

均質化法とトポロジー最適化を併用した多孔質材微視構造の設計法

○山本 崇史 山川 啓介 桂 大詞 遊川 秀幸 大下 浄治
(工学院大学, 広島大学) (マツダ) (マツダ) (マツダ) (広島大学)

Topology optimization method to design microstructure of sound-absorbing material

Takashi YAMAMOTO

(Kogakuin University, Hiroshima University)

Keisuke YAMAKAWA Daiji KATSURA Hideyuki YUKAWA Joji OHSHTA
(Mazda) (Mazda) (Mazda) (Hiroshima University)

吸音材の代表特性である吸音率と等価な散逸エネルギーの最大化を目的に、多孔質吸音材の微視構造のトポロジーを最適化するマルチスケールトポロジー最適設計法を構築する。ここでは、随伴変数法を用いて階層的に適用し、ミクロスケールの設計変数に対するマクロスケールの目的関数の設計感度を求める手法を提案する。

Key words : 吸音率, FEM, 微視構造, 最適化

1 はじめに

自動車などの輸送機器や建物など室内における静粛性の向上は、快適性を高める重要な要素であり、その代表的な方策の一つとして、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。

一般的に、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、吸音特性は微視構造に依存することが知られている。吸音率を予測するために、これまでに適用さ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り、必要となるパラメータは空気流れ抵抗のみである。しかし、流体相しか考慮されておらず、さらに流体相の体積分率が100%に近い繊維系の吸音材に適用は限定される。また、Biot [2, 3], Allard [4], Atalla ら [5] によるモデル (Biot's model) 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、弾性定数や空気流れ抵抗など8つのパラメータで表現されている。パラメータはマクロ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。ただ、これらのパラメータの値が得られていれば、吸音率や透過損失などの音響的性能を比較的少ない計算コストで求めることができる。

一方、多孔質体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することを目的とした研究がこれまでにいくつか報告されている [6] [7] [8] [9]。多くの研究は多孔質吸音材における物理現象の一部を扱ったものになっており、そのまま多孔質吸音材に適用することはできない。著者は従来の均質化法を多孔質吸音材に適用できるよう拡張し、微視構造から吸音率を直接計算する方法を提案している。本手法により、微視的なユニットセルモデルからマクロ特性を算出し、そのマクロ特性を用いて吸音率などの性能を予測することができる。しかし、所望の吸音率を実現するための多孔質吸音材の微視構造を設計することは容易ではない。

著者は、均質化法により求めたマクロ特性から Biot パラメータを同定し、Biot パラメータと空孔径、繊維径や繊維間距離などの微視構造を特徴づける寸法パラメータと関連付ける。また、それを用いて微視構造パラメータの最適設計を行う手法を提案している。この設計手法で、既存の微視構造についてパラメト