CLT 建築物の遮音設計マニュアル

Cross Laminated Timber



林野庁

2018 年 2 月版
発行：特定非営利活動法人　建築技術支援協会
協力：一般社団法人 日本 CLT 協会

目　　次

１章　まえがき……1

1.1　委員会構成・執筆体制……1

1.2　本書の位置づけ……2

２章　遮音設計の基礎……3

2.1　遮音設計の必要性……3

2.2　騒音の発生源と伝達経路……6

2.3　床衝撃音・透過音と遮音対策の基礎……8

2.4　その他の生活系騒音・遮音対策例……9

３章　遮音性能の測定方法・評価基準……11

3.1　実建物と建築部材の性能・評価……11

3.2　実建物に対する測定方法……13

3.3　床衝撃音遮断性能に関する基準……19

3.4　界壁の空気音遮断性能に関する基準……23

3.5　実験室での測定方法と評価方法……26

４章　CLT を用いた床版の床衝撃音遮断性能……31

4.1　CLT パネル素板の性能……34

4.2　床仕上げ材による遮音対策……37

4.3　天井付加による遮音対策……46

4.4　緩衝材の挿入による遮音効果……49

4.5　床衝撃音遮断性能データ集：実験室での測定結果……50

５章　CLT を用いた壁の空気音遮断性能……59

5.1　CLT パネル素板の性能……61

5.2　CLT パネル間目地の影響……62

5.3　せっこうボード壁ふかし壁による遮音対策……64

5.4　CLT パネル二重壁による遮音対策……66

5.5　大臣認定遮音界壁（片面現し・両面現し）の測定結果……68

5.6　空気音遮断性能データ集：実験室での測定結果……69

６章　既往の CLT 集合住宅等における遮音性能調査……71

6.1　調査にあたって……71

6.2　遮音性能測定方法の概要……72

6.3　試作床構造（実験室）での測定結果（事例 1）……73

6.4　試作実験棟での測定結果（事例 2）……75

6.5　集合住宅「おおとよ製材社員寮」での測定結果（事例 3）……78
6.6　集合住宅「勝山共同住宅」での測定結果（事例 4）……83
6.7　集合住宅「真庭市営春日住宅」での測定結果（事例 5）……89
6.8　医院併設戸建住宅「神奈川県内K整骨院」での測定結果（事例 6）……93
6.9　集合住宅「鹿児島県内集合住宅」での測定結果（事例 7）……96
6.10 集合住宅「福島県内共同住宅」での測定結果（事例 8）……98
6.11 まとめ……100

7章　施工上の留意点と建物参考仕様例……104
7.1　設備配管部……104
7.2　せっこうボードの施工、仕上げ、継目処理……106
7.3　二重床施工における注意点……108
7.4　建物の参考仕様例……111

付録
Ⅰ　遮音に関する基礎用語・基礎知識……117
Ⅱ　緩衝材の効果に関する床衝撃音実験結果……118
Ⅲ　遮音建材および CLT の製造業者……124
Ⅳ　CLT 遮音性能に関連する文献リスト……125

1章　まえがき

我が国は､森林面積が国土面積の約3分の2に相当し､豊富な森林資源を有する世界でも有数の森林国であり、その大切な資源を有効に活用することで循環型社会構築が可能であるといわれています。2010年には「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」が施行され利用促進がはかられてきました。その流れを受けて、大量に木材使用できる材料として新しい木質部材であるCLTが注目を集めることとなりました。

CLTとはCross Laminated Timberの略称で、ひき板（ラミナ）を並べた後、繊維方向が直交するように積層接着した木質系材料で、厚みのある大きな板であり、建築の構造材の他、土木用材、家具などにも使用されています。特に木材特有の断熱性と面材特有の壁式構造の特性をいかして戸建て住宅の他、中層建築物の共同住宅、高齢者福祉施設の居住部分、ホテルの客室などに用いられる材料です。欧州や北米では、既にCLTを使った高層建築が建てられるなど、CLTの利用は近年になり各国で急速な伸びを見せています。CLTは構造躯体として建物を支えると共に、断熱性や遮炎性、遮熱性、遮音性などの複合的な効果が期待できるとされています。国内では2013年に日本農林規格の制定がされ、2016年には国土交通省、林野庁による「CLT普及に向けたロードマップ」が策定されました。2016年には建築基準法関連告示が改正・新設され、急速に使用環境が整備されてきていますが、CLTを用いた建築物の設計、施工例はまだまだ少なく、特に設計する上でのマニュアル整備が急がれています。

一般的にCLTに限らず木造一般建築物は、設計自由度が高く断熱性に優れており、さまざまな良い点があります。一方遮音性能に関しては、重量衝撃音の測定結果がRC造に比べ劣っていることが知られており、設計する上で配慮することが望ましいと考えられます。CLT建築物の遮音設計マニュアル（以下、「本書」）は、CLT建築物の遮音設計について、実験室での性能試験、実棟での性能試験よりまとめたものです。設計者がCLT建築物の遮音設計をする上での資料として広く活用されることを期待します。

1.1　委員会構成・執筆体制・協力機関

(1) CLT建築物遮音性能調査・研究委員会　委員名簿

委員長	田中　学	一般財団法人 日本建築総合試験所
主　査	河野　友弘	大和ハウス工業株式会社
委　員	宮田　達史	永大産業株式会社
	並木　博一	ジャパン建材株式会社
	守時　秀明	住友林業株式会社　筑波研究所
	河合　誠	一般社団法人日本CLT協会
	吉原　憲一	双日建材株式会社
	森　則理	大建工業株式会社
	森本　知宏	銘建工業株式会社
	島崎　潤悦	株式会社吉野石膏DDセンター
	鶴澤　恒雄	株式会社吉野石膏DDセンター
	江川　隼太	株式会社レオパレス21
協力委員	平光　厚雄	国土交通省国土技術政策総合研究所
	木戸　準治	株式会社ティアラ 一級建築士事務所
	北洞　武志	日本乾式遮音二重床工業会
	笠井　祐輔	一般財団法人 日本建築総合試験所
事務局	小藤　捷吾	特定非営利活動法人 建築技術支援協会
	加納　英範	特定非営利活動法人 建築技術支援協会
事務局協力	正木　祥子	一般社団法人 日本CLT協会

(2) CLT 建築物遮音性能調査・研究　遮音マニュアル作業部会　委員名簿

主　査	田中　学	一般財団法人 日本建築総合試験所
幹　事	河野　友弘	大和ハウス工業株式会社
委　員	守時　秀明	住友林業株式会社　筑波研究所
	森　　則理	大建工業株式会社
	河合　誠	一般社団法人日本 CLT 協会
	森本　知宏	銘建工業株式会社
	島崎　潤悦	株式会社吉野石膏 DD センター
	鶴澤　恒雄	株式会社吉野石膏 DD センター
	江川　隼太	株式会社レオパレス 21
協力委員	平光　厚雄	国土交通省国土技術政策総合研究所
	笠井　祐輔	一般財団法人 日本建築総合試験所
	木戸　準治	株式会社ティアラ 一級建築士事務所
	北洞　武志	日本乾式遮音二重床工業会
事務局	小藤　捷吾	特定非営利活動法人 建築技術支援協会
	加納　英範	特定非営利活動法人 建築技術支援協会
事務局協力	正木　祥子	一般社団法人 日本 CLT 協会

1.2　本書の位置づけ

本書は、主に CLT パネル工法における床衝撃音遮断性能および界壁の空気音遮断性能の把握および対策を検討したもので、その性能を保証するものではありません。

2 章　遮音設計の基礎

2.1　遮音設計の必要性と目的

(1) 遮音設計の必要性

建築物の用途によって遮音設計の内容が変わることがありますが、共同住宅では隣戸からの話し声や上階からの足音が伝わることで、居住者が不快に感じたりします。また、これらの音に関連してトラブルとなるケースも見受けられます。事務所や店舗等の建築物でも、利用方法によっては遮音性能への配慮を望まれるため、建築物の設計者、施工者は音を伝えにくくするための工夫を講じる必要性があります。

住宅は、同一家族内であっても生活スタイルの違い、プライバシーの観点など、その騒音により不満が蓄積され家庭内トラブルが発生する場合もあり、特に設計者はプラン段階から配慮をおこない、費用対効果を考慮した遮音設計が必要です。快適性、安全性を重視するために過剰な設計をすると付加費用が大きくなり建物コストにも大きく影響するため、バランスを考えた設計をすることが望まれます。

(2) 基準・法的規制等

音に関する基準は、遮音性能に関する基準と騒音源に関する基準があります。遮音性能に関する基準として、建築基準法、日本住宅性能表示基準、日本建築学会基準等があります。日本建築学会では、遮音性能基準と設計指針を示しており、法的拘束力はないものの、法令その他の根拠になっている意味では重要な役割をもちます。建物の用途によって性能基準を設け、設計時の参考として用いられています。

騒音源に関する法律として「騒音規制法」があります。工場および事業所における事業活動並びに建設工事に伴って発生する騒音について必要な規制を行うとともに自動車騒音等に対して許容限度を定めています。

その他の騒音に係る環境上の条件については、生活環境を保全し、人の健康を保護する上で維持されることが望ましい環境基準を定めたものです。航空機、新幹線などにもそれぞれ騒音に係る基準が設けられています。

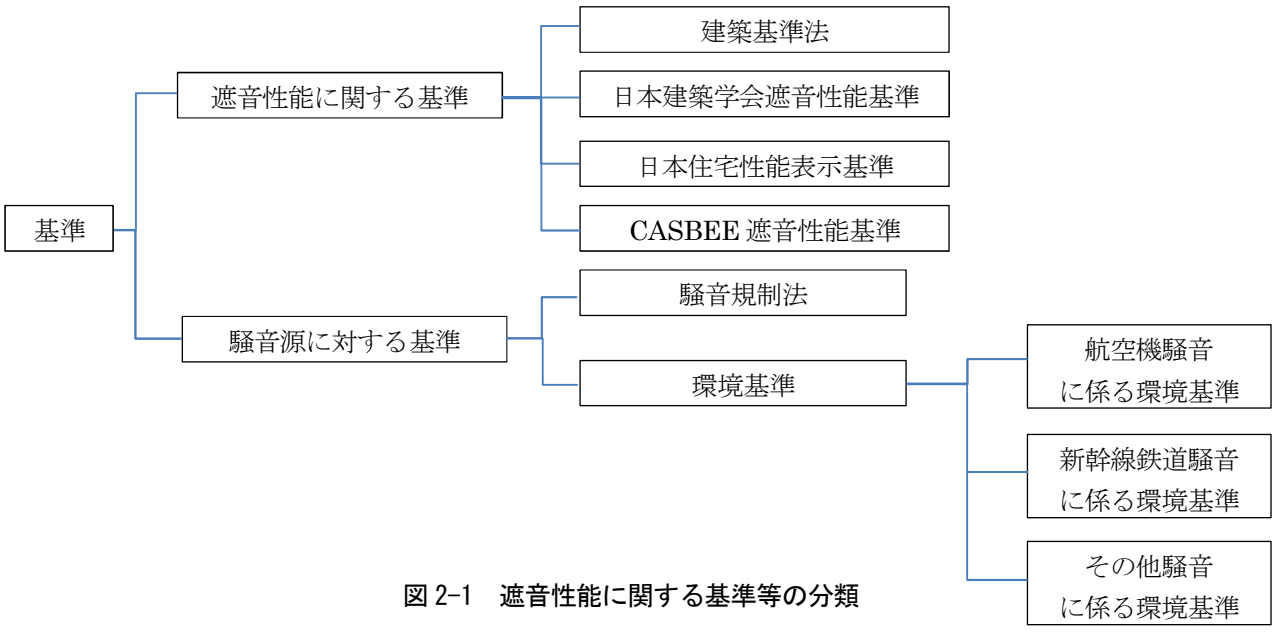


図 2-1　遮音性能に関する基準等の分類

(3) CLT 建築物での遮音設計の考え方

①　CLT 建築物の遮音性能について

一般的に、木造建築物は RC 造や鉄骨造と比較して躯体が軽いという構造的メリットや、工期が短いという施工的メリットがあります。また、構造躯体である木を現しで見せるという意匠提案も可能です。

一方で、建物重量が小さいため遮音性能（特に床衝撃音）が問題になりやすいという側面もあります。これまでの木造建築物は戸建住宅を中心とした小規模な建物が多く、床衝撃音に対する要求性能は比較的

低いものでしたが、今後は建物用途が広がる事で床衝撃音対策の重要度が高まるケースが増えると思われます。

CLT の床版は、一般的な木造建築物と比較して重量が大きいため、木造建築物としては遮音性能が高いメリットがあると考えられます。しかしながら、RC スラブと比較するとやはり床重量は小さく、特に床重量の影響が大きい重量床衝撃音の対策は難しいです。

② 建物用途に応じた提案とプランニングの工夫

CLT 建築物は躯体が比較的軽量であるため、特に床衝撃音の対策は簡単ではありません。しかしながら、単純に性能を落として CLT 建築物の品質を下げるのではなく、生活マナーを守る事を前提としながらも、建物用途に応じた提案やプランニングの工夫が求められます。

・集合住宅、宿泊施設 等

居住用途の建物では、静寂性の求められる室に対する基本的な配慮が求められます。例えば寝室の上に発生音の大きい居室や廊下を設置しないなどです。そのため上下階の間取りを可能な限り一致させるなどのプランニングの工夫が重要です。





写真 2-1　集合住宅の例

・事務所

事務所は、業務時間帯は比較的暗騒音が高いため騒音が気になりにくい可能性はあります。しかし、静寂性が求められる応接室・会議室などの直上は、人の動きが多い空間を避けるなどの配慮が求められます。

一方で、小規模な自社ビルの場合は、高コストにつながるような高い性能が必要でないケースもあります。都度判断をして過剰な設計を避ける事が求められます。

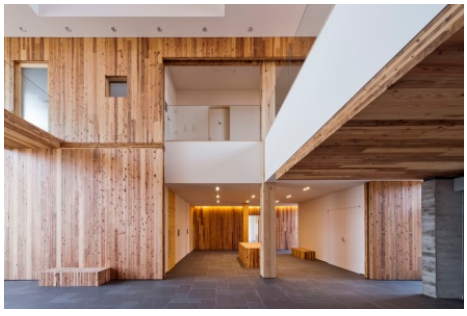



写真 2-2　事務所の例

・店舗

店舗には様々な用途がありますが、一般的な物販店や飲食店では BGM や会話などで比較的暗騒音が高いケースが多いと想定されます。ただし、上質さや静けさを求められる場合には遮音性能の高い床の提案が求められます。店舗の種類に応じて求められる静けさのレベルを想定することが重要となります。




写真 2-3　店舗の例

・教育施設（小中学校・幼稚園・保育園 等）

小中学校では教室内の静寂性も重要ですが、校長室、応接室、職員室、会議室などは特に静寂性が求められるため上階に教室等を配置しない提案が求められます。また、保育園では昼寝の時間があるため、年齢の違いによる昼寝の時間差等を考慮して部屋を配置する配慮が求められます。




写真 2-4　校舎の例

③　木造らしさを活かした提案

構造躯体を意匠として見せる事（現し）ができるのが木造の良さの一つです。中でも大版パネルとして面で見せる提案が可能であるという点が CLT 建築物のメリットです。CLT 建築物では CLT 関連告示に基づいた燃えしろ設計を行う事で、準耐火性能が求められる場合でも現しの提案が可能となっています。しかしながら躯体を見せることにより遮音性能が低下する場合があるため、遮音性能の要求レベルを見極めた上での提案が求められます。日本 CLT 協会では CLT パネルを現しにした界壁の大臣認定を取得しているので差別化となる提案が可能です。

④　遮音性能以外の要求性能

木造で計画する場合、意匠性を重視して床材をはじめとした内装材に木材を採用するケースが増える傾向があります。その結果、通常の計画よりも吸音性能（2.2 (5)に記す）が低く、事務所の執務空間や会議室などでの会話のしやすさ、聞き取りやすさに影響が出る可能性があります。

吸音性能は、これまでの住宅を中心とした小規模な木造建築物では重視されませんでしたが、建物用途が広がる今後は対策が求められる場合もあると考えられます。

2.2　騒音の発生源と伝達経路

(1) 騒音の発生源

生活している上で聞こえる音は、気持ちよい「音」と不快な「音」があります。特に不快と感じる音については、「騒音」と呼ばれることがあります。「騒音」は、さまざまな騒音源から発せられた音が、空気や固体を通じて伝わり人間の耳に聞こえてきます。騒音の発生源としては、次のようなものがあります。

表 2-1　騒音の種類と発生源の例

屋外、屋内	騒音種類		発生源の例
屋外	交通騒音		自動車、鉄道、飛行機
	工場騒音		機械プレス、送風機、工場、事業場の騒音
	建設作業音		くい打機など建設機械
	家電騒音		エアコン室外機、給湯器、温水器
屋内	生活騒音 家電騒音	上下階間 （共同住宅）	話し声、子供の飛び跳ねる音、楽器、テレビ、音楽 浴室シャワー音
		隣戸間 （共同住宅）	話し声、楽器、テレビ、音楽、浴室シャワー音
		同一住戸 （戸建住宅）	話し声、子供の飛び跳ねる音、楽器、テレビ、音楽 冷蔵庫、食洗機
	設備騒音		排水音、給水ウォーターハンマー、換気扇

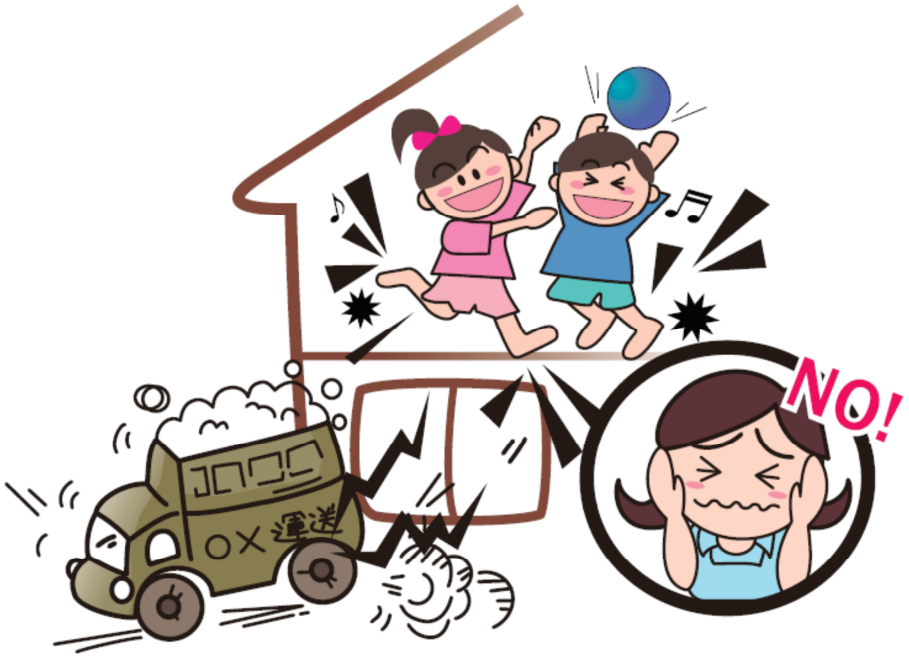


図 2-2　騒音発生源の例

(2) 固体伝搬音

固体伝搬音（固体音）は、ある外力が建物に加わった時に発生する振動が、躯体中を伝搬して床・壁から放射される音のことです。例えば上下階の場合、上階で飛び跳ねるなどにより発生した振動が建物の CLT パネル、内装材などといった固体を伝搬して下階等に振動が伝わり聞こえる音のことです。音が伝わるスピードが速く、減衰しにくく、固体を通して垂直方向と水平方向にも伝わる特徴をもちます。

(3) 空気伝搬音

空気伝搬音（空気音）は、空気によって伝搬される音のことです。屋外に騒音源があって、外壁や窓を通過して伝わる音のことで、音源からの距離が離れるほど音のレベルは弱くなります。屋内の例では、隣の部屋の話し声やテレビの音は空気伝搬音になります。壁が薄い場合や軽い材料でつくられた場合には音が透過しやすく、逆に厚くて比較的重たい CLT パネルのような壁の場合には透過しにくくなります。

(4) 廻り込み音

音は、空気中を伝わる振動で物にぶつかると入射や反射をし、廻り込んだり拡散したりします。例えば、階段室、吹抜けから音が伝わり聞こえること、ユニットバスや床スラブ等から音が廻り込む事を廻り込み音と言います。壁を通して直接伝わるよりも、一度隣の窓から外に漏れた音が再び自宅の窓から聞こえてくる側路伝搬の影響が大きくなります。

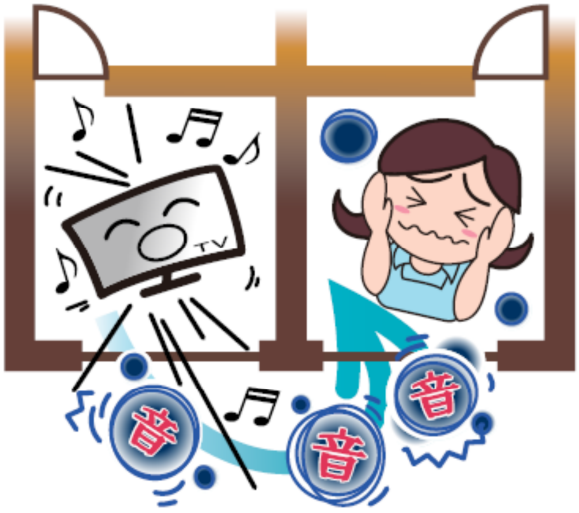


図 2-3　廻り込み音

(5) 吸音

吸音とは、音波のエネルギーが他の形のエネルギーに転換される現象のことで、遮音の一部としての吸音と室内反射音の吸収とがあります。壁に音が当たった時に、反射する音と壁を通り抜ける音があります。この際に壁が音を吸収し熱エネルギーに変わります。吸音に用いられる材料としては、一般的に多孔質吸音材のグラスウールやロックウールが使われています。吸音材の厚さが厚くなるほど吸音率は大きくなりますが、一定以上の厚さになると吸音率が頭打ちになります。また、表面の通気性が損なわれると高音域の吸音率が低下します。

吸音材のかさ比重が高いほど低音域の吸音率は大きくなりますが、一定以上大きくなると頭打ちになり、差はなくなります。また背後空気層が大きいほど、低音域まで吸音率は高くなりますが、薄い多孔質吸音材でも背後空気層を大きくすると低音域まで広い周波数帯域の吸音効果があります。

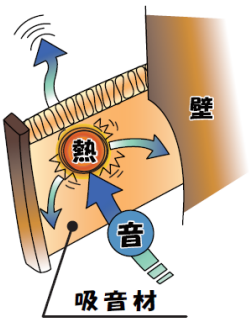


図 2-4　吸音

2.3　床衝撃音・透過音と遮音対策の基礎

(1) 固体伝搬音対策

床衝撃音を抑える対策として、一般的には床の質量を増加することが挙げられます。例えば、遮音用マットを敷き込むなどの設計配慮をすることで、上階で発生する振動を低減することができます。また床構面の剛性を上げることでも遮音性能の向上が期待されます。

スギの CLT パネルの比重は約 0.4 程度です。床構面で使用する場合、一般的な厚さ 210mm の素板であれば、重量床衝撃音遮断性能は、実験室での測定では Lr-65～69 程度です。

共同住宅の場合は、衝撃緩和を目的に二重床にすることが考えられます。二重床上に質量アップを見込むため遮音用マットを敷き込むと更に効果が期待できます。

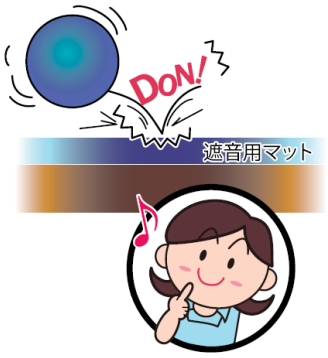


図 2-5　床衝撃音と遮音対策

(2) 空気伝搬音の対策

空気伝搬音の対策としては、遮音と吸音の効果により低減させます。遮音としては、床、壁、天井の重量を上げることで性能を上げることができます。また、扉の隙間などを埋めるなどして音漏れを低減する配慮が必要です。吸音としては、壁を二重にして内部に吸音材を入れると効果的です。

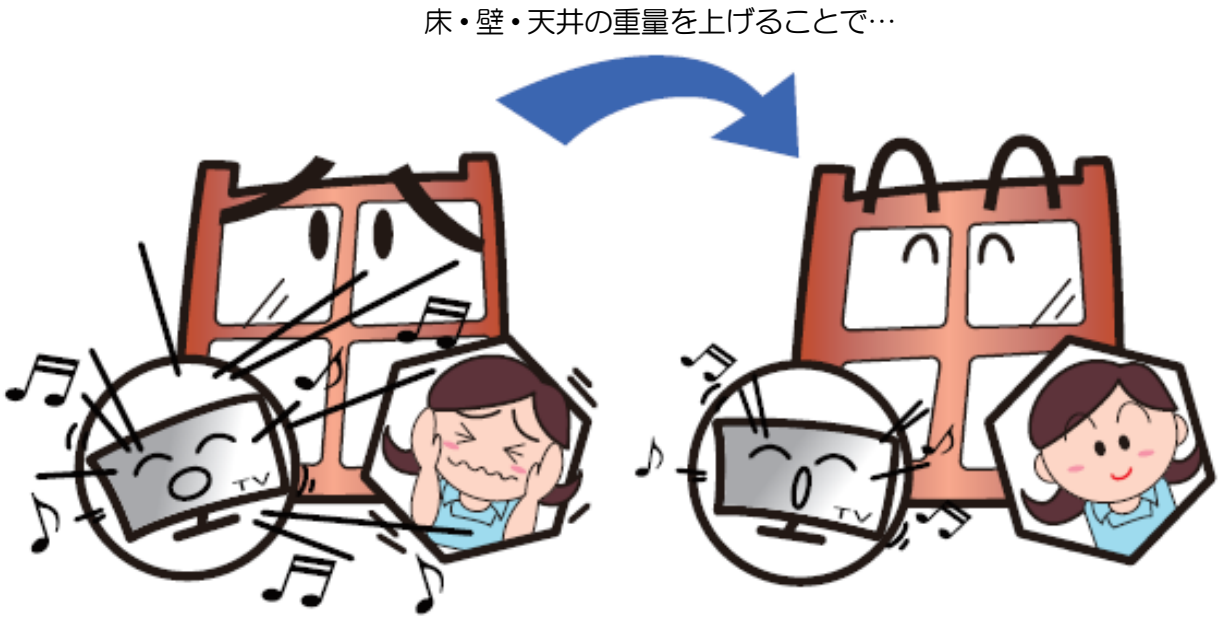


図 2-6　空気伝搬音の対策

2.4　その他の生活系騒音・遮音対策例

(1) 同一住戸内の給排水設備騒音遮音対策

トイレの騒音として、「洗浄・排水音」「小便行為音」等がありますが、これらの騒音は小さくても聞こえると不快であると感じることが多くあり、また使用する側も気を遣います。このような騒音には、以下の対策が考えられます。

①　プランニング

居室の近くにトイレを配置せず、廊下を挟むなどなるべく居室から遠い位置に配置します。

②　ドアの隙間対策

現在の住宅は 24 時間換気システムの設置が義務化されており、その多くは居室に設置した給気口から外気を取り入れ、洗面やトイレに設置した排気ファンから屋外に排気する仕組みです。そのため、屋内の換気経路にある扉には、空気の流れを阻害しないような隙間が設けられています。トイレの騒音もこの隙間を通じて漏れるため、まずはこの隙間をできるだけ少なくすることが必要です。換気に必要な通気量を確保するためには扉と床面に 10 ㎜程度の隙間が必要であり、これより小さい隙間の場合は、トイレのみ局所換気とするなど、換気設計に配慮が求められます。

③　トイレのドアを遮音性の高いドアにする

遮音性を高めたドアは一般的に「防音ドア」の名称で呼ばれています。防音ドアは、閉めた時に扉と枠、床面の間の隙間が少なくなるように工夫されたものです。本格的な防音室用から生活音対策用まで必要な性能に応じて選択できます。ただし換気経路の扉としては使用できないので、トイレのみ局所換気とするなどの対策が必要です。

④　居室のドアを遮音性の高いドアにする

トイレに近接した居室に防音ドアを使用します。この場合は居室単位で 24 時間換気を行う必要があります。



扉を閉じた状態（パッキン出）



扉を開けた状態（パッキン引）

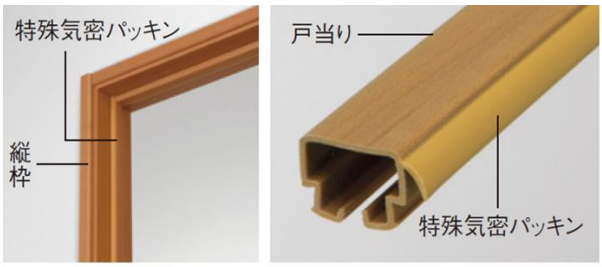


図 2-7　遮音に配慮したドアの例

(2) 扉の開閉音対策

扉の開閉音はその部屋だけなく、固体伝搬音として建物内に伝わるため、扉が枠に当たるときの衝撃を緩和するなどの対策が有効です。

① 開き戸の対策

・枠の戸当り部分にパッキン等を貼り付ける（扉の開閉に不具合がないことを確認すること）
・ドアクローザーやダンパーを使用する
・閉め忘れたドアが風などで急に閉まらないようにドアストッパーで扉を固定する　等

② 引き戸の対策

・枠の扉が当たる部分にパッキン等を貼り付ける（扉の開閉に不具合がないことを確認すること）
・扉下部の戸車がスムーズに走行するよう、レールの清掃をこまめに行う　等

引き戸については、閉まる直前に扉のスピードを落としてゆっくり閉まるような機能を付与したものや、床面のレール上を扉が動くのではなく、上から扉を吊って開閉する上吊り引き戸など、いずれも開閉による固体音対策として有効です。

(例)ドアストッパー



ドアを止めてレバーハンドルが壁に当たるのを防ぎます。
ドアをロックすることもできます。

(例)ダンパー



扉を閉める動作をサポートし、閉め忘れや、パタンと閉まる音を軽減します。

(例)戸当りパッキン

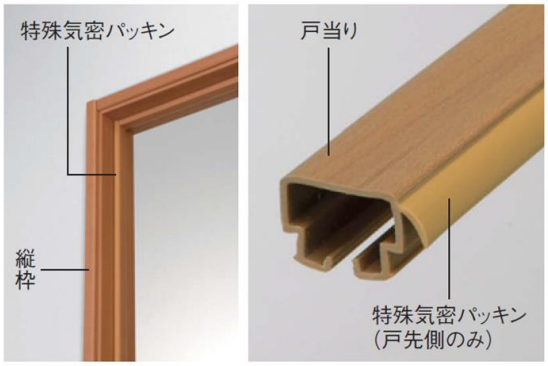
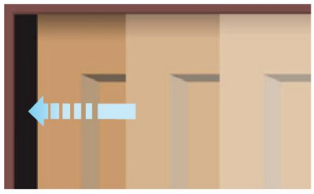


図 2-8　開き戸の開閉音対策例

(例)スピード調整機能

引き戸を閉める直前にゆっくりと扉を引きこみ、きっちりと扉を閉めるので、開けっ放しになることを防ぎます。戸先側と戸尻側に装備しているので、扉を開けるときと閉めるときの両方に作動します。



戸先側（引手を付けた側）

図 2-9　引き戸、吊り戸の開閉音対策例

本章（2 章）写真撮影・提供および資料提供

P.5　FROG PHOTO　／　Sho 建築設計事務所　／　高橋岳志建築設計事務所
P.9　大建工業(株)
P.10　大建工業(株)

3 章　遮音性能の測定方法・評価基準

3.1　実建物と建築部材の性能・評価

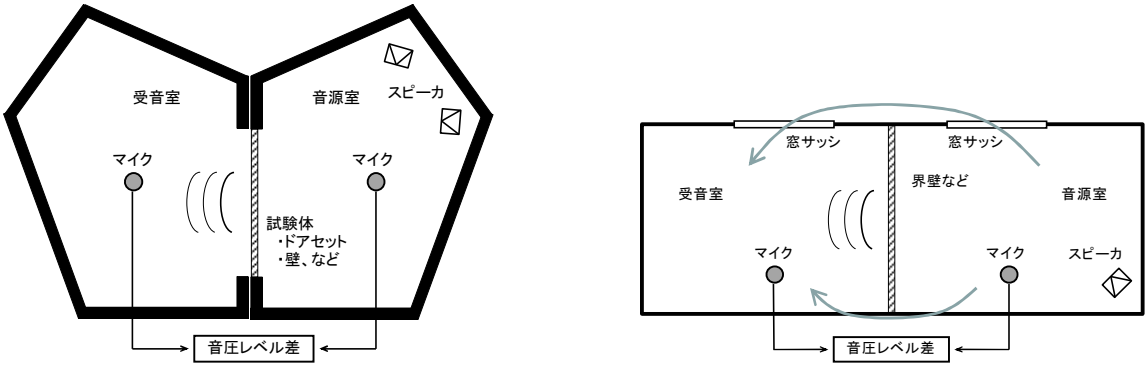
建築分野での遮音性能の測定方法・評価方法を大きく分けると、実験室での測定・評価と実建物（現場）での測定・評価に分類されます。測定や評価に際しての諸条件や位置付けも異なるため、それらの異同を充分に理解した上で測定、評価を行い、また結果を解釈することが重要といえます。

一例として、空気音遮断性能に関する実験室と実建物（現場）での遮音測定の模式図を図 3-1 に示します。

実験室における遮音測定では、2 つの隣接した残響室とその開口部が使用されます。残響室は音を乱反射させるように不整形（平面的には 5 角形など）の形状をした特殊な実験室であり、廻り込み音が少ないように厚い RC 壁で構成されています。評価対象となる試験体は界壁、間仕切壁、ドアセット、サッシなどであり、両残響室間の開口部に設置されます。試験体の大きさは標準的なサイズとされることが多く、受音空間も標準化された条件で測定が行われます。基本的に試験体以外からの音の伝搬は無視できる程度に抑制されており、試験体部分を透過し放射される音を測定対象とします。また、各試験機関の実験室間での差異を少なくするために、受音室側の吸音力（音を吸収する程度）に応じた補正値なども加えられて、測定結果は音響透過損失（Sound Transmission Loss）として算出されます。

一方、実建物（現場）における遮音測定では、例えば界壁を測定対象とする場合であっても、界壁を透過し伝搬する音だけを評価することは通常困難であり、界壁以外の部位を伝搬する音（例えば窓サッシを迂回する音や、外壁部分で固体伝搬する音）の影響も少なからず含まれます。また、実験室測定とは異なり、測定対象部位の大きさは様々であり、受音室の大きさや吸音状態も様々ですが、受音室の吸音特性による補正値を加えることも一般的には行われず、測定結果は室間音圧レベル差（Sound Pressure Level Difference）として提示されます。

このように、実験室では主として対象とする建築部材の「部材性能」を測定し評価するのに対して、現場における測定ではその空間全体の諸要因を含んだ「空間性能」を測定し評価する、といえます。



(1) 実験室における遮音測定の模式図　　(2) 実建物（現場）における遮音測定の模式図

図 3-1　実験室と実建物との遮音測定状況の差異

また、各建材の製造から建物の竣工に至る工程の中で遮音試験の位置付けを考えると、図 3-2 のように表されます。実験室での遮音試験は、一般的には建材の製造者が試作段階で性能を評価するために行い、量産後の定期的な品質管理として行われることもあります。従って、実験室での遮音試験は基本的に製造者の品質管理の範疇で行われるものであるといえます。

一方、現場での遮音測定の多くは建物施工途中や建物竣工時の検査として行われます。また、施主の入居後に行われることもあります。こうした現場での遮音測定が関わるのは、製造者のみならず施工者（さらには入居者まで関わることもあります）による品質管理も経た結果としての建物空間であり、図 3-2 の各段階のものが性能への影響要因として含まれることを理解することが重要です。

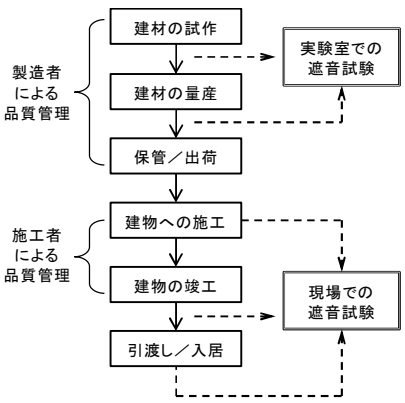


図 3-2 実験室と実現場での遮音試験

集合住宅の遮音性能に係る主な基準等としては、建築基準法、日本建築学会遮音性能基準、住宅性能表示制度（日本住宅性能表示基準）があります。また、それぞれの基準類においては、規定されている遮音性能の部位、およびその性能項目が異なります。これらの関係を表 3-1 に示します。

表 3-1　集合住宅の遮音性能に係る各種の法的基準および学会基準の比較

	上下階界床の 床衝撃音遮断性能	隣戸間界壁の 空気音遮断性能	外壁開口部の 空気音遮断性能
建築基準法	（規定なし）	界壁の音響透過損失 【部材性能】	（規定なし）
日本建築学会遮音性能基準	床衝撃音レベル 【空間性能】	室間音圧レベル差 【空間性能】	（規定なし）
住宅性能表示制度 （日本住宅性能表示基準）	床衝撃音対策 【空間性能】	界壁の音響透過損失 【部材性能】	音響透過損失 【部材性能】

(1) 建築基準法

建築物の遮音性能に関する法的な規制としては、共同住宅等の界壁に関する建築基準法の規定が唯一です。同法の第 30 条（長屋または共同住宅の各戸の界壁）および施行令第 22 条の 3（遮音性能に関する技術的基準）において、界壁の遮音性能の下限値が音響透過損失（部材性能）として定められています。その他の、上下階界床の床衝撃音や、外壁開口部の空気音遮断性能などの遮音性能項目に関しては、法的な規制は見られません。

(2) 日本建築学会遮音性能基準

日本建築学会では、「建築物の遮音性能基準と設計指針」において、遮音性能指針を出してきており、法的拘束力はないものの、法令その他の根拠になっている意味では、重要な役割をもっています。指針としては、建物の用途によって基準を設け、設計時に参考として用いられています。

表 3-2 に示すように特級～3 級の 4 段階の適用等級があり、各性能項目に応じて遮音性能水準に対応する適用等級が定められています。同基準の中では、上下階界床の床衝撃音レベル（空間性能）や隣戸間界壁の音響透過損失（空間性能）が規定されていますが、外壁開口部の空気音遮断性能については規定されていません。

表 3-2　日本建築学会遮音性能基準における適用等級の意味

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	遮音性能上やや劣る	やむを得ない場合に許容される性能水準

(3) 日本住宅性能表示基準（住宅性能表示制度）

住宅の品質確保の促進等に関する法律（品確法）に基づく住宅性能表示制度では、住宅の性能に関して表示すべき事項と表示方法が「日本住宅性能表示基準」として定められています。同制度および同基準に基づく性能表示を利用するか否かは住宅供給者または取得者の選択に委ねられており、法的義務のない任意の制度です。

日本住宅性能表示基準の中では、上下階界床の床衝撃音レベル（空間性能）、隣戸間界壁の音響透過損失（部材性能）、および外壁開口部の空気音遮断性能（部材性能）が規定されています。

また、その他の遮音性能の基準として、CASBEE（建築物総合環境性能評価システム）があります。CASBEE は、建築物の環境性能を総合的に評価し格付けする手法として、（一財）建築環境・省エネルギー機構（略称：IBEC）が提案しているシステムです。評価の用途に関して数種類の評価システムが作成されており、集合住宅の住戸部分の評価用としては「CASBEE・住戸ユニット（新築）」が提案されています。

3.2　実建物に対する測定方法

3.1 節でも述べたように、実建物（現場）と実験室での遮音測定では、測定状況や方法、評価基準などが変わります。本節では実建物における測定方法について述べます。

3.2.1　床衝撃音遮断性能

床衝撃音の測定は、上階の床面に衝撃を加え、床を通じて下階の居室に伝わる音の大きさを測定し、音の大きさにより床の床衝撃音遮断性能を評価する。測定の概要を図 3-3 に示します。

床衝撃音遮断性能を評価する際は通常、衝撃に伴い床面、床構造で発生する振動音（固体音）を評価の対象とし、衝撃時に上階の床面で発生する衝突音が迂回して下階に伝わる音は対象に含めません。

床衝撃音とは床面に物がぶつかった時など衝撃に伴い下階へ伝わる音のことを言い、床の遮音性能の評価では、以下の軽量床衝撃音と重量床衝撃音に分けて、それぞれ測定と評価が行われます。

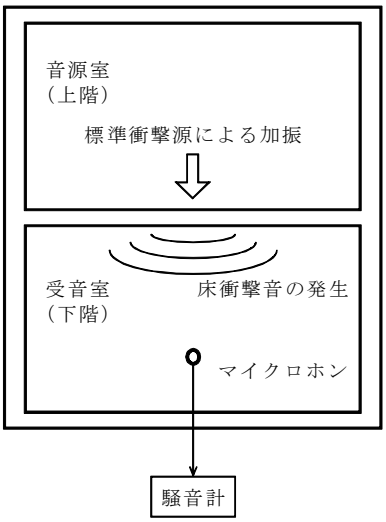


図 3-3 床衝撃音測定時の概要

(1) 軽量床衝撃音遮断性能の測定方法

測定方法は JIS A 1418-1:2000「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、同規格に規定されている軽量衝撃源（タッピングマシン）を使用します。タッピングマシンで測定対象の床を加振した時の加振点毎の受音室における室内平均音圧レベル（対象とする室内における空間的および時間的なエネルギー平均値）L_k を求めます。

$$L_k = 10\log\left(\frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m} 10^{L_j/10}\right)$$

ここで、L_j は j 番目の受音点における音圧レベルの測定値を、m は受音点の数（通常は 5 点）を示します。

さらに、上式で求まった加振点毎の室内平均音圧レベルを加振点 5 点について算術平均すると、受音室における床衝撃音レベル L_i が周波数帯域毎に求められます。

$$L_i = \frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n} L_k$$

ここで、n は加振点の数（通常は 5 点）を示します。

測定周波数の範囲はオクターブバンド測定の場合は、125～2000Hz の 5 帯域、1/3 オクターブバンド測定の場合は、100～3150Hz の 16 帯域です。（状況に応じて、オクターブバンド測定では 63Hz および 4000Hz、1/3 オクターブバンド測定では 50Hz、63Hz、80Hz、4000Hz および 5000Hz の帯域について測定を追加することもあります。）

建築部材の性能を測定、比較することを目的とした場合など、受音室の条件を統一して、床の性能のみを相互比較するため、規準化床衝撃音レベル L'_n、標準化床衝撃音レベル L'_{nT} が規定されています。規準化床衝撃音レベルの算出は次式により与えられます。

$$L'_n = L_i + 10\log(A/A_0)$$

ここで、A は受音室の等価吸音面積、A_0 は基準の等価吸音面積（$A_0 = 10m^2$）です。

規準化床衝撃音レベルは日本住宅性能評価基準にも用いられるものです。日本住宅性能評価基準の詳細については、「3.3 床衝撃音遮断性能に関する基準」で後述します。

タッピングマシンによって発生される衝撃音が作動開始後の時間の経過に伴って変化する場合には、発生音のレベルが安定してから測定を行います。また、測定対象の床はタッピングマシンの設置および作動に支障が無い程度に平滑で水平な面である必要があります。

(2) 重量床衝撃音レベルの測定方法

JIS A 1418-2:2000「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」に規定されている、衝撃力特性（1）をもつ重量衝撃源（バングマシン）を使用します。軽量床衝撃音レベルの測定とは異なり、時間重み特性 F を用いて衝撃時に発生する床衝撃音の各測定周波数帯域の最大音圧レベルを測定します。測定周波数の範囲はオクターブバンド測定の場合は、63～500Hz の 4 帯域、1/3 オクターブバンド測定の場合は、50～630Hz の 12 帯域です（状況に応じて、オクターブバンド測定では 31.5Hz、1/3 オクターブバンド測定では 25、31.5、40Hz の帯域について測定を追加することもあります)。

なお、規準化床衝撃音レベルおよび標準化床衝撃音レベルは、受音室内の等価音圧レベルをもとに床衝撃音を算出する軽量床衝撃音の場合にのみ用いられるものであり、最大音圧レベルで評価する重量床衝撃音の場合には規準化や標準化などの補正は行いません。

(3) 加振点および受音点

① 加振点の位置

室の周壁から 50cm 以上離れた床平面内で、中央点付近 1 点を含み平均的に分布する 3～5 点とします。

タッピングマシンにおいては、梁やリブを持つ異方性をもった床構造の場合には、各ハンマーを結ぶ線が梁やリブの方向に対して 45° の向きになるようにタッピングマシンを設置します。

② 受音点の位置

受音室内で、天井、周壁、床面などから 50cm 以上離れた空間内に、互いに 70cm 以上離れた 4 点以上の測定点を、空間的に均等になるように分布させます。これを固定マイクロホン法といいます。受音室における受音位置の設置例を図 3-4 に示します（軽量床衝撃音測定の場合には、移動マイクロホン法という方法もありますが、ここでは省略します)。

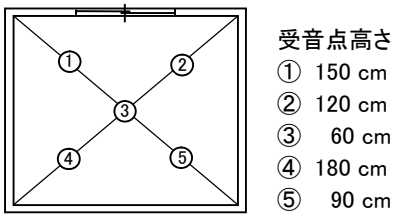


図 3-4 受音室の騒音計配置例

(4) 測定結果

測定結果は図および表で示します。測定結果の表示例を表 3-3 および図 3-5 に示します。

表 3-3 測定結果の表示例

中心周波数 (Hz)	床衝撃音レベル (dB)
63	68.0
125	74.0
250	70.0
500	60.0
1000	48.0
2000	38.0
4000	33.0

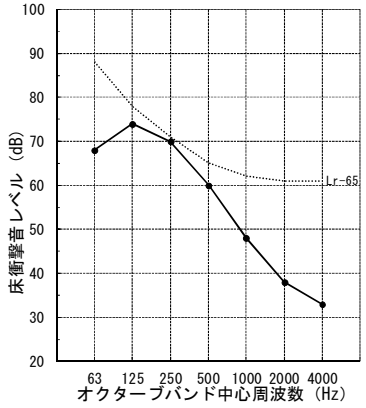


図 3-5 測定結果のグラフの表示例

(5) 評価方法

測定結果から JIS A 1419-2:2000「建築物及び建築部材の遮音性能の評価方法－第 2 部：床衝撃音遮断性能」を適用し、L 等級を求め、床衝撃音遮断性能の等級とすることが多くみられます。図 3-6 に示すように等級曲線が 5dB 間隔で定められており、標準軽量衝撃源による測定の場合には、中心周波数 125～2000Hz、標準重量衝撃源による測定の場合には、中心周波数 63～500Hz のオクターブバンドにおける測定値がすべての周波数帯域において等級線を下回るとき、その最小の基準曲線につけられた数値によって遮音等級を表すものとされています。ただし、各周波数帯域において、測定結果が等級曲線の値より最大 2dB まで上回ることが許容されています。

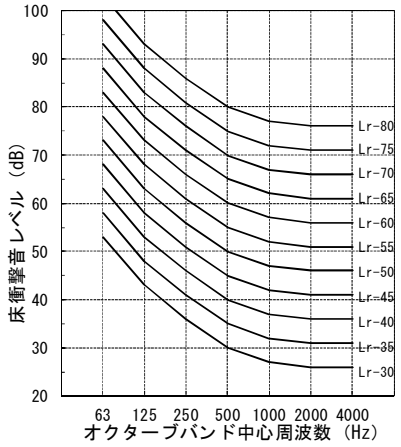


図 3-6 遮音性能の等級曲線

3.2.2 空気音遮断性能

実建物に対する空気音遮断性能の測定はオクターブバンド又は 1/3 オクターブバンドごとに行う。このうち、いずれによるかは測定の目的に応じて決定されます。

音源室内で発生する音は、定常で測定周波数範囲の全体にわたって連続的なスペクトルをもつものとします。音源室における音圧のスペクトル特性として、隣り合う周波数帯域のレベル差が 6dB 以上にならないようにします。また、音源の音響パワーは、すべての周波数帯域で受音室内の音圧レベルが暗騒音のレベルよりも 10dB 以上大きくなるように設定します。測定結果は、測定の状況に応じて、室間音圧レベル差 D、規準化音圧レベル差 D_n、標準化音圧レベル差 D_{nT}、などとして算出します。

(1) 測定対象

測定対象は建物の二室間の壁や床、ドアなどがあるが、JIS A 1417:2000 の規格の本体で規定されていない建物の壁、床、ドアなどを介した特定の場所の間の空気音遮断性能を測定する方法については別途、附属書 2「特定場所間音圧レベル差の測定方法」に記載されており、特定場所間音圧レベル差 D_P と表記します。また、外周壁に設けられたサッシ及びドアなどについては JIS A 1520「建具の遮音試験方法」に記載されています。

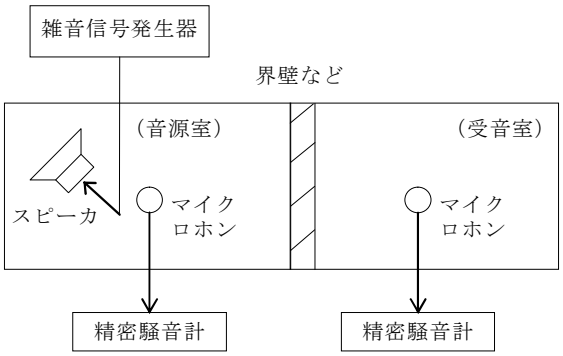


図 3-7 建築物における界壁などを対象とした空気音遮断性能の測定概要

① JIS A 1417:2000「建築物の空気音遮断性能の測定方法」による測定

この規格では建物の二室間の壁、床、ドアなどの空気音遮断性能を拡散音場の条件で測定する方法について規定しており、対象とする室の容積は 300m³ 以下とされています。

② JIS A 1417:2000 の附属書 2「特定場所間音圧レベル差の測定方法」による測定

この附属書では JIS A 1417:2000 の規格本体で規定されていない建物の壁、床、天井、ドアなどを介した特定の場所の間の空気音遮断性能を測定する方法について規定されています。

③ JIS A 1520「建具の遮音試験方法」による測定

この規格では、建築物の外周壁に取り付けられた建具の遮音性能を表す音響透過損失相当値を測定する方法について規定されています。

測定方法の種類には外部音源法と内部音源法の 2 種類があり、測定対象建具の周辺や、室内の状況により方法を選択します。測定の概要をそれぞれ図 3-8 および図 3-9 に示します。

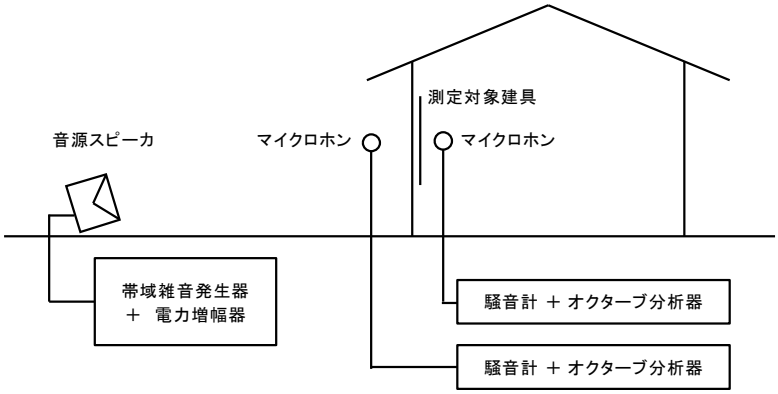


図 3-8 外部音源法の概要

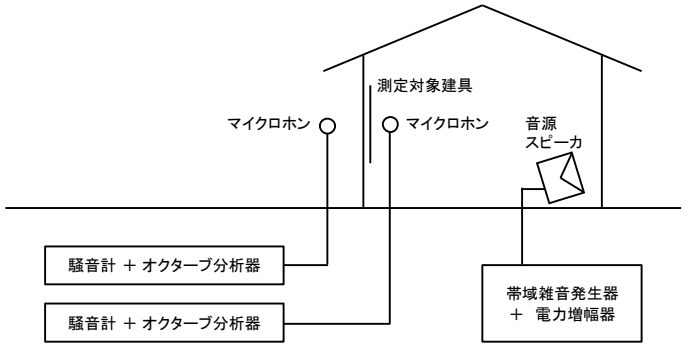


図 3-9 内部音源法の概要

(2) 測定結果

測定結果は、室間音圧レベル差 D、規準化音圧レベル差 D_n、標準化音圧レベル差 D_{nT}、準音響透過損失 R'、特定場所間音圧レベル差 D_Pのうち、必要とされるものを表および図で示します。測定結果の表示例を表 3-4 および図 3-10 に示します。

表 3-4 空気音遮断性能の
測定結果の表示例

中心周波数 (Hz)	空気音遮断性能 (dB)
125	28
250	38
500	50
1000	59
2000	64
4000	66

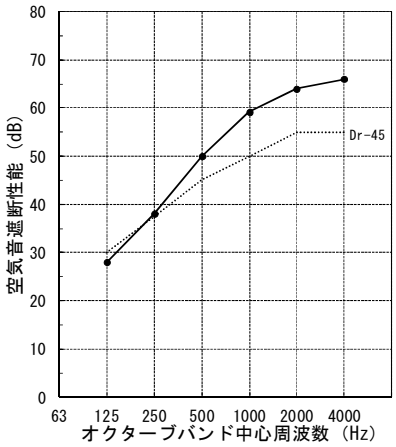


図 3-10 空気音遮断性能の測定結果の
グラフによる表示例

⑶ 評価方法

測定結果から JIS A 1419-1:2000「建築物及び建築部材の遮音性能の評価方法－第 1 部：空気音遮断性能」を適用し、D 等級を求め、空気音遮断性能の等級とすることが多くみられます。図 3-11 に示すように等級曲線が 5dB 間隔で定められており、中心周波数 125Hz、250Hz、500Hz、1000Hz および 2000Hz のオクターブバンド 5 帯域における測定値が全ての周波数帯域において等級曲線を上回るとき、その最大の基準曲線につけられた数値によって遮音等級を表します。ただし、各周波数帯域において、測定結果が等級曲線の値より最大 2dB まで下回ることが許容されています。

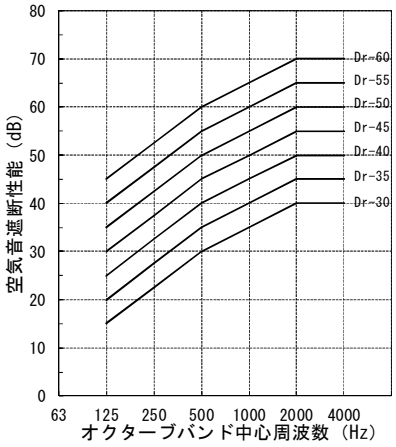


図 3-11 空気音遮断性能の評価のための等級曲線

3.3 床衝撃音遮断性能に関する基準

建築基準法では床に関する遮音性能の基準は規定されておらず、床の遮音性能に関する法的規制はありません。しかしながら、実際の居住者の生活実感において、特に上階からの床衝撃音の伝搬はクレーム等になることが多く、最も気になる遮音性能であると考えられます。従って、設計者がその用途に応じた床設計をおこない、住環境上、また建物用途に応じて支障のないような設計、施工をすることが重要となります。

床の遮音性能に関する基準としては、日本建築学会が定めた遮音性能基準が参照されることが多いです。法的拘束力はないものの、法令や司法等の判断根拠にもなっており、重要な役割をもっています。また、同図書の中には設計指針も示されており、建物の用途別に具体的な遮音対策例など設計方法としても参照できます。

建物用途や室用途によって遮音性能基準の必要性や要求される水準が異なります。ここでは、集合住宅に対する基準を中心にとりあげます。各種の基準と性能水準について、重量床衝撃音遮断性能に関する比較を表 3-5 に、軽量床衝撃音遮断性能に関する比較を表 3-6 に、それぞれ示します。集合住宅の遮音性能基準としては、日本建築学会が定める遮音性能基準の他に、住宅性能表示制度における日本住宅性能表示基準や、CASBEE（建築物総合環境性能評価システム）などが主な基準類として参照されることが多いです。なお、表 3-5 および表 3-6 などにおいて、重量床衝撃音遮断性能の評価では、タイヤ衝撃源（バングマシン）を使用して測定した重量床衝撃音レベルが対象となります。一方、軽量床衝撃音遮断性能の評価では、タッピングマシンを使用して測定した軽量床衝撃音レベルが対象となります。

表 3-5　集合住宅における重量床衝撃音遮断性能に関する各種基準と性能水準の比較

JISA1419-2 による遮音等級	L_H-35	L_H-40	L_H-45	L_H-50	L_H-55	L_H-60	L_H-65	L_H-70
建築基準法	―	―	―	―	―	―	―	―
日本建築学会遮音性能基準	特級			1 級	2 級	3 級	3 級*	―
日本住宅性能表示基準	等級 5				等級 4	等級 3	等級 2	等級 1
CASBEE－住宅ユニット(新築)	レベル 5			レベル 4	レベル 3	レベル 2	レベル 1	

注 1）建築基準法では重量床衝撃音遮断性能に関する規定はない。

注 2）日本建築学会適用等級において、「木造、軽量鉄骨構造またはこれに類する構造の集合住宅」に対しては、「3 級」は LH-60 等級および LH-65 等級の両方に適用される。

注 3）CASBEE－住宅ユニット(新築）において、住宅性能表示制度により「等級●」と表示される場合、その建物は「レベル●」と置き換えて表示できる。

表 3-6　集合住宅における軽量床衝撃音遮断性能に関する各種基準と性能水準の比較

JISA1419-2 による遮音等級	L_L-35	L_L-40	L_L-45	L_L-50	L_L-55	L_L-60	L_L-65	L_L-70
建築基準法	―	―	―	―	―	―	―	―
日本建築学会遮音性能基準	特級		1 級	2 級		3 級	―	―
日本住宅性能表示基準	等級 5			等級 4	等級 3	等級 2	等級 1	
CASBEE－住宅ユニット(新築)	レベル 5		レベル 4	レベル 3	レベル 2	レベル 1		

注 1）建築基準法では軽量床衝撃音遮断性能に関する規定はない。

注 2）CASBEE－住宅ユニット（新築）において、住宅性能表示制度により「等級●」と表示される場合、その建物は「レベル●」と置き換えて表示できる。

(1) 日本建築学会遮音性能基準

日本建築学会が定める遮音性能基準では、建築物の用途別に、上下階界床の床衝撃音遮断性能に関して、重量床衝撃音レベル、軽量床衝撃音レベルのそれぞれの水準と適用等級を定めています。

同基準による床衝撃音レベルに関する適用等級を表 3-7 に示します。集合住宅の居室の場合、重量床衝撃音遮断性能の等級はL-45 等級からL-60 等級に対して遮音等級の特級から 3 級が適用されます。なお、「木造、軽量鉄骨構造またはこれに類する構造の集合住宅」については、「3 級」はL60 等級およびL-65 等級の両方に適用されます。軽量床衝撃音遮断性能の等級はL-40 等級からL-60 等級に対して遮音等級の特級から 3 級が適用されます。

表 3-7　床衝撃音レベルに関する適用等級（日本建築学会遮音性能基準）

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	重量床衝撃音	L-45	L-50	L-55	L-60*
			軽量床衝撃音	L-40	L-45	L-55	L-60
ホテル	客室	客室間界床	重量床衝撃音	L-45	L-50	L-55	L-60
			軽量床衝撃音	L-40	L-45	L-50	L-55
学校	普通教室	教室間界床	重量床衝撃音	L-50	L-55	L-60	L-65
			軽量床衝撃音	L-50	L-55	L-60	L-65

(2) 日本住宅性能表示基準(住宅性能表示制度)

住宅性能表示制度における日本住宅性能表示基準では、床衝撃音に関して、(a)重量床衝撃音対策等級、(b)相当スラブ厚、(c)軽量床衝撃音対策等級、(d)床衝撃音レベル低減量（床仕上げ構造）の 4 項目の表示方法が定められています。重量床衝撃音対策は、「重量床衝撃音対策等級」または「相当スラブ厚（重量床衝撃音）（居室に係る上下階との階床の重量床衝撃音の遮断の程度をコンクリート単板スラブの厚さに換算した場合のその厚さ)」のいずれかで評価します。

各性能に関する評価の仕方は、「評価方法基準」の中に示されており、幾つかの具体的な仕様についてその性能水準が示されています。ただし、CLT 建築物については、こうした評価の方法、仕様の例、対応する性能水準は示されていないため、住宅性能表示制度に対応した等級を表示するためには、特別評価方法認定（特認）と呼ばれる手順によって、建物の床断面仕様に対する性能水準を事前に評価しておくことが必要となります。

表 3-8　重量床衝撃音対策等級の概要（日本住宅性能表示基準）

等級	性能基準
等級 5	特に優れた重量床衝撃音の遮断性能(特定の条件下でおおむね日本工業規格の$L_{i,r,H}$ - 50 等級相当以上)を確保するため必要な対策が講じられている
等級 4	優れた重量床衝撃音の遮断性能(特定の条件下でおおむね日本工業規格の$L_{i,r,H}$ - 55 等級相当以上)を確保するため必要な対策が講じられている
等級 3	基本的な重量床衝撃音の遮断性能(特定の条件下でおおむね日本工業規格の$L_{i,r,H}$ - 60 等級相当以上)を確保するため必要な対策が講じられている
等級 2	やや低い重量床衝撃音の遮断性能(特定の条件下でおおむね日本工業規格の$L_{i,r,H}$ - 65 等級相当以上)を確保するため必要な対策が講じられている
等級 1	その他

表 3-9　相当スラブ厚（重量床衝撃音）の概要（日本住宅性能表示基準）

相当スラブ厚の性能表示	要求水準
27 ㎝以上	相当スラブ厚の計算値が 27 ㎝以上
20㎝ 以上	相当スラブ厚の計算値が 20 ㎝以上
15㎝ 以上	相当スラブ厚の計算値が 15 ㎝以上
11㎝ 以上	相当スラブ厚の計算値が 11㎝ 以上
その他	―

表 3-10　軽量床衝撃音対策等級の概要（日本住宅性能表示基準）

等級	性能基準
等級 5	特に優れた軽量床衝撃音の遮断性能(特定の条件下でおおむね日本工業規格の $L_{i,r,L}$ - 45 等級相当以上)を確保するため必要な対策が講じられている
等級 4	優れた軽量床衝撃音の遮断性能(特定の条件下でおおむね日本工業規格の $L_{i,r,L}$ - 50 等級相当以上)を確保するため必要な対策が講じられている
等級 3	基本的な軽量床衝撃音の遮断性能(特定の条件下でおおむね日本工業規格の $L_{i,r,L}$ - 55 等級相当以上)を確保するため必要な対策が講じられている
等級 2	やや低い軽量床衝撃音の遮断性能(特定の条件下でおおむね日本工業規格の $L_{i,r,L}$ - 60 等級相当以上)を確保するため必要な対策が講じられている
等級 1	その他

表 3-11　床衝撃音レベル低減量（床仕上げ構造)による評価の概要（日本住宅性能表示基準）

性能表示	軽量床衝撃音レベル低減量の下限値				
	125Hz 帯域	250Hz 帯域	500Hz 帯域	1kHz 帯域	2kHz 帯域
30dB 以上	15dB	24dB	30dB	34dB	36dB
25dB 以上	10dB	19dB	25dB	29dB	31dB
20dB 以上	5dB	14dB	20dB	24dB	26dB
15dB 以上	0dB	9dB	15dB	19dB	21dB
その他	−5dB	4dB	10dB	14dB	16dB

(3) CASBEE（建築物総合環境性能評価システム）

（一財）建築環境・省エネルギー機構（略称:IBEC）が提案する「CASBEE-住戸ユニット（新築）」の中では、床の遮音性能に関しては、「4.3 界床遮音性能」の項で規定されており、軽量衝撃音に対する遮音性能と重量衝撃音に対する遮音性能の 2 つが採点項目として挙げられています。CASBEE-住戸ユニット（新築）における遮音性能の評価基準を表 3-12 および表 3-13 に示します。

軽量衝撃音、重量衝撃音のいずれも、日本住宅性能表示基準（住宅性能表示制度）に対応した評価基準となっており、住宅性能表示制度の等級 5 相当から等級 1 相当に対応してレベル 5 からレベル 1 が設定されています。また、住宅性能表示制度による表示が行われていない場合には予測値または竣工時の実測による評価も可能です。その場合、軽量衝撃音に対しては Lr-40 等級以上から Lr-55 等級以下に対応してレベル 5 からレベル 1、重量衝撃音に対しては Lr-45 等級以上から Lr-60 等級以下に対応してレベル 5 からレベル 1、のように評価されます。

表 3-12　CASBEE-住宅ユニット（新築）における軽量衝撃音に対する遮音性能の評価基準

等級	日本住宅性能表示基準による評価	予測値または実測による評価
レベル 5	「8-2 軽量床衝撃音対策等級」における等級 5 相当	Lr-40 以上
レベル 4	「8-2 軽量床衝撃音対策等級」における等級 4 相当	Lr-40
レベル 3	「8-2 軽量床衝撃音対策等級」における等級 3 相当	Lr-45
レベル 2	「8-2 軽量床衝撃音対策等級」における等級 2 相当	Lr-50
レベル 1	「8-2 軽量床衝撃音対策等級」における等級 1 相当	Lr-55 以下

表 3-13　CASBEE-住宅ユニット（新築）における重量衝撃音に対する遮音性能の評価基準

等級	日本住宅性能表示基準による評価	予測値または実測による評価
レベル 5	「8-1 重量床衝撃音対策等級」における等級 5 相当	Lr-45 以上
レベル 4	「8-1 重量床衝撃音対策等級」における等級 4 相当	Lr-45
レベル 3	「8-1 重量床衝撃音対策等級」における等級 3 相当	Lr-50
レベル 2	「8-1 重量床衝撃音対策等級」における等級 2 相当	Lr-55
レベル 1	「8-1 重量床衝撃音対策等級」における等級 1 相当	Lr-60 以下

3.4　界壁などの空気音遮断性能に関する基準

空気音遮断性能に関する基準は主に界壁について規定されています。その他に、サッシなどの外壁開口部についても、空気音遮断性能の基準が見られます。界壁に関する各種の基準と性能水準を表 3-14 に示します。

建築基準法においては、共同住宅等の界壁に関する遮音性能の最低基準が規定されており、共同住宅の場合にはこの水準を満たすことが法的に義務付けられています。日本建築学会の遮音性能基準では、建物用途や室用途による遮音性能の水準が示されています。住宅性能表示制度における日本住宅性能表示基準や、CASBEE（建築物総合環境性能評価システム）においても空気音遮断性能に関する基準が見られます。

表 3-14　界壁の空気音遮断性能に関する各種基準と性能水準の比較

JISA1419-2 による遮音等級	D-60	D-55	D-50	D-45	D-40	D-35
建築基準法	○	○	○	○	○	×
日本建築学会　適用等級	特級		1 級	2 級	3 級	3 級
日本住宅性能表示基準	等級 4		等級 3	等級 2	等級 1	―
CASBEE－住宅ユニット(新築)	レベル 5		レベル 4	レベル 3	レベル 1	―

注 1）建築基準法での規定は、実験室測定による 125Hz 帯域、500Hz 帯域、2000Hz 帯域での音響透過損失の値であり、ここでの表記は、その遮音性能水準がほぼ D-40 等級以上に相当する、という意味である。

注 2）CASBEE－住宅ユニット（新築）において、住宅性能表示制度により「等級●」と表示される場合、その建物は「レベル●」と置き換えて表示できる。

(1) 建築基準法

建築基準法において「隣接する住戸からの日常生活に伴い生ずる音を衛生上支障がないように低減する」ために遮音性能を確保するように定めされており、その技術的基準は音響透過損失（表 3-15）以上の性能を確保すること、と具体的に定められています（ここでいう「振動数」とは「周波数」と同じ意味です)。

表 3-15　建築基準法施行令が定める界壁の遮音性能の基準（下限値）

振動数(単位 Hz)	透過損失(単位 dB)
125	25
500	40
2000	50

(2) 日本建築学会遮音性能基準

日本建築学会の遮音性能基準では、建築物の用途別に、室間音圧レベル差の水準と適用等級が定められています。同基準による室間音圧レベル差に関する適用等級を表 3-16 に示します。集合住宅の居室の場合、隣戸間界壁の室間音圧レベル差の等級は D-55 等級から D-40 等級に対して遮音等級の特級から 3 級が適用されます。

表 3-16　室間平均音圧レベル差に関する適用等級（日本建築学会）

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	D-55	D-50	D-45	D-40
ホテル	客室	客室間界壁	D-55	D-50	D-45	D-40
事務所	業務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	病院(個室)	室間仕切壁	D-50	D-45	D-40	D-35

(3) 日本住宅性能表示基準(住宅性能表示制度)

住宅性能表示制度における日本住宅性能表示基準では、空気音の遮音に関しては、(a)透過損失等級（界壁)、および(b)透過損失等級（外壁開口部)、の 2 項目の表示方法が定められています。また、評価の仕方は「評価方法基準」の中に示されており、幾つかの具体的な壁断面仕様についてその性能水準が示されています。ただし、CLT 建築物については、こうした仕様例は示されていません。このため、住宅性能表示制度に対応した等級を表示するためには、特別評価方法認定（特認）と呼ばれる手順によって、界壁の断面仕様に対する性能水準を事前に評価しておくことが必要となります。

新築の集合住宅に係る透過損失等級（界壁）を表 3-17 に示します。Rr-55 等級相当以上から Rr-40 等級相当以上に対して、等級 4 から等級 1 が定められています。住宅性能表示制度の等級 1 は建築基準法で許容される遮音性能基準の最低水準、ということになります。

新築の集合住宅に係る透過損失等級（外壁開口部）を表 3-18 に示します。T-3 等級以上および T-2 等級以上に対して、等級 3 および等級 2 が定められています。また、JIS A 1419-1 の附属書 2 に規定される 1/3 オクターブバンドごとの測定結果による中心周波数 100～2500Hz の 15 帯域の測定値の算術平均値である平均音響透過損失 $R_{m(1/3)}$を用いた評価も可能であり、その場合には 25dB 以上および 20dB 以上が等級 3 および等級 2 に該当します。なお、等級 1 は T-1 等級に達しない水準、または $R_{m(1/3)}$が 20dB 未満の水準、になります。

表 3-17　新築住宅に係る透過損失等級（界壁）の概要（日本住宅性能表示基準）

等級	透過損失の水準
等級 4	Rr−55 等級相当以上
等級 3	Rr−50 等級相当以上
等級 2	Rr−45 等級相当以上
等級 1	Rr−40 等級相当以上

表 3-18　新築住宅に係る透過損失等級（外壁開口部）の概要（日本住宅性能表示基準）

等級	透過損失平均値 $R_{m(1/3)}$の水準	T 等級による遮音等級の水準
等級 3	25dB 以上	T-2 等級以上
等級 2	20dB 以上	T-1 等級以上
等級 1	そのほか	―

(4) CASBEE（建築物総合環境性能評価システム）

（一財）建築環境・省エネルギー機構（略称:IBEC）が提案する「CASBEE - 住戸ユニット（新築）」の中では、空気音遮断性能に関して「4.2 界壁遮音性能」および「4.1 室内騒音レベル・開口部遮音性能」の項で規定されています。CASBEE - 住戸ユニット（新築）における空気音遮断性能の評価基準を表 3-19 および表 3-20 に示します。

界壁遮音性能、開口部遮音性能のいずれも、日本住宅性能能表示基準（住宅性能表示制度）に対応した評価基準となっています。界壁遮音性能に関しては、住宅性能表示制度の等級 4 相当から等級 2 相当に対応してレベル 5 からレベル 3 が設定されており、レベル 2 は該当なし（設定なし）、レベル 1 は住宅性能表示制度の等級 1 相当、となっています。開口部遮音性能に関しては、住宅性能表示制度の等級 3 相当、等級 2 相当、等級 1 相当に対応してレベル 5、レベル 3、レベル 1 がそれぞれ設定されており、レベル 4 およびレベル 2 は該当なし（設定なし）となっています。

また、住宅性能表示制度による表示が行われていない場合、界壁遮音性能に関しては、予測値または竣工時の実測による評価も可能です。その場合、室間音圧レベル差の遮音等級として Dr-55 等級以上から Dr-40 等級未満に対応してレベル 5 からレベル 1 として評価します。また、開口部遮音性能に関しては、サッシの遮音性能により評価され、T-2 等級以上、T-1 等級、T-1 等級未満に対応してレベル 5、レベル 3、レベル 1 として評価されます。

表 3-19　CASBEE - 住宅ユニット（新築）における界壁遮音性能の評価基準

等級	日本住宅性能表示基準による評価	予測値または実測による評価
レベル 5	「8-3 透過損失等級(界壁)」における等級 4 相当	Dr-55 以上
レベル 4	「8-3 透過損失等級(界壁)」における等級 3 相当	Dr-50
レベル 3	「8-3 透過損失等級(界壁)」における等級 2 相当	Dr-45
レベル 2	(該当レベルなし)	Dr-40
レベル 1	「8-3 透過損失等級(界壁)」における等級 1 相当	Dr-40 未満

表 3-20　CASBEE - 住宅ユニット(新築）における開口部遮音性能の評価基準

等級	日本住宅性能表示基準による評価	サッシ遮音性能による評価
レベル 5	「8-4 透過損失等級(外壁開口部)」における等級 3 相当	T-2 以上
レベル 4	(該当レベルなし)	該当なし
レベル 3	「8-4 透過損失等級(外壁開口部)」における等級 2 相当	T-1
レベル 2	(該当レベルなし)	該当なし
レベル 1	「8-4 透過損失等級(外壁開口部)」における等級 1 相当	T-1 未満

3.5　実験室での測定方法と評価方法

3.5.1　床構造における床衝撃音遮断性能

床構造における床衝撃音遮断性能の測定方法は ISO 10140-3 に規定されています。一般に、床構造の重量床衝撃音遮断性能は、床構造の断面構成だけでなく、平面寸法や端部の支持条件などの諸条件にも大きく依存することが知られており、実建物とは異なる支持条件である実験室での測定結果は実建物における床衝撃音遮断性能と異なる場合もあります。そのため、評価方法については JIS A 1419-2「建築物及び建築部材の遮音性能の評価方法－第 2 部：床衝撃音遮断性能」による遮音等級の評価を適用するのは適切ではありません。

前述 3.2 と同様に、JIS A 1418-1、同左-2 に規定されている標準衝撃源を用います。なお、JIS A 1419-2 の附属書 1 に規定される Lr 等級は建物空間での遮音評価の評価に用いられる指標であり、条件の異なる実験室での部材性能の評価指標として用いることは適切とは言えません。

[適用規格]

- ISO 10140-3 : 2010 “Acoustics－Laboratory measurement of sound insulation of building elements－Part 3 : Measurement of impact sound insulation”
- ISO 10140-5 : 2010 “Acoustics－Laboratory measurement of sound insulation of building elements－Part 5 : Requirements for test facilities and equipment”
- JIS A 1418-1:2000「建築物の床衝撃音遮断性能の測定方法－第 1 部:標準軽量衝撃原による方法」
- JIS A 1418-2:2000「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」

3.5.2 床仕上げ材における床衝撃音レベル低減量

一般に、建物の躯体は木や鉄筋コンクリートなどの硬い材質で造られており、その上へ落下物などが直接衝突すると、大きな床衝撃音が発生します。このため、共同住宅などでは防音フローリングや乾式二重床など、床衝撃音を軽減する材料が床仕上げ材として施工されています（図 3-12）。床仕上げ材が床衝撃音を緩和する性能を「床衝撃音低減性能」と呼びます。床仕上げ材における床衝撃音レベル低減量の測定方法は JIS A 1440-1 および同左-2 に記載されており、実験室に限定された規格です。試料の種類によってカテゴリー分けをし、カテゴリーごとに試験方法が異なります。

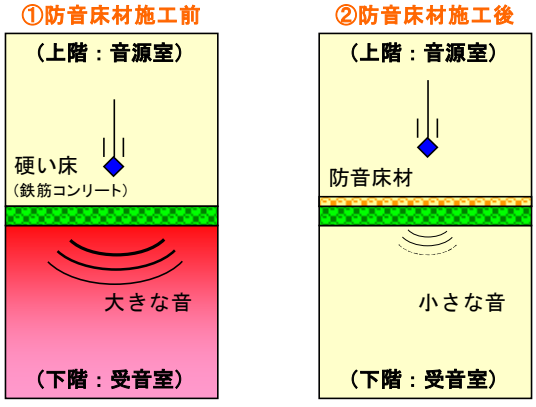


図 3-12 床仕上げ材の有無と床衝撃音の差

(1) 試料の分類

JIS A 1440-1、同左-2 により、測定対象となる床仕上げ材料に応じてカテゴリーⅠからカテゴリーⅢに分類されており、測定方法が区別されます。

① カテゴリーⅠ

平面的に異方性がなく、均質な材料で標準軽量衝撃源による衝撃時の変形が衝撃点及びそのごく周辺だけであり、標準軽量衝撃源より若干大きい程度の小寸法試料で試験が十分可能な試料

例）マット、カーペット、コルク、プラスチック、ゴムなど

② カテゴリーⅡ

比較的曲げ剛性の高い材料をもつ複層の床仕上げ構造であり、標準軽量衝撃源の衝撃に対して、仕上げ材の変形の平面的広がりが無視できない試料

例）浮き床構造、根太床構造、乾式二重床構造、発泡プラスチック床構造、直張り木質フローリング、畳など

③ カテゴリーⅢ

床面全面を覆い張力を用いて仕上げるような柔軟な床仕上げ構造の試料

例）張力を用いて施工するじゅうたんなど

なお、カテゴリーが不明な場合は、カテゴリーⅡとして扱うこととなっています。

(2) 評価方法

評価方法は（一財）日本建築総合試験所「床材の床衝撃音低減性能の等級表記指針」（2008 年 3 月）による ΔL 等級を適用します。ΔL 等級は数字の大きいほど床衝撃音遮断性能が高いことを示します。

① 軽量床衝撃音低減性能の等級表記

JIS A 1440-1「実験室におけるコンクリート床上の床仕上げ構造の床衝撃音レベル低減量の測定方法－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）を用いて測定された床材の軽量床衝撃音低減性能の等級表記には、表 3-21 に示す ΔLL 等級を用います。表中の各下限値は試験の結果が小数点以下 1 桁まで含めてその値以上であることを示しています。床材の中には、ΔLL-5 よりも床衝撃音遮断性能が高い試料もあるため、より性能が高い等級については、5dB 間隔で延長して ΔLL-6 などを設定することも可能です。

表 3-21　軽量床衝撃音低減性能の等級（ΔLL 等級）

表記する等級	軽量床衝撃音レベル低減量の下限値				
	125Hz 帯域	250Hz 帯域	500Hz 帯域	1000Hz 帯域	2000Hz 帯域
ΔＬＬ－５	15dB	24dB	30dB	34dB	36dB
ΔＬＬ－４	10dB	19dB	25dB	29dB	31dB
ΔＬＬ－３	5dB	14dB	20dB	24dB	26dB
ΔＬＬ－２	0dB	9dB	15dB	19dB	21dB
ΔＬＬ－１	−5dB	4dB	10dB	14dB	16dB

② 重量床衝撃音低減性能の等級表記

JIS A 1440-2「実験室におけるコンクリート床上の床仕上げ構造の床衝撃音レベル低減量の測定方法－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）の標準重量衝撃源（タイヤ衝撃源）を用いて測定された床材の重量床衝撃音低減性能の等級表記には、表 3-22 に示すように ΔLH 等級を用います。これも軽量床衝撃音レベル低減性能と同様に、表中の各下限値は試験の結果が小数点以下 1 桁まで含めてその値以上であることを示しています。

表 3-22　重量床衝撃音低減性能の等級（ΔLH 等級）

表記する等級	重量床衝撃音レベル低減量の下限値			
	63Hz 帯域	125Hz 帯域	250Hz 帯域	500Hz 帯域
ΔＬＨ－４	10dB	19dB	25dB	29dB
ΔＬＨ－３	5dB	14dB	20dB	24dB
ΔＬＨ－２	0dB	9dB	15dB	19dB
ΔＬＨ－１	-5dB	4dB	10dB	14dB

床衝撃音レベル低減量は、対象部材の施工前後での床衝撃音レベルの変化を定量的に示すことを目的としています。しかしながら、乾式二重床などの比較的曲げ剛性の高い材料をもつ複層の床仕上げ構造で、標準軽量衝撃源の衝撃に対して、仕上げ材の変形の平面的広がりが無視できないような床仕上げ材の場合には、床衝撃音遮断性能は躯体と床仕上げ構造のそれぞれの特性の連成系により性能が左右されることがあります。したがって、条件の異なる躯体に施工した場合には結果が異なる可能性があります。ここに示されている測定方法は、ある決められた同一条件下において、相互の性能の比較ができるように定められた方法であり、実建物に施工した場合には実験室で測定した結果と同一になるとは限りません。特にカテゴリーⅡの仕上げ材料については、乾式二重床の際根太の仕様など、周辺部の施工条件によっても性能が左右されることが知られており、日本住宅性能表示制度の特別評価方法認定では、この点について、出来る限り詳細に把握できるようにJISによる方法よりも詳細に試験ガイドラインが定められています。

(3) 床構造の違い

JIS A 1440-1 および同左-2 に記載されている測定方法は、建物内のコンクリートスラブ上に直接施工される床仕上げ構造を対象としており、木造床上や CLT 床上に施工した場合には適用できません。同じ床仕上げ材を使用していても、RC 上、木造床上、CLT 床上で同じ測定結果がでるとは言えず、また実際に床構造の違いによって低減量に差が生じることを実験データとして公開している文献もあるため、床衝撃音レベル低減性能の ΔL 等級の使用には十分注意が必要です。

[適用規格]

- JIS A 1440-1:2007「実験室におけるコンクリート床上の床仕上げ構造の床衝撃音レベル低減量の測定方法－第1部: 標準軽量衝撃源による方法」
- JIS A 1440-2:2007「実験室におけるコンクリート床上の床仕上げ構造の床衝撃音レベル低減量の測定方法－第2部: 標準重量衝撃源による方法」
- ISO 10140-3 : 2010 "Acoustics－Laboratory measurement of sound insulation of building elements－Part 3 : Measurement of impact sound insulation"
- ISO 10140-5 : 2010 "Acoustics－Laboratory measurement of sound insulation of building elements－Part 5 : Requirements for test facilities and equipment"
- （一財）日本建築総合試験所「床材の床衝撃音低減性能の等級表記指針」（2008年）

3.5.3 壁・サッシ等における空気音遮断性能

壁（界壁、間仕切り壁、外壁など）、ドアセット、サッシなどの建築部材に対する実験室での空気音遮断性能の測定方法は、JIS A 1416 に規定されています。一般には、2 つの残響室が使用され、残響室間の開口部の試験体を設置します。音源室においてスピーカから大きな音を発生させ、音源室および受音室の両方で音圧レベルを測定します。測定対象周波数帯域は 100～5000Hz です。

音源室と受音室の音圧レベルの測定値、および、試験体の面積や受音室の吸音特性による補正値を加えて音響透過損失 TL を次式により算出します。

$$\mathrm{TL} = \mathrm{L}_1 - \mathrm{L}_2 + 10\log(S/A)$$

音響透過損失 TL の値が大きいほど、遮音性が高いことを示します。

また、音響透過損失の性能を示す等級として、壁（界壁、間仕切り壁、外壁）については、JIS A 1419-1 の附属書 1 に規定される音響透過損失等級「Rr 等級」が適用されます。Rr 等級の評価曲線を図 3-13 に示します。

一方、ドアセットやサッシについては、JIS A 4702 または JIS A 4706 に規定される「T 等級」が適用されます。T 等級の評価曲線を図 3-14 に示します。

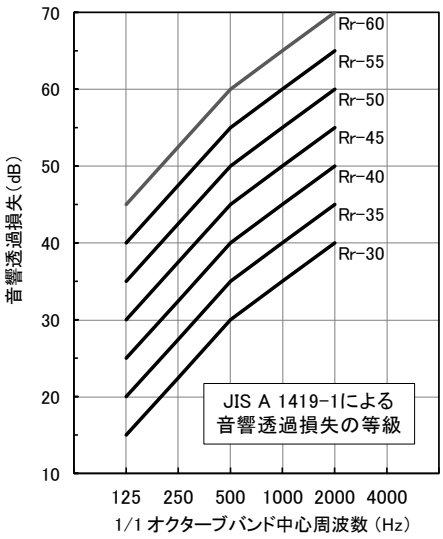


図 3-13 Rr 等級の評価曲線

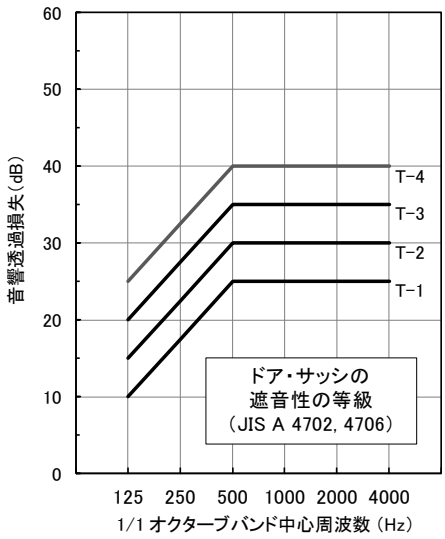


図 3-14 T等級の評価曲線

[適用規格]

・JIS A 1416:2000「実験室における建築部材の空気音遮断性能の測定方法」

・JIS A 1419-1:2000「建築物及び建築部材の遮音性能の評価方法－第1部:空気音遮断性能」

・JIS A 4702:2016「ドアセット」

・JIS A 4706:2016「サッシ」

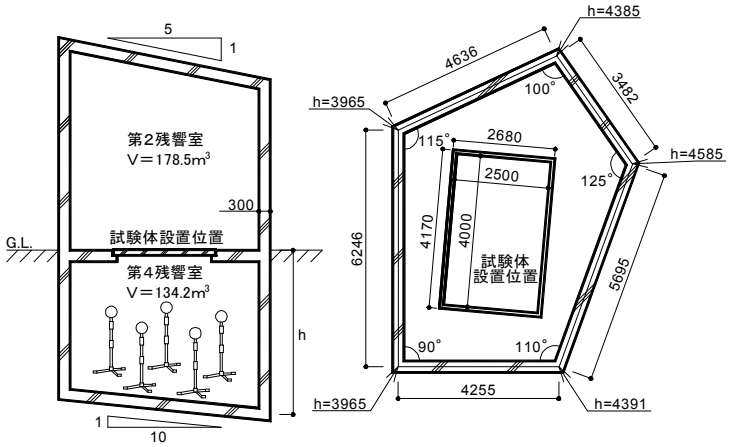
4 章　CLT を用いた床版の床衝撃音遮断性能

CLT を建物の床版として使用する試みは、CLT パネル工法として使用するほか、木造軸組工法や枠組壁工法の建物および鉄骨造建物の床版として使用することなども検討されています。また、使用の状態については、CLT パネルを素板の状態で使用する場合や、CLT パネルに床仕上げ材や天井を付加した状態とすることも考えられます。

本節では、実験室での遮音測定の結果をもとに、国産スギ材による CLT パネル床版の床衝撃音遮断性能の基本特性、および床仕上げ材を付加した場合の性能変化の傾向について示します。

［実験内容］

実験は図 4-1 に示す（一財）日本建築総合試験所の残響室で実施されました。この残響室は RC 造で、上下 2 室が連接しており、残響室間には開口部が設けられています。本実験では、図 4-2 および図 4-3 に示すような 2680 mm×4170 mm の CLT パネル床版を既設開口に設置して、軽量および重量床衝撃音遮断性能の測定を行いました。



(1) 鉛直断面図　　(2) 平面図

図 4-1　実験室の概要

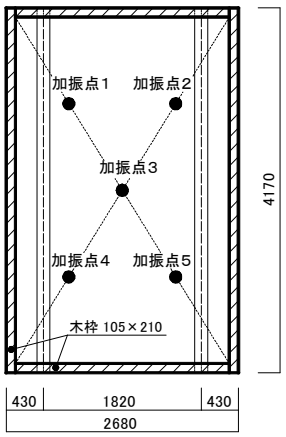


図 4-2　試験体(F01)の平面図

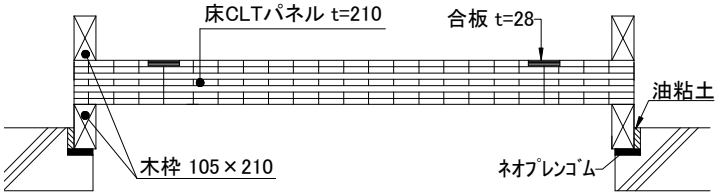
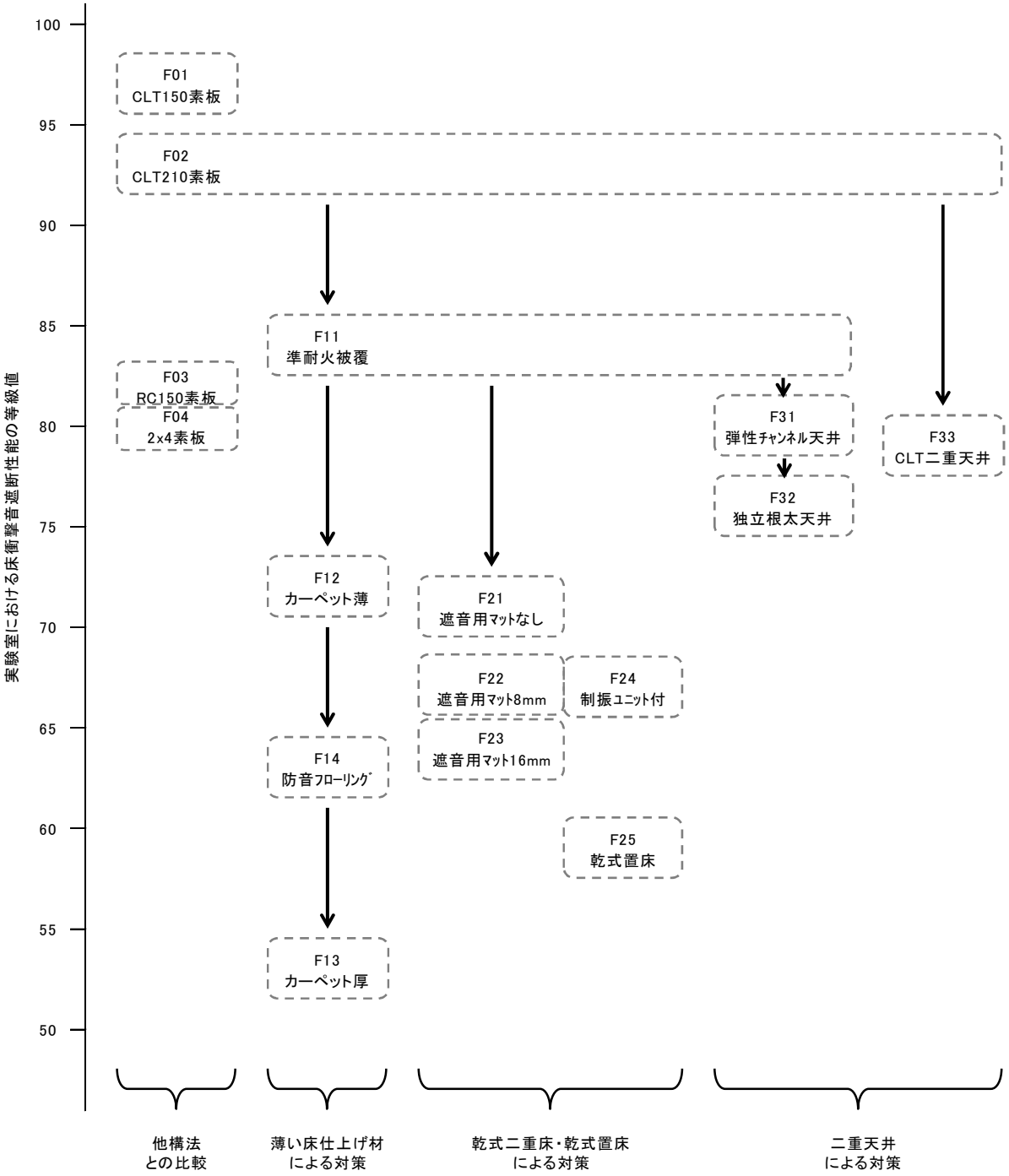


図 4-3　試験体(F01)の鉛直断面図

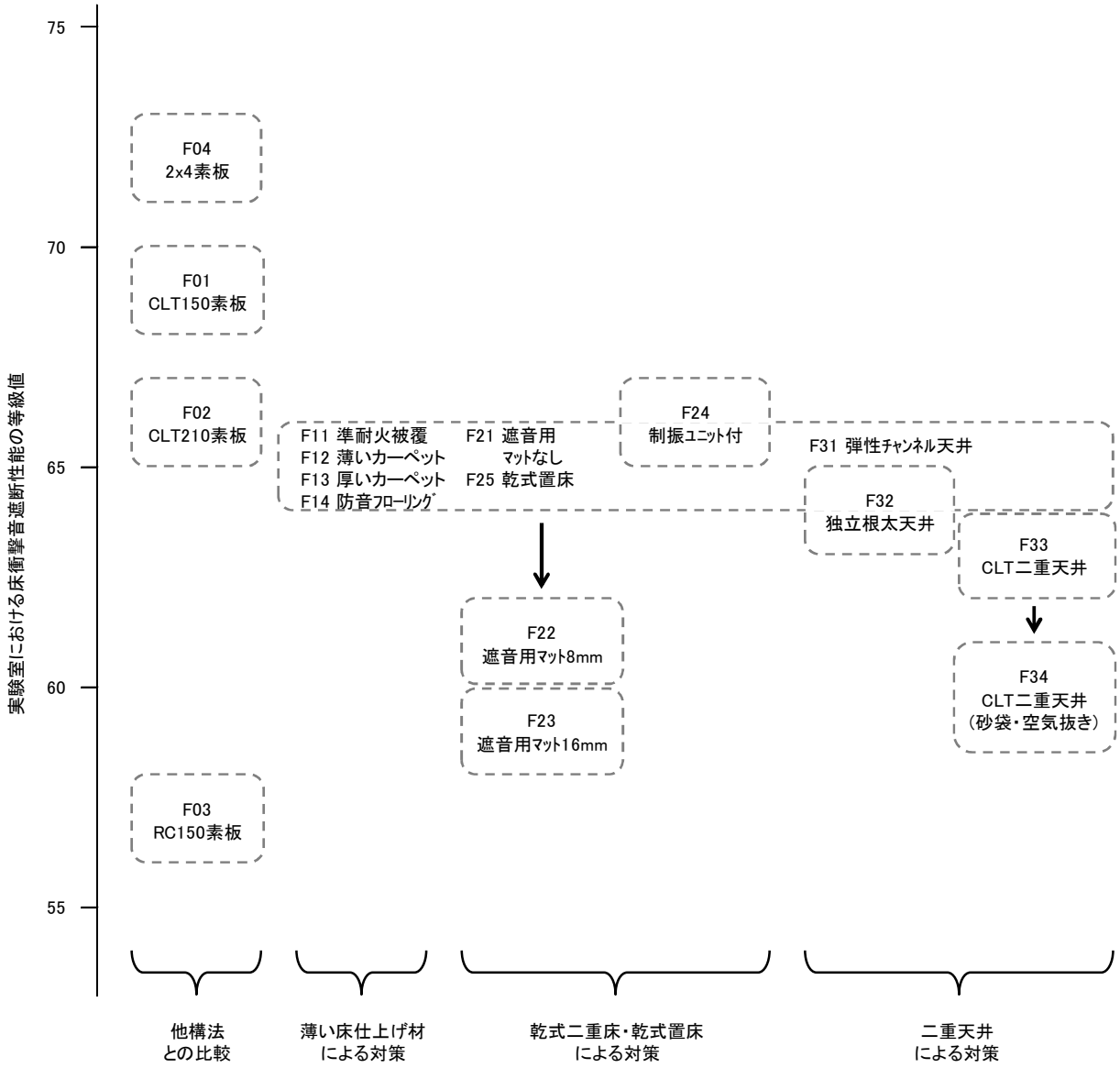
今回の一連の実験結果を、一覧表として表 4-1 および表 4-2 に示します。

表 4-1　床版の軽量床衝撃音遮断性能に関する実験室実験の結果一覧表



注）上表の左側に示した床衝撃音遮断性能の数値（遮音等級を 1dB 単位で算出した値）は、あくまでも実験室での今回の実験結果による値であり、実際の建物では諸条件の影響により遮音性能が異なる可能性があるので、充分な注意が必要です。

表 4-2　床版の重量床衝撃音遮断性能に関する実験室実験の結果一覧表



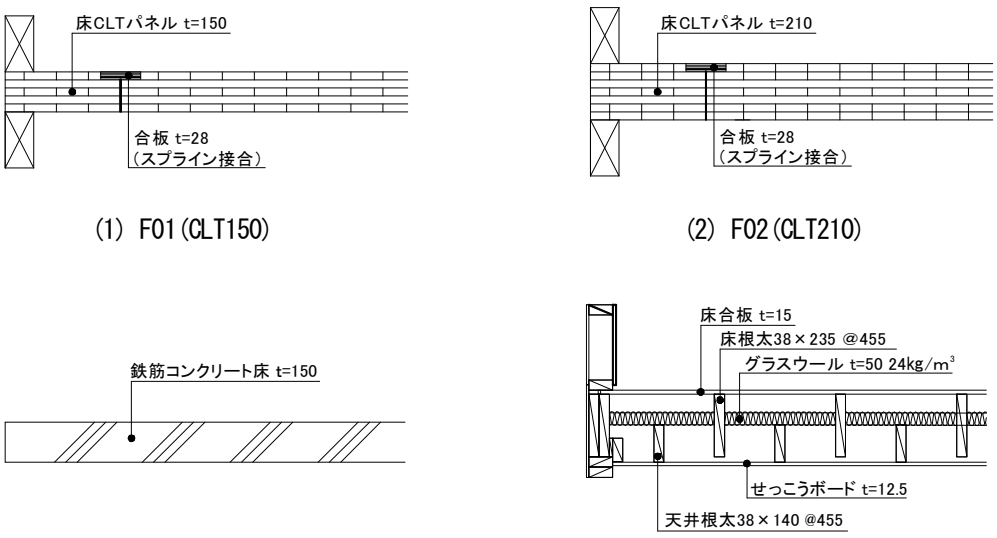
注）上表の左側に示した床衝撃音遮断性能の数値（遮音等級を 1dB 単位で算出した値）は、あくまでも実験室での今回の実験結果による値であり、実際の建物では諸条件の影響により遮音性能が異なる可能性があるので、充分な注意が必要です。

4.1 CLT パネル素板の性能

最初に、CLT パネル素板の状態での、軽量および重量床衝撃音遮断性能の測定結果を示します。実験に用いた床試験体は、5 層 5 プライによる厚 150mm の CLT パネル床版（F01）、5 層 7 プライによる厚 210mm の CLT パネル床版（F02）、および性能の比較用に用いた厚 150mm の RC 床の素板（F03）、枠組壁工法床素板（F04）の 4 仕様の床版です。

表 4-3　CLT パネル素板と他工法床素板との比較

No.	床断面の概要	床厚
F01	CLT パネル床素板（5 層 5 プライ）	150mm
F02	CLT パネル床素板（5 層 7 プライ）	210mm
F03	RC 床素板	150mm
F04	枠組壁工法床素板（独立天井付き）	282.5mm



(1) F01(CLT150)　(2) F02(CLT210)

(3) F03(RC150)　(4) F04(枠組壁工法床：2x4)

図 4-4　素板状態の床版試験体 4 体の断面構成詳細図

(1) 軽量床衝撃音の測定結果と傾向

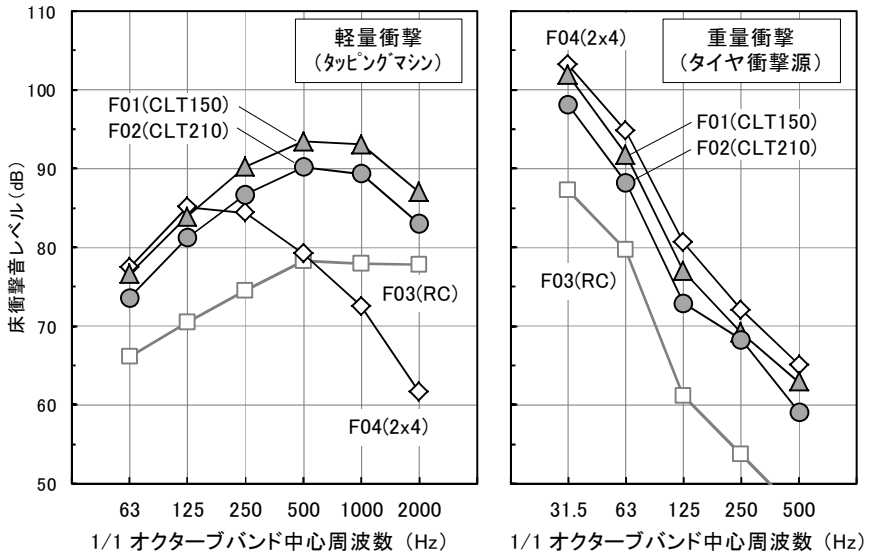
CLT パネル単体による床版素板（F01、F02）および、比較用の RC 床（F03）と枠組壁工法床（F04）との軽量床衝撃音レベルの測定結果を図 4-5 (1) および図 4-6 (1) に示します。

CLT パネル床版（F01、F02）は 500～1000Hz 帯域にピークを持ち、1000Hz 帯域が Lr 等級の性能決定周波数帯域となります。またその大きさは CLT 厚 150mm が Lr-97、CLT 厚 210 mm が Lr-93 と、いずれも非常に大きな床衝撃音でした。

軽量床衝撃音の測定結果を枠組壁工法床（F04）と比較すると、125Hz 帯域以下ではほぼ同じですが、250Hz 帯域以上では CLT パネル床版のほうが床衝撃音は大きいです。すなわち、CLT パネル床版は木質構造ではありますが従来の木造とは床衝撃音の特性が大きく異なります。これは、CLT パネル床版は枠組壁工法床に比べると表面が硬いために発生する衝撃力が大きくなること、床版の断面が密実なため振動伝達経路での減衰が小さいことなどに起因すると推測され、CLT パネル床版の特徴と考えられます。また、RC 床版（F03）と比較すると全帯域で CLT

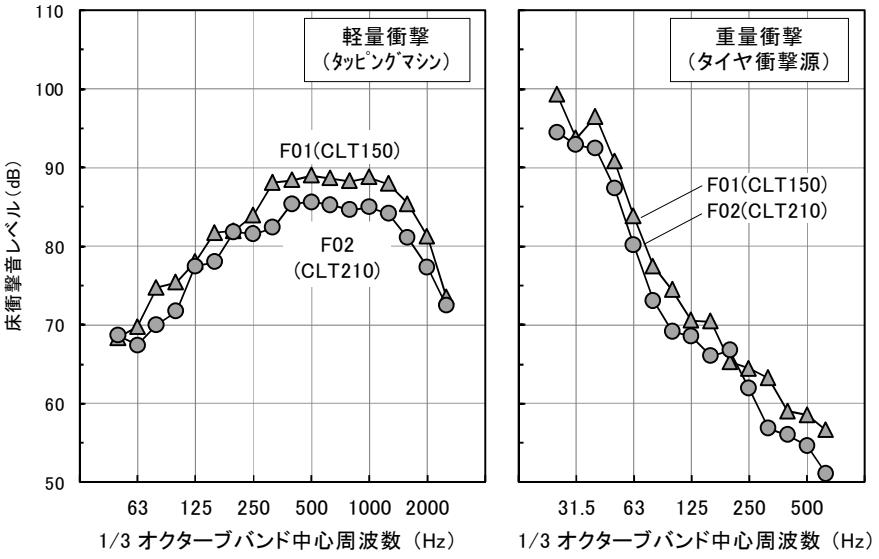
パネル床版のほうが床衝撃音は大きく、125～1000Hz 帯域では F02 のほうが 11～12dB 程度大きいです。なお、CLT の厚さで比べると、F01 （CLT150）は F02（CLT210）に対して 3～4dB 程度大きい床衝撃音レベルでした。

図 4-6 (1) において、CLT 厚 150mm（F01）と厚 210mm（F02）の特性を 1/3 オクターブバンドの測定結果から詳細にみると、軽量床衝撃音については顕著なピークやディップは見られず、50～2500Hz 帯域の間では周波数に対して変化が緩やかな特性であるといえます。



(1) 軽量床衝撃音　　(2) 重量床衝撃音

図 4-5　素板状態の床版試験体 4 体の床衝撃音遮断性能
（1/1 オクターブバンド測定の結果）



(1) 軽量床衝撃音　　(2) 重量床衝撃音

図 4-6　素板状態の CLT パネル床板 2 体の床衝撃音遮断性能
（1/3 オクターブバンド測定の結果）

表 4-4　CLT パネル素板と他工法床素板との比較（軽量床衝撃音）

No.	床断面の概要	遮音性能（Lr 値）
F01	CLT パネル床素板（厚 150mm、5 層 5 プライ）	97
F02	CLT パネル床素板（厚 210mm、5 層 7 プライ）	93
F03	RC 床素板（厚 150mm）	82
F04	枠組壁工法床素板（層厚 282.5mm、独立天井付き）	80

(2) 重量床衝撃音の測定結果と傾向

CLT パネル単体による床版素板（F01、F02）および、比較用の RC 床（F03）と枠組壁工法床（F04）との重量床衝撃音レベルの測定結果を図 4-5 (2) および図 4-6 (2) に示します。

重量床衝撃音については、CLT 厚 150mm（F01）、厚 210mm（F02）の周波数特性は低周波数域にピークを持ち周波数の増加とともに床衝撃音レベルが急激に小さくなる傾向を示しており、Lr 等級の性能決定周波数帯域は 63Hz 帯域でした。これらは、枠組壁工法床（F04）や RC 床（F03）と類似した周波数特性です。

CLT のパネル厚さによる重量床衝撃音の差異を見ると、CLT 厚 150mm（F01）が Lr-69、CLT 厚 210mm（F02）が Lr-66 であり、31.5～125Hz 帯域での差異は 3～4dB 程度でした。重量床衝撃音の Lr 数を比較すると、CLT 厚 210mm（F02）は枠組壁工法床（F04）より 6 ポイント小さく、RC 床（F03）より 9 ポイント大きい数値でした。これは、床版の面密度と曲げ剛性に応じた結果と考えられます。

図 4-6 (2) において、CLT 厚 150mm（F01）F01 と厚 210mm（F02）の特性を 1/3 オクターブバンドの測定結果から詳細にみると、重量床衝撃音についても顕著なピークやディップは見られませんが、厚 150mm（F01）では低周波数域において若干のピークとディップが見られます。

表 4-5　CLT パネル素板と他工法床素板との比較（重量床衝撃音）

No.	床断面の概要	遮音性能（Lr 値）
F01	CLT パネル床素板（厚 150mm、5 層 5 プライ）	69
F02	CLT パネル床素板（厚 210mm、5 層 7 プライ）	66
F03	RC 床素板（厚 150mm）	57
F04	枠組壁工法床素板（総厚 282.5mm、独立天井付き）	72

4.2　床仕上げ材による遮音対策

(1) 準耐火被覆による性能の変化

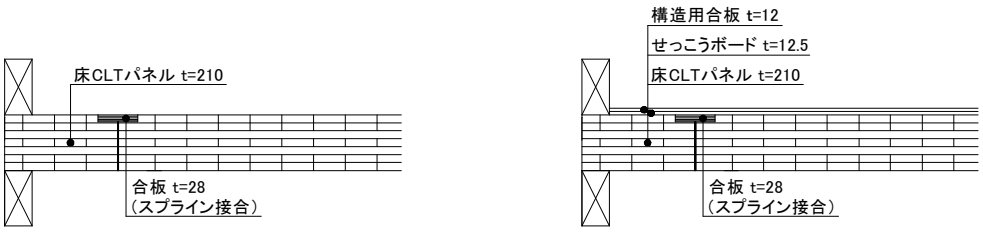
共同住宅で使用することを想定し、CLT パネル床版（厚 210mm）の上にせっこうボード 12.5mm と構造用合板 12mm を施工した仕様（F11）について、軽量および重量床衝撃音を測定しました。

軽量床衝撃音については 250Hz 帯域より高い周波数域で床衝撃音が顕著に小さくなり、周波数特性と大きさは枠組壁工法床（F04）に近くなりました。一方、重量床衝撃音については、準耐火床上被覆をした CLT パネル床版（F11）と被覆をしていない仕様（F02）との差異はほとんど見られず、測定した周波数範囲でほぼ 1dB 以下の差でした。これは、軽量床衝撃音に対しては、せっこうボードと合板の付加により CLT パネル表面の硬さが緩和され、さらに合板表面から CLT パネルへの振動伝達が減衰した影響と考えられ、重量床衝撃音に対してはせっこうボードと合板を付加しても床版全体の面密度と曲げ剛性の変化が小さいために床衝撃音にも変化が生じなかったものと推測されます。

以上のように、準耐火床上被覆仕様にすると、軽量床衝撃音に対しては Lr 数を 9 ポイント低減させる効果があり、一方、重量床衝撃音に対してはほとんど変化が生じません。

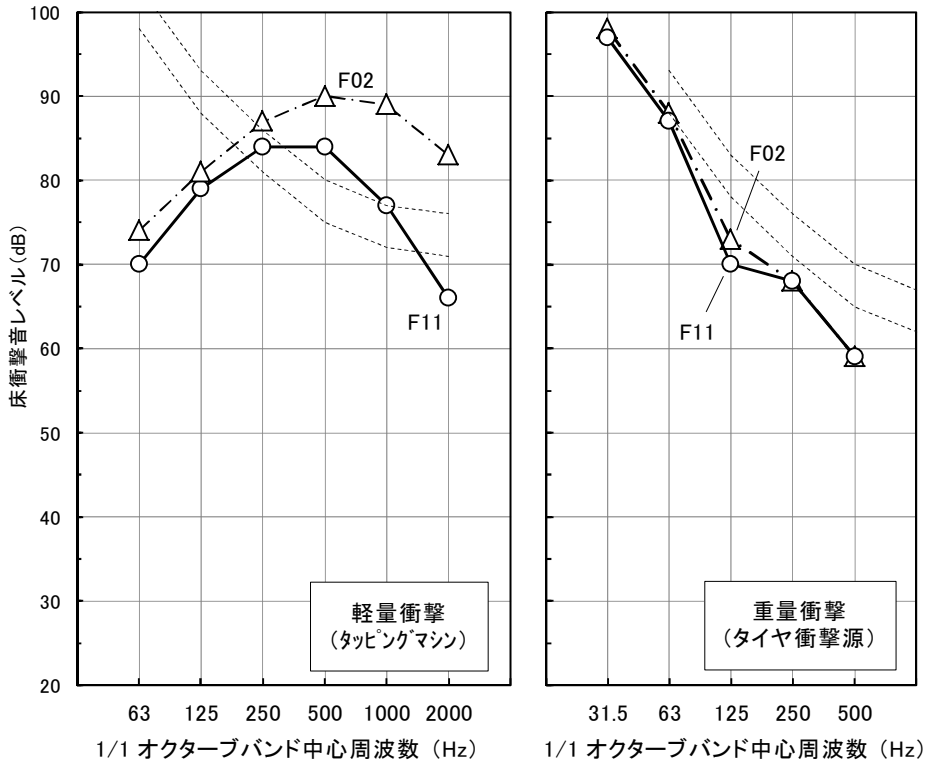
表 4-6　CLT パネル素板と他工法床素板との比較（重量床衝撃音）

No.	床断面の概要	遮音性能 （軽量 Lr 値）	遮音性能 （重量 Lr 値）
F02 ※既出	CLT パネル床素板（厚 210mm、５層７プライ）	93	66
F11	CLT パネル床素板（厚 210mm、５層７プライ）の上面に せっこうボード 12.5mm＋構造用合板 12mm	84	65



(1) F02(CLT210)　　(2) F11(準耐火被覆付き)

図 4-7　準耐火被覆の有無による床版試験体 2 体の断面構成詳細図



(1) 軽量床衝撃音　　(2) 重量床衝撃音

図 4-8　素板状態(F02)と準耐火被覆後(F11)の床衝撃音遮断性能
(CLT パネル床、厚 210㎜)

(2) 薄い床仕上げ材の付加による遮音対策

準耐火床上被覆をした CLT パネル床版（F11）の上面に薄い床仕上げ材を施工した仕様について、軽量および重量床衝撃音を測定しました。施工した床仕上げ材は、土足履きを想定した薄手のカーペット（CP1）、素足歩行を想定した緩衝層付きの厚手のカーペット（CP2）、直貼り木質防音フローリング（WF）、の 3 種類です。

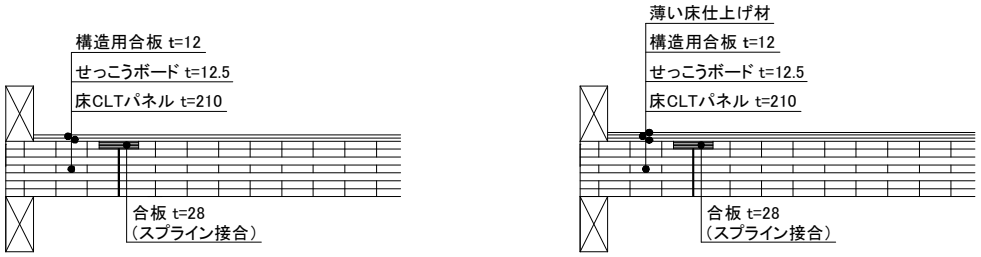
軽量床衝撃音については、薄手のカーペット（CP1）を施工した場合には床衝撃音の変化は僅かですが、厚手のカーペット（CP2）や木質防音フローリング（WF）を施工した場合には床衝撃音は大幅に小さくなりました。床仕上げ材施工後の Lr 数は、CP1 が Lr-72、WF が Lr-63、CP2 が Lr-53 となり、表 4-7 に示した低減性能の 2 等級ずつの差異（＝10dB の差異）に対応した結果でした。

一方、重量床衝撃音については、カーペット（CP1、CP2）や木質防音フローリング（WF）を施工してもほとんど変化が見られません。これは、薄い床仕上げ材を付加しても床版全体の面密度と曲げ剛性の変化が小さいため、重量床衝撃音には変化が生じなかったものと推測されます。

以上のように、準耐火床上被覆をした CLT パネル床版（F11）の上面に薄い床仕上げ材を施工すると、軽量床衝撃音に対しては床仕上げ材の低減性能に応じた低減効果があり、重量床衝撃音に対してはほとんど変化が生じません。

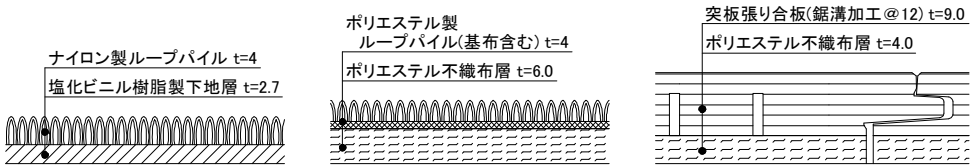
表 4-7　薄い床仕上げ材を施工した仕様の床衝撃音遮断性能（軽量・重量）

No.	床断面の概要	遮音性能 （軽量 Lr 値）	遮音性能 （重量 Lr 値）
F11 ※既出	CLT パネル床素板（厚 210mm、5 層 7 プライ）の上面に せっこうボード 12.5mm＋構造用合板 12mm	84	65
F12	F11 の上に、薄手のカーペット CP1（t=6.7mm）	72	65
F13	F11 の上に、厚手のカーペット CP2（t=10mm）	53	65
F14	F11 の上に、木質防音フローリング WF（t=13mm）	63	65



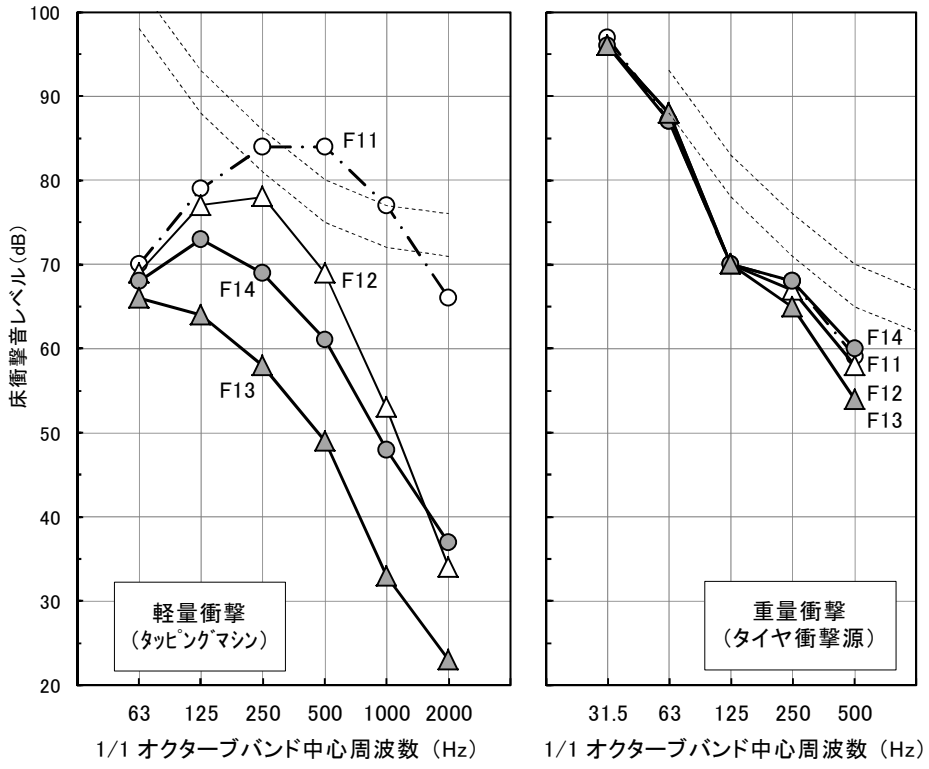
(1) F11(準耐火被覆付き)　　(2) F12～F14(薄い床仕上げ材付き)

図 4-9 薄い床仕上げ材による遮音対策の試験体断面構成詳細図



(1) F12：薄いカーペット（ΔLL(Ⅰ)-1 等級）　(2) F13：厚いカーペット（ΔLL(Ⅰ)-5 等級）　(3) F14：防音フローリング（ΔLL(Ⅰ)-3 等級）

図 4-10 薄い床仕上げ材の断面詳細図



(1) 軽量床衝撃音　　(2) 重量床衝撃音

図 4-11　準耐火被覆後(F11)と薄い床仕上げ材施工後(F12～F13)の床衝撃音遮断性能
(F12:薄いカーペット、F13:厚いカーペット、F14:防音フローリング)

⑶ 乾式二重床・乾式置床の付加による遮音対策

薄い床仕上げ材の場合、軽量床衝撃音に対する効果は大きいものの、重量床衝撃音に対する効果はあまりありません。一方、厚い床仕上げ材の場合、仕様によっては軽量および重量床衝撃音の両方への効果が期待できます。ここでは厚い床仕上げ材として、乾式二重床と乾式置床をとりあげます。

① 乾式二重床による対策と効果

準耐火床上被覆をした CLT パネル床版（F11）の上面に乾式二重床を施工した仕様 F21～F24 について、軽量および重量床衝撃音を測定しました。施工した乾式二重床は、RC 造集合住宅で一般的に使用されている乾式二重床 A、および支持脚部に制振ダンパーを有する乾式二重床 B、の 2 種類です。さらに乾式二重床 A については、遮音用マット（厚 8mm×1 層または 2 層）を追加した仕様についても測定を行いました。床仕様 F21～F24 の仕様詳細を図 4-12 に示します。なお、乾式二重床 A、B ともに試験体四周の幅木とフローリングとの間には 2mm の隙間を設けています。これは、床下空間との空気流通を図り、重量床衝撃音の増幅を低減させるとともに、幅木との接触による軽量床衝撃音の伝達を低減させることを意図した仕様です。また、試験体の四周の壁際部分はすべて防振タイプの際根太を施工しています。

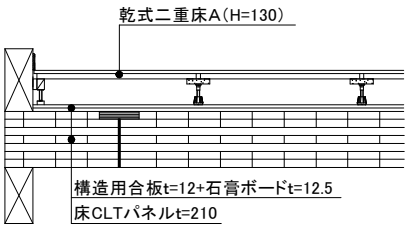
軽量床衝撃音については、乾式二重床を施工することで 250Hz 帯域以上の周波数帯域で大幅な低減効果が見られました。乾式二重床施工前（F11）の Lr-84 に対して、乾式二重床を施工した後には Lr-64～71 になっており、13～20 ポイントの大幅な低減が生じました。乾式二重床の断面仕様で比べると、遮音用マットを追加することで遮音性能が次第に高くなり、遮音用マットなし（F21）での Lr-71 に対して、遮音用マット 8mm 挿入（F22）では Lr-67、遮音用マット 16mm 挿入（F22）では Lr-64 となっており、遮音用マットを 8mm 挿入するごとに 3～4 ポイントの性能向上が見られました。

一方、重量床衝撃音については、31.5Hz 帯域と 63Hz 帯域では最大 6 ポイントの低減効果が生じています。一方で、125Hz 帯域では乾式二重床施工前よりも床衝撃音が大きい事例も見られました。その結果、遮音用マットのない乾式二重床（F21）では重量床衝撃音遮断性能の向上は見られず、制振ユニット付の乾式二重床（F24）では逆に 1 ポイント程度ではありますが遮音性能が低下する結果でした。遮音用マットを 8mm または 16mm 挿入した乾式二重床の試験体（F22 および F23）では、重量床衝撃音遮断性能が 4 ポイントまたは 6 ポイント向上しており、遮音用マット付きの乾式二重床の効果が高いことが判ります。

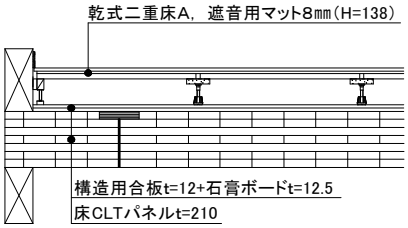
このように、乾式二重床を施工すると軽量床衝撃音に対しては Lr 数を 13～20 ポイント程度低減させる効果があり、重量床衝撃音に対しては遮音用マット入りの乾式二重床とすることで約 4～6 ポイント程度の低減が期待できます。

表 4-8　乾式二重床を施工した仕様の床衝撃音遮断性能（軽量・重量）

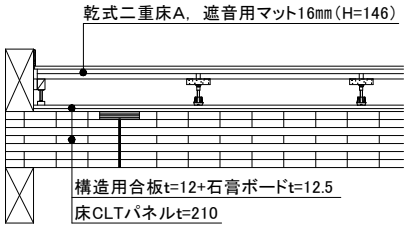
No.	床断面の概要	遮音性能 （軽量 Lr 値）	遮音性能 （重量 Lr 値）
F11 ※既出	CLT パネル床素板（厚 210mm、5 層 7 プライ）の上面に せっこうボード 12.5mm＋構造用合板 12mm	84	65
F21	F11 の上に、乾式二重床A（遮音用マットなし）	71	65
F22	F11 の上に、乾式二重床A、遮音用マット 8mm	67	61
F23	F11 の上に、乾式二重床A、遮音用マット 16mm	64	59
F24	F11 の上に、乾式二重床B（制振ユニット付き）	67	66



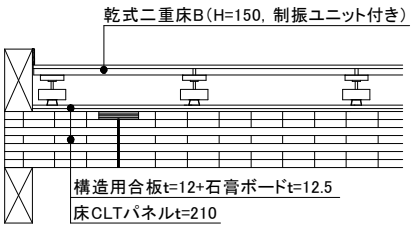
(1) F21：乾式二重床Ａ、遮音用マットなし



(2) F22：乾式二重床Ａ、遮音用マット 8㎜

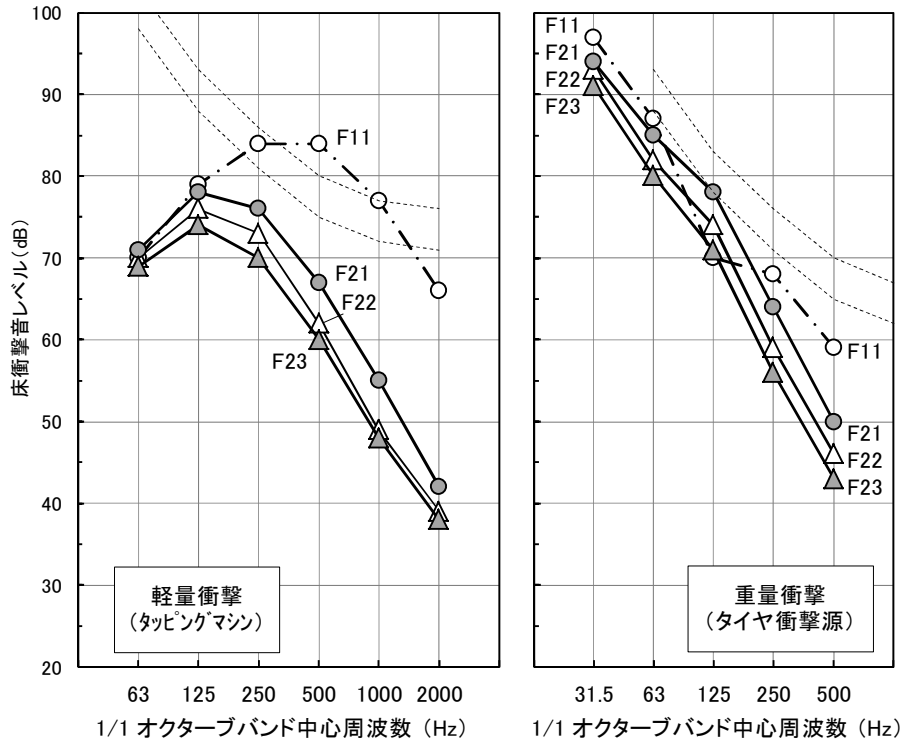


(3) F23：乾式二重床Ａ、遮音用マット 16㎜



(4) F24：乾式二重床Ｂ、制振ユニット付き

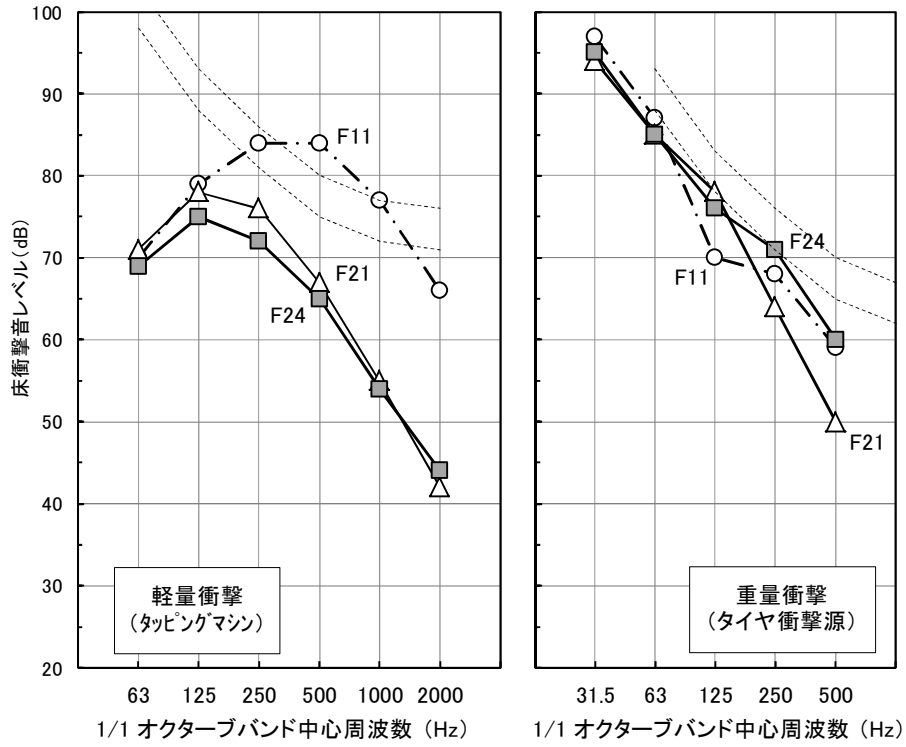
図 4-12　乾式二重床 A・B を含む床試験体の断面構成図



(1) 軽量床衝撃音　　(2) 重量床衝撃音

図 4-13　準耐火被覆後(F11)と乾式二重床施工後(F21～F23)の床衝撃音遮断性能

(F21:乾式二重床(一般型)、F22:遮音用マット 8㎜ 乾式二重床、F23:遮音用マット 16㎜ 乾式二重床)



(1) 軽量床衝撃音　　(2) 重量床衝撃音

図 4-14　準耐火被覆後(F11)と制振ユニット付き乾式二重床施工後(F24)の床衝撃音遮断性能

(F21:乾式二重床(一般型)、F24:制振ユニット付き乾式二重床)

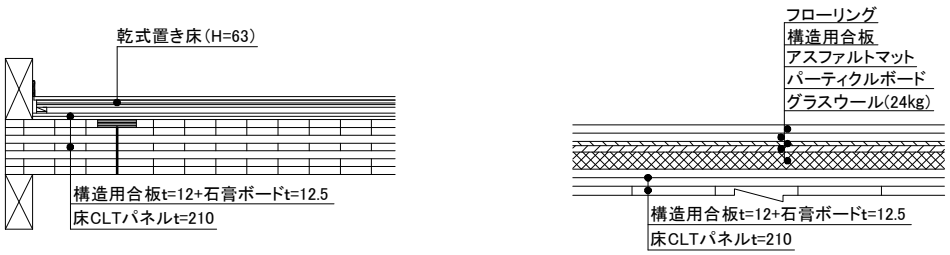
② 乾式置床による対策と効果

床仕上げ高さが乾式二重床よりも薄い床仕上げ構造として、乾式工法による置床（以下「乾式置床」と記す）があります。表 4-9 および図 4-15 に示す乾式置床の製品例について、準耐火被覆付き（F11）の上に施工した場合の床衝撃音遮断性能を測定しました。

乾式置床を施工することで軽量床衝撃音遮断性能は 25 ポイント向上しており、これは乾式二重床を施工した場合よりも大きな幅の性能向上でした。一方、重量床衝撃音遮断性能に関しては等級値の変化はみられず、重量床衝撃音に対する効果は見られませんでした。

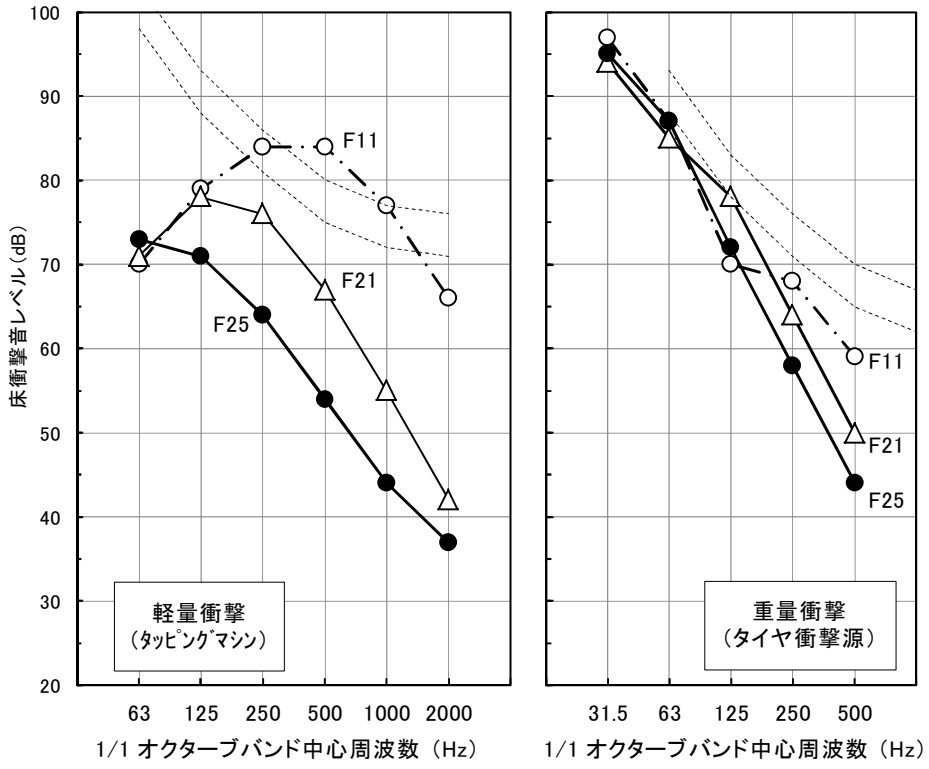
表 4-9　乾式置床を施工した仕様の床衝撃音遮断性能（軽量・重量）

No.	床断面の概要	遮音性能 （軽量 Lr 値）	遮音性能 （重量 Lr 値）
F11 ※既出	CLT パネル床素板（厚 210mm、5 層 7 プライ）の上面に せっこうボード 12.5mm＋構造用合板 12mm	84	65
F25	F21 の上に、乾式置床（遮音用マットなし）	59	65



(1) F25：乾式置床付きの床試験体　　(2) 乾式置床の断面詳細図

図 4-15　乾式置床付きの床試験体(F25)の断面構成図



(1) 軽量床衝撃音　　(2) 重量床衝撃音

図 4-16　準耐火被覆後(F11)と乾式置床施工後(F25)の床衝撃音遮断性能
(F21:乾式二重床(一般型)、F25:乾式置床、遮音用マットなし)

4.3 天井付加による遮音対策

床衝撃音への対策としては、床板自体の性能向上、床仕上げ材の付加による性能向上のほか、下室側に二重天井を付加することによる対策が考えられます。ここでは、二重天井として、薄い弾性チャンネル天井、厚い独立根太天井、および、床版の CLT パネル（厚 210mm）の下にさらに空気層を設けて厚 90mm の CLT パネルを付加した二重天井についての実験結果を示します。試験体の仕様と断面図を表 4-10 および図 4-17 に示します。

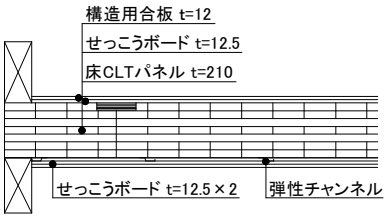
F31 と F32 は準耐火被覆付き（F11）をベースとしてその下室側に弾性チャンネル天井または独立根太天井を付加した仕様です。軽量床衝撃音についてはベースとした準耐火被覆付き（F11）に対して 4～8 ポイントの低減効果が見られました。重量床衝撃音についてはベースとした準耐火被覆付き（F11）に対して 0～1 ポイントの変化しか生じておらず、あまり低減効果が無いことが判ります。

F33 と F34 は CLT 厚 210mm（F02）をベースとしてその下室側に CLT パネル二重天井を付加した仕様です。このうち F33 は厚 120mm の空気層を設けて厚 90mm の CLT パネルを施工した仕様です。F34 は厚 196mm の空気層を設けて厚 90mm の CLT パネルを施工し、天井 CLT パネルの上には振動抑制を目的として砂袋を設置しており、さらに天井空気層による低音域での増幅を抑制するために天井懐の横方向（隣室方向）に空気流通のための通気部を設けた仕様です。ベースとした CLT 厚 210mm（F02）に対して、CLT パネル二重天井（F33、F34）は軽量床衝撃音については 14 ポイントの性能向上が見られました。また、重量床衝撃音については、天井懐の通気部なし（F33）で 3 ポイント、天井懐の通気部あり（F34）で 6 ポイントの性能向上が見られました。

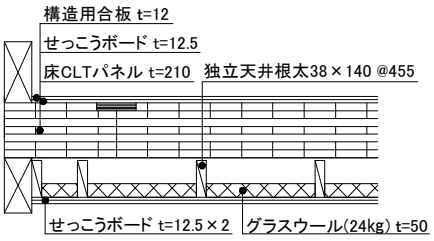
以上のように、二重天井を施工することで、軽量床衝撃音については Lr 数を 4～14 ポイント程度低減させる効果があり、重量床衝撃音に対しては 0～6 ポイント程度低減させる効果が期待できます。

表 4-10　天井を施工した仕様の床衝撃音遮断性能（軽量・重量）

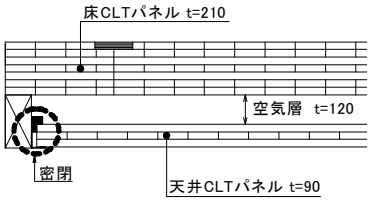
No.	床断面の概要	遮音性能 （軽量 Lr 値）	遮音性能 （重量 Lr 値）
F11 ※既出	CLT パネル床素板（厚 210mm、5 層 7 プライ）の上面に せっこうボード 12.5mm＋構造用合板 12mm	84	65
F31	F11 の下室側に、弾性チャンネル天井	80	65
F32	F11 の下室側に、独立根太天井	76	64
F02 ※既出	CLT パネル床素板（厚 210mm、5 層 7 プライ）	93	66
F33	F02 の下室側に、CLT パネル二重天井	79	63
F34	F02 の下室側に、CLT パネル二重天井（横方向空気抜きあり、砂袋あり）	79	60



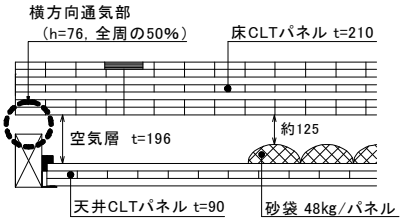
(1) F31：弾性チャンネル天井付き



(2) F32：独立根太天井付き

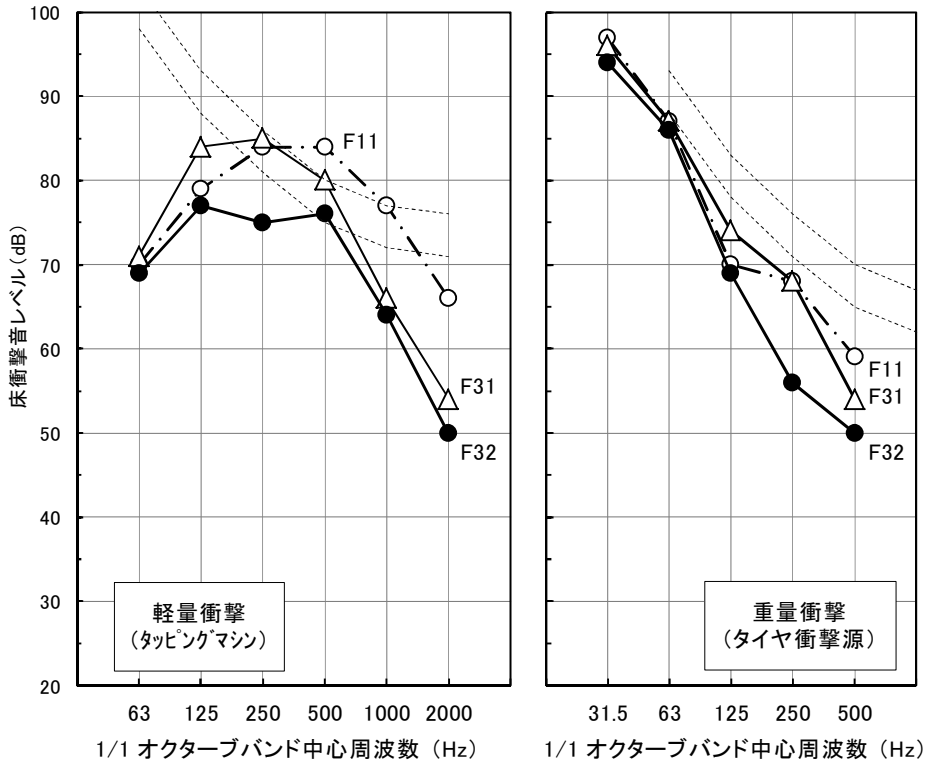


(3)F33：CLT パネル二重天井



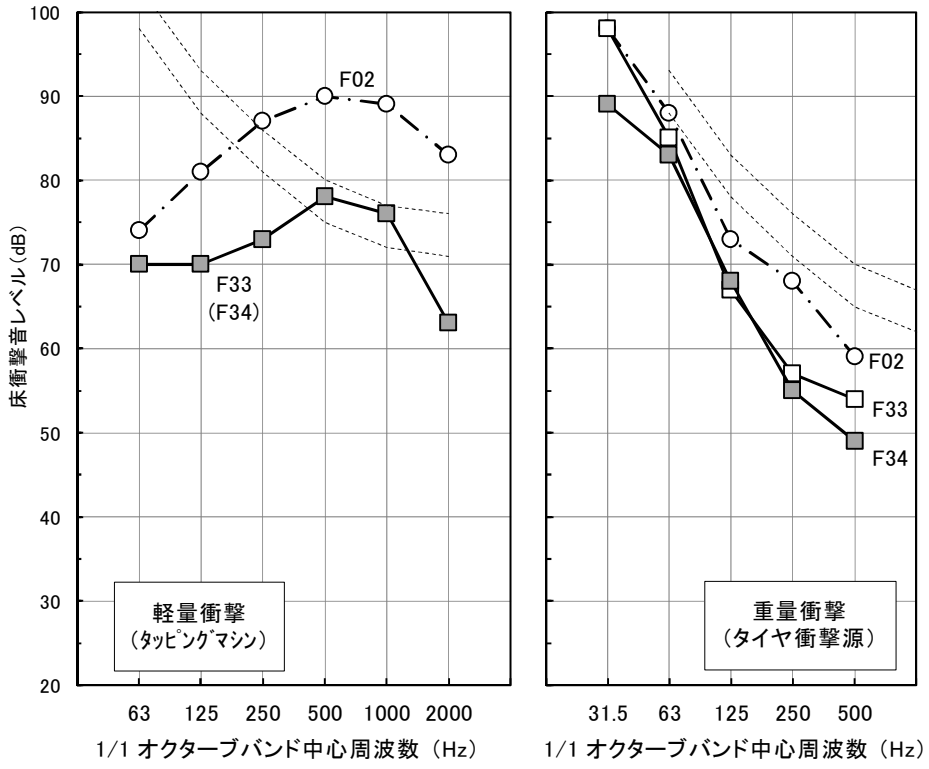
(4) F34：CLT パネル二重天井
(横方向空気抜きあり、砂袋あり)

図 4-17　二重天井付き床試験体の断面構成図



(1) 軽量床衝撃音　　(2) 重量床衝撃音

図 4-18　準耐火被覆後(F11)と二重天井施工後(F31、F32)の床衝撃音遮断性能
(F31:弾性チャンネル天井、F32:独立根太天井)



(1) 軽量床衝撃音　　(2) 重量床衝撃音

図 4-19　準耐火被覆後(F11)と二重天井施工後(F33、F34)の床衝撃音遮断性能
(F33: CLT パネル二重天井、F34: CLT パネル二重天井（横方向空気抜きあり、砂袋あり))

4.4　緩衝材の挿入による遮音効果

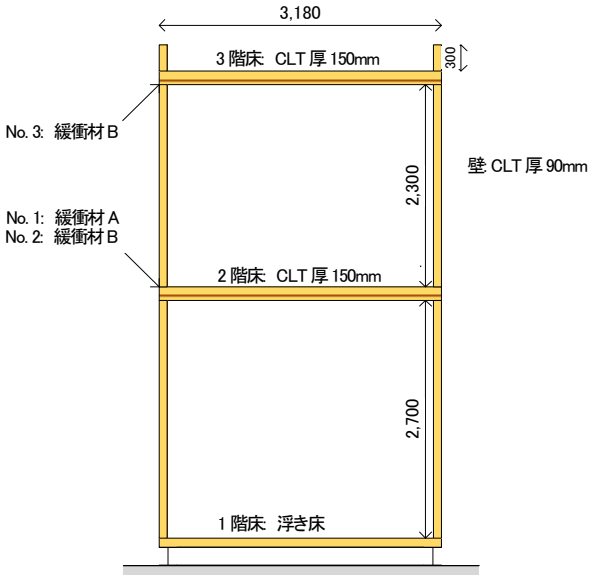
（本節の内容は、CLT 建築推進協議会による実験結果からの抜粋です。詳細は付録Ⅱをご参照下さい。）

CLT パネル工法の実験棟において、上階床版と下階壁との間の接合部に厚さ 12.5mm のポリウレタンエラストマー（PUR）発泡体を緩衝材として挿入する実験を行いました。その結果、挿入する PUR 緩衝材の種類と挿入する位置によって重量床衝撃音遮断性能の変化の傾向は異なるものの、63Hz 帯域において最大約 6dB 向上した例がみられました。

当然のことながら、実際の建築物で使用するためには、防耐火上の課題の解決や構造耐力計算での検討が必須なほか、コストの増加や、施工実績・経年変化などへの考慮も必要となりますが、遮音性能をさらに向上させる手法の一つの案と考えられます。



(1) 外観写真

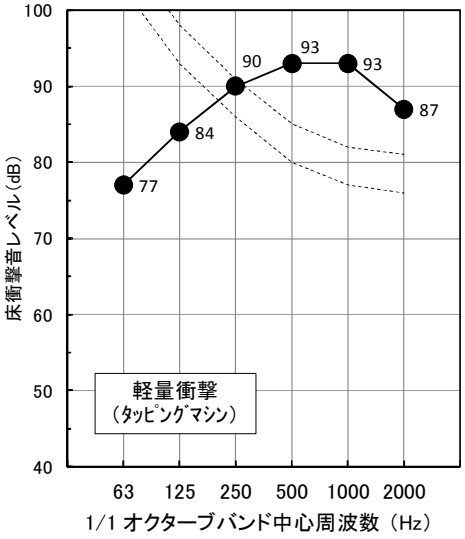


(2) 鉛直断面図

図 4-20　CLT 建築推進協議会による床衝撃音試験に用いられた CLT 造試験体

4.5　床衝撃音遮断性能データ集：実験室での測定結果

(1) 軽量床衝撃音（タッピングマシン）

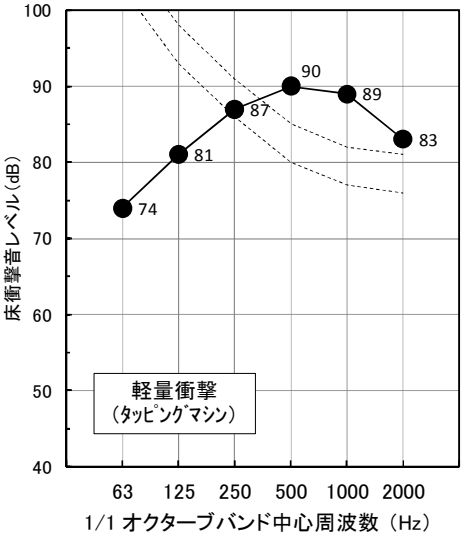


F01　CLT パネル素板

床上仕上げ：なし

CLT 厚さ　：150mm

天井仕上げ：なし

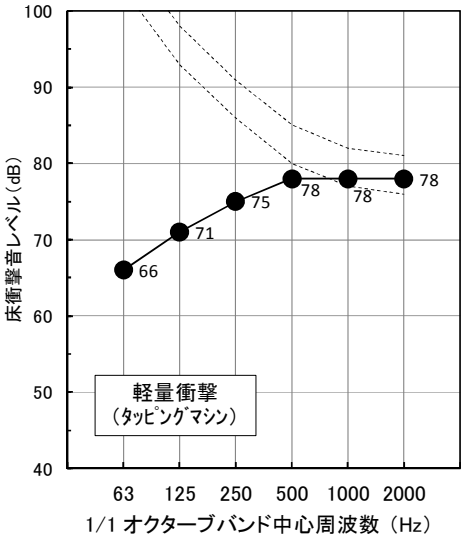


F02　CLT パネル素板

床上仕上げ：なし

CLT 厚さ　：210mm

天井仕上げ：なし

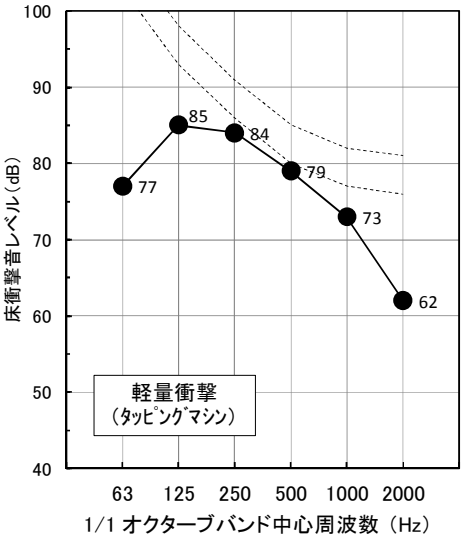


F03　ＲＣ（鉄筋コンクリート）床素板

床上仕上げ：なし

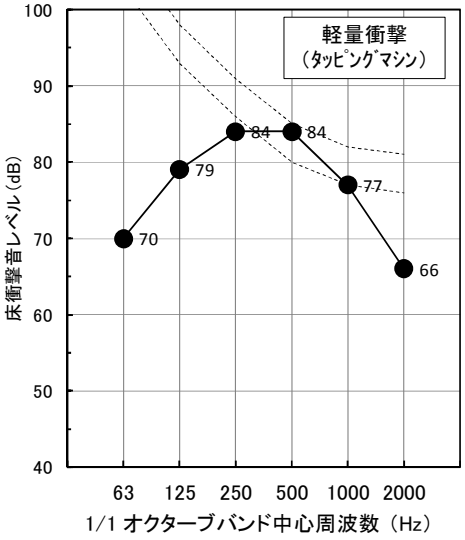
RC 床素板　：150mm

天井仕上げ：なし



F04　枠組壁工法床素板 t210

総厚 282.5mm、独立天井付

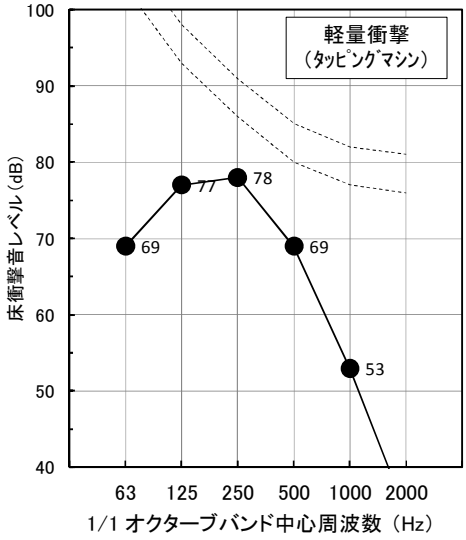


F11　床上準耐火被覆つき

床上仕上げ：構造用合板 t12+せっこうボード t12.5

CLT 厚さ　：210mm

天井仕上げ：なし

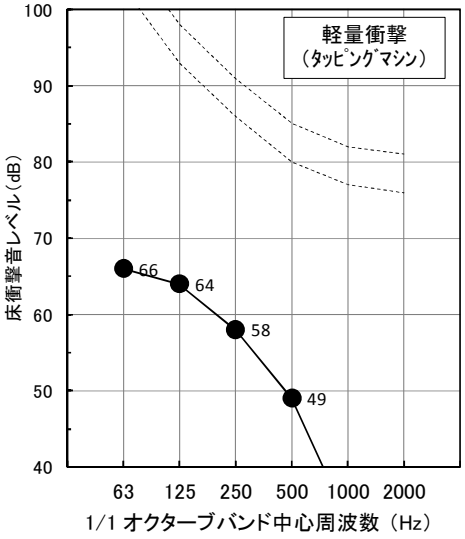


F12　床上準耐火被覆＋薄い床仕上げ材つき(1)

床上仕上げ：F11 仕様＋薄手のカーペット t6.7

CLT 厚さ　：210mm

天井仕上げ：なし

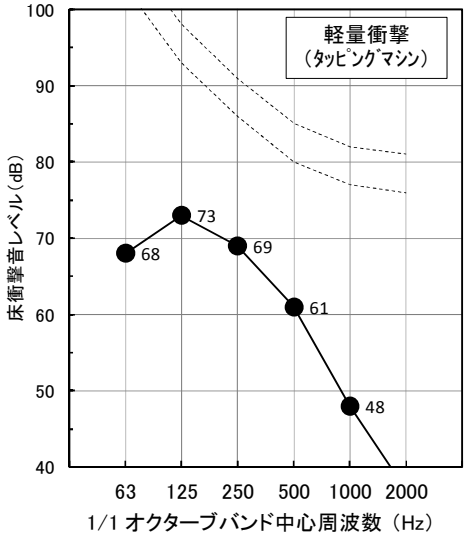


F13　床上準耐火被覆＋薄い床仕上げ材つき(2)

床上仕上げ：F11 仕様＋厚手のカーペット t10

CLT 厚さ　：210mm

天井仕上げ：なし

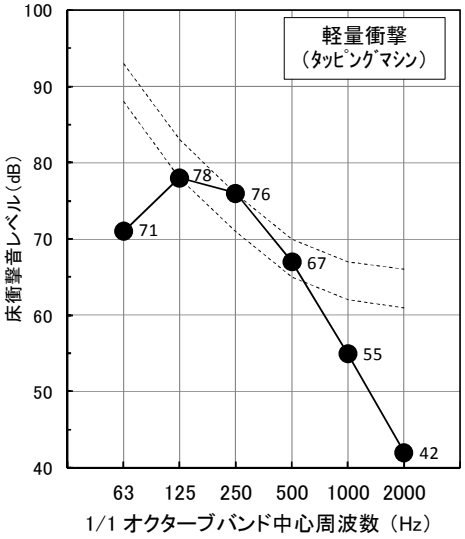


F14　床上準耐火被覆＋薄い床仕上げ材つき(3)

床上仕上げ：F11 仕様＋木質防音フローリング t13

CLT 厚さ　：210mm

天井仕上げ：なし

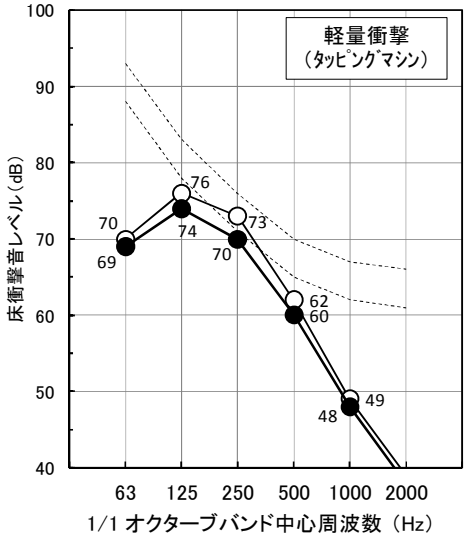


F21　床上準耐火被覆＋乾式二重床(1)

床上仕上げ：F11 仕様＋乾式二重床Ａ（遮音用マット無）

CLT 厚さ　：210mm

天井仕上げ：なし



F22、23　床上準耐火被覆＋乾式二重床(2) (3)

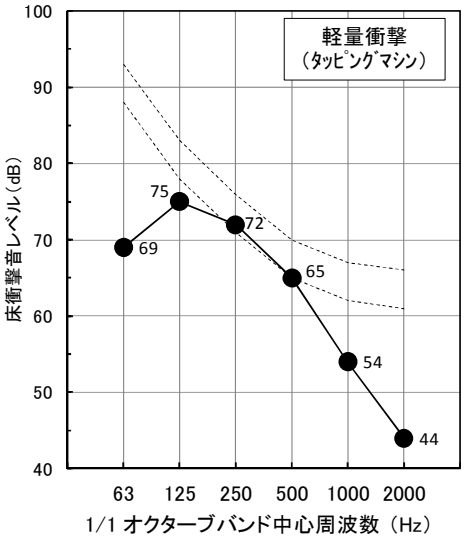
床上仕上げ：F11 仕様＋

22：乾式二重床Ａ（遮音用マット t8）

23：乾式二重床Ａ（遮音用マット t16）

CLT 厚さ　：210mm

天井仕上げ：なし

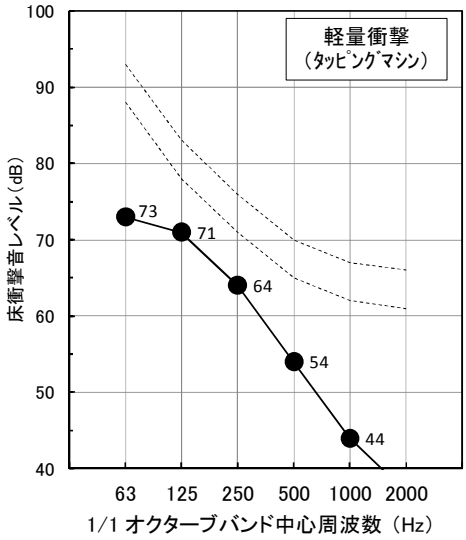


F24　床上準耐火被覆＋乾式二重床(4)

床上仕上げ：F11 仕様＋乾式二重床Ｂ（制限ユニットつき）

CLT 厚さ　：210mm

天井仕上げ：なし

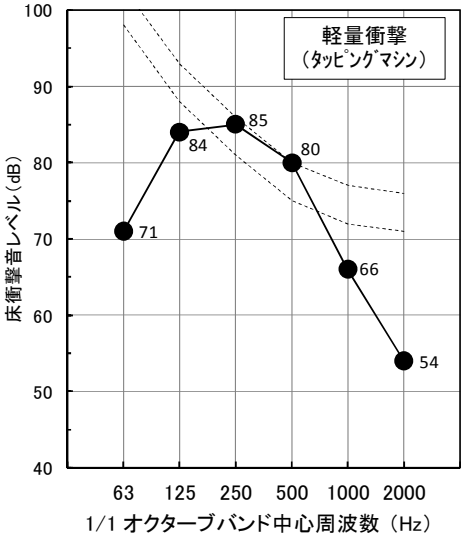


F25　床上準耐火被覆＋乾式置床

床上仕上げ：F11 仕様＋乾式置床（遮音用マット無）

CLT 厚さ　：210mm

天井仕上げ：なし

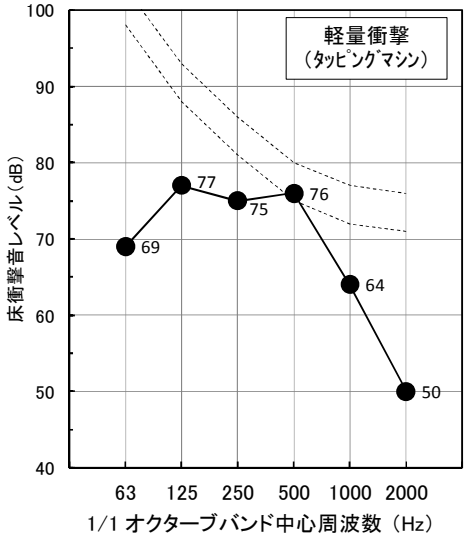


F31　床上準耐火被覆＋天井(1)

床上仕上げ：F11 仕様

CLT 厚さ　：210mm

天井仕上げ：弾性チャンネル天井

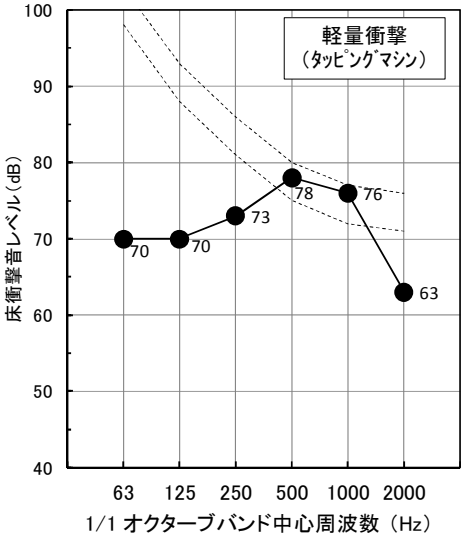


F32　床上準耐火被覆＋天井仕上げ(2)

床上仕上げ：F11 仕様

CLT 厚さ　：210mm

天井仕上げ：独立根太天井

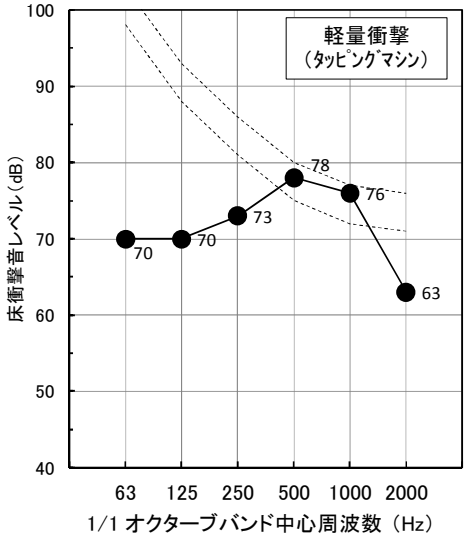


F33　CLT パネル二重天井(1)

床上仕上げ：なし

CLT 厚さ　：210mm

天井仕上げ：CLT パネル二重天井



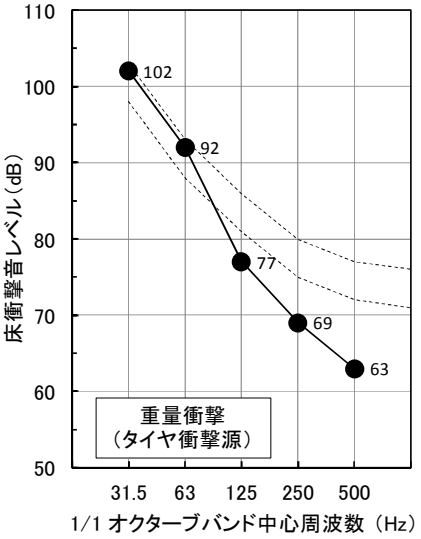
F34　CLT パネル二重天井(2)

床上仕上げ：なし

CLT 厚さ　：210mm

天井仕上げ：CLT パネル二重天井（空気抜き、砂袋あり）

(2) 重量床衝撃音（タイヤ衝撃源）

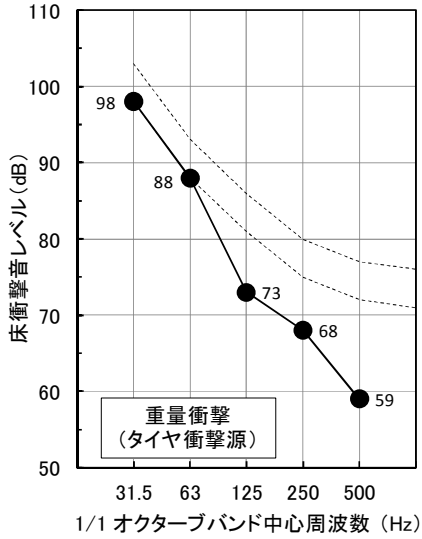


F01　CLT パネル素板

床上仕上げ : なし

CLT 厚さ　: 150mm

天井仕上げ : なし

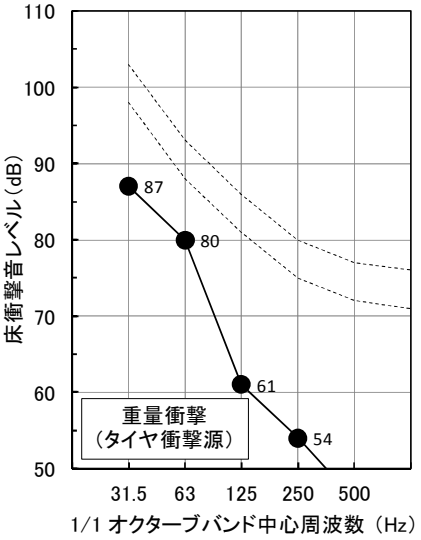


F02　CLT パネル素板

床上仕上げ : なし

CLT 厚さ　: 210mm

天井仕上げ : なし

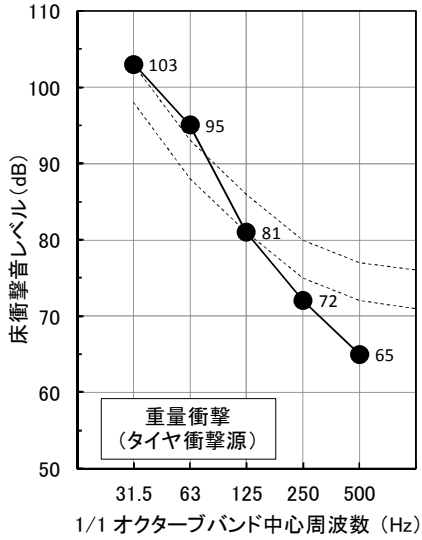


F03　ＲＣ（鉄筋コンクリート）床素板 t150

床上仕上げ : なし

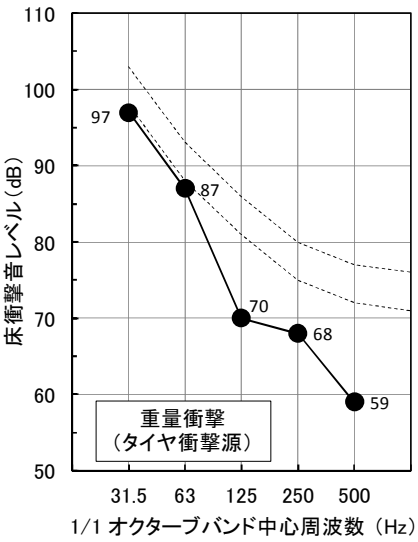
RC 床素板　: 150mm

天井仕上げ : なし



F04　枠組壁工法床素板 t210

総厚 282.5mm、独立天井付

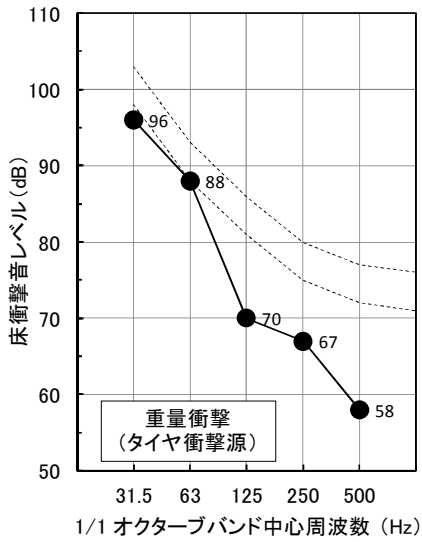


F11　床上準耐火被覆つき

床上仕上げ：構造用合板 t12＋せっこうボード t12.5

CLT 厚さ　：210mm

天井仕上げ：なし

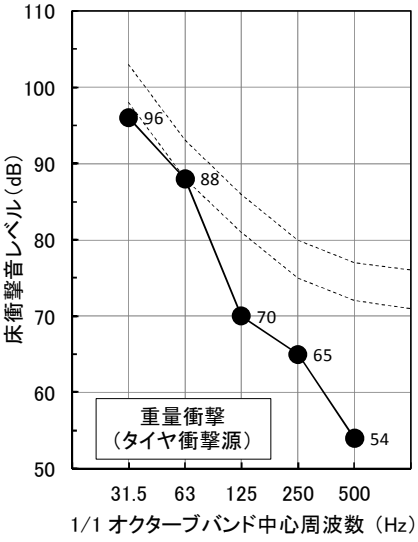


F12　床上準耐火被覆＋薄い床仕上げ材つき(1)

床上仕上げ：F11 仕様＋薄手のカーペット t6.7

CLT 厚さ　：210mm

天井仕上げ：なし

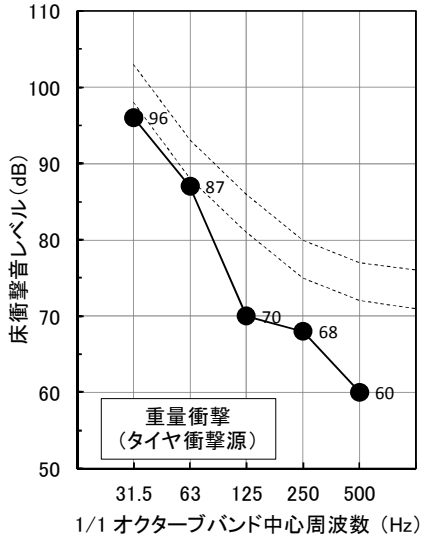


F13　床上準耐火被覆＋薄い床仕上げ材つき(2)

床上仕上げ：F11 仕様＋厚手のカーペット t10

CLT 厚さ　：210mm

天井仕上げ：なし

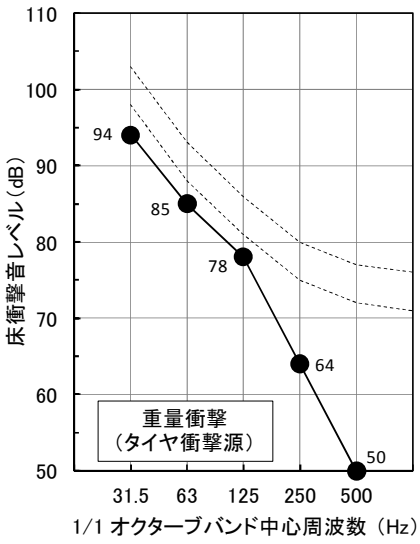


F14　床上準耐火被覆＋薄い床仕上げ材つき(3)

床上仕上げ：F11 仕様＋木質防音フローリング t13

CLT 厚さ　：210mm

天井仕上げ：なし

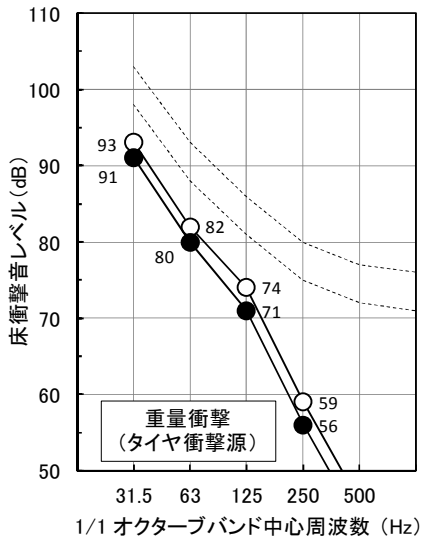


F21　床上準耐火被覆＋乾式二重床(1)

床上仕上げ：F11 仕様＋乾式二重床Ａ（遮音用マット無）

CLT 厚さ　：210mm

天井仕上げ：なし



F22、23　床上準耐火被覆＋乾式二重床(2) (3)

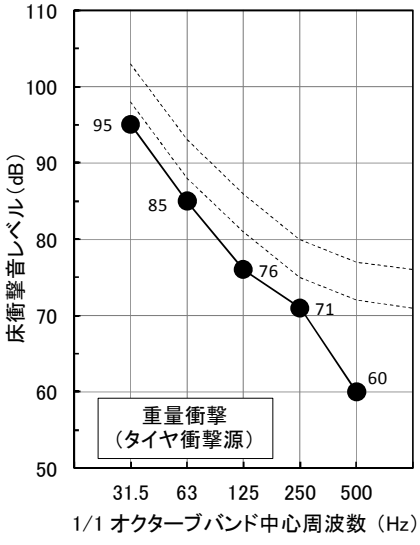
床上仕上げ：F11 仕様＋

22：乾式二重床Ａ（遮音用マット t8）

23：乾式二重床Ａ（遮音用マット t16）

CLT 厚さ　：210mm

天井仕上げ：なし

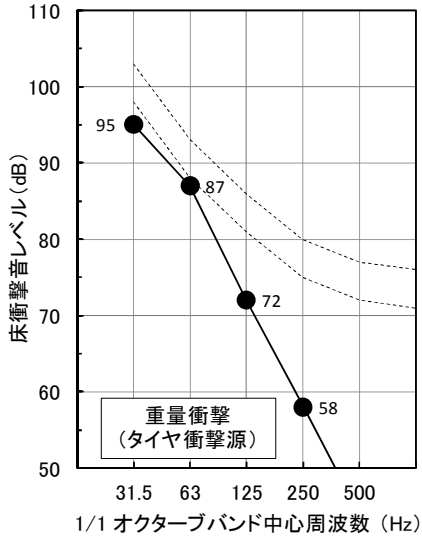


F24　床上準耐火被覆＋乾式二重床(4)

床上仕上げ：F11 仕様＋乾式二重床Ｂ（制限ユニットつき）

CLT 厚さ　：210mm

天井仕上げ：なし

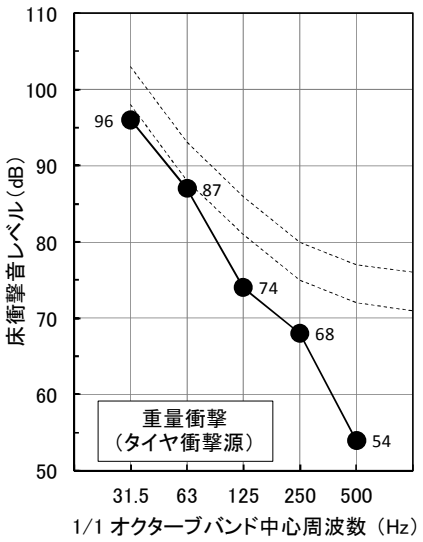


F25　床上準耐火被覆＋乾式置床

床上仕上げ：F11 仕様＋乾式置床（遮音用マット無）

CLT 厚さ　：210mm

天井仕上げ：なし

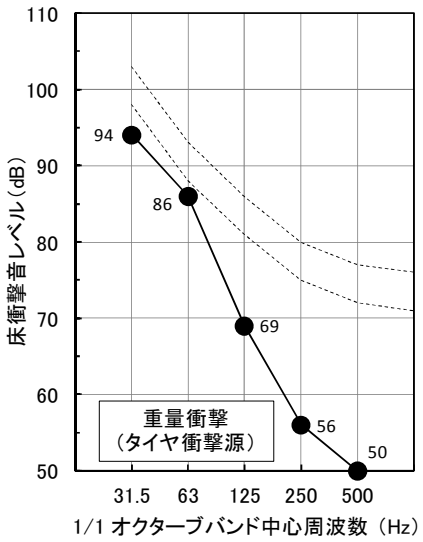


F31　床上準耐火被覆＋天井(1)

床上仕上げ：F11 仕様

CLT 厚さ　：210mm

天井仕上げ：弾性チャンネル天井

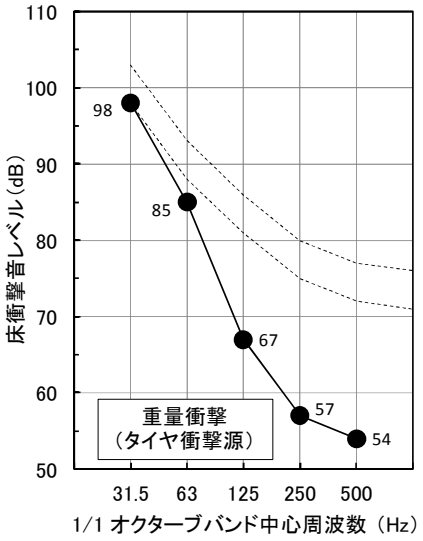


F32　床上準耐火被覆＋天井仕上げ(2)

床上仕上げ：F11 仕様

CLT 厚さ　：210mm

天井仕上げ：独立根太天井

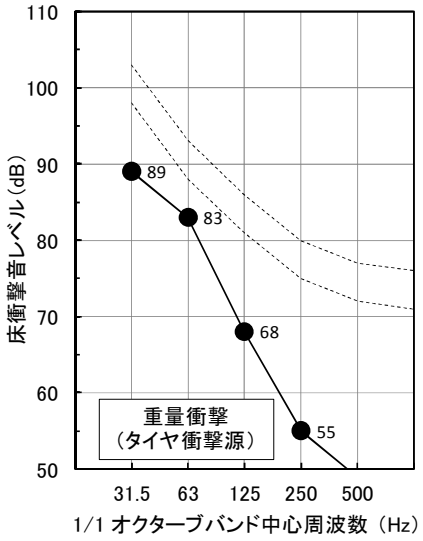


F33　CLT パネル二重天井(1)

床上仕上げ：なし

CLT 厚さ　：210mm

天井仕上げ：CLT パネル二重天井



F34　CLT パネル二重天井(2)

床上仕上げ：なし

CLT 厚さ　：210mm

天井仕上げ：CLT パネル二重天井（空気抜き、砂袋あり）

本章（4 章）の参考文献

1) 林野庁平成 25 年度補正委託事業「床板として CLT を使用する枠組壁工法建築物の開発」報告書

2) 林野庁平成 27 年度委託事業「CLT 等新たな製品・技術の開発・普及事業／CLT 住性能向上研究開発事業」報告書

3) 林野庁平成 27 年度補正「地域材利用拡大緊急対策事業（木材の新規用途の導入促進）のうち地域の特性に応じた木質部材・工法の開発・普及等支援事業」報告書

4) 富来礼次、大鶴徹、平光厚雄、原田浩司、立川昂希：CLT 造試験体における床衝撃音及び振動速度の低減に関する研究　その 1 測定の設定並びに素組の床衝撃音および振動速度、日本建築学会大会講演梗概集、環境工学Ⅰ、pp.283-284、2016.8

5) 立川昂希、大鶴徹、富来礼次、平光厚雄、原田浩司：CLT 造試験体における床衝撃音及び振動速度の低減に関する研究　その 2 施工の差異による床衝撃音及び振動速度の変化、日本建築学会大会講演梗概集、環境工学Ⅰ、pp.285-286、2016.8

5 章　CLT を用いた壁の空気音遮断性能

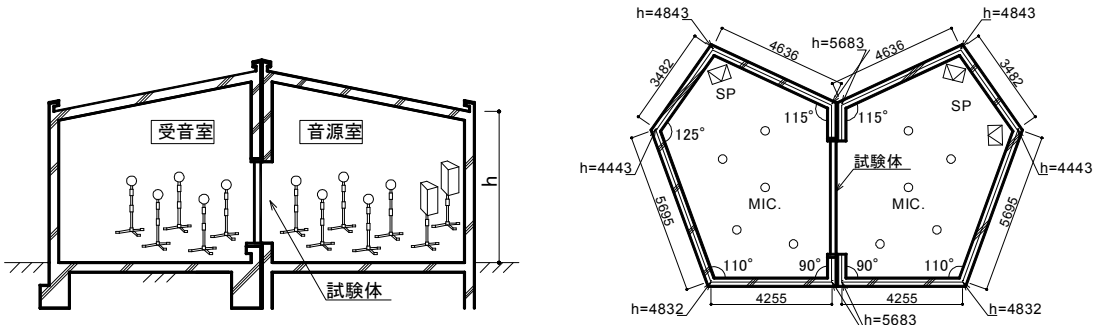
建物の壁へ CLT を使用するケースとしては、住戸間の界壁として、或いは居室間の間仕切壁として用いられることが想定されます。いずれの場合にも、快適な居住環境のために一定水準以上の空気音遮断性能が求められます。

国内で一般的なスギ材による CLT パネル壁の特徴は、全体として密実な同一材料の壁ではあるものの比重は 0.4 程度で鉄筋コンクリート壁に比べると軽量であること、工場でプレカットした CLT パネルを現場で吊り込むためパネル間には幅 2mm 程度の目地の隙間が生じること、建物によって壁面積に対する隙間の総長さの割合も異なること、などが挙げられます。このため、CLT パネル壁の遮音性能の予測評価では、単層壁の場合の質量則などをそのまま適用することはできません。

本節では、今後、国内で壁の部位に一般的に用いられると予想される国産スギ材製の CLT パネル（厚 150mm）を対象として、実験室内で実施した CLT パネル壁の遮音性能実験の結果から、CLT パネル壁素板の遮音性能とともに、CLT パネル間の隙間の部分からの音響透過の影響について示します。また、より高い遮音性能が求められる場合の対策として、せっこうボード壁または CLT パネルを付加した二重壁構造を提案し、その測定結果も示します。

［実験内容］

実験は図 5-1 に示す（一財）日本建築総合試験所の残響室で実施しました。この残響室は RC 造で、左右 2 室が連接しており、残響室間には開口部が設けられています。本実験では、既設開口の四周に木枠を取り付け、内寸が幅 4000 mm×高さ 2500 mm の木製開口部を作成し、そこに CLT パネルを設置して遮音測定を行いました。CLT パネルの設置の際には、実際の CLT 建物などでの状態を再現するため、CLT パネルの左右に幅 2mm の目地を設けて設置しました。



(1) 鉛直断面図　　(2) 平面図

図 5-1　測定に用いた実験室（残響室）の概要

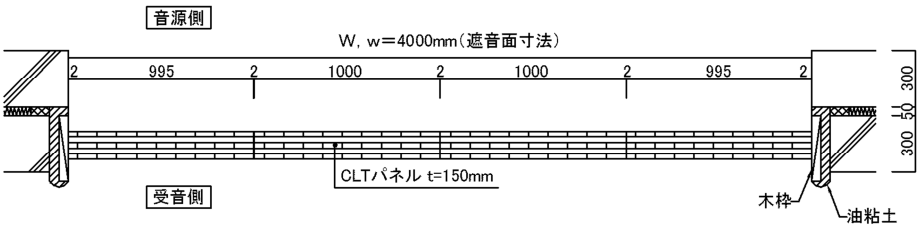
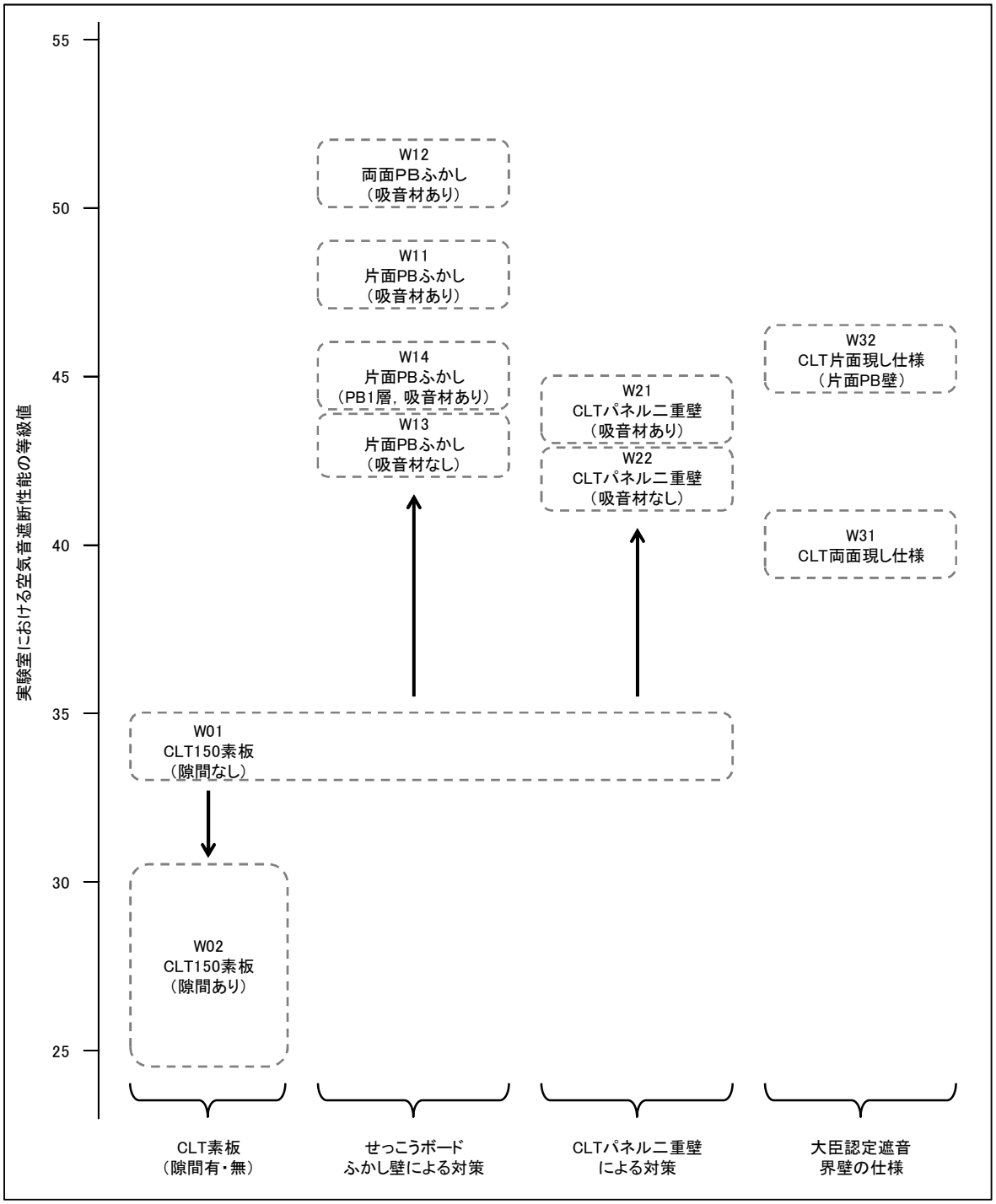


図 5-2　測定に用いた CLT パネル壁の水平断面図

今回の一連の空気音遮断性能実験の結果を、一覧表として表 5-1 に示します。

表 5-1　CLT パネル壁の空気音遮断性能に関する実験室実験の結果一覧表



注）上表の左側に示した空気音遮断性能の数値（遮音等級を 1dB 単位で算出した値）は、あくまでも実験室での今回の実験結果による値であり、実際の建物では諸条件の影響により遮音性能が異なる可能性があるので、充分な注意が必要です。

5.1　CLT パネル素板の性能

最初に、CLT パネル壁の素板状態の遮音性能の測定結果を示します。実験に使用した壁試験体は、国産スギ材を積層接着した 5 層 5 プライ、厚 150mm、実測密度 423kg/m³（面密度 63.5kg/m²）、幅約 1000mm の CLT パネルです。なお、パネル間には幅 2mm の隙間を設けて CLT パネル壁を作成しました。この実験では、パネル間の隙間部分をすべて完全にシールした W01 とともに、隙間部分が空いたままの状態とした W02 についても遮音測定を行いました。

表 5-2　大臣認定遮音界壁の仕様と遮音性能測定値（空気音遮断性能）

No.	壁断面の概要	遮音性能 (Rr 値)
W01	CLT パネル壁素板（隙間なし）	34
W02	CLT パネル壁素板（パネル間に幅 2mm の隙間あり）	30未満

目地部および四周に隙間の無い CLT パネル 150mm（W01）の音響透過損失の測定結果を図 5-3 に示します。同図中には、Rr-40 等級曲線を遮音性能の目安として破線で表示しています。

隙間なし（W01）の音響透過損失は 100～3150Hz 帯域の範囲では周波数に対してほぼ単調に増加する傾向が見られます。単層壁の場合の質量則による音響透過損失の予測値を図 5-3 中に示していますが、例えば 500Hz での予測値 42.0dB に対し実測した CLT パネルの音響透過損失は 34.5dB と大幅に低い値でした。また、遮音性能は Rr-40 等級を下回っており、厚 150mm の CLT パネル素板の状態では、建築基準法が定める共同住宅等の界壁の遮音性能基準に達しないことが判ります。

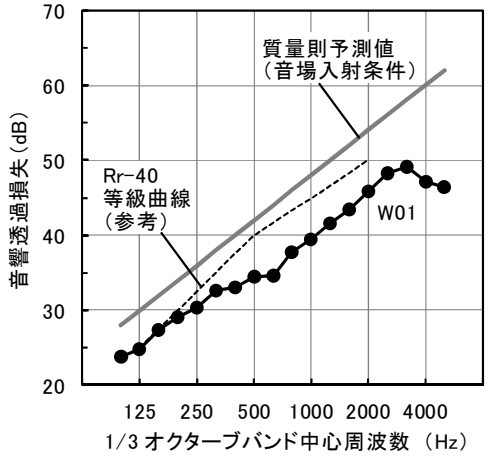


図 5-3　隙間無し試験体(W01)の音響透過損失
(5 層 5 プライ厚 150㎜ 隙間無しの CLT パネル壁)

100～3150Hz 帯域の周波数範囲では、周波数 f [Hz]に対して音響透過損失 TL [dB]はほぼ単調な増加傾向が見られます。この区間を直線近似すると、周波数と音響透過損失との関係として式(1)が求まります。式(1)より、100～3150Hz 帯域の周波数範囲において、周波数の対数に対する音響透過損失の勾配は、単層壁の質量則の場合に比べてやや緩やかであることが判ります。

$$TL = 16.8\log_{10}(f) - 10.2 \qquad \text{式(1)}$$

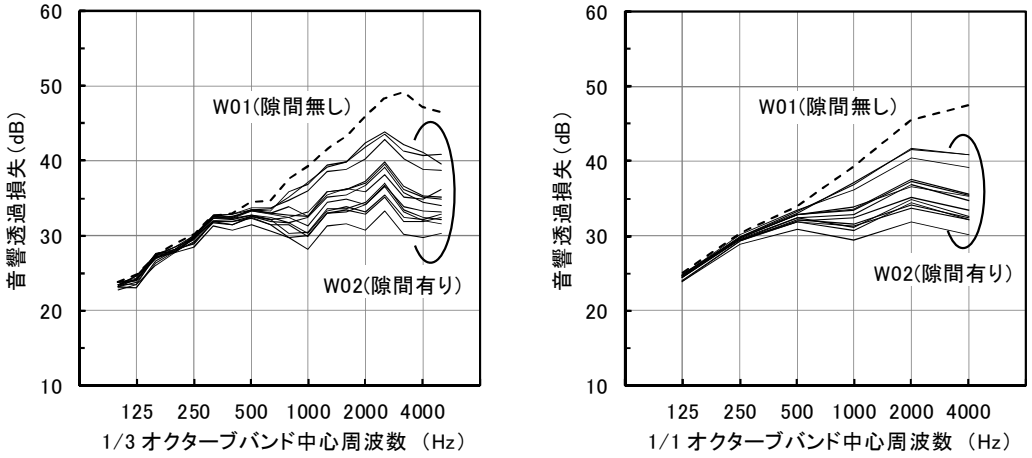
5.2　CLT パネル間目地の影響

CLT パネルを用いて間仕切壁や界壁を構成する場合、工場でプレカットした CLT パネルを現場で吊り込むために CLT パネル間に幅 2mm 程度の目地隙間（クリアランス）が設けられることがあります。壁の遮音性能の観点から考えると、この隙間部分から漏音が生じるため、壁全体としても遮音性能が低下すると予想されます。

CLT パネル目地部分に関して隙間有無の条件を変えた時の音響透過損失の測定結果を図 5-4 に示します。同図では、隙間無しの CLT パネル壁（W01）の音響透過損失の測定結果とともに、同じ CLT パネル壁に対して各 CLT パネルの左右の目地に隙間（幅約 2mm×合計長さ 0.5～8.0m の合計 13 条件）を設けた場合（W02）の音響透過損失の測定結果を示しています。

同図より、隙間有りの CLT パネル壁では、遮音性能が低下する様子が判ります。遮音性能の低下傾向は 1/3 オクターブバンドの 400Hz 帯域以上、1/1 オクターブバンドの 500Hz 帯域以上の高い周波数域で顕著に表れており、例えば 1/1 オクターブバンドの 2000Hz 帯域における変化幅は最大 13.6dB にもなります。一方、1/3 オクターブバンドの 400Hz 帯域、1/1 オクターブバンドの 500Hz 帯域より低い周波数域での音響透過損失の変化幅は 2dB 未満と小さいことも判ります。

このように、CLT パネル間に隙間（幅 2mm）があると中音域～高音域での遮音性能が低下すると言えます。このため、用途に応じて CLT パネル壁に高い遮音性能が求められる場合には、隙間部分に適切な遮音処理を施すことが重要です。



(1) 1/3 オクターブバンド毎の測定値　　(2) 1/1 オクターブバンドへの換算値

図 5-4　隙間有り試験体（W02、計 13 条件）の音響透過損失

（注：W02(隙間有り)は隙間長さが異なる合計 13 条件での測定結果です。）

以上のように、CLT パネル間の目地部分に隙間が有るか無いか（塞がれているか、いないか）によって、特に高周波数域での音響透過損失が変化する傾向が判りました。そこで、目地の隙間部分の遮音対策として粘着テープを貼る対策での効果を示します。なお、粘着テープとして、厚いテープⅠ（厚 0.31mm、布粘着テープ）および薄いテープⅡ（厚 0.06mm、アセテートフィルム製）の 2 種類を用いて測定を行いました。比較した試験体の仕様一覧を表 5-3 に示します。

図 5-5 より、目地の隙間部分の遮音対策としては油粘土など厚さがあり密実に隙間を塞ぐシーリング材料により隙間なしとするのが最も効果が高く、また、粘着テープなどで気密にするだけでも遮音効果が期待できます。

表 5-3　隙間部分の塞ぎ材料による遮音性能の比較（空気音遮断性能）

No.	壁試験体の仕様
W01 ※既出	CLT パネル壁素板（隙間なし）
W02 ※既出	CLT パネル壁素板（パネル間に幅 2mm の隙間あり）
W02A	試験体 W02 のパネル間隙間部分を厚いテープ（厚 0.31mm、布粘着テープ）で塞いだ仕様
W02B	試験体 W02 のパネル間隙間部分を薄いテープ（厚 0.06mm、アセテートフィルム製）で塞いだ仕様

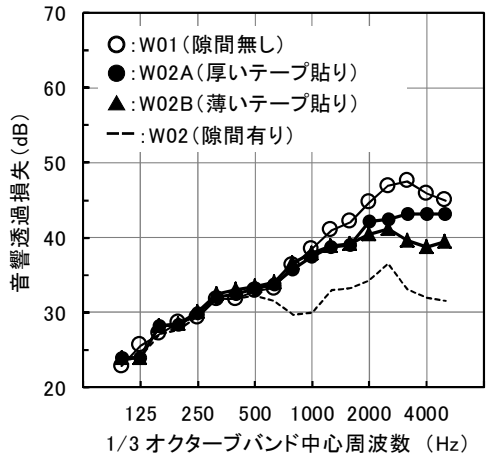


図 5-5　目地隙間の塞ぎ材による音響透過損失の差異

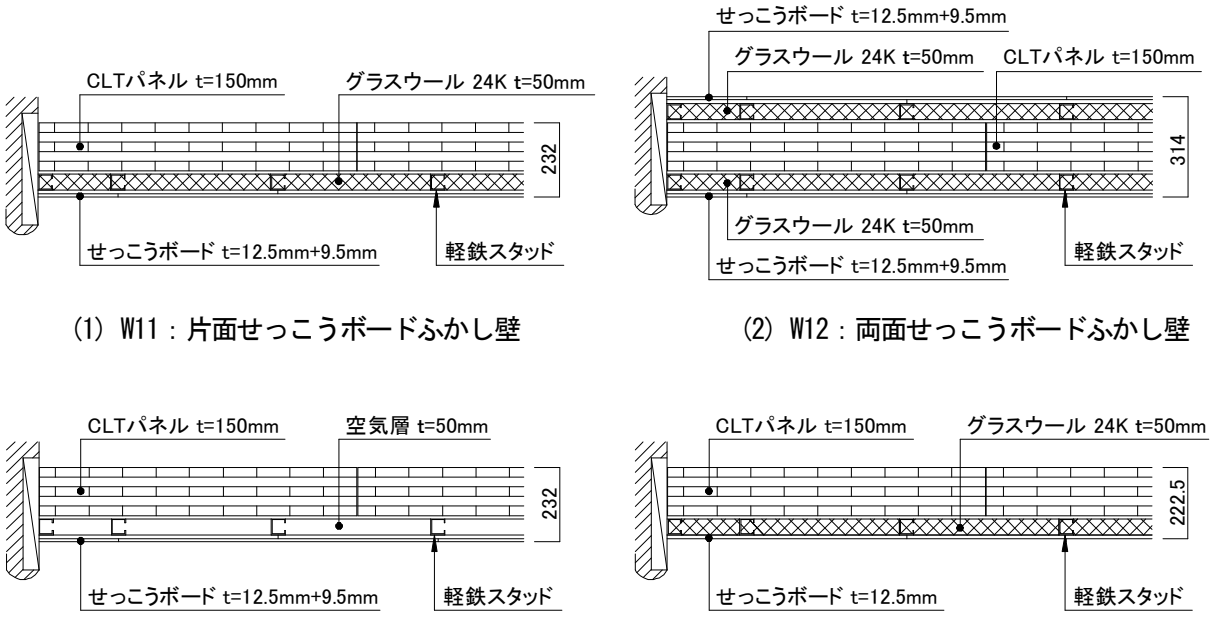
5.3　せっこうボードふかし壁による遮音対策

CLT パネル壁の遮音性能を向上させる対策として､せっこうボードによるふかし壁を付加する仕様が考えられます。ここでは、表 5-4 および図 5-6 に示す 4 仕様について、実験室での遮音性能測定結果と傾向について示します。W11 および W12 はせっこうボードふかし壁を片面または両面に施工した仕様です。W13 は W11 から内部グラスウールを取り除き、吸音材なしとした仕様です。また、W14 は W11 のせっこうボードを 1 層のみ（t12.5mm のみ）とした仕様です。なお、すべての試験体において、高い遮音性能を確保するためにせっこうボードふかし壁の軽鉄スタッドと CLT パネルとの間は 10mm の隙間を設けて接触させず振動伝達を遮断しています。

表 5-4　大臣認定遮音界壁の仕様と遮音性能測定値（空気音遮断性能）

No.	壁断面の概要	遮音性能 (Rr 値)
W11	片面せっこうボードふかし壁 CLT パネル 150mm＋GW 24K 50mm＋せっこうボード２層（t12.5+9.5mm）	48
W12	両面せっこうボードふかし壁　　※CLT の両面側にせっこうボードを施工した仕様 CLT パネル 150mm＋GW 24K 50mm＋せっこうボード２層（t12.5+9.5mm）	51
W13	片面せっこうボードふかし壁（吸音材なし） CLT パネル 150mm＋空気層 50mm＋せっこうボード２層（t12.5+9.5mm）	43
W14	片面せっこうボードふかし壁（ボード１層） CLT パネル 150mm＋GW 24K 50mm＋せっこうボード１層（t12.5mm）	45

注：いずれも、パネル間の目地など全箇所を油粘土でシールした条件で測定を実施しました。



(1) W11：片面せっこうボードふかし壁　　(2) W12：両面せっこうボードふかし壁

(3) W13：片面せっこうボードふかし壁(吸音材なし)　　(4) W14：片面せっこうボードふかし壁(ボード１層)

図 5-6　せっこうボードふかし壁の試験体の断面仕様

せっこうボード壁を付加することによって、W11～W14の何れの仕様でも遮音性能が高くなります。CLTパネルとせっこうボード壁との間にグラスウール吸音材を挿入した仕様をみると、片面のみせっこうボードふかし壁（W11）でRr-値は48、両面せっこうボードふかし壁（W12）でRr-値は51となり、CLTパネル壁素板（W01）のRr-値の30に対して大幅に遮音性能を高くできます。

また、片面のみせっこうボードふかし壁（W11）に対して、内部のグラスウール吸音材を取り除く（W13）とRr-値は45、グラスウールは残したままでせっこうボードを1層（W14）とするとRr-値は41となり、いずれもW11よりも遮音性能がやや低下します。

以上より、CLTパネル壁の片面または両面に、せっこうボードふかし壁を付加することで、壁の空気音遮断性能を大幅に高くできます。

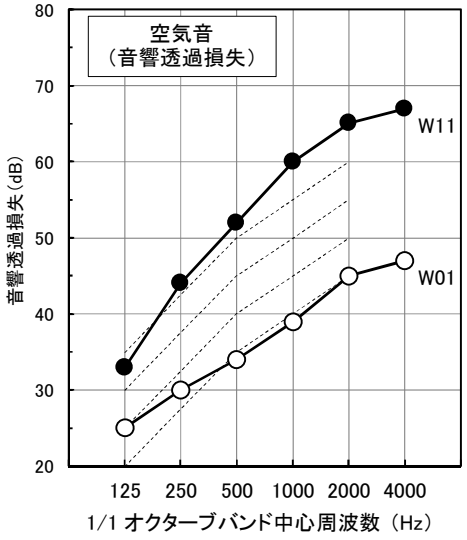


図5-7　CLTパネル壁素板(W01)と片面せっこうボードふかし壁（GW挿入）（W11)の比較

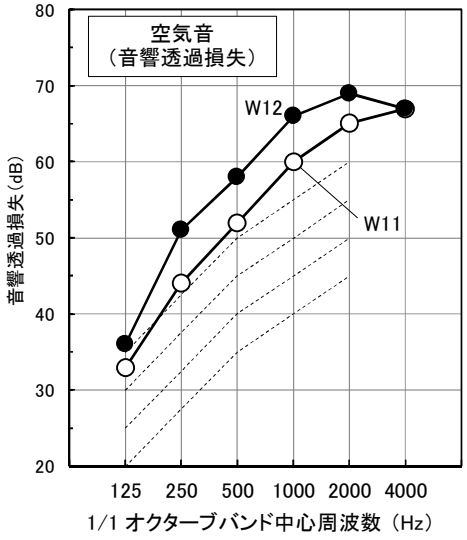


図5-8　せっこうボードふかし壁（GW挿入）の片面施工(W11)・両面施工(W12)の比較

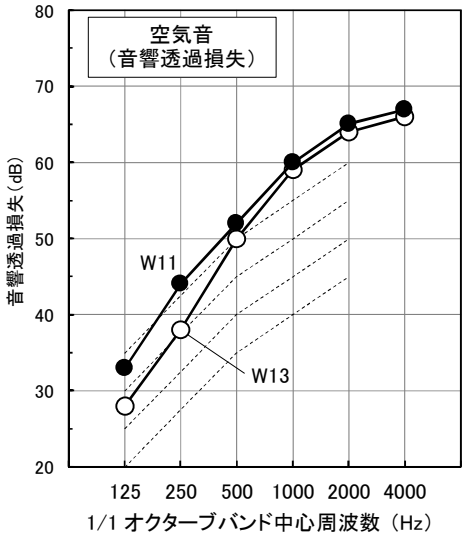


図5-9　片面せっこうボードふかし壁でのGW挿入(W11)とGW無し(W13)の比較

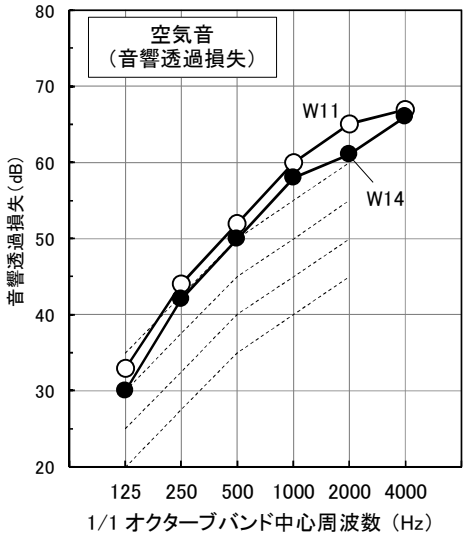


図5-10　片面せっこうボードふかし壁（GW挿入）でのPB1層(W14)・PB2層(W11)の比較

5.4 CLT パネル二重壁による遮音対策

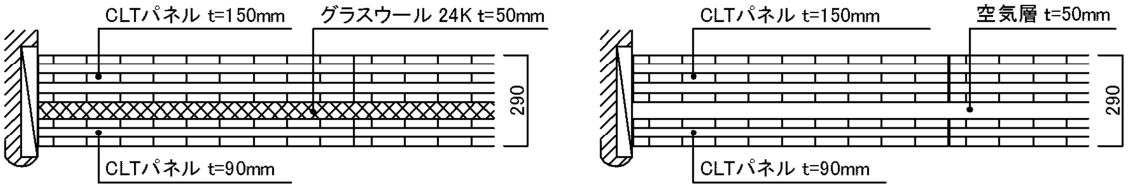
壁の両面とも「CLT 現し」にするため、厚 150mm の CLT パネル壁の片面に、さらに厚 90mm の CLT パネル壁を付加し、CLT パネル二重構造とする壁の仕様が考えられます。ここでは、表 5-5 および図 5-11 に示す 2 仕様の壁について、実験室での遮音性能測定結果を示します。W21 は内部にグラスウール吸音材がある仕様、W22 はグラスウール吸音材を使わず内部を空気層にした仕様です。

表 5-5　CLT パネル二重壁の仕様と遮音性能測定値（空気音遮断性能）

No.	壁断面の概要	遮音性能 (Rr 値)
W21	CLT パネル二重壁（吸音材あり） CLT パネル 150mm＋グラスウール 24K 50mm＋CLT パネル 90mm	44
W22	CLT パネル二重壁（吸音材なし） CLT パネル 150mm＋空気層 50mm＋CLT パネル 90mm	42

注 1：いずれも、パネル間の目地や四周の隙間など全箇所を油粘土でシールした条件で測定を実施しました。

注 2：W21 と後述の W32 は、目地部シールやパネル四周固定などの条件が異なります。



(1) W21：CLT パネル二重壁（吸音材あり）　　(2) W22：CLT パネル二重壁（吸音材なし）

図 5-11　両側 CLT 現しとした二重壁の試験体の断面仕様

厚 150mm の CLT パネル壁に厚 90mm の CLT パネルを付加し、内部にグラスウール吸音材を挿入する場合（W21）、厚 150mm の CLT パネル壁素板（W01）と比べて、高い周波数帯域では遮音性能が大幅に高くなるものの、低い周波数帯域での遮音性能の変化はあまり大きくなく、遮音性能の Rr 等級値は 44 でした。

厚 150mm の CLT パネル壁に厚 90mm の CLT パネルを付加、内部にはグラスウール吸音材を挿入せずに空気層とした場合（W22）にも、高い周波数帯域では遮音性能が大幅に高くなるものの、低い周波数帯域での遮音性能の変化は内部にグラスウール吸音材を挿入した仕様（W21）の場合よりも小さく、遮音性能の Rr 等級値は 42 でした。

以上より、厚 150mm の CLT パネル壁の片面にさらに厚 90mm の CLT パネルを施工し、両面 CLT 現しの CLT パネル二重壁とすることで、壁の空気音遮断性能を高くできます。

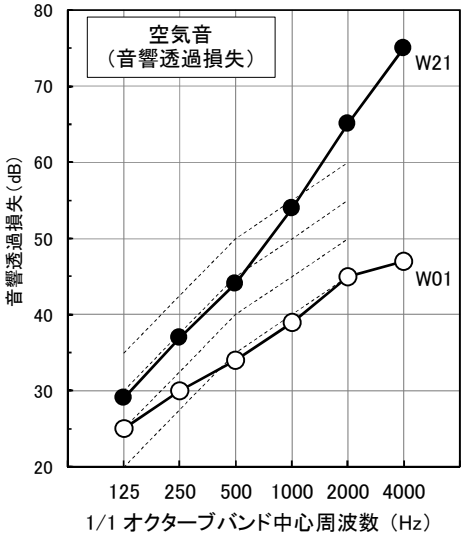


図5-12　CLTパネルによる一重壁（W01）と
二重壁（GW挿入）（W21）の比較

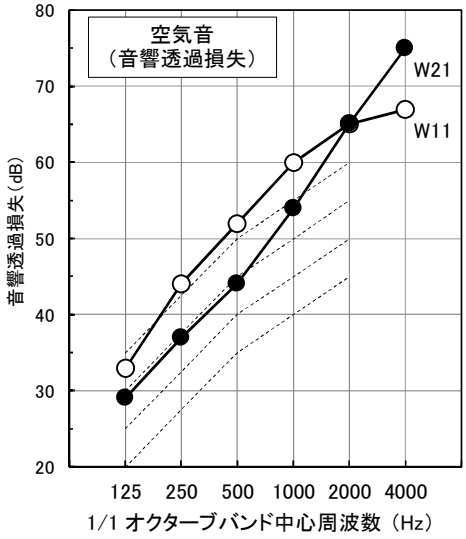


図5-13　CLTパネル二重壁（GW挿入）（W21）と
片面せっこうボードふかし壁（W1）の比較

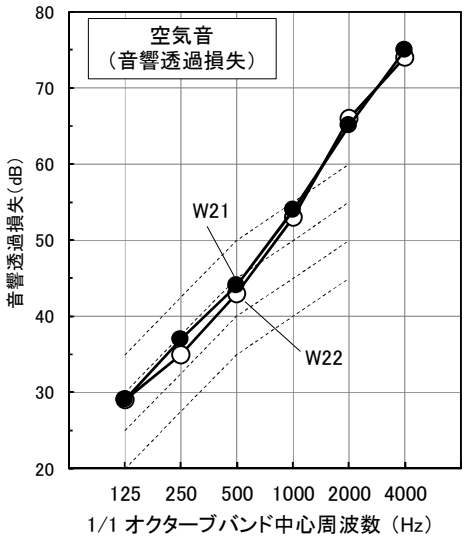


図5-14　CLTパネル二重壁における内部吸音材の有り（W21）・無し（W22）の比較

5.5　大臣認定遮音界壁（片面現し・両面現し）の測定結果

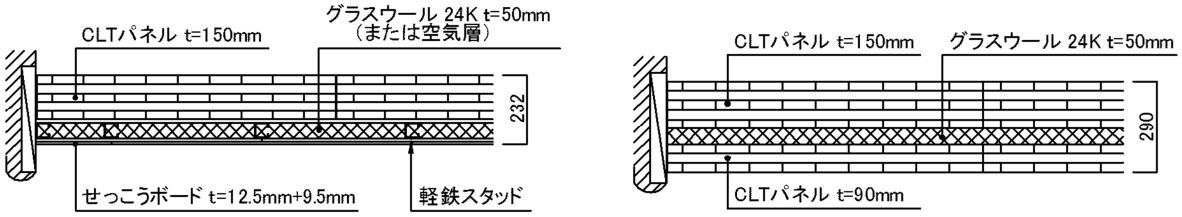
共同住宅などの界壁部分に CLT パネルを用いる場合、厚 150mm の CLT パネル単体（W01）では建築基準法が定める遮音性能の基準に達しません。このため、ふかし壁の付加や二重壁などによる遮音対策が必要であり、その仕様について個別に国土交通大臣の認定を得ることが必要となります。

日本 CLT 協会では、以下に示す CLT パネル片面現し・両面現しの 2 仕様について、界壁遮音構造の大臣認定を取得しています。大臣認定を取得した界壁（W31、W32）の断面仕様（認定範囲のうち、最低限の仕様）の概要を表 5-6 に、界壁試験体（W31、W32）の水平断面図を図 5-15 に示します。また、2 つの界壁（W31、W32）の空気音遮断性能の測定結果を図 5-16 に示します。

表 5-6　大臣認定遮音界壁の断面仕様の概要と遮音性能測定値（空気音遮断性能）

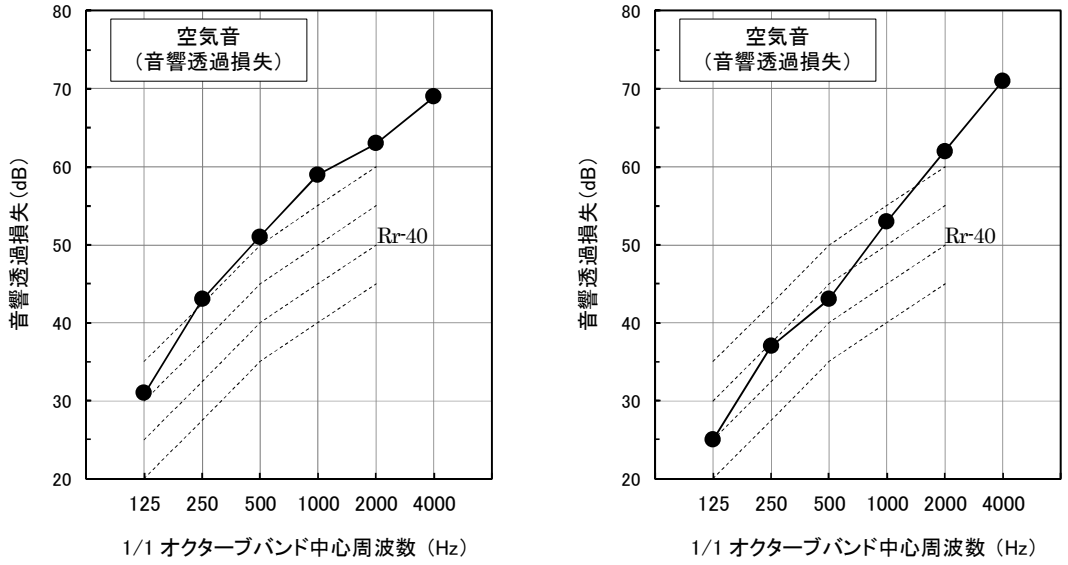
No.	壁断面仕様の概要（最低限の仕様）	遮音性能（Rr 値）
W31	CLT 界壁：片面現し仕様 CLT パネル 150mm ＋グラスウール 24K 50mm＋せっこうボード 2 層（t12.5＋9.5mm）	46
W32	CLT 界壁：両面現し仕様 CLT パネル 150mm＋グラスウール 24K 50mm＋CLT パネル 90mm	40

注：W32 と前述の W21 は、目地部シールやパネル四周固定などの条件が異なります。



(1) W31：片面現し仕様　　(2) W32：両面現し仕様

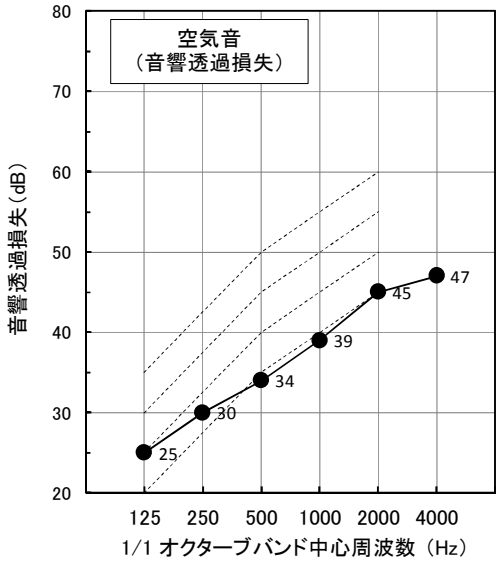
図 5-15　大臣認定遮音界壁の試験体の断面仕様



(1) W31：片面現し仕様　　(2) W32：両面現し仕様

図 5-16　大臣認定遮音界壁の遮音性能測定値（空気音遮断性能）

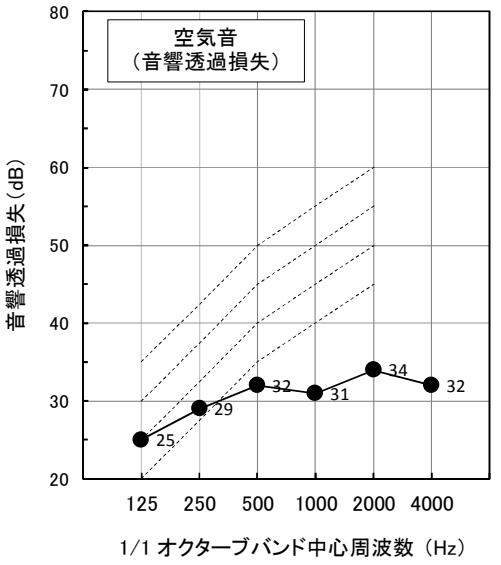
5.6　空気音遮断性能データ集：実験室での測定結果



W01　CLT パネル 150㎜ 壁（隙間なし）

CLT パネル 150mm

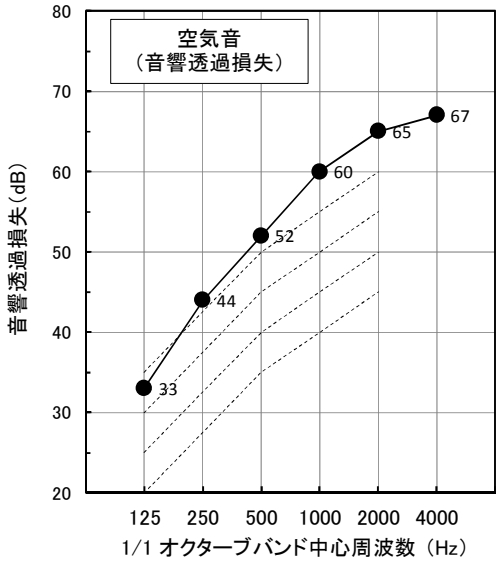
（パネル間の目地など全箇所をシールした場合）



W02　CLT パネル 150㎜ 壁（隙間あり）

CLT パネル 150mm

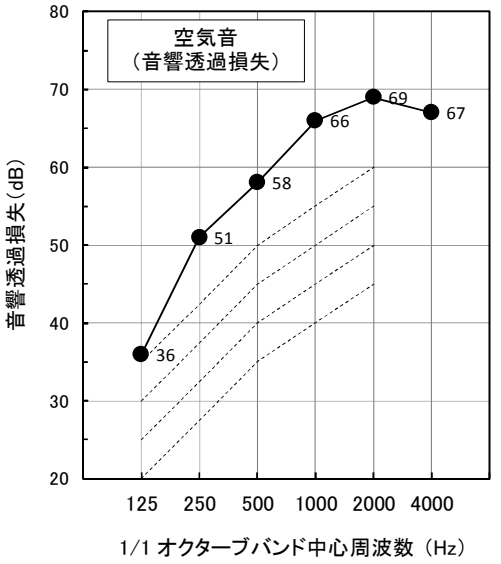
（パネル間の目地に幅 2mm の隙間がある場合）



W11　片面せっこうボードふかし壁

（パネル間の目地など全箇所をシールした場合）

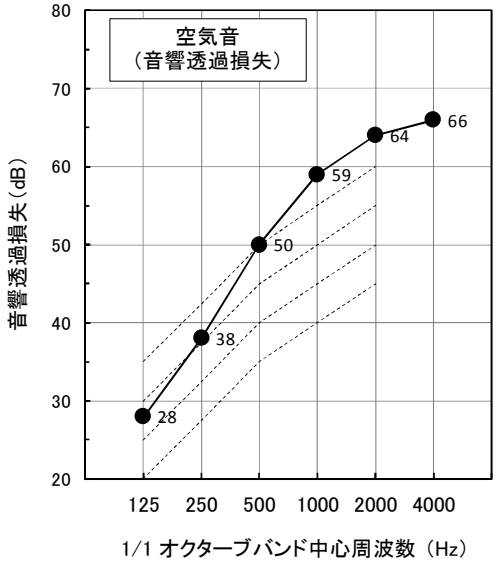
CLT パネル 150mm
＋グラスウール 50mm
＋せっこうボード２層（t9.5mm＋12.5mm）



W12　両面せっこうボードふかし壁

（パネル間の目地など全箇所をシールした場合）

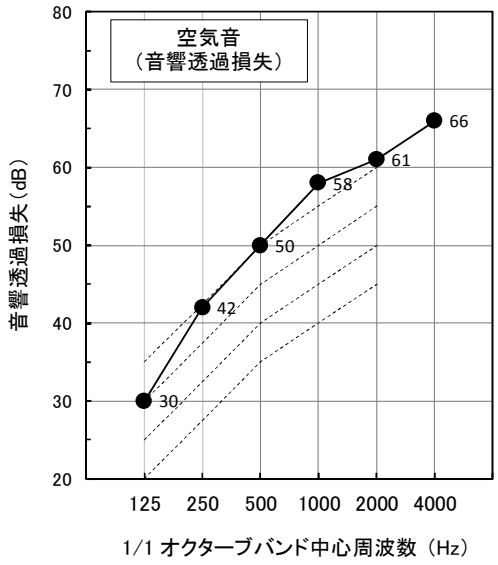
CLT パネル 150mm
＋グラスウール 50mm
＋せっこうボード２層（t9.5mm＋12.5mm）
※CLT の両面側にせっこうボードを施工した仕様



W 13　片面せっこうボードふかし壁（吸音材なし）

（パネル間の目地など全箇所をシールした場合）

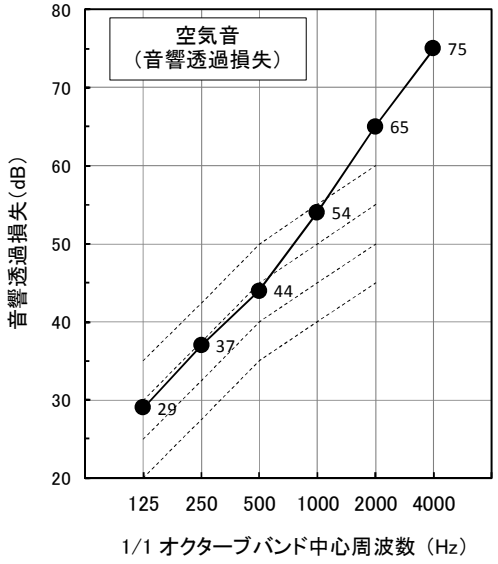
CLT パネル 150mm
＋空気層 50mm（吸音材なし）
＋せっこうボード２層（t9.5mm＋12.5mm）



W 14　片面せっこうボードふかし壁（ボード１層）

（パネル間の目地など全箇所をシールした場合）

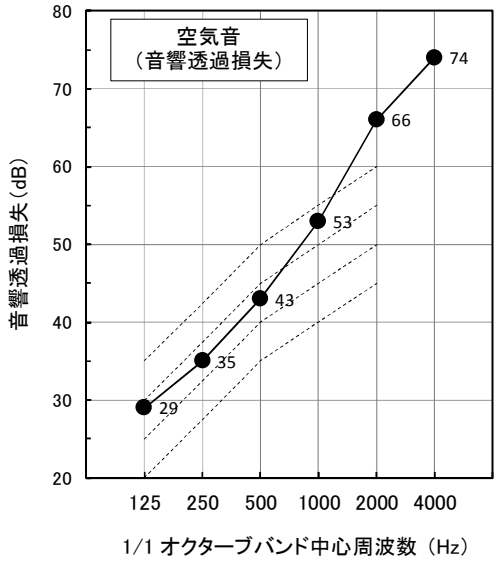
CLT パネル 150mm
＋グラスウール 50mm
＋せっこうボード１層（t12.5mm）



W 21　CLT パネル二重壁（吸音材あり）

（パネル間の目地など全箇所をシールした場合）

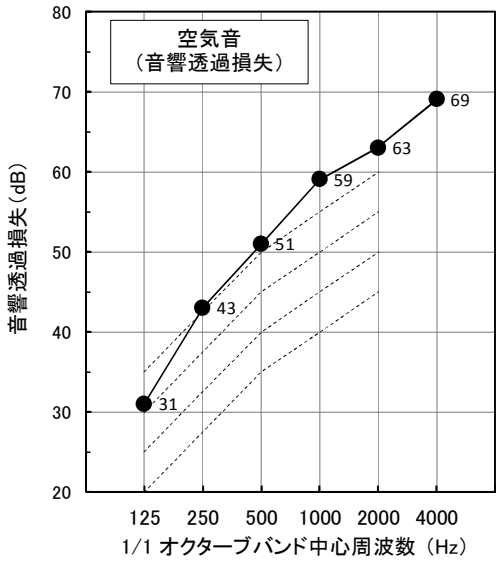
CLT パネル 150mm
＋グラスウール 50mm
＋CLT パネル 90mm



W 22　CLT パネル二重壁（吸音材なし）

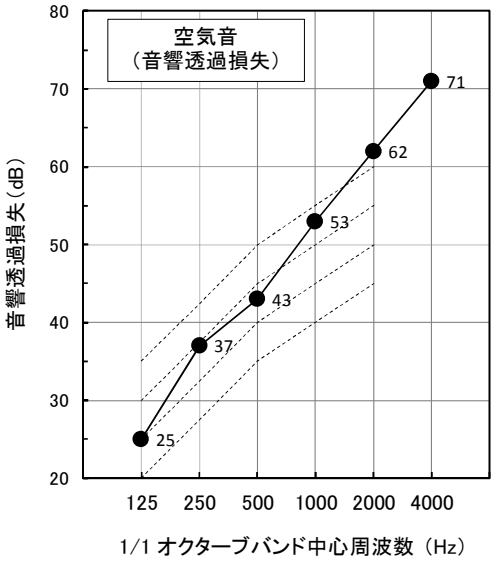
（パネル間の目地など全箇所をシールした場合）

CLT パネル 150mm
＋空気層 50mm（吸音材なし）
＋CLT パネル 90mm



W31　遮音界壁仕様 1（片面現し）

CLT パネル 150mm
＋グラスウール 50mm
＋せっこうボード 2 層（t12.5+9.5mm）



W32　遮音界壁仕様 2（両面現し）

CLT パネル 150mm
＋グラスウール 50mm
＋CLT パネル 90mm

本章（5 章）の参考文献

1)　林野庁平成 25 年度補正委託事業「床板として CLT を使用する枠組壁工法建築物の開発」報告書
2)　林野庁平成 27 年度委託事業「CLT 等新たな製品・技術の開発・普及事業／CLT 住性能向上研究開発事業」報告書
3)　林野庁平成 27 年度補正「地域材利用拡大緊急対策事業（木材の新規用途の導入促進）のうち地域の特性に応じた木質部材・工法の開発・普及等支援事業」報告書

6 章　既存の CLT 集合住宅等における遮音性能の調査

6.1　調査にあたって

本章では、CLT パネルの床衝撃音遮断性能および空気音遮断性能に関して、これまでに日本国内において行われた実験室での遮音実験および既存の実建物での現場遮音測定の結果を文献などから調べ、既往の知見として体系的にまとめることを目的としました。

文献調査の結果、日本国内での既往の遮音性能測定事例として、表 6-1 に示した計 8 の事例（実験室 2 件、実建物 6 件）が見られました。日本国内で最初に建設された CLT 構造集合住宅は事例 3 に示した「おおとよ製材社員寮」です。その建設の具体化に向けて、遮音性能を事前検討する目的から、事例 1 に示した実験室での試作床構造、および事例 2 に示した試作実験棟での遮音実験が行われています。事例 4、事例 5 は、事例 3 と類似の建物構造および仕様が採用された集合住宅です。事例 6 は、木造軸組構造の 2 階床部分に CLT パネル床が採用された戸建住宅です。事例 7 および事例 8 は CLT 構造による 3 階建の集合住宅であり、最近の事例として取り上げました。

なお、測定事例によって測定内容（床衝撃音、空気音、対象箇所など）は様々でしたが、本章では CLT パネル床と壁を介した遮音性能に着目し、まとめることとしました。

表 6-1　調査対象とした測定事例の一覧

整理番号	調査対象（略称）	物件概要	測定内容	竣工年月 （または調査日）
事例 1	試作床構造（実験室）	床構造試作品	床衝撃音	2012 年度
事例 2	試作実験棟	CLT 構造実験棟（2 階建）	床衝撃音、空気音	2012 年度
事例 3	おおとよ製材社員寮	CLT 構造集合住宅（3 階建）	床衝撃音、空気音	2014 年 3 月
事例 4	勝山共同住宅	CLT 構造集合住宅（3 階建）	床衝撃音	2015 年 3 月
事例 5	真庭市営春日住宅	CLT 構造集合住宅（3 階建）	床衝撃音	2015 年 3 月
事例 6	神奈川県内K整骨院	医院併設戸建住宅（2 階建）	床衝撃音	2015 年 5 月
事例 7	鹿児島県内集合住宅	CLT 構造集合住宅（3 階建）	床衝撃音	2017 年 12 月
事例 8	福島県内共同住宅	CLT 構造集合住宅（3 階建）	空気音	2018 年 2 月

6.2　遮音性能測定方法の概要

各事例の実験・実建物では、界床（または床）の床衝撃音遮断性能の測定、または界壁の空気音遮断性能（室レベル差）の測定が行われています。各測定とも、測定方法は基本的に JIS に規定される標準的な測定方法に基づいて実施されています。

6.2.1　床衝撃音遮断性能の測定概要

各測定は、JIS A 1418-1:2000 及び JIS A 1418-2:2000 の方法に基づき行われています。

音源室の平面的に均等に分布する対角線上 5 点において、標準軽量衝撃源（タッピングマシン）および標準重量衝撃源（タイヤ衝撃源／バングマシン）を作動させて床衝撃音を発生させ、受音室の受音点 5 点において音圧レベルを精密騒音計で測定しています。なお、受音室は界床を介して直下に隣接する居室です。

測定周波数範囲は、軽量床衝撃音では 125～4000 Hz の 6 帯域オクターブバンド、重量床衝撃音では 63～500 Hz の 4 帯域オクターブバンドですが事例によって一部異なります。マイクロホンは、床上高さ 0.8～1.6m の範囲で空間分布させ、上向きに設置されていました（ただし、事例 1、事例 2 の実験室測定では床上 1.2m で一定でした）。

文献に記載された測定結果に対して、JIS A 1419-2:2000 の附属書 1 の Lr 等級に準じた 1dB 単位の Lr 数を算出し、対象部位の遮音性能の評価量として求めました。

6.2.2　空気音遮断性能（室間音圧レベル差）の測定概要

各測定は、JIS A 1417:2000 の方法に基づき行われています。

音源室においてスピーカより 1/1 オクターブバンド毎のホワイトノイズを順に放射し、音源室・受音室それぞれにおいて、受音点 5 点の音圧レベルを精密騒音計で測定しています。なお、受音室は界壁を介して横に隣接する居室です。測定周波数範囲は 63～4000 Hz の 6 帯域オクターブバンドであり、マイクロホンは床上高さ 0.8～1.6m の範囲で空間分布させ、上向きに設置されていました（ただし、事例 1 および事例 2 の実験室測定では床上 1.2m で一定でした）。文献に記載された測定結果に対して、JIS A 1419-1:2000 の附属書 1 の Dr 等級に準じた 1dB 単位の Dr 数を算出し対象部位の遮音性能の評価量として求めました。

6.3　試作床構造（実験室）での測定結果（事例 1）

6.3.1　実験概要および試験体の詳細

日本国内で最も初期に CLT 床の床衝撃音遮断性能を測定した事例として、林野庁平成 24 年度支援事業において実施された、実験室での床衝撃音測定が挙げられます。

同実験では、RC 造の遮音試験室を使用し、その上部開口部分に約 12m² の CLT 床パネル試験体を設置して遮音性能の比較測定を行っています。各試験体では、二重天井付きの CLT 床パネル上に異なる床仕上げ材が施工されており、床仕上げ材の違いによる床衝撃音遮断性能の差異を見ることができます。

調査対象の概要を表 6-2 に、試験体の断面詳細図を図 6-1 に、それぞれ示します。

表 6-2　調査対象の概要（事例 1）

事業名称	林野庁平成 24 年度「木材利用技術整備等支援事業」実験室測定
実験施設	高知県森林技術センター　遮音試験室（RC 造、上部開口あり）
試験体	CLT 床パネル試験体（W3000mm×L4000mm） 天井：防振ゴムと野縁を介したせっこうボード二重天井 床仕上げ：試験体① グラスウール遮音床り 試験体② CLT 素面 試験体③ 乾式浮き床＋砂利敷 試験体④ 湿式浮き床＋砂利敷
CLT 仕様	床パネル＝厚 150mm（5 層 5 プライ）
測定項目	床構造サンプルに対する床衝撃音遮断性能の比較実験

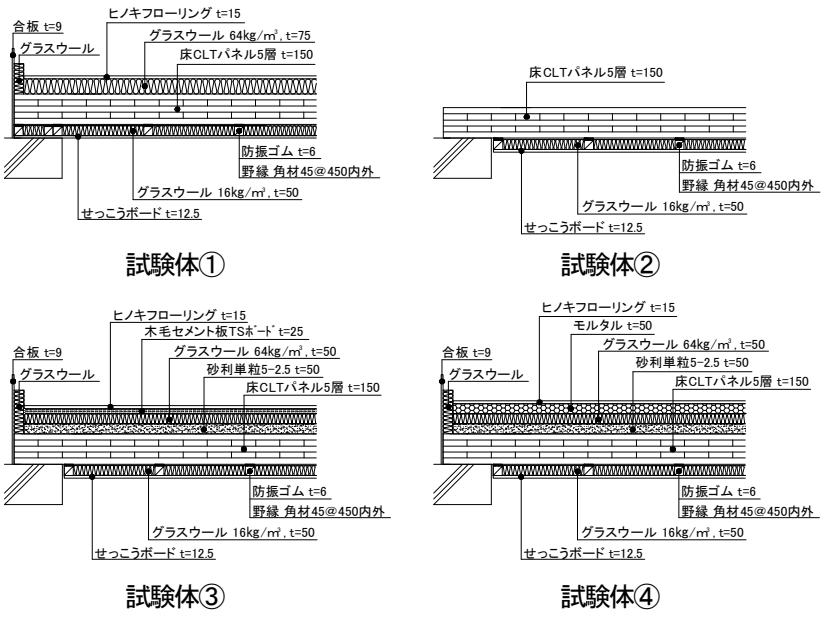


図 6-1　試験体①～④の断面詳細図

6.3.2　床衝撃音遮断性能の測定結果

軽量床衝撃音遮断性能の測定結果（図 6-2 左）を見ると、CLT パネル素板（天井付き）の場合には Lr-87 と非常に大きな床衝撃音が発生しいたことが判ります。しかし床上に遮音対策を施した 3 仕様では軽量床衝撃音遮断性能が向上し、試験体②（グラスウール遮音床）の場合に Lr-65 と 22 ポイントの低減、試験体③（乾式浮き床＋砂利）の場合に Lr-57 と 30 ポイントの低減、試験体④（湿式浮き床＋砂利）の場合に Lr-55 と 32 ポイントの低減、と大幅な低減効果が見られました。

重量床衝撃音遮断性能の測定結果（図 6-2 右）においても、CLT パネル素面（天井付き）の場合には Lr-75 と大きな床衝撃音が発生していました。これに対して試験体②（グラスウール遮音床）と試験体③（乾式浮き床＋砂利敷き）の場合に Lr-70～71 と 4～5 ポイントの低減、試験体④（湿式浮き床＋砂利敷き）の場合に Lr-61 と 14 ポイントの低減が見られました。

このように、本節で示した試験体の中では、CLT パネル床に砂利を敷きその上に湿式の浮き床を施工した試験体④が最も床衝撃音遮断性能が高く、床上の遮音対策により CLT パネル素板に対して軽量床衝撃音では約 30 ポイント程度の低減、重量床衝撃音では約 14 ポイント程度の低減が期待できることが判りました。

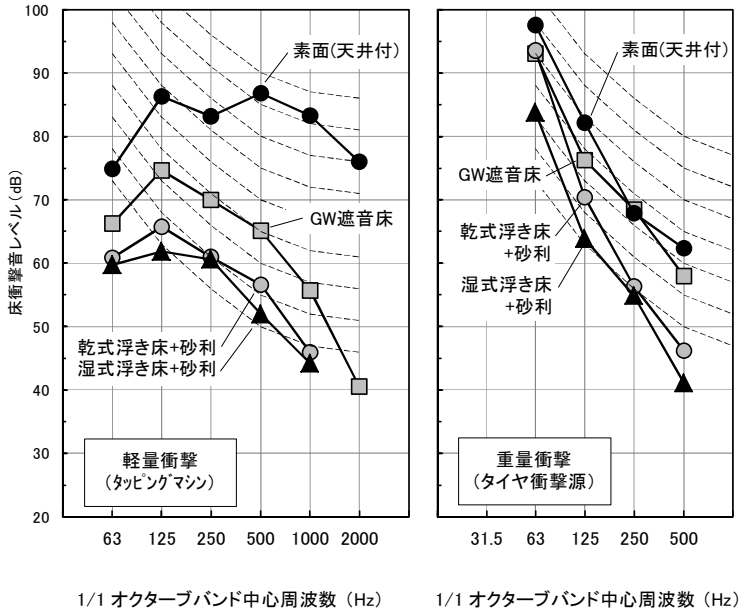


図 6-2　軽量・重量床衝撃音遮断性能の測定結果

6.4　試作実験棟での測定結果（事例 2）

6.4.1　実験棟概要および測定対象部位詳細

前節 6.3 の実験結果を受け、CLT 構造による 2 階建ての試作実験棟が鹿児島県内に建設されました[6),7)]。同実験棟は、内寸 W3、400mm×L3、400mm の受音室 2 室が横に隣接して設置されており、上下の室間を利用して床の床衝撃音遮断性能、左右の室間を利用して壁の空気音遮断性能が測定されました。各室の天井高さは H2、440mm および H2、140mm です。

床上の仕様としては、前節 6.3 で最も遮音性能が高かった試験体④（湿式浮き床＋砂利）が基本仕様として採用されました。なお CLT パネル床は t135mm に、床仕上げは防音フローリングに変更されています。天井も天井懐を大きくした吊り天井に変更されています。壁部分には、CLT パネル（t81mm）の二重壁にグラスウール（64K、t50mm）が挿入した仕様が採用され、両表面にはせっこうボード（t12.5mm）が直貼りされています。

調査対象の概要を表 6-3 に、調査対象部位の断面詳細図を図 6-3 に、試作実験棟の平面図および断面図を図 6-4 に、それぞれ示します。

表 6-3　調査対象の概要（事例 2）

事業名称	林野庁平成 24 年度「木材利用技術整備等支援事業」試作実験棟
実験施設	CLT 建物試作実験棟（鹿児島県；山佐木材株式会社内）
建物構造	CLT 構造 2 階建試作棟実験
CLT 仕様	壁＝厚 81mm（3 層 3 プライ）、 床・天井＝厚 135mm（5 層 5 プライ）
測定項目	床の床衝撃音遮断性能　（1 箇所、1 仕様） ・床下地：湿式浮き床、床仕上げ：ヒノキフローリング、吊り天井有 壁の空気音遮断性能　（1 箇所、1 仕様） ・CLT パネル t81mm 二重壁（GW 内挿、表面せっこうボード貼り）

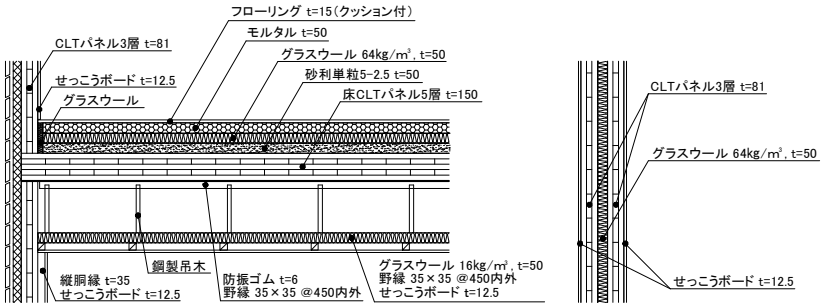
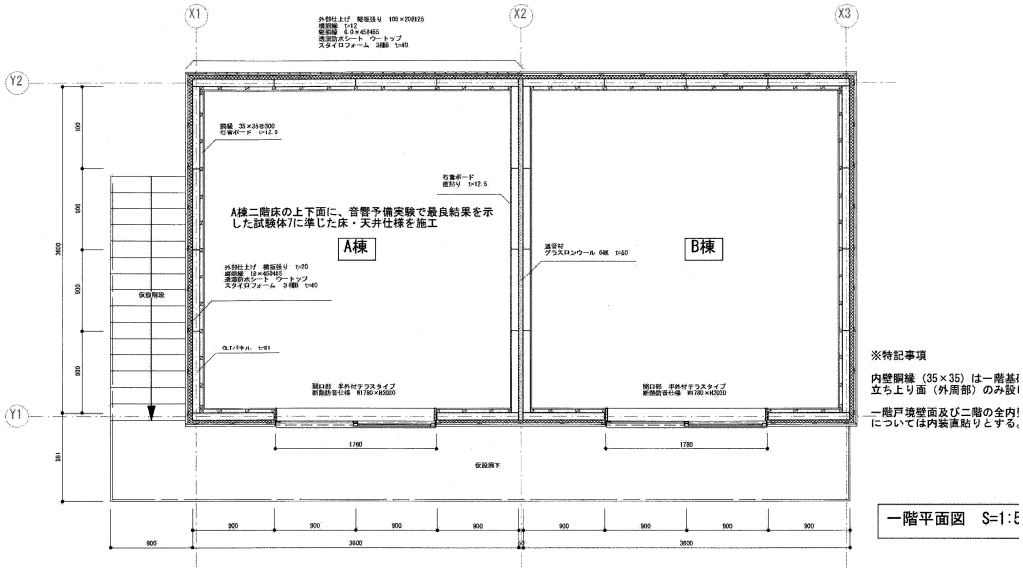
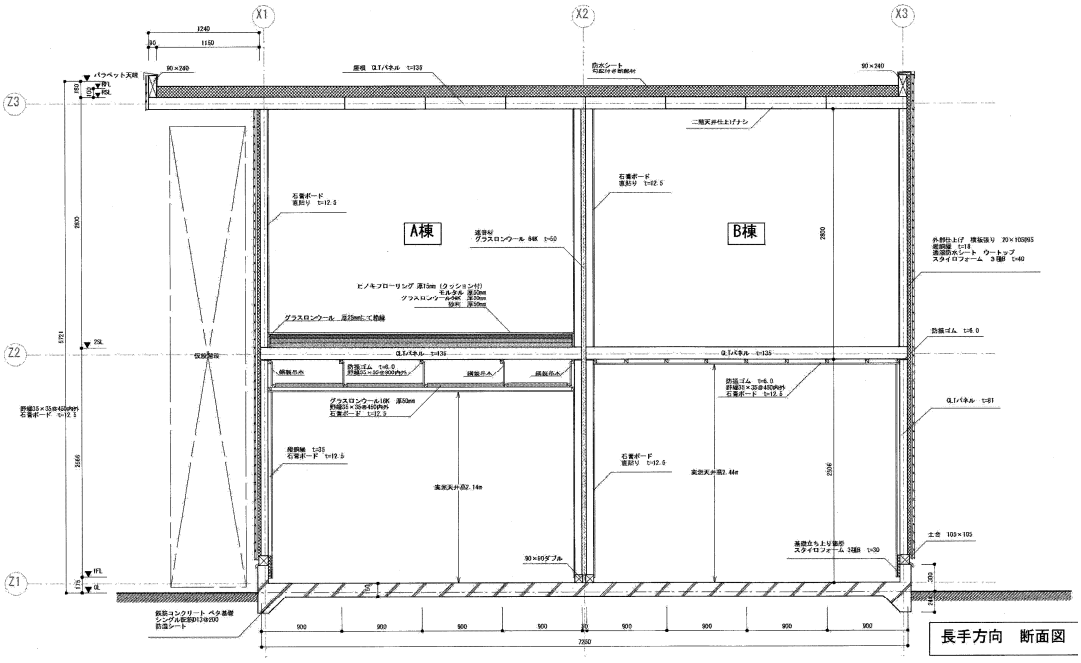


図 6-3　試作実験棟測定対象部位の断面詳細図



(1) 1 階平面図



(2) 断面図

図 6-4　試作実験棟の平面図・断面図

6.4.2　床衝撃音遮断性能・空気音遮断性能の測定結果

軽量床衝撃音遮断性能の測定結果（図 6-5 左）は、前節 6.3 での試験体④の測定結果よりも遮音性能が高くなり、Lr-51 でした。これは、CLT パネルは薄くなったものの、床仕上げに防音フローリングを使用し、懐の大きな吊り天井を採用したことによる効果と推測されます。

一方、重量床衝撃音遮断性能の測定結果（図 6-5 右）は、前節 6.3 での試験体④の測定結果よりも遮音性能が大幅に低くなり、Lr-73 でした。遮音性能の低下要因としては、CLT パネル厚が薄くなったこと（t150mm→t135mm）のほか、63Hz 帯域のみが大幅に増幅している傾向から、正方形平面（3.4m×3.4m）の受音室において低次の空間モードが発生していた可能性や、CLT パネル床自体の低次の固有振動モードが同帯域で発生していた可能性が考えられますが、推測の域の範囲であり、断定的な原因は不明です。

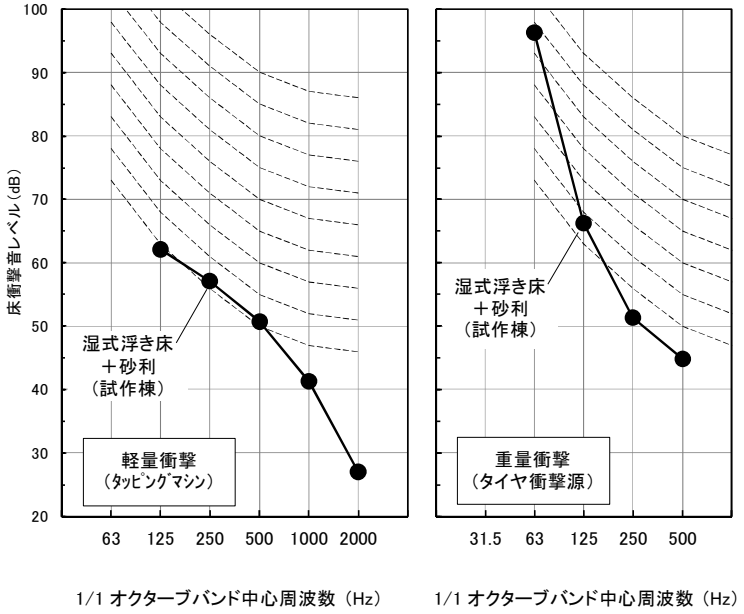


図 6-5　軽量・重量床衝撃音遮断性能の測定結果

室間音圧レベル差の測定結果（図 6-6）については、Dr-34 の遮音性能でした。界壁の建築基準法における最低遮音性能の基準が Dr-40 であることを考えると、界壁に使用するには遮音性能が少なくとも 1 ランク（約 5dB）低く、仕様の改善が必要と考えられる結果でした。

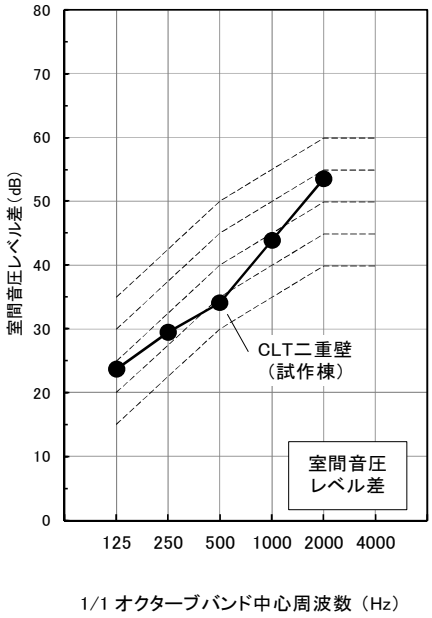


図 6-6　空気音遮断性能（室間音圧レベル差）の測定結果

6.5　集合住宅「おおとよ製材社員寮」での測定結果（事例 3）

6.5.1　建物概要および調査対象部位詳細

調査対象の「おおとよ製材社員寮」は、日本国内で最初に建設された CLT 構造の集合住宅です。建物の構造体は厚 150mm の CLT パネル壁および厚 180mm の CLT パネル床であり、幅 1m 前後の CLT パネル間をボルト及び金物で緊結して建て方を行っています。建物は 3 階建で、3 階と 2 階に各 2 住戸、1 階に 1 住戸の計 5 住戸の社宅です。

同建物では、界床の床衝撃音遮断性能と、界壁の空気音遮断性能が測定されています。

界床の仕様については、厚 180m の CLT パネル床の上下表面に準耐火被覆として合板＋せっこうボード 2 層が貼られています。また、床上側にはさらに、3 階床部分ではグラスウールとモルタルによる湿式浮き床、2 階床部分では ALC パネルを下地とした床が構成され、杉無垢フローリングで仕上げられています。天井側には LGS 下地による吊り天井が造られ、せっこうボード貼りの上に壁紙で仕上げられています。

界壁の仕様については、厚 150mm の CLT パネル壁の両側に、合板 9mm＋せっこうボード 2 層（準耐火被覆）＋グラスウール 50mm＋せっこうボード 12.5mm×2 層が貼られ、壁紙で仕上げられています。壁断面の CLT パネルを除く部分だけで建築基準法 30 条の遮音界壁の告示の例示を満たす仕様となっています。

調査対象の概要を表 6-4 に、建物外観および内観を写真 6-1 に、建物立面図・平面図を図 6-7 に、調査対象部位詳細を図 6-8～6-11 に、それぞれ示します。

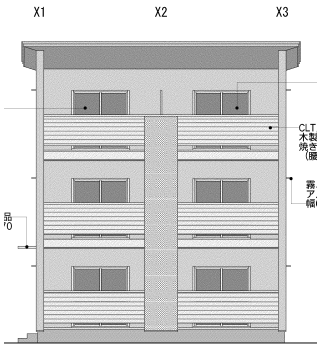
表 6-4　調査対象の概要（事例 3）

物件名称	高知おおとよ製材（株）社員寮
所在地	高知県長岡郡大豊町
竣工年月	2014 年（平成 26 年）3 月
建物構造	CLT 構造 3 階建（国土交通大臣認定）
建物用途	集合住宅
CLT 仕様	壁＝厚 150mm、床・天井＝厚 180mm　（パネル幅 1m）
測定項目	界床の床衝撃音遮断性能（計 4 箇所、2 仕様） ・床下地：湿式浮き床、仕上げ：フローリング ・床下地：ALC パネル、仕上げ：フローリング 界壁の空気音遮断性能　（計 2 箇所、1 仕様）





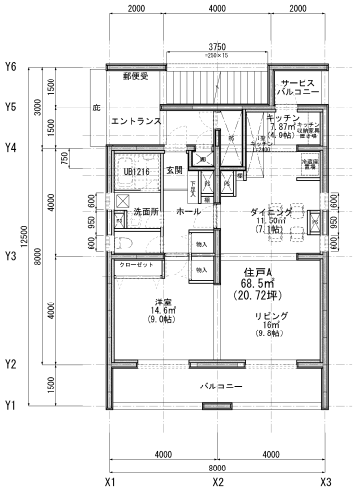
写真 6-1　調査対象建物「おおとよ製材社員寮」の外観及び内観



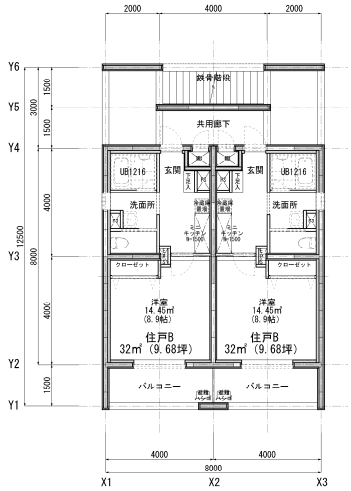
(1) 南側立面図



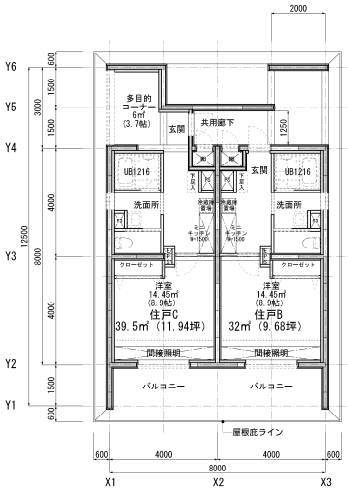
(2) 東側立面図



(3) 1 階平面図



(4) 2 階平面図



(5) 3 階平面図

図 6-7　調査対象建物の立面図・平面図

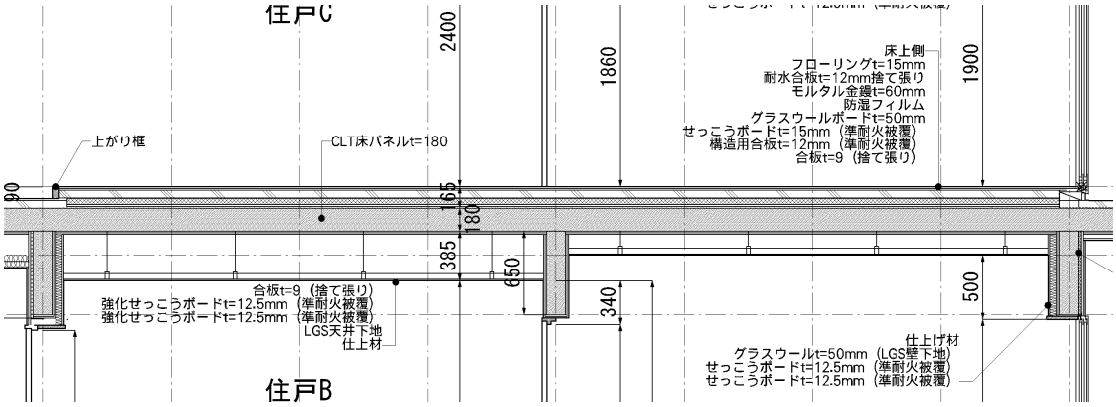


図 6-8　調査対象部位（3 階床部分）の断面詳細図

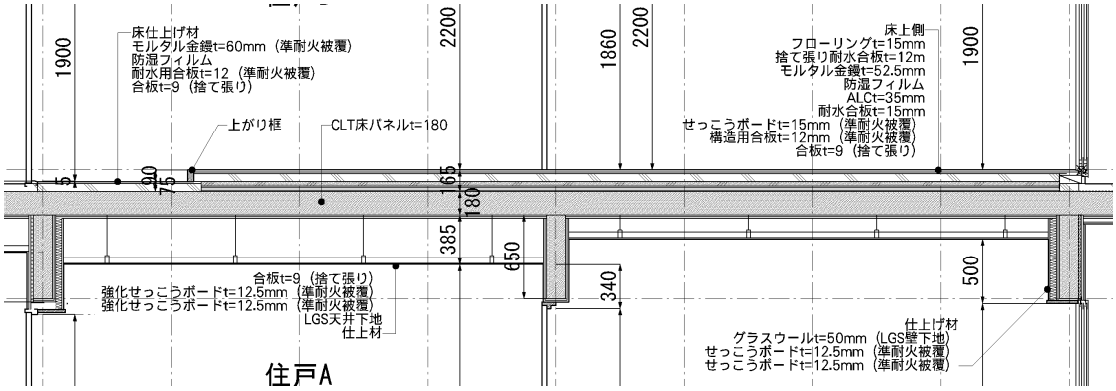


図 6-9　調査対象部位（2 階床部分）の断面詳細図

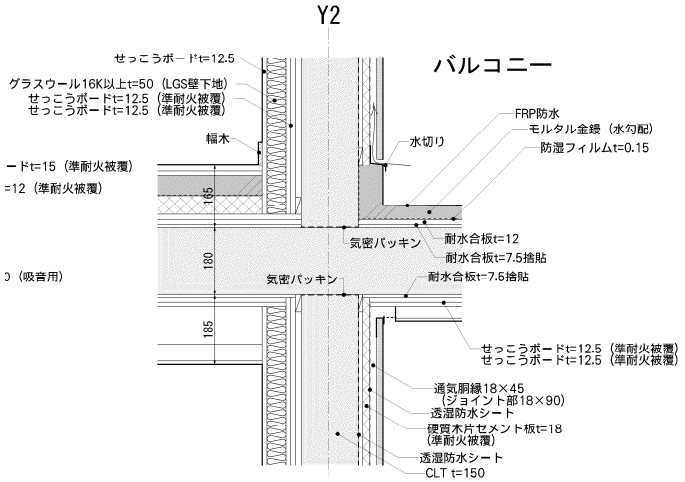


図 6-10　外壁部分断面詳細図

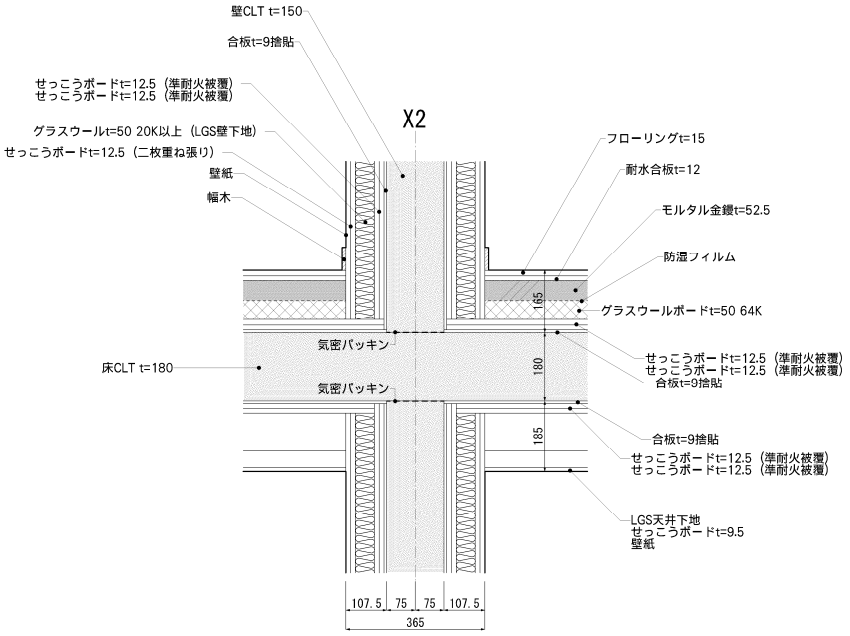


図 6-11　界壁部分断面詳細図

6.5.2　床衝撃音遮断性能・空気音遮断性能の測定結果

軽量床衝撃音遮断性能の測定結果（図 6-12 左）は、ALC パネル下地の場合には Lr-67、湿式浮き床の場合には Lr-60～61 でした。同じ湿式浮き床でも前節 6.3 の試作棟実験の場合に比べて遮音性能が 10 ポイント程度悪くなっていますが、床仕上げ材を防音フローリングから杉無垢フローリングに変えた影響が大きいと推測されます。前節 6.3 に比べると CLT パネルも厚く、せっこうボードの被覆も多いにも関わらずこの遮音低下が見られることから、床仕上げを無垢フローリングとする場合には注意を要すると考えられます。また、グラスウール防振層を用いない ALC パネル下地床の場合には、湿式浮き床ほどの遮音効果は期待できないことも判ります。

重量床衝撃音遮断性能の測定結果（図 6-12 右）については、4 室に顕著な差異は見られず、Lr-66～69 の遮音性能であり、周波数特性も類似した傾向でした。

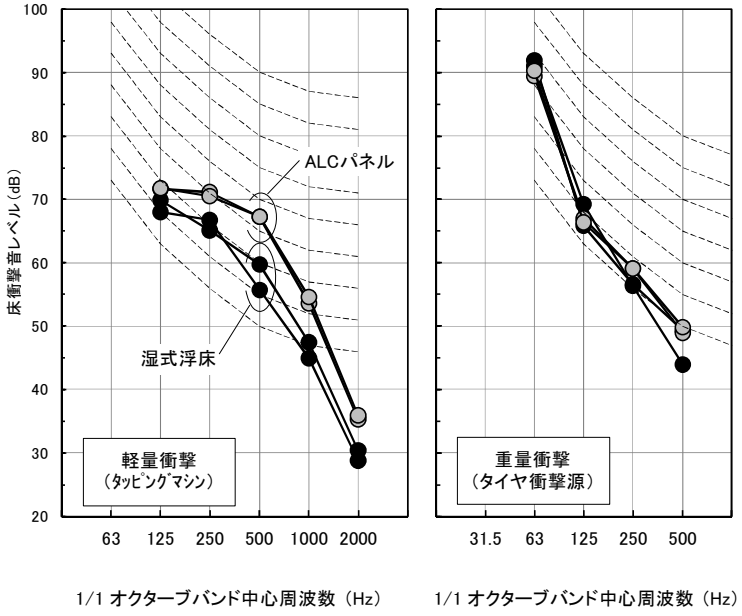


図 6-12　軽量・重量床衝撃音遮断性能の測定結果

界壁を介した室間音圧レベル差の測定結果（図 6-13）については、Dr-38 および Dr-45 の遮音性能でした。界壁の建築基準法における最低遮音性能の基準である Dr-40 を概ね満たしていると考えられます。なお、測定結果を詳細に見ると、125～500Hz 帯域の低～中音域では Dr-50 程度以上の遮音性能があり、充分な遮音性能だと考えられます。2000Hz 帯域での遮音性能の低下は、CLT パネル壁に貼られたせっこうボードのコインシデンス効果による影響、および、外壁側からの側路伝搬音の影響、が原因と推察されます。

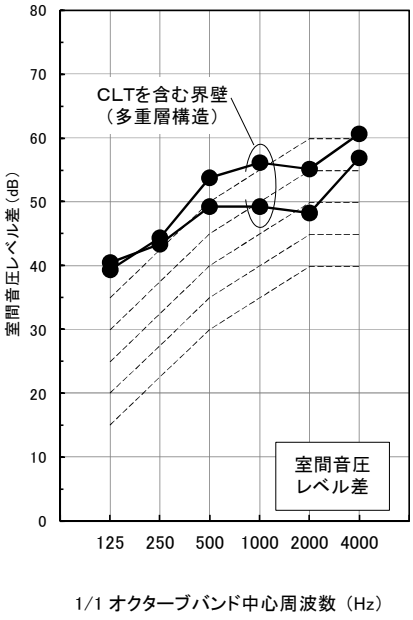


図 6-13　空気音遮断性能（室間音圧レベル差）の測定結果

6.6　集合住宅「勝山共同住宅」での測定結果（事例 4）

6.6.1　建物概要および調査対象部位詳細

「勝山共同住宅」は岡山県真庭市に建てられた、CLT 構造 3 階建の 2 棟が連接した集合住宅です。西側 A 棟の各階には 1 住戸（2LDK+S）が配置され、東側 B 棟の各階には面積の小さい 2 住戸ずつ（1DK）が配置されています。

建物の基本構造と床断面仕様は前節 6.5 の「おおとよ製材社員寮」と同様な仕様が採用されていますが、床下地としては 3 階床に乾式二重床、2 階床に乾式置床が使用されています。床下地の上には遮音対策としてアスファルト制振マット t12mm が敷き込まれています。床仕上げには基本的に杉無垢フローリングが使われていますが、B 棟の一部には防音木質フローリングが使われています。

また吊り天井も、せっこうボード 12.5mm×2 層貼りに変更されています。

調査対象の概要を表 6-5 に、建物外観および内観を写真 6-2 に、建物立面図と平面図を図 6-14～6-17 に、調査対象部位詳細を図 6-18～6-20 に、それぞれ示します。

表 6-5　調査対象の概要（事例 4）

物件名称	真庭木材事業協同組合　CLT 勝山共同住宅
所在地	岡山県真庭市
竣工年月	2015 年（平成 27 年）3 月
建物構造	CLT 構造 3 階建（国土交通大臣認定）
建物用途	集合住宅
CLT 仕様	壁＝厚 150mm、床・天井＝厚 180mm
測定項目	界床の床衝撃音遮断性能（計 8 箇所、4 仕様） ・床下地：乾式二重床、仕上げ：無垢フローリング ・床下地：乾式二重床、仕上げ：防音フローリング ・床下地：乾式置き床、仕上げ：無垢フローリング ・床下地：乾式置き床、仕上げ：防音フローリング



写真 6-2　調査対象建物「勝山共同住宅」の外観及び内観

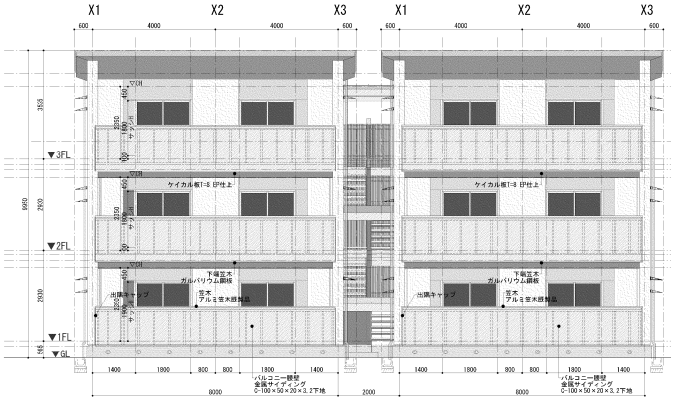


図 6-14　調査対象建物の立面図（南側）

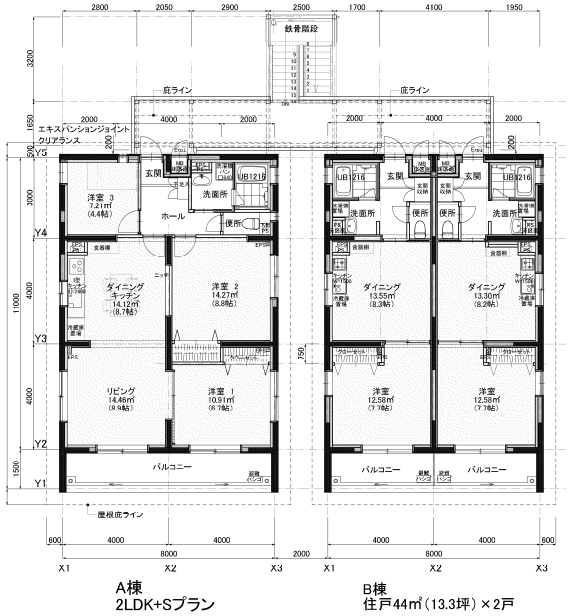


図 6-15　調査対象建物の平面図（3 階）

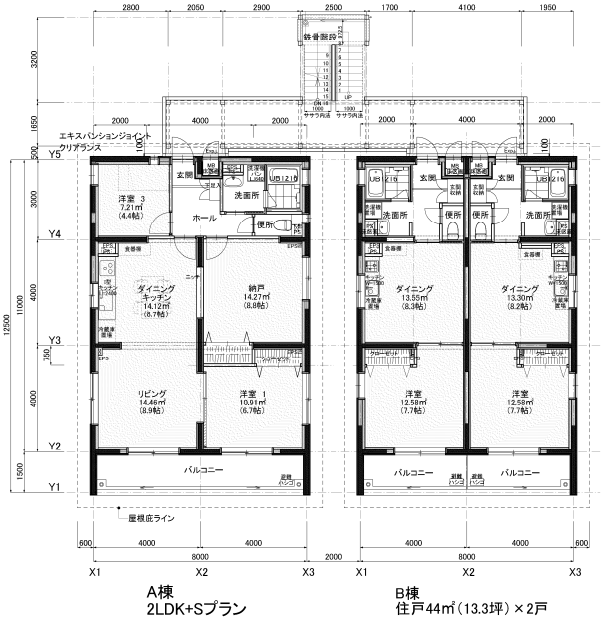


図 6-16　調査対象建物の平面図（2 階）

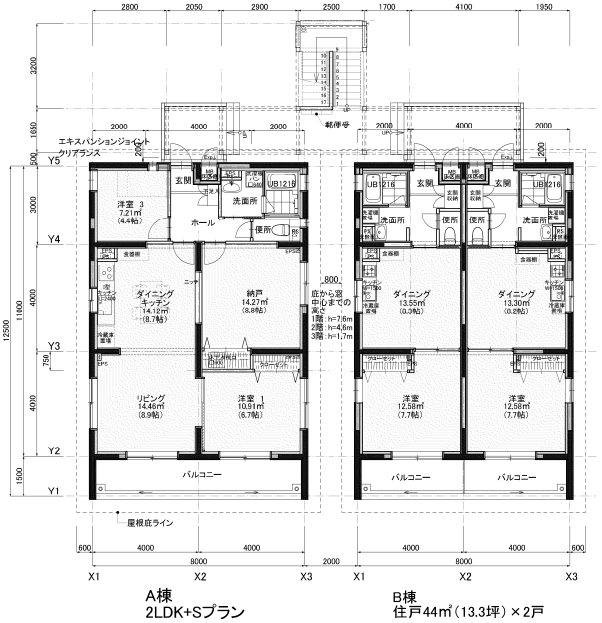


図 6-17　調査対象建物の平面図（1 階）

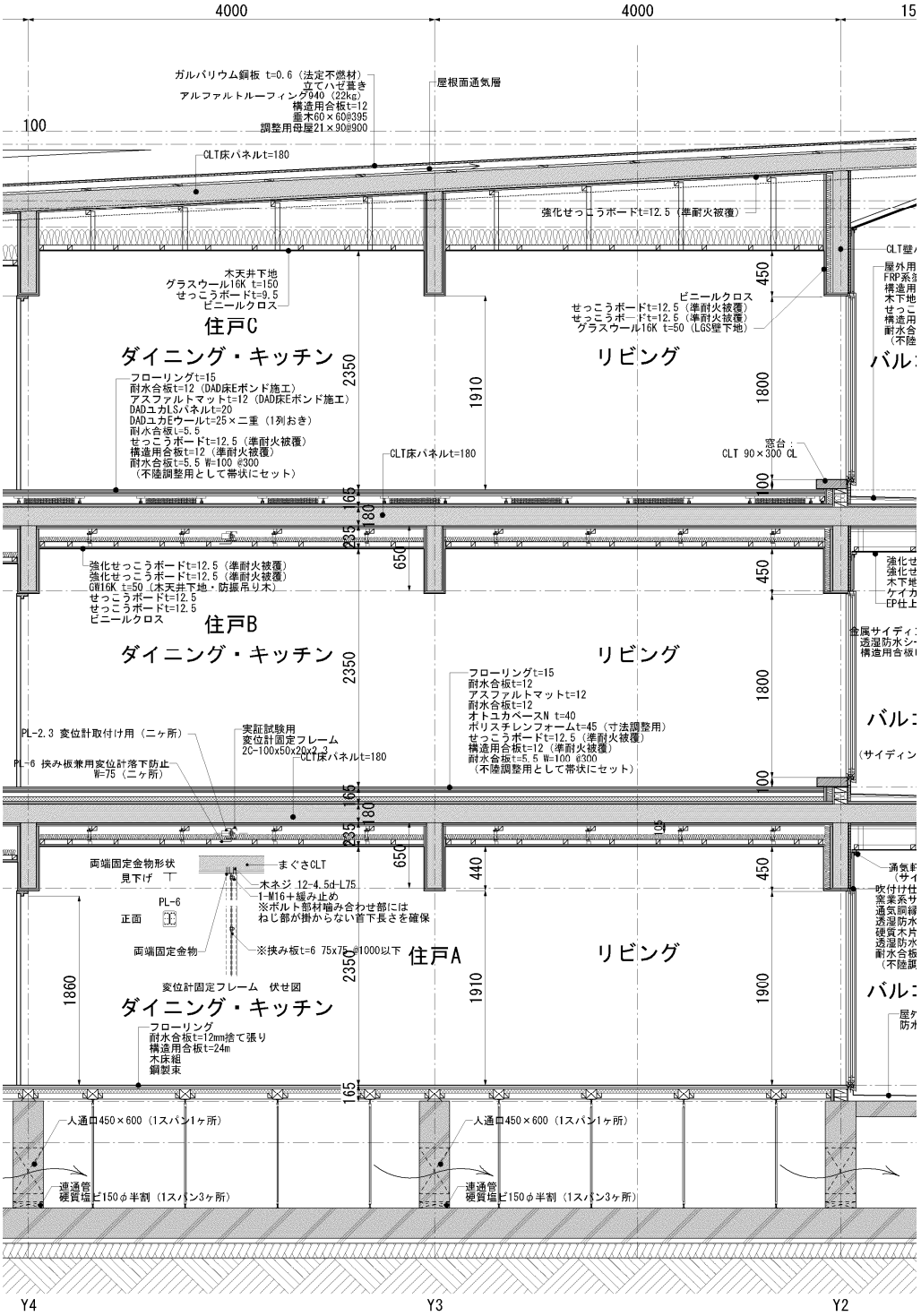


図 6-18　調査対象建物の矩計図

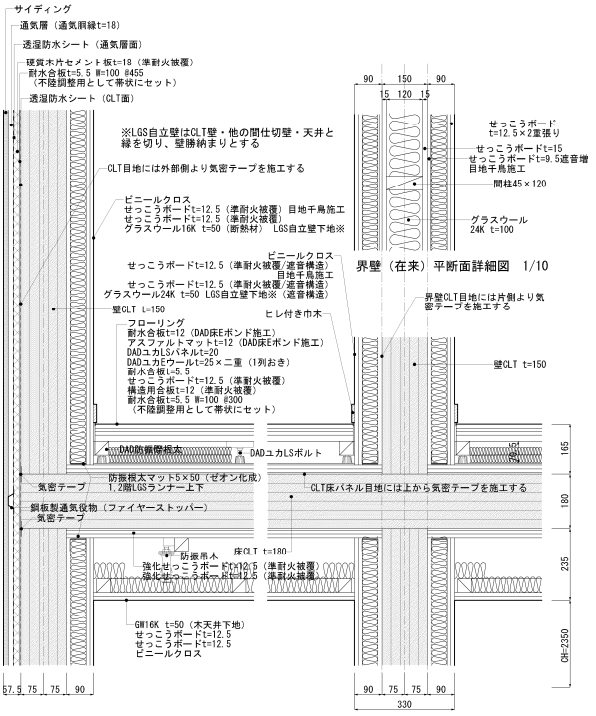


図 6-19　外壁・界壁・界床部分の断面詳細図（3 階床部分）

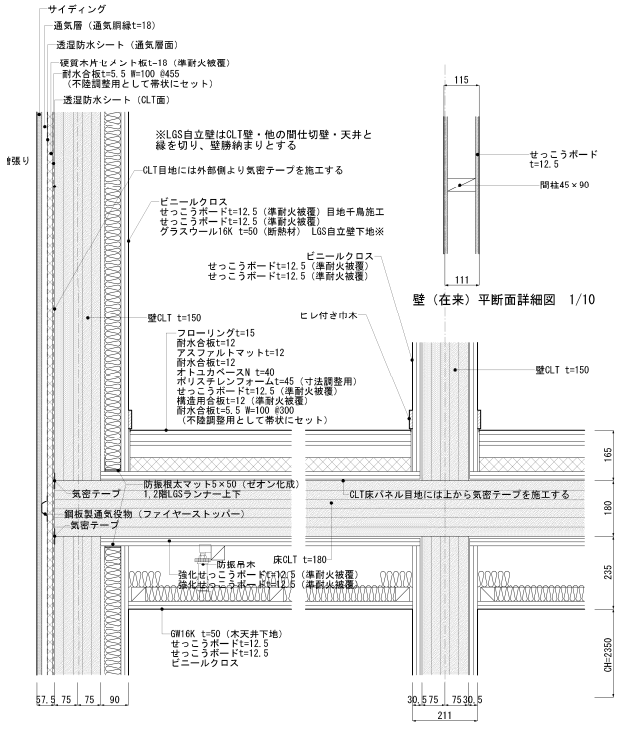


図 6-20　外壁・界壁・界床部分の断面詳細図（2 階床部分）

6.6.2　床衝撃音遮断性能の測定結果

軽量床衝撃音遮断性能の測定結果（図 6-21 左）を見ると、杉無垢フローリングの場合に Lr-50～56、防音フローリングの場合に Lr-42、でした。

重量床衝撃音遮断性能の測定結果（図 6-21 右）は、床仕上げ材が杉無垢フローリングと防音フローリングを含め、Lr-58～62 でした。

軽量・重量床衝撃音遮断性能ともに前節 6.5「おおとよ製材社員寮」の場合よりも遮音性能が高くなっており、その要因としては、遮音性能の高い乾式二重床または乾式置き床を採用したこと、アスファルト制振マットを使用したこと、天井石膏ボードが 2 枚貼りになったこと、防振タイプの天井吊り木を使用したこと、などが考えられます。

なお今回の調査対象の場合には、床下地が乾式二重床の場合と乾式置き床の場合とで、軽量および重量床衝撃音遮断性能において顕著な性能の差異は見られませんでした。

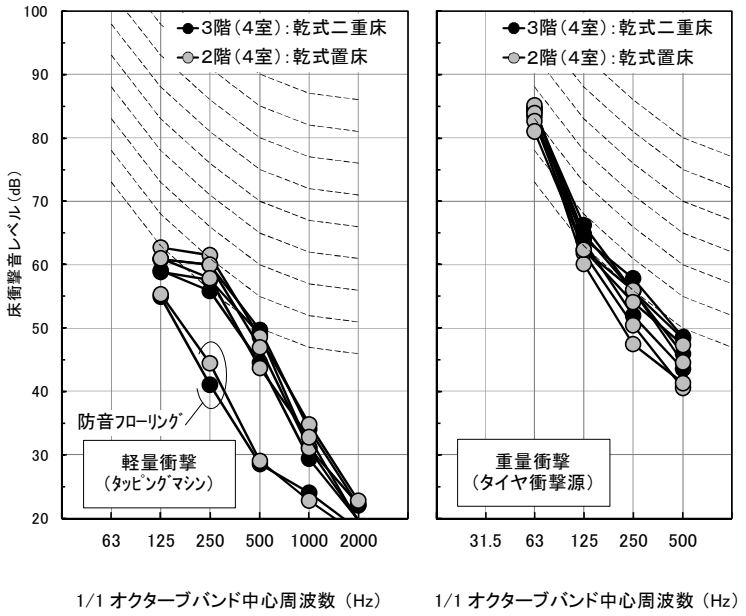


図 6-21　軽量・重量床衝撃音遮断性能の測定結果

6.7　集合住宅「真庭市営春日住宅」での測定結果（事例 5）

6.7.1　建物概要および調査対象部位詳細

調査対象の「真庭市営春日住宅」は、日本国内で最初に建てられた CLT 構造の公営住宅と位置付けられます。CLT 構造 3 階建の集合住宅であり、各階に 1 住戸ずつ配置され、合計 3 住戸です。

建物の基本構造と床断面仕様は、前節 6.6 に示した「勝山共同住宅」と同様な仕様が採用されており、床下地としては 3 階床に乾式二重床、2 階床に乾式置き床が使用され、床下地の上には遮音対策としてアスファルト制振マット t12mm が敷き込まれています。また、公営共同住宅との使用用途から遮音性に配慮し、床仕上げには全室で防音木質フローリングが使用されています。

また吊り天井も「勝山共同住宅」と同様の仕様で、せっこうボード 12.5mm×2 層貼りが採用されています（ただし天井下地は、木軸下地から LGS 下地に変更されています）。

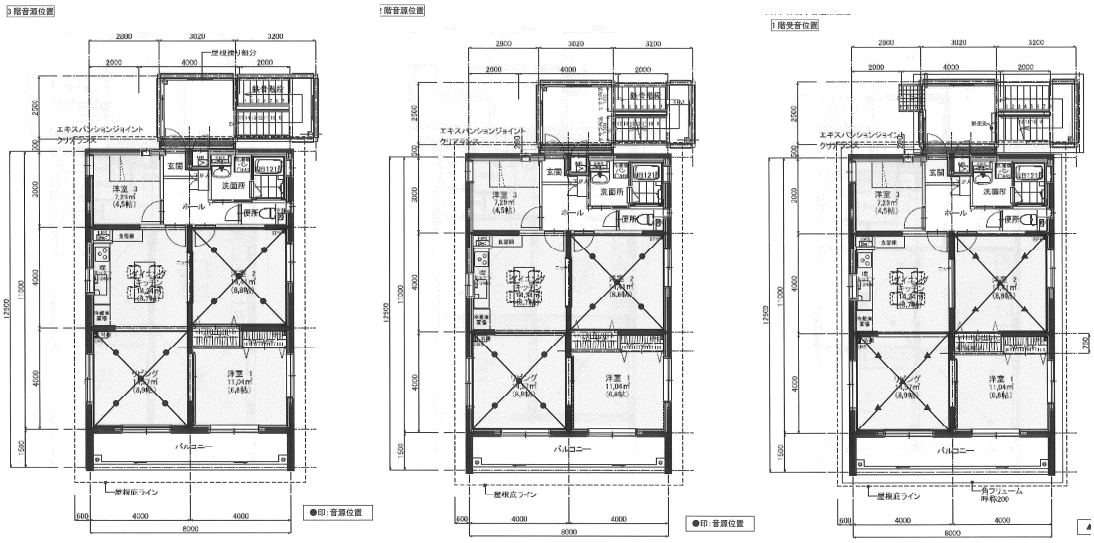
調査対象の概要を表 6-6 に、建物外観および内観を写真 6-3 に、建物平面図を図 6-22 に、調査対象部位詳細を図 6-23 に、それぞれ示します。

表 6-6　調査対象の概要（事例 5）

物件名称	真庭市営 CLT 春日住宅
所在地	岡山県真庭市
竣工年月	2015 年（平成 27 年）3 月
建物構造	CLT 構造 3 階建（国土交通大臣認定）
建物用途	集合住宅
CLT 仕様	壁＝厚 150mm、床・天井＝厚 180mm
測定項目	界床の床衝撃音遮断性能（計 4 箇所、2 仕様） ・床下地：乾式二重床、仕上げ：防音フローリング ・床下地：乾式浮き床、仕上げ：防音フローリング

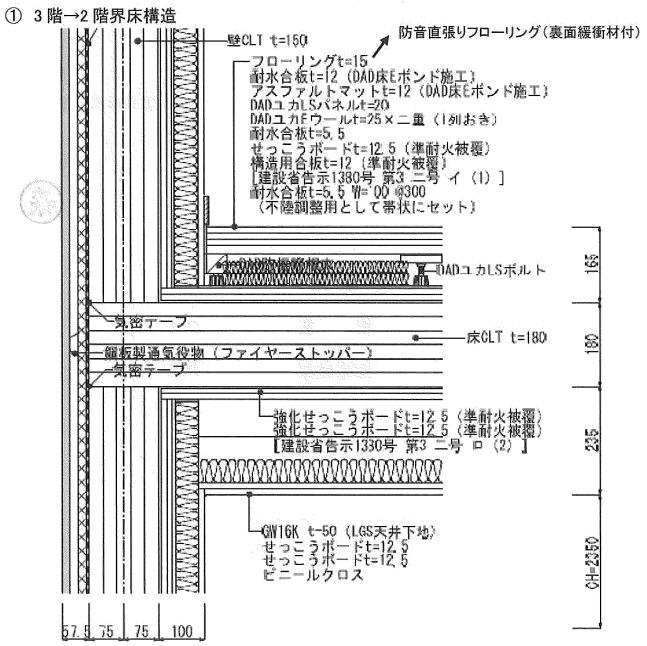


写真 6-3　調査対象建物「真庭市営春日住宅」の外観及び内観

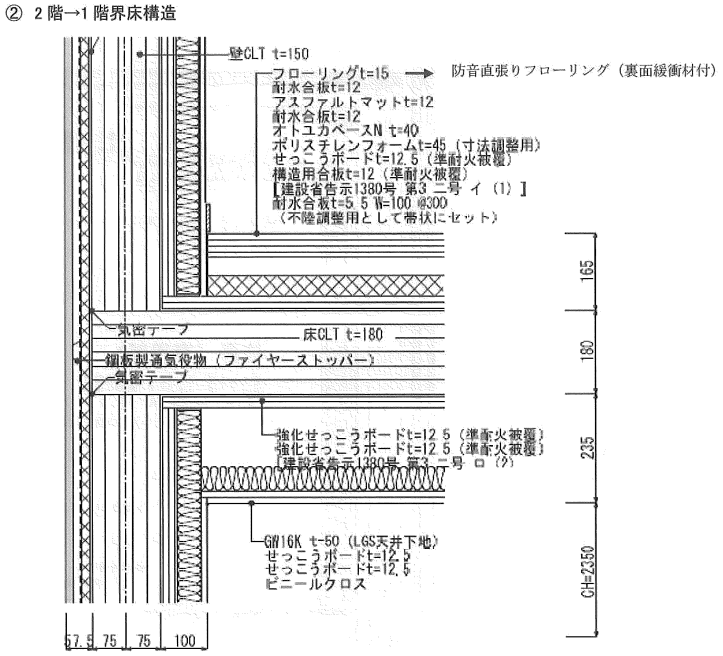


(1) 3 階平面図　　(2) 2 階平面図　　(3) 1 階平面図

図 6-22　調査対象建物の平面図



(1) 3 階床部分



(2) 2 階床部分

図 6-23　外壁・界床部分の断面詳細図

6.7.2　床衝撃音遮断性能の測定結果

軽量床衝撃音遮断性能の測定結果（図 6-24 左）は、4 室とも Lr-37～38 の範囲にあり、安定して高い遮音性能でした。これは、防音フローリングを採用した効果と推察されます。

重量床衝撃音遮断性能の測定結果（図 6-24 右）は、4 室の結果に若干の差異が見られ、洋室の場合に Lr-61 および Lr-58、LD の場合に Lr-53 または Lr-52、でした。洋室と LD での測定結果の違いは、洋室が約 4m×4m の平面寸法で四周を壁などで囲まれた閉鎖的な矩形空間であるため、受音室側で低次の空間モードが発生し重量床衝撃音を増幅していた可能性が推測されます。なお、重量床衝撃音遮断性能の測定結果においては、床下地が乾式二重床の場合と乾式置き床の場合とで、僅かながら遮音性能の差異が見られ、乾式二重床を使用した 3 階床の方がやや遮音性能が高い結果でした。

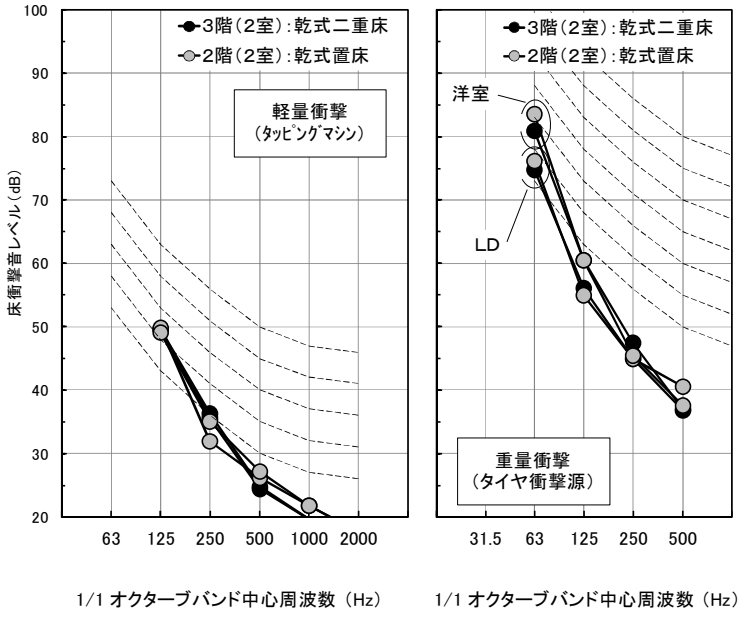


図 6-24　軽量・重量床衝撃音遮断性能の測定結果

6.8　医院併設戸建住宅「神奈川県内K整骨院」での測定結果（事例６）

6.8.1　建物概要および調査対象部位詳細

調査対象の「神奈川県内K整骨院」は 1 階に医院を併設した木造軸組構造 2 階建ての戸建住宅です。1 階の医院部分を無柱空間とし、また外部駐車スペースを確保しながら 2 階の床面積を拡げるために 2 階床部分に厚 150mm の CLT パネルによる床構面を採用して、約 2m せり出したキャンティスラブとしています。また、2 階床には配管スペースを兼ねるために大引き及び根太を下地とする二重床（転ばし根太床）を採用し、床仕上げには無垢パインフローリング（厚 15mm）が使われています。

調査対象の概要を表 6-7 に、調査対象部位詳細を図 6-25 に、建物外観および内観を写真 6-4 に、建物平面図・断面図を図 6-26 に、それぞれ示します。

表 6-7　調査対象の概要（事例 6）

物件名称	神奈川県内K整骨院
所在地	神奈川県
竣工年月	2015 年（平成 27 年）5 月
建物構造	木造軸組構造 2 階建
建物用途	医院併設戸建住宅（1 階＝医院、2 階＝住居）
CLT 仕様	床＝厚 150mm（2 階床構造として CLT パネルを使用）
測定項目	界床の床衝撃音遮断性能（1 箇所、1 仕様） ・床下地：根太床、仕上げ：フローリング

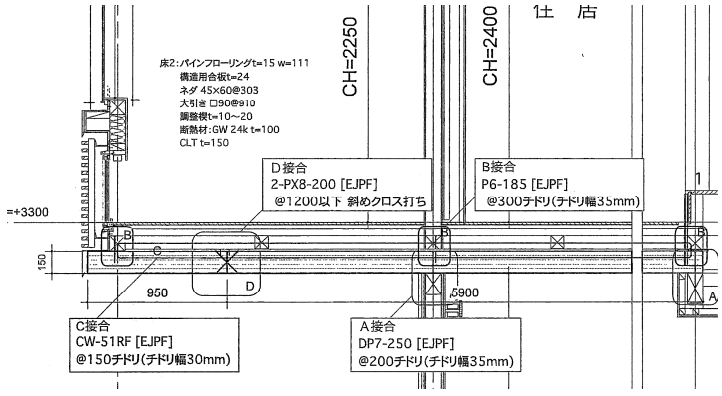
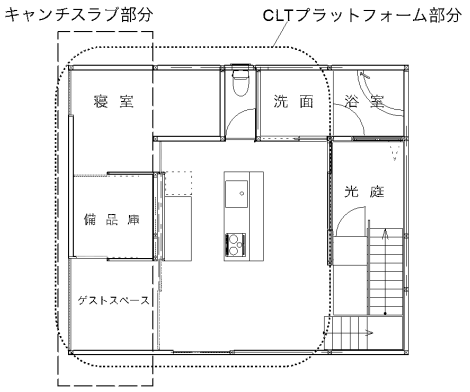


図 6-25　調査対象部位詳細（2 階床）

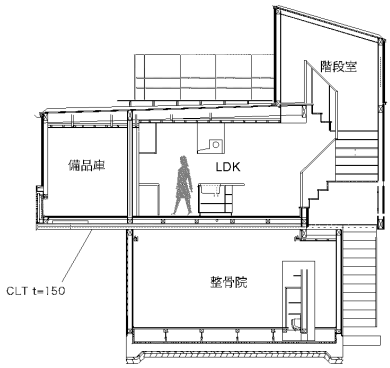




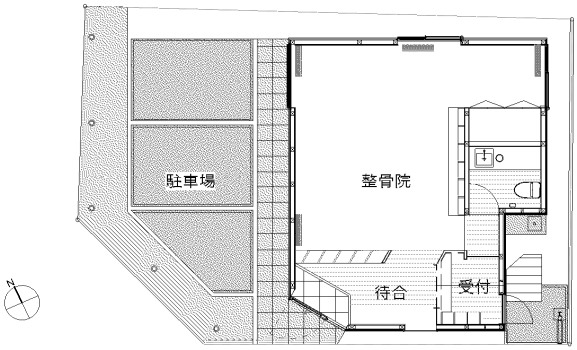
写真 6-4　調査対象建物「神奈川県内Ｋ整骨院」の外観及び内観（1 階医院部分）



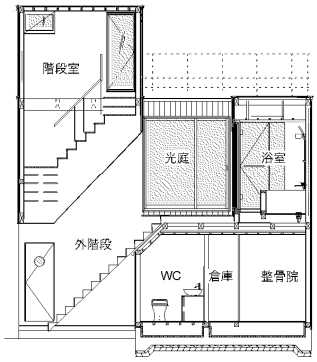
(1) 2 階平面図



(3) 東西断面図



(2) 1 階平面図



(4) 南北断面図

図 6-26　調査対象建物の平面図・断面図

6.8.2　床衝撃音遮断性能の測定結果

重量床衝撃音遮断性能の測定結果（図 6-27）より、調査対象箇所の遮音性能は Lr-65 でした。枠組壁工法による木造戸建住宅の場合には重量床衝撃音遮断性能が Lr-70～80 等級程度であることと比較すると、CLT パネル上に転ばし根太床を施工した本物件の場合には枠組壁工法以上の遮音性能を持つものといえます。

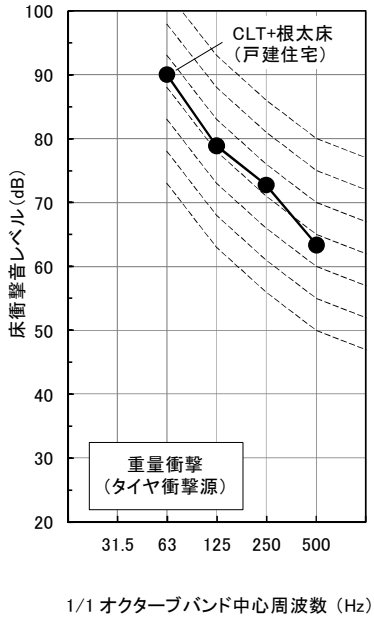


図 6-27　重量床衝撃音遮断性能の測定結果

6.9　集合住宅「鹿児島県内集合住宅」での測定結果（事例７）

6.9.1　建物概要および調査対象部位詳細

比較的最近に竣工した建物として「鹿児島県内集合住宅」の床衝撃音遮断性能を調査しました。この建物は、CLT 構造 3 階建の集合住宅（民間、賃貸用途）であり、3 階から 2 階の界床 4 室について測定を行いました。

床構造には厚 150mm の CLT パネルが用いられ、その上に床根太を配して合板・せっこうボード・遮音マットを積層し、カラーフローリング仕上げが施されていました。また天井は、厚 12.5mm の強化せっこうボードを 2 層貼った二重天井になっていました。

調査対象の外観パースを図 6-28 に、建物平面図を図 6-29 に、調査対象部位詳細を図 6-30 に、それぞれ示します。

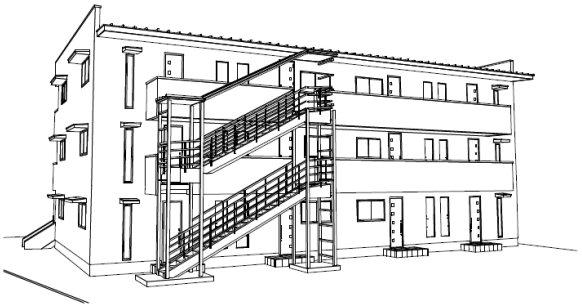


図 6-28　調査対象建物の外観パース

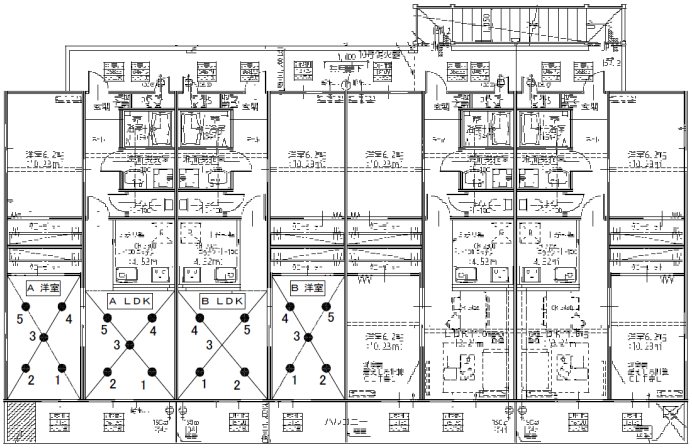


図 6-29　調査対象建物の平面図

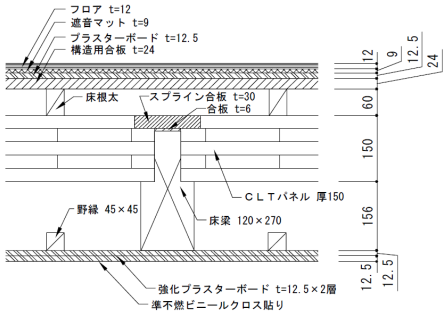


図 6-30　界床部分の断面詳細図

6.9.2　床衝撃音遮断性能の測定結果

軽量床衝撃音遮断性能の測定結果（図 6-30 左）は、LD の場合には Lr-67～70、洋室の場合に Lr-73～76 の範囲でした。防音フローリングなどを使用せず、根太床構造にフローリング貼りした仕様での遮音性能水準であると考えられます。なお、LD と洋室を比べると室の面積が広い LD のほうがやや遮音性能が高い結果でした。

重量床衝撃音遮断性能の測定結果（図 6-30 右）は、4 室ともほぼ同じ水準の結果となり、Lr-74～76 の範囲でした。

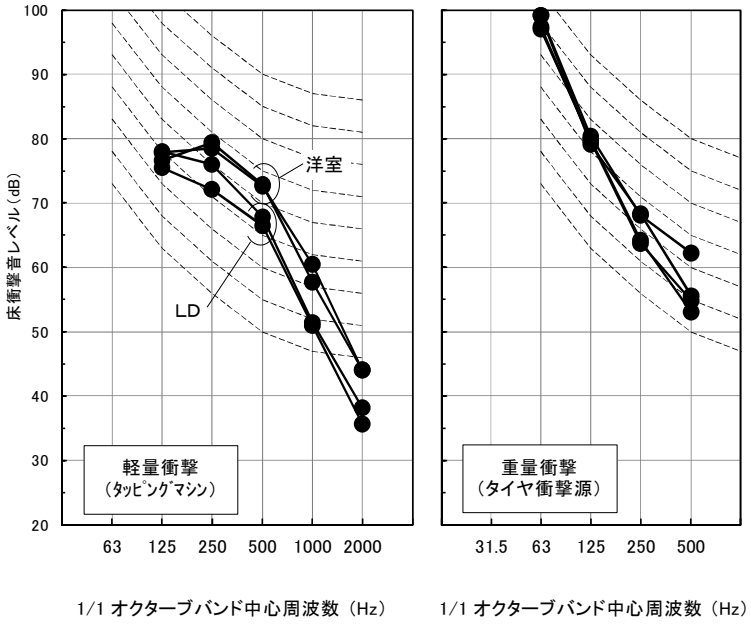


図 6-31　軽量・重量床衝撃音遮断性能の測定結果

6.10　集合住宅「福島県内共同住宅」での測定結果（事例８）

6.10.1　建物概要および調査対象部位詳細

比較的最近に竣工したもう１件の建物として「福島県内共同住宅」を調査し、界壁の空気音遮断性能を測定しました。この建物は、CLT 構造３階建の共同住宅（復興住宅）であり、２階の隣室間の界壁を測定の対象としました。

壁構造には厚 150mm の CLT パネルが用いられています。CLT パネルを片面現しとして、他方の側に LGS 下地を配してせっこうボード２枚貼り（グラスウール挿入）とした界壁仕様が採用されていました。

調査対象の建物平面図を図 6-32 に、調査対象部位詳細を図 6-33 に、それぞれ示します。

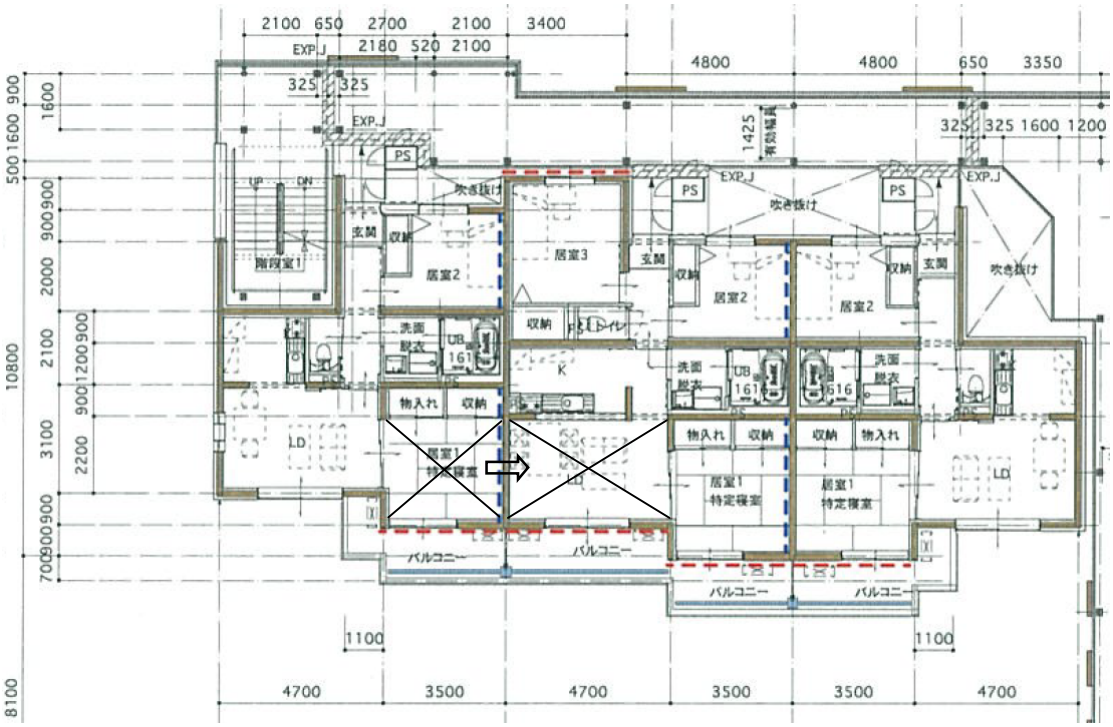


図 6-32　調査対象建物の平面図

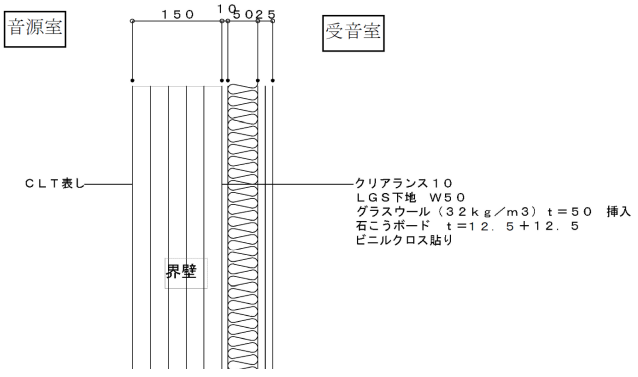


図 6-33　界壁部分の断面詳細図

6.10.2　空気音遮断性能の測定結果

界壁を介した室間音圧レベル差の測定結果（図 6-34）は、Dr-51 と高い遮音性能でした。界壁の建築基準法における最低遮音性能の基準である Dr-40 は充分に満たしており、さらに 2 ランク程度、遮音性能水準が高い結果だと言えます。この界壁仕様については実験室でもほぼ同じ断面構成で測定が行われており、その結果ともほぼ類似した測定結果でした。界壁に高い遮音性能が求められる場合には、この界壁のように、CLT パネルと離して設置した下地の上にせっこうボードを施工するふかし壁の採用が効果的であると考えらえます。

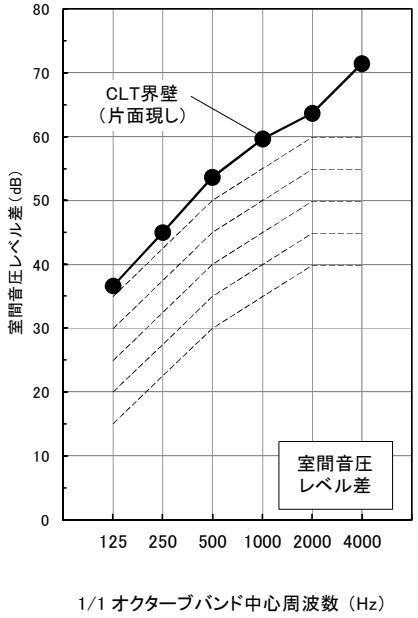


図 6-34　空気音遮断性能の測定結果

6.11　まとめ

これまでに日本国内において行われた CLT パネルに関する遮音実験および現場遮音測定の結果を文献などから調べました。その結果、実験室測定 2 件、実建物での測定 6 件、合計 8 件の事例についての測定事例が得られました。CLT パネルの床衝撃音遮断性能及び空気音遮断性能に関する既往のデータをまとめると、表 6-8～6-9 のようになります。

また、前節 6.3～6.10 よび表 6-8～6-9 より、以下の点が明らかになりました。

表 6-8　既往文献等における床衝撃音遮断性能に関する測定結果のまとめ

整理番号	事例概要／CLT 仕様	床パネル上の遮音対策	天井仕様	軽量衝撃	重量衝撃
事例 1 (6.3 節)	試作床構造 (比較実験) CLT パネル (t150mm)	①CLT パネル素面 ②グラスウール遮音床 ③乾式浮き床＋砂利敷き ④湿式浮き床＋砂利敷き (②～④は無垢ﾌﾛｰﾘﾝｸﾞ仕上)	二重天井 (木軸下地) (懐＝小)	①Lr-87 ②22 低減 ③30 低減 ④32 低減	①Lr-75 ②5 低減 ③4 低減 ④14 低減
事例 2 (6.4 節)	試作実験棟 (CLT 構造) (2 階建) CLT 床パネル (t135mm)	・「湿式浮き床＋砂利敷き」 ・床仕上げ：防音ﾌﾛｰﾘﾝｸﾞ	吊り天井 (木軸下地) (PB12.5×1) (懐＝大)	Lr-51 (防音 FL)	Lr-73
事例 3 (6.5 節)	集合住宅 (CLT 構造) (3 階建) CLT 床パネル (t180mm)	①「湿式浮き床」による遮音対策 ②「ALC パネル」による遮音対策 ・床仕上げ：無垢ﾌﾛｰﾘﾝｸﾞ	吊り天井 (LGS 下地) (PB12.5×1) (懐＝大)	①Lr-60 ～61 ②Lr-67 (無垢 FL)	①Lr-68 ～69 ②Lr-66 ～67
事例 4 (6.6 節)	同上	「乾式二重床」＋無垢ﾌﾛｰﾘﾝｸﾞ 「乾式二重床」＋防音ﾌﾛｰﾘﾝｸﾞ 「乾式置き床」＋無垢ﾌﾛｰﾘﾝｸﾞ 「乾式二重床」＋防音ﾌﾛｰﾘﾝｸﾞ ・床下地上にｱｽﾌｧﾙﾄ制振ﾏｯﾄ t12	吊り天井 (木軸下地) (PB12.5×2) (懐＝大)	Lr-50～61 (無垢 FL) Lr-42 (防音 FL)	Lr-58 ～62
事例 5 (6.7 節)	同上	3 階床：乾式二重床 2 階床：乾式置き床 ・床下地上にｱｽﾌｧﾙﾄ制振ﾏｯﾄ t12 ・床仕上げ：防音ﾌﾛｰﾘﾝｸﾞ	吊り天井 (LGS 下地) (PB12.5×2) (懐＝大)	Lr-37～38 (防音 FL)	Lr-61、58 (洋室) Lr-53、52 (LD)
事例 6 (6.8 節)	戸建住宅 (木造軸組) CLT 床パネル (t150mm)	転ばし根太床（下地：大引・根太） ・床仕上げ：無垢ﾊﾟｲﾝﾌﾛｰﾘﾝｸﾞ	天井なし (CLT 現し)	－	Lr-65
事例 7 (6.9 節)	集合住宅 (CLT 構造) (3 階建) CLT 床パネル (t150mm)	床根太上にフローリング仕上げ (せっこうﾎﾞｰﾄﾞ・遮音ﾏｯﾄ積層)	二重天井 (木下地) (PB12.5×2) (懐＝中)	Lr-67 ～73	Lr-74 ～76

表 6-9　既往文献等における空気音遮断性能に関する測定結果のまとめ

整理番号	事例概要／対象部位の断面構成	空気音遮断性能
事例 2 (6.4 節)	試作実験棟（CLT 構造 2 階建） 対象部位の断面構成 CLT 壁パネル（t81）×2 重壁 内部グラスウール（64K、t50）挿入 両面せっこうボード（t12.5）直貼り	Dr-34
事例 3 (6.5 節)	集合住宅（CLT 構造 3 階建） 対象部位の断面構成 CLT 壁パネル（t150）の両側に、 ・合板 t9 捨張り ・せっこうボード t12.5×2 層貼り（準耐火被覆） ・LGS 壁下地（ｸﾞﾗｽｳｰﾙ 20K、t50 挿入） ・せっこうボード t12.5×2 層貼り（壁紙仕上げ）	Dr-38，45
事例 8 (6.10 節)	集合住宅（CLT 構造 3 階建） 対象部位の断面構成 CLT 壁パネル（t150，片面現し）の片側に、 ・LGS 壁下地（隙間 10 ｸﾞﾗｽｳｰﾙ 32K、t50 挿入） ・せっこうボード t12.5×2 層貼り（壁紙仕上げ）	Dr-51

6.11.1　軽量床衝撃音遮断性能

① 実験室（RC 造）上での試作床構造に対する測定では、CLT パネル素面（二重天井付き）の場合に Lr-87 と非常に大きな軽量床衝撃音が発生していました。これに対して「グラスウール遮音床」（試験体①）「乾式浮き床＋砂利敷き」（試験体③）「湿式浮き床＋砂利敷き」（試験体④）などの遮音対策を施工すると、軽量床衝撃音の Lr 数は 22～32 ポイント低下しました。こうした対策をとると、軽量床衝撃音を大幅に低減できると考えられます。［6.3 節：事例 1］

② 試作実験棟（CLT 構造 2 階建）における測定では、CLT パネルの上に「湿式浮き床＋砂利敷き」の遮音対策を施し、さらに床仕上げを防音フローリングとし、吊り天井を採用した床断面に対して、その遮音性能は Lr-51 でした。［6.4 節：事例 2］

③ 国内で初期に実施工された物件である CLT 構造の集合住宅（合計 3 物件）では、厚 180mm の CLT パネル床構造の上に、湿式浮き床や ALC パネル下地（事例 3）、乾式二重床や乾式置き床（事例 4、5）、およびアスファルト制振マット t12mm の敷き込み（事例 4、5）、といった重厚な遮音対策が採用されていました。また、床仕上げ材には無垢フローリングのほか、緩衝材付きの防音フローリングが使われる場合も見られました。これらの測定結果は、床仕上げ材が無垢フローリングの場合に Lr-50～67、防音フローリングの場合に Lr-37～42 であり、軽量床衝撃音に対しては防音フローリングを併用することで高い遮音性能が得られることが判りました。［6.5～6.7 節：事例 3～5］

④ 比較的新しい実施工物件である CLT 構造の集合住宅（事例 7）では、厚 150mm の CLT パネル床構造を使った設計も見られ、その上に床根太を配して合板・せっこうボード・遮音マットを積層し、カラーフローリング仕上げとした床構造が採用されていました。その測定結果は、Lr-67～73 であり、防音フローリングなどで仕上げる仕様ほどの遮音性能ではないことが判りました。［6.8 節：事例 7］

6.11.2　重量床衝撃音遮断性能

① 実験室（RC 造）上での試作床構造に対する測定では、CLT パネル素面（天井付き）では Lr-75 と大きな床撃音が発生していました。CLT パネル床上に遮音対策を施すと、「グラスウール遮音床」（試験体①）と「乾式浮き床＋砂利敷き」（試験体③）で Lr 数が 4～5 ポイント、「湿式浮き床＋砂利敷き」（試験体④）で 14 ポイント、の低減効果が見られました。［6.3 節：事例 1］

② 試作実験棟（CLT 構造 2 階建）における測定では、CLT パネルの上に「湿式浮き床＋砂利敷き」（試験体④）の遮音対策を施し、さらに床仕上げを防音フローリングとし、吊り天井を採用した床断面に対して、その遮音性能は Lr-73 でした。6.3 節での同様の仕様に対する測定結果に比べて大きな床衝撃音ですが、その要因として CLT パネルの厚さ減少（t150mm→t135mm）の影響、受音室の空間モードの発生による増幅、CLT パネルの固有振動モードの発生、などが推測されます。実物件での設計に際しても注意が必要と考えられます。［6.4 節：事例 2］

③ 国内で初期に実施工された物件である CLT 構造の集合住宅（合計 3 物件）では、厚 180mm の CLT パネル床構造の上に、湿式浮き床や ALC パネル下地（事例 3）、乾式二重床や乾式置き床（事例 4、5）、およびアスファルト制振マット t12mm の敷き込み（事例 4、5）、といった重厚な遮音対策が採用されていました。これらの測定結果は、事例 3 の場合に Lr-66～69、事例 4、事例 5 の場合に Lr-52～62 でした。事例 4 や事例 5 で用いられた仕様の乾式二重床・乾式置き床、およびアスファルト制振マットの効果が大きいと考えられます。また、同じ床断面仕様でも、居室（洋室・LD）の形状による差異が見られるため、建物の平面計画時には注意することが必要と考えられます。［6.5～6.7 節：事例 3～5］

④ 木造軸組建物の 2 階床部分に CLT パネルを使用した戸建住宅での測定では、重量床衝撃音は Lr-65 でした。枠組壁工法による木造戸建て住宅の場合（Lr-70～80）に比べると、大幅に高い遮音性能でした。［6.8 節：事例 6］

⑤ 比較的新しい実施工物件である CLT 構造の集合住宅（事例 7）では、厚 150mm の CLT パネル床構造を使った設計も見られ、その上に床根太を配して合板・せっこうボード・遮音マットを積層し、カラーフローリング仕上げとした床構造が採用されていました。その測定結果は、Lr-74～76 であり、事例 3～5 の結果に比べると低い遮音性能であることが判りました。［6.8 節：事例 7］

6.11.3　空気音遮断性能（室間音圧レベル差）

① 試作実験棟（CLT 構造）における測定では、CLT パネル（t81mm）を 2 重にし、その内部にグラスウール（密度 64K、t50mm）を挿入し、室内側の両表面にせっこうボードを直貼りした壁の遮音性能は Dr-34 にとどまり、建築基準法に定める界壁の遮音性能基準（Dr-40 相当）に達していませんでした。［6.4 節：事例 2］

② 国内で初期に実物件された CLT 界壁に関する測定事例としては 1 建物が見られました。CLT 壁パネル（t150mm）の両面に、合板 t9 捨張り／せっこうボード t12.5mm×2 層貼り／LGS 壁下地（グラスウール 20K、t50mm 挿入）／せっこうボード t12.5mm×2 層貼り（壁紙仕上げ）とした重装備な界壁に対して、2 箇所の遮音性能は Dr-38 または Dr-45 でした。概ね、界壁の遮音性能基準（Dr-40 相当）を満足すると考えられます。また、厚 12.5mm で統一した厚さでは無く異なる厚さのせっこうボードを組み合せたり、外壁側からの側路伝搬音を抑制したりすることにより、より高い遮音性能が得られると考えられます。［2.5 節：事例 3］

③ 比較的新しい実施工物件である CLT 構造の集合住宅（事例 8）では、厚 150mm の CLT パネル壁を片面現しとして、他方の側に LGS 下地を配してせっこうボード 2 枚貼り（グラスウール挿入）とした壁構造が採用されていました。その測定結果は、Dr-51 であり、こうした壁仕様にすることで高い遮音性能が得られることが判りました。［6.8 節：事例 8］

本章（６章）の参考文献

1) JIS A 1418-1:2000「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」

2) JIS A 1418-2:2000「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」

3) JIS A 1419-2:2000「建築物及び建築部材の遮音性能の評価方法－第 2 部：床衝撃音遮断性能」

4) JIS A 1417:2000「建築物の空気音遮断性能の測定方法」

5) JIS A 1419-1:2000「建築物及び建築部材の遮音性能の評価方法－第 1 部：空気音遮断性能」

6) 日本 CLT 協会、「林野庁平成 24 年度　木材利用技術整備等支援事業／木材の建築設計に求められる地域材による CLT（クロス・ラミテイティド・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実験　報告書」、平成 25 年 3 月

7) 網野禎昭、「入手可能材料によるＣＬＴ床の遮音工法」、木材工業、pp.488-491、Vol.68 No.11、公益社団法人日本木材加工技術協会、2013 年 11 月

8) 三宅辰哉・齋藤友紀雄、「CLT 構造建築物「高知おおとよ製材社員寮」の設計」、pp.28-33、住宅と木材、Vol.37 No.436、 2014 年 4 月

9) 公益財団法人 日本住宅・木材技術センター、一般社団法人 日本ＣＬＴ協会、「平成 26 年度林野庁委託事業　ＣＬＴ等新たな製品・技術の開発促進事業のうち中高層建築物等に係る技術開発等の促進（ＣＬＴ普及戦略の作成）報告書」、平成 27 年 3 月

10) 公益財団法人 日本住宅・木材技術センター、「平成 26 年度 林野庁 ＣＬＴ等新たな製品・技術活用建築物実証事業：併設住宅K整骨院新築工事におけるＣＬＴ床構面の有効性の実証成果報告書」、平成 27 年 3 月

11) 村上剛志・田中学・廣田誠一・平光厚雄・佐藤洋、「実住宅における床衝撃音遮断性能の実測結果－木造枠組壁工法住宅の床遮音工法に関する研究(2)」、日本建築学会大会梗概集、環境工学Ⅰ、pp.179-180、2009 年 8 月

7章　施工上の留意点と参考仕様例

7.1　設備配管部

7.1.1　衛生設備

集合住宅、事務所ビル等の複数の人間が利用する建物で問題となる便所、浴室、台所等の給排水設備騒音には、水流により給排水管が振動して管壁から直接放射される空気伝搬音と配管の振動が壁、床の貫通部等から躯体を振動させる固体伝搬音があり、双方に対して対策を行うことが望まれます。特に CLT パネル工法は躯体の剛性が高いため、一般の在来木造建築等に比べ、固体伝搬音が伝わりやすいことが懸念されます。

給排水管の振動による発生音を抑えるには、水路の形状を滑らかにすること、屈曲部等を極力少なくすること、急激な断面変化を避ける等の配管計画や、渦や剥離などの発生を極力抑えた水栓金具を用いることにより対策できます。

空気伝搬音に対しては、図 7.1-1 のように遮音材を巻いた配管を用いることによって騒音の放射を防ぐことができます。また、パイプシャフトの遮音性を向上させることにより、発生した騒音を室内に伝搬することを防ぐことが有効な対策となります。



図 7.1-1　配管の遮音巻き例

固体伝搬音に対しては、配管と躯体を振動的に絶縁することが対策として考えられます。まず、水栓金具と配管の接続にはフレキシブルジョイントを設け、水栓金具の振動が配管に伝わらないようにし、配管の支持部、躯体の貫通部では配管が壁・床と直接接触しないようゴムスリーブやグラスウール等の緩衝材を巻いて配管と躯体を振動的に絶縁することが望まれます。事務所ビルのような機械室が存在する場合は、機械室内で設備機械や配管の防振支持を行う等の配慮も望まれます。

7.1.2　空調設備

事務所ビル等でセントラル空調が用いられる場合、空調ダクトが騒音伝搬経路となり、遮音欠損や音響障害を起こすことがあります。

ダクトが伝搬経路となる騒音として、空調機械の駆動音がダクトの中を伝搬し、対象室に空調ガラリから放射されることがあります。その対策としては、伝搬経路となるダクトに消音設備を設け、機械音を室内の設計騒音レベル以下に低減することが有効です。消音設備としては、図 7.1-2 のようなスプリッター型消音器や消音チャンバーなどが挙げられます。

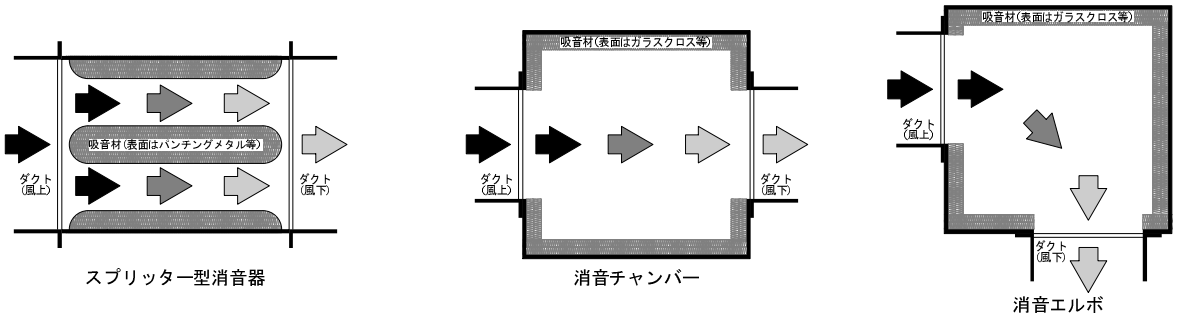


図 7.1-2　消音装置の例

ダクトが原因となる遮音欠損には、遮音区画を貫通するダクトによるクロストーク現象があります。クロストーク現象とは、単一ダクト方式のような複数の部屋で共通のダクトを用いて空調する場合、他室の室内騒音（会話音等）が空調ガラリやダクト管壁よりダクト内に伝搬し、ダクトを伝搬経路として他室の空調ガラリ等から放射される現象です。図 7.1-3 のように必要遮音性能に相当する消音能力を有する消音設備を採用すると共に、管壁からの入射を抑えるため、遮音処理を施した金属製ダクト（遮音ダクト）を採用する等の配慮が望まれます。

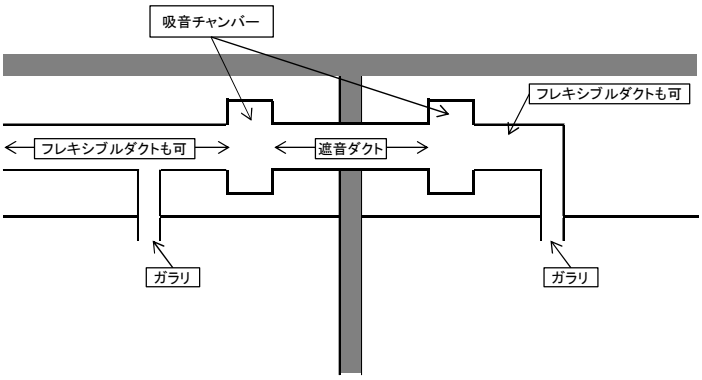


図 7.1-3　遮音区画貫通の例

住宅においては給気口や換気口などの外壁貫通部が外壁の遮音欠損の要因となります。一般的な在来木造建築の外壁（せっこうボード 1 枚張り+サイディング）では壁自体の遮音性能が高くないため、給気口に遮音処理を施すことは少ないです。しかし CLT パネル工法の場合、外壁の遮音性能が向上することが予測され、これらの換気口が大きな遮音欠損となる可能性があります。そのため図 7.1-4 のような防音フードを採用し、貫通部の対策を行うことが望まれます。

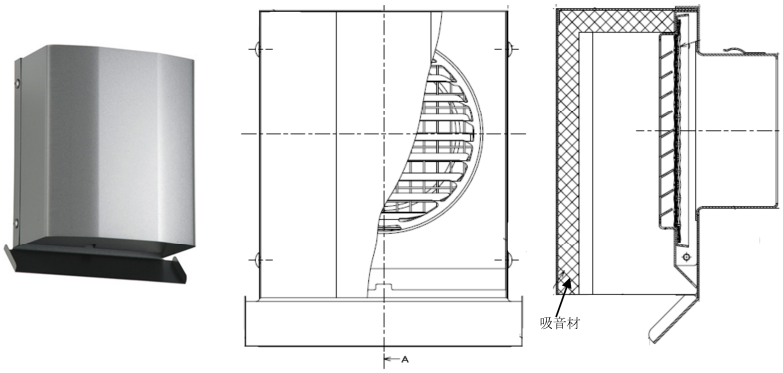


図 7.1-4　防音フードの例

7.2　せっこうボードの施工、仕上げ、継目処理

7.2.1　せっこうボードの施工

(1)　「界壁」でのせっこうボードの施工

「5.1 CLT パネル素板の性能」に記載の通り、現実的な厚さの CLT 素板では建築基準法が界壁に求める遮音性能を満足することができません。従って、一般的にはせっこうボードによるふかし壁を設け、界壁を設計することになります（「5.3 せっこうボード壁ふかし壁による遮音対策」を参照)。また、ふかし壁に CLT 壁パネルを用いる方法もあります（「5.4 CLT パネル二重壁による遮音対策」を参照)。

CLT 壁パネルの片側にふかし壁を設ける場合は、日本 CLT 協会取得の個別認定を使用することで遮音構造が成立します。この認定の仕様では厚さ 12.5 mm＋9.5 mm のせっこうボードをふかし壁とし、中空部に吸音材（グラスウール、ロックウール）を挿入します。

また、昭 45 国交告第 1827 号第 2 による方法を用いることもでき、この場合は厚さ 12.5 mm×2 のせっこうボードを界壁の両側に設け、中空部に吸音材を挿入します。

一方、界壁は令 114 条 1 により、準耐火構造とする必要があります。従って、遮音構造の規程（個別認定条件や告示の規程）を満足するとともに、準耐火構造の規程も満足するよう、間柱の設置、せっこうボード厚さの選定や留め付け方法を決める必要があります。また、上張りと下張りのせっこうボードは目地が重ならないように割り付けます。

尚、準耐火構造の詳細は、「2016 年公布・施行　CLT 関連告示等解説書（CLT 関連告示等解説書編集委員会編集)」、「木造建築物の防・耐火設計マニュアル（日本建築センター発行)」等を参照ください。

(2)　「界床」でのせっこうボードの施工

防火指定、規模、用途等により準耐火建築物とする場合は、一般的には CLT パネル床をせっこうボードや構造用合板で被覆したのち、二重床および吊り天井や独立天井を設け、界床を設計することになります。

準耐火構造とする場合は、その規程を満足するせっこうボードや構造用合板の厚さおよび留め付け方法、断熱材を選定する必要があります。特に、天井でせっこうボード（強化せっこうボードを含む）が一枚張りとなる場合は、目地部から裏面への炎の進入を有効に防止できるよう、目地の裏面に当て木等を設ける必要があるのでご注意ください。せっこうボードを二枚張りとする場合は、上張りと下張りのせっこうボードは目地が重ならないように割り付けます。

(3) CLT 床・外壁パネル等とせっこうボードの取り合い部の処理

「5.2 CLT パネル間目地の影響」の記載と同様に、CLT 床・外壁パネル等とせっこうボードの取り合い部に隙間があると、期待する遮音性能が発揮されません。従って、取り合い部に隙間が残らないよう施工するのは当然のことですが、CLT 躯体のクリープによるたわみや乾燥収縮等を考慮し、隙間を埋める材料を選定する必要があります。隙間を埋める材料として各種シーリング材が広く用いられていますが、有機質系シーリング材は火災時に焼失するおそれがあるため、無機質系であるロックウールやロックウールフェルトをバッカー材として併用するのが一般的です（図 7.2-1、写真 7.2-1)。

また、ふかし壁に軽量鉄骨下地に用いる場合、CLT 床パネルのクリープを考慮し、スタッドと上部ランナーとの間にクリアランスを設ける等の配慮が求められます（図 7.2-1)。

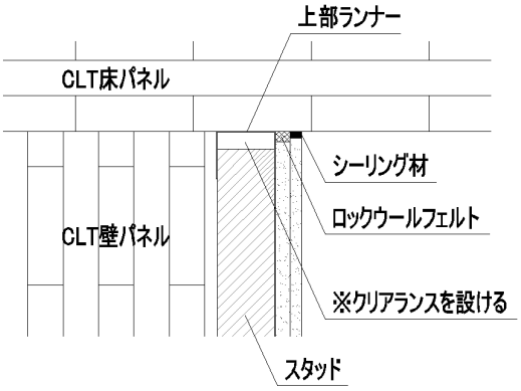


図 7.2-1　CLT パネルとせっこうボードの取り合い部



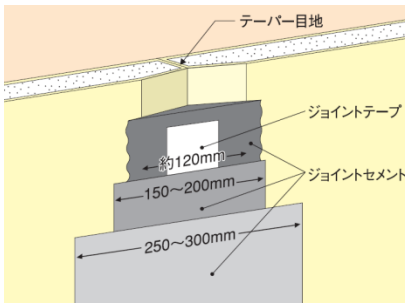
写真 7.2-1　ロックウールフェルト
（下張りせっこうボード厚さと同じ幅の
ロックウールフェルトを選択）

7.2.2　せっこうボードへの仕上げ、継目処理

せっこうボードの継目処理は、継目部の強度を確保し、ひび割れややせのない平滑な仕上げ面をつくることが目的です。万一、継目部にひび割れが発生すると、せっこうボード面に隙間が生じて所定の防耐火性能や遮音性能を損なうおそれがあるため、適切な継目処理を施すことが求められます。

せっこうボードの長手方向の縁形状はスクエアエッジ、テーパーエッジ、ベベルエッジの三種がありますが、その中でテーパーエッジ、ベベルエッジを使用して所定の継目処理を施すことで、せっこうボード表面に仕上げるクロスや塗装面へのクラックを抑制することができます（図 7.2-2）。

またせっこうボードの短手方向は現場で面取りすることで「カット目地」ができますが、せっこうが剥き出しとなり吸水が大きいため、パテを塗った際にクラックが入りやすくなります。従って、カット目地に専用のプライマーを塗布し乾燥させたのちに継目処理を施すことで、クラックを抑制することができます（図 7.2-3）。



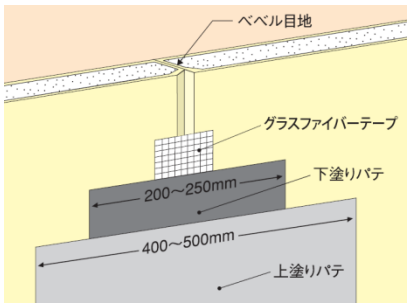


図 7.2-2　テーパーエッジ、ベベルエッジを使用した継目処理方法

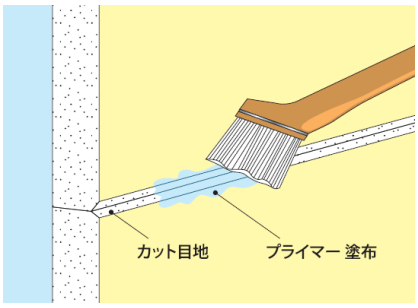


図 7.2-3
カット目地へのプライマー処理

7.3　二重床施工における注意点

7.3.1　施工前の注意点

二重床を施工する前に、壁際部等の納まり図及び床パネル（パーティクルボードや合板等）、支持脚、システム根太の割付図を作成します（図 7.3-1～3）。

納まり図では、壁際部の納まり、居室による面材構成の違いによる処理、床下の配管の大きさや配管同士が交差しても床高に納まることなどを確認してください。

また、壁際部の納まりにおいて、壁際の隙間がどのように設定されているかを確認してください。壁際の隙間を確保することは、遮音性能、床鳴りに関係するため重要です。二重床と壁部が接触すると、床鳴りが発生します。さらに、接触部が振動伝搬経路や床下空気層の流通を妨げるため、軽量・重量床衝撃音遮断性能も低下します。湿度によって床パネル（パーティクルボードや合板等）やフローリングが膨張収縮しても、壁際部の隙間によって床と接触することがなければ、床鳴りの発生や遮音性能の低下を防ぐことができます。

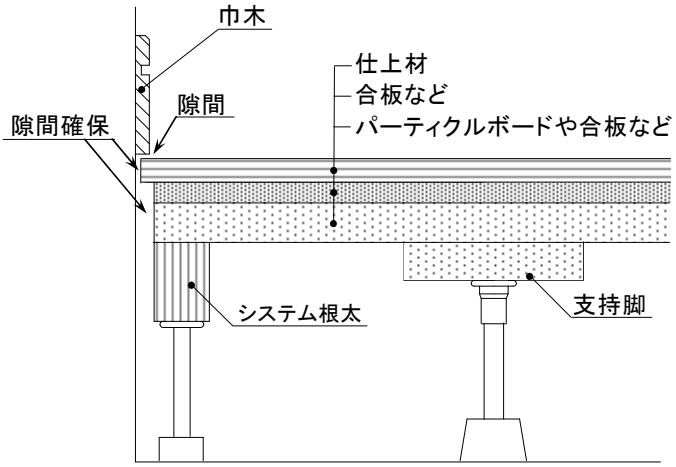


図 7.3-1　壁際部納まり例

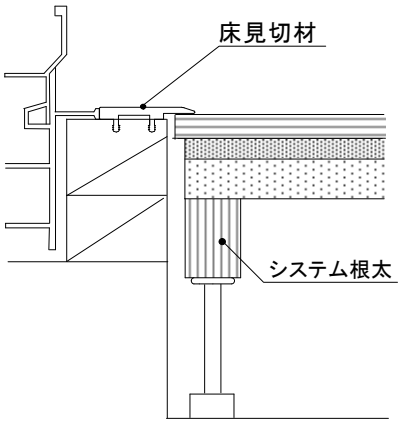


図 7.3-2　掃出しサッシ部納まり例

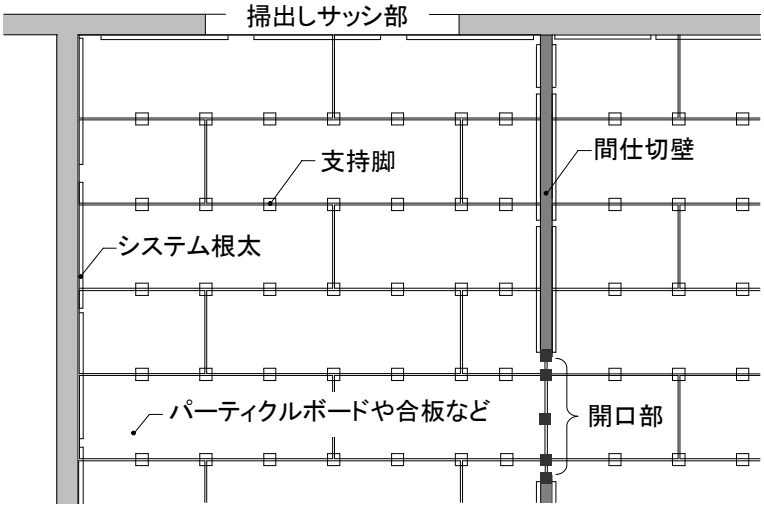


図 7.3-3　割付図（例）

割付図において、壁際部や開口部（掃出しサッシ・扉部）に用いる補強用の支持脚は、遮音性能と耐荷重性能を考慮して選定してください。遮音性能と耐荷重性能は相反する関係にあり、遮音性能を優先すると床の変位が大きくなるため、施工前に支持脚や合板などの下地材の追加を検討してください。（図 7.3-4）

床パネル（パーティクルボードや合板等）は定められた最小寸法を下回らないようにご注意ください。最小寸法を下回ると、水平レベルの調整が難しく支持脚が浮きやすくなり、床衝撃音遮断性能や耐荷重性能の低下をまねく要因となります。

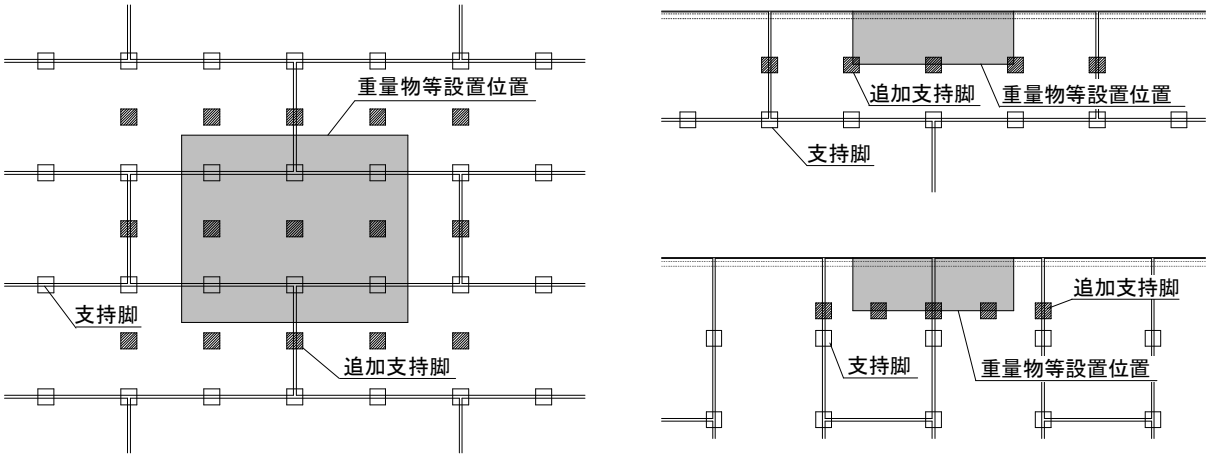


図 7.3-4　追加支持脚の例

7.3.2　施工時における注意点

図面で設定されている壁際の隙間を確保するように施工してください（写真 7.3-1）。

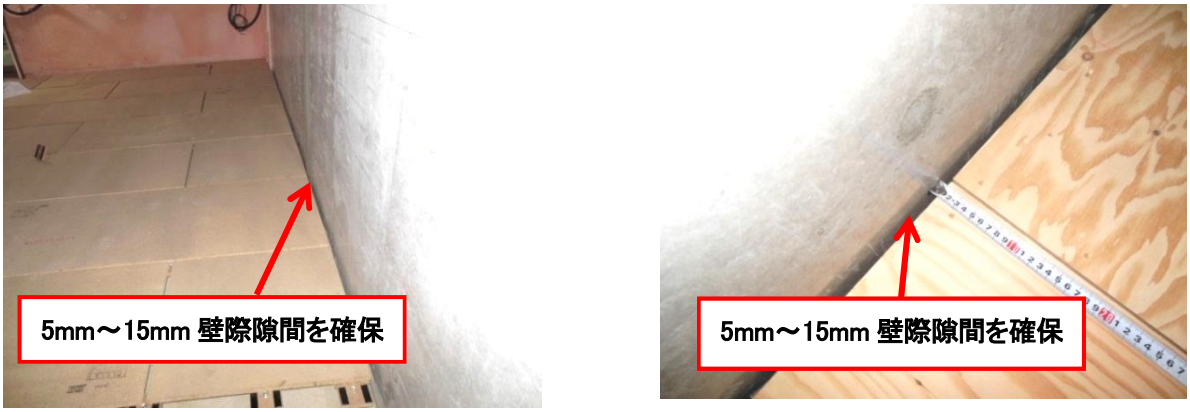


写真 7.3-1　壁際隙間の施工例

二重床の施工において、合板や床パネル（パーティクルボードや合板等）を留め付けるくぎ・ビスの長さは、床下の配管を傷つけない長さのものを使用してください（図 7.3-5）。

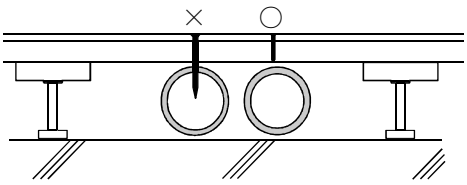


図 7.3-5　ビスが配管に達している例

場所によっては、床下の配管と支持脚が重なるとシステム根太や支持脚が立たない場合があります。この場合には、支持脚を配管の両側に設置し、支持脚の間隔が基本となるピッチを超えないように注意してください（図7.3-6）。

床の水平レベルをとる際には、支持脚の浮きがないか確認してください。支持脚が浮いていると床鳴りや遮音性能の低下を招く可能性があります。

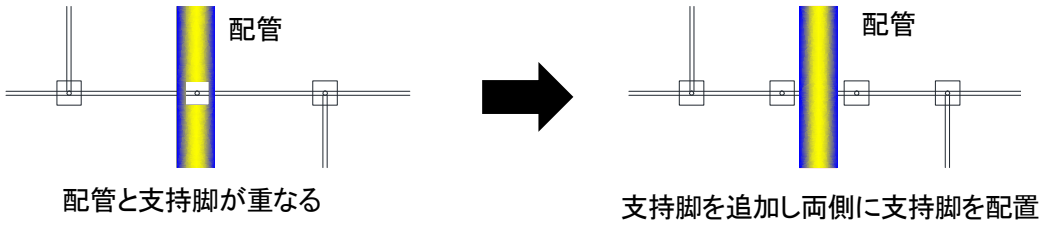


図 7.3-6　配管の両側に支持脚を設置している例

7.3.3　施工後における注意点

二重床の施工が終わった後の後工程の材料を搬入する際には、材料の置き方に注意してください。後工程のフローリングや壁のクロスなどを置く際に二重床に大きな衝撃が加わると、二重床に損傷を与える可能性があるので、材料を置く際には静かに置いてください。

また、材料を１カ所に集中させ、過大な荷重を床に加えると、仕上げ材施工時に床の沈みが戻りきらないことで仕上げ材の施工に影響する可能性があります。後工程の材料は、1 カ所に集中させず分散して保管してください（写真 7.3-2）。



写真 7.3-2　後工程で置かれている材料の過積載

7.4　建物の参考仕様例

一般的な集合住宅の間取図（図 7.4-1）を参考に、居住スペース（洋室）における床及び天井仕上げの例を図 7.4-2 に示します。界壁の CLT パネルを両面現しまたは片面現しで使用する場合は、図 7.4-3 に示す大臣認定仕様を用いることが可能です。



図 7.4-1　集合住宅における参考間取図

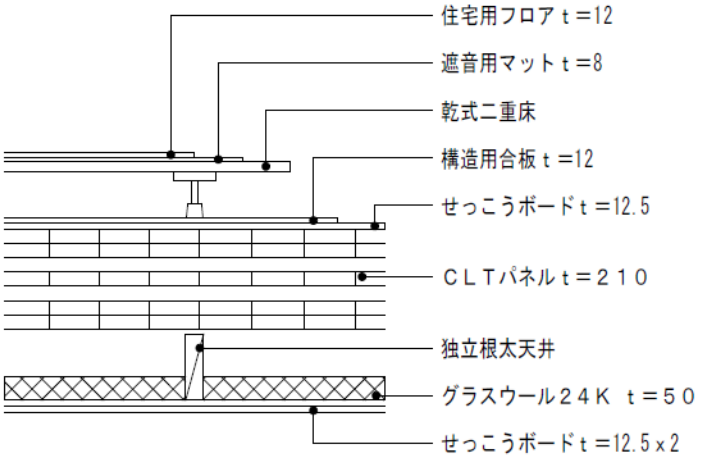


図 7.4-2　集合住宅の床・天井の参考仕上げ例

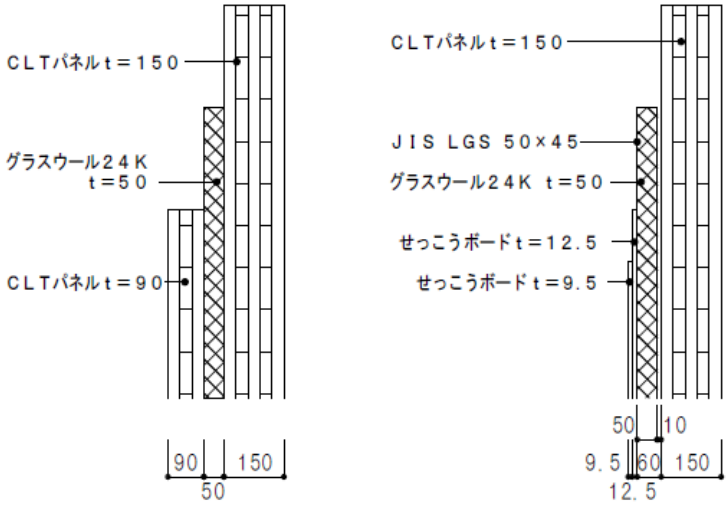


図 7.4-3　界壁の大臣認定仕様

本章（7 章）の写真撮影・提供および資料提供

P102　(株)吉野石膏 DD センター

P104　日本乾式遮音二重床工業会

P105　日本乾式遮音二重床工業会

付録Ⅰ　遮音に関する基礎用語・基礎知識

音（音波）、音の性質（大小・高低）

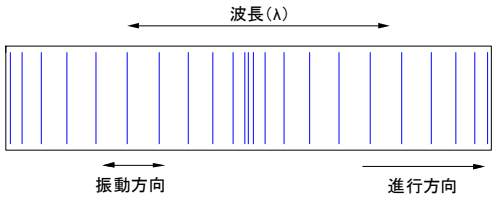
空気や水などの流体の中や、木・コンクリート・金属などの固体の中で、振動が媒質の中を順に伝わっていく現象を「音（音波）」といいます。なお、「音・音波」については、媒質中を伝わる物理現象を「音波」、音波によって引き起こされる聴覚的感覚を「音」、と区別して呼ぶこともあります。

知覚される音には、大小（大きな音・小さな音）や高低（高い音・低い音）といった特性があります。なお、音の大小を表す量として「音圧・音圧レベル」、音の高低を表す量として「周波数」があります。

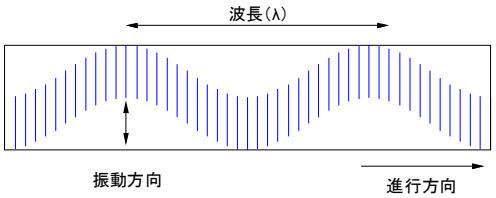
音の伝搬（縦波・横波）

媒質中を伝わる波には、波の進行方向と媒質の振動方向の関係によって「縦波」と「横波」があります。

媒質中を伝わる波の進行方向と媒質の振動方向が平行な波を「縦波」といいます。空気中を伝わる音波、地震における第一波（P 波）は縦波です。一方、媒質中を伝わる波の進行方向と媒質の振動方向が垂直な波を「横波」といいます。弦を弾いた時に伝わる波、電磁波、地震における第二波（S 波）横波です。



縦 波



横 波

音　速

音が媒質中を伝搬する速度を「音速」と言います。通常の大気圧の空気中での音度は、空気温度が 15℃の場合には約 340m/s です。音速は、空気の温度が高いほど速くなり、以下の関係式があります。

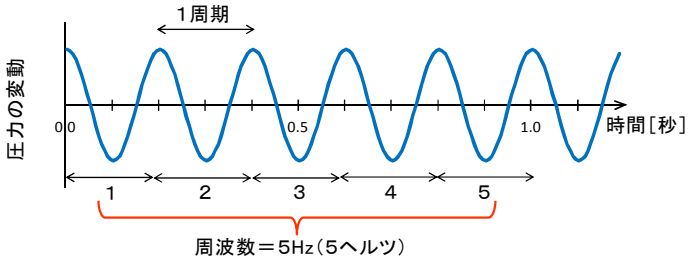
$$c = 331.5 + 0.6t$$

ここで、c：空気中の音速[m/s]、t：空気の温度、です。

常温（0～30℃）であれば、空気中の音速はほぼ340m/s（誤差±3%程度）と見なせます。なお、空気中の音速は、空気の大気圧や湿度によっても変化しますが、その変化は僅かであり無視できる程度です。

周　波　数（Hz）

空気中で音波が伝わるときに、媒質の疎密の繰返しの周期的現象を 1 秒間に繰り返す回数を「周波数」といいます。周波数の単位は「Hz」で、「ヘルツ」と読みます。周波数が低い音を聞くと聴感的に「低い音」に感じられ、周波数の高い音は聴感的に「高い音」に感じられます。周波数は「振動数」と呼ばれることもあります。



波　長

音波が空気中を進むとき、媒質中の粗密の繰り返し 1 回分の長さを「波長」といいます。波長の単位は「m」です。

音速は「1 秒間に音が進む距離」で、周波数は「媒質の疎密を 1 秒間に繰り返す回数」ですから、波長との間には次式の関係があります。

$$\lambda = c/f$$

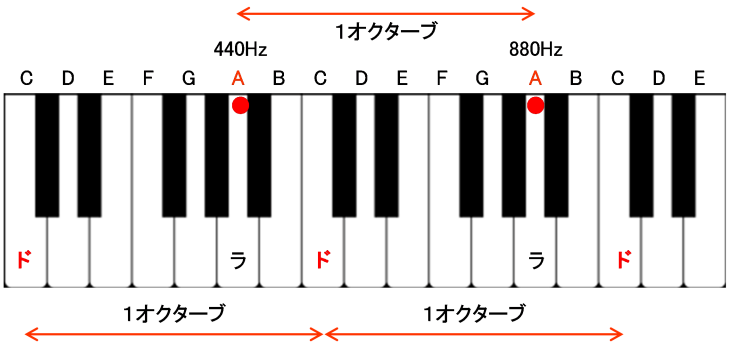
ここで、λ :波長[m]、c:空気中の音速[m/s]、f:周波数[Hz]、です。

通常の大気圧で常温の場合、音速は約 340m/s です。従って、空気中での音の周波数と波長の関係を上式から計算すると、100Hz の音では 3.4m、500Hz の音では 68cm、1000Hz の音では 34cm となります。

波長は、音の回折効果の大きさや、音波同士の干渉の位置などにも関係します。人間の聴覚で聞こえる音の波長は、身近な物体の寸法や居室の寸法とも近い長さなので、音の現象を把握する時に重要となることがあります。

オクターブ

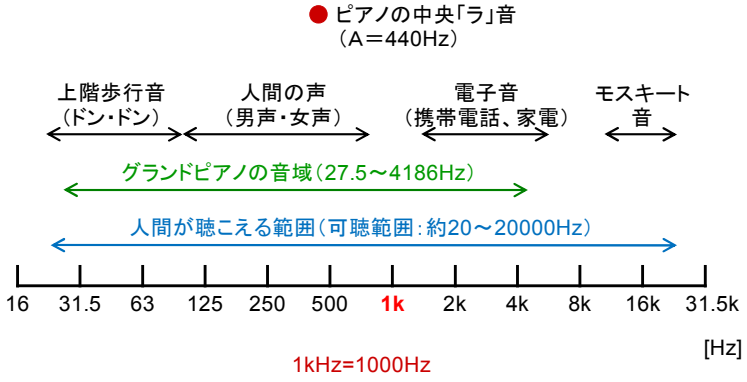
音の高低について、音の周波数が 2 倍になる関係を「オクターブ」といいます。例えば、100Hz の音と 200Hz の音は、1 オクターブの関係にあります。音楽では「ド」の音から「高いド」の音までの関係が 1 オクターブになります。



生活上の周波数の範囲

空気中を伝わる音には、非常に低い音（周波数が低い音）から非常に高い音（周波数が高い音）まで様々な音がありますが、実際に人間の耳に知覚される音の周波数範囲は、およそ 20～20,000Hz の範囲といわれています。なお、実際に聞こえる音の周波数範囲は、年齢などの個人差や、発生している音の大きさによっても異なります。

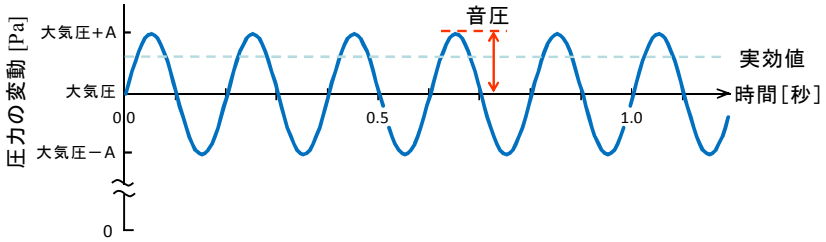
音の周波数範囲と日常生活上の感覚との関係を示すと下図のようになります。同図において横軸は、1kHz（1000Hz）から順に 1 オクターブの関係（すなわち周波数が 2 倍・4 倍・8 倍…、および、1/2 倍・1/4 倍・1/8 倍…の関係）になる周波数で表示しています。



音圧（Pa）、音圧レベル（dB）

音の大きさは、媒質である空気の大気圧（平均値）を中心に、音波によって生じる圧力変動の幅によって表すことができます。この圧力変動の幅を「音圧」と呼びます。音圧の単位は「Pa」で、「パスカル」と読みます。なお、圧力を力で表すと、「 1 Pa ＝ 1 N/m^2 」となります。

健常な聴力の人が耳で聞き取ることのできる音圧の範囲は、およそ 2×10^{-5} Pa から 20 Pa くらいまでです。大気圧は1気圧（＝約 101300Pa）ですから、音圧は大気圧に比べると非常に小さな圧力変動といえます。



人が耳で聞き取ることのできる音圧の範囲は、およそ 2×10^{-5} Pa から 20 Pa くらいまで、最大・最小の比は 100 万倍にもなり、音の大きさに対しては非常に広い範囲（レンジ）を表す必要があります。一方、人の耳による音の大きさの感じ方は、音圧の対数にほぼ比例します。このため、音の大きさは、音圧を対数化した値で表示されます。

音の大きさを表す対数値を「音圧レベル」といいます。音圧レベルの単位は「dB」で「デシベル」と読みます。

音圧レベルは、音圧の実効値（一定時間内におけるエネルギー的な平均値）の 2 乗を基準音圧の 2 乗で割り算した値の常用対数の 10 倍、で表わされます。式で書くと次のようになります。

$$L_p = 10\log_{10}\left(\frac{p^2}{{p_0}^2}\right) = 20\log_{10}\left(\frac{p}{p_0}\right)$$

ここで、Lp：音圧レベル[dB]、p：音圧の変動幅の実効値[Pa]、p_0：基準の音圧（$=2\times10^{-5}$）[Pa]です。

音圧レベルの表示に用いる基準の音圧（$=2\times10^{-5}$[Pa]）は、人間の耳ではほぼ聞こえなくなる音の大きさの音圧の実効値に相当する値が用いられています。

音圧レベルの範囲と生活実感

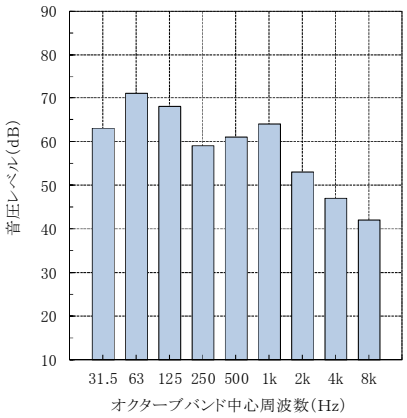
空気中を伝わる音には、非常に大きな音（音圧レベルの大きな音）から非常に小さな音（音圧レベルが小さな音）まで様々な音がありますが、実際に普通の生活の中で人間の耳に知覚される音圧レベルの範囲は、およそ 80～30dB 程度の範囲といわれています。20dB 以下の非常に静かな環境は日常性格の中ではあまり体験できませんし、120dB 以上といった非常に大きな音に暴露されると耳に痛みを感じたり聴力障害を起こしたりします。

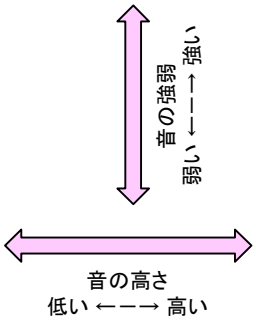
音の大きさ	想定される状況の例
120dB	飛行機のエンジンの近く
110dB	
100dB	電車通過時の鉄道ガード下
90dB	騒々しい工場の中
80dB	地下鉄車内
70dB	騒々しい事務所、賑やかな街頭
60dB	一般的な事務所、普通の会話
50dB	
40dB	図書館、静かな住宅地
30dB	
20dB	高山の山頂、海上、防音室の中

音のグラフ表示

音の主な特性として、音の高低（周波数が高い・低い）と、音の大小（音圧レベルが大きい・小さい）があります。このため、対象とする音の性質を表す場合には、横軸を音の周波数、縦軸を音圧レベルとしたグラフで表示することが多くあります。こうしたグラフの例を図に示します。

周波数毎の音圧レベルによって対象とする音の特性を示すことによって、その音が低い音の成分を多く含むのか、高い音の成分を多く含むのか、といったことが把握されます。また、騒音対策などを行う際にも、どの音の成分に対して対策を立てれば効果的かを判断することができます。



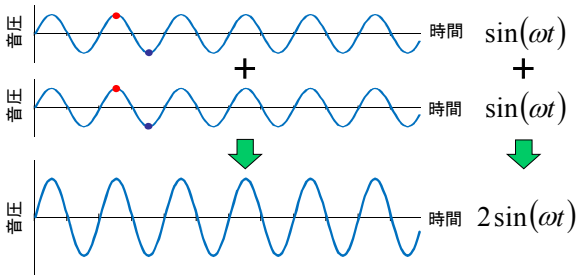


音の干渉

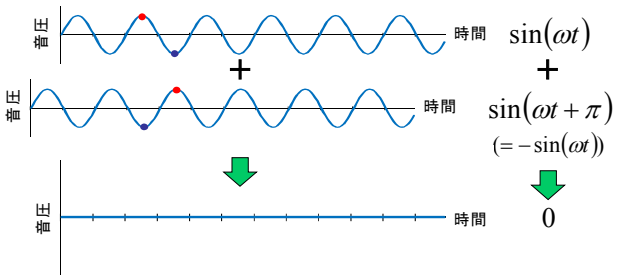
2 つの音波がある点に伝搬するとき、その点での媒質の振動は、それぞれの音波が単独で伝搬した場合の振幅を、位相を考慮した上で合成し、重ね合わせたものと等しくなります。

2 つの音波が同じ周波数の場合には、重ね合わせにより合成される音波は、2 つの音波の位相の関係によって強め合ったり弱め合ったりします。つまり、2 つの音波が同じ位相で到来する点においては振幅が増大することとなり、2 つの音波が逆位相（音波の振幅のプラスマイナスが逆になる関係）で到来する点においては振幅が互いに打ち消しあいます。

このように、複数の音波の伝搬によって、空間中の各点において音の振幅が増加・減少する現象を「干渉」と呼びます。



干渉による音の増幅の例



干渉による音の打消しの例

付録Ⅱ　緩衝材の効果に関する床衝撃音実験結果

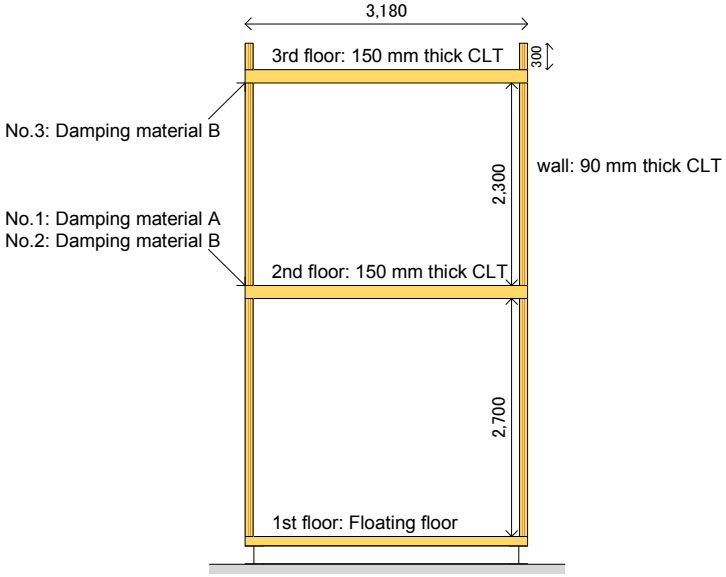
本項では、CLT 建築推進協議会の事業として実施された、CLT 造試験体における床衝撃音遮断性能に関する実験結果の概要を紹介します。詳細は、参考文献等を参照してください。

1.　試験体

測定対象とした CLT 試験体は、高知県立森林技術センターの音響実験棟内に施工しました。試験体の外観と断面図を付録図 1 に示します。試験体は、3,640×3,180mm の平面をもつ 2 階建てとし、2 階の天井部分を 3 階の床と見立てています。実験棟内の土間上に H 鋼を基礎として設置し、2、3 階の床は 150mm 厚の CLT（5 層 5 プライ）、各壁は 90mm 厚の CLT（3 層 3 プライ）を用いています。天井高については、1 階は 2,700mm、2 階は 2,300mm とし、屋上部分を 3 階相当としています。



(1) 外観写真



(2) 鉛直断面図

付録図 1　試験体外観と試験体断面図

2.　試験体

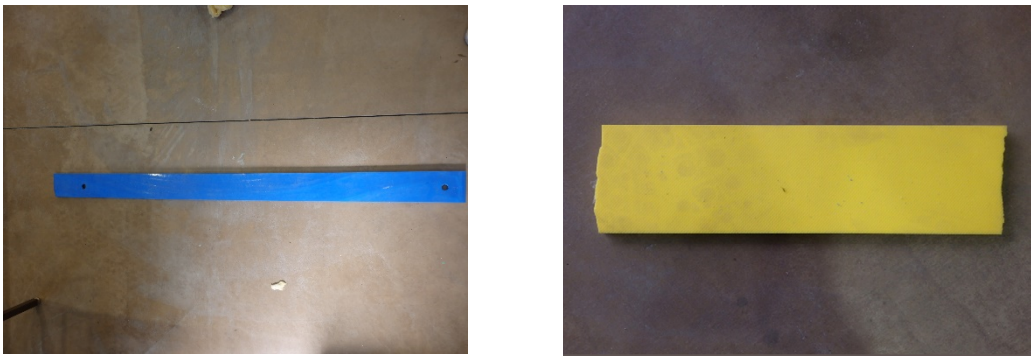
試験体の一覧を付録表 1 に示します。CLT 現しの試験体を基本（No.0）とし、緩衝材の採用、1、2 階の天井や 2､3 階床に乾式二重床構造を施工するなどの変更を行い､11 通りの試験体を対象とした測定を実施しました。

付録表 1　試験体一覧

No.	緩衝材	1 階・2 階天井	2 階・3 階の床仕様	
			乾式二重床	アスファルトシート
0	無	無	無	－
1	A（2 階壁-2 階床）	無	無	－
2	B（2 階壁-2 階床）	無	無	－
3	B（3 階床-2 階壁）	無	無	－
4	無	有	無	－
5	無	無	有	無
6	無	無	有	1 枚
7	無	無	有	2 枚
8	無	有	有	無
9	無	有	有	1 枚
10	無	有	有	2 枚

3.　緩衝材

付録図 2 に試験体 No.1～3 で使用した緩衝材 A、B の写真を示します。緩衝材は厚さ 12.5 mm のポリウレタンエラストマー（PUR）発泡体です。緩衝材 A の方がヤング率（カタログ値）の大きい（硬い）材料となっています。付録図 3 に示す場所に、緩衝材を施工しました。2 階壁下と 2 階床上間に、試験体 No.1 は緩衝材 A を、試験体 No.2 は緩衝材 B を施工しました。試験体 No.3 は、緩衝材 B を 3 階床下と 2 階壁上間に施工しました。なお、床面と壁面間の接合金物のアングルの下部についても、付録図 3 のように緩衝材を施工しています。



(a)　緩衝剤 A　　(b)　緩衝材 B

付録図 2　試験体 No. 1～3 で使用した緩衝材

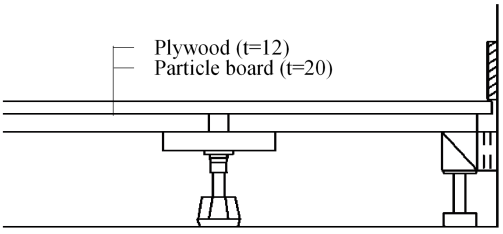


付録図 3　床接合金物のアングルの下部の緩衝材

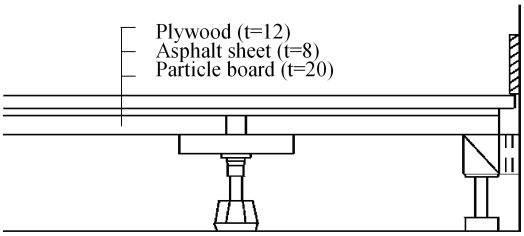
4.　天井・乾式二重床構造

天井は建築用鋼製下地材にせっこうボードを固定し、躯体に直吊させました。また、標準衝撃源により衝撃加振時に、壁から天井への振動伝搬を防ぐため、建築用鋼製下地材およびせっこうボードと壁面の間には 10mm 以下の隙間を設け、隙間には養生テープを用いて隙間を埋めています。試験体 No.4 および No.8～10 では、1、2 階ともに同じ天井を施工しています。

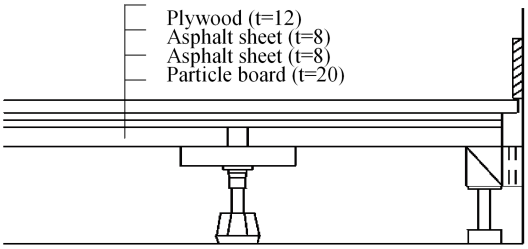
付録図 4 に乾式二重床構造の断面図を示します。試験体 No.5 は、No.1 に、支持脚上にパーティクルボード（t=20）、合板（t=12）を重ねた乾式二重床構造を 2、3 階床に施工した状態です。同様に、支持脚上にパーティクルボード、アスファルトシート（t=8）1 枚および合板を重ねた乾式二重床構造を 2、3 階床に施工した状態が試験体 No. 6、支持脚上にパーティクルボード、アスファルトシート 2 枚および合板を重ねた乾式二重床構造を 2、3 階床に施工した状態が試験体 No.7 です。また、試験体 No.8～10 は、試験体 No.5～7 に天井をそれぞれ施工したものです。なお、通常のコンクリート構造の集合住宅で用いられる手法と同様に、加振時の躯体と乾式二重床の振動伝搬を防ぐため、合板およびアスファルトシートと壁面の間は 5mm 程度、パーティクルボードの断面と壁面の間には 15mm 程度の隙間を設けています。



(a) No.5 および No. 8



(b) No. 6 および No. 9



(c) No. 7 および No. 10

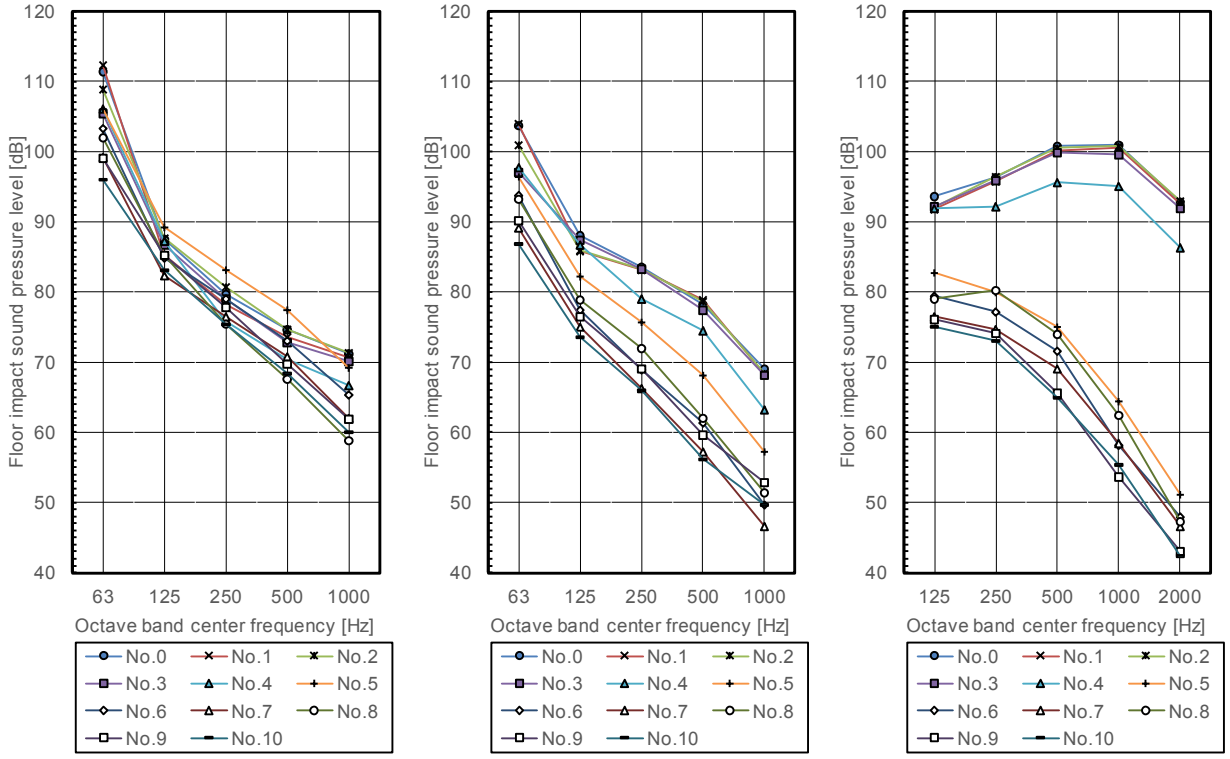
付録図 4　乾式二重床構造の断面図

5.　床衝撃音遮断性能試験

床衝撃音遮断性能の測定は、「JIS A 1418-2 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」および「JIS A 1418-1 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」に準拠して行いました。衝撃源は、準重量衝撃源としてタイヤ衝撃源（バングマシン）およびインパクトボール、標準軽量衝撃源としてタッピングマシンの計 3 種類を使用しました。

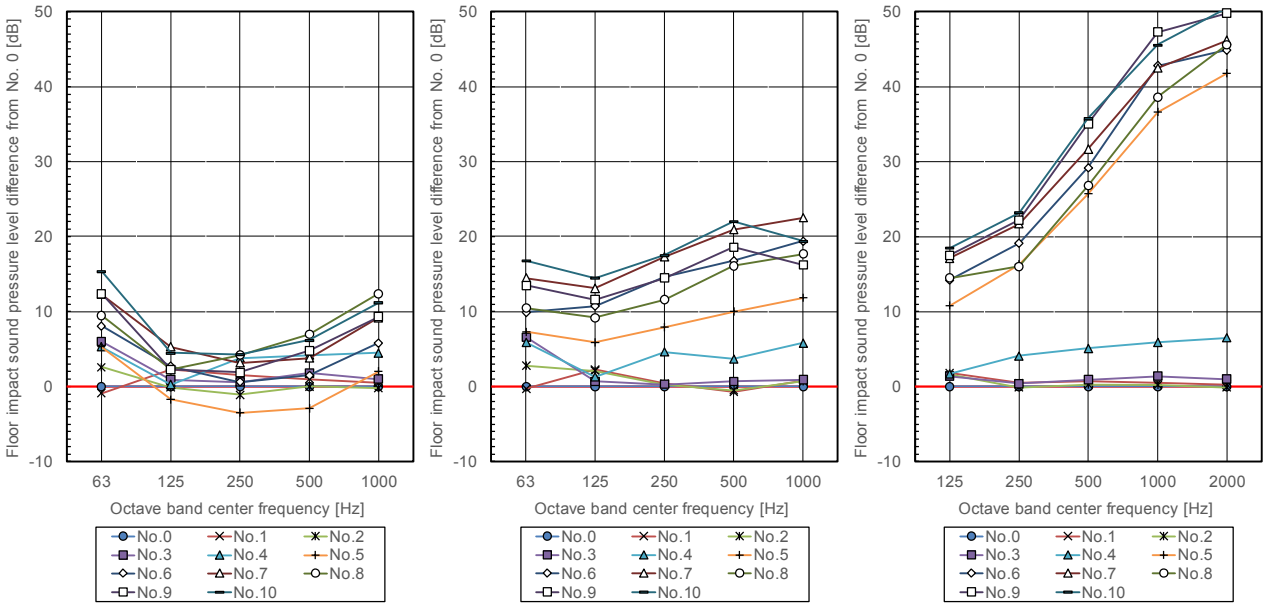
さらには、2 点の衝撃源についてインパクトボールにより衝撃加振を行い、2 階および 1 階の室内の天井、壁、床の各面において振動加速度ピックアップを用いて振動速度レベルの測定を実施し、各面への振動伝搬状況についても測定を実施しました。

付録図 5 に、3 階を加振室、2 階を受音室としたときの、床衝撃音レベル測定結果を示します。試験体 No.0 の床衝撃音遮断性能は、重量床衝撃音（タイヤ衝撃源）：L_r-90、重量衝撃音（インパクトボール）：L_r-80、軽量床衝撃音：L_r-105 と低い性能となっています。天井およびアスファルトシート 2 枚を有する乾式二重床構造を施工した試験体 No.10 の床衝撃音遮断性能が一番高く、重量床衝撃音（タイヤ衝撃源）：L_r-75、重量衝撃音（インパクトボール）：L_r-65、軽量床衝撃音：L_r-70 となりました。



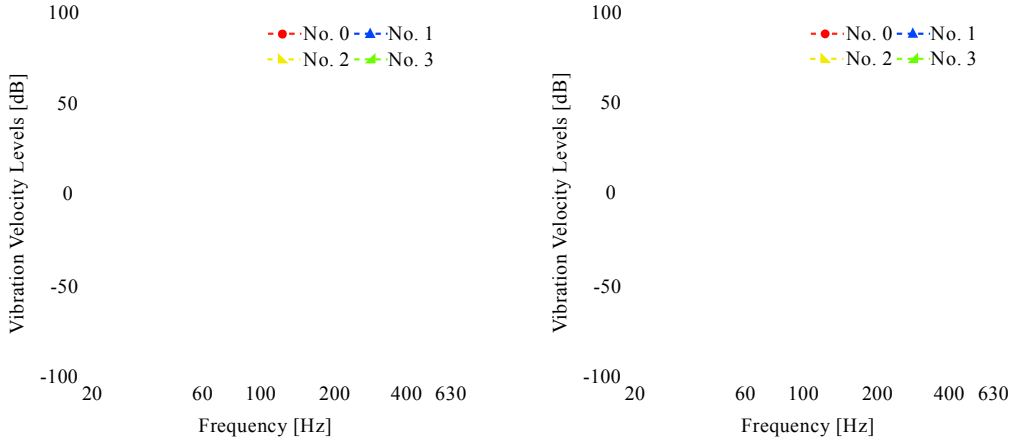
付録図 5　床衝撃音レベル測定結果（左：タイヤ衝撃源、中：インパクトボール、右：タッピングマシン）

緩衝材、天井、乾式二重床構造の効果をみるために、試験体 No.0 との床衝撃音レベル差を算出した結果を付録図 6 に示します。グラフ中の正の値は、試験体 No.1 より床衝撃音遮断性能が高いこと示しています。タイヤ衝撃源とインパクトボールを比較すると、63Hz 帯域ではほぼ同じ値を示しますが、125Hz 帯域以上の周波数域では、ゴムボール衝撃源の方のレベル差が大きい（性能が高い）傾向を示します。緩衝材の効果は、125Hz 帯域以上の周波数域では殆どみられませんが、床下と壁の間に柔らかい方の緩衝材 B を挟んだ試験体 No.3 については、63Hz 帯域においてタイヤ衝撃源の場合は 6.0dB、インパクトボールの場合は 6.6dB の性能向上がみられました。天井の効果は、重量床衝撃音、軽量床衝撃音ともに全周波数域で約 5dB の効果がみられます。乾式二重床構造については、重量床衝撃音、軽量床衝撃音ともに、性能向上に有効な床仕上げ構造となっています。さらには、アスファルトシート（t=8）1 枚あたりの効果はおよそ 3dB となりました。



付録図 6　床衝撃音レベル差算出結果（左：タイヤ衝撃源、中：インパクトボール、右：タッピングマシン）

付録図 7 に試験体 No.0～3 の振動速度レベル測定結果例を示します。緩衝材を挿入しても、天井面の振動レベルは殆ど変化しませんが、壁面振動については、試験体 No.3 の 63Hz 帯域付近で小さくなっていることがわかります。これは、壁面への振動伝搬が小さくなり、壁面からの放射音が小さくなり低下すること示しています。このことにより、床衝撃音遮断性能は壁面からの放射音が無視できないことが多く、床と壁を再現した試験体、あるいは実建物での検討が必要であることを示しています。



付録図 7　振動速度レベル測定結果例（左：天井面、右：西側壁面）

6.　まとめ

本項で紹介したのは一例ですが、CLT 造試験体において、緩衝材、天井、乾式二重床構造の効果を示しました。

付録Ⅱの参考文献

1)　報告書「CLT を活用した建築事例集 ver.3（高知県における CLT の推進）」、CLT 建築推進協議会、2016.3

2)　富来礼次、大鶴徹、平光厚雄、原田浩司、立川昂希：CLT 造試験体における床衝撃音及び振動速度の低減に関する研究 その 1　測定の設定並びに素組の床衝撃音および振動速度、日本建築学会大会講演梗概集、環境工学Ⅰ、pp.283-284、2016.8

3)　立川昂希、大鶴徹、富来礼次、平光厚雄、原田浩司：CLT 造試験体における床衝撃音及び振動速度の低減に関する研究 その 2　施工の差異による床衝撃音及び振動速度の変化、日本建築学会大会講演梗概集、環境工学Ⅰ、pp.285-286、2016.8

4)　Atsuo HIRAMITSU, Toru OTSURU, Reiji TOMIKU, Koji HARADA: Improvement of floor impact sound insulation in cross laminated timber model building for experiment, Proceedings of Inter-Noise2016, pp.3792-3797, 2016.8

付録Ⅲ　遮音建材および CLT の製造業者

乾式二重床

メーカー名／問合せ先	電話番号	ホームページ
淡路技研(株)	029-873-4702	http://www.awaji-giken.co.jp/
桐井製作所(株) ／フロア事業部事業グループ	03-5816-3273	http://www.kirii.co.jp/index.html
三洋工業(株) ／本社営業統括部営業課	03-3685-3452	http://www.sanyo-industries.co.jp/
大建工業(株)	フリーダイヤル 0120-787-505	https://www.daiken.jp/
(有)泰成電機工業 万協(株)	03-5424-0707	https://bankyo.co.jp/
フクビ化学工業(株)	フリーダイヤル 0800-919-2911	https://www.fukuvi.co.jp/

防音フロア・防音材・せっこうボード

メーカー名／問合せ先	電話番号	ホームページ
永大産業(株)	フリーダイヤル 0120-685-110	https://www.eidai.com/
大建工業(株)	フリーダイヤル 0120-787-505	https://www.daiken.jp/
吉野石膏(株) ／吉野石膏 DD センター	03-3284-1181	http://yoshino-gypsum.com/

CLT の製造業者

メーカー名／問合せ先	電話番号	ホームページ
オホーツクウッドピア(株)	0157-67-2323	http://www.rubeshibe-rinsan.com/pages/15_okhotsk/
西北プライウッド(株)	0225-95-5181	http://www.seihoku.gr.jp
中東(株)	0761-58-0100	http://www.chuto.jp
レングス(株)	0859-39-6888	http://length.or.jp
銘建工業(株) ／大断面事業部	0867-42-3660	http://www.meikenkogyo.com
ウッドエナジー(株)	0987-68-1038	http://www.woodenergy.or.jp
山佐木材(株)	0994-31-4141	http://www.woodist.co.jp

※CLT 製造業者は、日本 CLT 協会 HP 取組企業に詳しく記載されています。　　HP：http://clta.jp/

付録Ⅳ　CLT の遮音性能に関連する文献リスト

このリストは国内の研究者により発表された文献を参考資料としてまとめたものです。

2015 年度　発表

題　目	著　者	発表先文献名
CLT 床版の遮音性能に関する実験室測定（その１：実験概要および駆動点インピーダンス測定結果）	村上剛士，笠井祐輔，田中学，河合誠	日本建築学会大会学術講演梗概集（環境工学Ⅰ），pp.153-154，2015 年 9 月
CLT 床版の遮音性能に関する実験室測定（その２：床衝撃音および空気音遮断性能の測定結果）	笠井祐輔，村上剛士，田中学，河合誠	日本建築学会大会学術講演梗概集（環境工学Ⅰ），pp.155-156，2015 年 9 月
床仕上げと天井の付加による CLT 床版の遮音対策	村上剛士，笠井祐輔，田中学，河合誠	日本音響学会秋季研究発表会講演論文集，pp.1055-1058，2015 年 9 月
二重床および二重天井を付加した CLT 床版の床衝撃音遮断性能	笠井祐輔，村上剛士，田中学，河合誠	日本騒音制御工学会秋季研究発表会講演論文集，pp.171-174, 2015 年 9 月
CLT を用いた界壁の空気音遮断性能に関する基礎的研究	平光厚雄，原田浩司，野地清美	日本建築学会学術講演梗概集（環境工学Ⅰ），pp.175-176，2015 年 9 月
Sound Insulation of Cross Laminated Timber Floors with Floor Covering Materials and Ceilings	M. Tanaka, T. Murakami, Y. Kasai and M. Kawai	Proceeding of 12th Western Pacific Acoustics Conference 2015 in Singapore, pp.110-117, December, 2015
Improvement of Sound Insulation Performance of Cross Laminated Timber Separation Wall	A. Hiramitsu, K. Harada and K. Noji	Proceeding of 12th Western Pacific Acoustics Conference 2015 in Singapore, pp.375-376, December, 2015
床仕上げ材および天井を付加した CLT 床版の遮音性能に関する実験室測定	村上剛士，笠井祐輔，田中学，河合誠	日本音響学会建築音響研究会資料 AA2015-54，pp.1-8，2015 年 12 月

2016 年度　発表

題　目	著　者	発表先文献名
CLT パネル床の床衝撃音特性と対策手法	田中学	音響技術 No.174, pp.55-60, 2016 年 6 月
直交集成板（CLT）を用いた床構造の床衝撃音遮断性能	田中学，村上剛士，笠井祐輔，河合誠	日本建築学会大会学術講演梗概集（環境工学Ⅰ），pp.223-226，2016 年 8 月
鋼構造オフィスビル用 CLT 床版の遮音性能に関する実験室測定（その１：実験概要および空気音遮断性能の測定結果）	笠井祐輔，村上剛士，田中学，塩﨑征男	日本建築学会大会学術講演梗概集（環境工学Ⅰ），pp.267-268，2016 年 8 月
鋼構造オフィスビル用 CLT 床版の遮音性能に関する実験室測定（その２：床衝撃音遮断性能の測定結果）	村上剛士，笠井祐輔，田中学，塩﨑征男	日本建築学会大会学術講演梗概集（環境工学Ⅰ），pp.268-269，2016 年 8 月
CLT 造試験体における床衝撃音及び振動速度の低減に関する研究　その 1　測定の設定並びに素組の床衝撃音および振動速度	富来礼次，大鶴徹，平光厚雄，原田浩司，立昂希	日本建築学会大会学術講演梗概集（環境工学Ⅰ），pp.283-284，2016 年 8 月

（2016 年度　発表　続き）

題　目	著　者	発表先文献名
CLT 造試験体における床衝撃音及び振動速度の低減に関する研究　その 2　施工の差異による床衝撃音及び振動速度の変化	立川昂希，大鶴徹，富来礼次，平光厚雄，原田浩司	日本建築学会大会学術講演梗概集（環境工学Ⅰ），pp.285-286，2016 年 8 月
CLT 建築物の床衝撃音レベルと各部位の振動速度レベルに関する基礎調査	廣田誠一，宮内淳一，植松武是，鍋田祐希，平光厚雄	日本建築学会大会学術講演梗概集（環境工学Ⅰ），pp.287-288，2016 年 8 月
Improvement of floor impact sound insulation in cross laminated timber model building for experiment	A.Hiramitsu, T.Otsuru, R.Tomiku, K.Harada	Proceedings of Inter-Noise 2016, pp.3792-3797, August, 2016
Effect of difference in specification on sound insulation in cross laminated timber separation wall	A. Hiramitsu, K. Harada and K. Noji	Proceedings of ICA 2016, September, 2016
CLT パネル壁の空気音遮断性能に関する実験的検討	田中学，笠井祐輔，村上剛士，川谷翔二	日本建築学会環境系論文集, 第 81 巻 第 730 号，pp.1075-1084，2016 年 12 月
CLT 界壁の空気音遮断性能に関する実験的検討	平光厚雄，原田浩司，野地清美	日本音響学会建築音響研究会資料 AA2017-6，pp.1-7，2017 年 3 月

2017 年度　発表

題　目	著　者	発表先文献名
CLT パネル二重天井による床衝撃音低減効果に関する検討	田中学，村上剛士，笠井祐輔	日本建築学会環境系論文集, 第 82 巻第 736 号，pp.543-550，2017 年 6 月
CLT パネルを用いた壁の遮音性能に関する実験室測定	笠井祐輔，村上剛士，田中学，河合誠	日本建築学会大会学術講演梗概集（環境工学Ⅰ），pp.225-226，2017 年 8 月
Experimental study on floor impact sound insulation and vibration characteristics in cross laminated timber building	A. Hiramitsu, T. Hirota, J. Miyauchi, T. Uematsu, T. Nabeta	Proceedings of Inter-Noise 2017 in Hong Kong, pp.2315-2322, 2017 年 8 月
Airborne sound transmission of cross laminated timber panel walls	M. Tanaka, Y. Kasai, T. Murakami, S. Kawatani and M. Kawai	Proceedings of Inter-Noise 2017 in Hong Kong, pp.3923-3933, 2017 年 8 月
CLT 床版の床衝撃音遮断性能と床仕上げ材による低減効果	田中学，村上剛士，笠井祐輔，河合誠	日本建築学会技術報告集，第 23 巻 第 55 号，pp.903-908，2017 年 10 月
CLT 構造集合住宅の設計と遮音性能	齊藤友紀雄	音響技術 No.176, pp.54-57, 2017 年 9 月
CLT 構造宿泊施設の設計と遮音性能	峯村敦雄	音響技術 No.176, pp.58-61, 2017 年 9 月
CLT 構造実験棟における床衝撃音遮断性能に関する検討	平光厚雄	音響技術 No.176, pp.62-67, 2017 年 9 月
CLT 構造集合住宅における床仕上げ構造による床衝撃音対策	森則理	音響技術 No.176, pp.68-72, 2017 年 9 月
CLT パネル壁の空気音遮断性能	田中学	音響技術 No.176, pp.73-78, 2017 年 9 月
CLT パネル床の床衝撃音遮断性能と対策	笠井祐輔	音響技術 No.176, pp.79-83, 2017 年 9 月

（注意）

本書の内容については予告なく正誤表や改訂などで変更されることがあります。
また、本書発行後において告示改正などにより内容の変更があっても適宜改正することがないので、使用時点での内容確認は利用者の責任に置いて実施してください。

本書の利用により発生する、直接・間接・特別又は必然の損害については編集委員会、発行者は何ら責任を負うことはありません。　本書のご利用にあたっては、上記事項をあらかじめご了承ください。

CLT 建築物の遮音設計マニュアル

平成 30 年 2 月　　第 1 版　発行

編　　集　　CLT 建築物遮音性能調査・研究委員会
企画・発行　　特定非営利活動法人　建築技術支援協会
協　　力　　一般社団法人　日本 CLT 協会

本書の一部あるいは全部を無断複写することは、法律に定められた場合を除き、著作権の侵害となります。



林野庁

本書は平成 28 年度 林野庁補正「ＣＬＴ建築物等普及促進委託事業の
うちＣＬＴの性能データ収集・分析」により作成されました。