

2.5 高知県林業活性化推進協議会（（一社）高知県中小建築業協会）

1. 建築物の仕様一覧

事業名		高知県版CLT「ゆかばい90」仕様木造住宅新築工事		
実施者（担当者）		一般社団法人 高知県中小建築業協会 立道 和男		
建築物の概要	用途	住宅		
	建設地	高知県高岡郡佐川町		
	構造・工法	木造軸組工法+CLT床（剛床）		
	階数	2		
	高さ（m）	8.34m		
	軒高（m）	6.50m		
	敷地面積（㎡）	100.00㎡		
	建築面積（㎡）	68.31㎡		
	延べ面積（㎡）	120.07㎡		
	階別面積	1階	66.66㎡	
	2階	53.41㎡		
	3階			
CLTの仕様	CLT採用部位		2階 床パネル	
	CLT使用量（㎥）		加工前製品量 6.80㎥、加工後建築物使用料 5.89㎥	
	壁パネル	寸法		
		ラミナ構成		
		強度区分		
		樹種		
	床パネル	寸法	90mm厚	
		ラミナ構成	3層3プライ	
		強度区分	M x 60A相当	
		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	カラーベストコロニアル葺	
		外壁	窯業系サイディング貼	
		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	木造在来軸組 PB12.5mm両面	
		床	2階床CLT90mm+12mm杉FL、1階杉FL15+合板12+スタイロフォーム40mm	
		天井	1階天井CLT見出し、2階天井PB9.5mmクロス仕上	
構造	構造計算ルート		性能評価 耐震等級2	
	接合方法		在来継手・仕口他	
	最大スパン		3.64m	
	問題点・課題とその解決策		2階床パネル取付ビスとパネル連結ビス施工に一定時間がかかる。床施工後の上階用柱ほぞ金物の設置位置出しの手間がかかる。可能な限りの大判の活用と、ほぞ金物をプレカットで加工しておくことで解決可	
耐火	防火上の地域区分		法22条 地域	
	耐火建築物等の要件		無	
	本建築物の耐火仕様		不燃仕様	
	問題点・課題とその解決策		特に無し	
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		一般住宅のため、特に問題は考えていない。	
	建て方における課題と解決策		4tトラッククレーンでの施工で端部パネルの吊込の懸念。	
	劣化対策		バルコニー部の雨仕舞処理と耐久を検討する。	
工程	設計期間		H28.11月～H29.8月	
	施工期間		H29.9月～H29.12月	
	CLT躯体施工期間		H29.10月～H29.11月	
	竣工（予定）年月日		H29.12月 予定	
体制	発注者		一般社団法人 高知県中小建築業協会	
	設計者（複数の場合はそれぞれ役割を記載）		あーとらいふSUN設計（意匠）、ホームデザイン設計（設備）	
	構造設計者		㈱日本システム設計	
	施工者		山和木材株式会社	
	CLT供給者		山佐木材株式会社	
ラミナ供給者		池川木材工業株式会社		

事業名： 高知版CLT「ゆかばい90」設計・性能実証事業

実施者または担当者： 一般社団法人 高知県中小建築業協会 立道和男

1. 実証した建築物の概要（検証予定建物）

用途	住宅			
建設地	高知県高岡郡佐川町			
構造・工法	木造・在来軸組工法			
階数	2階			
高さ（m）	8.34m	軒高（m）	6.50m	
敷地面積（㎡）	100.00㎡	建築面積（㎡）	68.31㎡	
階別面積	1階	66.66㎡	延べ面積（㎡）	120.07㎡
	2階	53.41㎡		
CLT採用部位	2階 床			
CLT使用量（m ³ ）	5.89m ³			
CLTの仕様	（部位）	（寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種）		
	床	90mm厚/3層3プライ/Mx60A/スギ		
設計期間	H28.11月～H29.4月			
施工期間	H29.9月～H29.12月予定			
CLT躯体施工期間	—			
竣工（予定）年月日	H29.12末予定			

2. 当該建築物における実証内容

木造住宅における、2階床等剛床パネルとしてCLTを使用するため、当該住宅の上部構造の構造躯体が水平力に対して安全であることを示すべく、水平剛性床倍率の証明を行う必要がある。本事業では木造住宅の2階床CLT剛床パネルの面内性能について、剛性・耐力を「木造軸組工法住宅の許容応力設計」に示される詳細計算法を援用して予測し、実証モデルを用いた構面実験によってこれを確認する。

使用するビス要素試験の結果を元に、構面実験において床倍率の確定とその倍率を利用した運用を実証し、一般木造住宅における品確法耐震等級2・3取得のための水平剛性にCLTのメリットを大いに活用し、少量ではあるが多くの需要に繋げることで相当量の使用を見込む。

3. 実施体制

【申請者】

（社）高知県中小建築業協会：申請事務取りまとめ、進行管理 担当：立道

【協力者】

(株) 日本システム設計：構造設計 担当：河尻

(株) アルセッド建築研究所：意匠設計 担当：大倉、埜

山佐木材 (株)：CLT 等部材供給

高知県森林技術センター：ビス要素試験実施

建材試験センター：構面実験 試験実施

4. 実証方法と実施工程

実施強度設計等の準備は日本システム設計、アルセッド建築設計事務所、高知県中小建築業協会設計チームが担当する。CLT は山佐木材より購入する。部材寸法を 4 種類に分けて検討を行い、最適仕様について検討する。高知県林業活性化推進協議会は、これらの事務局機能を担うとともに、普及啓発事業の実施及び供給体制構築を担当する。

<実施試験準備>

5 月～ 8 月：予測床倍率を得るための部材検討・試験準備計画

9 月～10 月：高知県森林技術センターにてビス要素試験の実施

11 月～1 月：ビス要素試験結果からの目標床倍率取得のための試験体・実験方法の検討

<構面試験の実施>

2 月～3 月：山口県の建材試験センターにて強度試験を実施

<結果からの成果活用>

4 月～6 月：日本システム設計・アルセッド建築設計事務所、高知県中小建築業協会設計チームにてマニュアルを作成

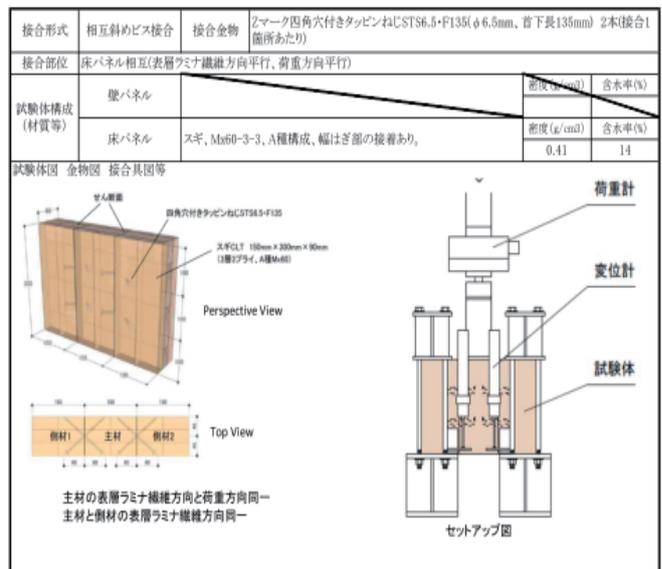
<普及・啓発>

6 月から：試験結果を元に作成したマニュアル・カタログによる普及啓発を展開する

5. 得られた実証データ等の詳細

- 1.ビス要素試験結果の抜粋資料
2. 試験結果からの解析的検討

- 1.ビス要素試験結果 (右図)



評価モデル	項目	試験体番号										平均値	標準偏差	変動係数	ばらつき係数	5%下限
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
評価方法1	Pmax(kN)	7.00	7.78	8.67	7.70	7.41	6.18					7.47	0.76	0.11	0.743	5.35
	δmax (mm)	20.23	40.55	25.80	17.55	42.43	36.16					30.40	9.75	0.35	0.182	5.56
	2/3Pmax(kN)	4.70	5.19	5.78	5.13	4.94	4.12					4.99	0.50	0.11	0.743	3.70
	2/3δmax (mm)	13.49	27.03	17.24	11.70	28.29	24.11					20.31	6.50	0.35	0.182	3.70
	Pr (kN)	3.52	4.11	4.53	4.01	4.00	3.25					3.91	0.42	0.12	0.729	2.82
	δy (mm)	2.53	1.98	2.53	1.78	1.97	2.48					2.21	0.31	0.15	1.350	2.99
	Pu (kN)	6.02	6.81	7.39	6.66	6.77	5.20					6.49	0.70	0.12	0.729	3.00
	δu (mm)	4.32	3.28	4.13	2.96	3.28	3.96					3.66	0.50	0.15	1.350	4.94
	δv (mm)	20.23	40.55	25.80	17.55	42.43	36.16					30.40	9.75	0.35	0.182	5.56
	K(kN/mm)	1.39	2.08	1.79	2.25	2.00	1.31					1.81	0.35	0.21	0.509	0.92
評価方法2	β															
	Ea (Pa/mm)															
	αPu (kN)															
評価方法2	αδ (v mm)															
	Kc (kN/mm)															

表注値方法1は非リニア曲線から、評価方法2はリニア曲線からの算出による

荷重-変位曲線/写真

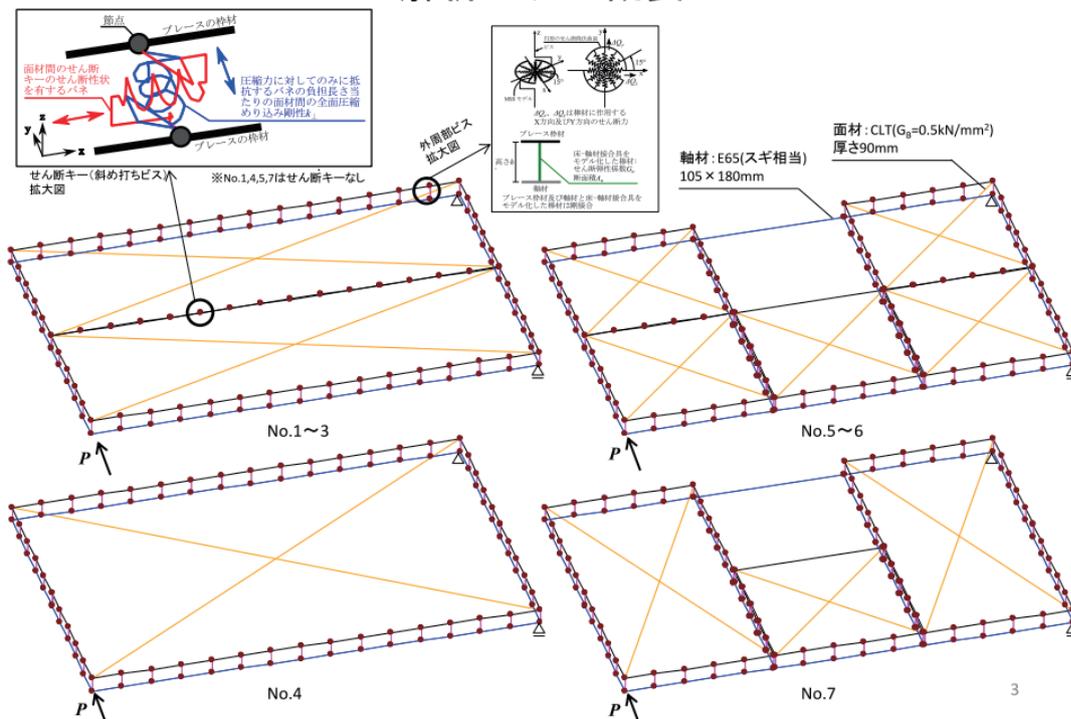
破壊性状
・ビスの破断

特記事項
・δy, δvはKを過大評価しないために上限値とした
・片側繰り返し試験であり、先行降伏させないこと

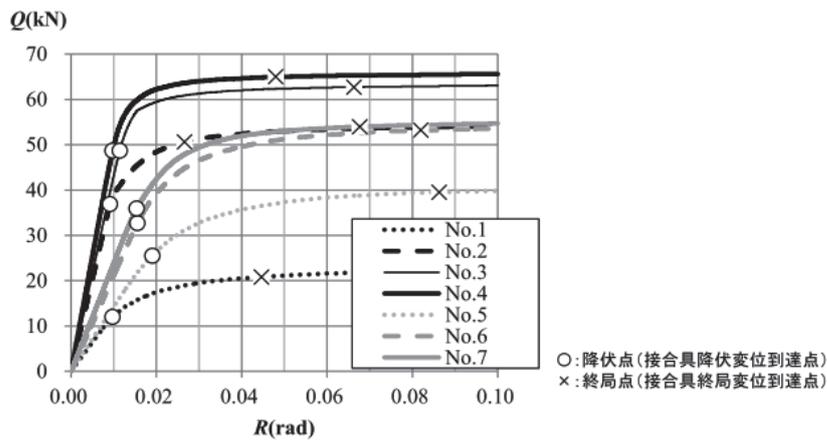
問い合わせ先または出典:
①平成27年度 CLTを活用した建築物の実証事業 高知県CLT「ゆかり」設計・性能実証事業

2. 試験結果からの解析的検討

解析モデル概要



解析結果



No.	1	2	3	4	5	6	7
パネル構成	(1×3m)×2	(1×3m)×2	(1×3m)×2	(2×3m)×1	(1×1m)×5	(1×1m)×5	(1×2m)×2 +(1×1m)×1
せん断キー間隔	※1	@300	@200	※1	※1	@200	※1
K [kN/rad]	1229	4040	4259	4986	1337	2096	2331
比※2	0.25	0.81	0.85	-	0.57	0.90	-
Py [kN]	12.0	36.9	48.7	48.7	25.5	32.7	35.9
比※2	0.25	0.76	1.00	-	0.71	0.91	-
Pu [kN]	20.8	50.6	62.7	65.0	39.5	53.2	54.0
比※2	0.32	0.78	0.96	-	0.73	0.99	-
Ru [rad]	1/22	1/38	1/15	1/21	1/12	1/12	1/15
降伏・終局箇所※3	-	A	B	A	A	A	A

※1 No.1は1×3mのパネルが2枚、No.4は2×3mのパネルが1枚、No.5は1×1mのパネルが5枚、No.7は1×2mのパネルが2と1×1mのパネルが1枚構成されており、それぞれせん断キーはなし。

※2 No.1-3はNo.4に対する比率、No.5-6はNo.7に対する比率

※3 A: パネル・面材間のビス B: パネル・パネル間のビス(せん断キー)

6. 本事業の成果

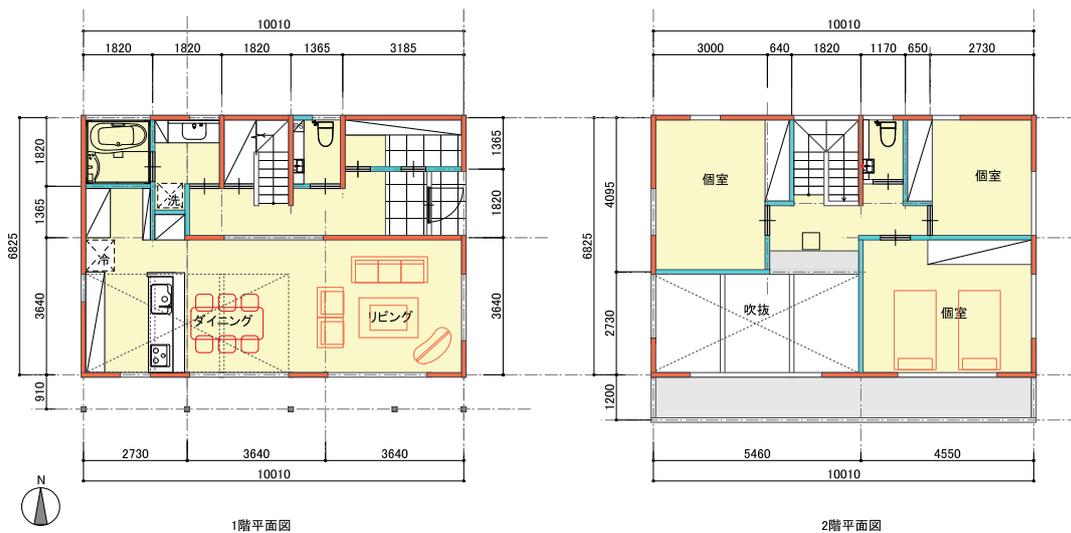
現段階では、ビス要素試験結果による構面実験計画段階ではあるが、本実証実験の実施により木造住宅の2階床剛床パネルとしてCLTの利用が、熊本地震に見られた下階への力の伝達に大いに活用できるとの方向が見えてきた。

根太や梁を省略でき、施工の簡素化・迅速化も可能となる。最大の成果としては、下階における耐力壁線間距離の自由度、吹き抜けなどの床開口部制限の緩和などが挙げられる。また、今剛床を下階から化粧として見せることで、木材の良さを改めてアピールできるものとする。

吹き抜け部分における火打梁の設置や、吹き抜けそのものの大きさや、L型配置建物の入隅部での水平床剛性を向上させることで、より頑丈で耐震性能の高い住宅を供給出来ることにつながることも確信した。

7. 建築物の平面図・立面図・写真等

モデル建築物 平面図・立面図



CLT 床構面「仮称 ゆかばい 90」検証 成果報告書

本年度の検討により、望ましい構造性能が得られれば実用の可能性が高いことが解った。従って今後の課題は次のようになる。

まず CLT 床構面を運用するためにその構造性能を既知とする必要がある。構造性能は、限界耐力計算や許容応力度計算などの詳細な構造計算に用いるのではなく、CLT 普及のため物件数に勝る 4 号建築を運用対象としていることから、品確法評価方法基準、構造の安定に関することのうち、2 階建て以下の木造建築物に関する基準に規定される計算法に即している必要がある。即ち、最も煩雑な場合であっても、耐力壁線間距離と床長さを指定すれば床倍率及び CLT 板相互の接合仕様が得られるようになっている必要がある。

次に高い耐久性を確保できる構法を確立する必要がある。耐久性に関しては「CLT 等新製品・新技術利用促進事業のうち耐久性等品質向上事業」(林野庁)が進められており、来年度には実用まで咀嚼されるようであり、積極的に活用する。

今後、利用予定の 3 層 3 プライ CLT の許容応力度が告示されれば、設計用面外性能も明らかになり、キャンティバルコニー床など長期荷重を支持する部材としての使用が見込まれる。

1. CLT 床構面「仮称 ゆかばい 90」の運用イメージ

運用は、表形式の見出しから各仕様を参照する形式の冊子が想定できる。

仕様番号一覧 (0.9m~0.95mモジュール)

耐力壁線間距離→ 床長さ↓	単位:m																							
	1.80	2.25	2.70	3.15	3.60	4.05	4.50	4.95	5.40	5.85	6.30	6.75	7.20	7.65	8.10	8.55	9.00	9.45	9.90	10.35	10.80	11.25	11.70	
1.80	①	①	①	①	①	①	①	②	②	②	②	②	②	②										
2.25	①	①	①	①	①	①	①	②	②	②	②	②	②	②										
2.70	①	①	①	①	①	①	①	②	②	②	②	②	②	②										
3.15	①	①	①	①	①	①	①	②	②	②	②	②	②	②										
3.60	①	①	①	①	①	①	①	②	②	②	②	②	②	②										
4.05	①	①	①	①	①	①	①	②	②	②	②	②	②	②	③	③	③							
4.50	①	①	①	①	①	①	①	②	②	②	②	②	②	②	③	③	③	③	③					
4.95	①	①	①	①	①	①	①	②	②	②	②	②	②	②	③	③	③	③	③	③	③	③	③	③
5.40	①	①	①	①	①	①	①	②	②	②	②	②	②	②	③	③	③	③	③	③	③	③	③	③
5.85	①	①	①	①	①	①	①	②	②	②	②	②	②	②	③	③	③	③	③	③	③	③	③	③
6.30	①	①	①	①	①	①	①	②	②	②	②	②	②	②	③	③	③	③	③	③	③	③	③	③
6.75	①	①	①	①	①	①	①	②	②	②	②	②	②	②	③	③	③	③	③	③	③	③	③	③
7.20	①	①	①	①	①	①	①	②	②	②	②	②	②	②	③	③	③	③	③	③	③	③	③	③
7.65	①	①	①	①	①	①	①	②	②	②	②	②	②	②	③	③	③	③	③	③	③	③	③	③
8.10	①	①	①	①	①	①	①	②	②	②	②	②	②	②	③	③	③	③	③	③	③	③	③	③
8.55	①	①	①	①	①	①	①	②	②	②	②	②	②	②	③	③	③	③	③	③	③	③	③	③
9.00	①	①	①	①	①	①	①	②	②	②	②	②	②	②	③	③	③	③	③	③	③	③	③	③
9.45	①	①	①	①	①	①	①	②	②	②	②	②	②	②	③	③	③	③	③	③	③	③	③	③
9.90	①	①	①	①	①	①	①	②	②	②	②	②	②	②	③	③	③	③	③	③	③	③	③	③
10.35	①	①	①	①	①	①	①	②	②	②	②	②	②	②	③	③	③	③	③	③	③	③	③	③
10.80	①	①	①	①	①	①	①	②	②	②	②	②	②	②	③	③	③	③	③	③	③	③	③	③
11.25	①	①	①	①	①	①	①	②	②	②	②	②	②	②	③	③	③	③	③	③	③	③	③	③
11.70	①	①	①	①	①	①	①	②	②	②	②	②	②	②	③	③	③	③	③	③	③	③	③	③
12.15	①	①	①	①	①	①	①	②	②	②	②	②	②	②	③	③	③	③	③	③	③	③	③	③
12.60	①	①	①	①	①	①	①	②	②	②	②	②	②	②	③	③	③	③	③	③	③	③	③	③
13.05	①	①	①	①	①	①	①	②	②	②	②	②	②	②	③	③	③	③	③	③	③	③	③	③
13.50	①	①	①	①	①	①	①	②	②	②	②	②	②	②	③	③	③	③	③	③	③	③	③	③
13.95	①	①	①	①	①	①	①	②	②	②	②	②	②	②	③	③	③	③	③	③	③	③	③	③
14.40	①	①	①	①	①	①	①	②	②	②	②	②	②	②	③	③	③	③	③	③	③	③	③	③
14.85	①	①	①	①	①	①	①	②	②	②	②	②	②	②	③	③	③	③	③	③	③	③	③	③
15.30	①	①	①	①	①	①	①	②	②	②	②	②	②	②	③	③	③	③	③	③	③	③	③	③
15.75	①	①	①	①	①	①	①	②	②	②	②	②	②	②	③	③	③	③	③	③	③	③	③	③
16.20	①	①	①	①	①	①	①	②	②	②	②	②	②	②	③	③	③	③	③	③	③	③	③	③
16.65	①	①	①	①	①	①	①	②	②	②	②	②	②	②	③	③	③	③	③	③	③	③	③	③
17.10	①	①	①	①	①	①	①	②	②	②	②	②	②	②	③	③	③	③	③	③	③	③	③	③
17.55	①	①	①	①	①	①	①	②	②	②	②	②	②	②	③	③	③	③	③	③	③	③	③	③
18.00	①	①	①	①	①	①	①	②	②	②	②	②	②	②	③	③	③	③	③	③	③	③	③	③
18.45	①	①	①	①	①	①	①	②	②	②	②	②	②	②	③	③	③	③	③	③	③	③	③	③
18.90	①	①	①	①	①	①	①	②	②	②	②	②	②	②	③	③	③	③	③	③	③	③	③	③

図 1-1 運用冊子見出しのイメージ

1.1 床組形状例

50%開口で平均床倍率3(存在部分の床倍率6相当)の場合に、品確法耐震等級2かつ耐風等級2で求められる必要床倍率($\Delta Q_N = \alpha C_E l$ 、 $\Delta Q_N = \alpha C_W l/L$)を満足する形状を例示する。床組中間部に2階耐力壁線が載らないことを前提とする $\alpha=0.5$ 、及び一般の場合の $\alpha=1.0$ それぞれについて算定する(建物最外周の耐力が不足している場合の $\alpha=2.0$ は禁止する)。立面形状は総二階、「重い建物」(施行令43条1項の表(三)に該当する建物)として $C_E=34.3/200$ 、建物の最小奥行(耐力壁線長さ)を4モジュールとする。

メートルモジュールの場合は下表のようになる。size列の図は $\alpha=0.5$ のイメージを示す。

表 1-1 メートルモジュールの床面開口サイズの例(耐力壁線間隔4~7m)

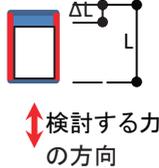
size	$\alpha=0.5$		$\alpha=1.0$	
		ΔQ_N	1.18 倍	ΔQ_N
	C	0.588	C	0.588
	l	4 m	l	4 m
	L	6 m	L	6
	開口比	0.8	開口比	0.6
	ΔL	1.25 m	Δl	2.5 m
	開口幅	4.75 m	開口幅	3.5 m
	ΔQ_N	1.47 倍	ΔQ_N	2.94 倍
	C	0.588	C	0.588
	l	5 m	l	5 m
	L	6 m	L	6
	開口比	0.75	開口比	0.51
	ΔL	1.5 m	Δl	3 m
	開口幅	4.5 m	開口幅	3 m
	ΔQ_N	1.77 倍	ΔQ_N	3.53 倍
	C	0.588	C	0.588
	l	6 m	l	6 m
	L	6 m	L	6
	開口比	0.7	開口比	0.41
	ΔL	2 m	Δl	3.75 m
	開口幅	4 m	開口幅	2.25 m
	ΔQ_N	2.06 倍	ΔQ_N	4.12 倍
	C	0.588	C	0.588
	l	7 m	l	7 m
	L	6 m	L	6
	開口比	0.65	開口比	0.31
	ΔL	2.25 m	Δl	4.25 m
	開口幅	3.75 m	開口幅	1.75 m

表 1-2 メートルモジュールの床面開口サイズの例(耐力壁線間隔 8~12m)

size	$\alpha = 0.5$		$\alpha = 1.0$	
8 × 6m  ↑ 検討する力の方向	ΔQ_N	2.36 倍	ΔQ_N	4.71 倍
	C	0.588	C	0.588
	I	8 m	I	8 m
	L	6 m	L	6
	開口比	0.6	開口比	0.21
	ΔL	2.5 m	ΔI	4.75 m
	開口幅	3.5 m	開口幅	1.25 m
9 × 6m 	ΔQ_N	2.65 倍	ΔQ_N	5.3 倍
	C	0.588	C	0.588
	I	9 m	I	9 m
	L	6 m	L	6
	開口比	0.55	開口比	0.11
	ΔL	2.75 m	ΔI	5.5 m
	開口幅	3.25 m	開口幅	0.5 m
10 × 6m 	ΔQ_N	2.94 倍	ΔQ_N	5.88 倍
	C	0.588	C	0.588
	I	10 m	I	10 m
	L	6 m	L	6
	開口比	0.51	開口比	0.02
	ΔL	3 m	ΔI	6 m
	開口幅	3 m	開口幅	0 m
11 × 6m 	ΔQ_N	3.24 倍	ΔQ_N	6.47 倍
	C	0.588	C	0.588
	I	11 m	I	11 m
	L	6 m	L	6
	開口比	0.46	開口比	-0.07
	ΔL	3.25 m	ΔI	6.5 m
	開口幅	2.75 m	開口幅	NG m
12 × 6m 	ΔQ_N	3.53 倍	ΔQ_N	7.06 倍
	C	0.588	C	0.588
	I	12 m	I	12 m
	L	6 m	L	6
	開口比	0.41	開口比	-0.17
	ΔL	3.75 m	ΔI	7.25 m
	開口幅	2.25 m	開口幅	NG m

910mm モジュールの場合は下表のようになる。メートルモジュールの場合の表と同様、size 列の図は $\alpha=1.0$ のイメージを示す。

表 1-3 910mm モジュールの床面開口サイズの例(耐力壁線間隔 4~7P)

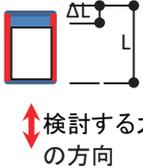
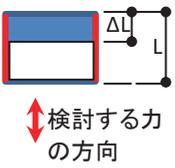
size	$\alpha=0.5$		$\alpha=1.0$	
 検討する力の方向	ΔQ_N	1.18 倍	ΔQ_N	2.59 倍
	C	0.647	C	0.647
	l	3.64 m	l	4 m
	L	5.46 m	L	5.46
	開口比	0.8	開口比	0.56
	ΔL	1.1375 m	Δl	2.5025 m
	開口幅	4.3225 m 4.75 P	開口幅	2.9575 m 3.25 P
	ΔQ_N	1.48 倍	ΔQ_N	3.24 倍
	C	0.647	C	0.647
	l	4.55 m	l	5 m
	L	5.46 m	L	5.46
	開口比	0.75	開口比	0.46
	ΔL	1.365 m	Δl	2.9575 m
	開口幅	4.095 m 4.5 P	開口幅	2.5025 m 2.75 P
	ΔQ_N	1.77 倍	ΔQ_N	3.89 倍
	C	0.647	C	0.647
	l	5.46 m	l	6 m
	L	5.46 m	L	5.46
	開口比	0.7	開口比	0.35
	ΔL	1.82 m	Δl	3.64 m
	開口幅	3.64 m 4 P	開口幅	1.82 m 2 P
	ΔQ_N	2.07 倍	ΔQ_N	4.53 倍
	C	0.647	C	0.647
	l	6.37 m	l	7 m
	L	5.46 m	L	5.46
	開口比	0.65	開口比	0.24
	ΔL	2.0475 m	Δl	4.3225 m
	開口幅	3.4125 m 3.75 P	開口幅	1.1375 m 1.25 P

表 1-4 910mm モジュールの床面開口サイズの例(耐力壁線間隔 8~12P)

size	$\alpha = 0.5$		$\alpha = 1.0$	
 <p>↑検討する力の方向</p>	ΔQ_N	2.36 倍	ΔQ_N	5.18 倍
	C	0.647	C	0.647
	l	7.28 m	l	8 m
	L	5.46 m	L	5.46
	開口比	0.6	開口比	0.13
	ΔL	2.275 m	Δl	4.7775 m
	開口幅	3.185 m 3.5 P	開口幅	0.6825 m 0.75 P
	ΔQ_N	2.65 倍	ΔQ_N	5.83 倍
	C	0.647	C	0.647
	l	8.19 m	l	9 m
	L	5.46 m	L	5.46
	開口比	0.55	開口比	0.02
	ΔL	2.5025 m	Δl	5.46 m
	開口幅	2.9575 m 3.25 P	開口幅	0 m 0 P
	ΔQ_N	2.95 倍	ΔQ_N	6.47 倍
	C	0.647	C	0.647
	l	9.1 m	l	10 m
	L	5.46 m	L	5.46
	開口比	0.5	開口比	-0.07
	ΔL	2.73 m	Δl	5.915 m
	開口幅	2.73 m 3 P	開口幅	NG m NG P
	ΔQ_N	3.54 倍	ΔQ_N	7.77 倍
	C	0.647	C	0.647
	l	10.92 m	l	12 m
	L	5.46 m	L	5.46
	開口比	0.41	開口比	-0.29
	ΔL	3.4125 m	Δl	7.0525 m
	開口幅	2.0475 m 2.25 P	開口幅	NG m NG P
	ΔQ_N	3.83 倍	ΔQ_N	8.42 倍
	C	0.647	C	0.647
	l	11.83 m	l	13 m
	L	5.46 m	L	5.46
	開口比	0.36	開口比	-0.4
	ΔL	3.64 m	Δl	7.735 m
	開口幅	1.82 m 2 P	開口幅	NG m NG P

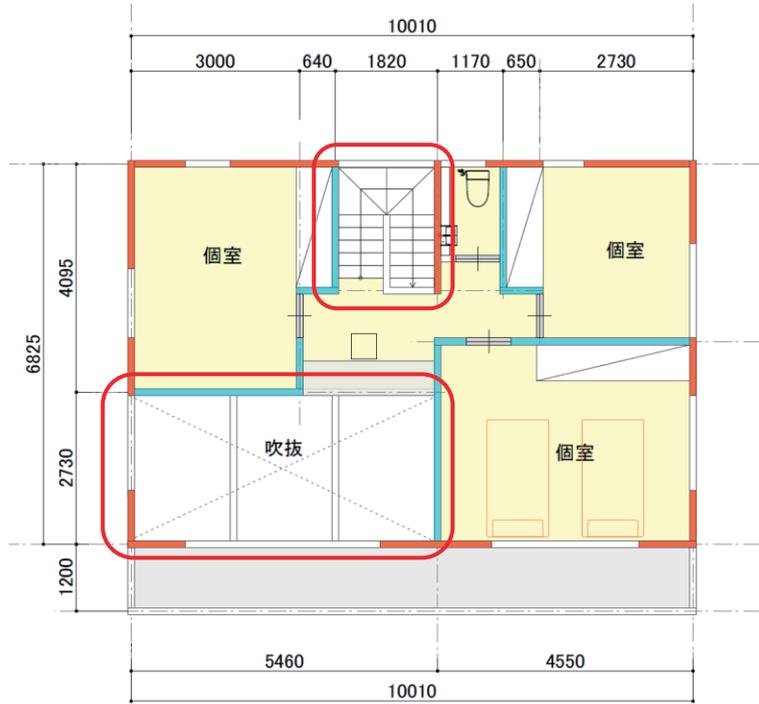
表中 P はモジュール単位(910mm)を示す。

目標倍率をクリアできれば、品確法で通常の場合の制限である耐力壁線間距離 8m 以下の領域(上表最上行)では床中間部に耐力壁線が載らない場合、床幅 8m の過半を吹抜け扱いにできる結果となる。

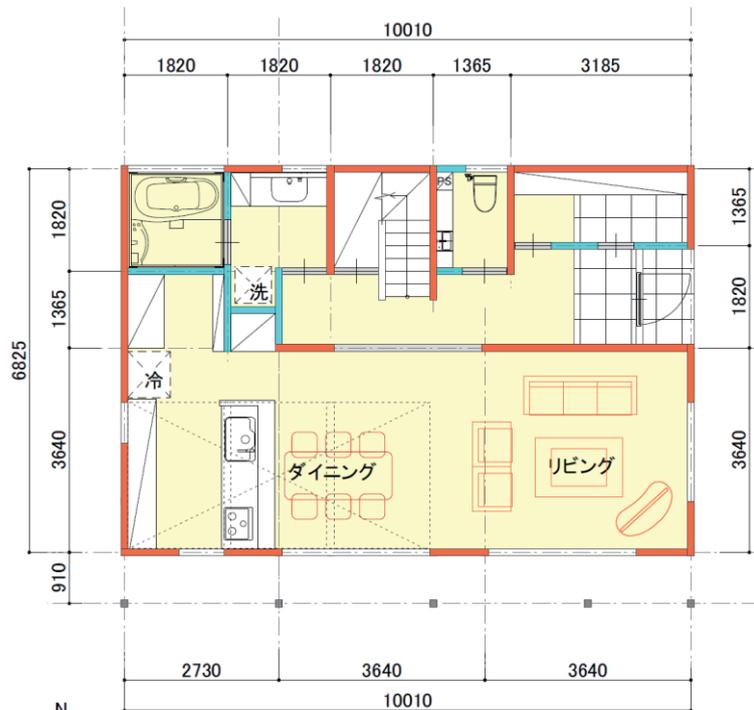
1.2 プラン例

前節の結果によるプラン例と構造検討結果を示す。

(1) プラン（赤枠部分が吹抜け）



2階平面図



1階平面図

(2) 耐震等級 2、耐風等級 2(基準風速 38m/s)を確認するモデル

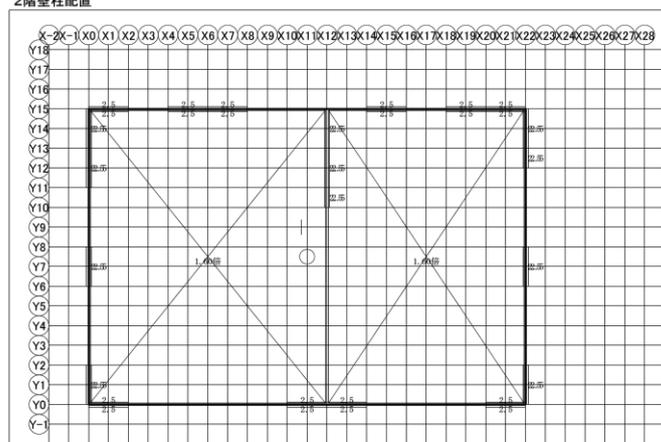
一般事項

物件名	T1
敷地	
建物仕様(重い屋根/軽い屋根)	重い屋根
多雪区域または一般地域	一般地域
地域係数Z	1
基準風速V0 (m/s)	38
施行令88条2項に基づいて指定された係数	1
施行令46条4項三号表(1)に基づいて指定された数値	50
耐震等級	2
耐風等級	2

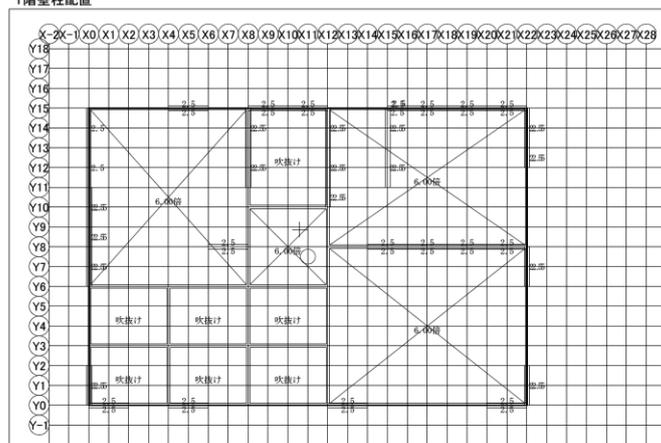
モジュール (mm)	455
1階階高 (mm)	3000
2階階高 (mm)	3000
1階天井高 (mm)	2400
2階天井高 (mm)	2400
下屋裏収納天井高 (mm)	0
小屋裏収納天井高 (mm)	0

1階床面積	16.56
2階床面積	68.32
1階見付面積X	41.97
1階見付面積Y	72.08
2階見付面積X	20.42
2階見付面積Y	40.97

2階壁柱配置



1階壁柱配置



(3) 耐力壁の確認(基準法)

耐力壁量の確認

階	方向	床面積	小屋裏収納	乗じる値	係数	必要壁量	配置壁量	判定	見付面積	乗じる値	係数	必要壁量	配置壁量	判定
2	X	68.32		21	1	14.35	45.50	OK	20.42	50	1	10.21	45.50	OK
	Y	68.32	0	21	1	14.35	45.50	OK	40.97	50	1	20.48	45.50	OK
1	X	16.56		33	1	5.47	70.52	OK	41.97	50	1	20.99	70.52	OK
	Y	16.56	0	33	1	5.47	66.54	OK	72.08	50	1	36.04	66.54	OK

耐力壁の配置バランスの確認

偏心率による壁配置バランスの判定

階、方向	重心	剛心	偏心距離	ねじり剛性	弾力半径	判定
2階X	4.095m	3.413m	0.683m	136500.000	5.477	0.125 OK
2階Y	4.869m	5.005m	0.136m		5.477	0.025 OK
1階X	4.036m	3.413m	0.624m	149092.200	4.598	0.136 OK
1階Y	4.818m	5.005m	0.187m		4.733	0.039 OK

* 偏心率 = 偏心距離 / 弾力半径
 * 弾力半径 = $\sqrt{\text{ねじり剛性} / \text{配置壁量}}$
 * 判定が0.3をこえた場合、不可

(4) 品確法等級の確認

耐力壁量の確認

品確法	目標耐震等級2	積雪考慮なし	目標耐風等級2													
階	方向	床面積	Rf	Ki	Z	乗じる係数	必要壁量	耐力壁量	準耐力壁量	耐震判定	見付面積	基準風速	乗じる係数	必要壁量	耐風判定	
2	X	68.32	4.13	1.32	1.00	32.92	22.49	45.50	0.00	OK	20.42	38	84.00	17.15	OK	
	Y	68.32	4.13	1.32	1.00	32.92	22.49	45.50	0.00	OK	40.97	38	84.00	34.41	OK	
1	X	16.56	4.13	2.88	1.00	166.75	27.62	70.52	0.00	OK	41.97	38	84.00	35.26	OK	
	Y	16.56	4.13	2.88	1.00	166.75	27.62	66.54	0.00	OK	72.08	38	84.00	60.54	OK	

床倍率の確認

階	方向	位置	床長さ(m)	有効壁長(m)	間隔(m)	耐力壁線判定	耐力壁線間距離L(m)	中間上階耐力壁線の有無	係数α	慣性を表す係数C _E	必要床倍率1 ΔQ_N	風圧力を表す係数C _W	必要床倍率2 ΔQ_N	床組等の耐力L ₁	床組等の総長L ₂	存在床倍率 ΔQ_E	判定
2	X	Y0.0	10.010	18.200	0.000	OK											
2	X	Y15.0	10.010	27.300	6.825	OK	6.825	無	1.0	0.16	1.12	1.18	0.80	1605	1003	1.60	OK
2	Y	X0.0	6.825	18.200	0.000	OK											
2	Y	X12.0	6.825	11.375	5.460	OK	5.460	無	1.0	0.16	0.90	1.18	0.94	1089	683	1.60	OK
2	Y	X22.0	6.825	15.925	4.550	OK	4.550	無	1.0	0.16	0.75	1.18	0.78	1089	683	1.60	OK
1	X	Y0.0	10.010	18.200	0.000	OK											
1	X	Y8.0	10.010	22.750	3.640	OK	3.640	無	0.5	0.83	1.52	2.35	0.43	2741	1001	2.70	OK
1	X	Y15.0	10.010	29.575	3.185	OK	3.185	無	0.5	0.83	1.33	2.35	0.37	4925	1001	4.90	OK
1	Y	X0.0	6.825	20.475	0.000	OK											
1	Y	X8.0	6.825	9.100	3.640	OK	3.640	無	0.5	0.83	1.52	2.35	0.63	2457	683	3.60	OK
1	Y	X12.0	6.825	11.375	1.820	OK	1.820	無	0.5	0.83	0.76	2.35	0.31	1103	683	1.60	OK
1	Y	X15.0	6.825	9.100	1.365	OK	1.365	無	0.5	0.83	0.57	2.35	0.24	4095	683	6.00	OK
1	Y	X22.0	6.825	15.925	3.185	OK	3.185	無	0.5	0.83	1.33	2.35	0.55	4095	683	6.00	OK

1.3 運用イメージに基づく検討条件など

検討における CLT 板配列は芋張りのみとする。他の配列については検討モデルよりも有利側に働くことを示す。

耐力壁線間隔及び床長さの組合せごとに、最大 1/2 の開口を設けた床組が、床倍率 3 倍以上となる仕様を検討する。

開口は矩形の領域とし、正方形の床組にあるものとしたときの位置及び形状をパラメータとして検討する。不整形な開口や近接する複数の開口は、包含する矩形の開口とみなす。

耐力が有効とする CLT 板の短辺の長さは 0.9m 以上とする。

2. CLT 床構面「仮称 ゆかばい 90」の実用に向けた予定実験の概要

CLT の厚さを活かし、これまでの木造住宅で一般的である面材の継ぎ目に必要な受け材を省略し、CLT 相互をビス斜め打ちで接合することにより、一体の水平構面を構成する。

構成方法が異なっても、水平力に対する構造計画は品確法で想定されているものと同様であり、平行な耐力壁線間で水平力を伝達する水平構面である。

但し、

- ① 各接合部の特性が未知であるため、接合部要素実験によって確認する。
- ② すべての構面パターンの挙動を実験で確認することが原則であるが、不可能であるため計算によって耐力を設定するものとする。

計算の妥当性を確認するために、代表的であると考えられる構面について確認実験を実施する。メーターモジュールでの利用も考慮し、試験体はメーターモジュールで作成する。

ものとする。

2.1 接合部要素実験

(1) 実験の概要

実験は、CLT 板相互のビス接合部のせん断特性を得るために行なう。

CLT 板は 3 層 3 プライ、厚さ 90mm とする。

CLT 板相互の接合には、

- ① 表層ラミナが直線的に連続する接合
- ② 表層ラミナが平行に並ぶ接合
- ③ 表層ラミナが直交する接合

の 3 通りがあり、いずれの特性も未知であることから、3 通りすべてについて実験する。

接合具は、運用時に用いるものとしたビス HP110 とする。

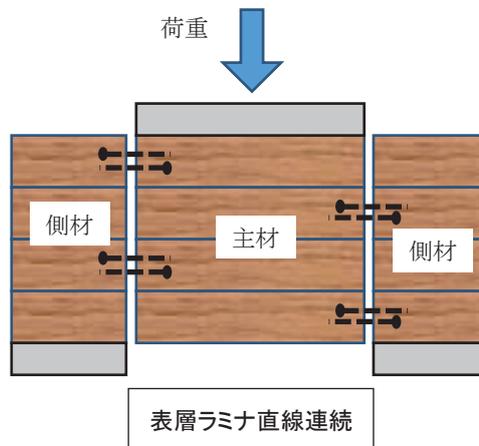


図 2-1 要素実験イメージ(表層ラミナ直線連続)

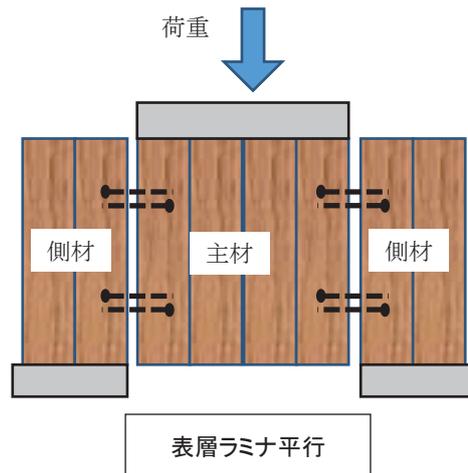


図 2-2 要素実験イメージ(表層ラミナ平行)

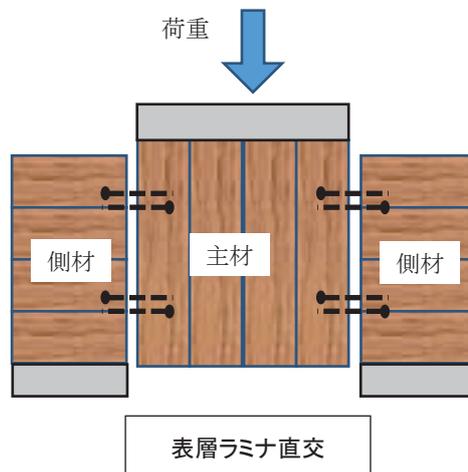


図 2-3 要素実験イメージ(表層ラミナ直交)

(2) 加力計画

加力は図 2-1～3 に示すように、主材中央 1 点加力とする。主材全体に加力するために主材と加力装置の間に加力治具を配置する。

加力は、1 体目を単調加力とし、得られた骨格曲線に基づく降伏変位 δy の 1/4、2/4、3/4、4/4、4、6、8、12、16 倍の変位(合計 9 点)でそれぞれ正負 3 回繰り返す、以降破壊に至らしめる。

側材は倒れ止めにより転倒を防止する。

(3) 計測計画

計測は、主材－側材間の相対変位を、紙面上の表裏面、合計 4 点について計測する。評価には原則として平均値を用いる。

(4) 評価方法

評価は、試験体全体の包絡線をバイリニアに置換して行なう。本実験は接合部の耐力評価を目的とせず、任意形状のCLT床組の特性を推測するための参照資料とすることを目的としている。実験で得られたバイリニア特性(バイリニアモデルにおける降伏変位 δv 、終局耐力 P_u 、終局変位 δu)、降伏変位 δy 、及び降伏荷重 P_y から初期剛性、降伏荷重、及び降伏変位を求め、ばらつきを考慮して低減した値を特性値とする。

ばらつきは、床組には多数の接合具が用いられるため、ほとんどの接合具が下限特性となっている確率が低いことから、平均的特性として50%下限値を求めるばらつき係数 $CV=0.383$ (試験体数4の場合。3の場合は0.471)を用いて算定する。

2.2 構面せん断実験

(1) 実験の概要

実験は、要素実験に基づいてあらかじめ計算した結果を検証するために行なう。

実験は「木造軸組工法住宅の許容応力度設計(2008年版)」(公益財団法人 日本住宅・木材技術センター)に収録されている「鉛直構面及び水平構面の剛性と許容せん断耐力を算定するための試験」に基づいて行なう。

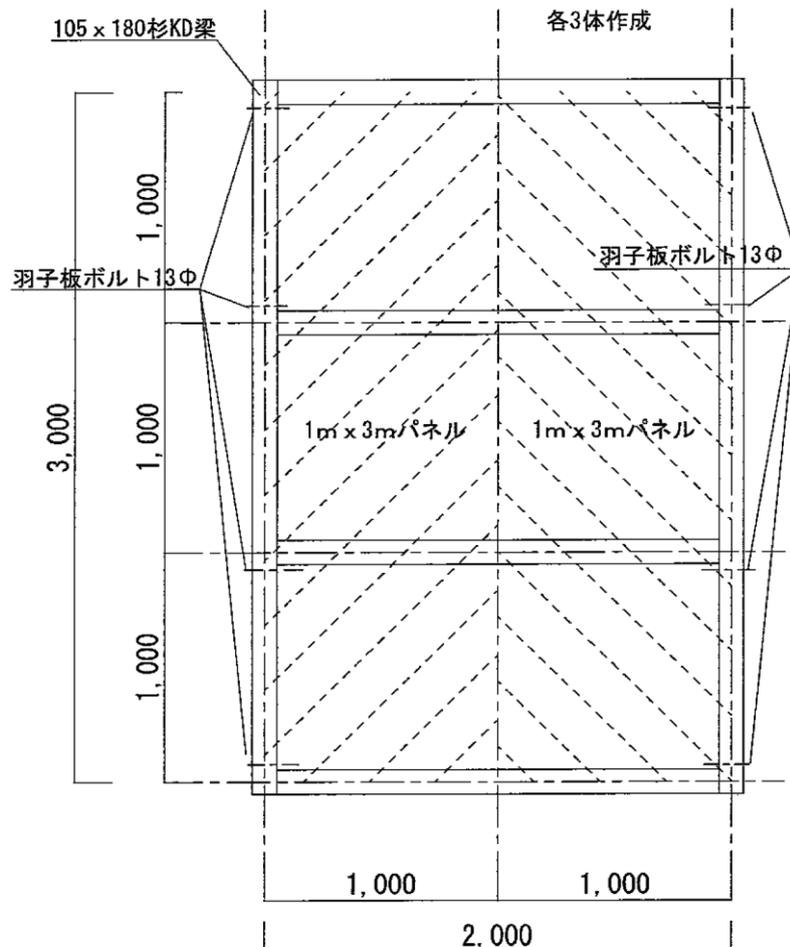


図 2-4 構面せん断実験イメージ(無開口)

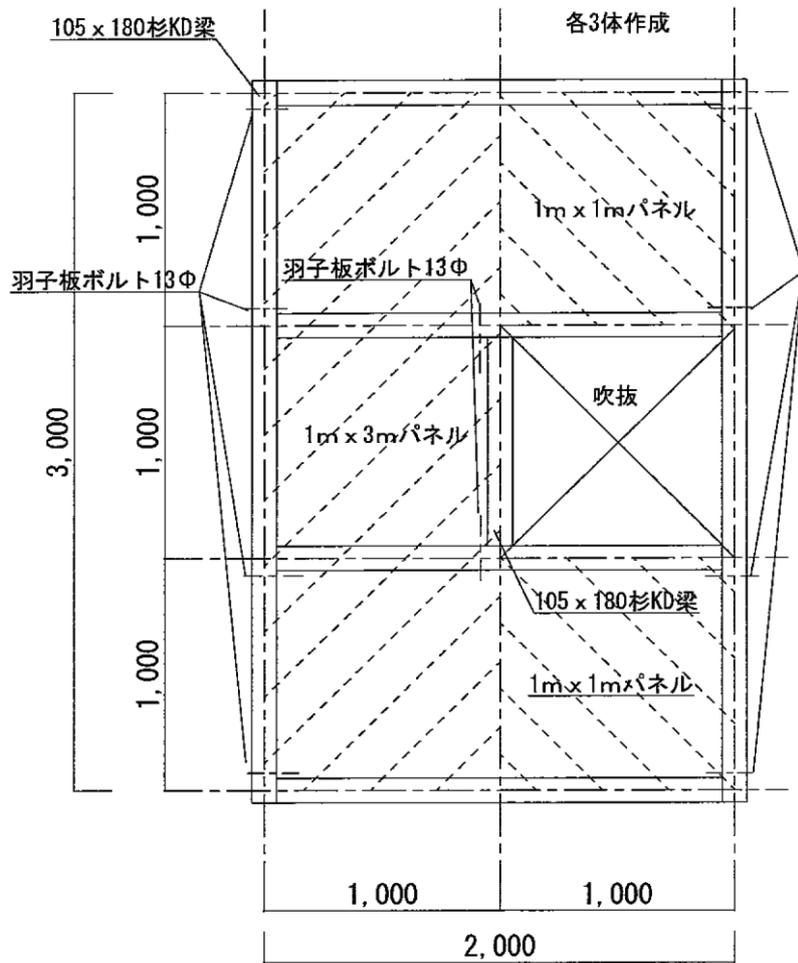


図 2-4 構面せん断実験イメージ(有開口)

3. CLT 床構面「仮称 ゆかばい 90」構面実験の準備検討

「木造軸組工法住宅の許容応力度設計(2008 年版)」(公益財団法人 日本住宅・木材技術センター)に収録されている面材張り大壁の詳細計算法(以下「詳細計算」)を参考に、試験体の特性を推測する。また、本検討に用いた Excel シートは運用に用いる表作成にも用いる。

但し、詳細計算では面材が分割されている場合には、面材ごとに軸組に対して接合されていることを前提としているのに対し、本件では分割した CLT 板を相互に接合したパネル(以下「CLT 床組」)としているため、詳細計算で面材のせん断弾性係数 G としているところを、CLT 床組を一様な材料であるものとした場合と等価なせん断弾性係数 G_e を求めて用いる。

このとき、CLT 床組を構成する個々の CLT 板相互をビスにより接合するため、等価なせん断弾性係数 G_e は荷重、変形に応じて変化する。試験体の荷重方向の接合が 2 箇所であることからそれぞれの接合特性をバイリニアにモデル化して合成すると 2 つの折れ点を持つトリニアとなる(図 3-2 参照)が、これを更にバイリニアに置換すれば、個々の CLT 板は終局まで降伏しないと考えられるため、試験体とする CLT 床組はバイリニアの特性で検討できる。

試験体 B においては縦方向にも板が分割されており、ロッキング変形(図 3-3 参照)が加わる。ロッキング変形の推定においては縦 2 列の板群が接触していること等による補剛効果が考えられるが、精密な推定は困難であり、事前検討としては過少側の評価として、単純なロッキング変形の付与にとどめておき、実験よってロッキング変形に基づく加力方向に直交する接合特性を特定する。

3.1 試験体とする CLT 床組の特性

(1) せん断変形

CLT 床組は、下図のように 3 段に分割されたモデルを考える。

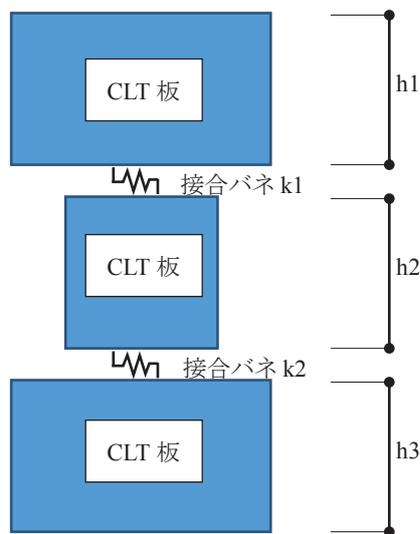


図 3-1 CLT 床組試験体のモデル

CLT 板のせん断特性が一定であるものとして GA とするとき、試験体頂部に水平力 Q を受けたときの変形 δ は、

$\delta_{h1} = \frac{Qh_1}{GA_1}$ 、 $\delta_{h2} = \frac{Q}{k_1}$ 、 $\delta_{h3} = \frac{Qh_2}{GA_2}$ 、 $\delta_{h4} = \frac{Q}{k_2}$ 、 $\delta_{h5} = \frac{Qh_3}{GA_1}$ の合計値 $\delta = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \delta_4 + \delta_5$ である。

ここに、A は CLT 板の加力方向(紙面上で水平方向)の断面積を示す。

$$k_j = 1 / \left(\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} \right), \quad h = h_1 + h_2 + h_3 \text{ としてまとめると、} \delta = \left(\frac{h(A_1 + A_2)}{GA_1 A_2} + \frac{1}{k_j} \right) \times Q \text{ となる。}$$

このとき、 $\delta = \frac{3Qh}{Ge \times A_1}$ となる Ge を求めたいことから、上 2 式を等号で結んで Ge についてまとめると、

$$Ge = 1 / \left(\frac{2A_1 + A_2}{GA_1 A_2} + \frac{A_1}{3hk_j} \right) \text{ が得られる。} \quad \text{— 式 1-1}$$

CLT 板のせん断剛性 G は、仮に $G=300\text{N/mm}^2$ (30kN/cm^2) とする*1。

接合バネ k は「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」(日本住宅・木材技術センター)に記載の釘の 1 面せん断接合の特性付近の値を仮の値として設定しておく。

但し、接合バネ k は表層ラミナ方向の特性を J1、表層ラミナに直交する方向の特性を J2 として、同じ通り上で混在する場合を考慮し、それらを合成した特性を想定しておく。下図は J1(仮に 24mm 構造用合板、N75 釘打ちの特性)及び J2(仮に 24mm 構造用合板、CN75 釘打ちの特性)がそれぞれ 1 箇所ずつである場合の合成例を示す。

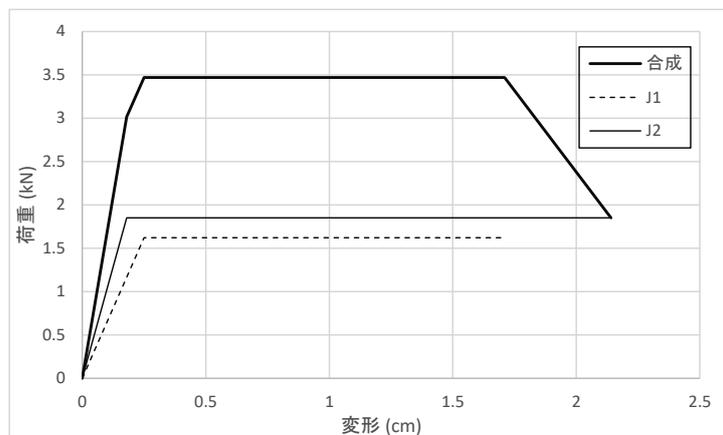


図 3-2 接合特性の合成例

*1: G は通常告示されないため、日本建築学会の規準書等を参照することになるが、CLT については現状でオーソライズされた値は存在しない。そのためここでは、木材のせん断弾性係数を、繊維方向の弾性係数の 1/15 としていることに倣ってラミナの平均的な弾性係数 5kN/mm^2 の 1/15 ($=333\text{N/mm}^2$) を丸めた値としておく。

(2) ロッキング変形

ロッキング変形は、次に示す図 3-3 のような各 CLT 板が回転して生じる変形である。

CLT 床組のロッキング変形 δ は、CLT 板間接合バネの紙面上下方向の変形 δ_v の 1/2 を、CLT 床組の幅 w の 1/2 で除して得られる回転角 (rad.) に床組高さ $3h$ (前節に揃え、 h の 3 倍の高さであるものとした) を乗じて得られる。

$$\delta = \frac{\delta_V}{2} \times \frac{w}{2} \times 3h$$

δ_V は接合バネが紙面水平方向の力 Q によって生じる紙面鉛直方向の力 $Q_V = \frac{Q \times 3h}{w}$ 、及び接合バネ k_k から求めることができ、 $\delta_V = \frac{Q_V}{k_k} = \frac{3Qh}{wk_k}$ となる。これを δ を求める式に代入すると、 $\delta = \frac{3Qh}{wk_k} \times \frac{3wh}{4} = \frac{9Qh^2}{4k_k}$ となる。

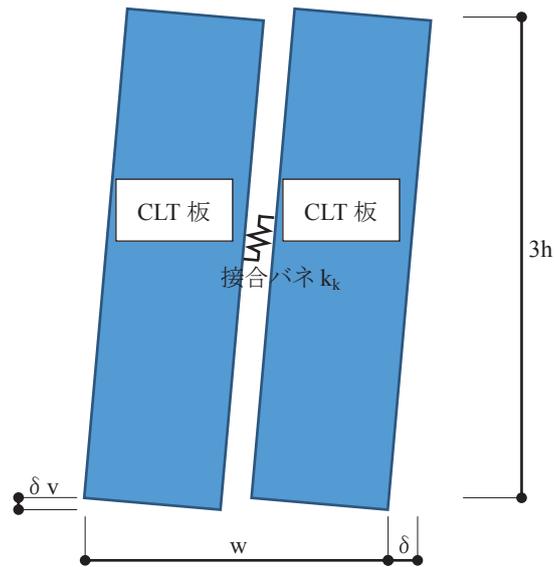


図 3-3 ロッキング変形のイメージ

最後に Ge を求める式 1-1 に、 $Q=1.0$ (単位力)のときの δ を直列で加え、

$$Ge = 1 / \left(\frac{2A_1 + A_2}{GA_1A_2} + \frac{A_1}{3hk_j} + \frac{9h^2}{4k_k} \right) \text{ が得られる。} \quad \text{— 式 1-2}$$

3748.733654		xi-x0																					
	-89.252	-78.252	-69.252	-59.252	-49.252	-39.252	-29.252	-19.252	-9.252	0.748	10.748	20.748	30.748	40.748	50.748	60.748	70.748	80.748	90.748				
134.34929	0	66.782342	73.669986	81.723534	91.068561	101.64062	112.94352	123.69207	131.64469	134.33107	130.33716	122.18827	111.24572	99.993358	89.587616	80.438215	72.570185	65.854338	0	0	0	0	
124.34929	52.977489	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54.729682	0	0	0	0
114.34929	45.44048	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46.988955	0	0	0	0
104.34929	38.250172	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39.694369	0	0	0	0
94.349294	31.74569	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32.69895	0	0	0	0
84.349294	25.666246	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26.612519	0	0	0	0
74.349294	20.150449	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20.909927	0	0	0	0
64.349294	15.235547	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15.821192	0	0	0	0
54.349294	10.956903	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11.365056	0	0	0	0
44.349294	7.324224	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8.801427	0	0	0	0
34.349294	4.178636	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.3014006	0	0	0	0
24.349294	2.058158	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.3485475	0	0	0	0
14.349294	0.674	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.1299882	0	0	0	0
4.349294	0.0424785	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.7014677	0	0	0	0
-6.650706	0.1674539	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.044214	0	0	0	0
-16.65071	1.0476549	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1742921	0	0	0	0
-26.65071	2.6761734	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0964943	0	0	0	0
-36.65071	5.038703	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.7843619	0	0	0	0
-46.65071	8.185112	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.2404756	0	0	0	0
-56.65071	12.298895	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8.4318542	0	0	0	0
-66.65071	16.789503	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12.776181	0	0	0	0
-76.65071	21.906788	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17.430877	0	0	0	0
-86.65071	27.612888	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22.726682	0	0	0	0
-96.65071	33.869883	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28.620208	0	0	0	0
-106.6507	40.63918	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35.07849	0	0	0	0
-116.6507	47.881268	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42.050702	0	0	0	0
-126.6507	55.557261	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49.497198	0	0	0	0
-131.6507	0	64.453615	71.169882	79.057284	88.256916	98.728546	110.00921	120.82693	128.89408	131.63211	127.57062	119.31778	108.30841	97.092133	86.795639	77.795771	70.091969	63.539650	0	0	0	0	0

図 3-6 塑性ビス配列係数 Zpx の例

(2) 耐力壁線で囲まれた CLT 床組の耐力算定(Excel シート)

ビス配列定義で得られた各値、及び単位接合部の特性(要素実験による)を用いて耐力を算定する。

名称		ゆかばいType1	
仕様		0 外周接合呼び間隔 100(mm)	
階高	H (cm)	273	
耐力壁の長さ	B (cm)	182	
面材水平長さ	上側 b (cm)	182	
面材鉛直長さ	上側 h (cm)	273	
面材水平長さ	下側 b (cm)	0	
面材鉛直長さ	下側 h (cm)	0	
面材種類		11CLT90B150	
面材厚	t (cm)	9	
面材せん断弾性係数	GB (N/cm ²)	58800	
面材釘種類			
面材釘のせん断剛性	k (N/cm)	10130	
面材釘の降伏変位	δ v (cm)	0.18	
面材釘の終局変位	δ u (cm)	2.14	
面材釘の降伏耐力	Δ Pv (N)	1850	
釘配列2次モーメント	上側 Ixy (cm ² /cm ²)	3.51	
釘配列係数	上側 Zxy (cm/cm ²)	0.048	
塑性釘配列係数の比	上側 Cxy	1.38	
釘配列2次モーメント	下側 Ixy (cm ² /cm ²)	0.00	
釘配列係数	下側 Zxy (cm/cm ²)	0.000	
塑性釘配列係数の比	下側 Cxy	0.00	
面材剛体の仮定条件(面材変形が全体変形の0.3以下)		0.06	
面材の面積	上側 Aw (cm ²)	49686	
面材の面積	下側 Aw (cm ²)	0	
単位面積の回転剛性	上側 Δ K0 (N/cm/rad)	33329	
単位面積の回転剛性	下側 Δ K0 (N/cm/rad)	0	
回転剛性	K0 (N・cm/rad)	1656004974	
単位面積の降伏モーメント	上側 Δ My (N・cm/cm ²)	88	
単位面積の降伏モーメント	下側 Δ My (N・cm/cm ²)	0	
降伏モーメント	My (N・cm)	4369141	
単位面積の終局モーメント	上側 Δ Mu (N・cm/cm ²)	121	
単位面積の終局モーメント	下側 Δ Mu (N・cm/cm ²)	0	
終局モーメント	Mu (N・cm)	6021963	
面材構面の靱性率	μ	11.20	
構造特性係数	Ds	0.22	
1/200時の耐力	P200 (kN)	30.33	
降伏耐力	Pv (kN)	16.00	
終局耐力と靱性で決まる耐力	0.2Pu/Ds (kN)	20.41	
終局耐力	Pu (kN)	22.06	
せん断剛性	K (kN/rad)	8088	
許容せん断耐力	Pa (kN)	16.00	
単位長さ当りの許容耐力	Qa (kN/m)	8.79	
相当倍率	Δ Q	4.49	
終局耐力比	Pu/Pa	1.4	
許容耐力時変形角	Pa/K (rad)	1/379	

図 3-7 耐力算定の例

上記シートを用い、目標耐力(開口含め3倍)に達するビス止めの仕様を決定する。