

27 年供用された木橋の構造性能評価

秋田大学大学院

秋田大学大学院

秋田県立大学木材高度加工研究所

秋田大学大学院

学生会員 及川 大輔

正会員 後藤 文彦

正会員 野田 龍

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されている。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ためおと橋を対象として、数値解析から橋梁の安全性について検討する。

2. 対象橋梁

めおと橋は、秋田県仁別国民の森内に架設されていた中路式 2 ヒンジアーチ歩道橋である。本橋は著者らによって材料試験が実施されており¹⁾、強度・ヤング率が明らかとなっている。めおと橋の外観を図-1 に示す。



図-1 めおと橋の外観

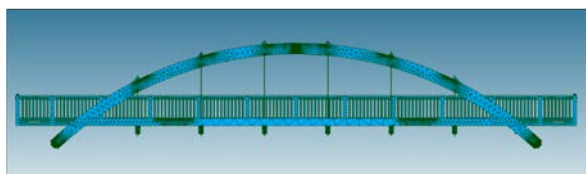


図-2 めおと橋の解析モデル

3. 数値解析

橋梁の安全性の検討を行うために、有限要素解析ツール「Salome-Meca2019」を用いて線形解析・座屈解析を実施した。以下に解析モデルと解析手法について記述する。

(1) 解析モデル

3D ソリッドモデルでめおと橋モデルを作成した。要素数や計算負荷の影響を考慮し、ボルト等の詳細部分は作成せず、木材と鋼板のみを再現した。そのため部材同士の接合や鋼材と木材の接合部分は節点を完全に共有した形でモデリングしている。また今回、材料試験によって確認された断面欠損を考慮して解析を実施するため、アーチ端部・継手部・吊手部の表層 30mm・補剛桁の継手部の表層 30mm を欠損箇所と定義した。拘束条件はアーチ端部をヒンジ固定・床版端部を面固定した。収束性を確認した上で要素数は四面体 2 次要素の 100 万要素で解析を実施した。解析モデルを図-2 に示す。

材料定数は、材料試験の縦振動試験で得られた軸方向ヤング率を各部材ごとに平均した値としている。また、断面欠損箇所は 70MPa としている。

(2) 線形解析

めおと橋の設計時に考慮されている活荷重・死荷重・雪荷重を載荷し、アーチ節点部(図-3)の圧縮応力の最大値が、すぎ 2 級集成材の許容圧縮応力内に収まっているかで安全性の検討を実施する。圧縮応力は、最小主応力として求めた。なお、本橋の雪荷重は除雪前提の荷重で設計されているが、供用時、除雪が行われていない現状も踏まえ除雪前提時の荷重と除雪なしの場合(秋田県内積雪想定 4m)の荷

キーワード 近代木橋, 大断面集成材, Salome-Meca, 座屈解析, 秋田杉

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

重で解析を行い、除雪の有無による危険性についても検討を行っている。

(3) 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荷重し、座屈荷重を算出した。解析モデルはアーチリブ一本モデル・アーチリブ2本を横構で連結したモデルとした。

4. 解析結果

(1) 線形解析

各節点における最大圧縮応力を表-1 に示す。すぎ2級集成材の許容圧縮応力：7MPa に対して除雪前提の場合では、各節点で許容値以内であることが確認された。また、除雪なしの場合では、全ての節点で許容値以上の圧縮応力が確認された。この結果から27年経過し腐朽が確認された木橋においても安全であったと考えられる。しかし除雪なしの場合では許容値以上であり、危険な状態であったことが推測される。このことから、腐朽が確認された本橋においては、補修などを行いながらより長い期間供用できたと考えられる。しかし、除雪の有無による影響は大きく、積雪量によっては落橋の危険が示唆される。そのため、積雪対策の実施が今後の課題になるであろう。

(2) 座屈解析

アーチ面内座屈モードを図-5 に示す。アーチ1本モデルの座屈荷重はアーチ面内モード1次:1152.00kN, アーチ面外モード1次:121.63kNであった。アーチ2本モデルの座屈荷重はアーチ面内モード1次:3425.26kN, アーチ面外モード1次:778.37kNであった。めおと橋の設計荷重は除雪前提で(204.39kN), 除雪無しで(1101.65kN)である。そのため、除雪前提の場合では座屈荷重の18.3%とはるかに小さく安全側であることが分かった。しかし積雪4m時の設計荷重は座屈荷重の96.3%とその差は小さく決して安全ではない結果であった。線形解析同様、除雪の有無が橋梁の長寿命化に影響することが確認された。

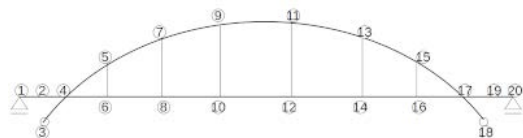


図-3 アーチリブ節点部

表-1 アーチ節点の圧縮応力

	節点番号	圧縮応力	圧縮応力
		積雪 0.15(m) (MPa)	積雪 (4m) (MPa)
27年経過時	5	0.74	10.32
	7	0.68	7.44
	9	0.57	7.31

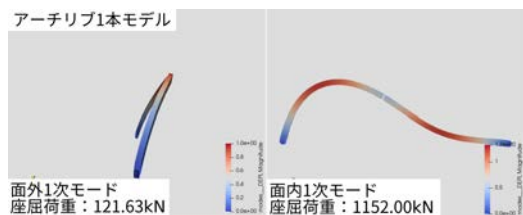


図-4 面内座屈モード

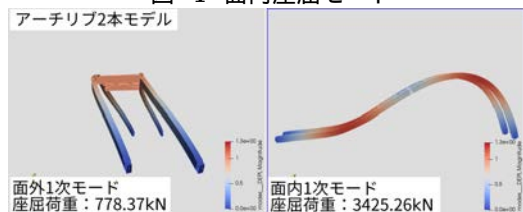


図-5 面内座屈モード

5. まとめ

本研究では27年の供用後撤去された木橋を対象としてアーチ節点部の圧縮応力・アーチリブの座屈荷重から長い間供用され腐朽・断面欠損が確認されている木橋の構造安全性について検討を行った。その結果、圧縮応力は許容値以内に収まり、座屈荷重も設計荷重の5倍近い値を示していたことから、より長い期間供用できることが確認できた。しかし、除雪が行われない場合を想定した雪荷重で解析を実施したところ、圧縮応力は許容値以上であり、落橋の恐れもある危険な状態になることも確認された。このことから、積雪に対して維持管理の行いやすい新たな橋梁形式なども検討していく必要がある。今後も木橋の維持・管理に関する検討を進め、橋梁長寿命化に向けた研究を行っていく必要がある。

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)77巻5号, PP.45-54, 2021.