

東北大学マルチメディアホールの音響仕様と特性



福山 忠雄^{*1}

土屋 裕造^{*1}

概 要

本ホールは、東北大学に新設されたマルチメディア総合研究棟の一施設で、収容人数は約470名である。主使用目的は、多様なメディアを統合的に活用する講義・実習などであるが、音楽の演奏などにも利用される。音響検討では上記使用目的から、明瞭性の確保を第一とした残響設計などを行い、音楽演奏には電気的な残響付加に対する配慮を払った。一方、建物に近接して敷設予定の地下鉄振動の防止も大きな課題であった。この対策として、ホール全体を防振ゴムで支持した浮き構造を採用した。本稿では、このホールの音響仕様の概要、並びに、完成後の音響特性について報告する。

ACOUSTICAL DESIGN AND VIBRATION CONTROL OF THE MULTIMEDIA HALL IN TOHOKU UNIVERSITY

Tadao FUKUYAMA^{*1}

Yuzo TSUCHIYA^{*1}

This report summarizes the acoustical designs and vibration control of multimedia hall in Tohoku University.

The pints of this design are getting speech intelligibility and vibration control of underground railway.

The summary of acoustic measurements is shown bellows.

- 1)The good result about speech intelligibility was obtained.
- 2)The optimum reverberation time was obtained.
- 3)The air condition noise was under NC-20.

*1 技術研究所

*1 Technical Research Institute

東北大学マルチメディアホールの音響仕様と特性

土屋 裕造*1
福山 忠雄*1

1. はじめに

最近の学校では、多様なメディアを統合的に活用した、いわゆるマルチメディア教育や研究が行われるようであり、このための教室が、視聴覚教室・マルチメディア教室・AV教室などの室名で設けられる。このような教室はその規模も大小さまざまで、具備する機能も多様であるが、使用目的などからは、その音響環境は共通的に重要な要素といえる。しかしながら現況は、その音響計画の基本指針などは十分に整理されているとは言い難く、このための事例研究や運用面の調査などが必要と考えられる。このような視点から本報では、先に東北大学の川内キャンパスに新設された、収容人数470名規模のマルチメディアホールを対象とし、その音響設計の要旨、および、建物に近接して敷設が予定されている地下鉄を対象とした振動防止設計、並びに、完成後の音響特性などについて示し、マルチメディア教室などの計画における音響事例の一つとする。

2. 建物とホールの概要

2.1 建物の概要

建物の周辺状況を図-1に、建物の断面を図-2に、それぞれ模式的に示したが、本建物の一面は比較的交通量

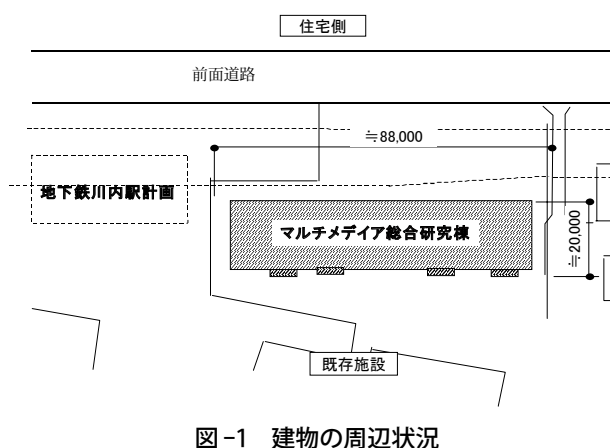


図-1 建物の周辺状況

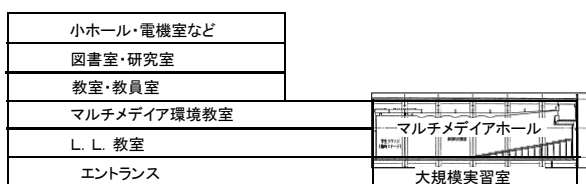


図-2 建物の断面図(模式図)

の多い傾斜道路に近接している。この道路は将来幹線化が予定されており、また、将来、この建物に極く近接して地下鉄が計画されている。建物の主体構造は鉄骨・鉄筋コンクリート造で、外壁は押出し成型セメント版が用いられている。図2にみられるように、本棟には、L L教室、マルチメディア環境研究室など、語学や情報化教育のための教室が多く設けられている。

対象ホールは建物低層部の2～3階に計画され、ステージ側がL L教室などと隣接し、下階には大教室が配置されている。

2.2 ホールの概要

本室は、多様なメディアを統合的に活用した講義・実習などに主として使用されるが、音楽演奏などにも用いられる予定であり、意匠面からも室内の雰囲気も重視されている。

ホールの内装仕様・諸元を表-1に、2・3階の平面を図-3にそれぞれ示すが、ホールの基本形状は長方形で、断面的にはやや扁平な形状である。

表-1に示したように、1席当たりの室容積(V/N)は約4.7m³で、通常のホールより小さめである。

ホールは段床形式のワンフロアタイプであり、室の前部は平床、中後部が段床となっている。この段床は鉄骨構造で、床はコンクリート床である。

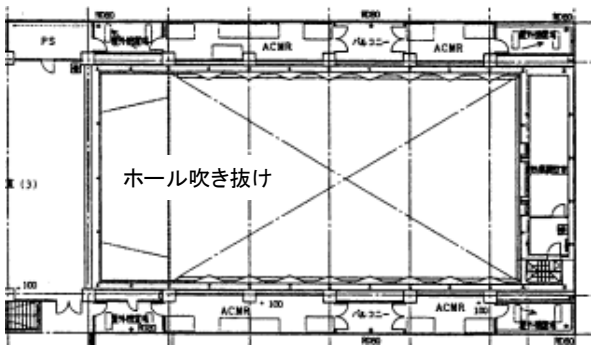
教壇はステージ形式を採り、その上部にはプロセニウムスピーカ、側壁にはウォールスピーカが計画されている。なお、室の後方上部には効果調整室が設けられている。

室内空調は、サプライが室の上部に、レタンはホール両側壁下部に設けられている。なお、ホール専用の空調機械室はホール両側の斜め上部(3階)に設けられた。

表-1 ホールの仕様・諸元

部位	仕様概要
床	浮き床コンクリート下地タイルカーペット
壁	主要部；有孔・無孔珪酸カルシウム板 t 8 上 部；拡散壁、空調レタン部；鋼製メッシュ
後壁	有孔珪酸カルシウム板 t 8
天井	岩綿吸音板 t 15、拡散仕様
扉	鋼製防音扉 (ホール側)；吸音仕様
椅子	鋼製フレーム合板仕様、背・座：クロス仕様
諸元	室容積(V)：2,200m ³ 、総表面積(S)：1,243m ² 座席数(N)：470席、V/N ≒ 4.7m ³ 、V/S ≒ 1.8m ³

*1 技術研究所



3階平面図

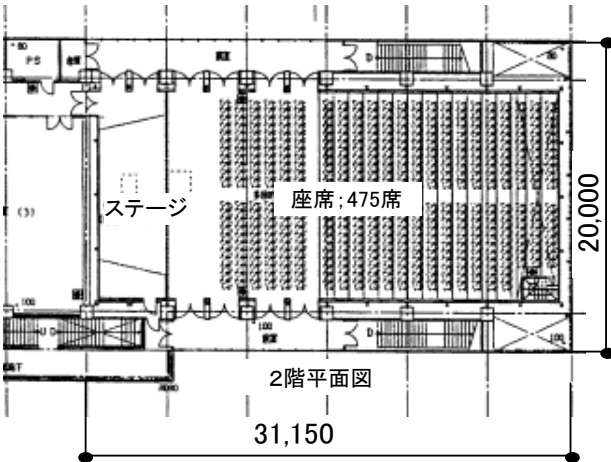


図-3 ホールの平面図

3. 音響設計

3.1 騒音防止関係

1) 空調騒音

室の性格などから、空調騒音の低減目標をNC-25に設定した。

これを達成するため、ホールに近接した機械室からのダクト系消音スペースの確保、主要機器の防振に特に留意した。また、側壁下部に設けられたレタン開口部は客席に近く、かつ、かなりの面積を占めるので、開口の内部空間はできるだけ吸音し、表面仕上げの鋼製メッシュはビリツキが生じないように堅固に取り付けた。

2) 外周壁の遮音 外周壁の遮音検討では、建物前面の傾斜路を通過する定期バスなどの騒音が主対象であったので、道路に面する側には廊下を配置して、「押し出し成型セメント板(外壁)-サウンドロック(廊下)-ホール防振遮音層」の遮音構造とすることにより、十分な必要遮音性能を確保した。なお、押し出し成型セメント版の接合部や躯体との取り付け部は遮音欠損を生じないように、図-4に示すような仕様とした。

3) 地下鉄振動の防止 地下鉄から地盤を經由して建物に伝搬する振動の主周波数成分は、これまでの経験などから6.3 Hz付近と予測されたので、ホール吹き構造の共振周波数を1.0 Hz程度に設定して、床や壁の防振仕様を決定した。

床の防振仕様の一部を図-5に示すが、緩衝材料には丸型防振ゴムを採用し、また、地震時の吹き床のストッパー

として固定スラブの一部を吹き床とラップさせる方法を使った。図-6には壁の防振構造のうち、床との取合い部を示した。防振壁は重量などの関係もあり、防振床とは独立させ、固定床に専用の防振ゴムを取り付けて支持した。なお、天井と壁の防振遮音層は石膏ボードの多重張りとした。

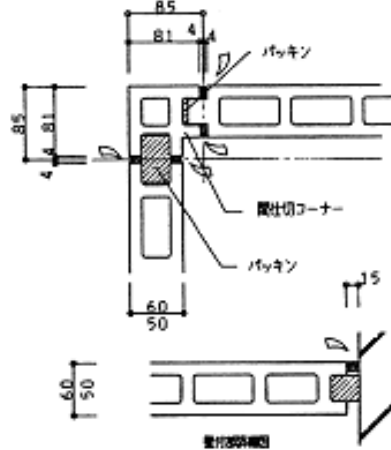


図-4 外壁の遮音主体構造

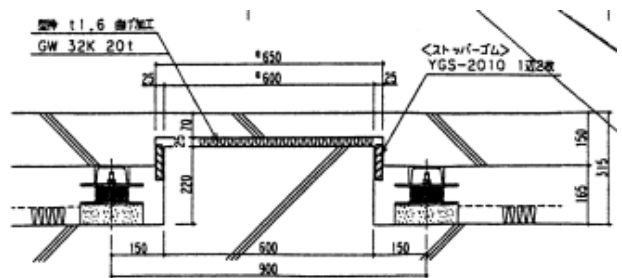


図-5 ホール吹き床の仕様

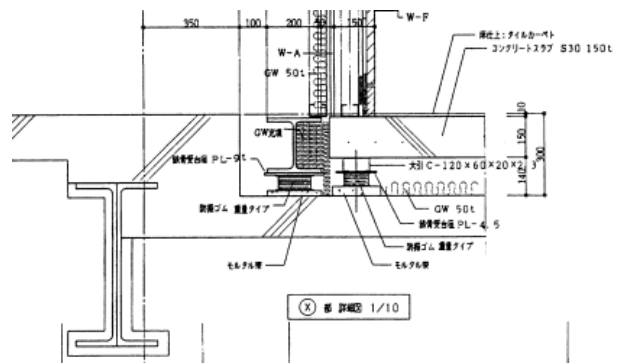


図-6 ホール防振壁の仕様

図-7 は中間における浮き床の防振性能測定結果の一部で、固定床を加振した場合の、固定床と浮き床との振動加速度レベル差、図-8は浮き床の常時微動の振動加速度周波数特性である。これをみると、最も問題となる63 Hz帯域のレベル差は20 dB以上得られており、浮き床の防振に関しては所期の性能が確認できている。また、常時

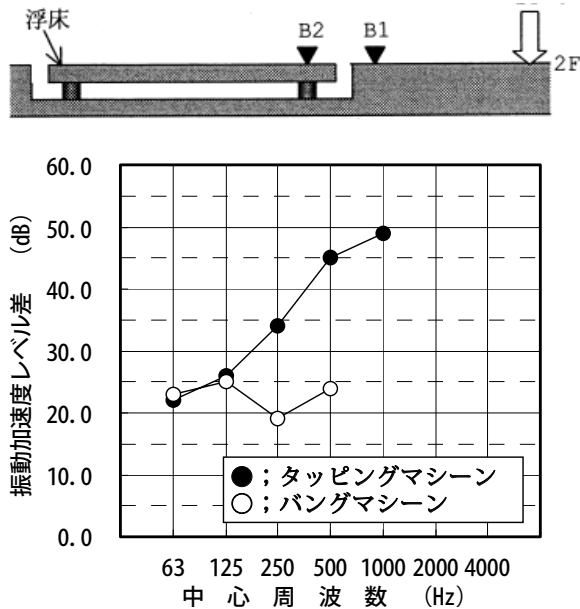


図-7 中間時の振動遮断性能測定結果

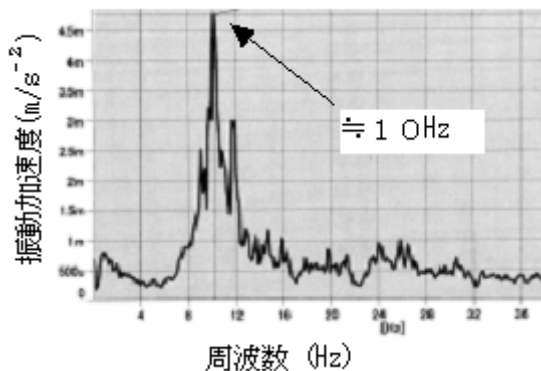


図-8 中間時の浮き床の常時微動

微動の測定結果からは、この防振床の共振周波数が概ね10 Hz付近であることが分かる。なお、図-7中のバンダマシン衝撃の振動加速度レベル差が250 Hz以上でかなり小さくなっているのは、衝撃力と受音位置の暗振動との関係などによるものと判断された。

3.2 室内音響関係

1) 設計方針

内装の音響設計では、使用頻度の多い講義・実習などにおける音声の明瞭性の確保に重点をおき、音楽の演奏などに対しては、必要に応じ、残響付加などの音場支援装置を使用することにした。

2) 室形の検討

室の基本形状が長方形であるので、特に側壁間の往復反射によるフラッターエコーの発生に留意した。図-9にホール側壁・天井の概要を、図-10にホール側壁展開図をそれぞれ示したが、両側壁の主要部は室内側に約3度傾け、側壁上部や天井には拡散面を設けた。また、両側壁前部の開口部の扉は角度調整ができなかったため、その室内側に有孔板とグラスウールによる吸音面を付加した。なお、後壁は、ステージ方向へのエコーを防止のため、大部分を有孔板による吸音面とした。

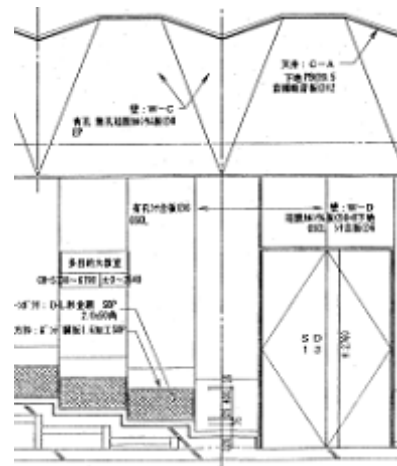


図-9 側壁・天井の拡散構造

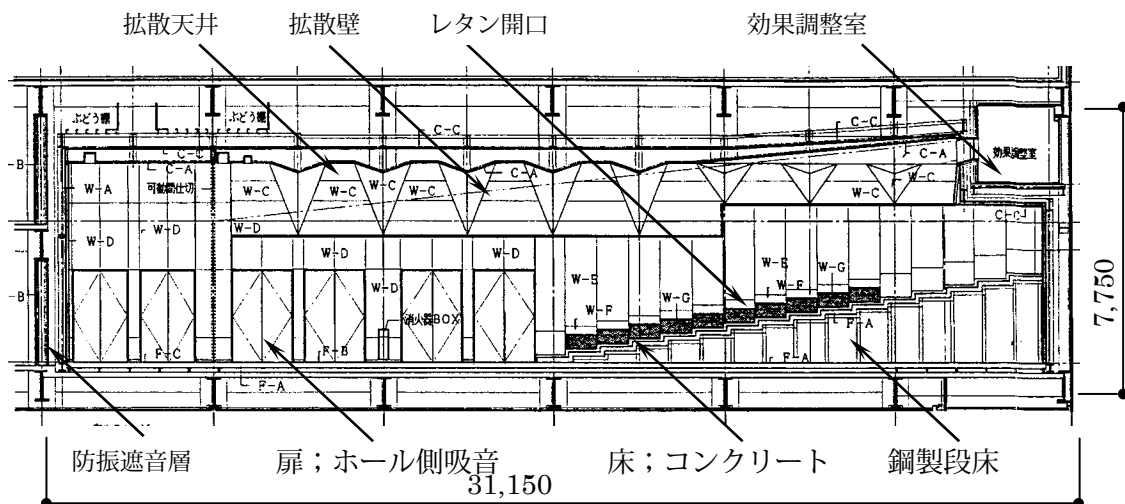


図-10 ホール側壁展開図

3) 残響設計

残響設計では、明瞭性の確保などから室内の平均吸音率を0.3程度に設定し、残響周波数特性は比較的フラットな特性で考えた。このため、当初、天井主要部は「石膏ボード下張り、岩綿吸音板張り」であったが、低域の吸音に配慮し、岩綿吸音板は直張り工法に変更した。参考に、両者の吸音特性の比較を図-11に示す。

設計時の残響時間の予測結果を図-12に示すが、椅子設置空席時の500Hzで約1.2秒である。

5) エコー等の検討例

以上に示した室形と内装条件で、虚像法によりエコーなどの検討を行った。その一例を図-13に示したが、まず問題ない性状と判断した。

5. 音響特性

4.1 騒音関係

1) 空調騒音

ホールと周辺室の空調を運転した状態で、ホール内騒音を測定した結果を図-14に示す。この結果は、設計目標としたNC-25をほぼ満足している。

2) 遮音性能

ホールとその隣接室間、および、下階教室間の遮音性能を図-15に示すが、隣室間はD-85、下階間はD-70と、満足できる結果が得られている。

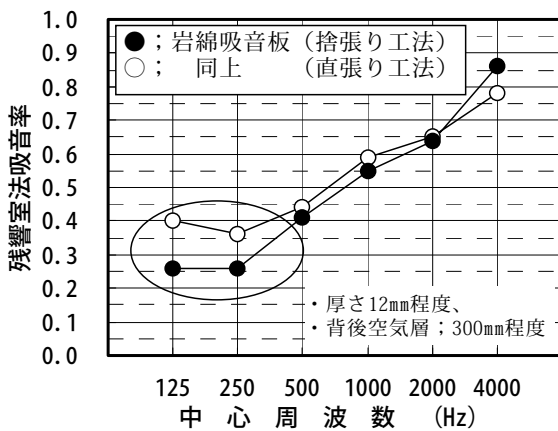


図-11 岩綿吸音板の吸音特性

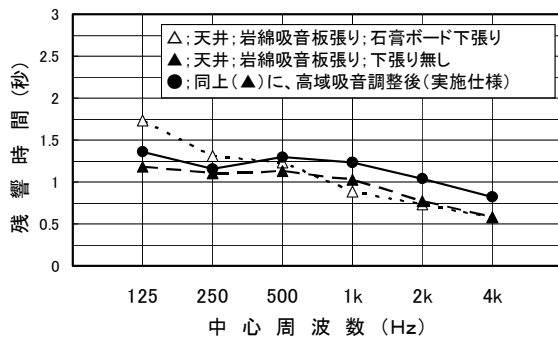
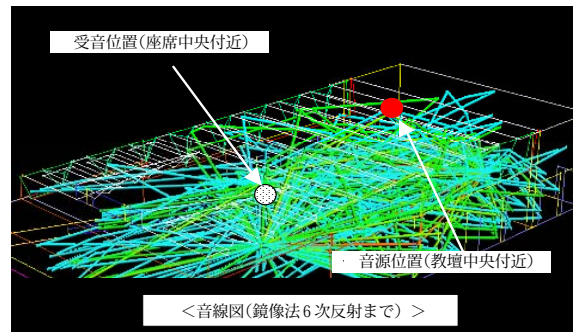


図-12 残響時間の予測結果

なお、参考に示した非防振の界床間の性能はD-55であり、防振床の性能とは明らかな差が認められる。



- 虚像法：10次反射まで
- 音源：ステージ中央
- 解析点：階段席中央

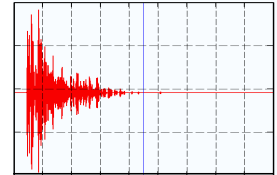


図-13 音線シミュレーションによるエコーの検討例

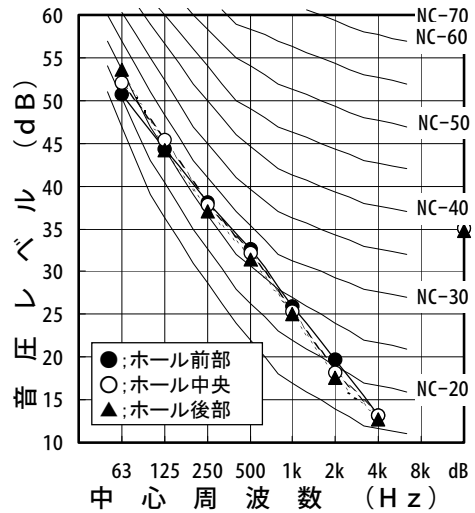


図-14 ホール内空調騒音

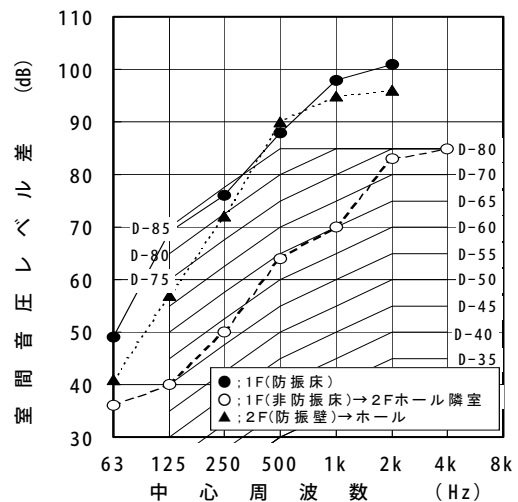


図-15 ホール周辺との遮音性能

3) 床衝撃音レベル

防振床のホールと下階間、および非防振床の教室と下階間との床衝撃音レベルを比較して図-16に示した。防振床のホールの場合、軽量衝撃源でL-30以下、重量衝撃源でL-45以下の性能となっている。なお、界床が防振・非防振とでは明確な差が認められている。

4.2 室内音響関係

1) 残響時間

図-17に、椅子設置前におけるホールの残響時間実測結果、および、この実測値から計算した椅子設置空席時と満席時の残響時間の予測値、並びに、椅子設置空席時の残響時間設計値を併せて示した。これを見ると、椅子設置空席時の残響時間は約1.1秒であり、当初の設計値とほぼ一致した結果となっている。また、この状態の周波数特性は概ね平坦な特性である。なお、満席時の予測値は、500Hzの残響時間が約0.7秒で、やや高域が短めの特徴と予測されている。

2) エコータイムパターン

図-18に、音源位置をステージに設置して測定した、室中央部および室端部の座席における500Hzと2kHzのエコータイムパターンを示すが、室の主使用目的に照らして良好な減衰性状といえる。

3) STI ホールなどにおける音声の明瞭性を評価する確固な物理指標は未だ無いが、ここでは一指標としてSTIを、椅子未設置の条件で測定した。その結果を図-19に示したが、ホールのほぼ全域でSTIは0.7程度である。これに椅子や人が入ると、その吸音力により、0.05程度大きめに变化することが予想される。本結果、および実際にマイクを用いた試聴などから、音声の明瞭性は本室の使用目的に満足できる性能である。

4) 音圧レベル分布 ステージ音源の音圧レベル分布を図-20に示した。室の条件がやや扁平な室形、かつ、比較的吸音性の室としては、良好な音圧分布が得られている。なお、ホール常設電気音響を使用すれば、分布幅は更に小さく変化することが予測される。

5. おわりに

前項に示したように、本ホールの建築音響面では所期の性能が得られており、これは、設計当初から音響面に係わる機会を得たことも一因といえる。学校施設として、このような性格の教室が増えていくことが予想されるので、これからのマルチメディア施設に求められる音響条件や機能を明確にしていき、何らかの基本指針へと結び付けていくことが必要と考えられる。末筆ながら、本建物の計画・設計・施工を通して、深いご理解とご協力を戴いた関係者各位に記して謝意を表します。

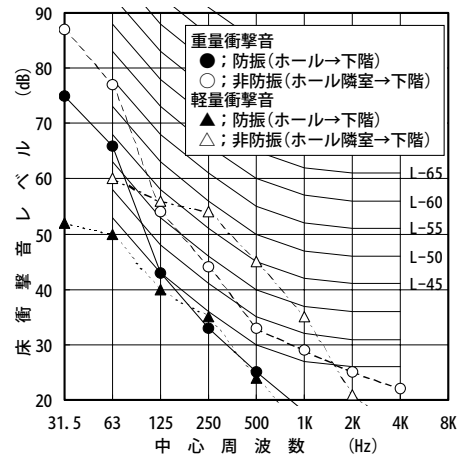


図-16 床衝撃音レベル

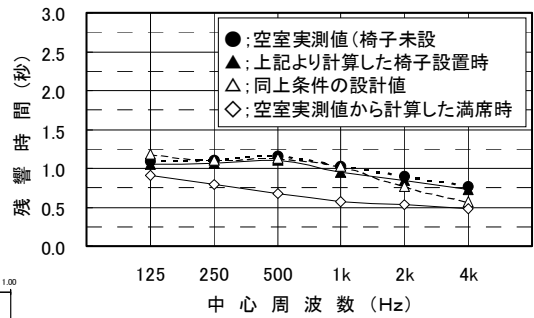


図-17 残響時間測定結果

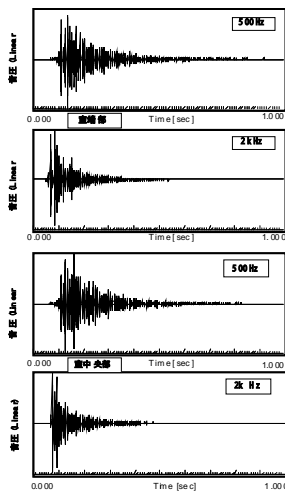


図-18 エコータイムパターン

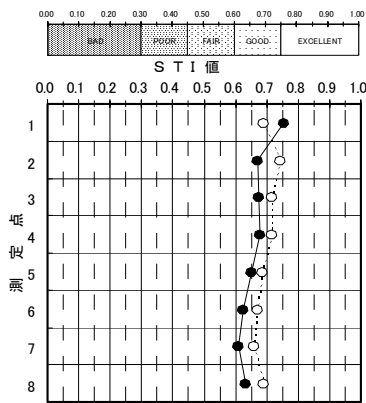


図-19 STI値

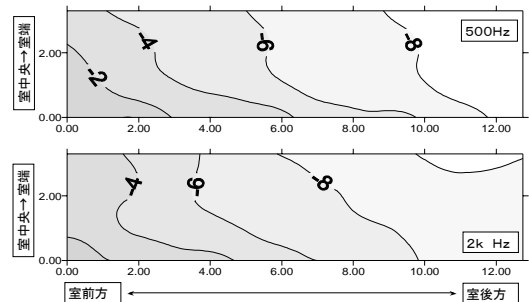


図-20 音圧レベル分布