

### 1. はじめに

軸組構法では真壁にすることにより構造躯体を意匠的デザインに含むことが可能であるが、枠組壁工法では枠組材に面材を張ることで耐力要素が構成される大壁式であるため、その仕組み上、躯体を現しにすることができず、採光や通風も期待できない。

そこで本研究ではツーバイ材を用いたルーバー状耐力要素を開発し、躯体そのものを構造デザインとすることができ、耐力要素でありながら採光、通風機能を有するような技術を提案することを目的とする。間仕切壁や欄間様の壁として利用すれば、空間を広く見せることができ、部分的に家具としても利用可能である。水平構面とすれば、吹き抜けやトップライト部の補剛部材として利用できるであろう。ここでは接合部試験と要素全体のせん断試験を行った。

### 2. ルーバー状耐力要素

#### 2.1 構成

ルーバー状耐力要素は、枠組壁工法構造用製材（以下、枠組材）を梁（桁）-土台/梁-梁間に複数本並列に配置して構成する。横架材と枠組材との接合は、横架材側にほぞ穴状の切り欠きを設け、枠組材を差込むこととする（図1）。枠組材の面外へのズレ止めと変形初期のあそび抑制のため、枠組材側から斜めビス（東日本パワーファスニング社製、パネリド 120）を1本打つこととした。

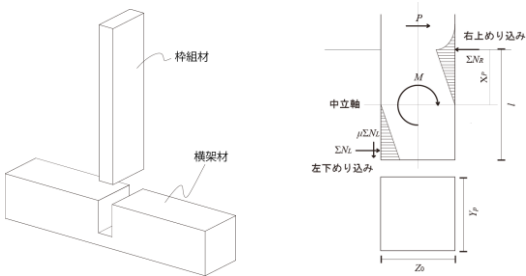


図1 横架材-枠組材接合部（左）と掘立柱モデル（右）

#### 2.2 剛性・耐力の計算方法

1本の枠組材を上下2本の横架材に差込み全体としてT型の要素を作製する。枠組材に水平せん断力  $P$  を与えた場合の変形要素は以下のふたつである。

- 1) 接合部の回転
- 2) 枠組材の曲げ

接合部の回転パネは、横架材に大入れ状に差し込まれた枠組材がモーメントを受けるときに、横架材の木口面にめり込みながら回転するもので、この掘立柱式柱頭柱脚接合部の回転剛性  $K_\theta$  と降伏モーメント  $M_y$  は、掘立柱モデル（図1右）における三角形めり込み式に基づいて、以下のとお

り求められる<sup>1)</sup>。

$$K_\theta = \frac{y_p E_{90}}{3Z_0} \left\{ x_p^3 + 2x_p^2 Z_0 + (l - x_p)^3 + \frac{3}{2} (l - x_p)^2 \mu Z_0 \right\} \quad (1)$$

$$M_y = \frac{K_\theta Z_0 F_m}{x_p E_{90} C_{xm} \sqrt{C_{ym}}} \quad (2)$$

ここで、 $l$ : 埋込み深さ(mm)、 $x_p$ : 中立軸までの深さ(mm)、 $y_p$ : 枠組材幅寸法(mm)、 $Z_0$ : 枠組材厚さ寸法(mm)、 $\mu$ : 摩擦係数、 $E_{90}$ : 全面横圧縮ヤング係数(N/mm<sup>2</sup>)、 $n$ : 繊維方向に対する繊維直交方向の置換係数、 $F_m$ : 縁端距離を無限大としたときのめり込み降伏応力度(N/mm<sup>2</sup>)、 $C_{xm}$ : 端距離が無限大のときの  $x$  方向のめり込み増大係数、 $C_{ym}$ : 縁距離が無限大のときの  $y$  方向のめり込み増大係数である。

### 3. 接合部試験

ルーバー状耐力要素の剛性および耐力の計算を行うため、2.2で挙げた変形要素のうち、接合部の回転特性を明らかにする必要がある。そこで、図1に示したT字型の接合部を作製し、水平せん断試験を行った。

#### 3.1 試験体と試験方法

枠組材は206断面の38×140mmとし、樹種はヒノキ、SPF、スギの3種類とした。横架材(土台)はヒノキを用い、横架材にあらかじめ加工しておいた切欠きに枠組材を差込み、枠組材の面外へのズレ止めと変形初期のあそびをできるだけ抑制するために、枠組材側から斜めビス（東日本パワーファスニング社製、パネリド 120）を1本打って試験体とした。切欠き深さは枠組材の曲げ破壊モーメントが接合部の  $M_y$  の1.5倍となるように決定した。

枠組材上端部に、幅方向を挟み込むように加力ジャッキを取り付け、正負交番繰返しの水平力を与えた。加力スケジュールと加力終了の判断は、一般の接合部試験方法に準拠した<sup>2)</sup>。試験体数は各樹種で6体とし、全18体を供した。

変位計は枠組材上部の加力位置の水平変位と横架材の水平変位、また枠組材と横架材の相対回転角を測定できるように計8本を設置した。

#### 3.2 破壊性状

試験体の破壊の様子を図2に示す。いずれの樹種についても枠組材の曲げ引張り破壊であり、その位置は横架材上端よりも少し下側であった。



図2 試験体の設置の様子と破壊性状

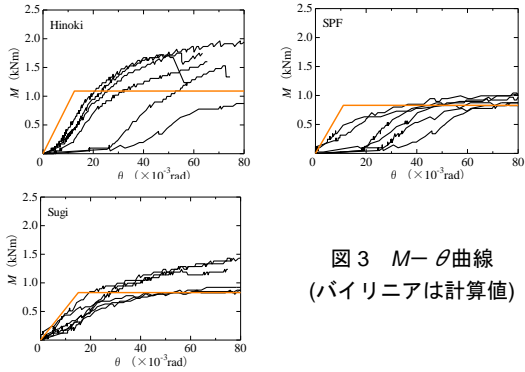


図3 M-θ曲線 (バイリニアは計算値)

### 3.3 M-θ曲線と特性値

得られたM-θ曲線を図3に、特性値一覧を表1に示す。表中右に(1)、(2)式による計算値を示した。ヒノキとSPFでは初期ガタによるすべりが大きいものがあった。0.1M<sub>max</sub>時の回転角を初期ガタによるすべり角θ<sub>d</sub>として、表中に示した。これをθ<sub>y</sub>から引くと計算値のθ<sub>y</sub>とに近づくことが分かる。M<sub>y</sub>は計算値の方がおよそ2/3程度と安全側に計算され、K<sub>θ</sub>はSPFで計算値の方が大きかったが、その他では安全側の結果であった。θ<sub>y</sub>は初期ガタなどの切り欠きの加工精度の影響により実験値の方が顕著に大きな値となることが確認された。

## 4. ルーバー状耐力要素のせん断試験

### 4.1 試験体と試験方法

ルーバー状耐力要素を図4のように作成し、面内せん断試験を行った。桝組材の本数は3本と7本の2種類とし(それぞれ試験体名を3R、7Rとする。)、樹種はヒノキの1種類とした。桁と土台についてもヒノキとした。試験評価方法は、一般の耐力壁せん断試験方法に準拠した<sup>3)</sup>。

### 4.2 破壊性状

3R、7Rのいずれの試験体もせん断変形が進むにつれて、桝組材の曲げ変形が顕著に認められた。終局時に、3Rでは桝組材の曲げで破壊したのに対し、7Rでは土台の切欠き間のせん断で破壊した。破壊性状の違いを図5に示す。

### 4.3 荷重変位曲線と特性値

得られた荷重変形角関係を図6に示す。3R、7Rともに、初期すべりがあるS字型の曲線となった。3Rがおおよそ3.0kN程度で最大荷重となっているのに対し、7Rは4.5kN程度であった。図中横線は3R、7Rについて、桝組材が曲げ破壊するときのそれぞれのせん断力P<sub>b</sub>を示している。3Rでは実際に桝組材の曲げ破壊により耐力が決定していることから、計算値とほぼ一致している。しかし、7RについてはP<sub>b</sub>よりも低い荷重で終局となっている。すなわち、土台のせん断割裂の方が、桝組材の曲げ破壊よりも低い耐力であったことが推察される。

特性値一覧を表2に示す。要素実験から得られた接合部の回転バネと、桝組材の曲げ剛性からルーバー状耐力要素の剛性および降伏耐力の計算をおこなった。その結果を同

表1 要素試験の結果一覧

	Exp.							Cal.			
	Mmax kNm	θ (Mmax) 10 <sup>-3</sup> rad	My kNm	θ <sub>y</sub> 10 <sup>-3</sup> rad	K <sub>θ</sub> kNm/rad	θ <sub>d</sub> 10 <sup>-3</sup> rad	θ <sub>y</sub> -θ <sub>d</sub> 10 <sup>-3</sup> rad	My kNm	θ <sub>y</sub> 10 <sup>-3</sup> rad	K <sub>θ</sub> kNm/rad	
hinoki	1	1.75	53.3	1.09	25.6	48.7	7.2	19.5	1.09	12.5	86.9
	2	1.60	64.6	0.99	27.7	61.0	10.1	17.6			
	3	1.53	71.6	0.89	44.2	51.7	27.5	16.7			
	4	1.75	67.7	1.07	23.1	53.8	2.8	20.3			
	5	2.06	94.1	1.33	26.3	61.5	6.4	19.9			
	6	1.72	45.4	1.10	23.4	65.3	8.6	14.8			
ave	1.73	66.1	1.08	28.4	57.0	10.4	18.0				
SD	0.18	16.8	0.15	7.9	6.52	8.7	2.1				
spf	1	1.14	104.6	0.83	47.7	26.7	19.3	28.4	0.83	11.0	75.8
	2	1.17	178.1	0.74	37.9	22.2	2.2	35.7			
	3	1.12	153.3	0.71	50.5	32.5	27.3	23.2			
	4	1.12	111.5	0.75	60.8	21.7	29.4	31.4			
	5	1.09	99.3	0.76	29.3	25.9	0.7	28.6			
	6	1.31	153.0	0.82	44.8	34.1	20.2	24.6			
ave	1.16	133.3	0.77	45.2	27.2	16.5	28.6				
SD	0.08	32.4	0.05	10.8	5.17	12.3	4.5				
sugi	1	0.87	62.6	0.63	21.5	30.5	0.2	21.3	0.83	15.08	55.3
	2	0.97	94.3	0.66	31.3	27.1	1.7	29.5			
	3	1.43	74.7	0.90	32.8	32.8	10.8	22.0			
	4	1.29	70.7	0.94	29.6	44.5	9.0	20.6			
	5	0.90	81.2	0.68	34.2	24.9	3.3	30.9			
	6	1.43	77.1	0.94	24.9	46.6	5.0	19.9			
ave	1.15	76.8	0.79	29.0	34.4	5.0	24.0				
SD	0.26	10.7	0.15	4.9	9.06	4.2	4.9				

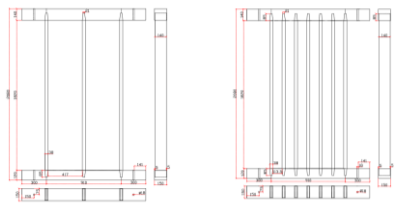


図4 ルーバー状試験体 (桝組材3本と7本)



桝組材の曲げ破壊 (3R) 土台のせん断割裂 (7R)

図5 破壊性状の違い

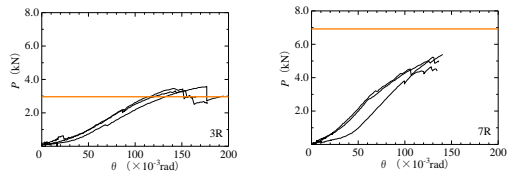


図6 荷重変位曲線 (3R、7R)

表2 せん断結果一覧

	Exp.						Cal.			
	Pmax kN	θ (Pmax) 10 <sup>-3</sup> rad	Py kN	K kN/rad	P120 kN	0.2Pu/Ds	Py kN	θ <sub>y</sub> 10 <sup>-3</sup> rad	K kN/rad	
3R	1	3.46	141.5	1.38	25.7	0.11	0.81	2.95	108.4	27.2
	2	3.58	176.7	1.43	22.2	0.13	0.81			
	3	3.32	143.0	1.33	24.7	0.24	0.81			
ave	3.45	153.8	1.38	24.2	0.16	0.81				
SD	0.13	19.9	0.05	1.82	0.07	0.00				
7R	1	4.65	128.3	1.86	38.5	0.12	0.94	6.88	108.4	63.4
	2	5.39	140.6	2.16	45.4	0.18	1.22			
	3	5.23	129.8	2.09	43.3	0.29	1.14			
ave	5.09	132.9	2.04	42.4	0.20	1.10				
SD	0.39	6.7	0.16	3.53	0.08	0.14				

※Pyは0.4P<sub>ax</sub>として算出している。

表右に示した。3Rについて剛性は89%程度とよく一致したが、7Rについては67%程度であった。また7Rでは、計算上のP<sub>y</sub>にP<sub>max</sub>が満たなかった。

## 5. まとめ

ルーバー状耐力要素の接合部試験と耐力要素のせん断試験を行った。桝組材が増えると、剛性は計算値よりも実験値が小さくなる傾向があった。また破壊のモードが異なるため、P<sub>max</sub>の算出には注意が必要である。