

2.5 南予森林組合

事業名		南予森林組合事務所新築工事	
実施者（担当者）		南予森林組合（増田真人）	
建築物の概要	用途		事務所
	建設地		愛媛県北宇和郡鬼北町大字奈良4073-7
	構造・工法		木造軸組工法+CLT面材利用
	階数		2
	高さ（m）		9.53
	軒高（m）		8.2
	敷地面積（㎡）		6998.54
	建築面積（㎡）		611.22
	延べ面積（㎡）		772.11
	階別面積		1階
2階			242.23
CLTの仕様	CLT採用部位		屋根、壁、床(天井)、階段
	CLT使用量（㎡）		加工前製品量151.06㎡、建築物使用量146.39㎡
	壁パネル	寸法	150mm厚
		ラミナ構成	5層5プライ
		強度区分	S90
		樹種	ヒノキ
	床パネル	寸法	210mm厚
		ラミナ構成	5層7プライ
		強度区分	S90
		樹種	ヒノキ
	屋根パネル	寸法	150mm厚
		ラミナ構成	5層5プライ
		強度区分	S90
樹種		ヒノキ	
木材	主な使用部位（CLT以外の構造材）		柱:ヒノキ製材・集成材、スギ製材・集成材 梁桁:ヒノキ製材・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		101.59㎡
仕上	主な外部仕上	屋根	塩ビ系シート防水1.5 機械的固定工法
		外壁	窯業系サイディング16
		開口部	アルミサッシ+複層ガラス（中空層幅10mm）
	主な内部仕上	界壁	CLT現し
		間仕切り壁	CLT現し、PB12.5+ビニルクロス
		床	1階：RC同時鑢+ビニル床タイル 2階：構造用合板12+ビニル床タイル
		天井	CLT現し、木天井下地+PB9.5
構造	構造計算ルート		ルート1
	接合方法		ビス接合、パネリード接合、LSB+箱型金物接合
	最大スパン		11m
	問題点・課題とその解決策		CLTパネルどうしの最適な接合方法を検討し、既製接合具の利用及び面外曲げ接合に対応できる接合部を考案した。 円筒シェルの開き止めとしてタイロッドを使用した。
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		その他
	問題点・課題とその解決策		－
温熱	建築物省エネ法の該当有無		該当なし
	温熱環境確保に関する課題と解決策		土間下及び屋根・壁の外側に断熱材設置+複層ガラス
	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 ・ 25mm
		外壁	押出法ポリスチレンフォーム 保温板 3種 ・ 25mm
		床	押出法ポリスチレンフォーム 保温板 3種 ・ 25mm
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		2階床に遮音二重床を採用
	建て方における課題と解決策		屋根CLTパネル架構時に防水シートで養生
	給排水・電気配線設置上の工夫		在来木造軸組と併用しルート確保
	劣化対策		浸透性保護塗料を塗布
工程	設計期間		2020年5月～8月（4ヵ月）
	施工期間		2020年9月～2021年3月（6.5ヵ月）
	CLT躯体施工期間		2020年12月中旬～2021年1月中旬（4週間）
	竣工（予定）年月日		2021年3月31日
体制	発注者		南予森林組合
	設計者（複数の場合はそれぞれ役割を記載）		基本・実施設計:新企画設計(株)(建築・設備・外構),(株)SUEP(建築)
	構造設計者		(有)金箱構造設計事務所
	施工者		(株)愛媛建設
	CLT供給者		株式会社サイプレス・スナダヤ
	ラミナ供給者		南予森林組合（愛媛県南予産材）

実証事業名：南予森林組合事務所新築工事

建築主等／協議会運営者：南予森林組合／南予森林組合

1. 実証した建築物の概要

用途		事務所		
建設地		愛媛県北宇和郡鬼北町		
構造・工法		木造軸組工法+CLT 面材利用		
階数		2		
高さ（m）		9.53	軒高（m）	8.20
敷地面積（㎡）		6998.54	建築面積（㎡）	588.70
階別面積	1 階	529.88	延べ面積（㎡）	772.11
	2 階	242.23		
CLT 採用部位		屋根、壁、床(天井)、階段		
CLT 使用量（m³）		加工前製品量 151.06 m³、加工後建築物使用量 146.39 m³		
CLT を除く木材使用量（m³）		101.59 m³（合板含む）		
CLT の仕様	（部位）	（寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種）		
	屋根	150mm 厚/5 層 5 プライ/S90/ヒノキ		
	壁	150mm 厚/5 層 5 プライ/S90/ヒノキ		
	床(天井)	210mm 厚/5 層 7 プライ/S90/ヒノキ		
	階段	120mm 厚/3 層 4 プライ/S90/ヒノキ		
設計期間		2020 年 5 月～8 月（4 カ月）		
施工期間		2020 年 9 月～2021 年 3 月（6.5 ヶ月）		
CLT 躯体施工期間		2020 年 12 月中旬～2021 年 1 月中旬（4 週間）		
竣工（予定）年月日		2021 年 3 月 31 日		

2. 実証事業の目的と設定した課題

連続円筒シェルの屋根に CLT パネルを用いる利用方法を実証すること、及び軸組工法に CLT パネルを耐力壁や屋根・床材として利用することで新しい CLT パネルの活用法を実証する。また木材及び施工図を分離発注することにより、木材調達コストの明確化や早期発注による木材の品質確保等、今後の効率的な地域産材活用のモデルケースとして位置づける。設定した課題は以下である。

- (1) 連続円筒シェルの屋根に CLT パネルを用いる利用方法を実証する。このために必要となる強度・剛性を有する接合部を検討し、既存の接合金物を適用できない部分については新規の接合金物を考案し強度・剛性を実感により明らかにする。
- (2) スギ・ヒノキの製材・集成材を用いた軸組工法において一方向の耐力壁に CLT パネルを、

他方向に構造用合板の耐力壁を用いる適材適所の利用によりコスト削減を図る。軸組工法に CLT パネルを組み込むディテールを考案する。

- (3) 木材及び施工図を分離発注することによる木材調達コストの明確化や早期発注による木材の品質確保。

3. 協議会構成員

南予森林組合 代表理事組合長 兵頭 謙太郎（建築主・運営者）

愛媛県南予地方局森林林業課 課長 山岡 愛嗣

宇和島市農林課 課長 和田 恵朗

松野町農林振興課 課長 小西 亨

鬼北町農林課 課長 松本 秀治

(一社)南予森林管理推進センター 事務局長 善家 正利

新企画設計(株) 企画室長 柳原 直和（実務者）

(株)SUEP 代表取締役 末光 弘和

(有)金箱構造設計事務所 代表取締役 金箱 温春

愛媛建設株式会社 主任 伊勢田 英樹

4. 課題解決の方法と実施工程

連続円筒シェルの屋根への CLT パネルの利用については、構造的な課題の解決は金箱構造設計事務所が中心となり、解析的な検討、ディテールの検討、実験計画を取りまとめた。新規に考案した曲げモーメント抵抗用の接合部は LSB（ラグスクリュー）と接合金物からなり、施工性の検討及び強度実験の試験体の製作は地元の CLT 施工業者である上弘によって、強度実験は愛媛県林業試験センターにおいて実施した。

当初に考案した金物はコンパクトで納まりに優れていたが、施工性が極めて困難なことが分かり、改良案とした別の金物を考案した。そのため施工性の検討、強度試験は 2 回実施した。これらと並行して材料発注、施工図発注が本体工事とは別途に行われ、施工図及び CLT 加工を受注したサブコン(上弘)が施工性の検討や試験体の製作にあたることとなるメリットが生まれた。

<協議会の開催>

2020 年 5 月：第 1 回開催 実証事業のスケジュール、木材分離発注について

7 月：第 2 回開催 実証試験実施、内容 今後のスケジュール

10 月：第 3 回開催 工事進捗状況 今後の工程確認 建て方見学会

12 月：第 4 回開催 工事進捗状況、現地調査、建て方見学会について

2021 年 1 月：第 5 回開催 現地調査の報告について 今後の工程確認について

2 月：第 6 回開催 CLT 建築実証事業成果報告書の確認、工程確認について

<設計>

2020 年 5 月：基本、実施設計契約

6月：建築確認申請

7月：基本、実施設計変更契約

<施工>

2020年7月：施工図・加工図契約、木材分離発注契約

8月：入札公告

9月：入札～建設工事契約～着工

10月：木材分離発注確認検査、基礎工事

11月：基礎工事完成 CLT 一部搬入

12月：CLT 搬入、土台敷き～建方開始

2021年1月：住木センター現地調査、建方見学会

<性能確認>

2020年6月：試験体作成契約

7月：第1回実証試験実施（接合部圧縮試験 2体）

10月：第2回実証試験実施（接合部圧縮試験 2体）

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。

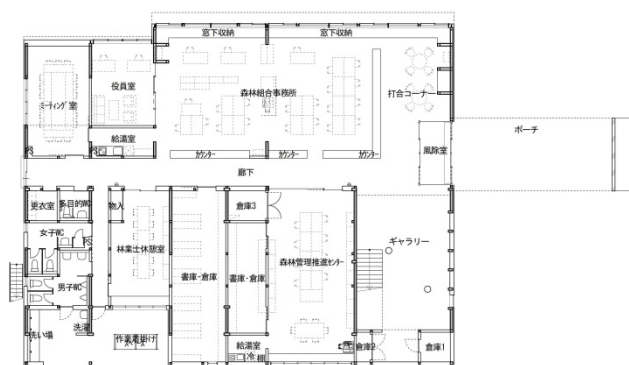
- (1) 屋根の円筒シェルは 1.2～2 mの幅の CLT 板を並べ、少しずつ角度を持たせて接合して円筒屋根を形成することができる。この際には、接合具としては①面内せん断力伝達用、②面外せん断力伝達用、③面外曲げモーメント伝達用の 3 種類が必要となる。①、②についてはビスやパネリードなど実験データが公表されている既存の接合具を用いることが可能である。
- (2) ③の接合部として、5 層 5 プライの CLT 板に外から 2 層目のラミナにラグスクリューボルトを埋め込んで軸方向の引張力に抵抗させ、CLT 板の圧縮側の抵抗とにより曲げ剛性、耐力を確保する方法が可能である。接合部は当初はブロック型のものを考案し、その後に施工性を考慮して角度を有した箱金物を考案した。
- (3) 上記の金物を用いて、実際に使用される屋根の一部を再現した実大の曲げ試験を行った LSB の単純引張実験のデータは既に公開されているものがある。この値を用いて解析モデルを作成し強度・剛性を評価した結果、解析によって安全側に評価できることが分かった。
- (4) ヒノキの製材・集成材を用いた軸組工法において、開放性が求められる方向の耐力壁に CLT パネルを用い、比較的壁が多い方向に構造用合板の耐力壁を用いる設計を実現した。CLT の適材適所の利用によりコスト削減を図ることが実証できた。また 2 層に渡る CLT 耐力壁を通し部材とすることで接合部の金物を削減することが可能となることも実証できた。
- (5) 木材及び施工図を分離発注することにより工期短縮を可能とし、また特殊な接合方法の施工実験を早期に行い施工的な問題点の解決を前倒しすることができた。

6. 本実証により得られた成果

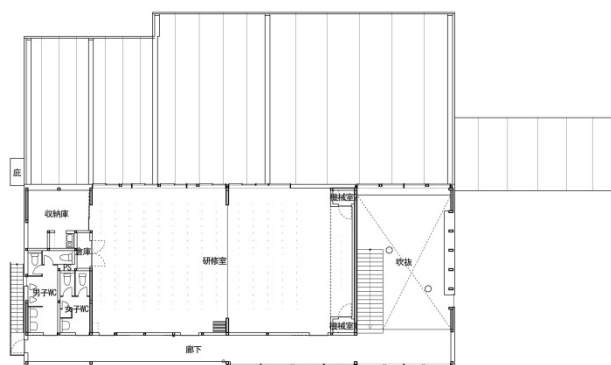
本プロジェクトで用いた面外の曲げ剛性を伝達する接合具は、LSB の引張特性と CLT の圧縮特性を基に構造計算で想定できることが分かり、同様の構造形式において適用できる。

CLT 耐力壁と構造用合板を使い分けることにより、一方向が開放された感じの建築空間を経済的に設計できることが実証でき、CLT パネルの使用法の可能性が広がり、今後の普及が期待できる。

7. 建築物の平面図・立面図・写真等



(1 階平面図)



(2 階平面図)



(北西面外観)



(南東面外観)



(施工状況写真)

■目次

1. 建築・設計概要
2. 構造概要
3. 強度実験
 3. 1 実験の目的と計画
 3. 2 加力後の試験体の状況
 3. 3 実験結果
 3. 4 予備解析と実験結果の比較と考察
4. 分離発注報告
 4. 1 木材調達分離発注
 4. 2 施工図・加工図分離発注
5. 施工状況報告
6. R C造とのコスト比較
7. 総括

1. 建築・設計概要



(完成予想図)

■山並みと調和する連続円筒シェルのオフィス

屋根形状は、周辺の山並み（南予アルプス）を表現し、機能を優先したシンプルな平面計画とともに、周辺の風景の一部となる大小の円筒のシェルの集合によって、地域環境と連続した開放的な空間となるように計画し、自然に直結した事業に相応しい事務所を目指し、CLTを活用した暖かく自然光にあふれ、快適な地域のシンボルとなる建築とします。

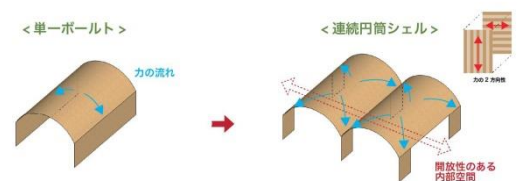


(事務所内観)

■開放的な連続円筒シェル

単一のボルト屋根では力の流れが1方向であるが、本事業の連続円筒シェル構造は、2方向に力が流れる構造であり、CLT板の2方向性を持つという特性が良く発揮できる構造形式です。

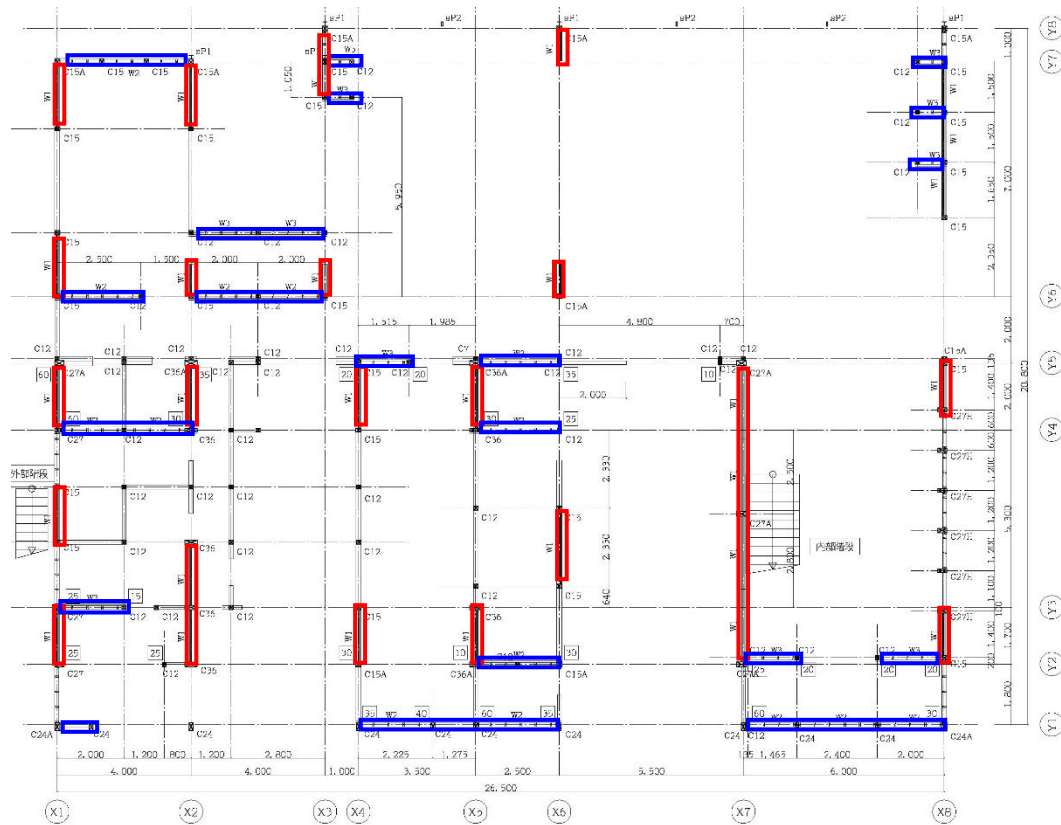
この構造形式では、下部構造において円筒シェル境界部分に最小限の耐力壁が必要となるが、その部に高耐力のCLT耐力壁を配置することで、連続円筒シェルの下部を開放的な空間とすることができます。



2. 構造概要

<下部構造>

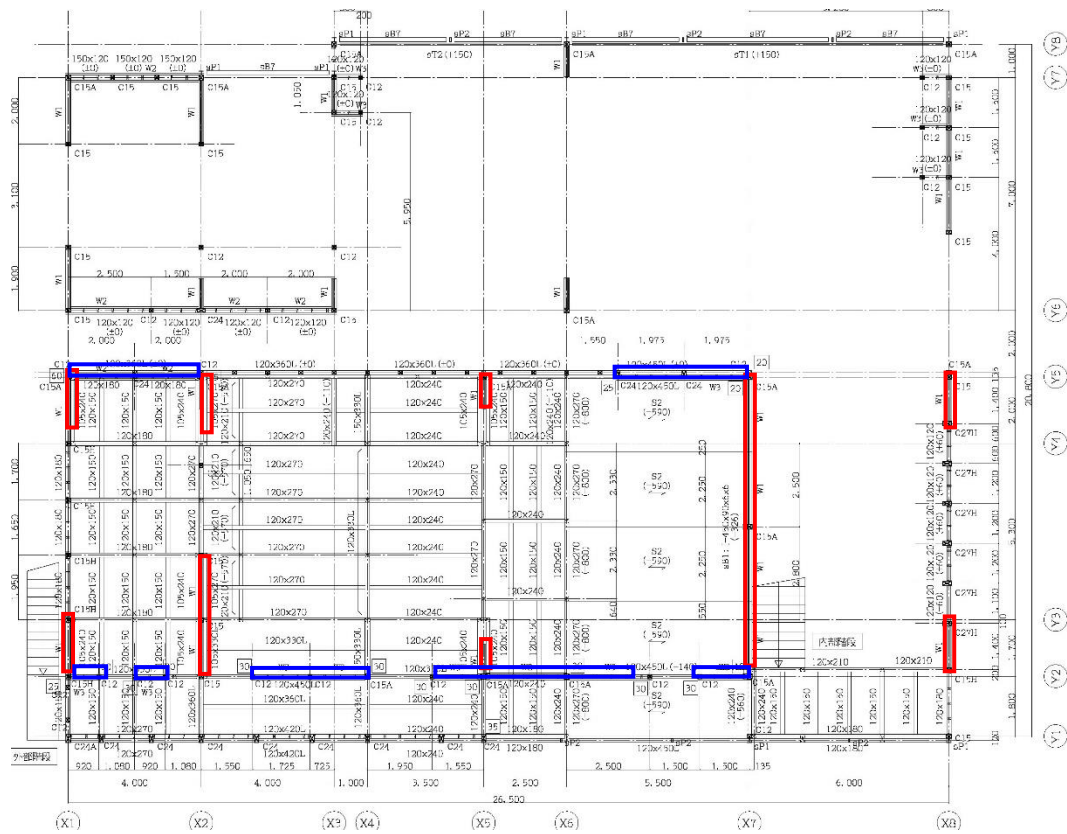
- ・ ヒノキの製材・集成材を用いた軸組工法であり、短手方向の耐力壁に CLT パネルを長手方向の耐力壁に構造用合板の耐力壁を用いている。
- ・ CLT 耐力壁は柱脚金物の降伏によって耐力が決まり、壁倍率換算で 10～12 倍となっている。1, 2 階の両方の耐力壁がある部分では 2 層分の一体の CLT パネルを用いている。
- ・ 床から CLT 耐力壁への荷重伝達は 2 種類を使い分けており、梁の側面に CLT パネルが配置されて、せん断ボルトで伝える方法と、CLT 屋根パネルと CLT 壁を金物を介してドリフトピンで接合する方法とした。
- ・ 長手方向の構造用合板耐力壁は両面貼りで釘ピッチを密にして、壁倍率換算で最大で 7 倍の耐力壁とした。



1 階耐力壁配置

CLT 耐力壁

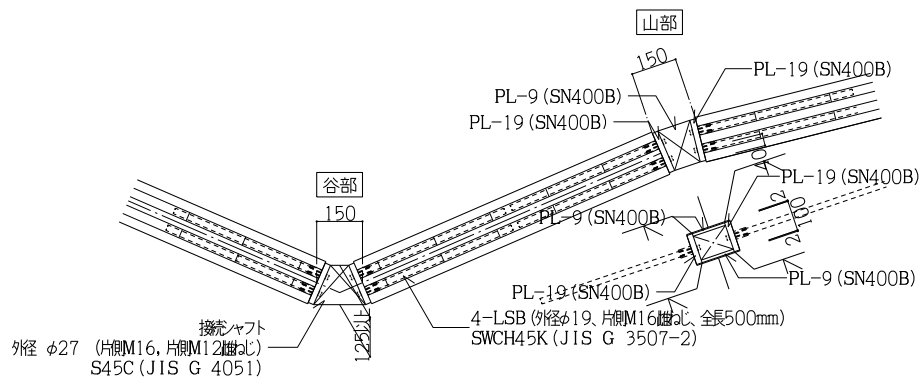
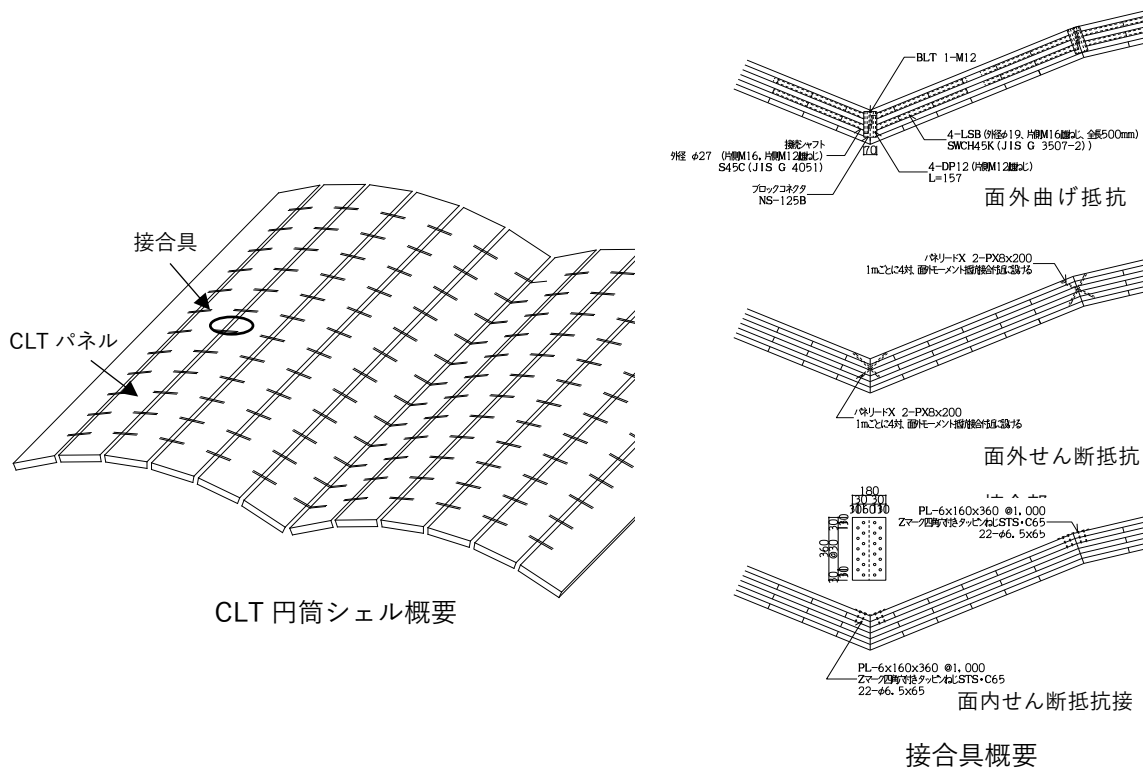
構造用合板耐力壁



CLT 耐力壁の詳細

<屋根構造>

- ・ 屋根に CLT 板の円筒シェルを用いており、1.2~2 mの幅の CLT 板を並べ、少しずつ角度を持たせて接合して円筒屋根を形成する。
- ・ 接合具として、面外曲げ抵抗（ラグスクリューボルト）・面外せん断抵抗（パネリード）・面内せん断抵抗（ビス打ち金物）の3種類の接合具を用いる。
- ・ この内、面外曲げ抵抗の接合方法は、外から2層目のラミナにラグスクリューボルトを埋め込んで軸方向の引張、圧縮の抵抗を行わせ、それと CLT 板の圧縮側の抵抗とにより曲げ剛性、耐力を確保する方法である

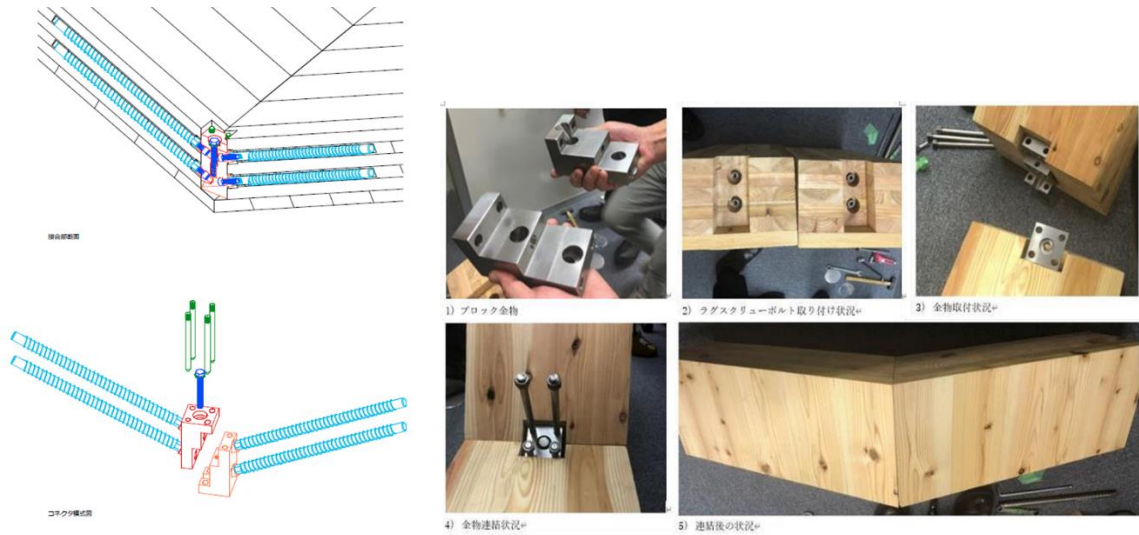


<考案した金物>

①ブロック型接合部（初期案）

特徴：コンパクトである

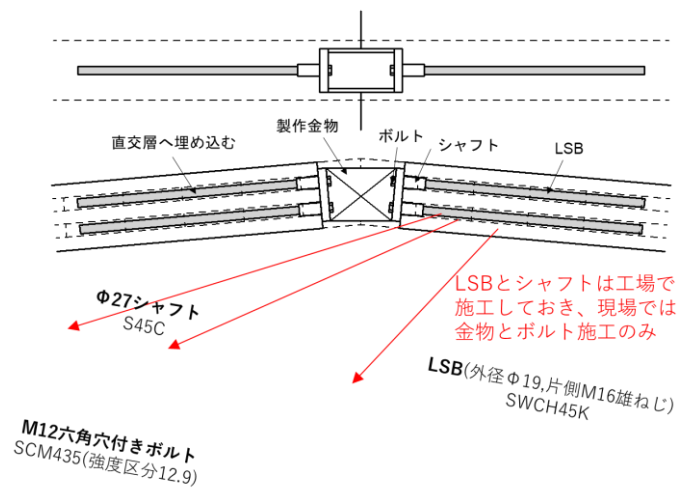
欠点：施工上の逃げが無く、施工が困難である



②箱金物型接合部（改良案）

特徴：プレートの組合せで安価である。施工がしやすい

欠点：CLT パネルに空けた穴を接合後に塞ぐ必要がある



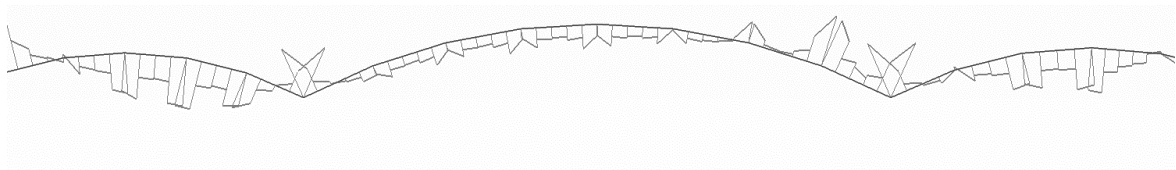
3. 強度実験

3.1 実験の目的と計画

ラグスリューについては単純な引張実験のデータはあるが曲げを加えた実験はほとんどないため、ラグスリューによって接合された CLT 板の曲げ剛性や耐力を確認するための実験を行う。

最も角度変化の大きい谷の部分を対象として実験を行う。

応力解析においては、下図に示すとおり谷の上部（凹側）が引張となるような曲げモーメントが生じるため、その状態を実験で再現する。



実験は以下に示す 2 点支持、2 点载荷の方法により山型に連結された CLT 板の接合部に曲げが生じるようにする。

<実験実施期間>

実験日 2020 年 7 月 17 日及び 2020 年 10 月 14 日

実験期間 愛媛県農林水産研究所 林業研究センター

主任研究員 藤田 誠

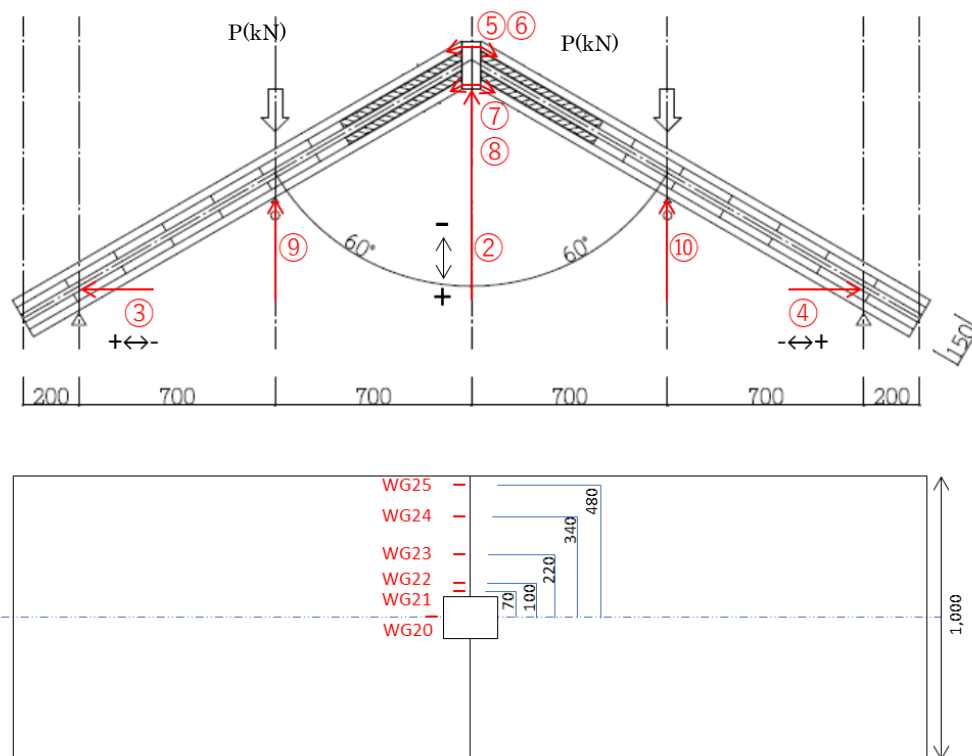
玉置 教司（主担当）

中川 美幸

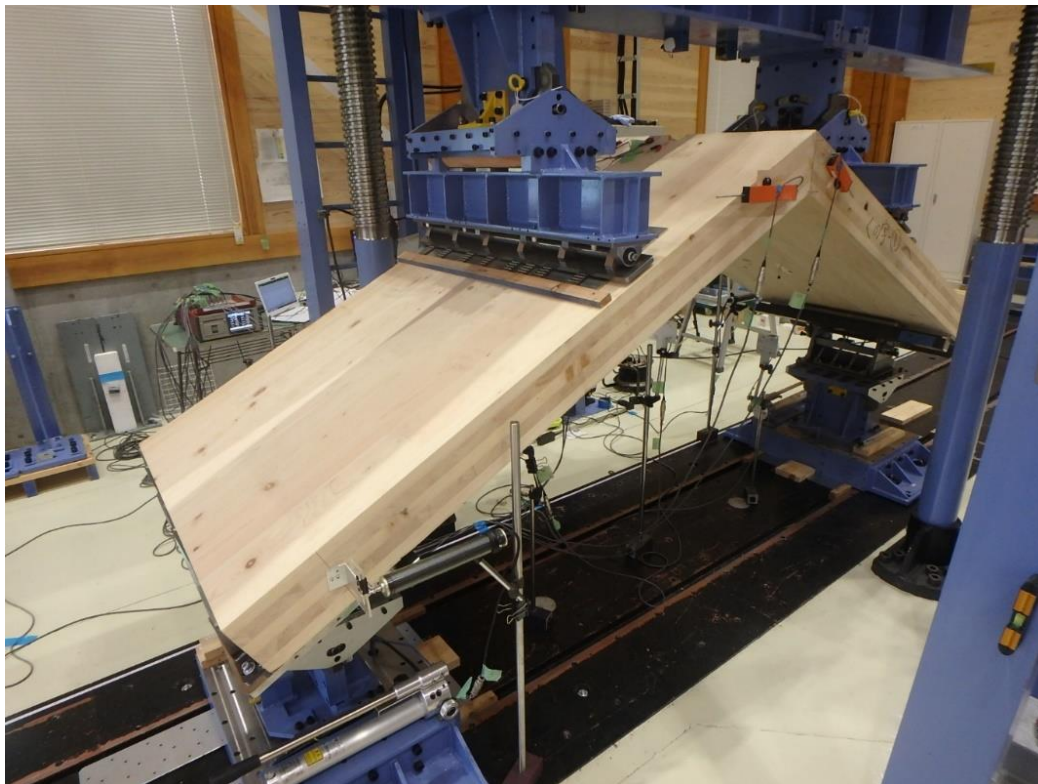
<試験体>

試験体名	構成材	数量(体)
CLT山形屋根 フレーム	CLTパネル(幅はぎ無し) 等級：S90-5-5、樹種：ひのき、 厚さ：150mm、幅：1,000mm 接合部 LSB：外径19mm×長さ500mm 金物：Aタイプ（試験体No1、2） Bタイプ（試験体No3、4） LSB-金物 接合：M12ボルト その他：図－1 参照	Aタイプ：2台 Bタイプ：2台 合計：4台

<加力位置と変位測定位置>

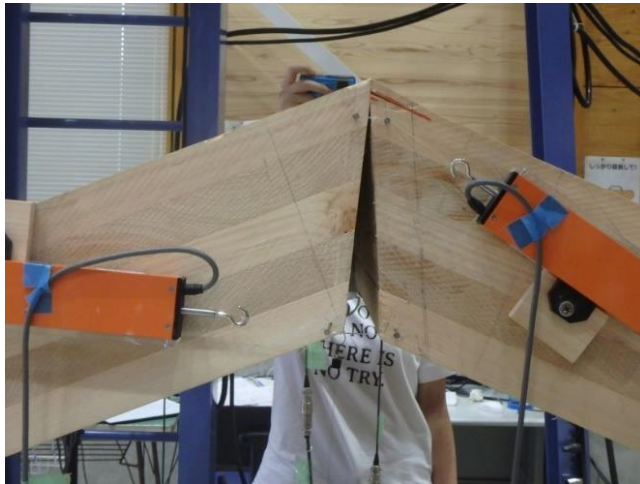


<加力状況>

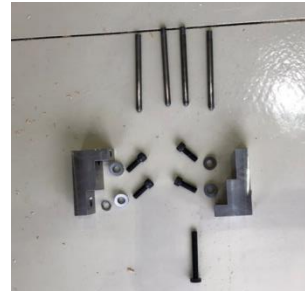


3.2 加力後の試験体の状況

<ブロック型接合部> 試験体 1



接合部の破壊状況（前側）



接合部の状況
（解体後）



実験終了後の金物薄肉部の
破壊

<箱金物接合部> 試験体 3



接合部の破壊状況（前側）



実験後のボルトの破断（解体後）



接合部の破壊状況（解体後）



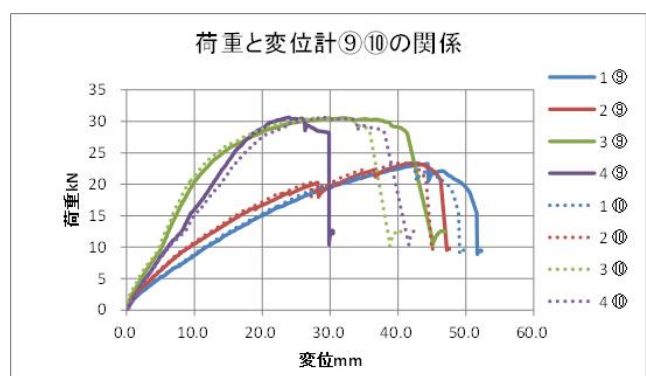
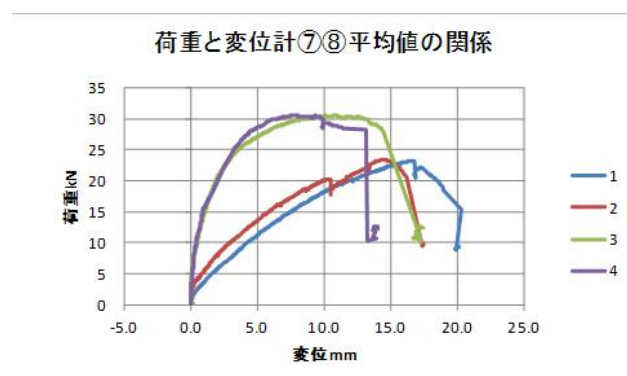
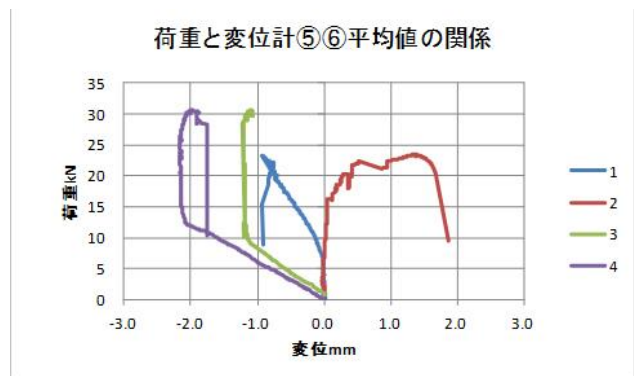
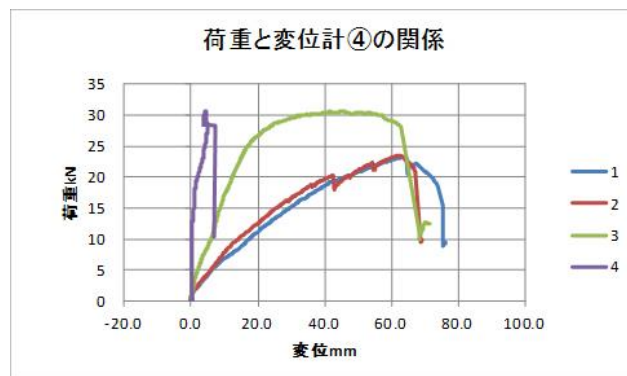
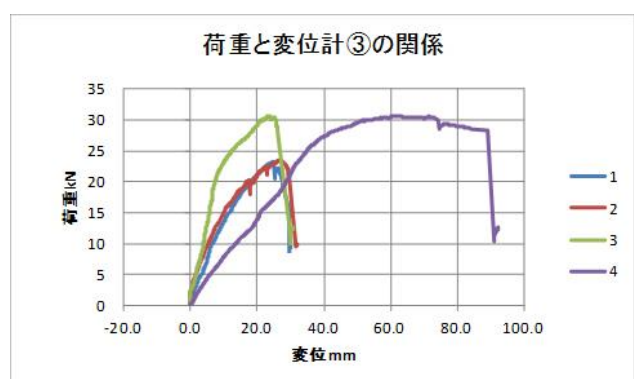
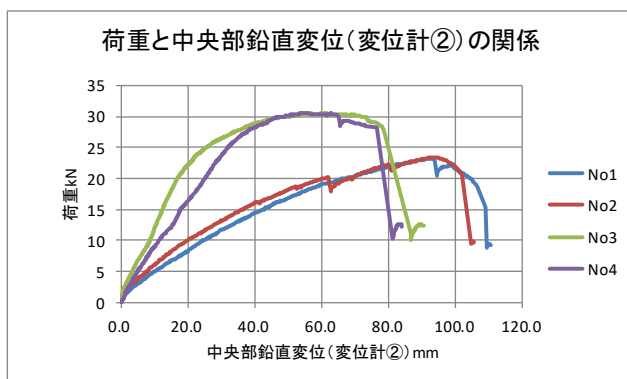
接合金物形状

3.3 実験結果

<最大荷重と破壊性状>

試験体NO	最大荷重時の		破壊性状	備考
	荷重 kN	中央部の 鉛直変位 変位計② mm		
1	23.29	93.8	CLTパネル突合せ圧縮部の 割裂破壊	金物A
2	23.39	93.4	CLTパネル突合せ圧縮部の 割裂破壊	金物A
3	30.56	60.2	LSBと金物を接合する ボルトの破断	金物B
4	30.64	55.7	LSBと金物を接合する ボルトの破断	金物B

<荷重－変位曲線>



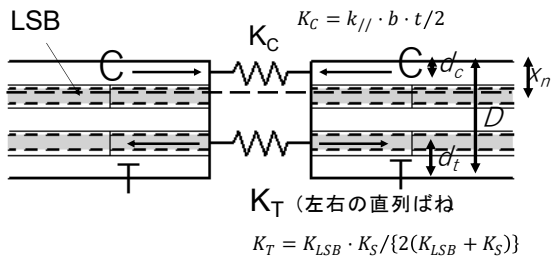
3.4 予備解析と実験結果の比較と考察

<解析に用いる接合部の特性>

引張実験結果から曲げ剛性・強度への置換

・算定条件

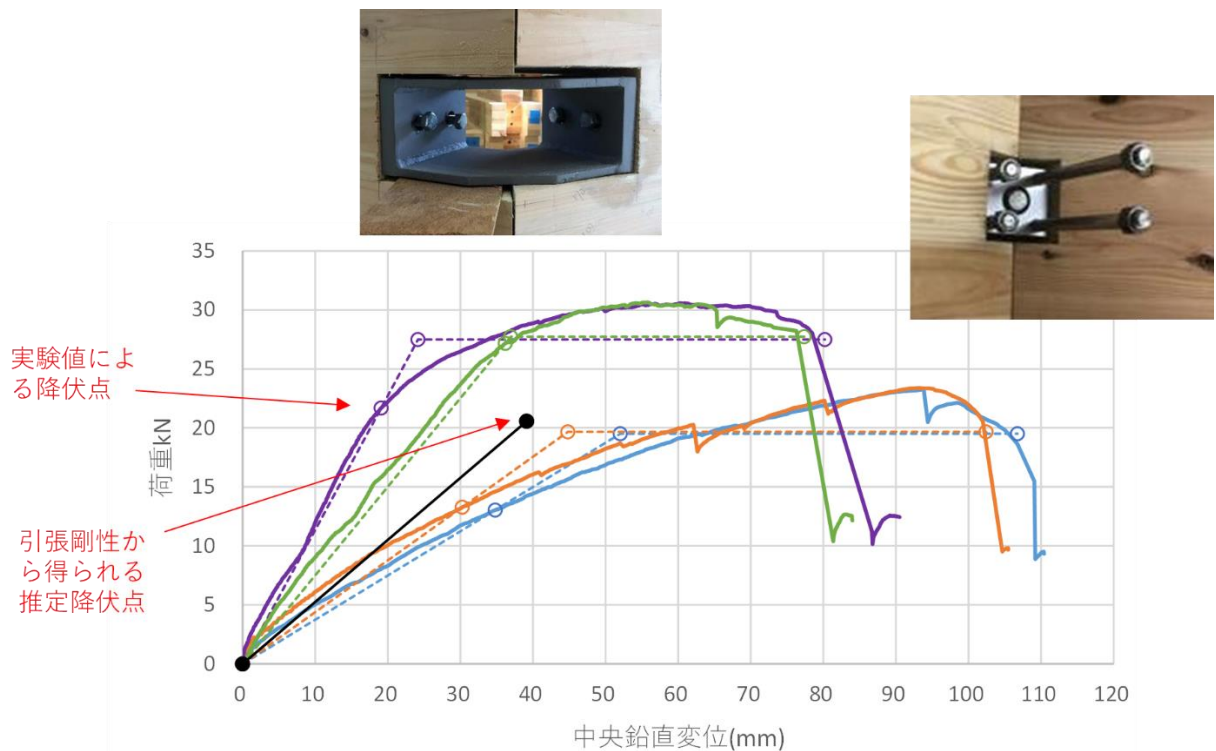
- RCスラブに準ずる
 - CLTの圧縮とLSBの引張による
- LSB
- $K_C = k_{//} \cdot b \cdot t / 2$
- K_T (左右の直列ばね)
- $K_T = K_{LSB} \cdot K_S / \{2(K_{LSB} + K_S)\}$
- CLTの繊維直交層は圧縮力を負担しない
 - 最外層の圧縮ラミナ内で応力度一定
 - 圧縮側LSBは無視



・剛性・耐力算定

- 力の釣合
 $T = C$
 $K_T(D - d_t - x_n)\theta = K_C(x_n - d_c)\theta$
- 中立軸
 $x_n = \frac{K_T(D - d_t) + K_C d_c}{K_T + K_C}$
- 中立軸周りの釣合
 $M = T(D - d_t - x_n) + C(x_n - d_c)$
- 回転剛性
 $R_j = K_T(D - d_t - x_n)^2 + K_C(x_n - d_c)^2$
- 降伏曲げモーメント
 $M_y = R_j \cdot \theta_y$ $\theta_y = \min(\theta_{y,CLT}, \theta_{y,LSB})$
 $\theta_{y,LSB} = \frac{P_{y,LSB}}{K_T \cdot (D - d_t - x_n)}$

<LSBの引張特性とCLTの圧縮特性を考慮した解析と実験結果の比較>



＜考察＞

- ・ ブロック型接合部はセッティングが困難なため、一部のボルトを緩めることで製作誤差の吸収を行わざるを得ない状況であった。
- ・ これに対して箱金物接合は製作誤差の吸収が容易であり、LSB ボルトの締め込みも十分に行えた。
- ・ これらの試験体製作時の状況の違いが実験結果に表れている。すなわち、箱型金物を用いた試験体の方が剛性や最大強度が大きい。
- ・ LSB の引張実験結果と CLT の圧縮特性から計算した剛性と実験値とを比較すると、ブロック型ではほぼ等しく、箱型金物では実験値が 2 倍程度大きい。曲げ剛性には圧縮側の LSB の影響や LSB そのものの曲げ剛性が影響しているため計算値の方が大きくなると考えられる。
- ・ LSB の引張実験結果と CLT の圧縮特性から計算した降伏耐力と実験値とを比較すると、箱型金物ではほぼ等しく、ブロック金物では実験体が小さい。ブロック金物では金物の一部の破損が見られており、この影響と思われる。
- ・ 上記の実験結果より、箱型金物が安定して剛性・強度が発揮できること、計算によってえられる曲げ剛性・曲げ強度は実情を安全側に評価できることが確認された。

4. 分離発注報告

4.1 木材調達分離発注

(目的)

- ・木材調達コストを明確化することにより、森林管理者への利益還元
- ・早期発注による木材の品質確保及び工期(納期)短縮

(取組み)

- ・発注者、設計者、行政、木材協会及び協会会員で意見交換を行い発注仕様書及び木材調書(明細書)を作成

木材調達仕様書	
1 木材適用範囲 (1) 本仕様書は、「南予森林組合事務所新築工事」(以下、「工事」と称する)において使用する木材調達の業務委託に適用する。	4 木材の納品 (1) 発注者が指示する場所(プレカット工場)に納品すること。 (2) 木材の納品は、発注者、工事請負業者及び工事監理業務受託者と調整のうえ決定するが、発注者が指示する場所への輸送経費は、本業務に含むこととする。
2 木材の定義 (1) 南予地域材とは、南予地域(宇和島市、松野町及び鬼北町)において生産された原木を製材・加工したスギ、ヒノキとする。 (2) 受託者は、別紙「木材調書」に記載された規格、数量の木材を南予地域材として納品すること。 (3) 受託者は、南予地域材の使用を証明するための書類(産地証明書等)を提出すること。 (4) 受託者は、南予地域材以外の木材を調達しようとする場合は、南予森林組合担当者(以下、「組合担当者」と称する。)と協議のうえ決定すること。	5 木材の納期 (1) 納期は、発注者、工事請負業者及び工事監理業務受託者と調整のうえ決定する。
3 木材の品質、規格、数量 (1) 受託者は、別紙「木材調書」に記載された規格、数量の木材を調達・納品すること。 (2) 設計書の変更又は積算上の不備により増減した木材数量については、当初契約単価に基づき変更契約を行う。 (3) 施工上の都合により、積算基準を超えて不足した木材については、工事請負業者の負担で調達することとする。 (4) 木材の品質・規格は、次のとおりとし、受託者は発注者提供の木材調書を使用するものとする。 ① 構造用製材は、主に製材JASの機械等級区分製材(SD20以下)とし、木材調書に定める品質・規格とする。機械等級区分製材以外は人工乾燥処理製材JAS(SD20以下)とし、製材のJAS規格の別記3の(4)に定める方法でヤング係数を測定し、この内、概ね1割の本数を公的研究機関においてヤング係数を測定し、それらのデータを添付すること。 ② 構造用集成材は、木材調書に定める集成材JASの規格・品質とする。 ③ CLT(直交集成板)は、木材調書に定めるCLTJASの規格・品質とする。	6 木材の品質等の確認 (1) 自主検査 受託者は、自主検査として下記に定めるデータをとりまとめ、組合担当者に提出すること。 ① 構造用製材 JAS製材品の生産・品質検査・格付に係るデータ及び3の(4)に定めるデータ ② 構造用集成材 JAS集成材の生産・品質検査・格付に係るデータ ③ CLT JASCLTの生産・品質検査・格付に係るデータ ④ 産地証明 南予地域材の証明について、「2 木材の定義」により確認できる書面とする。 (2) 木材の品質等の確認 ① 木材の品質等の確認は、製材(製造)場所又は製材品等保管場所で行う。 ② 木材の品質等の確認は、工事監理業務受託者、一般社団法人愛媛県木材協会及び工事請負業者が行う。 ③ 木材の品質等の確認は、それぞれのJASの検査要領に基づき、抽出して行う。 ④ 木材の品質等の確認において、不合格となった材料については、受託者は速やかに代替の材料を手配し再度確認を受けること。 ⑤ 製材(製造)場所での抜き取り検査に合格したロットの材であっても、その後の現場施工時に指定した品質に満たないことが判明した材料については、不合格品として、受託者は速やかに代替の材料を手配し再度検査を受けること。
	7 瑕疵担保 (1) 本契約により、納入された材料に起因して生じた建物の瑕疵については、工事請負業者と連帯保証するものとし、工事請負業者と協議のうえ、補修に必要な木材を工事請負業者に無償で支給することとする。

(仕様書)

(課題と対応)

- ・瑕疵担保責任について ※仕様書参照
- ・当初は下地材、羽柄材も発注対象としていたが、施工方法によって積算数量と使用数量の違いがでることが明確なので、木拾いの精度の高く、施工方法による変動のない構造材のみの発注とした。
- ・工場及び製材所のCLT・集成材・製材供給能力を把握し、工事工程(建方時期)と必要数量を照らし合わせることで、無理なく木材調達を見込めることを確認。

(供給可能量を上回ってしまうと、木材コストが割高になる可能性がある)

(業者選定)

- ・指名競争入札により決定
- ・南予地域材を含む県産材の販路拡大を積極的に取り組む、愛媛県木材協会、愛媛県産材製品市場開拓協議会及び愛媛県CLT普及協議会の会員であること。
- ・南予森林組合事務所新築工事の建設に要する、南予地域材を使用した製材、集成材及びCLTを調達、納品する能力を有すると見込まれること。

(メリット・デメリット)

- ・木材調達先の指定や地域産材の使用等、発注者・設計者の意向を反映しやすい。
- ・工事契約に先立って木材を調達することができるので工期に余裕ができる。
- ・木材の品質、価格が明確化できる。
- ・発注者、設計者(監理者)の業務が増え、木材・建築に関する高度な知識が必要となる。(含水率、ヤング係数等)

(成果)

- ・先行分離発注により、一括発注にみられる実行単価の切詰め防止につながった。
- ・早期発注により木材の品質確保及び工期短縮が図れた。

(考察)

- ・県産材指定で一般材を用いる場合は、数量にもよるが一括発注でも十分対応できると思うが、県産材の中でも産地指定の場合は材の確保であったり、集成材や CLT を用いる場合は、製作期間の確保に不安がある為、先行分離発注が適切であり、今回の実証で愛媛県における県産材を前提とした発注方式は、コストの明確化や工期短縮も図られることから先行分離発注でほとんど対応できるのではないと思われる。発注仕様書も比較的簡易にまとめられているので今後の分離発注を行う際に役立つことを期待する。



(成果品)



(強度試験状況)



(材料検査状況(CLT))

4.2 施工図・加工図分離発注

(目的)

- ・先行分離発注により、通常時間を要する納まりの検討が早期に行われ発注ができれば、製作時間にも余裕ができ、部材の品質確保や工期(納期)の短縮を図ることができる。
- ・特殊と思われるがちな中大規模木造建築の木造躯体施工図を本体工事から切り離して発注することにより、元請業者の負担が少なくなることで、今後の敬遠されがちな中大規模木造建築工事のハードルを下げる。
- ・元請業者のサポートができる地域内業者の育成。

(取組み)

- ・発注者、設計者、行政、木材協会及び協会会員で意見交換を行い発注仕様書を作成
- ・加工図(プレカット図、鉄骨図)の作成については、プレカット、鉄骨製作は本体工事に含まれており、元請業者によって依頼する業者が異なることと、工場によって製作機械等が異なることから1業者に決めて加工図を作成してもらうことはできないことから、県内プレカット業者と意見交換を行い、施工図が先行して出来ていれば、通常の工事に比べ元請業者決定してからで作図でも十分間に合うと判断し、加工図については元請業者決定後、業務受注者が下請業者と調整を行い取りまとめることとした。

南予森林組合事務所新築工事 施工図・加工図作成業務仕様書 1 業務名称 南予森林組合事務所新築工事 施工図・加工図作成業務 2 業務の目的 本業務は、南予森林組合（以下「組合」という。）が計画している南予森林組合事務所新築工事の工期短縮を図るために必要となる木工事（木工事に関する鉄骨図を含む）に関する、施工図・加工図作成の分離発注を行うことを目的とする。 3 敷地概要 所在地 北宇和郡鬼北町大字奈良4073-7 敷地面積 6,998.54㎡ 区域区分 都市計画区域内（区域区分非設定） 防火地域 指定なし 4 業務内容 木工事（木工事に関する鉄骨図を含む）に関する施工図・加工図の作成 5 建物概要 延床面積：772.11㎡（申請面積） 構造・規模：木造軸組工法（CLT面材利用）2階建 床、壁、屋根にCLTを使用。（詳細は実施設計図書を参照） 6 業務期間 契約締結日から建方終了迄（令和2年10月末予定） 7 業務実施上の留意点 ① 業務に先立ち、発注者及び工事請負業者、工事監理業務受託者と十分協議を行うこと。 ② 疑義が生じた場合、または本仕様書に明記されていない事項については、発注者及び工事請負業者及び工事監理業務受託者と協議を行うこと。 8 業務一般 ①業務着手時の提出書類 ・業務着手前（1部） ・業務工程表（1部） ・課税事業者届出書 ・業務担当者及び建築士免許証の写し ・その他、発注者が指定する書類	②業務完了時の提出書類 ・完了届（1部） ・成果物引渡書（1部） ・製本図面（現寸版（A1又はA2）2部 A3縮小版 2部） ・上記に関する電子データ（1部 C D-R等） i 使用C A Dソフトのオリジナルデータ及びJ W W・D X F 変換したデータ ii P D F 変換したデータ 9 作成する施工図 ・加工図内容（成果品） ・受託者は、次に記載された図面を作成し納品すること。 ・作成した図面は、発注者の指示により製本すること。 ① 施工図 ・木躯体工事関係総合図 ・CLT関係図面（割付図、単品図） ・その他部分詳細図等 ② 加工図 ・ブレイクアウト図（各伏図・軸組図） ・鉄骨図（木工事に関連する部位のみ） ・その他必要図 10 施工図・加工図の品質管理 ・図面の優先順位は現場打合せ、質問回答書>特記仕様書>設計図>標準仕様書とする。 ・最終施工図面には、〈最終施工図〉という表記を行うこと。 ・施工図担当者、監理者、施工者の押印を行うこと。 ・施工図の図面・パンパンと目付を統一して、関係者に周知を行うこと。 ・最終施工図のみを成果物として製本すること。 11 納入場所 南予森林組合（北宇和郡鬼北町大字永野市221番地） 12 納品と検査 ・納品は、予め工事請負業者及び工事監理業務受託者に9の成果品の内容確認を求めてから組合に提出する。 ・組合は、納品された成果品を、工事請負業者及び監理業務受託者の立会いのもとに検査を行う。 ・検査において不合格となった場合については、受託者は速やかに訂正の上再度検査を受けること。 13 瑕疵担保 ・この契約により作成された図面に起因して生じた建物の瑕疵については、同工事請負業者と連帯保証することとする。
---	--

（業者選定）

- ・ 県内の大工工事、建築一式工事の建設業許可を受けていること。
- ・ 中大規模木造、C L T工事の設計又は施工実績
- ・ 上記の内容により、一者を選定し鬼北町会計規則に則り随意契約を行った。

（メリット・デメリット）

- ・ 通常、木躯体施工図作成費用は木工事費と一緒に見積は提出するものの、請負金額交渉の中で、工事費に含まれたりと不透明なところがあったが、今回は役割分担とともに明確化されたので良かった（受注者）
- ・ 近年は現場スタッフの数が少なかったり、他のことに時間をとられてしまうことが多く、特に着工前後は提出する書類作成や各会議への参加など施工図チェックの時期が重なりおろそかになりがちですが、先行分離発注により各図面(工種)との整合など余裕をもった品質管理ができた。基礎躯体との整合確認の作業は必要だったので、基礎躯体も含めた構造躯体の発注ができれば尚良かったのではないかと思います。（元請）

（成果）

- ・ 今回は設計変更も伴って、多少の整合確認等の時間を要したが、当初の予定通りに事業が進行していて、施工業者が決定し着工時にはある程度施工図・加工図（木材調達も含め）ができていた状態であれば元請業者にとっては有益であり、しいては現場経費の削減や敬遠されがちなC L Tを含めた中大規模木造工事の参加業者の増が期待できる。

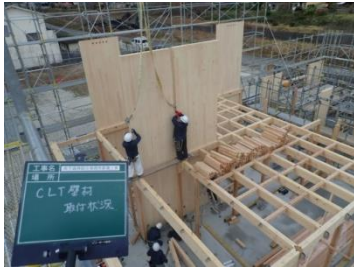


（成果品）

- ・ 入札の不調による設計変更で着工の遅れがでたが、木材と併せて先行分離発注を行ったことで当初の竣工時期は遅れたものの、納まり検討や製作発注もスムーズに行われ、実質5カ月という工期を手助けした。
- ・ 今回は木躯体工事のみの分離発注としたが、B I Mの普及が進めば各部位・各工種との整合確認作業が容易になるので、基礎躯体、造作工事、設備工事と発注する範囲の拡大が期待できる。

5. 施工状況報告

建方は、CLTパネルの最大寸法が1.5m×12.0m、金物込で約2tあるため、25tラフタークレーンを使用し、建方を実施した。屋根の架構は1日1スパンで計画し、壁及び床を合わせたCLTパネル総数66枚+木軸組・鉄骨取付の土台敷きから、屋根架構完了までを30日間で計画し、途中、積雪や強風で3日程度作業ができない日もあったが、建方を進めていくうちに作業にも慣れたこともあり、実働27日間で作業を終わらせることができた。



■構造見学会実施状況



新型コロナウイルス感染拡大防止の観点から、周知範囲を限定し、人数制限を設けて時間短縮で行った。当日は、行政関係者及び県内の建築業者から約30人が参加した。

県内の注目度も高く、見学会以降も見学の問い合わせは続き、その都度対応を行った。

完成後は、本事業のパネル展示や接合試験を行った際の試験体の展示も検討している。

■仮置き・養生方法

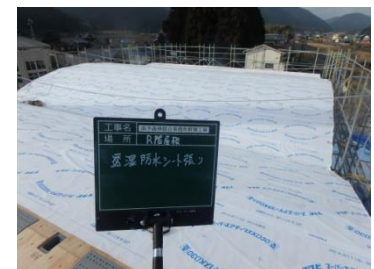
CLTパネルは、表面がそのまま仕上となるため、細心の注意を払い養生を徹底した。仮置きは、中央・端部に架台を置き、パネルが反らないように対策を行った。吊治具、仮設プレート等も計画し、安全に吊込みができるように計画した。屋根パネル設置後（1日の作業終了時）は、外装で使用されている防水シートを敷き、雨・雪対策の養生を行った。また、使用した防水シートは撤去手間や処分にコストがかかるため、そのまま残置し、その上で垂木取付や断熱材敷込みを行った。



(仮置き状況)



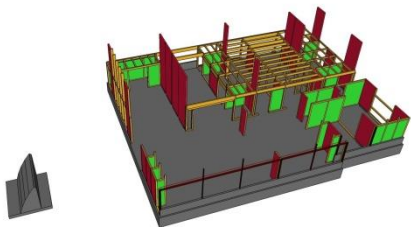
(吊込み養生金物)



(防水シート)

■建方順序及び状況

①土台敷き～1階柱・壁・梁取付（所要日数：12日）

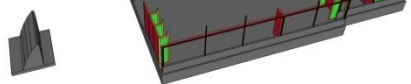


柱脚金物・土台敷

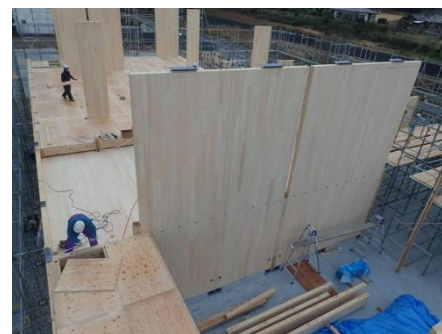


CLT壁建入

②床（天井）CLT・合板取付（所要日数：1日）

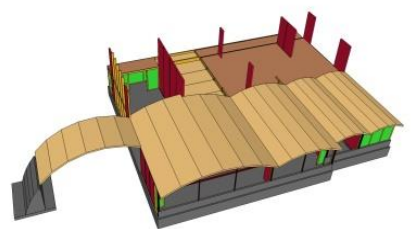


CLT床設置



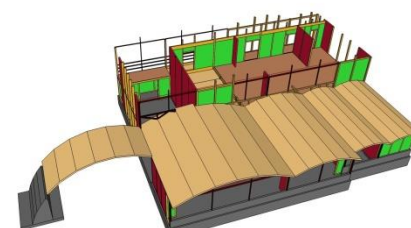
床合板張り

③1階屋根CLT取付（所要日数：6日）

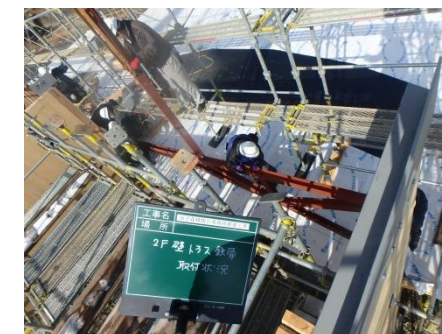


屋根 CLT 取付

④2階柱・梁・鉄骨取付（所要日数：3日）

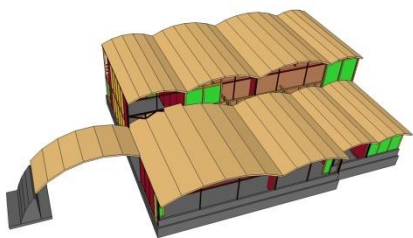


屋根 CLT 受金物取付



鉄骨トラス取付

⑤ 2階屋根CLT取付（所要日数：5日）

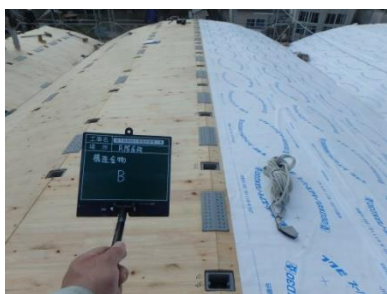


屋根 CLT 取付

■建方における課題と解決策

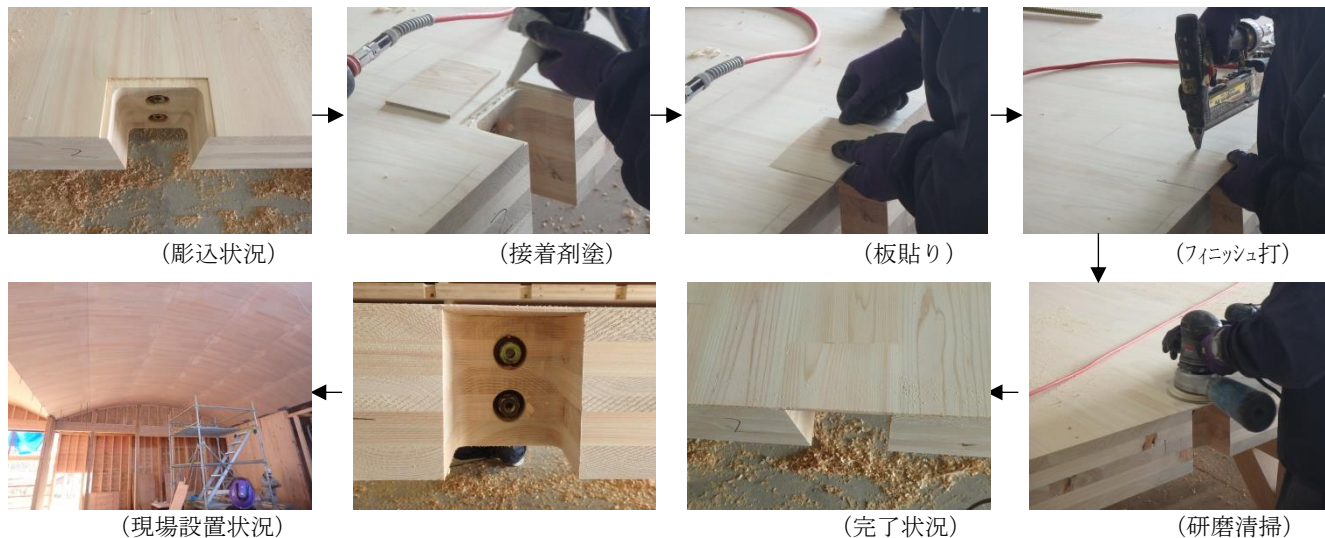
- 屋根 CLT を組み上げるには部材取付順番を確定し、これに基づいて金物を取付した上、支保工にて支える位置にジャッキを取り付けて、上下調整可能とした。
- 屋根 CLT の吊り勾配が部材、取付場所によって様々なため、吊り勾配調整に時間がかかったが、安全のため4点吊りは確保し、長手方向1列に2点ずつ吊ることにより、人力で簡単に勾配調整可能とした。結果として楽に安全に早く取付可能となった。
- 壁 CLT が1F から RF まで一体物であるために、建て入れ精度を RF レベルでほぼゼロにしないと、隣接する柱、梁の建て入れ精度に直接影響し、建物全体の倒れに影響ところ、壁 CLT と隣接柱とのクリアをCLT加工時1mm確保し、部材取付する度に倒れを確認調整し、2F レベルで倒れゼロにした。結果RF レベルでも倒れは無く、建物全体の建て入れ精度も良くなった。
- 壁 CLT の内、ベースプレートに接していない物の下端は、無収縮モルタル充填後湿気を吸い上げる可能性があるため、壁 CLT 下端に防水シートを貼って湿気吸着防止対策をした。

■金物取付状況



- CLT パネルの加工（斜めカット・穴あけ等）及びLSBの打込み（L=500mm×900 本、L=300mm×352 本）は工場で行い、プレート・箱金物は現場で取付を行った。
- 梁桁には、既製構造金物（テックワン）を使用。設計時の聞き取り調査で、愛媛県内全てのプレカット業者が取り扱うことができ、施工性も良く、コストを抑えることもできた。

■屋根CLTパネル接合部埋木施工状況



屋根CLTパネル接合部の箱金物は空洞で、そのままと屋根下地が見えてしまうため、上の写真のように埋木を施した。

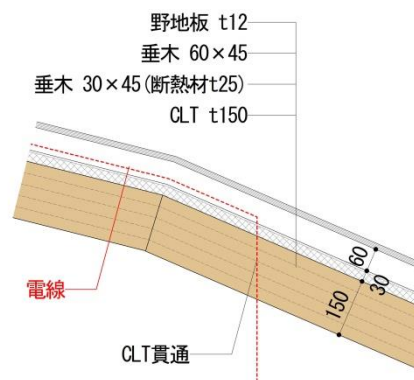
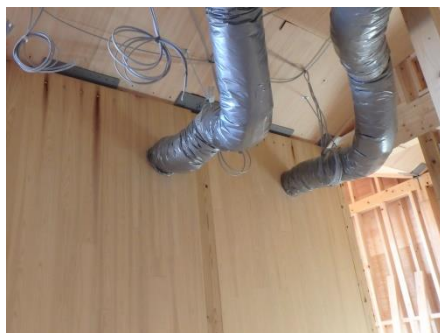
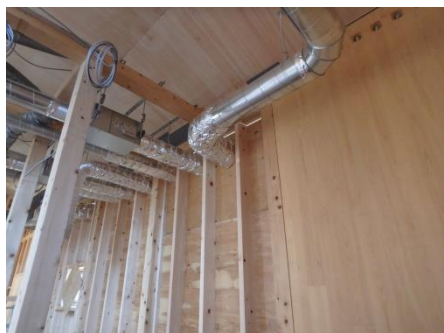
同様に壁・柱脚金物は巾木で、屋根受金物を木プレートで隠すようにした。



※写真はモックアップにて確認状況

■設備配管状況

- ・空調機は壁掛型や床置型とし、天井仕上がある部屋は埋込型とした。
- ・屋根パネル部の電気配線は、CLTパネルを垂木を取付て断熱材と野地板の間に空間を確保した。
- ・一部壁を在来工法とし、設備配管の貫通ルートを確認。やむを得ない箇所は構造耐力上、支障のない開口寸法となるように分岐等を行い、配管サイズを調整した。
(開口端距離も確保)



6. R C造とのコスト比較

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造に変更した 場合 (D)	経費増減額 (C)-(D)	経費増減の特記
基礎工事	土工事	1266	1,645	△ 379	
	基礎工事	12498	28,640	△ 16,142	
				0	
				0	
基礎工事計(E)		13,764	30,285	△ 16,521	
上部躯体工事	仮設工事	4758	5,709	△ 951	RC造は支保工等の設置期間が長い
	鉄骨工事	10041	2,523	7,518	RC造は内外部階段のみ
	コンクリート工事	0	30,198	△ 30,198	鉄筋・型枠含む
	木工事	72128	2,100	70,028	RC造は一部間仕切壁工事
	防水工事	4354	4,354	0	
	屋根工事	1739	1,739	0	
	断熱工事	1429	1,429	0	
	外装工事	2866	2,866	0	
				0	
上部躯体工事計(F)		97,315	50,918	46,397	
合計(E)+(F)		111,079	81,203	29,876	
延べ面積あたり工事単価(千円/㎡)		144	105	39	

〈注〉・上部躯体は構造躯体＋外皮までとし、建具工事、内装仕上工事、設備工事は含めない。

・諸経費は含めない。

(考察)

C L T建築物の方がコスト高の結果となったが、基礎工事はR C造の方がコスト高となった。また、R C造の場合は、地盤によっては地盤改良や杭工事が必要な可能性があり、よりコスト増となる。上部躯体ではR C造の方がコスト面で優れているが、工程数が多く、上棟後も養生期間が必要であるため、工期短縮は難しい。

今回は、計画条件の中でヒノキ材を使用したことによる材料費高（スギC L Tに比べると40,000 円/㎡高）や先駆性を求め、特殊な形状になったことによる金物製作費の他に、建方費や経費等の見えない費用もコスト高に反映されていると思われ、C L Tの材種及び製作金物の個数や仕様調整を行い、施工性が上がればR C造に近いところまで下がってくるのではないと思われる。

7. 総括

コスト面や法的課題の他に、CLTの施工性は通常の中大規模木造と異なり、高い精度が求められ施工が難しいと思われていることも普及に繋がらない要因になっていると思われる。ただし、一度CLT建築を経験すればハードルは低くなると考えられ、本事業のように木材調達に加え、施工図・加工図の分離発注も普及すれば、施工者の負担も減り、工期も短縮でき、コスト減にも繋がると思われる。今後、設計・施工事例が増え、設計・施工に関する情報が共有されることで、需要拡大にも繋がると思われる。

本事業は、地域材である南予産材を用いてCLTパネルを含めた、全ての木構造躯体を構成できたことや、CLTを活用した先駆的な建築物として連続円筒シェルで開放的な空間を構成できたことは、今後の木材利用を促進するための大きな付加価値が含まれた事業となっており、コスト比較はRC造と比べ高い結果となったが、コストが高くなったとしても本事業のようにCLTを用いる意義を主張でき、CLTにしかできない新しい建築物をつくることができれば、CLTパネルと軸組工法を融合したこの事業が、地元施工業者の参画可能な中大規模建築物の木造化を推進し、地域材を利用したCLT建築物の今後の好例となることを期待している。