

京都大学	博士 (工学)	氏名	穆 瑞 林
論文題目	Improvement of Sound Insulation Performance of Multi-layer Structures in Buildings (建物における複層構造体の遮音性能向上に関する研究)		
<p>(論文内容の要旨)</p> <p>本論文は居住環境の騒音問題に関し建物の構成要素としてよく使われる、多重板とその間の層から成る様々な構成による多重板構造体(複層構造体)の遮音性能向上を目的とした、理論解析手法の提案と関連の技術開発に関する研究結果をまとめたものであり、5章からなっている。</p> <p>第1章は序論であり、研究の背景、研究目的と研究内容、及び論文の構成を記述している。</p> <p>第2章では複層構造体の遮音性能向上を目的として、微細穿孔板を応用するための理論展開と技術開発を行っている。</p> <p>微細穿孔板(MPP)とは、直径1mm未満の孔を適当な開口率で開けた板であり、従来は吸音材としての応用を目的として開発されてきたものである。本研究ではこれを遮音に応用しようとするところに独自性がある。</p> <p>遮音に対して孔をあけるといのは常識では考えられないことであるが、本研究ではそれによる逆効果も考慮した遮音周波数特性上の実質的な効果を与える方法を提案している。建物の複層ガラスに代表される複層構造体では騒音対策上重要な周波数帯で遮音欠損が生じる。遮音欠損の原因は板と空気層が共振系を形成することによる放射音の増大である。本研究ではこの遮音欠損が生じるメカニズムに注目し、透過側の板に微細な孔をあけ、共振周波数を高域にずらすことによる遮音効果を検討している。</p> <p>新しい理論解析手法の提案とその妥当性検証、さらに数値実験に基づき、遮音性能向上が期待できる構造体を提案している。予測理論では、薄板の振動方程式と音波に対する波動方程式との連成として扱い、板に孔が開いていることの影響を境界条件として考慮した解析を行っている。理論の妥当性については音響管を利用した実験による検討を行い、また、応用可能性を確認するため、遮音性能測定に用いられている残響室を使用して、MPPによる実大二重板構造体の遮音性能実験を行っている。さらに、MPPの孔の直径、ピッチなどのパラメーターの変化により、MPPを用いた遮音構造体の遮音性能向上に関する多くの知見を得ている。</p> <p>第3章では、二重板構造体の空気層の共振による遮音欠損を抑制し、より有効な遮音効果を得ることを目的として、粘弾性体(ダンピング材)を応用した二重板遮音構造体を提案している。</p> <p>周辺を支持された空気層を有する二重板では板と空気層による空気層共振のみでなく、固有振動のモードによりその振動性状は複雑になる。この空気層共振と固有振動によるモードを調整することで放射音制御することができれば、より有効な制御技術の開発が期待できる。このような予測のもとに、二重板構造体の空気層部にダンピング材を2枚の板のコネクターとして用い、振動モードを考慮した設置場所の選定と、それによる遮音特性への影響を検討している。</p> <p>理論解析の主要な部分は2枚の板を接続するコネクターのモデル化であり、板振動</p>			

京都大学	博士 (工学)	氏名	穆 瑞 林
<p>とそれによる音響放射の連成問題の中にダンピング材の影響を考慮した理論展開とシミュレーション手法の提案がなされている。この予測手法を用いて、二重板構造体における遮音性能向上の可能性について、垂直入射と 45° 入射の場合を評価し、ダンピング材の設置本数、設置場所や物性値の影響による遮音性能の変化を検討し、従来では得られなかった良好な遮音性能が確保できる遮音構造体実現の可能性を示した。</p> <p>第 4 章は建物の床衝撃音に関する内容であり、特に軽量床衝撃音対策を目的とした床構造のあり方について検討している。建物床スラブにフローリング材を直張りする際には、床衝撃音対策としてフローリング材とスラブの間に緩衝材が使用される。緩衝材としては不織布、ウレタンフォームなどの多孔質弾性体が使われ、床衝撃音低減とともに歩行感も考慮してその材料が選定される。</p> <p>本研究では緩衝材を有する二重板構造体への加振による放射音に関する理論解析モデルを提案している。緩衝材は繊維部(固体弾性体)と気泡(音波の媒質)から成り、二枚の板ではさまれた場合には固体としての応力伝搬と気体としての圧力伝搬が考えられ、その寄与の程度によって遮音性能が大きく変化することが考えられる。本研究ではこの両者の寄与率をパラメータとした解析モデルが提案されており、実験との対応でこの数値を決定し、緩衝材の設定に関する実用的な予測手法を提案している。</p> <p>得られた予測手法を用いた数値実験により、緩衝材の厚さ、硬度、流れ抵抗やロスファクターなどの変化が床衝撃音へ及ぼす影響を、歩行感も考慮して検討し、床衝撃音対策に有効となる緩衝材の特性を導出している。</p> <p>第 5 章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。</p>			

氏名	穆 瑞 林
----	-------

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、建物の外壁・窓・間仕切り壁・床などで多く使われる多重板構造体(複層構造体)の遮音性能の向上を目的とした理論解析手法の提案と関連の技術開発に関する研究結果をまとめたものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

1. 建物の複層ガラスに代表される複層構造体では騒音対策上重要な周波数帯で遮音欠損が生じる。遮音欠損の原因は板と空気層が共振系を形成することによる振動伝達と放射音の増大である。本研究ではこの遮音欠損が生じるメカニズムに注目し、透過側の板に微細な孔をあけることによる遮音効果を検討した。新しい理論解析手法の提案と実験による妥当性の検証、さらにパラメータ最適化の数値実験により遮音性能向上が期待できる構造体を提案した。

2. 複層構造体として二重板構造体について、粘弾性体(ダンピング材)を応用する方法を新たに提案した。空気層の圧縮膨張にかかわる板の振動にはその振動モードが密接に関係している。振動モードと空気層の圧縮膨張との関連を明らかにし、そこに粘弾性体を適用することにより、対象とする周波数全域で有効に遮音性能を向上させることを目的とし、2枚の板をダンピング材で結合した複層構造体を提案し、その遮音性能を評価するための新たな理論解析手法の提案を行った。

3. 建物床スラブにフローリング材を直張りする際には、床衝撃音対策として緩衝材が使用される。緩衝材にはウレタンフォームなどの多孔質弾性体が使われ、床衝撃音低減とともに歩行感も考えてその材料が選定される。本研究では緩衝材を有する二重板構造体の軽量床衝撃音に関する理論解析モデルを提案した。緩衝材は繊維部(固体弾性体)と気泡(音波の媒質)から成り、二枚の板ではさまれた場合には固体としての応力伝搬と気体としての圧力伝搬が考えられ、その寄与の程度によって遮音性能が大きく変化する。ここでは両者の寄与率をパラメータとし、それを実験との対応によって同定する手法により、緩衝材の設定に関する実用的な予測手法を提案した。

以上、本論文は、建物構成要素として多く使われる複層構造体における空気伝搬音・固体伝搬音に対する遮音性能向上に有効な手法を開発したものであり、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成25年1月22日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。