

○寺尾道仁, 関根秀久, 田辺滋樹 (神奈川大学)

1. はじめに 多孔質材料が混在する音場の解析において, 新たに吸音材料そのものの物性値による解析方法およびこの物性値の新たな測定方法を示し縮尺模型実験との比較を試みる。

2. 解析手法 多孔質吸音材料内についても波動方程式を基礎とし, その実効的な音速 c_p , または式(1)の波長定数 k_p が陽に与えられるものとする。

$$k_p = \omega / c_p = \omega / c_{pp} - j \delta_p \quad (1)$$

ただし, ω : 角周波数, j : 虚数単位, $c_{pp} = |c_p|^2 / \text{Re}(c_p)$: 位相速度, $\delta_p = \text{Im}\{c_p / (|c_p|^2 \omega)\}$: 減衰定数, 添字 p は多孔質材料に関する量を意味する。

また, 吸音材が空気との境界での体積速度の適合条件; $q/q_p = -\rho/\rho_p$ (ここで q : 面法線方向の音圧勾配, ρ : 密度) に関して吸音材の実効的な密度 ρ_p も陽に与えられるものとする。

解析方法は境界要素法 (BEM) により, 吸音材を部分領域の 1 つとする部分領域化を行う。このとき領域を構成する全ての部分領域の内部境界 (検査面) 値の間の関係 (伝達マトリックス) を求め, 次にこれを接続して全境界値を得る⁽¹⁾。

3. 吸音材の物性値の測定方法 Fig. 1 に示すようなチューブによりその軸波モード領域について 2 点の音圧を同時観測し吸音材表面での音圧反射係数 r を求める。この r を既知として従来法ではそれぞれの音響要素表面のノーマルインピーダンス z_n が (2) により得られるのにたいし, 新たな手法では (3) により材料内の音速 c_p および密度 ρ_p を求める。

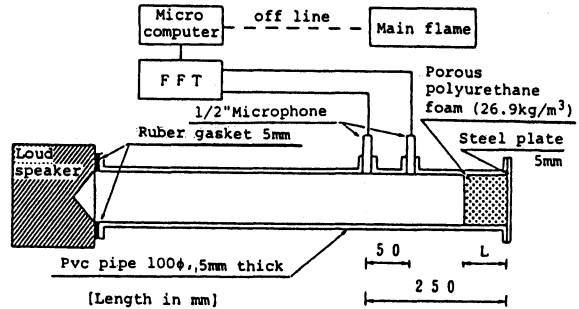


Fig.1 Schematic arrangement for determining properties of a sound absorbing material

$$z_n^* = z_n / \rho c = (1 + r) / (1 - r) \quad (2)$$

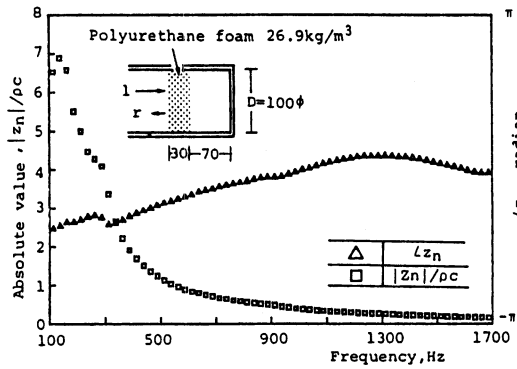
$$\rho_p c_p / \rho c = z_n^* (1 - \epsilon) / (1 + \epsilon) \quad (3)$$

ただし, $\epsilon = \exp(-2jk_p L)$

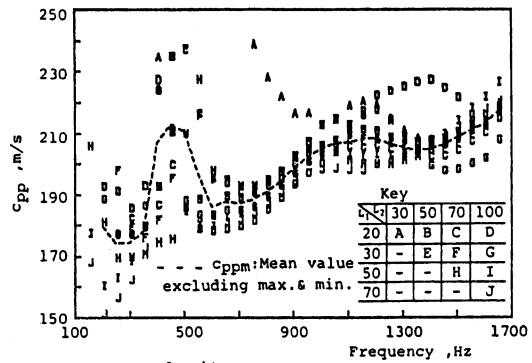
(3) は空気側のみの境界条件による (2) に, さらに材料の剛壁側の境界条件を考慮に含めた周知の関係である。物性値 $\rho_p c_p$ が同一の材料であれば $\rho_p c_p / \rho c$ は材厚 L には無関係に一定である。したがって 2 通りの材厚についてそれぞれ r を測定して (3) を解けば k_p , すなわち c_p , さらに ρ_p が求められる。

4. 吸音材特性の測定結果 Fig. 2 に吸音材の特性に関する測定結果を示す。a) は 1 例として次項の実験で使う吸音構造の z_n , b) ~ f) は吸音材料の物性値 c_p および ρ_p の測定結果である。ここで吸音材は同一ロット製品のウレタンフォームを用い, その厚さ L は 2 cm, 3 cm, 5 cm, 7 cm および 10 cm の 5 通りとし, 図中に示すような組み合わせ 10 通りについて求めたものである。同一ロット製品であるにもかかわらず, それぞれの組み合わせにより得られる物性値には大きなばらつきがみられるが, 次項の解析ではひとまずこの両極端値を除く平均値 c_{ppm} , δ_{pm} , ρ_{pm} を用いている。

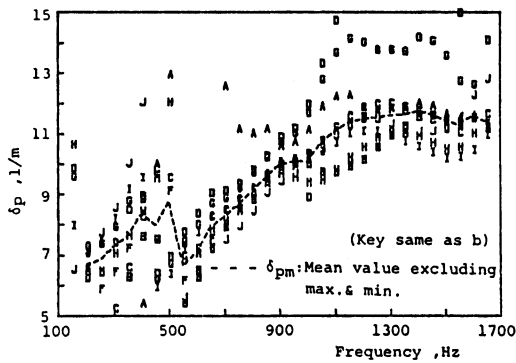
* A method to calculate acoustic properties of a duct component with porous materials using boundary element method.
by Michihito Terao, Hidehisa Sekine, Shigeki Tanabe (Kanagawa Univ.)



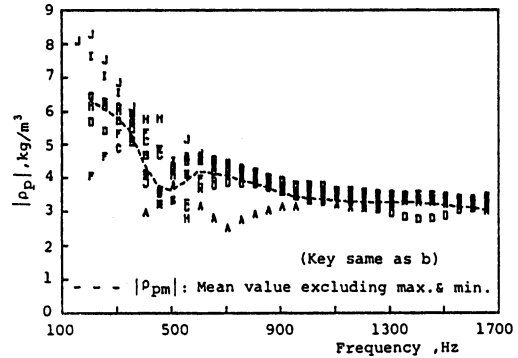
a) Specific normal impedance $z_n/\rho c$ for the acoustic component shown



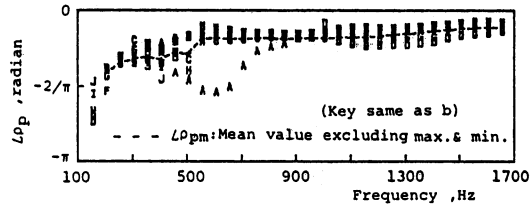
b) Phase velocity c_{pp}



c) Attenuation constant δ_p



d) Absolute value of effective density ρ_p



e) Phase of effective density ρ_p

Fig.2 Measured acoustic properties of the porous polyurethane foam (26.9kg/m^3) used

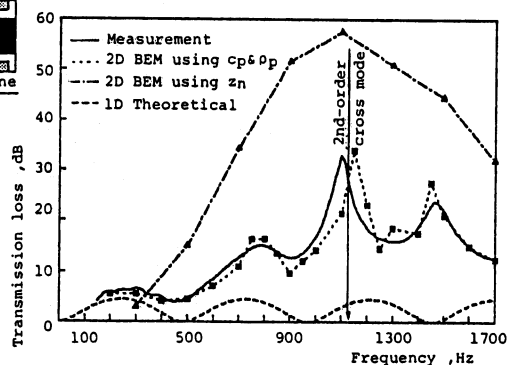
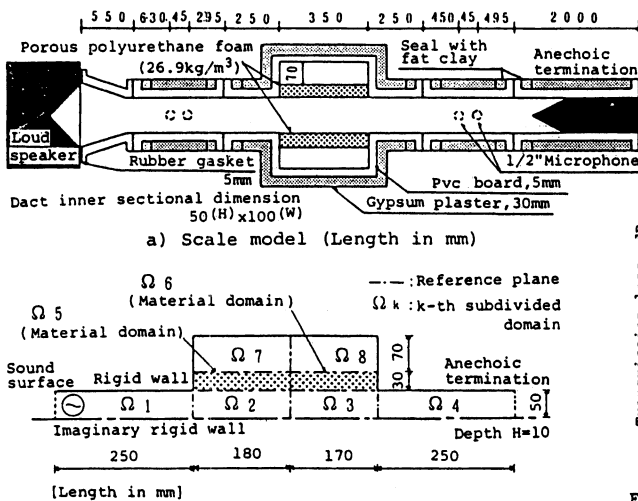
5. 吸音材を含む消音器の特性解析結果

Fig. 3 の a) に示すような消音器について縮尺模型実験, ならびに b) に示す 2次元モデルによる解析を行った。それぞれの方法による透過損失を c) に示す。今回の物性値, 縮尺模型実験値, 数値モデル近似のいずれも大きな誤差要因を含むことを考慮すれば, 本手法の原理面の妥当性は確認できたものと考えられる。

6. まとめ 吸音材の実効的な音速および密度の測定方法, またこれを用いた音場解析手法の有効性を明らかにした。

文献

- [1] 寺尾, 関根, 田辺, 日本音響学会講演論文集, 1986, 10, p541.



c) Transmission losses by different method

Fig.3 Comparison of the methods using an expansion chamber with porous material