

2.4 (有) エヌツー (KUS 一級建築士事務所)

1. 建築物の仕様一覧

事業名		(仮称)CaféCLT 新築工事の建築実証		
実施者もしくは担当者(実施者が個人の場合)		KUS一級建築士事務所 内海彩(担当者)		
建築物の概要	用途	飲食店		
	建設地	兵庫県神戸市		
	構造・工法	木造軸組工法		
	階数	1		
	高さ(m)	3.9		
	軒高(m)	3.85		
	敷地面積(m ²)	74.19		
	建築面積(m ²)	43.1		
	延べ面積(m ²)	41.6		
	階別面積(m ²)	1階	41.6	
CLTの仕様	CLT採用部位		屋根	
	CLT使用量(m ³)		22.49(建築物使用量)	
	屋根パネル	寸法	幅700、1200、1500×長さ2690×厚さ150、幅2000×長さ3430×厚さ150	
		ラミナ構成	5層5プライ	
		強度区分	Mx60-5-5	
樹種		スギ		
CLT以外の製品・外様の技術	採用部位		梁	
	使用量(m ³)		1.90(建築物使用量)	
	レイカービーム(LVLから伐り出し)	寸法	幅1200×長さ6000×厚さ150より伐り出し	
		構成	単板3.5mm×12プライ→37.5mm厚×4プライ→150厚	
		樹種	カラマツ	
強度区分		120E-350F		
仕上	主な外部仕上	屋根	塩ビ圧着鋼板、水性塗膜防水	
		外壁	モルタル+塗装	
		開口部	アルミサッシ、アルミ+スチールCW+網入ガラス、木製建具	
	主な内部仕上	界壁	なし	
		間仕切壁	木下地+プラスターボードAEP	
		床	木下地+CLT+木材保護塗料、一部木下地+長尺塩ビシート	
構造	天井		CLTあらかし、一部CLTの上に木下地+プラスターボードAEP	
	構造計算ルート		法20条4号に該当	
	接合方法		ホームコネクター、パネリード	
	最大スパン		2.7m	
	問題点・課題とその解決策		スパンに満たない床パネルを組み合わせて架け渡す際に、ホームコネクターでの接合を検討、実施した	
耐火	防耐火上の地域区分		準防火地域	
	耐火建築物等の要件		その他建築物	
	問題点・課題とその解決策		外壁は防火構造、屋根は不燃材仕上げか飛び火認定工法、軒裏はCLTあらかし、外部建具は必要に応じて防火設備を用いた	
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		特になし	
	建て方における課題と解決策		CLT版同士の引き寄せ用工具の使用	
	劣化対策		無機系木材保護塗料の塗布、仕上材としてCLTを取り付け、劣化した場合には交換可能な箇所を設けた	
工程	設計期間		平成27年7月～10月	
	施工期間		平成27年11月～	
		CLT等躯体施工期間	平成28年1月、2月	
	竣工(予定)年月		平成28年3月末(予定)	
体制	発注者		有限会社エヌツー 中田義成	
	設計者		KUS一級建築士事務所 内海彩	
	構造設計者		kplus(小川美穂)+東京大学生産技術研究所腰原研究室	
	施工者		株式会社 中田工務店	
	CLT等新たな製品・技術供給者		銘建工業株式会社	
	ラミナ等供給者		熊本、高知、岡山県産材	

実証事業の概要

- ◆事業名 (仮称) Café CLT 新築工事の建築実証
- ◆実施者 有限会社 エヌツー 代表取締役 中田義成

◆建築物の概要

用途 飲食店
建設地 兵庫県神戸市垂水区
構造・工法 木造平屋 軸組工法
建築面積 43.26
延べ面積 41.60 m²
CLT等の使用部位 屋根 基本寸法 2690×700 厚 150
竣工予定 平成28年3月

◆本事業で実証した内容

<建築物の設計実証>

- ・国道と海岸・堤防に挟まれた建設地において、海に面するスタジアムの観客席のような構造体を計画した。
- ・スギ120×120の柱に支持された階段状のレイカービーム（カラマツLVL360×150）を2700ピッチに配し、CLT版（5プライ150厚）の屋根を載せている。
- ・幅1m程度のCLT版を活用することが前提であったため、CLT材の寸法から、構造的に安全で、かつ、歩留まりのよいモジュールを割りだし、設計に落としこんでいった。
- ・階段状の屋根の下は、壁・サッシで内部化し、飲食店のキッチンと客席スペースとなる。また、国道側から店内を経由して海側に出られる計画としている。
- ・階段状の屋根はカフェのテラス席に使われることも想定されるので、床としての構造性能を持たせ、許容応力度計算で確認している。
- ・CLT版の継ぎ手の実験を実施し、性能を確認した。
- ・準防火地域の建築物であり、屋根は不燃材または飛び火認定工法による仕上げ、外壁は防火構造としている。

<建築物の建築実証>

- ・CLTやLVL等大型部材の施工性の検証。
- ・ホームコネクターを用いた床（屋根）版継手の施工性の検証
- ・臨海部で強い直射日光にさらされ続ける厳しい環境の中での木材の屋外使用となるため、各部位で耐久性を高める工夫を行ない、メンテナンスを通して耐朽性を継続的に検証していく。

◆事業実施体制

建築設計 KUS 一級建築士事務所 内海 彩
構造設計 kplus 一級建築士事務所 小川美穂
床継手実験 東京大学生産技術研究所 腰原研究室修士2年加藤信一
技術指導 東京大学生産技術研究所 腰原幹雄
施工 中田工務店
CLT供給 銘建工業

◆実証方法と実施工程

構想立案	2015年4～5月
基本設計	2015年6～7月
実施設計	2015年8～10月
建築確認	2015年10～11月
床継手実験	2015年12月
工事	着工2015年11月 木構造建方工事2015年1月 (2016年3月末竣工予定)

◆本事業の成果

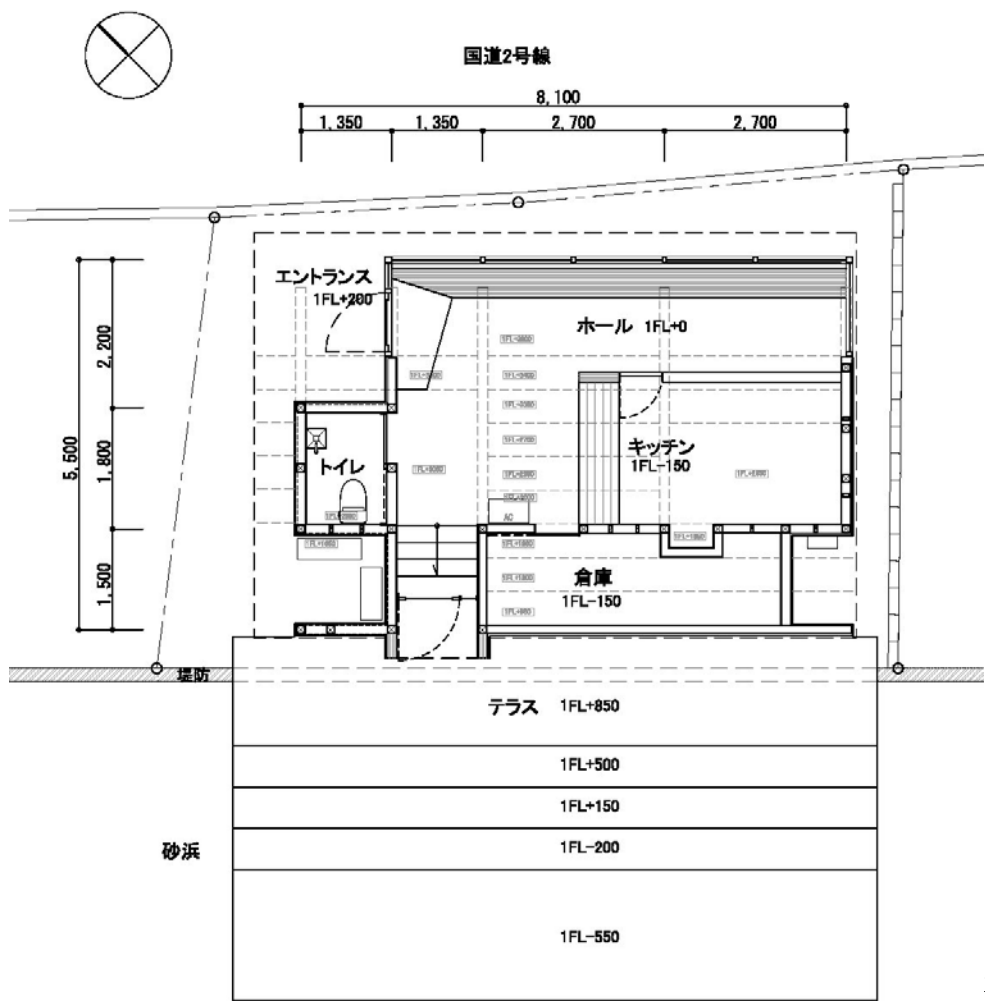
・CLT版の利用にあたって、シンプルな接合部であれば解体しやすく、また、実際の建設を通して、ストック→再利用も十分可能な材料であることが確認できた。CLTのように、断面が大きく、製造コストもかかる木質再構成材料は、再利用によって使用期間を延ばしていくことも可能であり、材料を長く持たせる工夫と同時に、再利用のための仕組みも形成されていくと一層の普及につながるのではないかと。

・本敷地は準防火地域で、屋根・外壁・開口部に規制がかかる。今回は限られた時間の中で建設するために、法規で読める範囲でCLTやLVLを現しにしているが、一方、認定工法とするためにCLTの上に木下地/構造用合板を重ねている箇所もある。CLTの厚さによる防耐火性能や断熱性能を活かしてより簡単な構成で屋根・外壁を作れば、CLTを使うメリットにもなる。

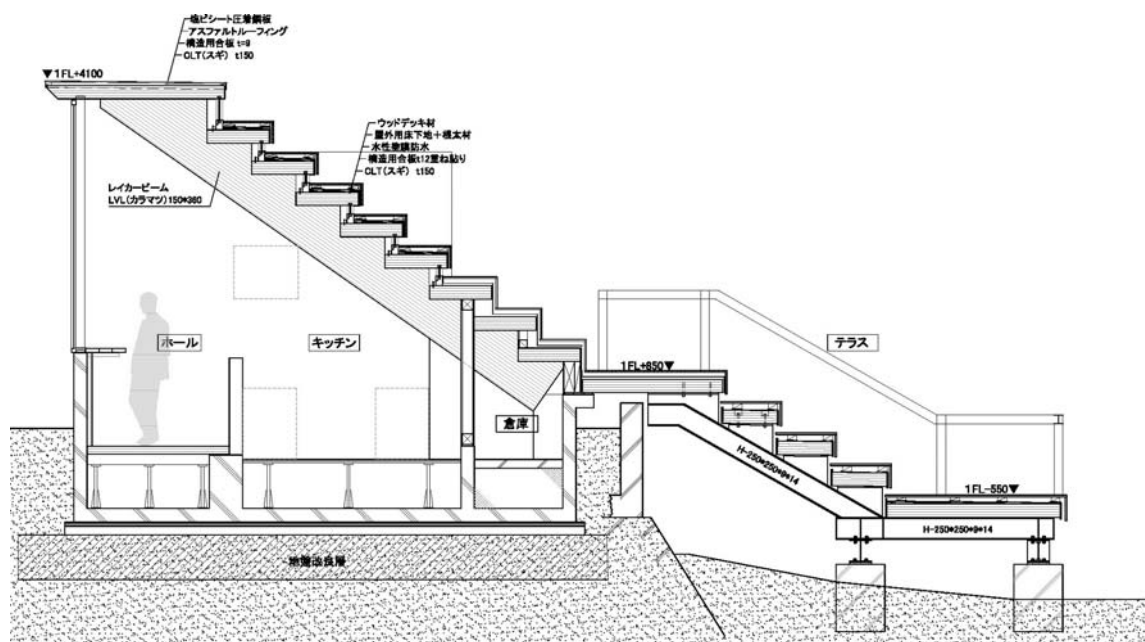
・実験を通して、CLT床(屋根)版継手の性能、破壊性状が確認できた。CLTの活用が予想される非住宅中大規模木造では、CLTを小さいパーツで搬入し、大きなスパンを飛ばしたいケースも想定され、床(屋根)版の継手に関する情報の整理・共有は今後も必要となっていくと思われる。



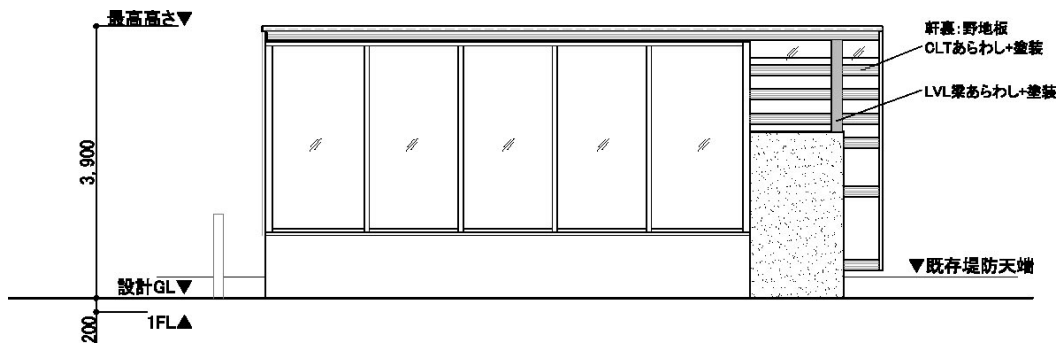
・今回の工事では、狭小な敷地ながら隣地駐車場をヤードとして利用できたため、建方工事はスムーズに進んだ。また、屋根版での利用だったので水平吊りのみだったが、壁に利用する場合には吊り方にも工夫が必要となるだろう。人力のみでは手に余る重さ・大きさの材料なので、壁や床のCLT版同士を引き寄せるのに用いる工具などにも開発・改良の余地がある。



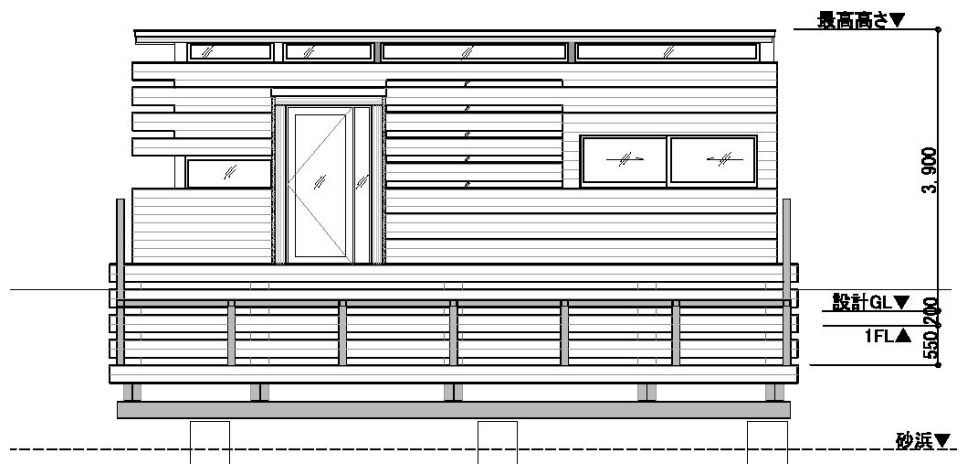
平面図



断面図



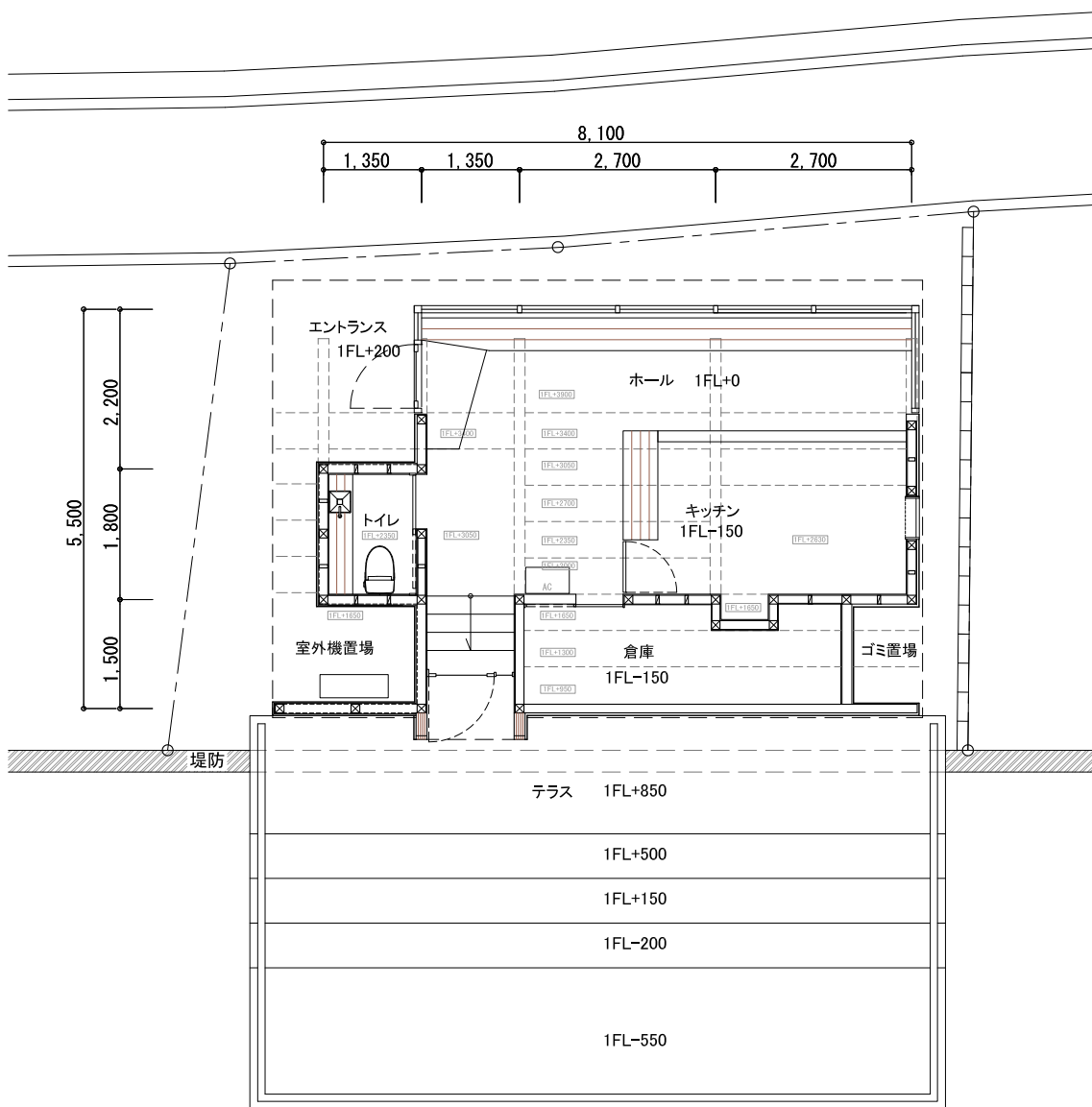
建方時の様子 (国道側)



建方時の様子 (砂浜側)

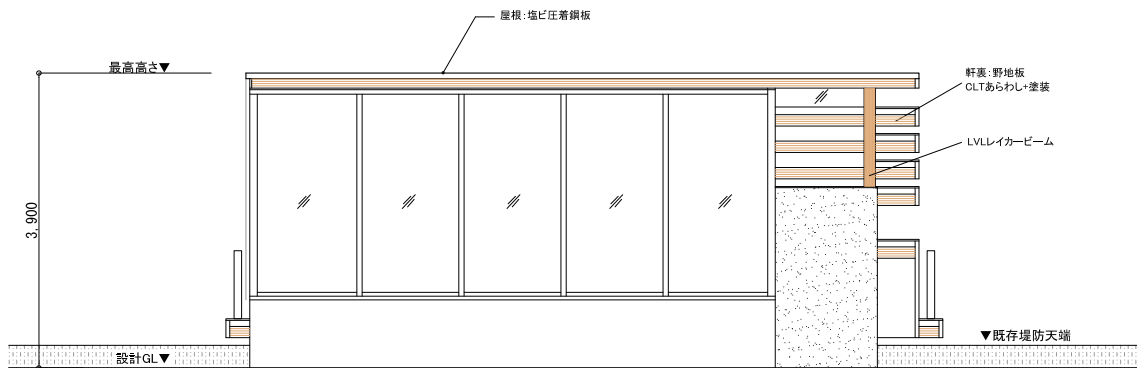


国道

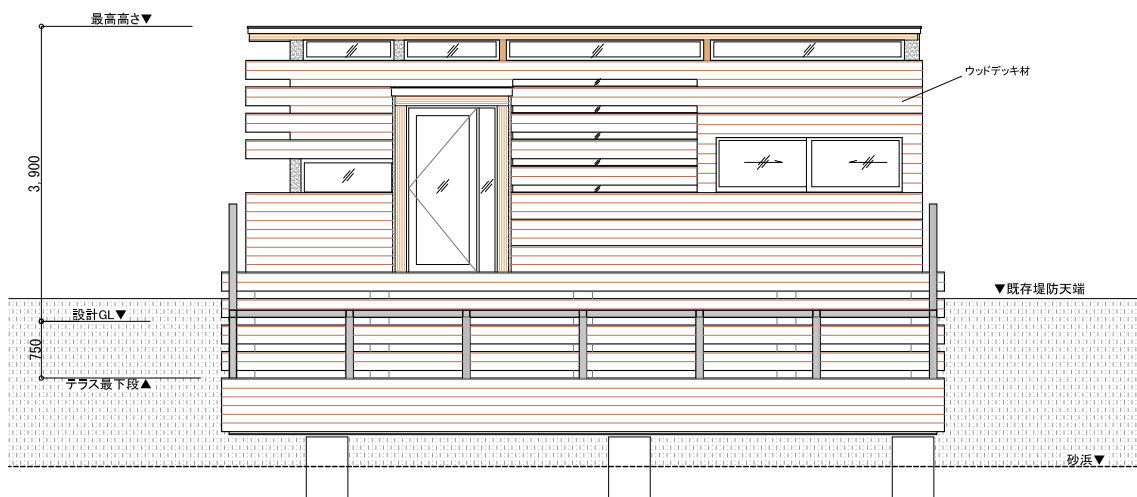


砂浜

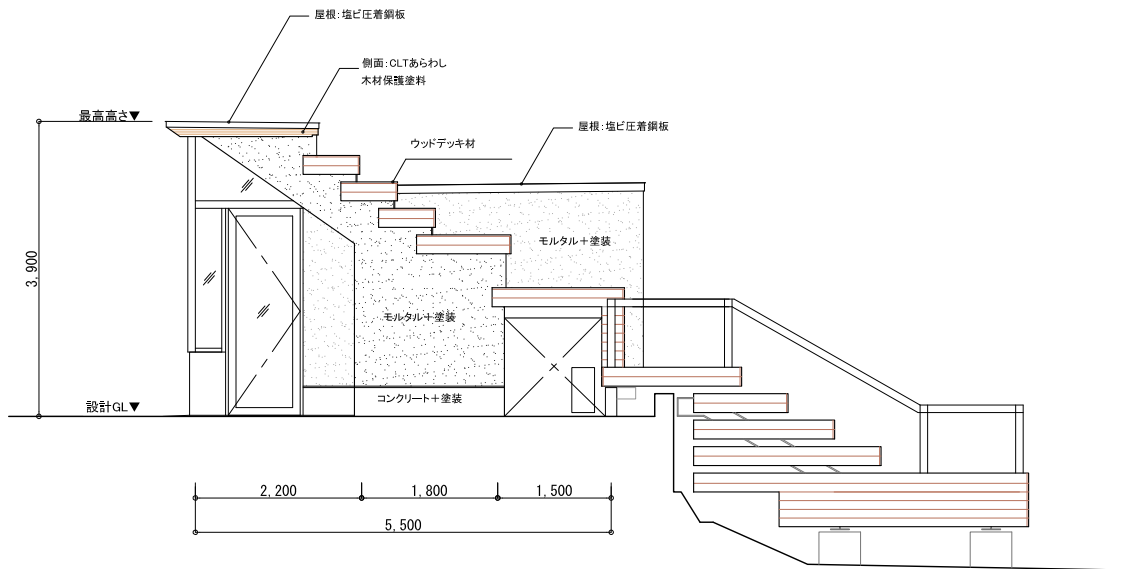
平面図 1:100



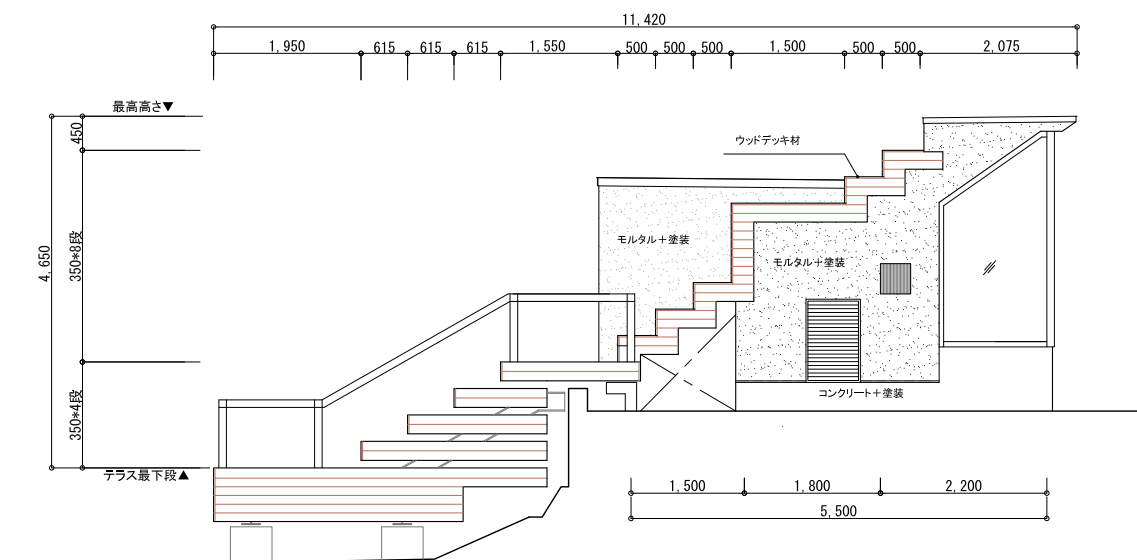
北立面図 1:100



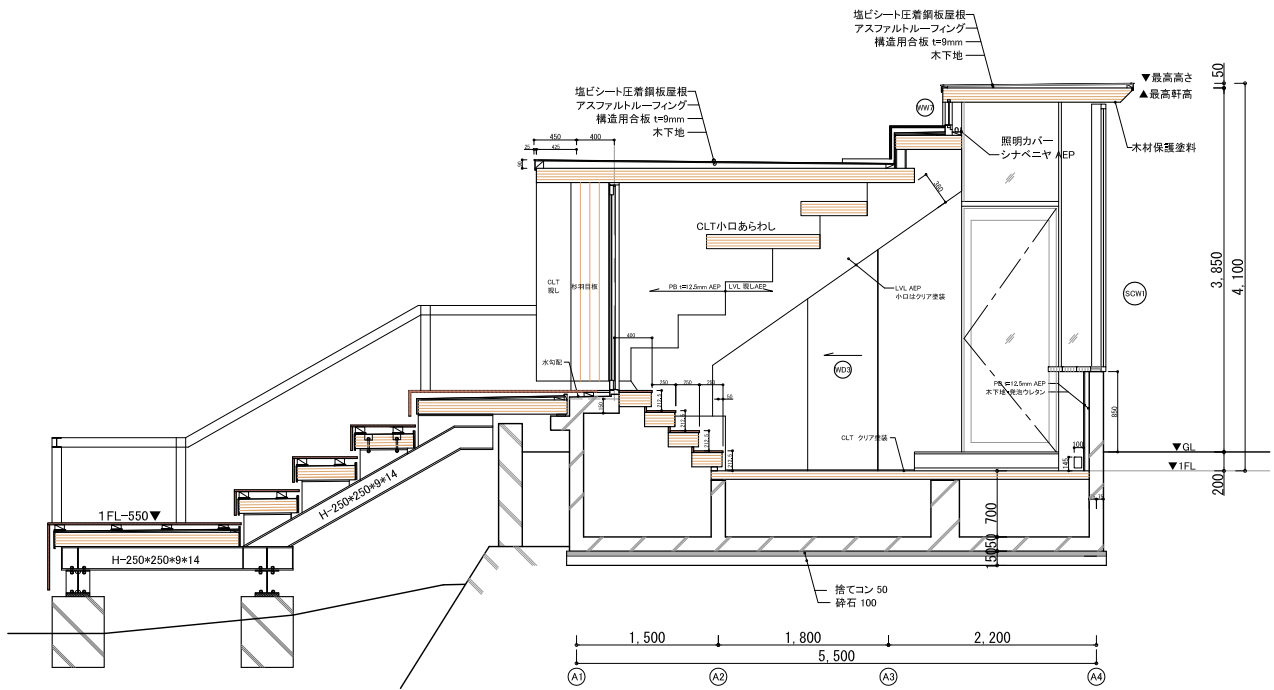
南立面図 1:100



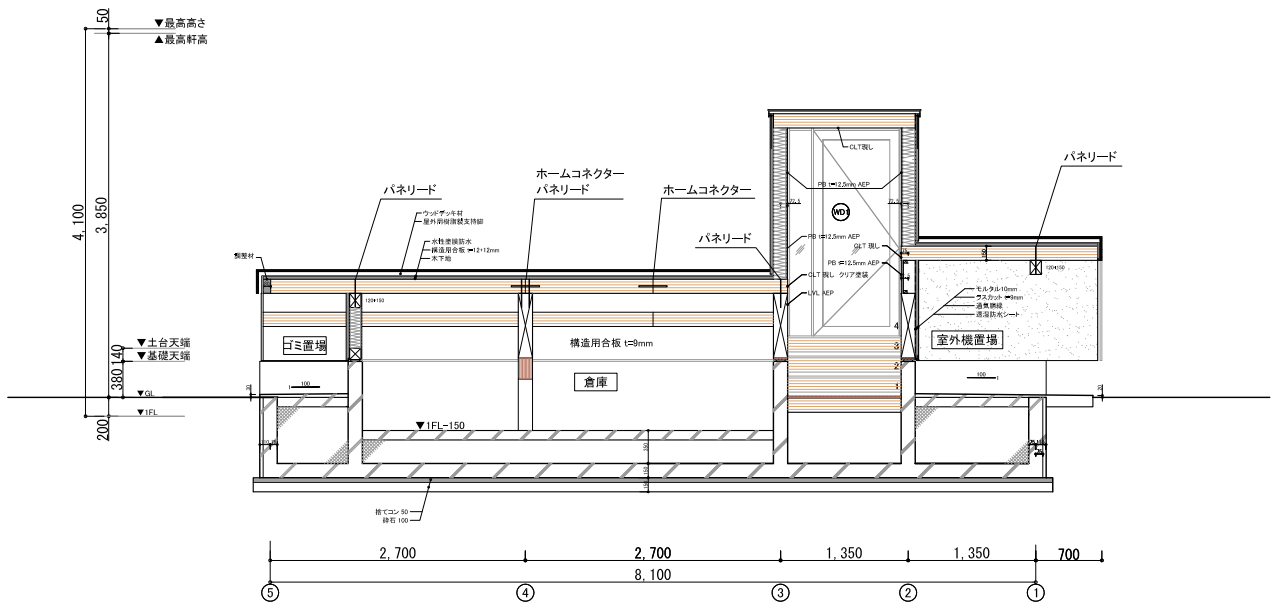
西立面図 1:100



東立面図 1:100



断面図1 1:80



断面図2 1:80

CLT 床継手実験

1. 実験概要

1.1 試験体

試験体には幅 120 mm, 長さ 3000 mm の CLT を用いた。接着剤はエポキシ系樹脂とした。CLT を長さ 1500 mm となるように切断し、接合金物の直系より 3 mm 大きい接合金物挿入用の穴と枝管用の穴をドリルを用いて開け、図 1 のタイプの金物を挿入した。養生の際は小口面の付着を防ぐため、ウレタンシートを挟み込んだ。その後、ガンを用いて接着剤を注入した（図 2 左上, 右上）。枝管用の穴からの返流を目視で確認するまで接着剤を注入し、最後に枝管を外して養生した（図 2 左下）。養生期間は 2 週間とした。

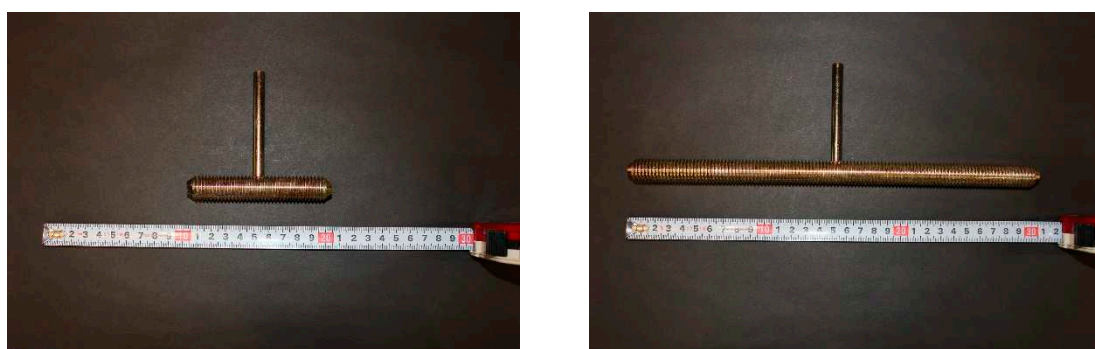


図 1 接合金物

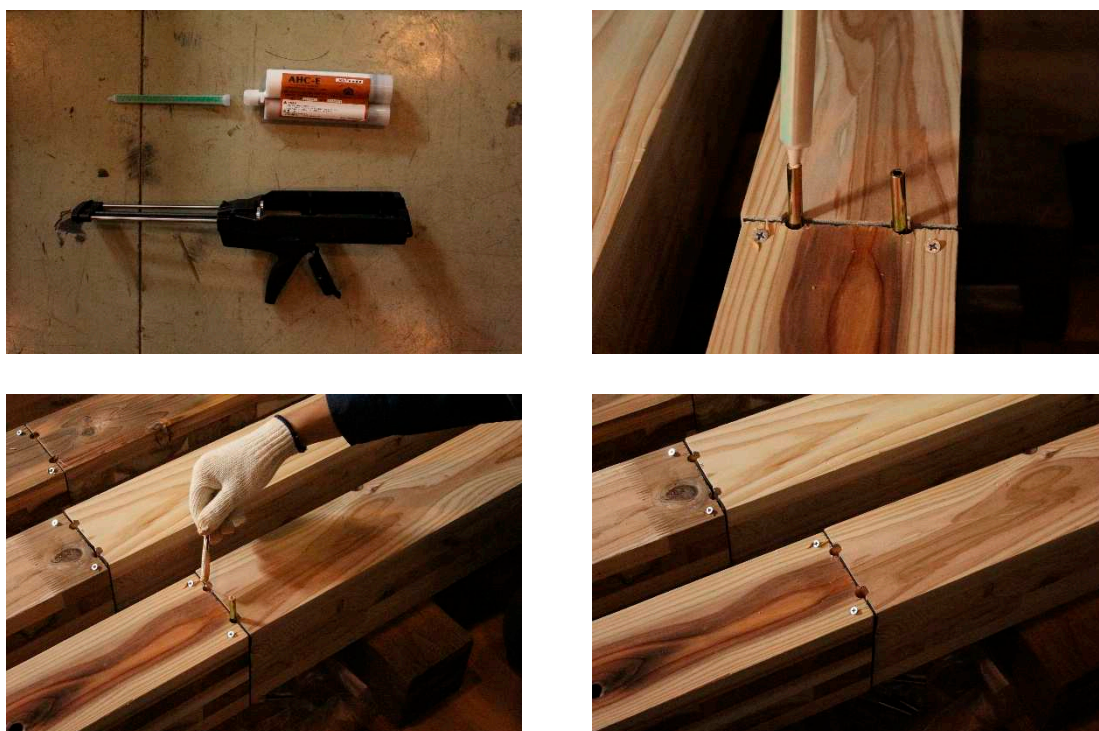


図 2 試験体施工の様子

1.2 試験体

パラメータは接合金物の本数，長さおよび挿入位置とした．試験体概要と試験体リストをそれぞれ図3および表1に示す．それぞれの試験体数は3体とした．試験体名に関して，最初の数字（1もしくは2）は接合金物の本数を，真ん中の数字（100もしくは300）は接合金物の長さを，そして最後の文字（MもしくはB）は接合金物を挿入する位置を示している．例えば2-300-Mであれば300mmの接合金具2本を中央の層に挿入した試験体となる．

表1 試験体一覧

試験体名	試験体数	接合金物			凡例
		本数(本)	長さ(mm)	挿入位置(mm)	
1-100-M	3	1	100	75	本数 ↓ 接合金具の長さ ↓ 位置 ↓ 1-100-M
2-100-M		2	100	75	
1-100-B		1	100	45	2-300-B 300mmの長さの接合金具 を4層目に2本挿入
2-100-B		2	100	45	
1-300-M		1	300	75	
2-300-M		2	300	75	
1-300-B		1	300	45	
2-300-B		2	300	45	

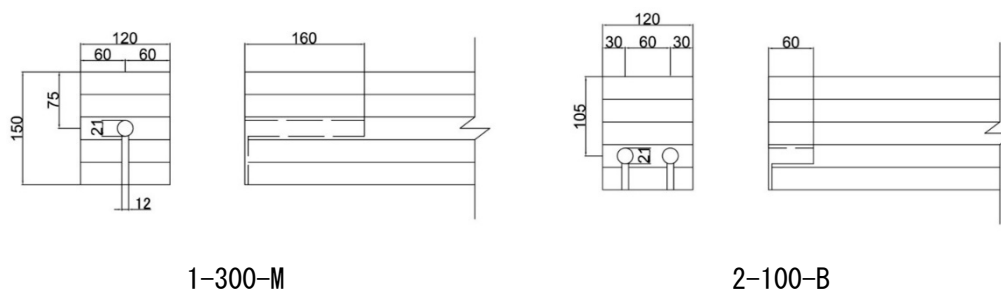


図3 試験体例

1.3 試験方法

加力は3等分点2点载荷方式により，単調载荷試験を行った．試験体の寸法・スパンは（公財）日本住宅・木材センターの構造用木材の強度試験マニュアルに基づいて設定した．計測はスパン中央，加力点，そして接合面の開きを変位計により計測した．試験概要図を図4に示す．

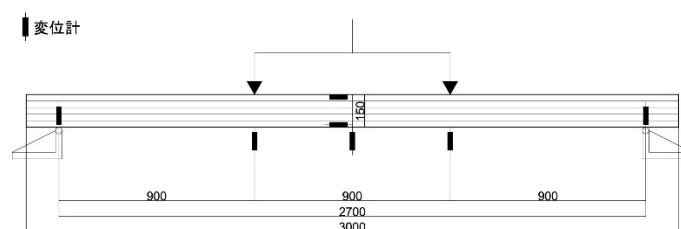


図4 試験概要図

2. 実験結果

2.1 最大曲げモーメントと破壊性状

図5に主な破壊性状を示す。接合具位置が3層目にあるもの(Mシリーズ)では接合具の引抜(図5(a))による破壊が多く見られた。ただし金物長さが300mmのものでは接合具の破断(図5(b))や割裂(図5(c))が起き、引抜が起こらないものもあった。接合具位置が4層目にあるもの(Bシリーズ)では全ての試験体において層のせん断破壊が起こった(図5(d))。これは4層目が繊維直交層であるため、せん断強度が繊維平行層である3層目より低いことが原因と考えられる。

図6にそれぞれの試験体の最大曲げモーメントと破壊モードをプロットしたものを示す。

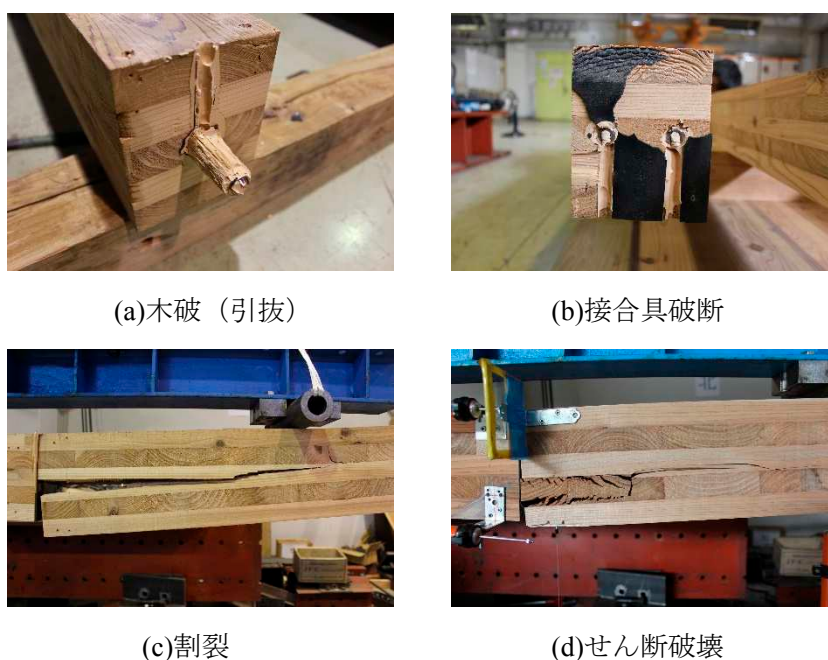


図5 破壊性状

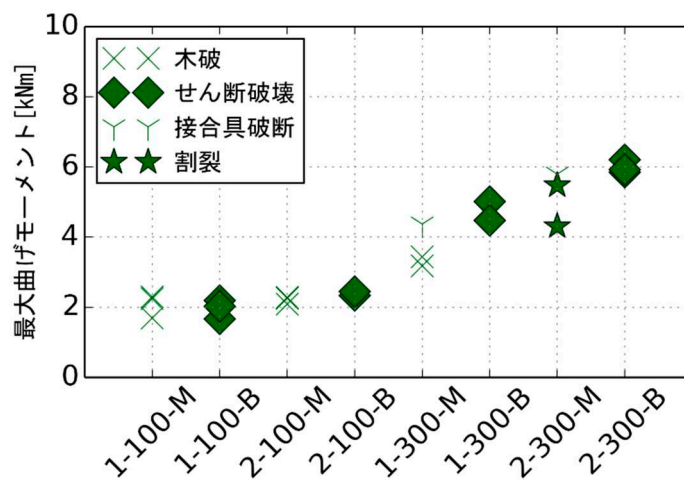


図6 最大曲げモーメントと破壊性状

2.2 基準引張耐力

図7にばらつき係数を考慮した基準引張耐力を示す。図7中には実際に本接合を用いる場合の短期・長期それぞれの基準引張耐力を横線で示している。ほとんどの試験体で現行の基準耐力を上回っているが、接合具2本を下の層に挿入する試験体はそれと同程度かもしくは下回っていることが分かる。その他の試験体のような接合条件の場合は現行の基準値で設計が可能であると考えられる。

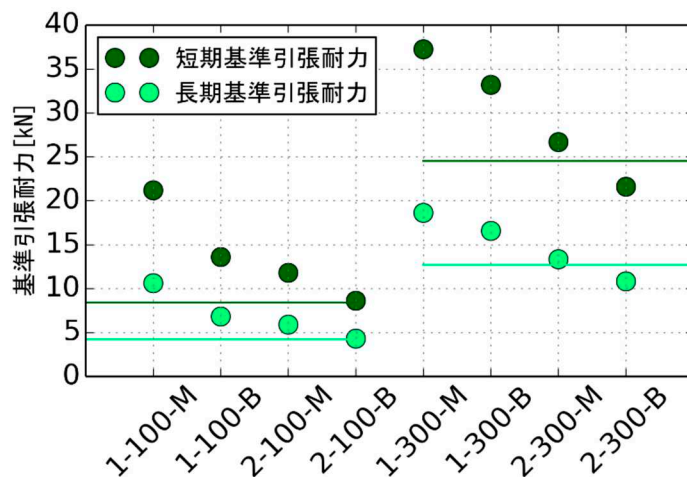


図7 基準引張耐力

2.3 回転剛性

回転剛性の推定にあたり図8のような変形を仮定すると、接合部の回転角 θ と回転剛性 K は以下の式で求めることができる。

$$\theta = \tan^{-1} \frac{s}{h - \lambda} \quad (1)$$

$$K = \frac{M}{\theta} \quad (2)$$

接合部の回転角は継手に設けた変位計の変位から圧縮側の変位と引張側の変位が直線的に変化すると仮定して中立軸を決定した。接合具の引抜量も同様に計算し、回転剛性を求めた。以上のようにして求めたそれぞれの回転剛性の比較を表したものを図9に示す。図9より回転剛性は金物本数や長さに依存せず、金物挿入位置の影響が大きいことがわかる。

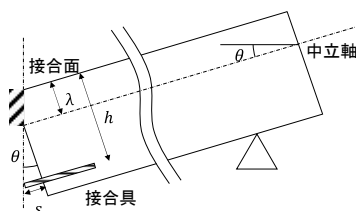


図8 変形の仮定

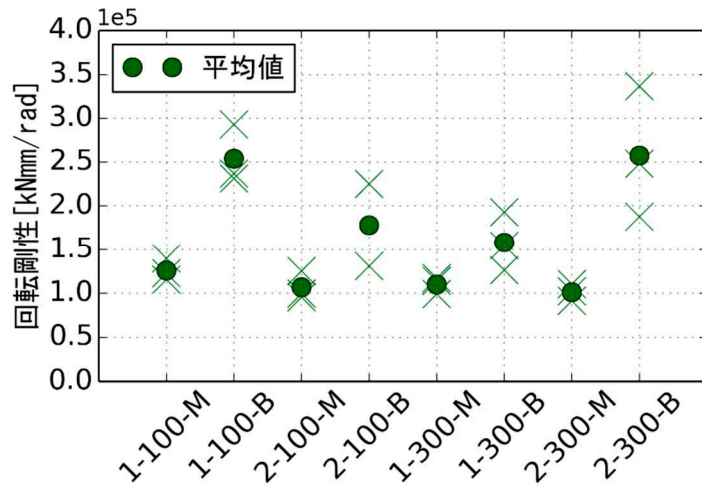


図9 回転剛性の比較

3. 実験結果を用いた床の検定

実験結果を用いて本建物の床版の検定を行う。検討概要図を図10に示す。今回は中央ラミナに接合具を挿入しているため、1-300-Mの試験体の回転剛性の平均値(110000kNm/rad)を用いて解析を行った。応力検討用の荷重は4kN/m²とし、変形検討用は2.4kN/m²で変形増大係数は2とした。

結果を図11および図12に示す。図11での接合部における最大曲げモーメントは約1800kNmとなり、そこから算出した引抜力は27.4kNであり、接合具の長期許容引抜耐力は12.7kNなので4本でOKとなる。図12において最大たわみは2.57mmとなり、変形増大係数を考慮すると $l/\delta = 1/540$ となる。

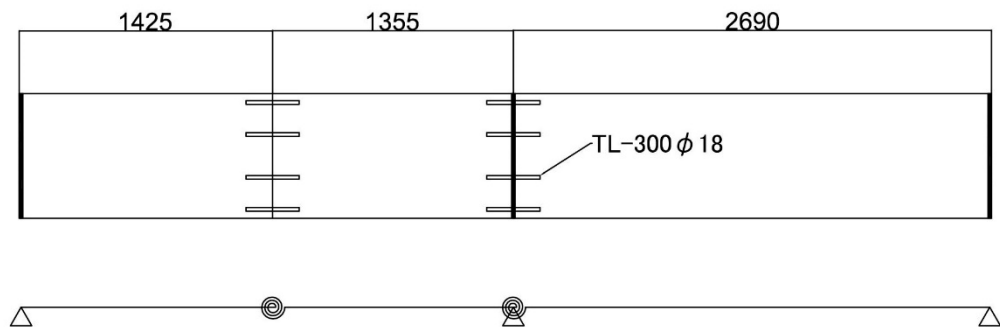


図10 検討モデル概要図

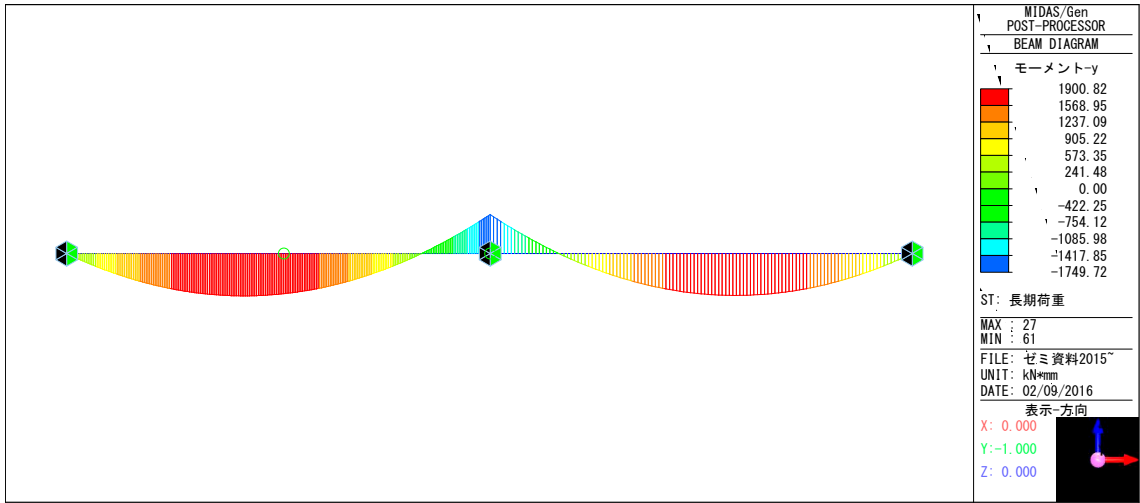


図 11 曲げモーメント図

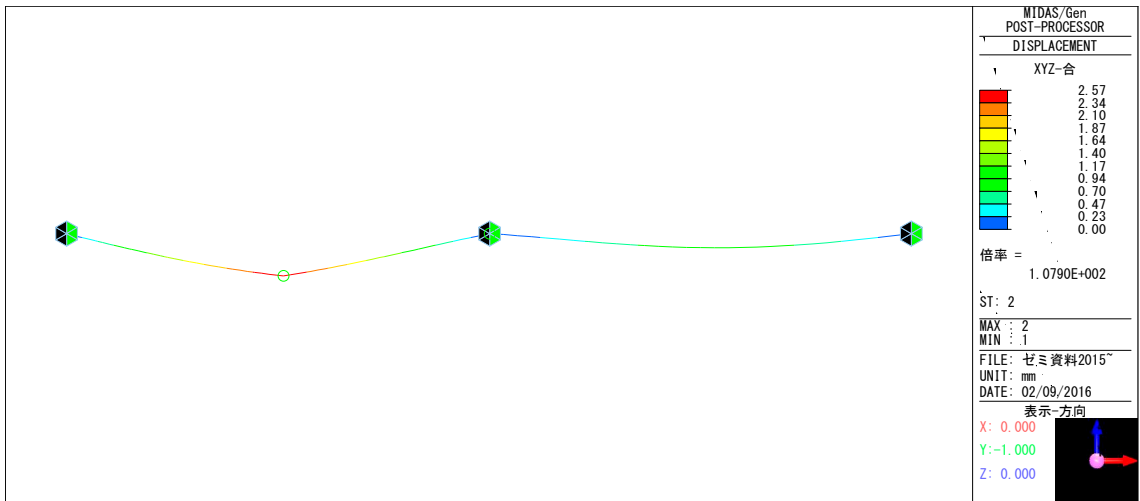


図 12 変形図

施工レポート①

掘削



配筋 耐圧版打設



基礎打設



基礎完了



土台・柱



11/20 より掘削を開始。12月末に基礎工事を終え、年明け1/12に土台と柱を設置。

施工レポート②

LVL 搬入



LVL 現場加工



LVL 建方⑤通り



1/15

レイカービームが搬入され、ほぞ穴の欠き込み等の加工を現場で行い、ストックスペースから一番遠い5 通りから建て方をスタート。

5 通りは柱で支えられているため、普通の登り梁のように設置できた。

施工レポート③

LVL 建方 ④通り ホームコネクターでのコンクリート基礎との接合部の施工状況



④通りのレイカービームは根元部分でホームコネクターを使い、コンクリート基礎に直接設置する。基礎とレイカービームに穴をあけホームコネクターを挿入し、横穴から薬剤を注入するが、柱にも乗るので、ほぞに差し込みつつホームコネクターに挿入していくのに少し手間取った様子。

LVL のレイカービーム根元に使用しているホームコネクター



施工レポート④

LVL 建方 ③通り -コンクリート基礎とのホームコネクター接合



段板を載せる三角形部分や基礎からの立ち上がりの壁（赤丸で囲んだあたり）も、大判 LVL（幅 1200×長さ 6000）の製造可能サイズ内に納まったため、梁と一体で伐り出した。

1日で5本のレイカービームの設置が完了した。



レイカービームの養生

施工レポート⑤

CLT の加工



在庫 CLT は、保管場所にて、使用サイズへの切り出し、仮並べ、ホームコネクターの孔加工などを事前に行なった。

CLT の搬入 1/20



今回は隣地駐車スペースをヤードとして使えたため、建て方 1 日分の CLT を前日に搬入

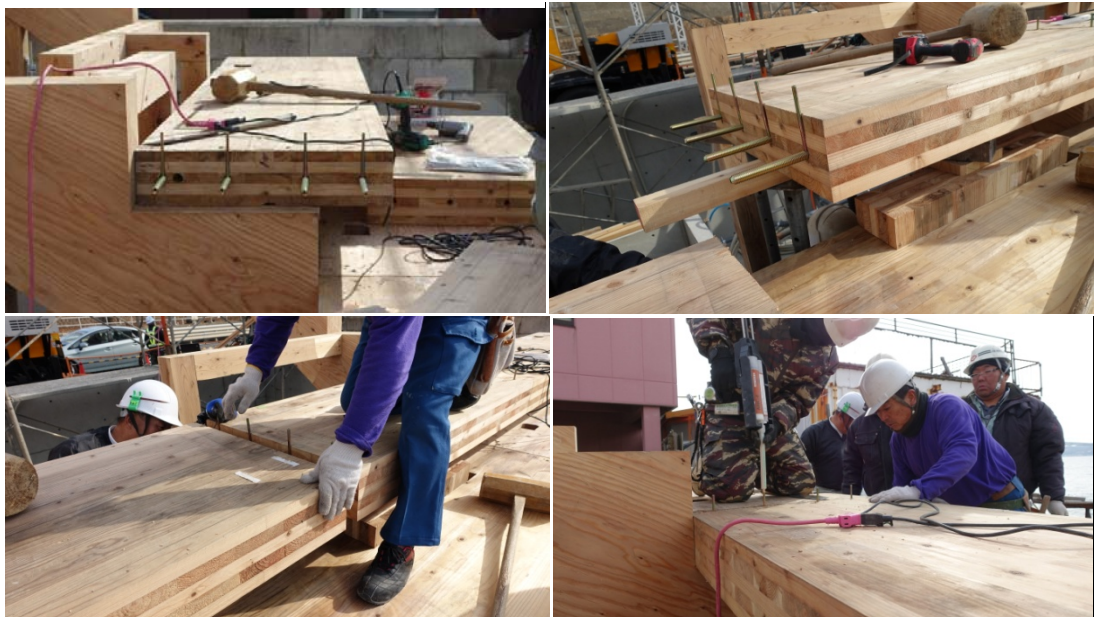


施工レポート⑥

CLT の設置 1/21



CLT 継手部分のホームコネクターの施工



梁上の継手 (左上) スパン中央での継手 (右上) パネルを引き寄せ (左下) 接着剤注入 (左下)
LVL に比べるとパネルサイズが小さくスムーズに進んだ



階段のスリット窓は、上に乗る CLT のラミナ1層分の溝にガラスを差し込む納まりとしているため、CLT を梁に載せる前に溝を彫り込んでいる。

施工レポート⑦

CLT、LVL の接合部に使われたホームコネクターとパネリード



最上段の施工



最上段のパネルは梁上でパネル同士の重ねしるを設ける継手とし、パネリードで梁に固定。

1/24 上棟



施工レポート⑧

塗膜防水、塩ビシート圧着鋼板の施工



テラス（鉄骨組+CLTの工作物）の施工



砂浜部分のテラスは、コンクリート基礎に、鉄骨の土台と登り梁を載せ、CLT受梁としている。鉄部はすべて溶融亜鉛めっき。テラス CLT も塗膜防水を施した上にウッドデッキを載せる。

現在の様子



国道側はサッシ方立設置。内部床も一部 CLT 材を利用している

仕上材の検討

<屋根>

準防火地域に建つ建物の屋根には、法規上、

- 1) 不燃材料で造るか、ふく
- 2) 準耐火構造（屋外面を準不燃材料）
- 3) 耐火構造+（屋外面）断熱材と防水材
- 4) 個別認定工法（飛び火認定）

という選択肢がある。本建物の屋根仕上げは2種類で

A) 最上段の屋根と通路部分の屋根・・・不燃材料でふく

B) 階段状の客席となる部分・・・個別認定工法による防水施工の上に、ウッドデッキを設置としている。

A)の屋根材には、木構造に大きな負担をかけないように、軽量かつ緩勾配が可能な金属系材料から選定することとし、海浜地区での耐食性とコストを比較した。

海浜地区での耐食性

チタン、銅板 > ステンレス鋼板 > アルミ > ガルバリウム鋼板 > カラー鉄板

コスト（ガルバリウム鋼板を1とした比較）

チタン	6～
銅板	2.3～
ステンレス鋼板	1.9～2.1
アルミ	1.7
ガルバリウム鋼板	1



金属の種類による耐食性の違いはあるが、近隣の建物には、耐食性の高いステンレスにも”もらい錆”も見られ、費用に見合う効果を得られない可能性も高いと考えられた。そこで金属の種類を変えていくのではなく、防水材として使われるフィルムやシート等で被覆した鋼板による屋根葺きを検討し、その中で、不燃材料として認定を受けている塩ビシート圧着鋼板（0.4mm厚カラーガルバリウム鋼板に1.2mm厚塩ビ防水シートを圧着したもの）を採用した。

B)の個別認定工法の防水は、木下地での飛び火認定を取得している水性塗膜防水、FRP防水、シート防水を、耐候性・耐久性・弾性・施工性・メンテナンス性の観点で比較検討した。

このうち、水性塗膜防水材に関しては、

・木・コンクリート・鉄など、様々な下地材に対して1種類のプライマーで施工できる。また、いずれの下地に対しても高い接着力があり、耐候性・耐久性・弾性の高い膜が形成される。

・粘性が高く階段形状の垂直面にも厚みを持たせて塗り上げることができる。開口部まわりなどの複雑な形状の下地にも施工しやすい。

・何度も塗り重ねられ、メンテナンスしやすい。

などの特徴があり、本建物の条件に対して最も適していると考えられたため、採用した。



<ウッドデッキ>

階段状の屋根部と砂浜側のテラスは、塗膜防水の上に屋外デッキ用支持脚を置き、ウッドデッキ材を設置する。ウッドデッキ材は下記を検討した。

- ・南洋材 (セランガンバツ、イペ、ジャラ等)
- ・アセチル化木材 (ラジアータパイン)
- ・モックル処理材 (スギ、ヒノキ)
- ・フルフリルアルコール加圧注入材 (ラジアータパイン、イエローパイン、メイプル)
- ・低分子フェノール系保存処理材 (スギ、ヒノキ)
- ・高熱乾燥木材 (ラジアータパイン)
- ・特殊樹脂含浸処理積層材

「モックル処理材」「低分子フェノール系保存処理材」は階段部のスリット窓まわりの納まり寸法の関係で採用が難しく、他の材料は納まり寸法としては可能性があるが、イニシャルコストや納期の面から、今回は南洋材を採用する予定である。

<木部の塗装>

本建物の、屋外の木あらし部は以下のように整理される。

A) 国道側の軒下の CLT、LVL あらし部分

- ・・・深い軒下で、直接雨がかかることほとんどない。

B) 海側出入り口のまわり 袖壁 CLT 小口あらし

- ・・・国道側より過酷な状況が予想されるので、5センチほどカットし内側で柱とボルト接合し、その上からカットした CLT をビス止めする。傷みがひどい場合には交換。

C) ウッドデッキ

D) 木製外部建具

屋外木部の塗装には

- ・油性木材保護塗料・・・キシラデコール等
- ・水性木材保護塗料・・・バドンプラス、ガードラックアクア、ハッスル撥水君等
- ・水性木材保護塗料 (シリコン系)・・・ ウッドエイド
- ・無機系木材保護塗料 (液体ガラス系)・・・ ウッドレスキュー
- ・防炎材 (液体ガラス系)・・・ファイアーカット (木製枠の防火設備)

等を検討しており、施工前に最終的に部位ごとに仕様を整理し、経過観察を行なっていくこととする。

(躯体の地盤面+1000 の範囲については、これとは別に防腐防蟻材を塗布済)

4. 工事費等内訳

事業名		(仮称)Café CLT 新築工事の建築実証
実施者もしくは担当者(実施者が個人の場合)		KUS一級建築士事務所 内海 彩(担当者)
共通仮設費		521,640
建築工事	直接仮設工事	162,000
	土工事	1,090,716
	コンクリート工事	1,140,415
	型枠工事	706,606
	鉄筋工事	562,680
	鉄骨工事	2,985,857
	組積工事	32,400
	防水工事	970,148
	タイル工事	
	木工事	8,824,086
	屋根及び樋工事	1,419,628
	金属工事	
	左官工事	32,400
	金属製建具工事	
	木製建具工事	
	ガラス工事	
	塗装工事	
	内外装工事	
	雑工事	
	電気設備工事	
機械設備工事		
小計①		18,448,575
別途工事費	外構工事	
	解体撤去工事	
	ボーリング	
	設計	2,100,000
	大臣認定 確認申請	
その他		4,070,217
小計②		6,170,217
合計(①+②)		24,618,792

注:平成27年度事業に計上した費用のみを記載