2.5 （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ヴホルツの設計実証 （解析実証）
実施者もしくは担当者（実施者が個人の場合）			株式会社　ウッドワン
建築物の概要	用途		事務所（ショールーム）
	建設地		石川県野々市市
	構造・工法		木造軸組工法
	階数		2階
	高さ（m）		1階　3140mm　2階　3060㎜
	軒高（m）		6.5m
	敷地面積（m^2）		1070.23㎡
	建築面積（m^2）		343.39㎡
	延べ面積（m^2）		459.32㎡
	階別面積（m^2）	1階	343.39㎡
		2階	115.93㎡
CLTの仕様	CLT採用部位		床
	CLT使用量（m^3）		96.45m^3 加工後建築物使用量
	床パネル	寸法	t=210mm　1500mm×6000mm
		ラミナ構成	7層7プライ
		強度区分	Mx60
		樹種	スギ
	屋根パネル	寸法	t=210mm　1500mm×6000mm
		ラミナ構成	7層7プライ
		強度区分	Mx60
		樹種	スギ
CLT以外の新たな製品・技術の仕様	採用部位		耐力壁　B種LVL　ラグスクリューボルト
	使用量（m^3）		50m^3 加工後建築物使用量
	CLTの仕様の書き方を参考に適宜記載	寸法	t=150mm　1200mm×3000㎜
		樹種	スギ
構造	構造計算ルート		建築基準法施工令46条の壁量計算の規定を外れるため、令46条2項を適用させ、昭62年建告1899号に定める許容応力度計算、層間変形角の確認、偏心率等の確認を行う。
	接合方法		耐力壁柱脚にはLSBを用い、LSBとABRを接合させる。CLT水平構面には長尺ビスを用いせん断力を負担させる。
	最大スパン		6m
	問題点・課題とその解決策		耐力壁の接合部に用いるLSBは、剛性が高いが脆性破壊が生じるため、耐力壁の靭性を確保する必要がある。靭性確保にはABRをもちいるが、ABRの降伏耐力の確認だけではなく、ABRの引張強さ上限値よりもLSBの最大耐力が上回っていることを確認しなければならない。
工程	設計期間		6か月
	施工期間		6か月
		CLT等躯体施工期間	1週間
	竣工（予定）年月		平成29年3月（予定）
体制	発注者		株式会社　ウッドワン
	構造設計者		株式会社　ウッドワン一級建築士事務所
	CLT等新たな製品・技術供給者		銘建工業株式会社、株式会社キーテック、株式会社ストローグ、WURTH社（東日本パワーファスニング株式会社）
	ラミナ等供給者		銘建工業　株式会社

1. 事業名と実施者

【実施名】　ウッドワンショールームのマッシヴホルツの設計実証　（解析実証）

【実施者】〒738-8502　広島県廿日市市木材港南 1-1

株式会社　ウッドワン

代表取締役社長　　中本　祐昌

電話番号 0829-32-3333

FAX 番号 0829-32-6237

2. 建築物の概要

１）建設地：石川県野々市市（多雪区域 1m ）

２）規模

木造軸組工法 2 階建て

軒高　6.5m

1 階床面積　343.39 ㎡（X 方向 24.2m　Y 方向 14.19m）

2 階床面積　115.93 ㎡（X 方向 9.1m　Y 方向 12.74m）

延べ床面積　459.32 ㎡

３）用途：事務所（ショールーム）

４）構造体

水平構面	小屋面	CLT Mx60 t=210 スギ
	2 階床面	CLT Mx60 t=210 スギ
壁		B 種 LVL スギ
耐力壁接合	軸力負担	LSB 山径 35 ㎜
	せん断負担	鋼棒φ27　せん断キー
柱		A 種 LVL
梁		A 種 LVL
		※水平構面試験時の梁は LVL　60E スギ

3. 本事業で実証した内容

建築予定のショールームは主要構造部として床に CLT、耐力壁に B 種 LVL、梁に A 種 LVL を使用する。構造計算は建築基準法施行令 46 条第 2 項ルートによる設計を計画するため、各接合部の構造特性値の把握が必要である。高倍率耐力壁（1 層、2 層）の接合部試験、CLT を床に用いた水平構面せん断試験及び接合具せん断試験にて構造特性値を求める。これら試験より水平構面及び鉛直構面をブレースモデル置換し立体解析を行う。

4. 事業実施体制

【申請者】

(株)ウッドワン：申請事務取りまとめ、進行管理　担当：岡本　肇

【協力者】

桜設計集団一級建築士事務所：構造設計

銘建工業（株）：CLT 部材供給

（株）キーテック：A 種 LVL、B 種 LVL 部材供給

建材試験センター：CLT 床水平構面せん断試験

工学院大学：1 階耐力壁試験、接合部せん断試験

㈱ストローグ：1 階 2 階耐力壁接合部試験

5. 実証方法と実施工程

接合部の試験により構造特性値をもとめ、立体解析を行う。

＜建築物の構造基本設計＞

・7 月～11 月：目標構造特性値の設定、接合部の設計

・11 月～1 月：試験体部材製造

＜試験＞

・ 1 月　　：CLT 床の水平構面試験

・1 月～2 月　　：高倍率耐力壁（1 層、2 層）の試験

・ 2 月　　：接合部せん断試験

＜解析＞

・ 2 月　　：CLT 床水平構面試験結果よりブレースモデル作成

・ 2 月　　：耐力壁の試験結果よりブレースモデル作成

・1 月～2 月　　：ウッドワンショールームの構造立体解析

＜その他＞

・平成 28 年度　　：本年度の実証に基づきウッドワンショールーム着工予定

平成２７年度　CLT 建築等新たな製品・技術を活用した建築物の実証事業

ウッドワンショールームの
マッシヴホルツの設計実証
（解析実証）

平成 28 年年 3 月 3 日

株式会社　ウッドワン

1. 事業概要

一般的な木造軸組工法では鉛直構面及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、店舗やショールーム、学校等の建築物が考えられる。

大空間の建築物には少ない壁配置が求められるため、高耐力の耐力壁として、B 種 LVL にラグスクリューボルト（以下 LSB）接合させた耐力壁の検証を行った。

建築予定のショールームは主要構造部として床に CLT、耐力壁に B 種 LVL、梁に A 種 LVL を使用する。構造計算は建築基準法施行令 46 条第 2 項ルートによる設計を計画するため、各接合部の構造特性値の把握が必要である。高耐力の耐力壁試験、CLT を床に用いた水平構面せん断試験、及び接合具せん断試験にて構造特性値を求める。これらの試験結果より水平構面及び鉛直構面をブレースモデル置換し立体解析を行う。

2. 構造概要

2.1 建物概要

建物概要及び構造仕様を表 2-1 及び 2-2 に示す。

表 2-1. 建物概要

建設地	石川県野々市市 (多雪 1 m地域)
規模	木造軸組工法　2 階建　軒高 6.5m
面積	延べ床面積 459.32 ㎡　1 階床面積　343.39 ㎡　2 階床面積　115.93 ㎡

表 2-2. 構造仕様

水平構面	小屋面	CLT Mx60 7-7 t=210
	2 階床面	CLT Mx60 7-7 t=210
耐力壁		B 種 LVL
耐力壁接合	軸力負担	LSB 山径 35 ㎜
	せん断負担	鋼棒 φ27　せん断キー
柱		A 種 LVL
梁		A 種 LVL

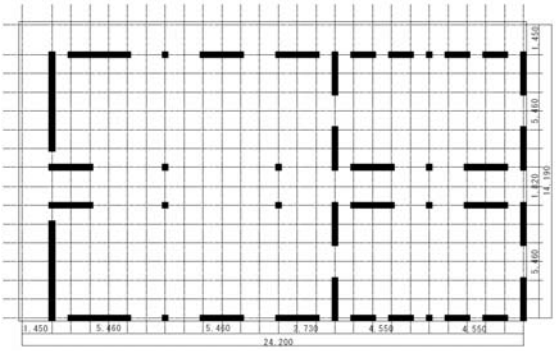


図 2-1. 1 階壁配置図

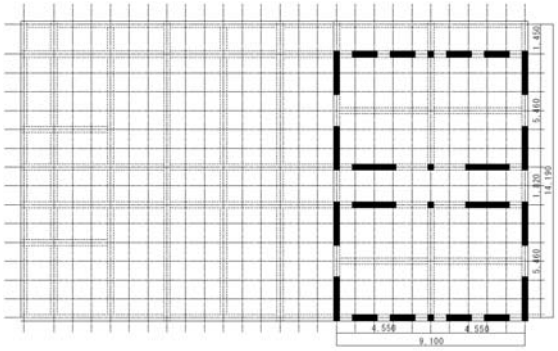


図 2-2. 2 階壁配置図

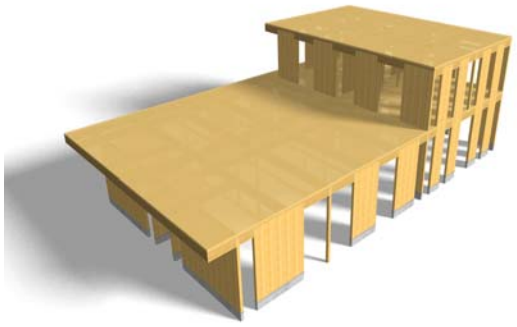


図 2-3. 構造パース

図 2-4. 内観パース

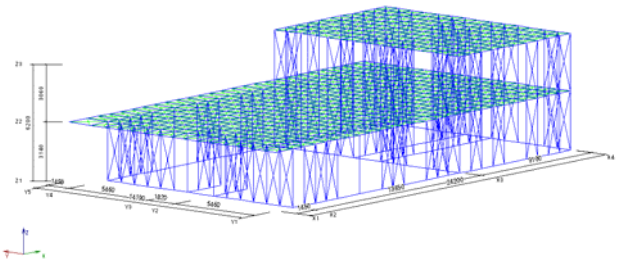


図 2-5. 解析パース

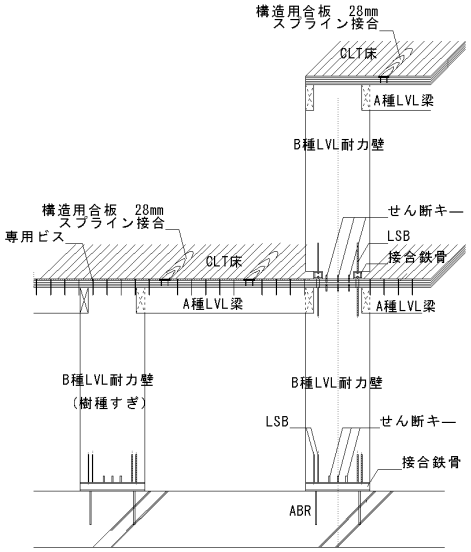


図 2-5. 構造用概要図

2.2 試験概要

本実証事業で行う試験は表 2-3 に示す。

表 2-3. 試験概要

試験項目	試験目的	
耐力壁試験	1，2 階耐力壁構造特性値の確認	・・・3 章
せん断キー試験	せん断キーの構造特性値の確認	・・・4 章
CLT 水平構面試験	CLT 水平構面構造特性値の確認	・・・5 章
ビスせん断試験	ビスの構造特性値の確認	・・・6 章

3　耐力壁試験

3.1 耐力壁試験計画

3.1.1 耐力壁の設計方針

LSB 接合による厚板耐力壁は脆性破壊するため靭性を持たせる必要がある。靭性確保のため耐力壁と基礎の接合に ABR を用いる。2 階耐力壁直下には 1 階耐力壁を配置させ、1-2 階の接合は CLT 床中に鋼管を入れ、鋼管部で圧縮、ABR で引張を伝達する接合方法とする。

3.1.2　2 階耐力壁(1－2 階接合部)の設計

2 階耐力壁脚部に使用する LSB の引張耐力はカラマツで、最大耐力(95%下限値)168.89kN である。今回使用するスギでの LSB の軸力はカラマツの結果に対して 0.8 を乗じた 135kN と想定した。LSB 破断前に ABR が降伏する事を狙い、降伏点上限での引抜耐力が 85.4kN の ABR490B M18 を 1 本用いる。余裕度は 135kN ÷85.4kN=1.58 倍である。

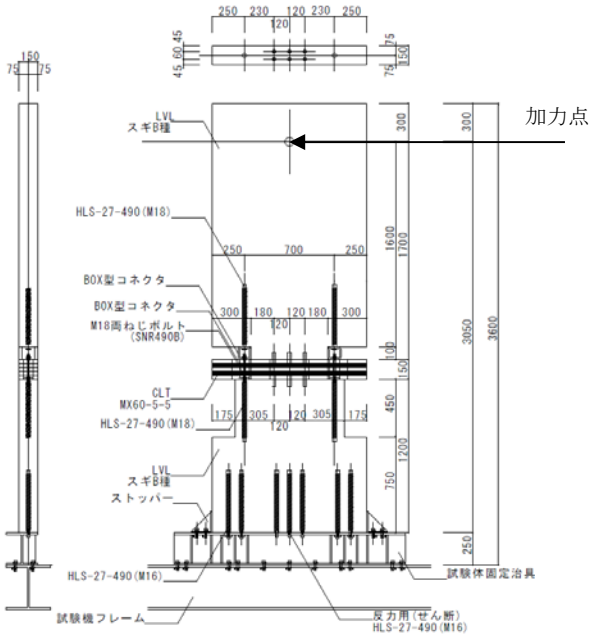


図 3-1.　2 階耐力壁試験体図

写真 3-1.　試験機及び試験体

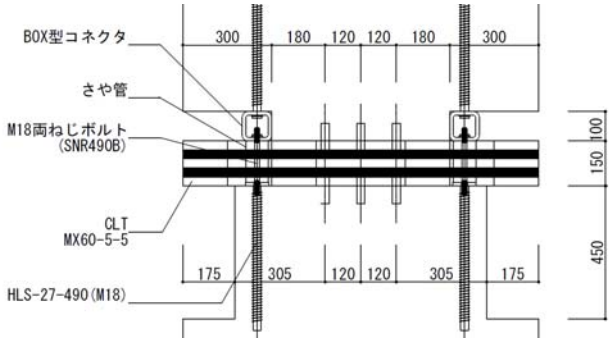


図 3-2.　1-2 階接合部詳細図

写真 3-2.　1-2 階接合部

表 3-1. 2 階耐力壁接合具仕様

	軸断面積	降伏点		引張強さ	
ABR490 B M18 1 本	192mm2	325N/mm^2 以上	445N/mm^2 以下	490N/mm^2 以上	610N/mm^2 以下
		62.4kN 以上	85.4kN 以下	94.1kN 以上	117.1kN 以下
LSB（HLS-27-490）	Pmax(95%下限値)				
	168.89kN	(※樹種カラマツ) LVL 協会資料より	⇒スギでの 想定耐力 ×0.8	135.1kN	

3.1.3 1 階耐力壁（1 階脚部接合部）の設計

1 階耐力壁脚部に使用する LSB の引張耐力はカラマツで、最大耐力(95%下限値)384.55kN である。スギの耐力は 0.8 を乗じた 307.64kN と想定した。ABR 先行降伏のため降伏点上限での引抜耐力が 236.6kN の ABR400B M24 を 2 本用いた。

余裕度は 307.64kN÷236.6kN=1.30 倍である。

表 3-2. 1 階耐力壁脚部接合具仕様

	軸断面積	降伏点		引張強さ	
ABR400 B M24 1 本	353mm^2	235N/mm^2 以上	335N/mm^2 以下	400N/mm^2 以上	510N/mm^2 以下
		83.0kN 以上	118.3kN 以下	141.2kN 以上	180.1kN 以下
ABR400 B M24 2 本	軸断面積	降伏点		引張強さ	
	706mm^2	235N/mm^2 以上	335N/mm^2 以下	400N/mm^2 以上	510N/mm^2 以下
		166.0kN 以上	236.6kN 以下	282.4kN 以上	360.0kN 以下
LSB（HLS-27-490） 2 本	Pmax(95%下限値)				
	384.55kN	(※樹種カラマツ) LVL 協会資料	⇒スギでの 想定耐力 ×0.8	307.64kN	

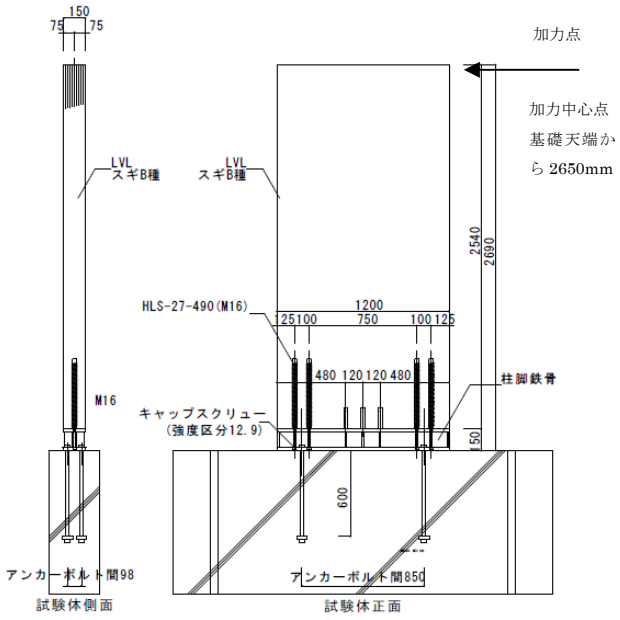


図 3-3. 1 階耐力壁試験体図

写真 3-3. 1 階耐力壁試験体

3.2　耐力壁試験方法

（１）正負交番繰り返し加力する。繰返しは見かけのせん断変形角が 1/450,1/300,1/200, 1/150,1/100,1/75,1/50rad 及び 1/30rad の正負変形角とする。

（２）繰返し加力は同一変形角で各 3 回とする。

（３）最大荷重に達した後、最大荷重の 80%の荷重に低下するまで又は見掛けのせん断変形角が 1/15rad 以上に達するまで加力する。なお、見掛けのせん断変形角が 1/15rad を超えても荷重が低下しない場合には、見掛けのせん断変形角 1/15rad を終局変形角とし、1/15rad 以内の最高荷重を最大荷重（Pmax）とする。

木造軸組工法住宅の許容応力度設計（2008 年版）　（財）日本住宅・木材技術センター記載の完全弾塑性モデルに則り、降伏耐力 Py，初期剛性 K，終局耐力 Pu 及び構造特性係数 Ds を求める。なお，ばらつき係数は，母集団の分布形を正規分布とみなし，統計的処理に基づく信頼水準 75%の 50%下側許容限界値をもとに次式より求める

ばらつき係数＝1-CV・k　　ここに，CV：変動係数、k：0.471（n=3）

3.3　試験結果及び考察

3.3.1　2 階耐力壁（1-2 階接合部試験）

壁単位長さあたりの基準耐力は 20.02kN/m であった。想定通り ABR の降伏が先行し靭性的な荷重変形曲線を描き Ds の平均は 0.24 となった。基準耐力は Py で決定しており、数値は ABR の降伏点から導き出される数値と概ね一致した。

計算値：ABR490B 降伏点 62.4kN（下限値）×ABR 間隔 700 ㎜÷試験体高さ 1750 ㎜=24.96kN

実験値：試験体の降伏耐力平均値 24.35kN

表 3-3-1．2 階耐力壁試験結果一覧①

	Pmax	Pu	Ds	K	2/3Pmax	Pu×0.2 /Ds	Py	P120	Po	Po/m
	kN	k N		$\times 10^3$ kN/rad	kN	kN	kN	kN	kN	kN/m
No 1	47.10	42.69	0.24	8.39	31.40	36.09	24.92	33.57		
No2	47.25	42.05	0.22	10.03	31.50	38.88	23.58	32.09		
No3	47.20	43.33	0.27	6.62	31.47	31.76	24.54	33.32		
平均	47.19	42.69	0.24	8.35	31.46	35.58	24.35	32.99		
標準偏差	0.08	0.64		1.71	0.05	3.58	0.69	0.79		
変動係数	0.00	0.01		0.20	0.00	0.10	0.03	0.02		
係数	0.47	0.47		0.47	0.47	0.47	0.47	0.47		
ばらつき係数	1.00	0.99		0.90	1.00	0.95	0.99	0.99		
基準耐力	47.15	42.39		7.54	31.43	33.89	24.02	32.62	24.02	20.02

表内：Pmax :最大耐力　Pu：終局耐力 Ds：構造特性係数　K：初期剛性　Py：降伏耐力 P120：1/120rad 時耐力
Po：基準耐力　Po/m　：単位長さあたりの基準耐力

表 3-3-2. 2 階耐力壁結果一覧②

	γy	γv	γu	μ
	×10^{-3} kN/rad	×10^{-3} kN/rad	×10^{-3} kN/rad	
No1	2.97	5.09	47.98	9.43
No2	2.35	4.19	46.90	11.18
No3	3.71	6.55	47.28	7.22
平均	3.01	5.28	47.38	9.28

表内　γy：:降伏変形角　γv：:降伏点変形角
　　γu：:終局変形角 μ:：塑性率

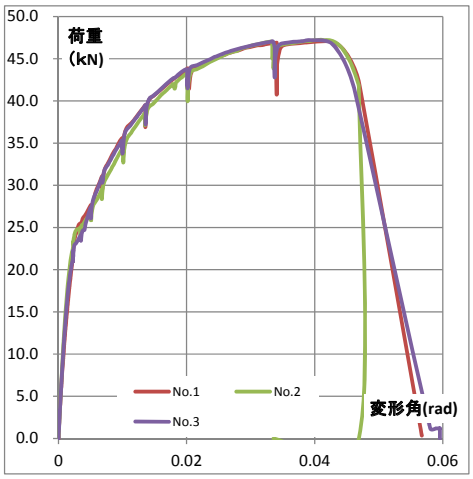


図 3-4. 2 階耐力壁荷重変形曲線

3.3.2 1 階耐力壁（1 階接合部試験）

試験体は 3 体用意したが、1 体目は試験中に基礎コンクリートの水平移動により試験途中で終了した。

2 体目は押し側 1/50rad のサイクルへ向かう途中で LSB の抜けが発生した。引き側では 1/35rad で LSB の抜けが発生した。120rad 時の荷重は 100kN と高い剛性であった。ABR が伸びきらずに脆性破壊を起こしてしまった原因は、①LSB の耐力が不足していた、②ミルシートより ABR の降伏点が上限値の付近であった、③回転中心距離の違いにより ABR よりも LSB の引張応力が大きい事が考えられる。

表 3-4-1. 1 階耐力壁試験結果一覧①(No2 試験体)

	Pmax	Pu	Ds	K	2/3Pmax	Pu×0.2/Ds	Py	P120	Po	Po/m
	kN	k N		×10^{3} kN/rad	kN	kN	kN	kN	kN	kN/m
No2　押し	97.36	96.55	0.61	11.83	64.91	31.74	76.10	94.33	31.74	26.45
No2　引き	116.76	107.04	0.38	14.69	77.84	56.80	76.50	100.19	56.80	47.34

表内：Pmax :最大耐力　Pu：終局耐力 Ds：構造特性係数　K：初期剛性　Py：降伏耐力 P120：1/120rad 時耐力
　　Po：基準耐力　Po/m　：単位長さあたりの基準耐力

表 3-4-2. 1 階耐力壁試験結果一覧②(No2 試験体)

	γy	γv	γu	μ
	×10^{-3} kN/rad	×10^{-3} kN/rad	×10^{-3} kN/rad	
No2　押し	6.43	8.16	15.11	1.85
No2　引き	5.21	7.29	29.29	4.02

表内　γy：:降伏変形角　γv：:降伏点変形角 γu：:終局変形角 μ:：塑性率

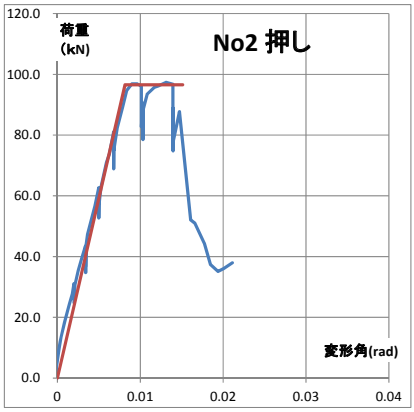


図 3-5.　1 階耐力壁 荷重変形曲線
(No2 押し)

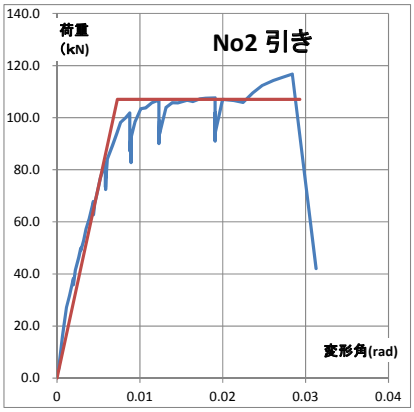


図 3-6.　1 階耐力壁 荷重変形曲線
(No2 引き)

2 体目の結果で ABR の先行破壊がみられなかったため、3 体目は ABR が先行破壊する参考データの取得として、片側 2 本配置した ABR のうち 1 本のナットを外し、ABR1 本のみ有効な状態で試験を行った。

ABR が伸びて 1/15rad を迎え荷重変位曲線は靭性的な履歴を示しているが完全弾塑性モデルのよる評価であると、降伏変形角が大きく Ds 値が 0.46 と靭性的と言えない。

表 3-5-1.　1 階耐力壁試験結果①(No3 試験体)

	Pmax	Pu	Ds	K	2/3Pmax	Pu×0.2/Ds	Py	P120	Po	Po/m
	kN	k N		$\times 10^3$ kN/rad	kN	kN	kN	kN	kN	kN/m
No3　引き	90.24	74.63	0.46	3.22	60.16	32.57	55.06	33.04	32.57	27.14

表内：Pmax :最大耐力　Pu：終局耐力 Ds：構造特性係数　K：初期剛性　Py：降伏耐力 P120：1/120rad 時耐力
Po：基準耐力　Po/m　：単位長さあたりの基準耐力

表 3-5-2.　1 階耐力壁試験結果②(No3 試験体)

	γy	γv	γu	μ
	$\times 10^{-3}$ kN/rad	$\times 10^{-3}$ kN/rad	$\times 10^{-3}$ kN/rad	
No3　引き	17.07	23.14	66.67	2.88

表内　γy：:降伏変形角　γv：:降伏点変形角
γu：:終局変形角 μ:：塑性率

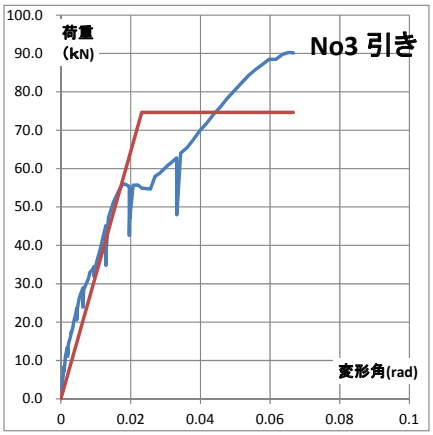


図 3-7.　1 階耐力壁 荷重変形曲線
(No3 引き)

3.4　今後の課題

計画段階では ABR400B の降伏耐力上限値 335N/mm² と LSB の最大耐力の比較により接合部の選定を行ったが、ABR を伸ばして設計する場合、ABR400B 引張強さ上限値 510N/mm² と LSB の最大耐力の比較により接合部の選定を行う必要がある。B 種 LVL スギでの LSB 接合耐力が想定していたよりも低く、LSB の先行破壊を起こしていたため、LSB 接合の耐力の向上が必要と考えられる。

4 せん断キーせん断試験

4.1 せん断キーせん断試験目的

1階耐力壁及び2階耐力壁で発生したせん断力を下部構造へ伝達させる手法としてせん断キーを設けるため、試験によりせん断性能を確認する。

4.2 せん断キーせん断試験方法

加力は一方向静加力とし、降伏耐力は 0.1Pmax と 0.4Pmax を結んだ直線と、0.4Pmax と 0.9Pmax を結んだ勾配で荷重変形曲線に接する直線の交点とする。変位は主材と側材の相対変位 25 ㎜までの評価とし、降伏耐力、最大耐力、終局耐力は信頼性水準 75%の 95%下限許容限界値、剛性は信頼性水準 75%の 50%下限許容限界値、変位は平均値を求める。試験は 6 体行ったが、主材が鉄骨の試験体は評価を 3 体とした。

表 4-1. 試験体各部の仕様

主材	側材	せん断キー	接合箇所
CLT　Mx60　5－5　t=150	B 種 LVL スギ t=150	φ27　L=120　片側 6 本	耐力壁-CLT 床
鉄骨	B 種 LVL スギ t=150	φ27　L=150　片側 6 本	1 階耐力壁-鉄骨

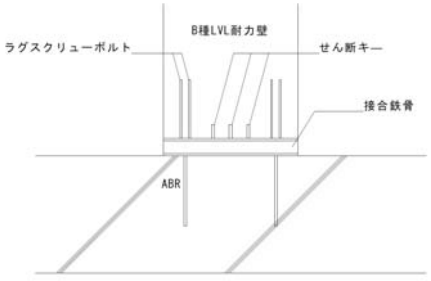


図 4-1. 1 階耐力壁脚部せん断キー

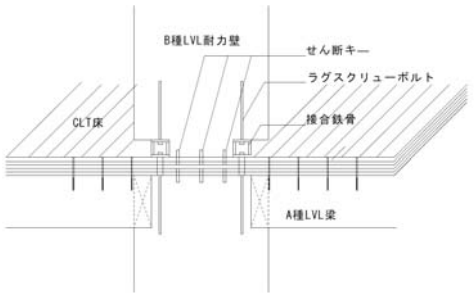


図 4-2. 1－2 階接合部せん断キー

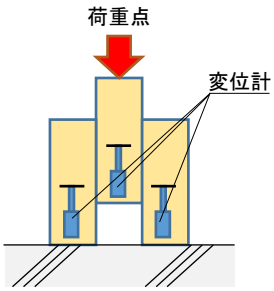


図 4-3. 試験概略図

写真 4-1. 試験機及び試験体

4.3 試験結果と考察

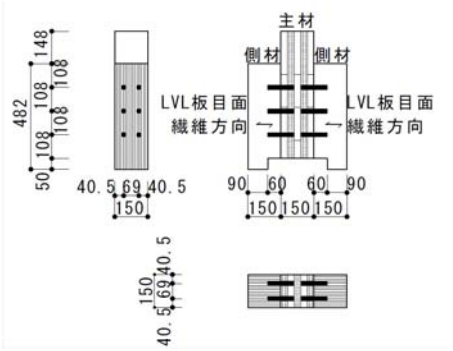
①1-2 階耐力壁のせん断キーの試験結果は降伏耐力 33.8kN 、最大耐力 56.64kN であった。

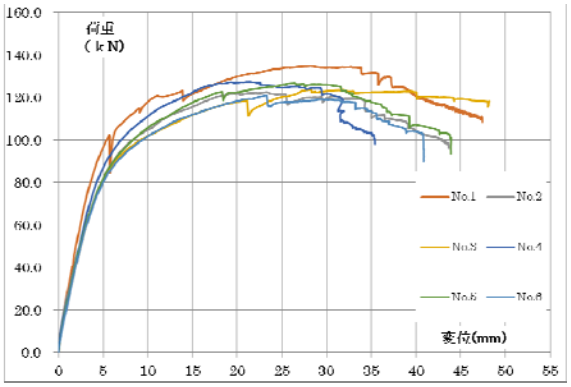
②鉄骨と耐力壁のせん断キー試験は降伏耐力 42kN 最大耐力 89.93kN であった。

③せん断キーとしての必要性能は満足したが施工性、経済性の面からせん断キーは再考が必要であった。

試験結果の表に示す記号はそれぞれ P_{max} :最大耐力　δ_{pmax}　：最大荷重時変位　K：初期剛性　Py：降伏耐力　Pu：終局耐力　δu：終局変位

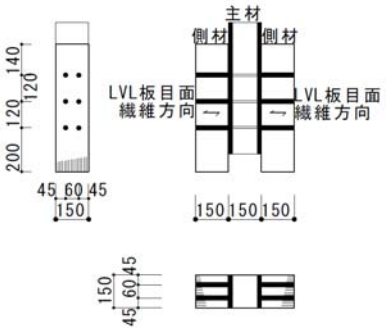
4.3.1 主材 CLT 側材 B 種 LVL　試験結果

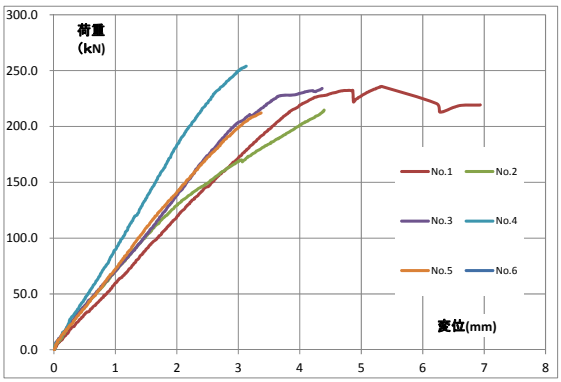




	P_{max}	δ_{pmax}	K	Py	δy	Pu	δu
	kN	mm	kN/mm	kN	mm	kN	mm
平均	125.07	23.75	18.18	77.59	3.76	115.51	24.97
標準偏差	5.04		1.67	4.26		4.95	
変動係数	0.04		0.09	0.05		0.04	
係数	2.336		0.297	2.336		2.336	
ばらつき係数	0.91		0.97	0.87		0.90	
短期基準耐力	113.28		17.68	67.64		103.94	
片側 6 本当たり	56.64		4.42	33.82		51.97	

4.3.2 主材鉄骨 側材 B 種 LVL　試験結果





	P_{max}	δ_{pmax}	K	Py	δy	Pu	δu
	kN	mm	kN/mm	kN	mm	kN	mm
平均	220.87	4.37	64.72	139.25	2.12	210.83	4.90
標準偏差	13.01		5.21	17.43		20.61	
変動係数	0.06		0.08	0.13		0.10	
係数	3.152		0.471	3.152		3.152	
ばらつき係数	0.81		0.96	0.61		0.69	
短期基準耐力	179.85		62.26	84.32		145.86	
片側 6 本当たり	89.93		15.57	42.16		72.93	

5.　CLT 床水平構面試験

5.1　CLT 床水平構面試験内容

CLT を水平構面の許容せん断力を把握するため､幅 3m､高さ 3m の梁組上に CLT を長尺ビスにより打ち込み試験を行った。

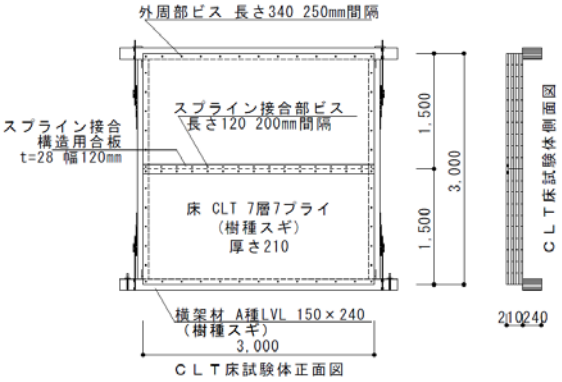


図 5-1. 試験概略図

表 5-１. 試験体各部の仕様

床	Mx60　7-7(異等級構成直交集成板 7 層 7 プライ)厚さ=210mm（樹種スギ）
梁	JAS　A 種単板積層材特級 60E-225F 150mm×240mm(樹種スギ)
外周部ビス	WRUTH 社 ASSY3　長さ 340mm　山径 8mm　250mm 間隔
スプライン接合部	針葉樹構造用合板特類 2 級　t=28 幅 120mm
スプライン接合ビス	WRUTH 社 ASSY3　長さ 120 山径 8mm　200mm 間隔

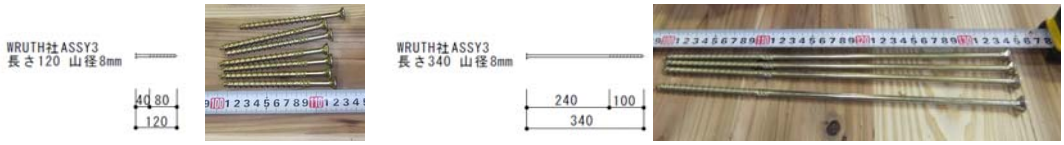


写真 5-1. 長尺ビス

5.2 CLT 床水平構面試験方法

写真 5-2. 試験機及び試験体

（(１）正負交番繰り返し加力とする。繰返しは見かけのせん断変形角が 1/450,1/300,1/200 , 1/150,1/100,1/75,1/50rad 及び 1/30rad の正負変形角とする。

（２)繰返し加力は同一変形角で各 3 回とする。

（３）最大荷重に達した後，最大荷重の 80%の荷重に低下するまで又は見掛けのせん断変形角が 1/15rad 以上に達するまで加力とする。なお，見掛けのせん断変形角が 1/15rad を超えても荷重が低下しない場合には，見掛けのせん断変形角 1/15rad を終局変形角とし，1/15rad 以内の最高荷重を最大荷重（Pmax）とする。

木造軸組工法住宅の許容応力度設計（2008 年版）　（財）日本住宅・木材技術センター記載の完全弾塑性モデルに則り、降伏耐力 Py，初期剛性 K，終局耐力 Pu 及び構造特性係数Ｄｓを求める。なお，ばらつき係数は，母集団の分布形を正規分布とみなし，統計的処理に基づく信頼水準 75%の 50%下側許容限界値をもとに次式より求めた

ばらつき係数＝1-CV・k　　ここに，CV：変動係数，k：0.471（n=3）

5.3 CLT 床水平構面試験結果

長尺ビスの曲げ性能が高く、高い靭性性能を示した結果となった。基準耐力は長さあたり 15.78kN（床倍率換算 8 倍程度）となった。

表 5-2-1. CLT 床水平構面試験結果一覧①

	Pmax	Pu	Ds	K	2/3Pmax	Pu*0.2/Ds	Py	P120	Po	Po/m
	kN	kN		$\times 10^3$ kN/rad	kN	kN	kN	kN	kN	kN/m
No1	110.25	95.00	0.40	5.25	73.50	47.50	61.10	51.70		
No2	118.65	100.80	0.40	5.37	79.10	50.40	63.50	53.50		
No3	118.05	100.70	0.43	4.85	78.70	46.80	63.80	49.90		
平均	115.65	98.83	0.41	5.16	77.10	48.23	62.80	51.70		
標準偏差	4.69	3.32		0.27	3.12	1.91	1.48	1.80		
変動係数	0.04	0.03		0.05	0.04	0.04	0.02	0.03		
係数	3.15	3.15		0.47	0.47	0.47	0.47	0.47		
ばらつき係数	0.87	0.89		0.98	0.98	0.98	0.99	0.98		
基準耐力	100.88	88.37		5.03	75.63	47.33	62.10	50.85	47.33	15.78

表内：Pmax :最大耐力　Pu：終局耐力 Ds：構造特性係数　K：初期剛性　Py：降伏耐力 P120：1/120rad 時耐力
Po：基準耐力　Po/m　：単位長さあたりの基準耐力

表 5-2-2. CLT 床水平構面試験結果一覧②

	γy	γv	γu	μ
	$\times 10^{-3}$ kN/rad	$\times 10^{-3}$ kN/rad	$\times 10^{-3}$ kN/rad	
No1	11.64	18.12	66.67	3.68
No2	11.83	18.78	66.67	3.55
No3	13.16	20.78	66.67	3.21
平均	12.21	19.23	66.67	3.48

表内　γy：:降伏変形角　γv：:降伏点変形角
γu：:終局変形角 μ:：塑性率

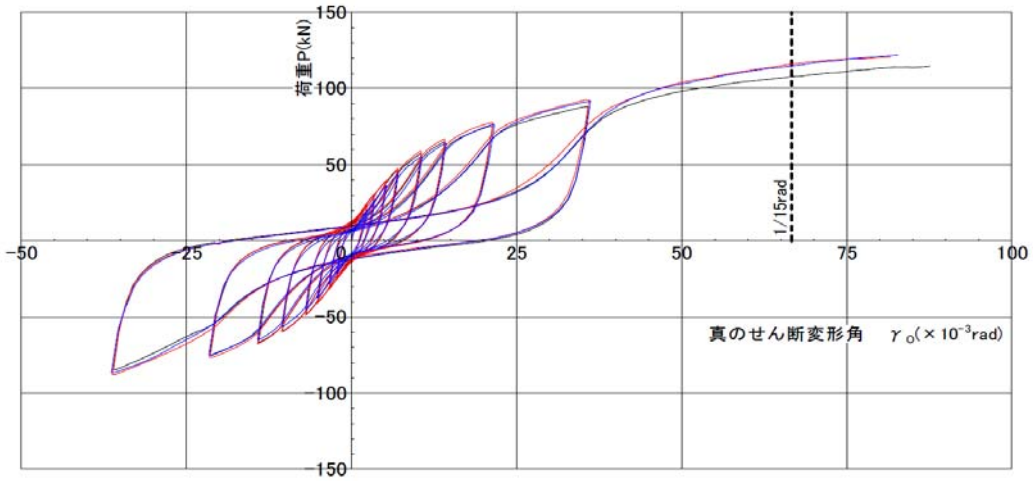


図 5-2. CLT 床水平構面試験 荷重変形曲線

6 ビスせん断試験

6.1 ビスせん断試験目的

ビスせん断試験により、①CLT 厚さが 150 ㎜と 210 ㎜で主材に打ち込まれる深さが同一時の耐力、②LVL 耐力壁上に打たれるビスのせん断耐力、③スプライン接合の耐力を把握し、CLT 水平構面耐力算定のデータとする。

6.2 ビスせん断試験

加力は一方向静加力とし、降伏耐力は 0.1Pmax と 0.4Pmax を結んだ直線と、0.4Pmax と 0.9Pmax を結んだ勾配で荷重変形曲線に接する直線との交点とする。変位は主材と側材の相対変位 25 ㎜までの評価とし、降伏耐力、最大耐力、終局耐力は信頼性水準 75%の 95%下限許容限界値(k=2.336)を、剛性は信頼性水 75%の 50%下限許容限界値(k=0.297)を、変位は平均値を求める。

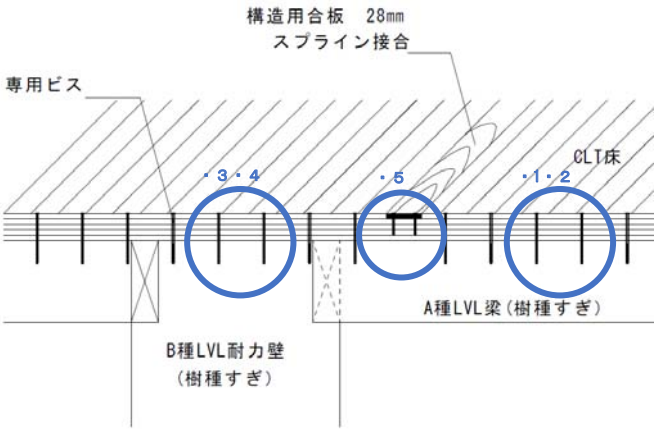


図 6-1. せん断試験の位置

※図の№は表 6-1 の№を示す

表 6-1　ビスせん断試験使用部材一覧

№	主材	側材	ビス	接合箇所
1	A 種 LVL　スギ　t=150	CLTMx60　5－5　t=150	山径 8mm-長さ 280mm	LVL 梁-CLT 床
2	A 種 LVL　スギ　t=150	CLTMx60　7－7　t=210	山径 8mm-長さ 340mm	LVL 梁-CLT 床
3	B 種 LVL　スギ　t=150	CLTMx60　5－5　t=150	山径 8mm-長さ 280mm	LVL 耐力壁-CLT 床
4	B 種 LVL　スギ　t=150	CLTMx60　7－7　t=210	山径 8mm-長さ 340mm	LVL 耐力壁-CLT 床
5	CLTMx60　5－5　t=150	構造用合板 28mm	山径 8mm-長さ 120mm	CLT 床スプライン接合

※側材が CLT においては主材に打ち込まれる深さが同一となるビスの選定を行った。

6.3 試験結果及び考察

①主材 B 種 LVL に比べ A 種 LVL が高い数値を示した。

②主材へ打ち込まれるビスの長さが同じ場合、強度の違いは見られなかったため、CLT 水平構面の性能は同等であることが確認できた。

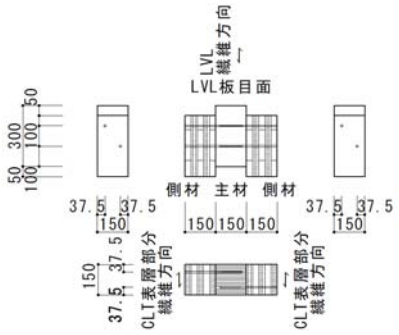
試験結果の表に示す記号はそれぞれ P_{max} :最大耐力　δ_{pmax} ：最大荷重時変位　K：初期剛性　Py：降伏耐力　Pu：終局耐力　δu：終局変位

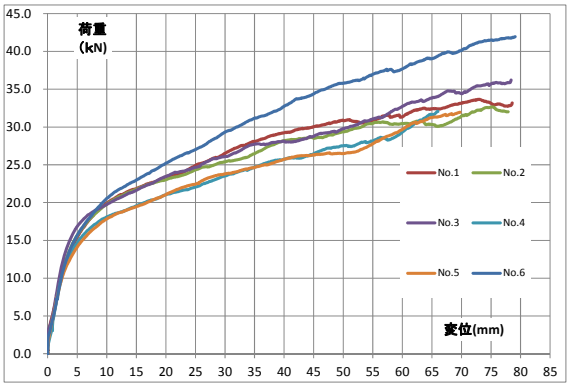
表 6-2　ビスせん断試験結果一覧

主材	側材	Pmax	δpmax	K	Py	δy	Pu	δu
		kN	mm	kN/mm	kN	mm	kN	mm
A 種 LVL　スギ　t=150	CLTMx60　5－5 t=150	5.01	24.95	0.82	3.05	3.41	4.50	24.95
A 種 LVL　スギ　t=150	CLTMx60　7－7 t=210	5.17	24.88	0.77	2.99	3.32	4.59	24.88
B 種 LVL　スギ　t=150	CLTMx60　5－5 t=150	4.65	24.93	0.77	2.39	3.21	3.99	24.95
B 種 LVL　スギ　t=150	CLTMx60　7－7 t=210	4.47	24.94	0.64	2.27	3.50	3.85	24.94
CLTMx60　7－7 t=150	構造用合板 28 ㎜	5.06	24.95	0.82	2.76	3.17	4.16	24.99

6.4　試験データ

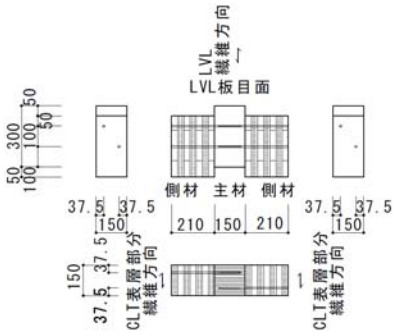
6.4.1 主材 A 種 LVL 側材 CLT　t＝150　試験結果

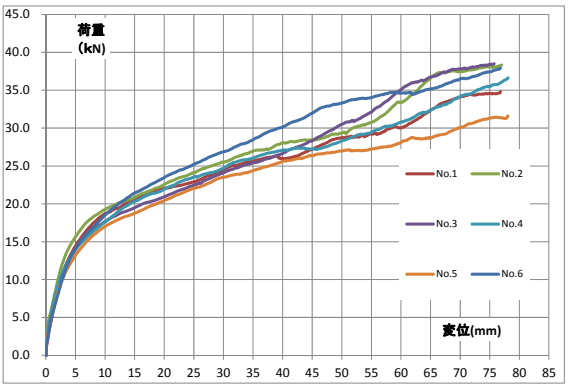




	Pmax	δpmax	K	Py	δy	Pu	δu
	kN	mm	kN/mm	kN	mm	kN	mm
平均	24.22	24.95	3.38	14.45	3.41	21.41	24.95
標準偏差	1.79		0.27	0.95		1.47	
変動係数	0.07		0.08	0.07		0.07	
係数	2.336		0.297	2.336		2.336	
ばらつき係数	0.83		0.98	0.85		0.84	
基準耐力	20.03		3.30	12.22		17.98	
1 本当たり	5.01		0.82	3.05		4.50	

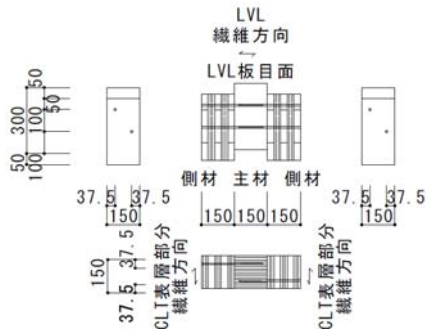
6.4.2 主材 A 種 LVL 側材 CLT　t＝210　試験結果

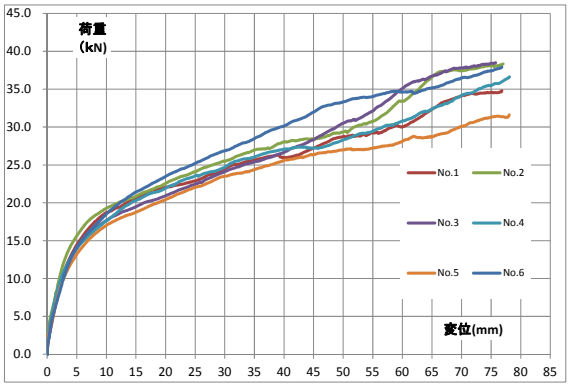




	Pmax	δpmax	K	Py	δy	Pu	δu
	kN	mm	kN/mm	kN	mm	kN	mm
平均	23.39	24.88	3.15	13.48	3.32	20.46	24.88
標準偏差	1.16		0.27	0.64		0.89	
変動係数	0.05		0.09	0.05		0.04	
係数	2.336		0.297	2.336		2.336	
ばらつき係数	0.88		0.97	0.89		0.90	
基準耐力	20.67		3.07	11.97		18.37	
1 本当たり	5.17		0.77	2.99		4.59	

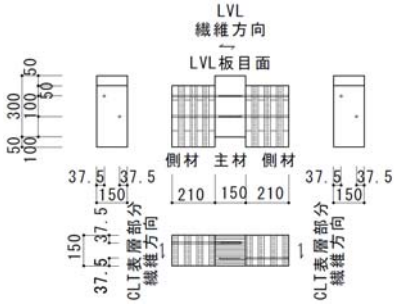
6.4.3　主材 B 種 LVL 側材 CLT　t＝150　試験結果

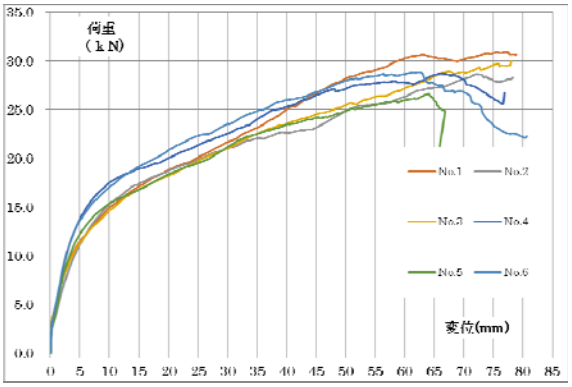




	Pmax	δpmax	K	Py	δy	Pu	δu
	kN	mm	kN/mm	kN	mm	kN	mm
平均	23.18	24.93	3.29	13.69	3.21	20.33	24.95
標準偏差	1.95		0.66	1.76		1.88	
変動係数	0.08		0.20	0.13		0.09	
係数	2.336		0.297	2.336		2.336	
ばらつき係数	0.80		0.94	0.70		0.78	
基準耐力	18.62		3.10	9.58		15.94	
1 本当たり	4.65		0.77	2.39		3.99	

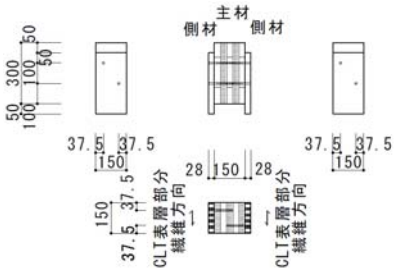
6.4.4　主材 B 種 LVL 側材 CLT　t＝210　試験結果

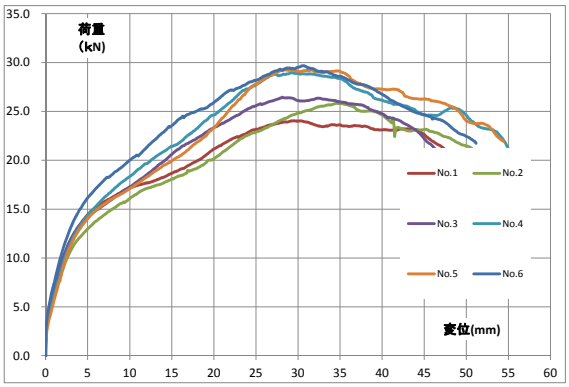




	Pmax	δpmax	K	Py	δy	Pu	δu
	kN	mm	kN/mm	kN	mm	kN	mm
平均	20.47	24.94	2.65	11.66	3.50	17.93	24.94
標準偏差	1.11		0.29	1.10		1.08	
変動係数	0.05		0.11	0.09		0.06	
係数	2.336		0.297	2.336		2.336	
ばらつき係数	0.87		0.97	0.78		0.86	
基準耐力	17.89		2.57	9.09		15.41	
1 本当たり	4.47		0.64	2.27		3.85	

6.4.5　主材 CLT t=150 側材構造用合板　試験結果





	Pmax	δpmax	K	Py	δy	Pu	δu
	kN	mm	kN/mm	kN	mm	kN	mm
平均	25.89	24.95	3.36	13.19	3.17	20.89	24.99
標準偏差	2.41		0.30	0.92		1.81	
変動係数	0.09		0.09	0.07		0.09	
係数	2.336		0.297	2.336		2.336	
ばらつき係数	0.78		0.97	0.84		0.80	
基準耐力	20.26		3.27	11.05		16.66	
1 本当たり	5.06		0.82	2.76		4.16	

7 立体解析

7.1 立体解析概要

7.1.1 立体解析モデル作成

立体解析するために、耐力壁試験結果と要素試験結果からの要素モデルとを確認したうえで、ブレース置換する必要がある。

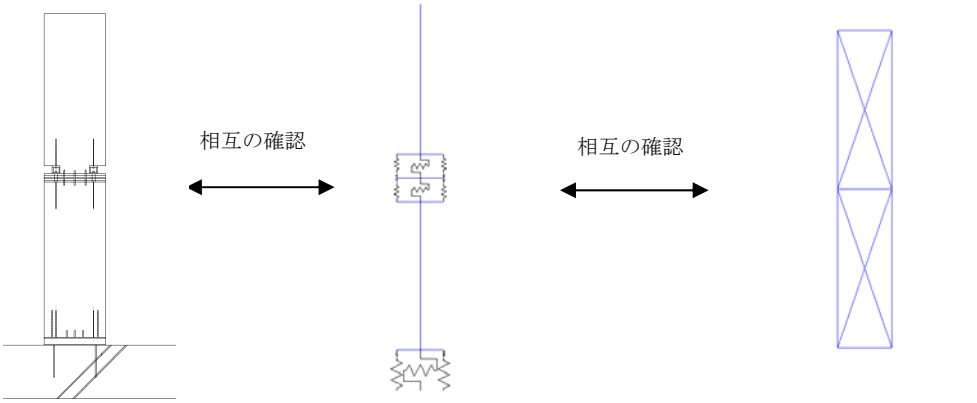


図 7-1　解析モデルの確認手法

しかし、耐力壁試験で計測した変位計測結果と設計式より算出した変形に大きな差が生じたため、壁要素モデルと耐力壁試験の整合がとれず、耐力壁試験結果及び設計式の更なる分析が必要となった。具体的には ABR の降伏変位、1 階耐力壁の鉄骨と基礎の回転中心距離、B 種 LVL と鉄骨の回転中心距離の分析が必要である。今回は耐力壁試験、CLT 水平構面せん断試験で得られた完全弾塑性モデルからブレース置換し、耐力壁配置及び空間構成の確認のため立体解析を行った。1 階耐力壁のブレース置換は脆性的に破壊した No2 押しのデータを用いた。壁モデルを作成する上で耐力壁試験と解析上の壁モデルと高さ、幅が異なるため、耐力壁試験結果から高さ比、幅比で耐力を低減させモデル化した。

表 7-1　耐力壁の寸法及び低減率

	試験体寸法			解析モデル		高さ比低減	幅比低減	解析に用いた低減
	高さ	幅		高さ	幅			
2 階耐力壁	1850mm	1200mm	⇒	3060mm	910mm	0.60	0.76	0.46
1 階耐力壁	2650mm	1200mm	⇒	3140mm	910mm	0.84	0.76	0.64

表 7-2　解析壁モデルの許容せん断耐力

許容せん断力の低減	試験結果		壁モデル
2 階耐力壁	24.02kN	⇒	11.01
1 階耐力壁	31.74kN	⇒	20.31

7.1.2 建物モデル

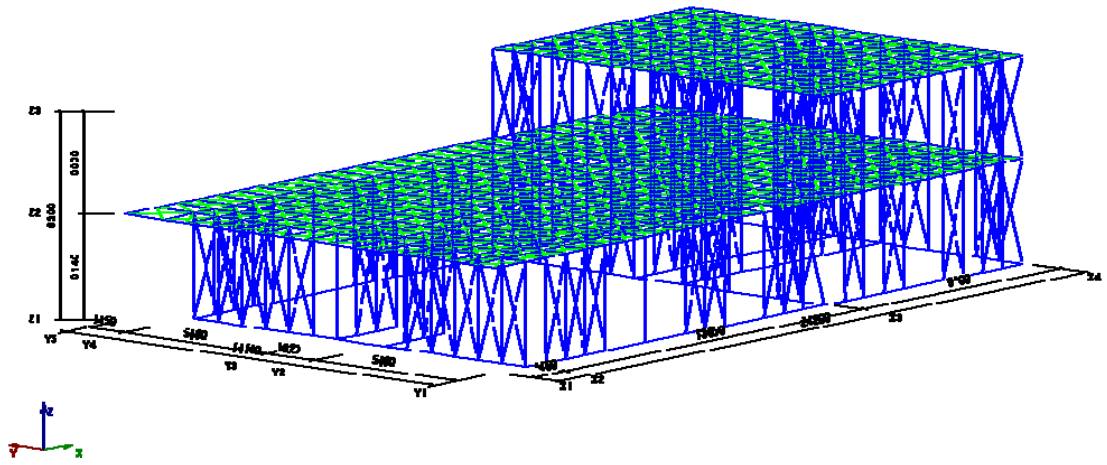


図 7-2　立体解析モデル

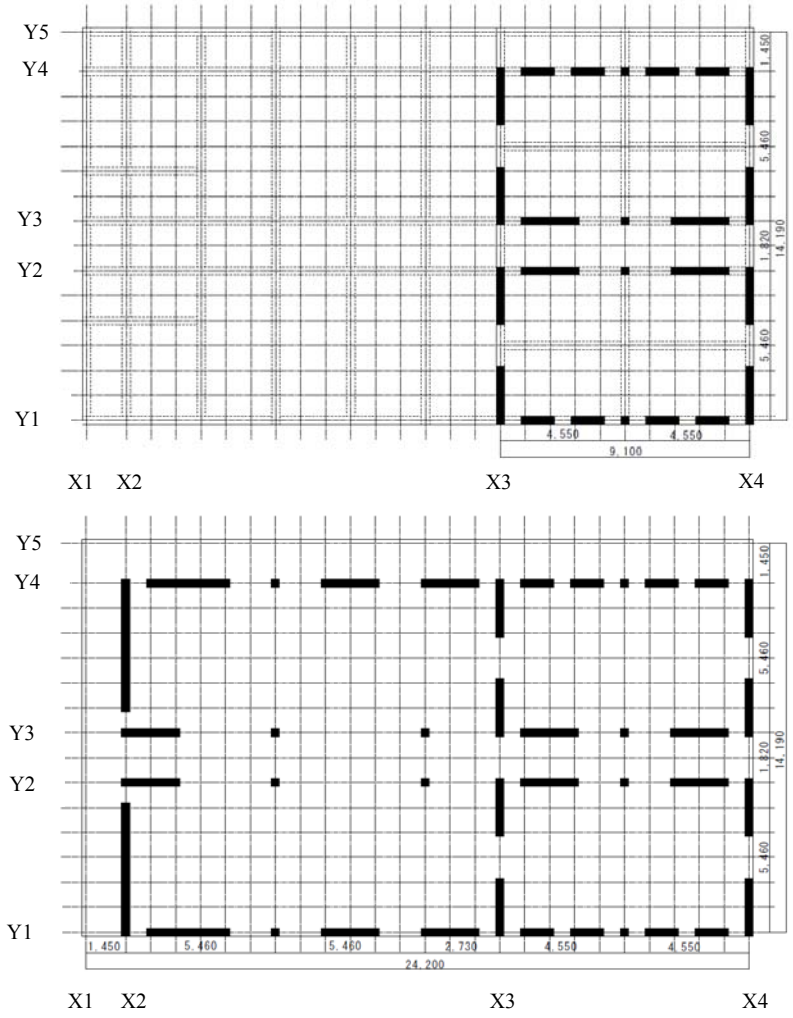


図 7-3　解析モデルの壁配置図

（上：2 階　下：1 階）

7.1.3 入力せん断力の設定

モデル建物は低層マッシヴホルツの為、地震力が卓越するので入力せん断力として建築基準法施行令 88 条に則り地震力を算定する。なお、多雪 1.0m 地域のため、地震力算定時には積雪による荷重を加算する。

$Pi = Qi - Q(i+1)$

$Qi = Ci \times \Sigma Wi$

Pi :i 層の入力せん断力

Qi :i 層地震力

Ci :地震層せん断力係数

ΣWi :最上部から当該階までの全重量

$Ci = Z \cdot Rt \cdot Ai \cdot Co$

Z :地域係数　　Z = 1.0

Rt :振動特性係数　　Rt= 1.0

Ai :地震層せん断力係数の分布係数

$Ai = 1 + (1/\sqrt{\alpha i} - \alpha i) \times 2T/(1+3T)$

$T = h \times 0.030$　　$h = (6.50+7.50)/2 = 7.0$ (m)　　$T = 0.210$ (sec)

αi ＝最上部から当該階までの重量の和／地上部の全重量

Co :標準せん断力係数　　Co = 0.20

表 7-3　入力せん断力の算出

階	Wi (kN)	ΣWi (kN)	αi	Ai	Ci	Qi (kN)	***Pi (kN)***
2	435.14	435.14	0.286	1.407	0.28	122.53	***122.53***
1	1085.12	1520.26	1.000	1.000	0.20	304.06	***181.53***

7.2 立体解析結果及び考察

表 7-3 により求めたせん断力(Pi)を 910mm グリットに振り分けた節点に等分割して加力し、表 7-4 及び 7-5 の解析結果が得られた。層間変形角の最大は 1 階で 1/403rad. 2 階で 1/408rad. であった。　3 章で示した耐力壁試験の許容せん断耐力時の変形角は小さいため、建物全体の解析を行ったとき変形角は小さくなった。多雪 1m 地域においても図 7-3 程度の壁配置で空間が構成できた。

表 7-4　解析結果

	1 階					2 階				
	層間変形 mm	層間変形角	最大応力 kN	許容耐力 kN	応力検定比	層間変形 mm	層間変形角	最大応力 kN	許容耐力 kN	応力検定比
X2 通	2.9	1/ 1083	12.56	36.64	0.34				19.47	
X3 通	7.8	1/ 403	33.7		0.92	7	1/ 437	15.41		0.79
X4 通	6.4	1/ 491	27.91		0.76	7.5	1/ 408	16.42		0.84
Y1 通	3.7	1/ 849	16.07	36.64	0.44	3.9	1/ 785	16.97	19.47	0.87
Y2 通	5.1	1/ 616	22.28		0.61	3.6	1/ 850	15.85		0.81
Y3 通	5.1	1/ 616	22.28		0.61	3.6	1/ 850	15.85		0.81
Y4 通	3.7	1/ 849	16.07		0.44	3.9	1/ 785	16.97		0.87

8 全体考察

試験考察、解析考察を下記に示す。

① 1 階耐力壁の接合部は LSB の耐力が想定していたよりも低く、ABR が伸びきる前に LSB の破壊が生じた。ABR を接合して靭性を持たせる耐力壁にする場合、降伏耐力の確認だけではなく、LSB の最大耐力が、ABR の引張強さ上限値を上回る事の確認が必要である。

② 2 階耐力壁は想定通り ABR 先行降伏して靭性に富んだ耐力壁となった。

③ 耐力壁のせん断耐力が大きくなるとせん断伝達の方法が大きな課題となる。今回の耐力へ試験においてはせん断キーの端距離・縁距離が規定を満たさないため試験を行った。しかし、多数のせん断キーは加工精度が要求されるため、せん断伝達の方法も再検討する必要がある。

④ CLT に長尺ビスを用いる事で水平構面にて十分な耐力を有していることが明確になった。今回は床梁の間隔が 3m であったが、今後床梁間隔が 6m での水平構面試験が行われ、十分な水平耐力を有している事が明確になれば、CLT を床として使用する事の価値が向上すると考えられる。

⑤ 立体解析と耐力壁試験の分析に課題が残っているが、耐力壁試験と解析結果より B 種 LVL 耐力壁と CLT 水平構面で平面的に大空間の建築物が計画可能であることが確認でき、木造の新たな可能性が見いだせた。

4. 工事費等内訳

事業名		ウッドワンショールームのマッシヴホルツの設計実証 （解析実証）
実施者もしくは担当者（実施者が個人の場合）		株式会社　ウッドワン
共通仮設費		
建築工事	直接仮設工事	
	土工事	
	コンクリート工事	
	型枠工事	
	鉄筋工事	
	鉄骨工事	
	組積工事	
	防水工事	
	タイル工事	
	木工事	
	屋根及び樋工事	
	金属工事	
	左官工事	
	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		0
別途工事費	外構工事	
	解体撤去工事	
	ボーリング	
	設計	
	大臣認定	
	確認申請	
その他（内容を記載・必要ならセルの追加）		
基礎工事		8,000,000
構造材費用		40,000,000
小計②		48,000,000
合計（①＋②）		48,000,000

注：平成27年度は主に部材性能試験費のみ支出。実施設計未完成のため工事費の概算記載不可。