

孔あき板構造による低周波領域での高吸音を目ざした開孔延長法の検討*

○岩瀬 昭雄(新潟大), 杉江 聡(小林理研), 阿部将幸(フジタ), △西村 伸也, △黒野 弘靖(新潟大・工)

1. はじめに

ヘルムホルツ共鳴器や孔あき板の共鳴機構を対象に、背後空気層の深さを大きく変化させず、薄くても低い周波数で共鳴させる工夫を考えた¹⁻³⁾。さらに孔あき板の孔径や個数を変えた試験体により吸音率の比較計測を行い、低い周波数で高い吸音特性を得るための方向性を探った⁴⁾。今回は、単純な孔あき構造や開孔延長部品を付加した場合に得られた低い共鳴周波数と高吸音特性について報告する。

2. 孔あき構造による低周波吸音の検討方針

孔あき板や延長部品を付加した Fig.1 に示す試験体の開孔や背後空気層の寸法により吸音周波数は式 (1) より与えられる。

$$f_r = \frac{c}{\pi} \sqrt{\frac{S}{V l_e}} \quad (1)$$

ただし、 S は開孔総面積、 V は背後空気層の体積、 l_e は延長部品も含めた開孔の実効長。これらは開孔の数 n や孔径 d 、背後空気層の深さ L と断面積などから得られる。その吸音特性について以下のことが判明している⁴⁾。

- ①孔径を小さく開孔ピッチを大きく取ることによって共鳴周波数を低下できる。背後空気層の増加でも低周波数化は可能である。
- ②インピーダンスや吸音率特性に関して比較実験から、開孔の孔径を小さくすると抵抗が増して、一端高吸音率を示した後は低下する。
- ③背後空気層増大は、低共鳴周波数化と広帯域化に寄与するが、構造寸法は増大する。
- ④比較実験によれば、開孔径を大きく開孔延長部品の付加を含め開孔深さを増す工夫で、背後空気層を大幅に増さずとも、より低い周波数で高い吸音率を実現可能と思われる。

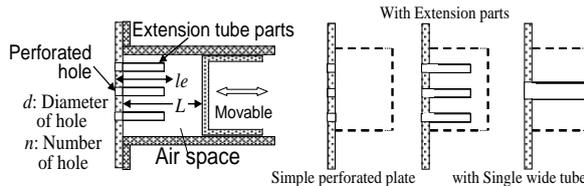


Fig.1 Test samples with extension parts based on perforated plate for measurements.

3. 低周波吸音を目指した試験体と吸音特性

(1) 孔径の狭小化の効果

直径 100mm の音響管に比較用と考えてきた板厚 $l=6\text{mm}$ 、孔径 $d=5\text{mm}\phi$ 、開孔数 $n=9$ の基本試験体の吸音特性の計測結果を Fig.2 に示す。これは背後抵抗材を配置して中音域吸音を目指すものであり、本研究での目的には不適合な例である。これに対し、単純な変更として、開孔径を狭めていくことが考えられるが、実際に Fig.2(C),(D)に示す孔径 1.8mm とした例では、共鳴周波数の低下と高吸音率のバランスが取れる結果となっている。ちなみに背後空気層が 150mm では 83Hz、300mm では 60Hz で吸音率がほぼ 100%に達し、より狭い孔径では吸音率の低下が生じ始める。

(2) 開孔延長部品の付加効果

次に、著者らが提案する開孔の背後空気層側に延長部品を付加するモデルについて考察した。また、断面が変化する幾つかの層ごとのインピーダンス変化の積層計算法⁵⁾にこれまでの研究から得られた試験体の各部形状寸法と吸音特性との関係についての知見⁴⁾を加えて吸音特性の試算も行い検証実験を進めた。

まず、基本試験体の孔よりわずかに狭小のチューブ(4.8mm ϕ)を貫入する最も単純な試験体を用いた。Fig.3(A),(B)には、部品長 100mm の

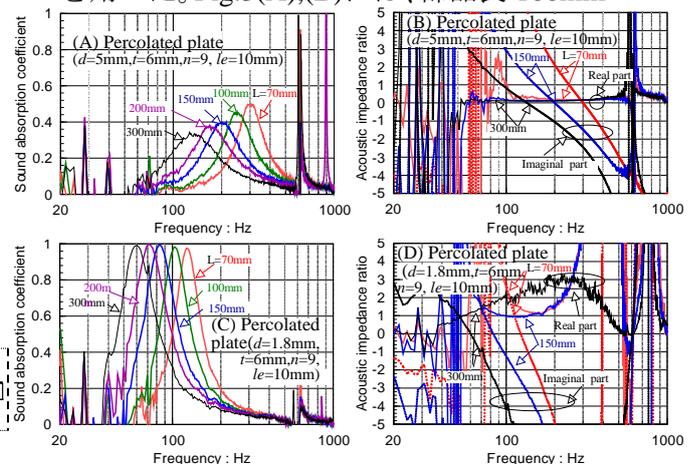


Fig.2 Analyzed results of sound absorption coefficient and acoustic impedance for the sample with different diameter of opening hole.

*Study to lower resonance frequency and to obtain high sound absorption characteristics of perforated plate structure by suitable extension parts behind opening holes by Teruo Iwase (Niigata Univ.), Satoshi Sugie (Kobayashi Institute of Physical Research), Masayuki Abe(Fujita), Shinya Nishimura and Hiroyasu Kurono(Faculty of engineering, Niigata Univ.)

吸音特性の計測結果を示すが、90 数パーセントから 100%に近い吸音率が得られ、背後空気層 200mm でも 50Hz での共鳴が可能と判る。開孔径と部品長を同時に増す効果の検証として、試験体の開孔率は同等で孔径 14mm の一開孔へ集約するチューブ部品 100mm を付加した試験体の例を Fig.3(C),(D)合わせて示す。これを見ると、同一の空気層厚に対し共鳴周波数は概ね等しいが、吸音率は 80%を越えるがやや低い値を示す。ただし、音響インピーダンスに着目すると、孔径が狭く孔数が多い前者では共鳴周波数での抵抗値が「1」に近いのに対し、後者はとりわけ背後空気層が厚く低い共鳴周波数で「1」より低くなる特性が明らかで、後者では例えば繊維材等の抵抗材付加で、より高吸音率化は容易に図れる。

4. 低周波化と高吸音化のチューニング

3. (2)に示した例では、共鳴周波数での抵抗値が 1 を下回り、「孔径の狭小化」と「部品の増長」とが可能でどちらも共鳴周波数をより低く、吸音率の増加に寄与することを示していた。部品の増長には背後空気層との関係から制限を伴うが、孔径の狭小化は容易である。

その例として、孔径のみ変更の推定で最適と計算された 12mm の検証例を Fig.4(A),(B)に示す。これを見ると、背後空気層 150mm で 50Hz の共鳴周波数とその吸音率で 100%近い値が確保されたと判る。詳しく音響インピーダンスを見ると、抵抗成分は「1」を下回り、一層の最適化チューニング可能である。

さらに、より孔径が太い 14mm では、部品長をやや長い 145mm として共鳴周波数の低下を計っても抵抗値は「1」以下に留まるが、開孔部に薄布の配置で Fig.4.(C),(D)に示す通り、背後空気層 150mm で共鳴周波数 47Hz とほぼ 100%の高吸音率が得られると判った。孔径 14mm で部品長をさらに 205mm と増した場合、背後空気層 210mm で 35Hz、300mm では 30Hz と背後空気層の増加は必要ながらより低周波数での高吸音率を確認検証できた。

5. まとめ

(1)孔あき板構造の各部寸法と吸音特性に関する実験で判明している知見を基に、開孔延長部品を付加する方法を主に低周波数で高い吸音率を確保する方法の検討と考察を行った。(2)比較的孔径を広く、延長部品を付加する単純構造による実証実験の例で、150mm の背

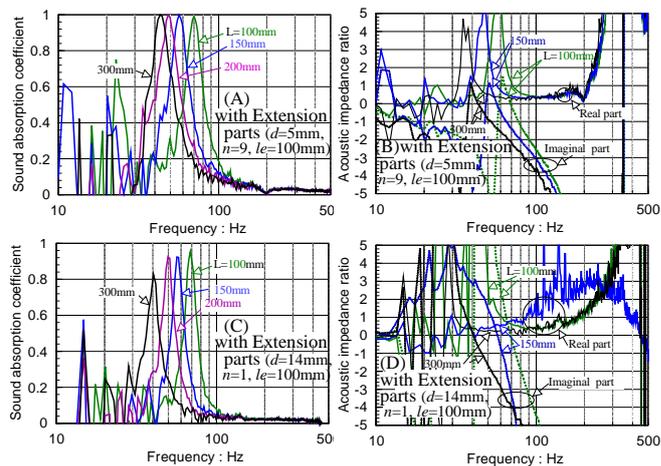


Fig.3 Analyzed sound absorption coefficient and acoustic impedance for the samples with extension part on the opening hole.

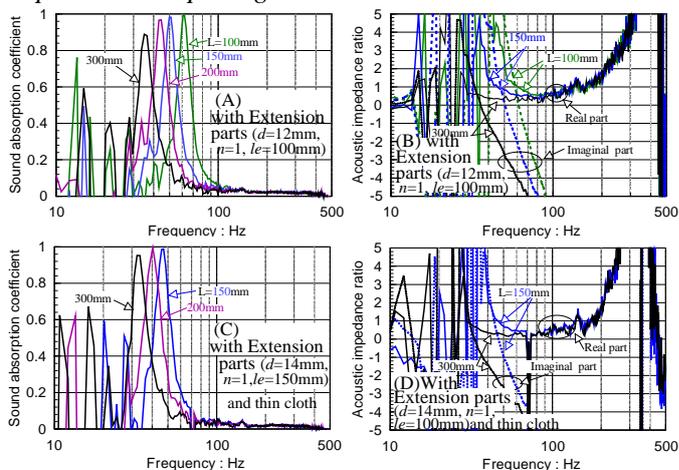


Fig.4 Analyzed sound absorption coefficient and acoustic impedance of samples to be suitable extension part on opening hole by diameter and adding thin cloth to increase resistance.

後空気層で 50Hz 以下の共鳴周波数と 100%の高吸音率とが両立確保できると判った。

(3) 中音域周波数の吸音を目的とした孔あき板構造の半分程度の背後空気層で、問題となっている低周波数騒音の周波数領域で高い吸音が可能と云える。

付記 本研究は、科学研究費研究の一部として実施した。関係各位へ謝意を表したい。

参考文献

- 1)岩瀬, 白幡, “共鳴器型吸音の共鳴周波数のより低周波数化について”, 日本音響学会春季研究発表会講演論文集, p1203-1206(2012)、その 2 (2013)
- 2)Teruo IWASE, Keiko SHIRAHATA, Akiko IGARASHI, Satoshi Sugie, Yasuaki Okada and Koichi Yoshihisa, “Shortening Helmholtz resonator by subsided neck and application to perforated plate structure for low frequency sound resonance”, int351.pdf in internoise-2012 proceeding DVD-ROM, 12p(2012)
- 3) 白幡, 岩瀬, “埋込型ヘルムホルツ共鳴器とネック延長部品を付加した孔あき板の吸音特性について —小型化と低周波共鳴—”, 日本騒音制御工学会秋季研究発表会論文集, p61-64(2012)
- 4)岩瀬, 杉江, 西村, 黒野, “孔あき板構造の開孔条件による吸音特性の観察”, 日本音響学会春季研究発表会講演論文集, P1147-1148(2014)
- 5)中島, 岩瀬, “窓サッシ隙間からの漏洩音の観測と音響回路モデルによる検討”, 騒音制御工学会誌, Vol.36, No.5, p356-366(2012)