

## 曲げ降伏型接合具を用いたせん断実験における耐力の木材密度補正

正 ○岡部 実 1\*

曲げ降伏型接合具      せん断実験  
木材密度補正          EN1995

## 1. はじめに

木質構造設計規準（以下木規準）では、木材と木材もしくは木材と鋼板を緊結するボルト接合、くぎ接合、木ねじ接合等は、曲げ降伏型接合具を用いた接合として、降伏せん断耐力を計算することができる。この計算では、接合具径、接合具長さ、接合具の降伏曲げモーメントの他、樹種グループ毎の木材密度に対応した支圧強度が必要となる。木規準で示される木材密度は、樹種グループに応じて J1=420、J2=370、J3=320 kg/m<sup>3</sup> の数字が与えられているが、これらの数値は、樹種グループの下限値となっている。

一方接合部のせん断性能を実験から算出する場合、複数体の試験結果を統計処理して5%下限値を算出する方法が一般的になっているが、実験に用いる試験体の木材密度分布は、計算で想定している密度分布と異なることが多い。EN1995 Design of timber structures (Eurocode 5)<sup>(1)</sup>では曲げ降伏型接合具の降伏せん断耐力を計算するための支圧強度が、木材密度と接合具径の関数となっている。そこで、せん断実験時の木材密度と下限側木材密度を、Eurocode5 で提案されている支圧強度に置き換え、実験に用いた木材密度を補正する方法を提案し、既往の実験結果と比較することを目的とする。

## 2. 基準支圧強度と木材密度補正係数

木規準で示される基準支圧強度の表中の基準密度 (kg/m<sup>3</sup>、木規準では基準比重としている) を5%下限値  $\rho_k$  とし、樹種群の欄に記載されている密度は、平均密度  $\rho_{mean}$  と仮定する。木材密度は正規分布に従うと仮定し、(1)式で変動係数 CV を求めると樹種群によらず、0.097 となり、概ね 10% となっている。

$$CV = \frac{1}{1.645} \times \left(1 - \frac{\rho_k}{\rho_{mean}}\right) \quad (1)$$

Eurocode5 において、支圧強度  $f_{h,k}$  と下限木材密度  $\rho_k$  は、先孔ありの場合、(2)式で計算することができる。接合具径を  $d=26\text{mm}$  とすると、木規準の繊維方向の基準支圧強度と一致し、(3)式となる。

$$f_{h,k} = 0.082 \times (1 - 0.01d) \rho_k \quad (2)$$

$$f_{h,k} = 0.06068 \times \rho_k \quad (3)$$

以上より木材密度と支圧強度の関係を図 1 に示す。なお (3)式は、平均木材密度  $\rho_{mean}$  と平均支圧強度  $f_{h,mean}$  も表すことができると仮定すると、支圧強度の分布を求めることができる。

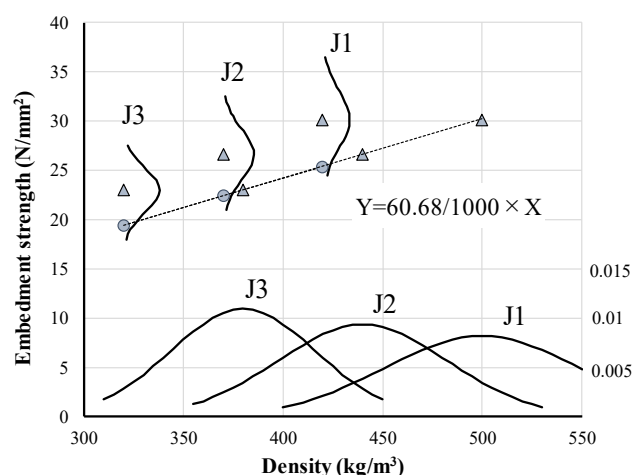


図 1 木材密度と支圧強度の関係

Eurocode5 では、同一木材密度でも接合具径に応じて支圧強度の値を計算できるが、現行木規準の支圧強度は、接合具径の関数になっていない。木規準に従い、下限木材密度  $\rho_k$  と実験時試験体の下限木材密度  $\rho_{exp,k}$  の比が、下限支圧強度  $f_{h,k}$  と実験時試験体の下限支圧強度  $f_{h,exp,k}$  の比となり、木材密度下限値補正係数  $K_k$  が(4)式で示される。また木材密度平均値補正係数  $K_{mean}$  は(5)式となる。

$$K_k = \frac{f_{h,k}}{f_{h,exp,k}} = \frac{\rho_k}{\rho_{exp,k}} \quad (4)$$

$$K_{mean} = \frac{f_{h,mean}}{f_{h,exp,mean}} = \frac{\rho_{mean}}{\rho_{exp,mean}} \quad (5)$$

木規準において、単位接合部の降伏せん断耐力  $P_y$  の計算値は、接合形式係数  $C$  に主材の基準支圧強度  $f_{h,k}$  と接合具径  $d$ 、主材厚さ  $l$  を乗じて算出する。実験結果においても、木材密度補正係数を乗じることで計算値と同一の木

材密度分布として比較ができると考える。

### 3. 接合形式係数 C における $\gamma$ の影響

曲げ降伏型接合の計算では、接合形式係数 C の算出において、接合具の基準材料強度  $F$  と基準支圧強度  $f_{h,k}$  の比率  $\gamma$  が(6)式で計算される。

$$\gamma = \frac{F}{f_{h,k}} \quad (6)$$

仮に  $F=235(N/mm^2)$  とし、J3 樹種の下限密度  $320kg/m^3$  の 1.2 倍 ( $380kg/m^3$ ) が実験時の下限密度とすると、 $\gamma=235/(19.4 \times 1.2)$  となり  $\gamma$  の値は、1/1.2 となる。鋼板添え板とする二面せん断接合におけるモードIVにおいて  $\gamma$  に(1/1.2) を入れると接合形式係数は 9% 小さい値になる。実験において、試験体密度が大きいことで変形モードが想定と異なることも予想されるが、本報では変形モードを木材密度で補正しないこととした。

### 4. せん断実験結果と計算結果の比較における木材密度補正の影響

構造用木ねじの一面せん断試験結果<sup>(2)</sup>と、曲げ降伏型接合具として計算した結果を比較する。なお試験体は、木材と木材を構造用木ねじで緊結したもので、木材は製材、集成材、CLT (いずれもスギ)、接合具は半ねじタイプで呼び径 6mm、8mm、12mm で木ねじ頭部形状が 2 種類となっている。一面せん断試験の加力方向は、繊維方向と平行と直角の二条件、加力スケジュールは、木規準の付録 2 で示される接合部の標準試験方法 ISO 16670 の正負 3 回繰り返しに依った。試験体数は、1 条件単調加力 1 体、正負繰り返し加力 6 体を標準とした。接合具の形状を 図 2 に、代表的な  $P-\delta$  曲線を 図 3 に示す。

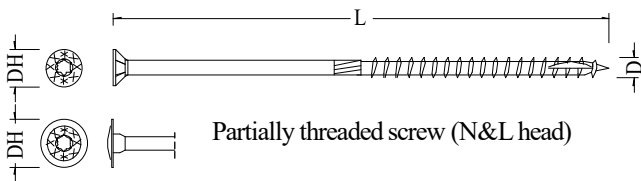


図 2 接合具の形状

降伏耐力  $P_y$  の計算値と実験値の関係を 図 4 に示す。木材密度補正係数の平均は 0.850 (最大 0.925、最小 0.812) となっている。密度補正を行わない場合は、木規準の計算値に対し実験値が大きな耐力を示しているが、補正を行うことで計算値に近づいている。構造用木ねじの呼び径が 6mm~12mm で、支圧強度は繊維平行方向も直角方向も繊維平行方向の支圧強度を用いて計算しているが、繊維方向の影響は少ない結果となった。また CLT において

斜め木ねじ接合の試験も行ったが、斜め接合は、計算値よりも木材密度補正した実験値が小さい結果となった。

### 5. まとめ

試験体に用いる木材の密度分布が母集団の密度分布と一致させることは、限られた試験体数では困難であるため、安全側評価となる木材密度補正を提案した。その結果計算値と実験値は近づく方向になった。また本報で用いた接合具は斜め打ちを除き、実験値が計算値を上回る結果となった。

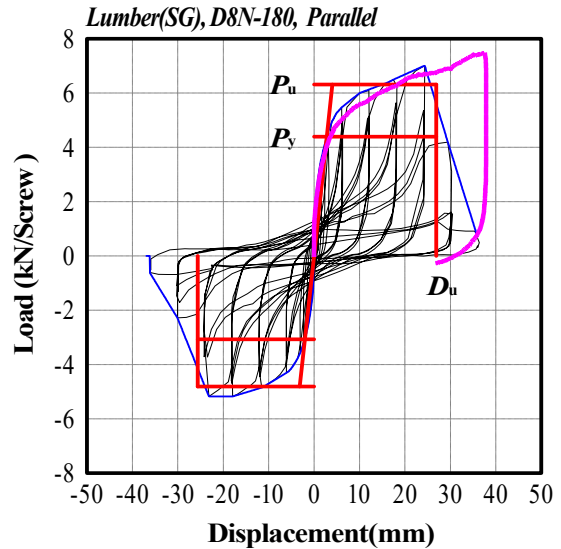


図 3 代表的な  $P-\delta$  曲線 (スギ製材 D8L180mm)

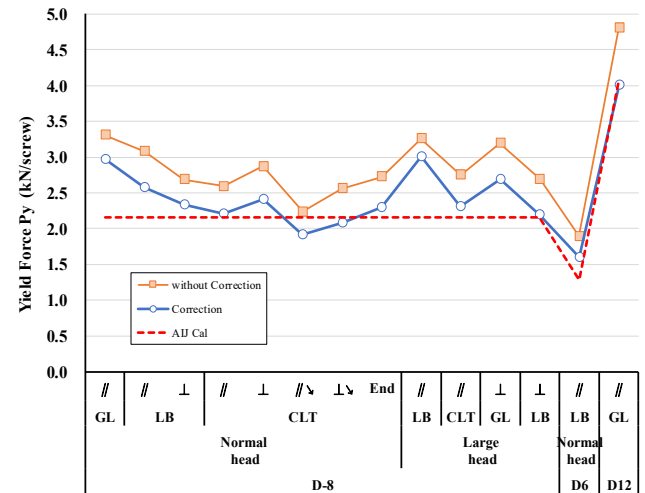


図 4 降伏耐力の計算値と実験値比較

#### 【参考文献】

- (1) EN 1995-1-1: 2014; Eurocode 5: Design of timber structures - Part 1-1: General -Common rules and rules for buildings
- (2) Minoru Okabe, Chiara Luzzani, Flavio Nebiolo; Cyclic lateral load test of screws on timber to timber connections for Sugi wood products, World Conference on Timber Engineering, South Korea, 2018

1 (一財) ベターリビングつくば建築試験研究センター, 博士 (農学)

1 Center for Better Living Tsukuba building research and testing laboratory, Dr. Agr.