

# VII. 特集：木造建築物の音環境性能

## 木造建築音環境に関する事例

### 4階建現し木造集合住宅における床衝撃音遮断性能の検討と実践

#### awaもくよんプロジェクト

内野輝明◎内野設計+鈴木俊男◎淡路技建㈱

「awaもくよんプロジェクト」とは、徳島県営住宅「新浜町団地」の建替えにあたって、2018年の建築基準法改正で初めて実現可能となった、木造現しによる4階建共同住宅を全国に先駆けて実施するものである。2020年に行われたコンペティションによって筆者らの提案が選出され、基本計画、実施設計を経て2022年4月に着工、2023年2月末に竣工した。

写1②に、建物の外観と内観を示す。

### 検討内容と目標

一般的に木造はRC造などと比べ、遮音性能が劣るとされているため、入居者の快適な音環境を最低限担保する必要がある。遮音対策としては、主に隣戸間で生じる空気伝搬音に加え、上下階間で生じる床衝撃音への対策が特に重要である。設計段階から十分な対策を講じておこうと、徳島県立工業技術センターと、木造建築での遮音床の実績をもつ淡路技建の協力を得て検討を重ねた。

目標とする床衝撃音遮断性能は、品確法の床衝撃

音対策等級から等級2相当(ただし、各周波数帯域で2dBまで許容)を選択した。これは、一般的に床衝撃音の評価で用いられるL値に置き換えると、軽量床衝撃音で $L_{i,r,L}-60$ 、重量床衝撃音で $L_{i,Fmax,r,H(1)}-65$ であり、日本建築学会の適用等級では3級(やむを得ない場合に許容される性能水準)に相当する。これらはRC造の集合住宅も含めて定められた等級であり、一般的な木構造でこのレベルを満足するのは困難であると認識されている。

そのため本プロジェクトでは、実施設計段階において試験室での予備試験を行い、上記目標性能を達成するための仕様を検討することとした。

### 予備試験施設

予備試験を行う場合、本来は本物件の設計に近い木構造の躯体に、候補となっている複数の仕様の床組を施工して床衝撃音レベルの比較試験を実施するのが理想的ではあるが、費用および時間の制約からそれは困難であった。



①外観 ※撮影：笹倉洋平



②内観 ※撮影：笹倉洋平

【計画概要】  
 防耐火：75分準耐火構造(現し木造)  
 事業主：徳島県  
 設計：内野・島津・カワグチテイ設計共同体  
 用途：共同住宅  
 構造：(株)長谷川大輔構造計画  
 所在地：徳島県徳島市  
 設備：上久保設計室

構造：木造軸組工法、一部鉄筋コンクリート造  
 規模：地上4階建

そこで今回の予備試験は、徳島県立農林水産総合技術支援センターが有するRC壁式構造の音響測定室(1階内寸：縦3,620×横2,700×高さ3,000mm、容積：29.3m<sup>3</sup>)を代用して行うこととした。試験体は、この施設の2階スラブ中央に設けられた開口部(1,796×1,796mm)に施工した(写3④)。

なお、徳島県立工業技術センターには、同試験室で以前に住宅金融支援機構 $L_{i,Fmax,r,H(1)}-65$ 仕様の床について、床衝撃音レベルを測定した実測値<sup>1)</sup>が残っている。よって、特に重量床衝撃音レベルについては、この実測値と、今回の候補床の測定値を比較し、後者が同等レベル以上の性能を示すことを目標達成の判断材料とした。

図1に2階平面図と加振点の位置、および図2に受音点位置を示す。

### 予備試験に用いた試験体種類

予備試験を行った試験体は表1に示すように①～⑧

までの計8試験体であるが、本稿では試験体①、⑤および⑧の3試験体について述べる。表2に3試験体の天井から乾式二重床までの仕様を、また各試験体の断面図を図3に示す。表2と図3から、①と⑤の差異はALCとモルタルの差、梁スパンの違いおよび根太の有無の差などであり、また⑤と⑧の差異は乾式二重床の有無の差であることがわかる。

なお、本プロジェクトの床構造の上面はモルタルを敷設しているが、その理由は本建物が75分準耐火構造であり、モルタルにより熱吸収性能をもたせて固有

表1 予備試験を行った試験体一覧

試験体番号	名称	備考
①	住宅金融支援機構の $L_{i,r}-65$ 仕様(ALC使用)	$L_{i,r}-65$ が既知の試験体
②	住宅金融支援機構の $L_{i,r}-65$ 仕様(PB使用)	同上
③	合板仕上げ	天井から床構造までの試験体
④	③+PB仕上げ、GB-F 21+21	同上
⑤	④+モルタル仕上げ	同上
⑥	⑤+乾式二重床(パーティ二層)	⑤+乾式二重床を設置した試験体
⑦	⑤+乾式二重床(遮音シート8mm)	⑤+乾式二重床を設置した試験体
⑧	もくよん仕様、⑤+乾式二重床(遮音シート12mm)	⑤+乾式二重床を設置した試験体



③RC壁式構造の音響測定室



④2階スラブの開口部に施工中の床組み

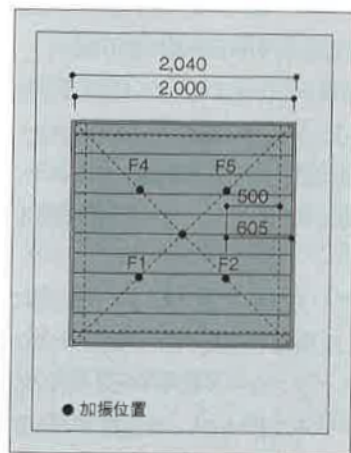


図1 2F平面図と加振位置

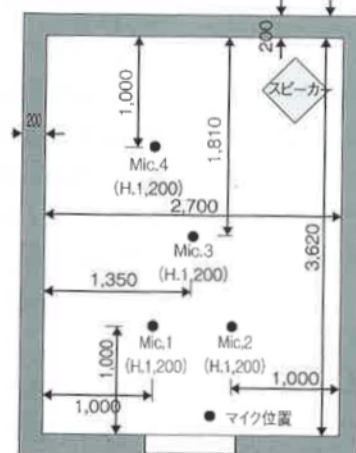


図2 1階平面図と受音点位置

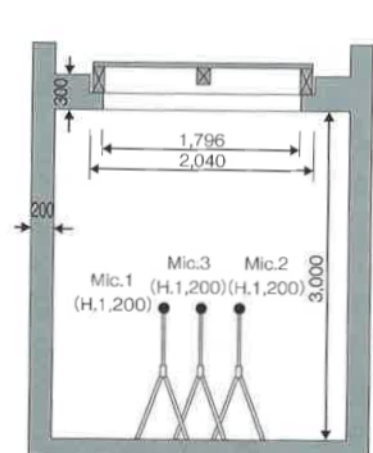


表2 予備試験体(抜粋)の仕様

試験体番号・名称	①住宅金融支援機構L <sub>i</sub> 65仕様		⑤モルタル仕様		⑧もくよん仕様	
	フロアリング	合板	遮音シート	パーティ	グラスウール	乾式二重床
乾式二重床	なし	なし	なし	なし	なし	なし
床構造	緩衝材付き弾性フローリング 12	なし	なし	なし	なし	なし
モルタル	なし	35	なし	なし	なし	なし
PB	なし	GB-F 21+21	なし	なし	なし	なし
ALC	36	なし	なし	なし	なし	なし
床板合板	15	24	なし	なし	なし	なし
根太	45×105@303	なし	なし	なし	なし	なし
梁構造	床梁 105×240@910	105×210@455	105×210@455	105×210@455	105×210@455	105×210@455
天井	天井吊り梁 45×105@910	45×150@455	45×150@455	45×150@455	45×150@455	45×150@455
天井ふところ	498	306	306	306	306	306
グラスウール	24K厚50	24K厚50	24K厚50	24K厚50	24K厚50	24K厚50
天井板	GB-R 12.5+12.5	GB-F 25+21	GB-F 25+21	GB-F 25+21	GB-F 25+21	GB-F 25+21

表3 予備試験結果(L値, L数)

受音室	重量床衝撃音			軽量床衝撃音		
	L値	L数	決定周波数	L値	L数	決定周波数
①住宅LH65仕様	65	66	63Hz	55	54	125Hz
⑤モルタル仕様	65	67	63Hz	65	68	1kHz
⑧もくよん仕様	65	66	63Hz	45	45	250Hz

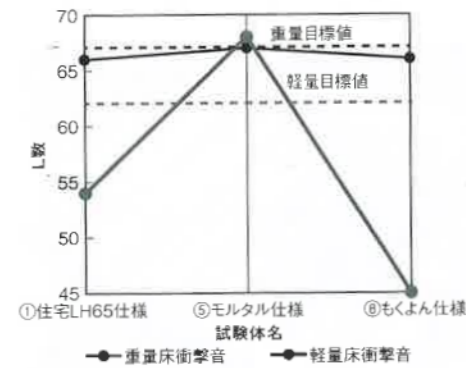


図4 L数の比較

特定避難時間を確保するためであり、遮音性能の向上を意図したのではない。

◎予備試験結果

表3に予備試験結果をL値とL数で示す。また、図4はL数をグラフ化したものである。図5には、重量床衝撃音レベルおよび基準化軽量床衝撃音レベルを示している。

表3および図4から、⑤モルタル仕様の重量L数は、①住宅金融支援機構L<sub>i</sub>,F<sub>max,r,H</sub>(1)-65仕様と比べて、1dB悪化することがわかる。また⑧もくよん仕様は、⑤に対して1dB改善し、結果的に⑧もくよん仕様は①同等の性能となることがわかった。

また、図7から基準化軽量床衝撃音レベルについて

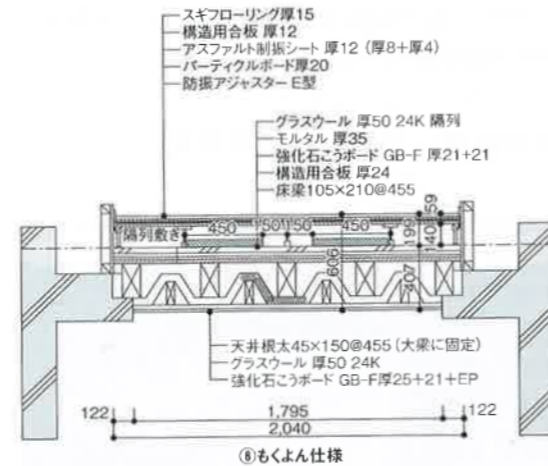
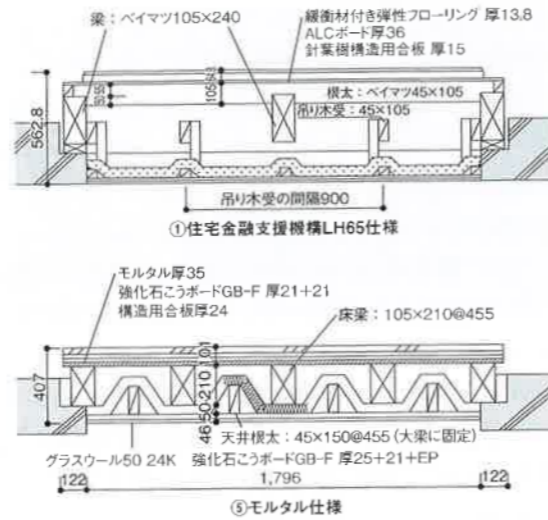


図3 試験体の断面図

のL数は、⑤モルタル仕様の場合、①住宅金融支援機構L<sub>i</sub>,F<sub>max,r,H</sub>(1)-65仕様に対して約20dB悪化しているが、これは①のフローリングが緩衝性弾性フローリングを用いているためであり、⑤に乾式二重床を用いた⑧もくよん仕様の場合のL数は、乾式二重床の効果により、ほぼ①と同様な性能まで改善されている。

以上の予備試験結果から、⑧のもくよん仕様は①住宅金融支援機構L<sub>i</sub>,F<sub>max,r,H</sub>(1)-65仕様と、重量性能・軽量性能とも同等の性能をもつことが確認されたので、本プロジェクトの実建物に対しては、⑧もくよん仕様を使用することとした。

ただ上記性能では、実物件に適用するには性能に余裕がない。さらに床衝撃音遮断性能を改善するため、床内に設置するグラスウールについて、その設置の有無、設置パターンの違いによって性能がどう変化するか追加試験を行って検証した。

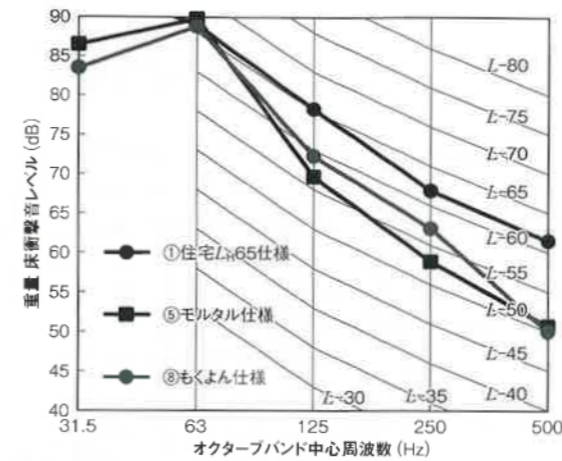


図5 予備試験体の床衝撃音レベル

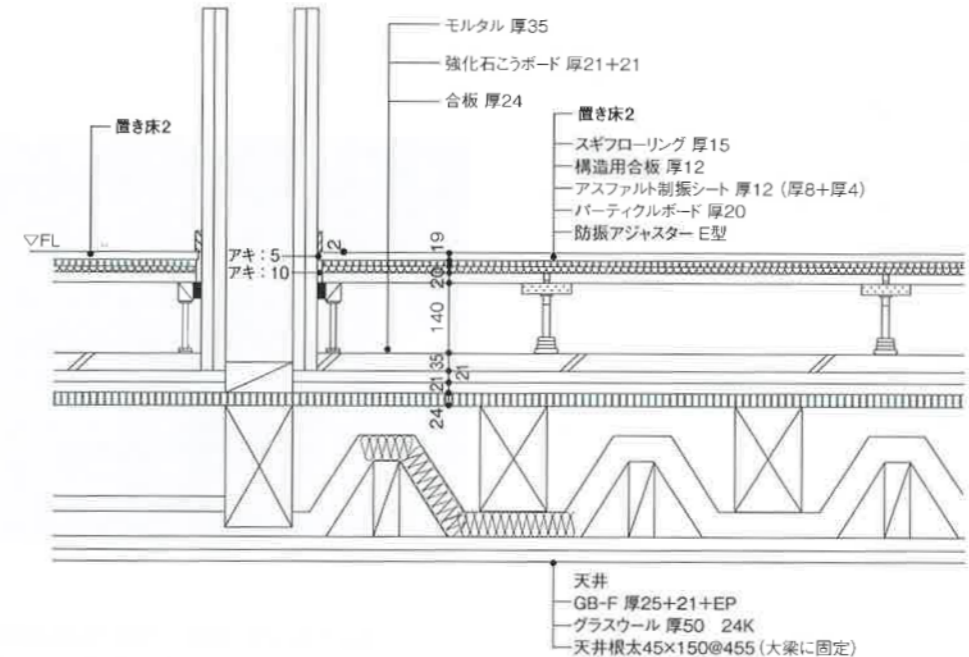
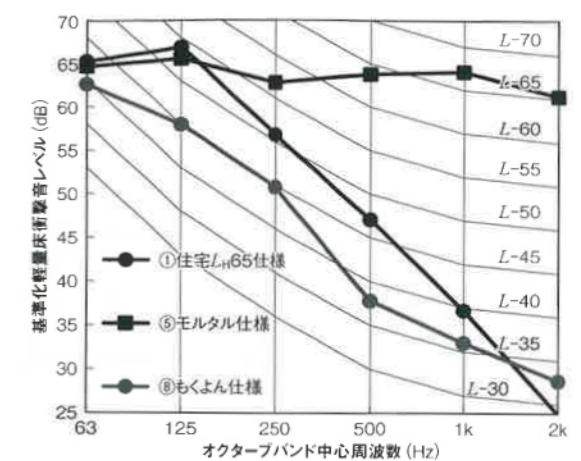


図6 床組み、天井および二重床の断面図S=1:15

さらに、簡易耐火構造とするための条件や、耐荷重の制限などから、最終的に、グラスウールの有無と設置方法で仕様を最終調整することになった。ただ紙面の都合上、これらの内容は別の機会に譲る。

なお、実際の建物で使用された木材の仕様については、燃えしろ設計による現しの主要構造部はカラマツ集成材E105、その他の部分は集材と乾燥期間に余裕をもたせるために徳島県から事前調達された徳島県産スギ・スギ材 E70 SD20 (JAS認定工場 機械等級区分による)とした。

◎本建物の構造概要

構造形式は、床・壁・天井ともに在来工法で、床組み構造、天井および二重床の断面図を図6に示す。

リビングの梁ピッチは@455mm、断面寸法105×210mm、根太なしである。床パネルは厚さ24mmの構造用合板、その上面に耐火被覆材として強化石こうボード厚21×2およびモルタル35mmを敷設している。天井は独立天井で、天井内ふところを260mm確保し、天井内はグラスウール(密度24K)厚50mmを敷き込み、天井材は耐火被覆材として強化石こうボード厚21mm+25mmを張っている。

床構造の上部には乾式二重床を設置、端部は遮音根太システム、床上高さは199mm(床下高さ140mm)である。二重床は、もくよん仕様として、パーティクルボード厚20mmの上にアスファルト制振シート厚12mmと合板厚12mm、さらに仕上材としてフローリング厚

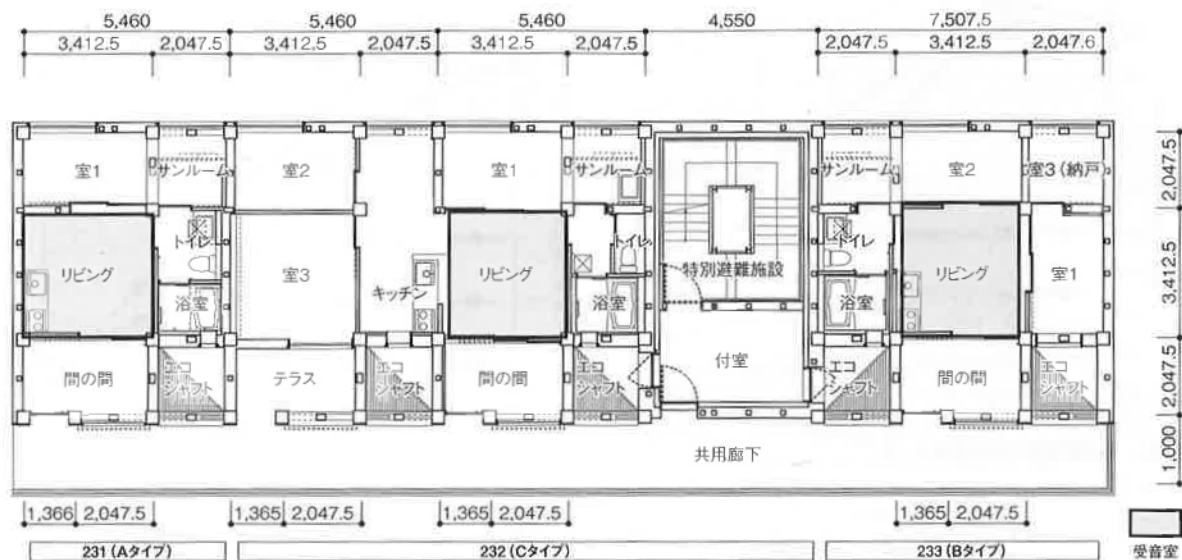


図7 受音室の位置3階平面図 S=1:200

表4 測定室一覧

測定室	音源室		受音室	
	住戸名	タイプ	住戸名	タイプ
1	231	A	221	A
2	241	A	231	A
3	243	B	233	B
4	242	C	232	C

表5 受音室概要

受音室	床梁			受音室面積 (m <sup>2</sup> )	独立天井ふところ (mm)	二重床 (mm)
	断面 (mm)	ピッチ (mm)	スパン (mm)			
①221A-LD	105×210	@455	3412.5	11.6	300	もくよん仕様 フローリング厚12 合板厚12 遮音シート厚12 パーチ厚20
②231A-LD	105×210	@455	3412.5	11.6		
③233B-LD	105×210	@455	3412.5	11.6		
④232C-LD	105×210	@455	3412.5	22.8		



⑤測定中の写真

15mmを貼っており、面密度が66.5kg/m<sup>2</sup>と、かなり重い二重床を採用している。

その理由は、前項の予備試験結果で述べたように、乾式二重床の床下に敷設したモルタルの影響で、本来木造床には高い遮音性能をもっていることが知られている乾式二重床の遮音効果が、大幅に低くなることを確認されたからである。

#### ◎試験した住戸タイプと測定方法

表4に、測定住戸とタイプを示す。測定住戸は3階から2階の1住戸、および4階から3階の3住戸、計4住戸である。測定室数は各住戸ともリビングとし、測定室は計4室とした。図7に受音室の位置を示す。受音室と音源室のプランは同一である。なお、二階の測定室①のプランは、直上の三階にある②と同一となっているので、図では省略した。

また、表5に受音室の室名一覧と受音室面積および上階の床梁の寸法などを示す。リビングの受音室面積は、④232C-LD (22.8m<sup>2</sup>)を除いて各住戸とも同一の11.6m<sup>2</sup>となっており、床梁については、リビングで105×210mmピッチ、@455、スパン3.4mとなっている。

また、床衝撃音遮断性能の測定はJIS A 1418-1および1418-2に準拠して行った。衝撃源はバングマシンとタッピングマシンの2種類を用いた。評価はJIS A 1419-2に準拠して行い、オクターブバンドごとの床衝撃音レベルを算出した。打撃点是对角線上に5点を取り、受音点は下室中の加振点と同じ位置にとった。受音点の高さは、中央点位置を一番低い600mmにとり、渦巻状にかつ300mmごとに高さを徐々に上げるように取った。

現場測定は、2023年2月の竣工時に行った。測定

表6 測定結果一覧

受音室	重量床衝撃音			軽量床衝撃音		
	L値	L数	決定周波数	L値	L数	決定周波数
①221A-LD	65	67	125Hz	60	60	250Hz
②231A-LD	65	67	125Hz	60	58	250Hz
③233B-LD	65	67	125Hz	60	59	250Hz
④232C-LD	70	68	125Hz	55	57	250Hz

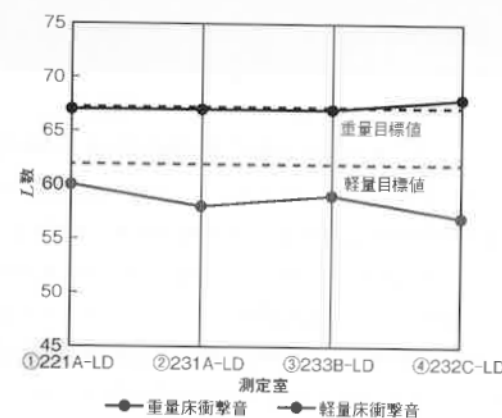


図8 L数の比較

写真を写⑤に示す。

#### ◎測定結果

表6に測定結果一覧(L値, L数)を、図8に各室のL数の比較図を示した。

表6と図8より、重量性能は全4室中3室が $L_{i,Fmax,r,H}(1) \sim 65$ となり、ほぼ目標値をクリアしていることがわかる。

さらに、予備試験結果の図5(a)から、125Hz帯域において、モルタル仕様から乾式二重床を設置してもくよん仕様へ移る場合、L数が2dB悪化していることがわかるが、本物件でも同様に125Hz帯域で悪化していることがわかる。

また軽量性能は目標値 $L_{i,r,L} \sim 60$ をすべての室でクリアしていることがわかる。

また、図9から、各室の床衝撃音レベルは各周波数帯域ともほぼ5dB程度の差に収まっており、本建物は良好な遮音性能を示していることがわかる。

#### おわりに

床上にモルタルを敷設した在来床組構造と乾式二重床構造を組み合わせるにより、重量と軽量の性能とも比較的良好な結果(重量で $L_{i,Fmax,r,H}(1) \sim 65 \sim 70$ 、軽量で $L_{i,r,L} \sim 55 \sim 60$ )を得ることができた。その

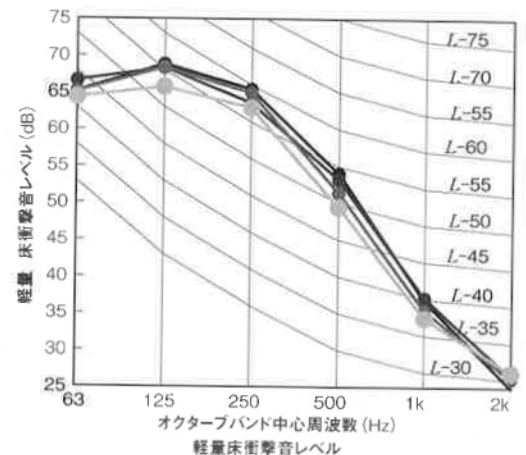
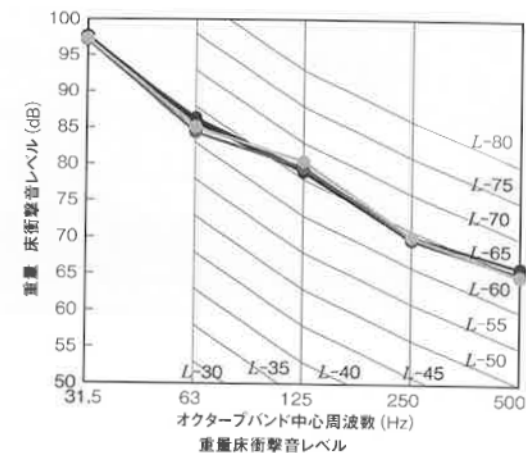


図9 竣工時床衝撃音レベル

理由として、①独立天井を採用したこと、②床梁のピッチが@455と狭く床の剛性が大きかったこと、および③乾式二重床の面密度が大きかったことが考えられる。

また、今回の遮音試験によって、①予備試験で用いた狭小試験体の試験値と実測値とがほぼ同等になったこと、および②湿式モルタルは木造における乾式二重床の遮音効果を低減することがわかった。

今後、さらに高性能でかつ低コストな木造床工法を開発していく予定である。

最後に、今回の遮音計画、予備試験実施および本稿作成に関して、多大なご協力を賜りました徳島県工業技術センターの中岡正典博士に深謝申し上げます。

(うちの てるあき、すずき としお)

#### 【参考文献】

- 1) 中岡正典, 坂田和則, 県産スギを用いた木造住宅における床衝撃音遮断性能の改善, 徳島県立工業技術センター研究報告, Vol. 27, pp.1-10, 2018年