

合板と角材を用いた応急橋のせん断剛性

環境構造工学講座 7509754 三宅 美沙子
指導教員 後藤 文彦

1. はじめに

間伐材の有効利用のため考案されたオンサイト木橋は、プレストレス床版2段を鋼部材で連結することで、簡単に組み立てられるように工夫されているが、鋼部材の施工に重機を必要とするなど被災地で応急橋として利用するには、改善の余地がある。そこで、鋼部材の代わりに人力で持ち運べる合板を利用し、より応急橋に特化した形式が提案された。しかし、この合板を用いた応急橋は、曲げ試験で得られる剛性が、断面の剛性から初等梁理論で算定される剛性よりも5割程度以上も低くなる。これは、プレストレス木床版部分のバットジョイントによる影響(恐らく1割程度)と、箱桁のせん断変形による影響と考えられる。そこで、本研究では、せん断変形が合板を用いた応急橋の剛性低下に与える影響について、有限要素解析により確かめた。

2. 試験体モデル

図-1~3 に示すように、120mm×120mmの杉角材と24mm×450mmの合板を交互に並べてPC鋼棒を通して締めた幅員840mm、スパン5m(全長5.4m)の試験体モデルをSalome-Mecaでモデル化した。

3. 解析手法

(1) FEM解析結果

モデリングとメッシュを切る工程までをプリポストプロセッサのSalome-Mecaで行い、解析は有限要素解析ツールのCalculixで行った。

応急橋は、120×120×5400mmの角材ブロックと、120×24×5400mmの合板を交互に組み合わせた木橋である。張出部を左右200mmずつ取り、単純支持桁でモデル上面に一定の荷重を加え、せん断および軸方向でどのような挙動を示すかを見る。この応急橋の構造は組立てやすい特徴を保持したまま中央載荷、等曲

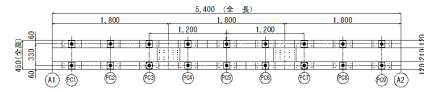


図-1 側面図

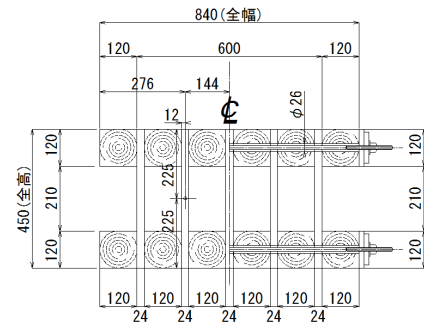


図-2 正面図

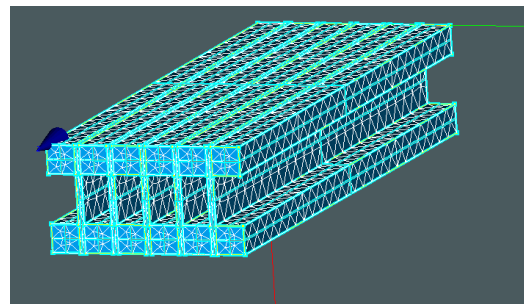


図-3 試験体

げ載荷のFEM解析を行った結果を実験値と合わせて図-4, 5に示す。縦振動法で測定した角材のヤング率を用いて初等梁理論から求めた理論値とティモシェンコ梁理論値を示す。昨年の載荷試験の実験結果から、中央載荷は40kNまで、等曲げ載荷は60kNまで解析を行った。材料には全ての部材を木材(ヤング率5.69GPa、ポアソン比0.30)を使用した。初等梁理論より実験値の方が曲げ剛性がかなり落ちているのは、引張側のバットジョイントが曲げ剛性を下げている影響が、恐らく1割程度あり、それ以外の大部分の低下は、曲げ面内のせん断変形のためと思われる。中央載荷ではFEM解析値とティモシェンコ梁理論値がほぼ一致しているのに対し、

等曲げ載荷では FEM 解析値がティモシェンコ梁理論値よりも固めの結果を与えている。これは、等曲げ載荷でせん断変形が生じる両端の区間を中央載荷の場合と同じ要素分割でモデル化しているため、精度が落ちているものと思われる。なお、等曲げ載荷では 2 つの荷重に挟まれた区間ではせん断変形が生じないため、ティモシェンコ梁理論値と初等梁理論値の結果はやや近くなる。(図-5)

(2) ティモシェンコ梁理論

ティモシェンコ梁理論のせん断補正係数 k は、図-8 に示すような薄肉箱型断面と薄肉 I 型断面の 2 種類について検討したところ、FEM 解析値により近い値となった薄肉箱型断面に対する k を採用する。ティモシェンコ梁理論の式は、中央載荷の場合 $v = \frac{P\ell^3}{3EI} + \frac{P\ell}{4kGA}$ であり、等曲げ載荷の場合、 $v = \frac{Pa}{24EI}(3\ell^2 - 4a^2) + \frac{Pa}{2kGA}$ である。ここに、 v : 最大のたわみ量 (m), P : 荷重 (N), ℓ : 梁の長さ (m), E : ヤング率 (Pa), I : 断面二次モーメント (m^4) である。

以上の試験体モデルでは、ティモシェンコ梁理論値と FEM 解析値は比較的近い値を示したが、断面形状を変えて両者の値を比較した結果を、図-6(中央載荷の場合)、図-7(等曲げの場合) に示す。試験体モデルで設定している桁高 45cm 付近では、ティモシェンコ梁理論値は FEM 解析値と近い値を示すが、桁高が極端に小さくなったり、大きくなったりするにつれて、ティモシェンコ梁理論値は、FEM 解析値から離れる。

4. まとめ

合板と角材を用いた応急橋では、せん断変形の影響により、剛性が 5 割程度以上も下がり得ることを FEM 解析により確かめた。また、実橋で用いられるような現実的な桁高の応急橋では、ティモシェンコ梁理論でも十分な近似ができることがわかった。

参考文献

- 1) ブイ ジュ ハイ, 後藤 文彦, 薄木 征三, 佐々木 貴信, 安部 隆一: プレストレス木床版と鋼トラスを用いたハイブリッド木橋, 木材利用研究論文報告集 10(要旨審査), pp. 19-24, (2011).

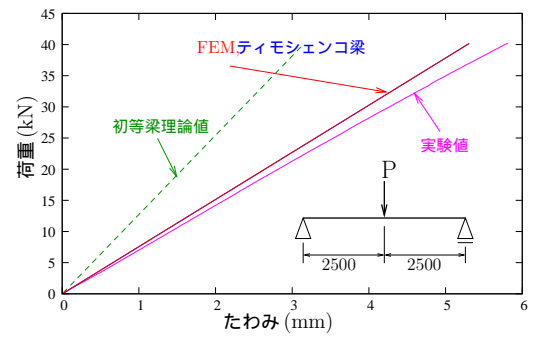


図-4 荷重-変位関係 (中央載荷)

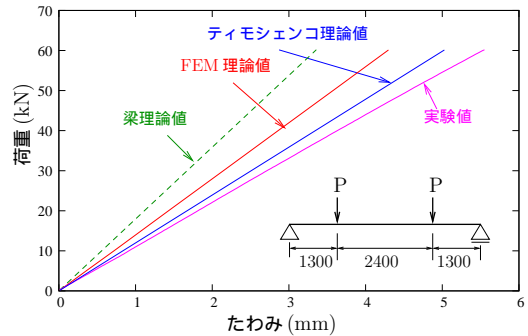


図-5 荷重-変位関係 (等曲げ載荷)

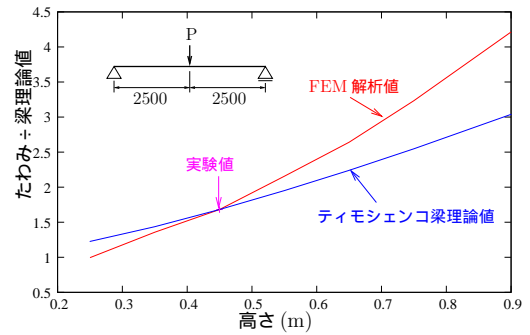


図-6 高さ-変位関係 (中央載荷)

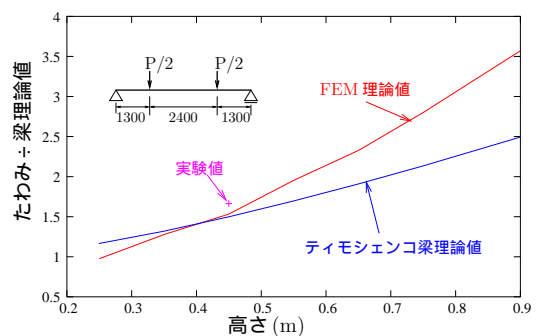


図-7 高さ-変位関係 (等曲げ載荷)

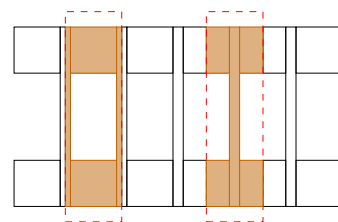


図-8 k の取り方、箱型と I 型