

2.1 飯能商工会議所

事業名		飯能商工会議所会館建設工事		
実施者(担当者)		飯能商工会議所 浅見国昭		
建築物の概要	用途	事務所		
	建設地	埼玉県飯能市本町1番7号		
	構造・工法	木造軸組工法+CLT柱・梁・床等		
	階数	2		
	高さ(m)	7.57		
	軒高(m)	6.74		
	敷地面積(m ²)	904.29		
	建築面積(m ²)	544.76		
	延べ面積(m ²)	755.1		
	階別面積	1階	507.46	
	2階	247.64		
	3階			
CLTの仕様	CLT採用部位	柱、梁、床、トラス材		
	CLT使用量(m ³)	加工前製品量57.60m ³ 、建築物使用量26.09m ³		
	柱・梁パネル	寸法	90mm厚	
		ラミナ構成	3層3プライ	
		強度区分	Mx60A相当	
		樹種	スギ	
	床パネル	寸法	72mm厚	
		ラミナ構成	3層3プライ	
		強度区分	Mx60A相当	
		樹種	スギ	
トラス材パネル	寸法	36mm厚		
	ラミナ構成	3層3プライ		
	強度区分	Mx60A相当		
	樹種	スギ		
木材	主な使用部位(CL T以外の構造材)	柱:スギ、ヒノキ 梁:スギ、ヒノキ		
	木材使用量(m ³) ※構造材、羽柄材、下地材、仕上材等とし、CL T以外とする	71.41m ³ (構造材)		
仕上	主な外部仕上	屋根	ガルバリウム鋼板 立て板葺き、横葺き	
		外壁	ガルバリウムスパンドレル/弾性塗料+サイディング下地	
		開口部	アルミ樹脂複合サッシ+二層複層ガラス (Low-E、中空層幅12mm)	
	主な内部仕上	界壁		
		間仕切り壁	両面PB12.5mmの上ビニルクロス	
		床	リノリウムシート+合板12+構造用合板24	
	天井	構造用合板素地		
構造	構造計算ルート	ルート1		
	接合方法	ビス接合+金物		
	最大スパン	10m		
	問題点・課題とその解決策	CL Tパネル+軸組み工法のため、施工業者間での図面整合や施工の段取りなど、調整や準備に労力と時間が必要である。制作や建方前に定例打合せを複数回行い、問題点の事前確認を入念に行った		
防火	防火上の地域区分	その他地域		
	耐火建築物等の要件	無		
	本建築物の耐火仕様	耐火建築物		
	問題点・課題とその解決策	木構造表しを実現するため、「通達による別棟解釈」を採用		
温熱	建築物省エネ法の該当有無	届出対象		
	温熱環境確保に関する課題と解決策	外周部は軸組み工法のため特筆すべき課題は無し		
	主な断熱仕様(断熱材の種類・厚さ)	屋根(又は天井)	押出法ポリスチレンフォーム 保温板 3種b ・100mm	
		外壁	高性能グラスウール16K ・105mm	
床		基礎断熱のため床下断熱無し		
施工	遮音性確保に関する課題と解決策	CL Tパネル床上に石膏ボード+グラスウールを敷設		
	建て方における課題と解決策	構造表しのため雨天時の建て方が不可、建方後の養生が困難		
	給排水・電気配線設置上の工夫劣化対策	天井仕上げ無しのため1階2階とも床下を配管・配線ルートに利用		
	設計期間	2019年5月~8月(4ヵ月)		
工程	施工期間	2019年9月~2020年3月(7ヵ月)		
		CL T躯体施工期間	2019年11月上旬~下旬(4週間)	
	竣工(予定)年月日	2020年3月31日		
体制	発注者	飯能商工会議所		
	設計者(複数の場合はそれぞれ役割を記載)	(有)野沢正光建築工房		
	構造設計者	(株)ホルツストラ		
	施工者	(株)細田建設		
	CL T供給者	(株)銘建工業、(株)鳥取CL T		
	ラミナ供給者	西川地区木材業組合		

実証事業名：飯能商工会議所会館建設工事の建築実証

建築主等／協議会運営者：飯能商工会議所

1. 実証した建築物の概要

用途		事務所		
建設地		埼玉県飯能市		
構造・工法		木造軸組工法+CLT 柱, 梁等		
階数		2		
高さ (m)		7.57	軒高 (m)	6.74
敷地面積 (㎡)		904.29	建築面積 (㎡)	544.76
階別面積	1階	507.46	延べ面積 (㎡)	755.10
	2階	247.64		
	3階			
CLT 採用部位		柱、梁、床、トラス材		
CLT 使用量 (m ³)		加工前製品量 57.60 m ³ 、加工後建築物使用量 26.09 m ³		
CLT を除く木材使用量 (m ³)		71.41m ³		
CLT の仕様	(部位)	(寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種)		
	柱・梁	90mm 厚/3 層 3 プライ/Mx60A 相当/スギ		
	床	72mm 厚/3 層 3 プライ/Mx60A/相当/スギ		
	トラス材	36mm 厚/3 層 3 プライ/Mx60A 相当/スギ		
設計期間		2019 年 5 月～8 月 (4 カ月)		
施工期間		2019 年 9 月～2020 年 3 月 (7 ヶ月)		
CLT 躯体施工期間		2019 年 11 月上旬～下旬 (4 週間)		
竣工 (予定) 年月日		2020 年 3 月 31 日		

2. 実証事業の目的と設定した課題

地元のスギ・ヒノキの製材と CLT パネルを適材適所に組合せ、新旧の木質構造技術を融合した先進的な構造計画を実証し、木材利用を促進する地産地消型のサステイナブルな建築物を建設する。CLT パネル構法以外の構造計画により、地元業者の参画によるコストの削減と工期短縮が見込まれ、CLT パネルの活用や製造を促進する提案となり得ると考える。

具体的に、今回実証事業で設定した課題は以下である。

- ・ CLT パネル+軸組工法(=「CLT 平行弦トラス」「CLT 折版床・柱」「組子格子耐力壁」)における、コスト削減および他工法との比較検討。
- ・ CLT パネルと地域材(西川材)のスギ・ヒノキ製材を用いた CLT 平行弦トラスおよび組子格子耐力壁の構造性能実証試験。

3. 協議会構成員

- (設計) (有)野沢正光建築工房：野沢正光、石黒健太 (進行管理)
- (構造設計) (株)ホルツストラ：稲山正弘
- (施工) (株)細田建設：三輪宏和
- (材料) 日本住建(株)：小澤和弘
- (試験) 東京大学大学院 農学生命科学研究科 木質材料学研究室

4. 課題解決の方法と実施工程

接合部の仕様についてはホルツストラが中心となり設計仕様、試験条件をとりまとめた。CLT 平行弦トラスの3等分4点曲げ試験、また組子格子耐力壁の面内せん断試験を、それぞれ日本住宅パネル工業と(株)カナイの試験場にて、東京大学大学院農学生命科学研究科木質材料学研究室が実験を行った。試験の報告書は、建築確認申請に提出する構造計算書の構造性能特性値として利用した。実験体製作時の施工難易度に対する課題解決策、CLT のコスト増の要因やコスト削減の方策について、野沢正光建築工房を中心に他工法とも比較し、比較検討資料を作成した。

<協議会の開催>

- 2019年8月9日：第1回開催、問題点洗い出し
- 9月18日：第2回開催、着工前確認
- 10月30日：第3回開催、木工事進捗確認
- 11月29日：第4回開催、工事改善点等確認

<設計>

- 2019年5月：実施設計・構造設計
- 8月：建築確認申請

<施工>

- 2019年7月：工事契約
- 8～9月：着工、基礎工事
- 9月～2020年3月：木工事
- 2020年1月：外装工事
- 2020年2月：内装工事
- 2019年8月～2020年2月：設備工事

<性能確認>

- 2019年5月：①試験体スパン6,000mm、加力スパン2,000mmのCLT平行弦トラスの3等分点4点曲げ試験、2体
- ②組子格子耐力壁面内せん断試験、3体

5. 得られた実証データ等の詳細

設定した課題において次の結果が得られた。

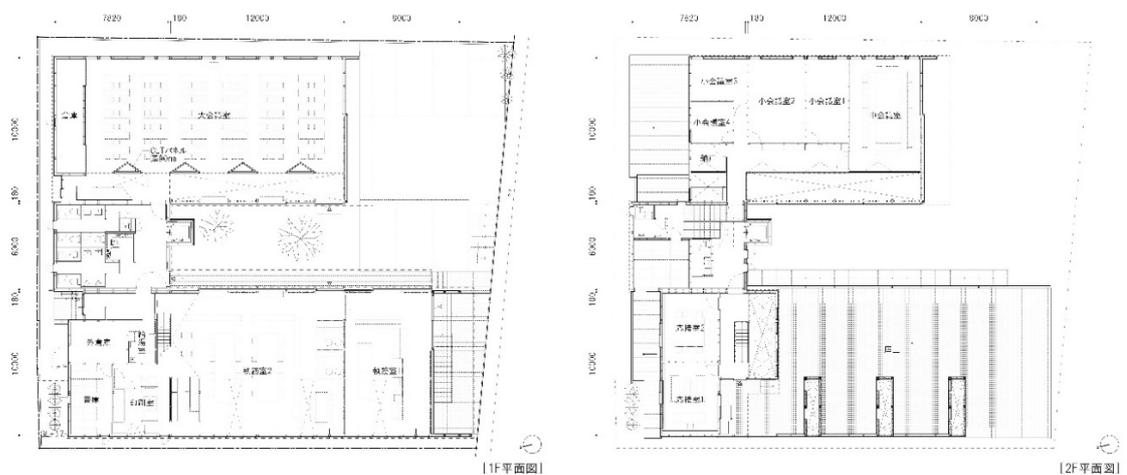
①試験体スパン 6,000 mm、加力スパン 2,000 mmの CLT 平行弦トラス（ワーレントラストタイプ、上下弦材：ヒノキ製材 120 角、斜材：3 層 3 プライ 36mm 厚スギ CLT を面内・面外とも 45 度傾斜、上下弦材と斜材との接合部：全ネジタイプ $\phi 8$ 長ビス L320）の 3 等分点 4 点曲げ試験 2 体を行い、2 体ともビスの引き抜きにより破壊した。1 体目は組み立て時にビスの打ち損じがあったためその部分から破壊し、2 体目は引張力が最大となる端部の斜材のビスが引き抜けて破壊し、最大荷重は 42.5kN であった。破壊したビス接合部において CLT 内層の木部が一体となって引き抜きが生じる集合型の破壊と CLT 内層の面内方向に割れが生じた。CLT 内層の面内方向の割れが生じた原因には接合部の微小回転が関係し、CLT の木部の引抜きが生じた原因にはビスの配置間隔が関係していることが考えられる。

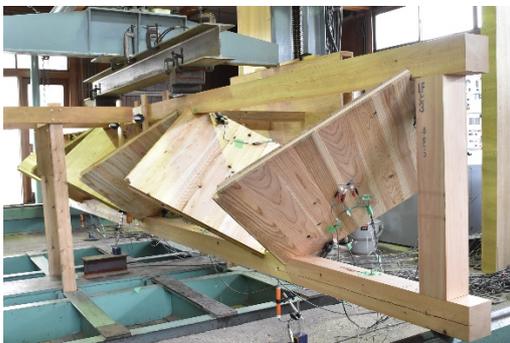
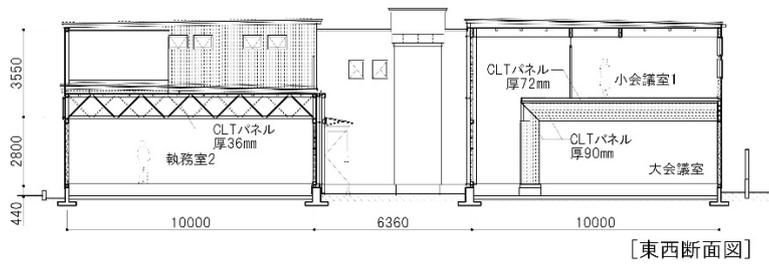
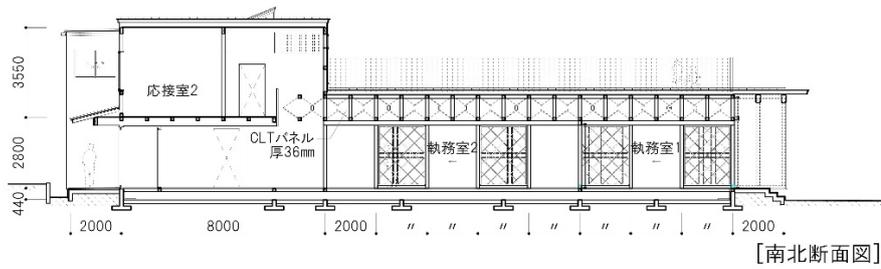
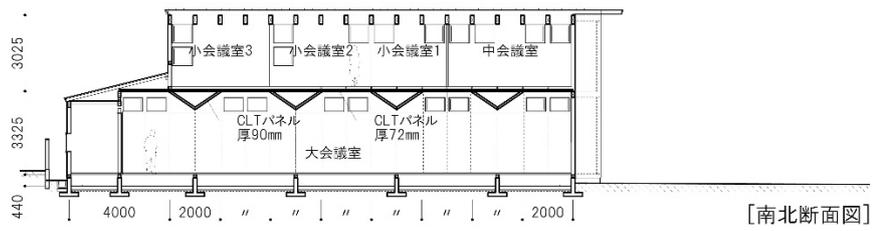
②組子格子耐力壁（幅 2m、高さ 3.8m）の面内せん断試験 3 体を行い、1 体目は最大荷重 97.02 kN、2 体目は最大荷重 100.23 kN、3 体目は最大荷重 91.52 kN を計測し、組子交差部のビス部分から割裂が発生し、組子斜材端部のビス接合部が割裂しつつ枠材に沿って滑りながら粘ることで終局変形角は 1/15rad に達した。3 体の試験結果より、組子格子耐力壁の短期基準せん断耐力 P_o は 35.66 kN ($0.2Pu\sqrt{2\mu \cdot 1}$ で決定)、換算壁倍率は 9.10 相当という結果が得られた。

6. 本実証により得られた成果

CLT パネル+在来工法の融合による本建物の建設工事費坪単価は約 125 万円/坪となり、他工法の建設工事費坪単価と比べても遜色ない結果が得られた。CLT パネル構法以外の構造計画により、また特殊な金物を用いることなく中大規模木造建築物対応ビスによる接合を基本とすることで、地元業者の参画によるコストの削減と工期短縮が実現されたためと思われる。地域材である「西川材」による CLT パネルの製作、またその CLT パネル+在来工法の融合を実現した本建物が、中大規模の事務所建物の木造化を推進し、「地域材である木材利用を促進する地産地消型のサステナブルな建築物」の今後の好例となることを期待している。

7. 建築物の平面図・立面図・写真等





pic1



pic2



pic3



pic4

pic1,2:構造性能実証試験 pic3,4:建方完了

CLT 斜材平行弦トラス 6m スパン曲げ試験

東京大学大学院木質材料科学研究室
 教授：稲山正弘
 担当：中山翔太

1. 緒言

平行弦トラス構造において部材には軸力のみが生じる。その特徴から、大スパンの陸屋根を製材等の小断面材で支えることができる。これまでに、佐々木ら¹⁾がプラットトラス形式を用いた平行弦トラスを、腰原ら²⁾がハウトラス形式を用いた平行弦トラスを開発している。これらの平行弦トラスでは、束材及び斜材は圧縮材に木材を、引張材に丸鋼を用いることで軸力に対して合理的に抵抗している。

本研究では、斜材に CLT を用いたワーレントラス形式の平行弦トラスの開発を行う。なお、この平行弦トラスは、スパン 10m のものが実際の建物で使用される予定である。ワーレントラス形式において斜材は「ハ」の字にあたる部分が圧縮力を、「逆ハ」の字にあたる部分が引張力を負担する。また、束材がないためにシンプルな外観となる。斜材に CLT を用いて、平行弦トラス同士をそれぞれ接合し面内せん断剛性を高めることで水平構面としての役割も兼ねることができる。本報では、トラスの曲げ試験の結果を報告する。

果を報告する。

2. 試験体の概要

試験体は図 1 のように、上弦材・下弦材及び縦材に等級が E90 以上の天然乾燥した 120 × 120 のヒノキの製材を用いて、斜材に厚さ 36[mm] のスギの CLT を用いた。CLT と上弦材及び下弦材は各接合部につき 3 本のねじ径 8[mm]、長さ 320[mm] のビスで接合することとした。接合部の詳細は図 13 に示すように、CLT 内層にビスを 3 本並べる。また、上弦材・下弦材に用いた製材の平均含水率は 12.67% であった。

3. 試験方法と測定点

図 2 のように、試験体スパン 6000[mm]、加力スパン 2000[mm] の平行弦トラスの 3 等分点 4 点曲げ試験を行った。加力方法は 1 方向単調加力とし、計 2 体の試験を行った。変位計及びひずみゲージの取り付け位置は図 2 の通りとした。D1 ~ 3 は梁の鉛直方向の絶対変形量を、D4 ~ 19 は CLT 一軸材接合部の相

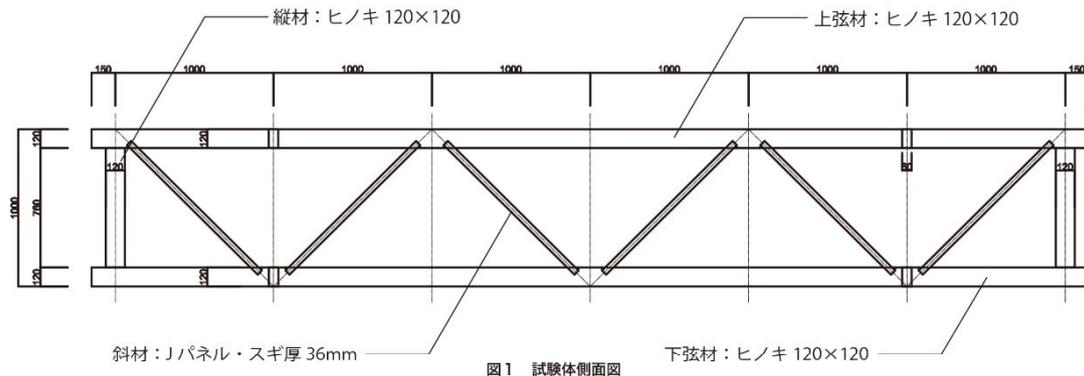


図 1 試験体側面図

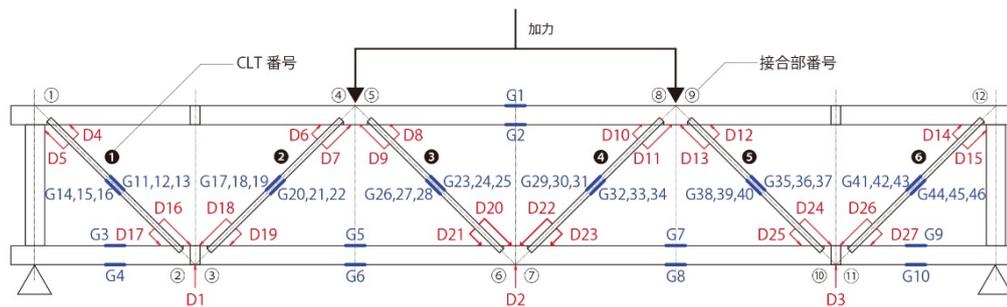


図 2 試験体測定図

Title

Author's Name

対変形量を測定したものである。(CLTの面外変形による影響を補正するため1つの接合部に2つ取り付けた) また、G1～2は上弦材のひずみ(弦材の上下面对称位置)を、G3～10は下弦材のひずみ(弦材の上下面对称位置)を、G11～46はCLTの軸方向のひずみ(CLT両面对称位置)を測定したものである。ひずみゲージは上下弦材は単軸のものを、CLTは3軸のものを用いた。

以下では、図2に示すように各接合部に1～12までの番号を振り分ける(図中白丸)。また、接合部番号が小さい順にCLTに1～6までの番号を振り分ける(図中黒丸)。

3. 実験結果

それぞれの試験体の試験結果を表1に示す。また、荷重とCLT斜材トラス中央部たわみの変位の関係を図3に示す。図3において鎖線が1体目を示し、実線が2体目を示す。

本試験では、試験体1・2ともにビスの引抜によって破壊した。1体目では接合部11が、2体目では接合部1でビスの引抜が生じた。なお、1体目が2体目に比べて最大耐力が約6割程度となった。これは図4に示すように1体目の引抜が生じた接合部11において、組立時に2本のビスがCLTから飛び出すことを避けるために、最後まで打ち込まなかったためにビスの有効長が短くなったことが原因であったと思われる。また、2体目においてもいくつかの接合部でCLTからビスが飛び出していたが、いずれも最大耐力に影響を与えない場所であった。よって以下では、十分に性能を発揮したと考えられる2体目の試験結果について考察を進める。

2体目の接合部1のビスの引抜の状況を図5に示す。また2体目の接合部1のCLTの小口面を図6に示す。図5よりビスの引抜が生じたときにビスとビスの間のCLTの木部も引抜かれていることがわかる。これはビスの配置間隔が十分に確保されていなかったために、集合型の破壊が生じたものと考えられる。また、図6よりCLT内層の面内方向に割れが生じていることが確認できる。これは、CLTの微小回転によって生じた面外応力による影響が考えられる。

図7に各接合部の荷重変位関係を示す。点線が各変位計の変位測定値を、実線が変位測定値の平均値を示している。図7から、全ての接合部において回転が生じていることがわかる。

また、図8に各接合部の回転角の最大荷重時の測定値を示す。数値は時計回りの値を正とし、単位は 10^{-3} radとする。図9に最大荷重時の各接合部の変位測定値の平均値の値を示す。数値は引張を正とし、単位はmmとする。2体目においてビスの引抜破壊

表1 試験結果

試験体	最大体力	最大中央たわみ
	kN	mm
1	27.9006	13.135
2	42.5104	14.04

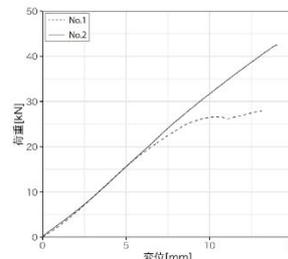


図3 荷重-変位関係



図4 接合部11 (1体目)



図5 接合部1 (2体目)



図6 接合部1のCLT小口 (2体目)

は接合部1で生じたが、図8及び図9より回転角及び軸方向の変位量は他の接合部と比べて最大となっていない。このことより、ビスの引抜には変形の大きさは異なる別の要因が関係することが考えられる。

図10に荷重とCLTに生じた面内ひずみの関係を示す。また、図11に荷重とCLTに生じた面外ひずみを示す。どちらのグラフも実線がトラスの軸方向を示し、鎖線がCLT表層の繊維直交方向を示し、1点鎖線がCLT表層の繊維平行方向を示す。なお、グラフは、引抜が生じるであろう引張力がかかるパネル1とパネル6のみとする。図10より、面内ひずみは荷重開始からビスの引抜までの間、常にトラスの軸方向の値が最も大きくなっている。また、引抜破壊が生じなかったパネル6に比べて、引抜破壊が生じたパネル1の方が大きな値となっている。このことより引抜破壊がパネル1で生じた原因は、CLTにかかっている引張力がパネル6に比べてパネル1のほうが大きくなったことであると考えられる。

図11(a)よりパネル1において面外ひずみは、トラスの軸方向よりもCLT表層の繊維直交方向の値が大きくなっている。CLT内層の面内方向に割れが生じた原因として、CLT表層のトラスの軸方向の面外ひずみの影響が考えられたが、測定値からはそのような結果は得られなかった。これは測定箇所が、CLT中央部のみであることが原因であると考えられる。

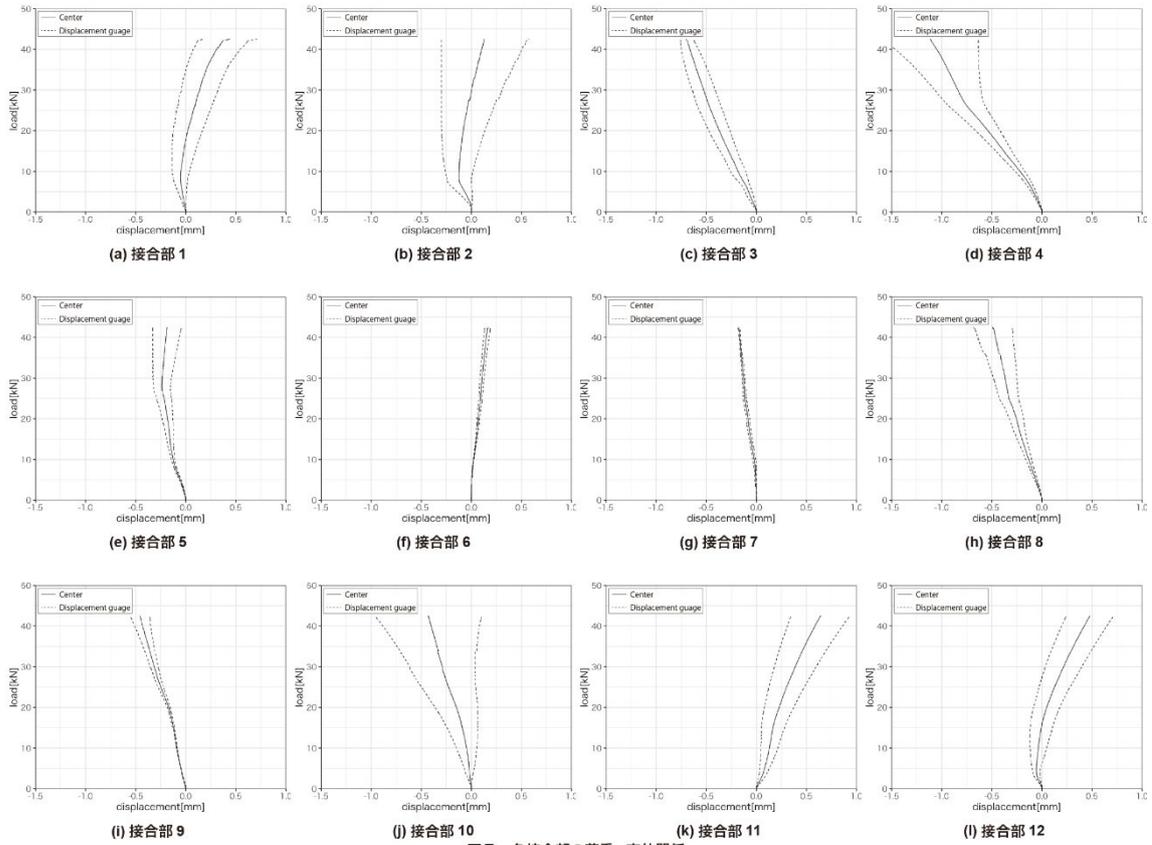


図7 各接合部の荷重-変位関係

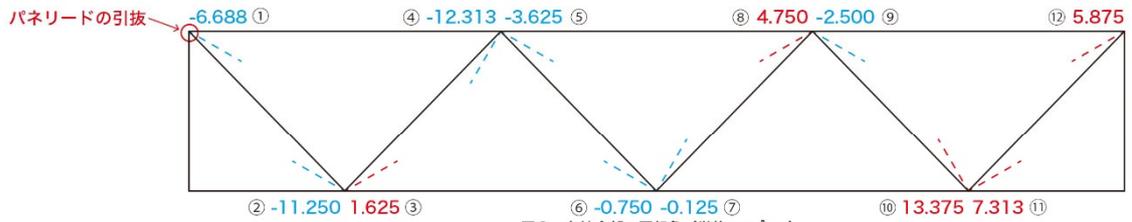


図8 各接合部の回転角 (単位: 10^{-4} rad)

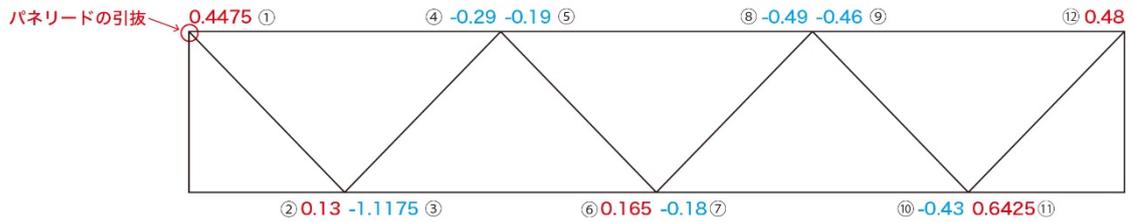


図9 各接合部の軸方向の変位量 (単位: mm)

4. まとめ

平行弦トラスの3等分点4点曲げ試験を行った。その結果、2体ともビスの引抜により破壊した。破壊した接合部においてCLT内層の木部が一体となって引抜が生じる集合型の破壊とCLT内層の面内方向に割れが生じた。

また、得られた測定値より破壊の原因について考察した。ビスの引抜が生じた原因には引張力の大きさが関係し、CLT内層の面内方向の割れが生じた原因には接合部の微小回転が関係し、CLTの木部の引抜が生じた原因にはビスの配置間隔が関係していることが考えられる。

5. 今後の予定

5.1 CLT斜材平行弦トラス

今後は、CLT斜材平行弦トラスの破壊の原因を詳しく検討する。上述したように接合部の耐力を決定する要因として、接合部の微小回転とビスの配置間隔が考えられる。そこで今後は、ビスの本数及び配置間隔をパラメータとしたビス接合部の単調引張試験を行うことで、接合部の微小回転がない場合の性能を確認する。ビス接合部の引抜試験は7月中旬に行う。パラメータを図12に示す。なお試験体の作成に使用できるCLTに限りがあるのでパラメータは変更する可能性がある。

参考文献

- 1) 佐々木賢太他：住宅用流通材とプレカットを活用した平行現トラスの開発，日本建築学会技術報告集，第23巻，第54号，487-492，2017年6月
- 2) 東京大学生産技術研究所 腰原研究室他：JBNトラス報告書，2013

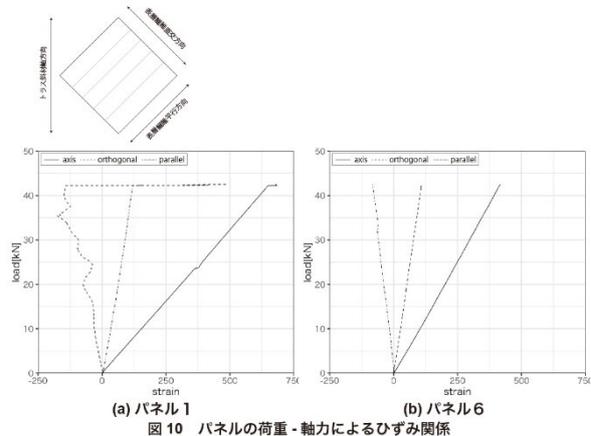


図10 パネルの荷重 - 軸力によるひずみ関係

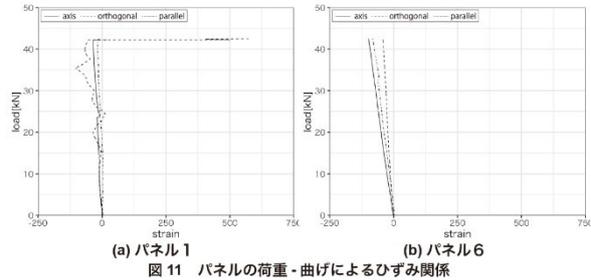


図11 パネルの荷重 - 曲げによるひずみ関係

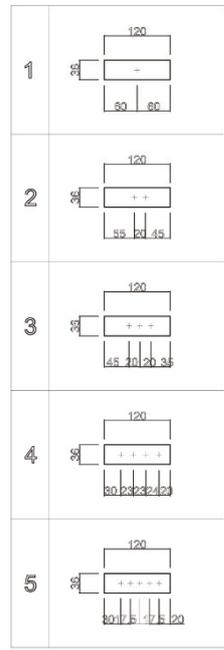


図12 試験体のパラメータ

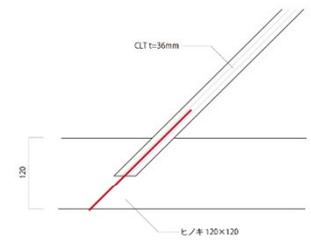
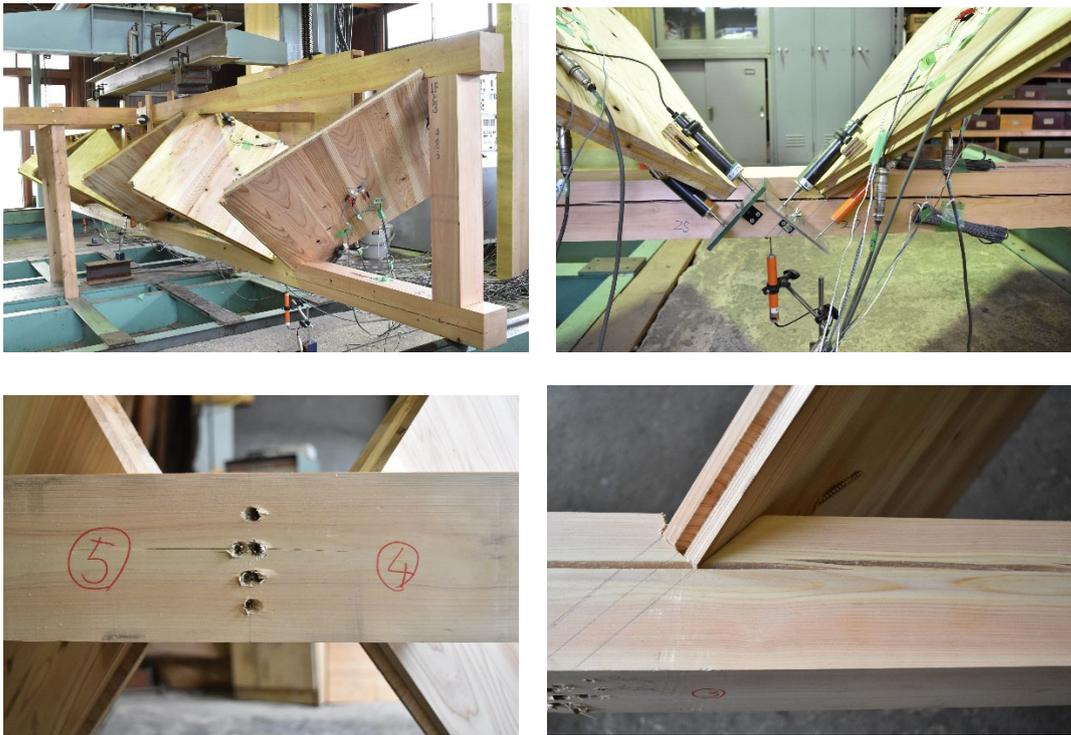


図13 接合部詳細図

■ 構造性能実証試験 (CLT 平行弦トラス) 試験写真



■ 構造性能実証試験 (CLT 平行弦トラス) まとめ

試験体スパン 6,000 mm、加力スパン 2,000 mmの CLT 平行弦トラス (ワーレントラスタイプ、上下弦材：ヒノキ製材 120 角、斜材：3 層 3 プライ 36mm 厚スギ CLT を面内・面外とも 45 度傾斜、上下弦材と斜材との接合部：全ネジタイプ $\phi 8$ 長ビス L320) の 3 等分点 4 点曲げ試験 2 体を行い、2 体ともビスの引き抜きにより破壊した。1 体目は組み立て時にビスの打ち損じがあったためその部分から破壊し、2 体目は引張力が最大となる端部の斜材のビスが引き抜けて破壊し、最大荷重は 42.5kN であった。破壊したビス接合部において CLT 内層の木部が一体となって引き抜きが生じる集合型の破壊と CLT 内層の面内方向に割れが生じた。CLT 内層の面内方向の割れが生じた原因には接合部の微小回転が関係し、CLT の木部の引抜きが生じた原因にはビスの配置間隔が関係していることが考えられる。

■構造性能実証試験（組子格子耐力壁）試験報告書

試験成績書

令和1年5月26日

東京大学大学院 農学生命科学研究科
木質材料学研究室 教授 稲山正弘

1. 件名	組子細工耐力壁面内せん断試験・2P
2. 試験概要	<p>[1] 目的 組子細工耐力壁の鉛直構面の面内せん断試験を行い、剛性と許容せん断耐力の計算を行う。</p> <p>[2] 試験体</p> <p>1) 部材構成：柱材、土台材（ヒノキ材）、桁材（ベイマツ材）で組んだ軸組に組子パネル（ヒノキ材）をビス（パネリード100mm）で接合する。</p> <p>2) 土 台：ヒノキ材 120mm角</p> <p>3) 柱 材：ヒノキ材 120mm角</p> <p>4) 梁 材：ベイマツ材 幅120mm、高さ180mm</p> <p>5) 組子パネル：ヒノキ材</p> <p>6) ビ ス：パネリード 長さ110mm、ネジ外径 6mm (炭素鋼、JIS G3507-2 冷間圧造用炭素鋼線、SWCH22A相当)</p> <p>7) 試験体数：3体</p> <p>[3] 試験方法 『木造軸組工法住宅の許容応力設計（2017年版）』の「鉛直構面および水平構面の剛性と許容応力度等を算定ための試験」に準じる。</p>
3. 試験結果	別紙の通り。（全9ページ）
4. 試験実施場所	埼玉県八潮市浮塚507-1 株式会社カナイ 開発試験センター
5. 試験実施日	令和元年5月20日～23日
6. 試験担当者および試験成績書作成者	東京大学大学院 農学生命科学研究科 木質材料学研究室 担当：伊藤耀

2. 試験体

(1) 試験体の詳細は、表 2. 1 及び図 2. 1 に示す。

表 2. 1 試験体の詳細

項目	仕様詳細
試験体数	3 体
土 台	ヒノキ材 120mm角
柱 材	ヒノキ材 120mm角
梁 材	ペイマツ材 幅120mm、高さ180mm
組子パネル	ヒノキ材
ビ ス	パネリード 長さ100mm、ネジ外径 6mm、(炭素鋼、JIS G3507-2 冷間圧造用炭素鋼線、SWCH22A相当、表面処理:クロメート皮膜 2級相当)
接合方法	柱材、土台材(ヒノキ材)、桁材(ペイマツ材)で組んだ軸組に 組子パネル(ヒノキ材)をビス(パネリード100mm)で接合する。

表 2. 2 各材の物性値

試験体番号	含水率 (%) (※)			平均値	標準偏差
	No. 1 (A)	No. 2 (B)	No. 3 (C)		
土台	11.6	10.4	13.0	11.6	1.32
梁	8.5	11.5	6.9	9.0	2.31
追加土台	12.6	8.8	13.7	11.7	2.55
柱 1	12.3	10.3	16.8	11.4	2.91
柱 2	8.8	10.3	9.8		
斜材	7.2	12.3		9.7	3.61
縦材	11.5	11.5		11.5	0.03
横材	11.5	11.5		11.5	0.03
受け材	11.5	9.4		10.5	1.48
粹材	10.8	10.3		10.6	0.39

※含水率は柱、土台、桁、追加土台は高周波測定器による。それ以外は全乾法を用いて算出した。

4. 試験結果

(1) 各試験体の荷重－変位曲線を図4.1から図4.3に示す。

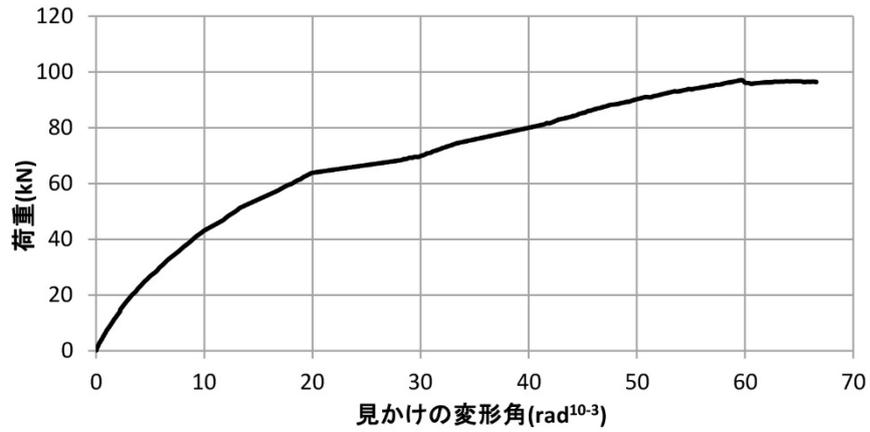


図4.1 試験体1の荷重変位曲線

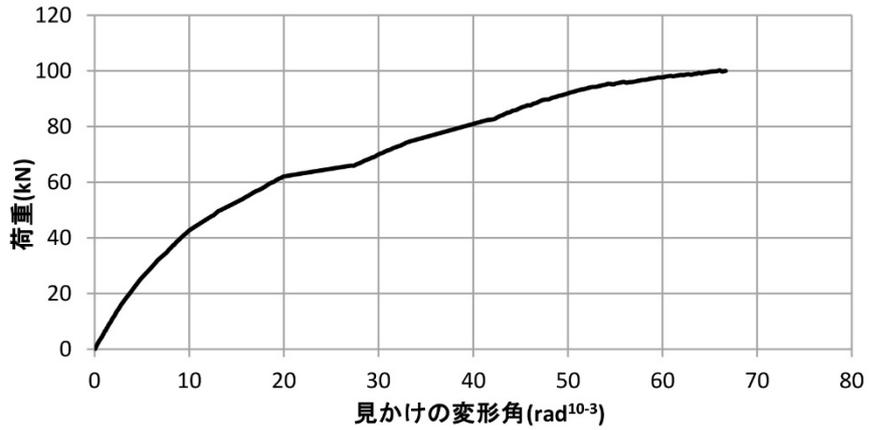


図4.2 試験体2の荷重変位曲線

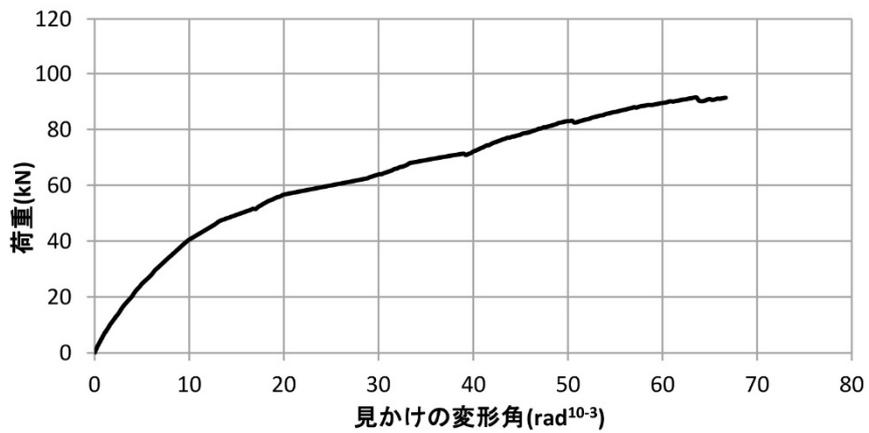


図4.3 試験体3の荷重変位曲線

(5) 完全弾塑性モデル

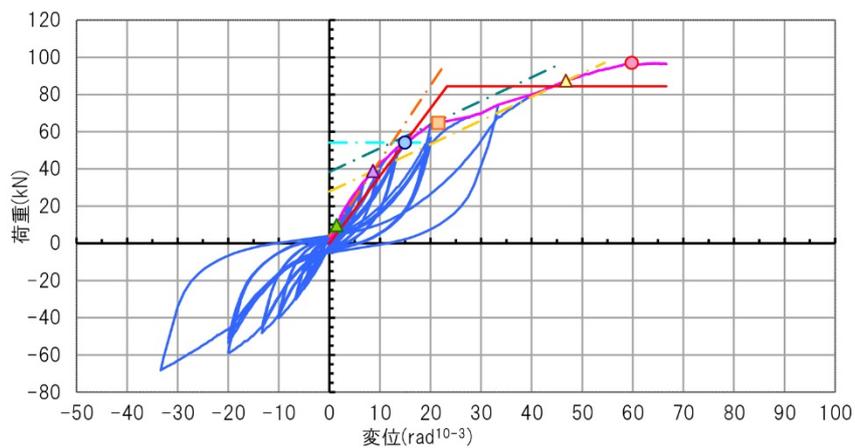


図 5. 1 試験体-1 の完全弾塑性モデル

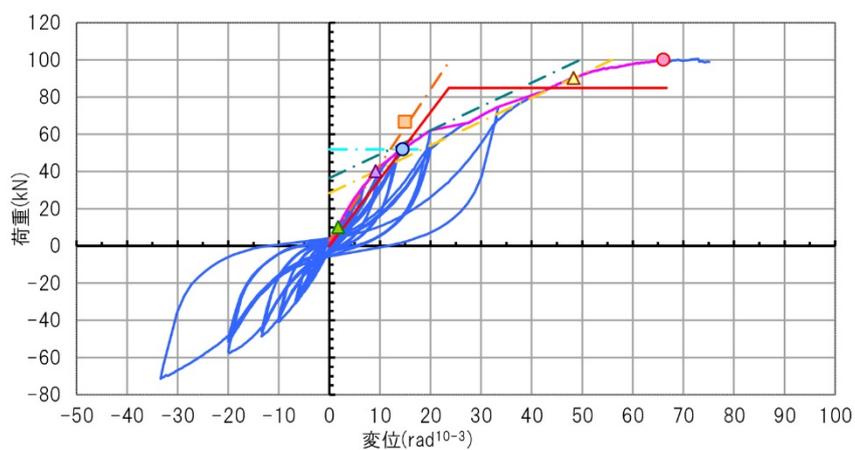


図 5. 2 試験体-2 の完全弾塑性モデル

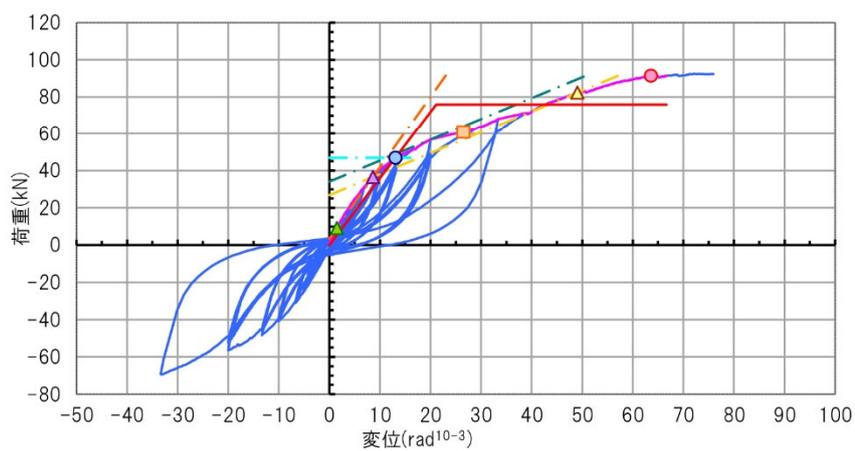


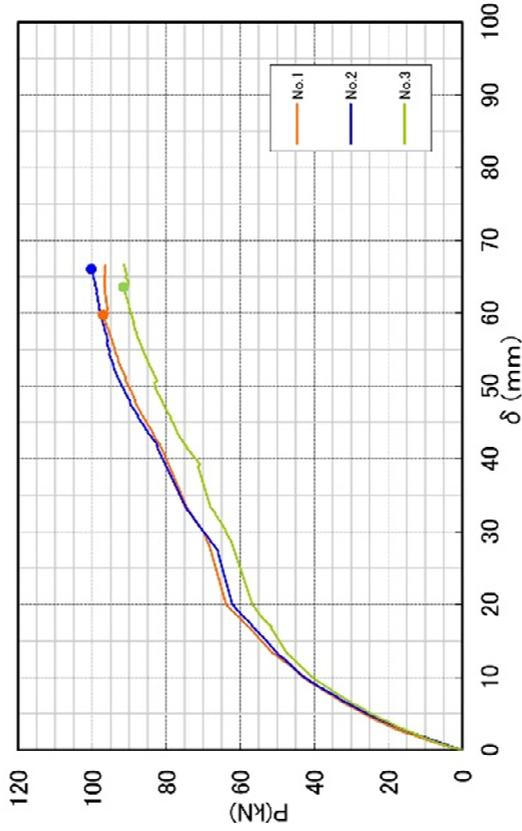
図 5. 3 試験体-3 の完全弾塑性モデル

5. 接合部の基準許容せん断耐力、基準終局耐力、基準終局耐力、基準剛性の算出

(1) 一覧表

試験体記号	試験体仕様	構造評価 1) P_y 2) $P_u \cdot 0.2 \cdot \sqrt{2} \mu - 1$ 3) $2/3 \cdot P_{max}$ 4) P_{120}	試験体			平均値 (KN)	標準偏差	変動係数 CV	ばらつき係数	50%下限値 (KN)	P_o (KN)	壁倍率
			(単位)	No.1	No.2							
E 板壁・試験体	柱120×120スギ #303 (7本) 縦板30×240スギ (6枚) 梁120×180スギ ビスL=110 #170 (1列16本)	Pmax: 最大耐力 Pu: 終局耐力 K: 初期剛性 μ : 塑性率 $1/\sqrt{2} \mu - 1$: 構造特性係数 D s δ_y : 降伏変形角 δ_v : 半降伏点変形角 δ_u : 終局変形角	(KN)	54.16	51.90	46.89	3.72	0.073	0.966	49.23	35.66	9.10
			(KN)	36.70	36.66	35.02	0.96	0.027	0.987	35.67		
			(KN)	64.68	66.82	61.01	2.94	0.046	0.978	62.79		
			(KN)	37.92	37.48	35.68	1.19	0.032	0.985	36.47		
			(KN)	97.02	100.23	91.52						
			(KN)	84.47	84.73	75.92						
			($\times 10^{-3}$ KN/rad)	3.62	3.59	3.59						
			($\times 10^{-3}$ rad)	2.86	2.84	3.16						
			($\times 10^{-3}$ rad)	0.46	0.46	0.43						
			($\times 10^{-3}$ rad)	14.95	14.44	13.05						
			($\times 10^{-3}$ rad)	23.30	23.62	21.12						
			($\times 10^{-3}$ rad)	66.59	66.67	66.67						

○荷重-変位曲線



○破壊の様子



図6.1 終局状態



図6.2 わじのせん断破壊



図6.3 柱脚部の破壊状況

6. 破壊状況

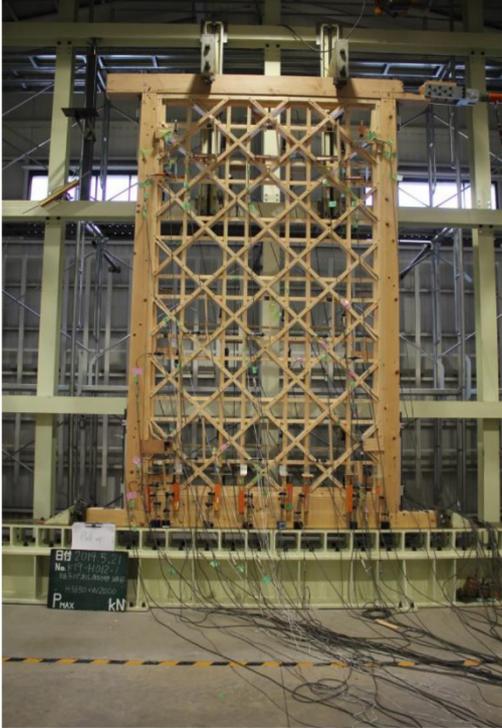
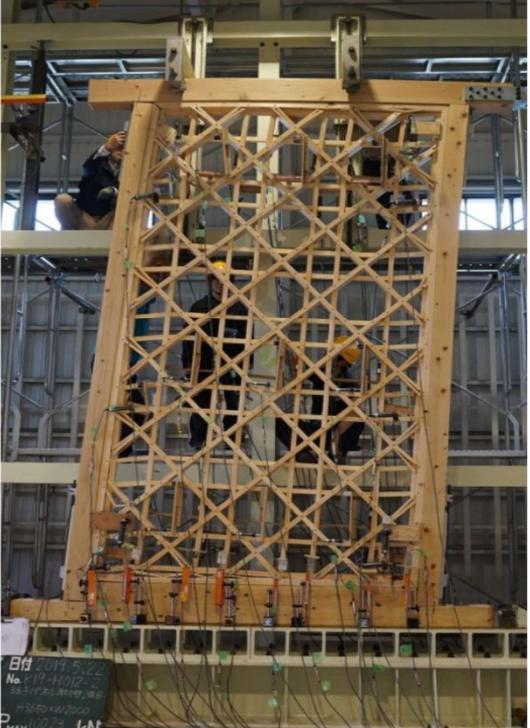
試験体番号-1		
最大荷重 = 97.02 kN		
破壊	加力治具部分で集合型破壊が発生した。	
試験体番号-2		
最大荷重 = 100.23 kN		
破壊	組子パネル左下枠材より割裂が発生した。	

図7.1 終局状態

図7.2 終局状態

6. 破壊状況

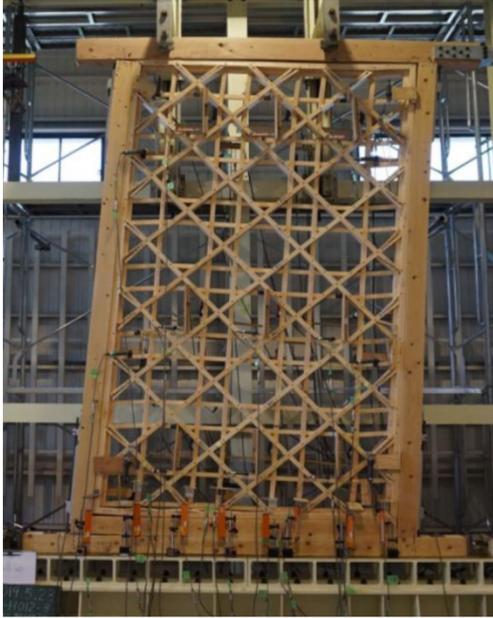
試験体番号-3		
最大荷重 = 91.52 kN		
破壊	組子交差部のビス部分から割裂が発生した。	

図7.3 終局状態

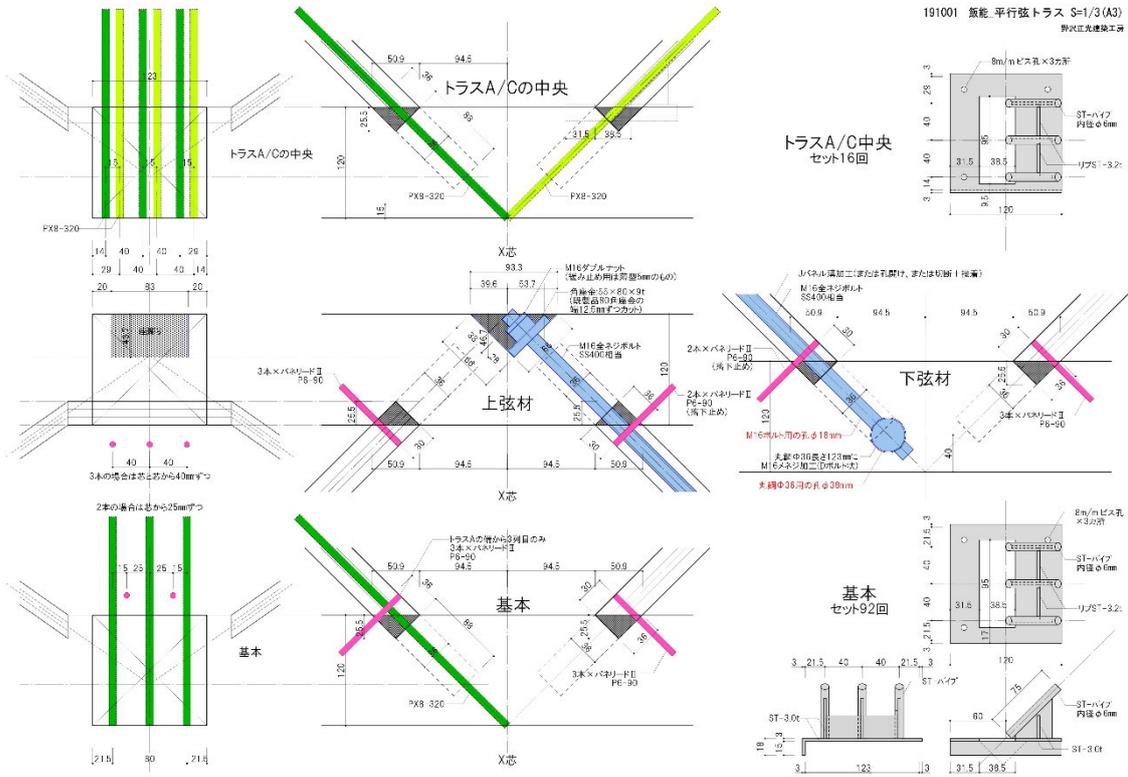
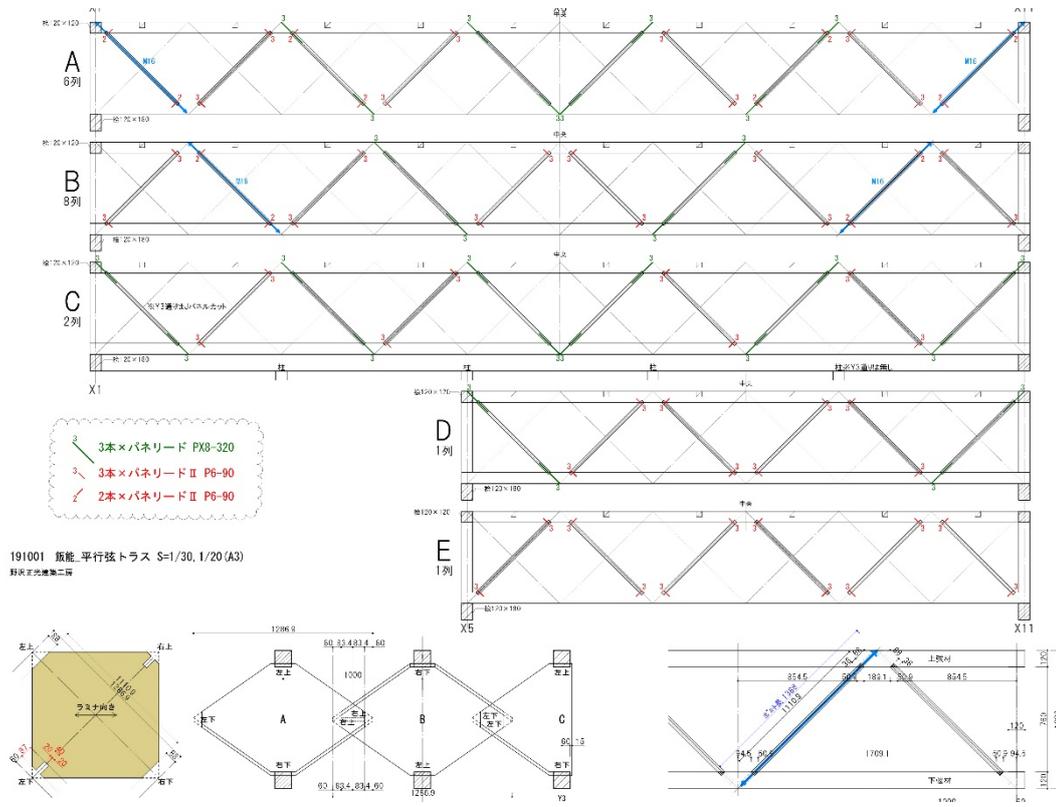


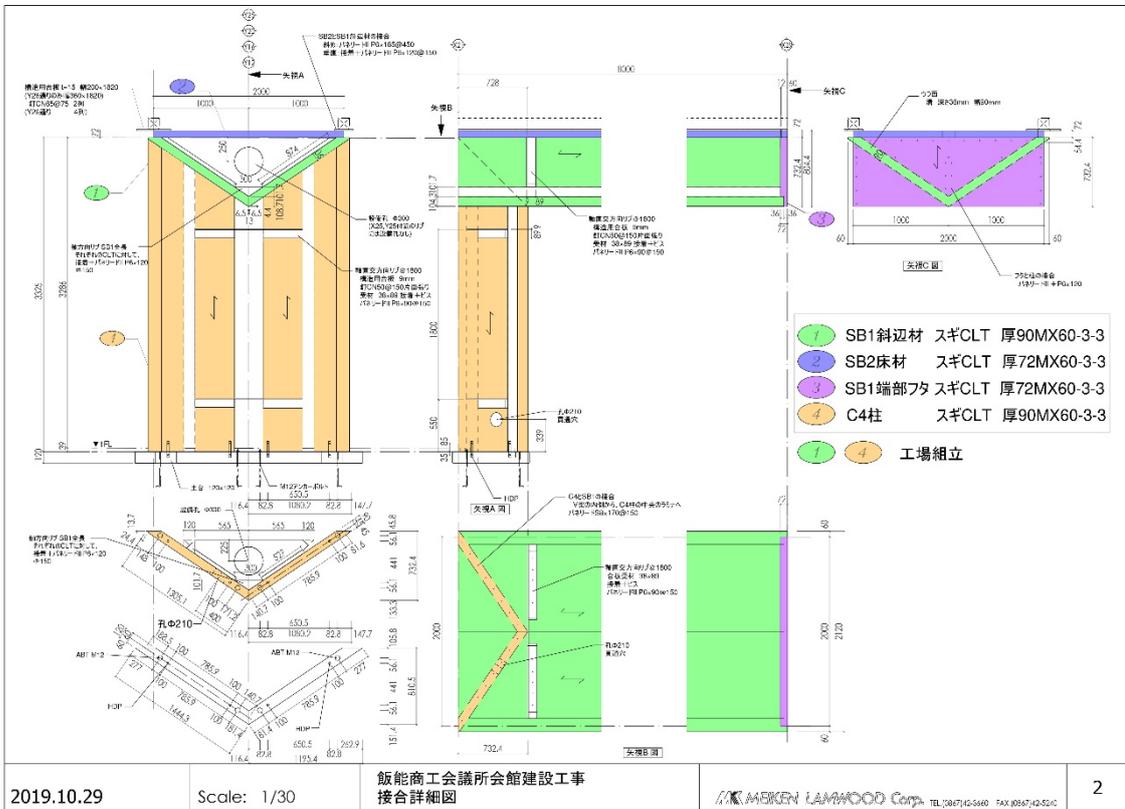
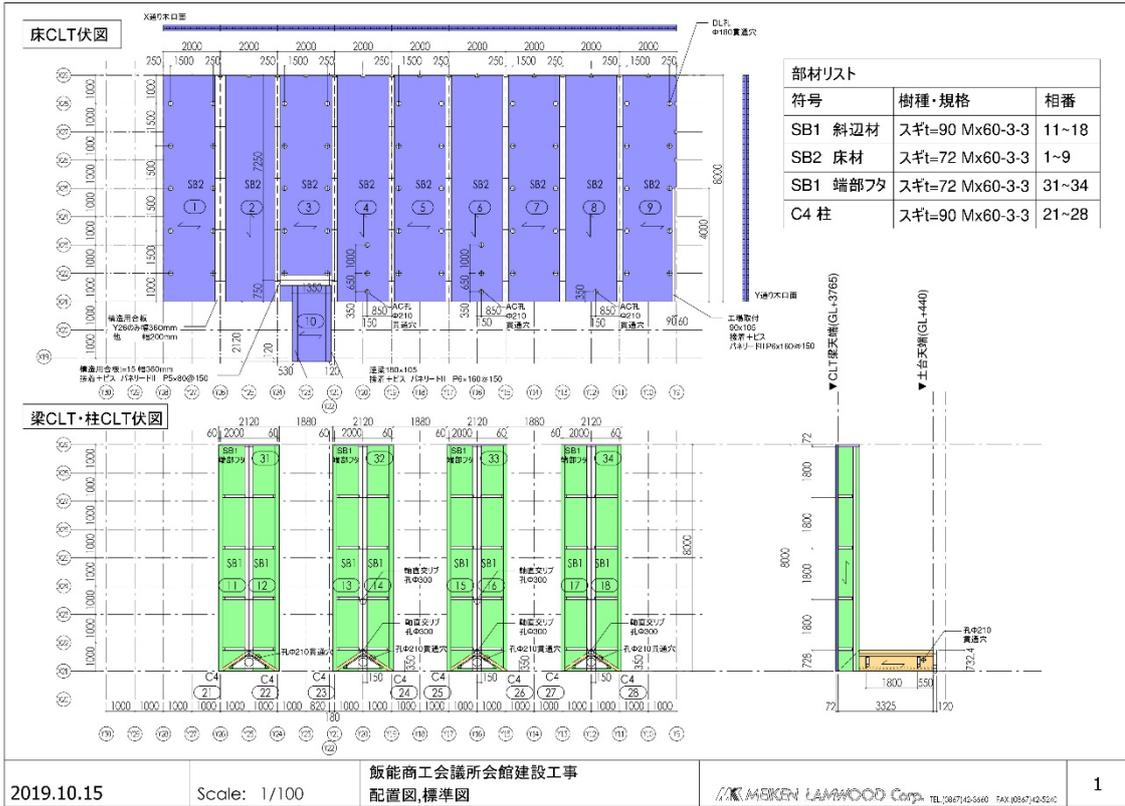
図7.4 柱脚部破壊状況

■ 構造性能実証試験（組子格子耐力壁）まとめ

②組子格子耐力壁（幅 2m、高さ 3.8m）の面内せん断試験 3 体を行い、1 体目は最大荷重 97.02 k N、2 体目は最大荷重 100.23 k N、3 体目は最大荷重 91.52 k N を計測し、組子交差部のビス部分から割裂が発生し、組子斜材端部のビス接合部が割裂しつつ枠材に沿って滑りながら粘ることで終局変形角は 1/15rad に達した。3 体の試験結果より、組子格子耐力壁の短期基準せん断耐力 P_o は 35.66 k N ($0.2P_u\sqrt{2\mu-1}$ で決定)、換算壁倍率は 9.10 相当という結果が得られた。

CLT 施工レポート (CLT 平行弦トラス) 施工図





■CLT 施工レポート (CLT 折版床・柱) 加工・建方写真



■CLT 施工レポート まとめ

地元の施工業者の参画による CLT パネル+軸組み工法の実現のため、各々の接合部においては極力特殊な金物を用いず、また一般的なプレカットによる仕口加工を基本とした。CLT パネルの製作図と軸組み工法のプレカット図の確認、天候に左右されることの無いよう施工性を考慮した屋内の作業場での加工と組み立て、最終的な建方順序や接合部の再確認など、事前の準備を入念に行うことで、建方時のトラブルもなく、想定より短時間で建方が完了した。

■別の工法(RC造)と CLT パネル+軸組み工法(本計画)のコスト比較表

躯体工事費(構造躯体まで) (税抜・千円)		実証事業の建築物 (C)	CLT使用部位を RC造に変更した 場合 (D)	経費増減額 (C)-(D)	経費増減の特記
基礎工事	土工事	1651	3,302	△ 1,651	RC造基礎深さ2倍と想定
	基礎工事	8283	16,566	△ 8,283	同上
	杭工事	0	0	0	地盤の状況による
	基礎断熱工事	1488	1,488	0	
基礎工事計(E)		11,422	21,356	△ 9,934	
上部躯体工事	共通仮設工事	6446	11,281	△ 4,835	
	直接仮設工事	4886	8,551	△ 3,665	
	鉄骨工事	8392	6,714	1,678	
	防水工事	523	6,276	△ 5,753	
	左官工事	1143	13,716	△ 12,573	
	木工事	122200	12,220	109,980	
	RC躯体工事	0	67,950	△ 67,950	RC造躯体工事 ¥90千円/㎡と想定
	屋根工事(樋、板金 外壁含む)	13902	4,171	9,731	
塗装工事	1147	3,441	△ 2,294		
上部躯体工事計(F)		158,639	134,318	24,321	
合計(E)+(F)		170,061	155,674	14,387	
延べ面積あたり工事単価(千円/㎡)		225	206	19	

※同等規模の RC 造建物（施工業者の過去事例）を参考

■別の工法(RC造)と CLT パネル+軸組み工法(本計画) まとめ

同規模で想定される RC 造と CLT を用いた木造建築物である本計画の工事費を比べたところ、基礎工事費は同規模で想定される RC 造の方が高く、上部躯体工事費は CLT を用いた木造建築物である本計画の方が高い結果となった。基礎工事費の差は建物重量によるもの、上部躯体工事費の差は木工事と RC 躯体工事にかかる運送費や経費、また木加工費や施工図の作図、現地調査等の材料費以外の費用によるものと考えられる。

本計画の木工事費には、地域材である西川材を用いて全ての CLT パネルを製作したこと、CLT を活用した先駆的な建築物として CLT パネルを含めた木構造部を表しとしたことなど、今後の木材利用を促進するための大きな付加価値が含まれた計画となっている。コストの比較としては RC 造に比べ本計画の方が高い結果となったが、CLT パネルと軸組み工法を融合した本計画が、地元の施工業者が参画可能な中大規模の事務所建物の木造化を推進し、「地域材である木材利用を促進する地産地消型のサステイナブルな建築物」の今後の好例となることを期待している。