

木製扉の遮音性状に関する研究

真藤利孝
加藤幸雄
平野滋

概要

最近当研究所においても重役室、会議室等の扉の遮音性についての苦情が多く持込まれるがその扉のほとんどが木製サンドイッチパネルによるものである。各種サンドイッチパネルの遮音性状はすでに実験検討がなされかなりの種類のものが明らかにされているが、扉とした場合そこに生ずる隙間の影響が明らかでない。そこで今回内外木材工業株式会社の協力を得、各種サンドイッチパネルの扉について遮音測定を行ない検討したのでここに報告する。

1.1. 測定試料

実験に使用した試料のサンドイッチパネル扉は、200×90cm、厚さは20mm、35mm、40mm、50mmの4種で、中空部充填材、表面材を種々変化させた16種類である。なお各パネルとも表面材の上に0.7mmの化粧単板をはりクリアラッカー仕上げである。

扉取付枠は杢摺以外の三面に戸当りが有る。扉の気密性を改善するために戸当り部にスポンジパッキングを取り付けたものも測定したが、これは杢摺も含めて4周囲にスポンジパッキングを取り付けた。

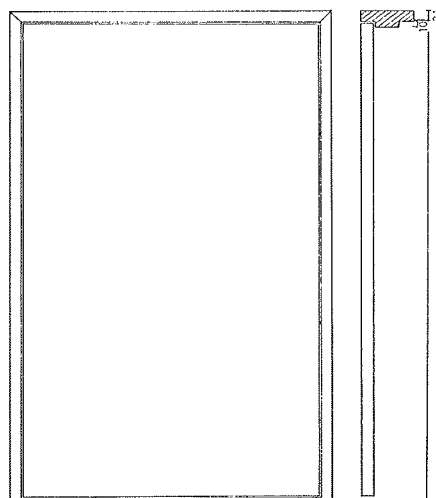
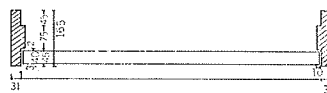
測定試料を表一に示す。表に見るように試料に用いたサンドイッチパネルは一般に使用されている表面材芯材によるものであるが、扉パネルの重量は18kg～54kgにわたっており実用的にはしっかりしたヒンジで扉を取りつけ開閉を楽にしないと重役室、会議室

等の扉には不適當であろう。

扉の戸当り部詳細、パネルの骨組構造図を図一～図一五に示す。

1.2. 測定方法

測定は当技研残響室を用い、残響室—残響室によって行なった、(発音側残響室、受音側残響室とも室容積は218m³)。測定装置のブロックダイアグラムを図一六に示すが、音源はバンドノイズを用い発音室側レベルと受音室側レベルを両室にセットした2個のマイクロホンでスイッチにより交互にレベルレコーダに記録し、同時のレベル差を読みとった。測点は3点とつ



THICKNESS	NO.	CORE	FACE	kg/m ²
20 MM	1	ロールコア 13MM	ハードボード 3.5MM	9.05
	2	ハニカムコア 28MM	" "	10.88
35 MM	3	ロールコア 27MM	合板 4.0MM	5.35
	4	合板小骨グラスウール 33MM	ハードボード 3.5MM	10.1
40 MM	5	" " 22MM	ブラスターボード 9.0MM	15.6
	6	" スチロール発泡 33MM	ハードボード 3.5MM	9.6
	7	ハニカムコア 33MM	" "	11.0
	8	" " 27MM	" 6.5MM	16.8
	9	" " 22MM	ブラスターボード 9.0MM	16.2
	10	ムギワラコア 33MM	ハードボード 3.5MM	10.7
	11	バガスパーティクル 30MM	石綿セメント板 4.5MM	26.4
	12	合板小骨グラスウール 30MM	" "	19.7
50 MM	13	合板小骨グラスウール 32MM	ブラスターボード 9.0MM	16.3
	14	" " 26MM	" 12.0MM	20.4
	15	" スチロール発泡 27MM	ハードボード 6.5MM	17.7
	16	ハニカムコア 37MM	" "	18.7

(枠材を含まない)
単位面積重量

表一 試料一覧表

図一

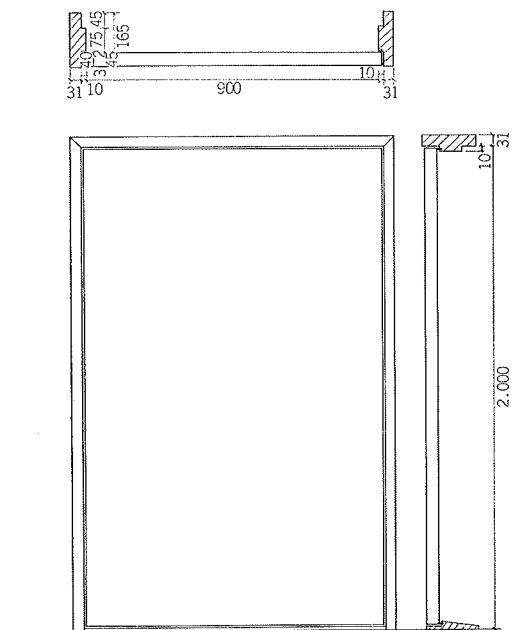


図-2

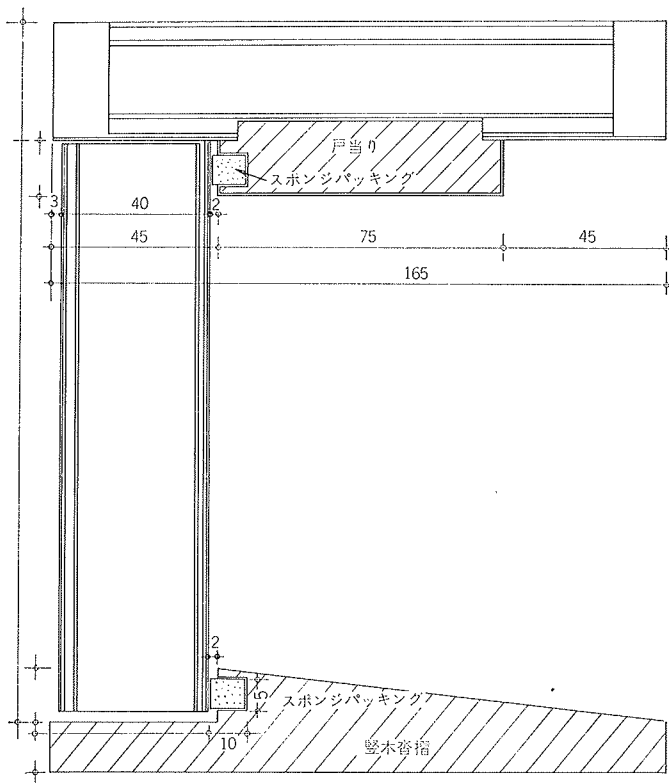


図-4

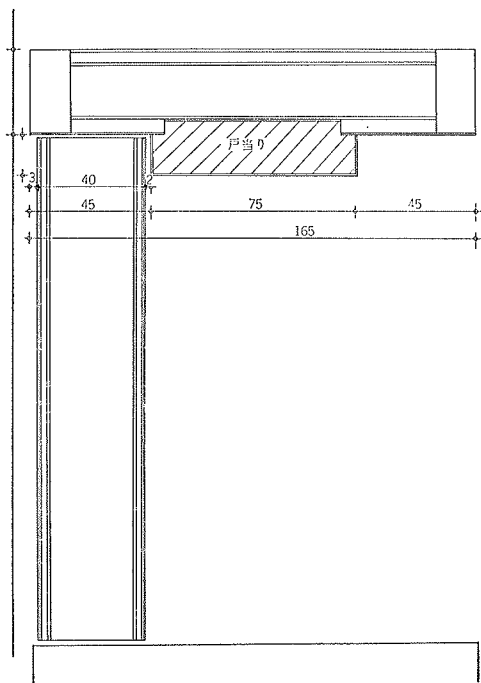
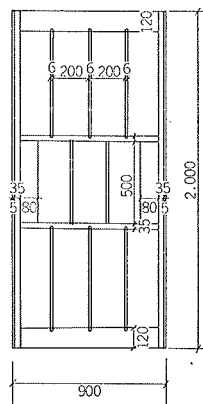


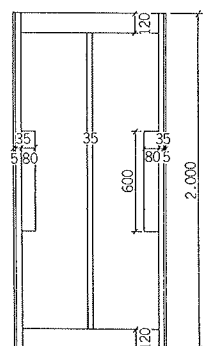
図-3

骨組詳細図



- 縦 框 } ラワンムク
- 横 框 } ラワンムク
- 上下框 } ラワンランバーコア
- 付物 } ラワンランバーコア
- 耳 材 } ラワン先き耳 5mm

熱圧 No4, 5, 12, 13, 14
 冷圧 No 6, 15
 該当試料 No4, 5, 6, 12, 13, 14, 15



- 縦 框 } ラワンムク
- 縦 框 } ラワンムク
- 上下框 } ラワンランバーコア
- 付物 } ラワンランバーコア
- 耳 材 } ラワン先き耳 5mm

熱圧
 該当試料 No2, 7, 8, 9, 16

図-5-a

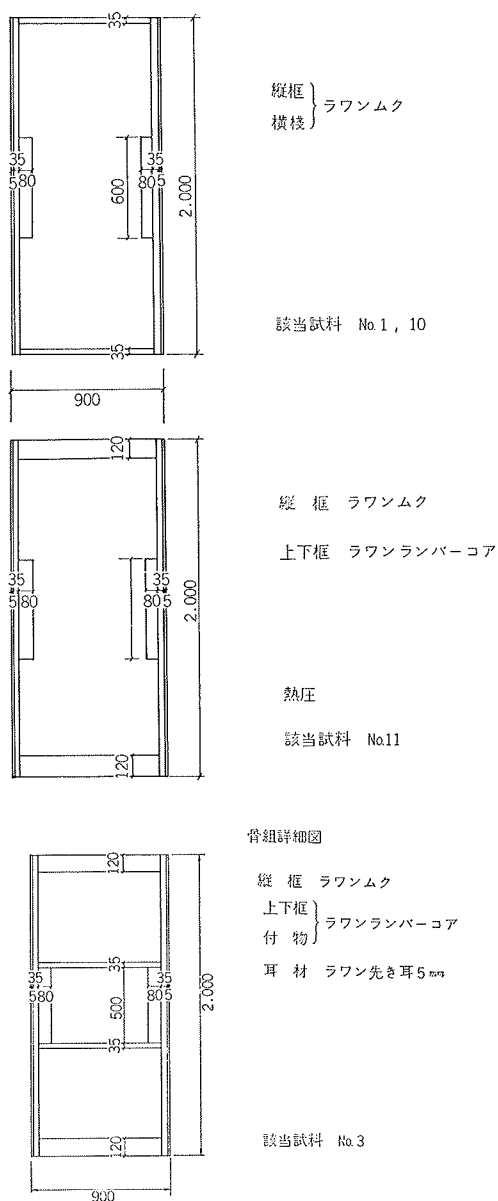


図-5-b

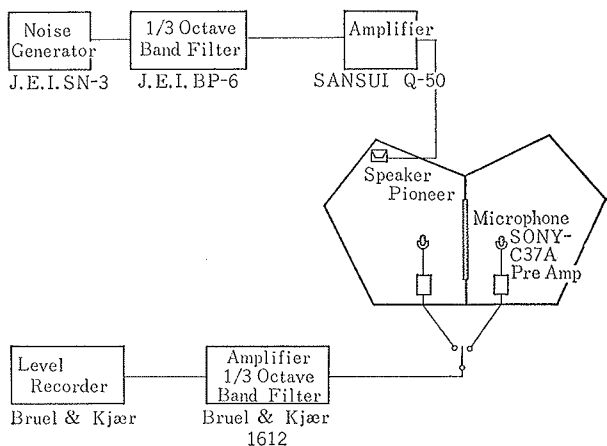


図-6 測定装置

換して同様に測定を行なったので測定結果は6回測定
の平均値である。

透過損失は次式によって求めた。

$$TL = L_1 - L_2 + 10 \log_{10} \frac{S}{A}$$

L_1 : 発音室レベル

L_2 : 受音室レベル

S : 試料面積

A : 受音室吸音力

試料扉の取り付けは同一厚さのものは2残響室間に
設けた木枠に一定の戸当りをつけ、扉を次々に取りか
えて行ない、厚さの異なるものは戸当り部分を取り換
えて取り付けした。測定は扉パネルを次の3状態につ
て行なった。

- ①扉は一般に施工されている状態で取り付けしたも
の。(ヒンジ2個, ロック1個)
- ②扉と木枠, 戸当りとの間の隙間に油粘土をつめた
もの。(扉パネル自身の遮音性状を示すと思われる)。
①, ②の状態では沓摺部に戸当りはない。
- ③沓摺部を含めて4周囲の戸当り部分に巾5mmの
スポンジパッキング(表面膜状処理——通気性は
無い)を埋込み扉の気密性を良くしたもの。

1.3. 測定結果

測定結果のうち①通常取り付けによる場合と②扉と
戸当り, 木枠の間の隙間を油粘土でふさいだ場合の2
通りについて測定結果の一部を分類図示したのが図-
7~図-15である。各種サンドイッチパネルを分類し
その測定結果を検討してみると次のようになる。

ここで通常取り付けの場合隙間の大きさによって透
過損失が大きく変化するが隙間の影響については後述
する事とする。

○一体振動パネル扉(該当試料 No. 10, 11)

一体振動パネルは均質な表面材と, 表面材と弾性的
性質が著しく異なる芯材からなり, 表面材と芯材
が一体となって振動するパネルをいう, 試料 No. 10
のムギワラコアはムギワラを空気層厚に切り空気層に
充填したもので一体振動パネルであるかどうか判定し
かねるが, 透過損失の測定結果より一体振動パネルと
しての振動性状をしているものと思われる, ここに分類
した。このパネルの透過損失は質量則とコインシデ
ンスによって示される測定結果を見てみると図-7のバ
ガスパーティクルコアのものが400 c/s 附近で透過損
失が低下しているがこれはコインシデンスによるもの
と思われる。

扉とした場合, 隙間による透過損失の低下は特に異
なった傾向は認められないが, 高音域において隙間の

たが, 発音側マイクロホンと受音側マイクロホンを交

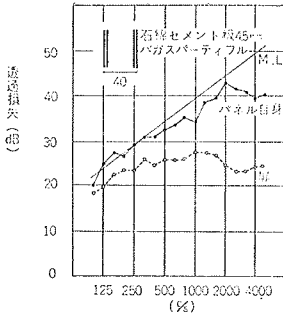


図-7 剛性材サンドイッチパネル扉

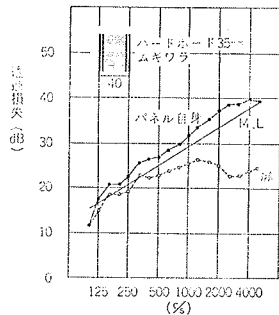


図-8 剛性材サンドイッチパネル扉

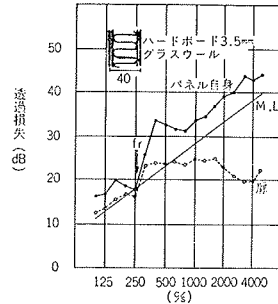


図-9 グラスウールサンドイッチパネル扉

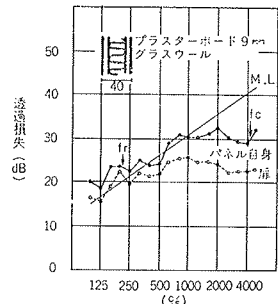


図-10 グラスウールサンドイッチパネル扉

影響が大きいことが分る。

○多孔質材サンドイッチパネル (該当試料 No. 4, 5, 13, 14)

芯材としてグラスウール、ロックウール等の多孔質吸音材をサンドイッチしたパネルで、今回はグラスウールサンドイッチパネルである。一般に多孔質材サンドイッチパネルの透過損失は芯材と芯材中の空気弾性により共鳴透過が生ずる。また表面材のコインシデンスも生ずるがその他の周波数においては質量則を上まわる透過損失が得られる。

芯材と空気層による共鳴透過周波数は振動理論より導かれた次式で得られる。

$$f_r = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2\rho c^2}{md}}$$

$$\therefore \frac{1}{2\pi} \frac{267}{\sqrt{md}}$$

ρ : 空気密度 g/cm^3
 c : 音速 cm/sec
 d : 芯材厚 cm
 m : 表面材面密度 g/cm^2

測定結果を見てみると図-9に示す表面材 3.5 mm 厚のハードボードのもの以外はコインシデンス限界周波数が 4000 c/s 以下に現れており透過損失の低下もかなり大きい、また谷の中も大きいものとなっている。

これは表面材が2面とも同厚の同材料である事と、先に示した骨組詳細図に見るようにグラスウールサンドイッチパネルはラワンランバーコアの付物が20cmピッチで入っており、これに表面材を熱圧で圧着しているためいわゆるサウンドブリッジ効果も相当あるものと思われる。ここで共鳴透過周波数 f_r を算出したのが表-2である。また使用表面材のコインシデンス限界周波数 f_c を算出したのが表-3である。

$$f_c = \frac{c^2}{2\pi} \sqrt{\frac{12m}{Et^3}}$$

c : 音速 cm/sec
 E : 材料のヤング率 $dyne/cm^2$
 t : 材厚 cm
 m : 材料面密度 g/cm^2

計算結果を図中に示したが測定結果と良く一致していることがわかる。

○発泡材サンドイッチパネル (該当試料 No. 6, 15)
 芯材に発泡樹脂をサンドイッチしたものでここでは

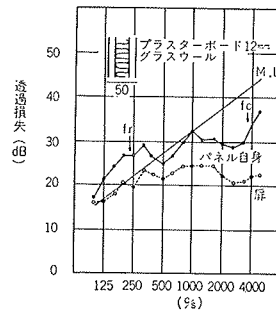


図-11 グラスウールサンドイッチパネル扉

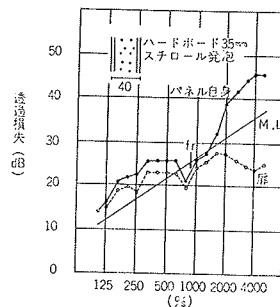


図-12 スチロールロールサンドイッチパネル扉

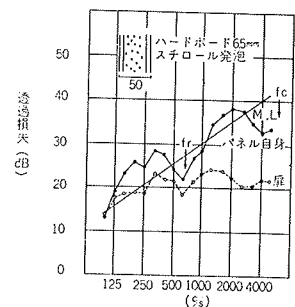


図-13 スチロールロールサンドイッチパネル扉

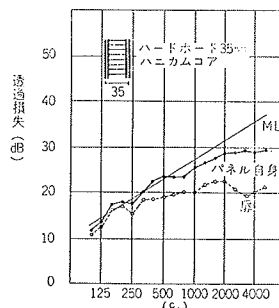


図-14 ハニカムコアパネル扉

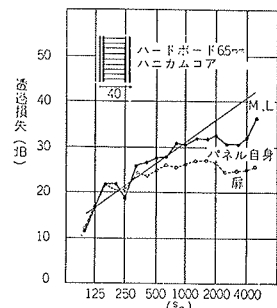


図-15 ハニカムコアパネル扉

発泡スチロールをサンドイッチしている。このパネルの透過損失は多孔質材サンドイッチパネルと同様に、芯材の弾性による共鳴透過と表面材のコインシデンスが見られる。

$$f_r = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2E}{md}}$$

E : 芯材ヤング率 $dyne/cm^2$

発泡スチロールのヤング率を $25 \times 10^6 dyne/cm^2$ として共鳴透過周波数を計算したのが表-4である。

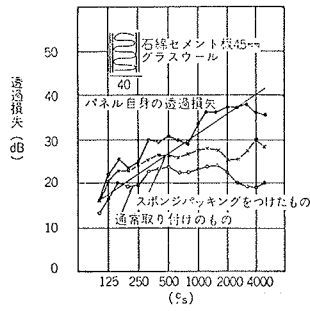


図-16 スポンジパッキングによる改善例

この計算値も測定値と非常に良く一致している。共鳴透過により低下した周波数以外は質量則を上まわった透過損失が得られているため低下の谷が大きなものとなっている。

○ハニカムコア、ロールコアサンドイッチパネル
(該当試料 No. 1, 2, 3, 7, 8, 9, 16)

芯材にペーパーハニカム、ロールコアをサンドイッチしたもので、一般にこのパネルの透過損失は中高音域で質量則を下まわる。これはパネルは一体振動パネルと考えられるが、コアにより剛性や弾性に方向性があり、コインシデンスが数個存在するためと考えられている。扉とした場合の隙間の影響については特異な特徴は見られない。

1.4. スポンジパッキングの効果

木枠の戸当り部に巾5mmのスポンジパッキングを埋込み、扉の気密性を良くし遮音効果の改善を意図した。測定結果は附表に示すが一例を図-16に示す。

スポンジパッキングの取り付けは扉の開閉にほとんど抵抗が感じられない程度に埋込んだため圧密量は少ない。このためパッキングが全ての箇所まで扉に密着しておらず隙間の残っている箇所も有ると思われる。図-16に示した例はかなり改善された例で、この程度の圧密では扉のそりもあり必ずしもパッキングの効果を得られるとはいえない。

試料 NO.	表面材	表面材厚	表面材密度	空気層厚さ	共鳴透過fr
NO. 1	ハードボード	3.5 mm	3.41 kg/m ²	13 mm	398 %
2	"	3.5 mm	"	28 mm	272
3	合板	4.0 mm	2.4 kg/m ²	27 mm	330
7	ハードボード	3.5 mm	3.41 kg/m ²	33 mm	252
8	"	6.5 mm	6.35 kg/m ²	27 mm	209
9	プラスターボード	9.0 mm	7.43 kg/m ²	22 mm	209

表-2 空気層による fr

材料	厚さ	面密度	ヤング率E	コインシデンスfc
合板	0.4	0.24	5.3×10 ¹⁰	4860 %
ハードボード	0.35	0.35	3.0×10 ¹⁰	10410
"	0.65	0.65	"	5600
石膏ボード	0.90	0.72	2.0×10 ¹⁰	4420
"	1.2	0.96	"	3330

表-3 表面材 fc

試料 NO.	表面材	表面材厚	表面材密度	スチロール厚さ	共鳴透過fr
NO. 6	ハードボード	3.5 mm	3.41 kg/m ²	33 mm	930 %
15	"	6.5 mm	6.35 kg/m ²	37 mm	649

表-4 スチロールによる fr

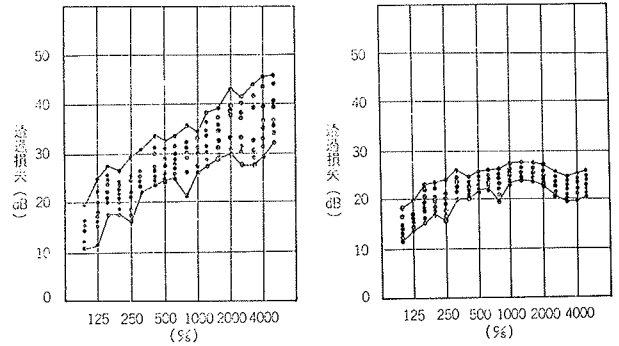


図-17 各種サンドイッチパネル(厚さ40mm)9種類のパネル自身の透過損失

図-18 17図と同じパネルを1~3mmの隙間のある扉とした場合の透過損失

1.5. 隙間の影響

測定試料16種類の扉の見かけ上の(戸当りがある)隙間を示したのが表-5である。この表に見るように今回測定した扉はみかけ上、平均1~2mmの隙間がある。図-16は厚さ40mmの扉9種類についてパネル自身の透過損失をプロットしたもので、図-17は同じ9種類を扉として隙間のある状態の透過損失をプロットしたものである。この図を比較してみるとパネル自身の透過損失の最大を示すものと最小のものの差は10~15dBであるが、扉として隙間のあるものは3~7dBと小さく特に中高音域ではこの差は5dB以下となっている。これはコインシデンス、その他の共鳴透過があり一様に比較はできないが15dB透過損失の大きいパネルで扉を製作しても、隙間の影響によって5dB程度しか透過損失は大きくならないことになり、1~2mm程度の隙間によってもパネル自身の遮音特性がほとんど生かされないことを示している。

以上の結果、いわゆる遮音扉でないが会議室、重役室等で遮音を意図したサンドイッチパネル扉について次のようなことがいえよう。

○ハニカムコア、ロールコアのパネルの扉は軽量で剛性の高いものが得られ、一般の扉としては理想的であるが、遮音の観点からは中高音域での透過損失の低下が大きく好ましくない。

○発泡材サンドイッチパネルについても軽量な扉が得られるが中音域に発泡材による共鳴透過が生じやすく好ましくない。

○プラスターボード等による重量のあるパネルや比較的軽量で遮音特性の良いグラスウールサンドイッチ

パネルについても、通常の取り付け状態、施工では2mm程度の間隙が生じパネル自身の遮音特性はほとんど生かされない。

- コインシデンスによる透過損失の大きな低下を防ぐためパネル両面の表面材を異なった材料にすることが考えられるがこれは扉パネルのそりの原因となりやすく、扉のたてつけ、隙間の発生等に別の配慮が必要である。
- 遮音を意図する扉は遮音特性の良いパネルを設計すると同時に、隙間に対して十分な配慮が必要である。まずそりのないパネルで施工精度を良く可能なだけ隙間を小さくし、パッキング等で気密性を改善する。パッキング取り付けも施工精度を良くし、扉を閉じた時に扉とパッキングが充分密着しないと効果は得られない。一方相当圧密しないと扉のロックがかからないようなパッキングの取り付けを行なうと扉の開閉が重くなり、別のクレームの因となる。

試料 NO.	見かけ上隙間	間隙率	試料 NO.	見かけ上隙間	間隙率
NO. 1	0.8 mm	0.3 %	NO. 9	2.6 mm	0.7 %
2	3.9 mm	1.05 %	10	1.9 mm	0.6 %
3	2.8 mm	0.9 %	11	1.7 mm	0.55 %
4	2.1 mm	0.7 %	12	2.2 mm	0.7 %
5	1.4 mm	0.5 %	13	2.5 mm	0.7 %
6	1.1 mm	0.4 %	14	2.1 mm	0.7 %
7	1.1 mm	0.4 %	15	1.7 mm	0.55 %
8	0.66 mm	0.3 %	16	2.3 mm	0.7 %

表—5 扉の間隙率

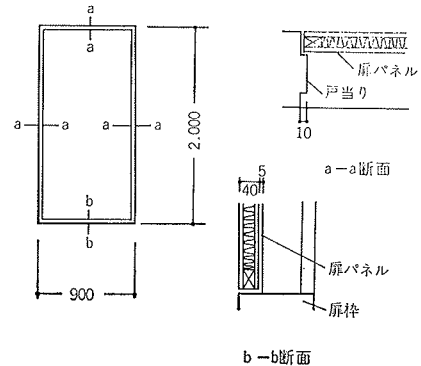
2. グラスウールサンドイッチパネル扉の遮音性状と隙間の影響について

各種サンドイッチパネル扉の測定結果から2m²程度の扉の周囲に1~2mmの間隙があっても、隙間の影響が非常に大きく、透過損失が低下することが明らかである。

ここでパネル自身の透過損失とこれを扉とした場合の隙間の影響を検討するため先の各種サンドイッチパネル扉と同様に200×90cmの寸法で表面9mm厚のラワン合板で25mm厚グラスウールをサンドイッチした40mm厚のパネル扉をヒンジ2ヶで通常の状態ですべて取り付け、隙間を次々と大きくしていき透過損失を測定し隙間の影響を検討した。

2.1. 測定

測定は先ずサンドイッチパネル自身の透過損失を得る目的で隙間を油粘土で両側より完全に塞いだもの。次に扉を一般に取り付ける状態で取り付けたもの、以後扉パネルをけずることにより隙間を順次大きくしていき見かけ上の隙間が2mm~10mmまでの8種類



図—19 グラスウールサンドイッチパネル扉

(間隙巾約1mmづつ増大)について測定を行なった。また戸当りの(10mm)影響を見るため戸当りの有り無しの場合について測定した。測定試料の見かけ上の間隙巾と間隙率を表に示したのが表—6である。

測定結果のうち戸当り有りのものの一部を図示したのが図—20である。

2.2. 検討

拡散音場においては2種以上の異なる面より音が透過する場合の総合透過損失は平均透過率によって求めている。これを扉パネルと隙間について適用し検討してみると次のようになる。

τ_s, τ_d, τ_p を隙間、扉、扉パネル自身の透過率とし S_s, S_d を隙間、扉の面積とすると隙間を含んだ扉の平均透過率 τ_d は次式より得られる。

$$\frac{1}{\tau_d} = \frac{S_s + S_p}{\tau_s S_s + \tau_p S_p} \dots \dots \dots (1)$$

試料 NO.	戸当り	間隙巾	間隙率
NO. 1	アリ	ナシ	0
NO. 2	アリ	2.0 mm	0.65 %
NO. 3	アリ	2.8 mm	0.85 %
NO. 4	ナシ	2.8 mm	0.85 %
NO. 5	アリ	4.0 mm	1.3 %
NO. 6	ナシ	4.0 mm	1.3 %
NO. 7	アリ	5.1 mm	1.7 %
NO. 8	ナシ	5.1 mm	1.7 %
NO. 9	アリ	6.2 mm	2.0 %
NO. 10	ナシ	6.2 mm	2.0 %
NO. 11	アリ	7.2 mm	2.4 %
NO. 12	ナシ	7.2 mm	2.4 %
NO. 13	アリ	8.8 mm	2.9 %
NO. 14	ナシ	8.8 mm	2.9 %
NO. 15	アリ	9.9 mm	3.3 %
NO. 16	ナシ	9.9 mm	3.3 %

表—6 グラスウールサンドイッチパネル扉の間隙

ここで低音域における空気層による共鳴透過($f_r = 350$ c/s)と高音域におけるコインシデンス限界周波数($f_c = 2050$ c/s)を図中に示したが、これを見ると共鳴透過等の特異現象の生じた周波数において間隙の見かけ上の透過損失は負になり間隙の平均透過損失に与える影響は小さくなるといえそうである。

(低音域においては共鳴透過によるものか、あるいは

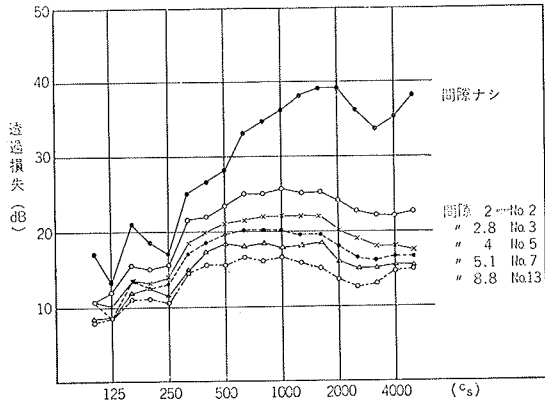


図-20 グラスウールサンドイッチパネル扉透過損失

波長と間隙巾，間隙の奥行き等の関係によるものか検討しなければならぬがここでは未検討である)

こうして見ると400~1600c/sにおいては透過率においても一定の傾向が見られるはずである。

ここで建研久我新一博士がサッシュの隙間の影響について(1)式を2, 3の仮定をたてさらに展開して間隙率Pの近似値を求めることによって表わしておられるが，ここでも同様に検討して見ると次のようになる。

(1)式において $S_s/S_p = P$ 間隙率とすると

$$\frac{1}{\tau_d} = \frac{S_s + S_p}{\tau_s S_s + \tau_p S_p} \dots\dots\dots (1)$$

$$\frac{1}{\tau_d} = \frac{S_s + S_p}{\tau_s S_s + \tau_p S_p} = \frac{1 + P}{\tau_p + \tau_s P} \dots\dots\dots (2)$$

$$TL_d = 10 \log_{10} \frac{1}{\tau_d} \quad \text{扉の透過損失 dB}$$

間隙 2mm~8mm のもの 8種類につき戸当り有り無しの場合について，パネル自身の透過損失，扉とした場合の透過損失の測定結果から(1)式により隙間の透過率 τ_s を逆算して隙間の透過損失を求め，戸当り有り無しについて図示したのが図-21，図-22である。

一般に波長の影響が無視しえるような隙間については透過損失は 0 dB となるが図-21，図-22を見ると400~1600 c/s の間では隙間の一番小さい 2 mm のものが +3~4dB となっているが，その他のものはほぼ隙間の透過損失は 0 dB となっている。

400 c/s 以下の低音域と 1600 c/s 以上の高音域ではいづれも負の値を示しており，これは隙間による平均透過損失の低下が少なく見かけ上隙間の影響が少ない事を意味している。

$$P = \frac{\tau_d - \tau_p}{\tau_s - \tau_d}$$

ここで $\tau_s \approx 1$ $\tau_s \gg \tau_d$ とすると間隙率 P は次式のように表わせる。

$$P = P' = \tau_d - \tau_p$$

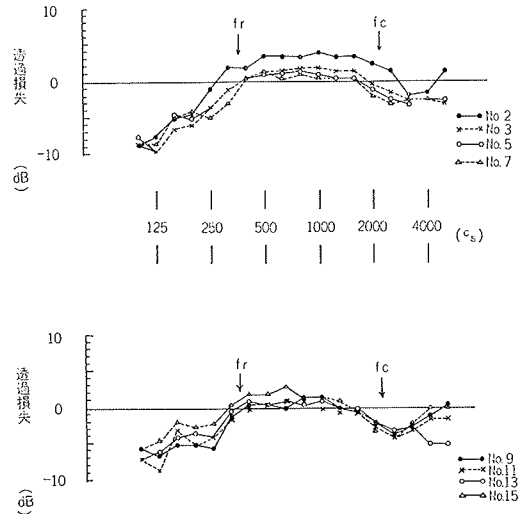


図-21 隙間の透過損失 (戸当り有り)

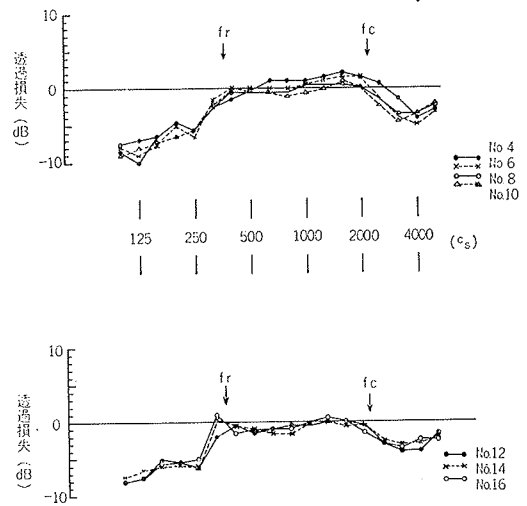


図-22 隙間の透過損失 (戸当り無し)

この間隙率Pの近似値 P' を図-20に示したものについて各周波数毎に算出図示したのが図-23である。

この P' の周波数特性は透過損失の極小値で極大値を示しており，透過損失が極小値を示す周波数(空気層による共鳴透過，表面材のコインシデンス)において $P' = \tau_d - \tau_p$ が大きくなり見かけ上の間隙率は小さくなっている。

実際の間隙率とこの P' を比較してみると間隙率の一番小さなもの(間隙巾 2mm)の他は 400~1600 c/s の間でほぼ一致している。これは P' を導いた時の仮定 $\tau_s \approx 1$ $\tau_s \gg \tau_d$ から明らかなように，先に示した隙間の透過損失が 0 dB において一致するはずである。

もし隙間の透過損失が各周波数において一定ならば，

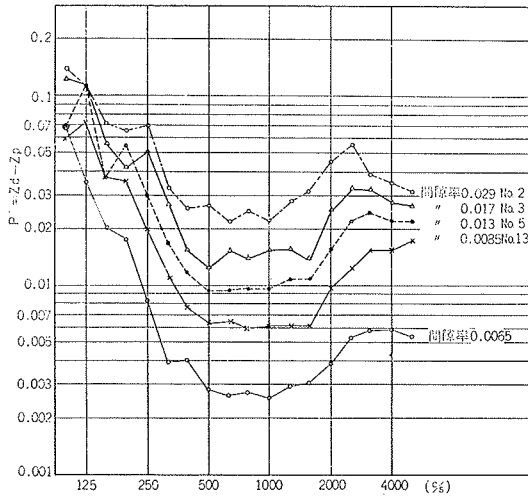


図-23 グラスウールサンドイッチパネル扉のP'値

当然間隙率の近似値 P' は一定の値となる。

このように低音域とコインシデンスのような特異現象の生じた周波数域以外においては隙間の透過損失に与る影響はその間隙率を求めることによって、ほぼ推定算出できることがわかる。

む す び

以上の実験検討によって各種サンドイッチパネル扉の透過損失と隙間の影響がほぼ明らかになったが、隙間の影響についてはまだ検討が不十分である。今後この隙間の影響についてはさらに系統的な実験を行ない検討することを計画している。

最後に試料提供いただいたほか種々協力願った内外木材研究室の佐山直樹氏他の方々に深謝いたします。

NO.	厚さ	CORE	FACE	種別	%																	
					100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
1	20 MM	ロールコア 13MM	ハードボード 3.5MM	扉	9.5	12.0	15.5	15.0	17.5	19.5	19.0	18.5	19.5	19.5	21.0	21.5	22.0	23.0	21.5	20.5	19.5	21.0
				隙間油粘土づめ	12.5	15.0	18.5	17.5	22.5	22.5	22.5	23.5	23.5	24.0	25.0	25.0	25.0	25.5	24.0	23.5	23.0	26.5
2	35 MM	ハニカムコア 28MM	ハードボード 3.5MM	扉	11.0	13.0	16.0	17.0	15.5	18.5	18.5	19.0	19.5	19.5	20.0	21.5	22.0	22.5	20.0	19.5	20.0	21.0
				隙間粘土づめ	11.5	13.5	17.5	18.0	17.5	20.0	22.0	23.5	23.0	23.0	25.0	26.0	27.5	28.5	29.0	29.5	29.0	29.0
3	35 MM	ロールコア 27MM	合板 4.0MM	扉	11.5	11.5	14.5	15.5	17.0	17.0	17.0	17.0	17.5	17.0	17.0	17.0	17.0	18.5	18.5	19.0	19.5	21.5
				隙間油粘土づめ	8.5	10.0	14.0	17.0	15.0	16.5	19.0	17.5	17.5	18.0	17.5	18.5	20.5	20.5	21.0	22.0	23.0	26.5
4	40 MM	グラスウール 33MM	ハードボード 3.5MM	扉	12.5	13.5	16.0	17.0	16.5	23.0	24.0	24.0	24.0	23.5	24.5	24.5	24.5	24.0	21.0	20.0	20.0	22.0
				戸当りスポンジ付	14.0	15.0	18.5	17.0	17.0	26.0	27.5	28.5	29.0	28.5	29.0	28.5	30.0	28.0	26.5	28.0	30.5	30.0
5	40 MM	グラウール 22MM	ブラスター ボード 9.0MM	扉	16.5	15.5	19.0	22.0	19.5	22.0	21.0	21.5	24.0	25.0	25.5	25.0	25.0	24.5	22.0	22.5	22.0	23.5
				戸当りスポンジ付	13.5	15.5	21.0	20.0	20.0	22.0	21.5	22.0	26.5	26.0	26.0	26.0	25.5	24.5	21.5	23.0	25.0	26.0
6	40 MM	スチロール 発泡 33MM	ハードボード 3.5MM	扉	14.0	15.0	18.5	19.5	18.5	22.5	22.5	22.5	22.5	19.5	24.0	25.0	28.0	27.5	25.0	24.0	23.5	25.0
				戸当りスポンジ付	13.5	15.0	20.5	19.0	22.5	22.5	22.5	23.5	18.5	24.5	25.0	29.0	31.5	28.0	29.5	31.5	29.5	31.5
7	40 MM	ハニカムコア 33MM	ハードボード 3.5MM	扉	11.0	13.5	15.5	18.0	17.0	20.0	20.0	21.5	22.0	21.5	22.5	24.0	24.0	23.5	23.0	20.5	20.5	21.5
				戸当りスポンジ付	16.5	13.0	19.5	20.5	19.5	22.0	21.5	22.0	23.5	22.0	24.0	24.5	24.5	23.5	25.5	25.0	26.5	29.5
8	40 MM	ハニカムコア 27MM	ハードボード 6.5MM	扉	12.0	17.5	21.5	20.5	20.0	24.0	23.0	25.0	26.0	25.0	26.0	26.0	27.0	27.0	26.5	24.0	24.5	25.0
				隙間油粘土づめ	11.5	17.5	22.0	21.5	19.0	25.5	27.0	27.5	27.5	31.0	30.5	31.5	31.5	32.5	30.5	30.5	31.5	36.5
9	40 MM	ハニカムコア 22MM	ブラスター ボード 9.0MM	扉	13.5	16.5	19.0	19.5	20.0	22.5	22.5	23.0	23.0	23.5	24.0	24.5	23.0	22.0	20.5	21.0	21.5	
				戸当りスポンジ付	17.0	16.5	20.0	21.0	21.0	23.5	24.5	25.0	25.5	26.0	25.0	26.0	25.0	22.5	21.0	23.0	26.0	26.5
10	40 MM	ムギワラコア 33MM	ハードボード 3.5MM	扉	11.5	14.5	18.0	18.5	19.5	22.5	21.5	22.5	23.5	24.0	25.0	26.0	25.5	24.5	22.5	23.0	23.5	24.0
				戸当りスポンジ付	16.0	13.5	19.5	19.5	16.0	21.0	22.0	21.5	21.5	23.5	24.0	24.5	25.0	23.0	19.5	21.5	25.0	23.5
11	40 MM	バガスバー ティクル 30MM	石綿セメント 板 4.5MM	扉	18.0	19.5	22.5	23.5	23.5	25.5	24.5	25.5	25.5	25.0	25.5	27.5	27.5	27.0	24.0	23.0	23.5	24.0
				戸当りスポンジ付	18.5	24.0	25.0	25.0	26.0	29.0	27.5	28.5	30.0	30.0	31.5	31.0	32.0	30.0	31.0	31.0	31.0	32.5
12	40 MM	グラスウール 30MM	石綿セメント 板 4.5MM	扉	13.5	17.5	20.0	19.5	20.0	22.5	23.0	24.0	22.5	22.5	23.5	24.0	24.0	23.0	20.5	19.5	19.0	20.5
				戸当りスポンジ付	16.5	20.5	23.5	23.5	24.5	25.5	26.5	26.5	25.5	26.0	27.5	28.0	27.5	25.0	25.0	27.0	30.0	28.5
13	50 MM	グラスウール 32MM	ブラスター ボード 9.0MM	扉	13.0	14.5	16.5	19.0	18.0	20.5	20.0	20.5	22.0	22.5	23.0	22.5	22.0	21.0	18.5	19.0	19.0	20.0
				戸当りスポンジ付	12.5	15.5	19.5	21.0	20.0	22.0	20.5	22.5	25.5	24.5	24.5	24.0	23.0	21.5	21.0	23.5	23.5	23.0
14	50 MM	グラスウール 26MM	ブラスター ボード 1.2MM	扉	16.0	19.0	22.0	23.5	23.0	26.0	23.0	24.0	32.0	31.5	30.5	32.0	33.0	32.0	31.0	30.0	30.0	33.5
				隙間油粘土づめ	16.5	16.0	18.0	20.5	19.5	23.0	22.0	21.0	22.0	23.5	24.0	23.0	23.0	21.5	20.0	20.5	21.5	22.0
15	50 MM	スチロール 発泡 37MM	ハードボード 6.5MM	扉	13.5	17.5	18.5	19.0	18.5	23.0	21.5	21.5	18.0	21.0	23.5	24.5	24.0	24.0	22.0	20.5	21.5	21.5
				戸当りスポンジ付	15.0	19.0	23.0	24.0	24.0	26.5	26.5	21.5	21.5	25.0	27.0	31.0	31.0	31.0	33.5	34.0	32.0	31.5
16	50 MM	ハニカムコア 37MM	ハードボード 6.5MM	扉	16.0	16.0	16.5	20.5	20.0	23.5	22.5	23.0	21.5	23.5	23.5	23.0	23.0	22.0	20.5	20.5	20.5	22.0
				戸当りスポンジ付	16.5	17.5	20.5	22.0	23.0	26.5	25.5	25.5	26.0	25.5	25.0	26.0	24.5	23.0	25.5	28.0	29.5	28.5
				隙間油粘土づめ	14.5	16.0	18.5	21.5	21.0	24.5	26.0	27.0	27.0	26.0	27.0	29.0	29.5	30.0	30.5	31.0	32.0	37.5

附表-1 各種サンドイッチパネル扉透過損失測定結果

木製扉の遮音性状に関する研究・真藤・加藤・平野

NO	隙間	戸当り %	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
1	ナシ	アリ	17.0	15.5	21.0	18.5	17.0	25.0	26.5	28.0	33.0	34.5	36.0	38.0	39.0	39.0	36.0	33.5	35.0	33.0
2	2.0 MM	アリ	10.5	12.0	15.5	15.0	15.5	21.5	22.0	23.5	25.0	25.0	25.5	25.0	25.0	24.0	22.5	22.0	22.0	22.5
3	2.8 MM	アリ	11.0	10.0	13.5	13.0	14.0	18.5	20.0	21.0	21.5	22.0	22.0	22.0	22.0	20.0	19.0	18.0	18.0	17.5
4	2.8 MM	ナシ	11.0	9.0	13.0	12.5	13.0	17.5	18.5	19.5	21.0	21.5	21.5	22.0	22.5	22.0	21.0	18.5	16.5	17.5
5	4.0 MM	アリ	10.5	8.0	13.5	12.5	13.0	17.0	18.5	19.5	20.0	20.0	20.0	19.5	19.5	18.0	16.5	16.0	16.5	16.5
6	4.0 MM	ナシ	10.0	9.0	11.5	12.5	11.5	16.5	18.0	18.5	18.5	19.5	19.5	20.0	20.5	20.5	17.5	15.0	14.0	16.0
7	5.1 MM	アリ	8.5	8.5	12.0	12.5	11.5	15.0	17.5	18.5	18.0	18.5	18.0	18.0	18.5	16.0	15.0	15.0	15.5	15.5
8	5.1 MM	ナシ	9.5	9.5	11.0	11.0	10.5	15.0	17.0	17.0	17.0	17.0	18.5	18.5	19.0	18.0	16.5	14.0	14.0	15.5
9	6.2 MM	アリ	9.0	9.5	11.5	11.0	10.5	15.5	17.5	17.0	17.0	18.0	18.0	17.0	17.0	15.0	13.5	14.5	16.0	16.5
10	6.2 MM	ナシ	7.5	8.0	10.5	10.0	10.5	14.5	16.5	16.0	16.5	16.0	16.5	17.0	18.0	17.0	14.5	12.5	13.5	14.5
11	7.2 MM	アリ	8.5	7.5	12.5	11.5	11.0	14.5	16.0	16.5	17.0	17.0	16.5	16.0	16.0	14.0	12.5	13.5	15.0	15.0
12	7.2 MM	ナシ	8.0	8.0	11.0	10.5	9.5	14.0	15.5	14.5	15.0	15.5	15.5	16.0	16.5	15.5	13.5	12.5	12.5	14.5
13	8.8 MM	アリ	8.0	8.5	11.0	11.0	10.5	14.5	15.5	15.5	16.5	16.0	16.5	15.5	15.0	13.5	12.5	13.0	14.5	15.0
14	8.8 MM	ナシ	7.5	8.0	9.5	9.5	9.0	12.5	14.5	14.0	14.0	14.0	15.5	15.5	16.0	15.0	13.0	12.0	12.5	13.5
15	9.9 MM	アリ	9.0	9.5	12.5	11.5	11.5	15.0	16.5	16.5	17.5	16.5	16.5	16.0	14.5	12.0	11.0	13.0	15.0	15.0
16	9.9 MM	ナシ	6.5	7.0	9.5	9.5	9.5	12.5	13.5	13.5	14.0	14.0	15.0	14.5	15.0	13.5	12.0	11.5	12.5	12.5

附表—2 グラスウールサンドイッチパネル扉の隙間の変化による透過損失