

# 審査の結果の要旨

氏名 林 碩彦

本論文は、Study on sound insulation characteristics of double-layer wall using vibration absorbers（動吸振器を用いた二重壁構造の遮音特性に関する研究）と題し、6章から構成される。振動制御の観点から、動吸振器を二重壁の空気層に挿入することにより、二重壁の低域共鳴透過現象による遮音欠損を改善することを提案するもので、低域共鳴透過周波数帯域における遮音性能の改善効果及び他の周波数帯域における遮音性能への影響を検討している。本論文の構成は以下の通りである。

第1章では、研究の背景と目的を述べ、本論文の構成を示している。

第2章では、二重壁の遮音性能向上を目的とした既往研究および動吸振器に関する既往研究を概観し、制振に用いられる動吸振器を建築部材の遮音性能向上に応用するための基礎検討として、材料の選択や壁面に設置可能な構造についてまとめている。また、動吸振器の特性をまとめ、遮音性能向上のために用いるにあたって考慮すべき項目を整理している。

第3章では、動吸振器を設置した二重壁の遮音性能に関する一次元理論解析を行い、動吸振器を構成するパラメータ（振動質量、バネ定数、減衰率）が遮音性能に及ぼす影響を検討している。一般的な二重壁の遮音性能に関する理論解析では、音圧を外力とした壁の運動方程式および壁の振動速度に関する連続の式から厳密解を求めている。しかし、動吸振器のようなバネマス系を二重壁の中に設置する場合、全体のシステムが複雑化するため厳密解の算出が困難となる。そこで本論文では、二重壁に挟まれた空気層における音圧の挙動をバネとダンパで表現し、二重壁を2自由度のバネマス系と見做すことにより、遮音性能の近似解を定式化して用いている。厳密解が得られる範囲では、本論文において定式化した近似解の誤差が小さいことを確認した上で、動吸振器を二重壁に導入し、3自由度のバネマス系システムによって遮音性能を計算する手法を定式化している。この手法を用いて、動吸振器の振動質量、バネ定数、減衰率を変化させたパラメトリックスタディおよび動吸振器の設置方向に関するケーススタディを行い、各パラメータの値と遮音欠損の改善効果の関係、共鳴周波数に隣接する周波数帯域における遮音性能の変化に関する基礎的な知見を整理している。

第4章では、壁の曲げ剛性や支持条件の影響を考慮すべく、二重壁を二次元にモデル化し、時間領域有限差分法を用いた数値解析による検討を行っている。はじめに、数値解析において、空気中の音響伝搬と壁体の振動伝搬、動吸振器の振動の三者の相互作用を考慮

するべく、音響振動連成解析の二次元モデルを構築している。次に、定式化した数値計算モデルを用いてパラメトリックスタディを行い、動吸振器が二重壁の遮音性能に及ぼす影響を、制振効果、動吸振器による阻害の効果、吸音効果の三つの点から検討している。まず、制振効果により、共鳴周波数帯域における遮音性能は改善されるが、その近傍の周波数帯域において遮音性能が低下する現象が生じることを確認している。次に、動吸振器による阻害の効果に関して、動吸振器が有する体積により二重壁内部の音場が空間的に不均一になるため、遮音特性において高周波数帯域に新しいディップが発生することを示している。以上に述べた二つの特性は、遮音性能改善のために用いる動吸振器としては欠点となる性質である。最後に、吸音効果の検討結果として、制振材として吸音性を有する材料を用いれば共鳴周波数以上の周波数範囲で遮音性能を改善することができ、制振効果、動吸振器による阻害の効果に見られた遮音上の欠点を回復することができることを述べている。これらの知見に加えて、制振材の吸音特性、動吸振器の設置位置、配置パターンについて検討し、設計の際に有用なデータをまとめている。

第5章では、第3章と第4章で得られた知見を踏まえ、動吸振器の効果を縮尺模型実験を用いて実験的に検討している。動吸振器の制振材として用いる材料のバネ定数と減衰率を測定した上で振動質量を調整し、動吸振器の固有周波数をチューニングする方法を示し、吸音性の異なる3種類の動吸振器を作成して実験に用いている。第4章において数値解析を用いて検討した動吸振器による制振効果と吸音効果に関しては、本章においても実験的に検討しており、制振効果についてはチューニングした低域共鳴透過周波数帯域において現れ、吸音効果は共鳴周波数よりも高い帯域で現れることを実験的に確認している。それらの特性を組み合わせることで、本論文で用いた動吸振器は、広い周波数帯域にわたって遮音性能を向上させる動吸振器となっていることを確認している。以上の検討に加えて、二重壁に設置する動吸振器の数量、配置パターン、設置面に関する検討も行い、二重壁に動吸振器を実際に設置する際に有用な知見を整理している。

第6章では、以上の研究成果を取りまとめ、今後の課題と展望について述べている。

以上を要するに、本論文は、二重壁構造の音響的な原理的弱点である低域共鳴透過による遮音欠損を、動吸振器の設置によって改善することを提案し、用いる動吸振器の仕様、二重壁内部への設置態様が遮音性能に及ぼす影響を調べたものである。本論文により得られた知見は高遮音壁構造の開発に資するものであり、建築音響学の発展に寄与するところも大である。

よって、本論文は、東京大学大学院の博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。