

パルプモールドの吸音特性に関する研究

A STUDY ON SOUND ABSORPTION CHARACTERISTICS OF MOLDED PULP

小泉 穂高*1, 栗木 茂*2, 山本 拓弥*1

Hodaka KOIZUMI, Shigeru KURIKI and Takuya YAMAMOTO

Molded pulp is a reshaped product made from dissolved recycled paper, and is used for food service trays and protective packing variously. Molded pulp attracts attention because of low environmental load in recent years, and is expected to be utilized as building materials. In this research, we examined sound absorption coefficient of molded pulp available on the market to utilize it as absorption materials. As a result, back cavities of the rugged shape generated panel absorption when installed on the rigid surface, and larger back cavities enables to get more absorption at low frequencies. Moreover, molded pulp has porous absorption characteristics because it consists of cellulose fiber. These features show molded pulp is useful as absorption materials, and is expected to be practical use.

Keywords : *Molded pulp, Sound absorption coefficient, Back cavity*
パルプモールド, 吸音率, 背後空気層

1. はじめに

パルプモールドとは、古紙を溶解し金網で抄き上げ、乾燥によって成形した製品である^[1]。作成形状の自由度が非常に高く、青果物のトレイや工業製品の梱包材として多様に利用されている。古紙が主原料であるため環境負荷が低く、近年改めて注目を受けている。大量生産が容易、非常に軽量といった利点もあり、建築材料としての活用も期待されている。複雑な凹凸を成形できるため、特に吸音材として有用な可能性がある。

今回、パルプモールドの吸音材活用に向けて、既製品を用いた吸音率測定を実施した。まず実験 1 として、凹凸形状の違いが吸音特性に及ぼす影響について検証した。実験 2 では、背後空気層の大きさが及ぼす影響について検証した。これらの検討から、パルプモールドの吸音特性にいくつかの特徴を見出すことができたため報告する。

2. 実験 1

2.1 測定方法

JISA1409「残響室法吸音率の測定方法」に従いパルプモールドの吸音率を測定した。使用した残響室は容積 313 m³ の不整形残響室である。試験体として図 1 に示す 8 種類のパルプモールドを用いた。type A~D 1 枚あたりの諸元を表 1 に示す。H 表記は椀状部分のホール数を意味する。試験体(7)、(8)は type A-6 H を 2 枚重ねることで構成されている。図 1 に示す通り、試験体(8)を除き、上凸および下凸の 2 通りの設置方法にて測定した。試験体は床スラブ上に直接設置し、接着処理は行っていない。

2.2 測定結果

吸音率の測定結果を図 2 に示す。type A-6, 18, 28 H における結果を見ると、いずれも上凸設置は 630 Hz、下凸設置は 800 Hz に大きなピークが生じた。これは試験体と床スラブの間の空気層がばねとなり、試験体が板振動することで得られる吸音特性^[2]と言える。上凸と下凸で空気層が形成される箇所が異なるため、ピークとなる周波数に違いが生じたと考えられる。また 6, 18, 28 H で最大高さは異なるが、ピークが得られた周波数は同様であり、凹凸の形状や面積、質量といった要素が複合的に影響していると考えられる。6, 18, 28 H いずれも、2~4 kHz 付近は上凸の方が吸音率は高い傾向にある。上凸の場合、椀状部において空気層厚は最大となるが、それ以外の細かな凹凸部においても小さな空気層が形成されるため、高い周波数での板振動吸音が発生したと考えられる。

表 1 試験体 1 枚あたりの諸元

試験体呼称	寸法	最大高さ	平米重量
(1) type A-6 H	468×338 mm	55 mm	554 g/m ²
(2) type A-18 H	468×338 mm	40 mm	563 g/m ²
(3) type A-28 H	468×338 mm	35 mm	629 g/m ²
(4) type B-18 H	460×305 mm	35 mm	524 g/m ²
(5) type C-3 H	440×305 mm	46 mm	825 g/m ²
(6) type D	427×358 mm	12 mm	428 g/m ²

*1 戸田建設(株)技術開発センター 修士(工学)

*2 戸田建設(株)技術開発センター

Research and Development Center, TODA CORPORATION, M.Eng.

Research and Development Center, TODA CORPORATION

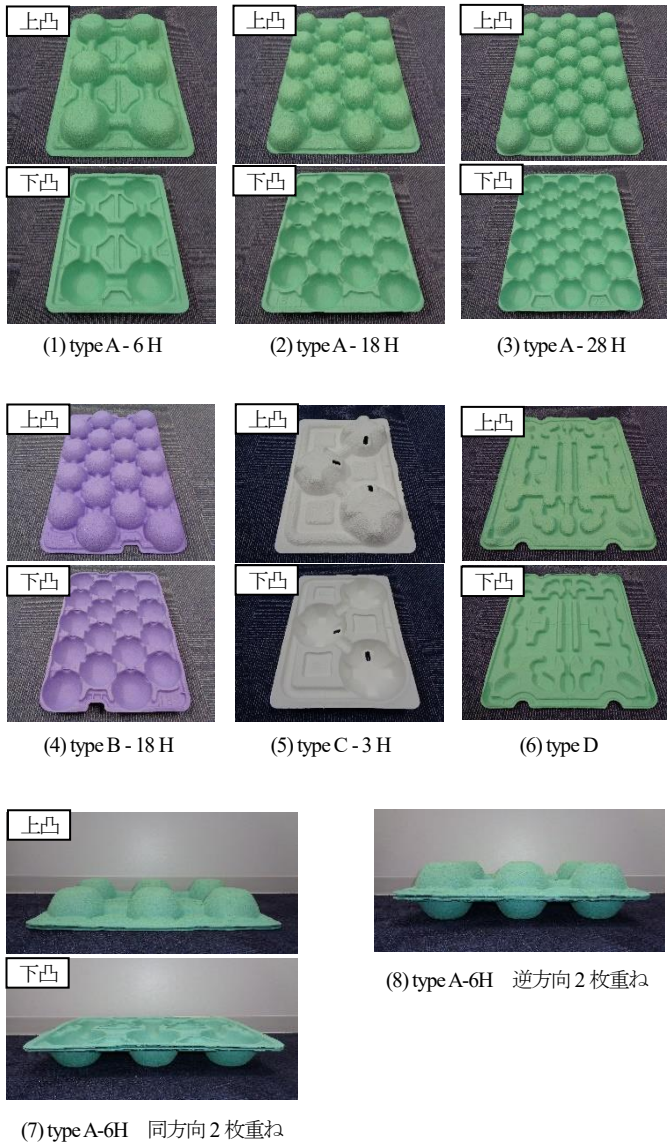


図1 試験体 (実験1)

type B-18 Hは上凸で800 Hz, 下凸で1 k Hzに大きなピークが発生した。形状が類似する type A-18 Hの結果に比べてどちらも1/3 オクターブずつ高く, 試験体の最大高さによる影響が大きいと考えられる。type B-18 Hの方が最大高さは5 mm 低いため, 床スラブとの空気層が小さくなり共振周波数が上昇したと言える。

type C-3 Hは上凸で630 Hz, 下凸で630~800 Hzに大きなピークが発生し type A-6, 18, 28 Hと同様の周波数帯である。ただし上凸におけるピークがやや鋭くなっている。type C-3 Hはホール数が少なく凹凸形状が比較的単純である。そのため, 特に上凸設置において空気層厚のパターンが少なく, 吸音周波数が狭帯域化されたと考えられる。type A-6, 18, 28 Hにおいても, 上凸ではホール数が少ないほどピークは鋭い傾向が見られる。

type Dは上凸, 下凸ともに1.25~1.6 k Hzにピークが見られた。凹凸の高さは12 mm のほぼ1 通りであり, 単一のピーク形状となっている。他の試験体に比べて最大高さが低いため, 比較的高い周波数にピークが表れている。上凸と下凸では形成される空気層厚に違

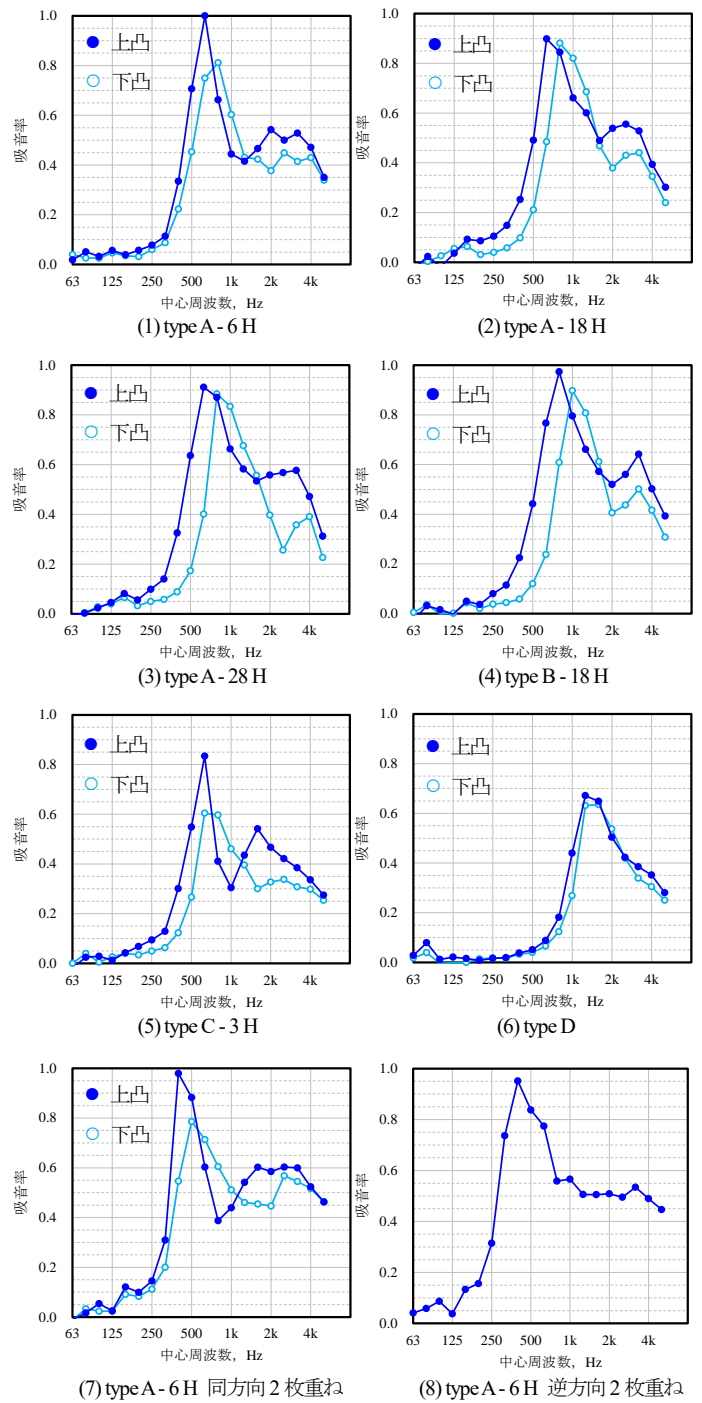


図2 パルプモールドの吸音率

いが少ないため, 同様の吸音特性を示したと考えられる。

type A-6 H 同方向2枚重ねの場合, 上凸で400 Hz, 下凸で500 Hz を中心に大きなピークが発生し, type A-6 H 1枚に比べて低周波数側にシフトした。床スラブとの空気層厚は1枚の場合と変わらないため, 質量増加による影響が大きいと考えられる。逆方向2枚重ねの場合も最大のピークは400 Hz であるが, それ以下の周波数の吸音率が上昇しており, 1/3 オクターブより狭い周波数範囲でさらに共振周波数が低下したと考えられる。この結果は, 試験体が高くなり空気層厚が増加した影響が大きいと考えられる。

ここまでの結果から、パルプモールドは背後空気層をばねとした板振動型の吸音を生じることが明らかとなった。凹凸に高さがある形状ほど背後空気層が大きくなり、低周波数の吸音率が上昇する傾向にある。多くの試験体、設置条件において吸音率のピークは 0.8 を超える値となっており、形状の最適化によって任意の周波数で高い吸音率を得ることができる。凹凸を多様化し複数の空気層厚を設けることで、吸音周波数の広帯域化も可能である。またいずれの結果も、1 kHz 以上では吸音率が落ち込みにくい傾向がある。これは多孔質系の吸音特性²⁾が表れている可能性があり、実験 2 において改めて考察する。

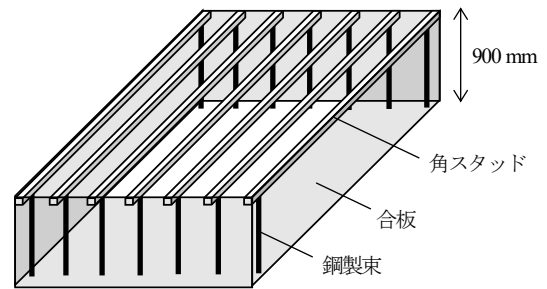


図3 架台

3. 実験 2

3.1 測定方法

実験 1 と同様、原則として JIS A 1409 「残響室法吸音率の測定方法」に従い、パルプモールドの吸音率を測定した。ただし試験体は図 3 に示す架台上に設置した。架台は鋼製束に角スタッドを載せ、四周を厚さ 12 mm の合板で囲うことで構成されている。床スラブから角スタッド上端面までの距離は 900 mm である。架台自体がある程度の吸音力を有するため、試験体なしにおける残響時間は架台を設置した状態で測定した。試験体として用いたパルプモールドは図 4 に示す 4 種類であり、いずれも実験 1 で用いたものと同様である。試験体(4)を除いて、上凸および下凸の 2 通りの設置方法にて測定した。試験体は角スタッド 2 本の上に架け渡すように設置し、接着処理は行っていない。

3.2 測定結果

架台上設置における吸音率を図 5 に示す。比較のため、実験 1 の床置きにおける結果を併せて示している。type A-6 H では、床置き時に 500~1 kHz で大きなピークが見られたが、架台上設置では見られなくなった。代わって 315 Hz 以下の低い周波数の吸音率が上昇した。特に 80, 125 Hz においては小さなピークが見られ、空気層厚の増加により共振周波数が大きく低下したと考えられる。また上凸、下凸ともに 250~1 kHz にかけて右上がりの特性であり、それ以上の周波数では 0.4 程度の吸音率を示した。なおかつ 1 kHz 以上は床置き時の下凸もほぼ同様の吸音率である。これは多孔質系の吸音特性が設置条件によらず表れていると言える。同時にこの結果から、床置き時の下凸においては 1~4 kHz における板振動吸音は生じていないことも分かる。パルプモールドは紙成形品としてある程度の剛性を有しながらも、植物繊維を素材とするためこのような特性が得られたと考えられる³⁾。

type D は上凸、下凸ともに、床置き時に 1.25~1.6 kHz で大きなピークを生じたが、架台上設置では見られなくなった。代わって 800 Hz 以下の周波数では架台上設置の方が吸音率は高くなった。type A-6 H と同様に 80, 125 Hz において小さなピークが見られ、床スラブとの空気層が約 900 mm であることに起因する特性と考えられる。250 Hz 以上は右上がりの特性であり、多孔質材としての吸音が生じていることも確認できる。

type A-6H 同方向 2 枚重ねにおいても、架台上設置により 500 Hz 付近の大きなピークは見られなくなり、それより低い周波数の吸音率が上昇した。80, 125 Hz で小さなピークが表れる点も同様である。

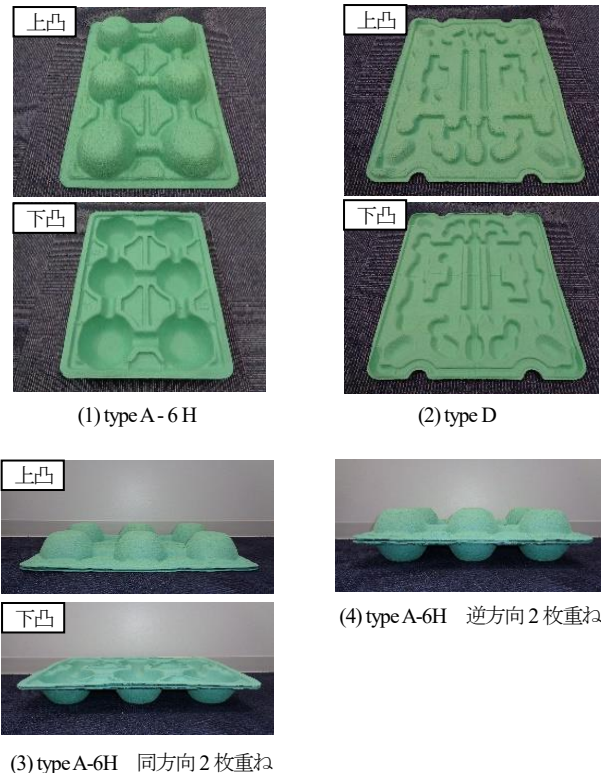


図4 試験体 (実験 2)

一方で type A-6H 逆方向 2 枚重ねのみ傾向が異なり、架台上設置においても 500~630 Hz に大きなピークが発生した。なおかつ低周波数の吸音率は同方向 2 枚重ねの場合と同程度に上昇した。逆方向 2 枚重ねの場合、床スラブとの空気層に加え、重ね合わされた試験体内部の空気層で新たなばねが形成され、特性の異なる複数の板振動吸音が発生したと考えられる。

以上の結果から、同じパルプモールドを用いた場合でも背後空気層が大きい設置条件とすることで、吸音率のピークは低周波数側にシフトすることを確認した。またパルプモールドを複層化し中空層を設けた場合、別の新たな周波数で吸音率のピークを発生させることができる。これにより、設置場所の空気層厚によらず任意の周波数を吸音することが可能となるため、パルプモールドの吸音材活用において有用な知見であると言える。

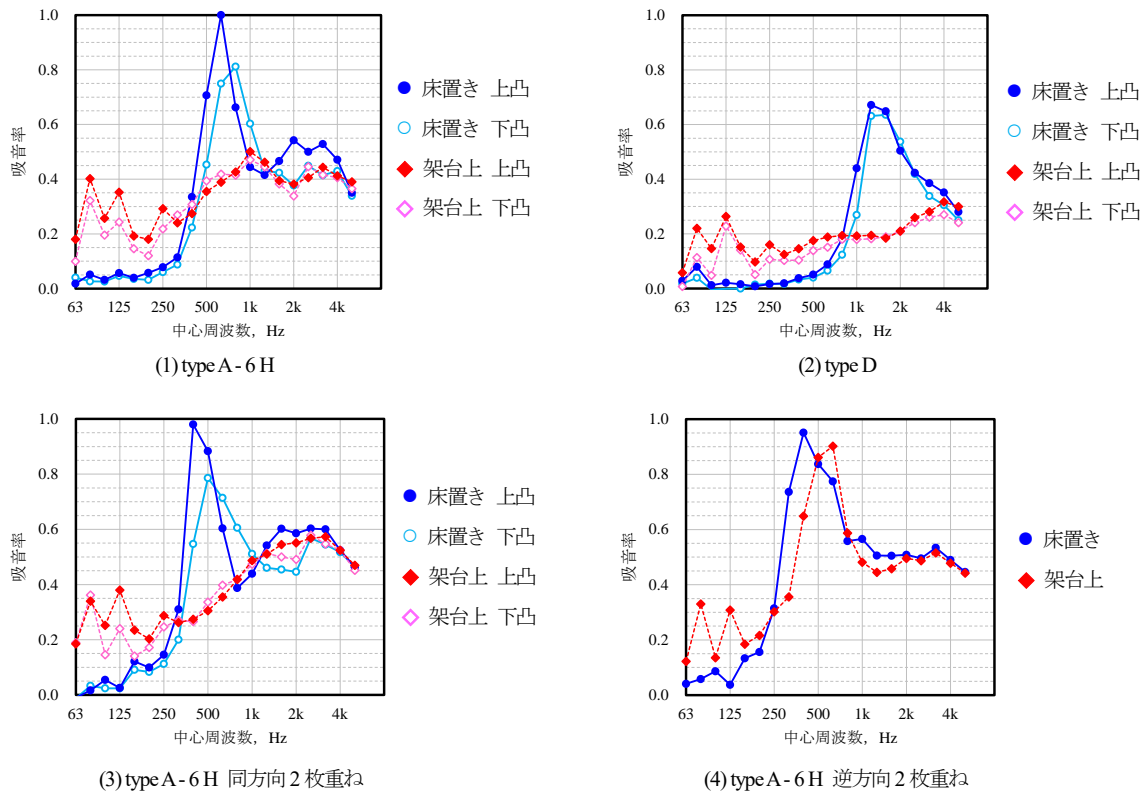


図5 パルプモールドの吸音率（床置きと架台上設置による比較）

4. まとめ

様々な凹凸形状のパルプモールドを用いて残響室法吸音率の測定を行った。その結果、以下の吸音特性を有することが明らかとなった。

- 剛な面に直接設置した場合においても、凹凸形状によって背後空気層が形成され、板振動型の吸音が生じる。これにより、特定周波数で高い吸音率が得られる。
- 背後空気層が大きいほど、板振動による吸音は低い周波数帯で発生する。
- 凹凸の高さがおよび空気層厚が一定ではない場合、複数の周波数帯で板振動吸音が発生し、広帯域な吸音が可能である。
- パルプモールドを複層化し中空層を設けた場合、背後空気層とは別の空気ばねが形成され、新たな周波数において吸音率のピークを発生させることができる。
- 植物繊維を素材とするため、多孔質材としての吸音特性も得られる。

これらの特徴から、パルプモールドは吸音材として非常に有用であると言える。安価かつ軽量、環境負荷が低いといった点も魅力的であり、建築材料としての実用化が期待される。

参考文献

- [1] 日本パルプモールド工業会 HP <http://www.pulpmold.gr.jp/index.html>
- [2] 前川純一、森本政之、阪上公博、建築・環境音響学、共立出版、2000
- [3] 木下陸肥路、繊維材料の吸音特性、繊維と工業1巻8号、1968