

3D Printing を用いた連結共鳴構造を有する消音ブロックに関する基礎的検討

太平洋セメント(株) 中央研究所 正会員
法政大学

○千石 理紗 前堀 伸平 小川 洋二
御法川 学 澤口 大雅

1. はじめに

自動車や鉄道的高速化に伴う騒音増大の懸念より、防音壁等による遮音に加えて、道路面や軌道表面での吸音性能向上が求められている。これまで多孔性材料による吸音が利用されているが、低周波数域の騒音防止にはさらなる工夫が必要である。近年、セメント系材料を用いた 3D Printing 技術の発展により、自由度の高い複雑な形状を有する部材製作が可能となってきた。そこで、連結したヘルムホルツ共鳴器を利用して、低周波数域に効果的なセメント系材料の消音ブロックを開発するため、基礎実験として吸音孔を有する試料での吸音特性を評価した。

2. 実験概要

2.1 垂直入射吸音率試験

吸音特性を変化させる際、音響管を用いて垂直に音を材料へ入射させる条件のもと測定を行い、得られた吸音率を垂直入射吸音率と呼ぶ。ここでは一般的な方法である伝達関数法を用いた。図-1 に測定装置の概要を示す。音響管の一端に試料を重ねて連結共鳴構造を作り、スピーカーからホワイトノイズを発生して 2 つのマイクロホンで伝達関数を測定した。そのデータから計算・分析を行い、それぞれの周波数ごとの吸音率を求めた。垂直入射吸音率は以下の式で与えられる。

$$\alpha_n = 1 - |r_n|^2$$

ここで、 r_n は複素音圧反射係数である。今回は、製作した音響管の特性から、100Hz から 2 kHz までを吸音特性の評価範囲とした。

2.2 吸音構造

試料は図-2 に示す円筒形をした単純なヘルムホルツ共鳴構造を持つ形状とし、図-3 に示すような孔数が異なる A,B,C,D の 4 種類の試料を、それぞれセメント系材料を用いた BJ 方式の 3D Printing により作製した。また、試料を直列に結合することで共鳴周波数を変化させた。背

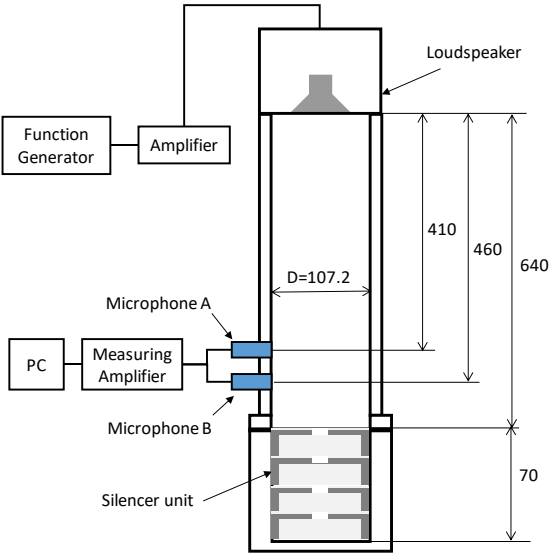


図-1 垂直入射吸音率測定装置

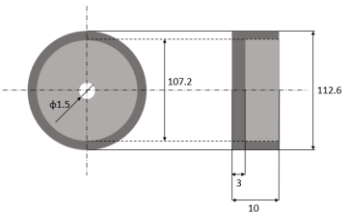


図-2 試料の断面寸法 (Silencer unit A)

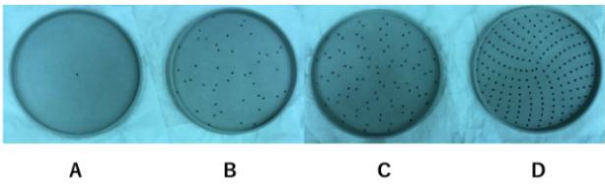


図-3 試料の種類

表-1 試料の理論共鳴周波数

Silencer unit	A	B	C	D
Number of holes	1	45	90	180
f_{r1} [Hz]	127	852	1204	1703
f_{r2} [Hz]	41	275	389	551

後体積は2種類として、開口端補正を考慮した試料単独の理論共鳴周波数をそれぞれ f_{r1} , f_{r2} として表-1に示す。

3. 試験結果および考察

3.1 共鳴器単独の吸音特性

試料単独の場合の垂直入射吸音率の測定結果を図-4に示す。各試料における理論共鳴周波数付近で吸音率が1に近づき、入射した音がほぼ吸音された。試料B,Cは明確な共鳴周波数のピークが現れず、広い帯域に分布した。これは試料の孔の配置の影響によるものと推察される。

3.2 連結共鳴器の吸音特性

図-5に試料Dを直列に連結させた場合の連結数による吸音特性の比較を示す。連結する数が多いほど、理論共鳴周波数 $f_{r1}=1703\text{Hz}$ 付近の吸音特性が広くなり、試料個々が消音器として機能していることが確認された。一方、ユニット全体の体積から構成される理論共鳴周波数 $f_{r2}=551\text{Hz}$ 付近の吸音特性は維持された。図-6は各試料を4個直列した場合の吸音特性の比較である。試料Aを除き、2つの共鳴周波数 f_{r1}, f_{r2} 付近において吸音特性を持ち、孔数が多い試料ほど広い周波数での吸音効果を有することが確認された。

3.3 異なる共鳴器の連結

図-7に試料C,Dを異なる順序で連結した場合の比較を示す。試料記号はスピーカーに近い方から順に記述した。試料の組合せ順序によって吸音特性が微妙に変化することから、複数の異なる共鳴周波数を持つユニットの組み合わせにより吸音特性を調整して、幅広い吸音特性を付与できる可能性が示唆された。

4. まとめ

連結共鳴構造を持つ消音ブロックの基礎実験として、以下の知見を得た。

- 1) 同一の試料を直列に連結した場合、連結数が多いほど共鳴周波数付近の吸音特性が広がる。
- 2) 同一の試料を4個連結した場合、孔数が多い試料ほど広い周波数で吸音効果がある。
- 3) 異なる試料の組み合わせでは、直列する順番により吸音特性が変化する。

今後は3D Printingによる部材レベルでの消音ブロックの吸音特性について検討を進める。

参考文献

- 1) 眞田明, 田中信雄:連結共鳴器形吸音パネルの吸音特性, 日本音響学会誌 62 巻 11 号 (2006)
- 2) JIS A1405-2:2007, “音響管による吸音率及びインピーダンスの測定—第2部:伝達関数法”(2007)

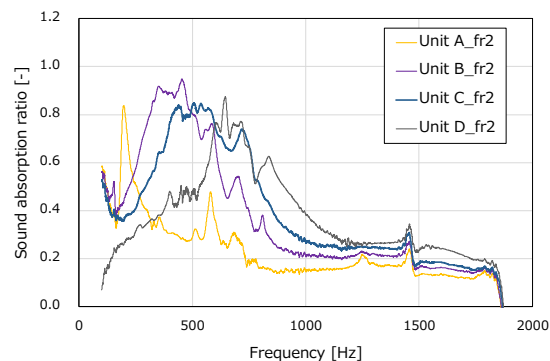


図-4 試料単独の吸音特性

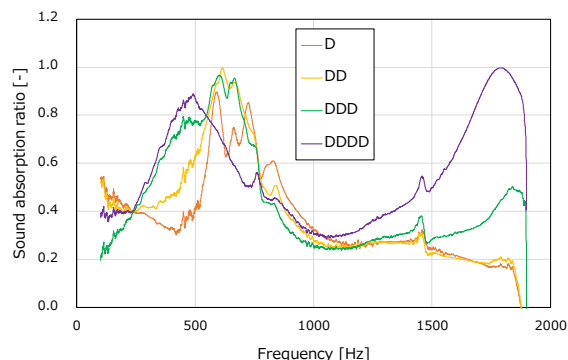


図-5 同一試料の連結数による吸音特性の変化

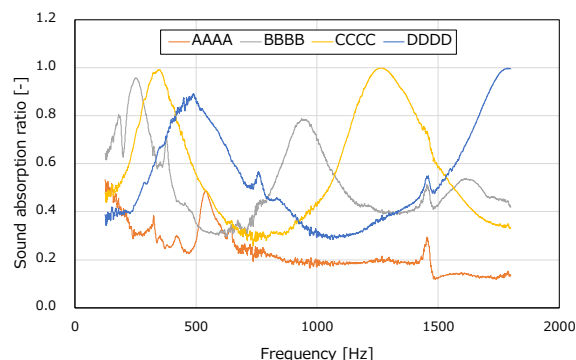


図-6 同一試料の連結共鳴器の吸音特性

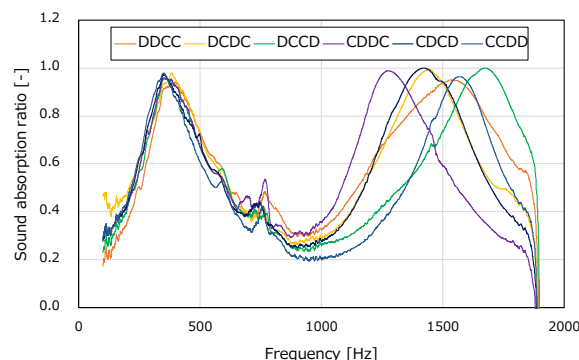


図-7 試料の連結順序による吸音特性の変化