

2. 1 1 (同)TKG／(株)響建設

2. 1 1. 1 建築物の仕様一覧

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		共同住宅	
	建設地		高知県高知市	
	構造・工法		木造・CLTパネル工法	
	階数		3	
	高さ（m）		10.38	
	軒高（m）		9.35	
	敷地面積（㎡）		294.49	
	建築面積（㎡）		141.36	
	延べ面積（㎡）		377.55	
CLTの仕様	CLT採用部位		壁、床	
	CLT使用量（㎡）		加工前製品量93.289㎡、建築物使用量86.571㎡	
	壁パネル	寸法	90mm、90mm×2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	Mx90A相当	
樹種		スギ・ヒノキHB		
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：欧州赤松集成材 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	47.6628㎡	
仕上	主な外部仕上	屋根	GL（ガルバリウム）鋼板t=0.4立平葺き	
		外壁	鋼板サイディングt=15、サイディングt=16＋硬質木片セメント板t=18下地	
		開口部	アルミサッシ＋二層複層ガラス（Low-E、断熱ガラス、日射遮蔽型、中空層幅12mm） 一部防火設備	
	主な内部仕上	界壁	（強化PBt15＋PBt12.5＋LGS40*45（GW24Kt50mm） （強化PBt15＋PBt12.5＋胴縁15*45＋CLT	
		間仕切り壁	両面PBt12.5 LGSt65	
		床	構造用合板12＋ALCt36＋フリース＋パーテクトボードt20＋制振材t8＋ラワン合板t12＋ビニル床タイルt3	
		天井	強化PB12.5×2＋GW16kt100＋LGS天井下地 一部サイレントトップ設置	
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の上にフリース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 ・床遮音性能テストの結果が（LL-50,55 LH-60）となり、まだ電気設備等の開口が仕上がっていない状態でのテストのため、完全に仕上がった状態では、ある程度の効果が望めそう。 当初の計画にはなかったが1室にフビ化学工業(株)のサイレントトップを設置し、遮音テストでその効果を比較検討したが、これも仕上がった状態でテストすれば効果が検証できそう。 ・外断熱工法を採用しUa値0.32 BEI0.82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	
防火	防火上の地域区分		指定なし	
	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	
温熱	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	
	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		屋根・外壁とも性能の高い外断熱を採用した	
施工	主な断熱仕様（断熱材の種類・厚さ）	屋根（又は天井）	A種フェノールフォーム保温板1種2号(0.020W/m・k)・50mm	
		外壁	A種フェノールフォーム保温板1種2号(0.020W/m・k)・35mm	
			床	押出法ポリスチレンフォーム保温板1種bc(0.036W/m・k)・50mm
	遮音性確保に関する課題と解決策		床CLTはRCスラブより遮音性が劣るのでALC＋フリース＋制振材で対策 更に今回は試行としてサイレントトップの効果を検証	
	建て方における課題と解決策		建築地が住宅街の中にあり搬入道路の幅員が6m及び狭小敷地のため、南国市にストックヤードを準備してCLTパネルや梁材・柱材を大型車から小型車に積み替えて現場搬入とした。 また建て方時の車両の搬入方法とレッカー作業の施工計画を施工BIMで検討した。 ・設計時からBIMで設備配管をモデル化し、配管ルートとCLTパネルスリーブ位置を検討した。工場加工時にスリーブ加工をすることで、作業効率を上げることが出来た。	
工程	給排水・電気配線設置上の工夫			
	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	
	設計期間		2022年11月～2023年8月（10ヵ月）	
	施工期間	2023年10月～2024年3月（6ヵ月）		
		CLT躯体施工期間	2023年11月初旬～11月下旬（1ヵ月）	
	竣工（予定）年月日		2023年3月25日	
	体制	発注者		(合)TKG 代表社員 高橋良法
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		中村建築構造設計合同会社		
施工者		(株)響建設		
CLT供給者		銘建工業(株)		
ラミナ供給者		株式会社高知とおと製材（高知県産材）		

2. 1 1. 2 実証事業の概要

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：(同) TKG／(株)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		
構造・工法		CLT パネル工法		
階数		3		
高さ（m）		10.380	軒高（m）	9.350
敷地面積（㎡）		294.49	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 93.289m³、加工後建築物使用量 86.571m³		
CLT を除く木材使用量（m³）		47.6628m³		
CLT の仕様	（部位）	（寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種）		
	壁	90mm、90mm×2 厚/3 層 3 プライ/S60A 相当/スギ		
	床	120mm 厚/3 層 4 プライ/Mx90A/相当/スギ		
	屋根			
設計期間		2023 年 5 月～9 月（5 カ月） 確認申請審査期間		
施工期間		2023 年 9 月～2024 年 3 月（6.5 カ月）		
CLT 躯体施工期間		2023 年 11 月初旬～下旬（2 週間）		
竣工年月日		2024 年 3 月 25 日		

2. 実証事業の目的と設定した課題

- ・ CLT 集合住宅の普及を目指すには、低コスト化が必要であり、その方法として標準化を模索し、3.6m 角モジュール標準プランによる、設計・施工の効率化についての検証を行う。
- ・ CLT パネル加工で、今まで慣例的に行っていた手加工を無くし、低コスト化を目指す。
- ・ 現状は CLT 加工用 3D モデルから 2D 図面の施工図と承認図を書いている。それら数十枚に渡る 2D 図面を作図する作業量とチェックする作業量は膨大で、ミスも多くなる。BIM やビューワーを活用し、3D モデルでの施工図と承認図の可能性を模索し、2D 図面を省略し効率化を図る。
- ・ 施工 BIM を導入し、デジタル技術を活かした施工方法を検証し、次世代型 BIM-CLT ワークフローを目指す。今回の敷地は狭小地で進入道路が狭く、大型 CLT パネルの組立施工となる条件のため、1 次材料ストックヤードからの 2 次輸送計画等、施工 BIM として 3D 仮設計画・3D 施工計画を作成出来る様にし、今後増加が予想される市街地での CLT 建築の施工実証を進める。今回、実証事業で設定した課題は以下のとおりである。

- ・ 3.6m モジュール標準プランによる低コスト化に向けた課題
 - 標準化に向けた、低コストで効率的なパネルサイズ・加工方法について検証
 - 狭小地における 3.6m モジュールの有効性を検証
 - RC 造・S 造との施工方法、コスト比較
- ・ CLT パネル加工を手加工レスで低コスト化に向けた課題
 - 標準的に行っている手加工を再検証し、機械加工方法の検討と手加工を省略出来る項目を抽出
 - 施工現場での問題点を抽出し、検証を行う
- ・ 3D モデル施工図、承認図による課題
 - 3D モデル施工図、承認図の流れと方法を検証
 - 2D 図面による方法との比較検証
- ・ 施工 BIM の検証
 - 3D 仮設計画、3D 重機計画を行い、今回の狭小地における最適な施工方法を検証
 - AR(拡張現実)による施工方法を検証

3. 協議会構成員

(施工) ㈱響建設：代表取締役社長 丁野 敏明、宮田 直樹（協議会運営者）

(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

(原木供給) 高知県森林組合連合会：浜田 義寛

(材料/ラミナ) 高知おおとよ製材株式会社：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) ㈱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

- ・ 3.6m モジュール標準プランによる低コスト化に向けた課題に対して、設計、工場、現場施工での検証を行う
- ・ CLT パネル加工を手加工レスで低コスト化に向けた課題に対して、標準的に行っている手加工を無くした場合の現場施工で具体的な問題点と解決方法を探る
- ・ 3D モデル施工図、承認図による課題に対して、実際の施工の流れで 3D モデルでのやり取りを行い、問題点と解決方法を探る
- ・ 施工 BIM の検証に対して、実際の施工の流れで 3D での施工計画を行い、問題点と解決方法を探る
- ・ 3.6m 角モジュール標準プランにより設計し、CLT 使用量自体の削減及び施工性の改善により過去の同工法とのコスト比較
- ・ これまで施工した RC 造や S 造と CLT パネル構造の建築物のコストデータを活用し、標準プランとの比較検討をする

<協議会の開催>

2023 年 9 月 19 日：第 1 回開催、施工 BIM、資材搬入打合せ

9 月 28 日：第 2 回開催、着工前打合せ

10 月 17 日：第 3 回開催、基礎工事進捗確認、木工事着工前確認

11 月 22 日：第 4 回開催 工事進捗状況確認、建て方状況確認、視察

11 月 25 日：第 5 回開催 構造見学会

12 月 22 日：第 6 回開催 CLT 建て方の検証、施工改善点の検証

2024 年 1 月 25 日：第 7 回開催、施工後の課題と改善点①

1 月 31 日：第 8 回開催、施工後の課題と改善点②

2 月：第 9 回開催、実証事業の取りまとめ検討

<設計>

2023 年 5 月：実施設計

7 月：構造設計

8 月：建築確認申請受理

<施工>

2023 年 9 月：工事契約

9 月～10 月：着工、基礎工事

10 月～

2024 年 1 月：木工事

1 月～2 月：外構工事

2 月～3 月：内装工事

<性能確認>

2023 年 11 月 28 日：CLT 躯体段階で遮音性能試験

2024 年 2 月 13 日：遮音性能試験

2024 年 3 月 15 日：遮音性能試験実施

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断熱遮音特性値および各仕様の最適納まりの検討過程
- ・BIM ワークフローのビジュアル資料
- ・BIM 設計により検討した設備配管等の収まりと実際の現場施工での干渉のチェック資料
- ・施工・搬入レポート
- ・標準型プランでのモジュールごとのコスト算出を試作した資料
- ・既存の工法と比べた CLT 工法のコスト縮減比較資料
- ・施工 BIM、AR

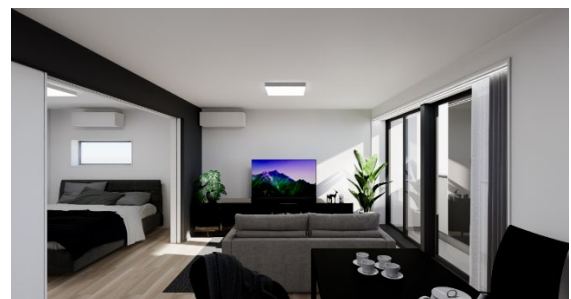
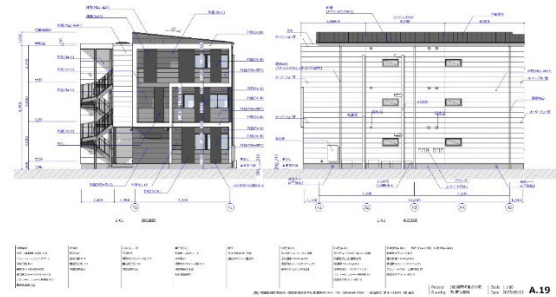
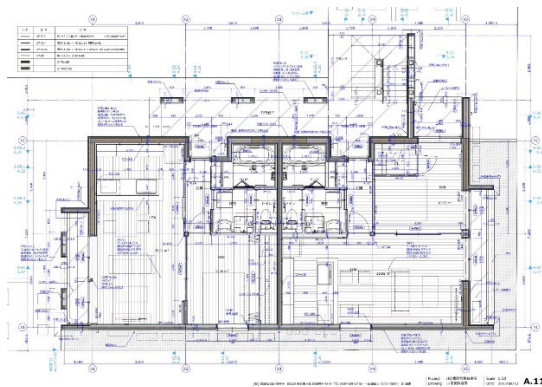
6. 本実証により得られた成果

- ・3.6m 角モジュール標準プランにより設計した 2 件の案件（秦南及び朝倉）を同年度に施工し、敷地条

件の違いによる施工性を比較したデータ

- 同じく 2 件の案件で断熱や遮音性能を確保する建材で、その性能の比較検証データ
- 他の BIM で設計する設計事務所に加えて BIM メーカーのグループも活用し、CLT 製造メーカーの CAD 担当者とのワークフローと「BIM-CLT 加工データ連携」の蓄積データ
- 不利な敷地条件による施工を施工 BIM で仮設計画・施工計画を立てて課題解決をした結果
- BIM の設計、2 次元 CAD に変わる 3 次元 CAD での施工図チェック、そして加工図迄の完結の結果データ
- 手加工を省くことによるコストダウンの結果

7. 建築物の平面図・立面図・写真等



1. CLT集合住宅普及に向けて

CLT集合住宅の普及を目指すには、低コスト化が必要である。その方法として標準化を模索し、3.6m角モジュール標準プランによる、設計・施工の効率化についての検証を行う。

1.1 3.6m角モジュール標準プラン

3.6m角を基準としたD.K(ダイニング・キッチン)、L(リビング)、R(個室)、E.S(玄関・水回り)をブロック化したモジュールを標準化し、モジュールの組み合わせによって様々な展開が可能な標準プランである。

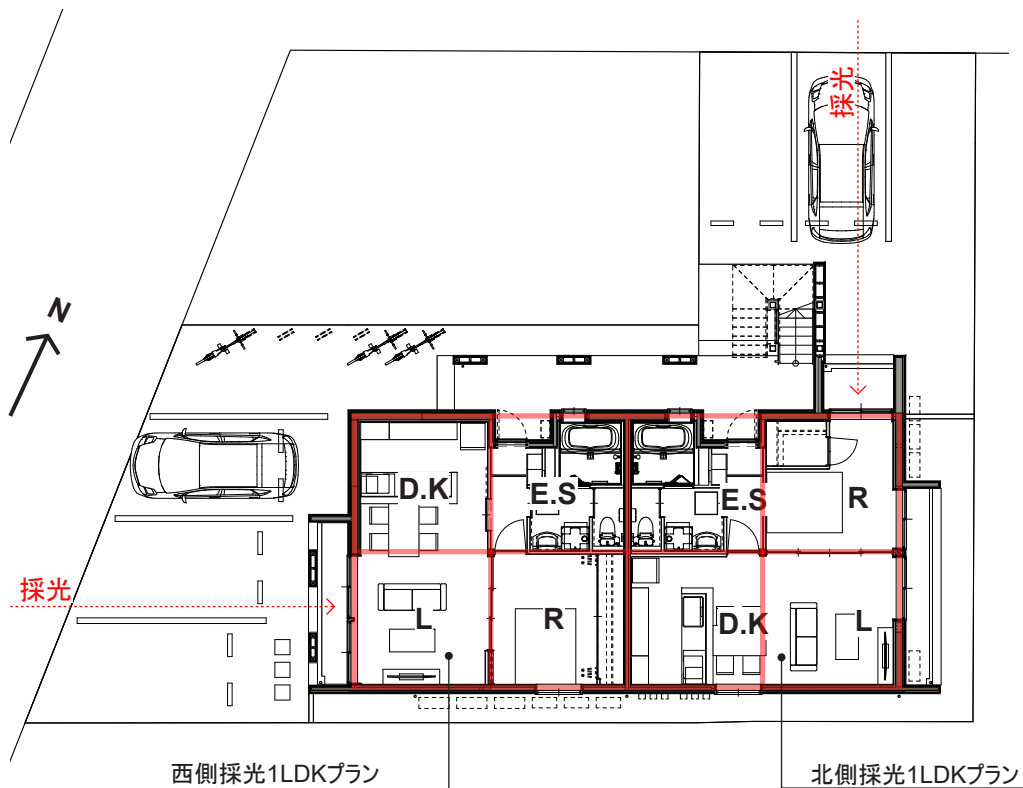
3.6m角で標準化されたモジュール



1.2 秦南集合住宅平面プラン

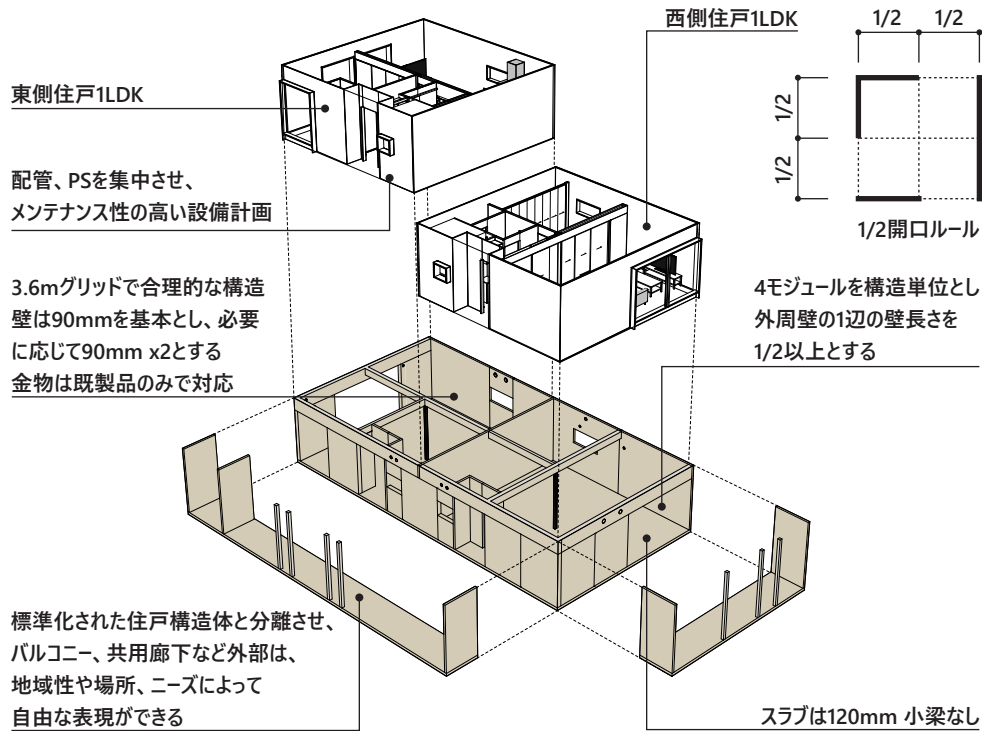
敷地条件として、西と北に道路があり、南と東は隣地となっており、狭小で採光を確保するには道路面のみとなり、集合住宅には不向きな条件である。

しかし、3.6mモジュールの組み合わせにより、成立させることが出来た。

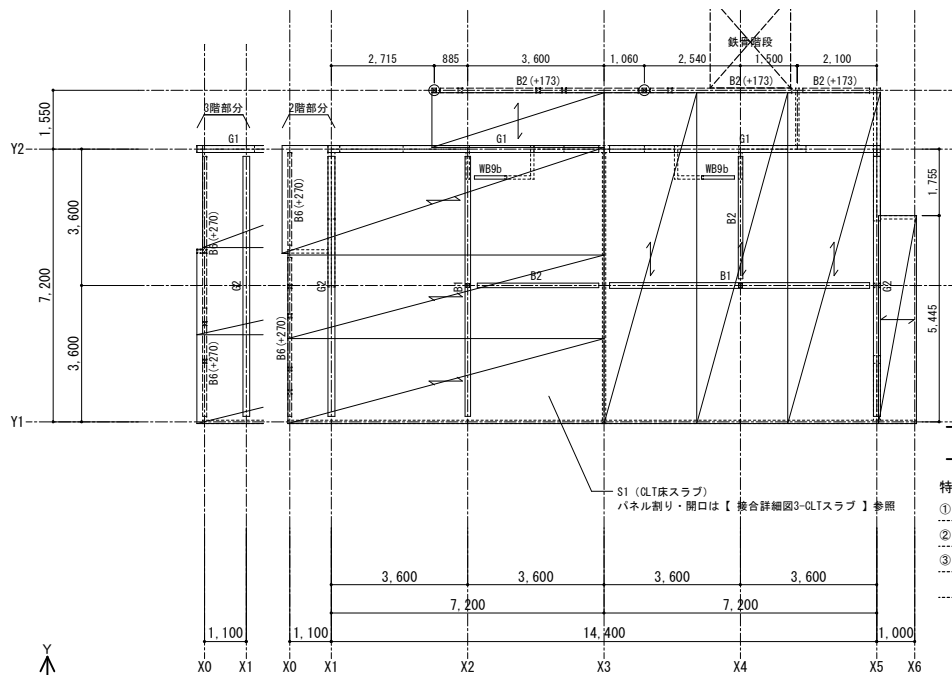


1.3 朝倉集合住宅ダイヤグラム

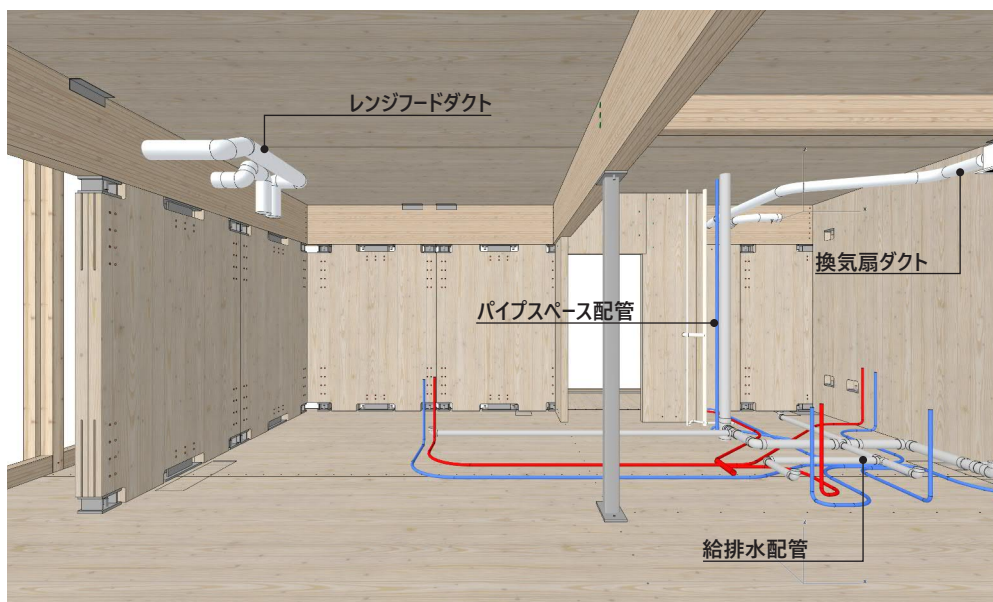
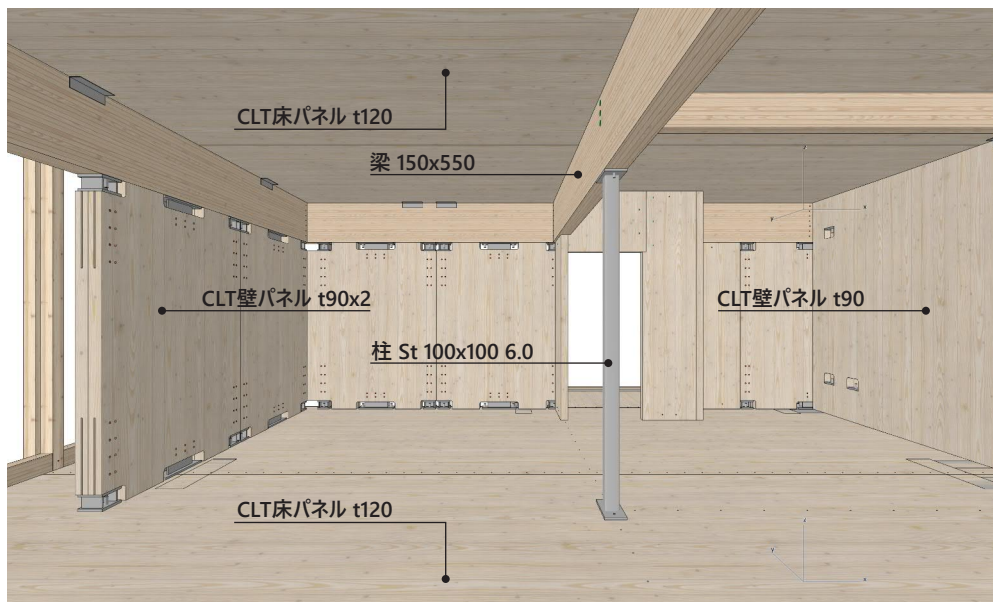
- 3.6mグリッドで合理的な構造
- 4モジュールを構造単位とし、外周壁の1辺の壁長さを1/2以上とするルールを設定
- 壁は90mmを基本とし、必要に応じて90mm x2とする
- スラブは120mm 小梁なし
- 配管、PSを集中させ、メンテナンス性の高い設備計画



3.6mモジュール 梁伏図

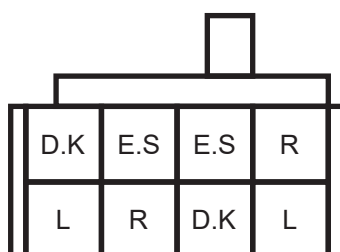


3.6mモジュールによるCLTパネル構造は、3.6mピッチの梁に120mmCLT床パネルという、シンプルな構成で、低コスト化と工期短縮、設備ダクト配管等施工性に優れている。



1.4 モジュール単価概算システム構築

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概算コストがでるシステムを構築することで、計画初期にコストシミュレーションができる。



X 3F

モジュール面積
 $3.6 \times 3.6 = 12.96 \text{ m}^2$
 モジュール数 24
 $12.96 \times 24 = 311.04 \text{ m}^2$

E.S	X 6 +	D.K	X 6 +	L	X 6 +	R	X 6 +	共用部 + 付帯オプション = ¥123,803,000
4,129,000		3,821,000		3,263,000		3,263,000		29,807,000 7,140,000

1.5 CLTパネルサイズ検証

3.6mモジュールに適したCLTパネルサイズを検証する。

構造的合理性とパネル製造効率から、大判パネルを積極的に採用してきたが、取り回しの悪さから施工性に難があり、分割してほしいと現場から要望が出ることも多い。

秦南集合住宅と朝倉集合住宅から、パネルサイズについて検証を行った。

<大判パネル>

構造・製造性に有利だが、運搬・施工性に難があり、吊り込み時のたわみ対策が必要。

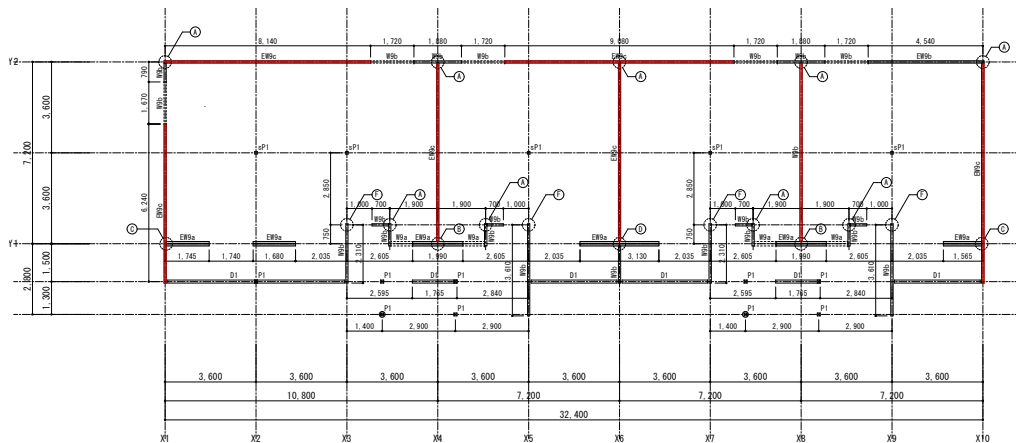
金物は少ないが、サイズが大きく、アンカーセットなど精度出しに難がある。

<分割パネル>

運搬・施工性に有利だが、構造・製造性が悪い。

金物は多くなるが、サイズが比較的小さく、精度出しが容易。

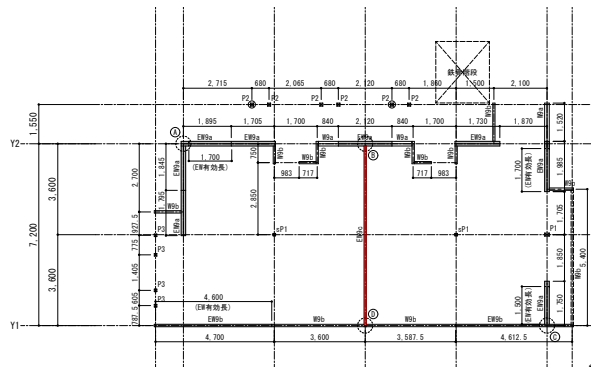
朝倉集合住宅



EW9c $2.88 \times 6.24 \sim 9.08\text{m}$ → 6枚×3層＝計18枚

W9b $2.88 \times 7.20\text{m}$ → 1枚×3層＝計3枚

秦南集合住宅



W9b $2.88 \times 7.20\text{m}$ → 1枚×3層＝計3枚

■比較検討

コストについて；大版パネルのほうが優位

・材料費

変化なし

・金物費用

大版を分割することで、60万増加

問題の大版は全体で21枚（分割すると42枚）あるので、一か所あたり2.85万円増加

・輸送費

変化なし

	大板CLT（7枚/階）	大板CLT 2分割（14枚/階）	差額
加工費			
金物費	¥1,296,980	¥1,885,260	¥-588,280
金物取付費	¥27,500	¥40,333	¥-12,833
合計	¥1,324,480	¥1,925,593	¥-601,113

施工性について；大版パネルも分割パネルも変化なし

朝倉集合住宅（2階で検証）			
アングル補強あり		アングル補強なし	
EW9c-2F①（6.2m）	25 分	EW9b-2F（4.5m）	10 分
EW9c-2F②（7.2m）	26 分		
EW9c-2F③（7.2m）	27 分		
EW9c-2F④（8.7m） 動画で確認不可			
EW9c-2F⑤（8.1m）	32 分		
EW9c-2F⑥（9.0m）	24 分		
1枚当たり平均施工時間	27 分		10 分
秦南集合住宅（2階と3階で検証）			
アングル補強あり		アングル補強なし	
EW9c-2F（7.2m）	16 分	EW9b-2F①（4.6m）	5 分
EW9c-3F（7.2m）	23 分	EW9b-2F②（4.6m）	3 分
		EW9b-3F①（4.6m）	12 分
		EW9b-3F②（4.6m）	8 分
1枚当たり平均施工時間	20 分		7 分

・考察

大版パネルの平均施工時間は20～27分、分割パネルの平均は7～10分×2+αの段取り替えを考慮すると施工時間に大差ない。施工カメラからわかる範囲では、アングル取り付け及び取り外し時間はおおよそ5～7分。

また、以上の時間から推測すると、実際はアングル補強なしでは10分程度で施工できていることから、「斜めに吊られている大版パネルの施工」＋「アングル取り付け及び取り外し時間」に要している20分を吊り方工夫するなどしてなくせば、問題解決すると思われる。

2. CLTパネル加工を手加工レスで低コスト化

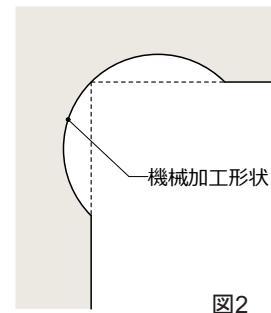
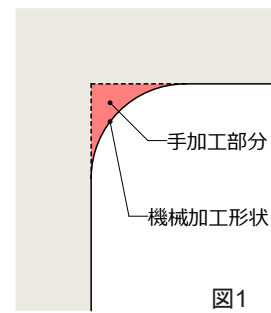
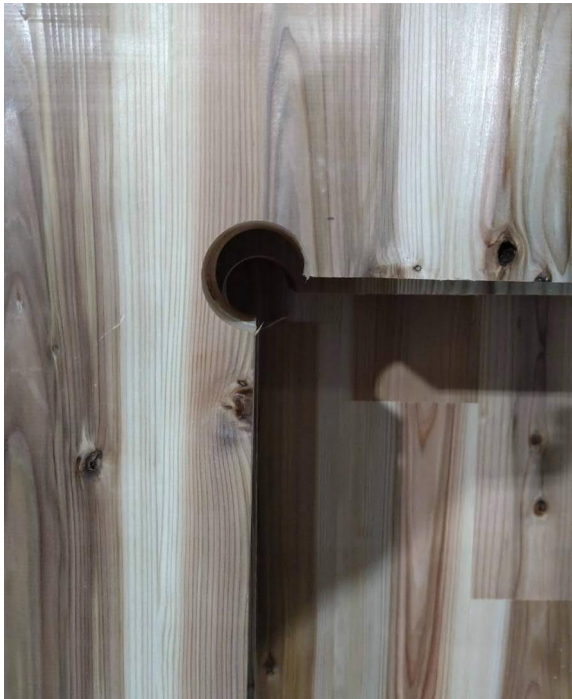
これまで標準的に行っていた手加工を無くし、施工で問題があるか検証する

開口部角取り



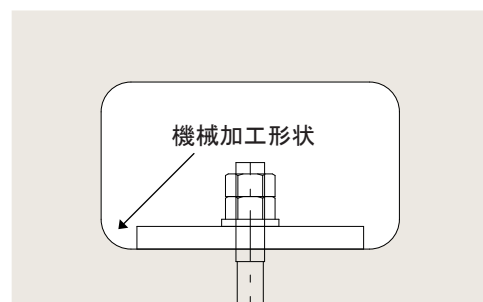
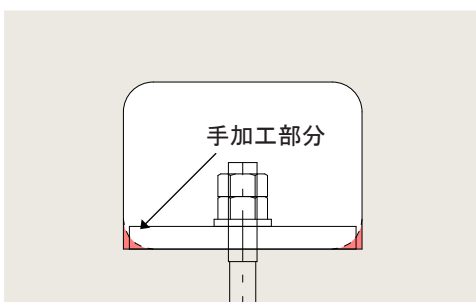
機械で開口部などを加工する場合、図1のようにルーター径の丸みが残る。その丸みは、サッシの取付ができなくなるため、工場で大工さんが手加工をして角にしている。

この工程を機械加工形状を図2のようにすることで、手加工を減らす。

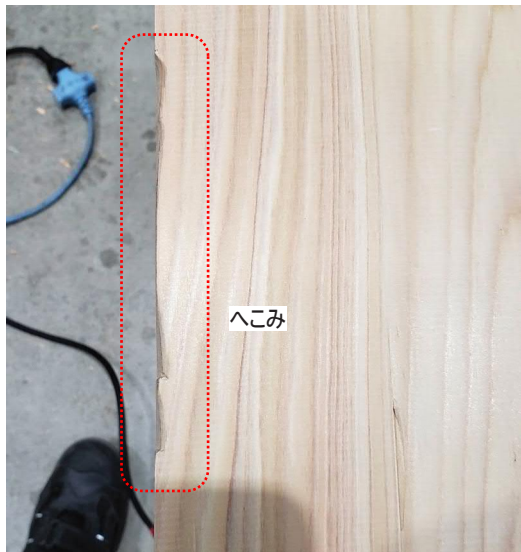


箱堀角取り

引きボルト箱堀部の手加工部分を機械加工形状を変更し、手加工を減らす。



面取り加工



通常パネル加工後、小口の品質を確保するため、下図のように手作業で面取り加工を行う。

面取り加工をしない場合、吊り込み時に左写真のようにへこみが出るが、構造上の影響が出ることはない。

この工程を省くことで効率化を図る。



手加工レスコスト検証

【朝倉集合住宅】						CLT関連コスト
項目	加工時間	対象箇所	増加作業時間	費用	合計費用	¥33,546,350
箱彫り角取り	3.5 分/ヵ所	248 ヲ所	868 分	¥680 /ヵ所	¥168,640	0.5027%
開口部の角取り	2.5 分/ヵ所	15 ヲ所	38 分	¥490 /ヵ所	¥7,350	0.0219%
面取り			710 分		¥138,700	0.4135%
合計			1,616 分		¥314,690	0.9381%

【秦南町集合住宅】						CLT関連コスト
項目	加工時間	対象箇所	増加作業時間	費用	合計費用	¥19,120,132
箱彫り角取り	3.5 分/ヵ所	120 ヲ所	420 分	¥680 /ヵ所	¥81,600	0.4268%
開口部の角取り	2.5 分/ヵ所	18 ヲ所	45 分	¥490 /ヵ所	¥8,820	0.0461%
面取り			430 分		¥84,000	0.4393%
合計			895 分		¥174,420	0.9122%

開口部角加工と面取りレスによつての施工上の問題はなかった。

ヨーロッパでは、この手加工はしないことが多い。日本では、木に対する美意識からか、標準的に加工を行ってきたが、集合住宅のように、CLTを耐火ボードで覆うような仕様の場合、手加工をできるだけ省く選択肢を作ることは有効である。

コスト検証からは、CLT関連コストの1%弱と、大きな数字ではないが、工期短縮も含めた相乗効果が期待できる。

3. 次世代型BIM-CLTワークフローに向けて

1. 2D設計からBIM設計へ

- ・ BIMによる設計で、建築イメージをわかりやすく伝えられる
- ・ 3Dで納まりや干渉チェックなどを行ない、効率的な施工
- ・ モデル情報から数量を拾い、積算に活かす
- ・ CLT構造を金物を含めBIMモデル化し、3Dで構造形状、スリーブ位置など検討を行う
- ・ 構造計画の早い段階で数量の把握ができる

実証済

2. BIMモデル → CLT加工データ連携

- ・ 現状の流れは、2D図面→加工用3Dモデルを作成→2D図面化→各部寸法等確認→3Dモデル調整→パネル加工へと進む工程で無駄が多い
- ・ 設計BIMモデルをIFC中間ファイルに変換し、加工用モデルとして読み込み、データ連携を図る
 - 2022年度実証事業にてワークフローの検証と有用性を確認

実証実験

3. BIM-CLT加工データ連携マニュアル作成

- ・ BIM-CLT加工データ連携に適したモデル作成方法、手順、IFC変換設定方法などをまとめたマニュアルを作成
- ・ BIMを使っている設計事務所にマニュアルを配布し、普及を図ることで、CLT工法全体のDX化を図る

実行中

4. 他の設計事務所とBIMメーカーを交えたワークショップ

- ・ 前項マニュアルを元に、他のBIMを使用している設計事務所とBIMメーカーを交えたワークショップを行い、様々な環境への対応と、より使いやすいマニュアルを



実行中

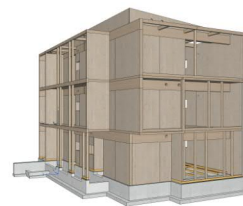
5. 設計・施工完全BIM化に向けて

- ・ 現状意匠設計者だけがBIMを使っている
- ・ 構造・設備・施工者がBIMを使い、効率化を図る
- ・ 各分野BIM化に向けて、環境構築と教育プログラム
- ・ 現在、構造設計者・施工者向け講習会を実行中

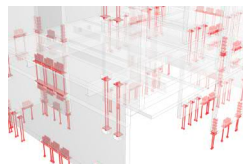
今回実証実験

6. 3Dモデル承認を模索

- ・ 現状はCLT加工用3Dモデルから2D図面の施工図と承認図を書いている。それら数十枚に渡る2D図面を作図する作業量とチェックする作業量は膨大で、ミスも多くなる。
- ・ BIMやビューワーを活用し、3Dモデルでの施工図と承認図の可能性を模索し、2D図面を省略し効率化を図る。



BIM CLTモデル

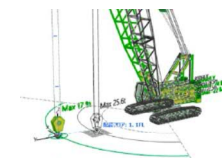


CLT金物配置モデル

今回実証実験

7. 施工BIM + i-Construction

- ・ 施工BIMを導入し、デジタル技術を活かした施工方法を検証する
- ・ 3D仮設計画
仮設計画を3Dモデルにし、可視化することで、関係者への情報共有・意思疎通を図る
- ・ 3D重機計画
今回の狭小地でクレーンの取り回しや最大荷重など、3Dで検証し、施工方法の最適化を図る
- ・ i-Construction
3DスキャナやAR(拡張現実)技術を活用し、効率化を図る



将来ロードマップ

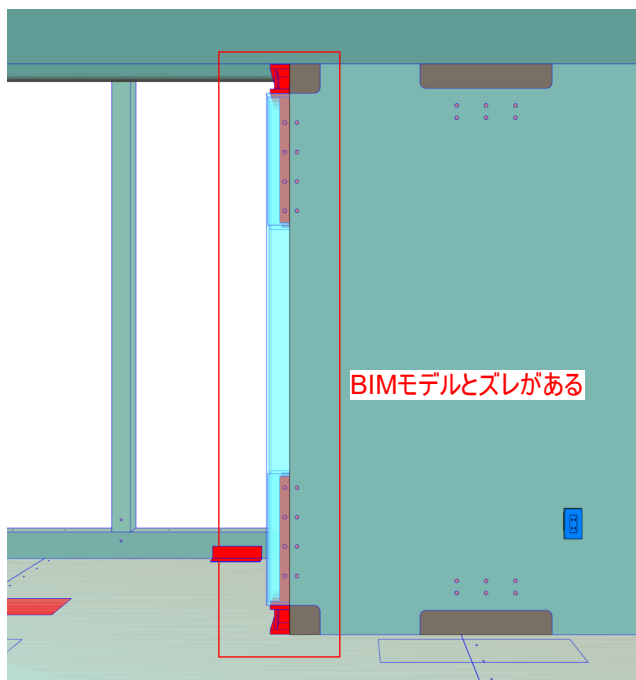
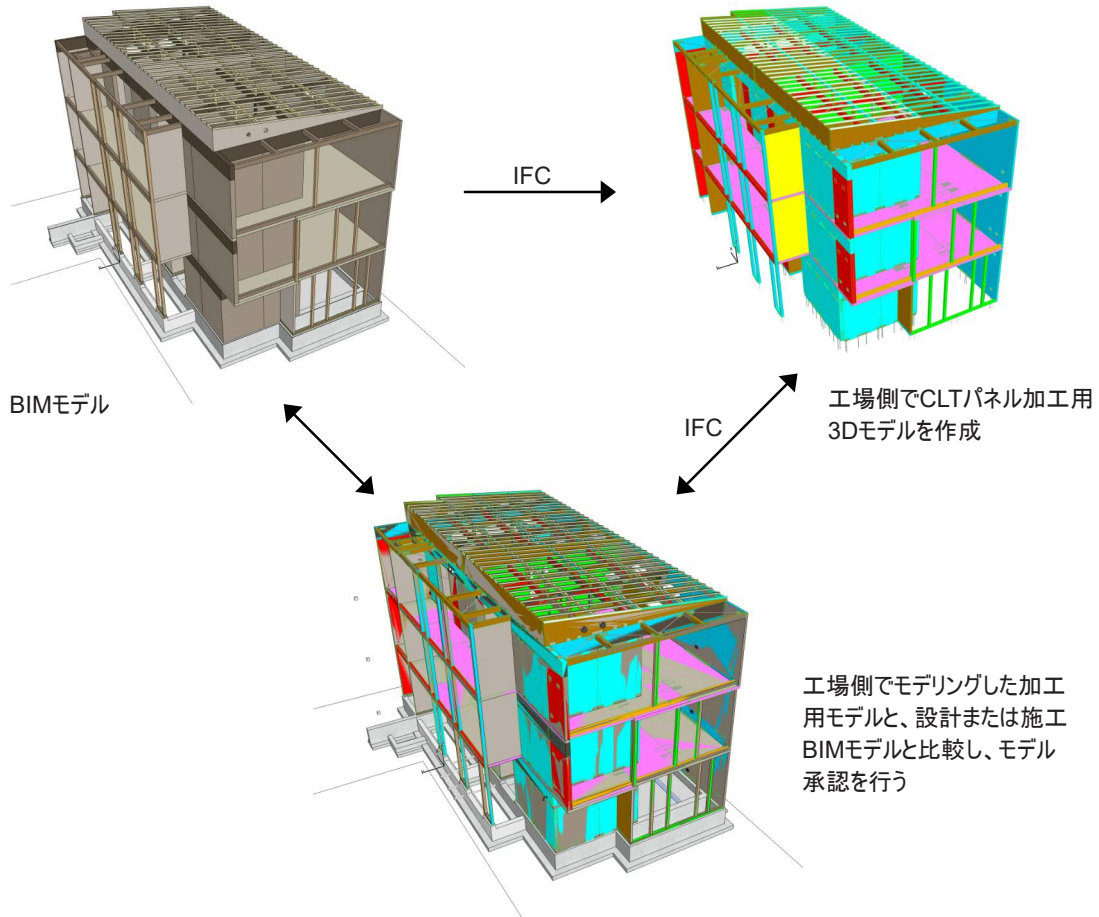
8. 標準プランと設計・施工完全BIM化

- ・ 3.6m角モジュール標準プランをBIMシステム化し、設計施工を完全BIM化することで、次世代のCLT建築ワークフローを構築する

3.1 3Dモデル承認を模索

ここでは、エクスポートしたIFCデータを元に、工場側でCLTパネル加工用モデリングを行ったあと、工場側からエクスポートしたIFCデータをチェックし、最終のモデル承認までの流れを紹介します。

これまで2D図面による承認図をチェックしていたことを、3Dモデルで行うことで合理化を図ります。

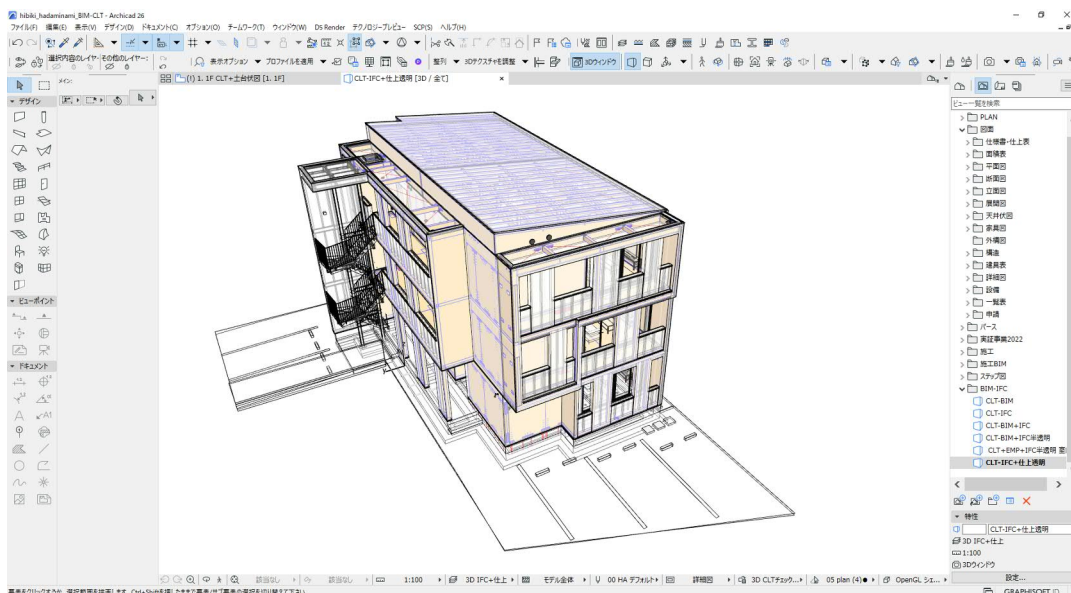
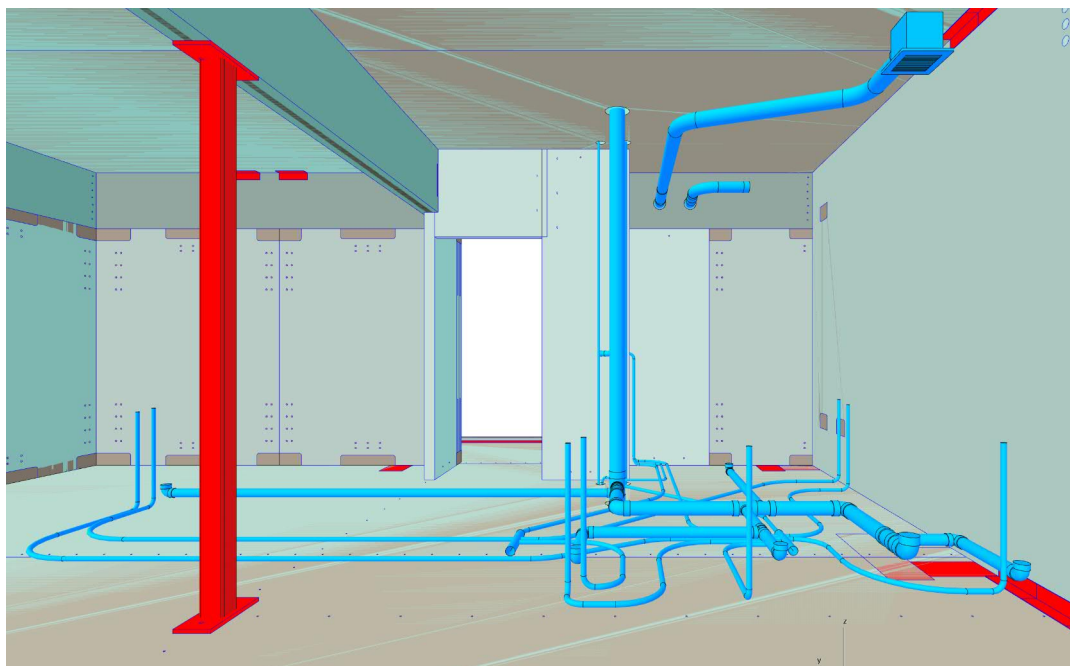


「表現の上書き」を設定したモデルを3Dで確認します。

BIMで作成したモデルとインポートしたIFCモデルを比較するには、どちらかを半透明にすることで、ズレを見つけやすくなります。

また、配管やダクト位置など、CLT貫通部を出来るだけ向上加工することで、コストと工期を抑えることが出来るため、設備配管をモデル化することをお勧めします。

下図はArchicadのMEPツールを使い、BIM化したモデルです。



2D図面による承認図をなくし、3Dモデルによるモデル承認を検証してみた。

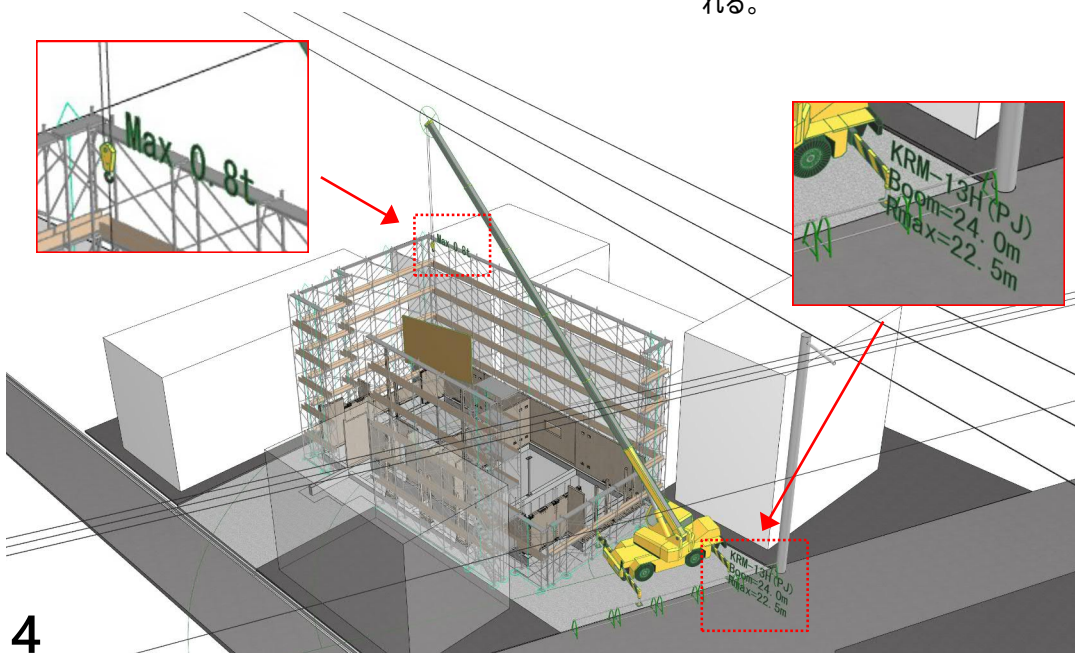
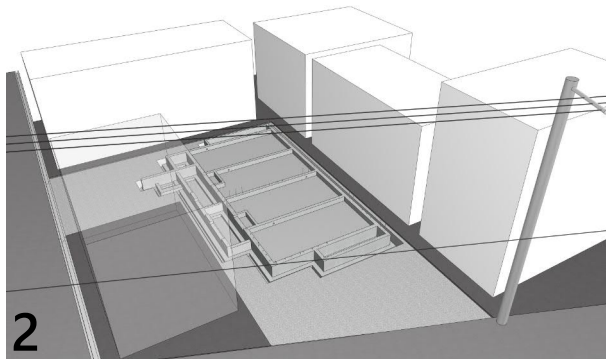
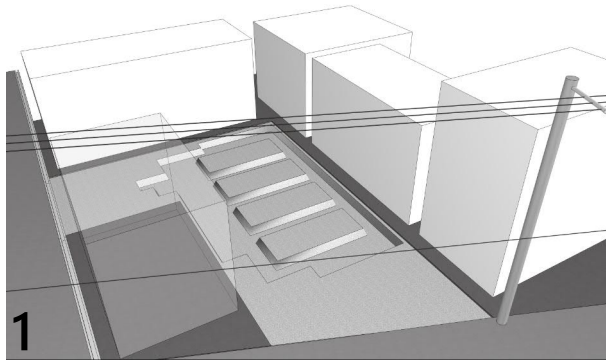
承認方法の詳細は「BIM-CLT連携マニュアル」を参照していただきたい。

3Dモデルを使つての比較や設備や仕上げの干渉を確認することは、2D図面と比べて遥かに早く正確に確認できるが、いくつかの課題も出てきた。

- 現状では施工者がBIMを使えないため、設計者がモデル承認を行い、その責任を負うことになる
- 設備モデルについても、現状では施工業者がBIMを使えないため、設計者が設備モデルをつくり、スリーブ位置を決めなければならない
- 承認印を押せない
- 2D図面に変更を、赤ペンで書き込むようなことが出来ない
- どの部材を指しているのか伝えにくく、部材モデルのID表記方法など表記方法の共通化が必要

3Dによるモデル承認は非常に有効だが、現状のBIMを使える人材不足と、建築業界全体のモデル情報の共通化が課題である。

3.2 施工BIM + i-Construction



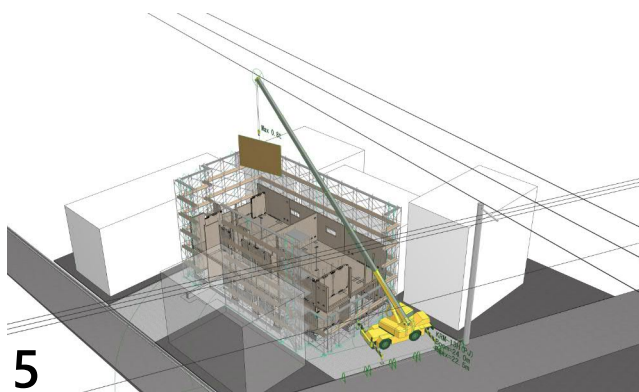
これまで、比較的設計でBIM活用を探ってきた。しかし施工の分野でもBIM活用事例が増え、その成果も多く報告されている。

BIMを活用するうえで、設計と施工の違いとして、設計はイメージした建築の大枠からモデルを作り、徐々に細部を作り込む流れの対して、施工は基礎に始まり、建て方、仕上げ、設備など、その工程ごとのモデルを作り、施工計画を行うことである。

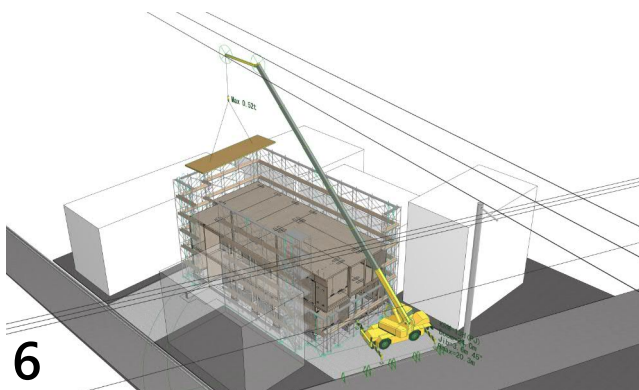
CLTにおいても、BIM活用の場面は多く、仮設や重機などの計画を行い、施工の効率化を図る。

秦南集合住宅の現地は、敷地が狭小で、道路も狭く、電線などの障害物を考慮した計画が必要だった。

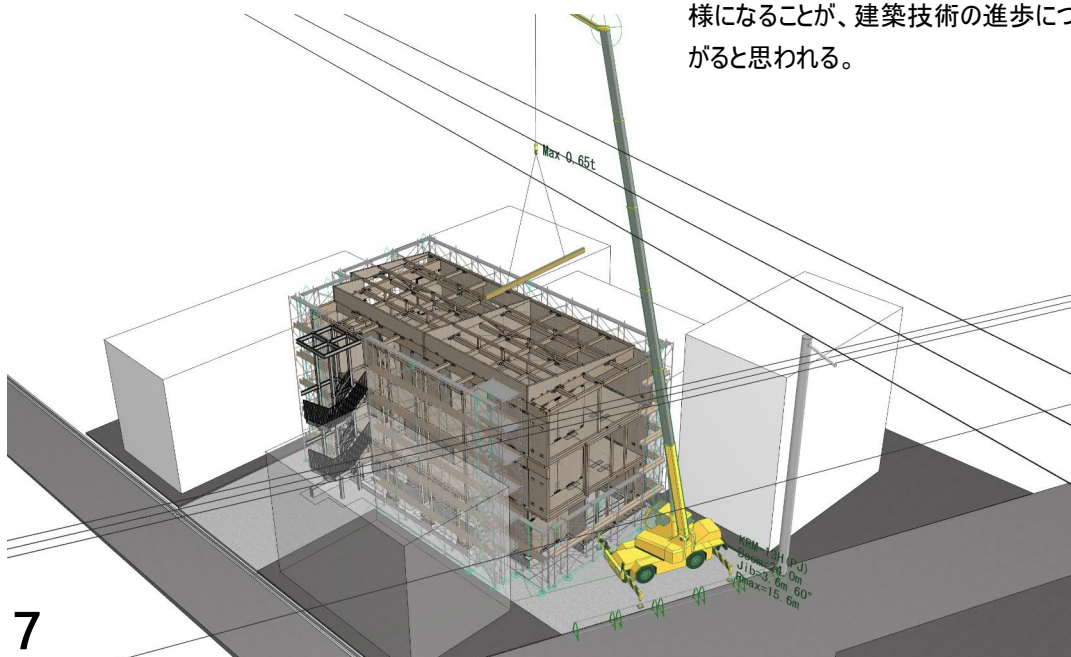
1. 敷地と周辺建物、電線などモデリングし、掘り方状況をモデリング
2. 基礎とアンカーボルトをモデリング
3. 足場計画をBIMで計画
4. クレーンの設置場所、CLTパネル搬入吊り込み計画をBIMで検討
モデルには、使用するクレーンに応じた回転半径と最大積載荷重が表記される。



5. 2FCLT壁パネル吊り込み



6. 3FCLT床パネル吊り込み



7. 小屋組梁とCLT壁パネル吊り込み
検証の結果、奥の壁パネルが吊り込み出来ないことが分かり、壁パネルを人力で運べるサイズに分割して吊り込みに変更

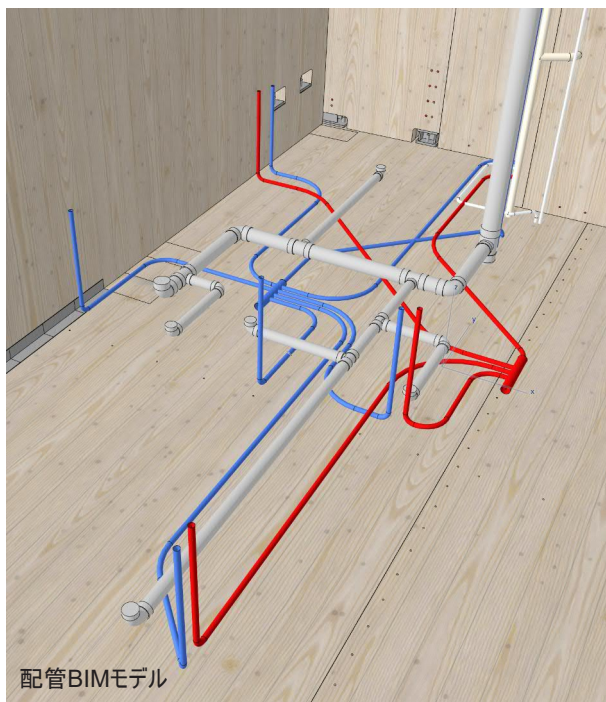
8. 完成

仮設計画においての施工BIMの有効性は、狭小地で吊り込み方法の検討など有効だった反面、施工業者の経験からくる判断も的確だった。

施工者がBIMを使えないため、仮設計画に不慣れな設計者が行ったこともあり、スムーズな対応が難しかった反省点もある。

やはり、これからは施工者もBIMが使えるようになることが、建築技術の進歩につながると思われる。



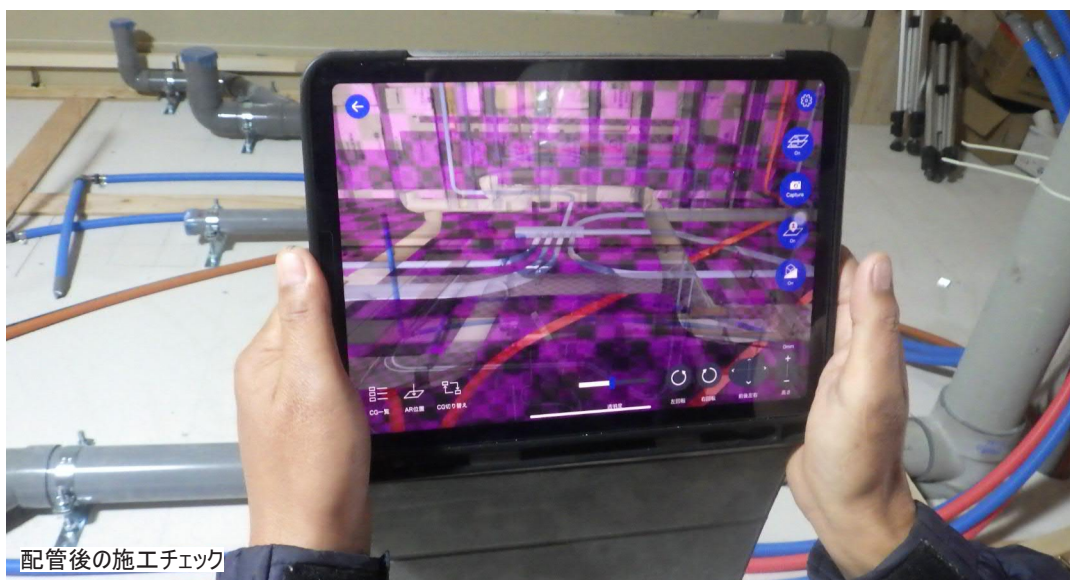


ARを活用した施工

BIMでモデリングした配管モデルを、タブレットのARアプリに取り込み、タブレットに映し出されたモデルと、配管場所を見比べながら施工する方法を検証した。

ARアプリで位置を決定するマーカーを設定するなど、精度を上げる工夫があるが、求める施工精度には厳しいと言わざるを得ない。慣れの問題もあるが、タブレットを見比べながらの施工よりも、従来の墨を出しての施工のほうが早い結果となり、現状では施工チェックとしての使い方がメインとなりそうである。

ただし、将来的に精度とメガネ型AR機器などの環境が整うことも予想され、未来の建築技術としての可能性は大きい



4. 床遮音性能の検証

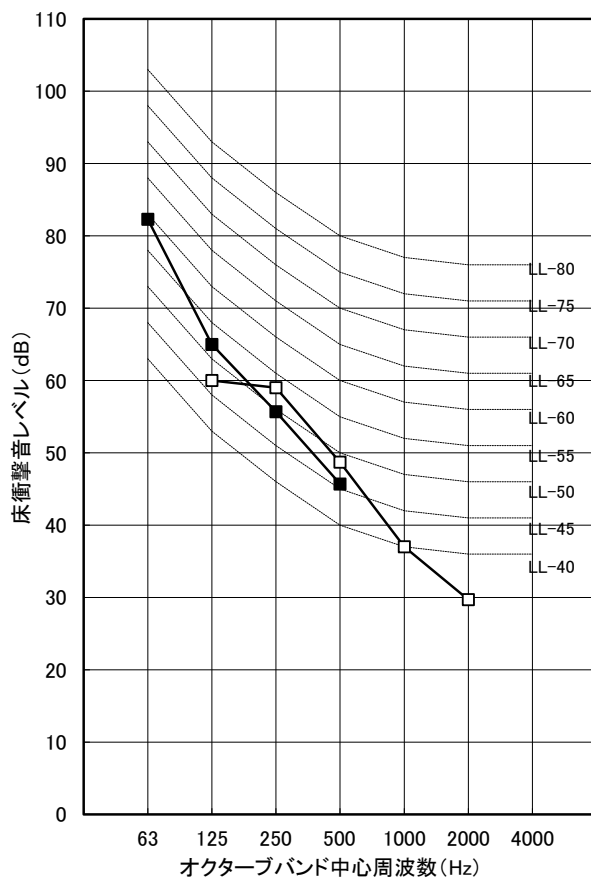
床遮音仕様として、床CLTパネルの上に、ALC+防振ゴム付きフリーフロア+アスファルト制震材、天井に強化石膏ボード2重貼+グラスウール16k+スタッド50+防振ハンガーを基本仕様とし、粒状床衝撃音低減材の効果を実証実験を行った。

詳しい仕様は、「CLT建築実証事業報告書 朝倉集合住宅」を参照していただきたい。

床衝撃音測定結果

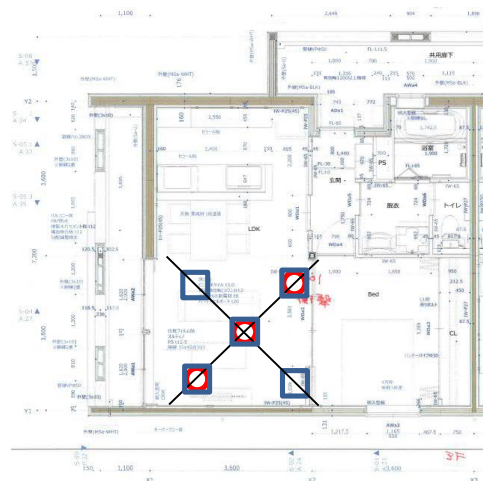
No. 1

測定日	令和6年2月13日	床衝撃音レベル (dB)		
測定物件名	CLT実物件 泰南集合住宅	中心周波数 (Hz)	軽量衝撃 (LL)	重量衝撃 (LH)
所在地	高知県高知市秦南町1丁目	63		82.3
音源室	3階301号室LD部	125	60.0	65.0
受音室	2階201号室LD部	250	59.0	55.7
床構造概要	構造躯体：CLT スラブ：CLT素面120mm厚 床構造：合板12mm厚 天井構造：天井懐380mm・天井高さ2300mm グラスウール16k 100mm厚 せっこうボード 12.5mm厚×2枚 サイレントドロップ 約1.6~1.8個/㎡	500	48.7	45.7
		1000	37.0	
		2000	29.7	
		4000		
		L数	53	59
		L値	55	60



音源室 3階301号室LD部

受音室 2階201号室LD部



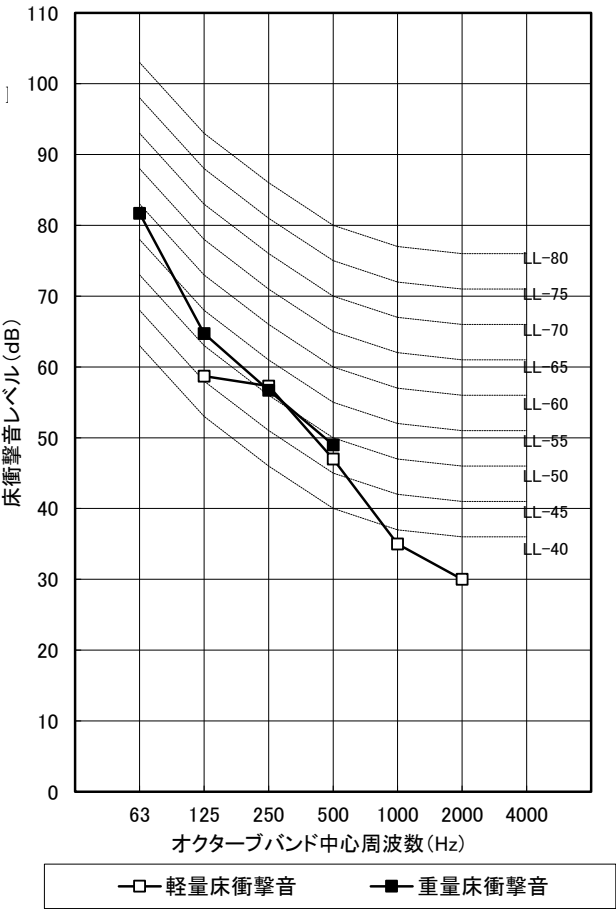
○ : 音源位置

□ : 受音位置

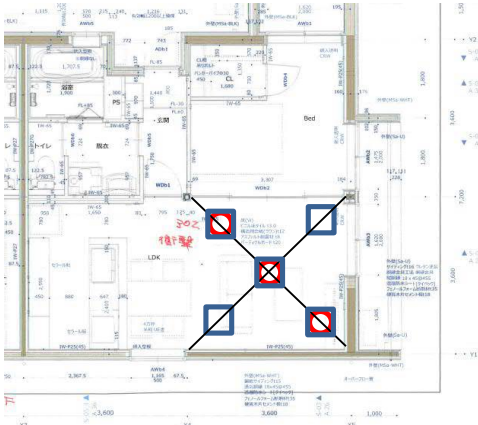
床衝撃音測定結果

No. 2

測定日	令和6年2月13日	床衝撃音レベル (dB)		
測定物件名	CLT実物件 泰南集合住宅	中心周波数	軽量衝撃	重量衝撃
		(H z)	(LL)	(LH)
所在地	高知県高知市秦南町1丁目	63		81.7
音源室	3階302号室LD部	125	58.7	64.7
受音室	2階202号室LD部	250	57.3	56.7
床構造概要	構造躯体：CLT スラブ：CLT素面120mm厚 床構造：合板12mm厚 天井構造：天井懐380mm・天井高さ2300mm グラスウール16k 100mm厚 せっこうボード 12.5mm厚×2枚	500	47.0	49.0
		1000	35.0	
		2000	30.0	
		4000		
		L数	51	59
		L値	50	60



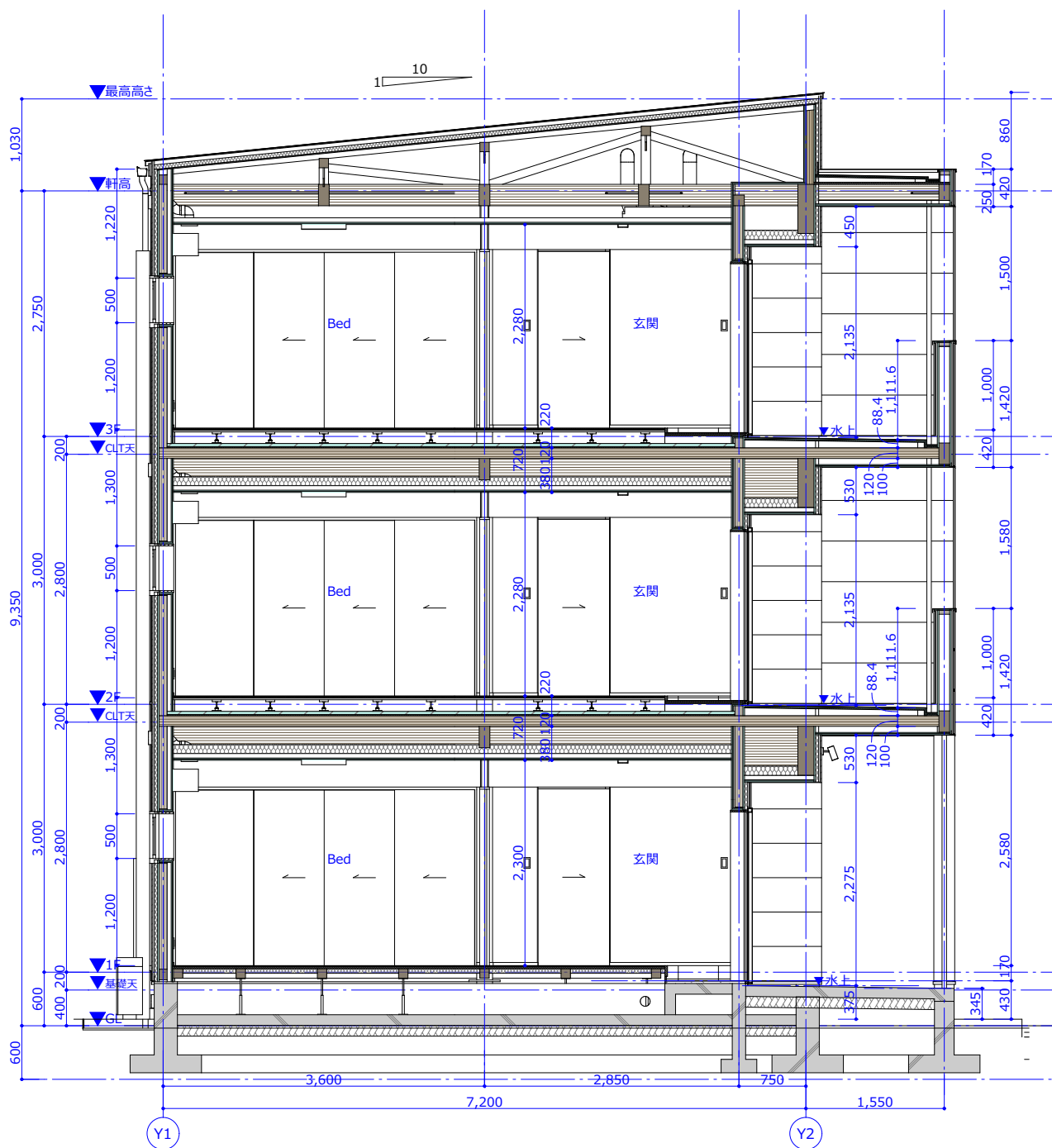
音源室 3階302号室LD部
受音室 2階202号室LD部



○ : 音源位置 □ : 受音位置

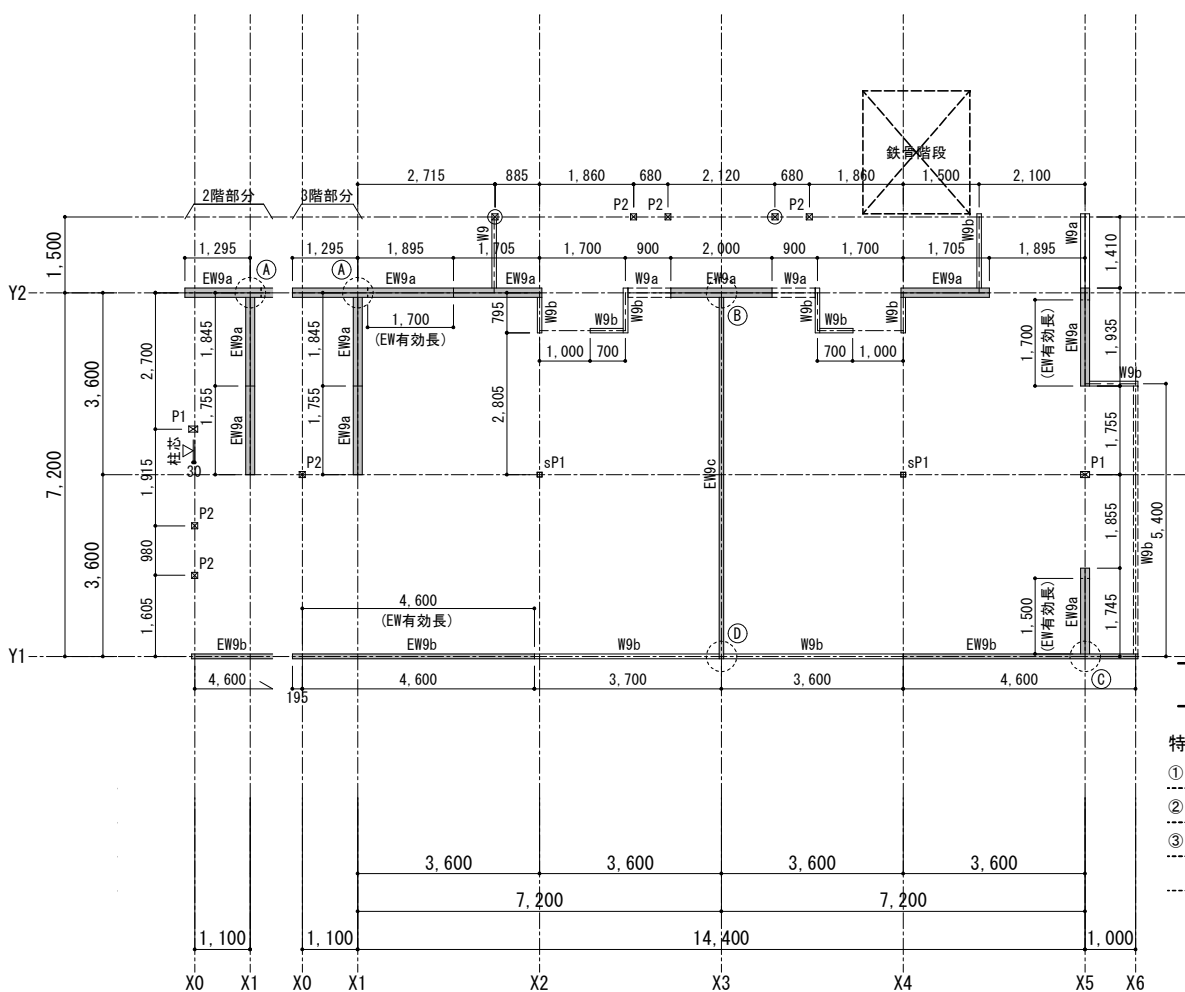
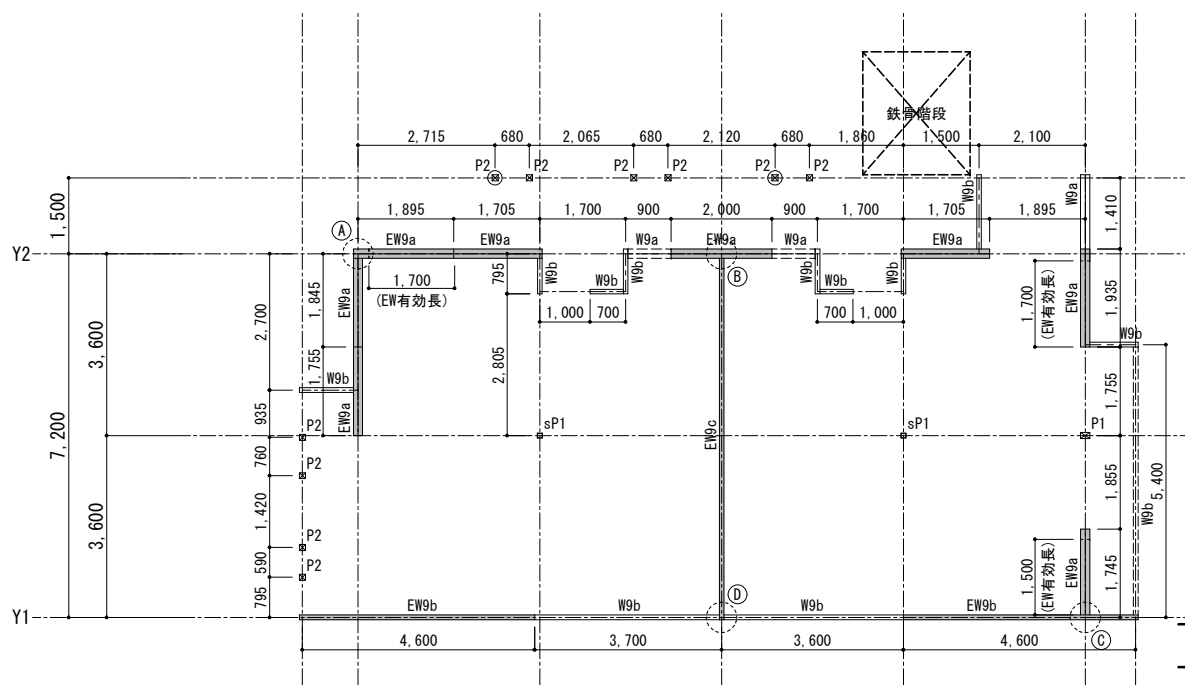
床衝撃音測定試験結果 〔測定結果〕

NO.	住戸タイプ		軽量床衝撃音	重量床衝撃音
			L値 (L数)	L値 (L数)
1	音源室	3階301号室LD部	LL-55 (53)	LH-60 (59)
	サイレントドロップあり			
	受音室	2階201号室LD部		
2	音源室	3階302号室LD部	LL-50 (51)	LH-60 (59)
	サイレントドロップなし			
	受音室	2階202号室LD部		

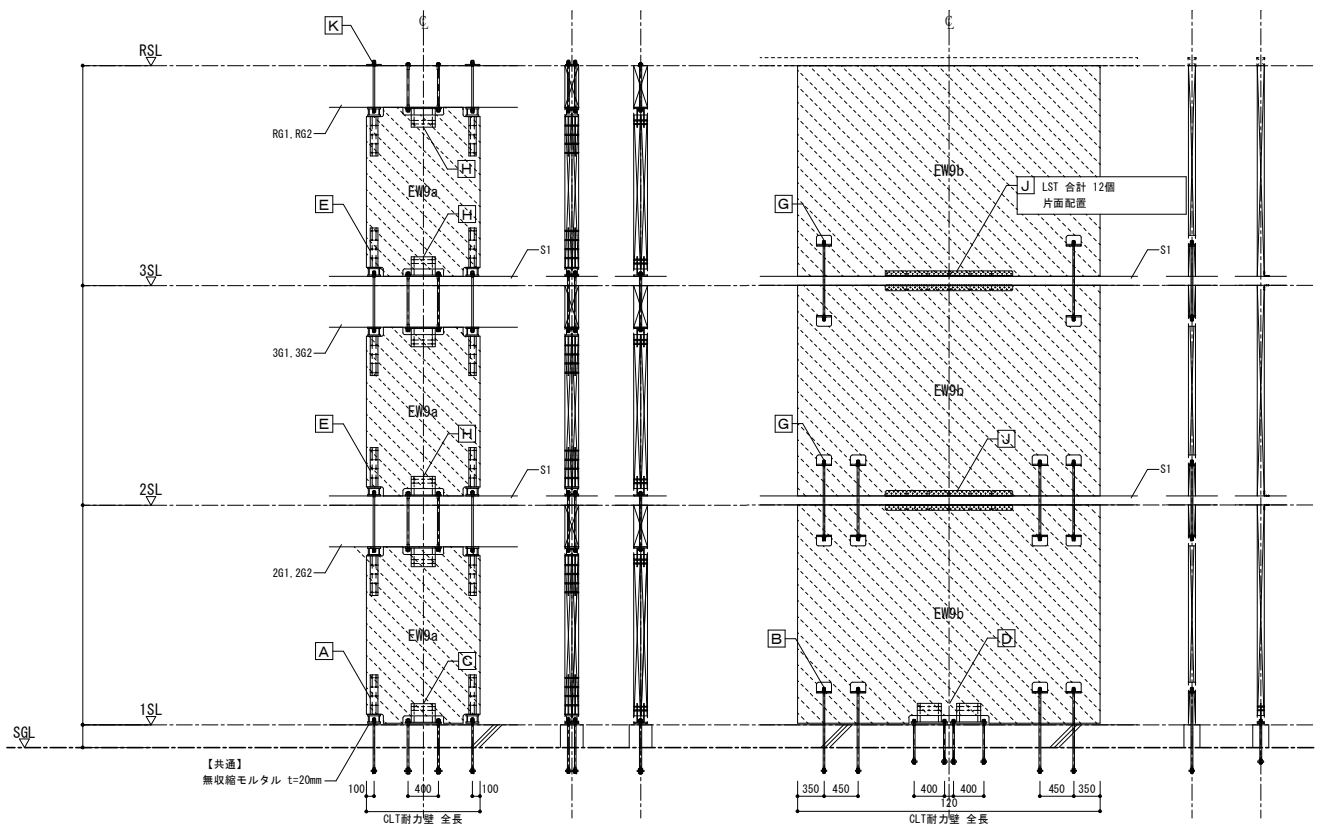


S-01

断面図

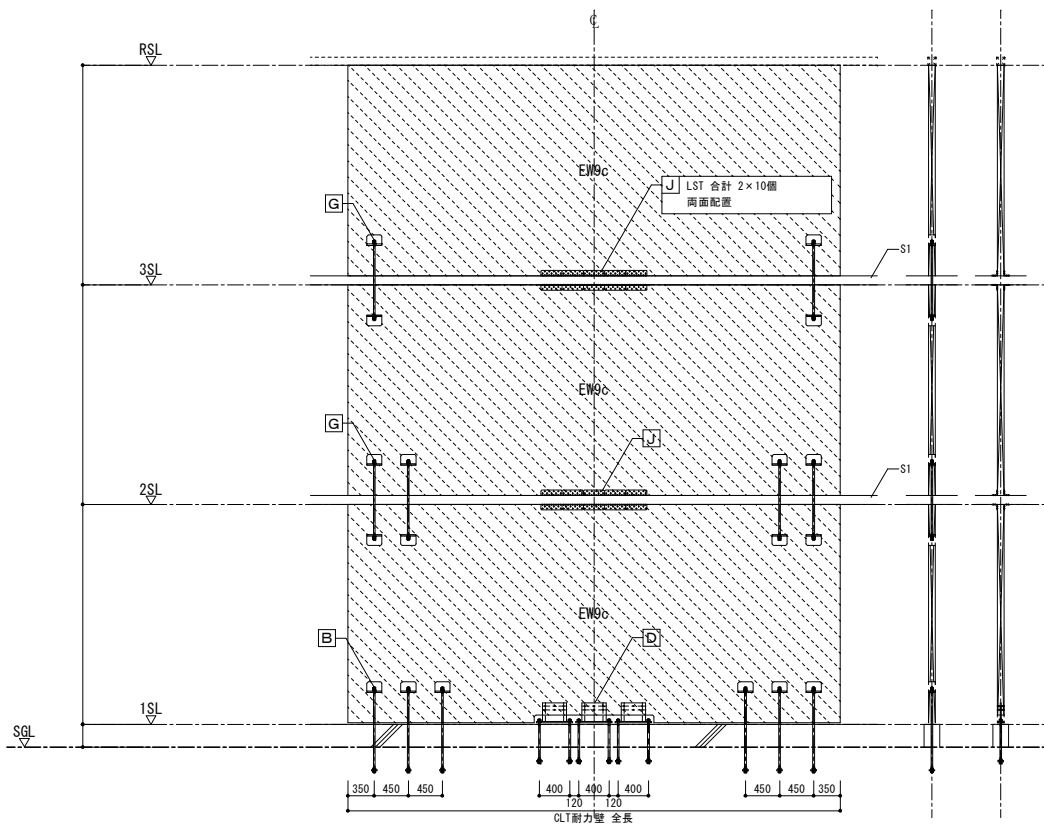


特
①
②
③
.....



< 2-EW9a 耐力壁 金物キープラン図 >

< EW9c 耐力壁 金物キープラン図 >



< EW9d 耐力壁 金物キープラン図 >

A 引張金物 — 鋼板挿入ドリフトピン接合 [金物工場取付]	B 引張金物 — 引きボルト接合	C せん断金物 — 鋼板挿入ドリフトピン接合 [金物工場取付]
D せん断金物 — 鋼板挿入ドリフトピン接合 ※特記なき限りC図に準ずる [金物工場取付]	E 引張金物 — 鋼板挿入ドリフトピン接合 ※特記なき限りA図に準ずる [金物工場取付]	G 引張金物 — 引きボルト接合 ※特記なき限りB図に準ずる
H せん断金物 — 鋼板挿入ドリフトピン接合 ※特記なき限りC図に準ずる [金物工場取付]	J せん断金物 — 鋼板添え板ビス接合	K 引張金物 — 鋼板挿入ドリフトピン接合 ※特記なき限りA図に準ずる [金物工場取付]

