

豪雪山間部にかかる立川橋の性能評価

環境構造工学分野 7020566 進藤 優慈
指導教員 後藤 文彦

1. はじめに

秋田県北秋田市の森吉山に木・鋼ハイブリット橋¹⁾である立川橋が架設されている．この橋は豪雪地帯の山間部に架設されており定期点検を行うことがとても困難で，現状どの程度劣化しているのかデータを取れていない．そのため本研究では応力波速度測定器 (FAKOPP) を用いた各部材のヤング率の算出と振動試験や数値解析を用いた橋梁全体のヤング率の推定の2種類の方法を用いて立川橋の性能評価を行った．また劣化によって木材のヤング率が減少した場合，鋼材の局所部分に応力が集中し局部座屈が発生する可能性がある．そのため座屈解析から座屈荷重を算出しどの程度の雪荷重に耐えられるか検討した．

2. 応力波速度測定器 (FAKOPP) を用いたヤング率の測定

各部材単体の劣化を確認するために応力波速度測定器 (以下 FAKOPP) を用いて部材の応力伝播速度を測定した．FAKOPP とは木材に端子を2つ設置し，片方の端子に衝撃を与え部材に応力波を発生させ，その応力波がもう片方の端子に届くまでの時間を測定する測定器である．木材内部が腐朽している場合は健全時に比べ応力波が伝達しにくくなり伝達時間が長くなる．測定された応力伝播速度からヤング率を計算する式は以下のとおりである．

$$E = \rho v^2 \times 10^{-3}$$

v: 応力伝播速度 km/s(測定値)

ρ : 密度 = 380kg/m³(設計書の値を参考)

上記の式より計算された部材のヤング率 E が健全時のスギ甲種二級材の部材ヤング率 7.0GPa(設計書の値を参考) よりどれくらい劣化しているかで検討する．図-1 に森吉橋の側面図と平面図を載せる．平面図の網掛け部分が今回測定を行った部材である．測定した部材のヤング率の平均は 4.77GPa と

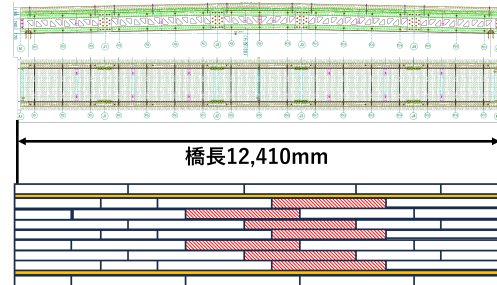


図-1 立川橋側面図 平面図

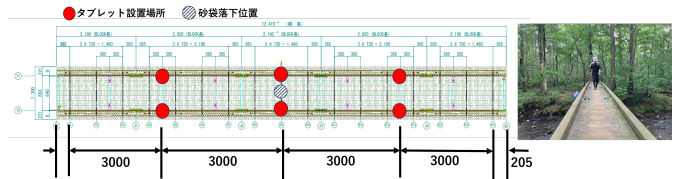


図-2 タブレット設置場所

なっており 7.0GPa から約 32 %ヤング率が減少している．これは橋梁が湿気が多い湿潤状態の場所に架設されており，内部腐朽が進んだためだと考えられる．

3. 振動試験と数値解析を用いた橋梁のヤング率の推定

次に，橋全体のヤング率がどの程度劣化しているかを調べるために加速度センサ付きタブレットを用いて橋の固有振動数を測定した．また，架設時の固有振動数は不明なため数値解析から架設当初の固有振動数を算出した．解析モデルの木材のヤング率を一律に減少させることによって実測値に解析値を近づけ，解析値が実測値に一致した際の木材のヤング率の減少率で橋全体のヤング率の劣化を評価した．

(1) タブレットによる固有振動数測定

まずはタブレットを用いて振動試験を行った．立川橋のタブレット設置場所を図-2 に載せる．今回の振動試験では鉛直対称モードを測定するため 10kg の砂袋を橋の支間長 1/2 の幅員中央に高さ 40cm から落下させた．その後振動試験から測定された加速度波形を MATLAB を用いて FFT 処理を行い位相差から振動モードの推定を行った．

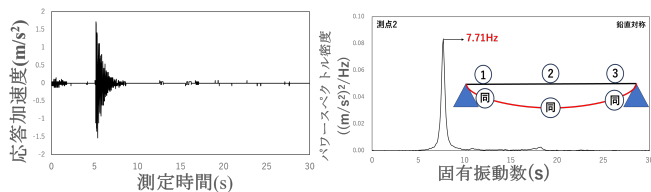


図-3 測定結果スペクトル密度

表-1 解析モデルの材料定数

部材	ヤング率 (GPa)	密度 (g/cm^3)
スギ材	7.0GPa	$0.38\text{g}/\text{cm}^3$
トラス鋼材	206GPa	$7.8\text{g}/\text{cm}^3$

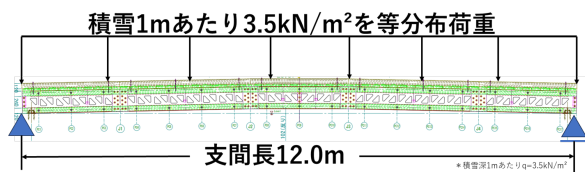


図-4 積雪概略図

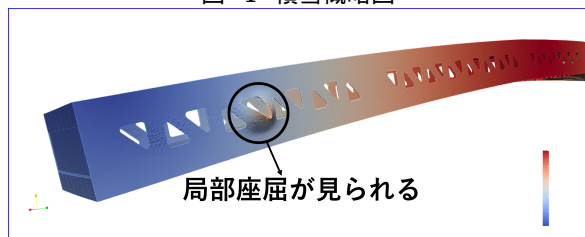


図-5 積雪時の座屈

その結果図-3 のように 7.71Hz の卓越振動が確認されタブレット間の位相差から鉛直対称モードであると推定した。

(2) 数値解析

次に数値解析を利用し、みなし健全時の固有振動数を算出する。解析モデルの材料定数を表-1 に示す。これは立川橋の設計書をもとに材料定数を設定した。その結果、みなし健全時の値は 8.46Hz であった。この値から解析モデルの木材のヤング率を一律 4.94GPa にすることによって固有振動数が実測値 7.71Hz に一致した。このことから、橋全体のヤング率は 30 % 程度劣化していると考える。

4. 積雪時の座屈の検討

前述したとおり立川橋は豪雪山間部に架設されており、橋梁幅員に貼り付く雪も含めて 3m 程度積雪する。この積雪による大きな荷重に加え、経年による木材の腐朽の影響で鋼板への応力集中が架設当初

よりも大きなものとなってしまう鋼板が応力に耐えられなく座屈を起こしてしまう可能性がある。そこで数値解析によって架設当初と現在で鋼板が座屈してしまう時の雪荷重を求め、どれくらいの積雪まで橋が座屈に耐えられるかを検討する。

(1) 解析手法

3.(2) と同様の数値解析モデルを用いて座屈解析を行った。現在の橋状態を再現するため 3.(2) で推定したヤング率を適用した。境界条件と荷重条件は図-4 の通り設定した。

(2) 解析結果

座屈の様子を図-5 に載せる。解析の結果、座屈荷重は架設当初で 227kN (積雪 6m 想定)、現時点で橋の状態 185kN (積雪 5m 想定) となった。架設当初と比較すると健全時から現在にかけて座屈が起こる積雪深が 1m 程度減少しており、木部材の劣化による影響が確認された。しかしながら、豪雪山間部においても、5m 以上の雪荷重が作用することは考えにくいため、現時点では積雪による座屈は問題ないだろう。

5. まとめ

今回の研究では FAKOPP を用いた各部材の劣化の確認、振動試験と数値解析を用いた橋全体の劣化の確認、数値解析を用いた積雪による座屈の検討を行った。その結果、各部材ごとでは平均約 32 % の劣化、橋全体は約 30 % の劣化が確認された。また、雪荷重による座屈は積雪深 5m 以上でないと起こらないことが確認され現状鋼板の座屈は起こり得ないことが分かった。このことから立川橋の性能的には現状問題ないということが言える。しかし、今後経年によって木部材の劣化が進行し、浅い積雪深での座屈が発生する可能性があるので継続的な調査は必要だろう。

参考文献

- 1) 後藤 文彦, 薄木 征三, 佐々木 貴信, 安部 隆一, 川村 修: プレストレス木床版と鋼トラスを組み合わせた新しいタイプの木橋, 木材利用研究論文報告集 9, pp. 108-111, (2010).