

2.5 (有)キューベックス／(株)智原聖治アトリエ

事業名		W2 (ウィルブツ) プロジェクトの建築実証		
実施者 (担当者)		(有)キューベックス／(株)智原聖治アトリエ一級建築士事務所		
建築物の概要	用途	共同住宅		
	建設地	福岡県福岡市		
	構造・工法	1階：RC造 2～5階：木造軸組工法 (床組) +CLT壁 (耐力壁)		
	階数	5		
	高さ (m)	15.85		
	軒高 (m)	14.35		
	敷地面積 (㎡)	324.25		
	建築面積 (㎡)	225.11		
	延べ面積 (㎡)	823.95		
	階別面積	1階	225.11	
	2階	206.12		
	3階/4階/5階	206.12/119.40/67.20		
CLTの仕様	CLT採用部位		壁、屋根	
	CLT使用量 (m <sup>3</sup> )		加工前製品量113.06m <sup>3</sup> 、建築物使用量94.45m <sup>3</sup>	
	壁パネル	寸法	120mm厚	
		ラミナ構成	2階：5層5プライ、3階以上：3層4プライ	
		強度区分	S60+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	120mm厚 (EV屋根のみ)	
		ラミナ構成	3層4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)		梁：欧州赤松集成材、杉製材	
	木材使用量 (m <sup>3</sup> ) ※構造材、羽柄材、下地材、仕上材等とし、CLT以外とする		70.63m <sup>3</sup>	
仕上	主な外部仕上	屋根	ガルバリウム鋼板 (t=0.4) 立てハゼ葺き	
		外壁	窯業系サイディング+通気胴縁+透湿防水シート+強化せっこうボードt-21×2+CLT	
		開口部	アルミサッシ+ペアガラス	
	主な内部仕上	界壁	クロス+強化せっこうボードt-21×2+CLT	
		間仕切り壁	クロス+強化せっこうボードt-21×2両面+CLT	
		床	フロアシート+合板+根太+強化せっこうボードt-21×2	
	天井	クロス+強化せっこうボードt-21×2		
構造	構造計算ルート		CLT保有水平耐力計算 (CLTパネル工法告示)	
	接合方法		クロスマーク金物 (引きボルト・鋼板添え板ビス接合)	
	最大スパン		4.2m	
	問題点・課題とその解決策			
耐火	防火上の地域区分		その他地域 (法22条地域)	
	耐火建築物等の要件		有	
	本建築物の耐火仕様		1階/2時間耐火 2～5階/1時間耐火 (壁：告示、床：木造住宅産業協会の大匠認定)	
	問題点・課題とその解決策		2時間耐火部分はRC造として対応	
温熱	建築物省エネ法の該当有無		届出対象	
	温熱環境確保に関する課題と解決策		CLT引きボルトの穴にはGWを充填	
	主な断熱仕様 (断熱材の種類・厚さ)	屋根 (又は天井)	GW32kg t=100	
		外壁	RC部分：現場発泡ウレタンt=50 CLT部分：無し	
床		RC部分：現場発泡ウレタンt=50		
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		床遮音について梁と野縁を吊り木により絶縁	
	建て方における課題と解決策		搬入車両に制限あり、倉庫を借りて小運搬を行った。	
	給排水・電気配線設置上の工夫		露出配管および一部ボードにて囲うことにより対応	
	劣化対策		CLTおよび構造用合板には予め撥水剤を塗布。耐火被覆のボードにて	
工程	設計期間		H30.4月～9月 (6ヵ月)	
	施工期間		H30.9月～H31.3月 (7ヵ月)	
	CLT躯体施工期間		H30.12月8日～H31.1月18日 (実働30日)	
	竣工 (予定) 年月日		平成31年3月30日	
体制	発注者		(有)キューベックス	
	設計者 (複数の場合はそれぞれ役割を記載)		基本・実施設計：(株)智原聖治アトリエ一級建築士事務所 智原聖治	
	構造設計者		RC：(株)フロンティアSDP一級建築士事務所、木部：銘建工業 (株)	
	施工者		有澤建設 (株)	
	CLT供給者		(株)シエルトー (製造者：銘建工業株式会社)	
	ラミナ供給者		(株)くまもと製材 (福岡県産材)	

実証事業名：W2（ウィルブツ）プロジェクトの建築実証

建築主等／協議会運営者：(有)キューベックス／(株) 智原聖治アトリエー級建築士事務所

用実証した建築物の概要		共同住宅		
建設地		福岡県福岡市博多区		
構造・工法		1階：RC造 2～5階：木造軸組工法+CLT壁（耐力壁）		
階数		5		
高さ（m）		15.85	軒高（m）	14.35
敷地面積（㎡）		324.25	建築面積（㎡）	225.11
階別面積	1階	225.11	延べ面積（㎡）	823.95
	2階	206.12		
	3階/4階/5階	206.12/119.40/67.20		
CLT採用部位		壁、屋根		
CLT使用量（m <sup>3</sup> ）		加工前製品量 113.06 m <sup>3</sup> 、加工後建築物使用量 94.45m <sup>3</sup>		
CLTを除く木材使用量（m <sup>3</sup> ）		70.63m <sup>3</sup>		
CLTの仕様	（部位）	（寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種）		
	壁	120mm厚/5層5プライ+3層4プライ/S60+Mx60A相当/スギ		
	床	無し		
	屋根	150mm厚/5層5プライ/Mx60A相当/スギ		
設計期間		2018年4月～9月（6ヵ月）		
施工期間		2018年9月～2019年3月（7ヵ月）		
CLT躯体施工期間		2018年12月8日～2019年1月18日（実働30日間）		
竣工（予定）年月日		2019年3月30日		

## 2. 実証事業の目的と設定した課題

- ・RC併用構造の保有水平耐力計算（適合性判定）の実施に係る課題解決
- ・接合金物を汎用金物とする仕様選定
- ・狭小地におけるCLTパネル工法の施工要領の検討、工夫
- ・壁式RC工法とのコスト比較
- ・福岡県産杉材の流通と使用

### 3. 協議会構成員

- (設計) 株式会社智原聖治アトリエ 一級建築士事務所 智原 聖治 (協議会運営者)  
(構造設計) 株式会社フロンティア SDP 前原 智  
銘建工業株式会社 田中 駿太郎  
(施工) 有澤建設 和田 将人、株式会社シェルター 林 隆 (協議会運営窓口)  
(原木供給) 福岡県森林組合連合会 樋口 誠  
福岡県八女森林組合 田中 伸征  
(材料) 株式会社シェルター、銘建工業 三嶋 幸三  
(金物) ヤブモト工業株式会社 西村 裕樹  
(協力) 福岡県福岡農林事務所 本田 昌幸、大井手 絵里子

### 4. 課題解決の方法と実施工程

建物の中層化に伴い、下階の CLT パネルと接合部への負担も大きくなるが、壁厚さを 120mm に抑えること、汎用金物を用いる仕様選定ができるよう検討を進めた。

確認申請及び適合性判定について、双方福岡市内で審査頂けることになったが、RC 併用構造の CLT パネル工法の取り扱いは初めてであった。申請する前に審査課題を明確にし、対応していくことで工程順守に繋がった。

本件所在は、都市圏のターミナル駅 (博多駅) から徒歩圏にある住宅地であり、上部 4 層の躯体工事の際には、前面道路にクレーンを常時設置し CLT パネルを吊りこんでいく。その施工要領並びに 4 棟ある各棟の接続などの計画に検討を要した。大型車両から小型車両への材の中継と積み替え、揚重計画、作業ヤードの省力化、建て方方式など協議した。

福岡県産杉材を CLT パネルに使用したが、今後の流通拡大に活かせるよう協議した。

<協議会の開催>

2018 年 7 月 11 日 : 第 1 回開催、検討項目の確認、問題点洗い出し

8 月 8 日 : 第 2 回開催、着工前確認

9 月 11 日 : 第 3 回開催、着工前確認他、CLT 現場視察報告

9 月 28 日 : 第 4 回開催、アンカー精度確保のためのレクチャー

(専門家派遣 : 木村建造様)

10 月 30 日 : 第 5 回開催、CLT 製造工程検討、構造見学会概要検討

2019 年 1 月 23 日 : 第 6 回開催、構造見学会の開催前調整、実証事業の取りまとめ

<施工>

2018 年 8 月 : 工事契約

9 月 : 着工、基礎工事

12 月 : 木工事

1 月 : 木工事、内外装工事

2~3 月 : 仕上げ工事

## 5. 得られた実証データ等の詳細

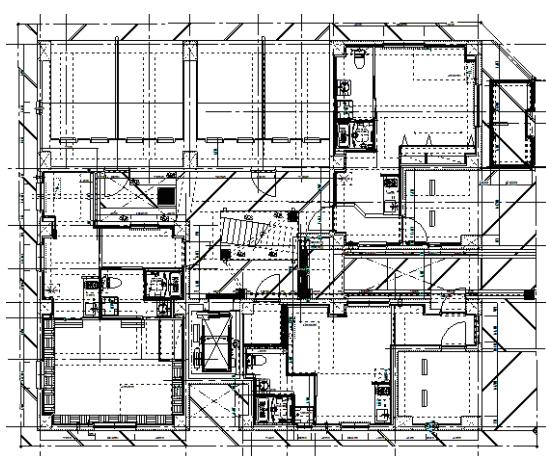
設定した課題において次の結果が得られた。

- ・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
- ・既存の工法と比べた CLT 工法のコスト縮減比較資料

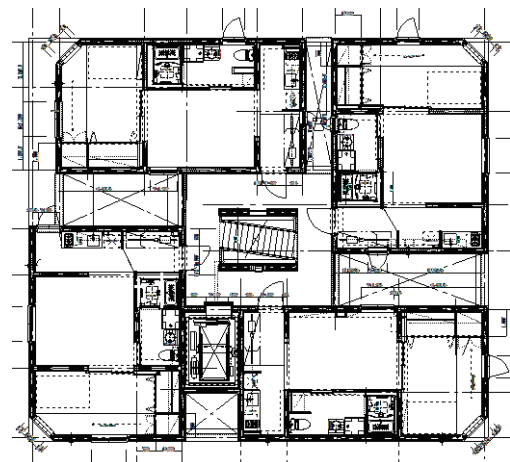
## 6. 本実証により得られた成果

- ・確認並びに適合性判定の申請前、十分に関係者協議をもった効果から、2 か月で確認済証の発行を受けることが出来たが、工程管理上非常に重要なポイントだった。
- ・岡山から福岡への CLT パネル輸送には大型車が必要だが、現場には 4t 車以下のサイズの車両しか入ることが出来なかったため、中継地として現場の近く（30 分内）に倉庫を借りて対応した。また、床に使用した集成材は九州内にて分離加工し、倉庫に資材を集約し、小運搬が機能したことで効率よい搬送が可能となった。
- ・CLT の楊重時、特殊金具を用いずクランプで対応出来る際は、効率改善に効果的であった。
- ・壁式 RC 工法とのコスト比較について、一方が概算レベルの見積りであることから詳細比較はできない。しかしながら、使用した壁パネルを 120mm に設定できたことで、延床㎡当たりの構造材使用量は約 0.2 m<sup>3</sup> となり、価格差減少に寄与している。
- ・CLT パネルには福岡県産杉材を使用したことで、今後の普及促進に繋がる契機になった。協力いただいたラミナ製造工場において、今まで取引先になかった流通が生まれ、通常より取引が行われるようになっている。
- ・木造の 5 階建て賃貸住宅は他に事例が無いため、一般の木造賃貸と異なる魅力を消費者に訴求する必要性があった。事業主自ら広告代理店などの協力者とともホームページを立ち上げ、ブランディングを行った。

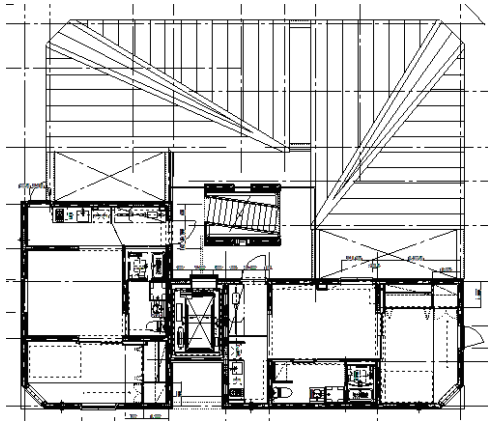
## 7. 建築物の平面図・立面図・写真等



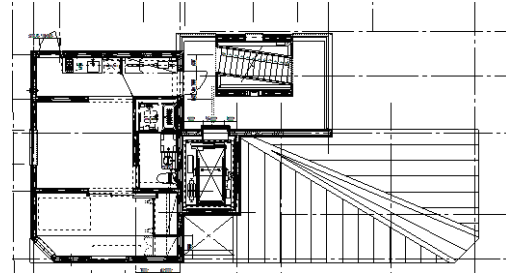
1 階平面図



2. 3 階平面図



4 階平面図



5 階平面図



模型



CLT 吊り込み



アンカーセット



CLT パネル建て方

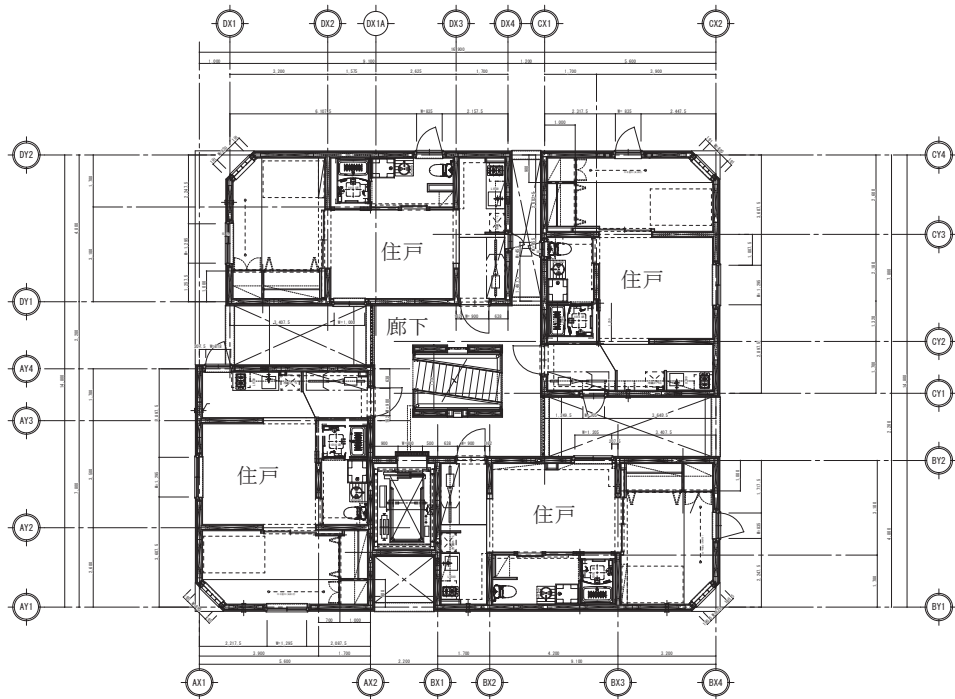
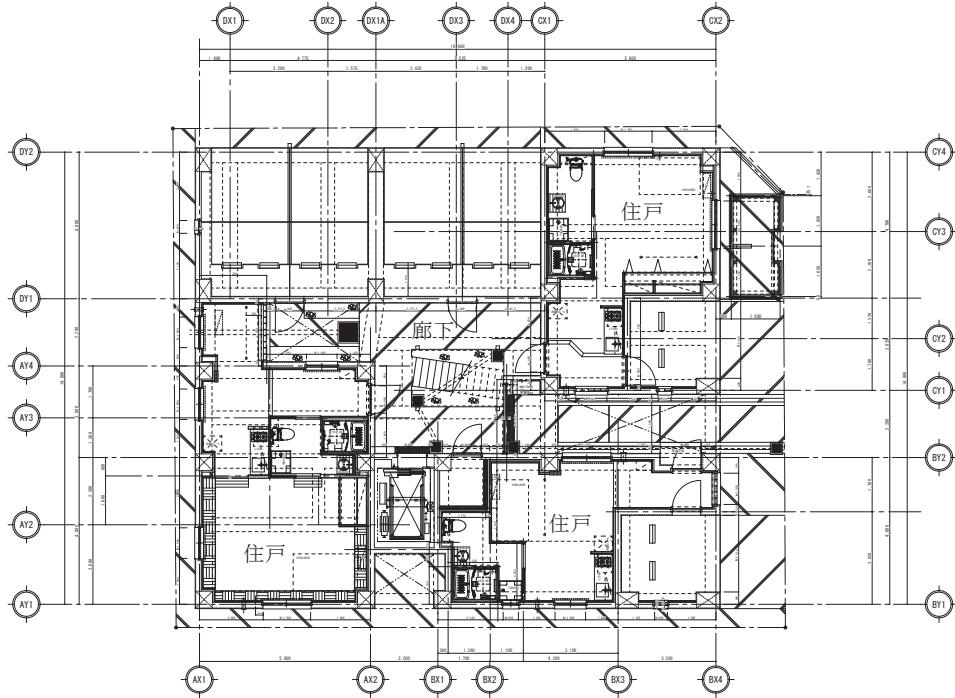


梁架構

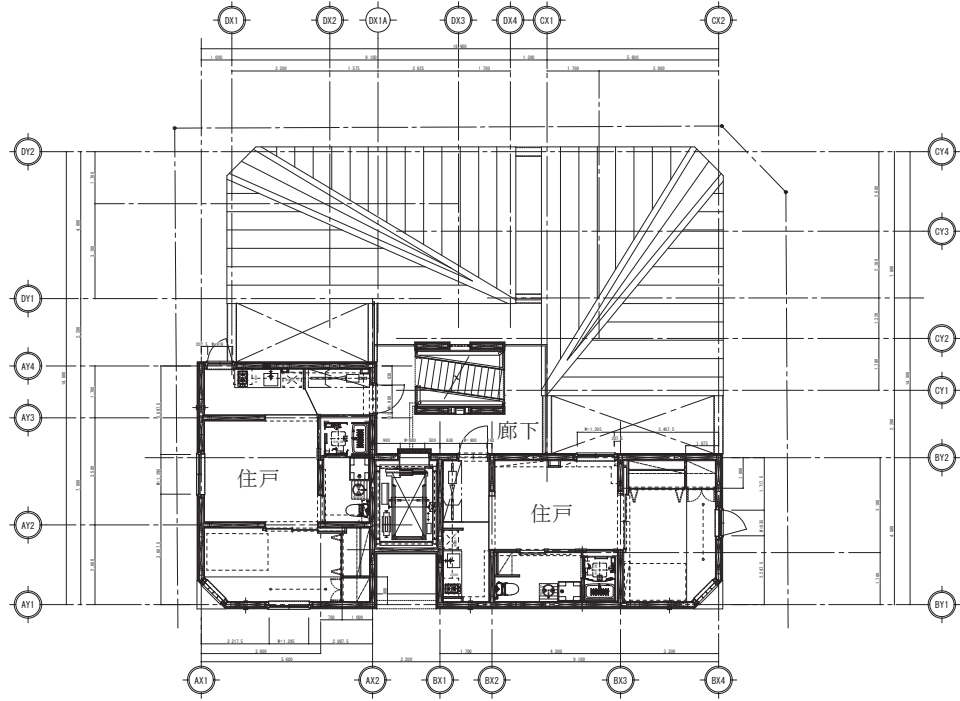


<成果物>

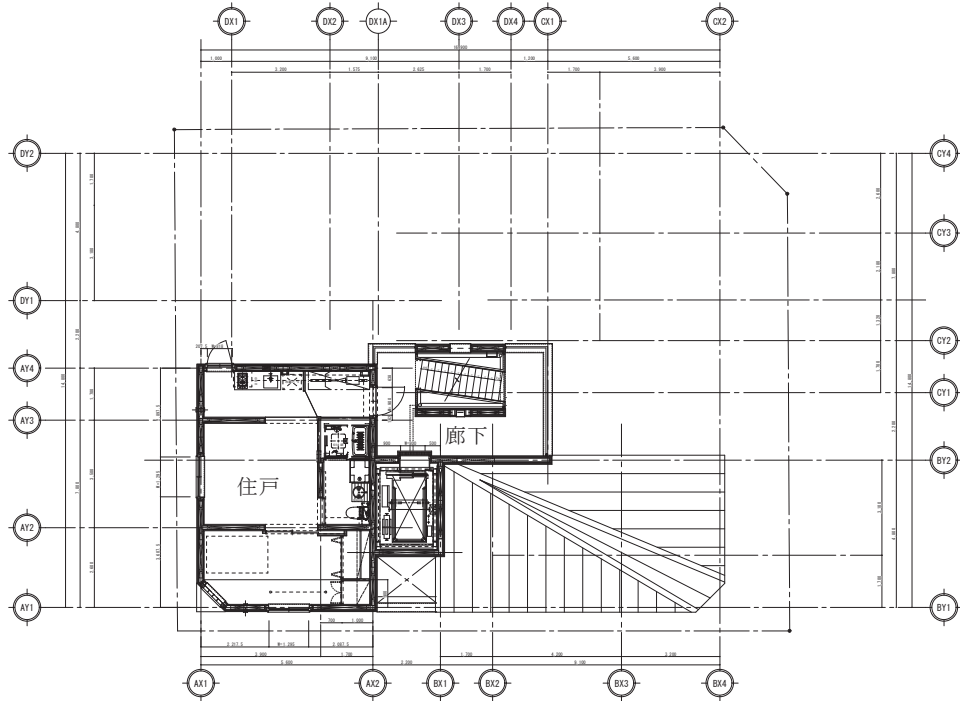
(1) 設計図面



2. 3階平面図



4階平面図



5階平面図

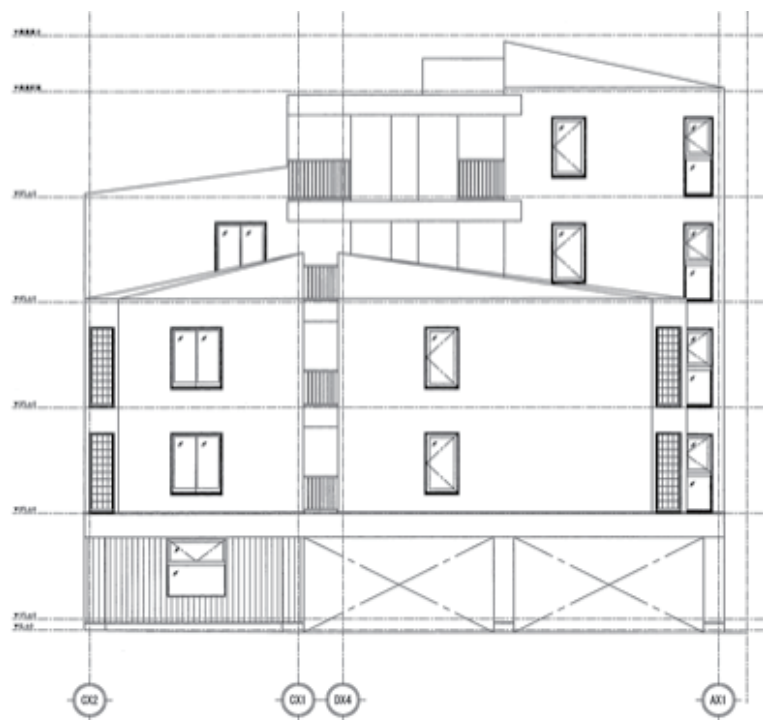


南立面图

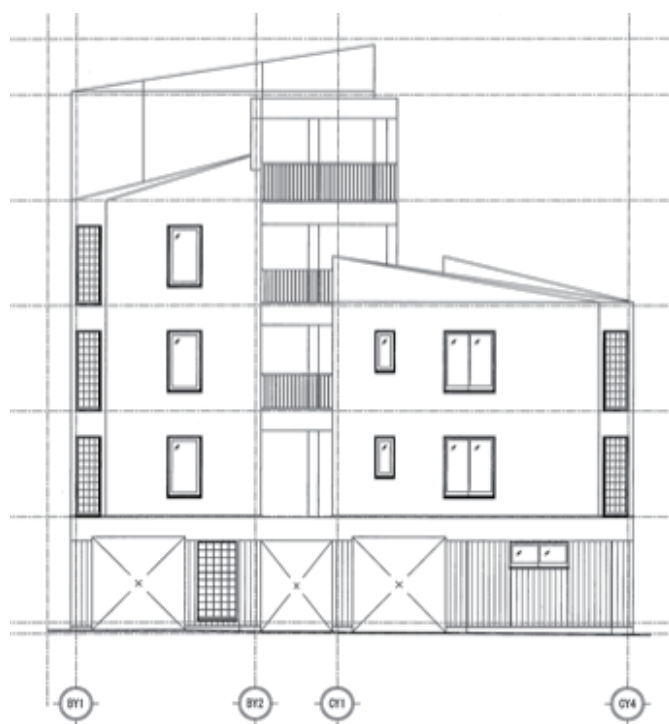


西立面图



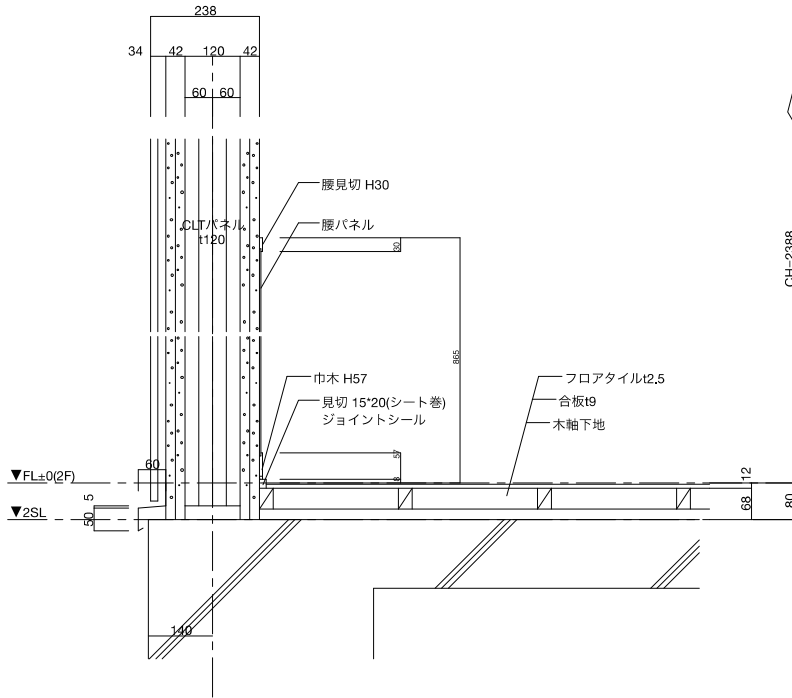


北立面图

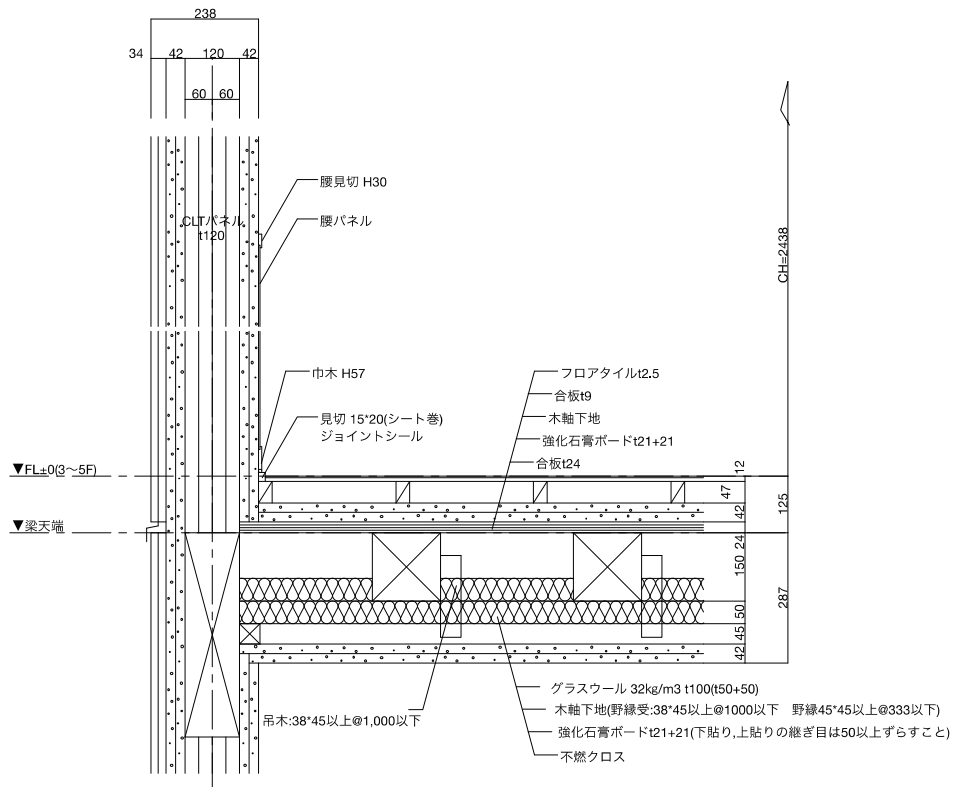


東立面图

■部分詳細図



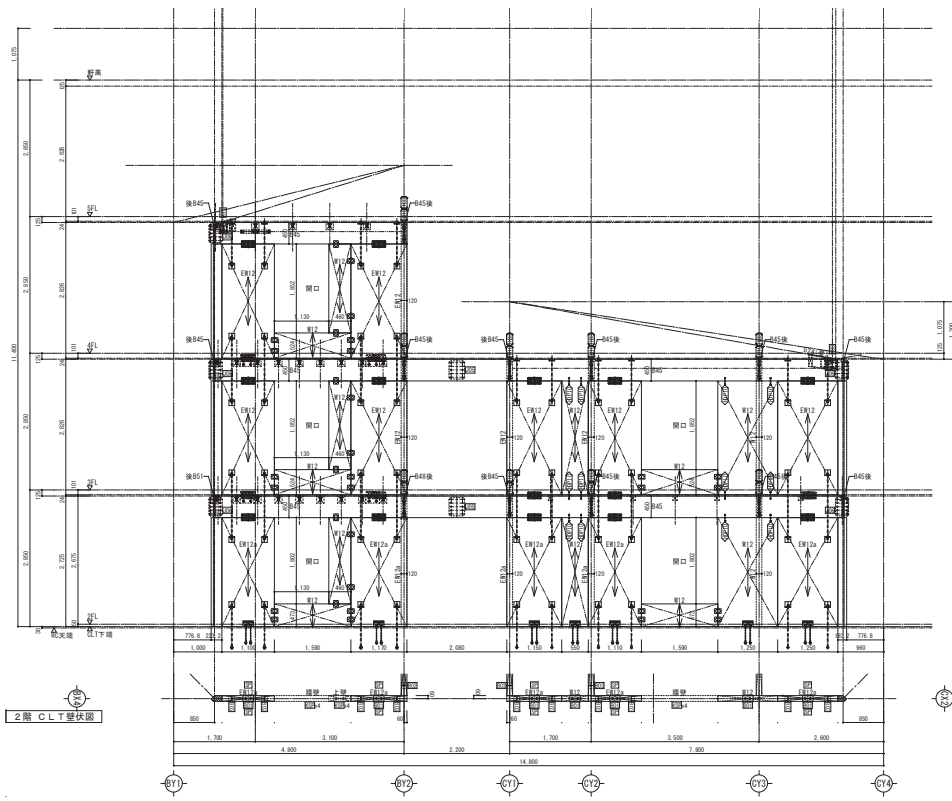
2階住戸 断面詳細図



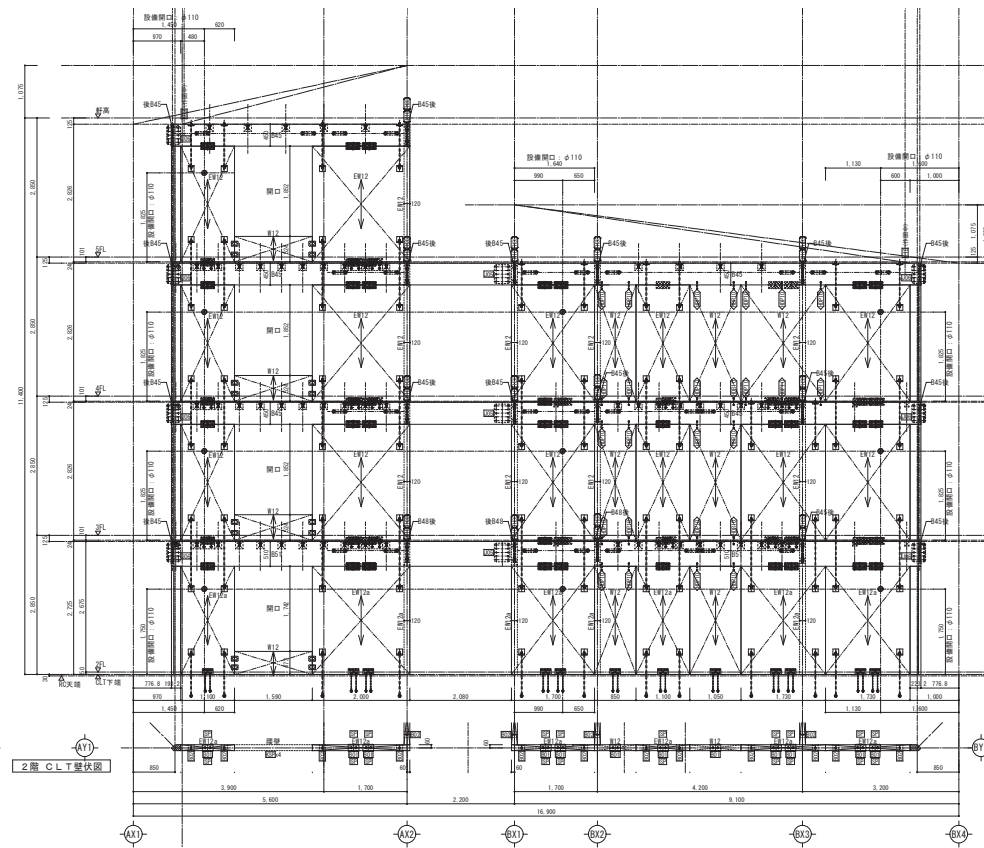
3~5階住戸 断面詳細図



■ CLT施工図



軸組図



軸組図

(2) 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

・確認並びに適合性判定の申請前に十分な関係者協議をもった効果から、当初の想定通り2か月で確認済証の発行を受けるに至った。

・設計に用いた物性値 物性値は、計算書の抜粋を添付する。

・最適納まり検討過程については、初期段階よりコスト軽減を主目的におき、最適納まり＝クロスマークを使用すると仮定し、収めた。

具体的には、建方において合理的な（調整の効きやすい）「引きボルト」と「ビス接合のせん断金物」を用いることである。構造的には明快な架構システムからスタートして完結している。物性値が明快な引きボルトとビス接合のせん断金物を用いることで構造計算に入り易くなった。

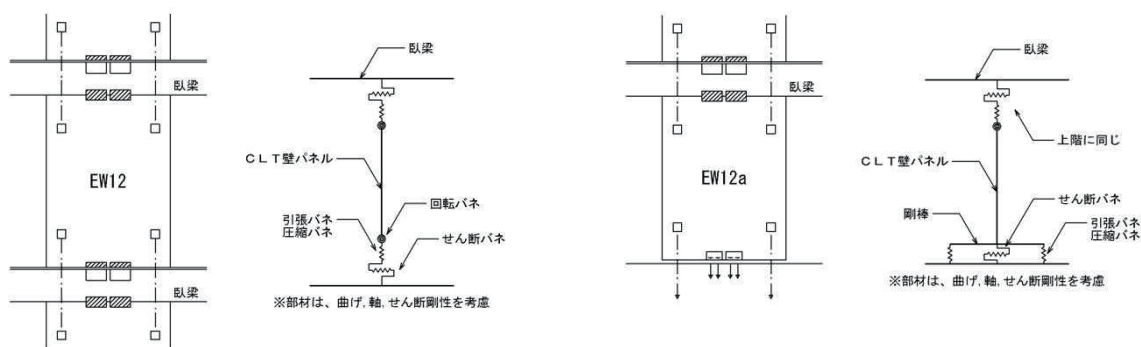
<概要>

本建物のCLTパネル工法は、下図に示す CLT壁パネル 及び 臥梁 を線材置換した解析モデルとする。

【CLT壁パネルのモデル化について】

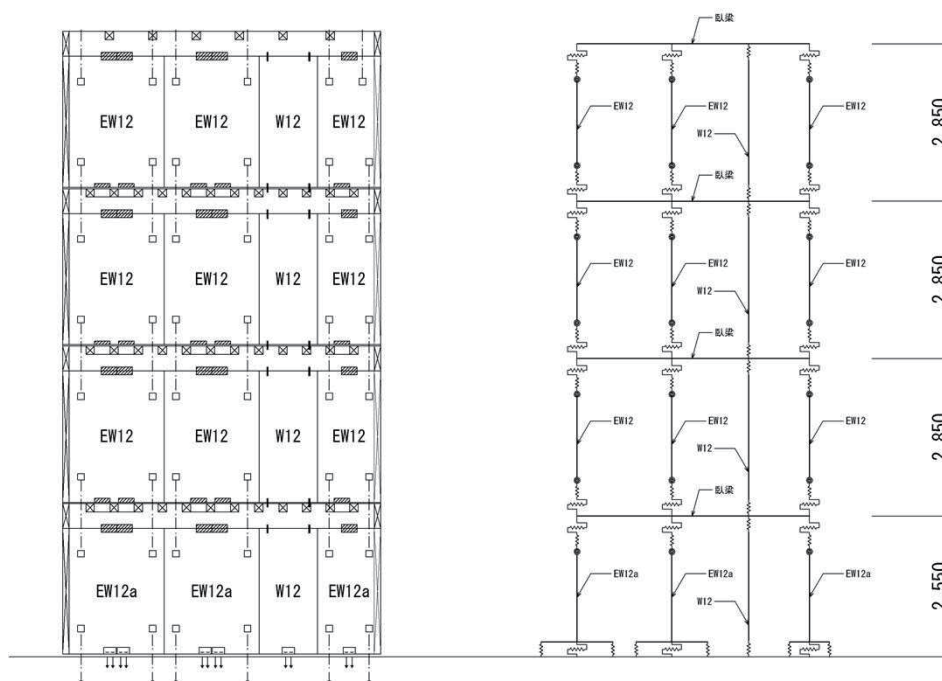
部材は、曲げ・軸・せん断剛性を考慮した線材モデルを用いる。

接合部は、軸方向変形を考慮した圧縮バネ(CL T壁パネルと臥梁のめり込み)、引張バネ(木部の影響を考慮した引きボルト剛性)及び、せん断変形を考慮したせん断バネ(せん断金物)を配置する。また、一般階について、柱頭・柱脚に回転バネを与え、応力・変形を算定する。2階脚部RC-CLT部分は、下図に示すように剛棒を用いた逆T型モデルとし、引きボルト先行降伏の追跡が行いやすいモデルとしている。



一般階 (CLT-臥梁-CLT)

2階脚部 (RC-CLT)



解析モデルイメージ図

<各種バネ値(剛性・耐力)について>

各種バネ値の対応表を示す。

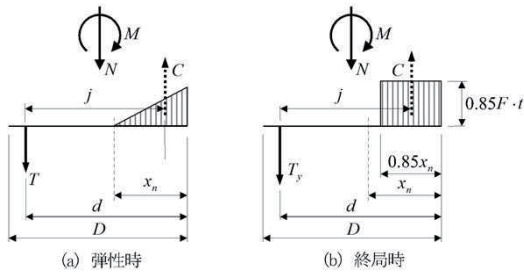
部位		引用元	備考
脚部	圧縮バネ	CLT関連告示等解説書 参考2:構造計算上の留意点	S60-5-5, t=120
	引張バネ	CLT構造における引きボルト接合の強度性能の推定 2016.8	構造用アンカーボルトM24, M20
	せん断バネ	CLT関連告示等解説書 別添2:試験結果を調整して求めた強度性能	鋼板添え板ビス打ち
上部	圧縮バネ	CLT関連告示等解説書 参考2:構造計算上の留意点	Mx60-3-4, t=120
	引張バネ	CLT構造における引きボルト接合の強度性能の推定 2016.8	構造用アンカーボルトM20, M16
	せん断バネ	CLT関連告示等解説書 別添2:試験結果を調整して求めた強度性能	鋼板添え板ビス打ち
	回転バネ	次ページによる。	



<回転バネ Rj 算出>

回転剛性 Rj 算出にあたり、引きボルトの先行降伏を仮定した引きボルトの鉛直バネ剛性 kt と応力中心間距離 j から推定する。  
 尚、接合部の脚部に軸力Nと曲げMが作用するときの応力状態については、「CLT関連告示等解説書 参考2:構造計算上の留意点」にて示されているが、ここでは軸力NLについては安全側に 0 と仮定すると共に、N/Nuについても、短期時 0.20 程度以下を目安としている。

仮定する弾性時・終局時の応力分布



(a) 弾性時

$$M = (D/2 - dt) \cdot T + (D/2 - xn/3) \cdot C$$

$$T_a = kt \cdot \theta t \cdot (d - xn)$$

ここで、 $T = C$ ,  $\theta t = \theta c$  と仮定する。

$$M = (D - dt - xn/3) \cdot kt \cdot \theta \cdot (d - xn)$$

また、 $(D - dt - xn/3) = j$ ,  $(d - xn) = j/2$  より、

$$M/\theta (=R_j) = kt \cdot j^2/2$$

$$M = T \cdot j \quad \text{を得る。}$$

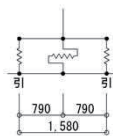
(b) 終局時

終局時耐力は、弾性時と同様の仮定のもと算定する。

<脚部バネ位置(耐力壁別)>

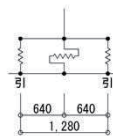
CLT壁パネル(耐力壁)は、以下の図に示す5パターンに分けてモデル化を行う。また、実際の壁長さとの対応も合わせて示す。  
 尚、バネ位置は引きボルトの位置とする。

耐力壁 L=2,000



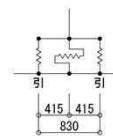
壁長 L(mm) 2,000~2,100

耐力壁 L=1,700



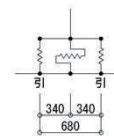
1,700~1,999

耐力壁 L=1,250



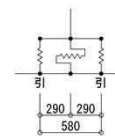
1,250~1,699

耐力壁 L=1,100



1,100~1,249

耐力壁 L=1,000



1,000~1,099

電算入力値－圧縮バネ

(仮称)W2(ウィルブ2)プロジェクト

<方針>

CLT壁パネルー基礎, CLT壁パネルー集成材間の圧縮バネ値を算定する。

※文献:CLT関連告示等解説書 参考2:構造計算上の留意点

<バネ値>

壁パネルー基礎間

$$P_y = F_c \cdot A_e / 1.5 \quad P_u = F_c \cdot A_e \quad k_{c1} = k_e \cdot A_e \quad k_{c2} = 0$$

名称		諸元								1次剛性	2次剛性	降伏耐力	終局耐力
壁部材	バネ符号	t	D	dc	d	xn	Ae	Fc	ke	kc1	kc2	Py	Pu
		mm	mm	mm	mm	mm	mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>3</sup>	kN/mm	kN/mm	kN	kN
W12-500	1-C500	120	500	210	290	148	8,700	9.72	15.6	135	0	56	84
W12-750	1-C750	120	750	210	540	275	16,200	9.72	15.6	252	0	104	156
W12-1000	1-C1000	120	1,000	210	790	403	23,700	9.72	15.6	369	0	153	230
W12-1100	1-C1100	120	1,100	210	890	454	26,700	9.72	15.6	416	0	173	260
W12-1250	1-C1250	120	1,250	210	1,040	530	31,200	9.72	15.6	486	0	202	303
W12-1700	1-C1700	120	1,700	210	1,490	760	44,700	9.72	15.6	697	0	289	434
W12-2000	1-C2000	120	2,000	210	1,790	913	53,700	9.72	15.6	837	0	347	521

t:壁厚, D:壁長, dc:端空き, d:D-dc,

Ae:圧縮有効断面範囲, Fc:パネル圧縮基準強度, ke:CLTパネルの支圧剛性

壁パネルー集成材

$$P_y = F_{cv} \cdot A_e / 1.5 \quad P_u = F_{cv} \cdot A_e \quad k_{c1} = E_{90} \cdot A_e / Z_o \quad k_{c2} = k_{c1} / 8$$

名称		諸元								1次剛性	2次剛性	降伏耐力	終局耐力
壁部材	バネ符号	t	D	dc	d	Ae	Fcv	Zo	E //	kc1	kc2	Py	Pu
		mm	mm	mm	mm	mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	mm	N/mm <sup>2</sup>	kN/mm	kN/mm	kN	kN
W12-500	2-C500	120	500	210	290	17,400	5.10	450	10,500	13.5	1.7	59	89
										27.1	3.4	118	177
W12-750	2-C750	120	750	210	540	32,400	5.10	450	10,500	25.2	3.2	110	165
										50.4	6.3	220	330
W12-1000	2-C1000	120	1,000	210	790	24,174	5.10	450	10,500	18.8	2.4	82	123
										37.6	4.7	164	246
W12-1100	2-C1100	120	1,100	210	890	27,234	5.10	450	10,500	21.2	2.6	92	138
										42.4	5.3	184	276
W12-1250	2-C1250	120	1,250	210	1,040	31,824	5.10	450	10,500	24.8	3.1	108	162
										49.5	6.2	216	324
W12-1700	2-C1700	120	1,700	210	1,490	45,594	5.10	450	10,500	35.5	4.4	155	233
										70.9	8.9	310	465
W12-2000	2-C2000	120	2,000	210	1,790	54,774	5.10	450	10,500	42.6	5.3	186	279
										85.2	10.7	372	558

Fcv:めり込み基準強度, Zo:梁せい, E//:集成材繊維平行方向のヤング係数, E90:集成材繊維直方向のヤング係数 E// × 1/30

<方針>

CLT壁パネル(耐力壁)の曲げ補強部材は、構造用アンカーボルトを用いた引きボルト接合形式とする。ここでは、引きボルトの引張バネを算定すると共に、構造用アンカーボルトの先行降伏(木破としないこと)を確認する。

※文献:CLT構造における引きボルト接合の強度性能の推定 2016.8

<諸元>

【仕様】

位置:	2FL 基礎-CLT壁パネル	
符号:	EW12a	
最外層ラミナ:	強軸 S60-5-5	
樹種:	スギ	
ラミナ:	サイズ	24×122
	n <sub>//</sub>	3 枚
	n <sub>⊥</sub>	2 枚
基準強度:	F <sub>t</sub>	12.0 N/mm <sup>2</sup>
	F <sub>go</sub>	1.37 N/mm <sup>2</sup>
	F <sub>ge</sub>	1.15 N/mm <sup>2</sup>
端距離:	ℓ <sub>s</sub>	400 mm
縁距離:	ℓ <sub>n</sub>	150 mm
座金幅:	ℓ <sub>w</sub>	110 mm
箱掘り高さ:	ℓ <sub>t</sub>	120 mm

【アンカーボルト性能表】

告示本 P.参考5-16

採用	ボルト径	断面積		ABR400			ABR490		
		ネジ部	軸部	設計用最大耐力	設計用終局耐力	降伏耐力	設計用最大耐力	設計用終局耐力	降伏耐力
○	M16	157.0	166.0	73.0	43.0	37.0	89.5	59.0	51.0
○	M20	245.0	260.0	114.4	67.0	58.0	140.1	93.0	80.0
	M22	303.0	320.0	140.8	83.0	71.0	172.5	114.0	98.0
	M24	353.0	375.0	165.0	97.0	83.0	202.1	134.0	115.0
	M27	459.0	485.0	213.4	125.0	108.0	261.4	173.0	149.0
	M30	561.0	594.0	261.4	154.0	132.0	320.2	212.0	182.0
	M33	694.0	731.0	321.6	189.0	163.0	394.0	261.0	226.0
	M36	817.0	864.0	380.2	223.0	192.0	465.7	309.0	266.0
	M39	976.0	1030.0	453.2	266.0	229.0	555.2	368.0	317.0
	M42	1120	1180	519.2	305.0	263.0	636.0	422.0	364.0

【木部剛性(Kct)】

ラミナのヤング係数: E<sub>//</sub> = 6,000 N/mm<sup>2</sup>  
 E<sub>⊥</sub> = 200 N/mm<sup>2</sup>  
 G = 500 N/mm<sup>2</sup>  
 λ = 0.289 √(G/E)

支圧面積: A = 7,920 mm<sup>2</sup>  
 平行層引張面積: A<sub>//T</sub> = 21,600 mm<sup>2</sup>  
 直交層引張面積: A<sub>⊥T</sub> = 14,400 mm<sup>2</sup>

切り欠き部両端の木材の引張による初期剛性

$$K_t = 1,104 \text{ kN/mm}$$

引きボルト座金直下の木材の面圧による初期剛性K<sub>c</sub>

$$K_c = 73.6 \text{ kN/mm}$$

繊維平行層の縦圧縮剛性

$$K // C1 = K // C1_{xy} \cdot K // C1_{xz} / (K // C1_{xy} + K // C1_{xz})$$

$$= 91.4 \text{ kN/mm/mm}^2$$

$$K // C1_{xy} = 2,650 / 156,595$$

$$= 0.017 \text{ kN/mm/mm}^2$$

$$K // C1_{xz} = 821 / 22,630$$

$$= 0.036 \text{ kN/mm/mm}^2$$

木材の表面性状に起因する圧縮剛性

$$K // C2 = 240.0 \text{ kN/mm}$$

繊維直交層のめり込み剛性

$$K_{\perp} = 7.5 \text{ kN/mm}$$

木部剛性

$$K_{ct} = 1 / (1/K_c + 1/K_t)$$

$$= 69.0 \text{ kN/mm}$$

<木部破壊防止判定>・・・M20で検討

木部最大耐力: P<sub>max</sub> = min(P<sub>pull</sub>, P<sub>shear1</sub>, P<sub>shear2</sub>)  
 = 221.8 kN

アンカーボルト最大耐力 P<sub>u</sub> = 140.1 kN

P<sub>max</sub> > P<sub>u</sub>より、アンカーボルトの先行降伏が確認できた

パネル縁端部分の引張破壊※端空きが十分確保できている為、両側見込む

$$P_{pull} = 2 \cdot \ell_n \cdot n_{\perp} \cdot t \cdot F_{IT}$$

$$= 259.2 \text{ kN}$$

座金直下部の積層接着面におけるせん断破壊

$$P_{shear1} = (2 \cdot F_{go} + (n_{\parallel} + n_{\perp} - 3) \cdot F_{gi}) \cdot \ell_s \cdot \ell_w$$

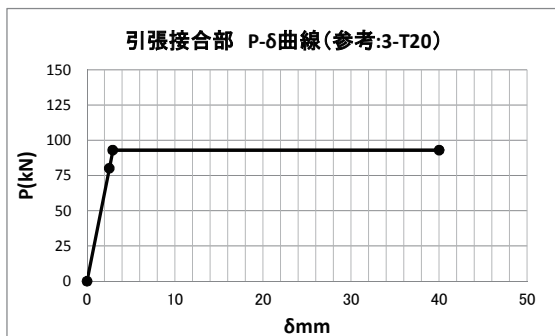
$$= 221.8 \text{ kN}$$

座金直下部の横部分の積層接着面におけるせん断破壊

$$P_{shear2} = (2 \cdot F_{go} + (n_{\parallel} + n_{\perp} - 3) \cdot F_{gi}) \cdot \ell_s \cdot \ell_n$$

$$= 302.4 \text{ kN}$$

<バネ値>



位置	2FL 基礎	2FL 基礎			
バネ符号	3-T20	3-T16			
P <sub>y</sub> kN	80.0	51.0			
P <sub>u</sub> kN	93.0	59.0			
A <sub>be</sub> mm <sup>2</sup>	245.0	157.0			
K <sub>ct</sub> kN/mm	69.0	69.0			
L <sub>b</sub> mm	849	846			
K <sub>b</sub> kN/mm	59.2	38.0			
K kN/mm	31.9	24.5			
δ <sub>y</sub> mm	2.51	2.08			
δ <sub>v</sub> mm	2.92	2.41			
δ <sub>u</sub> mm	40.0	40.0			

<諸元>

【仕様】

位置:	3FL~ CLT壁-CLT壁
符号:	EW12
最外層ラミナ:	強軸 Mx60-3-4
樹種:	スギ
ラミナ:	サイズ 30× 122
n <sub>//</sub> :	2 枚
n <sub>⊥</sub> :	2 枚
基準強度:	Ft 12.0 N/mm <sup>2</sup>
	Fgo 1.37 N/mm <sup>2</sup>
	Fge 1.15 N/mm <sup>2</sup>
端距離:	ℓs 400 mm
縁距離:	ℓn 150 mm
座金幅:	ℓw 110 mm
箱掘り高さ:	ℓt 120 mm

【木部剛性(Kct)】

ラミナのヤング係数:	E <sub>//</sub> = 3,000 N/mm <sup>2</sup>
	E <sub>⊥</sub> = 100 N/mm <sup>2</sup>
	G = 500 N/mm <sup>2</sup>
	λ = 0.408 √(G/E)
支圧面積:	A = 6,600 mm <sup>2</sup>
平行層引張面積:	A <sub>//T</sub> = 18,000 mm <sup>2</sup>
直交層引張面積:	A <sub>⊥T</sub> = 18,000 mm <sup>2</sup>

【アンカーボルト性能表】

告示本 P.参考5-16

採用	ボルト径	断面積		ABR400			ABR490		
		ネジ部	軸部	設計用最大耐力	設計用終局耐力	降伏耐力	設計用最大耐力	設計用終局耐力	降伏耐力
○	M16	157.0	166.0	73.0	43.0	37.0	89.5	59.0	51.0
○	M20	245.0	260.0	114.4	67.0	58.0	140.1	93.0	80.0
	M22	303.0	320.0	140.8	83.0	71.0	172.5	114.0	98.0
	M24	353.0	375.0	165.0	97.0	83.0	202.1	134.0	115.0
	M27	459.0	485.0	213.4	125.0	108.0	261.4	173.0	149.0
	M30	561.0	594.0	261.4	154.0	132.0	320.2	212.0	182.0
	M33	694.0	731.0	321.6	189.0	163.0	394.0	261.0	226.0
	M36	817.0	864.0	380.2	223.0	192.0	465.7	309.0	266.0
	M39	976.0	1030.0	453.2	266.0	229.0	555.2	368.0	317.0
	M42	1120	1180	519.2	305.0	263.0	636.0	422.0	364.0

切り欠き部両端の木材の引張による初期剛性

$$K_t = 465 \text{ kN/mm}$$

引きボルト座金直下の木材の面圧による初期剛性Kc

$$K_c = 63.1 \text{ kN/mm}$$

繊維平行層の縦圧縮剛性

$$K // C1 = K // C1xy \cdot K // C1xz / (K // C1xy + K // C1xz)$$

$$= 85.8 \text{ kN/mm/mm}^2$$

$$K // C1xy = 1,874 / 144,121$$

$$= 0.013 \text{ kN/mm/mm}^2$$

$$K // C1xz = 725 / 0$$

$$= 0 \text{ kN/mm/mm}^2$$

木材の表面性状に起因する圧縮剛性

$$K // C2 = 200.0 \text{ kN/mm}$$

繊維直交層のめり込み剛性

$$K_{\perp} = 3.1 \text{ kN/mm}$$

木部剛性

$$K_{ct} = 1 / (1/K_c + 1/K_t)$$

$$= 55.6 \text{ kN/mm}$$

<木部破壊防止判定>・・・M20で検討

木部最大耐力: P<sub>max</sub> = min(P<sub>pull</sub>, P<sub>shear1</sub>, P<sub>shear2</sub>)  
= 171.2 kN

アンカーボルト最大耐力 Pu = 140.1 kN

P<sub>max</sub> > Puより、アンカーボルトの先行降伏が確認できた

パネル縁端部分の引張破壊※端空きが十分確保できている為、両側見込む

$$P_{pull} = 2 \cdot \ell_n \cdot n_{\perp} \cdot t \cdot F_{IT}$$

$$= 216.0 \text{ kN}$$

座金直下部の積層接着面におけるせん断破壊

$$P_{shear1} = (2 \cdot F_{go} + (n_{\parallel} + n_{\perp} - 3) \cdot F_{gi}) \cdot \ell_s \cdot \ell_w$$

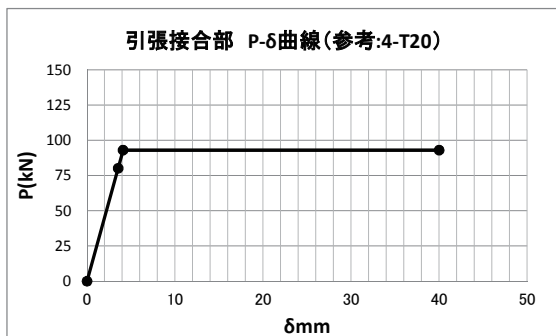
$$= 171.2 \text{ kN}$$

座金直下部の横部分の積層接着面におけるせん断破壊

$$P_{shear2} = (2 \cdot F_{go} + (n_{\parallel} + n_{\perp} - 3) \cdot F_{gi}) \cdot \ell_s \cdot \ell_n$$

$$= 233.4 \text{ kN}$$

<バネ値>



位置	3FL~上部	3FL~上部		
バネ符号	4-T20	4-T16		
P <sub>y</sub> kN	80.0	160.0	51.0	102.0
P <sub>u</sub> kN	93.0	186.0	59.0	118.0
A <sub>be</sub> mm <sup>2</sup>	245.0		157.0	
K <sub>ct</sub> kN/mm	55.6		55.6	
L <sub>b</sub> mm	1,312		1,306	
K <sub>b</sub> kN/mm	38.3		24.6	
K kN/mm	22.7	45.3	17.1	34.2
δ <sub>y</sub> mm	3.53		2.99	
δ <sub>v</sub> mm	4.10		3.46	
δ <sub>u</sub> mm	40.0		40.0	

<方針>

せん断接合部のバネ値を算出する。接合方法について、脚部は鋼板添え板ビス接合(クロスマーク)と同等の製作金物とし、性能値を準用する。上部は、L型・平金物(クロスマーク)を用いる。尚、性能値については「CLTを用いた建築物の設計施工マニュアル((公財)日本住宅・木材技術センター,2016)」の値を適用した。

<バネ定数>

CLT壁パネル基礎間(耐力壁)・・・鋼板添え板ビス接合(降伏耐力)の終局耐力金物の性能値を準用する					剛性	降伏耐力	終局耐力	
壁部材	バネ符号	kN/mm	kN	kN	個数	kN/mm	kN	kN
W12-1000	7-Q15	8.1	47.0	82.7	1	8.1	47.0	82.7
W12-1100	7-Q15	8.1	47.0	82.7	1	8.1	47.0	82.7
W12-1250	7-Q15	8.1	47.0	82.7	1	8.1	47.0	82.7
W12-1700	7-Q20	8.1	47.0	82.7	2	16.2	94.0	165.4
W12-2000	7-Q20	8.1	47.0	82.7	2	16.2	94.0	165.4

CLT壁パネル集成材(耐力壁)・・・STS・C65のビス性能値から決定する

名称		剛性	降伏耐力	終局耐力	設置 個数	剛性	降伏耐力	終局耐力
壁部材	バネ符号	kN/mm	kN	kN		kN/mm	kN	kN
W12-1000	8-Q15	8.0	51.8	99.7	1	8.0	51.8	99.7
W12-1100	8-Q15	8.0	51.8	99.7	1	8.0	51.8	99.7
W12-1250	8-Q15	8.0	51.8	99.7	1	8.0	51.8	99.7
W12-1700	8-Q20	8.0	51.8	99.7	2	16.0	103.7	199.4
W12-2000	8-Q20	8.0	51.8	99.7	2	16.0	103.7	199.4

上側	本数	Py	Pu	K
L型金物	9.0	27.0	45.0	5.4
ひら金物	9.0	25.9	54.7	9.0
計		52.9	99.72	14.4

一般階のせん断バネは、左に示す耐力・剛性より、以下の諸元にて計算を行う。

Py: 51.8 kN

Pu: 99.7 kN

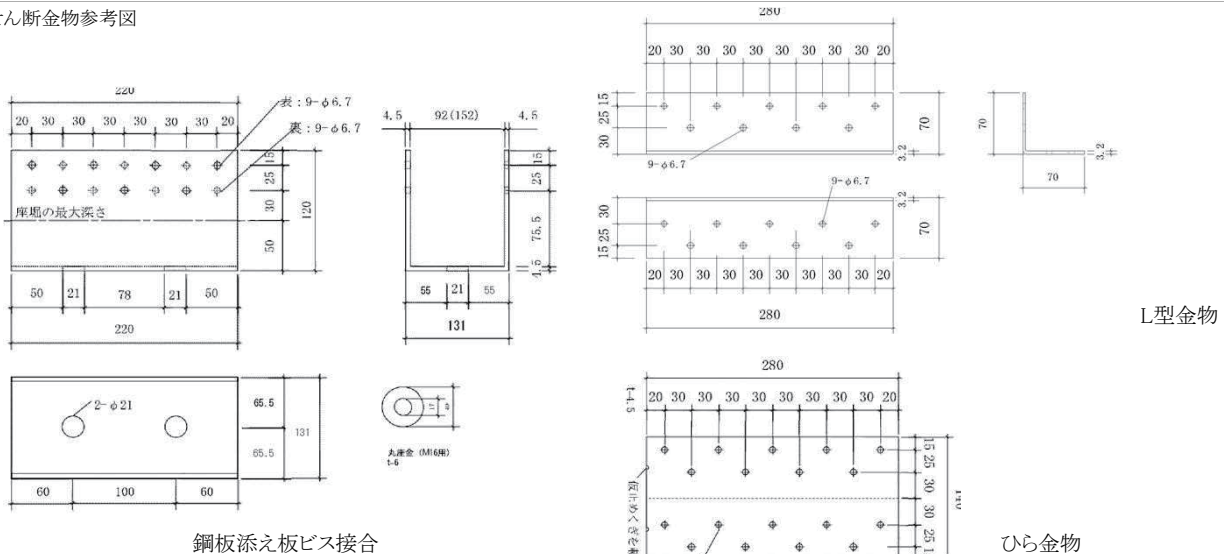
剛性: 8.0 kN/mm

※剛性は、上側と下側の直列バネ値

下側	本数	Py	Pu	K
ひら金物	9.0	25.9	54.7	9.0
ひら金物	9.0	25.9	54.7	9.0
計		51.8	109.4	18.0

※ビス1本あたり、2.88 kN/本, k=1.0 kN/mm/本  
(CLTを用いた建築物の設計施工マニュアルP.133)

せん断金物参考図



### (3) 施工・搬入レポート

- ・施工面においては、後施工可能なビス打ち接合なので建方は良かったと思われるが、ビス本数の多さは今後改善の余地がある。
- ・岡山から福岡へCLTパネルの長距離輸送には大型車が必要で、現場へは4t車以下のサイズの車両しか入ることが出来なかったため、中継地として現場の近く（30分内）に倉庫を借りて対応した。また、床に使用した集成材と構造用合板は九州内の工場ですべて分離加工し、原則的に倉庫に資材を集約し一部は直送した。現場状況に合わせて、倉庫からの小運搬が機能したことで効率よい搬送及び施工が可能となった。
- ・CLTの楊重時、特殊金具を用いずクランプで対応出来た事は工期短縮に効果的であった。吊り金物の現場での付け替えを無くすことで、作業性は大幅に改善される。CLT一枚当たりの重さを軽減することは効率を上げる要因になる。尚、建て方要領の検討結果、タワークレーンは使用することなく25tラフタークレーンのみでの施工が可能となった。

### ■施工状況



引きボルトアンカーセット



引きボルトアンカーセット確認

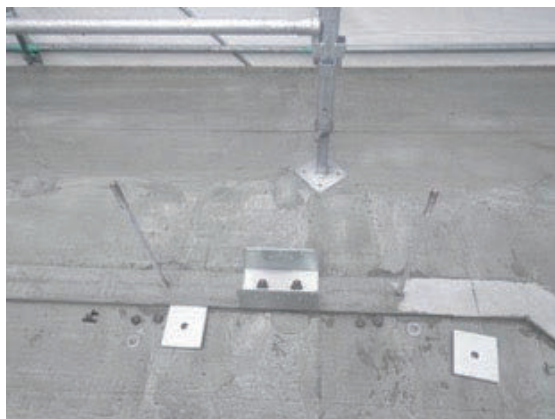


1階躯体コンクリート打設状況



1階躯体コンクリート打設完了





引きボルト及びせん断金物設置



CLT パネル建込み状況



CLT パネル直交部パネリード X 留め



CLT パネル建込み完了



CLT パネル建込み完了



CLT パネル建込み完了



梁固定 ドリフトピン打込み

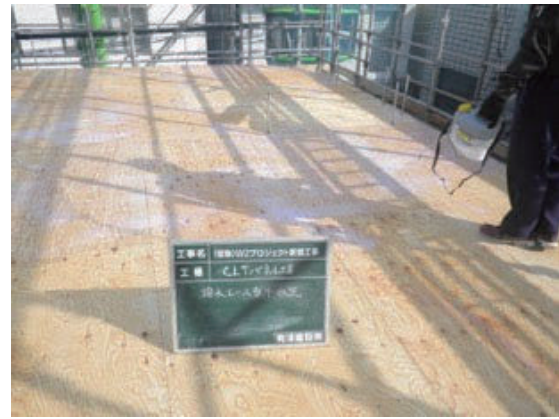


梁打込み完了





3階床張り状況



床合板撥水コーティング塗布状況



屋根垂木取付け完了



屋根合板張り状況



引きボルト取付け



非耐力壁ドリフトピン留め状況

■ 工事写真 (全景)



12月10日



12月10日



12月11日



12月18日



12月20日



12月26日





12月28日



1月9日



1月15日



1月22日



1月27日



2月5日

## 12月搬入実績

物件名		W2プロジェクト 新築工事					様	
着日	時間	部材種類	車種	社名	車番	ドライバー	携帯番号	備考
12/8 (土)	-	2F床 せん断金物	小口					
12/10 (月)	9:00	2F壁 CLT	4t平					A～C棟 那の津2台→現場ヒストン
	10:00	2F壁 CLT	4t平					A～C棟 那の津2台→現場ヒストン
	13:00	2F壁 CLT	4t平					A～C棟 那の津2台→現場ヒストン
	14:00	2F壁 CLT	4t平					A～C棟 那の津2台→現場ヒストン
12/11 (火)	9:00	2F壁 CLT	4t平				D棟 那の津1台→現場ヒストン	
12/14 (金)	10:00	3F床梁(小梁)+DP等金物類	4t平					B棟 L宮崎
	11:00	3F床梁(小梁)	4t平					C棟 L宮崎
	13:00	3F床梁(長物)+3F床金物類	4t平					A～D棟 那の津→現場ヒストン
	15:00	3F床梁(小梁)	4t平					AB棟 那の津→現場ヒストン
12/15 (土)	9:00	3F床梁(小梁)	4t平				D棟 L宮崎	
12/17 (月)	9:00	3F床合板	4t平					AB棟 九州H
	10:00	3F床合板	4t平					CD棟 九州H
12/18 (火)	13:00	3F床合板(入れ替え分)	4t平					AB棟 九州H
	14:00	3F床合板(入れ替え分)	4t平					CD棟 九州H
12/21 (金)	9:00	3F壁 CLT	4t平					A～C棟 那の津2台→現場ヒストン
	10:00	3F壁 CLT	4t平					A～C棟 那の津2台→現場ヒストン
	13:00	3F壁 CLT	4t平					A～C棟 那の津2台→現場ヒストン
	14:00	3F壁 CLT	4t平					A～C棟 那の津2台→現場ヒストン
12/22 (土)	9:00	3F壁 CLT	4t平				D棟 那の津1台→現場ヒストン	
12/24 (月)	9:30	4F床梁(長物)	4t平					A～D棟
	10:30	3F床金物類	4t平					
	11:30	4F床梁(小梁)	4t平					
	10:00	4F床梁(小梁)+DP等金物類	4t平					B棟 L宮崎
	11:00	4F床梁・小屋梁(小梁)	4t平					C棟 L宮崎
12/25 (火)	9:00	4F床梁・小屋梁(小梁)	4t平					D棟 L宮崎
12/26 (水)	9:00	4F床合板(A.B.階段) 3F屋根合板(C.D)	4t平					九州H
12/27 (木)	10:00	3F垂木	4t平					CD棟 那の津
12/28 (金)	9:00	4F壁 CLT	4t平					A棟 那の津1台→現場ヒストン
	11:00	4F壁 CLT	4t平					B棟 那の津1台→現場ヒストン
	13:00	4F壁 CLT	4t平					階段室 那の津1台→現場ヒストン
		※積み込みの際、台数が増減する場合がありますので、ご了承ください。						
注意事項 住宅街のため近隣には待機場所がありませんので、注意してください。								

# 1月搬入実績

物件名		W2プロジェクト 新築工事					様	
着日	時間	部材種類	車種	社名	車番	ドライバー	携帯番号	備考
1/8 (火)	9:00	5F床梁(長物)+4F床金物類	4t平					A~D棟 那の津2台→現場ビストン
	10:00	5F床梁(小梁)+DP等金物類	4t平					A棟 L宮崎
	11:00	5F床梁・小屋梁(小梁)	4t平					B・C棟 L宮崎
1/9 (水)	9:00	5F床合板	4t平					A・階段棟 九州H
		4F屋根合板					B棟	
	11:00	4F垂木	4t平					BCD棟 銘建工業
1/12 (土)	9:00	5F壁 CLT	4t平					A棟 那の津1台→現場ビストン
	11:00	5F壁 CLT	4t平					階段室 那の津1台→現場ビストン
1/14 (月)	9:00	RF床梁(長物)+4F床金物類	4t平					A~D棟 那の津1台→現場ビストン
	10:00	RF床梁(長物)+4F床金物類	4t平					A~D棟 那の津1台→現場ビストン
	11:00	RF床梁(小梁)+DP等金物類	4t平					A棟 L宮崎
		5F床梁・小屋梁(小梁)					D棟	
1/16 (水)	9:00	5F屋根合板	4t平					A・階段・RF棟 九州H
		5F垂木		搬入済み				D・階段室棟 銘建工業
1/18 (金)	13:00	引き上げ作業	4t平					那の津
<b>注意事項</b> 住宅街のため近隣には待機場所がありませんので、注意してください。								



(4) 既存の工法と比べた CLT 工法のコスト縮減比較資料

・壁式RC工法とのコスト比較について、一方が概算レベルの見積りで詳細比較はできないが、事業主がCLT工法の採用を決めた要因となったコスト比較を参考に掲載する。今回、壁式RC造がCLT造より32,100千円安価であった。コスト優位性は、壁式RC>鉄骨造>CLT造の順であったが、補助事業による助成で、壁式RC造とのコスト差が少なくなったことがCLT造実現の契機となった。今回、構造材での木材使用量が一般木造と同レベルの約0.2m<sup>3</sup>(/延床m<sup>2</sup>あたり)であったが、CLT壁パネル厚を120mmに設定できたことで使用m<sup>3</sup>数の軽減とコスト差の縮減に寄与している。

・CLTパネルには福岡県産杉材を使用した。銘建工業株式会社の関連会社である(株)くまもと製材が、市場で原木を仕入れてラミナ生産し、岡山に運んでCLT製造した。この取引を機に、(株)くまもと製材において新たな原材料の仕入れルートとなり、従前の4倍の通常取引が行われるようになってきている。

■CLT			■壁式		
1. 直接仮設工事	1式	4,150,000	1. 直接仮設工事	1式	6,200,000
2. 土工事	1式	4,000,000	2. 土工事	1式	4,000,000
3. 杭地業工事	1式	4,700,000	3. 杭地業工事	1式	6,700,000
4. コンクリート工事	1式	5,400,000	4. コンクリート工事	1式	18,000,000
5. 型枠工事	1式	7,650,000	5. 型枠工事	1式	19,000,000
6. 鉄筋工事	1式	5,650,000	6. 鉄筋工事	1式	15,000,000
7. 鉄骨工事	1式	3,000,000	7. 鉄骨工事	1式	3,000,000
8. CLT構造体工事	1式	65,500,000	8. 組積工事	1式	
9. 外壁工事	1式	9,950,000	9. 防水工事	1式	4,000,000
10. 防水工事	1式	2,050,000	10. タイル工事	1式	9,000,000
11. 木工事	1式	19,400,000	11. 木工事	1式	8,000,000
12. 屋根工事	1式	2,100,000	12. 金属工事	1式	6,000,000
13. 金属工事	1式	3,000,000	13. 左官工事	1式	5,000,000
14. 左官工事	1式	3,050,000	14. 木製建具工事	1式	5,000,000
15. 木製建具工事	1式	5,000,000	15. 金属製建具工事	1式	10,350,000
16. 金属製建具工事	1式	10,350,000	16. 硝子工事	1式	4,000,000
17. 硝子工事	1式	4,150,000	17. 塗装工事	1式	5,000,000
18. 塗装工事	1式	1,250,000	18. 内装工事	1式	4,150,000
19. 内装工事	1式	4,150,000	19. 雑工事	1式	5,350,000
20. 雑工事		5,350,000			
	合計	169,850,000		合計	137,750,000
	差額	32,100,000			

図 壁式RC工法とのコスト比較