

論文審査の結果の要旨

氏名 井上 尚久

本論文は「音響振動連成数値解析による積層型音響材料の部材性能予測に関する研究」と題し、6章から成る。従来提案されている方法では不可能であった、任意の材料構成・形状・寸法及び音波入射条件を考慮した積層型音響材料の部材性能予測手法の理論を整備し、プログラムを開発している。また、本手法の妥当性に関し、理論的・実験的検証を行うとともに、具体的な実測を想定した問題設定の解析を通して、音響材料の性能評価に関し取得した知見をまとめている。本研究は新規音響材料の開発コストを低減し、各種の音響設計の充実を大いに促進するものと期待される。以下に本論文の概要を示す。

第1章では、研究の背景、既存の部材性能予測に関する研究、及び本研究の目的を述べた上で、本論文の構成を示している。

第2章では、本論文で構築する部材性能予測プログラムの基礎となる数値解析理論について具体的に述べている。まず境界要素法、有限要素法による音場解析の定式化を行い、第4章及び第5章で構築する部材性能予測手法がガラーキン境界要素法-有限要素法の連成により効率化されることを示している。続いて、有限要素法による弾性体、板、膜、多孔質弾性体振動場解析の定式化を行った後に、各物理場の連成方法を提示している。特に多孔質弾性体と他の振動体間の連成条件として、その振動性状に重大な影響を及ぼす非接着条件を導出し、有限要素法への導入方法を示している。

第3章では、音響管計測を取り上げ試料と管側壁との物理的条件（スリップ支持、固定支持、空隙条件）が計測される音響指標に及ぼす影響に関する検討を行っている。はじめにスリップ支持条件の単層、積層材料の透過損失解析を行い、構築した解析プログラムによる解析値及び無限大面積試料に対する理論値が一致することを確認している。続いて、単層多孔質材、積層材料について固定支持、空隙条件下で垂直入射吸音率及び音響透過損失の解析を行い、管内での音響振動連成現象及び測定値の挙動に関する知見を示し、実測においても支持条件の諸元を明らかにすることの重要性を指摘している。

第4章では、はじめに吸音率解析モデルに要求される条件、及び数値解析上の問題を整理した上で具体的な解析モデルの提案を行っている。続いて単層多孔質材料の統計入射吸音率の解析を行い、構築した手法の妥当性に関し理論的・実験的検証を行っている。

その際ケーススタディとして、残響室法吸音率計測における測定誤差要因である面積効果、及びその一抑制方法である Deep-well 法をとりあげ、それらが吸音率の計測値に及ぼす影響に関する有用な知見を提供している。さらに提案手法を積層材料に適用し、各材料間の積層条件を変化させ統計入射吸音率の同定を行い、手法の妥当性を検証している。実測値との比較から、材料間の連続条件が接着・非接着の中間的な状態にあることを示唆している。最後に、積層材料四周又は中央にスリット状の隙間が存在する条件の解析及び実測結果を比較し、材料の設計及び設置の際にこれらの隙間が及ぼす影響について有用な知見を提示している。

第 5 章では、はじめに第 4 章での吸音率解析モデルの考察に基づき透過損失の解析モデルを提案している。続いて、単層板材料の統計入射音響透過損失の同定に構築した手法を適用し、解析の妥当性について理論的検証を行っている。音響透過損失解析解析に向けた準備的検討として板材料の支持条件について局所、拡張作用の 2 つの支持モデルの比較を行い、それらの差に関する基本的な知見を示している。音響透過損失の解析の際、実測において結果に大きな影響を与える試料設置条件（ニッシュ効果）及び試料端部支持条件に関する問題設定を行い、有用な知見を提供している。さらに、提案手法を積層材料に適用し、各材料間の積層条件を変化させ統計入射音響透過損失の同定を行っており、理論値・実測値との比較によりその妥当性を示している。最後に積層材料四周又は中央にスリット状の隙間が存在する条件の解析及び実測結果を比較し、材料の設計及び設置の際にこれらの隙間が及ぼす影響について有用な知見を提示している。

第 6 章では、本研究で得られた結果をまとめ、音響材料開発の現場利用に向けた学術的・実務的課題について述べている。

以上、要するに本論文は、積層型音響材料の部材性能予測について汎用的な解析手法を構築することで、より現実に即した問題設定による性能予測精度の向上を可能にするばかりでなく、実測を想定した解析による性能評価精度に関する知見の取得を可能にするものでもある。本論文の成果は音響材料開発の合理化に資するものであり、望ましい音環境の創出を支える理論・技術として高く評価でき、音環境学の発展に寄与する処大である。

よって、本論文は、博士（環境学）の学位申請論文として合格と認められる。

以上 1,990 字