

周波数特性の調整が容易なトンネル発破低周波音低減装置の開発 その2 模型実験及び実寸実験による装置開発

大成建設 建築技術研究所 正会員 ○田中ひかり
大成建設 建築技術研究所 正会員 増田 潔
大成建設 土木本部 正会員 須藤 敏明

1. はじめに

前報¹⁾で述べたネックの端部が絞られたヘルムホルツ共鳴器型吸音体（以降、レゾネータブロック）の開発を行った。開発段階における模型実験および実寸試験体実験によるレゾネータブロックの吸音性能の検討結果を報告する。

2. ネックの端部が絞られたヘルムホルツ共鳴器の開発

前報ではFDTD計算によりネックの絞り寸法を変えることによって周波数を変更できることを示したが、実際のレゾネータで同様に周波数を変化できるかを確認する必要がある。また、最大の吸音効果を得るために必要なネック部での抵抗を計算により求めることは難しい。そこで、まず模型を用いて実験を行い、次に実寸実験を行った。実寸ではネックの絞り部をアダプタとしてネックに取り付けることで周波数を変化させる設計とした。

(1) 模型実験による垂直入射吸音率測定

図1に示す寸法で1/10縮尺のレゾネータブロックを作成し、音響管による垂直入射吸音率測定(JISA 1405-2)を行った。試験体として、ネック長および絞りが異なる11条件を設定した(表1)。

図2にネック長 $l=20\text{ mm}$ 、絞り部長さ $l_1=3\text{ mm}$ の条件で、絞り部の直径 d_1 が異なるCase1からCase4の垂直入射吸音率を示す。 d_1 が小さくなるほど共鳴周波数 f_0 が低くなる様子が見える。

各条件の周波数特性から読み取った f_0 を図3に●、△、◆印で示す。ネック長 l および絞り部の長さ l_1 が同じ条件であれば、絞り部の直径 d_1 が小さくなるほど f_0 が低くなる。その結果、例えば、 l が 20 mm で d_1 を 5 mm に絞ったレゾネータ(Case3)は、 l が 40 mm の一般的なヘルムホルツレゾネータ(Case8)の半分のネック長さで、ほぼ同じ共鳴周波数 160 Hz となっている。前報¹⁾の簡易予測式による計算値を図3に併せて記す。実験値と比較すると、両者は一致し、簡易予測法の妥当性を示している。

共鳴器は開口部に適正な抵抗が存在しなければ、図2に示すCase1やCase2のように、吸音率が小さくなってしまう。そこで、ネックの開口側に抵抗材として通気膜を設置し、その流れ抵抗を変えた場合の吸音率について検討した。通気膜は膜1および膜2の2種類とした。流れ抵抗はそれぞれ $3.6, 18.0\text{ Pa}\cdot\text{s/m}$ である。図4にCase9の抵抗を変えた結果を示す。膜の設置により f_0 における吸音率は増加する(膜1)が、流れ抵抗が大きすぎると吸音率が低下する(膜2)。

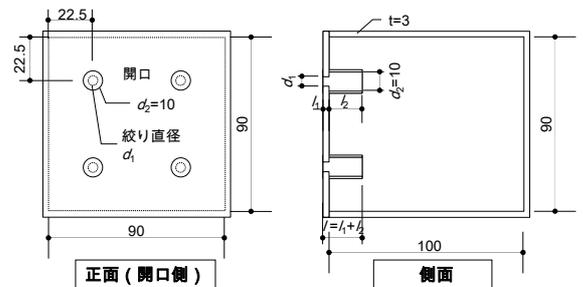


図1 模型寸法

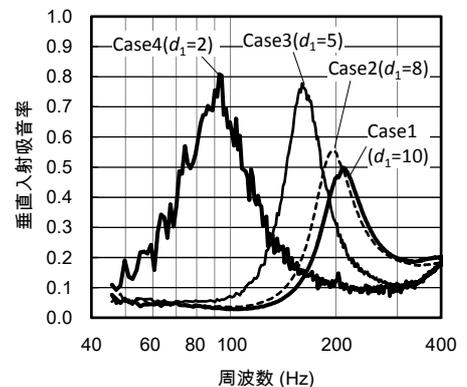


図2 模型の垂直入射吸音率 (Case1~4)

表1 実験模型の条件一覧

ネック長 l	絞り部長さ l_1	絞り直径 d_1			
		10 mm (絞りなし)	8 mm	5 mm	2 mm
20	3mm	Case1	Case2	Case3	Case4
20	0.5mm		Case5	Case6	Case7
40	3mm	Case8	Case9	Case10	Case11

キーワード トンネル, 発破音, 二重防音扉, ヘルムホルツ共鳴器, ネック, 絞り

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株)技術センター 建築技術研究所 TEL045-814-7240

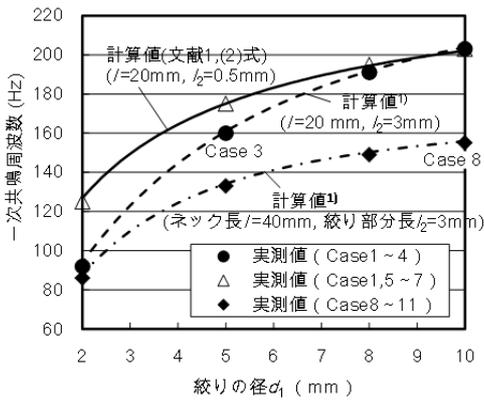


図3 模型実験と計算の共鳴周波数の比較

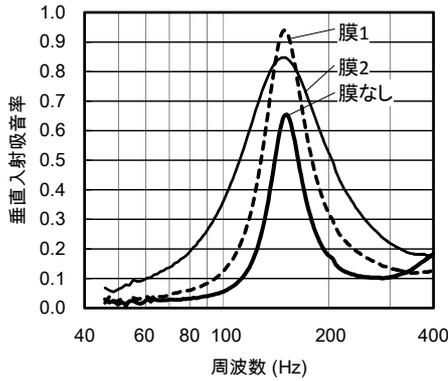


図4 流れ抵抗の影響 (Case9)



写真1 実物実験の様子

(2) 実寸試験体実験による3次元音場における吸音率推定

低周波音再生システムを備えた実験室²⁾(写真1)において、実寸レゾネータブロックの吸音率推定を行った。ネック前方50mmに低周波用マイクおよび粒子速度センサを設置し、スピーカからピンクノイズを発生させて音響インピーダンスを測定した。実寸実験ではネックの端部を絞るアダプタ(写真2)を用意し、装着する場合としない場合とを比較した。アダプタの絞り部は75mmとし、ネック径100mmに対して25mm絞った。

実験結果のうち、ネック長が50mmである試験体の例を図5に示す。音響インピーダンスが極小となる周波数が共鳴周波数 f_0 である。アダプタの装着により、共鳴周波数が低くなることが確認できた。前報¹⁾による計算とほぼ同等の周波数シフトである。

なお、極小値は膜の条件によって異なり、流れ抵抗が大きくなるにしたがって大きくなるが、これまでの検討³⁾により、極小値はネック部の流れ抵抗によって異なり、本実験のセンサ位置条件では、極小値が約40dBのときに吸音率が1に近くなることが分かっている。これにしたがって、吸音率が高いと推定される膜(流れ抵抗1.1 Pa·s/m)を選定した(図6、青線)。

3. まとめ

ヘルムホルツ共鳴器のネックの端部を絞ることで一般の共鳴器よりも共鳴周波数を低くすることができ、また、その共鳴周波数を簡易に計算できることを模型実験および実寸試験体実験によって確認した。



写真2 アダプタ(ネック端部絞り)

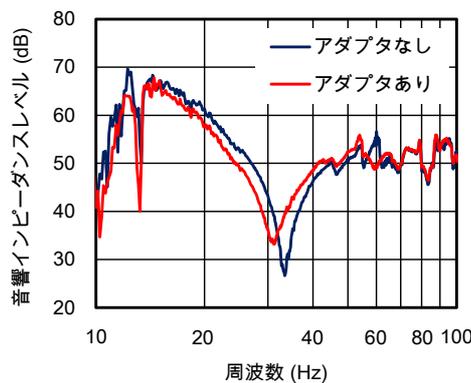


図5 実寸実験の音響インピーダンスアダプタの有無の比較

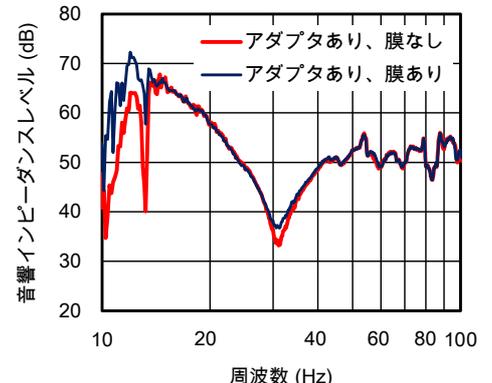


図6 実寸実験の音響インピーダンス膜の有無の比較

参考文献

- 1) 増田他, 周波数特性の調整が容易なトンネル発破低周波音低減装置の開発 その1, 土木学会年次学術講演会講演梗概集, 2016.9
- 2) 坂本他, 日本音響学会講演論文集, pp.1073-1076, 2012.3
- 3) 田中他, 二重防音扉間を利用したトンネル発破時の低周波音低減に関する研究 その2, 土木学会年次学術講演会講演梗概集, 2014.9