

遮音・通気性能を有する木製ドアの開発

木村公久^{*1}、長谷川良一^{*2}、古田 勤^{*3}、白石侑丈^{*3}、楯 泰貴^{*4}

Development of Wooden door has Sound insulation and Aeration property.

Kimihisa KIMURA^{*1}, Ryoichi HASEGAWA^{*2}, Tsutomu FURUTA^{*3},
Yukitomo SHIRAISHI^{*3} and Yasutaka TATE^{*4}

遮音・通気性能を有する木製ドアを開発するため、ドアのコア材として発泡体（EPS：ビーズ法ポリスチレンフォーム）を用いた。試作ドアの構造は、通気孔の配列および通気経路形状が異なる 3 タイプとした。試作したドアは、当所において遮音ならびに通気性能の評価を行った。

遮音および通気の両性能で判断すると、タイプ 3 が良好な結果であった。しかし、遮音性能は 800Hz～2,000Hz で T-1 等級を下回り、また通気性能は総相当隙間面積 26cm² という値であり、目標値を下回る結果となった。

1. 緒言

近年、住宅に関する住生活者の質的な要求の多様化にともない、内装ドアおよび建材に対する要求性能は高まっている。内装ドアについては、隣室からの騒音問題やプライバシー保護等の関係により、住生活者からの遮音性能向上に関するニーズは高い。また業界からは、新たな製品の付加機能として、遮音ドア（T-1等級）の開発が求められている。遮音性能のほか、換気経路となる扉には有効開口面積で100～150cm²の開口が必要とされている。また、一般的な遮音ドアは、遮音性能を高めるために高密度材料が用いられ、重量が重いことにより施工や蝶番部品への負担が大きく、製品の耐久性および安全性の面で軽量化が求められている。これらの性能を兼ね揃えたドアは、トイレや寝室用として需要がある。

そこで、遮音および通気性能を有する木製ドアを開発するため、コア材として吸音性能を有する発泡体を用いたドアを試作し、当所において遮音ならびに通気性能の評価を行った。

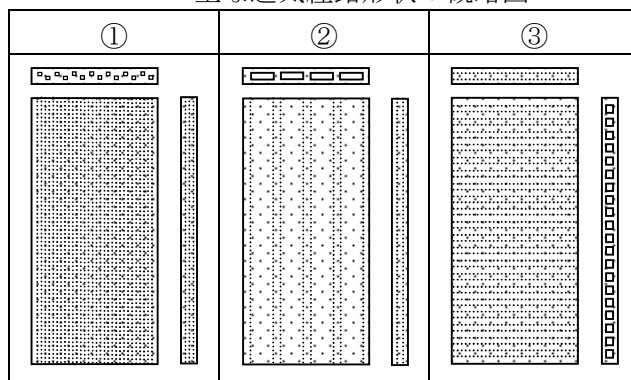
2. 実験方法

2.1 供試体

2.1.1 発泡体

ドアの軽量化として、コア材の軽量化を図るため、共同研究企業のDAISEN株式会社が開発したポーラスEPS成形体（以下、ポーラス成形体）を用いた。このポーラス成形体は、発泡倍率等を変えることにより、吸音性能が変化する材料である。ドアに組み込む前に、ポーラス成形体自体の遮音性能を把握するため、発泡倍率が20,50および80倍の板材を試作した。また、コア材として使用するため、これらの異なる発泡倍率で通気経路を設けたポーラス成形体を試作した。試作した主な通気経路形状の概略図を表1に示す。①の通気経路形状は、縦方向に直線型の通気孔が細かく通って

表1 試作したポーラス成形体の
主な通気経路形状の概略図



^{*1} 試験研究部(生活支援機能研究室)

^{*2} 試験研究部(技術相談室)

^{*3} 株式会社ハウテック 技術部

^{*4} DAISEN株式会社 開発室

るものである。②は①と同じ縦方向の直線型の通気孔であるが、①より通気経路幅を広くしたものである。③の通気経路形状は、横方向に直線型の通気孔が通っているものである。

2.1.2 試作ドア

試作するドアは、フラッシュ構造とした。供試体の寸法は、当所の音響特性評価装置で遮音ならびに通気性能評価ができる大きさとするため、ドアは W827mm×H1,985mm×D36mm、ドア枠は W877mm×H2,021mm×D113mm とした。

試作した遮音・通気ドアの仕様を表 2 に示す。また、データ比較のために試作したドアの仕様を表 3 に示す。

表 2 遮音・通気ドアの仕様

	タイプ 1	タイプ 1 改良型	タイプ 2	タイプ 3
表面材	MDF2.7mm +HB3.5mm	MDF2.7mm +HB3.5mm	MDF2.7mm +HB3.5mm	MDF2.7mm +HB3.5mm
通気孔	表面上 裏面下	表面上 裏面下	表面左 裏面左	表面左右 裏面上
通気孔 総面積	約 113cm ²	約 113cm ²	約 151cm ²	約 91cm ²
コア材	ポーラス 成形体 20 倍	ポーラス 成形体 20 倍	ポーラス 成形体 20 倍	ポーラス 成形体 20 倍
コア材の 通気経路	①	②	③	特殊型
エアタイト	有	有	有	有

表 3 データ比較用のドアの仕様

	一般型ドア	ポーラス成形体 内蔵ドア	従来型遮音ド ア
表面材	MDF2.7mm	MDF2.7mm	MDF2.7mm
コア材	ペーパーハニカム	ポーラス成形体 50倍	チューブラポート 30mm
エアタイト	無	無	有

エアタイトとは、図1に示すとおり、ドアが開いている時は上がった状態であるが、ドアを閉めると横にある突起がドア枠に押されてパッキン部分が下がることにより、アンダーカット部を遮断するものである。



上がっている状態 下がっている状態
図1 エアタイト

2.2 遮音性能評価測定

2.2.1 測定方法

測定に用いた音響特性評価装置（株式会社小野測器製）は、図2に示す音源室と受音室の残響室2室で構成されている。この隔壁に供試体を設置し、音源室側にノイズを発生させ、音源室と受音室の音圧レベルを測定することによって、供試体の遮音性能を表す音響透過損失を算出する装置である。規格としては、JIS A 1416:2000「実験室における建築部材の空気音遮断性能の測定方法」に沿った測定方法である。JIS規格で測定周波数範囲は100～5,000Hzと定められているが、本装置は試験室の容積が小さいことにより、低い周波数帯域における音圧分布が安定しないという点から、100～315Hz未満（1/3オクターブ）の測定値は参考値となる。遮音性能の判断基準は、JIS A 4702:2000「ドアセット」の遮音等級線で評価した。本報告で記載している音響透過損失グラフは、JIS A 1416に基づく1/3オクターブの測定結果にJIS A 4702の遮音等級線を貼り付け、簡易的に遮音等級の判断を行ったものである。



試験室（音源室） 試験室（受音室）

図 2 音響特性評価装置

2.2.2 供試体の設置方法

ポーラス成形体等の測定については、試験室の隔壁開口に供試体を固定するための木枠を用意し、各供試体を木枠に取り付けた状態で測定を行った。

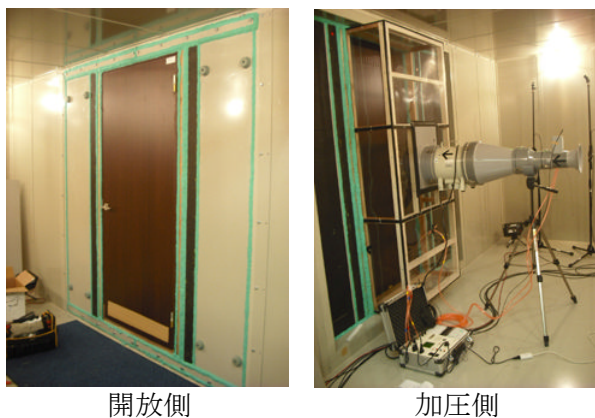
試作ドアの測定については、試験室の隔壁開口にドア枠を固定し、供試体を付け替えて測定を行った。

2.3 通気性能評価測定

2.3.1 測定方法

測定に用いた気密性測定器（コーナール株式会社製）は、住宅用の気密性能を評価する装置である。音響特性評価装置にドアを設置した状態で、測定器を取り付けて測定を行うことにより、ドア

の通気性能（通気量）を簡易的に評価することが可能である。この測定器は、ドアの表裏で圧力差を生じさせ、圧力差とその時の通気量を測定することによって隙間の大きさ（総相当隙間面積 cm^2 ）が求められる（図3）。今回の通気性能は、測定によって得られた総相当隙間面積の値で評価した。



開放側 加圧側

図3 通気量測定状況

3. 結果と考察

3.1 遮音性能評価

3.1.1 発泡体

発泡倍率が20,50および80倍のポーラス成形体の測定結果を図4に示す。測定には通気経路を設けていないポーラス成形体板材（厚み30mm）を使用した。発泡倍率で比較すると、高密度である低倍率の方が遮音性能は高い結果であった。50倍および80倍のポーラス成形体では、中心周波数4,000Hzで音響透過損失の値が上がっているが、これはポーラス成形体の特性ともいえる高周波数

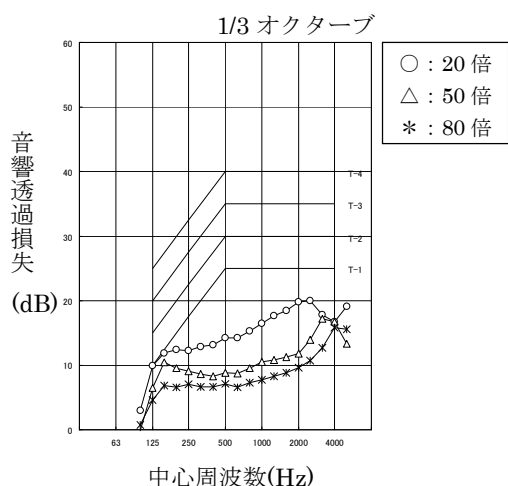


図4 ポーラス成形体の発泡倍率の違いによる音響透過損失結果

帯域の吸音効果によるものであると考えられる。

参考のため、ドアの材料として使用する木質系材料の測定を行った。ポーラス成形体との比較グラフを図5に示す。遮音性能は一般的に重量則に基づくため、木質系材料と比べると重量が小さいポーラス成形体は、材料単体の遮音性能は低いことが分かった。

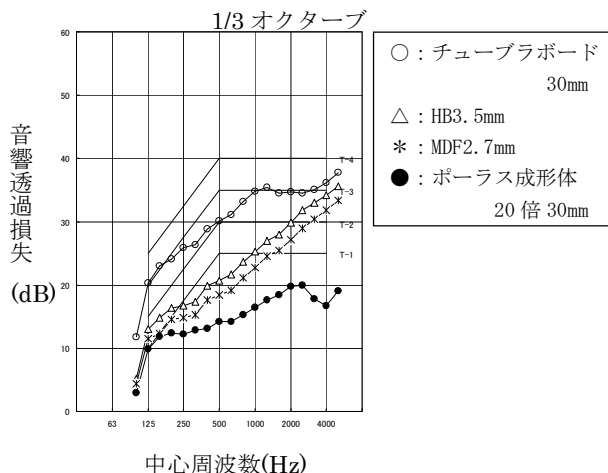


図5 主な材料の音響透過損失結果

3.1.2 試作ドア

一般型ドアおよびポーラス成形体内蔵ドアの測定結果を図6に示す。この測定に用いたドア枠の戸当たりは、三方にパッキンを付けた仕様であり、アンダーカットは11mmである。測定結果は、いずれもT-1等級を下回る値であった。アンダーカットがある場合は、アンダーカットからの音の透過が大きいいため、ドアの構造の違いによる音響透過損失の差は大きく現れなかったと思われる。

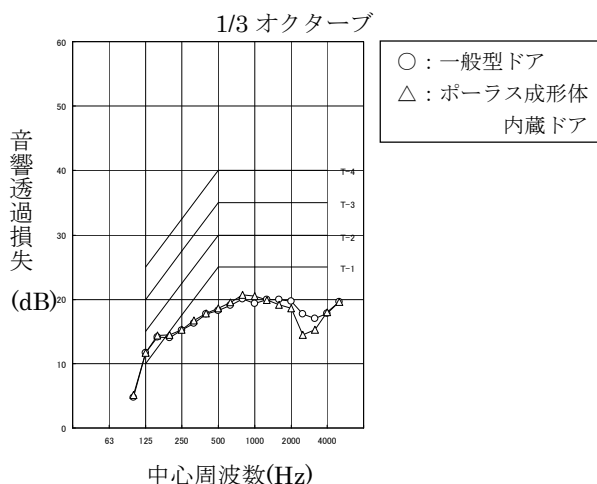


図6 一般型ドアおよびポーラス成形体内蔵ドアの音響透過損失結果

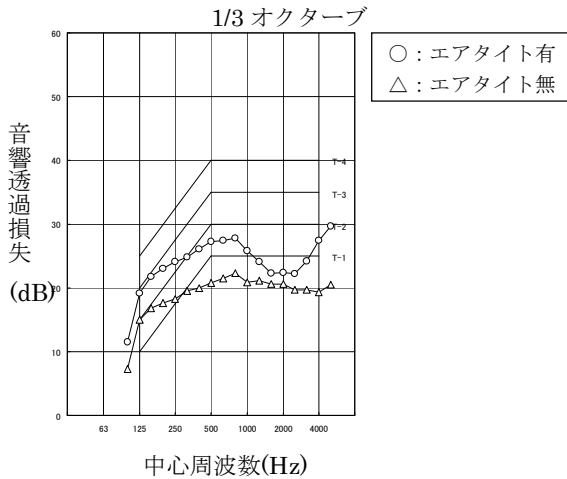


図7 従来型遮音ドアにおけるエアタイトの有無による音響透過損失結果

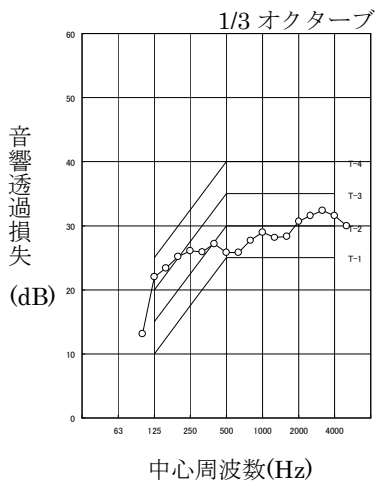


図8 タイプ1の音響透過損失結果

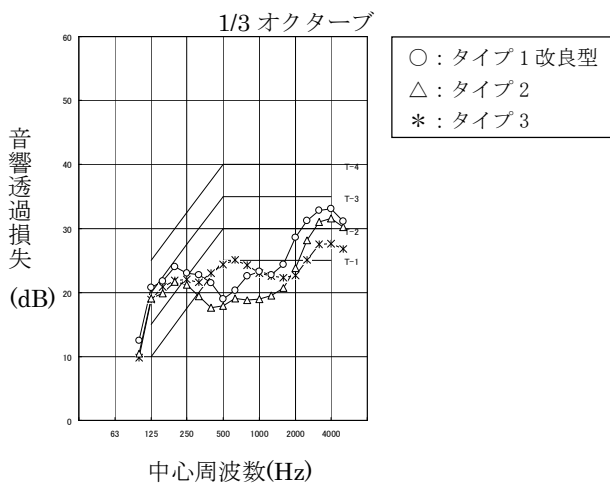


図9 タイプ1改良型、タイプ2およびタイプ3の音響透過損失結果

従来型遮音ドアでエアタイトの有無による比較測定の結果を図7に示す。ドア枠の戸当りとは、前述と同じ仕様である。測定結果では、各周波数帯域において音響透過損失の値に1.7～9.2dBの差が出ていることから、エアタイトの遮音効果は大きいことが分かった。

遮音・通気ドアとして試作したタイプ1の測定結果を図8に示す。このドアより、ドア枠の戸当りに遮音性を高めた形状のパッキンを使用した。測定結果は、T-1等級に該当する値が得られた。しかし、次項で記述するとおり、ドア表面の通気孔総面積に対してコア材の通気経路断面積が小さかったため、通気量が少ないことが分かった。

そこで、通気量の増加を図るため、コア材の通気経路断面積を広くしたタイプ1改良型、また新たな構造であるタイプ2ならびにタイプ3を試作し、測定を行った。測定結果を図9に示す。タイプ1改良型は、中心周波数400～1,600Hzにおいて、T-1等級を下回る値であった。これは、通気路断面積を増やすため、発泡体の厚みが薄くなった等の原因により、遮音性能が低下したと思われる。タイプ2は、タイプ1改良型と比べて広い範囲（中心周波数315～2,000Hz）において、T-1等級を下回る値であった。これは、通気路断面積が大きくなったことと、通気路の長さが短くなった等の原因により、遮音性能が低下したと思われる。タイプ3は、中心周波数800～2,000Hzにおいて、T-1等級を下回る値であったが、タイプ1改良型およびタイプ2と比較すると良好な値であった。

3.2 試作ドアの通気性能評価

通気測定結果を表4に示す。

基準となる一般型ドアの総相当隙間面積は、128cm²であった。この測定に用いたドア枠の戸当りとは、レバーハンドル側のみにモヘアを付けた仕様である。この値は、アンダーカットの開口面積の計算値約89cm²に対して大きい値であった。これは、三方のチリからの通気によって総相当隙間面積が大きくなったと考えられ、通常仕様の戸当りではアンダーカット以外からもかなりの通気量があることが分かった。しかし、アンダーカットと三方のチリの総隙間面積の計算値は約284cm²であるため、この値と比較すると45%程の通気量であった。

タイプ1～3で用いたドア枠の戸当りとは、遮音性能評価時測定と同様の遮音性を高めたパッキンを三辺に付けた仕様である。エアタイトも付いているため、アンダーカットや三方のチリは塞がれている状態であり、そこからの通気はほとんど無いと考えられる。そのため、測定では通気孔およ

びドア内部の通気経路を通過する量が求められる。

タイプ1の総相当隙間面積は7cm²であり、通気孔総面積約113 cm²に対して6%程の通気量であった。このタイプのドアは、ドア表面の通気孔総面積に対してコア材の通気経路断面積が小さかったため、通気量が低い結果になったと思われる。

通気路断面積を大きくしたタイプ1改良型は、総相当隙間面積が29cm²であり、通気孔総面積に対して26%程の通気量となり、通気性能の向上がみられた。タイプ2の総相当隙間面積は50 cm²であり、通気孔総面積約151cm²に対して33%程の通気量であった。また、タイプ3の総相当隙間面積は26cm²であり、通気孔総面積約91cm²に対して29%程の通気量であった。

参考のため、タイプ1でエアタイトを下ろさない状態で測定を行ったところ、総相当隙間面積は71 cm²であった。アンダーカットの開口面積の計算値は約86cm²であるため、直通開口であれば通気量の損失は少ないことが分かった。直通開口を避けてドア内部を通気させる構造にすることで、総相当隙間面積は通気孔総面積計算値の半分以下に減少する結果となった。

以上より、通気量はドア表面の通気孔面積およびコア材の通気経路断面積に大きく影響され、場合によっては計算値より極端に減少することが分かった。

表4 通気測定結果

供試体	総相当隙間面積 (cm ²)	通気孔総面積 計算値 (cm ²)	比率 (%)
一般型	128	約 284	45
タイプ 1	7	約 113	6
タイプ 1 改良型	29	約 113	26
タイプ 2	50	約 151	33
タイプ 3	26	約 91	29

4. まとめ

試作ドアタイプ1～3の遮音、通気測定結果を表5に示す。遮音および通気の両性能で判断すると、タイプ3が良好な結果であった。しかし、遮音性能は800Hz～2,000HzでT-1等級を下回り、また通気性能は総相当隙間面積26cm²という値であり、目標値を下回る結果となった。

吸音性能があり、若干の通気性能を有する発泡体をドアのコア材料にすることで、遮音と通気の相反する性能の向上を図ったが、同時に向上させることは容易ではなかった。現状では製品とする性能が得られていないため、ドアの通気孔およびコア材の形状等の再検討が必要であると考ええる。

表5 遮音、通気測定結果

供試体	遮音性能 (T-1 等級)	通気性能 (総相当隙間面積)
タイプ 1	該当	7cm ²
タイプ 1 改良型	下回る	29cm ²
タイプ 2	下回る	50cm ²
タイプ 3	下回る	26cm ²

本研究は、独立行政法人 科学技術振興機構 地域イノベーション創出総合支援事業 平成21年度「地域ニーズ即応型」により実施した。

参考文献

- 1) 換気マニュアル作成委員会（事務局（財）ベターリビング）：住宅の換気設備マニュアル（H15.5.1版）,2003.
- 2) JIS A 1416：2000,「実験室における建築部材の空気音遮断性能の測定方法」.
- 3) JIS A 4702：2000,「ドアセット」.
- 4) 木村公久他：岐阜県生活技術研究所研究報告, No.10, pp.57-60, 2010. 簡易残響室を用いた音響透過損失測定方法の確立.