

2. 10 ナカミライズホールディングス(株)／(株)studio KOIVU 一級建築士事務所

2. 10. 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設計実証		
実施者(担当者)	ナカミライズホールディングス(株)／(株)studio KOIVU一級建築士事務所(坂口友希夫)		
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)	6.225	
	軒高(m)	5.715	
	敷地面積(m ²)	771.09	
	建築面積(m ²)	252.57	
	延べ面積(m ²)	478.03	
	階別面積(m ²)	1階	233.95
	2階	244.08	
	3階	-	
CLTの仕様	CLT採用部位	壁, 2階床, 小屋構面	
	CLT使用量(m ³)	加工前製品量139.662m ³ , 建築物使用量124.428m ³	
	壁パネル	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	寸法	150mm厚
		ラミナ構成	5層5プライ
		強度区分	Mx60A-5-5
	小屋パネル	寸法	90mm厚
		ラミナ構成	3層3プライ
強度区分		S60A-3-3	
	樹種	スギ	
木材	主な使用部位 (CLT以外の構造材)	柱・梁	
	木材使用量(m ³) ※構造材、羽柄材、下地材、仕上材等とし、CLT以外とする	28.119m ³	
仕上	主な外部仕上	屋根	SGL鋼板 t=0.6 折板葺 H88 W600 ハゼタイプ ベフ付
		外壁	木下地の上、SGL鋼板 小波 t=9
		開口部	アルミサッシ+二層複層ガラス (FL3-G16-LowE3)
	主な内部仕上	界壁	CLT研磨仕上げ、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	
	天井	PBt9.5 クロス貼・EP	
構造	構造計算ルート	ルート1	
	接合方法	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): 帯金物+合板スプライン接合 等	
	最大スパン	7.25m	
	問題点・課題とその解決策	CLTを利用した建築物の問題点として、製作金物を利用した場合のコストが挙げられる。そのため、本建物では既製金物を利用することによりコストアップを抑える構造計画としている。	
防耐火	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	
	問題点・課題とその解決策	住戸に加えてキッチンを含めて居室扱いすることで、エントランスから8mに渡りCLT現し壁が可能となる。居室面積が増えた分、2直階段が増えるが、CLTを現した内観を優先した計画としている。	
温熱	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・30mm、在来: GW16k・90mm	
	床	押出法ポリスチレンフォーム・60mm	
施工	遮音性確保に関する課題と解決策	天井懐がほぼないため、押出法ポリスチレンフォーム60mmで対策。	
	建て方における課題と解決策	揚重時、ユニットがつぶれないように治具で対応を行う。	
	給排水・電気配線設置上の工夫	耐力壁には貫通させないことと、2階は2重床にて対応する。	
	劣化対策	防蟻処理を実施する。	
工程	設計期間	2024年7月～2025年3月(9カ月)	
	施工期間	CLT躯体施工期間	2025年9月～2025年12月(4カ月) * 予定
			2025年10月頃(2週間程度)
	竣工(予定)年月日	2025年12月26日	
体制	発注者	ナカミライズホールディングス株式会社 代表取締役 中村太紀	
	設計者(複数の場合はそれぞれ役割を記載)	(株)studioKOIVU一級建築士事務所	
	構造設計者	なな喜建築設計室	
	施工者	未定	
	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(西日本産)	

2. 10. 2 実証事業概要

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設計実証

建築主等／協議会運営者：ナカミライズホールディングス株式会社／株式会社 studio
KOIVU 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)	6.225	軒高 (m)	5.715	
敷地面積 (㎡)	771.09	建築面積 (㎡)	252.57	
階別面積 (㎡)	1 階	233.95	延べ面積 (㎡)	478.03
	2 階	244.08		
CLT 採用部位	壁、2 階床、小屋構面			
CLT 使用量 (m ³)	加工前製品量 139.662 m ³ 、建築物使用量 124.428 m ³			
CLT を除く木材使用量 (m ³)	22.789 m ³ (構造部材) 5.330 m ³ (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 カ月)			
施工期間	2025 年 9 月～2025 年 12 月 (4 カ月) * 予定			
CLT 躯体施工期間	2025 年 10 月頃 (2 週間程度)			
竣工 (予定) 年月日	2025 年 12 月 26 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設計方法と施工方法の確立、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を模索する。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検討する。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 坂口友希夫、塩原拓
(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、なかむら建設 (株) 中村貴司
(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設計方法や施工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)は、studioKOIVU と中村土木建設が設計方法と施工方法における課題抽出と解決策を検討する。A-2) は、studioKOIVU となな喜建築設計室が遮音性や設備に関する課題抽出と解決策を検討する。B-1)は、なな喜建築設計室となかむら建設が接合部や接合方法に関する課題検討と解決策を整理する。B-2) は、なな喜建築設計室と中村土木建設が強度や施工性に関する課題検討と解決策を整理する。C-1) は、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) は、studioKOIVU と中村土木建設が用途の展開やCLT の供給の際の課題抽出と解決策を整理する。

<協議会の開催>

令和6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基本設計、構造計画、各種接合部の検討

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課題検討

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の課題検討

令和7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 の供給に関する課題検討

2月：第6回開催、実証事業の取りまとめと報告書の作成

<設計>

令和6年9月：CLT モジュール工法を用いた基本設計、構造計画、各種接合部の計画

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決定と構造設計

12月：CLT モジュール工法の施工方法や施工手順の策定

令和7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

2月：実証事業の取りまとめと報告書の作成

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設計方法や施工に関する課題の抽出と解決策の検討。

本建物は、ワンルームがベースの共同住宅であり、CLT の特性や輸送条件を考慮しながら住戸モジュールサイズを決定した。奥行きは、輸送コストを抑えるため10tトラックで運搬可能なサイズとした。間口は、プランの自由度を確保するために分割する計画とした。高さは、輸送制約である2,500mmとし、2階床CLT厚はたわみ止め梁が少なく済む厚みとした。

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

CLT を現わしにしながら遮音性を確保するため、片面現しの遮音界壁を採用し、住戸内の木質化という付加価値を創出した。2階床はCLT に押出法ポリスチレンフォーム t60 を追加し、限られた階高内で遮音対策を実施した。設備施工では、非居室の天井を下げて配管スペースを確保し、耐力壁となるCLT の貫通は避ける計画とした。これらは、今後CLT の輸送制約を考慮した設計をする際の手法として有効である。

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。

CLT ユニットの接合を検討する際、ユニット形状と積み方の2点に着目した。形状は、ボックス化のコスト増を抑えるためL字断面ユニットを採用し、軽量化により設備機器の搭載を可能にした。積み方は、千鳥配置と上下同一配置の2案を比較し、上下同一配置は配管計画が容易で構造的にも合理的なため最適と判断し、この手法で計画を進めることとした。

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。

本建物では、既製品の金物を活用し、コスト削減と普及促進を図った。ルート1を採用し、設計の標準化を重視した。小屋構面は相ジャクリ+長ビス接合でコストを抑え、接合部には引きボルト+せん断金物、2階床には帯金物+スプライン接合を採用し、仕上げ面は埋木処理を施した。施工性向上のため、ヤードでの事前準備と金物配置の最適化を実施した。

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。

施工計画として、1階と2階を住戸・廊下と共有スペースに分け、ヤードで製作した「住戸ユニット」と「非構造壁ユニット」を輸送・吊り込み・取り付けの順に進める。住戸ユニットへ、事前組み立て時に設備を組み込むことで現場での省力化を図る。施工の課題として、ユニット吊り込み時の強度確保や、ヤードの確保が挙げられる。鉄骨治具の活用や筋交いの設置で強度を担保し、ヤードとの連携を深めることで、短工期化とコスト削減を目指す。

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

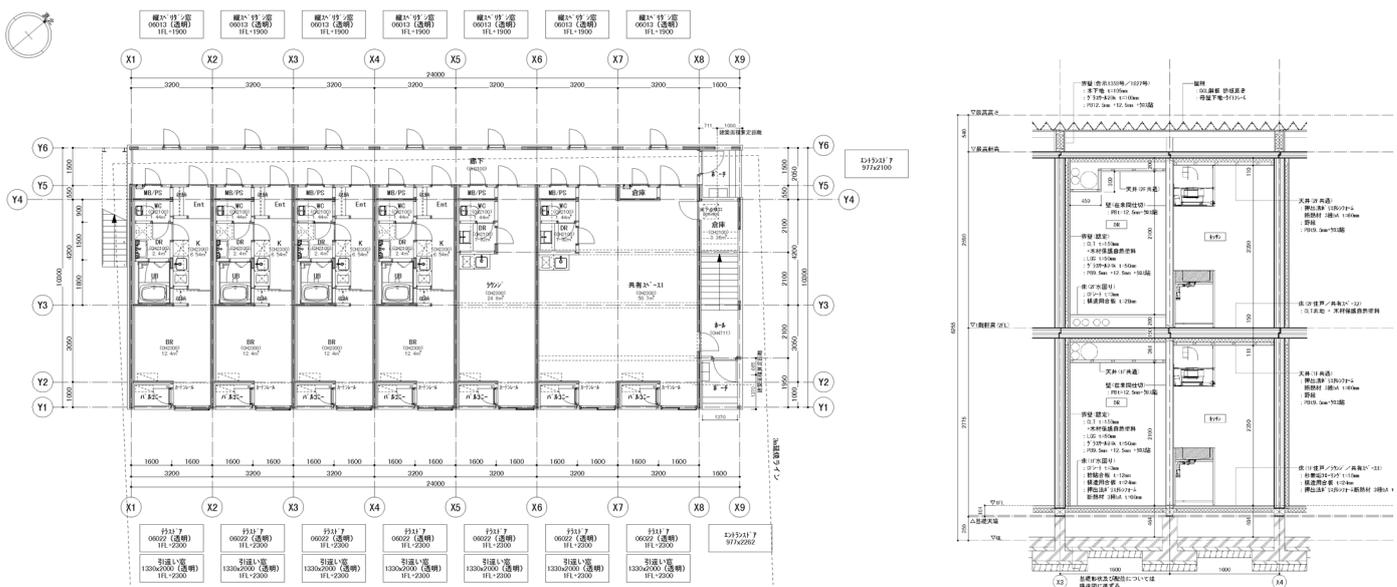
本建物は、ワンルームがベースの共同住宅であるが、将来的に家族向けの間取りや他用途への展開を想定している。住戸モジュールを組み合わせることでLDK+個室の構成が可能で、宿泊施設や福祉施設、シェアオフィスにも応用ができる。本システムはCLTの安定供給や大量生産を支え、施工手間が減ることで近い将来の人手不足等の省力化を実現。普及を進めることで建築業界の課題解決に貢献する。

6. 本実証により得られた成果

本事業では、CLTの普及に向け、住戸モジュールの規格化、既製品金物の活用によるコスト削減、施工の省力化と短工期化を検証した。ユニット工法により施工精度向上や作業負担軽減が可能となる一方、CLTの安定供給やヤードの確保、吊り込み時の強度確保などの課題も明らかになった。今後は、効率的な施工体制の確立と本システムの普及が重要となる。

7. 建築物の平面図・立面図・写真等

○設計図面



1階平面図

矩計図

令和6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設計実証

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)	6.225	軒高 (m)	5.715	
敷地面積 (㎡)	771.09	建築面積 (㎡)	252.57	
階別面積	1 階	233.95	延べ面積 (㎡)	478.03
	2 階	244.08		
	3 階	-		
CLT 採用部位	壁, 2 階床, 小屋構面			
CLT 使用量 (m ³)	加工前製品量 139.662 m ³ , 建築物使用量 124.428 m ³			
CLT を除く木材使用量 (m ³)	22.789 m ³ (構造部材) 5.330 m ³ (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 カ月)			
施工期間	2025 年 9 月～2025 年 12 月 (4 カ月) * 予定			
CLT 躯体施工期間	2025 年 10 月頃 (2 週間程度)			
竣工 (予定) 年月日	2025 年 12 月 26 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設計方法と施工方法の確立、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を模索する。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検討する。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 坂口友希夫, 塩原拓

(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, なかむら建設 (株) 中村貴司

(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設計方法や施工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 と中村土木建設が設計方法と施工方法における課題の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なかむら建設が接合部や接合方法に関する課題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強度や施工性に関する課題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 6 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基本設計，構造計画，各種接合部の検討

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課題の検討

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課題の検討

令和 7 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 の供給に関する課題の検討

2 月：第 6 回開催，実証事業の取りまとめと報告書の作成

<設計>

令和 6 年 9 月：CLT モジュール工法を用いた基本設計，構造計画，各種接合部の計画

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決定と構造設計

12 月：CLT モジュール工法の施工方法や施工手順の策定

令和 7 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

2 月：実証事業の取りまとめと報告書の作成

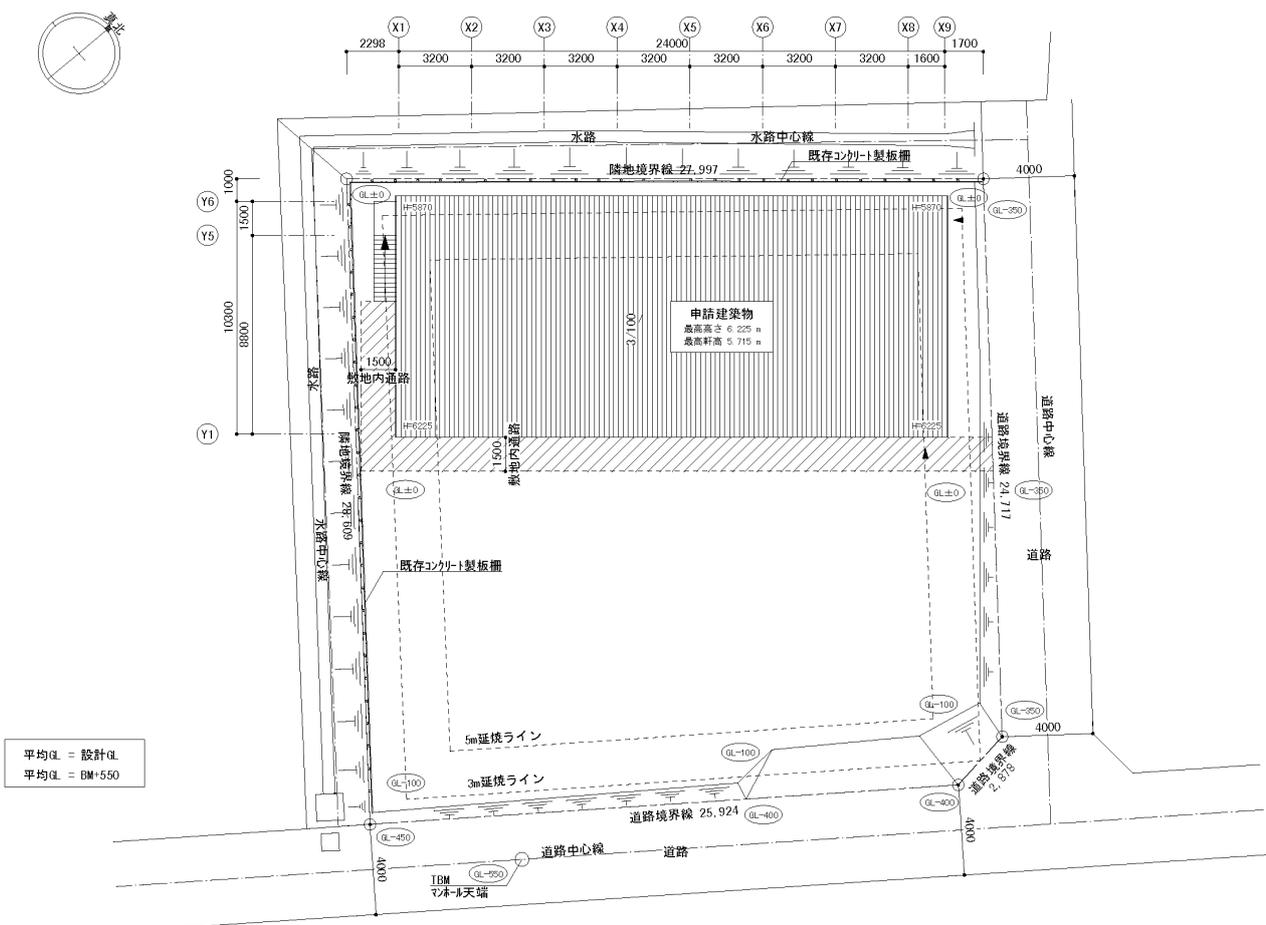
5. 課題とテーマ

- A-1) CLT モジュールによる住戸の設計方法や施工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。

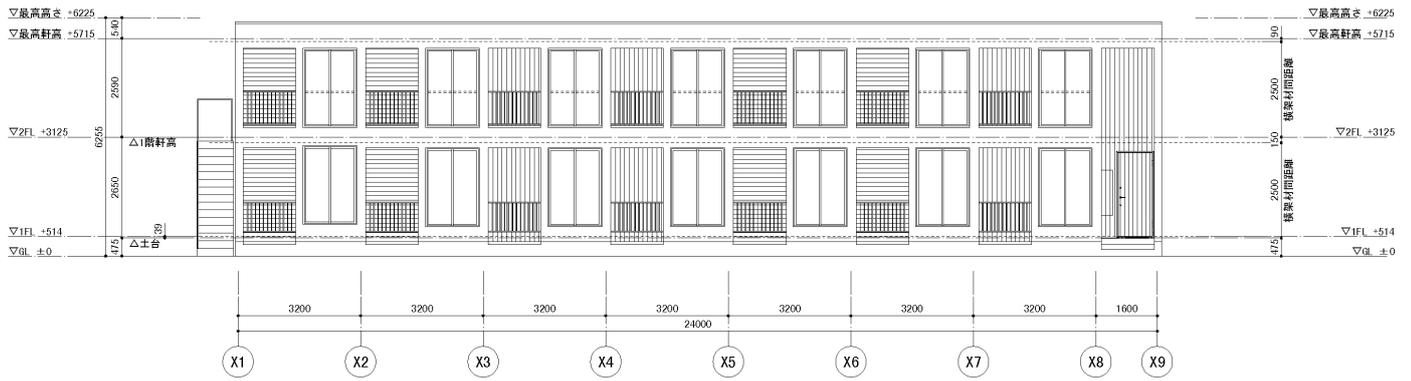
6. テーマ毎の成果物

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。

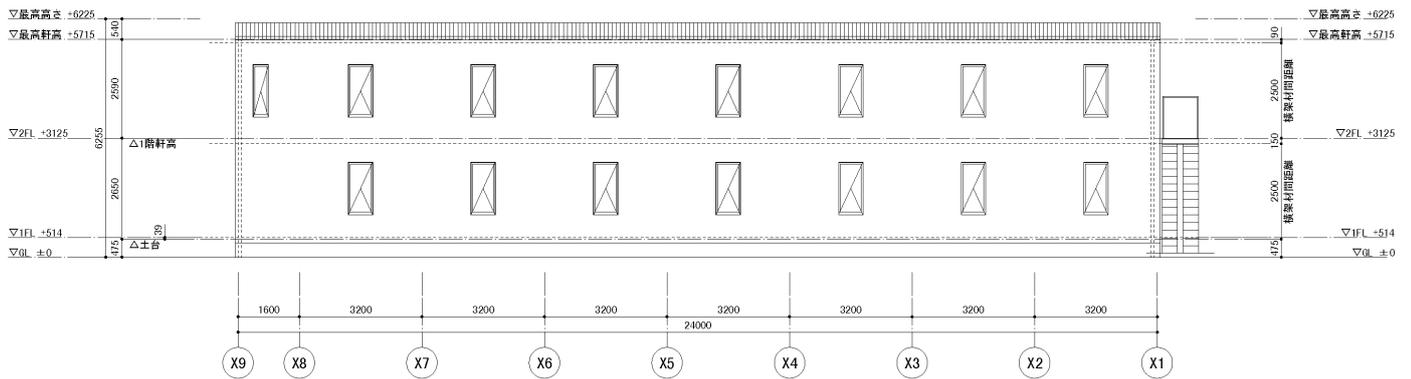
○意匠図



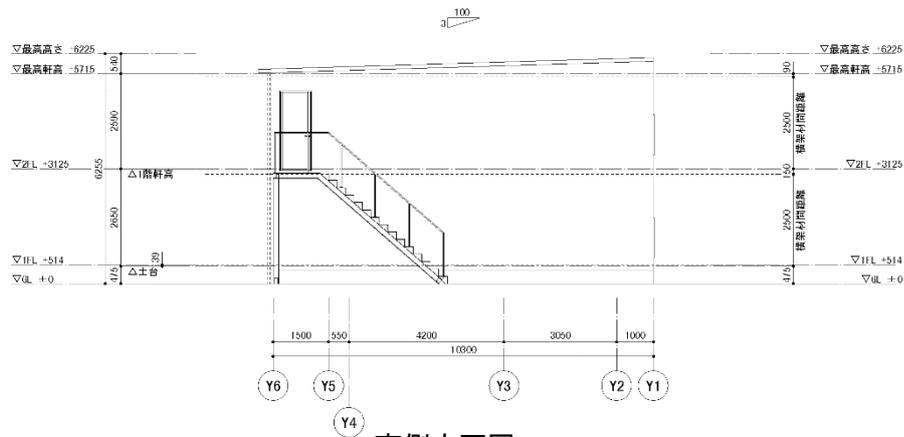
配置図



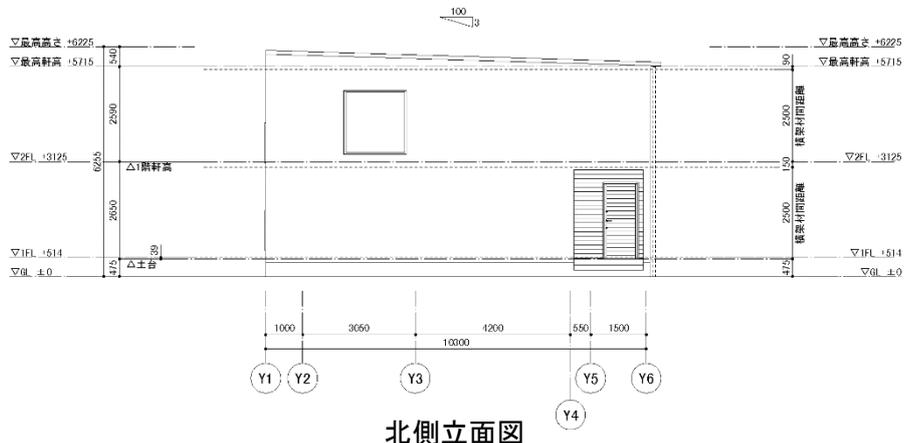
東側立面图



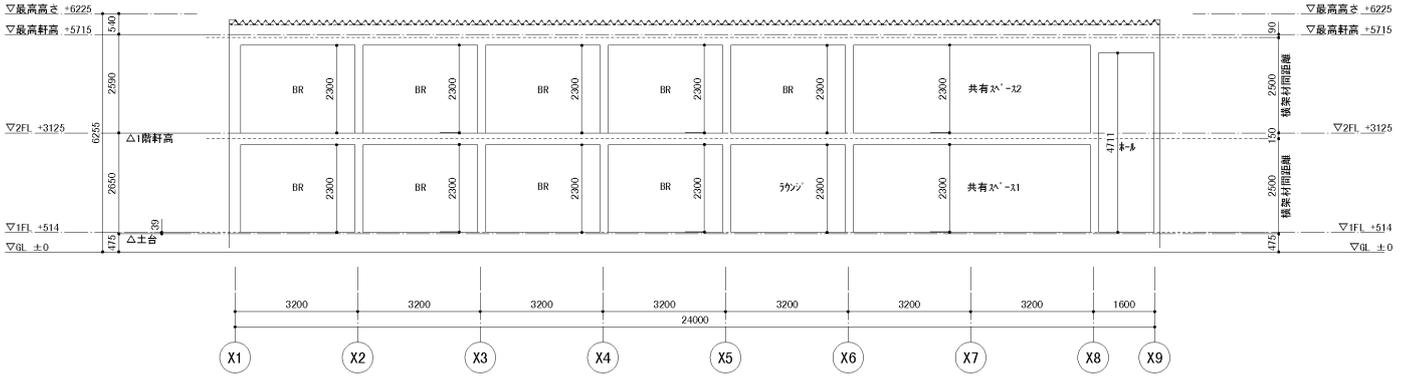
西側立面图



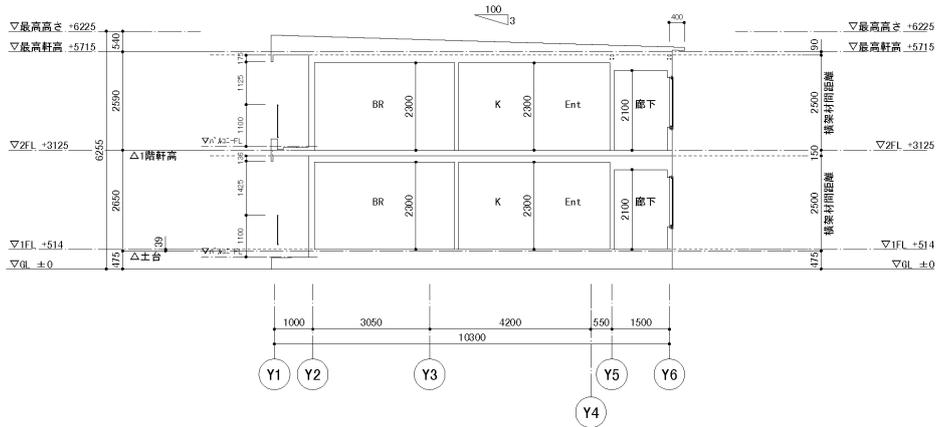
南側立面图



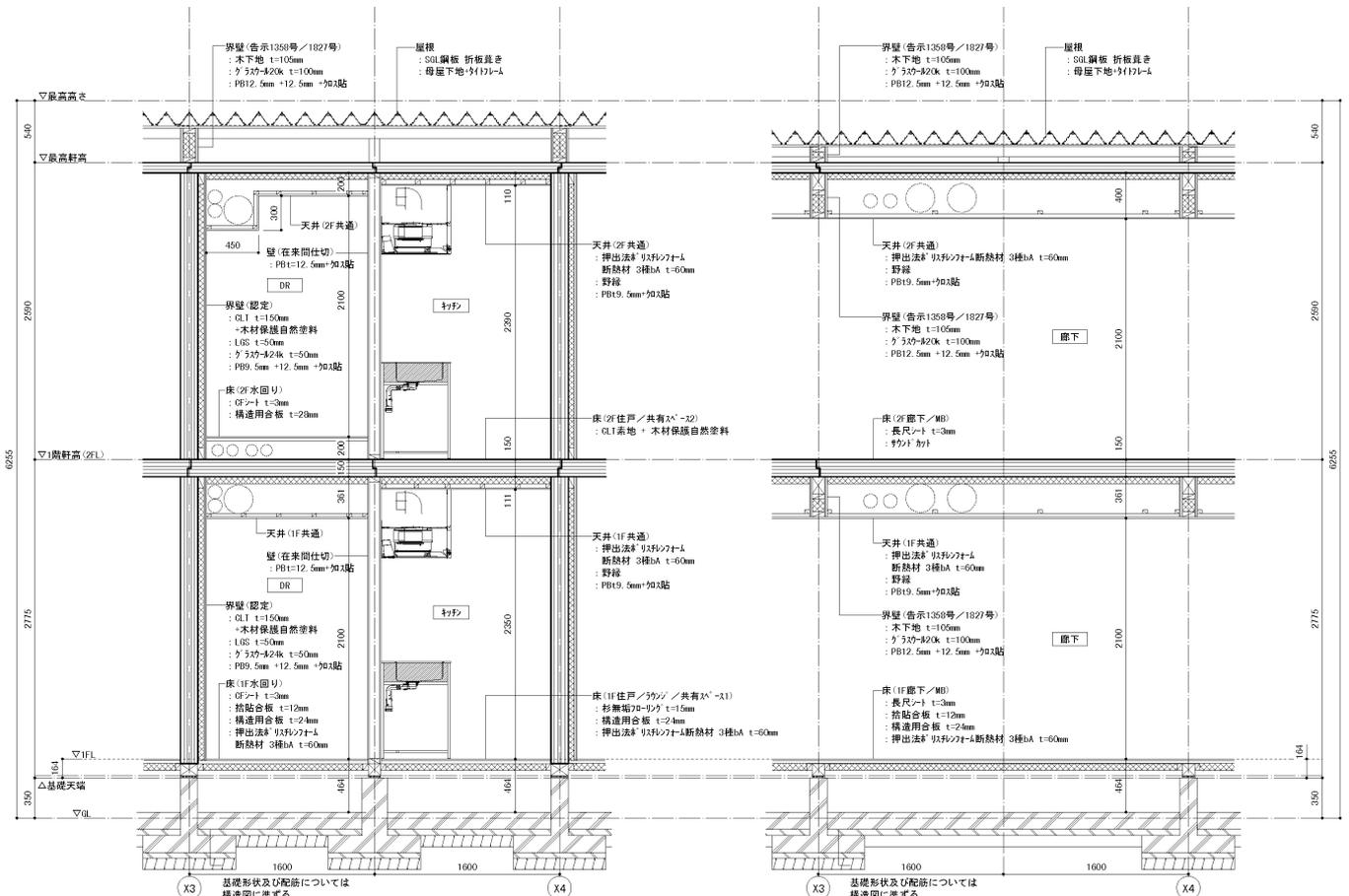
北側立面图



長手断面図

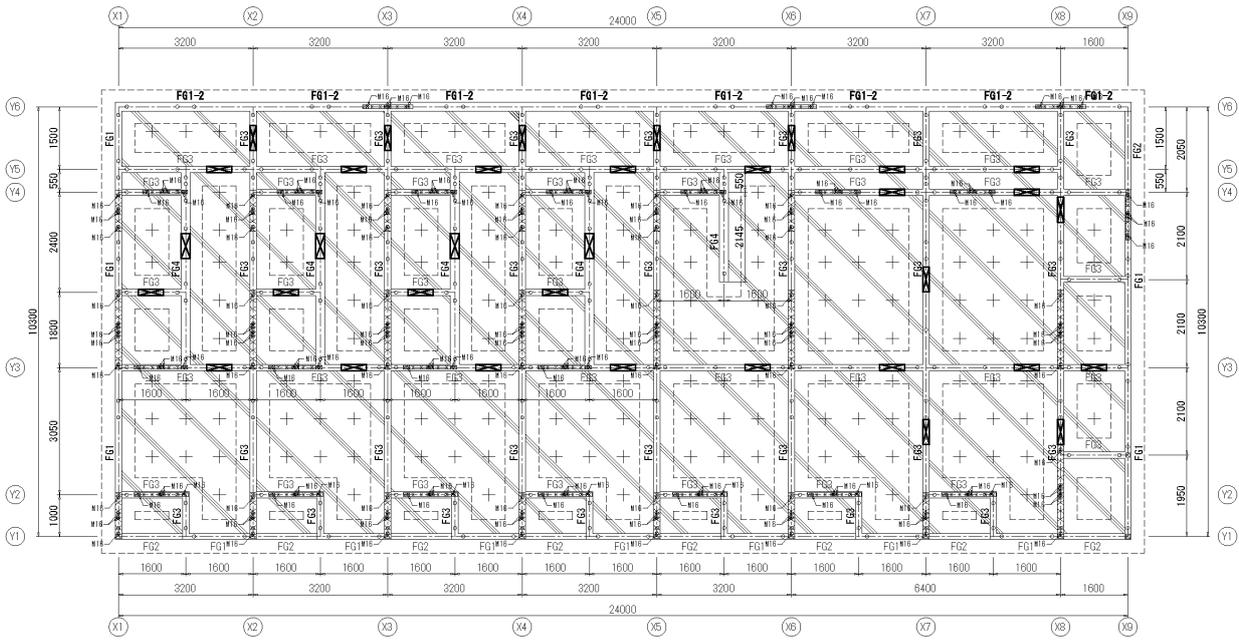


短手断面図

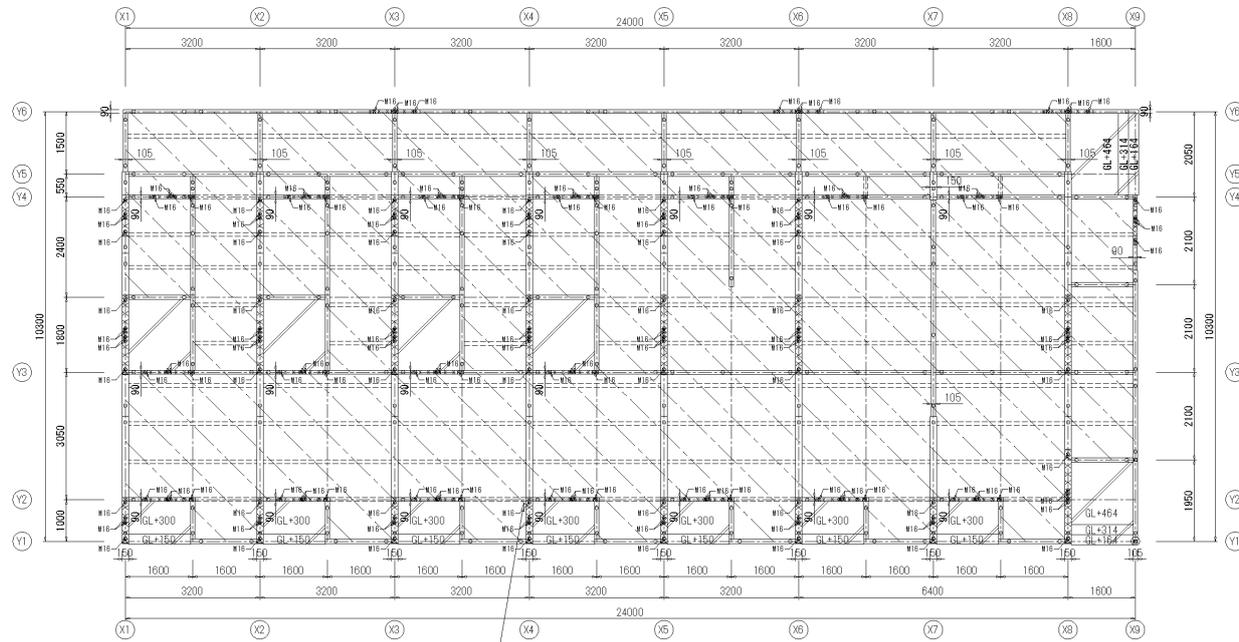


矩計図

○構造図

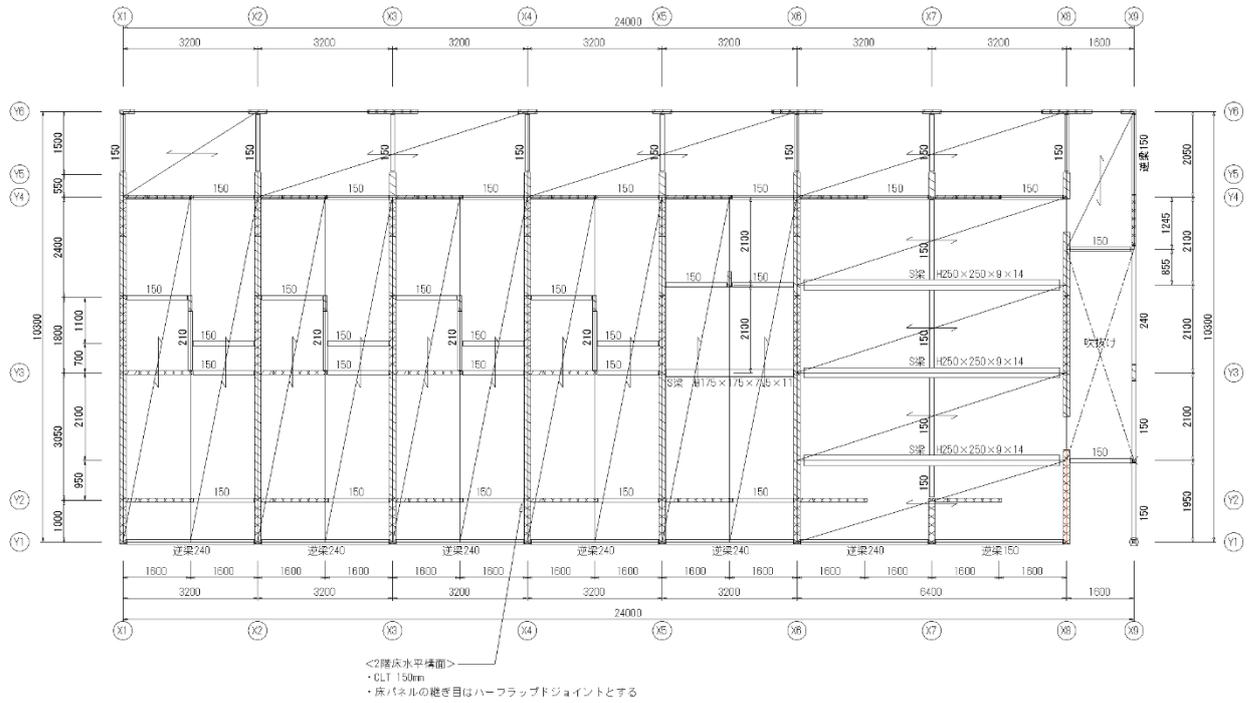


基礎伏図

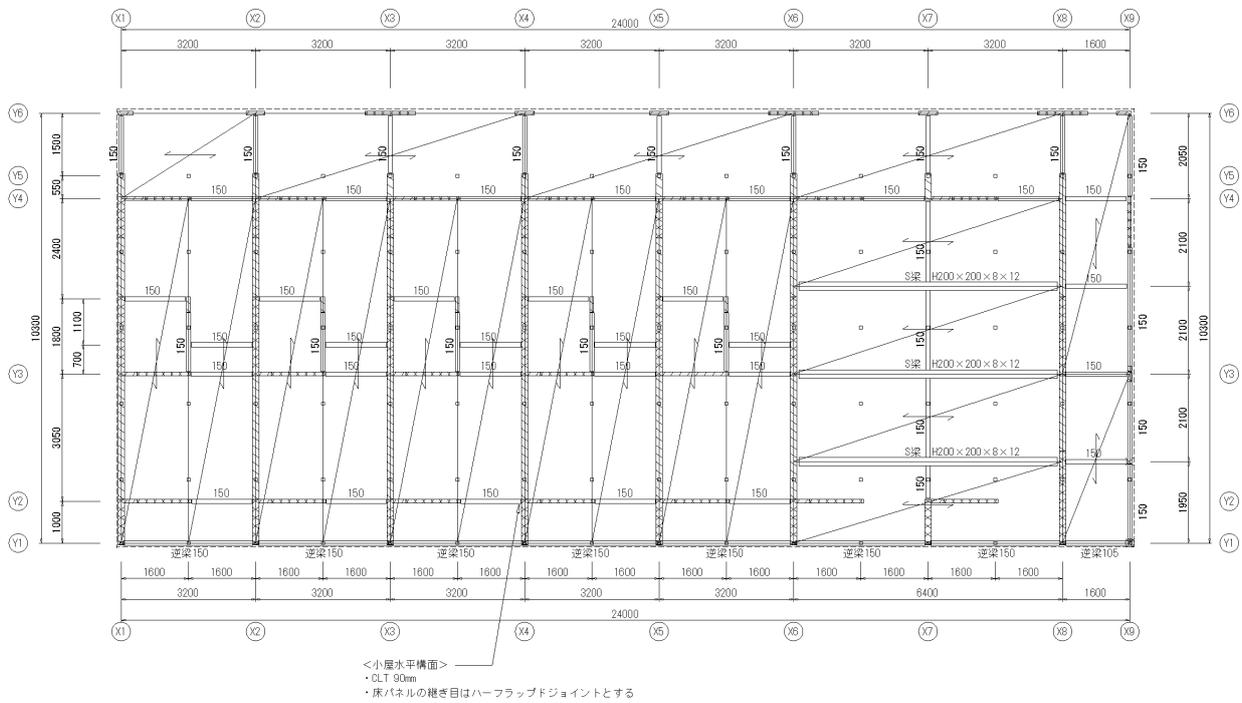


<1階床水平断面>
 ・構造用合板24mm
 ・根太なし直貼り 111の字打ち
 N76@150以下

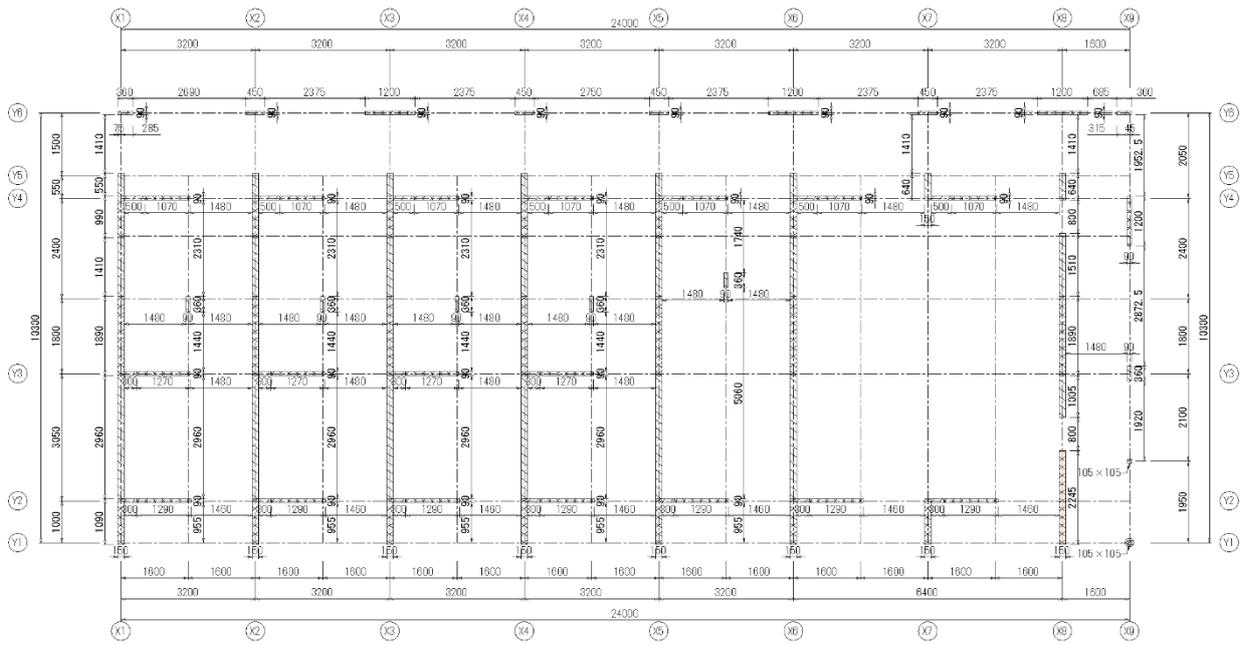
1階床伏図



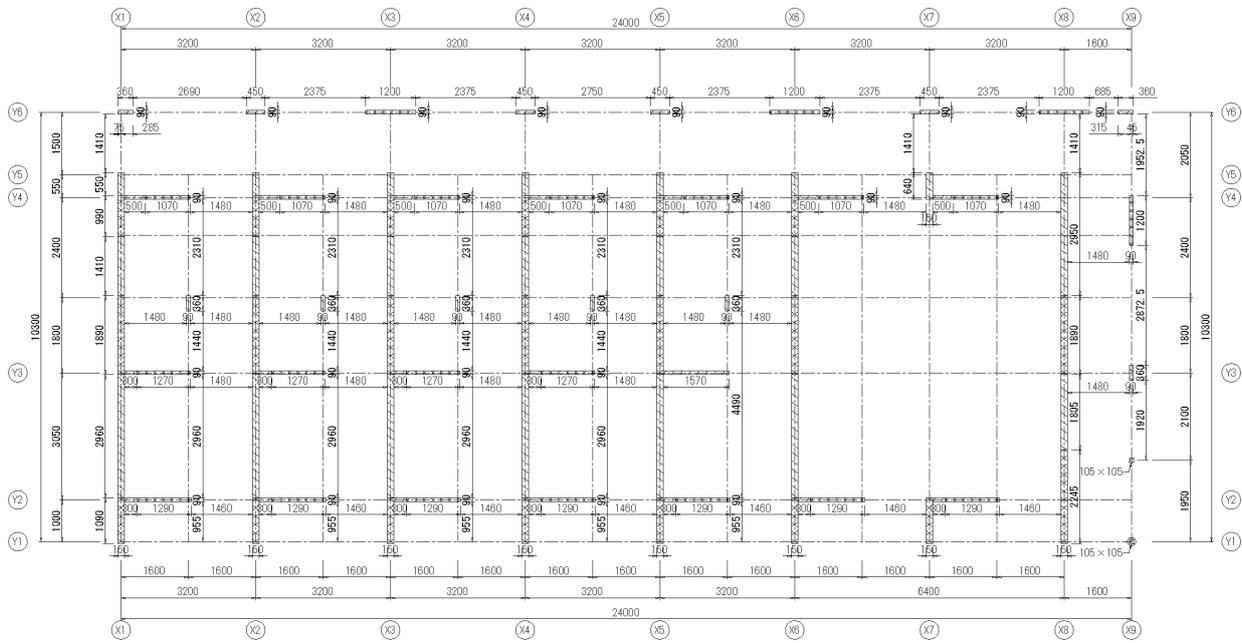
2階床伏図



小屋床伏図



1階 CLT 壁パネル割付図



2階 CLT 壁パネル割付図

A-1) CLT モジュールによる住戸の設計方法や施工に関する課題の抽出と解決策の検討。

本事業の計画建物は、単身者向けワンルームを基本単位とする共同住宅である。そのため、住戸モジュールのサイズを CLT の製造規格、輸送時の制約やコスト、ユニット化を前提とした施工性を考慮しながら検討した。住戸の平面図を図 1 に示す。

まず、住戸の奥行きを決定するにあたり、輸送車両の選定が重要な要素となった。輸送コストは車両の種類によって変動し、製造工場からヤード、ヤードから現場という二段階の輸送工程を考慮する必要がある。一般的な車両での輸送を可能とすることでコストを抑え、効率的な運搬を実現することを目的とした。その結果、輸送車両には 10t トラックを想定し、最大積載サイズ W2,500mm×L9,500mm の範囲内で CLT サイズを設定することとした。具体的には、Y1-Y5 通りに用いる大版 CLT の長さを 8,800mm とし、全住戸で共通のサイズを採用することで、トラックへの積載効率を向上させ、合理的な輸送が可能となると考えた。

次に、住戸の間口について検討を行った。10t トラックでの輸送を考慮すると、一枚の大版 CLT で住戸の床全体を賄う場合、間口は 2,500mm が適切と考えられる。しかし、この寸法では住戸プランが窮屈になり、居住性の低下が懸念される。そこで、間口を柔軟に設定できるよう、床の CLT は住戸内で分割する方針を採用した。その上で、快適な居住空間を確保しつつ、施工や輸送の合理性を考慮した結果、間口を 3,200mm とすることが最適であると判断し、この寸法で計画を進めることとした。

最後に、住戸の高さについて検討を行った。矩計図を図 2 に示す。輸送車両の制約により、CLT の最大高さを 2,500mm とした場合、階高の設定に影響を与えることが課題となる。このため、2 階の CLT 床の遮音性能や 1 階天井裏の配線スペースを確保しながら、可能な限り天井高を確保する必要があった。また、2 階床にはたわみを抑制するための梁が必要となるため、CLT の厚みを 90mm・150mm・210mm の 3 パターンで比較検討した。その結果、厚みを 150mm とすることで、天井内に梁を納めることが可能となり、梁の本数も適切な範囲に抑えられることが確認されたため、この仕様を採用して設計を進めていった。

また、2,500mm の壁高さを採用することで、コストの面での合理性を確保できる。特に、ユニット化を前提とした場合、輸送時の高さ制限を考慮しながら、最大限の有効天井高を確保することが求められる。そのため、2 階床の CLT の厚みと梁の組み合わせを調整し、1 階天井高を確保しつつ、施工のしやすさを維持する設計が可能となるように検討を進めた。

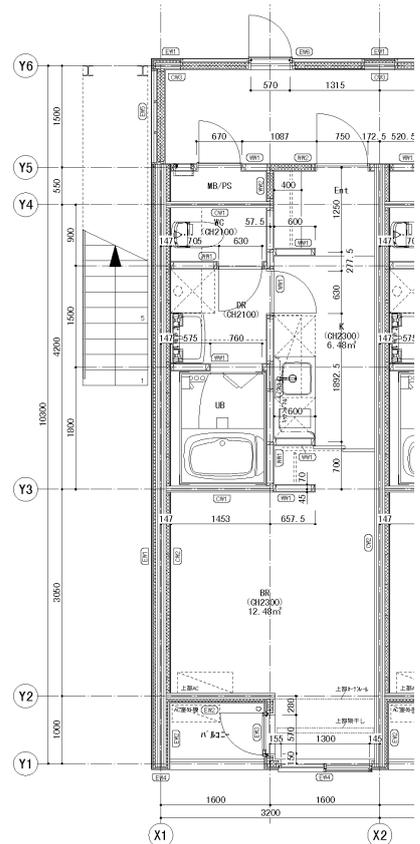


図 1 住戸平面図

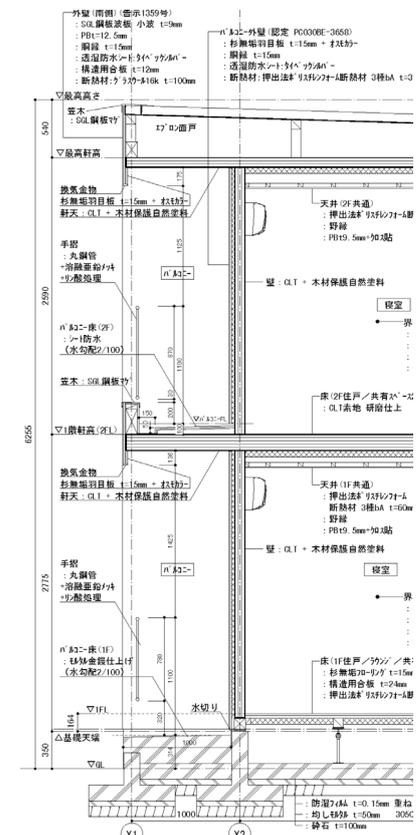


図 2 矩計図

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

遮音対策として、CLT を現わしにしながら対応できる方法を検討した。界壁は林野庁の「CLT 建築物の遮音設計マニュアル」を参考に、大臣認定の CLT 片面および両面現しの遮音界壁を採用する方針とした。この認定により、住戸内の木質化が可能となり、付加価値向上や CLT の普及促進につながる。図 3・4 は内観イメージパースであり、住戸内は木質感のある空間となる。

CLT 現しの遮音界壁には片面と両面の 2 種類があるが、両面現しだと壁厚や材積が増え、コストが上昇するため、本建物では片面現しを採用した。

また、2 階床の遮音対策として、構造体に CLT t150mm を用い、CLT 下に押出法ポリスチレンフォーム t60mm を設置する計画とした。輸送車両の制約で階高は 2,500mm となるため、限られた高さの中で最大限の遮音性能を確保する必要がある。さらに、2 階床は現し仕様とし、住戸の床と壁に CLT を用いることで、木質感のある快適な居住空間を実現する。



図 3 1階住戸イメージパース



図 4 2階住戸イメージパース

次に図 5 の断面図をもとに設備工事の施工性を検討した。本建物は、CLT の輸送を考慮し、2,500mm を基準とした断面計画を採用した。そのため、住戸の天井高を 2,300mm 確保すると、天井内の空間が限られる。そこで、換気やレンジフードのダクト配管は、トイレや洗面所など非居室の天井を一部下げてスペースを確保し、設備配管の施工を計画した。また、耐力壁と同面の壁を貫通する箇所については、構造設計時に必要な耐力壁幅を確認し、貫通孔を設けない計画とした。さらに、2 階の給排水経路は、非居室部分の 2 階床を二重床とすることで対応し、CLT の工場加工を最小限に抑えた。これにより、現場では配管穴位置に左右されずに施工が可能となり、作業負担の軽減にもつながる。

CLT を用いた建物では、輸送車両の制約により階高が決まることもあり、限られたスペースで設備配管や施工性を確保する工夫が求められる。そのような制約下では、本建物のような設計手法を取り入れることは、合理的かつ実用的なアプローチとなると考えている。

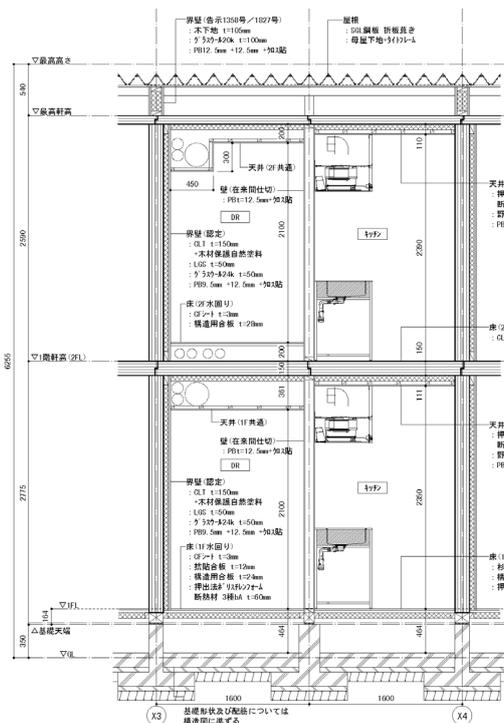


図 5 住戸断面図

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。

CLT モジュールの住戸同士の接合を検討する際、1) CLT ユニットの形状、2) CLT ユニットの積み方の2点に焦点を当てて接合に関する課題の整理を行った。

1) CLT ユニットの形状

ユニット形状の検討にあたり、欧州や大手ゼネコンの先行事例を参考にした。欧州では人件費の高さから施工手間を削減するため、CLT をボックス化した「ボックスユニット」が主流となっている。また、欧州では3m幅のCLTの輸送規制がなく、日本よりもボックス化が普及しやすい環境にある。一方、日本でもボックス化の事例はあるものの、パネル工法と比較すると天井・床・壁が二重になり、材積増加によるコストアップが課題となる。

そこで本建物では、図6にあるようにCLTが二重となることを避け、コストを抑えたL字断面のCLTユニットを積層する工法を採用し、設計を進めていった。

L字ユニットのメリットとして、ボックスユニットと比べて軽量である点が挙げられる。本建物のユニット工法では、衛生設備や雑壁を極力ユニット内に組み込み、施工の省力化と人件費削減を目指している。どこまでユニット化できるかは、製作工程や現場で使用するクレーンのスペックに依存するが、ユニットを軽量化することで、設備機器や雑壁の搭載が可能となり、搭載した分だけ現場での施工が減らすことにつながり、軽量化は大きなメリットであると考えている。

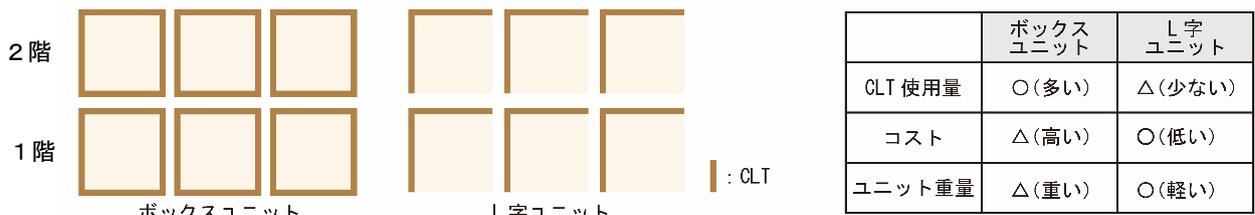


図6 ユニット形状の検討

2)CLT ユニットの積み方

CLT ユニットの積み方は、図7の通り「千鳥配置」と「上下同一位置」の2パターンを検討した。

千鳥配置では、ユニットの吊り込み完了時に2階床工事も完了し、その後の現場工事が進めやすいというメリットがある。一方、上下同一位置に積む方法では、水回りを同一位置に配置でき、配管計画が容易になる。また、上階のユニットを下階のCLTで支えられるため、構造的に合理的であり、千鳥配置に比べ床梁の削減が可能となり、構造躯体費用の削減等のコスト面でのメリットもある。さらに、施工時の精度向上や工期短縮の観点からも有利であると考えている。

2つの方法を比較検討した結果、施工のしやすさやコスト削減の面で優れる上下同一位置で積む方法を採用し、この方式で設計・施工計画を進めることとした。

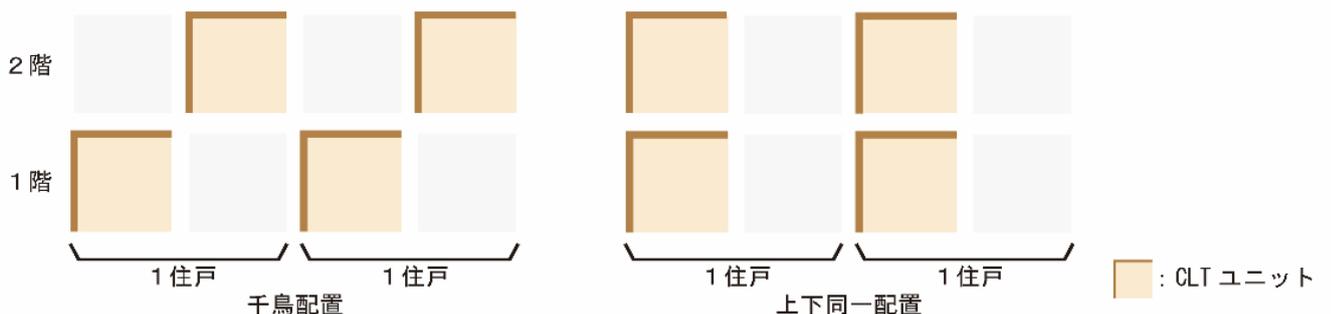


図7 ユニットの積み方の検討

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。

本建物では、既製品の金物を組み合わせた接合方法を採用した。CLT 建築の課題の一つとして、製作金物によるコスト増が挙げられる。CLT 自体の材料費が比較的高価であるうえ、製作金物の使用はさらにコストを押し上げ、普及を考えるうえで障壁となる。そのため、本計画では金物コストを抑えるべく、既製品の活用を前提に設計を進めた。

また、製作金物を用いた場合には構造計算ルート 2 や 3 により、自由度の高い設計が可能となるが標準化が困難であり、普及には不向きなケースが多い。そこで、本建物では、CLT を初めて扱う設計者でも設計しやすく、2 棟目以降の展開がしやすいルート 1 を選択した。

接合部の詳細を図 8 に示す。壁 CLT と基礎および上階の CLT の接合には、引きボルトとせん断金物を併用する方式を採用した。2 階床の CLT 同士は帯金物と合板スプライン接合とした。2 階床 CLT は仕上げ材としても利用するため、見える接合部は座堀りを深くし、埋木仕上げを施すことで CLT と一体感のある意匠を実現する。一方、小屋構面の水平部は、相ジャクリと長ビスを採用した。これは、2 階床で用いた帯金物+スプライン接合よりもコストを抑えられるためであり、接合部単価の低減が総コスト削減に寄与することから、納まりの選定において重視した。

さらに、各階の CLT 壁とたわみ止め集成材梁の接合にはプレセッター金物を採用した。CLT と梁の接合金物を選定する際、CLT の厚みが 90mm 未満だと選択肢が限られ、場合によっては製作金物が必要となる。そのため、プレセッター金物を使用する箇所には 90mm 厚の CLT を小幅でも採用し、既成金物による構造計画を実現した。また、通常のパネル工法とは異なり、ユニット化したものを吊り込んで接合するため、金物の配置がユニットと干渉しないようにすることや、現場で接合部の施工がしやすいようにヤードで下準備をするなど、施工時の工程を確認した。

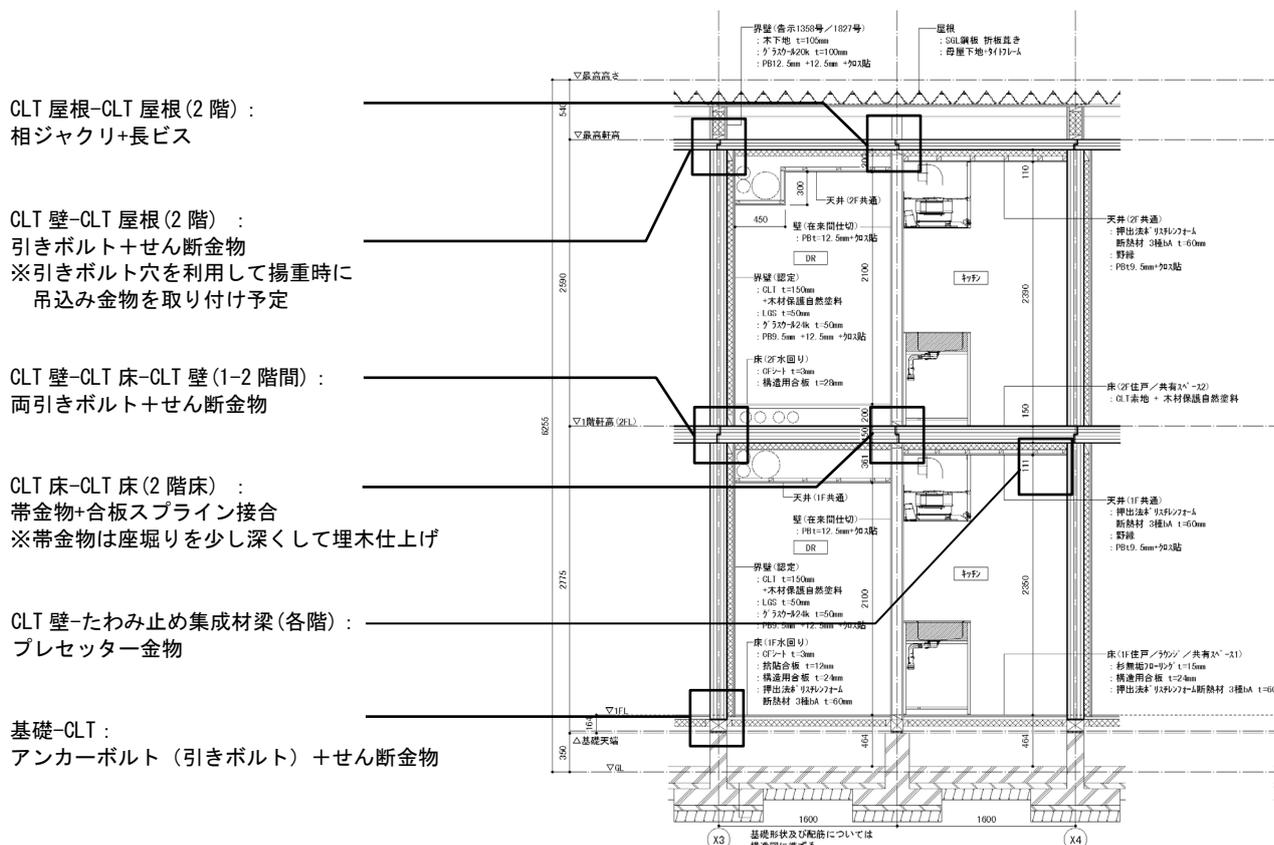


図 8 接合部仕様について

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 モジュール工法の 1 階の現場施工における手順を図 9 に示す。資料の上段が住戸・廊下，下段が共有スペースとなっており，建物全体をこの 2 つのエリアに分けて手順の検討を行った。本事業の鍵となるヤードで製作する事前組立ユニットは，CLT を含む「住戸ユニット」と 2×4 工法の雑壁である「非構造壁ユニット」に分けられる。この先の工程は，これらのユニットを製作，輸送，吊り込み，取り付けの順に行われ，取り付け工程時に現場施工を並行して行う計画としている。

続いて，基礎・土台/1 階床の工程である。この工程からは，基本的には通常の現場工程と同様であるが，1 階床組が建て方に先行する点は在来工法と異なる。共有スペースは空間が広く，輸送を前提としたユニット化が困難なため，パネル工法と同様の手順で施工を行う。

次に，1 階住戸ユニット・CLT 壁の組み立て工程となる。住戸・廊下部分の組立では，住戸ユニットと非構造ユニットの吊込みを行う。ユニットには，事前に設備機器や電気配線を仕込む計画としており，この作業を訓練した多能工にヤードで作業してもらうことができれば，現場での大工・設備・電気の職人の作業手間が減り，人件費の削減につながるかと考えている。

次に，1 階の非構造壁ユニットの取り付けとなり，内部の雑壁や廊下に面する内壁・外壁の設置を行う。この工程は共有スペースの施工手順でも同様となる。

最後に，2 階梁・CLT 床パネル・Y1 通りの逆梁の施工となる。梁は CLT のたわみ解消のために必要となっており，部分的に採用している。Y1 通りは，施工時において通しの梁とユニットとの干渉を避けるために逆梁を採用している。梁の設置まで完了すれば，残すは 2 階床の CLT の設置となり，既に吊り込まれた住戸ユニットの間に CLT を落とし込み作業となる。共有スペースは，大スパンが必要となることから鉄骨梁を用いた構造計画とし，鉄骨梁を落とし込んだ後にたわみ抑制に有利なように長手の向きを X 方向として CLT の敷き込みを行う。以上が，1 階部分の施工工程となる。

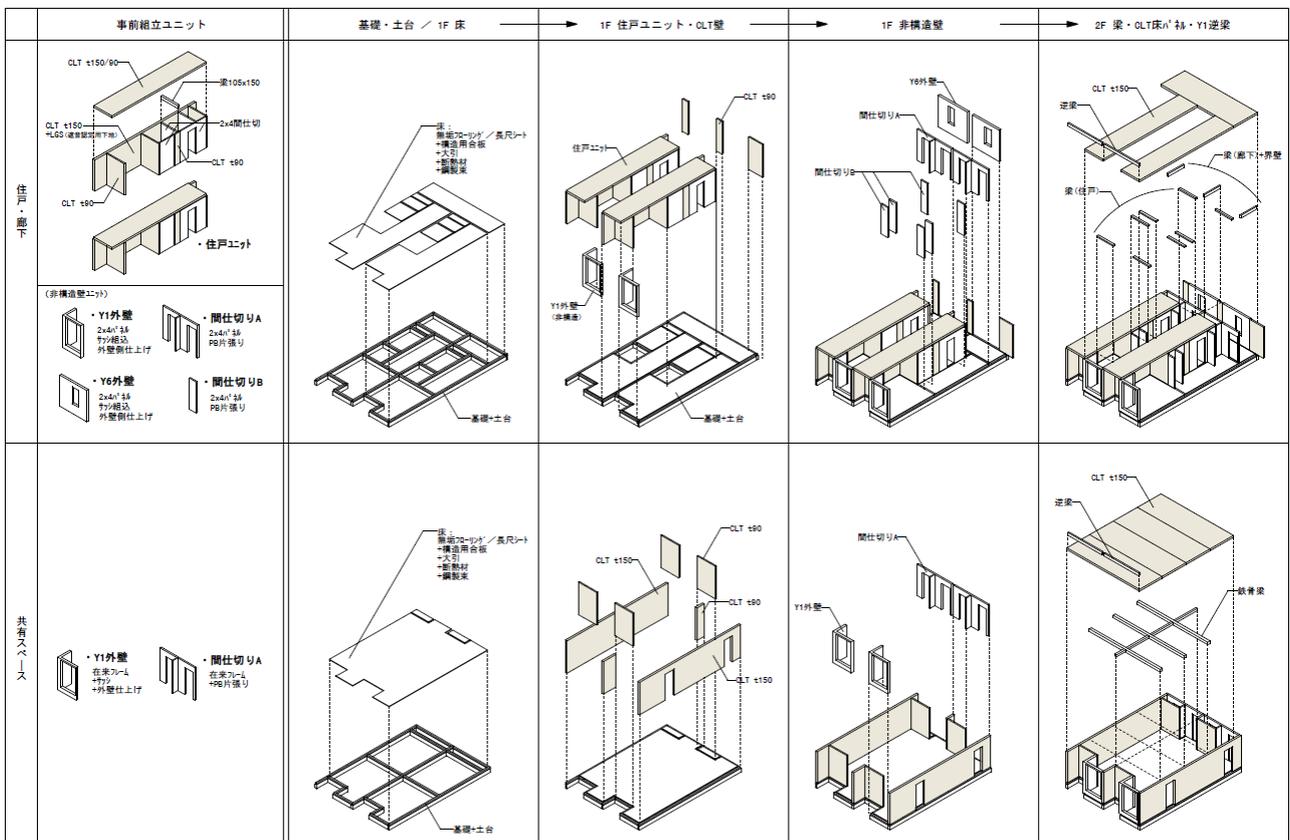


図 9 1 階の施工手順検討

続いて、2階の現場施工における手順を図10に示す。1階の施工が完了すると、2階の床組みが完了した状態となるが、2階床のCLTは現しとなるため、雨仕舞や施工中の傷には十分留意する必要がある。2階の施工手順は基本的には1階と同様の手順となる。

まずは、2階住戸ユニット・CLT壁の施工となり、その後に2階非構造壁の吊り込みを行う。その後、小屋梁・小屋構面・Y1逆梁の施工を行い、ここまでで建物の大部分の施工が完了する。

最後に屋根の工程となるが、2階の小屋構面まで施工が完了したフラットな面に、束・母屋・タイトフレームの設置を行う。その際、界壁の立ち上げは小屋CLTから屋根まで立ち上げることに留意する。最後に折板屋根をつけることで雨仕舞が完了という施工計画をしている。

本建物は、中間検査の対象となる建物であるため、構造部分であるCLTを覆う外装工事は検査完了後となる。しかし、将来的に異なる用途の建物で本工法を用いる際には、外壁まで張った状態でユニット化を行うことで、建て方工程に外装工事を含めることが可能となり、短工期化と共に人件費の削減ができ、更なるコスト削減が期待できると考えている。

続いて、これらの施工工程を実現するための施工時の課題抽出を行った。

一つ目の課題は、ユニット吊り込み時の揚重計画である。大版CLT壁は住戸ユニットの片方にしかないことから、ボックスユニットに比べて吊り上げた際に壊れやすいという懸念がある。そのため、ユニット上部を固定する鉄骨治具を製作し、吊り上げ時にユニットがつぶれないように注意して吊り込む必要がある。また、開口部には、仮の筋交いを入れて吊り込み後に外すなどの対応を行うことで、ユニットがつぶれないように吊り込みを行う予定である。

二つ目の課題は、事前組み立てユニットを製作するヤードの確保が挙げられる。ヤードを選定する際の条件として、ユニット化したものをいくつか保管できるスペースや、極力大きなクレーンのスペックが要求され、プロジェクトを行う際のヤードの確保は最優先課題となる。本事業では、今後も本工法を採用する際にヤードが利用できるような関係構築を並行して行っていった。

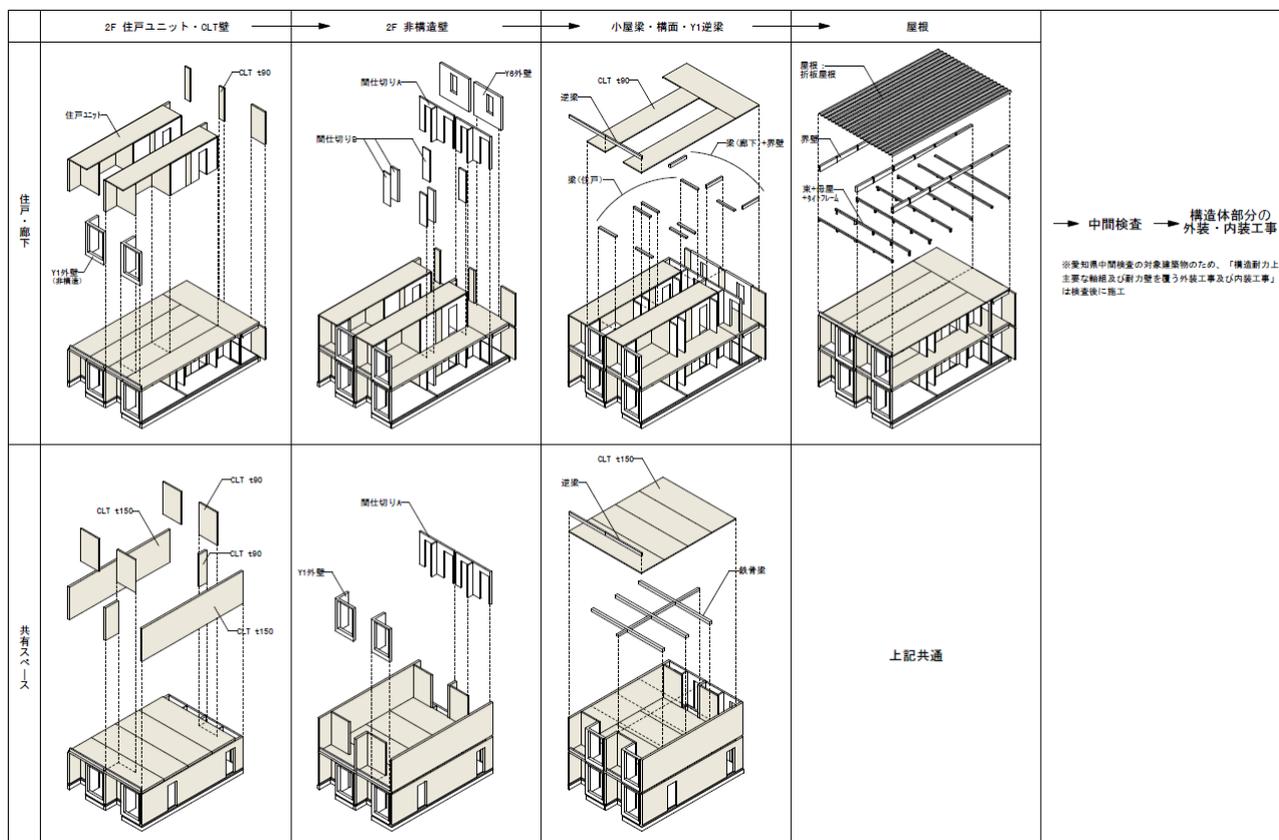


図10 2階の施工手順検討

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

本建物は、ワンルームの住戸モジュールを基本単位とした共同住宅となっている。図11に示すように将来的には、ワンルーム以外の間取りにも対応可能な共同住宅としての展開を考えており、本建物では住戸モジュールを2つ組み合わせた汎用性の高い空間である共用スペースの設計など、本システムを通じて他の間取りに展開する可能性を検討していった。

共有スペースは、住戸モジュールの間口である3,200mmを2つ組み合わせて、6,400mm間口を実現する空間であり、このような大空間は家族向けの間取りでのLDKとしての利用が想定される。この大空間と個室となる住戸モジュールを接続させることにより、今回開発したユニット化でLDK+個室というような家族向けの間取りへの展開を考えている。

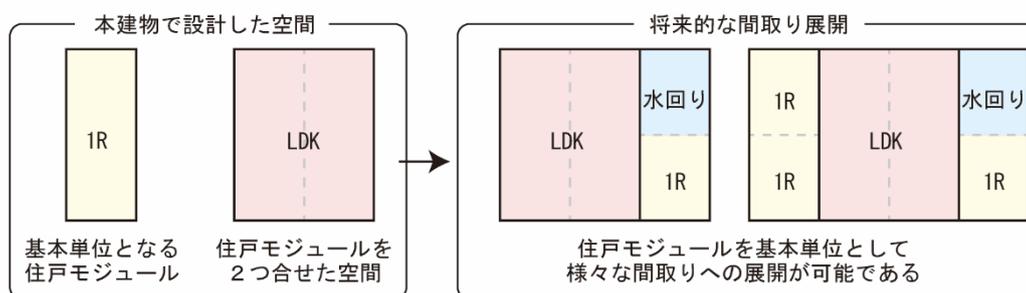


図11 本システムを用いた間取り展開

また、本システムは共同住宅以外の用途にも転用が可能と考えている。図12に示すように、宿泊施設や高齢者福祉施設、シェアオフィスなどモジュールを組み合わせることにより大きさや用途に展開が可能であると考えている。また、用途によっては構造体のCLTをそのまま現わすことが可能であり、木質感のある空間という付加価値の創出が可能となる。

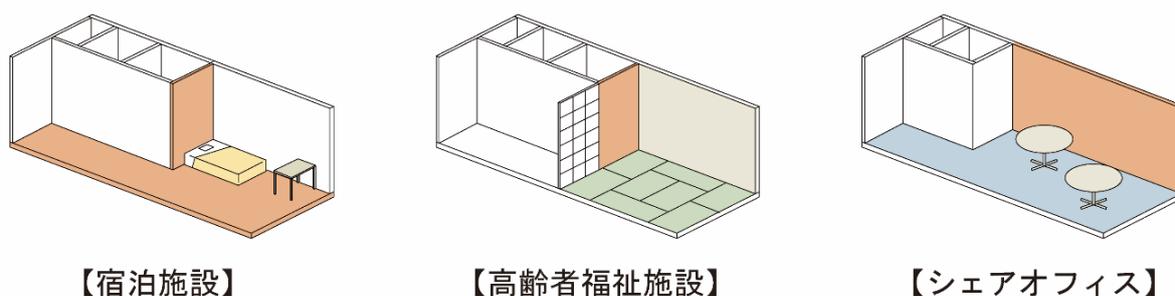


図12 他用途への展開

最後に、CLTの安定供給に関する課題を整理した。現在、CLT工場は繁忙期と閑散期の差が大きく、生産の安定化が課題となっている。安定化には閑散期の稼働が不可欠であり、必要時までヤードで保管できる本システムは有効と考えられる。また、CLTの形状を規格化しユニット化することで、加工図作成の負担を軽減し、大量生産を効率的に行うことが可能となる。

このような体制をCLT工場と連携して構築するには、本システムの普及が鍵となる。本システムは、2024年問題や高齢職人の引退による人手不足を見据え、現場作業の省力化を図る取り組みである。特に、現場での施工手間を削減し、人件費の抑制や工期短縮を実現することで、建築業界の労働環境の改善にも貢献が可能であり、将来的に需要の高まる工法であると考えている。

既存の工法（鉄骨造）と CLT 利用時での躯体工事費の比較

CLT を利用した場合の躯体工事費は、ユニット工法と現場で一枚ずつ施工を行うパネル工法の 2 種類を想定し、鉄骨造との比較を行った。表 1 は構造種別ごとの金額比較表である。

表 1 構造種別ごとの躯体工事費比較資料

	CLT利用		鉄骨造	備考
	ユニット工法	パネル工法		
地業工事	3,292,000	3,292,000	4,938,000	基礎形状が異なるため、金額差あり
土止め鋼矢板	0	0	14,700,000	地下水位が高く、鉄骨基礎のような大きい場合には水への対策として土止め鋼矢板が必要
基礎工事	17,288,292	17,288,292	25,932,438	鉄骨造の基礎の方が大きいため、金額増
仮設工事	988,590	988,590	988,590	ユニット工法時の工期短縮による減金額は現段階では不明確なため、構造種別を問わず同額
躯体工事	48,623,436	47,123,436	20,750,000	ユニット化の場合、初回に限り必要となるものがあるためコスト増となる
合計（円）	70,192,318	68,692,318	67,309,028	

まず、CLT を利用したユニット工法とパネル工法での躯体工事費の比較を行った。結論として、ユニット化した場合は、パネル工法に比べてコストが約 150 万円高い結果となった。表 2 はユニット時のみ必要となる項目であり、金額差が出た理由は 2 つ考えられる。

一つ目は、ヤードで必要となる重機費と CLT 工場からヤード、ヤードから現場運搬となることで通常の 2 倍かかる輸送費である。これは、工事拠点が多いことで発生するコストとなる。

二つ目は、初めてのユニット化である今回に限り発生する部材費である。具体的には、製作したユニットをストックする際の仮置き場を構成する土台や針葉樹合板が挙げられる。また、ユニットを吊り上げる際に必要な吊上げ用治具は製作金額が高いことから、今後使いまわしをすることで次回以降の大幅なコスト削減が見込まれる。また、マルチアイボルトや荷揚げ用ワイヤーも次回以降の利用が可能であり、表 2 のうち半数程度の項目を今後は減らすことができると考えている。

次に鉄骨造との工事費比較を行った。鉄骨造は、CLT を利用したいずれの工法よりも工事費は安いという結果になった。本建物のようなシンプルな形状の共同住宅を鉄骨造で設計するノウハウは既に蓄積されており、建物がワンルームをベースとした共同住宅で大スパンも少ないことから CLT 利用時に比べて工事費が安くなったと考えられる。一方、鉄骨造では CLT 利用時に比べて基礎が大きくなるに伴い地盤補強範囲が広く必要となり、地業工事及び基礎工事の工事費は CLT 利用時の基礎に比べて 1.5 倍程度高くなる。また、この現場では地下水位が高く、鉄骨造の基礎のように深い基礎が必要となる場合には、水対策として土止め鋼矢板が必要となる。土止め鋼矢板の工事費は総額に対してかなり大きな比率となることから、地下水のことを考慮して小さな基礎で済む CLT を利用した工法で計画したことは、対コスト面で有効であったと考えている。

表 2 ユニット化時に必要となる項目

項目名	摘要	数量	単位
重機・車両費			
クレーン車	16t	4	車
運搬車	15t車	4	車
組立用仮設材			
土台	杉4000*90*90	23	丁
針葉樹合板	24mm 910*1820	21	枚
仮組固定用垂木	杉4000*45*45	20	丁
吊上げ用治具		1	セット
マルチアイボルト		6	個
荷揚げ用ワイヤー		1	式
工場用ローリング足場	1800*1800	2	セット

