

第 12 回 室内の音 (教科書 pp. 119~126)

◎ 音環境の全体像

- └ 【1】 音が出るとき (音源) ————音をどのように捉えるか? 基本
 - | 物理的に数字で捉える
 - | ⇔人間の感覚との対応⇒レベル表示 (桁で考える)
 - |
- └ 【2】 音が出た後—————音をどのようにコントロールするか?
 - | └ 音を受け止める (音を遮る, 止める)
 - | └ 音を響かせる (音は止めない)
 - | └ ヒトがどのように評価するか? (好みの問題, 騒音の問題)
- └ 振動

□ 今日の内容

□ 1 音を受け止める (遮る (さえぎる)) とは? (今日のポイント)

□ 2 屋外からの音を遮る (遮音する)

補足 1 透過損失を使う利点

補足 2 基本は, 重くて厚い壁の方が遮る効果大きい。加えて, 二重, 三重の壁の方が遮る効果大きい。

補足 3 遮音性能の評価

□ 3 室内からの音を反射させない (吸収する, 吸音する)

補足 4 吸音の効果を評価するためには?

□ 4 固体音と空気音

1 音を受け止める (遮る) とは? (今日のポイント)

重要 音源がどちら側にあるか?

(1) 遮音

→音源の位置

- ・音のエネルギーをコントロールするには?
→基本的には、重くて厚い壁を使う

※音はほとんど入ってこない

透過する音のエネルギーはもとから小さい

注) 両者は別々の性能 (両方ともよいとは限らず)

一方の性能がよいので、もう一方の性能もよいとは限らず
どちらか一方の性能だけがよいことも多い

(2) 吸音

- ・音のエネルギーをコントロールするには?
→吸音材を使う (吸音の仕組みを理解したい)

※音のエネルギーを減らしたい

減らし方: 音のエネルギーを熱エネルギーに変換
具体的には、空気を振動させて摩擦を生じさせる

注) 周波数で分けて考える

⇒高音域, 中音域, 低音域の3つに分ける

2 屋外からの音を遮る (遮音する)

ポイント! 通過してくる音のエネルギーは基本的に、入射する音のエネルギーに比べてとても小さい

入射音に対してどのくらいの音のエネルギーが透過してくるかを知りたい

→値はかなり小さい→値が小さい方が遮音の効果は大きい

実際には、入射音のエネルギーに対して 0.00001 倍 (10^{-5} 倍) くらいの音のエネルギーしか透過しない

だから、レベル表示を使いたい

透過損失 = $10 \cdot \log_{10} \left(\frac{1}{\text{透過率}} \right)$ ←マイナスをとるために逆数にする

逆に、値が大きい方が遮音の効果は大きくなる※単位は [dB]

補足 1 透過損失を使う利点

①桁の数え間違いがなくなる

②このとき「だけ」、レベル表示したものを、そのまま引き算することが可能なので便利！！

注) 足し算の時は、エネルギー加算をする必要あり

(具体例を考えればよいのでは？覚えるにしてもどちらか一方を覚えるだけで十分では？)

遮音の効果：大きい

遮音の効果：小さい

透過損失 (値が大きい方が効果も大) :

透過損失 (値が大きい方が効果も大) :

$$100 \text{ [dB]} - 10 \text{ [dB]} = 90 \text{ [dB]}$$

$$100 \text{ [dB]} - 50 \text{ [dB]} = 50 \text{ [dB]}$$

注) 通常の音のエネルギーの加算の時はエネルギー加算をする必要あり

$$(\times 50 \text{ [dB]} + 60 \text{ [dB]} = 110 \text{ [dB]})$$

補足 2 基本は、重くて厚い壁の方が遮る効果 (遮音効果) が大きい。

加えて、二重、三重の壁の方が遮る効果 (遮音効果) が大きい。

ただし、**例外 2 つあり** →教科書 p. 124 のグラフをイメージできるようにする ←視覚で！

①コインシデンス効果 Coincidence (incidence : 発生) : 「同時に発生」の意味

→空气中を伝わる音の周波数 = 壁を伝わる音の周波数

特定の周波数 (音の高さ) の時のみ、音のエネルギーがたくさん透過する場合があります

→効果が落ちる

②共鳴効果

二重壁でも、共鳴してしまって、音のエネルギーがたくさん透過する場合があります

→効果が落ちる

補足 3 遮音性能の評価 教科書 p. 125~p. 126 と以下の参考資料 1 と 2 を参照

壁

床

- ・入射させる音は決まったエネルギーの音を使う
- ・透過してくる音のみ音圧レベルを測定

(参考資料 1) 壁の遮音性能の測定方法

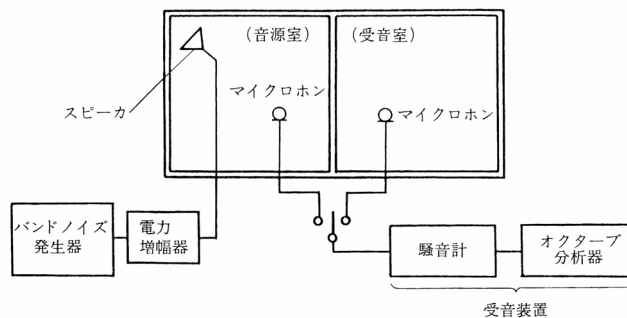


図 空気音遮断性能 (空気音圧レベル差) の測定方法 (出典: 参考文献[1], p. 200)

表 室間平均音圧レベル差の適用等級 (出典: 参考文献[2], p. 42)

建築物	室用途	部位	適用等級			
			等級	1 級	2 級	3 級
集合住宅	居室	隣戸間界壁 " 界床	Dr-55	Dr-50	Dr-45	Dr-40
ホテル	客室	客室間界壁 " 界床	Dr-55	Dr-50	Dr-45	Dr-40
事務所	業務上プライバシーを 要求される室	室間仕切壁 テナント間界壁	Dr-50	Dr-45	Dr-40	Dr-35
学校	普通教室	室間仕切壁	Dr-45	Dr-40	Dr-35	Dr-30
病院	病室 (個室)	"	Dr-50	Dr-45	Dr-40	Dr-35

(参考資料 2) 床の遮音性能の測定方法

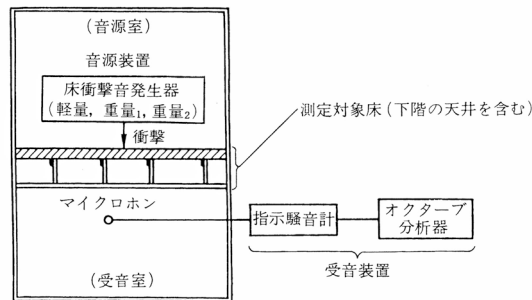
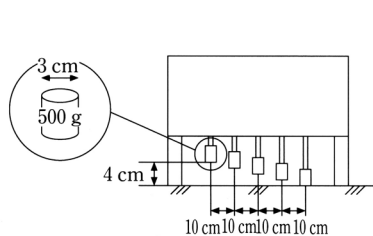


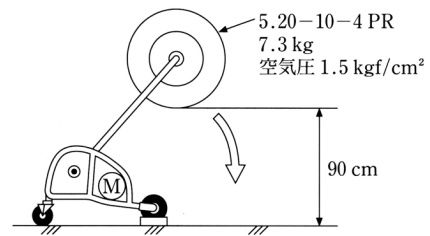
図 床衝撃音レベルの測定方法 (出典：参考文献[1], p. 200)

床衝撃音発生器



モーターによってハンマーを連続して自由落下させる。
1回の落下で1度しか床を叩かないようになっている。

図 タッピングマシン (標準軽量衝撃源)
(出典：参考文献 [3], p. 112)



モーターによってタイヤを円弧状に自由落下させる。
1回の落下で1度しか床を叩かないようになっている。

図 バングマシン (標準重量衝撃源)
(出典：参考文献 [3], p. 112)

表 床衝撃音レベルの適用等級 (出典：参考文献[2], p. 43)

建築物	室用途	部 位	衝 撃 源	適用等級			
				特級	1 級	2 級	3 級
集合住宅	居室	隣戸間界床	重量衝撃源	Lr-45	Lr-50	Lr-55	Lr-60, Lr-65*
			軽量衝撃源	Lr-40	Lr-45	Lr-55	Lr-60
ホ テ ル	客室	客室間界床	重量衝撃源	Lr-45	Lr-50	Lr-55	Lr-60
			軽量衝撃減	Lr-40	Lr-45	Lr-50	Lr-55
学 校	普通教室	教室間界床	重量衝撃源 軽量衝撃源	Lr-50	Lr-55	Lr-60	Lr-65

* 木造、軽量鉄骨造またはこれに類する構造の集合住宅に適用する。

3 室内からの音を反射させない (吸収する, 吸音する)

吸音の基本的な原理 (重要)

空気を振動させる

↓

摩擦を起こす

↓

音エネルギーを熱エネルギーに変換

ポイント! 周波数 (音の高さ) の違いで, 熱エネルギーへの変換方法を変える

- ・音の高さが, 高い音: 周波数高い (1 秒間にたくさん振動) ※波長で考えてもよい
→はやく振動するものを使う →波長= 速度/周波数
→もしくは, 波長が短いので小さく振動するものを使う

- ・音の高さが, 低い音: 周波数低い (1 秒間にゆっくり振動)
→ゆっくり振動するものを使う
→もしくは, 波長が長いので大きく振動するものを使う

<p>①高音域 (波長が短い) 外気に接する小さい穴の中の空気を速く振動させる →熱エネルギーに変換 ⇒多孔質型吸音構造</p>	<p>例えば, スポンジのようなもの</p>
<p>②中高音域 中ぐらいの大きさの穴の中の空気を中ぐらいの速さで振動させる →熱エネルギーに変換 ⇒共鳴器型吸音構造</p>	
<p>③低音域 (波長が長い) 大きなもの (例えば板) をゆっくり振動させる →熱エネルギーに変換 ⇒板振動型吸音構造</p>	

(参考資料 3) 吸音機構の種類と特性に関する詳細なまとめ

吸音機構	断面構造	吸音特性	備考
多孔質型吸音	<p>a: 剛壁密着 b: 空気層がある場合</p>	<p>低音域 中音域 高音域</p> <p>1.0 0</p> <p>周波数</p>	<p>a: 高音域吸音 (多孔質材の厚さが大きいほど吸音率は高)</p> <p>b: 全音域吸音 (空気層の厚さが大きいほど吸音率は高)</p> <p>カーテンやカーペットなどもこの種類に入る。</p>
(B) ヘルムホルツの共鳴器	<p>ネック l 空洞部容積 V 断面積 S 抵抗 質量 m ばね k 抵抗</p>	<p>1.0 0</p> <p>周波数</p>	<p>特定の周波数の吸音 (一般に低音域)</p> <p>共鳴周波数: f_0</p> $f_0 = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{S}{l_e \cdot V}}$ <p>ただし, $l_e = l + 0.8d$ d: ネックの直径 c: 音速</p>
共鳴器型吸音	<p>穴あき板 多孔質材 剛壁 d t L</p>	<p>1.0 0</p> <p>周波数</p>	<p>中音域吸音 共鳴周波数: f_0</p> $f_0 = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{P}{(t+\delta)L}}$ <p>ただし, $\delta = 0.8d$ d: 円孔の直径 c: 音速 P: 開口率 t: 板厚(m) L: 空気層厚(m)</p>
(D) リブ・スリット構造	<p>リブ 多孔質材 スリット 剛壁</p>	<p>1.0 0</p> <p>周波数</p>	<p>低・中音域吸音 (注)(A)の吸音構造の表面保護材としてリブなどを用いる場合には、できるだけ開口率を大きくする。</p>
板振動型吸音	<p>空気層 板材料 多孔質材 剛壁</p>	<p>1.0 0</p> <p>周波数</p>	<p>低音域吸音 一般的な板材料を用いた構造では、100Hz 前後に吸音のピークが生じる。</p>

図 吸音機構の種類と特性 (出典: 参考文献[1], p. 183)

補足) 多孔質材料で、材料の厚みを厚くするほど、また、空気層を設けて厚みを厚くするほど、低音域の吸音率がよくなる理由:

音がコンクリートのような(剛)壁に入射する時、音波の粒子速度が最大となる部分(腹という)が入射方向に一定の間隔で生じる。この間隔を吸音材内により多く含む方が吸音率は高い。低音域では波長が長く、この間隔が長いため、厚みがより厚い方がよい。空気層を設けると壁と吸音材の間が広くなり、吸音材の厚みがより厚くなるのと同じような効果になる。

補足 4 吸音の効果を評価するためには？

遮音では透過率や透過損失を用いた

つまり、戻って来ない割合はどれくらいか？を訊いている

戻ってこない音のエネルギーの割合が大きい時

吸音率の値は大きい

吸音の効果も大きい

※部屋全体の吸音性能

$$\text{〔吸音力〕} = \text{〔各材料の吸音率〕} \times \text{〔材料の面積〕}$$

1m²あたりの吸音性能

※※吸音と遮音の効果を図にしてみると（この図を書けるようにしておく間違わない）

ただし、数字はあくまで例（具体的な例で考えてみよう）

吸音性能：もどってこない割合（吸収される音のエネルギー+透過する音のエネルギー）

透過する音のエネルギーが同じ（=遮音性能が同じ）でも、**〔吸収〕 + 〔透過〕**の中の割合が変われば吸音性能も変わる

※遮音性能がよくても、吸音性能がよいとは限らず！ ←現象が違う！

音が透過する際は、壁が振動することによって透過する。例えば、吸音材としての板振動型吸音構造を考えてみれば、よく振動する場合は吸音材料としてよい効果を生じる（たくさん吸音する）。しかし、その一方で、遮音材として考えれば、振動すればするほど、音が透過することになるので、遮音材としての効果は低いと考えられる。確かに、吸音することによって、透過する成分を減らすこともあり得るが、上記のように、吸音性能のよい材料と遮音性能のよい材料が同じでないことが多い（逆に、両立する材料の方が珍しい）。別々の現象であることを理解したい。

4 固体音と空気音

(1) 「空気」音：空気中を伝わる音（今まで考えてきたもの）：

- ・基本は直線状に（まっすぐ）伝わる

音速は約 340 [m/s]

(2) 「固体」音：固体の中を伝わる音

特徴・空気音よりも伝わる速度が格段に速い

- ・伝わり方（伝わる方向）が複雑（変な経路で伝わることもある）

※私達の耳には、最終的に、空気を伝わって到達することが多い

【参考文献】（順に、タイトル、編著者名、出版社、発行年月、価格、ISBN。〔 〕内は熊本県立大学図書館所蔵情報。）

[1] 『環境工学教科書 第二版』（環境工学教科書研究会編著，彰国社，2000年8月，¥3,500+税，ISBN：4-395-00516-0）〔和書（2F），525.1||Ka 56, 0000275620, 0000308034〕

→第三版（2020年2月，ISBN:978-4-395-32146-9）〔和書（2F），525.1||Ka 56, 0000387929〕
〔電子ブック〕もあり。

[2] 『誰にもわかる音環境の話 騒音防止ガイドブック（改訂2版）』（前川純一・岡本圭弘，共立出版，2003年2月，¥3,200+税，ISBN：4-320-07691-5）〔和書（2F），519.6||Ma 27, 0000350315〕

[2] 『図説テキスト 建築環境工学』（加藤信介・土田義郎・大岡龍三，彰国社，2002年11月，¥2,400+税，ISBN：4-395-22127-0）〔和書（2F），525.1||Ka 86, 0000310578〕
→第二版もあり（2008年11月，ISBN：978-4-395-22128-8）〔和書（2F），525.1||Ka 86, 0000320417〕

復習プリント

学年：_____ 学籍番号：_____ 名前：_____

今日の講義の内容を，自分なりに，整理してください。まとめてください。

学年：_____ 学籍番号：_____ 名前：_____

【演習問題】 下記の問いに答えよ。

- (1) 2 室間の室間音圧レベル差について、中心周波数 125Hz から 4,000Hz までの 6 つの 1/1 オクターブバンド音圧レベルを測定したところ、125Hz で 30dB, 250Hz で 33dB, 500Hz で 40dB, 1,000Hz で 42dB, 2,000Hz で 50dB, 4,000Hz で 52dB であった。このときの遮音等級はいくらか。教科書 p. 125 の図を用いて、答えよ。
- (2) ある上下階の 2 室間の床について、軽量衝撃源により下階の 1/1 オクターブバンド音圧レベルを測定したところ、中心周波数 63Hz から 500Hz が支配的で、その値は 63Hz で 53dB, 125Hz で 55dB, 250Hz で 54dB, 500Hz で 35dB であった。このときの床衝撃音等級はいくらか。教科書 p. 126 の図を用いて、答えよ。