

## 経年劣化を考慮した中路式木製アーチ歩道橋（め おと橋）の振動使用性に関する検討

秋田大学 理工学部	学生会員	新谷 駿元
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 理工学部	学生会員	岩崎 圭音
秋田大学大学院 理工学研究科教授	正会員	後藤 文彦
秋田大学大学院 理工学研究科助教	正会員	青木 由香利

ンジ中路式木製歩道橋（めおと橋）である。

### 1. はじめに

歩道橋の維持管理指標として、安全性の他にも歩行時に歩きにくい、不快に感じないといった振動使用性評価も重要である。歩道橋の鉛直振動に関しては、土木構造物標準設計<sup>1)</sup>で「主桁たわみ振動の固有振動は1.5~2.3Hzの範囲を避ける」と示されており、歩行者の歩調を避ける設計が行われている。木製歩道橋を対象とした振動特性や振動使用性に関して、様々な橋梁形式で測定が行われており、鉛直の1次、2次振動に関しては、1.5~2.3Hzを避けた固有振動数となっている。固有振動数は、経年劣化による低減が複数橋梁で確認されているが、いずれも歩調と共振すると考えられる振動数までの低減とはなっていない。しかしながら、振動使用性に着目すると架設から16年程度経過した橋では、不快に感じる・歩きにくいといった段階の橋も確認されている。そのため、鉛直の固有振動数が共振範囲外にあったとしても、振動使用性に影響を与えと考えられる。

そこで、本研究では3Dソリッドモデルで木製歩道橋をモデル化し、雨水の滞留などの要因で腐朽が生じやすいと考えられる箇所を数か所設けて局所的劣化を再現する。このモデルを用いて、単独歩行時、群衆歩行時の歩行試験を模擬した時刻歴応答解析を行った。この結果から、局所的劣化が振動使用性にどの程度影響を与えるか検討を行う。本研究で対象とした木橋は、2020年に架替が行われた2ヒ

### 2. 固有値解析

歩行試験を模擬した時刻歴応答解析を行う前に、固有値解析を行い、腐朽による固有振動数の変動を確認する。めおと橋の3Dソリッドモデルを作成して、有限要素解析ツール「Salome-Meca2020」で解析を行った。解析に用いた物性値として腐朽前の状態は、2021年に応力波伝播速度法で測定したヤング率<sup>2)</sup>、腐朽後の状態は、旧橋の架替時に測定した部材のヤング率<sup>3)</sup>を用いた。局所的劣化箇所については、断面欠損として扱うこととして健全時ヤング率の $\frac{1}{100}$ として与えた。その結果、本橋の鉛直曲げの基本固有振動数である鉛直逆対称1次振動モードで、腐朽前：6.26Hz、腐朽後：4.78Hzというなり20%程度の低減が確認された。鉛直曲げ振動では、共振範囲に該当する振動モードは確認されなかった。

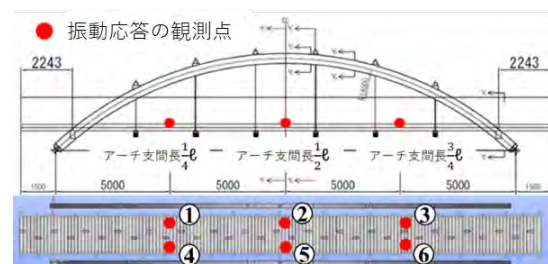


図-1 解析モデルの応答値出力点

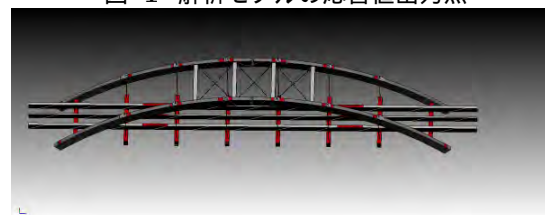


図-2 めおと橋の局所的腐朽箇所

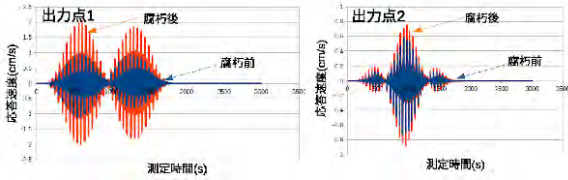


図-3 腐朽前後の応答速度（出力点1,2）

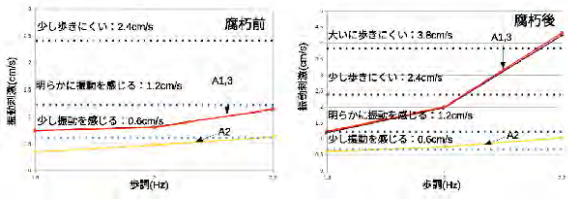


図-4 群衆歩行時の最大値の振動使用性

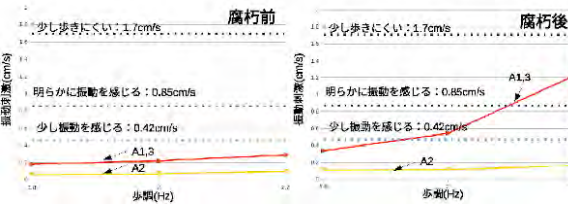


図-5 群衆歩行時の実効値の振動使用

### 3. 時刻歴応答解析

歩行試験を再現した時刻歴応答解析を行う。解析には Newmark $\beta$  法を用いた。歩行は群衆歩行（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)<sup>2)</sup>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  $\alpha$ ：衝撃係数  $\omega$ ：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。本解析に用いた物性値については、固有値解析で与えたものとする。解析にはモード減衰定数として(0.018)を与えている。振動応答値の出力点を図-1に、局所的腐朽として考慮した箇所を図-2に示す。

腐朽前と腐朽後の解析から得られた応答速度の一例を図-3に示す。応答速度の最大値と実効値を比較すると、測点1,3,4,5,6では実効値で1.83倍、最大値で2倍程度、測点2,5では実効値は1.87倍、最大値で2倍程度応答倍率が増幅していることが確認

できた。

### 4. 振動使用性評価

梶川らの振動使用性評価では、振動が人間に及ぼす影響として、5段階のカテゴリー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しない程度とされている。本研究ではこのカテゴリーに従い、振動使用性評価を実施した。図-4, 5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。腐朽前の状態では、実効値、最大値ともに多少振動を感じる程度であったが、腐朽後では、2.2Hz、2.3Hzの最大値で少し歩きにくいという結果となった。

### 5. まとめ

本研究では、経年劣化が生じた場合の振動使用性について検討を行った。その結果、経年劣化によって局所的な腐朽が生じた場合、固有振動数は20%程度低下することが確認された。しかし、いずれの振動モードでも歩調の共振範囲外であった。また、時刻歴応答解析の結果から歩調が早くなるに連れ、振動応答値が増大する傾向が確認された。この結果から振動使用性の検討を行った結果、2.2Hzで明らかに振動を感じる値となった。しかしながら、歩行時に不快と感じるほどの振動ではなかった。今後の課題としては、局所腐朽の箇所を変えながら解析を行い、振動使用性に最も影響する部材箇所を明らかにすることなど、今後の維持管理に寄与できるような研究を行っていきたい。

#### 参考文献

- 1) 設省制定:土木構造物標準設計第5巻・解説書(立体横断施設), 全日本建設技術協会, 1985年2月.
- 2) 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.
- 3) 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.
- 4) 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,
- 5) 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.