

接触解析を用いないプレストレス木箱桁橋の数値モデル化

秋田大学工学資源学部

○学生員 藤村 政大

秋田大学大学院工学資源研究科

尾山龍之介

秋田大学大学院工学資源研究科

正会員 後藤 文彦

秋田県立大学木材高度加工研究所

正会員 佐々木貴信

1. はじめに

角材と鋼板を組み合わせる簡単に組み立てられる図-1のようなプレストレス木箱桁橋^{1),2),3)}が、応急橋という観点からも近年注目されているが、せん断変形の影響が大きく、正確な剛性評価をするためには有限要素解析が必要となる。プレストレス木箱桁橋の有限要素解析において、プレストレスによる部材接触面の摩擦の影響は、特に大きくはないため、接触面で節点を共有させた一体化モデルでも実用上十分な解析はできると考えられる¹⁾。但し、その影響を考慮する必要がある場合には、接触解析が必要となり、数値モデル化が一般的に難しい。特にオープンソースの有限要素ツールでは、まだ接触解析のモデル化が困難なことが多く、何らかの簡易解法が望まれる。そこで、接触面に弾塑性要素を挟むことで接触要素を用いることなく、簡便に接触解析と同等の解析を行う手法を提案する。



図-1 プレストレス木箱桁橋

2. 解析手法

解析には MSC Marc Mentat (以下 Mentat とする) を用いる。まず、接触解析の代わりに挟む弾塑性材料にどのくらいの降伏応力を与えればいいのか

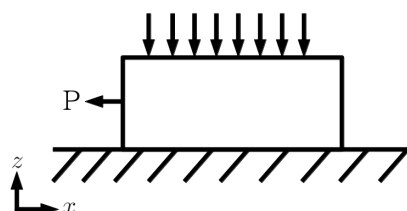


図-2 摩擦試験の解析モデル

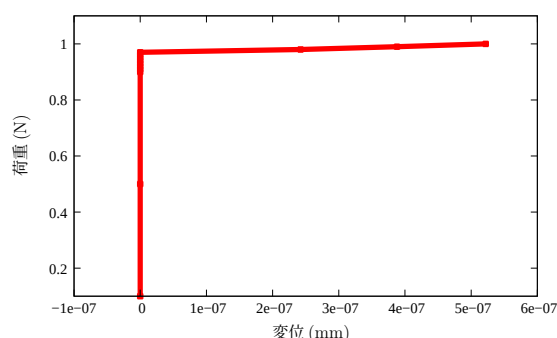


図-3 摩擦試験の数値解析

を検討するために JIS に記載されている摩擦係数を測定する試験 (図-2) を数値解析する。鋼板の台の上に測定する材料、木材を載せ、上からプレストレスをかけ荷重 P で引っ張った時の水平変位を調べる。鋼材と木材との間の摩擦係数は 0.5 として接触解析を行う。まず JIS に記載されている摩擦試験を数値解析し、水平変位を測定した結果を図-3 に示す。上面からのプレストレス力は JIS に規定されている 1.96N とし、水平荷重を増やしていくと 0.98N から水平変位が生じ始める。

さて、水平に変位し始める時の zx 面のせん断応力 σ_{zx} を卓越する応力成分と考え、ミーゼス応力 $\sigma_M = \sqrt{3}\sigma_{zx}$ を降伏応力として弾塑性要素をモデル化する。この弾塑性要素をプレストレス木箱桁橋に挟んで解析した結果を後述する図-5の「弾塑性要素 (プレストレスなし)」に示す。

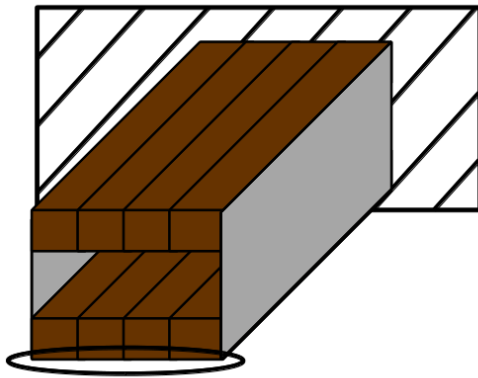


図-4 解析モデル

次に実際のプレストレス木箱桁橋で使用しているプレストレス力 $\sigma_{zz}=0.972\text{MPa}$ を用いて摩擦試験の数値解析を行うと、 0.77MPa から水平変位が生じ始める。この場合、卓越する応力成分はプレストレスによる σ_{zz} とせん断による σ_{zx} なので、ミーゼス応力 $\sigma_M = \sqrt{\frac{3}{2}(\sigma_{zz}^2 + 2\sigma_{zx}^2)}$ を降伏応力とした弾塑性要素をプレストレス木箱桁橋に挟んで解析した結果を後述する図-5 の「弾塑性要素（プレストレスあり）」に示す。

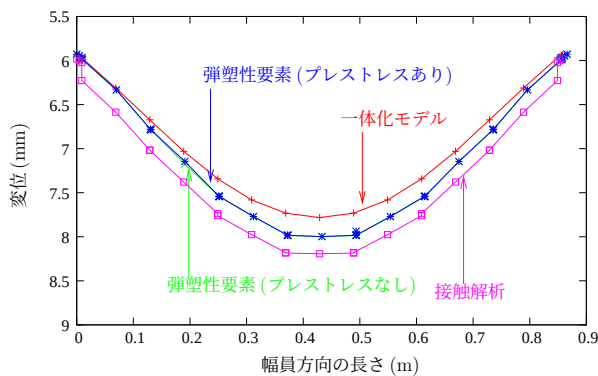


図-5 解析結果

3. 解析結果

図-4 に示すような、桁高 50cm、幅員 85.8cm、軸長 3m のプレストレス木箱桁橋の片持ち梁モデルの自由端に鉛直荷重を載荷した場合の、端部下面の変位を幅員方向に対してプロットしたものを図-5 に示す。「接触解析」は最も現実に近いモデルで、両側面の鋼板と角材 1 本 1 本を接触解析により、両側面から与えたプレストレス力で固定している。「一体化モデル」は最も簡単なモデルで、鋼板や角材の

接触面の節点をすべて共有して一体化し、両側面からのプレストレスを無視している。「接触解析」と「一体化モデル」では、両側面の鋼板と角材の間にわずかなずれが生じているのがわかる。このずれの程度は摩擦係数の大きさ次第で変わるが、実際のプレストレス木箱桁橋では、このずれがほとんど生じないほどに摩擦係数が大きいことがわかっている¹⁾。今回は、解析モデルの差がわかるように、ずれが発生する程度の 0.4 の摩擦係数を設定している。

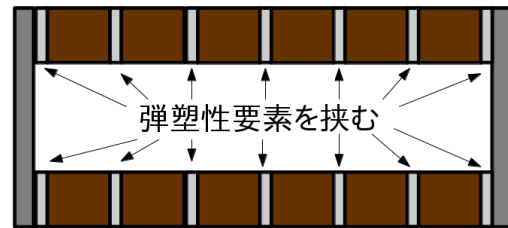


図-6 弾塑性要素を挟んだモデル

さて、接触解析の代わりに、両端の鋼板と角材 1 本 1 本の間に図-6 のように弾塑性要素を挟んだモデルでは、プレストレスを無視したモデルでも考慮したモデルでも、両端の鋼板と角材の間では特に大きなずれは生じずに、角材間で少しずつずれが生じて、全体としては一体化モデルと接触解析モデルの間ぐらいの剛性を示す。今回の弾塑性要素モデルでは、接触解析と完全に等価なモデルにはなっていないが、今後、挟んだ弾塑性材料の降伏点の設定方法等を見直し、より一体化モデルに近い挙動を示すモデルを検討していきたい。

参考文献

- 1) 尾山 龍之介, 上村 哲範, 滝田 拓史, 後藤 文彦: プレストレス木箱桁橋の数値モデル, 木材利用研究論文報告集 13, pp. 40-41, (2014).
- 2) 斉藤 輝, 滝田 拓史, 後藤 文彦, 佐々木 貴信: プレストレス木箱桁橋の剛性挙動, 木材利用研究論文報告集 13, pp. 72-73, (2014).
- 3) 滝田 拓史, 後藤 文彦, 佐々木 貴信, 清水 光弘, 安部 隆一: 角材を用いたオンサイト応急橋のせん断挙動, 木材利用研究論文報告集 12(要旨審査), pp. 41-46, (2013).