

3.1 個人／ライフデザイン・カバヤ（株）

事業名		世田谷区上馬5丁目プロジェクト		
実施者（担当者）		個人（ライフデザイン・カバヤ株式会社）		
建築物の概要	用途		店舗	
	建設地		東京都世田谷区上馬5丁目	
	構造・工法		CLTパネル工法（薄肉ラーメン構造）	
	階数		2	
	高さ（m）		7.7	
	軒高（m）		7.45	
	敷地面積（㎡）		61.69	
	建築面積（㎡）		47.66	
	延べ面積（㎡）		95.32	
		階別面積	1階	47.66
2階			47.66	
3階			—	
CLTの仕様	CLT採用部位		壁、床、	
	CLT使用量（㎡）		加工前製品量42.34㎡、建築物使用量38.00㎡	
	壁パネル	寸法	巾1m×高さ7.36m及び巾2m×高さ7.36m 210mm厚	
		ラミナ構成	5層7プライ	
		強度区分	Mx90A-5-7	
		樹種	ヒノキスギHB	
	床パネル	寸法	巾1m×長さ2m 36mm厚	
		ラミナ構成	3層3プライ	
		強度区分	Mx60-3-3	
		樹種	スギ	
	屋根パネル	寸法	巾1m×長さ2m 36mm厚	
		ラミナ構成	3層3プライ	
強度区分		Mx60-3-3		
樹種		スギ		
木材	主な使用部位（CLT以外の構造材）		柱：無 梁：欧州アカマツ集成材	
	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		8.29㎡	
仕上	主な外部仕上	屋根	ガルバリウム鋼板縦平葺	
		外壁	ガルバリウム鋼板貼り	
		開口部	アルミサッシ	
	主な内部仕上	界壁	無	
		間仕切り壁	PB15.5mm下地塗装仕上げ	
		床	1階：コンクリート金鍍抑え 2階：構造用合板下地タイル貼り	
構造	天井		強化PB15.5mm下地塗装仕上げ	
	構造計算ルート		ルート3	
	接合方法		特注脚部金物、特注壁梁接合金物	
	最大スパン		4.43m	
	問題点・課題とその解決策		【課題】薄肉ラーメン構造とし間口方向に耐力壁を無くす 【解決策】 ①CLT耐力壁を2層通し壁として階層の剛性低下を抑制 ②壁-梁接合部はラグスクリューボルト形式を採用して初期剛性を確保し、塑性化部を設けてラグスクリューボルトの靱性に期待 ③壁-基礎接合部はラグスクリューボルト形式を採用して初期剛性を確保し、アンカーボルトの靱性に期待。間口方向にはモーメント抵抗型接合部としての、桁行方向には引張接合部としての性能に期待	
	問題点・課題とその解決策		【課題】木質感を内装全体に表現したい 【解決策】 ①耐力壁の構造的な総厚を利用した燃えしろ設計 ②梁については本数が多いため燃えしろ設計による断面割増を避けて被覆し、メリハリをつけた	
防耐火	防火上の地域区分		防火地域	
	耐火建築物等の要件		無	
	本建築物の防耐火仕様		45分準耐火構造	
防耐火	問題点・課題とその解決策		【課題】木質感を内装全体に表現したい 【解決策】 ①耐力壁の構造的な総厚を利用した燃えしろ設計 ②梁については本数が多いため燃えしろ設計による断面割増を避けて被覆し、メリハリをつけた	
	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		特に無し	
	主な断熱仕様（断熱材の種類・厚さ）	屋根（又は天井）	GWt=100mm充填	
		外壁	CLTを断熱層と考える	
		床	無	
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		特に無し	
	建て方における課題と解決策		【課題】 ①クレーンの設置位置と壁建て起こしスペースの確保 ②電線の下からのパネル搬入（有効高さ約5m） ③剛性を必要とする壁-梁接合の接合タイミングと方法 ④両面仕上パネルの現場搬入 【解決策】 ①-1. BIMによる施工シミュレーションの導入 ①-2. 職人を含めた施工検討ミーティング ②専用天秤吊治具の製作 ③-1. 梁設置を全ての大型壁パネル設置後に行う ③-2. 金物面タッチクリアランスは0、梁クリアランス3mm確保 ③-3. ドリフトピンの先行ピンを無にして梁を設置する ④パネル縦置き型の荷台専用ラックを製作	
	給排水・電気配線設置上の工夫		構造躯体の現し仕上げを壁に限定し配管、配線に対応した	
	劣化対策		外壁はメンテナンスが不可能なため通気層を確保し長尺で対応CLT現し仕上とし点検可能とした	
	工程	設計期間		2022年6月～10月（4ヵ月）
		施工期間		2022年6月～2023年1月（6.5ヵ月）
工程	竣工（予定）年月日		2023年1月17日～23日（1週間）	
	竣工（予定）年月日		2023年1月15日	
	体制	発注者		個人
		設計者（複数の場合はそれぞれ役割を記載）		基本設計：ライフデザイン・カバヤ㈱、実施設計：aD&C
		構造設計者		㈱構造計画研究所
		施工者		㈱aD&C
体制	CLT供給者		銘建工業株式会社	
	ラミナ供給者		銘建工業株式会社	

実証事業名：世田谷区上馬 5 丁目プロジェクト

建築主等／協議会運営者：（個人）／ライフデザイン・カバヤ株式会社

1. 実証した建築物の概要

用途		店舗		
建設地		東京都世田谷区上馬 5 丁目		
構造・工法		CLT 工法（薄肉ラーメン構造）		
階数		2		
高さ（m）		7.70	軒高（m）	7.45
敷地面積（㎡）		61.69	建築面積（㎡）	47.66
階別面積	1 階	47.66	延べ面積（㎡）	95.32
	2 階	47.66		
	3 階			
CLT 採用部位		構造体（壁、床）		
CLT 使用量（m³）		加工前製品量 42.34 m³、加工後建築物使用量 38.00 m³		
CLT を除く木材使用量（m³）		8.29 m³		
CLT の仕様	（部位）	（寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種）		
	壁	210mm 厚/5 層 7 プライ/Mx90A-5-7 /ヒノキ・スギ HB		
	床	36 mm厚/3 層 3 プライ/Mx60-3-3/スギ		
	屋根	36 mm厚/3 層 3 プライ/ Mx60-3-3/スギ		
設計期間		2022 年 4 月～9 月（6 カ月）		
施工期間		2022 年 11 月 1 日～2023 年 4 月（6 ヶ月）		
CLT 躯体施工期間		2023 年 1 月 17 日～23 日（1 週間）		
竣工（予定）年月日		2023 年 4 月 15 日		

2. 実証事業の目的と設定した課題

都市部狭小地における店舗建築において、在来軸組工法、2x4 工法、鉄骨造で応えようとしたが耐力壁、柱型があり事業主の間口の有効活用の要望に応えられず、間口方向の耐力壁を必要としない CLT 薄肉ラーメン構造による構造計画が必要となった。

更に外周壁の工場プレセット化による、敷地の最大限活用及び短工期化は都市部の収益型建築への需要に CLT の強みとなる可能性が大きい。

- （1）CLT 薄肉ラーメンの構造特性の有効活用
- （2）ラーメン構造に必要な接合部金物の意匠性と施工性
- （3）燃えしろ設計による準耐火建築物としての設計
- （4）狭小地におけるメンテナンスフリーの外装計画
- （5）狭小地における CLT 建築の短工期化及び他工法とのコスト比較

3. 協議会構成員

- (基本計画) ライフデザイン・カバヤ株式会社：市村、小宮、結城、朝賀、藤本（進行管理）
- (実施設計) 株式会社 aD&C：森田
- (構造設計) 株式会社構造計画研究所：篠原、野田
- (施工) 株式会社 aD&C：荒川、川上
- (材料) 銘建工業株式会社：車田、西本
- (金物) BX カネシン株式会社：榎田、中村

4. 課題解決の方法と実施工程

- ・協議会の下、以下の WG を設置する。
 - ①設計 WG で構造と意匠の調整を行う。
 - ②施工 WG で大工、鳶職、重機オペレーターを含む作業調整を行う。
 - ・CLT 現し仕上げの知見を結集させ最も効果的な内外装設計により短工期化を目指す。
 - ・BIM により施工シミュレーションを繰り返し都市部狭小地むけ CLT 施工方法を試みる。
- ＜協議会の開催＞

2022 年 6 月 7 日：第 1 回開催、スケジュール確認、構造金物の開発進捗確認

工場プレセット、現場建て方方法 WG の進捗確認

8 月 8 日：第 2 回開催、構造検討による課題協議、申請事前協議の対応

スケジュール確認

9 月 8 日：第 3 回開催、進捗確認、建て方検証の振り返り、搬入の課題検討

BIM による建て方シミュレーション

12 月 12 日：第 4 回開催、基礎配筋検査報告、建て方に向けて全体協議

現場見学会について、工法の標準化に向けてコスト低減等意見交換

2023 年 2 月 7 日：第 5 回開催、コスト検証、構法の標準化について

実証事業のまとめ

＜設計＞

2022 年 6 月：建築確認及び適合判定の事前協議

6 月：実施設計及び積算

6 月：構造設計

7 月：構造金物の性能確認

7 月：BIM 構造モデリング、プレビルドの防水検討

8 月：建築確認申請（8/17）、意匠設計と構造設計の擦り合わせ

9 月：適合判定申請、構造外雑壁及び階段の設計

建築確認申請指摘事項の対応

10 月：BIM での 3D によるモデル竣工（構造は完了、意匠、設備の変更対応）

<施工>

2022 年 6 月：工事請負契約（6/30 締結）

7 月：現場搬入検討（7/20）、プレビルドのモックアップ検証（7/22）

8 月：暫定 BIM 施工シミュレーションによる建て方検討（8/23）

9 月：実大での建て方検証（9/2 予定、真庭市木材事業協同組合）

部材搬入計画の現場での擦り合わせ

10 月：道路占用許可等警察署との打合せ、着工準備

11 月：基礎着工

12 月：基礎完了

2023 年 1 月：建て方、外装工事、木工事

5. 得られた実証データ等の詳細

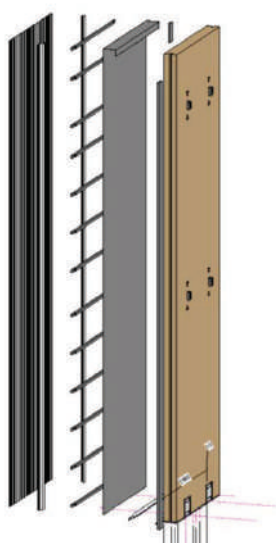
設定した課題において次の結果が得られた。

（1）構造計算書概要（構造金物特性、構造解析方法等）

◆解析モデル概要

◆保有水平耐力計算

（2）外装材工場プレセットの納まり図



【標準パネル仕様】

CLT：W=2.0m H=7.36m t=210 mmやとい実加工

金物：脚部金物＋梁受け金物用ボルト

塗装：防腐防蟻処理(両面) 下部 1m のみ

内装：現し仕上げ ※現場塗装

外装：透湿防水シート＋通気胴縁(防腐処理)

ガルバリウム鋼板貼り

水切：基礎水切り

（3）既存の工法と比べた CLT 工法のコスト比較表

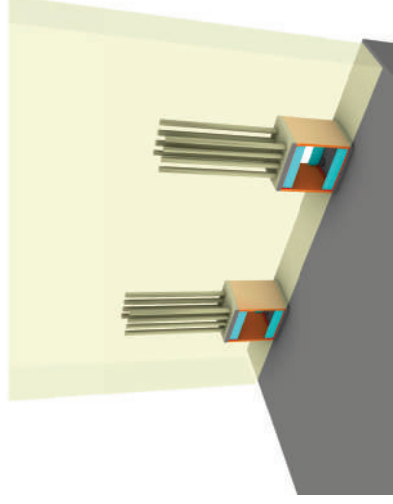
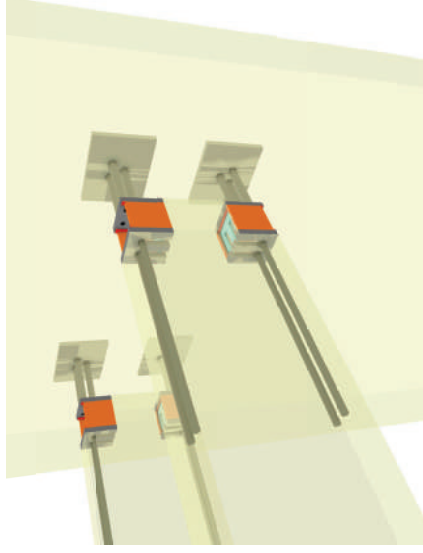
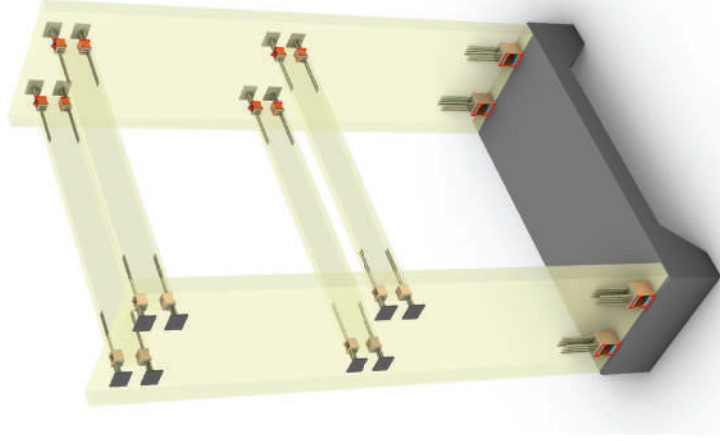
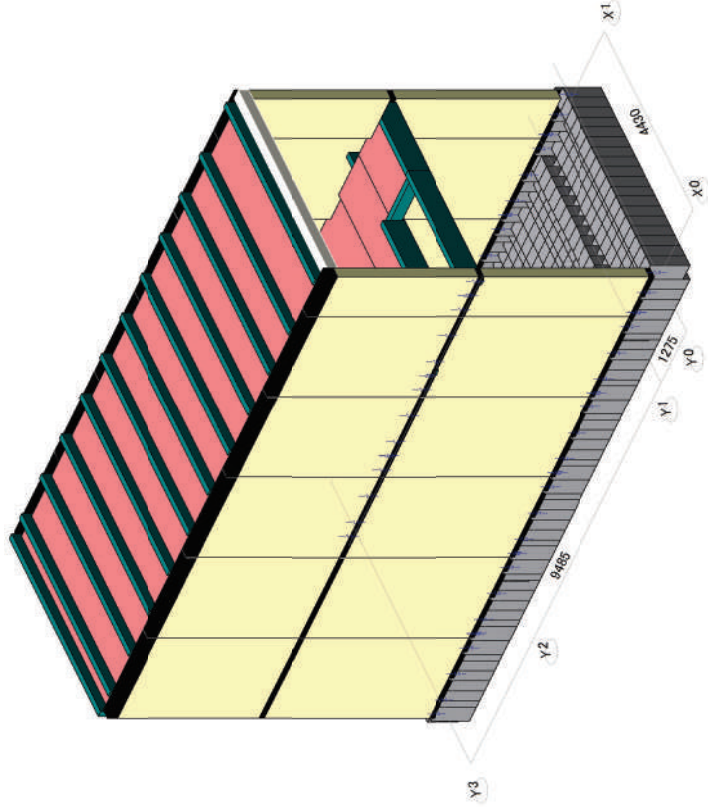
				(千円)
	鉄骨造	軽量鉄骨造	CLTラーメン	備考
基礎工事	1,080	1,830	5,500	(材工)
躯体工事	7,695	7,500	18,800	※構造部材費＋施工費
合計	8,775	9,330	24,300	

6. 本実証により得られた成果

- 間口 5m 最高高さ 7.5m 程度の規模の CLT 薄肉ラーメン構造であれば対応できる
- BIM 活用により DfMA(製造組立容易性設計)推進に結びつけることができる
 - 現場工期の短縮
 - 現場でのごみ、廃棄物の削減
 - 現場の安全対策
- 鳶職 4 名、大工 3 名、オペレーター 1 名で 1 日 2 パネル設置で工程を組んだが、条件が整えば 4 パネルまで可能と分かった

7. 建築物の平面図・立面図・写真等





- ① 間口方向は耐力壁を設けず、面外使いにしたCLT壁パネルと集成材梁によるラーメン構造とする。CLT壁パネルは2層通し壁とし、継ぎ目を無くすることで、接合部による剛性低下を少なくする。
- ② 桁行方向は2層通しの壁パネルを連続させた小幅パネル架構とする。
- ③ 壁-梁接合部はラグスクリューボルト形式を採用して初期剛性を確保し、塑性化部を設けてラグスクリューボルトの靱性に期待する。接合部曲げ実験により性能を確認した金物を採用する。
- ④ 壁-基礎接合部はラグスクリューボルト形式を採用して初期剛性を確保し、アンカーボルトの靱性に期待する。間口方向にはモーメント抵抗型接合部としての、桁行方向には引張接合部としての性能に期待する。それぞれ、接合部曲げ実験および引張実験により性能を確認した金物を採用する。
- ⑤ 床および屋根はJパネルによる在来木造仕様とする。

2.3. 構造計算ルート

採用した構造計算ルートを以下に示す。構造計算ルートは、平28国交告第611号第九に準拠したCLTパネル工法による許容応力度計算（ルート3）とする。

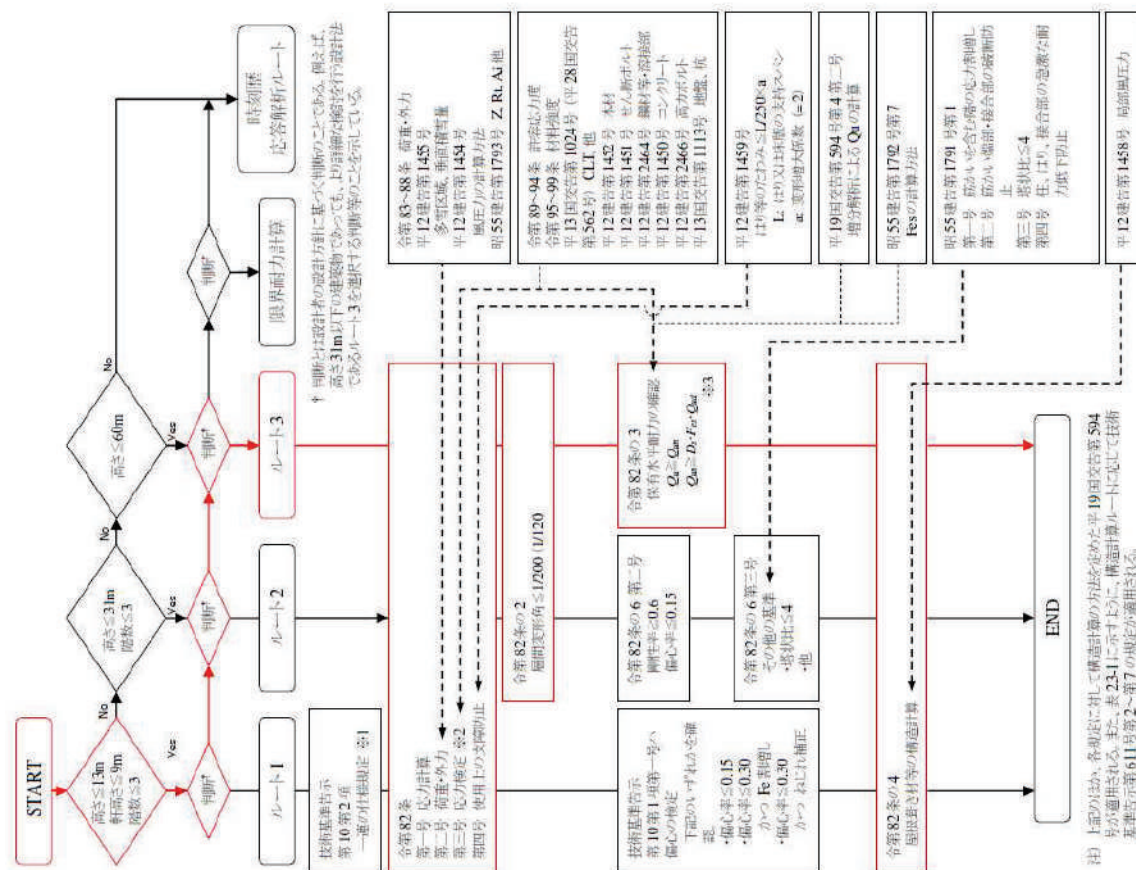


図 2.3.1 CLT パネル工法建築物を含む木造建築物の構造計算ルート

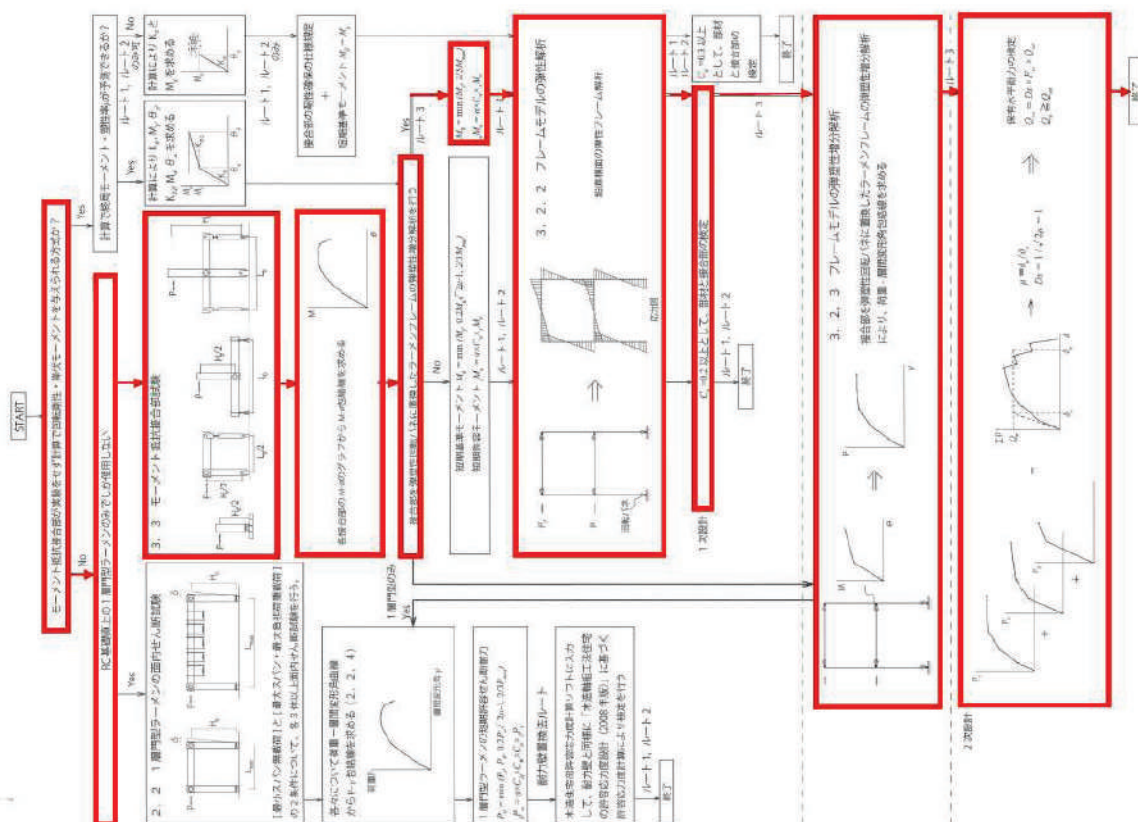
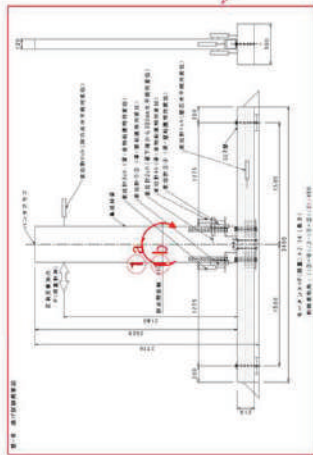


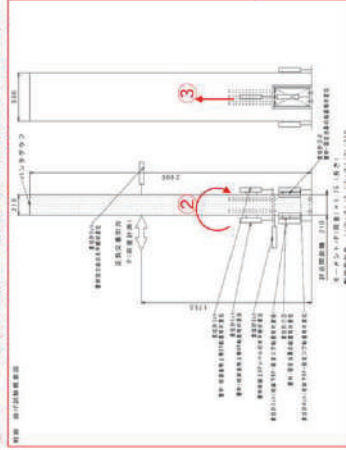
図 2.3.2 木造ラーメンの構造検討フローチャート

- ①a：壁-梁接合部(L型)の曲げ性能
- ①b：壁-梁接合部(T型)の曲げ性能

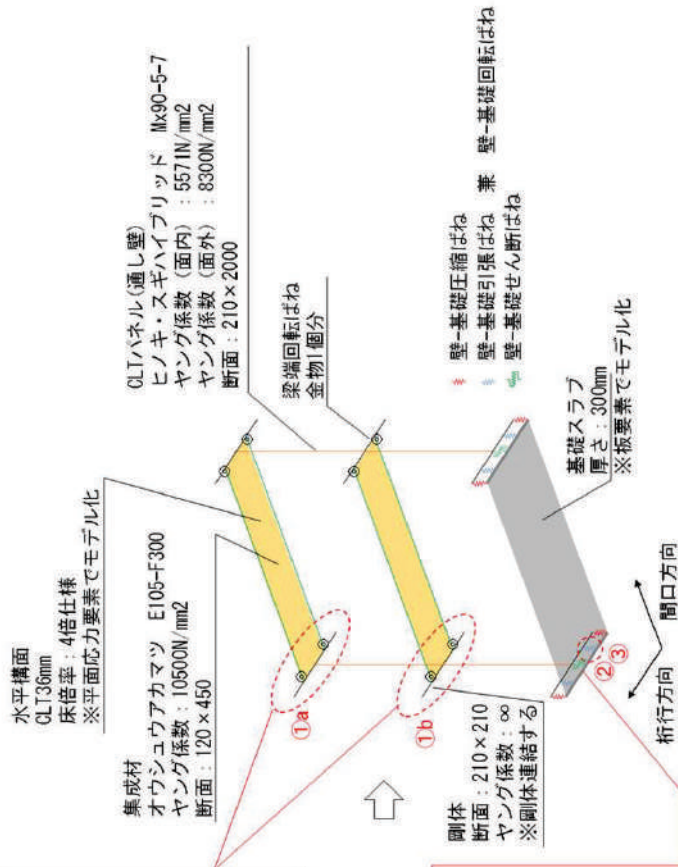


壁-梁接合部曲げ試験
※詳細図は別紙③に示す。

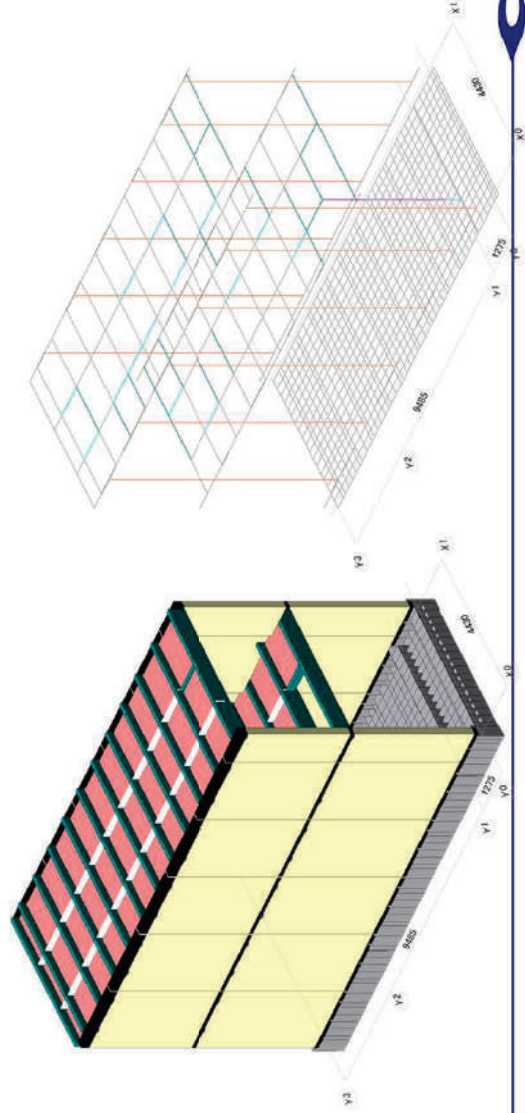
- ②：壁-基礎接合部の曲げ性能 (間口方向加力時)
- ③：壁-基礎接合部の引張性能 (桁行方向加力時)



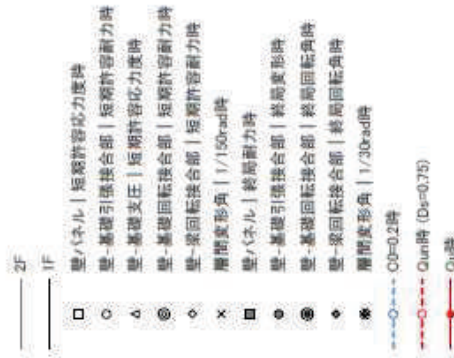
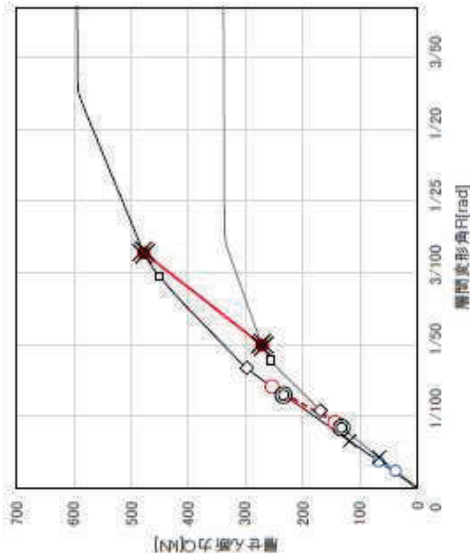
壁-基礎接合部曲げ、引張試験
※詳細図は別紙②に示す。



※桁行方向のモデル化はCLT設計施工マニュアルに準拠



(1) +EX 方向



荷重増分解析結果

荷重ケース: +EX

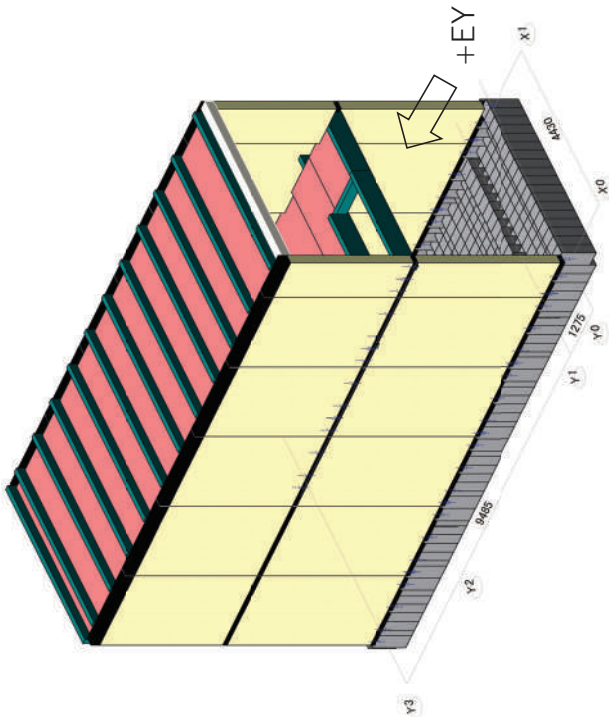
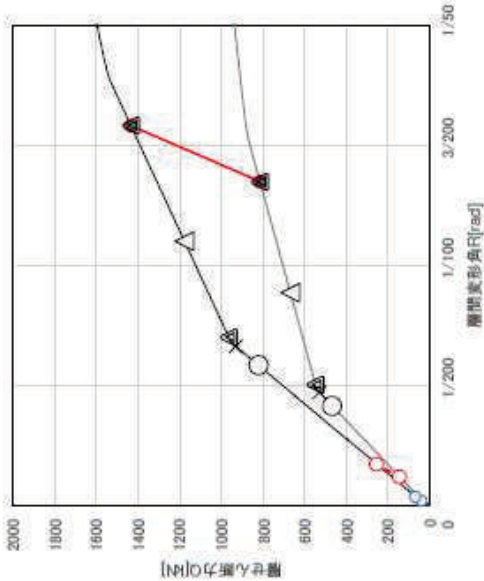
部材種別	部材名	解析ス テップ	Ci	層間変形角[rad]		層せん断力[kN]	
				2F	1F	2F	1F
壁・基礎	壁ハネル 短期許容応力度時	133	1.33	1/56	1/34	256	450
	壁-基礎引張接合部 短期許容耐力時	-	-	-	-	-	-
	壁-基礎支圧 短期許容耐力時	-	-	-	-	-	-
	壁-基礎回転接合部 短期許容耐力時	69	0.69	1/119	1/77	133	234
	壁-梁回転接合部 短期許容耐力時	88	0.88	1/93	1/60	169	298
柱・梁	柱-梁引張接合部 短期許容耐力時	35	0.35	1/234	1/152	67	118
	層間変形角 1/150rad時	20	0.20	1/410	1/266	38	68
	壁ハネル 終局耐力時	-	-	-	-	-	-
	壁-基礎引張接合部 終局変形時	-	-	-	-	-	-
	壁-基礎回転接合部 終局回転角時	176	1.76	1/14	1/12	339	596
層間変形	層間変形角 1/30rad時	141	1.41	1/51	1/31	271	477
	層間変形角 終局時	141	1.41	1/51	1/31	271	477

図 8.2.1 荷重増分解析結果 (+EX)

表 8.4.1 必要保有水平耐力と保有水平耐力 (+X 方向)

方向	階	W[kN]	Σwi[kN]	Ds	Fes	Qud[kN]	Qun[kN]	Qu/Qun	判定
+X方向	2F	148.95	148.95	0.75	1.00	192.3	144.2	1.88	OK
	1F	189.62	338.57	0.75	1.00	338.6	253.9	1.88	OK

(3) +EY 方向



荷重増分解析結果
荷重ケース: +EY

部材名	解析ス テツブ	Ci	層間変形角[rad]		層せん断力[kN]	
			2F	1F	2F	1F
壁ハネル 短期許容応力度時	522	5.22	1/40	1/37	1004	1767
壁-基礎引張接合部 短期許容耐力時	243	2.43	1/241	1/171	467	823
壁-基礎支圧 短期許容耐力時	348	3.48	1/113	1/91	669	1178
壁-基礎せん断 短期許容耐力時	285	2.85	1/199	1/143	548	965
壁-基礎回転接合部 短期許容耐力時	598	5.98	1/19	1/20	1150	2025
壁-梁回転接合部 短期許容耐力時	275	2.75	1/212	1/151	529	931
層間変形角 1/150rad時	20	0.20	1/4615	1/2711	38	68
壁ハネル 終局耐力時	-	-	-	-	-	-
壁-基礎せん断 終局耐力時	424	4.24	1/75	1/64	816	1436
壁-基礎引張接合部 終局変形時	566	5.66	1/29	1/28	1089	1916
壁-基礎回転接合部 終局回転時	-	-	-	-	-	-
壁-梁回転接合部 終局回転時	-	-	-	-	-	-
層間変形角 1/30rad時	557	5.57	1/32	1/31	1071	1886
層間変形角 Qu時	424	4.24	1/75	1/64	816	1436

表 8.4.3 必要保有水平耐力と保有水平耐力 (+Y 方向)

方向	階	W[kN]	Σwi[kN]	Ds	Fes	Qud[kN]	Qun[kN]	Qu/Qun	判定
+Y方向	2F	148.95	148.95	0.75	1.00	192.3	144.2	5.65	OK
	1F	189.62	338.57	0.75	1.00	338.6	253.9	5.65	OK

口計画概要

1. 工事名称

工事名称 世田谷区上馬5丁目プロジェクト(Garage house 上馬)新築工事
建設地 (地名地番)東京都世田谷区上馬5丁目1-9
(住居表示)東京都世田谷区上馬5丁目40-14

2. 敷地状況

建築敷地面積 実測 61.69 m² (18.63 坪)
都市計画区域 市街化区域
防火地域 防火地域
用途地域 近隣商業地域
その他の 区役所周辺地区地区づくり計画、計づくり誘導地区
地域地区 緑化地域、景観計画区域(一般地域・商業系ゾーン)

3. 構造・規模

構造 鉄骨造
階数 2 (B 1 F 2)
基礎 直接基礎
最高高さ 7.700 m
最高軒高 7.450 m

4. 面積

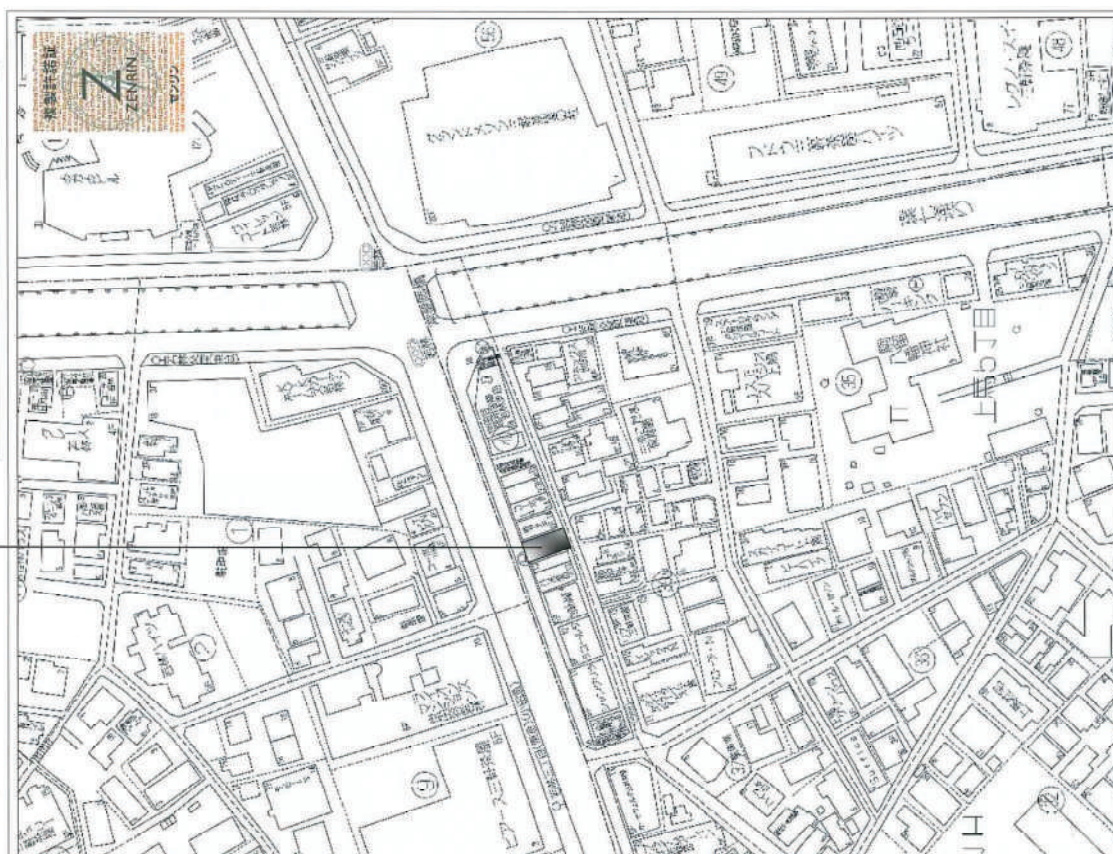
申請部分	申請以外の部分	合計	建ぺい率	容積率
建築面積 47.66 m ² (14.42 坪)	0.00 m ² (0.00 坪)	47.66 m ² (14.42 坪)	77.26% ≤ 80.00 %	
延床面積 95.32 m ² (28.83 坪)	0.00 m ² (0.00 坪)	95.32 m ² (28.83 坪)		154.51% ≤ 300.00%

5. 床面積

棟	階数	階高 m	駐車場	住宅部分	床面積 m ²
1	2F	3.39			47.66
	1F	3.91			47.66
床面積計					95.32
容積対象延床面積					95.32
工事床面積					95.32

6. その他の
工事範囲

種別	工事内容	工事範囲	備考	工事内容	工事範囲	備考
電気設備	配線・配電	○	電気設備	電気設備	○	
機械設備	空調機	○	機械設備	空調機	○	
衛生設備	トイレ	○	衛生設備	トイレ	○	
給排水設備	給水管	○	給排水設備	給水管	○	
消防設備	消火栓	○	消防設備	消火栓	○	
その他	その他	○	その他	その他	○	

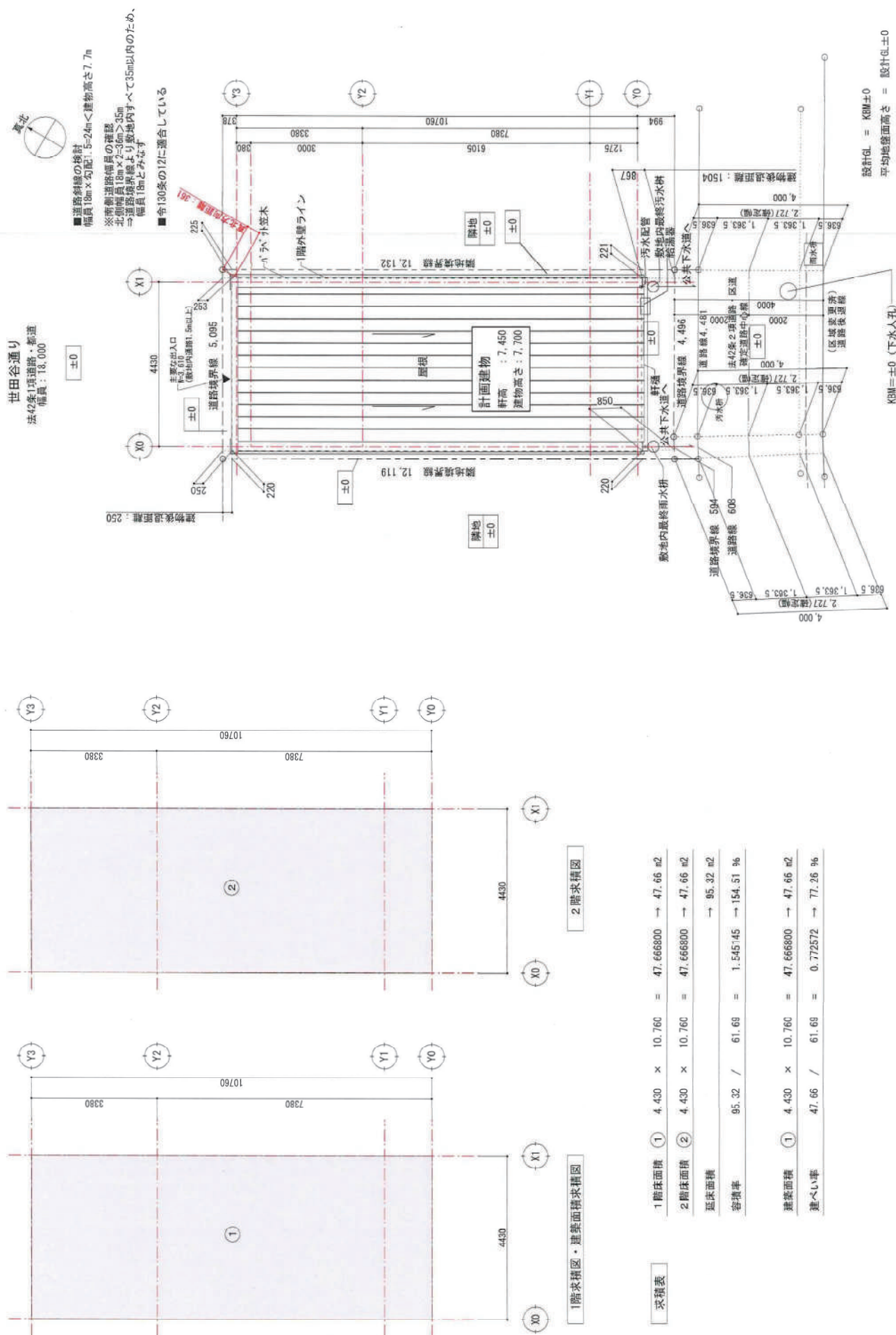


961830 20210625183150

50 m

Copyright (C) ZENRIN CO., LTD.

周辺案内図 S=1/1500


$$\begin{aligned} \text{設計GL} &= \text{KBM} \pm 0 \\ \text{平均地盤面高さ} &= \text{設計GL} \pm 0 \end{aligned}$$

主要な出入口

+000 設計GLからの高さ

配置·屋顶伏图

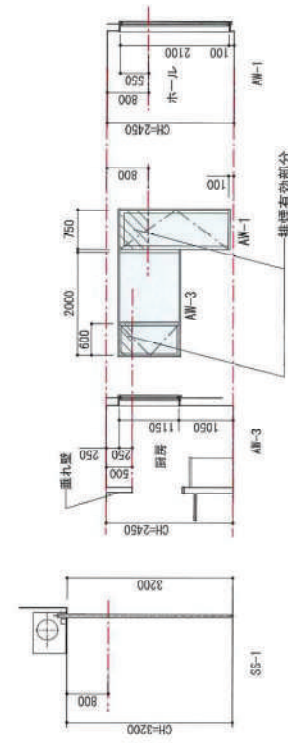
※1、2階とも、敷地内はすべて延焼の恐れのある範囲内

階段積区・建築面積求積図		2階求積図	
求積表	1階床面積 ①	$4.430 \times 10.760 =$	$47.6668000 \rightarrow 47.66 \text{ m}^2$
	2階床面積 ②	$4.430 \times 10.760 =$	$47.6668000 \rightarrow 47.66 \text{ m}^2$
	延床面積		$\rightarrow 95.32 \text{ m}^2$
	容積率	$95.32 / 61.69 =$	$1.545145 \rightarrow 154.51 \%$
	建築面積 ①	$4.430 \times 10.760 =$	$47.6668000 \rightarrow 47.66 \text{ m}^2$
	建ぺい率	$47.66 / 61.69 =$	$0.772572 \rightarrow 77.26 \%$

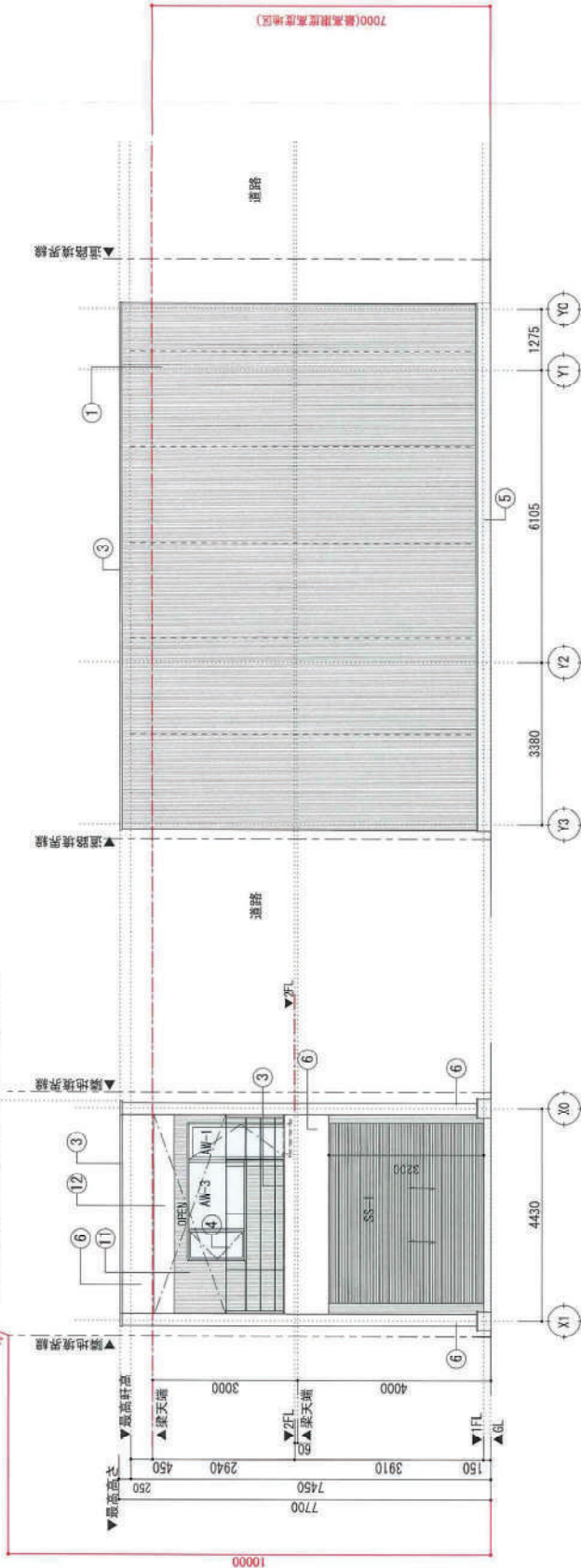
壁名・場所	床		巾木	壁		天井	その他
	下地	仕上		下地	仕上		
1階							
店舗 (飲食店)	コンクリート土間打設	コンクリート金ゴテ押え	—	東西側壁: QLT t=210 北南側壁、間仕切り壁 PBt=15 52カ所 t=9	東西側壁: 木材保護塗料 北南側壁、間仕切り壁 : 珪藻土 t=15 (不燃告示1400号)	GW t=50充填 強化PB t=12.5 (不燃NM-8615) AEP塗装 (不燃NM-8585)	
倉庫	コンクリート土間打設	コンクリート金ゴテ押え	—	東西側壁: QLT t=210 北南側壁、間仕切り壁 PBt=15 52カ所 t=9	東西側壁: 木材保護塗料 北南側壁、間仕切り壁 : 珪藻土 t=15 (不燃告示1400号)	GW t=50充填 強化PB t=12.5 (不燃NM-8615) AEP塗装 (不燃NM-8585)	
2階							
店舗 (飲食店) ホール	QLT t=35 構造用合板 t=9	タイル貼	—	東西側壁: QLT t=210 北南側壁、間仕切り壁 PBt=15 52カ所 t=9	東西側壁: 木材保護塗料 北南側壁、間仕切り壁 : 珪藻土 t=15 (不燃告示1400号)	GW t=100充填 強化PB t=15 (不燃NM-8615) AEP塗装 (不燃NM-8585)	
厨房	QLT t=35 構造用合板 t=9	塩ビシート貼	—	外壁面: 木軸 GW充填 PBt=15 間仕切り: 木軸 PBt=15 52カ所 t=9	外壁面: 珪藻土 t=15 (不燃告示1400号) 間仕切り壁: AEP塗装 (不燃NM-8585)	GW t=100充填 強化PB t=15 (不燃NM-8615) AEP塗装 (不燃NM-8585) カウンター: 木製 レンジフード: SUS	
トイレ	QLT t=35 構造用合板 t=9	タイル貼	—	外壁面: 木軸 GW充填 PBt=15 間仕切り: 木軸 PBt=15 52カ所 t=9	外壁面: 珪藻土 t=15 (不燃告示1400号) 間仕切り壁: AEP塗装 (不燃NM-8585)	GW t=100充填 強化PB t=15 (不燃NM-8615) AEP塗装 (不燃NM-8585)	
階段	木製 t=24	木材保護塗料	—	外壁面: 木軸 GW充填 PBt=15 間仕切り: 木軸 PBt=15 52カ所 t=9	外壁面: 珪藻土 t=15 間仕切り壁: 珪藻土 t=15 (不燃告示1400号)	GW t=100充填 強化PB t=15 (不燃NM-8615) AEP塗装 (不燃NM-8585)	ささら折: 木製 t=24
外部	外壁: 1:45分標準耐火構造 QLT t=210+35mmの構造板 t=0.4 平12年建築第1358号1、令元年国交告示第195号1 2:45分標準耐火構造 QFJ45B-1631 構造用合板 t=9 防水シート 透気断熱材 O+Hf t=18 開口部: 亜鉛メッキ亜鉛鍍金亜鉛シャッター (防火設備: 告示135の例示仕様) スチール扉 (防火設備: 告示135の例示仕様) アルミサッシ (防火設備: 告示1552-2)	外壁: 1:45分標準耐火構造 QLT t=210+35mmの構造板 t=0.4 平12年建築第1358号1、令元年国交告示第195号1 2:45分標準耐火構造 QFJ45B-1631 構造用合板 t=9 防水シート 透気断熱材 O+Hf t=18 開口部: 亜鉛メッキ亜鉛鍍金亜鉛シャッター (防火設備: 告示135の例示仕様) スチール扉 (防火設備: 告示135の例示仕様) アルミサッシ (防火設備: 告示1552-2)	屋根	カラーガルバリウム鋼板 t=0.4 立平葺 (不燃NM-5697) CLT t=36+木軸+防水シート+構造用合板 t=12下地 屋内 強化PB t=12 AEP塗装 準耐火30分: 平12年建築第1358号5 床上被覆材: CLT t=36 強化PB t=9 シート防水 珪藻土+HDPE 7mm厚 床下被覆材: 強化PB t=12.5の上羽目板貼 準耐火45分: 平12年建築第1358号3	準耐火建築物 4-2 壁 柱 はり 間仕切り 加熱時間45分間 屋根 階段 加熱時間30分間 外壁: 仕様左記の通り 平成12年建築第1358号1 令元年国交告示第195号1 間仕切り壁: 非耐力壁 PB t=15 平成12年建築第1358号1 令元年国交告示第195号1 柱: PB t=15 平成12年建築第1358号2 令元年国交告示第195号2 梁: 天井防火被覆内として無し 2012年 日本建築学会防火委員会 床: 床上被覆材: CLT t=36 床下被覆材: GW t=50充填 強化PB t=12.5 平成12年建築第1358号3 令元年国交告示第195号3 階段: 厚さ35mm未満の木材 段被覆材の防火被覆: 強化PB t=15 桁外側の防火被覆: PB t=15 平成12年建築第1358号3 軒裏: 珪藻土無し		



室名	室面積	必要有効開口面積	柱員符号	計画有効開口面積	※連動に面した窓の倍長増正係数は1とする
店舗	40.84㎡	採光 1/20	SS-1	3.75×3.2×1※=12.0 ⇒OK	
		換気 1/20	SS-1	3.75×3.2=12.0 ⇒OK	
		排煙 1/50	SS-1	0.8×3.2×2=2.56 ⇒OK	
		採光 1/20	AW-1	0.75×2×1※×0.7 (テラス考慮) =1.05 ⇒OK	
ホール	18.94㎡	換気 1/20	AW-1	0.75×2.1=1.57 ⇒OK	
		排煙 1/50	AW-1	0.75×0.55=0.41 ⇒OK	
		採光 1/20	AW-3	2.0×1.15×1※×0.7 (テラス考慮) =1.61 ⇒OK	
		換気 1/20	AW-3	0.6×1.15=0.69 ⇒OK	
厨房	7.01㎡	排煙 1/50	AW-3	0.6×0.25=0.15 ⇒OK	
		換気 1/20	AW-2	0.50×0.90=0.45 ⇒OK	
		採光 1/50	AW-2	0.50×0.30=0.15 ⇒OK	
		排煙 1/50			
トイレ	2.03㎡				

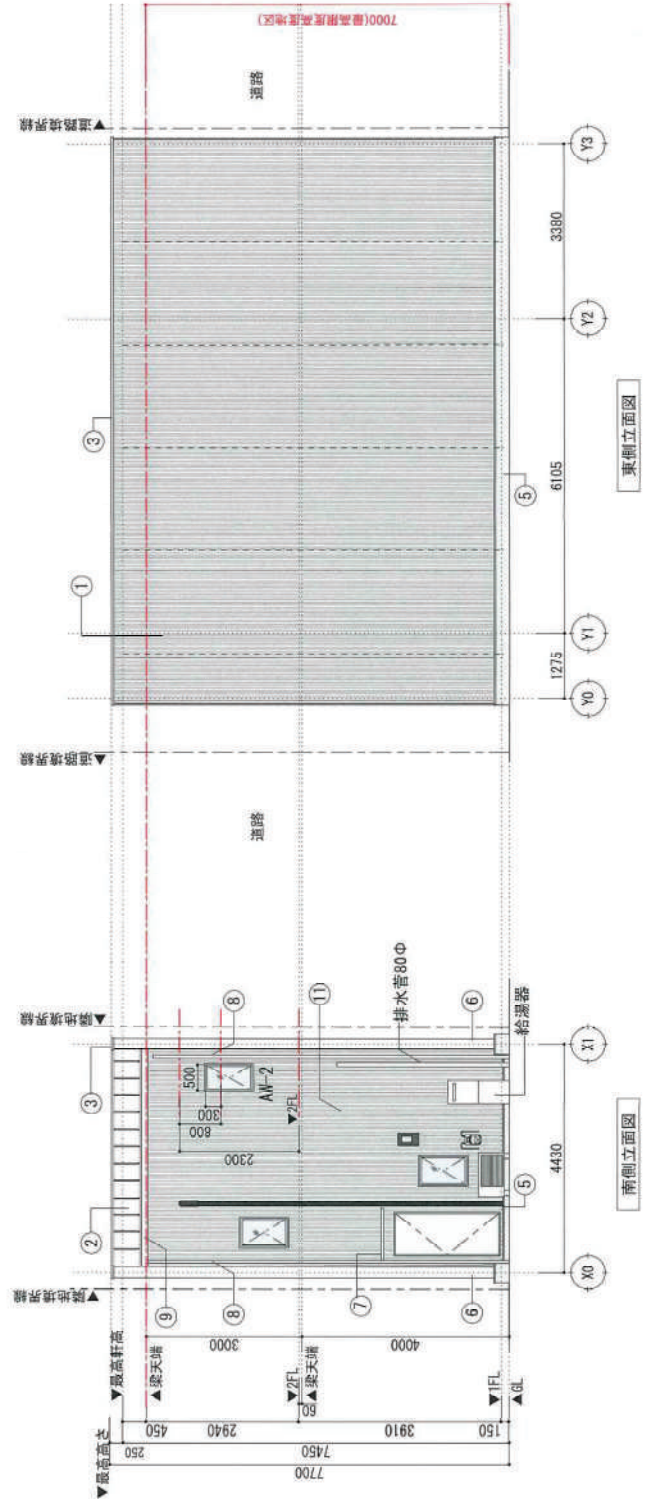


■北側緑地の建設
11.0m×最北方向距離0.301m×1.25=10.45m > 建物高さ7.7m



北側立面図

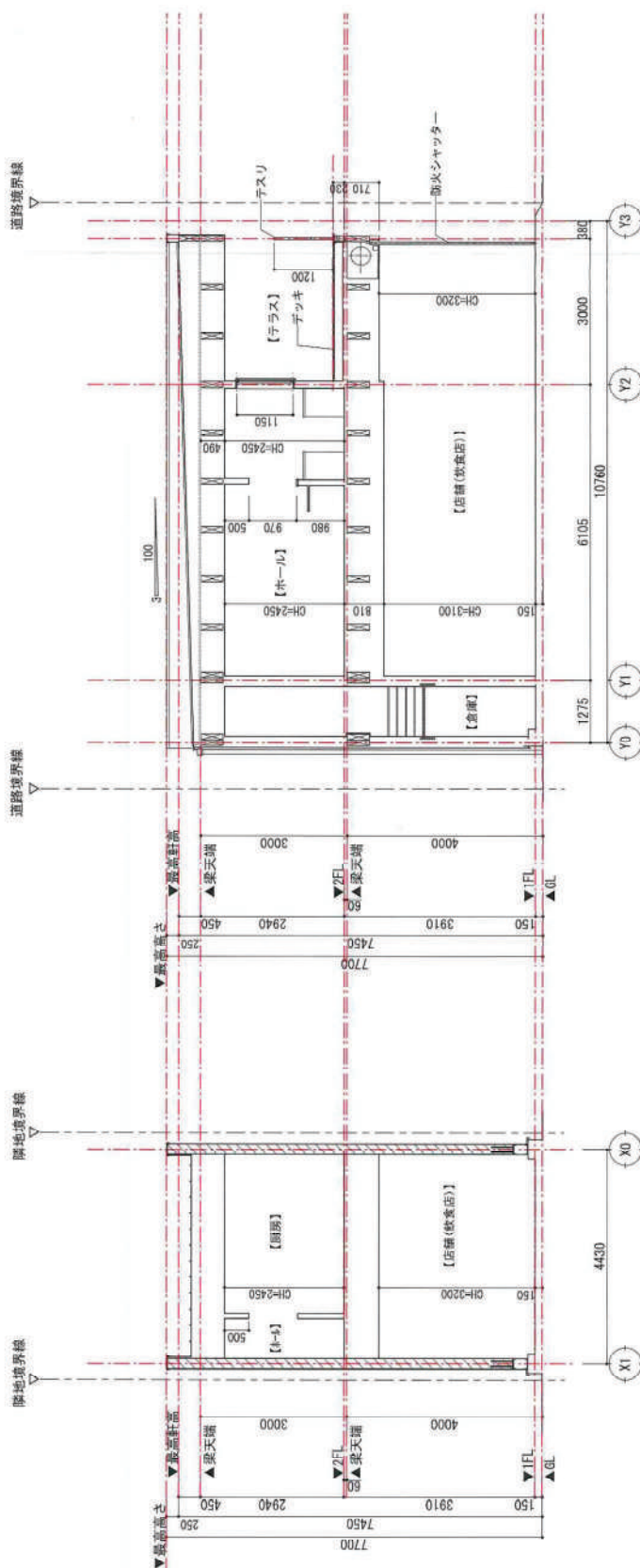
西側立面図



南側立面図

東側立面図

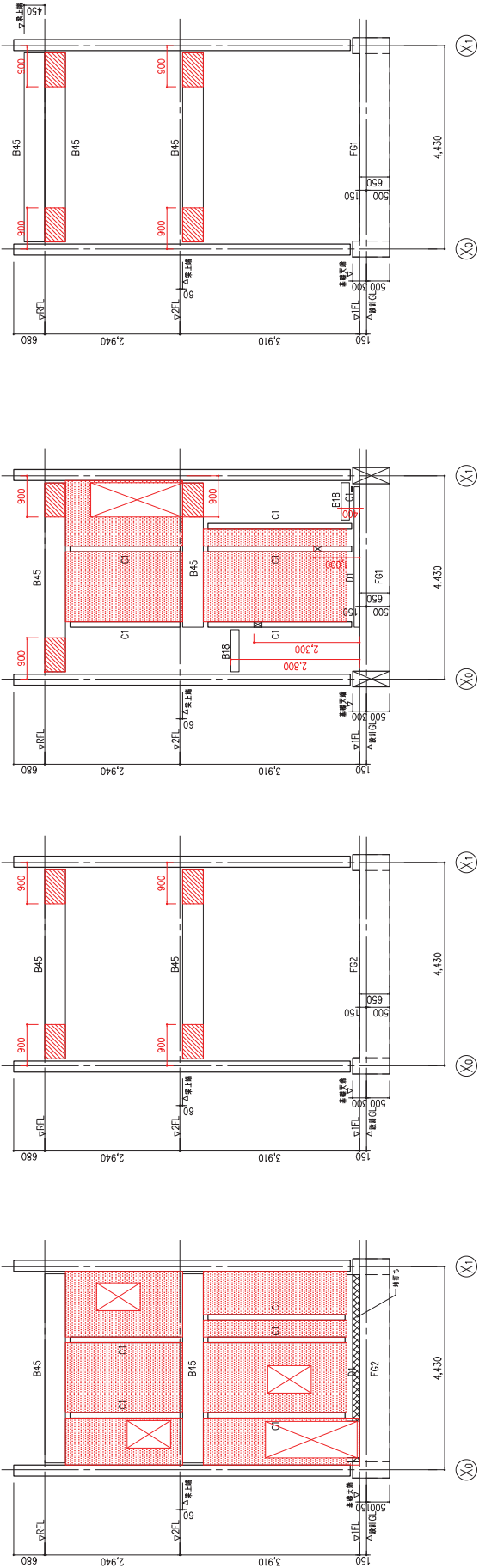
外観仕上げ	
①	ガルバリウム鋼板(色:ブラック)
②	カラーガルバリウム鋼板(色:ブラック)
③	②. 4 立平葺
④	③. 5 木: カラーガルバリウム鋼板(色:ブラック)
⑤	④. 4 鋼製手摺 SIP(色:ブラック)
⑥	⑤. 5 鉄線: コンクリート金ゴテ仕上(色:グレー)
⑦	⑥. 6 木口包み, スチールパネル付4(色:ブラック)
⑧	⑦. 7 アルミ庇(色:シルバー)
⑨	⑧. 8 窓: ガルバリウム丸通60φ(色:ブラック)
⑩	⑨. 9 付属: HM00(色:ブラック)
⑪	⑩. 10 シャッターボックス(色:ブラック)
⑫	⑪. 11 サイディング付18(色:ブラック)



B-B' 断面图

※道路斜線：前面道路18m＜降地境界線12.13、最高高さ7.38より道路斜線は影響なし

A-A' 断面图

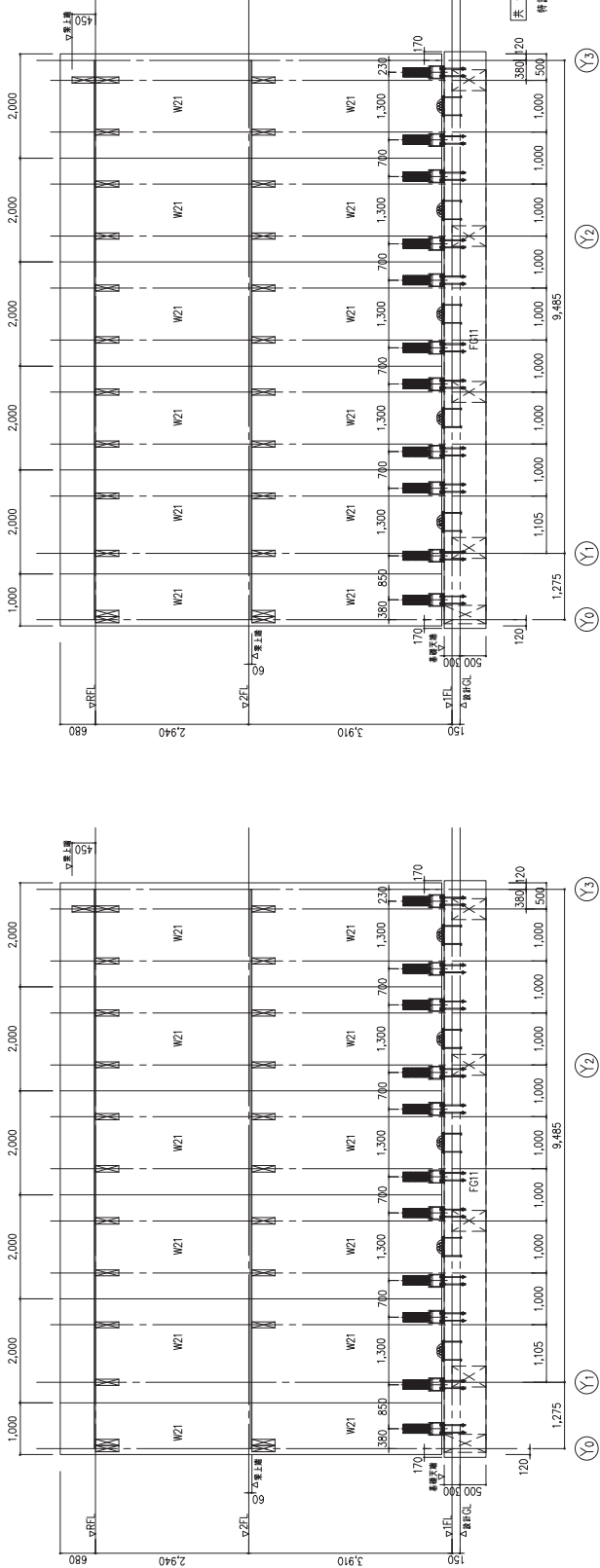


Y3通り-380軸組図 S=1:50

Y1通り軸組図 S=1:50

Y0通り+120軸組図 S=1:50

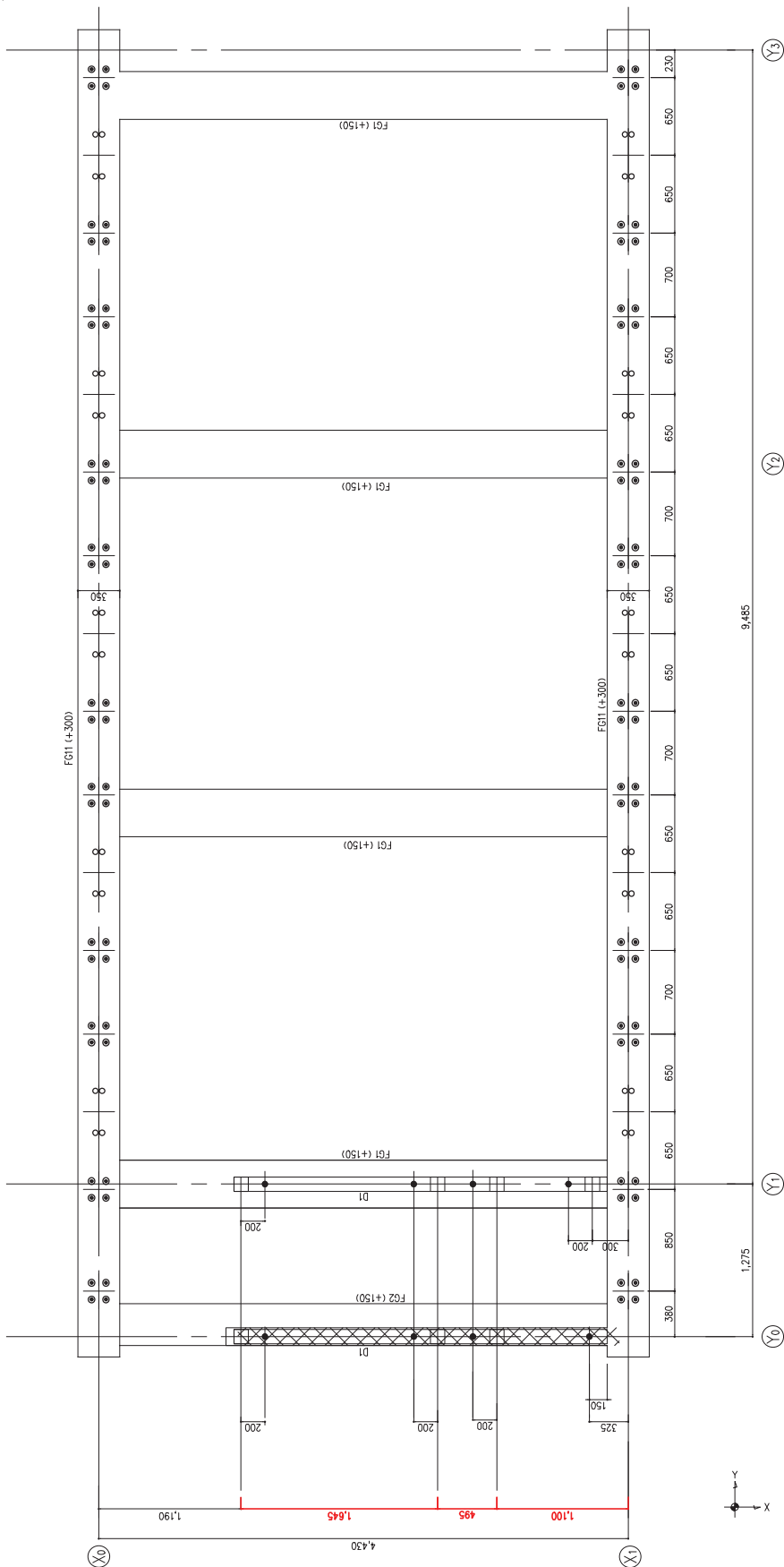
Y0通り軸組図 S=1:50



X1通り軸組図 S=1:50

X0通り軸組図 S=1:50

床 溝 断面
特記なき限り下記による。
1. 斜線は換気室への干渉を避けるため、置込を禁ず。
2. 斜線は換気室を示す。開口部は換気室による。
斜線は換気室45×1200455を設置する。



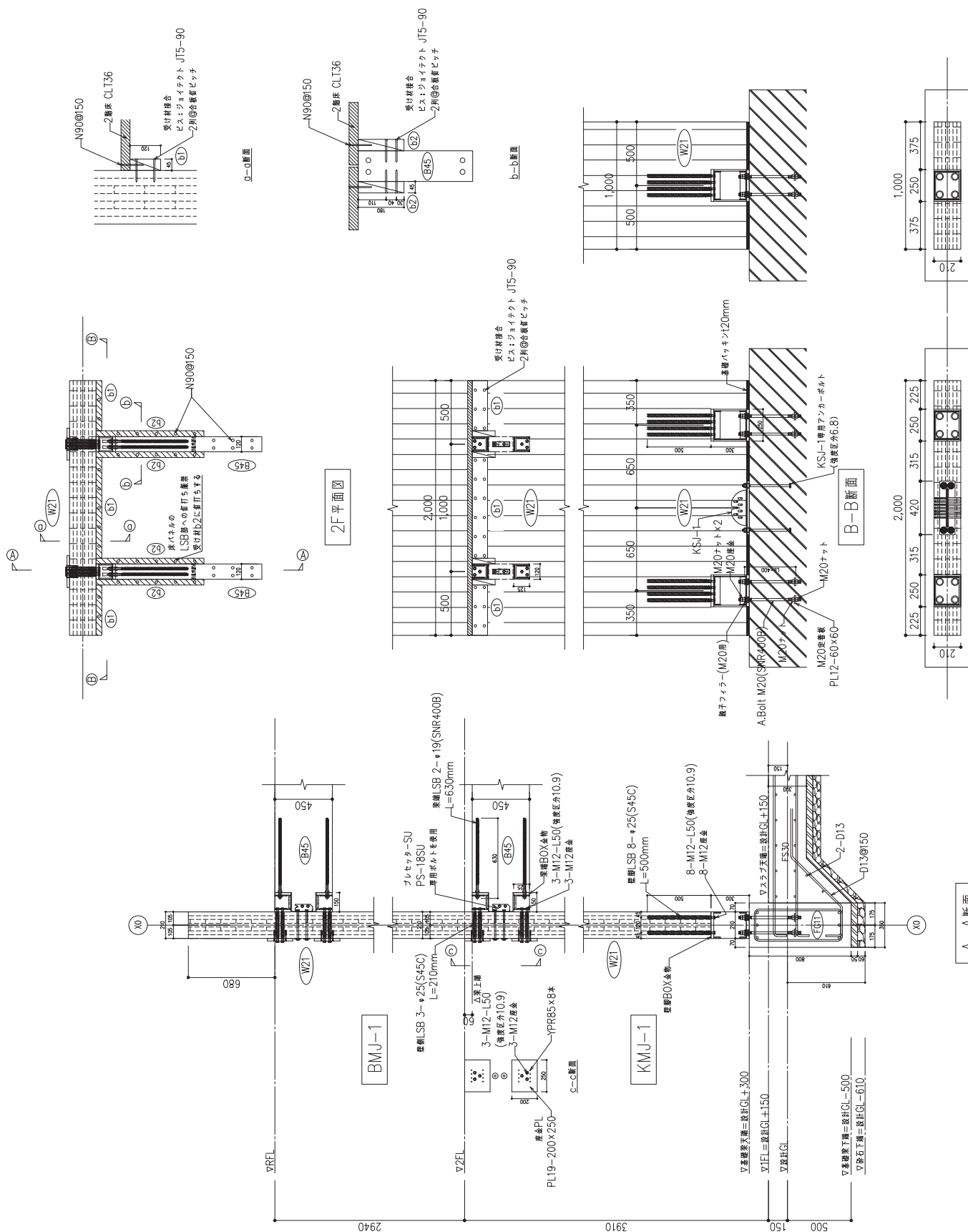
特記なき限り下記による。

アンカーボルト位置設置詳細図

○・・・M16 基準天端からの出寸法:50mm
 ◎・・・M20(ABR400B) 基準天端からの出寸法:85mm

●・・・M12アンカーボルト
ユニハットアンカー-M12、フリーランクアンカー-ボルトM12 (BXカネシン) 同等品
(柱芯より200mm以内、基礎埋込：250mm以上)

※詳細はプレセッター-SUのマニュアルを参照すること。



4.1 Mistletoe Japan (同) / (一社) 東京学芸大Explayground推進機構

事業名		東京学芸大学Explayground施設 新築工事	
実施者（担当者）		Mistletoe Japan合同会社（一般社団法人東京学芸大Explayground推進機構）	
建築物の概要	用途		木工場兼集会場
	建設地		東京都小金井市貫井北町4丁目750-2番地他
	構造・工法		RC造、CLT捨て型枠工法
	階数		1
	高さ（m）		6.59
	軒高（m）		6.48
	敷地面積（㎡）		297,471.22
	建築面積（㎡）		251.28
	延べ面積（㎡）		295.9
	階別面積	1 階	295.9
		2 階	
		3 階	
C L T の仕様	C L T採用部位		型枠
	C L T使用量（㎡）		加工前製品量128.74 ㎡、加工後建築物使用量38.8 ㎡
	梁型枠側面パネル	寸法	60mm厚
		ラミナ構成	3層3プライ
		強度区分	S60A
		樹種	スギ
	梁型枠底パネル	寸法	240mm厚
		ラミナ構成	8層8プライ
		強度区分	S60A
		樹種	スギ
	屋根型枠パネル	寸法	60mm、90mm、150mm、210mm厚
		ラミナ構成	3層3プライ、3層3プライ、5層5プライ、7層7プライ
強度区分		S60A	
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		－
仕上	主な外部仕上	屋根	ジョリパッド吹付
		外壁	ジョリパッド吹付
		開口部	－
	主な内部仕上	界壁	－
		間仕切り壁	－
		床	コンクリート金ゴテ仕上げ 表面強化剤
構造	天井		CLT型枠現し＋WP塗装
	構造計算ルート		鉄筋コンクリート造ルート1（CLTは型枠として利用）
	接合方法		腰掛継ぎ＋既成金物（短冊・コーナー等）
	最大スパン		20m
	問題点・課題とその解決策		当初スラブ型枠については支保工なしで成立できるように、CLTを厚く残す計画であったが、3次曲面のために材積がかさんでしまったため、支保工を増やして板厚を下げる調整を行い、施工性とコストとのバランスを図った。 コンクリート3次曲面を施行するためには通常鋼製型枠を用いるなど、特殊な工法が必要とされコスト増に繋がるが、厚物のCLT大判から型枠を効率的に切削することで、施工時のコストを抑えることが出来た。
防火	防火上の地域区分		準防火地域
	耐火建築物等の要件		無
	本建築物の防火仕様		無
	問題点・課題とその解決策		無
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		特になし
	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		全ての型枠パーツが異なるため、ナンバリングを行い、図面上にプロットすることで使用部位が施工者に容易に伝わるよう工夫した
	給排水・電気配線設置上の工夫		－
	劣化対策		CLT型枠が内装仕上げとして残るため、木材保護塗料を塗布
工程	設計期間		2020年4月～2021年12月（21ヵ月）
	施工期間		2022年9月～2023年2月（6.5ヵ月）
	C L T 躯体施工期間		2022年11月下旬～2023年1月中旬（6週間）
	竣工（予定）年月日		2023年2月17日
体制	発注者		Mistletoe Japan合同会社
	設計者（複数の場合はそれぞれ役割を記載）		VUILD株式会社
	構造設計者		株式会社佐藤淳構造設計事務所
	施工者		有限会社アトリエ海
	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		－

実証事業名：東京学芸大学 Explayground 施設 新築工事の建築実証

建築主等／協議会運営者：Mistletoe Japan 合同会社／一般社団法人東京学芸大
Explayground 推進機構

1. 実証した建築物の概要

用途		木工場兼集会場		
建設地		東京都小金井市		
構造・工法		RC 造・CLT 捨て型枠工法		
階数		1		
高さ（m）		6.59	軒高（m）	6.48
敷地面積（㎡）		297,471.22	建築面積（㎡）	251.28
階別面積	1 階	295.90	延べ面積（㎡）	250.43
	2 階			
	3 階			
CLT 採用部位		RC 型枠		
CLT 使用量（m³）		加工前製品量 128.74 m³、加工後建築物使用量 38.8 m³		
CLT を除く木材使用量（m³）		－		
CLT の仕様	（部位）	（寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種）		
	梁型枠側面パネル	60mm 厚/3 層 3 プライ/S60A /スギ		
	梁型枠底パネル	240mm 厚/8 層 8 プライ/S60A /スギ		
	屋根型枠パネル	60mm、90mm、150mm、210mm 厚/3 層 3 プライ、3 層 3 プライ、5 層 5 プライ、7 層 7 プライ/S60A /スギ		
設計期間		2020 年 4 月～2021 年 12 月（21 ヲ月）		
施工期間		2022 年 9 月～2023 年 2 月（6.5 ヲ月）		
CLT 軀体施工期間		2022 年 11 月下旬～2023 年 1 月中旬（6 週間）		
竣工（予定）年月日		2023 年 2 月 17 日（実証事業対象工事完了日）		

2. 実証事業の目的と設定した課題

CLT をより広く活用・普及させていくためには、純粋な CLT 造への利用だけでなく、別構造の建築への利用も推し進め、先駆的事例を創出していくことも重要である。現状、純 CLT 造を実現しようとする、耐火性能を満たすため仕様などによりコスト増となる課題がある。本件は純粋な CLT 造ではないものの、強度や加工性の高さといった CLT の材料特性に期待し、RC と CLT をハイブリッドした捨て型枠構法（型枠をそのまま仕上げ材として利用する）とする。また、この型枠をデジタル加工機によって目的形状の通りに加工し、それらをモジュール化することによって、施工の簡易化を図る。本実証事業によって、経済化を実現することができれば、今後の汎用性・普及性が見込まれる。加えて、存置される型

枠は型枠自体の耐力を構造の余力として期待できるとともに、廃棄される材料の削減や工期短縮につながり、脱炭素社会に貢献することができる。RC造の型枠として利用するために、CLTパネルの耐力の検証や、パネル同士の接合方法の検証を通してその有用性を実証したい。今回実証事業で設定した課題は以下である。

- (1) CLT 型枠の強度
- (2) RC打設時の荷重をCLT型枠が受ける際の接合部、接合金物の仕様選定
- (3) RC打設を行う際のCLT型枠のコスト削減および他工法との比較検討
- (4) CLT 型枠の施工性（精度や組立手順）及び将来的な適用性

3. 協議会構成員

(建築主) Mistletoe Japan 合同会社

(用途企画) 一般社団法人 東京学芸大 Explayground 推進機構(協議会運営者)

(設計) VUILD 株式会社

(構造設計) 株式会社佐藤淳構造設計事務所

(施工) 有限会社アトリエ海

(材料供給) 株式会社サイプレス・スナダヤ

4. 課題解決の方法と実施工程

建築計画及び部材加工は VUILD が、構造設計および接合部設計は佐藤淳構造設計事務所が行う。CLT 型枠の強度および接合部強度については、実験を行った上で必要な耐力を満たす仕様を検証している。その結果をもとに、原寸大のモックアップを作成し、実際に十分な強度が担保できるか確認した上で、その施工性や組み立て手順について協議会にて確認し、実際の施工時に予想される課題解決を図る。

<協議会の開催>

2022 年 8 月：第 1 回開催、問題点洗い出し、着工前確認

10 月：第 2 回開催、CLT 型枠工事進捗確認

2023 年 1 月：第 3 回開催、工事改善点等確認

2 月：第 4 回開催、実証事業の取りまとめ検討

<設計>

2022 年 6 月-9 月：確認申請

<施工>

2022 年 9 月：工事契約

9 月～11 月中旬：着工、基礎工事

11 月下旬～2023 年 2 月中旬：躯体工事（CLT 型枠組立～RC 打設）

※CLT 関連工事はここまで。以下は助成対象外の工程。

令和 5 年 3 月初旬：外装工事

1 月中旬～3 月中旬：設備工事、内部仕上工事

3 月中旬～4 月初旬：外構工事

4 月中旬：竣工

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) CLT 型枠の強度

CLT 型枠の強度検証のために 3 つの検証を行った。

- ・原寸部分モックアップ検証：型枠の精度、組み立て手順、接合部金物の施工を検証し、改善点を見つけ、施工実現性を高めた。
- ・コンクリート打設試験：部分的に製作した CLT 型枠に実際にコンクリートを打設することで型枠の強度や安全性を確認した。
- ・梁型枠側面及び屋根型枠の接合部の強度検証実験：施工安全性を検証するため型枠接合部の強度を実験にて確認して、支保工の位置・本数を決定した。

(2) RC 打設時の荷重を CLT 型枠が受ける際の接合部、接合金物の仕様選定

梁型枠側面については、製作サイズによって接合部が出てくるため、腰掛継ぎとし、梁の上下端に既製品短冊金物を貼り付け曲げモーメントを伝達できるようにしている。底面は側面間を掛け渡すようにしており、打設時の側圧による引き抜きに耐えるように内側に既製品コーナー金物を用いている。

壁・スラブ型枠については、施工時荷重及び支保工位置を考慮した型枠の構造解析を行い、裏側に金物が出ないように型枠上端にのみ 3.2mm～6mm の鋼板を貼り付け木ビスのスタンスにより曲げモーメントを伝達できるようにしている。

(3) RC 打設を行う際の CLT 型枠のコスト縮減および他工法との比較検討

自由曲面形状の建物を今回の工法で建てる場合と既存の複雑形状の RC ユニット工法で建てる場合のコスト比較を行った。材料費を比較すると既存工法のほうが安くという結果となったが、組立費や加工費を含めた金額で比較すると既存工法より 1000 万ほど安くなった。建て方費・輸送費も安く、全体としては 3000 万弱安いという結果となった。参考までに炭素貯蔵量を計算したが、内装を木質仕上げとすることもできることや炭素貯蔵の付加価値も考慮すると金額差以上の価値があるだろう。

(4) CLT 型枠の施工性（精度や組立手順）及び将来的な適用性

まず型枠の精度を担保するために材料の保管に注意を払い、各パーツの接合手順やほぞやダボによるガイドを設けるなどの工夫を加えた。

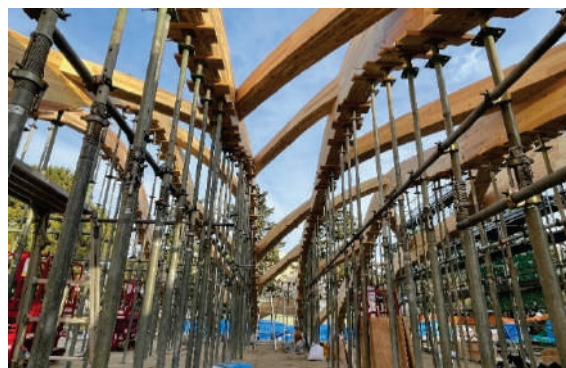
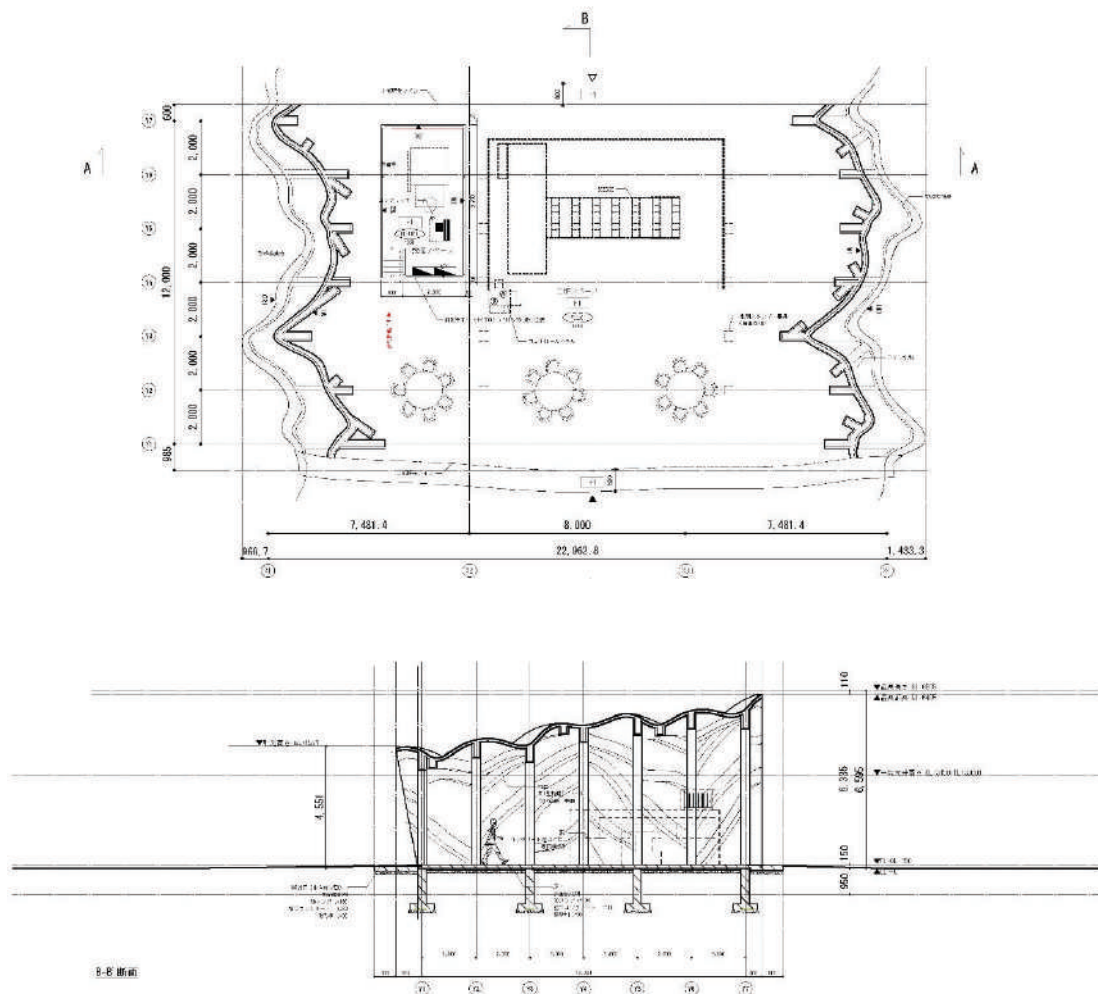
施工手順は、型枠の組み立てと鉄筋の配筋が重なるため施工者と協議を重ね、仮説検証を繰り返し、実現可能な手順を組み立てることができた。

今回の検証を通して、CLT を用いた捨て型枠工法により安価にかつ十分な性能をもって建築を建てられる可能性を提示することができた。今回は複雑な曲面形状の建築で検証を行ったが、より単純な形態であればより安価に簡易に建築することもできるだろう。

6. 本実証により得られた成果

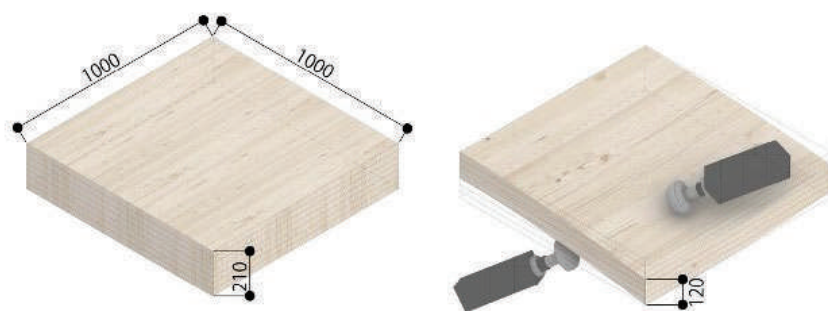
自由形状の RC 造建築物を設計する上で本事業の CLT 型枠のあり方及び接合部を適用でき、成果を広く普及できる。CLT を型枠へ応用する施工・経済・環境的メリットが明らかとなり、同様の形状の建築物に波及的効果を期待できる。

7. 建築物の平面図・立面図・写真等



■CLT 捨て型枠工法について

本計画では VUILD が所有する大型 5 軸加工機を用い、CLT の厚板を 3 次元加工することで生まれる工法を考案した。具体的には、デジタル加工された CLT を捨て型枠として利用し、その型枠上に最小限のコンクリートを打設する建築工法である。最小限のシェル厚で成立するように断面曲線をずらすことで面の強度を増やし、それでも弱い部分には葉脈状の梁を配置し、これらの曲面形状を施工するために複雑に加工された CLT 型枠を積むことで、スパン約 20m の RC 建築を実現する計画である。細かく分割された CLT 型枠パネルは全てユニーク形状のため、コンピュータ上で部品を管理することで、型枠製造・施工上の多くの追加要望・変更に対応し、効率的に問題解決を行った。



CLT の板を 3 次元切削する

型枠を部品化する



VUILD 株式会社 | KOKI ANZOSHIN

CLT 捨て型枠 RC シェル



VUILD 株式会社 | KOKI ANZOSHIN

■ CLT 型枠の強度検証

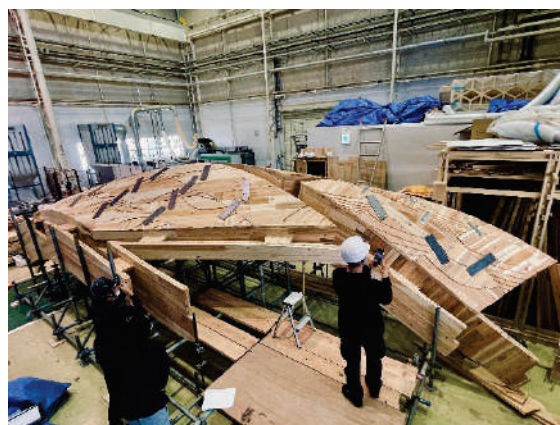
今回考案した工法の実現性を検証するため、以下の3つの検証を行った。

01：原寸部分モックアップ検証

型枠の施工精度、組み立て手順の確認、接合部金物の施工の検証を行うために原寸部分モックアップを作成した。また、鉄筋工事が可能かどうか、本モックアップを使用して施工実現性を検証した。

このモックアップ検証により実際の工事着手時の施工性を高める改善点を発見することができた。

- 使用する CLT 材のプライ数により大きく反る材がある
→仕様の変更：偶数のプライ数の CLT は反りやすいため、t120→t150 に変更
- 大梁・小梁の接合部のクリアランス
→小梁が落とし込みやすいクリアランスの確保
- 上記の接合部形状
→5 軸加工機で加工できるよう構造図からの指示から改変して仕口を調整
- スラブ型枠の頂点が4枚集まる点に金物を設置
→スラブ型枠同士がずれるのを防止
- プレート金物の種類をより細かく、かつ薄いもので成立するように調整
→曲率が大きい接合部に t6 のプレート金物が貼れないため、厚みを調整
→厚みで解決できない部分（曲率が大きい t6 のプレート金物を貼る必要がある部分）は、曲率をコンピュータ上で分類し、工場で先行して曲げたプレートを製作
- 配筋含む組み立て手順の確認、変更
- 支保工の配置の仕方を変更



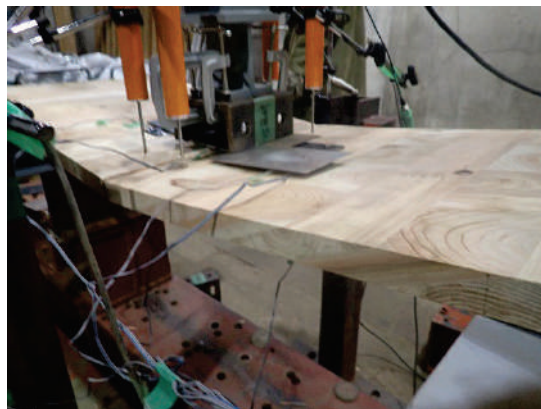
02：コンクリート打設試験

部分的に製作した CLT 型枠に実際にコンクリートを打設することで型枠の強度や安全性を確認した。

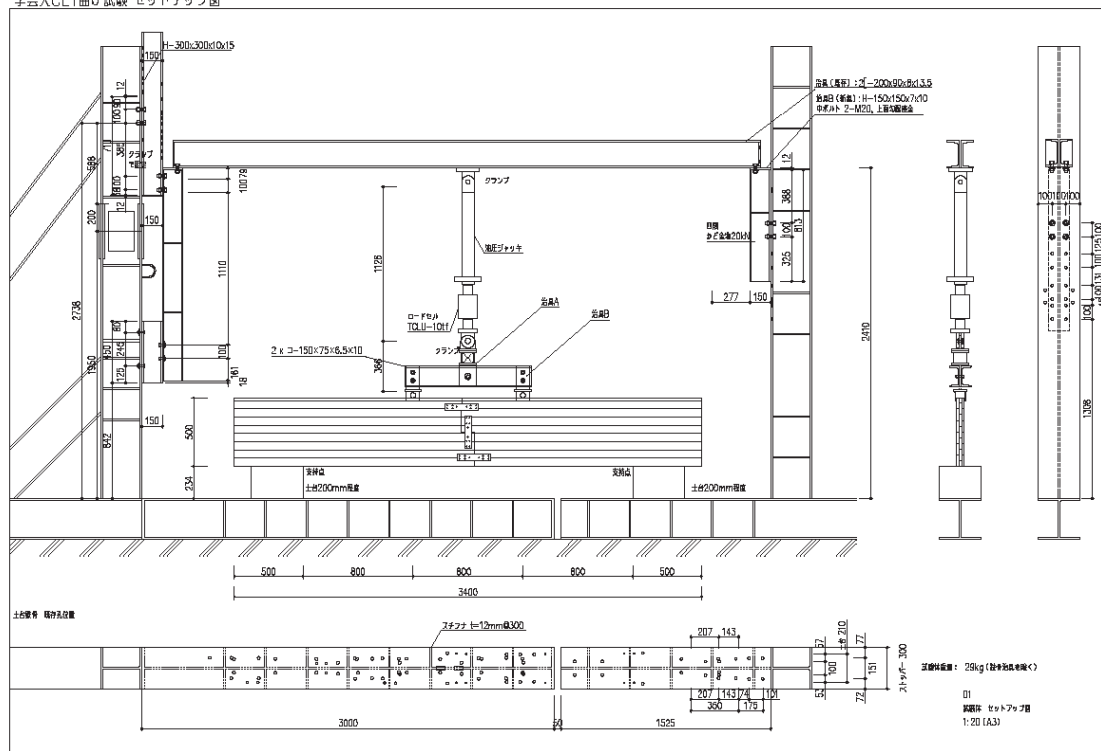


03：梁型枠側面及び屋根型枠の接合部の強度検証実験

施工安全性を検証するため型枠接合部の強度を実験にて確認して、支保工の位置・本数を決定した。



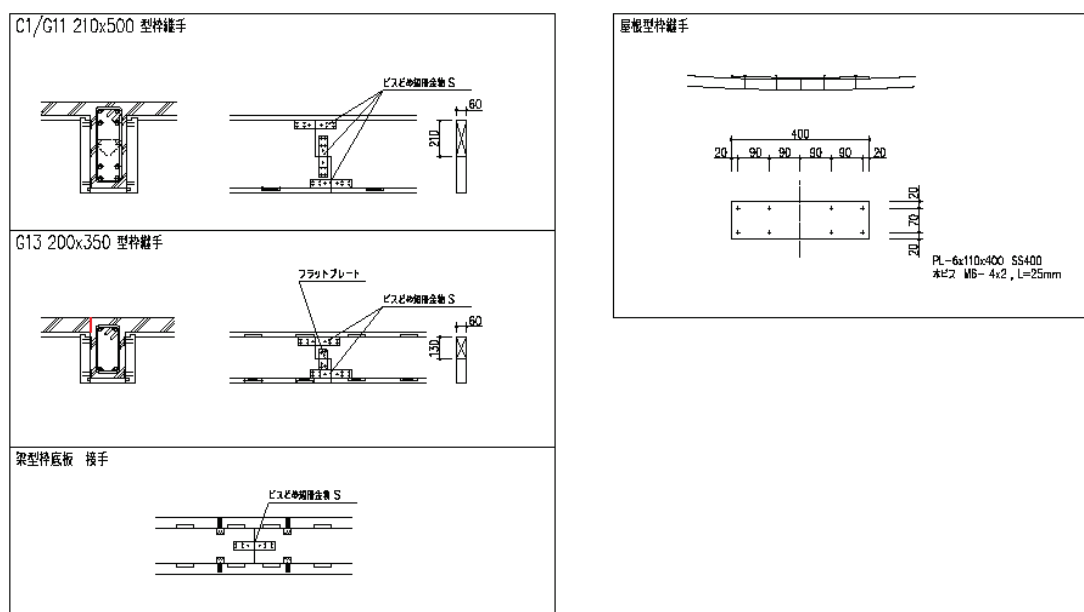
学芸大CLT曲げ試験 セットアップ図



■ R C打設時の荷重をCLT型枠が受ける際の接合部、接合金物の仕様選定

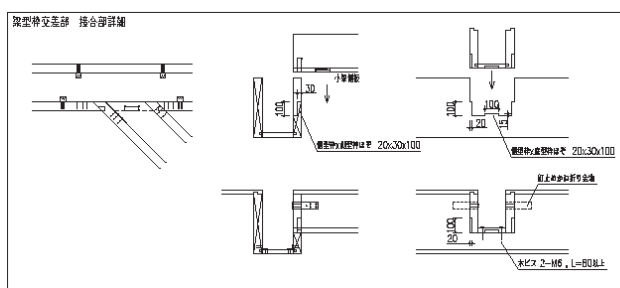
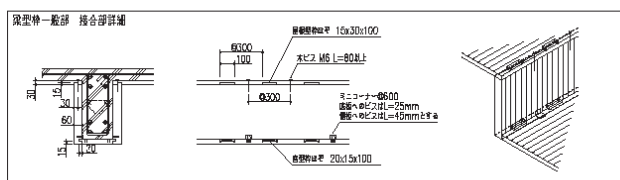
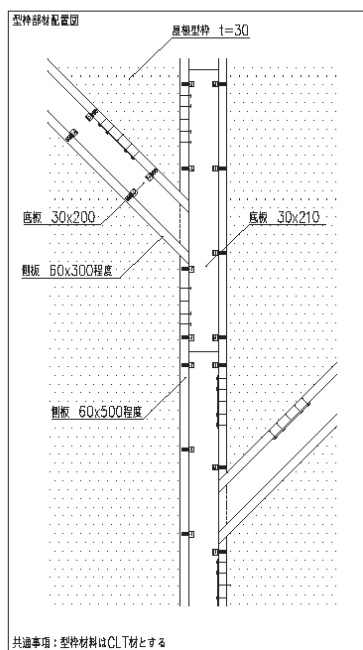
梁型枠側面については、製作サイズによって接合部が出てくるため、腰掛継ぎとし、梁の上下端に既製品短冊金物を貼り付け曲げモーメントを伝達できるようにしている。底面は側面間を掛け渡すようにしており、打設時の側圧による引き抜きに耐えるように内側に既製品コーナー金物を用いている。

CLT型枠接合部詳細図



壁・スラブ型枠については、施工時荷重及び支保工位置を考慮した型枠の構造解析を行い、裏側に金物が出ないように型枠上端にのみ 3.2mm～6mm の鋼板を貼り付け木ビスのスタンスにより曲げモーメントを伝達できるようにしている。

CLT型枠接合部詳細図



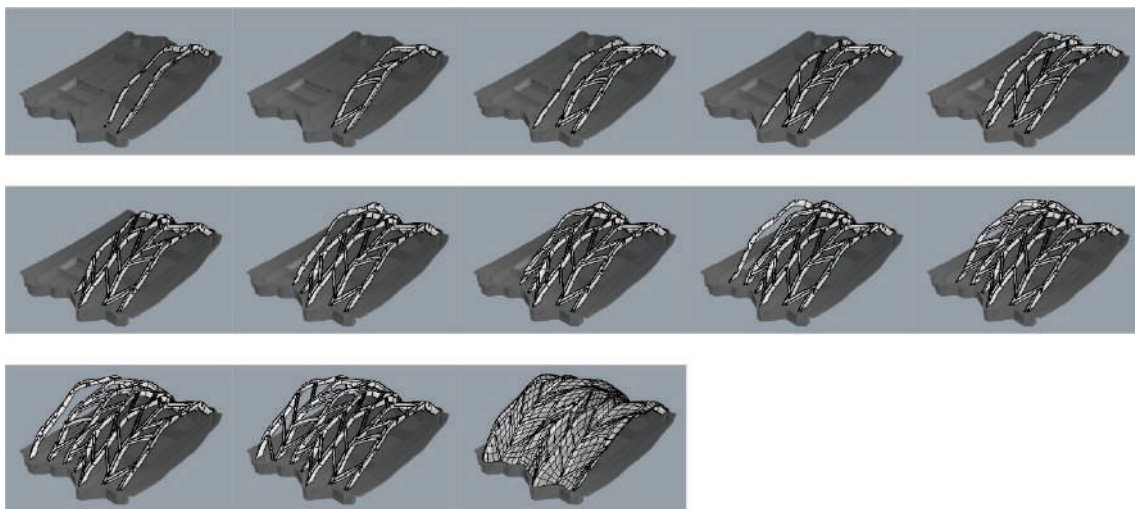
■ CLT 型枠の施工性（精度や組立手順）

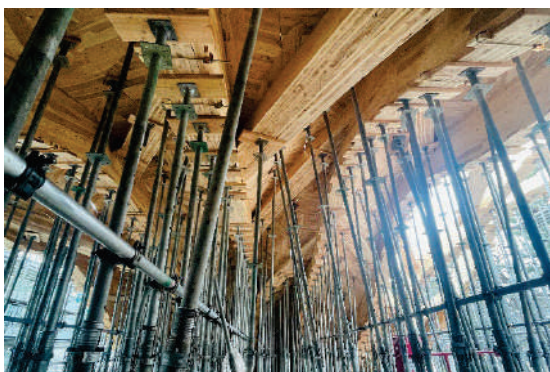
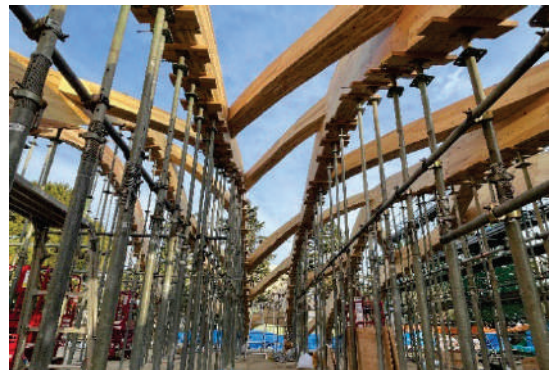
モックアップ検証により明らかになった問題点を改善の上、型枠加工・組み立てを行った。まず型枠の精度を担保するのに、下記の点に注意を払った。

- 材料の保管：CLT 材が反るのを極力防ぐため、直接エアコンの風が当たらないよう材料管理を徹底
- スラブ型枠と梁側面：タボによりガイドをつけることで、位置を正確に出せるようにした
- 上から落とし込めるよう、すべての小梁とスラブ型枠のダボは垂直方向に接合部が作られている
- スラブ型枠：内外で切削の粗さを変えたことで、裏表をわかりやすく、かつ金物を貼る位置がわかりやすくなるようなガイド（彫り込み）を設けた



次に、梁の幅が小さく、成が大きいいため、型枠の組み立てと鉄筋の配筋の施工手順に協議を重ねた。当初、鉄筋を梁に落とし込むことが難しいため、大梁・小梁共梁側面の型枠を開放しし字で梁型枠を組み、梁鉄筋を配筋後、開放側の側面型枠を塞ぐ方針で組み上げる方針で施工を行うことを検討していた。しかし、小梁に関しては、大梁の接合部に垂直に落とし込んでいくため、梁側面型枠と梁底型枠の接合部形状上、片側の側面型枠を開放した状態で落とし込むのが難しく、最終的にはコノ字型に組んだ小梁型枠を大梁間に落とし込む施工手順となった。型枠が組み上がった列から現場の原寸場で配筋した梁鉄筋をクレーンで吊り、大梁→小梁の順で型枠に落とし込み、配筋完了後、開放されていた大梁側面型枠のはめ込むという流れで施工を行った。落とし込んだ鉄筋は大幅な修正ができないため、細心の注意を払う施工が行われた。





■ R C 打設を行う際の C L T 型枠のコスト縮減および他工法との比較検討

自由曲面形状の建物を今回の工法で建てる場合と既存の複雑形状の RC ユニット工法で建てる場合のコスト比較を行った。材料費を比較すると既存工法のほうが安くという結果となったが、組立費や加工費を含めた金額で比較すると既存工法より 1000 万ほど安くなった。建て方費・輸送費も安く、全体としては 3000 万弱安いという結果となった。参考までに炭素貯蔵量を計算したが、内装を木質仕上げとすることもできることや炭素貯蔵の付加価値も考慮すると金額差以上の価値があるだろう。

項目	RC 造		RC 造			
工法	RC ユニット工法		CLT 捨て型枠工法			
規模	平屋建て		平屋建て			
延べ面積	295.5 m ²		295.5 m ²			
比較内容	型枠組立・配筋完了まで		型枠組立・配筋完了まで			
工事費	項目	金額(円):C	項目	金額(円):D	項目	差額(円):D-C
	材料費	16,938,500	材料費	23,226,574	材料費	6,288,074
	組立費	26,010,000	組立費		組立費	-26,010,000
	加工費		加工費	9,383,325	加工費	9,383,325
	上記合計	42,948,500	上記合計	32,609,899	上記合計	-10,338,601
	建て方費	20,770,000	建て方費	12,750,000	建て方費	-8,020,000
	運搬費	3,960,000	輸送費	2,300,000	輸送費	-1,660,000
	諸経費	10,965,000	諸経費	3,076,339	諸経費	-7,888,661
	改 合計	78,643,500	改 合計	50,736,238	改 合計	-27,907,262

炭素貯蔵量

W:使用木材量(m3)		D:木材の密度(t/m3)		炭素含有率				炭素貯蔵量
38.8	×	0.38	×	0.5	×	44/12	=	27.03 (t-CO ₂)

■将来的な発展性および適用性

打設時の荷重が大きいので、安全のために、実際の現場では支保工を密に建てて施行が行われた。将来的によりスラブ型枠の接合部の強度の実験データが揃ってゆけば、支保工が無い状態での打設も考えられる。また接合金物についても場合分けを細かく行うことで、さらなるコストダウンが図れると考えられる。

今まで自由曲面形状にはコスト増がついてまわったが、今回の検証を通して、CLTを用いた捨て型枠工法により安価にかつ十分な性能をもって建築を建てられる可能性を提示することができた。今回は複雑な曲面形状の建築で検証を行ったが、より単純な形態であればより安価に簡易に建築することもできるだろう。また型枠自体を内装として活かすこの工法は脱炭素社会への貢献にも繋がり、今後の汎用性・普及性が見込まれる。

■実証した CLT 建築物と他工法のコスト比較

自由曲面形状の建物を今回の工法で建てる場合と既存の複雑形状の RC ユニット工法で建てる場合のコスト比較を行った。

項目	RC 造		RC 造			
工法	RC ユニット工法		CLT 捨て型枠工法			
規模	平屋建て		平屋建て			
延べ面積	295.5 m ²		295.5 m ²			
比較内容	型枠組立・配筋完了まで		型枠組立・配筋完了まで			
工事費	項目	金額 (円) :C	項目	金額 (円) :D	項目	差額 (円) :D-C
	材料費	16,938,500	材料費	23,226,574	材料費	6,288,074
	組立費	26,010,000	組立費		組立費	-26,010,000
	加工費		加工費	9,383,325	加工費	9,383,325
	上記合計	42,948,500	上記合計	32,609,899	上記合計	-10,338,601
	建て方費	20,770,000	建て方費	12,750,000	建て方費	-8,020,000
	運搬費	3,960,000	輸送費	2,300,000	輸送費	-1,660,000
	諸経費	10,965,000	諸経費	3,076,339	諸経費	-7,888,661
	改 合計	78,643,500	改 合計	50,736,238	改 合計	-27,907,262

材料費を比較すると既存工法のほうが安くという結果となったが、組立費や加工費を含めた金額で比較すると既存工法より 1000 万ほど安くなった。建て方費・輸送費も安く、全体としては 3000 万弱安いという結果となった。将来的によりスラブ型枠の接合部の強度の実験データが揃ってゆけば、支保工が無い状態での打設も考えられる。また接合金物についても場合分けを細かく行うことで、さらなるコストダウンが図れると考えられる。

5.1 (株)CFホーム／(株)ハルタ建築設計事務所

事業名		株式会社CFホーム新社屋新築工事の外断熱工法実証	
実施者（担当者）		株式会社CFホーム(株式会社ハルタ建築設計事務所)	
建築物の概要	用途		事務所
	建設地		神奈川県川崎市宮前区東有馬3丁目2535番地3
	構造・工法		CLTパネル工法
	階数		3
	高さ（m）		9.929
	軒高（m）		8.775
	敷地面積（㎡）		169.08
	建築面積（㎡）		83.92
	延べ面積（㎡）		231.03
	階別面積		1階
2階			79.77
3階			79.77
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122.827㎡ 加工後108.345㎡
	壁パネル	寸法	90mm厚、150mm厚
		ラミナ構成	3層3ブライ、5層5ブライ
		強度区分	S90A、S60A相当
		樹種	トドマツ、スギ
	床パネル	寸法	210mm厚
		ラミナ構成	7層7ブライ
		強度区分	S90A、S60A相当
		樹種	トドマツ、スギ
	屋根パネル	寸法	210mm厚
		ラミナ構成	7層7ブライ
		強度区分	S60A相当
		樹種	スギ
木材	主な使用部位（CLT以外の構造材）		梁：オウシュウアカマツ集成材、土台：ヒノキ製材、母屋・束：スギ製材
	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		10㎡
仕上	主な外部仕上	屋根	ガルバリウム鋼板（t=0.4）立て付け葺き
		外壁	ロックウールt150＋左官仕上げ ロックウール充填外張り断熱t150＋通気胴縁t16＋板張りt17
		開口部	木製複層ガラスLowE4＋Ar16＋耐熱結晶4 樹脂製トリプルガラスLowE4＋Ar10＋耐熱結晶4＋Ar10＋LowE4
	主な内部仕上	界壁	強化PB15×2＋木軸
		間仕切り壁	強化PB15×2＋木軸
		床	システムフロア＋PBt20＋合板t12の上無垢フローリング材 t15
		天井	CLT表し
構造	構造計算ルート		ルート1
	接合方法		引きボルト、せん断金物（U字金物、D32）、ビス接合
	最大スパン		5.5m
	問題点・課題とその解決策		D32使用のため高い建て方精度が必要。 ビスによる壁パネル仮止め等で精度を確保した。
防耐火	防火上の地域区分		準防火地域
	耐火建築物等の要件		準耐火建築物
温熱	本建築物の防耐火仕様		準耐火建築物
	問題点・課題とその解決策		表し仕上げとするため燃え代設計を実施
	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		CLTジョイント部の気密性を確保するため、気密テープ取付 ロックウール断熱を用い、温熱環境を整備。 熱橋部を極力排除した。
施工	主な断熱仕様（断熱材の種類・厚さ）	屋根（又は天井）	ロックウール（熱伝導率0.041W/m・K）300mm
		外壁	ロックウール（熱伝導率0.041W/m・K）150mm
		床	ポリスチレンフォームXPS（熱伝導率0.034W/m・K）50mm
	遮音性確保に関する課題と解決策		特になし
工程	建て方における課題と解決策		基礎上の気密パッキン施工の幅に規格サイズがなく、一部2列に配置した。
	給排水・電気配線設置上の工夫		設計のタイミングで打ち合わせを行い、極力現場コア抜きがないよう工夫した。
	劣化対策		雨天時のブルーシート、防水紙は早期に対応した。
	体制	設計期間	
施工期間		2022年11月～2023年2月（4ヵ月）	
		C L T 躯体施工期間	2023年1月上旬～中旬（9日間）
竣工（予定）年月日		2023年5月31日	
体制	発注者		株式会社CFホーム
	設計者（複数の場合はそれぞれ役割を記載）		株式会社ハルタ建築設計事務所
	構造設計者		銘建工業株式会社、株式会社 Nico Lab
	施工者		サンキホーム株式会社
	C L T 供給者		銘建工業株式会社
	ラミナ供給者		高知おおとよ製材株式会社（高知県産材） 株式会社くまもと製材（熊本県産材）

実証事業名：株式会社 CF ホーム新社屋新築工事の外断熱工法実証

建築主等／協議会運営者：株式会社 CF ホーム／株式会社ハルタ建築設計事務所

1. 実証した建築物の概要

用途		事務所		
建設地		神奈川県川崎市		
構造・工法		CLT 工法		
階数		3		
高さ（m）		9.929	軒高（m）	8.775
敷地面積（㎡）		169.08	建築面積（㎡）	83.92
階別面積	1 階	71.49	延べ面積（㎡）	231.03
	2 階	79.77		
	3 階	79.77		
CLT 採用部位		壁、床、屋根		
CLT 使用量（㎡）		加工前 122.827 ㎡ 加工後 108.345 ㎡		
CLT を除く木材使用（㎡）		10 ㎡		
CLT の仕様	（部位）	寸法/ラミナ構成/強度区分/樹種		
	壁	90mm/3 層 3 プライ/S90A/トドマツ、スギ		
	壁	150mm/5 層 5 プライ/S60A 相当/スギ		
	床	210mm/7 層 7 プライ/S90A、S60A 相当/トドマツ、スギ		
	屋根	210mm/7 層 7 プライ/S90A、S60A 相当/スギ		
設計期間		2022 年 5 月～10 月（6 カ月）		
施工期間		2022 年 11 月～2023 年 2 月（4 ヶ月）		
竣工（予定）年月日		2023 年 5 月 31 日		

2. 実証事業の目的と設定した課題

- (1) CLT 工法にデンマーク製ロックウールを用いる際の施工効率や施工方法の検討
- (2) 温熱性能を十分に確保するための具体的な工法や検証方法の検討
- (3) 防露性能を十分に確保するための具体的な工法や検証法の検討
- (4) 同規模 RC 造との建築時、運用時のコスト比較検討

3. 事業実施体制構成員

(設計及び協議会運営者) ハルタ建築設計事務所
(構造設計) 銘建工業株式会社
(施工) サンキホーム株式会社
(CLT パネル供給及び施工) 銘建工業
(断熱材供給) Scandinavian Housing 株式会社
(温熱結露アドバイザー) 住環境 α 研究所 栗原潤一

4. 課題解決の方法と実施工程

(1) CLT パネル割りの寸法割り付けとロックウール断熱材の規格寸法を比較し、施工効率、施工精度、メンテナンスが行いやすい設計や施工方法を検討する。

(2) 壁面や屋根面の外断熱による温熱性能、気密性能、防露性能シミュレーションを行い施工方法を検討する。また気密測定や壁内に隠蔽した結露測定器を用い、実測データの測定行う。

<協議会の開催>

令和4年6月6日、問題点洗い出し(設計、構造オンラインにて)
令和4年7月20日 第1回開催(設計、構造、断熱工事、外装工事オンラインにて)
令和4年8月22日:第2回開催、確認申請前協議(設計、構造、施工、窓工事)
令和4年9月29日:第3回開催、施工方法の確認(設計、構造、施工)
令和4年11月15日第4回開催 基礎アンカーボルトの打ち合わせ(設計、構造、施工)
令和5年1月30日:見学会、現地調査の開催

<設計>

令和4年5月:実施設計
6月:構造設計
8月:建築確認申請
9月:建築確認申請(質疑対応)
11月7日:確認済取得

<施工>

令和4年11月15日:工事請負契約
11月21日:基礎着工
12月5日、15日:コンクリート打設
令和5年1月:木工事(CLT建込)、断熱材工事
2月:サッシ取付、外装工事
3月:内装工事設備工事

<性能確認>

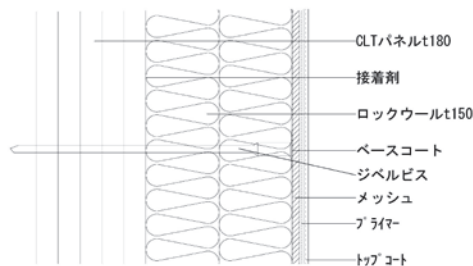
令和5年2月:温熱気密結露測

5. 得られた実証データ等の詳細

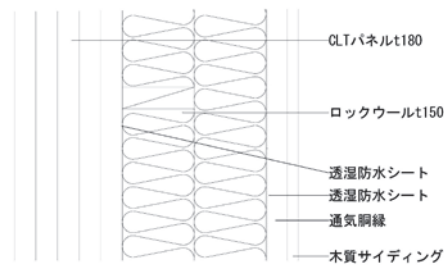
設定した課題において次の結果が得られた。

(1) 施工方法の確立

今回施工を行うにあたり、壁を下記の断面構成とした。



壁断面構成図 (1F)



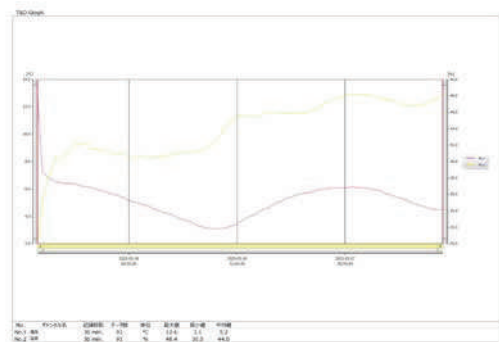
壁断面構成図 (2-3F)

1階壁は、通常木造軸組工法で採用している要領で、CLTパネルに直接断熱材を接着剤を用いて接着。ジベルビスを455mmピッチで補強を行った。通常の軸組工法では、柱、間柱を狙ってビスを貫入させる必要があったが、CLTパネルのどこにでも打つことができ、この工法により断熱の胴縁を必要とせず、熱要部分も発生しない。

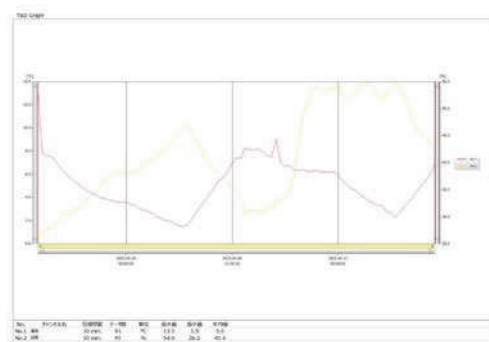
また、メッシュを伏せ込み直接左官を行うことができるため、施工効率がよく、CLT工法にたいして新たな意匠性を示すことができた。

2、3階壁は、断熱層を2層とした。1層目を横胴縁、2層目を縦胴縁としてそれぞれ断熱材を充填した。断熱材にはビスや接着剤は用いず、透湿防水シートで覆った。

このような施工を行うことで、断熱欠損部分を胴縁同士の支点のみとし、極力断熱性能を高めた。



壁内推移 (赤: 温度 黄色: 湿度)



外気推移 (赤: 温度 黄色: 湿度)

壁内の温度変化は約±2.5°、湿度変化は約±9%で、グラフは緩やかな曲線を描いていることが観測できた。（計測初めの30分を除く）

反対に外部の温度変化は約±6.5°、湿度変化は±25%で、断熱壁内と比較すると振れ幅も大きく、短時間で速く変化している事が観測できた。（計測初めの30分を除く）

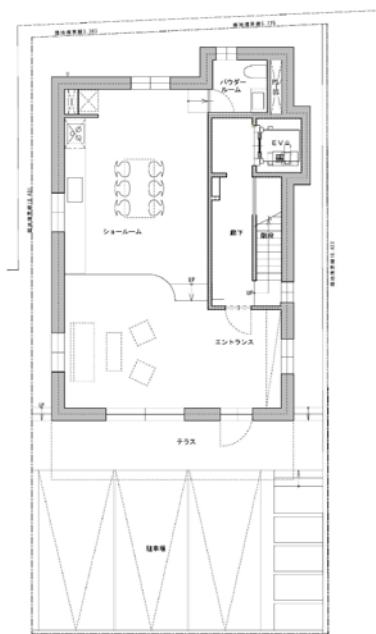
上記の結果から、外気温度の影響は小さく、断熱性能、調湿性能は適切に機能しており、現状の環境下では少なくとも壁内結露などは発生しないと考えられる。
 今後は運用時においても同様の試験を継続的に行う事を多くの情報が確認できる。

6. 本実証により得られた成果

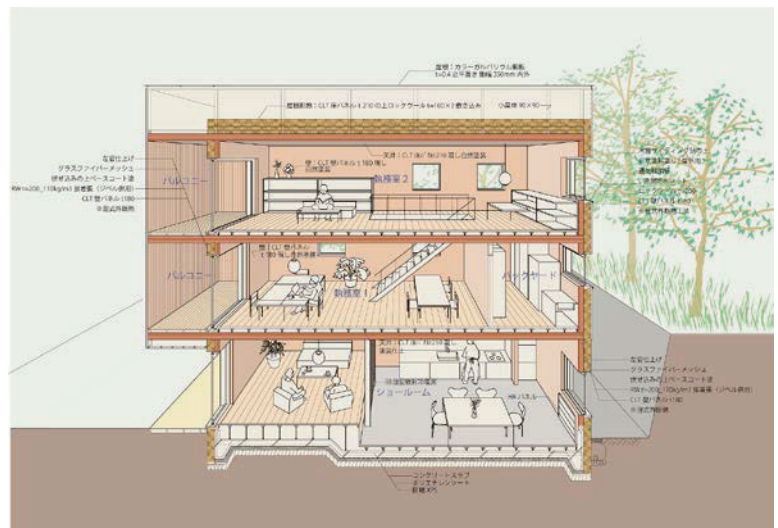
CLT 工法に対してロックウール断熱材を用いる新しい取り組みだったが、施工方法を確立することができた。

温熱環境の実測データを採取することができた。また、今後も継続的に観測することができるため、CLT の実測データを提供できる。

7. 建築物の平面図・立面図・写真等



1 階平面図 (CLT+外断熱の体感スペース)



断面パース



1 階断熱材施工写真



2 階断熱材施工写真

成果物

目次

- 1 計画概要
- 2 事業のコンセプト
- 3 建築計画
- 4 建物の特色
- 5 構造計画
- 6 実証内容

1 計画概要

神奈川県川崎市宮前区にある16mの市道に面する市街地に位置する、3階建ての自社ビルの計画である。

内閣府によるCLTを用いた建築物の一覧（都道府県別）(R4.7.31現在)によると、川崎市でCLTパネルを構造に用いた初めての事例となる。

2階、3階を事務用途、1階をCLT工法と断熱材を用いた空間を体感できる場所として運用予定。

用途	事務所
建物高さ	9.929m
階数	3階
建築面積	169.08㎡
延床面積	231.03㎡
用途地域	第一種住居地域 準防火地域 景観計画区域、宅地造成法規制区域、等

諸条件により準耐火建築物に適合する必要があるため、壁や屋根を燃え代設計を行う事で対応を行った。また、北側隣地には第一種低層住居専用地域が横断しており、日影規制を回避するため建物高さを10m以下とする計画となっている。



付近見取図



着工前現地写真

2 事業コンセプト

以下に3つの事業コンセプトと対応する計画方針を示す。

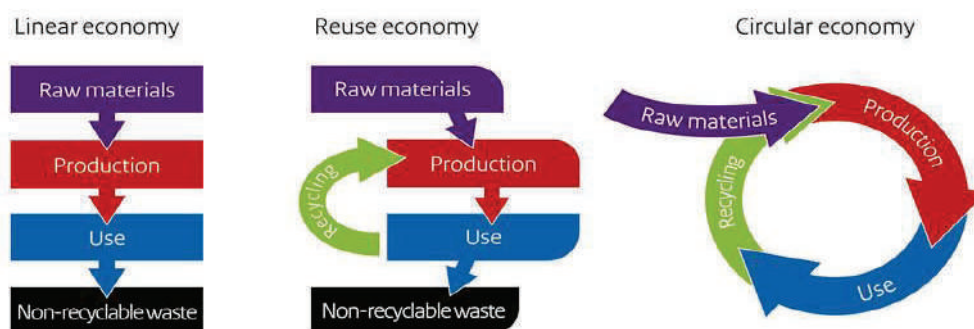
① 脱炭素社会の実現にむけた、CLTを使ったサステナブルな建築の提案

CLTを用いるのみならず、建築時や運用時、解体時まで環境負荷の低減を意識した建築工法、施工方法を実現する。

⇒100%天然の岩石から作られる建材で、製造過程での環境負荷が少なく、豊富にある資源が原料の断熱材であるデンマーク製ロックウールを用いる。

その他の建材や設備機器も含めて、建築コストだけでなく、運用コスト、解体移築コストなどを低減する工夫を行い、循環型経済（社会）への新たな取り組みを提案する。

From a linear to a circular economy



オランダ政府 *From a linear to a circular economy*より引用

- ② 運用時の温度、湿度を実測データとして抽出し、CLTの特性を示す。

⇒CLT工法と上記ロックウールを組み合わせた際の、運用時におけるエネルギー消費や壁内温度、湿度変化を継続して実測データを取得し、CLTや断熱材の経年変化を確認する。

- ③ 利用者の健康や快適な労働環境を実現する。

⇒自然環境への負荷低減だけではなく、利用者への負荷を低減し、快適な執務空間を提供する。

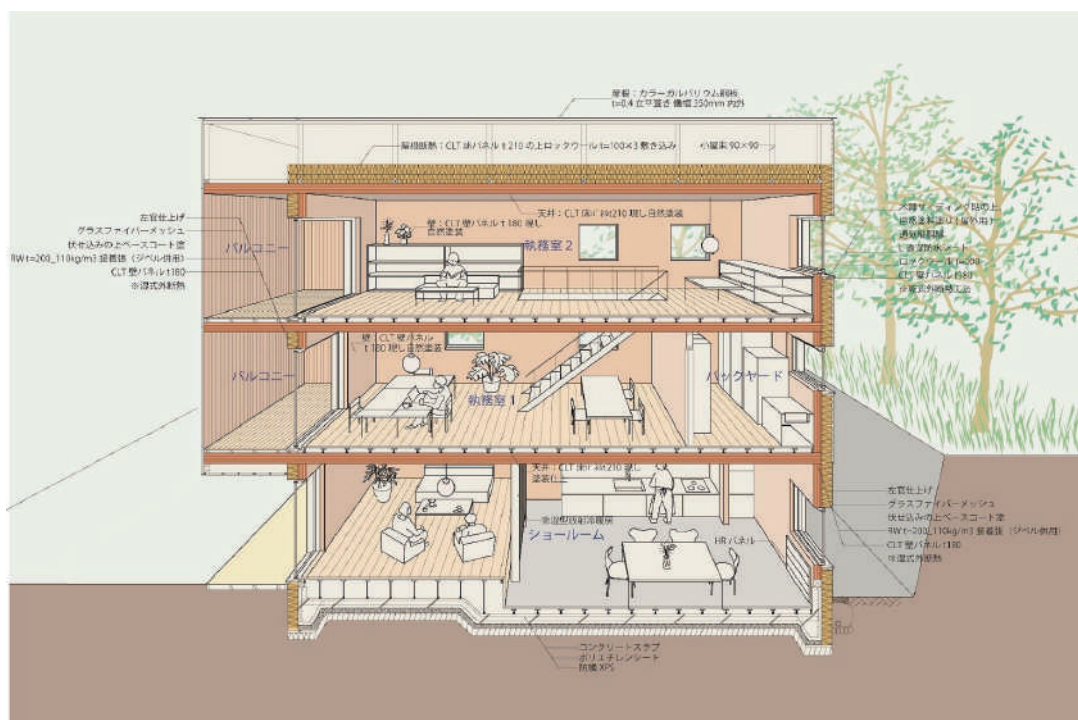
3 建築計画

市街地にたつ3階の事務所ビル

1階は建物の体感スペースとしても活用を行うことで、数値だけでなく、今まで経験することができなかったCLTの良さを感じられる計画とした。

意匠上の理由だけでなく、日本各地の木材利用を促進するため、下記のとおり木材を使い分けを行った。

部位	樹種	産地
1階床 1階天井（一部）	トドマツ	北海道
2～3階壁、2～3階天井	スギ	奈良、岡山
外装材	屋久島地杉	鹿児島



断面パース（基本設計時）



1階壁断面写真 左：トドマツ 右：スギ

4 建物の特色

CLTのみならず、建物として環境負荷を低減させるため、下記項目について計画している。

① 100%天然資源であるロックウール断熱材

北欧諸国で多く用いられるロックウールは、100%天然の岩石から作られる建材で、製造過程での環境負荷が少なく、豊富にある資源が原料の断熱材です。

ヨーロッパで最も厳しい安全基準を満たし再利用できるため、持続可能な未来都市のビジョンに貢献できる建材として注目されています。

日本の住宅瑕疵担保保険制度に認定されて以降、多くの住宅に用いられています。2022 年秋には日本初の工場が計画され、日本において今後さらなる普及が予想されます。

耐火性

欧州規格EN13501-1 規格の非燃焼性試験に合格し1000℃まで耐えうる耐火性を持つ。

防水性と透湿性

防水性の高さと、水分を排出し乾燥する透湿性の高さから、外断熱として一般的な乾式工法のみならず、湿式工法が確立されています。

熱伝導率

熱伝導率0.041 W/mK



ロックウール600mm×1200mm×150mm（2枚pack）

② 熱伝導率の低い樹脂枠トリプルガラス、木枠Low-E複層ガラスを採用

建物からの熱損失を低減しエネルギー効率を高めるため、熱伝導率の低い樹脂枠トリプルガラスと、木枠Low-E複層ガラスを採用した。

採用したガラスのUa値の一部を示す。

枠材	Ua値(w/m ² ・K)	ガラス種類
樹脂	1.25	LowE4+Ar10+耐熱結晶4+Ar10+LowE4
木（ヒバ）	1.34	LowE4+Ar16+耐熱結晶4

また、単にCLT及び窓が経年変化により気密性能が低下する可能性も考慮し、窓4方には膨張式気密テープを施す。

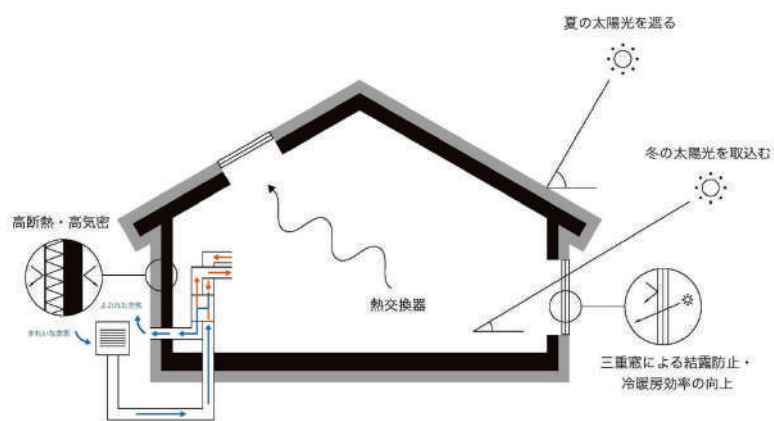


窓の施工写真

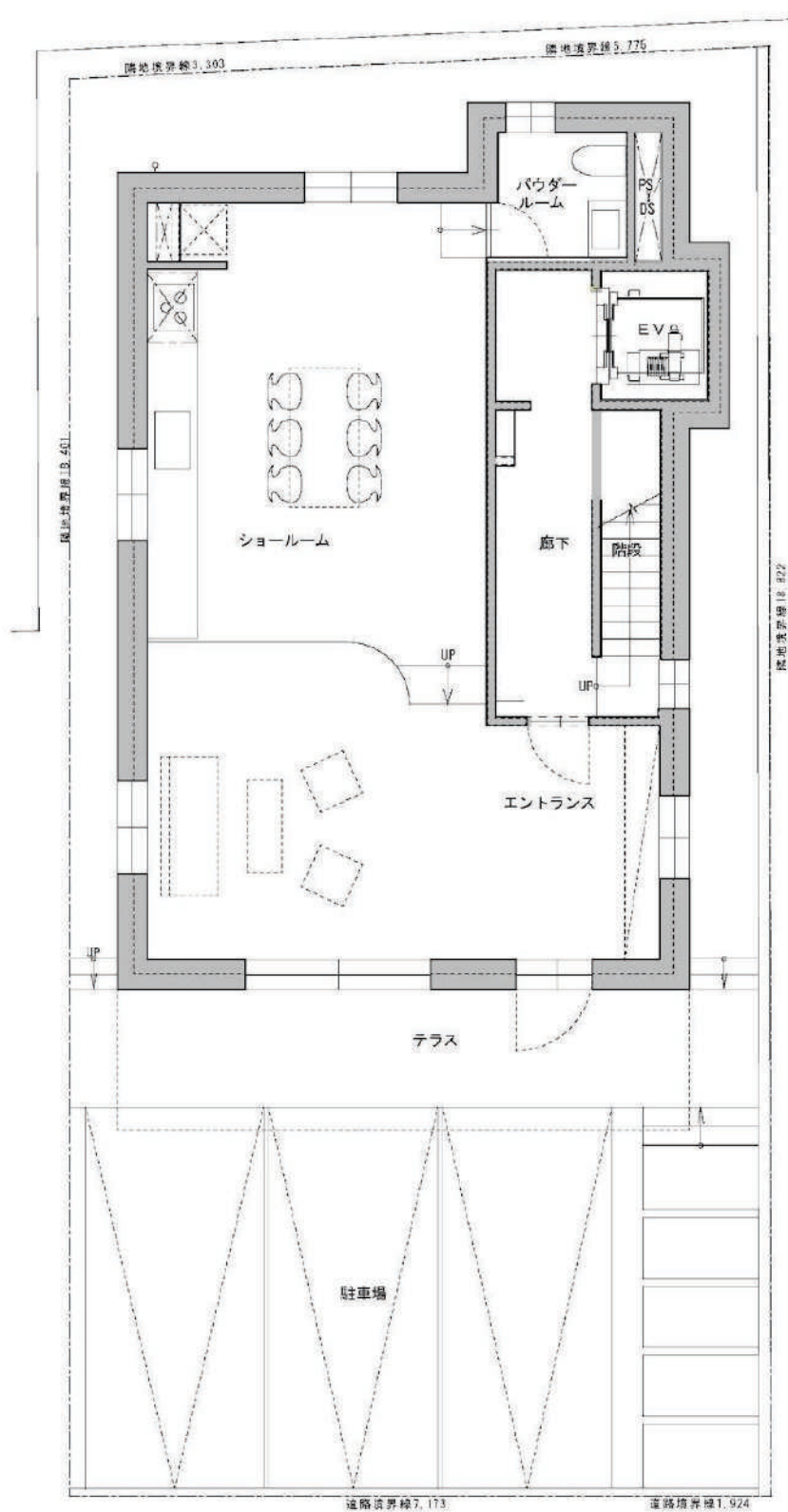
③ 空調換気システム

上記建材を使用することで、温熱環境の安定性や気密性能を確保し、第一種換気システムによっても、熱損失を低減しつつ、常に清潔な空気設計を行う。

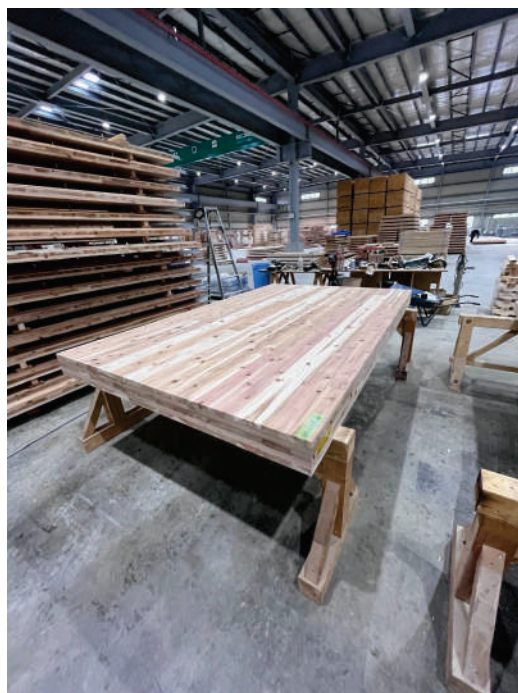
また、極力冷暖房を使わず利用できる施設とするが、補助空調として除湿型放射冷暖房も設け、温熱環境の微調整を行う計画とした。



建物エネルギー循環のイメージ



1 階平面図 (CLT + 断熱の体感スペース)

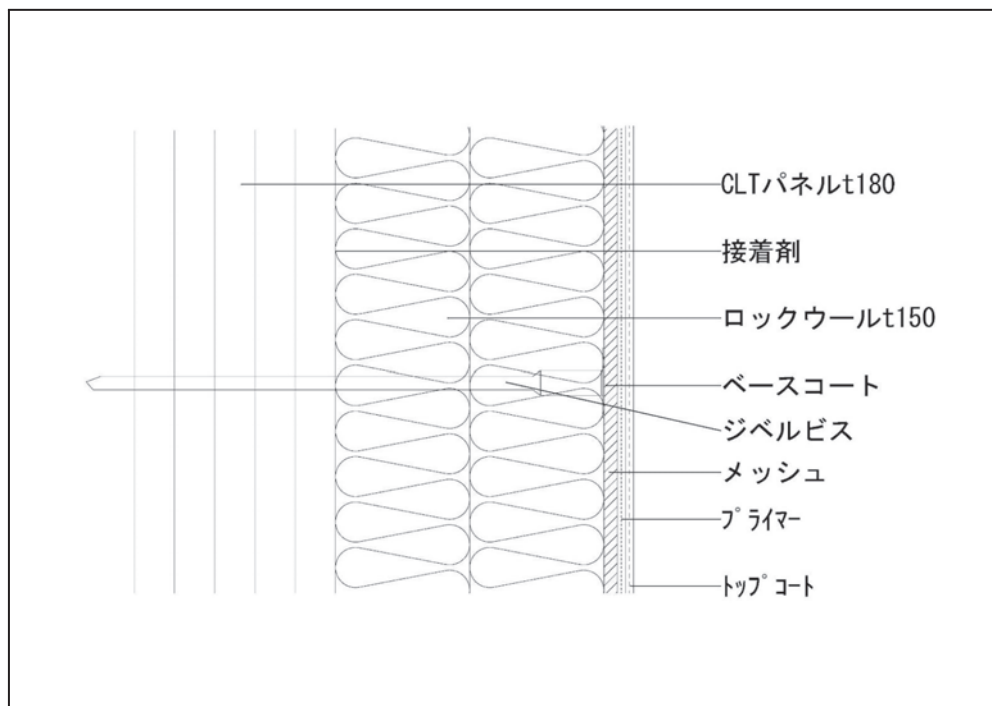


銘建工業岡山工場での製品検査（上 2 枚：壁パネル90mm下 2 枚床:パネル210mm）

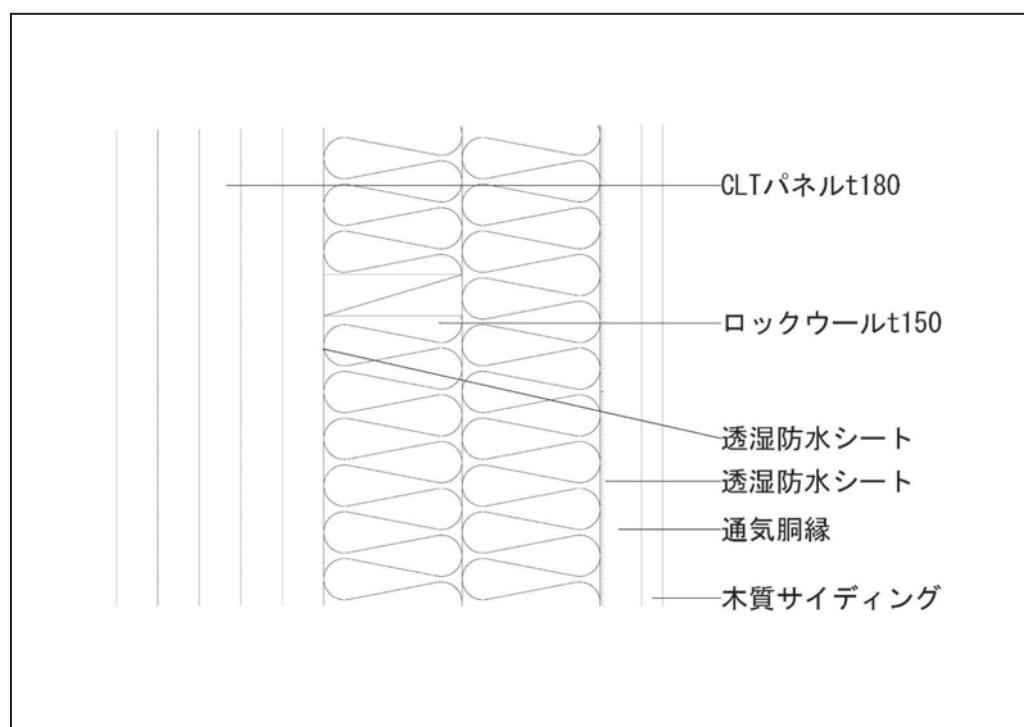
6 実証内容

① 外断熱施工方法の検証

今回施工を行うにあたり、壁を下記の断面構成とした。



壁断面構成図（1F）



壁断面構成図（2-3F）



1 階壁施工写真



2～3 階壁施工写真

施工結果

1 階壁は、通常木造軸組み工法で採用している要領で、CLTパネルに直接断熱材を接着剤を用いて接着。ジベルビスを455mmピッチで補強を行った。通常の軸組工法では、柱、間柱を狙ってビスを貫入させる必要があったが、CLTパネルのどこにでも打つことができ、この工法により断熱の胴縁を必要とせず、熱要部分も発生しない。

また、メッシュを伏せ込み直接左官を行うことができるため、施工効率がよく、CLT工法にたいして新たな意匠性を示すことができた。

2、3 階壁は、断熱層を2層とした。1 層目を横胴縁、2 層目を縦胴縁としてそれぞれ断熱材を充填した。断熱材にはビスや接着剤は用いず、透湿防水シートで覆った。このような施工を行うことで、断熱欠損部分を胴縁同士の支点のみとし、極力断熱性能を高めた。

② 温熱環境の実測

実測方法

CLTの非耐力壁に300mm角の開口を設け、温度湿度のデータロガーを設置する。

その後300mm角の点検蓋で塞ぐ。

外気、室内、壁内（CLTと断熱材の内部）における温度、湿度の時間的変化を継続的に計測を行う。



データロガー設置写真（断熱施工前）



点検口（内部から点検が可能）

計測結果

2023年2月15日～17日の3日間のうち、30分間隔で継続して計測を行った。計測器には温度湿度データロガーおんどとり（株式会社T&D）を用いた。本製品は本来無線（Bluetooth）にてリアルタイムで監視が可能だが、現在工事中につき、計測後USBにてログを抽出した。竣工後は継続的にデータを監視を行う。

計測箇所は断熱とCLTの壁内と外部との比較を行った。計測日時点では空調設備などが設置されていないため、竣工後は、外気、壁内、内部の比較を継続的に行う。

次ページにて以下計測データを示す。

計測データに対する考察

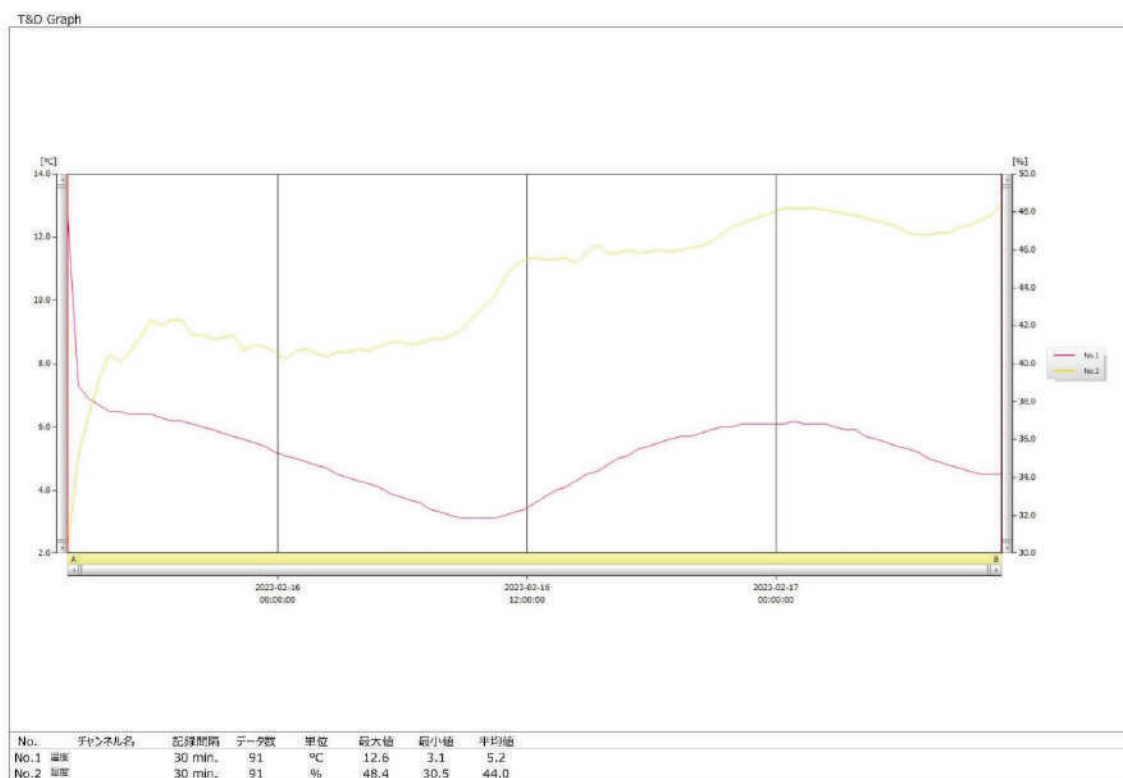
壁内の温度変化は約 $\pm 2.5^{\circ}$ 、湿度変化は約 $\pm 9\%$ で、グラフは緩やかな曲線を描いていることが観測できた。（計測初めの30分を除く）

反対に外部の温度変化は約 $\pm 6.5^{\circ}$ 、湿度変化は $\pm 25\%$ で、断熱壁内と比較すると振れ幅も大きく、短時間で速く変化している事が観測できた。（計測初めの30分を除く）

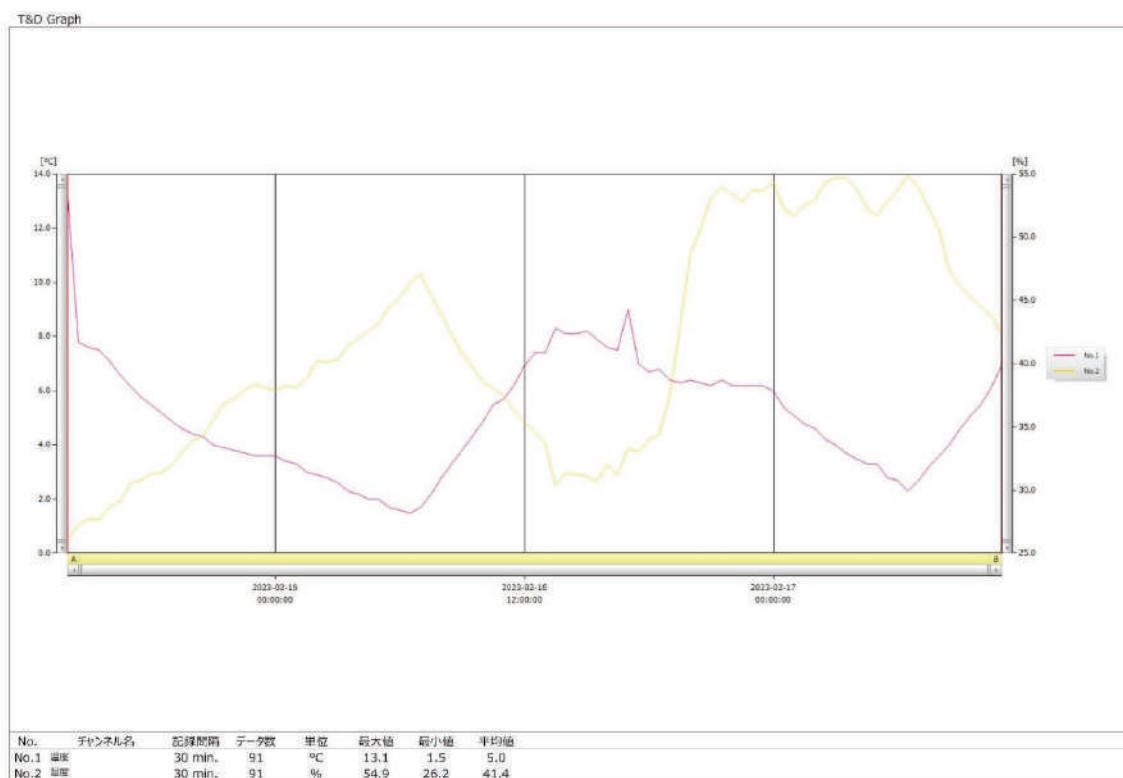
顕著だったのが、16日18:00から数時間で湿度は+20%も変化しているにも関わらず、壁内湿度は+2%と微増だった。

上記の結果から、断熱性能、調湿性能は適切に機能しており、現状の環境下では少なくとも壁内結露などは発生しないと考えられる。

今後は運用時においても同様の試験を継続的に行う事を多くの情報が確認できる。



壁内推移 (赤 : 温度 黄色 : 湿度)



外気推移 (赤 : 温度 黄色 : 湿度)

6.1 前川建設株式会社

事業名		前川建設CLT建築モデル型店舗新築工事の建築実証	
実施者（担当者）		前川建設株式会社	
建築物の概要	用途	事務所併用飲食店	
	建設地	兵庫県加古川市加古川町木村191番6の一部	
	構造・工法	木造軸組工法+CLT壁（耐力壁）	
	階数	2	
	高さ（m）	7.694	
	軒高（m）	6.4	
	敷地面積（㎡）	107.92	
	建築面積（㎡）	43.64	
	延べ面積（㎡）	82.82	
	階別面積	1階	41.41
CLTの仕様	CLT採用部位	壁、床	
		CLT使用量（㎡）	
	壁パネル	使用材積16.5㎡	
		寸法	120mm厚
		ラミナ構成	5層5プライ
		強度区分	Mx60A
	床パネル	樹種	スギ
		寸法	210mm厚
		ラミナ構成	5層7プライ
		強度区分	S60A
	屋根パネル	樹種	スギ
		寸法	-
		ラミナ構成	-
		強度区分	-
木材	主な使用部位（CLT以外の構造材）		土台：桧 小屋組：米松
	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		12.162㎡
仕上	主な外部仕上	屋根	ガルバリウム鋼板（t=0.38）平葺き
		外壁	ガルバリウム鋼板（t=0.38）+通気胴縁18 下地
		開口部	アルミ樹脂複合サッシ+トリプルガラス
	主な内部仕上	界壁	-
		間仕切り壁	CLT現し、PB12.5mm+木軸
		床	無垢FL15+耐水合板28
構造	天井		CLT現し
	構造計算ルート		ルート2
	接合方法		告示611号の要求性能を満たした引張及びせん断金物を用いた接合部
	最大スパン		4.545m
防耐火	問題点・課題とその解決策		意匠、設備設計要求による構造配慮 ※CLT材の強軸、弱軸方向や梁桁の設置指示による考慮 ※設備等配管によるCLT壁パネル位置の検討
	防火上の地域区分		法22条区域
	耐火建築物等の要件		無
	本建築物の防耐火仕様		無
	問題点・課題とその解決策		延焼のおそれのある範囲のため、外壁及び屋根を不燃材とした
	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）	セルロースファイバー・240mm
		外壁	セルロースファイバー・120mm+フェノールフォーム・45mm
		床	押出法ポリスチレンフォーム B種3種・50mm（外周のみ折り返し100mm）
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		-
	給排水・電気配線設置上の工夫		-
	劣化対策		-
工程	設計期間		-
	施工期間		-
	CLT躯体施工期間		-
	竣工（予定）年月日		2023/3/10予定
体制	発注者		前川建設株式会社
	設計者（複数の場合はそれぞれ役割を記載）		設計：一級建築士事務前川建設株式会社、設計監修：伊礼智設計室
	構造設計者		ライフデザインカバヤ株式会社
	施工者		前川建設株式会社
	CLT供給者		銘建工業株式会社
	ラミナ供給者		-

実証事業名：前川建設 CLT 建築モデル型店舗新築工事の建築実証

建築主等、協議会運営者：前川建設株式会社

1. 実証した建築物の概要

用途		事務所併用飲食店		
建設地		兵庫県加古川市加古川町		
構造・工法		木造軸組工法＋CLT 壁（耐力壁）		
階数		2		
高さ（m）		7.694	軒高（m）	6.4
敷地面積（㎡）		107.92	建築面積（㎡）	43.64
階別面積	1 階	41.41	延べ面積（㎡）	82.82
	2 階	41.41		
	3 階			
CLT 採用部位		壁、床		
CLT 使用量（m³）		使用材積 16.5 m³		
CLT を除く木材使用量（m³）		12.2m³		
CLT の仕様	（部位）	（寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種）		
	壁	120mm 厚/5 層 5 プライ/Mx60A 相当/スギ		
	床	210mm 厚/5 層 7 プライ/Sx60A/相当/スギ		
設計期間		2022 年 4 月～10 月（7 ヲ月）		
施工期間		2022 年 11 月～2023 年 3 月（5 ヲ月）		
CLT 軀体施工期間		2022 年 12 月 23 日～24 日（2 日間）		
竣工（予定）年月日		2023 年 3 月 31 日		

2. 実証事業の目的と設定した課題

CLT 構造の建築において、地域の地場産業である木製建具や大工の手による家具あるいは CLT を使った椅子などの木製造家具や照明を販売する店舗として運営し、CLT 建築の良さを周知する地域に開かれたモデル型店舗施設として活用することで、地域における CLT 建築普及の核とする。

また、設計に関しては、木造建築に精通した伊礼智氏に監修を依頼し、CLT 建築の意匠面でのメリットについて検討をすすめながら実施設計を進めることで、CLT 建築の外観内観におけるデザイン手法の一つを確立するとともに、CLT 建築の体感的な良さを PR する。

さらに、性能面においても、CLT 建築の断熱性・気密性について CLT 壁部分とそうでない部分での性能差や接続部分の気密方法等に着目し、施工方法における具体的な解決策を

踏まえて実施設計を行うことで、CLT 建築の施工技術の向上に貢献する。

- ・ CLT 建築と RC 造、S 造、木造のコストの検証を行う

- ・ CLT 建築が持つ意匠上のメリットを活かした設計について、構造やコスト、断熱性といった側面も踏まえた考察を行い、店舗利用者へのアンケート等も含め一つのモデルケースとして検証を行う

- ・ 建築の断熱性・気密性の大幅な向上が求められている実情において、CLT の断熱性・気密性のあり方に着目し、Ua 値 0.46、C 値 0.5 以下を目指した実施設計を行う。

3. 協議会構成員

(設計) 一級建築士事務所 前川建設株式会社：前川 桂恵三 (協議会運営者)

(設計監修) 伊礼智設計室：伊礼智、多田彩美

(構造設計) ライフデザインカバヤ(株)：守谷和弘

(施工) 前川建設株式会社：(主担当) 長野真丈、(副) 佐伯唯、安藤公雄

(原木供給) 銘建工業(株)：西本将晴

(金物・材料) ライフデザインカバヤ(株)：守谷和弘

(気密測定) 日本住環境株式会社：西山大亮

4. 課題解決の方法と実施工程

設計については伊礼智設計室の監修のもと、一級建築士事務所前川建設株式会社が実施設計と考察を行うとともに、CLT 建築の意匠上のメリットについて考察をまとめていく。また、本 CLT 建築利用者へのアンケートについても前川建設株式会社が実施し、集計と考察を行う。

断熱性・気密性について、伊礼智設計室が設計監修のもと、一級建築士事務所前川建設株式会社が施工方法や性能の確保について工夫し、実施設計を行っていく。BELS 申請を通じて断熱性能を明確にするとともに、工事の進捗に合わせて、CLT 工法の気密処理の方法と効果が明確に分かるよう 3 回の気密測定を行い、CLT 建築の断熱性・気密性の性能を検証していく。

CLT のコスト増の要因、コスト縮減の方策について、構造躯体の部材調達費用や施工費用、工期による施工管理経費、を中心に他工法 (RC 造、鉄骨造、木造) と比較し、比較検討資料を作成する。

<協議会の開催>

令和 4 年

5 月：意匠基本設計の確定、構造設計、実施設計における課題洗い出し

6 月：第 1 回開催、構造設計、実施設計における確認

7 月：第 2 回開催、構造設計、実施設計における確認

8 月：第 3 回開催、第 4 回開催、構造設計、実施設計における確認

9月：第5回開催、第6回開催、設計最終確認、着工前確認

10月：第7回開催、設計最終確認、着工前確認

11月：第8回開催、着工、

12月：第9回開催、木工事進捗確認 外装工事

1月：第10回開催、木工事進捗確認 外装工事の確認

2月：第11回開催、実証事業の取りまとめ検討

<設計>

令和4年6月 実施設計

6月 構造設計についての準備を開始

実施図面整備完了、構造計算開始

7月 構造計算結果による修正、仕上、断熱などの詳細の修正

8月 仕様、構造計算の調整、建築確認申請準備

9月 仕様、構造計算の調整、建築確認申請準備

10月 仕様、構造計算の調整完了次第、建築確認申請

11月 確認申請調整、着工直前準備

12月 確認申請済証 発行

<施工>

令和4年11月 基礎工事準備 工事準備

令和4年12月 基礎工事 上棟(12/23~24)

令和5年1月 木工事・外装工事

令和5年2月 木工事・外装工事・内装工事・設備工事仕上げ

<性能確認>

令和5年2月：気密測定・改善事項確認

5. 得られた実証データ等の詳細

施工管理および CLT 搬入に関するレポート・既存の工法と比べた CLT 工法のコスト縮減比較資料

CLT の意匠的メリットを考察した設計手法に関するレポート

CLT の断熱性、気密性について考察した仕様、納まり、施工に関するレポート

6. 本実証により得られた成果

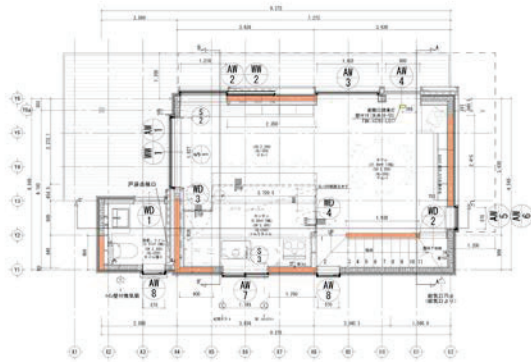
様々な工法での建築経験のある建築主が CLT 工法のモデル型建築を地域に開かれた店舗として建築することで、地域における CLT 工法の建築を周知するとともに、木造建築に精通し著名な伊礼智氏の設計監修による CLT 建築の美しさや居心地の良さを体感できる施設として、多くの訪問者が期待できる施設の建築を実施することができた。そうした建築における CLT の意匠的メリットを考察した設計手法や施工管理、断熱性、気密性、コスト縮減に関するレポートをまとめ、同様の用途や事務所建築をはじめとする様々な建築の参考

にすることができた。

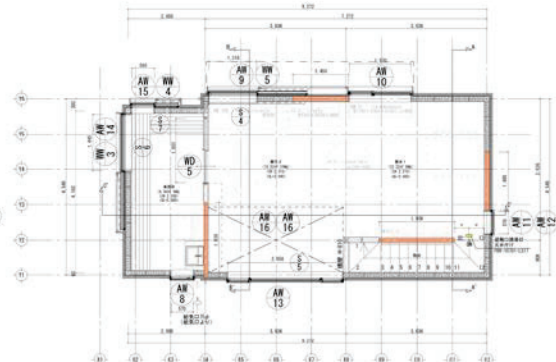
7. 建築物の平面図・立面図・写真等

建築面積：73.70 m²

延床面積：96.83 m²



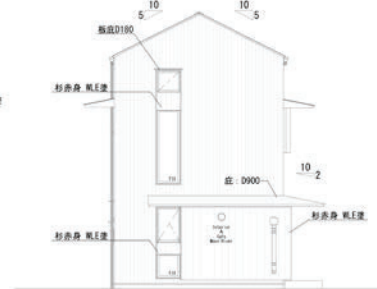
1F 平面図



2F 平面図



北立面図

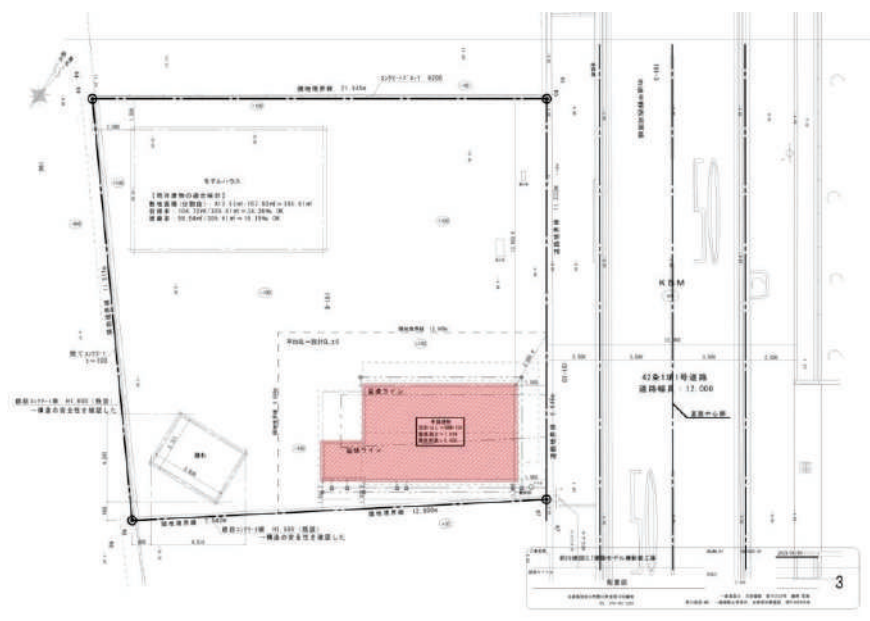


東立面図



計画概要

事務所併用飲食店としてのCLT建築モデルは地場産業である木製建具やCLTを使用した椅子などの木製家具、照明を販売する店舗として運営し、CLT建築の良さを周知するモデル型店舗施設として活用することで、地域におけるCLT建築普及を目的とし、計画した。



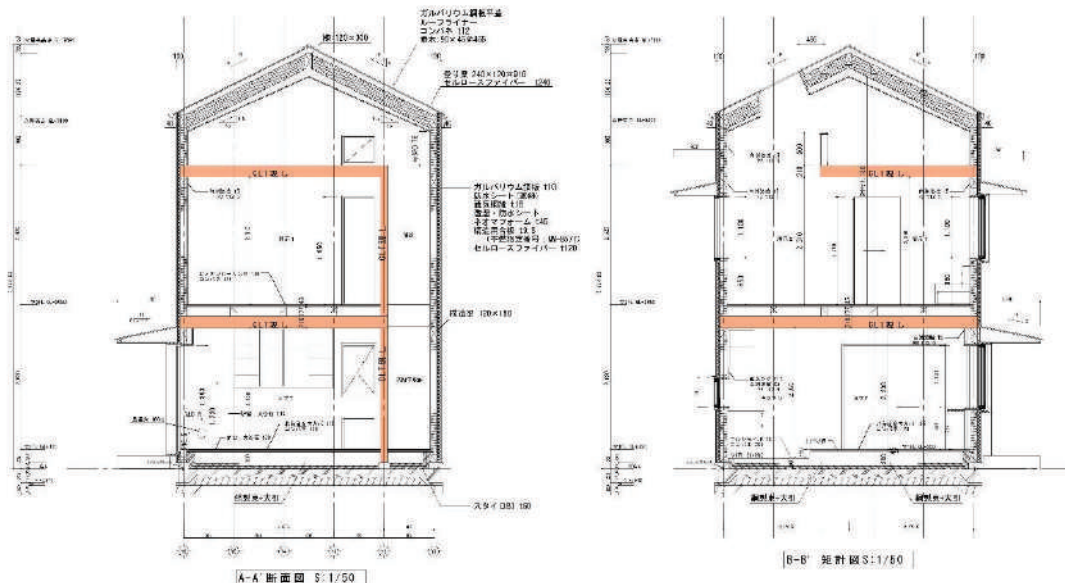
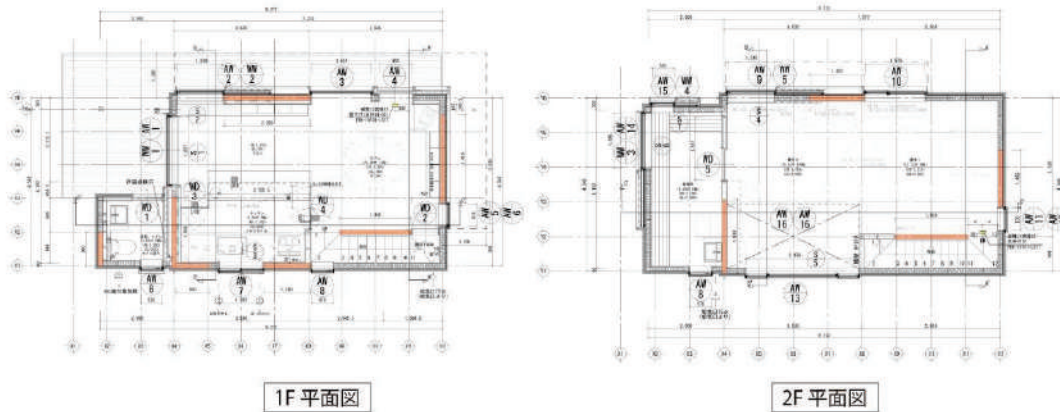
施工レポート

【施工計画】

長短方向及び床（2F、小屋裏床版）にCLTパネルを用いる計画とすることで、無駄な梁を無くし、施工性や意匠面またコストについても今後の住宅建築に活かせるように検証できる様にした。

CLTパネルに外壁下地モイスTM、透湿防水シート、外断熱ネオマフォーム(t45ミリ)、ガルバリウム鋼板として外壁面を仕上げ、室内側は外壁間仕切間にセルローズファイバー吹付(120ミリ)を施し、断熱性能も兼ね備えた外壁に施工した。

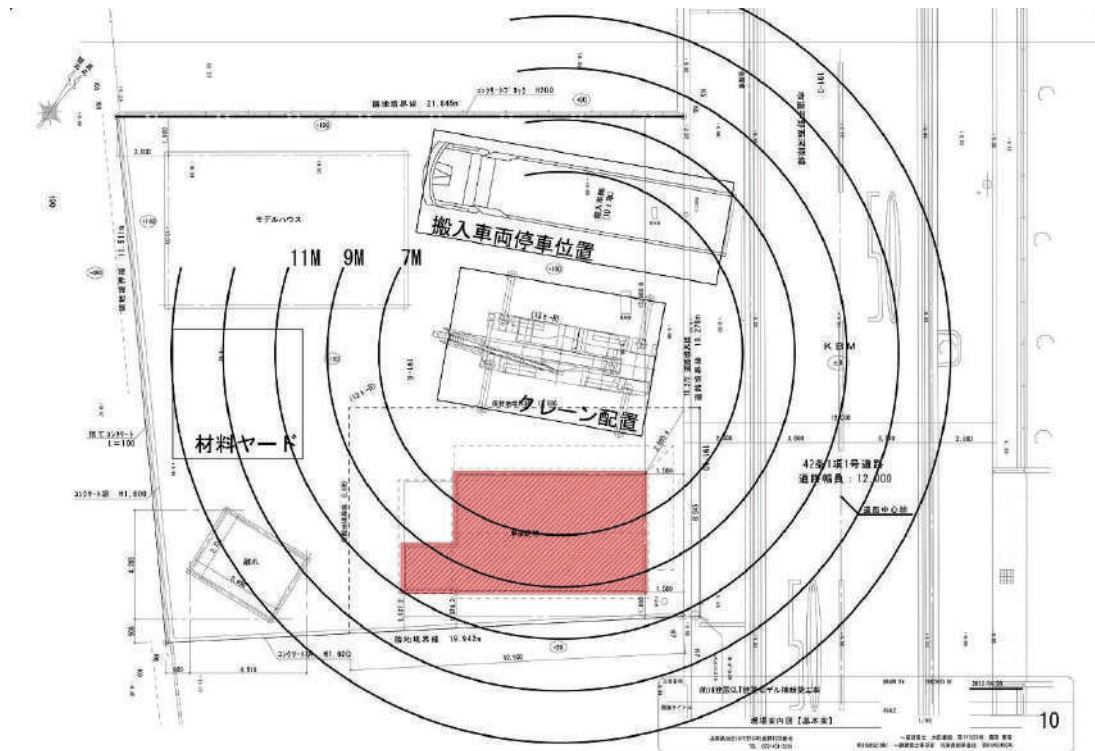
また、屋根については、重量及びコストを検討した結果、CLTパネルは採用せずに在来小屋組工法にガルバリウム鋼板を採用した。断熱についてもセルローズファイバー吹付(240ミリ)を施工した。



【搬入計画】

C L T建方時、敷地スペースに限りがあるため 16 t レッカー1 台で計画した。

限られたスペースと幹線道路に隣接していることもあり、資材トラックが入れるスペースを確保し、10 t トラック 2 台の荷受材は積荷順番も決め先に使用する資材が上になるよう計画を立て、全て仮置きとし施工の効率化を図った。

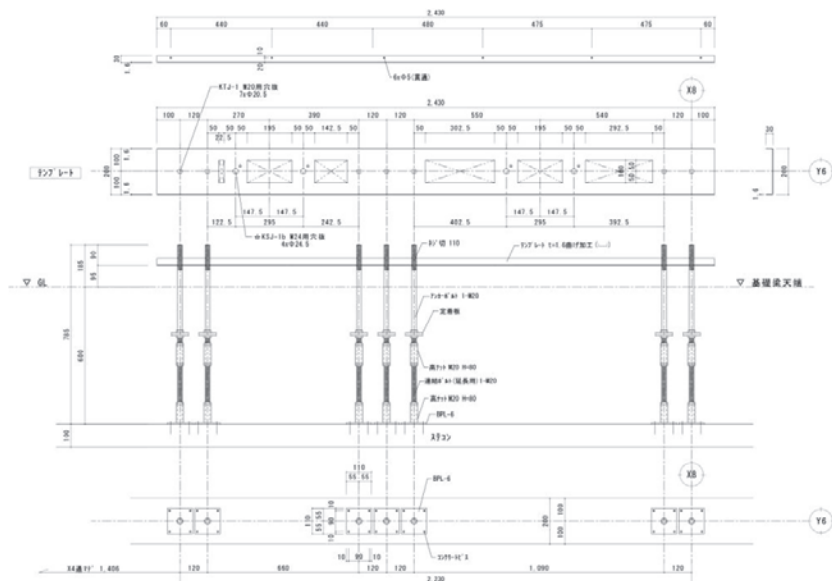
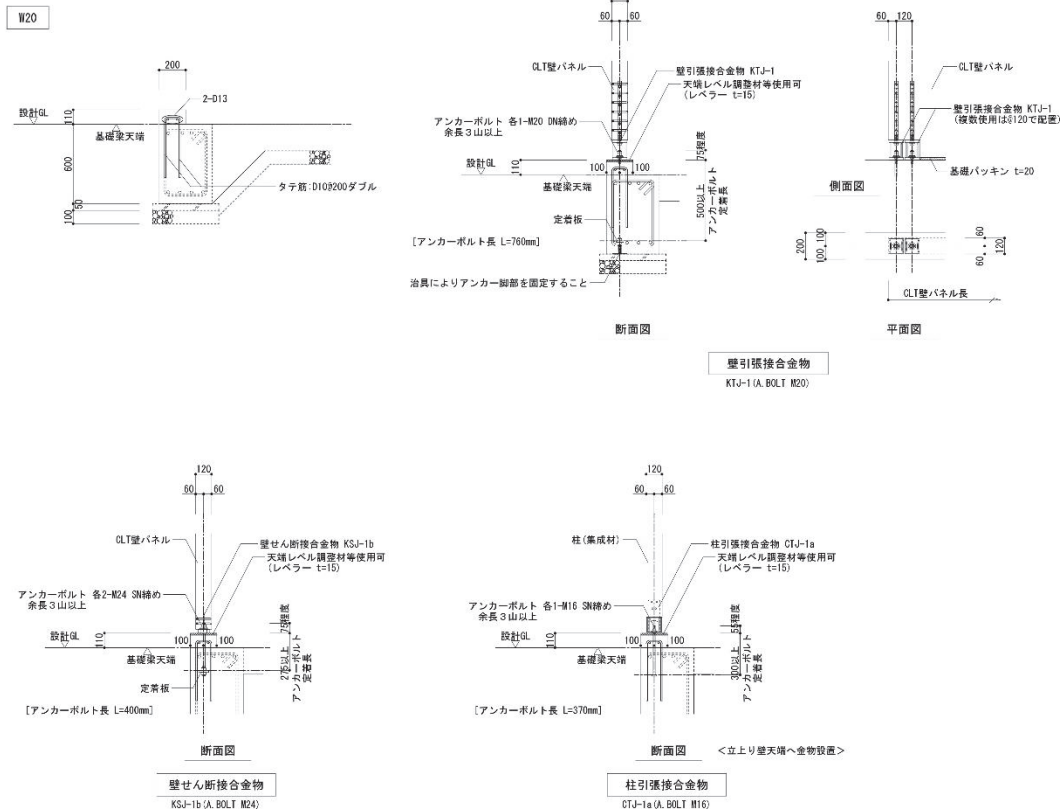


【施工管理】

今回の建て方で最も重要な基礎と CLT パネルとの接合に着目し、最重要のアンカーセットに関して検証を行った。深梁及び立上り基礎の高さがなく、基礎打設前のセットとなるため打込み前にトランシットにより墨出しを行いアンカーをセットし、柱脚金物アンカーボルトがコンクリート打設時にずれないように治具プレートを製作し型枠に固定した。

RC立上り壁配筋要領 1/30

アンカー詳細図 1/30





型枠解体後、せん断金物の取付はアンカー精度のおかげでスムーズに設置が可能となった。



CLT プレカット材に明記してある位置に建て方開始。CLT 柱脚穴に対し、ズレなく設置が完了。



2 階床板設置、1F 壁パネルにビスにて固定、固定ピンにて接合

注：床板は天井の化粧材としても採用しており吊金物にての荷揚げを行った。

1 階部分建て方完了



2 階部分建て方開始、高さ調整梁をビスにて連結



2 階部分建て方完了



CLT 組付け連結金物を固定





母屋組開始、既存 CLT にスリムヘビーにて固定



屋根垂木掛け、タルキックにて固定



建て方完了



施工の合理化

今回の CLT 建て前で検討していたアンカーセットにおいて精密な施工を行えたことで CLT 組付けが問題なく進み予定していた日程よりかなりの工期短縮ができた。また事前に協力業者との密な打合せにより皆が知識を理解できたことで、少人数での施工が可能となった。

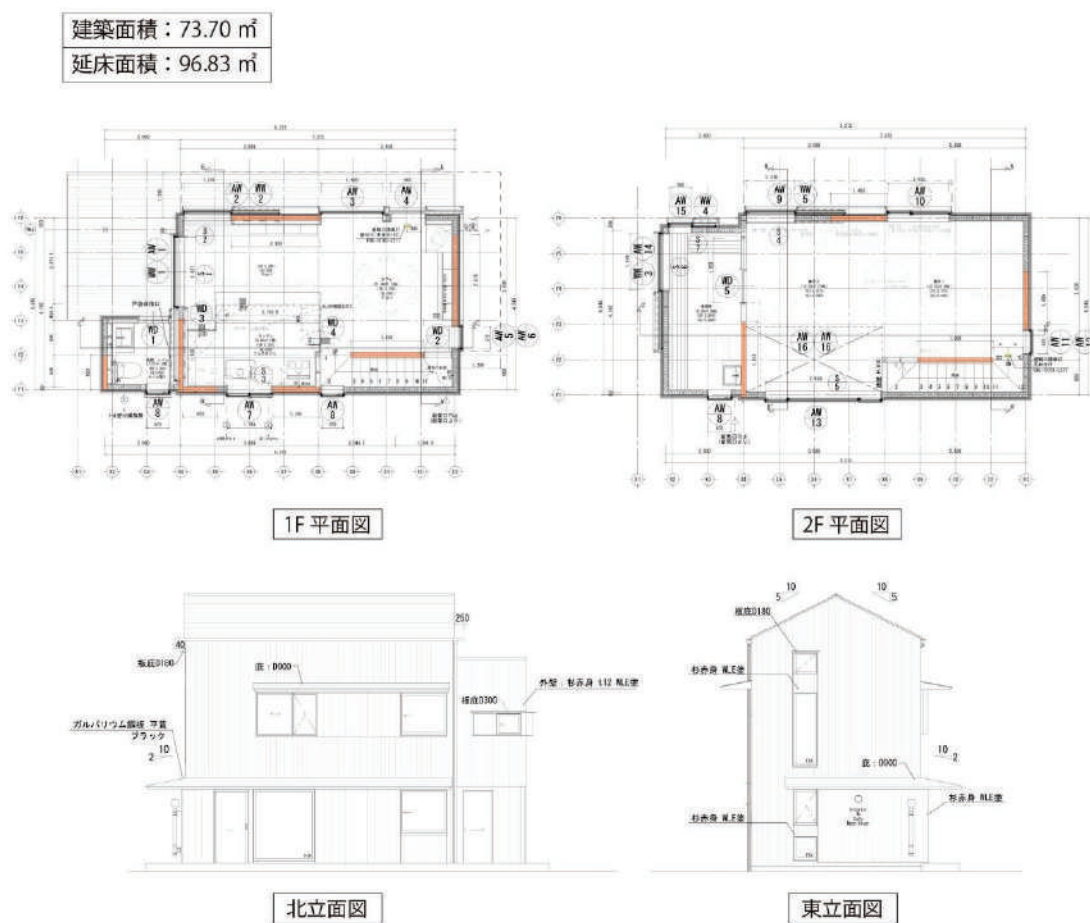
CLT は工場で加工を行いパネルにして建築現場に搬入するため現場での施工負担を減らすことができた。また CLT が仕上げ材を兼ねることで、従来の木造工法と比較して部材数が減り、大幅に工程を削減する事も可能だと感じた。

これからも多数の建物を建設していく上で、CLT の活用は今後建築業界に大きな影響を与えるものだとは今回の施工を通じて認識した。

建築コストの比較

今回、当社モデルハウスとして CLT パネル工法により 2 階建て+ロフトによる CLT 建築モデル型店舗の建築コストより、2 階建て RC 造 2 階建て S 造の計画案コストより、構造別比較を行った。

【対象建物図面】



【仕上げ表】

区 分		CLT 造	RC 造	S 造
外 部	屋根	CLT パネル下地の上在来木 軸下地金属屋根	コンクリート下地の上金属屋根	鉄骨下地の上金属屋根
	壁	ガルバリウム鋼板	ガルバリウム鋼板	ガルバリウム鋼板
内 部	床	床組みフローリング貼り	OA フロア塩ビタイル貼り	OA フロア塩ビタイル貼り
	壁	CLT 下地の上左官塗り	石膏ボード貼の上左官塗り	石膏ボード貼の上左官塗り
	天井	CLT パネル保護塗料塗り	石膏ボード貼の上杉板貼り	石膏ボード貼の上杉板貼り

【構造別設定条件】

- ・仮設工事では、同等な建物形状として想定しコスト差は無いものとした。
- ・CLT造の基礎工事は地盤改良、RC造、S造には既成杭を想定した。
- ・CLT造の仕様及び内部空間を、RC造、S造にも同等として想定した。
- ・CLT造の外壁仕上げを、RC造、S造にも同等として想定した。
- ・CLT造の内装仕上げを同等とし、RC造、S造にも壁左官塗、天井杉板貼りを想定した。
- ・CLT造の断熱工法と同等仕様として、RC造、S造にも同等として想定した。

【コスト比較の設定条件】

- ・建築コストは直接工事費を構造別に比較した。
- ・基本的に建築コストは刊行物等公表資料記載の単価及び歩掛りから算定し、CLTや非公表の単価はヒアリング等により設定した。
- ・CLT造の数量は具体事例の数値を基に再設定した数値を採用し、RC造やS造は新たに数量を算定した。

【建築コスト比較表（建築面積より算出）】

区 分	CLT 造		RC 造		S 造	
	金額	比率	金額	比率	金額	比率
仮設工事	3,900/㎡	100%	3,900/㎡	100%	3,900/㎡	100%
基礎工事	36,000/㎡	100%	100,800/㎡	280%	95,400/㎡	265%
躯体工事	182,000/㎡	100%	111,000/㎡	61%	107,000/㎡	59%
躯体以外	155,000/㎡	100%	186,000/㎡	120%	191,000/㎡	123%
合計	376,900/㎡	100%	401,700/㎡	107%	397,300/㎡	105%

【結果概要】

- ・今回の建築コスト事例分析では、構造別の直接工事費は概ね同額となった。
- ・CLT造は軽量なため、地業は地盤改良で安全性を確保でき、基礎や地中梁を比較的小さくできるが、RC造やS造の場合には杭施工が必要で、基礎工事費が高くなった。
- ・躯体工事費はCLT象が最も高く、RC造やS造はCLT造の60%程度となった。
- ・CLTパネルが内装仕上げ兼用しているため、躯体以外の工事費はCLT造が最も安く、RC造やS造は20%程度高くなった。
- ・CLT造は建物の軽量化やパネル素地をそのまま仕上げに使用できる場合にメリットが発揮される。（今回、特に天井仕上げとなる。）

気密性について

建築の気密性の向上が求められている実情において

今回の CLT 実証事業については C 値=0.5 cm³以下を目標とした。

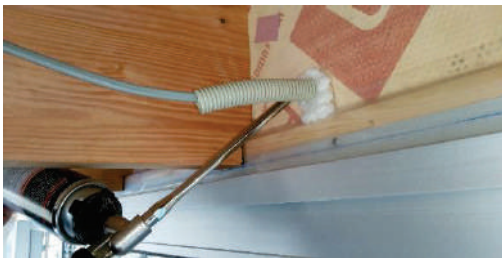
【気密検査の計画】

〈実施済〉断熱工事終了時（実施日：2023 年 2 月 17 日）

気密検査を行い、問題点の原因究明と対策を行う事で、目標値を目指す事とした。

【事前対策】

- ・ 内部基礎断熱部のスタイロフォームジョイント部：気密テープ張り
- ・ CD 管外壁貫通部：ウレタンフォーム充填
- ・ CD 管先端開口部：気密テープにより密閉
- ・ 配管/配線部：ウレタン吹込み
- ・ サッシ廻り：気密テープ張り、シーリング、ウレタンフォーム充填 等



これに加え

- ・ 基礎部と CLT 壁パネルの取り合い部：気密テープ張り



・CLT 造と木造の取り合い部：外断熱（ネオマフォーム）のジョイント箇所をずらしての気密テープ張り

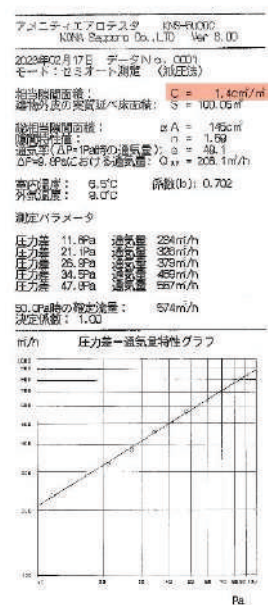


以上を行った。

【第一回気密検査】

実施日：2023 年 2 月 17 日

結果：C 値 = 1.4 cm²



【問題箇所と今後の対策】

(流出箇所) ボルト・ジョイント金物

(対策工事) ウレタンフォームの充填またはシーリング



(流出箇所) 外部に面している小屋裏パネルと木造部梁のジョイント部

(対策工事) シーリング



(流出箇所) サッシ廻り

(対策工事) 額縁取付後ウレタンフォーム充填



以上により今後の気密性向上を図る。

断熱性について

建築の断熱性の向上が求められている実情において

今回の CLT 実証事業については U_a 値=0.46 以下を目標とした。

【断熱材】

屋根：セルロースファイバー充填(t240 mm)

外壁：外張り断熱 ネオマフォーム(t45 mm)

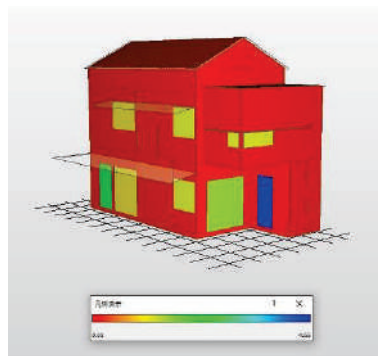
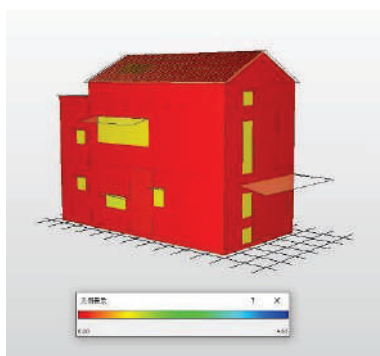
内壁：セルロースファイバー充填(t120 mm)

基礎：スタイロフォーム B 3 (t50 mm) 立上り：スタイロフォーム B 3 (t100 mm)

【外皮性能】

計算結果： U_a 値=0.33 目標値を達成

外皮性能計算表					
物件名		前川建設CLT建築モデル型店舗新築工事			
地域区分		6			
住宅の種類					
◆断熱等性能等級判定					
外皮平均熱貫流率 (UA) [W/㎡K]	基準値		設計値	等級	
	等級7	0.26	0.33	6	
	等級6	0.46			
	等級5	0.60			
等級4	0.87				
冷房期の平均日射熱取得率 (η AC)	等級7	2.8	2.0		
	等級6	2.8			
	等級5	2.8			
	等級4	2.8			
◆一次エネルギー消費量算定条件					
外皮面積[㎡]		244.78			
暖房期の平均日射熱取得率 (η AH)		1.3			
＜計算方法＞					
部位の熱貫流率		簡略計算法(面積比率)			
基礎等の熱貫流率		土間床等外周部と基礎壁を一体として評価（詳細法）			
窓の取得日射熱補正係数		定数			
計算基準年度		令和4年（Ver3.3）基準			



意匠について

木造建築に精通した伊礼智氏監修のもと、CLT パネルの持つ美しい木目や本物の木質感を

表現する為、現し箇所を厳選。在来軸組部との取合や内装材、造作家具、照明に至るまで、様々な CLT の持つ魅力を最大限引き出せる設計を行った。



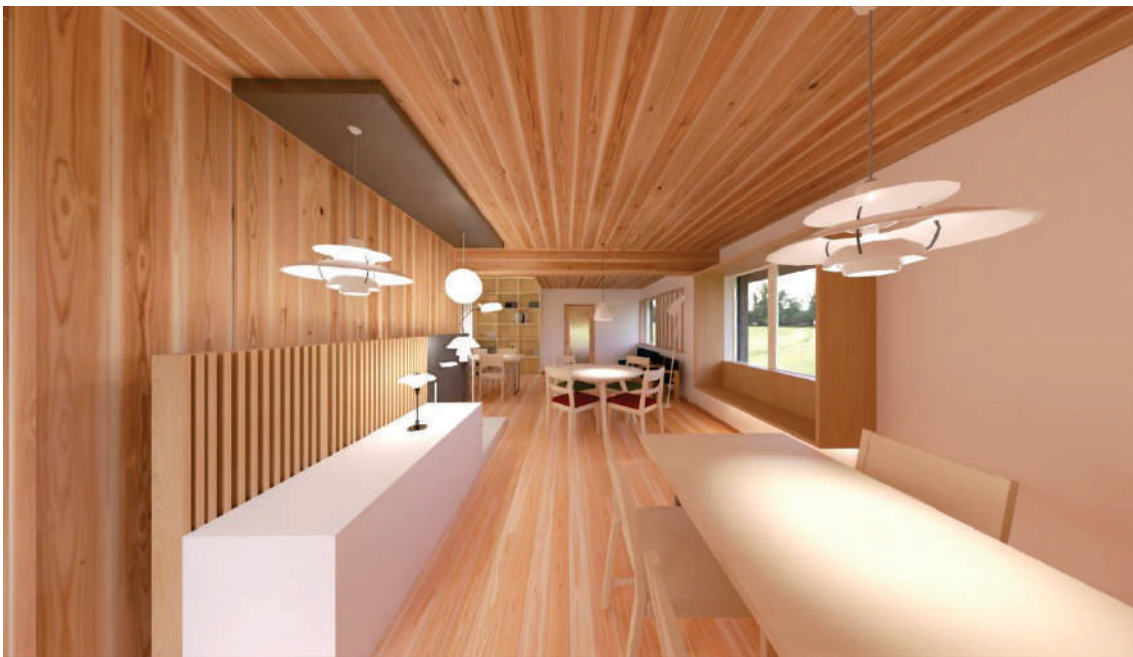
1F カフェスペース（東側）



1F カフェスペース（南側）



2F 家具展示スペース



2F 照明展示スペース

7.1 ライフデザイン・カバヤ（株）

事業名		CLT中層化「ウィングスラブ汎用性拡大及び防耐火対応プロジェクト」	
実施者（担当者）		ライフデザイン・カバヤ株式会社	
建築物の概要	用途		事務所
	建設地		岡山県岡山市北区西島田町67番1、68番、72番1
	構造・工法		CLTパネル工法、一部鉄骨柱及び梁、一部CLT充腹梁
	階数		6
	高さ（m）		30.87m
	軒高（m）		27.37m
	敷地面積（㎡）		3,487.59㎡
	建築面積（㎡）		625.00㎡
	延べ面積（㎡）		3,630.00㎡
	階別面積	1階	505.00㎡
2階		625.00㎡	
3階		625.00㎡	
4階		625.00㎡	
5階		625.00㎡	
6階		625.00㎡	
C L T の仕様	C L T採用部位		壁、床、屋根、複合スラブのウェブ／フランジ部分
	C L T使用量（㎡）		建築物使用量 概算1,042㎡
	壁パネル	寸法	270mm厚
		ラミナ構成	9層9プライ
		強度区分	S90
		樹種	ヒノキ
	床パネル	寸法	150mm厚
		ラミナ構成	5層5プライ
		強度区分	S90
		樹種	ヒノキ
	屋根パネル	寸法	90mm厚
		ラミナ構成	3層3プライ
強度区分		Mx60	
樹種		スギ	
木材	主な使用部位（CLT以外の構造材）		無
	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	30分 耐火構造(大臣認定) ※アスファルト防水
		外壁	2時間耐火構造(大臣認定) ※タイル貼
		開口部	カーテンウォール：スチール、溶融亜鉛メッキ リン酸処理仕上+複層ガラス
	主な内部仕上	界壁	無 注)界床：次期開発(本件開発床仕様による2時間耐火構造)
		間仕切り壁	2時間耐火構造(大臣認定) ※化粧材貼り
		床	東立て方式合板28mm下地カーペットタイル
構造	天井		CLT+PB21×2
	構造計算ルート		ルート3
	接合方法		引張及びせん断金物、ビス接合
	最大スパン		充腹梁による最大スパン10m
	問題点・課題とその解決策		構造検討とウェーブフランジ材の接合部試験、ウェブ材の部材試験を行い、その結果をもとにスパン別、想定荷重別に数パターンのCLT複合スラブを設計し実大評価試験を行う。
防耐火	防火上の地域区分		その他地域
	耐火建築物等の要件		3階以上2時間耐火、1、2階1時間耐火
	本建築物の防耐火仕様		3階以上2時間耐火、1、2階2時間耐火
	問題点・課題とその解決策		CLT充腹梁が1時間及び2時間耐火の告示仕様対象外。個別に大臣認定を取得予定。
温熱	建築物省エネ法の該当有無		該当あり：規制対象
	温熱環境確保に関する課題と解決策		構造プロトタイプモデルとしては外皮を全面開口としている。実設計ではCLTスラブ持出しによる庇で日射遮蔽効果に期待。
	主な断熱仕様（断熱材の種類・厚さ）	屋根（又は天井）	カネライトフォーム ・ 50～100mm
		外壁	複層ガラス
床		無	
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		－
	給排水・電気配線設置上の工夫		－
	劣化対策		－
工程	設計期間		プロトタイプの設計期間 2021年6月～2022年1月（8ヵ月）
	施工期間		令和4年7月～令和5年2月（8ヵ月）
	C L T 躯体施工期間		－
体制	竣工（予定）年月日		2024年10月頃予定
	発注者		ライフデザイン・カバヤ株式会社
	設計者（複数の場合はそれぞれ役割を記載）		基本設計：日本CLT技術研究所1級建築士事務所
	構造設計者		株式会社構造計画研究所
	施工者		ライフデザイン・カバヤ株式会社
	C L T 供給者		銘建工業株式会社
	ラミナ供給者		－

実証事業名：CLT 中層化「ウィングスラブ汎用性拡大及び防耐火対応プロジェクト」

建築主等、協議会運営者：ライフデザイン・カバヤ株式会社

1. 実証した建築物の概要

用途		事務所		
建設地		岡山県岡山市北区西島田町		
構造・工法		CLT パネル工法、一部鉄骨柱及び梁、一部 CLT 充腹梁		
階数		6		
高さ（m）		30.87m	軒高（m）	27.37m
敷地面積（㎡）		3,487.59 ㎡	建築面積（㎡）	625.00 ㎡
階別面積	1 階	505.00 ㎡	延べ面積（㎡）	3,630.00 ㎡
	2 階	625.00 ㎡		
	3 階	625.00 ㎡		
	4 階	625.00 ㎡		
	5 階	625.00 ㎡		
	6 階	625.00 ㎡		
CLT 採用部位		壁、床、屋根、複合スラブのウェブ／フランジ部分		
CLT 使用量（m³）		建築物使用量 概算 1,042 m³		
CLT を除く木材使用量（m³）		—		
CLT の仕様	（部位）	（寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種）		
	壁	270mm 厚/9 層 9 プライ/S90/ヒノキ		
	床	150 厚/5 層 5 プライ/S90/ヒノキ		
	屋根	90mm 厚/3 層 3 プライ/Mx60/スギ		
設計期間		2022 年 6 月～2023 年 2 月（8 カ月）		
施工期間		2022 年 7 月～2023 年 2 月（7 ヶ月）		
CLT 躯体施工期間		2022 年 7 月～2023 年 2 月（7 か月）		
竣工（予定）年月日		2024 年		

2. 実証事業の目的と設定した課題

昨年の補助事業にて 6 階建 CLT 中層建築の設計実証を行った際、床スラブとして使用する CLT 複合スラブの部材性能実証も行ったが、全体の構造計画の中の一部として行ったに過ぎず、スパン対応、製造コスト、防耐火要件等課題を残しており建築に向け改善を図る。また、10m 超の無柱空間が確保できる部材となり中大規模の CLT 並びに木造建築において利用価値は高い。

(1) 構造検討とウェブフランジ材の接合部試験、ウェブ材の部材試験を行い、その結果をもとにスパン別、想定荷重別に数パターンの CLT 複合スラブを設計し実大評価試験を行

う。その結果と事前検討の確認を行い設計手法の妥当性確認を行う。

(2) 防耐火要件対応については、壁は仕上げに木材を用いる仕様、床は 1 時間/2 時間耐火に対応できる標準仕様と仕上げに木材を用いる仕様を検討し耐火試験を実施して性能確保の確認を行う。

3. 協議会構成員

(設計) ライフデザイン・カバヤ株式会社 守谷和弘、市村直也、小宮秀則
藤本和典 (協議会運営者)

(施工) ライフデザイン・カバヤ株式会社

(材料) 銘建工業株式会社：車田慎介、近藤純平

(試験) 広島大学 森拓郎

4. 課題解決の方法と実施工程

・構造検討とウェブフランジ材の接合部試験、ウェブ材の部材試験を行い、その結果をもとにスパン別、想定荷重別に数パターンの CLT 複合スラブを設計し実大評価試験を行う。その結果と事前検討の確認を行い設計手法の妥当性確認を行う。

・防耐火要件対応については、壁は仕上げに木材を用いる仕様、床は 1 時間/2 時間耐火に対応できる標準仕様と仕上げに木材を用いる仕様を検討し耐火試験を実施して性能確保の確認を行う。

＜協議会の開催＞

2022 年 6 月 10 日：第 1 回開催、スケジュール及びスキムの確認、耐火試験の予定
接合部仕様・接合部試験の検討

8 月 17 日：第 2 回開催、試験経過確認およびウェブ部材の仕様・試験検討
耐火試験の結果及び今後の予定

11 月 8 日：第 3 回開催、試験結果確認および CLT 複合スラブの仕様・試験・設計
方法検討
耐火試験 (壁) 結果確認

2023 年 2 月：第 5 回開催、実証事業の取りまとめ検討／耐火試験 (床) の結果確認
＜性能確認＞

(構造)

2022 年 7 月：ウェブフランジ接合部の接合方法及び試験体洗い出し

8 月：ウェブフランジ接合部試験

9 月：ウェブフランジ接合部試験

CLT 複合スラブ性能評価試験の試験体及び評価項目の検討

ウェブ材試験は無

12 月：CLT 複合スラブ試験(12/12～12/14 宮崎県木材利用技術センター)

2023 年 1 月：ウェブ材のせん断／曲げ補足試験 (広島大学及び宮崎木材利用技術 S)

(耐火)

2022 年 7 月：壁 耐火性能評価試験

間仕切壁 1 時間耐火試験 (7/20、7/26 建材試験センター中央試験所)

8 月：壁 耐火性能評価試験

間仕切壁 2 時間耐火試験 (8/15、8/18 建材試験センター中央試験所)

外壁 2 時間耐火試験 (内側) 8/31、9/5 建材試験センター中央試験所)

9 月：外壁 2 時間耐火試験 (外側) 9/29、10/5 建材試験センター中央試験所)

10 月：壁耐火試験は 1 時間、2 時間共に全て合格、大臣認定申請を行う

2023 年 2 月：床 耐火性能評価試験

ウィングスラブ (床下) 2 時間耐火試験 (2/14、2/16 建材試験センター西日本)

ウィングスラブ (床上) 2 時間耐火試験 (2/27、3/2 建材試験センター西日本)

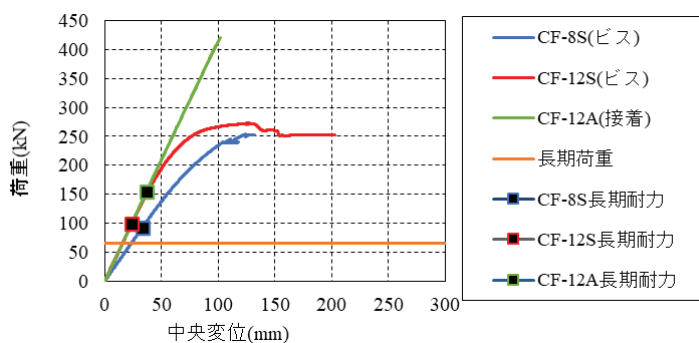
5. 得られた実証データ等の詳細

・ウィングスラブ性能評価試験 (8m スパンビス仕様、12m スパンビス仕様/接着仕様)

仕様 (試験体名)	接合方法	支持スパン /試験体長さ (m)	ウェブ/複合スラブ せい (mm)	目標EI×10 ¹⁰ (kN・mm ²)	設計EI×10 ¹⁰ (kN・mm ²)
8mビス仕様 (CF-8S)	全ねじビス 45度打ち@100	8/8.4	380/500	1.9	2.6
12mビス仕様 (CF-12S)	全ねじビス 45度打ち@100	11.6/12	700/880	11.9	14.3
12m接着仕様 (CF-12A)	レゾルシノール系 接着剤	11.6/12	620/800	12	14.5



《試験結果》



スパン 8m、12m について必要性能(長期許容耐力、曲げ剛性)を満たしていることを確認した。

複合スラブの曲げ剛性の評価について、試験結果よりウェブ材のせん断変形分を考慮するとメソッドを用いる事により適切に評価出来る事を確認した

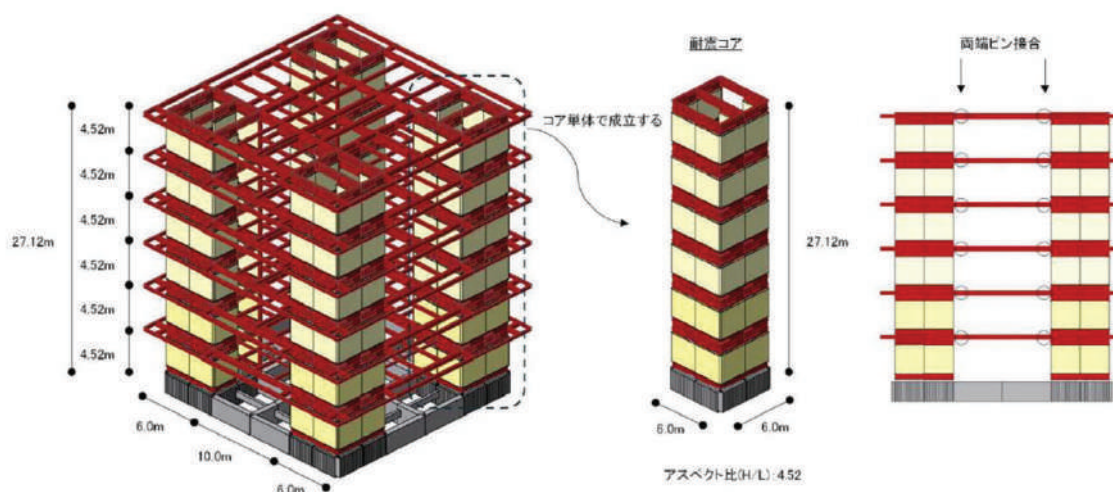
- ・間仕切壁 1 時間耐火試験 耐火被覆厚 36 mm 合格 大臣認定取得
- ・外壁 2 時間耐火試験 内側耐火被覆 57 mm 合格 大臣認定取得
- ・間仕切壁 2 時間耐火試験 両面耐火被覆 57 mm 合格 大臣認定取得
 ※仕上げに木材を用い被覆を兼ねる耐火建築を目指したが、有識者や試験機関から難易度の高さの指摘を受け、告示や既認定の被覆厚低減を目標とした
- ・ウィングスラブ床 2 時間耐火試験(実施中) 大臣認定取得予定
- ・躯体工事の他工法との比較

6階建ての1層床で躯体施工コスト比較(材工)		
工法	金額	工期
CLTウィングスラブ	¥12,219,684	3日間
RC造	¥5,145,938	10日間
S造	¥5,524,956	7日間
※12m×12mの無柱空間として試算		
※建て方時のレッカー等重機代含む		
※建築地を岡山市内として輸送費を含む		

6. 本実証により得られた成果

- ・CLT 中層化 project として昨年度は構造モデルの設計に取り組み、今年度は最大 12m の無中空間を可能とするウィングスラブ及び防耐火対策に取り組み、6 層以下の CLT らしいビル設計の実現に大きく近づけた。
- ・被覆厚を低減できること、及び 3 階建て以下で採用している 120 mm 厚 5 層 5 プライの CLT(ラミナ厚 24 mm)まで認定範囲に含めることができたことで耐火建築のコストダウンに結びつく。
- ・ウィングスラブの施工コストは他工法と比較してまだまだ高いが、圧倒的な工期短縮、DfMA の効果が期待できる。

7. 建築物の平面図・立面図・写真等



(成果物)

ウィングスラブ(複合スラブ)の
事前検討と構造性能確認について

2023 年 2 月

ライフデザイン・カバヤ（株）

(成果物) 複合スラブの事前検討と構造性能確認について

複合スラブ汎用性拡大の為、ウェブ材、フランジ材に CLT を用いた複合スラブについて、事前検討と複合スラブ曲げ試験結果の比較により事前検討の適正度確認を実施した。



1. 事前検討

1.1 目標 EI

複合スラブの曲げ剛性は目標値を下記とし、下式にて算出した。

スパンの 1/300 かつ 20mm 以下で変形増大係数 2 を考慮→目標たわみ 10 mm 以下

$$EI = \frac{5(P + G)L^4}{384(\delta_b - \delta_s)}$$

G : 固定荷重

P : 積載荷重(事務所)

(たわみ検討時=0.0008kN/mm²)

L : スパン(=8000mm, 11600mm)

δ_b : 目標たわみ(=10mm)

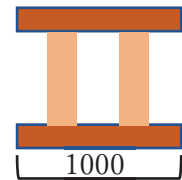
1.2 設計 EI

複合スラブ曲げ剛性(設計 EI) の算出は、下記に示す Eurocode5 に示されている γ メソッドを用いた。検討した試験体仕様は「1.3 試験体仕様と試験体性能」の表 1-3-1 に示す。

$$(EI)_{ef} = \sum_{i=1}^3 (E_i I_i + \gamma_i E_i A_i a_i^2) = 2(E_1 I_1 + \gamma_1 E_1 A_1 a_1^2) + E_2 I_2 + \gamma_2 E_2 A_2 a_2^2$$

$$a_2 = \frac{\gamma_1 E_1 A_1 (h_1 + h_2) - \gamma_3 E_3 A_3 (h_2 + h_3)}{2 \sum_{i=1}^3 \gamma_i E_i A_i} = \frac{\gamma_1 E_1 A_1 (h_1 + h_2)}{2(\gamma_1 E_1 A_1 + \gamma_2 E_2 A_2)}$$

$$\gamma_1 = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 E_1 A_1 s_1}{K_1 L^2}}, \quad a_1 = \frac{h_1 + h_2}{2} - a_2$$



複合スラブ断面

$(EI)_{ef}$: 有効曲げ剛性(kN・mm²)

E_1 : フランジ材のヤング係数(kN/mm²)

E_2 : ウェブ材のヤング係数(kN/mm²)

I_1 : フランジ材の断面二次モーメント(mm⁴)

I_2 : ウェブ材の断面二次モーメント(mm⁴)

γ_1 : フランジ材-ウェブ材間の接続剛性係数

γ_2 : 定数=1

A_1 : フランジ材の断面積(mm²)

A_2 : ウェブ材の断面積(mm²)

a_1 : フランジ材中央から中立軸までの距離(mm) a_2 : ウェブ材中央から中立軸までの距離(mm)

s : スパン方向の接合具のピッチ(mm)

L : 支点間距離(mm)

h_1 : フランジ材の高さ(mm)

h_2 : ウェブ材の高さ(mm)

K : ウェブ材-フランジ材間の滑り係数(kN/mm)

※E は、CLT を用いた建築物設計施工マニュアル記載の値

※K は、接合部試験を実施し、その結果より、接着仕様 1m あたり 3611(kN/mm)、ビス仕様(全ねじビス 45 度打ち) 1 本あたり 5.47(kN/mm)とした。

設計 EI 算定時の複合スラブ曲げ剛性と滑り係数 K 関係を図 1-2-1 示す。スパン方向 1m あたりの滑り係数と複合スラブの曲げ剛性の関係より、滑り係数が 100(kN/mm)程度以下では複合スラブの曲げ剛性の変化が大きいがそれ以降は変化量が小さくなるため、効率的な部材構成となるように、ビス仕様では、滑り係数が 109.4(kN/mm)となる、全ねじビス 45 度打ち 100mm ピッチを採用した。

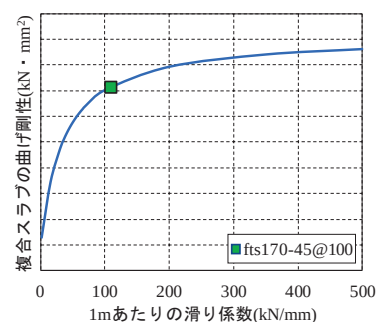


図 1-2-1 曲げ剛性と滑り係数（ビス）

1.3 試験概要

1.3.1 試験体仕様と試験体性能

1.1、1.2 にて算出した目標 EI、設計 EI と各試験体仕様を表 1-3-1 に示す。また代表例の 12m ビス仕様の試験体図を図 1-3-1 に示す。

表 1-3-1 各試験体一覧

仕様 (試験体名)	接合方法	支持スパン /試験体長さ (m)	ウェブ/複合スラブ せい(mm)	目標EI×10 ¹⁰ (kN・mm ²)	設計EI×10 ¹⁰ (kN・mm ²)
8mビス仕様 (CF-8S)	全ねじビス 45度打ち@100	8/8.4	380/500	1.9	2.6
12mビス仕様 (CF-12S)	全ねじビス 45度打ち@100	11.6/12	700/880	11.9	14.3
12m接着仕様 (CF-12A)	レゾルシノール系 接着剤	11.6/12	620/800	12	14.5

※ウェブ材：CLT 厚さ 90 mm、S60-3-3、

フランジ材：CLT (8m 仕様) 厚さ 60 mm (12m 仕様) 90 mm、Mx60-3-3、幅 1m

※全ねじビス：φ8 mm、長さ 170 mm

※ウェブ材せいは、12m 仕様は設計 EI が目標 EI を 15%程度、8m 仕様は 25%程度上回るせいとした。

目標 EI 算出時の想定荷重 (G+P) は、CF-8S が 3.14kN/m²、CF-12S が 3.6kN/m²、CF-12A が 3.53kN/m²とした。

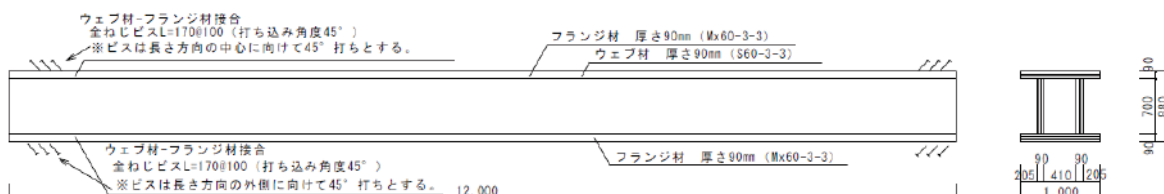


図 1-3-1 試験体図（代表例 12m ビス仕様）

1.3.2 試験方法

複合スラブの実大曲げ試験は単調載荷による 4 点曲げ試験とした。加力図と試験条件をそれぞれ図 1-3-2、表 1-3-2 に、試験時の様子を写真 1-3-1 に示す。

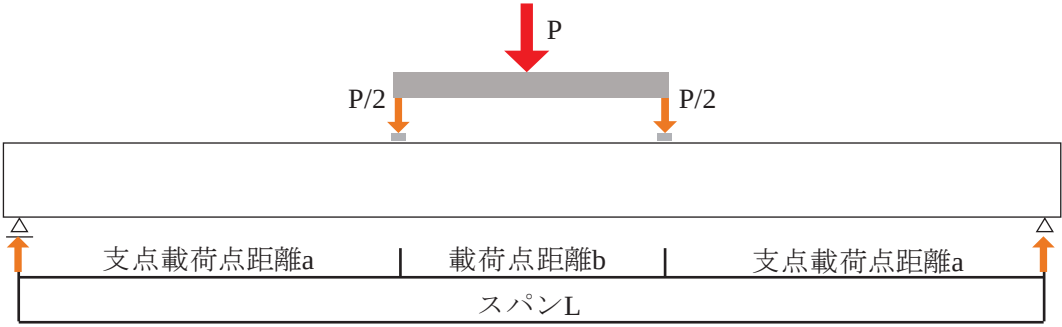


図 1-3-2 加力図

表 1-3-2 試験条件

試験体名	L(mm)	a(mm)	b(mm)	加力速度 (mm/min)
CF-8S	8000	3000	2000	3
CF-12S	11600	4500	2600	6
CF-12A	11600	4500	2600	6



写真 1-3-1 試験時の様子

1.4 試験結果

1.4.1 破壊性状

各試験体の試験後の様子を写真 1-4-1 から写真 1-4-3 に示す。

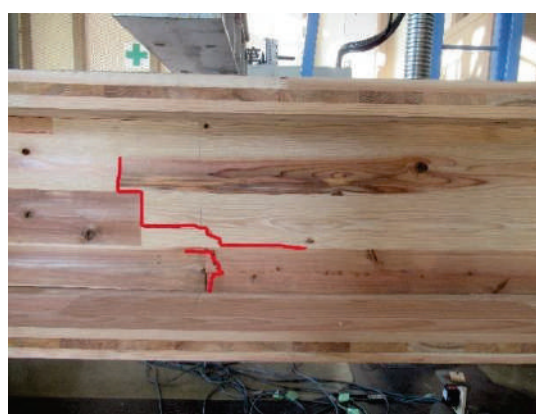
ビス試験体において、フランジ材とウェブ材のずれが蓄積し、複合スラブの端部では、写真 1-4-1(b)のような 1cm 程度のずれが確認できた。CF-8S は複合スラブ全体として曲げ変形した後、最終的に写真 1-4-1(c)に示すような曲げ区間でのウェブ材の面内曲げ破壊がみられた。CF-12S は一方の支点・荷点間のビス抜けが先行し、ウェブ材単体として抵抗したことにより写真 1-4-2(b)に示すようにスパン中央部分でウェブ材が面内曲げ破壊した。それと同時に、ビス抜けが先行した側の下フランジ材が写真 1-4-2 (c)のように完全に抜け落ちた。CF-12A は接着剤によって剛に接合されており、複合スラブが一体として曲げ変形した後、写真 1-4-3(b)のように下フランジ材がスパン中央付近で曲げ破壊し、同時に写真 1-4-3(c)に示すようにウェブ材が面内曲げ破壊した。



(a) 試験体全体



(b) スラブ端部でのせん断ずれ



(c) ウェブ材の面内曲げ破壊

写真 1-4-1 試験後の様子(CF-8S)



(a) 試験体全体

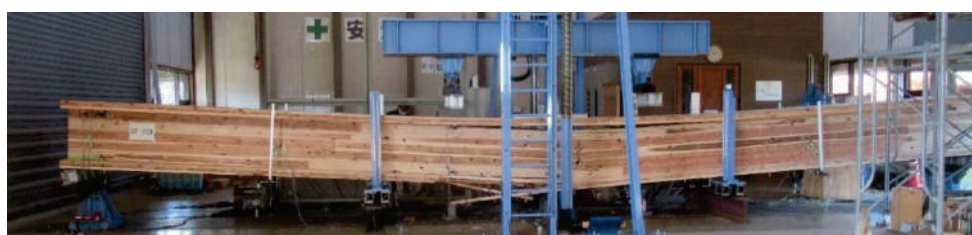


(b) 下フランジのビス抜け



(c) ウェブ材の面内曲げ破壊

写真 1-4-2 試験後の様子(CF-12S)



(a) 試験体全体



(b) 下フランジのビス抜け



(c) ウェブ材の面内曲げ破壊

写真 1-4-3 試験後の様子(CF-12A)

1.4.2 荷重変位関係

各試験体の荷重-変位関係を図 1-4-1、想定負担荷重と耐力一覧を表 1-4-1 に示す。
各試験体の長期許容耐力はそれぞれの負担荷重を上回り、性能を満たす事を確認した。

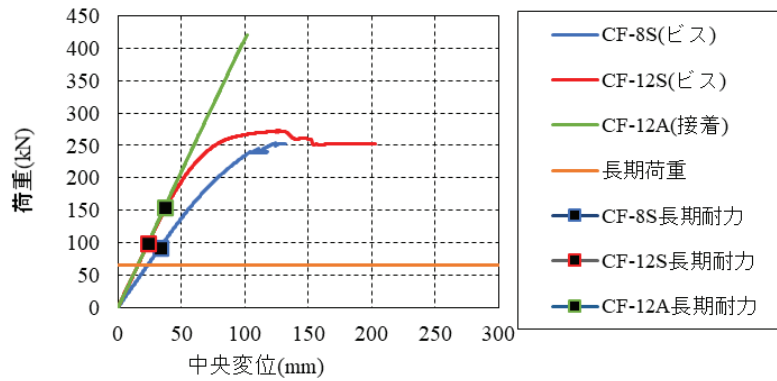


図 1-4-1 荷重変位関係

表 1-4-1 長期負担荷重と耐力一覧

試験体	長期負担荷重 (kN)	最大荷重 (P_{max})	長期許容耐力 ($1.1/3 P_{max}$)
CF-8S	41.92	253.51	92.95
CF-12S	66.12	272.51	99.92
CF-12A	65.31	420.85	154.31

※長期負担荷重 (G+P) は、CF-8S が 5.24kN/m²、CF-12S が 5.7kN/m²、CF-12A が 5.63kN/m²とした。

1.4.3 曲げ剛性の設計値との比較

目標 EI、設計 EI、実験値及び実験値よりせん断変形を除いた曲げ剛性（純曲げ EI）一覧を表 1-4-2 に示す。なお、純曲げ EI は、実験値の中央変位には式(1-4-1)に示すようにせん断たわみが含まれていることが考えられる。そこで、せん断たわみを取り除いた純粋な曲げ剛性を図 1-4-2 に示すように、載荷点間距離 1m とし本試験の前に 20kN までの載荷をおこなった事前試験の結果を踏まえて式(1-4-2)により算出した。

$$\delta = \left(\frac{Pa(3L^2 - 4a^2)}{48EI} \right) + \kappa \frac{P}{GA} \quad (1-4-1) \quad \delta_2 - \delta_1 = \frac{Pa\{(3L_2^2 - 4a^2) - (3L_1^2 - 4a^2)\}}{48EI} \quad (1-4-2)$$

δ_1 : 事前試験の中央変位(mm)

δ_2 : 本試験の中央変位(mm)

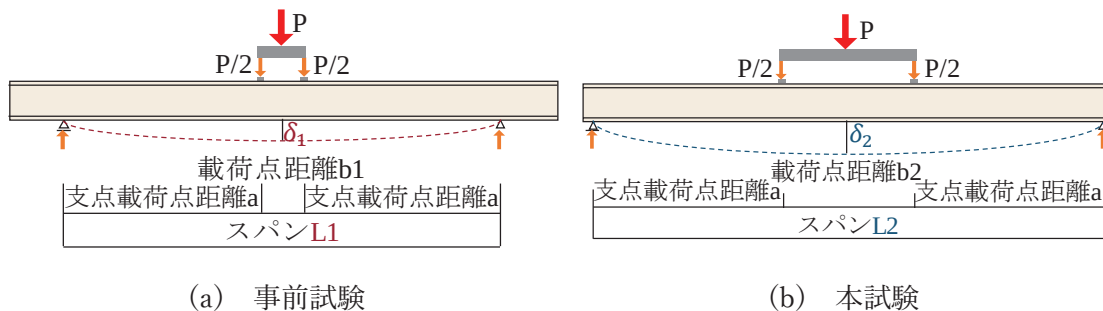


図 1-4-2 純粋な曲げ剛性算出用の試験図

表 1-4-2 設計値と実験値の一覧(単位： $\times 10^{10}\text{kN} \cdot \text{mm}^2$)

試験体名	目標EI	設計EI	実験値	純曲げEI	実験値/ 目標EI	純曲げEI/ 設計EI
CF-8S	1.93	2.6	2.8	4.1	1.49	1.58
CF-12S	11.9	14.3	12.6	17.7	1.04	1.24
CF-12A	12	14.5	12.8	14	1.06	0.97

各試験体ともに、実験値が目標 EI を上回った。CF-8S は、実験値が設計 EI と同程度であったが CF-12S および CF-12A においては少し下回った。これは γ メソッドの評価にせん断変形が含まれていないため考えられる。その確認として、せん断変形を除いた曲げ剛性（純曲げ EI）をみると、CF-8S においては設計 EI を 1.58 倍と大きく上回った。これはフランジ厚が 60mm であり、ウェブ材へのビス打込み長さが接合部試験時（試験時フランジ厚 90 mm）より長かったために高剛性となったことが理由であると考えられる。また、CF-12S では、1.24 倍と本実験で得られたせん断変形が少し小さく計測されたと考えられ、高い曲げ剛性が得られた。最後に、CF-12A においては、ほぼ接合部のずれなどが無いため計算の精度が高く、設計値の 0.97 倍を示し、 γ メソッドによる曲げ剛性の推定は純粋な曲げ剛性に対して適切であることを確認した。

1.5 まとめ

- ・ウェブ材フランジ材を CLT にて構成した複合スラブについて、スパン 8m、12m について必要性能（長期許容耐力、曲げ剛性）を満たしていることを確認した。
- ・複合スラブの曲げ剛性の評価について、試験結果よりウェブ材のせん断変形分を考慮すると γ メソッドを用いる事により適切に評価出来る事を確認した。
- ・今回は、曲げ剛性の事前検討時に設計値は目標値の 115%とし設計すると必要性能を満たす事を確認した。今後、汎用性を高めるために様々なスパン時の性能検討を可能とするため、事前検討時に γ メソッドの検討含まれないせん断変形をどのように見込むかについて今回の結果より検討を進める。

試 験 報 告 書

(接合部せん断試験)

2023 年 2 月

広島大学 森研究室

第2章 接合部せん断試験

2.1 目的

1.3 節で示したγメソッドによる有効曲げ剛性の算出より、複合スラブの曲げ剛性を高めるには、フランジ材-ウェブ材間の接続剛性もしくは、フランジ材及びウェブ材の断面性能を高める必要がある。本章では、前者のフランジ材-ウェブ材間の接続剛性を高めるための接合部せん断試験をおこなった結果を報告する。

接合部せん断試験は、接着接合とビス接合、プレート接合についておこない、それぞれ樹種の違いや、ビス接合においては、ビス種類や打ち込み角度を変えて試験をおこなった。

2.2 接着接合

2.2.1 試験体

せん断試験体は側材-主材-側材の順にロケット型に並べた3材料を接合して作成した。試験体の諸元を表 2.2-1 に示す。側材には、全て3層3プライの Mx60 スギ CLT を用いており、主材には、複合スラブに用いるスギ CLT(SC)に加えて、CLT と集成材の違いを調べるためにスギ集成材(SG)、密度の異なる樹種による違いを調べるためにオウシュウアカマツ集成材(以下、欧州アカ集成材)(RWG)の三種類を用いた。接着剤は、レゾルシノール系樹脂接着剤を用いた。試験体図を図 2.2-1 に示す。

表 2.2-1 試験体一覧

番号	樹種	接着剤	試験体数
SC-ad	スギ CLT(Mx60-3-3)	レゾルシノール	6
SG-ad	スギ集成材(E65-F225)		6
RWG-ad	欧州アカ集成材(E105-F300)		6

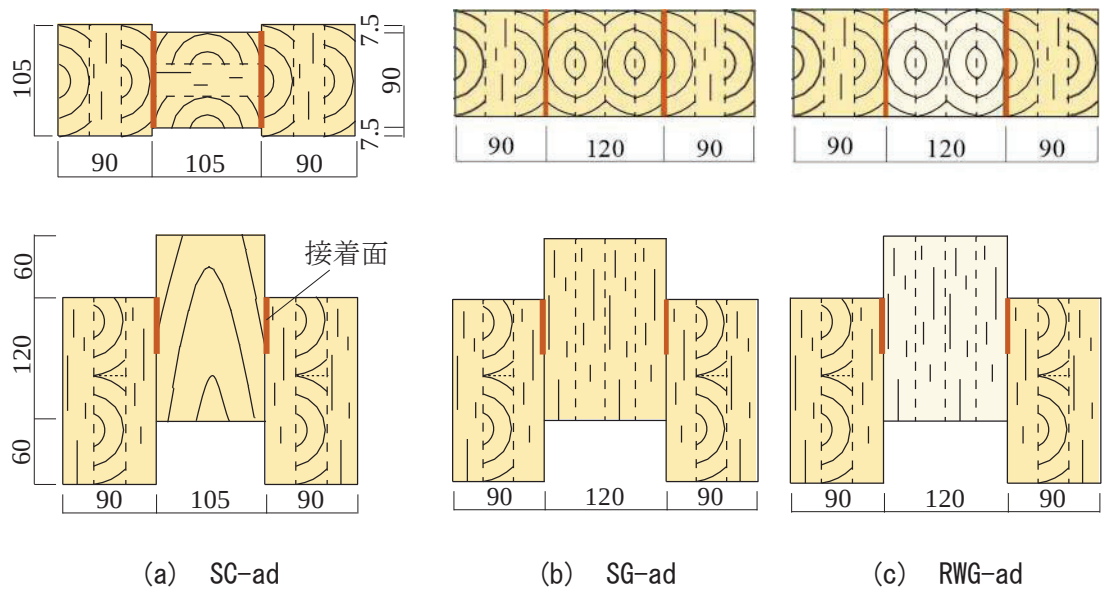


図 2.2-1 接着試験体図

2.2.2 試験方法

試験は、広島大学 E3 棟にてアムスラー型万能試験機を用いてロケット型試験体の主材を押しすることによりおこなった。加力中に側材が広がるのを防ぐため、溝形鋼を用いて試験体を手締めにより固定した。加力速度は 1mm/min とした。変位は、主材と側材の相対変位を前後左右、計 4 箇所 CDP50M(東京測器)により計測した。加力条件、試験の様子をそれぞれ図 2.2-2、写真 2.2-1 に示す。

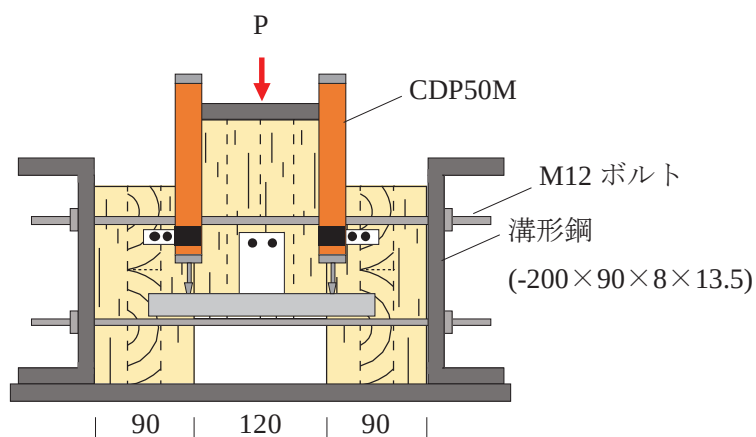


図 2.2-2 加力条件



写真 2.2-1 試験の様子 (SG-ad-1)

2.2.3 破壊性状

全ての試験体において、主材と側材の境界の接着剤が写真 2.2-2 に示すように割裂してせん断破壊が生じ、樹種による破壊性状の違いはみられなかった。

破壊は基本的に片面で起きており、載荷後は破壊した側の側材はすぐに離れ、非破壊側の側材は、軽くたたくことにより外れた。解体後の試験体の接着面を写真 2.2-3 に示す。

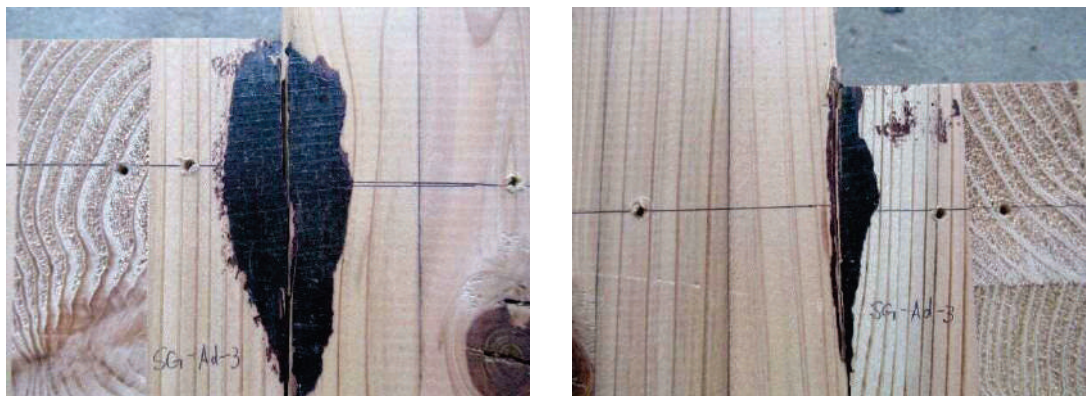
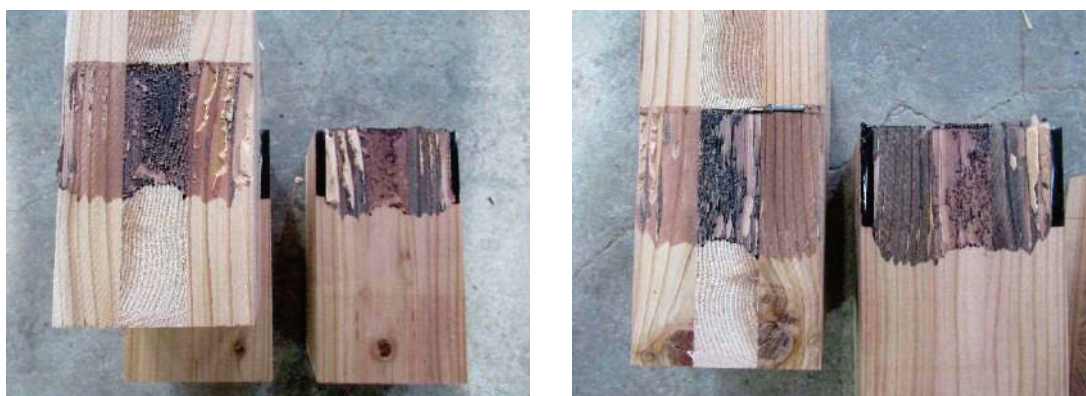


写真 2.2-2 試験後の接着面の割れ (SG-ad-3)



(a) SG-ad-3 の破壊面

(b) SG-ad-3 の非破壊面

写真 2.2-3 試験体解体後の様子

2.2.4 試験結果

2.2.4.1 スギ CLT 試験体

主材および側材の木材での破壊を防止するため、高さ方向 50mm の接着面積を目標として接着を行ったが、実際の接着面積にはばらつきがあったため、試験体の接着面積を解体した試験体の接着面の面積をそれぞれ計測した。解体したスギ CLT 試験体から計測した各試験体の接着面積の一覧を表 2.2-2 に示す。

表 2.2-2 接着面積一覧 (mm²)

	SC-ad-1	SC-ad-2	SC-ad-3	SC-ad-4	SC-ad-5	SC-ad-6
左側	6750	5400	5130	5760	5130	6210
右側	5580	5580	5490	6480	5670	6750
破壊面	右	左	左	左	左	右

図 2.2-3 にスギ CLT 試験体の荷重変位関係を示す。変位は前後左右に取り付けた 4 つの変位計の平均値を用いている。最大荷重や剛性にはバラつきが見られたものの、荷重変位グラフの概形は似通っており、最大荷重(P_{max})到達後、 $0.9P_{max}$ まで荷重が減り、再度荷重が上昇した後、急激に荷重が低下した。

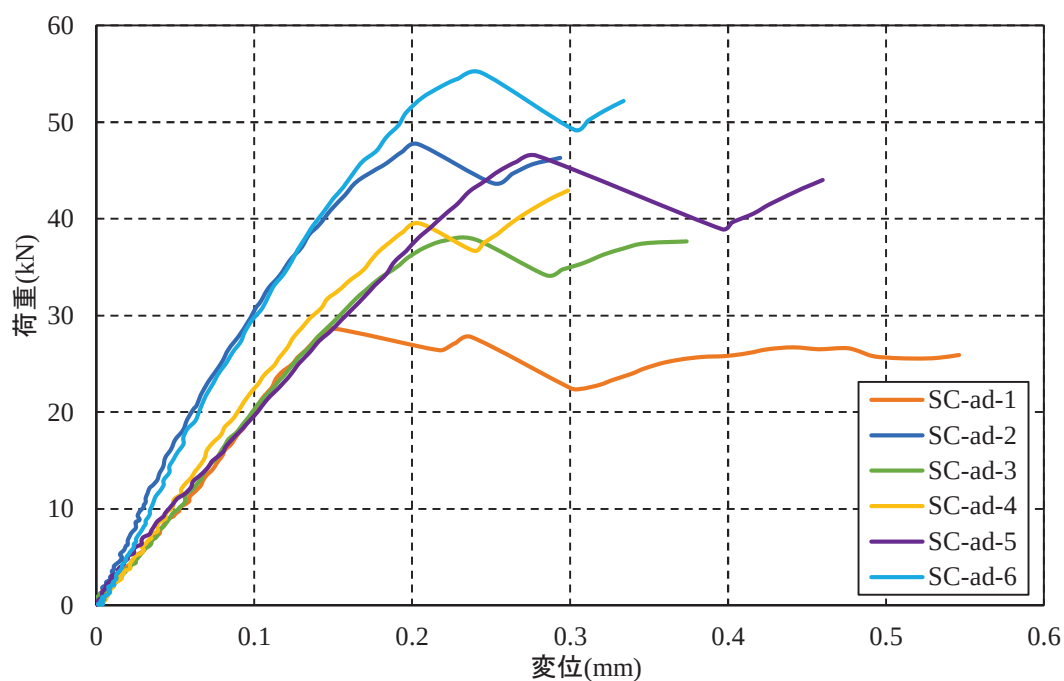


図 2.2-3 スギ CLT 試験体荷重変位関係

2.2.5 比較と考察

各試験体の接着面積の差が大きく最大荷重や初期剛性をそのままの値を用いて比較することは適当でないため、破壊側の接着面積に応じて各単位面積あたりの最大荷重・初期剛性を図 2.2-6 に示して比較をおこなう。初期剛性は $0.1P_{max}$ - $0.4P_{max}$ の荷重変位の傾きから算出している。最大荷重は、CLT は 3 層の内 1 層が木口面となり接着耐力が減少するため、同じ樹種の集成材に比べて小さくなった。また、より密度の高い欧州アカ集成材を主材に用いた場合、接着耐力は約 1.1 倍大きな値となった。一方で、初期剛性については、CLT が最も高く、スギ集成材の剛性がその約 0.7 倍程度となった。CLT が最も高剛性であった理由としては、変位計の取り付け位置が CLT の層をまたいで横方向に離れていることにより、CLT や集成材の層内や層間のずれもせん断変形に含まれ、CLT のせん断抵抗が大きいためにかかけの剛性が高くなったことが考えられる。

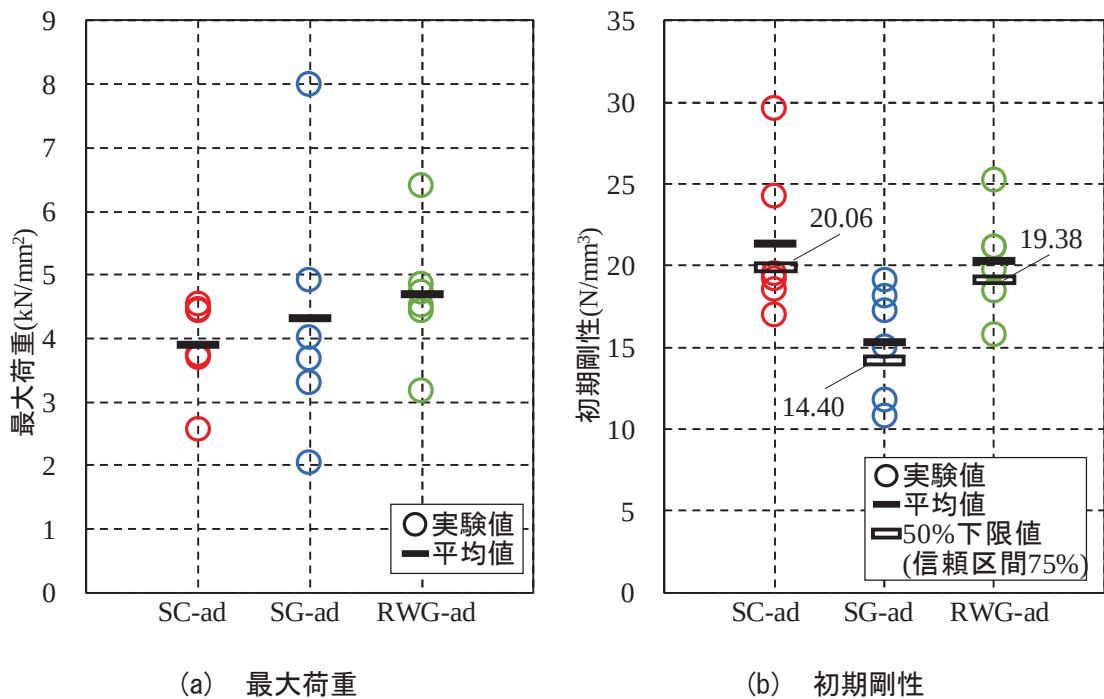


図 2.2-6 単位面積当たりの特性値

2.3 ビス接合

2.3.1 試験体

試験体は接着試験体と同様に側材-主材-側材の順にロケット型に並べた3材料をビスで接合して作成した。試験体の諸元を表 2.3-1 に示す。側材には、全て3層3プライの Mx60 スギ CLT を用いており、主材には、接着試験体と同様に、スギ CLT に加えて、スギ集成材(SG)、欧州アカ集成材(RWG)の三種類を用いた。なお、CLT については、ビスを木口に打った場合と木端に打った場合で異なると考えられるため、強軸の CLT と弱軸の CLT を用意した。強軸の CLT が木口打ち(SCma)で、弱軸の CLT が木端打ち(SCmi)となっている。接合に用いたビスは、半ねじビスとして 2 種類の長さの四角穴付きタッピンねじ(sts135:L=135×6.5、sts180:L=180×6.5)または MP オールスクリュー(MP180:L=180×8.4)を用い、ねじ部長さの違いの影響を調べるために全ねじビスである (fts170:L=170×8.0)を用いた。それぞれ角度パラメーターとして、90 度、60 度、45 度と曲げ機構から引張機構へと向かう 3 段階を設定した。試験体名は、(主材条件)-(ビス種類)-(ビス角度)-(試験体番号)の形で表記する。ビスの一覧を図 2.3-1 に示す。

表 2.3-1 試験体一覧

主材条件 接合条件		SC : CLT		SG:スギ 集成材	RWG:オウシュウ アカマツ集成材
		SCma: 木口打ち	SCmi: 木端打ち		
sts135 : 四角穴付き タッピンねじ L=135×6.5	90°	3 体	3 体	3 体	3 体
	60°	3 体	3 体	3 体	
sts180 : 四角穴付き タッピンねじ L=180×6.5	60°	3 体	3 体	3 体	
	45°	3 体	3 体	3 体	3 体
MP180 : MP オール スクリュー L=180×8.4	90°	3 体	3 体	3 体	3 体
fts170 : 全ねじビス L=170×8.0	90°	3 体	3 体	3 体	3 体
	60°	3 体	3 体	3 体	
	45°	3 体	3 体	3 体	3 体



(a) 四角穴付きタッピンねじ (L=135)



(b) 四角穴付きタッピンねじ (L=180)



(c) MP オールスクリュー (L=180)



(d) 全ねじビス (L=170)

図 2.3-1 ビス一覧

ビス試験体の概形図及び各部寸法表をそれぞれ図 2.3-2、表 2.3-2 に、各試験体の詳細図の一覧を表 2.3-3 に示す。ビスは奥行き方向の中央に打ち込んだ。

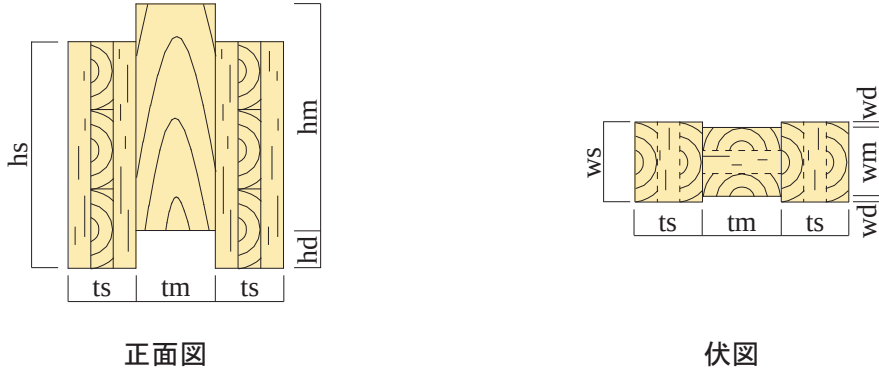
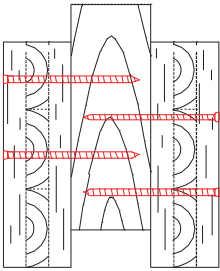
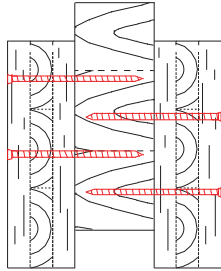
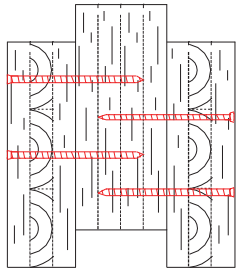
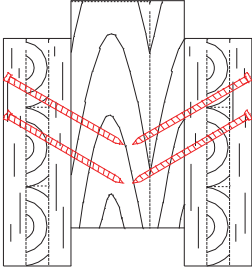
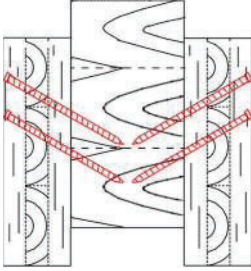
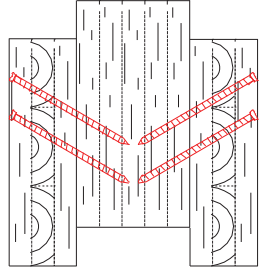
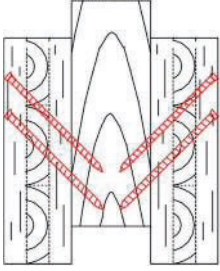
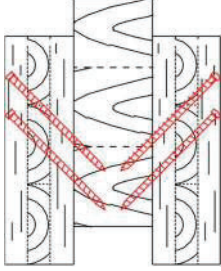
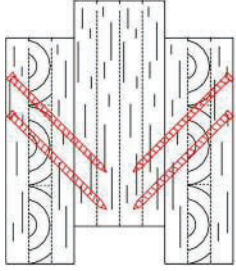


図 2.3-2 試験体図

表 2.3-2 試験体寸法表 (単位 : mm) L: ビス長さ

主材種類	SCma			SG/RWG	
ビス角度	90° ,45°	60° (L=135)	60° (L=170,180)	90° ,45°	60°
tm	105	95	150	120	150
ts	90				
hm	300				
hs	300				
hd	50				
wm	90			105	
ws	105				
wd	7.5			0	

全 ね じ ビス	fts170	90°			
		60°			
		45°			

2.3.2 試験方法

試験方法は接着試験体と同様におこない、加力速度は 2mm/min とした。加力条件、試験の様子をそれぞれ図 2.3-3、写真 2.3-1 に示す。

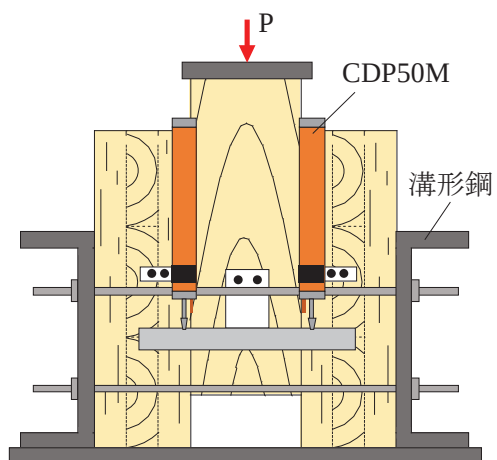


図 2.3-3 加力条件(SCma 試験体)



写真 2.3-1 試験の様子(SCma-sts135-90-1)

2.3.4 試験結果

2.3.4.1 SCma 試験体

SCma 試験体の荷重変位関係を図 2.3-6 に示す。

90 度打ちは緩やかに荷重が上昇し、降伏したのち、荷重が落ちることなく変位が大きくなった。45 度打ちは荷重が上昇し降伏したのち、変位 20mm 以下で $0.8P_{max}$ を下回った。60 度打ちも 45 度打ちと比較的同様の荷重変位関係がみられた。

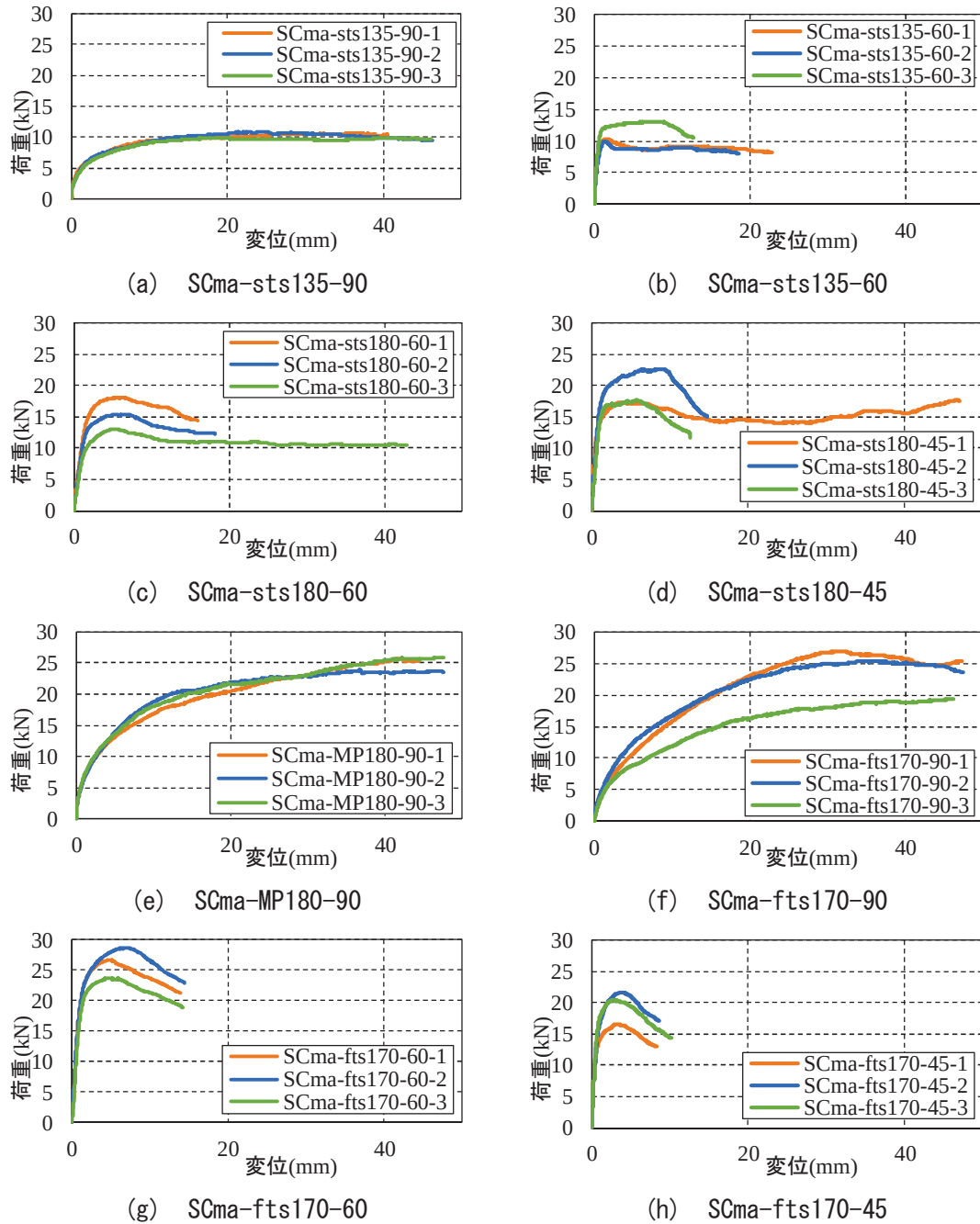


図 2.3-6 SCma 試験体荷重変位関係

2.3.4.2 SCmi 試験体

SCmi 試験体の荷重変位関係を図 2.3-7 に示す。

SCmi 試験体の最大荷重は SCma 試験体の 5~10kN 程度大きな値であったが、荷重変位関係はほぼ同様の傾向を示した。SCmi-sts180-45-2,3 は降伏後、荷重が落ちない傾向がみられたが、その原因については明らかにはならなかった。

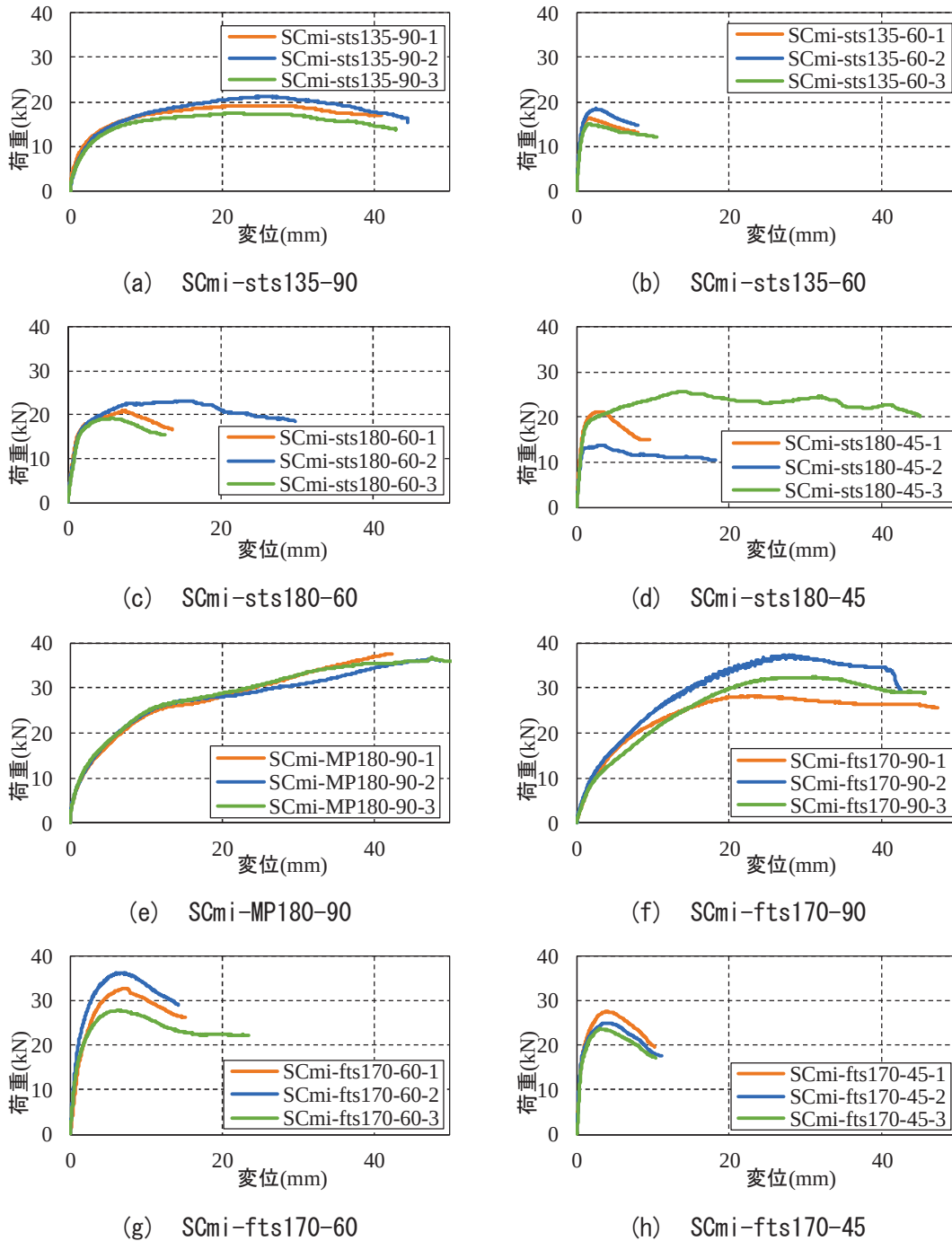


図 2.3-7 SCmi 試験体荷重変位関係

2.3.5 比較と考察

2.3.5.1 降伏荷重

各試験体におけるビス 1 本あたりの降伏荷重の平均値を表 2.3-6 に、試験結果の一覧を図 2.3-10 に示す。

表 2.3-6 ビス 1 本あたりの降伏荷重の平均値 (kN)

ビス名 長さ 角度	sts				MP	fts			
	L=135		L=180		L=180	L=170			
	90°	60°	60°	45°	90°	90°	60°	45°	
SCma	1.49	1.49	2.55	3.22	3.66	3.04	4.24	3.03	
SCmi	2.79	2.35	3.53	3.22	5.41	4.18	4.39	3.79	
SG	2.60	2.43	3.79	3.41	5.19	3.93	5.67	4.22	
RWG	2.47			4.14	6.25	5.42		5.27	

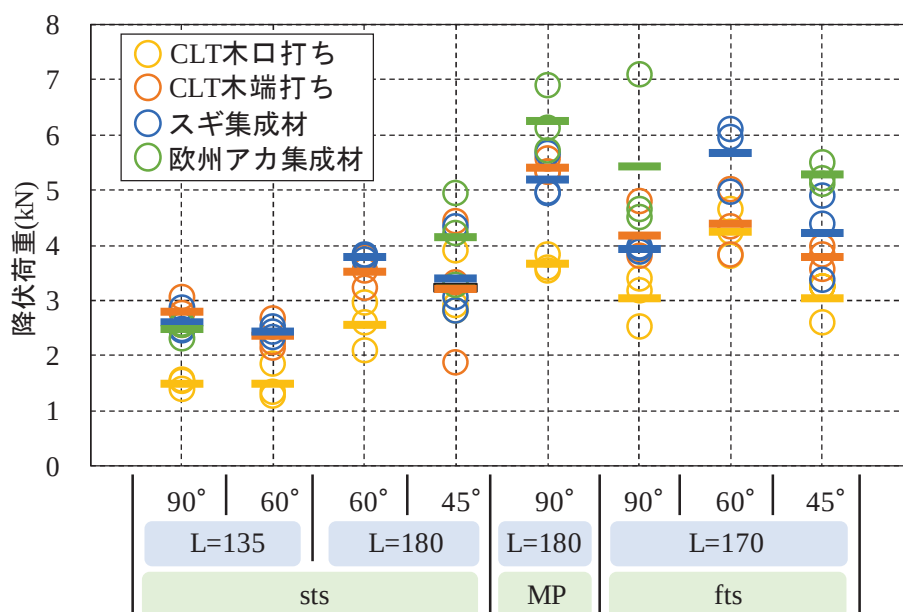


図 2.3-10 ビス 1 本あたりの降伏荷重の比較

全体として、CLT 木口打ちが最も小さく、CLT 木端打ちとスギ集成材が同程度の値を示し、欧州アカ集成材が最大となる傾向がみられた。ビスの違いについては、同じ 90 度打ちで比較した場合、 $sts < MP < fts$ であり、これは、ビスの打ち込み長さが大きいためだと考えられる。ねじ部長さは 90 度打ちの場合はほとんど影響しないことがわかる。これは、EYT 式からもわかり、ビスのせん断性能にはビス長さ、径、材料強度が影響を与えている。

2.3.5.2 初期剛性

各試験体におけるビス 1 本あたりの初期剛性の 50%下限値を表 2.3-7 に、試験結果の一覧を図 2.3-12 に示す。

表 2.3-7 ビス 1 本あたりの初期剛性の 50%下限値(信頼区間 75%) (単位 : kN/mm)

ビス名 長さ 角度	sts				MP	fts		
	L=135		L=180		L=180	L=170		
	90°	60°	60°	45°	90°	90°	60°	45°
SCma	0.70	4.38	2.10	3.99	0.58	0.42	4.32	5.47
SCmi	1.01	5.56	2.83	4.36	0.70	0.69	3.76	6.19
SG	1.05	4.20	2.78	4.40	0.75	0.76	4.59	5.07
RWG	1.18			5.27	0.92	0.60		8.01

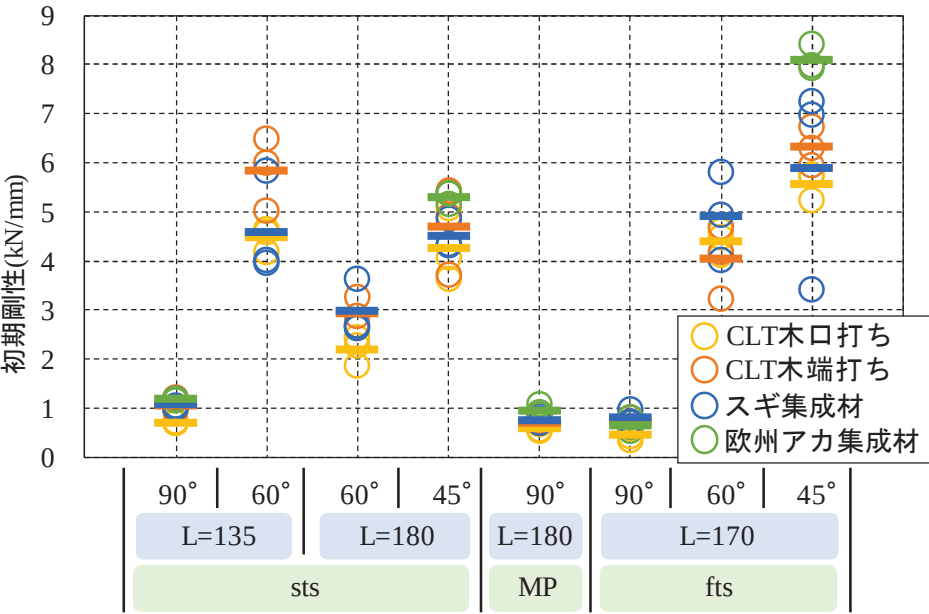


図 2.3-12 ビス 1 本あたりの初期剛性の比較

8.1 銘建工業（株）

事業名		応急仮設住宅から小さな週末農業小屋等への利用事業		
実施者（担当者）		銘建工業株式会社		
建築物の概要	用途		農業小屋	
	建設地		岡山県岡山市南区福田字八ノ割705	
	構造・工法		木造軸組工法（CLT耐力壁）	
	階数		1	
	高さ（m）		3.175	
	軒高（m）		水下2.52、水上2.55	
	敷地面積（㎡）		777.35	
	建築面積（㎡）		33.124	
	延べ面積（㎡）		33.124	
	階別面積	1階	33.124	
2階		-		
3階		-		
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8.812㎡、建築物使用量7.9304㎡	
	壁パネル	寸法	60mm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	60mm厚	
		ラミナ構成	3層3プライ	
		強度区分	Mx60A相当	
		樹種	スギ	
	屋根パネル	寸法	60mm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：欧州赤松集成材 梁：欧州赤松集成材	
	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		2.8㎡	
仕上	主な外部仕上	屋根	ガルバリウム鋼板（t=0.4）立てハゼ葺き	
		外壁	角波サイディング（t=0.4）	
		開口部	アルミ＋樹脂サッシ＋二層複層ガラス	
	主な内部仕上	界壁	スギ CLT 60mm（3層3プライ）	
		間仕切り壁	スギCLT現し	
		床	スギCLT現し（60mm 3層3プライ）	
		天井	CLT60mm 3層3プライ現し	
構造	構造計算ルート		ルート1軸組み工法	
	接合方法		ビス接合＋既成金物工法	
	最大スパン		3.64m	
	問題点・課題とその解決策		応急仮設住宅からの転用となる為、基礎は立ち上がりのないべた基礎とし、立ち上がりは溝形鋼による鉄骨基礎とした。軸組工法である為、耐力壁はCLTパネルの評定を取った耐力壁としている。	
防耐火	防火上の地域区分		その他地域	
	耐火建築物等の要件		無	
	本建築物の防耐火仕様		無	
	問題点・課題とその解決策		無	
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		CLTパネル同士や各軸組部材との接合部は、緩衝材にて密着させる	
	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 1種 ・ 40mm	
		外壁	押出法ポリスチレンフォーム 保温板 1種 ・ 40mm	
床		押出法ポリスチレンフォーム 保温板 1種 ・ 40mm		
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		応急仮設からの転用である為、個別建物で遮音は問題ない	
	建て方における課題と解決策		各パーツごとの組み合わせをシステム化することで煩雑さを解消	
	給排水・電気配線設置上の工夫		水回りユニットとしており、ユニットごとの設置とした。	
	劣化対策		外部露出は軒天のみとし、土台に付いては高耐久樹種とした。	
工程	設計期間		2022年11月～2023年1月（3カ月）	
	施工期間（予定）		2023年9月～（7日間程度）の予定	
	C L T 躯体施工期間		1日	
	竣工（予定）年月日		2023/9/末	
体制	発注者		銘建工業株式会社	
	設計者（複数の場合はそれぞれ役割を記載）		意匠（7/7デザイン・かや） 構造（銘建工業） 監修（隈研吾建築都市設計事務所）	
	構造設計者		銘建工業1級建築士事務所	
	施工者		銘建工業(株)	
	C L T 供給者		銘建工業(株)	
	ラミナ供給者		中国林業他	

実証事業名：応急仮設住宅から小さな週末農業小屋への利用事業

建築主等、協議会運営者：銘建工業株式会社

1. 実証した建築物の概要

用途		農業小屋		
建設地		岡山県岡山市		
構造・工法		軸組み工法（屋根、耐力壁、床、間仕切壁 CLT）		
階数		1		
高さ（m）		3.175	軒高（m）	2.55
敷地面積（㎡）		777.35	建築面積（㎡）	33.124
階別面積	1 階	33.124	延べ面積（㎡）	33.124
	2 階	－		
	3 階	－		
CLT 採用部位		壁、床、屋根		
CLT 使用量（m³）		加工前製品量 m³、加工後建築物使用量 m³		
CLT を除く木材使用量（m³）		m³(屋根下地、窓枠)		
CLT の仕様	（部位）	（寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種）		
	壁	60mm 厚/3 層 3 プライ/Mx60A 相当/スギ		
	床	60mm 厚/3 層 3 プライ/Mx60A/相当/スギ		
	屋根	60mm 厚/3 層 3 プライ/Mx60A 相当/スギ		
設計期間		2022 年 11 月～2023 年 1 月（3 カ月）		
施工期間		2023 年 9 月～2023 年 9 月（実働 1 ヶ月） （＝基礎工事 2.5 週間、建方 1.5 週間）		
CLT 躯体施工期間		2023 年 9 月上旬 （現場施工 1 日間）		
竣工（予定）年月日		2023 年 10 月末日		

2. 実証事業の目的と設定した課題

高知県で実施される地震シンポジウムで出品した応急仮設住宅の設計から、応急仮設住宅を、農業小屋へ転用する場合の各部材料やパネルの転用方法などを協議し、応急仮設住宅を木造で建設後の利用方法について、課題整理と解決方法を実証する。今回実証事業で設定した課題は以下である。

【課題 1】 大きさの異なる建物をどのように転用するかについて

【課題 2】 屋根に付いては、大きさが変わることへの対応方法

【課題 3】 応急仮設住宅のパネルからの転用方法

【課題 4】 水回りや、電気配線の解決

3. 協議会構成員

(設計監修) 隈研吾都市設計事務所

(意匠構造設計) ライフデザイン・カバヤ株式会社/銘建工業株式会社

(施工) 銘建工業・ライフデザイン・カバヤ

(材料) 銘建工業(株) : 田中宏明、吉本真理

(サッシ・建具) LIXIL : ライフデザイン・カバヤ (竹内幸生)

(屋根材) 内田金属 : ライフデザイン・カバヤ (竹内幸生)

(電気設備) タカスタンダード : ライフデザイン・カバヤ (竹内幸生)

4. 課題解決の方法と実施工程

【課題1】 大きさの異なる建物をどのように転用するかについて

建物を構成している部材をパーツ化し、パズルのような配置を行う。(期間中)

【課題2】 屋根に付いては、大きさが変わることへの対応方法

屋根に付いては、大きさ(スパン)が異なり、跳ね出しが大きい部分はカット必要。

再加工方法の検討(期間中)

【課題3】 応急仮設住宅のパネルからの転用方法

CLT パネルを利用した耐力壁であり、課題1からの転用を計画(期間中)

【課題4】 水回りや、電気配線の解決

各パーツの配線関係を事前に把握し、接続方法などを検証、水回り関係は、ユニット化で対応。(期間中)

<協議会の開催>

8月 : 第1回開催、問題点洗い出し

9月 : 第2回開催、応急仮設住宅の考え方整理

10月 : 第3回開催、仮設前の状況打ち合わせ

11月 : 第4回開催、仮設解体時反省点確認

2月 : 第5回開催、実証事業の取りまとめ進捗確認

<設計>

8月～9月 : 応急仮設住宅実施設計(補助対象外)

8月下旬～10月初旬 : 構造設計(応急仮設住宅は対象外)

10月中旬～12月末 : 建築確認申請前の協議

1月 : 設計実証とりまとめ

<施工>

2023年9月 : 工事契約、着工予定

<性能確認>

2023年10月～12月 気密測定予定

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。

【課題1】 外壁パネル、間仕切り壁に付いては、そのままの状態でも再利用が可能であるが、

床、屋根は一部加工が必要。鉄骨基礎、土台、梁に付いては、再加工又は新規への取り換えが必要となった。

【課題 2】課題 1 の再加工に付いて、屋根板金の取り外し、再加工は問題ないと判断した。

予め予定した配線関係は考慮に入れ出来るだけ屋根周りは中央部に配線を行う。

【課題 3】今回の応急仮設住宅外壁パネルは、大判パネルとして計画していたが、施工性や運搬性等考慮すると、移設を伴い、設置場所が不明な場合は小割パネル化がベストと判断し、小割パネルでの設計とした。

【課題 4】水回りや、電気配線の解決として、水回り、特に浴室関係はユニット化にて対応するように設計。

分電盤、配線関係は課題 3 のパネル小割化に伴い、屋根側から落とす為、中央部分の再加工の影響を受けない範囲に配置する設計とした。

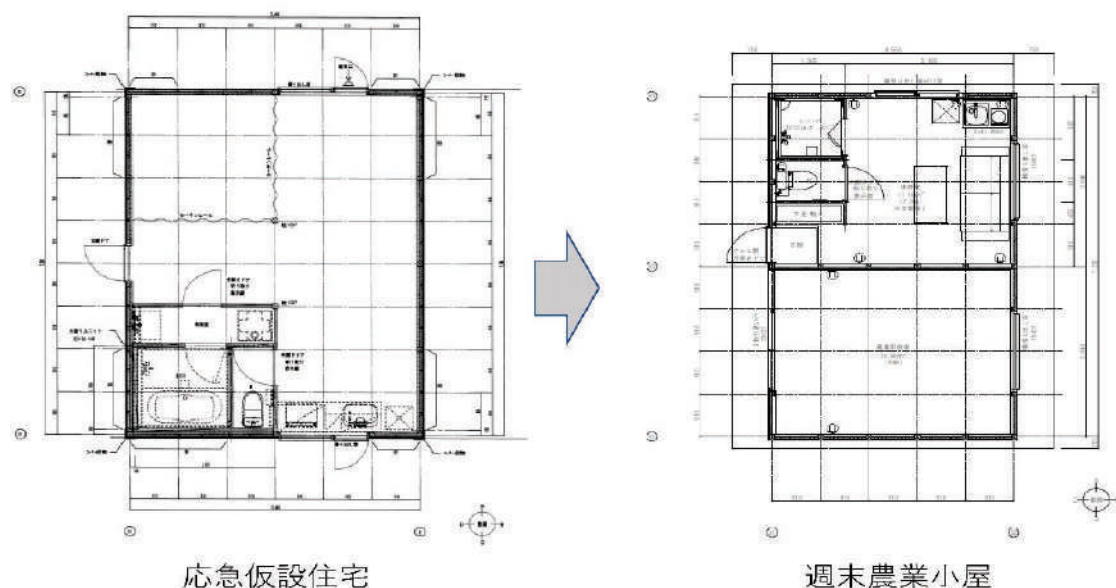
6. 本実証により得られた成果

本事業により、CLT パネルは移設、リサイクルには対応が簡単にできることが言える。今後は再利用の為の今回は出来なかった梁土台鉄骨基礎の再加工を模索したい。

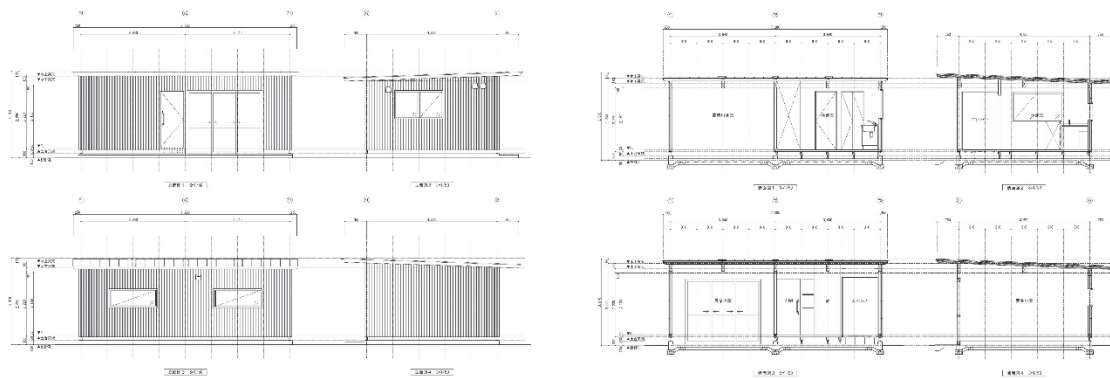
木造の応急仮設住宅は現段階では一般化していない。理由は、有事の際に短期間で設置できるスキームがないことがあげられる。高知県で行われたシンポジウムに展示した応急仮設住宅から小さな週末農業小屋への転用設計実証としたが、有事の際に短期間で既に建てたこのような農業小屋・セカンドハウスに対し、国・県が補助を出し、各地に点在させておけば、簡単に移設が可能で、快適な仮設住宅が供給可能であると考えられる。

7. 建築物の平面図・立面図・写真等

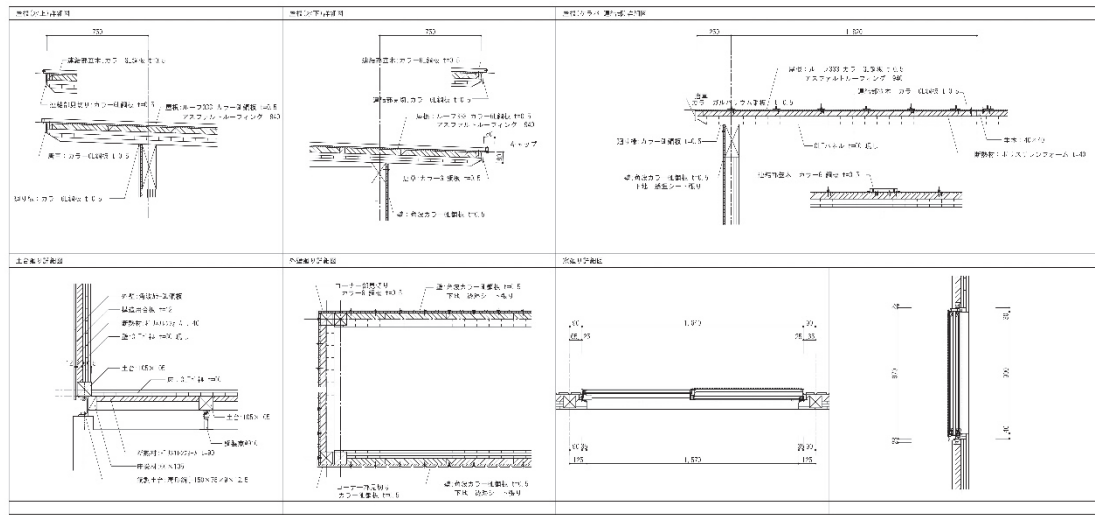
平面図



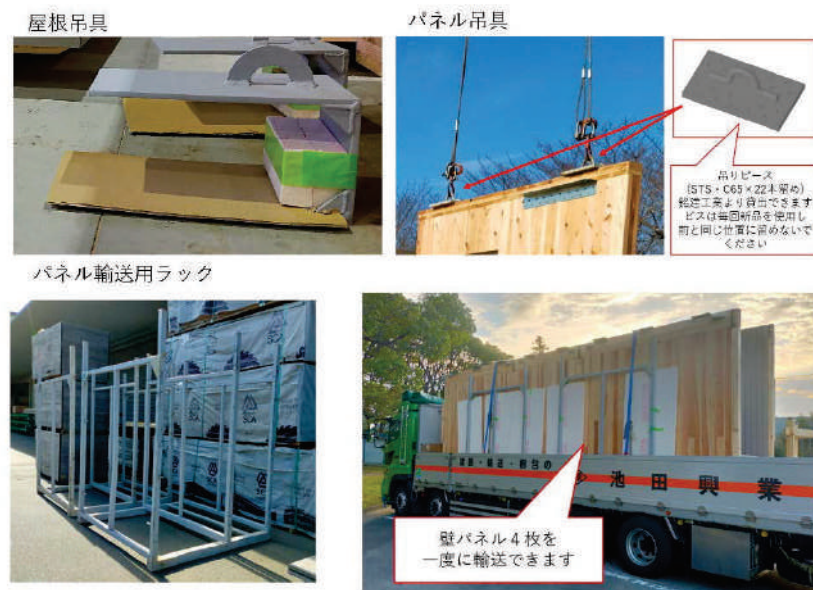
立面図、矩計図

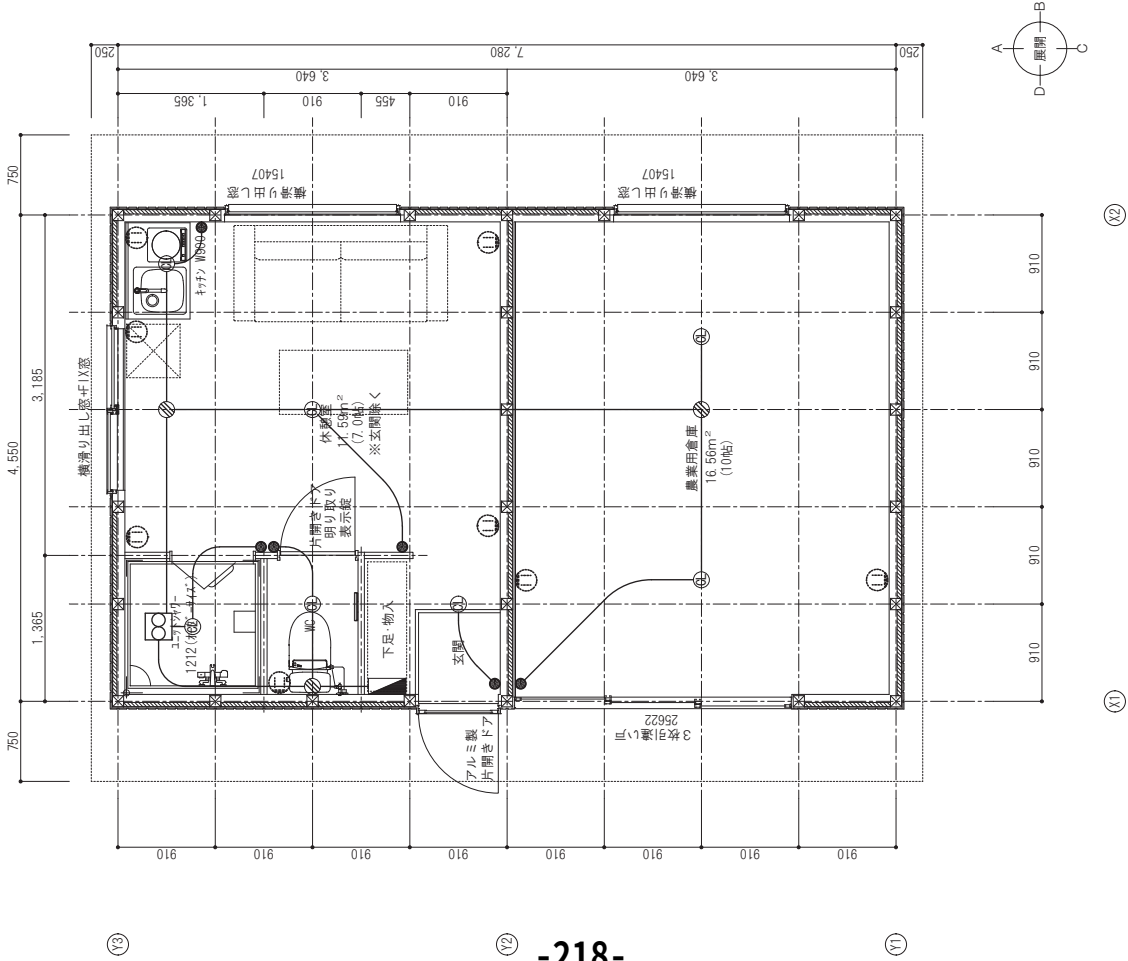


部分詳細図



専用治具関係





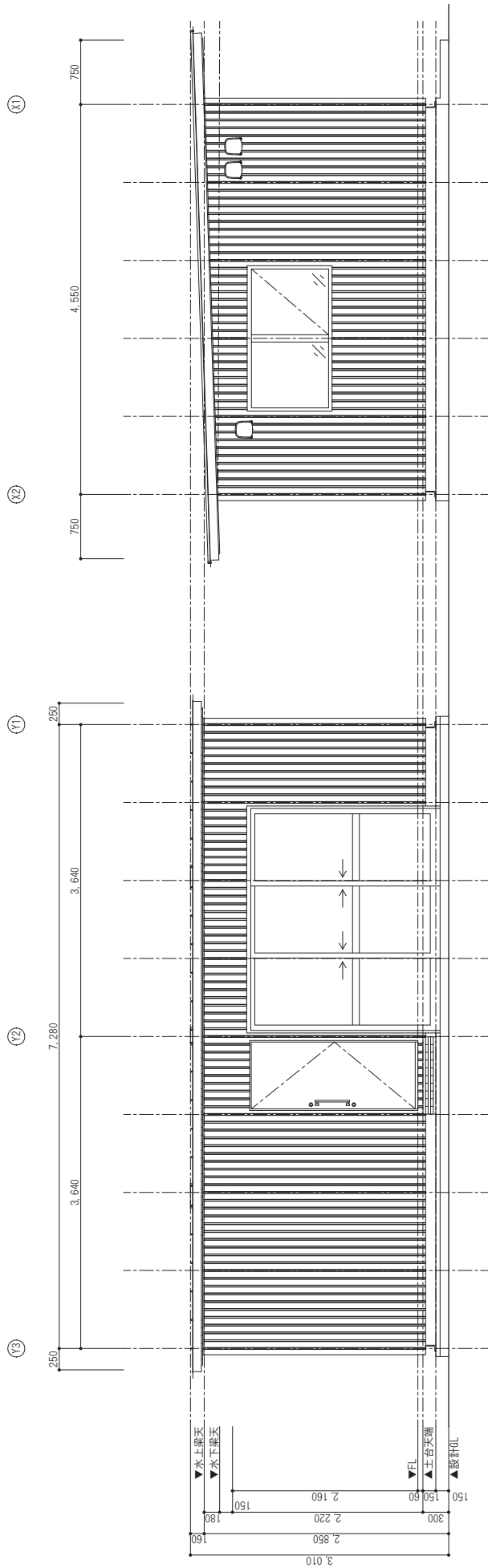
1 階平面図 S=1/50

外部仕上表			
名 称	仕 様	備 考	
屋根	カラーガルバリウム鋼板 縦ハゼ置き [UK4-7333] アスファルトルーフィング940	ニスカ7-Pro GH 艶消し 6006同等	
笠木・水切	カラーガルバリウム鋼板 t=0.5 曲げ加工	ニスカ7-Pro GH 艶消し 6006同等	
軒天	CLTパネル現し		
断熱材	屋根：ポリスチレンフォーム t=40 床下：ポリスチレンフォーム t=40		
外壁	角波カラーガルバリウム鋼板 透過防水シート貼	UKニュー角波S型 幅き幅36mm (内田金属)	
外部建具	アルミサッシ	LIXIL サ-エH (屋外:サ-イグレ、屋内:777ベ-4P)	
基礎立上り	アルミ片開きドア	LIXIL リ-エ-ロα:ミッドグレー	
	溝形鋼 [-150#75 塗装]	指定色	
給排気フード	SUS製角形デザインフード ガラリ・防虫網付	更科製作所 TR-105SM-KT シルバーメタリック	
インテリアパネル	自然給気ユニット (薄壁対応タイプ・壁取付)	三菱 P-13WQJ	

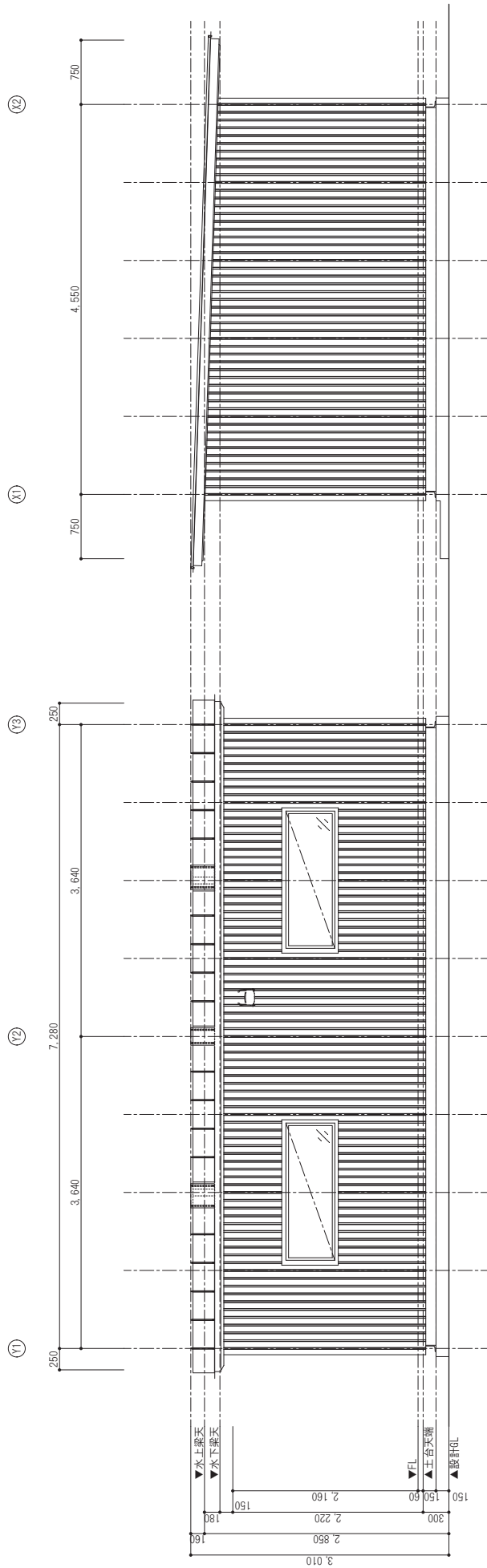
内部仕上表			
部屋名称	床	巾木	壁
1F	居室	CLTパネル現し	CLTパネル現し
	WC	CLTパネル現し	CLTパネル現し
	ユニットシャワー	コンクリート金網押え	CLTパネル現し
	農業用倉庫		

内部建具	木製既製品	LIXIL 3777S 3777ベ-4P
------	-------	----------------------

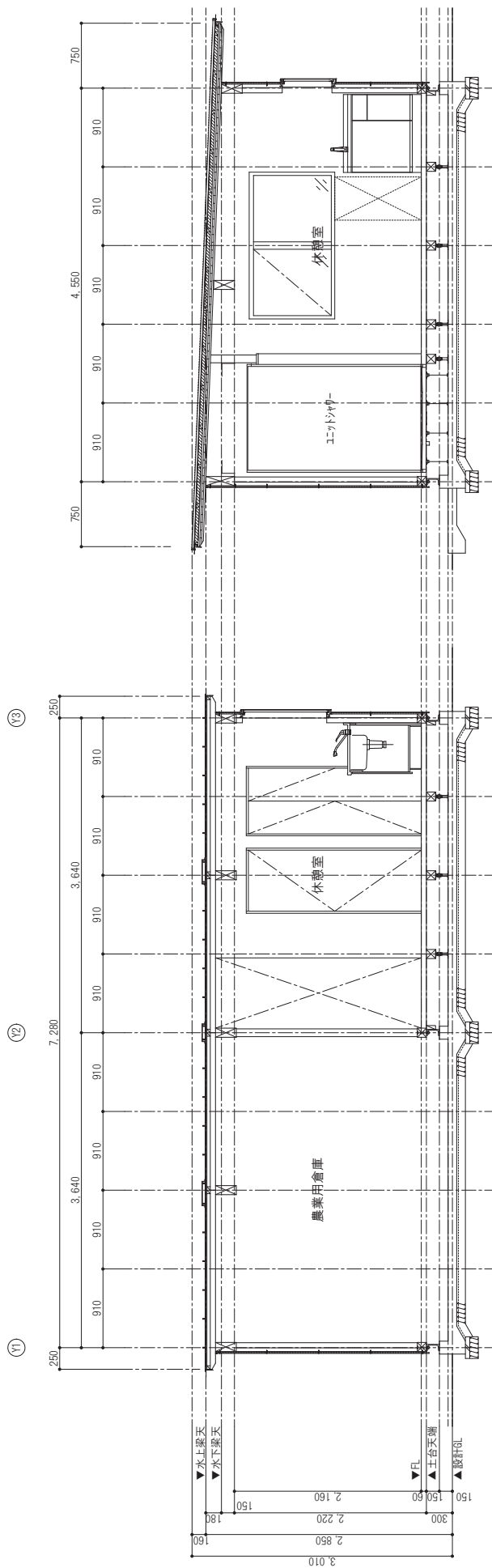
設備機器表【別途工事】(参考型番)		
名 称	仕 様	備 考
キッチン	システムキッチン W=900 レンジフード・吊戸棚付き	
脱排便器	ロータンク手洗い付 [V8C-BA20S/BW]、ウォシュレット [DT-BA2836/BW1]	
紙巻器	棚付き二連紙巻器 [CF-A664/WA]	
タオル掛	W=400 [KF-AA710]	
ユニットシャワー	1212サイズ【特注】	



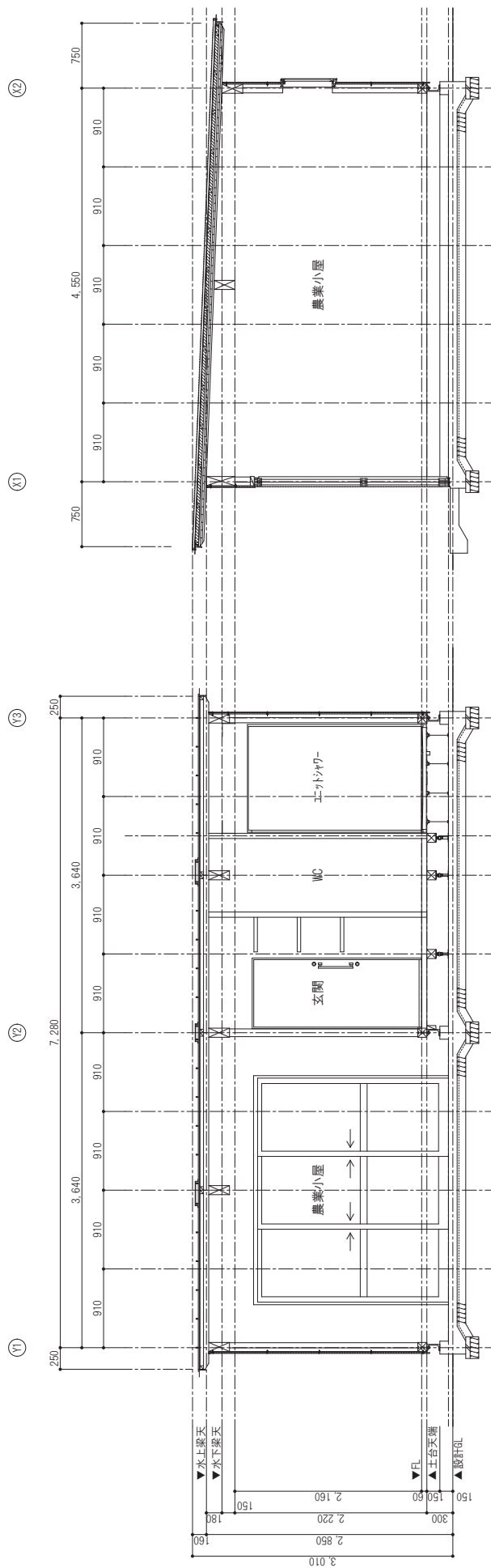
立面图 2 S=1/50



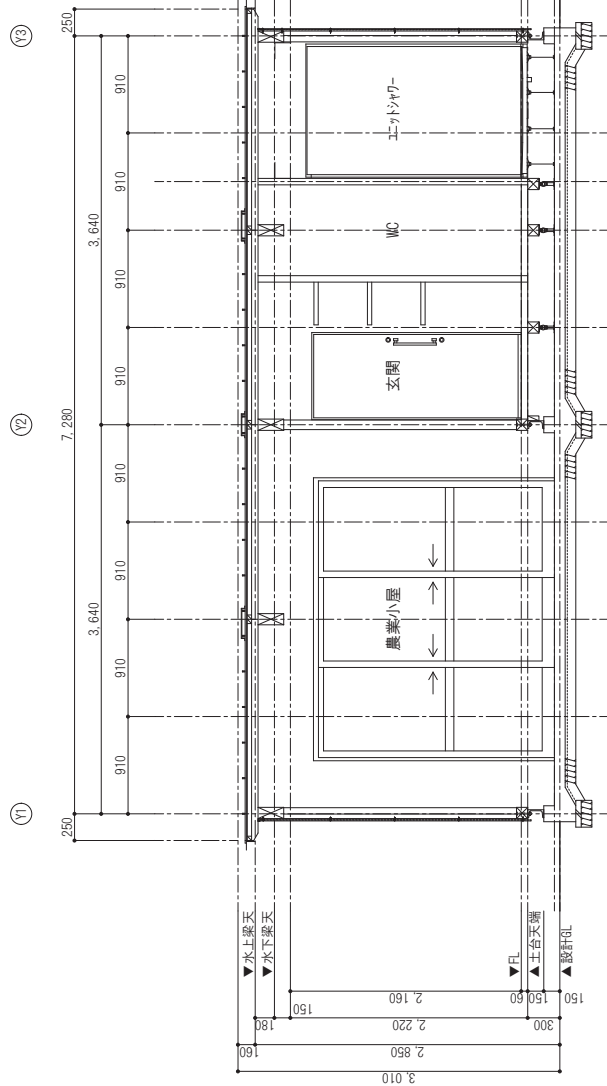
立面图 4 S=1/50



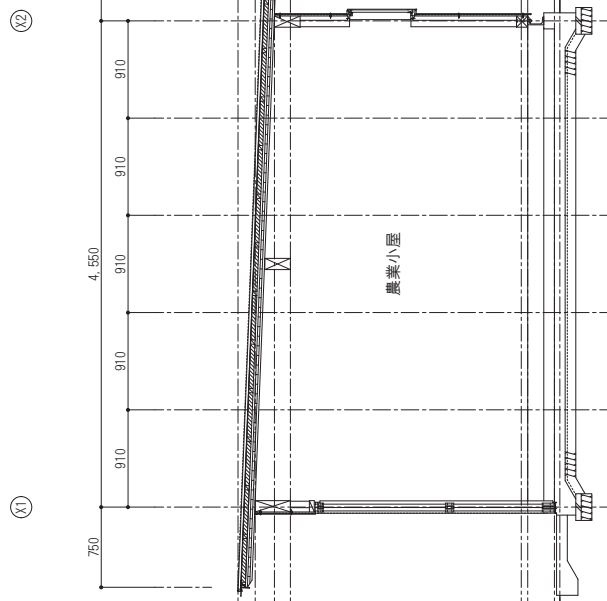
断面図 1 S=1/50



断面図 2 S=1/50



断面図 3 S=1/50



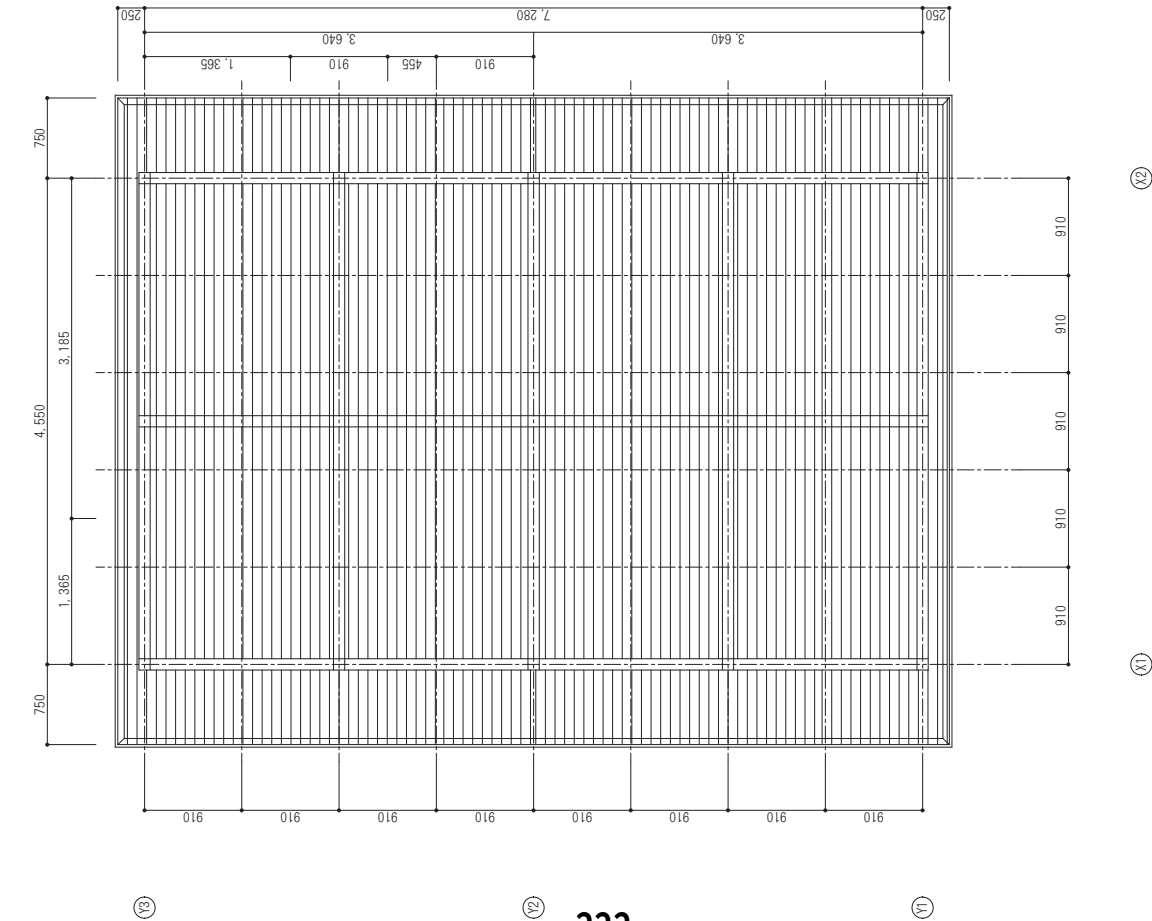
断面図 4 S=1/50

休憩室	
天井	Q1パネル理し
壁	Q1パネル理し
巾木	-
床	Q1パネル理し
備考	カーテンレール 給気口 キッチン、レンジフード

農業用倉庫	
天井	Q1パネル理し
壁	Q1パネル理し
巾木	コンクリート打放し補修
床	コンクリート金網押え
備考	

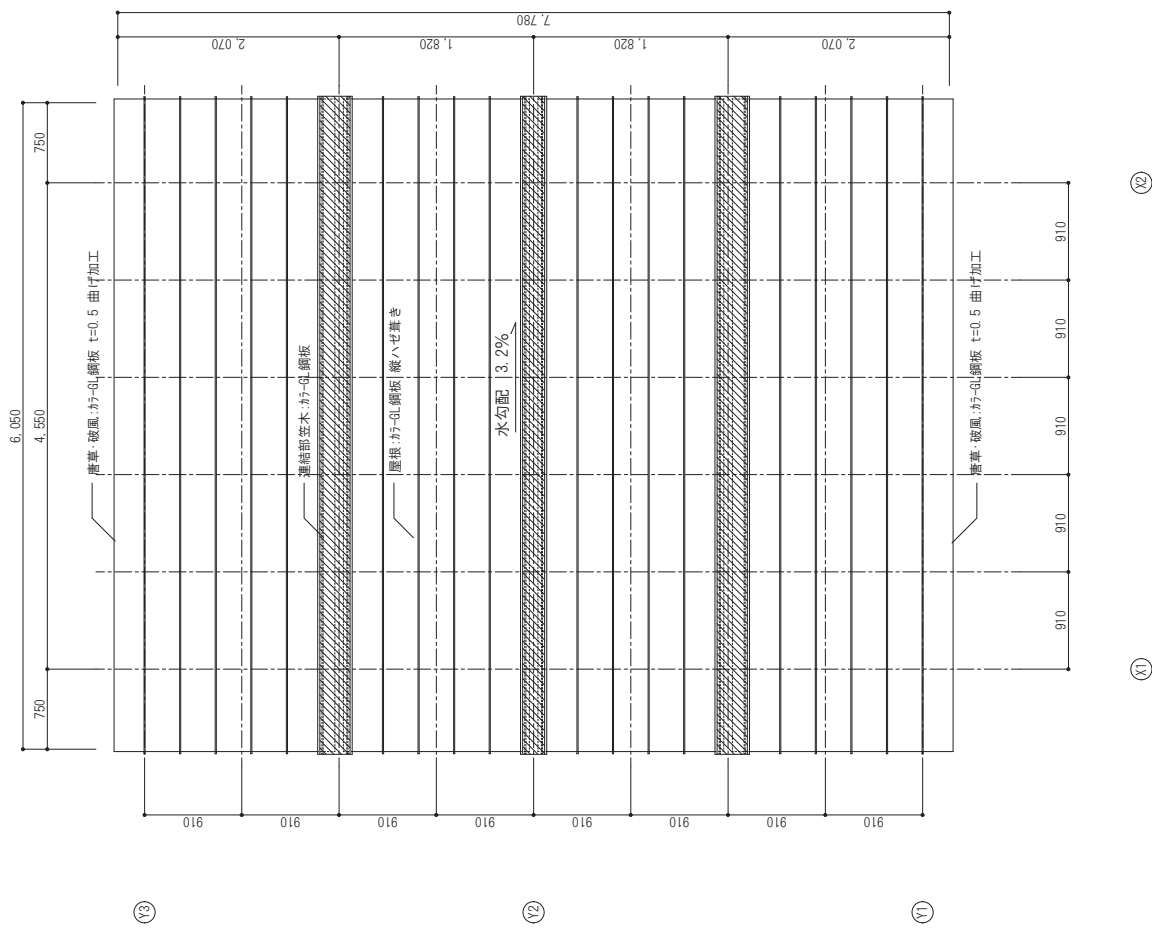
WC	
天井	Q1パネル理し
壁	Q1パネル理し
巾木	-
床	Q1パネル理し
備考	腰掛便器、紙巻器 タオル掛



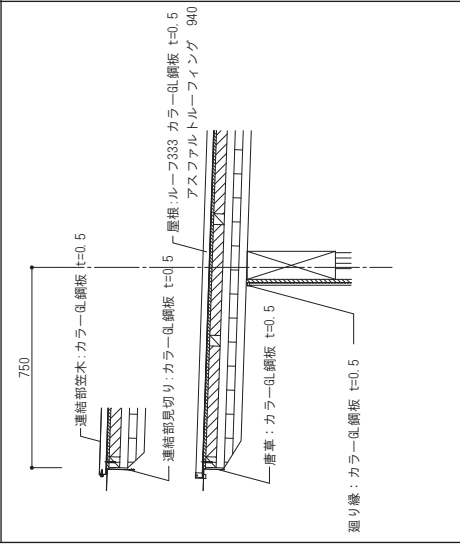
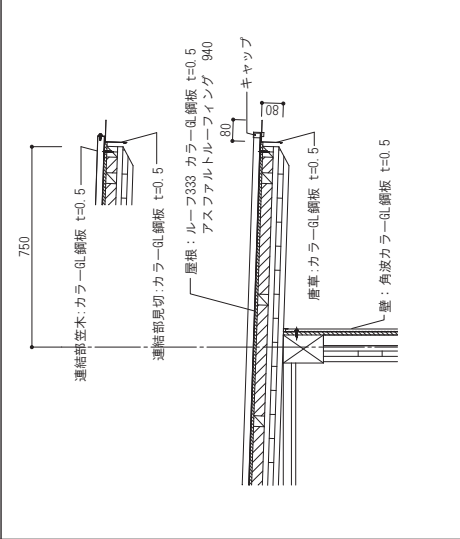
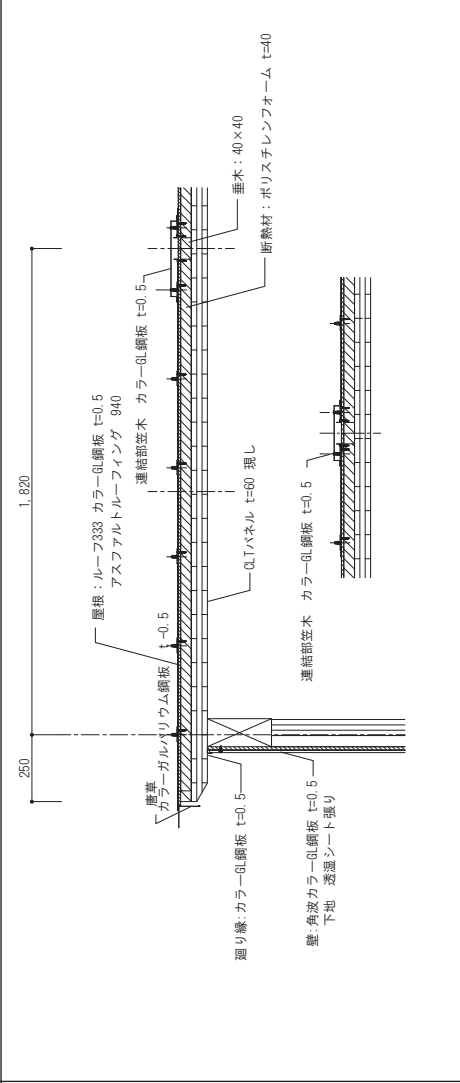
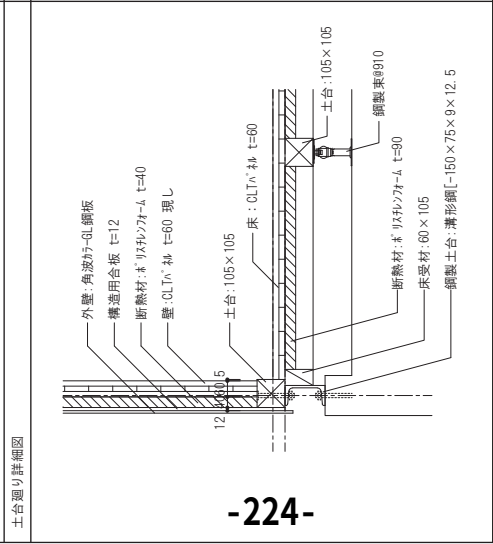
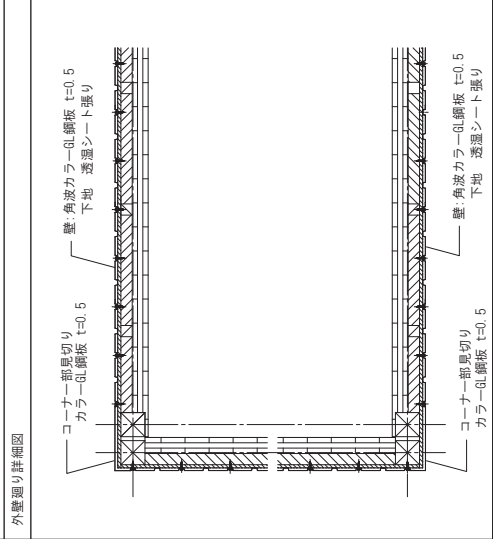
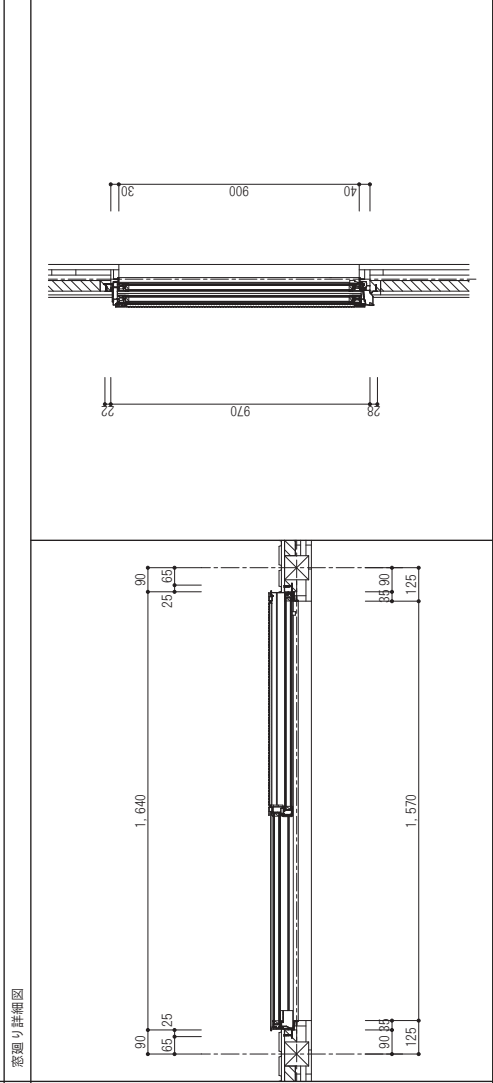
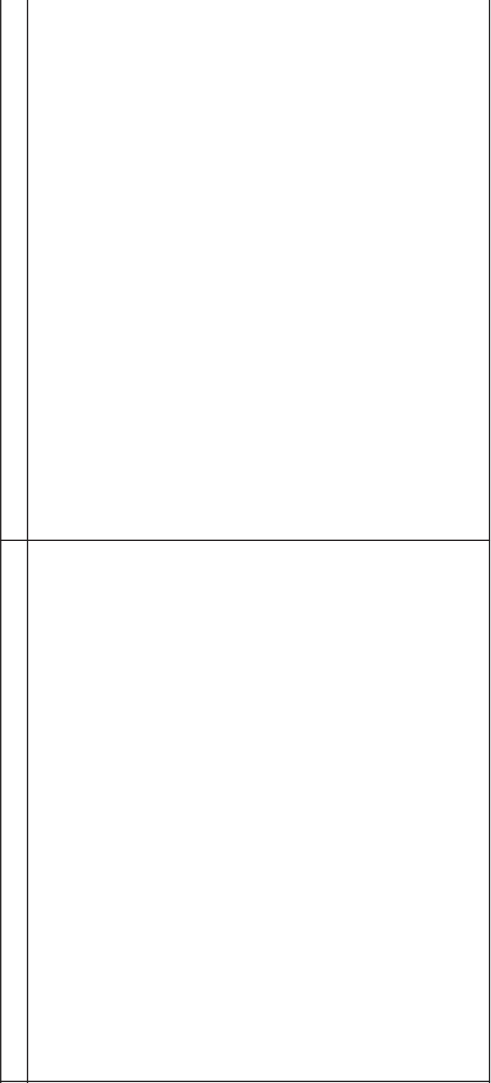


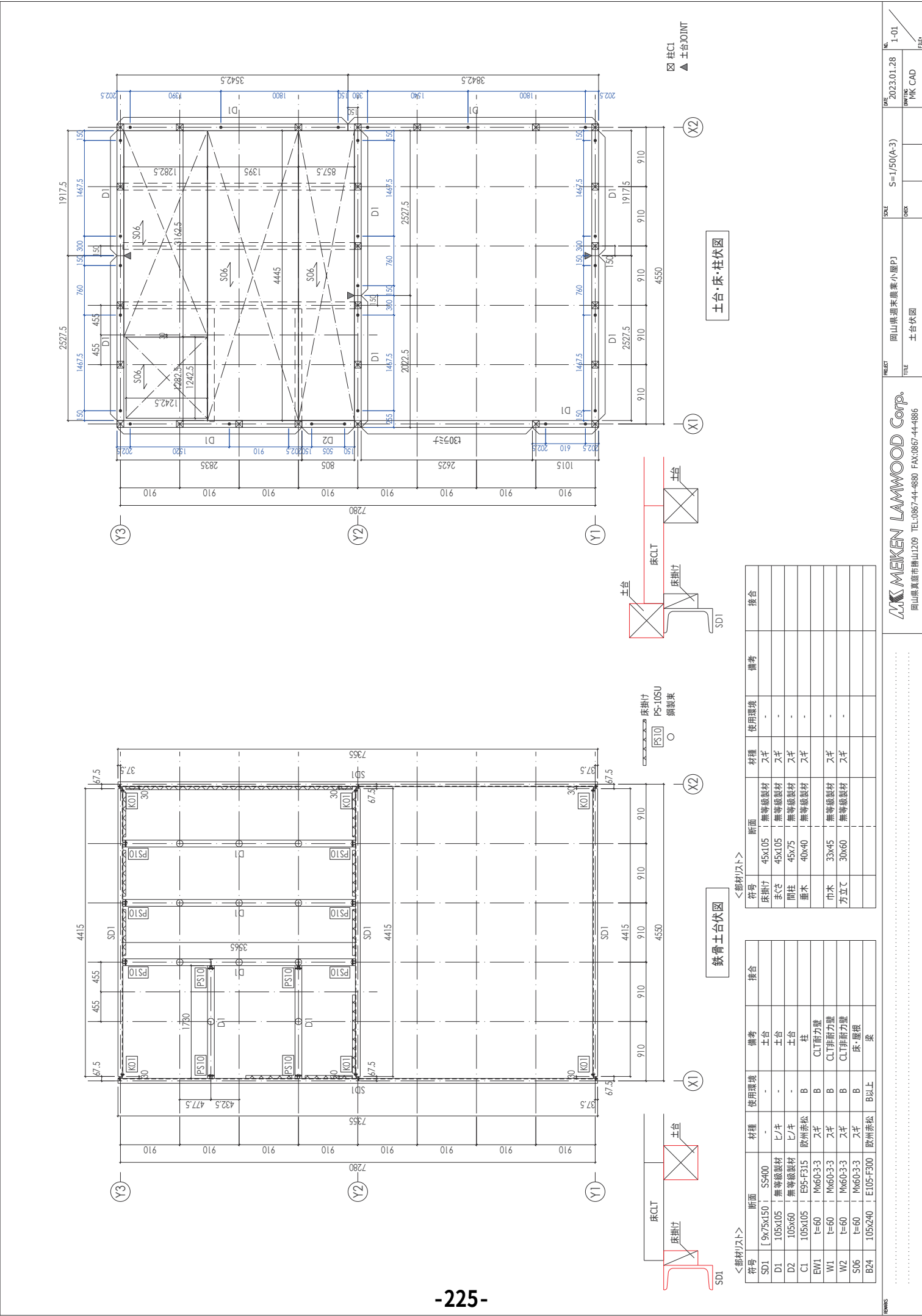
天井伏図 S=1/50

※梁・ブレースは未記入



屋根伏図 S=1/50

屋根(水上)詳細図	屋根(水下)詳細図	屋根(ケラバ・連結部)詳細図
 750 連続部笠木:カラーG.L.鋼板 t=0.5 連続部見切り:カラーG.L.鋼板 t=0.5 屋根:ルーフ333 カラーG.L.鋼板 t=0.5 アスファルトルーフィング 940 唐草: カラーG.L.鋼板 t=0.5 廻り縁: カラーG.L.鋼板 t=0.5	 750 連続部笠木:カラーG.L.鋼板 t=0.5 連続部見切り:カラーG.L.鋼板 t=0.5 屋根:ルーフ333 カラーG.L.鋼板 t=0.5 アスファルトルーフィング 940 唐草: カラーG.L.鋼板 t=0.5 壁: 角波カラーG.L.鋼板 t=0.5	 250 1,820 屋根:ルーフ333 カラーG.L.鋼板 t=0.5 アスファルトルーフィング 940 連続部笠木: カラーG.L.鋼板 t=0.5 断熱材: ポリスチレンフォーム t=40 垂木: 40×40 QLTパネル t=60 現し 連続部笠木: カラーG.L.鋼板 t=0.5 壁: 角波カラーG.L.鋼板 t=0.5 下地: 透湿シート張り
 12 外壁: 角波カラーG.L.鋼板 構造用合板 t=12 断熱材: 断熱材: 断熱材 t=40 壁: QLTパネル t=60 現し 土台: 105×105 床: QLTパネル t=60 土台: 105×105 断熱材: 断熱材: 断熱材 t=30 床変材: 60×105 鋼製土台: 溝形鋼 L=150×75×9×12.5	 コーナー部見切り カラーG.L.鋼板 t=0.5 壁: 角波カラーG.L.鋼板 t=0.5 下地: 透湿シート張り コーナー部見切り カラーG.L.鋼板 t=0.5 壁: 角波カラーG.L.鋼板 t=0.5 下地: 透湿シート張り	 90 65 25 90 1,640 25 65 90 1,570 90 65 25 90 125
		 28 970 40 30

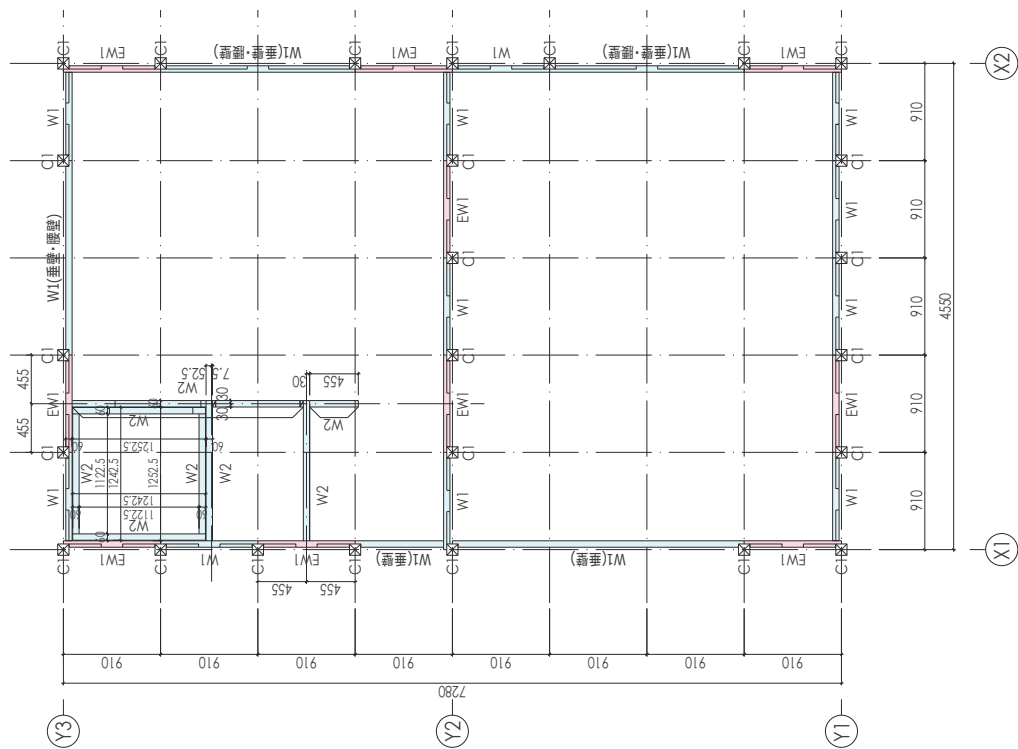


符号	断面	材種	使用環境	備考	接合
SD1	[9x75x150] S5400	-	-	土台	
D1	105x105 無等級製材	ヒノキ	-	土台	
D2	105x60 無等級製材	ヒノキ	-	土台	
C1	105x105 E95-F315	欧州赤松	B	柱	
EW1	105x105 E95-F315	スギ	B	CLT耐力壁	
W1	105x105 E95-F315	スギ	B	CLT耐力壁	
W2	105x105 E95-F315	スギ	B	CLT耐力壁	
S06	105x240 E105-F300	スギ	B	床・屋根	
B24	105x240 E105-F300	スギ	B以上	梁	

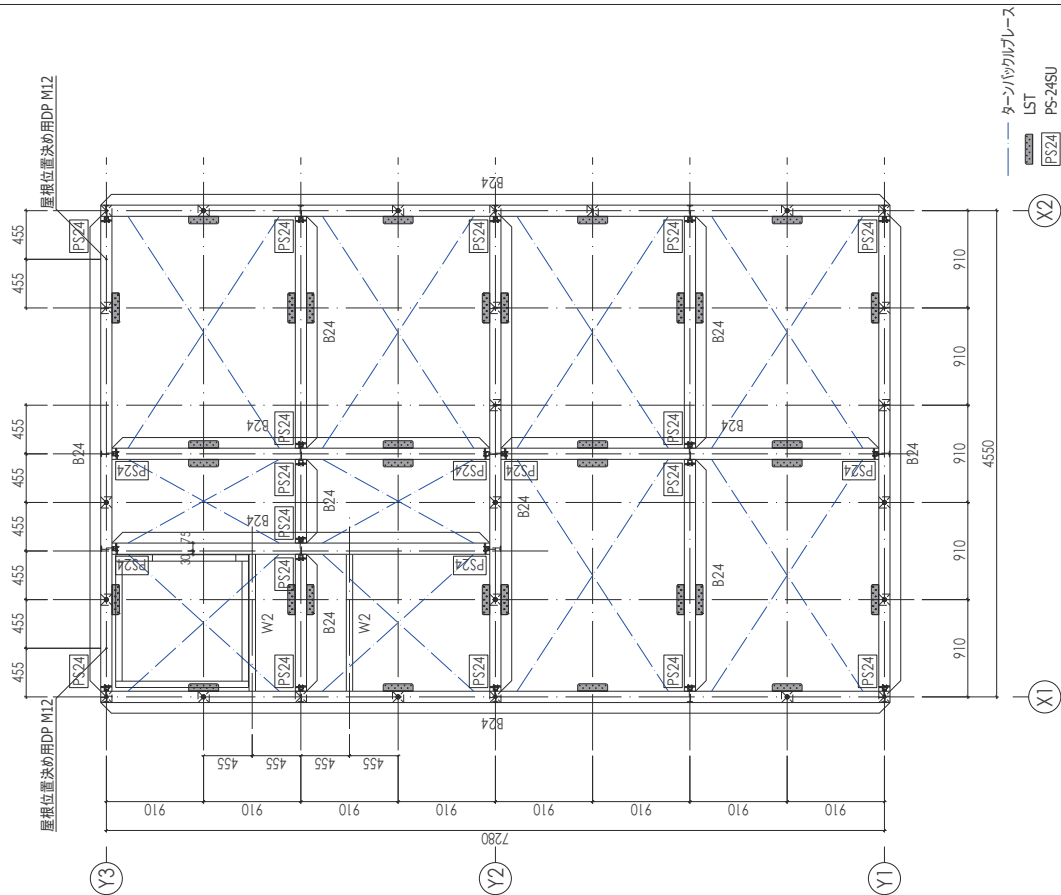
床掛け	断面	材種	使用環境	備考	接合
床掛け	45x105 無等級製材	スギ	-		
床掛け	45x105 無等級製材	スギ	-		
間柱	45x75 無等級製材	スギ	-		
垂木	40x40 無等級製材	スギ	-		
巾木	33x45 無等級製材	スギ	-		
方立て	30x60 無等級製材	スギ	-		

鉄骨土台伏図

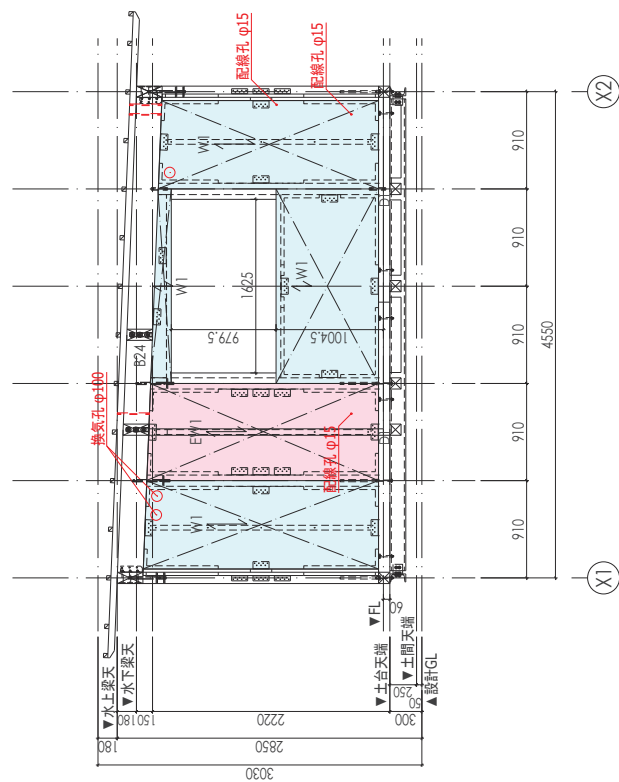
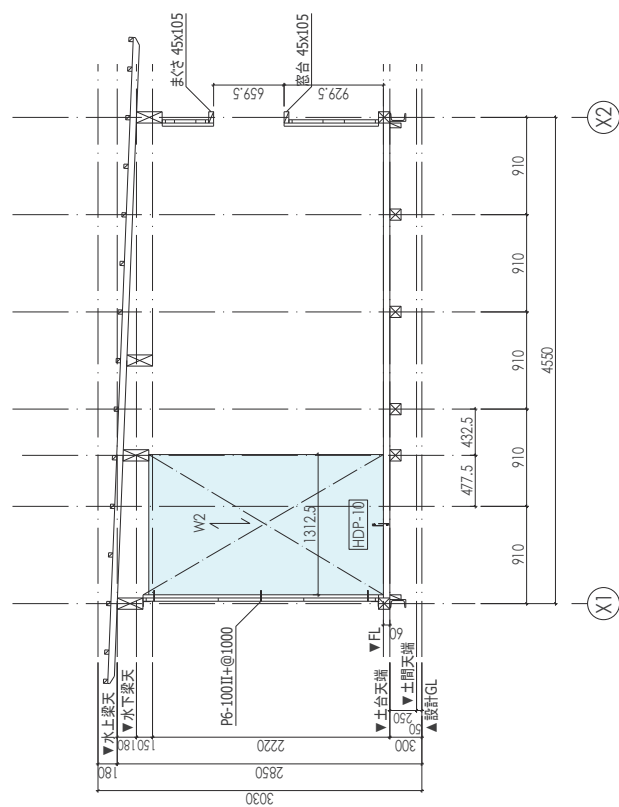
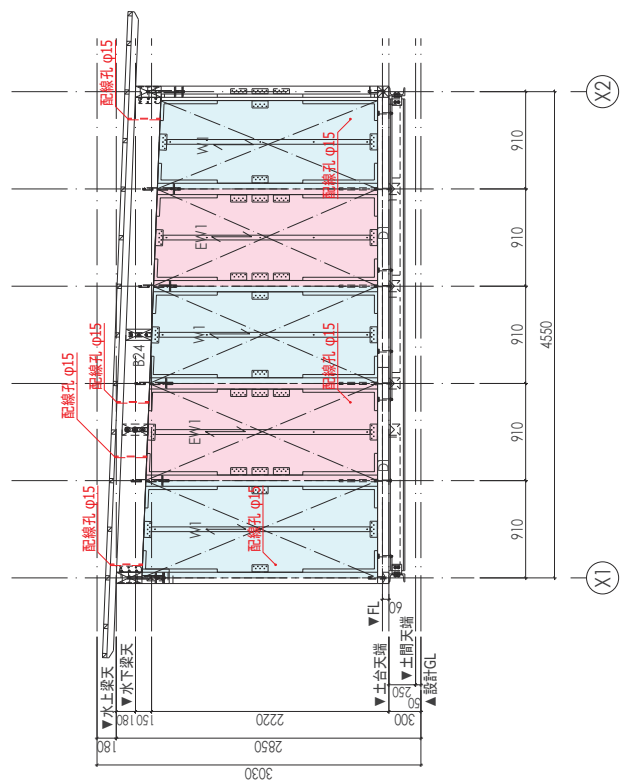
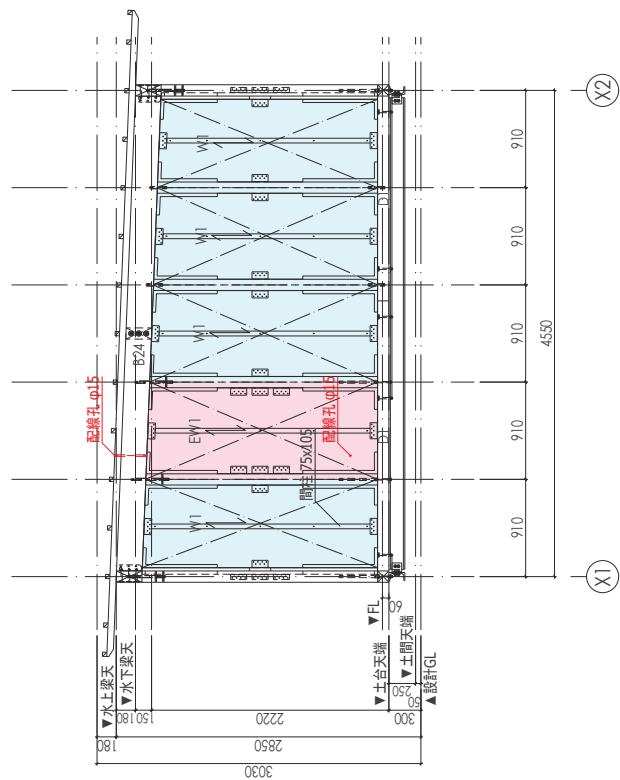
土台・床・柱伏図

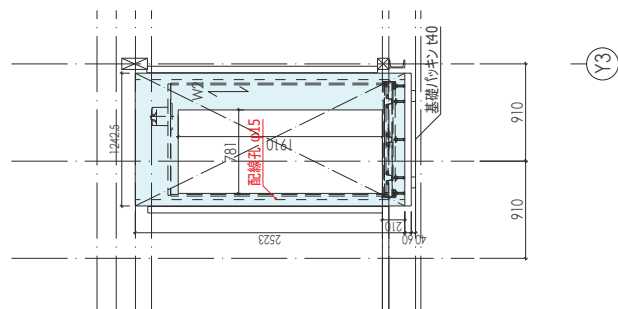
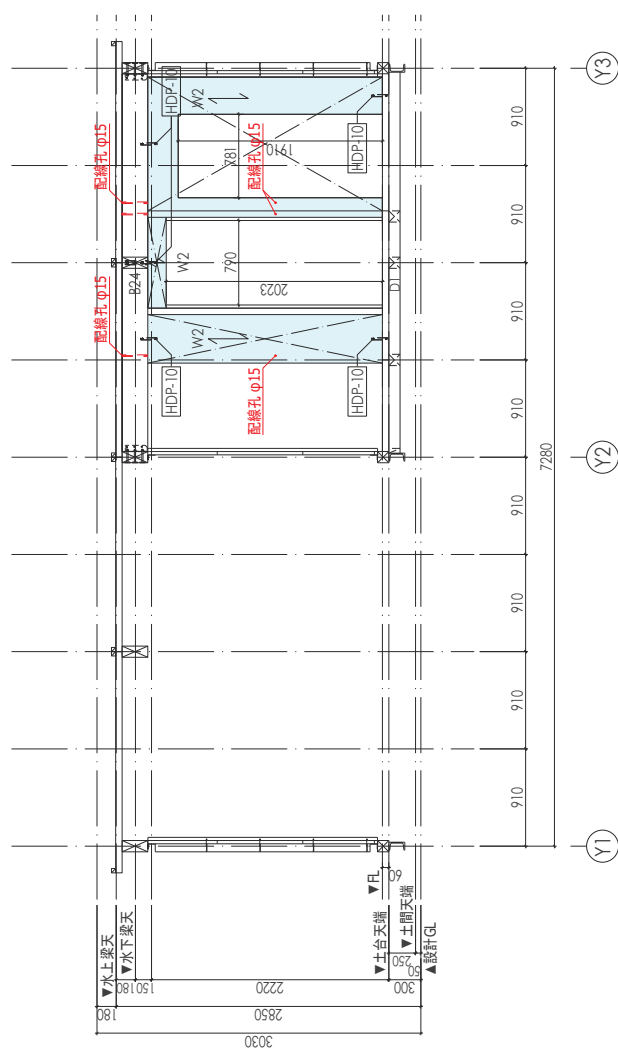
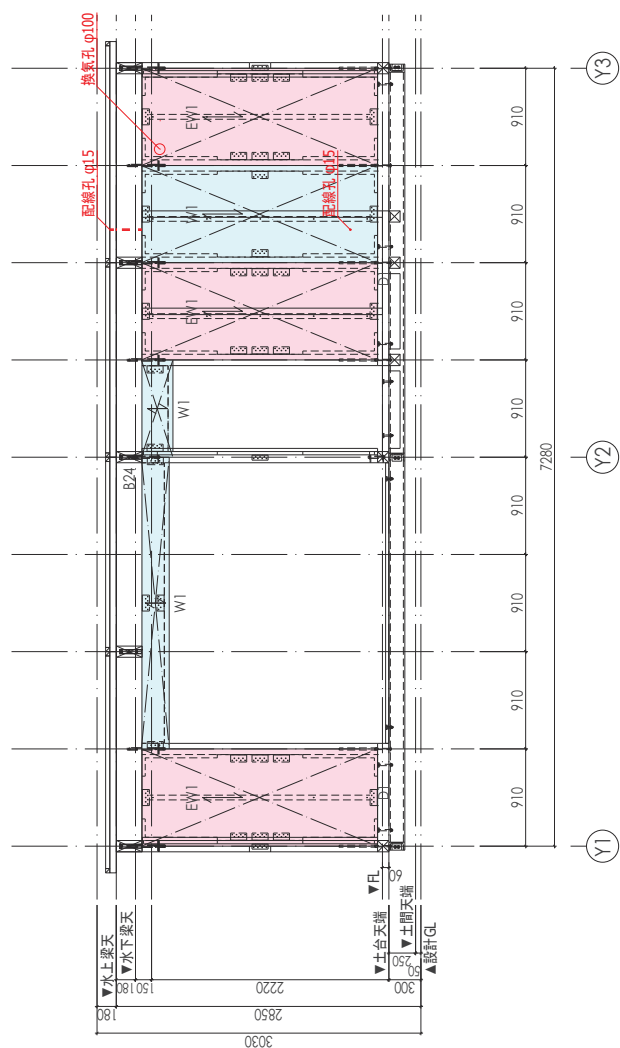


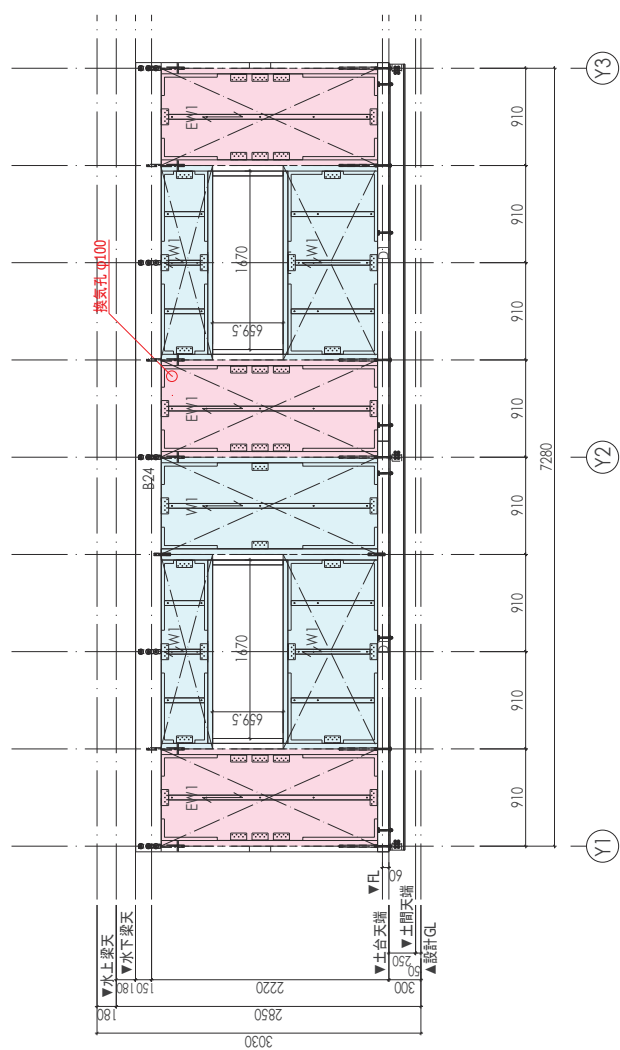
柱・壁伏図



梁伏図







B01	20ヶ	C12 柱頭・脚部 接合	-	27ヶ	土台 溝形鋼 接合	PS-10SU	10ヶ	土台受け金物
SD1-sD1接合部(隅部) K01 6ヶ HDP-10 20ヶ 柱頭柱脚・壁頭壁脚接合(非耐力壁)								
【外観取付】 【内観取付】								
S=1/10								
PZ-HDP-20	20ヶ	C1 柱頭 接合				PS-24SU	22ヶ	梁受け金物
【外観取付】 【内観取付】								
						L型金物	152ヶ	CLT壁・横架材・柱接合
※ 特記なき限り下記とする (1)原則、材質はSS400とする (2)JIS規格の転写ねじアンカーボルトを使用すること (3)構造用アンカーボルトはセット品とする MEKEN LAMWOOD Corp. 岡山県真庭市勝山1209 TEL:0867-44-8880 FAX:0867-44-8886 岡山県理末農業小園PJ 接合詳細図(1) SCALE S=1/10, 1/20(A-3) DATE 2023.01.14 DRWING MK CAD NO. 4-01 FILE								

[illegible]

