

2. 6 愛媛県

1. 建築物の仕様一覧

事業名		県立内子高校部室新築工事の建築実証		
実施者（担当者）		愛媛県		
建築物の概要	用途	高等学校 部室		
	建設地	愛媛県喜多郡内子町		
	構造・工法	木造 CLTパネル工法（耐力壁） 一部補強により木造軸組み在来工法（長期クリープ防止＋短期の集中荷重加味）		
	階数	2		
	高さ（m）	6.29m		
	軒高（m）	5.65m		
	敷地面積（㎡）	15,488.61㎡		
	建築面積（㎡）	166.83㎡		
	延べ面積（㎡）	283.86㎡		
	階別面積	1階	117.03㎡	
	2階	166.83㎡（2階のみ廊下面積含む）		
	3階	—		
CLTの仕様	CLT採用部位		床（2階・屋根）、壁、壁梁	
	CLT使用量（㎡）		加工前製品量93.2㎡、加工後建築物使用量85.1㎡	
	壁パネル	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	
	床パネル	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	
屋根パネル	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：檜 柱：檜 梁：杉集成材	
	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		8.2㎡	
仕上	主な外部仕上	屋根	野地板：構造用合板 t＝15、ゴムアスファルトルーフینگ [®] t＝1.0 カラーガルバリウム鋼板 t＝0.4瓦棒葺（丸型キャップ）リブ付（発泡ポリエチレン t＝4裏貼）	
		外壁	木胴縁下地、透湿防水シート、金属サイディング（ポリイソシアヌレートフォーム付） 遮熱性フッ素樹脂塗装 G L 鋼板縦張り t＝0.35（出隅、縦継、止縁、水切金物：既製品）	
		開口部	ビル用アルミサッシ（鉄骨半外取り付けタイプ）	
	主な内部仕上	界壁	CLT壁現し 自然保護塗料塗	
		間仕切り壁	構造用合板 t＝12＋木胴縁組 抗菌メラミン不燃化粧合板貼 t＝3（木目調）	
		床	複合フローリング貼 t＝15（県産材） ポリウレタン塗装（3回塗）	
		天井	CLT壁現し 自然保護塗料塗	
構造	構造計算ルート		ルート1	
	接合方法		X（クロス）金物施工	
	最大スパン		4.2m ＋（持ち出し2.0m）	
	問題点・課題とその解決策		在来木造施工者優先 考察の為 CLT部表しにもX（クロス）金物を施工したがP Lの厚みに注意し一部木材にて保護	
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		該当なし	
	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 居室のみ準じ対応	
	温熱環境確保に関する課題と解決策		—	
	主な断熱仕様（断熱材の種類・厚さ）	屋根（又は天井）	CLTパネル同士の接合部における隙間の処理として シーリングと断熱材吹付施工	
		外壁	吹付け断熱材 t＝20mm 教官室（居室）のみ	
		床	同 上	
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		大判パネルによる架設	
	建て方における課題と解決策		基礎上は檜土台を付加しセルフレベルリングにて施工、 防腐防蟻処理実施	
	給排水・電気配線設置上の工夫		在来木造軸組みと併用しルート確保	
	劣化対策		床に塩ビシート防水（絶縁工法）＋ゴム系塗床20mm （スパイクによる防水保護）追従性＋耐久性 摩耗性	
工程	設計期間		H28.11月～H29.3月	
	施工期間	H29.7月～H30.3月（外構含む）		
		CLT躯体施工期間	H29.10月後半～11月上旬（約10日間）	
体制	竣工（予定）年月日		H30.1.15	
	発注者		愛媛県	
	設計者（複数の場合はそれぞれ役割を記載）		設計・施工監理：株式会社 連合企画設計	
	構造設計者		きいぶらん	
	施工者		株式会社 山本建設	
	CLT供給者		銘建工業株式会社	
	ラミナ供給者		株式会社サイプレス・スナダヤ	

実証事業名：県立内子高校部室新築工事の建築実証

実施者／協議会運営者または担当者：愛媛県

1. 実証した建築物の概要

用途		高等学校 部室		
建設地		愛媛県喜多郡内子町内		
構造・工法		木造 C L T パネル工法		
階数		2 階建て		
高さ (m)		6. 29m	軒高 (m)	5. 65m
敷地面積 (㎡)		15, 488. 61 ㎡	建築面積 (㎡)	166. 83 ㎡
階別面積 (㎡)	1 階	117. 03 ㎡	延べ面積 (㎡)	283. 86 ㎡
	2 階	166. 83 ㎡ (2 F のみローカ面 積含む)		
	3 階	----		
C L T 採用部位		床 (2 階・屋根)、壁、壁梁		
C L T 使用量 (㎡)		加工前製品量 93. 2 ㎡、加工後建築物使用量 85. 1 ㎡		
C L T を除く木材使用量 (㎡)		8. 2 ㎡		
C L T の仕様	(部位)	(寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種)		
	壁	150mm 厚／5 層 5 プライ／Mx60A 相当／スギ		
	床	150mm 厚／5 層 5 プライ／Mx60A 相当／スギ		
	屋根	150mm 厚／5 層 5 プライ／Mx60A 相当／スギ (飾り屋根除く)		
設計期間		H28. 11 月～H29. 3 月 (5 ヶ月)		
施工期間		H29. 7 月～H29. 12 月 (6 ヶ月) 本体建屋のみ		
C L T 躯体施工期間		H29. 10 月下旬～H29. 11 月初旬 (1 週間)		
竣工 (予定) 年月日		H30 年 1 月 15 日		

2. 実証事業の目的と設定した課題

愛媛県の県有施設における初めてのC L T建築物であるとともに、県内においてもC L T建築物の施工実績が少ないため、C L T建築物の現場施工時における問題点等を洗い出し、改善策を検討する。構造計算は、C L T告示仕様 (ルート1) で設計。建築コストについては、同規模の鉄骨造やR C造など他工法と比較し、C L T使用メリット、コスト削減への方策を検討する。

3. 実証事業の実施体制（または協議会構成員）

実施者 : 愛媛県
設計・施工監理 : 株式会社 連合企画設計
構造設計 : きいぷらん
施工 : 株式会社 山本建設

4. 課題解決の方法と実施工程

全ての設計・施工が初めてであり、問題点も多数存在したが各工程の都度、監理者・施工者等と協議を重ね調整しながら解決して行った。

<設計>

実施設計	H28. 11 月～H29. 2 月
構造設計	H28. 11 月～H29. 2 月
建築確認申請（計画通知）	H29. 3 月

<施工>

工事契約	H29. 7 月～H30. 3 月
着工・基礎工事	H29. 8 月～H29. 8 月
木工事	H29. 10 月～11 月
外装工事	H29. 11 月～H29. 12 月
内装工事	H29. 11 月～H30. 1 月
設備工事	H29. 11 月～H30. 1 月

5. 得られた実証データ等の詳細

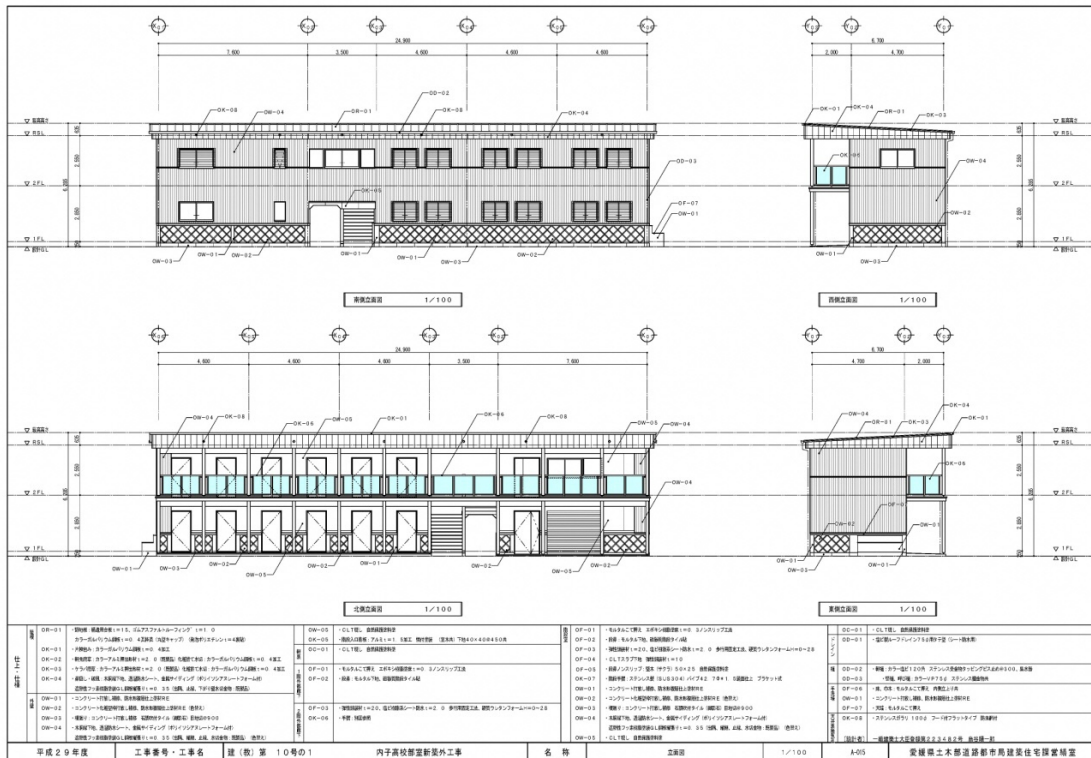
1. 構造金物を既製品（X マーク金物）で使用する際の施工性と意匠性の問題点や利便性等を確認することができた。
2. C L T パネル間クリアランスを C L T パネル精度や伸縮及び基礎の施工精度を考え 3 mm と計画していたが、最終的に 2 mm で施工可能と考えられた。（併せてパネル建て方順番も検討しながら施工した）
3. 配管・配線ルートを選定（穴あけピッチ含む）を行うにあたり、施工者に対し、事前に制約や基準等を周知徹底することの重要性を確認した。

6. 本実証により得られた成果

愛媛県内の公共建築物では初となる C L T パネル工法であることから、県内の各市町村及び設計者、建築業者等に C L T 建築物を周知することができ、また、本事業により施工に関する技術やノウハウを蓄積することができた。

今後は、本事業に得られた成果を活用し、県内での C L T 建築物の建設促進につなげていきたい。

7. 建築物の平面図・立面図・写真等



	
竣工写真 北面 防水対策の外壁(サテイング)とC L T現しが混在 和風の街並みに調和した海鼠壁採用	屋内階段 階段板はC L T板 t=150 mmを使い 段鼻サクラ材 塗り床にて保護
	
外部ローカ 防水・歩行保護の理由で 塩ビシート防水+塗り床	部室内部 天井・壁はC L T現し 一部間仕切り在来工法（設備利用）
	
教室内部 天井はC L T現し 壁は仕上げ有り (断熱材+設備配管・配線利用)	C L T工法 建て方 既成構造金物（X金物使用） スムーズな施工が印象的

《成果物》

I 設計時の問題点（検討に時間を要した項目）

検討項目	設計時の問題及び解決策等	
	問題点	解決策等
建具工事	・メーカーにC L T板の特性を説明するが、初めてであったため、協議に時間を要した。	・特性や集成材との違いを説明しメーカー内部で技術基準等の調整を行い、C L Tと建具の取り合いは解決するが、P L法の関係から公共建築（パブリック）には木造専用サッシは採用できないとの回答がありビル用サッシを採用することとした。
手摺工事	・手摺の安全強度とC L T特性の留め付け方法について、メーカーとの協議に時間を要した。	・P L法の関係からC L Tラミナが幅はぎ接着されていないことから留め付け方法をビスから貫通ボルトに変更した。 ・住宅用アルミ手摺は使用不可の回答が有り強度と耐久性を考えS U S製に変更し再検討強度計算を行う（木造手摺は腐食で問題外とした）
防水工事 （2階外部廊下の防水）	・防水メーカーとの協議における問題点 1) パネルの動きと防水層の強度との関係 2) 運動スパイクによる歩行への対応（Max 16mm）	・C L T工法は地震時等の動きがある場合にF R P防水は（幅×長さの比率）割れる可能性があるため、伸びや動きにも追従性のある塩ビシート防水（絶縁工法）とした。 ・表面強度の無いシート防水を保護し重量的にも軽い保護材として、ゴム系塗床（20 mm）を採用した。 ・この防水＋保護材の組み合わせは未だメーカーも経験がなかったため、メーカーにおいて事前実験を行うことで保証が得られた。
屋外階段から 屋内階段への変更	・階段設置に関する法令への対応とC L Tの摩耗劣化対策	・一般的に部室の階段は屋外階段としているが、法令上、屋外階段は木造としてはならないとされているため、屋外階段を取り止め、屋内階段とした。 ・段部の保護と耐久性向上のため、ゴム系塗り床（10mm）も併せて施工した。
設備工事	・開口部の制約 ・配管及び配線ルートを選定（穴あけピッチ含む）	・在来木造壁との併用により、配管・配線ルートを確保した。 ・構造耐力上支障のない標準の開口サイズとした。 240mm 角×1ヶ所 or 120mm φ×2ヶ所（開口端距離も確保）

Ⅱ 得られた実証データ等の詳細

1. 構造金物を既製品（Xマーク金物）で使用する際の施工性と意匠性の問題点や利便性等を確認することができた。

実証内容	Xマーク金物
	【検証結果】 ○ Xマーク金物の貫通ボルト等は追従性が非常によく、作業性に問題が少なかった。 ○ ボルト支圧側のプレート溶接部にわずかな凸部があるため、化粧材で覆うことにより部室利用時における安全性を確保するとともに、意匠性を高めた。 ○ 露出部には工夫が必要と思われる。（今回、構造金物は意図して使用）

●上記のCLTパネル間クリアランス 詳細

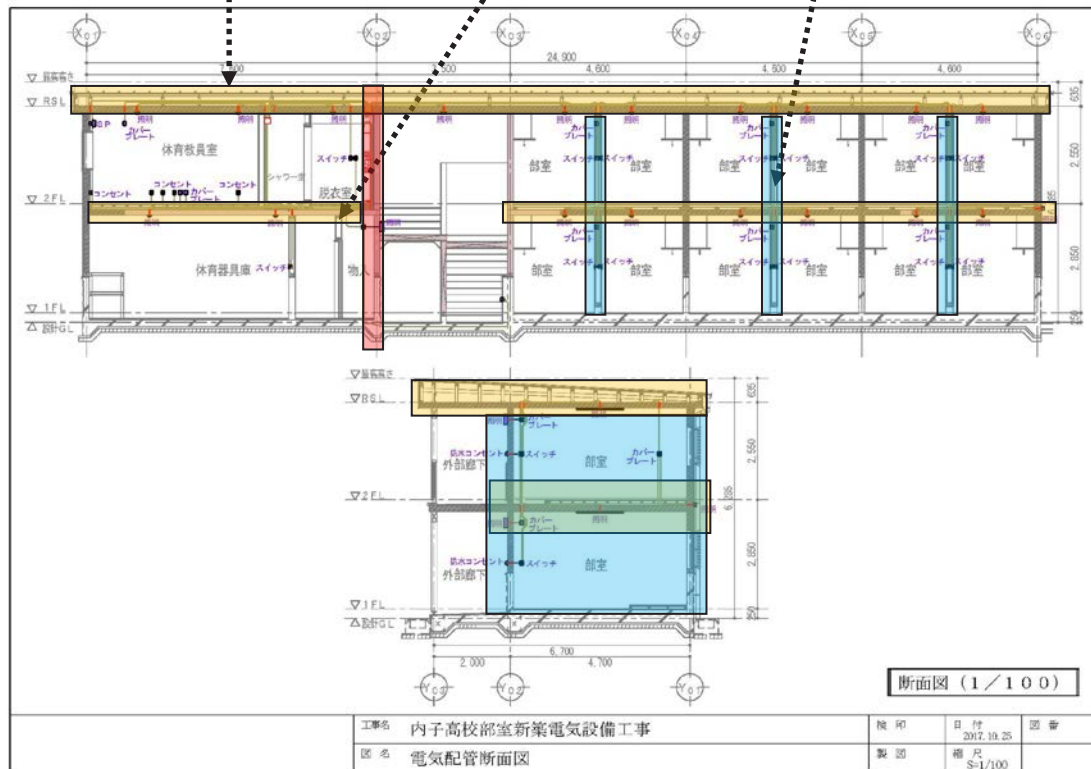
実証内容	パネル間クリアランスと施工性						
設計時点での納まり CLT突合せ部詳細図 S = 1 : 5 ●クリアランス寸法 <table border="0"> <tr> <td>1) 設計でのクリアランス</td> <td>0 mm</td> </tr> <tr> <td>2) 施工者との協議</td> <td>3 mm</td> </tr> <tr> <td>3) 総合判断</td> <td>※ 2 mm</td> </tr> </table> 当初計画においては、パネルの精度や伸縮及び基礎の施工精度を考慮し、3 mm としていたが、今回の施工においては 2 mm で施工が可能であったと考えられる。 【検証結果】 ○クリアランス及び材料精度により、2～4 mmの隙間が生じた外部の処理は図 1 のとおりとしていたが、シール処理を予定していなかった内部（隣室間）についても、建物の利用形態を考慮しシール仕舞いとした。 ○RC基礎及びアンカーの精度、CLTの材料特性（膨張収縮）・施工性等を総合的に判断すると、2 mmでの施工も可能と考えられる。		1) 設計でのクリアランス	0 mm	2) 施工者との協議	3 mm	3) 総合判断	※ 2 mm
1) 設計でのクリアランス	0 mm						
2) 施工者との協議	3 mm						
3) 総合判断	※ 2 mm						

3. 配管・配線ルートを選定（穴あけピッチ含む）を行うにあたり、施工者に対し、事前に制約や基準等を周知徹底することの重要性を確認した。

検討内容	設備配管・電気配管のルート選定と床・壁開口の検討
	 在来壁の利用とC L T壁の組み合わせ  設備開口の位置と穴あけ確認 原寸による型紙を作成し、位置の確認後に穴あけ施工 （R Cのように開口補強ができないため厳密な監理が必要） 【検証結果】 ○開口の制限とルート選定の検討 ・ 在来壁との併用によりルートを確保した。 ・ パネル毎の床開口最大サイズを有効利用（240 mm角× 1ヶ所 or 120 mm φ× 2ヶ所） ○設備配管・電気配管については、事前にルート・開口寸法を検討し、施工図に記載していたが、現地においても金物との干渉を最終確認した上で、穴あけを行った。

●配管ルートと断面計画

在来壁の利用とC L T壁の組み合わせ
 床下を屋根裏を有効利用することでC L T現しへの照明器具配置
 メイン配管のルートの確保



●床下利用と直下の照明器具取り付け用入線配管

●在来壁とC L T壁の交互計画により配管ルートの確保と スイッチの位置（建具吊元の確認）

- 1) 上図のとおり基本計画の時からルートを計画しないと小スペースでの施工は難しい
- 2) 便所のような排水配管が大きく、多数の場合、浮床とスラブ上配管（点検孔）が必要となる。

●ＣＬＴパネル工法と類似工法のコストと期間の比較

工 法 項 目	CLT パネル工法	鉄筋コンクリート (壁式) 標準 100%	鉄骨造	在来木造
コスト 同一面積	130% (県外製作CLT)	100%	95-105% (鉄骨も上昇気味)	110% (割高感)
基礎から躯体までの期間	4ヶ月	5ヶ月	4.5ヶ月	2.5－3ヶ月
材料調達期間	材料発注-納品2ヶ月 (施工図含む) +加工1.5ヶ月	1ヶ月+随時 (施工図含む)	材料発注-納品2ヶ月 (施工図含む) +加工1.5ヶ月	材料発注-納品1ヶ月 +加工1ヶ月 (プレカット)
現場施工期間(躯体)	0.5ヶ月 ※基礎は 木材加工時に施工	3-4ヶ月 (躯体養生込み)	1ヶ月 ※基礎は 鉄骨加工時に施工	0.5ヶ月 ※基礎は 木材加工時に施工
汎用性 作業効率 その他	・建て方時安定感があり 作業性や安全性が高い ・施工は問題が少ない	・施工も慣れている ・型枠工が不足	・施工も慣れている ・材料と工賃が高騰	・中大規模の施工実績 が少ない
地場の中小木造 建築業の追従性	・施工図により充分施工 ・修練すれば施工可能	—	—	—
メリット	・大空間の確保が可能 ・現場施工期間の短縮 ・養生時点の気温に有利	—	・大空間の確保が可能 ・コストバランスがよい	・施工実績が多く、多 様なデザインが可能

※ 実証事業の建築物と同一条件により他工法で建築した場合を想定し、標準的な鉄筋コンクリート壁式構造の建物を基準（100%）とし、簡略的に比較検討を行った。

※ コストは同一条件（同規模、同仕上り程度）による設計コストとし、施工期間は構造躯体の完成までの実施日数としている。

●ＣＬＴパネル工法と在来工法の木材使用量と作業量の比較（同規模・躯体のみ）

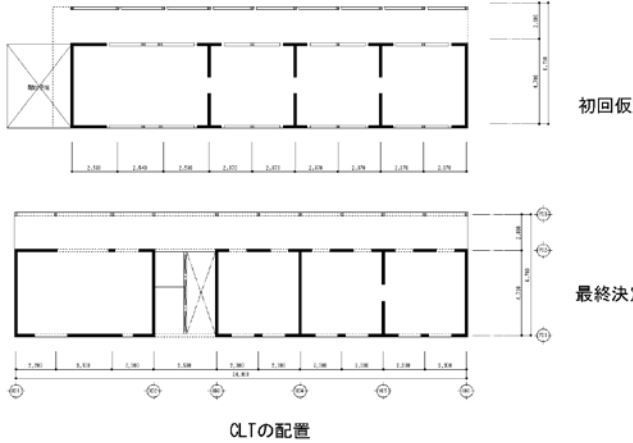
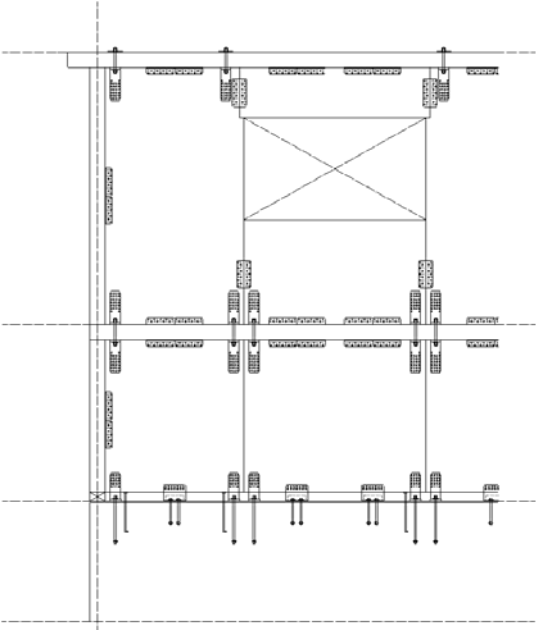
項 目	ＣＬＴパネル工法		在来工法
木材使用量	ＣＬＴ	85m ³	40m ³
	ＣＬＴ以外	8m ³	
大工手間	70%		100%
その他の追加時間 構造体メインフレーム 組立後	少ない		—
設計時間（構造図）	20人役		5人役まで
施工図製作	20人役		5人役まで

※ 実証事業の建築物と同規模の木造建築物（在来軸組）を想定し、木材使用量と各種作業量について、聞き取り及び簡易積算により比較検証している。

※ ＣＬＴパネルは、県産原木を県内の製材工場でラミナ加工(乾燥含む)を行い、県外のＣＬＴ製作工場で作成したため、原木調達から納品までに時間を要した。

●コスト削減努力 結果

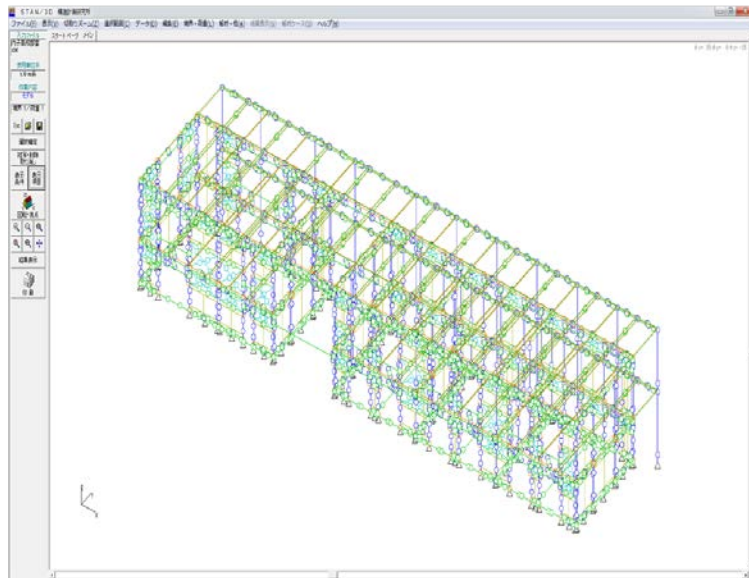
検討内容	建築コストについては、同規模の鉄骨造やR C造など他工法と比較し、C L T使用メリット、コスト削減への方策を検討する。
出来る限り、厚みもあり断熱性能の有利なC L Tを意匠として使用し、内装（壁・天井）の仕上げの簡略化を図る。 仕上げを塗装のみにすれば、 △約 20,000 円／㎡ ●設備の配線関係は注意が必要	体育教官室 内部（壁仕上げあり）  窓側の面は配管＋配線スペースに成っていて腰の非耐力壁部分を配管貫通させている。
仕上げにも充分通用するC L T現しを積極的に使う。 ●C L Tの温湿度による伸縮は追跡調査が必要だが隙間を処理すれば、意匠的な使用が可能	部室内部（壁仕上げなし）  棚板はスラブ貫通ボルトにて補強（ビスは危険）
既製品・木造用部品の採用	今回採用できなかった木造用サッシ・手すり等が採用できるようになれば、コスト縮減に繋がる。

構造の方針の決定方針	
◎ 今回は、今後の流通及び普及を考慮し、構造計算適合性判定申請を要しない「ルート1」で計算することをメインテーマとした。 ※ルート1とは：壁量計算のような仕様計算で難しい構造モデル等を行わない計算、手計算で検討出来る程度 ◎ 構造金物はXマーク金物を使用し特殊金物・任意ボルト等は使用しなかった。	最低壁量を概算で算出し、その後CLTの使用量を決めた。 結果として最低壁量は小さくて済んだため、意匠側で壁配置を決めた。 その後壁配置に合わせて金物の配置を精査し開口と壁を設定した。
	 CLTの配置 初回仮 最終決
特にXマーク金物は寸法が大きい ため、金物同士の干渉が起こらない よう壁配置と同時に金物配置も検 討する必要あり。	 妻側金物配置
床版について、CLTは主に外層ラミナが長手となる方向に強く、短辺方向が弱くなるため、1方向版となるように配置した。	

●ルート1の主な要件

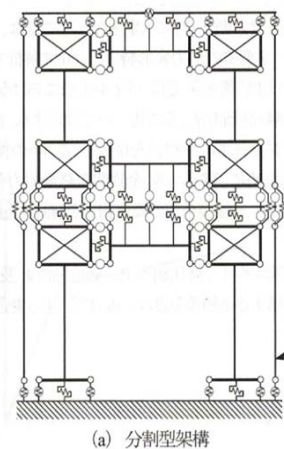
1. Xマーク金物を使用、CLTが矩形であるもの
2. 認定品外の金物を使う場合は注意が必要

モデル化図



本件はルート1案件であるが応力をより精査するため、ルート2同等のモデル化を行い計算を行った。
モデル化する場合には特にバネ値を細かく設定する必要があり苦勞した。

壁のヒンジ図



検定比について

体育教官室の壁柱が一部厳しくなる程度で全体的には検定比は余裕がある設計となっている。

CLT壁柱：せん断最大検定比 0.13、
曲げ+圧縮 0.63(体育教官室前の小さい材を除けば 0.28)

継手：壁引張最大検定比 0.3、壁せん断 0.78、床せん断 0.78、
継手は応力割増 2.5 倍にて検討

Ⅲ 総合考察

【作業性とメリット】

感想としては、パネルピースが大きく、作業性についてよく考えられた構造金物部材であったため、一般的な木造軸組工法の施工技術を有する事業者であれば施工可能と思われる。なお、CLT建築物の施工経験を積み重ね工法を習熟することで、よりスムーズな組立作業が可能となると思われる。

今後は、施工性や汎用性の高いパネルサイズの規格化や量産体制によるCLTパネル単価の低減により、CLT建築物のコスト縮減が図られることに期待したい。

(CLT工法の有利性 (メリット))

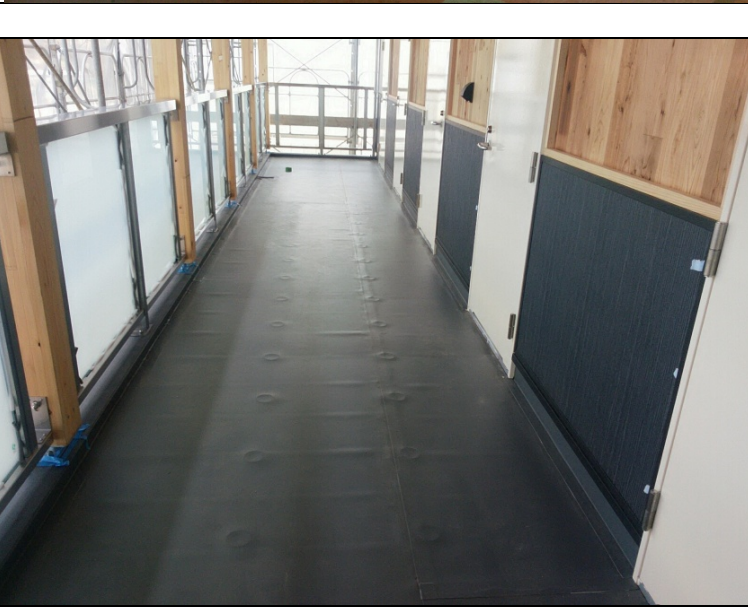
- 組立時における安全性と足場の良さ
壁柱・梁+床版の集合体であり安全上の注意は要するが組立時に不安が少ない
- 鉄筋コンクリート等と比較して躯体施工に要する工種が少ない
関係工種 (EX:鉄筋工・型枠工・打設工 (土工)・コンクリート運搬等) の多い鉄筋コンクリート造と比較すると、工種が少ないため工種間の調整がスムーズである。
- 鉄筋コンクリート造の建物と異なり、養生期間が不要であるため気象条件に大きく左右されない。
(今年は特に寒さが酷く、いつも仕上げ工事での低温に仕上げ品質が影響し悩まされる)



● 工事写真等

	竣工写真 北面 ・防水対策の外壁（サイディング）とCLTの現しが混在 ・和風の街並みに調和した海鼠（なまこ）壁を採用
	外部廊下 ・防水層保護のため、塩ビシート防水＋塗り床 20 mm（ゴム系） ・塗床(20 mm) > スパイク(16 mm)
	体育教官室内部 ・天井はCLT現しとし、壁は仕上げ有り（断熱材＋設備配管・配線利用）

	屋内階段 ・ 階段板はC L T板 t=150 mmを使用 ・ 段鼻(サクラ材)+塗り床 (10 mm) にて劣化を保護 ・ 屋内階段にする事で鉄骨階段への法的制約を回避している。
	部室内部 ・ 天井、壁はC L T現し ・ 一部間仕切りは在来工法 (設備配管にて利用)
	建て方 ・ Xマーク金物の使用によりスムーズな施工

 工事名 建(教)第10号の1 内子高校部室外工事 断熱工事 教員室天井裏 発砲ウレタン吹き付け(T=15) 施工状況 新山本建設	体育教官室小屋裏の断熱 ・ 空調設備の設置に伴い断熱材を施工 ・ C L T 本体の断熱性能を生かし、断熱材の量は最小限とした
 工事名 建(教)第10号の1 内子高校部室外工事 木工事 体育教員室壁下地施工状況 新山本建設	体育教官室の断熱と配線 ・ 空調設備の設置に伴い断熱材を施工 ・ 内部仕上採用により空調設備・弱電設備・コンセント等の配管・配線ルート確保
	外部廊下 ・ 木材の腐食・劣化の防止のため、防水工事を施工 ・ F R P 防水を（幅×奥行き）＋可動性重視し設計時にシート防水に変更 ・ 塗り床により防水層保護