

2.10 三進金属工業(株)／藤寿産業(株)

事業名		(仮称) 寄宿舍他新築工事の設計実証	
実施者 (担当者)		三進金属工業株式会社 (藤寿産業株式会社)	
建築物の概要	用途		寄宿舍
	建設地		福島県石川郡平田村
	構造・工法		CLTパネル
	階数		3
	高さ (m)		9.65
	軒高 (m)		8.85
	敷地面積 (㎡)		8333.48
	建築面積 (㎡)		288.83
	延べ面積 (㎡)		699.67
階別面積	1 階	246.13	
	2 階	226.77	
	3 階	226.77	
C L T の仕様	C L T採用部位		壁、床 (屋根)
	C L T使用量 (㎡)		加工前製品量190㎡、建築物使用量170.5㎡
	壁パネル	寸法	150mm厚
		ラミナ構成	5層5プライ
		強度区分	S60相当
		樹種	スギ
	床 (屋根) パネル	寸法	150mm厚
		ラミナ構成	5層5プライ
		強度区分	S60相当
		樹種	スギ
木材	主な使用部位 (CLT以外の構造材)		
	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		0㎡
仕上	主な外部仕上	屋根	ガルバリウム鋼板
		外壁	金属サイディング
		開口部	アルミ製複層ガラス
	主な内部仕上	界壁	石膏ボード両面張り
		間仕切り壁	CLT現し塗装仕上げ、石膏ボード張り
		床	タイルカーペット
構造	天井	塗装	
	構造計算ルート		ルート 1
	接合方法		GIR接合 (性能評価認定構法)
	最大スパン		3m
防火	問題点・課題とその解決策		GIR接合による接合方法で、CLTへの適合を可能とする性能評価を取得した耐力を基に、設計最大幅のCLTパネルでの面内せん断試験を実施し検討の上、耐力を確認した。
	防火上の地域区分		その他地域
	耐火建築物等の要件		無
	本建築物の防耐火仕様		60分準耐火建築物 (木造三階建て共同住宅 (告示255号摘要))
温熱	問題点・課題とその解決策		
	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)	グラスウール24kg/m3 (t=100)、グラスウール24kg/m3 (t=50)
外壁			
施工	床		
	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		工場での組立により工期短縮
	給排水・電気配線設置上の工夫		
工程	劣化対策		
	設計期間		2021年9月～2022年1月
	施工期間		
	C L T 躯体施工期間		
体制	竣工 (予定) 年月日		
	発注者		三進金属工業株式会社
	設計者 (複数の場合はそれぞれ役割を記載)		Tﾌﾟﾗｽｰ級建築士事務所、株式会社大林組
	構造設計者		Tﾌﾟﾗｽｰ級建築士事務所、株式会社大林組
	施工者		
	C L T 供給者		株式会社サイプレス・スナダヤ
ラミナ供給者		藤寿産業株式会社	

実証事業名：（仮称）寄宿舍他新築工事の設計実証

建築主等／協議会運営者：三進金属工業株式会社／藤寿産業株式会社

1. 実証した建築物の概要

用途		寄宿舍		
建設地		福島県石川郡平田村大字西山字煙石 101 番地		
構造・工法		CLT 工法		
階数		3		
高さ（m）		9.65	軒高（m）	8.85
敷地面積（㎡）		8333.48	建築面積（㎡）	288.83
階別面積	1 階	246.13	延べ面積（㎡）	699.67
	2 階	226.77		
	3 階	226.77		
CLT 採用部位		壁、天井（屋根）		
CLT 使用量（m³）		加工前製品量 190 m³、加工後建築物使用量 170.5 m³		
CLT を除く木材使用量（m³）		0 m³		
CLT の仕様	（部位）	（寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種）		
	壁	150mm 厚/5 層 5 プライ/ S60 相当/スギ		
	天井（屋根）	150mm 厚/5 層 5 プライ/ S60 相当/スギ		
設計期間		2021 年 9 月～1 月（5 カ月）		
竣工（予定）年月日		2023 年 6 月予定		

2. 実証事業の目的と設定した課題

CLT による建築は全国に広がってきているが、建設コストが割高になってしまうことも多く、これまでは補助事業を活用した計画が多くみられてきた。コスト削減に向けては、材料費を下げるにも限界があると思われるため、建設費全体を下げることを目標として CLT 工法の特徴とされている工期短縮等（作業工数）の合理化が、有効と考えられる。そのために工場内での事前組立（ユニット式 CLT フレーム）を行うことにより 作業現場での施工工期の短縮、人工数削減の可能性を検証目的とし、設計を行う。また、壁パネルの接合には、性能評価を取得している GIR 接合を採用することで、高強度の確保及び施工の簡便さを目指す。

本建物の設計は、CLT パネル工法の H28 国交告題 11 号におけるルート 1（以降、ルート 1 と表記）を採用する。CLT パネル割は、無開口パネル及び袖壁パネル間の接合は不要なため、運搬可能サイズのユニット式 CLT フレームを考える。壁パネルと床パネル（屋根パネル）間や腰壁（垂れ壁パネル）の接合を加工工場内で実施し、建設現場ではユニットごとの

吊り込みと接合を行うことで、施工現場での作業工程、人工数の大幅削減を目指す。

3. 協議会構成員

(材料加工・性能実証) 藤寿産業株式会社 : 渡邊宏、佐藤健高 (協議会運営者)
(設計) T プラス一級建築士事務所 : 塩崎征男、佐藤直人
(設計) 株式会社大林組 : 藤生直人、辻靖彦、上原耕、濱田秀仁、山木戸勇也
(ユニット化) 株式会社ウッドコア : 相澤貴宏
(専門家委員) 東京大学 : 生産技術研究所 教授 腰原幹雄
(専門家委員) 秋田県立大学 : 建築環境システム学科建築材料学 G 教授 板垣直行

4. 課題解決の方法と実施工程

ユニット式 CLT フレームは、基準幅を 2200mm とすることにより、トラックの荷台サイズに対してロスなく荷台スペースを有効活用が出来る。基準幅を設けることにより、多くなる台数を最小限まで抑える効果がある。しかし、運送に限っては CLT パネル工法の方が効率的であり、ユニット式 CLT フレームよりメリットがある。

このプランにおいては、CLT の枚数は 161 枚使用するが、ユニット式 CLT フレームにすることにより、35 体 (1 体に約 5 枚使用) となる。工場組立を行なうことにより、建設現場における施工工数としては、約 40% まで圧縮出来、全体工期としても半分程度で済むことができる。また、実際の加工から施工までの掛かり人工としてはユニット式 CLT フレームにすることで、従来の CLT パネル工法より 70% 抑えることが示された。

さらに、工場で接合部 (GIR 接合) の充填接着剤を施すことによる品質の安定及び施工期間の短縮も今回の検討により把握出来た。加工の難易度としても告示仕様の様な複雑な加工でなく、GIR 接合は孔加工のみとなり、しかも強度についても部材性能実証により設計値よりも上回る結果となったことで、CLT パネル工法の接合部としてメリットがあると考ええる。

結果として、ユニット式 CLT フレームを採用すると、運搬では台数が増えるが、その他の工期・品質・人工においては、十分にメリットがあると考ええる。ただし、設計では、ユニット式 CLT フレームを優先しなければならないことが建物プランの自由度に制限が付いてしまうことになる。その為、規則性のあるプランの寄宿舍などに限っては、ユニット式 CLT フレームを用いることは最適な工法であると考ええる。

<協議会の開催>

2021 年 8 月 : 第 1 回開催、 課題への取組・解決方法の協議

9 月 : 第 2 回開催、 施工を加味したプラン計画の協議、構造形式の協議

11 月 : 第 3 回開催、GIR ファスナーの形状、ユニット化の割付の協議

2022 年 1 月 : 第 4 回開催、 実施設計完了確認、実証事業の取りまとめ検討

<設計>

2021 年 10 月 : 基本設計 (平面・立面計画、ユニット化) GIR 接合ファスナーの検討

10月：接合ファスナーの決定

10月：プラン・ユニット割の検討

12月：試験結果を基に実施設計（全体・構造）

2022年1月：実施設計まとめ

<性能確認>

2021年10月：試験体（ファスナー形状決定、製作手配）

12月：接合部試験実施 面内せん断試験3体

2022年1月：結果のとりまとめ

5. 得られた実証データ等の詳細

3体の試験結果より、75%信頼水準における95%下側許容限界値182.7 kNとなる。よって性能評価認定引抜耐力に基づき計算された幅2.0mのCLT耐力壁は、155.6 kNの水平力を負担できることを確認した。

性能評価認定時には、幅1.2mのCLTを用いた実大試験を行っており、幅2.0mの実用性については確認出来ていない。本試験を行なったことにより、幅1.2m以上2m以下のCLT耐力壁において、当接合方法の引抜耐力により求められる水平耐力を負担できることを確認した。

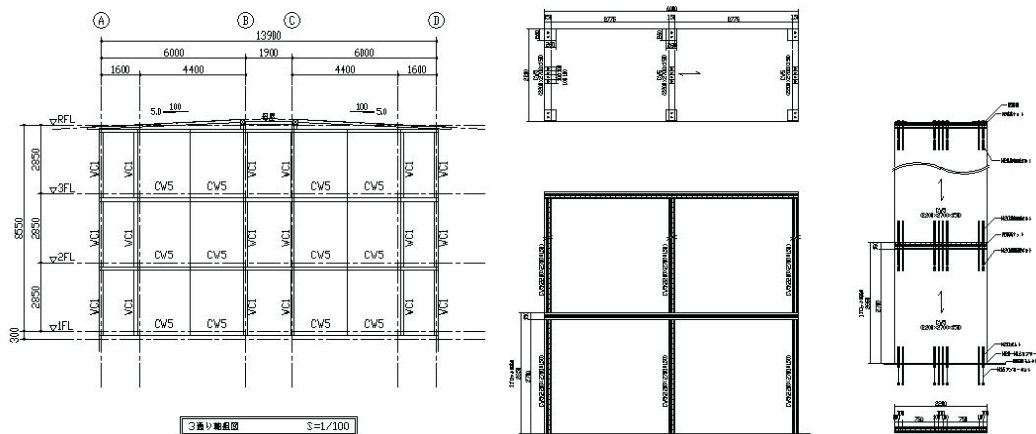
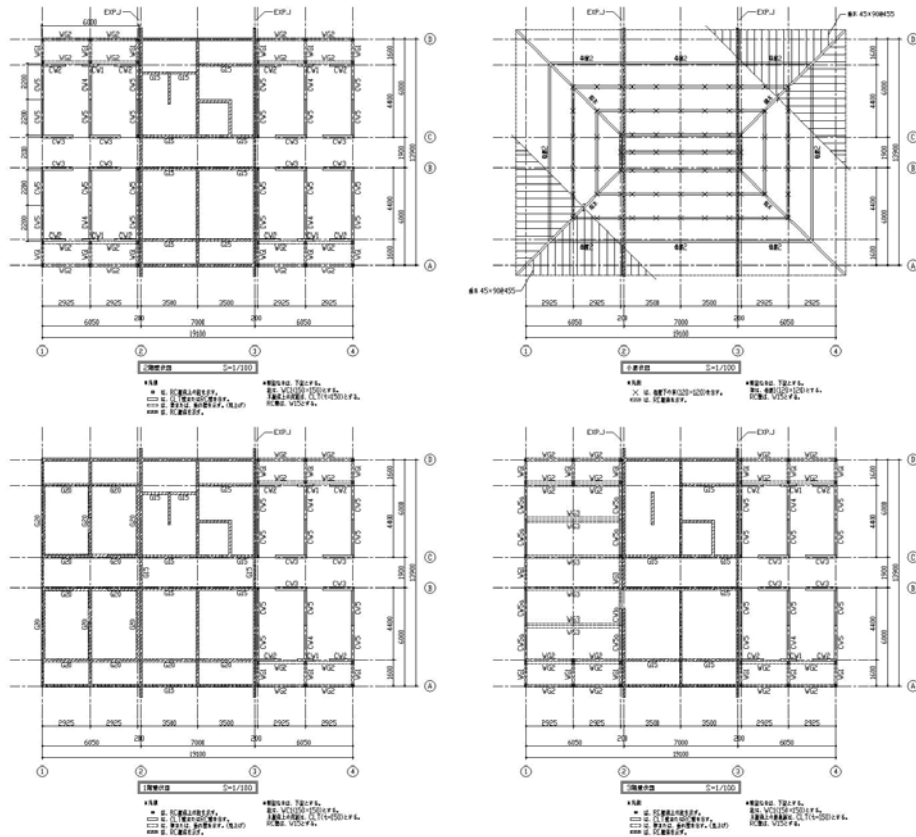
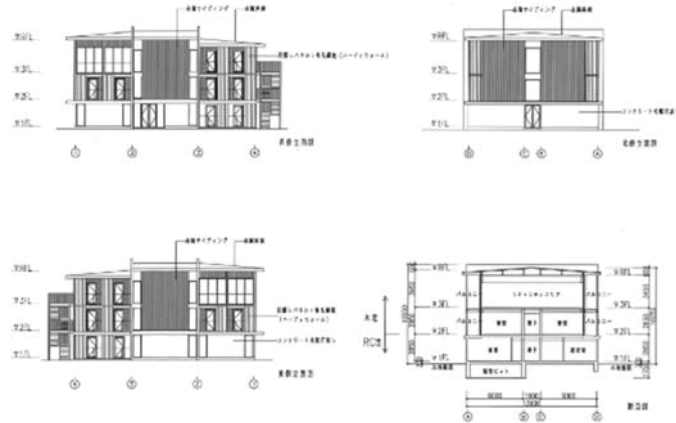
6. 本実証により得られた成果

今までの木造建築物へCLTパネル工法が採用された様々な施設はあるが、事前に施工性を検討しなければ、工期及びコストが掛かってしまうことが明らかであった。また、施工上の不安要素として、工期が長くなることによる悪天候の影響・作業量の多さが問題であった。特に、施工性を改善する為には、寄宿舍等のような規則性のあるプランが最適である。今回の事業で検証した出荷前の工場内で事前杭立てをした「ユニット式CLTフレーム」にすることは、工数が減らされ、施工期間の短縮となり、CLTの品質向上にも繋がる。工期短縮が重要であることが示された。

今後は、CLTの特徴を把握し、性能を最大限に引き出すことが求められ、それに見合う施設（プラン）も事前検討することが求められる。それにより、木が持つ安らぎ感を醸し出すこれまでにない快適な施設環境が創出されることを期待する。

7. 建築物の平面図・立面図・写真等





令和 3 年度木材産業・木造建築活性化対策のうち C L T ・ L V L 等の建築物への利用環境
整備事業のうち C L T を活用した先駆的な建築物の建設等支援事業

成果報告書

(仮称) 寄宿舍他新築工事の設計実証

令和 4 年 2 月

三進金属工業株式会社

(協議会運営者：藤寿産業株式会社)

目次

I.	設計実証	
I-1	背景・事業目的	・・・ 1
I-2	検証（課題）項目	・・・ 1
I-3	実施体制（協議会構成員）	・・・ 1
I-4	建物の概要	・・・ 1
I-5	設計図（プラン）	・・・ 2
I-6	C L T 部材リスト	・・・ 7
I-7	検証結果	・・・ 7
II.	部材性能実証	
II-1	試験目的	・・・ 9
II-2	想定する水平耐力	・・・ 9
II-3	試験場・試験日程	・・・ 9
	（1）試験場	
	（2）試験実施日程	
II-4	試験体・試験装置	・・・ 1 0
II-5	実施状況	・・・ 1 1
II-6	試験結果	・・・ 1 2
II-7	考察	・・・ 1 2
III.	終わりに	
III-1	今後の課題	・・・ 1 3

I. 設計実証

I-1 背景と目的

CLT による建築は全国に広がってきているが、建設コストが割高になってしまうことも多く、これまでは補助事業を活用した計画が多くみられてきた。コスト削減に向けては、材料費を下げるにも限界があると思われるため、建設費全体を下げることを目標として CLT 工法の特徴とされている工期短縮等（作業工数）の合理化が、有効と考えられる。そのために工場内での事前組立（ユニット式 CLT フレーム）を行うことにより 作業現場での施工工期の短縮、人工数削減の可能性を検証目的とし、設計を行う。また、壁パネルの接合には、性能評価を取得している GIR 接合を採用することで、高強度の確保及び施工の簡便さを目指す。

I-2 検証（課題）項目

本事業では CLT のユニット化部材として民間社員寮の設計を行い、ユニット式 CLT フレーム建築のモデルとなる取り組みを行う。本建物の設計としては、CLT パネル工法の H28 国交告第 611 号におけるルート 1（以降、ルート 1 と表記）を採用する。CLT パネル割は、無開口パネル及び袖壁パネル間の接合は不要なため、運搬可能サイズのユニット式 CLT フレームを考える。壁パネルと天井パネル（屋根パネル）間や腰壁（垂れ壁パネル）の接合を加工工場内で実施し、建設現場ではユニットごとの吊り込みと接合を行うことで、施工現場での作業工程、人工数の大幅削減を目指す。

意匠性に優れ高剛性な接合工法である GIR 接合について、2019 年に初めて CLT への適合を可能とする性能評価を取得した。本事業ではその GIR 接合の設計実証を行う。

I-3 実施体制（協議会構成員）

（材料加工・性能実証）藤寿産業株式会社 ： 渡邊宏、佐藤健高（協議会運営者）

（設計）T プラス一級建築士事務所 ： 塩崎征男、佐藤直人

（設計）株式会社大林組 ： 藤生直人、辻靖彦、上原耕、濱田秀仁、山木戸勇也

（ユニット化）株式会社ウッドコア ： 相澤貴宏

（専門家委員）東京大学 ： 生産技術研究所 教授 腰原幹雄

（専門家委員）秋田県立大学 ： 建築環境システム学科建築材料学 G 教授 板垣直行

I-4 建物の概要

建築主：三進金属工業株式会社

設計者：T プラス一級建築士事務所、株式会社大林組

施工者：未定

用途：寄宿舍

建築面積：288.83 m²

延べ面積：699.67 m²（1 階 246.13 m²、2 階 226.77 m²、3 階 226.77 m²）

最高の高さ：9.65m

軒の高さ：8.85m

構造：木造（CLT パネル工法）一部 RC 造

階数：地上 3 階

建設場所：福島県石川郡平田村大字西山字煙石 101 番地

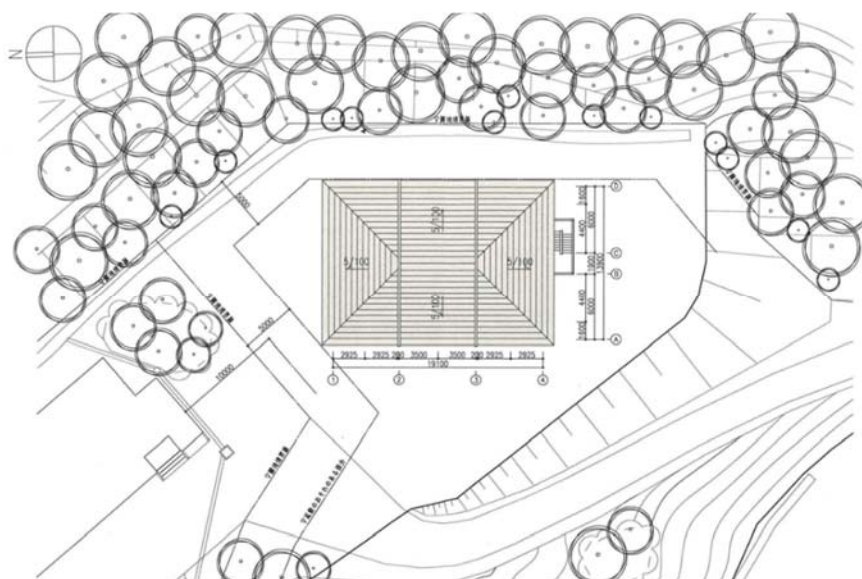
設計工期：2021 年 9 月～2022 年 1 月

建設工期：未定

I -5 設計図（プラン）

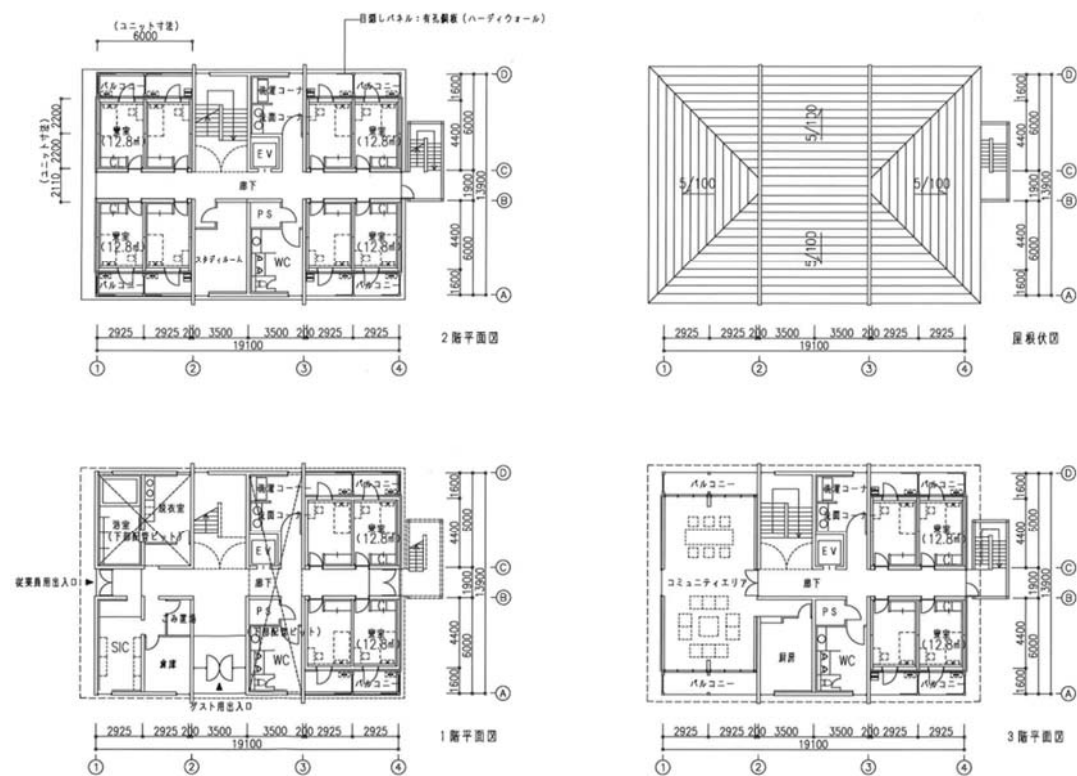


外観パーツ

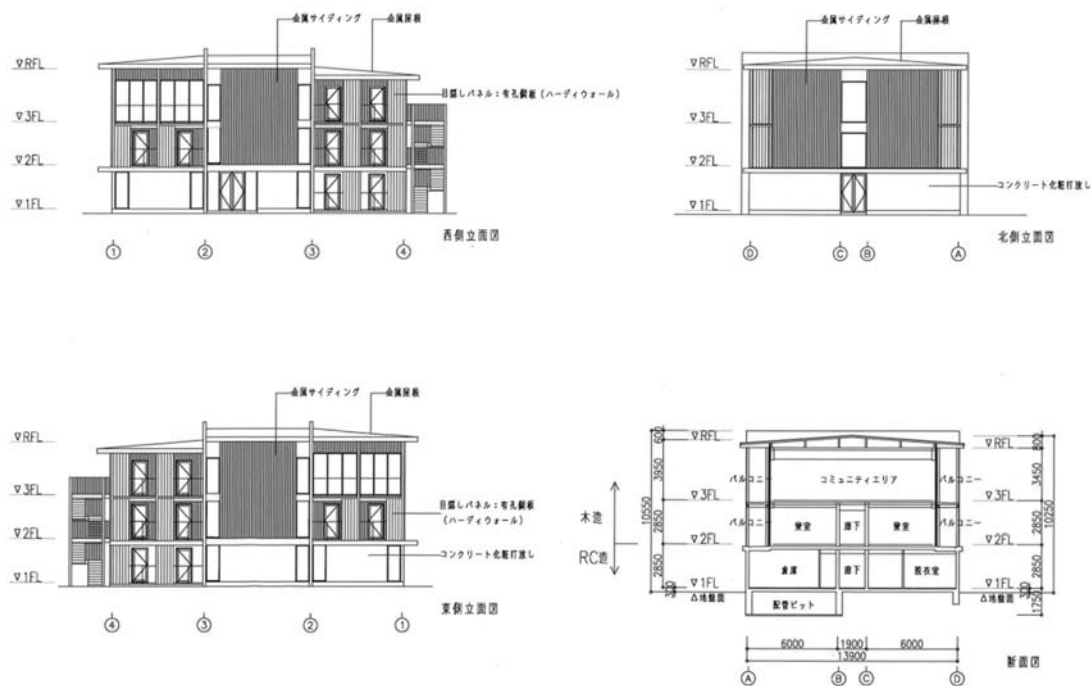


配置図

意匠図

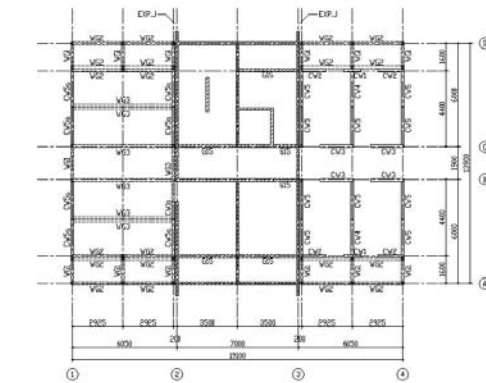
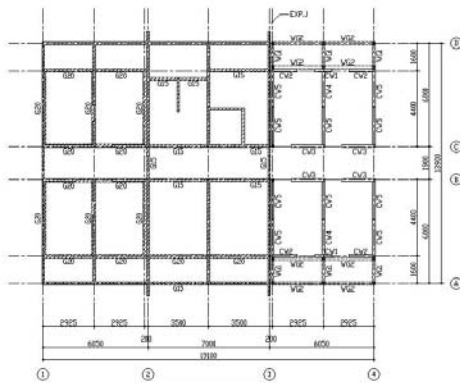
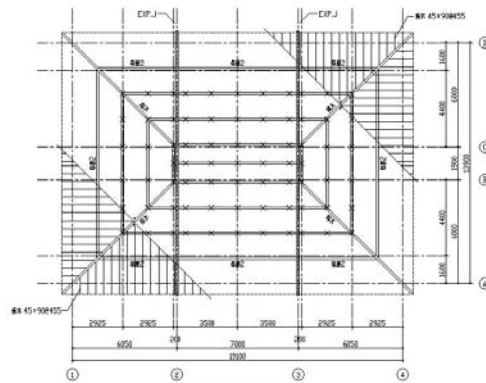
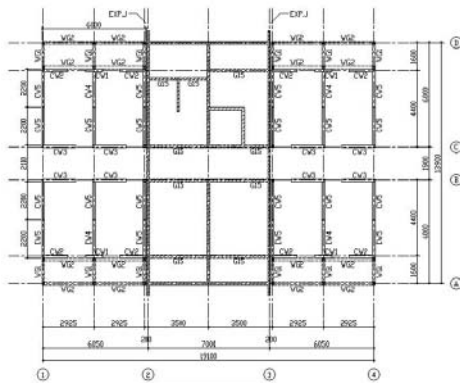


平面図（各階）

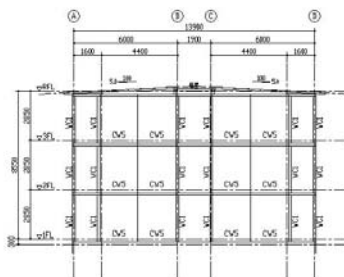
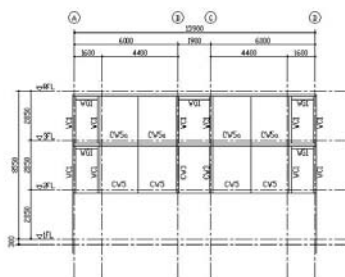
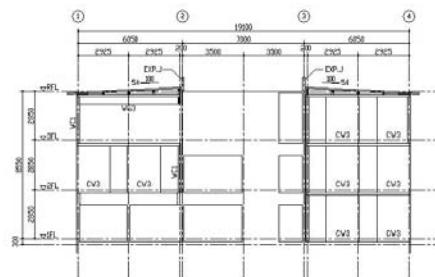
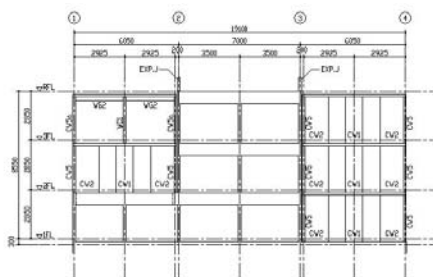


立面図、断面図

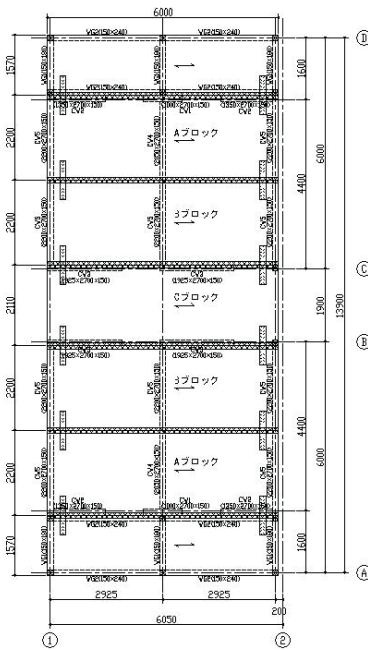
構造図



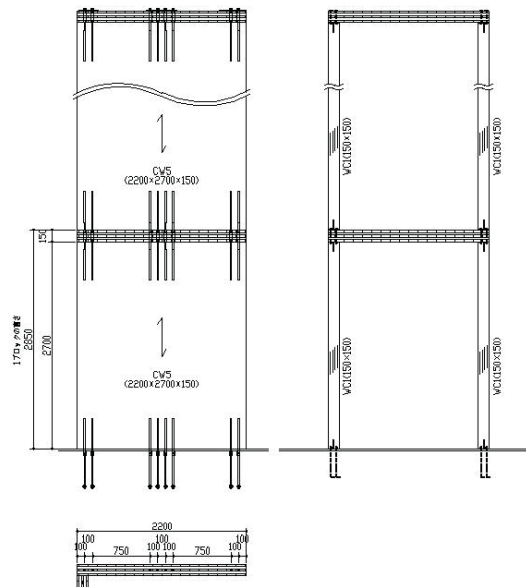
伏図 (各階)



軸組図

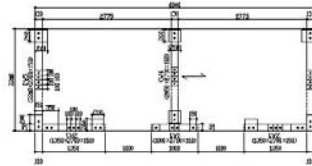


ユニット式 CLT フレームの割付

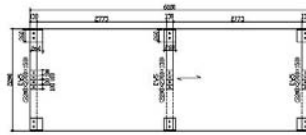


接合部詳細図

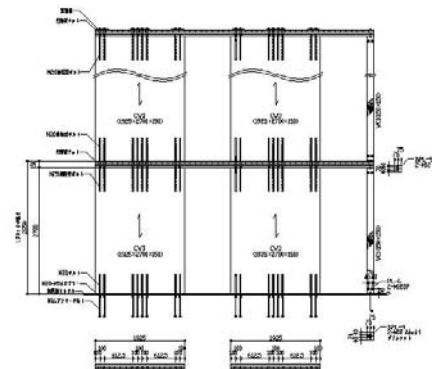
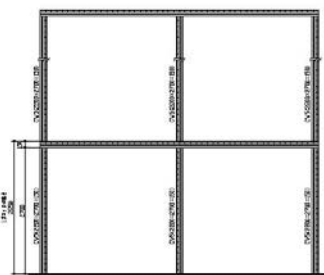
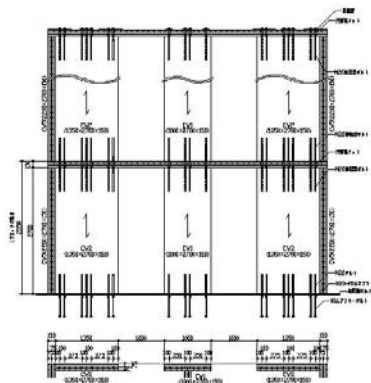
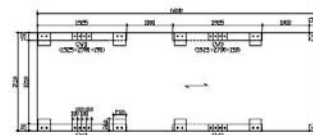
Aブロック



Bブロック



Cブロック



各ユニット式 CLT フレーム図

1. 固定荷重

部位	仕 様	ω	Σ
屋根 N/m ²	仕上 ガルバリウム鋼板t0.4、合板t12、垂木、束、母屋 天井 石膏ボードt12.5 CLT t150	250 250 700	1200
3F床 N/m ²	仕上 タイルカーペット、合板t12、石膏ボードt12.5+12.5、OAフロア、ALCt50 天井 石膏ボードt=12.5 CLT	1100 200 700	2000
2F床 N/m ²	仕上 タイルカーペット、合板t12、石膏ボードt12.5+12.5、OAフロア、ALCt50 天井 石膏ボードt=12.5 小梁 大梁	1100 200 700	2000
1F床 N/m ²	仕上 タイルカーペット、OAフロア、モルタルt30、 スラブ コンクリートt150	1200 3600	4800
外壁 N/m ²	仕上 金属サイディングt16、通気役物、透湿防水シート CLT t150 内壁 石膏ボードt12.5	250 700 150	1100
内壁 N/m ²	仕上 石膏ボードt12.5 CLT	300 700	1000

2. 横載荷重・横当荷重

	屋根 (床)	小梁	梁構及び基礎	地震	横当
屋根	980	980	600	300	300
各階居室	1800	1800	1300	600	

(設備機器等)

横当深度 90cm 柔例による 一般地域 (福島県石川郡平田村)

単位体積質量 20.0 N/cm³※雪止の使用時は、低減係数 $\mu_b = 1.0$ とする。

$$\therefore \omega = 1800 \text{ N/m}^2$$

※平成19年国土省告示第594号第2第三号ホの一般地域大スパン緩勾配屋の割増については、スパン10m以下のため、適用しない。

3. 荷重表

屋根	屋根	小梁	梁構及び基礎	地震	横当
D.L	250	500	1200	1200	1200
L.L	980 (980)	980 (980)	600	300	300
S.L	(1800)	(1800)			1800
T.L	1230 (3030)	1480 (3280)	1800	1500	3300

() 内は横当時荷重

3F 居室	床	小梁	梁構及び基礎	地震	
D.L	2000	2000	2000	2000	
L.L	1800	1800	1300	600	
T.L	3800	3800	3300	2600	

2F 居室	床	小梁	梁構及び基礎	地震	
D.L	2000	2000	2000	2000	
L.L	1800	1800	1300	600	
T.L	3800	3800	3300	2600	

1F 居室	床	小梁	梁構及び基礎	地震	
D.L	4800	4800	4800	4800	
L.L	1800	1800	1300	600	
T.L	6600	6600	6100	5400	

4. 地震荷重

地域係数 Z	1.0
地震種別	第2種地震 ($T_c = 0.6 \text{ sec}$)
建物高さ H	8.85 m (平均)
柔構造高さ H_s	8.85 m
$\alpha = H_s/H$	1.00
構造階数(地上)	3 階
標準せん断力係数 C_0	0.20
重要度係数 I	1.00

$$\text{振動特性係数 } R_t$$

$$\textcircled{\text{a}} \quad T < T_c \text{ の場合} \quad R_t = 1 \quad = 1.000$$

$$T_c \leq T < 2T_c \text{ の場合} \quad R_t = 1 - 0.2(T/T_c - 1)^2 \quad -$$

$$2T_c \leq T \text{ の場合} \quad R_t = 1.6T_c/T \quad -$$

$$\text{高さ方向分布 } A_i = 1 + (1/\sqrt{\alpha})(\alpha_i - \alpha) \times 2T/(1+3T)$$

$$\text{地震層せん断力係数 } C_i = Z \cdot R_t \cdot A_i \cdot C_0 \cdot I$$

$$\text{地震層せん断力 } \Sigma Q_i = \Sigma W_i \times C_i$$

3～4間、A～D間の地震力

層	W_i (kN)	ΣW_i (kN)	α_i	A_i	C_i	ΣQ_i (kN)
3	218.388	218.388	0.213	1.578	0.316	68.927
2	404.250	622.638	0.606	1.200	0.240	149.479
1	404.250	1026.888	1.000	1.000	0.200	205.378

◆ルート1の計算 (X方向)

$$\Sigma Q_1 = 205.378 \text{ kN}$$

$$Q_a = 3/H(Q_0 + 1.5n)$$

$$H = 3.0 \text{ m}, Q_0 = 10, n = 3 (\text{各階垂れ壁が付く想定})$$

$$\Sigma Q_a L = 14.5 \times 15.1 = 218.95 \text{ kN}$$

$$218.95 \text{ kN} > 205.378 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

◆CW3の負担せん断力の概算

ゾーニングにより、負担せん断力を算出する。

$$3 \sim 4 \text{ 間、A} \sim \text{D 間の全体面積} : 5.85 \times 13.9 = 81.315 \text{ m}^2$$

$$205.378 / 81.315 \times (4.4/2 + 1.9/2) \times 5.85 \times 1.925 / 3.85 = 23.27 \text{ kN}$$

・CW3(L=1925mm)の許容せん断力の概算

・ルート1の短期許容せん断力

$$14.5 \times 1.925 = 27.91 \text{ kN}$$

・端部ボルトの引張耐力より算出される短期許容せん断耐力

ボルト1本あたりの許容引張耐力：62.1kN

平均ボルト間距離：1.625 m

階高：2.85 m

$$2 \times 62.1 \times 1.625 / 2.85 = 70.81 \text{ kN}$$

・端部ボルトの引張耐力より算出される終局許容せん断耐力

ボルト1本あたりの終局引張耐力：114.4kN

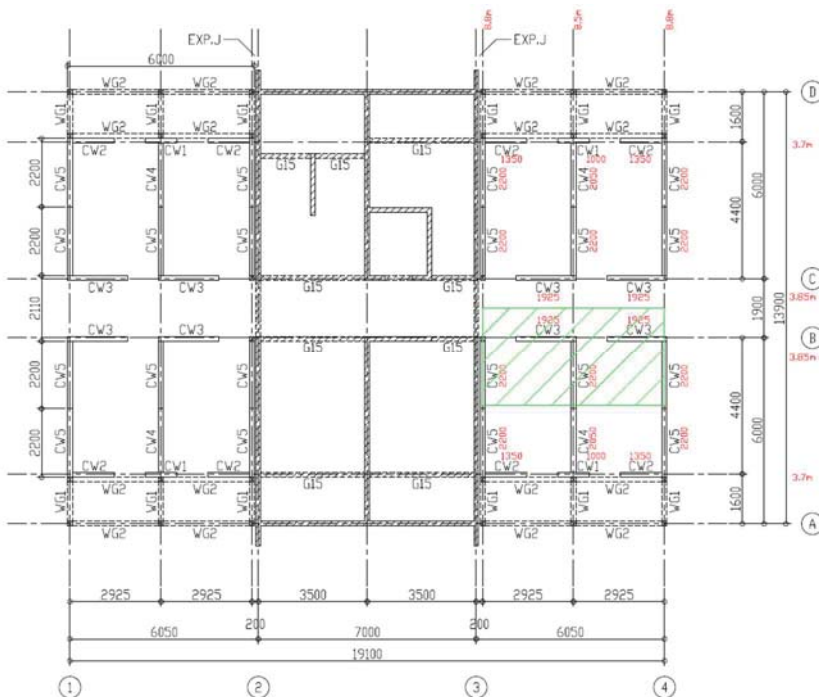
平均ボルト間距離：1.625 m

階高：2.85 m

$$2 \times 114.4 \times 1.625 / 2.85 = 130.45 \text{ kN}$$

・検定

$$23.27 \text{ kN} < 27.91 \text{ kN} \quad \text{OK}$$



I - 6 CLT 部材リスト

CLT の仕様	(部位)	(寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種)
	壁	150mm 厚/5 層 5 プライ/ S60 相当/スギ
	天井 (屋根)	150mm 厚/5 層 5 プライ/ S60 相当/スギ
CLT 採用部位		壁、床 (屋根)
CLT 使用量 (m ³)		加工前製品量 190 m ³ 、加工後建築物使用量 170.5 m ³

I - 7 検証結果

本事業のユニット式 CLT フレームと比較対象とした CLT パネル工法について、比較検討した結果を下記の一覧に示す。

		【本事業採用】		【比較対象】	
		ユニット式CLTフレーム GIR接合	優 位 性	CLTパネル工法	優 位 性
				クロスマーク金物	
工場加工	加工種類	幅、長さカット	○	金物取合い加工（加工種類が多い）	△
	強度	実大試験により、確認済み 終局228.8kN（告示の135kN以上に対して） 断面欠損が少ない為	◎	断面欠損の影響あり	○
工場組立		屋内作業による外的要因を受けない 工場内で建物精度の管理が可能 35ユニットは、1日3人体制で6ユニット・・・17.5人工	○	なし 工場組立なし・・・0人工	-
運搬		重量・体積でなく、形状による制限の運搬となる 台数が多くなる 1体でトラック1台として・・・計35台	△	重量・体積による数量でまとめて運送可能 台数を抑えることが出来る 大型トラックで・・・計9台	◎
施工		トラックの荷台から直接設置（施工）が出来る 手順：トラックが現場到着後、すぐに設置 （1日5体設置として：7日）×4人＝28人工	◎	ストックヤードに仮置き、単品の組み立て 手順：壁（仮押さえ）→床（屋根）→屋直し （1日12枚設置として：13日）×5人＝65人工	△
設計・計画		CLT割付を計画段階から決める ユニット形状による運搬の制限を加味する計画 寄宿舎等の間取りが小さいプランに最適	△	CLTの割付を意識せずにプラン検討可能 間取りの自由度が高い	○
比較人工		（工場組立＋施工）＝45.5人工	◎	（工場組立＋施工）＝65人工	△
メリット		・ 施工期間の短縮により、天候等の影響を受けにくい。 ・ GIR接合は、屋内にて品質安定の作業性を確保出来る。 ・ 現場施工時の欠損や汚れを最小限に抑えることが出来る。 ・ 施工期間（マスター工程）の把握・管理がしやすい。		・ トラックの台数を一括対応可能。（運搬台数の削減） ・ 現場へ出荷までまとめてストック可能。	
デメリット		・ トラックの台数が多くなる。 工場と現場の距離によるコスト影響あり。		・ 現場でのストックヤードを確保する必要がある。 ・ 雨などによる影響で品質管理・工程管理が難しい。	
《備考》 ・ CLT単材：161枚（1枚あたり：約400kg） ・ ユニット式CLTフレーム数：35体（1体あたり：約2t）					

ユニット式 CLT フレームは、基準幅を 2200mm とすることにより、トラックの荷台サイズに対してロスなく荷台スペースを有効活用が出来る。基準幅を設けることにより、多くなる台数を最小限まで抑える効果がある。しかし、運送に限っては CLT パネル工法の方が

効率的であり、ユニット式 CLT フレームよりメリットがある。

このプランにおいては、CLT の枚数は 161 枚使用するが、ユニット式 CLT フレームにすることにより、35 体（1 体に約 5 枚使用）となる。工場組立を行なうことにより、建設現場における施工工数としては、約 40% まで圧縮出来、全体工期としても半分程度で済むことができる。また、実際の加工から施工までの掛かり人工としてはユニット式 CLT フレームにすることで、従来の CLT パネル工法より 70% 抑えることが示された。

さらに、工場で接合部（GIR 接合）の充填接着剤を施すことによる品質の安定及び施工期間の短縮も今回の検討により把握出来た。加工の難易度としても告示仕様のような複雑な加工でなく、GIR 接合は孔加工のみとなり、しかも強度についても部材性能実証により設計値よりも上回る結果となったことで、CLT パネル工法の接合部としてメリットがあると考ええる。

結果として、ユニット式 CLT フレームを採用すると、運搬では台数が増えるが、その他の工期・品質・人工においては、十分にメリットがあると考ええる。ただし、設計では、ユニット式 CLT フレームを優先しなければならないことが建物プランの自由度に制限が付いてしまうことになる。その為、規則性のあるプランの寄宿舍などに限っては、ユニット式 CLT フレームを用いることは最適な工法であると考ええる。

II. 部材性能実証

II-1 試験目的

CLT をユニット式建築のモデルとなる民間社員寮の設計を行うにあたり、意匠性に優れ高剛性な接合工法である GIR 接合（藤寿産業（株）において 2019 年に CLT への適用を可能とする性能評価を取得した接合方法）を提案している。その GIR 接合を用いて設計実証を行うにあたり、性能評価で取得している GIR 接合耐力が、本事業に採用される CLT 寸法においても確保できるか確認を行うため、設計で想定される幅の CLT パネルでの面内せん断試験を実施することとした。

II-2 想定する水平耐力

条件

CLT規格：Mx60-5-5

CLT幅：2000mm、加力点高さ：2500mm、強軸使い（GIR挿入は積層方向の中央、繊維平行方向）

端部（引張・圧縮）接合部：2本、中央（せん断）接合部：4本

GIR接合部の定着長：400mm

曲げ耐力算定は、両端接合部の全ねじボルト間距離（平均）とする

水平耐力を算出（ハウスプラス性能評価より）

端部接合部の引張耐力				曲げモーメント				水平耐力	
短期：	66.0 (kN/本)	2本で	132.0 (kN)	⇒	132.0 × 1.70 =	224.4 (kN・m)	⇒	224.4 / 2.5 =	89.8 (kN)
終局：	114.4 (kN/本)	⇒	228.8 (kN)		228.8 × 1.70 =	389.0 (kN・m)		389.0 / 2.5 =	155.6 (kN)

表1. 曲げモーメントによる 水平耐力計算

接合部のせん断耐力					
短期：	16.2 (kN/本)	6本 [※] で	97.2 (kN)	>	89.8 (kN) OK
終局：	30.0 (kN/本)	⇒	180.0 (kN)	>	155.6 (kN) OK

※圧縮側端部接合部の全ねじボルトも含む

表2. せん断力による 水平耐力計算

表 1,2 の計算より

155.6 kN 以上の水平耐力が確認できれば、性能評価で与えられた設計値を用いることが、可能と考える。

II-3 試験場・試験日程

3-1. 試験場

日本大学船橋キャンパス内 大型構造物試験センターにおいて
同大学理工学部海洋建築工学科 福井教授のご協力を得て 実施した。

3-2 試験実施日程

令和3年12月15日 試験体搬入・試験装置組立
16日 1体目試験体設置・試験準備
17日 1体目試験実施、2体目試験体設置
20日 2体目試験実施、3体目試験体設置
21日 PM2 3体目試験実施、事務局・山辺委員の立会

23～24 日 試験装置解体、試験体引取り・撤収

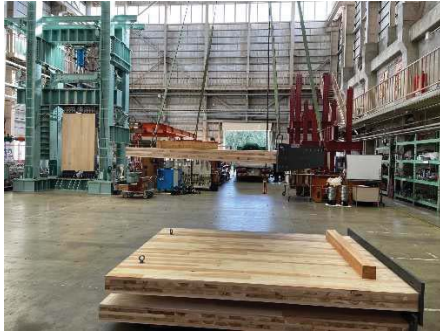
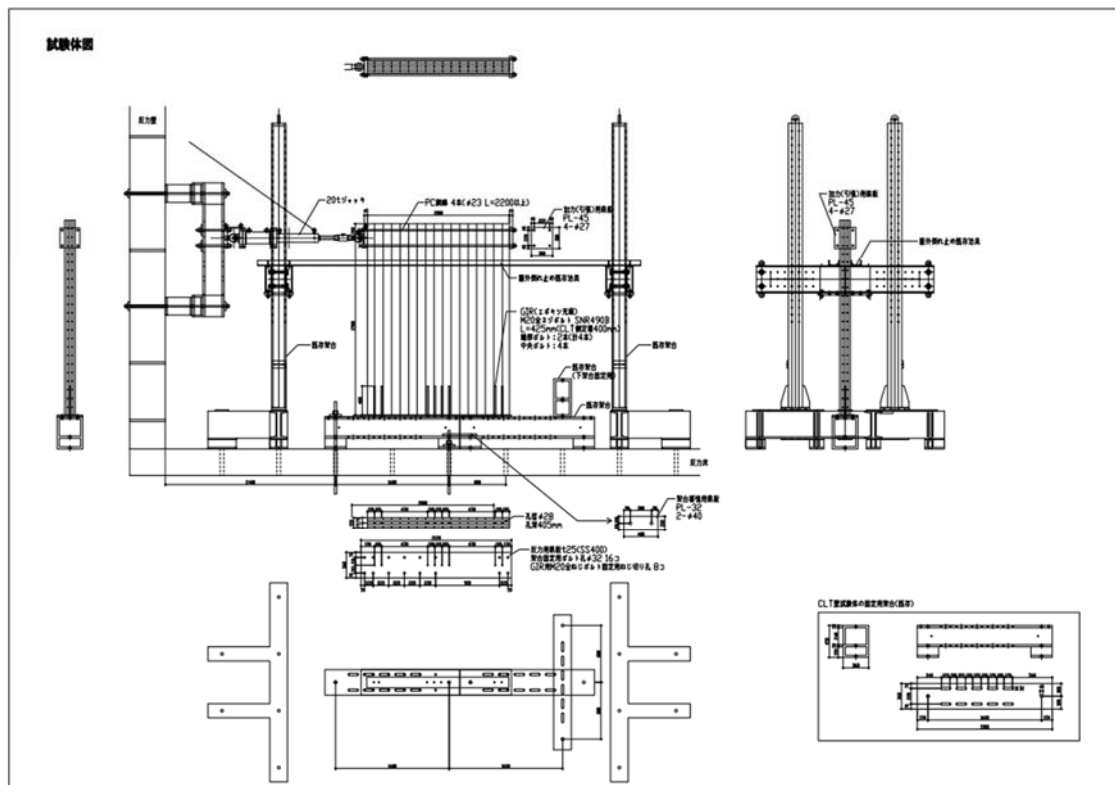


写真 1. 12 月 15 日試験体搬入



写真 2.12 月 24 日 試験体搬出

II-4 試験体・試験装置



II - 5 実施状況

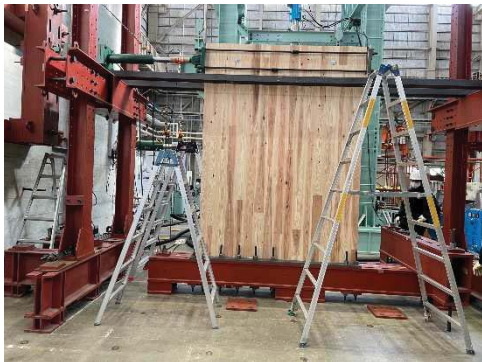


写真 3. 試験体設置



写真 4. 試験体 1

1 体目 12 月 17 日

最大水平力

引き 202.1 kN

変位 1/100 (rad)



写真 5. 試験体 2

2 体目 12 月 20 日

最大水平力

押し 192.2 kN

変位 1/100 (rad)



写真 6. 試験体 3

3 体目 12 月 21 日

最大水平力

引き 194.3 kN

変位 1/100 (rad)

II - 6 試験結果

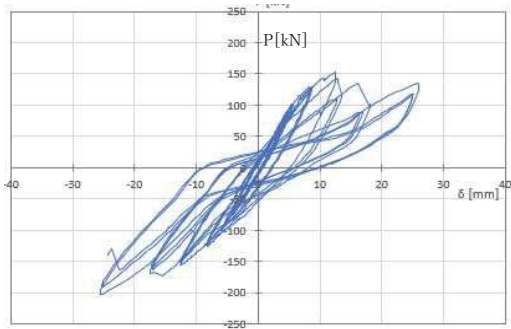


図 1. 荷重-変位
1 体目

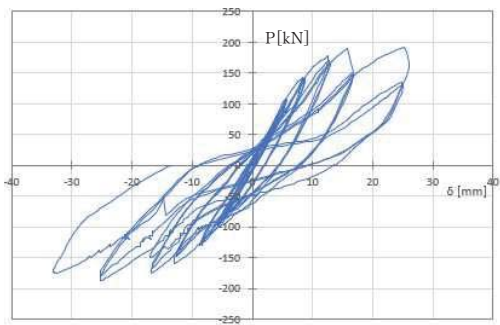


図 2. 荷重-変位
2 体目

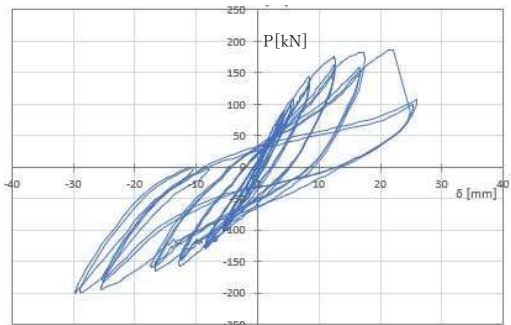


図 3. 荷重-変位
3 体目

3 体の最大耐力における 75%信頼水準における 95%下側許容限界値を求める

	(kN)
1 体目	202.1
2 体目	192.2
3 体目	194.3
Av	196.2
標準偏差	4.259108
75%信頼	
95%下限	182.7753

表 3. 下限値計算

結果は表 3.の通り
性能評価認定値より想定した
水平耐力の 17%増の値を得た。

II-7 考察

3体の試験結果より、75%信頼水準における95%下側許容限界値182.7kNとなる。よって性能評価認定引抜耐力に基づき計算された巾2.0mのCLT耐力壁は、155.6kNの水平力を負担できることを確認した。

性能評価認定時には、幅1.2mのCLTを用いた実大試験を行っており、幅2.0mの実用性については確認出来ていない。本試験を行なったことにより、幅1.2m以上2m以下のCLT耐力壁において、当接合方法の引抜耐力により求められる水平耐力を負担できることを確認した。

III. 終わりに

III-1 今後の課題

今までの木造建築物へCLTパネル工法が採用された様々な施設はあるが、事前に施工性を検討しなければ、工期及びコストが掛かってしまうことが明らかであった。また、施工上の不安要素として、工期が長くなることによる悪天候の影響・作業量の多さが問題であった。特に、施工性を改善する為には、寄宿舍等のような規則性のあるプランが最適である。今回の事業で検証した出荷前の工場内で事前杭立てをした「ユニット式CLTフレーム」にすることは、工数が減らされ、施工期間の短縮となり、CLTの品質向上にも繋がる。工期短縮が重要であることが示された。

今後は、CLTの特徴を把握し、性能を最大限に引き出すことが求められ、それに見合う施設（プラン）も事前検討することが求められる。それにより、木が持つ安らぎ感を醸し出すこれまでにない快適な施設環境が創出されることを期待する。