

プレストレス木箱桁橋の横締め緊張材について

秋田大学	学生会員	吉田 一穂
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

1. はじめに

プレストレス木箱桁橋は、間伐材等の角材を有効利用しながら箱桁を構成できる合理的な構造であり、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鋼棒の破断が懸念され、業者の自主規制により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した結果、アラミド等の繊維で補強されたロッド各種で十分に代替できることが示された¹⁾。今回はメッシュをより細かくし、文献¹⁾でPC鋼棒の太さに統一していた各種ロッドの直径を、本来の直径に修正し解析を行った。



図-1 プレストレス木箱桁橋

2. 解析手法

本研究では、文献¹⁾のモデルのメッシュをより細かくして、緊張材に使用するアラミドロッド²⁾、FFロッド³⁾を実際の直径まで細くしたモデルをSalome-Meca2018を用いて解析する。アラミドロッドは13mmから2.7mm、FFロッドは13mmから7.88mmに直径を修正した。熱膨張と含水膨張により木部材に発生するひずみは $\epsilon = \alpha\Delta T + \beta\Delta H$ のように与えられる。 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%あたりの膨張率を表す。 ΔT は温度変化、 ΔH は含水率

変化を表す。解析では木材に熱膨張率と含水膨張率を与えて行うが、Salome-Meca2018では線膨張係数を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。

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

また、メッシュは(図-2)から(図-3)まで細かくした。

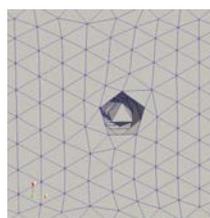
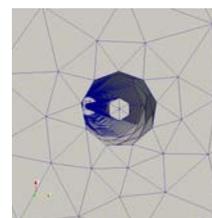
図-2 文献¹⁾のメッシュ

図-3 今回のメッシュ

3. 簡易モデル

簡易モデル(図-4)は、840mm×730mm×120mmの直方体の木材に円柱型の孔を開け、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の鋼板に固定されている。木材に開ける孔は、使用する各緊張材の倍の直径にする。木部材は一端が壁に完全固定された片持ち梁となる。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

キーワード: PC鋼棒, アラミドロッド, FFロッド, 含水膨張

連絡先: 〒010-8502 秋田県秋田市手形学園町1-1 秋田大学理工学部土木環境工学コース

比 0.3, FF ロッドは直径 7.88mm の円柱型で, ヤング率 53GPa, ポアソン比 0.3 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.

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 (図-5) に対しても同様に, 使用する緊張材の倍の直径にした孔を開ける. 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. 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-4 簡易モデル



図-5 1/4 解析モデル

5. 解析結果

緊張材を細くしたため, 簡易モデル, 1/4 モデルの双方で, ほとんどの箇所では緊張材にかかる応力が大きくなった. 図-6 から, 簡易モデルでは, 前回と同じく, FF ロッド, アラミドロッド, PC 鋼棒の順で緊張材にかかる応力が小さくなっている. よりヤング率の小さい FF ロッドのほうが伸び, 変形能が高く応力を緩和できている. また, どの緊張材も前回よりもかかる応力が大きくなったが, 実際にはありえない含水率変化を与えなければ, 耐力には達しない. 今回のモデルでも安全性は十分に確保できていると言える.

図-7, 図-8 から, 1/4 モデルでは, どちらのロッドでも, 上側部材の支点に最も近い緊張材が最大値, 下側部材の支点側から二番目の緊張材が最小値となった. どちらのロッドでも, 各緊張材の位置ごとの応力分布は, ほとんど一緒である. 簡易モデルと同じく, どの緊張材も, 今回設定した含水率変化では耐力に達していない. 安全性は十分に確保できている.

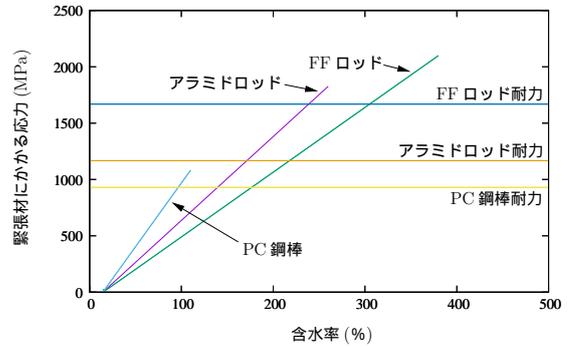


図-6 緊張材にかかる応力

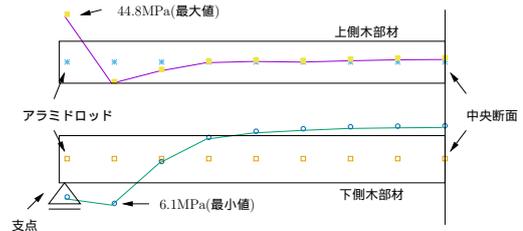


図-7 アラミドロッドにかかる応力

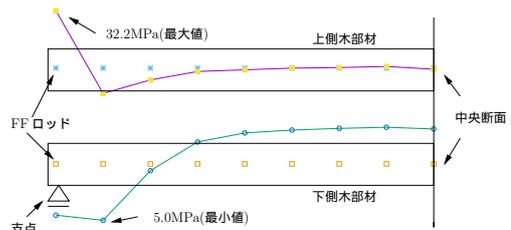


図-8 FF ロッドにかかる応力

6. まとめ

今回の結果から, メッシュを細かくして, ロッドを本来の太さにしても, 今回設定した含水率変化では耐力に達することがなく, 十分に安全性を確保できると言える. 緊張材の応力だけを見れば, 更に直径を小さくすることも可能である. これによりコストの削減などが期待できる. 一方, 実際の木材は, 極端に膨張が拘束されるとめり込みが生じると考えられるため, 今後は木材のめり込みを考慮し, モデルを弾塑性化した場合の応力の緩和効果について, 解析を行い検証したい.

参考文献

- 1) 石井 佑季, 後藤 文彦, 佐々木 貴信, 野田 龍: 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, 令和元年度 土木学会東北支部技術研究発表会講演概要集 (CD-ROM), I-8, 2020.
- 2) http://www.fibex.co.jp/seihin_08.html
- 3) <https://www.maedakosen.jp/products/588/>