

枠組壁工法耐力壁の枠材が壁倍率決定因子に与える影響について

日大生産工(院) ○藤 幸太郎
日大生産工 鎌田 貴久

1. はじめに

従来、枠組壁工法耐力壁においては、枠材として北米産のS.P.F材と呼ばれるディメンションランバーが使用され、合板等の構造用面材をCN50釘で留め付けることで構成される。近年、面材張り工法の利点を生かして、高气密高断熱の木造住宅が容易に作れる枠組壁工法に注目が集まっている。

近年、世界的な木材需要の拡大に伴い、輸入材のS.P.F材だけでなく、国産材であるスギ材の使用が急速に広まっている。一方で、耐力壁の性能評価(壁倍率)は面材と釘種によって決められており、枠材の樹種に関する規定ではない。

そこで本研究では、北米産S.P.F材、国産スギ材、エンジニアードウッドであるLVL材を枠材として耐力壁試験を行い、枠材の種類が壁倍率決定因子に及ぼす影響について調査を行った。

2. 耐力壁試験

2.1. 試験体および試験方法

試験概要をFig.1に示す。試験体概寸は幅1820mm、高さ2375mmとした。柱脚・柱頭部にホールダウン金物を設置した。

面材は、長さ2400mm×幅910mm×厚さ9.0mmの中密度繊維板(MDF)(密度約0.8g/cm³、含水率約7.8%)を2枚用いた。留め付けにはCN50釘(公称Φ2.87mm)を用い、外周100mm、中通200mmとした。

試験体は、枠材種により3種類とした。標準的なS.P.F材、国産材のスギ材、構造用材のLVL材とし、それぞれ3体の耐力壁試験を行った。

耐力壁試験はISO16670に準拠し、柱脚固定式-正負交番試験を行った。加力は油圧ジャッキにて行い、引張を正とした。試験の制御は頂部変形による見かけのせん断変形で行い、頂部変形角が1/450、1/300、1/200、1/150、1/100、1/75、1/50radの7ステップにおいて正負3回繰り返しを実施し、変形角が1/15rad、または耐力が最大荷重の80%に低下するまで試験を行った。

荷重はロードセルにて計測し、変形は試験体上枠に設置した変位計(H1)と下枠に設置した変位計(H2)を用い、見かけのせん断変形を算出した。また、左右の縦枠に設置した変位計(V1,V2)より柱脚部の変形を差し引いた真のせん断変形を算出した。

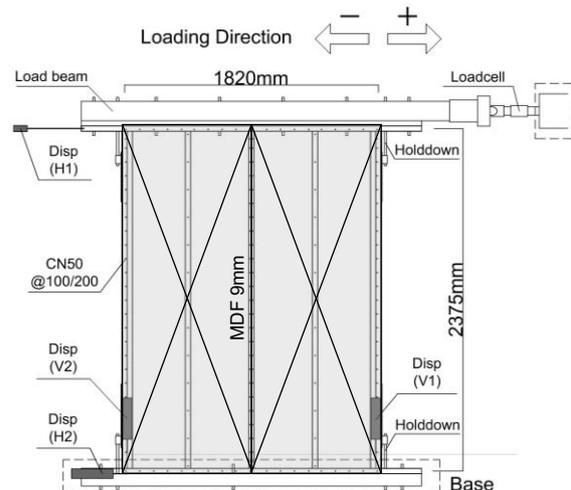


Fig.1 耐力壁試験概要

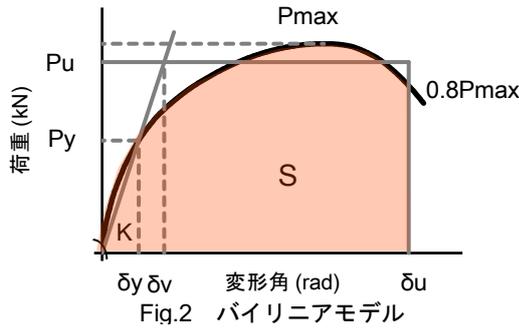
2.2. 評価方法

評価は「木造軸組工法住宅の許容応力度設計(2017年版)」¹⁾に準拠し、壁倍率決定因子である4指標により行った。4指標とは、降伏耐力 P_y 、終局耐力 $P_u \times (0.2/D_s)$ 、最大耐力 P_{max} の2/3、見かけのせん断変形角 $1/120\text{rad}$ 時の耐力、の四つの値である。Fig.2にバイリニアモデルの概要を示す。4指標は、試験結果の正の包絡線から得られるバイリニアモデルによって求められる。包絡線は、荷重と見かけのせん断変形角曲線より、繰り返し履歴曲線の外殻を結んだ線である。バイリニアモデルにおける剛性 K は、降伏耐力 P_y と原点を結ぶ傾きとなる。この降伏耐力 P_y は、変動初期の傾きと中期の傾きより求められる。終局変形角 δ_u は最大荷重 P_{max} の0.8倍または $1/15\text{rad}$ と定められる。終局耐力 P_u は、終局変形角 δ_u までの包絡線によって囲まれた面積と、初期剛性と終局変形角 δ_u に挟まれた台形的面積が等しくなるような荷重値である。降伏変形角 δ_v は、剛性と P_u が交わる点の変位である。塑性率 μ は、終局変形角 δ_u と降伏点変形角 δ_v の比であり、 $\mu = \delta_u/\delta_v$ により求め

The Influence of Framing Materials on the Determining Factors of Shear Wall in Panel Sheathed Walls

Kotaro FUJI and Takahisa KAMADA

られる。構造特性係数 D_s は、 $D_s = 1/\sqrt{2\mu - 1}$ により求められる。



2.3. 耐力壁試験結果

Fig.3 a)、b)、c)にS.P.F材、スギ材、LVL材を枠材に用いた耐力壁の荷重と見かけせん断変形角関係を示す。図の点線は繰り返し履歴曲線を示し、実線が包絡線を示す。次に、Fig.4 a)、b)、c)にS.P.F材、スギ材、LVL材の包絡線と、バイリニアモデルを示す。表1およびFig.5に各試験体における4指標の平均値を示す。

壁倍率は、4指標のうち最低値によって算出される。S.P.F材およびLVL材は $P_u \cdot (0.2/D_s)$ が決定因子であるのに対し、スギ材では P_y が決定因子となった。以上のことより、枠材の樹種によって壁倍率決定因子に与える影響が異なることが示唆された。

表2に、剛性 K 、終局耐力 P_u 、終局変位 δ_u 、降伏変位 δ_v 、塑性率 μ の平均値を示す。 K 、 δ_u 、 δ_v 、 μ は、S.P.F材、スギ材、LVL材で差が小さくなった。 P_u はLVL材、スギ材、S.P.F材の順に大きくなった。

表1 耐力壁試験の4指標

| | a) SPF | b) スギ | c) LVL |
|-----------------------|--------|--------|--------|
| P_y | 7.96 | 8.45 | 9.61 |
| (kN) | (0.58) | (0.29) | (0.11) |
| $P_u \cdot (0.2/D_s)$ | 7.67 | 8.99 | 9.23 |
| (kN) | (0.91) | (0.88) | (1.22) |
| $2/3P_{max}$ | 9.44 | 10.22 | 11.83 |
| (kN) | (0.76) | (0.28) | (0.81) |
| 1/120rad 時耐力 | 8.73 | 9.54 | 10.44 |
| (kN) | (0.38) | (0.68) | (0.26) |

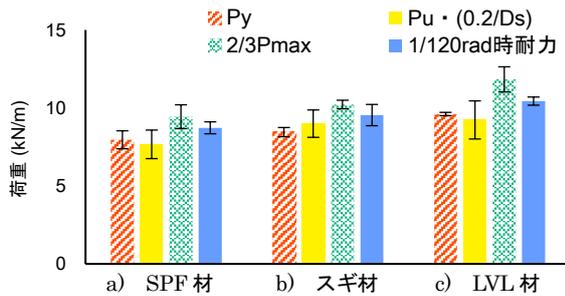


Fig.5 耐力壁試験の4指標

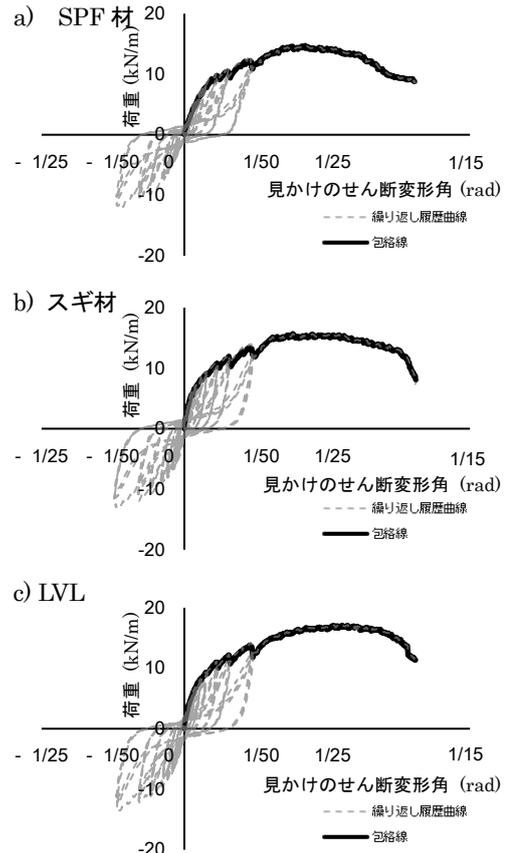


Fig.3 荷重-見かけのせん断変形角関係

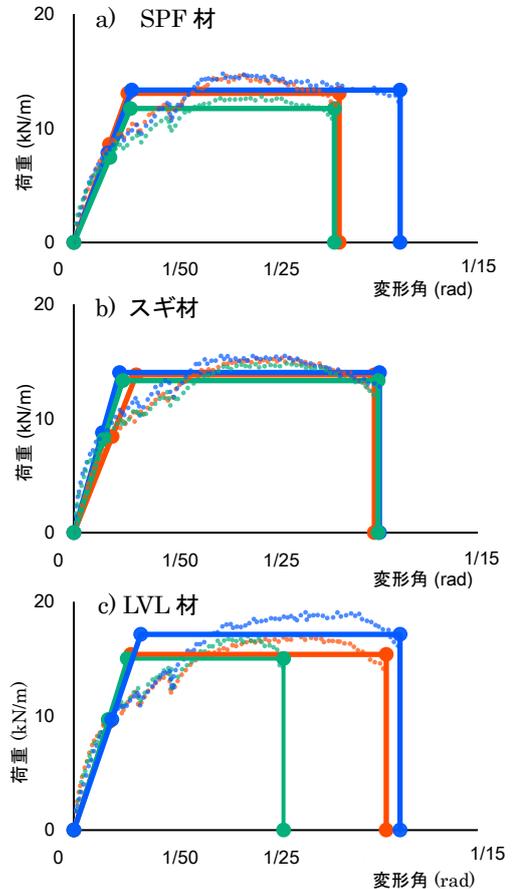


Fig.4 包絡線とバイリニアモデル

表2 耐力壁試験の結果

| | a) S.P.F材 | b) スギ材 | c) LVL材 |
|------------|-----------|--------|---------|
| K | 1141 | 1346 | 1357 |
| (kN/rad) | (88) | (218) | (61) |
| Pu | 12.71 | 13.72 | 15.84 |
| (kN) | (0.86) | (0.37) | (1.14) |
| δu | 56.25 | 60.09 | 55.99 |
| (rad) | (7.26) | (0.52) | (12.62) |
| δv | 11.15 | 10.38 | 11.71 |
| (rad) | (0.39) | (1.77) | (1.38) |
| μ | 5.04 | 5.90 | 4.76 |
| | (0.53) | (0.98) | (0.79) |

3. 釘接合部一面せん断試験

耐力壁の要素試験である釘接合部一面せん断試験を行った。

3.1. 試験体および試験方法

釘接合部一面せん断試験概要をFig.6に示す。一面せん断試験体の枠材は、SPF材、スギ材、LVL材の3種類の枠材を用いた。面材は、厚さ9mmの構造用MDFを用いた。試験体は、2本のCN50釘（公称Φ2.87mm）を用いて接合した。接合の際には、側材端部より50mmの位置に先行穴（Φ2.3mm）をあけ、釘頭が面材にめり込まない程度まで留め付けた。試験体数は6体とした。

加力は万能試験機を用い、引張加力とした。荷重はロードセル（TCLK-50KNA・容量50kN）を用いて計測した。変位は主材と側材の相対変位を二つの変位計（SDP-100、容量100mm）にて測定した。加力速度は2mm/minとし、最大荷重後に80%に低下するまで試験を行った。

3.2. 釘接合部一面せん断試験結果

荷重-変位関係からバイリニアモデルを用い、剛性k、終局耐力Pu、終局変位 δu 、降伏変位 δv 、塑性率 μ を求めた。

Fig.7に、S.P.F材を用いた試験体6体の荷重と変位関係を示し、表3に、S.P.F材のバイリニア評価を示す。スギ材およびLVL材の試験結果については、現在試験中のため口頭発表時に示す。

4. 釘接合部バイリニアモデルの推定

耐力壁バイリニアモデルを用いて、釘接合部バイリニアモデルを推定した。用いた手法は、「木造軸組工法住宅の許容応力度設計(2017年版)」²⁾の面材張り大壁の詳細計算法である。詳細計算法とは、釘接合部一面せん断試験の結果と面材のせん断剛性 G_B を用いて、耐力壁の耐力推定を行うものであり、今回は通常と逆に、耐力壁試験結果から釘接合部のバイリニアモデルを推定した。

釘1本当たりのせん断剛性k (kN/mm)

$$k = \frac{1}{\left(\frac{A_w}{K} - \frac{1}{G_B \times t}\right) I_{xy}} \quad \dots (1)$$

釘1本当たりの一面せん断耐力 ΔPv (kN)

$$\Delta Pv = \frac{P_y \times H}{A_w \times Z_{xy}} \quad \dots (2)$$

釘1本当たりの一面せん断降伏変位 δv (mm)

$$\delta v = \frac{\Delta Pv}{k} \quad \dots (3)$$

釘1本当たりの一面せん断終局変位 δu (mm)

$$\delta u = \frac{\mu \times \delta v (G_B \times I_{xy} \times k) - \delta v \times I_{xy} \times k}{G_B \times t} \quad \dots (4)$$

ここで

K：耐力壁剛性 (kN/rad)

Pu：耐力壁終局耐力 (kN)

δu ：耐力壁終局変形角 (rad)

δv ：耐力壁降伏点変形角 (rad)

μ ：耐力壁塑性率

A_w ：面材の面積 (cm²)

G_B ：面材のせん断弾性係数 (kN/cm²)

t：面材の厚さ (cm)

I_{xy} ：単位面積当たりの釘配列2次モーメント (cm²/cm²)

Z_{xy} ：単位面積当たりの釘配列係数 (cm/cm²)。

面材のせん断弾性係数 G_B は、昨年度の面内せん断試験から101kN/cm²とした。

Fig.8は耐力壁試験体の釘配列を表したものであり、釘配列より I_{xy} および Z_{xy} を求めた。 I_{xy} は4.12(cm²/cm²)、 Z_{xy} 0.0977(cm/cm²)であった。

表4およびFig.9に、a)S.P.F材、b)スギ材、c)LVL材の推定された釘接合部バイリニアモデルを示す。

釘接合部一面せん断試験の結果と耐力壁結果から得られた釘接合部のバイリニアモデルを比較した。

Fig.10に、耐力壁から得られた釘接合部のバイリニアモデル（推定値）と、釘接合部一面せん断試験より得られたバイリニアモデル（実験値）を示し、それぞれの剛性k、終局耐力Pu、終局変位 δu を示す。

Fig.10より釘接合部一面せん断試験の実験値が、剛性k、終局耐力Puおよび終局変位 δu において、耐力壁からの推定値よりも大きな値を示した。このことから、一面せん断試験から得られバイリニアモデルから耐力壁の耐力推定を行った場合、危険側の推定となることを示唆している。詳細計算法による推定方法は、枠材の曲げ性能、面材の面外変形の影響を考慮でき

ていない。今後、他の要因の影響について考慮する。

参考文献

- 1) (公)日本住宅・木材技術センター,木造軸組工法住宅の許容応力度設計(2017年版), 2017.3, pp.299-302
- 2) (公)日本住宅・木材技術センター,木造軸組工法住宅の許容応力度設計(2017年版), 2017.3, pp.181-212

謝辞

令和5、6年度研究に取り組んだ卒業生各位に感謝いたします。

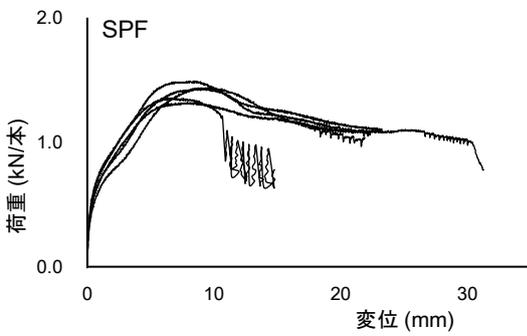
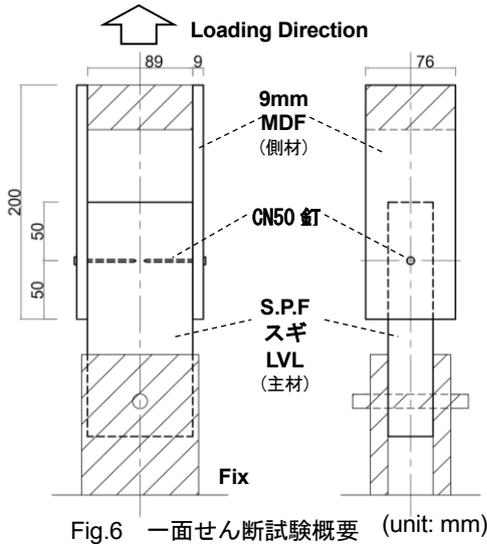


表3 一面せん断試験結果

| | S.P.F材 |
|--------------|--------|
| k | 0.85 |
| (kN/mm) | (0.20) |
| ΔP_v | 1.41 |
| (kN) | (0.07) |
| δu | 16.6 |
| (mm) | (6.0) |
| δv | 1.65 |
| (mm) | (0.37) |
| μ | 10.1 |
| | (3.4) |

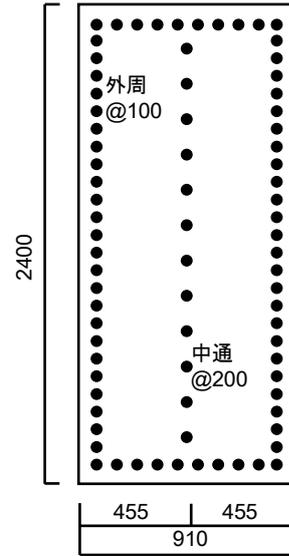


Fig.8 耐力壁の釘配列

表4 推定された釘接合部バイリニアモデル

| | a)S.P.F材 | b)スギ材 | c)LVL材 |
|--------------|----------|--------|--------|
| k | 0.32 | 0.36 | 0.36 |
| (kN/mm) | (0.04) | (0.06) | (0.02) |
| ΔP_v | 0.89 | 0.94 | 1.07 |
| (kN) | (0.06) | (0.03) | (0.01) |
| δu | 14.8 | 15.6 | 14.3 |
| (mm) | (1.12) | (0.33) | (2.62) |
| δv | 2.74 | 2.62 | 2.94 |
| (mm) | (0.15) | (0.42) | (0.15) |
| μ | 5.72 | 6.07 | 4.84 |
| | (0.61) | (1.02) | (0.81) |

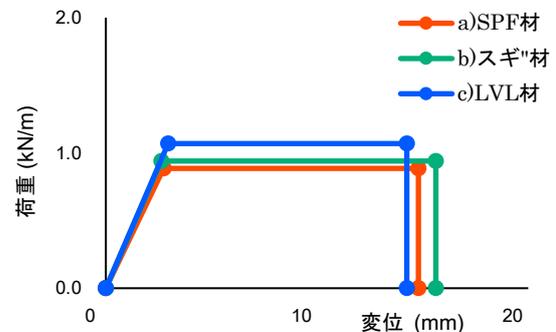


Fig.9 推定された釘接合部のバイリニアモデル

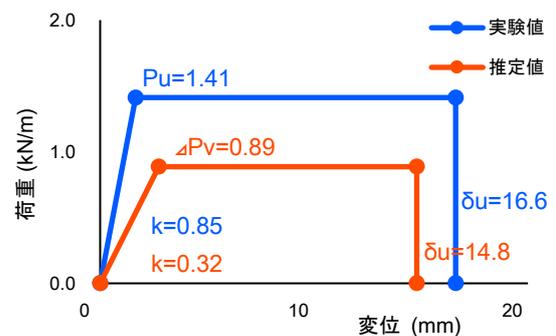


Fig.10 実験値と推定値の比較