

2.4 (株) 大匠建設

1. 建築物の仕様一覧

事業名		井上ビル新築工事の建築実証		
実施者 (担当者)		株式会社 大匠建設 (梅野 光太郎)		
建築物の概要	用途	事務所		
	建設地	福岡県筑紫郡那珂川町		
	構造・工法	CLT工法		
	階数	2		
	高さ (m)	8.652		
	軒高 (m)	8.402		
	敷地面積 (㎡)	329.85		
	建築面積 (㎡)	215.72		
	延べ面積 (㎡)	400.16		
	階別面積	1階	212.21	
	2階	187.95		
	3階			
CLTの仕様	CLT採用部位		壁、床、屋根	
	CLT使用量 (m ³)		加工前製品量 210.12 m ³ 加工後建築用使用量 180.26 m ³	
	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	210mm厚	
		ラミナ構成	5層7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		
仕上	主な外部仕上	屋根	ガルバリウム鋼板0.6mm折板屋根	
		外壁	防火サイディング (t=16)、漆喰、タイル	
		開口部	アルミサッシ (複層ガラス)、軽量スチールシャッター	
	主な内部仕上	界壁	-	
		間仕切り壁	CLTあらわし、ビニールクロス	
		床	無垢フローリング、タイル、タイルカーペット、塩ビシート	
構造	天井	強化石膏ボード+岩綿吸音板 (一部ビニールクロス及び化粧石膏ボード)		
	構造計算ルート		ルート1	
	接合方法		X (クロス) マーク金物「ビス+U型金物」	
	最大スパン		9.5m	
	問題点・課題とその解決策		工事期間が短い場合、工場での防護塗装が難しく、雨天時の養生が厳しいため、水を吸ってしまう危険性がある。また、引張金物等でビス止めの場合、準耐火構造においては、金物の被覆を行わなければならない、化粧部分の見せ方を検討する必要がある。	
防耐火	防火上の地域区分		その他地域 (法22条区域)	
	耐火建築物等の要件		-	
	本建築物の防耐火仕様		準耐火建築物	
	問題点・課題とその解決策		室内部分のCLTをあらわしにしている為、燃えしろ設計が必要となり準耐火建築物としている。引張金物の耐火被覆を施した。	
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		OA707100mm+タイルカーペット6mmと天井二重張り (t15強化石膏ボード+岩綿吸音板) でどこまで遮音出来るかが課題。	
	建て方における課題と解決策		基礎とCLTとの接合部分が高精度の品質を要求される。	
	劣化対策		バトンクリア塗装と防蟻・防腐処理でホウ酸塩塗布を実施。	
工程	設計期間		H28.5月~H29.10月 (6ヵ月)	
	施工期間		H28.11月~H29.2月 (4ヵ月)	
	CLT躯体施工期間		H28.12月上旬~下旬 (3週間)	
	竣工 (予定) 年月日		平成29年2月28日	
体制	発注者		個人	
	設計者 (複数の場合はそれぞれ役割を記載)		株式会社 ブルク	
	構造設計者		上部構造 株式会社 ウッディストプラン 下部構造 有限会社 祥構造事務所	
	施工者		株式会社 大匠建設	
	CLT供給者		山佐木材 株式会社	
	ラミナ供給者		山佐木材 株式会社	

事業名：井上ビル新築工事の建築実証

実施者または担当者：(株) 大匠建設 梅野 光太郎

1. 実証した建築物の概要

用途	事務所			
建設地	福岡県筑紫郡那珂川町			
構造・工法	CLT パネル工法			
階数	2 階			
高さ (m)	8.652	軒高 (m)	8.402	
敷地面積 (㎡)	329.85	建築面積 (㎡)	215.72	
階別面積	1 階	212.21	延べ面積 (㎡)	400.16
	2 階	187.95		
	3 階	—		
CLT 採用部位	壁、床、屋根			
CLT 使用量 (m ³)	加工前製品量 210.12 m ³ 加工後建築用使用量 180.26 m ³			
CLT 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/M x 60A 相当/スギ		
	床	210mm 厚/5 層 7 プライ/M x 60A 相当/スギ		
	屋根	150mm 厚/5 層 5 プライ/M x 60A 相当/スギ		
設計期間	H28.5~H28.10 (6 ヶ月)			
施工期間	H28.11~H29.2 (4 ヶ月)			
CLT 躯体施工期間	H28.12 月上旬~下旬 (3 週間)			
竣工 (予定) 年月日	H29.2 月 28 日			

2. 当該建築物における実証内容

- | | |
|-------------------|-----------------|
| A. CLT 構造の設計の留意点 | E. 建て方の施工実証 |
| B. CLT 材料についての留意点 | F. 設備の納め方について |
| C. 加工における留意点 | G. CLT の準耐火物の仕様 |
| D. 基礎の施工実証 | |

3. 実施体制

【申請者】井上 真一

【協力者】意匠設計・設計取りまとめ：株式会社 ブルク (担当 長岡)

CLT 構造設計：株式会社 ウッディストプラン (担当 内村)

基礎・杭構造設計：有限会社 祥構造事務所 (担当 寺本)

CLT 等部材供給：山佐木材株式会社 (担当 吉松、小松)

施工：株式会社 大匠建設 (担当 東、田原)

4. 実証方法と実施工程

- < 設計・構造計算 > H28.5～10月 構造計算を行い、確認申請を提出する
- < 地盤改良・基礎工事 > H28.11月 アンカーボルトの設置精度の施工検証
- < CLT工場加工 > H28.11～12月 加工速度の算出、加工・塗装の課題の検証
- < CLT建て方 > H28.12月 揚重計画、パネル精度の検証、雨対策、
Xマーク金物の取付検証、建て方速度の算出
- < 各設備・内外装工事 > H28.12月～H29.2月 CLTに対する配管の納め方の検証

5. 得られた実証データ等の詳細

【A. CLTパネル工法の設計の留意点】

- ① . Xマーク表示金物の使用箇所は、告示上では読み取れない場所があり事前確認が必要。
- ② . 防耐火設計の際には、現状のXマーク表示金物は被覆の必要性が出てくる。又、告示には示されない床&壁パネル同士のサネや相じゃくり等の必要性があるのを理解しておく。
- ③ . 耐力壁の許容せん断耐力が大きい為、配置箇所によっては偏心率設計時に不適合となる。
- ④ . 耐力壁となる上下階の壁パネルは同長さ・同寸法・同厚さであるため、建物のモジュールに従って耐力壁長さをある程度統一し配置することが構造的に合理性が高い。

【B. CLT材料についての留意点】

- ① . 一般的なスギ材及びびスギ集成材の比重 3.80kN/m^3 程度に対して、 4.90kN/m^3 とベイマツ程度の堅牢性がある。但し固定荷重の算定においては留意する。
- ② . 使用する接着剤について2分化されており、防耐火設計における燃えしろ設計の際明確に違いがでてくるため、CLT製造工場との事前協議が必要。
- ③ . CLT製造工場毎に、作成できるサイズが違う為事前に製作可能寸法の確認が必要。

【C. 加工における留意点】

- ① . スリーブ開口については、内面合成の不要な範囲での配置計画を基本とする。(CLTを用いた建築物の設計施工マニュアル 3.3.2 小開口を有する CLT パネルの剛性・強度参照)
- ② . スリーブ開口穴の種類については、加工器具の取り換えに莫大な時間がかかる為、穴の大きさを可能な限り統一した方がよい。
- ③ . 化粧面の汚れ防止塗装について事前に工場で行う場合は、塗装場所・乾燥時間・パネル移動時の安全性など事業開始時から十分な計画が必要である。今回は時間の問題があり建て方と同時進行で塗装を行ったが、天候に左右される事と建て方作業への影響が大きい為、基本的には工場塗装が望ましい。
- ④ . 加工速度の算出は本物件に関しては平均 $7\text{ m}^3/\text{日}$ であった。

【D. 基礎の施工実証】

- ① . RCと比べると軽いので小規模な布基礎でまかなえる。(構造体重量約 1/5)
- ② . アンカーボルトが 205 本あり全てにおいて高い寸法精度が要求される。対策としてフラットバーにアンカー位置を開口し、セットする事で取付け寸法のずれを防止し、天端のレベル合わせにも使用した。

【E. 建て方の施工実証】

- ① . 揚重計画を厳密に行い、クレーン位置、搬入車両位置、荷卸し場所、建込順序を検証した。
- ② . 建て方は建物の中央から行い、施工誤差が偏らないようにした。
- ③ . 伸びしろを考慮しCLT[®] 巾幅を1mm ずつ短くしたが、最終的にその分短くなった。
この規模では伸びしろをみる必要がない。(山佐木材供給品)
- ④ . 施工中の雨に関して、CLT を化粧で見せる場合、木口は水を吸い込むので完璧を求め
るなら大屋根をかけるなどの対策がいる。本建物はブルーシートで覆ったが施工限度が
ある為、防水性のある塗料を事前に塗布することが望ましい。
- ⑤ . Xマーク金物の取付に関して、建て方に支障がない分は後日まとめて取り付けた。
- ⑥ . 大梁小梁の受け金物は規定がなかった為、本建物に関してはテックワンを使用した。
- ⑦ . 取付速度に関しては平均14 ピース/日であった。

【F. 設備の納め方について】

- ① . 換気、空調、電気、給排水について事前に開口寸法、水勾配、を検討して加工図に落と
し込み、金物との干渉と構造計算への影響を検証し、工場にてスリーブ開口をした。
- ② . 電気配線や給排水配管に関して、壁は集約してPS 内に納めスイッチを集中型にするこ
とで露出配線を極力なくした。床は100~150mm の床上げをしその中に納めた。2階事
務室に関してはOA フロアを採用し配線スペースを確保した。

【G. CLTの準耐火建築物の仕様】

- ① . 防耐火設計の際には、現状のXマーク表示金物(引張金物)は被覆の必要性がある。又
告示には示されない床及び壁パネル同士のサネや相ジャクリ等の必要性が出てくること
を理解しておく。
- ② . 燃えしろに関しては接着剤に水性高分子イソシアネートを使用していることから45mm
で計算している。
- ③ . 引張金物の耐火被覆において、外部は石膏ボード12mm+金属板、内部は強化石膏ボー
ド15mmにて被覆を行った。

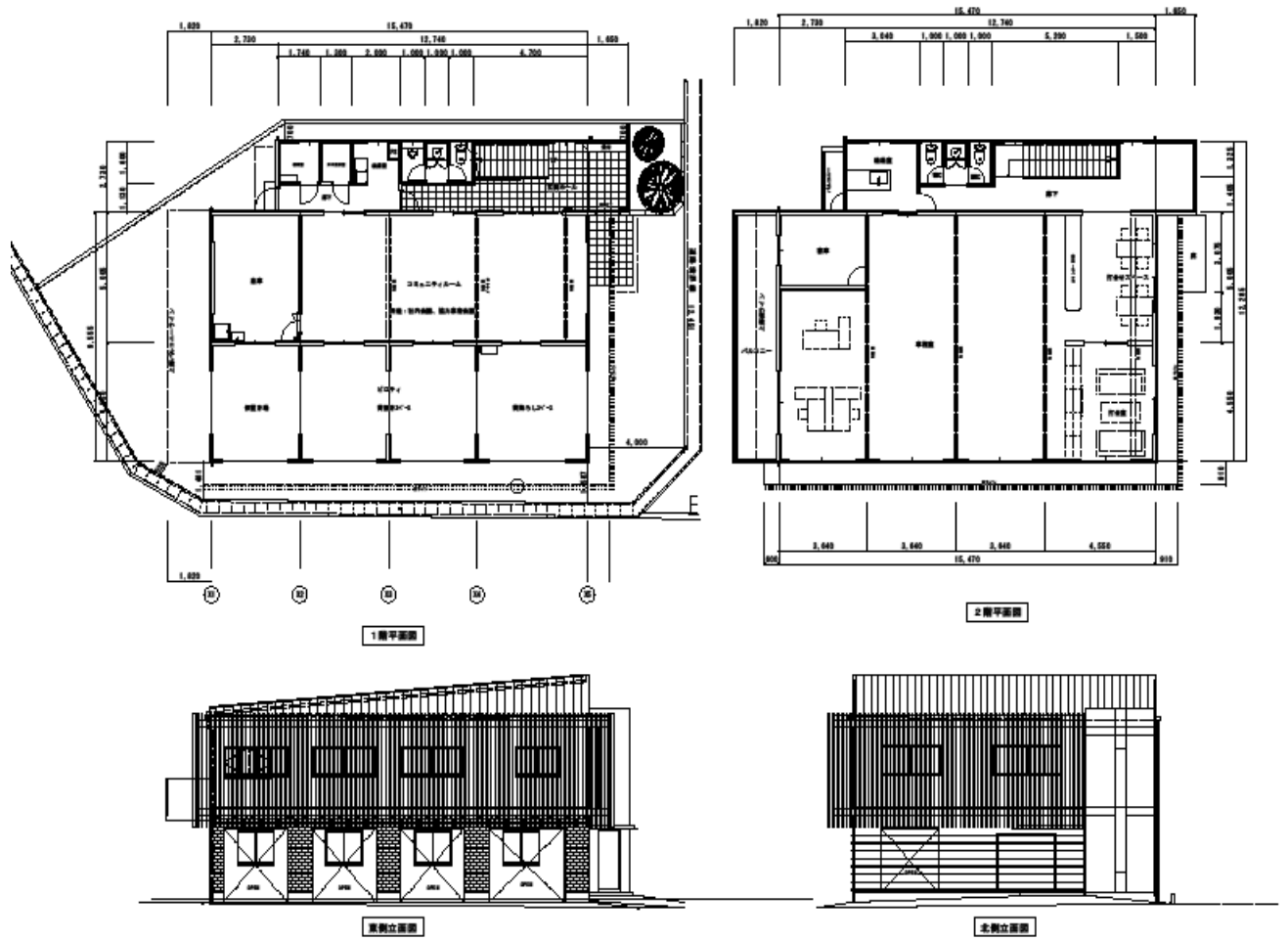
6. 本事業の成果

福岡県内では初となるCLT 構造ということで多くの業界関係者にCLT 構造の認識を高め
るきっかけとなった。構造金物はXマーク金物を使用し施工実績が得られた。CLT 構造を
準耐火建築物として確認申請及び施工を行った事は今後建設されるCLT 建築物の重要な参
考施設となった。

・CLTの特徴のまとめ

ジャンル	メリット	デメリット
基礎	RCと比較すると基礎の簡素化が出来る	アンカーボルトの本数が多く施工が容易でない
工程・仕上	躯体工程、仕上工程が短縮できる 木の温もりが感じれる	建て方中は天候の影響をかなり受ける CLT あらわしの場合は傷や汚れ対策が必要
構造	耐震性・耐久性が高い・断熱材が不要	金物取付が多い
意匠性	床パネルのはね出しが容易	金物が露出するので意匠性の検討が必要

7. 建築物の平面図・立面図・写真等



井上ビル新築工事の建築実証 成果報告書

1. はじめに

当該建築物は一階、二階をオフィスとする貸事務所を想定した建造物である。クロスラミネイティッドティンバー（以下CLT）構法という慣れ親しみの無い構法での設計及び施工は困難を極め、その際に生じる問題点・課題点・改善点を以下のように報告する。

1.1 CLTという集成材を使い井上ビル新築計画を実行することとなった、事の運びを少し説明しようと思う。施主である井上真一社長は環境経営に重きを置き東北地方太平洋沖地震をきっかけに資源エネルギーの大切さを痛感し地球環境と調和した経営を目指すようになる。自らが掲げるECO経営のコンセプトと相以する内容は中々でてこず、当時たまたま携わった現場にてCLTという存在を知り、これこそ次の時代を担う構法だと衝撃をうけ、CLTでの井上ビル新築工事を決意した。

1.2 設計時における課題と解決策及び構想

今回CLTを建てる現場は福岡県筑紫郡那珂川町恵子1丁目47番にあり、国道385線から道善の交差点を恵子に曲がった所に位置しており見晴らしの良い立地的にもとても目立つ場所である。

この建物で考えられた建築計画は一階を地域貸し出しのコミュニティールーム、二階を事務所として構想し、一階二階ともに木材の温かみの感じられる空間づくりを徹底し、なおかつ杉の力強さを表現しました。

一階コミュニティールームは福岡からCLTを発信していこうという気持ちで、地域住民及び関連業

各位が気軽にイベントを開催できるように解放感のある空間づくりを心がけました。環境に寄り添った建造物を計画するにあたり、木材の特性を生かし窓には複層ガラスを使用し、CLTで庇を造り直射日光を防ぐことで、夏は涼しく冬は暖かいという極力エネルギーを使わない建物へ仕上げる事ができました。

本地域は22条地域であるため、本建築物は四号建物で耐火の必要もなく、当初はその条件をクリアすること考え計画を立てたが仕上げコストがかかりすぎることと、CLTの良さを殺してしまうやり方に賛否両論があり、急遽計画を準耐火構造へと変更した。そうすることにより表現の幅が広がり、内外部的にも、CLTの特性をいかすことができた。

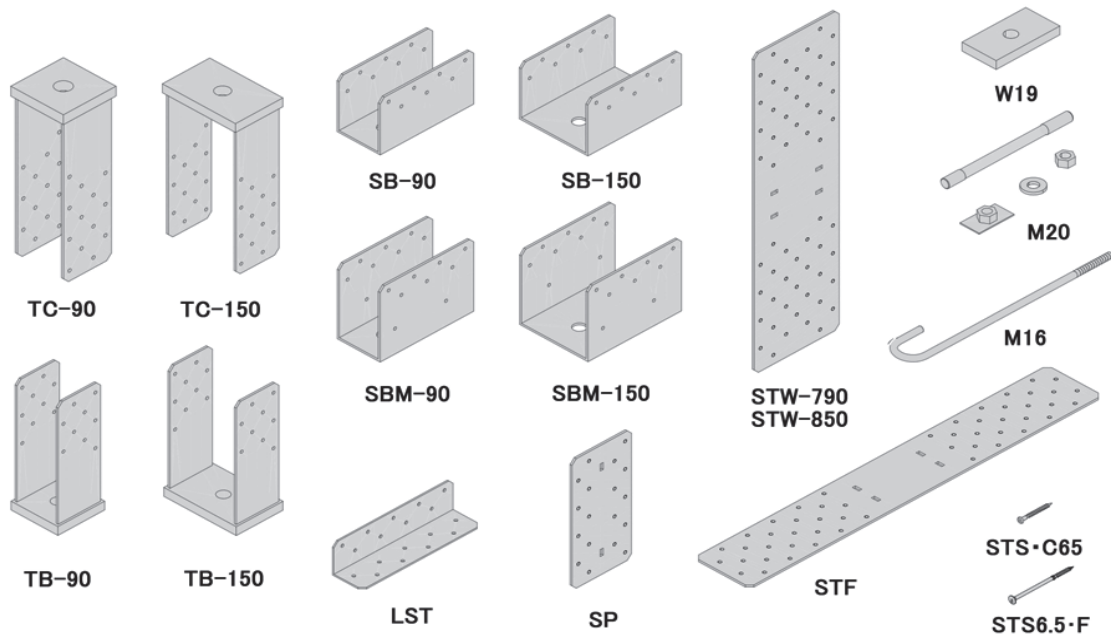


この手法こそが今回の計画のターニングポイントであり今後の課題とも言える耐火被覆の件に大きく絡んでいくこととなりました。

2 金物規格資料

名称	記号	強度等級		接合具	主な用途
		S 60-3-3又はMx60-5-5		四角穴付きタップねじ	
引張金物	TB-90,TB-150	終局引張耐力	86.0	STS・C65(18本)	基礎と壁パネルの接合
	TC-90,TC-150	終局引張耐力	135.0	STS・C65(26本)	上下階の壁パネル相互の接合
せん断金物	SB-90,SB-150	許容せん断耐力	47.0	STS・C65(14本)	基礎と壁パネルの接合
	SBM-90,SBM-150			STS・C65(18本)	
	SP	許容せん断耐力	52.0(2枚1組)	STS・C65(50本)	壁パネルと垂れ壁又は腰壁の接合
帯金物	STF	許容引張耐力	52.0	STS・C65(50本)	床パネル相互の接合
	STW-790				上下階の壁パネル相互の接合
	STW-850	終局引張耐力	135.0	STS・C65(58本)	
L形金物	LST	許容せん断耐力	54.0(2枚1組)	STS・C65(18本)	床パネルと壁パネルの接合

使用金物資料2-1



～注意～

金物を取り付けるにあたり、莫大な量のタップピンねじを打ち込むことを考え、近隣への騒音対策として、ソフトインパクトを使用した。音を軽減する油が熱を持ちタップピンねじの量に耐えられず故障が相次ぎ使用を断念した。

今回使用した金物は、T B - 150 ・ T C - 150 ・ L S T ・ S P ・ S T F ・ S B - 150
M20 ・ M16 ・ S T S ・ C65

各種金物の混同を避けるため事前に打ち合わせをしっかりと行い建て込みの際の段取りとして金物の準備を優先して行う。

図面へのチェック表を作っておく 全体の把握と概要をつかむ

2.1 C L T 構造設計

材料について

1：一般的なスギ材及びスギ集成材の比重 3.80 k N/m^3 程度に対して、 4.90 k N/m^3 とベイマツ程度の堅牢性がある。ただし固定荷重の算定においては留意すること。

2：使用する接着剤について2分化されており、燃えしろ防耐火設計における燃えしろ設計の際、明確に違いがでてくるためC L T 製造工場との事前協議が必要となる。
(水性高分子イソシアネート、レゾルシノール樹脂)

3：壁パネルの加工形状及び床パネルの支持方法等いろいろな制限があるため、事前に理解することが重要である。

4：C L T 製造工場ごとに、作成できるサイズに違いがあることを事前に確認すること

設計について（ルート1の計算の際）

1：X マーク表示金物の使用箇所・位置・個数については、告示上では読み取れない箇所が存在するため、事前にC L T 協会に問い合わせ、講習の受講等するなどして、理解することが必要。

2：防耐火設計の際には、現状のX マーク表示金物は耐火被覆の必要性が出てくると、告示には示されない床&壁パネル同士のさねや相じゃくり等の必要性も出てくることを理解しておくこと。

3：耐力壁となる上下階の壁パネルは同長さ・同寸法・同厚さであるため、建物のモジュールに従って耐力壁長さをある程度統一し、配置していくことがもっとも構造的に合理性が高い。

4：耐力壁の許容せん断耐力が大きく上記制限からも配置箇所によっては、X-X Y-Y 同士に大きな差が発生すると偏心率設計時に、N G となる可能性が大きくなる。

2.2 鉛直構面の長期荷重と地震力の組み合わせ応力に対する検定

地震力により生じる鉛直力Nは、図2-1に示すように対称構面を片持ち梁に置換し、各層の許容層せん断耐力を水平力と与えて求めたモーメントMより算出する。検定はY3通り壁長さ1.955の値で行い、その他の箇所は省略する。壁の負担荷重は「X4通り最大軸力」による。

ここで、

Q a 1：一階の許容層せん断耐力← = 35.19 (k N)

Q a 2：二階の許容層せん断耐力← = 31.05 (k N)

M：構面を片持ち梁としたときの脚部曲げモーメント = $31.05 \times 6.40 + 35.19 \times 3 = 304.29$ (k N/m)

N：鉛直方向下向きの軸力 = $M/\text{壁中心間距離} = 304.29/1.955 = 155.65$ (k N)

T：鉛直方向下向きの軸力 = $M/\text{壁中心間距離} = 304.29/1.955 = 155.65$ (k N)

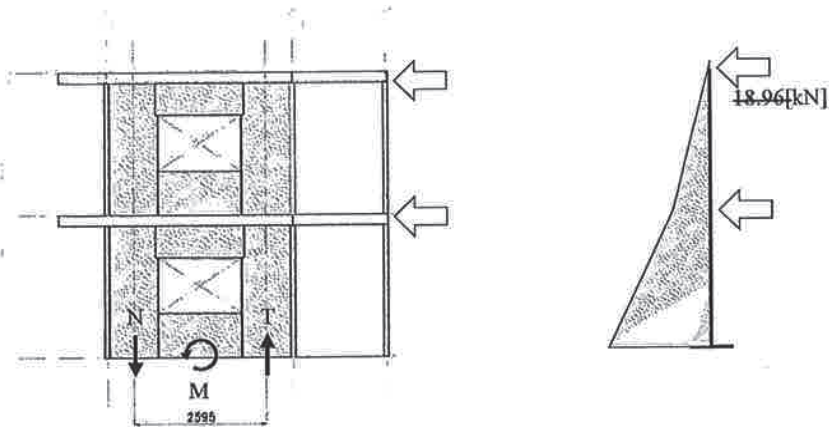


図2-1 地震時の鉛直荷重Y3通り

3.1 アンカーボルトの検定試験データ

アンカーボルトには、M16の建築構造用アンカーボルト（A B R 490）を用いている。アンカーボルトの検討では、コンクリートのコーン状破壊に対する短期許容耐力及び定着部の短期許容支圧耐力がアンカーボルトの規格降伏耐力の上限値を上回ることを確認する。なお、定着板については、建築構造用アンカーボルトを用いた露出柱脚設計指針・同解説（日本鋼構造協会 2009年）に規定される定着板の板厚及び支圧面積以上を確保した仕様としている。

3.2 検定方法

アンカーボルト：M16（A B R 490）、 $F = 325 \text{ N/mm}^2$

定着板：M16用 $50 \times 50 \times 12$ （S S 400）

コンクリート：設計基準強度 $F_c = 21 \text{ N/mm}^2$

アンカーボルトの規格降伏耐力の上限値： $T = F \times A_b$

定着部の短期許容支圧耐力： $P_{a1} = 2/3 \times f_n \times A_0$

コーン状破壊による短期許容引っ張り耐力： $P_{a2} = 2/3 \times 0.31 \times \sqrt{F_c} \times A_c \times 10^{-3}$

A_b ：アンカーボルトねじ軸断面積（M16： 157 mm^2 ）

f_n ：コンクリート支圧強度（ $= (\sqrt{A_c} / A_0) \times f_c$ / かつ、 $f_n \leq 6 \times F_c$ ）

A_0 ：定着板の支圧面積（ mm^2 ）

M16用定着板 $50 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}$ 、ボルト径 16 mm より、 $A_0 = 2299 \text{ mm}^2$

A_c ：コンクリートのコーン状破壊面の有効水平投影面積（ 97948 mm^2 ）

3.3 検定結果

アンカーボルト		軸断面積		ボルト		引っ張り力	
径	材料			F	T (上限値)		
		(mm^2)	(N/mm^2)	(kN)			
M16	ABR490	157	325	69.9			
		梁幅	埋込長	設計基準強度			
		B	l	F _c			
		(mm)	(mm)	(N/mm ²)			
M16		180	320	21			
支圧面積		支圧強度		短期許容支圧耐力		水平投影面積	
A ₀		f _n		P _{a1}		A _c	
(mm ²)		(N/mm ²)		(N/mm ²)		(mm ²)	
2299		126		193.1		96948	

コーン状態破壊に寄る短期許容耐力	ボルト本数	検定
$P a 2$	n	
(k N)	(本)	
91.8	1	0.76

上記構造結果より、引っ張り力を負担する耐力壁のC L Tの両端には1本ずつアンカーボルト（A B R 490）M16を配置する。

$A s$ = ねじの有効断面積 d = ねじの外径の基準寸法 (mm)

$d 2$ = ねじ有効径の基準寸法 (mm)

$d 3$ = ねじ谷の径の有効径の基準寸法 ($d 1$) からとがり山の高さ H の1/6を減じた

値 $d 3 = d - H/6$ (mm)

H = とがり山の高さ ($H = 0.866025 P$) (mm)

P = ねじのピッチ n = 円周率3.1416

$n = 25.4\text{mm}$ あたりのねじの山数

4.1 風圧力

風圧力は次式による

$$Q w i = q \times C f \times A$$

ここで

$Q w i$: i 階の風圧力 q = 速度圧 $f C$ = 風力係数 A = 見付面積

X方向（建物長編方向）

層	q (N/m ²)	鉛直面		Q w i	Σ Q	Q w i / Q w l
		A m ²	C f			
2	1026	61.71	1.2	74.05	74.05	1.04
1	1026	59.41	1.2	71.29	145.34	1

Y方向（建物短辺方向）

層	q (N/m ²)	鉛直面		Q w i	Σ Q	w i / Q w
		A m ²	C f			
2	1026	48.7	1.2	58.44	58.44	1.13
1	1026	42.99	1.2	51.59	110.03	1

4.2 地震荷重

4.2.2 地震用荷重の算定

以下に地震用荷重の算定に関して示す。地震用荷重は面積に単位荷重を乗じて算出する。

屋根

種類	面積 (㎡)	単位重量 (N/㎡)	重量 (k N)	層重量 (k N)
屋根	229.28	1550	355.384	
合計			355.384	650.69

外壁

種類	通り	壁長 (m)	階高の1/2 (m)	単位重量 (N/㎡)	重量 (k N)
外壁 (二階)	Y1	15.62	1.7	1350	35.85
	Y3	4.38	1.7	1350	10.05
	Y4	14.54	1.7	1350	33.37
	X1	9.705	1.7	1350	22.27
	X1+2730	2.73	1.7	1350	6.27
	X5	12.435	1.7	1350	28.54
	X5+1650	2.73	1.7	1350	6.27
合計					136.35

内壁

種類	通り	壁長 (m)	階高の1/2 (m)	単位重量 (N/㎡)	重量 (k N)
内壁 (二階)	Y2	15.62	1.7	1000	26.55
	Y3	15.62	1.7	1000	26.55
	X2	12.21	1.7	1000	20.76
	X3	12.21	1.7	1000	20.76
	X4	12.21	1.7	1000	20.76
合計					115.38

立ち上がり壁（立ち上がり壁は在来軸組なので仕上げ+軸組≒500 N/m²とする）

種類	通り	壁長 (m)	階高の1/2 (m)	単位重量 (N/m ²)	重量 (k N)
立ち上がり壁	Y1	15.59	2	500	15.59
	Y4	15.59	2	500	15.59
	X5	12.405	2	500	12.41
合計					43.59

4.2. 地震荷重

4.2.3 地震用荷重の算定

以下に地震用荷重の算定に関して示す。地震用荷重は面積に単位荷重を乗じて算出する。

屋根（CLT以外の庇は既製アルミ庇であることから単位重量を300 N/m²とする）

種類	面積 (m ²)	単位重量 (N/m ²)	重量 (k N)	層重量 (k N)
二階床	182.6	2250	410.85	951.74
バルコニー	19.87	2250	44.71	
庇 (CLT)	22.4	1550	34.72	
庇 (アルミ既製品)	8.18	300	2.45	
合計			455.56	

外壁

種類	通り	壁長 (m)	階高の 1/2+上階	単位重量 (N/m ²)	重量 (k N)
外壁 (一階)	Y1	15.62	3.2	1350	67.48
	Y2	15.62	3.2	1350	67.48
	Y3	4.38	3.2	1350	18.92
	Y4	14.54	3.2	1350	62.81
	X1	9.705	3.2	1350	41.93
	X1+2730	2.73	3.2	1350	11.79
	X5	12.435	3.2	1350	53.72
	X5+1650	2.73	3.2	1350	11.79
合計					324.13

内壁

種類	通り	壁長 (m)	階高の 1/2+上階	単位重量 (N/m ²)	重量 (k N)
内壁 (一階)	Y3	15.62	3.2	1000	49.98
	X2	12.21	3.2	1000	39.07
	X3	12.21	3.2	1000	39.07
	X4	12.21	3.2	1000	39.07
合計					167.2

手すり壁 (手すり壁は在来軸組みなので仕上げ+軸組≒500N/m²とする)

種類	通り	壁長 (m)	壁高	単位重量 (N/m ²)	重量 (k N)
手すり壁	Y1-1820	9.705	1	500	4.85
合計					4.85

4.2.4 地震力

荷重増分解析用の地震力分布の算出方法を以下に示す。

$$C_i = Z \cdot R_t \cdot A_i \cdot C_0$$

$$A_i = 1 + (1/\sqrt{\alpha_i} - \alpha_i) \times 2T / (1+3T)$$

C_i = 層せん断力係数 Z = 地震地域係数 R_t = 振動特性係数

A_i = 層せん断力係数の高さ方向の分布係数

C_0 = 標準せん断力係数 T = 建物の設計用1次固有周期 (s e c)

H = 建物の高さ W_i = i 階の重量

下記の条件により算定した結果を下表に示す。

建物高さ： $H = 8.58\text{m}$ (建物の最高高さ+軒高の平均)

設計用1次固有周期： $T = 0.03 \times 8.58 = 0.257\text{sec}$

地震地域係数： $Z = 0.8$ 振動特性係数： $R_t = 1.0$

標準せん断力係数： $C_0 = 0.2$ $2T/(1+3T) = 2 \times 0.257 / (1+3 \times 0.257) = 0.290$

地震力算定

	W_i (k N)	Σw_i (k N)	α_i	$1/\sqrt{\alpha_i}$	A_i
2	650.69	650.69	0.41	1.57	1.34
1	951.74	1602.43	1	1	1
C_i	Q_{ei} (kN)	Q_{ei}/Q_{el}	A (m ²)	W_i/A (kN/m ²)	
0.214	139.23	0.54	186.68	3.49	
0.16	256.39	1	182.6	5.21	

4.3 地震力と風圧力の比較

地震力と風圧力の比較を示す。各層風圧層せん断力が $C_0=0.2$ 時の各層地震層せん断以下になっているため、風圧力による検討（長期荷重と風圧力の組み合わせ応力に対する検討は除く）は省略する。

X方向（建物長辺方向）

層	風圧力	地震力 ($C_0=0.2$)	$\Sigma Q_{wi} / \Sigma Q_{Ei}$
	ΣQ_{wi}	ΣQ_{Ei}	
	(kN)	(kN)	
2	74.05	139.23	0.53
1	145.34	256.39	0.57

Y方向（建物短辺方向）

層	風圧力	地震力 ($C_0=0.2$)	$\Sigma Q_{wi} / \Sigma Q_{Ei}$
	ΣQ_{wi}	ΣQ_{Ei}	
	(kN)	(kN)	
2	58.44	139.23	0.42
1	110.03	256.39	0.43

5.1 燃えしろ設計の報告

5.1.1 壁パネルの場合

壁パネルの圧縮座屈に対する燃えしろ検定

壁パネルの検定より、45分準耐火の燃えしろ45mmを除いた断面を短期許容応力度で計算。

●使用部材

壁用パネル：t = 150、幅：2m以内、長さ4m以内

ラミナ構成：ラミナ厚30mm5層5プライ、強度区分：M x 60-5-5、片側露出

接着剤：水性高分子イソシアネート使用

・設計条件

荷重条件	長期荷重時	l k	3000 (mm)
検定箇所	1 F	λ	98.97 (-)
強度等級	M x 60-5-5	F c	8.1 (N/mm ²)
C L T 壁パネル厚	150-45 = 105 (mm)	F k	2.51 (N/mm ²)
パネル幅	1000 (mm)	鉛直荷重	121.29 (k N)
弱軸 l o	96468750 (mm ⁴)	壁パネル幅1000mm	

ここで

弱軸I0 [mm ⁴] : 圧縮材の断面二次モーメント	$(1000 \times 105^3) / 12$	96468750
lk [mm] : 座屈長さ		3000
λ : 有効細長比	$3000 * (105000 / 96468750)^{0.5}$	98.97
Fc [N/mm ²]		8.10
Fk [N/mm ²] : 座屈強度 (30 < λ ≤ 100 の場合)	$= 1.3 - 0.01 \lambda \times Fc (1.3 - (0.01 * 98.97)) * 8.1$	2.51
N [N] : 鉛直荷重		121286
A0 [mm ²] : 圧縮材の断面積	105*1000	105000
Sσc [N/mm ²] : 短期圧縮応力度	$= N / A0$	121286 / 115000
Sfk [N/mm ²] : 短期許容座屈応力度	$= 2.0 / 3 \times Fk$	2 / 3 * 2.51

N	A0	Sσc	Fk	Sfk	検定日	判定
(N)	(mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)		
121286	105000	1.05	2.51	1.67	0.63	OK

6.1 施工計画及び施工実績 報告書

6.1.1 施工時における課題と解決策 (基礎編)

今回CLTの施工自体が初めての挑戦であり、施工計画を立てるにあたり不透明な部分が多かったため綿密にプランを練る必要があった。

本計画を進めていくうえで、もっとも論考した点が三つある、一つは基礎レベルの精密さ、二つ目はCLT搬入計画、三つ目はそれによる建て込みペース配分であった。

6.1.2

まずは一つ目の論争である基礎レベルの精密さ、これは右写真のようにフラットバーを用いることで解決することが出来た。そもそも基礎は精密施工するものだが、それ以上にこの構法には細心の注意を払う必要があるということに至った。最大で4メートル×2メートルという一枚物のパネルで組み立てて行くということは、たかが1mmのずれでも端へ行けば10mmにも20mmにもなるからだ。そのためアンカーボルトも基礎鉄筋組の際は、結束せずにわざとフリーの状態にしておき何回でも通りの修正が出来るようにしておいた。では実際に施工時の話をしようと思う。



6.1.3 基礎施工時の内容

アンカーボルトの使用数は205本で、その中で耐力壁C L T柱脚部引っ張り（端2つ）耐力壁せん断受（中央2つ）に分かれている。仕分けから始まり、打ち込み後レベルの調整を行い、フラットバーを取り付け再度レベルを計り、トランシットにて通りの修正をした。基礎鉄筋組を行い立ち上がり



り型枠を取り付け、上記の内容を繰り返し微調整を行いながら数字の確認作業を徹底し施工した。工程にもよるが、ことあるたびにこの手直し作業を行い、すべて含めると七回分の調整を要した。基礎だけでもこれだけの作業量を必要とするが、後の工程を円滑に進めていくためには重要な手順であったと感じる。

6.1.4 C L T 搬入計画とペース配分

次にC L Tの搬入計画について書いていこうと思う。この搬入計画こそがC L T建て込みを左右するといっても過言ではない。まず今回の現場は、周りに学校、幼稚園、保育園などの建物が多く点在しており、なおかつ搬入の要となる東側の道路は、時間帯進入禁止であったため、十分に気を付ける必要があった。その点は早い時間帯から搬入を開始すれば大丈夫だが、問題としては搬入する数が多すぎれば荷下ろし場所の確保と、時間を有してしまうこと、かといって少なくしてしまえば一日の建て込み枚数に影響が出てきてしまうということ。上記で述べている通りC L T構法というもの自体が初の試みであったため、見極めることが難しく3週間で計8回に分けての作業となった。搬入の際に気を付けておきたいことは建て始めるスタートラインが明確に決まっていること、それを軸に搬入する順序を考え計画を立てること。

今回は269ピースのC L T搬入を八回で行い、一回で約34ピース、工程として建て込みに三週間、搬入を三日置きに、一日当たりの建て込み量は14ピースを目標に掲げた。



7.1 CLT建て込み

7.1.1

右の写真は、搬入後の仕分けの様子である。搬入数が少量であればなんら問題のない作業ではあるが、これだけの量となると仕分けをするのに時間を取ってしまい建て込みに影響することがわかった。打ち合わせの段階で搬入数及び順序は決めたが、トレーラーに積み込む順番までは決めていなかったため、このようなことが起きてしまった。これは改善すべき点だと思う。



パネルを建て込むごとに移動させ、次の工程の準備を行いながら、仕分けをしなければならなかったため、作業効率が悪く中々前へ進まなかった時もあった。天候にも左右されるため極力梱包はそのままでの状態で保管しておき、建て込むときに開けたほうが望ましいが、現場での進行に影響が出てくるため養生と梱包、パネルの配置（仮置き）はよく考えないといけない。いかにスムーズに建て込みを進めるかを現場内でも模索したが、やはり職人の中で担当をきめ、同時並行で作業を行うことが一番だと感じた。※1

意匠的に内部は化粧で見せることになっていたため、CLTの取り扱い、その他道具関係の使用には注意を促す。カップリング等研磨の際はブロアーを使用し極力汚れ

資料7-1

資料7-2



を付けないように用心して行う必要がある。（変色を起こす可能性がある）
 資料7-1は構造用引っ張り金物との取り合い箇所の面取りをしている様子である。
 接地面を0におさえ、建て込み時に金物との干渉を懸念し施工に至った。
 この構造物は基礎パッキンを敷くことが難しかったため、資料7-2のような防水テープをC L Tの基礎面側の小口に貼り、下からの湿気と施工中の雨などの水分を吸い上げることを防ぐ手法をとった。これに関してはまだまだ施工中の手間がかかってしまうやり方なのでC L T用の基礎パッキンまたは、足回りの防水方法を考える必要があると感じた。（基礎パッキンについては要検討）

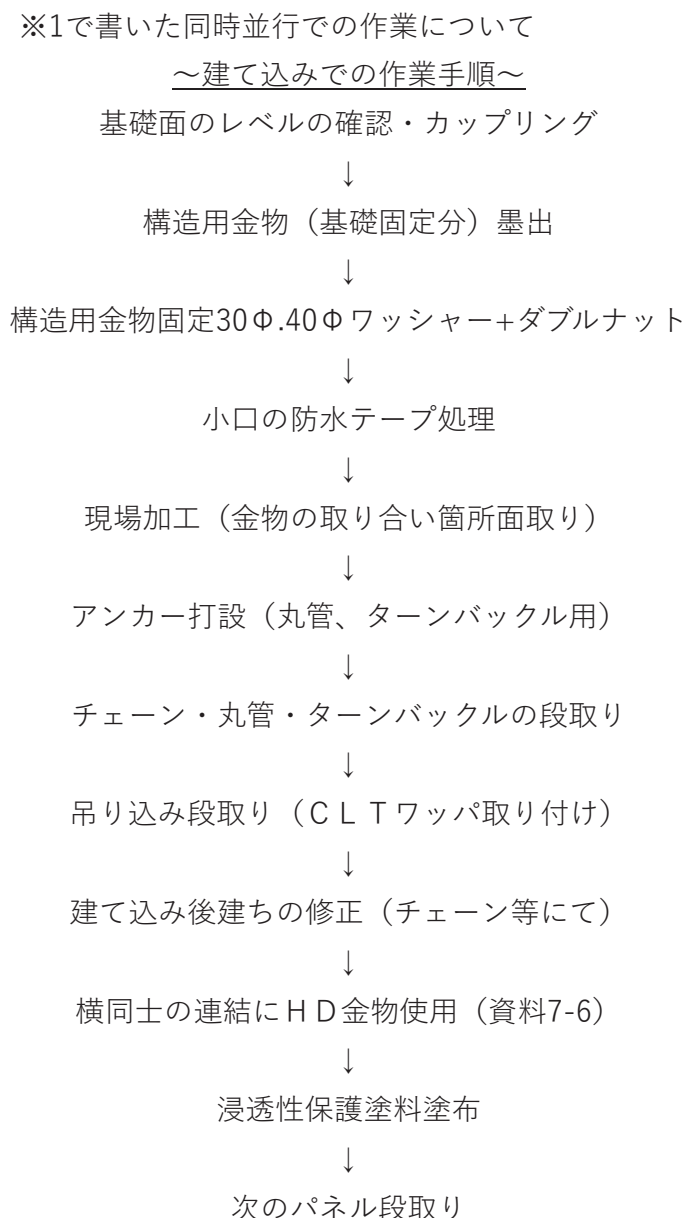
資料7-3



資料7-4



資料7-5



現場の状況により左右される工程も出てくるため作業内容を分業化し、作業効率を上げた。

資料7-6



資料7-7



資料7-8



資料7-8は建て込み四日目である、このころには建て込みのスピードも上がり、二階の床スラブを施工している時である。今回は25tクレーンを常駐させての作業であったため奥側の方から建て込みを終わらせていき、手前側クレーンの足が座っている箇所は13tのクレーンでも作業可能なラインまで建て込みを終了させ、その後クレーンの入れ替えを行った。このように現場内の環境に柔軟に対応でき木造やRCではできないこともCLTでは可能であるということが一つの魅力ではないかと考えます。

一部分だけ建て込まずに、あえて置いておき荷受けスペースを確保し、クレーンを13tへ入れ替えてから、その箇所の建て込みを行う、これが可能というだけで、CLT構法の幅が広がる、ただデメリットもあり最初の施工計画の時に決めておかないと、その部分のパネルが現場内にずっと残ることになり、一回一回の移動が必要になる。

施工前に決めていたとしても、流動的に動いていく現場の中で精密な施工計画がいる。今回は現場の周りの環境上この手段をとったが、やはりパネルの移動がネックとなりました。

資料7-9



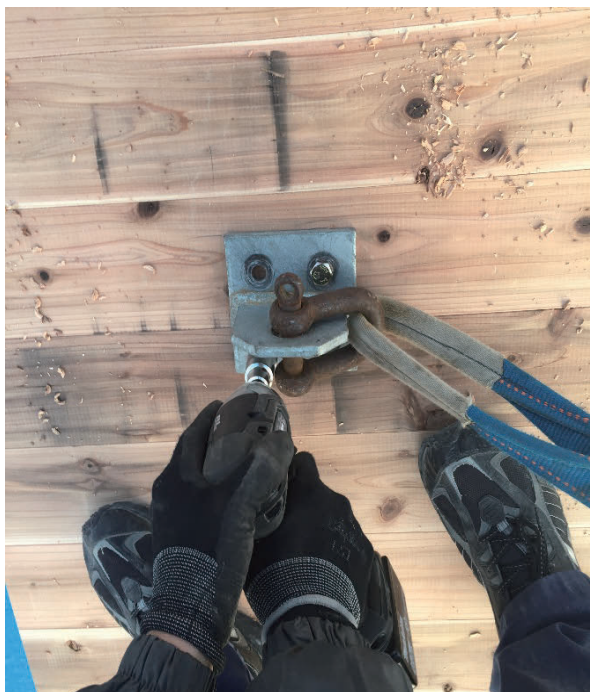
・この写真は床スラブのパネルを、8メートル75ミリのスリング四本で吊っている様子である。（資料7-9参照）

・最初に下穴を掘っておき、吊り金物をコーチボルトで固定し四点吊りにて揚重。この作業だけでもかなりの時間を費やしました。（資料8-1参照）

スラブ同士のつなぎ方としては、200ミリのパネリードを使用し、45度の角度で千鳥打（資料8-2参照）

L1010×D130 t=3.2のスラブ用帯金物による固定。（使用金物資料2-1参照）

資料8-1

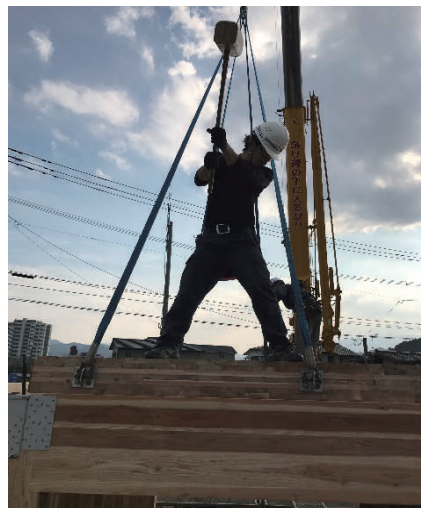


資料8-2



スラブの敷き込み作業様子

やはり現場施工になると、多少の寸法誤差や、クリアランスとして取っていた左右2mmの分のズレが生じてきた。当初、木と木での建て込みはクリアランスを取らず施工した場合、寸法が広がるという見解だったが、実際に敷き込みを行うとそのようなことはなく、逆に基準の墨よりも短くなってしまった、そのため底分の910とバルコニー分の1820のハネダシにて調整を行った。

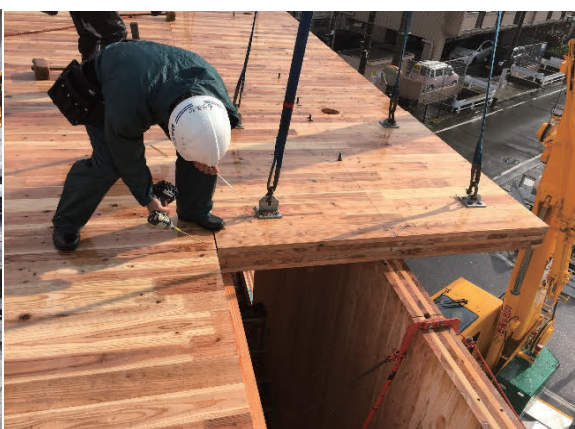


壁柱の建て込みでも同じ事が言える。この構法は精度確保が最優先事項であるため、本来であればクリアランスもゼロでよかったのかもしれないが、確証もない例であったため、今回このような実証ができたのは、とても貴重なデータとなった。

敷き込み様子 資料8-4



資料8-5



資料8-6



資料8-7



二階大梁施工の様子 資料8-8



大梁を施工する際にはあらかじめ、直交する小梁の金物を取り付けて行った。綺麗にはめ込みできるか心配であったが、袖壁の建ちも完璧ですんなり施工できた。大梁の金物にはテックワンを使用し、ボルトとドリフトピンにて緊結させた。袖壁は、接地面の裏側から30程度の座彫りをし、一枚のパネルに3か所ずつコースクリューにて締め上げ、横のブレと建ちの修正を行った。（資料8-11参照）

資料8-9

資料8-10

資料8-11



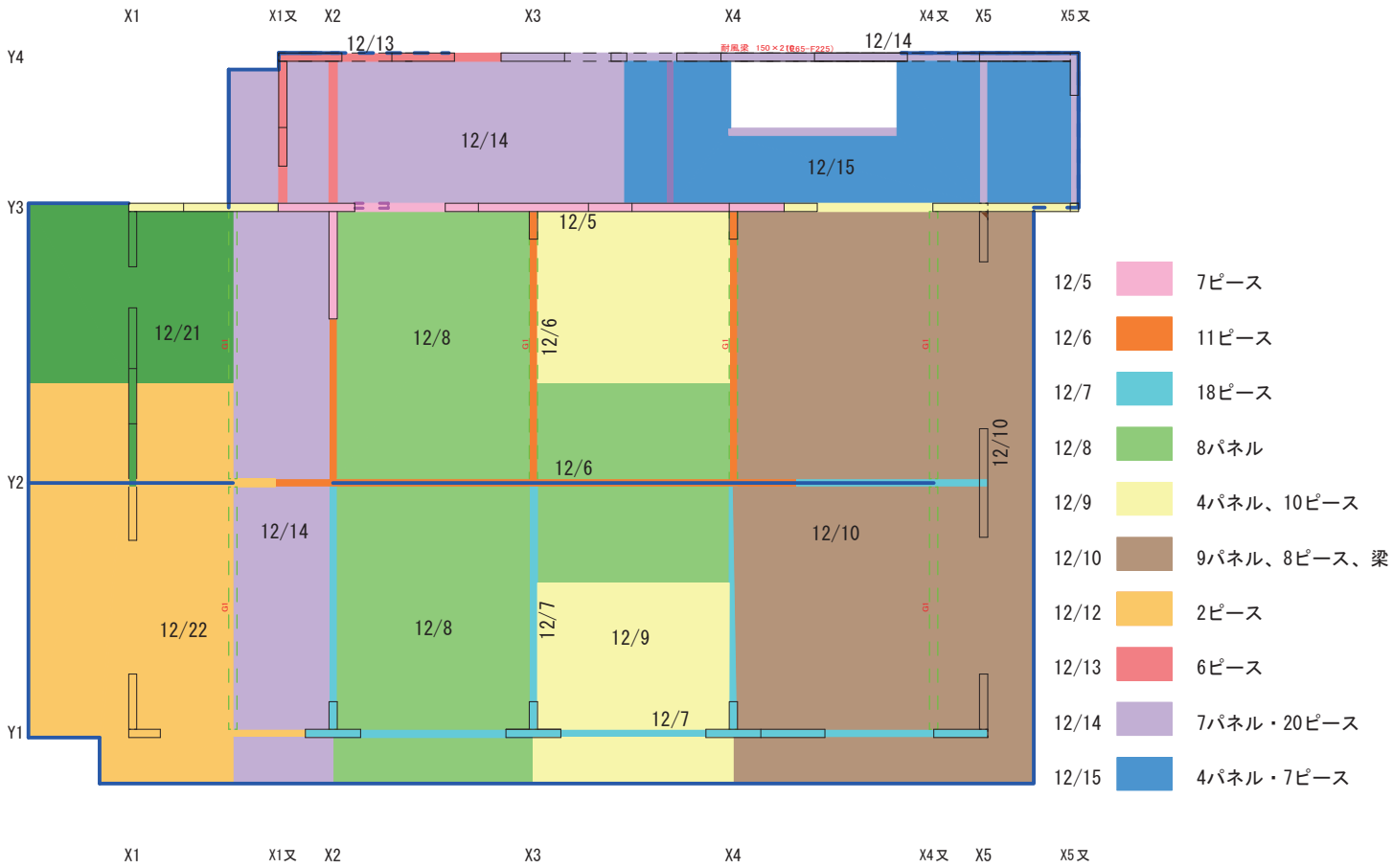
構造用金物耐火被覆前状況←→構造用金物耐火被覆後状況



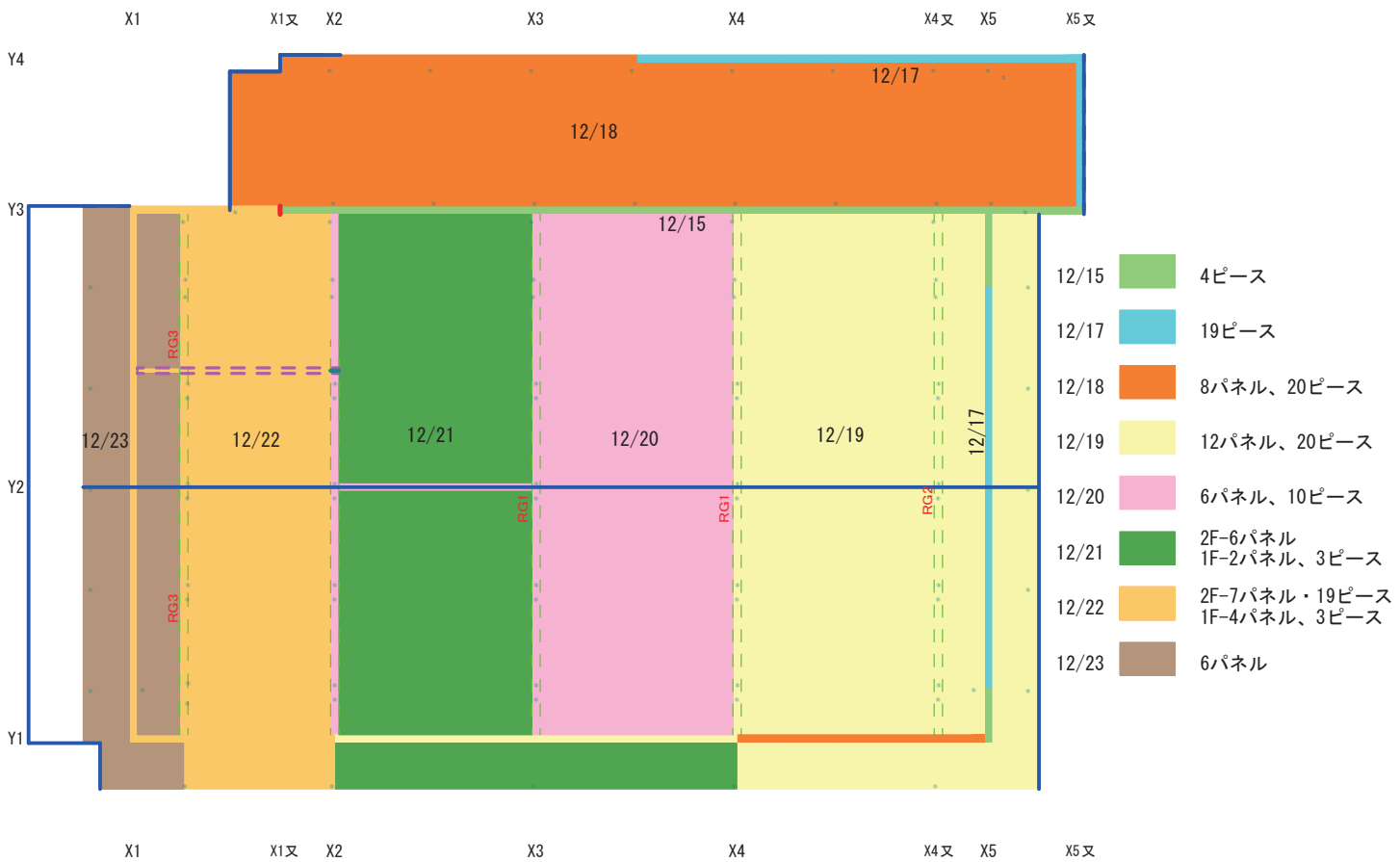
構造用金物の耐火被覆の例

- ・ 外部に面している金物は12mm石膏ボード+金属板にて被覆 （資料8-9参照）
- ・ 内部に面している金物は12mm石膏ボード+15mm強化石膏ボードにて被覆
- ・ スリーブ開口等、CLTに空いている穴はロックウール充填 （資料8-10参照）

CLTパネル 建て込み実施日程



1階 柱パネル 2階 床パネル



2階 壁パネル 小屋 床パネル

● 建て込みペース

日付	12月5日	12月6日	12月7日	12月8日	12月9日	12月10日	12月12日
壁柱	7ピース	11ピース	18ピース	0	10ピース	10ピース	2ピース
スラブ	0	0	0	8パネル	4パネル	9パネル	0
日付	12月13日	12月14日	12月15日	12月17日	12月18日	12月19日	12月20日
壁柱	6ピース	20ピース	11ピース	19ピース	20ピース	12ピース	10ピース
スラブ	0	7パネル	4パネル	0	8パネル	12パネル	6パネル
日付	12月21日	12月22日	12月23日				
壁柱	10ピース	22ピース	0				
スラブ	6パネル	11パネル	6パネル				

一日平均建て込み枚数→14枚

所要建て込み日数→17日

高さ	8.652m	一階	212.21㎡	加工前製品量	210.12㎡
軒高	8.402m	二階	187.95㎡	加工後製品量	180.26㎡
敷地面積	329.85㎡	2階床数	38枚	壁パネル	5層5プライ 150mm厚
建築面積	215.72㎡	R階床数	45枚	床パネル	5層7プライ 210mm厚
延べ面積	400.16㎡			屋根パネル	5層5プライ 150mm厚

150角単独柱→4本

M X 60 A 相当

9.1 井上ビル新築計画まとめ

施工中はやはり、天候等に左右されたり、搬入の際の仕分け、吊り込むときの現場での加工がネックとなっていました。搬入の打ち合わせを徹底し、工場にて吊り込みボルト用の下穴をあらかじめ加工しておくことが、工期短縮へつなぐと感じました。

極力現場加工を避けられるような段取りを行うことが今後の課題だと思います。

今回CLT構法というものに触れてみて、まだまだインフラ整備がなされていない事業だと感じた。この構法では、断熱材はいらず、壁は化粧のまま使え、同規模のRCなどと比べると、格段に速く施工でき、建物内は蓄熱性に優れ、視覚でも暖かさを感じることができる。パネルの大きさも自在に設定することができ様々な規格の建造物に使用が可能である。今回は二階の事務所スペースにて壁から壁まで約9mの大梁を飛ばすことで大空間を作り出した。高い耐震性が実証され、耐久性もあり未来に資源を残せる。このようにCLTならではのメリットもたくさんある中、施工上、計画上での足かせが多いのも事実だ。環境が整っていない構法であるため施工方法も限られていて特に構造用金物の耐火被覆や外部のCLTのあらわしの難しさ、そして価格帯もあげられるだろう。近年地球環境のことが取りざたされる中で、再資源可能エネルギーとして、そして日本の新たな経済戦略の一つとして注目を浴びているが、日本の林業の低迷の打開策として今後の動きに注目したいところである。

CLTでの建物が増え、マンション、学校、公共施設等様々な構造を表現できる、そして地球に寄り添い環境負荷低減のツールとして、【自然環境を守り、未来を創る】という理念のもと、一般の方々のCLTへの認識と環境経営を重要視する事業者の方々へ、今回の施工をきっかけに福岡から情報を発信していけたらと思います。