

新設された木橋の初期状態の調査

環境構造工学分野 7018841 藤原 有沙
指導教員 後藤 文彦

1. はじめに

1980年代後半から、大断面集成材を使用した近代木橋が国内に多く架けられている。現在、国内では「橋梁の長寿命化」が課題となっており、定期点検の実施が重要とされている。木橋においても例外はなく定期点検の実施が重要であるが、まだ歴史が浅く、点検管理データが不足していることから定期点検が実施されていない。木材は、材種のなかにばらつきがある、経年により材料定数が変化してしまうなどの材料の特性があり、初期状態を把握しておくこと非常に重要である。初期値が定期点検時に、架設時からどの程度劣化が進行しているか判断する指標となる。しかし、初期調査がされていない木橋が多いのが現状である。そこで本研究では、2020年12月に架替えられた「めおと橋」の初期調査を行い、今後の維持管理の指標とする。めおと橋の橋梁概要を表-1に示す。

2. 調査方法

初期調査として、各部材のヤング率の推定を行うために、現地でFAKOPPを使用した応力波伝播法¹⁾を用いた調査を実施した。測定したい部材の任意区間に2つのセンサを同一側面上に打ち込み、スタートセンサをハンマーで打撃することによって応力波がセンサ間を伝播する時間を測定した(図-1)。これを4回繰り返す。今回は実橋の測定のため、部材を傷つけないように当木にセンサを差し込み、治具で固定する完全非破壊の方法²⁾で実施した(図-2)。ヤング率の推定式を式-1に示す。

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

事前調査として、完全非破壊の当木が使用できるか判断するために、予備試験を実施した。当木あり・なしと応力波伝播法と同様に、軸方向ヤング率の推定が行える、打撃音法の縦振動法¹⁾と比較を

行った。縦振動法は、部材のヤング率の推定において一般的に使われる試験法である。試験方法は、部材の端部をゴムハンマーで打撃することによって発生する打撃音をマイクロフォンから読み取り、FFTアナライザを用いて固有振動数を測定する方法である(図-3)。この結果、縦振動法のヤング率と当木あり・なしが近い値となったため、現地調査では部材を傷つけない完全非破壊の当木ありを採用している。

3. 調査結果

応力波伝播法を用いて、ヤング率の推定を行った。当木を用いた完全非破壊で測定を行った結果、スギのヤング率を7GPaとした場合と相対誤差が40~60%生じてしまったため、今回は当木なしで測定を行った。めおと橋設計書よりスギ材の等級区分はE70とされており、ヤング率は5.9~7.8GPa³⁾とされているため、推定結果は妥当であったといえる。ヤング率の推定結果を図-4に示す。

表-1 設計概要

橋種	中路式2ヒンジアーチ	
施工年度	2020年	
使用材料	アーチ・床桁・縦桁	秋田スギ集成材
	横構・床版・高欄部	秋田スギ製材
用途	歩道橋	
橋長	23m	
支間長	20m	
幅員	1.5m	
所在地	秋田県秋田市仁別 仁別国民の森	

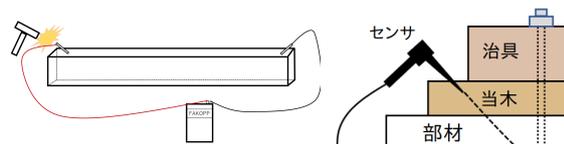


図-1 応力波伝播法

図-2 完全非破壊

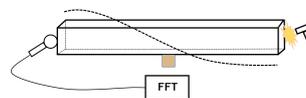


図-3 縦振動法

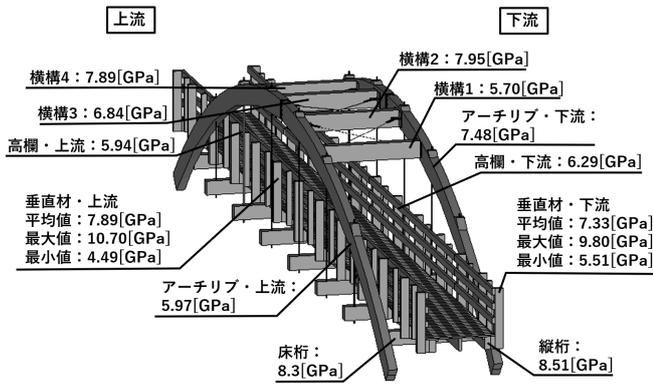


図-4 各部材のヤング率

表-2 振動解析結果

振動モード	固有振動数 Hz
水平 1 次	3.60
鉛直逆対称 1 次	13.40
鉛直 1 次	16.10

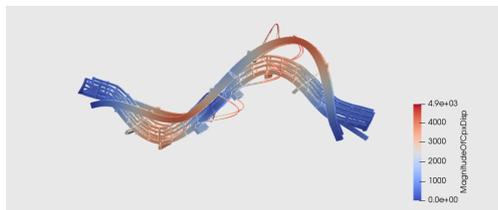


図-5 鉛直逆対称 1 次振動モード

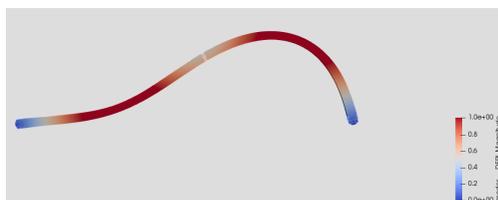


図-6 面内 1 次座屈モード

4. 数値解析

めおと橋設計書では、ヤング率を 7GPa としているが、ヤング率推定結果よりそれ以下の部材がみられたので、有限要素解析ツール「Salome-Meca2019」を用いて 3 次元ソリッドモデルでめおと橋を再現し、座屈解析と振動解析を実施した。現時点でのめおと橋の安全性・使用性について検討を行った。解析で用いた材料定数は図-4 に示したヤング率を用いた。なお、調査において木材密度の測定は行っていないため、密度 $\mu=3.8 \times 10^{-6}$ としている。

5. 数値解析結果

座屈解析・振動解析の両面からめおと橋の使用性・安全性について検討を行った。座屈解析では、アーチ部材は圧縮応力より座屈で壊れやすいため、設計荷重が 168kN であるのに対して、解析によっ

て算出された座屈荷重が大きいことを確認し、構造安全性の検討を行った。その結果、面内 1 次モードの座屈荷重は 1065.40kN となり、設計荷重と比較しても十分な耐力であることから構造の安全性が確認された。振動解析では、算出した固有振動数で振動使用性の検討を行った。歩道橋の振動使用性として 1.5Hz~2.3Hz までの範囲は歩行者の歩行振動数と共振してしまうため避けるべきとされている⁴⁾。解析の結果、めおと橋の固有振動数は、水平 1 次振動: 3.60Hz、鉛直 1 次振動: 16.10Hz であり、問題がないと判断した。振動解析の結果を表-2 に示す。また鉛直逆対称 1 次振動モード図、面内 1 次座屈モード図を図-5, 6 に示す。

6. まとめ

本研究では、新設されためおと橋の初期調査を実施した。現地調査では、応力波伝播法を用いて当木あり・なしのヤング率の推定を行い、これを初期値とした。実橋の試験方法として現時点では、応力波伝播法の当木なしが現実的な値となることがわかった。また、この結果を材料定数として数値解析を座屈解析・振動解析の両面から実施し、橋の安全性・使用性の検討を行った結果、現時点の「めおと橋」は、構造上安全であり、歩行者の使用性も問題ないことが確認できた。本研究の調査方法と結果を初期値として記録し、今後のめおと橋の維持管理の指標とし、今後も継続的に定期点検が行われることを期待し、「橋梁の長寿命化」に貢献したいと考える。

今後の課題として、部材を傷つけない完全非破壊の試験法の見直しと今回の調査には多くの時間と人員確保が必要であったため、もっと簡易的な調査方法を検討する必要がある。

参考文献

- 1) 日本住宅・木材技術センター：構造用木材強度試験マニュアル.2011.
- 2) 浪江 和隆, 焦 鍵, 杉野 未奈, 多幾山 法子, 林 康裕：応力は伝播推定法に基づく木材の完全非破壊型ヤング係数推定法の提案 第 78 巻. pp.833-838.2013.
- 3) 農林水産省告示第 1083 号：製材の日本農林規格. p.12.2007.
- 4) 梶川 康男：振動感覚を考慮した歩道橋の使用性照査方法に関する考察, 土木学会論文報告集第 325 号. pp.22-33.1982.