

ば・る・るホールの音響設計

◆多目的ホールの用途

多目的ホールの設置は、地元自治体および民間諸団体から郵政省に対して要請され、各種コンサート、演劇の他、舞踊、講演会、各種大会、催事等、幅広い用途に供されることが想定された。

◆音響設計の目的

本施設における音響設計の目的は、多目的ホールを中心として施設内の主要な室において、次のような音響条件を実現することにある。

◇静けさ [騒音防止設計]

使用目的に応じた

- 十分な静けさの実現
- 外部の騒音、振動が伝わらないこと
- 隣接する室からの騒音、振動が伝わらないこと
- 建築設備騒音、振動の影響がないこと

◇良い音 [電気音響設備設計]

使用目的に応じた

- 高性能な電気音響設備の実現
- 使用目的に対して十分対応できる機能、性能を有していること
- 豊かな音量、良好な音質が均一に得られること

◇良い響き [室内音響設計]

良好な響きを持った

- 室内音響空間の実現
- 室内の響きが良好で、ホールの使用目的に応じた適切な響きを有していること
- エコー等の音響障害が生じないこと

◆騒音防止設計

◇鉄道騒音、振動の遮断設計

本施設敷地の裏手には隣接してJR青森駅への軌道があり、その騒音と振動による固体伝搬音が、多目的ホールに影響することが懸念された。

[騒音対策]

騒音については、過去の類似条件を参考に検討を行った。多目的ホールについては、外部騒音遮断に必要な遮音性能を中音域で約70dBと判断し、[コンクリート壁150mm厚以上] + [防振遮音層]の二重の遮音構造を設置した。

また、開口部には防音仕様の建具を必要枚数設置した。例として、外部に直接面する舞台上手袖の搬入口扉については、35dB級と40dB級の防音扉を1枚ずつ計2枚設置した。

[振動対策]

設計に先立ち、計画敷地とはほぼ同様な位置関係にある青森駅周辺敷地において振動の測定を行った。さらに、地盤掘削時に現地にて測定を行い、その結果にもとづき実施した対策は以下のとおりである。

鉄道振動による固体伝搬音は、敷地における振動測定の結果から、多目的

ホールにおいてNC-40程度になると推定した。

後述するホールの室内設備騒音目標値NC-25以下に対しては、最大で約20dB(31.5Hzにおいて)の振動低減が必要と考えられた。

採用した振動低減対策を以下に示す。

- 鉄道軌道側から③通りまでの施設外周に防振地中壁を設置。さらに底盤下に対しても防振ゴムを設置(図1に地中防振壁概念図、図2に地中防振壁施工範囲を示す)。

地中防振壁は、一般に波が伝搬特性の異なる物質の間を伝搬していく過程において、その境界線上で生じる反射によってうち消される性質を利用して、躯体へ入射する振動の低減効果を期待するものである。

- 多目的ホールに防振遮音構造を採用(図3に防振遮音構造の仕様を示す)。

◇空間の遮音設計

本施設には、中心となる多目的ホールの他に、レストラン、リハーサル室、

会議室等が計画されている。

多目的ホールを中心として各室間に必要な遮音性能を検討した(主要な各室に採用した遮音構造と遮音性能目標値を表1に示す。図4に多目的ホールに隣接して計画されたリハーサル室に採用した防振遮音構造の仕様を示す)。

◇設備騒音防止設計

[室内騒音低減目標値の設定]

多目的ホールの使用目的に応じた適切な静けさを確保するために、以下に示す目標値を設定した。

- ホール舞台 : NC-25以下
- 客席 : NC-25以下

表2に、各種用途の室に対する室内騒音の許容値例を示す。

[空調設備騒音低減対策]

空調設備騒音低減のために行った対策の概要を以下に示す。

- ホールに隣接する機械室は、ホールとの間にコンクリート壁(150mm厚以上)と重量ブロック壁の二重壁を設けた
- ダクト内の騒音低減については、必

要な消音器、消音エルボ等を設置した

ダクト設備をととしてクロストークの恐れのある箇所(排煙も含む)については、建築構造の有する遮音性能を損なわないように、系統の分離、区画、ダクト経路の変更、吸音ダクトの設置、機器・ダクトの遮音等により、クロストーク防止を図った

[設備機器による固体音の防止対策]

設備機器からの固体伝搬音を防止するには、その設備を設置する躯体の剛性の確保と、機器類の適切な防振設置・支持が必要である。対策の概要を以下に示す。

- 空調機械室、熱源機械室、ポンプ室、電気室等振動が発生する機器を設置する室の床スラブについては、コンクリート200mm厚以上を確保した。
- 振動が発生する設備機器および、それらに接続されるダクト、パイプ類の主要なものについては、必要な防振装置の設置を行った。

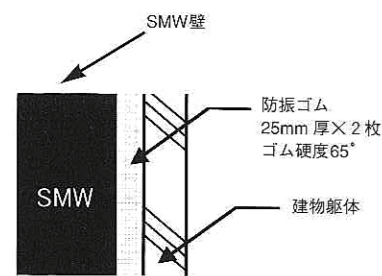


図1 地中防振壁概念図

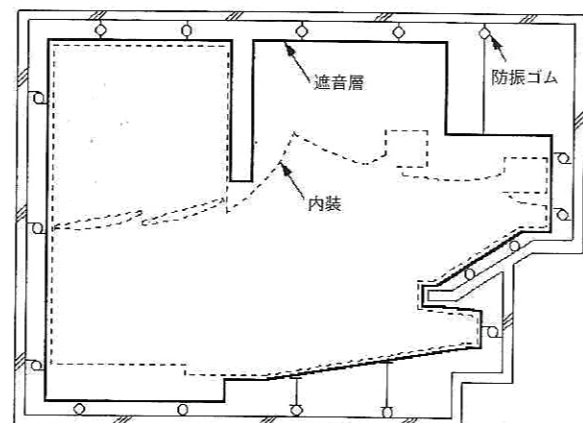


図3 ホール防振遮音構造の仕様

遮音層仕様
 床 : 防振ゴムによるコンクリート浮床
 内装天井: 繊維混入石膏板30mm厚
 + グラスウール50mm厚 防振吊り
 壁 : 繊維混入石膏板30mm厚 防振支持
 (遮音層は一部内装下地を兼ねる)
 グラスウール50mm厚躯体壁直貼り

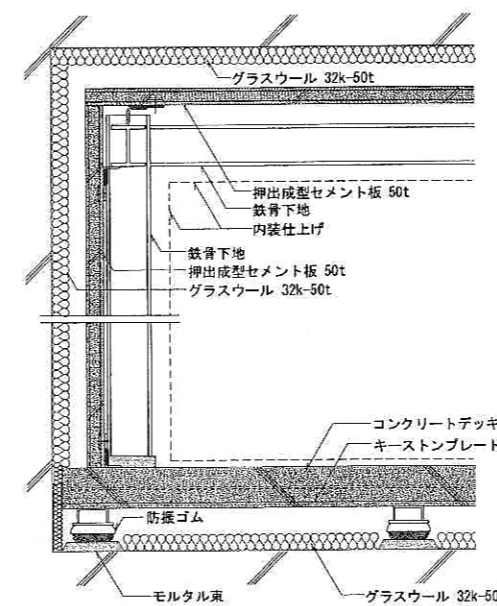


図4 リハーサル室防振遮音構造の仕様

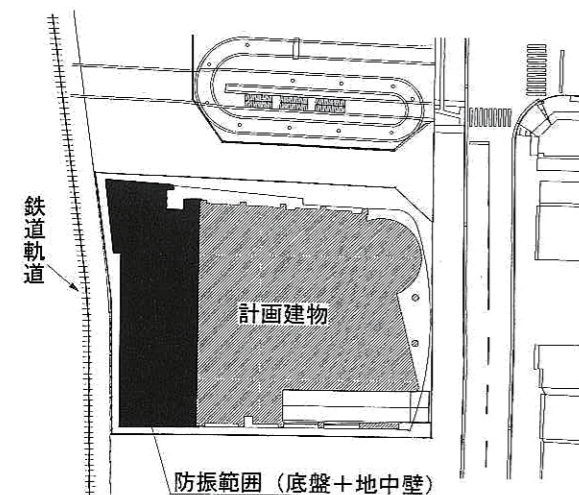


図2 地中防振壁施工範囲 (黒い部分)

表1 主な遮音構造と遮音性能目標値

| 箇所 | 遮音構造 | 遮音性能目標値 |
|----------------------|----------------------------------|--------------|
| リハーサル室 ~多目的ホール | 防振遮音構造(多目的ホール) 防振遮音構造(リハーサル室) | 80dB以上/500Hz |
| 1階レストラン個室 ~多目的ホール | 防振遮音構造(多目的ホール) | 80dB以上/500Hz |
| 4階会議室 ~多目的ホール | 防振遮音構造(多目的ホール) | 80dB以上/500Hz |

表2 室内騒音の許容値

| NC | 10~15 | 15~20 | 20~25 | 25~30 | 30~35 | 35~40 | 40~45 | 45~50 | 50~55 |
|-----------|-----------------|------------|------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|
| dB(A) | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 |
| うるささ | 無音感 | 非常に静か | 非常に静か | 静か | 静か | 普通 | 普通 | 騒々しい | 騒々しい |
| 会話・電話への影響 | 5m離れてささやき声が聞こえる | 10m離れて会話可能 | 10m離れて会話可能 | 普通会話(3m以内)電話は可能 | 普通会話(3m以内)電話は可能 | 普通会話(3m以内)電話は可能 | 普通会話(3m以内)電話は可能 | 大声会話(3m)電話やや困難 | 大声会話(3m)電話やや困難 |
| スタジオ | アナウンススタジオ | ラジオスタジオ | テレビスタジオ | | | | | | |
| ホール・劇場 | コンサートホール | 多目的ホール | 映画館 | | | | | | |
| 病院 | 聴力試験室 | 特別病室 | 手術室 | 診察室 | 検査室 | | | | |
| ホテル | | 客室 | 宴会場 | | | | | | |
| 住宅 | | 寝室 | 応接室 | | | | | | |
| 事務所ビル | | 重役室 | 大会議室 | 小会議室 | 一般事務室 | | | | |
| 公共建築 | | 美術館 | 博物館 | 講堂 | 普通教室 | | | | |
| 学校 | | 音楽教室 | | | | | | | |
| 教会 | | | 礼拝堂 | | | | | | |

◆室内音響設計

◇多目的ホール室形状の検討

本ホールは、幅広い用途に供されることが想定されている多目的ホールである。この種々の用途の中で、室形状に直接影響を受けるのが生音、特にクラシック音楽である。クラシックのコンサートホールでは、楽器から発せられた音が壁、天井で効率よく反射されて"豊かな響き"が形成されることに、その音響的な特徴がある。

響きの質に関しては、初期反射音（直接音に対する遅れ時間がおよそ100mm秒以内の反射音）が大きな役割を果たしている。豊富な初期反射音の確保と同時に、時間的また空間的な反射音分布のバランスが重要である。

この初期反射音の構造には、室形状が大きく影響する。本ホールでは、3次元コンピュータシミュレーションを用いて室形状の検討を行った。図6にコンピュータシミュレーションの結果を示す。室形状に関する主なポイントを以下に示す。

- ・クラシック音楽の場合には、舞台音響反射板を設置し、舞台天井と客席天井がなめらかな曲線で結ばれ舞台空間と客席空間が一体となるワンボックス型のホール形状となるようにした。この状態におけるホール形状はクラシック専用コンサートホールに近い形態となる。
- ・舞台上の演奏者が演奏しやすくするために、できるだけ早い反射音を演奏者に返すことを考慮し、舞台上の天井については必要以上に高くないように配慮した。
- ・主要な反射面である側壁については音の拡散性を意図して表面に凹凸のある形状とし、客席内における反射音の均一性について配慮した。

時間の最適値は異なり、さまざまな学者によってその推奨値が提案されている。それらの例を図5に示す。

室容積が大きくなるにつれ、残響時間の最適値は長めになっており、また用途によってもその値は異なってくる。

多目的ホールでは舞台音響反射板設置時の残響時間目標値を、図5のオペラハウスの推奨値付近に設定することが多く、本ホールもこれを参考に、以下のとおり目標値を設定した。

残響時間目標値

舞台音響反射板設置時

1.4~1.6秒(満席時/500Hz)

◇ホール内装条件の検討

ホール内装条件の考え方を以下に示す。

- ・内装壁面は、低音域から高音域までの反射を期待し、基本的に遮音層の繊維混入石膏板30mm厚の上に化粧材を直貼りした重量性材料とした
- ・内装天井面は、基本的に繊維混入石膏板16mm厚を基本とした反射面とする。なお、細かい凹凸ができるよ

うに表面に粗目のクロスを貼り、高音域における音の拡散を図った

- ・クラシックコンサートの長めの響きと講演会等の短めの響きへの対応は、舞台音響可動反射板の設置によるものとし、反射板収納時に露出する舞台空間内は吸音性仕上げとした(ホールの内装仕様を図7に示す)

◆ホール電気音響設備設計

◇基本方針

- ・公共ホールとして一般性のある適正なものとするが、一方でプロ使用に対しても十分対応可能な規模、グレードの設備とした
- ・地域住民利用を前提としたアマチュア使用にも十分対応できるよう簡易操作設備の設置を検討した
- ・本ホールは幅広い演目に対応する多目的ホールとして計画されていることから、コンサート用途として多少残響が長めの条件下においても十分なスピーチ明瞭度が確保できるようなシステムを採用した
- ・多目的対応として各種演劇等に十分対応できる効果音再生設備を設置した

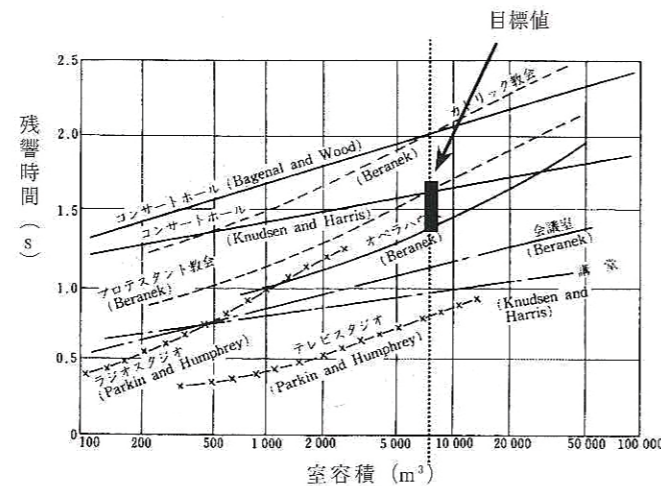


図5 用途、室容積と残響時間の推奨値 (出典: B. F. Day, Ford and P. load: Building Acoustics, 1969)

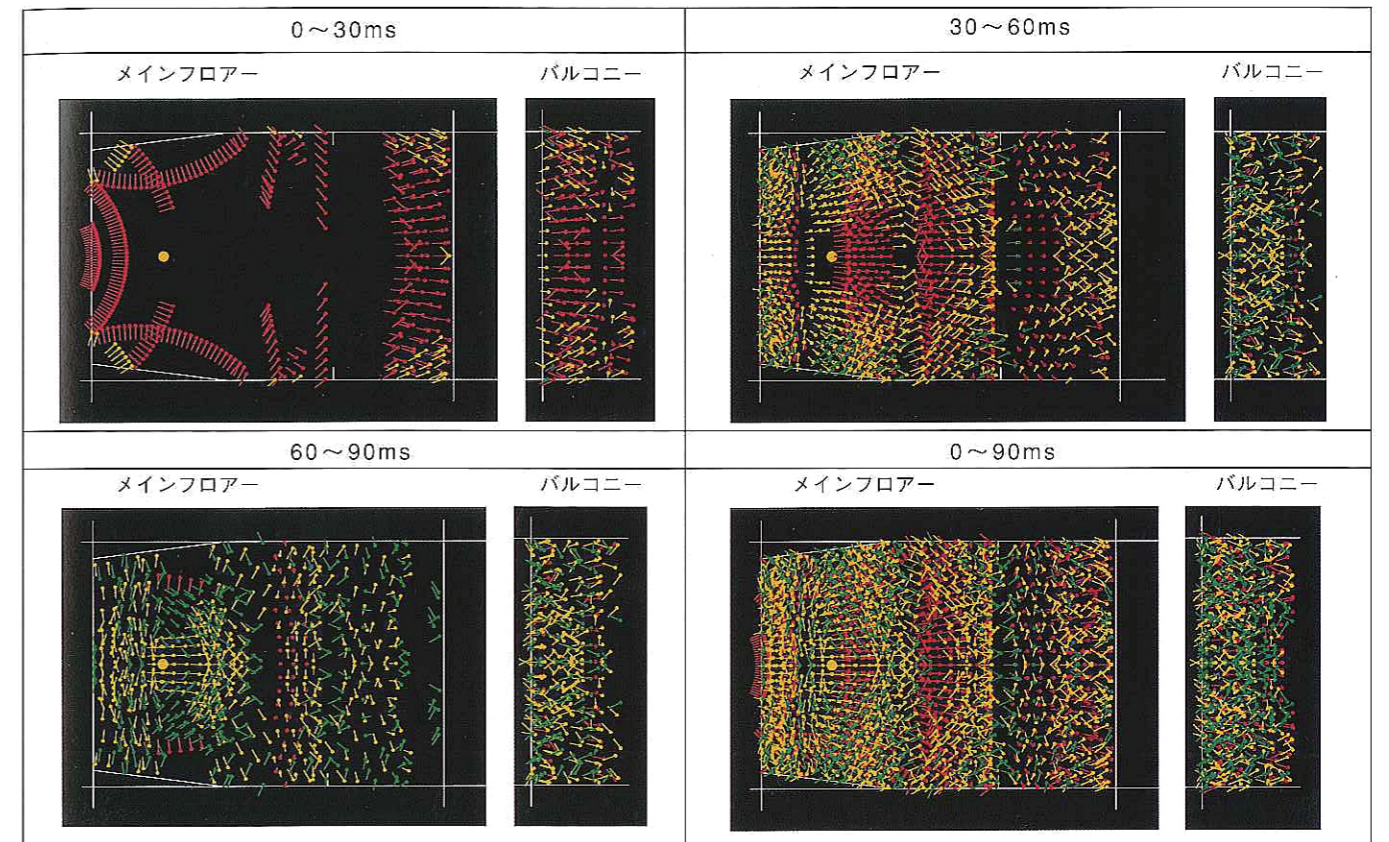
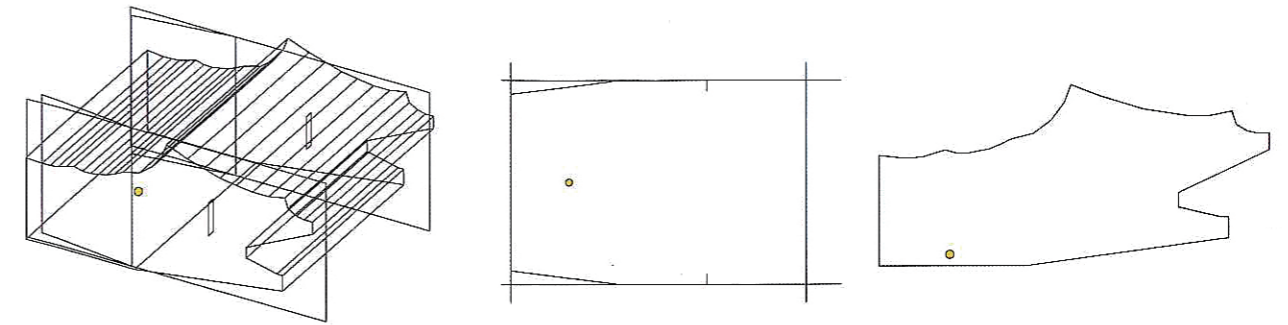
表3 電気音響設備動作特性目標値

| 項目 | 目標値 |
|-----------|-------------------------|
| 最大再生音圧レベル | 95dB以上(ピンクノイズ、ホール客席中央部) |
| 伝送周波数特性 | 偏差 10dB以内(200~5,000Hz) |
| 音圧レベル分布 | 偏差 6dB以内(2kHzバンドノイズ) |
| 安全拡声利得 | -10dB以上(ホール客席中央部) |
| 残留雑音 | NC-20以下(ホール客席中央部) |

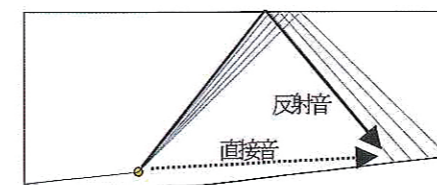
◇残響時間目標値の設定

響きの"質"の一方、響きの"量"、"長さ"は、残響時間としてホールの室容積と内装条件によって左右される。残響時間は物理量として定義されており、音源停止後に音のエネルギーが100万分の1(-60dB)になるまでの時間をいう。

ホールの用途、室容積に応じて残響



時間表示の見方



時間表示は直接音が到来した後、反射音が到来するまでの時間差を示す単位(ms)

線分表示の見方

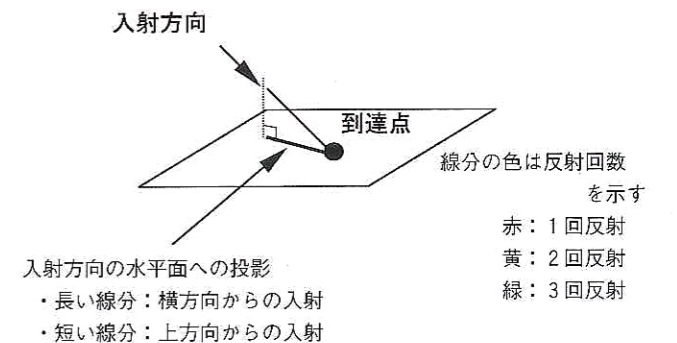


図6 コンピュータシミュレーション結果

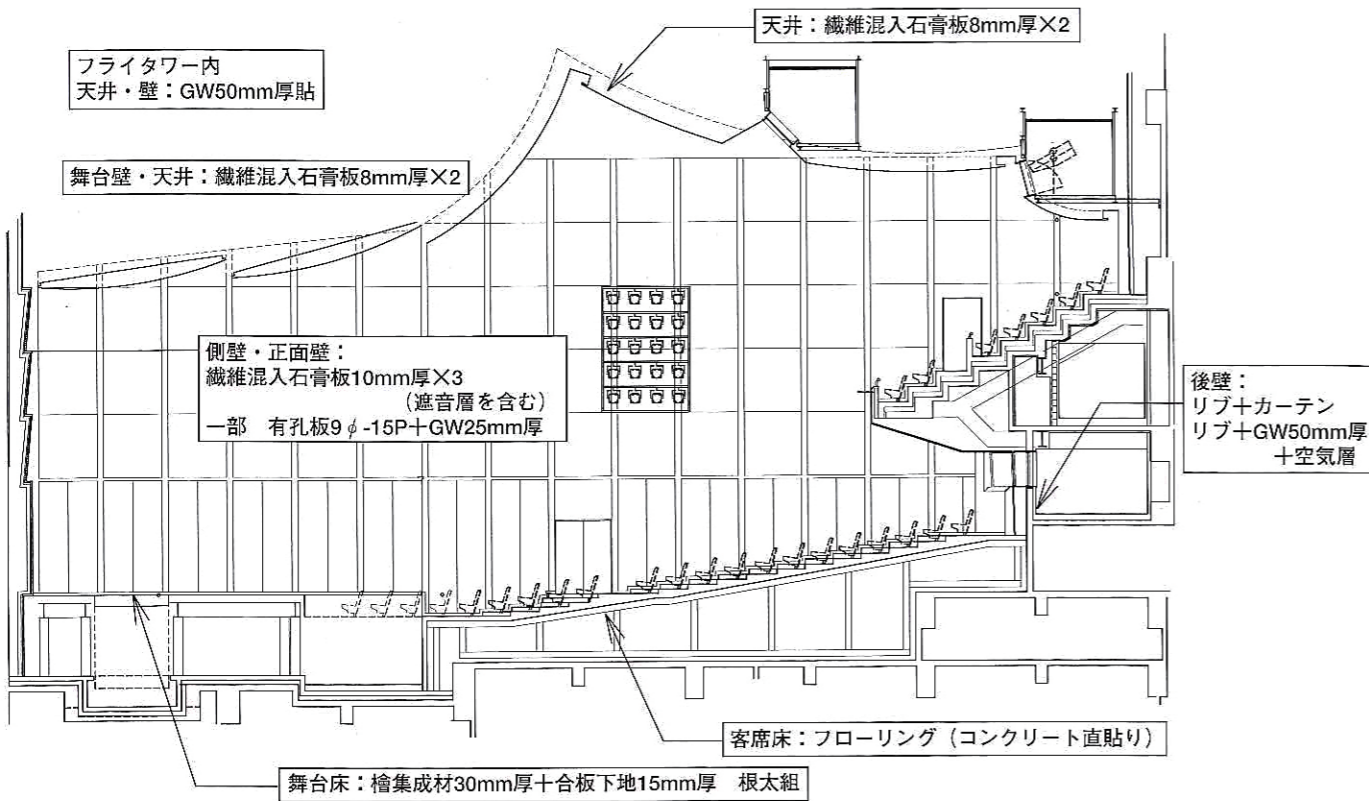


図7 ホールの内装仕様

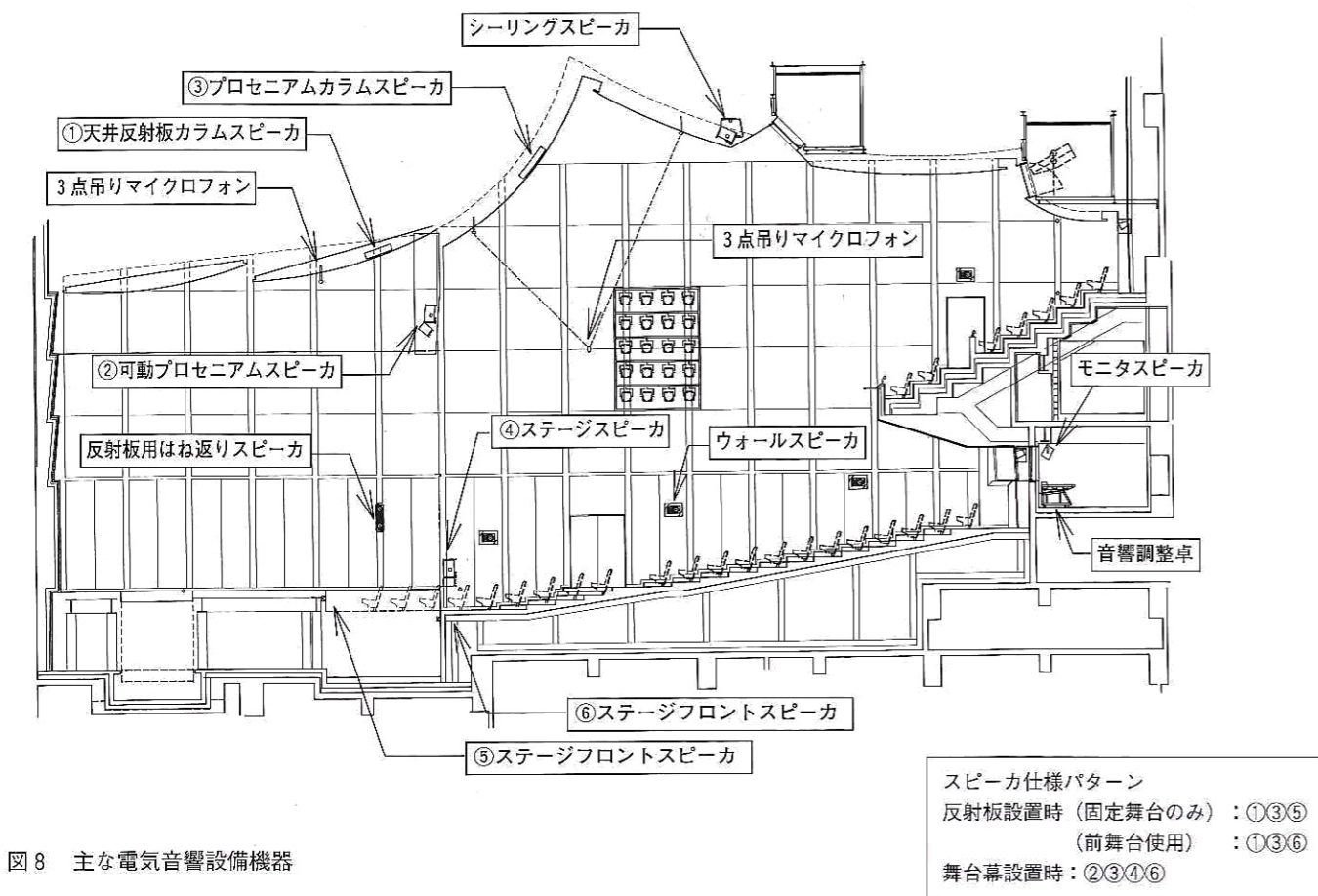


図8 主な電気音響設備機器

- ・録音設備の充実を図り、高品質録音設備を設定した
- ・仕込み用、呼出用をはじめ、インカム、運用系モニターシステム等の運用連絡設備を充実させた
- ・機器の持込み利用に対し、舞台袖コンセント盤、PAブース盤、音響用電源盤を設置し、容易に対応できる設備とした

◇音響性能目標値の設定

音響性能目標値を表3に示すとおり設定した。

◇主要機器の配置

基本方針、音響性能目標値をもとに、設定したホールの主な電気音響設備機器の配置を図8に示す。

◇スピーカシステム

クラシックコンサートにおけるホール内アナウンス、レクチャーコンサート等のスピーチの放送・拡声に対応するため、反射板と上部プロセニウムにコンサート専用のスピーチ拡声用スピーカシステムを設置した。

設置にあたっては、天井の有効な音響反射面がスピーカの大きな開口によって吸音されることを避けるため、プロセニウム中央にスピーカの設置は行わなかった。

また、スピーカシステムも可能な限り小型のシステムとする必要があった。

さらに、本ホールは前舞台迫りが設置されており、舞台面積の変化に伴い客席のサービスエリアが増減することへの対応も行う必要があった。

このため、サービスエリアの増減に対応するためのスピーカシステムを追加しなくてもいいように、スピーカの指向性制御によるサービスエリアの拡大・縮小を行った。

このスピーカシステムは、5cm径の小型フルレンジユニット12台をカラム形に配列した。これを1システムとし、上・下手各2システムで構成した。上手・下手の配置は舞台側の天井反射板に1システム、客席側の上部プロセニウムに1システムであり、前後のシステムが一直線になるようにした。

これらの小型フルレンジユニット1台にデジタルシグナルプロセッサ(DSP)と電力増幅器を各1chずつ割り当て、遅延時間とイコライザの設定によって、スピーカシステムの指向性を制御している。舞台と客席のパターンごとに各DSPの共通No.のメモリバンクに記憶することにより、専用キー(ボタン)で一括呼び出しをかければ各パターンの設定が再現できるように設定した。

◆音響特性測定結果

◇ホール残響時間

①舞台音響反射板設置時(固定舞台のみ)、1,000席仕様、②舞台音響反射板設置時(前舞台使用)、800席仕様、③舞台幕設置時、1,000席仕様の残響時間測定結果から推定した満席時の残響時間を図9に示す。

舞台音響反射板設置時における満席時の残響時間推定値は約1.4秒(1,000席仕様、500Hz)および1.5秒(800席仕様、500Hz)であった。これは設計時目標値を満足しており、多目的ホールと

して適切な残響時間が得られている。また、舞台幕設置時における残響時間の満席推定値は、舞台音響反射板設置時よりそれぞれ0.8秒(500Hz)短くなっており、多目的使用で想定される講演会等の催しに対して、十分対応できる響きとなっている。

◇遮音性能

主な空間についての遮音性能測定結果を図10に示す。いずれも構造にみあった性能が確保されており、目標値を満足する結果が得られている。多目的ホール、リハーサル室、会議室相互の遮音性能は、ほとんどの演目に対して同時使用が可能な性能が得られている。

◇鉄道騒音、振動

鉄道の騒音、振動による固体伝搬音は、多目的ホールにおいてNC-20を満足しており、所期の遮音、防振性能が実現されている。

◇空調設備騒音

多目的ホールの空調設備騒音測定結果は、舞台、客席ともにNC-20前後の性能目標値を満足し、大変静かな空間が得られた。

◇電気音響設備動作特性

完成時に行った音響測定と拡声テストでは各パターンでの客席内の音量分布および拡声音質は良好であった。各項目とも設計の意図および性能目標値を満足する良好な結果が得られた。

(株)永田音響設計

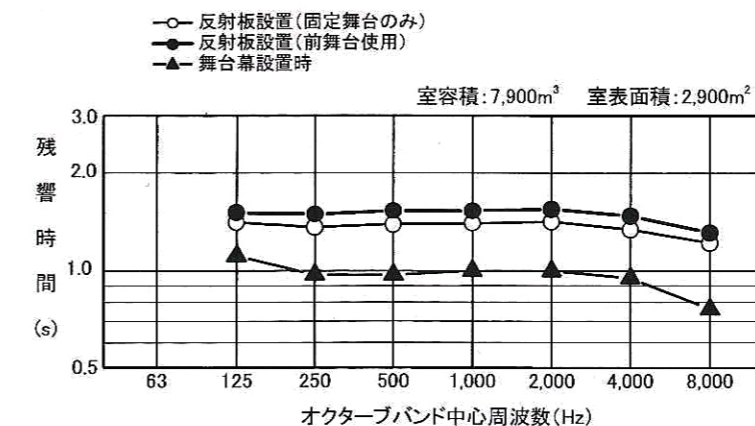


図9 ホール残響時間測定結果

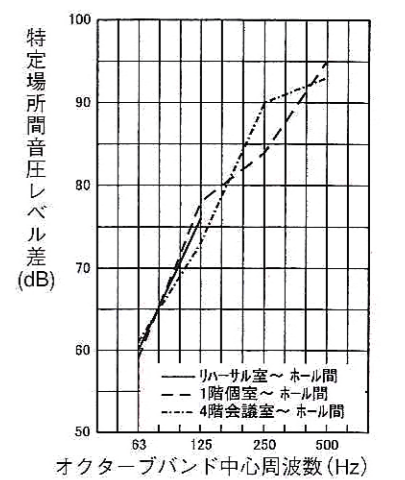


図10 空間遮音性能測定結果