

2. 6 (株)INATETSU／(株)studioKOIVU 一級建築士事務所

2. 6. 1 建築物の仕様一覧

事業名	普及型CLTラーメン工法を活用した鉄骨ファブリケーター新社屋の建築実証		
実施者（担当者）	株式会社INATETSU／株式会社studio KOIVU一級建築士事務所（坂口 大史）		
建築物の概要	用途	事務所	
	建設地	三重県四日市	
	構造・工法	木造 一部鉄骨造	
	階数	3	
	高さ（m）	11.26	
	軒高（m）	10.26	
	敷地面積（㎡）	2334.16	
	建築面積（㎡）	480.7	
	延べ面積（㎡）	1395.66	
	階別面積（㎡）	1階 2階 3階	460.96 472.26 462.43
CLTの仕様	CLT採用部位	壁柱	
	CLT使用量（㎡）	加工前製品量65.86㎡，建築物使用量61.00㎡	
	壁パネル	寸法	210mm厚
		ラミナ構成	5層7プライ
		強度区分	S90A
	床パネル	樹種	ヒノキ
		寸法	-
		ラミナ構成	-
	屋根パネル	強度区分	-
		樹種	-
		寸法	-
	木材	主な使用部位（CLT以外の構造材）	装飾木ルーバー
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		17.71㎡	
仕上	主な外部仕上	屋根	SGL鋼板(t=0.8)折板葺
		外壁	耐火断熱サトウイッチャネル(t=75)
		開口部	・スチールテンウォール+二層複層ガラス：(Low-E、断熱ガス、日射遮蔽型、中空層幅12mm) ・アルミサッシ+二層複層ガラス：(Low-E、断熱ガス、日射遮蔽型、中空層幅12mm)
	主な内部仕上	界壁	-
		間仕切り壁	一般部（LGS+両面PB12.5mm）、耐火間仕切り壁（LGS+両面強化PB12.5mm+強化PB12.5mm）
構造	床	タイルカーペット t7+スチール系OAフロア t20+専用床束 t173	
	天井	デッキプレートSOP塗装の下 装飾木ルーバー30*90*100	
	構造計算ルート	ルート3	
	接合方法	鋼板挿入+ドリフトピン	
	最大スパン	10.5m	
問題点・課題とその解決策	当初、CLTと鉄骨梁の接合ディテールは支圧確保のため、梁フランジにGPLが溶接されていた。しかしながら、この納まりは施工しにくいいため、CLT頭部は1面せん断、脚部は2面せん断の納まりに改良し、施工性を向上させた。		
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	準耐火建築物（ロ-1）	
問題点・課題とその解決策	防火壁を免除するため準耐火建築物としている		
温熱	建築物省エネ法の該当有無	有	
	温熱環境確保に関する課題と解決策	外壁は断熱を確保しつつも耐火性能が必要であったため、耐火断熱サトウイッチャネルを採用	
	主な断熱仕様（断熱材の種類・厚さ）	屋根（又は天井）	高性能GW 24K ・ 100mm
		外壁	断熱サトウイッチャネル（RW） ・ 75mm
床		硬質ウレタンフォーム ・ 30mm	
施工	遮音性確保に関する課題と解決策	デッキ合成スラブにより上下階の遮音を実施した。	
	建て方における課題と解決策	品質確保のため、作業性のよいヤードで地組みを実施した。	
	給排水・電気配線設置上の工夫	設備配管が集中する箇所はフラットデッキとし、設備開口の自由度を高めた。	
	劣化対策	コンクリートのかぶり厚が十分に確保できるよう、検査を実施した。	
工程	設計期間	2024年 4月～2025年 3月（12ヵ月）	
	施工期間	CLT躯体施工期間	2025年 9月～2026年 9月（12ヵ月）
			2025年12月～2026年1月（1ヵ月）
竣工（予定）年月日	2026年9月30日		
体制	発注者	株式会社INATETSU	
	設計者（複数の場合はそれぞれ役割を記載）	株式会社studioKOIVU一級建築士事務所	
	構造設計者	株式会社ディックス	
	施工者	大宗建設株式会社	
	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. 6. 2 実証事業の概要

実証事業名：普及型 CLT ラーメン工法を活用した鉄骨ファブリケーター新社屋の建築実証
 建築主等／協議会運営者：株式会社 INATETSU／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		事務所		
建設地		三重県四日市		
構造・工法		木造 一部鉄骨造		
階数		3		
高さ (m)		11.26	軒高 (m)	10.26
敷地面積 (㎡)		2334.16	建築面積 (㎡)	480.70
階別面積 (㎡)	1階	460.96	延べ面積 (㎡)	1,395.66
	2階	472.26		
	3階	462.43		
CLT 採用部位		壁柱		
CLT 使用量 (m ³)		加工前製品量 65.86 m ³ 、建築物使用量 61.00 m ³		
CLT を除く木材使用量 (m ³)		17.71 m ³ (装飾木ルーバー)		
CLT の仕様	(部位)	(寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種)		
	壁柱	210mm厚 / 5層7プライ / S90A-5-7 / ヒノキ		
	床	—		
	屋根	—		
設計期間		2024年4月～2025年3月 (12ヵ月)		
施工期間		2025年9月～2026年9月 (12ヵ月)		
CLT 躯体施工期間		2025年12月～2026年1月 (1ヵ月)		
竣工 (予定) 年月日		2026年9月30日		

2. 実証事業の目的と設定した課題

下記の課題を設定し、事業に取り組んだ。

CLT の普及には、A) 大スパンや遮音性に関する課題の解決、B) 高価な金物を簡易かつ安価な既製品の金物へ置き換え、C) 様々な用途に対応できるハイブリッド工法（本システムでは CLT と鉄骨の掛け合わせ）の開発が必要不可欠である。A)については、CLT パネル工法や純木造での解決は難しいため、鉄骨造を併用したシステムを用いることで解決策を模索する。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工法を提案することを目的とする。C) については、鉄の梁を中心としたフレームに CLT を柱と壁として組み込んだ「CLT ラーメン工法」により汎用性および普及性の高い構工法を用いた施工方法や普及性に関して建設を通じて実証することを目的とする。

3. 協議会構成員

下記のメンバーを協議会構成員として、実証事業に取り組んだ。

(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、坂口大史、塩原拓

(構造設計) (株) ディックス 田村尚土、辻拓也

(施工) 大宗建設株式会社 石田政人、中西智大、岸田尚磨 / (株) INATETSU 稲垣法信

(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 ラーメン工法によって大スパンを実現する際の施工方法に関する課題抽出と解決策の検討。

A-2) CLT ラーメン工法において遮音性を向上させる際の課題抽出と解決策の検討。

B-1) 既製品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抽出と解決策の検討。

C-1) CLT ラーメン工法の施工時における手順の確認、課題抽出と解決策の検討。

C-2) 事務所以外の用途に使用する際のスパン調整や構造計画に関する課題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、ディックス、大宗建設が大スパン採用時における課題抽出と解決策を検討する。

A-2)について、studioKOIVU とディックスが遮音性に関する課題抽出と解決策を検討する。

B-1)について、ディックスと INATETSU が強度や施工性に関する課題抽出と解決策を検討する。

C-1)について、大宗建設、INATETSU、銘建工業が施工手順の確認、課題抽出と解決策を検討する。

C-2)について、studioKOIVU とディックスが建築用途の展開の際の課題抽出と解決策を整理する。

<協議会の開催>

令和7年 7月：第1回開催、事業全体の問題点洗い出し

8月：第2回開催、事業全体のスケジュールと確認申請の進捗確認

9月：第3回開催、CLT ラーメン工法を用いる際の施工方法と接合部の検討

10月：第4回開催、CLT ラーメン工法を用いた大スパン時における課題の検討

11月：第5回開催、CLT ラーメン工法を用いた遮音性に関する課題の検討

12月：第6回開催、CLT ラーメン工法採用時のCLT 建て方における実際の課題の
検討

令和 8 年 1 月：第 7 回開催、CLT ラーメン工法採用時の施工面での課題の検討
<施工>

令和 7 年 6 月：工事契約

9～11 月：地業工事、基礎工事

12 月～令和 8 年 1 月：鉄骨・CLT 建て方工事

2～4 月：屋根工事、耐火被覆工事、外装工事

5～7 月：設備工事、内装工事

9 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 ラーメン工法によって大スパンを実現する際の施工方法に関する課題抽出と解決策の検討。

CLT ラーメン工法を用いて約 10.5m の無柱空間を実現し、純木造との比較によりコストや天井高確保の面での優位性を確認した。梁断面の使い分けや接合部の意匠的处理、通し柱の採用などにより、構造性能と施工性を両立する大スパン架構の成立性を実証した。

A-2) CLT ラーメン工法において遮音性を向上させる際の課題抽出と解決策の検討。

デッキ合成スラブによる湿式床構成を基本とし、コンクリートによる質量確保により、床衝撃音低減を構造段階で実現した。加えて、配管集中部にはフラットデッキを採用し、遮音性と構造安全性を両立した。仕上げ段階でも吸音材を用い、総合的な遮音性能確保を図った。

B-1) 既製品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抽出と解決策の検討。

CLT と GPL はドリフトピンを用いる簡易な接合方式を採用した。地組みにより接合を完結させる構成とし、現場作業の削減と精度向上を実現した。さらに屋根架構の納まりを改善し、部材点数削減と施工合理化を図り、コスト縮減に寄与した。

C-1) CLT ラーメン工法の施工時における手順の確認、課題抽出と解決策の検討。

鉄骨造の施工フローを基本としつつ、CLT 組込み工程を加えた施工手順を整理した。地組み段階で接合を完了させることで、現場作業を削減した。また、施工時の課題を整理し、2 棟目以降の解決策提案による再現性の高い施工体制を確立した。

C-2)について、studioKOIVU とディックスが建築用途の展開の際の課題抽出と解決策を整理する。

大スパン、遮音性、積載荷重等の用途別に求められる性能を整理し、設計変数との対応関係を明確化した。学校・店舗・工場など大空間用途との高い親和性を確認するとともに、共同住宅や福祉施設への展開可能性も示した。最小限の CLT 活用による合理的構成により、

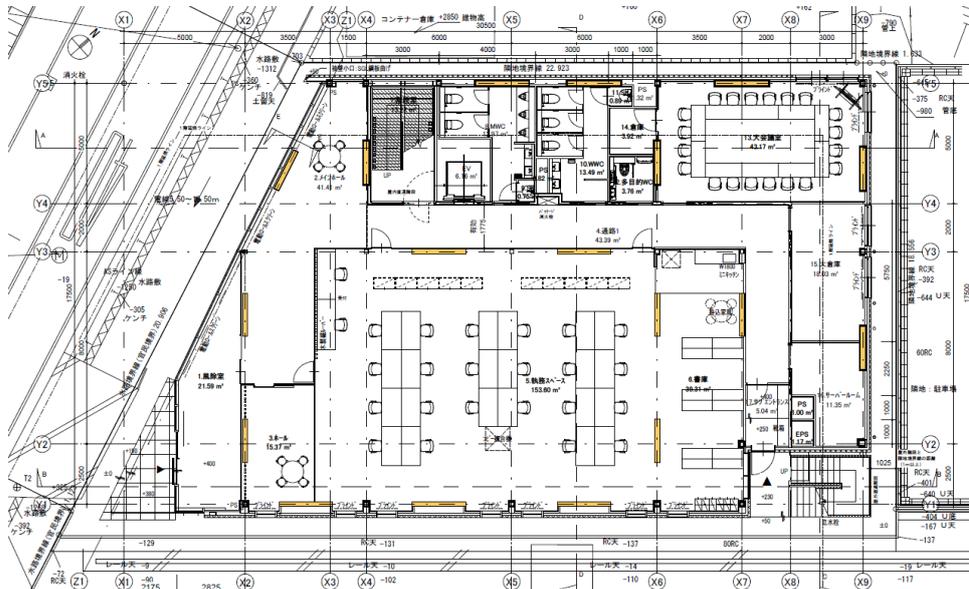
汎用性の高い普及型工法としての有効性を示した。

6. 本実証により得られた成果

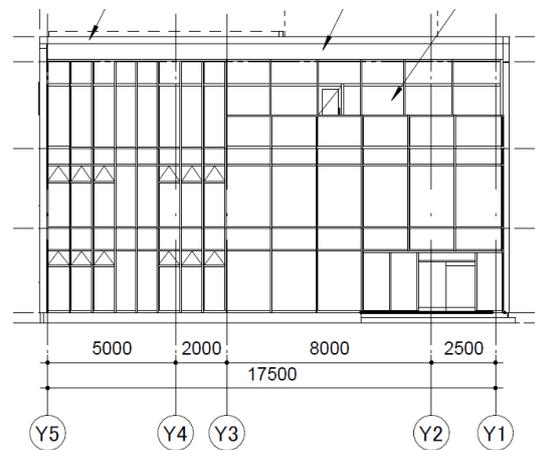
本事業では、CLT ラーメン工法により、10.5m の無柱空間を実現し、意匠性と構造性能の両立を確認した。床にはデッキ合成スラブを採用することで、遮音性を構造段階で確保した。接合部では既製品金物と地組み施工により品質向上とコスト縮減を図った。さらに、鉄骨と CLT の一体的な製作管理体制を構築し、再現性の高い施工プロセスを確立した。加えて、本工法は多用途展開と普及に資する有効な構工法であることを示した。

7. 建築物の平面図・立面図・写真等

○設計図面



1階平面図



南側立面図

○施工写真



鉄と木の精度確認



鉄骨工場内での地組み



防災シートによる養生



鉄骨土用の箱抜き



大スパン部の架構



デッキプレートによる床構成

令和6年度補正 CLT活用建築物等実証事業

**普及型CLTラーメン工法を活用した
鉄骨ファブリケーター新社屋の建築実証**

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	事務所		
建設地	三重県四日市市広永町下八重田 73-3		
構造・工法	木造 一部鉄骨造		
階数	3		
高さ (m)	11.26	軒高 (m)	10.26
敷地面積 (㎡)	2334.16	建築面積 (㎡)	480.70
階別面積	1 階	460.96	延べ面積 (㎡) 1,395.66
	2 階	472.26	
	3 階	462.43	
CLT 採用部位	壁柱		
CLT 使用量 (m ³)	加工前製品量 65.86 m ³ , 建築物使用量 61.00 m ³		
CLT を除く木材使用量 (m ³)	17.71 m ³ (装飾木ルーバー)		
CLT の仕様	(部位)	(寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種)	
	壁柱	210mm厚 / 5層7プライ / S90A-5-7 / ヒノキ	
	床	採用無し	
	屋根	採用無し	
設計期間	2024年4月～2025年3月 (12ヵ月)		
施工期間	2025年9月～2026年9月 (12ヵ月)		
CLT 躯体施工期間	2025年12月～2026年1月 (約1ヵ月)		
竣工 (予定) 年月日	2026年9月30日		

2. 実証事業の目的と設定した課題

CLT の普及には、A) 大スパンや遮音性に関する課題の解決、B) 高価な金物を簡易かつ安価な既製品の金物へ置き換え、C) 様々な用途に対応できるハイブリッド工法（本システムでは CLT と鉄骨の掛け合わせ）の開発が必要不可欠である。A)については、CLT パネル工法や純木造での解決は難しいため、鉄骨造を併用したシステムを用いることで解決策を模索する。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工法を提案することを目的とする。C) については、鉄の梁を中心としたフレームに CLT を柱と壁として組み込んだ「CLT ラーメン工法」により汎用性かつ普及性の高い構工法を用いた施工方法や普及性に関して建設を通じて実証することを目的とする。

3. 協議会構成員

下記のメンバーを協議会構成員として、実証事業に取り組んだ。

(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, 坂口大史, 塩原拓

(構造設計) (株) ディックス 田村尚土, 辻拓也

(施工) 大宗建設株式会社 石田政人, 中西智大, 岸田尚磨 / (株) INATETSU 稲垣法信

(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 ラーメン工法によって大スパンを実現する際の施工方法に関する課題抽出と解決策の検討。

A-2) CLT ラーメン工法において遮音性を向上させる際の課題抽出と解決策の検討。

B-1) 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抽出と解決策の検討。

C-1) CLT ラーメン工法の施工時における手順の確認，課題抽出と解決策の検討。

C-2) 事務所以外の用途に使用する際のスパン調整や構造計画に関する課題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，ディックス，大宗建設が大スパン採用時における課題抽出と解決策を検討する。

A-2)について，studioKOIVU とディックスが遮音性に関する課題抽出と解決策を検討する。

B-1)について，ディックスと INATETSU が強度や施工性に関する課題検討と解決策を検討する。

C-1)について，大宗建設，INATETSU，銘建工業が施工手順の確認，課題抽出と解決策を検討する。

C-2)について，studioKOIVU とディックスが建築用途の展開の際の課題抽出と解決策を整理する。

<協議会の開催>

令和7年 7月：第1回開催，事業全体の問題点洗い出し

8月：第2回開催，事業全体のスケジュールと確認申請の進捗確認

9月：第3回開催，CLT ラーメン工法を用いる際の施工方法と接合部の検討

10月：第4回開催，CLT ラーメン工法を用いた大スパン時における課題の検討

11月：第5回開催，CLT ラーメン工法を用いた遮音性に関する課題の検討

12月：第6回開催，CLT ラーメン工法採用時の CLT 建て方における実際の課題の検討

令和8年 1月：第7回開催，CLT ラーメン工法採用時の施工面での課題の検討

<設計>

令和7年 6月：実施設計，建築確認申請

<施工>

令和7年 6月：工事契約

9～11月：地業工事，基礎工事

12月～令和8年 1月：鉄骨・CLT 建て方工事

2～4月：屋根工事，耐火被覆工事，外装工事

5～7月：設備工事，内装工事

9月：外構工事

5. 課題とテーマ

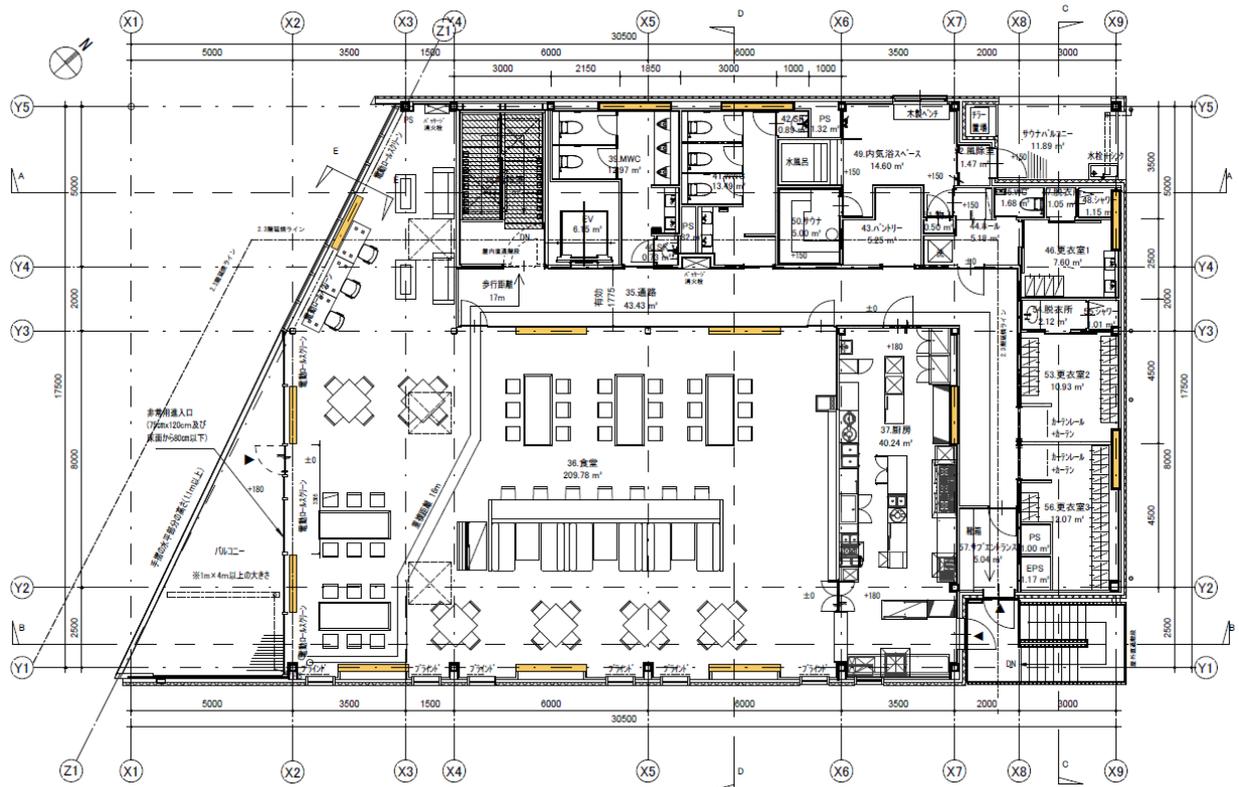
A-1) CLT ラーメン工法によって大スパンを実現する際の施工方法に関する課題抽出と解決策の検討。

A-2) CLT ラーメン工法において遮音性を向上させる際の課題抽出と解決策の検討。

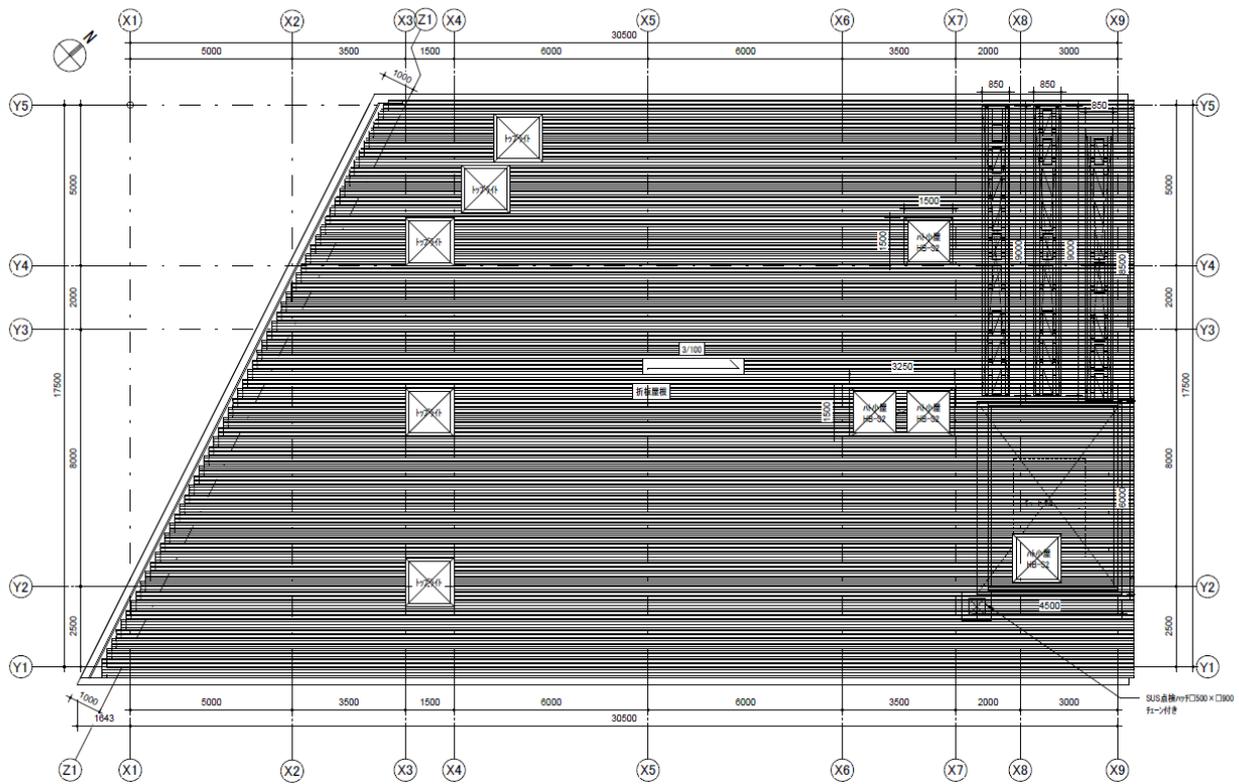
B-1) 既製品の金物を組み合わせた際の接合の強度と施工性に関する課題抽出と解決策の検討。

C-1) CLT ラーメン工法の施工時における手順の確認，課題抽出と解決策の検討。

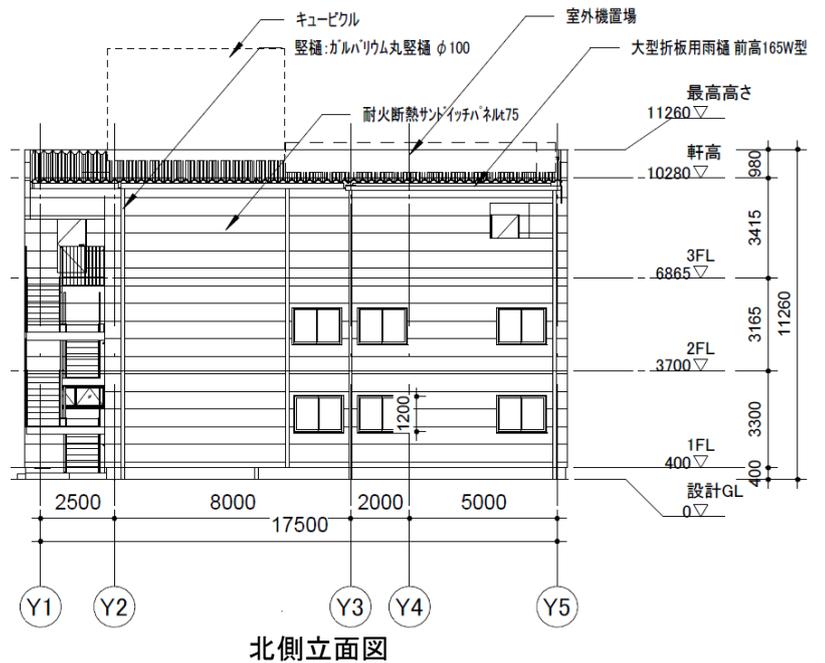
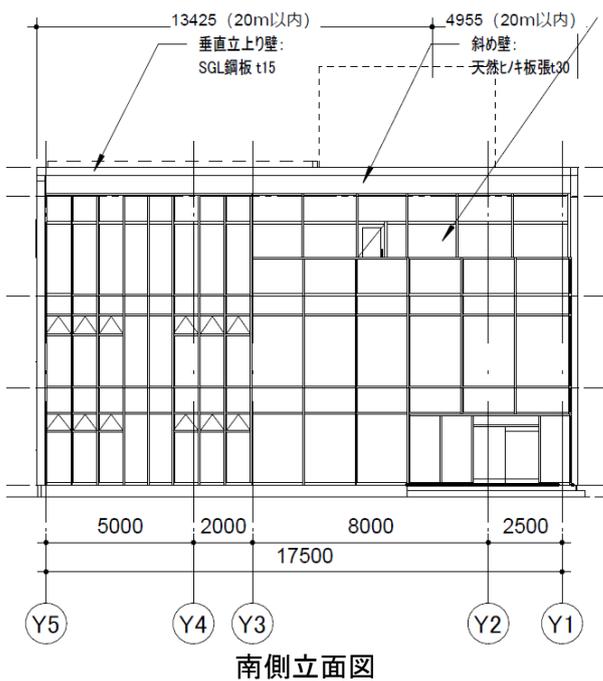
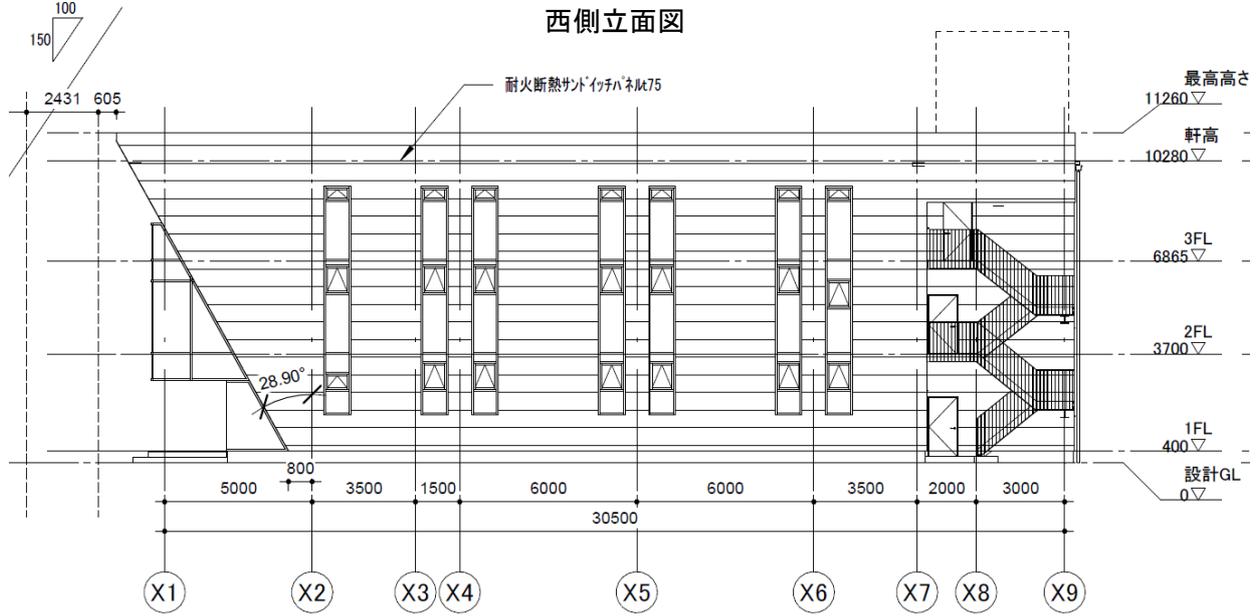
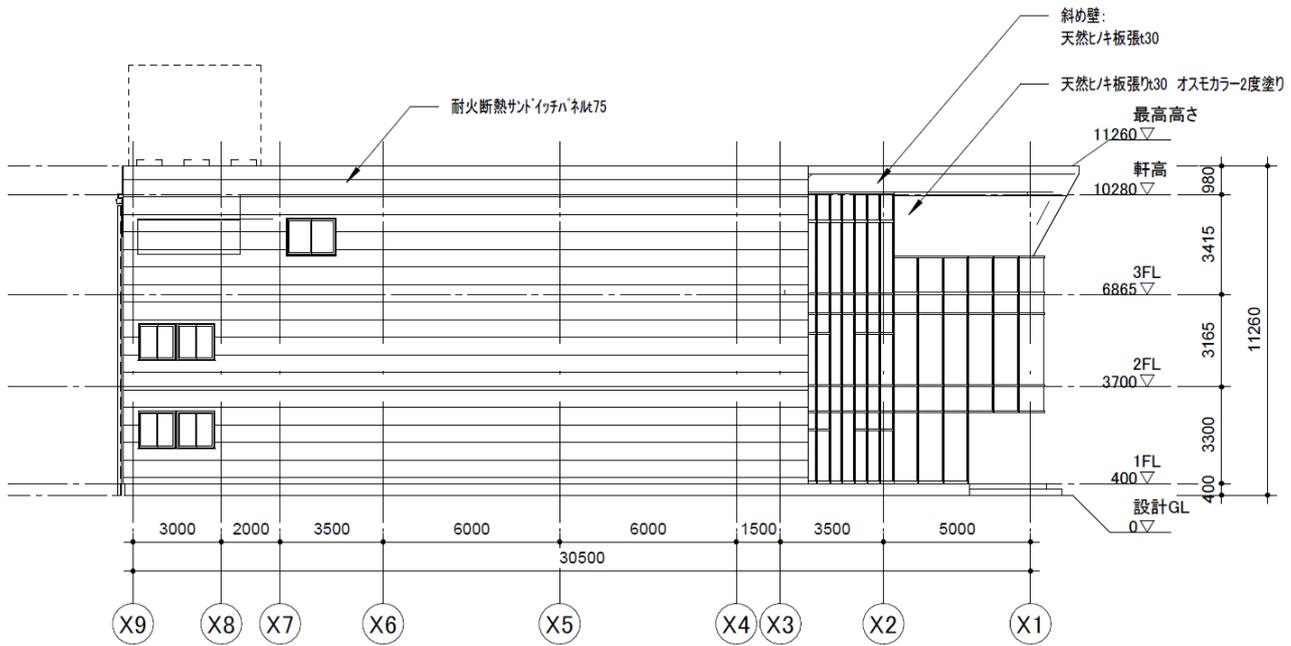
C-2) 事務所以外の用途に使用する際のスパン調整や構造計画に関する課題抽出と解決策の検討。

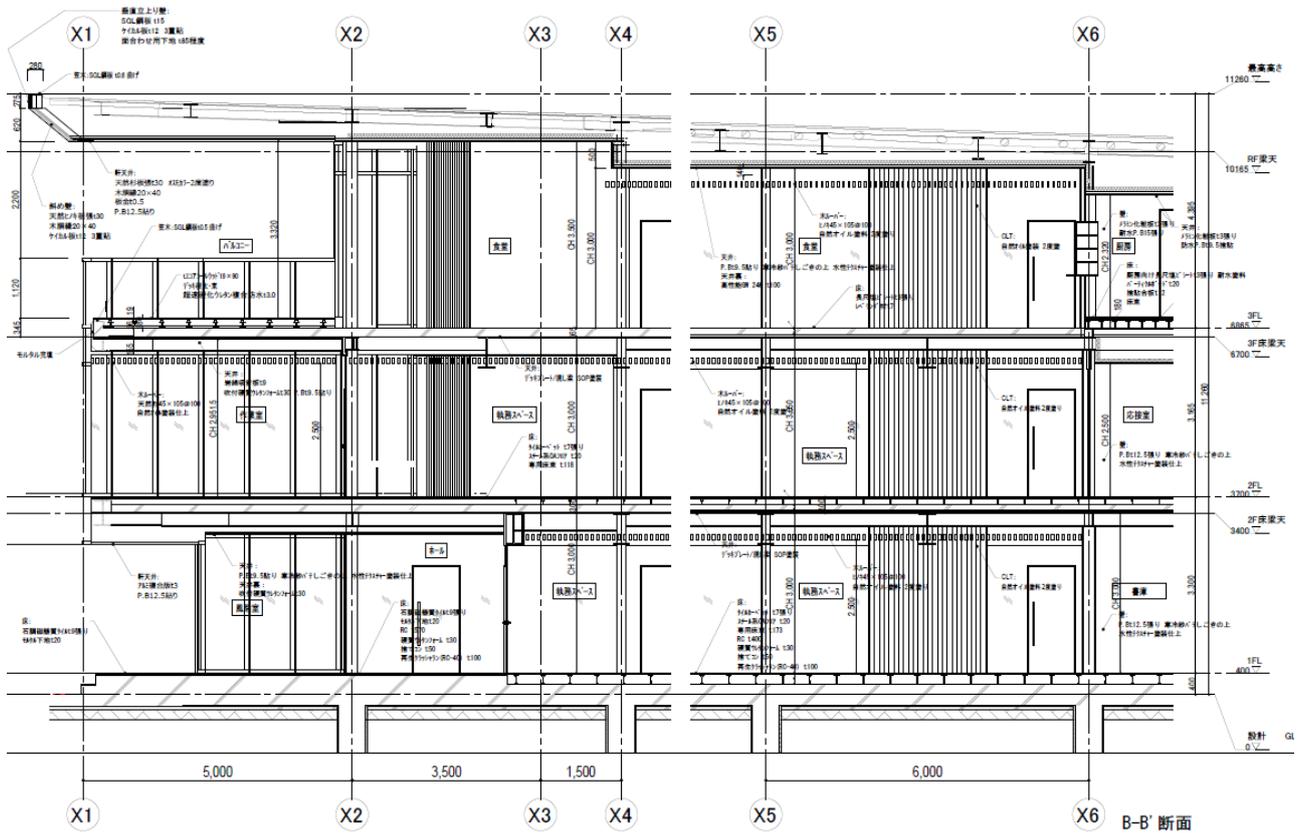


3階平面図

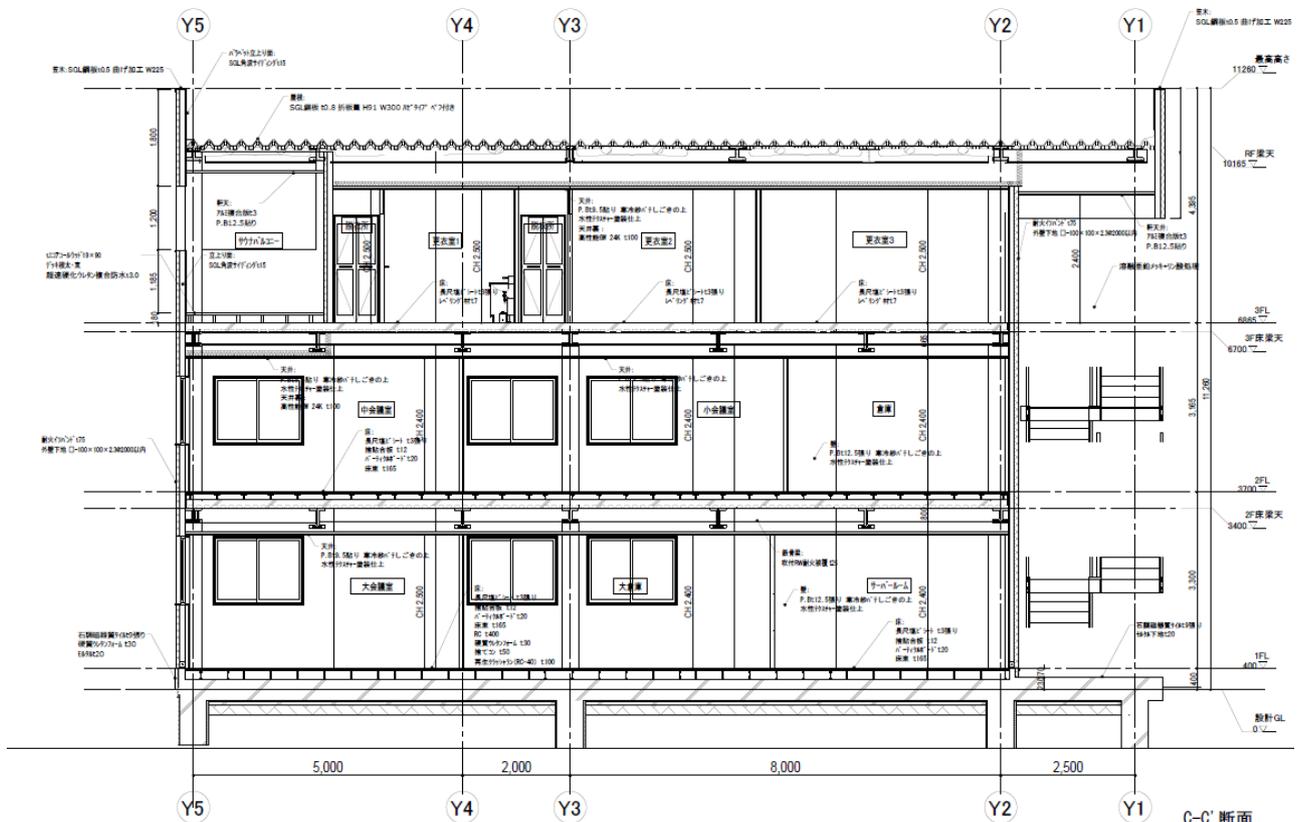


屋根伏図



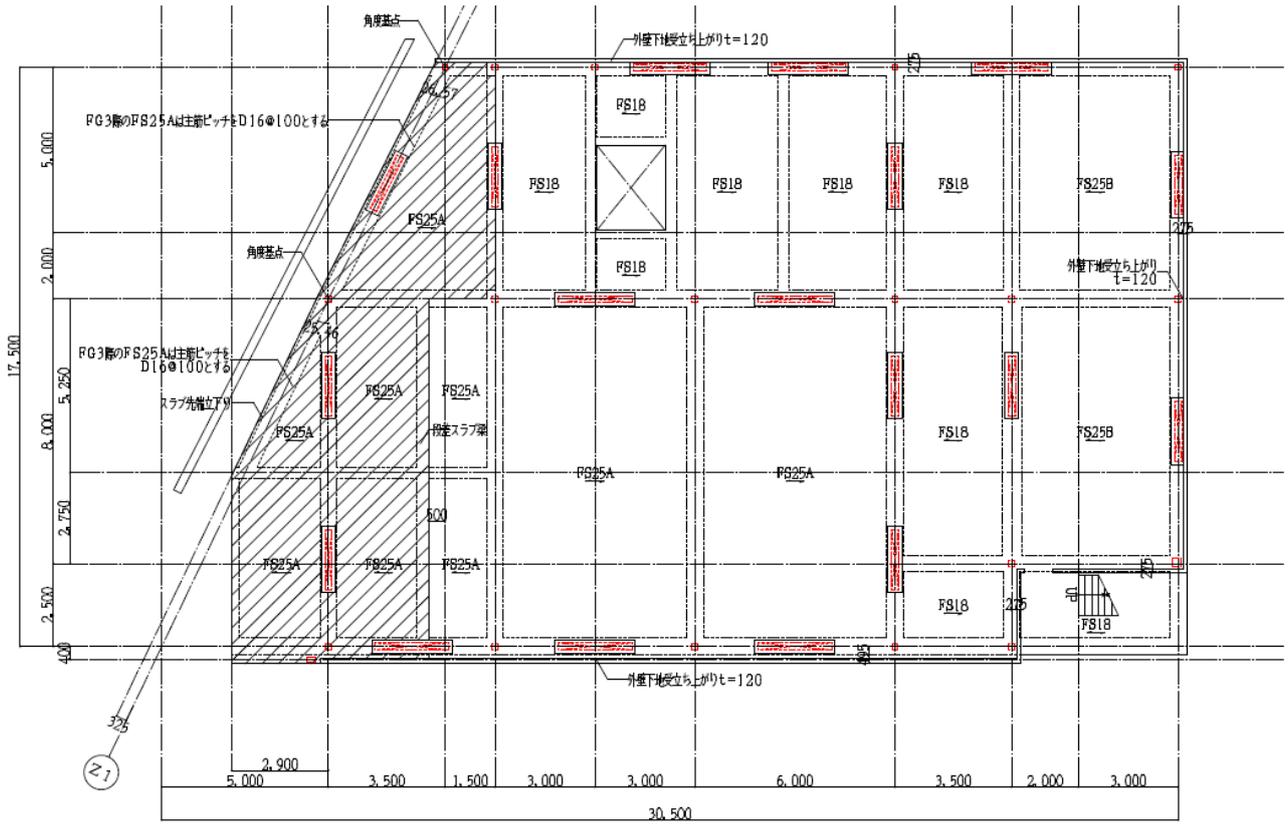


矩計図 (1)

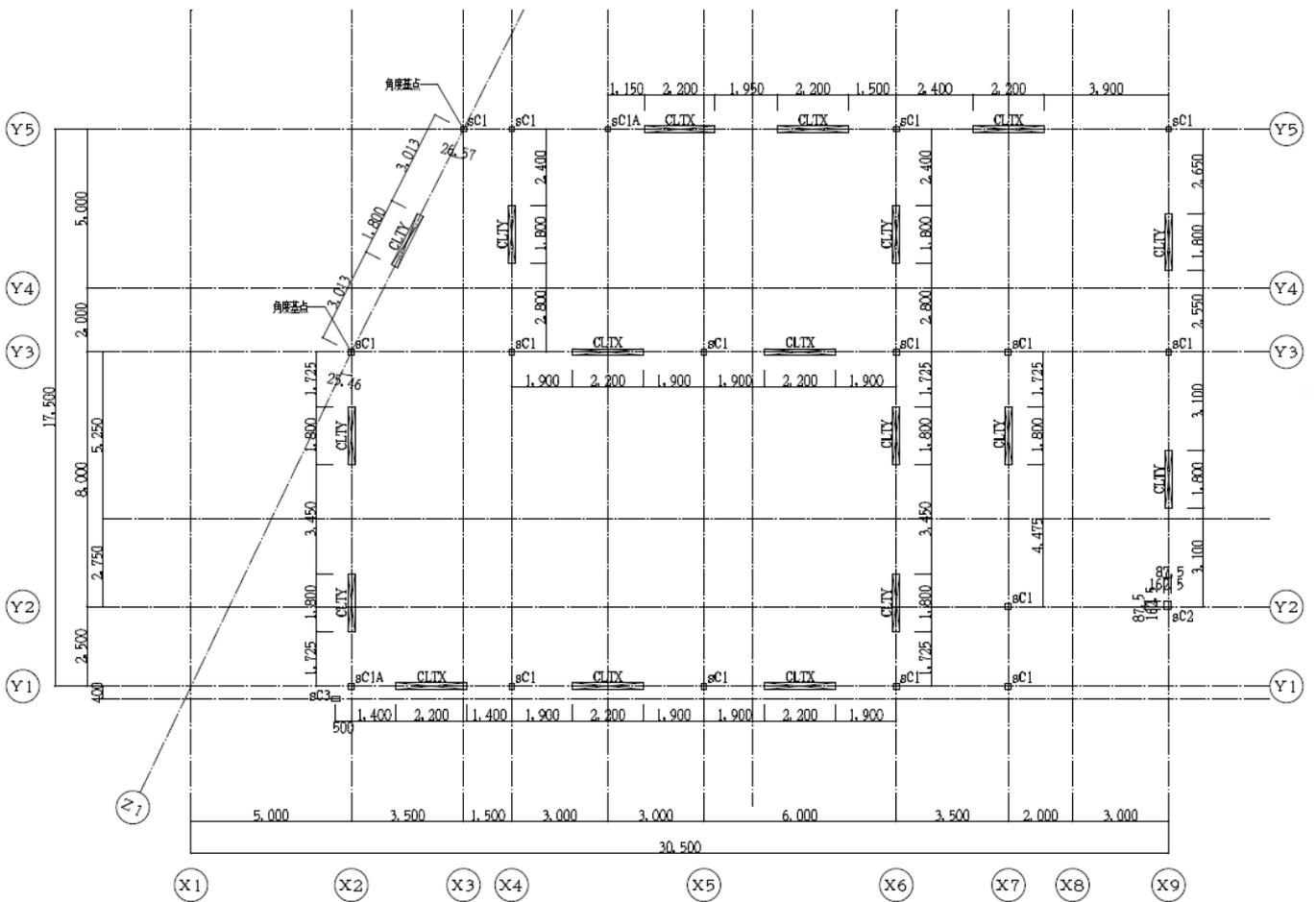


矩計図 (2)

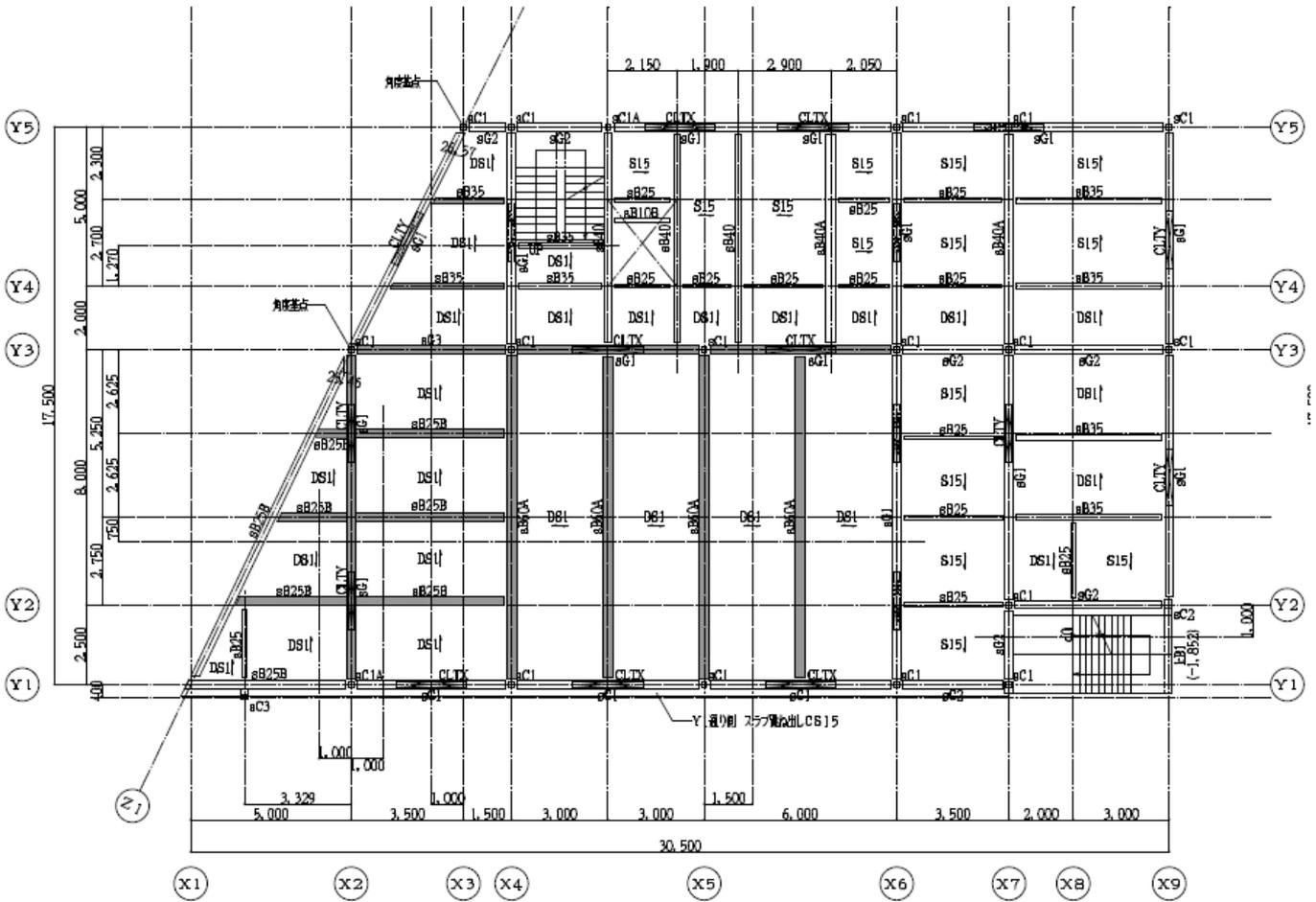
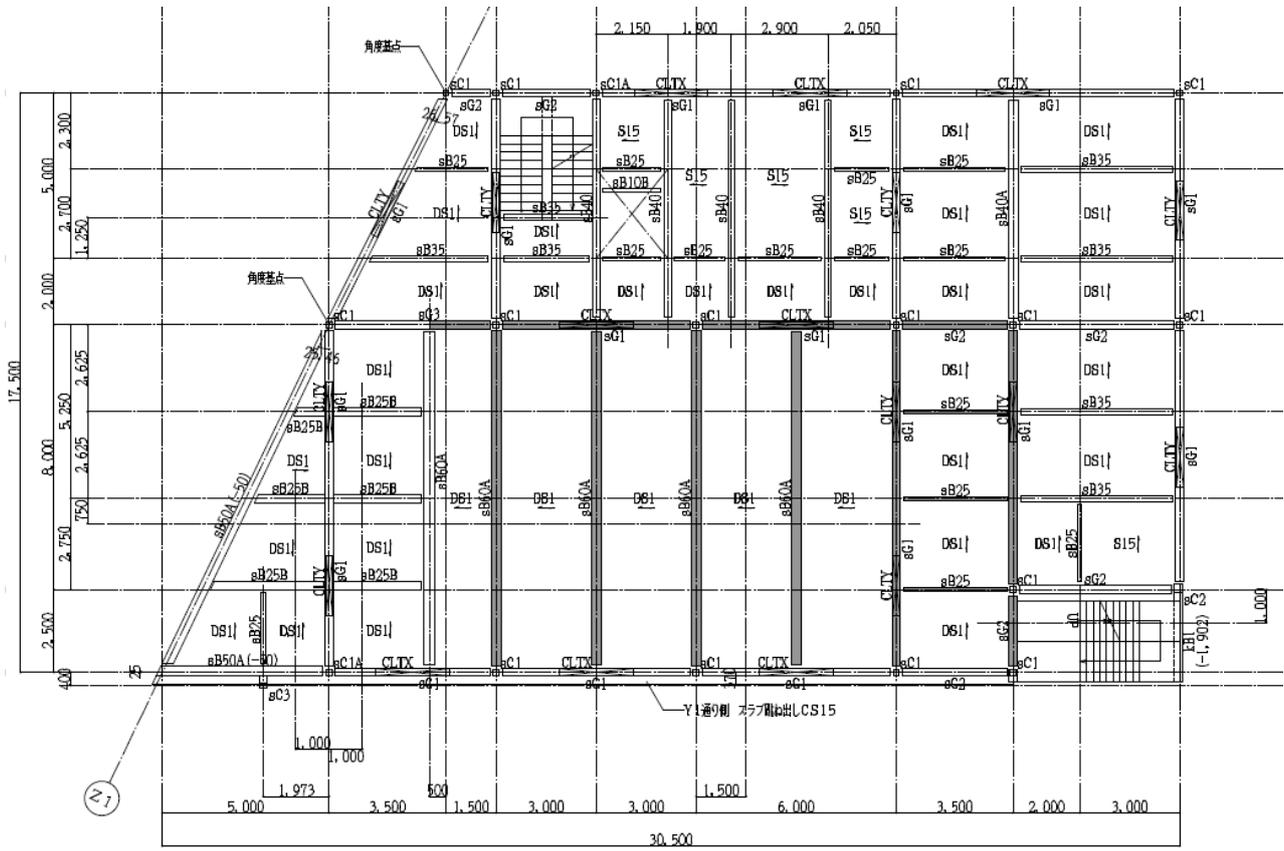
○構造図



1階伏図 (RC)



1階伏図 (木+S)



A-1) CLT ラーメン工法によって大スパンを実現する際の施工方法に関する課題抽出と解決策の検討

まず、本建物で採用する構造形式である CLT ラーメン工法について解説する。本工法は 2 種類の抵抗システムにより構成された鉄骨造に CLT を組み合わせた工法である (図 1)。

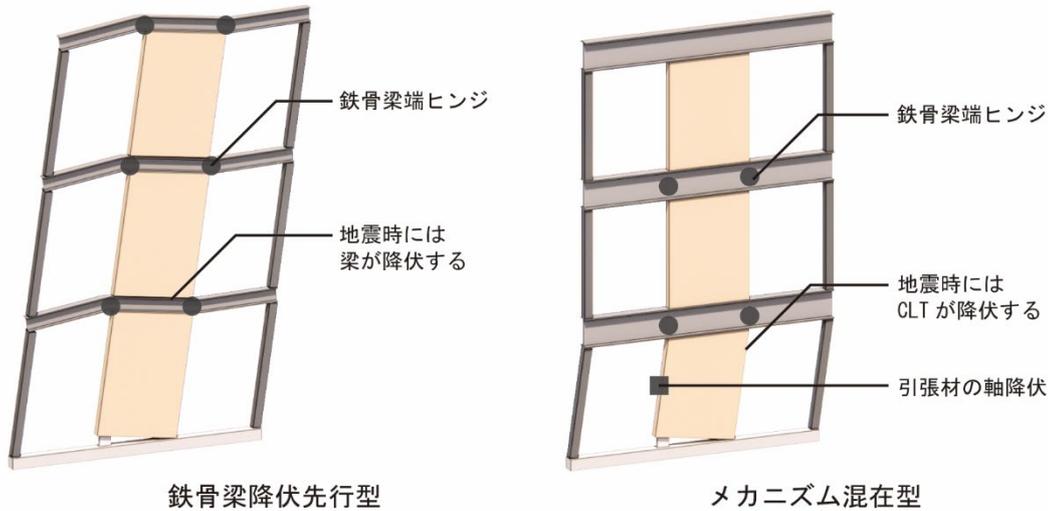


図 1 CLT ラーメン工法概要

CLT ラーメン工法は、鉄骨構造と CLT 構造それぞれの長所を組み合わせた構造計画として新たに開発された工法であり、本建物はその国内初の採用事例である。従来の鉄骨ラーメン工法におけるラーメン柱を CLT に置き換えるというシンプルな手法による導入が可能なることにより、工法の普及と併せて CLT 使用量の拡大を図ることを目的としている。

本建物では、図 1 左に示す鉄骨梁降伏先行型の構造方式を採用している。本方式は、鉄骨大梁と CLT 壁パネルを鉄骨ラーメン構造と同様に機能させ、1 階壁脚部および鉄骨大梁を先行して降伏させることで、全体崩壊形を形成するものである。いずれの構成も CLT が取りつく梁の両側に、梁の両端の動きを拘束するための柱が取りつくが、鉛直荷重は柱とともに CLT でも負担している。

本建物では、鉄骨梁降伏先行型として成立させるため、CLT 壁パネルを原則として各階同一位置に配置する構造計画としており、これは意匠側での平面計画との調整が重要となる。採用部材として、鉄骨梁は H-250×250×9×14，CLT 壁パネルには 210mm (S90・5-7) を用いている。また、CLT 壁パネル幅は、X 方向を 1,800mm，Y 方向を 2,200mm の 2 種の長さに絞って計画した (図 2)。

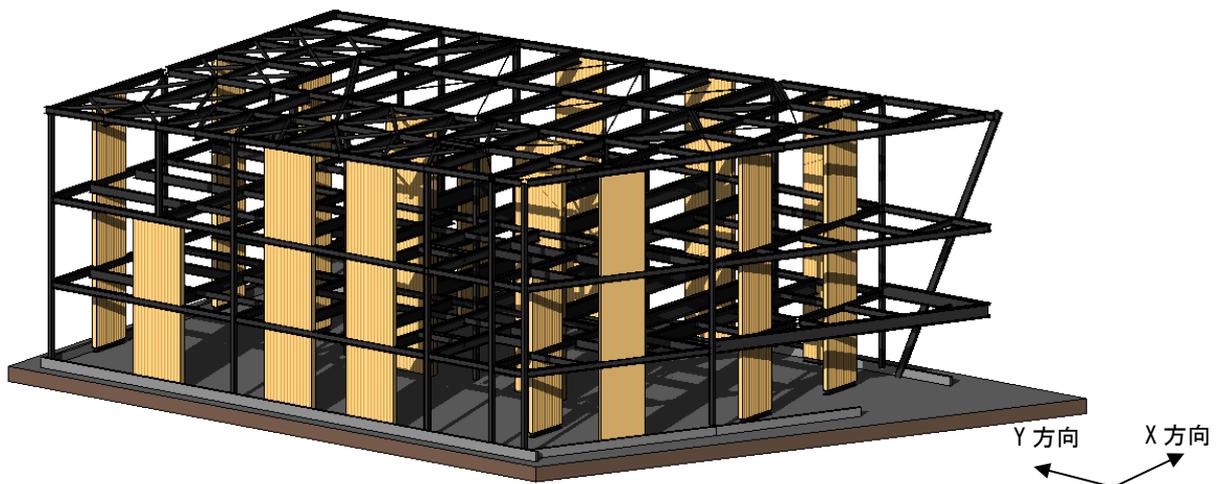


図 2 本建物の構造モデル

続いて、CLT ラーメン工法により大スパンを実現する際の施工方法の検討を行った。本建物では、執務スペースにおいて 10.5m の大スパン空間を計画し、柱のない執務空間の実現を目標とした。約 10m 規模の無柱空間の実現は、将来的に店舗や教室など大空間を必要とする用途への転用が可能となり、様々な用途での本工法の採用につながる可能性がある。

同等のスパンを純木造で実現する場合、大断面集成材の採用が必要となり、材料コストの増加や製作期間の長期化が懸念される。また、鉄骨梁に比べて梁せいが高くなることから、天井高を確保するためには階高を上げる必要が生じ、躯体コストだけでなく、外装や内装コストが増加することになり、建物全体のコストアップにつながる可能性が高い。

これに対し、CLT ラーメン工法では主架構を鉄骨梁としていることから、大スパンを合理的に確保できる。また、設備計画の面においても、鉄骨梁は大断面集成材と比較してスリーブ計画の自由度が高く、配管施工の柔軟性を確保できる点でもメリットがある。

現場における施工方法の検証として、大スパン部の建て方施工写真を示す（図 3・4）。大空間が必要となる執務スペースの周囲の梁には CLT を配置しており、大スパン空間の確保と共に、CLT 現しによる内装木質化という付加価値を付与している。以上より、本工法は構造性能の合理的な確保と意匠的価値の向上を同時に実現する工法として訴求ができるものとなっている。

図 3 の通り、10.5m スパンを構成する大梁には H-600 を使用しており、一方、鉄骨梁先行降伏型の形式を採用していることから、CLT に取り付く梁は H-250 を使用しており、部分的に H-250 の小さい梁に H-600 の大きい梁が取りつく納まりとなっている。そのため、この部分では H-600 の梁端部をテーパ形状とすることで、現しとなる鉄骨梁の意匠性を確保しながら納める計画とした。これは、接合部をピン接合とし、ブラケットを設けない構成とすることで実現している。本手法は今後、CLT ラーメン工法を採用した場合の大スパン架構時の納まりの一例としても有効である。

さらに、本計画では敷地隣接地に鉄骨製作工場があり、現場横に十分なヤードを確保できる条件であったことから、鉄骨柱は 3 層通し柱とし、外ダイアフラム形式で計画した。輸送条件の制約が小さい本件では、柱を階ごとに分割する必要がなく、製作および建て方の双方において合理化を図ることが可能であった。鉄骨柱は主として \square -175 を採用しており、従来の鉄骨ラーメン工法と比較して柱断面を小さく抑えることが可能であった。これは鉛直荷重を柱のみならず CLT も分担していることで実現できているものであり、柱断面を小さくできることは室内の柱型を抑制し、室内空間の隅の空間を有効に活用できるという点でも利点がある。

以上のように、工法特有の構造計画および納まり部の工夫により、CLT ラーメン工法による大スパン空間の実現における課題抽出と解決策の検討を図った。



図 3 大スパンの空間



図 4 鉄骨柱との大梁接合部

A-2) CLT ラーメン工法において遮音性を向上させる際の課題抽出と解決策の検討

一般に、床に CLT を用いる乾式床構成では、上下階間の床衝撃音が課題となることが多い。CLT は高い剛性を有する一方で、RC スラブと比較すると単位面積当たりの質量が小さいため、特に重量床衝撃音に対して不利となりやすい。このため、事務所用途では問題とならない場合があるものの、共同住宅、宿泊施設、福祉施設など、居住性や静穏性が求められる用途では、追加的な遮音対策が必要となる場合が多い。このような場合においては、CLT 床上にコンクリートを打設して湿式床とする、あるいは浮床を計画するなど、質量や遮音層を追加することで遮音性能を補完する方法が一般的に採用される。しかし、これらの対策は床構成の複雑化や施工負担の増加を招く可能性がある。

一方、一般的な鉄骨造では、デッキプレートとスラブコンクリートを組み合わせた湿式床であるデッキ合成スラブが広く採用されている。この構成はコンクリートにより十分な質量を確保できるため、質量則の観点からも床衝撃音の低減に有効であり、居室用途に求められる遮音性能を経済性に配慮しながら安定的に確保しやすい方法である。

CLT ラーメン工法は、鉄骨ラーメン工法を基盤として開発された構工法であり、主架構を鉄骨梁とする構成を前提としている。そのため、本工法では当初より湿式床構成を基本とする方針とし、CLT 単体床に起因する遮音上の課題を構造計画段階で回避している。すなわち、遮音性能を後付けで補強するのではなく、構造形式そのものにより必要十分な性能を確保する考え方である。

床へのデッキ合成スラブの採用は、デッキプレートの敷設により早期に床面が形成され、職人の歩行面ができることから、安全性の高さや施工性の良さも魅力的である（図 5）。また、本建物では、最上階に厨房などの水回りを配置しており、設備配管が集中する箇所が上階にある。これらの直下部分やトイレなどの設備配管が集中する箇所にはフラットデッキを採用し、デッキプレート部よりもコンクリート厚を確保することで配管周辺の構造耐力を担保している（図 6）。これにより、遮音性能と構造安全性を両立させつつ、設備計画の自由度を確保する計画としている。

さらに、内装工事過程においても、仕上げへの岩綿吸音板の採用や天井ふところへのグラスウール敷設などの遮音対策を講じており、躯体工事での上下階の遮音配慮に加えて仕上げ段階での遮音対策を実施している。これらの、躯体工事および内装工事の双方での対策を講じることで、事務所用途に求められる静穏性を確保する計画としている。

以上のように、CLT ラーメン工法ではデッキ合成スラブによる湿式床を基本とすることで、CLT で床を構成した場合に必要な追加的な遮音措置を講じることなく、遮音性能を躯体工事段階で経済面および施工面の双方において合理的に確保する計画としている。



図5 デッキプレート



図6 フラットスラブ

B-1) 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抽出と解決策の検討。

R5年度の設計実証では、CLTを用いた建築では接合部に製作金物が用いられるケースが多く、これがコスト上昇の一因となっていることを課題として整理した。特に、CLT自体の材料費が高価であることに加え、施工経験の少ない建設会社によるリスクを反映した積算が行われることで建設費全体が増加し、CLT建築の普及を阻害する要因となっていると考えられた。

これを受け、本建築実証では接合部の簡素化によるコスト抑制と施工性向上を検討した。具体的な接合部として、CLTと鉄骨との接合においては鉄骨梁からガセットプレートを持ち出し、ドリフトピンによりCLTと接合するシンプルな構成を採用している。

また、施工面の検討を実施し、設計実証時の納まりでは、構造計画上、CLT小口と鉄骨梁とで支圧を確保する必要性が高かったことから、鉄骨梁に溶接したガセットプレートにスリット加工を施したCLTを差し込み、横方向からドリフトピンを打つ接合方式としていた。しかし、この方法では接合工程の多くを現場で実施する必要があり、特にCLT現しとなる本建物では高い施工精度が求められるため、現場でのドリフトピン打ちは品質確保の観点で課題があった。また、本計画では敷地に隣接して十分なヤードが確保できたことから、地組みによる施工が可能であった。そこで、現場作業を最小限とし、地組段階で可能な限り接合を完了させる接合部形状への見直しを行った。

その結果、設計実証時の納まりを改め、CLT頭部と鉄骨梁との接合を一面せん断、CLT脚部と鉄骨梁との接合を二面せん断とする構成へ変更した(図7・8)。これにより、まずCLTとガセットプレートをヤードで地組みし、そのうえで梁とCLTを取り付けた部材を一体的に吊り込む手順とし、現場での作業量を大幅に削減するとともに、施工精度の向上を図ることを可能とした。

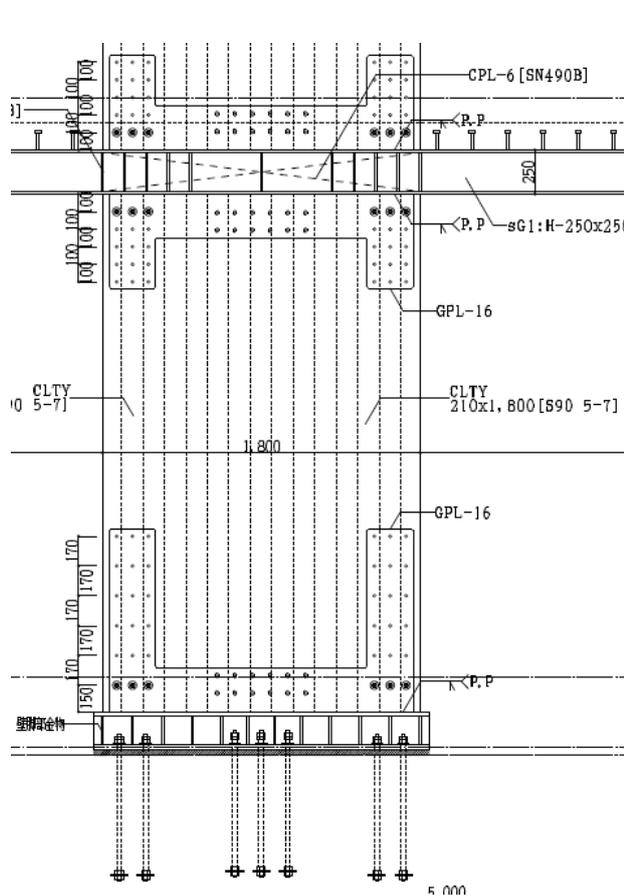


図7 改善前のCLT詳細図

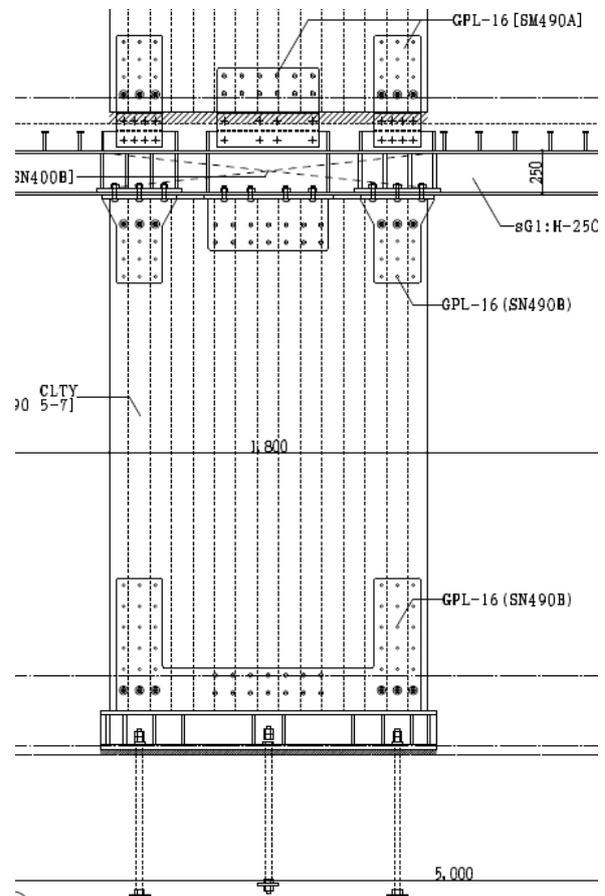


図8 改善後のCLT詳細図

また、屋根架構についても納まりの見直しを行った。設計段階では、CLT 小口と鉄骨梁で支圧を確保する必要があったことから、小屋梁は水平に限定して架構計画を行い、水平梁の上に屋根用の束材や母屋を追加する構成としていた（図 9）。この方法は支圧確保の点では合理的であるものの、屋根を支持する部材点数が増加し、架構が複雑化するという課題があった。また、鉄骨造の加工性や部材統合の利点を十分に活かさない点も課題であった。

そこで建築実証では、最上階 CLT の頭部を屋根勾配に合わせて斜めに加工し、金物を介して鉄骨梁に接合する構成へと変更した（図 10）。これにより、勾配付き小屋梁で架構することが可能となり、その上に屋根を直接載せるシンプルな形式を実現した。この見直しにより、屋根用の部材数を大幅に削減することができ、材料コストおよび施工手間の双方において低減効果が確認された。

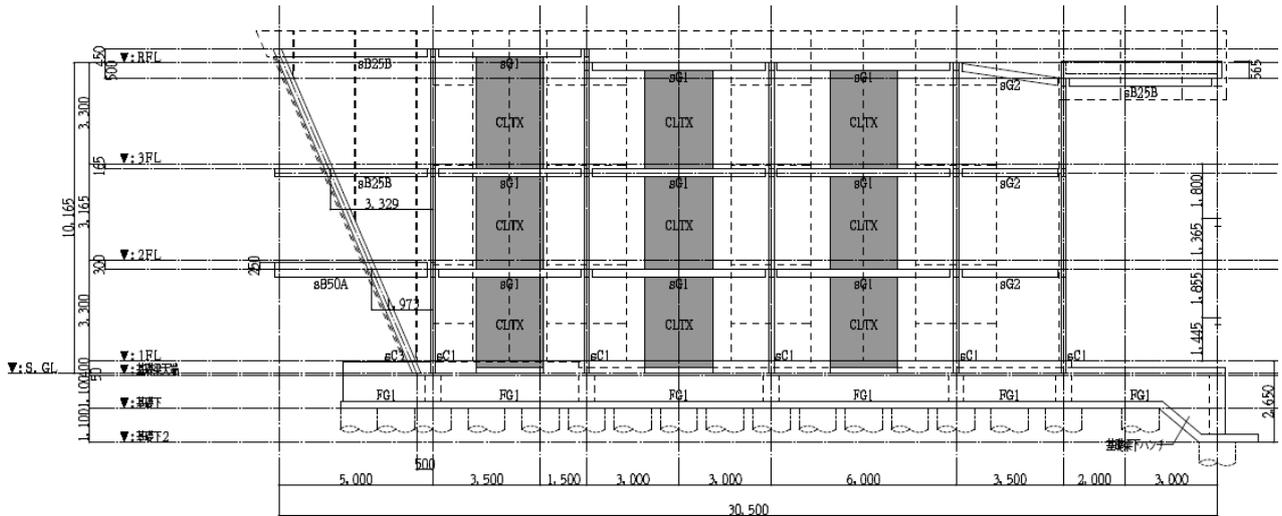


図 9 改善前の Y 1 通り軸組図

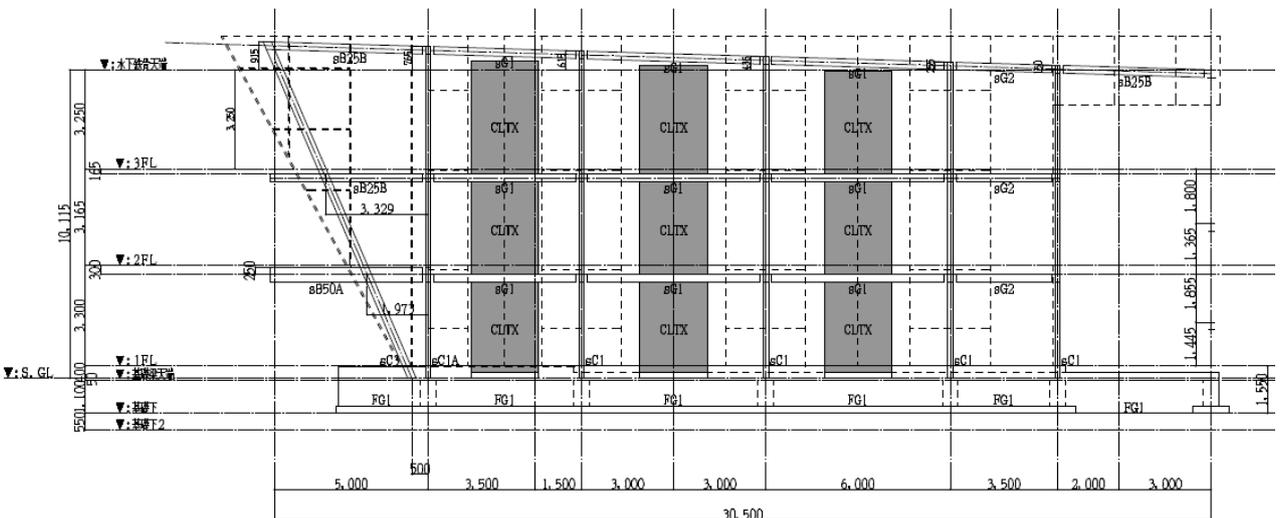


図 10 改善後の Y 1 通り軸組図

CLT 頭部と勾配付き鉄骨梁との接合部詳細図を示す（図 11）。図中の斜線部分は、構造計算上は考慮しておらず、CLT は矩形として扱っている。この整理により、屋根勾配に左右されることなく、構造計画を合理的に行うことが可能となる。この点は、屋根勾配の異なる他物件で本工法を採用する場合の自由度を高めている。

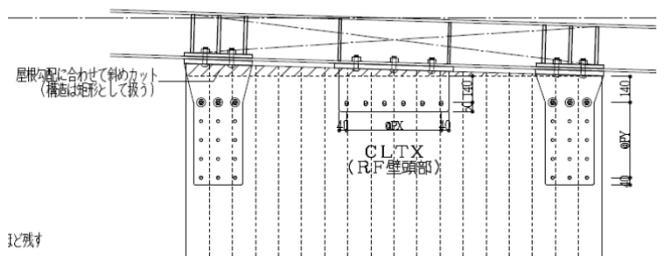


図 11 CLT 頭部詳細図

続いて、施工性に関する課題抽出として、鉄骨と CLT の部材製作に焦点を当てて検討を行った。本事業の施工組織体制は次の通りである（図 12）。

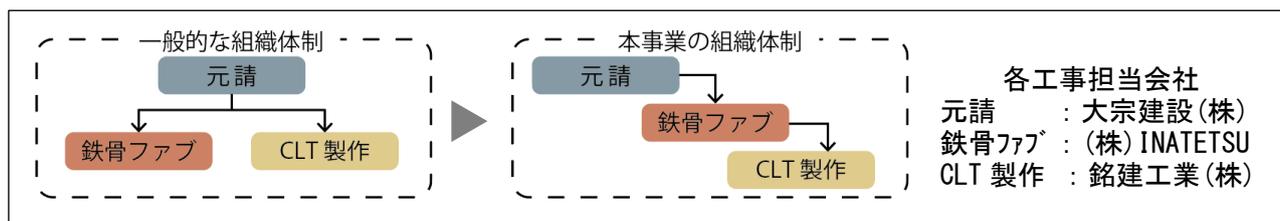


図 1 2 工事の組織体制図

CLT を利用したハイブリッド建築を施工する際の一般的な組織体制は、図の左側に示すとおり、元請が鉄骨ファブリケーターおよび CLT 製作会社にそれぞれ直接発注を行う形態である。この方式では、鉄骨と CLT の納まり確認は元請の担当範囲となり、施工図段階での整合確認から工事管理に至るまで、両業種間の調整を元請が担う必要がある。

一方、本事業で採用した右側の体制では、鉄骨ファブリケーターから CLT 製作会社へ発注を行う体制としている。この方式では、鉄骨と CLT の納まり確認を鉄骨ファブリケーターへの施工図提出段階で実施できるため、元請に図面が提出される時点で納まりの成立が前提となる。一般的な体制では、鉄骨ファブリケーターおよび CLT 製作会社がそれぞれ図面を作成し、元請による確認を経て修正を重ねながら整合を図る必要があるが、本体制ではこの工程が前倒しで実施され、結果として作図時間の短縮および業務の効率化に寄与する仕組みとなっている。

実際、ハイブリッド構造の建築物を施工する際、鉄骨と木造という異なる業界に属する両者の図面整合を図ることは相当な労力を要する。さらに、業界ごとに図面管理体制や品質管理基準が異なる点も課題である。鉄骨業界は長年の実績に基づく高度な製作管理体制を確立しており、加工精度や検査体制が体系化されている。本事業では、鉄骨ファブリケーターが従来鉄骨に対して実施している高い精度管理を CLT にも適用する体制としたことで、CLT 側にも同等の精度確保が求められる環境を構築した。これにより、鉄と木が共通の精度指標のもとで製作される体制が形成された。

具体的な取り組みとして、実寸出力した鉄骨部材のシートを CLT に当てることで、鉄骨と CLT の加工誤差の確認を行った（図 13・14）。これらの試みにより、鉄骨ファブリケーターが通常触れることのない CLT の扱いを可能としており、鉄と木を一体的に扱う施工体制の構築につながった。

その結果、本事業は一棟の建築を実現するにとどまらず、ハイブリッド構造の施工を担う人材および体制の育成という観点においても意義を有する取り組みとなった。

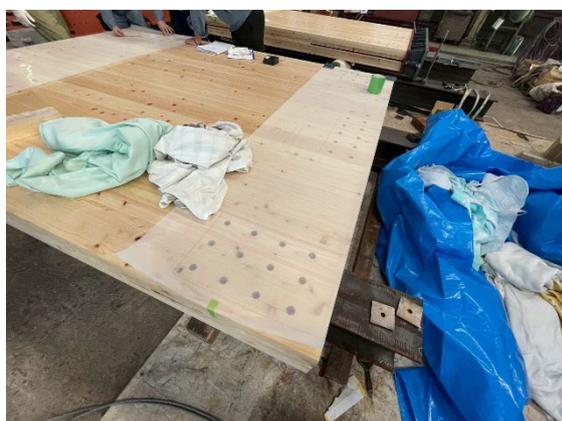


図 1 3 部材間の精度確認工程

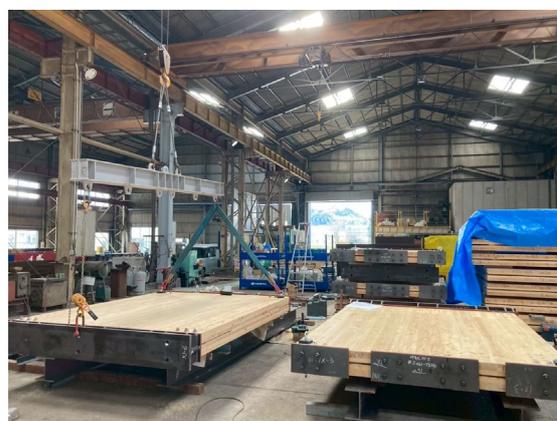


図 1 4 鉄骨工場内での地組み作業

C-1) CLT ラーメン工法の施工時における手順の確認，課題抽出と解決策の検討

CLT ラーメン工法で実際に建設する際の，施工手順を確認するとともに，現場で顕在化した課題の抽出およびその解決策について検討を行った。本工法は鉄骨ラーメン工法をベースとしているため，鉄骨造における一般的な施工フローを基本としつつ，CLT を壁柱として組み込む工程が追加される点に特徴がある。ここでは，施工全体の流れを整理した上で，各工程における課題と解決策を明らかにし，CLT ラーメン工法の施工性および再現性について検証する。

本建物の建て方工程までの施工手順は次の通りである（図 15）。

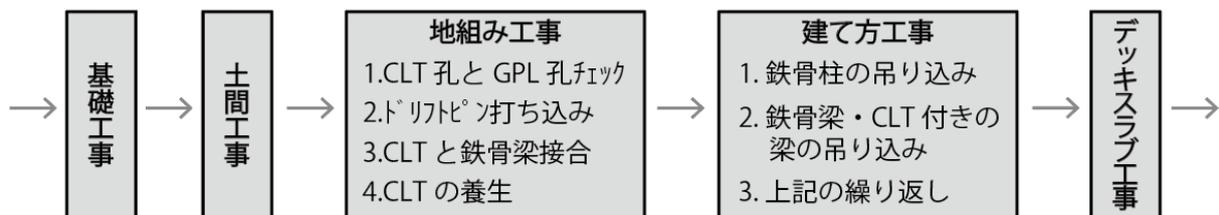


図 15 現場での施工手順

本工法の施工手順は，基礎工事や土間工事の実施時に鉄骨や CLT の製作を並行して進め，土間工事完了後に，地組み工事と建て方工事を行い，デッキスラブ工事へ移行する流れとした。

地組み工事では，まず CLT とガセットプレートの孔位置の整合確認を行い，その後，ドリフトピンで CLT と鉄骨梁を接合する。接合完了後は CLT の養生を行い，鉄骨梁と一体化したユニットを構成する。建て方工事では，工区内の鉄骨柱を先行して吊り込み，その後，CLT を取り付けた鉄骨梁を吊り込む工程を繰り返すことで架構を組み上げた。本施工手順は，鉄骨と CLT の接合を可能な限り地組み段階で完結させることにより，現場作業および現場合わせの調整作業を削減し，施工精度の向上および工期短縮を図ることに大きな特徴がある。

続いて，施工時に抽出された課題を整理する。下記に各工程での課題点をまとめた（表 1）。

表 1 各工程での課題点のまとめ

基礎～土間工程
<ul style="list-style-type: none"> 鉄骨柱と CLT 壁柱下に必要なアンカーフレーム数が多い 梁主筋継手位置が特殊なことにより継手位置が増える。また，継手を圧接まで保持するため，主筋の架台（基礎エース）が多く必要となる 柱脚部に梁主筋・アンカーボルトが密集しすぎる 基礎水平打継ラインが梁主筋より下となり，手間が増える
地組み工程
<ul style="list-style-type: none"> 鉄骨と CLT の加工精度差により，ドリフトピンが入りにくい箇所がある 鉄骨土台の GP がコの字となっており，ドリフトピンが入りにくい 地組みにもクレーンが必要となるため，積算時の想定が必要 地組み工事を実施するために，従来の鉄骨ラーメン造の工事ヤードよりも大きなヤードが必要
建て方～デッキスラブ工程
<ul style="list-style-type: none"> 今回は建築地横のヤードで地組みができる好条件であったが，その他の現場ではどうするか CLT 部は梁の上を歩けないので，渡り設備の検討が必要 デッキ工事では CLT 直上に火花が落ちるため，防炎シートでは対策しきれない

続いて、各工事工程で抽出された課題に対する解決策の検討を行った。

基礎および土間工事における課題は、「基礎・柱脚部における配筋過密および部材干渉」と「基礎施工手順および打継ぎ計画上の課題」の二点に整理された。

配筋過密・干渉の課題に対しては、鉄筋とアンカーボルトの干渉を回避する配筋計画とすることで解決が可能となる。具体的には、CLT 直下の梁両側に約 100mm のふかしを設け、その内部にアンカーフレームを納める計画とする（図 16）。これにより、アンカーボルト位置を梁主筋の配筋経路から外すことができ、柱脚部の配筋過密および施工時の干渉を低減できる。

また、本建物は CLT 壁柱の両端に鉄骨ピン柱を配置するため、鉄骨柱-CLT-鉄骨柱の構成となる。このため、従来の柱-柱間での梁主筋継手とは異なり、鉄骨柱-CLT 間に継手が生じる（図 17）。結果として短スパン区間で継手が増え、主筋の余長ロスおよび施工手間の増大が課題となった。

これに対しては、梁主筋の継手位置を CLT 直下にも設定可能とするなど、継手位置の自由度を確保する配筋計画とすることで、主筋ロスの低減および施工性の向上を図ることが可能となる。



図 16 CLT 直下の梁ふかし



図 17 本計画での継手位置

基礎施工手順および打継ぎ計画上の課題としては、CLT 直下に鉄骨土台を据える必要があることや乾式・湿式の床が混在することから土間レベルが部分的に変化し、箱抜きや段差が生じる点が挙げられた（図 18・19）。この結果、施工手間の増加や納まりの複雑化が発生する状況となった。

この課題に対しては、湿式および乾式仕上げ部分の床レベルを可能な限り統一する計画とすることで合理化することが可能となる。具体的には、湿式仕上げ側を嵩上げポリスチレンフォーム板の上に約 80mm のコンクリートを打設する構成とすることで、段差の発生を抑制する方法が有効である。さらに、CLT 鉄骨土台を意匠的に現しとして扱うことを許容すれば、床レベル調整の自由度が高まり、段差処理の簡素化および施工手間の低減につながると考えられる。



図 18 鉄骨土台周囲の箱抜き

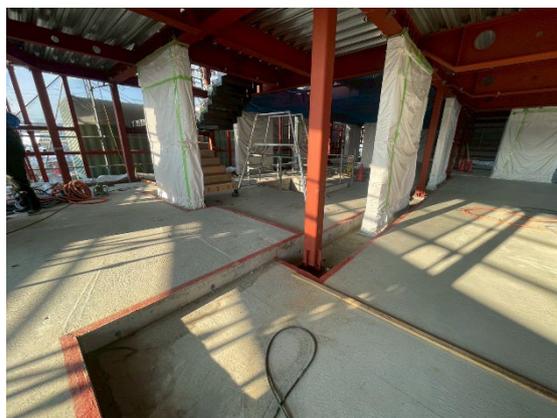


図 19 レベルの異なる土間

地組み工程における課題は、「接合部の施工性・精度管理に関する課題（品質・納まり）」と「地組み工程の成立条件に関する課題（仮設・施工計画・コスト）」の二点に整理された。

まず、施工性・精度管理に関する課題としては、鉄骨側と CLT 側の製作精度の違いに起因する施工誤差の調整の煩雑さが挙げられた。特に、ガセットプレートと CLT の接合部において、鉄骨土台に溶接されたガセットプレートがコの字形となっていたため、位置調整の自由度が低く、ドリフトピンの挿入に支障が生じる場面があった（図 20）。一方、他の部位ではガセットプレートを両端と中央の三分割構成としていたため、調整が容易で施工性は良好であった（図 21）。今後は、鉄骨土台側についても同様に三分割構成とすることで、接合部の施工性向上する必要がある。

次に、地組み工程の成立条件に関する課題としては、クレーン配置やヤード確保など工程計画および積算段階での十分な検討が必要となる点が挙げられた。本件では建築地に隣接して十分なヤードを確保できたため、梁全長に CLT を取り付けた状態での一体吊り込みが可能であった。しかし、今後の展開を見据えると、ヤードが限定的な現場では近隣敷地を借りたうえでの施工も想定される。

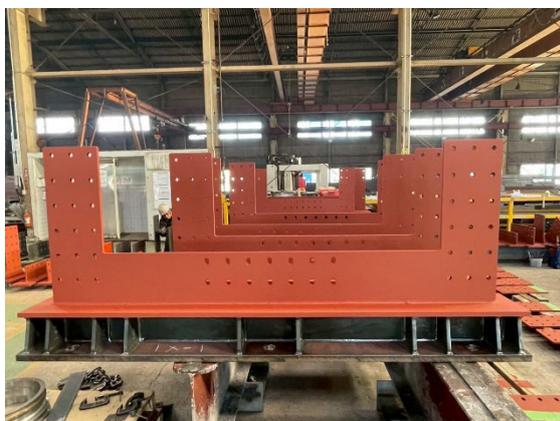


図 20 コの字形状のガセットプレート



図 21 三分割されたガセットプレート

建て方工程については、課題点の抽出を行ったものの、施工自体は概ねスムーズに進行した。一方で、今後の展開を見据えた課題として、地組みヤードを十分に確保できない現場条件への対応が挙げられる。その場合、CLT 上部の両端で梁をジョイントする構造計画とし、CLT 工場において梁までを先行接合した状態で搬入する方法が考えられる（図 22）。この方法は、地組み工程の大部分を工場内で完結させることが可能となり、現場作業の削減や短工事化に寄与することが期待できる。

また、火気作業・防火管理上の課題として、デッキ工事で CLT 上に火花が落ちるといった課題が挙げられた。地組み工程段階で防災シートを巻く計画としたが、それでも上下の隙間から火花が入るリスクがあった（図 23）。そこで、現場に監視員と火受けの人工を追加配置で対応した。このため、今後は、事前に人工を見込んでおくなどの対応が必要となる。



図 22 工場地組時のジョイント位置



図 23 防災シートでの養生

C-2) 事務所以外の用途に使用する際のスパン調整や構造計画に関する課題抽出と解決策の検討

本工法は、鉄骨梁を主架構とし、CLTを壁柱として組み込むハイブリッド構成である。このため、梁スパン、CLTの配置、設備容量等の設計変数を調整することで、事務所用途に限らず多様な用途への展開が可能な構工法であると考えている。一方で、用途が変わると要求される性能の優先順位（大スパン、積載荷重、遮音性等）が変化し、計画上の支配要因も異なる。ここでは、想定用途ごとの要求性能を整理し、以降のスパン調整および構造計画の検討における前提条件を明確化した（表

表2 設計変数の整理

	大スパン	積載荷重	遮音性 (床/壁)	耐火	設備容量	木現し
学校	◎	○	◎	△	○	◎
店舗	◎	◎	○	△	△	◎
共同住宅	△	△	◎	○	×	○
福祉施設	△	△	◎	△	△	○
工場	◎	◎	△	○	△	×

◎：特に重要（設計・構造計画を強く支配） ○：重要 △：条件次第 ×：優先度が低い

※ここでの重要度は性能良否を示すものではなく、各用途で支配的となる設計論点を整理することを目的とする

用途別の要求性能整理と照らし合わせると、本工法は、学校、店舗、工場等の大スパンが求められる用途との親和性が高いことが分かる。特に学校や店舗においては、CLTを現しとすることで内装木質化が図られ、施設内で過ごす学生や従業員、来訪者に対して、心理的な快適性の向上や生産性向上といった肯定的な効果を期待することができる。このことから、学校および店舗等の用途が、本工法の主要なターゲットになり得ると考えられる。

一方、木現しへのニーズは、学校や店舗に限らず、居住性が重視される共同住宅や福祉施設においても一定程度存在すると考えられる。特に共同住宅および福祉施設は、同一規模・同一用途の建築が繰り返し計画されるケースが多く、一度合理的な構成が確立されれば、同規模での横展開が期待できる用途である。これらの用途においては、意匠性や特殊性能を過度に追求するよりも、一定水準の性能を安定的に確保できる構工法であることが重視される。

福祉施設においては、居住性、運用性、将来的な改修への対応といった要素とのバランスが特に重要となる。また、大スパンや高い積載荷重を必要とするケースは限定的であり、過剰な構造性能を避けた合理的な計画が事業性の観点からも求められる。CLTラーメン工法は、単価の高いCLTを構造躯体に限定的に導入する構成であることから、最小限のCLT利用により必要十分な性能を確保しやすい点に特徴がある。これにより、材料寸法やディテールの標準化および再現性の確保が図りやすく、普及型構工法としての適性が高いといえる。

さらに、本工法はCLTを用いることで炭素固定効果を有し、鉄骨造単体と比較して環境性能の向上が期待できる。近年、公共建築物においては木材利用促進や脱炭素化への対応が求められており、本工法はこうした政策的要請とも整合する構成であり、維持管理コストを含めたライフサイクルコストの観点からも合理性を有する構工法として評価できる。

以上より、CLTラーメン工法は様々な用途に対して要求性能に応じて構成を調整できる汎用性の高い構工法であることが確認できる。特定用途に特化した工法ではなく、用途ごとの設計判断を整理することで横展開が可能な「普及型構工法」として位置付けられる点に本工法の意義がある。

既存の工法（鉄骨造）と CLT ラーメン工法の各構造躯体費の比較

本事業では、純鉄骨造と CLT ラーメン工法でのコスト比較を実施した。設計実証段階および建築実証段階でのコスト比較表を以下に示す（表 3・4）。

表 3 設計実証段階でのコスト比較表

設計実証段階			
	純鉄骨造	CLT ラーメン工法	備考
鉄骨本体工事(円)	49,626,119	43,581,086	
CLT 部鉄骨(円)	0	8,623,249	CLT と鉄骨取り合いの鋼材・加工費
CLT 工事(円)	0	18,932,400	
建て方工事(円)	18,386,000	18,686,500	CLT 部分の施工手間を考慮した金額
合計(円)	68,012,119	89,823,235	差額 約 2,200 万円

表 4 建築実証段階でのコスト比較表

建築実証段階			
	純鉄骨造	CLT ラーメン工法	備考
鉄骨本体工事(円)	49,423,096	38,802,339	小屋架構の見直しによりコスト減
CLT 部鉄骨(円)	0	8,146,919	納まり見直しで約 50 万円減
CLT 工事(円)	0	15,950,000	鉄骨ファブで加工図作図しコスト減
建て方工事(円)	18,386,000	18,686,500	CLT 部分の施工手間を考慮した金額
合計(円)	67,809,096	81,585,758	差額 約 1,400 万円

比較の結果、建築実証段階での CLT ラーメン工法の工事費は、鉄骨造に比べて約 1,400 万円高い金額となった。設計実証時に実施した詳細比較では差額は約 2,200 万円であったことから、建築実証を通じて約 800 万円の縮減が実現したことになる。この結果は、本工法をコスト競争力のある構工法として普及させる上で、設計・施工一体の検討が有効であったことを示している。

内訳を見ると、鉄骨本体工事費は小屋架構の見直しにより約 480 万円減少している。また、CLT 部鉄骨は接合部納まりの合理化により約 50 万円縮減した。さらに、CLT 工事費は約 300 万円減少しており、鉄骨ファブリケーターによる加工図作成や接合部整理などの結果である。一方、建て方工事費は約 30 万円の増額にとどまり、施工手間の増加は限定的であった。

以上より、CLT ラーメン工法は純鉄骨造と比較してコストは増加し、その主因は CLT 材料費および接合部鋼材にあることが明らかとなった。さらに、部材寸法、接合ディテール、施工手順の標準化が進めば、繰り返し生産による量産効果が発揮され、材料ロスの低減、加工時間の短縮、施工の習熟化による労務費削減など、総合的なコストダウンが見込まれる。すなわち、本工法は単発プロジェクトではコスト差が顕在化するものの、一定規模での継続的な展開を前提とすれば、量産効果により鉄骨造との差額縮減がさらに進む可能性を有している。

今後、CLT 材料費の低減や接合部のさらなる標準化が進めば、経済性は一層向上すると考えられる。また、木質化による意匠的価値や炭素固定量による環境性能効果までを含めた総合評価により、本工法はコストのみならず多面的な価値を有する構工法として位置付けられるべきである。さらに、脱炭素社会の実現に向けた公共建築物への木材利用促進や、ESG 投資の観点からの環境配慮型建築への評価を踏まえれば、本工法は社会的要請とも整合する選択肢となり得る。