

スタジオの遮音—特に固体音の遮音例—

Sound Insulation for Studio —Experiment of Structure-bone Sound Control—

益田 勲 (Isao Masuda), 羽染武則 (Takenori Hasome)

東急建設株式会社技術研究所 (Technological Research Center, Tokyu Construction Co., LTD.)

まえがき

私たちが通常スタジオという言葉から認識するイメージは録音スタジオであるが、スタジオと称されているものとして、概ね以下の3種類に分類出来ると思う。

- ① 録音スタジオ：音声や楽曲などを録音する目的で、ラジオ局やレコード会社などが所有しているスタジオ。最近では音楽ホールに付帯するものや個人が経営するものもある。
- ② 映像スタジオ：映像と音声を同時に記録出来る機能を有しているもので、テレビ局やケーブルテレビジョンのホスト局などのスタジオ、また最近では商業・ビデオや番組パック制作などを受け持つレンタル映像スタジオなどがこれに当たる。
- ③ 撮影スタジオ：写真撮影や画像撮りだけを行うスタジオで、写真家やアフターレコーディングを主流とする映画の撮影所などが挙げられる。

このうち録音スタジオ、映像スタジオは、収録された音のクオリティとパフォーマーの精神の集中ができる環境の確保が必要とされ、非常に高度な遮音性能が要求される。スタジオの遮音技術に関して、すでに多くの論文や文献、施工事例が報告されているので、一般的な遮音構造についてはそれらのものを参考にして載くとして、ここでは固体音の遮断が必要になったものを中心に述べようと思う。

もちろん固体音の遮断についても相当の数の文献があるが、ここでは東急目黒CUEビル [イメージスタジオ109] を例にとり、あまり発表されていない特殊な部位の施工事例と、施工を通じて感じたポイントとを紹介しようと思う。

当ビルには、上記分類で言えば「映像スタジオ」と「撮影スタジオ」及び小規模の「録音スタジオ」があり、すべてのスタジオの形態、要素が揃っている。また、ポストプロダクション、マルチオーディオなどの映像・音声の編集施設と飲食店などの店舗が立体的に共存している複合ビルでもある。

環状6号線(4車線道路)と2車線道路に囲まれた地形の中あり、東急目黒線不動前駅の近傍に位置し、交通

の便などの立地条件に恵まれているが、敷地などの制約があり、図1のように地下2階、地上7階建となっている。

映像スタジオでは、大道具セットの組立、解体などの作業があり、それらセットや照明器具、時によっては自動車までもスタジオの中に搬入、搬出のアクセスが生じる、同時録音を主体とした映像スタジオでは、他に与える影響も大きく、このように近接して構築されている例は珍しいといえよう。

これらの施設は個別にレンタルされるため、通常のスタジオよりも音響的グレードは低いが、それぞれに支障を来たさないようにする必要があり、録音スタジオ並みの遮音の確保や固体音の除去が要求される。

また、若干の実験的な検証も行ってきたので、ここをモデルに幾つかの対策事例を報告する。

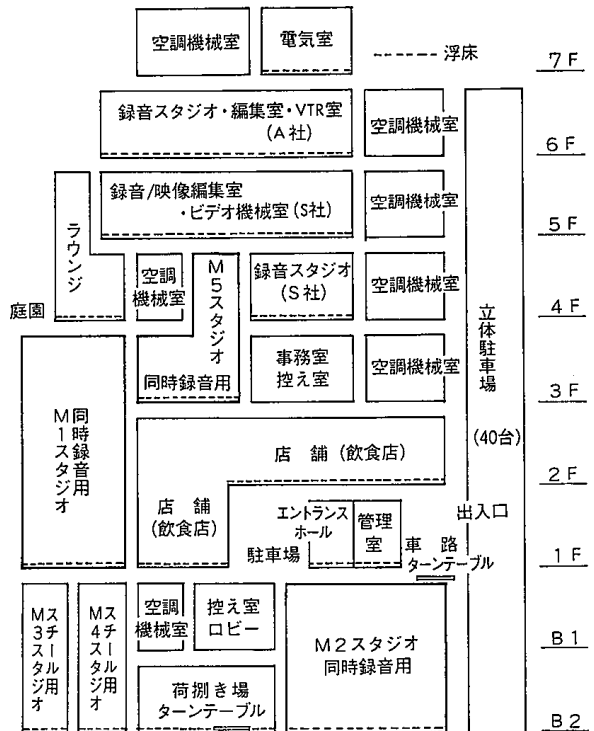


図1 建物概要図

1. 道路の振動の対策

当該建物は幹線道路に囲まれており、道路騒音と振動の影響が心配されたため、構造に関わる対策を行った。幸いな事に、ここでは、高速道路や新幹線、地下鉄などが近接しておらず、航空機騒音なども無く問題は少なかったといえよう。特に過密化する都市部では、自由になる空間が少なく、高架路や地下鉄などからの環境振動、固体音振動は、距離的に逃げる事が出来ず除去し難いのはよく知られており、ここでは固体音の低減と、映像スタジオという事から体感振動によるカメラのブレの影響を抑える事を主に対策を考えた。

現状の計画建物は環状6号線より約12m離れているが、将来的には10mほど道路拡幅がされる計画で、殆ど建物に近接する事が予想され、同時録音スタジオが地下2階、地上1階、3階にあるため、特に注意が必要であった。

計画地での地盤上の振動レベル、及び振動加速度レベル（一定時間内のピーク20データの平均値を用いている）の事前調査を行い（表1）、その結果から地下階にあるスタジオには図2に示す様に、地盤振動の影響がでると考えられるスタジオの区間だけ、地中連続壁につながる柱の間隔を狭めて剛性を高め、振幅拘束により体感振動および固体音の軽減を図った。

この効果としては、スタジオ完成後、空調が無い状態でNC-15以下が確保できているので、一応の目的は達したと考えられる。（図3）

2. カメラのブレについて

計画地での道路振動による体感振動は殆どなかったが、撮影用カメラのブレによる障害については、過去にもあまり報告の例もなく、現時点で考えられる対策を施す事とした。

計画地（ローム層）における振動加速度レベルのスペ

表1 振動レベル測定結果

測定場所	測定位置	振動レベル (ピーク値)			備考
		最少値	最大値	平均値	
スタジオ 109 (11:00 ~)	P1 道路端	55	62	59	道路端より0.5m土の上
	P2 敷地内	50	61	55	道路端より8m土の上
	P3 Bスタジオ内	37	45	41	外壁より3m土間コンクリート上
不 動 前 計 画 地 (17:00 ~)	P4 道路端	57	66	60	道路端より0.5m土の上
	P5 歩道端	53	64	58	道路端より3.5mコンクリート上
備 考	スタジオ109の場合は10分間 ピーク値の大きい順に20データ 不 動 前 計 画 地 の場合は15分間 ピーク値の大きい順に20データ				

クトル図（図4）から、この地盤の卓越振動成分は16Hz前後に生じており、少なくとも建築物躯体床スラブでの共振は避けなければならない事が考えられた。

よって、躯体の床スラブの固有振動数 f_0 は上記の卓越周波数16Hzの $\sqrt{2}$ 倍以上、出来れば2倍以上に設計しておく必要があり、床スラブの固有振動数 f_0 は25Hz以上を目標とした。基本計画時の構造断面から、床スラブの固有振動数を求めると表2のようになる。

M1スタジオを例にとると、床スラブの固有振動数が14Hzと低いためFEM解析を行った結果、梁補強を行

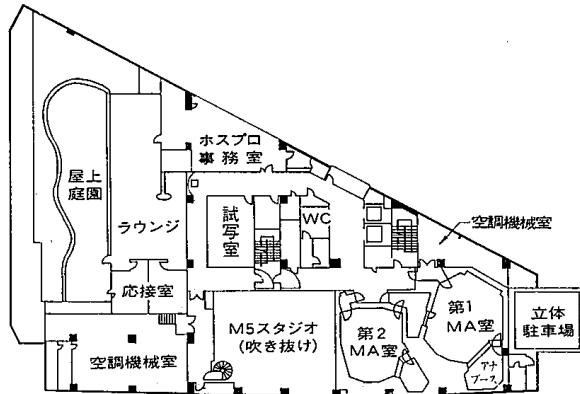
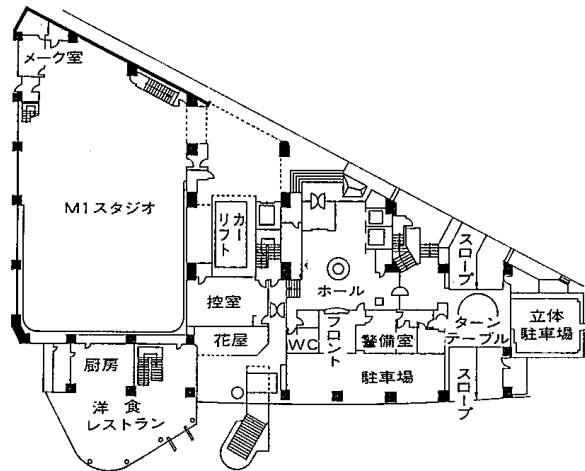
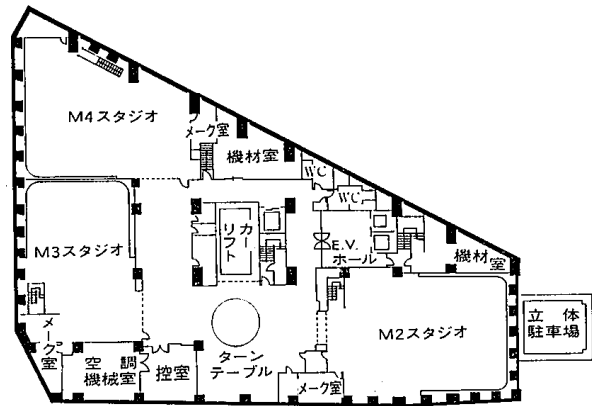


図2 各階平面図

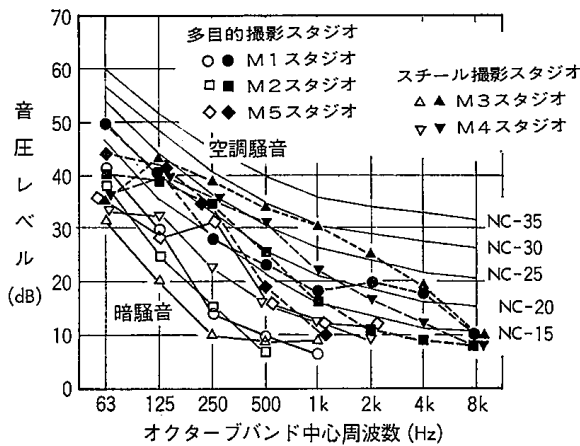


図3 空調騒音と暗騒音

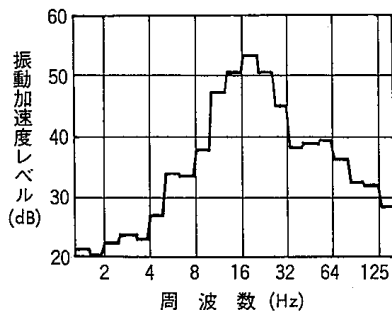


図4 振動加速度スペクトル

表2 スタジオ床の固有振動数

スタジオ	計算面積	固有振動数 f_0 (Hz)
M1	538m ²	約 14Hz
M2	298m ²	// 110Hz
M3・M4	238m ² , 216m ²	// 39Hz
M5	172m ²	// 21Hz

表3 スタジオ床のスラブ補強案

	補強案	寸法	固有振動数 f_0 (Hz)
1	長辺方向に小梁を入れる	450×800	17
2	小梁の断面を上げる	450×800	19
3	小梁の断面を上げる	450×1000	25
4	小梁を5本にする	350×700	18
5	小梁を5本にする	450×800	21
6	小梁を5本にする	450×1000	27

う事により、固有振動数が変化する事が分かった。(表3)これにより現在の梁サイズ(450×800)を450×1000に小梁断面を上げ、カメラのブレを減少させる事が出来た。

3. ホリゾントの防振

映像スタジオの躯体は二重壁の遮音構造(RC150—

RC150)をとり、床は湿式の浮き床構造をとった。外壁の壁厚は200mm以上を基本とする。

しかしスタジオの中で最も大きな面積を占めているのがホリゾントであり、躯体に入った交通振動や設備振動および他のスタジオの振動により固体音が放射されるのを除去するために、ホリゾントの防振を考えた。

固体音の遮断を目的とするならば、ホリゾントは浮き床上に建て込むのが望ましいが、ここで一つの問題が生じたのは、工期と足場の掛け払いのことであった。躯体打設に先行する作業があり、そのための足場を組みステージに設けてあったが、浮き床の打設のためには足場を一時払い、浮き床打設後また足場を掛けホリゾントを建

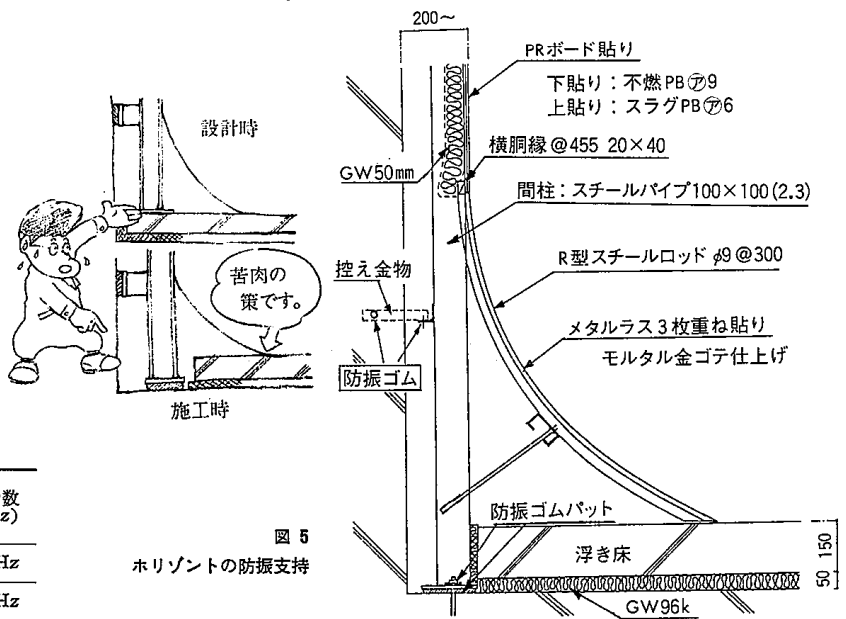


図5 ホリゾントの防振支持

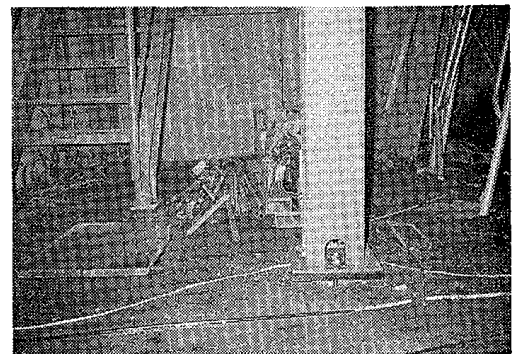


写真1 ホリゾント基礎の防振

て込まなければならない。工期の制約で、そのような作業工程が取れず、ホリゾントを足場のあるうちに先行させて建て込み図5、写真1の様な防振処置を施した。

これにより躯体と浮き床とホリゾントは、別々の振動系で動く事になり、防振性能上は問題ないが、ホリゾントの無限遠R部(床と壁の取り合い部分)が饒る問題が残った。

年1回の定期的な床、 Horizontの plasterの塗り直しが行われているため、現状では問題が出ていないが、やはり設計時にこのあたりの工期を十分に見込む事と、足場の掛け払いの予算採りをしておく必要がある。

4. 立体駐車場の防振

立体駐車場については、建物の本体とは構造的に切り放し、独立した構造物とした。ただし、建物の本体と非常に近接しているため、やむをえず接触する部分についてはすべて防振処理を施し、図6に示すような絶縁の方法を採用した。(写真2) 図7に立体駐車場と建物間の固体伝搬音遮断性能を示す。

施工途中の測定結果(立体駐車場と躯体との間のコンクリート打設時の型枠セパレーター有り)では、振動の絶縁効果は31.5Hz~500Hzまで、均一に20dB程度あり、立体駐車場の駆動時の騒音、振動はスタジオ内では計測出来なかった。振動絶縁効果は高い周波数になる程大きくなる筈で、セパレーターによる振動の伝搬がある

と考え、セパレーターを竣工前に切断した。竣工後は駐車機の運転音が全く聞こえず、暗騒音もNC-15以下となった。

5. ターンテーブル、斜路

ターンテーブルは1階の立体駐車場前と、地下スタジオに大道具セットなどのトラックが入出庫するため地下2階の荷捌場にある。1階のターンテーブルはM2スタジオ(同時録音用)の天井スラブの上に設置され、地下2階のターンテーブルはM2スタジオの入口直前にあるため、稼動時の固体伝搬音の影響が予想された。そこでいくつかのビルで実際に稼動しているターンテーブルの振動を測定し、その結果を図8に示した。

1階のターンテーブルは雨水の流入の影響も考えて、防振ゴムを用いた浮き床(図9)とし、地下2階のターンテーブルは湿式の浮き床とした。遮断の効果を床衝撃音レベルの評価に置き換えると、軽衝撃でL-30(図10)となり、重衝撃では計測が不可能だった。

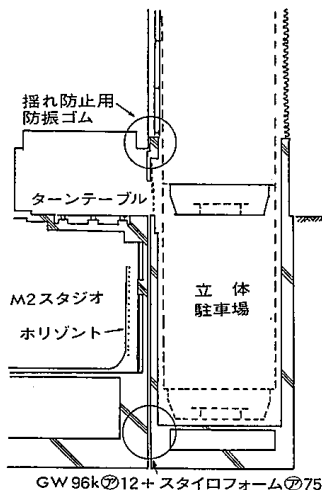


図6 立体駐車場の防振



写真2 立体駐車場地下階浮構造

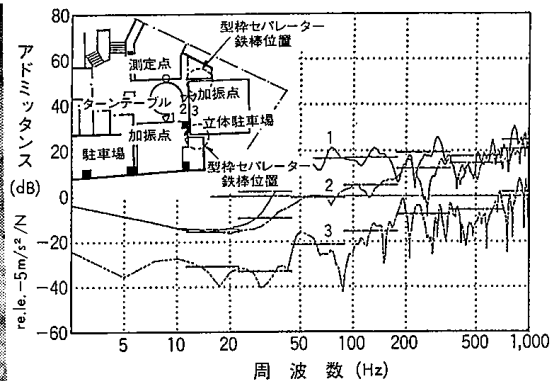


図7 立体駐車場固体音遮断性能

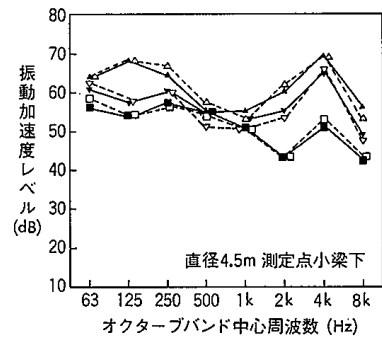
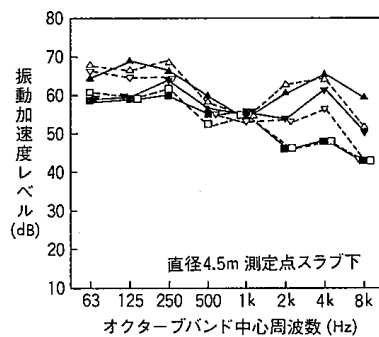
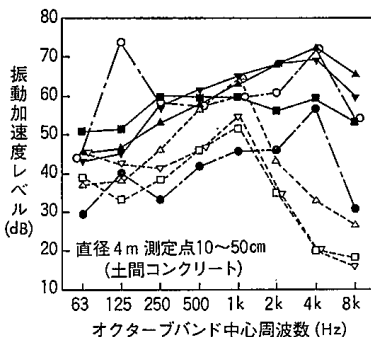


図8 ターンテーブルの振動加速度レベル

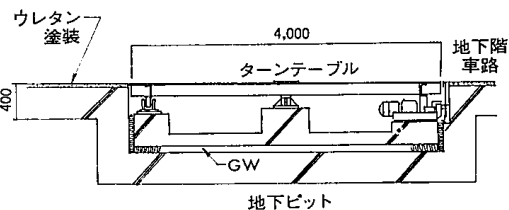
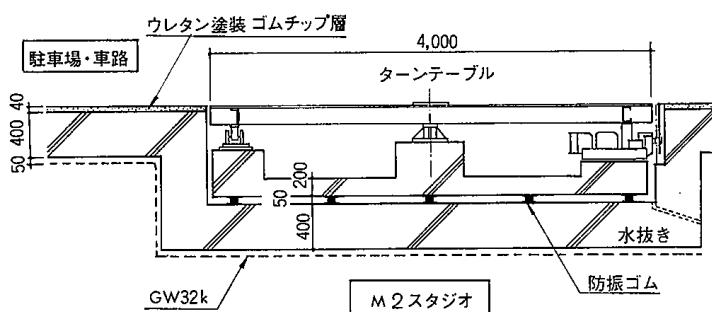
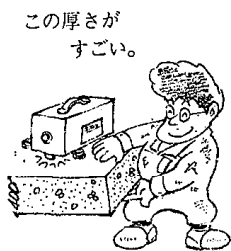


図9 ターンテーブルの防振



また、M2スタジオの直上にある、ターンテーブルに至る車路と駐車場については、浮き床等の施工が困難なため、スラブ厚を400mmとし、マスを増加させ剛性を上げることで対処したが、状況が許せば、効果的な方法であると思う。

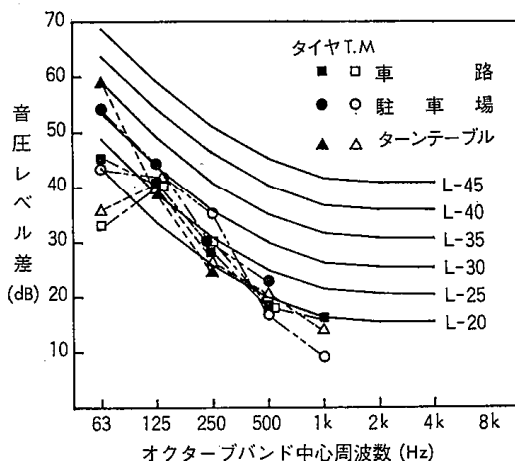


図10 斜路の床衝撃音レベル

6. シャッターの遮音性能と開閉時の固体音伝搬

シャッターの開閉時に発生する騒音・振動がスタジオ内にどう影響するかを検討した。シャッターの開閉がスタジオ内に騒音として影響するのは、シャッターの振動が躯体に入射し、固体伝搬音として伝達しスタジオ内に再放射するからである。

ここでは遮音シャッター（スーパーウォール：B204 SW）と重量シャッター（B203 S S）を用いた場合の遮音性能を示す。（図11）この二重シャッターの遮音性

能について、実際の遮音性能とカタログデータによる予測値を表4にすると、実測値はカタログ値の合計の概ね0.85倍すれば良い事が分かる。

過去の例からもみても、扉などの遮音の予測でも0.8～0.85倍する事で、現実的な値が得られるようである。

しかし、シャッターには開閉の際に、2/3程度降りたところでもたつき音が発生する（これはどのタイプでもある）、シャッター自身が騒音源となるため、ガイド

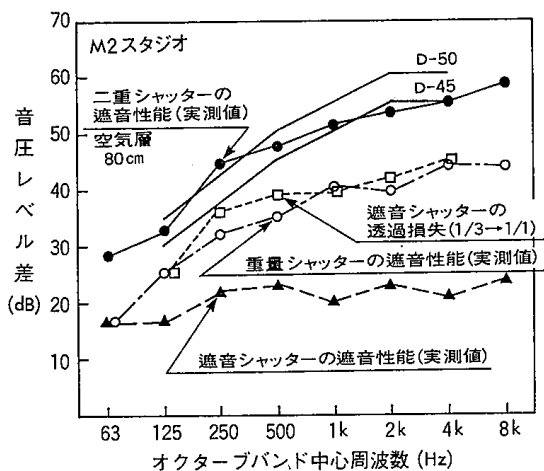


図11 二重シャッターの遮音性能

表4 二重シャッターの遮音性能と予測値 (No. 1のみ実測値)

No.	項目	遮音性能 (Hz)							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	二重シャッター	28.5	32.6	44.3	47.3	51.2	53.6	55.0	58.1
2	遮音シャッター	16.8	25.0	31.7	35.1	40.4	39.6	44.1	43.8
3	重量シャッター	17.0	17.2	22.0	22.9	20.2	22.7	20.8	23.7
4	遮音+重量	33.8	42.2	53.7	58.0	60.6	62.3	64.9	67.5
5	レベル差 (4)-(1)	5.3	9.6	9.4	10.7	9.4	8.7	9.9	9.4
6	レベル比 (1)/(4)	0.843	0.773	0.825	0.816	0.845	0.860	0.847	0.861
7	予測値 (4)×0.8	27.0	33.8	43.0	46.4	48.5	49.8	51.9	54.0

ルールに接触する部分に滑り材をとりつける事などが必要になってくる。

7. 大衝撃加振力と浮き床

スタジオ内で発生する騒音の特別なものとして、大道具セットなどの建て込み、解体作業時に発生する騒音があるが、実際に測定したセット解体騒音を図12に示す。

この時に衝撃振動を発生させるものについては、実態調査が行えなかったため、技術研究所において木材、ベニヤ板などの落下実験を行い、衝撃加振力を測定した。

(図13参照) その結果、大道具解体時などの大きな衝撃力は、最大 $1.0 \times 10^5 \text{N}$ にもおよび、人の飛び下りなどの通常の衝撃力の10倍程度にもなる。

構造的・経済的に対応が困難なため、運用上の対処を前提として、表5の様な適用基準床構造を設定した。

躯体施工時から湿式浮き床などの振動絶縁工事と併行して、インパルスハンマーによる加振力試験を行い、浮き床等の施工前後のアドミッタンス(振動加速度レベル/衝撃力)を測定し、固体伝搬音の遮断性能を確認した。図14に各スタジオ間の浮き床の施工前後のアドミッタンス測定結果を示す。

浮き床の床衝撃音遮断性能は周波数が高くなるほど良くなっており、低い周波数(31.5~63Hz)では直床の場合よりも遮断性能が悪くなるが、これは湿式浮き床の構造(緩衝層:GW50mm, 浮き床:80~150mm)により共振周波数が20~30Hzになっているためと考えられる。

8. テナントとスタジオ間の遮音

4~6階の編集施設と1~2階の飲食店舗については、テナントが決定してから内装設計が始まるため、いわゆる乙・丙工事(本体工事を甲工事)についても、音響設計を反映した内装設計と施工が求められ、設計事務所と同等の権限をもって図面のチェック、目視による確

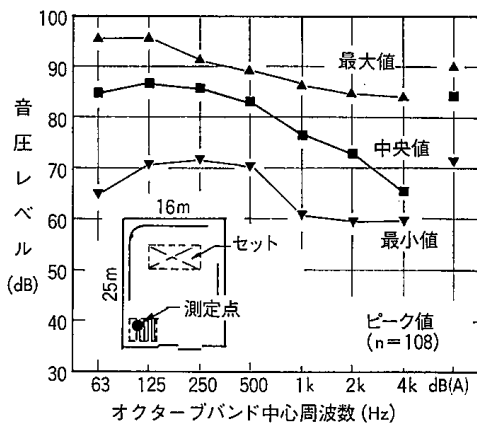


図12 スタジオ内のセット解体音

認、音響性能のチェックなどの施工管理を行なってきた。

テナントの問題で最も頭を痛めたのは、飲食店舗で、水廻りの問題、特に和食の厨房は要注意である。板前さんの履き高下駄は、固体音としてよく響く。ホテルの厨房でも経験したが、浮き床と防水の取り合いは施工時に必ず立ち会いが必要である。(図15)

客の履き物も分らないので、客床、通路も浮き床施工

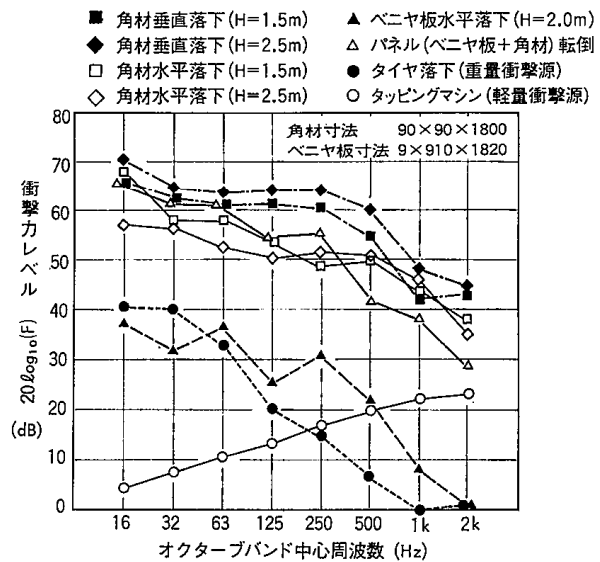


図13 セット解体時の衝撃力

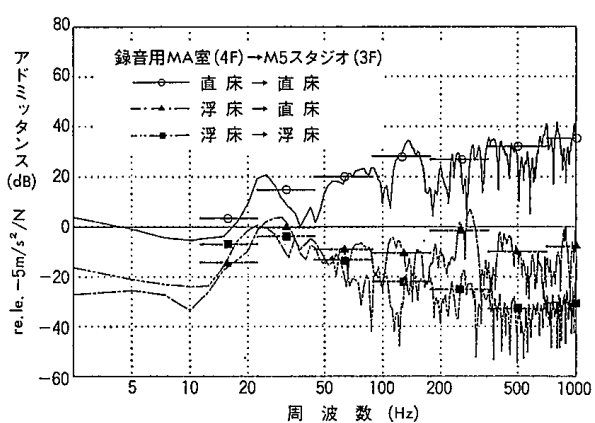
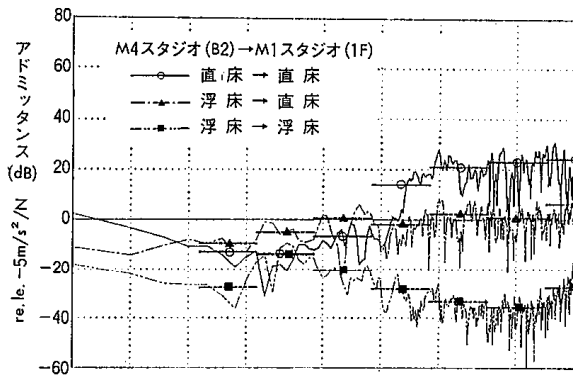


図14 浮き床施工前後のアドミッタンス

表 5 適用基準床構造

必要 適音等級	適用標準床断面	適用 居室	備 考
L-30	250-C50-100 フェルト・カーペット 浮床 GW 床スラブ	1階 車路、 駐車場 荷捌場 4階 ラウンジ	1階防水が必要なため以下に変更
L-30軽	200-E50-80 フェルト・カーペット 浮床 GW 床スラブ	1階 事務室 管理室 4階 庭園 (ルーファガーデン) 5階 編集室	客土 シンターコンクリート 床スラブ
L-35	250-E50-150軽	B2階 M3、M4 スタジオ 2階 厨房	
L-35軽	200-E50-80 ウレタン塗床 浮床 GW 床スラブ	1階 便所	
L-40	200-E50-150軽	B2階 荷捌場	1階荷捌場はL-30に準ずる
L-45	200-E50-75軽 or 200-E50-65 浮床 GW 床スラブ	B2階 M2スタジオ 1階 M1 3階 M5	荷物の侵入に対して剛性を 上げるため浮床は150とした。 浮床自身の剛性を上げるため 浮床は80とした。
備 考	L-30 軽……軽衝撃のみ	GWのクラス ← GWの厚さ 200 — E50 — 150軽……軽量コンクリート ↑ ↑ 基準床スラブ 緩衝材 浮床の厚さ	

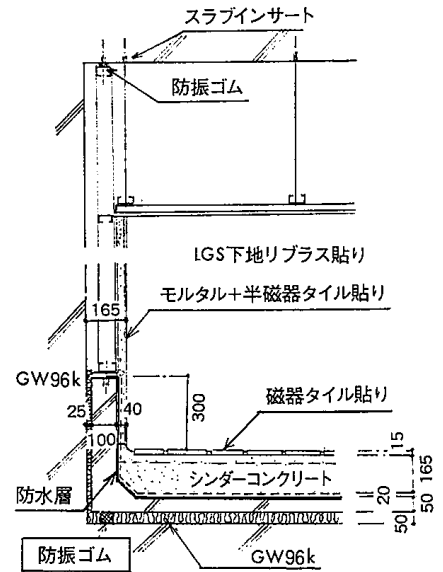


図15 店舗厨房の浮き床施工



とした。

9. 施工管理の必要性

ホールやスタジオなどの設計段階では結構細かい配慮をし、部材の納まりから設備の防振支持の仕方まで詰めても、それが施工の段階で、見事にひっくり返ることがある。現場では、設計図に現われない変更が毎日の様に行われており、2週間以上も現場を空けていると大きなダメージを受けることがある。このようなときには臨機応変に対処する必要がある。

これは他の例であるが、設備機器の防振のため浮き床を施工し、中間測定でも良好な性能が得られていたが、床の仕上げに防塵コートを塗る段階で、浮き床のエキスパンションをご丁寧にモルタルで埋め、その上をコートをかけられてしまっていた。

また別の例では、設備配管の防振ハンガー吊りを指示しておいた所、天井スラブ中央で吊られており、うなり音が発生し、剛性の高い梁に吊盛り変えて事無きを得たこともある。しかし、このときも目視チェックを行っておけば、工期や人工のロス無くすることが出来た。

音響性能を確保するためにも、工期、工費のロス無くすためにも、音響上の施工管理体制の確立を望みたいと切に思う次第である。

[参考文献]

- 1) 日本建築学会編：建築物の遮音性能基準と設計指針
- 2) 石井聖光他：建築構造体中の固体音伝搬性状，日本音響学会講演論文集 S.54.6
- 3) 木村 翔他：湿式浮き床構造の振動伝達率，日本音響学会講演論文集 S.58.10
- 4) 益田，羽染他：東急目黒CUEビルの騒音対策，音響技術 No. 65, 1989