

スギCLT 床の音響試験



木造の建築設計に求められる地域材によるCLT
(クロス・ラミネイテッド・ティンバー)の品質と仕様
及び部材の仕様、構造モデルの検討と実証試験
平成24年度林野庁「木材利用技術整備等支援事業」

平成25年度3月
日本CLT協会

はじめに

欧州開発され、北米などでも利用が広がっている CLT は、日本でも合板、集成材、LVL に次ぐ、新たな木質材料となる可能性を持つ材料である。日本でも今後、中層・大規模の公共建築物、商業建築物や、住宅、アパート等、大きな建物から小さな建物まで多様な建築物に使われることが期待される。

しかし、日本での CLT についての研究はまだ始まったばかりであり、実用化につなげるためには、基礎データの収集や研究を行っていくことが必要である。

そのため、平成 24 年度の林野庁補助事業のうち「地域材による CLT の品質と仕様および部材の仕様、構造モデルの検討と実証実験」では CLT の規格化を見据えた CLT パネルの基礎的性能の把握のための実験と、実用化を見据えた床の音響と構面性能の実験の 2 つを主として事業を行った。

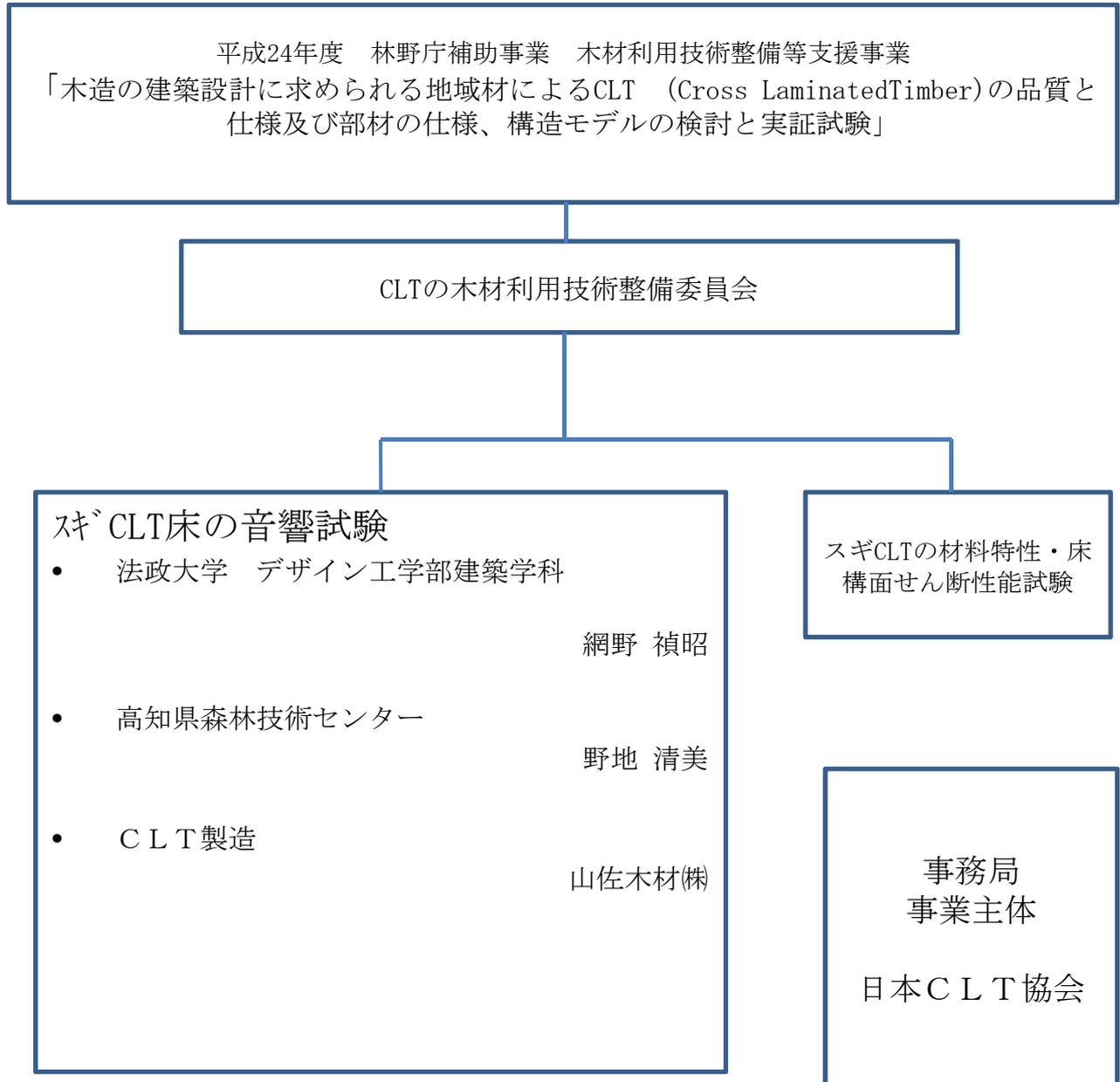
正式な報告書は約 150 ページにわたるが、コンパクトに各実験のポイントをつかめる冊子としてこのダイジェスト版を作成した。多くの方に見ていただき、また、役立てていただきたい。

日本での CLT の実用化に向けて本事業の成果が役立てられるよう、今後とも情報発信を続けていくとともに、引き続き、多くの方々の助言・ご協力をいただければ幸いである。

平成 25 年 3 月

日本 CLT 協会
会長 中島 浩一郎

実施体制



第2編 CLTの実用化（床）の検討（スギ CLT 床の音響試験）

法政大学 デザイン工学部建築学科

網野 禎昭

2. 1 音響予備試験

2. 1. 1 目的

CLT を床構造とした際の階下への衝撃音遮断性能に対する床仕様および天井仕様の影響を実験室での比較試験により検討する。同試験の結果をもとに、後続試験である試作棟に対する音響実大試験の床・天井仕様を特定する。

2. 1. 2 試験方法

1) 試験の概要

JIS 規格にもとづき、3 種類の床衝撃音測定（タッピングマシンによる軽量床衝撃音レベル／バングマシンによる重量床衝撃音レベル／ゴムボールによる重量床衝撃音レベル）を高知県立森林技術センターにおいて行った。

2) 試験体の概要

壁式鉄筋コンクリート造試験装置の上面開口部（内寸法 2700×3600mm）上に図 2-1 の配置方法により CLT 製の床板を敷設した。この CLT 床板の上下面に異なる仕様を施した計 7 種類の試験体（図 2-2）に対し床衝撃音遮断性能試験を実施した。

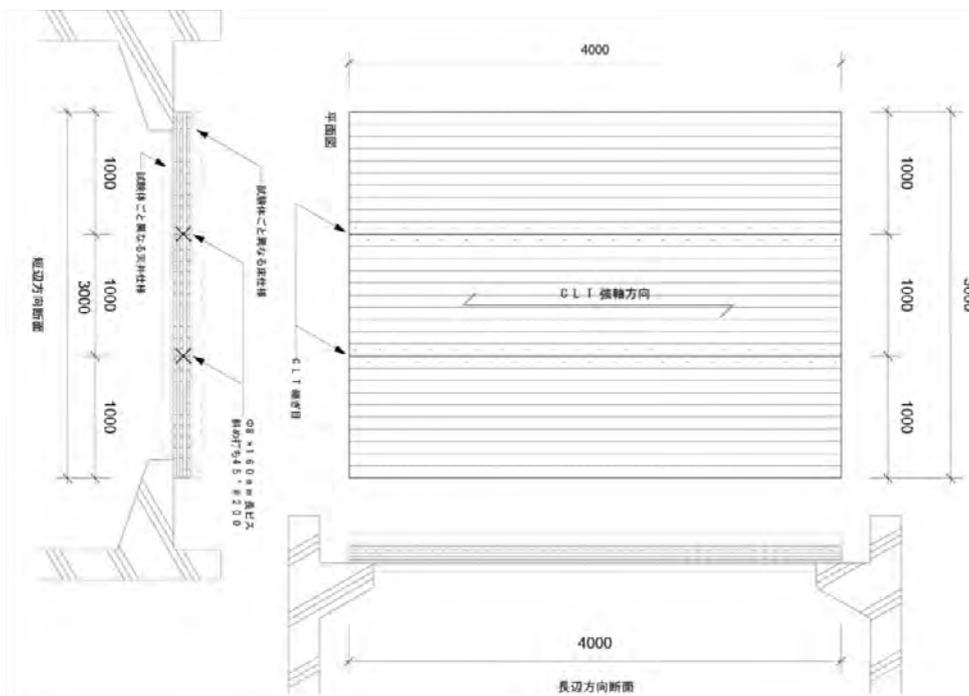


図 2-1 ISO 音響実験装置に対する CLT 床板の配置方法

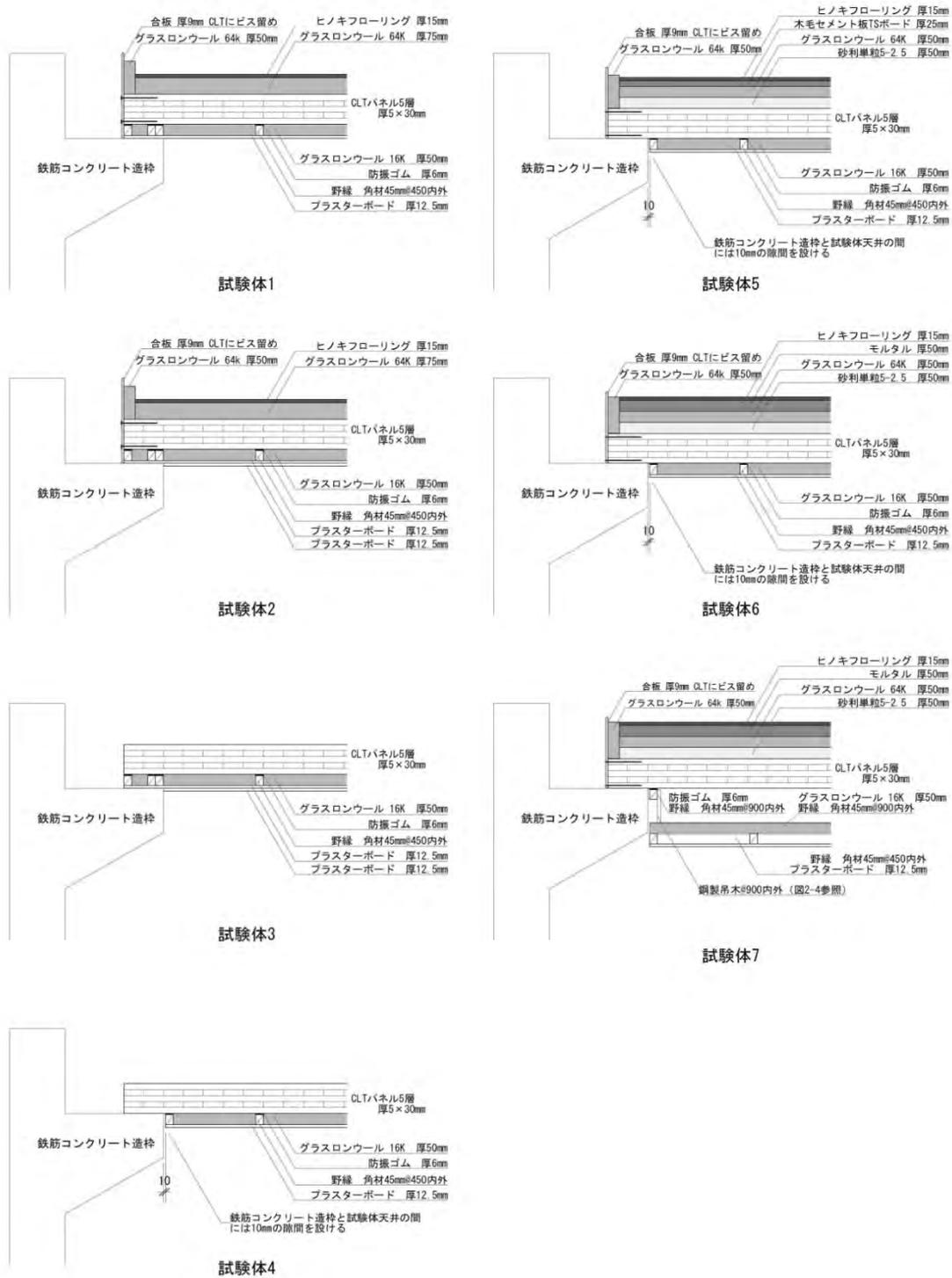


図 2-2 実験室における床衝撃音遮断性能に供した試験体の断面と設置状態

2. 1. 3 試験結果

7種類の試験体のうち、最も良好な値を示した試験体7の測定結果を下表、下図に示す。

表2-1 試験体7の軽量床衝撃音レベル測定試験結果(ツピングマシン)

中心周波数 (Hz)	床衝撃音レベル (dB)	
	1/3 oct.	1/1 oct.
25	—	—
31.5	—	—
40	—	—
50	—	—
63	—	58.9
80	—	—
100	—	—
125	—	54.4
160	—	—
200	—	—
250	—	53.7
315	—	—
400	—	45.2
500	—	—
630	—	—
800	—	—
1000	—	38.1
1250	—	—
1600	—	—
2000	—	35.4
2500	—	—
3150	—	—
4000	—	—
5000	—	—

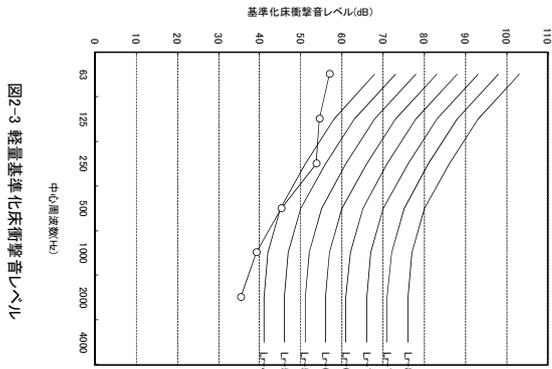


図2-3 軽量基準化床衝撃音レベル

表2-2 試験体7の重量床衝撃音レベル測定試験結果(ハンダマシン)

中心周波数 (Hz)	床衝撃音レベル (dB)	
	1/3 oct.	1/1 oct.
25	—	—
31.5	—	—
40	—	—
50	—	—
63	—	82.0
80	—	—
100	—	—
125	—	62.2
160	—	—
200	—	—
250	—	58.3
315	—	—
400	—	53.1
500	—	—
630	—	—
800	—	—
1000	—	—
1250	—	—
1600	—	—
2000	—	—
2500	—	—
3150	—	—
4000	—	—
5000	—	—

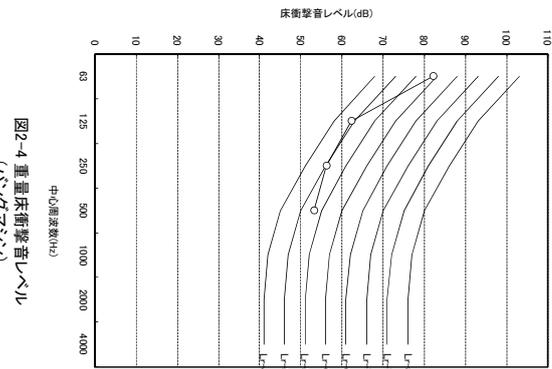


図2-4 重量床衝撃音レベル (ハンダマシン)

表2-3 試験体7の重量床衝撃音レベル測定試験結果(コムボール)

中心周波数 (Hz)	床衝撃音レベル (dB)	
	1/3 oct.	1/1 oct.
25	—	—
31.5	—	—
40	—	—
50	—	—
63	—	72.9
80	—	—
100	—	—
125	—	58.2
160	—	—
200	—	—
250	—	47.6
315	—	—
400	—	—
500	—	40.7
630	—	—
800	—	—
1000	—	—
1250	—	—
1600	—	—
2000	—	—
2500	—	—
3150	—	—
4000	—	—
5000	—	—

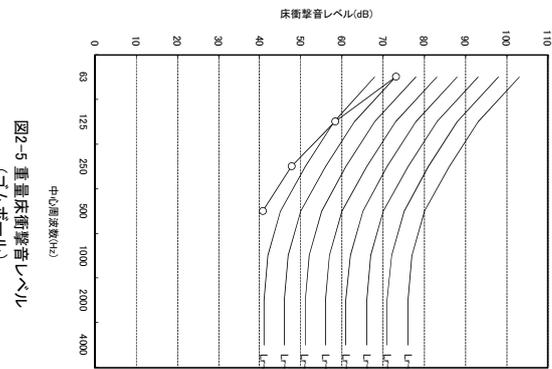


図2-5 重量床衝撃音レベル (コムボール)

2. 1. 4 考察

①乾式床仕様の特性（試験体 1 と試験体 3 の比較）

軽量床衝撃音遮断性能は、性能を決めた周波数 500Hz で平均音圧レベル 81.5dB が 65.1dB まで約 16.4dB 低減してその効果が高いことが認められた。重量衝撃音遮断性能を決定した周波数 63Hz の平均音圧レベルの低減量が、バングマシンで 4.6dB、ゴムボールでは -0.4dB と軽量衝撃音ほどの効果はみられなかった。

②砂の効果（試験体 4 と試験体 5 の比較）

重量床衝撃音遮断性能をみると、性能を決定した周波数 63Hz でバングマシンでは平均音圧レベル 97.6dB が 93.5dB まで約 4.1dB 低下し、ゴムボールでは 89.3dB が 84.8dB まで約 4.5dB 低下して、その効果が認められたが、大幅な改善までには至らなかった。

③モルタルの効果（試験体 5 と試験体 6 の比較）

モルタルの効果を検討した。約 50mm 厚さのモルタルを施工することによって、重量床衝撃音遮断性能を決定する周波数 63Hz の音圧レベルは、衝撃源がバングマシンで 93.5dB から 83.8dB まで約 9dB、ゴムボールで約 11dB 低減し、モルタル施工の効果が高いことが認められた。

④湿式床の特性（試験体 4 と試験体 6 の比較）

軽量床衝撃音遮断性能は、CLT のみの床で遮音等級 L-80 を超えていたが、湿式床では L-55 と大幅に性能が向上した。また、重量床衝撃音遮断性能は、バングマシンで L-75 が L-55 に、ゴムボールでも L-70 が L-50 に低減して、軽量と同様に大幅な改善効果がみられ、質量付加と剛性向上効果が高いことが認められた。

⑤天井効果（試験体 6 と試験体 7 の比較）

一般的に天井部を設置することによって床衝撃音遮断性能の向上が期待できるが、本試験においてもふところのある天井を施工することによって、軽量床衝撃音レベルでは性能を決定した 250Hz で約 7dB 低減し、遮音等級も LL-55 から LL-50 へと 1 ランク向上した。重量床衝撃音レベルでは、性能を決定した 63Hz において、バングマシンでは 1.8dB、ゴムボールでは 2.4dB と、それぞれわずかではあるが低減することができた。これらの性能向上に加えて、配線や配管、エアコンの設置等を考慮すると、天井側に一定高さのふところを設置することが望ましいと考える。

⑥全体評価

集合住宅の居室の隣戸間界床に求められる遮音性能基準（日本建築学会）に照らし、本試験では、最も性能が高かった湿式床（試験体 7）において軽量衝撃源では 2 級を示したが、重量衝撃源では L-60 と 3 級を示していて遮音性能がやや劣る水準であった。これらの結果から、試作棟には、湿式床とふところのある天井仕様を採用し、また比較対照として CLT のみの床仕様もあわせて施工した。

2. 2 音響実大試験

2. 2. 1 目的

先行試験である実験室での衝撃音遮断性能試験において最良の結果を示した床・天井仕様を実大試作棟内に設置し試験し、現実的な状況下での衝撃音遮断性能を明らかにする。また、あわせて室間音圧レベル差の測定も行い、試作棟各部位の遮音性能を評価する。

2. 2. 2 試験方法

1) 試験の概要

JIS 規格に基づき、3 種類の床衝撃音測定（タッピングマシンによる軽量床衝撃音レベル／バングマシンによる重量床衝撃音レベル／ゴムボールによる重量床衝撃音レベル）および室間音圧レベル差の測定を試作棟内部で行った。

試作棟は、集合住宅など世帯の異なる連続した住戸への応用を想定し、界床と界壁によって上下左右に区画される4室を備える建物とした。また、建設にあたっては、内外装ともに現実的に想定し得る仕様とし、遮音性能をより総合的に検討できるものとした。

表 2-4 実験室における床衝撃音遮断性能に供した試験体仕様

	施工法種別	床仕様	天井仕様
試作棟 A棟	湿式	ヒキフローリング [※] (クッション付) 15mm モルタル 50mm ガラスロウール 64K 50mm 砂利 単粒 5-2.5 50mm CLT 135mm	防振ゴム 6mm 野縁 35 角 鋼製防振吊木 ガラスロウール 16K 50mm、 石膏ボード [※] 12.5mm 1 枚貼り
試作棟 B棟	床上無仕上	CLT 135mm のみ	防振ゴム 6mm 野縁 35 角 石膏ボード [※] 12.5mm 1 枚貼り

2) 音源室と受音室の配置

上階下階にそれぞれ 2 室を持つ試作棟の構成を活かし、音源室と受音室を下表のように、上下、斜め、水平に配することで、遮音性能への界壁の影響もあわせて検証した。

表 2-5 床衝撃音レベル測定試験における音源室と受音室の配置

	試験の種別	音源室	受音室
試験 1	床・天井に遮音仕様を施した床に対し 直下室での衝撃音レベル測定	A棟 2階	A棟 1階
試験 2	床上無仕上げの床に対し 直下室での衝撃音レベル測定	B棟 2階	B棟 1階
試験 3	床・天井に遮音仕様を施した床に対し 斜下室での衝撃音レベル測定	A棟 2階	B棟 1階

表 2-6 室間音圧レベル差測定試験における音源室と受音室の配置

	試験の種別	音源室	受音室
試験 4	界壁に対し隣室の音圧レベル差測定	A 棟 2 階	B 棟 2 階
試験 5	床・天井に遮音仕様を施した床に対し直下室での音圧レベル差測定	A 棟 2 階	A 棟 1 階
試験 6	床上無仕上げの床に対し直下室での音圧レベル差測定	B 棟 2 階	B 棟 1 階
試験 7	床・天井に遮音仕様を施した床に対し斜下室での音圧レベル差測定	A 棟 2 階	B 棟 1 階



図 2-6 試作棟の施工状況および床衝撃音レベル測定試験状況

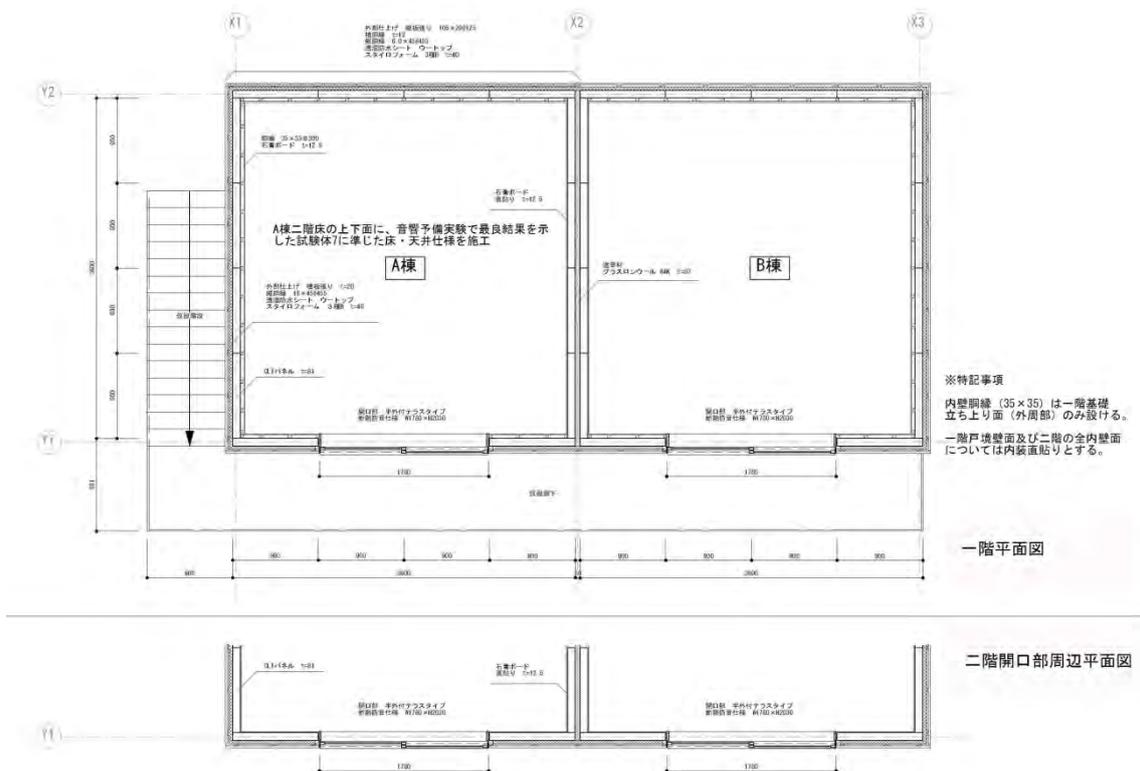


図 2-7 試作棟平面図

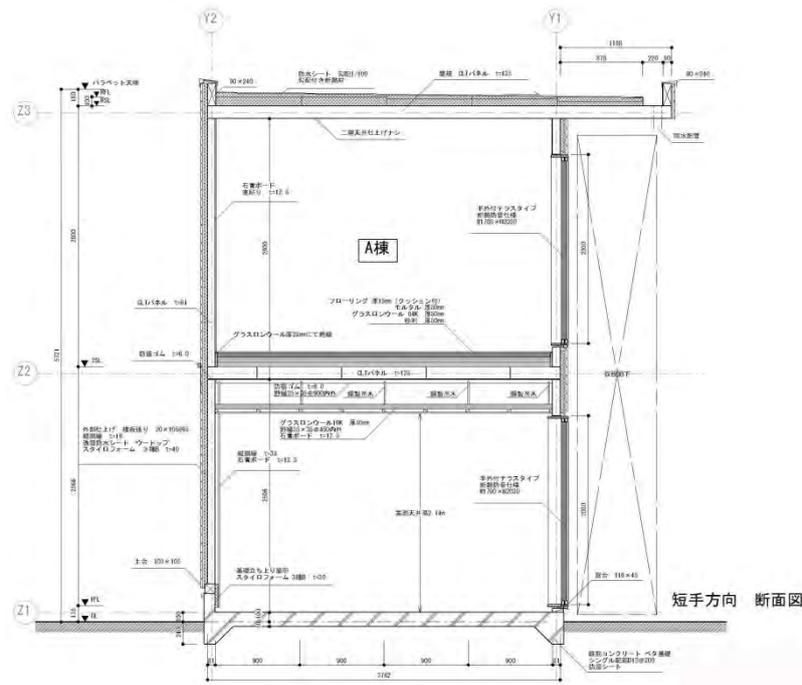
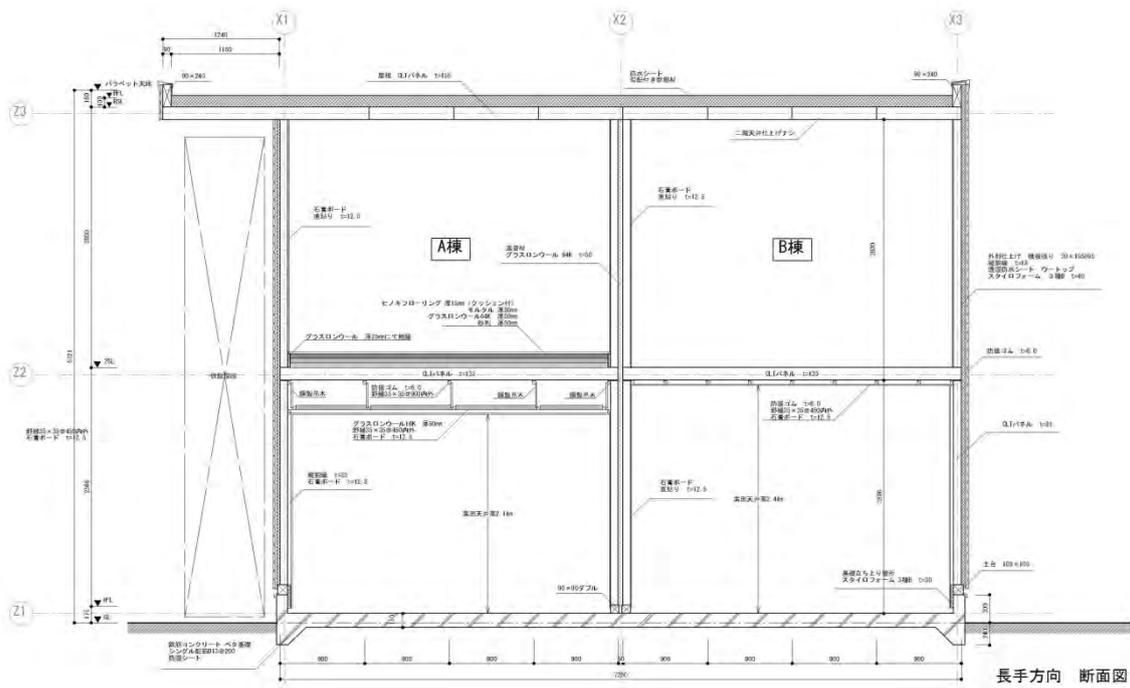


図 2-8 試作棟断面図

2. 2. 3 試験結果

床衝撃音レベル測定試験結果の例として、床・天井に遮音仕様を施した床に対し直下室にて受音した試験 1 の結果を載録する。

室間音圧レベル差測定試験結果の例として、界壁に対し隣室にて受音した試験 4 の結果を載録する。

表2-7 試験1の軽量床衝撃音レベル測定試験結果(クビンダマシン)

中心周波数 (Hz)	床衝撃音レベル (dB)	
	1/3 oct.	1/1 oct.
25	—	—
31.5	—	—
40	—	—
50	—	—
63	—	—
80	—	—
100	—	—
125	—	62.1
160	—	—
200	—	—
250	—	57.1
315	—	—
400	—	—
500	—	50.7
630	—	—
800	—	—
1000	—	41.3
1250	—	—
1600	—	—
2000	—	27.0
2500	—	—
3150	—	—
4000	—	—
5000	—	—

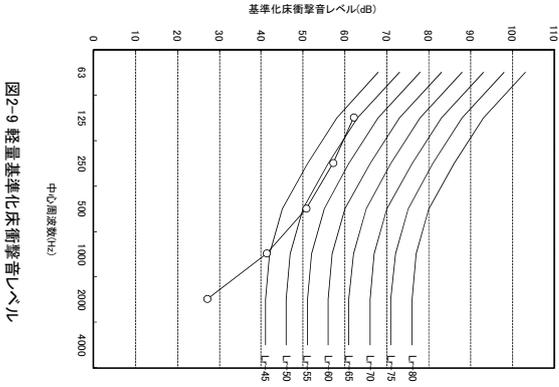


図2-9 軽量基準化床衝撃音レベル

表2-8 試験1の重量床衝撃音レベル測定試験結果(バンダマシン)

中心周波数 (Hz)	床衝撃音レベル (dB)	
	1/3 oct.	1/1 oct.
25	—	—
31.5	—	—
40	—	—
50	—	—
63	—	96.3
80	—	—
100	—	—
125	—	68.2
160	—	—
200	—	—
250	—	51.3
315	—	—
400	—	—
500	—	44.8
630	—	—
800	—	—
1000	—	—
1250	—	—
1600	—	—
2000	—	—
2500	—	—
3150	—	—
4000	—	—
5000	—	—

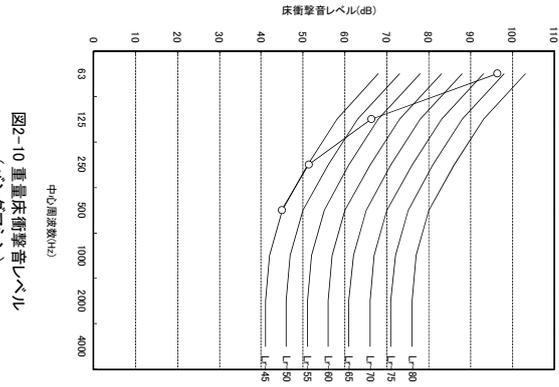


図2-10 重量床衝撃音レベル (バンダマシン)

表2-9 試験1の重量床衝撃音レベル測定試験結果(コムポール)

中心周波数 (Hz)	床衝撃音レベル (dB)	
	1/3 oct.	1/1 oct.
25	—	—
31.5	—	—
40	—	—
50	—	—
63	—	86.5
80	—	—
100	—	—
125	—	66.9
160	—	—
200	—	—
250	—	55.6
315	—	—
400	—	—
500	—	41.3
630	—	—
800	—	—
1000	—	—
1250	—	—
1600	—	—
2000	—	—
2500	—	—
3150	—	—
4000	—	—
5000	—	—

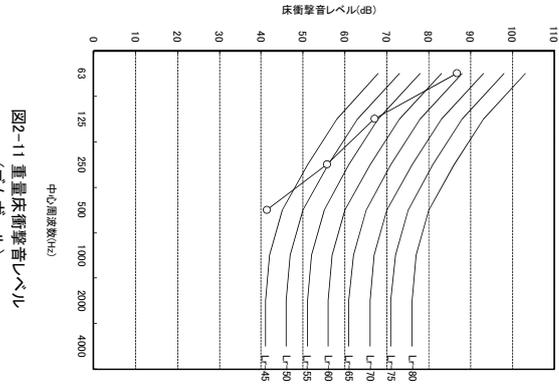


図2-11 重量床衝撃音レベル (コムポール)

表2-10 試験4の室間音圧レベル差測定試験結果

中心周波数 (Hz)	室間音圧レベル差 (dB)	
	1/3 oct.	1/1 oct.
25	—	—
31.5	—	—
40	—	—
50	—	—
63	—	—
80	—	—
100	—	—
125	—	23.7
160	—	—
200	—	—
250	—	29.4
315	—	—
400	—	—
500	—	34.1
630	—	—
800	—	—
1000	—	43.9
1250	—	—
1600	—	—
2000	—	53.5
2500	—	—
3150	—	—
4000	—	—
5000	—	—

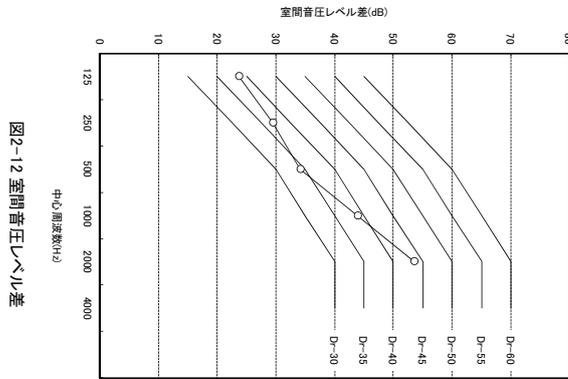


図2-12 室間音圧レベル差

2. 2. 4 考察

1) 試作棟における床衝撃音レベル測定試験

試作棟に施工した、CLT パネルのみの床仕様と、CLT パネルにモルタル等を施工した湿式床仕様について、その性能を評価した結果、以下の点が明らかになった。

①湿式床の性能（試験 1 と試験 2 の比較）

軽量床衝撃音遮断性能は、CLT のみの床では遮音等級 L-80 を超える等級外の性能が、湿式床では L-50 と大幅に改善され、実験室での試験結果とほぼ同様な性能を示していた。全周波数帯域における平均音圧レベルをみると、約 25dB 以上の改善効果が認められ性能を向上させることができた。

重量床衝撃音遮断性能は、バングマシンでは、CLT のみの床で L-80、湿式床で L-75 と 1 ランクしか性能改善がみられなかった。この要因として、実験室での試験で使用した CLT 厚さよりも 15mm 薄い 135mm であったこと、実験室では天井部が開口となっている以外は RC 構造であったが試作棟ではすべて木造で躯体の剛性が異なること、容積が異なっていたこと、開口部からの回り込みや戸境壁からの伝搬が大きかったこと等が挙げられ、それらを改善することによって、性能を向上させることが可能であると考えられる。

②斜め下に位置する居室の性能

上階での床衝撃音が、直下階の居室ではなく、斜め下に位置する居室にどの程度伝搬しているのかを確認するために、参考値として測定した。その結果、軽量床衝撃音遮断性能は L-45、重量床衝撃音遮断性能はバングマシンで L-55、ゴムボールで L-50 となっていて、個体伝搬音はかなり低減することから、上下階の性能をさらに向上させることによって必然的に斜め方向の居室の性能はさらに改善されることが期待できるので、大きな問題は認められなかった。

2) 試作棟における室間音圧レベル差測定試験

CLT パネルのみの床仕様と、CLT パネルにモルタルを施工した湿式床仕様について、その遮音性能を室間音圧レベル差等級 D 値で評価した結果、以下の点が明らかになった。

①壁（試験 4）

試作棟上階の隣戸間界壁の遮音性能 D 値は、D-35 で、日本建築学会に示している集合住宅の適用等級としては 3 等級である D-40 よりも 1 ランク性能が劣る等級外のレベルであった。その要因として、と開口部等からのまわり込みによる性能低下の他、界壁の施工精度の問題が挙げられる。室内面の石膏ボードの目地や上下縁に性能低下の原因となる隙間が多数確認された。適用等級では、標準的な性能として 2 等級である D-45 を示していることから、当面はその等級を目標として改善策を検討することになる。その改善策として施工品質管理はもとより、CLT パネルを厚くしたり、空気層をさらに厚く設定し吸音材を充てんしたり、面密度の異なる石膏ボードを増し張りする等が挙げられ、全周波数帯域で性能向上が期待でき遮音等級が改善されると考える。

②界床(湿式床)の性能（試験 5 と試験 6 の比較）

モルタルと砂を施工した床とふところを設けた天井の組み合わせの界床について、CLT のみの床と性能を比較すると、湿式床が D-40、CLT のみの床が D-35 と、湿式床の方が性能が 1 ランク高く、適用等級 3 等級を示していた。開口部からの回り込みを低減させることによって、さらに性能を向上させることが可能である。

③斜め下階部屋への影響（試験 7）

日本建築学会では斜め下方向の性能基準は示されていないため参考評価となるが、湿式床のある居室と、隣戸の CLT のみの床のある居室直下の下階居室間の音圧レベル差等級は、D-35 と、湿式床直下の居室の性能よりも悪い値を示していた。本来なら、隣戸間界壁の性能よりも音源が遠いことから遮音製としては良くなることが想定されるが、同程度であったことから開口部からの回り込みによる影響が大きいのではないかと考える。

2. 3 今後の課題

安価で入手性が高く、施工も容易な建築材料であるモルタルと砂を敷くことによって床版の剛性や質量を高められ床衝撃音遮断性能を向上させることができた。

一方でこれらの湿式工法は施工の迅速化が難しいという点も指摘される。質量については、より面密度の高い乾式資材を適用することにより容易に高めることが可能である。また、剛性を向上させる手法として、CLT パネルをさらに厚くする方法等、より実用的な方法が考えられるが、今後はそれらの手法の性能評価を実施する必要性がある。

また、界壁の遮音性能について本試験では JIS に規定されている実験室での試験を実施していないが、今後は、界壁の仕様をさらに検討して、実験室でその性能を確認し、一定の性能が確保できるような取組みも必要である。

