

会員の頁

1. アスファルト系制振材を使用したダンパーの検討と重量床衝撃音レベルの改善事例について
2. テレワーク用ブースの開き扉に於ける開口部材の遮音性能を検証
3. Q&Aコーナー —透過損失の計算法と各種算出量—

1. アスファルト系制振材を使用したダンパーの検討と重量床衝撃音レベルの改善事例について

高橋 雅隆 (Masataka Takahashi)
東邦亜鉛株式会社

1. はじめに

住宅などの建造物において、床で発生した振動を低減する目的で動吸振装置(ダイナミックダンパー)を利用するケースがあることが知られている。床板の振動を低減することにより、上階から発生する重量床衝撃音の発生音に対し、比較的小さな荷重で低減効果を確認できる事が特徴としてあげられている。

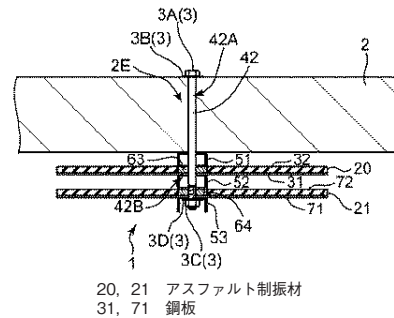
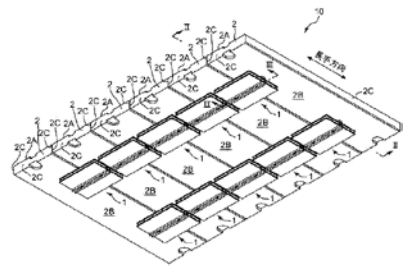
2. ダンパーの基本構成

当社、積水ハウス(株)、積水マテリアルソリューションズ(株)の3社の共同出願により特許取得したダイナミックダンパー(特許第6208782号)もその一つである。

金属板とアスファルト制振材(アスファルトと鉄粉とを混合した平板)とを変成シリコン系接着剤にて貼り合わせた複合板と、クリープに対して考慮されたスペーサ及び中央の拘束部材とで構成されている(図1)。

このダンパーを対象となる床から吊り下げたボルトへ固定する。床面で発生した振動は、固定部から伝達すると、ダンパーの両翼部分が床材に対して逆位相で振動すると共に、アスファルト制振材により振動エネルギーが吸収され低減効果が得られる(図2)。

中央の拘束部材から両翼の長さを変化させて製作することにより、低減させたい周波数へ調整することが



20, 21 アスファルト制振材
31, 71 鋼板

図1 制振材付ダンパー(床下面固定タイプ)

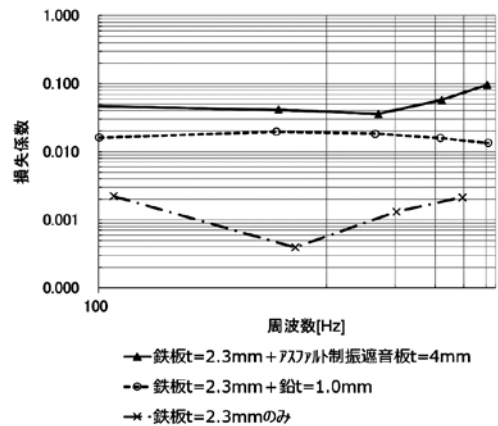


図2 損失係数測定値
(JIS K 7391 : 中央加振法-半値幅法 25°C)

可能である。

3. 検討の経過など

ダンパー設置による低減量の確認やコスト面等を考慮しながら検討をすすめていく過程において、ダンパーの形状は当初のものよりも薄型にすることが可能となった。形状が薄くなることで、天井懐内で配管等の邪魔にならないことが利点となっている。



写真1 制振材付ダンパー(床下面固定タイプ)

ただ、ボルト吊り下げによる「床下面固定タイプ」の施工の際には、いくつかの課題もあげられた。

- ・対象となる床板に、固定用ボルトの貫通孔をあける必要がある
- ・上階、下階の両側で施工作業が必要となる事
- ・施工する際、重量物(写真1の鉄板+制振材が2層となっているもので約8kg/セット)を持ち上げながら上向きで固定する作業上の負担。

これらの課題に対し検討した結果、「床下面固定タイプ」と基本的な構造の変更は無いが、設置方法を「床上面から固定が可能なタイプ」へ変更し、試験等を継続した。小さな仕上厚で設置でき、軽量化によりハンドリングも良くなった(図3のもので約3kg/体)。

4. 測定事例

4.1 制振材付ダンパーをALC床上面に設置した測定例

鉄骨造の住宅で一般的な構成である床仕様①(図4)とダンパー設置時の床仕様②(図5)において重量床衝

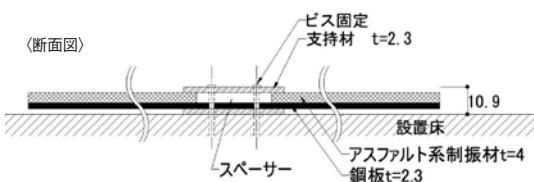


図3 床上面設置タイプの制振材付ダンパー例

撃音レベル測定値の比較を行った。

床仕様②の構造は、鉄骨造のALC床 $t=100$ (約 $3.4\text{ m} \times 2.9\text{ m}$)にパーティクルボードを敷き込み、根太(緩

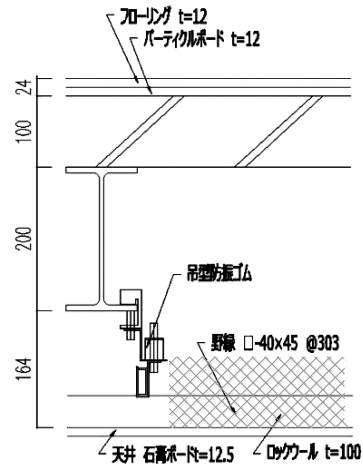


図4 仕様① (ALC床)

床: ALC $t=100$ +針葉樹合板 $t=12$ +フローリング $t=12$

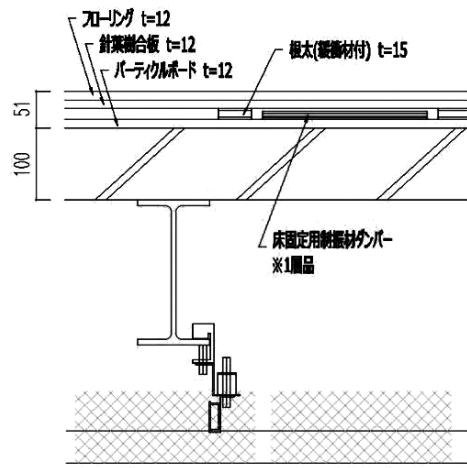


図5 仕様②: 制振材付ダンパーを床面に設置
床: 床仕様①+制振材付ダンパー+根太(緩衝材)

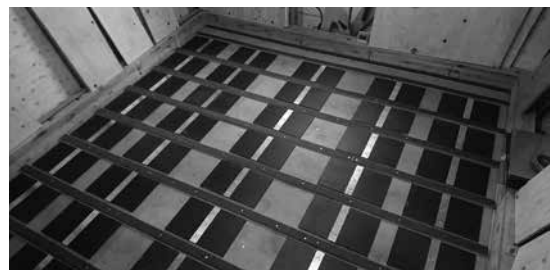


写真2 制振材付ダンパー (床上面設置用)

衝材付き)及び根太間に床上面設置用制振材付ダンパーを45体設置し(写真2),根太上に針葉樹合板+フローリングで床仕上げを行った。

測定結果を図6に示す。仕様①における重量床衝撃音レベル測定値 $L_{H1}=65$ (L 数=66)に対して,ダンパーを設置した仕様②の測定結果は $L_{H1}=60$ (L 数=62)と1ランクの改善が確認された。63 Hz帯域の改善量は4.4 dBであった。

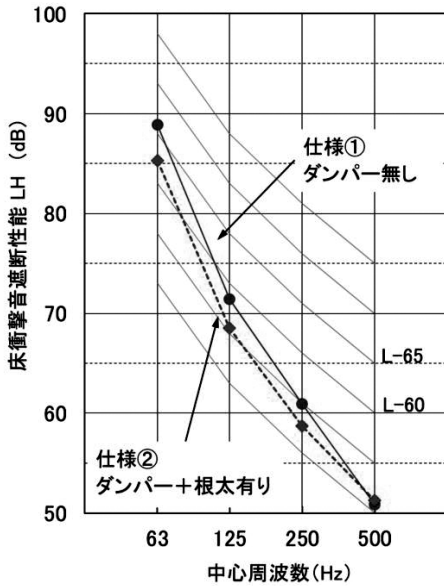


図6 重量床衝撃音レベル測定結果(ALC床)

※下階受音室は,天井面以外の部位からの影響を小さくするために遮音対策を施された壁・床のある室内で計測を行っている。

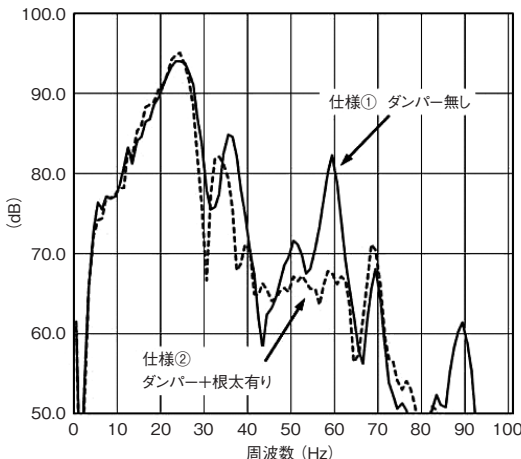


図7 受音室での衝撃音測定値(FFT分析) ※音源S4-受音R2

また,ダンパー寸法等から調整・設定された周波数(共振周波数)は,「59 Hz」のものを使用している。受音位置により効果の大小はあったが,設定された周波数近傍における低減を確認できた(図7)。

4.2 制振材付ダンパー(床上面設置用)を木造床に設置した測定例

ツーバイフォー界床構造(3.1 m×2.7 m)をRCスラブ開口に施工し,一般的な構成と思われる仕様①とALC床での試験時と同じように,根太(緩衝材付き)及び根太間に床設置用ダンパーを設置した仕様②において重量床衝撃音レベル測定値の比較を行った。ダンパーの設置数量は30体である(図8,図9)。

木造床での測定結果を示す。基本となる仕様①における重量床衝撃音レベル測定値 $L_{H1}=80$ (L 数=79)に対して,ダンパーを設置した仕様②の測定結果は $L_{H1}=70$ (L 数=72)となり,63 Hz帯域において6.8 dBの改善が

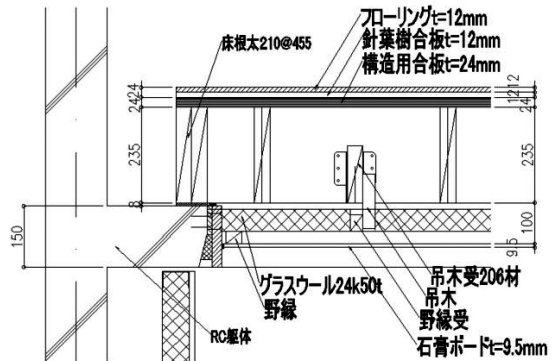


図8 仕様①(ツーバイフォー床)

床:構造用合板 $t=24$ +針葉樹合板 $t=12$ +フローリング $t=12$
天井:石膏ボード $t=9.5$

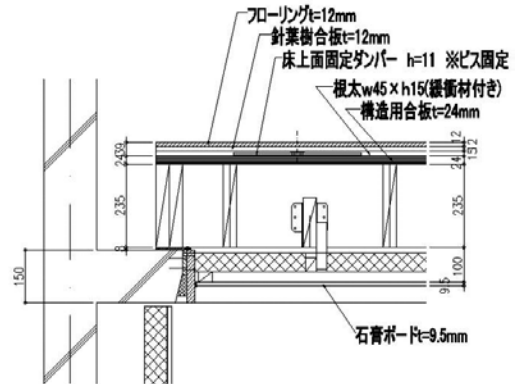


図9 仕様②

床:仕様①+制振材付ダンパー+根太(緩衝材付)
天井:石膏ボード $t=9.5$

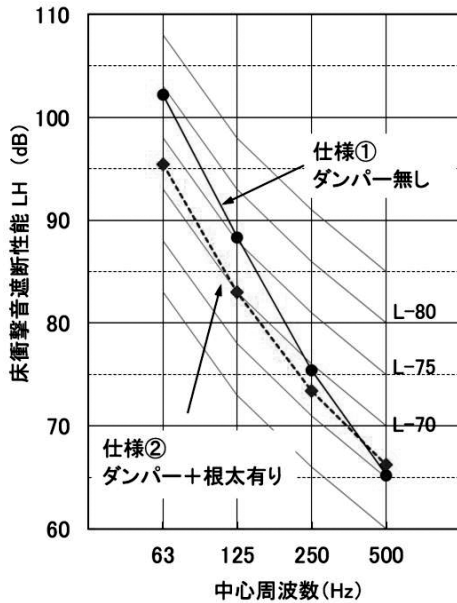


図10 重量床衝撃音レベル測定結果(木造2×4床)

※下階受音室は、天井面以外の部位からの影響を小さくするために遮音対策を施された壁・床のある室内で計測を行っている。

確認された(図10)。

5. 課題等

ダンパー使用時の比較測定等を通じて、実用上の課題となり得ると感じられた事項を以下に示す。

- ・設置床周囲の温度状況に伴い、アスファルト制振材の硬軟の影響でチューニング周波数の変化が生じても、改善量が大きく変化しない設計が必要。
- ・事例を収集することにより、構造に適した効果的な配置や最適な設置数量の把握が必要。

6. おわりに

アスファルト系制振材を使用したダンパーの検討経過や測定事例等をご紹介させていただいた。小さな仕上厚の施工で効果を確認できたことから、新築のみならず、リフォーム時における床衝撃音改善対策への対応へも期待している。課題点はあるが、実用出来るような検討を進めていきたいと思う。読者の方々に興味を持っていただき、また、ご助言等も賜れますと幸いです。ありがとうございました。

2. テレワーク用ブースの開き扉に於ける開口部材の遮音性能を検証

伊弉末 俊夫 (Toshio Isamatsu)
ピンチブロック株式会社

1. 目的

2020年以降、新型コロナウイルスの影響によりテレワーク用ブースを提案されるメーカーが増えてきている。

今回、弊社の規格製品『スライド加工ピンチブロック #07-TS(以下ピンチブロックという)』(詳細は後述「3.」にて)を使用しテレワーク用ブースメーカーのチャットボックス㈱(製品名:チャットボックス)の協力を得て、扉(戸当たり部)周辺の開口部材がブース全体の遮音性にどのように影響するかと比較試験を行った(写真1)。

さらにチャットボックス㈱側より当設置場所での消音法(当地域)の規定である「非常放送が可動式ブース内において65 db以上の音圧であること」の測定試験の要請があり、合わせて実施した。

2. 試験項目

2.1 隣接するブース同士の遮音性能

比較試験: ①遮音材なし ②パテ埋め
③ピンチブロック



写真1 現地チャットボックス全体

2.2 ブース内から外部への遮音性能

※合わせて一般的スキマ用開口部材と比較し検証

比較試験: ①遮音材なし ②パテ埋め
③低反発スポンジ ④モヘア ⑤ピンチブロック

2.3 ブース内における非常放送の音圧レベル値

確認試験: ①扉開放状態 ②パテ埋め
③ピンチブロック

3. 『スライド加工ピンチブロック #07-TS』の特徴

3.1 商品構成

『#07-TS』という形状は、「スライド加工ピンチブロック」という商材の1つであり、NR・EPDMのブレンドゴムの表面に抵抗を緩和させる弊社オリジナルの滑り加工(摩耗試験10万回クリア)を施した商品である(写真2)。

3.2 表面処理

通常建具を閉める際、ゴム素材が建具の一部に接触してからラッチが掛かるまでの軌道中、建具面はゴムと抵抗を起し続ける。僅かな距離ではあるが、それが扉全体から見ると大きく使用勝手に影響する。当製品は、ゴム表面にスライド加工をすることで、ゴムの弾性(圧着力)を活かしつつ開閉時の抵抗を緩和させ、接触面積を気にせず遮音や気密に有効な効果を可能にしている(図1)。

3.3 隙間の追従性

当製品はスキマに合わせてラインナップが選択でき、クリアランス、建具の軌道或使用条件等により、使用する形状も変わってくる。今回の当ブースの扉4方枠に関して2形状が候補に挙がったが、最終的に『#07-TS』が適当と判断し使用決定した。

※建具と戸当たりとの各部位(4方)のクリアランスは、4.0~5.5 mmの範囲であった。



写真2 #07-TS
[w=9.0・t=5.5]

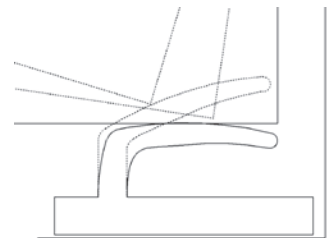


図1 #07-TSの扉閉時の変形イメージ

4. その他スキマ用開口部材 2点(試験項目2.2)

4.1 低反発スポンジ(写真3)

エプトシーラー/日東電工

※メーカーにより商品名が異なる.

EPDMゴムを基材とした半連続気泡型スポンジ.

今回の測定試験に於いては、当商材が建具との接触によりグリップすることで、相応な抵抗が起こる可能性があるかと判断し、弊社のスライド加工にて表面処理し、測定を行うこととした.

4.2 モヘア(写真4)

材質(繊維): PP(ポリプロピレン樹脂)

一般に市販されているスキマ用シール材.



写真3 低反発スポンジ
[w=9.0・t=5.0]



写真4 モヘア
[w=9.0・t=7.0]

5. 当ブース内設備環境 ※一部情報のみ

- ・室内寸法(写真5)／幅・奥行(最大)共に850 mm×高さ1,790 mm(最大)
- ・ブース素材／コンパネ(壁・天井・扉:不燃化粧板仕上げ)
- ・扉(写真6)／ガラス付(t=6 mm)
- ・床:タイルカーペット貼り
- ・換気装置(写真7):天井換気扇(入室と同時に稼働)
- ・換気口(写真8):壁面調節式ベンチレーター(常時開放状態)



写真5 ブース内部



写真6 ブース正面



写真7 換気装置



写真8 換気口

6. 測定方法

6.1 遮音性能試験(図2)

試験項目『2.1』及び『2.2』に関しては、ブース(A室)を音源室とし、音源室内に試験音を発するためのスピーカーを配置し音源室内に1ヶ所の測定点をとる。測定試験『2.1』の受音点はB室内、及び測定試験『2.2』では、A室ドア前に受音点を設定。

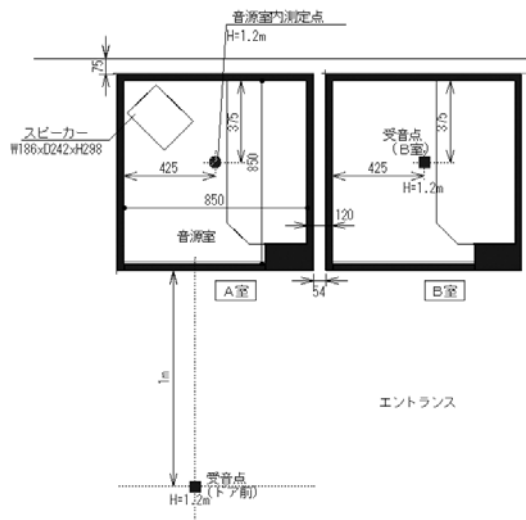


図2 音源室と受音点の関係

6.2 音圧レベル確認試験(図3)

試験項目『2.3』に於いては、消防組織法(昭和22年法律第226号)第37条の規定に基づいた執務通知が設けられており、音に関する規定として「可動式ブース内における音圧が65デシベル以上となることが確認できること」と記載されている。当試験では、当ブースが設置されているビル内(1階フロア)において、実際に非常放送(アナウンス+サイレン)を流し試験を行った。ただし、非常放送のスピーカーとの距離、設置場所の暗騒音との関係等々、設置環境によって、測定値は当然異なることが予想される。よって当試験は、あくま

で現在の設置条件における測定値として評価するため、フロア平面図を非公開とし、試験項目に『扉開放状態』を追加した。また、試験の効率性を考慮し、受音室はC室を使用。

図3に示す通り、ブースC室内測定点において全周波数帯域の音を含む音圧レベル(A特性音圧レベル)の最大値を測定した。

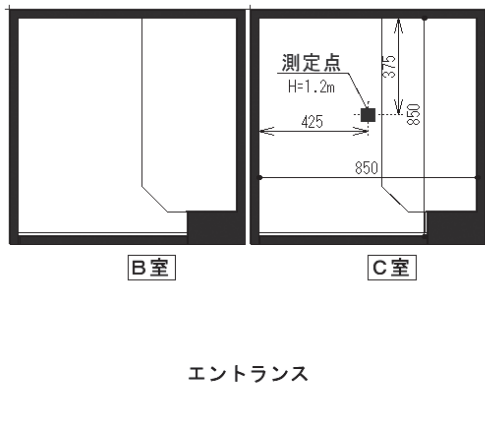


図3 非常放送測定の測定点

7. 試験結果

7.1 試験項目『2.1』より(図4)

遮音材なし、パテ埋め、ピンチブロックの全てが250 Hzから1 kHzまで、ほぼ数値が近似していることから、当周波数音域に関しては、当ブースそのものの遮音性の限界と推測する。そして『ピンチブロック』設置後の差異(効果)は1 kHz以降に表われ、『パテ埋め』とほぼ同等の効果が得られた。

125 Hz周辺では、若干『パテ埋め』より『ピンチブロック』の数値が良く出ているが、これに関しては当日建具と枠との勘合部に於いて、構造上パテ埋めが外部から完全密封出来なかったことから生じた共振によるプラス値であったとも考えられるが、逆にピンチブロック『#07-TS』を選択したことで、圧着度合が当周波数音域でうまく活かされていると判断している。

7.2 試験項目『2.2』より(図5)

当試験に於いては、一般的に使用されているスキマ用開口部材2種類を加え比較検証試験を行なった。125 Hz~500 Hzまでは測定値がいずれもほぼ変わらないことから、当ブース内から外部への遮音性としては、当ブースそのものの限界と推測する。

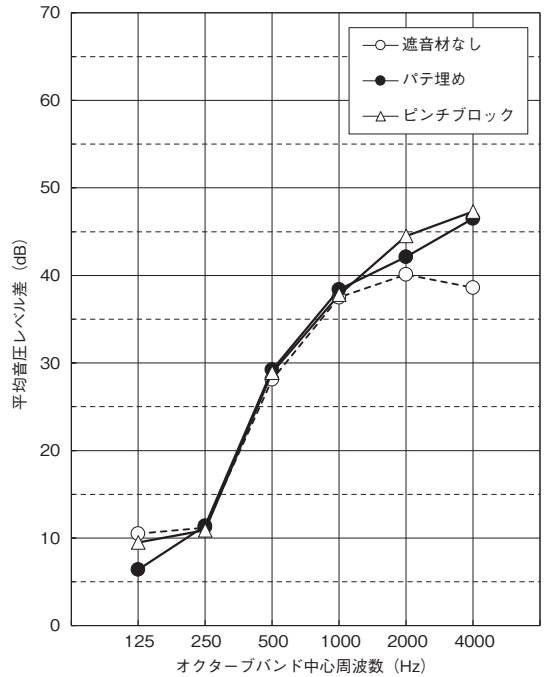


図4 隣接するブース同士の音圧レベル差

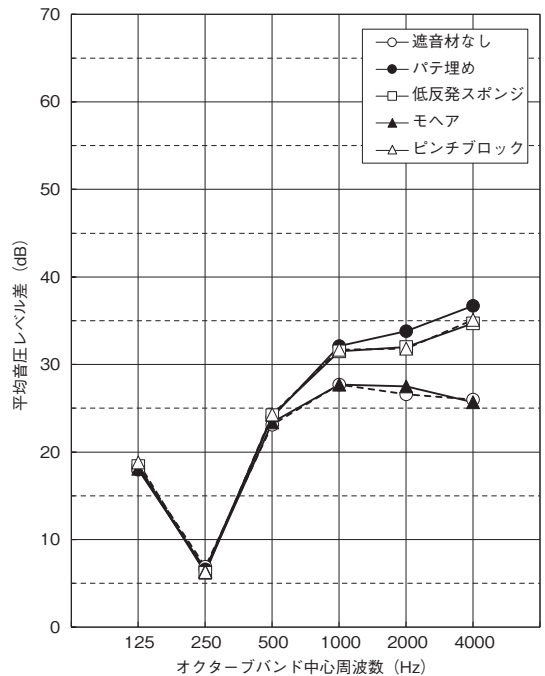


図5 ブース内から外部への音圧レベル差

当試験では、スキマ用開口部材の比較検証を行い、500 Hz以降にそれぞれの特徴が表れた。

『モヘア』に関しては、スキマシール材として一般的に市販されている商品だが、『遮音材なし』と同じライ

ンを辿っており、PP繊維による緩衝材として有効であることは想像できるが、遮音目的には向いていない商材であることが確認できる。

また『低反発スポンジ』と『ピンチブロック』はパテ埋めに若干劣ってはいるが、改善方向に向かってほぼ同等のラインを辿っており遮音効果が出ている。

低反発(EPDM系)スポンジは、ゴム基材の比重と半連続気泡の構成から開口部のスキマのパラツキへの追従性に優れており、それによってピンチブロックと同等値が得られたと考えられる。

ただし、『4.1』に記したとおり今回当素材にスライド加工処理を行ったが、使用する部位によっては、扉の摺動性に影響する素材であることは注意すべき点である。

7.3 測定項目『2.3』より(図6)

試験結果の『扉開放状態』の音圧レベルに対して『パテ埋め』、『ピンチブロック』共に消防組織法の規定範囲内の結果を得る事ができた。

8. 最後に

この度、チャットボックス(株製テレブースに於いてスピーチプライバシー保護を目的とした遮音測定試験を実施させていただきました。その中で、遮音とは相反する条件(通気性、消火設備の設置、非常放送の音圧規定など)を同時に満たさなければならないというかなり厳しい構造空間ではありましたが、開口部材メーカーとして、それなりの効果が証明できたことは評価できるのではないかと考えます。また、開口部材といえども様々な差異もご確認いただけたかと存じます。

なお、当テーマに関してご快諾いただいたテレワーク用ブースメーカーのチャットボックス(株様に於かれましては、情報公開並びに現場での対応等々全面的にご協力いただき、また測定に対応頂いた高橋建設(株)ミュージックキャビン事業部様、その他関係各者の皆様に対し、この場をお借りしまして心より御礼申し上げます。

○非常放送鳴動時のALL PASS 音圧レベル

測定条件	音圧レベル
扉閉状態	81.6 dB
パテ埋め	67.6 dB
ピンチブロック	68.0 dB

※ALLPASS：全周波数帯域の音を含んだ測定値

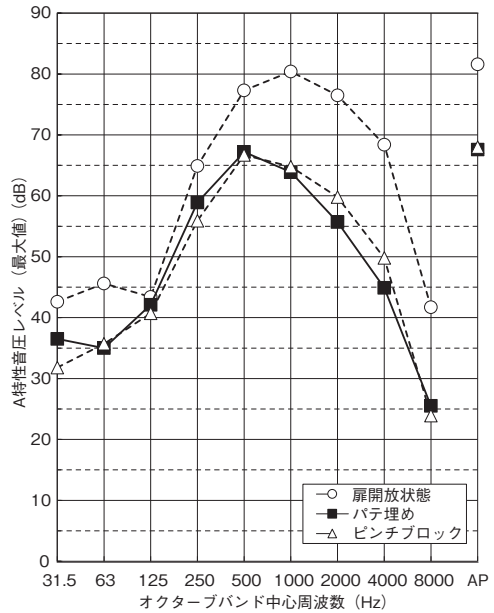


図6 ブース内における非常放送の音圧レベル

3. Q & A コーナー

—透過損失の計算法と各種算出量—

一般社団法人日本音響材料協会 運営委員会

Q：防音対策を検討しています。透過損失の計算法と、「TL」、「TL₀」、「TL_F」、「 \overline{TL} 」の各量の違いを教えてください。さらに、遮音材のカタログなどで、性能値「TL_D」というのも見受けられ、混乱しています。

A：質問の計算法は、「質量則」と呼ばれているものです。これによる透過損失は、「面密度」と「周波数」の積をもとにして計算されます。「質量則」といわれる所以は、計算式に、上記の「面密度(単位面積当たりの質量；kg/m²)」が入っているからなのでしょう。

最初に、これについて、2点確認しておきます。

まず、計算対象が単層壁に限るということです。すなわち、均質と見做せる一重壁で、板ガラス、鉄板、コンクリート壁などが該当します。したがって、よく使われる乾式二重壁系(中空層にグラスウールを充填した石膏ボード壁など)の透過損失は、質量則では計算できないと考えて下さい(共鳴透過、中空層内減衰の影響がある。JIS実験室での透過損失測定による。)

また、音波が斜め入射したときに、屈曲振動が生じて透過損失が低下する、コインシデンス領域では、計算値と合いません。このときの限界周波数「f_c」は、壁の厚さ・密度・ヤング率などで決まります。

以上の様子について、図1¹⁾に、ボード系の単層壁・二重壁の遮音特性パターン例を示します。

なお、音響透過損失は、JIS表記では「R」ですが、本

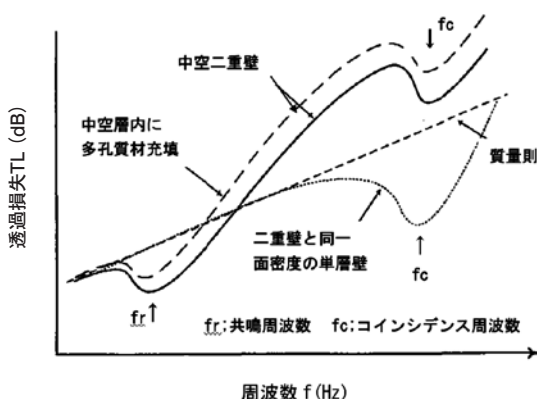


図1 ボード系単層壁・二重壁の遮音特性パターン例¹⁾

稿では、内容の流れから「TL」を採用しています。また、実建物で空間音圧レベル差を測定し、これから計算した透過損失は、通常、JIS実験室での値と異なります。

では、本題の質問について説明しましょう。TL、TL₀、TL_Fは、それぞれ「ランダム入射透過損失」、「垂直入射透過損失」、「音場入射透過損失」といいます。

なお、 \overline{TL} は、日本建築学会遮音設計資料⁴⁾で記述されている、1/3オクターブ125～4 kHz帯域の透過損失の算術平均値であり、JISでは、125～2,000 Hz帯域の算術平均値をR_{m(1/3)}と表示しています。

また、TL_Dは、学会遮音性能基準²⁾で規定されたもので、「TLのD数と呼ばれ(後述)」、「周波数-遮音性能」を単一数値評価量として表したものです。

まず、TL (dB)とTL₀ (dB)の関係を次式に示します。

$$TL = TL_0 - 10 \log(0.23 TL_0) \quad (1)$$

(1)式によると、TLはTL₀より小さな値を示すこととなります(TL₀が極端に小さくない限り)。

次に、TL₀は、次式で計算されます。

面密度をm(kg/m²)、周波数をf(Hz)とすると、

$$TL_0 = 20 \log(f \cdot m) - 42.5 \quad (2)$$

(2)式によると、mを2倍にすると、TL₀が6 dB増加することになります。なお、(1)式によると、mを2倍にすると、TLが約5.5 dB増加することになります。

一般的には、対象壁への音の入射条件を考えると、垂直入射透過損失TL₀ではなく、ランダム入射透過損失TLの方を適用します。

次に、TL_F (dB)は、入射角を「0°～78°」とした場合で、(3)式で表され、壁面への入射条件によります。

$$TL_F = TL_0 - 5 \quad (3)$$

では、上記TL₀、TL、TL_Fの計算値と実験室測定値TLを比較してみましょう。

例として、鉄板(厚さ0.7 mm及び4.5 mm；図2³⁾)と普通コンクリート(厚さ150 mm；図3⁴⁾)について、500 Hz帯域(両者のf_cを避けて)の透過損失を計算し、実験室500 Hz帯域測定値TLと共に、図4⁵⁾にプロットしました。この図に示されたように、本例の均質単層壁の場合、この周波数帯域では、TLの計算値と測定値はほぼ一致するといえます。

ここで、図2・図3中の等級曲線D-○(D曲線)は、建築学会遮音性能基準²⁾に規定されているもので、「接線法」により、オクターブバンド値により5 dB間隔で評価します。

なお、1/3オクターブバンド値(TL1～TL3)をオク

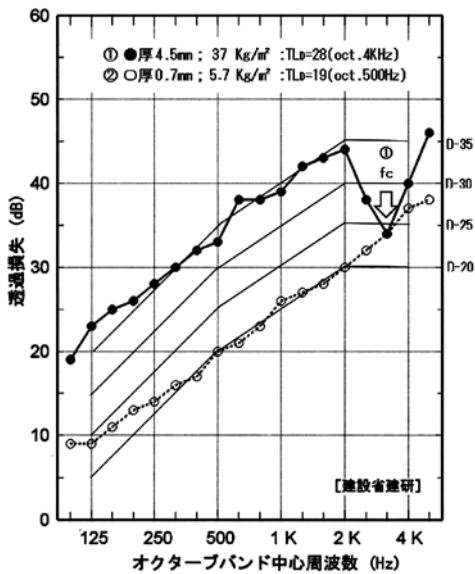


図2 鉄板の透過損失³⁾

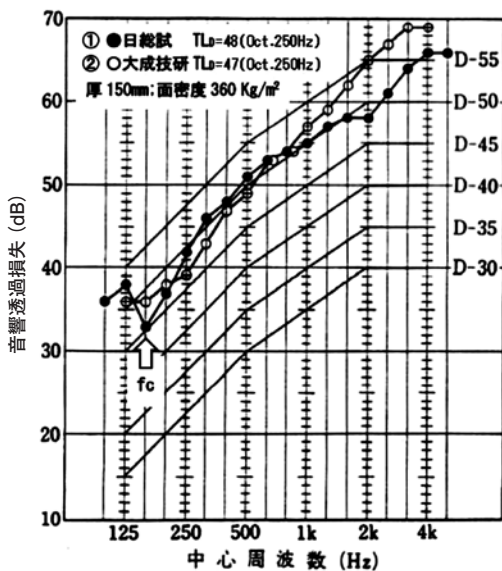


図3 普通コンクリートの透過損失⁴⁾

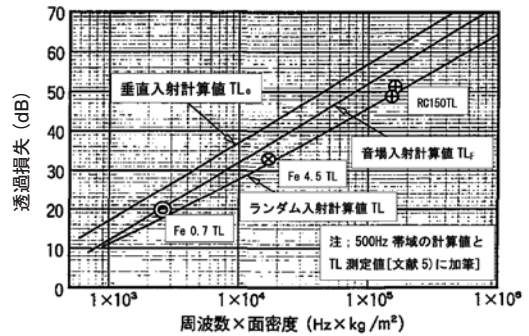


図4 質量則計算値と透過損失測定値⁵⁾

タープバンド値(TL_{oct})に合成する計算式は、次式によります(TLの算術平均ではないことに注意)。

$$L_{oct} = -10 \log [(10^{-TL_1/10} + 10^{-TL_2/10} + 10^{-TL_3/10}) / 3]$$

また、D曲線を1 dB間隔ごとに設定して評価したものを「D数」といい、これをTL_{oct}に適用した単一数値評価量を「TL_D(TLのD数)」という。図2、図3に、TL_Dを併記しました(TL_Dが決定される周波数帯域は、遮音材によって異なることに注意)。

なお、基準曲線(D曲線・L曲線・N曲線)のあてはめ方・接線法の詳細・留意点については、既報⁶⁾を参照されたい。

以上、遮音性能を表す各量(他に、D・Dr・Dpなどもある⁷⁾)と関連事項について述べた。

以下に示す引用文献には、さらに詳しい事項が記載されている。(回答：運営委員会 宮尾健一)

[参考文献]

- 1) 音響技術 No.109：特集;音響材料(宮尾健一，松岡 明彦；遮音材料解説，pp.3-13)，2000.03
- 2) 日本建築学会編：建築物の遮音性能基準と設計指針[第二版]，技報堂出版，pp.3-15，1997.12
- 3) 日本音響材料協会編：騒音・振動対策ハンドブック，技報堂出版，1982，01
- 4) 日本建築学会編：建物の遮音設計資料，技報堂出版，p.22，p.82，1988.08
- 5) 音響技術 No.100：特集；音響入門(吉村純一；遮音と遮音構造，p.9)，1997.12
- 6) 音響技術 No.177：Q&Aコーナー(運営委員会；防音・音響関係のグラフの見方，pp.77-78)，2017.03
- 7) 音響技術 No.136：特集；音環境Q & A 100選，pp.3-4，2006.12
- 8) 音響技術 No.162，No.182：会員の頁，Q&Aコーナー