

木造建築物接合部等の評価方法

木造建築接合部の評価方法

下記の参考図書に示されている標準的なルールに基づく評価方法を準用する。

[参考図書]

木造軸組工法住宅の許容応力度設計法（2008年度版）：（財）日本住宅・木材技術センター企画編集

1. 筋かいの端部における仕口

1. 1 短期基準せん断耐力の算定方法

(1) せん断変形角の算定

見かけのせん断変形角 (γ)、脚部のせん断変形角 (θ)、真のせん断変形角 (γ_0) は、次式により算出する。

見かけのせん断変形角 (rad)

$$\gamma = (\delta 1 - \delta 2) / H \quad \dots (1)$$

脚部のせん断変形角 (回転角) (rad)

$$\theta = (\delta 3 - \delta 4) / V \quad \dots (2)$$

真のせん断変形角 (rad)

$$\gamma_0 = \gamma - \theta \quad \dots (3)$$

但し、 $\delta 1$ ：梁材の水平方向変位 (mm) (変位計 H1)

$\delta 2$ ：土台の水平方向変位 (mm) (変位計 H2)

H：変位計 H1 と H2 の間の標点間距離 (mm)

$\delta 3$ ：柱脚部の鉛直方向変位 (mm) (変位計 V3)

$\delta 4$ ：柱脚部の鉛直方向変位 (mm) (変位計 V4)

V：変位計 V3 と V4 の間の標点間距離 (mm)

なお、 $\delta 3$ 、 $\delta 4$ は浮き上がりを正とする。

(2) 包絡線の作成

包絡線は、最終破壊させた側の荷重－見かけのせん断変形角曲線により、最初の繰り返し履歴曲線を順次結んで作成する。

(3) 短期基準せん断耐力の算定

筋かいを入れた軸組の短期基準せん断耐力 P_0 及び軸組フレームの短期基準せん断耐力 $F P_0$ は、下記の (a)～(d) で求めた耐力の平均値に、それぞれのばらつき係数を乗じて算出した値のうち最も小さい値とする。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% 下側許容限界をもとに次式により求める。

$$\text{ばらつき係数} = 1 - C V \cdot k \quad \dots (4)$$

ここで、C V：変動係数

k：試験体数に依存する定数 (n=3 の場合 0.471)

- (a) 降伏耐力 P_y
 - (b) 終局耐力 P_u に $(0.2/\sqrt{2\mu-1})$ を乗じたもの
 - (c) 最大耐力 P_{max} の $2/3$
 - (d) 特定変形時の耐力（柱脚固定式：見かけのせん断変形角 $1/120\text{rad}$ ）
- ただし、降伏耐力 P_y 、終局耐力 P_u 、塑性率 μ 等は、上記の包絡線を用いて、付録の「完全弾塑性モデルによる降伏耐力及び終局耐力等の求め方」から算定したものである。

1. 2 筋かいを入れた軸組の長さ 1m 当たりの基準せん断耐力の算定方法

仕口の引張性能を評価するために、筋かいを入れた軸組の長さ 1m 当たりの基準せん断耐力は次式により算定する。このとき $(P_0 - F_P P_0)$ は、軸組フレームの耐力への影響を除去したものである。

$$\text{軸組長さ 1m 当たりの基準せん断耐力 } {}_sP_0 = (P_0 - F_P P_0) \times (1/L) \quad \dots (5)$$

ただし、 P_0 ：筋かいを入れた軸組の短期基準せん断耐力 (kN)

$F_P P_0$ ：軸組フレームの短期基準せん断耐力 (kN)

L ：試験体の長さ

注) 軸組フレームの耐力への影響を差し引くとき、軸組フレームの短期基準せん断耐力の値は、筋かいを入れた軸組の短期基準せん断耐力の決定要因と同じ要因の耐力を用いる。

1. 3 筋かいを入れた軸組の長さ 1m 当たりの短期許容せん断耐力の算定方法

軸組長さ 1m あたりの短期許容せん断耐力は、次式により算出する。

$$\text{軸組長さ 1m 当たりの短期許容せん断耐力 } {}_sP_a = {}_sP_0 \times \alpha \quad \dots (6)$$

ただし、 ${}_sP_a$ ：筋かいを入れた軸組の短期許容せん断耐力 (kN)

α ：考えられる耐力低減の要因を評価する係数

2. 壁を設け又は筋かいを入れた柱の柱脚及び柱頭の仕口

2. 1 短期基準接合部耐力の算定

(1) 包絡線の作成

包絡線は、荷重-変形曲線より繰り返し加力のピークをできるだけ補助的な計測点を結びながら順次作成する。

(2) 短期基準接合部耐力の算定

降伏耐力 P_y は、上記の包絡線を用いて、付録の「完全弾塑性モデルによる降伏耐力及び終局耐力等の求め方」から算定する。

また、変位が 30mm を超えても、最大荷重の 80% まで荷重が低下しない場合には、変位 30mm 時の荷重を最大荷重として扱うものとする。ただし、試験は 30mm で終了せずに、接合部が破壊するまで行うことを原則とする。

短期基準接合部耐力 P_0 は、下記の (a) 又は (b) の耐力の平均値に、それぞれのばらつき係数を乗じて算出した値のうちの小さい方の値とする。

(a) 降伏耐力 P_y

(b) 最大荷重の $2/3$

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 95%下側許容限界値をもとに次式により求める。

$$\text{ばらつき係数} = 1 - CV \cdot k$$

ただし、CV：変動係数

k：定数 2.336（試験体数 6 体のとき）

(3) 短期許容接合部耐力の算定

短期許容接合部断力は、次式により算出する。

$$\text{短期許容接合部断耐力 } P_a = P_0 \times \alpha \quad \dots (7)$$

ただし、 P_a ：短期許容接合部耐力 (kN)

P_0 ：短期基準接合部耐力 (kN)

α ：考えられる耐力低減の要因を評価する係数

3. 胴差の仕口及び床組等の建物外周に接する部分の継手及び仕口

3. 1 短期基準接合部耐力および短期許容接合部耐力の算定

短期基準接合部耐力および短期許容接合部耐力の算定は 2. 1 に準ずる。

3. 2 接合部倍率の算定

接合部倍率は、次式により求める。

$$\text{接合部倍率} = P_0 / 5.3$$

ここで、 P_0 ：短期許容接合部耐力 (kN)

5.3：接合部倍率 1 の基準値 (5.3 kN = 1.96 kN/m × 2.7 m)

くぎの性能試験及びくぎ接合部の一面せん断降伏耐力、短期許容せん断耐力の評価方法

下記の参考図書に示されている標準的なルールに基づく評価方法を準用する。

[参考図書]

2007年枠組壁工法建築物構造計算指針：(社)日本ツーバイフォー建築協会

1. くぎの曲げ試験

1. 1 曲げ降伏モーメントの算出

各試験体の試験曲げ降伏モーメントは(2.1)式により算出する。

$$M_y = bP_{\max} \cdot L/4 \quad \text{-----} \quad (2.1)$$

ここに、 M_y : 試験曲げ降伏モーメント (N・mm)
 bP_{\max} : 最大荷重 (N)
 L : 支持スパン (mm)

ただし、曲げ降伏モーメントは、その平均値にばらつき係数を乗じた値とする。なお、ばらつき係数は母集団の分布を正規分布とみなし、統計的処理に基づく信頼水準75%の95%下側許容限界値をもとに(2.2)式より求める。

$$\text{ばらつき係数} = 1 - CV \cdot k \quad \text{-----} \quad (2.2)$$

ここに、 CV : 変動係数
 k : 試験体数に依存する定数 (試験体数10体の場合 : 2.104)

2. くぎの引張試験

2. 1 引張強さの算出

各試験体の試験引張強さは(2.3)式により算出する。

$$\sigma_t = \frac{tP_{\max}}{\pi(d/2)^2} \quad \text{-----} \quad (2.3)$$

ここに、 σ_t : くぎの試験引張強さ (N/mm²)
 tP_{\max} : 最大荷重 (N)
 d : くぎの実測径 (mm)

ただし、引張強さは、その平均値にばらつき係数を乗じた値とする。なお、ばらつき係数は母集団の分布を正規分布とみなし、統計的処理に基づく信頼水準75%の95%下側許容限界値をもとに(2.2)式より求める。

$$\text{ばらつき係数} = 1 - CV \cdot k \quad \text{-----} \quad (2.4)$$

ここに、 CV : 変動係数
 k : 試験体数に依存する定数 (試験体数10体の場合 : 2.104)

3. くぎ接合部の短期許容せん断耐力の評価

3. 1 試験曲げ降伏モーメントの低減

くぎの曲げ降伏モーメントは、くぎの引張試験で得られた引張強さと引張強さの規格の下限值との比

率により下式のように低減する。

$${}_eM_y = M_y \cdot (F_t / \sigma_t) \text{ ----- (3.1)}$$

- ここに、
 ${}_eM_y$: 低減した曲げ降伏モーメント (N・mm)
 M_y : 曲げ降伏モーメントの5%下限値 (N・mm)
 F_t : 引張強さの規格の下限値 (N/mm²)
 σ_t : くぎの引張強さの5%下限値 (N/mm²)

3. 2 くぎ接合部の一面せん断降伏耐力の算定

一面せん断降伏耐力 P_y は (3.2) 式より算出する。

$$P_y = N \cdot C \cdot F_{e1} \cdot d \cdot t \text{ ----- (3.2)}$$

- ここに、
 P_y : 一面せん断降伏耐力 (N)
 N : くぎの打ち方に応じた低減係数
 (平打ちF: 1, 斜め打ちT: 5/6, 木口打ちE: 2/3)
 C : くぎ接合部の降伏モードによって計算される数値で (3.3) 式による。

$$C = \min \left(1, \frac{1}{2 + \beta} \left\{ \sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta) {}_eM_y}{F_{e1} \cdot d \cdot t^2}} - \beta \right\}, \frac{1}{t} \sqrt{\frac{4\beta \cdot {}_eM_y}{(1 + \beta) F_{e1} \cdot d}} \right) \text{ ----- (3.3)}$$

- β : 主材と側材のめり込みの終局強度の比 (F_{e2}/F_{e1})
 F_{e1} : 側材のめり込み終局強度 (N/mm²)
 F_{e2} : 主材のめり込み終局強度 (N/mm²)
 ${}_eM_y$: 低減した曲げ降伏モーメント (N・mm)
 d : くぎの呼び径 (mm)
 t : 側材の厚さ (mm)

ただし、側材の厚さが十分厚い場合 (くぎ径の7倍以上の場合) は、(3.2) 式の C の値は (3.3) 式の3項で決まるため (3.2) 式の代わりに (3.4) 式を用いる。

$$P_y = N \cdot F_{e1} \cdot d \sqrt{\frac{4\beta \cdot {}_eM_y}{(1 + \beta) F_{e1} \cdot d}} \text{ ----- (3.4)}$$

なお、主材および側材のめり込み終局強度は下表による。

| 樹種 | めり込みの終局強度 (下限値) (N/mm ²) |
|---------|---|
| D Fir-L | 36 |
| Hem-Fir | 32 |
| S-P-F | 28 |

(3.2) 式で求めたくぎの一面せん断降伏耐力は、くぎまたは杵材の降伏で降伏耐力が決まる場合で、早期の頭抜け (パンチングシア) や引き抜け、くぎの破断などが生じないことを前提とする。

3. 3 短期許容せん断耐力の算定

短期許容せん断耐力は (3.5) 式より算出する。

$${}_sP_a = (2/3)P_y \text{ ----- (3.5)}$$

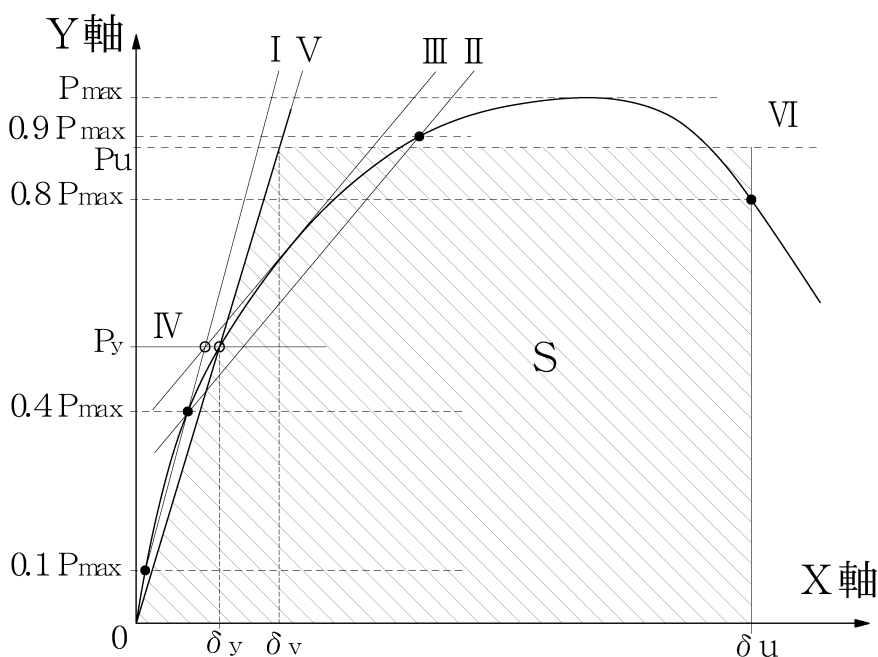
- ここに、 ${}_sP_a$: 短期許容せん断耐力 (N)
 $2/3$: 降伏耐力に対する短期許容耐力の安全係数
 P_y : 一面せん断降伏耐力 (N)

【 付 録 】

完全弾塑性モデルによる降伏耐力及び終局耐力等の求め方

降伏耐力 P_y 、終局耐力 P_u 、最大耐力 P_{max} 及び塑性率 μ 等は、荷重-変形曲線の終局加力を行った側の包絡線より、下記の手順で求める（付図1参照）。なお、2.1.6 (3) の「短期基準せん断耐力の算定」では、変位を変形角と読み替える。

- a) 包絡線上の $0.1 P_{max}$ と $0.4 P_{max}$ を結ぶ第Ⅰ直線を引く。
- b) 包絡線上の $0.4 P_{max}$ と $0.9 P_{max}$ を結ぶ第Ⅱ直線を引く。
- c) 包絡線に接するまで第Ⅱ直線を平行移動し、これを第Ⅲ直線とする。
- d) 第Ⅰ直線と第Ⅲ直線との交点の荷重を降伏耐力 P_y とし、この点から X 軸に平行に第Ⅳ直線を引く。
- e) 第Ⅳ直線と包絡線との交点の変位を降伏変位 δ_y とする。
- f) 原点と (δ_y, P_y) を結ぶ直線を第Ⅴ直線とし、それを初期剛性 K と定める。
- g) 最大荷重後の $0.8 P_{max}$ 荷重低下域の包絡線上の変位又は特定変位 $1/15\text{rad}$ （又は 30mm ）のいずれか小さい変位を終局変位 δ_u と定める。
- h) 包絡線と X 軸及び δ_u で囲まれる面積を S とする。
- i) 第Ⅴ直線と δ_u と X 軸及び X 軸に平行な直線で囲まれる台形の面積が S と等しくなるように X 軸に平行な第Ⅵ直線を引く。
- j) 第Ⅴ直線と第Ⅵ直線との交点の荷重を完全弾塑性モデルの終局耐力 P_u と定め、そのときの変位を完全弾塑性モデルの降伏点変位 δ_v とする。
- k) 塑性率 $\mu = (\delta_u / \delta_v)$ とする。
- l) 試験体の変形角が $1/15\text{rad}$ （又は 30mm ）を超えても最大荷重に達しない場合には、 $1/15\text{rad}$ （又は 30mm ）の荷重を P_{max} とする。



付図1 終局加力を行った包絡線による試験荷重の求め方