

2.12 (株) ウッドワン

1. 建築物の仕様一覧

事業名		ウッドワンショールームのマッシュホルツによる設計と施工実証		
実施者(担当者)		事務窓口 岡本 技術担当 疋田、佐藤		
建築物の概要	用途		展示場、事務所	
	建設地		石川県野々市市	
	構造・工法		木造軸組工法(軸組:A種LVL, 鉛直構面:B種LVL, 床版CLT)	
	階数		2階	
	高さ(m)		9.685m	
	軒高(m)		6.700m	
	敷地面積(m ²)		1068.47m ²	
	建築面積(m ²)		294.42m ²	
	延べ面積(m ²)		499.22m ²	
階別面積	1階		283.21m ²	
	2階		216.21m ²	
	3階		—	
CLTの仕様	CLT採用部位		2階床、小屋床	
	CLT使用量(m ³)		加工前製品量69.28m ³ 、加工後建築物使用量67.89m ³	
	壁パネル	寸法		—
		ラミナ構成		—
		強度区分		—
		樹種		—
	床パネル	寸法		150mm厚 (底部210mm厚)
		ラミナ構成		5層5°ライ (底部7層7°ライ)
		強度区分		Mx60-5-5 (底部Mx60-7-7)
		樹種		スギ
	屋根パネル	寸法		—
		ラミナ構成		—
強度区分		—		
樹種		—		
仕上	主な外部仕上	屋根	フッ素がウレタン鋼板	
		外壁	フッ素がウレタン鋼板、杉羽目板	
		開口部	アルミサッシ(ペアガラス)	
	主な内部仕上	界壁	—	
		間仕切り壁	B種LVL現し/木下地+構造用合板12mm+PB9.5mm	
		床	1階床	コンクリート金ゴテ透湿性表面硬化剤仕上げ/長尺塩ビシート
			2階床	フローリング/タイルカーペット/塩ビタイル
		天井	木天下地+PB12.5mm+岩綿吸音板9mm/+PB9.5mm+PB9.5mm	
構造	構造計算ルート		施行令46条第2項(ルート1 許容応力度計算+偏心率・層間変形角の確認)	
	接合方法		軸組部 LSB/SNR/専用金物 / CLT床部 ビス接合	
	最大スパン		5.460m	
	問題点・課題とその解決策		壁柱の構造モデルを片持ち梁形式としているため、柱脚モーメントが過大である。中間層でモーメント抵抗ができれば、柱脚モーメントが抑えられ、さらなる高層化が図れる。	
耐火	防火上の地域区分		その他地域	
	耐火建築物等の要件		無	
	本建築物の耐火仕様		無	
	問題点・課題とその解決策		無 内装制限を免除するため天井PB貼りをしている。	
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		—	
	建て方における課題と解決策		事前準備が重要なため、その項目をリスト化する必要が有る。	
	劣化対策		1階 乾式注入JWOOD EX	
工程	設計期間		H28.7月~H28.12月	
	施工期間		H28.12月~H28.5月(5.5カ月)	
	CLT躯体施工期間		H28.2月初旬~H28.2月末(15日間)	
	竣工(予定)年月日		H29.5.31(予定)	
体制	発注者		株式会社ウッドワン	
	設計者(複数の場合はそれぞれ役割を記載)		株式会社伊東豊雄建築設計事務所	
	構造設計者		株式会社ウッドワン一級建築士事務所	
	施工者		みやび建設株式会社	
	CLT供給者		銘建工業株式会社	
	ラミナ供給者		銘建工業株式会社	

事業名：ウッドワンショールームのマッシュホルツによる設計と施工実証

実施者または担当者：株式会社ウッドワン

1. 実証した建築物の概要

用途	展示場、事務所		
建設地	石川県野々市市		
構造・工法	木造軸組工法（軸組:A種 LVL, 鉛直構面:B種 LVL, 床版 CLT）		
階数	2階		
高さ（m）	9.685m	軒高（m）	6.700m
敷地面積（㎡）	1068.47㎡	建築面積（㎡）	294.42㎡
階別面積	1階	283.21㎡	延べ面積（㎡）
	2階	216.21㎡	
CLT採用部位	2階床、小屋床		
CLT使用量（m ³ ）	加工前製品量 69.28 m ³ 、加工後建築物使用量 67.89m ³		
CLTの仕様	（部位）	（寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種）	
	床	2階床小屋床 150mm厚/5層5プライ/Mx60-5-5/スギ 玄関庇 210mm厚/7層7プライ/Mx60-7-7/スギ	
設計期間	H28.7月～H28.12月		
施工期間	H28.12月～		
CLT躯体施工期間	H29.2月初旬～H29.2月中旬（約2週間）		
竣工（予定）年月日	H29.5月31日（予定）		

2. 当該建築物における実証内容

本事業における実証内容は、設計および施工とする。設計実証では、水平構面に CLT、鉛直構面に B 種 LVL、柱および横架材の軸組に A 種 LVL を使用した構造体を、基準法施行令 46 条第 2 項の計算ルートで設計するため、設計に必要な構造特性値を実験等により明らかにする。また、施工実証では、設計、施工時の手順確認や注意点抽出を行い、施工計画に必要な情報の整理を行う。本事業の実証は構造躯体建方完了までとする。

3. 実施体制

【申請者】	株式会社ウッドワン	代表取締役社長	中本祐昌
【協力者】	（意匠設計）		株式会社伊東豊雄建築設計事務所
	（構造設計）		株式会社ウッドワン一級建築士事務所
	（施工者）		みやび建設株式会社
	（CLT 材供給/構造材加工）		銘建工業株式会社
	（LVL 材供給）		株式会社ウッドワン
	（試験実施）		工学院大学
	（試験実施/金物供給）		株式会社ストローク

4. 実証方法と実施工程

設計実証は、設計に必要な接合部の構造特性値を、要素試験(LSB 引張)および LVL パネル柱実大試験(1 階柱脚接合部、1-2 階接合部)により実証する。実証した構造特性値をもとに、LVL パネル柱のモデル化を行い、施行令 46 条第 2 項(ルート 1 許容応力度計算+偏心率・層間変形角の確認)にて構造設計を行う。

施工実証は、CLT 床、B 種 LVL パネル柱および接合金物の施工性を確認する。

<実施工程>

H28	4~5 月	: 試験体計画 (要素試験および LVL パネル柱試験)
	6~9 月	: 要素試験 および LVL パネル柱試験
	7 月	: 構造設計に用いる LVL パネル柱解析モデルおよび設計方法の検証
	7~10 月	: 意匠基本設計、意匠実施設計・構造計算
	11~12 月	: 確認申請
	12 月 21 日	: 着工
H29	2 月 7 日	: 建方 (実働 15 日)
	2 月 25 日	: 本提案範囲工事完了

5. 得られた実証データ等の詳細

本事業にて、設計をおこなう為に得たデータは下記の通りである。

- 1) B 種 LVL に対する LSB の引張試験データ
- 2) 1-2 階接合部分の実大試験データ
- 3) 1 階柱脚接合部分の実大試験データ

表 1 要素試験結果

母材	LSB仕様				試験結果	
	山径 (mm)	谷径 (mm)	長さ (mm)	本数 (本)	K (kN/mm)	Pmax (kN)
B種LVL60E	45	35	490	1	174.42	282.48
				2	583.46	541.79

K: 初期剛性 信頼水準75%における50%下限値

Pmax: 最大荷重 信頼水準75%における5%下限値

表 2 実大試験結果

試験部分	Mmax (kN・m)	Mu (kN・m)	Ds	K (kN・m/rad)
1-2階接合部分	141.79	125.92	0.28	14881
1階柱脚接合部分	387.51	356.48	0.34	51961

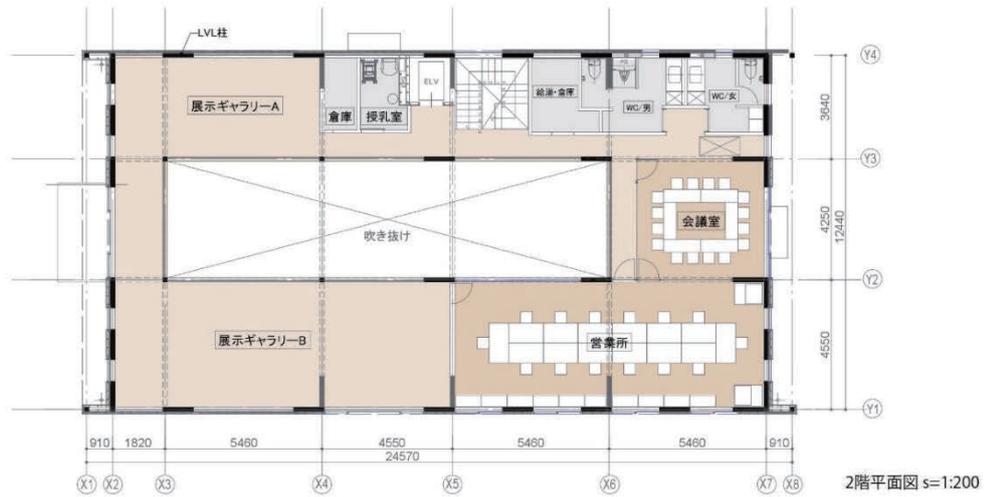
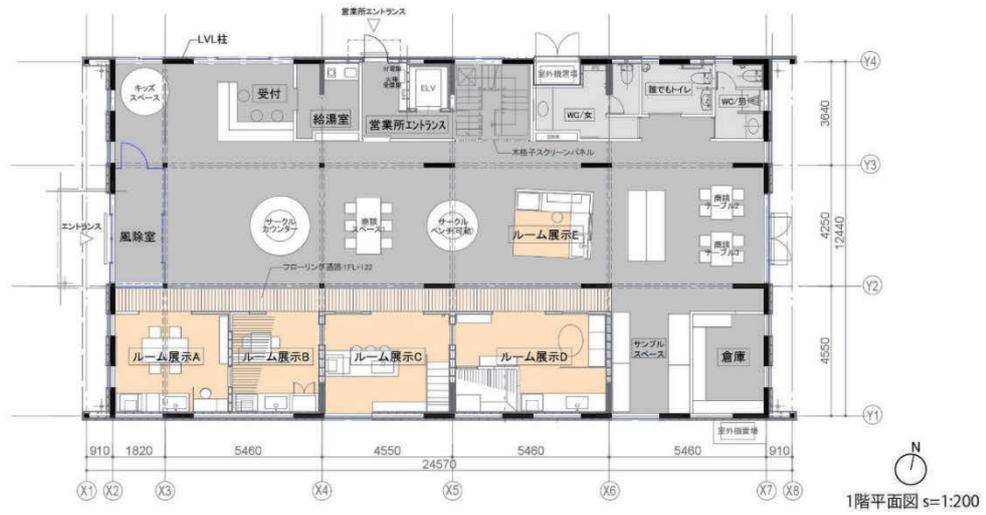
K: 初期剛性 信頼水準75%における50%下限値

Mmax, Mu 信頼水準75%における5%下限値

6. 本事業の成果

LVL パネル柱の構造特性を明らかにすることで、CLT と LVL の性能を生かした大空間建築物(店舗・ショールーム・学校等)の設計を可能とした。また、LVL パネル柱の設計モデルを示すことで、他の設計者が類似建物を施行令 46 条第 2 項ルートで設計する際に参考とできるようにした。また、施工時の手順確認や注意点抽出明らかにすることで、本実証構造および類似建物の設計・施工がスムーズに行えるようにした。

7. 建築物の平面図・立面図・写真等





① 1階 B種 LVL 耐力壁柱建方



② 1階 B種 LVL 耐力壁柱 梁つなぎ完了



③ 2階 CLT 床敷込



④ 2階 B種 LVL 耐力壁柱建方



⑤ 小屋 CLT 床敷込



⑥ 施工完了 吹抜け部



⑦ 施工完了 全景



⑧ 施工完了 前景

施工写真

1. 事業概要

一般的な木造軸組工法では鉛直構面および水平構面の性能上、大空間の設計が困難である。これを解決させるためには耐力・剛性の高い部材の開発が必要である。本実証事業では、CLTを床として使用することで、水平構面剛性を確保し、また、たわみ性能が低いCLTを床梁で補う事で平面的に大空間の建築物を計画する。大空間の建築物として、店舗、ショールームや学校等の建築物が考えられる。

実証による構造体は、2階床面および小屋床面(水平構面)にCLT、壁パネル(鉛直構面)にB種LVL、柱および横架材にA種LVLを使用する。壁パネルの接合部はSNRおよびLSBを用い靱性に期待した高性能耐力壁(LVLパネル柱)とする。構造計算は施行令46条第2項による計算を行うため、接合部の構造特性値を把握する必要がある。LSB要素試験より得た構造特性値よりLVL壁柱解析モデルを作成し、その妥当性を実大試験との比較により実証した。

今回、自社ショールームの設計・施工実証を行うことで、金物の納まり、LVLパネル柱とCLTの取合い等、施工手順や注意点の抽出を行い、建物の設計・施工計画に必要な情報の整理を行う。

尚、本事業における建築物の実証は構造躯体建方完了までとする。

2. 計画概要

2.1 用語の定義

表 2-1 用語の定義

A種LVL	従来からの構造用LVLの規格をA種LVLと称する
B種LVL	A種LVLに対して直交層の挿入割合を増やしたLVLをB種LVLと称する
CLT	直交集成板
マッシュホルツ	ドイツ語で木の塊を意味する
LVLパネル柱	建物の鉛直構面として用いたB種LVLの大判
LSB	ラグスクリーボルト
SNR	JIS G 3138 建築構造用圧延棒鋼

2.2 構造概要

表 2-2 構造概要

基本構造	構造	木造
	主要構造部	軸力を支持する柱・梁・LVLパネル柱で構成する軸組構造
	柱及び梁	A種LVL
	LVLパネル柱	B種LVL
	水平構面	梁にビス打ちを行ったCLT
	CLT床-LVL接合ビス	WRUTH社ASSY3 長さ280mm 山径8mm
	スプライン接合ビス	WRUTH社ASSY3 長さ120mm 山径8mm
	横架材端部接合	せん断力及び引張力を負担する梁受金物
	柱パネルの接合部	ラグスクリーボルトおよび製作金物
せん断キー	φ50 長さ400mm	
B種LVL	大きさ	1階 高さ3,324×巾1060×厚さ150 (重さ320kg)
		2階 高さ3,000×巾1060×厚さ150 (重さ290kg)
CLT(現場納入)	仕様	5層57°ライ スギ M x 60-5-5
	大きさ	2階最大 8,190×2,425×150 小屋最大 10,010×2,350×150 (重さ1410kg)
構造計算	計算構造ルート	ルート1許容応力度計算+偏心率・層間変形角の確認
	積雪区分	多雪区域 1 m

2.3 計画図

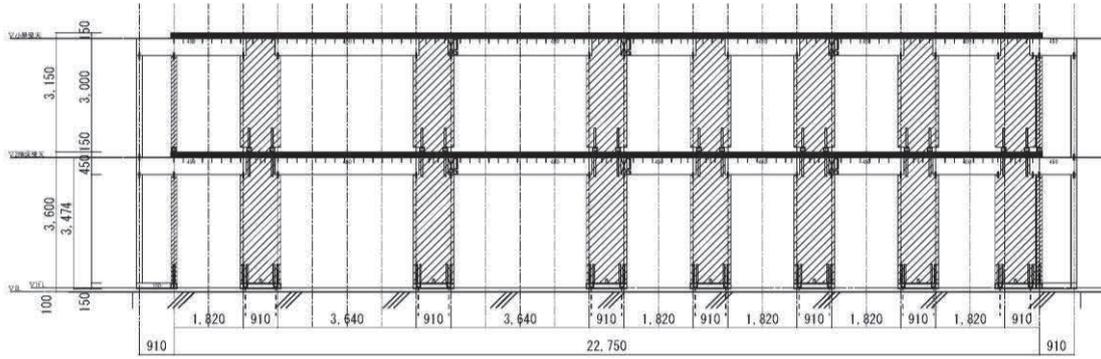


図 2-1 桁行面構造断面図

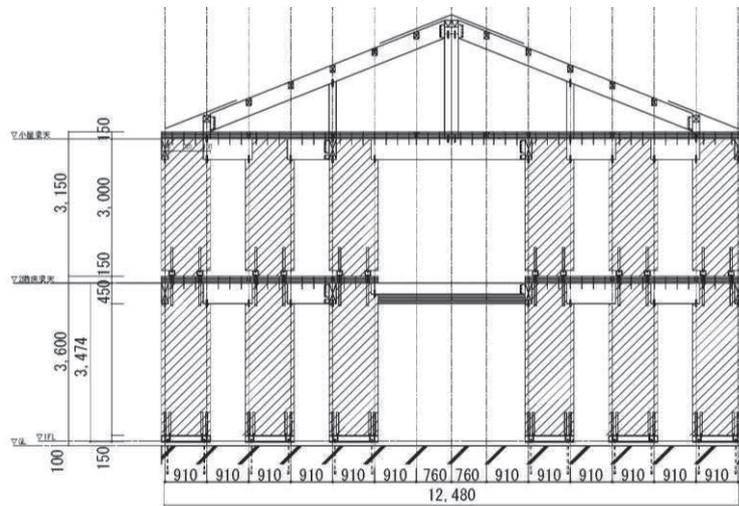


図 2-2 妻面構造断面図

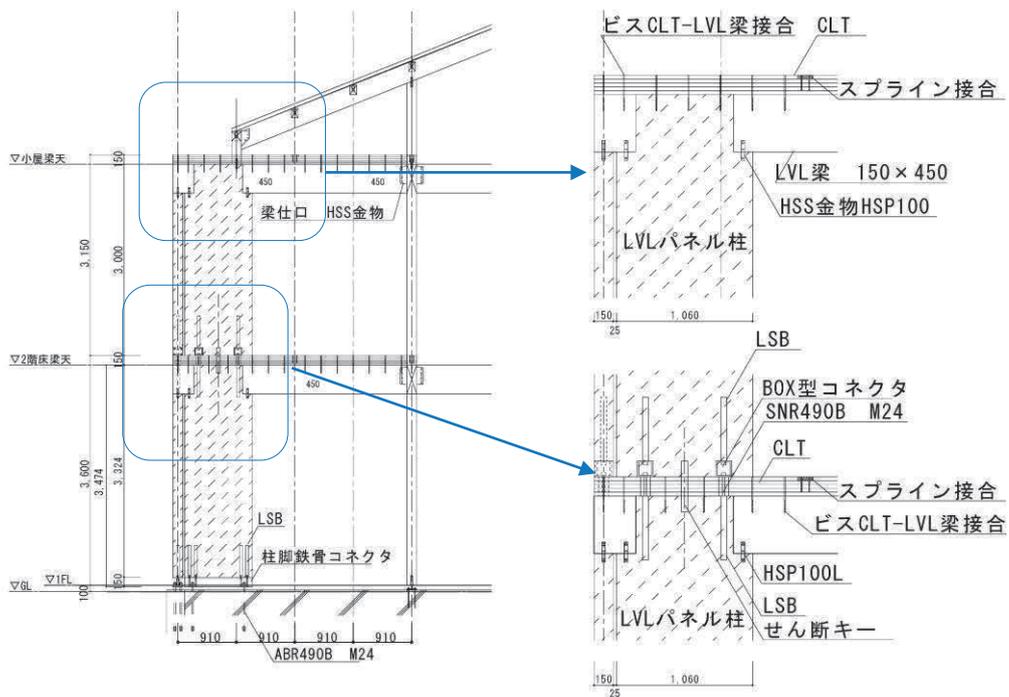


図 2-3 接合部詳細図

※CLT 割付は、施工時 CLT パネルの落とし込み不良を防ぐため、1 枚のパネルに対しせん断キーは 3 個以下とした。

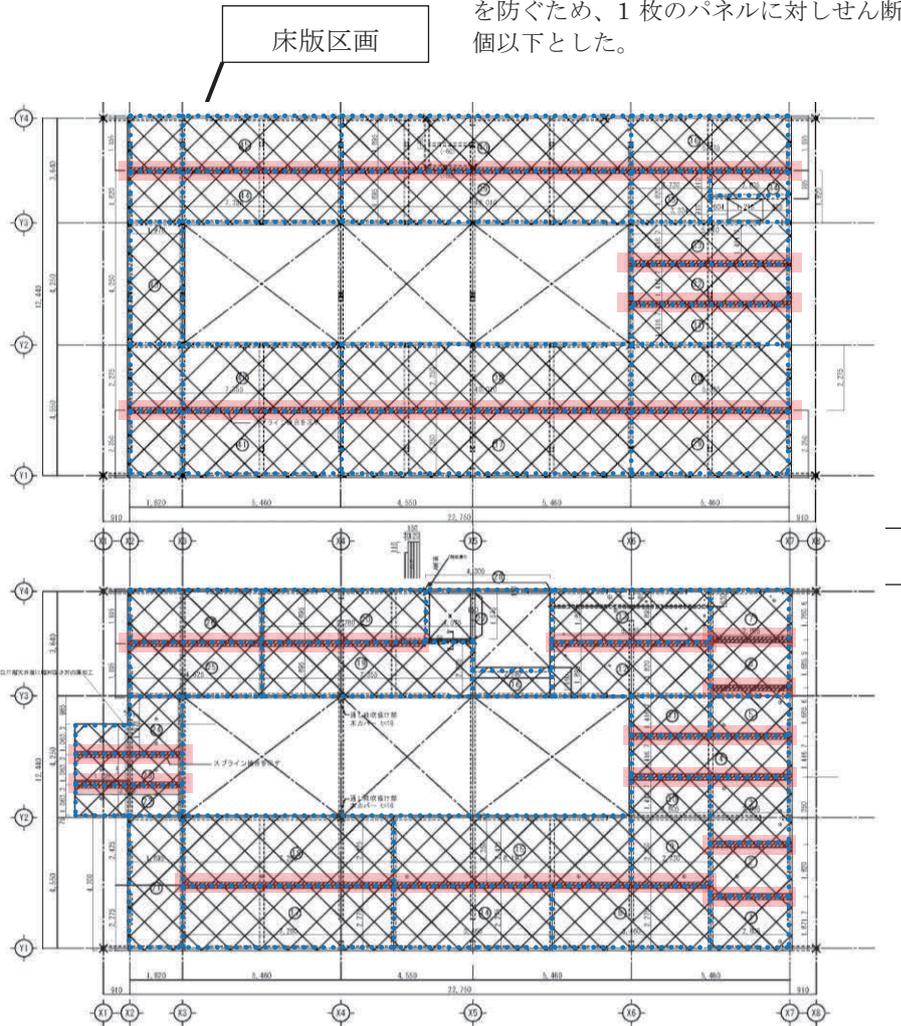


図 2-4 上：小屋床面 CLT 割付図 下：2 階床面 CLT 割付図



写真 2-1 スプライン接合 ビス L=120

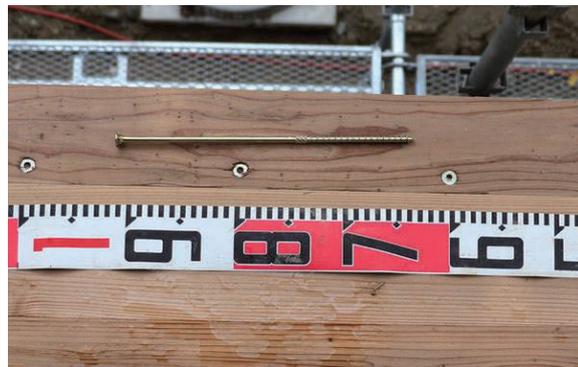


写真 2-2 CLT-梁接合 ビス L=280

3 LVL パネル柱の試験

3.1 LVL パネル柱の考え方

構造計画は、LVL パネル柱を 1、2 階ともに同一位置に配置することで簡易なモデル化が出来るようにした。梁の曲げ戻し効果は期待せず、モーメント負担は図 3-1 の構造概要図に示すように基礎からの片持ち梁形式とした。

$$2 \text{ 階脚部モーメント } {}_2Ma = P_2 \times h_2 \quad \dots\dots\text{式 3.1}$$

$$1 \text{ 階脚部モーメント } {}_1Ma = P_2 \times (h_1 + h_2) + P_1 \times h_1 \quad \dots\dots\text{式 3.2}$$

基礎と LVL パネル柱、1、2 階の LVL パネル柱相互の接合は LSB を用いる。LVL パネル柱に靱性をもたせるため、LSB に SNR を接続させ SNR の先行破壊を図った。

SNR を先行破壊させるために、式 3.3 を満たすよう設計する。

$$LSB \text{ 要素試験(引張) } P_{max} (5\% \text{ 下限値}) > SNR \text{ 引張強さの上限値} \quad \dots\dots\text{式 3.3}$$

1-2 階接合部では LSB と SNR を 1 本、1 階脚部接合部では LSB と SNR を 2 本で接続させる。

上述の考え方をもとに、本事業では図 3-2 に示す LVL パネル柱を計画した。

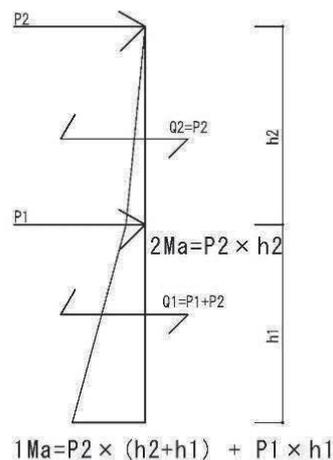


図 3-1 構造概要図

表 3-1 LSB 要素試験結果

母材	LSB仕様				試験結果	
	山径 (mm)	谷径 (mm)	長さ (mm)	本数 (本)	K (kN/mm)	Pmax (kN)
B種LVL60E	45	35	490	1	174.42	282.48
				2	583.46	541.79

K: 初期剛性 信頼水準75%における50%下限値

Pmax: 最大荷重 信頼水準75%における5%下限値

表 3-2 LSB と SNR の強度

	LSB	SNR	
		引張強さ	
		Pmax (kN)	引張強さ
		下限値 490N/mm ² 以上	上限値 610N/mm ² 以下
LSB-SNR 1本接合	282.48kN	173.0kN	215.4kN
LSB-SNR 2本接合	541.79kN	346.0kN	430.8kN

Pmax: 最大荷重 信頼水準75%における5%下限値

SNR: SNR490 B M24

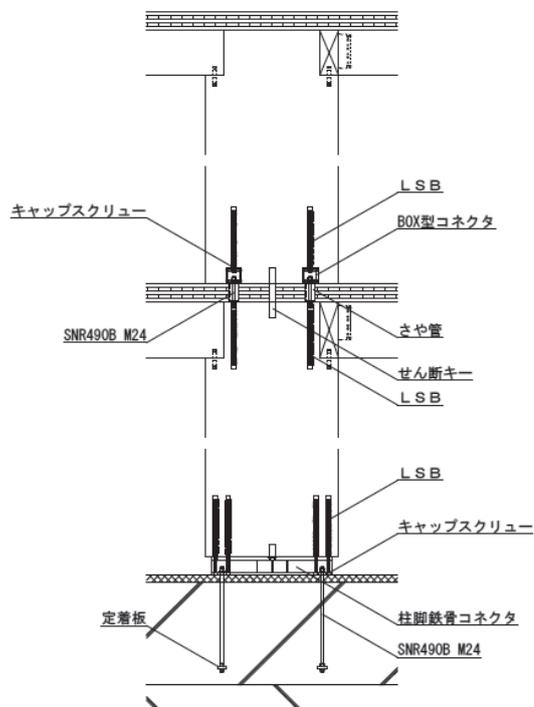


図 3-2 LVL パネル柱全体図

3.2 1-2 階接合部の設計

3.2.1 1-2 階接合部 試験体接合部仕様

2階の LVL パネル柱直下には1階の LVL パネル柱を配置する。1階と2階の LVL パネル柱の接合は CLT 床中にさや管(鋼管)を入れ、その中に SNR を通すことで、さや管部で圧縮、SNR で引張を伝達する接合機構とした。

表 3-3 1-2 階接合部 試験体接合部仕様

部位	サイズ	強度
2階パネル柱	2400×1150×150	B種LVL60E ラジアータパイン
1階パネル柱	1100×1150×150	B種LVL60E ラジアータパイン
CLT	150×1150×150	CLT Mx60 5-5 スギ
LSB	山径-谷径 45-35	SWCH45K
SNR	M24	SNR490B
六角ボルト	M20	強度区分12.9
さや管	外径76.3 内径 66.5	SS400
BOX金物	125×91 t=12	SS400
せん断キー	φ 50	SS400



写真 3-1



写真 3-2



写真 3-3

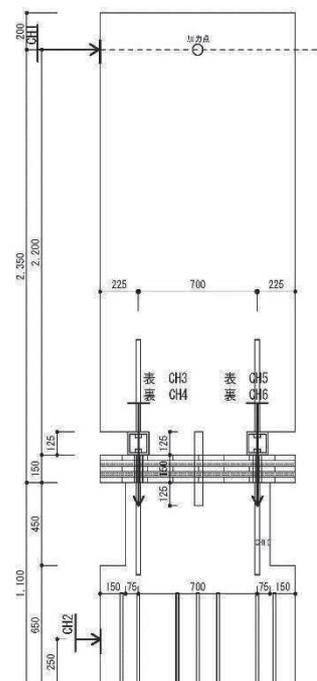


図 3-3 試験体姿図

3.2.2 1-2 階接合部 試験結果

1-2 階接合部の実大試験は、(財)日本住宅・木材技術センターの『木造軸組工法住宅の許容応力度設計(2008 年度)』に記載の試験方法に準拠し行った。試験結果一覧および接合部の荷重変形曲線を表 3-4 および図 3-4 に示す。

荷重変位曲線は SNR490B の先行降伏による靱性を示した履歴を示し、試験に用いた SNR490B のミルシートから算出される降伏値と荷重変位曲線の降伏は一致している。

表 3-4 1-2 階接合部 試験結果一覧

	最大モーメント Mmax (kN・m)	終局耐力 Mu (kN・m)	構造特性 係数 Ds	初期剛性 K (kN・m/rad)
N0.1	150.95	136.55	0.26	15891
N0.2	149.78	135.05	0.28	14153
N0.3	146.49	131.37	0.30	16121
平均	149.08	134.32	0.28	15388
標準偏差	2.31	2.67		1076
変動係数	0.02	0.02		0.07
係数	0.471	0.471		0.471
ばらつき係数	0.99	0.99		0.97
基準耐力	147.99	133.07		14882

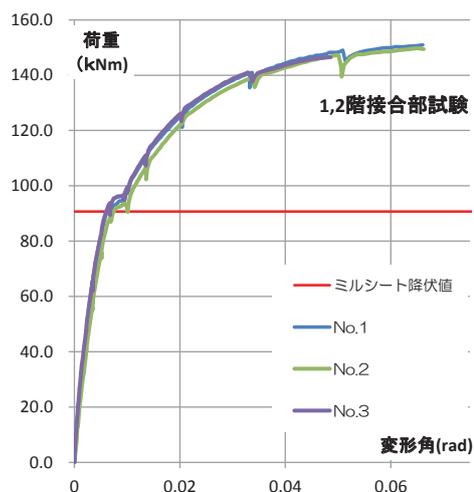


図 3-4 1-2 階接合部 荷重変形曲線

3.3 1 階柱脚接合部試験

3.3.1 1 階柱脚接合部 接合部仕様

1 階柱脚接合部分は、LVL パネル柱と製作金物の柱脚鉄骨コネクタを LSB およびキャップスクリューにより接合し、柱脚鉄骨コネクタは SNR にて鉄骨治具に接合する。

表 3-5 1 階柱脚接合部 試験体接合部仕様

部位	サイズ	強度
1階パネル柱	2975×1150×150	B種LVL60E ラジアータパイン
LSB	山径-谷径 45-35	SWCH45K
SNR	M24	SNR490B
キャップスクリュー	M20 頭径φ30	強度区分12.9
柱脚鉄骨コネクタ	フランジ20.5mm ウェブ32mm	SS400

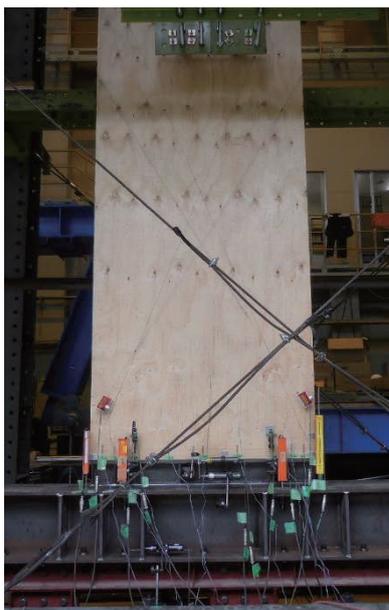


写真 3-4

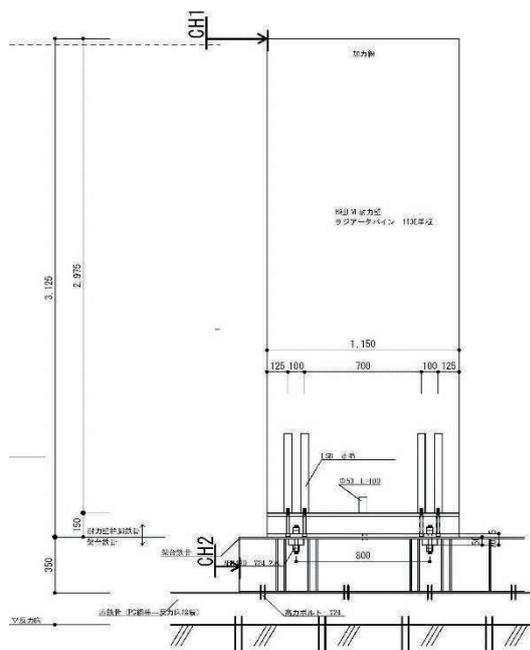


図 3-5 試験体姿図

3.3.2 1階柱脚接合部 試験結果

1階柱脚接合部の実大試験は、(財)日本住宅・木材技術センターの『木造軸組工法住宅の許容応力度設計(2008年度)』に記載の試験方法に準拠して行った。試験結果一覧および接合部の荷重変形曲線を表3-6および図3-5に示す。

荷重変位曲線はSNR490Bの先行降伏による履歴を示している。接合部の降伏点は、SNR490Bのミルシートから算出される降伏値を上回った。周辺部材の先行破壊は見られなかった。

表 3-6 1階柱脚接合部 試験結果一覧

	最大モーメント Mmax (kN・m)	終局耐力 Mu (kN・m)	構造特性 係数 Ds	初期剛性 K (kN・m/.rad)
N0.1	393.25	367.28	0.31	56455
N0.2	396.00	369.23	0.33	57794
N0.3	392.13	363.01	0.37	48630
平均	393.79	366.51	0.34	54293
標準偏差	1.99	3.18		
変動係数	0.01	0.01		
係数	3.15	3.15		
ばらつき係数	0.98	0.97		
基準耐力	387.51	356.48		

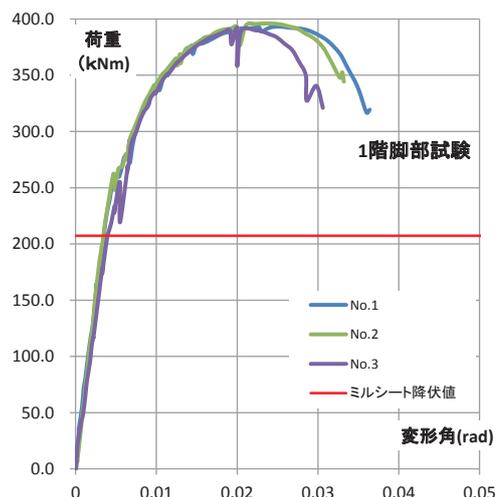


図 3-5 1階柱脚接合部 荷重変形曲線

4. LVL パネル柱を用いた建物の設計

4.1 LVL パネル柱の設計手法

LVL パネル柱を用いた設計実証は次による。

I. 設計モデルの決定

- ① LSB 要素試験結果を用いて設計用解析モデルを作成する。
- ② LSB 要素試験結果を用いて作成した解析モデルの妥当性を確認するために、実大試験で得られた剛性・耐力との比較を行う。

II. LVL パネル柱の許容せん断耐力の決定

- ① SNR の降伏値(下限値)をもとに、各層の許容せん断耐力を決定する。
- ② 一貫ソフトに入力するために許容せん断耐力を壁倍率に置換する。

III. LVL パネル柱の負担する水平荷重の決定

- ① 一貫ソフトによって LVL パネル柱の負担する水平荷重を求める。尚、地震力算定においては、 $C0=0.3$ にして負担せん断力を算定する事で部材の終局状態の安全性も担保する。

IV. LVL パネル柱の許容応力度計算

- ① III で算定した負担水平力を I で作成した解析モデルに入力し、LVL パネル柱を構成する部材に生ずる応力を算定する。
- ② LVL パネル柱を構成する部材に生ずる応力が、各部材の許容応力度以下であることを確認する。

4.2 解析要素モデル

解析に用いるモデルは、引張および圧縮の軸方向バネの組合せにより構成された要素モデルとする。表 4-1 に示す組合せにより、LSB および他の接合金物を直列構成のバネモデルとし、1 階柱脚接合部および 1-2 階接合部の圧縮および引張鉛直バネの剛性を設定した。直列構成バネの剛性算定は、式 4.1 により算出した。

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{K_1} + \frac{1}{K_2} + \frac{1}{K_3} + \frac{1}{K_4} \quad \text{式 4.1}$$

表 4-1 軸方向バネの構成

用途・位置	直列構成	接合部位
引張バネ	2階	①-⑤-③-①
	1階	②-④
圧縮バネ	2階	⑩-⑤-⑥-①
	1階	①

※圧縮で持たれるLSBのバネは、引張試験の結果を用いる。

これは、LSBのP-δ関係がLSB羽部の木材へのめり込みに依存するためである。

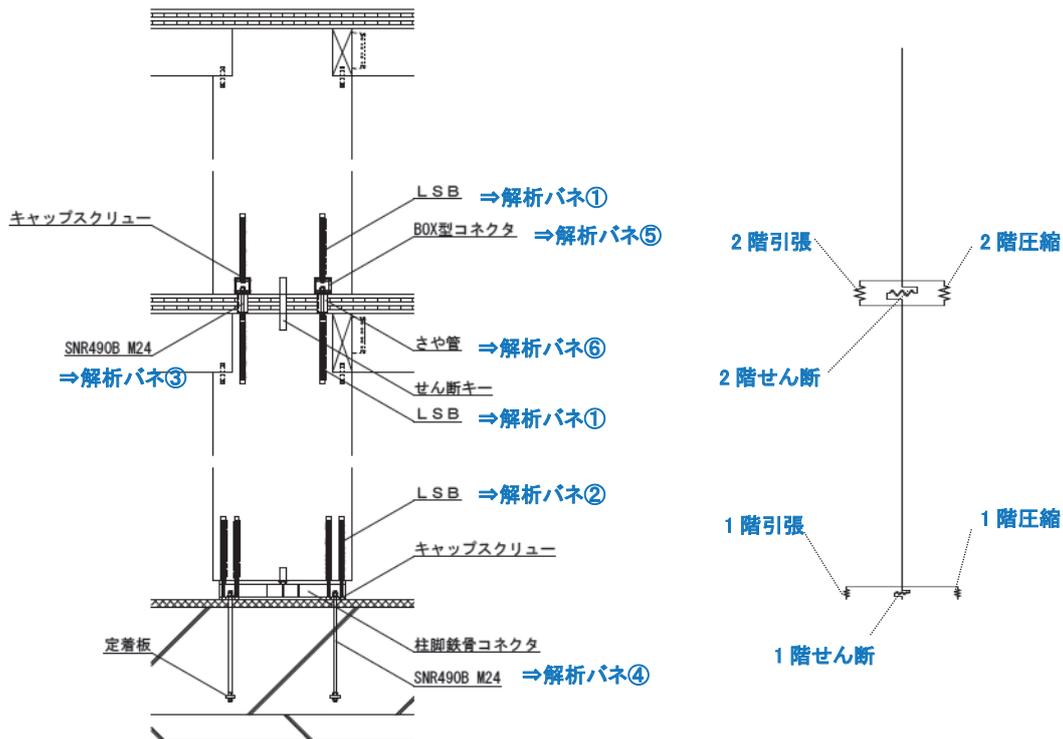


図 4-1 解析要素モデル

4.3 解析と実験の比較

4.3.1 1-2 階接合部試験結果と解析値の比較

表 4-2 より 1-2 階接合部解析の初期剛性は実験値よりも下回った結果である。解析では、せん断抵抗はせん断キーのみで設計を行うものとする。実験では LVL パネル柱から BOX 金物への

支圧、LSB を接続する SNR のせん断抵抗、部材間の摩擦抵抗が生じており、せん断剛性は解析値より実験値が高くなる。

表 4-2 1-2 階接合部の比較

	実験 回転剛性 (kN・m/rad)	解析 回転剛性 (kN・m/rad)	解析値 / 実験値
1-2階接合部	15,388	9,974	0.648

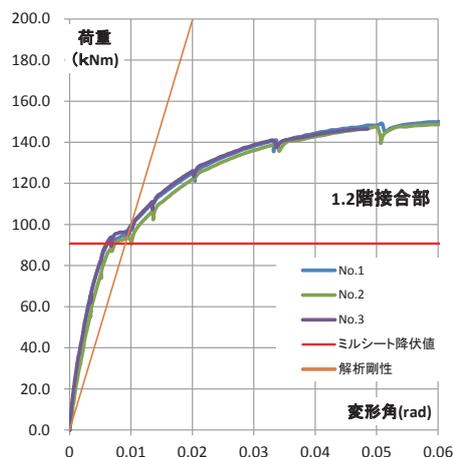


図 4-2 荷重変位曲線との重ね合せ

4.3.2 1 階脚部接合部試験結果と解析値の比較

表 4-3 より 1 階柱脚接合部解析の初期剛性は実験値よりも下回った結果である。1-2 階接合部と同様に、解析では算入していないせん断抵抗要素が存在するためである。

表 4-3 1 階柱脚接合部の比較

	実験 回転剛性 (kN・m/rad)	解析 回転剛性 (kN・m/rad)	解析値 / 実験値
1階柱脚接合部	54,293	37,557	0.692

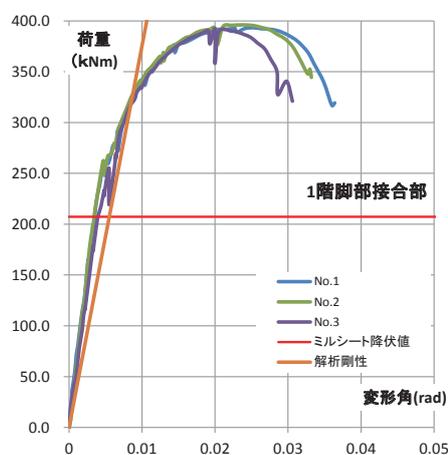


図 4-3 荷重変位曲線との重ね合せ

4.4 LVL パネル柱の許容応力度の検討

応力算定は X 方向、Y 方向の LVL パネル柱の幅、高さ、接合方法が同一であるため、一貫ソフトで得られた LVL パネル柱 1 か所あたりに生ずる水平力に対する LVL パネル柱解析モデルの構造検討を行う。本実証物件は多雪 1m 区域に建築のため、水平力は地震力が卓越する。LVL パネル柱 1 枚が負担する水平力は、表 4-4 より、小屋面に 19kN、2 階床面に 9kN である。

表 4-4 LVL パネル柱に入力されるせん断力の一覧

2階Y	QEij	PEij	パネル 枚数	1枚あたり 応力値	1階Y	QEij	PEij	パネル 枚数	1枚あたり 応力値
X2	112.73	112.73	6	18.8	X2	162.87	50.17	6	8.4
X4	37.35	37.35	2	18.7	X4	54.17	16.82	2	8.5
X5	37.22	37.22	2	18.7	X5	54.1	16.88	2	8.5
X6	37.22	37.22	2	18.7	X6	54.1	16.88	2	8.5
X7	111.65	111.65	6	18.7	X7	162.31	50.61	6	8.5

図 4-4 および図 4-5 に、LVL パネル柱の解析結果を示す。

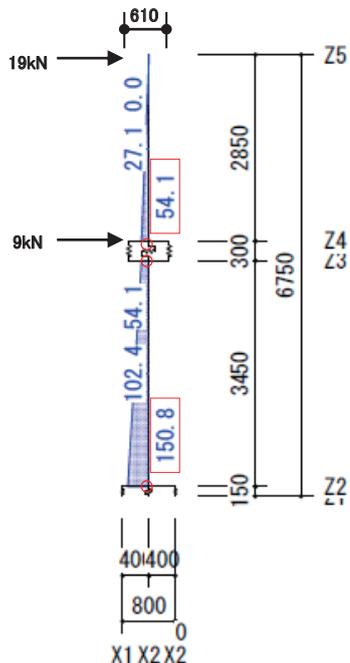


図 4-4 曲げ応力図(C0=0.3 時応力)

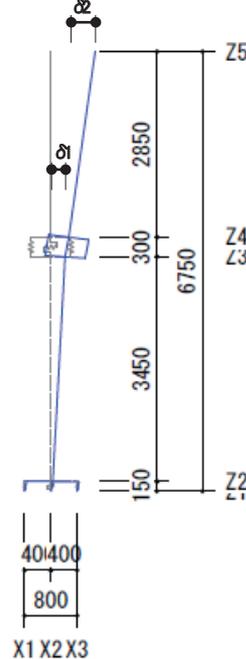


図 4-5 変形図(C0=0.2 時変位)

2 階層間変形
 $\delta 2 = 21.3 \text{ mm (1/148.2)}$
 1 階層間変形
 $\delta 1 = 10.0 \text{ mm (1/359.6)}$

図 4-4 により求めた曲げ応力をもとに表 4-5 にて LVL パネル柱の応力検定を行う。尚、ここでは、LVL パネル柱を構成する代表的な接合具の応力検定のみを記載する。実施設計では、LVL パネル柱、アンカーボルト、基礎等の周辺の部材の検定も必要となる。

表 4-5 LVL パネル柱を構成する接合具の検定

	接合具設計応力						LSBの検定			SNRの検定		判定
	短期水平荷重時			固定 +積載 +積雪 (kN)	設計用 応力 (kN)	LSB 最大耐力 Pmax (kN) 2F:1本 1F:2本	低減係数 α	$\alpha \times$ 2/3Pmax (kN)	検定値	SNR	検定値	
	接合部 モーメント (kN・m)	応力間 距離 (m)	接合具 応力 (kN)							下限値の 降伏耐力 Py (kN) 2F:1本 1F:2本		
2階	圧縮	54.1	0.61	88.7	39.5	128.2	0.75	141.2	0.91	—	—	OK
	引張			88.7	—	88.7			141.2	0.63	114.7	
1階	圧縮	150.8	0.8	188.5	78.1	266.6	0.75	270.8	0.99	—	—	OK
	引張			188.5	—	188.5			270.8	0.70	229.4	

※引張側接合具の検定においては、固定、積載および積雪荷重は引張を相殺するため、検定では安全側として考慮しない。

※LSBの短期許容耐力をPmaxから算出するため低減係数を設定する。

低減係数は、木質構造設計基準・同解説(日本建築学会)602.1(2)(a)より、JC区分として設定する。

※SNR490B M24の降伏耐力は、降伏応力が325N/mm²、M24断面積が353mm²/本より算定。

※SNR490B M24は、SNRが圧縮力を負担しないことから、引張検定のみ行う。

施行令 46 条 2 項では、層間変形を確認する規定があるが、C0=0.3 で行った場合は省略できるため、参考値として層間変形を図 4-5 に記載する。尚、施行令 82 条の 2 より建物の変形により建物の部分に著しい損傷が生ずるおそれのない建物においては層間変形角 1/120 を確認することとなっている。解析結果より、層間変形角は、2 階で 1/148、1 階で 1/359 となり性能を満たしている。

以上、本事業の設計実証である。

5. 施工実証

5.1 施工計画

事業名: ウッドワンショールームのマンションホルツによる設計と施工実証		建方工事工程表																															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28				
工事項目	作業区分	日	日	日	日	日	日	日	日	日	日	日	日	日	日	日	日	日	日	日	日	日	日	日	日	日	日	日	日				
		水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火				
搬入	LVL(1階)、450せい梁(2階床)	2月																															
	土台、通し柱、2階床梁	15車×2台																															
	OLT 2階床	4車×1台																															
	既製品金物	15車×2台																															
	柱脚金物	照線便																															
	2階管柱、R階梁、東	4車×1台																															
	LVL(2階)、450せい梁(R階)	15車×1台																															
	OLT R階床	15車×2台																															
	巻り梁、母屋	4車×1台																															
	荷おろし																																
	土台敷き																																
	柱脚金物取付																																
	建て方	1階 LVLハネル柱、柱建て																															
		2階 梁へ既製品金物取付、梁取付																															
		2階 床CLT敷き																															
1階 建入れ直し、2階ビス打ち																																	
2階 LVLハネル柱、柱建て																																	
小屋 梁へ既製品金物取付、梁取付																																	
R階 床CLT敷き																																	
2階 建入れ直し																																	
R階 OLTビス打ち																																	
小屋 東建て、巻り梁、母屋取付																																	
2階 スプライン接合部 ビス打ち 2階																																	
既製品 引張金物、羽子板金物取付																																	
小屋 下野地																																	
クレーン		25tラフター																															
作業員		施工																															
	大工																																
	作業休止日																																
作業休止日		作業休止日 計2日																															

図 5-1 に仮設計画図を示す。

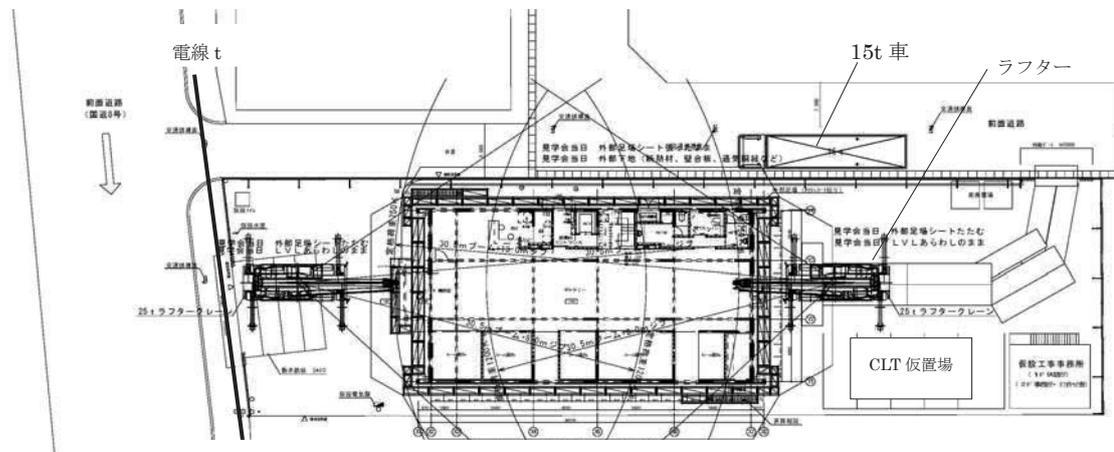


図 5-1 仮設計画図

5.2 施工結果

図 5-2 から図 5-5 に施工実施工程を図示する。

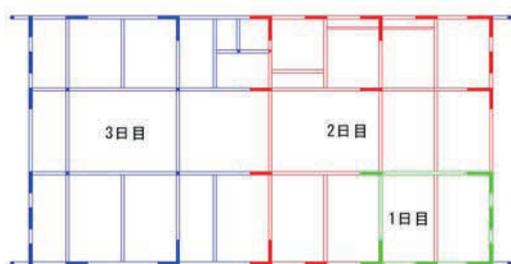


図 5-2 1階軸組・2階梁

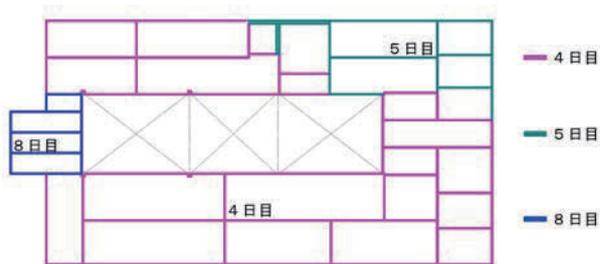


図 5-3 2階 CLT 床

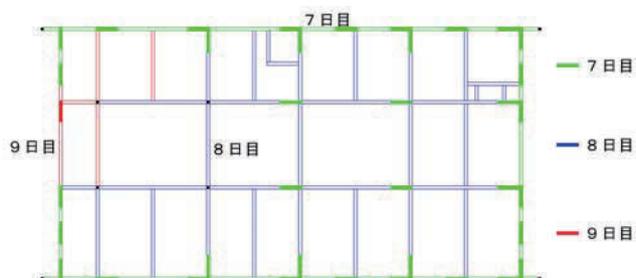


図 5-4 2階軸組・小屋梁

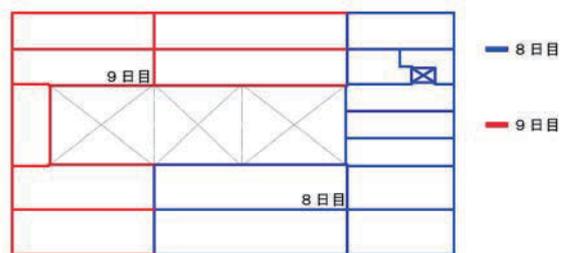
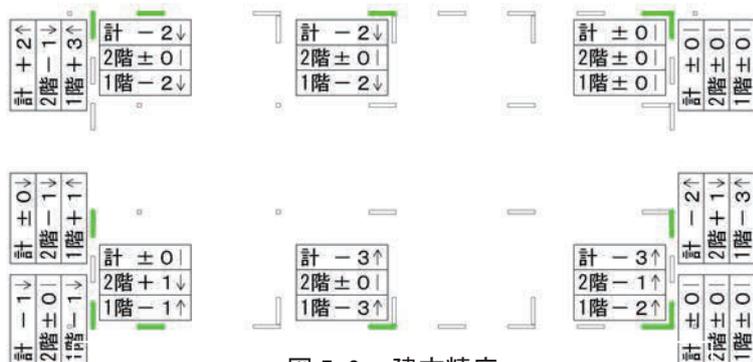


図 5-5 小屋 CLT 床

図 5-6 に建方精度を示す。



図内数値単位はmm

図 5-6 建方精度

5.3 施工写真



LSB 挿入前下穴加工



LSB



LSB 挿入

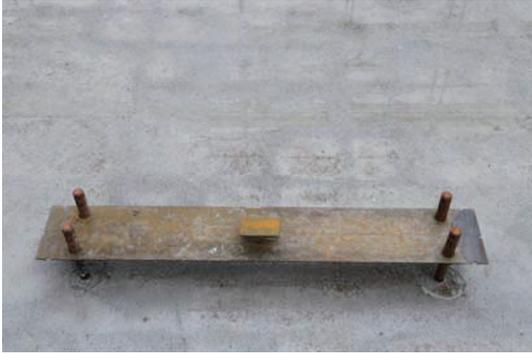
LSB1 本挿入に要する時間は 20 分



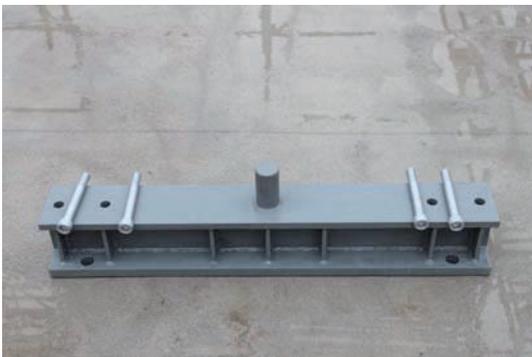
ラフター 25t CLT 仮置き場



部材搬入 15 t 車



アンカーボルトの配置により1階LVLパネル柱の位置が決定するため、アンカーボルト位置の精度が要求される。事前にアンカープレートを活用し位置決めを行い、高さはレベルにて確認を行った。



1階LVLパネル柱の柱脚鉄骨コネクタは現場で取り付けを行った。プレカット工場で挿入したLSBに対して、鉄骨下フランジからキャップスクリューを留めつけた。柱脚鉄骨からせん断キーが出ている事により、位置決めがスムーズに行われ、現場施工でも対応が可能であった。



LVLパネル頂部に埋め込まれているLSBの雌ネジ部分にアイボルトを埋め込み、クレーンで吊る事で、パネル設置がスムーズに行われた。



梁仕口に梁受け金物、LVL パネル柱の肩掛け部分にホゾパイプ金物を入れた。
LVL パネル柱が直交する箇所については25mmのクリアランスを設けLVL パネル柱の施工をスムーズにさせた。



2階床梁組立後、高さ、位置の確認を行った。この時点では、LVL パネル柱が傾いている事が目視でも分かる。



LVL パネル柱の頂部には φ50 mm L=400mm のせん断キーを入れている。



CLT の版を吊り上げるため CLT に製作金物をビスで固定した。CLT を現しに用いる場合はボルト孔が開かない今回の方法は有効である。

CLT 割付は、施工時 CLT パネルの落とし込み不良を防ぐため、1 枚のパネルに対しせん断キーは 3 個以下とし、せん断キーの先端は面取り加工した。スムーズな施工が可能か懸案事項であったが、問題なく施工が行われた。尚、昨年度は LVL パネル柱 1 枚につき、せん断キーを 6 本入っていたが、今回はせん断キーを LVL パネル柱 1 枚につき 1 本にすることで施工性が改善した。



CLT 設置後、さや管、SNR ボルトを挿入。

せん断キーがある事で建入れ直しの際ロープ掛けに兼用できた。

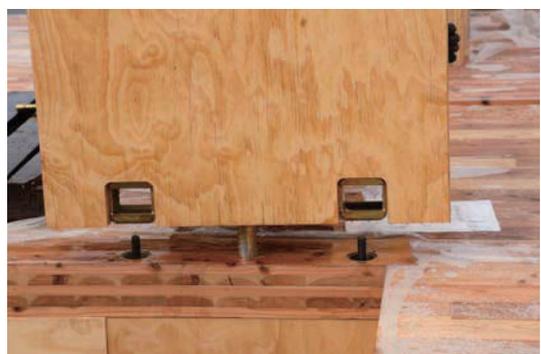
CLT 床施工後、建入れ直しを行った。建方精度については図 5-6 を参照。



CLT と梁との接合には $\phi 8 \text{ mm}$ L=280mm のビスを用いた。ビスはインパクトドライバーでは施工困難のため、ドリルドライバーを用いた。推奨は低速ドリルドライバーである。



1階 LVL パネル柱頂部に配置したせん断キーが、2階の LVL パネル柱の位置決めとなった。





今回は2階 LVL パネル柱頂部にせん断キーが無かったが、せん断キーを用いると CLT の位置決めがスムーズになると考えられる。



5.4 施工に関するまとめ

- ・ 工程に関しては概ね計画通りに進んだ。
- ・ 木造の建物だが、鉄骨葺工にて建方を行った。
- ・ 建方工事の人工数は 64 人工（鉄骨葺工 60 人工、大工 4 人工）を要した。
- ・ 建方精度は高さの 1/1000 以下に納まった
- ・ LVL パネル柱はボルト接合による簡単な形式のため施工がスムーズだった。
- ・ せん断キーの先端を面取り加工していることで施工がスムーズだった。
- ・ 直行方向に隣接して LVL パネル柱を設ける箇所は、相互の間隔に 25mm のクリアランスを設ける事で施工がスムーズだった。

6. 全体考察

1) 設計に関する考察

- ・ LVL パネル柱が 1、2 階連層片持ち形式の構造モデルは構造が明確で設計手法として簡易的だが、柱脚のモーメントが過大となり、部材の応力負担が大きくなる。中間層でのモーメント抵抗ができれば柱脚モーメントが抑えられ、さらなる高層化が図れる。
- ・ 1 階、2 階部分を LVL パネル柱とし、上階部分には筋かいや構造用合板などの施工令 46 条の耐力壁を組み合わせた建物を設計するため、応力の伝達方法、接合方法の実証が必要となる。

2) 施工に関する考察

- ・ CLT は長さ 12m 近くの製造が可能であるが、クレーン配置、トラックの搬入、道路使用許可、電線の有無、CLT 仮置き場所等の事前計画が重要である。
- ・ 新しい工法を採用する場合、意匠設計事務所、構造設計事務所、施工会社、プレカット工場、設備会社の合同で綿密な打ち合わせが必要である。特に設備については CLT への貫通孔位置、大きさの計画が重要である。