

2. 1 0 (株) INATETSU／(株)studioKOIVU 一級建築士事務所

2. 1 0. 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ーケーター新社屋の設計実証	
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（坂口友希夫）	
建築物の概要	用途		事務所
	建設地		三重県四日市
	構造・工法		鉄骨造 一部木造
	階数		3
	高さ（m）		11.260
	軒高（m）		10.230
	敷地面積（㎡）		2,334.16
	建築面積（㎡）		472.69
	延べ面積（㎡）		1390.520
	階別面積（㎡）	1階	462.433
2階		472.263	
C L T の仕様	C L T採用部位		壁柱
	C L T使用量（㎡）		加工前製品量69.296㎡，建築物使用量63.670㎡
	壁柱	寸法	210mm厚
		ラミナ構成	層7プライ
		強度区分	S90A-5-7
		樹種	ヒノキ
	床パネル	寸法	-
		ラミナ構成	-
		強度区分	-
		樹種	-
小屋パネル	寸法	-	
	ラミナ構成	-	
	強度区分	-	
	樹種	-	
木材	主な使用部位（CLT以外の構造材）		屋内天井ルーバー
	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		15.664㎡
仕上	主な外部仕上	屋根	SGL鋼板 t0.8 折板葺 H91 W300 平タイプ ペフ付き t4
		外壁	耐火断熱サンドイッチパネルt75
	主な内部仕上	開口部	アルミサッシ＋二層複層ガラス（複層Low-E6＋A12＋耐熱強化10） スチールサッシ＋二層複層ガラス（複層Low-E8＋A12＋F8）
		界壁	-
		間仕切り壁	LGS下地、PBt12.5の上塗装仕上げ
		床	スチール系OAフロア ＋ タイルカーペットt7張り、 パーティクルボードt20 ＋ 捨貼合板t12 ＋ 長尺塩ビシートt3張
構造	天井	デッキプレート・鉄骨梁 SOP塗装仕上、吊り木ルーバー	
	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		純木造では大スパンを飛ばすことは難しい。そのため、本建物では梁を鉄骨とすることで、大幅なコストアップをせずとも大スパンの実現が可能とした。
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（防火壁を適用除外とするために自主的に準耐火建築とする）
	本建築物の防耐火仕様		準耐火建築物（ロ-1）
温熱	問題点・課題とその解決策		敷地いっばいに建物を建てたいという施主要望があったため、耐火部分を計画することでその他建築物の面積を1000㎡以内に抑え、大規模木造の敷地内通路を適用除外として対応した。
	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		外壁の耐火断熱サンドイッチパネルによる断熱とした。
	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	ロックウール・75mm
施工	床	硬質ウレタンフォーム・30mm	
	遮音性確保に関する課題と解決策		デッキプレートによる遮音を計画している。
	建て方における課題と解決策		事前にCLTと鉄骨を組付けたものを吊り込むことにより、現場での施工精度向上や短工期化を計画している。
	給排水・電気配線設置上の工夫		執務スペース上部は天井現し、配管を露出させることで施工性を向上させ、ラッキングにより意匠性も担保する計画である。
	劣化対策		防蟻処理を実施する。
工程	設計期間		2024年4月～2025年3月（12ヵ月）
	施工期間		2025年8月～2026年6月（11ヵ月）＊予定
	C L T 躯体施工期間		2025年10月～11月頃（約1ヵ月）
体制	竣工（予定）年月日		2026年6月30日
	発注者		株式会社INATETSU 代表取締役 稲垣法信
	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
	C L T 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. 10. 2 実証事業概要

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ーケーター新社屋の設計実証
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		鉄骨造 一部木造		
階数		3		
高さ（m）		11.260	軒高（m）	10.230
敷地面積（㎡）		2334.16	建築面積（㎡）	472.687
階別面積(㎡)	1 階	462.433	延べ面積（㎡）	1390.520
	2 階	472.263		
	3 階	455.824		
CLT 採用部位		壁柱		
CLT 使用量（m³）		加工前製品量 69.296 m³、建築物使用量 63.670 m³		
CLT を除く木材使用量（m³）		14.836 m³（木ルーバー） 0.828 m³（ルーバー下地）		
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 カ月）		
施工期間		2025 年 8 月～2026 年 6 月（11 ヶ月）＊予定		
CLT 躯体施工期間		2025 年 10 月～11 月頃（約 1 か月）		
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

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) CLT と鉄骨の良さを掛け合わせた普及型ハイブリッド工法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、CLT を用いた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設計方法と施工方法につい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、塩原拓

(構造設計) (株) ディックス 田村尚希、辻拓也

(施工) (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 ラーメン工法で大スパンを実現する際の設計・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の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) 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 とディックス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整理する。C-1)について、INATETSU、銘建工業が現場施工時の手順の確認、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6年6月：第1回開催、事業全体の問題点洗い出し

7月：第2回開催、CLT ラーメン工法を用いた基本設計、防耐火計画の検討

8月：第3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

9月：第4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

10月：第5回開催、CLT ラーメン工法採用時の構造面での課題の検討

11月：第6回開催、CLT ラーメン工法採用時の施工面での課題の検討

12月：第7回開催、設計と施工方法の取りまとめ

令和7年1月：第8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6月：CLT ラーメン工法を用いた基本設計、防耐火計画

7月：CLT ラーメン工法を用いた大スパンをもつ空間の設計

8月：CLT ラーメン工法を用いた遮音性に配慮した設計

9月：CLT ラーメン工法用いた構造設計

10月：CLT ラーメン工法採用時の施工方法の策定

11月-12月：設計と施工方法の取りまとめ

令和7年1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 ラーメン工法で大スパンを実現する際の設計・施工方法に関する課題抽出と解決策の検討。

CLT ラーメン工法は、鉄骨梁と壁柱となる CLT を組み合わせた構造であり、鉄骨梁による大スパンの実現が可能である。本工法での設計留意点として、CLT 配置計画が重要であると示した。また、変形梁を活用した梁同士の取り合いを、接合部の一例として示した。

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の抽出と解決策の検討。

CLT ラーメン工法では、鉄骨造と同様にデッキプレート+コンクリート構成を採用することで、一定の遮音性能を確保している。追加での遮音対策は、天井材の選定や断熱材の充填等が可能で、高い遮音性と CLT 利用の両要望がある物件での採用が期待される。

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。

本工法では、鋼板挿入型の接合部を採用している。施工時の課題として、ドリフトピンの施工箇所が多いことから各部材に高い加工精度が求められる点が挙げられた。

C-1) CLT ラーメン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。

現場施工精度と作業効率向上のため、CLT と接合する鉄骨部材を工場で組み立て、現場に搬入する計画とした。これにより、現場作業を削減し、工程短縮を図ることが可能となる。

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。

CLT ラーメン工法では大スパンを実現可能であり、事務所以外の用途にも適用可能であることを示した。特に、大空間を要する教育施設や工場などでは、鉄骨とのハイブリッド構造により無理のない構造計画で大スパンの実現が可能となる。構造計画では、マザーボード

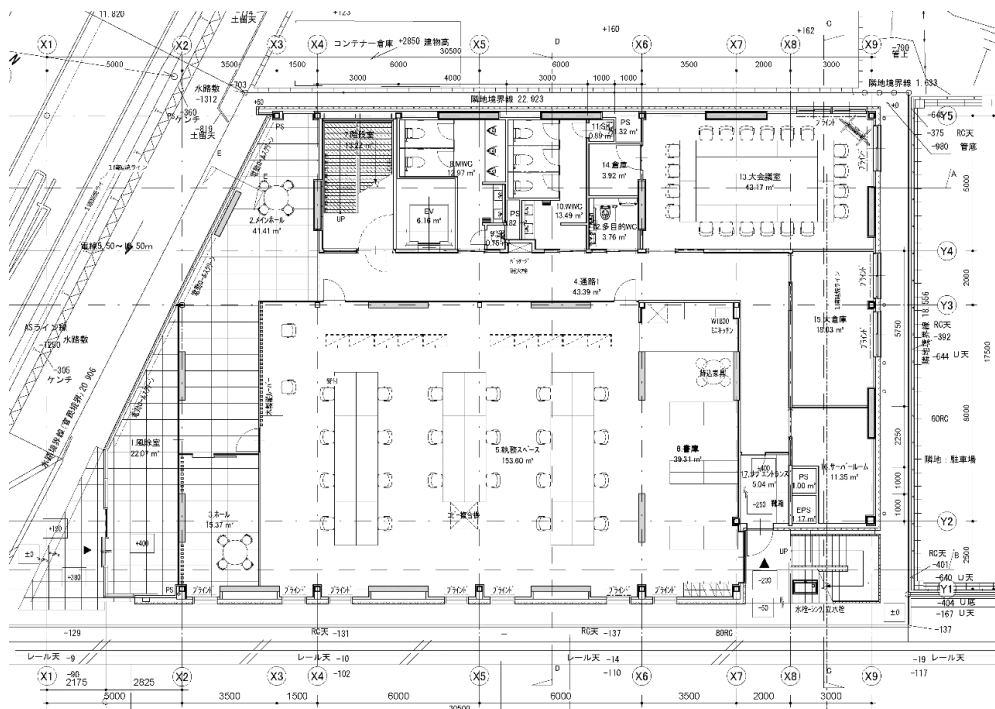
の製造基準サイズを考慮して CLT 幅を設定することで、歩留まり向上が可能となる。

6. 本実証により得られた成果

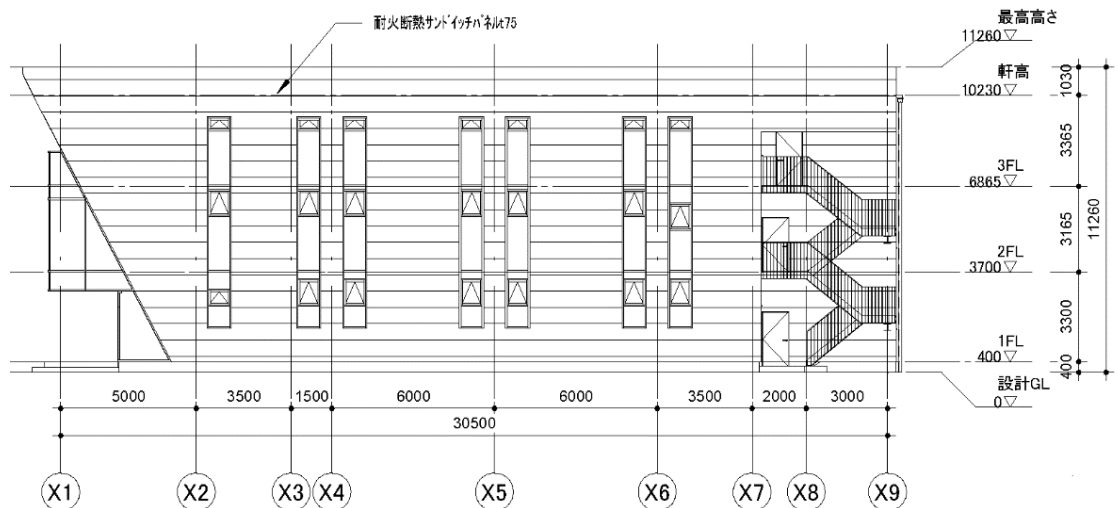
本実証では、CLT ラーメン工法の大スパン実現、遮音性能向上、接合部の強度確保、施工手順の最適化、用途拡大の可能性について検証を行った。鉄骨とのハイブリッド構造により、大空間を確保しながら施工の合理化をするための解決策を明らかとした。また、工場での事前組み立てにより、現場での施工精度の向上を図った。今後は設計・施工の標準化を進め、普及促進に向けた技術改良を継続することが求められる。

7. 建築物の平面図・立面図・写真等

○設計図面



1 階平面図



東側立面図

令和5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設計実証

成果報告書

株式会社 studioK0IVU 一級建築士事務所

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		三重県四日市広永町下八重田 73-3		
構造・工法		鉄骨造 一部木造		
階数		3		
高さ（m）		11.260	軒高（m）	10.230
敷地面積（㎡）		2334.16	建築面積（㎡）	472.687
階別面積	1 階	462.433	延べ面積（㎡）	1390.520
	2 階	472.263		
	3 階	455.824		
CLT 採用部位		壁柱		
CLT 使用量（m³）		加工前製品量 69.296 m³，建築物使用量 63.670 m³		
CLT を除く木材使用量（m³）		14.836 m³（木ルーバー） 0.828 m³（ルーバー下地）		
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 カ月）		
施工期間		2025 年 8 月～2026 年 6 月（11 ヶ月）＊予定		
CLT 躯体施工期間		2025 年 10 月～11 月頃（約 1 か月）		
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) CLT と鉄骨の良さを掛け合わせた普及型ハイブリッド工法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、CLT を用いた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設計方法と施工方法につい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, 塩原拓

(構造設計) (株) ディックス 田村尚希, 辻拓也

(施工) (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 ラーメン工法で大スパンを実現する際の設計・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の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) 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 とディックス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整理する。

C-1)について，INATETSU，銘建工業が現場施工時の手順の確認，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 6 年 6 月：第 1 回開催，事業全体の問題点洗い出し

7 月：第 2 回開催，CLT ラーメン工法を用いた基本設計，防耐火計画の検討

8 月：第 3 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

9 月：第 4 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

10 月：第 5 回開催，CLT ラーメン工法採用時の構造面での課題の検討

11 月：第 6 回開催，CLT ラーメン工法採用時の施工面での課題の検討

12 月：第 7 回開催，設計と施工方法の取りまとめ

令和 7 年 1 月：第 8 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 6 月：CLT ラーメン工法を用いた基本設計，防耐火計画

7 月：CLT ラーメン工法を用いた大スパンをもつ空間の設計

8 月：CLT ラーメン工法を用いた遮音性に配慮した設計

9 月：CLT ラーメン工法用いた構造設計

10 月：CLT ラーメン工法採用時の施工方法の策定

11 月-12 月：設計と施工方法の取りまとめ

令和 7 年 1 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 ラーメン工法で大スパンを実現する際の設計・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の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。

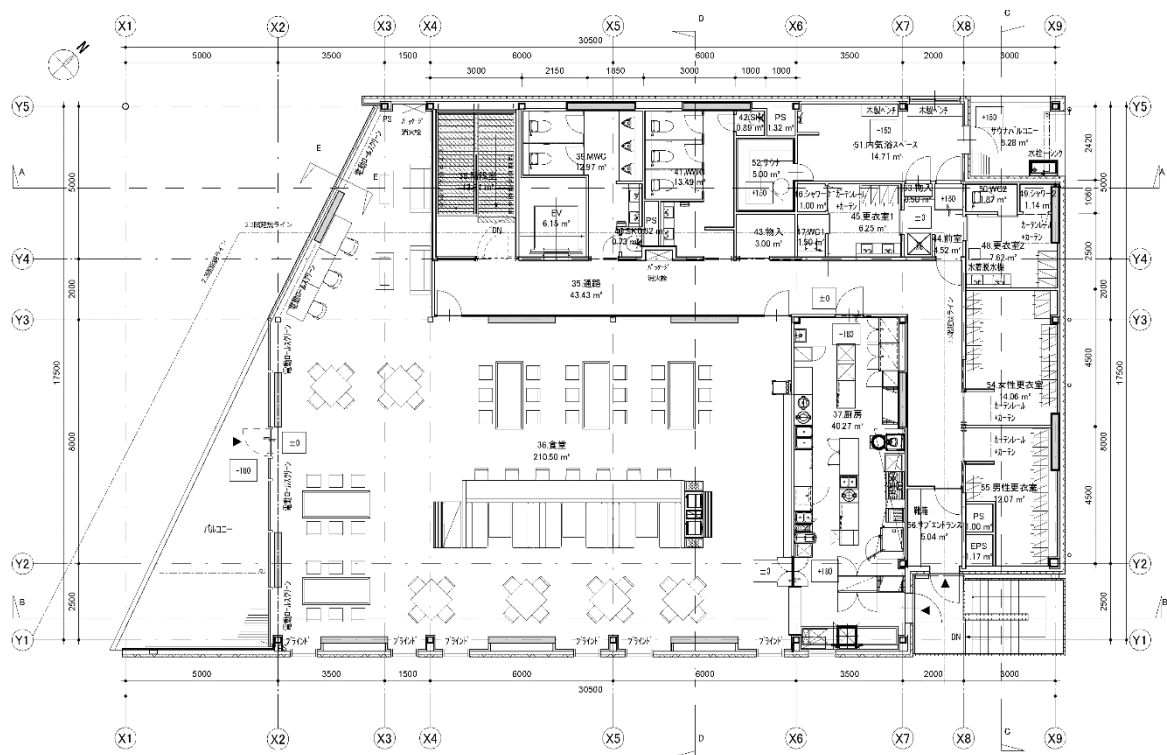
C-1) CLT ラーメン工法の現場施工における手順の確認，課題の抽出と解決策の検討。

C-2) 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。

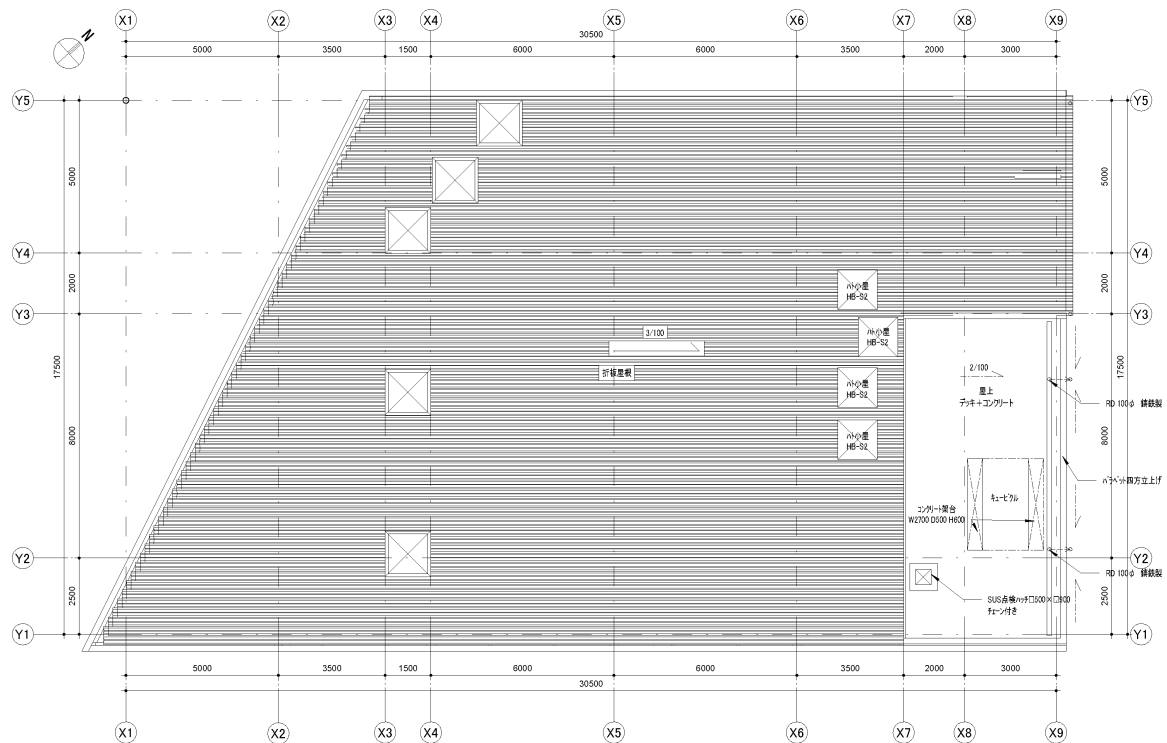
本事業で計画した建物の設計図面を成果物として下記に示す。

[illegible]

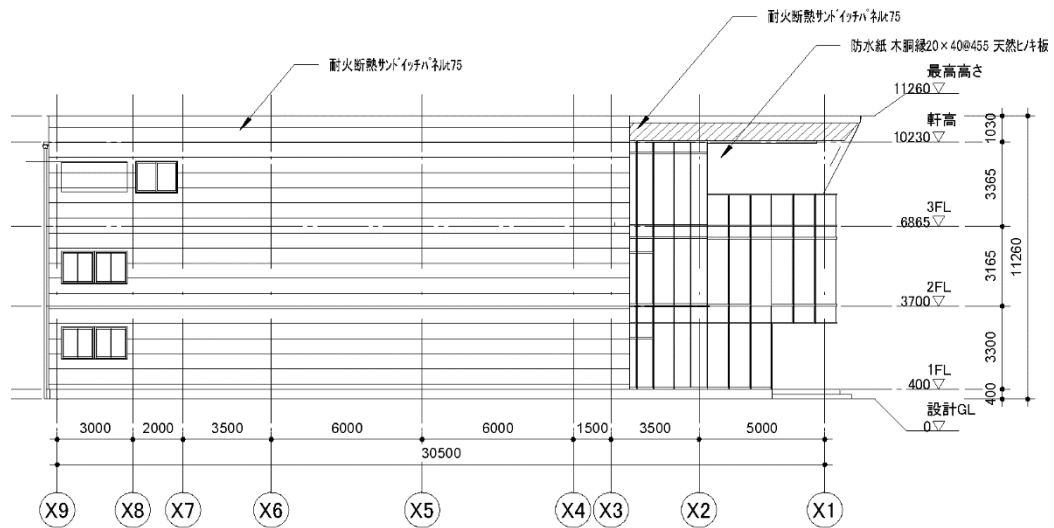
– 4 –



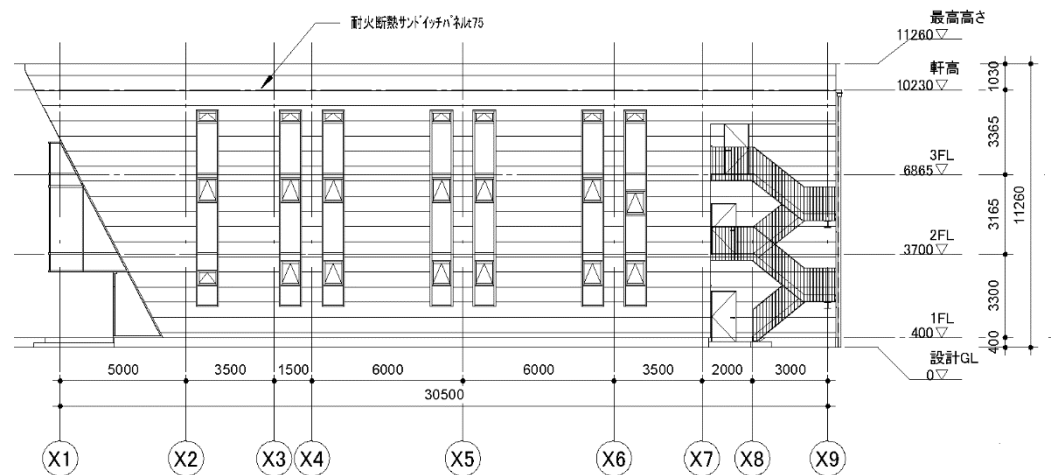
3階平面図



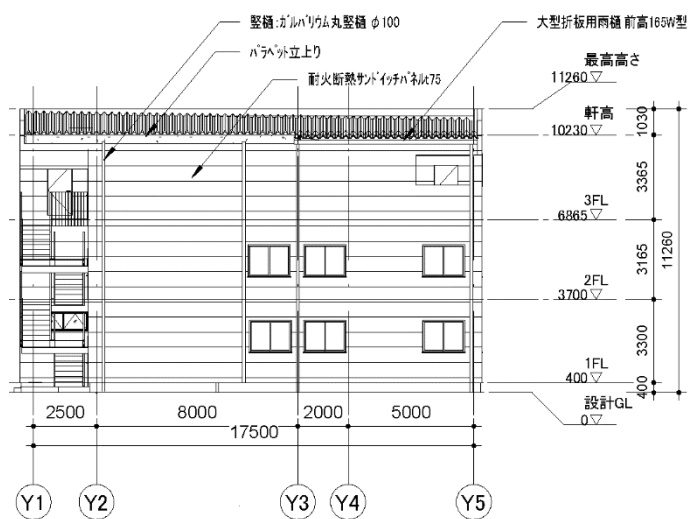
屋根伏図



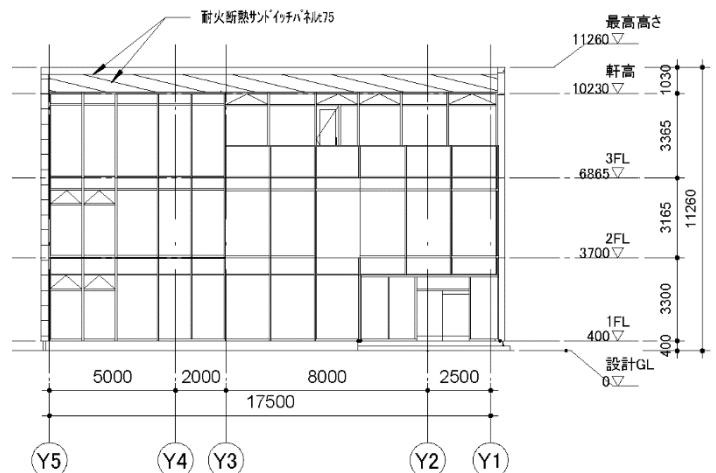
西側立面図



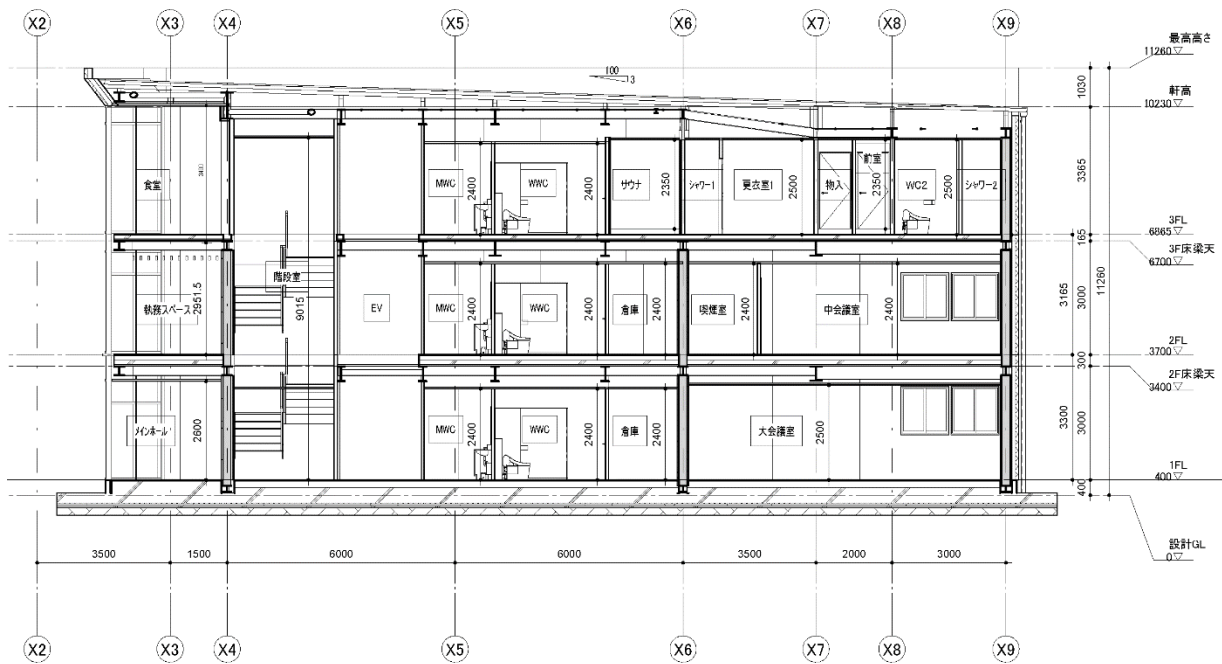
東側立面図



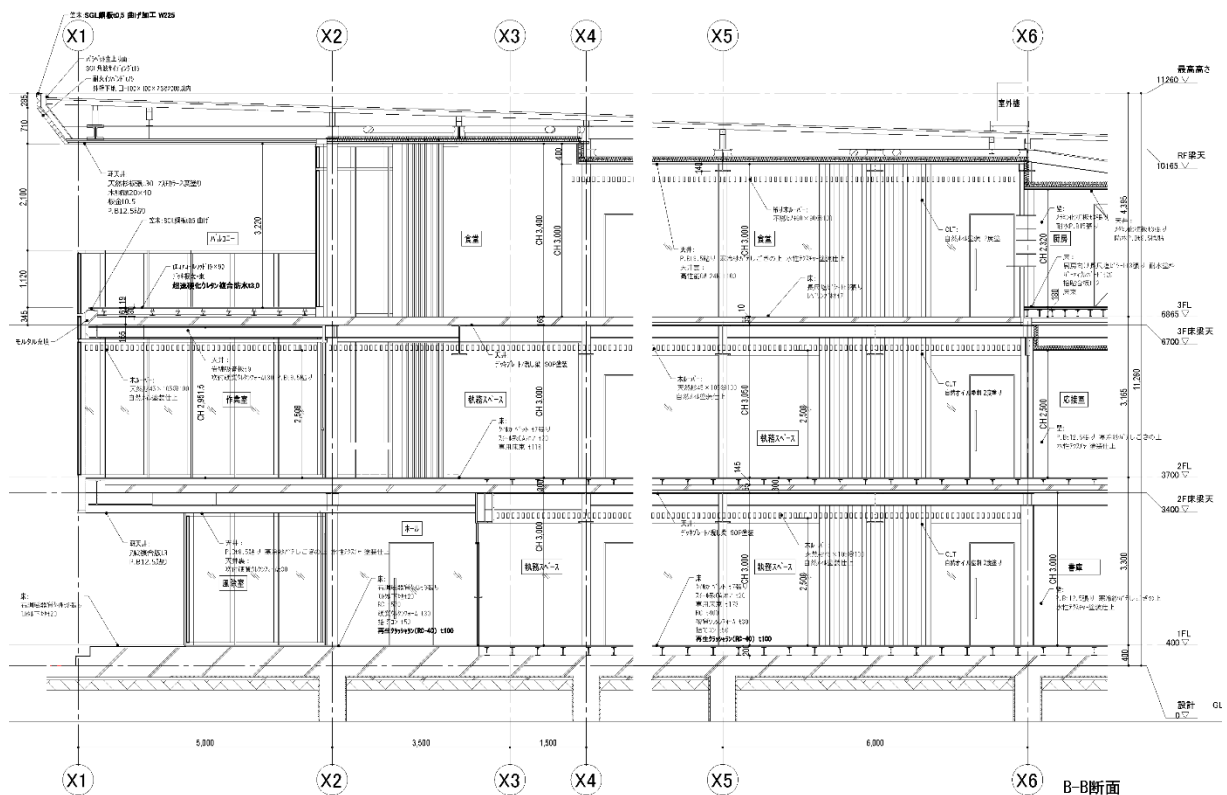
北側立面図



南側立面図



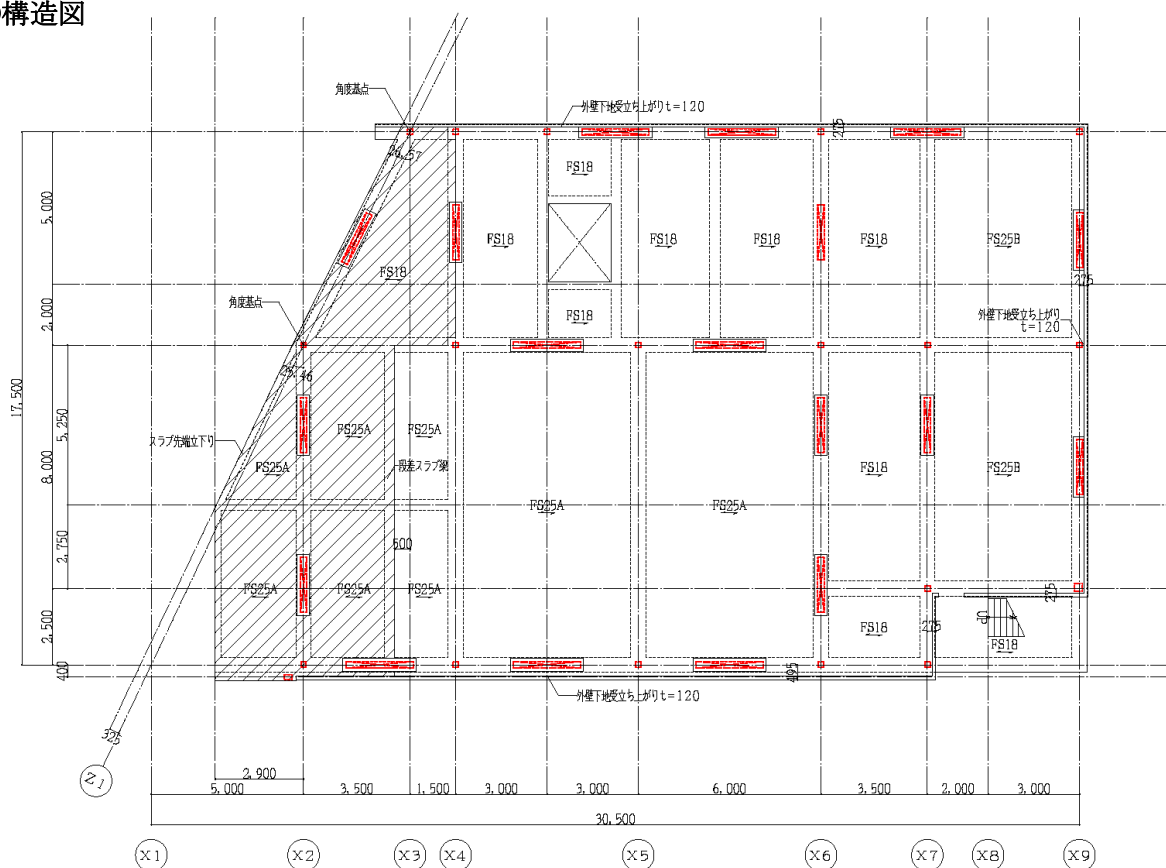
断面図



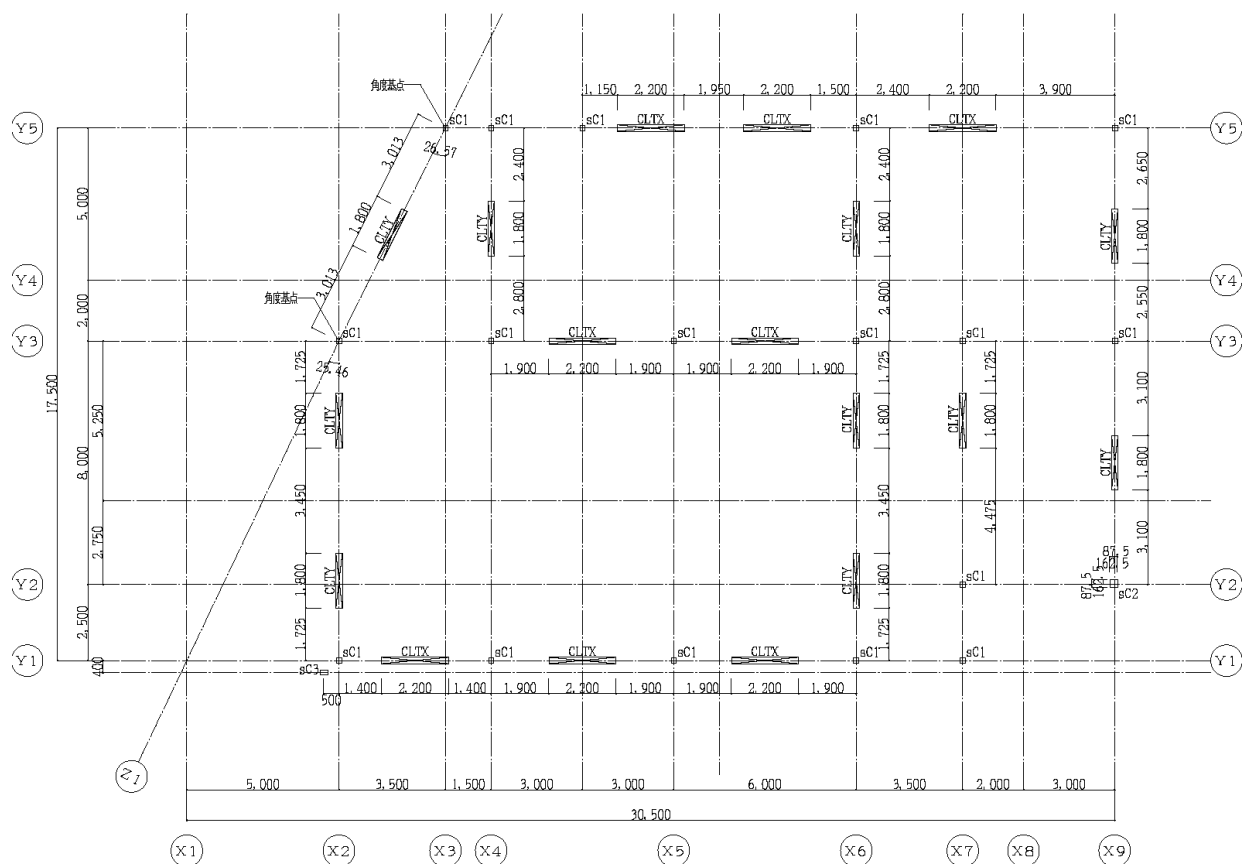
矩計図

B-B断面

○構造図



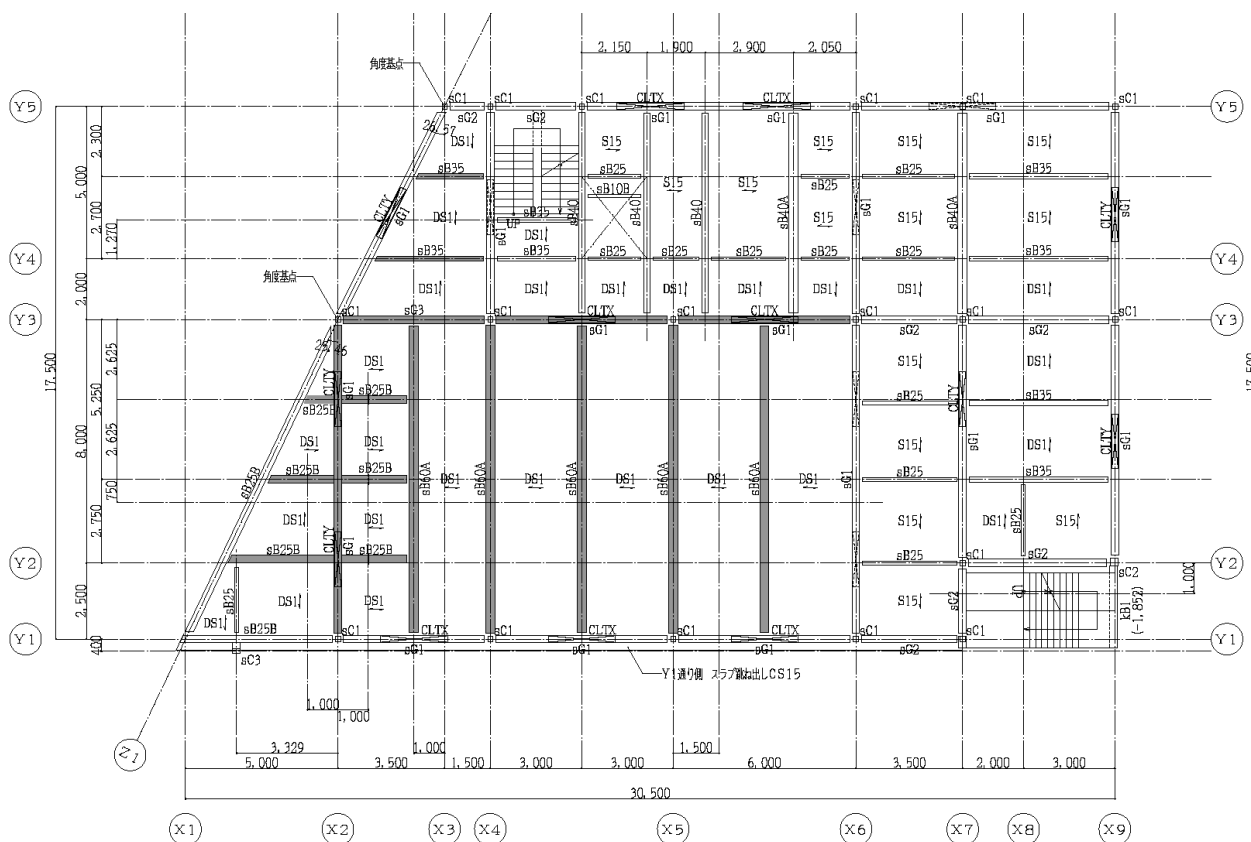
1階伏図 (RC)



1階伏図 (木+S)



2階伏図



3階伏図

A-1) CLT ラーメン工法によって大スパンを実現する際の設計方法や施工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。本工法は図 1 で示すように、2 種類の抵抗システムにより構成された工法である。

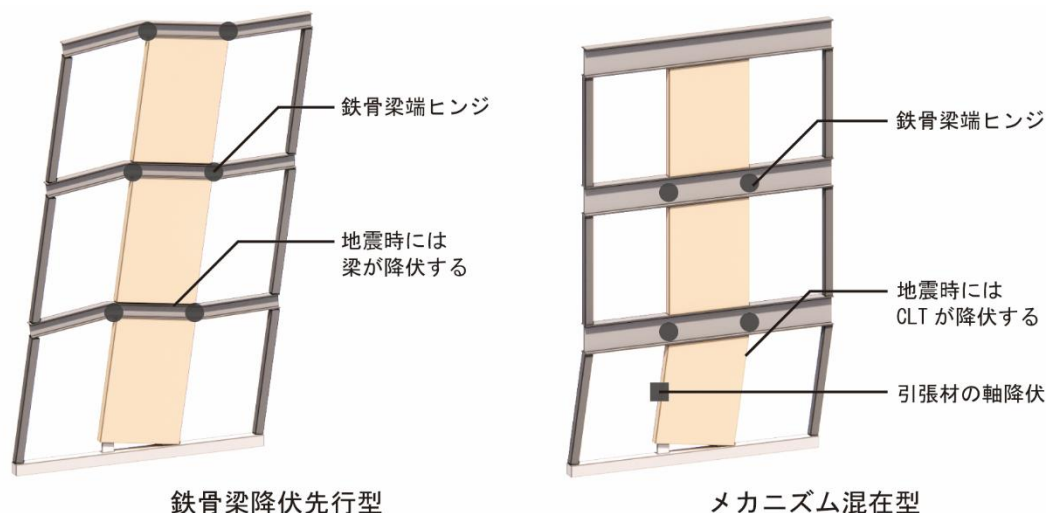


図 1 CLT ラーメン工法概要

CLT ラーメン工法は、鉄骨と CLT 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ものであり、本建物が初の採用例となる予定である。従来の純鉄骨造における、鉄骨ラーメン柱を CLT に置き換えるというシンプルな手法を採用しており、工法の普及とともに CLT の使用量の増加を目指している。本建物では、図 1 左の「鉄骨梁降伏先行型」の方式を採用している。この方式では、鉄骨大梁と CLT 壁パネルを鉄骨ラーメン構造のように機能させ、1 階壁脚部および鉄骨大梁が先行して降伏することで、全体崩壊形を形成する。この方式を採用するにあたっては、CLT の配置計画が重要となる。図 2 の構造モデルに示すように、原則として CLT は各階で同じ位置に配置する必要がある。幅の決定は設計者に委ねられるが、マザーボードからの切り出しを考慮すると、できる限り大版で使用することが望ましい。大版 CLT を各階同一位置で計画するためにも、基本設計段階から CLT の位置を考慮しながら進める必要がある。本建物では X 方向 2,200mm、Y 方向 1,800mm の CLT を採用し、基本設計段階から必要な CLT の枚数と配置を構造と連携しながら決定した。

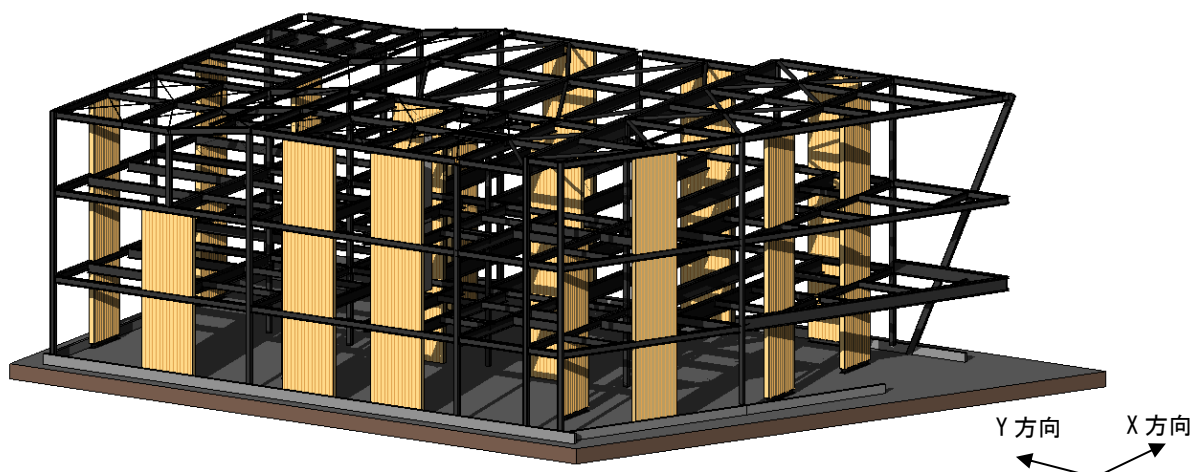


図 2 本建物の構造モデル

続いて、CLT ラーメン工法による大スパンの実現に向けた検討を行った。図3に示すように、本建物における最大スパンは1・2階の執務スペース、3階の食堂として計画された空間であり、その長さは10.5mである。このスパンには、梁せい600mmが必要となる。また、執務スペースを囲むようにCLTを配置しているが、本建物が採用する鉄骨梁降伏先行型では、CLTを先行して降伏させる必要があることから、CLTに接する鉄骨梁の梁せいは250mmとしている。その結果、大スパンに必要な600mm梁とCLTに接する250mm梁がT字に取り合うことになり、この部分の計画が重要となる。本建物では、図4に示すように、600mm梁の端部をT字に取り合う250mm梁に向けてすばめたテーパ形状の変形梁とすることで、CLT ラーメン工法による大スパンを実現している。

CLT ラーメン工法で大スパンを実現するためには、このような変形梁を活用した取り合いが有効で、本手法は大スパンの構造計画における一つの解である。

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の抽出と解決策の検討。

CLT ラーメン工法の遮音性を検討するにあたり、まずCLT パネル工法の課題を整理した。CLT パネル工法を採用する際、特に問題となるのが床の遮音対策である。乾式床では、2重床や天井懐にグラスウールを配置する方法が一般的だが、共同住宅用途のように高い遮音性能が求められる場合は湿式工法を採用するケースが多い。この場合、床CLTの上にコンクリートを打設するため、荷重負担の増加や施工工程の複雑化、コストの上昇といった課題が生じる。

CLT ラーメン工法では、図5の断面図に示すように基本的に鉄骨造をベースとするため、床はデッキプレート+コンクリートの構成が一般的となる。この仕様により、CLT パネル工法で課題となる床の遮音性は標準仕様で一定の性能を確保できる。さらに、追加の遮音対策として、床仕上げ材の選定や天井材の組み合わせ、断熱材の充填方法を工夫することで、用途に応じた柔軟な設計が可能となる。高い遮音性能を求めつつもCLTを利用したい建物では、本工法の需要は高く、工法普及の糸口となると考えている。

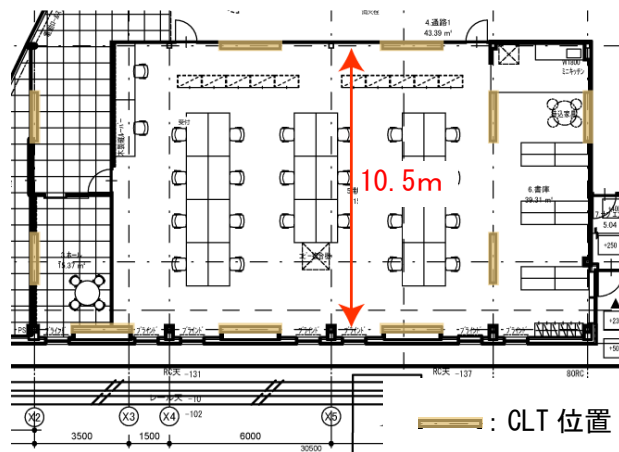


図3 最大スパンとCLT採用位置

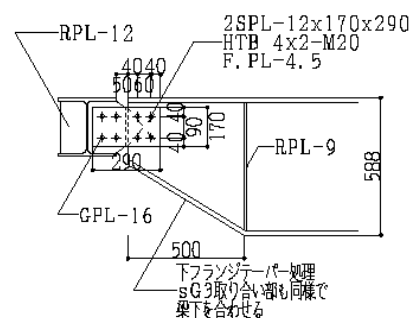


図4 変形梁詳細

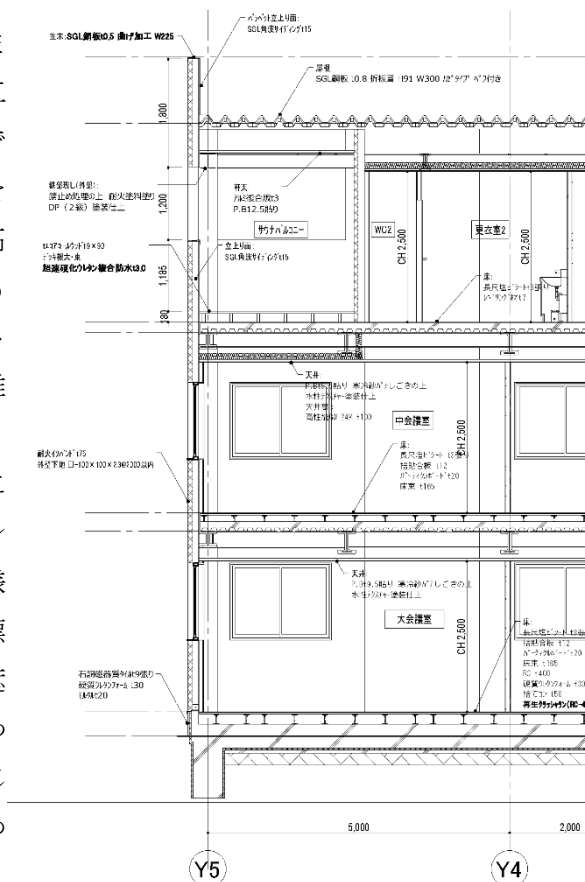


図5 断面図

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。

CLT を利用した建物における課題の一つに、接合部に使用する金物のコストが高い点が挙げられる。CLT を利用した建物では、接合部の金物が製作品となるケースが多く、既製品に比べてコストが上昇し、結果的に建設費全体の増加につながる。さらに、CLT 自体の材料費も高価であるうえ、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もあり、これが CLT 建築の普及を阻む要因となっている。そのため、既製品金物の活用や、接合部をいかに簡素化するがコスト管理の観点からも重要である。

図 6 は CLT ラーメン工法の基本納まりである。鉄骨梁からコの字形に持ち出したガセットプレートに CLT を挿し込んだうえでドリフトピンを打ち込む鋼板挿入型の接合部となっている。施工時の留意点としては、鉄骨梁の上下に配置された CLT は、地震時に力が伝達できるよう梁フランジに接触するように施工する必要がある。施工性に関する課題として、部材の加工精度が重要となる。現場でドリフトピンを打ち込む際、CLT とガセットプレートの孔が正確に合致することが、スムーズな施工の鍵となる。そのため、各部材には高い加工精度が求められる。孔の位置がずれると、現場で無理に打ち込んだり、CLT の孔を調整する必要が生じ、作業負担が増加する。また、ドリフトピンの本数が多いため、建て方工程が長引くリスクもある。さらに、鉄骨梁に近い位置の孔は、CLT の開きを抑えるためのボルト締めとするが、このボルトは 2 重床としない場合には露出するため、設計段階での考慮が必要となる。本建物では、1・2 階は 2 重床としているためボルトが隠蔽されるが、3 階は 2 重床を採用していないため露出する。この点を活かし、工法のディテールを見学者に説明する意図で 3 階のボルトはあえて露出させる計画としている。

図 7 は柱脚の納まり図である。柱脚は、CLT 直下に鉄骨土台を配置し、その上に CLT を接合する構造としている。基本的な納まりは上階と同様だが、施工時の注意点として、本建物では 1 階の床スラブ天端よりも鉄骨土台下端が低く設定されている。そのため、鉄骨土台を敷く箇所はあらかじめ箱抜きしておく必要がある。また、耐火被覆が求められる箇所では、床仕上げの下に隠れる部分にも石膏ボードによる被覆処理が必要となるため、施工手順に十分な配慮が求められる。

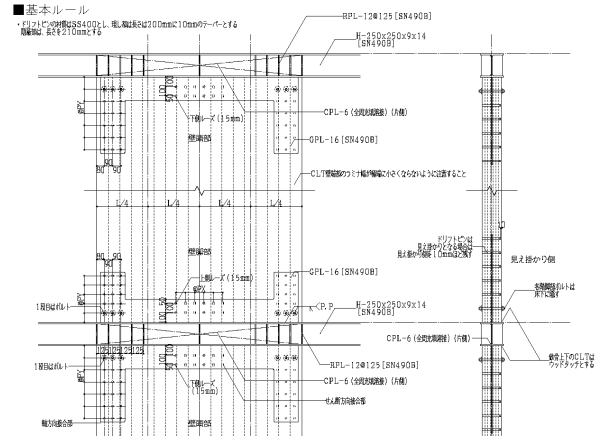


図 6 基本納まり詳細図

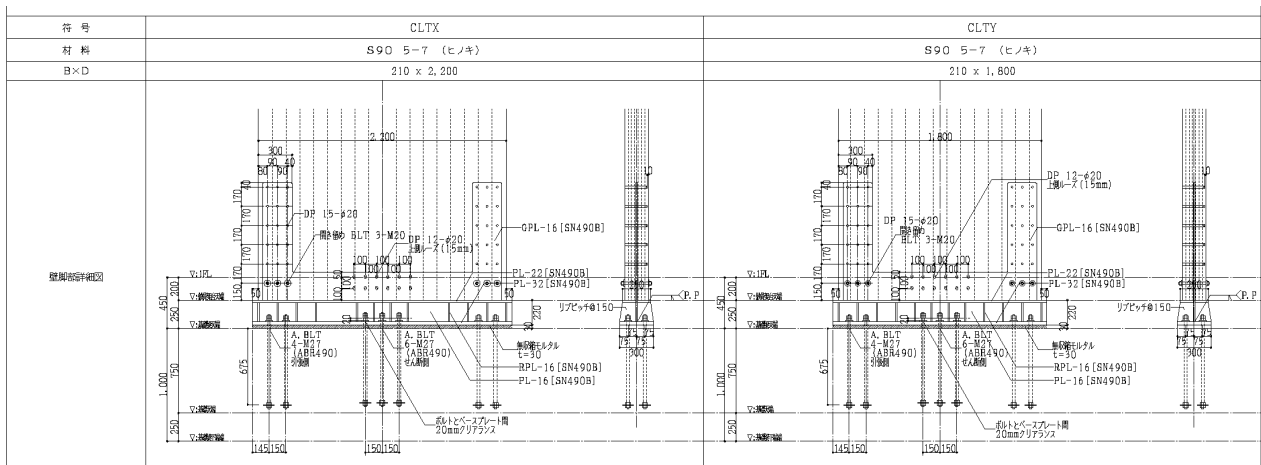


図 7 柱脚納まり詳細図

C-1) CLT ラーメン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。

図 8 の鉄骨詳細図をもとに，CLT ラーメン工法の現場施工手順の検討を行った。この工法の接合部の特徴として，ドリフトピンの打ち込み箇所が多い点が挙げられる。万が一，現場でドリフトピン用の孔位置が一致しない場合，施工が煩雑となるため，できる限り現場での作業を削減することが望ましい。そのため，鉄骨製作後に CLT と接合する部材を CLT 工場に送り，工場で事前組み立てを行った上で現場へ輸送する計画とした。この方法により，現場でのドリフトピン施工数を半減でき，鉄骨溶接時のひずみや CLT 加工精度の問題が発生しても，搬入前に確認・修正が可能となる。また，工場での事前組み立てにより，鉄骨建て方と CLT 据え付けを同時に進められ，部材を個別に吊り込む方法に比べて工期を大幅に短縮できる。また，施工精度の向上にも寄与する。工場での組み立てにより，現場での部材加工誤差の影響を最小限に抑えることができ，精密な施工が可能となる。さらに，施工時の負担軽減や作業効率の向上が期待できる。

意匠面での課題として，図 9，10 に示すように外観から内部の CLT が見える箇所や，室内で CLT を現しで使用する箇所があるため，傷をつけずに施工する必要がある。現場でドリフトピンの孔位置が合わない場合，無理に打ち込むことでハンマーの叩き跡や空振り跡が残る可能性がある。こうしたリスクを最小限に抑えるためにも，現場での作業量を減らすことが有効である。万が一，施工時に傷が生じた場合を想定し，CLT は塗装仕上げとする計画としている。

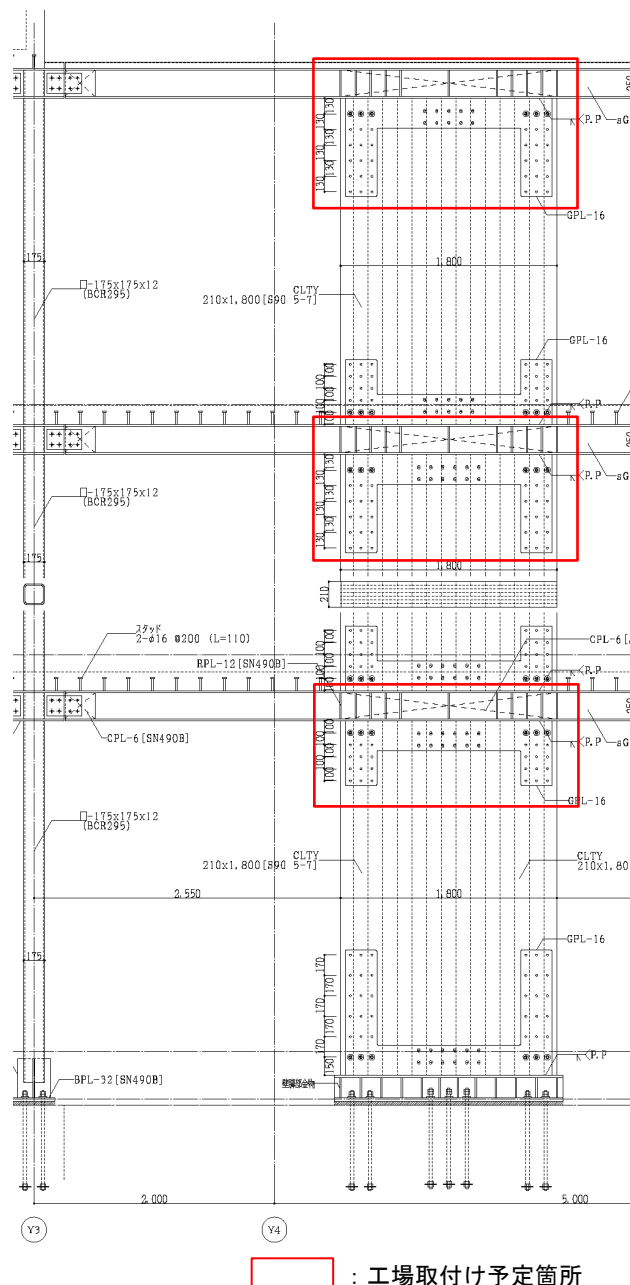


図 8 鉄骨詳細図

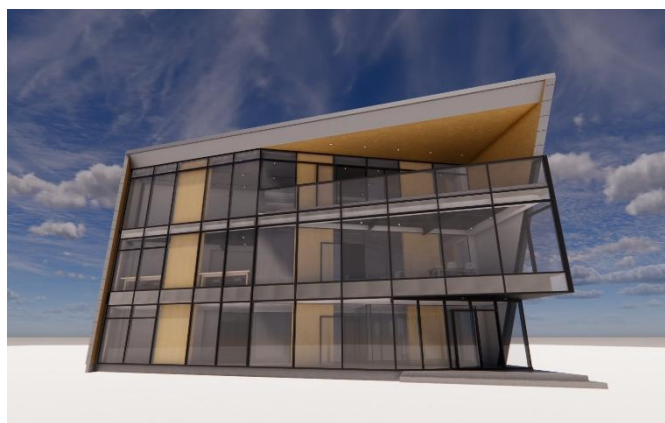


図 9 外観イメージパース

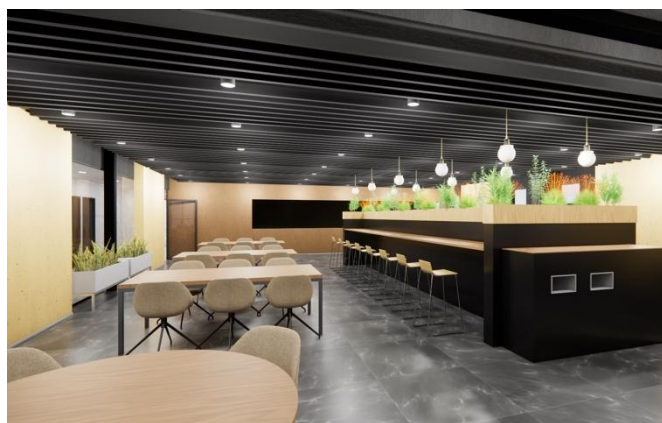


図 10 内観イメージパース

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。

本建物では、10.5mの大スパンを実現しており、公共建築や教育施設など、大空間を必要とする多様な用途への展開が可能であることを示している。また、本建物の最大スパンより大きなスパンが求められる工場や倉庫などの用途では、純木造では構造的な制約が大きいものの、鉄骨造と木造の特長を融合した本工法を活用することで、実現が可能となる。

構造種別ごとの比較資料を表 1 に示す。将来的に LCA 計算の導入などの環境配慮が法的に求められた場合、従来の純鉄骨造で大スパンを実現していた建物でも木材利用が不可欠となる可能性がある。このような状況下において、大スパンを維持しながら木材の活用が可能な本工法のメリットは極めて大きい。また、CLT ラーメン工法は木材を使用することにより、躯体の軽量化が実現でき、純鉄骨造と比較して地盤改良の負担を軽減できるという点でも優位性がある。

次に、構造計画の課題抽出として、CLT の歩留まり向上を図る方法を検討した。本建物の CLT 仕様は S90A-5-7 であり、広く使用される S60 と比較するとコストが高くなるため、歩留まり率の向上が重要な課題となる。本工法では、X 方向と Y 方向で異なる幅の CLT を選択できるため、マザーボードの製造基準サイズを考慮し、適切な CLT 幅を設定した。表 2 はマザーボードの製造基準サイズの一部であり、図 11 は採用した CLT の幅である。製造基準サイズはラミナ枚数によって異なるため、適宜確認が必要となる。歩留まりを最大化するためには、製造基準サイズを前提にした CLT 幅の決定が重要である。

次に、CLT ラーメン工法の 2 種類のシステムについて、それぞれの特性整理と選定手順を図 12 に示す。本建物で採用した鉄骨梁降伏先行型は、各階で CLT 壁の位置が固定されるため、壁量が少なく、大空間を必要とする図書館や教育施設などの用途に適していると考えられる。一方、メカニズム混在型は壁位置の調整が可能であり、壁量が多い共同住宅や福祉施設での採用が有効である。このように、計算方式を選定する際には、用途に応じた壁量や CLT 配置の調整可否が、選定基準の重要な要素となることを確認した。

表 1 構造種別ごとの比較

	純鉄骨造	純木造	CLT ラーメン工法
大スパン	◎(可能)	△(不向き)	◎(可能)
木材利用量	×(未利用)	◎(多い)	◎(多い)
環境負荷	△(高い)	◎(低い)	◎(低い)
重量	△(重量)	◎(軽量)	○(中程度)

表 2 マザーボードの製造基準サイズ

ラミナ枚数 (ラミナ幅 122mm)	15	19
マザーボード幅	1,800mm	2,288mm

※製造後に四周を 15mm カットするため、マザーボード幅はラミナ幅 × ラミナ枚数 - 30mm となる。

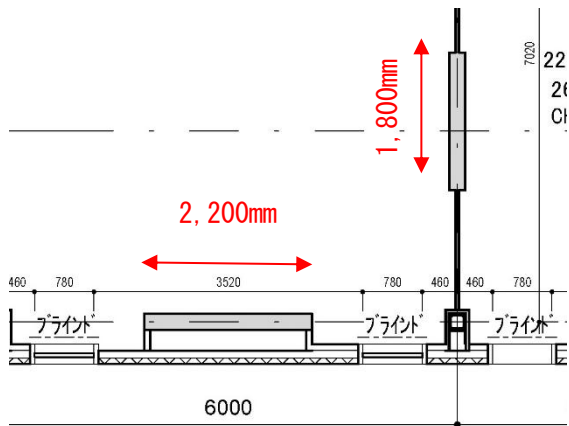


図 11 利用 CLT サイズ

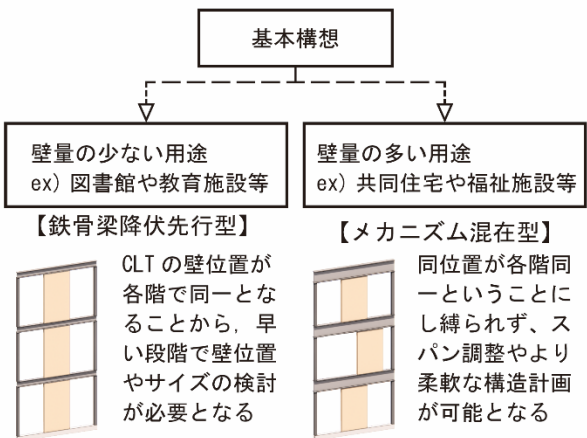


図 12 構造システムごとの比較

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

表 3 は、鉄骨造と CLT ラーメン工法の構造躯体と建方費のコスト比較表である。比較の結果、CLT ラーメン工法は鉄骨造に比べて約 2,200 万円高い金額となった。単純な金額差だけを見ると大きく感じるが、建物全体の工事費における差額の割合は 5%未満に留まる。建物規模が大きいため、仕様の見直しによるコスト削減の余地は十分にあると考えられる。

両者を比較すると、CLT ラーメン工法では鉄骨造に必要な柱の費用が削減される(置き換わる)一方、CLT 自体の材料費である約 1,900 万円が高額であることから、結果としてコストが上昇した。加えて、CLT ラーメン工法では柱脚部に鉄骨土台が必要となることから、材料費とアンカーセット費用がかかることも本体鉄骨工事の金額が想定より高くなった要因であった。また、CLT ラーメン工法ではテーパ状の変形梁を採用しているのに対し、鉄骨造の積算は標準的な梁形状で行ったことによる違いも、金額差に影響していると考えられる。さらに、鉄骨造で不要な CLT 部鉄骨の費用である約 860 万円が CLT ラーメン工法には追加で発生することが、全体のコスト差を拡大させる要因となっている。CLT 部鉄骨費用とは、CLT と鉄骨の接合部に必要な鋼材費および加工費を指し、具体的には接合部のガセットプレートやドリフトピン、ボルトやそれらの加工費などが該当する。接合部の設計段階から、製作金物を利用しないことや複雑な納まりを避けるなどコストを抑える工夫を施してきたが、それでも大きなコスト差が生じた。ただ、本工法の CLT と鉄骨の納まりは全体を通して標準化されているため、ディテールの最適化を進めることで接合部数に比例したコスト削減が可能となる。したがって、CLT と鉄骨の取り付け部分の納まりを再検討し、さらなるコスト最適化を図り、コスト競争力を高めることが今後の課題として挙げられる。

建方工事のコストは、CLT ラーメン工法の方が鉄骨造より約 30 万円高い結果となった。CLT 部分の施工手間を考慮した金額であり、大きな差ではない。今後の接合部改良や建方手順の見直しを進めることで、建方費を鉄骨造と同等レベルに抑えることができれば、より大きなコストメリットを実現できる。新たな工法を採用する際には施工の不確実性を考慮し、安全係数を加えた積算が行われることが多いため、今後鉄骨ファブと CLT メーカーを中心とした施工打合せを重ねることで安全係数を適正化し、建方費用の削減を図る必要がある。

設計段階では構造躯体に着目したコスト比較を行なった結果、構造別のコスト差は大きい結果となった。一方で、CLT ラーメン工法は、既に述べた箇所に加えて、CLT を使用した箇所は内装がそのまま CLT 現しとなるため、内装工事費や施工期間の短縮など、更なるコストダウンの可能性を秘めている。よって、建物実証段階に入る前に、接合部やディテールの簡素化と合わせて、最適な施工方法を検討することで、更なるコストダウンと本工法の普及性を追求していく所存である。

表 3 各構造躯体と建方費のコスト比較

	鉄骨造	CLT ラーメン工法	備考
本体鉄骨工事	49,626,119	43,581,086	CLT 分の鉄骨が減るため、CLT ラーメン工法の方がコストは安くなる
CLT 部鉄骨	0	8,623,249	CLT と鉄骨の取り合う箇所に必要な鋼材費と加工費
CLT 工事	0	18,932,400	
建方工事	18,386,000	18,686,500	CLT 部分の施工手間を考慮した金額
合計（円）	49,626,119	71,136,735	

