

周波数特化型自動車用防音材料の開発（第2報）

8 プラスチック共鳴器による吸音特性の評価

長谷川浩治, 武田幹雄, 岡村雅青*, 酒井利文*, 西村公伸**

Development of soundproofing materials for cars with targeted frequency characteristics (2nd Report)
Characteristics of sound absorption using plastic resonator

HASEGAWA Koji, TAKEDA Mikio, OKAMURA Masaharu*, SAKAI Toshifumi* and NISHIMURA Kiminobu**

Recently, technologies of reducing noise have become very important for creating additional values of various products. For this purpose, soundproofing materials for cars were developed by constructing Helmholtz resonators with different volumes, hole diameter and hole length, using injection molded plastic, and their sound absorption properties were evaluated.

キーワード：共鳴器, 吸音率, 射出膨張成形

1 緒 言

近年、製品の低騒音化は、付加価値向上につながる重要な技術となっている。その中でも自動車は、車室内の快適性と周囲環境への配慮を求められることから、吸音や遮音を目的とした防音材料が多く使用されており、これらの材料は、更なる軽量化と防音性能の向上が求められている。本研究の目的は、特定周波数に対して吸音性能がよく軽い防音材料の開発を行うことにある。昨年度は、特定の周波数に対して吸音効果が高い共鳴器の吸音原理を用いて、金属により共鳴器を試作し、その吸音性能を把握した¹⁾。本年度は、共鳴器の軽量化を考慮してプラスチック成形体を用いた共鳴器の試作を行い、その吸音特性を評価した。具体的には、射出膨張成形されたプラスチック成形体内部の連続的な空隙を共鳴器の空洞と見なして、そのスキン層に穴あけ加工を施した共鳴器の吸音性能を評価した。

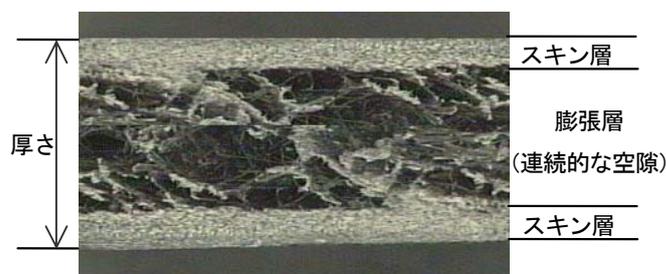


図1 膨張成形プラスチック（断面）

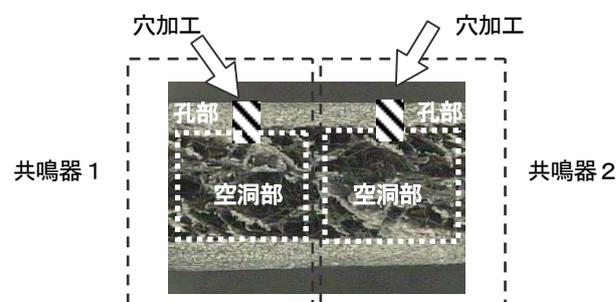


図2 プラスチック共鳴器

2 プラスチック共鳴器

射出膨張成形により試作したプラスチック成形体の断面を図1に示す。射出成形に用いる金型のコアバックと樹脂に充填するガラス繊維のスプリングバックにより、プラスチック成形体の膨張層に空隙ができる。通常、発泡射出成形により試作された成形体内部は独立気泡となる。しかし、射出膨張成形の場合、プラスチック成形体内部の空隙は連続的につながっている。図2に示すように、この連続的な空隙を共鳴器の空洞部分と見なして、スキン層表面から膨張層に通じる穴をあけて共鳴器を試作した。

この共鳴器に音波が入射すると、孔部（斜線部）の空気が空洞部の空気バネの共振周波数において激しく振動する。この時、穴部の摩擦損失により吸音される^{1)~3)}。

単一共鳴器の吸音特性は、(1)式の共振周波数 f 付近で吸音率がピークとなる特徴をもつ。

$$f = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{s}{(l + \delta)V}} \quad (1)$$

c : 音速 s : 穴の面積 l : 穴の長さ
 δ : 管端補正 V : 空洞容積

穴を複数あけた場合、単一共鳴器が複数個並んだものと考え、穴の開孔率 P によって上式を表すと次式となる。

$$f = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{P}{(l + \delta)L}} \quad (2)$$

P : 開孔率 L : 空洞の厚み

上式から共鳴器の穴径や開孔率を調整して吸音ピークの周波数を制御できるため、吸音を必要とする周波数領域に合った防音材料の開発が可能となる。

3 実験方法

3.1 共鳴器の作成

射出膨張成形により試作したプラスチック共鳴器を図3に示す。垂直入射吸音率を測定するためにプラスチック成形体を直径 130mm の円盤状に切り出し、端面は樹脂で塞いだ。共鳴器構造とするためドリルを用いて成形体表面から膨張層につながる穴をあけた。穴径・穴数および膨張倍率を変えて、吸音ピークの周波数特性が異なる共鳴器を試作した。

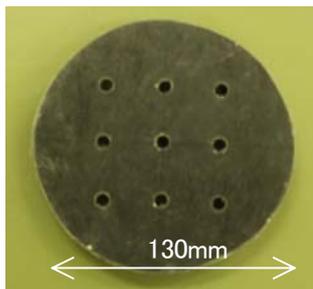


図3 試作したプラスチック共鳴器

3.2 測定方法

吸音率測定は、伝達関数法による垂直入射の吸音率を測定した。図4にその測定装置を示す。周波数分析器と音響管を用いて音響管内部に取り付けた2本のマイクロホン間の伝達関数から垂直入射吸音率を求めた。



図4 吸音率測定装置

4 実験結果と考察

4.1 膨張倍率による吸音特性

共鳴器の厚みとガラス繊維の充填率を一定にして成形体の膨張倍率を変えた場合の吸音特性の一例を図5に示す。吸音率は特定周波数にピークを示し、共鳴器の特徴があらわれ膨張倍率を大きくすると吸音率が向上した。

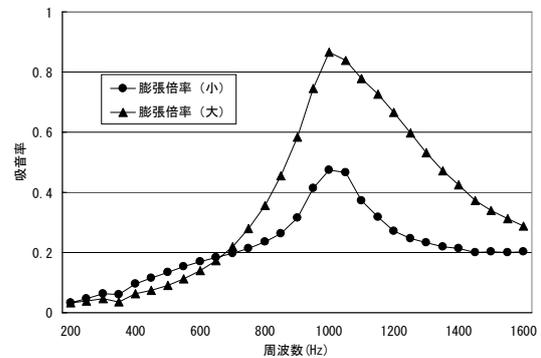


図5 膨張倍率変更時の吸音特性

4.2 穴径による吸音特性の変化

共鳴器の穴の直径を 2mm から 10mm まで変えて吸音率のピーク周波数を測定した結果を図6に示す。穴径が大きくなるにつれて吸音率のピーク周波数は、高くなるのがわかる。これは (1) 式の傾向と一致する。

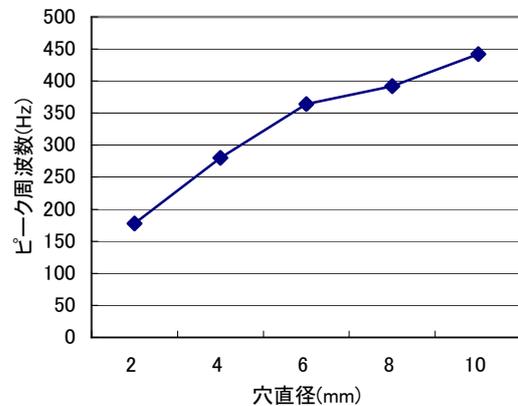


図6 穴径と吸音ピーク周波数の関係

4.3 開孔率による吸音特性の変化

共鳴器の穴の直径 (4 mm) を一定として穴数を 1~25 個まで変更した場合の吸音特性を図7に、穴数と吸音ピークの周波数の関係を図8に示す。穴数が多くなるにつれて吸音ピークの周波数は高くなる。穴数の4倍増加に対してピーク周波数が2倍弱の増加となっている。これは、(2) 式の傾向と一致する。そして、左右対称の穴の配置 (図8: 穴数 1,3,9,15,19,25 個) の場合に比べて、非対称的な穴の配置では穴数に対するピーク周波数変動が小さいことが分った。

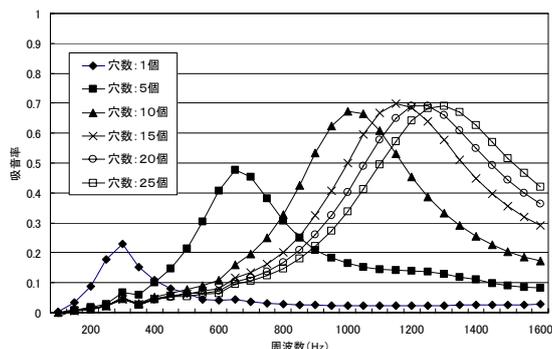


図7 穴数変更による吸音特性

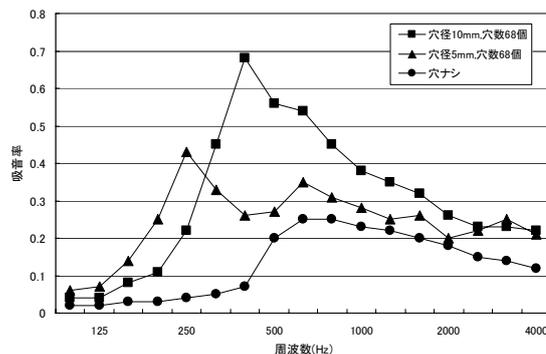


図10 ボードの吸音特性

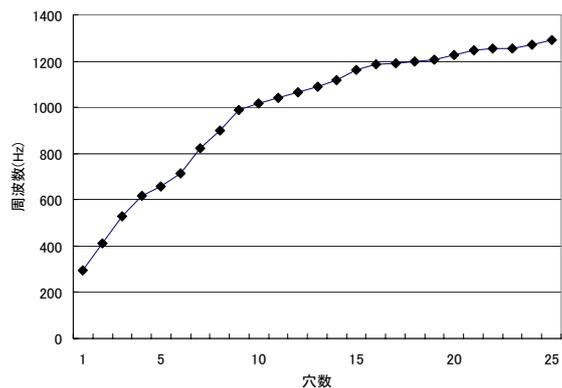


図8 穴数と吸音ピーク周波数の関係

4.4 ボードの吸音性能

自動車用部品への適用を想定して大きさ 470mm × 980mm のボード型試料を作成し残響室法吸音率を測定した。試作したボードを図9に示す。膨張層があるボードに対して穴あけ加工し、8枚分のボード（試料面積 3.4m²）を用いて吸音率を測定した結果を図10に示す。図10は、穴の直径 10mm および 5mm で加工したものと穴加工がない場合の比較であり、穴あけ加工がない場合と比較し吸音率が向上していることがわかる。



図9 膨張成形による試作ボード

5 結 言

膨張成形による成形体のスキン層に穴あけ加工した防音材料の吸音特性から次の結論を得た。

(1) 膨張成形によって試作した成形体に穴あけ加工することで、吸音率は特定の周波数でピークを示し、その特性は共鳴器の特徴を示す。

(2) 成形体の膨張倍率を大きくすることで吸音特性の向上が期待できる。

(3) 膨張倍率・穴径等を変更することで 1000Hz から 1400Hz の特定周波数において吸音率 0.6~0.8 を得ることができる。

膨張成形で試作した成形体内部は複雑な構造となっており、その吸音特性を事前に把握することが困難なことから、今回、実験により吸音特性のデータ蓄積を行った。次年度は、このデータを基に吸音特性を算出できる吸音シミュレーションを構築する予定である。

文 献

- 1) 長谷川他：広島県立西部工業技術センター研究報告, No49(2006), 28
- 2) 時田：音の環境と制御技術(第I巻), 2000
- 3) 前川：建築環境音響学, 共立出版株式会社, 1990