

審査の結果の要旨

氏名 田中ひかり

本論文は、「集合住宅の基本計画および実施計画のための重量床衝撃音遮断性能の予測に関する研究」と題し、適正な重量床衝撃音遮断性能を有する建物を設計するために、建物の基本計画時に適正なスラブ厚を設定できる簡易な重量床衝撃音遮断性能の予測計算法、および建物の実施設計時に精度よく重量床衝撃音遮断性能を予測できる計算法を提案している。

集合住宅において、重量床衝撃音遮断性能は重要な環境性能である。床衝撃音の中でも、適切な床仕上げ材の施工によって対策が可能な軽量床衝撃音と異なり、重量床衝撃音遮断性能を向上させるためには床スラブ厚を増すなどの構造的な対策が必要となる。したがって、構造設計において精度の高い重量床衝撃音の予測を行い、適切なスラブ厚を設定することが重要である。本論文では、建築設計のフローのうち基本設計段階と実施設計段階における重量床衝撃音の予測に着目し、床スラブの構造解析に有限要素法（FEM）を用いた「FEM 併用法」と称する方法を用いた実用的な重量床衝撃音遮断性能の予測計算法、およびその方法を用いて構築したデータベースに基づく統計的な簡易予測式を示しており、以下に述べる 8 章でその内容をまとめている。

第 1 章では、研究背景および研究目的を提示し、従来の重量床衝撃音遮断性能の計算法について述べている。

第 2 章では、本研究の予測計算法の基礎となる FEM 併用法による計算法について説明している。FEM 併用法では、床スラブの振動特性を有限要素解析によって計算し、床スラブ直下の受音室の音圧レベルは完全拡散音場を仮定したエネルギー計算に基づいて計算する。本章では、従来の FEM 併用法には、床スラブの振動解析、受音室の音圧レベル計算のそれぞれに課題があり、それらの課題を本論文で解決していることを述べている。

第 3 章では、有限要素解析を用いた床スラブの振動特性の解析方法について述べている。これまでに FEM 併用法の適用性が確認されている鉄筋コンクリートラーメン構造建物に加えて、壁式構造建物、不整形スラブを有する建物、鉄骨造建物における床スラブの有限要素解析のモデル化の方法を検討している。鉄筋コンクリート構造建物に関しては、対象とする室が存在する床スラブに加えて、それに隣接する床スラブまでを計算対象とすること、鉄骨造建物に関しては、H型梁断面のねじれ剛性を考慮したねじり定数をビーム要素に用いることによって計算精度が向上することを、数多

くの実測結果との比較により確認している。

第4章では、タイヤ衝撃源による床衝撃音レベル等級の計算方法に関して、特に受音室における音圧分布に着目した検討を行っている。集合住宅では多くの場合、床衝撃音レベル等級の決定周波数帯域が63 Hz帯域となるが、そのような低い周波数帯域では受音室が拡散音場とならず、音圧の空間分布に偏りが生じる。本研究では、その影響を考慮するために、Waterhouse補正を施すことによって計算精度を向上させる方法を提案している。提案する手法を鉄筋コンクリート造の7建物20室および鉄骨造の2建物2室に適用し、計算結果と実測結果の比較を行うことで、提案手法の妥当性および計算精度の確認を行っている。

第5章では、ゴムボールを衝撃源とした最大A特性床衝撃音レベルの計算方法に関して、計算周波数および受音室における音圧分布に着目した検討を行っている。まず、最大A特性床衝撃音レベルの求め方として、計算によって求めたバンド音圧レベルにA特性補正を施し、それらをエネルギー合成するという一連の手順を示した上で、計算で求めるバンド音圧レベルのバンド幅、および周波数範囲に関して、実用性の観点から検討している。検討の結果、周波数バンド幅としては1/3オクターブバンド、周波数範囲としては25 Hz帯域から315 Hz帯域までについて最大音圧レベルを計算し、その結果にA特性補正を施してエネルギー合成すれば、周波数重み付け特性Aを通して直接求めた値との差を1 dB以内に抑えることができることを示している。次に、受音室における音圧分布に関しては、最低固有周波数以下の周波数領域に関しては圧力場としての特性が、低次モードが生じる周波数範囲では、鉛直方向のモードに起因する音圧分布特性が主要な誤差要因となることを実験と数値解析により明らかにし、それらの特性を補正する方法を提案している。提案した一連の手法は、7建物24室における実測値との比較によってその妥当性を確認している。以上に述べた検討により、本論文において、最大A特性床衝撃音レベルの予測計算法が初めて可能となったことを述べている。

第6章および第7章では、一般的な集合住宅を対象として、居室配置が未定である構造計画初期段階に、平均的な床衝撃音遮断性能を予測することを目的とした統計的な検討を行い、簡易な予測計算式を導いている。まず第6章では、前章までに構築した計算法を用いて、設定したスラブ内に存在しうる様々な居室パターンを多数想定して重量床衝撃音遮断性能を計算し、その結果をデータベースとしてまとめている。構築したデータベースを基に、床スラブ内に存在する室の平均重量床衝撃音遮断性能(Hypothetical Average impact sound pressure Level; HALと称)を様々なスラブの仕様に対して求めた結果、同一の床スラブ厚に対しては、床スラブの平面寸法が大きいほどHALが低くなる傾向があるという、基本設計を行う上で有益な知見を得ている。

第6章で得られた結果を踏まえ、第7章では、タイヤ衝撃源による床衝撃音レベル等級の床スラブ内平均重量床衝撃音遮断性能(HALH)、およびゴムボール衝撃源による最大A特性床衝撃音レベルの床スラブ内平均重量床衝撃音遮断性能(HALA)を、床スラブの低次固有周波数をパラメータとした簡易な予測計算式として提案してい

る。本章で提案した予測計算式による計算結果は、有限要素解析による計算結果との比較によりその妥当性を確認するとともに、HALH に関しては 12、HALA に関しては 13 の居室における重量床衝撃音レベルの実測値との比較によって、計算精度の検証を行っている。

第 8 章では、以上の研究成果を取りまとめ、総合的に議論している。

以上に述べたように、本論文は、集合住宅の重量床衝撃音遮断性能の予測に関して、計画初期の基本構造設計時に床構造の基本設定を検討する段階、ならびに住戸プランが具体化する実施設計時に床構造の詳細を検討する段階の 2 つの設計段階に応じて、それぞれに実用性の高い計算方法を提案するものである。提案された方法は、既存の床衝撃音遮断性能予測計算法に比べ、適用可能な建物構造の範囲を拡大するとともに、ゴムボール衝撃源に対する最大 A 特性床衝撃音レベルの予測にも対応するなど、適用可能な評価量の幅も広がっており、実用的な観点で有用性と汎用性の高い方法となっている。また提案された計算方法による結果は、数多くの実測データとの比較によって検証されており、その信頼性も高い。以上の結果から、本論文で得られた成果は、建築音響工学に対する貢献が極めて高いと評価することができる。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。