

木製応急部材の展開時の力学挙動

秋田大学	学生会員	グエン アイ
秋田大学	正会員	後藤 文彦
創研コンサルタント(株)	正会員	近藤 高誉
函館高専	正会員	平沢 秀之

1. はじめに

軽量な木橋は、折り畳み・展開可能な応急橋や緊急架設橋として適しており、木製トラスを利用したタイプなどが開発されている。こうした応急橋の展開後の力学挙動の評価は比較的簡単であり、当然、展開後に所定の耐力を有するように設計されるが、展開途中に回転部接合部等に作用する応力の評価は困難である。木材は、応力の集中によりめり込みの生じやすい材料であり、展開途中の応力挙動を追跡できることが望ましい。そこで本研究では、その基礎研究として、ヒンジ接合された部材が展開される過程で、接合部に生じる応力の変化を幾何学非線形 FEM で評価できるか検討した。

2. エラスティカ問題

ヒンジ接合された部材の展開といった大きな回転を伴う解析を行うには、幾何学非線形を適切に考慮する必要がある。そこでまず、オープンソースの 3 次元 FEM ツール Salome-Meca を用いて、代表的なエラスティカ問題を解き、幾何学非線形が適切に考慮された解析ができるかどうかを確認する。解析モデルは $10 \times 10 \times 1000\text{mm}$ 、ヤング率 $E = 7.5\text{GPa}$ 、ポアソン比は $\nu = 0.4$ の片持ち梁で、先端に 60N の鉛直荷重を受ける。

解析結果を図-1, 2 に示す。図-1(左) の非線形解析では、梁が回転して先端が固定端側に移動しているのがわかるが、図-1(右) の線形解析では、荷重レベルは非線形解析と同じだが、梁の先端は左右の位置を変えずに、そのまま下に伸びている。図-2 の荷重-変位関係を見ると、FEM の非線形解析は楕円積分と、FEM の線形解は初等梁の理論値 ($\frac{Pl^3}{3EI}$) と

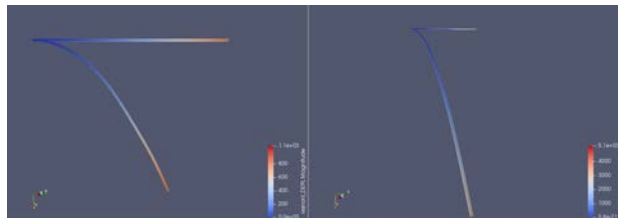


図-1 エラスティカ問題 (左：非線形，右：線形)

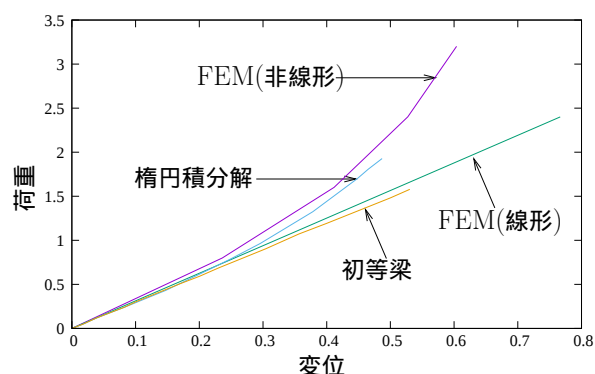


図-2 エラスティカ問題 (荷重-変位関係)

ほぼ近い解を示しており、Salome-Meca により大回転を伴う幾何学非線形解析も適切に解析できることを確認した。

3. ヒンジで接合された 2 部材の展開

折り畳み応急橋¹⁾の展開構造をモデル化するには、まず、図-3 に示すような $10 \times 10 \times 100\text{mm}$ の角材 2 本が、付き合わされた 1 辺でヒンジで接合されたモデルを考える。ヤング率 $E = 7.5\text{GPa}$ 、ポアソン比 $\nu = 0.4$ の等方性材料とし、接合されていない角材の一端を固定し、2 部材がまっすぐの状態から、固定されていないもう一方の端部に強制変位を与えて、ヒンジ接合部を回転させていく。まずは自重のない状態での解析結果を図-3 に示すが、ヒンジ接合部が回転できていることがわかる。次に、このモデルに単位体積当たりの重量を与えて解析してみる。

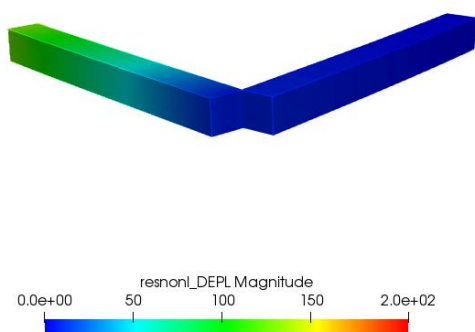


図-3 ヒンジ接合された2部材（自重なし）

木材程度の自重では，2部材ではヒンジ部の応力集中は非常に小さいため，ここでは自重の20倍の自重を与えて解析した．図-4にミーゼス応力を示すが，ヒンジ接合された辺の上下に応力が集中していることがわかる．

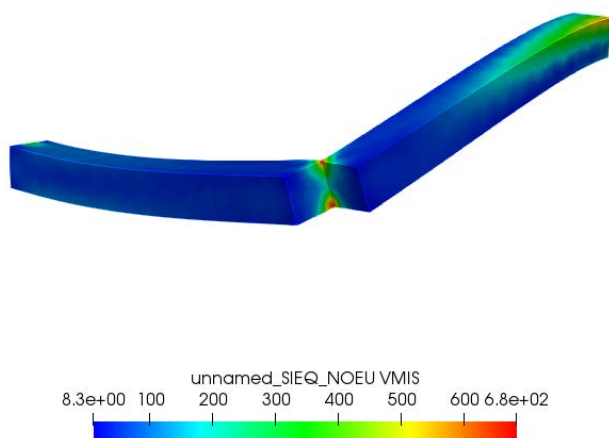


図-4 ヒンジ接合された2部材（自重あり）

4. 蝶番で連結された木製トラスパネルの展開

折り畳み応急橋¹⁾の展開構造の基本要素となる木製トラスパネル2枚の展開を解析する．実際の折り畳み応急橋¹⁾では，図-5のように縦1000mm×横1000mm×板厚60mm，斜材1245mmのトラスパネル2枚の付き合わされた1辺の2箇所が縦126mm×横80mm×板厚2.0mmの蝶番で連結されているが，今回は付き合わされたパネル

に1mmの隙間を設け，蝶番の取り付け位置に1mm×1mm×126mmの小さい直方体を介してヒンジ接合した．つまり，1箇所には蝶番について直方体の126mmの2辺がヒンジ接合となっている．折り畳まれた状態で開口側の鉛直材1本を壁面に固定し，他方の鉛直材に強制変位を与えて展開する．展開後の主応力を図-6に示すが，蝶番部に応力が集中しているのが認められる．

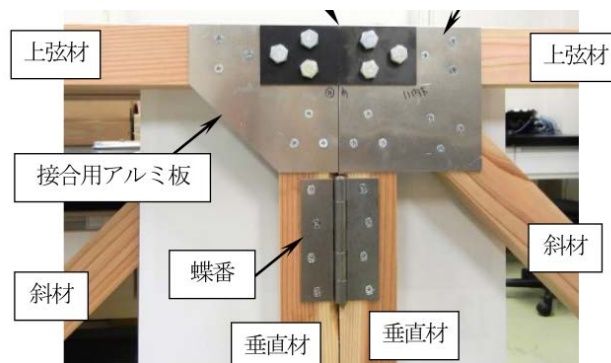


写真-5 部材接合部

図-5 木製トラスパネル接合部

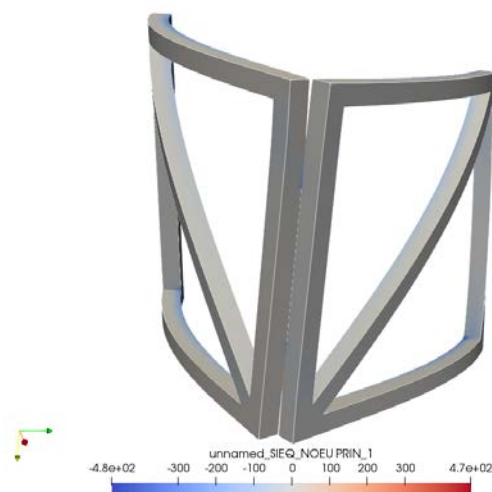


図-6 2パネルモデルの展開（主応力）

5. まとめ

木製応急橋の展開途中に接合部に作用する応力を調べる基礎研究として，ヒンジで接合された部材をモデル化し，幾何学非線形を考慮して展開する途中の応力を解析することができた．今後は，全体モデルの挙動解析への応用を検討していく．

参考文献

- 1) 平沢秀之：折り畳み式応急橋における展開工法の開発，木材利用研究論文報告集15，2015