

## 2. 9 銘建工業(株)／(株)PERSIMMON HILLS architects

### 2. 9. 1 建築物の仕様一覧

事業名	四角プロジェクト新築工事の建築実証		
実施者(担当者)	銘建工業株式会社／株式会社 PERSIMMON HILLS architects (柿木 佑介)		
建築物の概要	用途	共同住宅・長屋・レンタルスペース	
	建設地	岡山県真庭市	
	構造・工法	木造軸組工法+CLT折板構造	
	階数	2	
	高さ(m)	13.4	
	軒高(m)	12.8	
	敷地面積(m <sup>2</sup> )	5292.26	
	建築面積(m <sup>2</sup> )	1942.3	
	延べ面積(m <sup>2</sup> )	2681.95	
	階別面積(m <sup>2</sup> )	1階	1435.37
	2階	1246.58	
	3階	-	
CLTの仕様	CLT採用部位	床	
	CLT使用量(m <sup>3</sup> )	341.158	
	床パネル	寸法	210mm×2450mm×10,920mm
		ラミナ構成	5-7
		強度区分	Mx60
		樹種	スギ
	床パネル	寸法	90mm×7,735mm×1,745mm
		ラミナ構成	3-3
		強度区分	Mx60
		樹種	スギ
	床パネル	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)	柱・梁	
	木材使用量(m <sup>3</sup> ) ※構造材、羽根材、下地材、仕上材等とし、CLT以外とする	構造材(集成材+製材) : 464.777m <sup>3</sup>	
仕上	主な外部仕上	屋根	ガルバリウム鋼板(t=0.4) 立てハゼ葺き・ハゼ締め折板
		外壁	木軸(GW16K105mm) + 合板9mm + 胴縁18mm + モエンパネル14mm + 左官調塗材
	主な内部仕上	開口部	アルミサッシ+ペアガラス (Low-E、日射取得型、中空層幅12mm)
		界壁	(PB12.5×2+木軸(GW16K105mm) + PB12.5×2) 両面 左官調クロス
		間仕切り壁	(PB12.5×2+木軸(GW16K50mm) + PB12.5×2) 両面 左官調クロス
		床	フローリング 12+構造用合板24+木下地+GW24k 105mm+CLT 210mm
天井	PB12.5+木軸(RW30K155mm) 左官調クロス仕上げ		
構造	構造計算ルート	ルート2	
	接合方法	ビス接合+ボックス金物 LSB接合	
	最大スパン	7.28m	
	問題点・課題とその解決策	CLT折板構造は一方のみしかスパンを飛ばせないため、開放的なピロティ空間を作ることが難しい。集成材を弦材として組み合わせて直交方向をトラス構造とすることで、に方向にスパンを飛ばすことを可能にした。	
防火	防火上の地域区分	その他地域	
	耐火建築物等の要件	有	
	本建築物の耐火仕様	45分準耐火	
温熱	問題点・課題とその解決策	防火材としてCLTを片面を燃しろで対応	
	建築物省エネ法の該当有無	該当あり 規制対象	
	温熱環境確保に関する課題と解決策	外周部の断熱を確保	
	主な断熱仕様 (断熱材の種類・厚さ)	屋根(又は天井)	RW 30K 155mm
		外壁	高性能GW 16K 105mm
床		高性能GW 24K 105mm	
施工	遮音性確保に関する課題と解決策	間仕切り、界壁間に断熱材を確保	
	建て方における課題と解決策	CLT折板を地組、吊り込みで施工制度を確保	
	給排水・電気配線設置上の工夫	CLT折板内を懐とし、点検スペースを兼ねた設備ルートを検討	
工程	劣化対策	CLT折板を施工後、木軸、屋根合板を施工+保護塗料塗布にて雨水対策	
	設計期間	2024年5月～2025年7月	
	施工期間	CLT躯体施工期間	2025年8月～2026年10月
		竣工(予定)年月日	2026年1月上旬～2月中旬(5週間)
体制	竣工(予定)年月日	2026年10月31日	
	発注者	銘建工業株式会社	
	設計者(複数の場合はそれぞれ役割を記載)	基本設計、実施設計 : (株) PERSIMMON HILLS architects	
	構造設計者	合同会社Graph Studio 福島佳浩	
	施工者	株式会社大本組	
	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. 9. 2 実証事業の概要

実証事業名：四角プロジェクト新築工事の建築実証

建築主等／協議会運営者：銘建工業株式会社／株式会社 PERSIMMON HILLS architects

### 1. 実証した建築物の概要

用途	共同住宅・長屋・レンタルスペース		
建設地	岡山県真庭市		
構造・工法	木造軸組工法+CLT 折板構造		
階数	地上 2 階		
高さ (m)	13.4	軒高 (m)	12.8
敷地面積 (㎡)	5,292.26	建築面積 (㎡)	1,942.3
階別面積 (㎡)	1 階	1,435.37	延べ面積 (㎡)
	2 階	1,246.58	
CLT 採用部位	床		
CLT 使用量 (m <sup>3</sup> )	加工前：383,894m <sup>3</sup> 加工後：341.158m <sup>3</sup>		
CLT を除く木材使用量 (m <sup>3</sup> )	集成材：359.1m <sup>3</sup> 、製材：105.6m <sup>3</sup>		
CLT の仕様	(部位)	(寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種)	
	床	210mm 厚/5 層 7 プライ/Mx60A/相当/スギ	
	床	90mm 厚/3 層 3 プライ/Mx60A/相当/スギ	
設計期間	2024 年 5 月～2025 年 7 月		
施工期間	2025 年 8 月～2026 年 10 月 (14 ヶ月)		
CLT 躯体施工期間	2026 年 1 月上旬～2 月中旬 (5 週間)		
竣工 (予定) 年月日	2026 年 10 月 31 日		

### 2. 実証事業の目的と設定した課題

本建物では、折板構造の直交方向について、集成材を弦材として組み合わせ、CLT を斜材として効かせたトラス構造とすることで、独立柱で支持された開放的な CLT 折板+トラス構造を実現しようとしている。CLT と折板構造は相性がよいため、折板構造の設計の幅を拡げることは、CLT の特徴を活かした建築物の普及に寄与することが期待できる。このような架構に関する実証データが存在しないため、設計実証・性能実証において接合部の納まりや架構の力学的特性について実験により検証を行った。

本工法を実際の建築物で採用するためには、接合部の施工性やクレーンの揚重能力による CLT のパネル割り、仮設計画、工数といった、施工合理性やコスト・工期に関する課題を確認し、検証していく必要がある。CLT はその物性上、大きなパネルによってピース数を少なくしていくことが建方計画上の合理性につながっていくが、1 枚のパネルが大きくなればなるほど揚重の重機のサイズ(=コスト)が上がり、敷地内での取り回しも悪くなる。そういったことも総合的に検証してコスト比較も行い、データとして蓄積するとともに、CLT 折板構造を活かした新しい空間を実現することで、CLT 建築の普及と次なる可能性へ

と繋げていきたい。

本実証事業で設定した課題は以下のとおりである。

- ① 設計実証・性能実証を通じて設計した接合部について施工性の観点からのフィードバックとブラッシュアップ
- ② 重機のサイズ、CLTのパネル割り、仮設計画、工数といった、実際に建てる際の検証
- ③ 本CLT工法とS造+木仕上げによる木質化の比較：仮設、重機、工期などを含めたコスト比較

### 3. 協議会構成員

(設計) PERSIMMON HILLS architects：柿木佑介（協議会運営者）

(施工) 大本組：池田哲平 茂兼佑紀

(材料) 銘建工業 総務人事部：中島洋

(材料) 銘建工業 仕入部：田中修平

(メーカー施工アドバイザー) 銘建工業 木質構造事業部 工事部：永松裕介

(構造設計) Graph Studio：福島佳浩

### 4. 課題解決の方法と実施工程

#### (1) 課題解決の方法

(2) 接合部については施工者・金物制作業者と協議をし、施工図・制作図の作成を通じて実際の施工性を検証しながらブラッシュアップをする。重機サイズ、CLTのパネル割り、仮設計画、工数は連動するので数パターン比較検証して合理的なバランスを見つける。

#### (3) コスト比較検討の方法

本事業で実証する「CLTを用いた木造によるピロティ空間を持つ大規模建築物」と「トラス梁を用いたS造によるピロティ空間を持つ大規模建築物(従前の構法)」について、木質化を前提とした場合の直接工事費、仮設費用、重機の費用、工期、人工等を比較し、検討資料を作成する。

#### (4) 実施計画等

<協議会の開催>

令和7年7月：第1回開催課題洗い出し

8月：第2回開催、木工事着工前確認

9月：第3回開催、木工事着工前確認

10月：第4回開催、木工事進捗確認

11月：第5回開催、木工事進捗確認、工事改善点等確認

12月：第6回開催、木工事進捗確認、工事改善点等確認

令和8年1月：第7回開催、実証事業の取りまとめ検討

<設計>

令和7年6-7月：確認申請

<施工>

令和7年8月：着工

9月～：基礎工事

令和7年10月～令和8年3月：木構造工事

～令和8年10月：竣工

## 5. 得られた実証データ等の詳細

①CLT 接合部仕様は、箱型金物を用いた。弦材端部は鋼板挿入型の DP 接合、斜材端部は LSB 接合とした。設計実証時には箱型金物同士は高力ボルト接合としていたが、建築実証時に再検討し、一部を溶接で一体化することで施工手間の削減及び金物費の削減を図った。

②CLT の最大サイズは幅 2,620mm×長さ 10,920mm×厚み 210 mm。2 枚を 1 ユニット（重量 4t 超）として地組みを行い、70t ラフタークレーンを用いて揚重を行った。

CLT 折板+トラス構造の建て方は、A4 棟で実働 6 日間、人工は 59 人工であった。

③CLT 折板+トラス架構を用いた木造とした場合と、鉄骨造ラーメン構造に木仕上げとした場合の比較資料を作成した。

## 6. 本実証により得られた成果

本実証では、CLT 折板と木軸を組み合わせてトラスを形成することで架構の方向性を XY の両方向に拡張し、大スパンを架け渡したピロティを実現できることが明らかになった。仮設計画、工数など、施工時に直面する課題を確認し、施工合理性やコスト・工期などデータの蓄積となった。既存工法の延長線上に位置づけられる工法のため他の事業者にとっても馴染みやすく、木造以外の工法と比較して汎用性、コストメリットがあることで、中大規模建築物の木造化・木質化に広く波及効果が期待できる。

## 7. 建築物の平面図・立面図・写真等



図 7.1 外観パース



図 7.2 1階平面/2階平面図

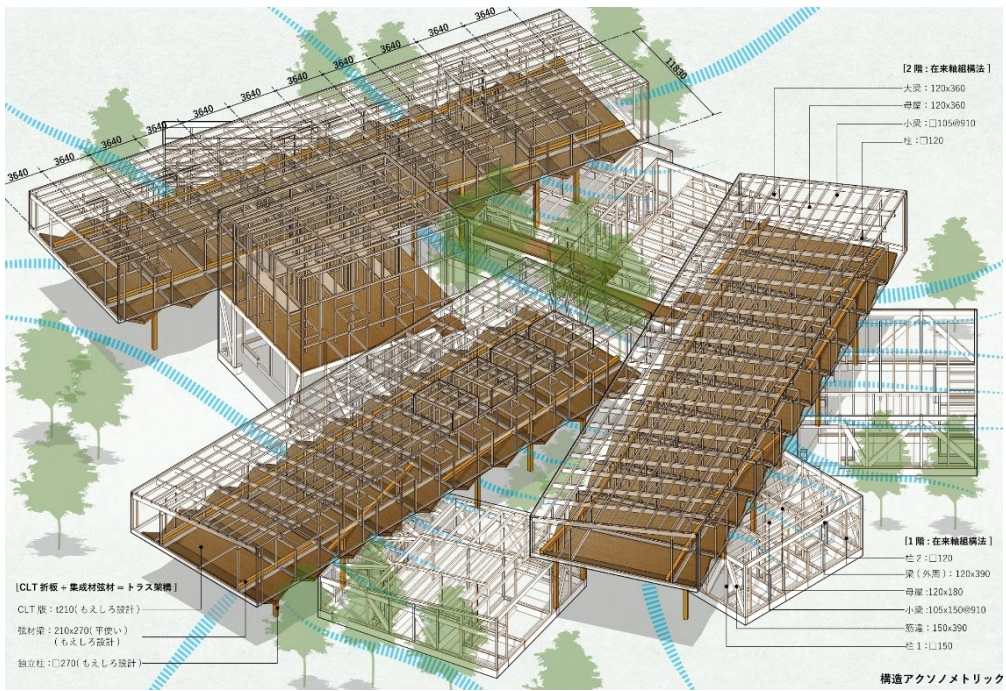


図 7.3 構造・環境アクソノメトリック図

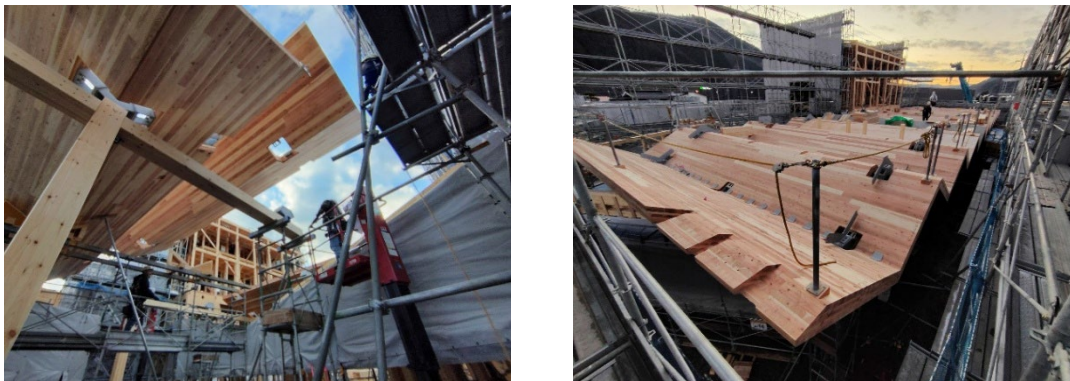


図 7.4 CLT折板構造の施工写真

## 2. 9. 3 成果物

### 0. 目次

#### 1. 意匠

- 1-1.コンセプト
- 1-2.プランニング
- 1-3.環境
- 1-4.法解釈と防耐火

#### 2. 構造

- 2-1.構造計画
- 2-2.設計ルート
- 2-3.構造計算

#### 3. 建て方

- 3-1.加工性：施工図から加工図への移行、加工機からの CLT 形状、金物形状（ボックス金物,プレセット、LSB の加工制度）CLT の加工日数、歩留まり、サイズ（搬入と揚重に絡む）
- 3-2.搬入、揚重
- 3-3.施工性：地組用治具、V 型一体で揚重、例えば A4 棟で搬入から建て方完了までの日数と人工、設計実証で検証したことからの調整事項あったか、施工性を考慮して変更した部分はあるか

#### 4. コスト

- 4-1.S 造とのコスト比較
- 4-2.S 造との仮設計画比較

#### 5. 本実証により得られた成果

- 5-1.設計に用いた部材の特性値、および CLT 接合部の最適納まりの検討過程
- 5-2.重機のサイズ、CLT のパネル割り、仮設計画、工数などの比較資料
- 5-3.施工・搬入レポート
- 5-4.既存の工法と比べた CLT 工法のコスト縮減比較資料
- 5-5.まとめ

## 1. 意匠

### 1-1. コンセプト

本事業は、町に開かれた場所を持つ、低層大規模木造の集合住宅の計画である。昨今公共建築を中心として中大規模建築物でも木造化・木質化の促進が社会から要請されている。公民問わずに公共性のある中大規模建築物をつくろうとする際には、防耐火の課題ももちろんのこと、エントランスまわりや人が集まる空間などは開放的で大きな空間が求められ、近代の産物である鉄やコンクリートはそれらとの相性が良く、現代においても主流であり続けている。本事業において、CLT 折板構造(斜材)と木軸(弦材)との組み合わせによるトラス架構によって、そういった課題を乗り越えようとしている。CLT は折板構造との相性が良いというのは既に先例がいくつもあるように明らかであるが、その架構の方向性は一方向に限定されてしまう。そこで、木軸を組み合わせてトラスを形成することによって架構の方向性を XY の両方向に拡張する。このことによって今回は開放的で大きなピロティをつくるのだが、これを囲って室内化することももちろん可能である。そして軒裏(天井)は CLT のもえしろ設計によって木の現しが可能となる。既存工法の延長線上に位置づけられる工法のため他の事業者にとっても馴染みやすく、中大規模建築物の木造化・木質化に広く波及効果が期待できる。

本事業で計画している「四角プロジェクト新築計画」において、CLT 折板+トラス架構(図 1.1)は2階床を支持する架構として用いている。この架構は、CLT を用いた折板構造の上下に集成材を弦材として組み合わせることでトラス構造を形成し、折板方向とトラス方向の2方向にスパンを架け渡すためのシステムであり、折板方向・トラス方向とも最大7.28m スパンとしている。図 1.1 の「基本モデル」のように、CLT 折板構造の端部に折板方向に直交するように弦材を配置した構成を基本とするが、①CLT 折板構造による片持ちが可能であること、②平面的に角度を振ってもトラスを形成することができること、の2点を踏まえると、図 1.1 の「応用モデル」のような構成も可能である。

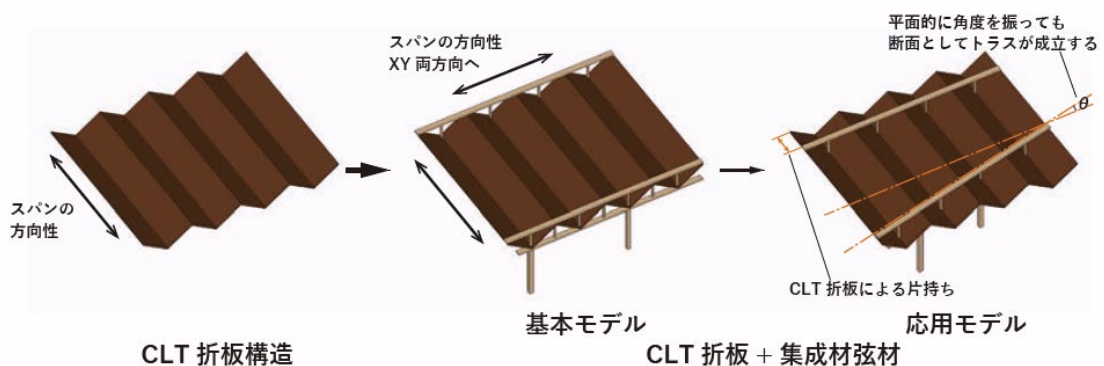


図 1.1 CLT 折板+トラス構造

## 1-2.プランニング

上述のモデルにより木造でありながらも「独立柱による開放的なピロティ」をつくることと「平面的に角度が振れた自由な形」を可能にしている。これらによって地域に開かれた公園と、囲われた住民用の共用の中庭、それらと連続する大きな軒下空間をつくり、大規模木造建築物において公共空間を実現しようと試みている。



図 1.2 1階平面図



图 1.3 2 階平面図



図 1.4 外観パース



図 1.5,6 断面パース

### 1-3.環境

配置計画において棟の角度を振ることで風の流れをコントロールすることに加え、折板によって上下の棟同士に隙間ができ、そこから風が流れ込んでくる。これによりピロティや公園、庭に風が通り抜け、建築と樹木がつくる影と相まって、敷地全体の温熱環境に寄与する。

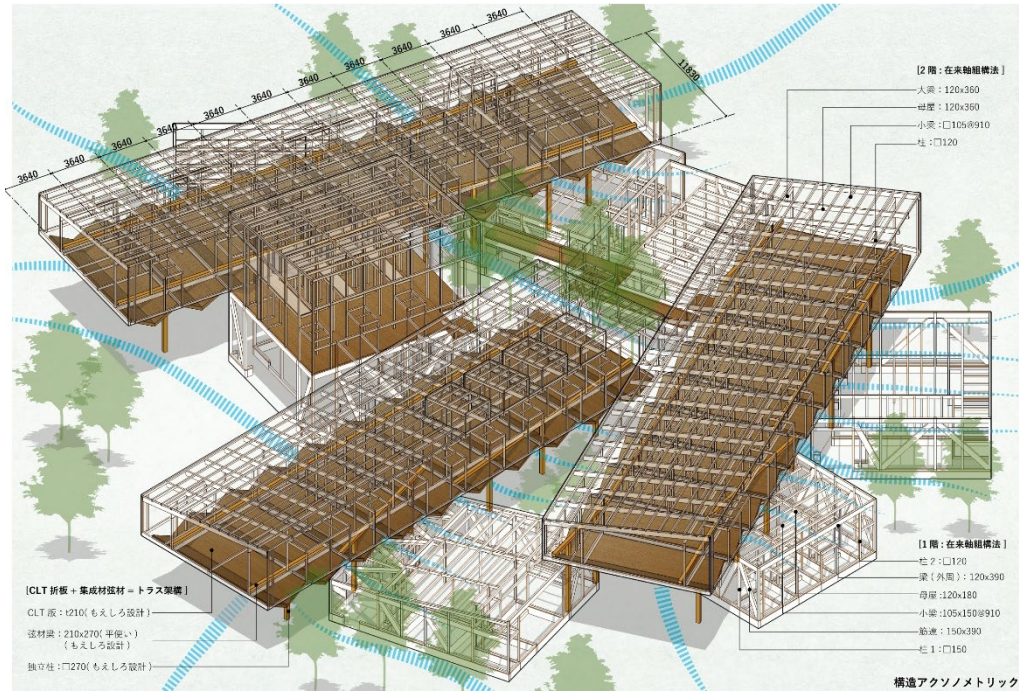


図 1.7 構造・環境アソメトリック図

#### 夏季・温熱環境シミュレーション (GL+0.5mH)

dexen  
2025.05.18

8月1日12:00 (曇天率35%) / 33.0°C, 60%, 南南東風1.3m/s / clo0.4, met1.2

##### 風況

敷地中央のボリュームがなくなったため、ここを避けて南東から北西に向かう通風が現れた。

##### 体感温度(SET\*)

ピロティでかつ風速の大きい場所は、屋外と比べて体感温度が5°C程度低くなるのがわかる。

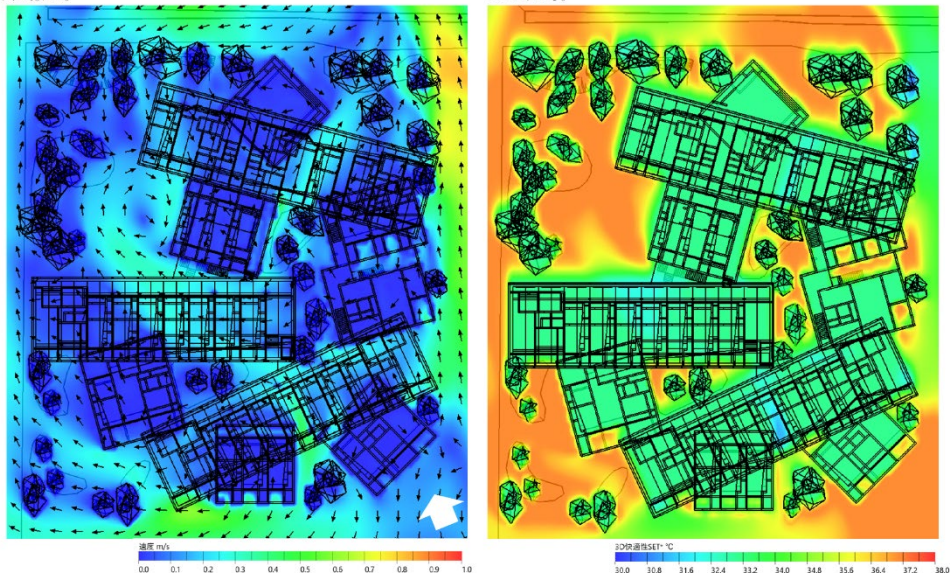


図 1.8 環境解析図

#### 1-4.法解釈と防耐火

本計画は建物全体を「イ準耐(45分)」としている。

ピロティ部分については、

- ・ 上げ裏(2F床)の CLT を「床のもえしろ(1時間)」にて面積区画としている。
- ・ CLT 折板を構成する弦材は「梁のもえしろ(1時間)」としている。※
- ・ CLT 折板と弦材を支える独立柱は「柱のもえしろ(1時間)」としている。※

※それ自体が区画を形成するものではないが、

区画を形成している CLT の床を支持しているため 1 時間準耐火構造としている。

ここで一つ課題として残ったことが、

- ・ 本件の CLT 折板は単純に「床」としてみなせるのか否か
- ・ 実態としては床ではあるが CLT 折板自体がトラスの斜材として効いているとすると、梁の一部という見方にもなり得る

このことは構造計算上、特に支障のないことではあるが、

- ・ CLT のもえしろ設計の条文には「梁」の記載はない。

つまり、梁とみなされた場合はもえしろ設計では対応できないことになる。

複数の確認審査機関に相談したところ、見解は分かれた。

- ・ 実態として床なので「床」とみなす
- ・ 力学的に梁の要素があるため「梁」の一部ではないか

前者の確認審査機関で進めることも可能ではあったが、

現行の法規で懸念点が残るのであればそれを払拭するために

- ・ 力学的には不要であるが、トラスを形成する CLT 折板部分に斜材を抱かせる。

これによって構造モデル上は CLT 折板を床として区分する。

という対策を施した。

実態としては CLT 折板があれば成立しているため不合理ではある。

今後、CLT の「梁」ももえしろ設計で対応できるように法整備が整うことを期待する。

## 2. 構造

### 2-1. 構造計画

R6 年度の設計実証・性能実証において、CLT を用いた折板構造の上下に集成材を弦材として組み合わせることでトラス構造を形成し、折板方向とトラス方向の 2 方向にスパンを架け渡すためのシステム（CLT 折板+トラス構造）を提案し、実大実験による構造性能検証を実施した（図 2.1）。本事業では、その成果を踏まえ、実際の建築物の床組みに CLT 折板+トラス構造を取り入れた構造計画を行う。

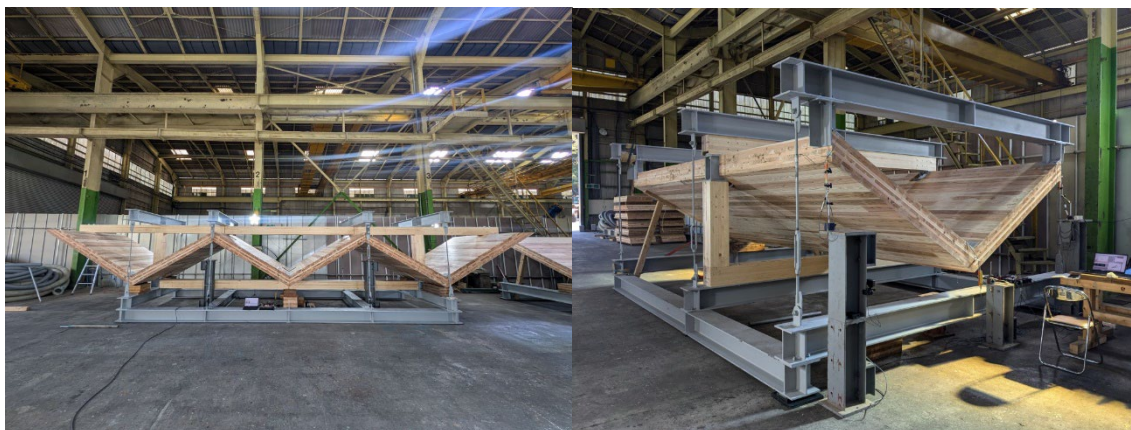


図 2.1 CLT 折板+トラス構造の実大実験

計画建物は 2 階建ての集合住宅で、2 階床部分に CLT 折板+トラス構造を用いた木造建築物である（図 2.2、図 2.3）。CLT 折板+トラス構造を支える柱の配置は 7.28m×7.28m グリッドを基準とするが、トラス弦材の位置や平面角度を変えることで柱位置を調整可能なシステムであり、実大実験結果に基づく構造解析を行い、弦材の平面角度は最大 15°、最大スパンは折板方向 8.944m×トラス方向 7.28m とした（図 2.4）。これにより、ボリューム配置の自由度を上げることができ、位置や向きを様々に変えながら 7 つのボリューム（A1 棟～A3 棟、B2 棟、C1～C3 棟）の上に 3 つのボリューム（A4 棟、B4 棟、C4 棟）が載る形式が可能になっている。

1 階のボリュームは一辺 10.92m～13.195m の正方形に近い矩形形状で、主に外周部分に水平力を負担する筋かいを設け、内部はピン柱および間仕切り壁としている。CLT 折板+トラス構造と各ボリュームを接合することで、水平力を外周筋かいで負担する構造としており、ボリュームの向きや位置、各ボリュームの筋かいの量を調整することで、全体のバランスを取っている。CLT 折板+トラス構造を支える独立柱は燃えしろ設計としており、270×270 の集成材を用いている。

2 階のボリュームは短辺 11.83m×長辺 37.31m～40.95m の矩形形状で、短辺方向が折板方向、長辺方向がトラス方向となっている。弦材は概ね長辺方向に平行に配置しているが、前述のとおり最大 15° の平面角度で向きを変えている。短辺方向端部は折板構造の片持ちで持ち出し、長手方向端部や弦材が途切れる箇所ではトラス構造の片持ちで持ち出してお



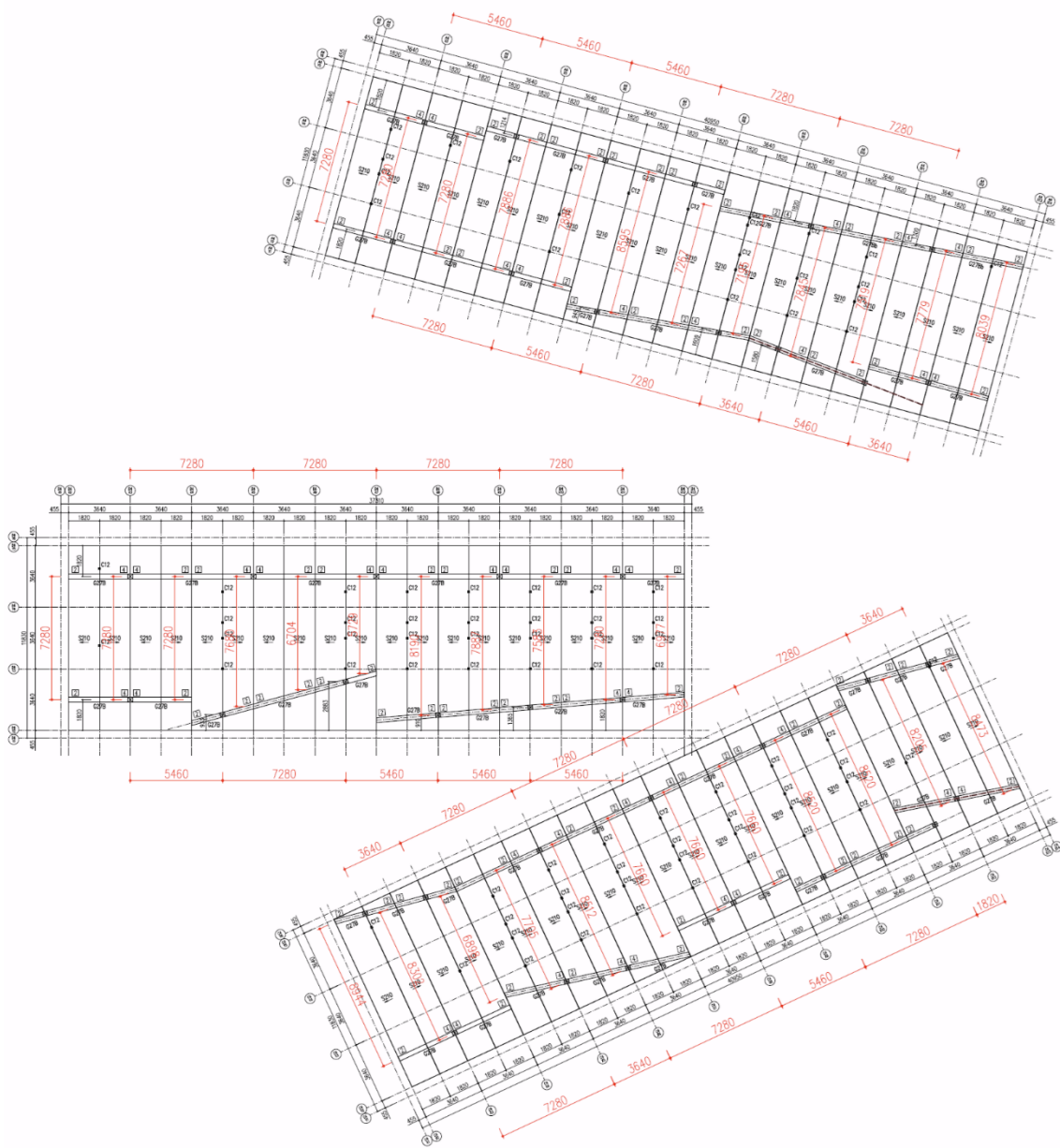


図 2.4 CLT 折板+トラス構造の弦材配置と柱スパン

## 2-2.設計ルート

本建物の水平力抵抗要素は、1階部分は150×390の集成材を用いた筋かい、2階部分は構造用合板を用いた面材壁であり、施行令46条第2項第一号に基づき、集成材等建築物として設計を行っている。階数2、軒高さ12.80m、最高高さ13.595mであるため、2025年4月の建築基準法改正後はルート1として申請できるが、構造計算ルートはルート2としており、層間変形角、剛性率、偏心率の規定を満たすとともに(表2.1)、1階部分は筋かいの水平力分担率 $\beta$ に基づく割り増しを行っている。

表 2.1 層間変形角、剛性率、偏心率

	1 階		2 階	
	X 方向	Y 方向	X 方向	Y 方向
層間変形角	1/566	1/421	1/265	1/441
剛性率	1.36235	0.97714	0.63765	1.02286
偏心率	0.11662	0.01683	0.00730	0.09879

### 2-3.構造計算

構造計算には図 2.5 に示すような立体解析モデルを用いている。各ボリューム間はエキスパンションジョイントを設けずに互いに接合しているため、全体を一つの解析モデルとしてモデル化している。

CLT 折板構造は、短辺方向は CLT の強軸方向の材料特性を入力した梁要素を山と谷の頂部に配置し、長辺方向は CLT の弱軸方向の材料特性を入力した梁要素を@1820 で配置してモデル化している。また、2 階床レベルの水平面の剛性は CLT 折板構造によって確保しているため、せん断剛性が等価となるようにブレース置換を行っている。トラス構造は、上記の折板構造の山同士および谷同士をつなぐ弦材を、集成材の材料特性を入力した梁要素としてモデル化している。トラス斜材は CLT 折板構造の長辺方向の部材が兼ねており、構造的には強度・剛性とも問題ないことが確認できているが、1-4 節で述べた防耐火の都合上、CLT が梁の一部を構成することができないということになったため、実際の建物ではトラス斜材の軸力を伝達するための集成材を追加することで対応した。

各ボリュームの向きが全体座標系に平行でないため、ボリュームに平行な方向に作用する水平荷重に対する検討も実施した (-15° ~45°)。また、ボリューム同士は接合しているが、地震時に各ボリュームの振動に位相差が生じることを考慮し、逆位相で変形した場合にも接合箇所が生じる応力に対して部材や接合部の強度が十分であることを確認している。

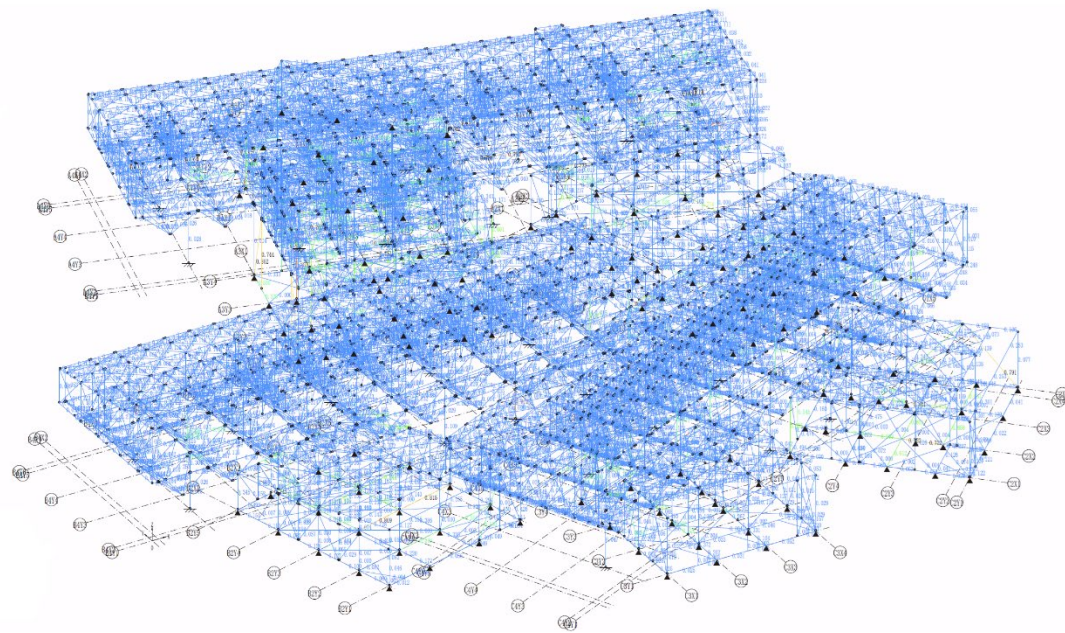


図 2.5 構造解析モデル 検定比図

### 3.建て方

#### 3-1.加工性

##### ● 施工図→加工図への移行

計画建物は CLT 折板構造と木軸トラスが組み合わさる複雑な架構であり、特に接合金物の納まり検証が重要であったため、施工図には AutoCAD による 2D データを採用した。各棟で角度が振れていることから、2D 図面を用いることで寸法・通り芯・部材ラインを明確に整理でき、関係者間での情報共有や細部の確認を迅速に行うことが可能となった。

また、部材同士の取り合いを平面上で把握しやすい点も 2D 図面の利点であり、初期段階における納まりの整合確認に適していた。

承認された 2D 図面を基に、CADWORK (3D CAD) により加工データを作成することで、加工精度の向上と立体的な干渉チェックを両立させることができた。

##### ● 加工機の性能から決まっている CLT 形状について

柱・梁との接合部や設備開口部においては、開口寸法を大きめに設定し、角部を R 形状として残すことで、加工機のみで処理を完結させることができた。これにより、手加工の削減と加工精度の安定化を図ることができた。

また、CLT へのビス止め金物の取付位置については、マーキング加工機能を持たない加工機を使用していたため、微小な孔を加工して目印とする方法を採用した。この方法により現場での墨出し作業が不要となり、金物取付の作業効率向上と施工誤差の低減に繋がった。

##### ● CLT の加工日数と歩留まり

CLT の加工は機械加工と手加工に分かれており、手加工には次の内容が含まれる。

1. 墨付け (相番)
2. 追い加工 (LSB 部)
3. 面取り加工
4. 角取り加工
5. 養生塗装
6. 自主検査
7. 金物取付

加工に要した日数は表 3.1 のとおりである。

CLT 折板 1 枚あたりで加工前後の立米数を比較すると、加工前のマザーボードが 5.7658m<sup>3</sup> に対し、加工後の製品は 4.9396m<sup>3</sup> となり、加工に伴う歩留まりは 86% となった。

表 3.1 CLT 加工日数

	機械加工	手加工	実働日数 <sup>※1</sup>
A4 棟	13 日間	14 日間	18 日間
B4 棟	8 日間	14 日間	15 日間
C4 棟	10 日間	13 日間	16 日間

※1 機械加工と手加工の期間がラップしているため、実働日数は両者の合計よりも短い

### 3-2.搬入、揚重

本案件で使用した CLT の最大サイズは幅 2,620mm×長さ 10,920mm×厚み 210 mm であり、1 枚あたり最大約 2.5t となった。搬入はトレーラーにより行い、1 台あたり最大 8 枚の積載が可能であったため、限られた搬入スペースの中でも効率的な運搬計画を検討した。敷地条件から、建て方には 70t ラフタークレーンを使用した。折板 CLT の施工では、これまでの経験から下部での地組による精度確保が不可欠であると判断し、本件でも V 字形状での地組が行えるよう、地組用治具の検討とそれに合わせた揚重計画を事前に計画した。V 字地組を行った場合、2 枚の CLT を組んだ状態で重量が 4.0t を超えることから、クレーンの作業半径と吊り能力のバランスを考慮した計画が必要であった。敷地内でクレーンを 1 か所に固定したまま全てを揚重することは困難であり、クレーンの移動回数を最小限に抑えた配置計画とすることで、施工効率と安全性を両立した揚重計画とした。(図 3.1,2)

さらに、折板 CLT と集成材弦材により構成される本構造は、上弦材・下弦材を一体化しながらトラスとして成立させる必要があるため、施工計画段階で支保工足場と高所作業車を併用する施工方法を採用した。加えて、高所作業車が往来できるよう、必要最小限の支保工足場による計画とし、作業動線の確保および安全性の向上を図った。(図 3.3)

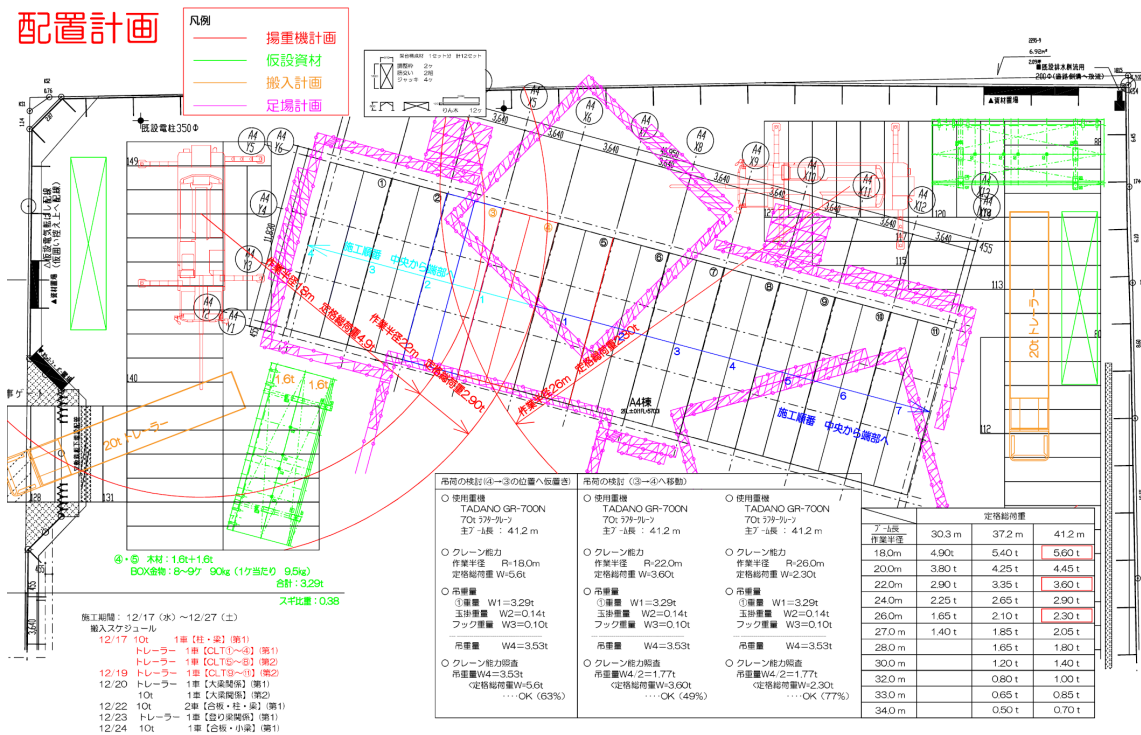


図 3.1 クレーン配置計画図 (A4 棟)



### 3-3.施工性

#### ● 建て方の日数や人工

折板 CLT を含む建て方作業について、棟別の施工実績を整理した結果を表 3.2 に示す。いずれも 2 班体制（6 名／班）により計画どおりの進捗で施工を行うことができた。

表 3.2 施工日数・人工

	全体※1		CLT 折板+トラス構造部分※2	
	期間	人工	期間	人工
A4 棟	12 月 15 日～12 月 27 日 (実働 12 日間)	129 人工	12 月 15 日～12 月 20 日 (実働 6 日間)	59 人工
B4 棟	1 月 30 日～2 月 14 日 (実働 14 日間)	138 人工	1 月 30 日～2 月 6 日 (実働 7 日間)	65 人工

※1 A4 棟は屋根合板を含まず、B4 棟は屋根合板を含む

※2 独立柱、弦材、CLT 折板を含み、小梁は含まない

#### ● 設計実証からの調整事項

○コア金物および梁継ぎ手金物の接合方法の見直し

当初、コア金物と梁継ぎ手金物は HTB による接合を想定していたが、設計実証および施工検討を通じて、一体化金物でも施工上の問題がないことを確認した。これにより、接合部の数を減らすことができ、施工手間の削減および金物費の削減につながった。

○DP のサイズおよび本数の調整

設計段階では DP サイズを  $\phi 24$  で計画していたが、CLT の割裂の可能性や施工時の安全性を考慮し、DP の本数を増やして荷重を分散させることで、 $\phi 20$  へとサイズを変更した。これにより、割裂リスクの低減に加え、使用する金物の種類を統一できたことで、現場での施工性と作業の安定性を確保することができた。

#### ● 今後改善すべき課題

設備開口・孔加工については、折板 CLT という特徴から、現場での加工が困難な部位が複数発生していた。一方、これらの開口は加工機で対応可能な内容であったため、基本的には工場加工で完結させる方針とした。しかし、設備開口の最終確定時期と木材加工の開始時期が一致していなかったため、開口位置が決定するまで一部の加工工程を一時的に停止せざるを得なかった。折板 CLT のように形状が特殊で現場加工が難しい場合には、設備開口位置・寸法の早期確定が必要であり、設計段階から設備業者との連携を密にし、開口情報を前倒しで確定することが望ましいと考えられる。



図 3.4 CLT 接合金物の施工状況

#### 4.コスト

##### 4-1.S造とのコスト比較

CLT 折板+トラス架構を用いた木造建築物と他工法の比較を行うにあたり、本事業の計画建物を鉄骨造で設計した場合を想定して比較検討した。木造建築物は CLT を現しとする計画のため、鉄骨造建築物は木仕上げのコストを含めて比較した。基礎工事範囲は共通と想定し、上部躯体工事範囲のみのコスト試算を行った結果を表 4.1 に示す。

表 4.1 コスト試算結果

CLT 折板+トラス			鉄骨造		
項目	数量	金額(千円)	項目	数量	金額(千円)
集成材	359m <sup>3</sup>	70,953	鉄骨	407 t	284,900
製材	105m <sup>3</sup>	11,807			
CLT	383m <sup>3</sup>	38,388	仕上げ	1410 m <sup>2</sup>	15,369
加工費		44,856			
建方費		63,167			
接合金物費		60,403			
合計		289,574			300,269
坪単価(811.3 坪)		357			370.

##### 4-2.S造との仮設費比較

CLT 折板+トラス架構を用いた木造建築物と他工法の比較を行うにあたり、本事業の計画建物を鉄骨造で設計した場合を想定して仮設費を比較検討した。CLT 折板+トラス架構に関わる A4 棟,B4 棟,C4 棟の部分以外の仮設は共通と想定し、CLT 折板+トラス架構に関わる A4 棟,B4 棟,C4 棟の部分の仮設費試算を行った結果を表 4.2 に示す。

表 4.2 仮設費試算結果

CLT 折板+トラス			鉄骨造		
項目	数量	金額(千円)	項目	数量	金額(千円)
支保エリース	2,260m <sup>3</sup>	565	仮設材リース	5,915m <sup>3</sup>	5,915
仮設材運搬	38 台	950	仮設材運搬	100 台	2,500
支保工組払い	2,260m <sup>3</sup>	1,356	棚足場組払い	5,915m <sup>3</sup>	3,549
高所作業車リース	24 台/月	600			
高所作業車基本料	6 台	42			
高所作業車運搬	3 台	75			
合計		3,588			11,964
坪単価(426.7 坪)		8			28

## 5.本実証により得られた成果

### 5-1.設計に用いた部材の特性値、および CLT 接合部の最適納まりの検討過程

本事業では、CLT を用いた折版構造の上下に集成材を弦材として組み合わせることでトラス構造を形成し、折板方向とトラス方向の 2 方向にスパンを架け渡すためのシステムである「CLT 折板+トラス構造」を用いた集合住宅の建築実証を行った。CLT には 5 層 7 プライ 210mm 厚のスギ Mx60 を用い、弦材には幅 270×せい 210mm の欧州からまつ E95-F315 の集成材を用いた。

CLT 接合部仕様は、R6 年度の設計実証・性能実証で検討したとおり、箱型金物を用いた納まりとし、弦材端部は鋼板挿入型のドリフトピン接合、斜材端部はラグスクリーボルト (LSB) 接合とした。LSB はダイロック製の雄ネジタイプのものを用いており、ボルト径は  $\phi 19$ 、全長は 590mm、材質は SNR490B である。設計実証時には箱型金物同士は高力ボルト接合としていたが、建築実証時に再検討を行い、一部を溶接で一体化することで施工手間の削減および金物費の削減を図った。

### 5-2.重機のサイズ、CLT のパネル割り、仮設計画、工数などの比較資料

CLT の最大サイズは幅 2,620mm×長さ 10,920mm×厚み 210 mm で、これを V 字に組み合わせることで折版構造を形成している。2 枚を 1 ユニット (重量 4t 超) として地組みを行い、70t ラフタークレーンを用いて揚重を行った。折板構造の端部と中央に最小限の支保工足場を設置する仮設計画とすることで、仮設費を削減するとともに、作業動線の確保を図った。CLT 折板+トラス構造の建方に要した期間は、A4 棟で 12 月 15 日～12 月 20 日の実働 6 日間で、人工は 59 人工であった。

### 5-3.施工・搬入レポート

CLT 折版構造の搬入、地組、揚重、乗せ込みの施工状況と支保工の設置状況の写真を図 5.1～図 5.5 に示す。



図 5.1 CLT の搬入



図 5.2 CLT 折板構造の地組

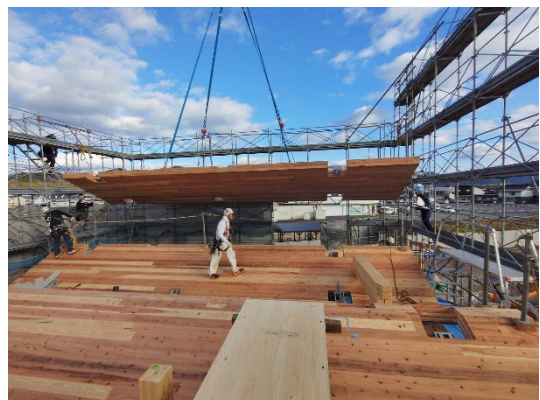


図 5.3 CLT 折板構造の揚重

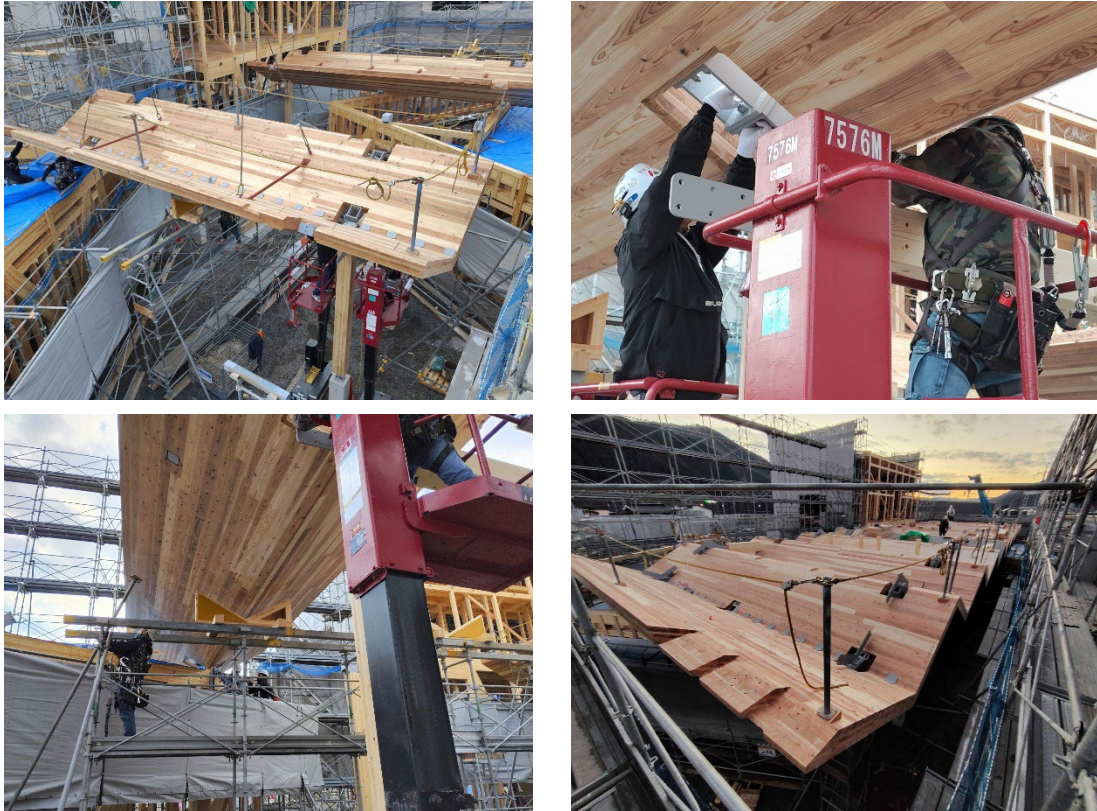


図 5.4 CLT 折板構造の乗せ込み

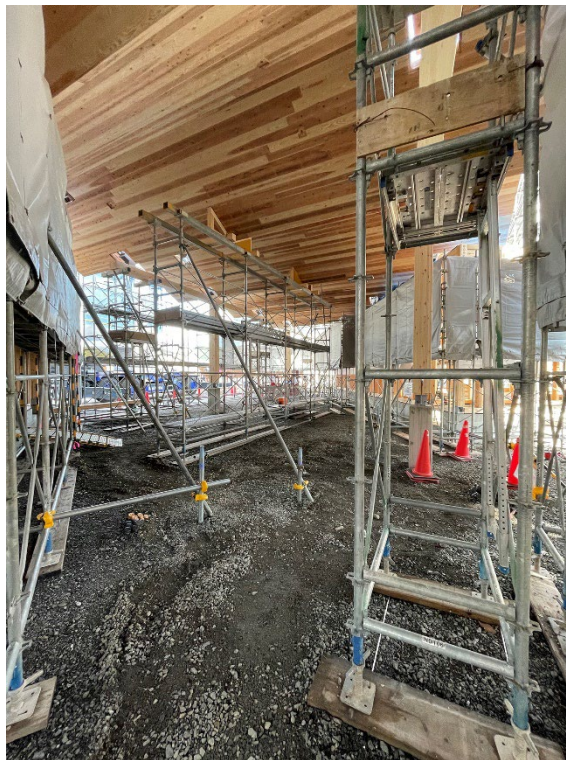


図 5.5 支保工の設置状況

#### 5-4.既存の工法と比べた CLT 工法のコスト縮減比較資料

コスト比較では、CLT 折板+トラス架構を用いた木造とした場合と、鉄骨造ラーメン構造に木仕上げとした場合を比較した。結果、上部躯体工事範囲のみのコスト試算では、CLT 建築物は 35.7 万円/坪、鉄骨造建築物は 37 万円/坪となった。CLT 折板+トラス架構に関わる A4 棟,B4 棟,C4 棟の部分の仮設費については、CLT 建築物は 8 万円/坪、鉄骨造建築物は 28 万円/坪となった。

#### 5-5.まとめ

昨今公共建築を中心として中大規模建築物でも木造化・木質化の促進が社会から要請されている。公民問わずに公共性のある中大規模建築物をつくらうとする際には、防耐火の課題ももちろんのこと、エントランスまわりや人が集まる空間などは開放的で大きな空間が求められ、近代の産物である鉄やコンクリートはそれらとの相性が良く、現代においても主流であり続けている。本事業において、CLT 折板構造(斜材)と木軸(弦材)との組み合わせによるトラス架構によって、そういった課題を乗り越えようとしている。CLT は折板構造との相性が良いというのは既に先例がいくつもあるように明らかであるが、その架構の方向性は一方向に限定されてしまうため、木軸を組み合わせることでトラスを形成することによって架構の方向性を XY の両方向に拡張する。このことによって今回は開放的で大きなピロティをつくるのだが、これを囲って室内化することももちろん可能である。そして軒裏(天井)は CLT のもえしろ設計によって木の現しが可能となる。既存工法の延長線上に位置づけられる工法のため他の事業者にとっても馴染みやすく、木造以外の工法と比較して汎用性、コストメリットを明らかにすることで、中大規模建築物の木造化・木質化に広く波及効果が期待できる。

