

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 6 月 12 日現在

機関番号：82115

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K06690

研究課題名(和文) CLT構造建築物の新たな重量床衝撃音レベル予測計算方法の開発

研究課題名(英文) Development of a new method for predictive calculating the heavy-weight floor impact sound pressure level of CLT structural buildings

研究代表者

平光 厚雄 (HIRAMITSU, Atsuo)

国土技術政策総合研究所・建築研究部・室長

研究者番号：30414965

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律が2010年に施行された。本法律では、低層の公共建築物は、原則として木造での検討を行うこととしている。また、国産材を有効活用するため、CLT(直行集成板)がJASに規格化された。建築物内では、床衝撃音遮断性能はトラブルになることが多い。木造建築物の遮音性能は、コンクリート造建築物よりも低い。本研究では、CLT建築物の床衝撃音遮断性能を把握するとともに、重量床衝撃音レベルを予測計算のための基礎データとして、乾式二重床構造や天井構造が床衝撃音遮断性能に与える影響について実験的検討を行った。さらには、木造建築物における床衝撃音対策の基本を取り纏めた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

床衝撃音レベルの予測計算手法は、コンクリート構造建築物に対しては様々な予測手法の開発が行われている。代表的なものとして、インピーダンス法があるが、床スラブのインピーダンス(振動しにくさ)を基本とし、スラブの拘束状況、共振等考慮した、比較的簡易に計算できる手法である。しかしながら、木造建築物に対する予測法については、確立されているとはいえない。開発される新たな床衝撃音レベルの予測計算手法により、CLT構造建築物の重量床衝撃音遮断性能の予測精度が向上するとともに、重量床衝撃音遮断性能の向上についても期待することができる。これにより、居住者への快適な音環境性能を提供することが可能となると考えられる。

研究成果の概要(英文)：The Act on the Promotion of the Utilization of Wood in Public Buildings was enforced in 2010 in Japan. As this Act, a public building in a low layer is supposed to attempt making to timber construction. For effective use of the Japanese wood, CLT (Cross Laminated Timber) was standardized by JAS as a building material.

A floor impact sound insulation is often objection or trouble in building. A performance of sound insulation of timber building usually has inferior than of concrete construction building. In this study, the purpose of development of a new method for predictive calculating the heavy-weight floor impact sound pressure level of CLT structural buildings. I found that the effect of the dry-type double floor structure with rubber vibration insulator on the heavy-weight floor impact sound insulation. Furthermore, comparison was made with the reduction of transmitted floor impact sound level obtained in other experiment building.

研究分野：建築音響

キーワード：CLT(直行集成板) 重量床衝撃音 予測計算

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

平成 22 年 10 月に施行された「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」により、低層の公共建築物については、原則としてすべて木造化を図ることとなった。それに伴い、集合住宅等の一般の建築物についても、木造化の波及効果が期待されている。

また、木材を有効的に利用するために、ヨーロッパで開発された「CLT (Cross Laminated Timber)」が平成 24 年 1 月に「直交集成板」として JAS (日本農林規格) に規格化された。CLT はラミナをその繊維方向を互いにほぼ平行にして幅方向に並べたものを、その繊維方向を互いに直角にして積層接着し、3 層以上の構造を持たせたもので、弱軸方向と強軸方向をもつ材料となっている。現在、CLT の普及に向けたロードマップが示されており、法律と直結している構造分野、防耐火等の分野での検討を中心に行われてはいるが、音環境分野での検討も早急に実施する必要であると考えられる。

集合住宅におけるクレームやトラブル等の現状をみると、遮音性能に関連する事項が多くみられる。その中でも、特に重量床衝撃音に関する内容が大半となっている。また、居住者へのアンケート調査においても、音環境に対する満足度が低くなっている。

一般に木造建築物の音環境性能(特に、床衝撃音遮断性能)は、コンクリート構造の建築物と比較すると低くなっている。これは、音環境性能は躯体構造の重量や剛性の影響を受けるため、木造建築物の増加に伴い、軽量の床構造である木造建築物では床衝撃音が問題となると考えられる。新たな木造建築物である CLT 構造建築物については、現在建設数は少ないものの、実測例をみると重量床衝撃音遮断性能が低くなっており、計画段階において事前に性能を予測し、対策を講じる必要がある。

以上のような背景から、床衝撃音に関する問題を低減するためにも、事前に床衝撃音遮断性能を把握することができる CLT 造建築物の重量床衝撃音レベル予測計算方法を新たに開発し、事前に対策することが重要であると考えられる。

2. 研究の目的

「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」の施行により、木造建築物が増加することが予想されている。また、新たな建材の CLT (Cross Laminated Timber、直行集成板) については、JAS に規格化され、その普及を進められている。しかしながら、コンクリート構造建築物に比べ、木造建築物の重量床衝撃音遮断性能は低くなっている。また、木造建築物の重量床衝撃音レベルを事前に予測計算する手法は殆どなく、予測計算手法の開発が望まれている。そこで本研究では、CLT 構造の建築物における、重量床衝撃音レベルの新たな予測計算方法を開発することを目的とする。さらには、断面仕様の組み合わせによる、簡易に重量床衝撃音レベルの予測計算についても検討する。

3. 研究の方法

研究の大きな流れは、実験室測定による CLT 構造建築物の予測計算手法の開発、現場測定による CLT 構造建築物の床衝撃音遮断性能の測定および測定データの収集による床断面仕様と性能別のデータベースの整備、予測計算手法による計算結果と実測の対応による計算手法の改良、簡易予測手法の開発、となっている。

実際の建築物の床パネルとして採用される、厚さ 150mm、180mm、210mm の代表的な CLT パネルを準備し、実験室にて駆動点インピーダンスの測定を実施する。また、CLT 構造建築物の断面仕様の調査、床衝撃音遮断性能の実測定を随時行う。

CLT パネル上部に施工される、乾式二重床構造などの床仕上げ構造の施工による床衝撃音遮断性能の低減性能(床衝撃音レベル低減量)を把握する。

新たに開発する予測計算手法のフローは、コンクリート構造建築物の予測手法であるインピーダンス法を CLT 構造建築物向けに改良を行うことを基本とし、この中の床仕上げ構造による床衝撃音レベル低減量の把握を中心に検討を行なう。

4. 研究成果

(1) CLT 実験棟の床衝撃音遮断性能

現状の性能把握を目的とし、CLT 実験住宅の床衝撃音遮断性能の測定を実施した。本実験棟は、2 階建ての戸建て住宅を想定した建物である。床断面構成は、CLT パネル(5 層 7 プライ、210mm 厚)に床仕上げ構造はプラスチック製の床束上に 90mm 角の大引きを施工し、その上に 24mm 厚の合板、6mm 厚のタイルカーペットで仕上げた。また、天井構造は二重天井とし、野縁に 12.5mm 厚のせっこうボードを施工した。

床衝撃音遮断性能の測定結果を図 1 に示す。タイヤ衝撃源では L_r -75 ~ 80、ゴムボール衝撃源では L_r -70 となり、戸建て住宅を想定した実験住宅ではあるが、低い性能となり、性能向上が必要であることを明らかにした。

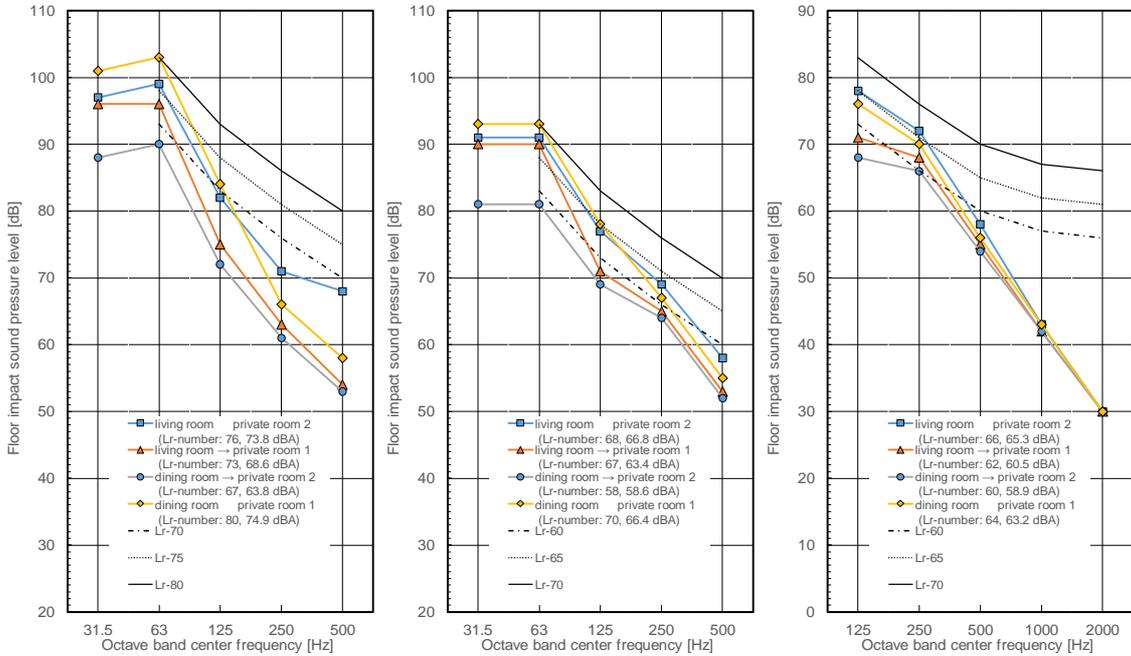


図1 床衝撃音遮断性能測定結果
(左：タイヤ衝撃源、中：ゴムボール衝撃源、右：タッピングマシン)

(2) 乾式二重床構造の影響

床への衝撃入力低減を目的とし、既存床を撤去した CLT 素面での測定の後、新たに防振ゴムを有する乾式二重床構造の上部面材の構成を変更させた 4 種類を施工し床衝撃音遮断性能の測定を実施した。

床衝撃音遮断性能の測定結果を図 2 に、床仕上げ構造による床衝撃音低減効果を見るために素面との床衝撃音レベル差を算出した結果を図 3 に示す。既存床を撤去した CLT 素面時では、タイヤ衝撃源による重量床衝撃音遮断性能は性能が向上し、既存床の施工により性能低下を起こしていることを示した。乾式二重床構造の施工により、性能が向上し、上部面材の重量を増すことによる性能向上が確認出来た。一番性能の高い乾式二重床構造では、タイヤ衝撃源では L_r-70 、ゴムボール衝撃源では L_r-60 の性能となった。

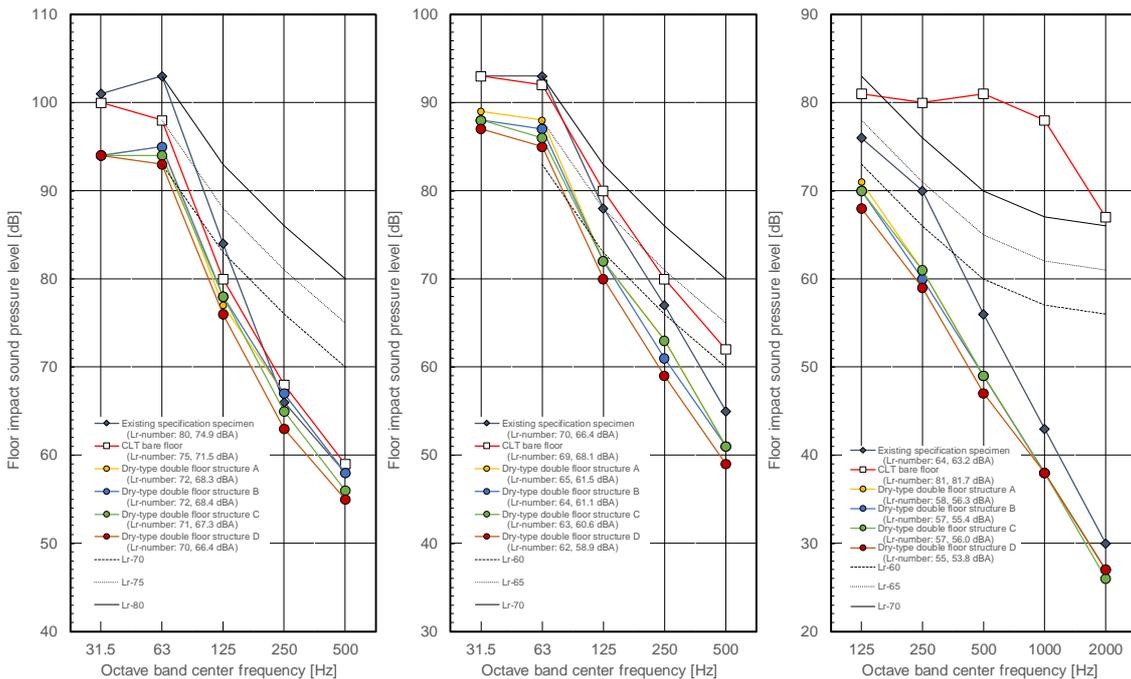


図2 床衝撃音遮断性能測定結果
(左：タイヤ衝撃源、中：ゴムボール衝撃源、右：タッピングマシン)

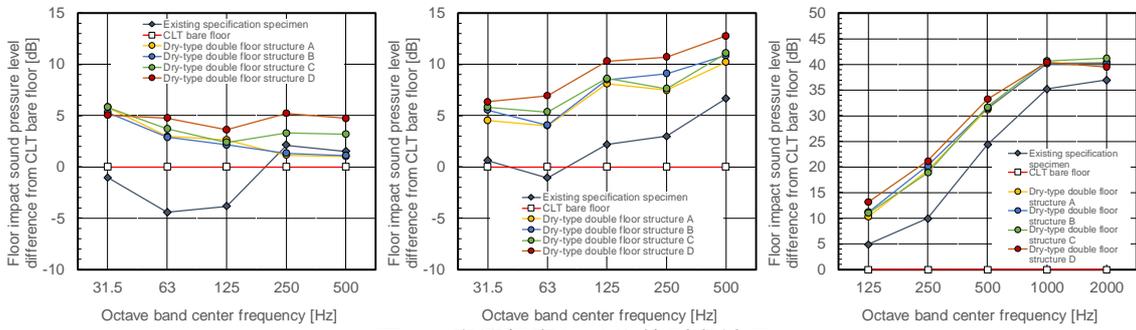


図3 床衝撃音レベル差測定結果
(左：タイヤ衝撃源、中：ゴムボール衝撃源、右：タッピングマシン)

(3) 天井構造の影響

(2)で施工した乾式二重床構造を撤去し、CLTパネル素面状態として、天井構造を変更した。実験棟完成時の天井仕様は、CLTパネル床から支持(所謂、直張天井)されていた工法となっていた。放射音の低減を目的とし、天井根太を側壁から支持(所謂、独立天井)の仕様に変更した。更には、側壁から天井への振動伝搬を低減することを目的とし、天井根太と防振ゴムを使用した防振支持材を用いた仕様に変更した。

床衝撃音遮断性能の測定結果を図4に、素面時との床衝撃音レベル差(L)を算出した結果を図5に示す。乾式二重床構造が未施工の試験床(天井1、1A、2、2A、3、3A)では、重量床衝撃音遮断性能はタイヤ衝撃源の場合は $L_r-75 \sim 80$ 、ゴムボール衝撃源の場合は L_r-70 となり、天井施工による効果や天井仕様変化による性能変化がみられない結果となった。軽量床衝撃音遮断性能 $L_r-80 \sim 85$ となった。天井を未施工の試験床と比較すると、125Hz帯域以上の周波数域では、重量および軽量床衝撃音遮断性能について天井施工による効果を確認ができ、軽量床衝撃音遮断性能で1~2ランクの性能向上が確認出来た。さらには、天井内に吸音材を施工することにより、性能が向上することがわかった。最終的に乾式二重床構造を施工した天井3A+二重床では、タイヤ衝撃源の場合は L_r-70 、ゴムボール衝撃源の場合は L_r-70 、軽量床衝撃音遮断性能 L_r-55 の性能となり、乾式二重床構造の効果を確認された。

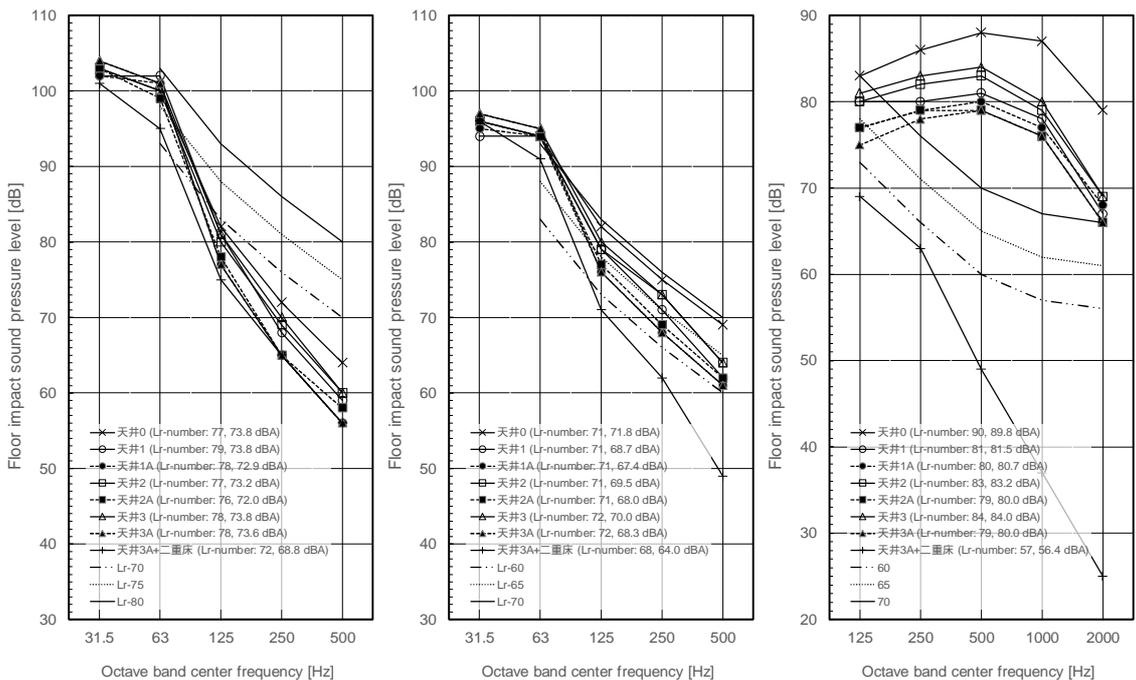


図4 床衝撃音遮断性能測定結果
(左：タイヤ衝撃源、中：ゴムボール衝撃源、右：タッピングマシン)

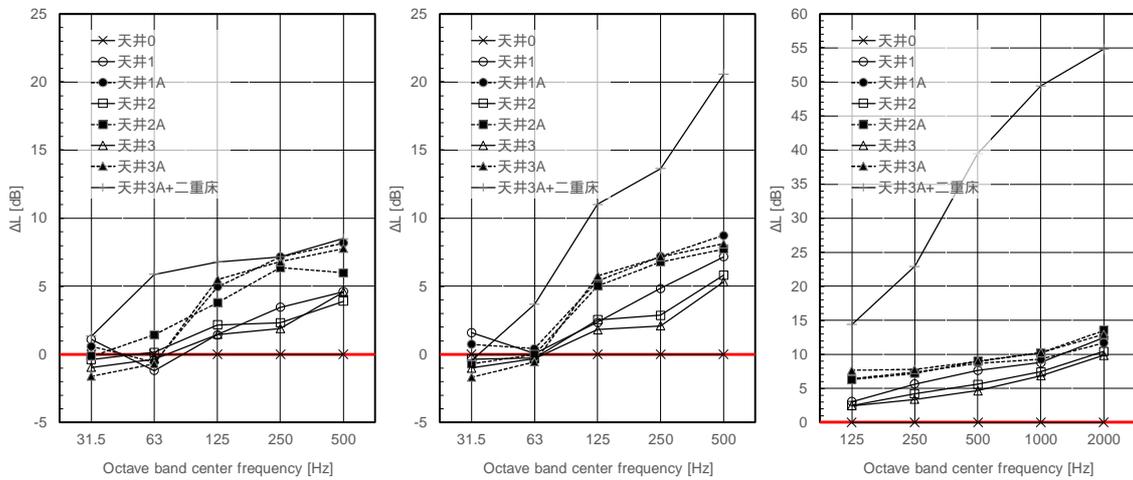


図5 床衝撃音レベル差(ΔL)測定結果
(左:タイヤ衝撃源、中:ゴムボール衝撃源、右:タッピングマシン)

(4) 木造建築物における床衝撃音対策の基本

木造建築物で特に問題となると考えられる床衝撃音対策の基本は、発生系から考えると表1、のようになる。①音源室と受音室の配置計画を考慮については、断面計画時に考慮する必要がある。 から までの対策については、構造、防耐火などの基準等に関連する事項であり、事前の対策が必要なものである。なお、 の乾式二重床構造については、鉄筋コンクリート構造の集合住宅においては、素面時に比べて重量床衝撃音遮断性能は空気層により性能が低下することが知られているが、木造の場合は上記の結果から、性能低下はほとんどみられず、乾式二重床構造が有効である。

表1 木造学校における床衝撃音対策

	対策の基本	対策の例
①	音源室と受音室の配置計画を考慮	静かな状態が必要な室の隣室あるいは上階には床衝撃が大きい室を配置しない等
	床への衝撃入力への低減	乾式二重床構造の採用、室での人の移動の制限、物の落下の防止等
	床構造による低減	床構造の重量増加、梁せいを大きくすることなどによる床剛性の増加 による駆動点インピーダンスの増加等
	天井での遮音	床構造から振動的に独立させた天井の設置、防振吊木の採用、天井ボードの増し張り、天井懐内への吸音材の挿入等
	受音室内での制御	床から壁への伝達振動の低減対策、受音室内の吸音等

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 4件 / うち国際学会 5件）

1. 発表者名 Atsuo Hiramitsu, Takahiro Tsuchimoto, Shinsuke Kurumada
2. 発表標題 Influence of floor finish structure on floor impact sound insulation in CLT model building
3. 学会等名 inter-noise 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Atsuo Hiramitsu, Ryuta Tomita, Susumu Hirakawa, Masayoshi Sato
2. 発表標題 Floor impact sound insulation of the six-story wood-frame model building
3. 学会等名 ICA 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Atsuo Hiramitsu, Takahiro Tsuchimoto, Shinsuke Kurumada
2. 発表標題 Floor Impact Sound Insulation and Airborne Sound Insulation on CLT Model Building
3. 学会等名 inter-noise 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Atsuo Hiramitsu
2. 発表標題 COMPARISON OF STANDARD HEAVY/SOFT IMPACT SOURCES ON THE HEAVY-WEIGHT FLOOR IMPACT SOUND INSULATION
3. 学会等名 ICSV 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Atsuo HIRAMITSU, Tomohito HIROTA, Junichi MIYAUCHI, Takeyoshi UEMATSU, Yuki NABETA
2. 発表標題 Experimental study on floor impact sound insulation and vibration characteristics in cross laminated timber building
3. 学会等名 inter-noise 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017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
--	---------------------------	-----------------------	----