

トルシア形高力ボルトで一体化した鋼木複合断面部材の開発 その6 複合断面梁の構造性能評価

鋼木複合断面 単純梁 トルシア形高力ボルト
曲げ剛性 曲げモーメント 静載荷実験

1. 鋼木複合断面梁の概要

本報ではトルシア形高力ボルトにより一体化した鋼木複合断面単純梁の性能を、実大4点曲げ実験及び数値モデルによる解析によって検証する。複合断面は、ウェブ部分に鋼板を、鋼板を挟む形でフランジ部分に木材を使用したH形断面とし、木材に座掘穴を設けトルシア形高力ボルトを用いて一体化する。鋼板は材長に渡り1枚とし、木材は短いものを組み合わせることを考え、一体化接合部を介して鋼板から木材へ軸力を伝達し、鋼板が負担する曲げモーメントを軽減すること及び木材が鋼板の座屈を拘束することを意図した構成となっている(図1)。このため非常に薄い鋼板を用いることが可能であり、また接合に必要なものはトルシア形高力ボルトと座金のみであるので、優れた経済性と施工性を有している。さらに梁の上面は釘や金物によって、根太や合板の固定が可能であるため従来の木質構造との相性が良く、汎用性に富んでいることといった利点も挙げられる。

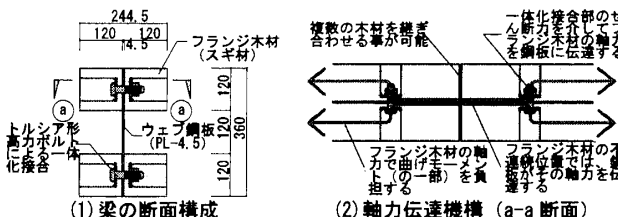


図1 鋼木複合断面単純梁の構成

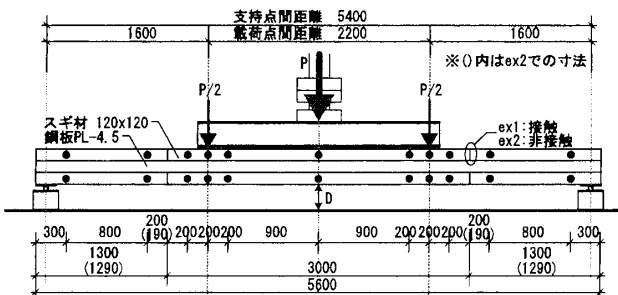


図2 試験体概要及び実験方法

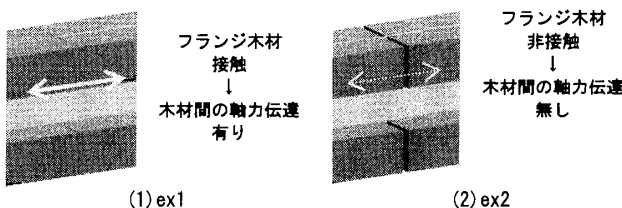


図3 フランジ木材の接触による影響

正会員 ○永井 大輔*¹ 正会員 高木 次郎*²
同 見波 進*³ 同 遠藤 俊貴*⁴
同 荒木 慶一*⁵

2. 4点曲げ実験概要

試験体の概要及び実験方法を図2に試験体一覧を表1に示す。断面寸法 4.5mm×360mm、長さ 5600mm の鋼板通し材を、一般に流通している長さの木材(3000mmと1300mmもしくは1290mm)で挟み込みトルシア形高力ボルトで一体化する。なお梁に曲げ変形が生じた際に図3に示すように上部フランジ木材が接触し木材間で軸力が伝達される試験体(ex1)と伝達されない試験体(ex2)の2体について実験を行う。

。スパンは 5400mm とし、梁中心部から両側 1100mm の位置 2 点を載荷する。また横座屈防止治具により面外方向の変位を拘束する。試験体の鉛直方向変位、鋼材及び木材のひずみを計測する。

3. 実験結果

ex1 及び ex2 の、荷重 P と中央部鉛直変位 D との関係を図4に示す。荷重がそれぞれ 42.3kN(ex1)、48.9kN(ex2)に達したときに木材の継目付近で鋼板の降伏が起り、その後最大耐力は 68.0kN(ex1)、57.1kN(ex2)を示した。破壊性状を写真1に示す。中央部鉛直変位が 73.2mm(ex1)、34.2mm(ex2)に達したときに、一体化接合部で木材と鋼材の剥離が進行し、鋼板上端が局部座屈し破壊に至った。

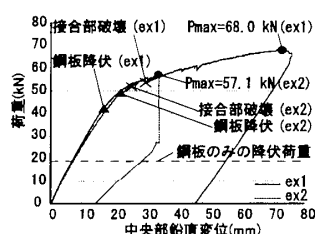


図4 荷重-変位関係

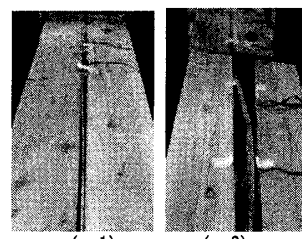
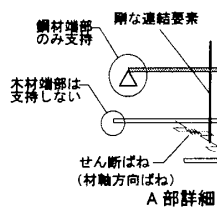


写真1 破壊性状



A部詳細

表1 試験体・解析モデル・曲げ剛性(EI)

		上部フランジ木材	k (kN/mm)	EI (kN・m ²)
実験	ex1	接触	—	6849
	ex2	非接触	—	6488
解析	an11	接触	50	6138
	an12	接触	75	6337
	an21	非接触	50	5622
	an22	非接触	75	5829
	完全一体化(平面保持)	—	—	7630

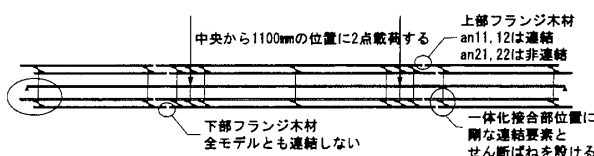


図5 解析モデル

4. 解析と考察

4.1 解析モデル

汎用解析ソフト¹⁾を用いて、鋼木複合断面単純梁の解析モデルを作成し、実験結果と比較する。解析は表1中に示すan11、an12、an21、an22の4種類のモデルについて行う。解析モデルの概要を図5及び以下に示す。

①鋼材と木材を材芯においてそれぞれ1本の線材でモデル化する。ex1に対応するan11、12においては上部フランジ木材同士をピン接合により連結し軸力のみを伝達させ、ex2に対応するan21、22においては木材間に隙間を設ける。②一体化接合部は鋼材から剛な連結要素を跳ね出し、その先端と木材との間にせん断ばね要素を配する。一体化接合部の要素実験²⁾より、せん断ばね要素のせん断剛性 k はan11、an21では50 kN/mm、an12、an22では75 kN/mmとする。③支持点は鋼材材芯両端部とし、その距離は5400 mmとする。また支持条件として片側の部材端部は鉛直変位及び水平変位を拘束し、他端部は鉛直変位及び面外方向の水平変位を拘束する。両支持点とも、材軸方向周りと鉛直軸方向周りの回転を拘束する。④載荷点は鋼材の材芯上とし、部材中心から両側1100 mmの位置で鉛直下向き方向に2点載荷する。⑤鋼材の弾性係数は205 kN/mm²とし、木材の弾性係数は4.5 kN/mm²とする。

4.2 曲げ剛性

実験結果、解析結果、鋼材と木材が完全に一体化したと仮定（平面保持を仮定）した場合の理論値のそれぞれにおける曲げ剛性 EI の比較を表1に示す。

実験結果は、完全一体化を仮定した場合に比べて90% (ex1) 及び85% (ex2)の曲げ剛性を得た。また数値モデルによる解析では、約90%の精度で実験による曲げ剛性を予測することができている。さらに上部フランジ木材が接触することにより、実験値では6%、解析値では9%曲げ剛性が向上すること、一体化接合部のせん断剛性 k のばらつきは複合断面梁の曲げ剛性を予測するにあたっては大きく影響しないことがわかる。

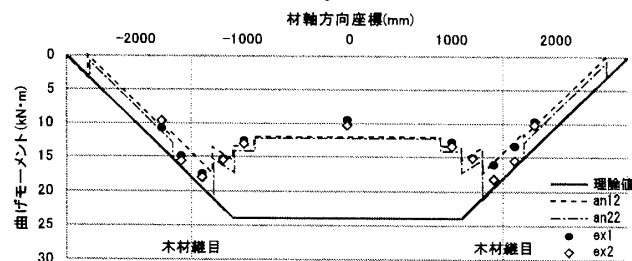


図6 鋼板負担曲げモーメント

4.3 負担曲げモーメント

実験値と解析値における $P=30$ kN時の鋼板負担曲げモーメント及び同スパンの単純梁に作用するモーメントの理論値を比較する。なお実験値は次式によって算出する。

$$M_{st} = \frac{(\varepsilon_{sti} - \varepsilon_{sci})}{2} \cdot E_s \cdot Z_s \quad (1)$$

ただし、 M_{st} は鋼材負担曲げモーメント、 ε_{sti} 、 ε_{sci} はそれぞれ各測定位置での鋼材の引張縁ひずみ、圧縮縁ひずみ、 E_s は鋼材の弾性係数、 Z_s は鋼板の断面係数とする。

比較結果を図6に示す。木材との一体化接合により中央部の鋼板負担曲げモーメントが軽減されていることが分かる。実験値と解析値の分布は概ね一致しており、鋼木の一体化により梁中央部で鋼板の曲げモーメント負担率が約50%に軽減されていることが分かる。また、上部フランジ木材間の軸力伝達は、鋼材の曲げモーメントが最も大きくなる木材継目箇所における曲げモーメントを軽減する効果を持つことが分かる。

5. まとめ

トルシア形高力ボルトにより一体化した鋼木複合断面単純梁を作製し、4点曲げ実験を行った。その結果、接合部の破壊に鋼板の降伏が先行することから一体化接合部の耐力は十分であることが確認された。また実験結果から曲げ剛性を評価したところ、鋼木が完全に一体化したと仮定した場合（平面保持を仮定した場合）に比べ、約90%の曲げ剛性を得られていることが確認され、一体化接合部を介して木材に軸力が伝達するよう鋼材と木材が十分に一体化していることを確認した。

さらに汎用解析ソフトを用いて、曲げ剛性を評価したところ、実験値を約90%の精度で予測できた。また、解析により鋼板が負担する曲げモーメントを評価したところ、解析値と実験値の分布は概ね一致しており、梁中央部での鋼板の曲げモーメント負担率が約50%であることが確認された。さらに、上部フランジ木材が接触している場合、鋼板の負担する曲げモーメントが最も大きくなると予想されるフランジ木材の継目箇所においても、木材間の軸力伝達により鋼板負担曲げモーメントが低減されることが確認された。

参考文献

- 1) MIDAS IT : MIDAS/Gen ユーザーマニュアル, 第2巻 Analysis & Design 解析と設計に関する解説, 2002
- 2) 高木次郎 他 : トルシア形高力ボルトで一体化した鋼木複合断面部材の開発 その1~4, 日本建築学会大会学術講演梗概集 C-1, pp47-54, 2010.9

*1 NTT ファシリティーズ中央

*2 首都大学東京都市環境学部建築都市コース 准教授・Ph.D

*3 首都大学東京都市環境学部建築都市コース 助教・博士(工学)

*4 京都大学大学院工学研究科建築学専攻 大学院生・修士(工学)

*5 京都大学大学院工学研究科建築学専攻 准教授・博士(工学)

*1 NTT Facilities Chuo

*2 Associate Prof., Div. of Architecture and Urban Studies, Tokyo Metropolitan Univ., Ph.D.

*3 Assistant Prof., Div. of Architecture and Urban Studies, Tokyo Metropolitan Univ., Dr.Eng.

*4 Graduate Student, Dept. of Architecture and Architectural Eng., Kyoto Univ., M.Eng.

*5 Associate Prof., Dept. of Architecture and Architectural Eng., Kyoto Univ., Dr.Eng.