

均質化法による吸音率予測手法を用いた繊維材の微視構造検討

○今江 勇貴 山本 崇史
(工学院大学大学院) (工学院大学)

An investigation on the effects of membrane in fiber material
on a sound absorption coefficient by a homogenization method

Yuuki IMAE Takashi YAMAMOTO
(Kogakuin University) (Kogakuin University)

自動車等の騒音低減に用いられる繊維系吸音材の吸音率を予測し、微視構造の吸音率への定量化をすることで、吸音材の設計に役立てることを目的としている。本研究では、固体相と流体相で生じる減衰を考慮した均質化法による吸音率予測手法を用い、微視構造から直接吸音率を求めている。今回は繊維径やポアサイズによる影響を検討した。

Key words : 吸音率, FEM, 繊維材

1 はじめに

自動車客室内の静粛性を向上は自動車工学における主要な問題の一つである。代表的な対策の一つとしてフロアカーペットやダッシュインシュレータに繊維系吸音材が用いられている。繊維系吸音材の性能を示す代表的な特性は吸音率であり、その予測は繊維系吸音材の設計に欠かすことができない。一般的に繊維系吸音材は繊維材料である固体相と空気の流路からなる流体相が混在した構造をしており、吸音率などの特性はこの構造に大きく依存している。

多孔質体モデルはBiot (Biot, 1956a, 1956b) によって提案され、そしてAllard (Allard, 1993) によって改良された。Easwaran ら, Atalla ら, (Easwaran, et al., 1996; Atalla, et al., 1998) によってBiotモデルの有限要素法による解析手法が提案されて以来、Glandier ら, Nieuwenhof ら (Glandier, et al., 2005; Nieuwenhof, et al., 2008) によって自動車業界に広く適用されている。このモデルは固体相と流体相の両方の特性を考慮しており、弾性定数、流れ抵抗などの8つのマクロなパラメータによって表現されている。しかし、これらのパラメータを明らかにするためには実験的に測定しなければならない。

一方、材料特性は漸近展開に基づく均質化法を用いることで予測することができる。均質化法は1980年

にSanchez-Palencia (Sanchez-Palencia,1980) によって提案されて以来、Aulialt ら, Terada ら (Auriault, et al., 1985; Terada, et al 1998) によって多数の研究が報告されている。近年、本稿の共著者は均質化法を多孔質吸音材に拡張する開発を行った。

そこで、本研究では均質化法を用いた多孔質体の吸音率を予測する方法を用いて、繊維系吸音材の微視構造モデリング及び吸音率予測をすることで、繊維系吸音材の吸音率への影響を検討する。今回は繊維径、ポアサイズ、そして骨格の形状について微視構造をモデリングし吸音率を検討する。

2 Biot のモデル

この章では多孔質吸音体におけるBiot理論 (Biot, 1956a, 1956b) をまとめる。近年広く使われているAllard, Atalla ら (Allard, 1993; Atalla, et al., 1998) に基づく支配方程式を適用する。固体相および流体相の平衡式は、固体相の変位 u_i^s 、流体相の圧力 p^f 、角周波数 ω により $p^f = -j\omega\psi^f$ と定義されるポテンシャル ψ^f を用いて、次のように表される。

$$\frac{\partial \hat{\sigma}_{ij}^s}{\partial x_j} + \bar{\rho}\omega^2 u_i^s - j\omega\bar{\gamma} \frac{\partial \psi^f}{\partial x_i} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\phi^2}{\rho^f c} \frac{\partial^2 \psi^f}{\partial x_i^2} + \omega^2 \frac{\phi^2}{R} \psi^f - j\omega\bar{\gamma} \frac{\partial u_i^s}{\partial x_i} = 0 \quad (2)$$