

CLTパネルを用いた壁の空気音遮断性能に関する検討

Airborne sound insulation performance of the cross laminated timber panel walls

田中 学*1、笠井 祐輔*2、村上 剛士*3、川谷 翔二*4、河合 誠*5

1. はじめに

近年、特に公共建築物において、建物の木造化や内装部材に木材を利用する取り組みが活発である。その背景には、戦後植林された国内人工林が資源として利用可能な時期を迎えたこと、林業再生と森林保全を図る必要性があること、再生可能な循環型社会の実現を目指していること、などがある。平成22年には「公共建築物等における木材利用の促進に関する法律¹⁾」が施行されており、建物の木造化の傾向は今後も続く予想される。

木造建物の構法としては、以前より在来軸組構法や枠組壁構法が広く使われてきたが、最近ではCLT（Cross Laminated Timber、直交集成板）を建物の構造体や部材に使用する試みも増えている。CLTは、木板を繊維方向が直角に交わるように順に重ねて接着した密実な木質パネル²⁾で、密実な断面を持つ（図-1）。1990年代に欧州で開発され、その後に欧州や北米などで建築材料として普及し活用されている。日本国内でも数年前から、CLTパネルを建築材料として普及させる取り組みが始まっており、実物件での使用例も増えている（写真-1）。

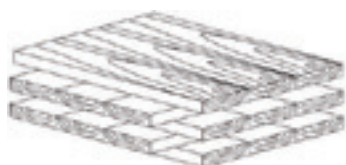


図-1 直交集成板 (CLT) の構成模式図

建物へのCLTの使用方法には、CLTパネル構法として耐力壁や床版などに使用するケースのほか、他の構法の建物において壁や床など部分的に使用するケースなども考えられる。界壁や間仕切壁として使用する場合には、快適な居住環境のため一定水準以上の空気音遮断性能が必要となる。しかし、CLTパネル壁の空気音遮断性能に関する測定事例は、海外文献を含めても僅かしか報告されておらず、十分な知見は得られていない。

こうした背景から筆者らは、CLTパネル壁の空気音遮断性能の把握を目的として、実験室における遮音性能実験を実施し報告してきた^{3)~5)}など。本稿では、これまでの遮音性能実験の結果から、CLTパネルの音響的な特徴、CLTパネル間に生じる隙間部分からの音響透過の影響、および、より高い遮音性能が求められる場合のせっこうボード併用やCLTパネル二重化による対策仕様の検討事例、について紹介する。



(1)高知県大豊町



(2)岡山県真庭市

写真-1 CLTパネル構法による集合住宅の例

*1 TANAKA Manabu : (一財) 日本建築総合試験所 試験研究センター 環境部 部長 博士 (工学)

*2 KASAI Yusuke : (一財) 日本建築総合試験所 試験研究センター 環境部 環境試験室

*3 MURAKAMI Tsuyoshi : (一財) 日本建築総合試験所 試験研究センター 環境部 耐風試験室室長代理 兼 環境試験室専門役

*4 KAWATANI Shoji : (一財) 日本建築総合試験所 試験研究センター 環境部 環境試験室

*5 KAWAI Makoto : (一社) 日本CLT協会 専務理事

2. 実験内容

2.1 実験室

実験は図-2に示す一般財団法人日本建築総合試験所の残響室で実施した。この残響室は鉄筋コンクリート造で、左右2室が接続しており、残響室間には開口部が設けられている。この開口部に内寸が幅4000 mm×高さ2500 mmの四周木枠を取り付け、その内側に4枚のCLTパネルを並べた壁試験体を製作することとした（図-3、図-4）。

なお、実建物でのCLTパネルの設置状態を再現するため、当実験では実施工と同様にプレカットされたCLTパネル製品（幅約1000mm×高さ2500mm）を使用し、CLTパネルの左右には幅2mmの隙間を設けた。この隙間の幅は、現場でのCLTパネル吊込み工事の際に必要なとされる標準的なクリアランス（設計値）に相当する。

2.2 試験体

実験では、国産スギ材による5層5プライ、厚150mm、実測密度 423kg/m^3 （面密度 63.5kg/m^2 ）のCLTパネル製品を使用して、試験体を製作した。

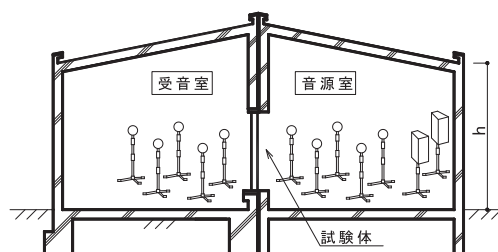
まず、CLTパネルのみで作られた壁（図-3、図-4）を試験体とする実験①を行った。次に、遮音対策仕様の検討として、CLTパネル壁の片面に、せっこうボード壁またはCLTパネル壁を付加した壁（図-5、図-6）を試験体とする実験②-1および実験②-2を行った。

2.2.1 実験①の試験体

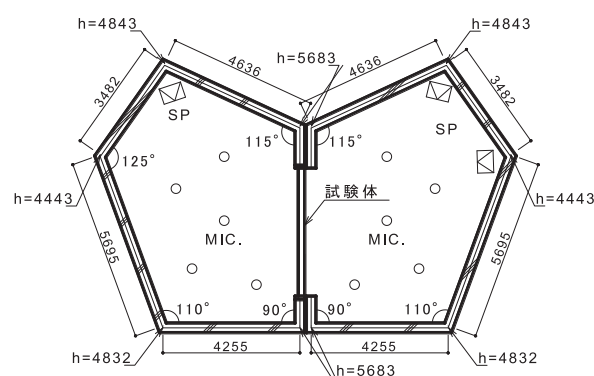
実験①では、パネルの左右に幅2mmの隙間を設けたCLTパネル壁を製作し（図-4）、遮音性能を測定した。

実建物では、壁施工に使用されるCLTパネルには様々な幅の製品が想定され、壁に生じるパネル間の目地にも長短が生じる。当実験では、パネル間の目地が多く遮音性能が低くなる仕様の再現を意図して、一般的な最小幅である約1000mmのCLTパネル4枚を使用して壁を施工することとした。そして、実験室での施工の際には、2mmのスペーサを挟み込みながらCLTパネルを順に取り付け、図-3に示す計5箇所の縦目地（端部：L・Rの2箇所、中央：A・B・Cの3箇所）を設けた。施工終了後

にこれらの目地幅を実測したところ、1.43～2.43mmと若干のばらつきが見られた。なお、当実験では、CLTパネルの上下の隙間部分は油粘土で塞ぎ、評価対象外と



(1) 鉛直断面図



(2) 平面図

図-2 実験室の概要

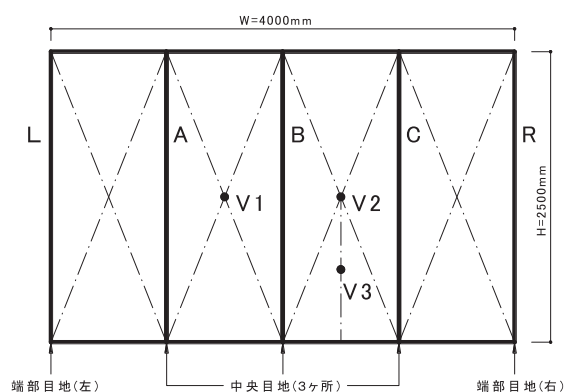


図-3 試験体受音側立面図

(L・R:端部目地、A・B・C:中央目地、V1～V3:振動測定位置)

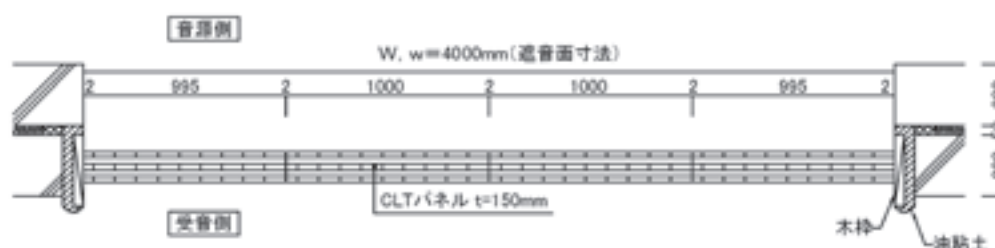


図-4 CLTパネル壁(実験①, 試験体 No.1～3)の水平断面図

表-1 実験① (CLTパネル単体) における試験体仕様の一覧

No.	隙間の部位と状態	隙間の仕様
1	隙間無し	—
2-1	端部目地 (LR部) のみ隙間有り	6条件 (*1)
2-2	中央目地 (ABC部) のみ隙間有り	7条件 (*2)
3-1	中央目地 (ABC部) にテープ貼り (端部目地 (LR部) には隙間無し)	テープⅠ貼り
3-2		テープⅡ貼り

(*1) 隙間部位が「LR,LR',L,R,L',R'」の6条件

(*2) 隙間部位が「ABC,AB,BC,A,B,C,B'」の7条件

注: 上記の記号「'」はその部位の一部分であることを示す。

した。

実験①では、目地部の隙間からの漏音による遮音性能の低下度を評価するため、目地に隙間の無い試験体 No.1、端部と中央目地の隙間の条件が異なる試験体 No.2-1、No.2-2、および、目地をテープ貼りとした試験体 No.3-1、No.3-2 について測定を行った (表-1)。

2.2.2 実験②-1 および実験②-2 の試験体

実験②-1では、実験①に用いた CLT パネル壁の片面は CLT 現しとし、受音側にせっこうボードによる乾式壁を付加し、遮音性能の変化を調べた (図-5)。試験体は、付加せっこうボードが1層の試験体 No.4-1 と、せっこうボードが2層の試験体 No.4-2 とした。また、内部吸音材の有無の条件と、CLT パネル中央目地の隙間有無の条件が異なる計5仕様について、測定を行った。

さらに実験②-2として、両面 CLT 現しでの遮音性能の向上を目的に、実験①の CLT パネル壁の受音側にさらに厚90mmの CLT パネル (以下、CLT90と呼ぶ) を付加した場合の遮音性能の変化を調べた (図-6)。試験体は、内部に吸音材が有る試験体 No.5-1 と吸音材が無い試験体 No.5-2 とし、CLT パネル中央部目地の隙間有無の条件が異なる計6仕様とした。

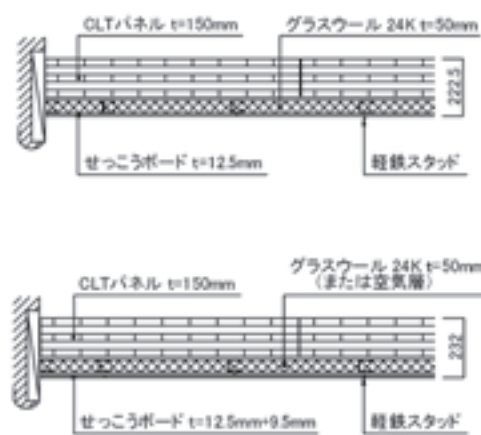
2.3 測定内容

各試験体について、JIS A 1416:2000に基づき空気音遮断性能の測定を行った。音源は広帯域ピンクノイズを用いた無相関な2台のスピーカである。計測用マイクロホンは音源室・受音室ともに5本とし、高さ方向に分布させて設置した。中心周波数100~5000Hzの1/3 オクターブバンド音圧レベルを分析し、音響透過損失を算出した。

また、実験①の際には、CLT パネル両表面間での振動性状の差異の有無を把握するため、図-3に示すV1~V3の3箇所に振動加速度ピックアップを取付け、遮音測定時の音響加振に対する振動を測定した。

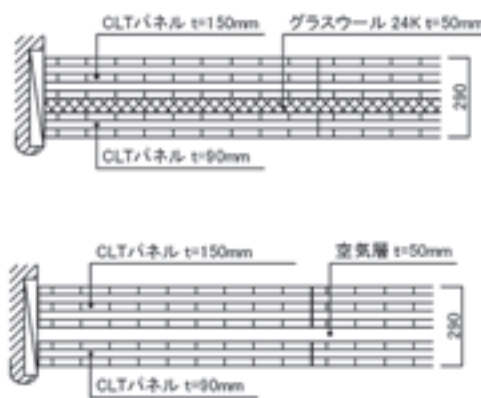
3. CLT パネル壁 (実験①) の測定結果と考察

パネル間目地の部分をすべて油粘土で塞ぎ、「隙間無



(2) 試験体No. 4-2

図-5 せっこうボード付加 (実験②-1) の試験体の断面仕様



(2) 試験体No. 5-2

図-6 CLT90付加 (実験②-2) の試験体の断面仕様

し」の状態にした試験体 No.1 の音響透過損失の測定結果を図-7に示す。同図中には、本来は1/1オクターブバンド換算値に適用される 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る。

隙間の無い CLT パネル (厚150mm) 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る。単層壁の場合の一般的な音響透過損失予測式である音場入射条件の質量則⁶⁾を用いて CLT パネルの面密度から予測した音響透過損失を図-7中に示す。例えば500Hzでの予測値42.0dBに対し、実測した音響透過損失は34.5dBと大幅に低い値である。また、厚150mmの CLT パネル壁の遮音性能は、建築基準法での界壁の遮音基準である Rr-40 等級を下回ることも判る。

100~3150Hzの範囲を直線近似すると、周波数 f [Hz] と音響透過損失 TL [dB] の関係として相関係数 $R=0.99$ で式 (1) が求まる。すなわち、100~3150Hz

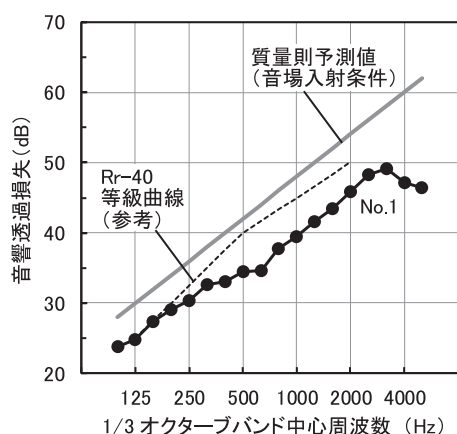


図-7 隙間無し試験体(No.1)の音響透過損失
(5層5プライ厚150mm隙間無しのCLTパネル壁)

の周波数範囲では、厚150mmのCLTパネル壁の音響透過損失を式(1)によって近似表示できる。

$$TL = 16.8 \log_{10}(f) - 10.2 \quad (1)$$

また、高い周波数域(4000~5000Hz帯域)では遮音性能がやや低下する傾向が見られる。海外の測定事例においても、厚175mmのCLTパネルの場合に3150Hz帯域付近で遮音性能が低下する傾向が見られる。これらはCLTパネルの厚さに応じた共振の影響によって遮音性能が低下したものと推察される。

音響加振に対するCLTパネル両面の振動加速度レベル(V1~V3の算術平均値)を図-8に示す。1000Hz帯域以下の周波数域ではCLTパネル両面に明確な差は見られず、CLTパネル内部で顕著な振動減衰は生じていない。一方、1250Hz帯域以上の周波数域では、音源側より受音側のほうが、振動加速度レベルが最大3dB程度小さい。すなわち、高い周波数域ではCLTパネル内部で僅かながら振動減衰が生じていると考えられる。

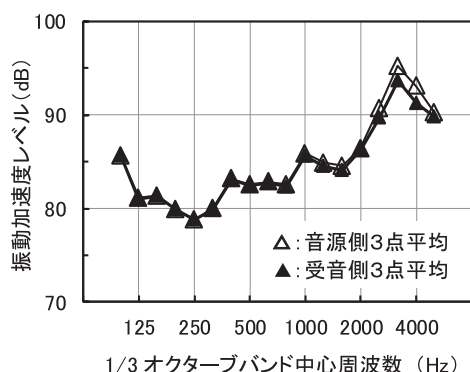
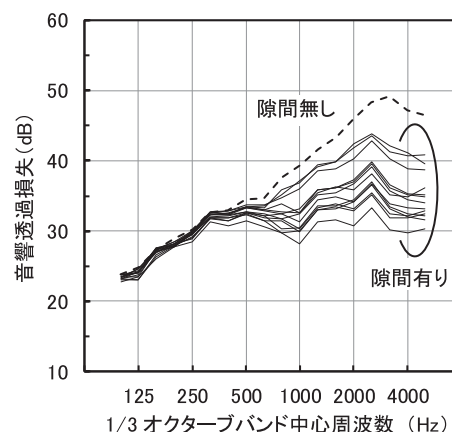
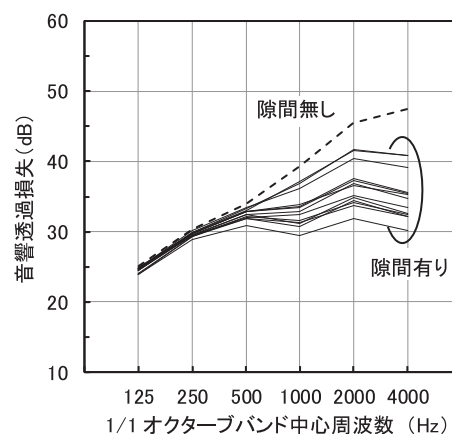


図-8 試験体(No.1)両表面の振動加速度レベルの比較



(1) 1/3 オクターブバンド毎の測定値



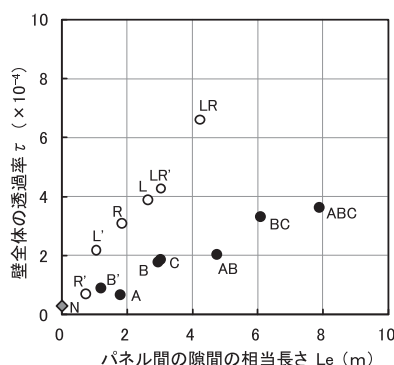
(2) 1/1 オクターブバンドへの換算値

図-9 隙間有り試験体(No.2-1~2-2)の音響透過損失

次に、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-9に示す。隙間無しの試験体No.1に対して隙間有りの試験体No.2-1・No.2-2の計13仕様では遮音性能が低下することが確認できる。遮音性能の低下傾向は400Hz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である。400Hz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。

図-9のように、隙間の総長さに伴って、CLTパネル壁の音響透過損失は大きく変化するが、建物によって隙間の総長さは異なる。このため以降では、実務的に遮音性能を予測する目的で、隙間の総長さの関数としてCLTパネル壁の1/1オクターブバンド毎の遮音性能(125~2000Hz帯域)を推定する方法を検討する。

パネル間の隙間の幅が一定であれば、隙間の長さL(m)は隙間の面積と比例し、さらに壁全体の透過率 τ に対し

図-10 隙間の相当長さ τ と壁全体の透過率 τ の関係(2000Hz帯域)

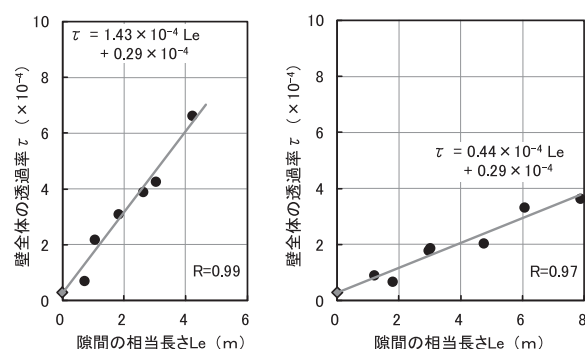
○: 端部目地に隙間がある場合(試験体 No.2-1)
 ●: 中央目地に隙間がある場合(試験体 No.2-2)

ても比例関係となる。今回の試験体では、各隙間の実測平均幅は1.43~2.43mmであった。このため、実測した平均幅 d_2 (mm)に基づき隙間面積が等価となる隙間の相当長さ $Le = L \times d_2/2$ (m)を定義し、隙間を有する試験体 No.2-1, No.2-2 の計13条件について、 Le と壁全体の透過率 τ との関係を求めた(図-10)。

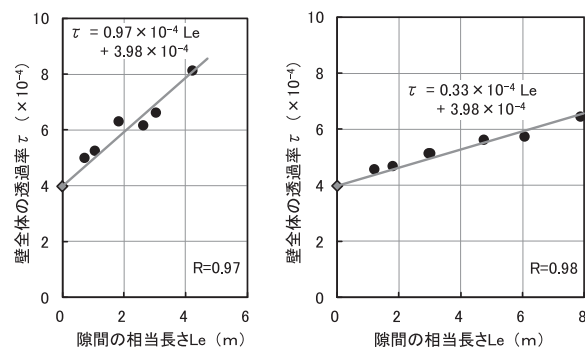
同図より、端部目地に隙間がある場合(試験体 No.2-1, 同図中の○印)と、中央目地に隙間がある場合(試験体 No.2-2, 同図中の●印)に群を分けて観察すると、隙間の相当長さ Le と壁全体の透過率 τ には、比例関係を示す直線性があることが確認される。また、端部目地に隙間が有る場合は中央目地に隙間が有る場合よりも直線の勾配が急、すなわち隙間の単位長さあたりの透過率の変化が大きく、入射音がより透過しやすいことが判る。

そこで、試験体 No.2-1の端部目地6条件と、試験体 No.2-2の中央目地7条件のそれぞれについて、125Hz~2000Hz帯域の音響透過損失の測定結果より、隙間の相当長さ Le と壁全体の透過率 τ の関係をグラフ化し、回帰直線を求めた(図-11~13および表-2)。

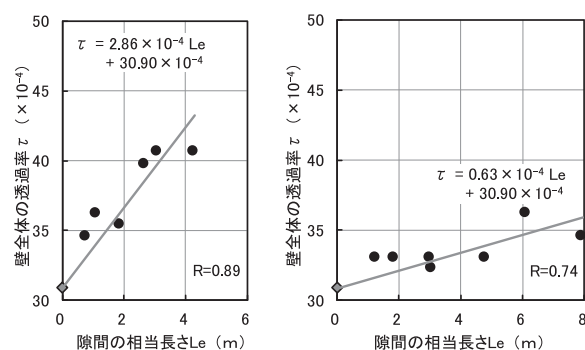
同図表より、隙間長さに対する透過率の増加は、音響透過損失の評価値の単位がdB(対数による評価値)で



(1) 端部目地(試験体 No. 2-1) (2) 中央目地(試験体 No. 2-2)

図-11 隙間の相当長さ Le と透過率 τ の関係(2000Hz帯域)

(1) 端部目地(試験体 No. 2-1) (2) 中央目地(試験体 No. 2-2)

図-12 隙間の相当長さ Le と透過率 τ の関係(500Hz帯域)

(1) 端部目地(試験体 No. 2-1) (2) 中央目地(試験体 No. 2-2)

図-13 隙間の相当長さ Le と透過率 τ の関係(125Hz帯域)表-2 隙間の相当長さ Le と壁(10m²)の透過率 τ との回帰直線の式

1/1 オクターブバンド 中心周波数	端部目地		中央目地	
	回帰式	相関係数	回帰式	相関係数
125 Hz	$\tau = 2.86 \times 10^{-4} Le + 30.90 \times 10^{-4}$	0.89	$\tau = 0.63 \times 10^{-4} Le + 30.90 \times 10^{-4}$	0.74
250 Hz	$\tau = 0.97 \times 10^{-4} Le + 9.12 \times 10^{-4}$	0.94	$\tau = 0.36 \times 10^{-4} Le + 9.12 \times 10^{-4}$	0.86
500 Hz	$\tau = 0.97 \times 10^{-4} Le + 3.98 \times 10^{-4}$	0.97	$\tau = 0.33 \times 10^{-4} Le + 3.98 \times 10^{-4}$	0.98
1000 Hz	$\tau = 2.27 \times 10^{-4} Le + 1.17 \times 10^{-4}$	0.99	$\tau = 0.96 \times 10^{-4} Le + 1.17 \times 10^{-4}$	0.98
2000 Hz	$\tau = 1.43 \times 10^{-4} Le + 0.29 \times 10^{-4}$	0.99	$\tau = 0.44 \times 10^{-4} Le + 0.29 \times 10^{-4}$	0.97

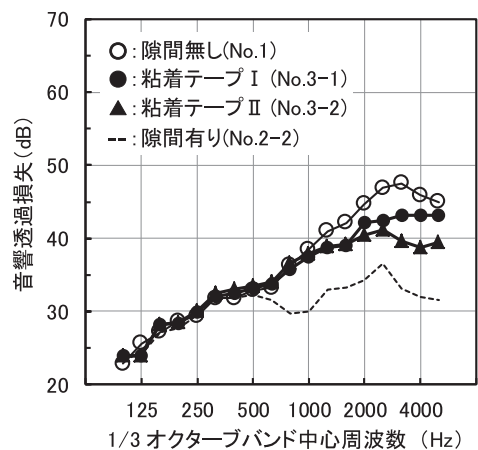


図-14 隙間の塞ぎ材による音響透過損失の差異

あることを考慮すると、125Hz～2000Hz帯域においてほぼ同じ程度であるといえる。すなわち、隙間が空くことで高周波数の音だけでなく低・中周波数域の入射音の透過も同じ程度大きくなっている。ただし、低・中周波数域ではCLTパネル自体の遮音性能があまり高くないために、前出の図-9の音響透過損失においては隙間が生じても低下幅が僅かであったと理解される。

以上のように、CLTパネル間の目地部分に隙間があるか無いか（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ことが判ったので、実験①では最後に、隙間部分の遮音対策として粘着テープを貼りつける効果を検証した（図-14）。なお、粘着テープには、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種類を用いた。図-14より、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（隙間無し、No.1の仕様）の効果が最も高いが、粘着テープで隙間部分を気密にするだけでも効果があることが判った。

4. 面材を付加した試験体（実験②-1、②-2）の測定結果と考察

CLTパネル壁の遮音性能をさらに高める仕様として、図-5および図-6のようにCLTパネル壁の片側に面材を付加する二重壁構造を考え、せっこうボードを付加する実験②-1、および、厚90mmのCLTパネルを付加する実験②-2を行い、音響透過損失の傾向を検討した。試験体仕様の一覧を表-3および表-4に示す。なお、面材の面密度は、厚12.5mmのせっこうボードが8.4 kg/m²、厚9.5mmのせっこうボードが6.5 kg/m²、CLT90が37.0

表-3 実験②-1（せっこうボード付加）の試験体仕様と測定結果

No.	付加面材	隙間(*3)の有無	吸音材の有無	測定結果
4-1a	せっこうボード 1層 (t=12.5mm)	有り	有り	Rr-40
4-1b		無し		Rr-45
4-2a	せっこうボード 2層 (t=12.5mm+9.5mm)	有り	有り	Rr-45
4-2b		無し		Rr-50
4-2c			無し	Rr-45

(*3) CLTパネル(t=150mm)の中央目地の隙間

表-4 実験②-2（CLT90付加）の試験体仕様と測定結果

No.	隙間の有無（*4）		吸音材 の有無	測定結果	
	CLT150 中央目地	CLT90 の中央目地			
5-1a	有り	有り	無し	Rr-40	
5-1b	無し			無し	Rr-40
5-1c					Rr-40
5-2a	有り	有り	有り	Rr-40	
5-2b	無し			Rr-40	
5-2c				無し	Rr-45

(*4) CLT150・CLT90ともに隙間無しの場合は油粘土塞ぎとした。

kg/m²であった。

4.1 せっこうボード付加（実験②-1）の結果

隙間が有るCLTパネル壁（No.2-2）に対して、せっこうボードを1層付加し吸音材を挿入すると遮音性能は大幅に高くなる（図-15（1））。遮音等級はRr-40等級となり、特に中～高周波数域での性能向上が大きい。また、せっこうボードを2層にすると、すべての周波数帯域の遮音性能がさらに約1～5dB高くなり、遮音等級もRr-45等級になる。すなわち、隙間が有り遮音性能が低いCLTパネル壁であっても、吸音材を内挿したせっこうボード壁を付加することで、遮音性能を高くすることができる。

隙間が無いCLTパネル壁（No.1）の場合も、せっこうボード壁の付加によって遮音性能は高くなり、せっこうボードが1層の場合にRr-45等級、2層の場合にRr-50等級になる（図-15（2））。ただし、CLTパネル壁に隙間が有る場合に比べると、CLTパネル壁単体に対する遮音性能の上昇は大きくない。CLTパネル壁に隙間を無くしても125Hz～500Hz付近の帯域では遮音性能はあまり変わらないが、1000Hz～2000Hz付近の帯域においては遮音性能が5～8dB程度高くなる。

隙間が無いCLTパネル壁（No.1）にせっこうボードを2層付加した試験体について、内部吸音材の有無による差異を見ると（図-15（3））、500Hz以上の帯域では吸音材が無くても遮音性能の低下は1dB程度である一方、吸音材が無い場合には500Hz以下の周波数域で遮音性能が2～8dB低下する。すなわち、CLTパネル壁の目地部分をシーリング材等で処理して隙間を無くしても、内部吸音材の有無による差異は500Hz以下の周波数域に限られる。

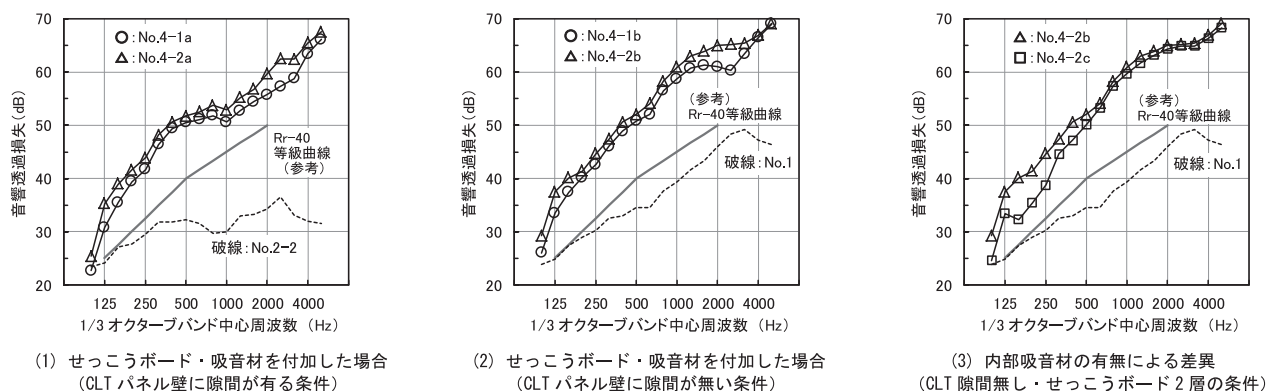


図-15 せっこうボードを付加した試験体の音響透過損失(実験②-1)

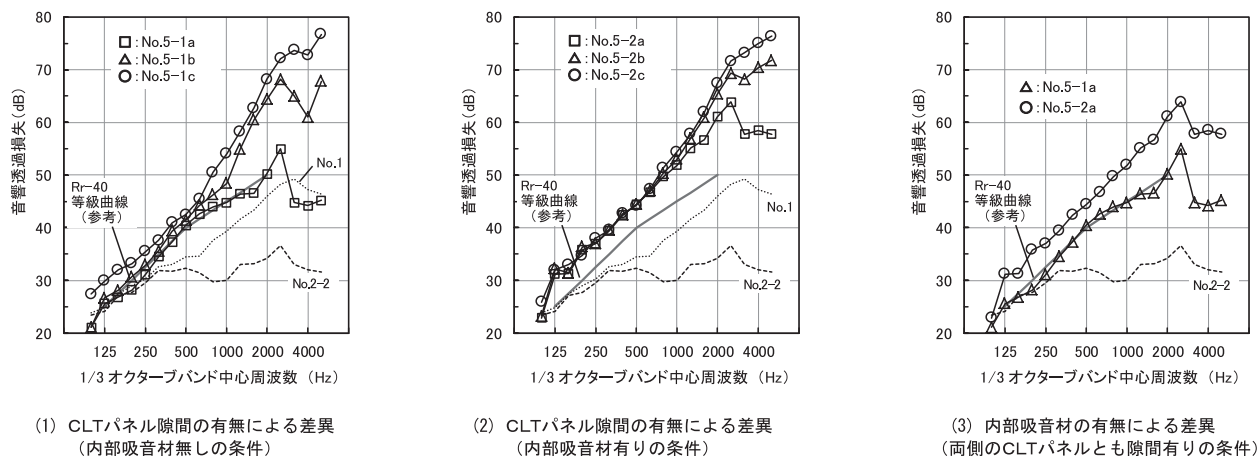


図-16 CLT90を付加した試験体の音響透過損失(実験②-2)

図-15 (1) (2) において、せっこうボードが1層の場合には3150Hz帯域付近で遮音性能がやや低い傾向が見られる。これは、せっこうボードのコインシデンス限界周波数の影響が表れたものと推測される。2層（厚12.5+9.5mm）の場合にはこの低下傾向は小さくなり、2層のせっこうボードのコインシデンス限界周波数が異なるために同効果の影響が明確には表れなくなったものと考えられる。

また、これらの試験体はCLTパネルとせっこうボードによる中空二重壁構造と捉えられるが、各層の面密度と中空部空気層厚さによる共鳴透過周波数は約70Hzであり、今回の遮音測定の前周波数範囲内では顕著なディップ等の影響は表れていない。

以上より、CLTパネル壁にせっこうボードを付加すると遮音性能は大きく向上することが判る。さらに、内部に吸音材が無い仕様では低周波数域において遮音性能の向上が小さくなるため、吸音材を挿入した2重壁構造とすることが有効な遮音対策である。

4.2 CLT90 付加（実験②-2）の結果

CLTパネル壁にCLT90を付加した場合（図-16 (1)）、125～250Hz付近ではCLTパネルに隙間が有る場合（No.5-1a、No.5-1b）にはCLTパネル壁単体の場合（No.2-2）と遮音性能はほとんど変わらず、隙間が無い場合（No.5-1c）には遮音性能が約5dB高くなる。500Hz帯域付近ではCLTパネルの隙間の有無の条件による差異は見られないが、500Hz以上より高い周波数域においては隙間が無い場合の方が遮音性能は大幅に高くなる。

CLTパネル壁にCLT90を付加して内部には吸音材を挿入する場合（図-16 (2)）、CLTパネルの隙間の有無によらずCLTパネル壁単体の場合（No.1、No.2-2）より遮音性能は高くなる。500Hz以下の周波数域では隙間の有無の条件による遮音性能の差異はほとんど見られないが、500Hz以上の高周波数域では隙間が無い場合に遮音性能は高い。しかし、内部吸音材が無い場合（図-16 (1)）に比べると、隙間の有無による遮音性能の差異は小さい。高周波数域では隙間の有無に応じて遮音性

能が異なるが、これは、隙間からの音響透過の影響であると推察される。なお、両方のCLTパネルに隙間が無い場合（No.5-1c, No.5-2c）には、内部吸音材の有無による遮音性能の差は2dB以内であった。

両CLTパネルに隙間が有る場合（No.5-1a, No.5-2a）について内部吸音材の有無による遮音性能を比較すると（図-16（3））、内部に吸音材が無い場合には有る場合に比べてほぼすべての周波数帯域で遮音性能が約5～14dB程度低い。

なお、厚さの異なるCLTパネル二重壁とみた場合の共鳴透過周波数は約55Hzと予測され、今回の遮音測定で周波数範囲内では顕著なディップ等の影響は表れていないと考えられる。

以上より、CLTパネル壁にさらにCLT90を付加し両面をCLT現しとする仕様については、CLTパネルに隙間が有る場合には両CLTパネル間に吸音材を挿入することで遮音性能が向上し、また、両方のCLTパネルに隙間が無い場合には、内部吸音材の有無に関わらず遮音性能が高く、いずれも遮音性能の向上が見込める有効な遮音対策だといえる。

5. まとめ

目地部分に隙間をもつCLTパネル壁を残響室間に設置し、目地部隙間の条件および付加面材の条件を変更して遮音性能の測定を行った。その結果、以下の点が明らかになった。

- (1) 隙間の無い厚150mmのCLTパネル壁の音響透過損失は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る。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り、式（1）による近似式で表すことができる。高い周波数域（4000～5000Hz帯域）では遮音性能がやや低下する傾向が見られる。これは、CLTパネルの厚さに応じた共振の影響と推察される。
- (2) 音響加振に対するCLTパネル内部の振動減衰を調べると、1250Hz帯域以上の高周波数域ではCLTパネルの両表面間に最大3dB程度の振動加速度レベルの差が見られ、僅かながら振動減衰が生じている。一方、1000Hz帯域以下の周波数域では顕著な振動減衰は見られない。
- (3) 厚150mmのCLTパネル壁においてパネル間の目地に隙間が有ると、400Hz帯域以上の周波数域では、隙間が無い場合に比べて遮音性能が顕著に低下する。

(4) 厚150mmのCLTパネル壁において、CLTパネル間に幅2mmの隙間がある場合、CLTパネル壁全体の周波数帯域毎の透過率は壁10m²あたりの隙間の総長さと比例関係にある。また、壁10m²の透過率と、実測した隙間幅によって換算する隙間の相当長さLe（m）との間に、表-2に示した回帰式が求められる。

(5) CLTパネル間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の効果が最も高い。また、粘着テープによって気密にするだけでも、3150Hz帯域以下では比較的高い遮音効果が得られる。

(6) CLTパネル壁の片側にせっこうボード壁と内部吸音材を付加して二重壁構造とすると、ベースとなるCLTパネル壁に対して、ほぼすべての周波数域で遮音性能が大幅に向上する。ただし、二重壁内部に吸音材が無い場合には、低周波数域での遮音性能の向上は小さい。

(7) CLTパネル壁の片側に厚90mmのCLTパネルを付加して両面をCLT現しとした二重壁構造については、CLTパネルに隙間が有る場合には両CLTパネル間に吸音材を挿入することで遮音性能が向上する。また、両方のCLTパネルに隙間が無い場合には、内部吸音材の有無に関わらず遮音性能が高い。

本稿で示した知見および検討方法は、厚さが異なるCLTパネルについても同様に応用できると考えられる。今後は、厚さの異なるCLTパネルについての測定データを確認するとともに、CLTパネル壁を実建物に施工した状況について迂回伝搬音の影響なども含めた遮音性能を確認することが課題であると考えている。

謝辞

本稿で紹介した遮音実験の一部は、林野庁委託事業「CLT等新たな製品・技術の開発・普及事業（住宅等における新たな製品・技術開発事業／CLT住性能向上研究開発）」として実施されたものです。ここに記して関係各位に謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 平成22年法律第36号、公共建築物等における木材利用の促進に関する法律、2010.5.26公布、2010.10.1施行。
- 2) 農林水産省告示第3079号、直交集成板の日本農林規格、2013.12.20。
- 3) 田中学・笠井祐輔・村上剛士・川谷翔二：CLTパネル壁の

空気音遮断性能に関する実験的検討, 日本建築学会環境系
論文集, Vol.81, No.730, pp.1075-1084, 2016.12

- 4) M. Tanaka, T. Murakami, Y. Kasai and M. Kawai : Sound
Insulation of Cross Laminated Timber Floors with Floor
Covering Materials and Ceilings, Proceeding of 12th
Western Pacific Acoustics Conference 2015 in Singapore
(ISBN:978-981-09-7961-4) , pp.110-117, 2015.12
- 5) M. Tanaka, Y. Kasai, T. Murakami, S. Kawatani and M.
Kawai : Airborne sound transmission of cross laminated
timber panel walls, Proceedings of Inter-Noise 2017 in
Hong Kong, pp.3923-3933, 2017.8 (invited paper)
- 6) 前川純一 : 建築環境音響学, 共立出版, 1990.

【執筆者】



*1 田中 学
(TANAKA Manabu)



*2 笠井 祐輔
(KASAI Yusuke)



*3 村上 剛士
(MURAKAMI Tsuyoshi)



*4 川谷 翔二
(KAWATANI Shoji)



*5 河合 誠
(KAWAI Makoto)