

Kelvin セルを用いたウレタンフォームの有限要素モデル化と吸音解析

○黒沢 良夫 金久保 諄 長谷川 涼太 石橋 圭太 伊東 浩幸 鈴木 啓介
(帝京大) (帝京大) (帝京大) (東ソー) (東ソー) (東ソー)

Finite element modeling and sound absorption analysis of urethane foam using Kelvin cells

Yoshio Kurosawa Syun Kanakubo Ryota Hasegawa Keita Ishibashi Hiroyuki Itou Keisuke Suzuki
(Teikyo Univ.) (Teikyo Univ.) (Teikyo Univ.) (Tosoh Co.,Ltd.) (Tosoh Co.,Ltd.) (Tosoh Co.,Ltd.)

吸音用のウレタンフォームは骨格（膜）と空洞からなり、空洞同士は膜が破れた穴でつながっているが、構造が非常に複雑である。吸音特性を予測計算できる Biot-Allard モデルでは、計算に必要な Biot パラメータの取得が困難で、実際の材料開発に結び付きにくい。本研究では、発泡系吸音材について Kelvin セルを用いて音響解析を行った。空洞部分と穴を有限要素でモデル化し、吸音特性を計算した。パラメータスタディから得られた知見について報告する。

Key words: Acoustic, Sound absorption, CAE, FEM

1. はじめに

自動車・住宅・家電等の騒音低減のため、吸音用の発泡ポリウレタンフォームが用いられている。図 1 に音響管計測用に切り出した直径 29mm、高さ 5mm の円柱状の吸音用ウレタンフォームの写真を示す。骨格や壁と空洞からなるセル構造をしていて、空洞同士は壁の破れた部分や壁の穴でつながっているが構造が非常に複雑である。一般的にウレタンフォームの吸音率を予測計算する場合、伝達マトリックス法による Biot-Allard モデル⁽¹⁾が用いられるが、計算で用いられる Biot パラメータは専用の計測装置で計測する必要がある。また、計算検討では Biot パラメータと吸音率の関係や、特定周波数の吸音率の最大化等が導き出せるが、実際の材料開発で用いる指標（セルの大きさ、骨格や壁の厚さ、壁の穴あき具合など）を調整することによって Biot パラメータの変更を実現するのは困難である。

本研究では発泡系吸音材の吸音特性について簡易化された微視構造モデル（Kelvin セル）⁽²⁾⁻⁽⁵⁾を用いて、Biot パラメータは用いず FE モデルによる垂直入射吸音率の予測計算を行った。Kelvin セルとは、セルの表面積を最小にして最も効率よく空間を充填できる構造で、正 6 角形 8 面、正方形 6 面からなる 14 面体である。図 1 のウレタンフォームの 1 つのセルを Kelvin セルとみなし、Kelvin セル内部の空洞部分を有限要素でモデル化し、空

洞の繋がりは穴として音響解析を実施した。音響管による垂直入射吸音率計測を模した FE モデルで吸音率を計算し、Kelvin セルのセルの大きさ、骨格や壁の厚さ、穴の数、穴径を変更した場合の計算結果について報告する。

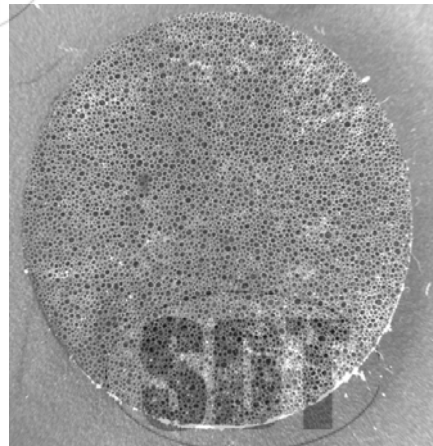


Fig.1 Test piece of urethane foam (φ29mm)

2. 計算手法と有限要素モデル

2・1 計算手法

音響空間の計算は一般的な Helmholtz 方程式⁽¹⁾を用いた。セルとセルの空間がつながっている穴については以下のモデルを用いた。穴音の波長に対して極端に狭い空間では、空気の有する粘性により壁面境界近傍において粘性減衰が生じる。また、音の伝播過程において膨張・圧縮により発生し