

音楽大学建替えプロジェクトにおける 室内音響と騒音防止の設計技術

池上 雅之 渡辺 充敏

Design Technology for Room Acoustics and Noise Control at the Academia Musicae Rebuilding Project

Masayuki Ikegami Mitsutoshi Watanabe

Abstract

In music colleges, education and artistic expression is achieved by vocal and instrumental performances. Among the many building considerations, the importance of room acoustics and noise control are particularly high. We applied our design technologies for room acoustics and noise control to realize an excellent sound environment for the Musashino Academia Musicae rebuilding project. Our study and the results we obtained are presented and explained in this paper.

概要

音楽大学では、音声と楽器演奏により教育や芸術表現が行われているため、数ある建物用途の中でも室内音響・騒音防止の重要性が特に高い施設である。今般、武蔵野音楽大学の建替えプロジェクトに際し、当社の室内音響と騒音防止の設計技術(Box in Box浮き遮音構造の採用や室内での平行面をなくしたフラッターエコー対策等)を適用し優れた音環境を実現した。

1. はじめに

一般に建築物の室内では、音を使ったコミュニケーション(会話のような双方向のやり取りに加え、放送のような一方の伝達も含む)が行われており、室内の響きを含む聞こえ方がコミュニケーションの質に大きな影響を及ぼす。室内の響きや聞こえ方は、空間の容積・仕上げ材料や、防振・遮音構造等の建築仕様に大きく依存し、更に空調等の騒音や電気音響設備等の性能の影響も大きい。そのためこれら全般を適切に制御する室内音響と騒音防止の設計技術が、建築物の品質確保に欠かせない。さらに聞こえ方は主観的な要因が多く数値化し難いため、建築主の要望を整理して具体的な解決策を検討し、建築主

の理解を得て実際の空間を実現するプロセスも大切である。

音楽大学では、音声と楽器演奏により教育や芸術表現が行われているため、数ある建物用途の中でも音響的な品質確保の重要性が特に高い施設である。今般、武蔵野音楽大学の建替えプロジェクトに際し、室内音響と騒音防止の設計技術を適用し優れた音環境を実現したのでその結果を紹介する。

2. 物件概要

本プロジェクトの概要と外観をTable 1, Photo 1に示す。本プロジェクトでは1960年築のバートーヴェンホールを

Table 1 本プロジェクトの概要
Outline of this Project

工事名称	武蔵野音楽大学江古田新キャンパスプロジェクト		
建築主	学校法人 武蔵野音楽学園		
工事場所	東京都練馬区	工期	2015年4月～2017年1月
構造種別	新築(RC造(一部S造)4棟、S造1棟)		
	改修(RC造(一部S造)2棟)		
敷地面積	12,117m ²	建築面積	7,026m ²
延面積	24,677m ²	階数	地上5階、地下1階
設計・施工	(株)大林組		
音響設計	(株)大林組 技術研究所 (モーツァルトホール他3ホール、練習室・レッスン室の音響設計、及び全体の遮音設計・騒音規制法対応)		
	(株)永田音響設計		
	(バートーヴェンホール改修音響監修、 プラームスホール音響設計)		



Photo 1 外観 (正面エントランス)
Facade (Front Entrance)

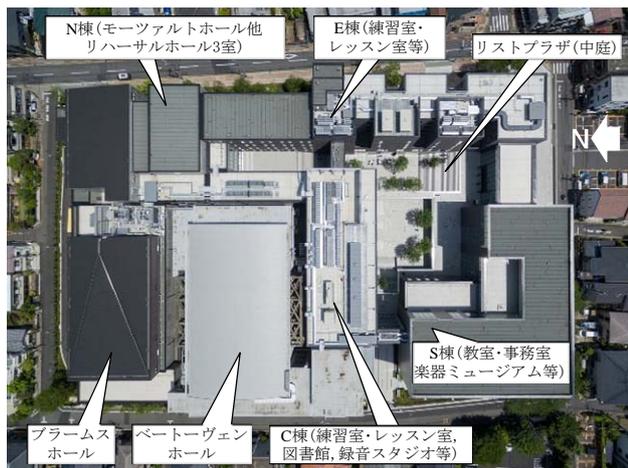


Photo 2 敷地鳥瞰写真
Aerial View of the Site



Photo 3 リストプラザ(中庭)
Liszt Plaza (Courtyard)



Photo 4 モーツァルトホール
Mozart Hall



Photo 5 オーケストラホール
Orchestra Hall



Photo 6 コーラスホール
Chorus Hall



Photo 7 ウィンドアンサンブルホール
Wind Ensemble Hall

天井耐震改修工事とリニューアル工事を行った上で残し、それ以外の校舎を新たに建替えた。

新築校舎は5棟の建物から成り、ブラームスホール棟、N棟(約100席のモーツァルトホールやオーケストラ・コーラス・ウィンドアンサンブルの3つのリハーサルホール等)、E棟・C棟(多様な楽器に対応した多数の練習室やレッスン室、録音スタジオ、図書館等)、S棟(一般教室、事務室等)で構成されている。敷地の中心部にはリストプラ

ザと呼ばれる地下一階レベルの中庭が設けられており、周辺を校舎で囲うレイアウトとすることで、大学らしい賑わいの創生と周辺住宅地への騒音防止を両立させるとともに、建物の高さ制限を満足させつつ必要諸室数を確保する計画となっている(Photo 2~3参照)。

設計施工は大林組が行い、音響設計は、Table 1に示した役割分担で大林組技術研究所と(株)永田音響設計が共同して担当した。

3. 室内音響設計

この章では、各棟のホールや練習室・レッスン室の室内音響設計について説明する。各室の設計に当たっては、用途に応じた平均吸音率^{注1)}や残響時間^{注2)}の目標値を満足できるように室内音響予測を繰り返し、内装の材料と面積の仕様を定めた。

3.1 N棟の室内音響設計

N棟には、モーツァルトホールとオーケストラ、コーラス、ウインドアンサンブルの3つのリハーサルホール、及び練習室がある。

モーツァルトホールは、約100席のリサイタル・室内楽用のホールである(Photo 4参照)。歴代の校舎にはこの名を付けたホールが設けられており、パイプオルガンは旧校舎の2代目モーツァルトホールから移設した。室形状は約900m³のシューボックスタイプ(直方体形状)であり、ヨーロッパのサロンをイメージした内装となっている。

モーツァルトホールに対する室内音響の要求事項は、重厚な内装イメージに見合った豊かな響きの確保と、正面方向の切り替え対応(オルガンのある短辺側、及び長辺側の両方を正面として使える)である。

オルガンには大小様々な大きさのパイプがあり、共鳴する周波数で音響エネルギーの損失が起こるので、音響的に見ると吸音体になる。そのため重厚な響きにするにはその他の吸音部位を減らす必要がある。また正面方向を切り替えるには吸音部位を分散配置して場所による響きの差を減らす必要があり、音源がどちらに来てもフラッターエコー(特定の経路を繰り返し反射して違和感のある音色になる現象)を防止する必要もある。そのため壁面のルーバー奥の見えない箇所を部分的に吸音面とし、更にそれらを分散配置することで、意匠的なちぐさや回避しながら吸音部位を室内に分散させた。加えて室内側に向けて壁面をわずかに湾曲させるデザインを意匠に取り込み、正面方向の切り替えに対応しながらフラッターエコーの防止を図った。

竣工時の残響時間の測定結果は、目標値1.6秒程度に対して1.8秒(500Hz, 空室カーテンなし)となり、正面方向を切り替えても違和感なく利用できる室内音響となった。

またオーケストラ、コーラス、ウインドアンサンブルの3つのリハーサルホール(Photo 5~7参照)に対する室内音響の要求事項は、オーケストラ、大合唱、吹奏楽という用途と編成配置に応じた響きの確保である。

各ホールとも、壁や天井の平行面を無くしてフラッターエコーを防止するとともに、屏風折れの反射面と吸音面を混在させて反射音と吸音の分散を図りながら用途に応じた響きに調整した。吸音面は場所によって内部のグラスウールや空気層の厚さを変化させ、周波数特性の平坦化も図った。

竣工時の残響時間の測定結果は、目標値1.7秒程度、2.1秒程度、1.5秒程度に対して、それぞれ1.8秒、2.0秒、1.7



(a) 先生方による試奏・試聴
Sound Trial / Audition by Teachers



(b) 吸音材の面積・位置の調整
Adjustment of Area and Position
of Sound Absorbing Material

Photo 8 吸音仕様の決定過程
Decision Process of Sound Absorbing Specification

秒(500Hz, 空室カーテンなし)となり、用途に応じた室内音響となった。

3.2 E棟・C棟の室内音響設計

E棟・C棟には、練習室、レッスン室、図書館、録音スタジオ、録音コントロール室、DTM演習室、食堂、事務室等がある。

練習室は学生個人が演奏練習を行う9~68m²程度の室(計124室)、レッスン室は先生から演奏のレッスンを受ける19~47m²程度の室(計66室)であり、それぞれ楽器の種類に応じて設けられている。これらの室への室内音響の要求事項は、楽器の種類や用途に応じた響きの確保である。

各室とも、壁や天井の平行面を無くしてフラッターエコーを防止するとともに、屏風折れの反射面と吸音面を混在させて反射音と吸音の分散を図った。更に工事中に先行仕上げする室を複数用意し、各楽器の先生方による試奏・試聴(Photo 8a)と、吸音材の貼り付け面積・位置の調整(Photo 8b)を繰り返して、響きの豊かな「ライブ」(主に弦楽器向け)と響きを抑えた「ノーマル」(主にピアノ・

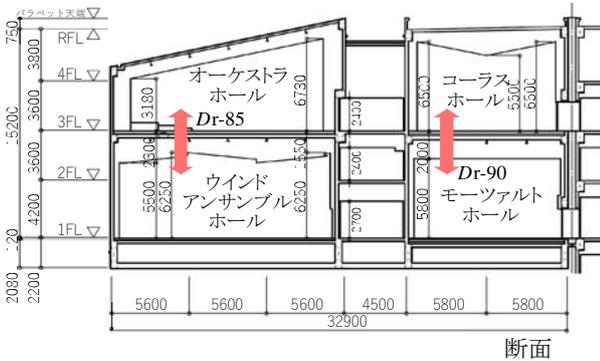
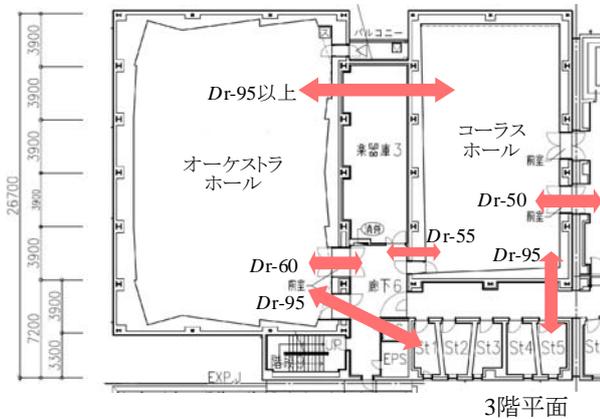
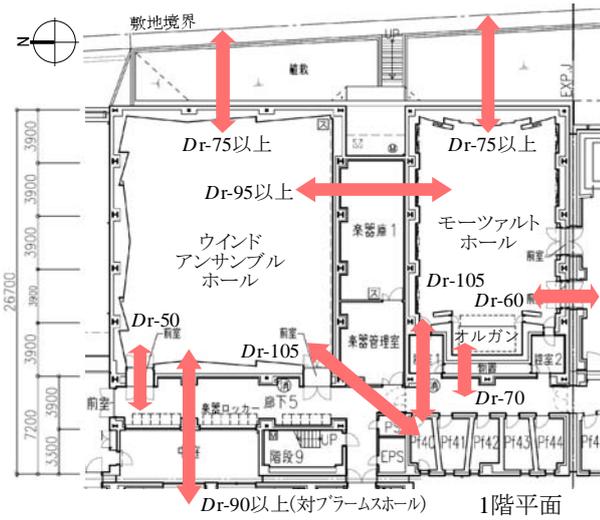


Fig. 1 N棟の遮音性能
Sound Insulation Performance of N Building

打楽器・金管木管楽器向け)の2種類の吸音仕様を決定、練習室・レッスン室全体の工事に反映した。各楽器の音量や指向特性は様々であり、先生方の感じ方・使い方にも幅があるため、建物完成前に実際の音の状況を体験し、発注者、先生方、設計者の共通認識のもとに調整・決定の過程を経ることは、建物竣工後の円滑な運営に寄与するものと考えられる。

竣工時の残響時間の測定結果は0.3~0.7秒程度(500Hz, 空室, カーテンあり)となり、フラッターエコーを感じられない室内音響となった。

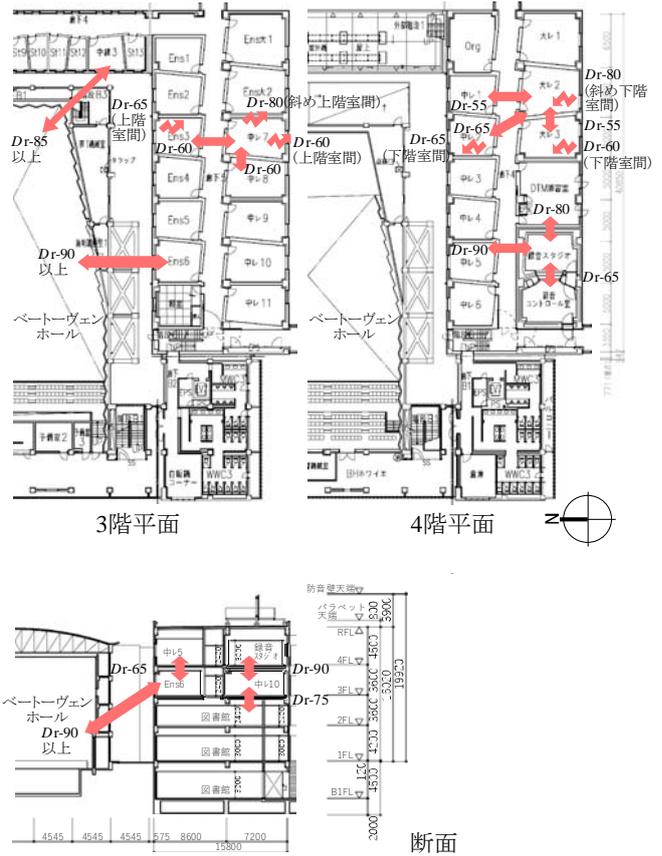


Fig. 2 C棟の遮音性能
Sound Insulation Performance of C Building

4. 騒音防止設計

この章では、各棟各室間の騒音防止設計について説明する。建物内の要求事項は、用途に応じた静謐性能(静けさの性能)の確保、及び各室が独立して利用できることである。また建物外の要求事項は、騒音規制法や東京都環境確保条例の規制基準の満足である。設計に当たっては、用途に応じた静謐性能や遮音性能の目標値・規制基準を満足できるよう騒音伝搬予測を繰り返し、内外装、建具、貫通部、消音器等の遮音仕様や減音性能を定めた。

4.1 N棟の騒音防止設計

各室が独立して利用できるように、隣接室の演奏等の伝搬音が空調騒音等の暗騒音にマスキングされ、気にならないような状態にする必要がある。そのため、伝搬音(空調ダクトのクロストークを含む)の目標値を空調騒音等の暗騒音の目標値(静謐性能)よりも10dB小さい値に設定した。隣接室における演奏音の大きさを楽器毎に測定し、その最大の値と伝搬音の目標値との差分を満足するよう、室間の遮音性能の目標値を設定した。目標値はいずれもDr-75以上の高い性能となったため、演奏音の発生するすべての室をBox in Boxの浮き遮音構造(躯体でできた空間(Box)の中に、防振ゴム等で支持された乾式

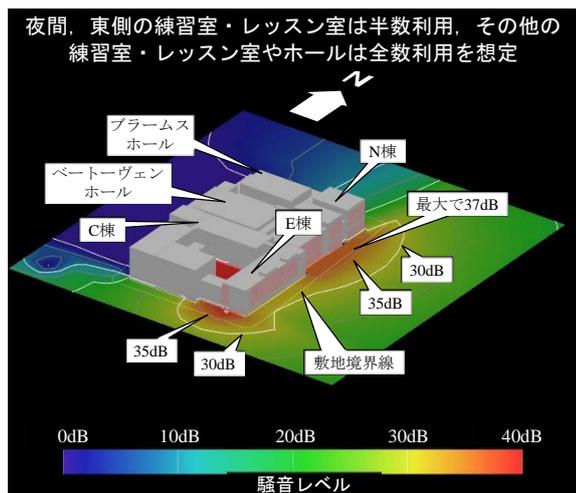


Fig. 3 演奏音の騒音伝搬シミュレーション
Noise Propagation Simulation of Performance Sound

工法の空間(Box)を設ける構造)にするとともに、ホールの間には楽器庫を挟んで緩衝層とした。更に工事途中で浮き床と躯体の間の振動減衰を確認し、施工不具合が生じていないことも全数で確認した。

竣工時の遮音性能の測定結果(Fig. 1参照)は、同じ階のホール間がDr-95以上、上下階のホール間がDr-85~90、ホール・練習室間がDr-95以上、N棟のホール・ブラームスホール(別棟間)間がDr-90以上となり、それぞれ独立に利用できる遮音性能となった。なおホールの静謐性能は空調運転時にNC-15~20となり、十分な静けさが確保された。またビビリ音(演奏音等により内装や照明器具が振動して生じる音)の検査として、音響試験用のスピーカーから様々な周波数の音を発生させて室内各所のビビリの有無を確認し、内装の軽鉄下地や照明器具の揺れ対策を行った。またモーツァルトホールではオルガンが大音量で演奏されるので、特別にオルガンを音源とした確認も行った。

4.2 E棟・C棟の騒音防止設計

室間の遮音性能の目標値設定は、N棟で説明した方法と同じとした。録音スタジオは特に高い遮音性能が必要とされるため、録音スタジオのみならず、隣接する録音コントロール室やレッスン室もBox in Boxの浮き遮音構造とした。また図書館も高い遮音性能が必要とされるため、防振遮音天井にするとともに、上階のレッスン室をBox in Boxの浮き遮音構造とした。

竣工時の遮音性能の測定結果(Fig. 2参照)は、固定遮音構造の練習室やレッスン室同士が隣室間でDr-50~55、上下室間でDr-55~60、浮き遮音構造の練習室やレッスン室同士が隣室間でDr-60~75、録音スタジオ・DTM演習室間(隣室間)がDr-80、録音スタジオ・レッスン室(上下室間)がDr-90、図書館閲覧室・レッスン室(上下室間)がDr-75、練

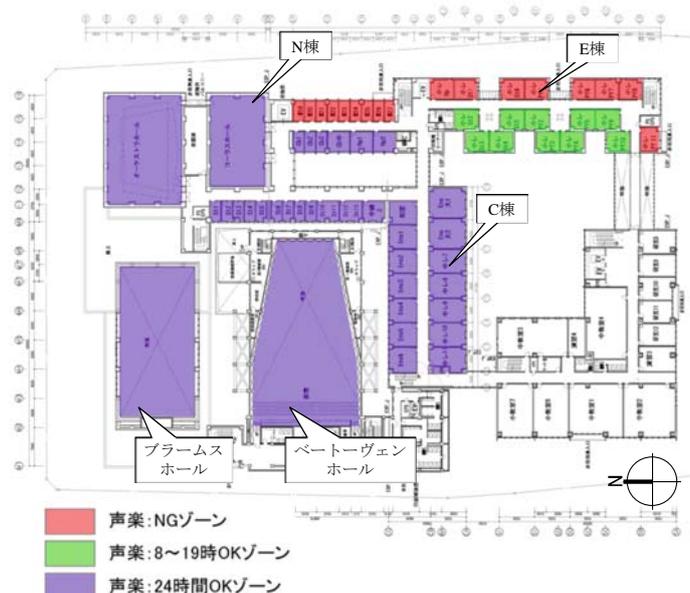


Fig. 4 時間帯別利用制限
Usage Restrictions by Time Zone

習室やレッスン室・ベートーヴェンホール(別棟間)がDr-85以上となり、それぞれ支障なく独立に利用できる遮音性能となった。また録音スタジオの静謐性能は空調運転時NC-15となり、十分な静けさが確保された。

4.3 建物外の騒音防止設計

演奏音の他に、各建屋の内外にある建築設備の機器発生音も敷地境界に影響を及ぼすので、これらを合成しても規制基準が満足できるように建築設備の騒音対策や、演奏する室の遮音対策を行う必要がある。そこで発生音の特に大きいE棟の打楽器練習室・レッスン室(平面図割愛)を地下階に配置して影響を軽減するとともに、敷地境界に面する練習室・レッスン室の利用数や利用時間・演目を制限することで経済的な対応を図った。屋外の騒音伝搬シミュレーションを繰り返し、建築設備の消音器等の性能や建物の遮音性能の仕様を定めた(Fig. 3~4参照)。

竣工時の遮音性能の測定結果は、モーツァルトホール他N棟の4ホールと敷地境界の間がDr-75以上、ブラームスホールと敷地境界の間がDr-80以上、練習室・レッスン室と敷地境界の間がDr-80以上である。また敷地境界における建築設備稼働時の機器発生音の測定結果は37dB以下となり、演奏音の予測結果(最大で37dB)と合成しても夜間(19時~翌8時)の規制基準の40dBを満足できることが確認された。

5. まとめ

武蔵野音楽大学の建替えプロジェクトに際し、室内音響と騒音防止の設計技術を適用し優れた音環境を実現した結果を示した。これらの技術は音楽大学のような専門施設に限らず、講堂や会議室等音を使ったコミュニケーションを行う建築物の品質向上に広く役立つので、積極

的な展開を図りたい。

謝辞

本プロジェクトの完遂に当たり、多大な支援を頂いた学校法人 武蔵野音楽学園, (株)永田音響設計, 工事協力会社, 設計施工他の関係各位に深く感謝する。

注記

- 1) 平均吸音率: その室の平均的な吸音状態を表す数値。室内にある全ての物体の等価吸音面積(吸音力)を合計し, 全表面積で除して求める。平均吸音率と用途の目安を以下に示す。

0.15~0.20: 比較的良好に響く室(演奏用ホール等)

0.20~0.25: 中庸な響きの室(教室や会議室等)

0.25~0.35: あまり響きのない室(録音スタジオや講堂等)

- 2) 残響時間: 響きの長さを示す指標。室内を音で充填させた後, 音の発生を止めたときから音圧レベルが60dB減衰するまでに要する時間で表す。値が大きいほどよく響くが, 用途と室容積に応じて目安があるので, 大きいほど良いホールという訳ではない。

参考文献

- 1) 池上雅之: 建築音響の品質確保のための技術と取り組み, 大林組技術研究所報, No.72, 2008年12月