

大断面集成材桁橋の劣化評価

環境工学分野 7020571 関合 泰我
指導教員 後藤 文彦

1. はじめに

大断面集成材を用いた木橋 (以下「近代木橋」という) の多くは 1990 年から 2000 年に架けられた。近代木橋の耐用年数は 30 年から 50 年程度とされている。したがって、日本における近代木橋の多くは腐朽劣化し始めていると想定され、劣化評価が重要であると考えられる。本研究では、1998 年に架設され 25 年経過している秋田県にある深沢橋を対象とした。応力波速度測定器を用いた各部材のヤング率の算出と、タブレット端末を用いた振動試験からヤング率の推定を行い劣化評価を行った。腐朽劣化した状態の近代木橋の点検例などは少なく、腐朽状態のヤング率や強度に関するデータも少ないことから基礎データの蓄積が重要である。

2. 各部材のヤング率の推定

応力波速度測定器 FAKOPP を用いて試験を実施した。FAKOPP とは一般的に木材内部が腐朽している場合、健全時に比べて応力波が伝達しにくくなり伝播時間が長くなるとされている。応力波伝播試験で得られた伝播時間から以下の式でヤング率を算出した。算出式を式-1 に示す。

$$E_{ws} = \nu^2 \rho \times 10^{-3} \quad (1)$$

ここで、 E_{ws} :ヤング率 (GPa), ν :伝播速度 ($\nu = \ell/t$), ℓ :端子間距離 (km), t :伝播時間 (s), ρ :密度 (g/cm^3) である。本橋は、架設時のヤング率は測定しておらず、25 年の経過による部材劣化を推定することは不可能である。そこで日本農林規格を参考にし、みなし健全時のヤング率を桁 (スギ集成材一級) 9.5GPa, 床版 (スギ製材) 7.0GPa として劣化を評価した。

(1) 試験方法

本橋は深い谷に架設されているため、支間中央の桁を測定するためには足場を組む必要がある。しかし、今回は足場を組めなかったため橋台に降りて 3

本の主桁端部の側面を測定し、平均を桁のヤング率とした。端子間距離は 1000mm とした。床版については、蜂の巣があったため一部を複数測定した。端子間距離は、小口から小口までの 3560mm とした。図-1 に概略図を示す。

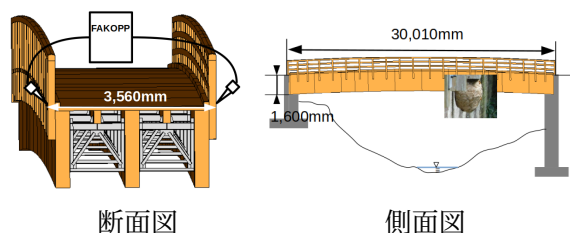


図-1 概略図

(2) 試験結果

測定した箇所ではばらつきが大きいため平均をとり比較すると、桁 (上流部) が 13.6%(8.2GPa) 程度、桁 (中央部) が 27.4%(6.9GPa) 程度、桁 (下流部) が 12.6%(8.3GPa) 程度、床版が 21.4%(5.5GPa) 程度ヤング率が低減していることが確認できた。3 本主桁の中央部の低減が大きいのは、両端の桁に比べて日当たりが悪い場所にあるからだと考えられる。

3. 橋梁全体のヤング率の推定

(1) 振動試験

既往研究¹⁾を参考に行った。タブレット端末は強力な粘着テープで、支間長 1/4, 1/2, 3/4 の地覆に設置した。加振位置は鉛直対称と鉛直逆対称の固有振動モードを得るために、支間長 1/4, 1/2 の幅員中央とした。

(2) 試験結果

得られた加速度波形を MATLAB を用いて FFT 処理をし、パワースペクトル密度に変換して固有振動数を算出した。タブレット間の位相差から振動モードを算出した。その結果、鉛直対称一次モードのとき 3.13Hz, 鉛直逆対称一次モードのとき 10.84Hz と算出された。試験結果より、本橋の鉛直曲げの基本的な固有振動モードは、最も低次であ

る鉛直対称一次モードであると考えられる。

(3) 数値解析

橋梁全体での剛性の低減を算出したいが、架設当初の固有振動数が不明なため有限要素解析ソフト Salome-Meca で本橋のみなし健全時モデルを作成し、固有振動数を算出した (図-2)。なお、対傾構は設計書をもとに 206GPa、7.85g/cm³ とし、木材の密度は測定を行っていないため 0.38g/cm³ とした。

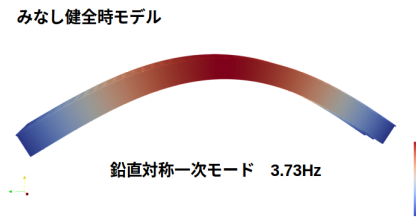


図-2 健全時モデル

解析の結果、みなし健全時における鉛直対称一次モードの固有振動数は 3.73Hz と算出された。みなし健全時のヤング率を一律に減少させることによって、25 年経過時の固有振動数と一致させ劣化を評価した。解析の結果、桁 6.7GPa、床版 4.9GPa にした際に固有振動数が 3.13Hz に一致した。このことから、橋梁全体のヤング率は 29.5% 程度低減していることが確認できた。各部材のヤング率の推定結果と振動試験による橋梁全体のヤング率の推定結果を比較してみると、振動試験による推定結果の方がヤング率が小さいことが確認できた。このことから、振動試験から端部のヤング率の推定は厳しいと考えられる。

4. 時刻歴応答解析による振動応答

(1) 数値解析

上記の試験結果よりヤング率の低減が確認できた。本橋は歩道橋であるため、歩行試験によって歩行者が安全に使用できるのか検討した。本来は実橋で歩行試験を実施すべきだが、蜂の巣などの影響もあり時刻歴応答解析で歩行試験を再現した。解析には Newmark β 法を用いた。解析に用いた歩行荷重は、梶川らが提案している式-2 の荷重を設定した。

$$f(t) = \alpha W \cos(2\pi\omega t) \quad (2)$$

ここで、 α :衝撃係数、 W :歩行者の体重、 ω :歩調である。歩行スピードは、一般的な人間の歩調である 1.7Hz、2.0Hz、2.3Hz とし、歩行間隔 70cm で行った。歩行者の体重は 70kgf とした。

(2) 振動使用性評価

小堀、梶川²⁾によると、揺れの感じ方の基準値は、0.42cm/s 以上が少し振動を感じる、0.85cm/s 以上が明らかに振動を感じる、1.7cm/s 以上が少し歩きにくい、2.7cm/s 以上が明らかに歩きにくいとしている。これに従い実施した結果を図-3 にを示す。

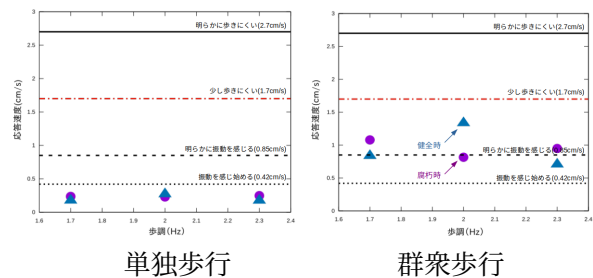


図-3 評価基準

これより、単独歩行は振動を感じ始める程度であったが、群衆歩行では明らかに振動を感じる程度という結果になった。

5. まとめ

本研究では、25 年経過している近代木橋の劣化評価を行なった。その結果、腐朽劣化による剛性の低減が確認された。振動使用性評価では、応答速度の実効値で 1.7cm/s 以下の振動であれば、通行者が不快な揺れと感じない程度とされているが、その値は超えておらず現状問題はないと確認できた。しかし、耐用年数に近づいているため今後も定期点検を行う必要があると考えられる。今後の課題として、本橋は 6.6 t までのロータリー除雪車が通行できる設計になっているため、ロータリー除雪車が通行した際の安全性や雪荷重が载荷した際の安全性について調査していき、今後の維持管理に寄与できるような研究を行ってきたい。

参考文献

- 1) 及川大輔, 岩崎圭音, 後藤文彦, 青木由香利: 加速度センサー搭載タブレットを用いた木橋の振動特性評価
- 2) 小堀為雄, 梶川康男: 橋梁振動の人間工学的評価法, 土木学会文報告集, 1974.