## 性能照査型設計法に適した木材のせん断破壊標準試験法に関するFEM解析

金沢工業大学大学院 学生員 〇篠原己観郎 フェロー 本田秀行 福岡大学 正会員 千田知弘 正会員 渡辺浩 明治コンサルタント(株) 非会員 花田丈稔

#### 1. はじめに

現在の土木分野における木材利用に関しては、年間300万m<sup>3</sup>もの木材利用量が土木分野に求められており、 木材利用量を如何に目標数に近付けていくのかが今後の重大な課題となっている.一方、景観面への配慮や観 光PRなどといった土木構造物に対するニーズの多様化もあり、木材に再び転機が訪れている.それに加えて、 高性能な防腐剤の開発などの多くの技術革新により、従来では不可能とされていた長寿命かつ 50m を超える 長スパンの木橋が施工可能な状況である.しかしながら、潜在的ニーズの高まりに反して、現在の基準でせん 断強度を満たそうとした場合、桁断面が巨大化し、コスト面や意匠面で敬遠される傾向ある.この基準は、土 木独自の設計基準が無い為に 60 年前に施工された建築基準法第 89 条第1項を参考にしている.この基準値が 極端な安全値になっていることが、桁断面の巨大化の原因として挙げられている.この改善策として、著者ら の鋼製試験ジグを用いた試験法により、木材の破壊強度を把握することができていない.

本研究は、既往の木橋の研究で実績のある FEM 解析を用い、曲げ方式で確実にせん断破壊する試験ジグと 試験法を開発し、土木分野に適した木材のせん断強度を明示することを目的とした研究の基礎研究であり、2 試験体を試設計し、解析した結果を報告する.

#### 2. 試験体概要

本研究では、鋼製ジグの試験体に加えて、載荷坂と支点板も解析対象とすることで、対象 試験体に FEM 固有の応力集中が生じないようにした.試験体正面図を図-1 に、側面図を図

-2 に、平面図を図-3 に、鋼ジグの上フランジを取り外した試験 体概略図を図-4 に示す.木材は、図-4 の鋼ジグに挿入到達点ま で矢印方向に挿入し、ボルトで固定するだけの仕様としており、 また4点曲げの際に軸方向応力で降伏しない断面とした.FEM 解 析では、本試験体の鋼製ジグに生じる軸方向応力が降伏(240MPa) しないか、木材を固定するボルトが降伏(240MPa)しないか、 木材に生じるせん断応力の最大値の測定の3つの照査事項に絞っ て解析を行った.

# 3. FEM解析モデル

本研究では,汎用有限要素解析ツール ANSYS (Ver14.0, ANSYS, Inc)を用いて解析を行った. 鋼材は全長 1400mm をモデル化, 木材は全長 900mm をモデル化し, 載荷坂と支点板に関しては厚 さ 10mm でモデル化した. 図-5 に FEM 解析モデルを示す. 対象 モデルは, 左右対称な構造を有するため, xy 平面で 2 分割され た右半分を解析対象とした. 解析に用いた各要素形状・自由度と



100

各材料定数を表-1 と表-2 に示す. 各要素のサイズは, 1 辺 10mm として自動生成しており, 各部材との接触 面には摩擦係数を与えることで接触解析とした. 境界条件は, 支点板底面中央に位置する全ての節点の y 方向 を拘束し, 2 つの支点板のうち片方の同じ位置の節点の z 方向を拘束した.

キーワード 木材, FEM, せん断強度

連絡先 〒921-8501 石川県野々市市扇ヶ丘 7-1 金沢工業大学大学院 環境土木工学

-781-

表-1 解析に用いた各要素・自由度と材料定数

部位•部材	要素形状·自由度	ヤング率(GPa)	ポアソン比
鋼製ジグ	6面体8節点24自由度	200	0.3
ボルト軸	6面体8節点24自由度	200	0.3
ボルト頭	4面体10節点30自由度	200	0.3
載荷板	6面体8節点24自由度	2.0×10 <sup>5</sup>	0.3
支点板	6面体8節点24自由度	2.0×10 <sup>5</sup>	0.3
木材	6面体8節点24自由度	表-2	表-2
ゴム材	6面体8節点24自由度	40	04

# 4. 解析結果と考察

100kN 載荷時に試験体に生じる軸方向応力 σ<sub>zz</sub> 分布を図-6 に、木材に生じるせん断応力 τ<sub>yz</sub>分布 を図-7 に示す.本試験体は、図-6 中に赤丸で示 している鋼ジグのウェブとフランジの境目周辺



ヤング率	$E_z = 7.5$ GPa $E_x = E_y = E_z/25 = 0.3$ GPa	
せん断弾性係数	$G_{xy} = G_{yz} = G_{xz} = E_z / 15 = 0.5$ GPa	
ポアソン比	$v_{xy} = v_{xz} = v_{yz} = v_{yx} = 0.016$ $v_{zx} = v_{zy} = 0.4$	



に著しい軸方向応力が生じ,降伏点 240MPa を上回った.一方で,木材のせん断力に関しては,十分にせん断 応力が伝わっており 7.6MPa の値が確認できた.そこで,鋼ジグが降伏点に達さず,集中応力も生じないよう に考慮した試験体を新たに設計し,再解析を行った.図-8 に逆対称 4 点曲げの M 図 Q 図を示す.図-8 中の 曲げモーメントの傾斜であるが,両端の勾配よりも中央部の傾斜が急勾配なため,曲げモーメントで耐えられ る試験体でも中央部に集中応力が著しく生じた.そこで,その課題を緩和する試験体を以下に示す.図-9 に 改良型の試験体概略図を示す.改良前の試験体との大きな違いは,複数の予備解析により中央部以外のフラン ジを x 軸に 5mm 延長させた.中央部に関しては,せん断応力が十分に木材に伝わらないことを考慮し,大き く変形させるようにフランジの幅を変更していない.

改良型は,75kN 載荷とした. 載荷時の軸方向応力を図-10 に,木材に生じる応力分布を図-11 に示す. 図-11 に示すように,木材に生じるせん断応力は 3.22MPa を示し改良前の半分以下の値となった.



# 5. まとめ

本研究では,鋼製ジグに生じる集中応力の課題は克服したが,曲げ剛性を高めることで木材への力の伝達に 課題が残った.しかしながら,FEM 解析を用いた本研究手法は,詳細設計に有効であり引き続き検討を行う.