

## 接合具径が木材の支圧強度に与える影響

正 ○ 岡部 実 1\*

木材支圧強度<sup>1</sup> 接合具径<sup>2</sup> European Yield Theory<sup>3</sup>

## 1. はじめに

くぎ、ボルト、ドリフトピンなどを用いた接合部は、European Yield Theory を用いて降伏耐力  $P_y$  を計算することができる。<sup>1,2</sup> 計算では、木材の支圧強度  $f_{emb,k}$  と接合具の降伏モーメント  $M_y$  に基づく材料強度  $F$  が必要となる。木質構造設計規準（2006年版）の解説では、木材の支圧強度は Eurocode 5 における設計式において接合具径  $d$  を 26mm とし、樹種グループ毎の繊維平行方向の基準支圧強度を規定し、繊維直角方向は繊維平行方向の 1/2 としたとなっている。

また木材の支圧強度は、木材と接合具のめり込み実験から求めることができるが<sup>3</sup>、ASTM、EN、ISO で試験方法が微妙に異なっている。また欧州は限界状態設計を行うのに対し、日本は許容応力度設計となっていることから、支圧強度の評価方法も様々な提案がある。

本報では筆者が過去に実施しためり込み実験結果<sup>4,5</sup>を用い、木材の繊維方向に対して平行・直角加力における応力-変位曲線を求め、許容応力度設計に用いる支圧強度の評価方法の検討及び接合部径の影響を検討することを目的とする。

## 2. 試験方法及び試験体

ASTM D 5764-97a:2013 及び ISO/DIS 10984-2:2008 では Full-hole test と Half-hole test が規定されている。前者は接合具を木材中に貫通させ加力することで、木材に対して接合具を支圧させる方法である。後者は、接合具径と同様の半円を木材側に加工し、接合具を接触させた状態で支圧させる方法である。なお EN383:2007 は Full-hole test を採用し、Half-hole test は許容していない。Full-hole test は接合具に曲げ変形が作用する可能性があり、Half-hole test は接合具径の 1/2 までしか加力することができない欠点が存在する。2018 年枠組壁工法建築物構造計算指針（以下緑本とする）では、くぎの支圧強度算出方法として、Half-hole test のような半円加工を施さず、くぎを木材木口面に設置して加力する方法の提案もある。筆者が実施した実験は、くぎ(CN50,65,75,90)については緑本で規定する方法と Full-hole test、ボルト(D8,12,16,20mm)については ISO/DIS 10984 で規定する Full-hole test となっている。なお Full-hole test ではくぎ、ボルトとも先孔加工を施した試験体を用いた。また得られた応力-変位曲線から接合具径

の 5% オフセット耐力を求めた。Full-hole test に用いた支圧試験治具(ボルト用)を図 1 に示す。ボルトは、片側端部を鋼板 19mm にねじ込み、片側は 0.5mm の孔により両端固定の状態となるよう考慮した。くぎも両端を押さえ治具で拘束し、木材板厚を調整することで曲げ変形を抑える工夫を行った。

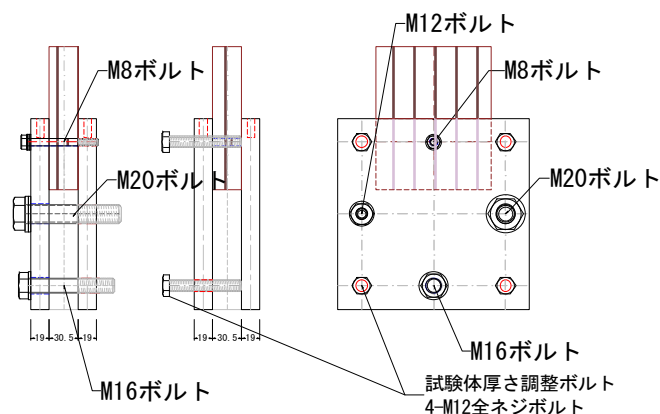


図 1 支圧試験治具（ボルト用 Full-hole test）

Full-hole 支圧実験で得られた荷重は、接合具径と試験体厚さから求めた面積で除して応力とし、応力-変位曲線から、5mm 変形時及び接合部径  $d$  の 5% offset 法での支圧応力を 5mm 変形時支圧強度及び 5% offset 支圧強度とした。また緑本での支圧強度の算出方法は、最大荷重を支圧強度とした。

Full-hole test に用いた試験体はスギとし、緑本の試験に用いた試験体は SPF と D-Fir とした。事前に密度測定を行い、試験条件毎に同一密度分布となるよう試験体の仕分けを行った。

## 3. 試験結果

Full-hole test でのボルト支圧試験での支圧応力-変位曲線を図 2 に、くぎの応力-変位曲線を図 3 に示す。図中の水平赤線は、木質構造設計規準で規定されている木材の基準支圧強度(樹種グループ J3)を示す。木材繊維平行方向加力と直角方向加力で支圧応力-変位曲線の傾向が異なり、繊維平行加力では初期に剛性が高くかつ最大応力以降は徐々に低下する傾向が見られるのに対し、直角加力では剛性低下以降も支圧応力は上昇を続ける傾向が見られた。緑本での支圧試験結果でくぎ径及び木材密度の関

係を図 4 に示す。繊維平行加力での最大荷重を示している。図中の青○は J3 の SPF、赤◇は J1 の D Fir での支圧試験結果である。基準支圧強度値よりも高い値を示し、またくぎ径の影響よりも木材密度の影響が大きい結果となった。

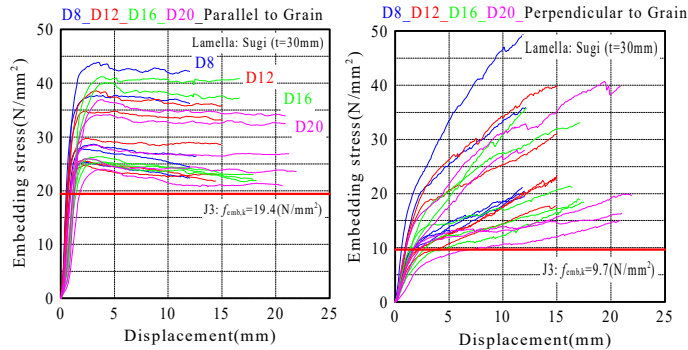


図 2 支圧応力-変位曲線 (ボルト Full-hole test)

(青線 : D8 赤線 : D12 緑線 : D16 紫線 : D20)

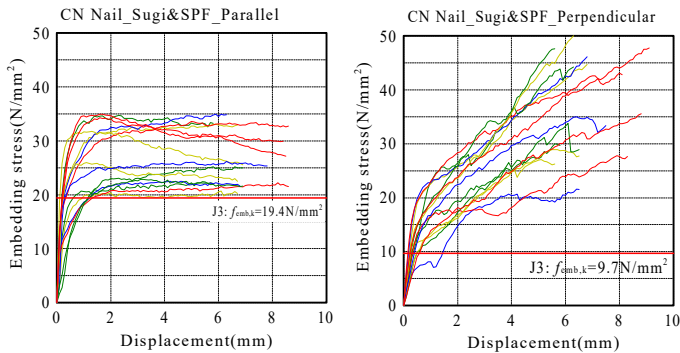


図 3 支圧応力-変位曲線 (CN くぎ Full-hole test)

(緑線 : CN50 黄線 : CN65 青線 : CN75 赤線 : CN90)

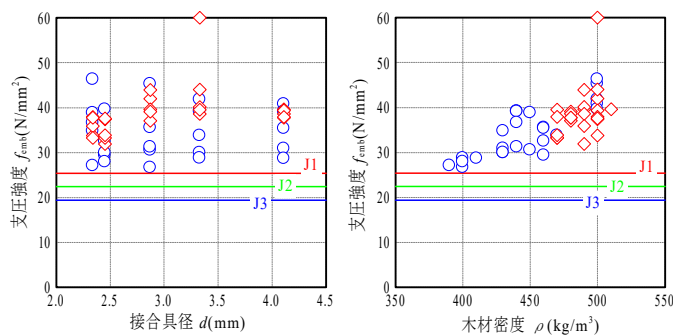


図 4 くぎ径及び密度と支圧強度の関係 (CN くぎ)

(青○ : SPF 赤◇ : D Fir)

図 5 にくぎ及びボルトの接合具径と支圧強度の関係を示す。右図は木材繊維に平行加力を、左図は繊維に直角加力を示し、青○は、Full-hole test における 5% offset 支圧強度を、赤◇は 5mm 変形時の支圧強度を示す。

木材繊維平行加力の結果は、接合具径 4.11mm 以下のグループで、5% offset 及び 5mm 変形時の支圧強度とも低い値を示した。接合具 (くぎ) が曲げ変形した可能性がある。緑本で示される試験では、くぎが曲げ変形しないことから、比較的高い支圧強度が得られている。(樹種は SPF と D-fir)

木材繊維直角加力の結果は、5% offset 及び 5mm 変形時支圧強度ともに、接合具径が大きくなるほど低い値となる傾向が見られる。ただし応力-変位関係から繊維直角加力では 5% offset 及び 5mm 変形時の応力は最大応力に比べ強度の余裕度は大きい。

接合具径 4.11mm 以下では、繊維平行と繊維直角加力における支圧強度は 5% offset 及び 5mm 変形時とも近い値を示していることから、くぎは荷重方向によらず繊維平行方向の支圧強度を用いることで問題はないと考えられる。

Eurocode5 では、支圧強度を接合具径と木材密度の関数で与え、さらにくぎは先孔の有無で異なる支圧強度が与えられている。図 5 の青点線は、J3 樹種において接合具径の関数とした支圧強度を示す。なお繊維直角加力は、繊維平行加力の 1/2 としている。支圧強度を Eurocode5 を参考に接合具径の関数とし、繊維直角方向は繊維平行方向の 1/2 としても、概ね支圧強度の下限値を示していることが確認できた。

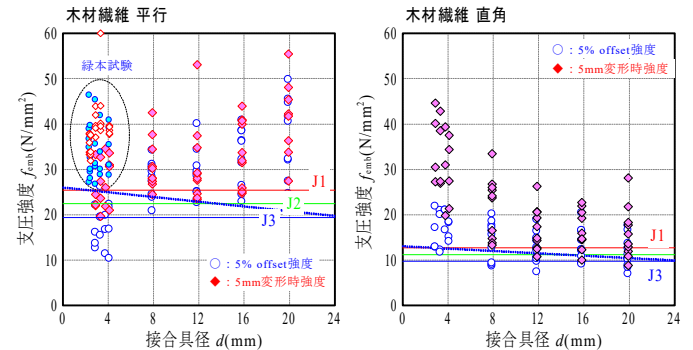


図 5 接合具径と支圧強度の関係

#### 4. 参考文献

- 1 木質構造設計規準・同解説, 日本建築学会, 2006
- 2 EN 1995-1-1, Eurocode5 Design of timber structures Part1-1, 2014
- 3 K.Sawata, M. Yasumura: Determination of embedding strength of wood for dowel-type fasteners, Journal Wood Science, 48, 138-146, 2002
- 4 岡部, 安村: 各種面材を用いた釘接合部の一面せん断試験と降伏理論の適応, 日本建築学会大会梗概, 1993
- 5 岡部: スギ板ラミナを用いた円形接合具のめり込み実験, 日本木材学会大会要旨集, 2021

\* (一財)バタリービングつくば建築試験研究センター, 博士 (農学)

\* Center for Better Living, Tsukuba Building research and test Laboratory, Dr. Agr.