

2. 2 (株)中村土木建設／(株)studio K0IVU 一級建築士事務所

2. 2. 1 建築物の仕様一覧

事業名		オフサイト型CLTモジュール工法を用いた共同住宅新築工事の建築実証	
実施者（担当者）		株式会社中村土木建設／株式会社studio K0IVU一級建築士事務所（担当者名：坂口大史）	
建築物の概要	用途	共同住宅	
	建設地	愛知県東海市	
	構造・工法	木造 CLTパネル工法	
	階数	2	
	高さ（m）	6.350	
	軒高（m）	5.800	
	敷地面積（㎡）	771.09	
	建築面積（㎡）	252.57	
	延べ面積（㎡）	478.03	
	階別面積（㎡）	1 階	247.73
CLTの仕様	CLT採用部位	壁、2階床、小屋構面	
		CLT使用量（㎡）	
	壁パネル	加工前製品量	139.662㎡、建築物使用量124.014㎡
		寸法	150mm厚/90mm厚
		ラミナ構成	5層5プライ/3層3プライ
		強度区分	Mx60A-5-5/S60A-3-3
	床パネル	樹種	スギ
		寸法	150mm厚
		ラミナ構成	5層5プライ
		強度区分	Mx60A-5-5
	屋根パネル	樹種	スギ
		寸法	90mm厚
		ラミナ構成	3層3プライ
		強度区分	S60A-3-3
	木材	CLT以外の構造材	構造部材/下地・仕上他
		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	22.78㎡/21.30㎡
仕上	主な外部仕上	屋根	SGL鋼板 t=0.6 折板葺
		外壁	木下地の上、SGL鋼板 小波 t=9
	主な内部仕上	開口部	アルミサッシ+二層複層ガラス（FL3-G16-LowE3）
		界壁	CLT研磨仕上げ、空気層t10、LGS下地50、GW24k t50、PB t9.5+t12.5、クロス貼
		間仕切り壁	2×4下地の上、PBt12.5 クロス貼
		床	1階：杉無垢フローリングt15・CF、2階：CLTオイル塗装・CF
構造	天井	PBt9.5 クロス貼・EP	
		構造計算ルート	
	接合方法	ルート1	
		CLT壁-CLT床-CLT壁(1-2階間):両引きボルト+せん断金物 CLT床-CLT床(2階床):相欠き+パネリード/帯金物+合板スプライン接合 等	
	最大スパン	6.4m	
防火	問題点・課題とその解決策		CLTを利用した建築物の課題として、金物費用によるコストアップが挙げられる。そのため、金物選定はXマーク金物を軸に選定し、普及性につながるような誰かが再現できるディテールとした。
	防火上の地域区分		その他の区域（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		その他建築物
温熱	問題点・課題とその解決策		CLTを用いていることが外部からもわかるような木を表出した外観とするため、CLTの外壁防火構造の認定を利用することで、木外壁を実現した。
	建築物省エネ法の該当有無		規制対象
	温熱環境確保に関する課題と解決策		CLT部分は外断熱工法、在来部分は充填断熱工法で対応する。
	主な断熱仕様（断熱材の種類・厚さ）	屋根（又は天井）	GW20k・100mm
		外壁	CLT：押出法ポリスチレンフォーム3種bA・30mm、在来：GW16k・90mm
施工	床		押出法ポリスチレンフォーム3種bA・60mm
	遮音性確保に関する課題と解決策		天井ふところが小さいことから、独立天井を採用して振動の伝搬を防ぐ計画とした。
	建て方における課題と解決策		安全係数を見込んだ積算となることから、段取り確認により安全係数を減らす必要がある。
	給排水・電気配線設置上の工夫		天井内に隠れる配管孔は大きめに計画することで、配管の自由度を確保した。
	劣化対策		早期の雨仕舞を実施する。
工程	設計期間		2024年 7月～2025年3月（9ヵ月）
	施工期間		2025年10月～2026年6月（9ヵ月）
	CLT躯体施工期間		2025年12月中旬～2026年1月中旬（1ヵ月）
	竣工（予定）年月日		2026年6月30日
	発注者		株式会社中村土木建設 代表取締役 中村太紀
体制	設計者（複数の場合はそれぞれ役割を記載）		(株)studioK0IVU一級建築士事務所
	構造設計者		なな喜建築設計室
	施工者		株式会社中村土木建設
	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

2. 2. 2 実証事業の概要

実証事業名：オフサイト型 CLT モジュール工法を用いた共同住宅新築工事の建築実証

建築主等／協議会運営者：株式会社中村土木建設／株式会社 studio K0IVU 一級建築士事務所

1. 実証した建築物の概要

用途		共同住宅		
建設地		愛知県東海市		
構造・工法		木造 CLT パネル工法		
階数		2		
高さ（m）		6.35	軒高（m）	5.80
敷地面積（㎡）		771.09	建築面積（㎡）	254.54
階別面積 （㎡）	1 階	247.73	延べ面積（㎡）	488.79
	2 階	241.06		
	3 階	—		
CLT 採用部位		壁、2 階床、小屋構面		
CLT 使用量（m³）		加工前製品量 139.66 m³，建築物使用量 124.01 m³		
CLT を除く木材使用量（m³）		22.789 m³（構造部材） 21.31 m³（下地・仕上他）		
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 / Mx60A-5-5 / スギ 90mm厚 / 3 層 3 プライ / S60A-3-3 / スギ		
		2 階床	150mm厚 / 5 層 5 プライ / Mx60A-5-5 / スギ	
	小屋	90mm厚 / 3 層 3 プライ / S60A-3-3 / スギ		
設計期間		2024 年 7 月～2025 年 3 月（9 ヲ月）		
施工期間		2025 年 10 月～2026 年 6 月（9 ヲ月）		
CLT 躯体施工期間		2025 年 12 月中旬～2026 年 1 月中旬（1 ヲ月）		
竣工（予定）年月日		2026 年 6 月 30 日		

2. 実証事業の目的と設定した課題

CLT の普及のため、A) CLT モジュールを用いた住戸の施工方法の確立、B) 既製品の金物を用いることによる金物費用のコストダウン、C) 現場の省力化や短工期化に資するモジュール工法の構築による CLT の量産体制の構築に取り組むことを目的とする。A)については、各住戸ユニットを規格化された CLT モジュールにて構成することで、CLT の量産化に繋がるシステムの施工に取り組む。B)については、既製品の金物やビスを組み合わせた簡易な接合部を採用して施工に取り組む。C) については、CLT を用いたモジュール工法を確立することで、汎用性かつ普及性の高い構工法システムが確立できるため、共同住宅以外への転用や CLT の低コストな安定供給に向けた実証に取り組む。

3. 協議会構成員

(協議会運営者) (株) studioKOIVU 一級建築士事務所 坂口友希夫, 塩原拓

(意匠設計) (株) studioKOIVU 一級建築士事務所 坂口大史

(構造設計) なな喜建築設計室 久野奈穂子

(施工) (株) 中村土木建設 中村太紀, 原田篤

(原木供給・材料) 銘建工業 (株) 西本将晴

4. 課題解決の方法と実施工程

設定した課題)

A-1) CLT モジュールによる住戸の施工方法に関する課題の抽出と解決策の検討。

A-2) CLT を用いた共同住宅における遮音性や設備の施工性を向上させるための課題の抽出と解決策の検討。

B-1) CLT モジュールの住戸同士の接合や各接合部の接合方法に関する課題の抽出と解決策の検討。

B-2) 既製品の金物を組み合わせた際の接合の強度と施工性に関する課題の抽出と解決策の検討。

C-1) CLT モジュール工法の現場施工における手順の確認, 課題の抽出と解決策の検討。

C-2) 共同住宅以外の用途に使用する際のスパン調整や CLT の安定供給に関する課題の抽出と解決策の検討。

解決方法と実施工程)

A-1)について, studioKOIVU と中村土木建設が施工方法における課題抽出と解決策を検討する。A-2)について, studioKOIVU となな喜建築設計室が遮音性や設備に関する課題の抽出と解決策を検討する。B-1)について, なな喜建築設計室と中村土木建設が接合部や接合方法に関する課題の検討と解決策を整理する。B-2)について, なな喜建築設計室と中村土木建設が施工性に関する課題の検討と解決策を整理する。C-1)について, 中村土木建設と銘建工業が中心となり, 施工手順の確認, 課題の抽出と解決策を検討する。C-2)について, studioKOIVU と中村土木建設が用途の展開や CLT の供給の際の課題の抽出と解決策を整理する。

<協議会の開催>

令和7年9月: 第1回, 事業全体の問題点洗い出し

10月: 第2回, CLT モジュール工法を用いた施工方法, 各種接合部の着工前確認

11月: 第3回, CLT モジュール工法を用いた遮音性や設備に関する検討

12月: 第4回, CLT モジュール工法を用いた接合方法や強度に関する検討

令和8年1月: 第5回, CLT モジュール工法の施工方法, 用途の展開, CLT の供給に関する
検討

<施工>

令和7年9月 : 工事契約
10～11月 : 着工, 基礎工事
12～令和8年1月 : 建て方, 木工事
2～4月 : 設備・内装工事
5月 : 外構工事

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。

A-1) CLT モジュールによる住戸の施工方法に関する課題の抽出と解決策の検討

CLT モジュールの揚重・据え付けにおける姿勢安定性や位置決め精度の課題に対し、モックアップによる検証を実施した。重心の偏りへの対応としてチェーンブロックを用いた揚重方式を採用し、仮固定やガイドのための孔加工の改善を行った。併せて、クレーン計画やヤード条件を整理し、再現性と普及性の高い施工方法の確立を図った。

A-2) CLT を用いた共同住宅における遮音性や設備の施工性を向上させるための課題の抽出と解決策の検討

上下階の床衝撃音対策として独立天井構成と遮音材を採用し、限られた天井ふところでの性能確保を図った。また、界壁には片面 CLT 現し仕様を用い、意匠性と遮音性を両立した。設備については事前孔加工や配線集約により、現場調整の最小化と施工性向上を実現した。

B-1) CLT モジュールの住戸同士の接合や各接合部の接合方法に関する課題の抽出と解決策の検討

ユニット間の施工誤差を吸収するため、CLT モジュール間に2×4 モジュールを介在させる構成を採用した。床・小屋パネルの接合部は施工順序を考慮した加工形状とし、意匠性と施工性を両立した。これにより、施工誤差の吸収や意匠性の高い納まりを実現した。

B-2) 既製品の金物を組み合わせた際の接合の施工性に関する課題の抽出と解決策の検討

普及性と再現性を重視し、X マーク金物を中心とした接合部の標準化を図った。揚重には引きボルト孔を活用し、加工点数削減と段取りの簡素化を実現した。CLT 現しでは金物や埋木処理にコストがかかるため、意匠性とのバランスが重要であることを示した。

C-1) CLT モジュール工法の現場施工における手順の確認、課題の抽出と解決策の検討

基礎工事とヤードでのユニット製作を並行して進める工程計画により、工期短縮を実現した。アンカーボルト精度確保のためアンカーフレームを導入し、ユニットの据え付け時間の短縮を目指し、現場では1ユニット約30分で据え付けが可能となり、高い施工効率が確

認められた。これにより、早期に雨仕舞ができ、CLT 品質の維持にも寄与した。

C-2) 共同住宅以外の用途に使用する際のスパン調整やCLT の安定供給に関する課題の抽出と解決策の検討

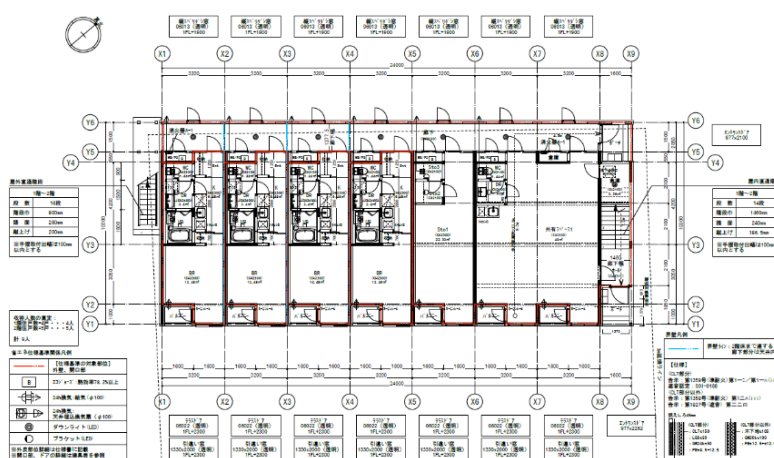
モジュール幅に可変性をもたせることで、他用途への展開やスパン調整への対応可能性を示した。あわせて、CLT 寸法・厚さ・接合部の標準化を進め、工場の計画生産と保管体制による安定供給の仕組みを提案した。設計自由度と量産性の両立が今後の課題となる。

6. 本実証により得られた成果

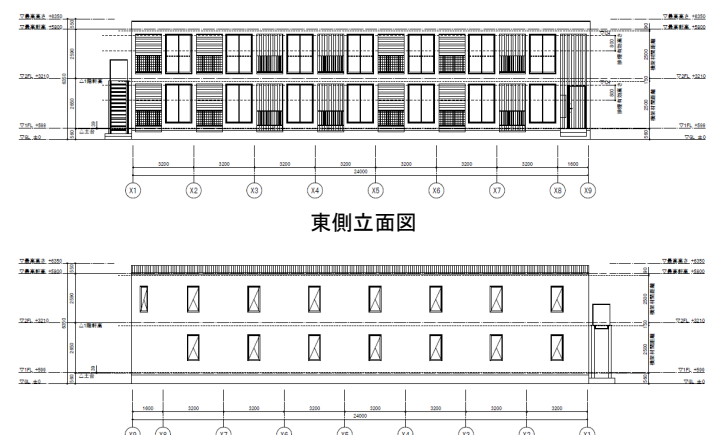
本事業では、オフサイト型 CLT モジュール工法を用いた共同住宅を対象に、施工方法の確立、簡易な接合部の標準化、モジュール工法の確立による安定供給体制の構築に取り組んだ。モックアップ検証を通じて揚重・据付精度の課題を整理し、金物選定や誤差吸収構成の工夫により再現性の高いディテールを確立した。さらに、工程の並行化やアンカー精度向上により工期短縮と品質安定を確認した。コスト比較では、コストの増加要因も明らかとなったが、量産化と規格化の推進により普及性向上の可能性を示した。

7. 建築物の平面図・立面図・写真等

○設計図面

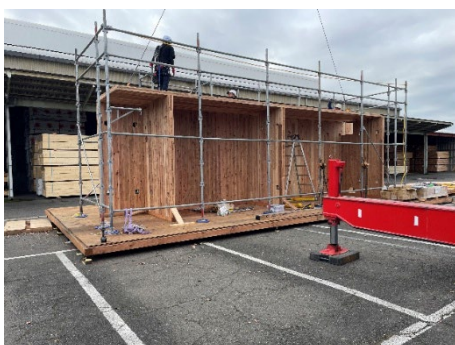


1階平面図



西側立面図

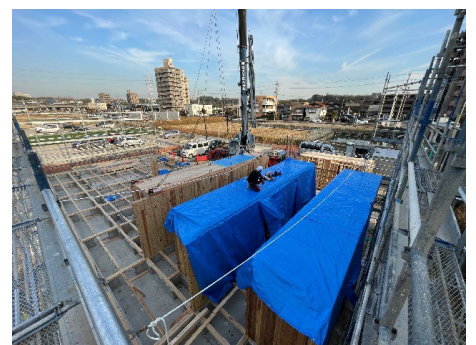
○現場写真



ヤードでのCLTユニット製作



現場でのユニット吊り込み



ユニットの据え付け

2. 2. 3 実証事業の概要

令和7年度 CLT 活用建築物等実証事業

オフサイト型 CLT モジュール工法を用いた
共同住宅新築工事の建築実証

成果報告書

1. 実証した建築物の概要

本実証事業で計画した建物は以下の通りである。

用途		共同住宅		
建設地		愛知県東海市大田町浜新田 407		
構造・工法		木造 CLT パネル工法		
階数		2		
高さ（m）		6.35	軒高（m）	5.80
敷地面積（㎡）		771.09	建築面積（㎡）	254.54
階別面積	1 階	247.73	延べ面積（㎡）	488.79
	2 階	241.06		
	3 階	-		
CLT 採用部位		壁，2 階床，小屋構面		
CLT 使用量（m³）		加工前製品量 139.662 m³，建築物使用量 124.014 m³		
CLT を除く木材使用量（m³）		22.78 m³（構造部材） 21.30 m³（下地・仕上他）		
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 / Mx60A-5-5 / スギ 90mm厚 / 3 層 3 プライ / S60A-3-3 / スギ		
		2 階床		
	小屋	90mm厚 / 3 層 3 プライ / S60A-3-3 / スギ		
設計期間		2024 年 7 月～2025 年 3 月（9 ヶ月）		
施工期間		2025 年 10 月～2026 年 6 月（9 ヶ月）		
CLT 躯体施工期間		2025 年 12 月中旬～2026 年 1 月中旬（1 ヶ月）		
竣工（予定）年月日		2026 年 6 月 30 日		

2. 実証事業の目的と設定した課題

CLT の普及のため、A) CLT モジュールを用いた住戸の施工方法の確立、B) 既製品の金物を用いることによる金物費用のコストダウン、C) 現場の省力化や短工期化に資するモジュール工法の構築による CLT の量産体制の構築に取り組むことを目的とする。A)については、各住戸ユニットを規格化された CLT モジュールにて構成することで、CLT の量産化に繋がるシステムの施工に取り組む。B)については、既製品の金物やビスを組み合わせた簡易な接合部を採用して施工に取り組む。C) については、CLT を用いたモジュール工法を確立することで、汎用性かつ普及性の高い構工法システムが確立できるため、共同住宅以外への転用や CLT の低コストな安定供給に向けた実証に取り組む。

3. 協議会構成員

(協議会運営者) (株) studioKOIVU 一級建築士事務所 坂口友希夫, 塩原拓
(意匠設計) (株) studioKOIVU 一級建築士事務所 坂口大史
(構造設計) なな喜建築設計室 久野奈穂子
(施工) (株) 中村土木建設 中村太紀, 原田篤
(原木供給・材料) 銘建工業 (株) 西本将晴

4. 課題解決の方法と実施工程

設定した課題)

A-1) CLT モジュールによる住戸の施工方法に関する課題の抽出と解決策の検討。

A-2) CLT を用いた共同住宅における遮音性や設備の施工性を向上させるための課題の抽出と解決策の検討。

B-1) CLT モジュールの住戸同士の接合や各接合部の接合方法に関する課題の抽出と解決策の検討。

B-2) 既製品の金物を組み合わせた際の接合の施工性に関する課題の抽出と解決策の検討。

C-1) CLT モジュール工法の現場施工における手順の確認，課題の抽出と解決策の検討。

C-2) 共同住宅以外の用途に使用する際のスパン調整や CLT の安定供給に関する課題の抽出と解決策の検討。

解決方法と実施工程)

A-1)について，studioKOIVU と中村土木建設が施工方法における課題抽出と解決策を検討する。

A-2)について，studioKOIVU となな喜建築設計室が遮音性や設備の施工性に関する課題の抽出と解決策を検討する。

B-1)について，なな喜建築設計室と中村土木建設が接合部や接合方法に関する課題の検討と解決策を整理する。

B-2)について，なな喜建築設計室と中村土木建設が施工性に関する課題の検討と解決策を整理する。

C-1)について，中村土木建設と銘建工業が中心となり，施工時の手順の確認，課題の抽出と解決策を検討する。

C-2)について，studioKOIVU と中村土木建設が用途の展開や CLT の供給の際の課題の抽出と解決策を整理する。

<協議会の開催>

令和 7 年 9 月：第 1 回開催，事業全体の問題点洗い出し

10 月：第 2 回開催，CLT モジュール工法を用いた施工方法，各種接合部の着工前確認

11 月：第 3 回開催，CLT モジュール工法を用いた遮音性や設備に関する検討

12 月：第 4 回開催，CLT モジュール工法を用いた接合方法や強度に関する検討

令和 8 年 1 月：第 5 回開催，CLT モジュール工法の施工方法，用途の展開，CLT の供給に関する検討

<設計>

令和 7 年 10 月：CLT モジュール工法を用いた遮音性の対策や設備計画

11 月：CLT モジュール工法を用いた接合方法の確認

12 月：CLT モジュール工法の施工方法や施工手順における課題と解決策の検討

令和 8 年 1 月：CLT モジュール工法の用途の展開，CLT の安定供給方法に関するまとめ

<施工>

令和 7 年 9 月：工事契約

10～11 月：着工，基礎工事

12～令和 8 年 1 月：建て方，木工事

2～4 月：設備・内装工事

5 月：外構工事

5. 課題とテーマ

A-1) CLT モジュールによる住戸の施工方法に関する課題の抽出と解決策の検討。

A-2) CLT を用いた共同住宅における遮音性や設備の施工性を向上させるための課題の抽出と解決策の検討。

B-1) CLT モジュールの住戸同士の接合や各接合部の接合方法に関する課題の抽出と解決策の検討。

B-2) 既製品の金物を組み合わせた際の接合の施工性に関する課題の抽出と解決策の検討。

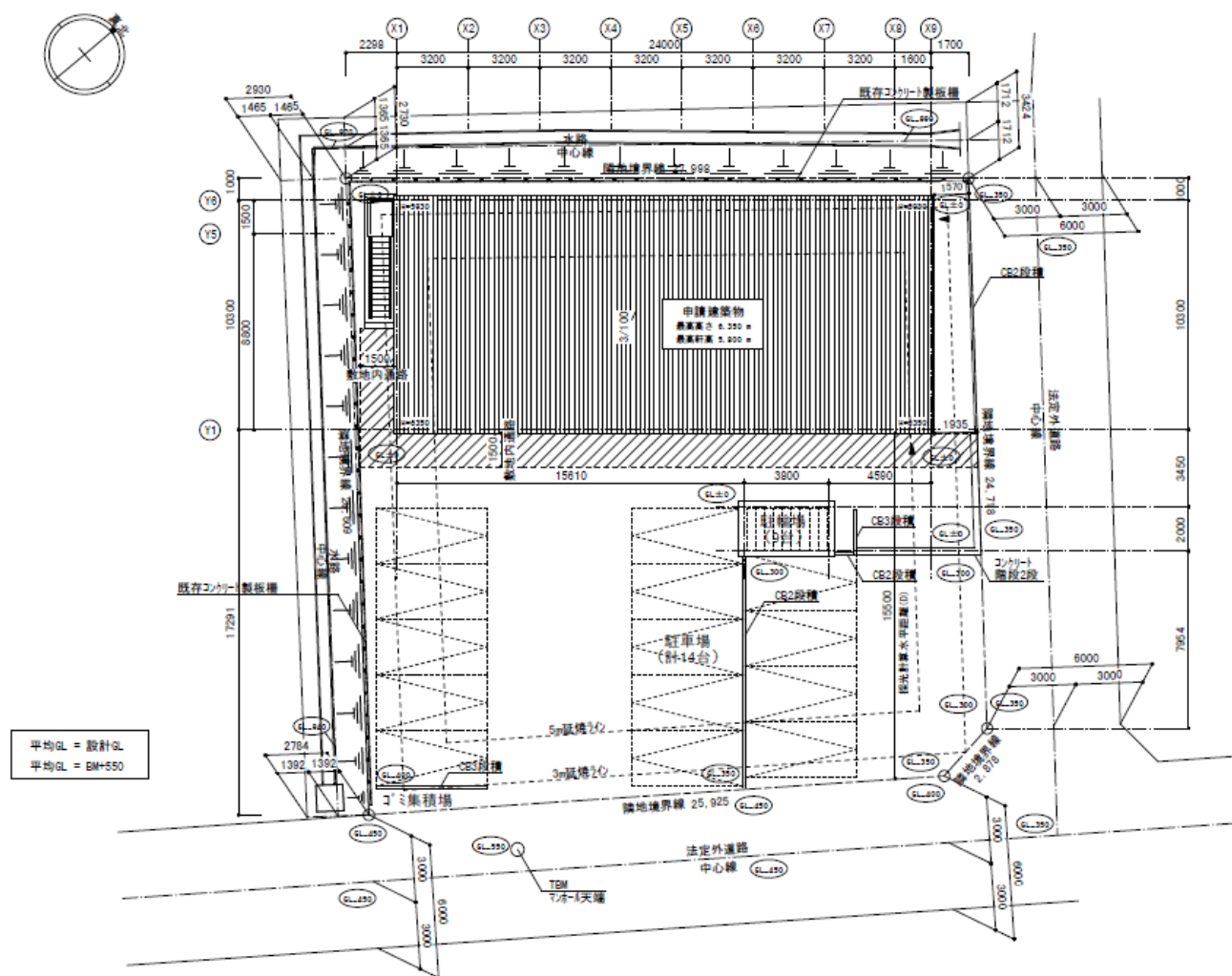
C-1) CLT モジュール工法の現場施工における手順の確認，課題の抽出と解決策の検討。

C-2) 共同住宅以外の用途に使用する際のスパン調整や CLT の安定供給に関する課題の抽出と解決策の検討。

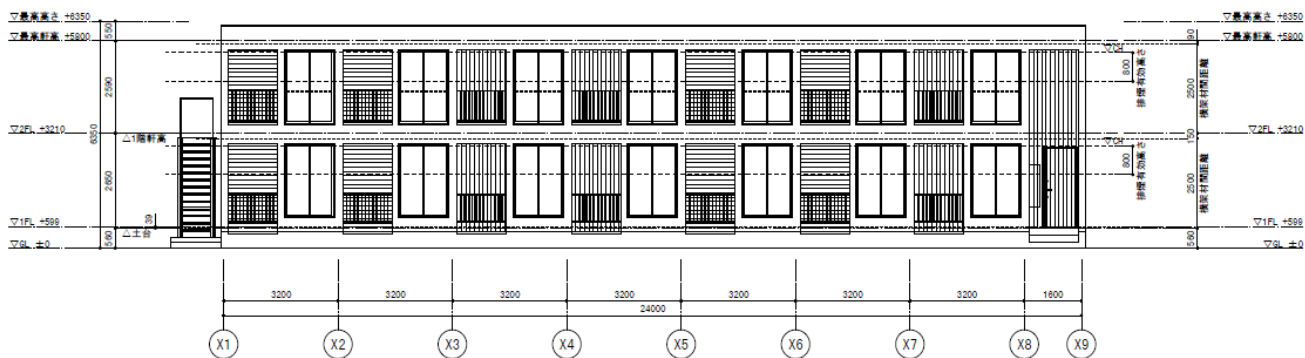
6. テーマ毎の成果物

本事業で計画した建物の設計図面を成果物として下記に示す。

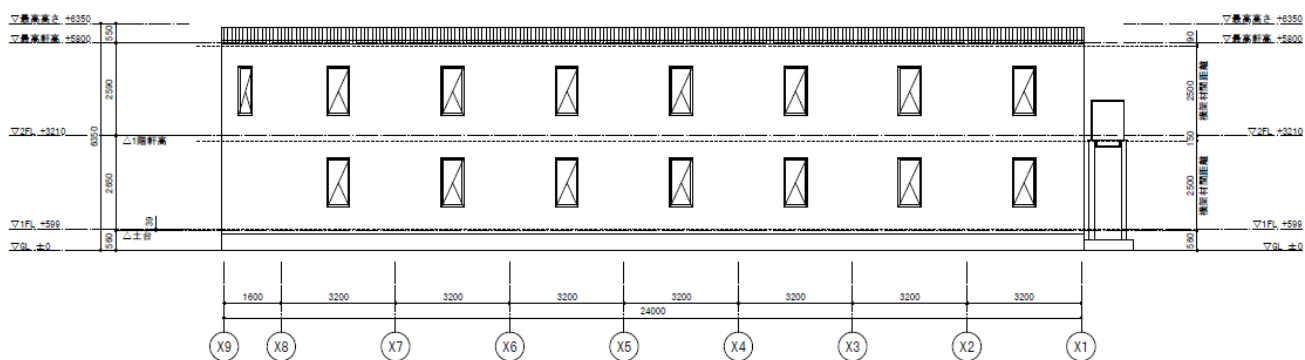
○意匠図



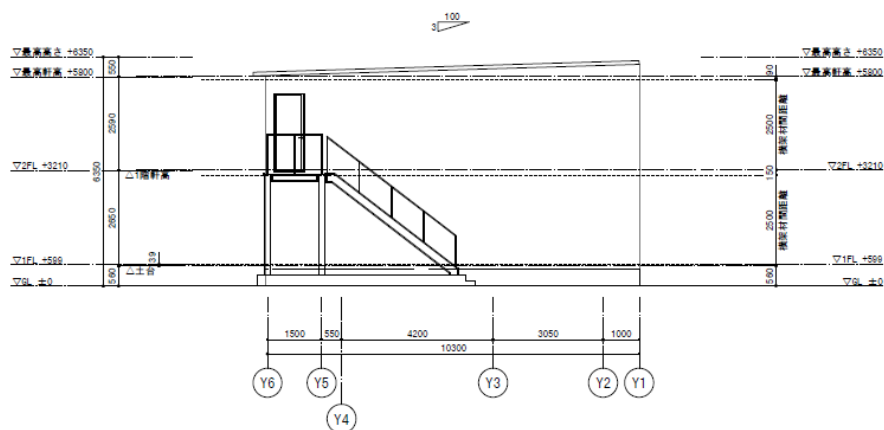
配置図



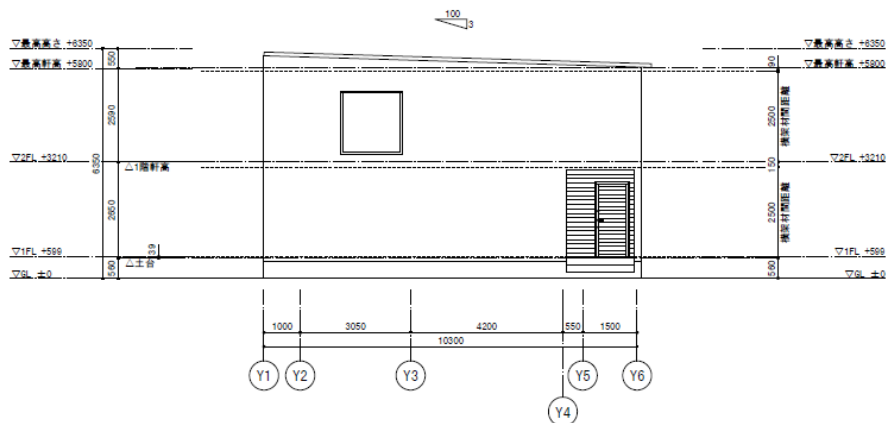
東側立面图



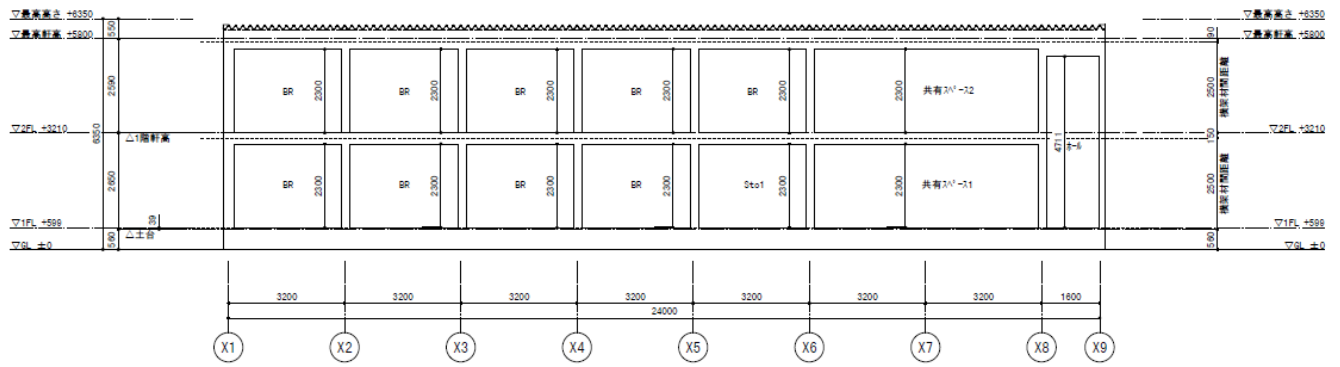
西側立面图



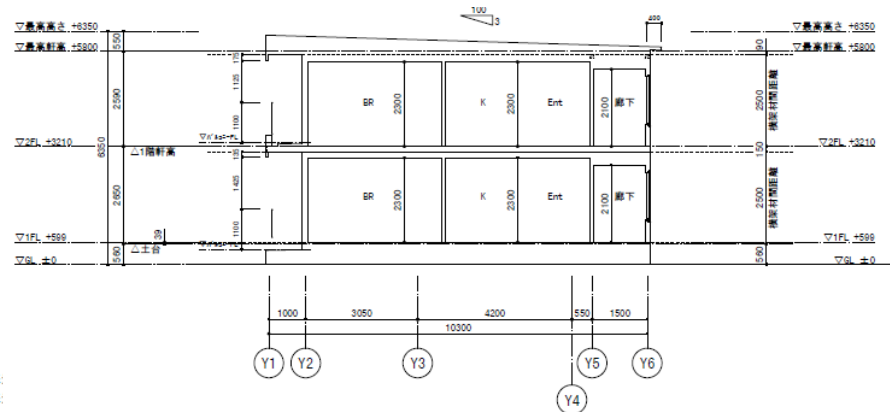
南側立面图



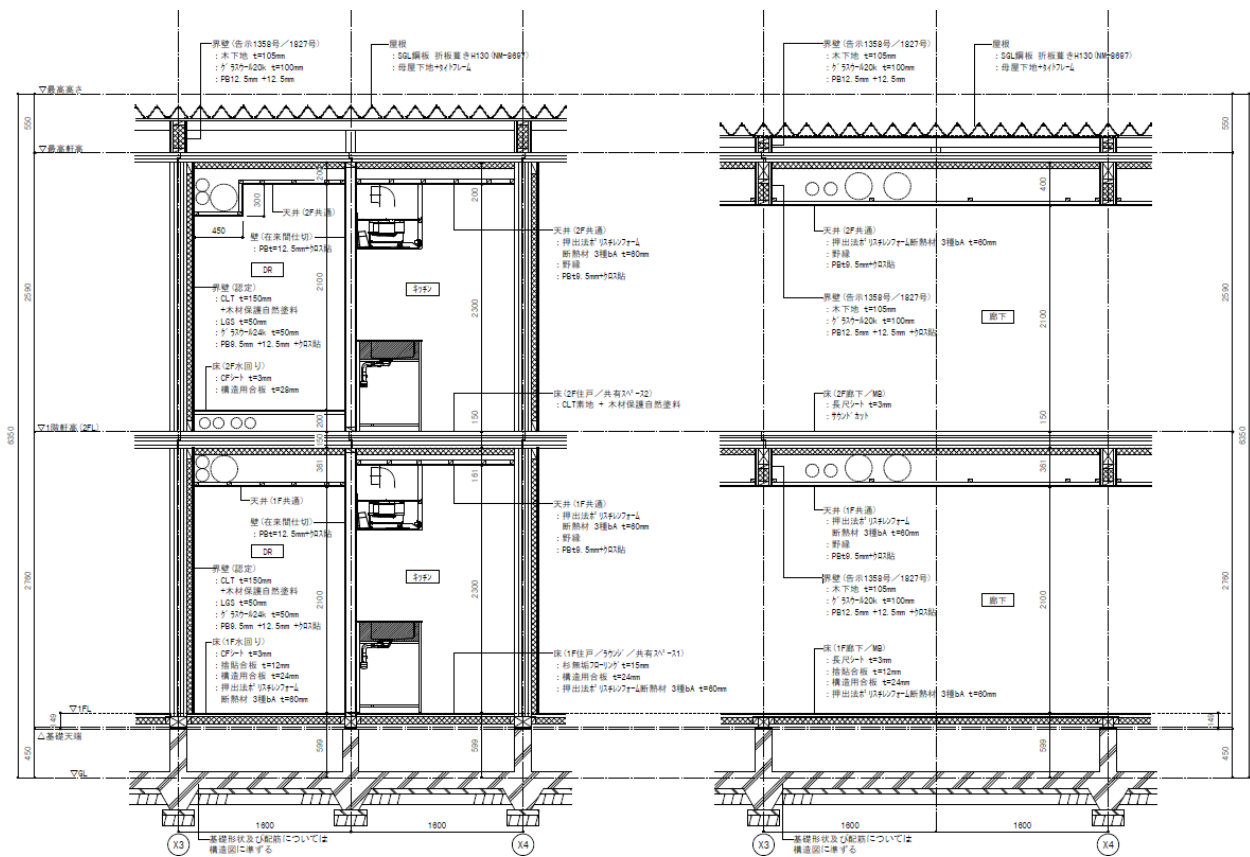
北側立面图



長手断面図



短手断面図

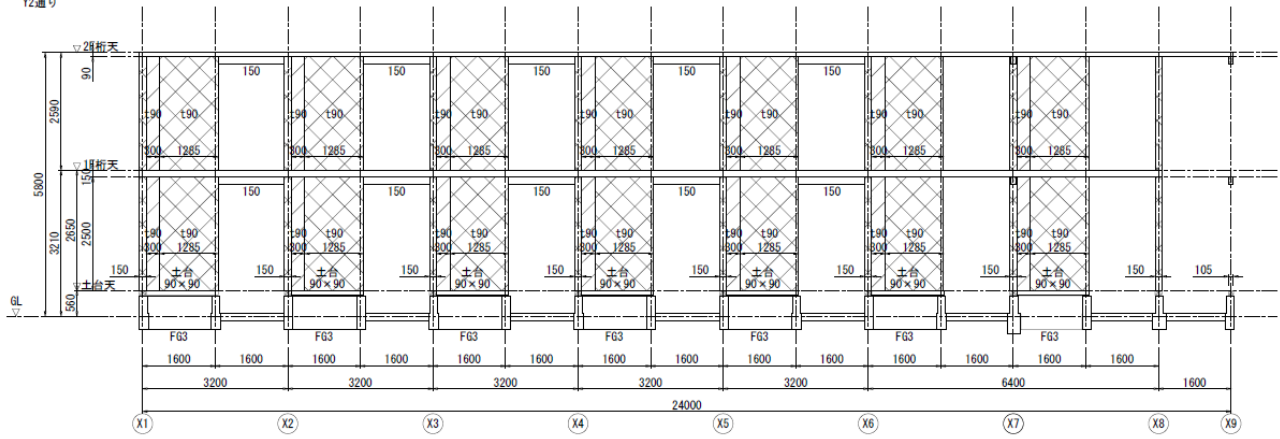


矩計図

1 階床伏図

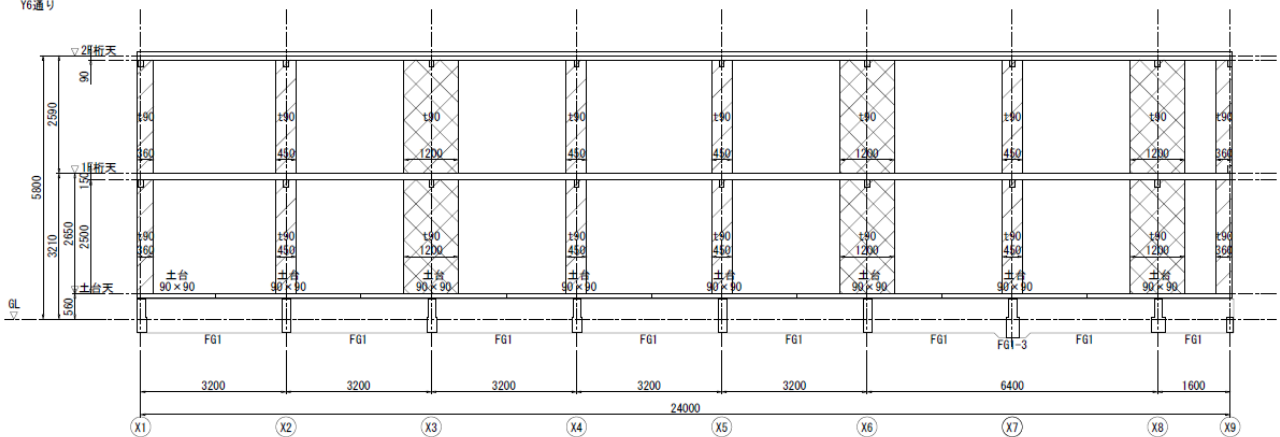
2 階床伏図

Y2通り

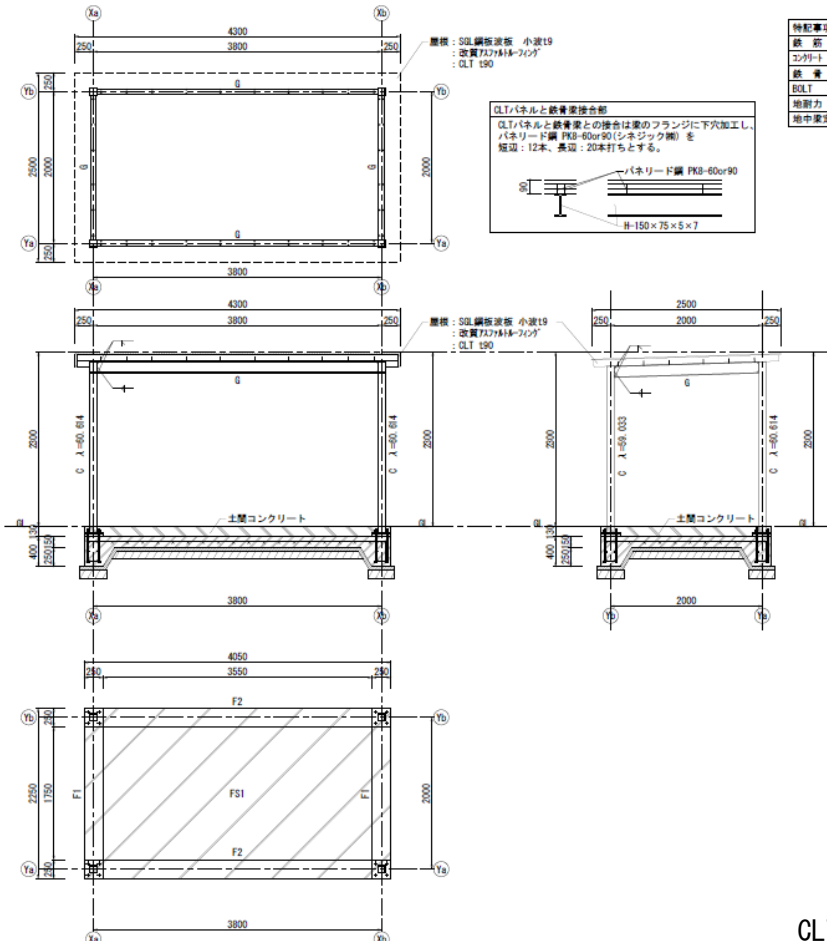


Y 2 通り軸組図

Y6通り

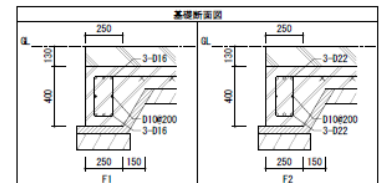


Y 6 通り軸組図



特記事項	
鉄筋	D16以下: S295A
コンクリート	21N/㎠
鉄骨	SS400, SS400, STK400
BOLT	HTB-F8T
耐力力	30N/㎡ (長期)
地中埋設部	柱内に400定着とする。

部材リスト	主材	材質
G	H-150×75×5×7	SS400
C	□-100×100×6	STK400
屋根	SLT 190	
床	CLT 190	
※特記なき鉄骨部材の材質はSS400とする。		
F1	配筋: D10@200 (柱・梁) シタ	
	土間コンクリートワイヤーメッシュ φ6mm 100目	



柱間詳細図	
断面	
主材	□-100×100×6
BPL	300×300×22 (SS400)
A-BOLT	4-M16 L=400
ナット	

※Lk: 2240mm λ=60.614<200・・OK (法55条)
 ※アンカーボルト定着長: 400>200 20×16=320・・OK
 ※Z-4-M16A: 4×201=804
 >2256×0.2=451.2 (柱断面積×0.2)・・OK
 ※BPL t=22>1.3d 1.3×16=20.8・・OK
 (法55条・告示平12適用1456号)
 ※柱最大変位=2.29mm

CLT サイクルポート詳細図

A-1) CLT モジュールによる住戸の施工方法に関する課題の抽出と解決策の検討

本建物は、単身者向けのワンルームを基本単位とする共同住宅である。住戸に用いる CLT のサイズは、製造規格や輸送上の制約およびユニット化を前提とした施工性を考慮しながら決定を行っている。その結果、1 住戸を「CLT モジュール」と「2×4 モジュール」の組合せにより構成する方式として計画をしている（図 1）。

住戸の施工方法を確立する第一段階として、CLT ユニットを対象に揚重・据付に関するモックアップ検証を実施した。検証の目的は、1) 揚重時の姿勢安定性（傾き・ねじれ）および安全性の確認、2) 仮固定の実現性および据付時の位置決め、3) 工法普及にむけた必要条件の確認の 3 点である。また、検証で明らかになった課題は実施工に反映することを目指す。次に、モックアップで製作した CLT ユニットの写真を示す（図 2）。

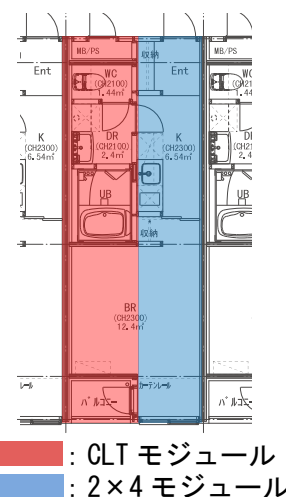


図 1 住戸の構成

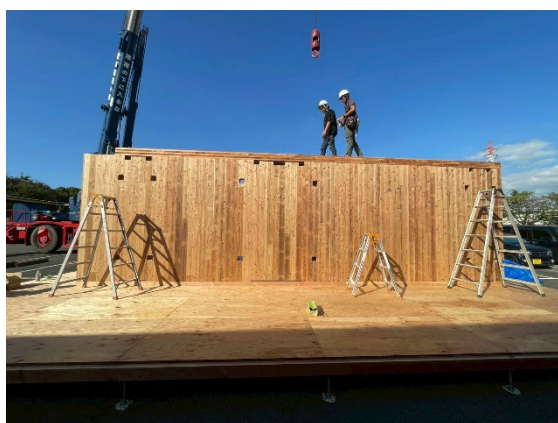


図 2 CLT ユニットのモックアップ

まず、揚重時の姿勢安定性の検討を行った。住戸ユニットは、上部の水平 CLT パネルと壁 CLT パネルからなる逆 L 字形状である。長手方向は大版 CLT で構成する一方、反対側の 2×4 モジュール側に接する部分はオープンとなる構成であるため、長手壁側の重量が相対的に大きく、揚重時にユニットの重心が中心からずれてしまうという課題があった。そこで、揚重時の姿勢制御方法として、以下の 2 方法による揚重計画の検討を行った。

- ① 鉄骨ウェイトを載荷し、重心をユニット平面の中心付近に近づける方法
- ② チェーンブロックの長さを調整し、ユニットを水平に吊り上げる方法

①のウェイト載荷方式は、ウェイトをユニット上部に載荷する際に固定をしないと落下リスクが残ること、また準備物や段取りが増え、普及性の高い施工方法とは言い難いことが課題として整理された。また、本計画では 2 階の CLT 床を現しとすることから、重量物を置いて調整する際に床面を傷つけられず、慎重な揚重が必要となることで施工時間が長期化するという課題もあった。

一方、②のチェンブロック方式は、安定性を確保できる状態を作り出す揚重前の調整に一定時間を要するものの、調整後は問題なく揚重ができ、姿勢制御の再現性も確保できることを確認した。以上より、実施工では、チェンブロック方式を採用し、姿勢制御を行う方法を採用した。

また、本計画では 2 階床・壁ともに t150 を採用したためユニット重量が増加し、結果として揚重時のバランス調整が難化する傾向が見られた。揚重時の姿勢安定性のためにも、CLT 材積を最小化することが、揚重のしやすさやコストの最適化のためには重要となる。

続いて、仮固定の実現性および据付時の位置決めについて検討を行った。現場での実施工を見据え、モックアップ製作時には土台および金物を設置し、現場での吊り込みに近い条件を再現した(図3)。そのうえで、製作したモックアップを揚重し、元の据付位置を目標に再度戻す検証を実施した。

まず揚重前の確認として、本ユニットは逆 L 字形状であるため、揚重時に足元が開くと据付の難易度に影響することを課題として整理した。したがって、足元の開きを抑制するため、2×4 モジュール側に開き止めの仮筋交いを設け、足元の開きを抑制する計画とした(図4)。また、CLT ユニットに付随する一部の小壁については、下端が自由端となり揚重時に不安定となることが想定されたため、当該小壁はユニットから外し、現場で取り付ける後付け部材として扱う方針とした。

据付時の位置決めについては、金物点数が多いことから、金物が加工孔にうまく挿入されずに CLT に干渉し、落とし込みが阻害される可能性が想定された。このため据付時には金物干渉のチェック要員を配置し、各金物が加工孔に確実に挿入されていることを確認しながら据付を行う手順とした。実際に据付検証を実施したところ、一部のアンカーボルトが引きボルト孔にうまく入らず、調整に時間がかかる場面が確認された。以上より、引きボルト孔にガイド用のテーパーを設けることで正規位置へ誘導しやすくすることが必要と判断し、以降の孔加工に反映し円滑な施工を目指した。

今回の検証では概ね据付が成立したものの、実現場ではアンカーボルト位置の精度が据付成否に直結し、アンカー精度が確保されない場合には据付が困難となることが議論された。よって基礎工事においては、鋼製型枠の採用やアンカーフレームの製作等により、施工精度を確保するための対策を講じる必要があることを関係者間の共通認識とした。



図3 現場を想定した金物配置



図4 足元の開きを抑制する仮筋交い

次に、工法普及に向けた必要条件の確認として、ヤードの成立条件および現場施工手順を整理した。

まず、ヤードの成立条件として揚重設備(クレーン)の確保が必要となる。理想的には、屋根付きで 5t ホイストクレーンを備える工場が望ましいが、その確保が難しい場合には、本件のようにクレーンを手配して対応する必要がある。モックアップ検証では、吊り半径・吊り高さが小さく最短距離で施工可能であったため 25t クレーンを使用した。現場では吊り長さが増えるため、50t クレーンの使用が必要となった。以上より、本工法では仮設計画段階でヤード及び現場で利用するクレーンの想定することが、コスト・工期を遵守した施工を行うためには重要である。

ヤードでのユニット施工の手順は、一般的な CLT パネル工法と同様に壁パネル→床パネルの順で建て進めるものであり、作業手順が明快であることから、CLT 施工の経験が少ない作業者でも取り組みやすい。加えて、ヤードでのユニット製作は現場進捗に直接左右されないため、屋根付きヤードを確保できる場合には、現場が雨天等により休工を余儀なくされる局面でも、作業をユニット製作へ振り替えることが可能となる。これにより、工程の停滞を抑えつつ、人工の平準化に寄与する。

また、電気設備については、1 住戸が CLT モジュールと 2×4 モジュールから構成されるという工法の特徴を活かし、コンセントはすべて 2×4 側で確保する計画とした。これにより、CLT 壁への配線溝加工や埋め木等の処理が不要となり、円滑な現場施工に寄与する計画とした（図 7）。

図7 住戸内アウトレット計画

B-1) CLT モジュールの住戸同士の接合や各接合部の接合方法に関する課題の抽出と解決策の検討

本課題では、住戸同士の接合および各接合部の納まりについて、施工誤差の吸収性と施工手順を成立させる納まりを主眼に課題を整理し、解決策を検討した。

まず、住戸同士の施工誤差の吸収性の検討では、本工法は、事前にヤードでユニットを製作することから、現場でユニットを据付けた後の調整余地に限られる。そのため、ユニット間に施工誤差を吸収させる機能を持たせることが重要となる。本建物は、1住戸を CLT モジュールと 2×4 モジュールで構成していることから、断面構成として、各モジュールが交互に並ぶ状態となる（図 8）。

そこで、CLT モジュール間に 2×4 モジュールを介在させ、CLT ユニット間の誤差吸収ゾーンとして活用する構成とした（図 9）。CLT ユニットはヤード製作を前提とするものの、ユニット同士を直接接合する場合は、製作・揚重・据付に伴う累積誤差が生じることが懸念される。2×4 モジュールでは、上部に CLT 床パネルを据えるものの、それ以外の部材は、CLT ユニット側で生じた寸法や据付誤差に追従できるため、接合部の納まりを安定化させることができる。加えて、2×4 パネル自体も工場で組み立ててくることから本工法のオフサイトでのプレビルドというコンセプトにも合致し、施工工程が単純かつ施工速度が速く、将来的な人手不足にも対応可能な工法としての可能性を秘めている。

続いて、ユニット間に取り付く 2 階床パネルおよび小屋パネルの接合について検討を行った。本工法は、まず CLT ユニットの現場へ吊り込み、据え付けた後に水平パネルを取り付ける手順であることから、水平パネルの接合部の加工形状は、施工手順を踏まえた形状とする必要がある（図 10）。2 階床パネルについては、床を現し仕上げとする計画であることから、見えがかりの納まりに配慮し、相欠き形状+パネリードによる接合を採用した。なお、相欠き形状は、CLT ユニットが現場に先行して据え置かれる条件を踏まえ、CLT ユニット側では上部を切り欠く形状として、後から下側を切り欠いた形状のパネルを据える計画とした。

小屋パネルについては、上部に束や小屋裏界壁の施工が生じることから平滑な面を確保する必要があり、合板スプライン接合を採用している。

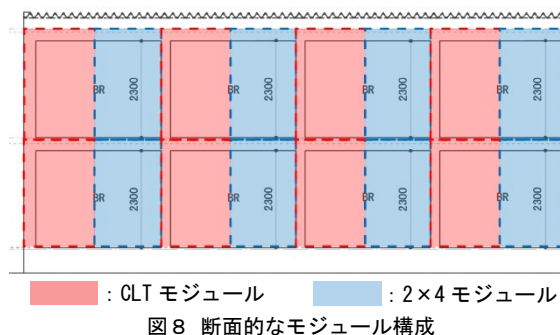


図 8 断面的なモジュール構成

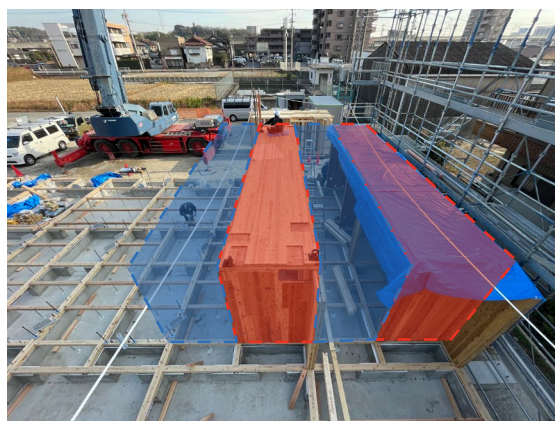


図 9 鳥瞰と内観から見たモジュール構成

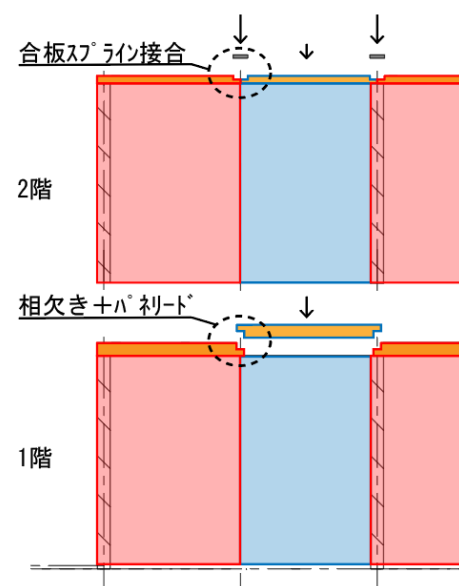


図 10 施工性に配慮した水平パネル加工形状

B-2) 既製品の金物を組み合わせた際の接合の施工性に関する課題の抽出と解決策の検討

本課題では、各接合部を構成するにあたり、普及性につながる金物選定とすること、ならびに CLT 現し仕様として意匠性を確保できることを主眼に、課題を整理し解決策を検討した。CLT モジュール工法ではユニット据付後は原則調整が効かないため、ユニット製作時の品質確保が重要となる。したがって、接合ディテールは「普及性のある金物となっており、誰が施工しても高い品質が確保・再現できること」を前提に標準化することを目指した。

金物の選定にあたっては、汎用性と調達性を重視し、X マーク金物を中心に構成した。加えて、CLT 現し部分における隠蔽用金物など、X マーク金物のみでは成立しにくい部位については、銘建工業のカタログに記載されたオリジナル金物を併用する計画とした。これにより、完全な特注金物に依存することなく、一般的なパネル工法の建物で用いる金物を選定することで、他現場でも応用可能な設計方針とした。また、金物種類を限定することは、設計者のみならず施工者の習熟を促し、施工手順や留意点をマニュアル化しやすい点でも有効である。

さらに、ユニットの揚重においては、専用の取付孔を新設すると加工点数の増加や孔位置管理の複雑化を招くため、引きボルト孔を活用して揚重用金物を取り付ける方法を採用した（図 11）。引きボルト孔を共用することで、加工の追加を抑えつつ現場段取りを簡素化し、揚重作業の再現性を高めることができる。一方、揚重時には孔周辺に局所応力が集中しやすいため、座金・当て板等の扱い、養生方法など、損傷防止の観点も含めて運用ルールを定める必要がある。

CLT 現し仕様として意匠性を確保する方針として、帯金物や LST 等の金物は露出したままでは CLT 現しの意匠性を損なうため、見えがかりとなる箇所では、座彫り部に金物を納めたうえで埋木により隠蔽する方針とした（図 12）。埋木処理は外観品質に直結するため、座彫り寸法と取付位置の基準を明確化し、埋木は CLT のラミナ幅と揃えて納めるなど、見えがかりに配慮して施工した。一方で、CLT 現しはパネル加工、埋木の処理手間、金物自体が高価となることから建物のトータルコストの面で負担が大きい。したがって、コストに配慮した設計を進めるうえでは、CLT を現す範囲と非現し範囲のバランスを適切に設定することが重要となる。

以上の方針により、既製品金物を中心とした接合ディテールを再現可能な形に整理し、施工性の検証と標準化を進めた。今後は施工実績に基づき、CLT を現しとする場合と非現しとする場合について、接合部単位でのコスト比較を行うとともに、座彫り・埋木等に要する加工費・施工費を含めたコストの見える化を進める。これにより、意匠性とコストのバランスを踏まえた合理的な仕様設定を可能とし、工法普及にむけた知見を整理・取りまとめることを目標とする。

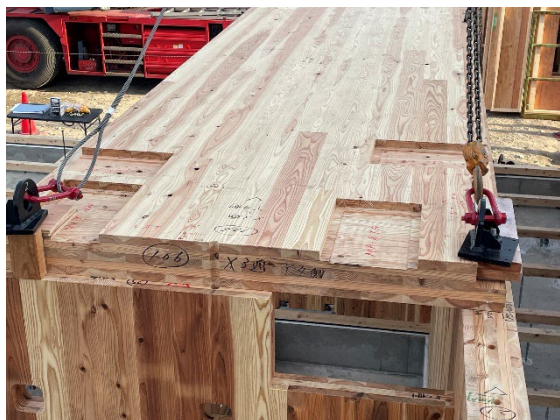


図 11 引きボルト孔への揚重金物設置



図 12 座彫り部への金物設置

C-1) CLT モジュール工法の現場施工における手順の確認，課題の抽出と解決策の検討

CLT モジュール工法では，ユニット製作等のヤード作業が発生するため，一般的な現場施工中心の工法とは工程構成が異なる。本計画における工程工程表を表 1 に示す。

表 1 施工工程表

工程名	10月	11月	12月	1月	2月
仮設工事					
モックアップ製作					
地業工事				休	
浄化槽設置					
基礎工事					
CLTユニット製作			1階	2階	
CLTユニット吊り込み			1階	工 2階	
現場建て方工事					
屋根工事					

施工工程の特徴として，本事業ではモックアップによる揚重検証を先行して実施した点が挙げられる。モックアップ検証で課題点を抽出し，その結果を CLT 加工へフィードバックすることで，以降のユニットでは改善内容を反映した加工が可能となり，現場段階での手戻り低減に寄与した。

また，基礎工事と並行して 1 階ユニットの製作を進めた点も工程上の特徴である。現場工程と製作工程を並行化することで全体工期の短縮が可能となり，本建物は住戸数の少ない共同住宅であったためその効果は限定的であったものの，ユニット数が多い規模の大きい建物ほど，その効果が発揮され，工期の短工期化につながる。以上の工夫により建て方工程を短縮できる見通しが得られ，建て方完了後は屋根工事へ速やかに移行して雨仕舞を早期に確保できる点も，本工程計画上の重要な効果である。CLT を用いる建物では CLT を現しとする場合が多い一方，CLT は積層面からの水侵入リスクが高いことから，早期の雨仕舞は CLT の品質確保の観点からも重要となる。

続いて，ヤードでの CLT ユニット製作工程の課題抽出を行った。モックアップ製作時に施工手順の確認を済ませていたため，実製作では大きな支障なくユニット製作を完了できた（図 13）。製作時間は 1 ユニットあたり概ね 1.0～1.5 時間であり，一部の CLT に僅かな反りがあったことが組立て時間のばらつき要因となった。一方，反りを有するパネルについてはモックアップ段階で部材特性を把握できるため，製作時点で調整方針を織り込むことが可能であり，現場吊り込み後に不具合が顕在化するリスク低減に寄与した。製作が完了したユニットは養生のうえ保管する運用とし，ヤードの広さに余裕がある場合には全ユニットを事前に組み立て，進捗に合わせて順次トラックでの輸送と現場吊り込みを行うことで，現場作業の平準化と施工の円滑化が期待できる（図 14）。

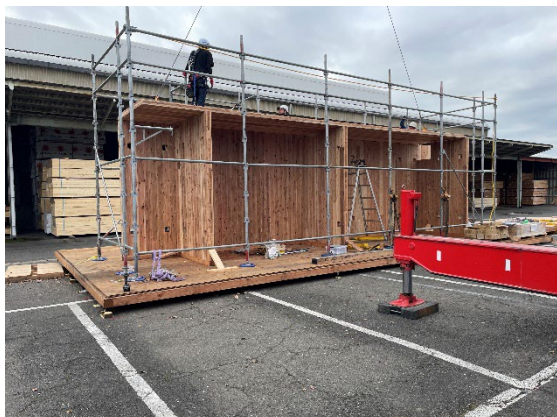


図 13 ヤードでの CLT ユニット製作作業



図 14 CLT ユニットの雨養生

続いて、現場施工における課題点の抽出と解決策の検討を実施した。本工法は CLT ユニットの吊り込むことで施工の短工期化を図るものであり、その効果を確実に発揮するためには、基礎のアンカーボルトの精度を確保し、据え付け作業を滞りなく進められる状態を整えることが重要となる。アンカー精度が不足すると、金物の干渉や落とし込み不良によって手戻りが発生し、ユニット吊り込みのスピードメリットが失われるおそれがある。そこで本検討では、現場施工の要点であるアンカーボルト精度をいかに高めるかを主眼に、施工方法および管理手順の整理を行った。

精度確保のため配筋工事では、アンカーボルトの位置・通り・間隔を確実に確保する目的で、アンカーフレームを製作し、施工を行う方針とした（図 15）。

アンカーフレームは、溝形鋼を用いてアンカーボルトを上下から拘束し、配置位置を確実に保持できる構成とした。下部については、アンカーボルト下端が土間レベルより低く、箱抜きを設けていたことから、箱抜きの上に載せる形でフレームを設置した。下部フレーム設置後は、グラウトを充填して箱抜き部を閉塞するとともに、下部位置の固定を図った。上部フレームは、コンクリート打設時の振動や作業中の接触によるボルトの倒れ・移動を抑制する目的で、土間から持ち出した固定用アングルに支持し、位置のずれが生じないようにした。

打設時にフレームの動きの有無を確認したが問題はなく、脱型後にアンカーボルト位置を再確認した結果、概ね高い精度で施工できていることを確認した（図 16）。これにより、ユニット据付に必要なアンカー精度が確保され、据付時の調整リスク低減に寄与することが可能となった。

以上より、本治具の適用は、アンカーボルト位置のばらつきを抑制し、施工品質の安定化に有効である。加えて、アンカーフレームといった治具を用いた施工手順は再現性が高く、ユニット工法採用時のアンカーボルト精度を確保する手法として有効である。



図 15 アンカーフレームの設置状況



図 16 打設時および土台敷後の様子

続いて、現場での建て方工程手順の確認を行った。現場ではヤードで製作した CLT ユニットを現場で荷受けし、到着後にクレーンで吊り込み・据え付けを行う手順を繰り返す。今回はヤードから現場までの輸送時間が約 1 時間であり、初めての施工であったことから据え付けの調整時間を見込み、午前 1 ユニット、午後 1 ユニットの施工計画としていた。しかし実際は、据え付けに要する時間は 1 ユニットあたり約 30 分であり、施工初日から 3 ユニットの吊り込みができた（図 17）。今回は冬期で日照時間が短かったため、最大 3 ユニット/日の施工に留まったが、夏期など作業可能時間が確保できる場合や、ヤードと現場の距離条件が近い場合には、6～7 ユニット/日の施工も考えられる。

1 階の CLT ユニット据付完了後は、連なる 2 住戸により大空間を構成している共用スペースの壁を、CLT パネル工法の手順で建て進める。その後、CLT ユニット間および共用スペース・廊下の床 CLT パネルを伏せ、1 階の建て方は完了となる。2 階の施工手順は 1 階と同様の工程となる。

なお、1 階の CLT ユニット据え付けではアンカーボルト精度が施工の円滑性に直結するのに対し、2 階ユニットは下部ユニットとは引きボルトにより接合する構成である。このため、2 階の施工速度は主として CLT の加工精度に依存するが、加工は機械加工であることから品質のばらつきが小さく、据付作業も比較的短時間で進めやすい結果となった。

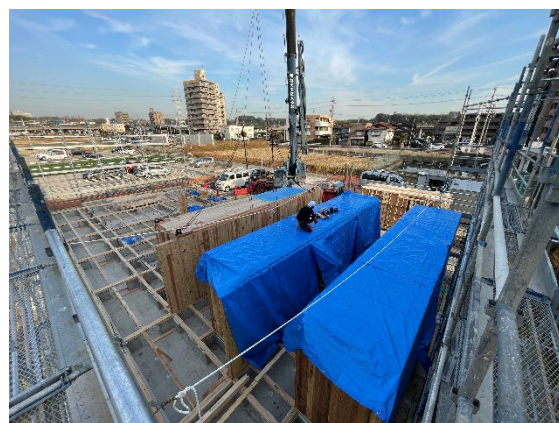


図 17 CLT ユニットの吊り込みと据え付け後の様子

2 住戸を連ねて 6.4m 間口の空間を構成する共用スペースでは、鉄骨梁を採用している（図 18）。木造で 6.4m スパンを成立させる場合、一般に大断面集成材梁が必要となり、梁せいの増大に伴って梁下天井高が低下しやすい。本計画では、輸送制約等を踏まえて CLT パネル寸法を設定していることから階高に余裕がない設計条件であったため、6.4m スパンを最低限の梁成で成立させる目的で共用スペースに鉄骨梁を用いた。鉄と木の特性を踏まえて適材適所で使い分けることで、梁成を抑えながら必要な天井高を確保し、居住性を担保した空間を実現している。



図 18 鉄骨梁を用いた共用スペース

C-2) 共同住宅以外の用途に使用する際のスパン調整や CLT の安定供給に関する課題の抽出と解決策の検討

まず、共同住宅以外の用途に使用する際のスパン調整について、課題抽出と解決策の整理を行った（図 19）。本建物では 1 住戸の間口を 3.2m とし、CLT モジュールと 2×4 モジュールをそれぞれ 1.6m ずつで設定している（図 19）。この割付は、将来的に CLT モジュール側に位置する設備機器等をユニット内に搭載し、更なる施工スピードの向上を図ることも目指して設定した寸法である。一方、CLT モジュールの幅は、特殊車両輸送としない場合は最大 2.5m，特殊車両輸送とする場合には 3.0m まで拡張が可能である。浴室・トイレ等の成立寸法を踏まえると、今回採用した 1.6m が最小幅として考えられ、3.0m まで間取りに応じてモジュール幅を調整することが可能となる。

また、2×4 モジュールについても、上部の床・小屋パネルを大版で敷設できるという CLT の特長を活かす観点から、特殊車両輸送としない場合は 2.5m まで、特殊車両輸送とする場合には 3.0m までの拡張も選択肢となる。加えて上階床 CLT の敷設方向を変更することで、より大きな寸法展開にも対応し得る。以上より、2×4 モジュールは建物用途や求められるスパンに応じて可変性を持たせやすく、他用途展開におけるスパン調整の有効な手段となる。

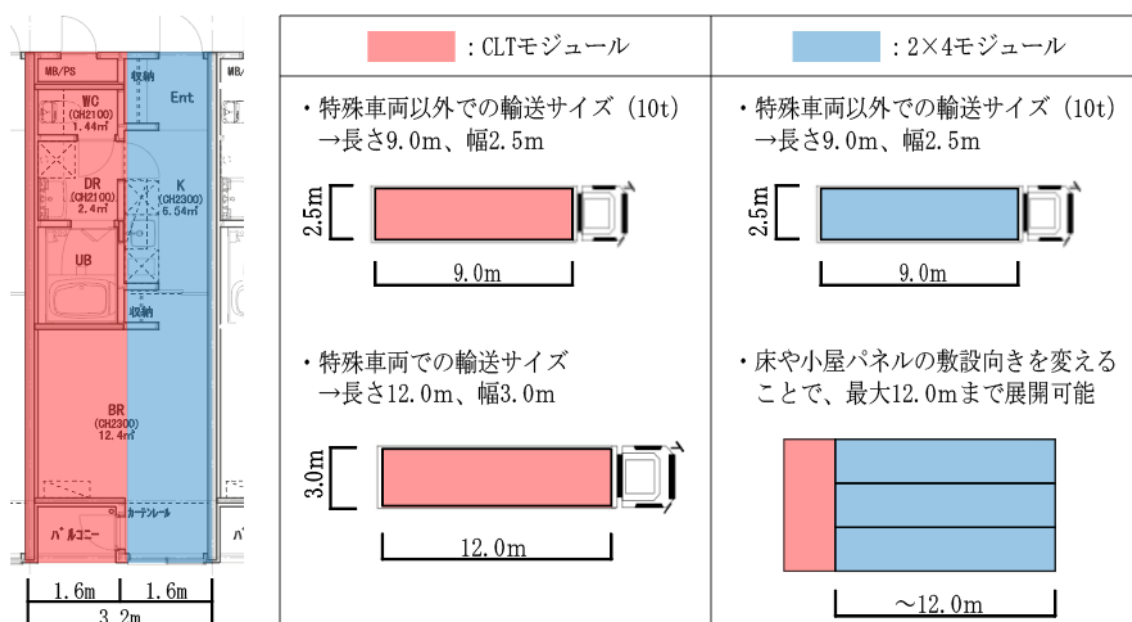


図 19 各モジュールのサイズ展開

CLT の安定供給を実現するためには、仕様の規格化に加え、工場の閑散期稼働を見据えた量産可能なユニット工法の確立が重要な要素となる。CLT を用いた建築物では、建物ごとに求められる意匠性や性能条件が多様であることから、部材寸法、積層構成、接合方法が案件ごとに異なり、その結果として加工効率の低下や納期の不安定化を招いている。本課題に対応するために、本実証で示したように工法に適した CLT の厚さや寸法、接合ディテールを限定した標準仕様を設定し、これを運用することが有効である。さらに、これらの規格化を推進し、共通仕様で計画可能な建物を増やすことで、工場閑散期において計画的なパネル製造が可能となる。あわせて、製作ユニットを使用時まで適切に保管する仕組みを構築することで、年間を通じた工場の安定稼働に寄与することが期待される。

本事業では、接合部に X マーク金物を軸とした流通品を採用し、ディテールの規格化に取り組んだ。今後は、CLT 現し有無による金物の使い分けや、間口寸法に応じたモジュール設定など、工法内での可変性を確保することで、設計自由度と安定供給を両立させる仕組みの構築が求められる。

構造・工法種別ごとの躯体工事費比較表

本事業では、純木造（CLT+木梁）と CLT パネル工法、CLT モジュール工法の構造、工法種別が異なる 3 種の工事コストの比較を実施した。比較表を以下に示す（表 2）。

表 2 構造・工法種別ごとの躯体工事費比較表

	純木造 (CLT+木梁)	CLT パネル工法	CLT モジュール工法
仮設工事(円)	2,116,870	2,116,870	5,231,870
木造躯体工事(円)	52,390,380	51,367,650	55,566,680
鉄骨躯体工事(円)	0	2,588,920	2,588,920
合計(円)	54,507,250	56,073,440	63,387,470

工事費の比較結果から、建物総額は純木造<CLT パネル工法<CLT モジュール工法の順に推移した。純木造と CLT パネル工法の比較では約 160 万円の増加にとどまった一方、CLT パネル工法と CLT モジュール工法では約 730 万円の増加となった。

工事内訳を見ると、CLT モジュール工法の躯体工事の合計金額を押し上げた要因は仮設工事・木造躯体工事費が主であった。CLT モジュール工法では、ユニットを構成することにより被揚重物の重量が増加し、使用クレーンの大型化が必要となったことによる影響が大きい。CLT モジュール工法以外では 25t ラフターで施工可能であるのに対し、モジュール工法では 50t ラフターの使用が必要となり、両者のレンタル費用差が約 2 倍となり、これが総工事費を押し上げる要因となった。

また、モジュール工法ではヤードに作業スペースを確保する費用や治具費用等が発生する。しかし、治具費用は、初回施工時の今回に限り必要となるものであり、今後は再利用が可能であることからコスト低減が可能である。さらに、輸送経路が CLT 工場→ヤード→現場と二段階化することや、重機費用がヤード・現場の両方で発生することも、モジュール工法のコスト増加要因となっている。

一方、モジュール工法は施工性および品質面において一定の優位性を有している。ヤードにおいて品質管理されたユニットを現場へ搬入するため、施工精度の確保に優れるほか、屋内ヤードを確保できる場合には、降雨等の影響を受けにくいという利点がある。今回の用途では、中間検査で躯体の検査があったことから外装仕上げを組み込むことができなかったが、建物用途によっては断熱・外装工事までを含めたユニット化により、さらなる工期短縮が可能となる。

本件では、躯体のみでユニットを構成し、かつ建物規模が比較的小さいことから、工期短縮効果は約 2 週間程度にとどまった。しかし、モジュール工法の工期優位性はユニット数の増加に伴い顕在化しやすく、大規模案件ほど効果が拡大すると考えられる。

純木造は、最も安価な結果となったが、大空間の架構に大断面集成材梁が必要となり、梁成の増大に伴い天井高が下がるという課題がある。社員寮のような居住性が重視される場合、天井高の制約は居住性に与える影響が大きく、コスト低減効果はあるものの鉄骨梁の利用が合理的と整理できる。

近年、建築業界では働き方改革の進展により労働時間規制が強化されるとともに、技能労働者の高齢化や人材不足が深刻化している。このような社会的背景を踏まえると、現場作業の省力化を図るモジュール工法は、品質安定性や工期短縮の観点から有効な手法であるといえる。本件では一棟のみの実証にとどまったが、今後、複数棟への展開により数量効果を確保することで、さらなるコスト低減が期待される。このため、普及に向けて、2 棟目以降に向けた取組を継続的に進めていく。