

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

環境構造工学分野 7016802 石井 佑季
指導教員 後藤 文彦

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つしか与えることができないため、秋田県の木材の含水率が一番低い4月を初期状態とし、一番高い7月に含水膨張と熱膨張を伴う状態での含水率変化と温度変化を考慮した1つの線膨張係数 γ で次式のように与える。計算上は含水率変化 ΔH で制御する。

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

3. 簡易モデル

まず、緊張材1本の簡易モデルを解析する。840mm×730mm×120mm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0.294GPa、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。今回の解析は秋田県の木材の含水率の最も低い月から最も高い月までを想定し、そのときの秋田県の平均気温を設定する。初期状態の4月を含水率14.4%、温度9.6°C、木部材が最も膨張する7月は、含水率18.5%、温度22.9°Cとする。

木部材が、4月の含水率14.4%から7月の18.5

%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ですが、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ためあまり伸びないが、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、100 %以上のあり得ない含水率変化を与えているが、18.5 %程度の現実の含水率変化の範囲では PC 鋼棒も十分に安全ではある。

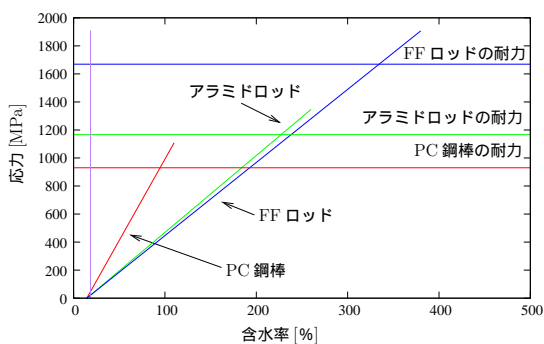


図-2 緊張材の応力と耐力の関係

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。より実際の木橋に近づけるため、木部材を直交異方性材料とする。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。

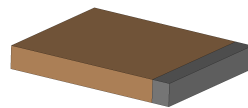


図-3 簡易モデル



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違いが生じる。ローラー支承の近くの緊張材の応力が小さくなり、その上に位置する緊張材の応力が最大になる。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。アラミドロッドと FF ロッドの場合は、PC 鋼棒より応力は小さくなり応力の大小の分布は、PC 鋼棒の場合とほぼ同様である。アラミドロッドの応力の平均は 19.3MPa、FF ロッドの応力の平均は 16.4MPa となる。

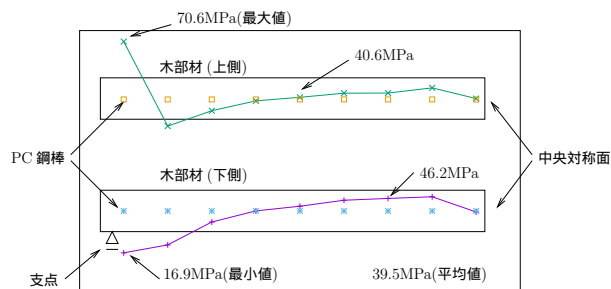


図-5 断面の応力 (PC 鋼棒)

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・含水率変化の範囲では 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ばらつきが認められた。実際の木材は膨れすぎるとめりこみが生じる。今後は木材のめりこみも考慮し、より実際に近い条件での解析を検討したい。

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