

## 支間中央に継手部を持つ角形鋼管ハイブリッド木桁の FEM 弾塑性解析

秋田県立大学 正会員 ○千田 知弘・佐々木 貴信

秋田大学名誉教授 フェロー 薄木 征三

秋田大学 正会員 後藤 文彦 明治コンサルタント(株) 正会員 篠原 義則

## 1. はじめに

鋼板挿入集成材桁<sup>1)</sup>に角形鋼管床版を組み合わせた新たなハイブリッド型の木橋<sup>2)</sup>が提案され、秋田県内において建設が計画されている。この木橋は橋長が 24.7m と比較的規模が大きく、輸送上の制限から現場継手を 2 箇所有する。木橋においては主桁の継手は構造上極めて重要であり、強度性能を照査する必要がある。

本研究では、対象橋梁の主桁の継手部分を 5m 分取り出し製作した支間中央に継手部を持つ角形鋼管ハイブリッド木桁の破壊試験に先立ち、FEM 解析で弾塑性解析を行い、継手部の構造特性を評価した。

## 2. 供試体

本研究で解析を行う試験体を図-1 に示す。桁は幅 180mm×桁高 800mm×軸長 2500mm のスギ集成材桁の上下中央に、上挿入鋼板 12×150×2500mm、下挿入鋼板 16×200×2500mm を挿入接着した鋼板挿入集成材桁を 2 本用い、互いを接合することで中央に継手部を有する軸長 5000mm の構造となっている。上挿入鋼板には予め□-200×100×4.5mm の角形鋼管が溶接されており、その左右に 2 本ずつ、計 5 本の角形鋼管を並べ、φ60.5mm の横つなぎ鋼管を貫通させ、鋼管周辺を仕切り板で塞いで作られた空間にモルタルを充填することで角形鋼管どうしを一体化している。主桁の継手は、上下挿入鋼板同士を溶接し、角形鋼管同士をボルト接合した後、横つなぎ鋼管を貫通させモルタルを充填する。また、せん断キーとして 2 本の丸鋼を集成材の木口に挿入接着している。継手部のモルタル充填部は継手部以外の箇所の 3.5 倍の大きさとなっており、下挿入鋼板底部には 150×250×12mm の部分フランジを予め溶接する事によって継手部を補強している。集成材の強度等級は E75-F240 を、鋼材は SS400, SM400 材をそれぞれ採用した。載荷は、支間 4.8m として、横つなぎ鋼管 2 本挿入部の 2 点で床版の全幅に線載荷する。実験では 1000kN 試験機を使用するので、1000kN までを解析対象とした。

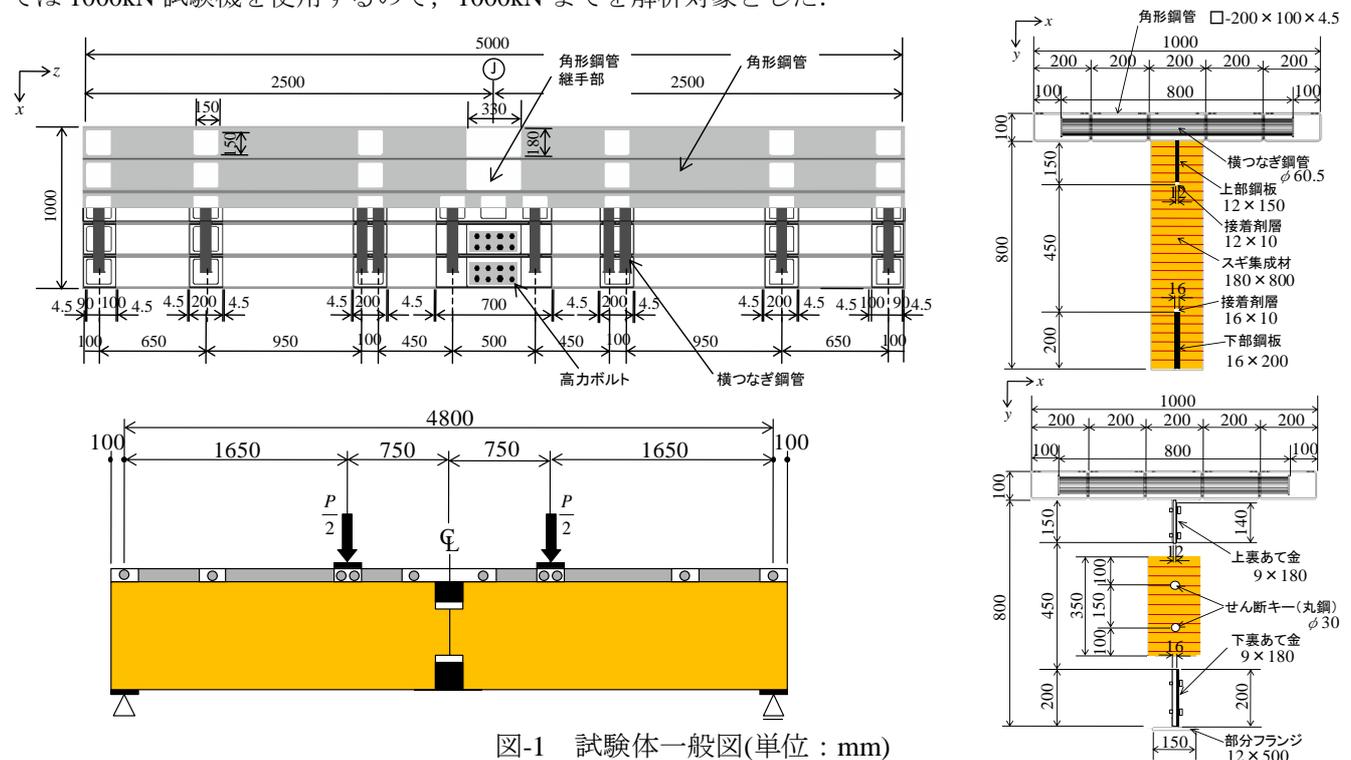


図-1 試験体一般図(単位: mm)

キーワード 角形鋼管ハイブリッド木橋, FEM, 弾塑性解析

連絡先 〒016-0876 秋田県能代市海詠坂 11-1 TEL 0185-52-6985 FAX 0185-52-6924

### 3. FEM 解析モデル

図-2 に FEM 解析モデルを示す。シエアウェア汎用有限要素解析ツール ANSYS Ver.11 を用い、8 節点 24 自由度及び 10 節点 30 自由度のアイソパラメトリック要素を用い、対称性を考慮し半解析を行った。集成材の材料定数は、E75-F240 の軸方向ヤング率  $E_z=7.5\text{GPa}$  を基に、 $E_x=E_y=E_z/25=0.3\text{GPa}$ 、せん断弾性係数  $G_{xy}=G_{yz}=G_{zx}=E_z/15=0.5\text{GPa}$ 、ポアソン比は  $\nu_{xy}=\nu_{xz}=\nu_{yz}=\nu_{yx}=0.016$   $\nu_{zx}=\nu_{zy}=0.4$  とし、比例限を 30MPa とした。鋼板は、軸方向ヤング率  $E=200\text{GPa}$ 、ポアソン比  $\nu=0.3$  とし、降伏点を 240MPa とした。弾塑性解析にあたっては、どちらの材料にも完全弾塑性モデルを用いた。境界条件は、支点、載荷点に応力卓越を生じさせない解析手法(拘束緩衝法(RBM))<sup>2)</sup>を用いた。また、モルタル充填箇所以外の角形鋼管どうしの連結、継手部における集成材どうしの連結は、ずれを想定し、摩擦係数 0.4, 0.35 をそれぞれ用い、接触要素を用いて解析を行った。

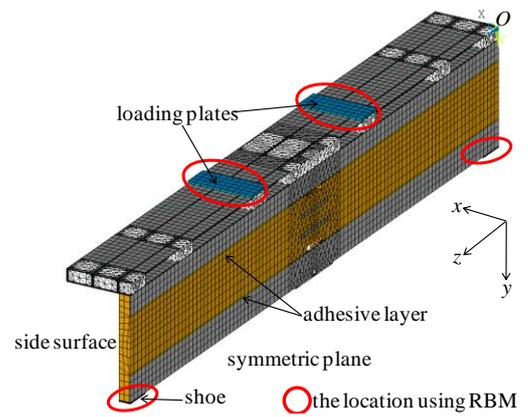


図-2 FEM 解析モデル

### 4. 結果と考察

図-3 に 1000kN までの荷重-たわみ関係を、図-4 に 1000kN 時の降伏ひずみの分布の結果を示す(青以外が降伏箇所)。図-3 を見ると、600kN を過ぎた辺りから下挿入鋼板が塑性化し始めるが、図-4 を見ると、1000kN においても塑性化している箇所は下挿入鋼板とせん断キーの一部分に留まり、その値は 350MPa 程であり、引張強度を下回る。また、集成材部においては、いずれの箇所においても比例限を超える箇所は無い。よって、実験で曲げ破壊することはないと考えられる。本試験体の設計荷重は 200kN であるので、本試験体の継手は、十分な性能、強度を持っていると言える。図-5 に 1000kN 時のせん断ひずみ  $\tau_{yz}$  の分布を示す。継手部では、せん断キー周辺での集成材のせん断破壊が想定されるが、図-5 の値は応力換算で 4.25MPa となる。スギ集成材のせん断強度は 3~8MPa とされるので、実験では継手の集成材部でせん断破壊を生じる可能性はあるが、3MPa に達する荷重は 700kN 前後であり、せん断に関しても、継手は十分な強度と性能を持っている。ただし、支点の斜め上に位置する集成材部に 7.5MPa のせん断応力が生じているので、今回解析対象とした試験条件では、支点部付近の集成材部のせん断破壊を生じる事が示唆される。

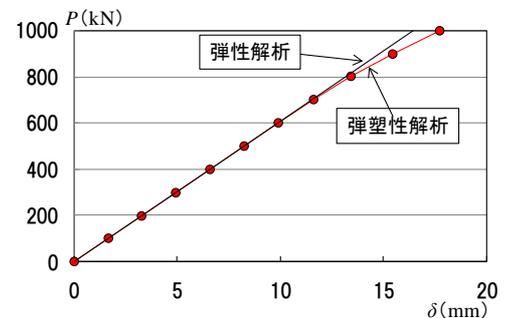


図-3 荷重-たわみ関係

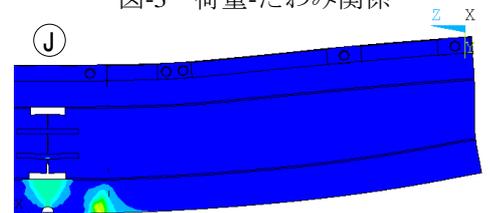


図-4 1000kN 時の塑性ひずみ

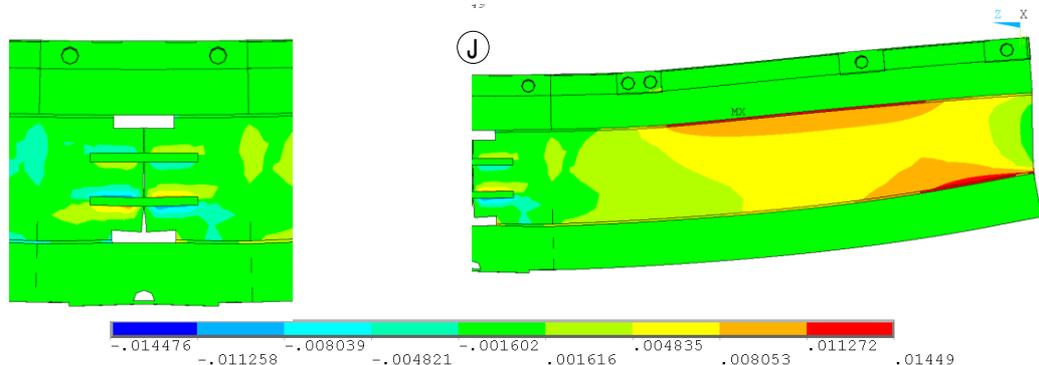


図-5 1000kN 時のせん断ひずみ  $\tau_{yz}$  分布

### 参考文献

- 1) 千田知弘, 佐々木貴信, 後藤文彦, 薄木征三, 飯島泰男: 鋼板挿入集成材梁のせん断応力に関する実験と FEM 解析, 構造工学論文集, Vol.55A(CD-ROM), 2009
- 2) 千田知弘, 佐々木貴信, 薄木征三, 後藤文彦, 篠原義則: 支間中央に継手部を持つ角田が鋼管ハイブリッド木桁の FEM 性能予測, 第 8 回木橋技術に関する論文報告集(査読審査部門), pp.149-160, 2009