

**制振工学研究会・技術講習会**

「吸音材・遮音材の応用技術」

**「吸音・遮音の原理」**

群馬大学工学部 山口誉夫

日時：2003年9月30日  
場所：東京都中小企業会館9階・講堂

SDT

**吸音と遮音の違い**

吸音:音響エネルギーを散逸させ反射音、共鳴音を低減する。

遮音:音響エネルギーを反射,散逸させ透過音を低減する。

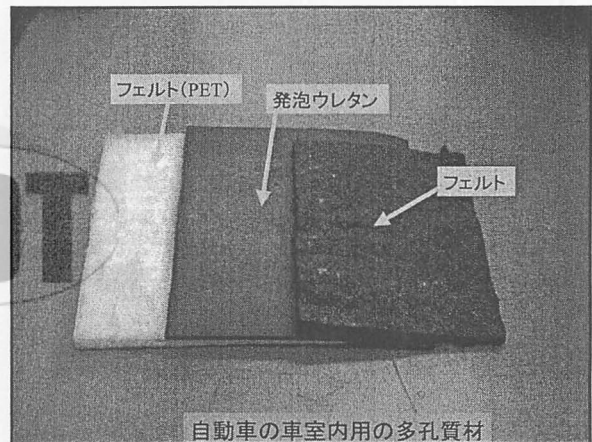
**吸音: 音響エネルギーを散逸させ反射音、共鳴音を低減する。**

(1) 吸音機構

(ア) 多孔質材料  
細管内の空気中を音が伝搬する時の粘性抵抗により音響エネルギーが熱エネルギーに変換される。  
繊維系材料, 発泡系材料

(イ) 膜吸音構造, 弾性板吸音構造  
右図のような膜あるいは弾性板に外部から音が入射すると共振が起こる。この時、系の内部摩擦や支持部での損失に対して振動を持続させるためには、外からエネルギーを供給することが必要である。これにより吸音効果を示す。

(ウ) 共鳴器  
単一共鳴器  
穴板+背後空気層



(2) 吸音特性の表示法

(ア) 吸音率, 音響インピーダンス, 材料内伝搬特性

● 吸音率  
音波の入射エネルギーに対する非反射エネルギーの比

$$\alpha = 1 - I_r / I_i$$

$I_r$  : 反射音の強さ  
 $I_i$  : 入射音の強さ  
 $\alpha$  : 吸音率

完全吸音面  $\alpha = 1$   
完全反射面(剛壁)  $\alpha = 0$   
吸音材表面  $0 < \alpha \leq 1$

● 音響インピーダンス  $Z$  (吸音性境界を定義, 複素数(振幅と位相))  
材料表面における音圧  $P$  と粒子速度  $U$  の比

$$Z = P / U = (\rho c / \cos \theta) (P_i + P_r) / (P_i - P_r)$$

$P_i$  : 入射音圧  
 $P_r$  : 反射音圧  
 $\theta$  : 入射角  
 $c$  : 空気中の音速  
 $\rho$  : 空気の密度

垂直入射  $\theta = 0$   
 $Z_0 = \rho c (P_i + P_r) / (P_i - P_r)$

完全吸音面  $Z_0 = \rho c$   
完全反射面(剛壁)  $Z_0 = \infty$   
吸音性境界  $Z_0 = \rho c (r + j x)$   
無限大の層  $Z_0 = W = \rho^* c^*$

$j$  : 虚数単位  
 $R$  : 音響抵抗 (音響インピーダンス実部)  
 $X$  : 音響リアクタンス (音響インピーダンス虚部)  
 $W$  : 特性インピーダンス  
 $\rho^*$  : 複素実効密度  
 $c^*$  : 複素音速

制振工学会研究会・技術講習会

「吸音材・遮音材の利用・応用技術」

(2003年9月30日開催)



「排水性舗装の吸音特性と騒音低減効果」



講師：井原 務 氏



(日本舗道株式会社 技術研究所研究第二グループ)

## 排水性舗装の吸音特性と騒音低減効果

井原 務（日本舗道株式会社）

はじめに

国内における排水性舗装は昭和62年に東京都の環状7号線で施工されて以来、15年程度経過した。その施工実績は、最初の適用から約10年間では累計で1000万 $\text{m}^2$ 程度であったが、近年では年間当たりの施工量がこの値を大きく上回るまでになっている。

平成3年頃までは主に雨天時の走行安全性向上を目的として、当時、表面の空隙がつぶれて排水機能が早期に低下するといった課題があったものの、雨天時の事故の抑制効果があるとして適用されていた。その後の技術開発により排水機能が比較的長期間持続するように改善され、また、平成8年には「排水性舗装設計施工指針案」が刊行され、排水性舗装の関連技術が確立されてきた。平成7年頃からは舗装に対しても騒音低減機能などの環境改善の機能を求める傾向が強くなってきたことから、騒音低減を目的として排水性舗装を都市域の幹線道路に適用する事例が増えている。特に、平成10年度からの低騒音舗装の性能規定工事では、低騒音技術に関して改良を加えた排水性舗装が用いられている。

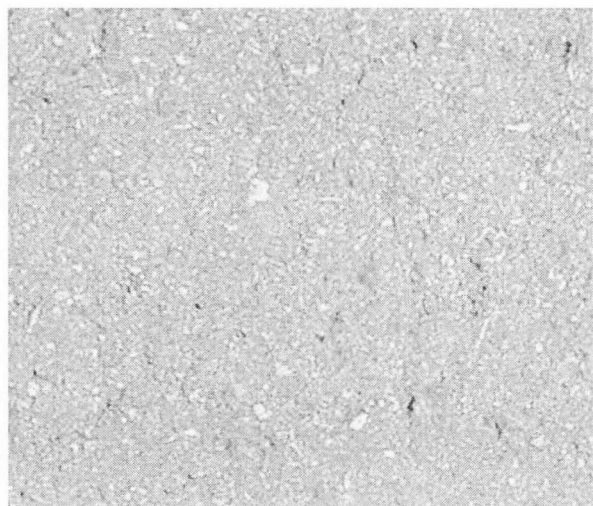
ここでは、排水性舗装の概要について若干ふれ、排水性舗装の吸音特性と低騒音効果について紹介する。



### 1. 排水性舗装の概要

#### (1) 舗装の構造

排水性舗装は、空隙率の高い多孔質なアスファルト混合物の層（排水機能層）の下に、不透水性の層を設けた舗装である。写真-1は通常舗装の密粒アスファルト舗装と排水性舗装の路面を比較したものである。排水性舗装は密粒アスファルト舗装に比べて、かなり粗い路面となる。



密粒アスファルト舗装



排水性舗装

写真-1 舗装種による路面状況の比較

制振工学研究会・技術講習会

「吸音材・遮音材の利用・応用技術」

(2003年9月30日開催)



「多孔質吸音材料の吸音機構」



講師：山口 道征 氏

(株式会社ブリヂストン 化成品事業本部)



1. 材料に関わる音波の基本的振る舞い

(1) 材料表面での反射及び材料内部での減衰

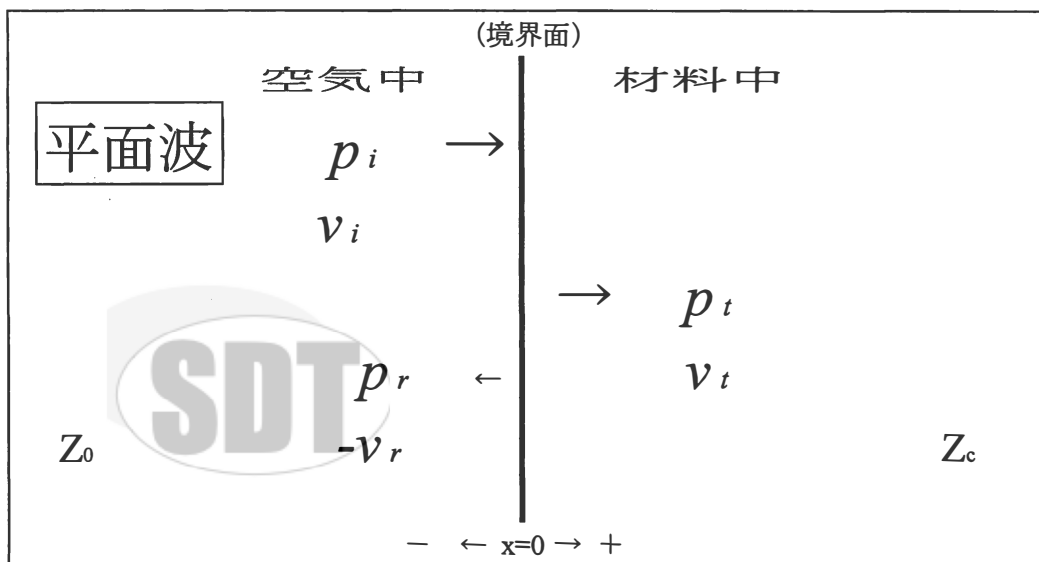


図1 材料に関わる音波の挙動

$P, v$ : 音圧, 粒子速度

材料への入射音波

$$p_i = \varepsilon^{-jkx}$$

$$v_i = \frac{1}{Z_0} \varepsilon^{-jkx}$$

材料内への透過音波

$$p_t = P_t \varepsilon^{-\gamma x}$$

$$v_t = \frac{P_t}{Z_c} \varepsilon^{-\gamma x}$$

材料表面での反射音波

$$p_r = P_r \varepsilon^{jkx}$$

$$v_r = -\frac{P_r}{Z_0} \varepsilon^{jkx}$$

$x=0$  では音圧も粒子速度も等しいので下式を得る。

$$1 + P_r = P_t \quad \text{----- (1)}$$

$$\frac{1}{Z_0} - \frac{P_r}{Z_0} = \frac{P_t}{Z_c} \quad \text{----- (2)}$$

$$(1) + (2) \text{ より } P_t = \frac{2Z_c}{Z_c + Z_0}$$

$$(1) - (2) \text{ より } P_r = \frac{Z_c - Z_0}{Z_c + Z_0}$$

制振工学研究会・技術講習会

「吸音材・遮音材の利用・応用技術」

（2003年9月30日開催）



「自動車における防音材料

—吸音率解析技術の現状について—」



講師：加藤 大輔 氏

（豊和繊維工業株式会社 製品開発部 開発一課）

# 垂直入射吸音率 解析技術について



加藤 大輔

豊和繊維工業㈱



## はじめに

- ・ 現在の自動車防音材を取巻く環境は開発期間の短縮により、各種音響評価の時間も短縮され、評価の効率化が求められる。
- ・ この様な実情の中で以前に増して軽量化の要求により吸音を重視する仕様が増加し、吸音率の計測技術改善および解析技術構築の要求が増している。
- ・ そこで、垂直入射吸音率解析技術について述べる。

制振工学研究会 技術講習会プログラム  
「吸音材・遮音材の利用・応用技術」

# 家電機器における吸音材利用技術

2003年9月30日

松下電器産業株式会社 電化住設研究所 廣瀬 徹



家電機器(掃除機)への吸音材使用事例

# 静音型掃除機 MC-S250XM

低騒音 49dB

吸い込み仕事率560W



強力パワーで  
とっても小さな運転音  
**49dB**  
(吸込仕事率560W時)  
弱モード(吸込仕事率60W時)  
なら約40dBのさらに小さな  
運転音でお掃除できます



MC-S250XM

制振工学会・技術講習会

「吸音材・遮音材の利用・応用技術」

(2003年9月30日開催)



「集合住宅における二重床の遮音性能への応用」



講師：上田 泰孝 氏

(ハザマ技術研究所 技術研究部 建築研究室)



# 集合住宅における乾式二重床の遮音性能への応用

ハザマ技術研究所 上田泰孝

報告内容の概要を下記に示す。

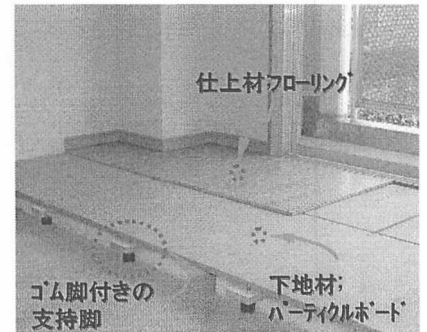
## はじめに

近年集合住宅建設においてバリアフリー、建物の長寿命化や眺望確保といった要求が大きくなり、それらを満足するためスケルトン・インフィルという考え方が導入されている。その具体的な工法を床に限って見ると以下の2つが挙げられる。

①梁で囲まれた面積が40㎡を超えるような床面積の大型化

②仕上げ材として乾式二重床の採用増

このような床の遮音性能を確保する為、いろいろな検討がなされているが、ここでは②の乾式二重床の遮音性能に関する検討内容を報告する。



## 問題

床の遮音性能は、子供の飛び跳ねを対象とした重量床衝撃音レベル (LH) とスプーン落下音や椅子の引きずり音を対象にした軽量床衝撃音レベル (LL) に分けて評価される。

床の大型化に関する問題は、40㎡以下を対象としていた LH の予測手法をどのように大型スラブへ拡張するかであった。乾式二重床に関する問題は、躯体コンクリートの持つ LH の性能より悪くなることやメーカーの表示する LL の性能が発揮されないことなどが挙げられている。

## 性能表示制度

「住宅の品質確保の促進等に関する法律」が制定され、住宅性能に関して情報を提供するしくみが平成12年に施行された。性能表示制度は、住宅の9項目（構造、防火、高齢者等への配慮、採光、遮音、空気質、劣化、維持管理、温熱環境）の性能について評価し、住宅取得者に対して情報を提供することになっている。

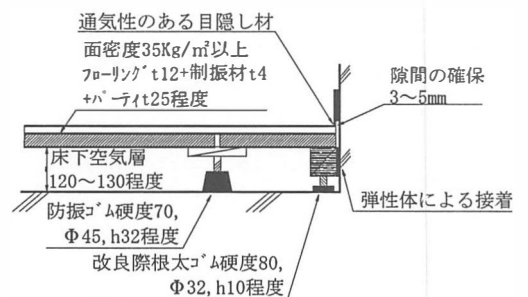
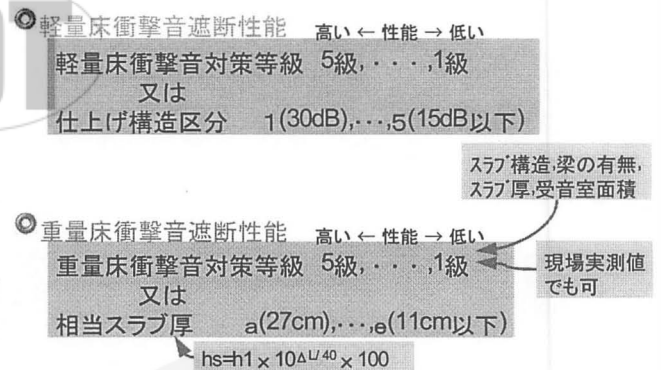
床の遮音性は、軽量および重量床衝撃音遮断性能が定められている。軽量床衝撃音遮断性能は、その対策等級もしくは仕上げ構造区分で評価され、重量床衝撃音遮断性能は、同じくその対策等級もしくはスラブ相当厚で評価される。

しかし音環境は選択性であるため、住宅設計・施工時に性能表示制度を採用しても音環境は表示されていないことが多い。

## 乾式二重床遮音工法の開発

### 0 乾式二重床遮音性能の現状把握

遮音性能の問題が起こる原因の1つには、メーカー提示の測定条件と現場の収まりが違ふことである。そこで実際の現場を想定し遮音性能を改善する収まりについて比較実験を行った。更にメーカーの測定条件から遮音性能を統計的に推定し推奨となる遮音工法を提示した。



制振工学研究会・技術講習会

「吸音材・遮音材の利用・応用技術」

(2003年9月30日開催)

「艦船への吸音材(遮音材)の応用技術について」



講師：堀井 浩 氏

(横浜ゴム株式会社 航空部品事業部 水中音響研究室)



## 「艦船への吸音材(遮音材)の応用技術について」

### 1. 吸音材・遮音材の必要理由

最近の海洋観測技術の発達は目を見張るものがあり、海洋科学技術センターの各種調査船をはじめ、各方面で海洋音響に関連する船舶が多く就役している。これらの船舶の多くは音響計測や音響的なコマンドの送受信、映像の水中音響伝送等を行う装置を多く搭載している。このため、この種の船舶は船体から水中に放射される雑音を最小限に抑圧する努力が随所でなされている。

一方、防衛庁の艦艇も自艦の水中放射雑音が主要な音響機器の一つであるソーナーに受信されることでソーナーの探知能力が低下することを最も嫌う。さらに、艦艇の水中放射雑音の増大はそのまま相手艦艇から探知される危険性を増すことにつながる。従って、一般の調査観測に用いられる船舶以上に水中放射雑音低減対策には神経を使っており、各国ともその技術向上に日夜、しのぎを削っているのが実情である。

この種の技術は、極めて秘匿性が高くその内容を具体的に記述することは認められていない。

そこで、本資料では主に社内での基礎実験結果を中心にその解説を試みることにしたい。

### 2. 水中放射雑音の概要

船舶から放射される雑音は、船舶が航走することによってスクリュープロペラ等で発生するキャビテーション雑音、音響機器の受波器装備位置近傍で発生するローカルキャビテーション雑音、船体周りの水流の乱れから発生するフローノイズや船首部で発生する波が砕ける際に発生する砕波雑音などの流体雑音、それに船内のエンジン(主機)や補機から船体外板に伝わって水中に放射される機械雑音に大きく分かれる。

これらの雑音を抑制するには、雑音を音源別に、伝搬経路別に分類し、それらに最適な制御方法(雑音低減の手法)を考えることとなる。雑音には、等方性雑音と方向性雑音があるが、これから問題とする水中放射雑音の大部分は方向性雑音である。このため、雑音低減対策を考える場合、到来雑音の性質や方向をある程度明らかにすることが可能となる。

ここで、雑音の詳細な解説は本題から離れるので省略するとして、「遮音材」「吸音材」の応用技術の解説に移る。

### 3. 「遮音材」

空気中での遮音は、空気の固有音響インピーダンス( $\rho c$ )が小さいため、質量の大きい材料が選定されるが、水中では、水の $\rho c$ が大きいため、逆に $\rho c$ が極端に小さい空気を利用する。つまり、空気や空気を多く含んだスポンジ等をゴム材料に封じこめたり、コルクや発泡スチロールを用いて空気層を形成するなどの工夫をして遮音材を形作っている。

遮音材の理論、放射インピーダンス、遮音性能については、別添の「船舶の水中放射雑音低減対策：(9)各種音響材料(その2)(海洋音響学会誌「講座」)」を参照されたい。