

9.1 社会福祉法人光志福祉会／島田治男建築設計事務所

事業名		CLTスラブと木質トラスを用いた大空間の提案ー(仮称)ネムの木デイサービス丸亀ー	
実施者(担当者)		社会福祉法人 光志福祉会 (島田治男建築設計事務所)	
建築物の概要	用途	老人デイサービス	
	建設地	香川県丸亀市川西町南258-1	
	構造・工法	木造軸組み工法 一部CLT	
	階数	2	
	高さ(m)	7.558	
	軒高(m)	6.658	
	敷地面積(m ²)	5,534.33	
	建築面積(m ²)	872.01	
	延べ面積(m ²)	995.45	
	階別面積	1階	768.02
CLTの仕様	CLT採用部位	一階屋根	
		CLT使用量(m ³)	
	壁パネル	加工前製品量	68.815m ³ 、建築物使用量65.938m ³
		寸法	-
		ラミナ構成	-
		強度区分	-
	床パネル	樹種	-
		寸法	-
		ラミナ構成	-
		強度区分	-
	屋根パネル	樹種	-
		寸法	150mm厚
		ラミナ構成	5層5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)		土台: ヒノキ 柱: ヒノキ、欧州赤松 梁: 欧州赤松、米松 トラス: 欧州赤松
	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		39.7723m ³
仕上	主な外部仕上	屋根	ガルバリウム鋼板(t=0.5)瓦棒葺き+折版葺き
		外壁	下地+杉板15t・下地+ラップウォール5.2t
		開口部	アルミサッシ(一部防火設備)
	主な内部仕上	界壁	-
		間仕切り壁	軸組+PB9.5t+PB12.5t+クロスorケイカル板or有孔シナ合板
		床	置床(パーティクルボード)+塩ビタイルorフローリング
		天井	強化PB12.5t+ロックウール吸音板9t or クロス張り CLT現し
構造	構造計算ルート		ルート1
	接合方法		ビス接合+Xマーク金物、Zマーク金物、ドリフトピン
	最大スパン		柱スパン: 14,250mm CLT版: 5,707mm
	問題点・課題とその解決策		①大空間を実現するトラスの木質化の最適解の模索 ②CLTとトラスの接合方法 ①、②を様々な視点より検討する為に構造設計者、木造防火の専門家、意匠設計者で協議を行う
	防火上の地域区分		その他地域
防火	耐火建築物等の要件		無
	本建築物の防耐火仕様		45分準耐火
	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 ・内装制限を受けないために準耐火構造かつ、2階を300m ² 以下、延面積を1,000m ² 以下としている
	建築物省エネ法の該当有無		適合義務
温熱	温熱環境確保に関する課題と解決策		CLTは現しとし、天井裏が無く熱が滞在しない設計とした。
	主な断熱仕様(断熱材の種類・厚さ)	屋根(又は天井)	押出法ポリスチレンフォーム 保温板 3種 ・ 55mm
		外壁	高性能グラスウール Hi-R 16K 105mm
		床	押出法ポリスチレンフォーム 保温板 3種 ・ 30mm
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		間仕切りには使用せず、屋根材(天井材)にのみ使用。室内の音の反響を抑えるために壁仕上をシナ有孔板とした。
	建て方における課題と解決策		・積車の搬入経路の確認(十分な道路幅員や回転広場) ・材料の仮置き場の確保
	給排水・電気配線設置上の工夫		CLTを現しとする場合の照明や放送設備、消火設備等の配線経路や設置箇所が整頓かつ安価に施工できるよう機器を選定した。
	劣化対策		軒先のCLT小口は水が浸入し、開きの原因となりやすいため板金にて覆い、軒天面は現し(クリア塗装仕上)とした。
工程	設計期間		2021年12月～2022年6月(5ヵ月)
	施工期間		2022年11月～2023年5月(7ヵ月)
	CLT躯体施工期間		2023年1月中旬(2日間)
	竣工(予定)年月日		2023年5月末
体制	発注者		社会福祉法人 光志福祉会
	設計者(複数の場合はそれぞれ役割を記載)		島田治男建築設計事務所
	構造設計者		株式会社倉敷構造設計室
	施工者		サカケン株式会社
	CLT供給者		銘建工業株式会社
ラミナ供給者		有限会社かがわ木材加工センター(香川県産材)	

実証事業名：CLT スラブと木質トラスを用いた大空間の提案ー(仮称)ネムの木デイサービス
丸亀

建築主等／協議会運営者：社会福祉法人 光志福祉会／島田治男建築設計事務所

1. 実証した建築物の概要

用途		老人デイサービス		
建設地		香川県丸亀市		
構造・工法		木造軸組工法 一部 CLT		
階数		2		
高さ（m）		7.558	軒高（m）	6.658
敷地面積（㎡）		5,534.33	建築面積（㎡）	872.01
階別面積	1 階	768.02	延べ面積（㎡）	995.45
	2 階	227.43		
	3 階			
CLT 採用部位		屋根		
CLT 使用量（m³）		加工前製品量 68.815m³、加工後建築物使用量 65.938m³		
CLT を除く木材使用量（m³）		39.7723m³		
CLT の仕様	（部位）	（寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種）		
	壁			
	床			
	屋根	150mm 厚/5 層 5 プライ/Mx60A-5-5/スギ		
設計期間		2021 年 12 月～年 6 月（5 ヲ月）		
施工期間		2022 年 11 月～2023 年 5 月（7 ヲ月）		
CLT 躯体施工期間		2022 年 1 月中旬（約 2 日間）		
竣工（予定）年月日		2023 年 5 月末		

2. 実証事業の目的と設定した課題

我が国の CLT 活用建築物の 2020 年度までの竣工件数 594 件の用途別の内訳をみると、介護施設では全国で 15 件と非常に少ない。地域における介護施設の社会的資源としてのポテンシャル、地域社会とのつながりを生かし、CLT を天井全面に使用し、地域材を用いた介護施設を地域に開放していくことで、地域材と新たな材料である CLT の発信を行い、介護施設での普及率の低さを底上げし、さらなる普及に貢献する。

- (1)CLT スラブと木質トラスの接合部、接合金物の仕様選定およびその構造特性値の取得
- (2)大空間における CLT スラブと木質トラスのコスト縮減および他工法との比較検討
- (3)地域材を使用する上での課題解決

3. 協議会構成員

(アドバイザー・木造防耐火)	桜設計集団一級建築士事務所：安井昇
(協議会運営者・意匠設計)	島田設計：島田治男
(構造設計)	株式会社倉敷構造設計室：木村誠司
(行政)	香川県みどり整備課：神野真視子
(原木供給)	有限会社かがわ木材加工センター：赤松孝明
(木材)	香川県森林組合連合会：道久工
(材料)	銘建工業(株)：三嶋幸三
(材料・加工)	株式会社オークラブプレカットシステム：安藤毅
(木材)	有限会社石井材木店：石井裕一
(施工)	サカケン株式会社：原北義久・河津康之
(施主)	社会福祉法人 光志福祉会：喜井規光

4. 課題解決の方法と実施工程

木質トラスの仕様は、防耐火の面で安全性が確保できること、接合方法とコスト面で実現ができること等を議題に防耐火の専門家をアドバイザーとして招集し、意匠設計者、構造設計者、材料供給者にて議論を重ね、実施設計に反映する。

木材の特性や木造防耐火、日本の流通木材、地域材について各部門の共通認識として学びを深め、CLT や木造建築の今後更なる発展に努める。協議の中で出し合った各資料については取りまとめを行った。

<協議会の開催>

- 2022 年 6 月：第 1 回開催、CLT スラブと木質トラスの接合金物の仕様計画
7 月：第 2 回開催、課題の洗い出しと各地の集材状況確認
8 月：第 3 回開催、ラミナ材、CLT の納期の確認、森林の現地確認
10 月：第 4 回開催、建て方計画、施工図のすり合わせ
12 月：第 5 回開催、建て方計画、施工図の最終すり合わせ
2023 年 1 月：構造見学及び説明会

<設計>

- 2022 年 7 月：実施設計
7 月：構造設計
11 月：建築確認申請

<施工>

- 2022 年 10 月：工事契約
11 月：着工、基礎工事

2023 年 1 月～4 月：木工事
2 月～3 月：外装工事
2 月～5 月：内装工事
2022 年 11 月～2023 年 8 月：設備工事

5. 得られた実証データ等の詳細

(1) CLT スラブと木質トラスの接合部、接合金物の仕様選定およびその構造特性値の取得
CLT スラブとトラスの接合は構造用ビス $\phi 8$ L=240@200 で留付け、準耐火性能を確保する為、木質トラスの接合金物は露出する箇所において木材で被覆、ドリフトピン部分についてはドリフトピン長さ 35 mm の燃え代を差し引いた値にて検討を行い、かつ同材埋木で被覆した。埋木の厚みはトラスを構成する集成材の燃え代と同様に 35 mm を確保した。

トラス部について、負担する鉛直軸力を算出し任意系プログラムにて応力解析をし、存在応力に対して「木質構造設計基準・同解説」より部材断面や金物の設計を行う。

(2) 大空間における CLT スラブと木質トラスのコスト縮減および他工法との比較検討
本物件を鉄筋コンクリート造に置き換えるのは適正ではないと考え、鉄骨造とした場合の施工手間や価格を比較しました。現場の一番のメリットは、建て方に高度な技術を要さないこと、CLT の板をトラスに掛けてしまえば安全な作業床になること、垂木などの屋根の仕舞が無いことにより、作業の安全と作業日数が格段に短縮できることがあげられます。坪単価に換算すると、価格面ではわずかに木造+CLT が劣りましたが、設計手法によっては逆転できると考えます。

(3) 地域材を使用する上での課題解決

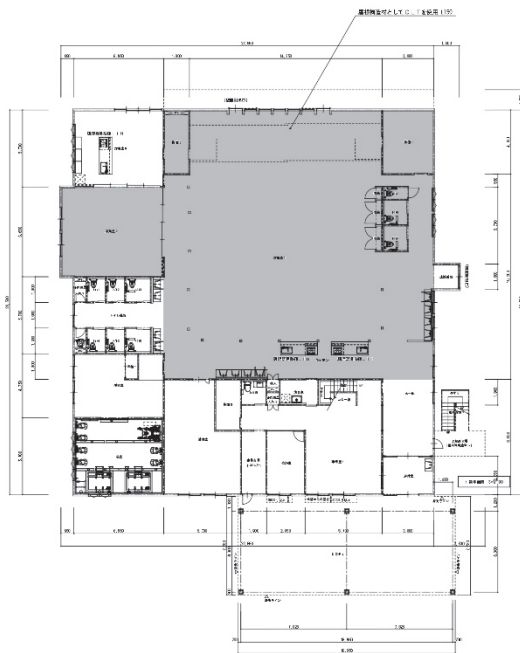
中・大規模建築を木造で設計する設計者がいない事により、地域材の需要が少ないかつ、地域材の流通サイクルが未熟なため大量の発注があっても対応ができないことによって悪循環になってしまっている。木材を大量に使用中・大規模建築は、木材の確保のため納期も非常にかかる。建物計画時より木材使用量を把握し、プレカット、製材、山側と連携を密にすることで好循環へと繋げていきたい。かつ設計者は、どんな材料を選ぶか、積極的な木造設計により、地域の生活と環境を作ることを強く自覚しなければならない。

6. 本実証により得られた成果

木造の準耐火構造としている本物件では主要構造部を石膏ボードで被覆することで準耐火性能を確保しているが、デイサービスの生活部分は燃え代設計を行うことで構造の柱や梁、CLT をそのまま現し、自宅で過ごすように温かみがありくつろげる福祉環境を創造した。振れ止め以外の金属部（接合金物等）も準耐火性能を損なわないものとして、考え方や手法について学ぶことができた。

地域材の更なる活用を促進していくために、本物件の竣工の際には多くの建築関係者に見てもらいたい。

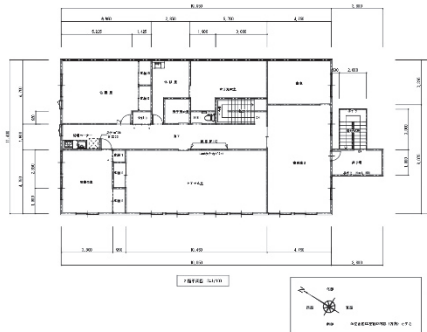
7. 建築物の平面図・立面図・写真等



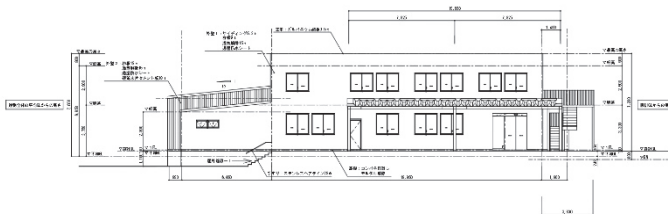
1 階平面図



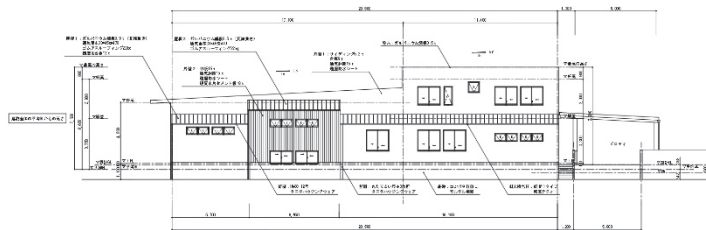
▲建て方完了後の内部の様子



2 階平面図



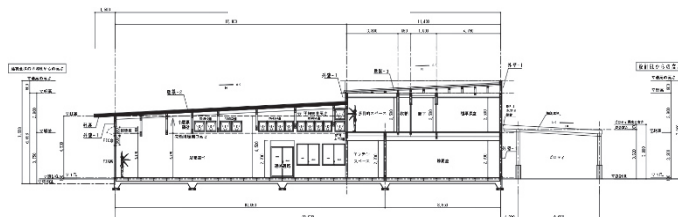
西面立面図



北面立面図



イメージ内観パース



断面図

■協議会の内容取りまとめ

□第一回開催 2022 年 6 月 15 日

木質トラスの燃え代の取り扱い等

出席者：(専門家)桜設計集団一級建築士 代表 安井昇/(協議会運営者・設計) 島田治男建築設計事務所：島田治男、島田東悟/(構造設計) ㈱倉敷構造設計室：木村誠司、宇川夕利子/(材料) 銘建工業㈱：三嶋幸三

・準耐火への対応

屋根は 30 分準耐火(梁は 45 分)の必要がありますが、今回はトラス部も含めて 45 分準耐火にて設計を行うため、15 分の余裕が生まれる。火災時の安全は充分確保出来ているとする。

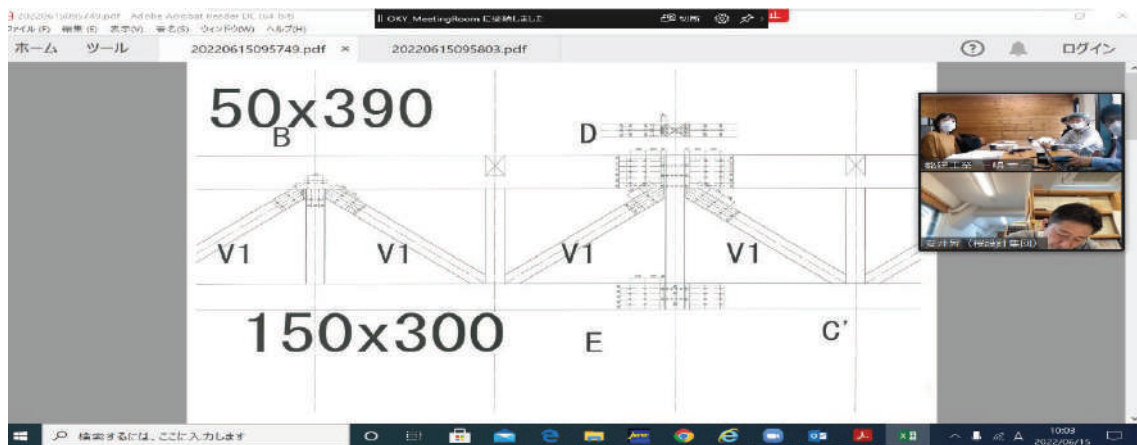
・トラス部の接合部について

① 接合部は埋木、又は 燃え代 35mm を確保し、火災時に接合部分で燃え落ちない様十分に配慮した設計とする。

② 斜材について、火災時に屋根が落ちないことを確認できれば、燃え代を考慮しない設計が可能であり、一部の斜材を除いた状態で燃え残り断面にて解析を行う。

②の解析結果をもとに部材断面を決定し、①の方法で接合部の設計を行う。また、上弦材、下弦材や束などの部材へ、接合部を介して影響がないよう十分な配慮をして設計を進める。

結論：木質トラスの接合金物を燃え代寸法、35mm 以上の木材で被覆し、部材の一部が燃え落ちてでも屋根が崩落しないように設計を行う。



□第二回開催 2022 年 7 月 29 日

課題の洗い出しと各地の集材状況確認、設計法の整理、木質トラスの構造検討、設計側、材料側から出てきた内容を反映させる

参加者：(協議会運営者・設計) 島田治男建築設計事務所：島田治男、島田東悟/(行政) 香川県みどり整備課：神野真視子/(原木供給) ㈱かがわ木材加工センター：赤松孝明/(木材) 香川県森林組合連合会：道久工/(材料) 銘建工業㈱：三

・原木状況について

原木はヒノキが多いので今回必要とするラミナの立米数約 100 立米程度は供給することが可能であると推測する。また、ラミナから乾燥そしてパネル製作の工期に関しても 9 月中旬には銘建工業へ出荷出来ればスムーズに今後の工程に乗っていきけるとのこと。詳細な工程は施工会社決定後に改めて打ち合わせが必要であることが分かる。



結論：森林資源に乏しい香川県において、原木からの供給は入念な事前調査と打ち合わせが必要になってくる。

□第三回開催 2022 年 8 月 30 日

課題の洗い出し、製造量確認（原木供給を行う森林の現地確認）、構造検討
設計側、材料側から出てきた内容を反映させる

参加者：（協議会運営者・設計）島田治男建築設計事務所：島田治男、島田東悟/（行政）香川県みどり整備課：神野真視子/（原木供給）(有)かがわ木材加工センター：赤松孝明/（木材）香川県森林組合連合会：西山茂樹/（材料）銘建工業(株)：高橋正明/（材料・加工）(株)オークラプレカットシステム：安藤毅/（木材）(有)石井材木店：石井裕一

・木材の流通について

各部門、各材料の納期の確認を行った。一定量市場に木材はあるため、部材によっては地域材に拘りすぎず一般流通材をうまく活用し、コストコントロールを図りたい。

中・大規模の木造は計画段階から木材使用量が分かると大量な材料を確保できるが、確約されていない数字ではなかなか対応しきれない部分がある。市場で買置きができるシステムがあるともう少し柔軟に対応できるようになるのではないかな。

・CLT 建築の普及について

CLT を使いたくても設計の手順やそれに伴う関連工事の実績がないとまだまだ難しい。

・地域材について

県産材のポテンシャルを最大限に引き出すためにも、コストを明快にかつ、扱いやすくなる流通の仕組みが必要。プレカット、製材、山側の連携が重要。

木材を地産地消するためには地元で製材工場が必要不可欠だと思うが、県内中の工場を足しても能力が小

さい。性能評価をもつ J A S 材を加工するためにはコストがかかるため、製材工場の負担が大きい

結論：中・大規模木造建築は木材使用量が多いため、納期に時間がかかる。

そのため設計時には使用量を把握し、各部門連携を密にすることが必須となる。

コンスタントに製材することで安定供給ができる。

□第四回開催 2022 年 10 月 31 日

建て方計画、施工図のすり合わせを進め、施工業者決定後の工程を確認する

参加者：（協議会運営者・設計）島田治男建築設計事務所：島田治男/（構造設計）（株）倉敷構造設計室：木村誠司、宇川タ利子/（行政）香川県みどり整備課：神野真視子、川田楓/（原木供給）（有）かがわ木材加工センター：赤松孝明/（材料）銘建工業（株）：三嶋幸三、高橋正明/（材料・加工）（株）オークラプレカットシステム：安藤毅/（木材）（有）石井材木店：石井裕一/（施工）サカケン（株）：原北義久、河津康之/（施主）社会福祉法人光志福祉会：喜井規光

はじめに C L T の製造状況を確認し、銘建工業、オークラプレカットシステムが作成した施工図で取り合い部分のすり合わせを行った。

施工業者が決まり、計画内容を今一度確認し、C L T を取り扱う際に特に整理が必要な設備関係がどう影響するか問題点を洗い出した。

□第五回開催 2022 年 12 月 2 日

建て方計画、施工図のすり合わせを進め、施工業者決定後の工程を確認する

参加者：（協議会運営者・設計）島田治男建築設計事務：島田治男/（材料）銘建工業（株）：大関健太（材料・加工）/（株）オークラプレカットシステム：安藤毅/（木材）（有）石井材木店：石井裕一/（施工）サカケン（株）：原北義久・河津康之/（施主）社会福祉法人光志福祉会：喜井規光

空調や照明、各配管配線の仕舞など、C L T を取り扱う上で設備計画は非常に難しい。施工にあたっては準耐火性能を確保することを念頭に置いて進めたい。

本物件では敷地の余裕が十分にあるため搬入後の仮置きやその後の施工を進めるにあたって工事車両と施設利用車の動線を分けるなどの計画が明快にできた。

□香川県環境森林部みどり整備課主催（公共建築物等における県産木材利用促進研修会） 構造見学会 2023 年 1 月 30 日

令和 3 年 10 月に「脱炭素社会の実現に資する等のための建築物等における木材の利用促進に関する法律」が施行され、法律の対象が公共建築物から建築物一般に拡大されるとともに、国では基本方針において、コスト・技術面で困難な場合を除き、国の公共建築物は原則木造化を図ることを目標としています。

香川県の方針についても、令和 4 年 7 月に「香川県建築物等における県産木材の利用促進に関する方針」に改正し、今回公共建築物をはじめ民間非住宅分野での木造化、木質化の取り組みにおいて、県産木材の

利用をより一層促進していくため、県産木材の更なる活用が期待されるCLT等の新技術をテーマとした研修会を開催します。

参加者（参加予定名簿参照）…香川県総務部財産経営課、香川県土木住宅課、香川県環境森林部環境政策課、香川森林センター、香川大学院生、小豆島町住まい政策課、施工会社各社、設計事務所各社（順不同）



現場にて設計の進め方、材料確保の方法、接合金物が木カバーで被覆前であること、準耐火性能を確保する為に燃え代を考慮している旨紹介した。

昨年隣接敷地に竣工した同法人の施設にてCLT建て方時の定点映像を放映し、言葉で聞くよりもよく分かったという感想をいただいた。

■香川県産材について

□森林資源の状況について

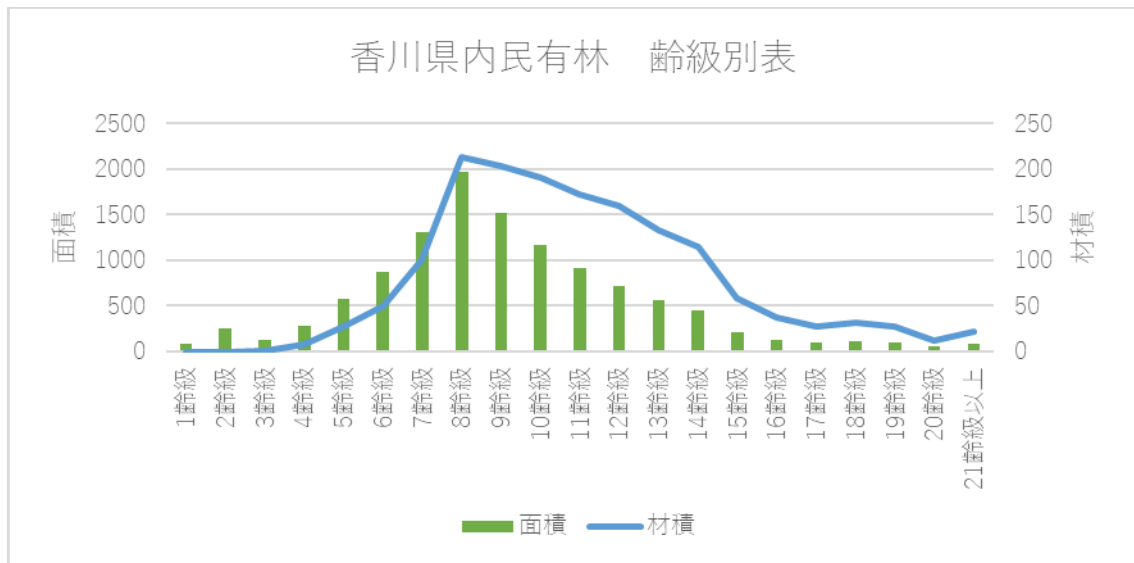
香川県は森林面積が約8万ha（45番目）、森林率約47%と全国と比べると優秀な数字とは言い難い。

また、人工林面積は約2万3千haで、人工林率も全国で44番目の26%である。

人工林の6割をヒノキが占めており、スギが1割程度、残りはマツや広葉樹である。ヒノキの林齢構成は8齢級（36～41年生）がピークとなっており、ようやく住宅の柱材に使える大きさの木材が搬出されるようになってきたものの、全国的な林齢ピークからはまだまだ15年程度遅れており、間伐による木材生産が主で主伐による木材生産は少ない。

ヒノキ	1齢級	2齢級	3齢級	4齢級	5齢級	6齢級	7齢級	8齢級	9齢級	10齢級	11齢級
面積	85	257	125	283	581	866	1,302	1,963	1,513	1,166	908
材積	0	0	1	8	28	50	100	213	203	190	173

ヒノキ	12齢級	13齢級	14齢級	15齢級	16齢級	17齢級	18齢級	19齢級	20齢級	21齢級以上	総数
面積	721	566	450	209	133	104	112	104	50	83	11,581
材積	159	133	114	58	37	28	32	28	12	22	1,589

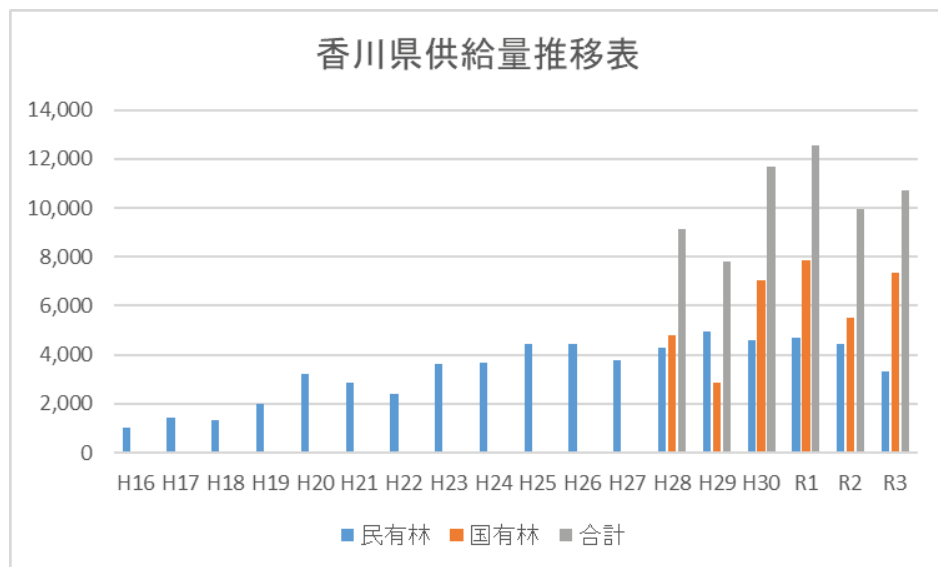


□県産木材の供給と利用について

県内の製材所は外材中心で製材するところが大部分を占めており、県産木材を主に製材する製材所は1箇所のみである。

平成16年には1,000 m³程度であった民有林からの木材搬出量は増加傾向にあり、平成28年から統計を始めた国有林と合わせると平均でも年間10,000 m³を超える木材が搬出されている。

しかし国有林からの木材は隣接する徳島県の三好木材センターにシステム販売されることが多く、県内の流通は限定的である。



□県産木材による CLT 建築物の課題について

香川県の資源量や県産木材の加工能力から短期間で大量の CLT ラミナ材を用意することは難しい。県産木材の搬出量の7～8割はヒノキであり、CLT 用のラミナ材を製材する場合、歩留まりが悪く高コストになりやすい。

□県産木材による CLT 建築の普及について

県産木材による CLT 建築物を建築する場合は県産木材の搬出量が少ないことを考慮し、早い段階での計画が必要である。特に 6 月～9 月の夏場は残存する木を傷める可能性があることから間伐が実施されず、主伐の少ない香川県では木材の搬出量が激減する為、間伐適期で木材の搬出量が多い 10 月～3 月に必要な木材を確保できるよう、建築する前年の秋までに必要な木材量が把握できることが望ましい。更に県産木材の流通も限定的であることから県内の森林組合や木材協会と連携し情報交換を行い、原木を確保することも必要である。

時間的な制限のある公共建築物や大規模な CLT 建築物の場合、県内のみでは原木の確保が困難であることから、CLT 内部には隣県のスギを使い、外側の層を県産のヒノキを使うといったように材料の使い分けをすることは、県産木材による CLT 建築普及を考える上では現実的な方法である。

■他構造との建築費比較について

躯体工事費(構造躯体まで) (税抜・千円)		実証事業の建築物 (C)	構造をS造に変更 した場合 (D)	経費増減額 (C)-(D)
基礎工事	土工事	3,715	3,715	0
	地業工事	600	600	0
	コンクリート工事	8,960	10,429	△ 1,469
	型枠工事	6,422	10,938	△ 4,516
	鉄筋工事	5,829	7,413	△ 1,584
基礎工事計(E)		25,526	33,095	△ 7,569
上部躯体工事	仮設工事	3,226	3,226	0
	木工事	56,376	4,675	51,701
	CLT工事	31,610		31,610
	鉄骨工事		65,588	△ 65,588
	外壁及び屋根、樋工	13,650	13,650	0
上部躯体工事計(F)		104,862	87,139	17,723
合計(E)+(F)		130,388	120,234	10,154
延べ面積あたり工事単価(千円/㎡)		131	121	10

本物件を鉄筋コンクリート造に置き換えるのは適正ではないと考え、鉄骨造とした場合の施工手間や価格を比較しました。現場の一番のメリットは、建て方に高度な技術を要さないこと、CLT の板をトラスに掛けてしまえば安全な作業床になること、垂木などの屋根の仕舞が無いことにより、作業の安全と作業日数が格段に短縮できることがあげられます。

鉄骨造と比較すると躯体重量が軽いため、基礎の大きさ(規模)が小さくなり、価格が安く抑えられることがわかります。

坪単価に換算すると、価格面ではわずかに木造+CLT が劣りましたが、設計手法によっては逆転できると考えます。

■構造の考え方について

□構造概要

- ① 本建物は木造2階建ての構造で、在来軸組工法とする。デイスサービスでスパンが飛んでいる箇所についてはトラス構造とし、一部屋根について CLT パネルを使用する。
- ② 本建物は準耐火建築物にてトラス部分の接合金物は木カバー等を施し、トラス部材と CLT 屋根については、燃え代設計に対応する。
- ③ 柱、梁、土台には構造用製材・集成材を用い、筋交、垂木等には構造用製材を用いる。接合金物は、Z マーク表示または同等品以上の金物を使用する。
- ④ 鉛直構面は、X、Y 方向共に面材及び、筋交を水平抵抗要素として用いる。
- ⑤ 水平構面は、梁及び受け材に構造用合板の四周を釘打ちする床構面と、垂木に川の字に釘打ちする勾配屋根構面、及び小屋組みの隅角部に火打ちを設けた構面で構成する。1 階の表しとなる部分については CLT パネルにて水平構面を構成する。
- ⑥ 使用木部材の樹種は CLT は杉（可能な限り香川県産材を使用）とし、構造用集成材はコスト面を考慮し、欧州赤松を採用する。

□構造設計方針

- ① 構造計算は、令第 81 条 3 項の基準に従いルート 1 の構造計算を行う。
- ② トラス部について、負担する鉛直軸力を算出し任意系プログラムにて応力解析を行う。存在応力に対して「木質構造設計基準・同解説」より部材断面や金物の設計を行う。
- ③ 本建物は準耐火建築物にて層間変形角 1/150 の 確認を行う。
表しとなるトラス部材の金物においては、木カバーを使用し、ドリフトピン部分についてはドリフトピン長さは燃え代 35mm を差し引いた値にて検討を行う。

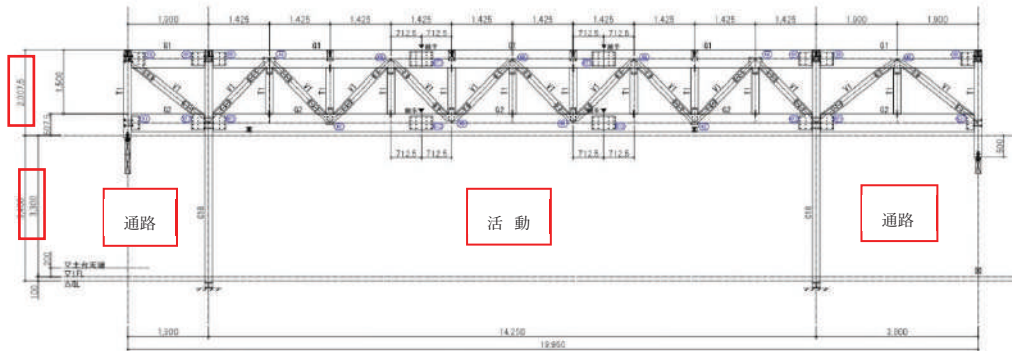
■木トラス詳細

デイサービスの活動スペースについて柱位置を調整。最大 120 人
収容予定の活動室は約 14mの無柱空間を確保した。

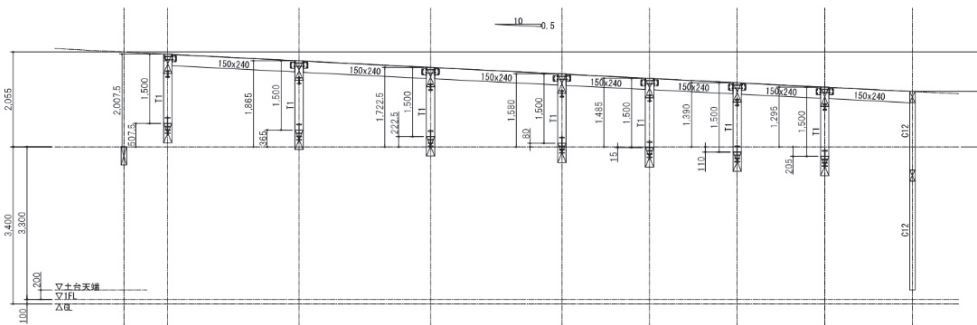
トラスは上弦の梁から下弦の梁まで約 2mある。

圧迫感を感じさせないためにトラス下端から床仕上げまでの高さ
を調整した。

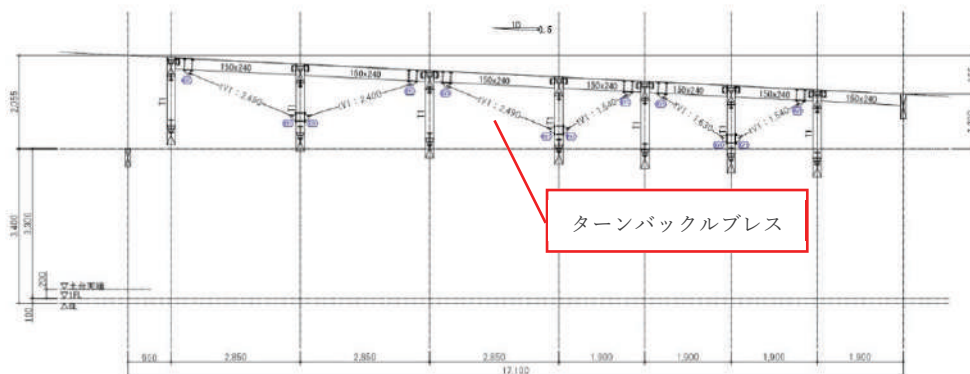
部材リスト		
符号	断面記号	材種・強度等級
G1	180x420	オッシュカマツ集成材 E105-F300
G2	180x420	オッシュカマツ集成材 E105-F300
T1	180x180	オッシュカマツ集成材 E105-F300
V1	180x180	オッシュカマツ集成材 E105-F300
tV1	M16	JIS A 5540 建築用テンションボルト
S15	t=150	スギ CLT Mx60-5-5



▲トラスを正面から見た様子



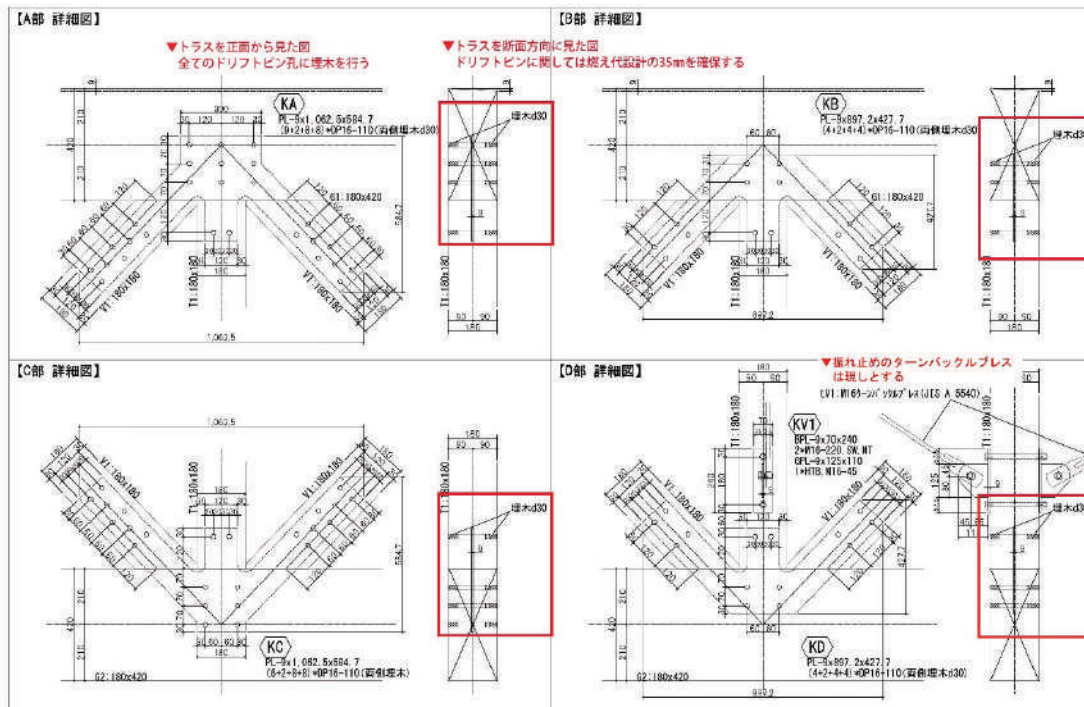
▲複数のトラスの断面図（通常部）



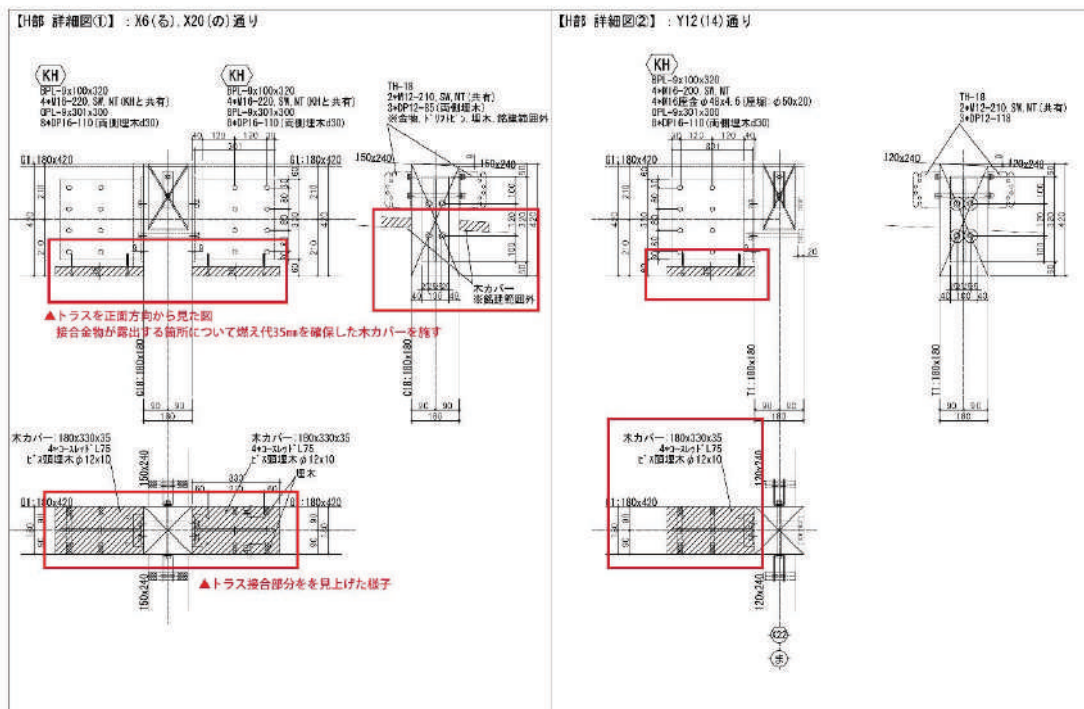
▲複数のトラスの断面図（振れ止め設置箇所）

■接合部の被覆詳細

□ドリフトピンの箇所について

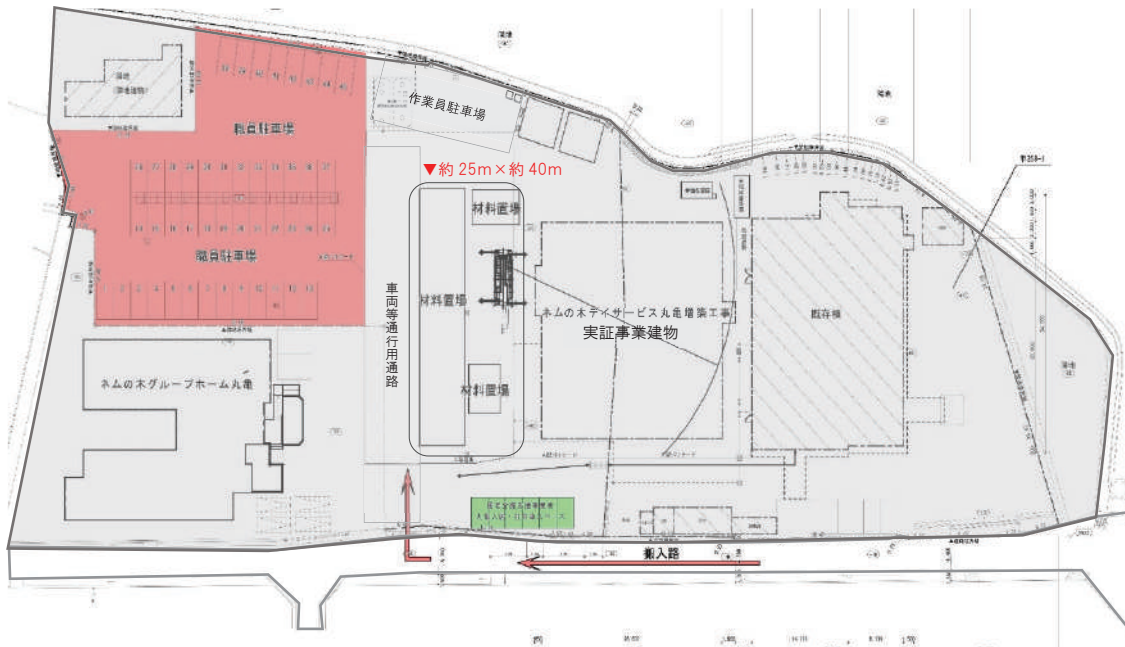


□アゴ掛け金物等の箇所について



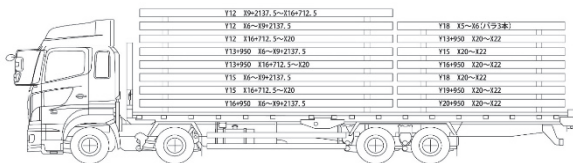
■建て方について

□仮設計画（CLT、トラス建て方時）

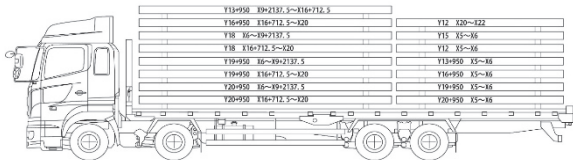
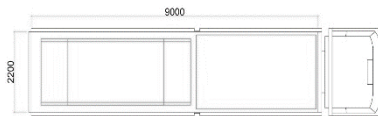


本物件は計画地が広がったため既存の福祉サービス運営スタッフ駐車スペースはそのままに、材料置場や工事車両用通路、作業員駐車場などを確保することができました。

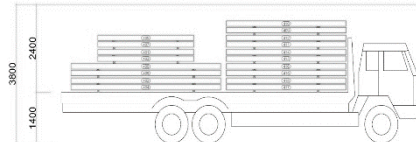
作業スペースは約 25m×40m程で、組立・荷下ろし時楽だと感じました。



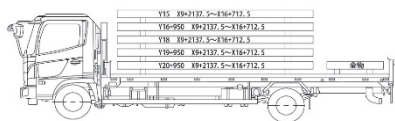
▲トラス材1便目(10tトラック)



▲トラス材2便目 (10 t トラック)



▲車両寸法（10 tトラック）

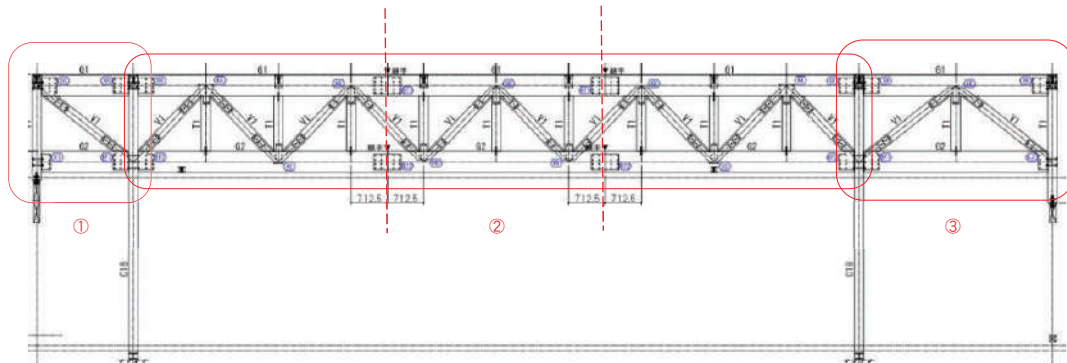


▲トラス材3便目 (4tトラック)



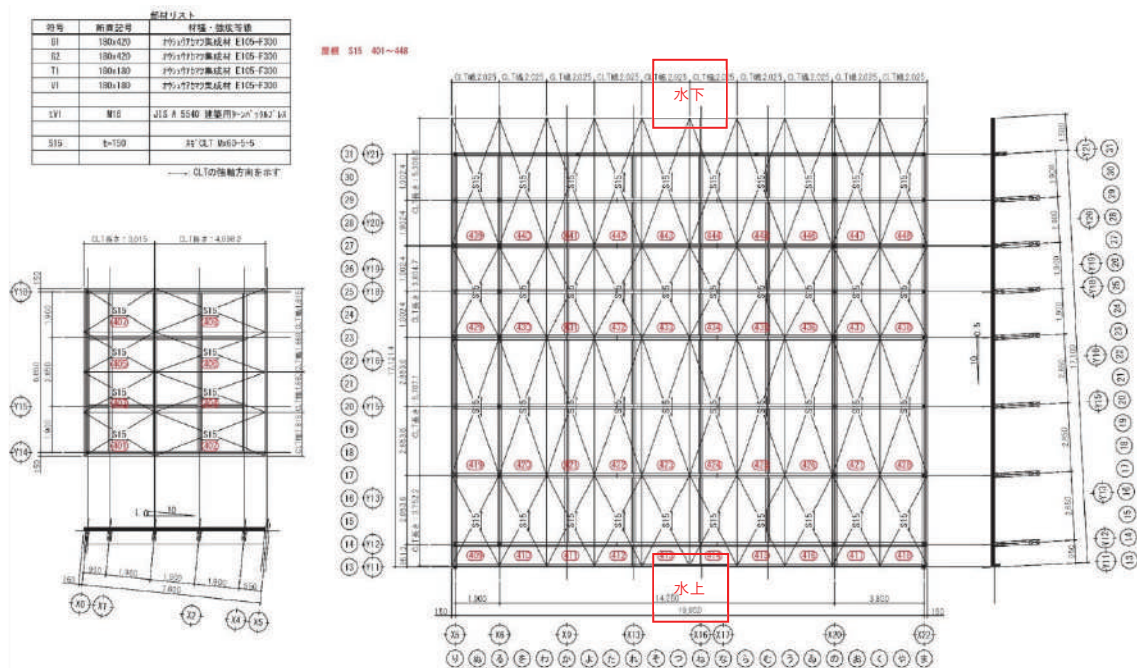
▲搬入時 10 t トラック

□トラス材について



トラスはパーツごとに分けて製作・搬入されました。②のパーツは輸送上の都合により更に3つのパーツに分けられ、現場で接合し吊り込みを行いました。

□CLT について



CLT は最大で幅が 2,025 mm、長さが 5,707 mm の材で構成され、パネルは 48 枚あります。

□金物詳細図

[illegible]

□施工写真

ー以下銘建工業工場にてー



▲加工工場様子



▲トラス

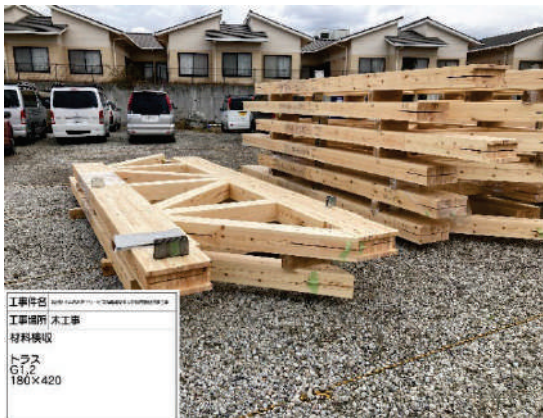


▲CLT



▲CLT

ー以下現場にてー

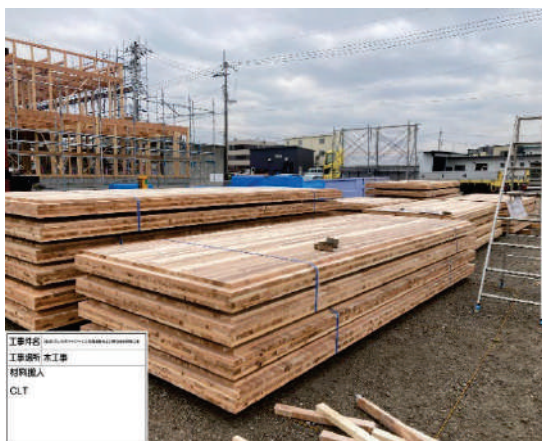


▲トラス



▲トラス

数個で緊結した状態で搬入されたので、搬入後番号を確認し、施工順に仮置き仕直す作業がありました。

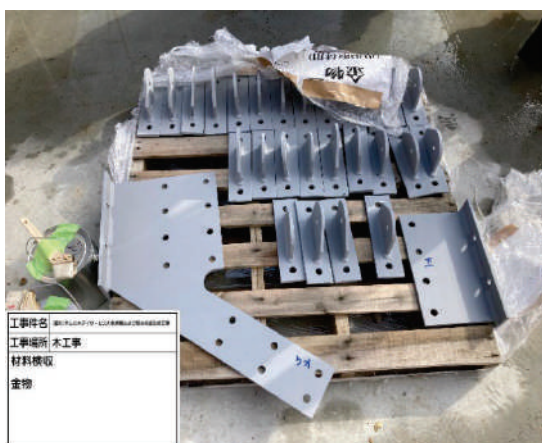


▲CLT

現場作業は重機を使用すれば CLT 版自体の重量はあまり問題になりませんが、幅も奥行もある材料を扱うのは大変でした。

荷下ろし作業も建て方も 60 t のラフタークレーンを使用しました。

▲CLT



▲▼接合金物





▲接合金物（M16 ドリフトピン）



▲CLT 接合合板（構造用合板 t 28）



▲現場トラス組立



▲トラス吊り込み



▲トラス吊り込み



▲トラス吊り込み

柱スパンが約14mの飛んでいる場所なので建物内部も①と③のトラス数個は組立作業スペースとして利用でき、容易に接合作業が行えました。



▲分割トラス組立



▲トラス吊り込み



▲トラス吊り込み

約 14m のトラス②は建物の外で地組を行い、手早く組み立てることができました。そのまま吊り込みを行うのは真上に揚げるだけでなく旋回等行わないといけませんが、組立の作業効率としてはこちらのほうが数段上だと感じました。



▲CLT 張り



▲CLT 張り



▲ジョイント部ビス留め



▲ジョイント部ビス留め



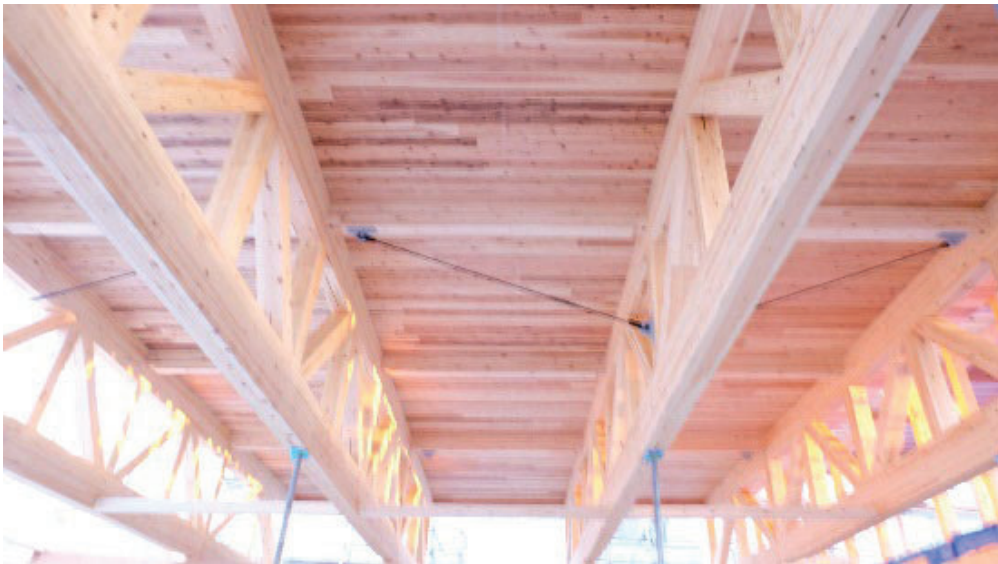
▲CLT 張り

CLT の吊り上げは専用の吊り金具を使用しました。

CLT の接合は1つの接合金物に対してビス 22 本打ちです。トラスの組立に 3 日、CLT 張りで 2 日、ビス打ちや金物取付で約 10 日をかけ、CLT、トラスの建て方工程を完了しました。



▲▼建て方完了後の内部の様子



◀建て方完了後の内部の様子

10.1 (同) TKG／(株)響建設

事業名		(仮)秦南町集合住宅新築工事の建築実証		
実施者（担当者）		合同会社TKG（株式会社響建設）		
建築物の概要	用途		集合住宅	
	建設地		高知県高知市秦南町1丁目8-4番地	
	構造・工法		CLTパネル工法	
	階数		3	
	高さ（m）		10.38	
	軒高（m）		9.35	
	敷地面積（㎡）		294.5	
	建築面積（㎡）		141.36	
	延べ面積（㎡）		377.55	
		階別面積	1階	125.32
2階			125.61	
3階	126.62			
C L T の 仕 様	C L T 採用部位		壁、床	
	C L T 使用量（m³）		加工前製品量92.038m³、建築物使用量84.412m³	
	壁パネル	寸法	90mm厚	
		ラミナ構成	3層3プライ	
		強度区分	S60A相当	
		樹種	スギ	
	床パネル	寸法	120mm厚	
		ラミナ構成	3層4プライ	
		強度区分	Mx120A相当	
		樹種	スギ	
	屋根パネル	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）		梁：欧州赤松集成材	
	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		28.81㎡	
仕 上	主な外部仕上	屋根	ガルバリウム鋼板（t=0.4）立て板葺き	
		外壁	金属サイディング横張（厚15）＋硬質木片セメント板（厚18）下地	
		開口部	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10mm）	
	主な内部仕上	界壁	（PB12.5×2＋木軸（GW24K50mm）＋PB12.5×2）両面＋CLT	
		間仕切り壁	LGS下地（片面PB12.5mm）	
		床	CLT＋ALCコタック t 36＋フリーフロア（制振材＋ゴム付脚）＋ラワン合板12＋ビニル床タイル	
		天井	LGS天井下地＋強化PB t 12.5 2重張り	
構 造	構造計算ルート		ルート2	
	接合方法		引きボルト接合・鋼板挿入ドリフトピン接合	
	最大スパン		3.6m	
	問題点・課題とその解決策		・床の遮音対策としてALCの上にフリーフロアのゴム付脚の接点に集中荷重が掛かるため、捨て合板の施工が必要 ・CLT壁の外壁側に取付用のプレートの厚みが出るため、壁内部用に変更 ・前回に施工した建物で床遮音性能テストの結果がLL-50、LH-60と先ず先ずの結果となり、更に高めるには制振材を厚くする方法があるが、建築費とのバランスを取る必要がある ・前回に施工した建物で外断熱工法を採用しUa値0.38 BEI0.62という結果となり、引き続き同じ工法を採用 ・BIMワークフローの実証について	
防 耐 火	防火上の地域区分		その他地域	
	耐火建築物等の要件		無	
	本建築物の防耐火仕様		1時間準耐火	
		問題点・課題とその解決策		外壁に耐火ボードを貼るのにCLT取付プレートの厚みの処理に壁内部用に変更
温 熱	建築物省エネ法の該当有無		該当あり；届け出対象	
	温熱環境確保に関する課題と解決策		CLTパネル同士の接合部における隙間の処理として〇〇を施工	
	主な断熱仕様（断熱材の種類・厚さ）	屋根（又は天井）	外断熱 オマフォーム A種フェノールフォーム保温板1種2号・50mm	
		外壁	外断熱 オマフォーム A種フェノールフォーム保温板1種2号・35mm	
床		オマフォーム A種フェノールフォーム保温板1種2号・45mm		
施 工	遮音性確保に関する課題と解決策		床CLTはRCSラフより遮音性が劣るのでALC＋フリーフロア＋制振材で対策	
	建て方における課題と解決策		CLTの運搬車両・経路・搬入方法と現場内へのストック、建て方レッカーの施工計画の準備を十分行う	
	給排水・電気配線設置上の工夫		床の排水管、天井の換気ダクト、壁内のエアコン冷媒配管、コンセント・スイッチのボックスなどのスペース確保。それに合わせて設備機器の設置個所の検討を十分に行う必要がある。	
	劣化対策		外壁・屋根を通気工法とし軒天と屋根棟に換気部材を使用	
工 程	設計期間		22年7月～23年2月（8か月）	
	施工期間		23年7月～24年2月（8か月）	
		C L T 躯体施工期間		23年9月（1か月）
		竣工（予定）年月日		2024年3月10日
体 制	発注者		合名会社 T K G	
	設計者（複数の場合はそれぞれ役割を記載）		基本・実施設計：（有）開建築設計事務所	
	構造設計者		中村建築構造設計	
	施工者		（株）響建設	
	C L T 供給者		銘建工業（株）	
		ラミナ供給者		高知おおとよ製材（高知県産）

実証事業名：(仮)秦南町集合住宅新築工事の建築実証

建築主等／協議会運営者：合同会社 TKG／株式会社響建設

1. 実証した建築物の概要

用途		共同住宅		
建設地		高知県高知市秦南町		
構造・工法		CLT 工法		
階数		3		
高さ（m）		10.38	軒高（m）	9.35
敷地面積（㎡）		294.5	建築面積（㎡）	141.36
階別面積	1 階	125.32	延べ面積（㎡）	377.55
	2 階	125.61		
	3 階	126.62		
CLT 採用部位		壁、床		
CLT 使用量（m³）		加工前製品量 92.038 m³、加工後建築物使用量 84.412 m³		
CLT を除く木材使用量（m³）		20.425 m³		
CLT の仕様	（部位）	（寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種）		
	壁	90mm 厚/3 層 3 プライ/S60A 相当/スギ		
	床	120mm 厚/3 層 4 プライ/Mx120A/相当/スギ		
	屋根			
設計期間		2022 年 7 月～2023 年 2 月（8 カ月）		
施工期間		未定		
CLT 躯体施工期間		未定		
竣工（予定）年月日		未定		

2. 実証事業の目的と設定した課題

過去に 2 件の CLT パネル工法の集合住宅を設計・施工し、民間の建物に多く利用することで CLT パネルの普及促進を図っている。経験を積みながら更に普及に向けてメリットを見出し、CLT 工法と外断熱の好相性を確かめるべく、内断熱と比較実験を行い具体的なデータから比較を行う。CLT で懸念される遮音性能についても前回に引き続き仕様比較実験を行う。

また同じ取組である BIM(3D)による設計施工は、モデルから得られる数量等を設計初期から行い、効率的な設計とスムーズな施工計画、木加工データ連携を行うことが期待できる。

実証事業で設定する課題

- (1) 床遮音対策の設計仕様
- (2) 1 時間耐火構造の設計仕様

- (3) ウッドショック、資源、資材高騰による建築費増加の影響及び設計計画の見直し
- (4) 4階建て耐火構造 1LDK4戸から3階建て準耐火構造 1LDK6戸へ計画変更
- (5) 平面計画の見直しによりコストダウン手法の検討
- (6) BIMと木加工データの連携
- (7) CLTパネル構造での設備配線、配管スペースの確保及びそれによる設備機器の設置位置

3. 協議会構成員

- (設計) (有)開 建築設計事務所：一級建築士 開 達也
- (構造設計) 中村建築構造設計：中村 康一
- (施工) (株)響建設：代表取締役社長 丁野 敏明 (協議会運営者)
- (原木供給) 高知県森林組合連合会：浜田 義寛
- (材料/ラミナ) 高知おおとよ製材：遠藤 幸夫
- (材料/CLT等) 銘建工業株式会社：三嶋 幸三
- (金物供給) タカヤマ金属工業株式会社：玉岡 富彦
- (試験) (株)桐井製作所 フロア事業部 事業グループ

4. 課題解決の方法と実施工程

- ・床の遮音対策として ALC の上にフリーフロアのゴム付脚の接点に集中荷重が掛かるため、捨て板の施工が必要
- ・CLT 壁の外壁側に取付用のプレートが厚みが出るため、壁内部用に変更
- ・前回に施工した建物で床遮音性能テストの結果が LL-50、LH-60 と先ず先ずの結果となり、更に高めるには制振材を厚くする方法があるが、建築費とのバランスを取る必要がある
- ・前回に施工した建物で外断熱工法を採用し Ua 値 0.38 BEI0.62 という結果となり、引き続き同じ工法を採用
- ・BIM ワークフローの実証

<協議会の開催>

2022 年 6 月：第 1 回開催、問題点洗い出し

6 月：第 2 回開催 床遮音対策の設計仕様についての検証と建築研究所 平光様のアドバイス

7 月：第 3 回開催 1 時間耐火構造の設計仕様についての検証と桜設計集団 安井様のアドバイス

8 月：第 4 回開催 工事見積、CLT 建て方、工程について

10 月：第 5 回開催 4 階建て耐火構造から 3 階建て準耐火構造に変更後、3 案のプランで検討

11 月：第 6 回開催 3 階建て準耐火構造 1LDK 1フロア 2戸 計 6戸 延床面積 377.55m² 3.6 モジュールの標準型プラン
どの向きにも対応可能な 1LDK 標準型モデルプラン提案

11 月；第 7 回開催 実施詳細設計を進めて行く前に、概算見積をして予算計画の検

証をする

12月：第8回開催 変更後の3階建て準耐火構造 1LDK・6戸 延床面積 377.55m²
4階建て耐火構造 1LDK・4戸 延床面積 290.96m² との建築工事費の比較検討

1月：第9回開催 3階建て準耐火構造 1LDK・6戸プランの BIM、CLT、詳細設計・設備設計打合せ

<設計>

2022年7月：実施設計（4階建耐火構造）

7月：構造設計

8月：建築確認申請

10月：基本設計（3階建て準耐火構造に変更）

11月～12月：実施設計

1月～2月：実施設計、構造設計

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）外断熱工法で設計し省エネ法による計算結果の数値が以下ようになった。

Ua 値=0.35 BMI=0.65

（2）遮音工法において以前に施工した仕様へ、更に制振材の厚みを増す方法の程度なら構造体の耐力を変えずにコスト増も少なくて済む

（3）CLT 工法に適した BIM ワークフローの検討について

意匠・構造・設備を BIM モデル化し、3D で共有しながら設計を進め、CLT 数量の集計と、加工までの連携を見据えた BIM ワークフローを検証

（4）ARCHICAD (BIM) →cadwork (木加工データ作成用 3DCAD) 連携について
中間ファイル IFC を使った連携の検証と、3D モデルによるチェック方法を検証

（5）CLT 工法用アンカーセット治具使用による施工効率化

タカヤマ金属工業によりセット用の金物の試作品が提供された

（6）CLT パネル工法における構造体のコスト縮減及び標準化の提案

3.6mモジュールプランの平面計画による CLT 使用数量が削減されたことによりコストの縮減が計れた。

6. 本実証により得られた成果

当初計画していた4階建 CLT 集合住宅は、BIM によるワークフローや、耐火構造、防音対策の検証など取り組んできたが、想定以上の金額となり、計画変更となった。しかし得られたデータを活かしながら、当初からテーマにしていた標準化プランに取り組み、3.6m モジュールプランを考案した。標準化されたプランは、CLT が持つ耐震性・居住性の高さに加え、低コスト化が可能になる。

3.6m モジュールプランは、1 住戸を標準化するのではなく、少し小さな単位を標準化し、その標準化されたブロックの組み合わせで、様々な敷地条件に対応し、住戸バリエー

ションへの展開が可能にすることを考えた。将来的には、各モジュールごとの単価を設定し、モジュールを数えれば金額がわかるようにしていきたい。

7. 建築物の平面図・立面図・写真等

3.6m角モジュールで標準化されたブロック

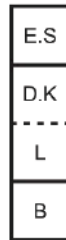


玄関・水回り

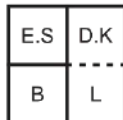
1DKプラン



1LDKプラン



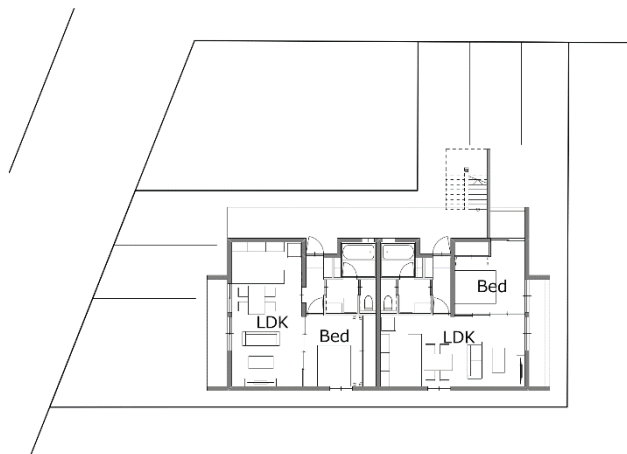
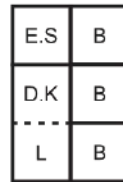
1LDKプラン



2LDKプラン



3LDKプラン



1F 平面図



西立面図



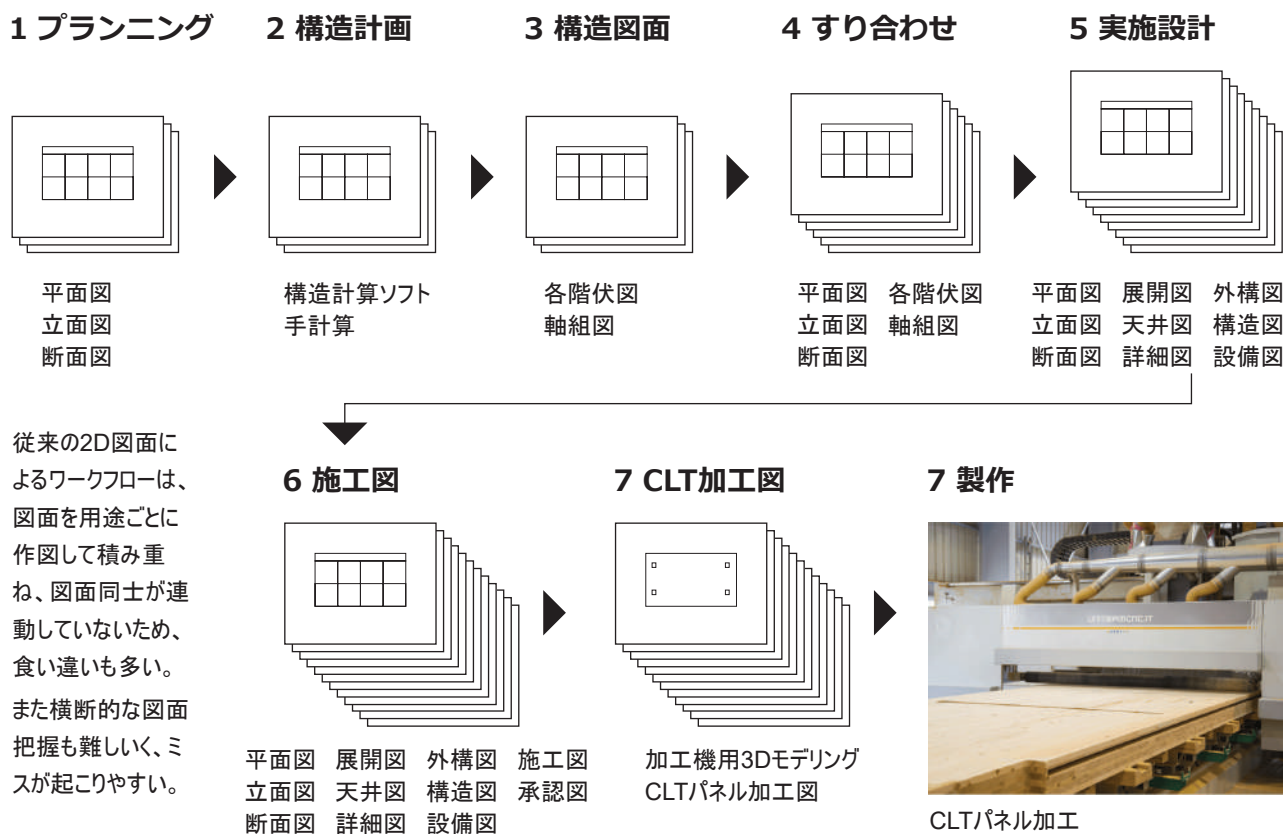
1.新しいワークフロー（BIM → CLT） BIM設計施工連携

BIMとは、コンピューター上に3Dでモデルを作り、壁や床などのモデルに情報を付加させることで一貫性と効率性を高めた設計ツールです。

これまでの2次元による設計は、平面図、断面図など、1枚1枚が独立した図面を積み重ねて、ひとつの建築図面になっています。図面によるワークフローでは膨大な図面管理が必要で、人の目によるミスも少なくありませんでした。

BIMの場合、3次元モデルを作り、そのモデルから切り取るように図面化していく設計手法です。ひとつのモデルから切り出すため、それぞれの図面は連動し、一貫した建築図面が作成され、また情報を活かした設計が可能です。

1.1 従来のワークフロー（2D図面） 2D図面を積み重ねるワークフロー



1.2 BIMによるワークフロー BIMモデルを共有しながら詳細度を高めるワークフロー

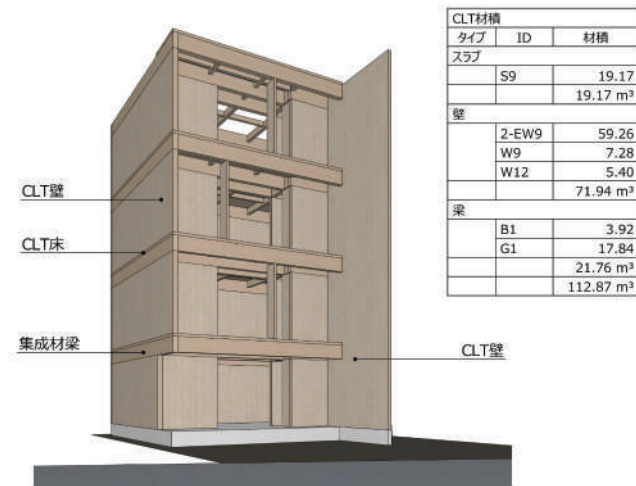
1 プランニング

3Dでプランニング
BIMモデルを活かした環境シミュレーション



2 構造計画

意匠BIMモデルをもとに構造計画
3Dモデルからの数量把握



3 意匠モデルと構造モデルを統合

意匠と構造、設備を3Dでチェック
基本計画段階で干渉チェックを行う

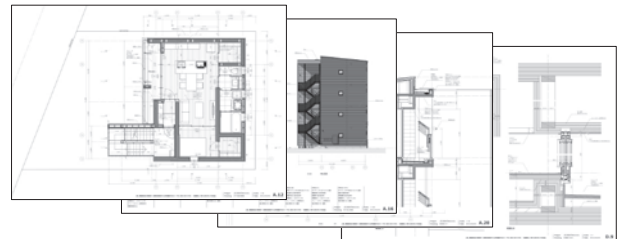


4 実施設計

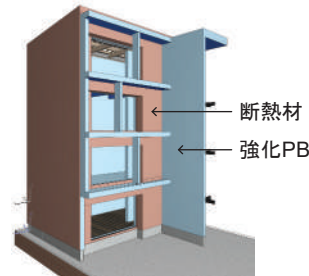
実施設計では建築を作るようにモデルを作っていく
確認したいところを切り取りながら進められる



3Dモデルは寸法が把握しにくいので、現状では2D図面は必要である。



数量を集計しやすいモデルの作り方をすることで、積算のベースとなる



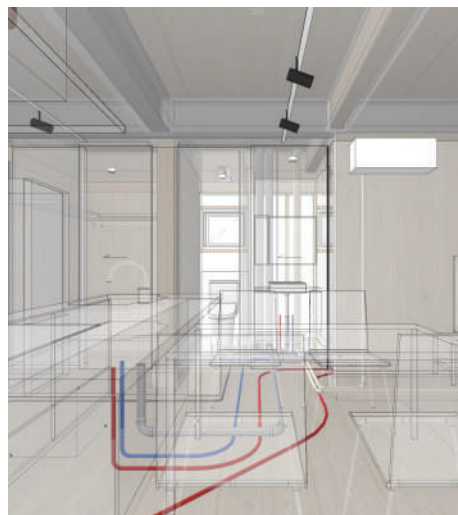
集計 梁 数量集計			
分組	単位	数量	要積
強化PB 45	強化PB 125×125	105.10	
強化PB 45	強化PB 125×125	30.48	

集計 梁 数量集計			
分組	単位	数量	要積
強化PB 27.5	強化PB 115×115	95.42	
強化PB 42	強化PB 125×125	2,610.73	
強化PB 45	強化PB 125×125	269.37	
強化PB 45	強化PB 125×125	1,182.16	
強化PB 45	強化PB 125×125	63.48	

集計 梁 数量集計			
分組	単位	数量	要積
強化PB 27.5	強化PB 115×115	0.105	126.50
強化PB 42	強化PB 125×125	0.025	308.02
強化PB 45	強化PB 125×125	0.025	2.66
強化PB 45	強化PB 125×125	0.045	43.96

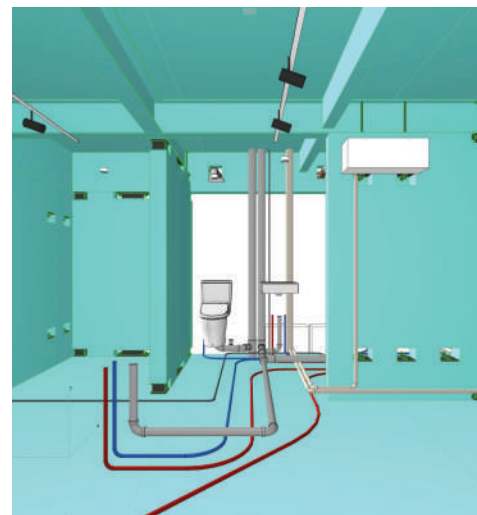
5 施工BIM

仕上げを半透明にして、構造設備の関係を確認し
干渉チェックなど行う



6 CLT加工モデル

CLT工場から、加工モデルデータを取り込み、金物
と設備の干渉チェックなど行う。



7 パネル製作へ

BIMは3Dということ、
情報を扱うことで様々な
使い方ができる。

最近は3Dでモデルを作る分野も広がり、CLT工場もそのひとつ。しかし、お互い連携することは少ない。

せっかく設計で作った3Dモデルがあるのだから、BIMモデルとの連携を模索することで、お互い効率化と、クオリティが上がる。

次項にBIM連携について検証をまとめている

2. BIMデータから加工データへ

現在のCLT製作の流れは、設計図をもとにCADWORKという3Dcadでモデリングし、加工機にデータを出力して、CLTパネルを加工している。

設計で作成したBIMモデルを、CADWORKにBIMモデルを直接読み込むことで、作業の2度手間を省き、ミスを減らすことにつなげる。そこでどういった流れと設定をすれば、スムーズな連携ができるか検証してみた。

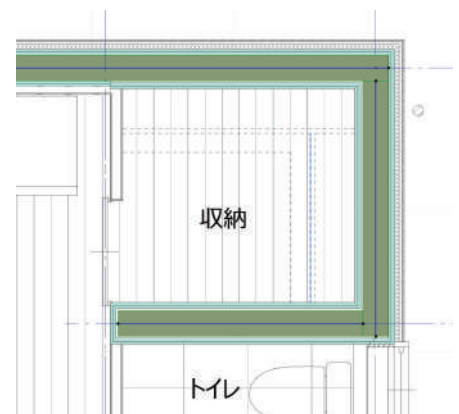
Archicad (BIM) ↔ CADWORK データ変換検証

2.1 Archicadから、IFCデータに変換

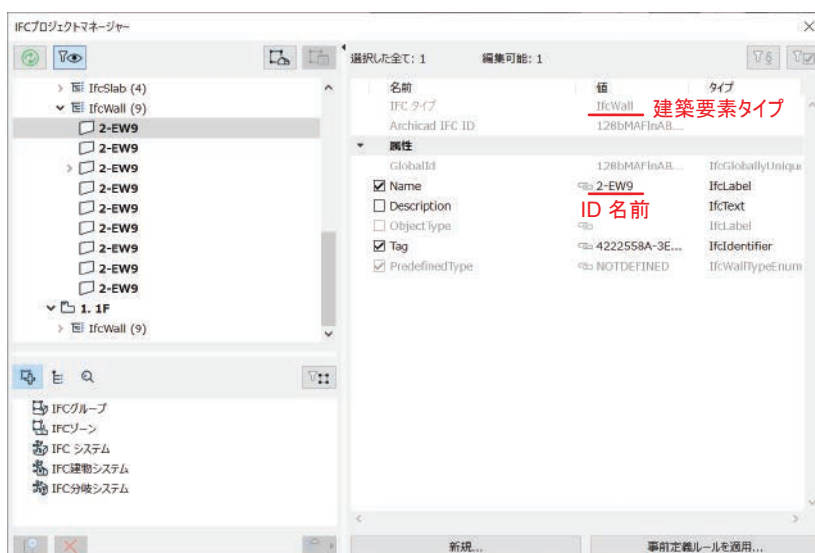
(BIM → 工場)



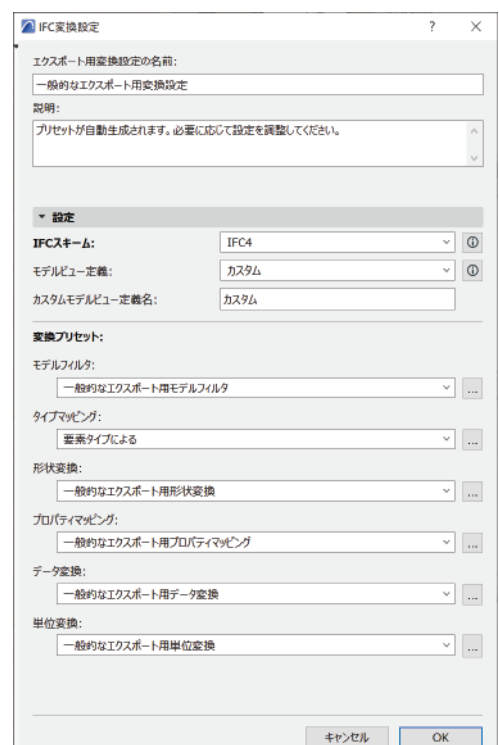
Archicad CLTモデル



モデルの作り方として、壁を壁芯の交点で合わせるのではなく、CLTパネルに合わせて勝ち負けを作りモデル化



IFC変換後、タイプ(壁・梁などの要素)・属性を保っているか確認



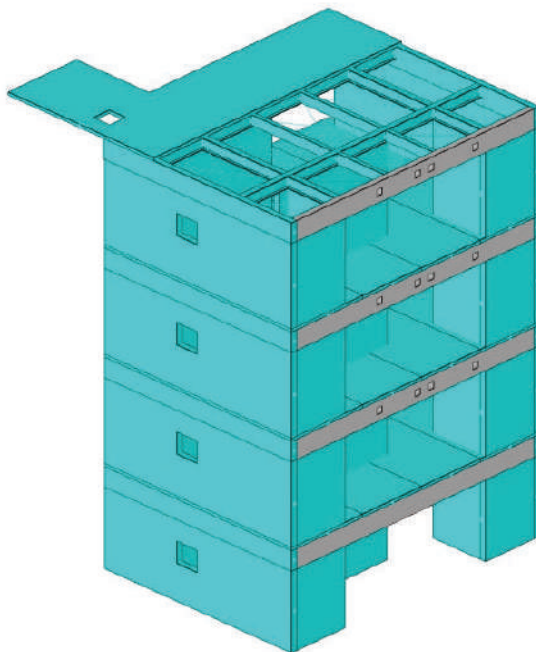
IFC変換設定は多くの項目があるが、今回は一般的な変換設定で確認

CADWORKに、Archicadから出力したIFCデータを読み込み、データに不具合がないか検証

検証1. 欠落はないか？

欠落の検証方法として、目視と一覧表で部材数量と体積を見比べて確認する。

部材数量は同じで、体積が少し違いがあるが、欠落無く読み込めたと言っていいだろう。



CADWORKに、IFCデータを読み込み

2-EW9	180	2,750	4.200	11.55	1	2.079
2-EW9	180	2,760	1.720	19.00	4	3.416
2-EW9	180	2,760	1.970	10.88	2	1.958
2-EW9	180	2,760	4.000	22.08	2	3.974
2-EW9	180	2,760	4.200	23.18	2	4.174
					36	57.615 m³
梁						
B1	120	300	1.425	10.16	8	0.408
B1	120	300	1.723	12.16	8	0.496
B1	120	300	2.925	20.24	8	0.840
					24	1.744 m³
G1	180	600	6.778	32.37	3	2.196
G1	180	600	6.780	10.79	1	0.732
G1	180	600	6.815	10.85	1	0.736
G1	180	600	7.250	34.59	3	2.349
					8	6.013 m³
G2	180	600	8.820	56.92	4	3.696
					4	3.696 m³
					91	90.310 m³

Archicad 一覧表

部材数量
部材体積

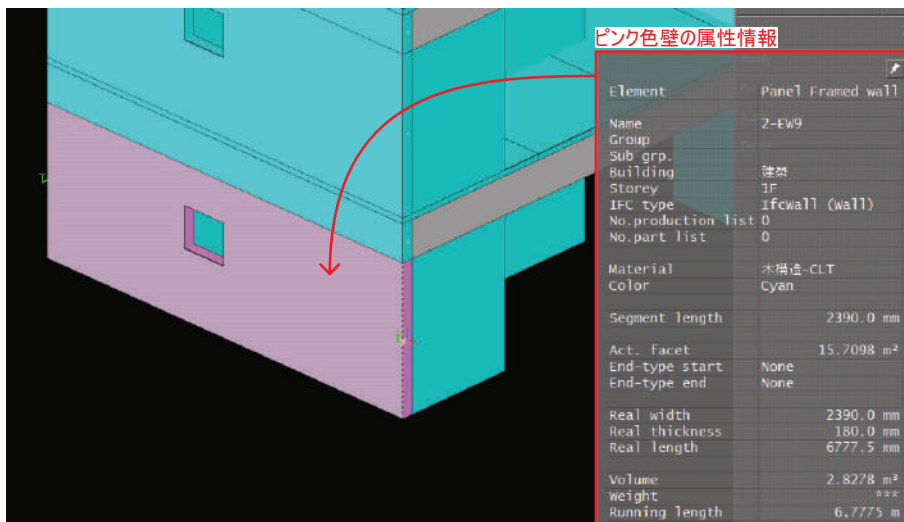
Standard part	B1	120	300	1425	1	0.051
Standard part	B1	120	300	2925	1	0.105
Standard part	B1	120	300	1722.5	1	0.062
Standard part	G1	180	600	6777.5	1	0.732
Standard part	G1	180	600	7250	1	0.783
Standard part	G1	180	600	7250	1	0.783
Standard part	G1	180	600	6815	1	0.736
Standard part	G1	180	600	6777.5	1	0.732
Standard part	G1	180	600	7250	1	0.783
Standard part	G1	180	600	6777.5	1	0.732
Standard part	G1	180	600	6780	1	0.732
Material:木構造-大梁X					32	7.762
Standard part	G2	180	600	8820	1	0.953
Standard part	G2	180	600	8820	1	0.953
Standard part	G2	180	600	8820	1	0.953
Standard part	G2	180	600	8820	1	0.953
Material:EW+CLT					4	3.81
Element module type:Standard part					91	92.402

CADWORK 一覧表

部材数量
部材体積

検証2. 壁・梁など建築要素、レイヤ、属性情報等は引き継ぐか？

建築要素として壁・梁などのタイプと、IDなど属性情報は引き継がれたが、レイヤはCADWORK側に機能としてなかったため、引き継がれず、色情報も引き継がれなかった。加工データとしては問題ないが、今後設定など検証していきたい。



ピンク色壁の属性情報

← 建築要素タイプ
← ID 名前
← 階情報
← IFCタイプ

← 色・マテリアルは引き継がれなかった

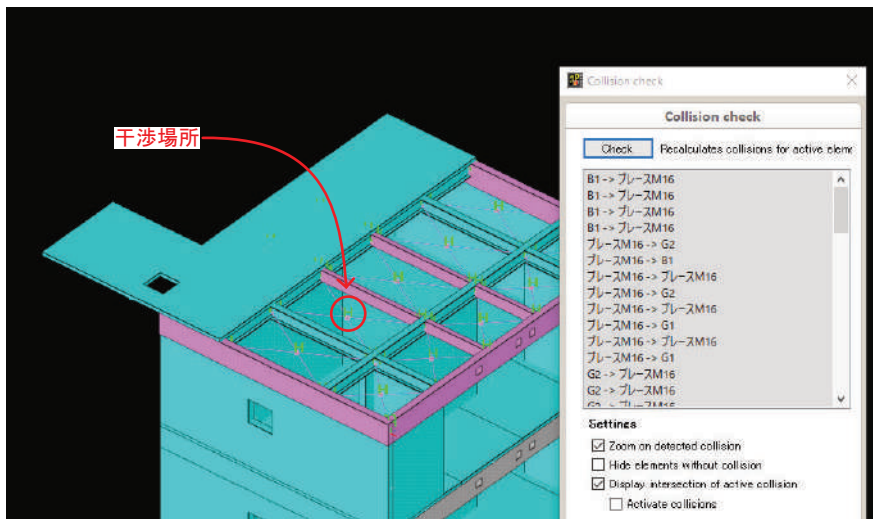
← 表面積

← 壁高

← 壁厚

← 壁長

← 体積



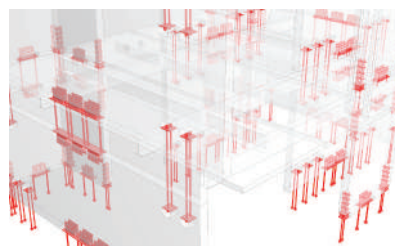
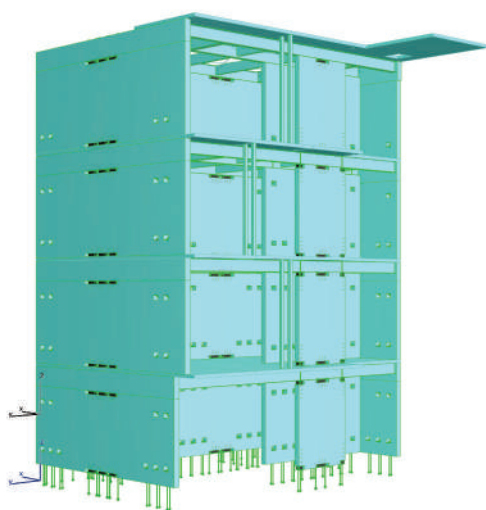
← CADWORK側で干渉チェックができる

← プレースが干渉していることがわかる

2.3 CADWORKからIFC変換をしたデータを、Archicadに読み込む (BIM ← 工場)

CADWORK側で加工用モデルとして修正したデータをIFCに変換し、Archicadで読み込む検証をした。

逆方向を検証することで、加工図チェックとチェックバックのやり取りを3Dモデルで行うことができる。

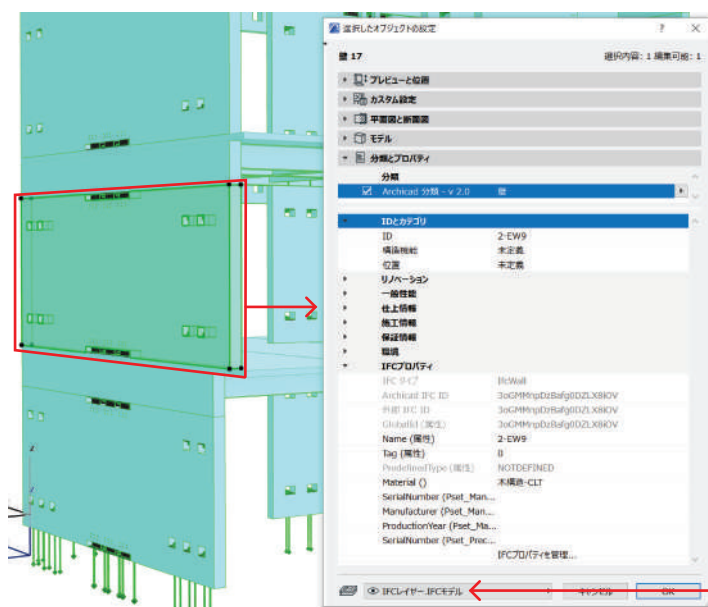


CLTを半透明にし、金物をハイトライト



詳細な金物モデル

ArchicadでCADWORKから出力したIFCデータを読み込んでみる。
色情報は失われたが、モデルは正確で、CADWORKで入力された金物が配置されている。



← 分類

← ID 名前

← 要素タイプ

← ID 名前

← プロパティ

← レイヤ

壁の情報を確認すると、壁という建築要素タイプが、オブジェクトへ変換されていた。

IFCタイプは「ifcWall」になっているため、設定方法の検証が必要だ。

床は、床情報を保っていた。

レイヤはCADWORK側に無いため、新たに生成されたIFCレイヤにまとめられていた。

階の情報とIDは引き継がれている。

要素タイプ	△
階	○
ID	○
レイヤ	×

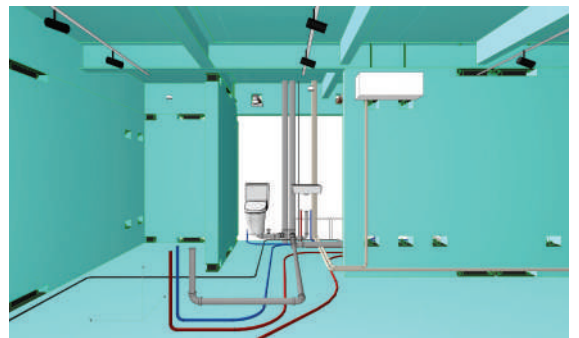


IFCを読み込むと位置と階が保たれている。

設計BIMモデルと重ね、パネル形状に問題がないか確認する。

2D図面の場合、多くの図面と寸法チェックをしないといけないことが、3Dモデルの場合、重ね合わせることで一目瞭然の確認が一瞬でできる。

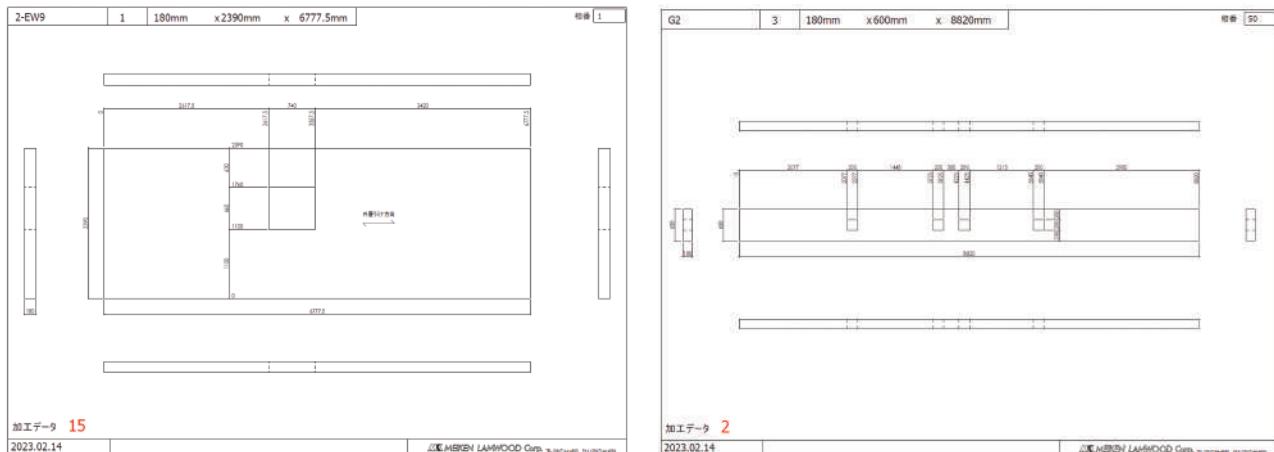
設備モデルとCLT加工モデルを統合することで、配管やダクト位置と金物との関係がわかりやすく確認できる。



意匠・構造・設備モデルを統合したモデルを仕上げを半透明にすることで、建築のレントゲンのような表現ができる。

このように全てが統合されたモデルは、問題を事前に確認でき、ミスを減らし、効率的な施工を進めることができる。

2.4 加工機用データへ



モデルが承認されると、3Dモデルからパネルごとの加工図を作り、最終確認を行う。
CADWORKからデータを出し、CLTパネル加工機からモデルどおりのパネルが制作される。

2.5 まとめと今後の課題

設計者が作ったBIMモデルを、IFC中間ファイルを使ってパネル加工データとして使えることがわかった。

これまで設計BIMモデルがあっても、別に工場側で3Dモデルを作っていたのは、モデルの作り方の違い、モデル・情報などが欠落していても気づきにくく、1から作ったほうが間違いが少ないという考え方からと、設計者からは自分のモデルが原因でミスにつながるリスクを取りたくない、という理由が考えられる。

しかし、検証の結果は予想以上に効果的で、IFCについて多少の知識は必要だが、ほぼ標準設定で入出力しても問題なくやり取りが出来た。

工場サイドとしても、3Dモデルを作らなくてもよく、これ以上の効率化はないだろう。

次のステップとして、設計者ごとにBIMソフトや環境設定に違いがあるので、BIM連携の実績を積み上げていながら、ルールやマニュアルをつくることで、広く受け入れられるようになるだろう。

今後の課題は、構造、設備、施工といった各分野のBIM技術者不足である。

普段は意匠設計としてのBIMの使い方だけでもメリットを感じていたが、今回、意匠設計者として、試験的に構造、設備モデルをつくり、統合することでどう変わるか検証してみたが、その効果は予想以上に大きく、その恩恵も含めて、各分野への普及活動もしていきたい。

3. 標準モデルへの展開

この計画は残念ながら、予算内に納めることが出来ず設計までとなった。

敷地条件から1フロア1住戸の4戸という収益性の低さと、建設費の高騰を見誤ったことが原因である。

しかし計画は継続中で、CLT3階建に変更して設計を進めている。

このような経緯からも、CLTの集合住宅をこれから広めていくには、耐震性や居住性を高める以外にも、低コスト化が望まれている。

低コスト化に向けては、「標準化」がキーワードになる。

しかし、敷地条件の違いへの対応や、標準化された同じ集合住宅がコピーされていく作り方は魅力的ではない。

そこで、1住戸を標準化するのではなく、少し小さな単位を標準化し、その標準化されたブロックの組み合わせで、様々な敷地条件に対応し、住戸バリエーションへの展開が可能になる、標準化プランを考えた。

3.6m角モジュールで標準化されたブロック



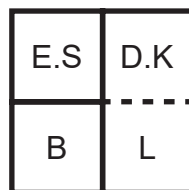
1DKプラン



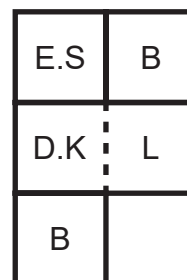
1LDKプラン



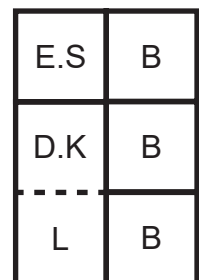
1LDKプラン



2LDKプラン



3LDKプラン



3.6m角を標準化したモジュールを組み合わせることで、様々な住戸プランが展開できる。

さらに3.6mはモジュールは、120mmCLTスラブのみの小梁なしで床を支えられ、CLT構造としても合理的で低コストにも繋がられる。

将来的には、各モジュールごとの単価を設定し、モジュールを数えれば金額がわかるようにしていきたい。

計画の初期段階からコスト把握ができることは、収益物件では大きなアドバンテージになる。

$$\boxed{\text{E.S}} \times 8 + \boxed{\text{D.K}} \times 8 + \boxed{\text{L}} \times 8 + \boxed{\text{B}} \times 8 + \text{共用部} = \text{¥} \bigcirc \bigcirc \bigcirc \bigcirc$$

4. 4F耐火構造と3F準耐火構造の見積比較

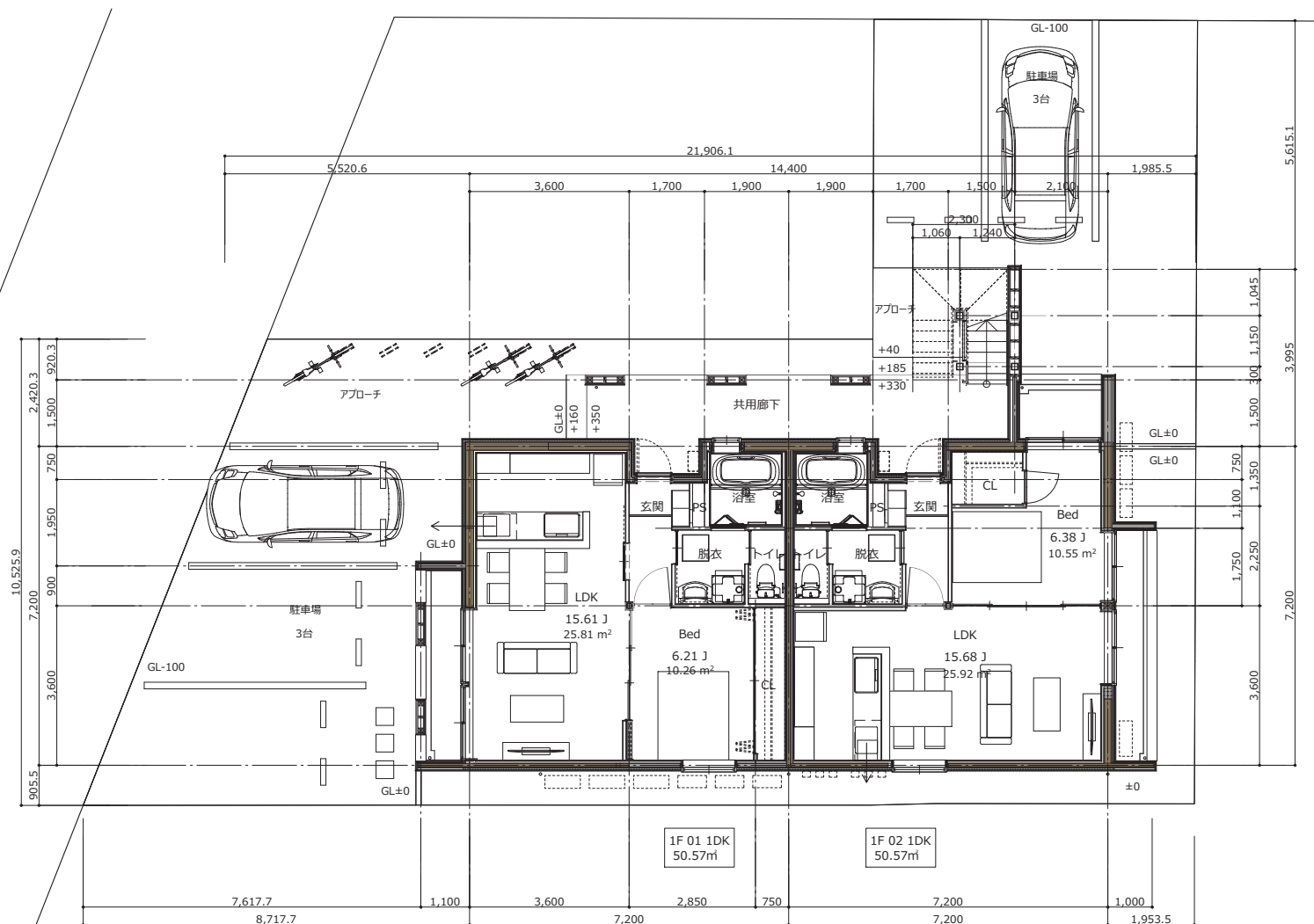
(仮)秦南町集合住宅新築工事【3F】見積比較表

		4F-1LDK4戸	3F-1LDK6戸
	敷地面積(m2)	165.28	294.48
	敷地面積(坪)	50.00	89.08
	住戸面積/戸	53.27	103.17
	延べ床面積(m2)	260.96	377.55
	延べ床面積(坪)	78.94	114.21
	施工床面積(m2)	293.68	423.99
	施工床面積(坪)	88.84	128.26
	建築面積(m2)	74.85	141.36
	建築面積(坪)	22.64	42.76
	戸数	4.00	6.00
	延床面積比	1.00	1.45
	施工床面積比	1.00	1.44
	建築面積比	1.00	1.89
	戸数比	1.00	1.44
	延床・施工面積比	1.00	1.45
	細目	4F-1LDK4戸見積	3F-1LDK6戸 見積
A	共通仮設工事	¥2,959,000	¥3,632,000
1	直接仮設工事	¥1,771,000	¥1,927,000
2	地盤補強工事	¥3,630,000	¥4,086,000
3	基礎工事	¥3,236,000	¥4,993,000
4	鉄骨工事	¥6,398,000	¥3,076,000
5	既製コンクリート工事	¥957,000	¥1,250,000
6	防水工事	¥550,000	¥884,000
7	CLT・木工事	¥40,155,000	¥40,992,000
8	屋根・外装・板金・樋工事	¥3,410,000	¥5,344,000
9	金属工事	¥4,546,000	¥2,374,000
10	左官工事	¥405,000	¥426,000
11	金属製建具工事	¥3,389,000	¥4,016,000
12	木製建具工事	¥1,474,000	¥1,985,000
13	硝子工事	¥1,999,000	¥478,000
14	塗装工事	¥946,000	¥1,230,000
15	内外装工事	¥28,614,000	¥20,481,000
16	内装仕上げ工事	¥1,550,000	¥3,003,000
17	什器工事	¥5,967,000	¥7,155,000
18	家具工事	¥199,000	
19	サイン工事	¥109,000	¥180,000
B	建築主体工事 計	¥109,305,000	¥103,880,000
C	外構工事	¥490,000	¥646,000
D	電気設備工事	¥3,300,000	¥3,043,000
E	機械設備工事	¥4,680,000	¥6,126,000
F	直接工事費 計	¥117,775,000	¥113,695,000
G	純工事費 計	¥120,734,000	¥117,327,000
H	諸経費	¥12,073,400	¥12,013,000
I	値引	¥-13,807,400	
J	工事費 計	¥119,000,000	¥129,340,000
K	消費税	¥11,900,000	¥12,934,000
	合計	¥130,900,000	¥142,274,000

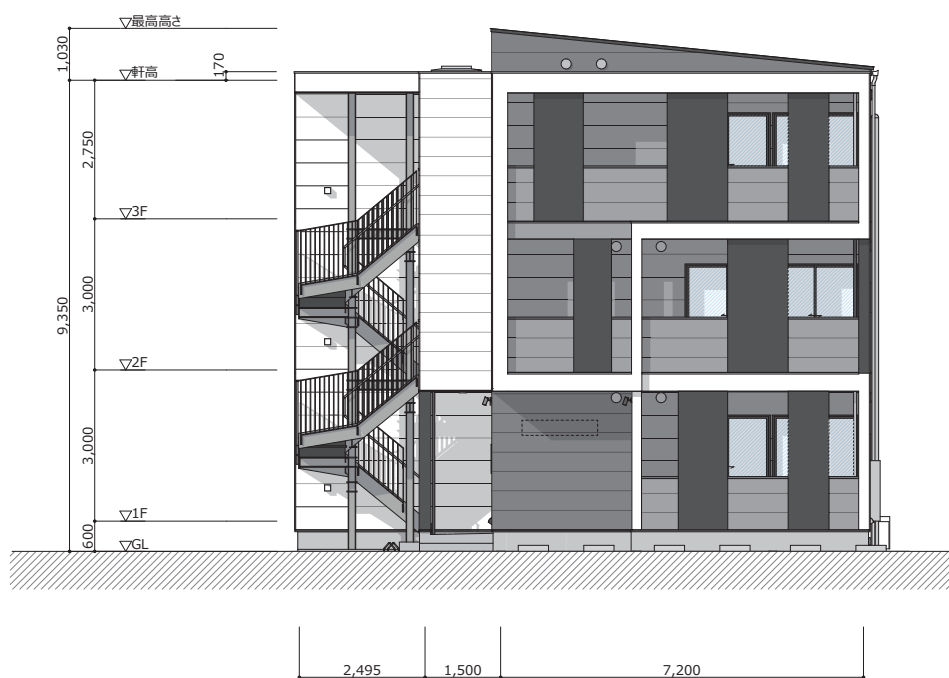
4F4住戸(260.96㎡)から3F6住戸(377.55㎡)

収益性 50%増

建築費 10%増



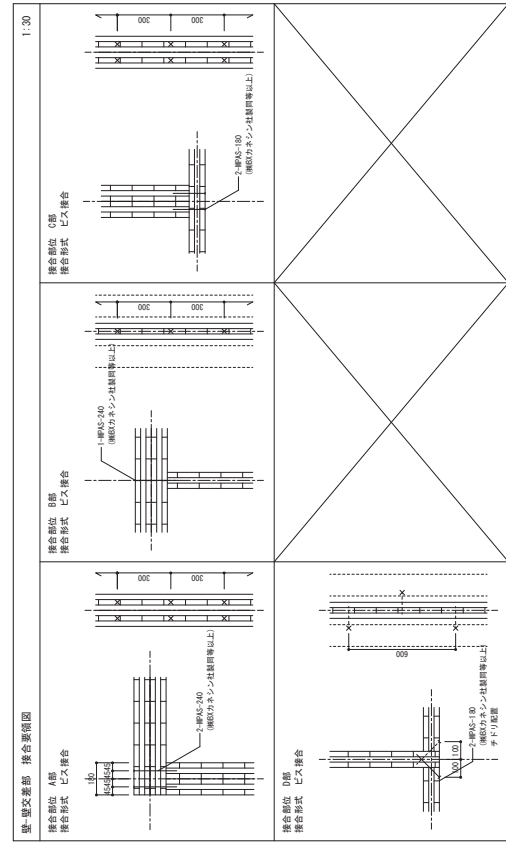
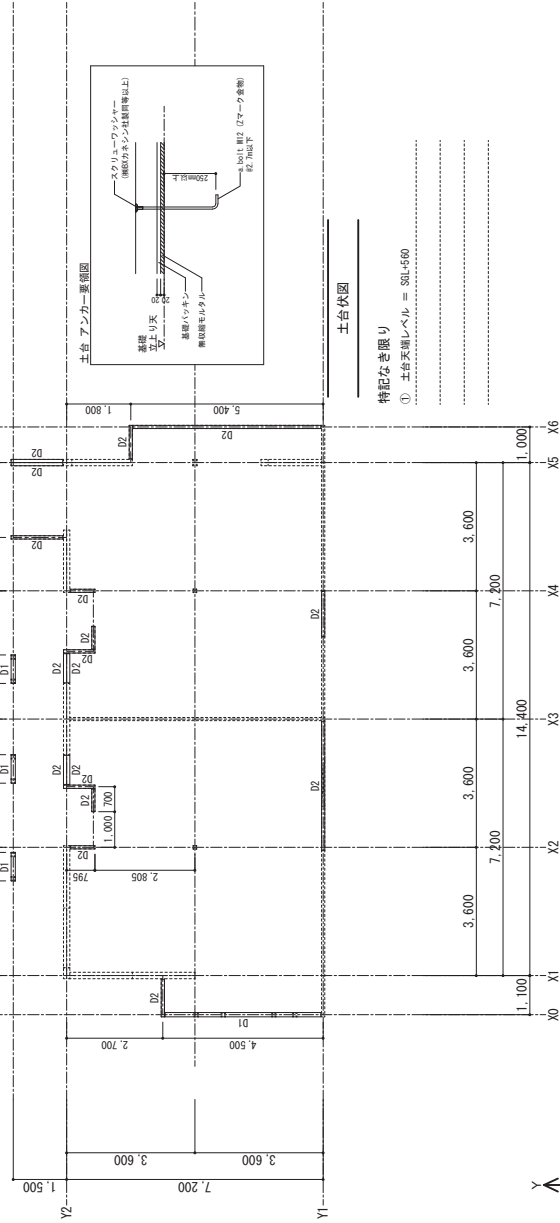
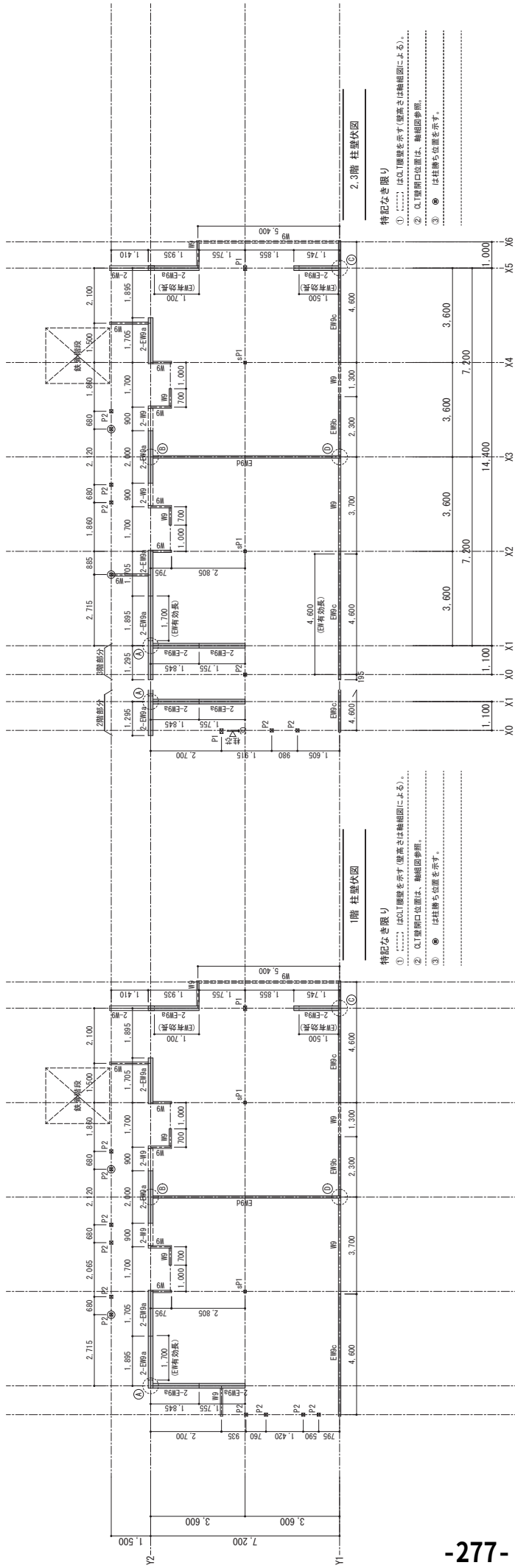
1F 平面図 1:150

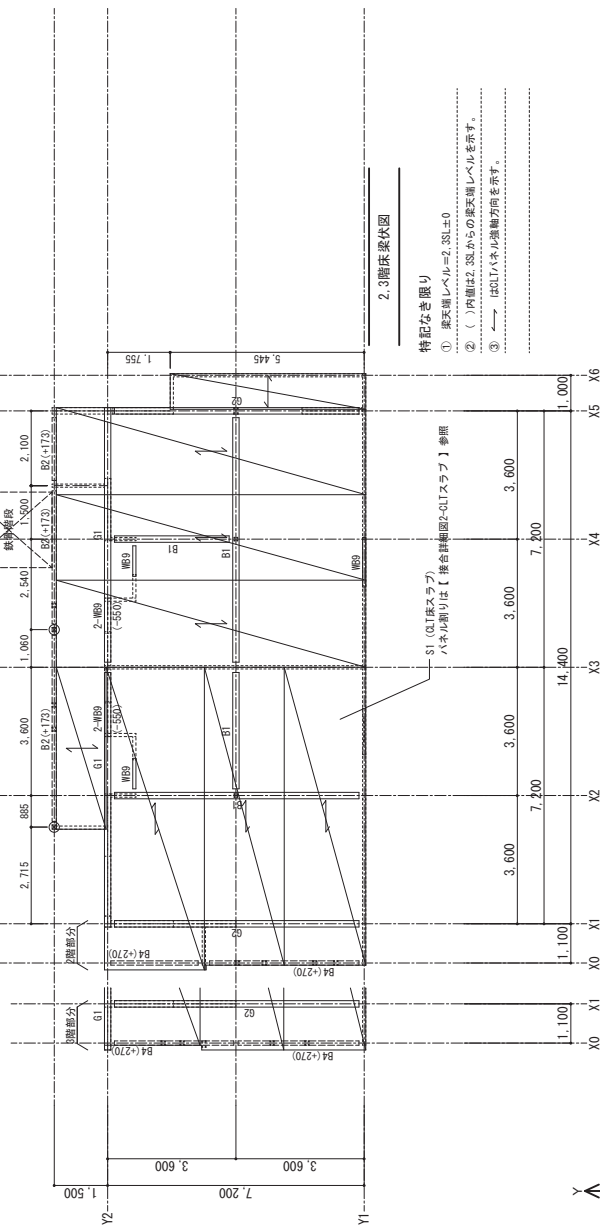
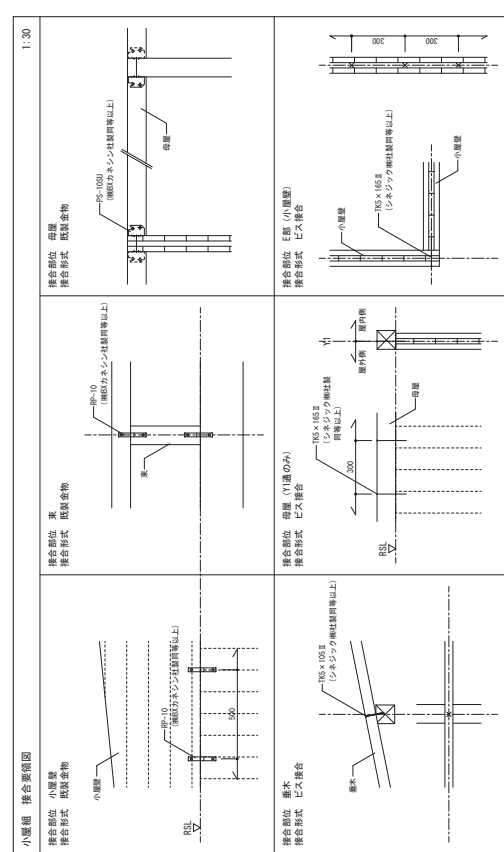
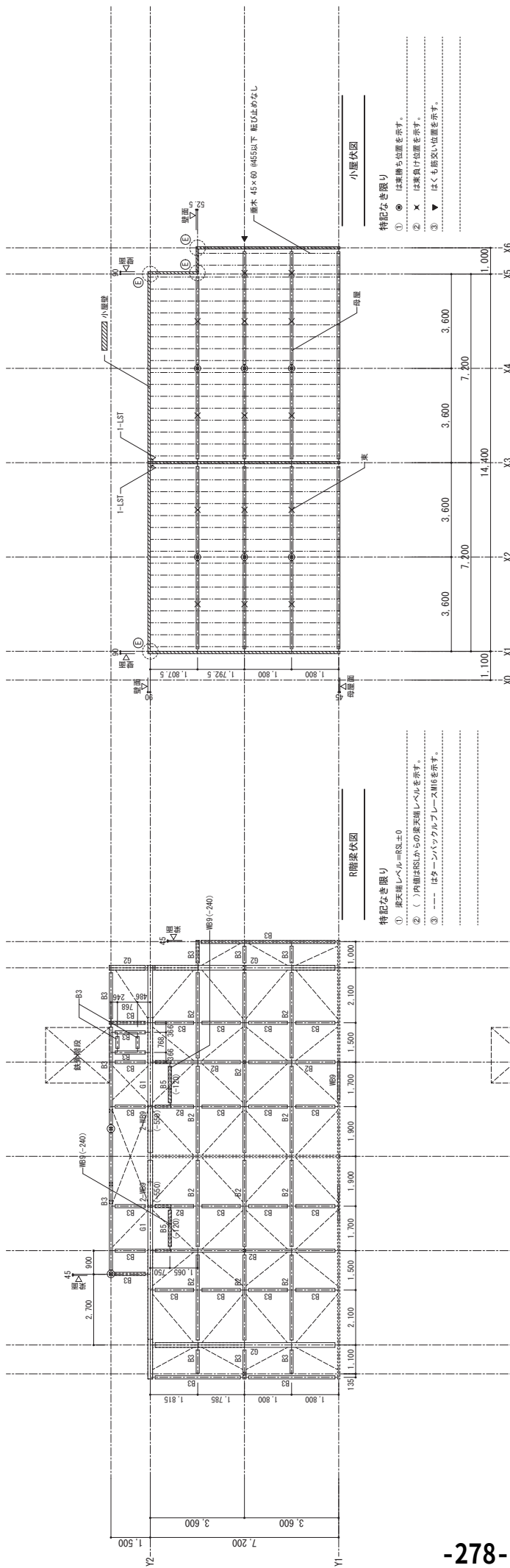


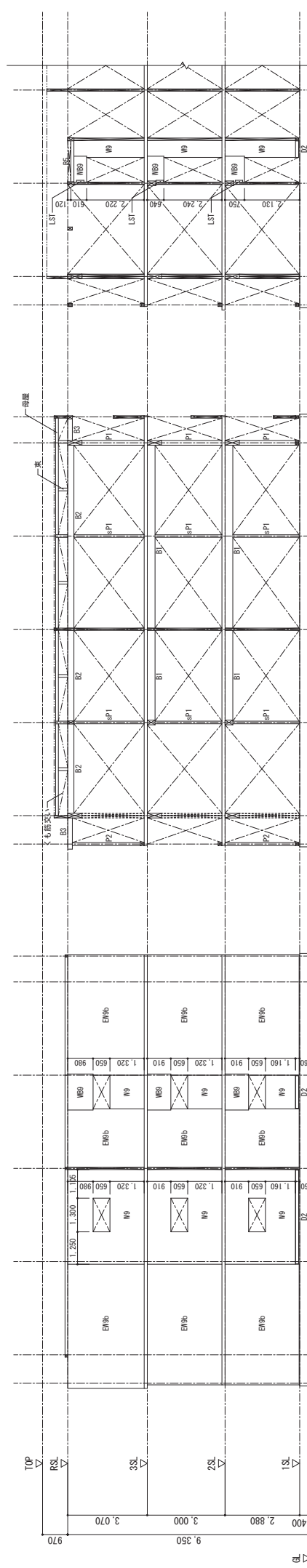
西立面図 1:150



断面バース 西バルコニー

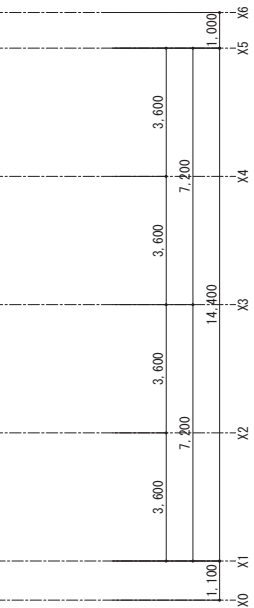
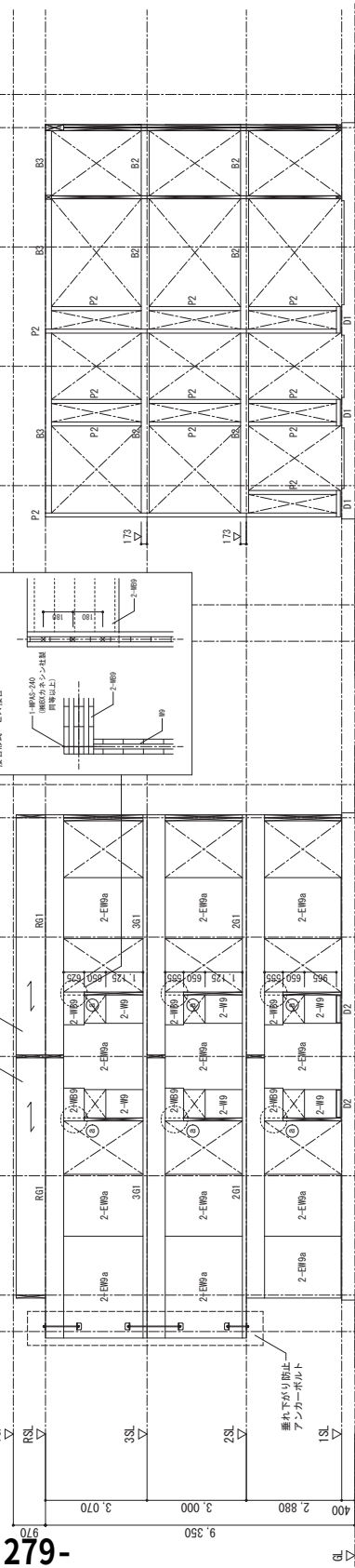
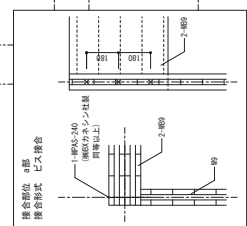






Y1+3,600通 軸組図

Y1通 軸組図

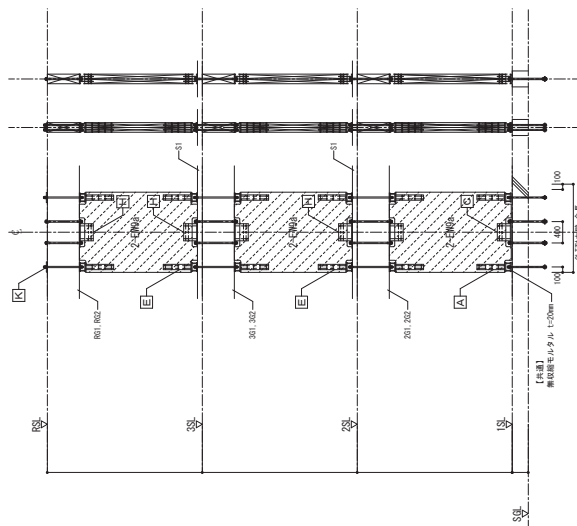


Y2+1,500通 軸組図

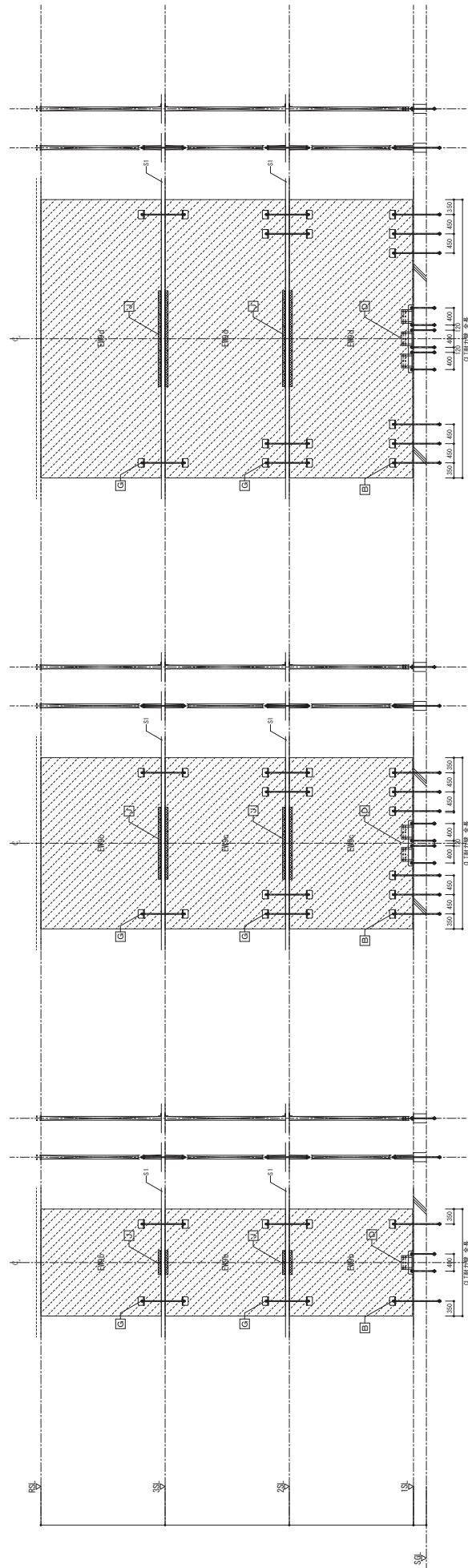
Y2通 軸組図

特記なき限り

- ① 1SLは基礎より天板を示す。
- ② 0.1層及び基礎の通外周ラミナ方向は面内強制方向とする。
- ③ ←→ は0.1ハズル強制方向を示す。



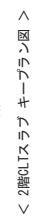
< 2-EW0a 耐力壁 金物キープラン図 >



< EW0b 耐力壁 金物キープラン図 >

< EW0c 耐力壁 金物キープラン図 >

< EW0d 耐力壁 金物キープラン図 >



11.1 昭和飛行都市開発（株）／（株）フェニックスホーム

事業名		仮称）昭和の森テニスセンター クラブハウス 新築工事の建築実証	
実施者（担当者）		昭和飛行都市開発株式会社(株式会社フェニックスホーム)	
建築物の概要	用途		スポーツ施設（クラブハウス）
	建設地		東京都昭島市田中町字後小欠576番8の一部、拝島町字代官山4008番1の一部、4016番5の一部
	構造・工法		木造丸太組構法
	階数		1
	高さ（m）		5
	軒高（m）		3.25
	敷地面積（㎡）		564.93
	建築面積（㎡）		185.42
	延べ面積（㎡）		176.8
	階別面積		1 階
2 階			—
3 階			—
C L T の仕様	C L T採用部位		壁
	C L T使用量（㎡）		加工前製品量31.5㎡、建築物使用量27.4㎡
	壁パネル	寸法	120mm厚
		ラミナ構成	3層4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	—
		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：米松集成 梁：米松集成
	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		11㎡
仕上	主な外部仕上	屋根	ガルバリウム鋼板葺
		外壁	CLTログ120×400
		開口部	アル樹脂複合サッシ＋二層複層ガラス（Low-E、乾燥空気、日射遮蔽型、中空層幅16mm）
	主な内部仕上	界壁	無
		間仕切り壁	クロス＋PB12.5＋2×4スタッド
		床	CF＋合板t12＋バークティルボードt15＋置き床
構造	天井		木天井下地＋PB9＋クロス
	構造計算ルート		許容応力度計算
	接合方法		鋼製ダボ、通しボルト
	最大スパン		8m
耐火火	問題点・課題とその解決策		建設地での仮置き場所の確保が必要、各梱包の積み重なり順を組上げに合わせた配置とすること、使用する順番で梱包をまとめる等の対応の検討が課題
	防火上の地域区分		準防火地域
	耐火建築物等の要件		無
	本建築物の防耐火仕様		30分防火構造
温熱	問題点・課題とその解決策		特に無し
	建築物省エネ法の該当有無		該当なし
	温熱環境確保に関する課題と解決策		ノンセトリング構造のためセトリングスペース設ける必要がなく気密性の確保が可能で、断熱・遮熱効果が期待
	主な断熱仕様（断熱材の種類・厚さ）	屋根（又は天井）	グラスウール断熱材 ・ 100mm
		外壁	（ログ壁）無し （妻壁）グラスウール断熱材 ・ 89mm
床		無	
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		ノンセトリング構造とすることで、セトリングスペース設ける必要がなく気密性の確保が可能で、遮音効果が期待できる
	建て方における課題と解決策		ダボを丸鋼材とすることでプレカットにより予め加工した穴に差し込む形とすることで、施工手間を軽減
	給排水・電気配線設置上の工夫		ログ材の電気配線用の穴はプレカットにより予め加工を行う置き床施工とすることで、床下に給排水管を施工
	劣化対策		木表しの外部ログ壁、軒天は高対候性塗料にて塗装実施
工程	設計期間		2022年8月～9月（2ヵ月）
	施工期間		2022年9月～2023年3月（7ヵ月）
	C L T躯体施工期間		2022年12月（1ヵ月）
体制	竣工（予定）年月日		2023年3月31日
	発注者		昭和飛行機都市開発株式会社
	設計者（複数の場合はそれぞれ役割を記載）		基本設計：株式会社フェニックスホーム一級建築士事務所 実施設計：一級建築士事務所 株式会社アールシーコア B E S S 多摩営業
	構造設計者		有限会社レン構造設計事務所
	施工者		株式会社アールシーコア
	C L T供給者		株式会社サイプレス・スナダヤ
	ラミナ供給者		株式会社サイプレス・スナダヤ

実証事業名：仮称）昭和の森テニスセンター クラブハウス 新築工事の建築実証
 建築主等／協議会運営者：昭和飛行機都市開発株式会社／株式会社フェニックスホーム

1. 実証した建築物の概要

用途		スポーツ施設（クラブハウス）		
建設地		東京都昭島市		
構造・工法		木造（丸太組構法）		
階数		1		
高さ（m）		5.000	軒高（m）	3.250
敷地面積（㎡）		564.93	建築面積（㎡）	185.42
階別面積 （㎡）	1 階	176.80	延べ面積（㎡）	176.80
	2 階	—		
	3 階	—		
CLT 採用部位		壁		
CLT 使用量（m³）		加工前製品量 31.5m³、加工後建築物使用量 27.4m³		
CLT を除く木材使用量（m³）		11.0m³		
CLT の仕様	（部位）	（寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種）		
	壁	120mm 厚/3 層 4 プライ/ Mx60A/相当/スギ		
	床	—		
	屋根	—		
設計期間		2022 年 8 月～9 月（2 ヶ月）		
施工期間		2022 年 9 月～2023 年 3 月（7 ヶ月）		
CLT 躯体施工期間		2022 年 12 月（1 ヶ月）		
竣工（予定）年月日		2023 年 3 月 31 日		

2. 実証事業の目的と設定した課題

CLT を丸太材として使用したログハウスは、木材の収縮を抑えてセtringしない特徴を持つことから、セtringのための開口部周りのスペースを設ける必要が無く、従来のログハウスと比べ高い気密性の確保が可能であり、断熱・遮熱性能に優れた構造を有すると考えられた。また、気密を確保することにより、高い遮音効果が期待される。ログハウスでは、界壁構造のための間仕切り壁は通常ボードによるふかし壁等とする必要があるが、これはログハウスの特徴的な丸太材の壁をボードで覆い隠す必要があった。本実証事業では丸太材表し壁の遮音構造についての検討を行い、界壁の遮音性能の認定取得を目指すことで、ログ表しでの界壁としての利用を可能とし、ふかし壁のための工事を削減できることから、コスト・工期の縮減が可能となる。共同住宅への利用が可能となり、今後の CLT ログハウスの需要が見込まれる。

今回実証事業で設定した課題を以下に示す。

- (1) CLT ログハウスにおける施工コストや工期の縮減効果について、RC 造との比較検討
- (2) CLT の材料コストの縮減方法を検討
- (3) 界壁の遮音構造を検討し、界壁遮音性能試験を実施

3. 協議会構成員

- (設計) 一級建築士事務所 株式会社アールシーコア B E S S 多摩営業所 : 龍 恭一
- (設計) 株式会社フェニックスホーム一級建築士事務所 : 松下 勝久(協議会運営者)、
菅野 真裕、松下 大紀
- (構造設計) 有限会社 レン構造設計事務所 : 二連木 清
- (施工) 株式会社アールシーコア : 河内 直彦
- (CLT 供給) 株式会社サイプレス・スナダヤ : 砂田 雄太郎
- (プレカット) 株式会社ダイテック : 倉持 秀一
- (監修) 一般社団法人 木のいえ一番協会 : 池田 均

4. 課題解決の方法と実施工程

丸太組構法では、界壁構造には石膏ボードによるふかし壁が一般的であるが、実証事業では CLT ログを使用した界壁遮音性能の認定を目指した。丸太組では木自体を壁材として使用するため、壁の質量が大きく、高い防音性を期待できると考えられた。また、中・高域の音に対しては隙間対策が必要であるが、ノンセtring仕様であるため気密性が高く、遮音にも有効だと考えられた。丸太材の垂直方向の重なり部分やノッチ部分(丸太材の交差部分)、丸太材の水平方向の継ぎ手部分、開口部との取り合い等に生じる僅かな隙間への対策が必要であり、遮音性確保のための遮音構造の検討を行う。

<協議会の開催>

- 2022 年 10 月 : 第 1 回協議会、着工前確認、検討事項の確認、遮音構造検討
- 11 月 : 第 2 回協議会、施工コスト・工期検討、遮音構造試験体検討
- 12 月 : 第 3 回協議会、木工事進捗確認、工事改善点等確認、遮音性能予備試験
- 2023 年 1 月 : 第 4 回協議会、施工コスト・工期検討、遮音性能予備試験結果報告
- 2 月 : 第 5 回協議会、実証事業の取りまとめ検討、遮音性能試験結果報告

<設計>

- 2022 年 8 月 : 実施設計
- 8 月 : 構造設計
- 9 月 8 日 : 建築確認済証交付

<施工>

2022 年 8 月：工事契約

9 月：着工、仮設工事

10 月～11 月中旬：基礎工事

12 月上旬～中旬：木工事（建て方）

12 月下旬～令和 5 年 1 月：木工事

1 月：屋根工事、塗装工事

2 月：内装工事

2023 年 2 月～4 月中旬：設備工事

4 月：外構工事

<性能確認>

2022 年 12 月 19 日～21 日：界壁の遮音性能予備試験（CLT ログ H400）

2023 年 2 月 6 日～10 日：界壁の遮音性能試験（CLT ログ H400）

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）性能実証による界壁遮音性能試験

界壁の遮音試験体は CLT150mm と CLT90mm の二重壁構造とし、間に空気層（GW24K を充填）を設けた。試験は 2 回実施し、1 回目は予備試験として基準となるデータの取得を行い課題・改良点の抽出、2 回目の本試験で界壁遮音性能認定のための評価を行った。

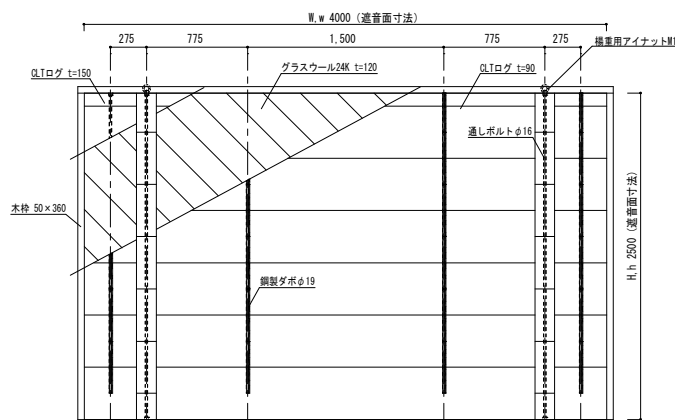


図 5.1 試験体図（本試験）



図 5.2 試験体写真（本試験）

（2）CLT ログハウスの建築実証による施工性の検討

CLT ログの組上げでは、CLT パネルの製品安定性とプレカットの加工精度の高さから反りやねじれが少なく、ノッチ部（丸太組の交差部）の作業を容易に行うことができ、施工性が向上し、ログ一段の高さを従来の丸太組と比べ、倍程度あることで施工段数が半分となり短期間での組上げ完了したことで、工期短縮となった。

6. 本実証により得られた成果

CLT をログ材として使用する丸太組構法は、セトリングによる壁高さが変化することのないノンセトリング構造とすることで、従来の丸太組構法におけるセトリング納まりの施工の煩雑さを解消することにより、工期の短縮、施工コストの削減を行った。ノンセトリング構造は、セトリングをしないことからメンテナンス手間を軽減し、建設後の維持管理費用を抑えることが可能であると考えられる。

本実証事業では、性能実証として CLT ログ材を使用した界壁遮音性能の認定を目指し実験を行った。従来は石膏ボードによるふかし壁で施工していた界壁構造を、CLT ログ表しのまま遮音壁として施工可能とすることを目指してきたが、試験の結果、基準を僅かに下回ったため認定取得には至らなかった。今後は、この試験結果を元に再度、遮音構造の検討を行い、ログハウスの特徴であるログ材表しでの界壁構造を実現することを目指していきたい。これにより、界壁構造が必要な共同住宅への利用や、会議室やスタジオ、シアタールームなど、外部への音漏れを防ぐ必要のある室への利用を可能にするなど、幅広く応用が可能であると考えられる。

7. 建築物の平面図・立面図・写真等

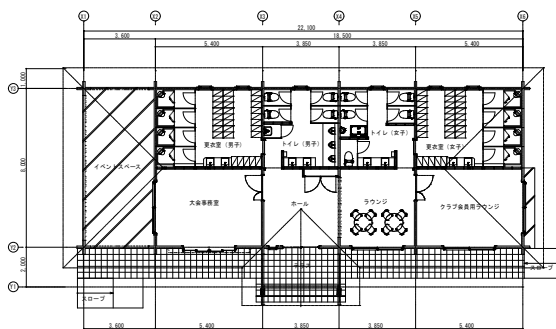


図 7.1 平面図

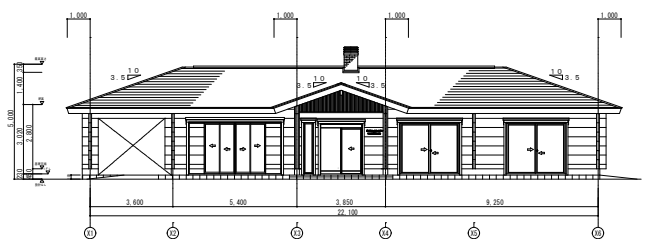


図 7.2 立面図



(外観)



(内観)

図 7.3 パース図

令和 3・4 年度 CLT 活用建築物等実証事業
実証事業名：仮称) 昭和の森テニスセンター
クラブハウス 新築工事の建築実証

成果物

令和 5 年 2 月

株式会社フェニックスホーム

目 次

1. 実証事業概要
 - 1.1 事業の背景
 - 1.2 事業の検討項目
2. 設計概要
 - 2.1 意匠計画
 - 2.2 構造計画
3. 界壁遮音性能試験
 - 3.1 実験計画
 - 3.2 試験概要
 - 3.3 界壁構造の事前検討
 - 3.4 予備試験
 - 3.5 本試験
 - 3.6 遮音試験を終えて
4. 施工状況レポート
 - 4.1 CLT ログの搬入
 - 4.2 資材保管と組立て
 - 4.3 施工状況レポート
5. 他工法との比較検討
 - 5.1 コスト比較結果概要
 - 5.2 木工事と躯体工事の比較
 - 5.3 CLT ログの製造過程のコスト縮減
 - 5.4 今後の見通し
6. 総括

1. 実証事業概要

1.1 事業の背景

CLT を丸太材として使用したログハウス（以下、CLT ログハウス）は、木材の収縮を抑えてセトリングしない特徴を持っている。これによりセトリングのための開口部周りにスペースを設ける必要が無く、従来のログハウスと比べ高い気密性の確保が可能であると考えられ、気密を確保することにより高い遮音効果が期待される。

従来、ログハウスにおいては、界壁構造のための間仕切り壁は通常ボードによるふかし壁等とする必要があった。しかしながら、これはログハウスの特徴的な丸太材の壁をボードで覆い隠す形となっていた。

本実証事業では丸太材表し壁の遮音構造についての検討を行い、界壁の遮音性能の認定取得を目指すことで、ログ表しでの界壁としての利用を可能とする。また、ふかし壁のための工事を削減できることから、コスト・工期の縮減が可能となると考えられる。

本実証事業では CLT ログハウスの普及に向けて、CLT ログハウスの建築実証を行うとともに、界壁の遮音性能の認定取得を目指すことで、今後の共同住宅等の建物への利用を検討し、CLT ログハウスの需要拡大を目指すものとする。

1.2 事業の検討項目

実証事業の検討項目として以下を上げ、委員会で検討を行った。

- ① CLT ログ壁の特性の検証
- ② 施工性・搬入性の検証
- ③ 他構法と比べた施工費用の検証、比較
- ④ 界壁遮音性能試験

2. 設計概要

2.1 意匠計画

(1) 建築コンセプト

昭島市で商業施設を展開する昭和飛行機株式会社のテニスセンターは、公式試合が行われる歴史あるテニスセンターである。このテニスセンターのクラブハウス新築計画にあたり、これまでは鉄骨造で店舗展開をしておりましたが、新たな建築材料である CLT を採用することで、SDGs の目標に向けた建築物となり、特に高い CO2 排出量の低減(木材が CO2 を固定する)がされることで、環境に配慮した施設づくりを目指した。

また、木材 (CLT) を採用するにあたり、丸太組構法で設計することによって、表面材のまま利用でき、高い耐震性能と防火性能を満たすことも、CLT で建築することの利点となった。

(2) 建築概要

建物は丸太組構法による平屋建ての構造で、用途はスポーツ施設 (テニスクラブ) のクラブハウスである。延床面積は 176.80 m²、建築面積は 185.42 m²。

図 2-1 に外観パース、図 2-2 に内観パース、図 2-3 に平面図及び立面図を示す。



図 2-1 外観パース

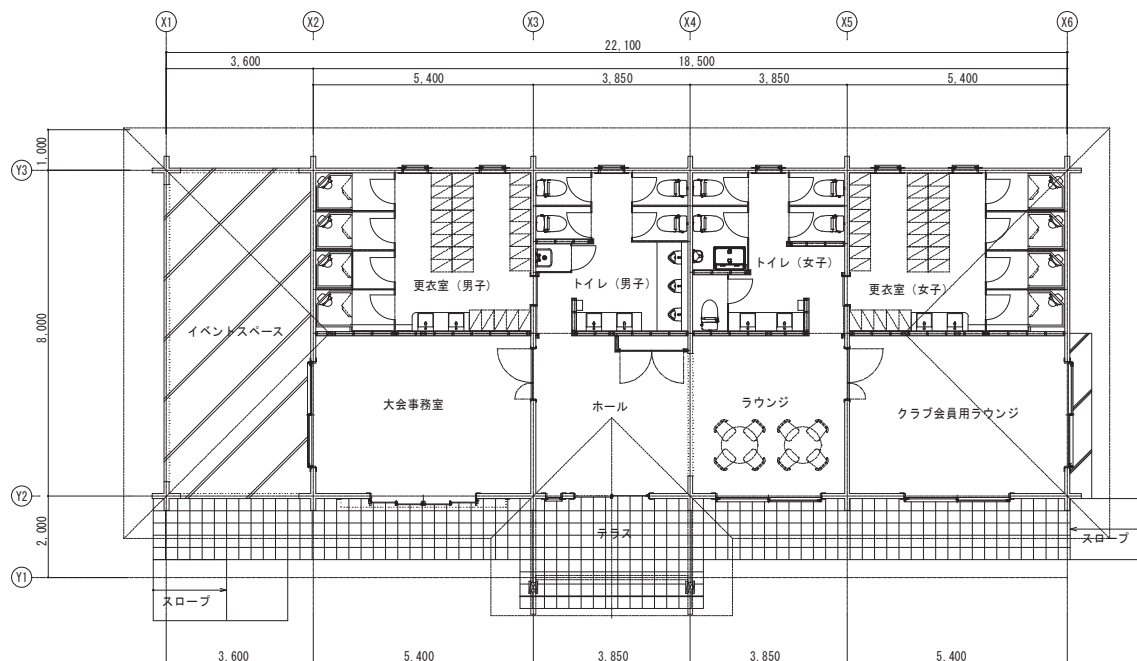


(ホール・ラウンジ)

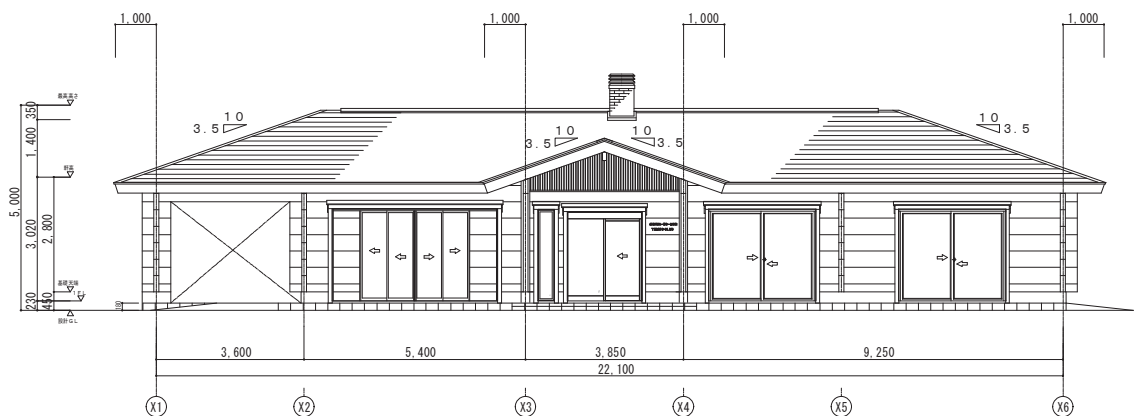


(トイレ)

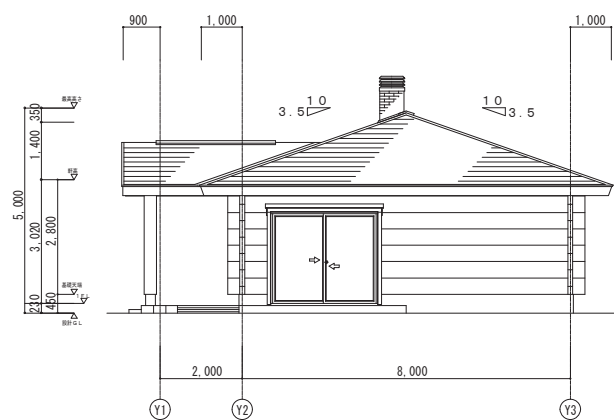
図 2-2 内観パース



(平面図)



南面



東面

(立面図)

図 2-3 平面図・立面図

(3) CLT 使用箇所

CLT 材は外壁及び間仕切り壁のログ材に 120mm 厚のスギの CLT を使用した。使用箇所を図 2-4 に示す。

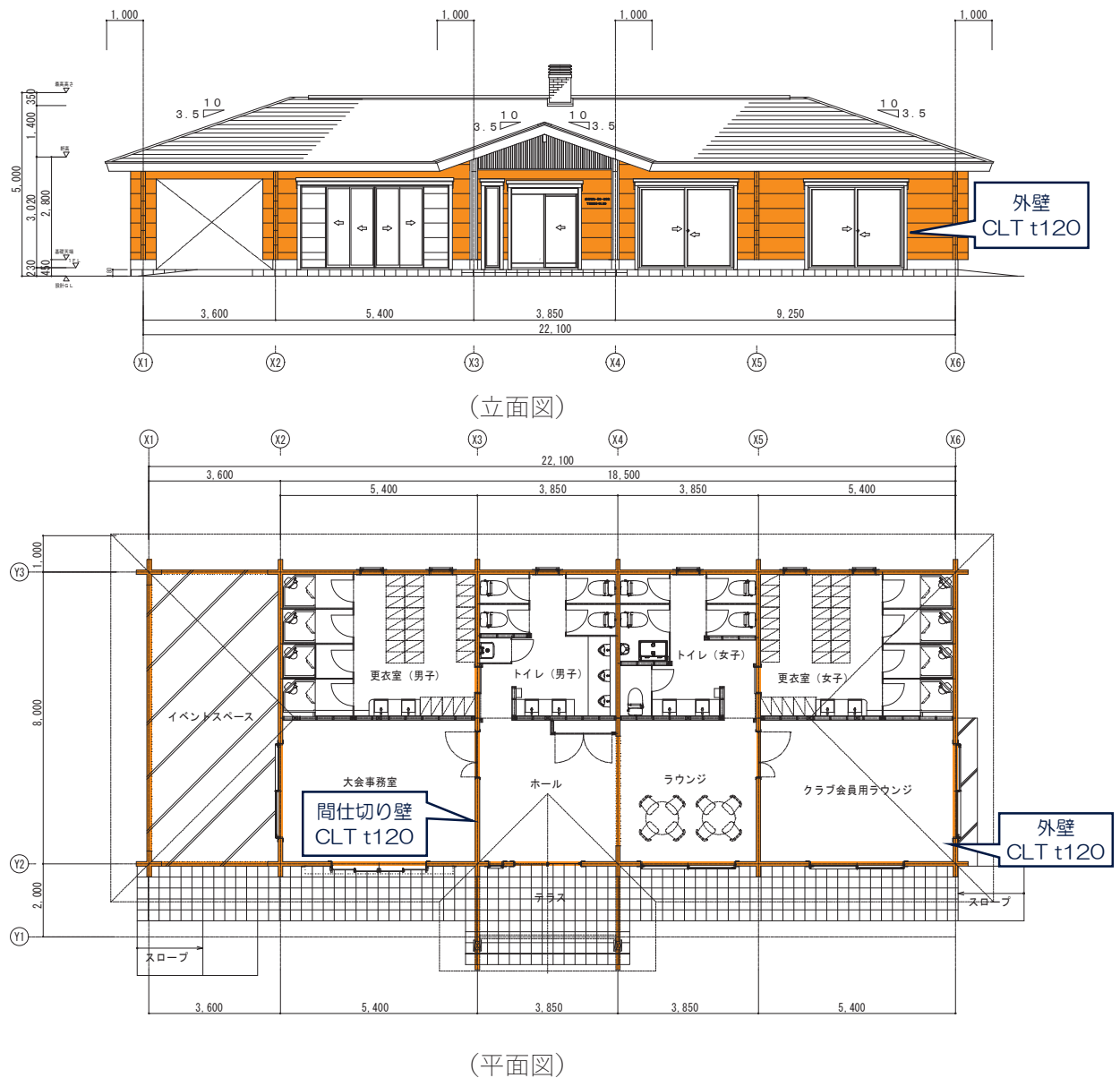


図 2-4 CLT 使用箇所

2.2 構造計画

建物の構造は丸太組構法による平屋建ての構造とする。

ログ材は繊維に対して平行方向が外壁・内壁側、中心部の2層が縦方向となる 30mm×4層で 120mm 厚の 3 層 4 プライの CLT 材を使用する。ログ材の断面図を図 2-4 に示す。

CLT 材を丸太材として使用した建築においても、従来の丸太組構法と同様に国土交通省告示第 411 号に基づき設計を行い、許容応力度計算で構造の安全性の確認をする。

ダボは鋼製の丸棒を使用し、ダボのせん断強度並びに CLT へのめり込み強度は、既往の試験結果（図 2-5）を参照し、設計を行った。

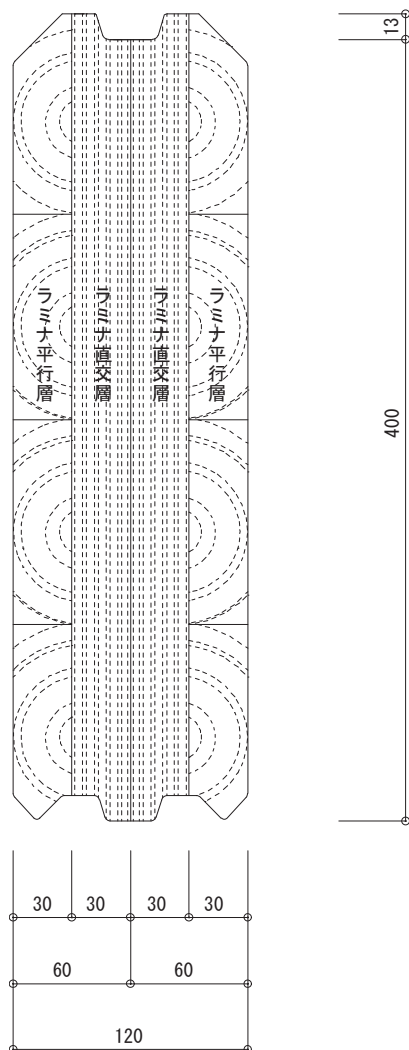


図 2-5 使用するログ断面図

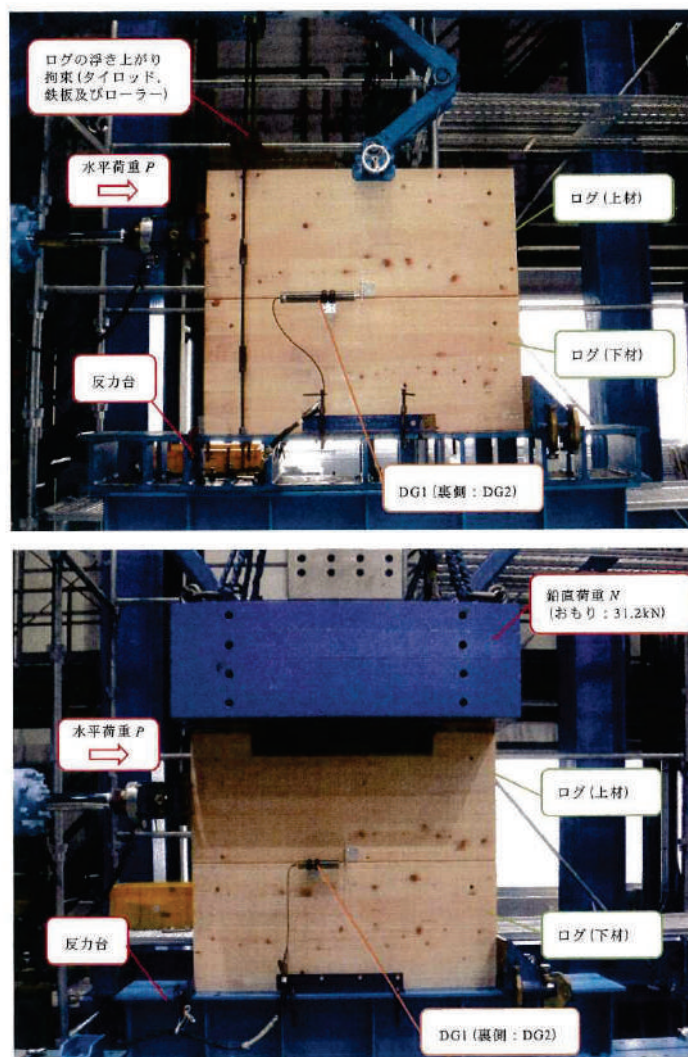


図 2-6 ダボのせん断試験（参考、既往の試験※より）
※だば接合部せん断試験、静止摩擦係数算出試験（H31 年実施）

3. 界壁遮音性能試験

3.1 実験計画

界壁の遮音構造とは、建物内の異なる部屋や階の間に設置される壁の構造で、外部からの騒音を遮断するために設けられる。遮音性の高い材料を使用し、界壁内に断熱材を設置し、気密性を高め、また、壁自体の厚みを増やすことで、建物内部に伝わる騒音を減らすように遮音壁の設計を行う。

これまで、丸太組構法では界壁構造のために石膏ボードによる被覆が必要であり、丸太組の特徴である木の現わし利用による壁（ログ壁）を生かすことができなかった。

本実証では、CLT ログ壁による遮音壁の構造の検討を行い、界壁の遮音性能認定取得を目指し、ログ壁現わしでの遮音壁としての利用を検討する。

遮音試験は2回を計画し、1回目を予備試験、2回目を本試験とする。予備試験は試験体のサイズを抑えた形の W1,000mm×H2,000mm とし、本試験前の遮音壁の構造検討のため実施する。

3.2 試験概要

CLT ログ壁における界壁の遮音性能評価の予備試験及び本試験は以下の通り。一般財団法人日本建築総合試験所にて実施した。

表 3-1 予備試験概要

試験日	令和4年12月19日（試験体設置） 令和4年12月20日（遮音試験、試験体取外し） 令和4年12月21日（試験体搬出）
試験場所	一般財団法人 日本建築総合試験所 試験研究センター 建材部 環境試験室
試験体	W1,350mm×H2,500mm
試験体製作	株式会社東亜理科 大阪工場

表 3-2 本試験概要

試験日	令和5年2月6日（試験体製作） 令和5年2月7日～8日（試験体取付、遮音性能試験） 令和5年2月10日（試験体解体、搬出）
試験場所	一般財団法人 日本建築総合試験所 試験研究センター 建材部 環境試験室
試験体	W4,000mm×H2,500mm
試験体製作	株式会社東亜理科 大阪工場

3.3 界壁構造の事前検討

CLT 材は、通常の木材に比べて密度が高く、振動が少ないため遮音性能に優れていると考えられたことから、当初は遮音構造を CLT 壁単体で検討を行っていた。しかし、事前の検討において、一般社団法人日本 CLT 協会が実施している遮音試験の結果を参照したところ、CLT 単体では厚さ 150mm でも遮音性能を満たさないことが分かった。このため、CLT 表しでの遮音構造では CLT150mm+空気層+CLT90mm の二重壁構造とすることが必要であることが分かった。

まずは、予備試験で CLT パネル工法による既往の試験結果から基準を満たしている遮音構造を丸太組構法の壁に当てはめて、データの取得を行うこととした。

検討した壁構造のイメージを図 3-1、設定したログ断面を図 3-2 に示す。

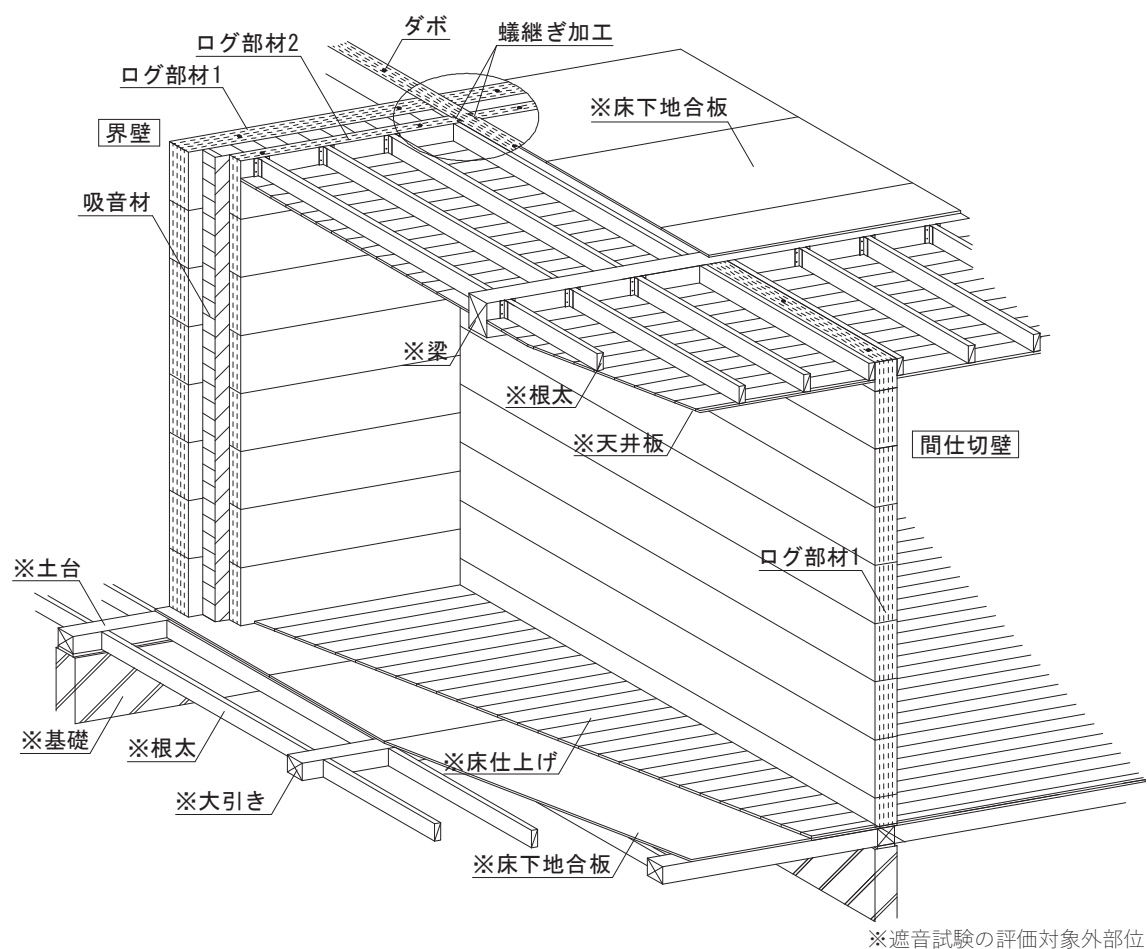


図 3-1 二重壁構造のイメージ図

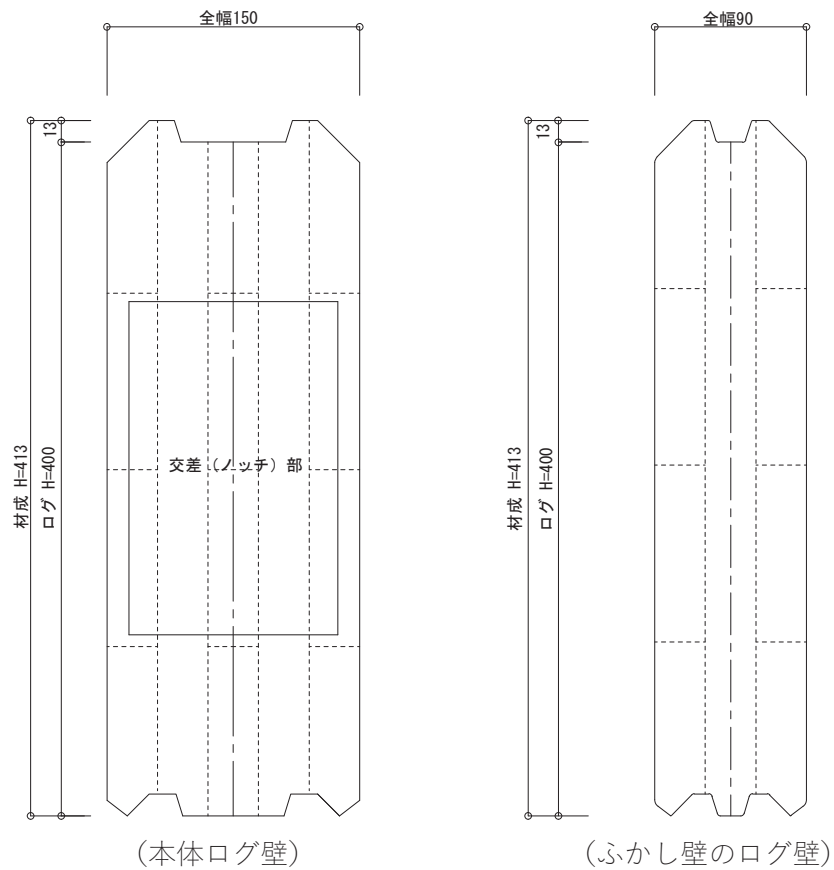


図 3-2 ログ断面形状

3.4 予備試験

(1) 試験体製作

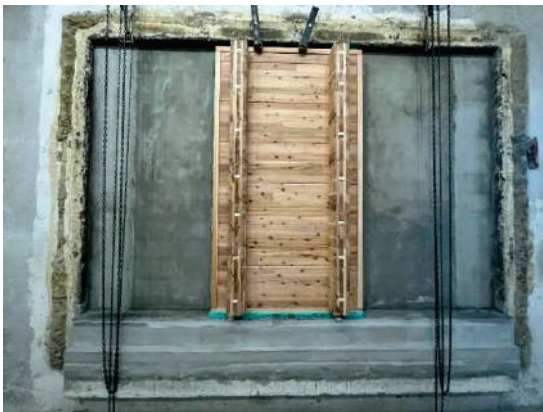
試験体は株式会社東亜理科 大阪工場にて製作を行った。試験体図を図 3-3、試験体製作の様子を写真 3-1 に示す。

(2) 試験台へ設置

試験体の試験台への設置状況を以下に示す。



写真 3-2 試験体の設置



(受信側)

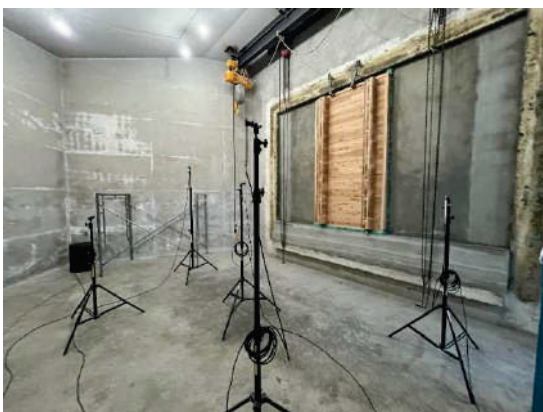


(音源側)

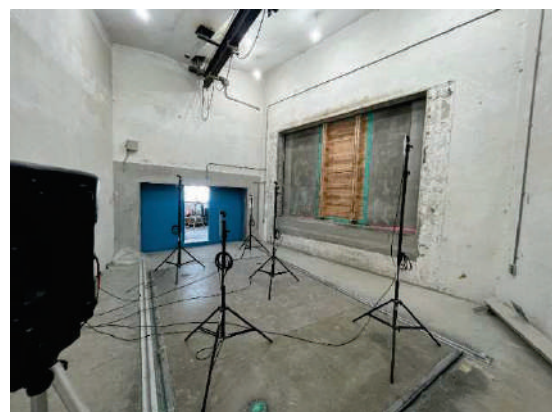
写真 3-3 試験台設置完了後

(3) 計測機器、音源装置の設置

計測機器、音源装置の設置状況を以下に示す。



(受信側)



(音源側)

写真 3-4 計測機器、音源装置の設置状況

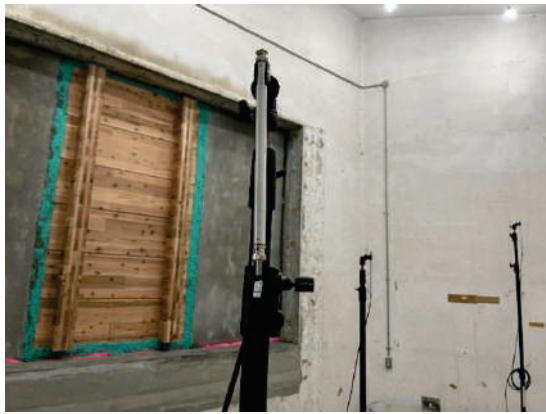


写真 3-5 マイクロフォン

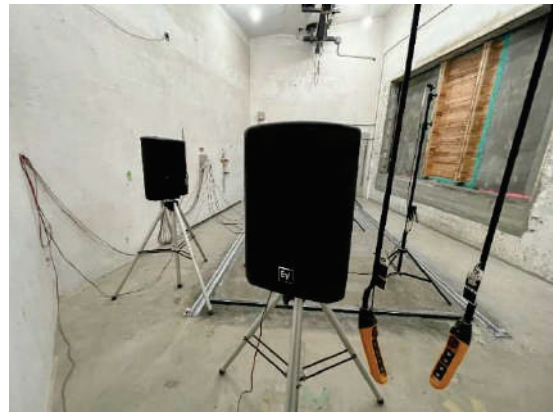


写真 3-6 スピーカー

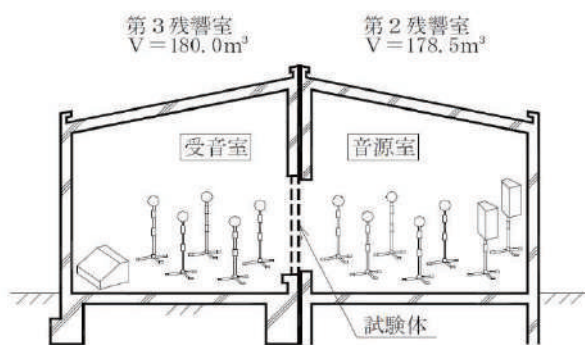


図 3-4 試験室断面図

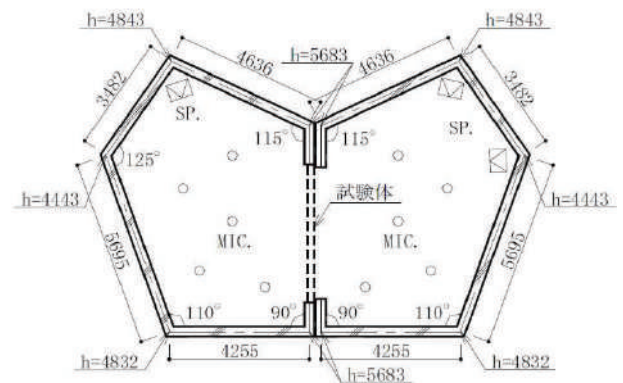


図 3-5 試験室 平面図

(4) 試験概況

試験結果を図 3-6 に示す。

Rr-40 等級に対し、オクターブ換算値で、250Hz 帯で 0.5dB、500Hz 帯と 1000Hz 帯で 1dB 程基準を下回る結果となった。

同構造による CLT パネル工法においては基準を満たしていたが、丸太組構法特有の直交壁が存在するため、交差部分の僅かな隙間から音が漏れることや空気層の絶縁が出来ていないことが影響していると考えられた。

本試験に向けた対策として、交差部に 2mm のクリアを設けていたが、間仕切り壁（内部壁）での使用を検討していたから防水テープの施工を省略する形としていたことで、気密が取れていない可能性があったことから、防水テープ（EPDM）を施工することで気密の確保を行う。また、交差部壁の空気層が絶縁できていない箇所については、構造上、縁を切ることが難しいため、空気層の厚みを増やすことで全体的な遮音性能を上げることで検討をした。

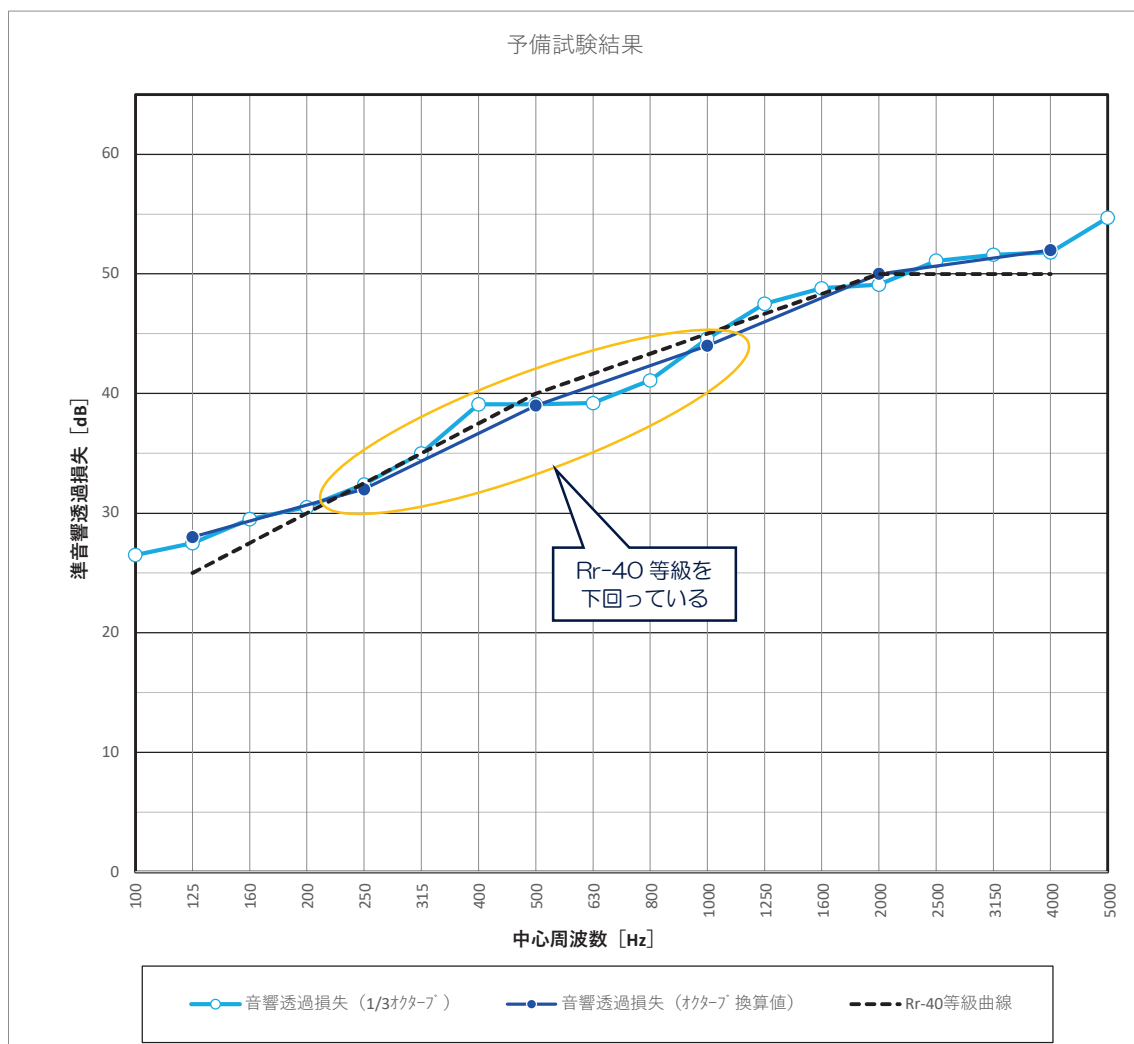


図 3-6 遮音試験結果

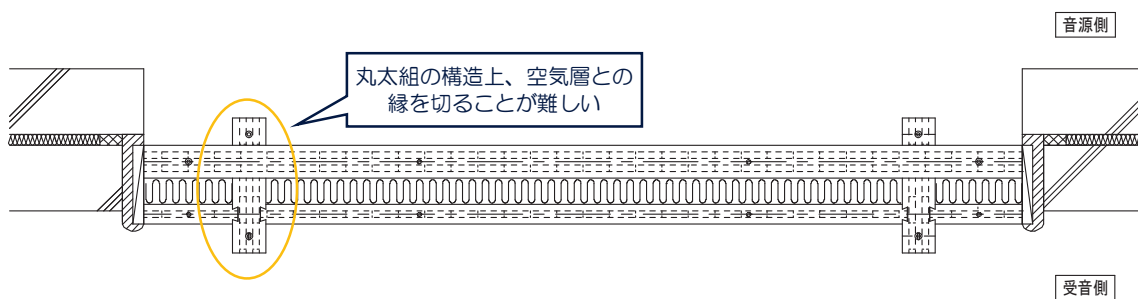


図 3-7 二重壁と交差部壁の取合い

3.5 本試験

(1) 試験体図

本試験では、予備試験の結果を踏まえて、交差部に防水テープの施工を行い（図 3-7 参照）、また、空気層を 100mm から 120mm に厚みを増やす（図 3-8 参照）ことで、遮音性能の向上を図った。試験体は予備試験同様に株式会社東亜理科 大阪工場にて製作を行った。試験体図を図 3-8、試験体製作の様子を写真 3-7 に示す。

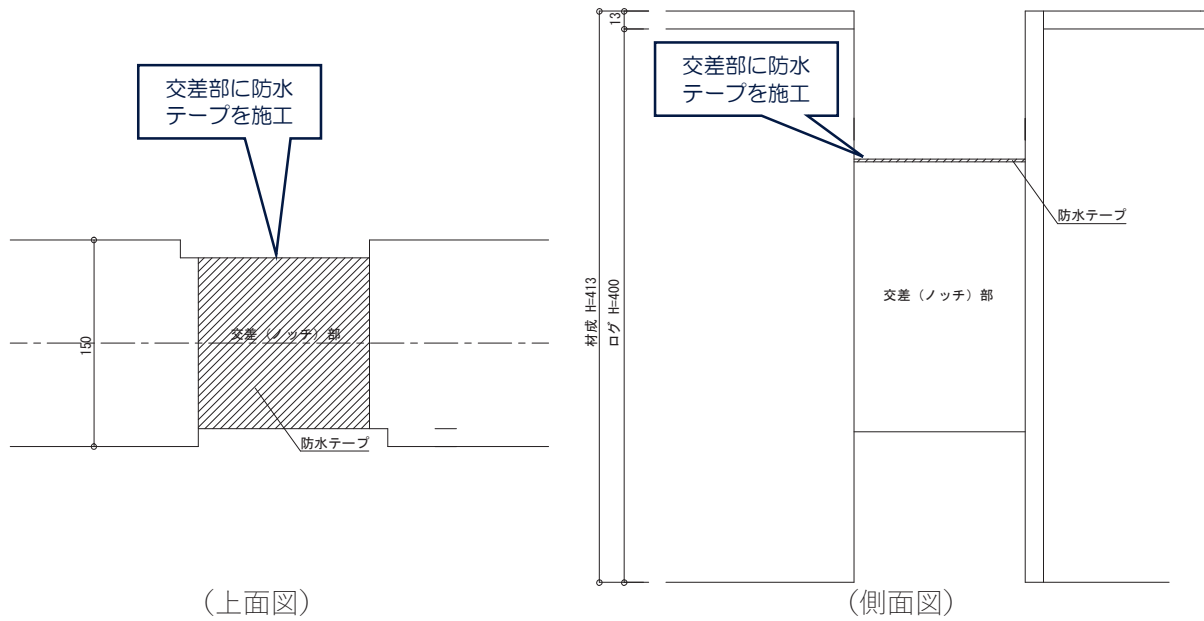


図 3-8 交差部上面の防水テープ施工

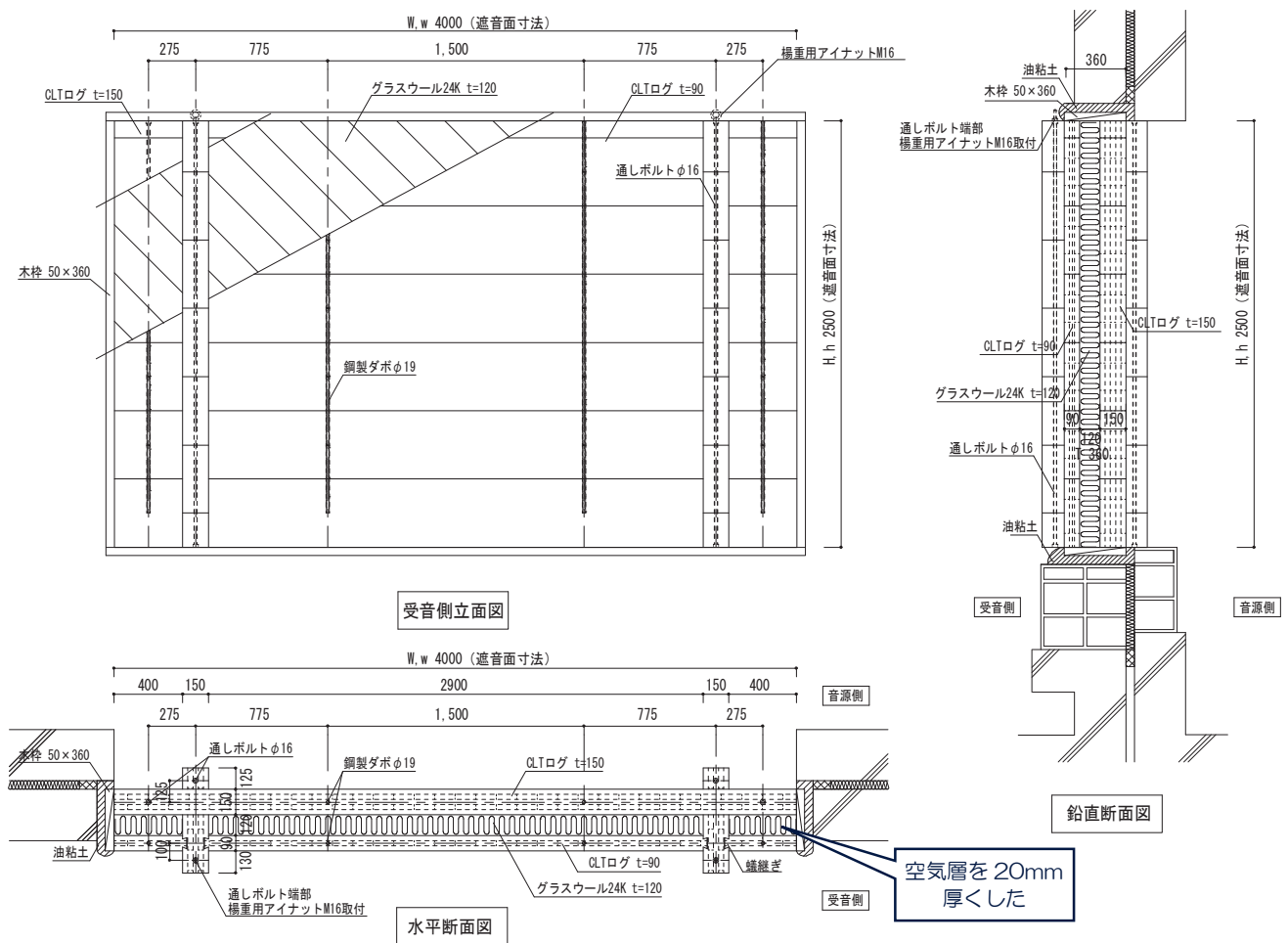


図 3-9 試験体図 (本試験)



写真 3-7 試験体写真

(2) 試験台へ設置

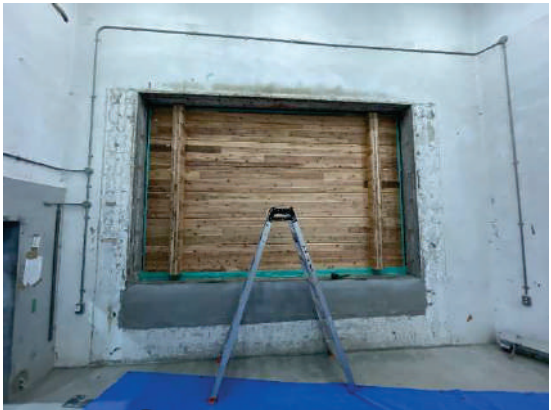
試験体の試験台への設置状況を以下に示す。試験台との取り付け部に隙間が発生すると性能が低下することから念入りに粘土詰めを行った。



写真 3-8 試験体の設置



(受音側)



(音源側)

写真 3-9 試験台設置完了後

(3) 計測機器、音源装置の設置

計測機器、音源装置の設置状況は予備試験時と同様のため割愛する。

(4) 試験概況

試験結果を図 3-10 に示す。

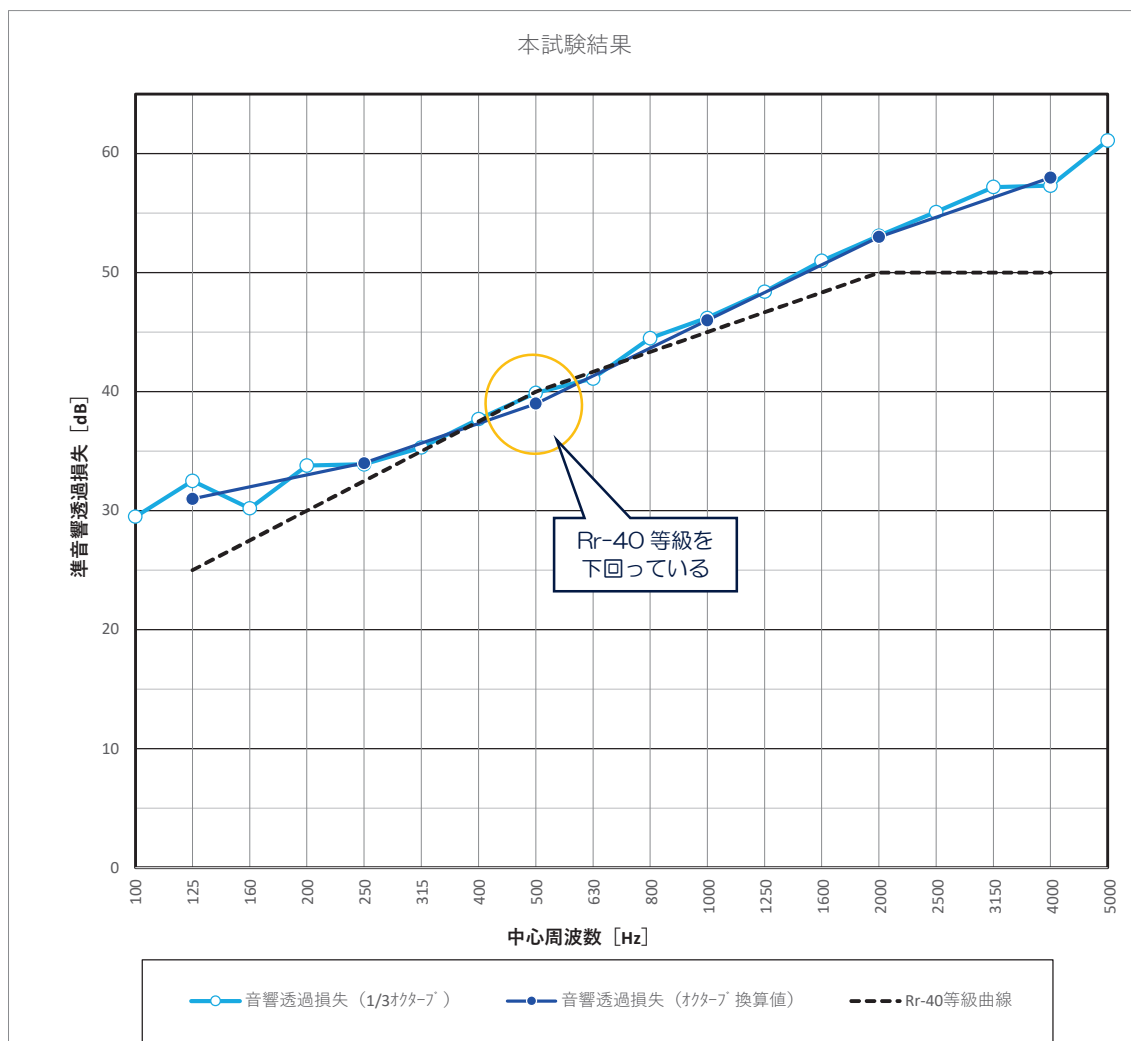


図 3-10 遮音試験結果

試験結果はオクターブ換算値で 500Hz 帯が基準を 1db (0.5db) 下回った形となり、Rr-40 等級の基準をクリアすることができなかった。

予備試験時に不足していた 1,000Hz 帯は改善され基準を満たす形となり、2,000Hz 帯、4,000Hz 帯の高域及び 125z 帯、250Hz 帯の低域についても性能は向上している。防水テープの施工によって高周波の音漏れの対策ができ、低周波に関しては空気層の厚みを上げたことによる効果及び受音側壁の共振周波数が低音側にシフトし、性能が向上したものと考えられる。

しかしながら、500Hz 帯の中域に関しては予備試験時からほとんど改善は見られない形となった。同構造による CLT パネル工法では基準を満たしていることから、やはり丸太組構法の遮音壁の構造では二重壁を空気層により絶縁できないことが原因ではないかと考えられる。具体的な要因はいくつもの事象が相互に連動しているため解明は難しいが、交差部の壁を通じて音源側の壁で受けた音を受音側の壁に伝播して、壁が振動することによって発生している音の影響が大きいものと想定される。

3.6 遮音試験を終えて

今回、遮音試験を行い目標としていた界壁遮音性能の認定取得は叶わない結果となった。二重壁部分と交差部分の壁の音の伝播のし難い接合方法を検討、空気層の厚さを変えることで共振する周波数帯を変化させ 500Hz 帯の性能向上を図る、丸太組壁の樹種を密度の高いものに変更する等々、今回の結果を踏まえて改善すべき点がいくつか挙げられる。

今後は引き続き遮音壁構造の検討を行い、界壁の遮音認定取得を目指し、実物件への採用を検討していきたい。

4. 施工状況レポート

4.1 CLT ログの搬入

本建築実証では 120mm×400mm の小割にした CLT パネルをログハウス用部材に加工して使用する。CLT パネル大判利用では最大 12m までの長さのものが製作可能であり、大型施設建築に有利である。

今回、CLT ログ部材は、建設地進入路の関係から大型トラックで運搬する必要があり、最大長さを 10m 程度となるよう加工し、トラック数台に分けての搬入となった。

このように丸太組構法では部材の長さを変更することが可能であり、建設地の条件によって適切な長さを設定して、輸送・搬入をスムーズに行うことが可能である。

また、丸太材（CLT）製造時にその長さをあらかじめ設定することで、効率の良い原版の長さで製作することができることから、材料のロスを抑えることが可能で、その結果コストの削減にもつながる。



写真 4-1 資材搬入状況

4.2 資材保管と組立て

本実証事業の建築物は、延べ床面積 148 m² (約 44.8 坪) の平屋建ての構造で、木材使用量が多く (丸太材のみで約 32 m³)、建設地での仮置き場所の確保が必要であり、また、部材長さも 10m 程度となることから、梱包をばらして次に積み上げるログ材を探し、それを広げていく作業では、広大なスペースが必要となる。

市街地での建築時においては、仮置きできるスペースの確保が難しいことから、作業を行うに当たっては、各梱包の積み重なり順を組上げに合わせた配置とすること、使用する順番で梱包をまとめる等の対応の検討が課題となってくる。



図 4-1 使用材積



4.3 施工状況レポート

ログ組上げでは、CLT パネルの製品安定性とログハウス用部材への加工精度の高さから反りやねじれが少なく、ノッチ部（丸太組の交差部分）の作業を容易に行うことができ、施工性向上につながった。また、ログ高さが従来の丸太組構法と比べて倍程度あることから、段数が半分となることで作業効率も格段に上がる結果となった。

せん断耐力を負担するダボは鋼製丸棒材を使用することで、施工性が高く、通常使用しているラグスクリューに比べて安価に入手できることから、全体のコスト削減にも寄与できたと考える。



写真 4-3 ノッチ部の精度が高く隙間がない

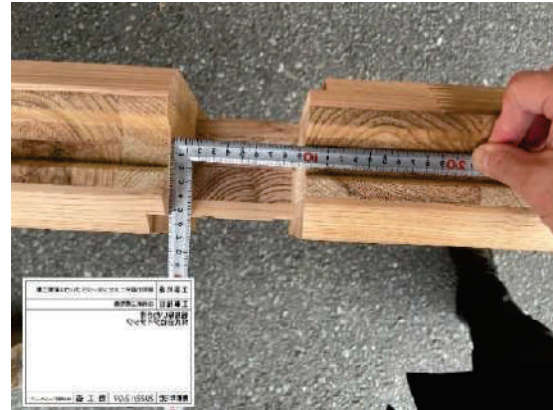


写真 4-4 工場出荷検査



写真 4-5 ダボ施工時の様子



CLT ログ壁の施工完了時の状況を以下に示す。加工精度の高さにより当初計画よりも組上げ工程を短縮することができた。



写真 4-6 CLT ログ壁の施工完了

小屋組みは JAS 規格の集成材で棟木・母屋を構成し、垂木には JAS 規格のツーバイ材を使用した。



母屋・棟木

垂木

写真 4-7 小屋組み



写真 4-8 上棟後

5. 他工法との比較検討

5.1 コスト比較結果概要

当検討においては RC 造と従来の丸太組造との比較を当初検討していたが、従来の丸太組造との比較では大きな差が見られないことから、概算で S 造との比較を行う形とした。

同規模の RC 造におけるコスト比較を表 5-1 に示す。



図 5-1 比較対象建物

表 5-1 他工法とのコスト比較

工事項目		金額（原価、円）		RC 造との金額差	
		CLT ログハウス	RC 造	差額（円）	比率（％）
1	地盤改良工事	0	5,228,000	-5,228,000	
2	仮設工事	1,436,000	1,436,000	0	100
3	基礎工事	2,927,000	—		
4	木工事	5,227,000	2,543,000	2,684,000	206
5	部材費	25,809,000	—		
6	金物工事	547,000	—		
7	RC 躯体工事	—	51,800,000		
8	塗装工事	1,102,000	2,341,000	-1,239,000	47
9	屋根・板金工事	2,189,000	1,693,000	496,000	129
10	建具工事	3,533,000	3,957,000	-424,000	89
11	その他	9,950,000	8,457,000	1,493,000	118
1～11 総合計		52,720,000	77,455,000	-24,735,000	68
3～7 躯体合計		35,946,000	61,007,000	-25,061,000	59

本体工事費の比較では、CLT ログハウスが 5,272 万円に対して、RC 造は 7,745 万円と、RC 造の 68%で建築が可能であった。

躯体重量の差（丸太組と比較し RC は 5 倍程度）が地盤改良費に反映され、構造躯体比較では RC 造の 59%で施工できる算定となった。このように平屋建ての小規模建築物では、RC 造との価格差は明確な差が出てくるものと考えられる。

5.2 木工事と躯体工事の比較

RC 造とのコスト比較では、躯体工事費 5,180 万円に対して、木部材費 2,580 万円と CLT ログハウスの 50%程度となった。

なお、S 造との詳細なコスト検証は行っていないが、概算での比較では鉄骨躯体+サイディングの費用で CLT ログハウスの 123%程度となることから、S 造とのコスト比較でも CLT ログハウスが有利となった。

5.3 CLT ログの製造過程のコスト縮減

CLT 原版を高さ方向 45cm 程度に切り分けて、成型用 4 軸モルダーに通すとログ材の成型が完了する。ログ材としての CLT 材の利用は、製造過程でも省力化が可能で、加工ロスも少ない製品であり、CLT ログハウスの躯体価格の引き下げに寄与している。



写真 5-1 CLT の原版加工機



写真 5-2 CLT ログ加工機

5.4 今後の見通し

CLT ログハウスのコスト比較では、RC 造の 68%（S 造との概算比較では 81%）で施工可能であることが検証された。また、工事工程においても施工期間の短縮が見込まれることから、仮設費や工事管理費などの削減が期待できる。

規模によってはコストが逆転する可能性もあるが、4 階建て以下の規模においては木造建築がコストパフォーマンスに優れていることが分かり、また、森林資源の活用と環境負荷の少なさから、今後、より多くの低層大規模建築物に CLT を使用した木造（丸太組構法）を採用し、より一層の木材利用が進んでいくことが期待される。

6. 総括

2000 年代に入ってから、「地球温暖化」や「温室効果ガス」、「脱炭素化」など、地球環境が抱える問題に関する報道が非常に増え、世界中が問題解決に向けて具体的に取り組まなければならない状況になりつつある。

日本でも、SDGs キャンペーンの普及など、各分野において様々な取り組みが行われているが、その中の一つとして「木材利用促進法」の制定がある。この法律は、森林資源の有効活用を促進し、森林を持続的に管理することを目的とし、木材の需要拡大に向けた施策が進められ、木材利用の促進が図られている。木材を利用することで CO2 の削減効果を生み出すことが期待されている。しかし、まだエンドユーザーへはあまり認知されておらず、その重要性について理解している人は多くはない。

木材を利用することは、環境問題に寄与することが可能である。木材を積極的に利用することで、森林が循環して森が活性化し、森林が成長過程で多くの CO2 を吸収することが可能であり、地球温暖化防止に繋がると言われている。また、他の建材と比べてライフサイクル CO2 の排出量が少なく、建設時に必要なエネルギー量を削減できるため、再生可能資源であるという点からも、SDGs の観点からも効果的であるとされている。

また、本実証事業における CLT ログハウスでは、以下のメリットも考えられる。

- ・他の構造材よりも比強度が高く、耐震性が高い。
- ・木材による調湿作用があり、外気温との室内温度変化が緩やかで快適な空間創出が可能。
- ・耐火性に優れており、準耐火建築物の設計もが可能。
- ・断熱性能が高く、省エネルギーな建物となる。
- ・木材の自然な風合いを生かしたデザイン性にも優れる。
- ・木の香りには鎮静作用があり、リラックス効果や集中力アップの効果も期待。
- ・色あせやツヤなどの経年変化は、建物への愛着感を高める。 等

木材を利用することで環境負荷を抑えながらも、建材として使用するメリットが豊富である。CLT ログハウスは、建築物に求められる耐震性や省エネルギー性、環境性能などに対応した新しい建築スタイルの 1 つとして確立し、費用対効果が高く、環境にやさしい建物であることを、より多くの人々に周知することによって、より一層の木造化に取り組んでいきたい。

最後に、今回建設を快諾いただいた施主をはじめ、ご指導いただいた委員の先生方に心から感謝いたします。また、実証実験で検討の機会をいただきましたことについても、深く感謝しております。

12.1 (株)加藤工機／(株)SALHAUS

事業名		株式会社加藤工機日向支店新築工事の建築実証	
実施者(担当者)		株式会社加藤工機(株式会社SALHAUS)	
建築物の概要	用途	事務所	
	建設地	宮崎県日向市本町8031番1、8031番4	
	構造・工法	木造軸組工法+CLT折版屋根	
	階数	2階	
	高さ(m)	8.43	
	軒高(m)	8.00	
	敷地面積(m ²)	251.00	
	建築面積(m ²)	137.08	
	延べ面積(m ²)	251.85	
	階別面積	1階	124.33
		2階	127.52
CLTの仕様	CLT採用部位		屋根
	CLT使用量(m ³)		加工前製品量18.05m ³ 、建築物使用量17.19m ³
	壁パネル	寸法	－
		ラミナ構成	－
		強度区分	－
		樹種	－
	床パネル	寸法	－
		ラミナ構成	－
		強度区分	－
		樹種	－
	屋根パネル	寸法	90mm厚
		ラミナ構成	3層3プライ
		強度区分	S60 - 3 - 3
		樹種	スギ
木材	主な使用部位 (CLT以外の構造材)		柱：スギ、ベイマツ 梁：スギ、スギ集成材、ベイマツ集成材
	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		一次構造材：17.93m ³ 二次構造材(間柱等)：2.02m ³
仕上	主な外部仕上	屋根	ガルバリウム鋼板横葺きt=0.4
		外壁	ガルバリウム鋼板スパントレール
		開口部	アルミサッシ+二層複層ガラス (Low-E)
	主な内部仕上	界壁	－
		間仕切り壁	PB12.5mm+塗装
		床	構造用合板t24+二重床+タイルカーペット
構造	天井		CLT表し
	構造計算ルート		壁量計算
	接合方法		ビス接合/製作金物
	最大スパン		6,370m
防耐火	防火上の地域区分		準防火地域
	耐火建築物等の要件		S≤500m ² 地上階数≤2 外壁,延焼部分：防火構造 外壁の開口部,延焼部分：防火設備 屋根：不燃材材料
	本建築物の防耐火仕様		外壁,延焼部分：防火構造 外壁の開口部,延焼部分：防火設備 屋根：不燃材材料
	問題点・課題とその解決策		該当なし
温熱	建築物省エネ法の該当有無		該当なし
	温熱環境確保に関する課題と解決策		該当なし
	主な断熱仕様 (断熱材の種類・厚さ)	屋根(又は天井)	ポリスチレンフォームA種押出法2種b t90mm
		外壁	グラスウール24K t100mm
		床	ポリスチレンフォームA種押出法2種b t50mm (スラブ下)
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		該当なし
	建て方における課題と解決策		仮の梁等の治具を取り付けるなど、折版屋根の施工精度を上げるための対策が必要であった。
	給排水・電気配線設置上の工夫		該当なし
	劣化対策		CLTの取り替えが可能とした軒先の納まりを実施。
工程	設計期間		2021年10月～2022年8月(11カ月)
	施工期間		2022年10月～2023年3月(6カ月)
	CLT躯体施工期間		2022年12月20日～22日(3日)
	竣工(予定)年月日		2023年3月31日
体制	発注者		株式会社加藤工機
	設計者(複数の場合はそれぞれ役割を記載)		株式会社SALHAUS
	構造設計者		株式会社KAP
	施工者		上田工業株式会社, 有限会社上弘(木工事)
	CLT供給者		株式会社サイプレス・スナダヤ
	ラミナ供給者		株式会社サイプレス・スナダヤ

実証事業名：株式会社加藤工機日向支店新築工事の建築実証

建築主等／協議会運営者：株式会社加藤工機／株式会社 SALHAUS

1. 実証した建築物の概要

用途		事務所		
建設地		宮崎県日向市本町 8031 番 1、8031 番 4		
構造・工法		木造 在来軸組工法+CLT 折版屋根		
階数		2		
高さ（m）		8.43	軒高（m）	7.1
敷地面積（㎡）		251.00	建築面積（㎡）	137.08
階別面積	1 階	124.33	延べ面積（㎡）	251.85
	2 階	127.52		
CLT 採用部位		屋根		
CLT 使用量（㎡³）		加工前製品量 18.05 ㎡³、建築物使用量 17.19 ㎡³		
CLT を除く木材使用量（㎡³）		一次構造材:17.93 ㎡³ 二次構造材(間柱等):2.02 ㎡³		
CLT の仕様	（部位）	（寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種）		
	屋根	90mm 厚/3 層 3 プライ/S60 - 3 - 3 /スギ		
設計期間		2021 年 10 月～8 月（11 カ月）		
施工期間		2022 年 10 月～2023 年 3 月（6 カ月）		
CLT 躯体施工期間		2022 年 12 月 20 日～22 日（3 日間）		
竣工（予定）年月日		2023 年 3 月 31 日		

2. 実証事業の目的と設定した課題

本計画は宮崎県内で給湯・空調設備等を販売と設置、保守管理を行う企業の営業所の新築である。屋根を CLT の折版構造とすることでフレキシブルな執務空間を実現するとともに、軒裏を交通量の多い県道に対してあらわしとし CLT の活用と企業理念を地域に対して表現する。日向市は JR 日豊本線日向市駅を中心として中心市街地の整備を行っており、市役所や駅を始めとして建築の木造・木質化を推進している。本建築は日向土々呂線(県道 225 号)に面しており、地方都市の民間企業の小規模な事業所の建築に合理的に CLT を活用することで、まちの景観形成に寄与しながら地域のシンボルとなることを目指した。

課題としては以下を設定した。

- (1)CLT 折版構造による屋根架構方法と寸法を検証する。
- (2)CLT 折版屋根と在来軸組部分の接合方法を検証する。
- (3)薄板大判 CLT による折版屋根構造の合理的な建て方の手順・工期を検証する。
合わせて、屋根防水完了までの工期を検証する。
- (4)折版屋根構造の施工性・精度

3. 協議会構成員

- (建築主)株式会社加藤工機 (意匠設計) 株式会社 SALHAUS[協議会運営者]
(構造設計) 株式会社 KAP (施工：元請) 上田工業株式会社
(施工：木工事) 有限会社上弘 (施工：屋根工事) 元旦ビューティ工業株式会社

4. 課題解決の方法と実施工程

- ・ $t=90\text{mm}$ (3 層 3 プライ)、 $W=1.8\text{m} \times L=12\text{m}$ の CLT パネルを折版状に組み合わせて屋根を形成することで、CLT の材積を抑えながら 6.36m のスパンを掛け渡し、フレキシブルな執務空間を実現した。
- ・ CLT 折版の合理的な建方方法と在来軸組部と取り合う金物の詳細の検証をした。

12 月 15 日(木) 土台取り付け

12 月 16 日(金) 1 階軸組、2 階床合板敷き

12 月 19 日(月) 2 階軸組

12 月 20 日(火) 午前：2 階軸組 午後：CLT 取り付け[2 枚]

12 月 21 日(水) CLT 取り付[3 枚] 雨天の為中断

12 月 22 日(木) CLT 取り付[3 枚]

12 月 22 日(木)～24 日(土)、26 日(月)～28 日(水)、1 月 5 日(木)～7 日(土)、9 日(月)
：木下地・断熱材敷き込み＋耐水合板 $t12 \times 2$

1 月 13 日(木)：改質アスファルトルーフィングを設置

1 月 17 日(火)～21 日(土)、23 日(月)～28 日(土)：屋根板金工事

5. 得られた実証データ等の詳細

- ・ 吊り金物による 4 点支持により薄板大判の CLT を問題なく吊り込むことが出来た。
- ・ 折版屋根の CLT と在来軸組との接合は製作金物により接合した。
- ・ CLT 建方開始から、折版屋根設置及び仮雨養生まで 3 日、断熱並びに屋根防水(ルーフィング)までに 13 日で完了した。
- ・ 一般的な鉄骨造 2 階建の営業所よりも安価に建設できることを実証。

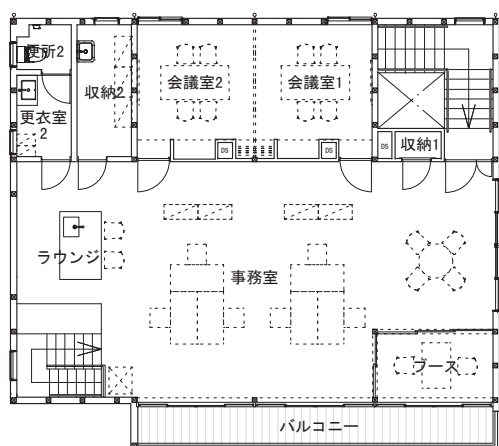
6. 本実証により得られた成果

- ・ CLT 折板構造を屋根に採用することで、材積を抑えながらフレキシブルで居住性の高い執務空間を得る方法を確立することができた。
- ・ 地方都市の民間企業営業所の計画において、一般的な鉄骨+ALC 造と同等以下のコストで効果的な CLT の使用方法確立することが出来た。
- ・ 建方開始から 13 日で屋根面の防水が完了し工程上の合理性が示された。
- ・ 街並みに対して開放的な構えの建築の天井に使用することで、CLT 使用のアピールと景観形成への参加を実現した。

7. 建築物の平面図・立面図・写真等



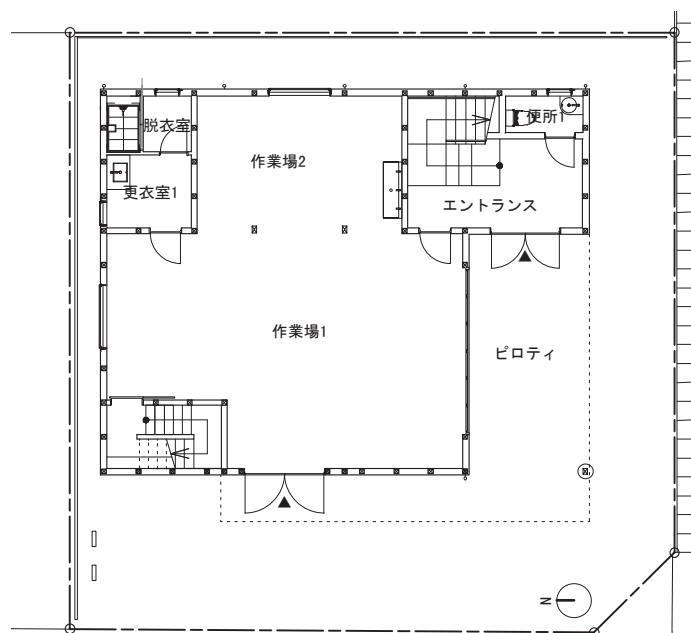
[外観イメージ]



2階平面図 1:200



[事務室]



1階平面図 1:200-318-



[作業場1、作業場2]

○CLT折版屋根の建方施工写真

12月15～20日(在来軸組), 20～22日(CLT折版屋根)



金物を取り付け、4点で支持をしてクレーンで吊り上げる



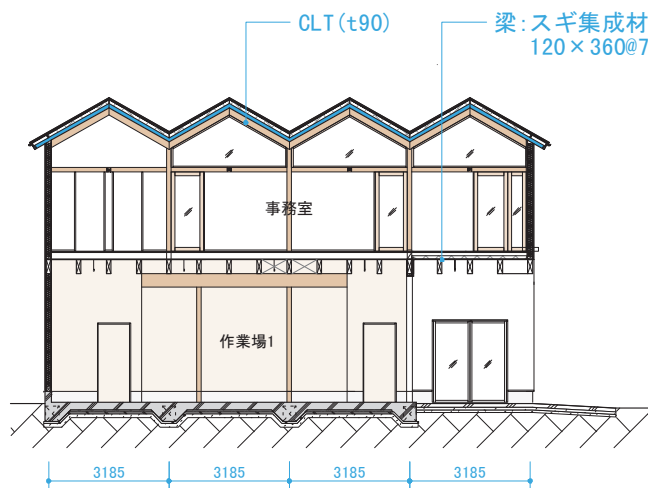
柱頭金物と開き留めのタイロッドφ12



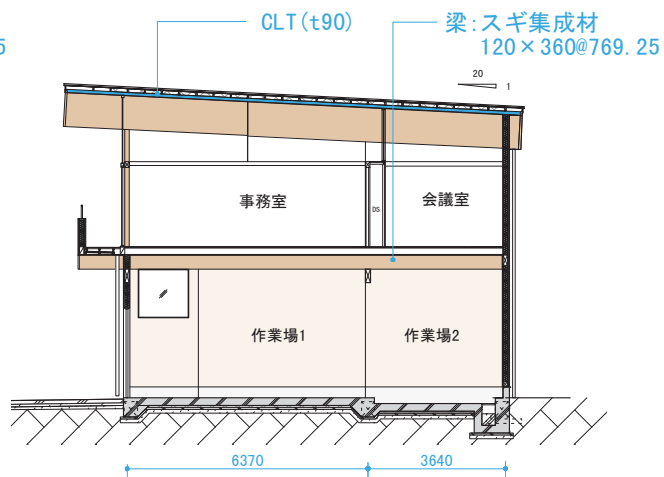
柱頭金物とCLTの取り合い



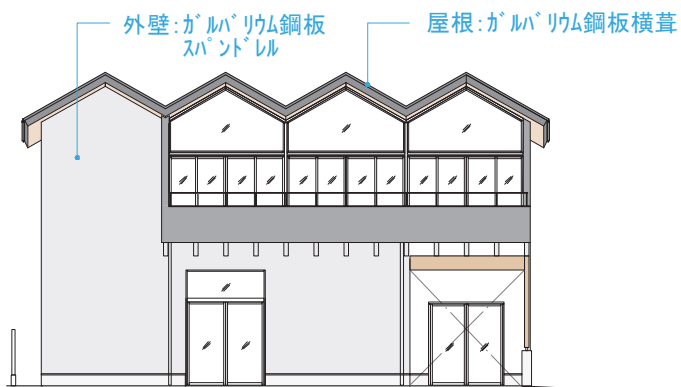
CLT折版屋根と柱頭金物を固定する金物



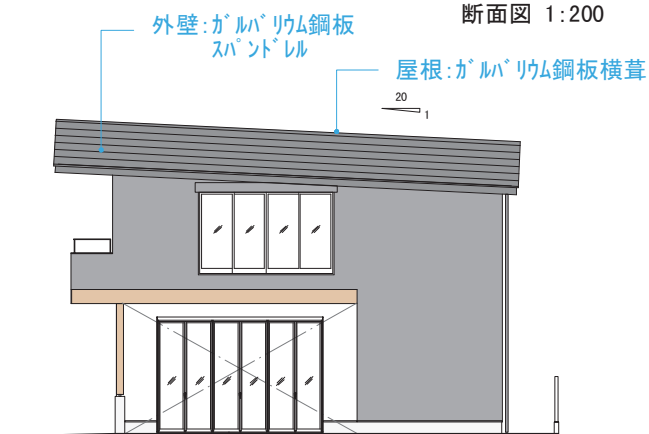
断面図 1:200



断面図 1:200



西立面図 1:200



南立面図 1:200

令和3・4年度 CLT を活用した建築物実証事業 成果報告書

1. 建築物概要

事業名：株式会社加藤工機日向営業所新築工事

用途：事務所

所在地：宮崎県日向市

区域：商業地域

地区計画：日向市駅周辺地区

防火指定：準防火区域

敷地面積：251m²

建築面積：140.27m²

延床面積：251.85m²

構造：木造(在来軸組工法)+CLT 折版屋根

規模：2階建て

最高高さ：8.2m

最高軒高：7.9m

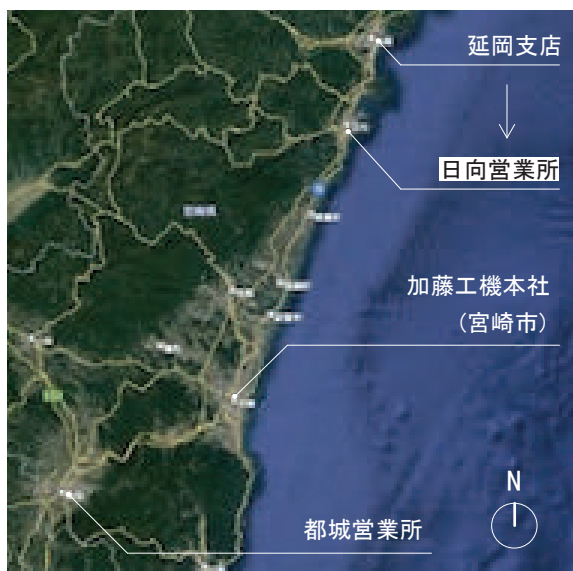
本計画は宮崎県内で給湯・空調設備等を販売と設置、保守管理を行う企業の営業所の新築である。屋根を CLT の折版構造とすることでフレキシブルな執務空間を実現するとともに、軒裏を交通量の多い県道に対してあらわしとし CLT の活用と企業理念を地域に対して表現する。日向市は JR 日豊本線日向市駅を中心として中心市街地の整備を行っており、市役所や駅を始めとして建築の木造・木質化を推進している。本建築は日向土々呂線(県道 225 号)に面しており、地方都市の民間企業の小規模な事業所の建築に合理的に CLT を活用することで、まちの景観形成に寄与しながら地域のシンボルとなることを目指した建築である。

1-1. 平面計画概要

日向土々呂線(県道 225 号)に面する西側に、大きな空間が必要な諸室を設け、東側に会議室や水廻を配置している。1階は、販売や設置を行う機器の調整や点検等を行う作業場でもあり地域に開かれたショールームでもある。2階の事務室は、CLT 折版屋根があらわしになったフレキシブルで居住性が高い一室空間となっている。

1. 建築物概要

[広域地図]



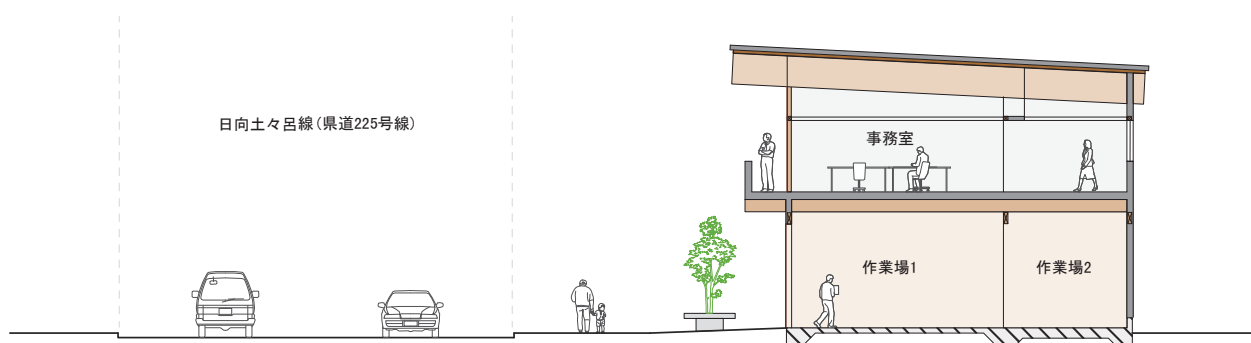
○ 延岡市から日向市に営業所を移す計画

[計画地周辺地図]



○ 交通量の多い県道に面している

[外観イメージ]



○ CLT折版屋根の軒裏をあらわしとすることで、まちの景観形成に寄与する。

1-2. 構造計画概要

工 法 : 在来軸組工法+CLT 折版屋根

構造設計ルート : 壁量計算

構 造 材 : 屋根・・・スギ 90mm 厚 S60-3-3 CLT L=12m

柱・・・製材スギ E70 120×120

製材ベイマツ E70 120×150

梁・・・製材スギ E70 120×150～240

対称異等級集成材スギ E65-F225 120×270～360

対称異等級集成材ベイマツ E105-F300 120×360

床・・・構造用合板 24mm 厚 CN75@150

耐 力 壁 : 構造用合板 12mm 厚 CN65@75 (詳細計算法により許容耐力を計算)

本建築は、在来軸組工法による木造 2 階の建築である。軸組みは主にスギ製材による柱と、スギ集成材による梁によって構成され、屋根に 90mm 厚 CLT を用いている。

2. 当該建築物における実証内容

当建築は木造 2 階建ての事務所であり、屋根は CLT を折版形式とし架構している。通常このような民間企業の小規模事務所建築は鉄骨造で作られる事が一般的であるが、今後の街なかの一般建築へのさらなる CLT 利用促進を目指して、コストとデザインに影響する接合方法、建方手順、屋根工事完了までの工法的合理性を示す。

2-1. 設計実証の内容

- (1) CLT 折版構造による屋根架構方法と寸法を検証する。
- (2) CLT 折版屋根と在来軸組部分の接合方法を検証する。

2-2. 建築実証の内容

- (3) 薄板大判 CLT による折版屋根構造の合理的な建て方の手順・工期を検証する。
合わせて、屋根防水完了までの工期を検証する。
- (4) 折版屋根構造の施工性・精度。

3. 実施体制

(意匠設計) 株式会社 SALHAUS

(構造設計) 株式会社 KAP

(施工) 株式会社 上田工業

有限会社 上弘

元旦ビューティー工業株式会社

(CLT 製造) 株式会社 サイプレス・スナダヤ

4. 実施工程

〈設計〉

令和4年8月：実施設計、

令和4年9月：建築確認申請提出

〈施工〉

令和4年10月4日：起工式、工事契約

令和4年10月上旬：CLT マザーボード、集成材の発注

令和4年10月27日～11月21日：基礎工事

令和4年12月15日～20日：木工造建方(軸組)

令和4年12月20日～22日：木工造建方(CLT 折版屋根)

令和4年12月24日～令和5年1月10日：断熱・屋根下地

令和5年1月11日～1月28日：屋根工事

令和5年1月～：内・外装工事

5. 得られた実証データ等の詳細

5-1. 設計実証

(1) CLT 折版構造による架構方法と寸法を検証する。

- ・ 本建築は、屋根に国内で制作可能な最大寸法 L=12m の CLT を 8 枚用いた。3 層 3 プライ t=90mm の CLT を折版にすることで断面性能を上げ、6.4m のスパンをかけ渡した。
- ・ 九州内では L=4m の C L T しか入手出来ない為、設計の段階で L=12m の CLT を制作することができる愛媛県の株式会社サイプレス・スナダヤの C L T を使うことを前提に実施設計を行った。愛媛県から大分県まではフェリーの定期便を使い海路で、大分県から宮崎県まではトレーラーを使い陸路で輸送することができることを確認した。
- ・ L=12m、W=1830(6 枚)2,240 mm(2 枚)計 8 枚の CLT は 20t トレーラー1 台で運搬することが可能である。

(2) CLT 折版屋根と在来軸組部分の接合方法を検証する。

- ・ 折版架構と在来木柱の斜めに取り合う接合部はプレカットと製作金物で対応した。

5-2. 建築実証

(3) 折版屋根構造の建て方の手順・工期を検証する。

- ・ CLT の建て方については、吊り金物を CLT に取り付け 4 点で支持し、隣地からクレーンで 1 枚ずつ吊り上げて建て方を行った。
- ・ 本建築は梁間方向に 4 間あり、そのうち X1-X2 間は C L T の両端を壁で支持するが、残りの 3 間は折版谷部を柱のみで支持する形式である。その為まず安定的な X1-X2 間

の折版を完成させた後、X5 方向へ順次屋根版を設置した。

- ・ 木工事の工期は、土台取り付け(12 月 15 日)から CLT 取り付け完了(12 月 22 日)までのトータル 6 日程度で完了した。
- ・ 12 月 15 日(木) 土台取り付け
12 月 16 日(金) 1 階軸組、2 階床合板敷き
12 月 19 日(月) 2 階軸組
12 月 20 日(火) 午前：2 階軸組、CLT 搬入 午後：CLT 取り付け[2 枚]
12 月 21 日(水) CLT 取り付け[3 枚] 雨天の為中断
12 月 22 日(木) CLT 取り付け[3 枚]、雨養生完了
12 月 22 日(木)～24 日(土)、26 日(月)～28 日(水)、1 月 5 日(木)～7 日(土)、9 日(月)
：木下地・断熱材敷き込み+耐水合板 t12×2
1 月 13 日(木)：改質アスファルトルーフィングを設置
1 月 17 日(火)～21 日(土)、23 日(月)～28 日(土)：屋根板金工事
- ・ CLT 建方開始から雨養生完了まで 3 日(実質 2 日)を要した。
- ・ CLT 取り付けから、屋根防水完了(ルーフィング設置)まで実質 13 日を要した。

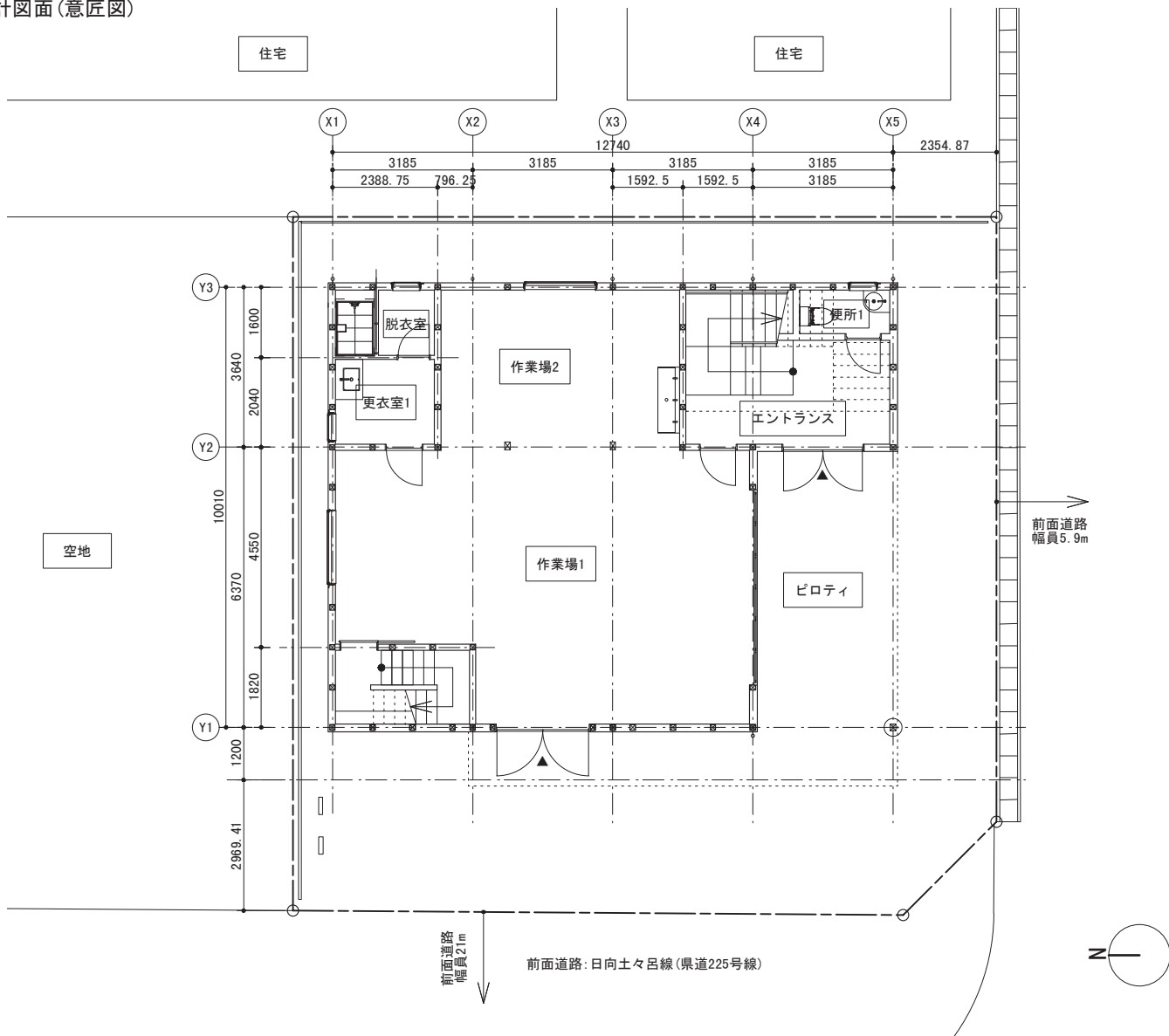
(4) 折版屋根構造の施工性・精度

- ・ 外壁がある X1-X2 間は難なく施工出来たが、X2-X5 間の Y1 通は CLT を受ける在来軸組部が柱のみで木躯体だけでは CLT の折版の施工が難しい為、山部に支保工を用いた。
- ・ CLT を X1-X2 間から片寄せで施工したが、CLT 同士にクリアが無い為微妙なズレが集積し X4 通りで約 10 mm の誤差が発生した。現場で CLT を切断することで調整したが今後の課題である。

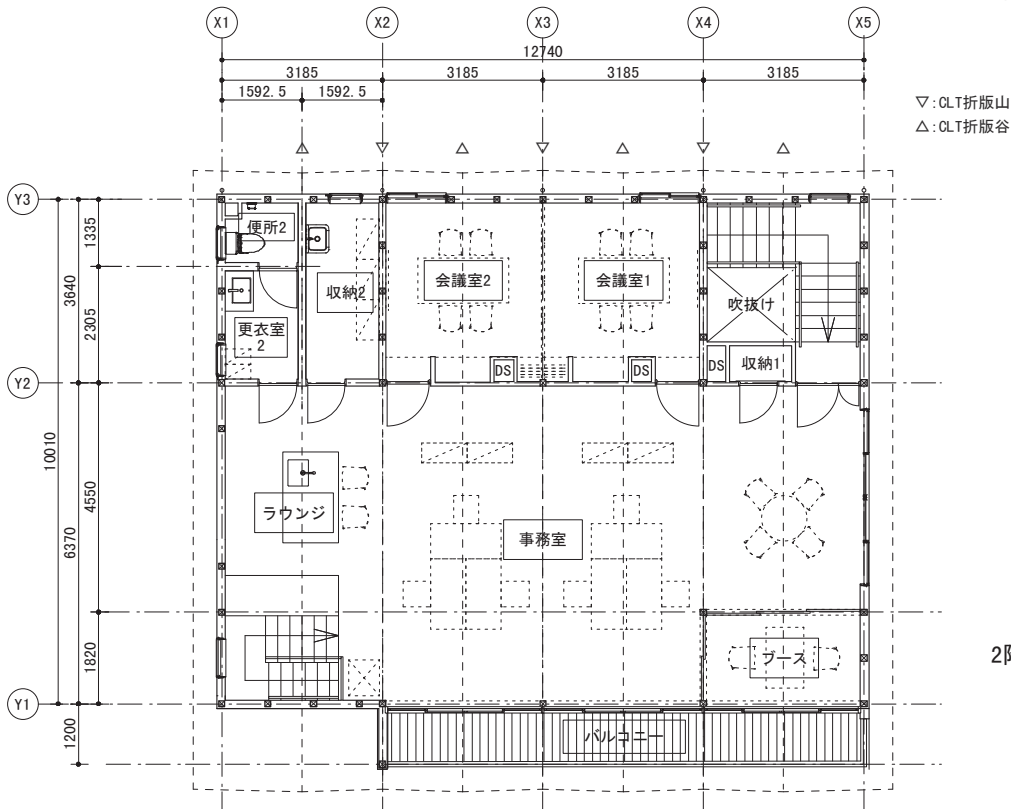
6. 本事業の成果

- ・ CLT 折板構造を屋根に採用することで、材積を抑えながらフレキシブルで居住性の高い執務空間を得る方法を確認することができた。
- ・ 地方都市の民間企業営業所の計画において、一般的な鉄骨+ALC 造と同等以下のコストで効果的な CLT の使用方法確立することが出来た。
- ・ 建方開始から 16 日で屋根面の雨養生が完了し工程上の合理性が示された。
- ・ 街並みに対して開放的な構えの建築の天井に使用することで、CLT 使用のアピールと景観形成への参加を実現した。

6-1. 設計図面(意匠図)



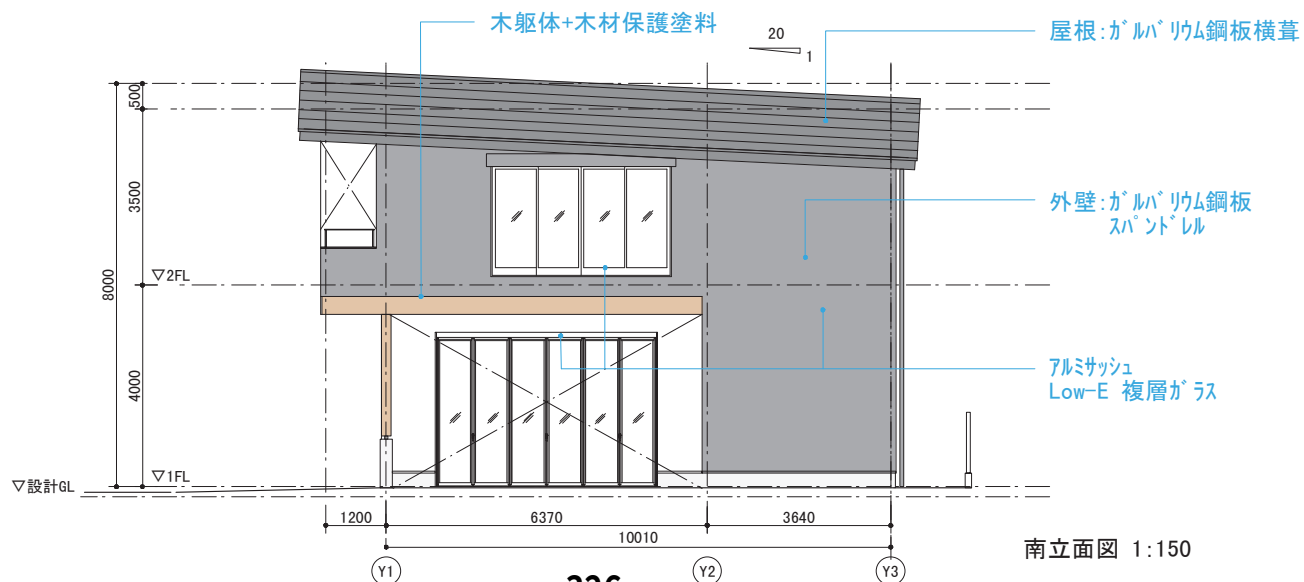
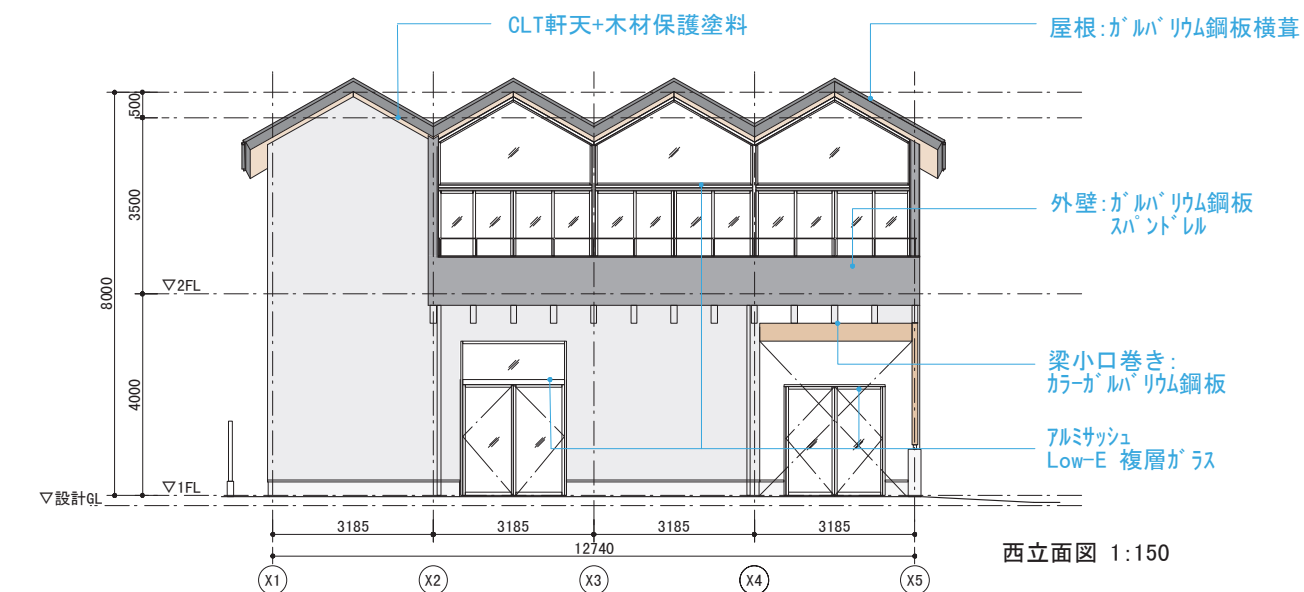
1階平面図 1:150

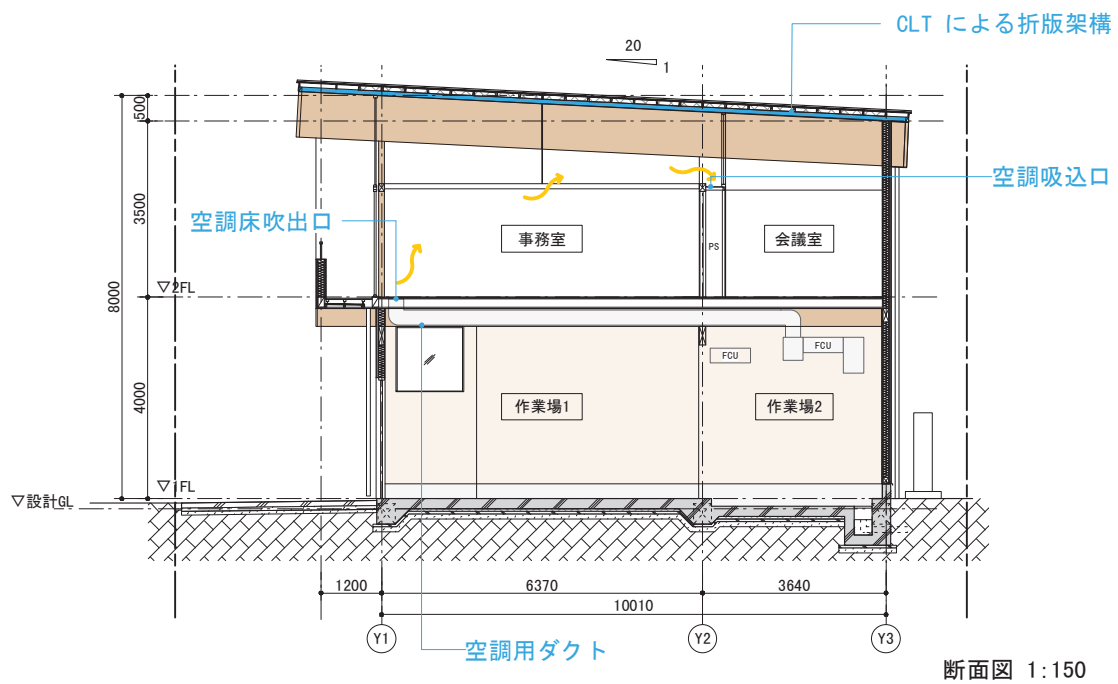
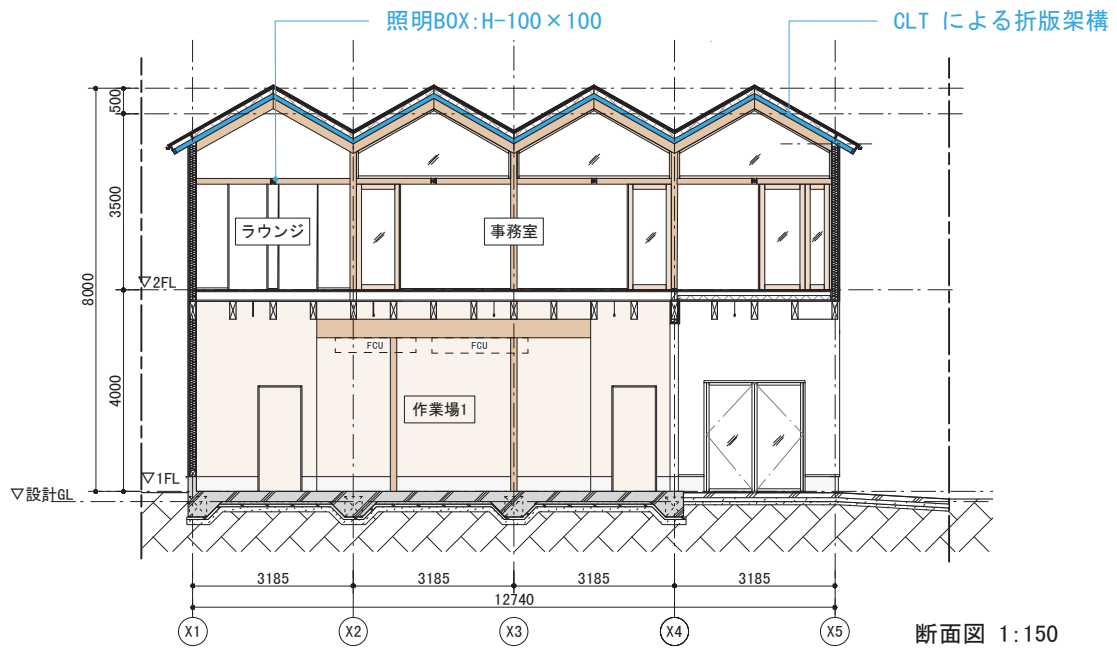


2階平面図 1:150



〔内観イメージ〕 CLT折接屋根があらわしになることで、木を感じられる居住性の高い執務空間となる



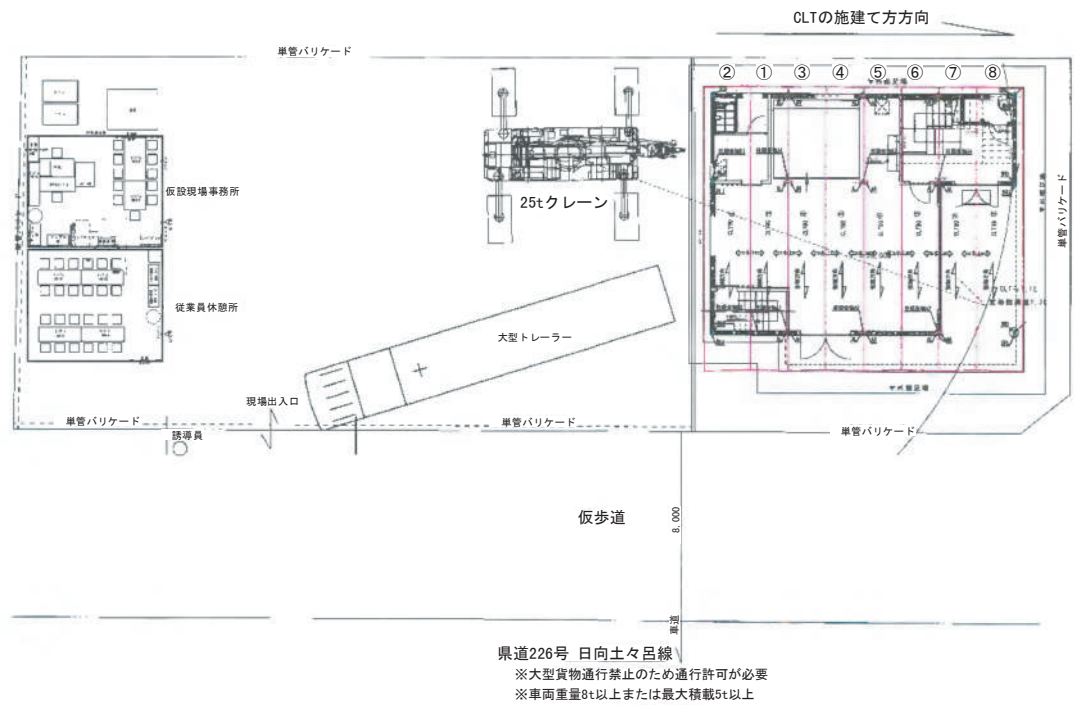


○作業場1、作業場2(1階)
CLTの折版屋根の天井を綺麗に見せるため、2階事務室の空調は床吹き出しとしている。1階作業場2の天井に空調機を設置し、2階の床を構成する梁の間にダクティングをしている。



○事務室(2階)
H鋼は照明ボックスの上下にLED照明を設置。天井を照らす間接光はまちの街灯の役割を果たす。

- 隣地より25tクレーンで吊り上げCLTの建て方を行う。



6-2. 設計図面 (構造図)

[CLTリスト]

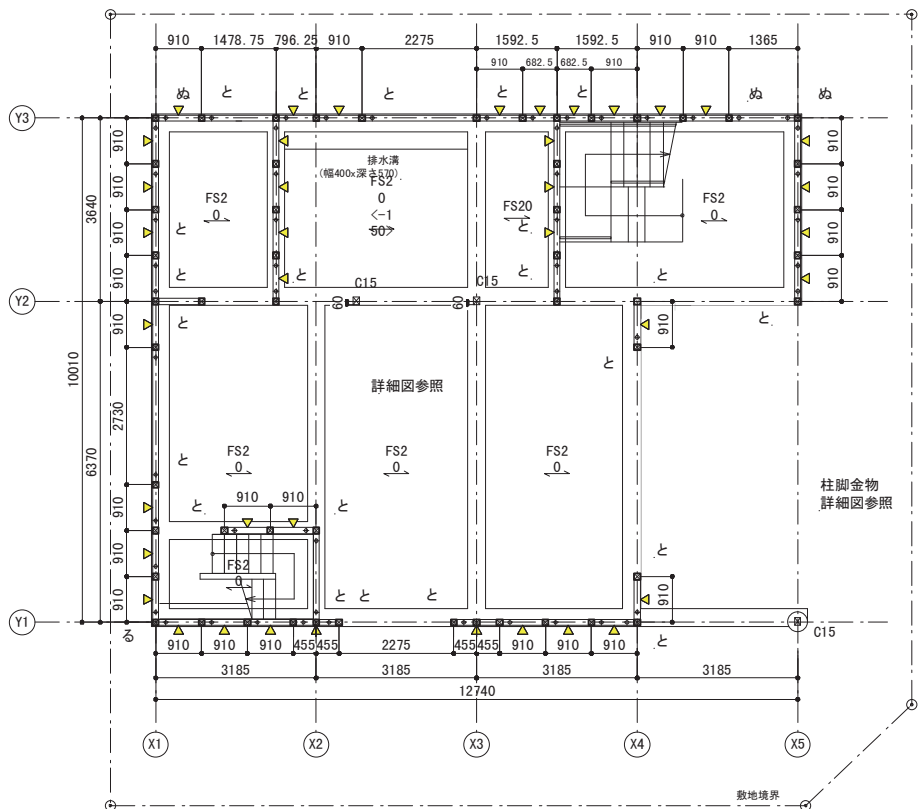
符号	CLT90
樹種	スギ
板厚	t90
等級	S60-3-3

特記事項

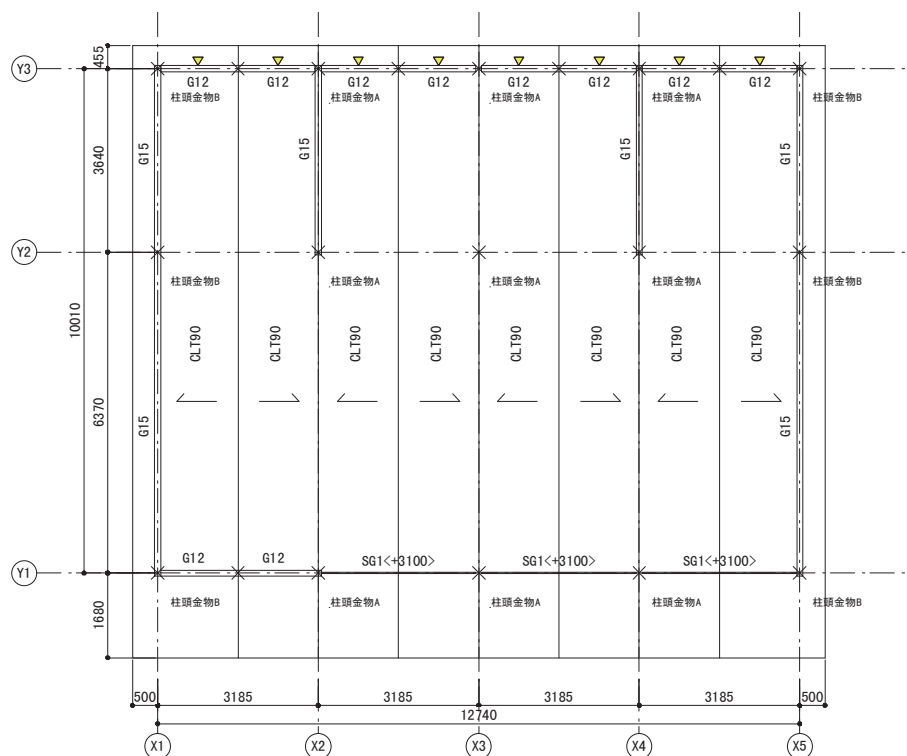
■	1階管柱 (特記なき柱はC12)
▽	耐力壁W1 (合板片面t12 詳細計算法により壁倍率7.0倍相当)
□	土台 ヒノキ 120x120 無等級
	基礎パッキン t=20
	雑壁の柱、間柱、土台は意匠図参照
→	スラブ主筋方向
と、ぬ、る	柱脚金物 (と)19kN用、(ぬ)30kN用、(る)40kN用
	特記無き柱脚金物は2マーク金物 (は)5.1kN以上のもの
	柱脚金物 2Fの柱脚金物と同等とする
	特記無きスラブ天端レベル=1FL (GL+150)
+	土台固定用アンカーボルト M16 図示以外にも土台の端部、継手にも設ける。

[断面リスト]

	柱		大梁						
符号	C12	C15		G12	G21	G24	G27	G36	G36A
断面	120x120	120x150		120x120	120x210	120x240	120x270	120x360	120x360
樹種	スギ	ベイマツ		スギ	スギ	スギ	スギ	スギ	ベイマツ
構成	製材	製材		製材	製材	製材	対称異等級集成材	対称異等級集成材	対称異等級集成材
等級	E70	E105		E70	E70	E70	E65-F225	E65-F225	E105-F300

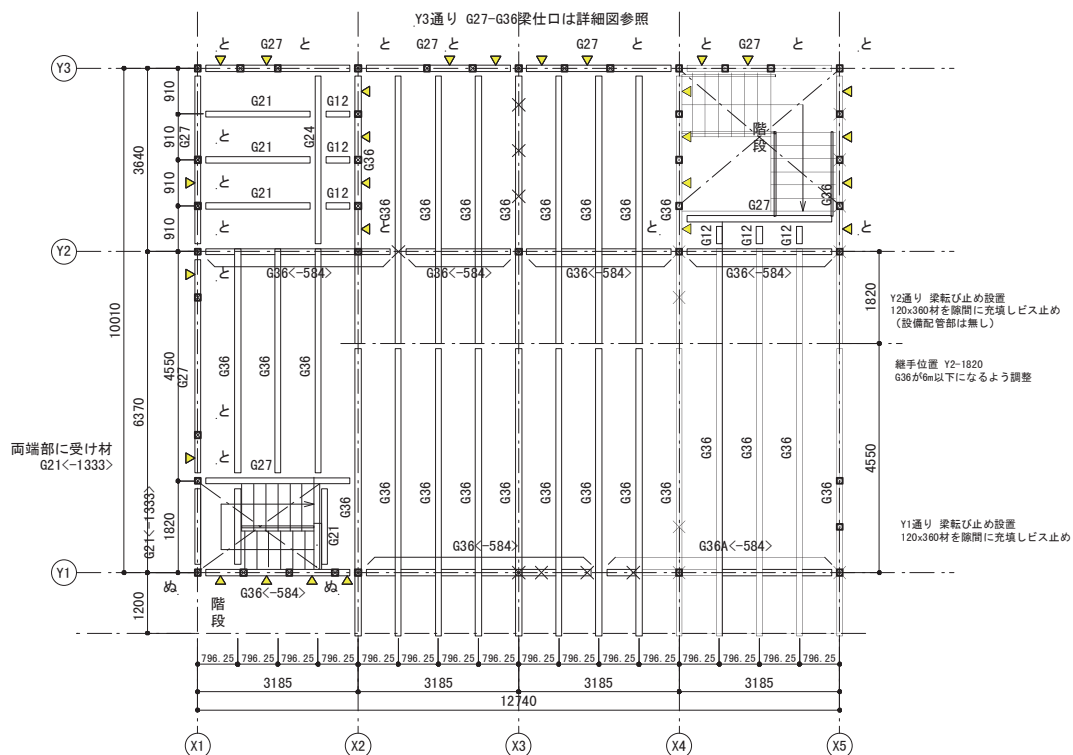


基礎伏図 1:150



特記事項	2階管柱
→	縦横勾配
<※>	2Fからの梁天端レベル
	特記無き梁はQLTに合わせる
▽	耐力壁W1 (金板片面t12 詳細計算法により壁倍率7.0倍相当)

屋根伏図 1:150



特記事項	2階管柱 (特記なき柱はG12)
×	1階管柱
→	縦手なしの1本の梁を示す
<※>	2Fからの梁天端レベル 特記無き梁天端=2F-224
▽	耐力壁W1 (金板片面t12 詳細計算法により壁倍率7.0倍相当)
	特記なき水平構面はH1とする
	縦壁の柱、間柱、土台は意匠図参照
と、ぬ	柱頭柱脚金物 (と)15kN用、(ぬ)30kN用
	特記無き柱頭柱脚金物はマーク金物 (1は)5.1kN以上のもの
	特記無き梁端部引張金物 羽子板ボルト (10kN相当)

1階伏図 1:150

[工場検査]

株式会社サイプレス・スナダヤにて 令和4年12月8日



○プレカットされたCLT折版屋根



○ L=12のCLT実測の様子



○在来軸組と柱頭金物を取り付く部分



○ 規格寸法がW=2,300の為、屋根として使わない余りの部分を階段の踏板として活用する

[建方(在来軸組)]

令和4年12月15～20日



○在来軸組(1階)



○在来軸組(2階)

[建方(CLT折版屋根)]

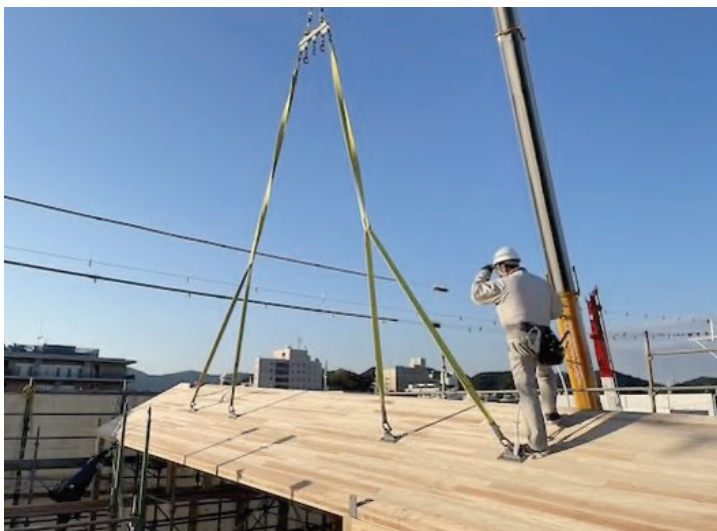
令和4年12月20～22日



○ CLT折版屋根の建方の様子



○ 施工順にCLTを重ねている



○ 吊り金物を取り付け4点で支持をし、25tクレーンで吊り上げCLTの建方を行った





○ パネリード接合部は予め地上で下穴を開けている

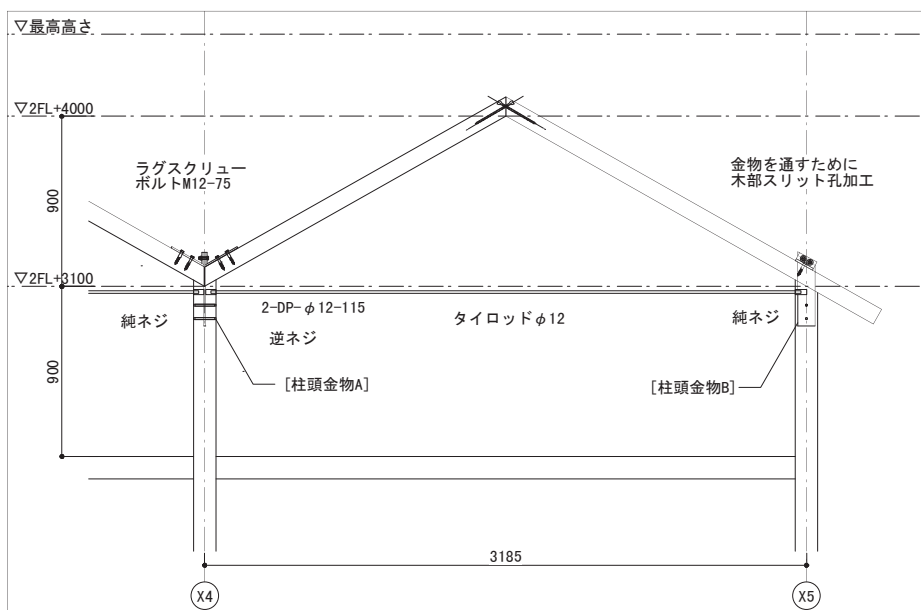


○ CLT同士をパネリードで接合する様子

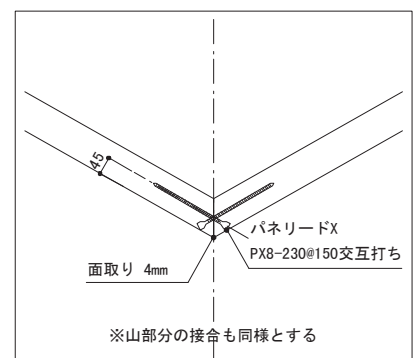


○ X2-X5の壁が無い範囲は、山部にCLT折版屋根の位置の調整を行った

[CLT-柱接合部詳細図(1/40)]



[CLT-CLT接合部詳細図(1/20)]





○柱頭金物A



○CLT固定のための柱頭金物と開き留めのタイロッドバー



○柱頭金物AとCLT折版屋根の取り付け



○柱頭金物AとCLT折版屋根の取り付け

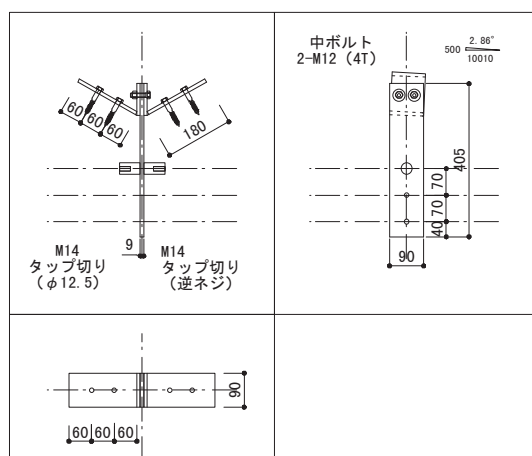


○柱頭金物B

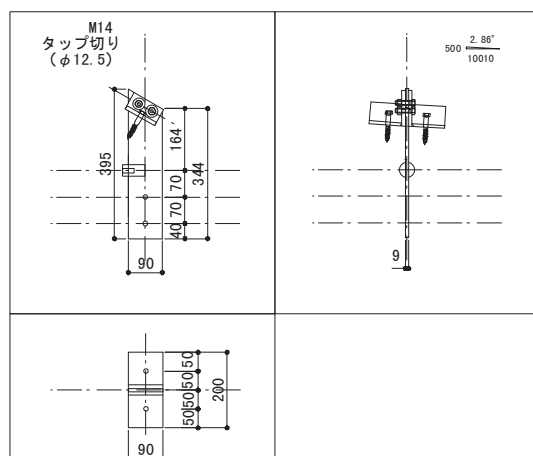


○製作金物[柱頭金物B]取り付けの様子

[柱頭金物A]



[柱頭金物B]



[上棟 (CLT折版屋根)]

令和4年12月22日



○CLT折版屋根の施工完了時

[屋根下地・断熱] 令和4年12月23日～令和5年1月10日



○断熱t90のスタイロフォーム材敷き込みの様子

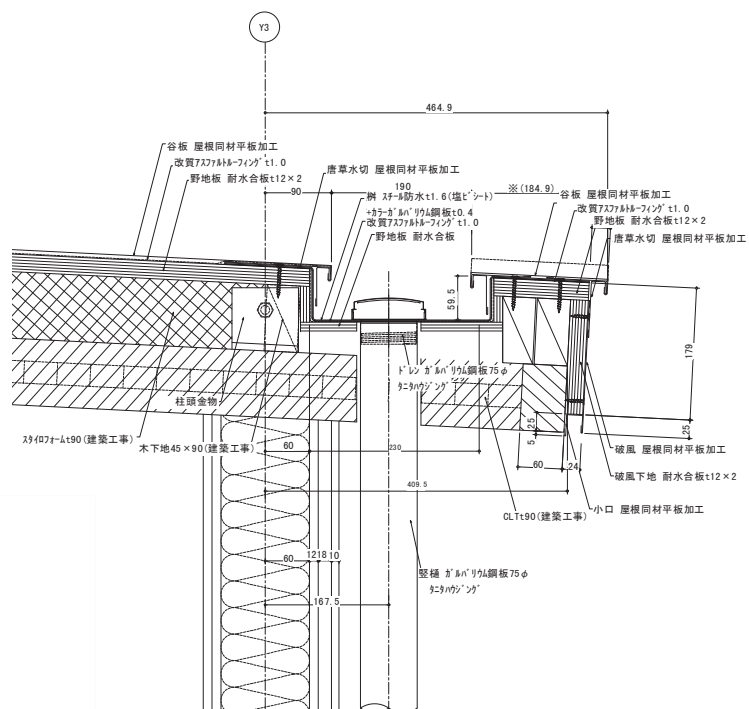
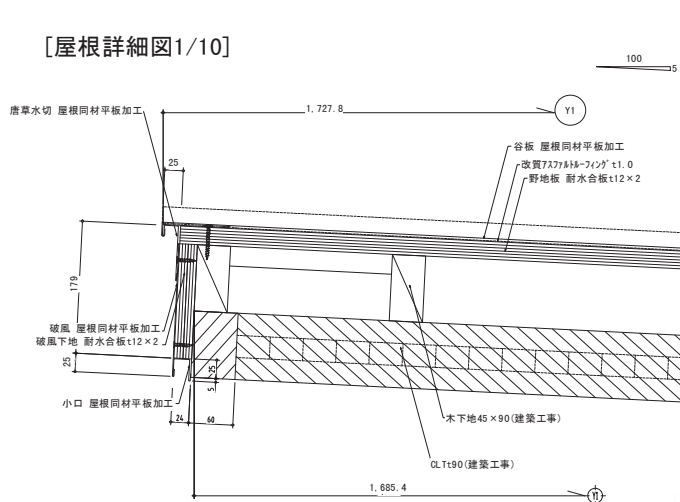
[屋根葺き]

令和5年1月11日～28日



○ 軒先は、CLTのカットピースを取り付けることで将来取り替えが可能な納まりとした

[屋根詳細図1/10]



13.1 (株) エンゼルフォレストリゾート

事業名		CLT (LVL) 材を利用したヴィラ型宿泊施設新築工事の建築実証	
実施者 (担当者)		株式会社エンゼルフォレストリゾート	
建築物の概要	用途	ホテル (簡易宿所営業) 6棟	
	建設地	静岡県伊豆市上白岩字石上2071番1175他	
	構造・工法	木造軸組工法+CLT屋根	
	階数	1階	
	高さ (m)	5.53	
	軒高 (m)	3.18	
	敷地面積 (㎡)	3,349.86 (6棟合計)	
	建築面積 (㎡)	63.14 (1棟)	316.38 (6棟合計)
	延べ面積 (㎡)	54.65 (1棟)	316.38 (6棟合計)
	階別面積	1階	54.65 (1棟)
CLTの仕様	CLT採用部位		屋根
	CLT使用量 (㎡)		加工前製品量6.7㎡、建築物使用量5.6㎡ (1棟) 加工前製品量40.2㎡、建築物使用量33.6㎡ (6棟)
	壁パネル	寸法	-
		ラミナ構成	-
		強度区分	-
		樹種	-
	床パネル	寸法	-
		ラミナ構成	-
		強度区分	-
		樹種	-
	屋根パネル	寸法	120mm厚
		ラミナ構成	3層4プライ
		強度区分	Mx60-3-4
		樹種	スギ
木材	主な使用部位 (CLT以外の構造材)		柱: スプルー集成材 梁: オウシュウアカマツ集成材
	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		12.14 (1棟) 72.84 (6棟)
仕上	主な外部仕上	屋根	ガルバリウム鋼板一文字葺き+アスファルトルーフィング+断熱材 (押し出し)
		外壁	杉材+通気胴縁+透湿防水シート
		開口部	アルミサッシ (複層ガラスSBQ5+A8+FL5)
	主な内部仕上	界壁	ビニルクロス+PB12.5mm
		間仕切り壁	ビニルクロス+PB12.5mm
		床	フローリング12mm+構造用合板24mm
		天井	CLT現し 一部杉材
構造	構造計算ルート		四号建築物
	接合方法		ホールダウン金物+パネリード
	最大スパン		3.5m
	問題点・課題とその解決策		軸組工法にCLT屋根を載せる形態を選択したため、CLTどおしの接合を前提としたCLT専用の接合方法が採用できない。 軸組の柱に設けたホールダウン金物をCLT屋根面にダイレクトに接続すること、梁とCLT版との接続に構造ビス (パネリード) を用いることで今回の形状を実現した。
防耐火	防火上の地域区分		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		20分準耐火 (延焼ラインにかかる範囲)
	問題点・課題とその解決策		延焼ラインをなるべく避けた配置計画としている
温熱	建築物省エネ法の該当有無		該当なし
	温熱環境確保に関する課題と解決策		なし
	主な断熱仕様 (断熱材の種類・厚さ)	屋根 (又は天井)	押出法ポリスチレンフォーム断熱材30 熱伝導率0.036W (m・K)
		外壁	グラスウール断熱材 16K 熱伝導率0.037W (m・K)
		床	押出法ポリスチレンフォーム断熱材45 熱伝導率0.036W (m・K)
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		屋根面 (非歩行) のみへの採用につき、課題なしと判断
	建て方における課題と解決策		軸組工法にCLT屋根を載せるというシンプルな構成だが、建て方時にCLT屋根が斜めとなっており、軸組は屋根を設置するまで自立できるようにする必要があった。軸組が建て方時に自立するための材を最低限追加することで解決できた。
	給排水・電気配線設置上の工夫		CLT仕上げ面への配線露出不可のため、配線経路の工夫
	劣化対策		土台にヒノキJAS製材品を使用
	設計期間		2022年3月～2022年8月 (5ヵ月)
工程	施工期間		2022年11月～2023年4月 (5.5ヵ月)
	CLT躯体施工期間		2022年12月～2023年1月 (1ヵ月)
	竣工 (予定) 年月日		2023年4月15日
体制	発注者		株式会社エンゼルフォレストリゾート
	設計者 (複数の場合はそれぞれ役割を記載)		株式会社キャンプサイト
	構造設計者		株式会社ANDO Imagineering
	施工者		ファーストウッド株式会社
	CLT供給者		株式会社サイプレス・スナダヤ
	ラミナ供給者		株式会社サイプレス・スナダヤ

実証事業名：CLT（LVL）材を利用したヴィラ型宿泊施設新築工事の建築実証

建築主等、協議会運営者：株式会社エンゼルフォレストリゾート

1. 実証した建築物の概要

用途		ホテル（簡易宿所営業）6 棟		
建設地		静岡県伊豆市上白岩字石上 2071 番 1175 他		
構造・工法		木造軸組工法＋CLT 屋根		
階数		1 階		
高さ（m）		5.53	軒高（m）	3.18
敷地面積（㎡）		3,349.86	建築面積（㎡）	316.38
階別面積	1 階	316.38	延べ面積（㎡）	316.38
	2 階	-----		
	3 階	-----		
CLT 採用部位		屋根		
CLT 使用量（m³）		加工前製品量 6.7 m³、建築物使用量 5.6 m³（1 棟） 加工前製品量 40.2 m³、建築物使用量 33.6 m³（6 棟）		
CLT を除く木材使用量（m³）		72.84 m³		
CLT の仕様	（部位）	（寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種）		
	壁	-----		
	床	-----		
	屋根	120mm 厚/3 層 4 プライ/Mx60-3-4/スギ		
設計期間		2022 年 3 月～2022 年 8 月（5 カ月）		
施工期間		2022 年 11 月～2023 年 4 月（5.5 ヶ月）		
CLT 躯体施工期間		2022 年 12 月～2023 年 1 月（1 か月）		
竣工（予定）年月日		2023 年 4 月 15 日		

2. 実証事業の目的と設定した課題

戸建てや別荘などの 4 号建築における汎用性の高い CLT の実証事例が少なく、今後供給量を増やすための施工方法について検証する。具体的に設定した課題は以下である。

- ・費用対効果を上げるために一部軸組を採用しており、軸組部と CLT の接続方法検証
- ・屋根傾斜面の CLT 接続（重機の効果的な運用方法）手順の検証
- ・屋根面 CLT 化による、在来工法（母屋・垂木・野地組）との作業歩留まり比較
- ・1 棟建設時と、複数棟建設時の材料効率の確認、施工（建て方）時間の比較。在来工法との比較

3. 協議会構成員

(事業主)	株式会社エンゼルフォレストリゾート
(設計)	株式会社キャンプサイト
(構造設計)	株式会社 ANDO Imagineering Group
(施工)	ファーストウッド株式会社

4. 課題解決の方法と実施工程

接合方法に関しては、シネジック株式会社にて実施した実物サンプルによる接合強度の確認試験結果データをもとに、構造設計担当である(株)ANDO Imagineering Group にて構造設計を行った。

一部 CLT 工法の建築を行い、飯田グループホールディングスにおける在来工法の建築実績から材料費比較、施工性の比較（現場作業による手間測定）、内装仕上げの有無による工期及び費用比較を行った。施工性の確認に関しては、現場での作業人数、施工時間を測定した。

<設計>	令和4年	7月： 実施設計
		8月： 構造設計
<施工>	令和4年	10月： 工事契約
		12月： 着工、基礎工事
	令和5年	1月～2月： 木工事・外装工事
		2月～3月： 内装工事
<施工性確認>	令和5年	1月： 構造躯体組み上げ施工性検証
		2月： 仕上げ工事施工人工算定
		及び材料費用に関する検証
		2月： 仕上がり面の検証 (CLT 表し面の仕上げ状況確認)

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。

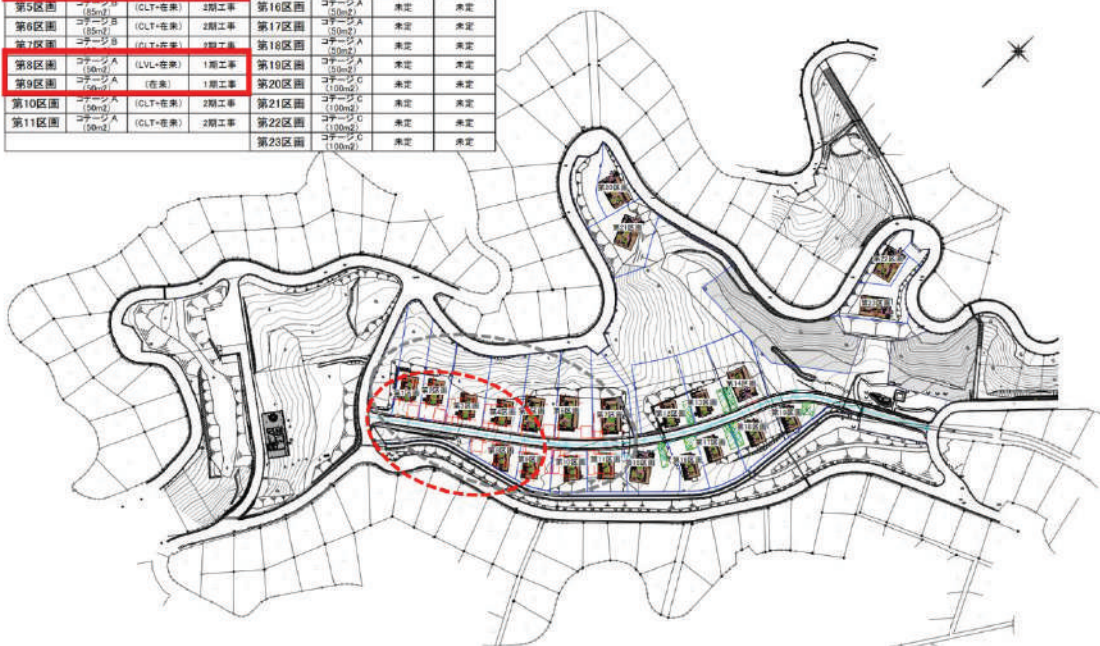
- ・設計に用いた部材の特性値、
および CLT 接合部の最適納まりの検討過程
- ・施工・搬入レポート
 - ・構造部材の運搬
 - ・施工計画（基礎工事・楊重・建方・CLT 設置の改善策）
- ・S 造・在来工法と比べた CLT 工法のコスト縮減比較資料
- ・CLT と在来軸組の効果的な接続方法
- ・CLT1 棟と複数棟での材料・運搬・労務費のロス率の比較

6. 本実証により得られた成果

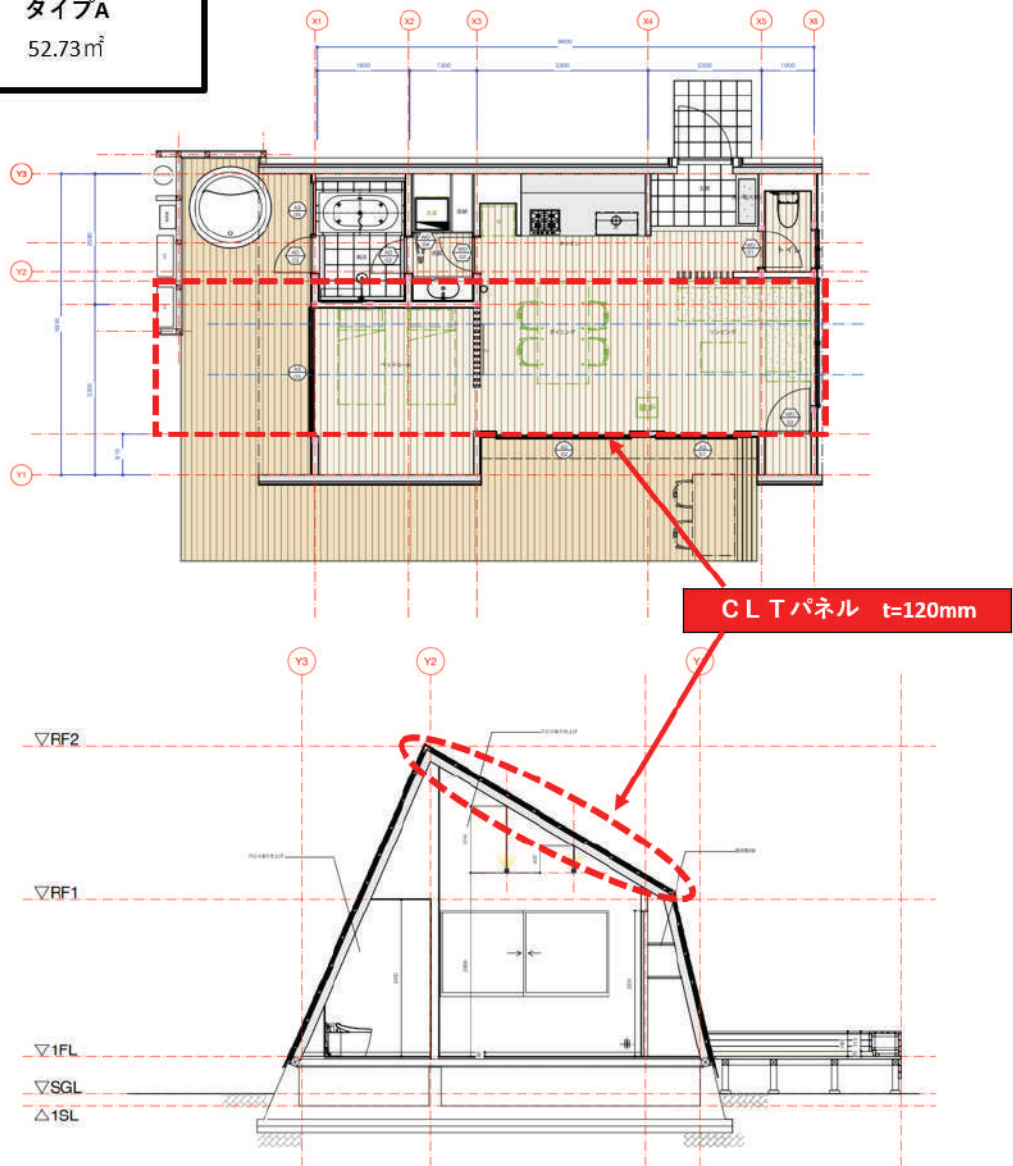
本事業で得られた工法の検討ならびに施工データは、今後の一般住宅等の建設において CLT を利用する際の事業計画（費用・スケジュール）の算定根拠になり、一般住宅等の施工時における在来工法との接合方法・楊重計画・仮設計画における指標になるものと思慮する。

7. 建築物の平面図・立面図・写真等

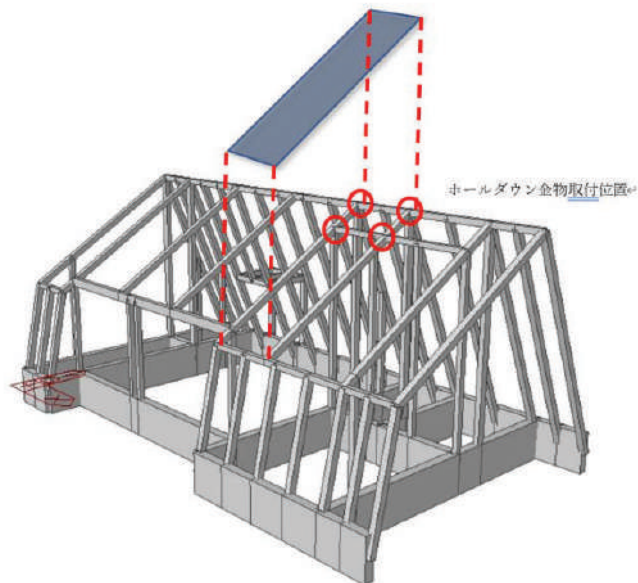
区画	種類	構造	工期	区画	種類	構造	工期
第1区画	コテージA (50㎡)	(CLT+在来)	1期工事	第12区画	コテージA (50㎡)	未定	未定
第2区画	コテージA (50㎡)	(CLT+在来)	1期工事	第13区画	コテージA (50㎡)	未定	未定
第3区画	コテージA (50㎡)	(CLT+在来)	1期工事	第14区画	コテージC (100㎡)	未定	未定
第4区画	コテージA (50㎡)	(CLT+在来)	1期工事	第15区画	コテージB (50㎡)	未定	未定
第5区画	プレイング (85㎡)	(CLT+在来)	2期工事	第16区画	コテージA (50㎡)	未定	未定
第6区画	コテージB (85㎡)	(CLT+在来)	2期工事	第17区画	コテージA (50㎡)	未定	未定
第7区画	コテージB (85㎡)	(CLT+在来)	2期工事	第18区画	コテージA (50㎡)	未定	未定
第8区画	コテージA (50㎡)	(LVL+在来)	1期工事	第19区画	コテージA (50㎡)	未定	未定
第9区画	コテージA (50㎡)	(在来)	1期工事	第20区画	コテージC (100㎡)	未定	未定
第10区画	コテージA (50㎡)	(CLT+在来)	2期工事	第21区画	コテージC (100㎡)	未定	未定
第11区画	コテージA (50㎡)	(CLT+在来)	2期工事	第22区画	コテージC (100㎡)	未定	未定
				第23区画	コテージC (100㎡)	未定	未定



タイプA
52.73㎡



CLTパネル t=120mm



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

1-1 本建物において、CLT 版は在来軸組工法の屋根躯体として部分利用をしている。

CLT 版は、厚さ 120mm (3 層 4 プライ)、スギ Mx60 (JAS) を採用した。

ラミナの厚さは 30mm で 4 層重ねており、外側から M60A/M30A/M30A/M60A である。

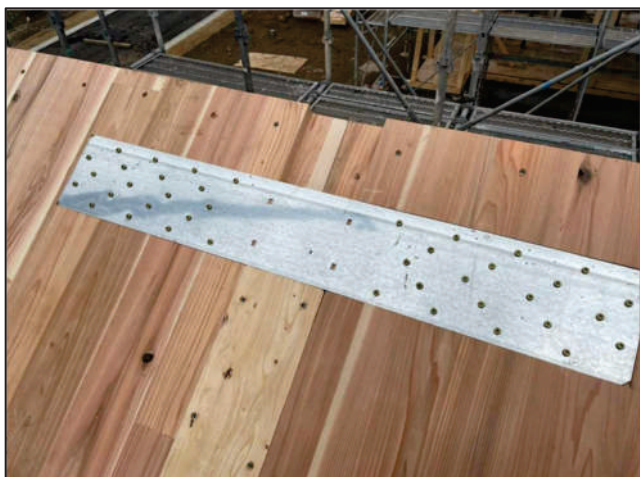
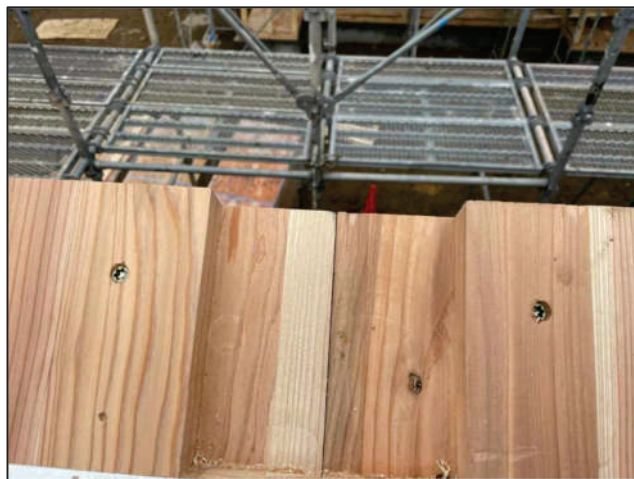
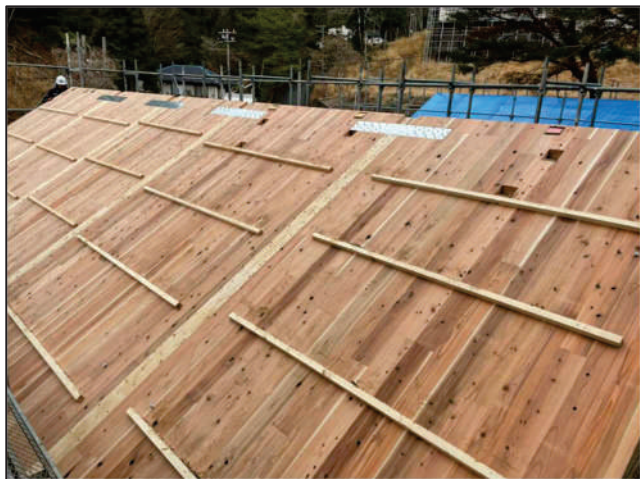
屋根版は両端ピン支持の単純梁として設計を行っており、ヤング係数 $E=6000[\text{MPa}]$ は強軸方向の M60A のみ考慮して、曲げ剛性 EI が等価となるようにヤング係数 E を低減させた値 $E'=5250[\text{MPa}]$ で変形の検討を行っている。

1-2 CLT 版同士の継ぎ目の接合部は、計画当初ハーフラップジョイントの採用を考えていたが、CLT 製造側との協議において、製造時に版を反転させて加工する必要がない「面材スプライン接合」の加工合理性が高いことが分かり、これを採用した。

面材スプライン接合部には中大規模木造建築の構造用ビスを採用、試験成績書をもとに必要な本数を算定した。

1-3 CLT 版の幅は通常のトラックで搬入可能な幅 2.4m 以下とし、屋根面積に対して最小の枚数で運べる様に計画した。

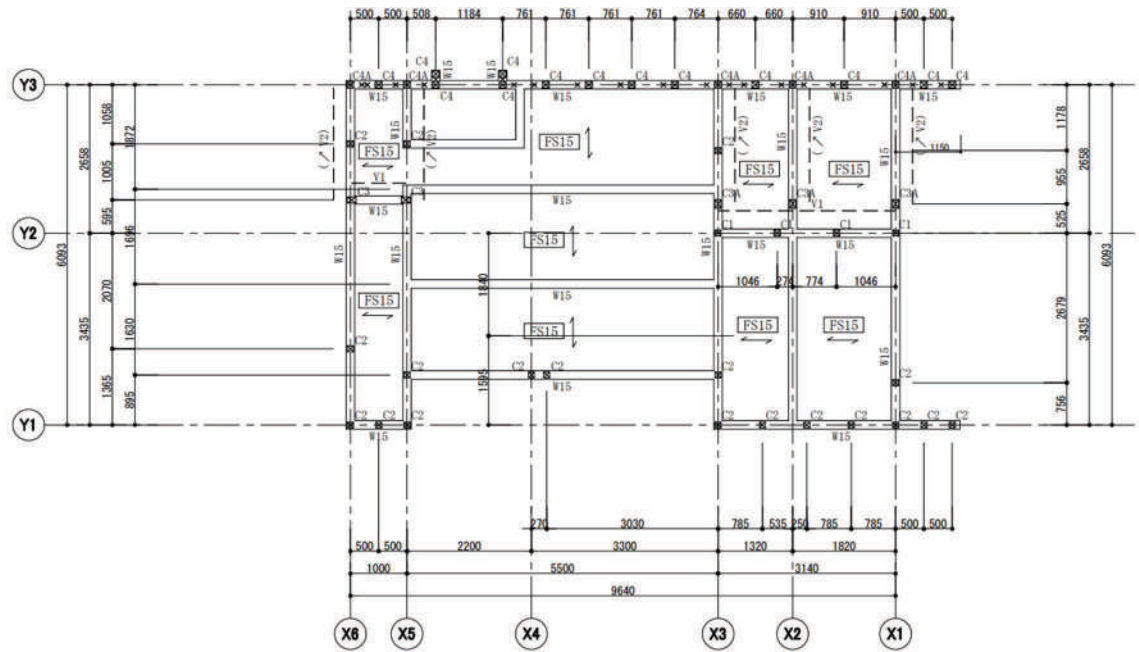
CLT ジョイント状況



2-1. 使用材料一覧

2-1-1. 基礎構造部

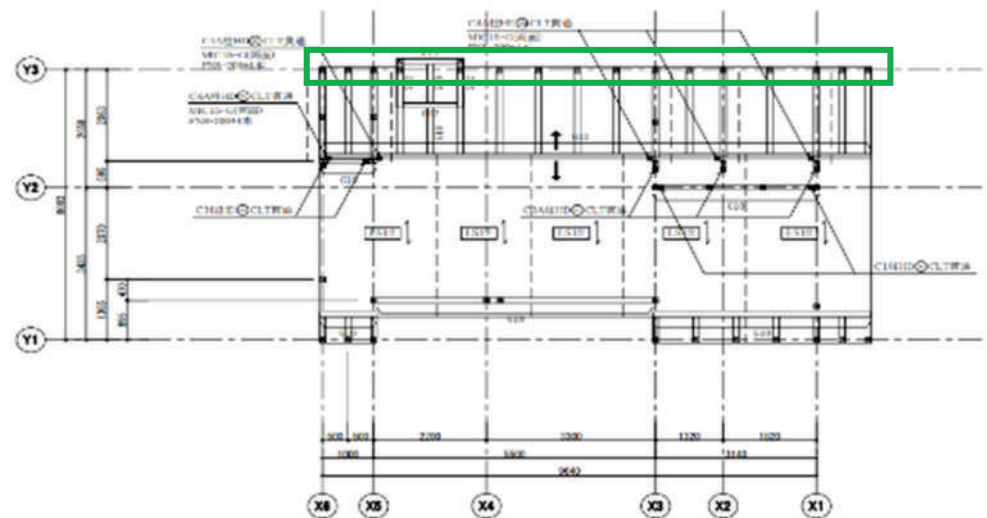
部位	仕様・性能
碎石	再生碎石 RC-40
コンクリート	JIS A5308 レディーミクストコンクリート 設計基準強度：FC21N/mm ²
鉄筋	JIS G3112 鉄筋コンクリート用棒材 材料：SD295A (D10・D13)



※ 施工上の注意点 人通口部には適切な補強を行う



2-1-2. 木造躯体部



【在来構法部分】

部位	樹種		構成	強度	サイズ	備考
土台	ヒノキ	JAS 構造用製材	甲種構造材	----	120×120	グリーン枠内
土台	ヒノキ	JAS 構造用製材	甲種構造材	----	105×105	その他部分
大引き	ヒノキ	JAS 構造用製材	甲種構造材	----	105×105	
柱	オウシュウアカマツ	JAS 構造用集成材（小断面）	同一等級構成	E95-F315	120×120	グリーン枠内
柱	オウシュウアカマツ スブルース	JAS 構造用集成材（小断面）	同一等級構成	E95-F315	105×105	その他部分
柱	スブルース	JAS 構造用集成材（中断面）	対象異同級構成	E105-F300	105×150	その他部分
梁・桁	オウシュウアカマツ スブルース	JAS 構造用集成材（中断面）	対象異同級構成	E105-F300	105×※	

【CLT パネル】

樹種		スギ	
ラミナ	等級	外層	M60A
		内層	M30A
	ラミナ厚	30mm	
	ラミナ幅	114~134mm	
構成		1 層目・4 層目 外層用ラミナを使用 長辺方向に繊維平行に配置	
		2 層目・3 層目 内装用ラミナを使用 1 層目・4 層目と直工になるように配置	
接着剤	縦継ぎ	メラミン樹脂接着剤（JAS 認定取得に基づく接着剤）	
	横はぎ	保持的にウレタン系接着剤を塗布	
	積層部	JIS K6806 に規定する水性高分子イソシアネート系接着剤 1 種 1 号	



2-2. 施工計画

2-2-1. 構造部材の運搬

当現場は山林内の別荘地内に位置しており、現場が別荘地という性質上、搬入経路に関しては、既築建物の少ない経路を通行することが必須であり、その場合、曲がりくねった幅員の狭い道路を通行する必要がある、大型搬入車両の使用が出来なかった。（最大 8t 車まで）

CLT は、製造地（愛媛県・岡山県）より東京（江東区）・静岡の集積地へ大型車で搬入。

集積地にて 8t 車へ積み替えを行い伊豆市の現場へ搬入した。

建築現場内には多数の車両駐車が困難であったが、別荘分譲地入り口付近に車両待機が可能な空地があり、1～2 台ずつを待機所から現場まで誘導し、別荘地内での事故防止、又、生活環境への配慮を行う事が出来た。



2-2-2. 基礎工事

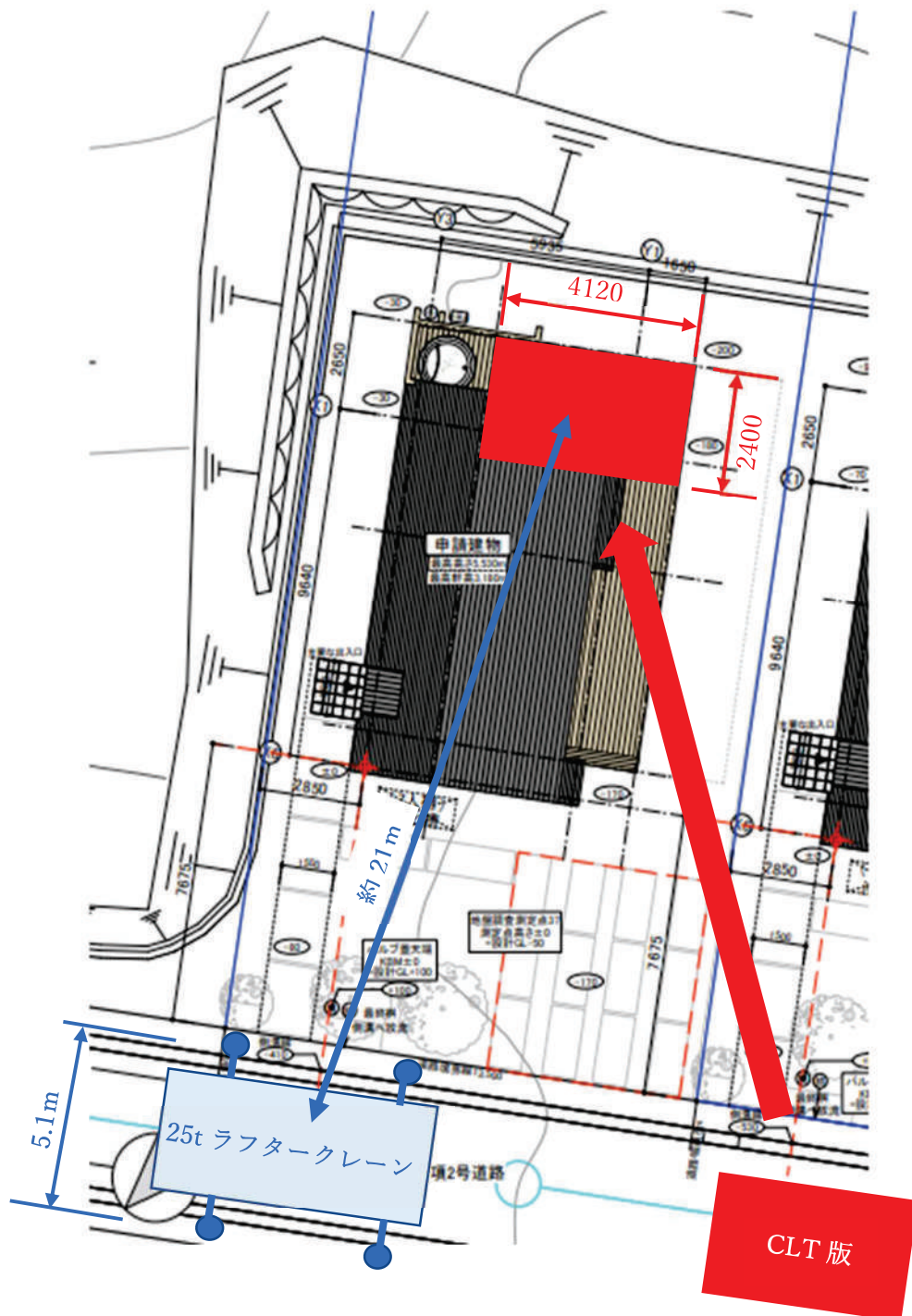
本物件は屋根構造の一部に CLT を用いた建築物であるが、基礎の考え方としては一般的な在来構法と変わりなく施工ができるように構造の検討を行った。

(CLT を用いた構造による特別な施工・構造を採用せず、施工性及びコスト面での優位性を図った)



2-2-3. 楊重

CLT 版 1 枚の最大寸法は 2,400 mm×4,120 mm 厚さ 120 mm であり、重量は約 600 kg となる。

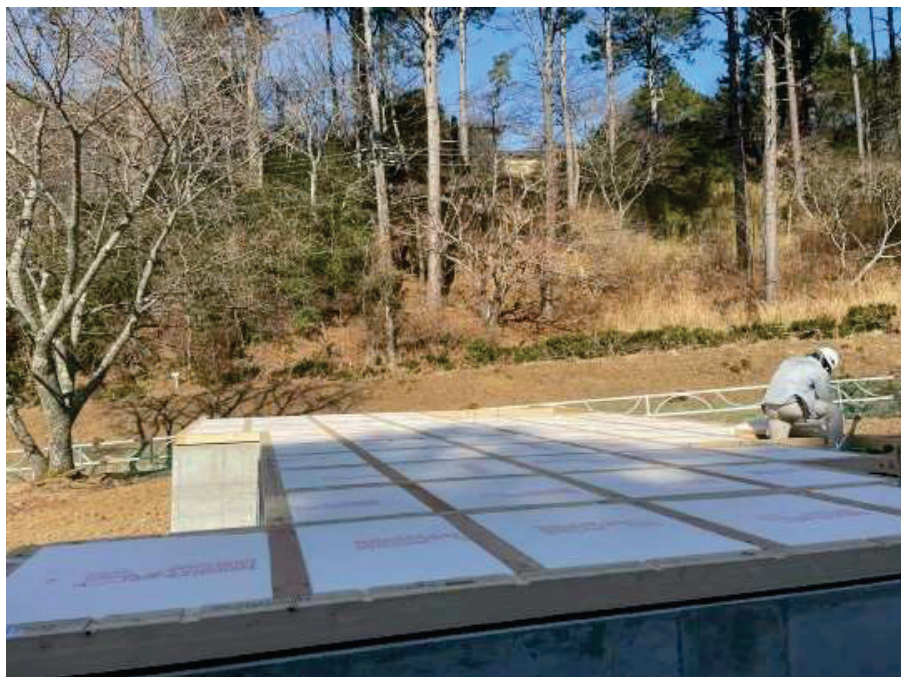


作業半径 21m アウトリガ中間張出 (5.1m) 30.5m ブーム 吊下げ荷重⇒1,200 kg まで
 CLT 版最大 (最奥部) 重量≒600 kg $600 + 250$ (フック重量) = 850 kg < 1,200 kg ∴OK

2-2-4. 建方
土台施工



床組（断熱材設置・床下地合板設置）

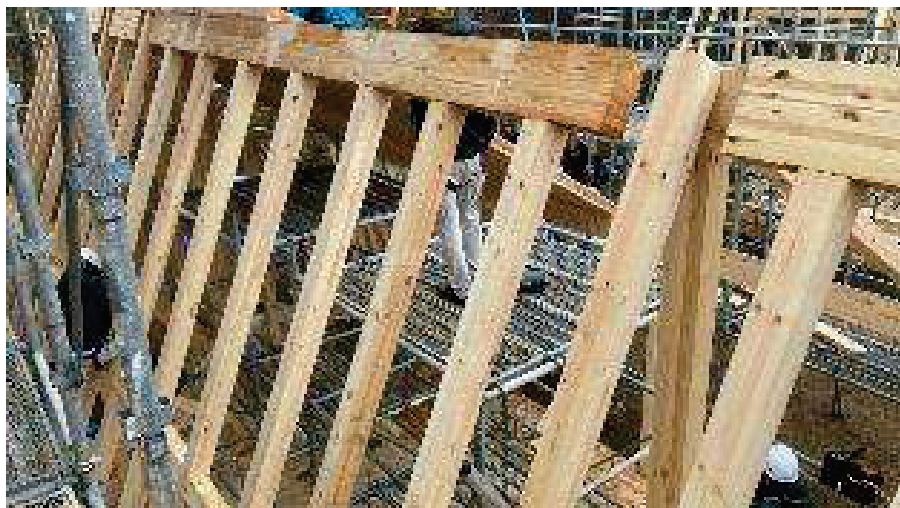




柱建て



横架材設置



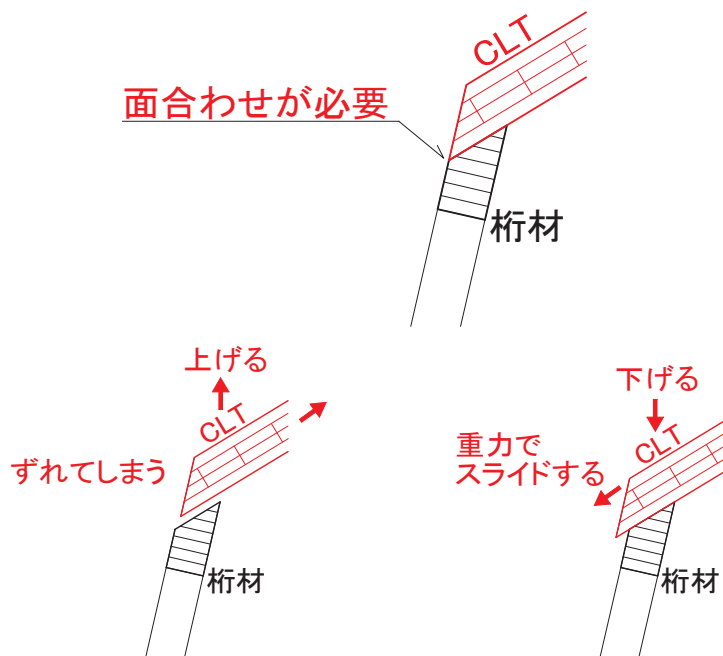
ここまでの組み立て手順は在来工法と同様の作業

CLT 構造体設置



クレーン巻下げでの設置を可能とするためスリングバンドの長さを調整し屋根勾配との角度を合わせることとした。

設置する位置合わせに関しては、棟木（上部）と桁（下部）の面を合わせる必要があり、改良点として挙げられる。



設置一枚目に関しては、特に位置決めが重要かつ困難な部位となる。

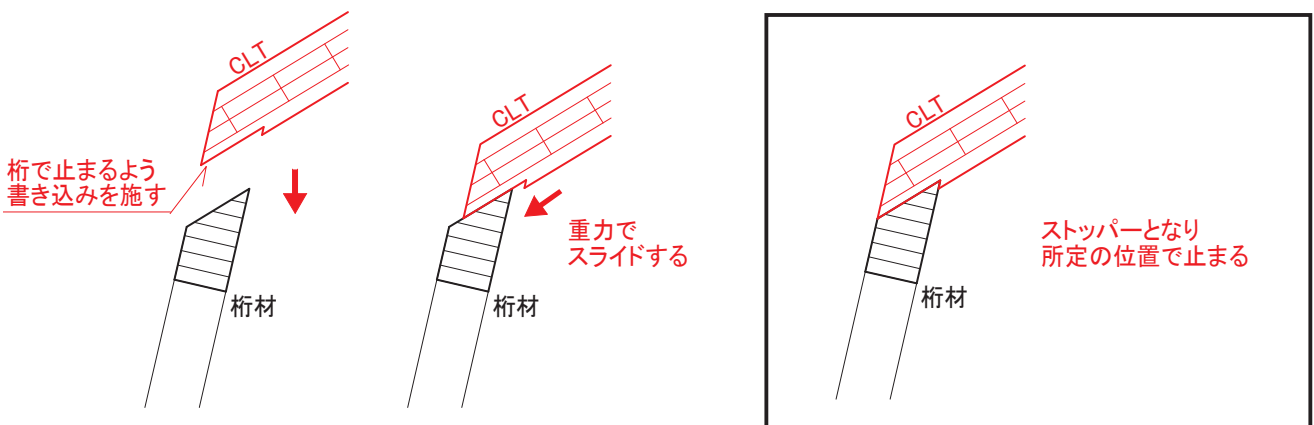
重力による部材のスライドもあり、所定の位置からずれてしまう為、位置決め方法が今後の課題と思われる。



固定するためには、基準となる物（動かない物）と、部材が止まるような基準（嵌合するような加工が理想）が必要となるのではないかという施工結果となった。

2-2-5. CLT 設置の改善策

① CLT に溝加工を施し、ストッパーの機能を付加する

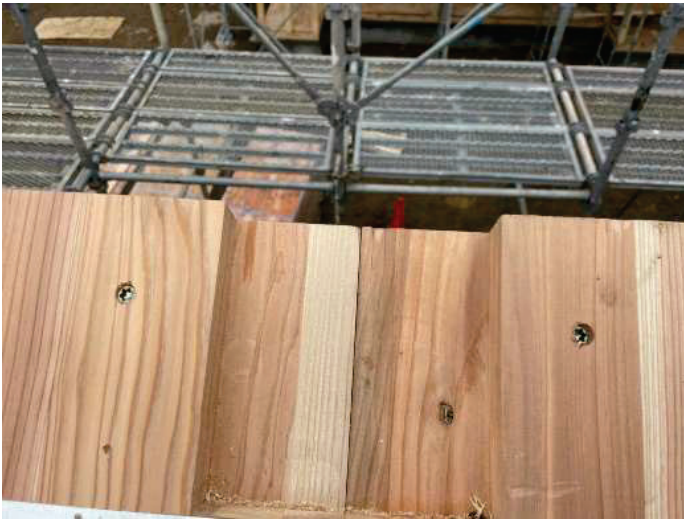


【課題点】

今回採用したスプライン接合の場合、上面にスプライン接続の為の切り欠きが必要となる。

又、軸組との接続のための（座付）ホールダウン金物を納めるための加工も上面に必要となる。

下面にストッパーとなる溝加工を行う為には、CLT 版を反転させ加工する必要があり、反転の為加工機の動作が必要となり、加工費の上昇に繋がってしまう。（両面加工には時間かかる）

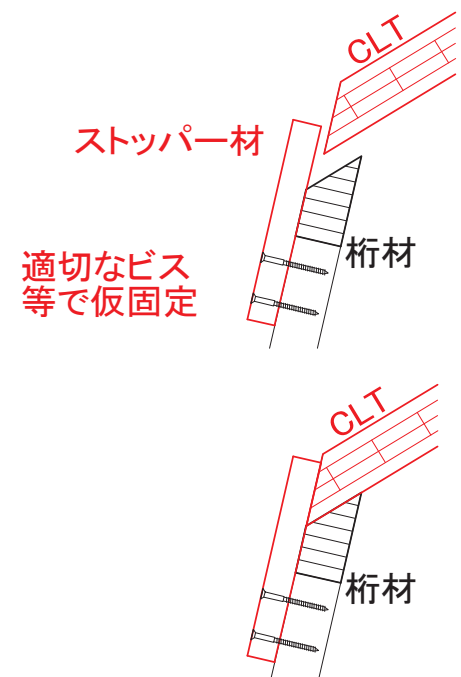


スプライン接合



座付ホールダウン金物

② 桁にストッパー用の治具を仮で設置する



桁に CLT の重量を支えることが可能な木材を取付け
ストッパーとすることで、桁面よりも出ることなく、
所定の位置に設置する事

3. S 造・在来工法と比べた CLT 工法のコスト縮減比較

木造在来工法、鉄骨造と、一部 CLT 材を利用した今回の工法による建築費と作業時間/日数を比較した。

結果、木造在来工法と比較して、建築費はほぼ変わらないが、工期を 83 日から 79 日へ 4.8%の短縮ができた。鉄骨造と比較しても、建築費は 25,286 千円から 21,412 千円に 8.5%の圧縮。工期は、82 日から 79 日へ 3.7%の短縮ができる見込みとなる。

規模			平屋建て		
面積			52.73m2[15.95坪]		
分類			机上試算	実績	机上試算
工法			W[木造在来工法]造	W[木造一部CLT]造	S[鉄骨]造
工事費	材工：準備工事		800,000	800,000	800,000
	材工：基礎工事		2,200,000	2,200,000	3,460,000
	木工事	材料：軸組材	1,980,000	1,700,000	0
		材料：構造用面材	1,010,000	675,000	0
		運賃：上記2項目	185,000	185,000	0
		材料：CLT	0	1,005,000	0
		運賃：CLT	0	90,000	0
		材料：接合金物	290,000	330,000	0
		工事：建方費用	470,000	525,000	340,000
		材料：現場造作用資材	960,000	585,000	630,000
		工事：造作費用	1,400,000	1,110,000	880,000
		木工事 計		6,295,000	6,205,000
	鉄骨工事	材料：鉄骨費用	0	0	3,690,000
		材料：諸金物(ボルト他)	0	0	265,000
		工事：建方工事（試験費含む）	0	0	335,000
		鉄骨工事 計		0	0
	その他	材工：屋根板金	1,400,000	1,400,000	2,250,000
		材工：内装	550,000	550,000	875,000
		材工：外部建具	910,000	910,000	2,245,000
		材工：外壁	510,000	510,000	510,000
		材工：内部建具	250,000	250,000	250,000
		材工：タイル左官	300,000	300,000	300,000
		材工：電気設備	850,000	850,000	850,000
		材工：空調	560,000	560,000	560,000
		材工：給排水	480,000	480,000	480,000
		材工：設備	1,190,000	1,190,000	1,190,000
		材工：外構	1,320,000	1,320,000	1,320,000
		その他 計		8,320,000	8,320,000
	工事費計		17,615,000	17,525,000	21,230,000
現場管理費		4,098,250	3,887,000	4,056,000	
合計		21,713,250	21,412,000	25,286,000	
単価	m2あたり		411,782	406,069	479,537
	坪あたり		1,361,332	1,342,445	1,585,329
工期	基礎工事		25日	25日	25日
	建方工事		2日	3日	1日
	木部造作工事		33日	28日	33日
	仕上げ工事		23日	23日	23日
	延べ日数		83日	79日	82日

※ 金額は税抜き

※ 工期は実働日数（日曜祝日は休み）

4. CLT と在来軸組の効果的な接続方法

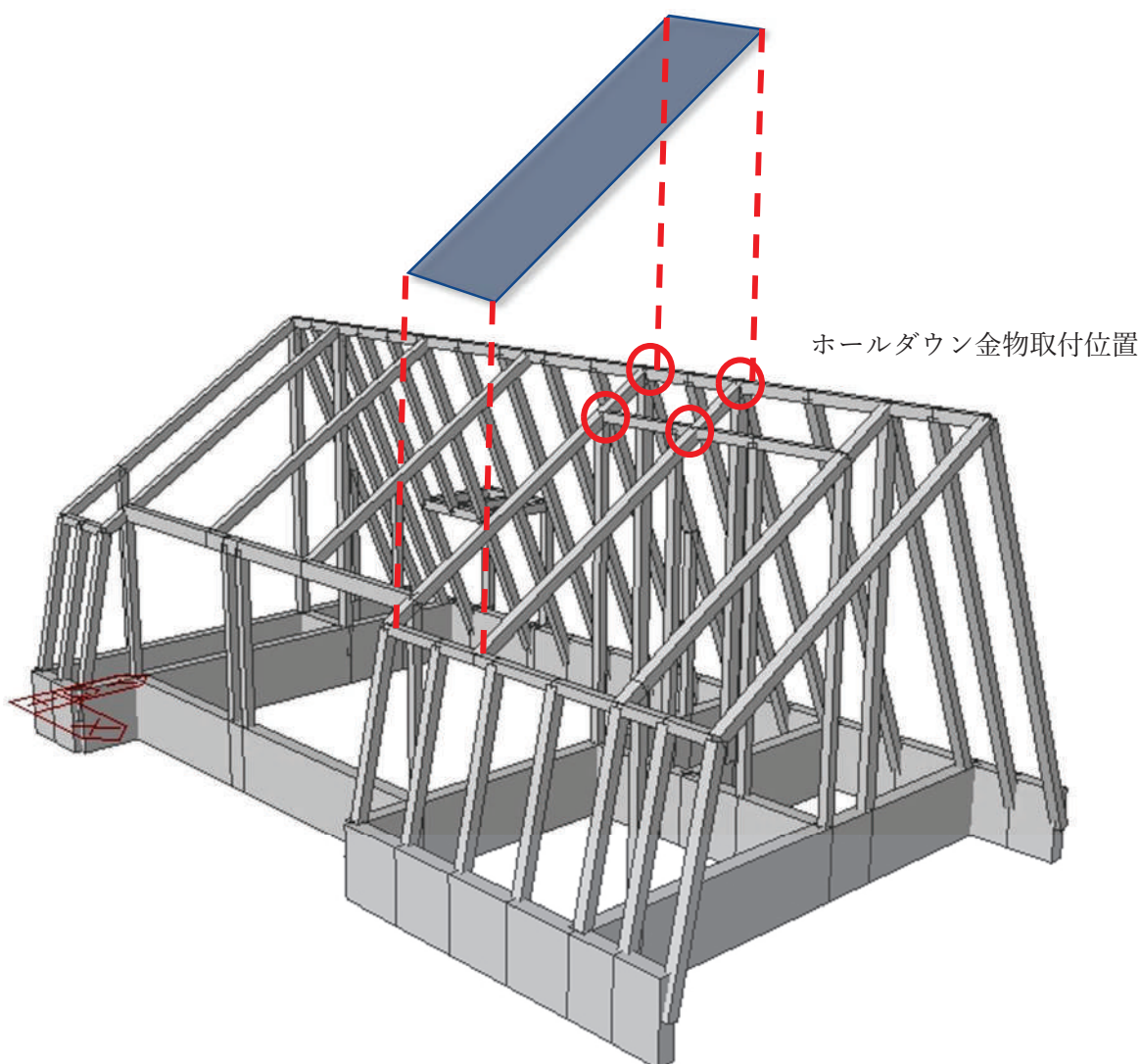
本建物は施工者と協議し、コストメリットが大きい大スパン部分の屋根のみ CLT を採用し、耐震要素は軸組工法で確保、ハイブリッドとすることでトータルコストに配慮した計画とした。

耐震要素と CLT 屋根版との応力伝達としては、中大規模木造建築の構造用ビスにより軸組の梁と CLT 屋根版を接続することで、せん断力を伝達させる接合としている。

本接合部の設計に当たり、試験成績書とカタログ値をもとに必要本数を算定した。

柱に発生する引抜力については、軸組柱のホールダウン金物を CLT 屋根版まで貫通させることで、引張応力の伝達を直接行える接続方法を採用した。

CLT 版を屋根に用いることで、屋根面に梁がなく、必要な軸組構面（耐力壁）を CLT 屋根下に配置することで最小限の部材要素で成立させた。接続方法として、軸組みの柱に設けたホールダウン金物を CLT 屋根面にダイレクトに接続し、梁と CLT 版はパネリードで接続することで、鉛直面に CLT を用いず、屋根のみを CLT で実現できるハイブリッドな接続方法で今回の形状を実現することができた。一般的な CLT 壁で鉛直面を構成すると、CLT 専用の金物を壁の足元と頂部に用いる必要があるが、本件の軸組構面は在来工法とすることで、一般的な住宅建築レベルの金物の採用が可能となり、特殊な工法を用いずに成立させることができた。



5. CLT 1 棟と複数棟での材料・運搬・労務費のロス率の比較

5-1. 材料

躯体部分は工場加工のため、原則、現場での切り無駄等は発生しない。

工場においても、歩留りを考慮した仕入れを行っているため、1 棟現場でも複数棟現場でも差異はなかった。

材料加工費においては、1 棟で 6.7 m³ の CLT を使用し、加工費用は 346,000 円であり、6 棟建設においては 1 棟あたり 306,000 円に削減できたことから、約 11.5% のコスト削減がなされた。

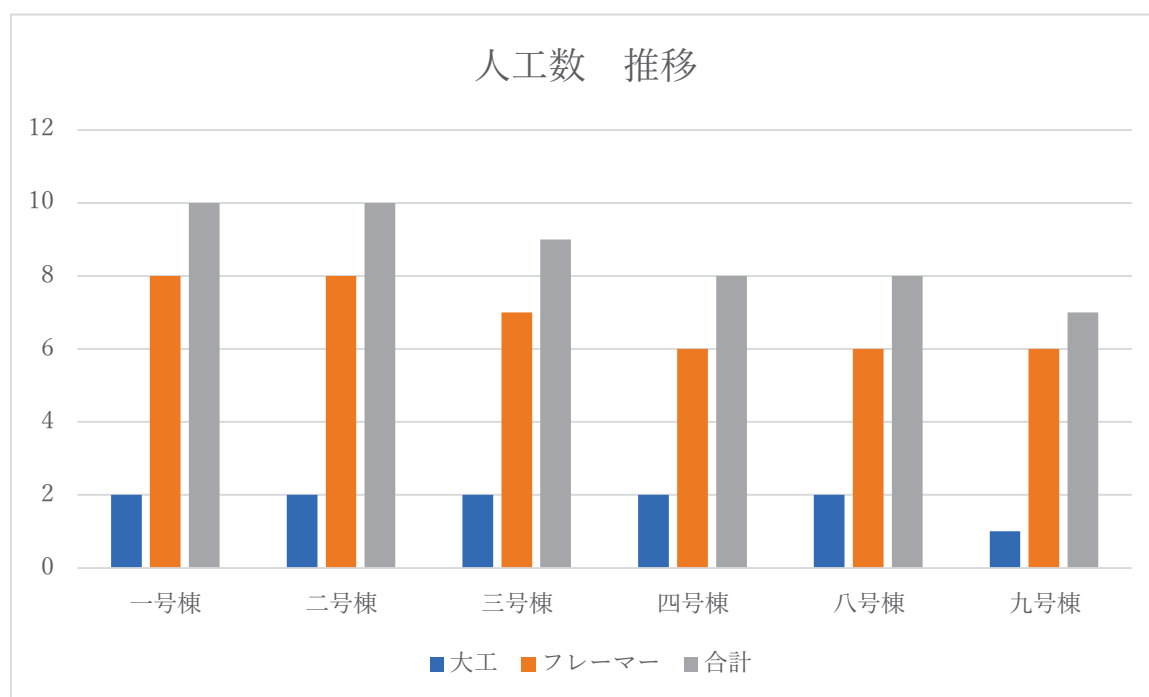
5-2. 配送

対象地は大型車両が乗り入れでいないため、小運搬になった。(2-2-1. 構造部材の運搬参照。) 大型車両が乗り入れできる現場であれば、2 棟分と 1 台で配送するなどロス削減の可能性はあるが、小運搬をおこなう現場においては、1 棟現場でも複数棟現場でも差異はなかった。CLT に運搬効率化を享受するためには現場の接道条件や運搬経路などの条件が大きく作用する。

5-3. 労務費

1 棟でも複数棟でも土台敷きと建て方で 2 日必要だった。土台敷きは 4 人工/棟で 1 棟と複数棟に差異はなかった。

建て方は必要人工に差異があった。1 棟目は 11 人工/棟だったが、6 棟目は 7 人工/棟で建て方が完了した。短期間に同じメンバーで連続上棟することで練度が上がったことが要因である。木造在来工法になれている作業員にとって、CLT 材の重量が施工上での問題点となったが、複数棟の一体施工により施工性は改善することが実証された。



14.1 大和興業（株）／（有）阪根宏彦計画設計事務所

事業名		呉市海事歴史科学館(大和ミュージアム)大型旋盤展示施設の建築実証	
実施者（担当者）		大和興業株式会社（有限会社阪根宏彦計画設計事務所）	
建築物の概要	用途	博物館その他	
	建設地	広島県呉市宝町5-24外11筆	
	構造・工法	鉄骨造	
	階数	1	
	高さ（m）	10.021	
	軒高（m）	9.376	
	敷地面積（㎡）	28179.73	
	建築面積（㎡）	99.94	
	延べ面積（㎡）	99.94	
	階別面積	1階	99.94
2階		-	
3階		-	
C L Tの仕様	C L T採用部位		屋根、壁
	C L T使用量（㎡）		加工前製品量28.00㎡、建築物使用量22.78㎡
	壁パネル	寸法	120mm厚
		ラミナ構成	3層4プライ
		強度区分	Mx90A相当
		樹種	桧
	床パネル	寸法	-
		ラミナ構成	-
		強度区分	-
		樹種	-
	屋根パネル	寸法	120mm厚
		ラミナ構成	3層4プライ
強度区分		Mx90A相当	
樹種		桧	
木材	主な使用部位（CLT以外の構造材）		柱：- 梁：-
	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		0㎡
仕上	主な外部仕上	屋根	ガルバリウム鋼板（t=0.4）+野地板（木毛セメント板t=20）
		外壁	硝子 FL-6.0, FL-12.0
		開口部	框硝子開扉（強化-15.0）
	主な内部仕上	界壁	-
		間仕切り壁	-
		床	コンクリート
構造	天井		CLT現し
	構造計算ルート		4号
	接合方法		ビス接合
	最大スパン		5820mm
	問題点・課題とその解決策		構法と構造について：主体構造は鉄骨造（平屋）とし、X・Y両方向とも純ラーメン構造とする。鉄骨造平屋で200㎡以下のため、法第6条第4号、法第20条第4号にそれぞれ該当する。令第69条（斜材、壁等の配置）への適合については、本建築物は純ラーメン構造のため、除外規定（昭62建告第1899号）による。小屋組は鉄骨およびCLTで構成し、CLTは勾配屋根版（無梁構造）および垂直の振れ止め壁に使用する。勾配屋根版は鉄骨方柱により中間支持し連続梁構造とすることで、約6mの柱スパンに対して120mm厚で実現可能である。CLTと鉄骨の接合は、切板とビスのみによるシンプルな方式により、一般的な技術水準のファブリケーターで十分に対応可能である。 構造体と外装について：鉄骨とCLTのハイブリッド構造を超短工期で実現するにあたって、鉄骨工場での一部ユニット化とCLTに金物をつけての建方を実践した。この時鉄骨の精度が全体の外装その他を取り付ける精度とずれを生じ、それらを外装下地で全て調整するディティールとした。
防耐火	防火上の地域区分		防火地域
	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-2）
問題点・課題とその解決策		延面積100㎡未満とすることで準耐火建築物（ロ-2）でCLT現しを可能とした。	
温熱	建築物省エネ法の該当有無		該当なし
	温熱環境確保に関する課題と解決策		CLTパネル同士をハーフラップ接合とした。
	主な断熱仕様（断熱材の種類・厚さ）	屋根（又は天井）	CLT120+木毛セメント板t=20
		外壁	-
床		-	
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		本計画では要求はなかったが、ハーフラップ接合を遮音性能向上に有効だと考える。
	建て方における課題と解決策		上記の構造の欄に記す。
	給排水・電気配線設置上の工夫		-
	劣化対策		CLTについては全面ガラス外装で包むことによって、劣化を防ぐ。
工程	設計期間		2022年7月1日～8月25日（2ヵ月）
	施工期間		2022年10月5日～2023年2月20日（5ヵ月）
	C L T躯体施工期間		2023年1月11・12・13日（2.5日）
竣工（予定）年月日		2023年2月24日	
体制	発注者		呉市長
	設計者（複数の場合はそれぞれ役割を記載）		有限会社 阪根宏彦計画設計事務所 代表取締役 阪根 宏彦
	構造設計者		株式会社 村田龍馬設計所 代表取締役 村田 龍馬
	施工者		大和興業 株式会社 代表取締役 梅尾 裕一
	C L T供給者		サイプレス・スナダヤ 株式会社 専務取締役 砂田 雄太郎
ラミナ供給者		同上	

実証事業名：呉市海事歴史科学館(大和ミュージアム)大型旋盤展示施設の建築実証

建築主等／協議会運営者：大和興業株式会社／有限会社阪根宏彦計画設計事務所

1. 実証した建築物の概要

用途		博物館その他		
建設地		広島県呉市宝町		
構造・工法		鉄骨造		
階数		1		
高さ（m）		10.021	軒高（m）	9.376
敷地面積（㎡）		28179.73	建築面積（㎡）	99.94
階別面積	1 階	99.94	延べ面積（㎡）	99.94
	2 階	－		
	3 階	－		
CLT 採用部位		屋根、壁		
CLT 使用量（m³）		加工前製品量 28.00 m³、加工後建築物使用量 22.78 m³		
CLT を除く木材使用量（m³）		－ m³		
CLT の仕様	（部位）	（寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種）		
	壁	120mm 厚/3 層 4 プライ/Mx90A/桧		
	床	－		
	屋根	120mm 厚/3 層 4 プライ/Mx90A/桧		
設計期間		2022 年 7 月 1 日～8 月 25 日（2 ヲ月）		
施工期間		2022 年 10 月 5 日～2023 年 2 月 20 日（5 ヲ月）		
CLT 軀体施工期間		2023 年 1 月 11・12・13 日（2.5 日）		
竣工（予定）年月日		2023 年 2 月 24 日		

2. 実証事業の目的と設定した課題

呉市海事歴史科学館（大和ミュージアム）大型旋盤展示施設を現代の先端技術である、CLT と S 造によるハイブリット構法の準耐火建築で、実現する機会を得た。設計時、CLT+S ユニットでの建て方も採用し、さらなる超短工期で合理的に、かつ、現代の普遍的技術で実現することが課題である。これまでに複数の実践で、本事業での報告を重ねている継続的な実証を、更なる合理化の追求と現在普及している技術で展開する。そのためには、S 造と CLT によるハイブリット構法の建方を、鉄骨工事業者によるプレファブ化、同躯体の全面的な施工と建方を単一業者で進める。S 造と CLT によるハイブリット構法では、木質構造は木工事施工業者が行い、鉄骨造を鉄骨工事業者が行うことは、従来の工期、各工事の期間確保や、重機の各工種での手配・利用等など、合理的ではない。品質精度の問題意識や、両者の責任所在など多くの課題を含むこととなる。さらに、工程管理を工種による合理化で検

討する従来の施工法では、短工期化に限界がある。このような観点から建築実証を、大胆な工種の一元化と合理化を見越した設計で、実現することとした。また、内部空間は CLT の檜材を現しで、仕上げを要しない設計である。総合的なコストの低減効果を主軸に、建設の合理性から設計するのみならず、地域建設会社による自力施工を促す技術となる。従来コスト高で乖離しやすい先端性と普及性に対し、総体的な解決手法の提示である。工費縮減を促進し、CLT+S 造によるハイブリット構法を小規模な施設から大規模な建築への普及を目指す。具体的には今回実証事業で設定した構造・構法的な課題は以下である。

・**構法と構造について**：主体構造は鉄骨造（平屋）とし、X・Y 両方向とも純ラーメン構造とする。鉄骨造平屋で 200 m²以下のため、法第 6 条第 4 号、法第 20 条第 4 号にそれぞれ該当する。令第 69 条（斜材、壁等の配置）への適合については、本建築物は純ラーメン構造のため、除外規定（昭 62 建告第 1899 号）による。小屋組は鉄骨および CLT で構成し、**CLT は勾配屋根版（無梁構造）**および垂直の振れ止め壁に使用する。勾配屋根版は鉄骨方丈により中間支持し連続梁構造とすることで、約 6m の柱スパンに対して 120mm 厚で実現可能である。CLT と鉄骨の接合は、切板とビスのみによるシンプルな方式により、一般的な技術水準のファブリケーターで十分に対応可能である。

・**ビス施工の確認（施工手順、作業時間（施工性）、施工精度）**：本建物は CLT と鉄骨のハイブリット構造で、CLT の屋根や壁は、CLT のパネル加工を極力減らす事と施工の合理化を図る目的で、ビス接合を採用している。鉄骨の上り梁を無梁の架構とし、CLT 板を屋根版とし、面合成をハーフラップ接合で補う。従来、鉄骨と併用する木造においては、ビス施工は、木工事施工業者が行い、鉄骨工事業者は行ってこなかった。そこで、本プロジェクトでは、地元の鉄骨業者でも施工できるように、実際施工される鉄骨業者に対して、実大モックアップを用いて、事前にビス施工の確認（施工手順、作業時間（施工性）、施工精度）を行った。CLT ハーフラップ接合の要素試験については本報告書による。

3. 協議会構成員

（設計監理）（協議会運営者）（有）阪根宏彦 計画設計事務所 阪根 宏彦 宮城 洋之

（施工管理）大和興業(株) 梅尾 裕一

（構造設計）(株)村田龍馬設計所 村田 龍馬

（木質構造設計・実証指導）(株)木質環境建築 川原 重明

（材料）(株)サイプレス・スナダヤ 砂田 雄太郎 山本 治彦

（鉄骨+CLT 施工）(株)筑邦製作所 古賀 道夫 吉瀬 幸一

4. 課題解決の方法と実施工程

S 造と CLT 造のハイブリット構法の総合図を有限会社 阪根宏彦計画設計事務所：阪根宏彦が、フレーム解析、総合的な構造設計を株式会社村田龍馬設計所：村田龍馬、接合部の仕様については株式会社 木質環境建築 川原重明が中心となり設計仕様、試験条件をとりまとめ、ハーフラップ接合の要素試験は木質環境建築 川原重明が行った。

・**施工確認を鉄骨会社で実大試験**：ハーフラップされた実大サイズのパネルに対して、鉄骨施工業者によるビス打ち確認を行った。施工精度、施工時間共に問題なく施工でき、鉄骨業

者でも十分施工可能であることを事前に確認することができた。

■要素試験で実証した接合部の解析：要素試験は、①面内せん断試験、②引抜き試験、③面外せん断試験の3種類の試験を行った。施工性、意匠性及び経済性に留意しながら最適条件を決定した。CLTのコスト増の要因、コスト縮減の方策について、実大でのビス施工を実施し、鉄骨工事での建て方と同様な合理性により、検討資料を作成した。

5. 課題解決の方法と実施工程

建設実証は2つのフェーズで進める。1.基礎着工から建方までに、接合部の詳細を総合施工図（鉄骨+CLT+外装）でまとめ、鉄骨会社の工場ではCLT屋根部分の実大モックアップ（ハーフラップ接合を実際にビス接合し、要する時間を確認）を現場検証する。これにより実際の建設手順が把握できコスト縮減もできる。2.実際のCLT+Sの建設に際し、工種の合理化（CLT+Sユニットでの建て方）や詳細の工事日報で実証する

＜協議会の開催＞

令和4年10月：第1回開催、詳細接合部の問題点洗い出し、ユニット化のバリエーション、CLT+外装詳細最終決定 10月17日第1回開催 11月12日：工場鉄骨+CLT検査、実大モックアップの実施方針の検証：第2回協議会開催（11月15日、11月21日、11月28日に分けて実施） 12月13日：第3回開催、CLT+Sの硝子外装の工種削減、施工方法決定 令和5年2月10日：第4回開催、実証事業の取りまとめ検討

＜施工＞

令和4年10月：10月5日着工 11月～12月：CLT+S 製品加工 1月：CLT+鉄骨ハイブリッド構造建方 令和5年1月末：CLT+鉄骨ハイブリッド構造建方完了 外装工事

6. 本実証から想定される課題

本事業で得られた超短工期のデータは小規模から大規模建築の建方の工程、工事想定に活用することができる。CLT+鉄骨ハイブリッドパネル構法の施工の合理化をさらに工夫し、総合的なコスト縮減を進め、外装のユニット化も工夫を要する。CLT+鉄骨躯体の精度の差に対し、外装はそれを包含吸収する技術が必要である。小規模から大規模建築まで、地域施工者の普遍的な技術で、今後もCLT+鉄骨ハイブリッド構法は展開可能となると思われる。

7. 建築物の写真等



外観 1（2023 年 1 月末） Fig.1.

外観 2 Fig.2. 外観（CLT 現し） Fig.3.



外装詳細（CLT+鉄骨マリオン+ガスケット） Fig.4.



完成パース外観 Fig.5.

8. コスト比較 CLT+鉄骨ハイブリッドパネル構法は、CLT 無梁構造で、檜の現しであることから、鉄骨造の RC デッキスラブに天井仕上げと、ALC 屋根に天井仕上げを行った場合との工事費比較を検討した。RC スラブ屋根は鉄骨梁の追加や杭基礎を要するなど重くなり高コストとなった。建物の軽量化が今回の設計では有効であった。CH=3000～7500 と高天井で、内部足場は加味していないが、本設計での、CLT 現しの有効性が確認できた。

9. 実証により得られた成果

鉄骨+CLT パネルハイブリッド構造によって、本実証により得られた成果を以下に示す。

- (1) 2.5 日の超短工期による CLT+S の建方が確認された。
- (2) 無梁 CLT 屋根の内部現し仕上げによりコスト縮減が確認された。
- (3) 外装硝子ファサードのマリオンや屋根の直接取り付けが有効であることを確認した。



鉄骨会社による CLT+鉄骨総合建方 Fig.6.

ビス打ち込みの事前確認

1. 目的

本建物は CLT と鉄骨のハイブリット構造であり、主体構造は鉄骨造であるが、CLT の屋根パネルや壁パネルは、CLT パネル加工を極力減らす事と施工の合理化を図る目的でビス接合を採用している。しかしながら、鉄骨と併用する木造においては、ビス施工は、従来、木工事施工業者が行い、鉄骨工事業者は行ってこなかった。

そこで、本プロジェクトでは、地元の鉄骨業者でも施工できるように、実際施工される鉄骨業者に対して、実大モックアップを用いて、事前にビス施工の確認（施工手順、作業時間（施工性）、施工精度）を行った。

同時に、CLT パネル加工の精度の確認、CLT パネル外観の確認を行った。

2. 施工確認

ハーフラップされた実大サイズのパネルに対して、鉄骨施工業者によるビス打ち確認を行った。施工精度、施工時間共に問題なく施工でき、鉄骨業者でも十分施工可能であることを事前に確認することができた。

	
ビス施工状況	ビス打ち後の状況
	
ハーフラップ加工	木質構造用ビス

接合部試験

1. 目的

本建物では、CLT 屋根パネルを面外方向に方杖で支持する事で、CLT 厚を薄く使用する方法を採用しているが、さらなる施工の合理化及び CLT の大判化を図るため、CLT パネル間をハーフラップジョイントとし、木質構造用ビスでそれらを接合する方法を採用した。その接合部の強度試験を行い、接合部の構造安全性を確認するとともに、設計用接合部強度特性値を誘導した。

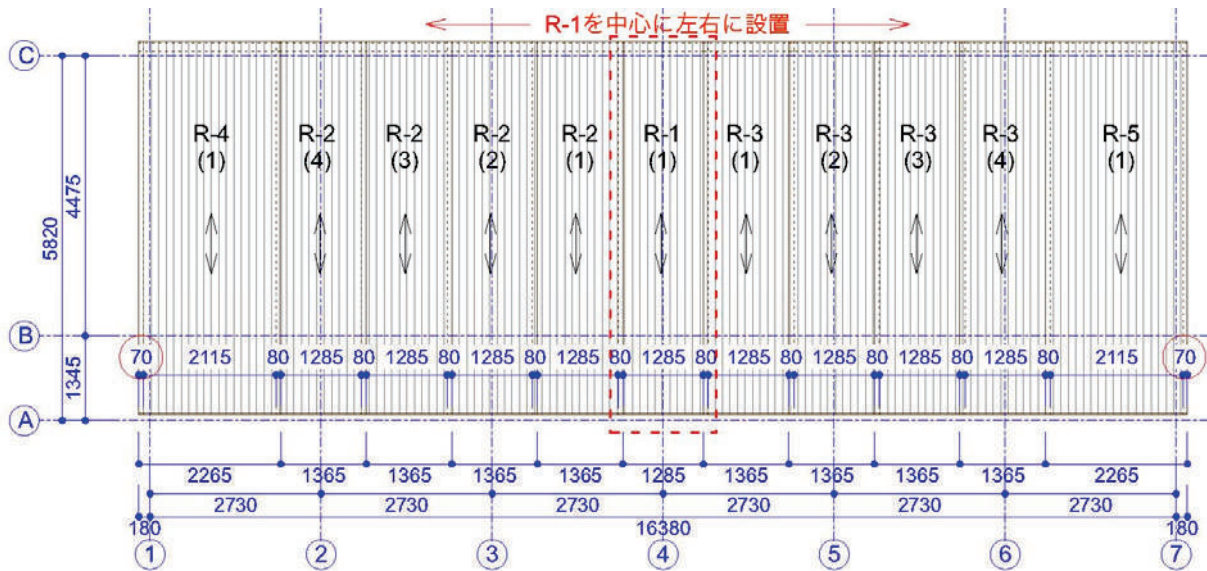


図 1.1 CLT 屋根パネル伏図

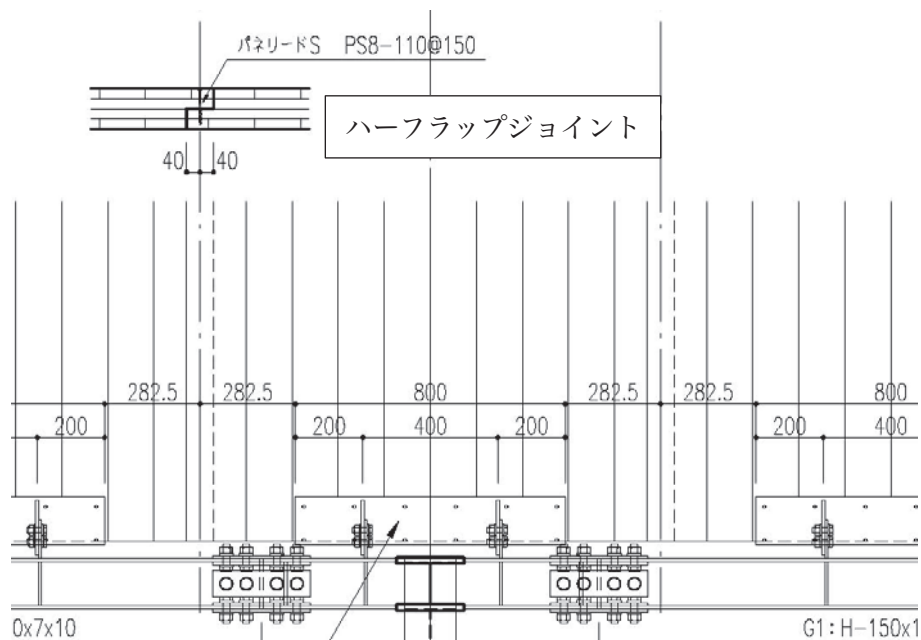


図 1.2 ハーフラップジョイント詳細

2. 接合部試験

接合部試験は、①面内せん断試験、②引抜き試験、③面外せん断試験の 3 種類の試験を行った。

①面内せん断試験は、水平構面の設計に必要となる接合部強度性能値を、②引抜き試験は、面外方

向の吹き上げ力に対する接合部強度性能値を、③面外せん断試験は、面外方向の鉛直力に対する構造安全性を確認することを目的に試験を行った。

2.1 試験体

(1) CLT：ヒノキ Mx90 3層4プライ 厚さ120mm

(2) 木質構造用ビス：PS8-110

試験体図を図2.1～図2.3に示す。

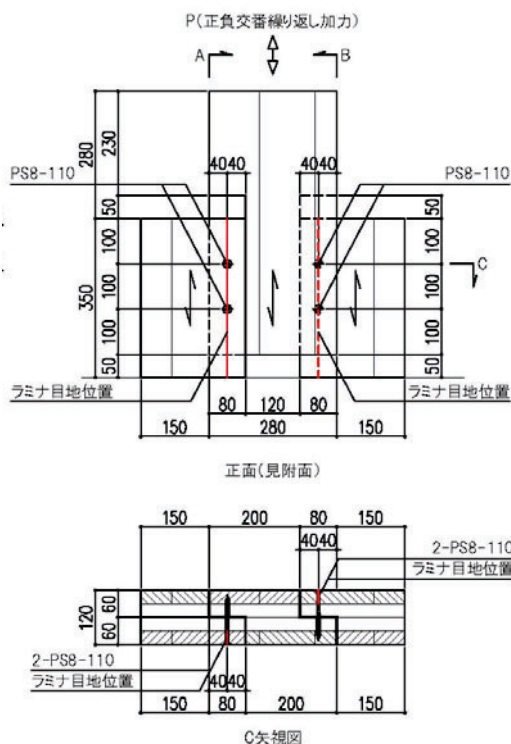


図2.1 面内せん断試験体 (S-1～S-6)

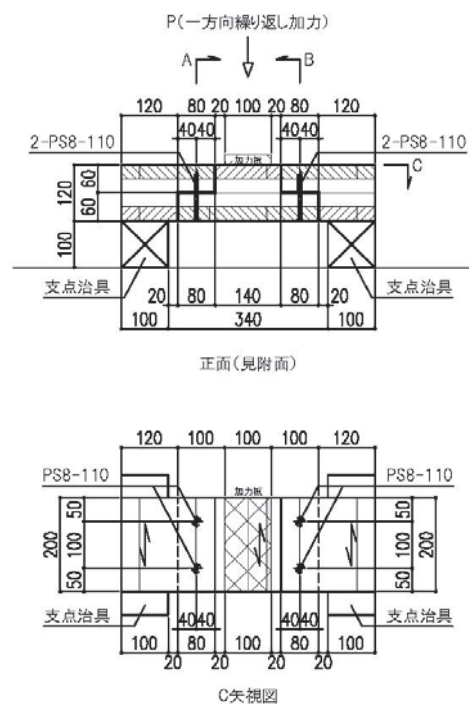


図2.2 引抜き試験体 (T-1～T-6)

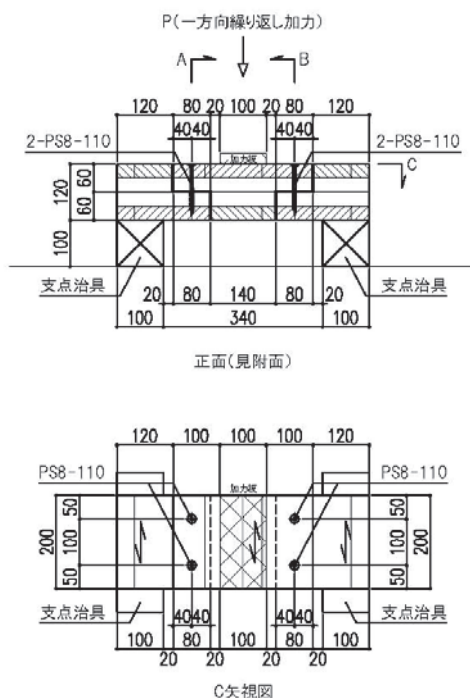


図2.3 面外せん断試験体 (O-1～O-6)

2.2 試験方法

①面内せん断試験は、正負交番繰り返し加力、②引抜き試験及び③面外せん断試験は一方向の繰り返し加力とした。試験状況を写真 2.1～写真 2.3 に示す。

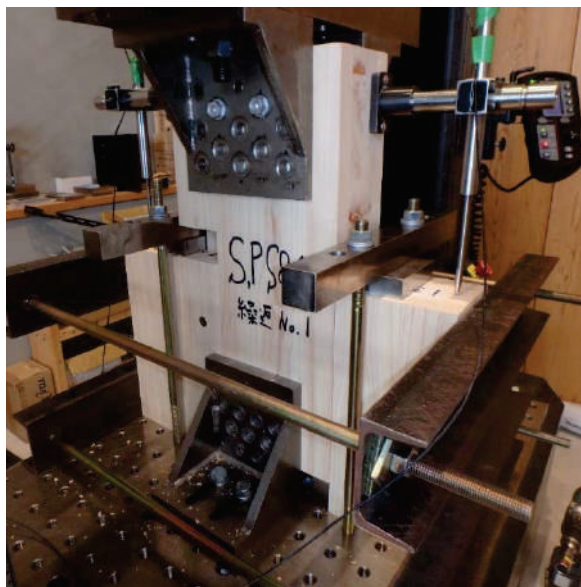


写真 2.1 試験状況（面内せん断試験）

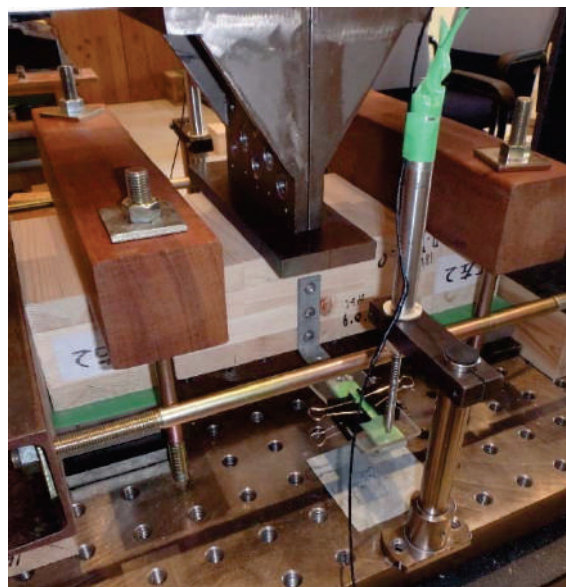


写真 2.2 試験状況（引抜き試験）

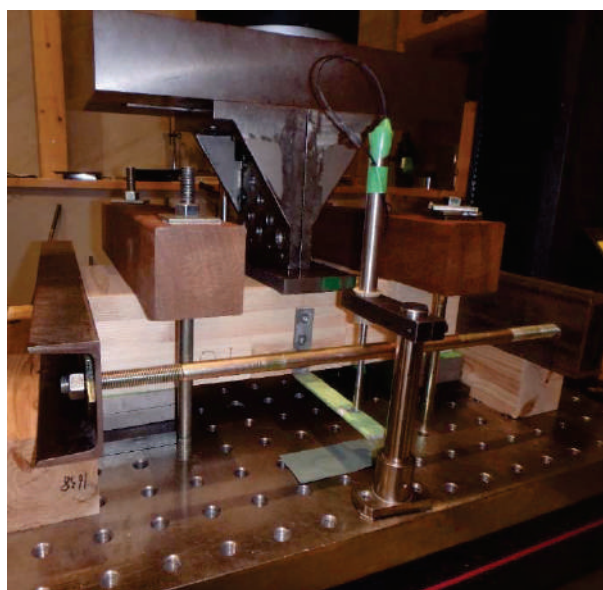


写真 2.3 試験状況（面外せん断試験）

3. 試験結果

面内せん断試験及び引抜き試験のビス 1 本あたりの特性値および包絡線を主な破壊状況と合わせ図 3.1～図 3.2 に示す。面外せん断試験の 1 接合部あたりの包絡線および最大耐力を主な破壊状況と合わせ図 3.3 に示す。

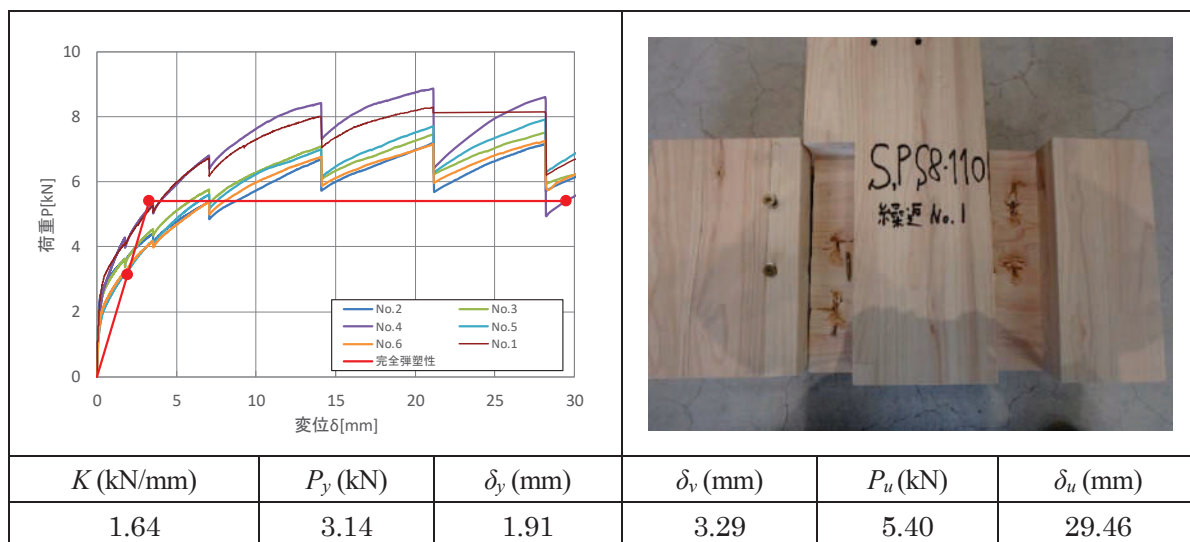


図 3.1 試験結果 (面内せん断試験)

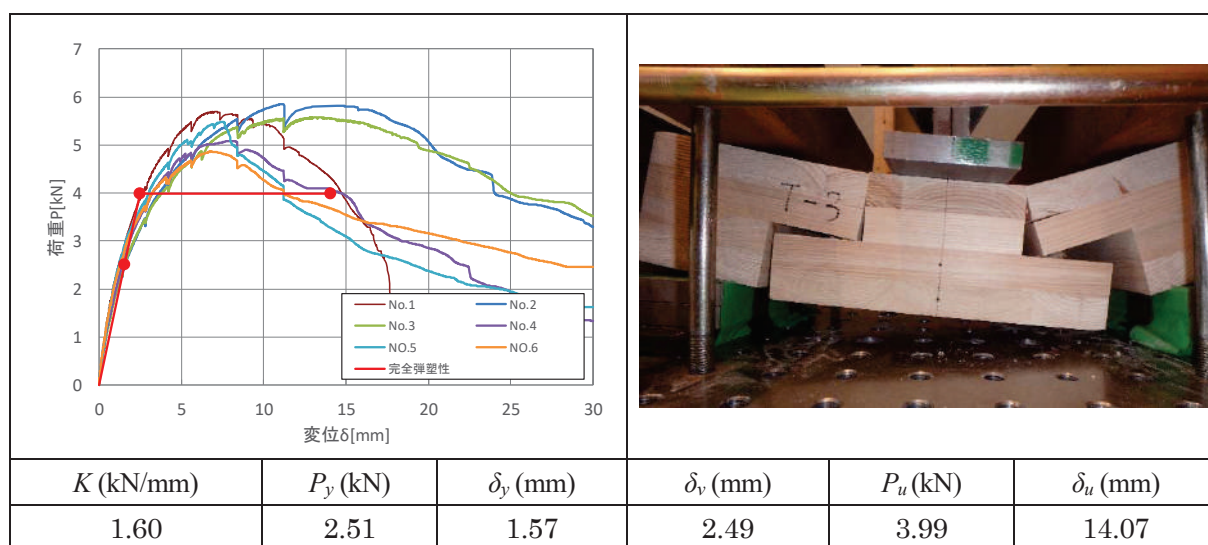


図 3.2 試験結果 (引抜き試験)

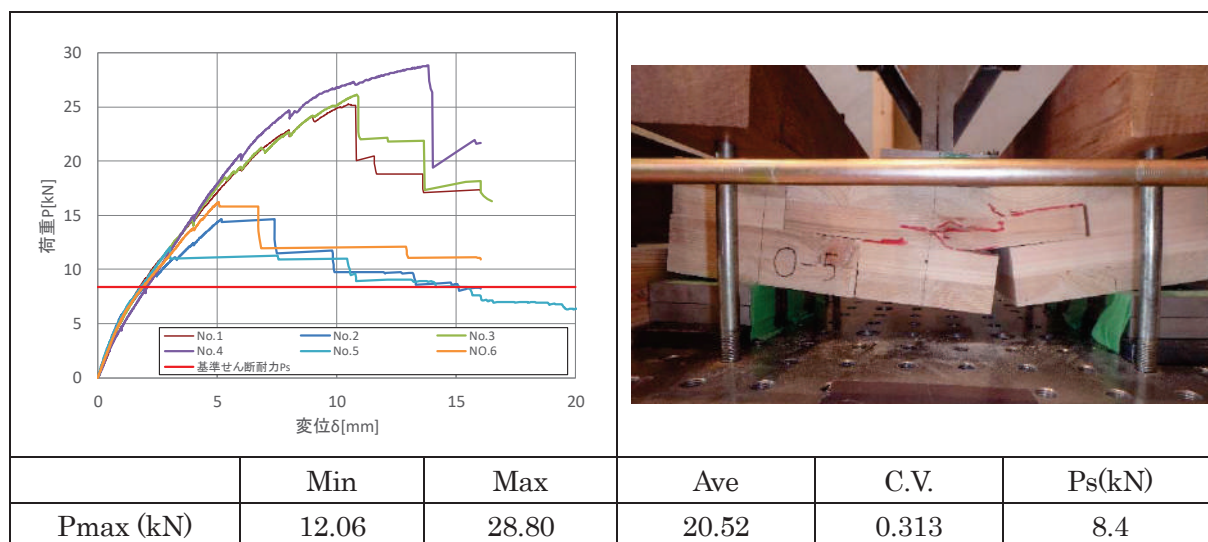


図 3.3 試験結果 (面外せん断試験)

建築物の平面図・立面図 別紙資料 3

[illegible]

記号 外観上

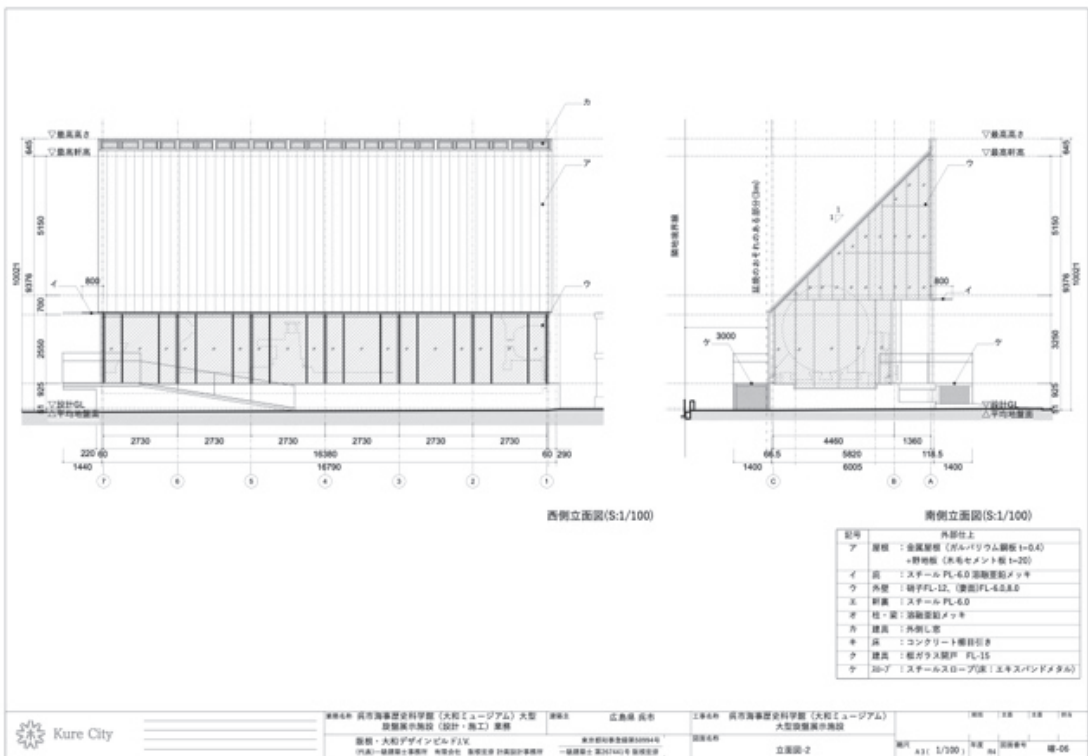
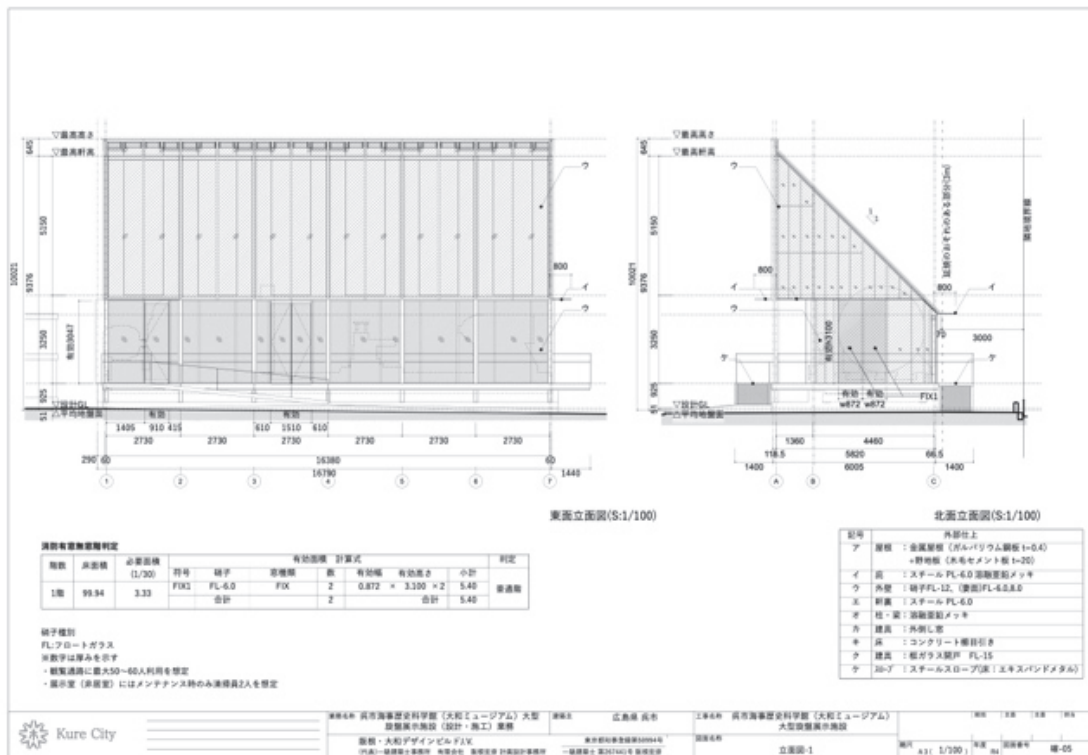
ア	屋根 : 金属屋根 (ガルバリウム鋼板 t=0.4)
イ	外壁 : 断熱板 (发泡ポリスチレン t=20)
エ	床 : スチール PL-6.0 溶融亜鉛メッキ
ウ	外壁 : 珪子FL12 (断面FL-6.6.6.6)
エ	軒裏 : スチール PL-6.0
オ	柱・梁 : 溶融亜鉛メッキ
カ	建具 : 外開き窓
キ	床 : コンクリート磨き目
ク	建具 : 組付ガラス扉 FL-15
ケ	天井 : スチールスロープ床 (正半スパンドメタル)

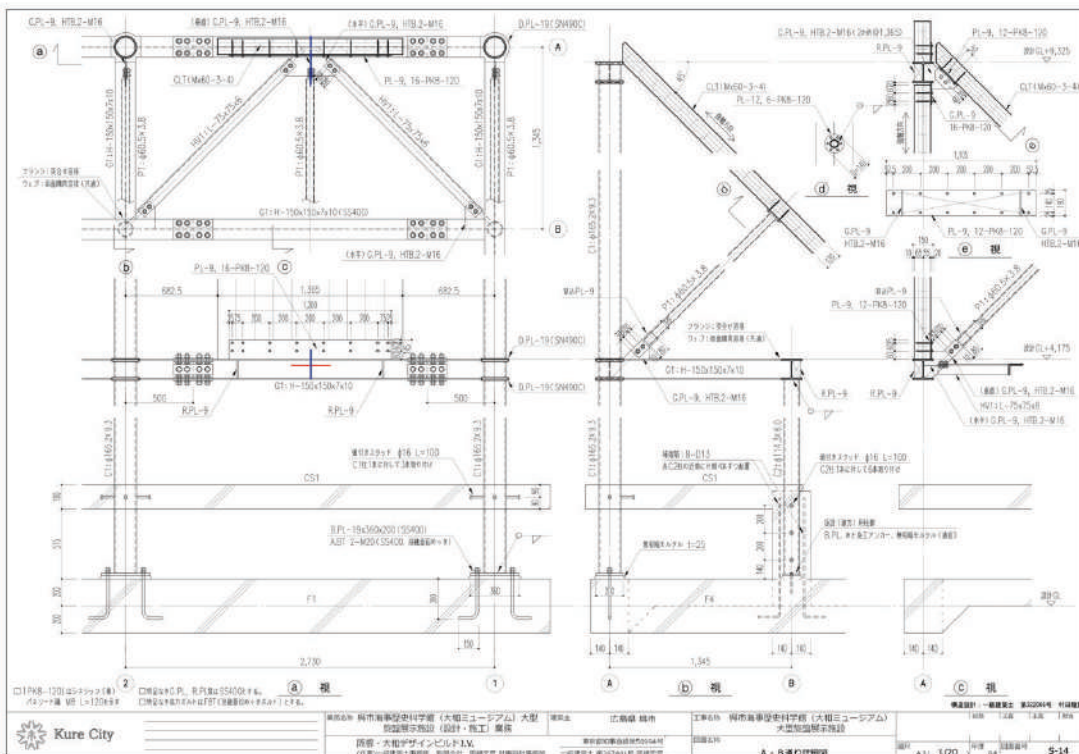
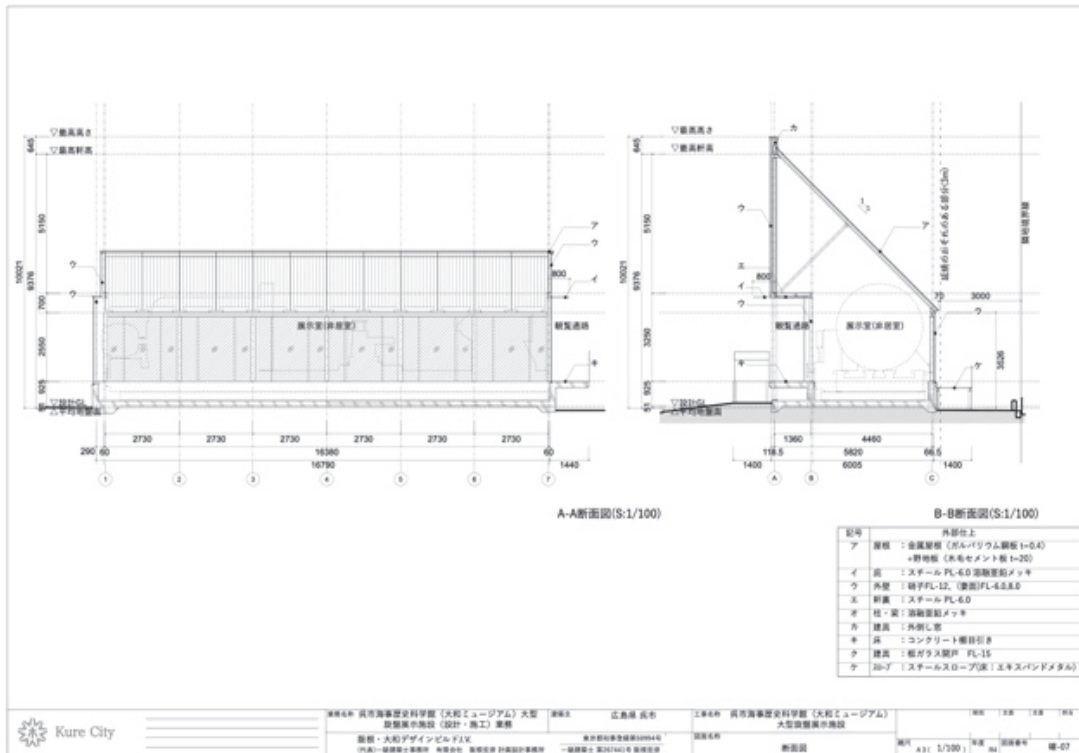
屋根伏図 (S1/100)

平面図・配膳図 (S1/100)

資料名 呉市海軍歴史資料館「大和ミュージアム」大型
設備展示施設 (設計・施工) 業務
図面・大和デザインセンター
7/16日・10/16日・10/16日・10/16日・10/16日・10/16日・10/16日・10/16日・10/16日・10/16日
一般建築士 第2074号 事務所

資料名 呉市海軍歴史資料館「大和ミュージアム」
大型設備展示施設
図面名 平面図、配膳図、設備図
縮尺 1/100 1/100 1/100 1/100 1/100 1/100 1/100 1/100 1/100 1/100
図番 A31 1/100 1/100 1/100 1/100 1/100 1/100 1/100 1/100 1/100 1/100





1. 躯体工事費の比較

別紙4

躯体工事費(構造躯体まで) (税抜・千円)		実証事業の建築物 (C)	CLT使用部位をRC 造(デッキスラブ)に 変更した場合 (D)	CLT使用部位をALC に変更した場合 (E)	経費増減額 (C)-(D)	経費増減額 (C)-(E)	経費増減の特記
基礎工事計(E)	土工事	767	767	767	0	0	地業工事を含む
	基礎工事	8,533	10,533	8,533	△ 2,000	0	(D)重量の増加によって 杭工事を見込む必要がある
基礎工事計(E)		9,300	11,300	9,300	△ 2,000	0	
上部躯体工事	仮設工事	1,400	1,400	1,400	0	0	
	鉄骨工事	17,430	19,778	19,778	△ 2,348	△ 2,348	(D),(E)は鉄骨梁の追加で、5.87t 加工費+建方費40万
	コンクリート工事	5,694	5,694	5,694	0	0	
	外装工事	10,319	10,319	10,319	0	0	
	防水・シール工事	227	227	227	0	0	
	硝子工事	6,444	6,444	6,444	0	0	
	CLT壁+鉄骨工事	959	959	959	0	0	
	CLT屋根工事	3,824	2,944	1,846	880	1,978	(D),(E)は別紙明細による 鉄骨工事,CLTパネル費用加算
	左官工事	60	60	60	0	0	
	屋根工事	210	210	210	0	0	
	内装・雑工事	1,983	3,343	3,343	△ 1,360	△ 1,360	RC、ALCの場合は天井仕上げを要する
上部躯体工事計(F)		48,550	51,378	50,280	△ 2,828	△ 1,730	
合計(E)+(F)		57,850	62,678	59,580	△ 4,828	△ 1,730	
延べ面積あたり工事単価(千円/㎡)		579	627	596	△ 48	△ 17	

※比較対象した数字は左寄せ黒字

No.	工 種	仕 様	数量	単位	単 価	金 額	摘 要
CLT使用部位をRC造(デッキスラブ)に変更した場合 (D)							
	デッキ+コンクリート						
	デッキプレート敷込		136.0	㎡	3,500	476,000	
	コンクリート打設		20.4	㎡	17,200	350,880	
	同上打設手間		20.4	㎡	4,500	91,800	
	ポンプ車セット料	基本料金	1.0	回		57,000	
	圧送量		20.4	㎡	800	16,320	
	残コン処理費		1.0	回		10,000	
	モルタル		0.5	㎡	19,000	9,500	
	天端コンクリート補修		136.0	㎡	1,000	136,000	
	型枠	フタ、セバ共	136.0	㎡	8,000	1,088,000	
	止めアングル		49.4	m	2,000	98,800	
	鉄筋	D10 @150	1,900	kg	250	475,000	
	荷揚費		3.0	回	45,000	135,000	
	計					2,944,300	
CLT使用部位をALCに変更した場合 (E)							
	ALC						
	ALC板敷	厚120	136	㎡	8,900	1,210,400	
	止めアングル		49	m	2,000	98,800	
	荷揚費		1	回		45,000	
	傾斜屋根ジョイント部鉄筋+急傾モルタル	ALC2700*600 四周6.6m	554	m	800	443,200	
	計					1,797,400	