

2. 5 (株)サカモト

2. 5. 1 建築物の仕様一覧

事業名		株式会社サカモト倉庫新築工事の建築実証（証目板材の材料特性の検証）	
実施者（担当者）		株式会社サカモト（代表取締役 坂本 晴信）	
建築物の概要	用途		倉庫
	建設地		鳥取県八頭郡智頭町
	構造・工法		木造軸組工法＋CLT壁（耐力壁、屋根構面の一部）
	階数		1
	高さ（m）		6.285
	軒高（m）		4.55
	敷地面積（㎡）		462.38
	建築面積（㎡）		163.46
	延べ面積（㎡）		161.28
	階別面積		1階
2階			－
3階			－
C L T の仕様	C L T採用部位		壁、屋根
	C L T使用量（㎡）		加工前製品量2.16㎡、建築物使用量1.52㎡
	壁パネル	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
	床パネル	寸法	－
		ラミナ構成	－
		強度区分	－
		樹種	－
	屋根パネル	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（CLT以外の構造材）		柱：ヒノキ、梁：ヒノキ、ヒノキ集成材
	木材使用量（㎡）※構造材、羽柄材、下地材、仕上材等とし、CLT以外とする		26㎡
仕上	主な外部仕上	屋根	ガルバリウム鋼板（t=0.5）改修用折版
		外壁	ガルバリウム鋼板（t=0.5）改修用折版、杉板張り
		開口部	CLTパネル引戸、ポリカーボネート折版（t=2.0）
	主な内部仕上	界壁	－
		間仕切り壁	－
		床	土間コンクリート金ゴテ押エ
天井			
構造	構造計算ルート		ルート2
	接合方法		金物工法（テックワンP3）、手加工仕口
	最大スパン		9.6m
	問題点・課題とその解決策		開口部多く、耐力壁数が少ない。 →CLTパネルを用いた高耐力壁を開発し、構造を成立させた。 積雪荷重5.3kN/㎡かつ最大スパン9.6m→土型トラスの配置。
耐火火	防火上の地域区分		その他地域
	耐火建築物等の要件		－
	本建築物の防耐火仕様		－
	問題点・課題とその解決策		－
温熱	建築物省エネ法の該当有無		該当なし
	温熱環境確保に関する課題と解決策		－
	主な断熱仕様（断熱材の種類・厚さ）	屋根（又は天井）	－
		外壁	－
床		－	
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		CLT耐力壁の施工精度→クリアランス1mmを設けた。
	給排水・電気配線設置上の工夫		－
	劣化対策		－
工程	設計期間		2024年7月～9月（3ヵ月）
	施工期間		2024年11月～2025年2月（3.5ヵ月）
		C L T 躯体施工期間	2024年12月～2025年1月（1週間）
	竣工年月日		2025年2月15日
体制	発注者		株式会社サカモト 代表取締役 坂本 晴信
	設計者（複数の場合はそれぞれ役割を記載）		建築舎K I T
	構造設計者		K M C
	施工者		build works（有）
	C L T 供給者		（株）鳥取CLT
ラミナ供給者		株式会社ウッディ若桜	

2. 5. 2 実証事業概要

実証事業名：株式会社サカモト倉庫新築工事の建築実証（桁目板材の材料特性の検証）

建築主等／協議会運営者：株式会社サカモト

1. 実証した建築物の概要

用途		倉庫		
建設地		鳥取県智頭町		
構造・工法		木造軸組工法+CLT 耐力壁		
階数		1		
高さ（m）		6.29	軒高（m）	4.55
敷地面積（㎡）		462.38	建築面積（㎡）	163.46
階別面積（㎡）	1 階	161.28	延べ面積（㎡）	161.28
CLT 採用部位		壁、屋根		
CLT 使用量（m ³ ）		加工前製品量 2.16 m ³ 、加工後建築物使用量 1.52m ³		
CLT を除く木材使用量（m ³ ）		26 m ³		
CLT の仕様	（部位）	（寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種）		
	壁	36mm 厚/3 層 3 プライ/Mx60A 相当/スギ		
	床	—		
	屋根	36mm 厚/3 層 3 プライ/Mx60A 相当/スギ		
設計期間		2024 年 6 月～10 月（5 ヶ月）		
施工期間		2024 年 11 月～2025 年 2 月（4 ヶ月）		
CLT 躯体施工期間		2024 年 12 月～2025 年 1 月（1 ヶ月）		
竣工年月日		2025 年 2 月 8 日		

2. 実証事業の目的と設定した課題

本建物用途は倉庫、荷の搬出入のための開口部が多く、耐力壁を多数配置出来ない。CLT パネルを用いた高耐力壁を開発し、少ない壁量でも建物の構造が成立することを目指した。少ない壁量は、物販店舗や事務所など他の用途でも有益で、この工法には波及効果が有る。木造軸組工法の面内に CLT の厚 36mm、3 層 3 プライを挿入したので、材積も些少である。

また内装を省略してコスト縮減を図り、CLT パネルやその接合部を現しとしても意匠上破綻しない納まりとした、他の用途でさらに美しい意匠性が求められることを想定し、桁目無節の CLT パネルを用いたビスのせん断試験を実施してバックデータとして保存している。

試験結果より、板目 CLT と桁目無節 CLT のせん断試験結果に有意差が無いことが検証され、本工法に桁目無節 CLT を用いて建設することが可能であることが分かった。

3. 協議会構成員

(建築主、ラミナ供給) (株) サカモト：坂本晴信 (協議会運営者)
(設計) 建築舎 KIT：喜多泰之
(構造設計) KMC：蒲池健
(施工) build works (有)：梅實裕之
(製材) しまんと製材工場(協)高幡木材センター：北村憲一、上田道秋
(CLT 製作) (株) 鳥取 CLT：井口皓介
(試験監修) 公立鳥取環境大学：中治 啓行
(CLT アドバイザー) 国立米子工業高等専門学校：川中彰平
(学識経験者) 鈴木圭
(金物) 若井産業 (株) 構造用ファスナー事業開発グループ：橋本岳史

4. 課題解決の方法と実施工程

- ・構面の設計は建築舎 KIT と KMC が中心となり設計仕様、試験条件をとりまとめた。
- ・ビスによるせん断より、嵌合・支圧接合の強度が高い予想が出され、要素試験で比較した。
- ・要素試験結果から、優位な接合を抽出し、実大の予備試験を 1 体実施した。
- ・予備試験後、改良点を協議して、それを反映した実大試験を 3 体実施した。

<協議会の開催>

2024 年 06 月：第 1 回開催、スタートアップ会議 (以降チャットを用いて協議)
09 月：第 2 回開催、予備試験後の改良点協議 (以降チャットを用いて協議)
10 月：第 3 回開催、実大試験後の改良点協議 (以降チャットを用いて協議)
2025 年 02 月：第 4 回開催、工事完了後のとりまとめ

<設計>

2024 年 06 月～10 月：意匠設計
07 月～10 月：構造設計

<施工>

2024 年 11 月 : 工事契約
11 月～ : 基礎工事
12 月～ : 木工事
2025 年 01 月～ : 外装工事
02 月～ : 設備工事、外構工事

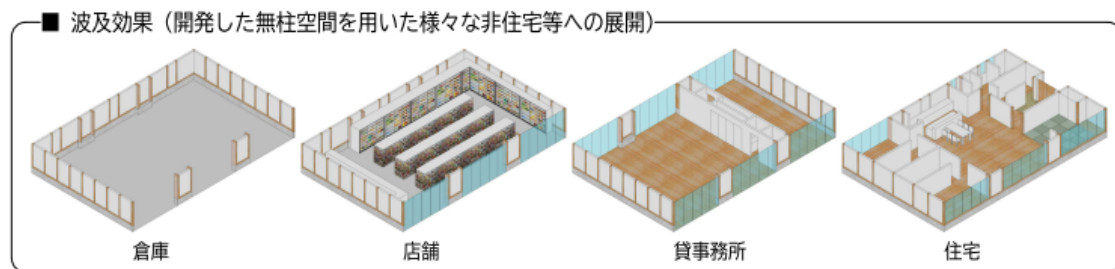
<性能確認>

2024 年 07 月 : 要素試験 (6 条件×3 体) 接合部の様々な仕様を試した
09 月 : 予備試験 (1 条件×1 体) 実大試験前の検討用
10 月 : 実大試験 (1 条件×3 体)

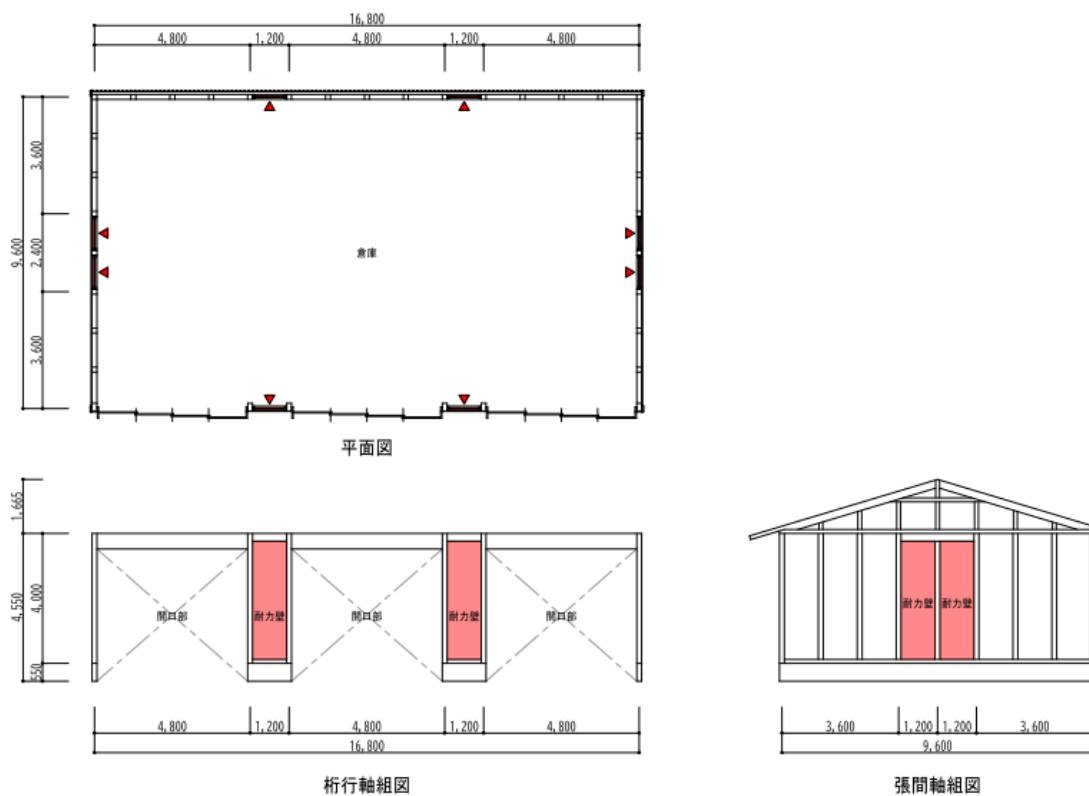
以上から、短期基準耐力 $32.2\text{KN} (0.2/D_s) \times P_u) \div (1.2\text{m} \times 1.96\text{KN/m}) = 16.67$ 倍相当の結果が得られた。地震時の検定比 $Q_d/Q_a = 0.7$ となり十分な安全性能が確認できた。

6. 本実証により得られた成果

構面の試験データにより桁行の開口率 85.7% ($1 - (2.4 / 16.8)$) を実現することができた。高耐力の壁を少なく配置することで壁面の開口自由度が高くなること、またトラスを活用して多雪地域でありながらも梁間 9.6m のスパンを実現したこと、水平構面強度により耐力壁線間隔 16.8m が可能になったことにより $\approx 160\text{m}^2$ の無柱空間を構成できたことは、本建物だけでなく、物販店舗や事務所など他の用途でも活用できる、汎用性が高い工法が開発できたと考える。



7. 建築物の平面図・軸組図・構造概要



桁行方向、張間方向とも耐力壁は 4 枚のみ配置、階高に対してアスペクト比が過大にならないように 1,200 モジュールを採用した。アスペクト比は 1 : 3.175 (材芯)

2. 5. 3 成果物

株式会社サカモト倉庫新築工事の建築実証（柱目板材の材料特性の検証）

目次

- 8-1 意匠概要
- 8-2 構造概要
- 8-3 図面集
- 8-4 試験概要
- 8-5 CLT36 を納入して
- 8-6 施工レポート
- 8-7 住宅への展開、スケールダウンの可能性
- 8-8 完成見学会報告

8-1 意匠概要

i 積雪対策

垂直積雪量 178cm の多雪地域であり、積雪に対して安全な建物となるよう検討した。構造計算に $5,340\text{N}/\text{m}^2$ の荷重を見込んだので、雪おろしをしない前提としている。搬出入の有る底側は、軒樋を軒先からオーバーハングさせない納まりとして、雪落下による、樋の破損防止に配慮した。庇の無い側は屋根から外壁へ連続するラジアル納めとして、雪が落下しても支障のないものとしている。また「すが漏り」対策として、折版の重ね部には防水テープを敷きこんだ。

ii コスト対策

用途は倉庫であり過大なコストを掛けられない。耐久性、メンテナンスの軽減、また費用対効果を総合的に判断した結果、屋根と桁行の外壁にガルバリウム鋼板の改修用折版を採用した。同じ形状のポリカーボネート板をハイサイドに配し、明り取りの窓のサッシを取りやめた。妻壁は建築主の業種が木材製品であることから、杉板に撥水材を塗布したものとした。劣化時には建築主がセルフメンテナンス可能である。ドアは、CLT を使用した建物であるアピールのため、耐力壁と同じ CLT36 とした。



iii 開口率

搬出入用の開口部が多く必要であり、耐力壁長さを最小限にすることが求められた。本実証において、高耐力の壁を開発したことで、外周部各面に限定してそれぞれ 2 枚ずつの耐力壁を配置するのみで建設することが可能になった。

8-2 構造概要

- ・ 在来軸組工法による倉庫である。
- ・ 耐力壁は 36mm 厚のスギ CLT を用いた真壁耐力壁を XY 各方向にバランスよく配置する。耐力壁の許容せん断耐力は試験を実施して求めた数値を用いる。
- ・ 46 条壁量規定を満足しないため 46 条 2 項に定める許容応力度計算を行うことから、使用構造材料は JAS 材を用いる。
- ・ 屋根構面は構造用合板 t24mm 張りの勾配屋根構面を主体とし、一部に耐力壁と同様のスギ CLT を用いた勾配屋根構面を用いる。

○仮定荷重

屋根						
金属板（下地含む）		200 N/㎡	合計	667.61 N/㎡	→	700 N/㎡
構造用合板 t=	24	150 N/㎡				
母屋		50 N/㎡				
ΣW =		400 N/㎡				
屋根勾配		3 寸				
θ =		16.70 °				
ΣW/cos θ	=	417.61 N/㎡				
小屋組		250 N/㎡				
合計		667.61 N/㎡				
				床用	架構用 長期短期積雪	地震用
			DL	700	700 700	700
			LL	0	0 0	0
			SL	0	3738 5340	1869
			TL	700	4438 6040	2569
			備考	積雪178cm		

壁						
仕上		200 N/㎡	合計	400 N/㎡	→	400 N/㎡
軸組		200 N/㎡				
				床用	架構用 長期短期積雪	地震用
			DL	400	400 400	400
			LL	0	0 0	0
			SL	0	0 0	0
			TL	400	400 400	400
			備考			

○地震荷重

Z = 1.0

C0=0.2

階	ΣW kN	α i	Ai	Ci	Qi kN	Pi kN
1	533.10	1.00	1.00	0.20	106.62	106.62

○鉛直構面の検討

偏心率算定結果

	X	Y
重心	8.4	4.3
剛心	8.4	4.8
e	0.00	0.4517
γe	9.67	9.67
偏心率	0.05	0.00
αe	1.02	1
判定	OK	OK

偏心率 ≤ 0.3 を確認

鉛直構面検討結果

方向	通り	壁長 m	Qd kN	Qa kN	Qd/Qa	判定
X	Y0	2.4	54.54	78.40	0.70	OK
X	Y8	2.4	54.54	78.40	0.70	OK

方向	通り	壁長 m	Qd kN	Qa kN	Qd/Qa	判定
Y	X0	2.4	53.31	78.40	0.68	OK
Y	X14	2.4	53.31	78.40	0.68	OK

○屋根構面の検討

X 方向加力時

Y m	Q kN	ΔQ kN/m	M kNm	T kN	$\Delta Q/Qa$	T/Ta	判定
0	53.31	3.17	0.00	0.00	0.29	0.00	OK
1.2	39.98	2.38	55.98	3.33	0.21	0.32	OK
2.4	26.66	1.59	95.96	5.71	0.14	0.54	OK
3.6	13.33	0.79	119.95	7.14	0.07	0.68	OK
4.8	0.00	0.00	127.94	7.62	0.00	0.73	OK
6	-13.33	0.79	119.95	7.14	0.07	0.68	OK
7.2	-26.66	1.59	95.96	5.71	0.14	0.54	OK
8.4	-39.98	2.38	55.98	3.33	0.21	0.32	OK
9.6	-53.31	3.17	0.00	0.00	0.29	0.00	OK

Y 方向加力時

Y m	Q kN	ΔQ kN/m	M kNm	T kN	$\Delta Q/Qa$	T/Ta	判定
0	53.31	3.17	0.00	0.00	0.29	0.00	OK
1.2	39.98	2.38	55.98	3.33	0.21	0.32	OK
2.4	26.66	1.59	95.96	5.71	0.14	0.54	OK
3.6	13.33	0.79	119.95	7.14	0.07	0.68	OK
4.8	0.00	0.00	127.94	7.62	0.00	0.73	OK
6	-13.33	0.79	119.95	7.14	0.07	0.68	OK
7.2	-26.66	1.59	95.96	5.71	0.14	0.54	OK
8.4	-39.98	2.38	55.98	3.33	0.21	0.32	OK
9.6	-53.31	3.17	0.00	0.00	0.29	0.00	OK

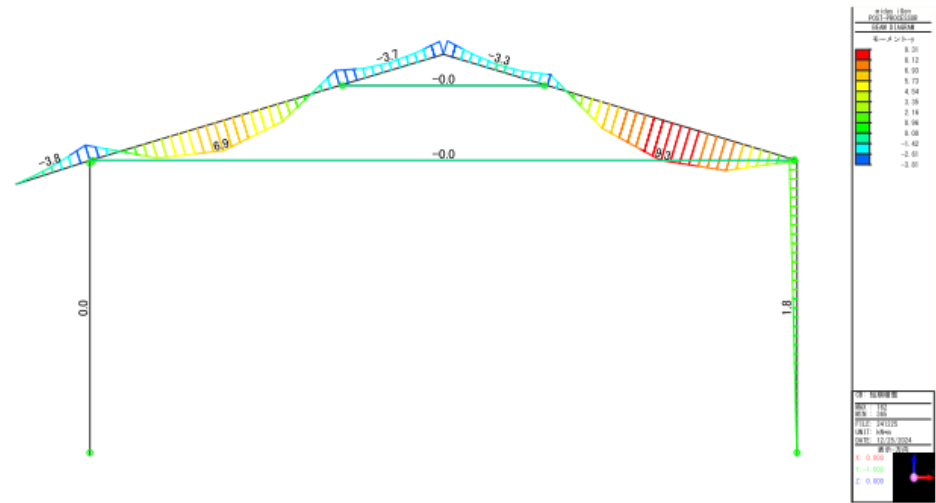
○トラスの検討

部材耐力（短期積雪時許容耐力）

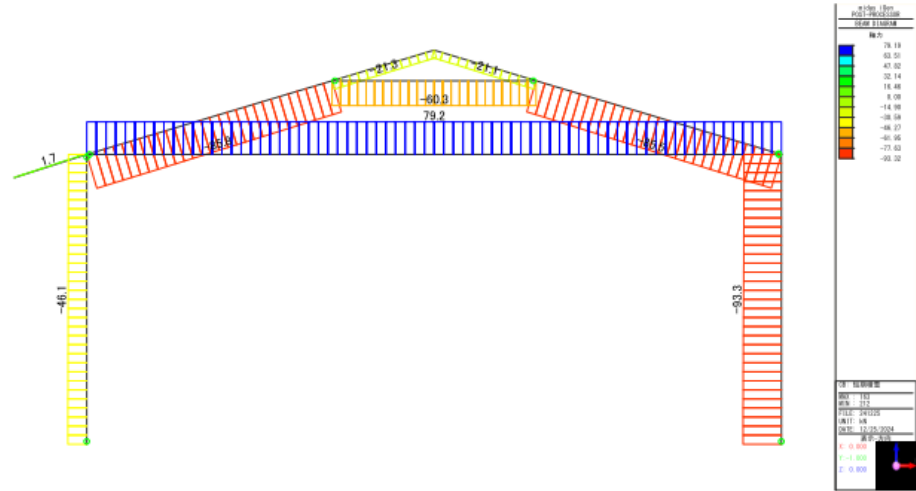
符号	Ma kNm	Qa kN	Na kN	Ta kN
240	15.04	19.35	269.90	
240A				261.27
120			73.79	

断面算定結果

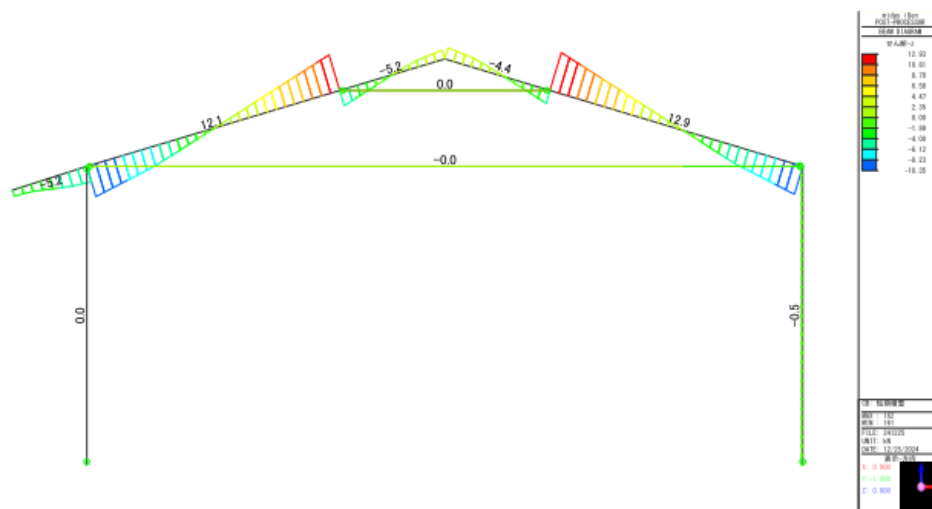
符号	Md kNm	Qd kN	Nd kN	Td kN	Nd/Na+Md/Ma	Qd/Qa	Nd/Na	Td/Ta	判定
240	9.3	12.9	85.5		0.94	0.67			OK
240A				79.2				0.30	OK
120			60.3				0.82		OK



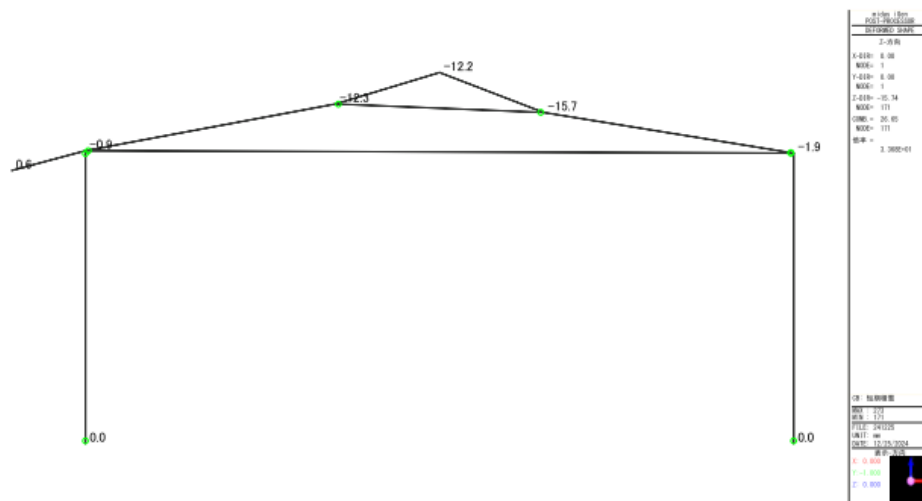
短期積雪時M図



短期積雪時N図



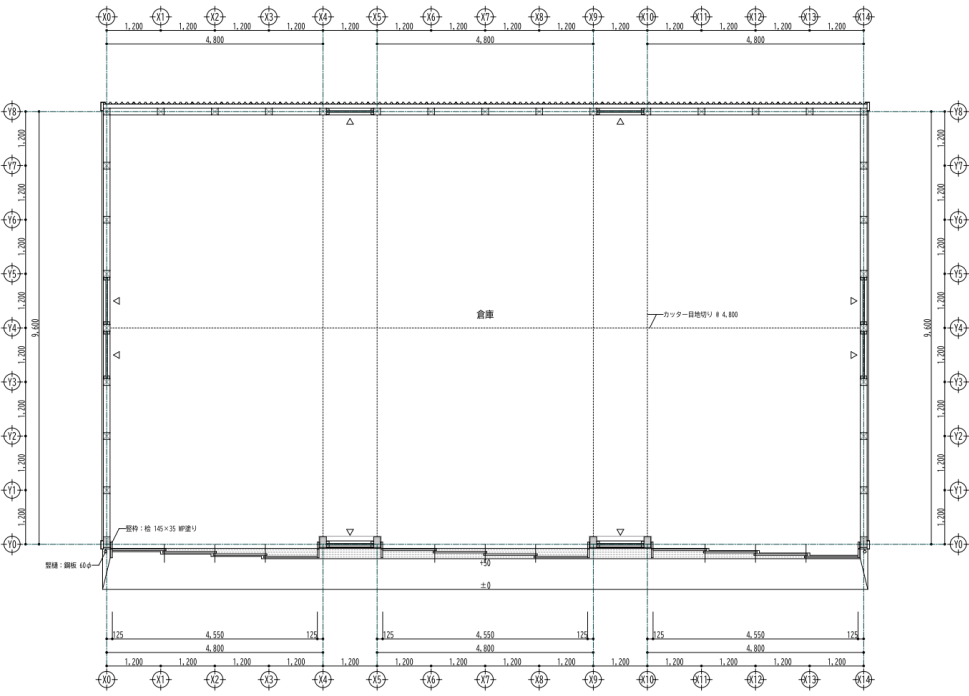
短期積雪時 Q 図



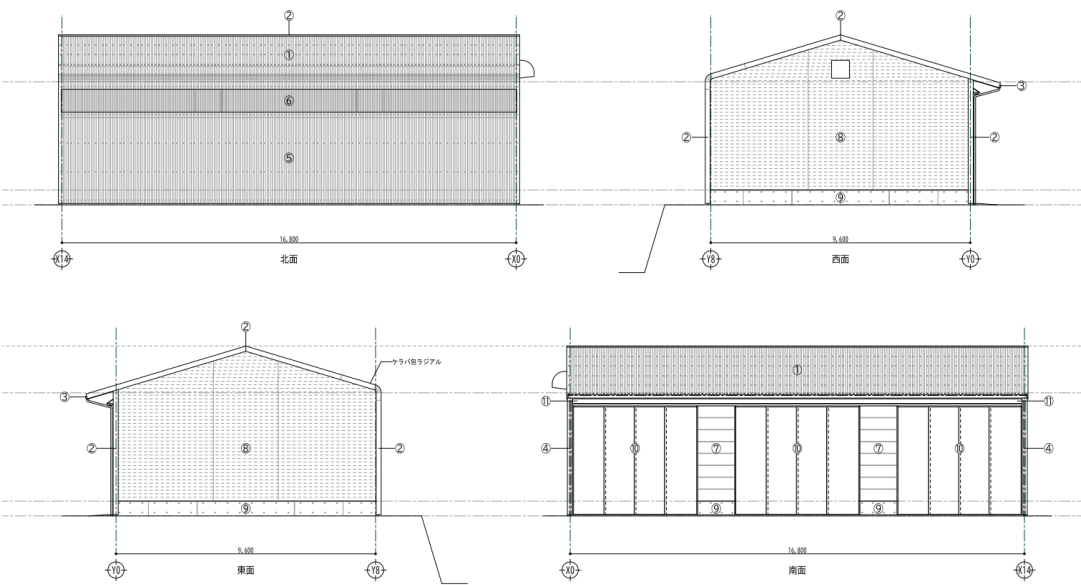
短期積雪時変位図

8-3 図面集

平面図

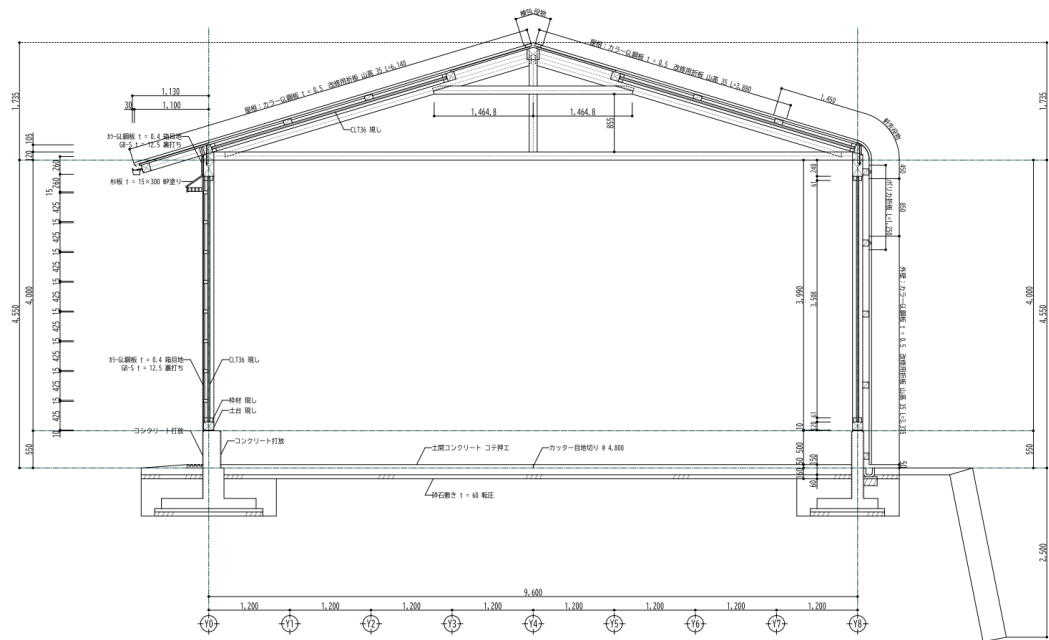


立面図



① 屋根：杉・仏蘭板 t=0.5 改修用折板 山高 35 / 改質アスファルトルーフィング40	⑤ 外壁：杉・仏蘭板 t=0.5 改修用折板 山高 35	⑨ 基礎：コンクリート打設 (単層目地 口15×15 # 3,600)
② 軒金：杉・仏蘭板 t=0.4 曲げ加工 (棟巻、クラバ包)	⑥ 外壁：ポリカ・ポネート折板 t=2.0 (屋根形状合せ)	⑩ 建具：杉CL136ハンガー戸 断熱
③ 軒巻：杉・仏蘭板 既製品 (TANITA レッガル106 同等品)	⑦ 外壁：杉・仏蘭板 t=0.4 箱目地 / GH-S t=12.5断熱 / 透湿性防水紙	⑪ 小庇：杉板 t=15 断熱
④ 断熱：杉・仏蘭板 既製品 (TANITA 丸てことい 同等品)	⑧ 外壁：クボニー加工杉板断熱 t=30 断熱	⑫

断面図



展開図



① 内装：杉・松・材 1 = 0.5 改修用折板 裏面のファンシー	③ 内装：CLT/パネル 裏地	⑤ 建具：杉・松・材ハンガー戸 裏地
② 内装：ポリカーボネート折板 1 = 2.0 (原形形状合せ) の裏面	④ 内装：クボニー加工材線甲板 1 = 30 の裏面	⑥ 巾木：コンクリート打板 (伸縮目地 15×15 # 3,600)

8-4 試験概要

i 要素試験-1

a1) 嵌合支圧、a2) ビスせん断、 b1) CLT と製材、b2) CLT と CLT、
を組合わせた 6 仕様の試験を実施

試験報告書

2024 年 7 月 17 日

若井産業株式会社

〒577-8503 東大阪市森河内西 1 丁目 6 番 30 号

試験名称	株式会社サカモト倉庫新築工事 要素試験
内 容	【試験体】 1)接合具・木材 試験体の詳細を「図 1：試験体」「図 2：接合具」に詳細を記載。 2)試験体数 各 3 体（6 仕様、計 18 体） 【試験評価方法】 - 変位計の平均値から得られた荷重変位曲線の包絡線処理を行った後、(財)日本住宅・木材技術センター編「木造軸組工法住宅の許容応力度設計(2017 年度版)」(平成 29 年 3 月発行第 1 版)(以下、グレー本)に記載された方法により弾塑性解析を行った。 - グレー本による弾塑性解析については、国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所 軽部正彦氏作成 PickPoint3.292 を利用し、その結果を「図 3：荷重変位曲線及び特性値算出結果」に示した。 - 加力について、圧縮方向の単調加力方式とした。
試験結果	試験結果の詳細を「表 1：試験結果」「図 3：荷重変位曲線及び特性値算出結果」に記載
試験場所	島根産業技術センター大型構造物棟
試験実施日	2024 年 7 月 11 日~12 日

(注意事項)

- この試験報告書は前記内容に基づき実施した試験の結果であり、試験体の性能を保証するものではありません。
- 試験評価方法、木材の種類や状況、試験体の施工方法が異なる場合は試験結果と異なる場合があります。
- 製品の仕様は予告なく変更する場合があります。
- この試験報告書を転載するときは、必ず全文を記載してください。

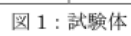


図 1：試験体

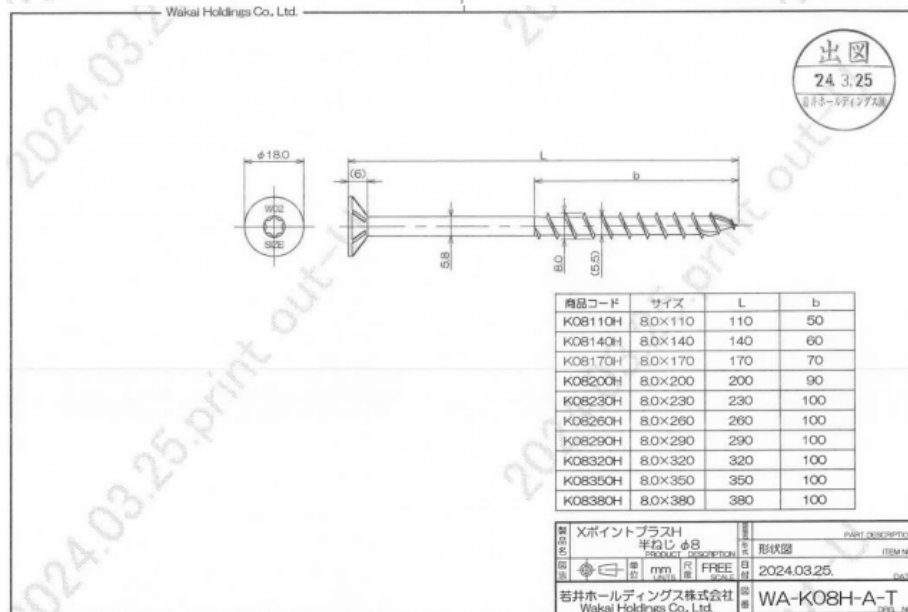
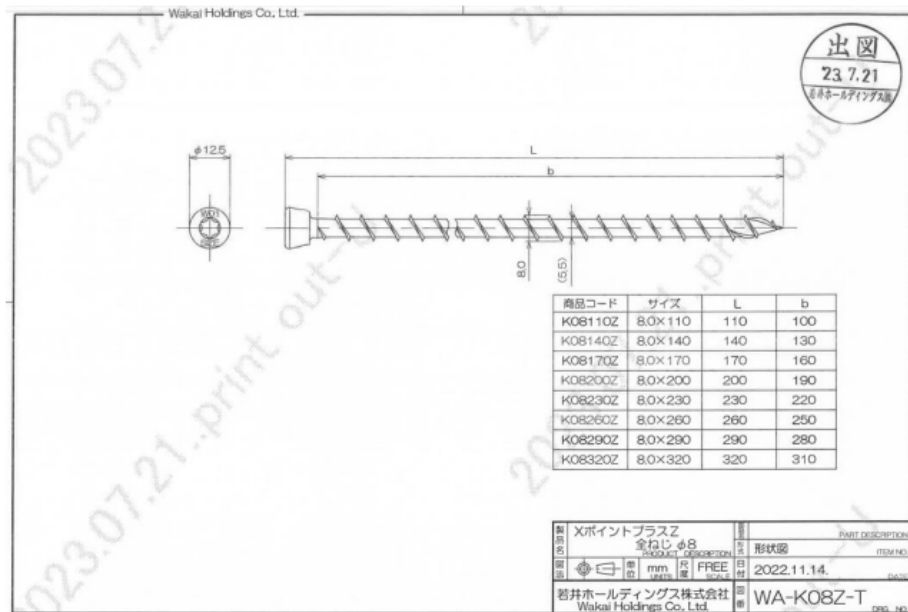


図 2 : 接合具

表 1 試験結果

試験体	$P_{\max}$	$\delta_{\max}$	P_y	δ_y	P_u	δ_u	δ_v	K	$2/3P_{\max}$	μ	D_s	破壊 性状 ※1
	(kN)	(mm)	(kN)	(mm)	(kN)	(mm)	(mm)	(kN/mm)	(kN)			
① 1体目	39.89	11.04	25.73	1.75	36.32	31.69	2.47	14.70	26.60	12.82	0.20	A
① 2体目	38.36	13.55	26.02	2.02	35.43	32.69	2.75	12.87	25.57	11.88	0.21	A
① 3体目	43.32	12.29	29.64	1.82	40.06	20.11	2.47	16.24	28.88	8.15	0.26	A
① 平均値	40.52	12.29	27.13	1.87	37.27	28.16	2.56	14.60	27.02	10.95	0.22	
② 1体目	側材の割裂により計測不能											
② 2体目	65.35	3.96	53.85	1.60	60.70	10.49	1.80	33.67	43.56	5.82	0.31	B
② 3体目	59.64	2.36	-※2	1.68	53.18	7.95	1.67	31.90	39.76	4.77	0.34	B
② 平均値	62.49	3.16	-	1.64	56.94	9.22	1.74	32.78	41.66	5.29	0.32	
③ 1体目	側材の開きにより計測不能											
③ 2体目※3	54.02	18.89	34.78	3.18	50.66	40.00	4.63	10.94	36.01	8.64	0.25	A
③ 3体目※3	53.22	39.61	34.27	3.24	47.64	40.00	4.51	10.57	35.48	8.88	0.24	A
③ 平均値	53.62	29.25	34.52	3.21	49.15	40.00	4.57	10.75	35.74	8.76	0.25	
④-1 1体目	70.44	47.18	38.24	3.19	63.18	57.05	5.27	11.99	46.96	10.83	0.22	CE
④-1 2体目	64.43	24.69	35.03	2.76	55.94	27.04	4.41	12.68	42.95	6.13	0.30	CE
④-1 3体目	73.72	43.92	39.65	5.54	62.13	47.46	8.68	7.16	49.15	5.47	0.32	CE
④-1 平均値	69.53	38.60	37.64	3.83	60.42	43.85	6.12	10.61	46.35	7.47	0.28	
④-2 1体目	42.27	6.88	23.32	0.75	38.53	27.64	1.24	31.19	28.18	22.38	0.15	D
④-2 2体目	42.82	6.36	23.51	0.76	38.43	25.83	1.24	31.01	28.55	20.84	0.16	D
④-2 3体目	39.42	6.83	22.72	0.79	35.83	29.46	1.24	28.87	26.28	23.74	0.15	D
④-2 平均値	41.51	6.69	23.18	0.76	37.60	27.64	1.24	30.36	27.67	22.32	0.15	
⑤ 1体目	18.91	38.70	10.04	3.43	16.66	49.01	5.69	2.93	12.60	8.61	0.25	CE
⑤ 2体目	15.95	33.61	8.15	2.46	13.94	57.05	4.21	3.31	10.63	13.56	0.20	CE
⑤ 3体目	17.21	31.63	9.56	2.17	15.14	41.05	3.43	4.41	11.47	11.97	0.21	CE
⑤ 平均値	17.35	34.65	9.25	2.69	15.25	49.04	4.44	3.55	11.57	11.38	0.22	

※1 破壊性状：A 主材・側材の支圧 B 主材の支圧 C ねじの頭部めり込み

D ねじの側材からの引き抜け E 主材の割裂

※2 試験体②の3体目について、荷重変位曲線の凹凸により P_y 算出不可

※3 試験体③について、荷重が低下しなかったため 40 mmの変位までの変位にて各特性値を算出

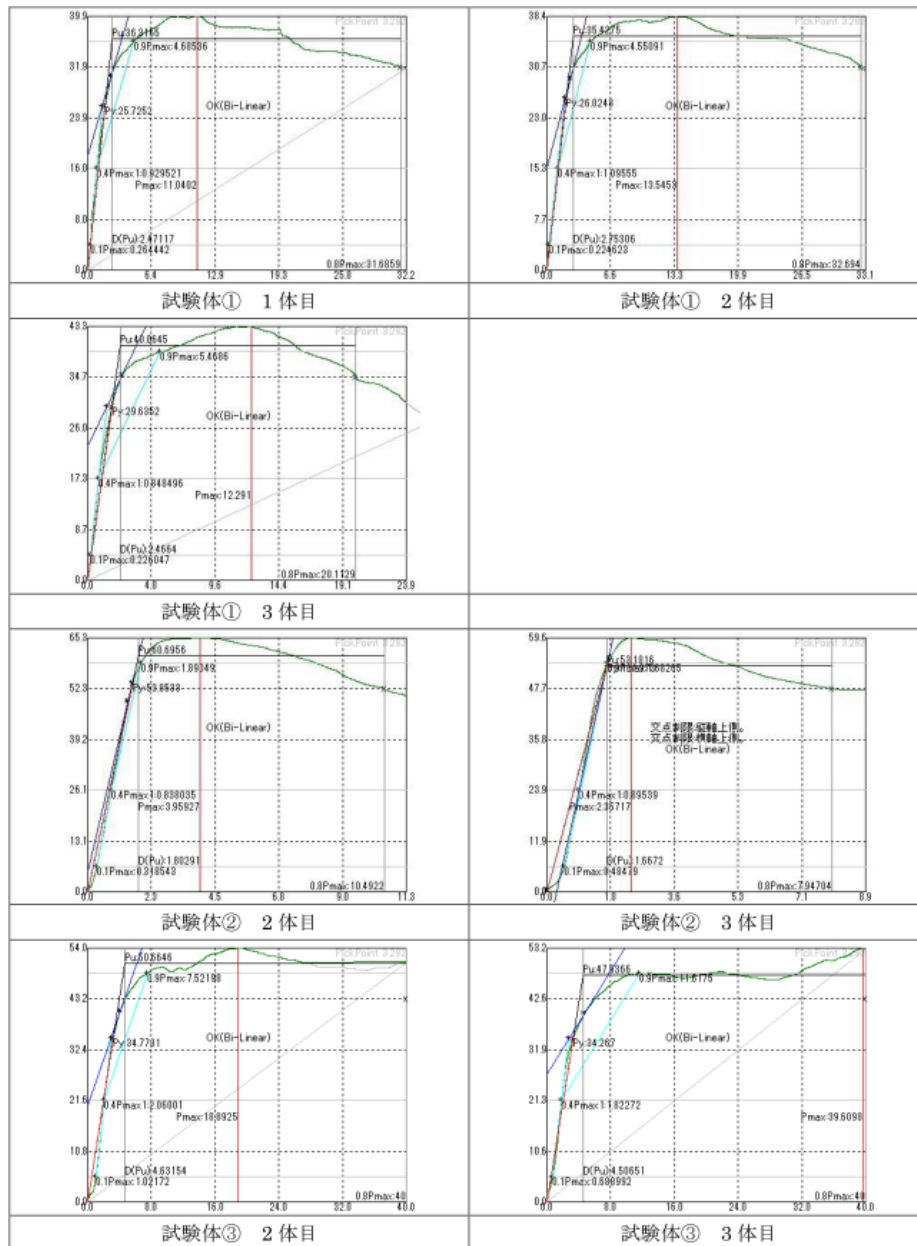


図 3-1 荷重変位曲線及び特性値算出結果 (PICKPOINT)

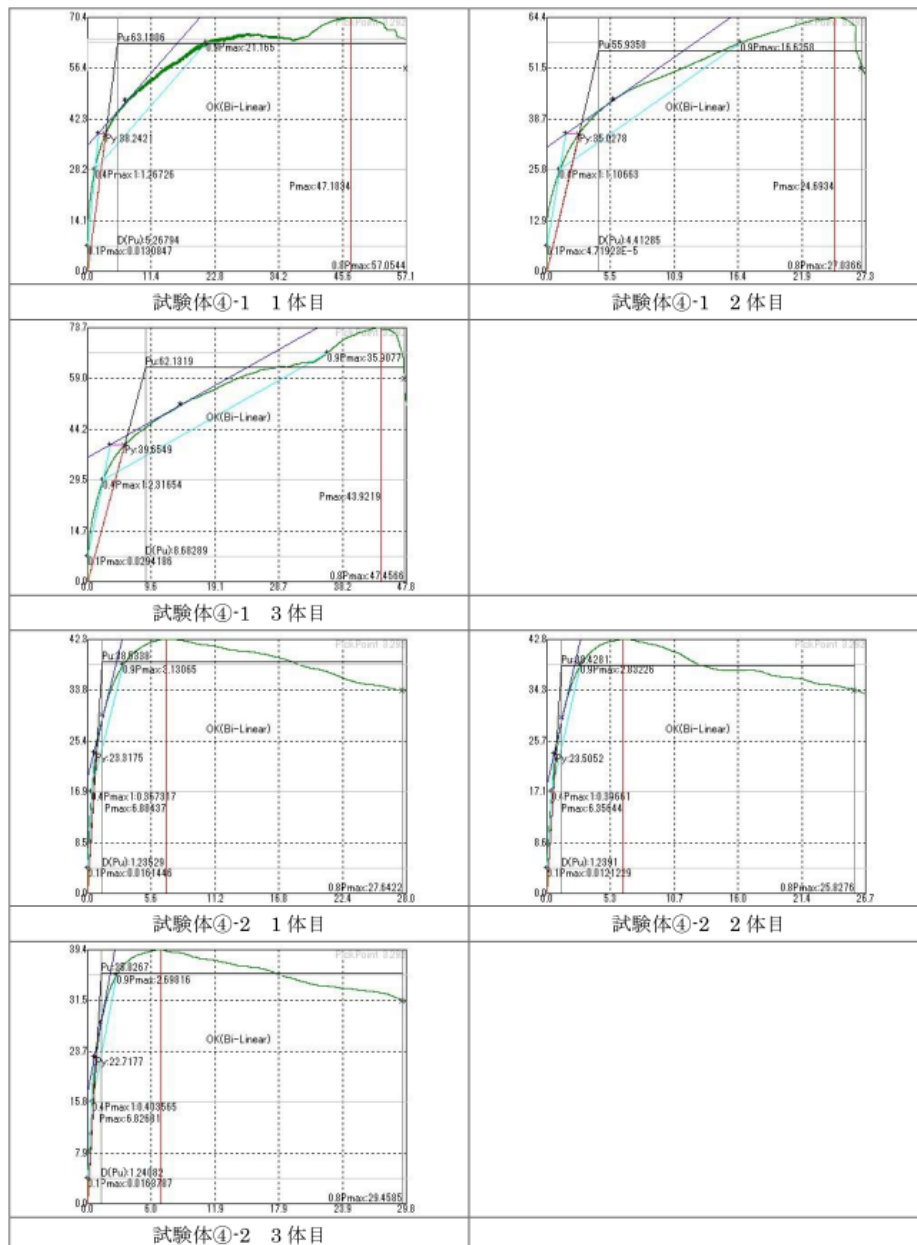


図 3-2 荷重変位曲線及び特性値算出結果 (PICKPOINT)

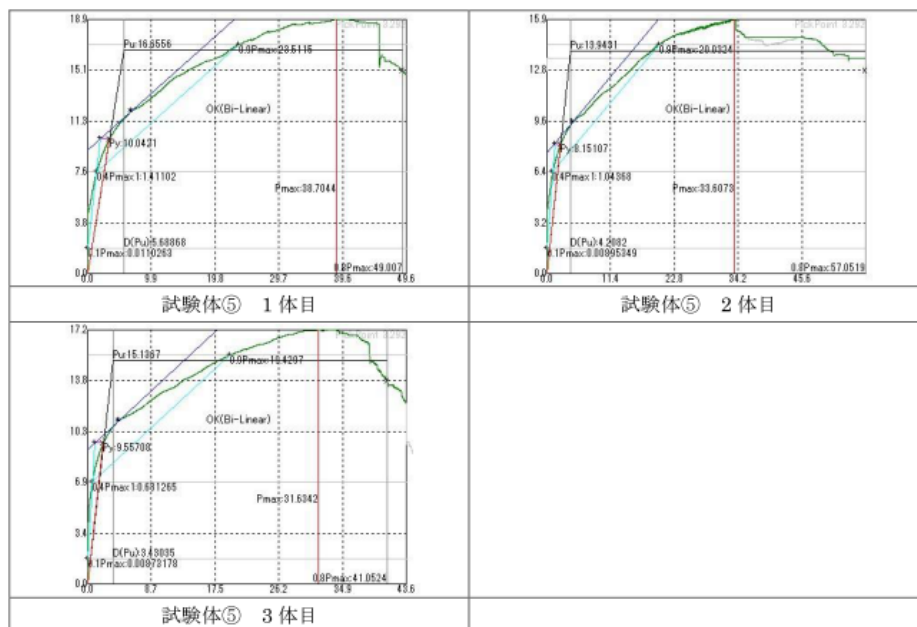


図 3-3 荷重変位曲線及び特性値算出結果 (PICKPOINT)

ii 要素試験-2

要素試験-1 の④-1 と同様の試験体で CLT36 を柱目材に変更したもの

試験報告書

2025 年 1 月 29 日

若井産業株式会社

〒577-8503 東大阪市森河内西 1 丁目 6 番 30 号

試験名称	株式会社サカモト倉庫新築工事 要素試験 (柱目 CLT)
内 容	【試験体】 1)接合具・木材 試験体の詳細を「図 1：試験体」「図 2：接合具」に詳細を記載。 2)試験体数 3 体 【試験評価方法】 ・変位計の平均値から得られた荷重変位曲線の包絡線処理を行った後、(財)日本住宅・木材技術センター編「木造軸組工法住宅の許容応力度設計(2017 年度版)」(平成 29 年 3 月発行第 1 版)(以下、グレー本)に記載された方法により弾塑性解析を行った。 ・グレー本による弾塑性解析については、国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所 軽部正彦氏作成 PickPoint3.292 を利用し、その結果を「図 3：荷重変位曲線及び特性値算出結果」に示した。 ・加力について、圧縮方向の単調加力方式とした。 ・最大 50mm 変位にて試験を終了した。
試験結果	試験結果の詳細を「表 1：試験結果」「図 3：荷重変位曲線及び特性値算出結果」に記載
試験場所	島根産業技術センター大型構造物棟
試験実施日	2025 年 1 月 21 日

(注意事項)

- ・この試験報告書は前記内容に基づき実施した試験の結果であり、試験体の性能を保証するものではありません。
- ・試験評価方法、木材の種類や状況、試験体の施工方法が異なる場合は試験結果と異なる場合があります。
- ・製品の仕様は予告なく変更する場合があります。
- ・この試験報告書を転載するときは、必ず全文を記載してください。

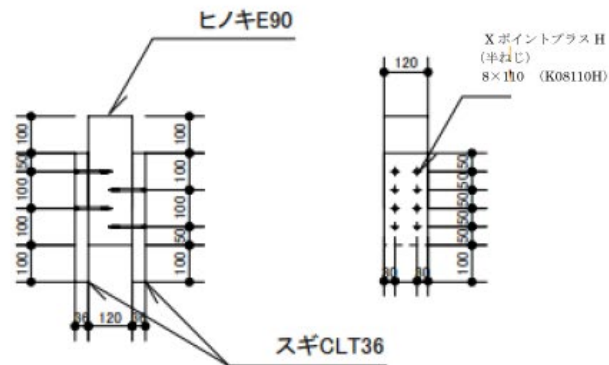


図 1 : 試験体 (4-1)

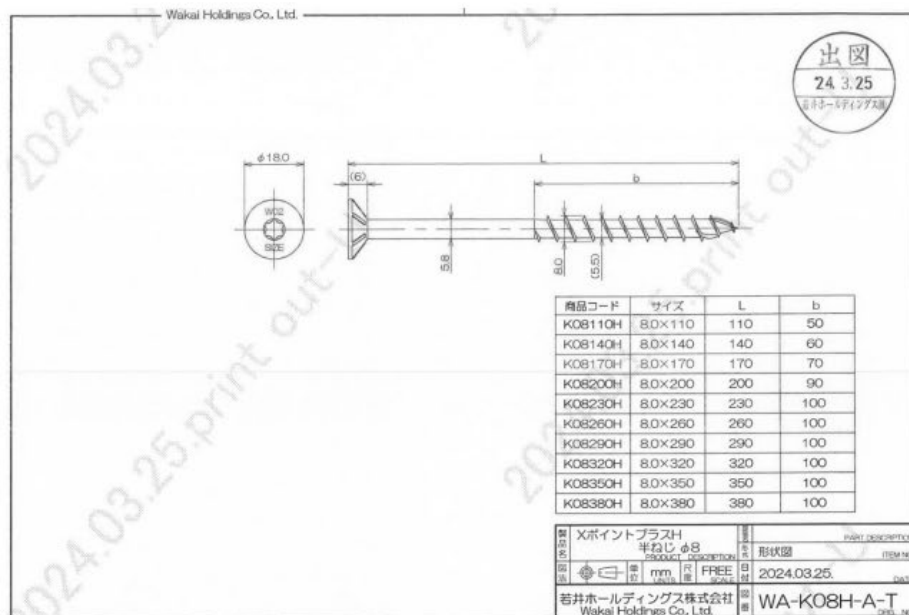


図 2 : 接合具

表 1 試験結果

試験体	P_{max}	δ_{max}	P_y	δ_y	P_u	δ_u	δ_v	K	$2/3P_{max}$	μ	D_s	破壊 性状 ※1
	(kN)	(mm)	(kN)	(mm)	(kN)	(mm)	(mm)	(kN/mm)	(kN)			
1体目	71.67	50.00	39.41	5.26	60.09	50.00	8.03	7.49	47.78	6.23	0.30	C
2体目	81.43	50.00	45.01	7.76	67.03	50.00	11.56	5.80	54.28	4.33	0.36	C
3体目	67.65	45.58	34.78	5.07	56.16	50.00	8.19	6.86	45.10	6.10	0.30	C
平均値	73.58	48.53	39.74	6.03	61.09	50.00	9.26	6.71	49.06	5.55	0.32	
④-1 1体目	70.44	47.18	38.24	3.19	63.18	57.05	5.27	11.99	46.96	10.83	0.22	CE
④-1 2体目	64.43	24.69	35.03	2.76	55.94	27.04	4.41	12.68	42.95	6.13	0.30	CE
④-1 3体目	73.72	43.92	39.65	5.54	62.13	47.46	8.68	7.16	49.15	5.47	0.32	CE
④-1 平均値	69.53	38.60	37.64	3.83	60.42	43.85	6.12	10.61	46.35	7.47	0.28	

1 体目

2 体目

3 体目

図 3 荷重変位曲線及び特性値算出結果 (PICKPOINT)

板目と桁目無節のせん断試験結果に大きな差異はなく、ばらつきの範囲内である。
 なお完全弾塑性モデルによる評価を次葉に記載する。

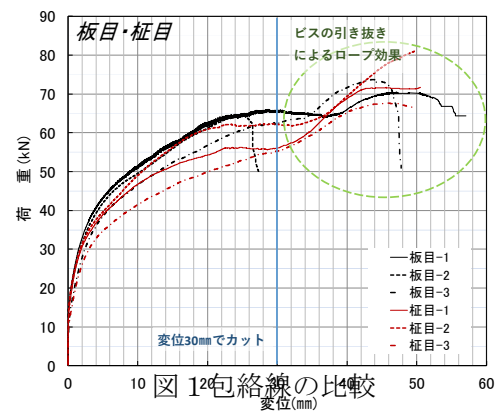
完全弾塑性モデルによる評価

(1)荷重変位曲線の比較

板目と桁目試験の荷重変位曲線を比較したものを図 1 に示す。

桁目試験体のうち 3 体目の試験体を除くと、板目と桁目の荷重変位関係に大きな違いは見られなかった。桁目試験体の 3 体目は他の試験体と比較すると降伏点が高い結果となった。

図に示すように変位 30 mm 以降はビス引き抜きによるロープ効果によって荷重の上昇が確認された。



(2)特性値の比較

特性値は完全弾塑性モデルによる評価より算定した。

グレー本では 30 mm までの変位で評価を行うこと、ロープ効果はビスの性能に依存したものであることから、変位 30 mm までの荷重変形関係で評価を行うこととした (図 1)。

結果は、図 2、図 3、表 1 のとおりである。

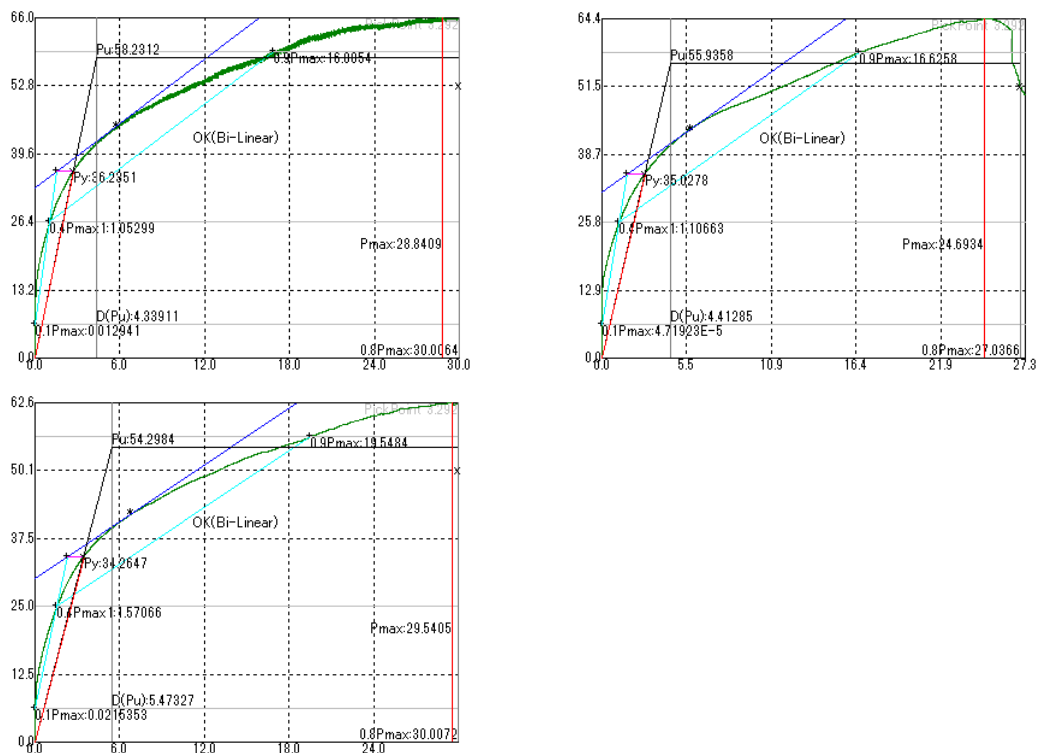


図 2 板目試験の完全弾塑性モデルによる評価の結果

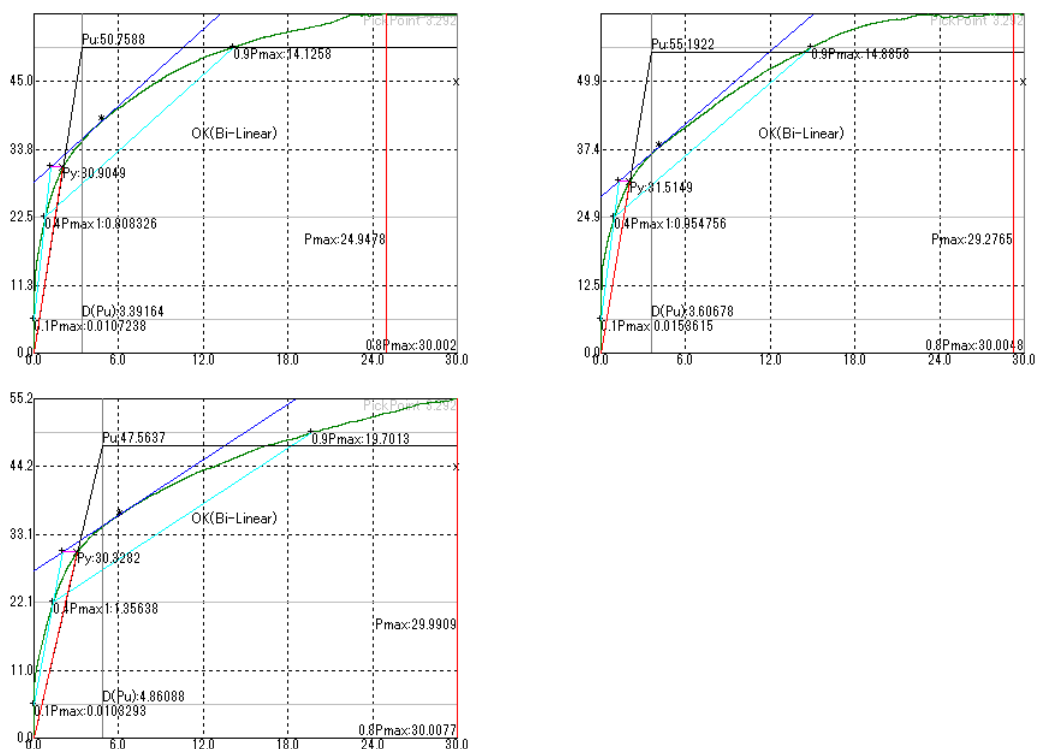


図 3 柱目試験の完全弾塑性モデルによる評価の結果

特性値の種類	板目					柱目					柱目/板目	
	板目-1	板目-2	板目-3	平均値	5%下限値	柱目-1	柱目-2	柱目-3	平均値	5%下限値	平均値	5%下限値
最大荷重 P_{max} (kN)	66.0	64.4	62.6	64.3	58.8	56.3	62.3	55.2	58.0	45.9	0.90	0.78
δ_{Pmax} (mm)	28.84	24.69	29.54	27.7		24.95	29.28	29.99	28.1		1.01	
降伏耐力 P_y (kN)	36.2	35.0	34.3	35.2	32.0	30.9	31.5	30.3	30.9	29.0	0.88	0.91
降伏耐力時変位 δ_y (mm)	2.70	2.76	3.45	3.0		2.07	2.06	3.10	2.4		0.81	
終局変位 δ_u (mm)	30.01	27.04	30.01	29.0		30.00	30.00	30.01	30.0		1.03	
初期剛性 K (kN/mm)	13.4	12.7	9.9	12.0		15.0	15.3	9.8	13.4		1.11	
終局耐力 P_u (kN)	58.2	55.9	54.3	56.2	49.9	50.8	55.2	47.6	51.2	39.0	0.91	0.78
δ_v (mm)	4.34	4.41	5.47	4.7		3.39	3.61	4.86	4.0		0.83	
$\mu=\delta_u/\delta_v$	6.92	6.13	5.48	6.2		8.85	8.32	6.17	7.8		1.26	
$Ds=1/\sqrt{2\mu-1}$	0.28	0.30	0.32	0.3		0.24	0.25	0.30	0.3		0.89	

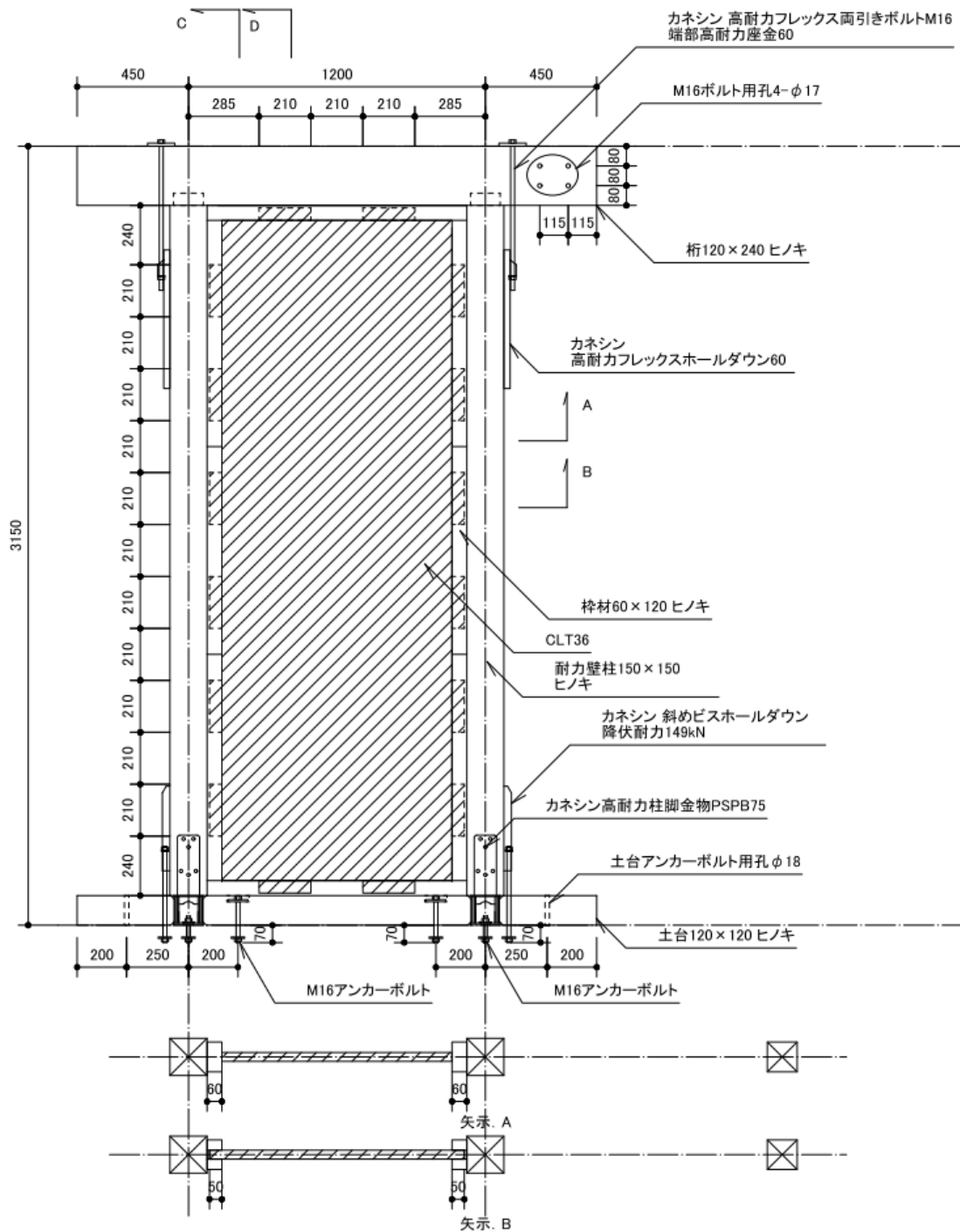
表 1 特性値の比較



表 1 より初期剛性や塑性率は柱目の方が大きくなる結果となったが、降伏耐力や終局耐力では、板目の方が大きくなる結果となった。いずれも柱目 3 体目の降伏点が低かったことに起因すると考えられる。柱目 3 体目は試験体の個体差のばらつきと考えられるため、板目と柱目に有意差はないと考えられる。

iii 予備試験

実大試験の前に、予期せぬ不調が起こらないかを確認するための予備試験を実施。
試験機の都合により高さを縮めている。



予備試験体図

CLT壁 せん断耐力特性値

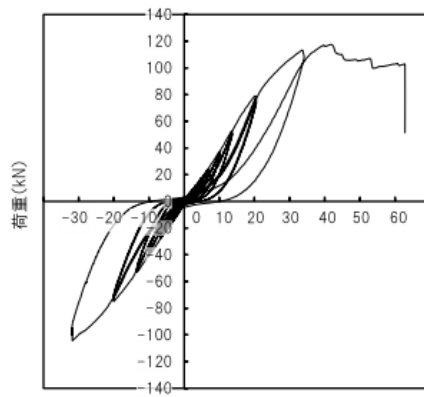


図1 荷重-変形角曲線

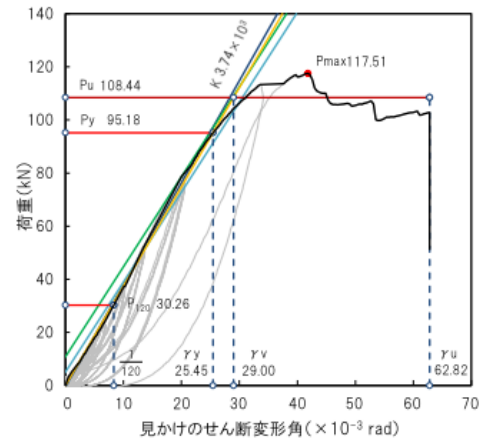


図2 完全弾塑性モデルによる計算

表1 せん断耐力特性値（見かけのせん断変形角による特性値）

(a) P_y	95.18 kN	P_y : 降伏耐力
(b) $P_u \times (0.2/D_s)$	39.65 kN	P_u : 終局耐力 108.44 kN D_s : 構造特性係数 0.547
(c) $P_{max} \times 2/3$	78.34 kN	P_{max} : 最大耐力 117.51 kN
(d) P_{120}	30.26 kN	P_{120} : 1/120rad時耐力



試験開始時



試験終了時 (1/16rad)

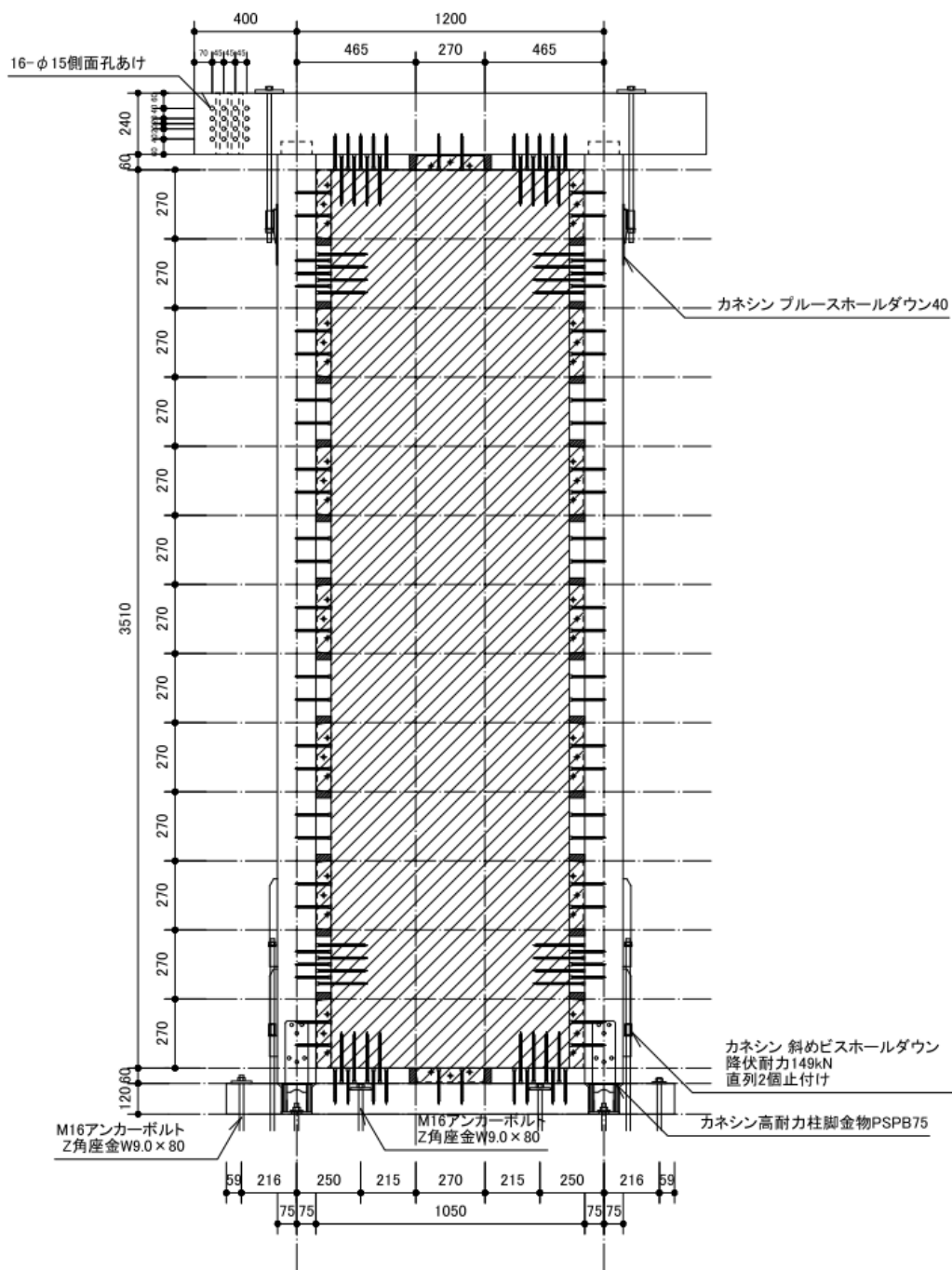
図3 試験体の変形状況

予備試験結果

P_{120} より壁倍率 $\div 12.8 = 30.26\text{kN} \div 1.2\text{m} \div 1.96\text{ kN/m}$ となった

iv 実大試験

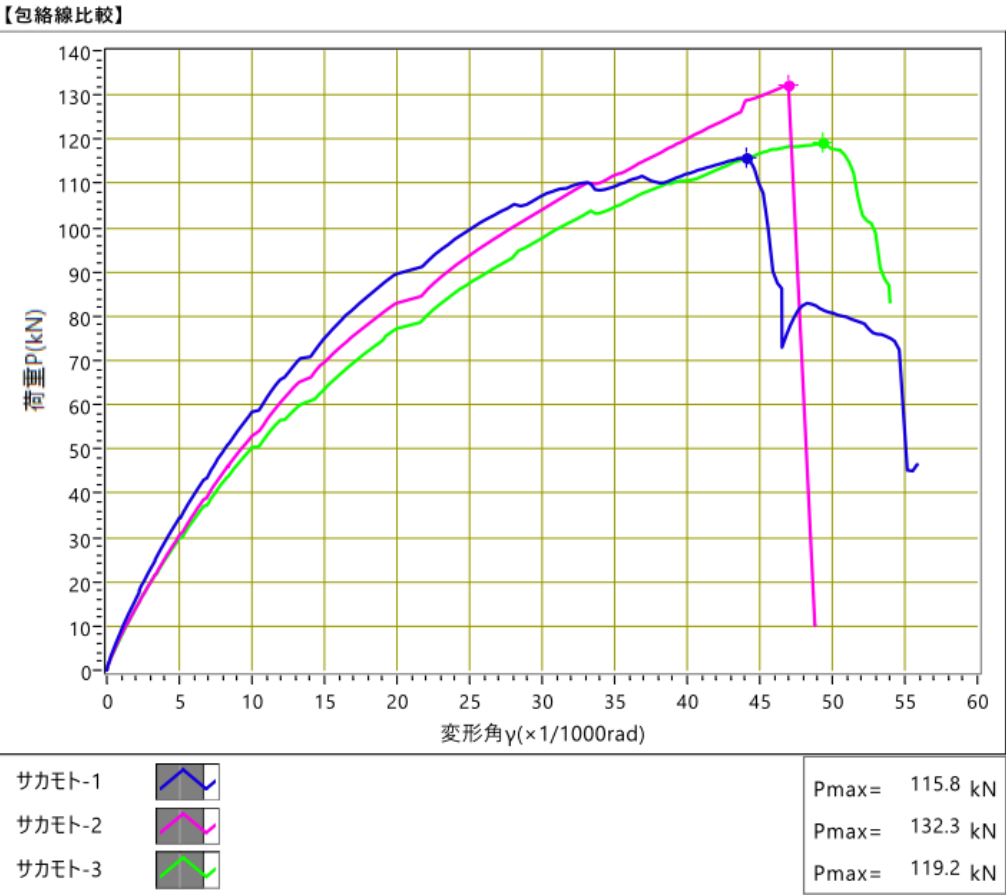
予備試験の結果を踏まえ改良した試験体で実大試験を行った。



実大試験体図

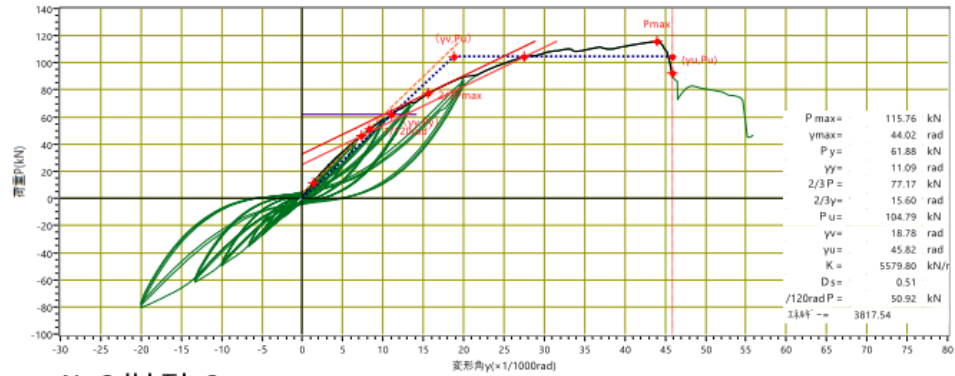
試験項目：「サカモト- 1 ～ 3」

2024年10月22日
BXカネシン株式会社

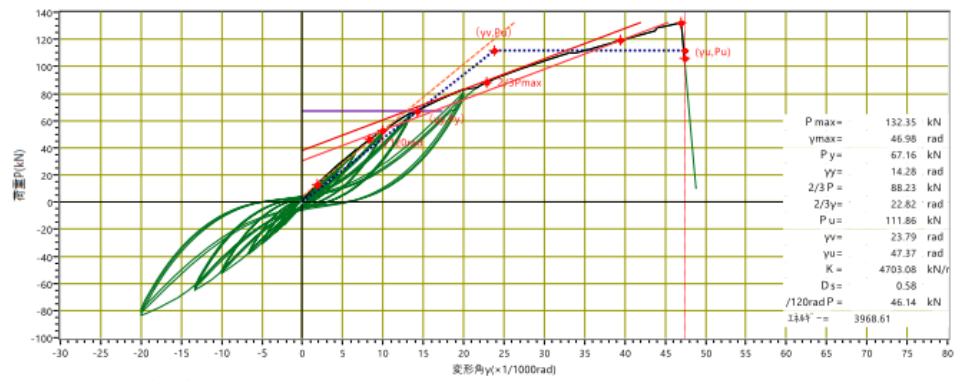


実大試験結果グラフ一覧

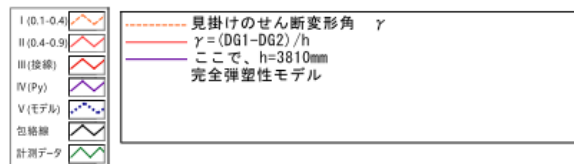
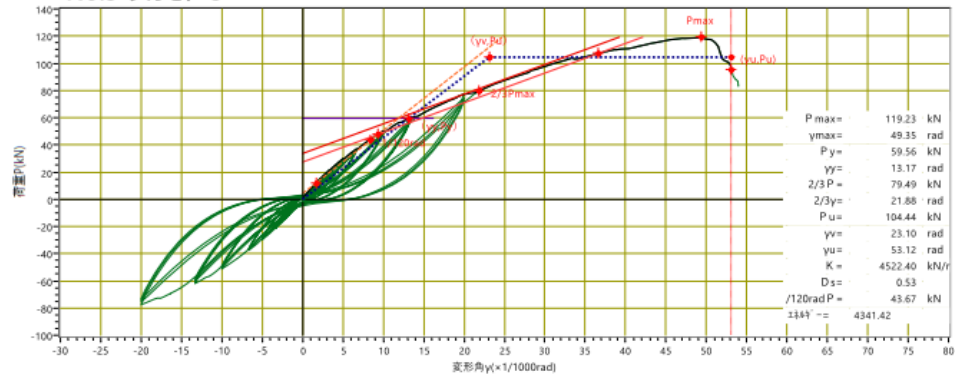
No.1 サカモト-1



No.2 サカモト-2



No.3 サカモト-3



実大試験結果（個別）

耐力算定のための基礎資料

	a Py	b (0.2/Ds)*Pu	c 2/3Pmax	d 1/120rad P	e 1/300rad P	
サカモト-1	61.88	41.28	77.17	50.92	31.74	
サカモト-2	67.16	38.62	88.23	46.14	27.90	
サカモト-3	59.56	39.63	79.49	43.67	27.71	
平均	62.87	39.84	81.63	46.91	29.12	
標準偏差	3.89	1.34	5.83	3.69	2.27	
変動係数	0.062	0.034	0.071	0.079	0.078	
ばらつき係数	0.971	0.984	0.967	0.963	0.963	
基準耐力	61.05	39.20	78.94	45.17	28.04	
許容耐力	61.05	39.20	78.94	45.17	28.04	
壁倍率	25.96	16.67	33.56	19.20	11.92	

特定変形時の荷重、最大荷重

	$\gamma=1/120$ P(kN)	2/3Pmax P(kN)	2/3Pmax δ (rad)	Pmax P(kN)	Pmax δ (rad)
サカモト-1	50.92	77.17	15.60	115.76	44.02
サカモト-2	46.14	88.23	22.82	132.35	46.98
サカモト-3	43.67	79.49	21.88	119.23	49.35
平均	46.91	81.63	20.10	122.45	46.78

降伏耐力、終局耐力、構造特定係数等

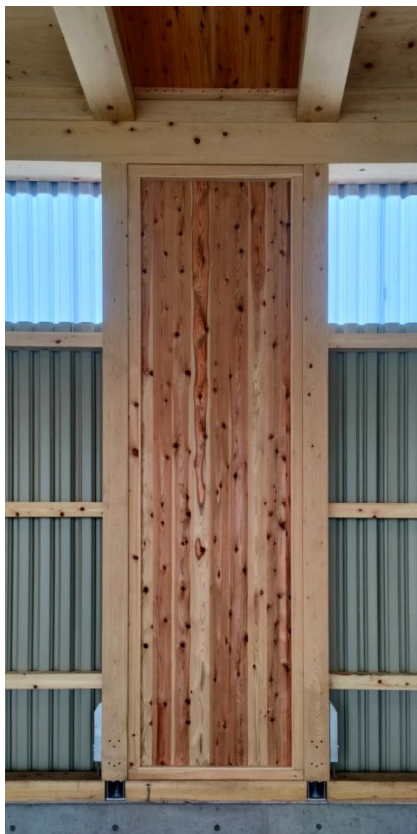
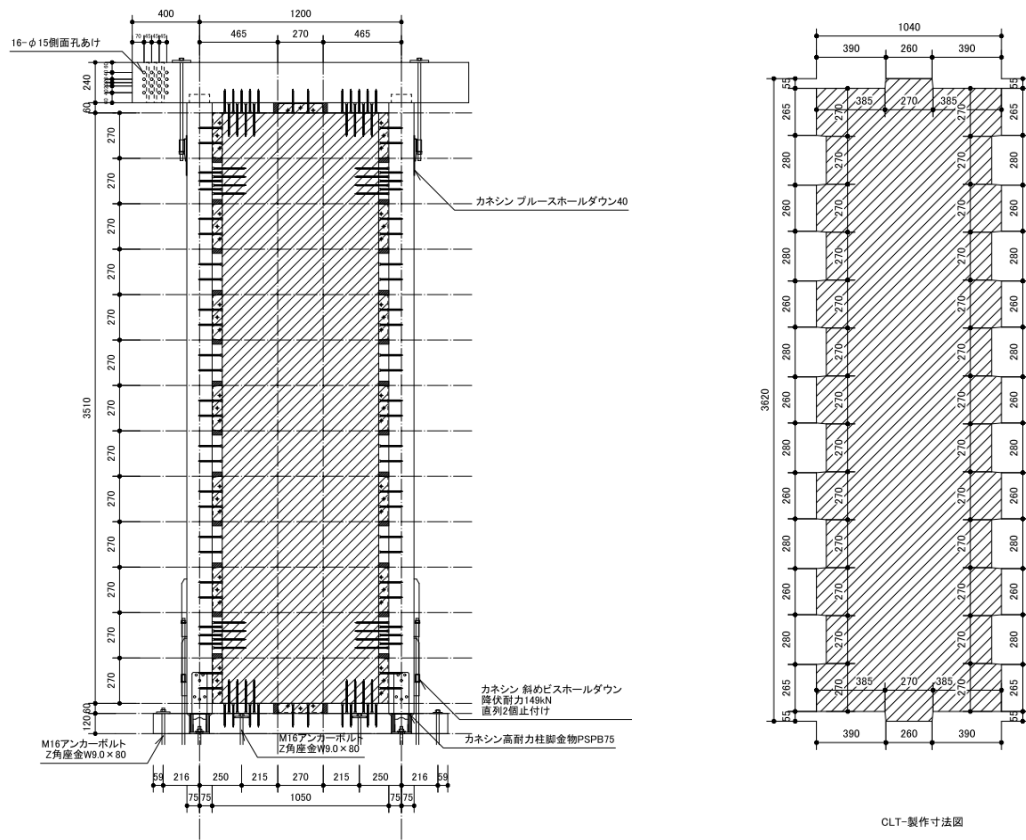
	降伏時 Py(kN)	降伏時 δ_y (rad)	初期剛性 K(kN/rad)	終局変位 δ_u (rad)	降伏変位 δ_v (rad)	終局耐力 Pu(kN)	塑性率 μ	構造特性 Ds
サカモト-1	61.88	11.09	5579.80	45.82	18.78	104.79	2.44	0.51
サカモト-2	67.16	14.28	4703.08	47.37	23.79	111.86	1.99	0.58
サカモト-3	59.56	13.17	4522.40	53.12	23.10	104.44	2.30	0.53
平均	62.87	12.85	4935.09	48.77	21.89	107.03	2.24	0.54

実大試験結果一覧

$(0.2/Ds)*Pu$ より壁倍率 $\div 16.6=39.20\text{kN} \div 1.2\text{m} \div 1.96 \text{ kN/m}$ となった

Ⅴ 実大試験から建物への反映

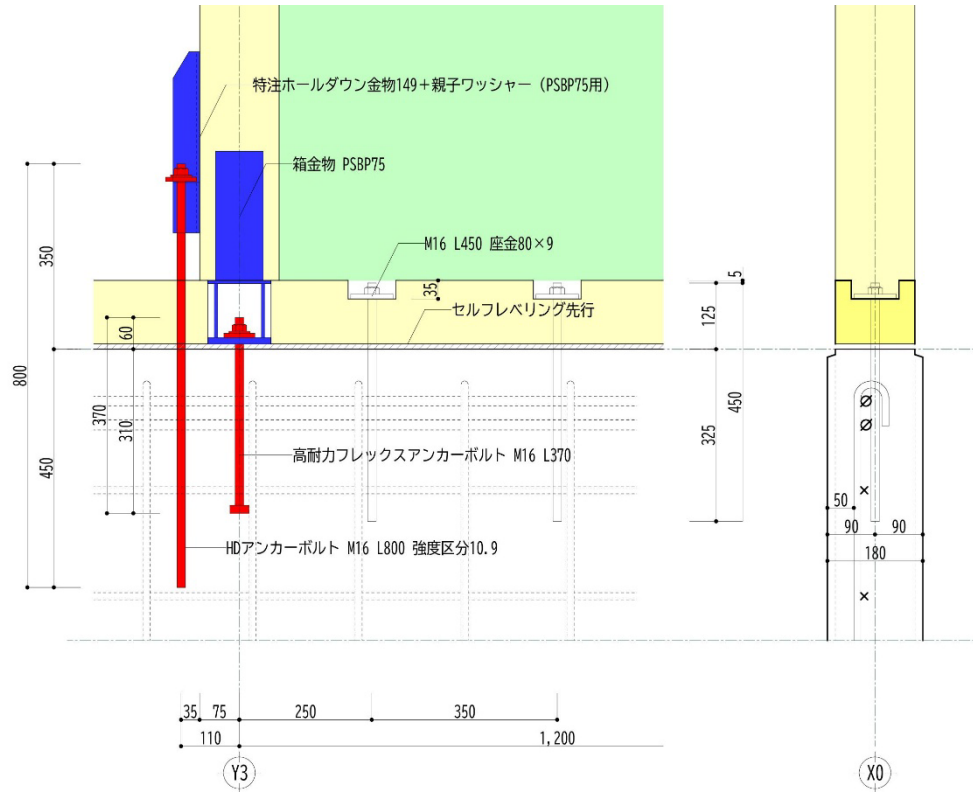
左図が試験体、右図が CLT36 のみ抜き出したもの。内法の枠材に嵌合している



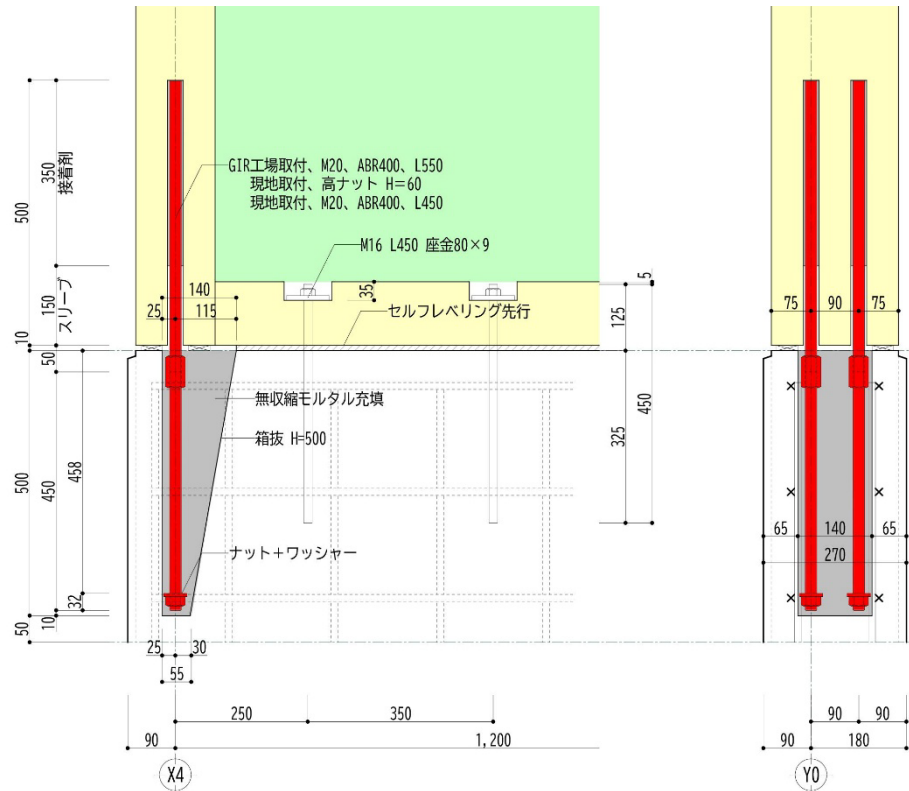
実際の建物に配置した状態

vi 壁の強度に即した柱脚金物を配置

- 一般部は柱側のカネシン特注ホールダウン金物 149kN と柱芯のホールダウン金物 75 kN



- 独立柱部は柱側のホールダウンが設置できないので、柱芯に GIR×2 本



8-5 CLT36 を納入して

鳥取県内にある CLT の製造メーカーである（株）鳥取CLTでマザーボードを生産し、同じく県内の（株）ミヨシ産業CLTプレカット工場において、「CLT36」のNC加工を行い、現場へ納入した。

（１）マザーボード生産

規格：スギCLT Mx60-3-3 A種構成 使用環境B

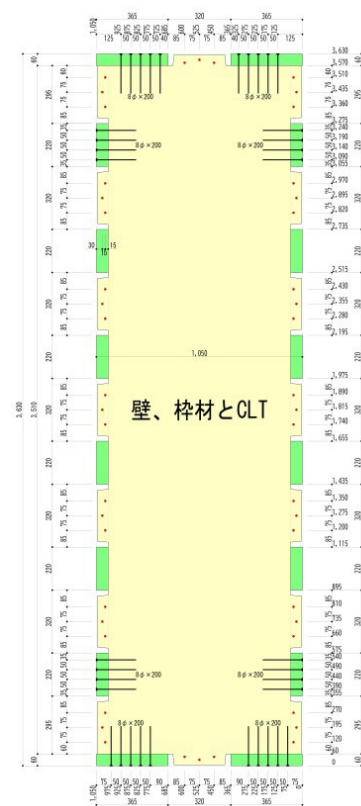
36mm×1250mm×4000mm

（２）NC加工（加工機：oikosX）

本物件の耐力壁の最大の特徴である

ヒノキ枠材と嵌合させるため、CLT36に凹凸の加工を行った。※右図参照

事前にNC加工を行う事によって、現場での加工手間を減らすのと工期短縮を図れるか検証した。



今後の検討課題

本物件では、大工さんの加工場でヒノキ枠材の加工と CLT36 を嵌合させてビス接合を行ったが、置き場の問題や大工さんに負担を強いる結果となった。

CLT 加工工場で、枠材の加工と CLT36 を嵌合させて、現場搬入させることが出来れば施工手間と工期短縮に期待が持てる。

また、建て方時期によっては降雨・降雪も予想されることから養生塗装をして、出荷するのが望ましい。

8-6 施工レポート

要素試験体について

- ・全体のスケジュールが非常にタイトであり、短納期が求められたが何とか納品した。

予備試験体について

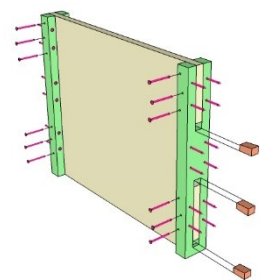
- ・全体で 180kg の重量が有るので、部材を搬入して試験場で組み立てることとした。
- ・施工手順は、
 - ①、凹凸のテーパー加工された CLT36 板の 4 方に内法の枠材を叩き込み一体化する。
この時点でテーパーの設計クリアランスは 1mm であった。
 - ②、その上で枠材の外から CLT36 に向けてビスを打ち、さらに固める。
 - ③、軸材を組み、②を軸材の内法に挿入、今度は枠材から軸材に向けビスを打ち固定する。
- ・CLT36 は NC 加工された部材で精度良く納品されたので、手加工の枠材も負けないように精度良く加工したが、限界があったようで、試験時に押し方向と引き方向の応力ひずみに差が発生した。※施工上の問題が発覚し、設計側から、実大試験前に改良案が示された。

実大試験体について

- ・予備試験と概ね同じだが、試験機の都合が外れたので、設計と同じサイズに拡大された。
- ・予備試験から改良された点は、
 - ①、凹凸テーパーの施工精度を上げるために、隙間を設け、堅木のクサビを打つこと。
 - ②、凹凸のピッチが 210 から 270 に拡大され、施工工数が減った。
- ・試験結果は予備試験よりも強度アップが確認された。この結果が実施設計に反映された。

耐力壁の施工について

- ・耐力壁に関しては、試験体を製作した経験から、戸惑うことなく施工できた。
- ・耐力壁の枠材と軸材のクリアランスが、設計では 1mm とされていたが、土台と柱と壁体を地組して一緒に釣り上げる予定から 0mm とした。実際は地組が出来ず、後から壁体を挿入することとなり、大変苦労した。屋根面にも同じ構造体があったが、こちらは当初計画のとおり後から挿入する順序でクリアランスを 1mm 設けていたのですんなり入った。
- ・ビスの本数が、通常の建物よりかなり多く、見え隠れも含めて 1,000 本以上あったので、ここに多くの工数が必要だった。ビスの種類も多く、間違い防止や墨出しの簡略化のためビス位置と種類を示す治具を作成したほうが、よりはかどったと、今回の反省点である。



全般の施工について

- ・トラスを手加工することにしたが、墨付け、手刻みに慣れた職人が少なく、難航した。
- ・本工法は後から挿入する形なので、耐震改修等で耐力壁としても活用できると考える。

8-7 住宅への展開、スケールダウンの可能性

木造住宅への展開の可能性として、木造軸組工法住宅の許容応力度設計（2017年版）（住木センター発行）の詳細計算法に基づいて、机上の検討を行った。

1. 目標性能と仕様

目標性能は壁倍率換算10倍とし、令46条2項ルートでの使用を想定する。したがって使用にあたっては周辺部材を含めた構造上の安全性を確認することが条件となる。

■耐力壁の仕様

- ・耐力壁の寸法は一般的な階高（梁上端・土台上端）3m、幅0.91mとする。
- ・軸組材は、本案件と同様ヒノキ製材とし、柱は105角とする。
- ・CLT材は、スギMx60-3-3、厚さ36mmとする。

■ビスの仕様

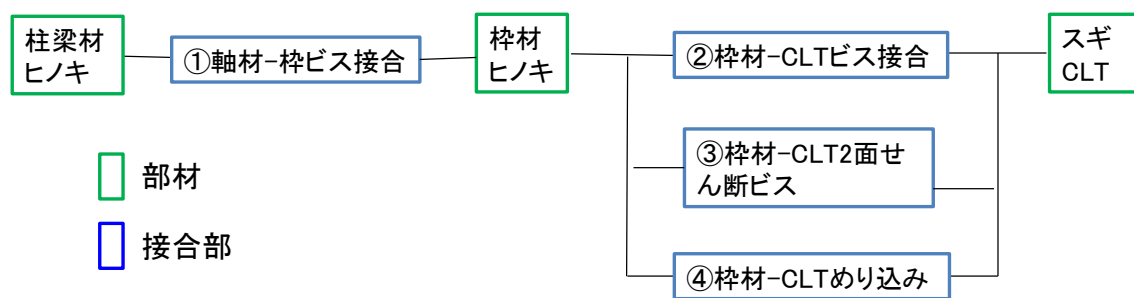
- ・本案件で使用した全ねじタイプのXポイントプラスZ(φ8)ではなく、半ねじタイプのXポイントプラスH(φ8)及びXポイントビス(φ6)を使用する。データは別途実施した要素試験結果による。

2. 検討結果

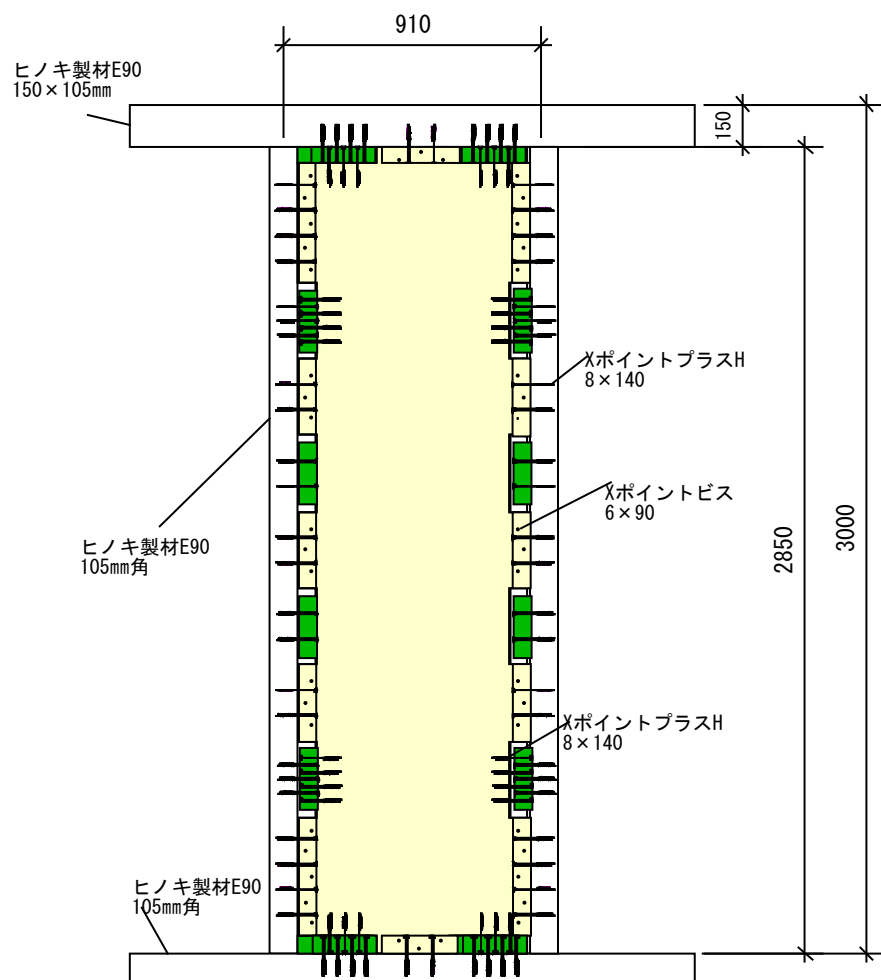
(1) 倉庫版のスケールダウン仕様

倉庫版の仕様を継承し、住宅サイズにスケールダウンした。結果は図1のとおり15倍程度となった。これをベースに接合要素をそぎ落としていく。

本仕様の部材と接合部の関係は図2のとおりである。①と②・③・④はバランスよく配置したいので、①は単純にビス本数を減らす、②～④は施工の手間を減らすため④だけで成立させたいと考えた。



部材と接合部の関係



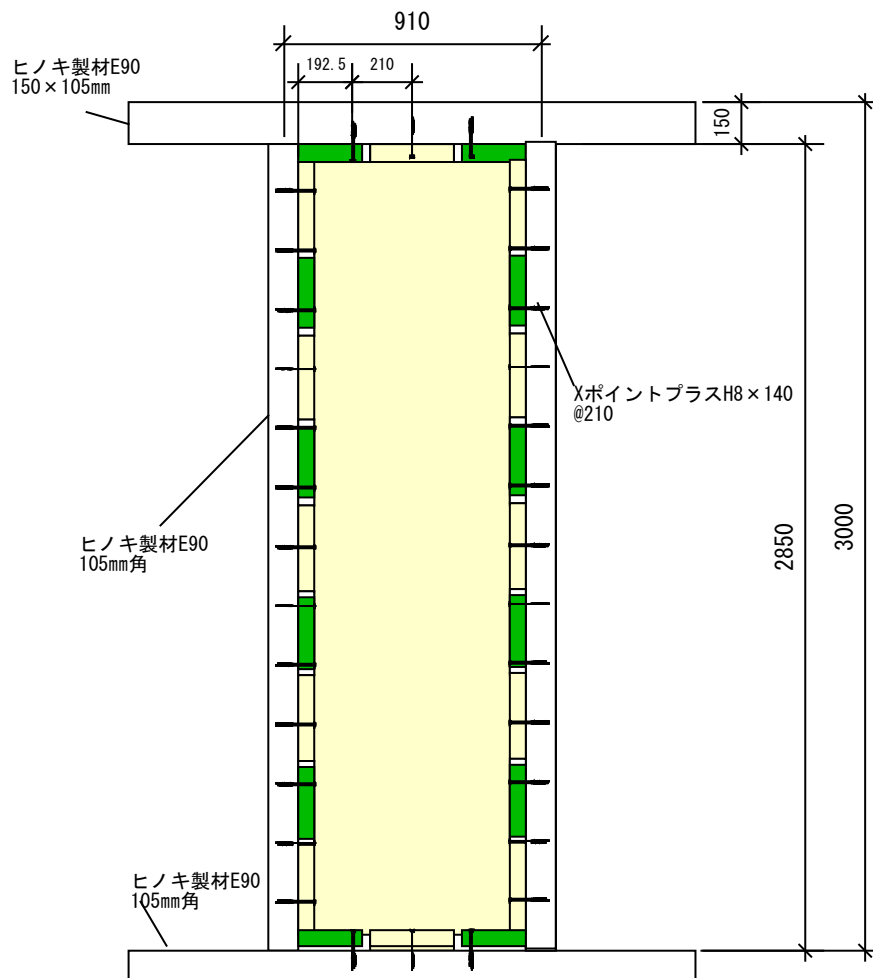
特性値	値
μ	2.02
耐力壁の終局耐力 P_u (kN)	75.21
耐力壁の終局耐力 P_y (kN)	71.55
耐力壁の1/150rad時の耐力(kN)	28.88
耐力壁の $0.2 \times \sqrt{(2\mu - 1) \times P_u}$	26.21
耐力壁の許容せん断耐力 P_a (kN)	26.21
倍率換算 (倍)	14.69

図1 倉庫版のスケールダウン仕様と試験結果

(2) CLT—桝材接合を嵌合のみとした仕様

嵌合長さを 300 mm とし、CLT—桝材間の接合を嵌合のみとした。それに伴い、桝材—軸材間のビス本数を調整した（ビスは 210 mm ピッチ）。

桝材—軸材間に比べ、CLT—桝材間の剛性が非常に高く、降伏も桝材—軸材間が先に降伏する設計となっており、軸材に影響を与える恐れがある。

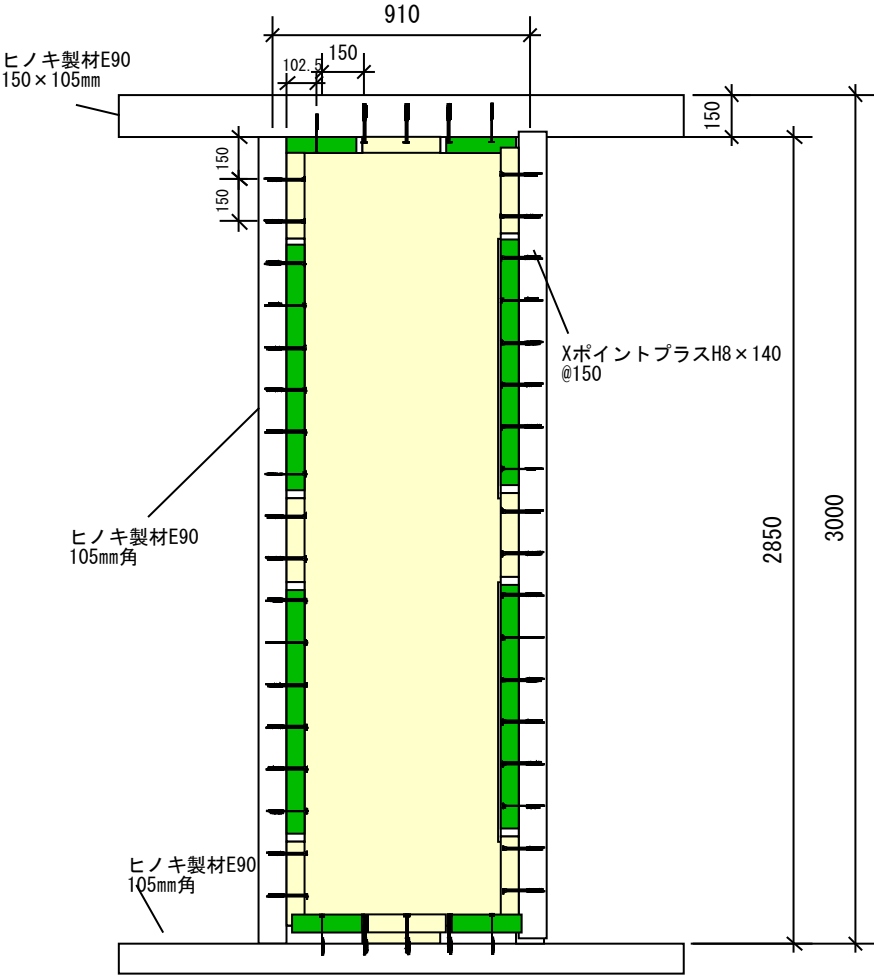


特性値	値
μ	2.06
耐力壁の終局耐力 P_u (kN)	54.37
耐力壁の降伏耐力 P_y (kN)	41.75
耐力壁の1/150rad時の耐力(kN)	21.57
耐力壁の $0.2 \times \sqrt{2\mu - 1} \times P_u$	19.20
耐力壁の許容せん断耐力 P_a (kN)	19.20
倍率換算	10.76

図 2 CLT—桝材接合を嵌合のみとした仕様と試験結果

(3) 嵌合接合の個所を減らした仕様

嵌合長さを減らし、CLT一桷材間接合とのバランスを取った（ビスは 150 mmピッチ）。
剛性のバランスは（2）よりも改善され、降伏は CLT一桷材間が先に降伏する設計となった。



特性値	値
μ	2.36
耐力壁の終局耐力 P_u (kN)	49.96
耐力壁の降伏耐力 P_y (kN)	45.16
耐力壁の1/150rad時の耐力(kN)	21.78
耐力壁の $0.2 \times \sqrt{2\mu - 1} \times P_u$	19.27
耐力壁の許容せん断耐力 P_a (kN)	19.27
倍率換算	10.80

図 3 嵌合接合の個所を減らした仕様と試験結果

8-8 完成見学会

令和7年2月8日に完成見学会を実施した。寒波大雪の関係で当日のキャンセルも多かったが、19名の参加を得た。

アンケートの集計結果を下記表に示すが、木造化の推進について「進めるべきで無い」の選択肢を選んだ方が0名であり、非住宅の木造化はかなり前向きにとらえられている。

併せて、腐朽の心配や耐震性能などに関心が高いことは、設計の指針となるであろう。



完成見学会アンケート集計

総数

19

問1、あなたの職種を教えてください。

木材関係 5.3%	建築設計 31.6%	建築施工 31.6%	行政 15.8%	その他一般 15.8%
--------------	---------------	---------------	-------------	----------------

問2、この建物に使用したCLT36についてご存じでしたか。

19

知っている 63.2%	知らなかった 10.5%	CLT36は知らなかった 26.3%
----------------	-----------------	-----------------------

問3、この建物のように、非住宅の木造化を進めることについてどう思いますか。

19

大いに進めるべき 73.7%	適材適所 26.3%
-------------------	---------------

問4、機会があれば、この工法を採用したいと思いますか。

19

採用してみたい 47.4%	コストによる 52.6%
------------------	-----------------

問5、この工法は、どのような建築物が適していると思いますか。(複数回答可)

52

倉庫 30.8%	店舗 26.9%	事務所 15.4%	医療・福祉施設 9.6%	住宅 17.3%
-------------	-------------	--------------	-----------------	-------------

問6、この工法を採用したくない理由は何ですか。

3

腐朽が心配 66.7%	その他 33.3%
----------------	--------------

問7、木造を含め、建築物に最も求められることは何だと思いますか。(複数回答可)

33

耐震性能 48.5%	温熱性能 24.2%	耐久性能 27.3%
---------------	---------------	---------------

問8、その他ご自由にご意見をお書きください。

- ・ 久しぶりに木造大(中)規模建築を見て、ドキドキしました。ありがとうございました。
- ・ このような機会をいただきありがとうございました。窓が大きくとれることから住宅に採用できたら需要があると考えます。1階建(平屋)住宅には比較的ハードルは低いと考えますが、2階建住宅に採用できたら、なおよろしいのではと思います。
- ・ RCや木造に劣らぬ性能をPRいただいて、木造の着手を進めていただきたい。