

## 架替えられた木橋の部材状況について

|         |       |        |
|---------|-------|--------|
| 秋田大学    | ○学生会員 | 藤原 有沙  |
| 秋田大学大学院 | 学生会員  | 及川 大輔  |
| 秋田大学大学院 | 正会員   | 後藤 文彦  |
| 秋田大学大学院 | 正会員   | 野田 龍   |
| 秋田大学大学院 | 正会員   | 青木 由香利 |

## 1. はじめに

私たちが利用している橋を維持するためには、定期点検の実施が重要である。木橋においても例外はなく、木材の定期点検として全国で健全度評価を行っている。木橋の定期点検は橋の状態を把握し、必要な措置を特定するための情報を得ることを目的としており、前回調査の情報と比較をする必要がある。そのため、架設時からどの程度劣化が進行しているかを判断するためにも初期値調査は非常に重要である。しかし初期値調査を行っ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」の初期値調査を行い、今後の維持管理・健全度評価の指標とする。めおと橋の橋梁概要を表-1に示す。

## 2. 調査方法

初期値調査として、各部材のヤング率の推定をするために現地で2つの試験法を用いて測定を行った。

## (1) 打撃音法試験（曲げたわみ振動法）

部材の中央をゴムハンマーで打撃し、マイクروفोनを用いてFFTアナライザ<sup>1)</sup>の波形から各部材の固有振動数を上位3位まで測定した(図-1)。これを4回くり返す。ヤング率の算出式を式-1に示す。今回は結合されている部材のため、拘束条件を両端固定( $m = 4.73$ )としている。

$$E_{afb} = \left( \frac{2\pi \cdot f \cdot \ell^2}{i \cdot m^2} \right)^2 \rho \quad (1)$$

## (2) 応力波伝播試験

FAKOPP<sup>1)</sup>を使用して伝播速度を測定した(図-2)。部材を傷つけないように治具<sup>2)</sup>を用いている。センサーを2箇所に打ち込み、これをセンサー間距離とする。スタートセンサーをハンマーで打撃し、各部材の伝播速度を測定を行った。これを4回くり返す。このときのセンサーの打ち込み角度は45°としている。ヤング率の算出式を式-2に示す。

$$E_{ws} = \left( \frac{I}{t} \right)^2 \rho \times 10^{-3} \quad (2)$$

## 3. 数値解析

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振動解析と座屈解析を実施した。解析で用いた材料定数は図-3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。

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 |         |

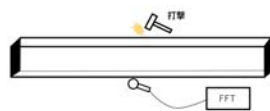


図-1 曲げたわみ振動法



図-2 応力波伝播試験

キーワード 集成材木橋、非破壊試験、構造剛性評価、応力波伝播試験

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

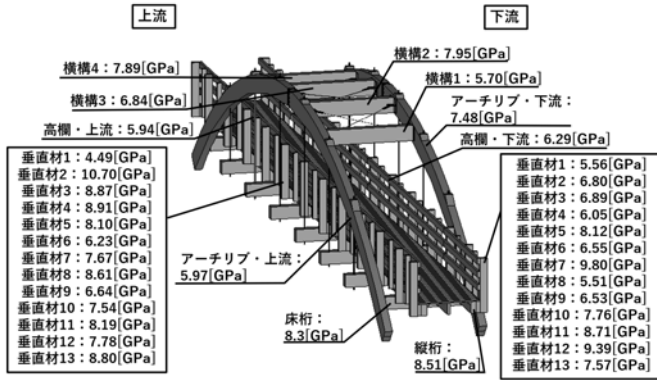


図-3 各部材のヤング率

表-2 設計荷重

| 部材    | 荷重 $kN$ |
|-------|---------|
| 床版    | 117.484 |
| アーチリブ | 51.124  |

表-3 振動解析結果

| 振動モード | 固有振動数 $Hz$ |
|-------|------------|
| 水平一次  | 3.60       |
| 鉛直一次  | 13.40      |
| 逆対称一次 | 16.10      |

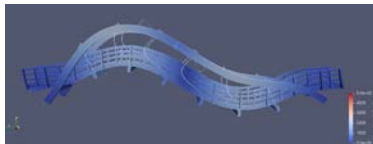


図-4 鉛直1次振動モード



図-5 面内1次座屈モード

## 4. 調査結果

### (1) 打撃音法試験 (曲げたわみ振動法)

測定の結果、波形から明らかに凸になっている部分がなかったため、固有振動数を読み取ることが難しく、有力なデータが得られなかった。その原因として、ゴムハンマーで打撃した際に橋全体が振動してしまったなどが考えられる。この試験法は拘束条件が大いに関係しているため、現時点ではこの試験法を実橋に用いることは難しい。

### (2) 応力波伝播試験

治具を用いた完全非破壊試験で測定を行ったが、スギのヤング率理論値と約 50~60% の誤差が生じてしまったため、治具なしで測定を行った。スギの変動係数は 28%<sup>3)</sup> とされているが、ほとんどの部材で変動係数 5% という結果となり、うまく測定できた。ヤング率の推定結果を図-3 に示す。

## 5. 数値解析結果

振動解析・座屈解析の両面からめもと橋の使用性・安全性について検討を行った。振動解析で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<sup>4)</sup>。解析の結果めもと橋の固有振動数は水平1次振動: 3.60Hz, 鉛直一次振動: 13.40Hz であり、問題がないと判断した。座屈解析では解析によって算出された座屈荷重より表-2 に示した設計荷重が小さいことを確認し、構造安全性の検討を行った。その結果、面内一次モードの座屈荷重は 1428kN と設計荷重の 10 倍近い値であり構造の安全性が確認された。振動解析の結果を表-3 に示す。また鉛直1次振動モード図、面内1次座屈モード図を図-4 図-5 に示す。

## 6. まとめ

本研究では、めもと橋の初期値調査として現地調査を行い、この結果を用いて橋の構造安全確認の検討を行った。研究結果、めもと橋は、振動解析結果の固有振動数より、振動使用性の観点で問題がないことが確認できた。またアーチリブの座屈荷重も設計荷重の 10 倍近い値であったため、めもと橋の構造安全性が確認できた。現地調査結果から、ヤング率の推定を行うには応力波伝播試験が有力な試験法であることがわかった。今後の課題として、部材を傷つけない完全非破壊試験法の見直しが必要である。本研究の結果を参考とし、今後も定期点検として、現地調査を行い、めもと橋の構造安全性の確認を行うとともに、維持管理・健全度評価の記録が継続的に実施されることを期待している。

### 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.2011/3
- 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.p833-838.2013/4
- 3) 秋田県立農業短期大学木材高度加工研究所：コンサイス 木材百科.p206-207.1998/9
- 4) 田中信治, 加藤 雅史：設計時における歩道橋の振動使用性.p77-84.1993/7