

繊維直交方向加力を受ける木質構造ボルト接合部における破壊荷重推定法

正会員 ○ 安村 基*

破壊力学 設計式 スギ集成材
破壊パラメータ せん断応力 密度

1. 緒言

木材は、一般に曲げ、引張りに対して脆性的な破壊を示すため、架構の靱性を確保するためには、接合部に靱性を期待する必要がある。一方、木材は繊維に直交方向の引張りやせん断に対する強度が低く、かつ脆性的に破壊するため、接合部がこのような応力により脆性的に破壊すると、架構の靱性を確保することが極めて困難となる。このような理由から、近年ボルト接合部などの機械的接合部に繊維直交方向力が作用する場合の割裂破壊荷重を推定する方法に関する研究が行われ、木質構造に関する欧州規格(EC5)の最終案にも破壊力学に基づく設計式が示されている。一方、わが国における現行の学会規準においては、接合部におけるせん断応力の検定式が示されているが、これは切り欠きを有する梁のせん断応力の検定式を準用したもので、この適用性については検討の余地がある。本研究においては、Van der Putの割裂破壊荷重推定式とせん断破壊推定式を組み合わせることにより、繊維直交方向力を受けるボルト接合部の破壊荷重を合理的に推定する方法を提案し、実験値と比較することにより、この検定法の妥当性を検証した。

2. 割裂破壊荷重推定式

Van der Putらは、図1に示す木材の繊維直交方向加力を受ける接合部における割裂破壊荷重推定式を、破壊力学をもとに(1)式として導いた¹⁾。

$$\frac{Q}{b\sqrt{h}} = C_r \sqrt{\frac{\alpha}{1-\alpha}} \quad (1)$$

$$\alpha = \frac{h_e}{h}; C_r = \sqrt{\frac{G \cdot G_c}{0.6}}$$

ここに、 b :梁の巾、 h :梁せい、 h_e :縁端距離、 G :せん断弾性係数、 G_c :エネルギー開放率、 C_r :破壊パラメータ

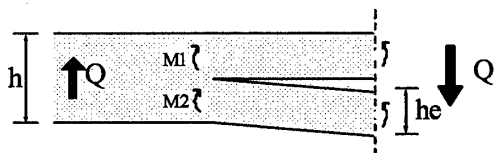


図1 接合部により割裂を生じるモデル

3. 破壊パラメータ C_r

破壊パラメータ C_r の値は、接合部の試験から求めることが可能で、岩崎・安村はボルト接合部の実験より C_r と木材の密度との関係を(2)式で表した²⁾。

$$C_r = 0.03960\rho - 4.441 \quad (2)$$

これより、各樹種群の C_r の値は表1の通りとなる。

表1 各樹種群における C_r の値

樹種群	密度(kg/m ³)		C_r (N/mm ^{1.5})	
	平均値	下限値	平均値	基準値
J1	500	420	15.4	12.2
J2	440	370	13.0	10.2
J3	380	320	10.6	8.2

4. 設計式の提案

(1)式は、梁中央の接合部に荷重を受ける場合を想定したものであるが、岩崎・安村はこの式が図2に示すような非対称な配置を有する場合にも適用可能であることを示した³⁾。ただし、この場合、荷重条件によってはせん断の検定が必要となる。そこで、繊維直交方向加力を受ける接合部における割裂、せん断の検定を以下により行う。

$$P = \min.(P_r, P_s)$$

$$P_r = 2 \cdot b \cdot C_r \cdot \sqrt{\frac{h_e}{1 - \frac{h_e}{h}}} \quad (3)$$

$$P_s = \frac{1}{3} \cdot R \cdot b \cdot h_e \cdot F_s$$

$$R = \frac{|Q_1 - Q_2|}{\max.(|Q_1|, |Q_2|)}$$

ここに、 F_s : せん断強度の基準値。

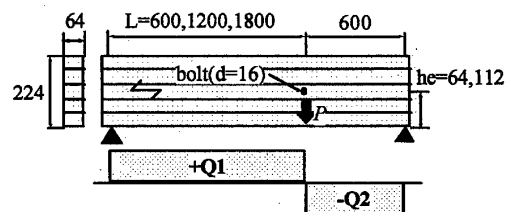


図2 繊維直交方向加力を受ける接合部

Predicting the failure loads of bolted timber joints subjected to a force perpendicular to grain

YASUMURA Motol

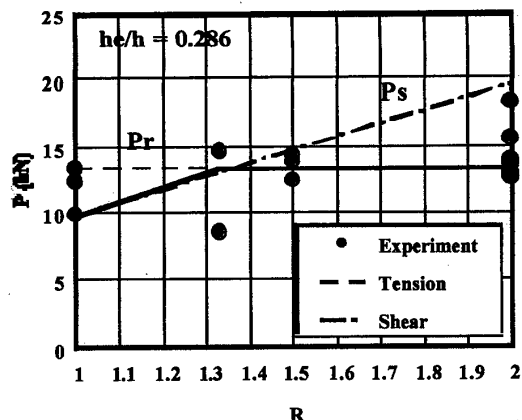


図3 破壊荷重 P と R の関係 ($he=0.286h$)

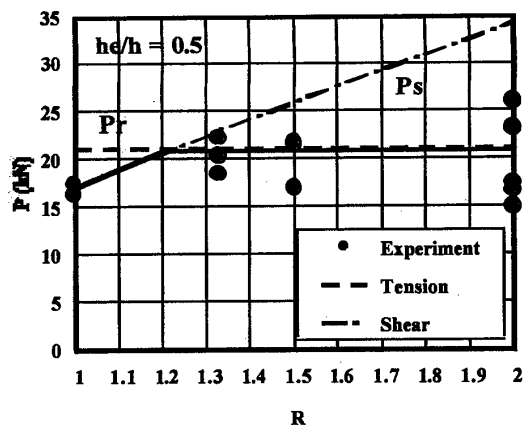


図4 破壊荷重 P と R の関係 ($he=0.5h$)

5. 設計式の検証

図3および図4は、図2におけるスギ集成材ボルト接合部 ($d=16\text{mm}$)における破壊荷重 P とせん断応力比 R ((3)式参照)の関係を示したものである³⁾。ただし、 $R=1$ の実験値は、図5におけるType Bの試験体(スプルス集成材)⁴⁾の値で、 P_r および P_s の計算に際して、 C_r および F_s は、それぞれ $10.6\text{N}/\text{mm}^{1.5}$ および $3.6\text{N}/\text{mm}^2$ ($2.7\text{N}/\text{mm}^2 \times 4/3$)と仮定した。これより、(3)式による破壊荷重の推定値は縁端距離 he に拘わらず実験値とよく一致しており、本設計法が繊維直交方向加力を受ける接合部の破壊荷重推定式として適切であることを示している。

一方、図5は既往のType AおよびBの試験体(スプルス集成材、ボルト径 16mm)における実験結果⁴⁾と(3)式による設計値を比較したものである。ただし、図中の()の数値は、ボルト本数を表しており、計算に際して C_r および F_s は、それぞれ $10.6\text{N}/\text{mm}^{1.5}$ および $3.0\text{N}/\text{mm}^2$ とした。(3)式による設計値は、接合型式、ボルト本数に拘わらず実験における最大耐力と比較的良好な相関を示しており、また提案の C_r 値およびせん断の基準強度を用いて計算した設計値は実験値と比べて安全サイドとなっており、本設計法が繊維直交方向加力を受ける接合部の検定法として適切であることを示している。

6. 文献

1) TACM van der Put, AJM Leijten: Evaluation of perpendicular to grain failure of beams caused by concentrated loads of joints, Proc. of 33rd CIB W18 meeting, paper 33-7-7, 2000
 2) 岩崎晃治、安村基: 繊維直交方向加力を受けるボルト接合部における割裂破壊荷重の推定, 2005年日本建築学会学術講演梗概集、C-1, pp.273-274, 2005年9月

*静岡大学農学部環境森林科学科 教授・農博

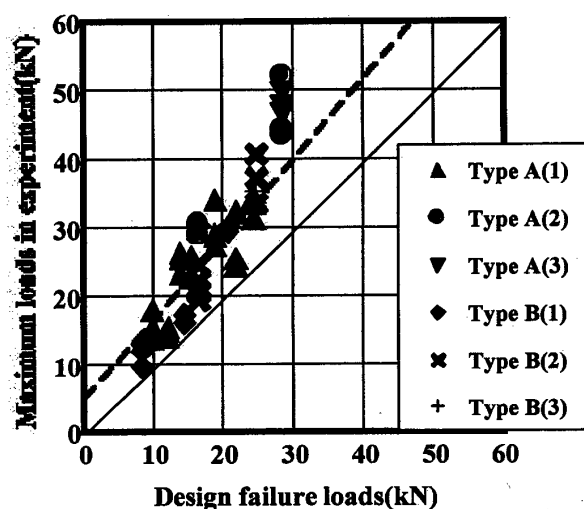
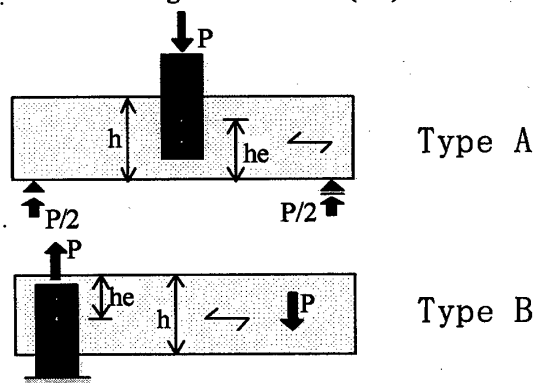


図5 実験における最大耐力と設計値の比較



3) 岩崎晃治、安村基: スギ集成材ボルト接合部の鋼板接着補強に関する検討、日本建築学会学術講演梗概集、2006年9月
 4) M. Yasumura: Design criteria for bolted joints subjected to force perpendicular to the grain, Proc. of 7th WCTE, vol.3, pp.137-144, 2002

*Prof., Dept. of Environment and Forest Resources Science, Faculty of Agriculture, Shizuoka Univ., Dr. Agr.