

2.3 医療法人社団 三成会／藤寿産業（株）

1. 建築物の仕様一覧

事業名		(仮称) 南東北春日デイサービス新築工事の建築実証及び設計実証		
実施者(担当者)		医療法人社団三成会／藤寿産業(株)		
建築物の概要	用途	病院(介護老人保健施設)		
	建設地	福島県須賀川市		
	構造・工法	木造ラーメン構造+CLT(床、壁)		
	階数	3		
	高さ(m)	9.922		
	軒高(m)	8.922		
	敷地面積(m ²)	12112.50		
	建築面積(m ²)	496.04		
	延べ面積(m ²)	1309.45		
	階別面積	1階	432.60	
2階		437.50		
3階		421.75		
CLTの仕様	CLT採用部位	床、壁、階段		
	CLT使用量(m ³)	加工前製品量76.6m ³ 、建築物使用量67.3m ³		
	壁パネル	寸法	90mm厚	
		ラミナ構成	3層3プライ	
		強度区分	Mx60A相当	
		樹種	スギ	
	床パネル	寸法	150mm厚	
		ラミナ構成	5層5プライ	
		強度区分	Mx60A相当	
		樹種	スギ	
	階段パネル	寸法	150mm厚	
		ラミナ構成	5層5プライ	
		強度区分	Mx60A相当	
木材	主な使用部位(CLT以外の構造材)	柱:カラマツ集成材 梁:カラマツ集成材		
	木材使用量(m ³) ※構造材、羽柄材、下地材、仕上材等とし、CLT以外とする	190m ³		
	主な外部仕上	屋根	ガルバリウム鋼板(t=0.8)H170、折版葺(3%勾配)	
仕上	主な外部仕上	外壁	防火サイディング(t=16)+下地	
		開口部	アルミ製サッシ(Low-E複層ガラス)	
		界壁	木材又は鉄材下地、石膏ボード(t=15)両面張り、ビニルクロス	
	主な内部仕上	間仕切り壁	木材又は鉄材下地、石膏ボード(t=12.5)両面二重張り、ビニルクロス 木材又は鉄材下地、石膏ボード(t=15)両面二重張り、ビニルクロス CLT(t=90)	
		床	CLT(t=150)の上、ALC版(t=50)+構造用合板(t=12)+ビニル床シート CLT(t=150)の上、モルタル(t=30)+構造用合板(t=12)+ビニル床シート	
		天井	強化石膏ボード(t=15)+ビニルクロス	
構造	構造計算ルート	ルート1		
	接合方法	GIR接合		
	最大スパン	10m		
	問題点・課題とその解決策	現場施工では、運搬トラックから直接CLTを吊り上げ、そのままCLT床の敷き込みを実施(現場内のストックヤード確保や仮置き手間の簡略化、建て方による運搬トラック積込み順序を確定) CLT壁を現しとするため、告示の燃え代設計手法を採用 遮音については、2階と3階の床で異なる仕上げを使用。遮音計測の実施		
防火	防火上の地域区分	その他(法第22条区域)		
	耐火建築物等の要件	無		
	本建築物の防火仕様	1時間準耐火		
温熱	問題点・課題とその解決策			
	建築物省エネ法の該当有無	届け出対象		
	温熱環境確保に関する課題と解決策			
	主な断熱仕様(断熱材の種類・厚さ)	屋根(又は天井)	グラスウール24kg/m ³ (t=100)、グラスウール24kg/m ³ (t=50)	
外壁		グラスウール24kg/m ³ (t=100)		
床				
施工	遮音性確保に関する課題と解決策	2階3階の各床で異なる仕上げを用いて、遮音計測による値で取得		
	建て方における課題と解決策	CLT床パネルの割付(運搬等を考慮)、敷き込みのための控え仮設の設置		
	給排水・電気配線設置上の工夫			
	劣化対策			
工程	設計期間	H29年1月～H29年3月(3ヵ月)		
	施工期間	H29年7月～H30年2月(8ヵ月)		
	CLT躯体施工期間	H29年10月～H29年11月(10日間)		
	竣工年月日	平成30年2月14日		
体制	発注者	医療法人社団 三成会		
	設計者(複数の場合はそれぞれ役割を記載)	荒牧建築設計事務所		
	構造設計者	Tプラス一級建築士事務所		
	施工者	荒牧建設株式会社		
	CLT供給者	銘建工業(株)、山佐木材(株)		
ラミナ供給者	福島県木造技術開発協同組合			

実証事業名：（仮称）南東北春日デイサービス新築工事の建築実証及び設計実証
 実施者／協議会運営者または担当者： 医療法人社団三成会 / 藤寿産業（株）

1. 実証した建築物の概要

用途	病院（介護老人保健施設）		
建設地	福島県須賀川市		
構造・工法	木造ラーメン構造+CLT		
階数	3		
高さ（m）	9.922	軒高（m）	8.922
敷地面積（㎡）	12112.50	建築面積（㎡）	496.04
階別面積 （㎡）	1階	432.60	延べ面積（㎡） 1309.45
	2階	437.50	
	3階	421.75	
CLT採用部位	床、壁、階段		
CLT使用量（m ³ ）	70		
CLTを除く木材使用量（m ³ ）	190		
CLTの仕様	（部位）	（寸法／ラミナ構成／強度区分／樹種）	
	壁	90mm厚／3層3プライ／MX60A相当／スギ	
	床	150mm厚／5層5プライ／MX60A相当／スギ	
	階段	150mm厚／5層5プライ／MX60A相当／スギ	
設計期間	H29年1月～H29年3月（3ヵ月）		
施工期間	H29年7月～H30年2月（8ヵ月）		
CLT躯体施工期間	H29年10月～H29年11月（10日間）		
竣工年月日	H30年2月14日		

2. 実証事業の目的と設定した課題

◇木造3階建て建築物でCLTパネルを床に使い、2階3階の各階層で床仕上げ材等が異なる仕様にした場合、その2パターンの遮音性能の値を計測し、比較検証する。

また、上記の同じ箇所（2階3階の階層）において、仕上げ材を含めないCLTパネルのみ素材の状態での遮音性能も計測する。仕上げ材の違いによる遮音性能の向上効果を素材のみの測定値と比較しながら、評価検証

◇CLT床・壁パネルの施工方法及びコスト削減を考慮した最適なCLTパネル割付け（寸法）を提案・検証

◇素材に鋳鉄を用いた柱脚金物の優位性（加工・施工・コスト）の検証

3. 実証事業の実施体制（または協議会構成員）

（設計）	荒牧建築設計事務所	：遠藤美佐子
（構造設計）	Tプラス一級建築士事務所	：櫛田利美
（施工）	荒牧建設株式会社	：荒牧幸雄
（原木供給）	福島県郡山地区木材製材協同組合	：松岡泰仁
（製造）	福島県木造技術開発協同組合	：西村義一
（製造）	藤寿産業株式会社	：渡邊宏（協議会運営者）
（金物）	日之出水道機器株式会社	：溝渕木綿子

4. 課題解決の方法と実施工程

- ◇荒牧建築設計事務所を中心に専門家の助言を取り組みながら、協議会内で2階と3階の床で異なる仕上げ等の仕様を決定し、異なる床仕上げ等の仕様により、遮音性能の違いを比較するため計測の実施することを課題とする。また、CLTパネル素材と仕上げ材等を含めたパターンで遮音性能を計測し、仕上げ材等によって遮音効果の向上を比較検討した。
- ◇大判のCLT床パネルの施工性について、施工状況等を検討した。
- ◇柱脚部の金物（鋳鉄素材）を用いることの施工性（コスト縮減、工期短縮等）を検討した。

<協議会の開催>

- H29.2月27日：全体 第1回開催、問題点洗い出し
- H29.3月14日：全体 第2回開催、建築確認申請提出前、着工前確認
- H29.11月29日：全体 第3回開催、CLT設置後の確認
他、分科会の実施

<設計>

- H29.1月～3月： 実施設計
- H29.1月～3月： 構造設計
- H29.3月31日： 建築確認申請

<施工>

- H29.3月30日： 工事契約
- H29.7月： 着工、基礎工事
- H29.10月～11月： 木工事
- H29.11月～H30.1月： 内外装工事
- H29.11月～H30.1月： 電気設備工事
- H30.2月14日： 完了検査済証発行

5. 得られた実証データ等の詳細

- ◇木造3階建て建築物でCLTパネルを床に用い、2階3階の各層で床上層部から音を発生させ、床下層部で遮音性能を測定したデータを取得
 - （1）CLT床パネルのみの素材で遮音性能を計測
 - （2）CLT床パネルと仕上げ材を含めた実際の施設利用下空間で遮音性能を計測上記（1）（2）において、それらのデータの考察や解析結果
- ◇大判のCLT床パネルで施工する納まりや施工手法の検討資料
- ◇柱脚金物の施工状況の検討資料

6. 本実証により得られた成果

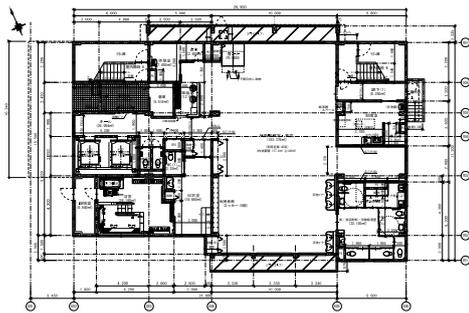
◇CLTは大判として製造可能な寸法を最大限に活用することで施工の工期短縮の成果が得られた。また、CLTは、製造工場で大判のCLTを定寸サイズで切断加工を実施した。加工工場での成形カットの工程を削減することで工期短縮や加工コスト減の成果が得られた。

◇柱脚金物では、多規格の金物の種類を1パターンに絞ることで施工性やコスト削減、工期短縮などの成果が得られた。また、構造検討の合理化（部材断面の種類削減）に繋がった。

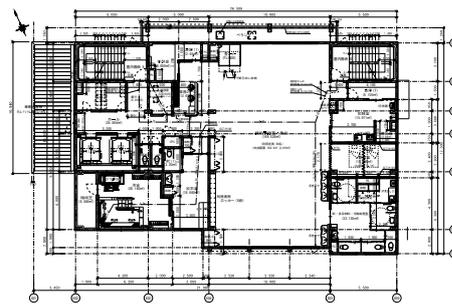
◇木造建築物にCLT床パネルが使用される施設利用下の空間で求められる遮音性能を備えた上で、施工性・コスト面を重視して検討、検証したデータは、今後増大するであろう医療系施設や高齢者施設のモデルとなることを期待する。また、CLTを非耐力壁や階段として使用することも同様である。

従来、医療系や高齢者向け施設は、法規上の制限も多く無機質の冷たい雰囲気施設の環境であった。しかし、患者の施設滞在時間が長く、高いアメニティが求められていたこともある。そのような中、木造で木質系パネルを多用し、木部が表して使用出来る施設づくりは、木が安らぎと安心感をもたらすこれまでにない快適な施設環境を創出できることを期待する。

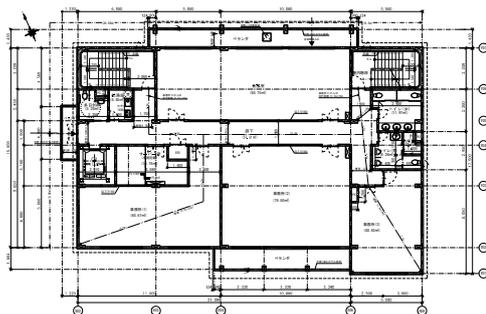
7. 建築物の平面図・立面図・写真等



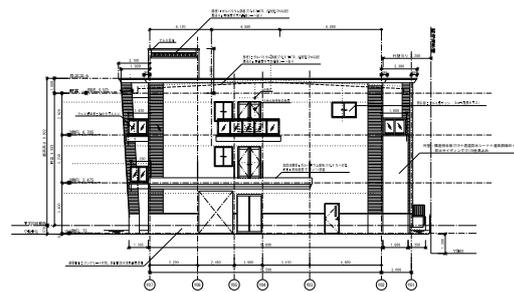
平面図（1階）



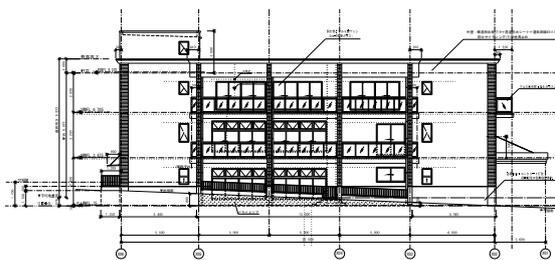
平面図（2階）



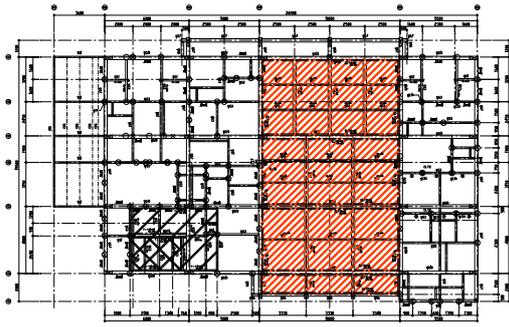
平面図（3階）



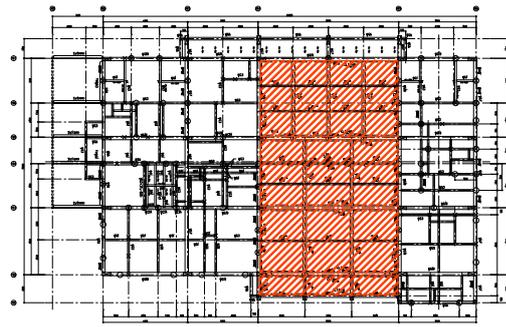
立面図（西側）



立面図（北側）

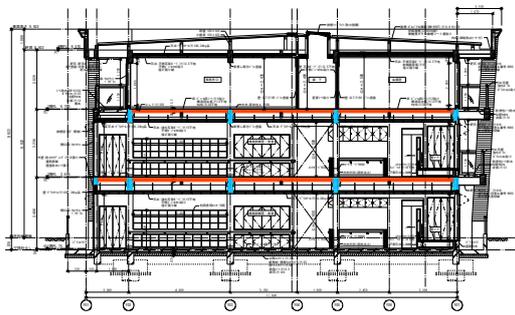


構造図 (2階床)



構造図 (3階床)

 : CLT床パネル位置



矩形図



外観 (北西)



内観 (3階)



内観 (2階)



内観 (2階)



内観 (1階)



CLT使用状況 (施工時)



I. 序論

I-1 背景と目的

(1) CLTの厚板をベースとした床仕様における遮音性能(生活騒音レベル)の実証的検証
公共性の高い施設における木造推進の阻害原因の一つとして、「木造の界床における床衝撃御遮音性能の劣後」を指摘されている。

対策技術の開発が進む中、この問題を「木材の利活用」を果たしつつ解決する方策としてCLTの床構造の検討が進められている。

本事業では、技術研究レベルを一步進め、実際の施設の利用下において、CLTの床構造のもたらし音響環境を利用者の視点に立って検証することを目的としている。特に音響計画を平面計画と連動させ、同一建物内で、CLTベースの床仕様の遮音性能を比較検証することをねらっている。

今回の実証的検証により、CLTベースの床仕様の遮音性能を立証し、公共施設の木造化の一層の推進をはかる。

(2) 中層大断面木造における柱脚金物(※)の標準化の検証

中層大断面木造建築の推進をはかるためには、構造用大断面集成材の断面寸法の統一規格化と対応する統一規格化された柱脚金物の開発が重要な課題である。(従来の柱脚金物は、設計上求められる様々な柱寸法に合わせ、特注製作するのが常態であった。)

本事業では、柱サイズ(巾方向)の違いに関わらず、同一サイズの金物が使用できるセパレート型の柱脚金物を用い、金物の標準化を実証的に検証する。金物は、形状実現に自由度の高い「鋳造」により製造し、FEM解析結果をもとに、必要最小限の合理的・経済的な形状を実現する。(鋳造→溶接工程無しに、工場で製造)

※本柱脚金物は、平成26・27年度林野庁補助事業「新たな木材需要創出総合プロジェクト」において、助成金を受けた「中層大規模木造研究会」(委員長 東京大学・腰原幹雄教授)において開発された柱脚金物の実用化第一号となる。

I-2 検証(課題)項目

- ① 木造3階建て建築物でCLTパネルを床に用い、2階3階の各階層で床仕上げ材等が異なる仕様にした場合、その2パターンの遮音性能の値を計測し、比較検証する。また、上記の同じ箇所(2階3階の階層)において、仕上げ材を含めないCLTパネルのみ素材の状態での遮音性能も計測する。仕上げ材の違いによる遮音性能の向上効果等を素材のみの測定値と比較しながら、評価・検証する。
- ② CLT床・壁パネルの施工方法及びコスト縮減を考慮した最適なCLTパネル割付け(寸法)を提案・検証する。
- ③ 素材に鋳鉄を用いた柱脚金物の優位性(加工・施工・コスト)の検証する。

I-3 実施体制(協議会構成員)

(設計)	荒牧建築設計事務所	：遠藤美佐子
(構造設計)	Tプラス一級建築士事務所	：櫛田利美
(施工)	荒牧建設株式会社	：荒牧幸雄
(原木供給)	福島県郡山地区木材製材協同組合	：松岡泰仁
(製造)	福島県木造技術開発協同組合	：西村義一
(製造)	藤寿産業株式会社	：渡邊宏(協議会運営者)
(金物)	日之出水道機器株式会社	：溝渕木綿子

I-4 建物の概要

建築主：医療法人社団三成会
設計者：荒牧建築設計事務所
施工者：荒牧建設株式会社
用途：病院(介護老人保健施設)
建築面積：496.04 m²
延べ面積：1309.45 m²
最高の高さ：9.922m
最高の軒の高さ：8.922m

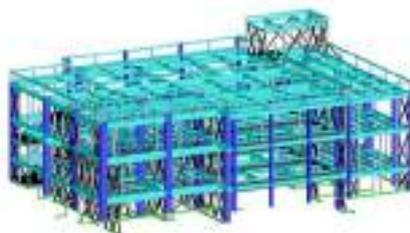
構造：木造（集成材ラーメン構造）
 階数：地上3階
 建設場所：福島県須賀川市南上町 84-1、他 27 筆
 設計工期：平成 29 年 1 月～平成 29 年 3 月
 建設工期：平成 29 年 7 月～平成 30 年 2 月

I-5 使用部材リスト（構造体）

名称	樹種	等級	断面形状	数量	単位
集成材 柱	唐松	E105-F300	120 × 120	1.0	M3
集成材 柱	唐松	E105-F300	240 × 240	33.1	M3
集成材 梁	唐松	E105-F300	120 × 180	3.5	M3
集成材 梁	唐松	E105-F300	120 × 240	10.2	M3
集成材 梁	唐松	E105-F300	120 × 400	3.9	M3
集成材 梁	唐松	E105-F300	180 × 360	13.5	M3
集成材 梁	唐松	E105-F300	180 × 450	0.4	M3
集成材 梁	唐松	E105-F300	240 × 360	16.6	M3
集成材 梁	唐松	E105-F300	240 × 450	3.3	M3
集成材 梁	唐松	E105-F300	240 × 540	6.5	M3
集成材 梁	唐松	E105-F300	240 × 600	42.8	M3
集成材 梁	唐松	E105-F300	240 × 650	3.2	M3
集成材 梁	唐松	E105-F300	240 × 700	3.4	M3
集成材 梁	唐松	E105-F300	120 × 180	0.7	M3
集成材 CLT受材	唐松	E105-F300	90 × 180	3.7	M3
集成材 ささら板	唐松	E105-F300	90 × 330	1.4	M3
集成材 柱、梁、根太	唐松	E105-F300	120 × 120	44.5	M3
CLT 床	杉	Mx60-5-5	150 ×	48.4	M3
CLT 壁	杉	Mx60-3-3	90 ×	10.2	M3
CLT 階段	杉	Mx60-5-5	150 ×	10.1	M3

I-6 事業スケジュール

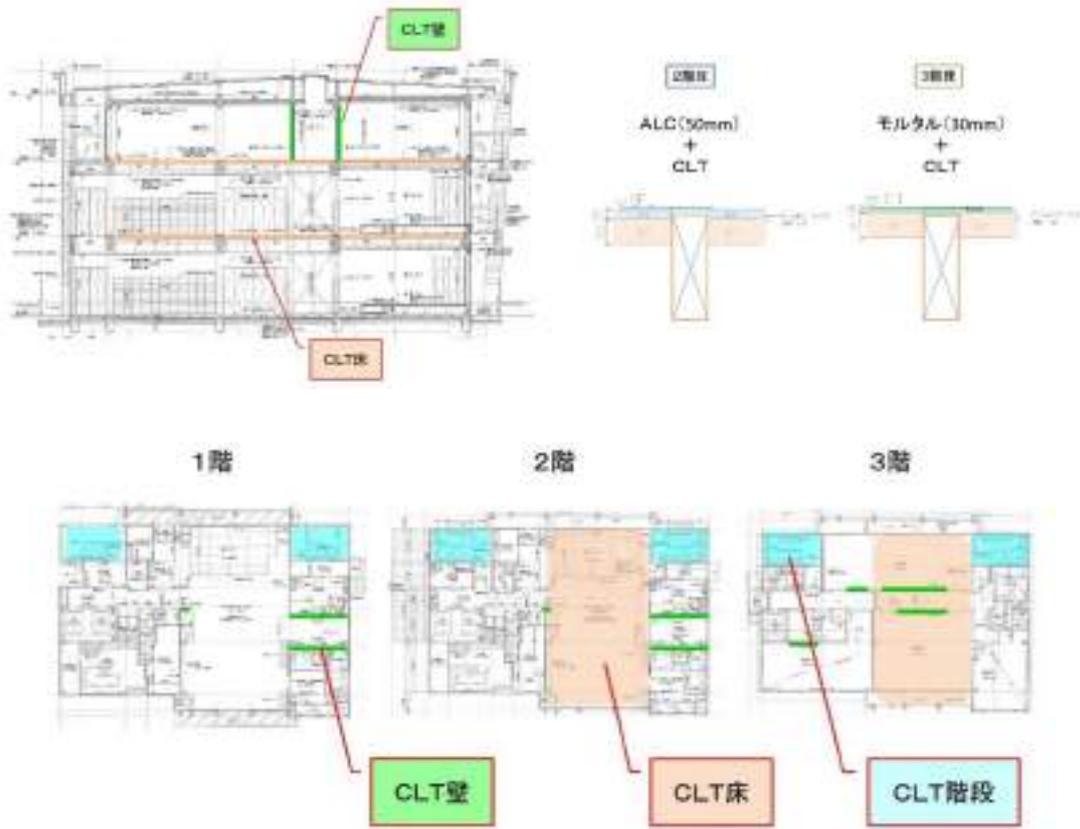
内容	2017年												2018年		
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
実施設計	●			●											
構造設計	●			●											
建設工事							●								●
木造工事										●	●	●			
CLT製造					●	●	●	●							
内外装工事											●	●	●	●	
電気設備工事											●	●	●	●	



II. 成果報告

II-1 CLT床パネル 遮音性能

i) CLT床仕様の概要



ii) 遮音性能

(1) 目標値の設定

各種建築物の遮音性能基準としては、日本建築学会編「建築物の遮音性能基準と設計指針」が現在最も広く利用されている。しかしながら、本書における建築物は集合住宅、ホテル、事務所、学校、病院が対象であり、デイサービスセンターに関する記述はない(表-1.1, 表-1.2 参照)。本研究対象室であるデイサービスセンターの機能訓練室では、軽度の体操で日常生活動作を意識したトレーニング、家事の訓練、話したり聞いたりといったコミュニケーションの訓練が行なわれる。つまり軽い運動による直下室における床衝撃音の発生、指導者と利用者間の会話や指導者の指示などが主な音源となり隣室や直下室に聞こえる透過音をいかに遮断するかが当該施設に求められる遮音性能となる。これらの状況は学校施設が最も近いと考えられるため、本研究においては学校建築における界床の床衝撃音遮断性能および空気音遮断性能を設計目標値とすることとした。また「建築物の遮音性能基準と設計指針」では、これらの性能が適用等級で表されるが、遮音性能の水準により適用等級は特級、1級、2級、3級の4段階に分かれている。研究対象室の界床は機能訓練室同士、あるいは音源室が事務室、受音室が機能訓練室であることを考慮し、遮音性能の水準としては表-1.3 に示す「遮音性能上標準的である」を示す適用等級2級が適当であると判断した。

以上の検討より、デイサービスセンターの事務室→機能訓練室、機能訓練室→機能訓練室間の界床に求められる遮音性能の設計目標値を表-1.4 に示す。

表-1.1 床衝撃音レベルに関する適用等級¹⁾

建築物	室用途	部位	衝撃源	適用等級			
				特級	1級	2級	3級
集合住宅	居室	隣戸間界床	重量衝撃源	L-45	L-50	L-55	L-60, L-65*
			軽量衝撃源	L-40	L-45	L-55	L-60
ホテル	客室	客室間界床	重量衝撃源	L-45	L-50	L-55	L-60
			軽量衝撃源	L-40	L-45	L-50	L-55
学校	普通教室	教室間界床	重量衝撃源 軽量衝撃源	L-50	L-55	L-60	L-65

*木造、軽量鉄骨造またはこれに類する構造の集合住宅に適用する。

表-1.2 室間平均音圧レベル差に関する適用等級¹⁾

建築物	室用途	部位	適用等級			
			特級	1級	2級	3級
集合住宅	居室	隣戸間界壁 隣戸間界床	D-55	D-50	D-45	D-40
ホテル	客室	隣戸間界壁 隣戸間界床	D-55	D-50	D-45	D-40
事務所	業務上プライバシーを要求される室	室間仕切壁 テナント間界壁	D-50	D-45	D-40	D-35
学校	普通教室	室間仕切壁	D-45	D-40	D-35	D-30
病院	病室(個室)	室間仕切壁	D-50	D-45	D-40	D-35

表-1.3 適用等級の意味¹⁾

適用等級	遮音性能の水準	性能水準の説明
特級	遮音性能上とくにすぐれている	特別に高い性能が要求された場合の性能水準
1級	遮音性能上すぐれている	建築学会が推奨する好ましい性能水準
2級	遮音性能上標準的である	一般的な性能水準
3級	遮音性能上ややおとる	やむを得ない場合に許容される性能水準

表-1.4 設計目標値

床衝撃音レベルに関する適用等級	音響透過損失に関する適用等級
L-60	Rr-35

(2) 計画段階における予測値

(2).1 類似事例の解析による予測値

CLTを主構成材とした床版の軽量床衝撃音遮断性能、重量床衝撃音遮断性能の測定データは極めて少ない。そこで本研究では、平成25年度林野庁補正委託事業『CLT等新製品・新技術利用促進事業のうちCLT実用化促進(接合部データ等の収集・分析)床版としてCLTを使用する枠組壁工法建築物の開発 成果報告書』²⁾(平成27年3月)に記載されたデータを用いて、設計段階における軽量床衝撃音遮断性能、重量床衝撃音遮断性能、および空気音遮断性能の予測を行う。

床版を加振したときの床衝撃音レベルを算出する方法としては、日本建築学会編『建物の遮音設計資料』³⁾に示されるインピーダンス法がある。この方法は、床版の基本インピーダンスより、各種加振時の発生音の予測計算を行う方法である。具体的には、CLT150mm(目地処理あり)の基本形の基本インピーダンスと、本研究対象のデイスサービスで用いられる2種類の床構造の基本インピーダンスの差を既往調査データに加算することにより、計画段階における予測値を算出することとする。

床版の基本インピーダンスの算出式を次に示す。

$$Z_b = 8\sqrt{Bm} \approx 2.31\rho^{1/2} E^{1/2} h^2 \quad (1)$$

ただし、B : 床スラブの曲剛性(N/m²)

m : 床スラブの面密度(kg/m³)

ρ : 床スラブの密度(等価密度)(kg/m³)

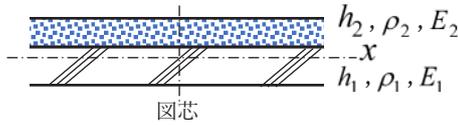
E : 床スラブのヤング係数(等価ヤング係数)(N/m²)

h : 床スラブの厚さ(等価厚さ)(m)

Z_b : 床スラブの基本インピーダンス(kg/s)

なお、図-2.1示すように単板上に増し打ちした場合の等価密度 ρ 、等価ヤング係数E、等価厚

さ h はそれぞれ次式で表される。



$$\rho = \rho_1 \frac{h_1}{h_1 + h_2} + \rho_2 \frac{h_2}{h_1 + h_2} \quad (2)$$

$$E = \frac{E_1 I_1 + E_2 I_2}{I_x} \quad (3)$$

$$h = h_1 + h_2 \frac{\rho_2}{\rho_1} \quad (4)$$

図-2.1 増し打ちスラブ

CLT150, 研究対象のデイサービス機能訓練室床の基本インピーダンスを算出するための緒言を表-2.1 に示す。

表-2.1 構成材の緒言

	ρ (kg/m ³)	E (N/m ²)
CLT	400	6×10^9
ALC	1700	1.5×10^{10}
モルタル	2300	2.05×10^{10}

図-2.2 に床版の断面構成を示す。同図中の(b)および(c)は仕上げ材として構造用合板 12mm, ビニール床シート 2mm が施工されるが, これらは床剛性への影響は軽微であると今回は仮定し, CLT と ALC, CLT とモルタルの打ち増しスラブとして基本インピーダンスを算出する。

それぞれの基本インピーダンスの計算結果を表-2.2 に示す。文献 2)によれば, 断面(1)の衝撃時間内応答インピーダンス (基本インピーダンス) レベルは 91.9dB であることから, 修正基本インピーダンスレベルを分析に用いる。

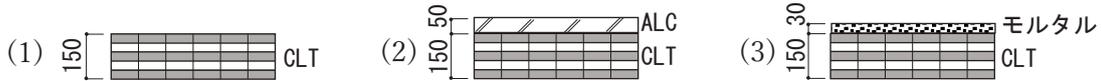


図-2.2 床版の断面構成

表-2.2 基本インピーダンスレベル

	断面(1)	断面(2)	断面(3)
基本インピーダンス Z_b (kg/s)	80519.32	814771.02	766450.82
基本インピーダンスレベル LZ_b (dB)	98.1	118.2	117.7
修正基本インピーダンスレベル LZ_b (dB)	91.9	112.0	111.5

図-2.3 に, 文献 2)に記載された測定データを示す。また図-2.4 に測定対象床構造の断面図を示す。図に示した既往データにおいて, CLT150mmは①②であるが, ①は目地処理なしであるため, 本研究では②のデータに基づき検討を進める。

① 軽量床衝撃音レベルに関する適用等級

図-2.3 より, 軽量床衝撃音レベルに関する床衝撃音遮断性能の適用等級: L 数は L-97 である。表-2.2 より, 断面 (1) と断面(2)の基本インピーダンスの差は 20.1, また断面 (1) と断面(3)の差は 19.6 であるので, 断面(1)および断面(2)の L 数改善量は 20 とする。文献 2)によれば, 塩ビシートを仕上げ材として用いた場合の L 数改善量は最大 5 である。検討対象床は下地に構造用合板 12mm が施工されることから, 床仕上げ材による L 数の改善量を 5 とする。さらに, 文献 1) より, 独立天井を施工することによる L 数の改善量は 4~8 と報告されている。現仕様では, 完全な独立天井とはみなせないことから改善効果を 50%として, 天井による L 数の改善量は 6 とする。以上の検討結果より, 本計画の床構造における軽量床衝撃音適用等級は $L=97-20-5-6=66$ と推定する。

② 重量床衝撃音レベルに関する適用等級 (加振源: タイヤ)

図-2.3 より, タイヤ加振時の重量床衝撃音レベルに関する床衝撃音遮断性能の適用等級: L 数は LH-69 である。軽量床衝撃音レベルと同様に, 断面(2)および断面(3)の L 数改善量は 20 と

する。タイヤ加振においては床仕上げ材としての塩ビシートは改善効果がないことから、床仕上げ材のL数改善量は0とする。次に、文献1)によれば独立天井のL数改善量は1である。以上の結果より、本計画の床構造における重量床衝撃音適用等級は $L=69-20-0-1=48$ と推定する。

③ 重量床衝撃音レベルに関する適用等級（加振源：ボール）

加振源がタイヤの場合と同様の手順で推定すると、本計画の床構造における重量床衝撃音適用等級は $L=68-20-0-1=47$ と推定する。



図-2.3 床版の床衝撃音レベルに関する適用等級と空気音遮断性能に関する適用等級²⁾

試験体No.	GLT	仕様	床仕上げ	天井構造
①	厚150	図2.4参照	なし	なし
②	厚150	図2.4参照	なし	なし
③	厚210	図2.4参照	なし	なし
④	厚210	図2.4参照	なし	なし
⑤	厚210	図2.4参照	合板12 GB厚12.5	なし
⑤-1	厚210	図2.4参照	カーペット(薄) 合板12 GB厚12.5	なし
⑤-2	厚210	図2.4参照	カーペット(薄) 合板12 GB厚12.5	なし
⑤-3	厚210	図2.4参照	防音フローリング (部分敷) 合板12 GB厚12.5	なし
⑥	厚210	図2.4参照	合板12 GB厚12.5	なし
⑦-1	厚210	図2.4参照	合板12 GB厚12.5	なし
⑦-2	厚210	図2.4参照	合板12 GB厚12.5	なし
⑧	厚210	図2.4参照	合板12 GB厚12.5	なし
⑨	厚210	図2.4参照	合板12 GB厚12.5	S9バー GB厚12.5×2
⑩	厚210	図2.4参照	合板12 GB厚12.5	GN24kg/m ² 厚50 200独立天井 GB厚12.5×2
⑪	厚210	図2.4参照	合板12 GB厚12.5	制震マット8 GN24kg/m ² 厚50 200独立天井 GB厚12.5×2

図-2.4 測定試料の断面構成²⁾

④ 重量床衝撃音レベルに関する適用等級（加振源：ボール）

加振源がタイヤの場合と同様の手順で推定すると、本計画の床構造における重量床衝撃音適用等級は $L=68-20-0-1=47$ と推定する。

⑤ 空気音遮断性能に関する適用等級

床版の音響透過損失は、質量則に従うと仮定する。2種類の床版のそれぞれの全体の面密度を $m_1, m_2 (m_1 > m_2)$ とすると、両者の等級の差 ΔL は

$$\Delta L = 20 \log_{10} \frac{m_1}{m_2} \quad (\text{dB})$$

で表される。CLT150、2階床構造、3階床構造を図-2.5に示す。それぞれの面密度を表-2.3に示す。これらより、CLT150に対する2階床構造、および3階床構造の増分はそれぞれ次式で計算される。

$$\Delta L = 20 \log_{10} \frac{m_1}{m_2} = 20 \log_{10} \frac{161.95}{60} = 8.62 \quad (\text{dB})$$

$$\Delta L = 20 \log_{10} \frac{m_1}{m_2} = 20 \log_{10} \frac{145.95}{60} = 7.72 \quad (\text{dB})$$

以上の結果より、3階～2階の界床、2階～1階の界床の音響透過損失の等級はそれぞれ $Rr-38$ 、 $Rr-37$ となる。

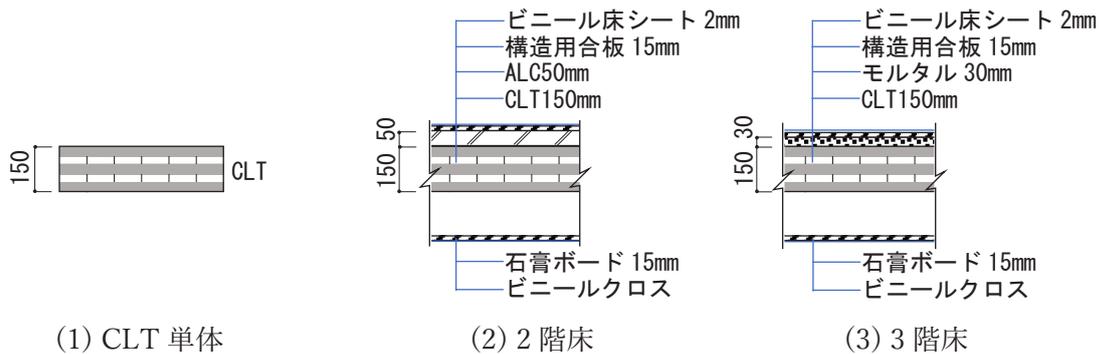


図-2.5 床版の断面構成

表-2.3 各床版の面密度

		密度(kg/m ³)	厚さ(m)	面密度(kg/m ²)	合計(kg/m ²)
(1)CLT 単体		400	0.15	60	60.00
(2)2 階床	構造用合板	600	0.012	7.20	161.95
	ALC	1700	0.050	85.00	
	CLT	400	0.150	60.00	
	石膏ボード	650	0.015	9.75	
(3)3 階床	構造用合板	600	0.012	7.20	145.95
	モルタル	2300	0.030	69.00	
	CLT	400	0.150	60.00	
	石膏ボード	650	0.015	9.75	

ここまでの検討より、設計段階における各適用等級の予測値は表-2.4 となる

表-2.4 類似事例の分析による設計段階における性能予測値

	床衝撃音レベルに関する適用等級			音響透過損失に関する適用等級
	タッピングマシン	タイヤ	ボール (参考)	
2階床	L-66	L-48	L-47	Rr-38
3階床	L-66	L-48	L-47	Rr-37

(2) .2 インピーダンス法による床衝撃音の予測

この方法によれば、駆動点インピーダンスを測定することによって、式 (8) から床衝撃音レベルを計算することができ、床材としての床衝撃音遮断性能を知ることができる。

ここで、無限大平板に関する基本インピーダンスの理論式

$$B = I \cdot E \quad (5)$$

$$Z_b = 8\sqrt{B \cdot m} \quad (6)$$

ただし、 B : 床スラブの曲げ剛性 ($\text{N}\cdot\text{m}^2$)
 m : 床スラブの面密度 (kg/m^2)
 I : 断面二次モーメント (cm^4)
 E : ヤング率 (N/m^2)
 Z_b : 床スラブの基本インピーダンス (kg/s)

$$L_z = 20\log_{10} \frac{Z_b}{Z_0} \quad (7)$$

ただし、 L_z : 基本インピーダンスレベル (dB)
 Z_0 : 基準値 ($1\text{kg}/\text{s}$)

オクターブバンド毎の床衝撃音算出式は

$$L_{H,f} = 10\log_{10} \left(\frac{F_{rms}^2}{Z_b^2} \cdot \rho_0 c_0 \cdot S_{eff} \cdot k \frac{4}{A} \right) + 120 + \Delta C \quad (8)$$

ただし、 $L_{H,f}$: オクターブ毎の重量床衝撃音による床衝撃音レベル (dB)
 $\rho_0 c_0$: 空気の固有音響抵抗 ($\text{kg}/\text{s}\cdot\text{m}$)
 S_{eff} : スラブの有効放射面積 (m^2)
 k : 音響放射係数
 A : 受音室の吸音力 (m^2)
 ΔC : 騒音計の動特性補正值 (dB)
 F_{rms} : 重量衝撃源の衝撃力実効値 (N)
 Z_b : スラブの基本インピーダンス値にスラブ周辺拘束の補正を行い、さらに共振の影響を考慮した加振点のインピーダンス値 (kg/s)

式 (8) による床衝撃音の予測では、より正確な駆動点インピーダンスレベルの測定が重要となる。そこで躯体工事完了時に、図-3.1 に示すように、室内の平均的な5点、さらにインピーダンス上昇の度合い、また有効放射面積の算定の根拠とするために、駆動点インピーダンス測定 LINE-X と LINE-Y において駆動点インピーダンスを詳細に測定することとする。

(3) 試験方法の概要

(3) .1 駆動点インピーダンス

試験体に振動加速度ピックアップを固定し、その近傍をインパルスハンマで加振し、加振力および振動速度を測定する。これらの信号を FFT アナライザに入力し、衝撃時間内応答インピーダンス、全時間応答インピーダンス、床の固有振動数を解析する。なお、試験は図-3.1 に示す駆動点インピーダンス測定 LINE 及び加振位置で行う。測定システムを図-3.2 に示す。

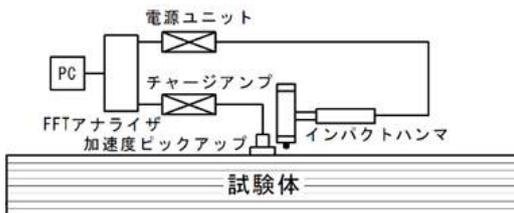


図-3.2 駆動点インピーダンスの測定系統図

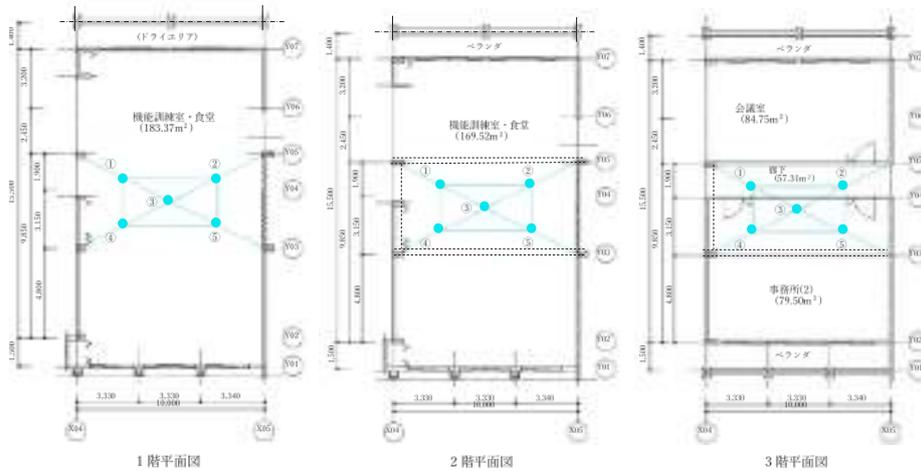


図-3.1 駆動点インピーダンスの測定位置

(3).2 軽量床衝撃音遮断性能 (タッピングマシン)

試験方法は JISA1418-1『建築物の床衝撃音遮断性能の測定方法—第1部：標準軽量衝撃源による方法』に基づき、標準軽量衝撃源(タッピングマシン)による床衝撃音レベルの測定を行う。なお、測定は中心周波数 125Hz~2000Hz までのオクターブバンドについて行う。図-3.3 にタッピングマシンを示す。音源室側の加振点 1 点につき受音室側の受音点 5 点の床衝撃音を測定する。騒音計を用い、マイクロホンの高さは 1.2~1.5m とする。各加振点ごとに騒音計の時間重み特性 F を用いる。軽量床衝撃音では各測定周波数帯域の時間平均音圧レベルを測定する。加振点ごとに測定点 5 点で測定された値からエネルギー平均値を算出し、加振点 5 点のエネルギー平均値を算術平均する。この値を軽量及び重量床衝撃音レベルとする。

評価方法としては、日本建築学会が規定する「床衝撃音レベルに関する遮音等級の基準周波数特性」の基準曲線により決定する LL 値を用いる。測定した軽量床衝撃音レベルを基準曲線にあてはめ、その値がすべての周波数帯域においてある基準曲線を下回るとき、その最小の基準曲線の呼び方により LL 値を表す。ただし、建物の現場測定結果においては各周波数帯域の測定値に 2dB を減ずることができる。

図-3.4 に騒音計、図-3.5 にリアルタイムアナライザーを示す。



図-3.3 軽量床衝撃音発生器：
タッピングマシン FI-01(リオン社製)



図-3.4 騒音計：NL-21(リオン社製)



図-3.5 リアルタイムアナライザー：Dual Channel Real-time Frequency Analyzer, Type2144(Brüel & Kjær 社製)

(3) .3 重量床衝撃音遮断性能 (タイヤ衝撃源)

試験方法は JISA1418-2 『建築物の床衝撃音遮断性能の測定方法－第 2 部：標準重量衝撃源による方法』に基づき、衝撃力特性 (1) をもつ標準重量衝撃源としてタイヤによる床衝撃音レベルの測定を行う。なお、測定は中心周波数 63Hz～500Hz までのオクターブバンドについて行う。

加振室及び受音室には中央付近 1 点を含む空間的に均等に分布する加振点及び受音点を 5 点それぞれ設定した。騒音計の時間重み特性 F を用い、マイクロホンの高さは 1.2m～1.5m とする。重量床衝撃音では最大音圧レベルを加振点 1 点につき受音点 5 点で測定する。加振点ごとに 5 点で測定された値からエネルギー平均値を算出し、加振点 5 点のエネルギー平均値を算術平均する。この値を重量床衝撃音レベルとする。

評価方法としては、日本建築学会が規定する「床衝撃音レベルに関する遮音等級の基準周波数特性」の基準曲線により決定する LH 値を用いる。測定した重量床衝撃音レベルを基準曲線にあてはめ、その値がすべての周波数帯域においてある基準曲線を下回るとき、その最小の基準曲線の呼び方により LH 値を表す。ただし、建物の現場測定結果においては各周波数帯域の測定値に 2dB を減ずることができる。

(3) .4 重量床衝撃音遮断性能 (ゴムボール衝撃源)

試験方法は前項②と同様である。ここでは、衝撃力特性 (2) をもつ標準重量衝撃源としてゴムボールによる床衝撃音レベルの測定を行う。測定周波数、重量床衝撃音レベルの算出方法、評価方法としての LH 値の算出方法も前項②と同様である。

標準重量衝撃源のゴムボール衝撃源およびタイヤ衝撃源の写真を図-3.6、図-3.7 に示す。



図-3.6 重量床衝撃音発生器：インパクトボール
YI-01 (リオン社製)



図-3.7 重量床衝撃音発生器：バングマシン YI-01 (リオン社製)

(3) .5 空気音遮断性能 (音響透過損失)

試験方法は、JIS A1441-2 『音響－音響インテンシティ法による建築物及び建築部材の空気音遮断性能の測定方法－第 2 部：現場における測定』に基づき行う。音圧レベルおよび音響インテンシティレベルの測定は中心周波数 100Hz～4000Hz について行う。低周波数の測定が必要な場合は 50Hz、63Hz、80Hz を加える。また高周波数帯域の測定が必要な場合は 4000Hz および 5000Hz を加える。

ひとつの音源室およびひとつの受音室 (屋外であってもよい) で測定したひとつの部材について、ノーマル音響インテンシティレベルから計算される準音響透過損失 R'_l は次の式で与えられる。

$$R'_l = \left[L_{pl} - 6 + 10 \log_{10} \left(\frac{S}{S_0} \right) \right] - \left[\bar{L}_{I_n} + 10 \log_{10} \left(\frac{S_M}{S} \right) \right]$$

ここで、 L_{pl} : 音源室における室内平均音圧レベル (dB)

S : 測定対象の建築部材の面積 (m^2)

\bar{L}_{I_n} : 受音室内に設定した測定面上のノーマル音響インテンシティレベルの平均値

S_M : 測定面の総面積 (m^2)

S_0 : 基準の面積 (=1 m^2)

測定された各周波数帯域における準音響透過損失値を日本建築学会遮音基準に定める音圧レベル差に関する遮音等級の基準周波数特性を使って評価し R_r 数を求める

本測定システムを図-3.8 に示す。



図-3.8 音響インテンシティプローブと分析システム

(Hand-held Sound Intensity System Type 2270 for measuring sound intensity)

(4). 躯体竣工時遮音性能測定結果

(4).1 駆動点インピーダンス

加振点室内の中央に加速度ピックアップを設置し、インパクトハンマで測定点付近に衝撃を加え、加振力 F と振動速度 v を測定する。式 (1) から全時間応答インピーダンスを算出した。

$$Z(\omega) = (F(\omega)) / (v(\omega)) \quad \dots (1)$$

$Z(\omega)$: 全時間応答インピーダンス (kg/s), $F(\omega)$: 加振力 (N), $v(\omega)$: 振動速度 (m/s)
次に、式 (2) から全時間応答インピーダンスレベルを算出した。

$$L_z(\omega) = 10 \log_{10} \frac{|Z(\omega)|^2}{Z_0^2} \quad \dots (2)$$

$L_z(\omega)$: 全時間応答インピーダンスレベル (dB), Z_0 : 基準値 (1 kg/s)

次に、衝撃時間内応答インピーダンス Z_s は、衝撃力による衝撃点付近の衝撃時間内の振動速度に対する衝撃力の比のことをいい、駆動点インピーダンスの評価に用いられる。衝撃時間内応答インピーダンス Z_s は、式 (3) より算出する。

$$Z_s = \sqrt{\int_{t_1}^{t_2} F^2(t) dt / \int_{t_1}^{t_2} v^2(t) dt} \quad \dots (3)$$

$t_1 \sim t_2$: 衝撃源による衝撃時間, Z_s : 衝撃時間内応答インピーダンス

最後に、式 (4) から衝撃時間内応答インピーダンスレベルを算出する。

$$L_{zs} = 10 \log_{10} \frac{|Z_s|^2}{Z_0^2} \quad \dots (4)$$

L_{zs} : 衝撃時間内応答インピーダンスレベル (dB)

駆動点インピーダンスの測定結果を図-4.1, 図-4.2 に示す。衝撃時間内応答インピーダンスは 89.0dB、91.2dB で他の加振位置では 86.8dB~91.3dB という結果が得られた。一次固有振動数は、22.5Hz, 23.8Hz で他の加振位置では部屋中央点を除いて 22.5Hz~23.8Hz であった。

本測定では、CLT の駆動点インピーダンスの測定を行った。測定結果からすべての全時間応答インピーダンスの振動数が高くなるにつれて値が減少する傾向にあった。本来、全時間駆動点インピーダンスは衝撃時間内応答インピーダンスの値に収束するものであるため、今回の結果については検討が必要である。

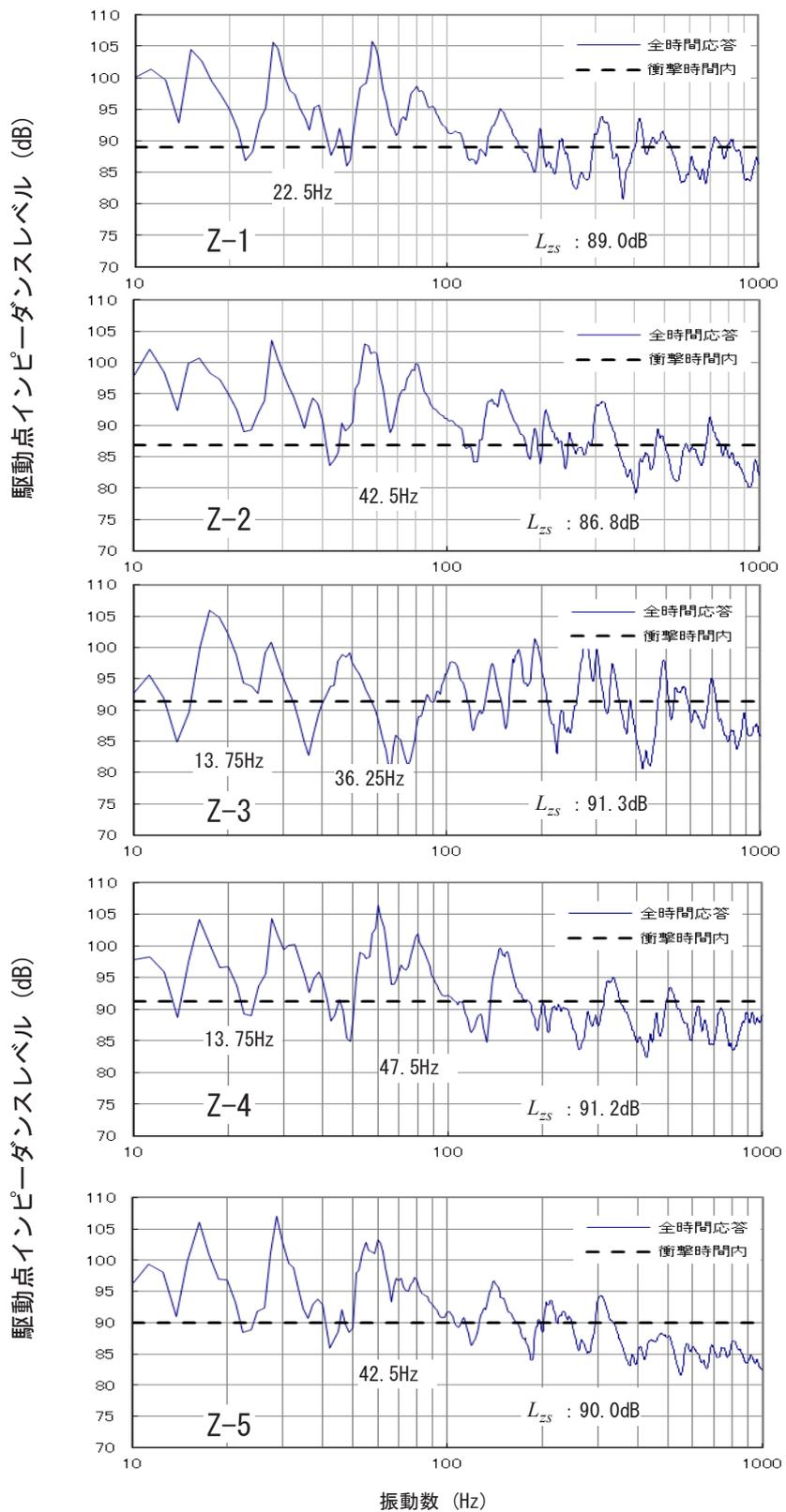


図-4.1 駆動点インピーダンスの測定結果 (対象：2階床)

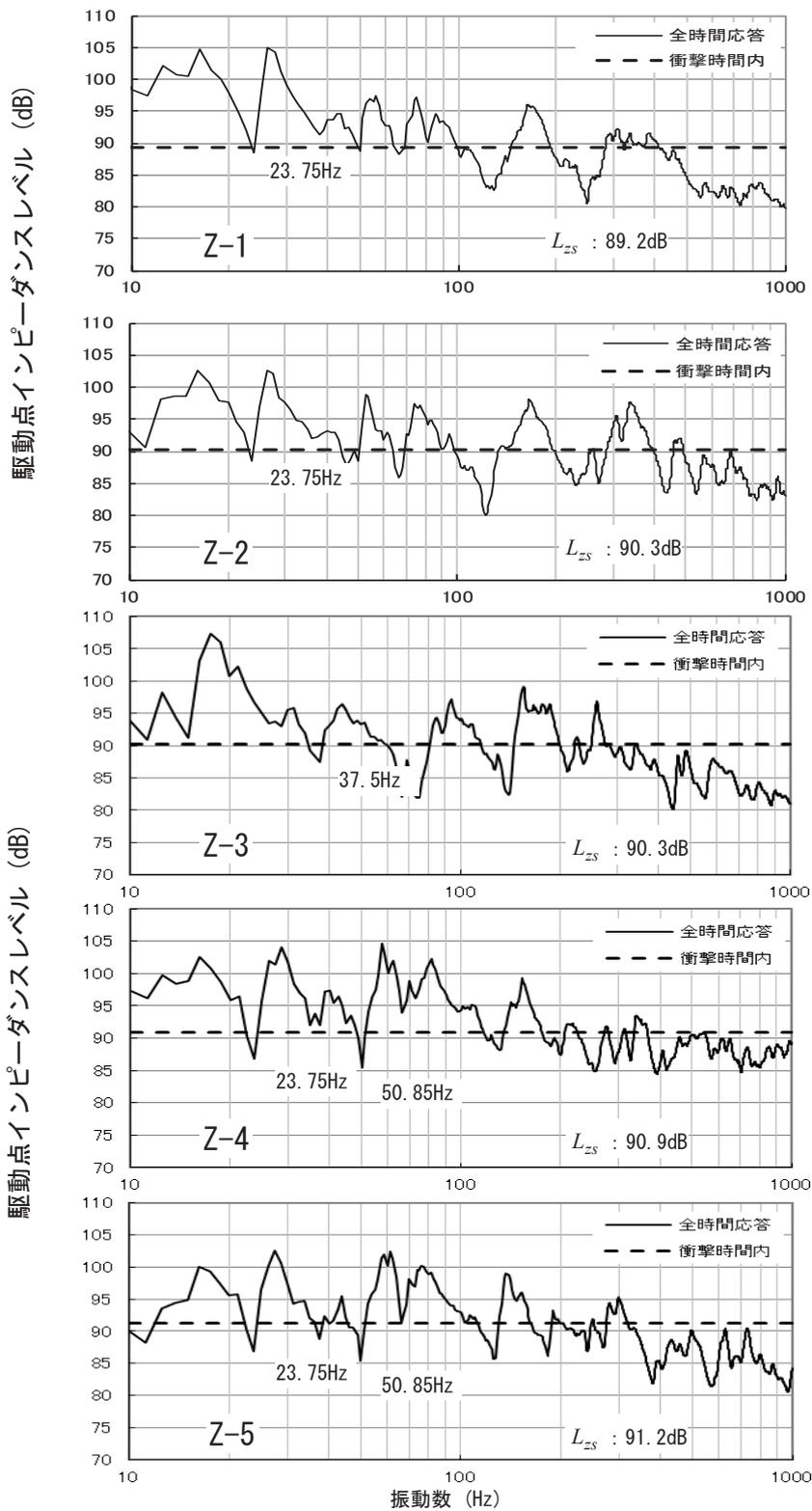


図-4.2 駆動点インピーダンスの測定結果 (対象：3階床)

(4).2 軽量床衝撃音遮断性能 (タッピングマシン)

軽量床衝撃音の測定結果を図-4.3 に示す。軽量床衝撃音については、すべての周波数において適用等級に大幅に満たない結果となった。また、2階床と3階床の測定結果に若干の差が見られるのは、2階床加振時の受音室である1階機能訓練室・食堂が閉空間であったのに対して、3階床加振時の受音室である2階機能訓練室・食堂は壁が未施工であったため、室の吸音力が高かったためと推定される。

適用等級に大幅に満たない結果になった理由として、本研究対象施設が、まだ施工中の段階であり、床構造がCLT 単体であるためだと考えられる。しかし今後の施工による改善量はあまり大きいものではないと考える。

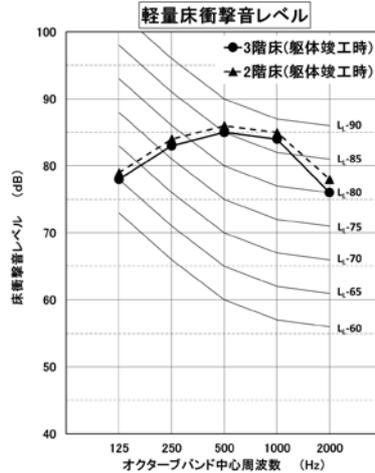


図-4.3 軽量床衝撃音レベルの測定結果 (躯体竣工時)

(4).3 重量床衝撃音遮断性能 (バングマシン)

重量床衝撃音の測定結果を図-4.4 に示す。軽量床衝撃音と同様にすべての周波数において適用等級2に満たない結果となった。理由として、前述のとおり床構造がCLT 単体であるためだと考えられ、今後モルタル、ALC版を敷設することにより、性能が向上するものとする。

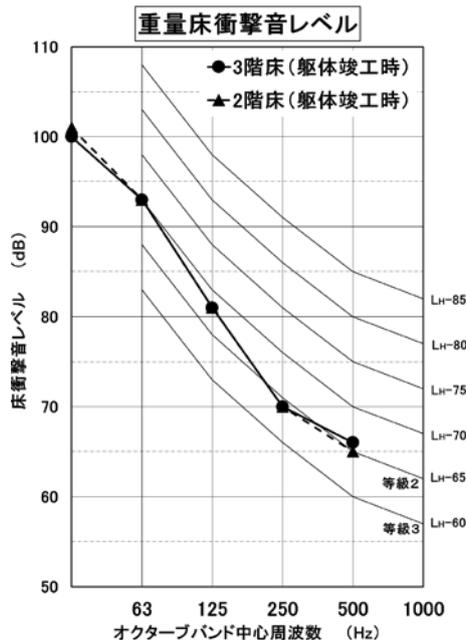
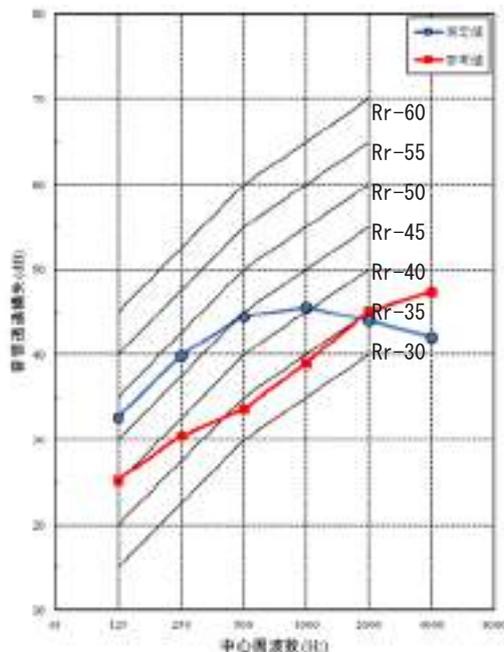


図-4.4 重量床衝撃音レベルの測定結果 (躯体竣工時)

(4).4 空気音遮断性能 (音響透過損失)

測定結果を図-4.5 に示す。残響室で測定した CLT 床の音響透過損失値を参考として同図に示した。測定結果はどちらも等級 Rr-35 となったが、125Hz~1000Hz,4000Hz で差が見られた。125Hz~1000Hz での差の原因として考えられるのが、受音室が完全に密閉された空間ではなかったことが考えられる。上階の音源室で発せられた音が下の階に回り込み、音響インテンシティプローブにマイナス方向からの音として測定されてしまったためだと考えられる。今回測定を行った現場はまだ完成されていなかったためこのような結果になった。測定した CLT 床の音響透過損失を検討するには不十分だと考えられる。



(Rr-35)

(Rr-35)

受音点/周波数Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000
1	58.9	56.3	63.7	67.6	69.9	67.4	65.1
2	55.0	54.5	62.4	67.0	67.8	66.2	63.5
3	61.0	57.9	64.0	67.3	69.0	67.4	64.4
4	55.4	56.1	61.8	67.1	68.2	65.6	62.5
5	54.8	58.7	65.5	70.7	70.5	69.7	68.0
Leq(12s)	57.7	57.0	63.7	68.2	69.2	67.5	65.2
音響インテンシティレベル #LI	59.9	50.9	42.3	41.9	41.0	39.0	33.6
総面積S	54m ²						
音響パワーレベルLw	77.2	68.2	59.6	59.2	58.4	56.4	50.9
R=L-6-10logLw	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
音響透過損失R		32.6	39.9	44.5	45.6	44.0	42.1

図-4.5 2階床の音響透過損失測定結果 (躯体竣工時)

(5) 竣工時遮音性能測定結果

(5).1 駆動点インピーダンス

2階床, 3階床の全時間応答インピーダンス測定結果を図-5.1 および図-5.2 に示す。同図中には衝撃時間応答インピーダンス: Lzs を合わせて示した。

図-5.1 より, 2階床の駆動点インピーダンスは測定点の影響を大きく受けていることが分かる。これは, 竣工時測定では CLT の隔壁があるため, 床の剛性とその影響を受けたためと推定される。

測定点 Z-3 は隔壁が近いことため衝撃時間内応答インピーダンスの値が大きく, また測定点 Z-4 は梁の直上であること, 値が大きくなっていると考えられる。測定点 Z-5 の Lzs が最も小さい理由は不明である。

図-5.2 は 3階床の駆動点インピーダンスの測定結果である。Lzs の値をみると, 躯体竣工時, つまり CLT 単体の時の測定結果より小さい。これは, 3階床は CLT の上に 30mm のモルタル

が打設されているため、今回の加振ではモルタル部分の発生振動より駆動点インピーダンスを計算したことが要因と推定される。したがって、床全体の剛性を評価するためには、バングマシンと同程度の加振力をもって、計測を行う必要がある。このことは、加振回ごとに低域の値が異なることから説明される。

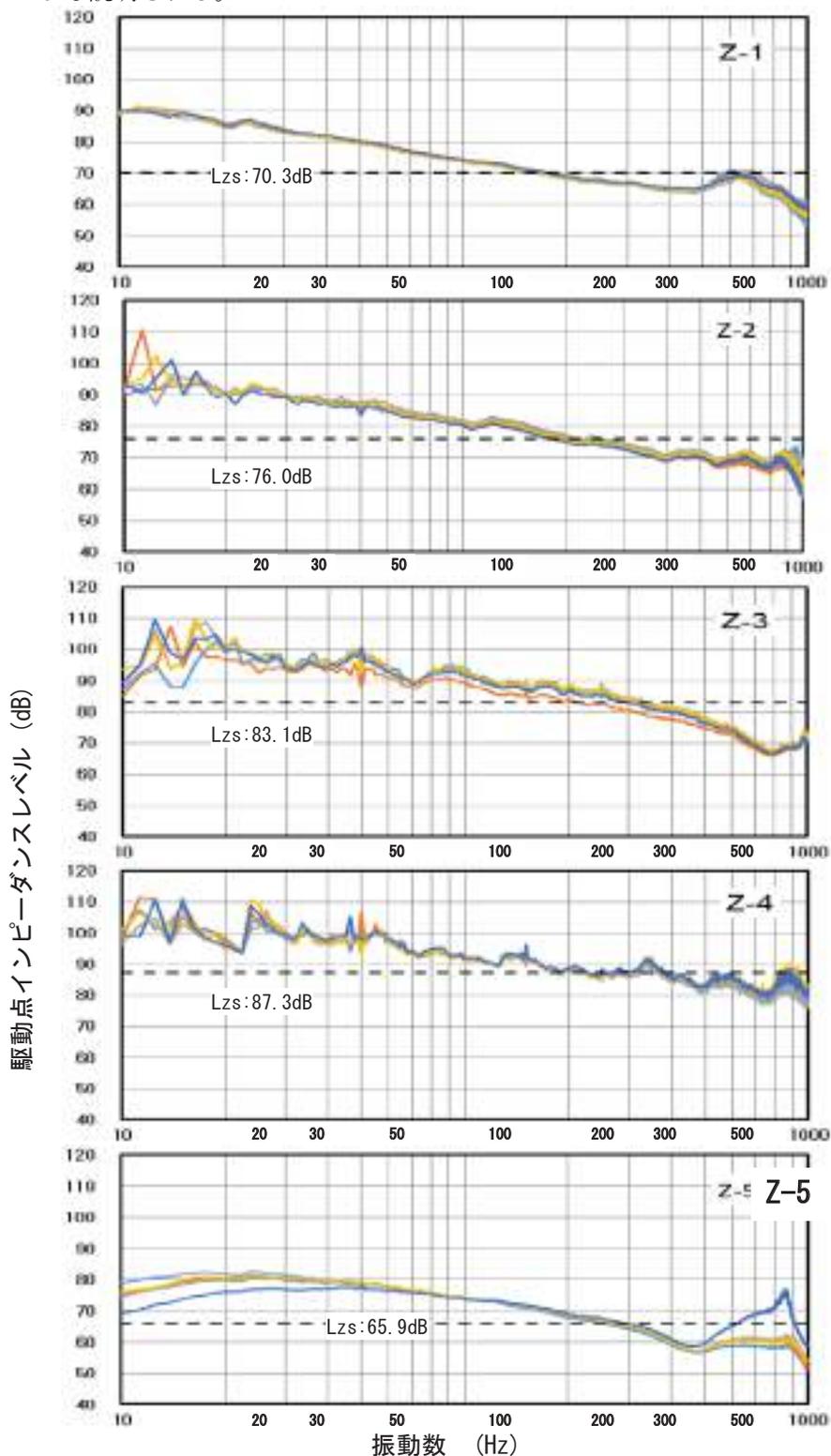


図-5.1 駆動点インピーダンスの測定結果 (対象：2階床)

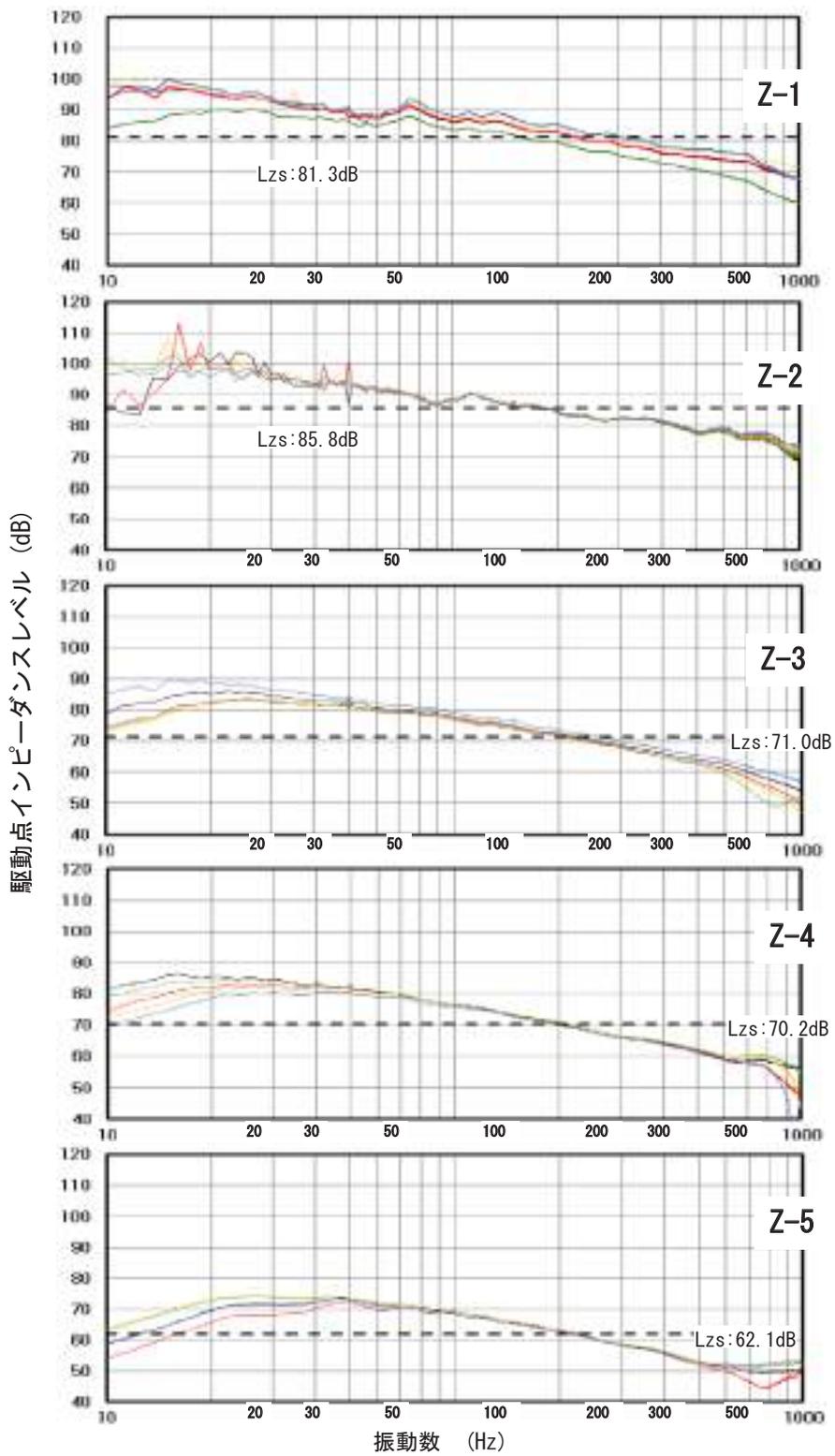


図-5.2 駆動点インピーダンスの測定結果 (対象：3階床)

(5).2 軽量床衝撃音遮断性能（タッピングマシン）

軽量床衝撃音レベルの測定結果を図-5.3 に示す。これによると、3 階床の軽量床衝撃音遮断性能は LL-60、2 階床の遮断性能は LL-65 と評価される。両者の性能の差は、500Hz 帯域の軽量床衝撃音レベルの差である。この要因として、床構造の違いとともに、受音室の吸音力の差が考えられる。各種の什器・家具、カーテン等が設置されることにより、軽量由床衝撃音遮断性能は通常 1 ランク程度改善される場合が多いことから、設計目標値である L-60 は達成できると判断できる。

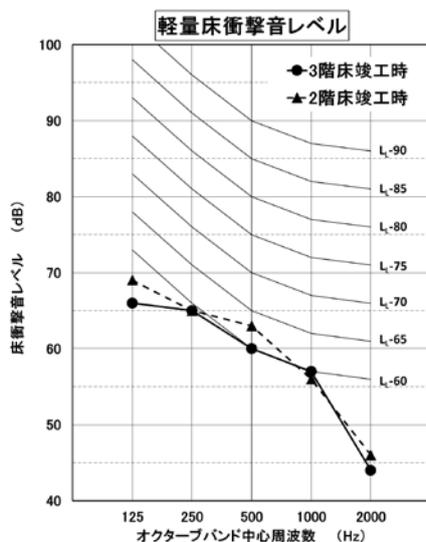


図-5.3 軽量床衝撃音レベル測定結果（竣工時）

(5).3 重量床衝撃音遮断性能（バングマシン）

重量床衝撃音レベルの測定結果を図-5.4 に示す。これによると、3 階床の重量床衝撃音遮断性能は LH-60、2 階床の遮断性能は LH-65 と評価される。モルタルを打設した 3 階床は設計目標値を満足したが、2 階床は目標値を満足することはできなかった。3 階床と 2 階床加振時の重量床衝撃音レベルはほぼ平行移動しており、床の剛性の差が性能に表れているものと考えられる。また、この性能は第 2 章で検討した予測値よりかなり低い値である。ALC 版と CLT の密着度合い、ALC 版同士の結合度などについて、詳細に検討する必要があると思われる。

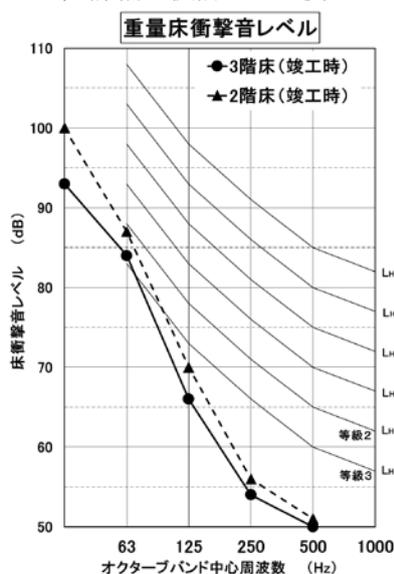
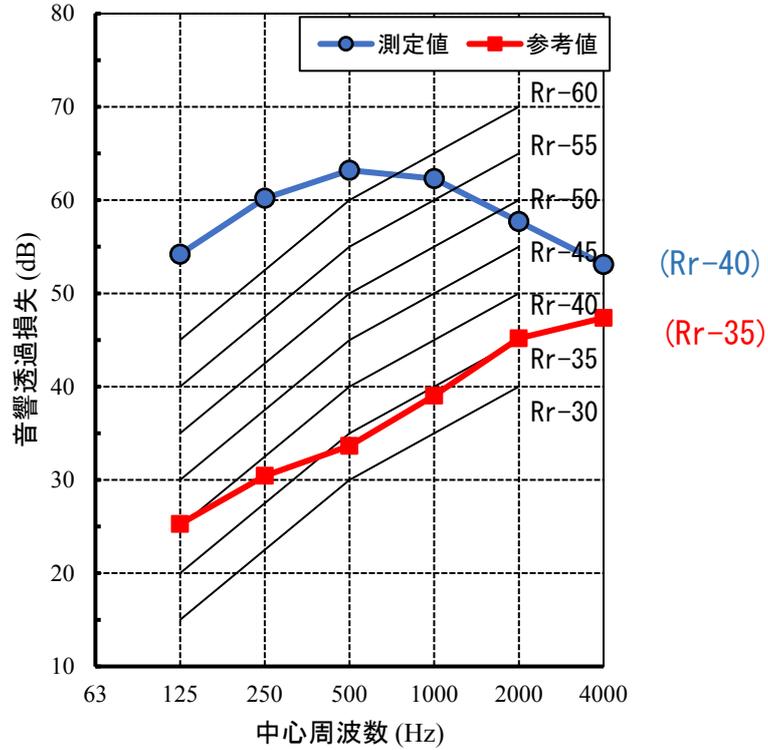


図-5.4 重量床衝撃音レベル測定結果（竣工時）

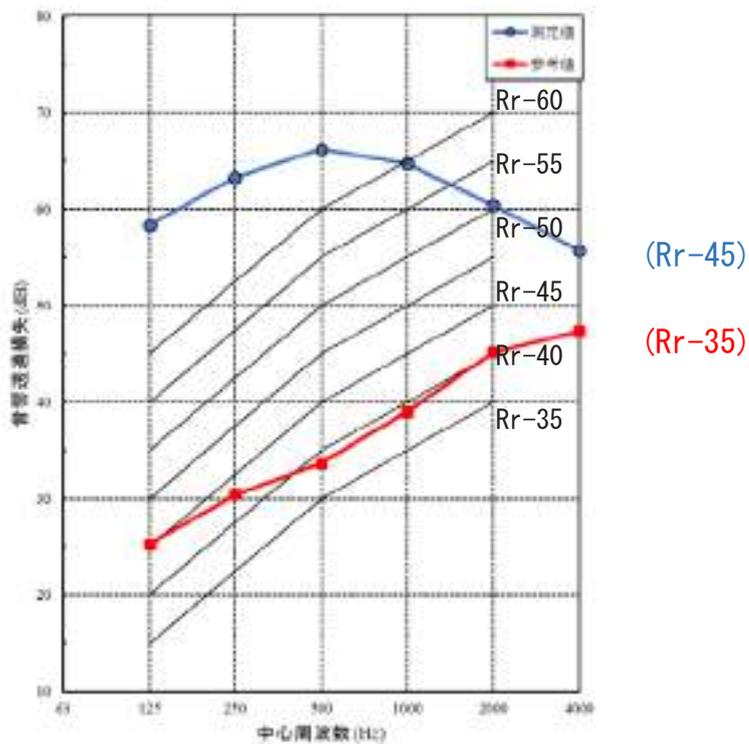
(5).4 空気音遮断性能（音響透過損失）

図-5.5 および図-5.6 に界床の音響透過損失測定結果を示す。同図より、2階床の遮音等級はRr-40、3階床はRr-45と評価される。2階床、3階床ともに、設計目標値のRr-35を満足する結果である。軽量床衝撃音遮断性能と同様に、什器・家具などの設置により、室内の吸音力が高まるため、さらに性能が上昇する可能性が高いと推定される。



受音点/周波数Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000
1	76.1	75.5	84.4	85.7	83.4	78.2	71.3
2	73.8	76.5	81.2	85.6	84.3	78.7	72.4
3	77.3	79.7	83.7	86.6	85.5	79.0	75.3
4							
5							
平均音圧	76.0	77.6	83.3	86.0	84.5	78.7	73.4
音響インテンシティレベルL _I	42.3	38.0	34.6	30.6	25.1	15.1	10.3
音響パワーレベルL _w	58.9	54.5	51.2	47.2	41.6	31.6	26.8
R=L-6-10logL _w	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
音響透過損失R		54.2	60.2	63.2	62.3	57.7	53.1
JIS Z8401丸め数値		54.2	60.2	63.2	62.3	57.7	53.1
測定面P-I指数		4.3	5.5	6.2	5.2	8.6	10.4
測定面音圧		42.3	40.2	36.9	30.3	23.7	20.7

図-5.5 2階床の音響透過損失測定結果（竣工時）



受音点/周波数Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000
1	80.0	81.5	84.1	88.5	85.9	80.6	74.7
2	79.9	81.8	84.9	87.0	86.6	80.5	74.9
3	84.3	82.3	88.8	90.5	87.8	83.0	77.6
4							
5							
平均音圧	81.9	81.8	86.4	88.9	86.8	81.5	75.9
音響インテンシティレベルL	44.4	40.0	34.7	29.8	24.0	16.0	10.1
音響パワーレベルLw	60.9	56.6	51.3	46.3	40.5	32.6	26.7
$R=L-6-10\log Lw$	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
音響透過損失R		58.32	63.32	66.24	64.75	60.37	55.66
JIS Z8401丸め数値		58.3	63.3	66.2	64.7	60.4	55.7
測定面P-I指数		3.0	5.0	5.7	6.0	8.0	9.5
測定面音圧		43.0	39.8	35.4	30.0	24.0	19.6

図-5.6 3階床の音響透過損失測定結果（竣工時）

(5).5 躯体竣工時測定結果と竣工時測定結果の比較

躯体竣工時と竣工時の界床の遮音性能測定結果を比較する。図-5.8は軽量床衝撃音レベルの測定結果である。躯体竣工時は500Hz帯域をピークとする緩やかな山型の周波数特性であったが、竣工後は周波数が高くなるほど軽量床衝撃音レベルが小さくなる周波数特性となっている。これは、床仕上げ材としてのビニール床シートの効果が表れているものと推定される。2階床の竣工時測定結果において、500Hz帯域の軽量床衝撃音レベルが若干上昇しているが、聴感上気になるような種類の音ではなかった。

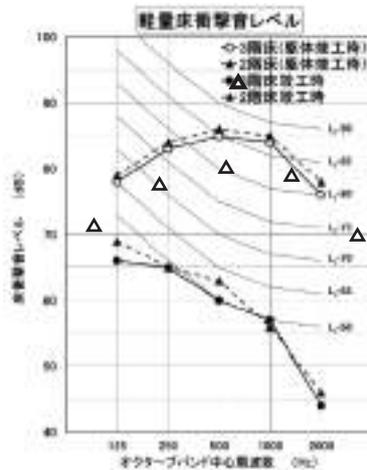


図-5.7 軽量床衝撃音レベル測定結果
(躯体竣工時と竣工時の比較)

図-5.8 に重量床衝撃音レベルの測定結果を躯体竣工時と竣工時で比較して示す。躯体竣工時に比べて、竣工時測定結果は周波数の上昇とともに改善量が大きくなっていることが分かる。これは、2階床に敷設されたALC版、3階床に打設されたモルタルにより床全体の剛性が増したためである。しかしながら、前述したように予測計算ほどの性能の上昇にはなっていない。特に、3階床竣工時の31.5Hzの重量床衝撃音レベルがCLT単体の値とほとんど変化がなかったことは、ALC版同士の接合が緩やかであったため、面としての剛性が予想より上昇しなかったためと思われる。

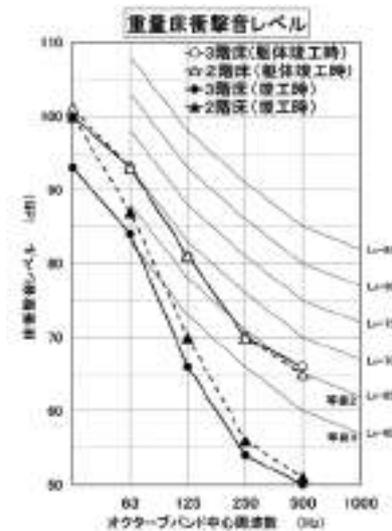
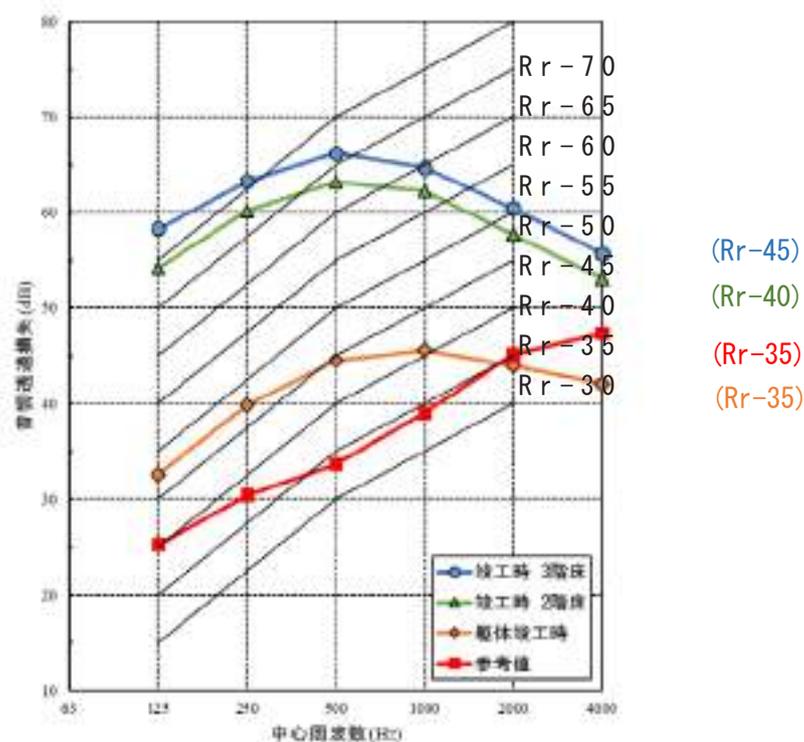


図-5.8 重量床衝撃音レベル測定結果
(躯体竣工時と竣工時の比較)

界床の音響透過損失の測定結果を躯体竣工時と竣工時で比較して図-5.9に示す。本研究では、音響インテンシティ計測により界床の部材性能である音響透過損失を測定した。図に示されるように、竣工時の測定結果は躯体竣工時に比べて全帯域で大幅に向上している。これは外壁、隔壁などの竣工により、上階からの回り込みの音が減少したことによるものである。竣工時の測定結果において、3階床と2階床の測定結果に全帯域で差が見られるのは、3階床測定時に廊下の壁があり、計算上の透過面積と実際の透過面積に差があるためであると思われる。これより、界床の空気音遮断性能としては、Rr-40が性能としては妥当であると考えられる。



周波数(Hz)		63	125	250	500	1000	2000	4000
竣工後	3階床		58.3	63.3	66.2	64.7	60.4	55.7
	2階床		54.2	60.2	63.2	62.3	57.7	53.1
躯体竣工時			32.6	39.9	44.5	45.6	44	42.1
参考値			25.3	30.4	33.6	39.0	45.2	47.4

図-5.9 音響透過損失測定結果（躯体竣工時と竣工時の比較）

表-5.1 設計目標値と測定結果

設計目標値		軽量床衝撃音遮断性能	重量床衝撃音遮断性能	空気音遮断性能
設計目標値		L-60	L-60	Rr-35
躯体竣工時	2階床	L-90[NG]	L-70[NG]	Rr-35[OK]
	3階床	L-90[NG]	L-70[NG]	—
竣工時	2階床	L-65[NG]	L-65[NG]	Rr-40[OK]
	3階床	L-60[OK]	L-60[OK]	Rr-45[OK]

表-5.1 に、設計目標値と測定結果との対応を示す。軽量床衝撃音遮断性能、重量床衝撃音遮断性能のいずれにおいても、2階床は設計目標値を満足できず、3階床は満足する結果となった。空気音遮断性能に関しては、躯体竣工時および竣工時のいずれの測定結果においても、設計目標値を満足する結果であった。

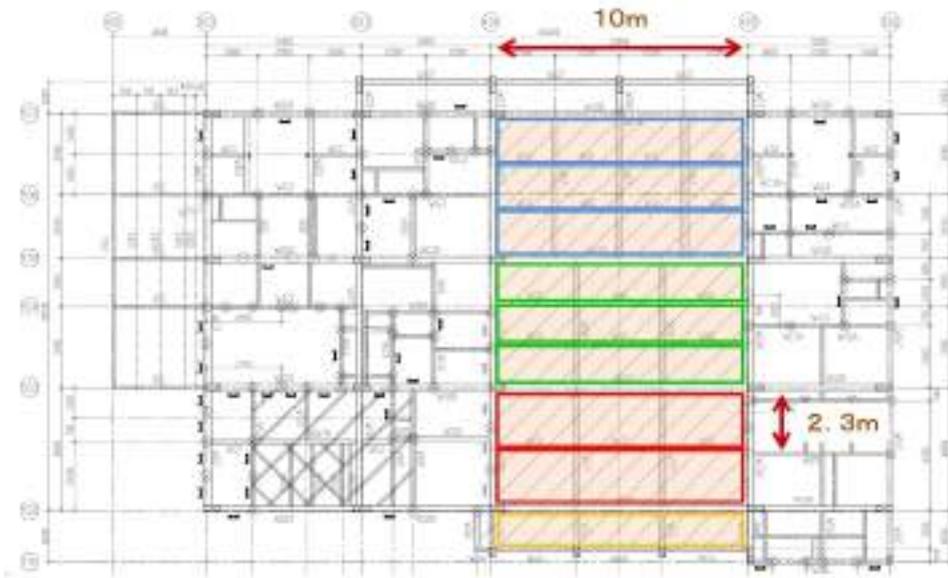
(6) まとめ

本研究を通して明らかとなった今後の課題を以下に示してまとめとする。

- CLT版に、ALC版や現場打設のモルタルなどで複合床版とする場合、床衝撃音を予測するためのデータである駆動点インピーダンスの測定方法を確立する必要がある。具体的には、どの程度の加振力を必要とするか、床版全体の剛性が評価できているかどうかの判定方法などが挙げられる。
- 床衝撃音遮断性能を考えると、CLT版と付加する面材は一体振動する方が有利なのかどうかを早急に解明する必要がある。

II-2 CLTパネル（設計、加工、施工等）の検証

① パネル割付け



2階、3階の床にCLTを設置（大判パネルとして、最大2.3m×10m/枚）
設計時でCLT大判パネルの割付を決定する。構造上の検討及びCLT大判運搬等を検証

② 運搬



建方手順に合わせ、積荷順番を設定する。
CLT1枚毎に台木で置き隙間を設けることにより、現場施工（荷卸し）時にCLTを吊上げが出来るように作業性を考慮する。

③ 施工



運搬トラックから直接 CLT 敷き込み作業を実施する。1フロア（計：CLT 9 枚）の敷き込みは約半日で完了する。

施工のポイント：①CLT を仮置きする仮設を設ける。②CLT と木造躯体とのクリアランスを設ける。③CLT 1 枚に 8 箇所 の $\phi 18$ の孔を設ける（吊上げ用、敷き込み調整用）

CLT 大判パネルの場合、長手方向に反り曲がりの箇所があり、ボルト等で矯正を施す。

④ 比較検証

CLT（床パネル 1 枚当たりの面積：2.3m×10m=23 m ² における比較）				
	【本事業採用】		【比較対象】	
	CLT 床パネル	優位性	構造用合板+下地材	優位性
切断加工	製造メーカーで実施 加工工場でのカット作業無し	○	規格サイズによる 工場や現場にてカット作業あり	×
柱脚の木部の 削孔	あり (施工時、吊上げ用)	△	なし	○
二次部材	無し	○	根太などが必要	×
部材数	大判パネルにより少数 (CLT 2.3m×10m/1 枚)	○	合板、根太などにより多数 (合板 0.9m×1.8m/1 枚)	△
コスト (材工)	310,000 円	△	260,000 円	○
施工日数	0.3 日	○	1.5 日	△
施工性 メリット	・床敷き込みの為、施工時間が 短縮出来る ・運搬トラックから直接 CLT 床パネルを敷き込み作業が可能	○	・レッカーにてスポットに仕分け れば、人力作業にて施工が可能。	△
施工性 デメリット	・大判パネルの為、長手方向の 反りねじれが生じる	○	・現場にて加工がある為、端材が 発生する	△
構造検討	・構造耐力として、採用してい るが、CLT 素材の耐力に十分猶 予がある※1 ・梁ピッチの間隔を大きく儲け ることが可能	○	・大スパンの空間での使用が困難	△

※1：床遮音性能的に CLT サイズを決定

II-3 柱脚金物の検証

① 柱脚金物の概要

中層大断面木造建築の推進をはかるためには、構造用大断面集成材の断面寸法の統一規格化と対応する統一規格化された柱脚金物の開発が重要な課題である。

【従来の柱脚金物は、設計上求められる様々な柱寸法に合わせ、特注製作するのが常態であった。】

本事業では、同一サイズの金物が使用できるセパレート型の柱脚金物を用い、金物の標準化を実証的に検証する。

金物は、形状実現に自由度の高い「 casting 」により製造し、必要最小限の合理的・経済的な形状を実現する。（ casting で製造 ⇒ 溶接工程無し ⇒ 製品完成）



工場取付時



現場施工時

② 比較検証

柱脚金物（柱1本に対する柱脚金物における比較）				
	【本事業採用】		【比較対象】	
	鋳鉄金物※1	優位性	製作金物 (鋼板を溶接する仕様)	優位性
柱 切断加工	あり	○	あり	○
柱 削孔	あり（孔径1種類）	○	あり（孔径多種類）	△
割込み	無し	○	あり	×
品数	1種類	○	多種類	△
コスト	104,000円 量産体制が整うと価格圧縮可能	○	109,000円	△
靱性型	可能	○	不可	△
施工性	・工場地組が可能で、より品質安定が可能	○	・現場にて基礎との取付施工（種類別に配りもあり）等	△
構造検討	・セパレート型タイプの為、柱サイズに問わず対応可能※2 ・実大実験データに基づくため、構造計算の使用が明確	○	・柱サイズにより、金物形状が異なり、その都度の構造計算が必要	△

※1：平成26・27年度 林野庁補助事業「新たな木材需要創出総合プロジェクト」による

※2：240×600柱断面の実験データによる。今後柱サイズの種類を増やす

Ⅲ. 終わりに

Ⅲ-1 今後の課題

木造建築物にCLT床パネルが使用される施設利用下の空間で求められる遮音性能を備えた上で、施工性・コスト面を重視して検討、検証したデータは、今後増大するであろう医療系施設や高齢者施設のモデルとなることを期待する。また、CLTを非耐力壁や階段として使用することも同様である。

従来、医療系や高齢者向け施設は、法規上の制限も多く無機質の冷たい雰囲気施設の環境であった。しかし、患者の施設滞在時間が長く、高いアメニティが求められていたこともある。そのような中、木造で木質系パネルを多用し、木部が表して使用出来る施設づくりは、木が安らぎと安心感をもたらすこれまでにない快適な施設環境を創出できることを期待する。