

木製応急橋部材の展開時の力学挙動

秋田大学	学生会員	梅田和輝
秋田大学大学院	正会員	後藤文彦
函館高専	正会員	平沢秀之

1. はじめに

木製トラスを利用した応急橋は災害後の交通路の確保を目的として開発が進められている。こうした応急橋の性能評価を行う際、展開後の力学挙動を調べるのは比較的簡単であるが、展開途中の回転部材等に作用する応力を調べるのは困難である。そこで、応急橋の全体モデルの解析を最終的な目標とし、本研究はその基礎研究として、ヒンジ接合されたトラスパネルが展開する途中でヒンジ部分に生じる応力の変化について、Salome-Meca を用いた幾何学非線形解析により追跡することができるか検討してみた。

2. エラスティカ問題

回転を伴う解析を行うには、幾何学非線形を適切に解析できるかを確認する必要がある。そこで、Salome-Meca を用いて、代表的なエラスティカ問題を解き、幾何学非線形解析が適切に行えるか確認する。先端に鉛直荷重を受ける片持ち梁の先端の変位をを図-1 に示す。幾何学非線形を考慮した解析

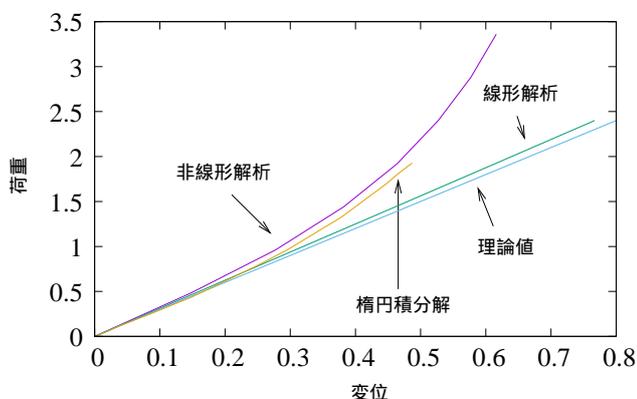


図-1 理論値との比較

(図の非線形解析)は楕円積分解と近い分布をしており、Salome-Meca により回転を伴う幾何学非線形解析が適切に行えることを確認した。

3. 2枚のパネルの展開

実際のトラスパネルを参考にトラスパネル2枚の展開を Salome-meca で解析し、ヒンジにかかる応力について調べる。実際の応急橋は縦 1000mm×横 1000mm×板厚 60mm, 斜材 1245mm のトラスパネル2枚が縦 126mm×横 80mm×板厚 2mm の蝶番で2箇所接合されている。今回はパネルの辺同士を直接接合する方法とパネル2枚に1mmの隙間を空け、細長い直方体で接合する方法の2つの方法で解析を行う。はじめにパネル2枚に1mmの隙間を空け、1mm×1mm×126mmの直方体で2箇所接合する。また、パネルの開く側の2辺に伸びるタイとしてヤング率： $E = 7\text{MPa}$, ポアソン比： $\nu = 0.45$ のゴムのような立方体(1mm×1mm×1mm)を取り付け、固定側は全方向、載荷側は載荷方向以外の2方向を固定し、強制変位を加えたが、エラーが生じやすく、安定した解析が困難となった。そこで、縦 126mm×横 121mm×板厚 1mm, ヤング率： $E = 75\text{MPa}$, ポアソン比： $\nu = 0.4$ の薄いゴム板状の直方体をヒンジの代わりとして、パネル2枚に接合し、片側を固定し、もう片側には強制変位を加える。すると、図-2のようにパネルがうまく展開でき、解析することができた。ヒンジ部のゴム板の折れ部のミーゼス応力の平均値を図-3に示す。ヒンジ部のミーゼス応力は、強制変位(パネルの開き)に対して単調的に増加しているのが確認できる。今回はパネルが開くかどうかを確認するため、重力は考慮していないが、ヒンジ上部よりも下

部の方が応力が大きくなっている．これはパネル斜材が上下対称でないことによると考えられる．また，ヒンジ下部は強制変位 250mm 辺りで応力の勾配が増えたり，必ずしも線形的ではない．これは，ヒンジ部のゴム板が変形し過ぎた場合に見られる現象である．ヒンジ上部についても，このまま強制変位を与え続ければ，同様にゴム板に変形が集中していくが，下部のゴム板の変形が過度になり不自然になる前までの解析を示している．

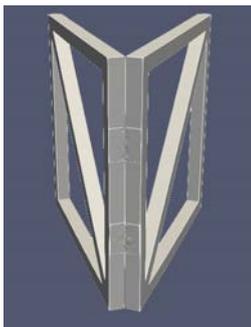


図-2 トラスパネルの解析結果 (変位 350mm)

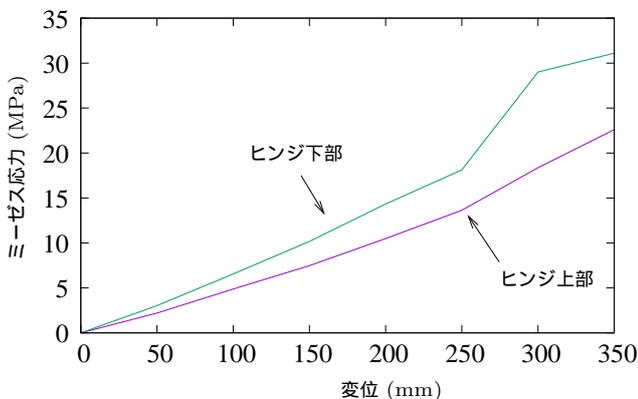


図-3 変位と応力の関係

4. 応急橋の一部に近づけたモデルの展開

トラスパネル 2 枚での解析が行えたため，実際の応急橋の一部に近づけたモデルを作成し，同様にヒンジ部に生じるミーゼス応力を調べた．先ほどのトラスパネル 2 枚をヒンジ接合したモデル 2 組の間に縦 300mm× 横 600mm× 板厚 60mm の横つなぎパネルを 2 組設け，トラスパネルのモデル 2 組とヒンジ接合をし，横つなぎパネルの片側を固定し，もう片側に強制変位を加える．解析結果を図-4 に示すが，パネルを展開することができた．図-5 に示す

応力と変位の関係を見ると，変位 350mm まではパネル 2 枚の時と同様にヒンジ上部よりも下部の応力が大きい，変位 350mm 辺りを超えるとヒンジ上部の応力が急激に増加することが分かる．また，横つなぎパネルとトラスパネルをつなぐヒンジは固定側と載荷側には同じ大きさの応力が生じており，固定側と載荷側では応力の違いは見られなかった．

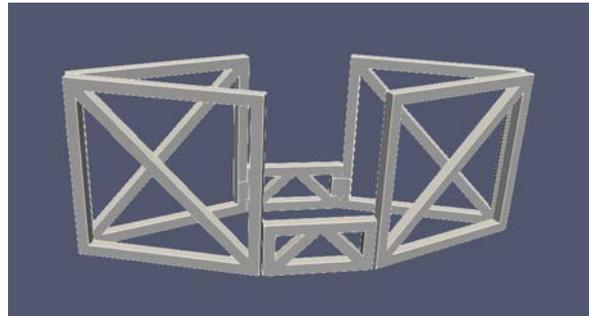


図-4 パネルの展開 (変位 500mm)

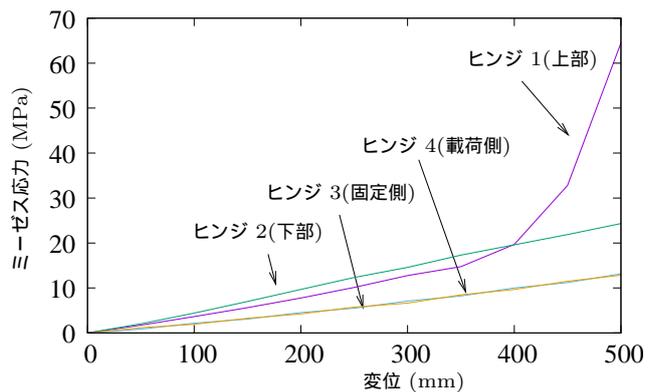


図-5 変位と応力の関係 2

5. まとめ

応急橋の全体モデルの解析の基礎研究として，ヒンジ接合されたトラスパネルの展開の挙動を Salome-Meca の幾何学非線形解析でモデル化する方法を試みた．パネルの角の 2 辺が接した部分をヒンジとする方法は，解析が安定せず，薄いゴム板状の材料を弾性変形させてヒンジの代わりとする解析の方が安定した解析ができた．今後は，パネルを増やしていき，最終的には重力を考慮して全体モデルの挙動解析を行えるか検討する．

参考文献

1) 佐藤 史織・平沢 秀之・小泉 楓・戸沼 淳：災害復旧用折り畳み橋の性能確認試験，木材利用研究論文報告集 18, 34-39, 2019.