

多孔質材料における空気伝搬超音波の伝搬特性

○青木 健一、鎌倉 友男
(電通大)

山口 道征
(エム・ワイ・アクーステク)

Propagation characteristics of airborne ultrasonic wave in porous materials.

Kenichi Aoki, Tomoo Kamakura
(U.E.C.)

Michiyuki Yamaguchi
(M.Y.Acoustech)

発泡ポリウレタンと繊維材料における空気伝搬超音波の減衰定数と音速を 1kHz - 1.7MHz の周波数範囲で測定した。伝搬損失と音速の周波数特性を説明できる理論モデルを提案する。理論モデルは、Biot の流れ抵抗と実効密度、Lambert の気体の体積弾性率、Zwicker & Kosten の入り口抵抗を持つ横穴のコンプライアンスに関する考察から導かれている。

Key Words : 多孔質材料、空気伝搬音、透過損失、推定

1. はじめに

パラメトリックスピーカに用いる超音波低減用音響フィルタの開発に際して、繊維材料や発泡ウレタン等多孔質材料の挿入損失と音速を説明できる理論モデルが必要である。現在、1kHz ~ 100kHz の周波数範囲でこの要求を満たす理論モデルは存在しない。本報告では、1kHz ~ 1.7MHz の周波数範囲で挿入損失と音速を説明できる理論モデルを提案する。

2. 音響等価モデル

Fig.1 は分布定数回路で示した理論モデルである。 ρ および Φ は Biot の理論⁽¹⁾ に基

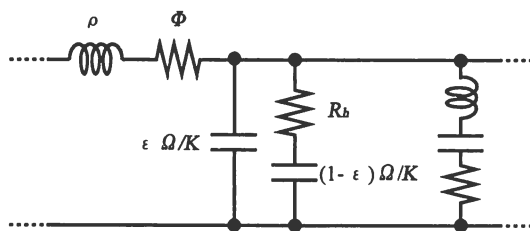


Fig.1 Image of the theoretical model.

づく、気孔中の空気の実効密度と実効流れ抵抗で、それぞれ

$$\rho = t_s k_s \rho_0 / \Omega \quad (1)$$

$$k_s = 1 + 8F_i(\kappa) / \kappa^2$$

$$\kappa = a_p (\omega / \nu)^{1/2}$$

$$\Phi = \Phi_0 F_r(\kappa) \quad (2)$$

$$\Phi_0 = 8t_s \eta / (\Omega a_p^2)$$

である。ここで、 t_s は tortuosity、 k_s は構造因子、 Φ_0 は静流れ抵抗、 Ω は空隙率、 a_p は平均気孔半径、 ρ_0 、 η はそれぞれ空気の密度、粘性係数、 $\nu = \eta / \rho_0$ 、 ω は角周波数で、 $F_r(\kappa)$ 、 $F_i(\kappa)$ は周波数と気孔半径により定まる Biot の複素関数の実部と虚部である。

K は Lambert の理論⁽²⁾ による空気の体積弾性率で、

$$K = P_0 \left| \frac{\omega_\tau / \omega + j}{\omega_\tau / \omega + j\gamma} \right| \quad (3)$$

$$\omega_\tau = 8\nu \gamma / (\zeta a_p)^2$$

$$\zeta = \eta C_p \gamma / \lambda h^{1/2}$$