

## 2.7 (株)中東 / (株)SALHAUS

### 1. 建築物の仕様一覧

事業名		(株)中東 構造用集成材製造工場新築工事の建築実証		
実施者(担当者)		(株)中東 / (株)SALHAUS		
建築物の概要	用途	工場		
	建設地	石川県能美市		
	構造・工法	集成材等建築物+CLT耐力壁		
	階数	1		
	高さ(m)	12.16		
	軒高(m)	8.5		
	敷地面積(m <sup>2</sup> )	168,898.64		
	建築面積(m <sup>2</sup> )	1993.82		
	延べ面積(m <sup>2</sup> )	1993.82		
	階別面積	1階	1993.82	
	2階	-		
	3階	-		
CLTの仕様	CLT採用部位		壁、梁	
	CLT使用量(m <sup>3</sup> )		加工前製品量127.05m <sup>3</sup> 、建築物使用量117.55m <sup>3</sup>	
	壁パネル	寸法	90mm厚	
		ラミナ構成	3層3プライ	
		強度区分	Mx60	
	耐風梁	樹種	スギ	
		寸法	210mm厚	
		ラミナ構成	5層7プライ	
	屋根パネル	強度区分	S60	
		樹種	スギ	
寸法				
	ラミナ構成			
	強度区分			
	樹種			
木材	主な使用部位 (CLT以外の構造材)		柱: ベイマツ・カラマツ集成材 梁: ベイマツ集成材 土台: ヒノキ集成材	
	木材使用量 (m <sup>3</sup> ) ※構造材、羽柄材、下地材、仕上材等とし、CLT以外とする		350m <sup>3</sup>	
仕上	主な外部仕上	屋根	ガルバリウム鋼板(t=0.6)折板葺き	
		外壁	ガルバリウム鋼板(t=0.6)角波スパンドレル	
		開口部	アルミサッシ+単板ガラス	
	主な内部仕上	室内壁仕上げ	CLTパネルあらかわし、一部プasterボードt15mm	
		間仕切り壁	なし	
		床	土間コンクリート	
	天井	裏貼りペフあらかわし		
構造	構造計算ルート		ルート1	
	接合方法		GIR接合(異形鉄筋+エポキシ系樹脂)、金物+ビス	
	最大スパン		27.7m	
	問題点・課題とその解決策		コスト比較によるとCLTを利用しない集成材造よりも高く、また鉄骨造よりも高いことが明らかになっている。よりコストダウンを図るための架構方法の検討が必要になる。	
耐火	防火上の地域区分		その他地域	
	耐火建築物等の要件		準耐火建築物(イ準耐)	
	本建築物の耐火仕上仕様		準耐火構造45分(壁)	
	問題点・課題とその解決策		防煙区画が必要となり、垂れ壁の納まりを検討する必要がある。	
温熱	建築物省エネ法の該当有無		届け出対象	
	温熱環境確保に関する課題と解決策		工場のため、温熱環境対策は行っていない。	
	主な断熱仕様(断熱材の種類・厚さ)	屋根(又は天井)	なし	
		外壁	なし	
床		なし		
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		工場のため、遮音性能対策は行っていない。	
	建て方における課題と解決策		ビス数が多く工期に影響するため、より本数を減らす方位を検討	
	給排水・電気配線設置上の工夫			
	劣化対策			
工程	設計期間		平成29年 2月13日~平成29年 7月31日(5.5ヵ月)	
	施工期間		平成29年 9月15日~平成30年2月28日(5.5ヵ月)	
	CLT躯体施工期間		平成29年 11月 27日~平成30年2月 1日	
	竣工(予定)年月日		平成30年3月末	
体制	発注者		(株)中東	
	設計者(複数の場合はそれぞれ役割を記載)		(株)SALHAUS一級建築士事務所	
	構造設計者		桜設計集団	
	施工者		(株)梶谷建設、(株)中東	
	CLT供給者		(株)中東	
	ラミナ供給者		南加賀木材協同組合(石川県産材)	

実証事業名：(株)中東 構造用集成材製造工場新築工事の建築実証

実施者／協議会運営者または担当者：(株)中東／(株)SALHAUS 一級建築士事務所

### 1. 実証した建築物の概要

用途	工場			
建設地	石川県能美市			
構造・工法	集成材等建築物 (CLT 耐力壁)			
階数	地上 1 階			
高さ (m)	12.16	軒高 (m)	8.50	
敷地面積 (㎡)	16,889.64	建築面積 (㎡)	1993.82	
階別面積 (㎡)	1 階	1993.82	延べ面積 (㎡)	1993.82
	—	—		
CLT 採用部位	壁、梁			
CLT 使用量 (m <sup>3</sup> )	127			
CLT を除く木材使用量 (m <sup>3</sup> )	350			
CLT の仕様	(部位)	(寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種)		
	壁	W1124mm×H3650mm×t90mm/3 層 3 プライ/Mx60/スギ		
	耐風梁	W600mm×H5780mm×t210mm/5 層 7 プライ/S60/スギ		
設計期間	平成 29 年 2 月 13 日～平成 29 年 7 月 31 日			
施工期間	平成 29 年 9 月 15 日～平成 30 年 2 月 28 日			
CLT 躯体施工期間	平成 29 年 11 月 27 日～平成 30 年 2 月 1 日			
竣工 (予定) 年月日	平成 30 年 3 月末			

### 2. 実証事業の目的と設定した課題

本事業では工場や倉庫といった大規模な生産施設・流通施設への CLT の利用促進を考慮し、大きなサイズの CLT 壁パネル (柱梁方式) の部材性能実証・設計実証・施工実証を行うことを目的とする。CLT は大きなパネルの製作が可能である一方、大架構建築への採用事例が少ない。本事業では約 4m と H 寸法が大きな CLT パネルを用い、今後の大架構や大きな階高の建築でも使用可能な耐力壁を実現する。

- (1) CLT 耐力壁ユニットの接合金物の仕様。
- (2) 今後の同種施設への利用を見据えた、CLT 耐力壁のサイズの検討。
- (3) 窓付きユニットの形状、寸法の検討。
- (4) 各部材に必要な耐火性能・準耐火性能の検討。
- (5) 施工性の向上による工期短縮および鉄骨造とのコスト詳細比較。

### 3. 実証事業の実施体制 (または協議会構成員)

○設計:(株)SALHAUS 日野雅司 (協議会運営者)、田中邦幸 ○構造設計:桜設計集団  
佐藤孝浩、大澤弘明 ○施工:株式会社 梶谷建設 専務取締役 橋爪 宏也

○CLT 製造：株式会社 中東 代表取締役社長 小坂勇治 集成材事業部建築課課長 北野正博、設計課課長 山田隆 ○原材料供給：南加賀木材協同組合専務理事 中村岳敏

○取纏め：イエコロ二村真弓子

#### 4. 課題解決の方法と実施工程

(1) CLT 耐力壁の部材性能実証のための実験に先立ち、構造計算により想定される性能を検討し、実験体の接合金物の仕様を確定する。

(2) CLT パネル製作における作業性、製作限界、および実験可能サイズ等との調整により、採用する耐力壁の寸法を検討する。

(3) 室内の居住性（採光、断熱、遮音、排煙等）の検討を行い、窓付きユニットの形状、仕様を確定する。

(4) 準耐火建築物とすることを前提に、H27 年国交省告示 253 号を元に各部材に必要な仕様を検討する。

(5) CLT を用いた場合にはそれ自体で耐火性能をもつため、内部仕上げが不要である。実際の施工における工期短縮・コストを検証する。また、壁試験によって確認した多様な接合部ディテールの施工性・コストについても検証する。

<協議会の開催>

- ・ H29 年 2 月 13 日：試験に関する協議
- ・ H29 年 3 月 16 日：試験体の詳細な協議
- ・ H29 年 4 月 10 日：試験内容の確認
- ・ H29 年 5 月 23 日：金物の仕様に関する協議
- ・ H29 年 6 月 4 日：防耐火に関する協議
- ・ H29 年 6 月 26 日：CLT 納まりの検討
- ・ H29 年 7 月 10 日：防耐火に関する協議
- ・ H29 年 7 月 24 日：CLT 納まりの検討
- ・ H29 年 10 月 14 日：施工に関する協議
- ・ H29 年 11 月 9 日：施工に関する協議
- ・ H29 年 12 月 2 日：施工精度に関する協議
- ・ H29 年 12 月 11 日：金物に関する協議
- ・ H30 年 1 月 20 日：実証事業とりまとめについて

<設計>

- ・ H29 年 1 月～6 月：基本設計
- ・ 6 月～7 月：意匠設計
- ・ 4 月～7 月：構造設計
- ・ 7 月 31 日：建築確認申請
- ・ 9 月 14 日：確認済書の交付

<施工>

- ・ H29 年 3 月：工事契約
- ・ H29 年 3 月～10 月：集成材製作・CLT 製作
- ・ H29 年 10 月～11 月：基礎工事
- ・ H29 年 11 月～H30 年 2 月：建て方工事
- ・ 平成 30 年 2 月：木工事、外装工事、内装工事、設備工事

<性能確認>

- ・ H29 年 4 月 3 日～18 日：水平加力試験、4 条件×3 体

#### 5. 得られた実証データ等の詳細

##### 5-1. 構造実験による実証【課題（1）および（2）】

90mm 厚 3-3 CLT を面材耐力壁として用いた試験体を計画した。試験体の高さは軒高 9.0m 以下の建物に対して梁を挟んで上下に連層にして使う事を想定し、約 4m とした。試験体は 7 種類の仕様を考え、要求性能を満足できる 3 種類について各 2 体の追加実験を行い、ばらつき係数を算

出、耐力壁の性能を評価している。試験体のパラメータは、柱との接続金物の数、ビスの数、柱脚部の金物の違いである。高耐力が予想されたことから、柱脚部のめり込みによる土台の圧壊を懸念し、圧縮力負担が可能な JIS A 3301 に規定される高耐力金物の仕様を設定している。

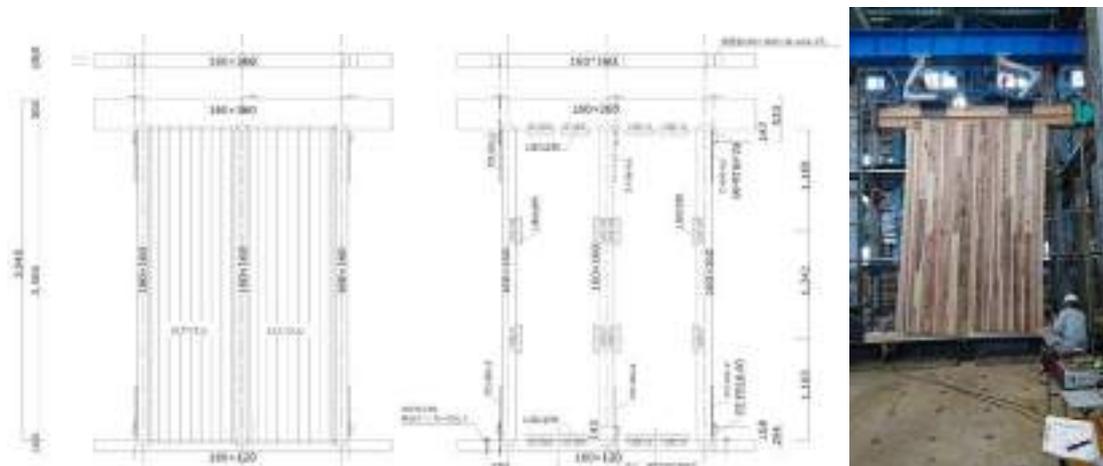
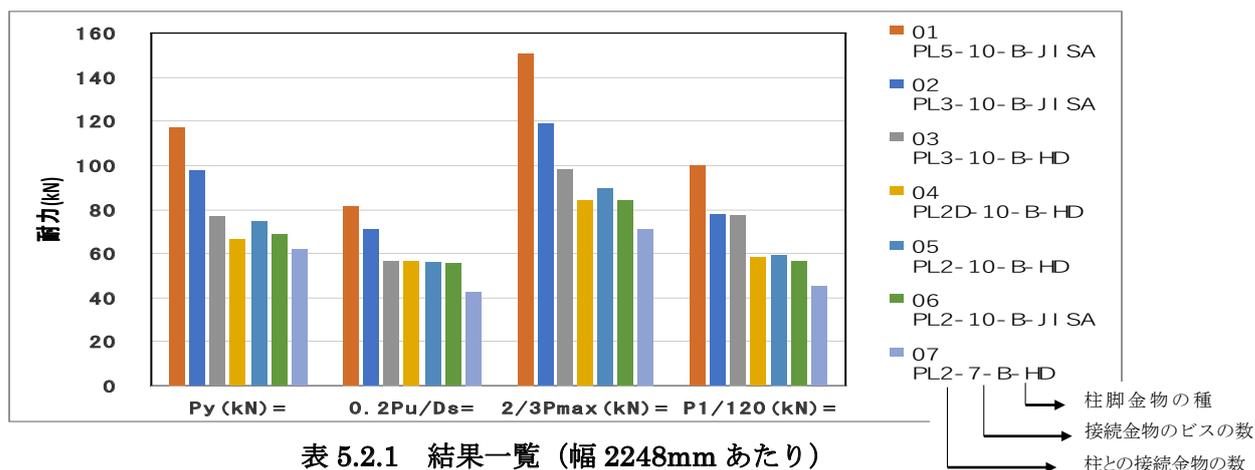


図 5.2.1 設計で使用した最終仕様 (PL2-10-B-HD)



実験の結果、最大で許容耐力 81.49kN (36.25kN/m、壁倍率 18.5 倍相当) が得られたが、脚部の金物の施工性、「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」に準じた脚部の金物の設計において金物が過大になる事を考慮し、許容耐力 59.19kN (25kN/m、壁倍率 12.75 倍相当) の仕様 (PL2-10-B-HD) を採用した。

### 5-2. 設計による実証【課題 (3) および (4)】

CLT 耐力壁の配置は、柱に対する引き抜きを小さくするために、上下段で市松模様になるように配置した。また、窓と CLT パネルの納まりを検討し、屋外から作業ができる納まりとすることで、内部足場をなくし、工期の短縮を実現している。

CLT の準耐火性能については、ディテールリストを作成した。

### 5-3. 施工実証とコスト比較【課題 (5)】

・建て方は集材材による柱を建て込み、その後フレーム状に組まれた大梁をかけ、建て入れ直しを行なった後に CLT パネルを取り付け、精度を高めた。

・CLT の建て方は外部足場のみで行い、サッシュも屋外側から取り付ける納まりとした

め、内部足場が不要となった。CLT 採用により内装仕上げが不要となったことも含め、約 2 週間の工期短縮が可能となった。

・本事業（下記 A）と既存工場（下記 B）、及び鉄骨造を想定した建築（下記 C）の工事コスト比較を行った。今後コスト削減の更なる検討が必要である。

(A)集成材軸組+CLT 壁を用いた場合：111,940,000 円

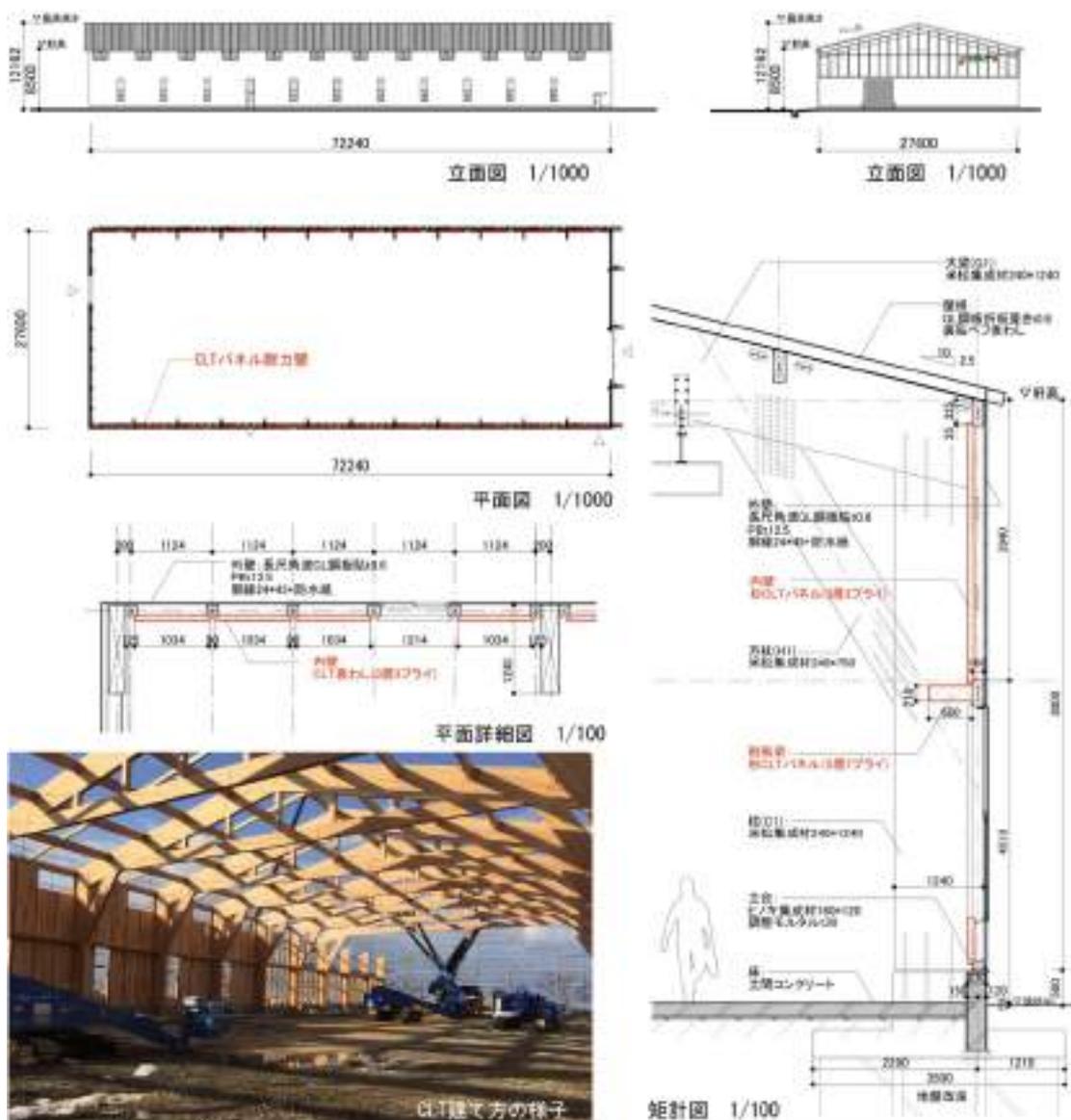
(B)集成材軸組+筋交い・間柱+内装に強化 PB を用いた場合：93,216,000 円（内部足場含）

(C)鉄骨造の場合、鉄骨+胴縁+PB：96,912,000 円

## 6. 本実証により得られた成果

本実証により大規模施設への大きな CLT パネル（耐力壁）の利用・普及に関する知見が蓄積したと考えられる。実験データ、ディテールリストは今後参照可能な情報としてまとめられている。

## 7. 建築物の平面図・立面図・写真等



## 成果物資料

### 目次

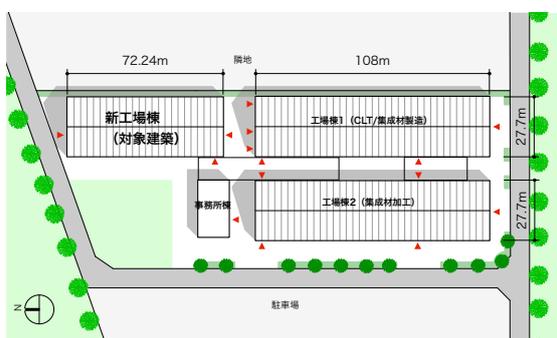
- [成果物 1] 実証事業の設計概要
- [成果物 2] 施工性、搬入に関するレポート
- [成果物 3] 部材性能試験の結果レポート
- [成果物 4] 図面および写真集
- [成果物 5] 設計に用いた部材のディテールをまとめた構造・防耐火図集

### [成果物 1] 実証事業の設計概要

#### 1-1. 建築計画概要

##### 1-1-1. 計画概要

「(株)中東構造用集成材製造工場」は石川県能美市の工業団地内に位置する、株式会社中東の集成材を製造するための工場である。延べ床面積 2000 平米弱のワンルームのシンプルな建物であり、既存の 2 つの集成材造の工場に加えて、ほぼ同じ断面構成をもった切妻形状の工場棟を新築する計画である。



配置図



既存工場の写真

各棟は集成材による軸組工法である。既存工場では短手方向は頬杖を用いた門型フレーム、長手方向は筋交いによる耐震要素としている。本計画ではその長手方向の耐震要素として、外壁に大型の CLT パネルを用いる。施工性やコスト、建物性能を既存棟と比較することで、大規模な工場や倉庫への CLT 耐震壁の採用を検証している。

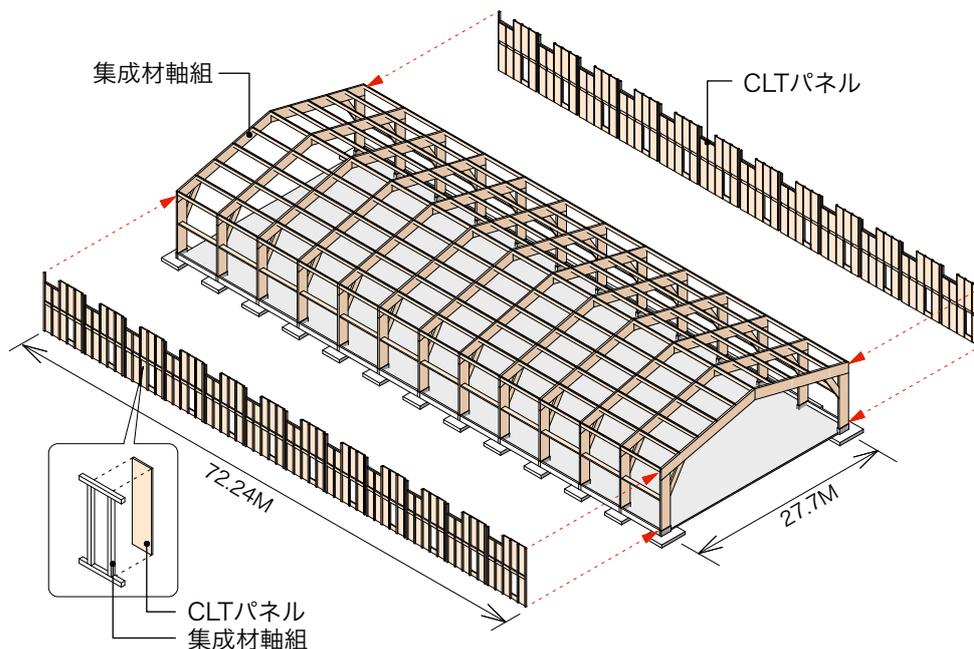
CLT パネルのサイズは、約 6m の柱スパンを元に、株式会社中東の最大製作寸法である 1.2m にできるだけ近づけ、1 スパン 5 分割の 1124 ピッチに対応する幅とした。また、高さは軒高 9m 以下に納まることを前提とし、実験可能なサイズとするために、2 分割して約 4m を目安とした。取り付けは室内側から取り付け、金物は外壁側から取り付けており、室内側に CLT パネルが露出し、あらわしとなる納まりである。

既存工場は外壁に準耐火構造 45 分を確保するため、屋外側はプラスターボード 12.5mm + 金属葺き、屋内側はプラスターボード 15mm を採用している。本計画では CLT パネルに

より準耐火性能が確保出来るため、内装工事は行わない計画とする。ただし、CLT パネルを取り付ける金物に対して被覆を行うため、外壁はプラスターボード 12.5mm+金属葺きを採用している。

また、屋根については、重量及びコスト計画を検討した結果、CLT パネルは採用せずに既存棟と同じターンバックルブレース+ガルバリウム鋼板折板葺きを採用した。

また、短手側外壁（北側）については、前面道路から視認しやすい配置となるため、大きなガラス面を用いた特徴あるデザインとしている。



### 1-1-2. 使用木材量と壁量

建物全体の木材仕様量は、スギ CLT が 127m<sup>3</sup>、軸組のベイマツ・ヒノキが 350m<sup>3</sup> であり、床面積あたり 0.239m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> である。これは 2016 年度の実証事業である「若杉ヴィレッジ新築工事」の 0.243m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> と比較すると、同等の木材量となっている。一方、壁量としては、実長が 4.35cm/m<sup>2</sup>（壁倍率 10 倍程度）であり、上記「若杉ヴィレッジ」が最上階でも 10.22cm/m<sup>2</sup>（壁倍率 7 倍）であることを考えると、少ない壁量で成立していることになる。耐力壁としての強度が高いこと、バランス良く配置されていることが一つの要因であることが想定される。

### 1-1-3. 屋内環境

今後、室内環境測定を順次行う予定であるが、施工期間中の作業員の印象でも、既存の工場に比べて、既に断熱性、遮音性があるように感じられる。視覚的にも温もりがあり、工場作業員の職場環境向上が図れることが予想できる。

## 1-2. 構造計画概要

工法：短辺方向：方杖付き山形ラーメン構造、

長辺方向：軸組工法（CLTを面材耐力壁とした軸組）

構造設計ルート：ルート1（軒高9m以下、最高高さ13m以下 延床面積500㎡超）

施行令46条2項ルートによる許容応力度計算

主な構造材：柱・・・240 x 1240（ベイマツ集成材 E135 対称異等級構成集成材）

160 x 160（カラマツ集成材 E105 同一等級構成集成材）

梁・・・240 x 1240（ベイマツ集成材 E135 対称異等級構成集成材）

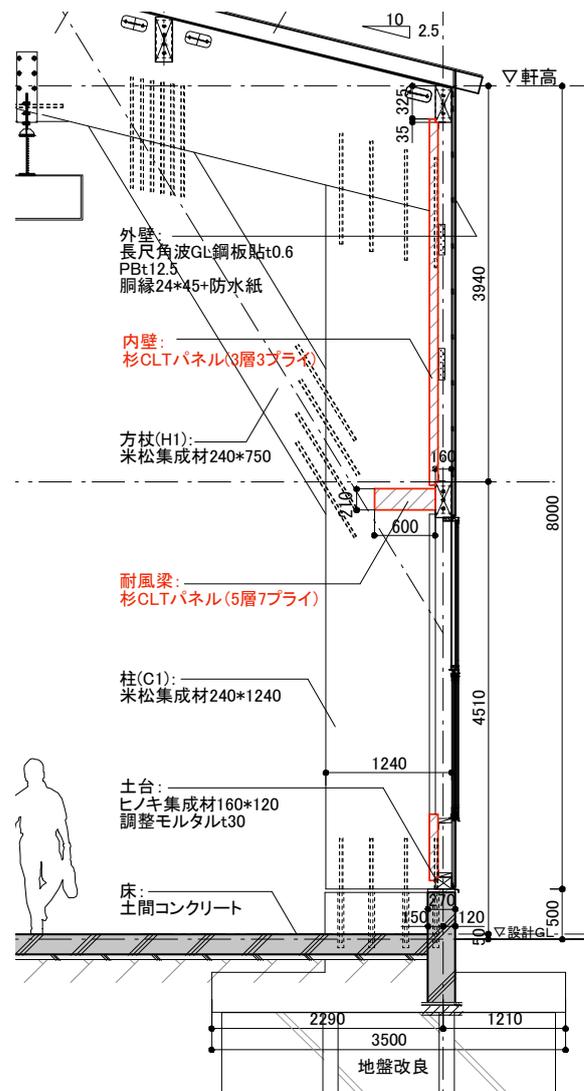
160 x 360（ベイマツ集成材 E105 同一等級構成集成材）

方杖・・・240 x 750（ベイマツ集成材 E135 対称異等級構成集成材）

耐力壁・・・スギ3-3 90mm厚 CLT（Mx60）を柱梁にL型金物+ビス留め

本建物は、延床面積 1993.82 ㎡ 軒高:8.5m  
最高高さ:12.23m の平屋の工場で、建設地は、  
石川県能美市 積雪荷重 1.5m の地域である。

短辺方向は、大きなスパンを必要とする事からスパンが約 27m の方杖付き山形フレームとし、約 6m ピッチで 13 フレーム配置している。山形フレームの接合部は、異形鉄筋を木部に挿入しエポキシ系接着剤で固める GIR 接合を用いている。長辺方向は、短辺フレームの間に、柱 160x160(カラマツ集成材)を 1124mm ピッチで配置し、90mm 厚 CLT を面材耐力壁として、L 型金物とビスで柱・梁に取り付け、水平抵抗させている。このタイプの CLT 耐力壁は、これまでいくつか事例があるが、今回は、軒高 8.5m に対応するため、横架材間距離約 4m で胴差(160x360)を入れ上下に分割し、パネル高さ約 3600mm としたため、新たに耐力壁試験を行い、設計に用いる仕様を決定している。耐力壁の許容耐力は壁倍率換算でおよそ 12 倍となっている。胴差部分には、部屋内側に 210mm 厚 5 層 7 プライ CLT を胴差とビス留めし耐風梁として横使いで配置している。胴差部分に水平構面が無いことから、この耐風梁で上下の柱の座屈止めも兼ねた計画としている。



## **〔成果物2〕 施工性、搬入に関するレポート**

### **2-1. CLT耐力壁の施工手順、精度の確保、足場の配置について**

・集成材フレームの柱を建て、胴差し、壁柱を取り付けた後、集成材フレームの大梁を建て込み、その後桁、小梁を取付けた。その段階で建て入れ直しを行うことで、建て入れ精度を確保した後、CLT耐力壁を取り付けた。

・CLTの吊り込み方法は、あらかじめCLT外部側にフックを取付け、クランプにより吊り上げ、室内側に CLTを吊り込んだ。外部足場からフックを利用しCLTを引き寄せ取り付けた。この施工方法により内部足場が無くてもCLT耐力壁を取り付けることが出来た。

・CLT 耐力壁を 30mm 壁柱に入れ込む納まりとなっていたため、集成材フレームの建て入れ精度が悪いと CL が納まらない。この納まりを実現することが、精度の確保に繋がった。

### **2-2. 設計と工場加工・施工手順の打合せで留意した点**

・工場の最大製作幅は 1,250mm まで可能であるが、運搬ロスが出ないようにトラックに平面的に 2列並べることを考慮して、実験するパネル幅を 1,115mm とした。

・CLT の取付金物である L アンクルのビス打ちの数量が非常に多く、工程に対してクリティカルな要因となった。

・建方時期が冬場ということもあり、現場作業を極力少なくするため、あらかじめ工場内で CLT に L アンクルを付け出荷したところ、現場で取り付けと比較して CLT の取付時間が 2/3 に短縮できた。加えて、ビスの打ち忘れが減少した。

・外壁の準耐火性能を CLT の燃え代により確保し、内部に表しとして使用している。そのため、建方期間中の CLT の養生方法を検討した。養生シートを貼る方法では、後でシートを外す工程の際に内部足場が必要となるので、今回は撥水性のある透明の塗料を使用した。

・建方途中で多くの積雪に見舞われ、建方を一次休止する期間があったが、撥水剤塗布により CLT の表面は綺麗に保つことが出来た。

### **2-3. 施工面からの改良すべき点**

・施工性の観点から考察する改良すべき点は以下の通り。

(1) CLT を取付けるビスの数が工程上クリティカルなため、その本数を少なくすむ納まりの開発が必要である。

(2) CLT を表しで使用するには、養生シートを貼る方法がよいと思われる。

## 2-3. コスト比較

### 2-3-1. 本事業と既存棟、および鉄骨造の場合とのコスト比較

#### 1) 本事業：集成材軸組+CLT 壁を用いた場合

- 特徴:CLT を用いることで、準耐火建築物(イ準耐)に必要な外壁の準耐火性能を確保。
- 施工性 :CLT 自体が内部あらわしとなるため、内装仕上げが必要なく工期短縮が可能。
- 評価:集成材軸組のみで構成するよりも約 15%割高であるが、CLT が耐力壁かつ内装仕上げとなるため、内部足場も必要なく、約 2 週間の工期短縮が可能になる。

#### 2) 既存棟：集成材軸組+筋交い・間柱+プラスターボードを用いた場合

- 特徴:壁の準耐火性能を確保するために、内壁にプラスターボード t15 が必要。
- 施工性:内装工事必要なため内部足場を必要とし、工期が 2 週間長くなる。
- 評価:構造にかかるコストは安価であるが、工期は長くなる。

#### 3) 鉄骨造を想定した場合

- 特徴:準耐火建築物(ロ準耐2)であるため、延焼線にかからない外壁に準耐火性能は不要。ただし延焼線にかかる場合は 防火構造が必要となり、室内側に仕上げ材が必要になる。
- 評価:集成材構造と比べて、鉄骨造は建物重量が重たくなり、基礎のコストアップが想定。

工種	項目	A.本事業：集成材軸組+CLT壁				B.既存棟：集成材軸組+筋交い+間柱+PB				C.鉄骨造：鉄骨+間柱+PB			
		数量	単価	単価	金額	数量	単価	単価	金額	数量	単価	単価	金額
木工事	集成材	250	m3	240,000	84,000,000	350	m3	240,000	84,000,000	-			
	CLT	121	m3	220,000	27,540,000	-				-			
	筋交い	-				16	m2	240,000	3,840,000	-			
	間柱	-				16	m3	120,000	1,920,000	-			
鉄骨工事	柱	-				-				300	t	300,000	90,000,000
	梁	-				-				1,352	m2	3,000	4,056,000
仕上げ	PB貼り	0				1,352	m2	1,500	2,028,000	1,352	m2	1,000	1,352,000
	内装足場	0				1,352	m2	1,500	2,028,000	-			
小計					111,940,000				93,216,000				96,912,000
基礎工事	鉄筋	61.5	t	114,000	7,011,000	61.5	t	114,000	7,011,000	73.8	t	114,000	8,413,200
	コンクリート	588	m3	18,230	10,684,560	588	m3	18,230	10,684,560	702	m3	18,230	12,787,460
	型枠	528	m2	5,100	2,692,800	528	m2	5,100	2,692,800	634	m2	5,100	3,233,400
地盤改良	柱状改良	1,991	m2	2,000	3,982,000	1,991	m2	2,000	3,982,000	1,991	m2	4,000	11,958,000
小計					24,354,360				24,354,360				28,402,060
合計					136,294,360				117,570,360				125,314,060
坪単価(主に構造費)					225,878				194,034				221,037
特徴・評価		○内装作業のための過剰の工期短縮 ○外壁の断熱・遮音性能が高い ×コストが高い ×敷設区画(500m2)が必要				○コストが安い ×外壁の断熱・遮音性能が悪い ×内装のために2週間程度の工期が必要 ×敷設区画(500m2)が必要				○不要のための区画が不要 ×建物重量が重く、基礎、地盤がコストアップ ×延焼線にかかる場合は内装も必要 ×外壁の断熱・遮音性能が悪い			

### 2-3-2. 柱脚金物のコスト比較

・柱脚金物は材料実験により、既製品のホールダウン金物(2-HD-60 カネシン)もしくは JISA3301 の 2 種類を試験した。前者が 3,000 円/箇所、後者が 10,000 円/箇所と価格差があり、かつ前者は施工精度が出しやすいう納まりである。そのため、本事業では前者を採用した。

柱脚金物は 144 箇所であり、約 100 万円程度のコストダウンと考えられる。

## [成果物3] 部材性能試験の結果レポート

### 3-1 実験概要

試験の名称：CLT壁パネルの面内せん断試験

試験実施場所

一般財団法人ベターリビング つくば建築試験研究センター

国立研究開発法人建築研究所 構造複合実験棟

試験期間

平成 29 年 4 月 3 日 ～ 平成 29 年 4 月 20 日

建物長辺方向の耐力壁として 90mm 厚 3-3 CLT を面材として用いた耐力壁を計画した。メインフレームの建物長辺方向スパン 6.02m の内側に 160 角の柱を等スパンとなるように計画したことから、柱芯-芯で 1124mm の耐力壁としている。燃えしろ設計を考慮したため柱は 160 角となっているが、135 角で計画すると 1099mm スパンとなり 1100mm スパンでの応用も可能と考えた。柱、梁と CLT との接合は L 型の金物を介してビスで留める方法を取っている。実験を行った試験体の仕様は 7 種類。計画上の必要耐力から目標耐力を 20 kN/m (壁倍率 10 倍相当) と定め、L 型の金物の配置、ビスの数を推定し試験体を計画している。各仕様 1 体実験を行い、その中から実施設計に使用する候補を 3 種類については、さらに 2 体の実験を行い、ばらつき係数を算出するため 1 仕様につき合計 3 体の実験を行っている。試験体のパラメータは、柱との接続金物の数、ビスの数、柱脚の金物の違いである。高耐力が予想されたことから、柱脚部のめり込みによる土台の圧壊を懸念し、圧縮力負担が可能な JIS A 3301 に規定される高耐力金物の仕様を設定している。実験の仕様を下記に示す。

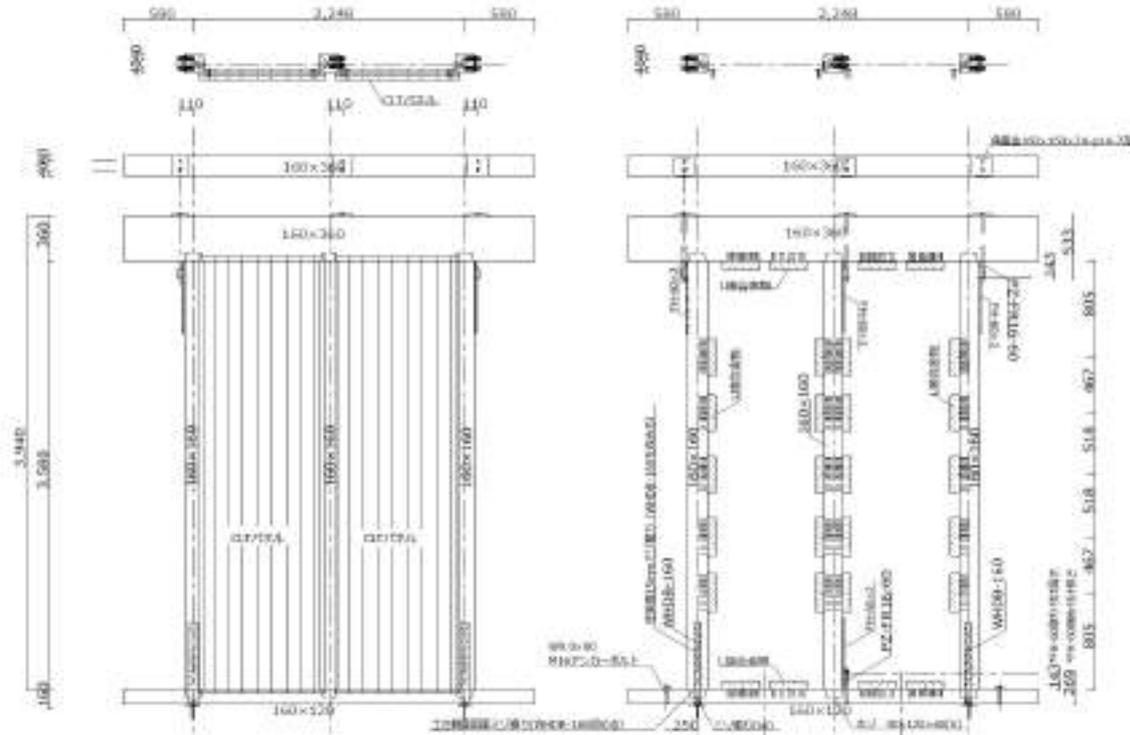
表 3.1.1 試験体の種類

NO.	試験体記号	柱と面材の接続 L形金物 個数	L型金物の ビス本数	柱脚ホールダウン金物仕様	試験体数
1	PL5-10-B-JISA	5	10	JIS A 3301 附属書準拠	1
2	PL3-10-B-JISA	3	10	JIS A 3301 附属書準拠	1
3	PL3-10-B-HD	3	10	2-FH60	1
4	PL2D-10-B-HD*	2	10	2-FH60	1
5	PL2-10-B-HD	2	10	2-FH60	3
6	PL2-10-B-JISA	2	10	JIS A 3301 附属書準拠	3
7	PL2-7-B-HD	2	7	2-FH60	3

### 3-2 試験体概要

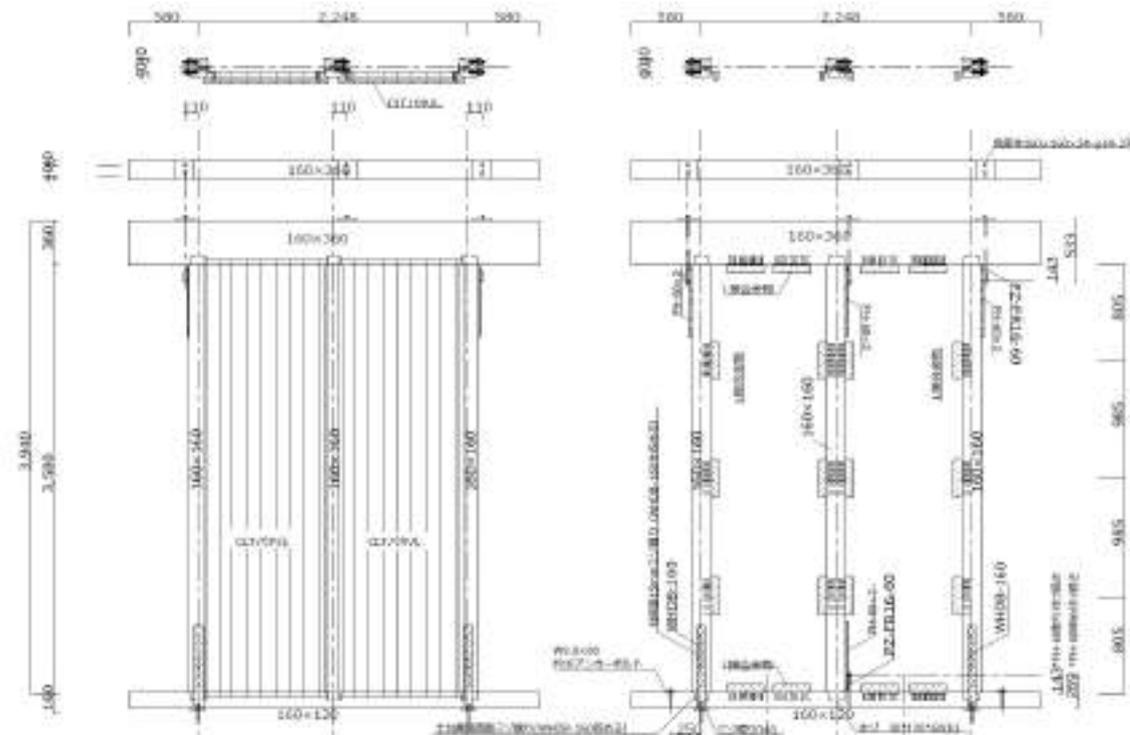
#### ① PL5-10-B-JISA

柱-CLT 取り付け金具:ビス 10 本タイプ 5 個 / 土台-CLT 取り付け金具:ビス 10 本タイプ 2 個  
 柱頭金物 2x フレックス HD-60(カネシン) / 柱脚脚金物 JISA3301 準拠金物



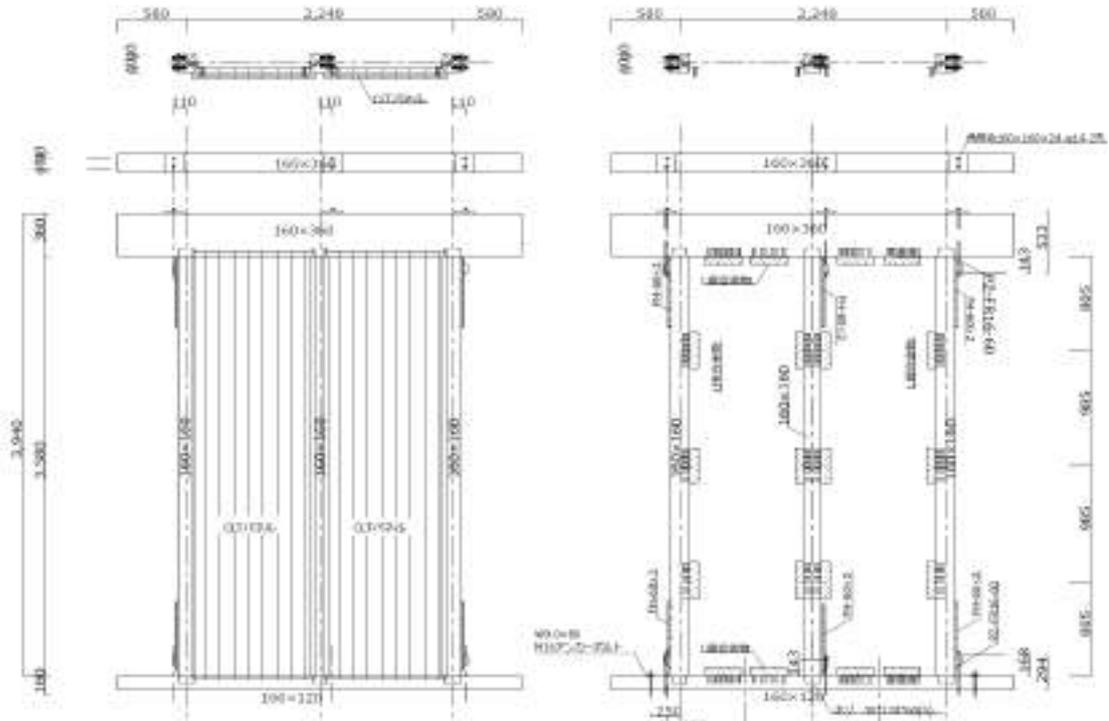
#### ② PL3-10-B-JISA

柱-CLT 取り付け金具:ビス 10 本タイプ 3 個 / 土台-CLT 取り付け金具:ビス 10 本タイプ 2 個  
 柱頭金物 2x フレックス HD-60(カネシン) / 柱脚脚金物 JISA3301 準拠金物



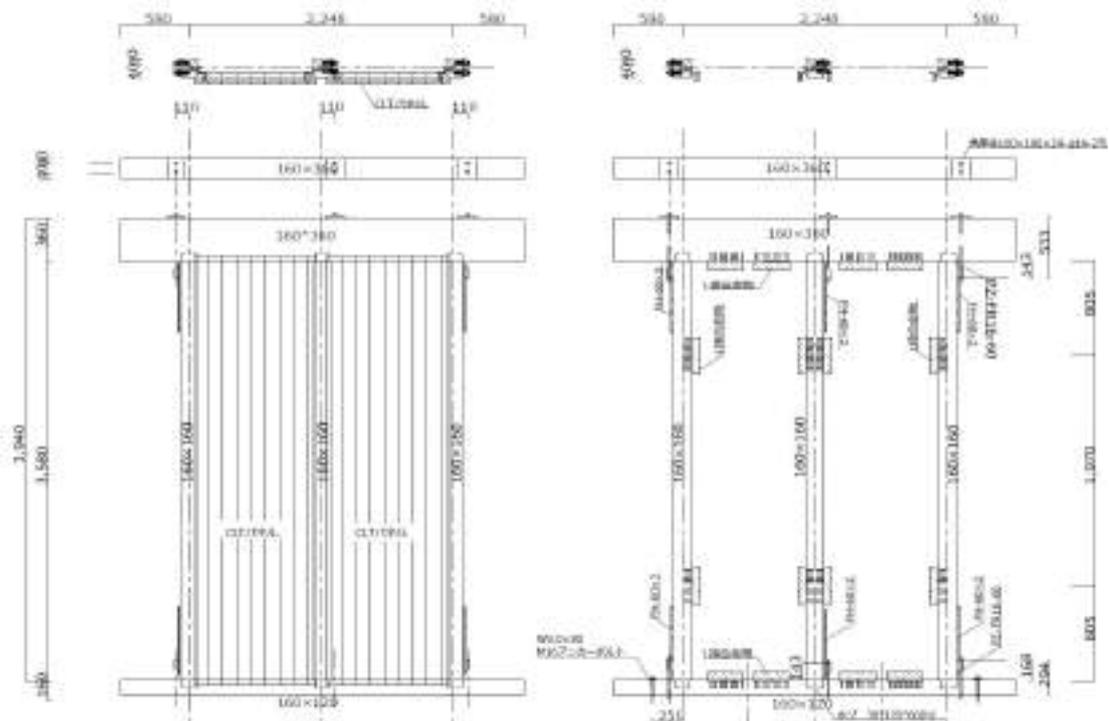
③ PL3-10-B-HD

柱-CLT 取り付け金具:ビス 10 本タイプ 3 個 / 土台-CLT 取り付け金具:ビス 10 本タイプ 2 個  
 柱頭金物 2x フレックス HD-60(カネシン) / 柱脚脚金物 2x フレックス HD-60(カネシン)



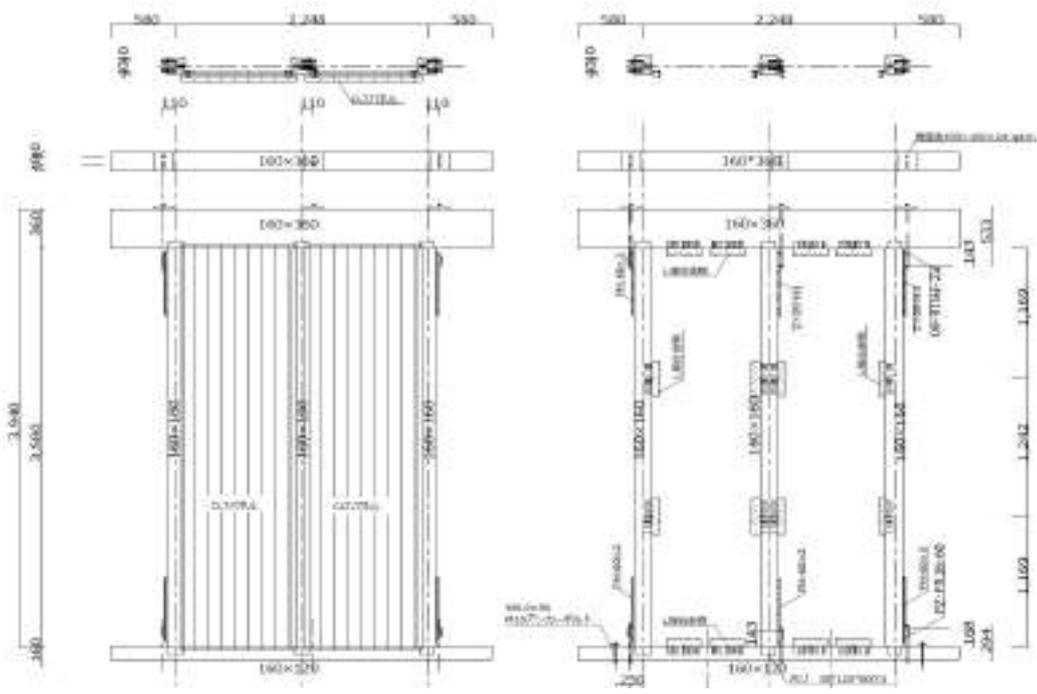
④ PL2D-10-B-HD

柱-CLT 取り付け金具:ビス 10 本タイプ 2 個 / 土台-CLT 取り付け金具:ビス 10 本タイプ 2 個  
 柱頭金物 2x フレックス HD-60(カネシン) / 柱脚脚金物 2x フレックス HD-60(カネシン)



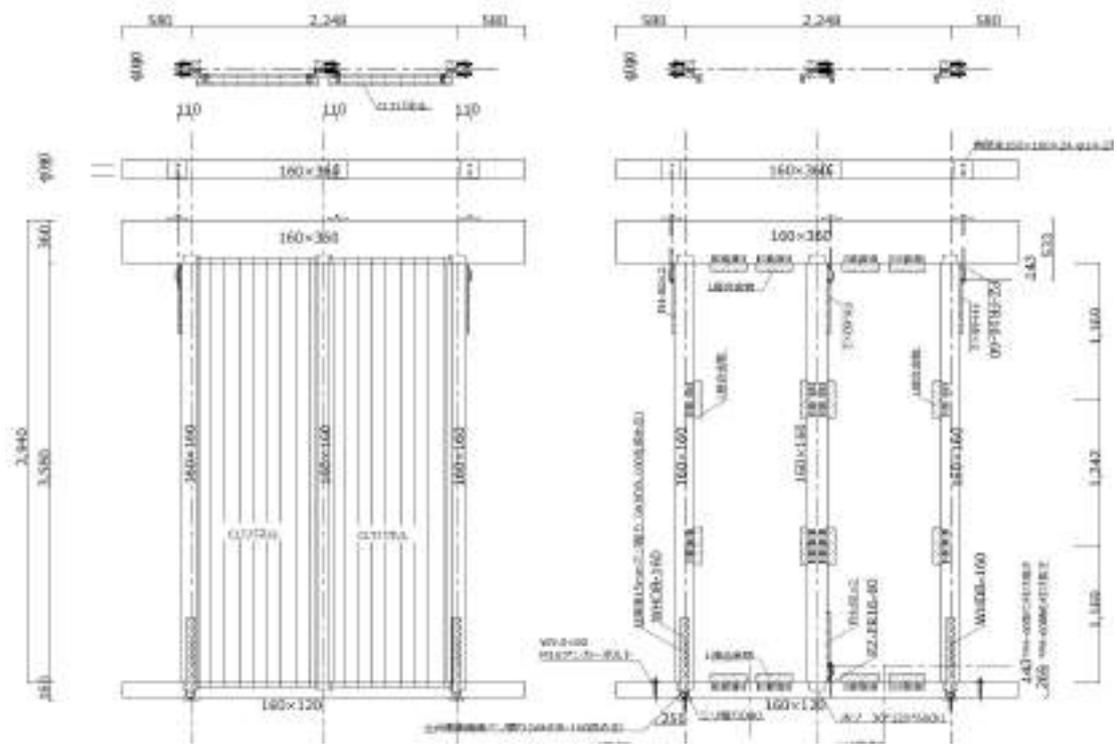
⑤ PL2-10-B-HD

柱-CLT 取り付け金具:ビス 10 本タイプ 2 個 / 土台-CLT 取り付け金具:ビス 10 本タイプ 2 個  
 柱頭金物 2x フレックス HD-60(カネシン) / 柱脚脚金物 2x フレックス HD-60(カネシン)



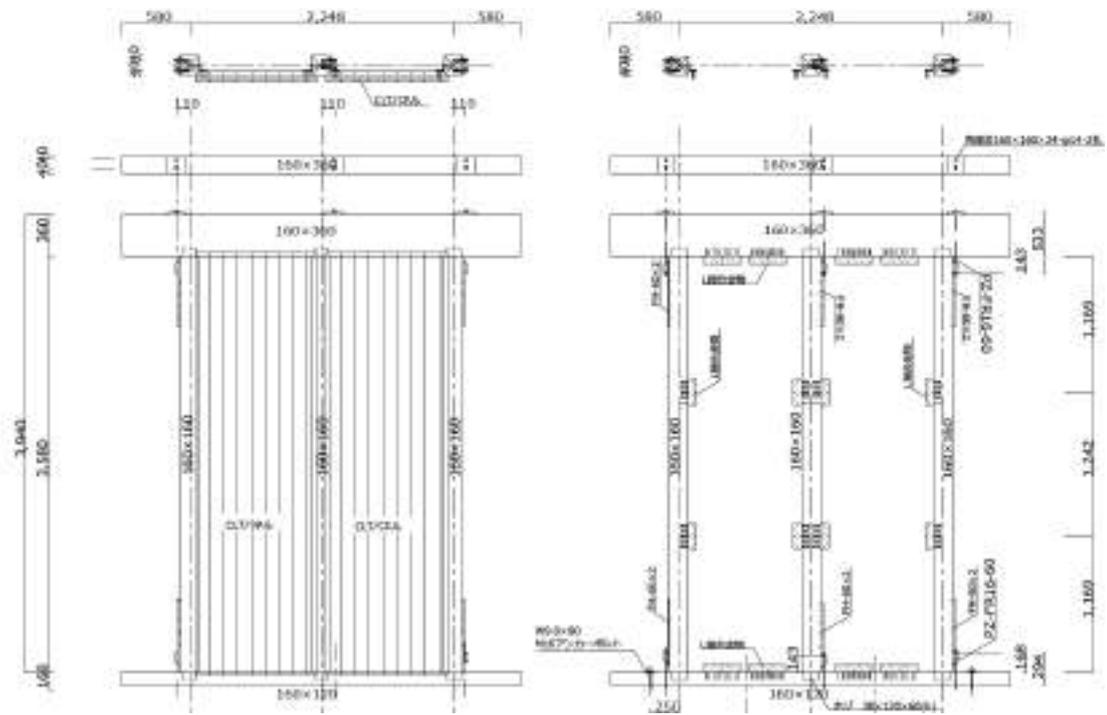
⑥ PL2-10-B-JISA

柱-CLT 取り付け金具:ビス 10 本タイプ 2 個 / 土台-CLT 取り付け金具:ビス 10 本タイプ 2 個  
 柱頭金物 2x フレックス HD-60(カネシン) / 柱脚脚金物 JISA3301 準拠金物



⑦ PL2-7-B-HD

柱-CLT 取り付け金具:ビス7本タイプ2個 / 土台-CLT 取り付け金具:ビス10本タイプ2個  
 柱頭金物 2x フレックスHD-60(カネシン) / 柱脚金物 2x フレックスHD-60(カネシン)



(共通)JISA3301 準拠 柱脚金物

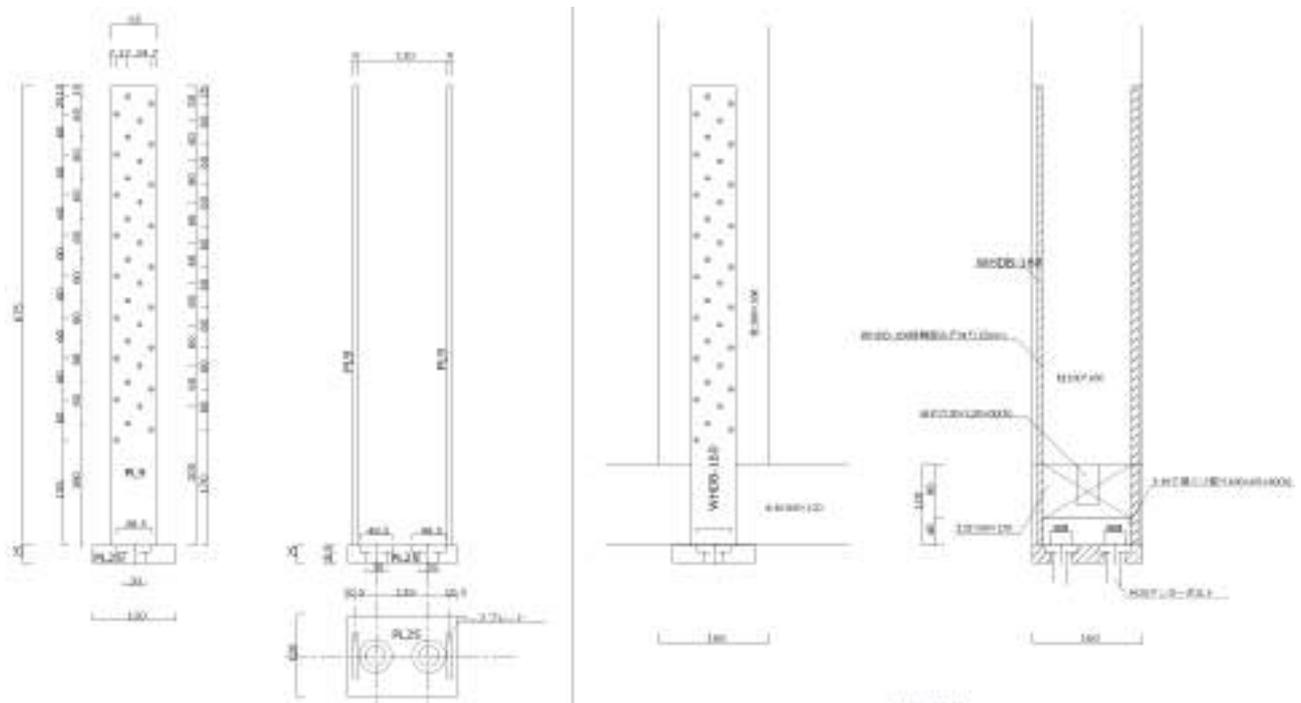


表 3.2.1 試験体の仕様（共通）

項目	試験体仕様
桁	集成材の日本農林規格に規定する構造用集成材 同一等級構成集成材：E105-F345 樹種：カラマツ 断面寸法：幅160mm×高さ300mm 積層面：壁高さ方向に対して積層方向が平行
柱	集成材の日本農林規格に規定する構造用集成材 同一等級構成集成材：E105-F345 樹種：カラマツ 断面寸法：160mm×160mm 積層面：壁長さ方向に対して積層方向が平行
土台	集成材の日本農林規格に規定する構造用集成材 同一等級構成集成材：E105-F345 樹種：ヒノキ 断面寸法：幅160mm×高さ120mm 積層面：壁高さ方向に対して積層方向が平行
面材	直交集成板の日本農林規格に規定する異等級構成直交集成板 強度等級：M300-3-1（3層3プライ） 樹種：スギ 寸法：幅1034mm×高さ3850mm×厚さ90mm ラミナ：A種 接着剤：レゾルシノール樹脂系接着剤 製造：株式会社中東

表 3.2.2 接合金物の仕様（ビス10本タイプ）

項目	試験体仕様
接合金物	形状：L形（折り曲げ加工） 規格：JIS G 3101：一般構造用圧延鋼材 材質：SS400 寸法：断面70mm×70mm 厚さ3.2mm 長さ310mm 木ねじ用孔 直径6.5mm 軸組側10個 面材側10個 防錆処理：溶融亜鉛めっき処理

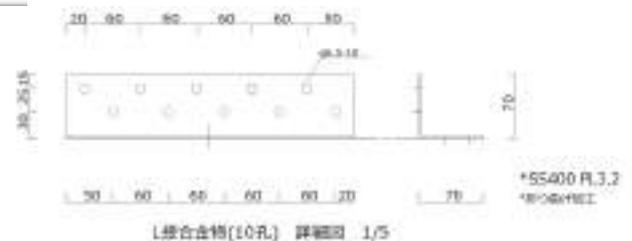
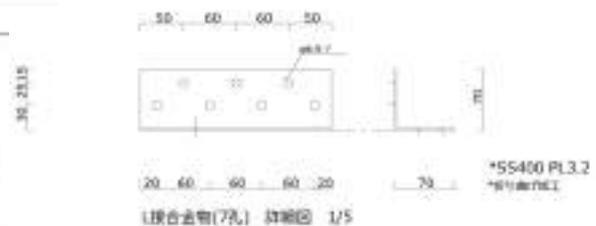


表 3.2.3 接合金物の仕様（ビス7本タイプ）

項目	試験体仕様
接合金物	形状：L形（折り曲げ加工） 規格：JIS G 3101：一般構造用圧延鋼材 材質：SS400 寸法：断面70mm×70mm 厚さ3.2mm 長さ220mm 木ねじ用孔 直径6.5mm 軸組側7個 面材側7個 防錆処理：溶融亜鉛めっき処理



接合具	規格：マーク表示金物 四角穴付きタッピングネジ STS-C66 （(公財)日本住宅・木材技術センター） 長さ：65mm 呼び径：6.5mm 頭部径：10.5mm ねじ部長さ：35mm
-----	--

### 3-3 試験方法

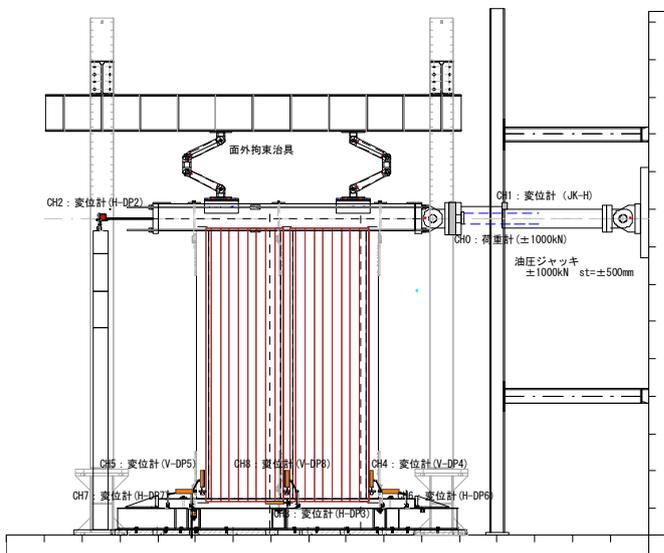
試験は、木造の耐力壁及びその倍率 性能試験・評価業務方法書（一般財団法人ベターリビング 平成23年12月1日改定）に準拠した。加力スケジュールは、業務方法書に従い、壁高さの1/450, 1/300, 1/200, 1/150, 1/100, 1/75, 1/50 水平変位で正負3回繰り返しを実施した後、1/30で正負1回の繰り返しを行い、正側1/15(rad)まで加力した。正側1/15(rad)まで最大荷重に到達しない、もしくは最大荷重の80%まで耐力が低下しない場合は、負側1/15(rad)までの加力を行った。

加力方式：柱脚固定式

制御：見かけの変形で加力制御

評点距離：高さH=3580mm、幅W=2248mm

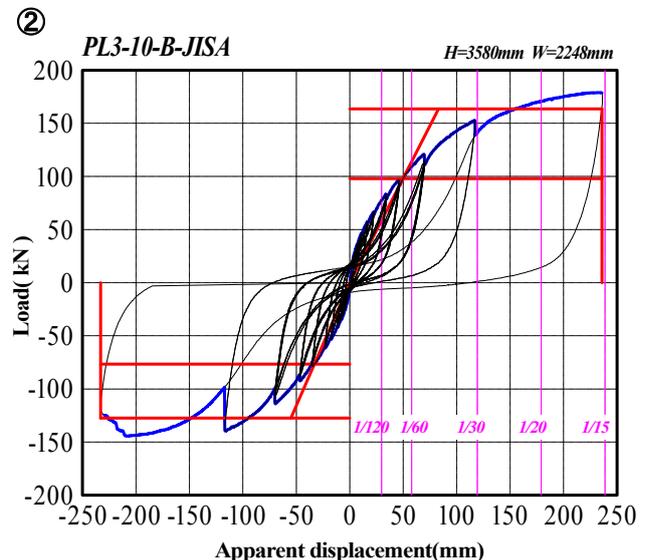
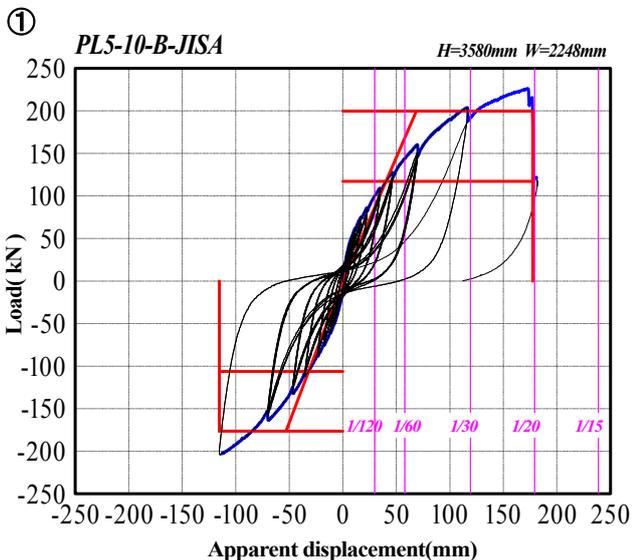
試験体数：PL5-10-B-JISA x 1体 PL3-10-B-JISA x 1体 PL3-10-B-HD x 1体 PL2D-10-B-HD x 1体  
PL2-10-B-HD x 3体 PL2-10-B-JISA x 3体 PL2-7-B-HD x 3体

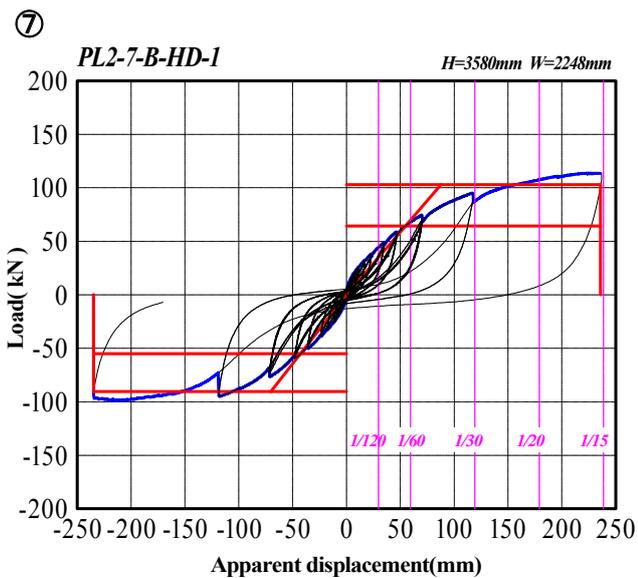
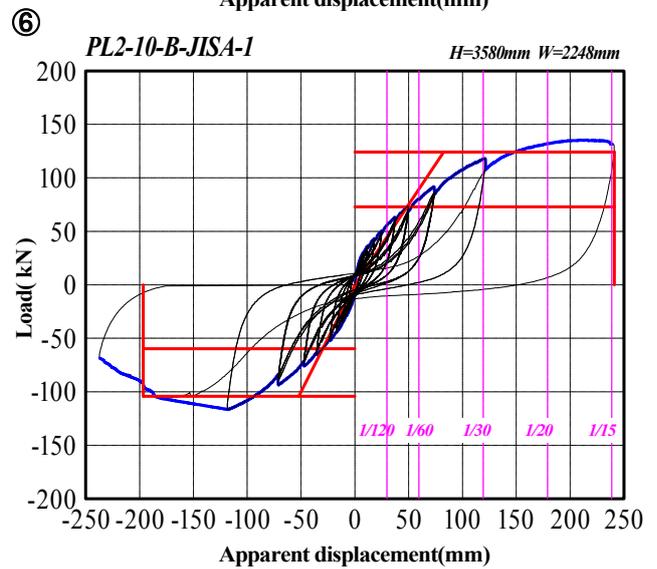
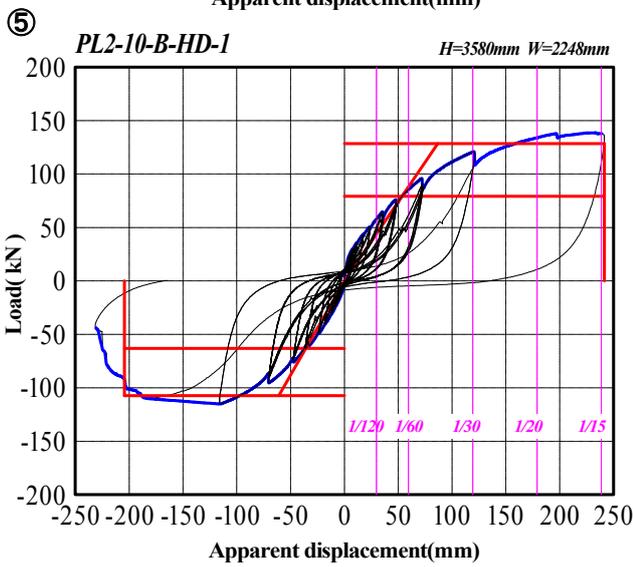
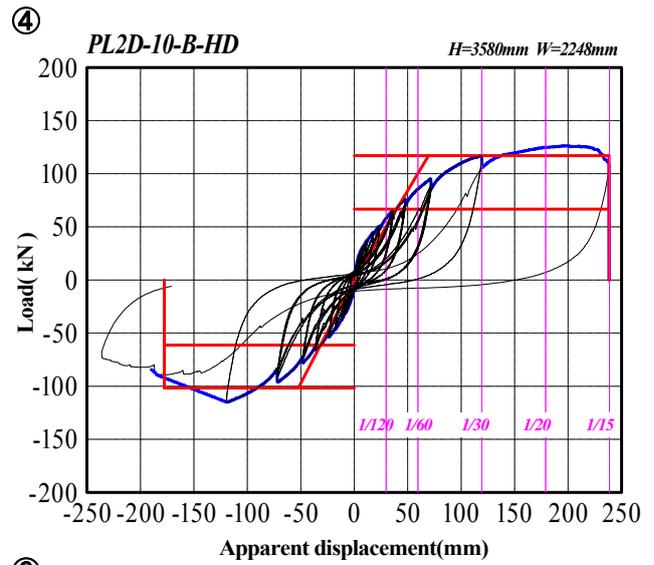
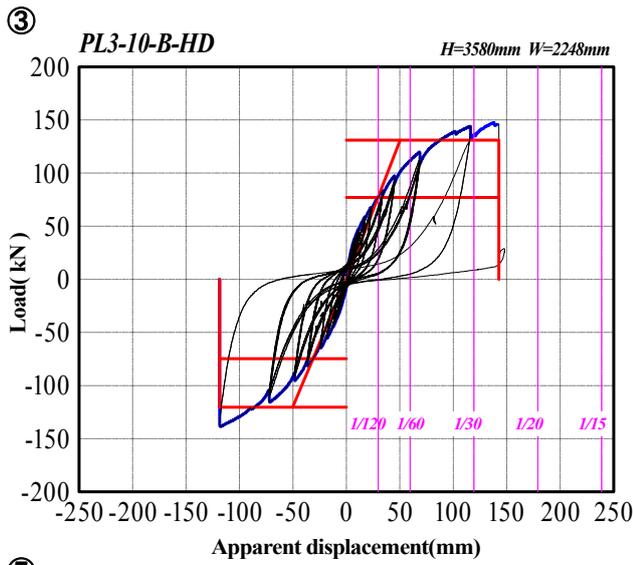


### 3-4 試験結果

#### (1) 荷重-変形関係

各3体実験を行った⑤～⑦の試験体は、代表して1体目の荷重-変形関係を示す。





## (2) 破壊状況

試験体記号	破壊状況
① PL5-10-B-JISA	<ul style="list-style-type: none"> <li>•1/50rad 変形時で CLT パネルの回転により, CLT パネル端部と土台軸組の間に多少隙間が生じるが, L 形金物の木ねじには大きな損傷は見られない.</li> <li>•1/30rad 変形時で CLT パネルの回転により, CLT パネル端部と軸組の間の隙間は増大する. 土台に設置した L 形金物が CLT の回転により浮き上がり変形をはじめ.</li> <li>•正側 1/20rad 変形手前で非加力側柱脚部の割裂破壊により, 耐力が低下した.</li> </ul>
② PL3-10-B-JISA	<ul style="list-style-type: none"> <li>•1/50rad 変形時で CLT パネルの回転により, CLT パネル端部と土台軸組の間に多少隙間が生じるが, L 形金物の木ねじには大きな損傷は見られない.</li> <li>•1/30rad 変形時で CLT パネルの回転により, CLT パネル端部と軸組の間の隙間は増大する. 土台に設置した L 形金物が CLT の回転により浮き上がり変形をはじめ.</li> <li>•1/15rad 変形で CLT パネル回転により, CLT パネルの土台 L 形金物の木ねじが抜け始め, 土台の割れも発生する. 柱側に取り付けた L 形金物の木ねじ接合部も大きく変形する. 一部木ねじの折損が生じる.</li> </ul>
③ PL3-10-B-HD	<ul style="list-style-type: none"> <li>•1/50rad 変形時で CLT パネルの回転により, CLT パネル端部と土台軸組の間に多少隙間が生じるが, L 形金物の木ねじには大きな損傷は見られない.</li> <li>•1/30rad 変形時で CLT パネルの回転により, CLT パネル端部と軸組の間の隙間は増大する. 土台に設置した L 形金物が CLT の回転により浮き上がり変形をはじめ.</li> <li>•1/30rad 正負繰り返し終了後 正側 138mm で, 非加力側柱脚部ホールダウン金物の引きボルト M16 及び中柱ホールダウン金物の引きボルト M16 が破断し, 耐力が低下した.</li> </ul>
④ PL2D-10-B-HD	<ul style="list-style-type: none"> <li>•1/50rad 変形時で CLT パネルの回転により, CLT パネル端部と土台軸組の間に多少隙間が生じるが, L 形金物の木ねじには大きな損傷は見られない.</li> <li>•1/30rad 変形時で CLT パネルの回転により, CLT パネル端部と軸組の間の隙間は増大する. 土台に設置した L 形金物が CLT の回転により浮き上がり変形をはじめ.</li> <li>•1/15rad 変形で CLT パネル回転により, CLT パネルの土台 L 形金物の木ねじが抜け始め, 土台の割れも発生する. 柱側に取り付けた L 形金物の木ねじ接合部も大きく変形する. 一部木ねじの折損が生じる.</li> </ul>
⑤ PL2-10-B-HD	<ul style="list-style-type: none"> <li>•1/50rad 変形時で CLT パネルの回転により, CLT パネル端部と土台軸組の間に多少隙間が生じるが, L 形金物の木ねじには大きな損傷は見られない.</li> <li>•1/30rad 変形時で CLT パネルの回転により, CLT パネル端部と軸組の間の隙間は増大する. 土台に設置した L 形金物が CLT の回転により浮き上がり変形をはじめ.</li> <li>•1/15rad 変形で CLT パネル回転により, CLT パネルの土台 L 形金物の木ねじが抜け始め, 土台の割れも発生する. 柱側に取り付けた L 形金物の木ねじ接合部も大きく変形する. 一部木ねじの折損が生じる.</li> </ul>
⑥ PL2-10-B-JISA	<ul style="list-style-type: none"> <li>•1/50rad 変形時で CLT パネルの回転により, CLT パネル端部と土台軸組の間に多少隙間が生じるが, L 形金物の木ねじには大きな損傷は見られない.</li> <li>•1/30rad 変形時で CLT パネルの回転により, CLT パネル端部と軸組の間の隙間は増大する. 土台に設置した L 形金物が CLT の回転により浮き上がり変形をはじめ.</li> <li>•1/15rad 変形で CLT パネル回転により, CLT パネルの土台 L 形金物の木ねじが抜け始め, 土台の割れも発生する. 柱側に取り付けた L 形金物の木ねじ接合部も大きく変形する. 一部木ねじの折損が生じる.</li> </ul>
⑦ PL2-7-B-HD	<ul style="list-style-type: none"> <li>•1/50rad 変形時で CLT パネルの回転により, CLT パネル端部と土台軸組の間に多少隙間が生じるが, L 形金物の木ねじには大きな損傷は見られない.</li> <li>•1/30rad 変形時で CLT パネルの回転により, CLT パネル端部と軸組の間の隙間は増大する. 土台に設置した L 形金物が CLT の回転により浮き上がり変形をはじめ.</li> <li>•1/15rad 変形で CLT パネル回転により, CLT パネルの土台 L 形金物の木ねじが抜け始め, 土台の割れも発生する. 柱側に取り付けた L 形金物の木ねじ接合部も大きく変形する. 一部木ねじの折損が生じる.</li> </ul>

主な破壊状況写真



-1/15rad.変形時(⑤試験体)



+1/15(rad) L形金物の状況 (⑤試験体)



+1/15(rad)ホールダウン金物の状況(⑥試験体)



+1/15(rad) CLT パネルの回転(⑥試験体)



+1/15(rad) L形金物の状況(⑦試験体)

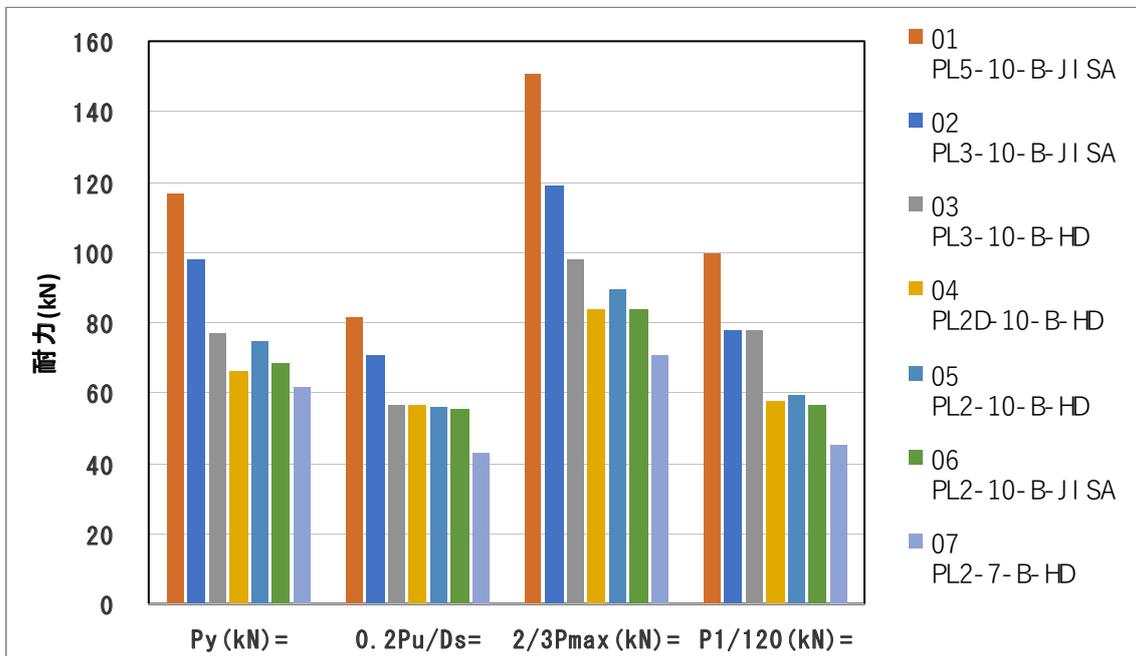


-1/15(rad) L形金物の状況及び土台の亀裂  
(⑦試験体)

### 3-5 結果まとめ

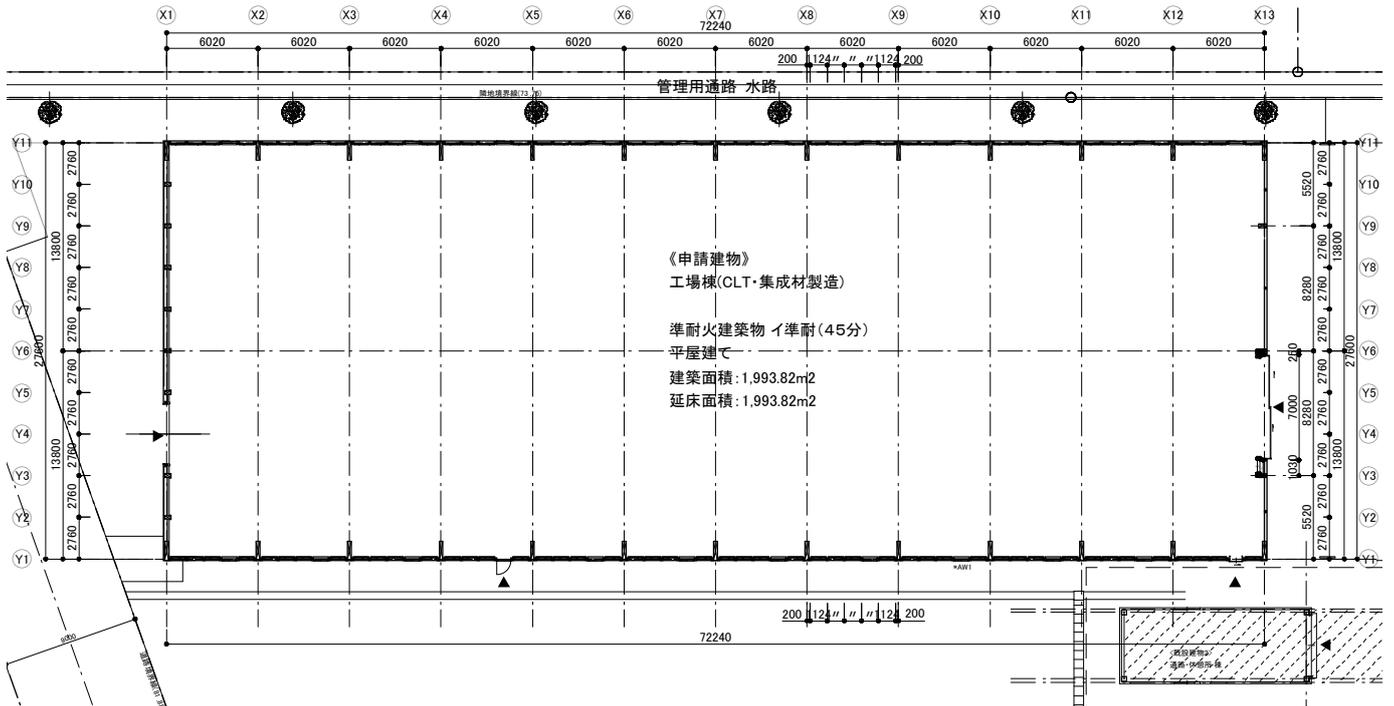
試験体No. 05～07の評価耐力は、3体の試験体の結果からばらつき係数を考慮した評価値(50%下限値)。その他の数値は、3体の平均値。

	01 PL5-10-B-JISA	02 PL3-10-B-JISA	03 PL3-10-B-HD	04 PL2D-10-B-HD	05 PL2-10-B-HD	06 PL2-10-B-JISA	07 PL2-7-B-HD
Py (kN)=	117.14	97.90	77.09	66.53	74.72	68.63	61.58
Dy (mm)=	40.36	49.67	29.55	39.47	46.34	43.11	50.72
K (kN/mm)=	2.90	1.97	2.61	-1.69	1.66	1.63	1.24
Pu (kN)=	199.65	163.61	130.97	116.99	122.43	116.17	97.83
Du (mm)=	177.53	235.90	142.64	238.40	239.29	239.88	237.00
$\mu$ =	2.58	2.84	2.84	3.43	3.21	3.31	2.97
Ds=	0.490	0.462	0.462	0.413	0.43	0.43	0.45
0.2Pu/Ds=	81.49	70.83	56.70	56.65	56.19	55.33	42.92
2/3Pmax (kN)=	150.71	119.26	98.39	84.19	89.63	84.11	70.92
Pmax (kN)=	226.06	178.89	147.59	126.28	134.44	126.16	106.38
Dmax (mm)=	172.00	231.29	138.10	198.73	223.96	212.42	212.22
P1/300 (kN)=	61.45	47.62	47.26	36.25	35.15	33.49	26.80
P1/200 (kN)=	74.20	58.16	58.13	42.87	42.79	41.70	33.11
P1/150 (kN)=	85.31	67.21	65.99	50.98	50.01	49.04	38.48
P1/120 (kN)=	100.04	77.85	77.60	58.08	59.37	56.46	45.17
P1/60 (kN)=	146.75	111.15	111.94	85.60	87.00	82.19	67.95
min(①②③④) (kN)=	81.49	70.83	56.70	56.65	56.19	55.33	42.92
L (m)=	2.248	2.248	2.248	2.248	2.248	2.248	2.248
P0 (kN/m)=	36.25	31.5 × $\alpha$	25.2 × $\alpha$	25.2 × $\alpha$	25.0 × $\alpha$	24.6 × $\alpha$	19.1 × $\alpha$
倍率	18.4 × $\alpha$	16.0 × $\alpha$	12.8 × $\alpha$	12.8 × $\alpha$	12.7 × $\alpha$	12.5 × $\alpha$	9.7 × $\alpha$

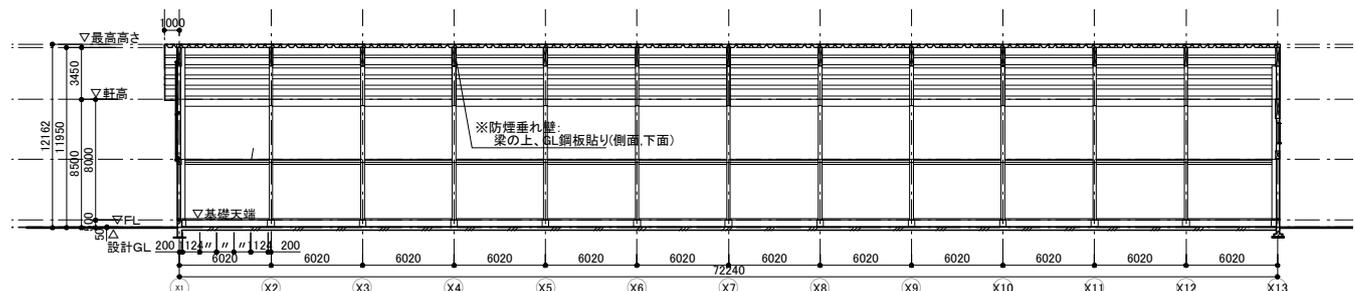
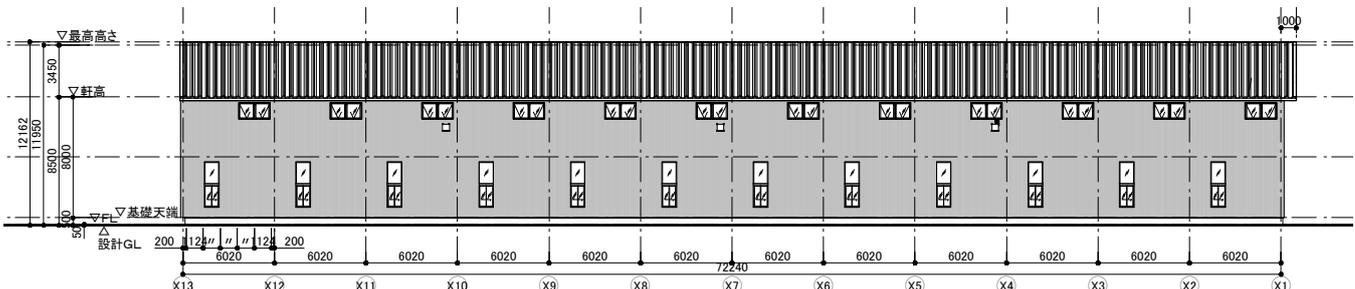
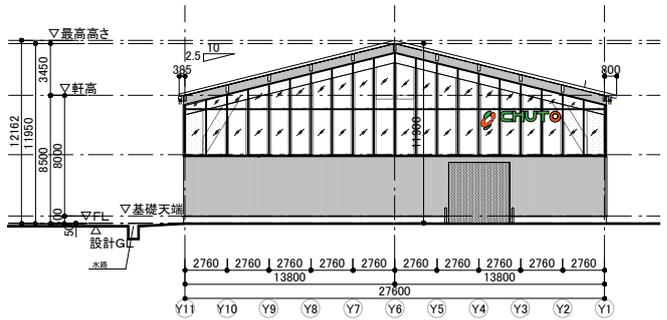
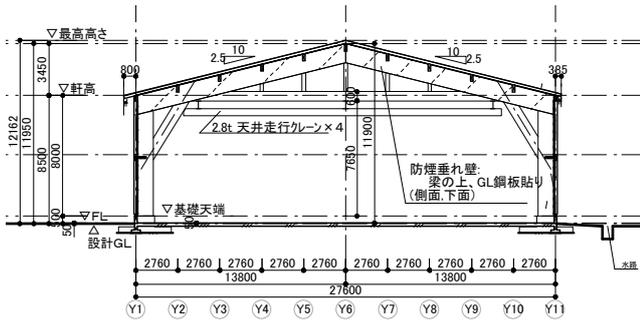


設計で用いたものは、⑤PL2-10-BHD。①試験体では、1/20rad付近で柱脚金物部分で割裂破壊が生じ急激な耐力低下を生じたこと、②試験体では耐力が大きかったため、設計において柱脚金物が過大になりすぎる事などから除外した。

「成果物4」図面および写真集



平面図 S=1/500





「成果物5」設計に用いた部材の詳細をまとめた構造・防耐火図集

<p>屋根: 30分耐火 梁(表わし): 45分準耐火</p>	<p>防煙壁</p>	<p>軒裏: 構造制限なし</p>
<p>耐火構造認定 &lt;FP030RF-0290&gt; 燃え代 [H12年建告第1358号第4-ニ-イ~ハ]</p>	<p>防煙壁 [令第126条の2・H12年建告1400号十]</p>	<p>[令第110条第1-ロ] 外壁により小屋裏・天井裏と有効に遮られたものは構造制限なし</p>
<p>外壁(屋内側: CLT): 45分準耐火構造 柱(表わし): 45分準耐火構造</p>	<p>CLTの基準 [H12年建告第1358号第1-五-エ、H27建告253号第1-四-ニ ※H28建告563号による改訂] 燃え代 [H12年建告第1358号第2-三-イ~ハ]</p>	<p>外壁(屋内側: 石膏ボード): 45分準耐火構造 柱(被覆): 45分準耐火構造</p>
<p>※CLTは鉛直力を支持しないため、非耐力壁となる ※CLTが6.5cm以上であれば、45分準耐火構造の非耐力外壁となる (燃え代35mm+残存厚さ30mm以上) ※接合部は防火上有効に被覆されている</p>		<p>防火被覆 [H12年建告1358号第1-三-ロ-(1)、第1-一-ハ-(1)-(i)]</p>
<p>梁(表わし): 45分準耐火 燃え代 [H12年建告第1358号第4-三-イ~ニ]</p>	<p>梁(被覆): 45分準耐火 防火被覆 [H12年建告第1358号第4-二]</p>	