会員の頁

- 1. 様々な吸音材
- 2. 育児空間に適用したルームチューニングアイテムと新製品紹介
- 3. 地表面の振動測定用 1本杭ピックアップ支持具の紹介
- 4. 2020年音響基礎講習会 Q&A
- 5. やさしい防音講座 ―防音の基礎知識 2 ―

1. 様々な吸音材

長島 明日香(Asuka Nagashima) 大建工業株式会社

1. はじめに

弊社では、様々な吸音材を製造・販売しています. そこで本稿では「様々な吸音材の施工事例(P.67)」で使用した大建工業の吸音材を紹介いたします.

2. 吸音材の種類

2.1 岩綿吸音板「ダイロートン」

大建工業では、天井用岩綿吸音板を「ダイロートン」 シリーズとして多数取り揃えています。その中から、 子どもの音環境を整える為にお勧めの製品をご紹介し ます。

(1) 「スクールトーン |

文教施設や幼保施設にお勧めのダイロートンは「スクールトーン」です.製品名の通り、子どもの学校を豊かにするために開発した製品で、先生の声を聞き取りやすくする吸音性能はもちろん、教室内の湿気を吸収・放出する調湿性能を付加しており、結露やカビの発生、過乾燥を軽減し快適な空間で集中しやすい教室作りをお手伝いします.また、シックスクール要因のひとつといわれるホルムアルデヒドを吸着・分解するので、教室で安心して過ごせます.

「スクールトーン」は捨て張り工法用と直張り工法用があり(写真 1), 施工方法にあわせて製品をお選びいただけます。表1に製品概要をまとめます。

(2) ダイロートン健康快適天井材「クリアトーン12SⅡ」 施設の改修工事の場合は「クリアトーン12SⅡ」をお 勧めします. 本製品はスクールトーンと同様に, 吸音 性能はもちろん調湿機能も備えています. また, 裏面 に特殊加工を施しているので, 既存の天井がビニルクロス貼りの場合はクロスの上から施工するオンクロス施工が可能です.

中でも「クリアトーン12S II 」のラインアートシリーズは、目地が目立たないデザインになっているため(写真2)、図1に示すように天井材の割り付け手間が省けることや、図2のようにダウンライトなどの照明器具の目地位置合わせが不要となり配置が容易なことから、改修工事に特にお勧めしています。

表1 スクールトーン製品一覧

製品名	柄	工法	厚さ×幅×長さ(mm)
スクールトーン	トラバーチン	・捨て張り	9×300×600
			12×300×600
	ファインブレス		9×300×600
			12×300×600
ワイド直張	トラバーチン	直張り	9×455×910
			12×455×910
	スターブレス		9×455×910
			12×455×910
スーパーワイド直張	トラバーチン		12×600×1200

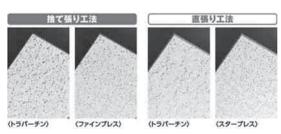
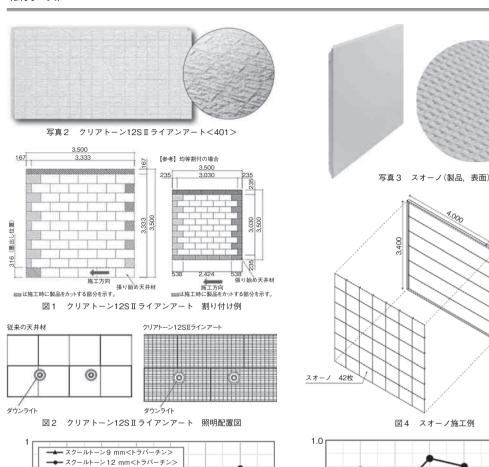
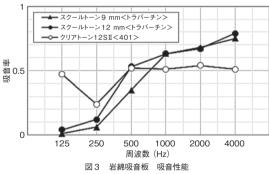


写真1 スクールトーン

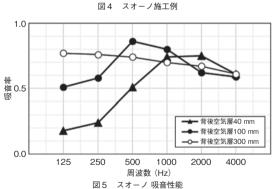




- ・スクールトーン 試験体を床に直置き(剛壁密着)し、アルミ製アングルにて試験体四周を 覆った.
- ・クリアトーン 試験体背後に空気層を設ける為に残響室床に厚さ40 mm合板(高さ300 mm)により制作した枠を設置し、背後空気層を300 mmとして測定

2.2 金属系吸音パネル「不燃吸音壁材 スオーノ」(写真3)

無地柄に見えるほど小さく穿孔されたアルミ板で、高い吸音性能が発揮できる製品です。基材にアルミニウム合金を使用し、国土交通大臣認定不燃材料を取得しています。施工方法は、図4に概略を示しますが、専用施工部材のレールに対し挿入するだけの簡単施工です。背後は空気層のみでグラスウール等の吸音材挿



専用施工部材 見切

専用施工部材 レール

横方向に5列

入は不要です. 背後空気層を調整する事で吸音特性を変える事ができ(図5), シンプルなデザインなので, あらゆるインテリア空間を美しく快適に仕上げる事が可能です.

2.3 吊り下げ吸音材「KIN TONE(キントーン)」

天井の形状の問題で岩綿吸音板の施工が困難な物件や、意匠性の問題から岩綿吸音板を避けたい物件にお勧めしている製品が天井吊り下げ吸音材「KIN TONE (キントーン)」です。

本製品は専用施工部材を使用し、天井からワイヤー で吸音パネルを吊り下げる施工方法です。天井から吊 り下げる事により、吸音パネル全面で吸音を行えるので、見た目以上に優れた吸音材です。

(1) スクエア(写真4)

製品サイズは600 mm×600 mm, 厚さ40 mmで, 重さは2.3 kg/枚です. 角を取った柔らかい形のスクエアなので, 天井に取り付けると可愛らしい空間になります.

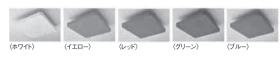


写真 4 キントーン スクエア

(2) サークル(写真5)

製品サイズは ϕ 600 mm, 厚さ40 mmで, 重さは1.8 kg/枚です. ビビットでカラフルな色を取り揃えているので, 天井に取り付けると遊び心のある楽しい空間に仕上がります.



写真 5 キントーン サークル

(3) 特注(写真6)

「KIN TONE(キントーン)」は、グラスウールを基材とし特殊塗装を施している製品なので、形状特注や色特注が可能です。600 mm×600 mmの正方形を上限サイズとして、図面等で希望形状をご相談ください。



写真6 キントーン 特注(飛行機,雲,星)

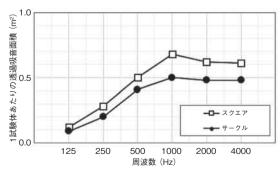


図 6 KIN TONE(キントーン) 吸音性能

・キントーン グラスウールにガラス繊維不繊布を張り、アクリル系樹脂塗装で仕上げた吸音材を残響室に16枚、背後空気層150 mm取ってランダムに設置し 添温吸音両種を測定



写真7 OFF TONE マグネットパネル、クリアパネル



写真8 OFF TONEマグネットパネル インクジェット特注

2.4 後付け吸音パネル

(1) 「OFF TONE(オフトーン)」

天井に吸音材を設置していても吸音性能が足りない場合や、部屋を使い始めてから音響障害に気づいた場合に、後付けが可能な「OFF TONE(オフトーン)」をお勧めします。マグネットで脱着ができる「OFF TONEマグネットパネル」と、ガラス面の視認性を阻害しない「OFF TONEクリアパネル」をご用意しております。

①マグネットパネル

裏面がマグネットになっており、スチール面等に対して誰でも簡単に取り付けができます.

製品サイズは900 mm×900 mmで,厚さは28 mmです。特注でサイズのオーダーも対応しており、200~900 mmの範囲で10 mm単位からサイズオーダーができます。また、インクジェット印刷でのカラーオーダーにも対応しているので、お好みのデザインで作成が可能です(写真8).

②クリアパネル

ガラス面に取り付けても 視認性を損なわない、クリ アパネルです。透明性を損 なわず、吸音性を確保する ために ϕ 0.7 mmの微細な孔 が開いています。部屋の雰



囲気を守ったまま,吸音性能を向上させます.

施工方法は写真7に示す通り、専用施工部材で天井 から床までワイヤーを張り、ワイヤー間に取り付けま す. 取付枚数はW2×H4, W3×H4からお選びいただ けます.

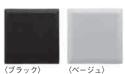
(2) 「オトピタ01」

石こうくぎと型紙で簡単に取り付けができる後付け 吸音パネルです。取付手順を写真9に示します。



写真9 オトピタ 取付手順

オトピタは中~高音域用(オトピタ01, オトピタ04 くさび), 低~中音域用(オトピタ02N), コーナー用 (オトピタ03)の4種類をご用意していますが、保育施 設には中~高音域を吸音する[オトピタ01]をお勧めし ます.



455 mm, 厚さは43 mmです. 幼保施設向けに, 特注でピ ンクや水色なども作成可 能です.

製品サイズは455 mm×

(3) 後付け吸音パネル 吸音性能

後付け吸音パネル「OFF TONEマグネットパネル」 「OFF TONEクリアパネル | 「オトピタ01 | 吸音性能を 図7に示します。(「OFF TONEクリアパネル」の背後 空気層は50 mmです。)

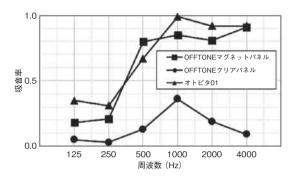


図7 後付け吸音パネル 吸音性能

3. おわりに

大建工業では、これからも子どもの音環境が快適な ものになる様に吸音材の製品開発に励みます. 弊社吸 音材が、保育施設の音響改善の一助になれば幸いです.

2. 育児空間に適用したルーム チューニングアイテムと新製品紹介

大山 宏 (Hiroshi Ohyama) 日本音響エンジニアリング㈱

1. 日南市子育で支援センター『ことこと』 あかちゃん広場「森のステージ」

1.1 概要

日南市中心市街地活性化事業の一環として建設された日南市子育で支援センター『ことこと』あかちゃん広場(写真 1)に、Acoustic Grove System(AGS)を用いた「森のステージ」(写真 2)が誕生した。

『ことこと』は地元特産の飫肥杉に囲まれた空間で、この空間から次の世代がすくすくと育っていくことを願って設計された。AGSが採用された「森のステージ」は、その中心にあるあかちゃん広場の一角にあり、私たちはその設計に協力した。この広場は子育てに関するセミナー等のイベントが開催されるほか、普段は自由に親子で遊べるようなスペースとなっている。訪れた方からは、「話声が聞き取りやすい」、「赤ちゃんの声がキンキンせず心地よい」、「子どもの声が響き合い環境音化している」、「森のイメージが湧いて落ち着く |等の感想が寄せられている。

1.2 設計者の声

『ことこと』の中心あかちゃん広場を日南の飫肥杉をつかった「おびすぎの森」でやさしく囲いました(写真3).「柱状拡散体」の技術を使い(写真2),あかちゃんが思い切り泣いても叫んでもいやな響き方をしません.広場の製作は日南の製材所,家具屋さんが担当し、オール日南の子ども達のための自慢の空間となっています.

2. 新製品紹介(Meleon) 一音響調整家具一

2.1 概要

「Meleon(メレオン)」は空間の音響特性をだれでも 簡単に調整することができる音響調整家具です. 当社 では音響性能と意匠性を兼ね備えた,音響調整家具 Meleonを開発しました.

Meleonは従来の音響調整機構に比べ、薄く・省スペースで特別な工事を伴わず簡単に設置が行えます.

さらにインテリアに溶け込む意匠性・デザイン性を



写真1 あかちゃん広場



写真2 森のステージ



写真3 おびすぎの森の囲い

持ちながら、空間の居住性や快適性を室内音響の面から向上させることができる機能性家具として設計しています.



好きな音色を飾る.

昨今のリモート環境でも話しやすく, 聞き取りやすい環境を実現します.

2.2 Meleonの構成

· Meleon-Shelf



Meleonアイテムを設置できるマスを持った棚状の家具です。複数のMeleon-Shelfを連結して、音響調整の範囲を広げたり、音響効果を増強したりすることができ、空間のサイズや目指す音場に合わせて自由な組み合わせで設置することが可能です。

· Meleon-Filler







Leather Type : 5 Type

吸音特性の異なるレザータイプとファブリックタイプの2つの異なるタイプを用意しました。特性の異なるフィラーの使い分けにより、目的や空間に合わせた組み合わせが可能です。また、バランス良く幅広い音域を吸音できるように、一般的な吸音材の約6倍の125 mm厚とし、素材や構造にもこだわって設計を行っています。

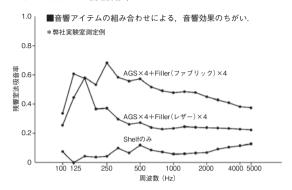
· Meleon-AGS



木質の円柱を組み合わせた当社の音響製品「Acoustic Grove System(AGS)」の音響効果を凝縮し「Meleon」専用にデザインしました. コンパクトな形状ながら、AGSの特徴である、『低域の抜けの良さ』と『中高域の緻密な響き』が叶えられます. フィラーとの組み合わ

せで、吸音と拡散の相互の利点を活かした音響的にバランスの良い空間を構築し、低音域から高音域までの 周波数応答特性をなだらかに整える効果があります.

2.3 Meleonの音響効果



ファブリックタイプの吸音フィラーの組み合わせでは、幅広い周波数帯域でバランスよく吸音していることがわかります.特に話声などの中心帯域である中高域の音をしっかりと吸音し、くせの少ない自然な吸音特性を有しているので、響きすぎて大きな音が発生すると耳が痛くなるような空間や、複数の人が同時に話をすると聞き取りにくく感じるような場所で効果を発揮します.

一方、レザータイプの吸音フィラーでの組み合わせでは、ファブリックタイプの組み合わせと比べ、特に低い周波数帯域の吸音に優れ、かつ、高い周波数帯域の音を過度に吸音しすぎないように設計されているので、比較的小空間で課題となる、いわゆる低域の"ブーミー"対策に効果があります。



■お問い合わせ先:

日本音響エンジニアリング㈱ 企画室 勝又 TEL: 03-3634-5307

3. 地表面の振動測定用 1本杭ピックアップ支持具の紹介

大石 力 (Chikara Oishi) 有限会社環境調查設計

1. はじめに

振動測定では、設置共振の影響に注意して、振動ピッ クアップ(以下. 振動PUと記載)を適切に設置するこ とが正確に測定するポイントです。公害振動における 地盤の振動測定では、やむを得ず軟弱な地表面に振動 PUを設置する場合には、設置共振の影響を低減させ るため、地表面を踏み固めますが、正確さを高めるた め、PU支持具を使用することが理想的です。本稿では、 振動レベル計(測定周波数範囲:1~80 Hz)を用いて 地表面の振動測定を行う場合に、設置共振の影響を効 果的に低減できる1本杭PU支持具を紹介します(図 1).



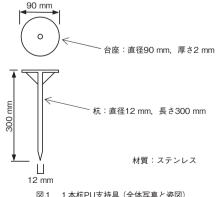


図1 1本杭PU支持具(全体写真と姿図)

2. 1本杭PU支持具の特徴

PU支持具は何種類かありますが、1本杭PU支持具 は、打ち込み時に加わる力の方向が杭心と一致し、一 度の打ち込みですみ、台座の浮きもなく簡単に安定し て設置することができます(図2).

3. 開発の課題と経緯

今回紹介する1本杭PU支持具は、次の点を課題と して開発を進めました.

- 1) 80 Hz以下で鉛直方向の設置共振の影響を 2 dB 以内とする.
- 2) 設置、引き抜きが簡単であること.
- 3) 耐久性があること.

上記2)、3)の課題をクリアするために、台座中央の ねじ穴にアイボルトを入れ、指をかけて引き抜くこと ができる構造とし、材質は耐久性が良いステンレスを 用い、強度を確保するためにパーツは溶接接合としま した.

さて、岡本らの論文10では、田畑より軟らかい地盤 の条件で、杭の全質量450 g、杭径12 mmの場合、杭 長を250 mm以上とすることで、振動レベル計の測定 上限周波数の80 Hz以下で、鉛直方向の設置共振の影 響は、2dB以内に低減することが示されています. この情報から、1本杭PU支持具の試作品は杭長300 mmで製作し、実験することとしました。また、試作 品の台座の形状は2種類用意し、一つは性能を重視し 軽量化の限界まで突きつめたもので直径80 mm, 厚さ 1 mmとし、もう一つは振動PUが無理なくのせられ、 かつ十分な強度を持つもので直径90 mm, 厚さ2 mm としました.



図2 1本杭PU支持具(打ち込み時)

表 1 振動PUの仕様

基準杭用PU	RION PV-87	質量115 g
試作支持具および土表面用PU	RION PV-83C	質量335 g

表2 振動PUの設置条件

(1)	踏み固め土表面直置き			
(2)	1 本杭PU支持具(踏み固めなし) 台座直径90 mm,厚さ 2 mm,質量約370 g			
(3)	1 本杭PU支持具(踏み固めなし) 台座直径80 mm,厚さ 1 mm,質量約300 g			

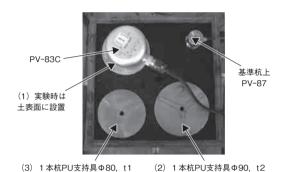


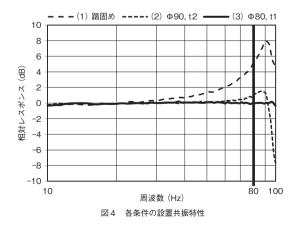
図3 振動PUとPU支持具の設置状況

4. 実験方法

実験方法は、前述の論文にならい軟らかく土を詰めた木箱を加振器の上に設置し、鉛直方向にランダム加振($1\sim500~\text{Hz}$)し、土に打ち込んだ基準杭と踏み固めた土および試作支持具の上に振動PUを設置して振動加速度を測定し、基準杭との相対レスポンスを求めました(表1, 2, 図3).

5. 実験結果

図4に実験結果を示します. 80 Hz以下の設置共振の影響は, 踏み固め土表面直置きの(1)で5 dB, 1本杭PU支持具の(2)で1 dB, (3)で0 dBとなりました.

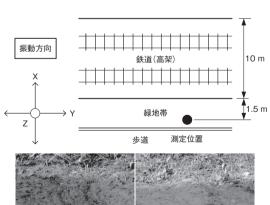


性能だけを考えると設置共振の影響がほとんどみられない (3) (台座直径80 mm, 厚さ1 mm)がよいのですが, 台座が薄いためゆがみやすく, 杭芯をはずして打ち込むと破損の恐れがありました. そのため, 実用上は (2) (台座直径90 mm, 厚さ2 mm)がよいと判断し, 本製作することとしました.

6. 設置共振の低減効果の確認(鉄道振動)

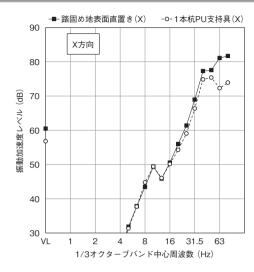
次に、鉄道振動が発生している場所において、踏み固め地表面直置きの場合と1本杭PU支持具(台座直径90 mm、厚さ2 mm:踏み固めなし)を使用した場合の振動加速度レベルの測定結果を比較し²⁾、1本杭PU支持具による設置共振の低減効果を確認してみました(図5). なお、測定機器は、振動レベル計RION VM-52(PU:PV-83B、質量350 g)と周波数分析器RION SA-01を使用しました.

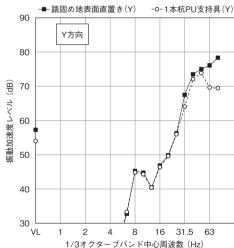
次頁の図6に、測定結果を示します。数値は、時間重み特性VL(630 ms)、連続する通過列車10本の振動加速度レベル最大値の算術平均を表しています。この測定結果をみますと、鉄道振動の振動加速度レベルは、1本杭PU支持具を使用した場合のほうが地表面直置きした場合よりも小さくなっています。鉛直方向(Z方向)だけでなく、水平方向(X、Y方向)についても、63~80 Hz帯域で5~10 dB程度小さく、振動レベル(VL)では3 dB程度小さくなり、設置共振の影響が低減していることがわかります。



踏み固め地表面直置き 1 本杭PU支持具

図5 鉄道振動による比較測定の測定位置





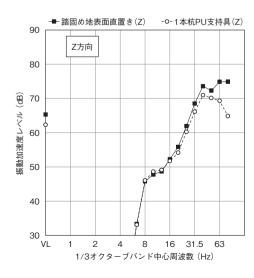


図6 鉄道振動の測定結果

7. 1 本杭PU支持具の使用手順

次に、1本杭PU支持具の使用手順を示します(図7 - 1 \sim 4).

① 地表面の踏み固め



・雑草や根を取り除き,杭の長さ(深さ)に埋設物が無いか確認し,踏み固めます. 図7-1 1本杭PU支持具の使用手順1

② 1 本杭PU支持具の打ち込み



・台座の面が水平になるように手で支えます.



・台座面の水平を保つように、ショックレスハンマを使用し、杭の芯を打撃し打ち込みます.



・地表面から数mmめり込む程度にPU支持具を打ち込みます。図7-2 1本杭PU支持具の使用手順2

④ 1本杭PU支持具の引き抜き



・アイボルトを台座中央のねじ穴に入れます.

③ 振動PUの設置



・PU支持具の台座に接地するように振動PUを置きます.



・アイボルトに指をかけて引き抜きます。抜きにくい場合は、アイボルト に杭などを通しテコにして抜きます。

図7-4 1本杭PU支持具の使用手順4



・ケーブルのコネクタ部分が土の上に乗りかかって振動PUが台座から浮かないように注意します。

図7-3 1本杭PU支持具の使用手順3

8. おわりに

1本杭PU支持具の設置共振の低減効果と特徴について説明させていただきましたが、本稿が地表面の振動測定の正確さを高める一助になりましたら幸いです。最後に、参考文献の引用の許可と助言をいただきました、平尾様(小林理研)、岡本様(リオン)、山本様(東洋建設)に謝意を表します。

[参考文献]

- 1) 岡本伸久、平尾善裕、横田明則:振動レベル計のピックアップ設置 方法に関する研究、日本騒音制御工学会秋季研究発表会講演論文集、 pp.311-314、1998.9
- 2)大石力・山本耕三:地盤の振動測定における振動ピックアップ支持 具の比較検討,日本騒音制御工学会秋季研究発表会講演論文集, pp.157-160,2012.9

4. 2020年音響基礎講習会 Q&A

運営委員会

Q:ダクトのクロストーク対策(貫通部の遮音処理)としてどのような方法がありますか.

A:壁や天井等の遮音層を貫通するダクトについては、その遮音構造に期待している遮音性能を、ダクト 貫通により低下させないようにする必要があります。

ダクトによるクロストーク(遮音欠損)の経路には下 記の3点があります。

- ① 遮音層と貫通ダクト周囲の隙間から透過する経路
- ② 貫通するダクトの管壁面からダクト内に入射した 音がダクト内を伝搬して、遮音層貫通後のダクト の管壁から外へ透過する経路
- ③ 空調ガラリの開口面から入射した音がダクト内を 伝搬して、遮音層貫通後のダクトの管壁や隣室の 空調ガラリの開口から透過する経路

①の経路が本来の質問内容ですが、この対策としては、一般的にダクト貫通部廻りの隙間にグラスウールやロックウールを充填し、遮音壁の両側でその上から厚さ0.3 mm、0.5 mmの鉛シート貼り等による遮音補強が行われます。(図1参照)

鉛シートは作業性のために薄いシート材(両面テープ付き)を使用しますが、ダクトの仕様(鉄板ダクト、グラスウールダクト、サイズ等)や貫通する遮音層の性能により遮音補強する鉛シートの総厚と長さを決定します。

②については、この経路の減音量が貫通する遮音層の性能と匹敵するように、ダクトの仕様に応じてダクトの管壁の遮音補強を行います.

遮音補強の方法は前述のように「グラスウール+鉛シート貼り」等による方法が一般的です。 低音対策としてはグラスウール貼りを行わず、 ダクトに鉛シート直貼りの方が有効です。

③は、同一系統のダクトが複数の室を貫通する場合に起こりやすいクロストークです。室間の遮音性能が良い場合にこの問題が生じやすく、ダクト系に消音チャンバや消音エルボを追加して、このクロストーク経路の消音性能を改善することが必要になります。

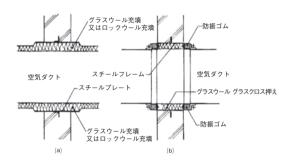


図1 ダクトの遮音層貫通部処理の例

音響技術 1988 通巻no.63 特集:空調·設備騒音参照

Q:工場, 倉庫内のNC推奨許容値と評価基準はあるでしょうか.

A: 工場や倉庫等は業種によって作業環境が異なるために、事務所や会議室のような推奨とされる室内騒音の基準はありません。しかし、人の聴覚に悪影響を与えることがないようにという観点から、作業環境騒音に対して、騒音障害防止のためのガイドライン(労働安全衛生法)があります。

これは大きい騒音に長時間暴露されると作業意欲の 減退等の他, 聴力損失を生じて永久難聴になる恐れが あり, 騒音障害防止の目的で特定の作業場に対して設 けられています.

これは大きい騒音の発生している作業場についてエリア毎に等価騒音レベルを測定して基準分けを行い、85 dB(A)以上の作業環境の場合、防音保護具などの整備(耳栓の着用、大きい騒音が発生していることの注意喚起を行う表示)を義務付けるものになります。

音響技術 2014 通巻no.168 特集:工場の騒音・振動 対策参照

(回答:運営委員会 福満英章)

- 5. やさしい防音講座
 - 一防音の基礎知識2一
 - 2. 吸音の仕組みと吸音材料
 - 3. 遮音の仕組みと遮音材料

日本環境アメニティ(株) 齋藤 秀和

前回は、「1. 音とは? 防音とは?」として、音が聞こえる仕組みや、音の性質を決める3要素などを解説しました。今回は、引き続き、「2. 吸音の仕組み・吸音材料、3. 遮音の仕組み・遮音材料」を解説します。

2. 吸音の仕組みと吸音材料

2.1 吸音とは

吸音とは、吸音材が音を吸収して、音の反響を小さくすることです。吸音対策とは、その部屋内で発生した音の反射を小さくするために、天井や壁に吸音材を設置し、室内の響きの低減・反射の抑制・室内騒音レベルを低減させることです。どのような場合に、吸音対策が必要となるのでしょうか?

吸音対策は、主にホールや音楽スタジオ、映画館や試写室、音楽室、練習室など、音を楽しむことに特化した場所に、音の不必要な反響を抑えるために施されます。なお、部屋の外に音が漏れないようにする遮音効果はありません。遮音や防振対策と違い、一般的な住宅には基本的に必要ありません。しかしピアノ室やオーディオルームなど、音が重要視される部屋がある場合には、響き(残響時間)を調整するために必要になります。意外な場所としては、空調設備などが設置されている機械室に施工する場合があります。機械室では、室内で発生する機械音が床・壁・天井で反射を繰り返し、エネルギーが増大してしまうことがあります。そうなると当然、外へ漏れる騒音・固体伝搬音も、大きくなります。吸音対策を施すことで、こうしたエネルギーの増幅を防ぐ効果が期待できます。

2.2 吸音の仕組み

吸音対策は、吸音材料に音が入射した時に、その音の反射の度合いが相対的に小さくなるようにすることです。 具体的には、吸音材料内において音のエネルギーを熱エネルギー (摩擦熱)に変えて吸収したり、背面に逃したりしています(図1).

音のエネルギーEが材料に入射したとき、その一部

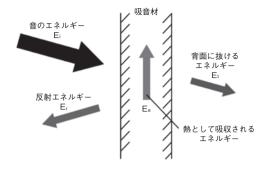


図1 吸音の仕組み

は反射されるエネルギー E_i となります。また、その一部は内部で熱となって吸収されるエネルギー E_i となり、残りが背面に抜けていくエネルギー E_i となります。このとき、入射エネルギー E_i に対して、反射されなかったエネルギー (E_i-E_r) の割合を吸音率 α といいます。吸音率は、 $\alpha=E_i-E_r/E_i$ で表すことができます。吸音率は、吸音の程度を $0\sim1$ の数値で表したものです。吸音率1とは、音の反射が一切ない(音が全部吸収されている)ことを意味します。吸音材料のカタログには、吸音率が必ず記載されています。この値を見れば、その材料でどれくらい吸音できるのかが分かります。

2.3 吸音材料の種類と特徴

吸音材料はその吸音機構(吸音の原理)から、多孔質 材料、板(膜)状材料、有孔板の3種類に分類されます。 外観上の特徴が吸音機構にも関係しており、それによっ て吸音の周波数特性も異なっています。

(1) 多孔質材料

多孔質材料とは、材料中に多数の空隙や連続した気泡がある材料です。これに音が当たると、材料中の空気が振動する際に抵抗が働き、音のエネルギーが繊維間の摩擦によって熱エネルギーに変換され、吸音効果が生じます。具体的な材料は、グラスウール、ロックウール(岩綿吸音板)、木毛(もくもう)セメント板、ウレタンフォームなどです。なおグラスウールは、ガラス繊維を綿状に加工したもので、吸音材の他に断熱材、防火性を高める不燃材料としても使用されます。ロックウールは、人造の鉱物繊維です。これを板状に加工したものが、岩綿(がんめん)吸音板です。木毛セメント板は、木材を薄いひも状に削ったものをセメントペーストで圧縮成型したものです。

多孔質材料の吸音周波数特性は、中・高音域の音に 対して吸音性能が高い特徴があります(図2). 低音域 側の吸音率を高めるには、材料を厚くするか、背後に 空気層を設けます. 図2のグラフから,背面の空気層を大きくする(a)と,小さい場合(b)にくらべ,低音域の吸収率が高くなる半面,ある一定の音域以上になると,逆に吸音率が低下することが読み取れます.また多孔質材料の厚さ・密度の値を大きくした場合(c),同値が小さい場合(d)よりも全音域で吸音率が向上しています.

多孔質材料は柔軟で耐候性の低いものが多いので、内装仕上げとして使用する際には、表面に通気性の良いクロスやフィルム、有孔板やリブ材などが保護材として表面材に用いられます。この表面材の選択によっても、吸音率は変動します(図2グラフ).

また、天井仕上げとして使用されることが多い岩綿 吸音板は、現場で着色する際にローラ塗りやはけ塗り にすると、虫食い状の表面を埋めることとなり、高音 域の吸音率が低下してしまいます。水溶性塗料の吹付 塗装にするなど、注意が必要です。

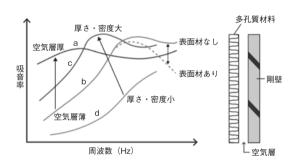


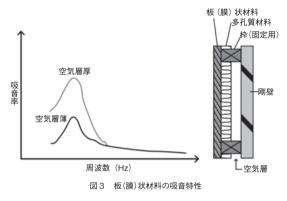
図2 多孔質材料の吸音特性

(2) 板(膜)状材料

板(膜)状材料は、剛壁の前に枠を設けて取り付けることで、背後に空気層を作って使用します(図3右、断面図).このような状態で、板が振動しやすい周波数(共振する周波数)の音が板に入射すると、板の内部摩擦によって音のエネルギーが熱エネルギーに変換され、吸音効果が生じる機構となっています。材料としては、合板、石膏ボード、ビニルシート、帆布カンバスなどが該当します。

板(膜)状材料の吸音の周波数特性は、低音域の共鳴 周波数でピークを持つ山形で、中・高音域の吸音性能 が小さいのが特徴です(図3グラフ). 膜状材料の場合は、 膜状材料へ与える張力も吸音性能に関係してきます。 板(膜)状材料は、単体での使用ではなく、背後に多孔 質材料を組み合わせて使用するケースが多いです。同 時に、背後の空気層の厚さを調整することにより、吸音率を高めることができます。なお図3グラフの数値は、板(膜)状材料の背後に多孔質材料を組み合わせた場合に、背後の空気層の厚さの大小によって生じる吸音率の変化を示したものです。

表面塗装は、材料の振動にほとんど影響しないので、吸音特性も変わりません。板(膜)状材料は、吸音材料として製品化されているものは、それほど多くありません。しかし一般的な内装材として用いたボード類が、意図せずに低音域のみを吸音してしまうことがあります。一般家庭では特に問題ありませんが、音の響きの調整が必要な部屋の場合には、音のバランスが崩れる原因となりえますので注意が必要です。



(3) 有孔板

有孔板とは、空洞と孔による吸音機構を持った板です。図4左を見てください。このような空洞に孔が開いた形の共鳴器に音が当たると、ある特定の周波数でワァーンと響いて聞こえる共鳴現象が生じます。

有孔板は、この共鳴器が孔の数だけ並んだものだと 考えてください、共鳴する周波数付近の音が当たると、 孔部分の空気が激しく振動し、孔部分の摩擦で音のエネルギーが熱エネルギーに変換されて吸音効果が生じ る機構となっています(図4右). 具体的には、有孔ケイ酸カルシウム板、有孔合板などが該当します.

有孔板の吸音周波数特性は、任意の周波数(共鳴する周波数)にピークを持った山形に調整できることが特徴です(図5). これは、吸音の周波数特性が板の厚さ、孔径、孔ピッチ、背後空気層の条件によって、大きく変化するためです。また、有孔板のすぐ背後にグラスウールなどの多孔質材料を置くことで、より抵抗が増え、共鳴周波数を中心としてより広帯域で吸音させる

ことが可能になります.

図5aの線が、有孔板を使用した場合の標準的な吸音率を示しています。なお、foは吸音率が最大となる共鳴周波数のことです。背面の空気層の厚さが厚い場合、aの共鳴周波数は低い値(グラフ左)に移動します。反対に、空気層の厚さが薄い場合、共鳴周波数は高い値(グラフ右)に移動します。有孔板の場合、開口率も重要な要素です。開口率とは、板に孔の開いていない状態を100として、そのうちの何%の面積が孔になっているのかを示したものです。開口率は、孔の大きさと間隔(ピッチ)によって決まります。孔の間隔(ピッチ)が狭くなる(共鳴器の数が増える)ことにより、開口率が大きくなる場合、全般的に吸音率が向上します。一方、孔の大きさが大きくなることで開口率が大きくなる場合は、共鳴周波数が高い帯域へ移動します。

有孔板も単体での使用より、背後に多孔質材料を設置して使用することが多いです。背面に多孔質材料を置いた場合、図5グラフの aの吸音率が、上の大きな山のラインまで引き上げられます。ただ、多孔質材料の設置位置を有孔板から大きく離しすぎると、本来その組み合わせで得られるはずの吸音率よりも低下することがあります。有孔板背後の多孔質材料の設置位置については、注意が必要です。

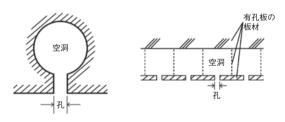


図4 共鳴器(左)と有孔板の吸音機構(右)

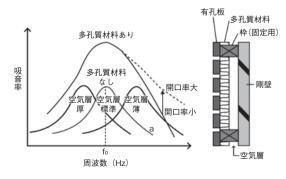


図5 有孔板の吸音特性

本章では、吸音の仕組みとさまざまな吸音材料の特性を説明しました、吸音材料の種類によって、吸音率の高い周波数域が異なることを把握し、要望に応じた吸音設計を実現できるようにしましょう.

3. 遮音の仕組みと遮音材料

一般的な防音対策には、吸音、遮音、防振の3つがあります。前章では、その中から吸音を解説しました。本章では、遮音の仕組みと遮音材料について掘り下げます。

3.1 遮音の仕組み

遮音とは、遮音材料で音を遮ることです(図6). ある材料に音が入射した時(E_i)に、その音のエネルギーは反射されたり(E_t)、材料内において熱エネルギー(摩擦熱)となって吸収されたり(E_a)、元のエネルギーよりも小さくなって背面に抜けたりします(E_t).

入射する音のエネルギーEに対し、背面に透過するエネルギーE_t の比を透過率 τ といいます。つまり透過率 τ は、 E_t /Eiで表されますが、透過損失TLとは、この透過率 τ の逆数をdB表示したもので、TL=10log10 $(1/\tau)$ の式で表します。この透過損失は、遮音の程度を表したもので、数値が大きいほど遮音性能は高くなります。

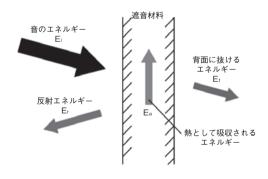


図6 遮音の仕組み

遮音を考える上で最も大切な法則に、質量則があります.

質量則とは、ガラスやコンクリートのような単一の 材料で構成された材料は、基本的には単位面積当たり の質量(面密度)が大きいほど、また同じ面密度(厚さ) であれば周波数が高いほど、透過損失(遮音性能)が大 きくなる、という法則です。

透過損失(垂直入射の場合)をTL₀(dB), 周波数を

f(Hz), 面密度を $m(kg/m^2)$ で示すと, 透過損失は, $TL_0 = 20log_{10}(f \cdot m) - 42.5(dB)$ の式で求めることができます. この質量則からは, 面密度(厚さ)を倍にしても, 遮音性能は約 $5 \sim 6$ dB程度しか増えないことが分かります(ランダム入射の場合には,

 $TL = TL_0 - 10\log_{10}(0.23 TL_0).$

そしてもう一つ、均質単板の透過損失を左右する、コインシデンス効果という現象も重要です。これは透過損失(遮音性能)が特定の周波数において、質量則で算出される値に比べて著しく低下する現象のことです(図7)、材料が硬いほど、同一の材料では厚みが厚いほど、低い周波数で効果が生じます。

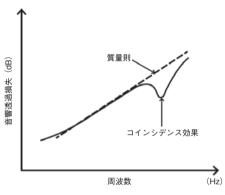


図7 質量則とコインシデンス効果

3.2 遮音材料の種類と特徴

遮音材料とは、材料に音が入射した時に、音のエネルギーを透過させにくい材料です。しかし、遮音目的に特化した遮音材料と呼ばれる材料群が、数多く製造・販売されているわけではありません。通常、石こうボードや合板、コンクリートブロックなどの身近な建築材料が、遮音材料として用いられています。

遮音材料は、構造から4種類に分類されます。一重壁、 二重壁、複合材料、窓・扉の4つです。一般的な遮音 材料としては、軽量・施工時の省力化といったメリットから、ボード系の乾式壁が多く用いられます。また、 遮音特性だけでなく、耐火性能、強度、耐水性などが 必要とされる場合もあるので、使用の際には併せて考 慮しましょう。近年ではボード構成や下地の組み方を 工夫することで、より高い遮音性能を有する遮音壁構 造も開発されており、材料単体だけでなく、下地や構 造まで含めた点から比較・選定していくことが大切で す。それでは、遮音材料を4つの種別ごとに見ていき ましょう.

(1) 一重壁

一重壁の遮音材料には、コンクリート壁やガラスのように、単一の材料で構成されたものが該当します。 これらは、中高音域では、質量則やコインシデンス効果で性能が近似されます。

例えば単板ガラスの場合、厚さによってコインシデンス効果が生じる周波数が変わります。周波数によっては、薄いガラスの方が、厚いガラスより遮音性能が高くなる場合があります(例:図8で2,500 Hzにおける3 mm厚と5 mm厚).

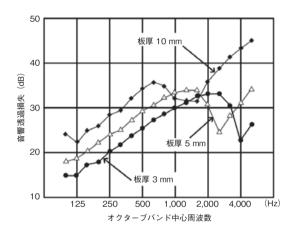


図8 単板ガラスの音響透過損失

(2) 二重壁

二重壁の遮音材料には、ボード系の中空壁や、間仕切り壁などが該当します。図9を見てください。

中高音域では、一重壁の質量則から想定される値(図

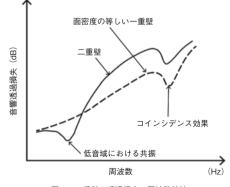


図9 二重壁の透過損失の周波数特性

9の点線)以上の性能が得られますが、低音域においては板が振動しやすい周波数 (共振する周波数)を中心に性能が低下します。また高音域でも、一重壁同様に表面材のコインシデンス効果によって性能が落ち込みます。

図10は、ボード間仕切り壁の遮断性能グラフです。同じ厚さの石こうボードを鋼製下地の両側に貼る場合、1枚だけ貼るより2枚ずつ重ねて貼った方が、厚さが増えるため、全帯域で遮音性能が高くなります(図10のAとB)。また、中空層にロックウールやグラスウールなどの多孔質吸音材を挿入すると、さらに遮音性能が向上します(図10のBとD)。

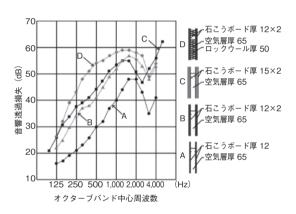


図10 ボード間仕切り壁の音響透過損失

(3) 複合材料

複合材料の遮音材料には、遮音パーティションなどが該当します。複合材料は、材料の種類や構成によって遮音特性が変化するので、注意が必要です。サンドイッチパネル状(2枚の表面材の間に、発泡材や断熱材を挟んだもの)で、中間層を構成する材料が下地構成材料の機能も兼ねている場合が多いようです。中間層の材料の剛性が比較的小さい時には二重壁に、剛性が大きい時には質量則に近い透過損失特性となります。

オフィスのパーティションに使われることが多いサンドイッチパネルでは、中空壁内に多孔質吸音材や発 泡材、ハニカムなどを入れて遮音性能を上げているも のがあります.

(4) 窓と扉

開口部の遮音材料には、防音サッシや防音扉などが 使われます、普通の扉との違いは、扉本体の遮音性能 の高さに加え、戸当たり部分からの音漏れを防ぐ工夫 がされている点です。この場合の戸当たり部分とは、 戸が閉まった時に当たるドア枠の部材のことです。窓 の場合は、隙間からの音漏れを防ぐために、はめ殺し にすることもあります。はめ殺しとは、ガラスを一度 取り付けてしまったら、開閉したり、取り除くことが できない固定方法のことです。

特に床や壁・天井を遮音構造とした場合、窓や扉の 開口部の遮音性能が、最終的に建築物の総合的な遮音 性能を決める要因となることが多いので、より高い遮 音性能が必要な場合には、壁と同様、扉や窓を二重に することもあります(図11).

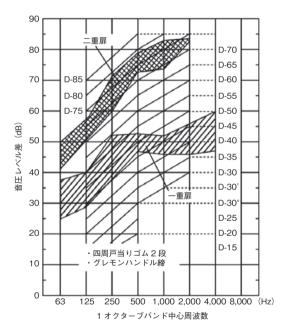


図11 防音扉の音響透過損失

本章では、遮音の仕組みと遮音材料について解説しました。次回は、「4. 防振の仕組みと防振材料、5. 騒音・振動の防止設計」を予定しています。

[参考文献]

- 1) 日本音響材料協会;特集:音響材料の使い方と技術資料集,音響技術 No.159, 2012
- 2)前川純一, 森本政之, 阪上公博; 建築·環境音響学, 共立出版,
- 3)日本騒音制御工学会;特集:建築音響の基礎知識, 騒音制御 Vol.32, No.5, 2008
- 4) 日本音響材料協会;特集:高性能遮音構造,音響技術No.120, 2002.