

2.4 須山建設（株）

1. 建築物の仕様一覧

事業名		ホワイトロジック共同住宅施設 新築工事の実証事業	
実施者（担当者）		須山建設株式会社	
建築物の概要	用途	共同住宅	
	建設地	静岡県浜松市	
	構造・工法	CLTパネル工法	
	階数	2	
	高さ（m）	6.515	
	軒高（m）	6.19	
	敷地面積（㎡）	149.42	
	建築面積（㎡）	89.56	
	延べ面積（㎡）	178.86	
	階別面積	1階	89.43
2階		89.43	
3階		-	
CLTの仕様	CLT採用部位		壁、2階床
	CLT使用量（㎡）		加工前製品量33.875㎡、建築物使用量31.878㎡
	壁パネル	寸法	90mm厚
		ラミナ構成	3層3プライ
		強度区分	S60相当
		樹種	スギ
	床パネル	寸法	210mm厚
		ラミナ構成	5層7プライ
		強度区分	Mx60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）		柱・梁：オウシュウアカマツ
	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		28.985㎡
仕上	主な外部仕上	屋根	ガルバリウム鋼板（t=0.6）立て付け葺き
		外壁	窯業系サイディングt=16（断熱材：フェノールフォームt=30）
		開口部	アルミサッシ+二層複層ガラス（5.0mm透明+空気層12.5+5.0mm透明）
	主な内部仕上	界壁	硬質PBt=9.5+強化PBt=12.5両面二重張 GWt=50（24kg）
		間仕切り壁	木軸の上PB12.5
		床	1階：構造用合板t=24+合板t=9の上ビニルタイルt=3.0 2階：CLT+置床t=40+合板t=12の上ビニル床タイルt=3.0
構造	天井		天井木下地+PB12.5の上ビニルクロス張り
	構造計算ルート		ルート1
	接合方法		Xマーク金物
	最大スパン		5.3m
防耐火	問題点・課題とその解決策		金物の数が多く、サイズも大きいため下地と干渉するなど施工性が悪い。 意匠性、施工性に優れた金物の開発が必要。
	防火上の地域区分		指定なし
	耐火建築物等の要件		その他
	本建築物の防耐火仕様		無
温熱	問題点・課題とその解決策		無
	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		特になし
	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 1種 ・ 30mm
外壁		フェノールフォーム断熱材 1種 ・ 30mm	
床		押出法ポリスチレンフォーム 断熱材 2種 ・ 40mm	
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		2階床CLT上に防音床下地材を敷設
	建て方における課題と解決策		狭小敷地における資材搬入スペースの確保
	給排水・電気配線設置上の工夫		設備貫通・配線箇所は軸組み工法
	劣化対策		木部用浸透型塗料を塗布（バトン）
工程	設計期間		H29.6～8月中旬（2.5か月）
	施工期間		H29.11.中旬～平成30年2月末（3.5か月）
	CLT躯体施工期間		H29.12.8～12.15（6日間）
	竣工（予定）年月日		H30.2月末
体制	発注者		須山建設株式会社
	設計者（複数の場合はそれぞれ役割を記載）		須山建設株式会社一級建築士事務所
	構造設計者		株式会社フレームアーツ
	施工者		須山建設株式会社
	CLT供給者		株式会社スカイ
	ラミナ供給者		銘建工業株式会社

実証事業名： ホワイトロジング共同住宅施設 新築工事の実証事業

実施者／協議会運営者または担当者： 須山建設株式会社

1. 実証した建築物の概要

用途		共同住宅		
建設地		静岡県浜松市		
構造・工法		CLT パネル工法		
階数		2		
高さ（m）		6.515	軒高（m）	6.19
敷地面積（㎡）		149.42	建築面積（㎡）	89.56
階別面積 （㎡）	1 階	89.43	延べ面積（㎡）	178.86
	2 階	89.43		
	3 階	—		
CLT 採用部位		壁、2 階床		
CLT 使用量（m³）		加工前製品量 33.875 m³ 加工後建築物使用量 31.878 m³		
CLT を除く木材使用量（m³）		10.58 m³		
CLT の仕様	（部位）	（寸法/ラミナ構成/強度区分/樹種）		
	壁	90 mm厚/3 層 3 プライ/S60 相当/スギ		
	床	210 mm厚/5 層 7 プライ/MX60 相当/スギ		
	屋根	—		
設計期間		H29.6～8 月中旬(2.5 か月)		
施工期間		H29.11. 中旬～平成 30 年 2 月(3.5 か月)		
CLT 躯体施工期間		H29.12.8～12.15(6 日間)		
竣工（予定）年月日		H30.2 月末		

2. 実証事業の目的と設定した課題

CLT 材自体は注目されてはいるが、民間需要は乏しいため民間の CLT の実績が不足している。

民間共同住宅で CLT 材を利用し利回り等の事業性を確認し、CLT 材が民間需要に普及促進できるようにする。

また地域一体となった事業計画によりコスト削減の可能性があると期待できる

今回実証事業で設定した課題は以下である。

- ① CLT パネルの削減
- ② 弊社施工の壁式鉄筋コンクリート造とのコスト比較
- ③ CLT パネル工法における材料調達コストの削減
- ④ CLT 共同住宅の事業性

3.実証事業の実施体制

(設計)：須山建設(株)一級建築士事務所：小野寺・松本

(構造設計)：(株)フレームアーツ：鈴木、櫻井

(施工)：須山建設(株)：寺田

(材料・加工)：(株)スカイ

4. 課題解決の方法と実施工程

CLT のコスト縮減の方法について弊社設計施工の壁式鉄筋コンクリート造の共同住宅を中心に他工法と比較し比較検討資料を作成する

＜設計＞

平成 29 年 6 月～7 月：実施設計・構造設計

平成 29 年 8 月 10 日：建築確認申請(本受付)

平成 29 年 8 月 18 日：確認済証交付

＜施工＞

平成 29 年 11 月上旬：既設建物解体

平成 29 年 11 月中旬：着工、基礎工事

平成 29 年 12 月中旬：CLT 構造体

平成 29 年 12 月下旬～1 月下旬：外装工事

平成 30 年 1 月上旬～2 月下旬：内部仕上げ～竣工

平成 30 年 2 月 28 日：お引渡し

5. 得られた実証データ等の詳細

①本設計では、壁・床 CLT パネル共に開口は設けず、設備貫通孔などは非耐力壁部分に設け、CLT 使用量を削減し、バランスよく配置することでコスト削減につながった。

②弊社施工の WRC 共同住宅とコスト面で構造体までの坪単価比較を検証した結果、坪単価当たり 25,000 円ほど CLT が上回る結果となった。全体コストを見ても意匠面に左右されるが、構造体でのコストの差がそのまま表れる形となった。

③CLT パネルを調達にあたり供給業者に地元業者を選定し、設計段階からの打ち合わせをすることにより無駄のないパネルの発注をすることができた。

④賃貸共同住宅として表面利回り 6.15%を確保することができた。

6. 本実証により得られた成果

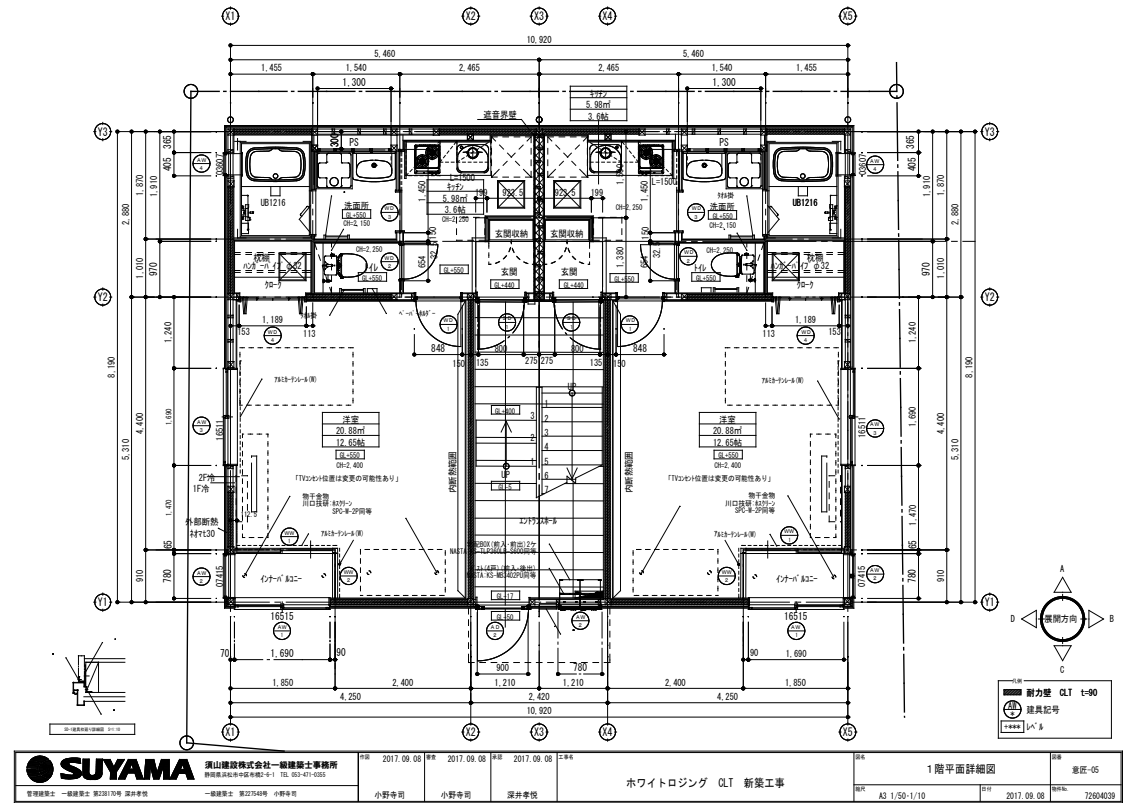
CLT 工法の共同住宅として事業性が確保される結果となったが、小規模な同程度の WRC 造の建物にはコスト面では及ばない。CLT 材の更なるコストダウンが期待される。

しかし規模が大きくなっていったときに、工程の短縮、建物荷重の少なさが有利になっていく可能性がある材料であると考えられる。

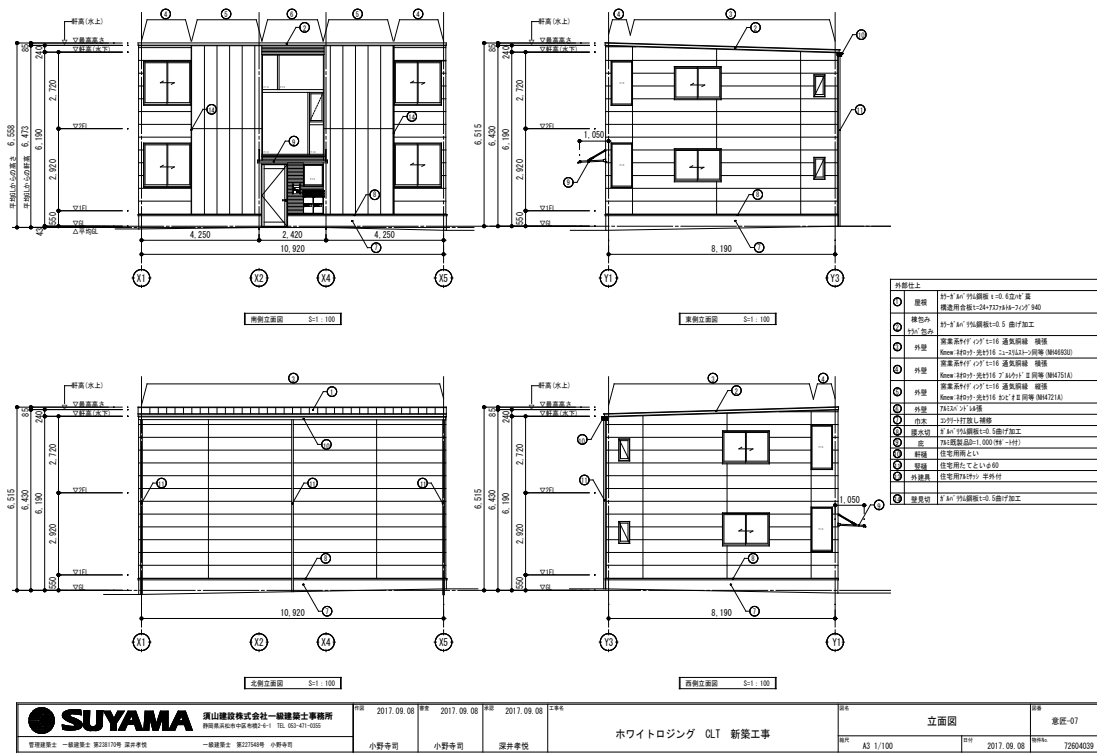
7. 建築物の平面図・立面図・写真等
完成イメージ



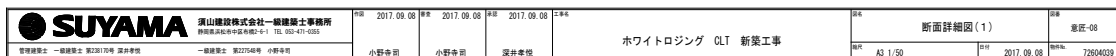
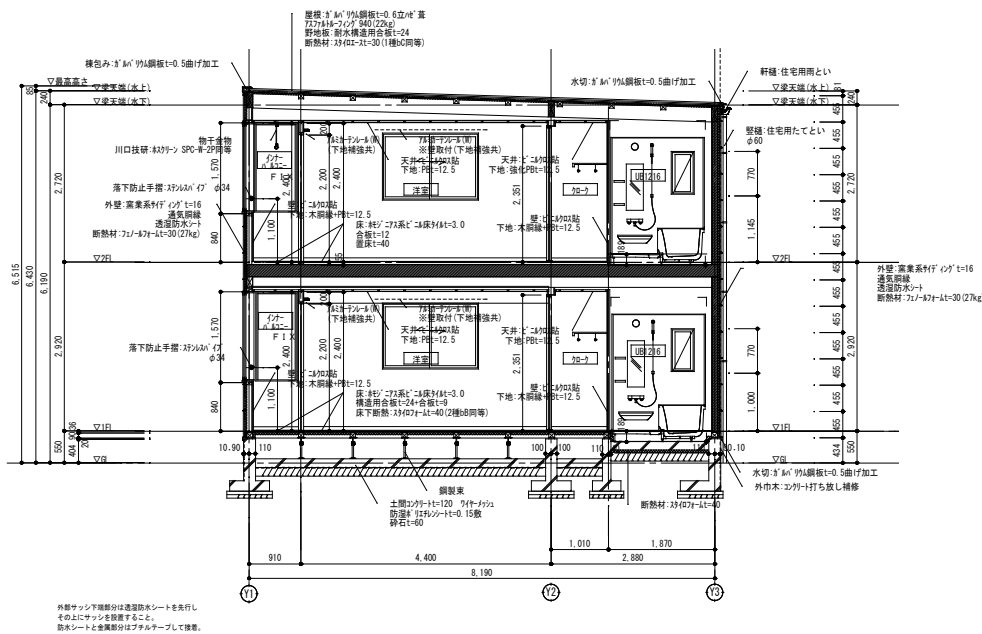
平面図



立面图



断面詳細図



成果報告書

構造計画及び構造の特徴

本建物は、2 回建ての共同住宅であり構造形式は CLT を用いた壁式構造である。1 階床・小屋組を除く上部架構を CLT で構成し、1 階床は構造用製材と構造用合板、屋根は小屋組み、基礎は布基礎で構成する。

構造体は小幅パネル架構で構成し、上下階の耐力壁配置は共通である。耐力壁の外層ラミナの方向は鉛直方向である。床パネルは外層ラミナ方向を長辺方向としている。耐力壁パネルには小開口を設けない。

CLT 床パネルは原則として、並行する耐力壁で支持するものとし壁パネルは床板の上部に配置する床勝ちとする。CLT 床パネル受けとして、CLT 壁パネルが存在しない箇所には長期荷重のみを受ける集成材の梁と製材の柱を設けている。これらの部材間および CLT パネルとの間は構造耐力上有効に緊結する。

X 方向、Y 方向ともにルート 1 の構造計算を行う。

応力計算は許容応力度計算を行う。「CLT 告示第 2 章第十 2 項四」により算定した建物の各層方向の許容せん断耐力が地震力及び風圧力以上であることを確認する。耐力パネル及びそれに取り付け接合金物の検討に関しては上記に含めたものとして省略する。

表 1.3.1-1 構面・架構の構成方法と構造計算ルートの概略的關係

構面種類	部材種類	ルート 1	ルート 2	ルート 3 ※		限界耐力 計算
				仕様 Ds	計算 Ds	
鉛直構面	CLT パネル(小幅、大版)	○	○	○	○	○
	在来壁 (水平力負担なし)	○	○	○	○	○
	在来壁 (水平力負担あり)	×	×	▲	○	○
	柱梁フレーム (水平力負担なし)	○	○	○	○	○
	柱梁フレーム (水平力負担あり)	×	×	▲	○	○
水平構面	CLT 床パネル	○	○	○	○	○
	在来床組	○	○	○	○	○
	在来小屋組	○	○	○	○	○
相互関係	水平構面勝ち	○	○	○	○	○
	鉛直構面勝ち	×	×	▲	○	○

○: 適用可、×: 適用不可、▲: 本書では適用不可

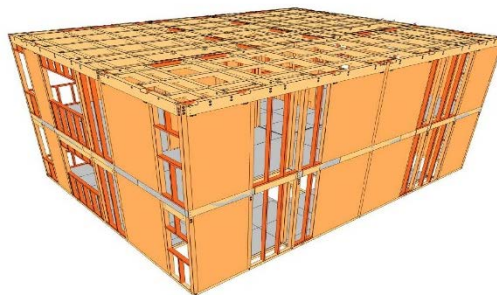
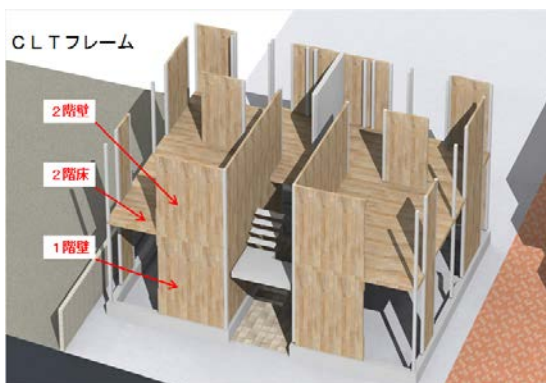
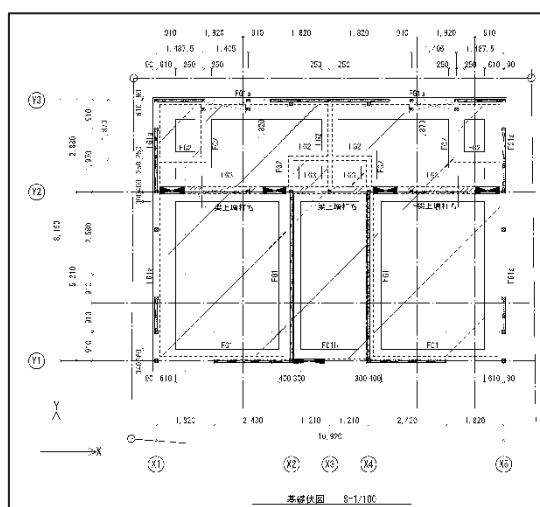
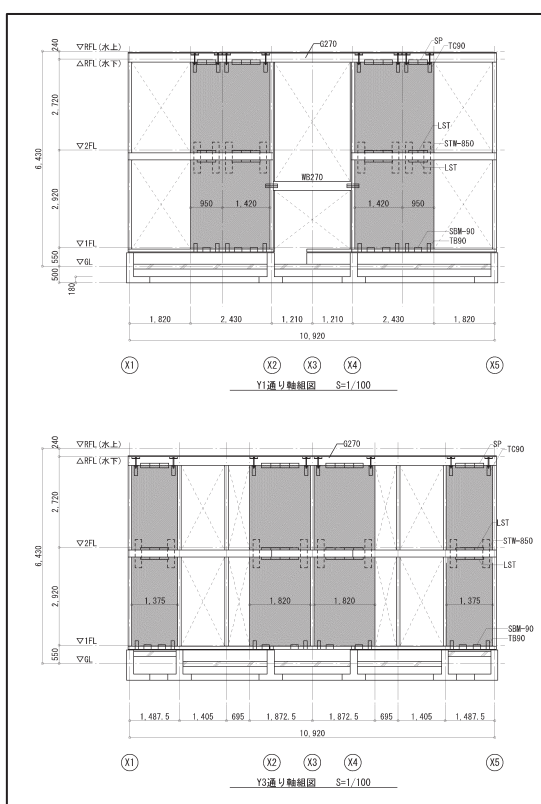
※ 仕様 Ds: D_s の値を技術基準告示第八第二号表中の値(0.40~0.55)とする場合。

計算 Ds: $D_s = 0.75$ または増分解析結果に基づいて値を設定する場合。

① 設計手法による CLT パネル使用計画

設計段階において、設備貫通などの位置が決まらなると壁パネルの計算ができなため基本設計段階から意匠・設備・構造と壁パネルの配置計画について綿密な打ち合わせを行った。

CLT 開口部、設備配管等貫通部が生じる部材・箇所は、構造部材にならないため開口部・配管貫通部を集約し、適正箇所に配置してその部分に CLT 部材を使用せず非耐力壁として在来木地(柱・間柱)とし開口位置の自由度を上げるとともに、屋根下地も在来小屋組みとし CLT 構造体として成り立つ範囲まで CLT 部材を削減し、コストダウンを図った。



屋根面は CLT パネルではなく、在来小屋組みで計画をした。金物と小屋梁が干渉しないような梁成となるよう配慮する必要があった。

また壁パネル及び小屋組みを屋根勾配なりに斜めとする計画とした。加工手間・施工手間を考慮すると、小屋組みをフラットにし屋根勾配は垂木などによることで結果的にコストダウンにつながった。



CLT パネルを削減し、在来軸組を配置したことにより電気設備の配線・ボックスの取付けスペースとして大変有効に利用でき、取付箇所にも自由度もできる。すべて壁パネルを採用した場合には CLT パネル内部に配線加工を施すか、パネル前面に壁を設けて隠蔽しなければならないためコストアップにつながると考えられる。



CLT パネル現しの表現について

CLT 現しを素地として表現したい場合について検討した。

本物件では階段室前に大型サッシを配置し、ガラス越しに外部から吹き抜けの壁面が見え、天龍材の CLT 素地を肌で感じられる様なデザインとした。床勝ちの構造設計を行っているため構造体の素地仕上げとすると 1 階壁、2 階床スラブ小口、2 階壁とそれに接合する X マーク金物が露出で出てしまう。

図1 外壁及び図2 内壁の接合金物は、X マーク表示金物の使用例です。これらの接合金物は、CLT 告示第十第2項第七号及び第八号に適合し、高さが13m、軒高9m又は3階以下の建築物(構造設計ルート1)などに使用します。

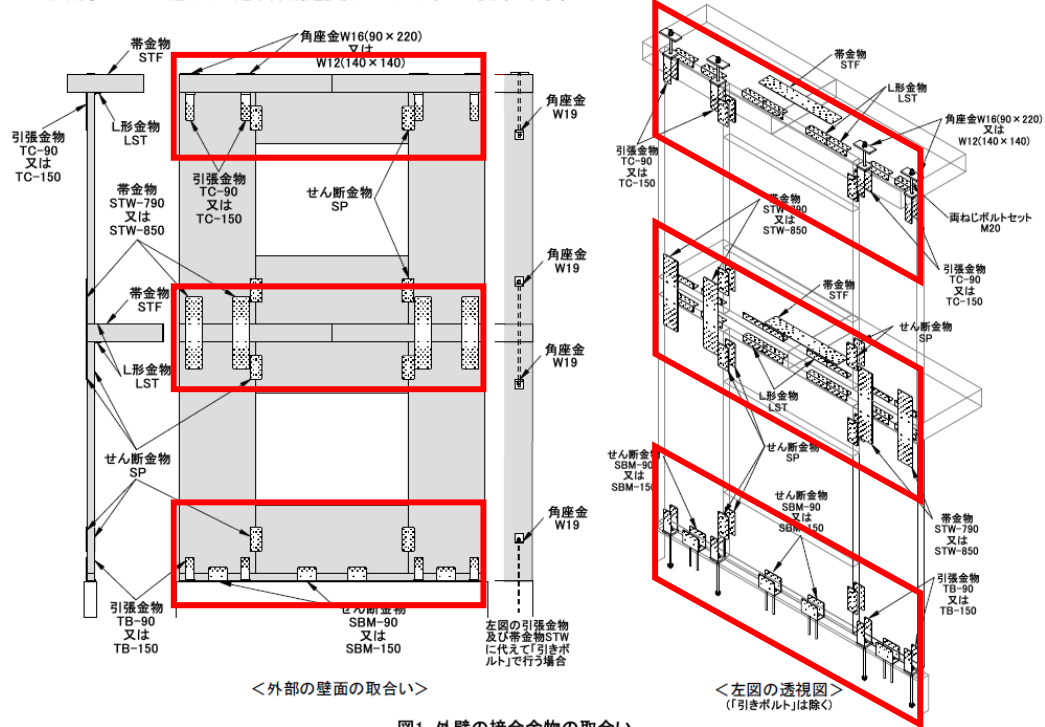
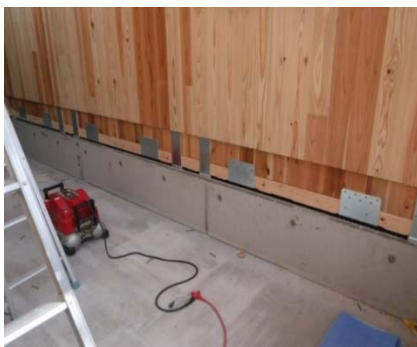
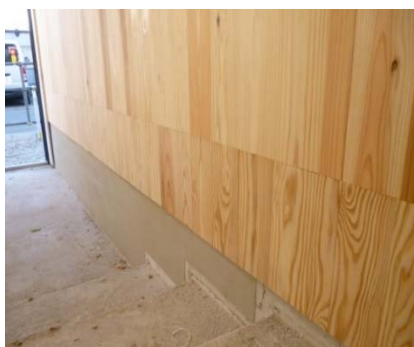


図1 外壁の接合金物の取合い

そのため構造体 3 層 3 プライ 90 mm の上に、化粧仕上げとして 1 プライ 30 mm を追加し 4 層 4 プライ 120 mm の壁パネルとした。X マーク金物を取り付ける箇所の最上層 1 プライ部分を、金物取付け部分を 1 層分欠き込み金物を取り付ける。金物締め付け後、欠き込み部分に 1 プライ分同材を埋め木する。



パネル欠き込み部分
金物取付状況



パネル欠き込み部分
埋め木完了状況

② 壁式鉄筋コンクリート造とのコスト比較

弊社施工の同規模の壁式鉄筋コンクリート造とのコスト比較をした。

基礎から上棟、外壁下地までで考えたため、意匠面の仕上がりによりコストは左右されるかもしれないが、躯体の面でみれば鉄筋コンクリート造の方がコスト面では優れているが、工程数が多く、上棟後も養生期間がとられるため工程を詰めていくことは難しい。

CLT 工法では工期が短く労務手間も大変縮減されるため工期においてメリットがみられるが、後述するように工場入荷までの日数がかかるのがデメリットである。基礎工事を行っている間に、工場入荷が済めば大変有効であると考ええる。

工事費	項目	数量	金額(千円)	備考	項目	数量	金額(千円)	備考
	仮設工事	1 式	2,018.0千円		仮設工事	1 式	3,268.0千円	
	材料費	33.88 m ³	3,823.0千円	CLT	土工事	1 式	921.0千円	
	加工費	33.88 m ³	1,543.0千円	CLT	コンクリート工事	1 式	2,797.0千円	
	その他材料費	28.99 m ³	1,306.0千円	小屋組・下地	型枠工事	1 式	3,182.0千円	
	その他加工費	28.99 m ³	412.0千円	小屋組	鉄筋工事	1 式	1,901.0千円	
	建て方費	62.86 m ³	1,176.0千円		地盤改良工事	1 式	982.0千円	
	輸送費	9 台	303.0千円	3t車8台 8t車1台				
	接合金物	1 式	920.0千円					
	基礎工事	1 式	2,339.0千円					
	合計		13,840.0千円		合計		13,051.0千円	
	坪あたり単価		27.4千円		坪あたり単価		24.3千円	
	工期				工期			
	2.7か月(CLT躯体6日)				4.5か月(上部躯体35日)			

③ CLT パネル工法における材料調達コストの削減

使用数量

■銘建工業(株) (岡山県) にて製造された杉 CLT パネル 約 33.87 m³ を使用

※化粧ラミナ：天竜産(浜松市産材)を使用

※CLT パネル内訳：壁パネル 40 枚・床パネル 13 枚

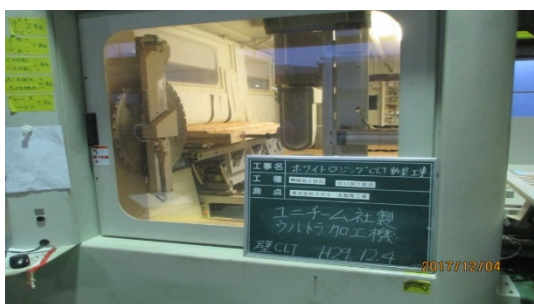
※最大寸法：210mm×1864mm×4340 (床パネル 2001, 2009)

今回の加工工程については以下のように進めていった。

- ① 加工内容 詳細打合せ(構造設計⇄加工工場(以下スカイ))
- ② CLT パネル 確定・発注(スカイ⇄銘建工業)
- ③ 機械加工用データ作成(スカイ)
- ④ CLT パネル出荷(銘建工業⇒スカイ)
- ⑤ 機械加工・手加工・養生塗装・金物取付け(スカイ)
- ⑥ 工場出荷(現場搬入)

※大壁/床CLTパネル : 発注～工場入荷まで 約1ヶ月

※化粧壁CLTパネル : 発注～工場入荷まで 約2ヶ月



今回の CLT の調達・加工に関しては、地元業者である(株)スカイに協力を依頼した。プロジェクトの初期段階から加わっていただき、無駄のないスムーズな調達を心掛けた。そのため CLT パネルを確定・発注段階で、詳細納まりまで検討を重ね、パネル寸法をほぼ確定しているので、従来よりロスが無い発注とすることができたと思われる。

また当初壁、床、屋根すべてを CLT で設計していた時は 78.90 m³使用する予定だったが、結果的に CLT パネルは 33.875 m³となり、45.025 m³の削減となった。CLT 削減した部分の軸組部分の材積が 28.985 m³のため、実際に削減された材積としては 16.04 m³となる。

以下に本建物での CLT パネル調達に関するコストを示す。

	項目	数量	金額(千円)	備考
工事費	材料費	33.875 m ³	3,823.0 千円	加工前 33.875 m ³ 加工後 31.878 m ³
	加工費	33.875 m ³	1,543.0 千円	CLT
	その他材料費	28.985 m ³	1,306.0 千円	小屋組・軸組下地
	その他加工費	28.985 m ³	412.0 千円	小屋組・軸組下地
	建て方費	62.86 m ³	1,176.0 千円	土台～軸組～CLT～小屋組
	輸送費	9 台	303.0 千円	3t 車 8 台 8t 車 1 台
	接合金物	1 式	920.0 千円	
	合計		9,483.0 千円	

またクロスマーク金物の取付け箇所が大変多く、すべて現場取付けとした場合に CLT 工法の短工期性が失われてしまうため、工場で取付け可能な金物は先付をし、現場出荷とした。現場取付けになる金物に関しては工場にて取付け位置を記入し、現場での手間を省略した。

CLT パネル製造に関して、国内 JAS 認定工場は 7 社 8 工場で年間製造能力は 34,000 m³である。CLT の加工に関して現状国内で幅 1200 mmを超える大判パネルの加工に対応している工場は 10 社程度であり、加工能力としては 2,000 m³/月程度と考えられ、パネルの製造能力に対して不足した状態である。CLT を利用した建物を建築する際、非常に大きなボトルネックとなっている。本建物も、大壁/床 CLT パネルは発注～工場入荷まで約 1 か月、化粧壁 CLT パネルは 2 か月を要した。CLT 建築を行うにあたり製造・加工工程がクリティカルパスになってしまっていることが現状である。

④ 施工・搬入レポート

工場準備



工場にて金物位置を記入



工場にて金物先行取付



保護材塗布(バトン)

CLT 搬入から仕上げまでの間、CLT 面材及び小口から雨水の侵入を防ぐため表面にクリア塗装を施した

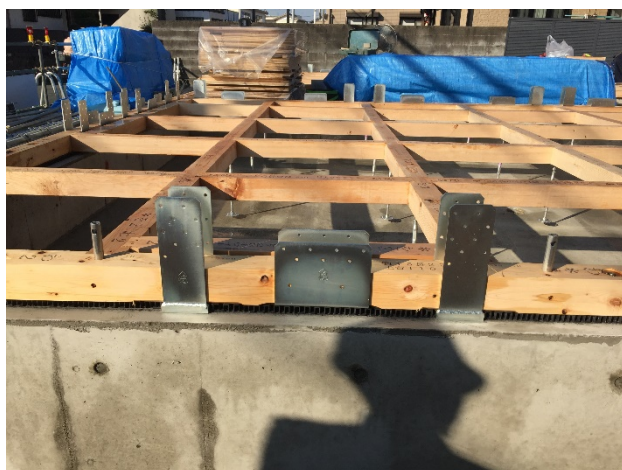
土台敷き込み・建て方段取り



通気パッキン・柱脚金物取付け。



引っ張り金物(TB90)基礎の上に直に設置とした。通気パッキンの厚さとほぼ同じのため土台を欠き込まずに施工できるかと思ったが、溶接ビート分土台を欠く必要が出てしまった。



土台欠き込み状況。

建て方

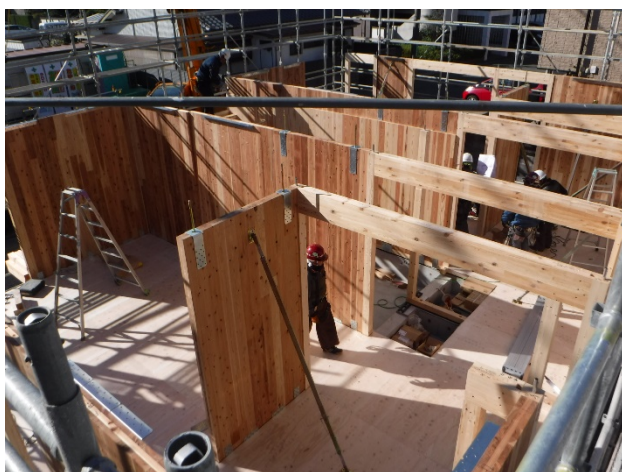


1 日目軸組部柱・梁架け



2 日目

1 階壁建て込み状況



軸組部柱・梁を先行しているためパネル建て込み時にガイドの役割を果たし建て込みやすく、建て入れ調整もスムーズに行うことができた。
柱とのクリアランスは1mm設けた。



2 階床パネル設置状況



2 日目建て方完了



2 日目建て方完了



3日目建て方状況



小屋組み状況
在来軸組工法とした



3日目建て方完了
構造材の取付はほぼ完了した。

壁・床 CLT パネル総数

- ・壁 CLT パネル：40 ピース (1 階壁 20P+2 階壁 20P)
- ・床 CLT パネル：13 ピース

作業人員

- ・建て込み時 大工 5 名・鳶 2 名 (軸組材・金物取付含む)

搬入

- ・壁 CLT パネル 3t 車 6 台
- ・床 CLT パネル 3t 車 2 台+8t 車 1 台

12 月 8 日・9 日

1 階脚部金物取付～土台敷

12 月 12 日

1 階床合板～1 階柱～1 階小屋梁

12 月 13 日

1 階壁 CLT～2 階床 CLT～2 階壁 CLT～小屋組み～金物取付

12 月 14 日

小屋組み～金物取付

CLT 建て込みについては約 2 日半。

予定より半日程度早く進めることができた。初めての壁パネル建て込み約 5 分/枚、床パネル約 10 分/枚。

施工の課題と改善点

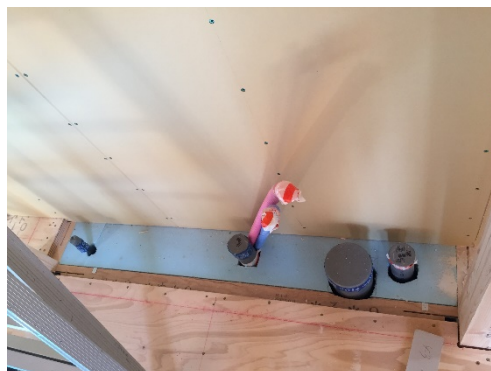
・クロスマーク金物が壁パネルより外側に出てくるため、内外壁下地、断熱材、置床などが干渉し、下地を欠き込むなどの現場調整が多数必要となる。

また意匠的にパネル全体を露出で見せる際には、金物がどうしても露出してしまうため、隠す細工を施す必要がある。本物件では1層を欠き込んだのちに金物を取付け、埋め木を行うことで対処したが、上記のように埋め木部分も金物が干渉するため裏側を欠き込んだの埋め木となるため予想以上に手間がかかった。

意匠性に優れた金物の開発と、金物数(ビス数)の削減を期待する。



・本建物では CLT パネル以外の部分を、在来軸組工法を利用して壁を構成した。本来の趣旨は、開口部・設備貫通部が構造部材としてみなされない箇所を軸組として構成し、CLT の材積を減らしコストダウンにつなげることであった。しかし、前述したが軸組部分があることによりパネル建て込み時のガイドの役割を果たし、建て込み速さの向上に役立った。さらに現場での作業を減らすために、軸組部分の工場パネル化を検討することも考えられる。



⑤ CLT 共同住宅の事業性について

CLT リワード

■投資総額

科目	金額	金額	備考
建築費	4,182.0万円	4,284.0万円	
表示登記	20.0万円	20.0万円	(概算)
不動産取得税	87.8万円	90.0万円	(概算)
合計【A】	4,289.8万円	4,394.0万円	
専有面積 坪単価	90.1万円	86.7万円	

■家賃収入(満室時)

科目	金額等	金額等	備考
戸数	4戸	4戸	
家賃/月	5.2万円	6.1万円	4戸の平均家賃
共益費/月	0.3万円	0.3万円	
満室時家賃総額/年【B】	264.0万円	307.2万円	戸数×(家賃+共益費)×12ヶ月

■実質収入

科目	金額	金額	備考
実質収入【D】	173.7万円	210.4万円	【B】-【C】

■利回り

科目	利回り	利回り	備考
表面利回り	6.15%	6.99%	【B】÷【A】
実質利回り	4.05%	4.79%	【D】÷【A】

⑥ 統括

CLT 工法を使用した賃貸共同住宅を弊社施工の WRC と比較を行い今後展開できていくかの検証が行えた。

本建物は小規模な建物であったため WRC も若干割高になってしまっていることは否めない。それでも CLT 工法の本建物の方がコスト面では高くなるという結果となったのは、まだまだ CLT パネルのコストの問題が大きいと考えられる。

本事業で明らかになったメリットは下記のように挙げられる。

1. 建物荷重は一般階で WRC 造の約 40%、設計地耐力は WRC 造の 40%
 2. 工期の短縮 (CLT 上棟 6 日間、全体工期 2.5 か月 WRC 躯体 1 か月 全体工期 4.5 か月)
- これらのメリットを活かせる条件としては、規模が大きくなり多階数化し、WRC では杭工事が発生するが、CLT では計画段階において材積を減らすように工夫を施し、荷重の減少による構造計画をし、直接基礎となった場合と考えられ、パネル納期を考慮しても短い工期で完成できることは大きな魅力になると考えられる。

上記の条件を活かせるようになるための改善点は下記のように挙げられる。

1. 静岡県内・浜松地域での供給網(サプライチェーン)の整備
2. 躯体・仕上げに干渉しない金物の開発及び金物使用量・サイズの縮減
3. CLT 材料の更なるコストダウン

本事業においては、事業性を確認し CLT 材を民間需要に普及促進していくことを主眼に置いて検討を重ねていった。現状では普及を促進するためには、CLT 材積を如何に削減して、事業性を確保するためにコストダウンの工夫が必要と考えられる。そのため多くの CLT を使用することはなかなか難しかったが、CLT 現しを用いることで CLT が本来持つ魅力を肌で感じることができることを表現できた。

今後よりよい金物が開発され、CLT 材の需要が増していき CLT の実証建築が増えていくことで、CLT の採用が増えていくことが期待される。