

PC 鋼棒を繊維強化ロッドで代替するプレストレス木箱桁橋の性能評価

秋田大学	学生会員	石井佑季
秋田大学大学院	正会員	後藤文彦
北海道大学大学院	正会員	佐々木 貴信
秋田大学大学院	正会員	野田 龍

1. はじめに

プレストレス木箱桁橋（図-1）は，間伐材等の角材を有効利用しながら箱桁を構成する合理的な構造で，豪雪山間部の登山道等として，秋田県内外で 10 橋ほどが架設されている．しかし，近年，木橋の横締めを用いる PC 鋼棒の破断に警鐘を鳴らす声もあり，PC 鋼棒メーカー等の自主規制により，木橋の横締めを利用目的とする PC 鋼棒が購入できないといった問題が生じている．そこで，アラミド等の繊維で補強された繊維強化複合材料のロッド各種が PC 鋼棒を代替する候補となり得るか検討する．具体的には，角材の熱膨張や含水膨張により，繊維強化ロッドが変形による応力を緩和する効果を期待できるか考察する．



図-1 プレストレス木箱桁橋

2. 解析手法

今回は，秋田県北秋田市に架設されたプレストレス木箱桁橋形式の森吉山立川橋の諸元を参考にしたスパン 12.41m のモデルを対象に，緊張材に PC 鋼棒，アラミドロッド，FF ロッドを用いた場合それぞれの破断に対する危険性について，Salome-Meca2018 を用いて検討する．木部材に熱膨張と含水膨張により発生するひずみは次式のように与えら

れる．

$$\epsilon = \alpha \Delta T + \beta \Delta H \quad (1)$$

α と β はそれぞれ緊張材軸方向の温度 1°C あたりの膨張率と，含水率 1 %あたりの膨張率である． ΔT は温度変化， ΔH は含水率変化を表す．木材に熱膨張率と含水膨張率を与えて解析を行うが，Salome-Meca2018 は線膨張係数を 1 つしかあたえることができないため，秋季の比較的涼しく乾燥した時期に架設された状態を初期状態とする木部材が，夏季の暑く湿度の高い時期に最も大きい熱膨張と含水膨張を伴う状態を 1 つの線膨張係数 γ で次式のように与える．計算上は温度変化 ΔT で制御するが，夏季の最大の温度変化のときに最大の含水率も最大となる．

$$\epsilon = \alpha \Delta T + \beta \Delta H = \left(\alpha + \beta \frac{\Delta H}{\Delta T} \right) \Delta T = \gamma \Delta T \quad (2)$$

3. 簡易モデル

まず，緊張材 1 本の簡易モデルを解析する． $840\text{mm} \times 730\text{mm} \times 120\text{mm}$ の直方体の木材に直径 26mm の円柱型の孔を開け，そこに緊張材を通して，一端は壁に完全固定，他端は厚さ 100mm の鋼板に固定する．実際の木橋の鋼板の厚さは 9mm だが，まずは理論値との比較のため，木材の膨張により鋼板が変形しないように鋼板を厚くした（図-3）．つまり木部材は一端が壁に完全固定された片持ち梁で，その他の木部材，鋼板のすべての節点は緊張材軸方向変位のみを自由とする．木部材はヤング率 7.35GPa, ポアソン比 0.4, 鋼板はヤング率 206GPa, ポアソン比 0.3 とする．

PC 鋼棒は直径 13mm の円柱型で，ヤング率 200GPa, ポアソン比 0.3, アラミドロッドは直径

13.7mm の円柱型で，ヤング率 68.6GPa, ポアソン比 0.3, FF ロッドは直径 7.88mm の直径型で，ヤング率 53GPa, ポアソン比 0.3 とする．この直方体を片持ち梁とする．初期状態の秋季を温度 10°C, 湿度 50 %, 木部材が最も膨張する夏季は，温度 30°C, 湿度 75 % とする．

木部材が，施工時（秋季の初期状態）から夏季の 30°C を超えて，そのまま膨張していった場合の各緊張材に生じる応力と耐力の関係を図-2 に示す．PC 鋼棒，アラミドロッド，FF ロッドの順にヤング率は大きい，耐力は反対に FF ロッド，アラミドロッド，PC 鋼棒の順に大きくなる．ある温度・湿度における木部材の膨張で生じる緊張材の応力は，ヤング率が大きく木部材の膨張を拘束する緊張材ほど大きくなる．例えば，PC 鋼棒はヤング率が大きいのであまり伸びないが，それだけ応力は大きくなりやすい．アラミドロッドや FF ロッドは，変形能が高く，木部材が膨張すると伸びることによって応力を緩和し，しかも耐力も大きいので破断に対しては PC 鋼棒よりも安全と言える．但し，今回は耐力をグラフ上に示すため，200°C 以上のあり得ない温度変化を与えているが，30°C 程度の現実の温度変化の範囲では PC 鋼棒も十分に安全ではある．

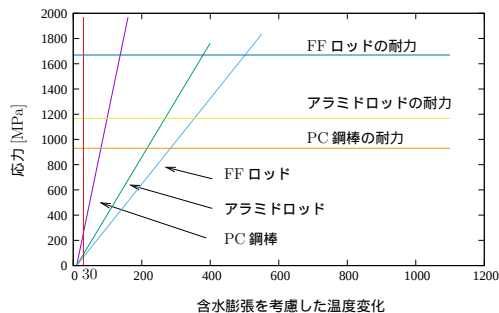


図-2 温度変化と応力

4. 1/4 解析モデル

森吉山立川橋の橋長方向，幅員方向を対称面に対しての 1/4 モデルをつくり（図-4），PC 鋼棒と FF ロッドに対して同様の解析を行う．上下 2 枚の木部材の橋軸方向に対してそれぞれ 8.5 本の緊張材が 730mm 間隔で配置されている．中央対称面を通る緊張材は対称条件により半分を解析するため，0.5

本ぶんとなる．境界条件は，スパン中央の対称面で軸方向変位を拘束，幅員中央の対称面で幅員方向変位を拘束，支点部の拘束線はローラー支承とする．

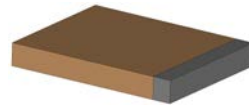


図-3 簡易モデル



図-4 1/4 解析モデル

5. 解析結果

緊張材 1 本，1 本の挙動は簡易モデルの場合とほぼ同様であるが，緊張材に生じる応力は，緊張材の配置された場所によって 2 割程度の違いが生じる．PC 鋼棒を緊張材とした場合について，最大の緊張力が発生する緊張材の位置を図-5 に示す．アラミドロッドの場合は，上側の中央対称面位置で最大となるものの，応力の大小の分布は，PC 鋼棒の場合とほぼ同様である．

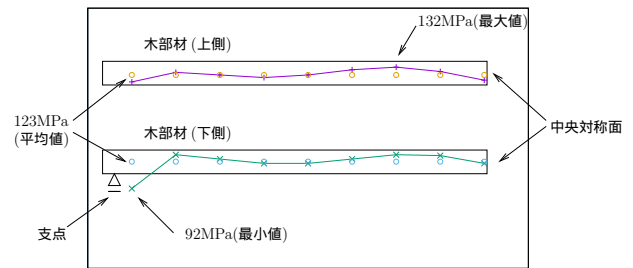


図-5 断面の応力 (PC 鋼棒)

6. まとめ

今回の解析結果から，PC 鋼棒よりも変形能が高く耐力も大きいアラミドロッドや FF ロッドの方が，木橋の横締め緊張材としてより安全である可能性が示された．もっともこれはあり得ないような木部材の膨張を想定した場合であり，現実の温度変化・湿度変化の範囲では PC 鋼棒でも十分に安全に利用できるとも考えられる．1/4 解析では，緊張材の位置によって応力の値に 2 割程度のばらつきが認められた．

参考文献

- 1) FF ロッド，前田工織
- 2) アラミドロッド・ケーブル - ファイベックス
- 3) 木材科学講座 3 木材の物理