

### 2.3 大成建設（株）／大成建設（株）技術センター

事業名		実験施設新築工事の建築設計実証		
実施者（担当者）		大成建設(株)／大成建設(株) 技術センター		
建築物の概要	用途	実験施設		
	建設地	神奈川県横浜市		
	構造・工法	CLTによる展開構造、壁式+トラス架構+軸組工法		
	階数	2		
	高さ（m）	9.15		
	軒高（m）	8.95		
	敷地面積（㎡）	34821.92		
	建築面積（㎡）	413.05		
	延べ面積（㎡）	490.21		
	階別面積	1階	413.05	
	2階	77.16		
	3階	-		
CLTの仕様	CLT採用部位		壁、屋根	
	CLT使用量（㎡）		建築物使用量約250㎡	
	壁パネル	寸法	210mm厚	
		ラミナ構成	5層7プライ	
		強度区分	Mx60A相当	
		樹種	スギ	
	床パネル	寸法		
		ラミナ構成		
		強度区分		
		樹種		
	屋根パネル	寸法	210mm厚	
		ラミナ構成	5層7プライ	
強度区分		Mx60A相当		
樹種		スギ		
木材	主な使用部位（CLT以外の構造材）		母屋：スギ、束：スギ、天井下地：スギ構造用合板（t=24mm）	
	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		約37㎡	
仕上	主な外部仕上	屋根	シート溶着鋼板 t 0.6	
		外壁	横葺フッ素ガルバリウム鋼板 t 0.5	
		開口部	アルミカーテンウォール+Low-E複層ガラス（空気層12mm） アルミサッシ+Low-E複層ガラス（空気層12mm）	
	主な内部仕上	界壁	GB12.5×2+LGS100（GW24K100mm）+針葉樹合板 他	
		間仕切り壁	-	
		床	コンクリート金鏝仕上げ +ケイ酸塩系コンクリート表面強化剤	
	天井	CLT、構造用合板+SOP		
構造	構造計算ルート		時刻歴応答解析（性能評価+大臣認定ルート）	
	接合方法		ビス接合+LSB接合（ボルト内蔵式）	
	最大スパン		9.5m	
	問題点・課題とその解決策		プッシュアップ施工による建て方を検討したが、実際の建築敷地に十分な施工面積が確保できないため、施工方法を変更した。近隣住民に配慮して十分な遮音性能を付与した。	
防火	防火上の地域区分		準防火地域	
	耐火建築物等の要件		無	
	本建築物の防火仕様		防火構造（延焼の恐れのある部分）	
	問題点・課題とその解決策			
温熱	建築物省エネ法の該当有無		届出対象	
	温熱環境確保に関する課題と解決策		-	
	主な断熱仕様（断熱材の種類・厚さ）	屋根（又は天井）	硬質ウレタンフォーム 保温板 2種 ・ 25mm	
		外壁	-	
床		押出法ポリスチレンフォーム 保温板 1種 ・ 20mm		
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		大判パネルの接合部での遮音材の収まりを検討した。	
	建て方における課題と解決策		施工精度の事前検証、防腐防蟻処理実施	
	給排水・電気配線設置上の工夫			
	劣化対策		表面塗装処理	
工程	設計期間		H29.2月～H30.8月（19ヵ月）	
	施工期間		H30.11月～H31.8月（10ヵ月）	
	CLT躯体施工期間		H30.12月下旬～H31.1月中旬（10日間）	
	竣工（予定）年月日		平成31年8月31日	
体制	発注者		大成建設株式会社	
	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：大成建設株式会社一級建築士事務所	
	構造設計者		大成建設株式会社 一級建築士事務所	
	施工者		大成建設株式会社 横浜支店	
	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	

実証事業名：実験施設新築工事の建築設計実証

建築主等／協議会運営者：大成建設(株)／大成建設(株) 技術センター

## 1. 実証した建築物の概要

用途	実験施設			
建設地	神奈川県横浜市戸塚区名瀬町			
構造・工法	木造 (CLT)			
階数	地上 2 階 (木造部分は 1 層)			
高さ (m)	9.15	軒高 (m)	8.95	
敷地面積 (㎡)	34821.92	建築面積 (㎡)	413.05	
階別面積	1 階	413.05	延べ面積 (㎡)	490.21
	2 階	77.16		
	3 階			
CLT 採用部位	壁、屋根			
CLT 使用量 (m <sup>3</sup> )	250 m <sup>3</sup>			
CLT を除く木材使用量 (m <sup>3</sup> )	37 m <sup>3</sup>			
CLT の仕様	(部位)	(寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種)		
	壁	210mm 厚/5 層 7 プライ/Mx60A 相当/スギ		
	床			
	屋根	210mm 厚/5 層 7 プライ/Mx60A 相当/スギ		
設計期間	2016 年 4 月～2017 年 3 月 (12 カ月)			
施工期間	2018 年 11 月～2019 年 8 月 (10 カ月)			
CLT 躯体施工期間	2018 年 12 月下旬～2019 年 1 月中旬 (2 週間)			
竣工 (予定) 年月日	2019 年 8 月末日			

## 2. 実証事業の目的と設定した課題

これまで CLT 3 ヒンジトラス架構の肩部および壁脚の接合部データを取得した。また、同架構の 1/2 スケールのモックアップ施工実験を実施した。今年度は CLT 3 ヒンジトラス架構の施工を行い建築実証する。協議会では、施工方法や精度管理、各部での断熱材や遮音材の納まり等について検討する。こうした施工検討は一般の CLT 建築などにも流用可能であり、汎用性・普及性が高い。さらに、CLT 建築物の普及の課題となっているコストについて RC 造と比較して考察する。今回の実証事業で設定した課題は以下である。

- (1) CLT 3 ヒンジトラス架構の施工方法と精度管理
- (2) 他構造とのコスト比較

### 3. 協議会構成員

(協議会運営者) 大成建設技術センター：森田 (尚), 岩崎, 森田 (仁), 相馬

(意匠設計) 大成建設設計本部建築設計第一部：杉江, 埜, 三浦

(構造設計) 大成建設設計本部構造設計第二部：島村, 梅森, 坂口

(設備設計) 大成設備：宮本, 佐久間, 相野

大成建設設計本部設備設計：三村, 大櫃

(施工) 大成建設横浜支店：三輪, 飯塚, 永田, 阿部, 佃, 鷹見, 徳田

(材料) 銘建工業：宮竹, 原田

(金物) 巴機械工業：渡辺, 小林

### 4. 課題解決の方法と実施工程

CLT 3 ヒンジトラス架構の建方については構造設計と施工担当の作業所が中心となって、設計仕様および建方方法を取りまとめ、定例開催とした協議会にて議論した。

CLT のコスト増の要因、コスト縮減の方策について、作業所、意匠設計および構造設計を中心に既存の RC 構造と比較し、検討資料を作成した。

<協議会の開催>

2018 年 7 月 24 日：第 1 回協議会開催 (キックオフミーティング+打合せ)

8 月 10 日：第 2 回協議会開催

9 月 14 日：第 3 回協議会開催, 9 月 28 日：第 4 回協議会開催

10 月 12 日：第 5 回協議会開催

11 月 2 日：第 6 回協議会開催/11 月 6 日：第 7 回協議会開催

11 月 27 日：第 8 回協議会開催 (銘建工業 CLT 工場視察)

12 月 14 日：第 9 回協議会開催 (㈱オノツカ工場製品検査)

<施工>

2018 年 8 月：工事契約

10 月 25 日：契約図発行

11 月 1 日：着工 (基礎工事)

12 月 24 日：CLT 建方開始 2019

年 1 月：CLT 工事, 屋根工事 (木工事)

木造躯体部分完成

2 月：内装工事, 外装工事

4 月：外装完成

### 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。

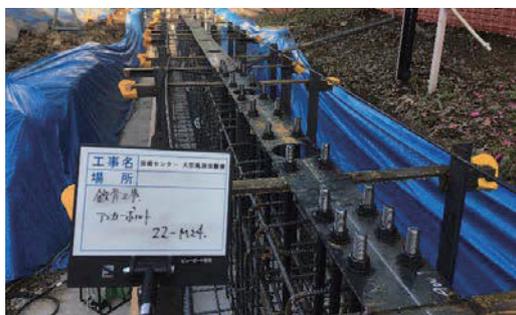
(1) CLT 3 ヒンジトラス架構の施工方法と精度管理

今回の CLT 3 ヒンジトラス架構は、1 スパン 2450mm に対して、幅が 2448mm×長さ 8300mm×幅 210mm の CLT を使用しており、CLT 板同士のクリアランスを 2mm で納めるという非常に精度を要求される建物であった。そこで、基礎躯体工事で設置するアンカーボルトの精度管理に重点を置いて、施工を管理することとした。

具体的な方法としては、1 スパンあたり 22 本設置するアンカーボルトを L 字アングルで作成した架台と 6mm 厚のテンプレートを用いて固定した。コンクリート打設の前に、打設周知会を開催して、打設時の注意点を周知するとともに、打設時のアンカーボルトの位置ずれを早期に発見し、再調整できるようにするため、測量工・鍛冶工を立ち合わせる体制を準備した。製品精度を確保することは、施工精度の確保と同様に、重要である。ベースプレート (BPL)、CLT 金物、CLT 板の製作精度を各工場にて検査した。

CLT 建方では、CLT の重量が約 2.2t あるため、25t ラフターを採用した。また長さも 8.3m と大判のため、建方機と合番機の 2 台で合吊りにより建起こし、CLT を吊り上げた。CLT 建方は 1 日 2 スパンで計画し、総数 54 枚、1 日 6 枚施工の 9 日間で計画をした。実際の施工も計画通り 9 日間で施工を終わらせることができた。

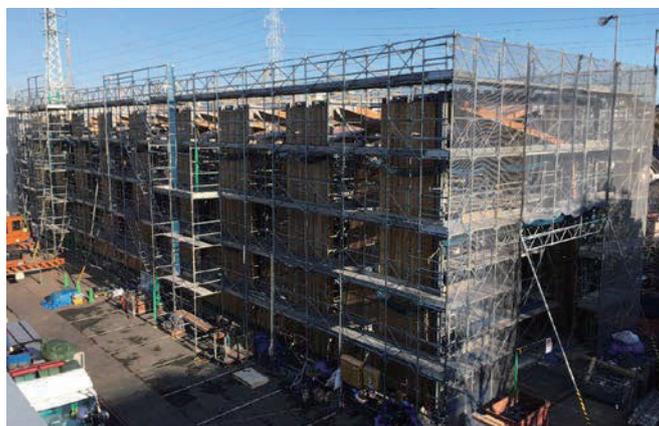
CLT 板は表面がそのまま最終仕上げとなるため、細心の注意を払い、養生を徹底した。仮置きは中央・端部に架台を置き、CLT が反らないような対策をとった。吊冶具、仮設プレート等は現場で設計し、安全に施工できるように計画した。また屋根上に上がる際は靴カバーを使用し、靴の跡がつかないように十分に配慮した。



アンカーボルトの設置



測量工・鍛冶工立会による打設



躯体完成

## (2) CLT 3 ヒンジトラス架構のコスト比較

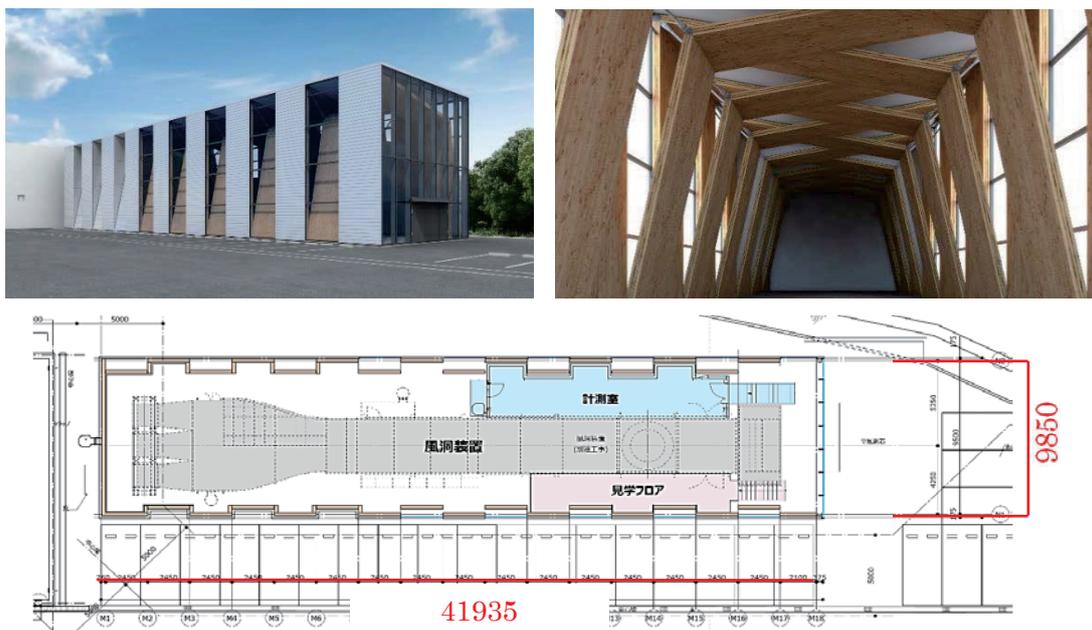
CLT 3 ヒンジトラス架構は特殊性の高い構造であるが、CLT を用いた建築物の市場性を検討するため、RC 造とのコスト比較を試みた。同架構を模した建築物を RC 造として改めて試設計することは、それぞれの材料特性や構造特性の観点から非合理的な構造となり、あまり意味を持たない。そこで、同じ敷地内にほぼ同じ幅、高さで、RC 造として建てられた音響風洞実験棟（通称：W1 棟）を比較対象とし、コスト検証を実施することとした。坪単価比で建築コストを比較したところ、以下のことが確認された。

- 1) 基礎・躯体にかかるコストは、RC 造に比して木造の方が 16%ほど高い
- 2) 価格差には、高い遮音性能を確保するための外装仕上げ工事が大きく影響している

## 6. 本実証により得られた成果

- ・ CLT は密度が小さいため揚重作業時に取り回しやすく、また単位時間あたりの施工面積が大きいことが工期短縮に寄与するだろうことが確認できた。
- ・ 今回、鉄骨軸組の建方を専門としているとび職人が CLT 工事を担当した。担当者は、CLT は鋼材と異なり、容易に損傷したり汚れてしまったりすることを体験したことで、当初よりも CLT を丁寧に扱うことができた。こうした新たな体験を得て、楽しみながら CLT 建方を進められたことは CLT 建築の効果のひとつかもしれない。
- ・ コスト比較の結果、躯体のみであれば、RC 造と CLT による木造とで大きな差は認められないが、高い遮音性能を求められる時には、その差が大きくなることが分かった。
- ・ 本事業で得られた施工および精度管理に関する知見は、一般の CLT パネル工法にも活用することができる。

## 7. 建築物の平面図・立面図・写真等



## 目 次

1.	はじめに .....
1.1	これまでの経緯 .....
1.2	今年度の実証内容 .....
2.	建築実証 .....
2.1	建築計画 .....
2.2	構造計画 .....
2.2.1	構造架構コンセプト .....
2.2.2	構造設計概要 .....
2.2.3	接合部の構造実験概要と接合部の詳細 .....
2.2.4	モックアップを用いたプッシュアップ施工 .....
2.3	施工 .....
2.3.1	基礎工事（鉄筋工事，コンクリート工事，型枠工事） .....
2.3.2	製品検査（金物+CLT） .....
2.3.3	建方工事（CLT 工事） .....
2.3.4	屋根工事 .....
2.3.5	まとめ .....
3.	コスト比較 .....
3.1	はじめに .....
3.2	算定条件 .....
3.3	算定結果 .....
3.4	まとめ .....
4.	おわりに .....
	謝辞 .....

## 1. はじめに

近年、我が国では公共建築物の木造化・内装木質化が進められ、中大規模を主とした木造建築を実現するための部材や接合部、内装材等の開発が積極的に行われている。中でも、ラミナを直交して集成接着した直交集成板（Cross Laminated Timber, 略称 CLT）が世界的に注目されており、国内では 2016 年 3、4 月に CLT パネル工法に関する告示が示された。木質部材の防耐火技術についても大きく前進しており、1～2 時間耐火などの耐火性能を有した部材が開発され、それらを利用した木造建築もしくは一部木造建築が都市部にも徐々に建てられるようになってきている。

### 1.1 これまでの経緯

2016 年度、2017 年度の 2 年間に渡って、「CLT を活用した先駆的な建築物の建設等支援事業」に採択されてきた。

2016 年度は、設計と部材の性能実証を対象として採択され、CLT を用いた大型木造実験施設の設計コンセプトを含めた基本設計と、経済性や力学的合理性を有した CLT の接合部を選択する目的で、引張接合部とせん断接合部について、複数の接合方法を提案し各種接合部の性能と特徴を網羅的に明らかにした。

2017 年度は、部材の性能実証を対象として採択され、CLT を用いた大型木造実験施設の実施設設計と CLT の各種接合部の実験による性能確認を行った。この設計業務において、CLT を用いた 3 ヒンジトラス架構が考案され、それを構成するための接合部の開発が行われた。接合部には、鋼板添え板式ビス止め接合部とボルト内臓型のラグスクリューボルト（Lag Screw Bolt/ LSB）を主に用い、それらの性能確認実験を実施した。また、1/2 スケールのモックアップを用いた建方実験を行って、CLT や接合金物等の部材の加工性や作製精度、3 ヒンジトラス架構の施工性の確認を含む、架構全体の実現可能性を検証した。

### 1.2 今年度の実証内容

以上に示した 2 年間にわたる設計と部材の性能検証に基づいて、2018 年度は建築実証を行った。建築実証の対象は、材料、構造、調達、施工等にかかる課題を協議会にて議論して解決していく創意工夫のプロセスであり、それらは「基礎」、「躯体」、「仕上げ」の各工事に大きく分けることができる。本実証では、具体的に、次章の 2.3 に示す基礎工事、建方工事、屋根工事として取り扱うこととした。基礎工事には、鉄筋工事、コンクリート工事、型枠工事が含まれ、建方工事は基本的に CLT3 ヒンジトラス架構の組立て工事である。屋根工事は CLT 躯体の上部に小屋組を構成し、緩勾配の屋根を葺く工事である。

## 2. 建築実証

### ・ 建築概要

大成建設（株）技術センターの既存の風洞実験装置が老朽化したため、装置の規模を大きくし風洞実験装置用の独立した建物（以下大型風洞実験棟）を新設する。本建物では、建築物周辺の風環境、構造物の耐風安全性、風による振動居住性などの評価のための実験を行う。

### 2.1 建築計画

本計画の建築的特徴は、下記4点挙げられる。

- ① 風洞実験装置の設置にあたり平面形状が10m×42m、高さが7mのスペースを確保している。
- ② 隣地への騒音対策のために遮音性能確保した外壁仕様としている。特に建物西側は隣地境界線から近くなるため、高い遮音性能を確保した外壁仕様とした。
- ③ 建物の構成は、全体としては風洞装置を設置するための平屋の大空間で、建屋内に独立架構となっている計測室（2階建）と見学者デッキ（平屋）がある。
- ④ 延床面積を500㎡未満に抑えて内装制限の対象とならないようにすることでCLTの現し仕上げとすることが可能となり、CLTの木の表情や構造形式がそのまま見えるデザインを目指した。



図 2-1 外観パース



図 2-2 内観パース

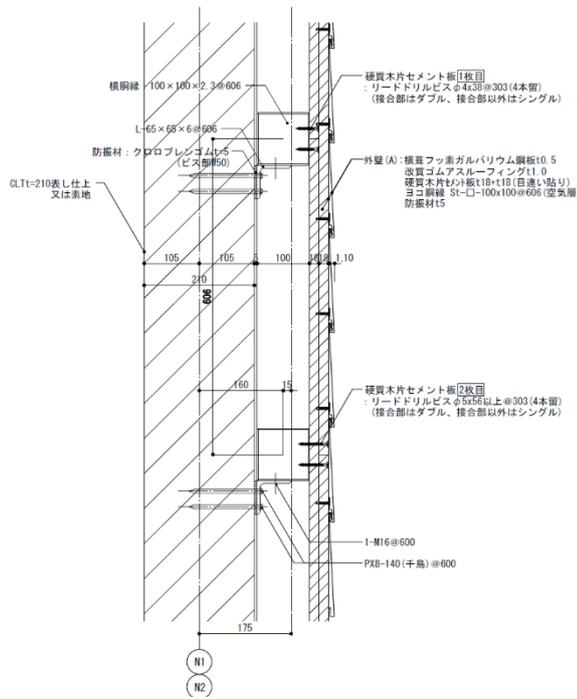


図 2-3 外壁断面詳細図

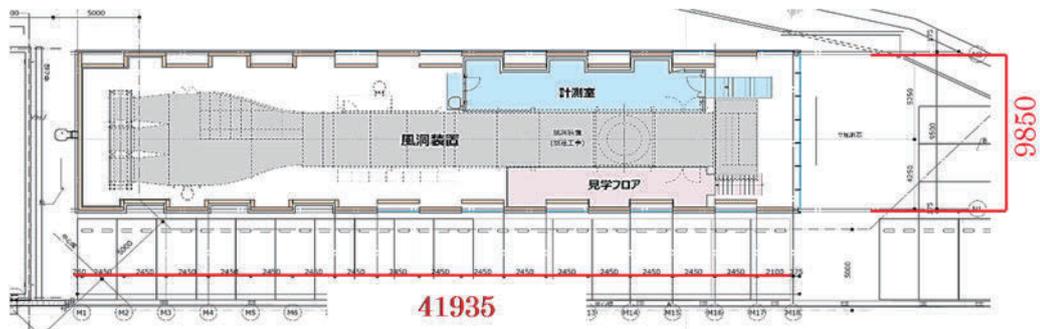


図 2-4 平面図

## 2.2 構造計画

### 2.2.1 構造架構コンセプト

本建物は、地上1階建て（建築的には2階建て）の大型風洞実験棟である。平面形状は9.5m×約41m、高さは9.15mである。本建物に用いるCLTは、一枚の大きさが約2.45m×9m、厚さ210mmの大盤を用いている。架構は大盤CLT3枚で構成されるユニット（一枚は真直ぐ鉛直に立つ縦部材、一枚はやや斜めに傾いて立つ縦部材、もう一枚はこれらの柱間に設置される水平部材）を長手方向に連続させ、鉛直柱と斜め柱を互い違いとなるように配置し、隣り合うユニットを圧縮ロッドで連結するものである。隣り合う2対のユニットを連結することにより、鉛直・水平荷重時共に梁中央部および柱脚のモーメントがゼロとなる、シンプルな3ヒンジ架構を形成し、軸力抵抗系の架構として計画した。また、縦部材と水平部材は回転可能なヒンジジョイントとすることで、プッシュアップ施工を可能としている。

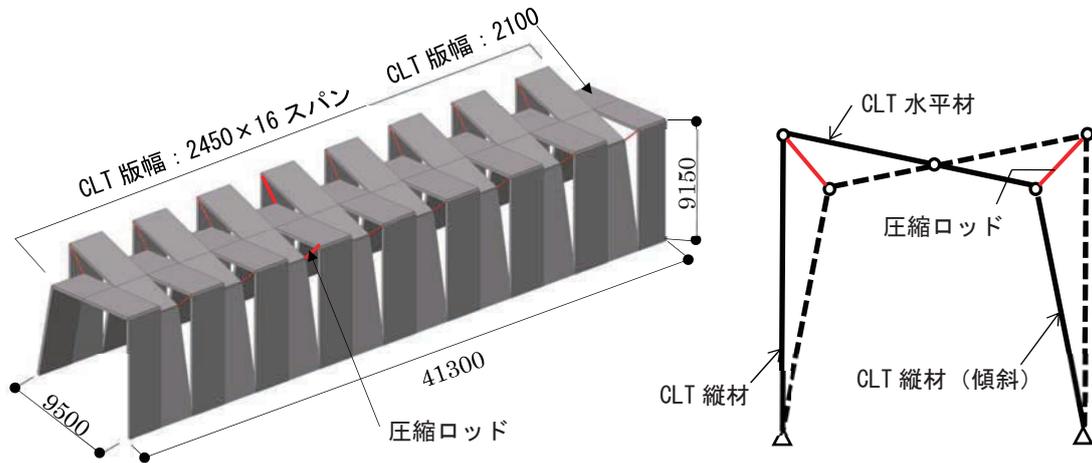


図 2-5 構造架構パース

図 2-6 短辺方向 架構概念図

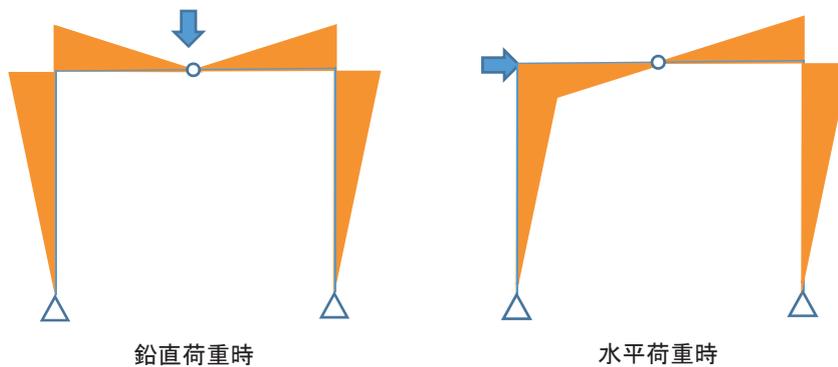


図 2-7 3ヒンジ架構の応力図

## 2.2.2 構造設計概要

本建物の構造設計に先立ち、2.2.3 に示す接合部の構造性能確認実験を行い、実験から得られた各接合部の荷重変形関係から弾性バネ定数を設定した。

構造解析モデルは、CLT パネル、ロッド材を線材置換した立体モデルを作成し、各接合部には実験で得られた弾性バネを考慮し、応力・変形解析を行った。

設計用地震力は、告示波 3 波および観測波 (EL CENTRO NS、TAFT EW、HACHINOHE NS) による予備応答解析結果から得られたレベル 2 最大応答せん断力係数 (最大値:  $CB=0.846$  (EL CENTRO NS)) を包絡する値として、 $CB=1.0$  とし、耐震性能クライテリアは、層間変形角  $1/100$  以内、上部構造の部材および接合金物を短期許容応力度以内とした。

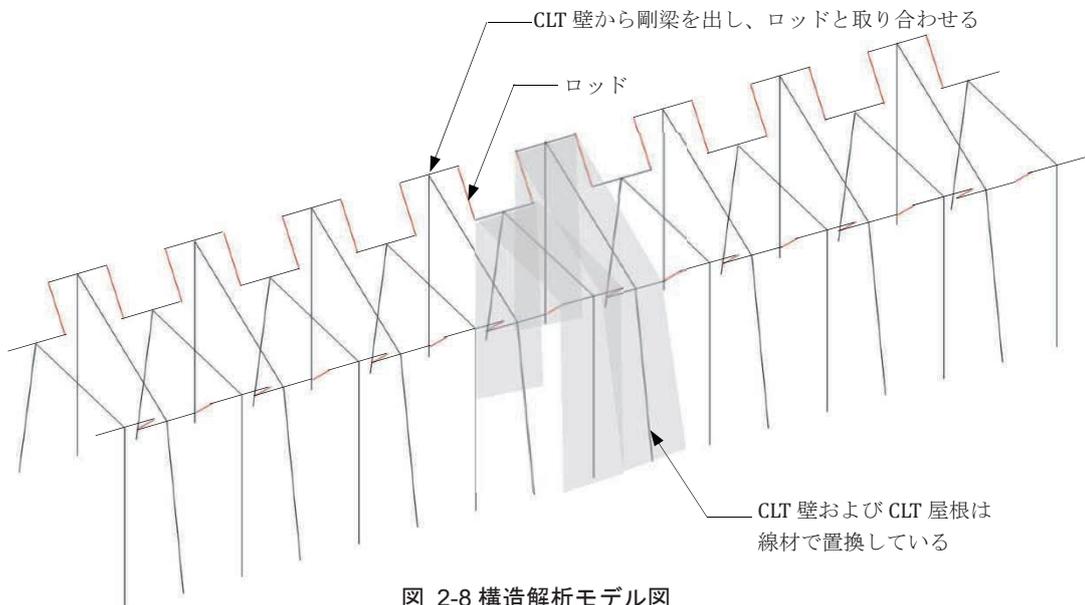


図 2-8 構造解析モデル図

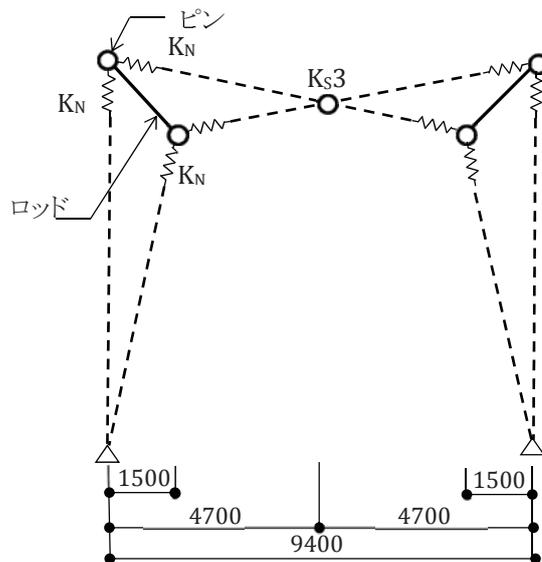


図 2-9 モデル概念図 (短辺方向)

## 2.2.3 接合部の構造実験概要と接合部の詳細

2.2.1 に示した構造架構実現のため、①～③の接合部実験を行った。

### ① 肩ビス止め接合部引張実験（ビスせん断実験）

図 2-10 および図 2-11 に示す部分は CLT トラス架構を構成する接合部のひとつである。ここで採用したビス止め鋼板添え板接合部のせん断性能を明らかにするため、引張り型のせん断試験を実施した。試験体（写真 2-1）の CLT (Mx60B 5-7,  $t=210\text{mm}$ ) 版サイズは  $700\times 1700\text{mm}$  とし、CLT の側面に左右から先孔を開けた 2 枚の鋼板 ( $t=16\text{mm}$ ) を添えてフルスレッドビス (パネリード PX8-140) にて止めつけた。止めつける本数は、20 本、40 本、59 本の 3 種類とし各 1 体試験体を用意した。加力は 1 方向繰返し加力とし、繰返しスケジュールは CLT マニュアルの方法に準拠した。試験体数は計 3 体とした。図 2-12 に試験結果を、表 2-1 に試験体ごとのビス 1 本あたりの特性値を示す。設計上は安全側に 20 本の値  $K=1.53\text{kN/mm}$  を用いるものとした。

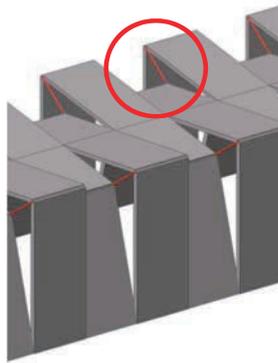


図 2-10 肩部接合部

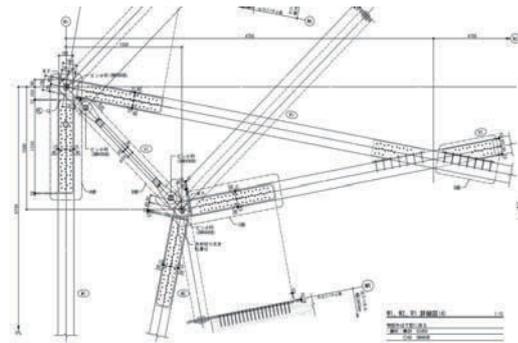


図 2-11 肩部接合部ビス詳細図



写真 2-1 肩ビス止め接合部引張実験状況

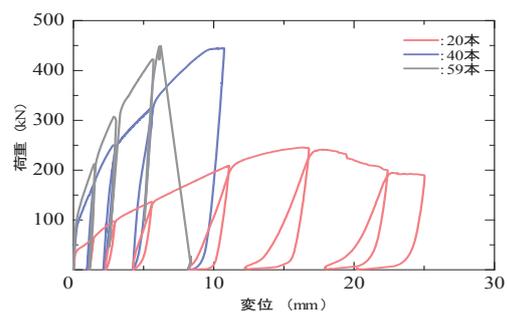


図 2-12 荷重—変位関係

表 2-1 試験体におけるビス 1 本あたりの特性値

本数	$P_{max}$ kN	$P_y$ kN	$\delta_y$ mm	$K$ kN/mm	$P_u$ kN	$\delta_v$ mm	$\delta_u$ mm
20	12.3	5.44	3.56	1.53	12.8	8.38	22.4
40	11.1	5.51	2.21	2.50	9.8	3.94	10.5
59	7.6	3.86	1.72	2.24	6.5	2.91	6.23
PX8-110 (参考)	11.2	4.99	2.86	2.21	10.5	—	24.35

② 壁脚せん断実験

図 2-13 に示す長手方向の CLT 耐力壁の面内せん断性能を明らかにするため、CLT 耐力壁の面内せん断試験を実施した。試験体は壁長さ 2400mm、壁高さ 3600mm で縦方向強軸とした。CLT は Mx60B 5-7、 $t=210\text{mm}$  を用いた。試験体を写真 2-2 に示す。壁脚の固定方法は  $\phi 25.2\text{mm}$ 、 $L=430\text{mm}$  のボルト内蔵型 LSB を用いた仕様とした。ボルト内蔵型 LSB とは、図 2-14 に示したように、中空に作られた LSB の内部に M18 ボルト (SNR490B) を挿入し、挿入先で中空 LSB と機械的に”かきめて”固定されている接合金物である。

実験結果 (図 2-15 および表 2-2) より柱脚部のバネの値として、 $K_{\theta}=251\text{MNm}/10^{-3}\text{rad}$  を採用した。

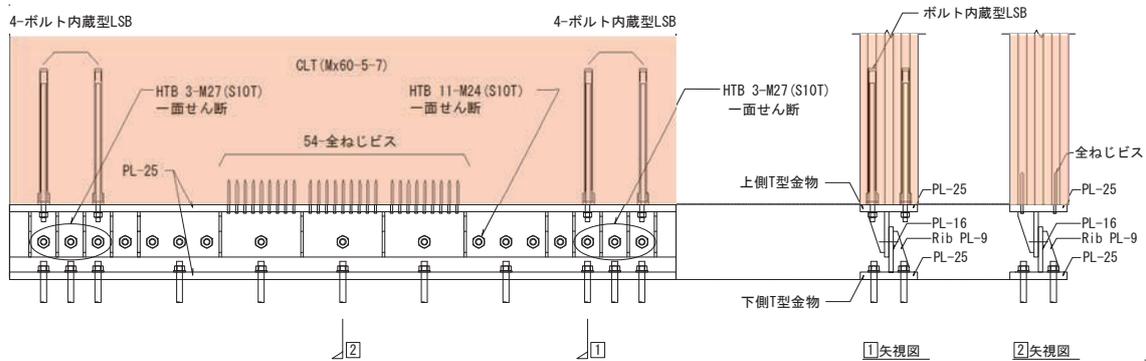


図 2-13 CLT 脚部ディテール

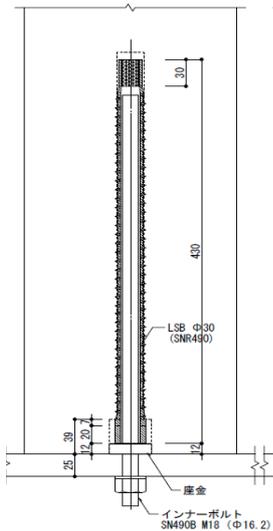


図 2-14 ボルト内蔵型 LSB

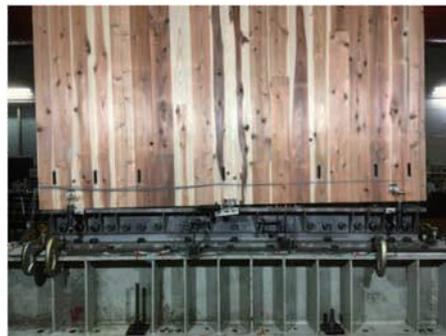


写真 2-2 破壊性状 (ロッキング変形)

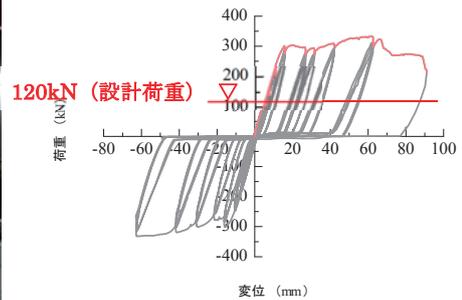


図 2-15 荷重変形関係

表 2-2  $M-\theta$  関係 (実験値・計算値)

	$K_{\theta}$	$M_y$	$\theta_y$	$M_u$	$M_{max}$
	$\text{MNm}/10^{-3}\text{rad}$	kNm	$10^{-3}\text{rad}$	kNm	kNm
実験値	251	623	2.48	933	1041
計算値 (公称値)	265	457	1.72	961	961
計算値 (実験値)	265	395	1.49	746	746

※1 計算値の詳細は 2017 年度成果報告書による



## 2.2.4 モックアップを用いたプッシュアップ施工

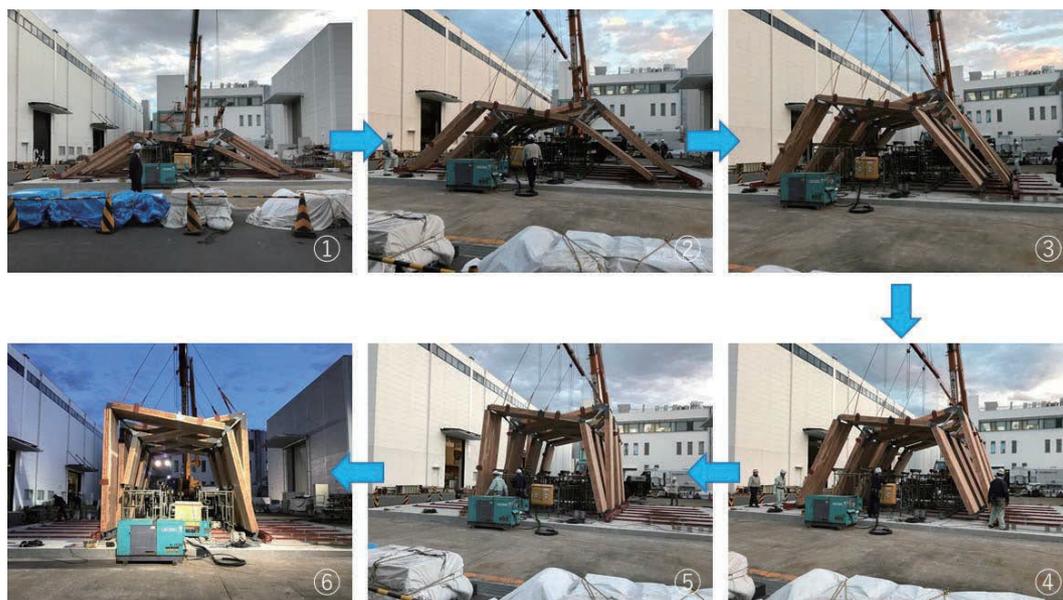
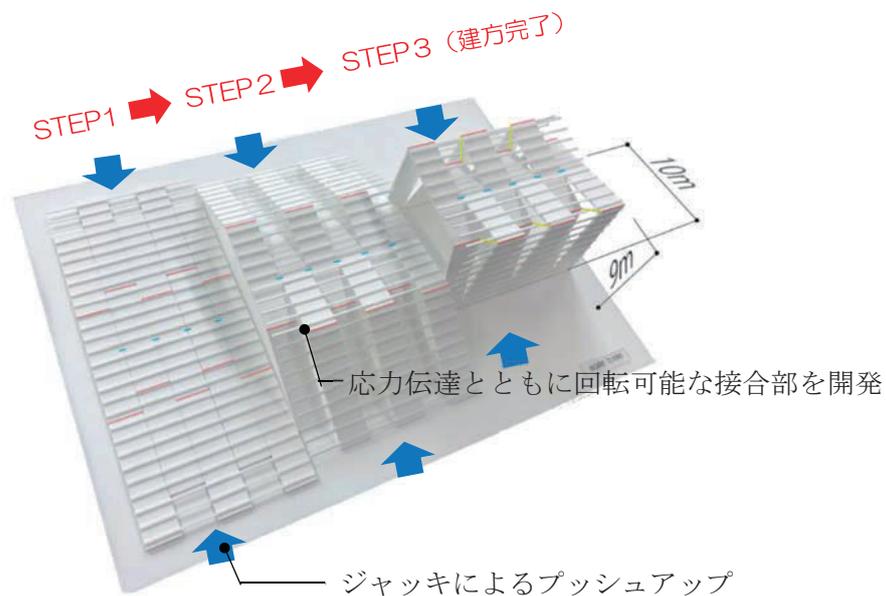


図 2-18 プッシュアップ施工コンセプトとモックアップ施工状況

図 2-18 に示すように、CLT パネルを地上で置いた状態で地組し、柱脚どうしをジャッキで引き込むことで架構をプッシュアップさせる施工方法が可能である。本建物設計前に、モックアップとして 1/2 スケールで施工実験を行い、プッシュアップの施工が可能であることを確認した。実建物では、敷地の関係上このプッシュアップの施工が採用できなかったが、今後はこの考えを応用した施工方法を用いながら展開できると考える。

## 2.3 施工

### 2.3.1 基礎工事（鉄筋工事，コンクリート工事，型枠工事）

今回の物件は，1 スパン 2450mm に対して，幅が 2448mm×長さ 8300mm×幅 210mm の CLT を使用しており，CLT 板と板のクリアランス 2mm で納めるという非常に精度を要求される建物であった。

まずは基礎躯体工事の時に設置するアンカーボルトの精度管理に重点を置いて，施工を管理した。事前に構造設計者とアンカーボルトと配筋納まりを提出し，承諾を受け，配筋工事を施工した。アンカーボルトは1 スパン当たり 22 本設置されるため，アングルを使用した架台と 6 mm のテンプレートをを用いて，固定した。

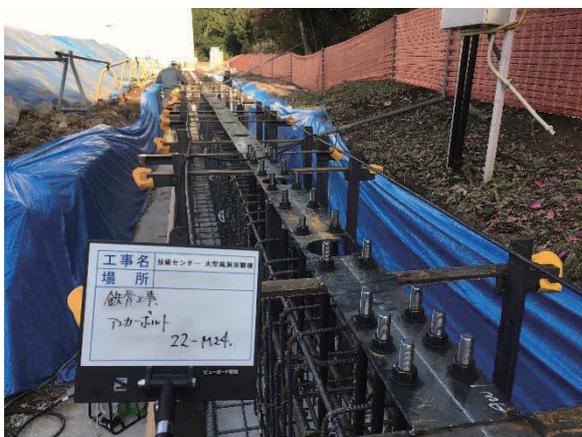


図 2-19 アンカーボルト（22-M24）設置状況

コンクリート打設時は打設周知会を実施し，打設時に注意点を周知したが，万が一アンカーボルトが移動する可能性もあるので，測量工・鍛冶工を立ち会いさせ，調整できる体制を整えて打設を行った。



図 2-20 コンクリート打設状況

### 2.3.2 製品検査（金物+CLT）

現場での施工精度を求めるのと同様に、製品精度を確保することが非常に重要である。ベースプレート（以下、BPL）、CLT 金物、CLT 本体の製作精度を各工場にて検査した。



図 2-21 BPL 仮組状況（角度確認）



図 2-22 ボルト穴径確認（φ29 mm）

### 2.3.3 建方工事（CLT 工事）

建方精度は BPL の取付精度で決まってしまうため、レベル調整ナットを誤差なく設置し、通り墨に BPL を確実に合わせる管理をした。



図 2-23 BPL 位置出，設置状況



図 2-24 BPL 位置確認（墨から BPL 面 90mm）

CLT 建方は CLT が最大約 2.2t あるため、25t ラフターを採用した。8.3m と大版のため、建方機と合番機の 2 台で合吊りより建起こし、建方を実施した。CLT 建方は 1 日 2 スパンで計画し、総数 54 枚、1 日 6 枚施工の 9 日間で計画をした。実際の施工も計画通り 9 日間で施工を終わらせることができた。



図 2-25 CLT 建方状況

CLT 材は表面が最終仕上げのため、細心の注意を払い、養生を徹底した。仮置きは中央・端部に架台を置き、CLT が反らない対策を行った。吊冶具、仮設プレート等も現場で計画し、安全に施工できるように計画した。また屋根上に行く際は靴カバーを使用し、靴の跡がつかない配慮をした。



図 2-26 CLT 搬入状況

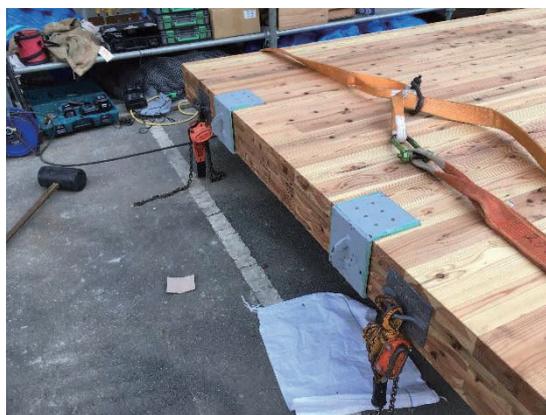
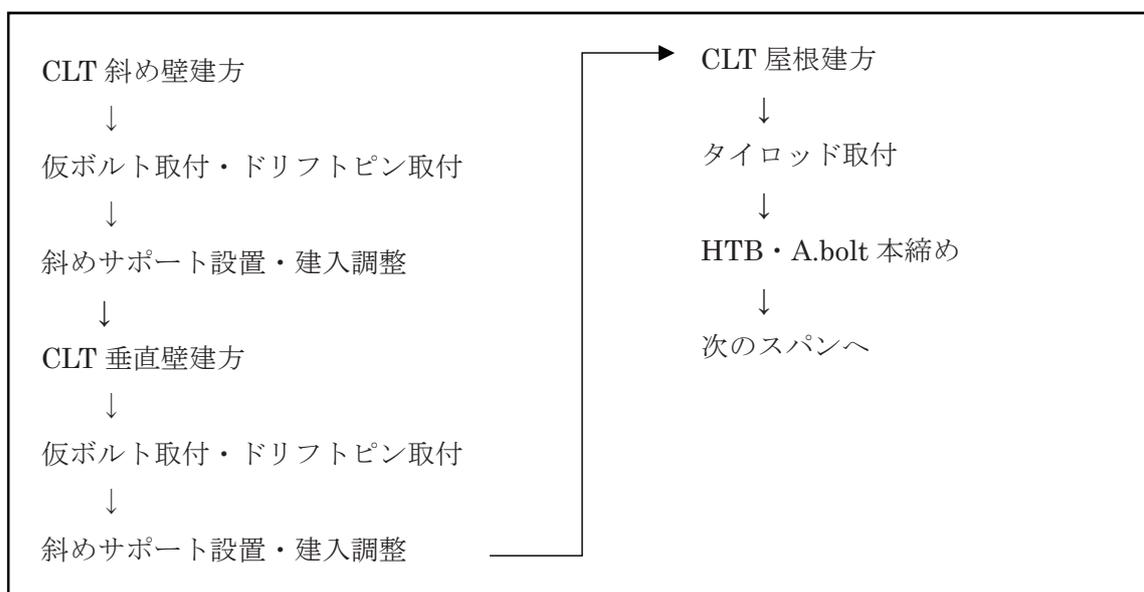


図 2-27 CLT 専用吊冶具

CLT 建方は以下の手順で実施した。

表 2-4 建方手順



CLT 壁の建方は、測量工と決めたポイントを、仮ボルト・ドリフトピン取付け後に、X、Y 方向を同時に確認させ、CLT の位置が計画通りになっているかを確認しながら建方を行った。同時に BPL と CLT 下部の金物は HTB での固定のため、摩擦面の密着も確認することを実施した。

CLT 屋根は吊冶具を調整しながら、無理に合わせることなく、精度を確保した壁に影響を与えないように、ピンの穴同士を合わせるように建方を実施。無理に合わせようとした場合、木が鉄に負けてしまい、精度が保てなくなることがあるため、あくまでも穴に合わせる施工方法で実施した。



図 2-28 垂直壁位置調整



図 2-29 屋根取付状況



図 2-30 斜めサポート設置



図 2-31 本締め

CLT の建方は基礎躯体工事からの精度管理，製品の精度管理を重点的に管理できたことで，不具合なく建方を完了することができた。建方精度も 2mm のクリアランス内で施工を納めることができた。

#### 2.3.4 屋根工事

下母屋と構造用合板を先行で仮組したものを搬入し，先行で屋根面を塗装し，クレーンを利用して設置した。屋根工事も CLT 施工完了後，2 週間で工事が完了し，当初の予定通りに工事が完了した。



図 2-32 屋根合板搬入状況



図 2-33 屋根面先行塗装



図 2-34 屋根取付状況



図 2-35 屋根木下地施工完了

### 2.3.5 まとめ

工事着工から CLT 工事までの徹底した精度管理を実施したことで、工事を円滑に進めることができた。CLT を緊結する接合具は金物（鉄骨部材）であり、木としての精度管理と金物の接合に対する精度管理が満足できたことが貴重であった。鉄骨建方とは違い、木工事では精度を合わせながら、建方を行うことが大切であると改めて認識させられた。

今回の施工メリットとしては、約 2.5m×8.3m の CLT 板を施工することで、約 10 日間で約 40m×9.5m×高さ 8.5m の空間を作ることができた。他の構造と違い、コンクリートを打設することもなく、外装・屋根工事に着手できることは工程的に大きなメリットがあると感じている。また製作工場の精度管理が高いので、外装の下地などを工場で事前に設置することができれば、さらなる工程短縮・品質確保につながるのではないかとと思われる。



図 2-36 CLT 工事+木工事完了時の全景

### 3. コスト比較

#### 3.1 はじめに

本事業において建築実証する大型風洞実験棟（通称：W2棟）は、CLTを用いた3ヒンジトラス架構によって構成された木造建築物である。使用されたCLT1枚の大きさはおよそ2.4×9.0mであり、同サイズのCLT、約50枚がトラス状に接合されている。このように大版の木質材料のみで建築された木質構造は、国内外でも類を見ず、CLTの大胆な使い方が特徴的な構造形式となっている。

このような特殊性の高い建物ではあるが、CLTを用いた建築物の市場性を検討するため、RC造とのコスト比較を試みる。CLTの3ヒンジトラス架構を模した建築物をRC造として改めて試設計することは、それぞれの材料特性や構造特性の観点から非合理的な構造となり、あまり意味を持たない。そこで、同じ敷地内にほぼ同じ幅、高さで、RC造として建てられた音響風洞実験棟（通称：W1棟）を比較対象とし、コスト検証を実施することとした。

#### 3.2 算定条件

W1棟は、RC造地上1階建て、平面は15m×11m、高さ9.9mの建物である。風騒音シミュレータ実験研究棟ということから、一般のオフィスビルや集合住宅と比較して、実験室・装置用機械室という相違点はあるが、同じ敷地内で幅や高さがほぼ同じであること、また当社の管轄で工事が行われたことなどの理由から、W2棟の比較対象として選択した。

W1棟の特徴としては、建物の外装材による影響で発生する風騒音をシミュレータの活用により外装材の部材単体性能および建物空間性能を評価し、建物の設計・施工において最適な仕様の提案と風騒音が発生しない外装材の研究開発を行うことを目的としている。部屋は、実験室・機械室・計測室で構成されている。実験室は半無響室で、暗騒音を再現し、高風速を大型吹出口から様々な風向や風速の風を作用させ風騒音を評価することができる。機械室は高風速の風を起こす風洞装置を設置している。計測室は、事務室同等の部屋である。

なお、両者の特殊性を考慮して、以下の工事に関する費用は計算から除外した。

#### 【計算から除外した工事とその理由】

仮設工事：	W2棟は内・外周ともに総足場で、規模が大幅に異なるため
土工事：	規模が大幅に異なるため
地業工事：	規模が大幅に異なるため
鉄骨工事：	躯体構成に関係しない部分を含むため
金属製建具工事：	躯体構成に関係しない部分を含むため
ガラス工事：	W2棟のみの工事であるため
内装工事：	躯体構成に関係しないため
その他工事：	躯体構成に関係しないため
設備工事：	躯体構成に関係しないため

残された工事は、鉄筋工事、コンクリート工事、型枠工事、CLT工事の基礎・躯体を構成するための工事と防水工事、仕上げ工事等の、外装仕上げにかかる工事の二つに区分される。

### 3.3 算定結果

表 3-1 に RC 造である W1 棟と木造である W2 棟の坪単価比を示した。ここでの単位は、W1 棟（RC 造）の工事の合計を 100 とした場合の、各工事の百分率（%）とした。算定結果から、基礎と躯体を構成するための工事は、RC 造と木造とで 16%の差しかないことが分かる。一方、これに防水、外装仕上げ工事分を加えると、69%と大きな差となることが確認できる。外装仕上げ工事等の全体に占める割合を算出すると、RC 造である W1 棟では、仕上げにかかるコストは 15%（ $=15/100*100$ ）にすぎないが、木造である W2 棟では、その倍以上の 41%（ $=69/169*100$ ）を占めていることが確認された。

表 3-1 坪単価比の比較

単位：%

項目	W1 (RC 造)	W2 (木造)
	171.2m <sup>2</sup> / 51.8 坪	490.2m <sup>2</sup> / 148.3 坪
	坪単価比	坪単価比
鉄筋工事	19	3
コンクリート工事	21	4
型枠工事	44	2
CLT 工事	—	92
小計	<b>85</b>	<b>101</b>
防水、外装仕上げ工事等		
小計	<b>15</b>	<b>68</b>
合計	<b>100</b>	<b>169</b>

※1：仮設工事，土工事，地業工事，鉄骨工事，金属製建具工事，ガラス工事，内装工事，ユニットおよびその他工事 および設備に関する工事（電気，空調，衛生）は，それぞれで特殊性が高いため除外した。

※2：W1 棟（RC 造）の合計を 100 とした場合の割合を%で示した。

具体的な外装仕上げの仕様を比較する。W1 棟では、外壁：RC 打放し補修，アクリル系弾性吹付タイル，屋根：露出アスファルト防水，シルバーコート塗装となっており，W2 棟では、外壁：ガルバリウム鋼板，アスファルトルーフィング，木片セメント板，鋼製胴縁，屋根：母屋，束，垂木からなる木製小屋組，防水シート，断熱用ウレタンフォーム，木毛セメント板となっている。木造の W2 棟では、外壁には遮音性能確保のため木片セメント版を，鋼製胴縁を使って取付ける必要があり，屋根は CLT の上部に改めて木製小屋組を組立て，その上部に屋根を葺く構造となっている。RC 打放し補修

+吹付タイル仕上げを基本とする W1 棟を比較すると、倍以上の材工コストがかかっているのも当然の結果であるといえよう。こうした外装仕様の違いを把握した上で、あえてコストの比較をするとすれば、今回の RC 造と木造とのコスト差の主な原因は、遮音性能と意匠性を確保するための外装仕上げ工事にある、ということができる。

### 3.4 まとめ

建築実証する大型風洞実験棟（通称：W2 棟）のコスト比較対象として、同敷地内にほぼ同じ幅・高さで RC 造にて建てられた音響風洞実験棟（通称：W1 棟）を選び、坪単価比でコストを比較したところ、以下のことが確認された。

- 1) 基礎・躯体にかかるコストは、木造の方が 16%ほど高い
- 2) 価格差には、高い遮音性能を確保するための外装仕上げ工事が大きく影響している

本実証建築物は革新性や作品性に軸足がおかれ、また風洞実験棟という特殊用途から高い遮音性能が求められる条件下で設計された。そのため比較的割高な項目が一部に存在する。一般的なオフィスビルや集合住宅などであれば、今回採用した遮音性能確保のための材工を縮減することは十分に可能であり、加えて、一般に広く利用されている木造住宅技術を転用するなどをして、さらなるコスト削減も可能であると考えられる。

#### 4. おわりに

2018年度は、CLT3 ヒンジトラス架構の建築実証を行った。基礎工事のうち鉄筋工事、コンクリート工事ではアンカーボルトの精度確保のため、測量工と鍛冶工を立ち合わせる体制をとった。CLTの加工精度が鉄骨のそれよりも高いこともあり、施工者は工夫が必要だったものの、CLT板同士の間クリアランス2mmという精度での建方が実現できた。

CLT建方工事は、普段、鉄骨造を対象としているとび職人が行った。モックアップ施工実験の際にCLTが損傷しやすいこと、汚れやすいこと、変形しやすいことを経験していたため、実際の建方ではCLTを非常に丁寧に扱うことができた。このような新しい施工経験を心得、楽しみながら作業ができたことはCLTという材料の効果のひとつかもしれない。

2.2.3項に示したように、CLT3 ヒンジトラス架構はプッシュアップ施工ができるように設計されているが、今回の建築実証では敷地面積の制限から、その施工方法を採用できなかった。しかし、施工を担当した作業所によれば、プッシュアップ施工は十分に可能であろうと考えているとのことであった。

本事業を通して、CLT3 ヒンジトラス架構という高速施工を可能とする構造形式を開発することができた。これによりCLTを使った建築設計の自由度を増すことができたとともに、非住宅建築物の木造化、内装木質化への新たな1歩を踏み出すことができた。本成果が、林業と林産業、また建設業のさらなる発展の一助となれば幸いである。

#### 謝辞

3年間という長期間にわたり、基本設計から実施設計、また接合部の性能実験やモックアップ施工実験、そして今回の建築実証まで、本補助事業で採択いただいた。日本住宅・木材技術センター、林野庁木材産業課の関係各位のご尽力、ご配慮により、こうした成果報告書をまとめることができた。ここに記して感謝を申し上げます。有難うございました。