

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 割裂破壊パラメータの提案

集成材、破壊力学、強度実験、設計式

正会員 ○岩崎晃治*1
同 安村 基*2

1. 緒言

木質構造における機械的接合部に木材の繊維に直交方向の力が加わると、木材が割裂により脆性的に破壊することがあり、このような割裂破壊荷重を推定する方法として、破壊力学を基にした推定式が提案されている[1]。この推定式を適用するためには、木材のせん断弾性係数とエネルギー開放率に基づく割裂破壊パラメータが必要となるが、安村は割裂破壊パラメータを実験的に求めるための試験法を提案している[2]。本研究は、樹種およびボルト径を変化させたボルト接合部についてこの試験法を適用して実験を行い、ボルト接合部などのダウエル型接合部に適用するための割裂破壊パラメータに関する資料を提供するものである。

2. 割裂破壊荷重の推定式

図1に示すように、はりの中央部で繊維直交方向加力により曲げを受けるダウエル型接合部の割裂破壊荷重(F_u)は、(1)式で表される[1]。

$$\frac{F_u}{b\sqrt{h}} = C_1 \sqrt{\frac{\alpha}{1-\alpha}} : C_1 = \sqrt{\frac{GG_c}{0.6}} \quad (1)$$

ここに、 b ：はりの巾、 h ：はりせい(mm)、 h_e ：縁端距離(mm)、 C_1 ：割裂破壊パラメータ、 G ：せん断弾性係数(N/mm²)、 G_c ：エネルギー開放率(N/mm)。

(1)式を h_e の式として書き直すと(2)式となり、 h が h_e と比べて十分大きい場合は、 $\alpha \rightarrow 0$ となり、(2)式は(3)式で表される。

$$\frac{F_u}{b\sqrt{h_e}} = C_1 \sqrt{\frac{1}{1-\alpha}} \quad (2) \quad \frac{F_u}{b\sqrt{h_e}} = C_1 \quad (3)$$

これより、 C_1 は図2に示す引張り型の試験を行うことにより求められる[2]。また、(3)式は h が h_e と比べて十分大きい場合、割裂破壊荷重の推定に適用できる。

3. 試験体および試験方法

試験体の概要を図1に示す。試験体は、巾 $30d$ 、厚さ $4d$ (d =ボルト径)のスプルス、スギ、ベイマツ、カラマツの集成材で、縁端から $4d$ の位置において直径 $8, 12, 16, 20$ mmのボルトを用いて 12 mm厚鋼板と接合したものである。加力反対側においては、応力が均一となるように、集成材の両面に 12 mm厚鋼板を接着し、直径 16 mmのボルト4本で、鋼板と緊結した。ただし、スプルス試験体については合板補強を行わず、集成材を直接鋼板と緊結した[2]。なお、試験体

の種類、集成材の密度は表1に示すとおりである。各種試験体6体ずつについて、図3に示すように引張り力を加えて割裂実験を行い、集成材と鋼板の相対すべりおよび荷重を測定した。

4. 実験結果と考察

各種試験体における密度、最大荷重の平均値と変動係数および(3)式により求めた割裂破壊パラメータ C_1 の平均値および5%下限値を表1に、スプルスおよびスギにおけるボルト径と C_1 の関係を図4に、すべての試験体における密度と C_1 の関係を図5に示す。図4より、スプルスおよびスギにおける C_1 の値は、

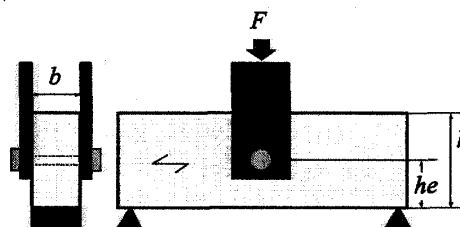


図1 曲げを受ける接合部

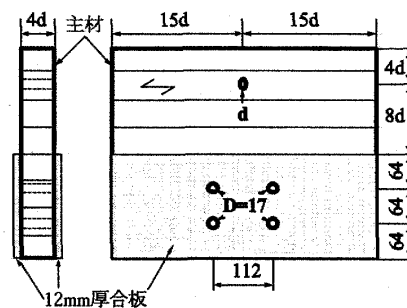


図2 試験体の概要

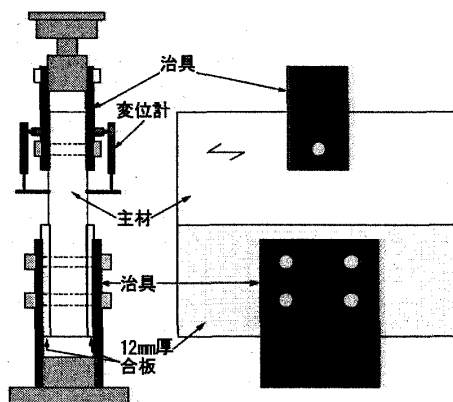


図3 試験方法

Estimating fracture strength of bolted timber joints loaded perpendicular to wooden grain - proposal for fracture parameter

IWASAKI Koji and YASUMURA Motoi

径8mmのものを除いてほぼ一定であった。このことより、直径が12mmより大きいボルト接合部においては、 C_1 の値はボルト径によらず一定で、本試験法により求めた C_1 の値を適用することが適切であることがわかった。一方、直径が8mmのものでは C_1 の値が約23%程度低下しており注意が必要であることがわかった。図5および表1を眺めると、スプルースおよびスギにおける C_1 の値は、直径8mmのものを除き、ほぼ同様であったが、ベイマツ、カラマツはこれらより高い値を示した。ただし、ベイマツは密度のわりに相対的に高い値を、カラマツは低い値を示す傾向にあることがわかった。

5. 設計値の提案

すべての実験結果における密度と割裂破壊パラメータの関係から、下限5%値を求めると、 C_1 の下限値は(4)式で表される。

$$F_{u,5\%} = 0.07920\rho - 8.882 - \sqrt{0.0004260\rho^2 - 0.3793\rho + 177.7} \quad (4)$$

ここに、 ρ ：密度。これより、(1)～(4)式を用いて、接合部の割裂強度を求めることが可能である。

6. 文献

- 1) TACM van der Put, AJM Leijten: Evaluation of perpendicular to grain failure of beams caused by concentrated loads of joints, Proceedings of the 33th CIB-W18, paper 33-7-7, Delft, 2000
- 2) M Yasumura: Determination of fracture parameter for dowel-type joints loaded perpendicular to wooden grain, Proceedings of the 35th CIB-W18, paper 35-7-9, Kyoto, 2002

表1 各種試験体における密度、最大荷重、割裂破壊パラメータ (各6体)

| 樹種 | ボルト径 (mm) | 密度 (kg/m ³) | | 最大荷重 (N) | | C_1 (N/mm ^{1.5}) | |
|-------|-----------|-------------------------|-----------|----------|-----------|------------------------------|------|
| | | 平均 | C.O.V.(%) | 平均 | C.O.V.(%) | 平均 | 下限5% |
| スプルース | 8 | 407 | 3.62 | 3250 | 12.5 | 17.9 | 13.6 |
| | 12 | 444 | 3.20 | 8110 | 12.0 | 24.3 | 18.7 |
| | 16 | 414 | 4.51 | 11300 | 6.67 | 22.1 | 19.2 |
| スギ | 12 | 398 | 0.64 | 7120 | 8.93 | 21.4 | 17.7 |
| | 16 | 386 | 7.65 | 12300 | 16.3 | 24.1 | 16.5 |
| | 20 | 388 | 1.65 | 16200 | 13.1 | 22.7 | 16.9 |
| ベイマツ | 12 | 506 | 0.97 | 12600 | 16.7 | 37.9 | 25.6 |
| | 20 | 499 | 1.00 | 27000 | 12.6 | 37.7 | 28.4 |
| カラマツ | 16 | 566 | 8.33 | 15000 | 13.0 | 29.3 | 21.9 |

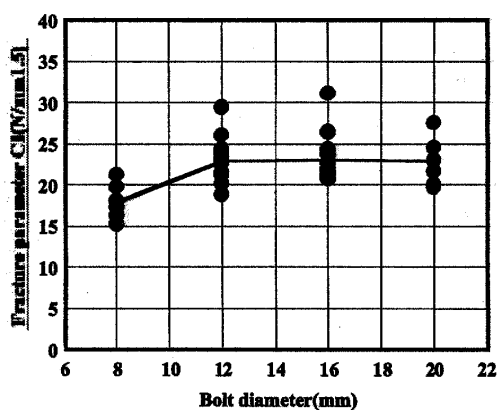


図4 ボルト径と C_1 の関係 (スプルース、スギ)

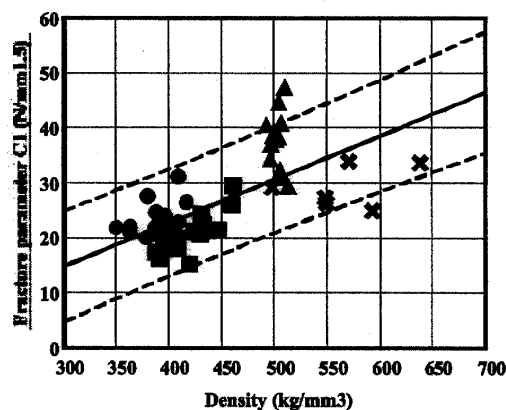


図5 密度と C_1 の関係 (四角：スプルース、丸：スギ、三角：ベイマツ、バツ：カラマツ)

*1 静岡大学大学院農学研究所 大学院生 Graduate Student, Graduate School of Agriculture, Shizuoka Univ.

*2 静岡大学農学部森林資源科学科 教授・農博 Prof., Dept. of Forest Resources Science, Faculty of Agriculture, Shizuoka Univ., Dr. Agr.