

新旧部材の測定値を用いた木製歩道橋の構造性能と振動使用性評価

秋田大学大学院 理工学研究科	学生会員	○及川 大輔
秋田大学大学院 理工学研究科教授	正会員	後藤 文彦
秋田県立大学木材高度加工研究所	正会員	野田 龍
秋田大学大学院 理工学研究科助教	正会員	青木 由香利

1. はじめに

わが国における大断面集成材を用いた木橋は 1980 年代後半から 2000 年前半まで林道・登山道などを中心に全国に架けられている。その多くは架設から 20 年以上経過しており、橋梁の劣化が懸念される。木材は腐りやすい材料であるが、集成材などは表面層のみが腐朽しており、内部まで進展していないことも確認している¹⁾。そのため、腐朽が確認された橋梁であっても構造性能は十分に有していることが考えられる。

本研究は、木部材の腐朽から 2020 年に架替えが行われた旧めおと橋を対象として、27 年間供用された木橋が新橋時と比較してどの程度の構造安全性と使用性を有しているのか数値解析から検討する。

2. 数値解析

旧めおと橋の設計では、座屈照査が行われており安全性の検討を行うにあたって、アーチリブの座屈荷重と設計荷重の比較から検討を行うこととした。また使用性に関しては、歩行者が橋を通行する際に感じる振動刺激から評価を行う。そのため、歩行試験を模擬した時刻歴応答解析を行い、解析で得られた応答速度波形から振動使用性評価基準に従い評価を行う。

(1) 解析モデル

旧めおと橋の 3D ソリッドモデルを作成し、材料試験時¹⁾に腐朽などにより断面欠損が確認された箇所は、個別にグループを作成し局所的断面欠損を考慮するモデルとした。めおと橋の外観と解析モデルを図-1 に示す。27 年経過後の材料定数は材料試



図-1 旧めおと橋の外観と解析モデル

験から得られた値¹⁾とし、断面欠損箇所は 70Mpa としている。27 年前の新橋時の材料定数は、現在架橋されているめおと橋の部材ヤング率²⁾をみなしの 27 年前の新橋時の状態として解析を行った。

(2) 座屈解析

本橋はアーチリブの座屈許容応力・横座屈許容応力で応力照査を実施している。本研究では、アーチリブ上面に等分布載荷し、座屈荷重を算出した。設計荷重が座屈解析に対して安全側になっているかの確認を行う。また、本橋の設計は除雪前提で行われているが、現状は除雪が行われていない。そのため、架設場所の想定積雪深 4m 程度が積もった場合の設計荷重でも比較し安全性について検討する

(3) 時刻歴応答解析

めおと橋の振動使用性の確認のため、歩行試験を模擬した時刻歴応答解析を行う。解析には Newmark β 法を用いた。歩行は単独歩行 (1 人) と群衆歩行 (5 人) の 2 パターンを想定した。解析に用いた歩行荷重は、梶川らが提案している式 (1)³⁾の荷重を入力している。

$$f(t) = W\alpha\cos(2\pi\omega t) \quad (1)$$

ここに、W：歩行者の体重 α ：衝撃係数 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で、歩行間隔70cmで行った。歩行者の体重は、登山道であることも考慮して、80kgfとした。

3. 解析結果

(1) 座屈解析

新旧めおと橋のアーチリブの座屈荷重を表-1に示す。新旧で比較すると18%程度座屈荷重が低くなっているものの、除雪前提の設計荷重の5倍程度の座屈荷重であり、安全性には問題がなかった。しかし除雪なしの場合では、面内一次モードの座屈荷重を超える設計荷重であることから、現状は危険な状態であったと推測される。

(2) 時刻歴応答解析

時刻歴応答解析から得られた振動速度波形を図-2に示す。新旧で比較すると27年経過時では応答波形が2倍近い値となっており、腐朽による剛性の低下が影響している結果となった。この結果をもとに振動使用性について検討を行う。

4. 振動使用性

梶川らの振動使用性評価⁴⁾では、振動が人間に及ぼす影響として、5段階の категорияで評価を行っている。その中で、応答速度の最大値で2.4cm/s以下、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。本研究ではこのcategoryに従い、振動使用性評価を実施した。図-3, 4に腐朽前後の単独歩行時と群衆歩行時の最大値と実効値の結果を示す。腐朽の影響から応答波形は2倍近い値となっていたが、振動使用性評価としては、「少し振動を感じた」の評価となり、一定の振動使用性を有していることが確認された。

表-1 新旧めおと橋のアーチリブの座屈荷重

	面内座屈 モード(1本)	面外座屈 モード(1本)
新橋時	1343.38kN	213.06kN
27年経過時	1097.52kN	183.55kN
設計荷重	65.56kN(除雪前提)	1108.77kN(除雪なし)

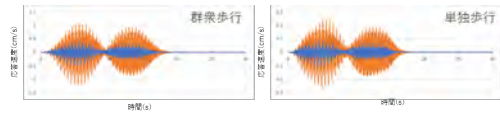


図-2 単独歩行と群衆歩行時の応答波形の比較

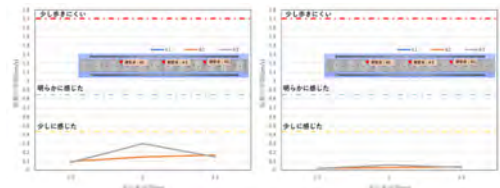


図-3 単独歩行時と群衆歩行時の振動使用性（実効値）

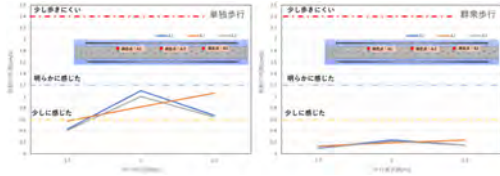


図-4 単独歩行と群衆歩行時の振動使用性（最大値）

5. まとめ

新旧の部材ヤング率を用いて27年経過した木橋の構造安全性と振動使用性について検討を行った。その結果、以下の知見を得た。

- アーチリブの座屈荷重は、新橋時と比べ18%程度低くなった。しかし、設計荷重よりは5倍近い値であったり安全側である。
- 使用性に関しては、振動速度の応答値が新橋時と比べ34%程度大きくなっていったものの、振動使用性評価では、「少し振動を感じた」程度であり一定の使用性は有していた。

以上、27年供用され腐朽が確認された木橋においても、一定の構造安全性と使用性を有していることが明らかとなった。しかし、めおと橋の除雪が行われていない場合、座屈荷重以上の荷重が橋に作用していたことも示唆された。今後、木橋の長寿命化に向けた対策として、冬季間の雪荷重に対する対策を検討していく。

参考文献

- 1) 及川 大輔, 藤原 有沙, 後藤 文彦, 野田 龍, 石黒 駿: 27年供用された木橋部材の劣化評価, 土木学会論文集 E2 (材料・コンクリート構造) 2021年 77巻 5号, pp. I.45-I.54, 2022.
- 2) 藤原 有沙, 及川 大輔, 後藤 文彦, 野田 龍, 青木 由香利: 架替えられた木橋の部材状況について, 令和3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-13, 2022.
- 3) 土木学会: 橋梁振動モニタリングのガイドライン, 土木学会, PP.81-84, 2000.
- 4) 小堀 為雄, 梶川 康男: 橋梁振動の人間工学的評価法, 土木学会論文報告集, 1974.