

## 2. 5 国際環境福祉教育学院((株)エムロード環境造形研究所)

### 1. 建築物の仕様一覧

事業名	中学校及び専門学校の建築設計実証			
実施者(担当者)	学校法人国際環境福祉教育学院			
建築物の概要	用途	中学校、専修学校		
	建設地	山梨県南都留郡富士河口湖町		
	構造・工法	CLTパネル工法		
	階数	1		
	高さ(m)	9.14(中学校)、11.52(専門学校)		
	軒高(m)	3.45(中学校)、3.45(専門学校)		
	敷地面積(m <sup>2</sup> )	8388.58(中学校)、2178.77(専門学校)		
	建築面積(m <sup>2</sup> )	479.89(中学校)、701.34(専門学校)		
	延べ面積(m <sup>2</sup> )	410.06(中学校)、622.4(専門学校)		
	階別面積	1階 2階 3階	410.06(中学校)、622.4(専門学校)	
CLTの仕様	CLT採用部位		壁、屋根(水平面)	
	CLT使用量(m <sup>3</sup> )		加工後建築物使用量93.32m <sup>3</sup> (中学校)、128.74m <sup>3</sup> (専門学校)	
	壁パネル	寸法	90mm厚	
		ラミナ構成	3層3プライ	
		強度区分	S60	
		樹種	スギ	
	床パネル	寸法		
		ラミナ構成		
		強度区分		
		樹種		
	屋根パネル	寸法	150mm厚	
		ラミナ構成	5層5プライ	
強度区分		Mx60		
樹種		スギ		
仕上	主な外部仕上	屋根	カラーガルバリウム鋼板 ア.0.4 雪止め付	
		外壁	杉板 ア.30 KC塗装	
		開口部	住宅用アルミサッシ/木製製作建具/押縁FIX	
	主な内部仕上	界壁	PB ア.21三重張り	
		間仕切り壁	CLTパネル ア.90 NP塗装	
		床	フローリング ア.15	
		天井	CLTパネル ア.150 NP塗装	
構造	構造計算ルート		ルート1	
	接合方法		ドリフトピン	
	最大スパン		5.15m(中学校)、6.06m(専門学校)	
	問題点・課題とその解決策		パネル接合部の金物を隠蔽とするため、ドリフトピン接合による接合部試験を行い、CLTパネル工法告示仕様ルート1で求められている耐力があることを確認した。	
耐火	防火上の地域区分		なし	
	耐火建築物等の要件		なし	
	本建築物の耐火仕様		その他建築物	
施工	遮音性確保に関する課題と解決策			
	建て方における課題と解決策			
	劣化対策			
工程	設計期間		H28.7月~12月(6カ月)	
	施工期間			
	CLT躯体施工期間			
	竣工(予定)年月日		H30.3月	
体制	発注者		学校法人国際環境福祉教育学院 庄司日出夫	
	設計者(複数の場合はそれぞれ役割を記載)		株式会社エムロード環境造形研究所	
	構造設計者		銘建工業株式会社	
	施工者			
	CLT供給者			
		ラミナ供給者		

事業名：中学校及び専門学校の建築設計実証

## 2. 実証事業の概要

### 2-1. 実証した建築物の概要

用途	中学校、専修学校		
建設地	山梨県南都留郡富士河口湖町		
構造・工法	CLT パネル工法		
階数	1		
高さ (m)	9.14、11.52	軒高 (m)	3.45
敷地面積 (m <sup>2</sup> )	8388、2178	建築面積 (m <sup>2</sup> )	479.89、701.34
階別面積	1階	410.06、622.4	延べ面積 (m <sup>2</sup> ) 410.06、622.4
	2階		
	3階		
CLT 採用部位	壁、屋根 (水平面)		
CLT 使用量 (m <sup>3</sup> )	93.32、128.74		
CLT の仕様	(部位)	(寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種)	
	壁	90mm 厚 / 3層3プライ / S60 / スギ	
	床		
	屋根	150mm 厚 / 5層5プライ / Mx60 / スギ	
設計期間	H28.7月～12月 (6カ月)		
施工期間			
CLT 躯体施工期間			
竣工 (予定) 年月日	H30.3月		

### 2-2. 当該建築物における実証内容

#### <建築物の設計実証>

CLT パネル工法告示 (ルート1) により中学校及び専門学校を設計した。内部に CLT 構造体を現しで用いる際に接合部金物が意匠上目立たないように、集成材では一般的な鋼板挿入ドリフトピン接合による柱脚柱頭接合部を開発し、設計に採用した。

#### <建築物の性能実証>

CLT パネル工法告示のルート1において、耐力壁の柱頭柱脚接合部は 15KN/M、せん断耐力は 52KN/箇所が求められる。上記値以上の性能が担保でき、更に柱脚部は 4 cm以上の伸び量が確保でき、また、柱頭及び2F部柱脚は 2 cm以上の伸び量が確保できる仕様として

ドリフトピン接合部を開発した。本実証で計画する金物は、出来るだけ既存品が使えないか検討を行うとともに、要素実験結果をもとに検証を行い、集合割裂破壊を起こさないような接合部を検討した。

### 2-3. 実施体制

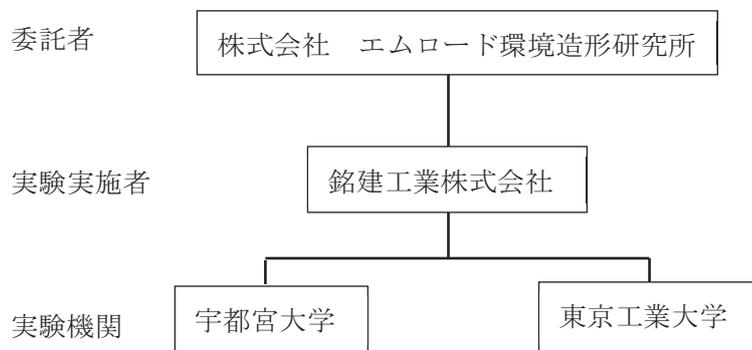
実施者：学校法人国際環境福祉教育学院 庄司日出夫

建築設計：エムロード環境造形研究所 小見山健次、小見山陽介（進行管理）

構造設計：銘建工業 鳥羽展彰

性能試験：銘建工業（協力：宇都宮大学 中島昌一、東京工業大学 坂田弘安）

実験実施体制



### 2-4. 実証方法と実施工程

<設計実証>

構想立案 2016年6月

基本設計 2016年7月～9月

実施設計 2016年9月～11月

<性能実証>

要素実験により、接合具の必要本数を設定する。それをもとに各部接合金物を設計し、性能確認実験により性能を評価した。

計画策定 2016年9月～11月

宇都宮大学中島昌一助教授に CLT にドリフトピンを用いた場合の性能を調査

要素試験 2016年11月

宇都宮大学中島昌一助教授に試験委託。CLT に用いるドリフトピンの耐力と適正間隔・端距離・縁距離の確認のため、京都大学施設にて、要素実験を実施

試験準備 2016年12月

銘建工業にて、CLT パネル工法（告）ルート 1 に対応する接合部の設計、金物・試験体・治具の製造

計画策定 2016 年 12 月

東京工業大学坂田弘安教授と試験方法を検討

本試験 2017 年 1 月～2 月

東京工業大学坂田弘安教授に試験委託。柱脚引張金物、柱頭引張金物、せん断金物の性能試験を実施

#### 2-5. 得られた実証データ等の詳細

本事業により次のデータが得られた。

- ・設計図書（建築設計図、構造設計図、構造計算書）
- ・試験報告書（要素試験、本試験）

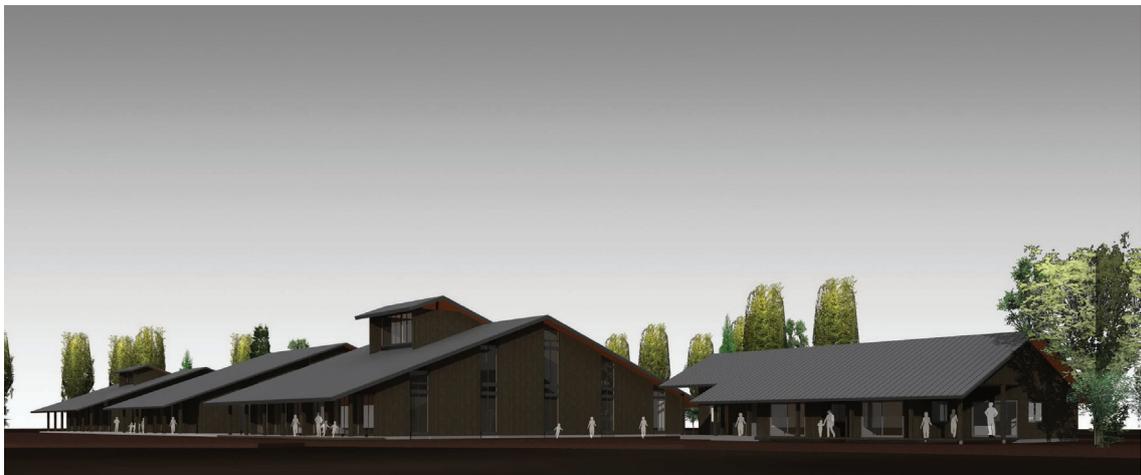
#### 2-6. 本事業の成果

CLT パネル工法のルート 1 の各部仕様の接合金物で、現し接合部に対応できる金物を開発できた。開発部位は、最下部引張用金物、頂部引張用金物、せん断用金物 1（床継ぎ手部）、せん断用金物 2（床端部）である。

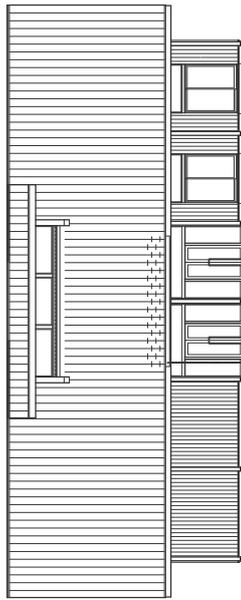
また、設計した各接合金物の性能と課題を確認した。

種類	Pu：終局耐力（kN）	P0：短期許容耐力（kN）
最下部引張用金物	89.74	56.5
頂部引張用金物	128.79	83.6
せん断用金物 1	53.76	36.53
せん断用金物 2	23.9	15.7

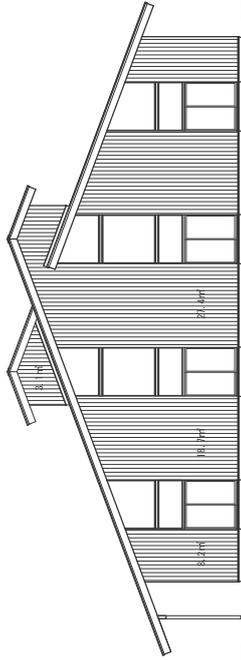
#### 2-7. 建築物の平面図・立面図・写真等



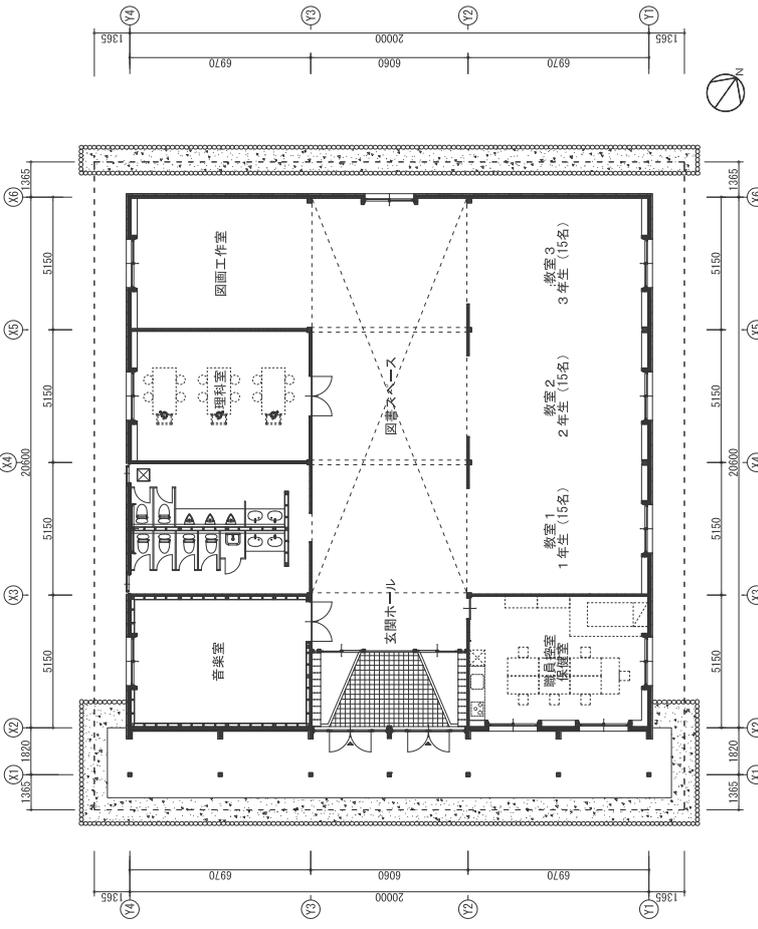
全体計画完成予想図



南側立面図



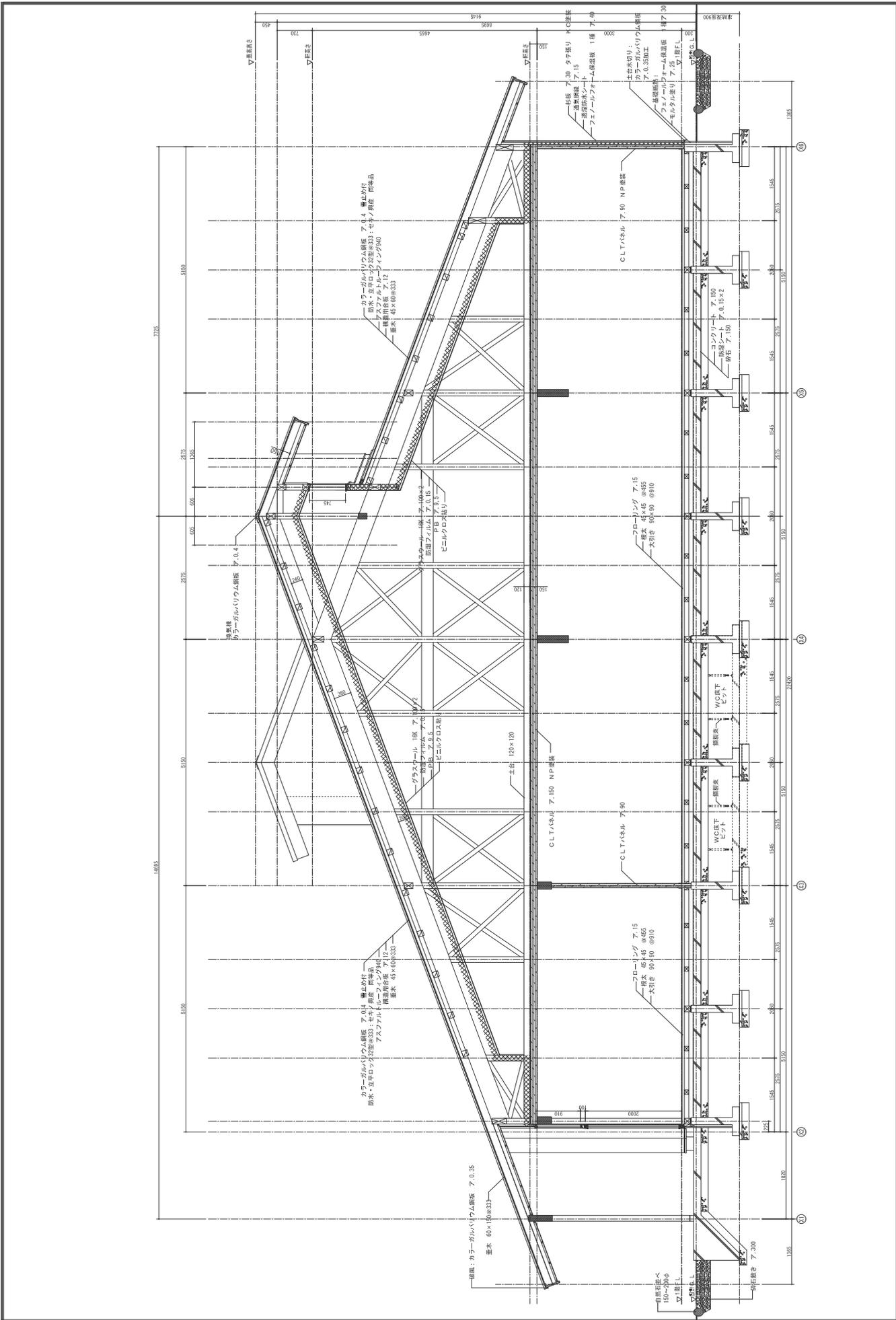
東側立面図



平面図

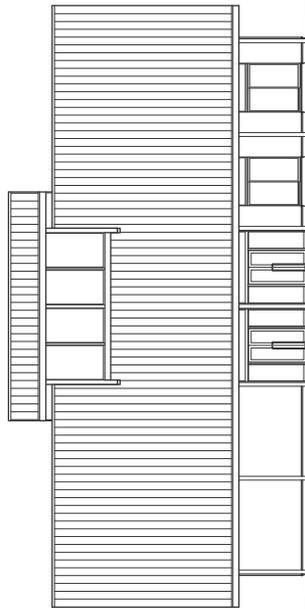
床面積	面積
1階	410.06㎡ (124.04坪)

TITLE	DRAWING NAME	SCALE	DATE/1	DATE/2	CHECK	No.
国際環境福祉教育学院新築工事	中学校 平面図・立面図	A3 1:200				
株式会社 エムロード建築造形研究所 <b>Emeraude Architectural Laboratory Co., Ltd.</b> <small>新築設計/下工 建築業法別所轄種別上野 294-1 TEL. 0279-66-8876 / FAX. 0279-66-8859</small>						一級建築士事務所 昭南建築設計 2024号 一級建築士 旗本大進事務所 134462号 INTERIOR PLANNER 登録第 8 号-371 2号 小室山 徹哉

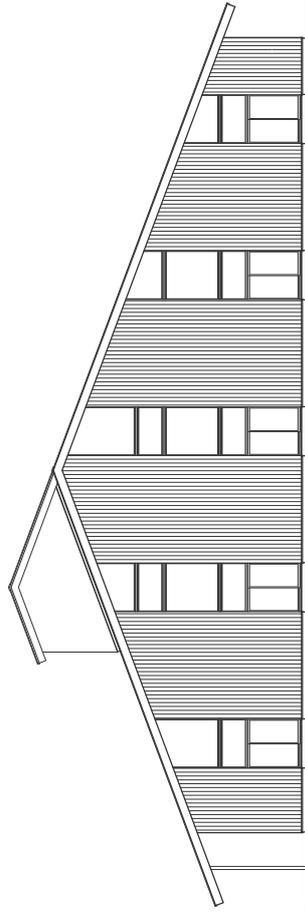


TITTLE	環境福祉教育学院新築工事	DRAWING NAME	中学校	CHECK	DATE/2	DATE/1	2017.2.20	SCALE	A2/1:50	QUALIFICATION	一級建築士事務所 群馬県登録第2524号 一級建築士 岡野浩太郎 134462号 INTERIOR PLANNER 登録59-03712号 小島山 健次	No.	中	学	12
	株式会社 エムロード建設設計研究所 <b>Emeraude Architectural Laboratory Co. Ltd.</b> 群馬県渋川市高井町北土野 294-1 TEL. 0278-56-6878 / FAX 0278-56-3689														

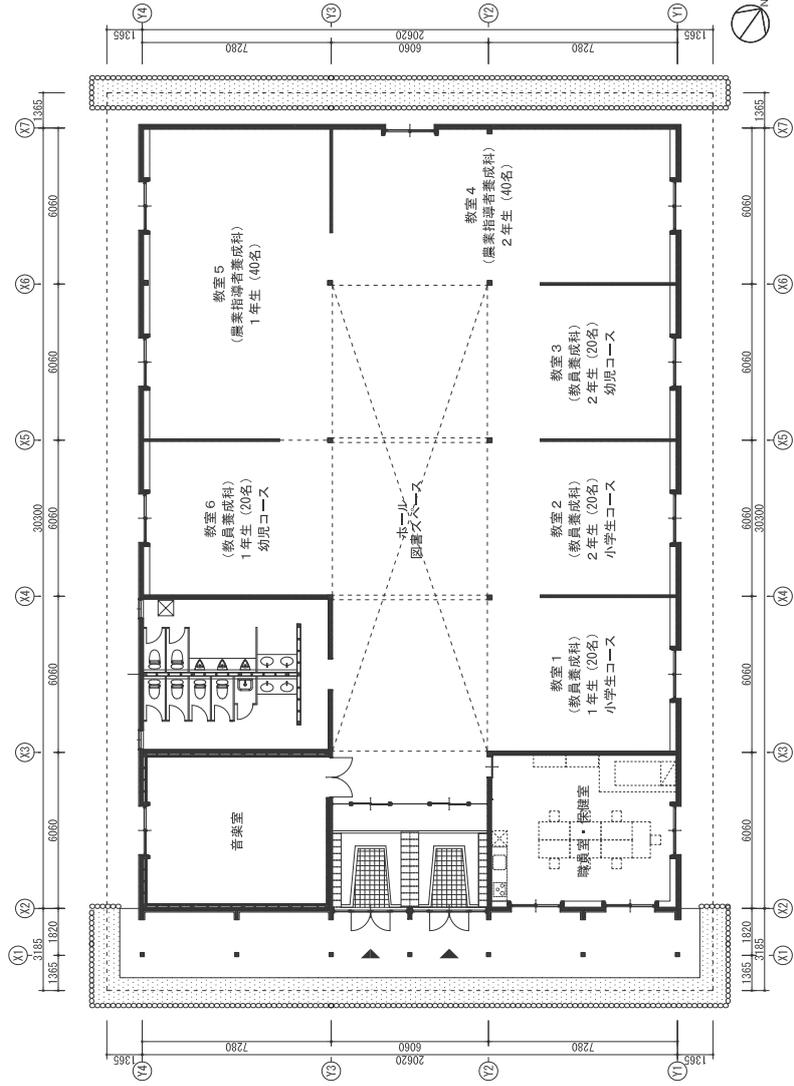




南側立面図



東側立面図



平面図

床面積	面積
1階	622.40㎡ (188.27坪)

TITLE	DRAWING NAME	SCALE	DATE/1	DATE/2	CHECK	No.
国際環境福祉教育学院新築工事	専門学校 平面図・立面図	A3 1:200				
株式会社 エムロート環境建築研究所 <b>Emeraude Architectural Laboratory Co. Ltd.</b> 東京都港区三軒茶屋3-15-1 電話03-5561-3141 TEL. 0273-56-0819 FAX. 0273-56-3553 千葉県船橋市栄町2-5-24号 電話04-76-93-12号 小島山 邸次 INTERIORE PLANNERS						

### 3. 成果物

#### 3-1. 建築物の概要

前段の2-7を参照。

#### 3-2. 開発目的

国際環境福祉教育学院の専門学校及び中学校の設計にあたり、CLTパネル工法を採用した。しかし、設計にあたり現在、接合部に使用できる金物が仕様規定のものか一部の実験成果物しか存在しない。その仕様規定のものも、CLT表面に取り付くタイプで、とても現し部に採用できるものではない。今回の設計物件も、床下及び天井裏はほぼ無く、内部空間はCLTをほぼすべて現しで表現している。

そこで、CLTパネル工法告示のルート1の各部接合金物の仕様規定に対応する金物として現し部分に対応できる金物の開発を目的とした。

#### 3-3. 設計方針

現し仕様として、接合具にはドリフトピンを採用した。一部せん断金物で見え隠れ部にビスを用いる。

各金物の設計方針として、引張部金物については引張の終局耐力の確保を目的とし、変形性能は告示にあるABR490のボルト（アンカーボルト）によるものとする。そのため、ドリフトピン部分以外の金物は極力変形させないよう強固に設計した。また、せん断力については、別途設計されるせん断用金物に負担させ、それぞれの応力は個別に設計されるものとした。

せん断用金物は、壁の左右に床がある場合（床継ぎ手部用）と壁の片方に床がある場合（床端部用）の2種類とする。鋼板はコストも配慮し3.2mmの曲げ鋼板を重ねて使用した。

具体的な耐力は、最下部（基礎緊結部）引張部用金物-終局耐力86kN、頂部（最下部以外）引張部用金物-135kN、せん断用金物（床継ぎ手部用・床端部用）-短期許容耐力54kNを目標値とした。

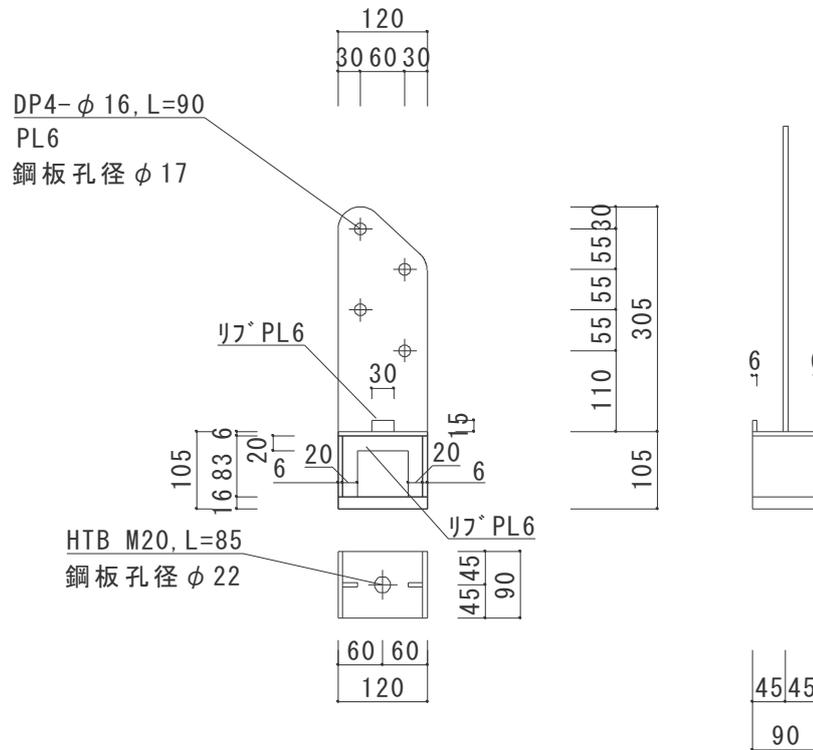
#### 3-4. 実験概要

実験は、最初に宇都宮大学 中島昌一助教にドリフトピンの必要本数の仮定のために要素実験を依頼した。

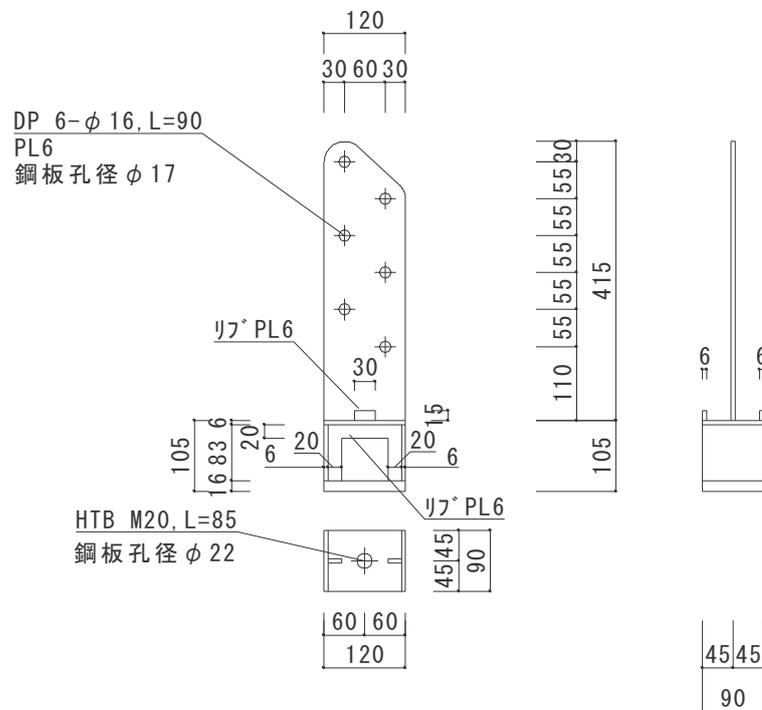
そこで得られた結果をもとに各金物のドリフトピンの本数を決定し、各接合金物を設計した。せん断用金物には、一部Xマーク金物で用いられるビスのデータを参考とする。

設計した接合金物を用いて、東京工業大学 坂田弘安教授に各性能確認実験を依頼し、その性能を評価してもらった。

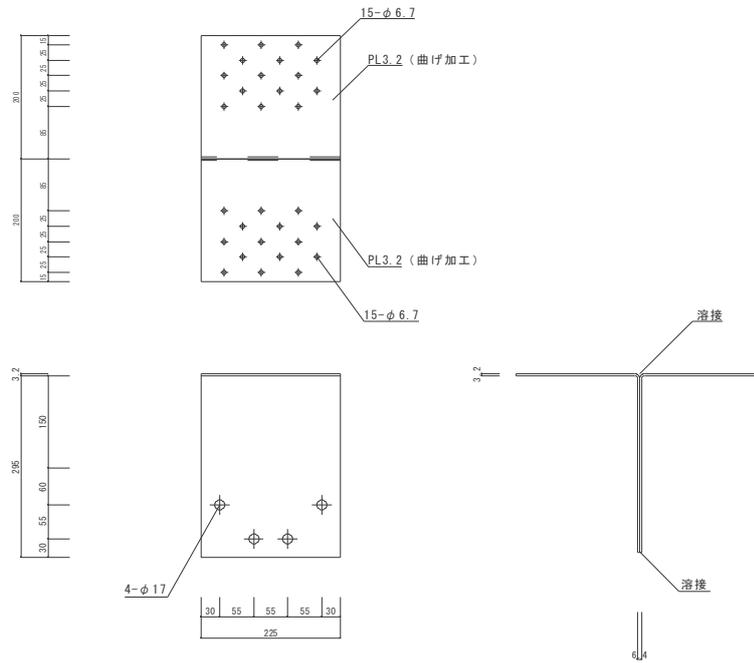
最下部引張用金物



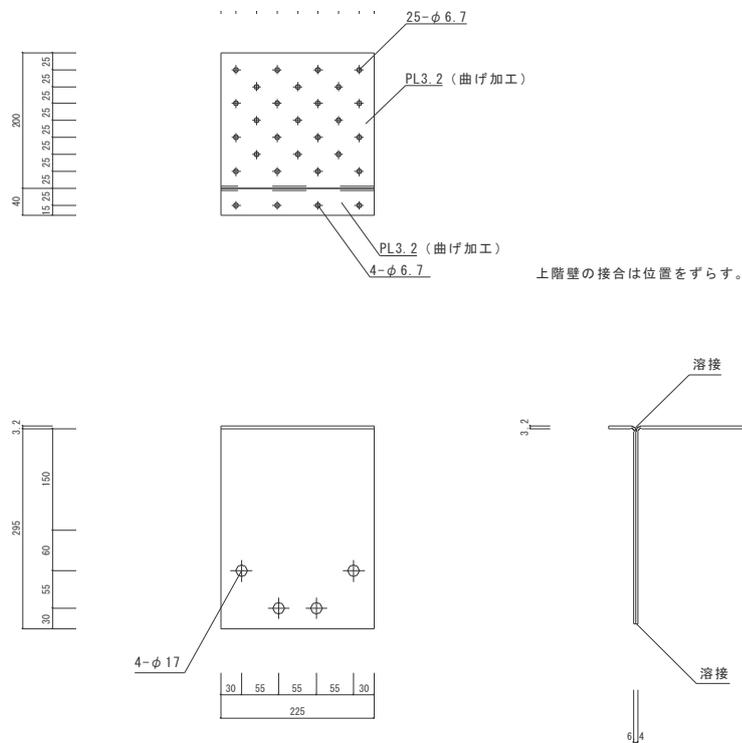
頂部引張用金物



せん断用金物 1 (床継ぎ手部)



せん断用金物 2 (床端部)



### 3-5. 試験結果

#### 1.要素実験

##### (1) 目的

これまで、5層5プライのCLTドリフトピン接合部について、ピン径・鋼種・端距離・縁距離の荷重・変異特性値に与える影響、本数による低減などについて実験により検討を進めてきた。5層5プライCLTについては、(1)直交層による脆性的な割裂破壊の抑制効果や、(2)直交異方性の低減効果が認められたが、3層3プライの場合にも同様の効果が認められるか実験により検証する。

##### (2) 実験概要

試験体は3層3プライCLT(スギ、S60)、Φ16ドリフトピン(SS400相当)、6mm鋼板で構成される。引張方向の部分繰返し载荷を実施し、CLTと鋼板の相対変位を計測した。表1にパラメータと試験結果を示す。パラメータはドリフトピン配置、本数、最外層の繊維方向とし、各試験体1体ずつ、計11体試験した。

##### (3) 実験結果

表1に試験結果の特性値を示す。表2に1本あたりの性能を示す。

表1 パラメータと特性値

接合部実験の結果																			
試験体名	径	本数	1列あたりの本数	縁距離	端距離	繊維方向	最大荷重		降伏荷重	降伏変位	終局変位	初期剛性	初期遊び	完全弾塑性Py		終局荷重	塑性率	破壊の様子	
							Pmax [kN]	max [mm]						Py [kN]	δy [mm]				δu [mm]
1-1	16	5	1	112	64	0	158	5.99	135	2.16	11.9	100	0.34	142	148	1.49	7.98	端抜け	
2-1	16	5	1	112	64	90	111	3.19	100	1.56	4.4	128	0.01	100	105	0.82	5.39	引張	
3-1	16	5	1	80	80	0	163	4.77	149	1.84	14.5	141	0.23	146	148	1.05	13.71	スリット	
4-1	16	5	1	80	80	90	122	4.50	117	1.82	4.9	115	0.21	110	117	1.01	4.79	Rシア	
5-1	16	5	2	200	112	0	137	2.91	127	2.15	9.3	94	0.38	124	121	1.29	7.22	スリット	
6-1	16	5	2	184	80	0	146	11.12	135	2.06	24.1	108	0.31	132	138	1.28	18.89	スリット	
7-1	16	4	2	80	240	0	128	12.45	119	3.03	27.3	54	-0.07	51	121	2.25	12.14	スリット	
8-1	16	4	2	80	240	90	112	11.59	91	1.75	11.6	93	-0.01	101	100	1.08	10.77	母材引張	
9-1	16	6	3	80	240	0	203	8.29	174	2.22	14.6	123	0.14	183	192	1.56	9.38	スリット	
10-1	16	6	3	80	160	0	183	7.01	170	2.38	19.0	108	0.30	164	171	1.58	11.98	スリット	
11-1	16	6	3	80	112	0	199	10.62	175	2.30	19.5	118	0.24	180	189	1.61	12.16	スリット	

表2 1本あたりの特性値

1本あたりの性能												
試験体名	径	本数	1列あたりの本数	縁距離	端距離	繊維方向	K/n				Py,ph/n	Py/n
							K/n	Pmax/n	Py,ph/n	Py/n		
0	16	0	1	112	64	0	20.0	31.6	27.0	28.4	29.7	
0	16	0	1	112	64	90	25.6	22.2	20.0	20.0	21.0	
0	16	0	1	80	80	0	28.1	32.6	29.7	29.2	29.6	
0	16	0	1	80	80	90	23.0	24.3	23.4	22.0	23.3	
0	16	0	2	200	112	0	18.7	27.5	25.4	24.7	24.2	
0	16	0	2	184	80	0	21.6	29.3	27.1	26.5	27.5	
0	16	0	2	80	240	0	13.5	32.0	29.6	12.8	30.3	
0	16	0	2	80	240	90	23.2	28.0	22.6	25.2	24.9	
0	16	0	3	80	240	0	20.5	33.8	29.0	30.4	31.9	
0	16	0	3	80	160	0	18.0	30.4	28.4	27.4	28.5	
0	16	0	3	80	112	0	19.6	33.2	29.2	29.9	31.5	

## 2.接合部試験

○最下部引張用金物

### (1) 試験名称

MK-DP4 引張性能評価試験

### (2) 試験責任者

坂田弘安教授

### (3) 試験依頼先

(名 称) 東京工業大学 坂田研究室

(所在地) 東京都目黒区大岡山 2-12-1 緑ヶ丘 1 号館 413 室

### (4) 試験実施期間

2017 年 1 月 16 日～17 日

表 2.1 部材仕様

部材名	使用材料	部材断面	規格・材質
耐力壁	スギ直交集成板	480×90	JAS 直交集成材板 同一等級構成 S60 3層3プライ

表 2.2 接合金物及び接合具仕様

部材名	寸法	規格・材質
MK-DP4	—	SS400 (JIS G 3112)
ドリフトピン	L=90mm	SS400 相当 (JIS G 3112)

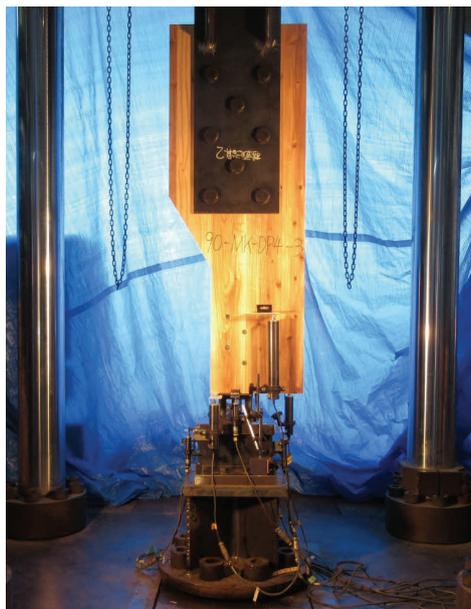


写真 2.1 試験装置及び試験体

(5) 試験結果

(a) 荷重 P-変位  $\delta$  曲線の包絡線

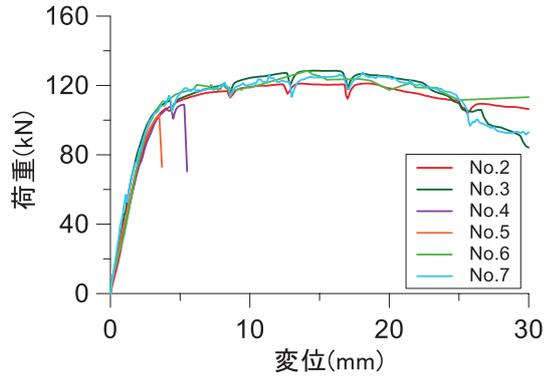


図 5.7 各試験体の包絡線

表 5.1 完全弾塑性モデルによる評価結果と短期基準引張耐力及び終局引張耐力

		No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	平均値	標準偏差	ばらつき係数	95%下限値	試験体低減
K	kN/mm	35.2	39.0	34.0	39.1	36.4	40.9	37.4	2.65	-	-	-
$P_y$	kN	81.1	91.3	79.2	61.4	89.7	79.6	80.4	10.66	-	-	-
$P_u$	kN	114.7	120.5	107.3	96.4	117.1	119.8	112.6	9.27	-	-	-
$P_{max}$	kN	121.2	128.6	109.1	104.0	128.5	128.2	119.9	10.86	-	-	-
$P_{1mm}$	kN	36.3	45.4	36.9	41.0	34.3	51.9	41.0	6.68	-	-	-
$P_{2mm}$	kN	72.2	82.8	72.4	75.8	75.8	79.5	76.4	4.10	-	-	-
$P_{3mm}$	kN	96.8	102.8	94.7	97.7	100.9	101.7	99.1	3.17	-	-	-
$P_{4mm}$	kN	106.9	110.4	106.2	-	110.8	109.9	108.8	2.13	-	-	-
$P_{5mm}$	kN	111.3	112.5	108.4	-	115.8	115.4	112.7	3.04	-	-	-
$P_{10mm}$	kN	119.1	124.3	-	-	118.7	120.6	120.7	2.57	-	-	-
$P_{15mm}$	kN	120.5	128.5	-	-	125.3	124.5	124.7	3.28	-	-	-
$P_{20mm}$	kN	118.4	125.2	-	-	117.4	124.8	121.4	4.13	-	-	-
$P_{25mm}$	kN	110.9	109.8	-	-	111.6	111.9	-	-	-	-	-
$P_{30mm}$	kN	106.3	-	-	-	113.3	-	-	-	-	-	-
$\delta_y$	mm	2.3	2.3	2.3	1.6	2.5	1.9	2.2	0.34	-	-	-
$\delta_v$	mm	3.3	3.1	3.2	2.5	3.2	2.9	3.0	0.30	-	-	-
$\delta_u$	mm	30.0	26.6	5.4	3.5	30.0	25.6	20.2	12.34	-	-	-
$\delta_{max}$	mm	18.4	14.6	5.3	3.5	14.1	18.1	12.3	6.43	-	-	-
$\mu$		9.2	8.6	1.7	1.4	9.3	8.7	6.5	3.84	-	-	-
$D_s$		0.24	0.25	0.65	0.73	0.24	0.25	0.39	0.23	-	-	-
$P_y$	kN	81.1	91.3	79.2	61.4	89.7	79.6	80.4	10.66	0.69	59.52	56.54
$2/3P_{max}$	kN	80.8	85.7	72.7	69.3	85.6	85.5	79.9	7.24	0.79	65.74	62.45
$P_0$	kN											56.5
$P_u$	kN	114.7	120.5	107.3	96.4	117.1	119.8	112.6	9.27	0.81	94.46	89.74
目標 $P_u$	kN											86.00
主な破壊状況		①	①	②	②	①	①					

K:剛性  $P_y$ :降伏耐力  $P_u$ :終局耐力  $P_{max}$ :最大耐力

$P_{1mm}$ :変位1mm時の耐力  $P_{2mm}$ :変位2mm時の耐力  $P_{3mm}$ :変位3mm時の耐力  $P_{4mm}$ :変位4mm時の耐力

$P_{5mm}$ :変位5mm時の耐力  $P_{10mm}$ :変位10mm時の耐力  $P_{15mm}$ :変位15mm時の耐力  $P_{20mm}$ :変位20mm時の耐力

$P_{25mm}$ :変位25mm時の耐力  $P_{30mm}$ :変位30mm時の耐力  $\delta_y$ :降伏変位  $\delta_v$ :降伏点変位

$\delta_u$ :終局変位  $\delta_{Pmax}$ :最大耐力時の変位  $\mu$ :塑性率  $D_s$ :構造特性係数  $P_0$ :短期基準引張耐力

ばらつき係数:  $1-CV \cdot k$   $CV$ :変動係数(標準偏差/平均値)

$k$ :信頼水準75%の95%下側許容限界値を求める為の係数( $n=6, k=2.336$ )

状況①:耐力壁のスリット部が開くことによる破壊

状況②:耐力壁の割裂

○頂部引張用金物

(1) 試験名称

MK-DP6 引張性能評価試験

(2) 試験責任者

坂田弘安教授

(3) 試験依頼先

(名称) 東京工業大学 坂田研究室

(所在地) 東京都目黒区大岡山 2-12-1 緑ヶ丘 1号館 413室

(4) 試験実施期間

2017年1月18日～20日

表 2.1 部材仕様

部材名	使用材料	部材断面	規格・材質
耐力壁	スギ直交集成板	480×90	JAS 直交集成材板 同一等級構成 S60 3層3プライ

表 2.2 接合金物及び接合具仕様

部材名	寸法	規格・材質
MK-DP6	—	SS400 (JIS G 3112)
ドリフトピン	L=90mm	SS400 相当 (JIS G 3112)

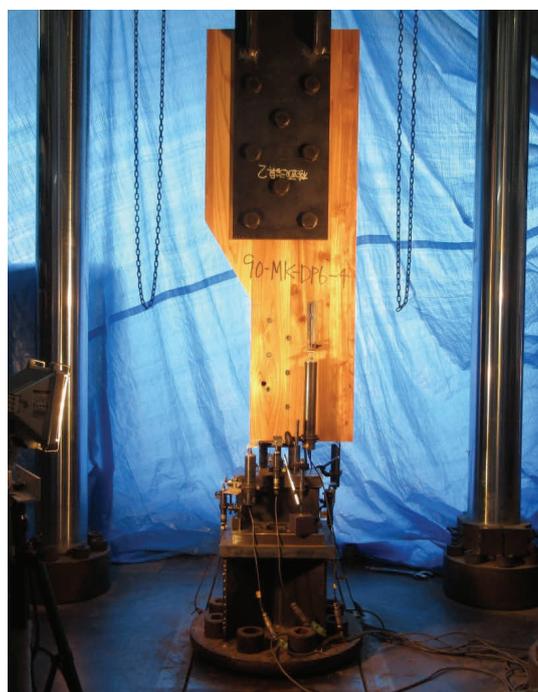


写真 2.1 試験装置及び試験体

試験結果

(a) 荷重 P-変位  $\delta$  曲線の包絡線

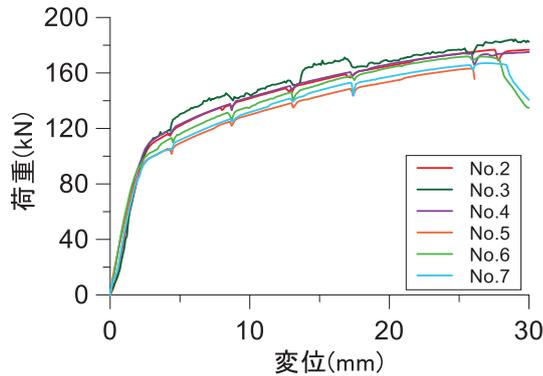


図 5.7 各試験体の包絡線

表 5.1 完全弾塑性モデルによる評価結果と短期基準引張耐力及び終局引張耐力

		No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	平均値	標準偏差	ばらつき係数	95%下限値	試験体低減
K	kN/mm	37.9	37.0	41.4	39.8	40.4	38.5	39.2	1.65	-	-	-
$P_y$	kN	107.3	112.1	106.5	94.4	98.6	95.2	102.4	7.30	-	-	-
$P_u$	kN	155.2	161.4	155.5	139.6	149.9	144.9	151.1	7.92	-	-	-
$P_{max}$	kN	176.9	184.9	175.1	163.2	171.9	167.1	173.2	7.65	-	-	-
$P_{1mm}$	kN	40.3	33.0	52.6	51.2	55.2	44.1	46.1	8.51	-	-	-
$P_{2mm}$	kN	86.3	84.3	91.7	85.3	91.3	83.8	87.1	3.50	-	-	-
$P_{3mm}$	kN	109.0	111.7	111.2	99.5	103.0	99.7	105.7	5.63	-	-	-
$P_{4mm}$	kN	115.3	117.6	117.6	104.8	111.0	104.2	111.8	6.12	-	-	-
$P_{5mm}$	kN	121.9	130.3	123.0	109.4	115.9	111.6	118.7	7.86	-	-	-
$P_{10mm}$	kN	141.6	144.2	142.4	129.9	134.9	131.7	137.5	6.08	-	-	-
$P_{15mm}$	kN	154.6	166.6	155.7	143.2	151.6	147.4	153.2	8.04	-	-	-
$P_{20mm}$	kN	165.2	168.4	166.3	153.7	163.8	157.4	162.5	5.71	-	-	-
$P_{25mm}$	kN	173.9	176.9	173.8	162.5	171.5	165.0	170.6	5.63	-	-	-
$P_{30mm}$	kN	176.8	182.4	175.1	-	-	140.5	168.7	19.03	-	-	-
$\delta_y$	mm	2.8	3.0	2.6	2.4	2.4	2.5	2.6	0.26	-	-	-
$\delta_v$	mm	4.1	4.4	3.8	3.5	3.7	3.8	3.9	0.31	-	-	-
$\delta_u$	mm	30.0	30.0	30.0	26.1	29.5	30.0	29.3	1.56	-	-	-
$\delta_{max}$	mm	27.6	29.0	30.0	25.6	25.6	26.9	27.5	1.79	-	-	-
$\mu$		7.3	6.9	8.0	7.4	8.0	8.0	7.6	0.45	-	-	-
$D_s$		0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.01	-	-	-
$P_y$	kN	107.3	112.1	106.5	94.4	98.6	95.2	102.4	7.30	0.83	88.04	83.64
$2/3P_{max}$	kN	117.9	123.3	116.7	108.8	114.6	111.4	115.5	5.10	0.90	105.46	100.18
$P_0$	kN											83.6
$P_u$	kN	155.2	161.4	155.5	139.6	149.9	144.9	151.1	7.92	0.88	135.56	128.79
目標 $P_u$	kN											135.00
主な破壊状況		①	①	②	②	①	①					

K:剛性  $P_y$ :降伏耐力  $P_u$ :終局耐力  $P_{max}$ :最大耐力

$P_{1mm}$ :変位1mm時の耐力  $P_{2mm}$ :変位2mm時の耐力  $P_{3mm}$ :変位3mm時の耐力  $P_{4mm}$ :変位4mm時の耐力

$P_{5mm}$ :変位5mm時の耐力  $P_{10mm}$ :変位10mm時の耐力  $P_{15mm}$ :変位15mm時の耐力  $P_{20mm}$ :変位20mm時の耐力

$P_{25mm}$ :変位25mm時の耐力  $P_{30mm}$ :変位30mm時の耐力  $\delta_y$ :降伏変位  $\delta_v$ :降伏点変位

$\delta_u$ :終局変位  $\delta_{P_{max}}$ :最大耐力時の変位  $\mu$ :塑性率  $D_s$ :構造特性係数  $P_0$ :短期基準引張耐力

ばらつき係数:  $1-CV \cdot k$   $CV$ :変動係数(標準偏差/平均値)

$k$ :信頼水準75%の95%下側許容限界値を求める為の係数( $n=6, k=2.336$ )

状況①:スリットプレートの破断

状況②:耐力壁の割裂

せん断用金物 1 (床継ぎ手部)

(1) 試験名称

MK-QT せん断性能評価試験

(2) 試験責任者

坂田弘安教授

(3) 試験依頼先

(名称) 東京工業大学 坂田研究室

(所在地) 東京都目黒区大岡山 2-12-1 緑ヶ丘 1号館 413 室

(4) 試験実施期間

2017 年 1 月 23 日～27 日

表 2.1 部材仕様

部材名	使用材料	部材断面	規格・材質
耐力壁	スギ直交集成板	1000×90	JAS 直交集成材板 同一等級構成 S60 3層3プライ
床パネル	スギ直交集成板	150×300	JAS 直交集成材板 異等級構成 Mx60 5層5プライ

表 2.2 接合金物及び接合具仕様

部材名	寸法	規格・材質
MK-QT	—	SS400 (JIS G 3112)
ドリフトピン	L=90mm	SS400 相当 (JIS G 3112)
ビス	L=65mm	SWCH (JIS G 3507)



写真 2.1 試験装置及び試験体

試験結果

(a) 荷重 P-変位  $\delta$  曲線の包絡線

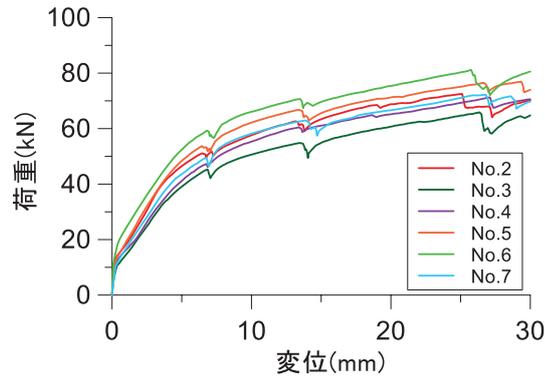


図 5.7 各試験体の包絡線

表 5.1 完全弾塑性モデルによる評価結果と短期基準せん断耐力及び終局せん断耐力

		No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	平均値	標準偏差	ばらつき係数	95%下限値	試験体低減
K	kN/mm	9.8	7.6	7.9	9.9	10.9	8.2	9.0	1.34	-	-	-
$P_y$	kN	44.6	40.5	43.3	47.6	50.9	46.0	45.5	3.58	-	-	-
$P_u$	kN	65.7	59.0	64.6	69.7	74.2	66.2	66.6	5.10	-	-	-
$P_{max}$	kN	72.5	65.9	71.3	76.9	81.2	72.2	73.3	5.22	-	-	-
$P_{1mm}$	kN	18.2	14.5	16.2	19.1	24.1	16.8	18.2	3.32	-	-	-
$P_{2mm}$	kN	26.2	21.4	22.3	27.8	32.2	24.5	25.7	3.96	-	-	-
$P_{3mm}$	kN	35.3	28.4	29.9	35.9	39.7	31.9	33.5	4.21	-	-	-
$P_{4mm}$	kN	42.2	34.4	36.2	43.0	46.7	38.9	40.2	4.59	-	-	-
$P_{5mm}$	kN	46.5	39.1	41.1	48.4	52.4	43.6	45.2	4.91	-	-	-
$P_{10mm}$	kN	57.6	50.6	55.3	62.2	66.1	58.2	58.3	5.36	-	-	-
$P_{15mm}$	kN	63.4	54.9	61.1	65.6	69.6	59.8	62.4	5.07	-	-	-
$P_{20mm}$	kN	68.8	60.7	65.2	71.3	75.4	66.6	68.0	5.08	-	-	-
$P_{25mm}$	kN	72.5	64.7	69.3	75.1	80.3	71.1	72.1	5.29	-	-	-
$P_{30mm}$	kN	70.3	64.8	70.6	74.0	80.6	69.8	71.6	5.28	-	-	-
$\delta_y$	mm	4.5	5.4	5.5	4.8	4.7	5.6	5.1	0.46	-	-	-
$\delta_v$	mm	6.7	7.8	8.2	7.1	6.8	8.1	7.5	0.67	-	-	-
$\delta_u$	mm	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	0.00	-	-	-
$\delta_{max}$	mm	25.1	26.4	27.1	29.4	25.8	26.8	26.7	1.47	-	-	-
$\mu$		4.5	3.8	3.6	4.2	4.4	3.7	4.1	0.37	-	-	-
$D_s$		0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.02	-	-	-
$P_y$	kN	44.6	40.5	43.3	47.6	50.9	46.0	45.5	3.58	0.82	38.45	36.53
$2/3P_{max}$	kN	48.4	43.9	47.5	51.3	54.1	48.2	48.9	3.48	0.83	42.07	39.97
$P_0$	kN											36.53
目標 $P_0$	kN											54.00
$P_u$	kN	65.7	59.0	64.6	69.7	74.2	66.2	66.6	5.10	0.82	56.59	53.76
主な破壊状況		①	①	①	①	①	①					

K:剛性  $P_y$ :降伏耐力  $P_u$ :終局耐力  $P_{max}$ :最大耐力

$P_{1mm}$ :変位1mm時の耐力  $P_{2mm}$ :変位2mm時の耐力  $P_{3mm}$ :変位3mm時の耐力  $P_{4mm}$ :変位4mm時の耐力

$P_{5mm}$ :変位5mm時の耐力  $P_{10mm}$ :変位10mm時の耐力  $P_{15mm}$ :変位15mm時の耐力  $P_{20mm}$ :変位20mm時の耐力

$P_{25mm}$ :変位25mm時の耐力  $P_{30mm}$ :変位30mm時の耐力  $\delta_y$ :降伏変位  $\delta_v$ :降伏点変位

$\delta_u$ :終局変位  $\delta_{Pmax}$ :最大耐力時の変位  $\mu$ :塑性率  $D_s$ :構造特性係数  $P_0$ :短期基準引張耐力

ばらつき係数:  $1-CV \cdot k$   $CV$ :変動係数(標準偏差/平均値)

$k$ :信頼水準75%の95%下側許容限界値を求める為の係数( $n=6, k=2.336$ )

状況①:ドリフトピンのめり込み、金物の変形

せん断用金物 2 (床端部)

(1) 試験名称

MK-QL せん断性能評価試験

(2) 試験責任者

坂田弘安教授

(3) 試験依頼先

(名称) 東京工業大学 坂田研究室

(所在地) 東京都目黒区大岡山 2-12-1 緑ヶ丘 1 号館 413 室

(4) 試験実施期間

2017 年 1 月 30 日～2 月 3 日

表 2.1 部材仕様

部材名	使用材料	部材断面	規格・材質
耐力壁	スギ直交集成板	1000×90	JAS 直交集成材板 同一等級構成 S60 3層3プライ
床パネル	スギ直交集成板	150×300	JAS 直交集成材板 異等級構成 Mx60 5層5プライ

表 2.2 接合金物及び接合具仕様

部材名	寸法	規格・材質
MK-QL	—	SS400 (JIS G 3112)
ドリフトピン	L=90mm	SS400 相当 (JIS G 3112)
ビス	L=65mm	SWCH (JIS G 3507)



写真 2.1 試験装置及び試験体

試験結果

(a) 荷重 P-変位  $\delta$  曲線の包絡線

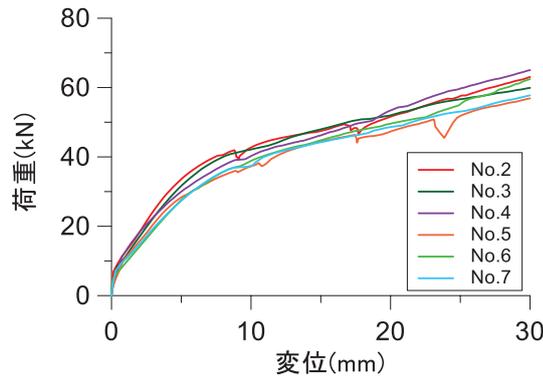


図 5.7 各試験体の包絡線

表 5.1 完全弾塑性モデルによる評価結果と短期基準せん断耐力及び終局せん断耐力

		No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	平均値	標準偏差	ばらつき係数	95%下限値	試験体低減
K	kN/mm	6.2	5.8	5.4	4.9	4.7	2.4	4.9	1.33	-	-	-
$P_y$	kN	36.3	35.6	33.0	31.5	33.2	16.4	31.0	7.38	-	-	-
$P_u$	kN	52.3	52.1	53.2	48.0	50.9	24.6	46.8	11.07	-	-	-
$P_{max}$	kN	63.1	59.9	65.0	56.9	62.4	28.9	56.0	13.60	-	-	-
$P_{1mm}$	kN	12.6	11.3	12.7	10.9	9.3	5.2	10.3	2.80	-	-	-
$P_{2mm}$	kN	18.3	17.0	18.2	15.7	14.1	7.4	15.1	4.10	-	-	-
$P_{3mm}$	kN	24.4	22.5	22.6	20.6	18.8	9.7	19.8	5.28	-	-	-
$P_{4mm}$	kN	29.5	27.4	26.6	25.1	23.4	11.8	24.0	6.30	-	-	-
$P_{5mm}$	kN	33.6	31.6	30.0	28.3	27.5	13.7	27.5	7.10	-	-	-
$P_{10mm}$	kN	36.7	35.1	32.8	30.6	30.6	15.3	30.2	7.67	-	-	-
$P_{15mm}$	kN	39.1	37.9	35.2	32.8	33.1	16.7	32.5	8.12	-	-	-
$P_{20mm}$	kN	40.6	40.0	37.5	34.6	35.7	17.8	34.4	8.42	-	-	-
$P_{25mm}$	kN	39.9	41.3	39.1	35.7	37.1	18.5	35.3	8.46	-	-	-
$P_{30mm}$	kN	42.7	42.1	40.2	37.3	38.8	18.7	36.7	9.02	-	-	-
$\delta_v$	mm	5.9	6.2	6.1	6.4	7.0	6.7	6.4	0.44	-	-	-
$\delta_v$	mm	8.4	9.0	9.8	9.8	10.8	10.1	9.6	0.82	-	-	-
$\delta_u$	mm	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	0.00	-	-	-
$\delta_{max}$	mm	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	0.00	-	-	-
$\mu$		3.6	3.3	3.1	3.1	2.8	3.0	3.1	0.27	-	-	-
$D_s$		0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4	0.02	-	-	-
$P_y$	kN	36.3	35.6	33.0	31.5	33.2	16.4	31.0	7.38	0.44	16.5	15.7
$2/3P_{max}$	kN	42.0	39.9	43.4	37.9	41.6	19.2	37.4	9.07	0.43	19.6	18.6
$P_0$	kN											15.7
目標 $P_0$	kN											54.0
$P_u$	kN	52.3	52.1	53.2	48.0	50.9	24.6	46.8	11.07	0.45	25.2	23.9
主な破壊状況		①	①	①	①	①	①					

K:剛性  $P_y$ :降伏耐力  $P_u$ :終局耐力  $P_{max}$ :最大耐力

$P_{1mm}$ :変位1mm時の耐力  $P_{2mm}$ :変位2mm時の耐力  $P_{3mm}$ :変位3mm時の耐力  $P_{4mm}$ :変位4mm時の耐力

$P_{5mm}$ :変位5mm時の耐力  $P_{10mm}$ :変位10mm時の耐力  $P_{15mm}$ :変位15mm時の耐力  $P_{20mm}$ :変位20mm時の耐力

$P_{25mm}$ :変位25mm時の耐力  $P_{30mm}$ :変位30mm時の耐力  $\delta_y$ :降伏変位  $\delta_v$ :降伏点変位

$\delta_u$ :終局変位  $\delta P_{max}$ :最大耐力時の変位  $\mu$ :塑性率  $D_s$ :構造特性係数  $P_0$ :短期基準引張耐力

ばらつき係数:  $1-CV \cdot k$   $CV$ :変動係数(標準偏差/平均値)

$k$ :信頼水準75%の95%下側許容限界値を求める為の係数( $n=6, k=2.336$ )

状況①:ドリフトピンのめり込み、金物の変形

各試験の詳細は別紙試験報告書を参照。

『要素試験報告書』

担当研究者：宇都宮大学 中島昌一 助教

実験場所： 京都大学生存圏研究所

『試験報告書 MK-DP4 金物引張性能評価試験』

担当研究者：東京工業大学 坂田弘安教授

実験場所： 東京工業大学

『試験報告書 MK-DP6 金物引張性能評価試験』

担当研究者：東京工業大学 坂田弘安教授

実験場所： 東京工業大学

『試験報告書 MK-QL 金物引張性能評価試験』

担当研究者：東京工業大学 坂田弘安教授

実験場所： 東京工業大学

『試験報告書 MK-QT 金物引張性能評価試験』

担当研究者：東京工業大学 坂田弘安教授

実験場所： 東京工業大学

### 3-6. 考察

ドリフトピンによる CLT への接合具の可能性が確認できた。引張用金物については今回金物の剛性を高めた関係で、木部の脆性破壊が見られ一部耐力の低下が生じたため、想定より低い結果がでたケースもあった。特に引張破壊に関しては応力との関係がはっきりせず（ドリフトピン 4 本で引張破壊が発生したのに対し 6 本タイプでは見られなかった）今後の課題とする。反対にせん断用金物は金物の剛性が低すぎて想定耐力以下の数値となってしまう。

今回は 90 厚の 3 層 3 プライのみの実験であったため層構成の違いによる考察ができていないが、3 層 3 プライの異方性（繊維方向と繊維直角方向の差）の割には強軸と弱軸の耐力差が比較的少ないように思われる。

今後、金物の剛性も含めた性能の向上、CLT の各構成に対応する性能値の算出、一般式による設計の可能性を図っていければと考える。