

均質化法による多孔質吸音材の吸音率予測手法

○山本 崇史 丸山 新一 寺田 賢二郎 泉井 一浩 西脇 眞二
(工学院大学) (日産自動車) (東北大学) (京都大学) (京都大学)

Prediction of sound absorption coefficients by the homogenization method

Takashi YAMAMOTO Shinichi MARUYAMA
(Kogakuin University) (Nissan Motor)

Kenjiro TERADA Kazuhiro IZUI Shinji NISHIWAKI
(Tohoku University) (Kyoto University) (Kyoto University)

静粛性確保のために用いられる多孔質吸音材は、その微視構造が吸音率に大きな影響を与える。しかし、多孔質吸音材のモデルとしてこれまで適用されてきた Biot モデルは、微視構造と吸音率の関係が明確でない。そこで本論文では、均質化法を用いて微視構造から吸音率を直接予測する手法を提案する。数値例では、垂直入射吸音率の理論解と予測値を比較し、モデルの有効性を検証する。

Key words : 吸音率, 予測, 数値解析技術, FEM

1 はじめに

自動車走行中の室内における静粛性の向上は、乗車中の快適性を高める重要な要素である。その代表的な方策の一つとして、フロアカーペットなどの多孔質吸音材が多用されている。多孔質吸音材の性能を示す代表的な特性は吸音率であり、その予測は多孔質吸音材の設計に欠かすことができない。多孔質吸音材は、基材となる固体相と、数 μm から数百 μm の径の流路からなる流体相が混在した構造をしており、吸音率はこの微視的な構造に大きく依存する。

吸音率を予測するために、これまで使われてきたモデルの一つは、Delany と Bazley [1] による経験則に基づいたモデルである。必要となるパラメータは流れ抵抗のみであるが、流体相しか考慮しておらず、さらに流体相の体積分率が大きい 100% に近い繊維系の吸音材に適用は限定される。また、Biot [2] Allard [3], Atalla ら [4] による解析解に基づいたモデル (以降、Biot のモデルと呼ぶ) も近年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、弾性定数や流れ抵抗など 8 つのパラメータで表現されている。しかし、パラメータはマクロなスケールで定義されており、多孔質吸音材の微視構造と

直接関係付けることはできない。

一方、均質化法を用いて材料の微視構造からマクロスケールにおける特性や支配方程式を導出した事例は数多く報告されている。これらの事例には多孔質材料を対象にしたものも見られるが、土壌や岩盤を対象としたものが多い [5] [6]。多孔質吸音材においては、固体相を構成する弾性体の挙動、流体相の媒質である空気の粘性流体としての挙動、および流体相で発生する熱の挙動が相互に連成する問題となるため、上述の結果を適用することはできない。

そこで本論文では、流体相における粘性および熱の散逸による減衰、そして弾性体で構成される固体相との連成の全ての現象を考慮し、ミクロスケールにおける支配方程式に漸近展開法に基づく均質化法を用いることで、マクロスケールにおける多孔質吸音材モデルを導出する。それにより、多孔質吸音材の微視構造からマクロな特性である吸音率を予測し、微視構造の設計を可能にする。

2 章で、本研究で適用するミクロスケールにおける支配方程式を示し、3 章において漸近展開法を用いた均質化法による定式化を行いミクロスケールにおける境界値問題を導出する。4 章ではマクロスケールにおける平衡式および構成式を導出する。最後に 5 章