

2章 遮音性能

本章では、CLT を用いた界壁および床版に関する、遮音性能の検討結果を報告する。

2.0 目的

隣戸間の遮音性能は共同住宅等において居住者から最も要求される住環境性能の1つである。遮音性能が十分に確保されないと、居住者の満足度を著しく低下させることになり、場合により深刻なクレームにつながる危険性もある。このため、CLT を共同住宅などの界壁や床版の材料として使用する場合には、事前にその遮音性能を検討し、問題を生じない水準の遮音性能を確保することが重要である。

一般論として、壁についても床についても、均一材料で構成される建築部位（面）の遮音性能は、「面密度」（面積当たりの質量、 kg/m^2 ）が大きいほど遮音性能も高くなる特性がある。一方、鉄筋コンクリートに比べると CLT は比重が小さく軽いことが特徴といえる。このため、CLT を壁や床に使用する場合には、遮音性能を確保する上では不利になることが懸念され、実用化に向けては慎重な検討が求められる。

しかしながら、CLT を用いた壁や床の遮音性能についての実測事例はこれまでほとんど報告されておらず、遮音性能の実態は把握されていない。また、CLT 単体での遮音性能が不十分な場合には、付加材の施工など何らかの対策をとり、所期の遮音性能を確保すべく改良することが必要となるが、付加材による遮音性能向上の効果に関する知見もほとんど蓄積されていない。

CLT 床版の遮音性能に関するこれまでの取組みとしては、平成 26 年度に（一社）日本 CLT 協会において実施された、「平成 25 年度補正林野庁委託事業『床板として CLT を使用する枠組壁工法建築物の開発』（以下、昨年度事業）」が挙げられる。その中では、CLT 床版単体および付加材による対策仕様の遮音性能を実験室において測定したが、その結果は重量床衝撃音遮断性能が $\text{Lr}-64 \sim 72$ の水準であり、日本建築学会遮音性能基準において集合住宅の標準（2 級）とされる「 $\text{Lr}-55$ 等級」の水準には達していなかった。また、CLT 床板を使用した空気音遮断性能試験の結果からは、建築基準法で要求される遮音性能（ $\text{Rr}-40$ 相当）の水準を CLT 単体の壁で達成するのは極めて困難であることが示唆されていた。

このため、本開発研究では、以下の(1)～(4)を目的として実験室での遮音性能実験などを実施し、その結果に対して検討を加えた。

- (1) CLT 単体による界壁および床版について基本的な遮音性能を把握する。
- (2) CLT を用いた界壁について、建築基準法の遮音基準を満たす対策仕様を開発する。
- (3) CLT を用いた床版について、重量床衝撃音遮断性能が $\text{Lr}-55$ の水準を実現する対策仕様を開発する。また軽量床衝撃音遮断性能の水準を確認する。
- (4) これまでに建設された CLT 共同住宅について、遮音性能実測データを収集し整理する。

2.1 界壁の遮音性能

建築基準法第 30 条（長屋又は共同住宅の各戸の界壁）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られており、その技術的基準は建築基準法施行令第 22 条の 3（遮音性能に関する技術的基準）において以下の音響透過損失（表 2.1）以上の性能を確保すること、と具体的に定められている。

表 2.1 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

このため、共同住宅または長屋の界壁に CLT を使用する場合には、建築基準法第 30 条における「国土交通大臣が定めた構造方法」を具体的に記した昭和 45 年建設省告示第 1827 号（遮音性能を有する長屋又は共同住宅の界壁の構造方法を定める件）（平成 16 年国土交通省告示第 1170 号により改正）に示された仕様とする方法、あるいは、個別の仕様として新たに国土交通大臣の認定を取得して運用する方法、の何れかを採用することが考えられる。しかしながら、同告示の中には CLT 界壁に直接適用できる断面仕様の例示は見られない。したがって、個別仕様として国土交通大臣認定を取得することが必要となる。

そこで、今回の開発研究の中では、まず CLT 単体による壁の遮音性能を実験室測定によって把握することとした。次に、CLT 単体の片面あるいは両面に付加材を施工した時の遮音性能の変化を実験的および理論的に検討し、併せて、コストや施工性も考慮し実現可能性の高い幾つかの界壁仕様を提案することとした。また最終的な目標として、共同住宅または長屋の界壁に使用できる CLT 界壁の仕様案（1～2 案）について、その遮音性能を確認することとした。

2.1.1 界壁遮音性能の試験体

試験体は全 8 仕様の界壁(W4000mm×H2500mm×T150～314mm)である。これら 8 仕様の界壁は、いずれも厚さ 150mm の CLT パネルをベースとして用いており、その片面または両面に付加材を施工した仕様である。試験体仕様の概要を表 2.2 に示す。

表 2.2 界壁遮音性能の試験体仕様の概要

No.	CLT パネル	受音側ふかし壁	音源側ふかし壁
①	厚 150mm	なし	なし
②		LGS + GW + PB12.5mm	
③		LGS + GW + PB (12.5mm+9.5mm)	同左
④		LGS + GW + PB (12.5mm+9.5mm)	
⑤		LGS + PB (12.5mm+9.5mm)	
⑥		LGS + GW + PB (強化 21mm+硬質 9.5mm)	なし
⑦		GW + CLT パネル 90mm	
⑧		空気層 + CLT パネル 90mm	

注) LGS : 軽量鉄骨下地、GW : グラスウール、PB : せっこうボード

壁試験体①は、厚 150mm の CLT パネル単体による界壁であり、両面とも付加材は何も施工されていない。CLT 単体の遮音性能を把握するためのものである。CLT パネルが小割になると目地部が生じ遮音性能上は弱点になることが考えられる。このため、壁試験体①の製作の際には、施工する各 CLT パネルの 1 枚当たりの幅を約 1000mm として、各 CLT パネルの間および左右両側の外壁想定部位との間に各 2mm ずつの隙間を意図的に設け、この隙間の影響も含めた遮音性能を把握することとした。

壁試験体②～⑥は、壁試験体①をベースとして、その片面または両面に付加材を追加施工した仕様である。

壁試験体②、③、⑥は、壁試験体①の片面（受音側）に付加材として軽量鉄骨下地を配置した上にグラスウールを挿入し、せっこうボード貼りとした仕様である。壁試験体②、③、⑥では、施工されたせっこうボードの厚さが異なる。

壁試験体④は、壁試験体①の両面に壁試験体③（片面に付加材）と同じ付加材を両面に施工した仕様である。

また試験体⑤は、壁試験体③の内部に挿入されたグラスウールを取り去った仕様である。

壁試験体⑦、⑧は、壁試験体①の片面（受音側）に付加材としてさらに厚 90mm の CLT パネルを化粧材として施工した仕様であり、中空部へのグラスウール挿入の有無が異なる。

なお、界壁試験体の詳細については、写真 2.1～2.6、別図 2.1～2.10、および別冊「CLT 界壁の遮音性能試験 報告書」（一般財団法人 日本建築総合試験所）を参照されたい。

2.1.2 界壁遮音性能の試験方法

試験は（一財）日本建築総合試験所（所在地：大阪府吹田市）の第2および第3残響室を用い、両残響室間の開口に試験体を設置して行った。測定装置の概要を図2.1に示す。

試験方法は、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」に基づき、中心周波数100～5000Hzの18帯域1/3オクターブバンドについて音響透過損失の測定を行った。なお、音響透過損失の1/1オクターブ換算値は、試験体間の比較を詳細に行うため、0.1dB単位まで求めた。

2.1.3 試験実施場所

一般財団法人 日本建築総合試験所（所在地：大阪府吹田市藤白台5丁目8番1号）

音響実験棟 第2・第4残響室

2.1.4 試験実施日

平成27年10月5日～同月16日

2.1.5 界壁遮音性能の試験結果

試験結果の比較と一覧を、図2.2～2.8に示す。なお、界壁遮音性能の試験結果の詳細については、別冊「CLT界壁の遮音性能試験報告書」（一般財団法人 日本建築総合試験所）を参照されたい。

一連の試験結果および比較から、以下のことがいえる。

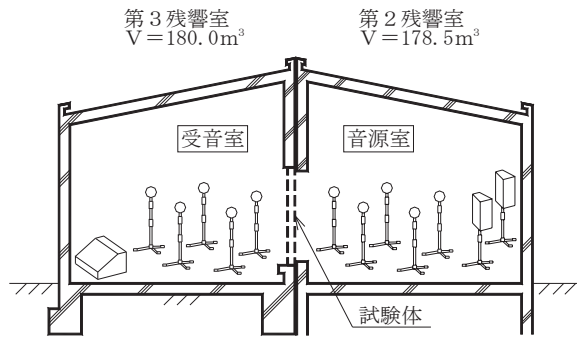
- (1) CLTパネル（ $t=150\text{mm}$ ）単体の壁について、まず、パネル間の目地部やパネル四周の隙間からの漏音の影響を調べるため、目地部・隙間の開閉による遮音性能の差異を調べた（図2.2参照）。なお、目地部・隙間を閉じる際には、表面に油粘土を密実に付け、シール材施工の代替とした。目地部および四周隙間がすべて開いた状態（①-4）、および、四周隙間を塞ぎパネル間縦目地部だけ開いた状態（①-3）では、500Hz以上では遮音性能が大幅に低下することが判った。これに対して、目地部および四周隙間ともに音源側だけすべて塞いだ状態（①-2）にすると500Hz以上の遮音性能が大幅に向上する。また、音源側・受音側とも塞いだ状態にすれば、音源側片面のみ塞いだ状態よりも遮音性能がさらに1～3dB程度向上することが判った。このため、目地部および四周隙間ともに両面とも油粘土で塞いだ状態を「壁試験体①」とし、以降の検討のベースとすることとした。
- (2) 図2.3に、CLTパネル（ $t=150\text{mm}$ ）単体の壁（壁試験体①）と遮音界壁の基準性能（ R_r-40 ）との比較を示す。CLTパネル（ $t=150\text{mm}$ ）単体では遮音界壁の基準に達しないことが判った。このため何らかの遮音対策が必要であるが、単純に厚さを増すだけなら2倍（ $t=300\text{mm}$ ）以上の厚さにする必要がある。現実的な遮音対策として何らかの付加材を追加するのが有効と考えられる。
- (3) CLTパネル（ $t=150\text{mm}$ ）単体（壁試験体①）の測定結果に付いては、他機関（高知県およびカナダ）などとも比較し、結果が妥当な水準であることを検証した。高知県での測定結果はほぼ同じ仕様のCLT試験体であり、200～500Hz帯域での差異（主に試験室の特性に起因するものと予想される）を除いて、ほぼ一致する結果であった。また、カナダでの測定結果との差異には、試験体サイズ・樹種・試験室の特性など複数の相違の影響も含まれると推測されるが、ほぼ妥当な差異と考えられる。（図2.3参照）
- (4) 図2.4に、軽量鉄骨（軽鉄）下地材を配しグラスウールを挿入した乾式工法のせっこうボード壁（以下「乾式ふかし壁」と呼ぶ）を施工した試験体（壁試験体②、③）の結果を示す。乾式ふかし壁を付加すると、遮音性能が大幅に向上することが判った。PB12.5mm 1枚まで施工すると R_r-45 まで2ランク改善し（壁試験体②）、PB12.5mm+9.5mm（No.3-2）にすると更に R_r-50 まで

改善した（壁試験体③）。壁試験体③であれば、遮音界壁の水準を十分に確保できる。

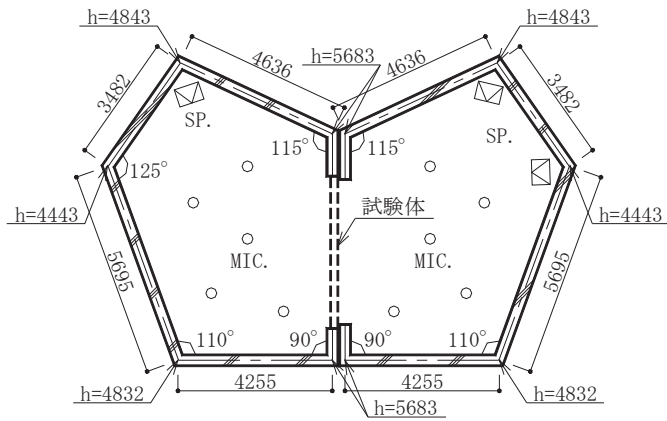
- (5) 参考として、壁試験体③と同じPB12.5mm+9.5mm（グラスウール挿入）のふかし壁をCLT壁の両面に施工する仕様（壁試験体④）についても測定を実施した。その結果、遮音等級はRr-50となり、片面施工の壁試験体③と遮音等級は同じであったが、ほとんどの帯域で5dB前後の遮音改善が見られた。また今回の壁試験体①～⑧の中では最も遮音性能が高かった。（図2.5参照）
- (6) 図2.6に、壁試験体③と同じ乾式ふかし壁でグラスウールの挿入を無しにした場合（壁試験体⑤）についても測定を実施した。中空部にグラスウールの挿入が無くなると、500Hz帯域以下の低い音域で遮音性能が大幅に低下し、遮音等級はRr-45となり、遮音界壁の基準値への余裕度も僅かとなることが判った。（図2.6参照）
- (7) 図2.7では、せっこうボードの厚さを増し（壁試験体③：12.5+9.5mm→壁試験体⑤：21+9.5mm）、その効果を検証したが、両者にはほとんど差が見られなかった。理論的には面材の面密度が増すと遮音性能も向上する傾向である。今回が異なる測定結果となった原因として、壁試験体③ではせっこうボードが縦貼り施工であるため、目地が少なく音漏れが少なく剛性も確保しやすいのに対して、壁試験体④では軽鉄下地材の間隔の都合でせっこうボードを横貼りにしたため、目地が増えて音漏れが多くなり剛性も低下した影響が出たものと考えられる。
- (8) 図2.8に、CLTパネル（t=150mm）単体の壁にさらにCLTパネル（t=90mm）を付加し「両面現し」にする仕様（壁試験体⑦、⑧）についても遮音測定を行った。その結果、グラスウールを挿入した壁試験体⑦がRr-45、グラスウール挿入の無い壁試験体⑧がRr-40であった。グラスウールを挿入した壁試験体⑦の仕様であれば、遮音界壁の水準（Rr-40）に対してある程度の余裕をもって性能確保できると考えられる。

以上をまとめると、CLTパネル壁の遮音性能について、以下のようになる。

- CLTパネル壁ではパネル間目地部および四周隙間からの漏音の影響が大きい。シーリング材など何らかの漏音対策が必須である。
- CLTパネル（t=150mm）単体の壁では遮音界壁の基準を満たさない。
- CLTパネル（t=150mm）に軽鉄下地グラスウール挿入せっこうボード壁（t=12.5+9.5mm）のふかし壁を施工すると、遮音界壁の基準を余裕をもって達成できる。
- CLTパネル（t=150mm）のグラスウールを挟み込んで更にCLTパネル（t=90mm）を付加した「両面現し」についても、ある程度の余裕を持って遮音界壁の基準を確保できる。
- 壁試験体①～⑧の仕様と遮音性能の相互関係をまとめると図2.9のようになる。

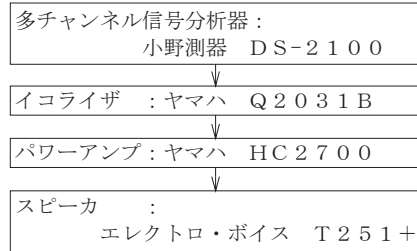


【第2・第3残響室断面図 S:1/200】



【第2・第3残響室平面図 S:1/200】

【音源装置】



【受信装置】



【測定機器】

受信点：音源、受音側とも各5点

図 2.1 壁遮音性能試験 測定装置ブロック図

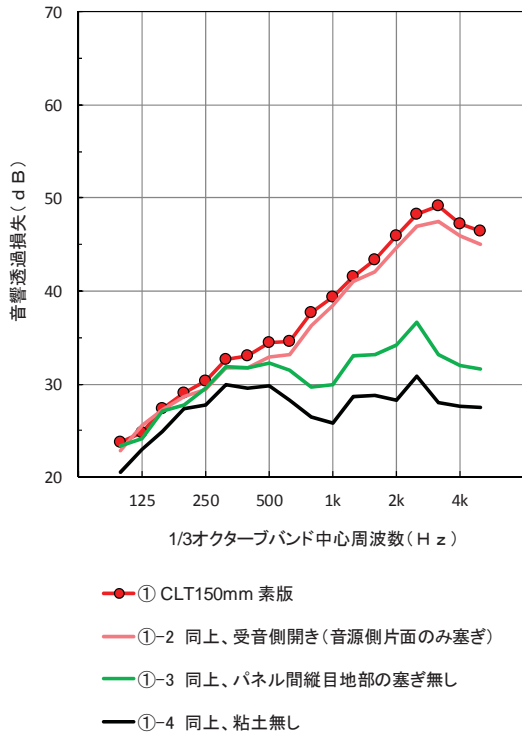


図 2.2 CLT の目地部処理と遮音性能

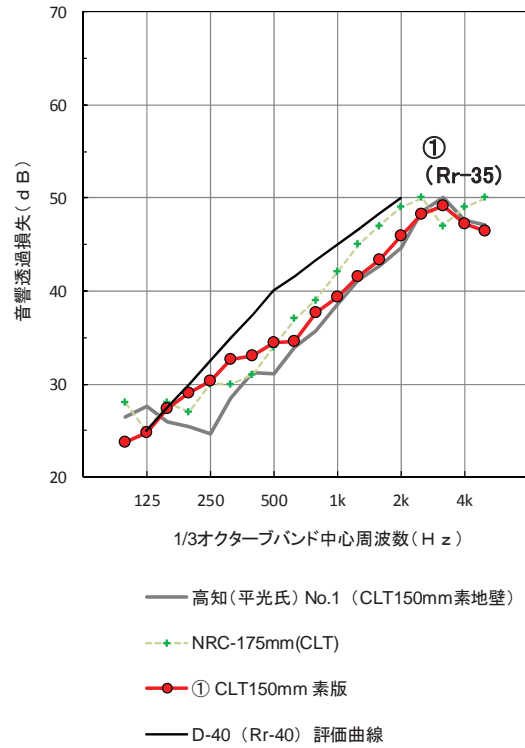


図 2.3 CLT 単体 (厚 150mm) の遮音性能

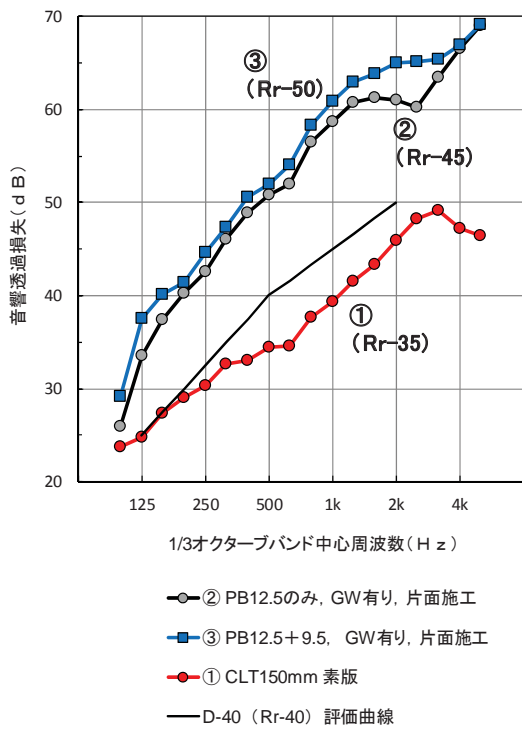


図 2.4 PB 片面 (1 層/2 層, GW 有) の効果

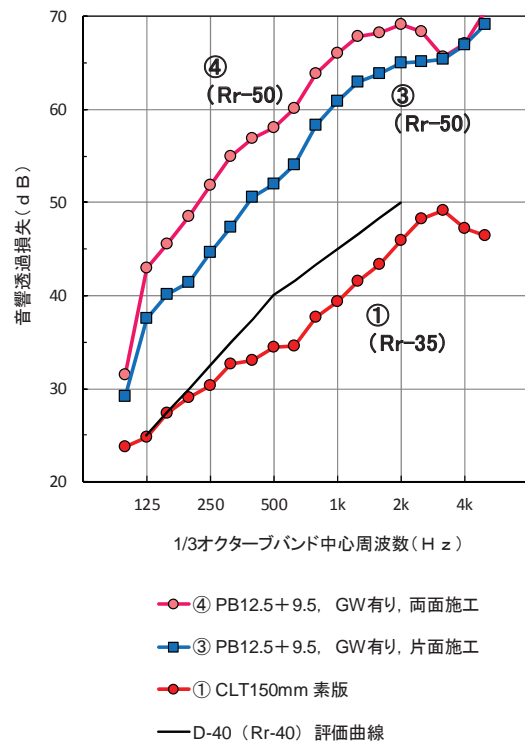
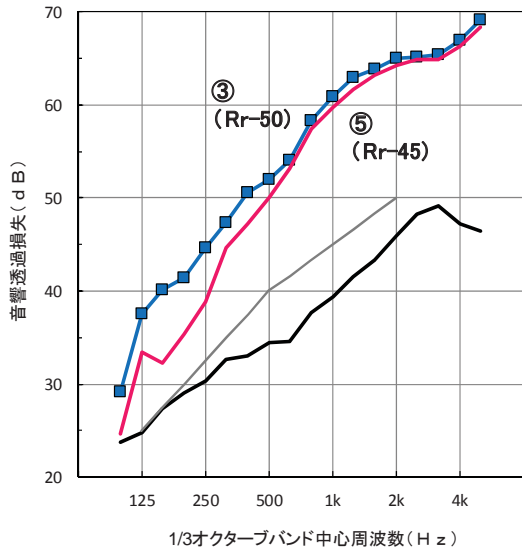
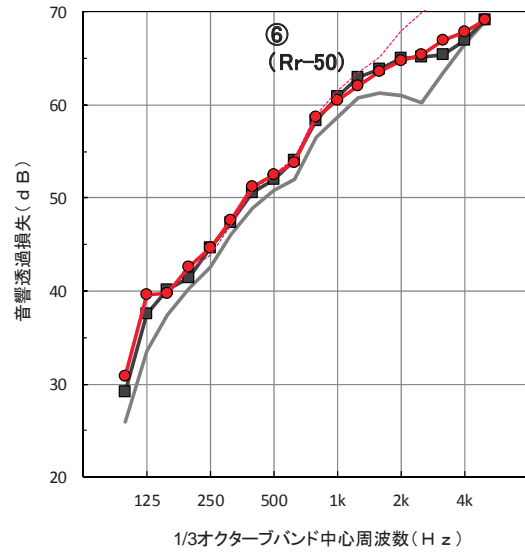


図 2.5 PB の片面施工・両面施工の比較



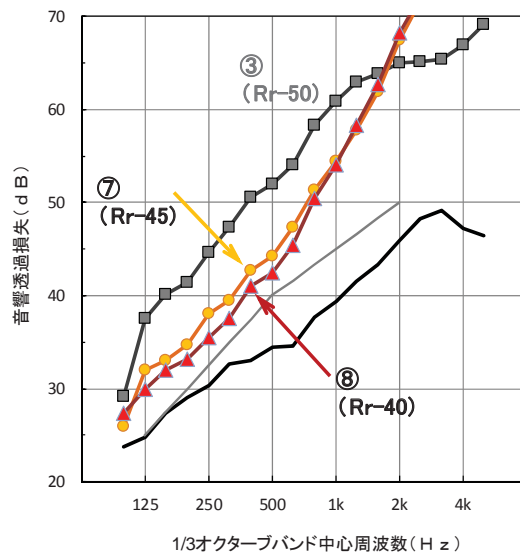
- ③ PB12.5+9.5、GW有り
- ⑤ PB12.5+9.5、GW無し
- ① CLT150mm 素版
- D-40 (Rr-40) 評価曲線

図 2.6 PB 片面施工での GW 有無の比較



- ⑤ PB12.5のみ、GW有り、片面施工
- ③ PB12.5+9.5、GW有り、片面施工
- ⑥ PB21+9.5、GW有り、片面施工 ※横貼り
- ⑥ ※確認用(木枠全周に粘土)

図 2.7 PB (t21+9.5, GW 有) の結果



- ③ PB12.5+9.5、GW有り
- ① CLT150mm 素版
- D-40 (Rr-40) 評価曲線
- ⑦ CLT90mm、GWあり
- ▲⑧ CLT90mm、GWなし

図 2.8 両面 CLT (t150+90, GW 有/無) の結果

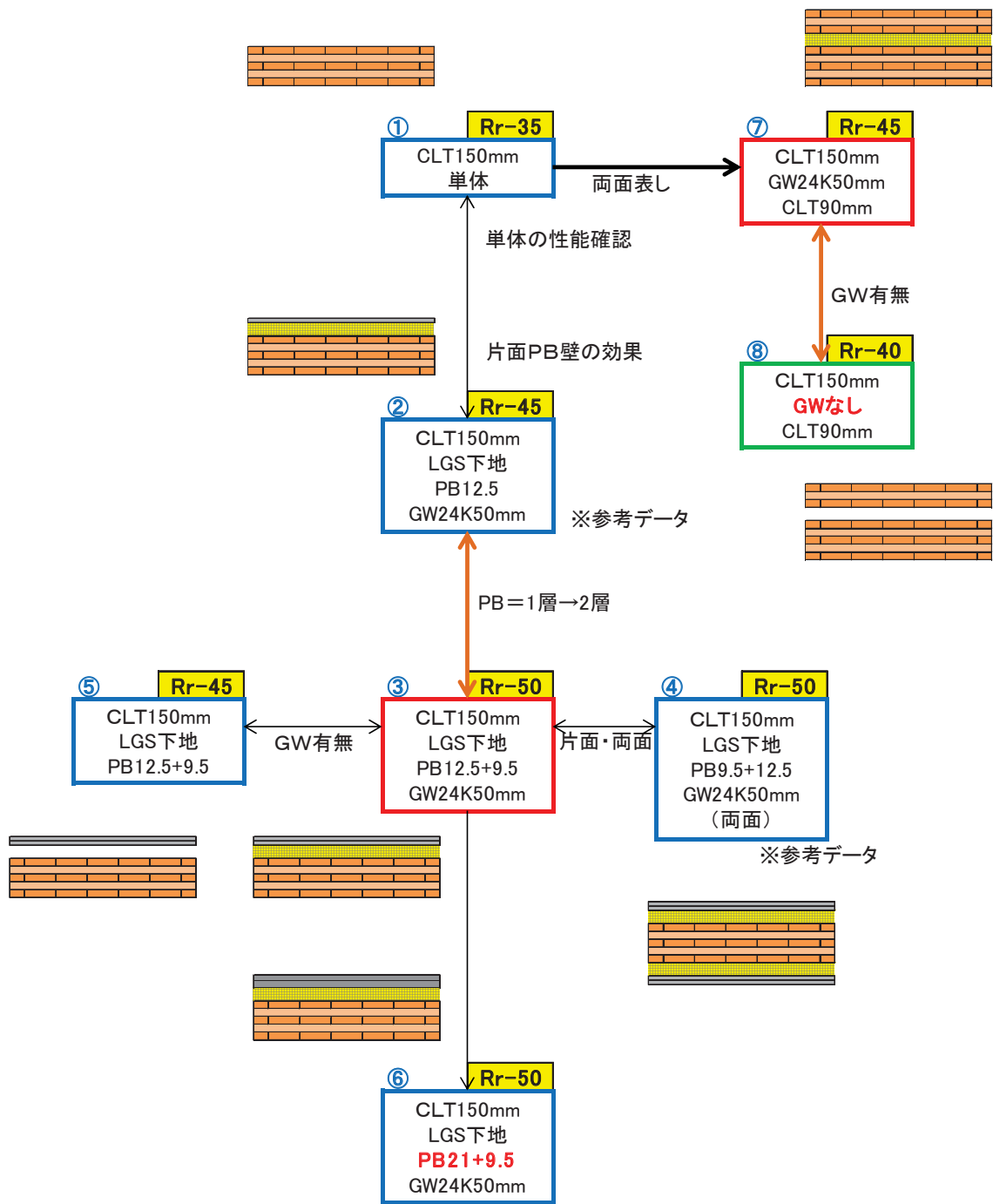


図 2.9 CLT 壁（試験体①～⑧）の仕様の相互関係・遮音試験結果の比較図

2.2 床版の遮音性能（床衝撃音遮断性能、空気音遮断性能）

共同住宅の界壁を含む居住空間の床構造の遮音性能については、建築基準法上の規定は無い。しかし、共同住宅においては上階から下階に伝わる歩行音などは特にクレームや居住者トラブルの原因となりやすいため、広く一般的には共同住宅の床構造の遮音性能は一定水準以上の性能が保たれている。勿論、建物の販売価格や分譲・賃貸などの用途によっても遮音性能の水準は異なるが、日本建築学会による「建築物の遮音性能基準」では、集合住宅の居室の隣戸間界床の重量床衝撃音遮断性能の性能水準について、LH-55を「一般的な性能水準」、LH-60を「やむを得ない場合に許容される最低水準」、と定めている。従って、CLT パネルを用いた床構造を共同住宅の界床として使用するためには、「LH-60」以上の重量床衝撃音遮断性能を達成することが当面の必達目標となる。

平成 26 年度に（一社）日本 CLT 協会で実施された平成 25 年度補正林野庁委託事業「床板として CLT を使用する枠組壁工法建築物の開発」（以下、昨年度事業）の中で、床の遮音性能試験についても幾つかの実験を実施した。しかしながら、その結果は LH-55 を満たせなかった。

軽量床衝撃音に関してはカーペットや防音フローリングなど床表面を軟らかくすることで容易に遮音性能が向上できるのに対して、重量床衝撃音に関してはカーペット等の後施工の対策では音の発生または伝達を軽減しにくい特性があり、床構造体施工時の仕様による対策が重要となる。そのため、昨年度事業で実施した仕様をさらに改良し、重量床衝撃音で LH-60 を満たす性能を目指した。また、軽量床衝撃音および空気音遮断性能（音響透過損失）についても、幾つかの現実的な対策仕様および新素材の利用による対策仕様での遮音性能水準を確認することとした。

2.2.1 床版遮音性能の試験体

床版遮音性能の試験は、まず、12 仕様の床版試験体について行った。これらの床版試験体は、いずれも厚さ 210mm の CLT パネルをベースとして用いたものであり、天井の有無および床下地材・床仕上げ材の種類などが異なる。また、大きさは W4170mm×L2680mm であり、上下残響室間の開口部（開口面積：約 10m²）に設置して、重量床衝撃音遮断性能、軽量床衝撃音遮断性能、空気音遮断性能（音響透過損失）を測定した。

また、CLT パネルへの炭素繊維開繊テープの貼付けによる重量床衝撃音遮断性能への効果を確認するため、CLT 床版（W4000mm×L1000mm×T210mm）を用意し、炭素繊維開繊テープを CLT 床版の両面に貼り付ける前後で、長辺方向の両端を支持した状態での衝撃インピーダンスおよび静的荷重によるたわみ量の測定を行った。

試験体仕様の概要を表 2.3～2.5 および以下に示す。なお、床版遮音性能試験の試験体の詳細については、写真 2.7～2.11、別図 2.11～2.23、および別冊「CLT 床版の遮音性能試験 報告書」（一般財団法人 日本建築総合試験所）を参照されたい。

[床版試験体（No. 0-1～No. 3-2）の概要]

No. 0-1 は、厚 150mm の CLT パネル単体による床版であり、パネル間目地部はスプライン加工されている。床上側・天井側とも付加材は何も施工されていない。No. 0-2 は、No. 0-1 の床上側にせっこうボードと合板を施工した仕様で、共同住宅等での使用を想定している。

No. 1-1～1-5 は、No. 0-1 の天井側に CLT パネル（t=90mm）を二重天井材として追加したもので、四周の隙間の仕様および天井裏空間への挿入材の有無が異なる。

No. 2-1～2-3 は、No. 0-2 の床上側に乾式二重床を追加したもので、上部構造での制振マットの使用状況（なし、または t=8mm、16mm）が異なる。なお、No. 2-1 で使われた乾式二重床は、鉄筋コンクリート造の集合住宅で広く採用されている普及型の仕様である。

No. 3-1～3-2 は、No. 0-1 または No. 0-2 の床上側に直貼り木質防音フローリング（以下、「防音フローリング」）を施工した仕様である。使用した防音フローリングは、鉄筋コンクリート造の集合住宅で広く採用されている遮音性能水準（いわゆる「L45」タイプ）の仕様である。

[炭素繊維開繊テープ貼付け効果検証用の試験体（No. 4-1～No. 4-2）の概要]

No. 4-1 および No. 4-2 は、炭素繊維開繊テープ貼付けによる重量床衝撃音遮断性能の改善効果を検証するための試験体である。No. 4-1 は、CLT 床版（W 4000mm×L 1000mm×T 210mm）のみによる試験体である。No. 4-2 は、No. 4-1 の両面に炭素繊維開繊テープ（幅 50mm）を全面に接着剤で縦横格子状に貼り付けた試験体である。

表 2.3 床版遮音試験体の仕様の概要

No.	CLT パネル	天井	床下地材	床仕上げ材	
0-1	厚 210 (W 4170× L 2680)	—————	—————	—————	
0-2			せっこうボード [®] 12.5 +構造用合板 12		
1-1		CLT [®] 柵 厚 90	—————		
1-2		ガラスウール 24kg/m ³ 厚 50 + CLT [®] 柵 厚 90			
1-3		CLT [®] 柵 厚 90 (天井下階側に隙間)			
1-4		CLT [®] 柵 厚 90 (天井上階側に隙間)			
1-5		制振用砂袋 + CLT [®] 柵 厚 90 (天井上階側に隙間)			
2-1		—————	せっこうボード [®] 12.5 +構造用合板 12		乾式二重床A (制振マットなし)
2-2					乾式二重床B (制振マット 8mm)
2-3					乾式二重床C (制振マット 16mm)
3-1		—————	—————		防音フローリング
3-2			せっこうボード [®] 12.5 +構造用合板 12		

表 2.4 炭素繊維補強効果検証の試験体の仕様

No.	CLT パネル	炭素繊維開繊テープの有無
4-1	厚 210 (W 4000× L 1000)	無
4-1		有

表 2.5 床版遮音性能の試験体の一覧（断面図、および床上・天井の構成）

試験体	断面図	床上構成	天井構成
0-1		—	—
0-2		合板12+GB12.5	—
1-1		—	CLTパネル90
1-2			グラスウール50 24kg/m ³ CLTパネル90
1-3			CLTパネル90 (下階側に空気抜き)
1-4			CLTパネル90 (上階側に空気抜き)
1-5			制振用砂袋 CLTパネル90 (上階側に空気抜き)
2-1		フローリング [°] +パネティックボード [°] +支持脚 [°] +合板12+GB12.5	—
2-2		フローリング [°] +制振マット [°] +パネティックボード [°] +支持脚 [°] +合板12+GB12.5	
2-3		フローリング [°] +制振マット2層 [°] +パネティックボード [°] +支持脚 [°] +合板12+GB12.5	
3-1		直貼り防音フローリング [°] (部分敷き)	—
3-2		直貼り防音フローリング [°] (部分敷き) +合板12+GB12.5	
4-1		—	—
4-2		炭素繊維開繊テープ [°] (両面格子状貼り)	

註) 表内の数値は厚さを示す。(寸法単位: mm)

2.2.2 床版遮音性能の試験方法

試験は（一財）日本建築総合試験所（所在地：大阪府吹田市）の第2および第4残響室を用い、両残響室間の開口に試験体を設置して行った。

各試験項目の試験方法を以下に述べる。また測定装置ブロック図を図2.10～2.12に示す。

2.2.2.1 軽量床衝撃音遮断性能(タッピングマシン)

試験方法は、ISO 10140-3 “Acoustics - Laboratory measurement of sound insulation of building elements - Part 3: Measurement of impact sound insulation” に基づき、標準軽量衝撃源(タッピングマシン)による規準化床衝撃音レベルの測定を行った。なお、測定は中心周波数50～5000Hzの21帯域1/3オクターブバンドについて行い、その測定結果から中心周波数63～4000Hzの7帯域1/1オクターブバンドの値も算出した。

2.2.2.2 重量床衝撃音遮断性能(タイヤ衝撃源)

試験方法は、ISO 10140-3 “Acoustics - Laboratory measurement of sound insulation of building elements - Part 3: Measurement of impact sound insulation” に準じて、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」に規定される衝撃力特性(1)の標準重量衝撃源(タイヤ衝撃源)による重量床衝撃音レベルの測定を行った。なお、測定は中心周波数20～630Hzの15帯域1/3オクターブバンドについて行い、その測定結果から中心周波数31.5～500Hzの5帯域1/1オクターブバンドの値も算出した。

2.2.2.3 重量床衝撃音遮断性能(ボール衝撃源)

試験方法は、ISO 10140-3 “Acoustics - Laboratory measurement of sound insulation of building elements - Part 3: Measurement of impact sound insulation” に準じて、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」に規定される衝撃力特性(2)の標準重量衝撃源(ボール衝撃源)による重量床衝撃音レベルの測定を行った。なお、測定は中心周波数20～630Hzの15帯域1/3オクターブバンドについて行い、その測定結果から中心周波数31.5～500Hzの5帯域1/1オクターブバンドの値も算出した。

2.2.2.4 空気音遮断性能(音響透過損失)

試験方法は、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」に基づき、中心周波数100～5000Hzの18帯域1/3オクターブバンドについて音響透過損失の測定を行った。

2.2.2.5 衝撃インピーダンス

試験体に振動加速度ピックアップを固定し、その近傍をインパルスハンマで加振し、加振力および振動速度を測定した。これらの信号をFFT分析器に入力し、衝撃時間内応答インピーダンス、全時間応答インピーダンス、床版の固有振動数の解析を行った。

2.2.2.6 静的荷重によるたわみ

試験体におもり（約760kg）を中心に載荷し、レーザー変位計を用いて、端部2点と中央部1点の静的載荷時の変位量を測定した。その結果から静的載荷時のたわみ量を算出し比較した。

2.2.3 試験実施場所

一般財団法人 日本建築総合試験所（所在地：大阪府吹田市藤白台5丁目8番1号）

音響実験棟 第2・第4残響室

2.2.4 試験実施日

平成27年11月2日～同年12月25日

2.2.5 床版遮音性能の試験結果

試験結果の一覧と比較を、表 2.6～2.7 および図 2.13～2.21 に示す。なお、床版遮音性能の試験結果の詳細については、別冊の「CLT 床版の遮音性能試験 報告書」（一般財団法人 日本建築総合試験所）を参照されたい。

一連の試験結果および比較から、以下のことがいえる。

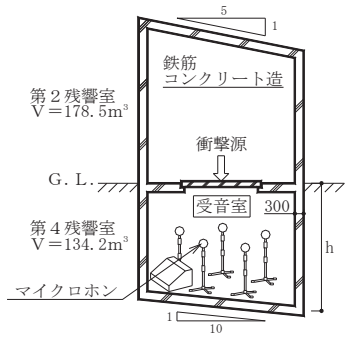
- (1) まず、CLT パネル (t=210mm) 単体 (No. 0-1)、および床上側をせっこうボード+合板で被覆した仕様 (No. 0-2) の床衝撃音遮断性能の測定結果を、昨年度(平成 26 年度)の試験体の測定結果と比較した。その結果、重量・軽量床衝撃音ともに、遮音性能水準は同等であり周波数特性にも大きな差異は見られなかった。このことから、CLT 床の生産ロットの違いによる床衝撃音遮断性能の差異はほとんど無いと言える。(図 2.13 および図 2.16)
- (2) また、空気音遮断性能(音響透過損失)についても、CLT パネル (t=210mm) 単体 (No. 0-1)、およびせっこうボード+合板で被覆した仕様 (No. 0-2) の測定結果を、昨年度(平成 26 年度)の試験体の測定結果と比較した。その結果、250Hz 帯域より高い周波数域で今年度の試験体のほうが若干遮音性能が高い結果であった。これは、昨年度の遮音試験において試験体四周の木枠と床パネルとの接合部からの若干の漏音が確認されており、その影響の有無の差が表れたものと推測される。その影響を考慮すると、今年度と昨年度の試験結果はほぼ同等であるといえる。(図 2.20)
- (3) CLT パネル (t=90mm) を二重天井として使用すると (No. 1-1～1-5)、天井空気層を密閉とした仕様 (No. 1-1) では重量床衝撃音では効果が無く、軽量床衝撃音では 10dB の低減効果がみられた。CLT 二重天井にグラスウールを挿入すると (No. 1-2)、重量床衝撃音の性能はさらに 3dB の改善が見られた。(図 2.14 および図 2.17)
- (4) 天井空気層での圧力上昇による伝搬の影響を防ぐために天井パネル四周に隙間を開けると (No. 1-3 および No. 1-4)、下階側に隙間を設けた場合 (No. 1-3) には重量床衝撃音・軽量床衝撃音ともに遮断性能が逆に大幅に低下してしまうが、上階側に隙間を設けた場合 (No. 1-4) には重量床衝撃音の遮断性能が改善し、Lr-60 までの高い遮音性能水準に達することが判った。(図 2.14 および図 2.17)
- (5) さらに CLT 天井パネルの上に制振用に砂袋を載せると (No. 1-5)、重量床衝撃音の性能が Lr-60 まで向上する。これは、今回の一連の天井仕様の中では、最も遮音性能が高い結果である。(図 2.14 および図 2.17)
- (6) 乾式二重床を床上に施工した仕様については、通常仕様 (No. 2-1)、および、通常仕様に制振マット (8mm、16mm) を追加した仕様 (No. 2-2、2-3) の測定を行った。なお、昨年度の試験ではゴム支持脚を固定せず二重床がバウンドした影響で重量床衝撃音遮断性能が低下していた(特に 125～250Hz 帯域で音圧レベルが大幅に上昇)と推測されるため、今年度の試験に際しては施工時にゴム支持脚を床面に接着固定した。その結果、今年度の重量床衝撃音の試験結果では二重床のバウンドの影響による性能低下は表れなかった。また、制振マットを厚くし、面密度を高くするのに伴い、重量・軽量・透過損失ともに、遮音性能は次第に

向上することが確認された。最も遮音性能の高い制振マット 16mm の仕様 (No. 2-3) では、重量 Lr-59、軽量 Lr-64、であった。(図 2. 15、図 2. 18、図 2. 21)

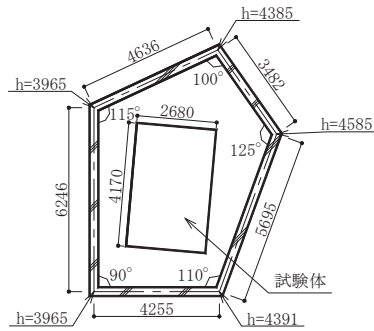
- (7) 防音フローリングを施工すると (No. 3-1, 3-2)、軽量床衝撃音遮断性能の性能は Lr-61～58 まで向上した。これは、鉄筋コンクリート床上に施工した場合より低い性能であるが、鉄筋コンクリート版と CLT パネルの素板の性能の差にほぼ対応している。また、ベースとなる CLT パネル素板が異なっても (No. 0-1 と No. 0-2)、防音フローリングを施工した後の遮音性能はほとんど変わらなかった。これは、防音フローリングが「床表面を軟らかくして遮音性能を向上させる」タイプの床材であるためと推測される。No. 0-2 においては下地材 (PB + 合板) の施工で同様の効果が元々有り、防音フローリングを重ね貼りしても加算した効果までは発揮されないためであると考えられる。(図 2. 19)
- (8) CLT パネルの両面に炭素繊維開繊テープを貼り付けても (No. 4-1→No. 4-2)、衝撃時間内応答インピーダンスの変化はほとんどなく、1 次固有振動数の変化も CLT パネルの曲げ剛性の向上を示すものではなかった。また、静的荷重に対する変位量の変化は僅かであり、明確な効果は見られなかった。(表 2. 7)

以上をまとめると、CLT 床版の遮音性能について、以下のようになる。

- ・今年度と昨年度の CLT パネルの遮音性能を比較すると、同仕様の試験体の遮音性能はほぼ同等であり、生産ロットの違いによる遮音性能の差異はほとんどみられなかった。
- ・CLT パネル (t=90mm) を二重天井材として使用すると、重量・軽量床衝撃音遮断性能が大幅に改善する。なお、四周空気抜きや挿入材の有無によって性能が変化する。
- ・CLT 床版の床上側に乾式二重床を施工することで、重量・軽量床衝撃音遮断性能を改善させることができる。また制振マットを追加すると遮音性能がさらに向上する。
- ・CLT 床版の床上側に防音フローリングを施工すると、軽量床衝撃音遮断性能が改善する。ただし、ベース床である CLT 床版が素板の場合とせっこうボード+合板が施工された場合とで、防音フローリング施工後の遮音性能の差異はほとんど見られなかった。
- ・今回の実験結果の範囲から判断する限り、CLT 床版に炭素繊維開繊テープを貼付けても、重量床衝撃音遮断性能を改善させる効果は見られなかった。



【第2・第4残響室断面図】



【第2残響室平面図】

(壁寸法・隅部高さ(h)は第4残響室の値)

【音源装置】

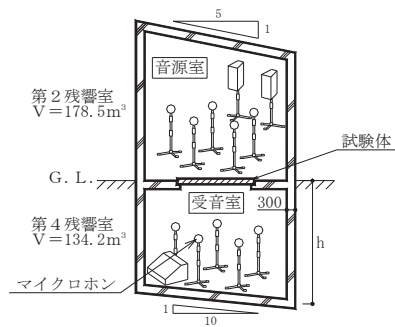
- 標準軽量衝撃源 (タッピングマシン) :
B & K 3 2 0 4, 質量 17.2kg
- 標準重量衝撃源
(衝撃力特性(1) : バングマシン)
サツキ製作所 T型, 質量42.4kg
- 標準重量衝撃源
(衝撃力特性(2) : ゴムボール)
リオン Y I - 0 1, 質量 2.5kg

【受信装置】

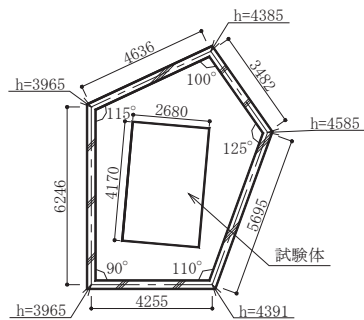
- マイクロホン : 小野測器 MI-1233
- プリアンプ : 小野測器 MI-3110
- 多チャンネル信号分析器 :
小野測器 DS-2100

【測定機器】

図 2.10 床衝撃音遮断性能試験装置の概要およびブロック図 (寸法単位 : mm)



【第2・第4残響室断面図】



【第2残響室平面図】

(壁寸法・隅部高さ(h)は第4残響室の値)

【音源装置】

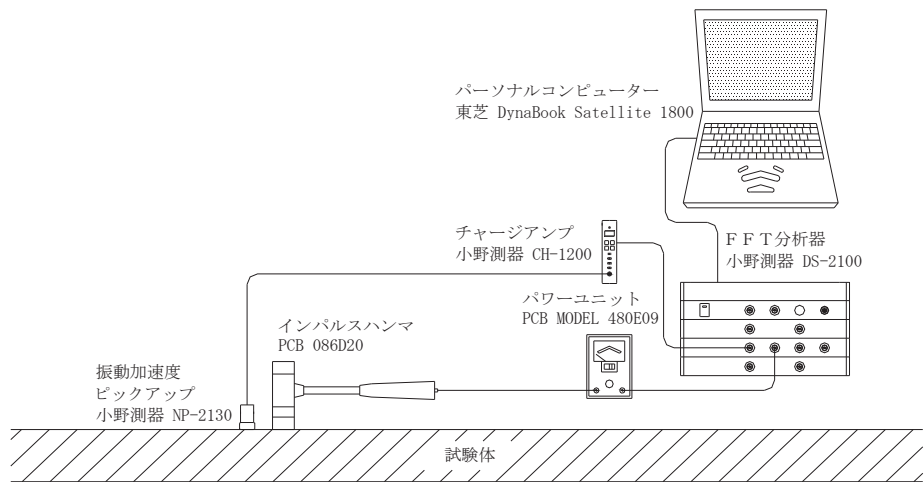
- 多チャンネル信号分析器 :
小野測器 DS-2100
- イコライザ : ヤマハ Q2031B
- アンプ : ヤマハ HC2700
- スピーカ :
エレクトロ・ボイス T251+

【受信装置】

- マイクロホン : 小野測器 MI-1233
- プリアンプ : 小野測器 MI-3110
- 多チャンネル信号分析器 :
小野測器 DS-2100

【測定機器】

図 2.11 空気音遮断性能試験装置の概要およびブロック図 (寸法単位 : mm)



【測定装置ブロック図】

【測定方法】

試験体に振動加速度ピックアップを固定し、その近傍をインパルスハンマで加振し、加振力および振動速度を測定した。これらの信号をFFT分析器に入力し、下記①～②の解析を行なった。サンプリング周波数は12800Hz、測定時間は1.28秒とした。インパルスハンマはPCB 086D20にメディアムヘッドを取り付けたもの（衝撃周波数：約200Hz）を用いた。

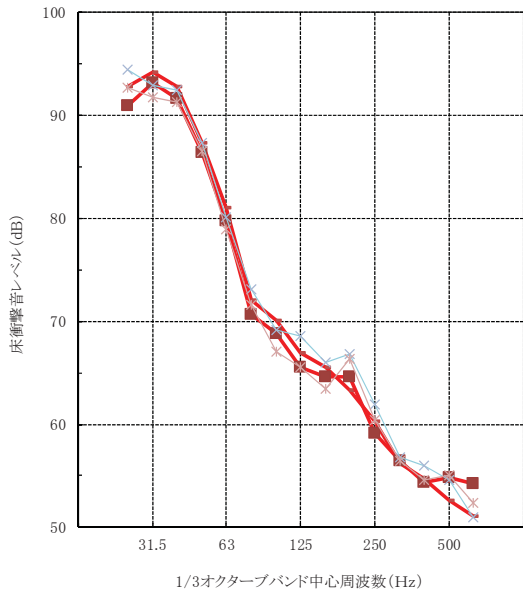
①衝撃時間内応答インピーダンス

衝撃時間内における加振力および振動速度の時間波形から衝撃時間内応答インピーダンスを求めた。なお、各測定点に対して3回の測定結果を算術平均した。

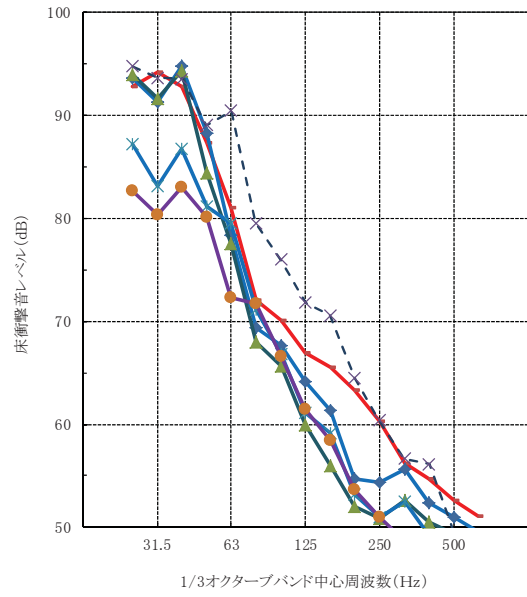
②全時間応答インピーダンス

加振力および振動速度の時間波形を高速フーリエ変換し、3回測定のパワースペクトル算術平均値を用いて全時間応答インピーダンスを求めた。

図 2.12 衝撃インピーダンス試験装置の概要およびブロック図



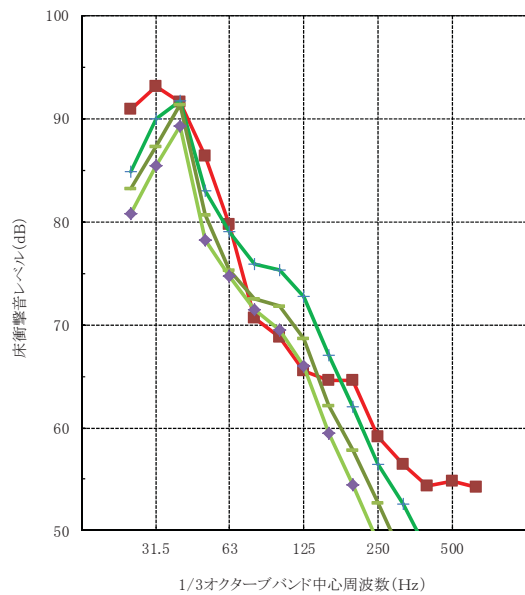
No.0-1 CLT210
 H26-CLT
 No.0-2 CLT210+PB+合板
 H26-CLT+PB合板



No.0-1 CLT210
 No.1-1 天井CLT、密閉
 No.1-2 天井CLT、GW入
 No.1-3 天井CLT、下階隙間
 No.1-4 天井CLT、上階隙間
 No.1-5 天井CLT、砂袋

図 2.13 CLT 床の基本性能(重量衝撃)

図 2.14 CLT 天井付加の効果(重量衝撃)



No.0-2 CLT210+PB+合板
 No.2-1 二重床、標準
 No.2-2 二重床、制振8mm
 No.2-3 二重床、制振16mm

図 2.15 乾式二重床付加の効果(重量衝撃)

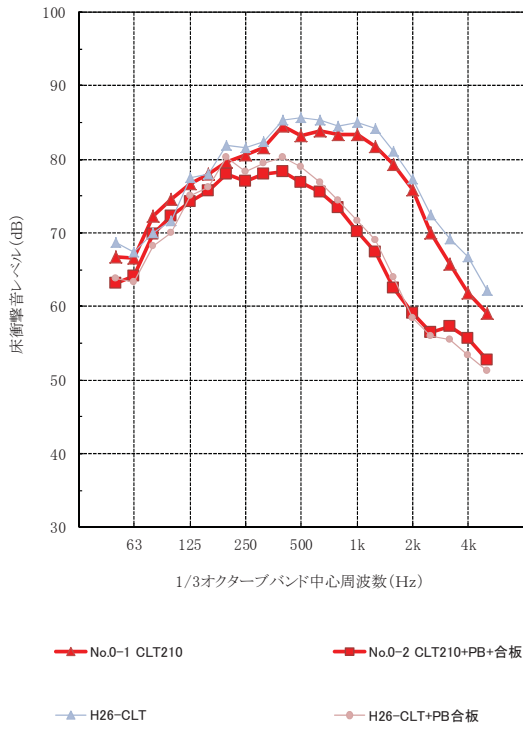


図 2.16 CLT 床の基本性能(軽量衝撃)

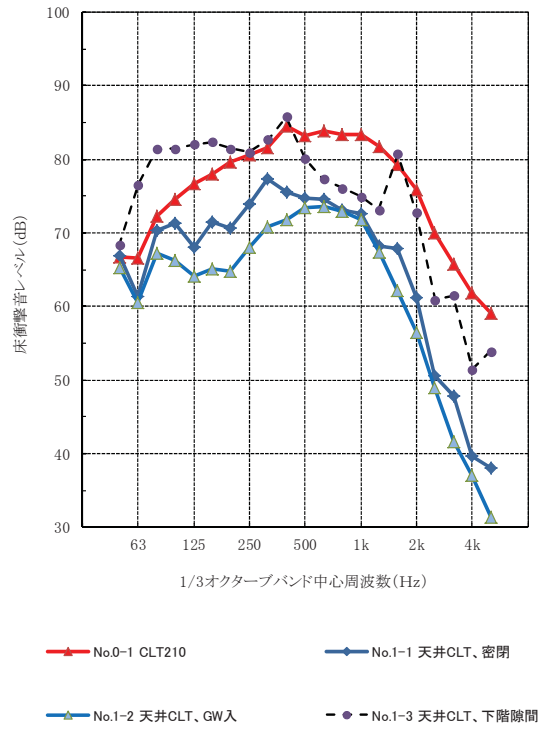


図 2.17 CLT 天井付加の効果(軽量衝撃)

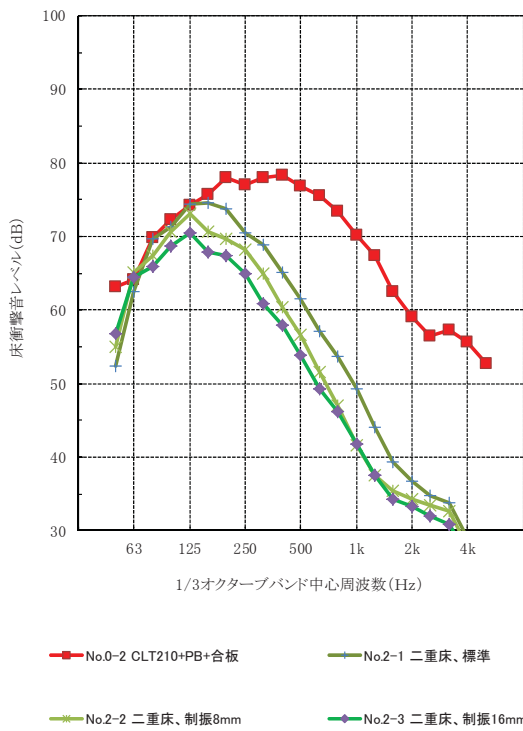


図 2.18 乾式二重床付加の効果(軽量衝撃)

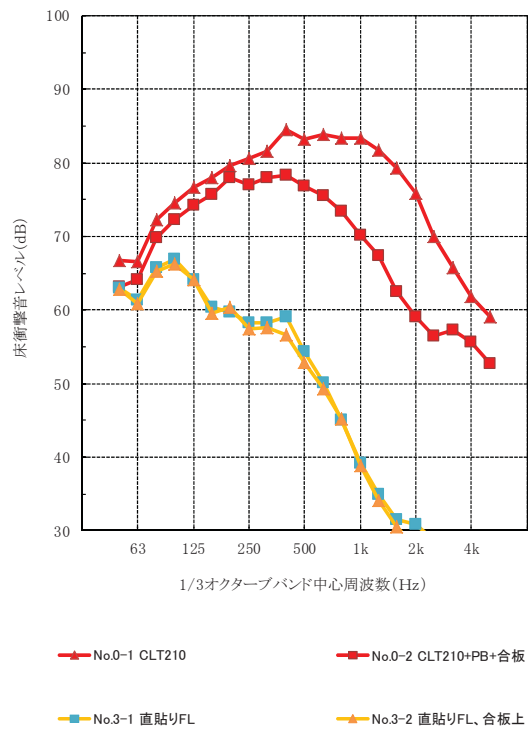


図 2.19 防音フローリングの効果(軽量衝撃)

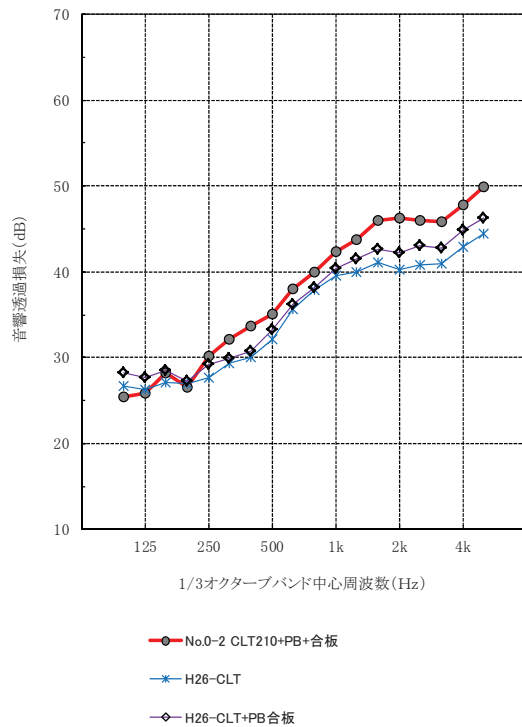


図 2.20 CLT 床の基本性能(音響透過損失)

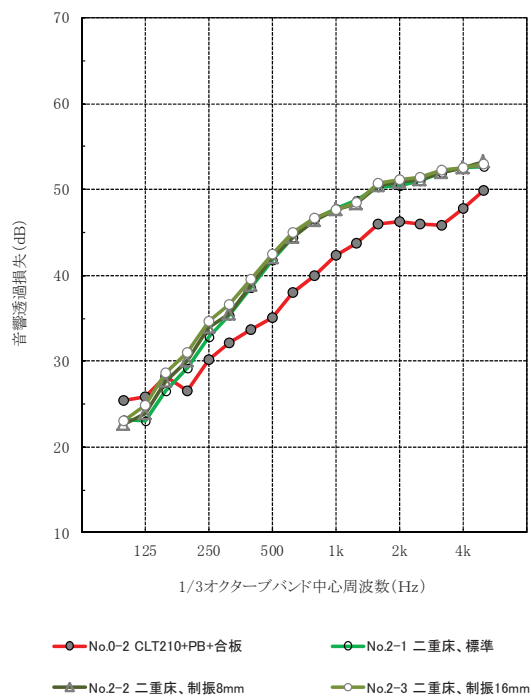


図 2.21 乾式二重床付加の効果(音響透過損失)

表 2.6 試験結果の一覧

No.	軽量床衝撃音 遮断性能 (タッピングマシン)	重量床衝撃音 遮断性能 (タイヤ衝撃源)	重量床衝撃音 遮断性能 (ボール衝撃源)	空気音 遮断性能 (音響透過損失)
0-1	Lr-91	Lr-66	Lr-65	—
0-2	Lr-82	Lr-65	Lr-64	Rr-35
1-1	Lr-80	Lr-66	Lr-58	—
1-2	Lr-79	Lr-63	Lr-55	
1-3	Lr-88	Lr-70	Lr-68	
1-4	—	Lr-62	Lr-58	
1-5		Lr-60	—	
2-1	Lr-71	Lr-65	Lr-60	Rr-39
2-2	Lr-67	Lr-61	Lr-57	Rr-39
2-3	Lr-64	Lr-59	Lr-55	Rr-40
3-1	Lr-61	—	—	—
3-2	Lr-59			

表 2.7 試験結果の一覧

No.	衝撃時間内応答インピーダンス (dB)	固有振動数 (Hz)	静的載荷時のたわみ量 (mm)
4-1	96.2	23	1.6
4-2	96.5	19	1.9

2.3 実物件の測定事例データ集

これまでに実際に建設された CLT 建築物の遮音性能に関する情報を整理するため、遮音性能の測定事例に関するデータ集を作成した。

対象とした物件は、いずれも国内で建設された CLT 住宅であり、物件数は計 4 物件、測定データ数は計 16 室分である。データシートにまとめる音響性能値は、これまでに測定事例の蓄積が多い床衝撃音遮断性能（重量・軽量）とした。

データシートは「1 枚 1 測定結果」の構成とし、シート中に、物件に関する情報、測定箇所に関する情報、測定対象断面に関する情報、測定結果に関する情報、を記載するようにした。

作成した「測定データシート」を資料編に示す。

2.4 遮音性能のまとめ、今後の課題

本章でとりあげた、CLT 界壁の遮音性能試験、CLT 床版の遮音性能試験、実物件測定事例データ集についてのまとめと今後の課題は以下の通りである。

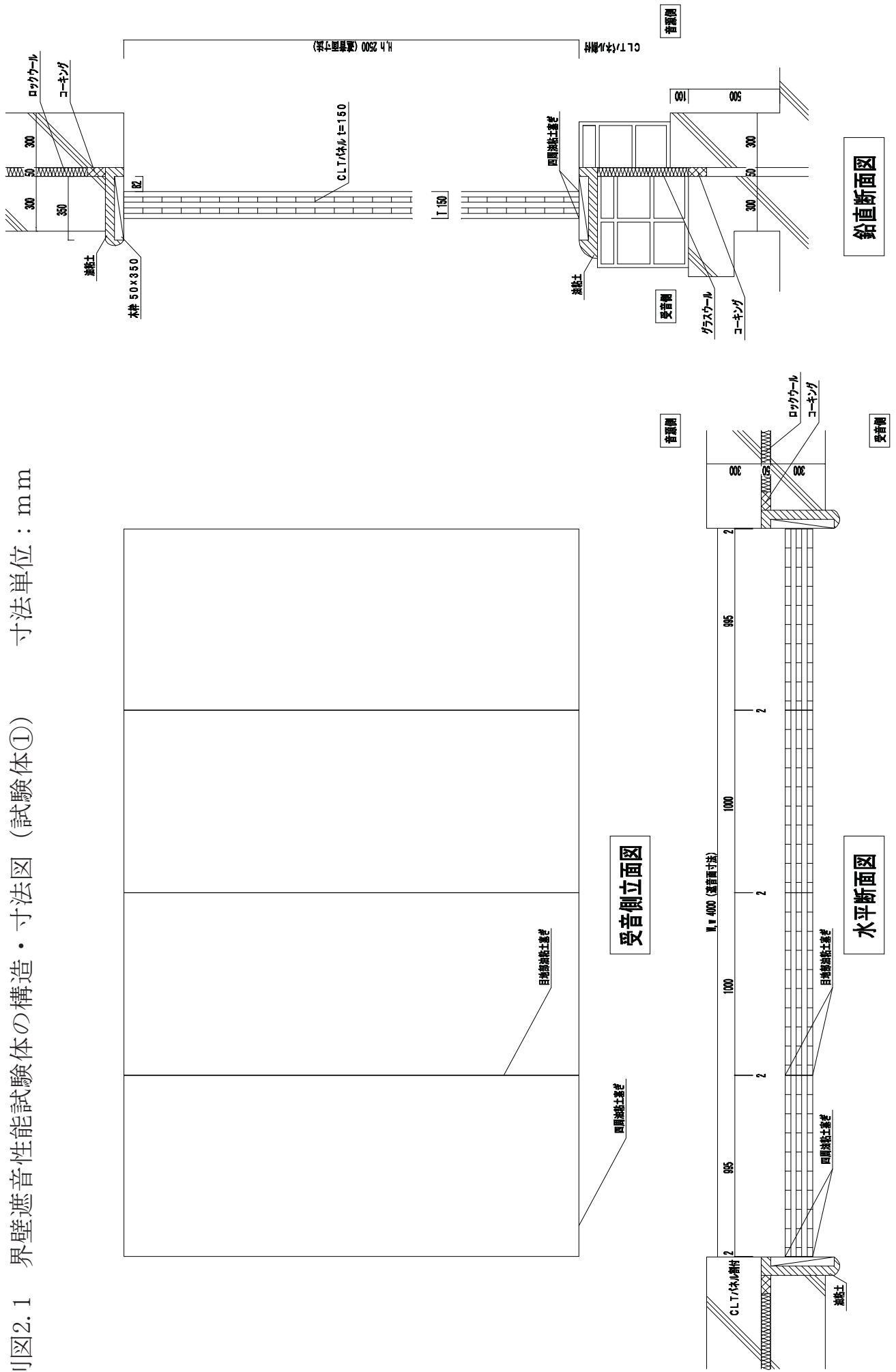
- (1) CLT を使用した界壁に関して、基本的な遮音性能を把握するとともに、共同住宅の界壁に使用できる遮音対策仕様を 2 例（片面 CLT 現し、両面 CLT 現し）、提案することができた。これらの 2 つの壁仕様はいずれも、CLT パネル（ $t=150\text{mm}$ ）を構造躯体の壁として使用することを前提としており、「両面 CLT 現し」の壁仕様についても追加される CLT パネル（ $t=90\text{mm}$ ）は構造体では無く化粧材として付加されることを想定している。今後は、これら 2 仕様について、国土交通大臣による遮音界壁の個別認定を取得し、共同住宅などで広く使えるようにすることが求められる。なお、今回の実験では壁の断面欠損（コンセントやボルト接合部など）は評価対象に含まれていない。また、鉄筋コンクリート造の集合住宅での標準的な高遮音水準の壁仕様は実現できていない。今後、こうした遮音対策についても検討を行うことで、より幅広い工法や用途に対して CLT 界壁の応用が可能となる。
- (2) CLT を使用した床版に関しては、CLT パネル二重天井の試行、普及型の乾式二重床の適用、防音フローリングの適用を試み、いずれの方法も CLT 床版への遮音対策として有効な手段であることが確認できた。最も遮音性能の高い仕様では、今回の目標とした重量床衝撃音遮断性能に対する LH-60 の水準（共同住宅として最低限の遮音性能水準）を到達できた。ただし、今回の実験では、天井・床仕上げの個々の要素による性能改善効果のみを確認しており、両方の技術を組合せた場合の遮音性能は確認できていない。今後は技術の組合せにより高い遮音性能水準の達成を確認するとともに、端部の納まりなど現実的な諸課題の解決方法の検討や、材工の費用も加味した普及型の断面仕様の開発が必要と考えられる。さらに、より高い遮音水準の仕様の開発とともに、実験室での検討に留まらず、実際の CLT 建物での施工性の検討や、実棟に適用した場合の遮音性能との対応なども検討が必要である。
- (3) 既往の CLT 住宅 4 物件について、床衝撃音遮断性能（重量・軽量）の測定データを統一した書式のデータシートにまとめた。今後も引き続き同形式での遮音データの収集を進め、設計者等へ提供できる資料作りを目指すことが望ましいと考えられる。

なお、今回の一連の遮音実験では、試行錯誤的に断面仕様を検討しているものもある。所期の遮音性能を確保するためには細部まで注意深く再現する必要がある要素も含まれている（例えば、乾式二重床の四周の隙間や支持脚の固定方法、CLT 二重天井の空気抜きの高さと設置箇所、など）。今後、仕様の諸要因が遮音性能に与える影響度と変化の傾向についても十分に把握し、設計仕様の標準化を図ること、および、現場施工時の品質管理における留意点も明確にすることが特に必要であると考えられる。

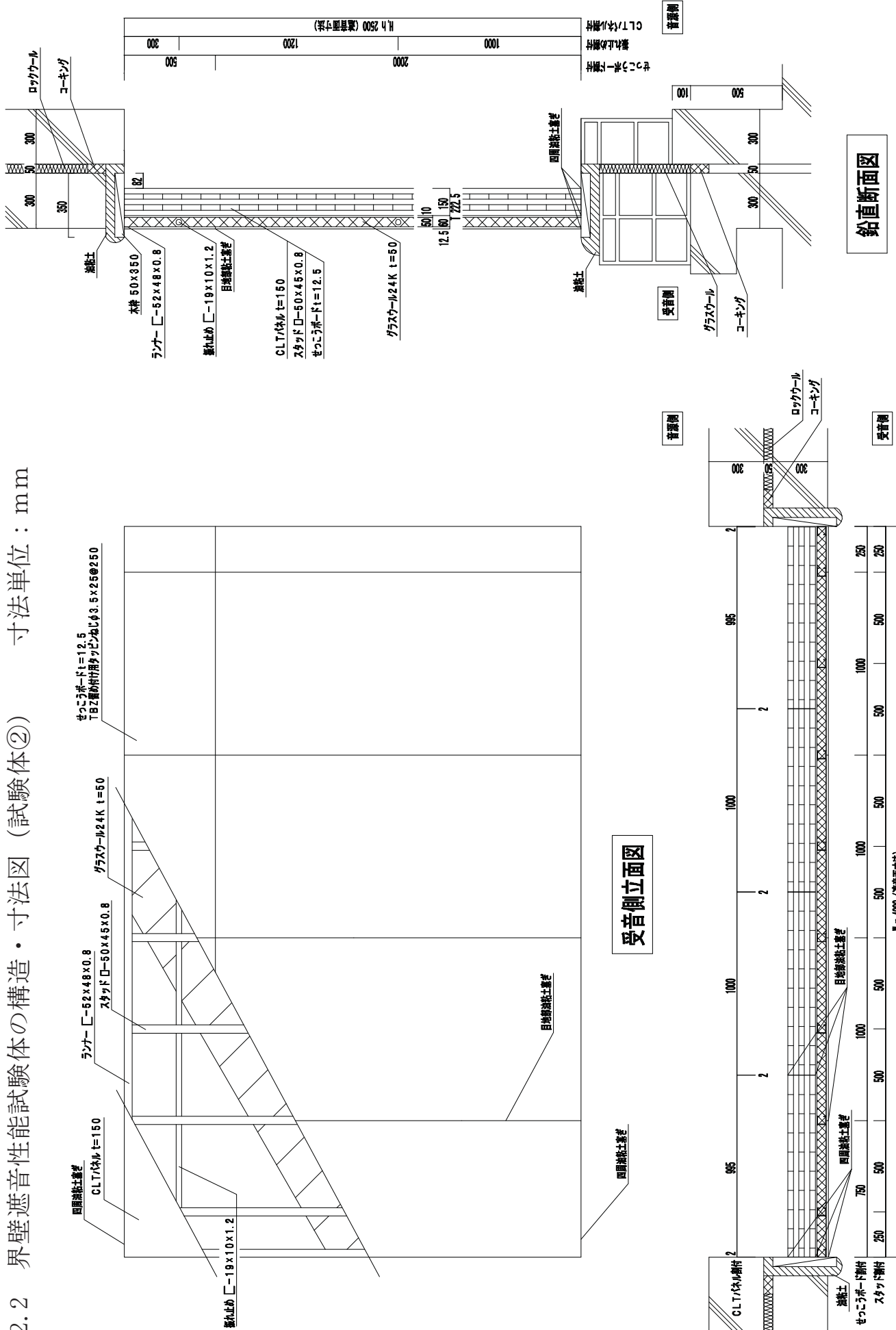
また、実際に集合住宅を計画する際には、居間・寝室・台所など用途別・部位別の遮音性能の要求水準を把握するとともに、上下階住戸間あるいは隣接住戸間での居室の配置計画などに配慮することも、入居者の満足度確保のためには必須である。

今後、こうした注意点を踏まえ、実建物において安心して確実に遮音性能が確保できるような、総合的な遮音設計マニュアルの整備を目指していくことが必要である。

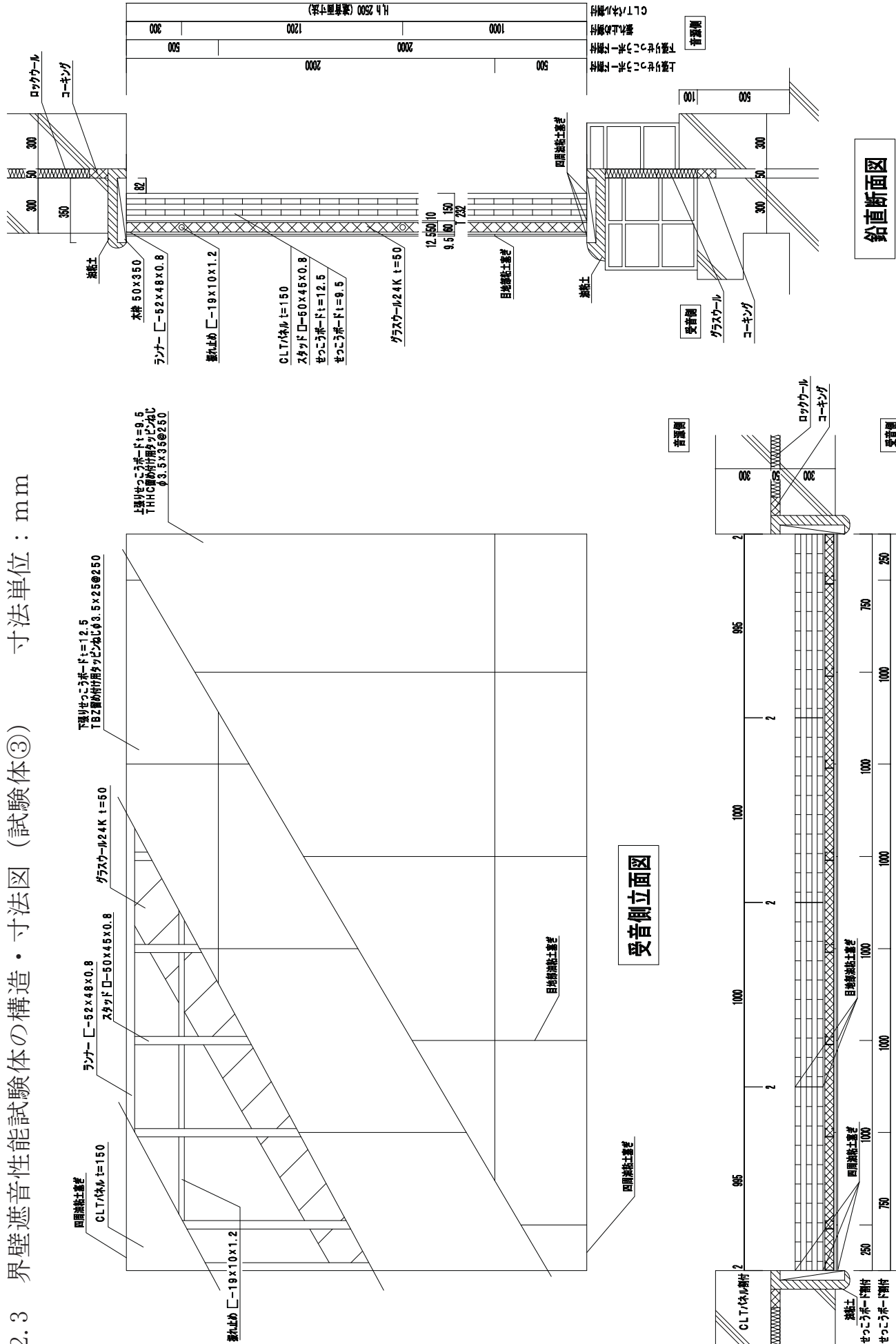
別図2.1 界壁遮音性能試験体の構造・寸法図 (試験体①) 寸法単位：mm



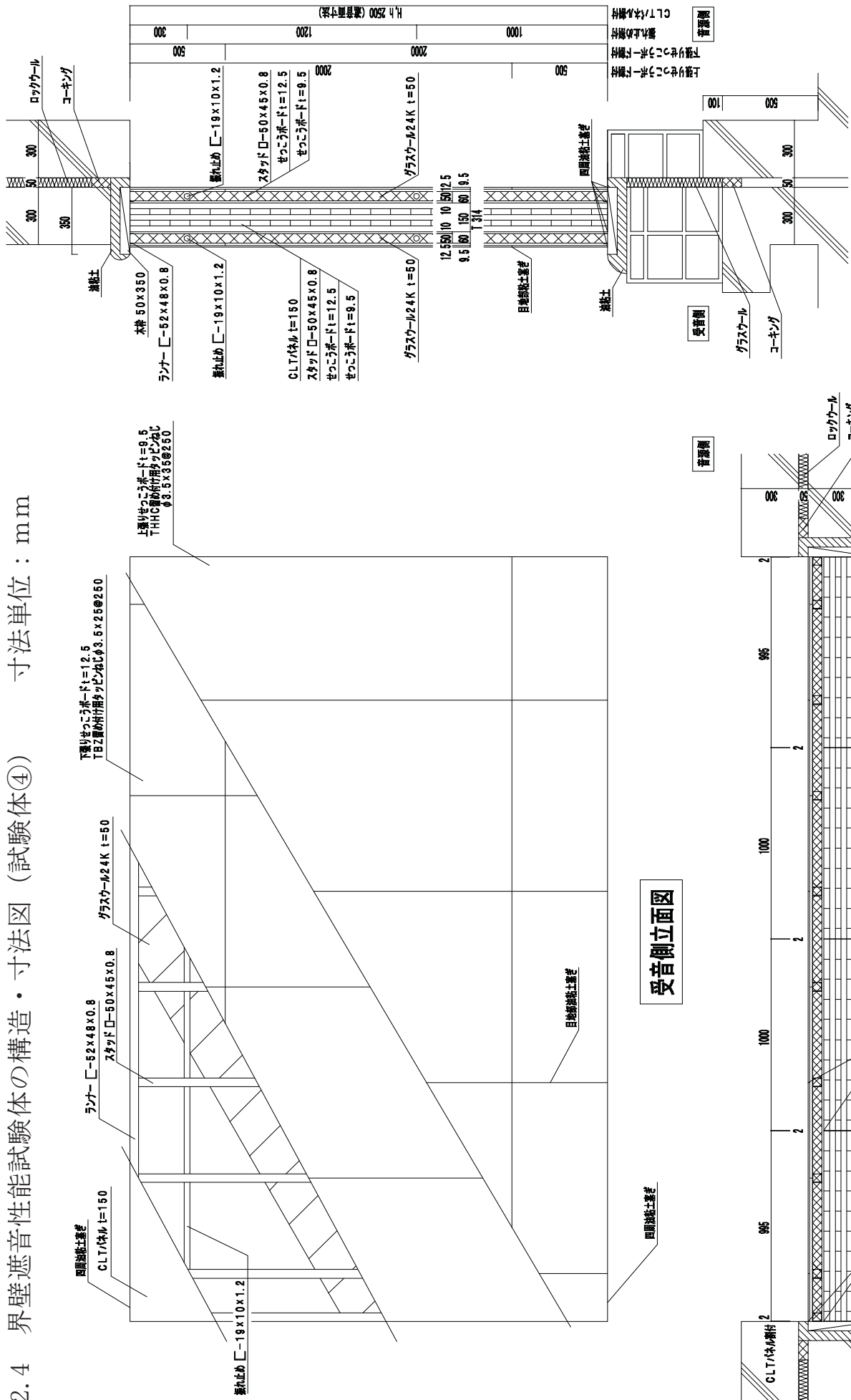
別図2.2 界壁遮音性能試験体の構造・寸法図 (試験体②) 寸法単位：mm



別図2.3 界壁遮音性能試験体の構造・寸法図 (試験体③) 寸法単位：mm

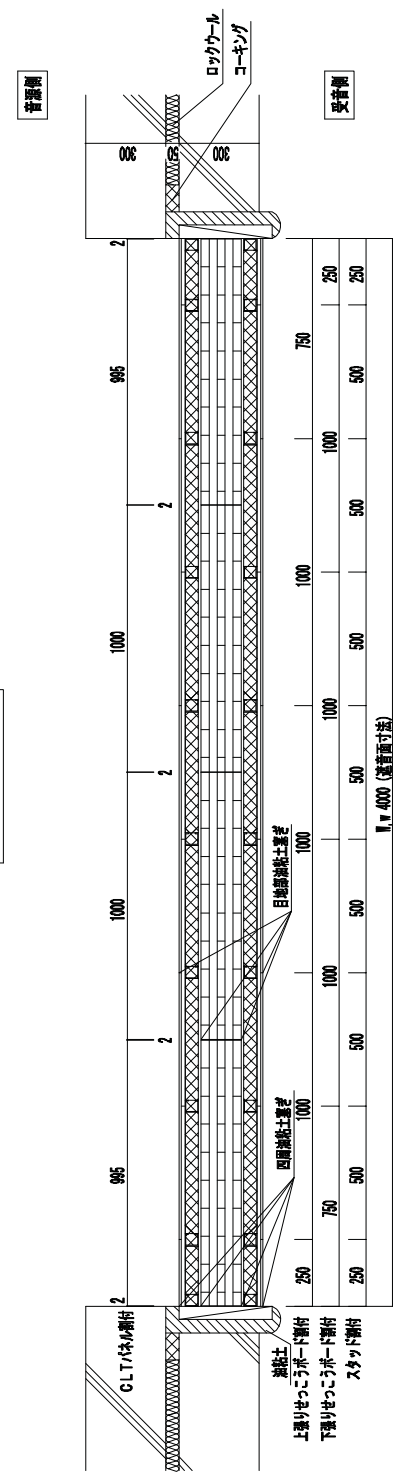


別図2.4 界壁遮音性能試験体の構造・寸法図 (試験体④) 寸法単位：mm



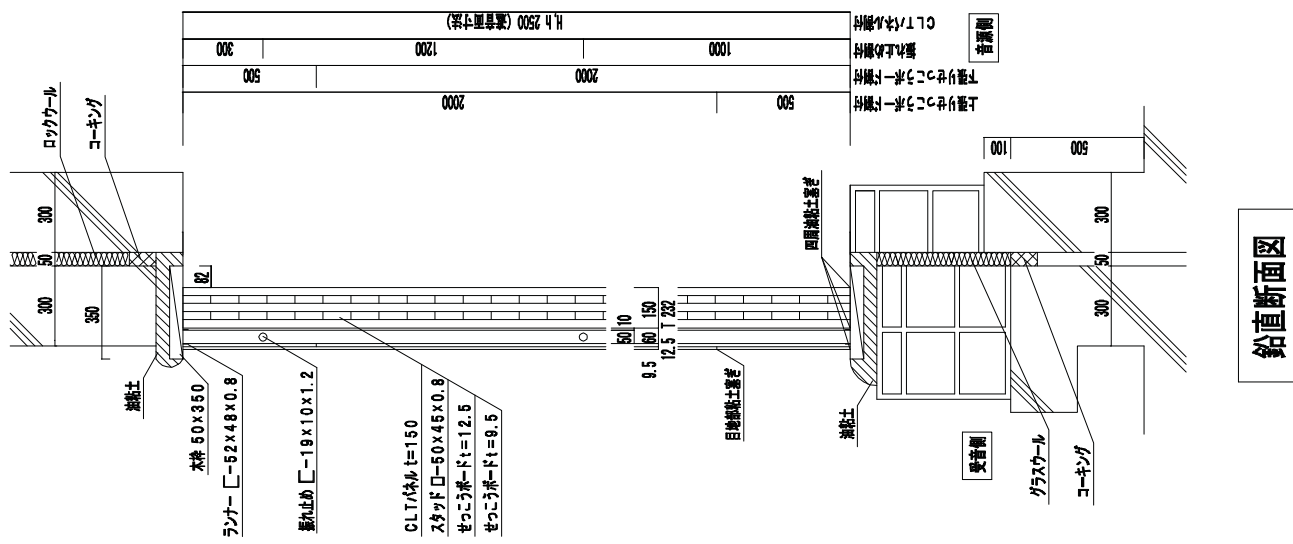
鉛直断面図

受音側立面図

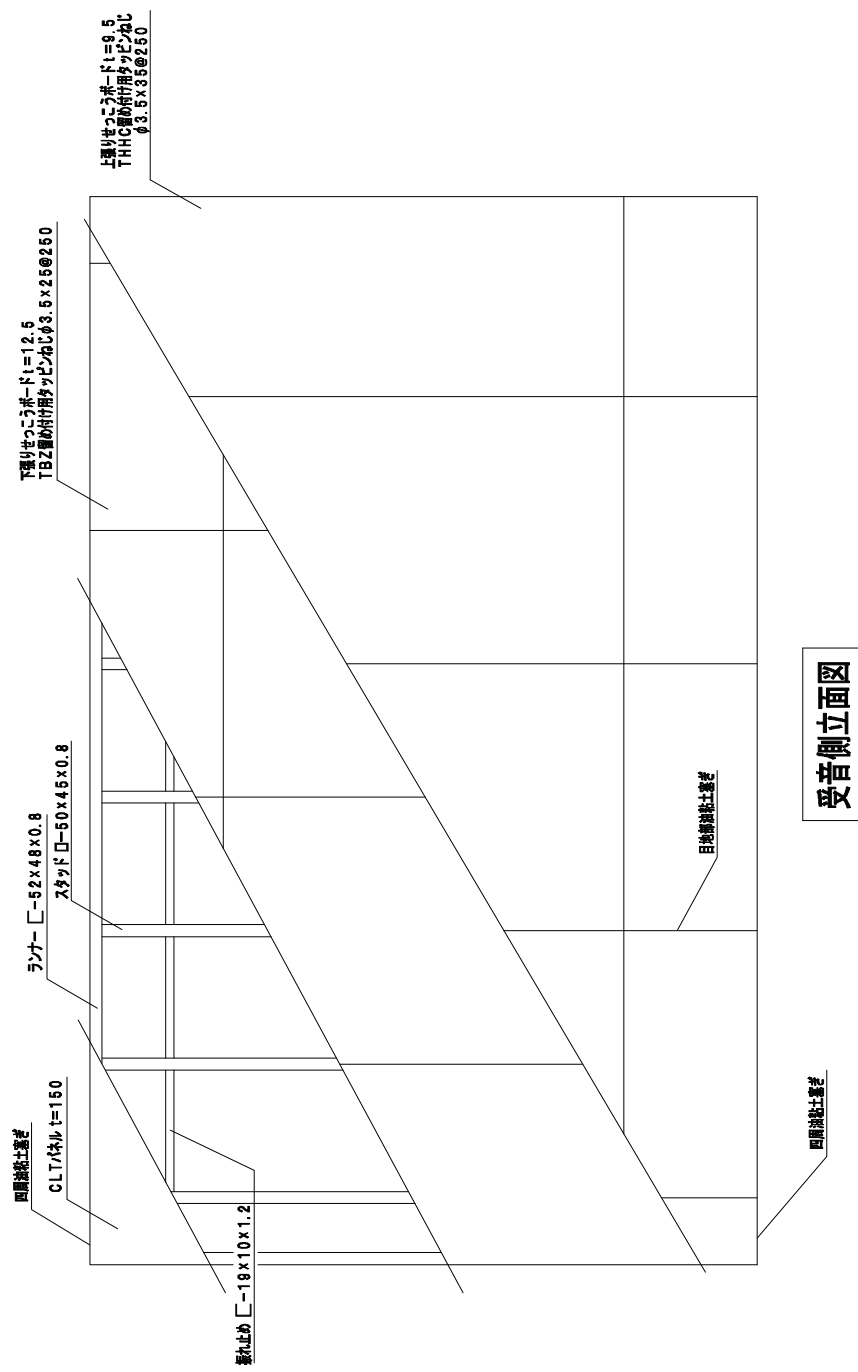


水平断面図

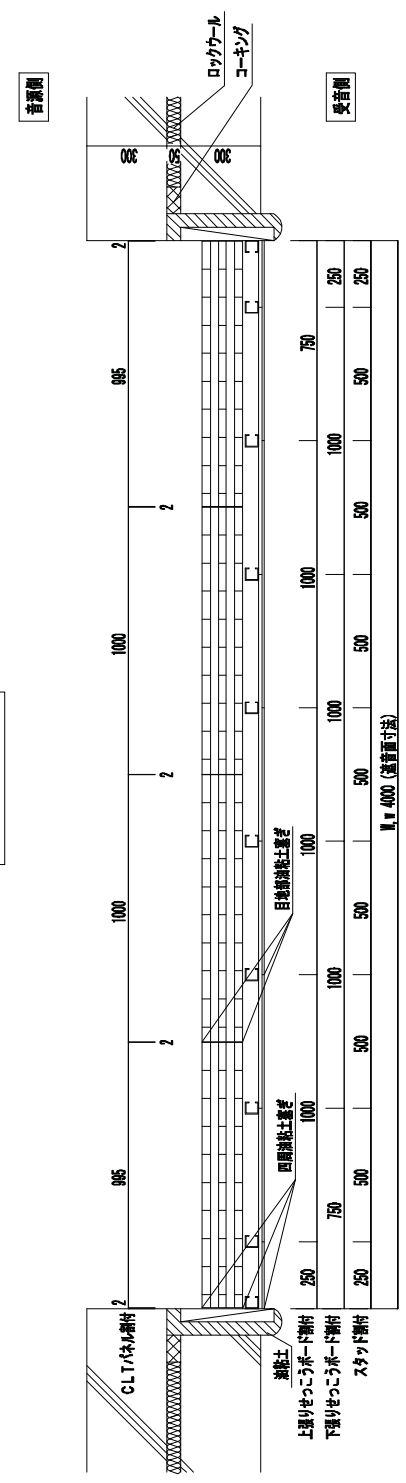
別図2.5 境界遮音性能試験体の構造・寸法図(試験体⑤) 寸法単位:m m



鉛直断面図



受音側立面図

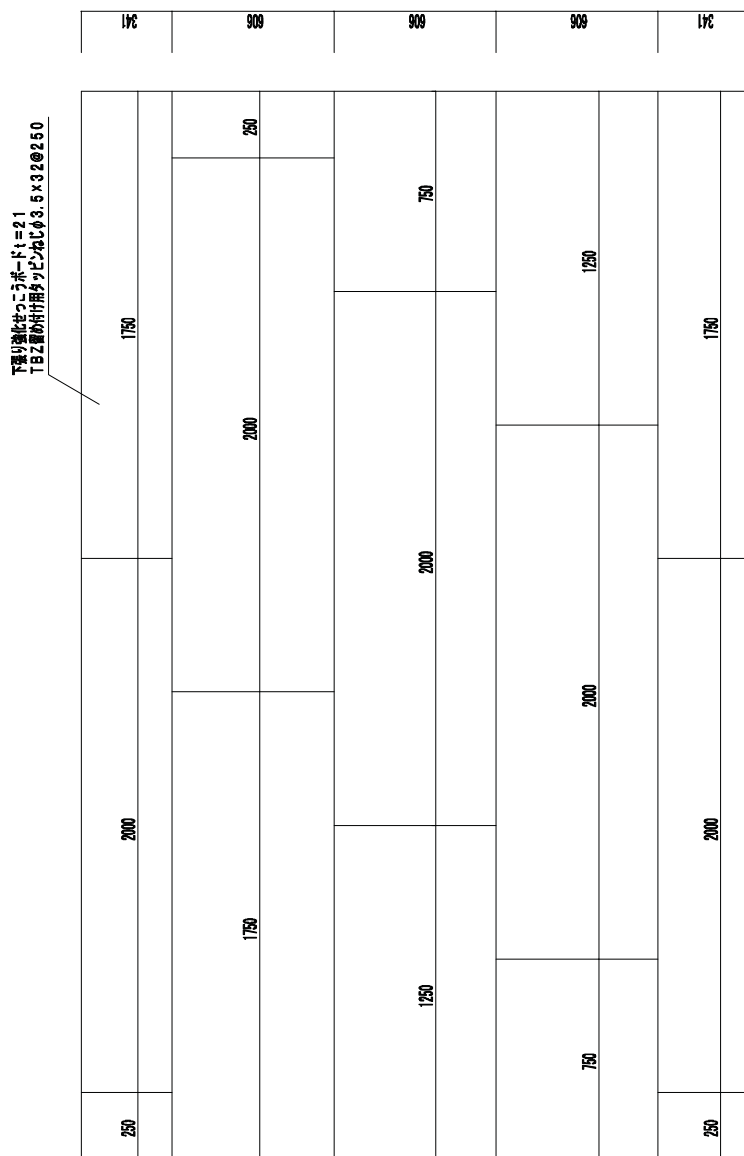


水平断面図

別図2.7 界壁遮音性能試験体の構造・寸法図（試験体⑥）

寸法単位：mm

（下張り強化せつこうボードの割付図）※606×2400をカット

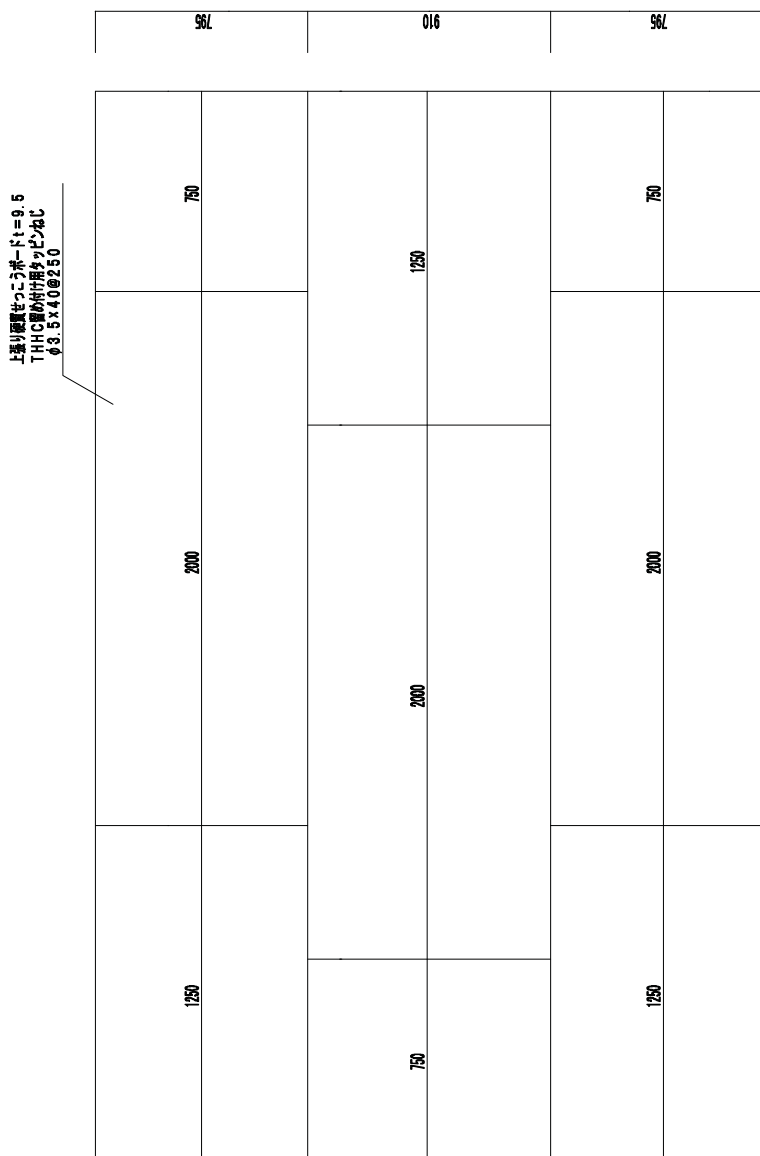


受音側立面図

別図2.8 界壁遮音性能試験体の構造・寸法図（試験体⑥） 寸法単位：mm

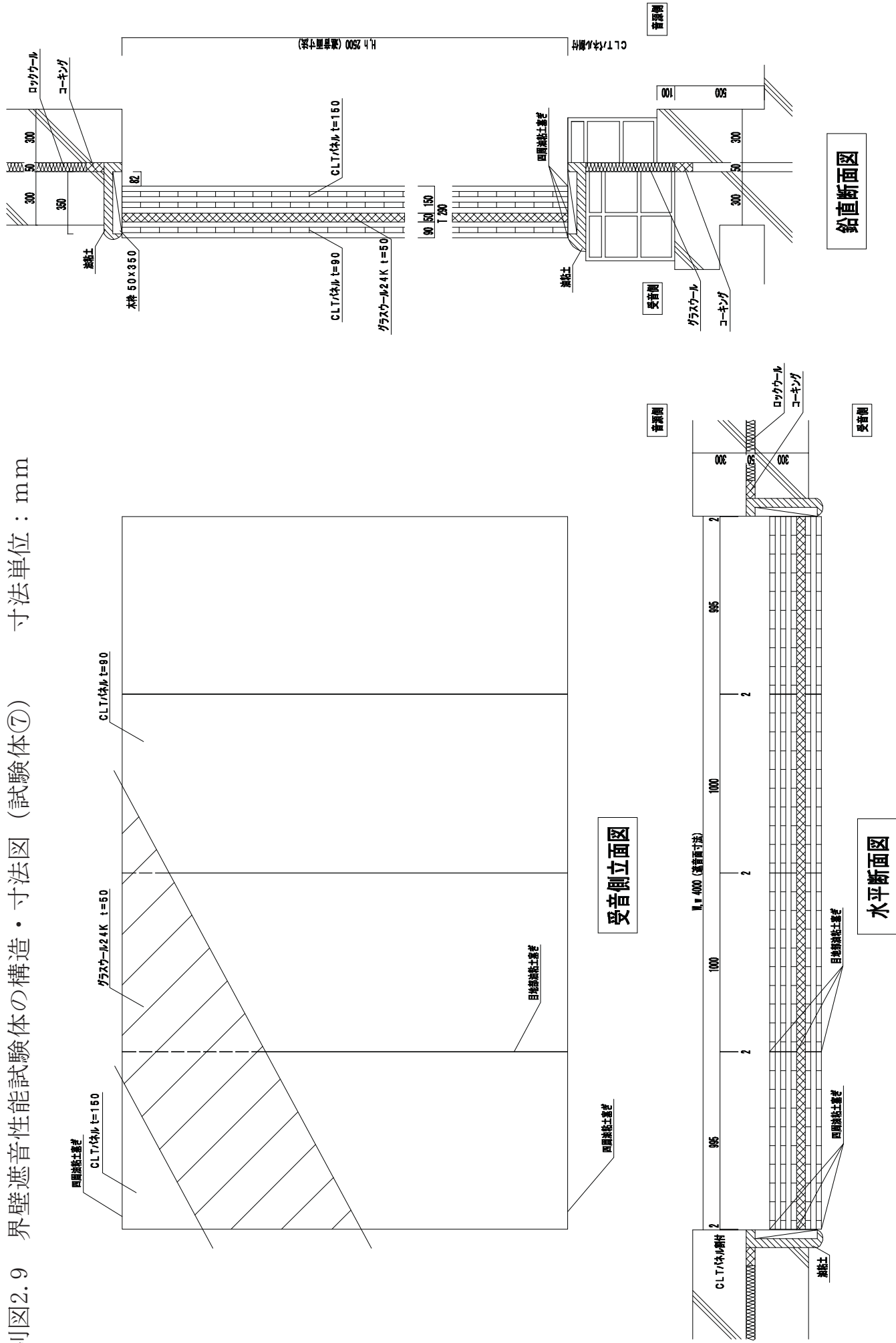
（上張り硬質せっこうボードの割付図）

※910×2400をカット

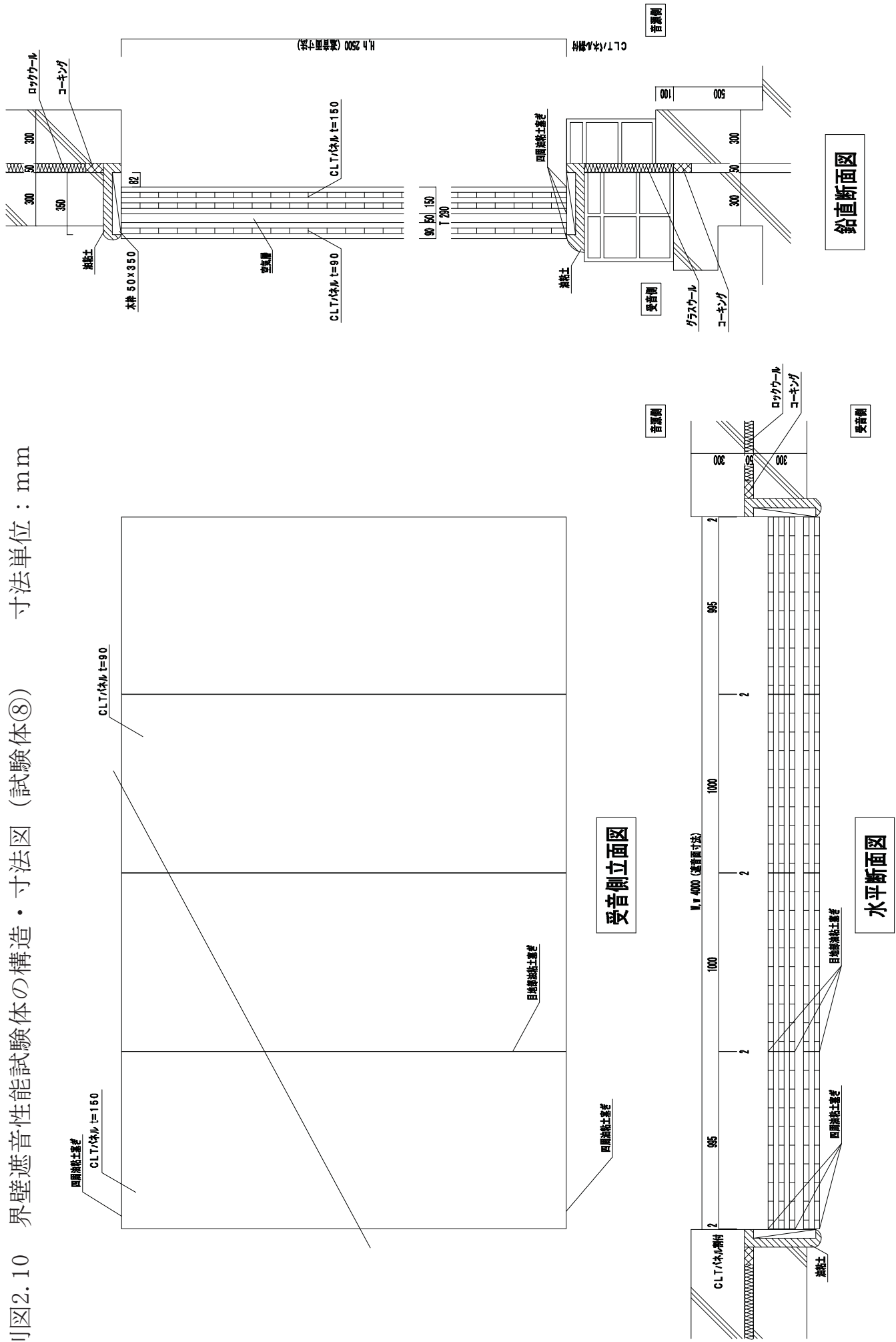


受音側立面図

別図2.9 界壁遮音性能試験体の構造・寸法図（試験体⑦） 寸法単位：mm



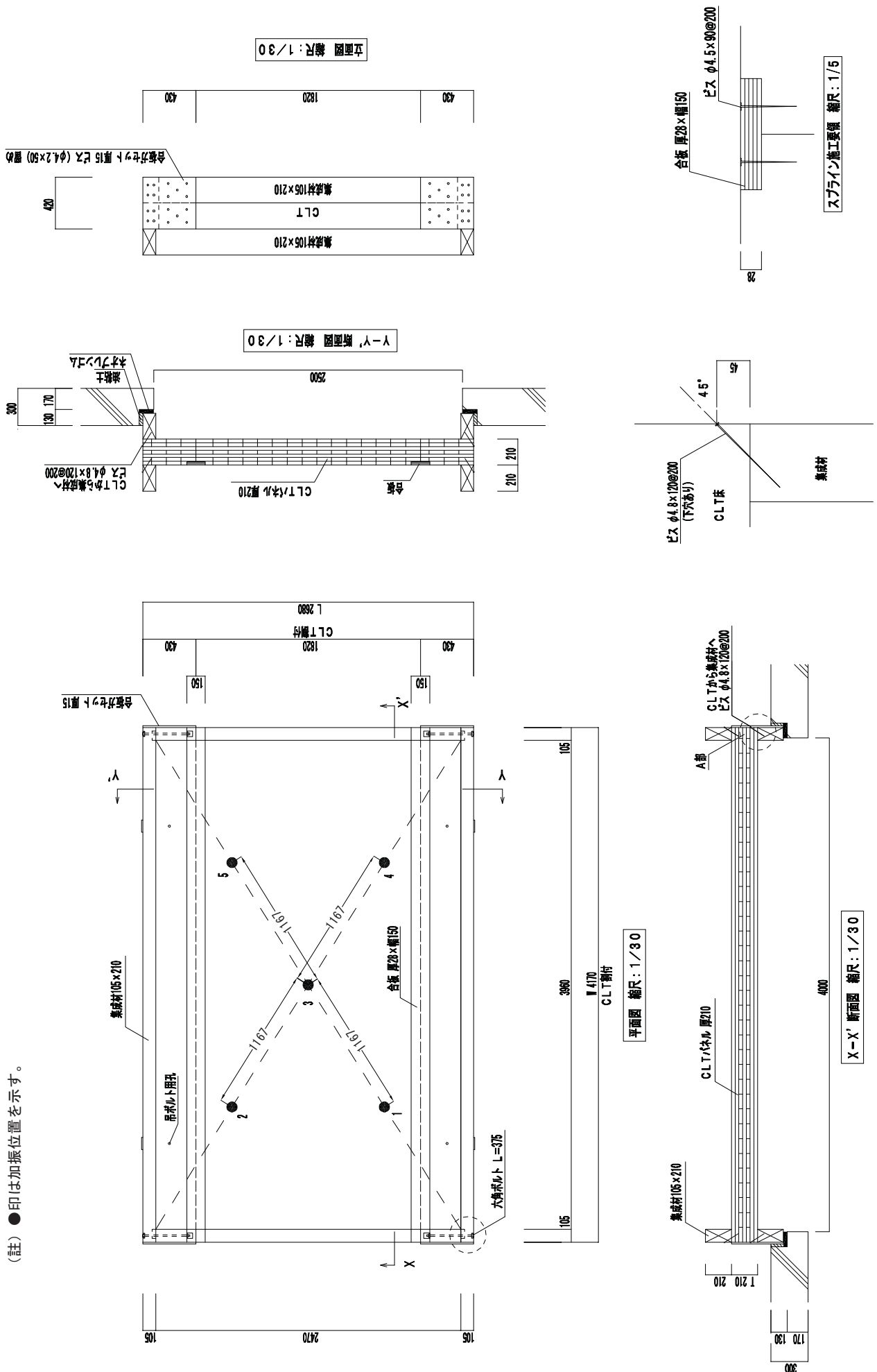
別図2.10 界壁遮音性能試験体の構造・寸法図（試験体⑧） 寸法単位：mm



別図2.11 床試験体の構造・寸法図（試験体No.0-1）

寸法単位：mm

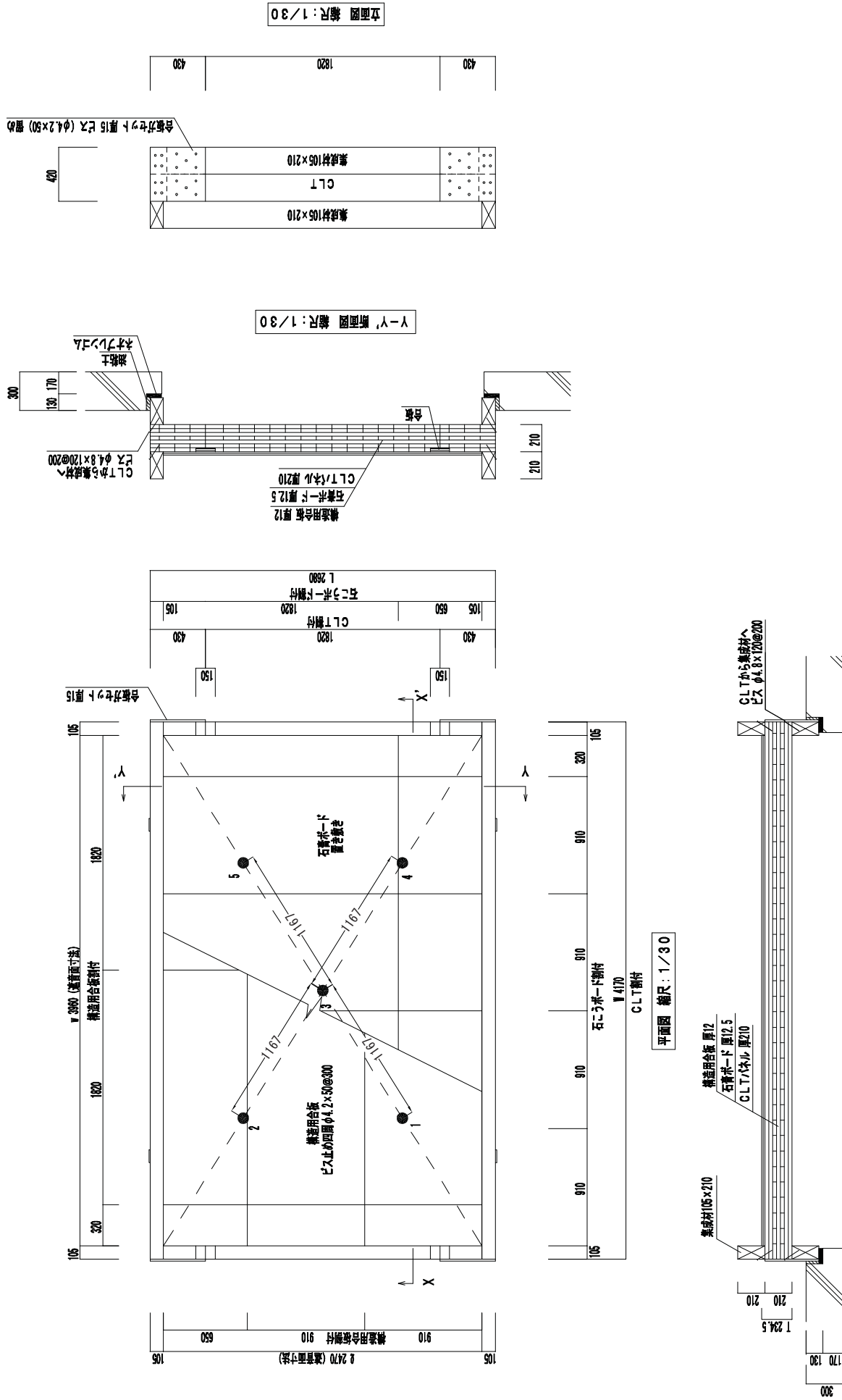
（註）●印は加振位置を示す。



別図2.12 床試験体の構造・寸法図（試験体No.0-2）

寸法単位：mm

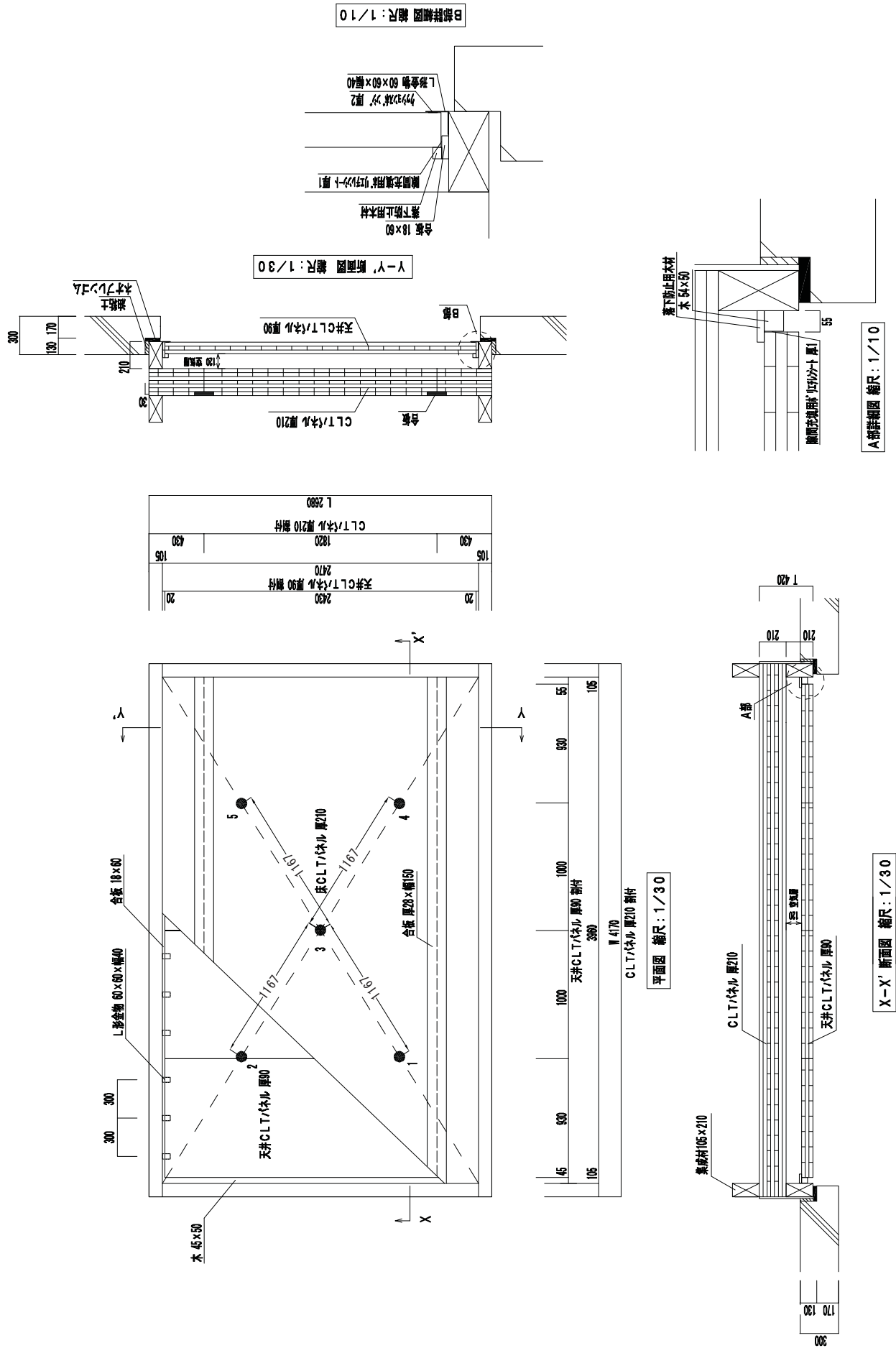
（註）●印は加振位置を示す。



別図2.13 床試験体の構造・寸法図（試験体No. 1-1）

寸法単位：mm

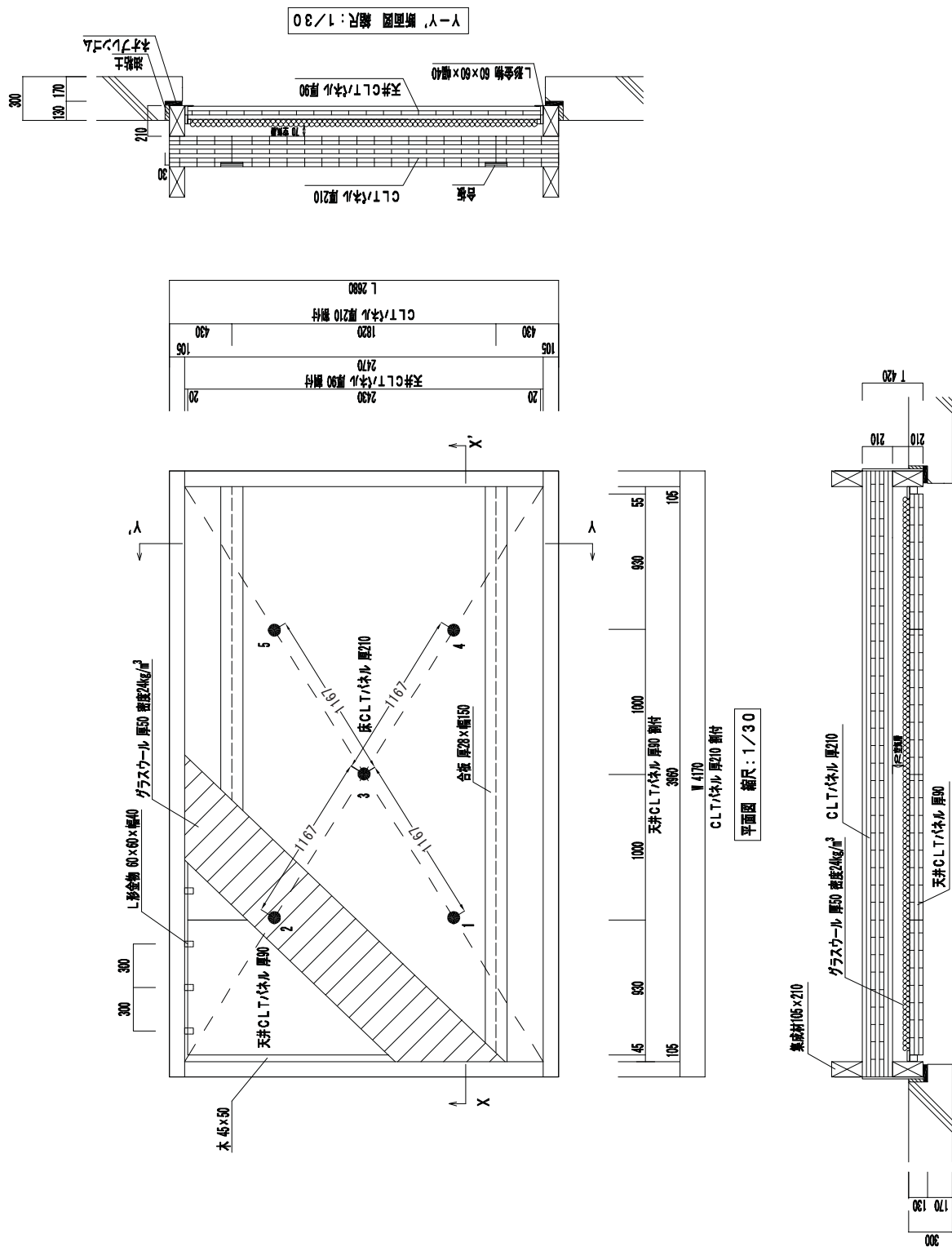
（註）●印は加振位置を示す。



別図2.14 床試験体の構造・寸法図（試験体No. 1-2）

寸法単位：mm

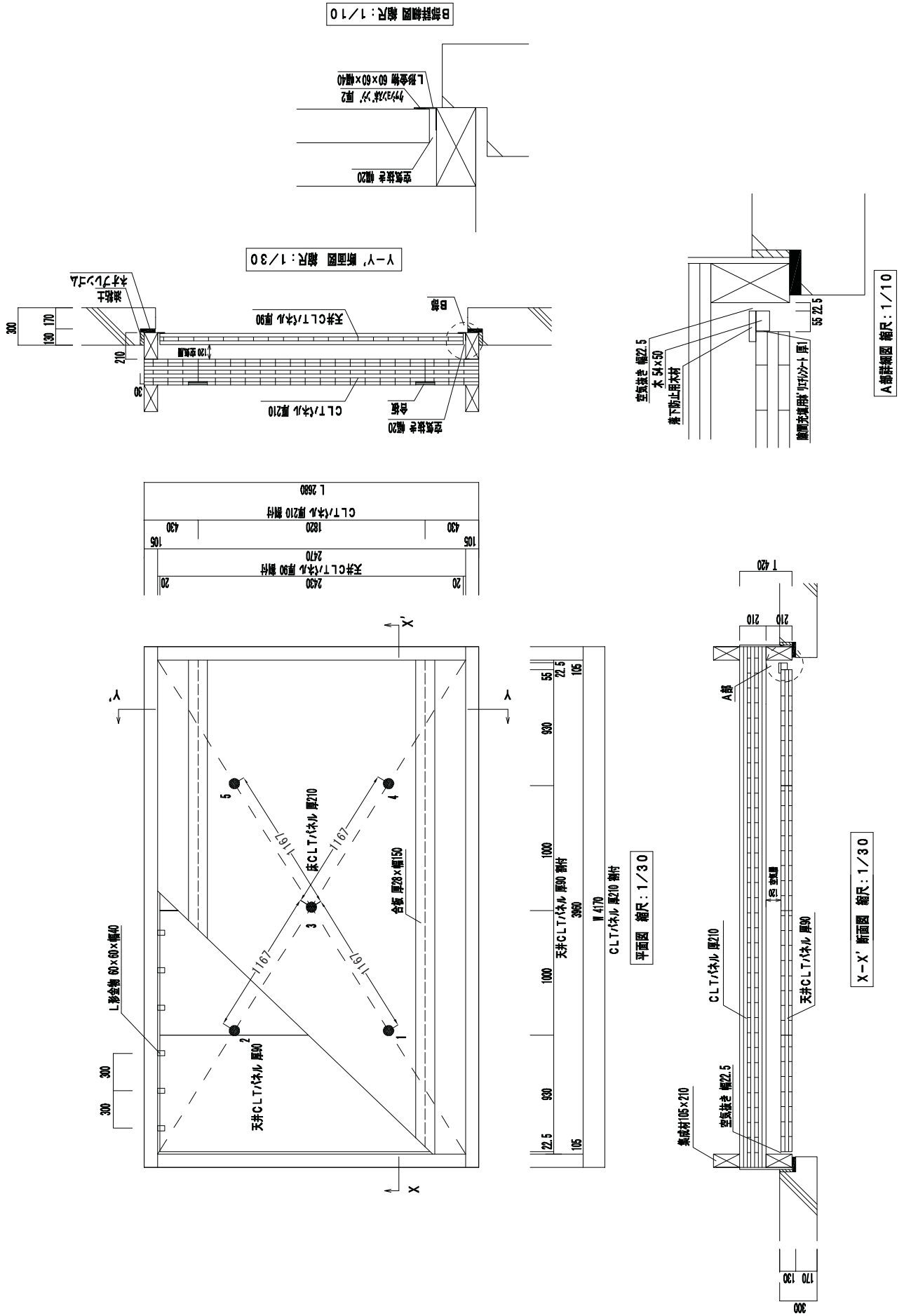
（註）●印は加振位置を示す。



別図2.15 床試験体の構造・寸法図（試験体No. 1-3）

寸法単位：mm

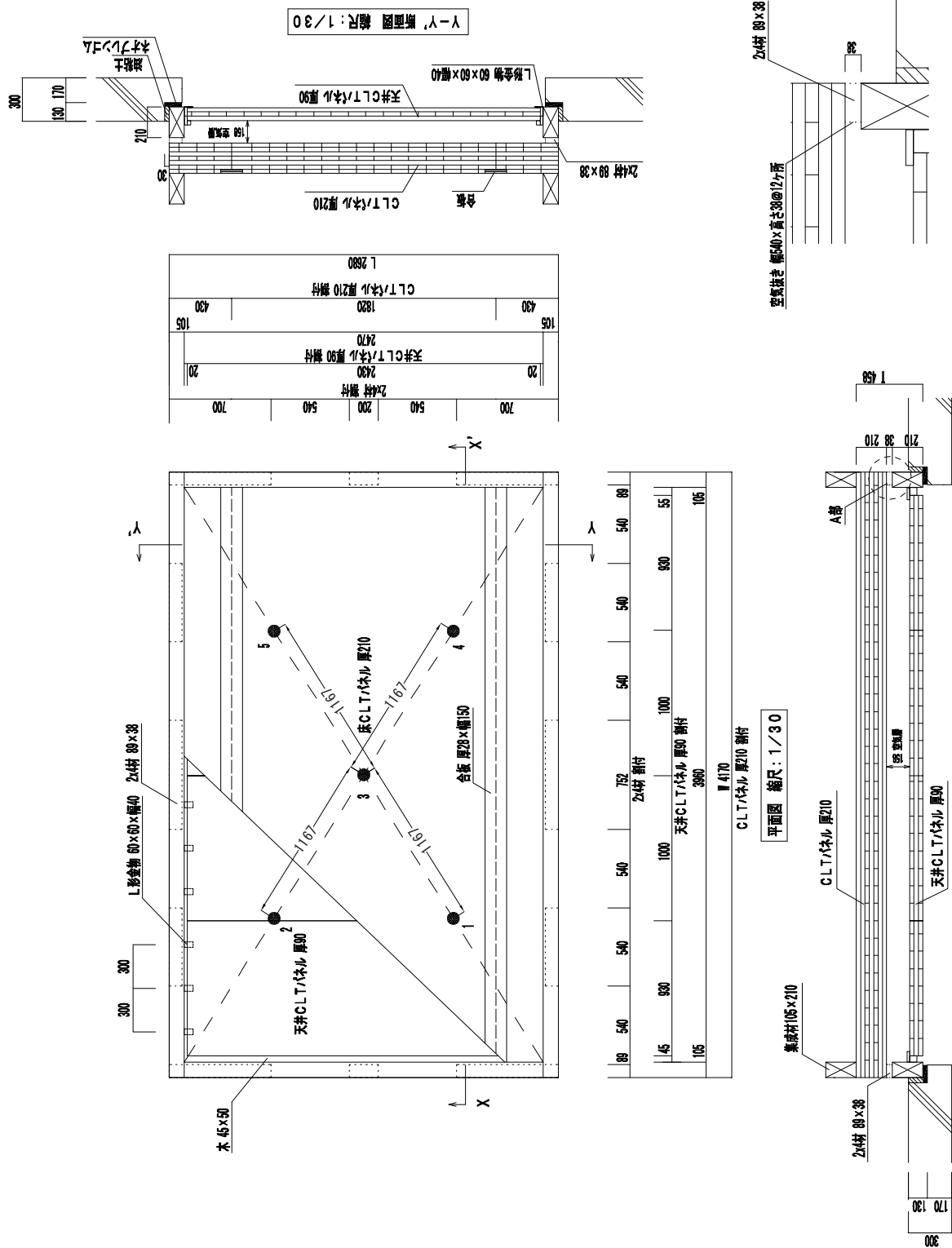
（註）●印は加振位置を示す。



別図2.16 床試験体の構造・寸法図（試験体No. 1-4）

寸法単位：mm

（註）●印は加振位置を示す。



X-X' 断面図 縮尺：1/30

A部詳細図 縮尺：1/10

別図2.17 床試験体の構造・寸法図（試験体No. 1-5）

寸法単位：mm

（註）●印は加振位置を示す。

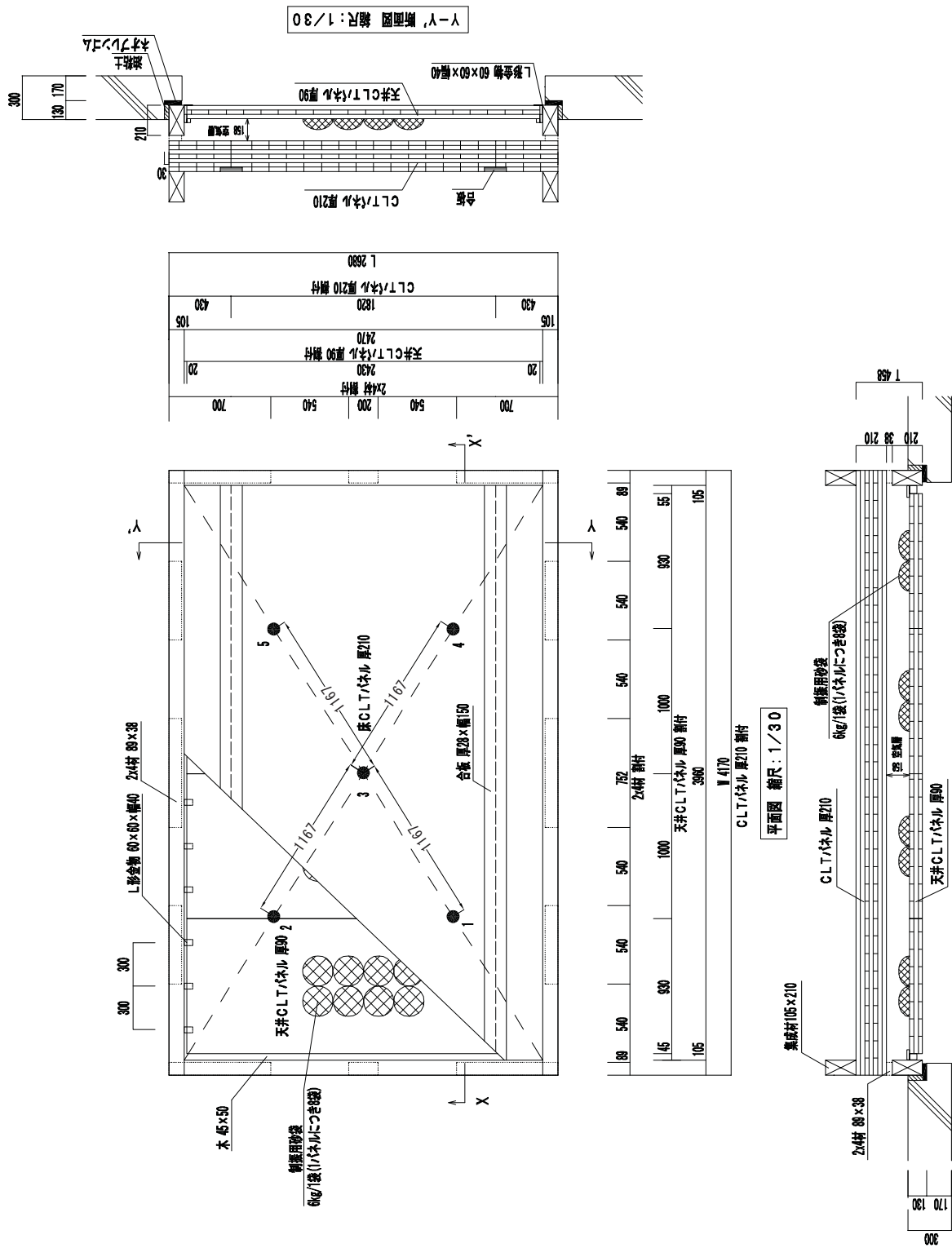
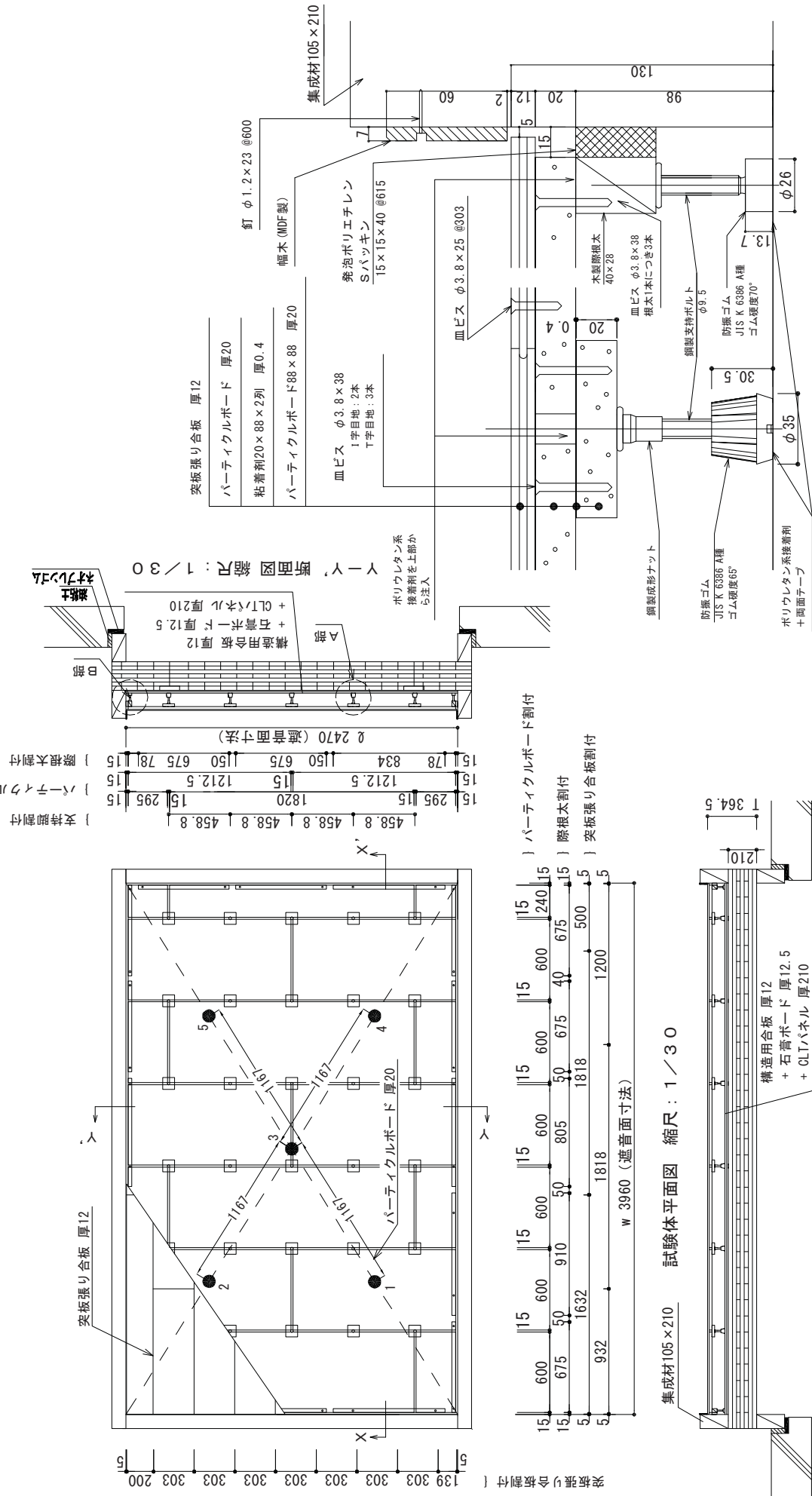


図2.18 床試験体の構造・寸法図 (試験体No. 2-1)

寸法単位：mm

(註) ●印は加振位置を示す。



X-X' 断面図 縮尺：1/30

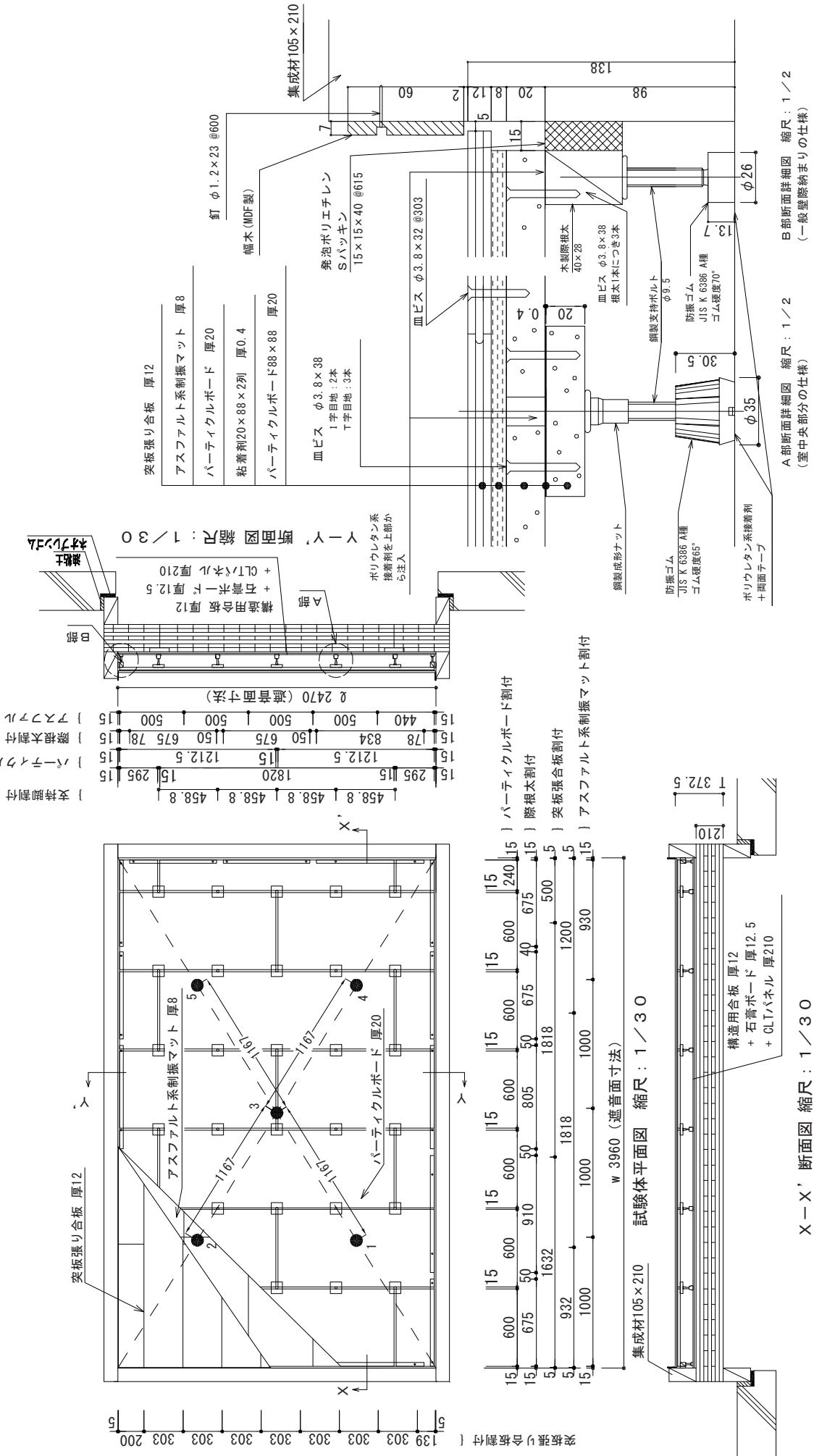
A 部断面詳細図 縮尺：1/2
(室中央部分の仕様)

B 部断面詳細図 縮尺：1/2
(一般壁際納まりの仕様)

別図2.19 床試験体の構造・寸法図 (試験体No.2-2)

寸法単位：mm

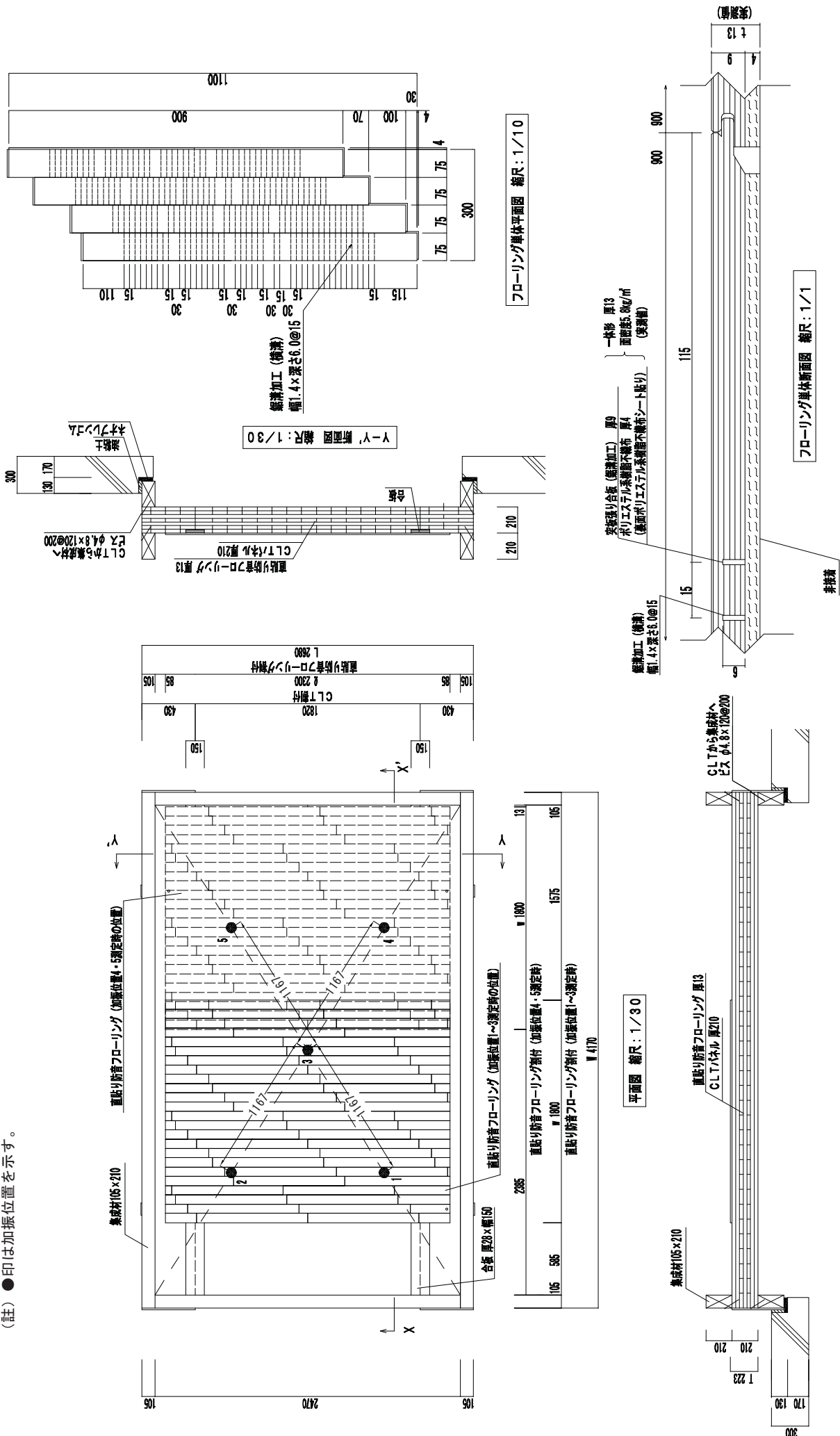
(註) ●印は加振位置を示す。



別図2.21 床試験体の構造・寸法図（試験体No.3-1）

寸法単位：mm

（註）●印は加振位置を示す。

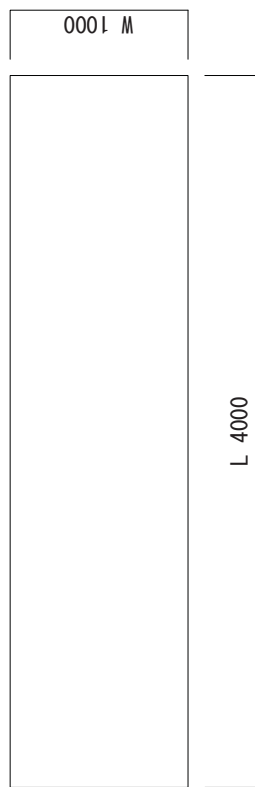


別図2.23 床試験体の構造・寸法図 (試験体No. 4-1, 4-2)

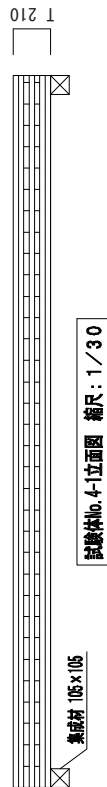
寸法単位 : mm

(註) ■印は衝撃インペダンス測定位置を示す。

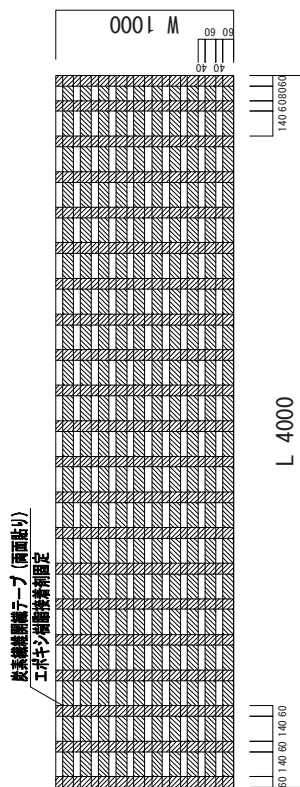
◆印は静的載荷時の変位量測定位置を示す。



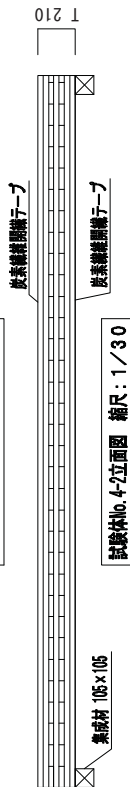
試験体No. 4-1平面図 縮尺: 1/30



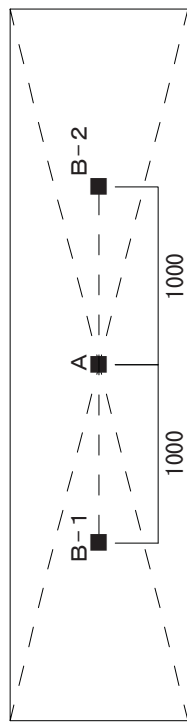
試験体No. 4-1立面図 縮尺: 1/30



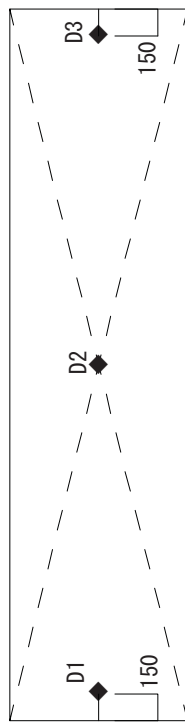
試験体No. 4-2平面図 縮尺: 1/30



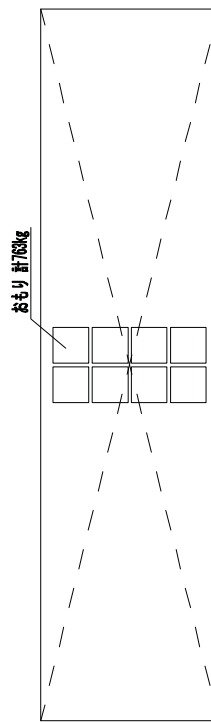
試験体No. 4-2立面図 縮尺: 1/30



衝撃インペダンス測定位置図 縮尺: 1/30



静的載荷による変位量測定位置図 縮尺: 1/30



静的載荷による変位量測定時のおもりの設置位置図 縮尺: 1/30



(1) 四周木枠の組み立て



(2) 四周木枠の取付状況



(3) CLTパネル(t=150mm)の取付状況



(4) CLTパネル(t=150mm)1枚を取り付けた状況



(5) 測定状況(音源側)



(6) 測定状況(受音側)

写真2.1 壁試験体の施工・測定状況



(1) CLTパネル(t=150mm)の取付状況



(2) CLTパネル(t=150mm)の取付状況



(3) CLTパネル(t=150mm)の取付状況



(4) CLTパネル(t=150mm)の取付状況



(5) CLTパネル(t=150mm)と木枠のビス留めの状況



(6) CLTパネル(t=150mm)4枚の設置状況

写真2.2 壁試験体①の施工状況



(1)LGSの施工状況



(2)LGSの取付状況



(3)GWの施工状況



(4)GWの取付状況



(5)下張りPB(12.5mm)の施工状況



(6)下張りPB(12.5mm)の設置状況

写真2.3 壁試験体②の施工状況



(1) 上張りPB(9.5mm)の施工状況



(2) 上張りPB(9.5mm)の設置状況



(3) LGSの取付状況(音源側)



(4) GWの取付状況(音源側)



(5) 下張りPB(12.5mm)の設置状況
(音源側)



(6) 上張りPB(9.5mm)の設置状況
(音源側)

写真2.4 壁試験体③④の施工状況



(1) 下張り強化PB(21mm)の施工状況



(2) 下張り強化PB(21mm)の設置状況



(3) 上張り硬質PB(9.5mm)の施工状況



(4) 上張り硬質PB(9.5mm)の設置状況

写真2.5 壁試験体⑥の施工状況



(1)GWの施工状況



(2)GWの設置状況とCLTパネル(t=90mm)の施工状況



(3)CLTパネル(t=90mm)の設置状況



(1) 床衝撃音(軽量衝撃源)



(2) 床衝撃音(タイヤ衝撃源)



(3) 音響透過損失(音源側)



(4) 床衝撃音および音響透過損失(受音側の残響室)



(5) 衝撃インピーダンス測定



(6) 静的载荷によるたわみ量測定

写真2.7 床試験体の測定状況



(1) 下枠の組み立て



(2) 天井CLTパネル(t=90)の搬入



(3) 天井CLTパネル(t=90)の設置



(4) 床CLTパネル(t=210)の搬入



(5) 床CLTパネル(t=210)の設置



(6) 床CLTパネル(t=210)の設置状況

写真2.8 床試験体の施工状況



(1) 試験体No.1-1の設置状況 (床下側より)



(2) 試験体No.0-1の設置状況



(3) 試験体No.0-2の設置状況



(4) 天井裏吸音材(グラスウール)の設置状況



(5) 下階側の四周空気抜きの様子(試験体No.1-3)



(6) 上階側の四周空気抜きの様子(試験体No.1-4)

写真2.9 床試験体の施工状況



(1) 制振用砂袋の設置状況(試験体No.1-5)



(2) 乾式二重床際根太の割付(試験体No.2-1~2-3)



(3) 乾式二重床中央部の断面(試験体No.2-1~2-3)



(4) パーティクルボードの割付(試験体No.2-1~2-3)

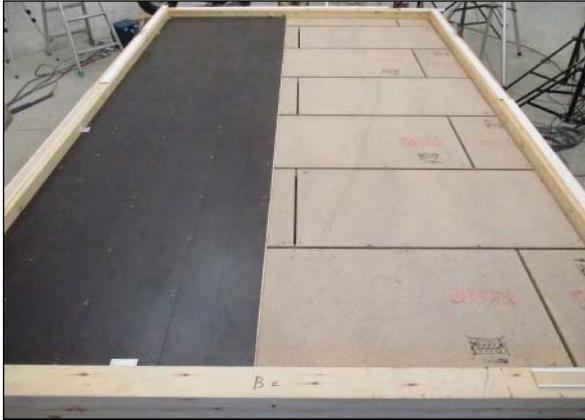


(5) 制振マットの割付(試験体No.2-2,2-3)



(6) 制振マット(2層目)の割付(試験体No.2-3)

写真2.10 床試験体の施工状況



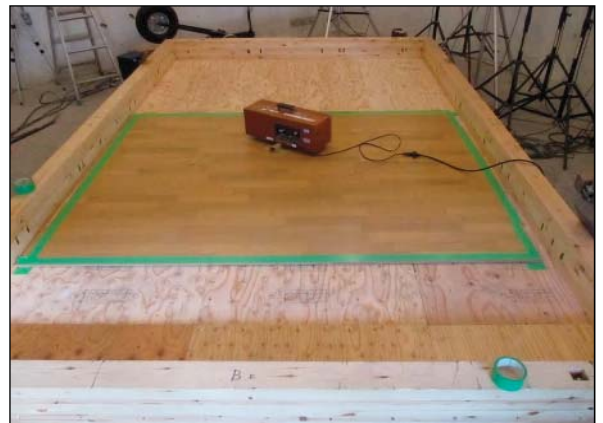
(1) 突板張り合板(フローリング)の割付(試験体No.2-1)



(2) 乾式二重床の全景(試験体No.2-1)



(3) 幅木の設置状況(試験体No.2-1)



(4) 直貼り防音フローリングの設置状況(試験体No.3-2)



(5) 試験体No.4-1の設置状況



(6) 試験体No.4-2の設置状況

写真2.11 床試験体の施工状況