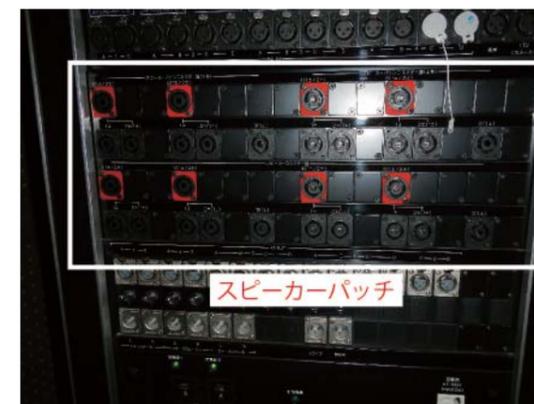


写真13.スピーカーパッチパネル(旧音響調整室)

このスピーカーパッチはノイトリックスピコンを使用し、1±、2±の全て結線(フル結線)したスピコンと1±のみ結線したスピコンの両方を準備している。フル結線のスピコンには赤ベースの亚克力板を取付けし、パッチミスを防ぐ工夫が施されている。【写真13】

この対応は、スピーカーコネクタ盤(スピーカーボタンおよび舞台上手袖)も同様に行っている。【写真14】



写真14.舞台上手袖のスピーカーコネクタ盤

スピーカーボタンのスピーカー回線用に天井内にケーブルリールを設置している。これにより、昇降するボタンのスピーカーケーブルの巻き取り処理している。【写真15】

小ホールの規模から舞台への返しも含めた想定を行い、それぞれ5系統(ケーブルリールとしては10芯)とした。



写真15.ケーブルリール

4.おわりに

“奇跡”とも言われる音響の良さを誇る歴史ある東京文化会館の改修工事に弊社が携わったことを光栄に感じている。また、工事中に元請企業として配管配線工事や各方面への調整を行って頂いた三光・大栄・渋谷建設共同企業体様をはじめ、過去の経緯を踏まえ数多くのご意見を下さった諸先輩方、大変お世話になった工事に関わられた全ての方々へ厚く感謝申し上げます。

東京文化会館 舞台照明設備 改修工事の概要について

丸茂電機株式会社 技術部設計課 原田裕介

東京文化会館 大ホール及び小ホールの舞台照明設備は、1999年(平成11年)の改修以降、約15年に渡り使用されており機器の老朽化が進んでいた。それを受け、2010年(平成22年)と今回の工事である2014年(平成26年)の2回に分けて改修工事を行った。2010年(平成22年)の改修工事では大・小ホールのボーダーケーブルやリモコンスポットライトなどの更新を行い、今回は残り的大・小ホールの調光器盤や調光操作卓、クセノンピンスポットライトの更新や既設スポットライトの修繕を中心に行った。加えて、大ホールにおいては今後の制御信号の多チャンネル化を見据え、新たに光ファイバーを利用したイーサネット情報網も構築した。以下、項目に分けて改修内容を紹介する。

①大ホール

(1)調光器盤更新

1階調光ユニット室A及び地下2階調光ユニット室Bに設置されている調光器盤を全て更新した。調光器については漏電感知機能を付加し回路ごとのアラーム検知を行えるようにした。1次側電源のバスダクトは既設を再利用した。

《1階 調光ユニット室A 調光器盤の主な仕様》

受電 3φ4W 190/110V 50Hz 350kVA

漏電感知機能付調光器 I L 3kW×176台

I L 4kW× 32台

I L 6kW× 46台

I L 2kW× 43台 (客席用)

F L 2kW× 25台 (客席用)

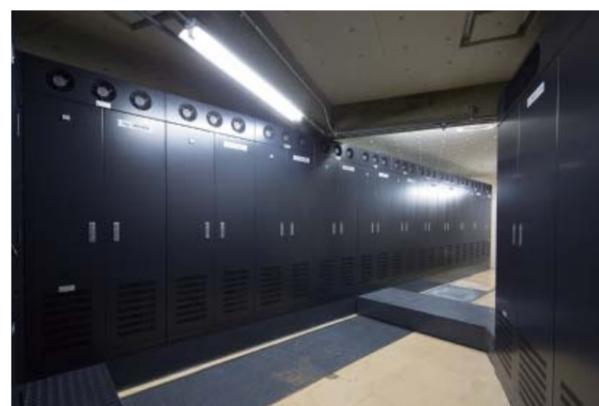
《地下2階 調光ユニット室B 調光器盤の主な仕様》

受電 3φ4W 190/110V 50Hz 650kVA

漏電感知機能付調光器 I L 3kW×542台 (+予備2台)

I L 4kW× 86台 (+予備6台)

I L 6kW× 65台



大ホール 調光器盤
(上:1階調光ユニットA室/下:地下2階調光ユニットB室)

(2)調光操作卓更新

2階客席後方の調光操作室内の調光操作卓、ワイヤレス装置、下手の舞台袖地下1階に設置されている舞台袖操作盤を更新した。

更新した卓は改修前の卓の後継機種である「マリオネットスター」を納入した。

《調光操作卓 主な仕様》

・DMX出力チャンネル数 ×2048ch

・調光コントロール数 ×2048ch

・イベント数 ×30

・記憶シーン ×1000/1イベント

・サブマスタフェーダ ×40本

・パッチ場面数 ×5場面以上

(内1場面は持込卓対応)

・JASCAI対応可

・MIDIリンクコネクタ

・CPUデュアルランニングシステム搭載



大ホール 調光操作卓



大ホール 舞台袖操作盤

(3)ギャラリースポット用移動台車更新

舞台2階の上下ギャラリースポットライトは、手摺上部の型钢レールを利用した移動台車に設置されている。今回の工事

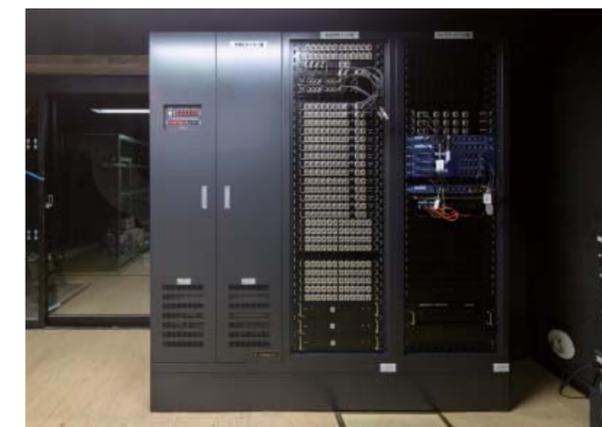
では、その移動用台車を更新して器具は既設使用とした。更新にあたり、車輪幅と型钢レール幅を適合させ、車輪がレールから外れることなくスムーズに移動できるようにした。

(4)ボーダーケーブル更新

前回の改修でボーダーライトやサスペンションライトなど、舞台上部のボーダーケーブルはすべて改修したが、今回は前回工事で未改修だったオーケストラ迫り・大迫り・反射板格納迫りなど舞台床部のボーダーケーブルとDMX信号ケーブルを全更新した。また、プロセニウムライトのケーブルリールのスリップリング、内部配線の交換を行った。

(5)イーサネット情報網構築

1階下手ワークルームにネットワークパッチ盤を設置し、スノコに設置した舞台上部ネットワーク中継盤と客席天井裏に設置した客席天井ネットワーク中継盤を光ファイバーケーブルで接続。LANコネクタボックスを第1～第5ライトブリッジの各ブリッジに1面ずつ、調光操作室内に1面新設し、それぞれ最寄りのネットワーク中継盤とcat6UTPケーブルで接続することでイーサネット情報網を構築した。また、イーサネットからDMX512/1990への変換用にLAN-DMX(4ch)ノードも新たに納入した。



大ホール ネットワークパッチ盤/制御信号パッチ盤

(6)クセノンピンスポット器具更新

客席5階両脇の投光室内のクセノン3kWピンポットライト4台と第3フロントサイド(上手・下手)のクセノン700Wピンポットライト2台を全て更新した。

(7) 既設スポットライト類修繕

既設の平凸レンズスポットライト、フレネルレンズスポットライトはリフレクタ、ソケット、ケーブル、プラグの交換、エリプソイダルスポットライト、パーライトについてはソケット、ケーブル、プラグ交換を行った。

(8) 客席天井の耐震改修に伴う工事

客席天井の耐震改修工事に伴い、客席天井裏の第1シーリング、第2シーリングに設置されている既設スポットライト器具を全て撤去。器具取付用パイプの改修後、プロファイルスポットライト、パーライトは更新し、エリプソイダルスポットライトは既設を再利用して、舞台演出に適合した形に取り付けた。プロファイルスポットライトについては今回の工事のために新規開発したハロゲン2kWの狭角プロファイルスポットライトを納入した。



大ホール 客席天井内 第1シーリングライト

②小ホール

(1) 調光器盤更新

4階の調光ユニット室内の調光器盤等を全て更新した。調光器については漏電感知機能を付加し回路ごとにアラーム検知を行えるようになった。盤配列は既設と同じとし、1次側電源のC Vケーブルは既設再利用した。

《1階 調光ユニット室A 調光器盤の主な仕様》

受電 3φ4W 105/182V 50Hz 105kVA

漏電感知機能付調光器 I L 3kW×54台

I L 4kW×16台

I L 6kW×8台

I L 2kW×8台 (客席用)

F L 2kW×4台 (客席用)



小ホール 調光器盤

(2) 調光操作卓更新

4階にある調光操作室内の調光操作卓、シューティング操作卓、ワイヤレス装置、作業灯タイマー盤、直流電源盤、制御信号パッチ盤を更新。CPUラック盤を撤去した。調光操作卓とシューティング操作卓の更新にあたっては「シューティング機能付調光操作卓」を2台納入した。そうすることで仕込み作業中、1台は調光用、もう1台はシューティング操作用として使い分け、本番中は1台をメインとして使用し、もう1台は

バックアップ用として機能するようにした。また、調光操作卓を可搬型としたことに伴い壁面に操作卓用コネクタボックスを設け、コネクタ接続できるようにした。

《調光操作卓・シューティング操作卓 主な仕様》

・DMX出力チャンネル数 ×4096ch

・調光コントロール数 ×2048ch

・ムービングコントロール数 ×2048ch

・イベント数 ×30

・記憶シーン ×2000/1イベント

・サブマスタフェーダ ×10本

・マルチフェーダ ×10本

・持込場面数 ×5場面以上
(持込卓用1場面)

・J A S C I I 対応可



小ホール 調光操作卓

(3) クセノンピンスポット器具更新

4階下手フロント室内及び調光操作室内のクセノン700Wピンスポットライト2台を全て更新した。

(4) 既設スポットライト類修繕

大ホールと同様、既設の平凸レンズスポットライト、フレネルレンズスポットライトはリフレクタ、ソケット、ケーブル、プラグの交換、エリプソイダルスポットライトについてはソケット、ケーブル、プラグ交換を行った。

(5) 客席天井の耐震改修に伴う工事

客席天井の耐震改修に伴い、天井裏のコンクリート面に設置されている配管・配線、スポットライト類、コンセントボック

ス類は全て撤去し、天井構築後に再取付した。天井吊もしくは柱に固定されたアングル架台に設置されているケーブルリール・ジョイントボックスは既設のままとし、ボーダーケーブルは撤去後保管し、吊ボタン復旧後に再取付・接続を行った。ただし、ケーブルリールに関してはスリッピング・内部配線の交換を行った。また、4階下手フロントの音響調整室への改修に伴い、窓台下に設置されているフライダクトを移設した。



PHOTO: 株式会社エスエス

JATET JOURNAL

Vol.
10
[2016]

発行者 森 健輔
発行所 公益社団法人 劇場演出空間技術協会(JATET)
〒101-0045 東京都千代田区神田鍛冶町3-8-6 第一古川ビル
TEL : 03-5289-8858
FAX : 03-3258-2400
URL : <http://www.jatet.or.jp/>
編集/制作 JATET 編集部、株式会社テトラロジックスタジオ