

令和 5 年 6 月 12 日現在

機関番号：82115
研究種目：若手研究
研究期間：2020～2022
課題番号：20K14891
研究課題名（和文）中高層木造建築普及に備えた実用性の高い重量床衝撃音遮断性能の測定方法の確立

研究課題名（英文）Development of a practical measurement method for heavy impact sound insulation performance in preparation for the spread of middle and high rise wooden buildings

研究代表者
平川 侑（Hirakawa, Susumu）
国土技術政策総合研究所・建築研究部・主任研究官

研究者番号：70848978
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：タッピングマシンを使用した軽量床衝撃音遮断性能の測定では、室容積が25m³未満における50、63、80Hzの1/3オクターブ帯域の測定結果の繰り返し精度および再現性を向上させる手法としてLow-frequency measurement procedure(LFMP)がISO 16283-2に規定されている。これは室の隅部を測定した結果を室の中央部分を測定した結果に重みづけ平均する手法である。一方で、ゴムボールを使用した重量床衝撃音遮断性能の測定では、繰り返し精度及び再現性を向上させる手法は未だ確立されていないため、これを確立するための実験等を実施し、確立できる可能性を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

集合住宅において、遮音不良がクレームとなる問題は近年においても解決されていない。設計段階に遮音性能が予測できれば予防できるが、室や床スラブの共振周波数による影響と、日本規格（JIS）や国際規格（ISO）にて定められている室内音圧平均レベルを計算するための加振点・測定点によって、実測にばらつくことが理由である。実測値が測定位置によって大きな影響を受けている事、そして、実測値の差が予測の精度にも大きな影響を与えている事について、本検討にて可能性を示した測定手法の援用により、測定値の安定性向上が可能となれば、最終的には住宅取得者に適切な情報を提供できるようになる可能性がある。

研究成果の概要（英文）：In measurements of the impact sound insulation performance using a tapping machine, the Low-frequency measurement procedure (LFMP) is specified in ISO 16283-2 as a method to improve the repeatability and reproducibility of the measurement results in the 1/3 octave bands of 50, 63, and 80 Hz in a room volume less than 25m³. This is a method that weights and averages the results of measurements in the central region by the tetrahedral corner of the room. For the rubber ball measurement, the LFMP has not yet been established. Therefore, we conducted experiments to establish this and showed the potential.

研究分野：床衝撃音、建築音響

キーワード：重量床衝撃音 室内音響

1. 研究開始当初の背景

本研究では重量床衝撃音遮断性能の向上により、居住者へより快適な音環境性能を提供する事が目的である。そのために、重量床衝撃音の測定値が受けている共振による影響を、有限要素法を用いて分析し、実務的に容易で共振の影響が小さな新たな測定方法を検討することとした。

この背景として、「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」を踏まえた、今後の中高層集合住宅での木材利用や、CLT 等を用いたより大きな木造空間の普及に備える必要がある。木造建築物の音環境性能はコンクリート建築物に比べて低い事が知られていることから、木造等の建築物における音環境性能はより慎重に検討する必要がある。

また、申請者はこれまでの研究成果として、過渡現象に対する統計的エネルギー解析法(TSEA)を用いた湿式二重床に対する予測プログラム等の作成や、有限要素法を用いた重量床衝撃音予測モデルなどから算出される予測値と実測値を比較検討するなかで、実測値が測定位置によって大きな影響を受けている事、そして、実測値の差が予測モデルの精度にも大きな影響を与えている事が判明したことから着想を得ている。

2. 研究の目的

本研究では、有限要素法と、床衝撃音実験室等における加振・測定位置を変更させた実験的検討により、実務的に容易で、重量床衝撃音の測定値が室内の全点測定平均測定値に近い新たな測定方法を開発する。提案する測定方法は、ISO10140、ISO16283 等の国内外の規格改定を実施することにより、音環境性能向上に資することが可能となる。

申請者は既に、有限要素法を用いて JIS、ISO 規格、韓国規格(KS)それぞれの重量床衝撃音レベル測定方法に規定されている測定箇所による不確かさを明らかにしている。本研究では検討範囲を実際に想定される室の形状などに広げ、異なる加振源などでも既往研究と同様に測定値の共振による影響を検討し、規格に反映する必要があると考えた。

3. 研究の方法

ISO 16283-2 には、タッピングマシンを使用した軽量床衝撃音遮断性能の測定が規定されており、室容積が 25m³ 未満における 50、63、80Hz の 1/3 オクターブ帯域の測定結果の繰り返し精度および再現性を向上させる手法として Low-frequency measurement procedure (LFMP)が規定されている。これは室の隅部を測定した結果を室の中央部分を測定した結果に重みづけ平均する手法である。ゴムボール衝撃源を使用した重量床衝撃音遮断性能の測定では、繰り返し精度及び再現性を向上させる手法は未だ確立されていない。

LFMP が重量床衝撃音測定において取り入れられていない理由は、ゴムボール衝撃源による測定の場合の室の中央部分と隅部の関連性がタッピングマシンの場合のように確立されていないためである。そこで、本研究ではゴムボール衝撃源により加振対象スラブの中央および対角 1/3 の点を加振し、それぞれで受音室内を 50cm グリッド(合計 693 点)を測定した結果から、 $L_{eq,10s}$ 及び $L_{i,Fmax}$ による室内の音圧分布を可視化し、関連を確かめる実験を実施した。

実験は、国立研究開発法人・建築研究所の(1)床衝撃音実験棟(JIS A 1440-2:2000 付属書 C に規定されている壁式構造試験装置)、(2)CLT 実大実験棟、(3)4 階建て 2x4 実験棟、(4)6 階建て 2x4 実験棟において実施した。

また、(1)の加振対象とする床板と受音室を有限要素法によりモデル化、解析を実施した。

4. 研究成果

国立研究開発法人・建築研究所の(1)床衝撃音実験棟(JIS A 1440-2:2000 付属書 C に規定されている壁式構造試験装置)におけるゴムボール衝撃源による測定の場合の室の中央部分と隅部の関連性を、加振対象スラブの中央および対角 1/3 の点を加振し、それぞれの加振点において、受音室内で 50cm グリッド(合計 693 点)を測定した結果から、 $L_{eq,10s}$ 及び $L_{i,Fmax}$ による室内の音圧分布を可視化した結果を 8 月に千葉で開催される国際学会(Inter-noise 2023 (Chiba))にて報告する予定である。

当該論文では、図 1 と 2(次ページ)に示すように、測定した $L_{eq,10s}$ 及び $L_{i,Fmax}$ のモード音場には有意な差はなく、これは LFMP の使用可能性が高いことを示している。今回の実験セットアップでは、受信室の体積は 60m^3 と、LFMP が対象としている 25m^3 未満よりは大きな容積における実験となったが、 $L_{i,Fmax}$ において LFMP が使用された場合でも、結果は 50Hz および 63Hz の部屋平均音圧レベルとほぼより一致していた。

ゴムボール衝撃源に対する LFMP の使用可能性を検討する報告は国内外でこの検討がはじめてであると考えられる。LFMP がゴムボール衝撃源を使用した重量床衝撃音遮断性能の測定に援用できる可能性を示した。今後、異なる部屋の体積、床の構造、さらに多くの加振点、他の室でも同様の検討をすることで、測定値の空間誤差を改善することが可能となる事が示唆された。今後は、測定点数を減らす試みについては引き続き検討する必要がある。

また、当初予期していなかった新たな知見として、商用有限要素法ソフトウェアを利用した解析と、実験結果における不整合が見られた。実験結果からは床スラブをゴムボール衝撃源で加振しても、床スラブと室のモードが連成する現象がみられなかったが、商用有限要素法ソフトウェアを利用した場合、この現象が見られた。

確かに、商用有限要素法ソフトウェアを利用した場合の計算結果は Morse(参照 1)、Pretlove(参照 2)や Kihlman(参照 3)等のこれまでの知見による検討結果と一致しており、こちらは間違っていると考えづらい。

一方で、今回国立研究開発法人・建築研究所の(1)床衝撃音実験棟(JIS A 1440-2:2000 付属書 C に規定されている壁式構造試験装置)においてゴムボール衝撃源を使用した場合の測定結果とは一致せず、1980 年代に折笠(参照 4)や福島(参照 5)らがモード解析法等を用いて小型試験体を利用した場合には、コンクリート造の場合床スラブのモードの影響は室に影響しないと結論付けており、こちらの検討と一致している。

このように、実験と解析のどちらかが正しいのか、それともどちらも正しくないのかについて、皆目検討がつかず、商用有限要素法ソフトウェアを利用した場合の結果は実験の結果と一致しなかった上、これまでの知見ではどちらが正しいのか判断できなかったため、成果として発出できなかった。そのため、今後、この現象についても引き続き実験等により検討する。

(参照)

- 1) Morse, P.M. and Bolt, R.H. Sound waves in rooms. *Reviews of modern physics*, 16(2), 69- 150 (1944).
- 2) Pretlove, A.J. Free vibrations of a rectangular panel backed by a closed rectangular cavity. *Journal of Sound and Vibration*, 2(3), 197-209 (1965).
- 3) Kihlman, T. Sound radiation into a rectangular room. *Applications to airborne sound transmission in buildings*. *Acustica*, 18, 11-20 (1967).
- 4) 折笠

5) 福島

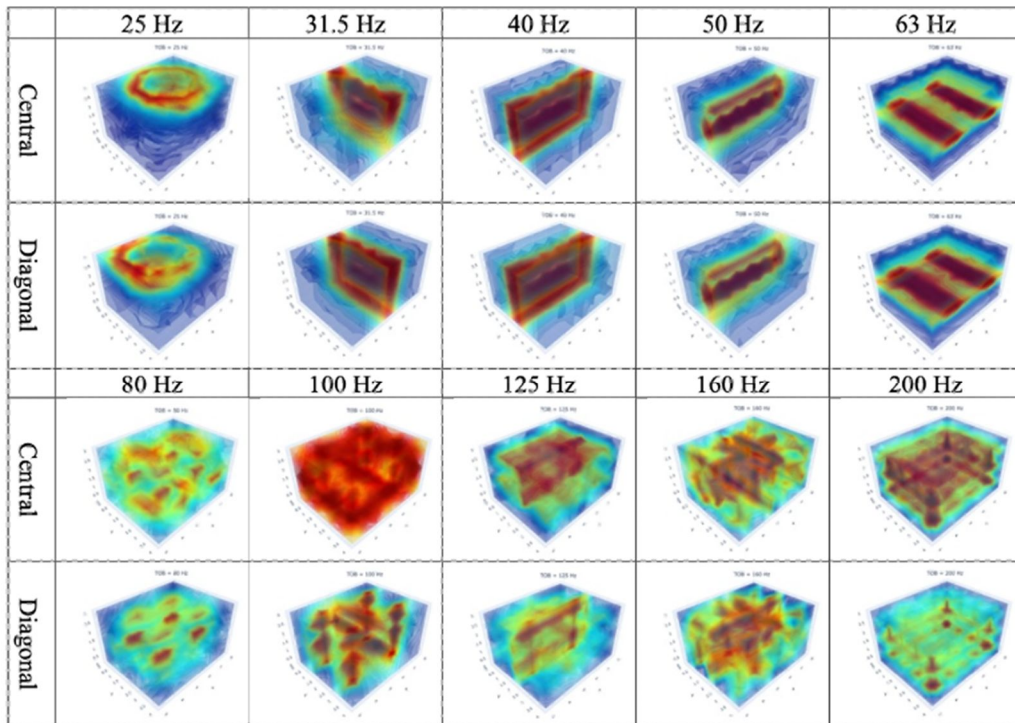


図1. ゴムボール衝撃源でスラブを加振し、可視化した室内音圧モード ($L_{eq,10s}$)

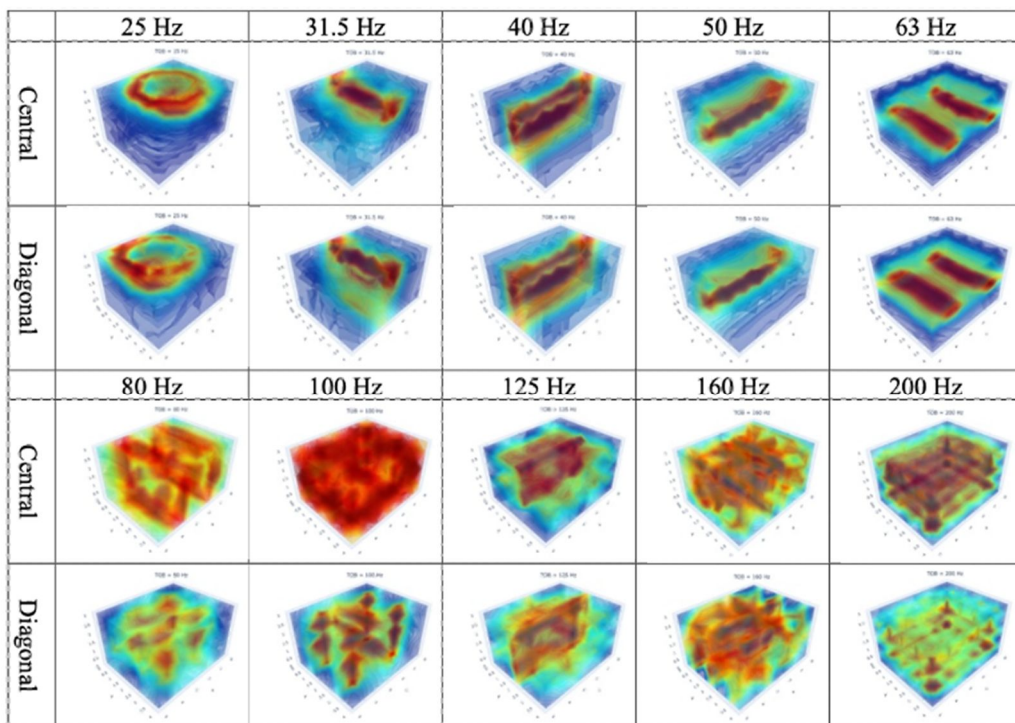


図2. ゴムボール衝撃源でスラブを加振し、可視化した室内音圧モード ($L_{i,Fmax}$)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 平川侑, 平光厚雄
2. 発表標題 重量床衝撃音の測定・評価に関する検討
3. 学会等名 2022年度日本建築学会大会(北海道)学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Susumu Hirakawa, Carl Hopkins
2. 発表標題 Assessing the low-frequency measurement procedure for the measurement of impact sound insulation using the rubber ball
3. 学会等名 inter-noise 2023 (招待講演)
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------