

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

環境構造工学分野 7019563 新谷 駿元
指導教員 後藤 文彦

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¹⁾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」と示されている。一方で、経年劣化した木製歩道橋では固有振動数が歩調の共振範囲外の橋でも「不快に感じる・歩きにくい」といった報告もなされている。

本研究で対象とするめおと橋（図 1）は、2020 年に架替えが行われた新橋である。先行研究で旧橋部材のヤング率が測定されていることから本研究では、30 年程度供用された木橋の経年劣化を再現したモデルで歩行試験を模擬した時刻歴応答解析を実施し、振動使用性に関する検討を行う。

数値解析に用いたモデルは、3D ソリッドモデルで、局所部分に断面欠損などの劣化箇所を再現したモデル（図 2）である。



図-1 めおと橋の外観

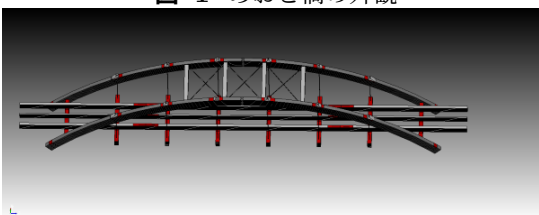


図-2 めおと橋の局所的劣化箇所

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、劣化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劣化前の状態は、2021 年に応力波伝播速度法で測定したヤング率³⁾、劣化後の状態は、旧橋の架替時に測定した部材のヤング率⁴⁾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、劣化前：6.26Hz、劣化後：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。

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 β 法を用いた。歩行は群衆歩行（5 人）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)²⁾ の荷重を入力している。

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

ここに、 α ：衝撃係数 W ：歩行者の体重 f ：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 から 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、70kgf 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-3 に、局所的腐朽として考慮した箇所を図-2 に示す。

劣化前と劣化後の解析から得られた応答速度の

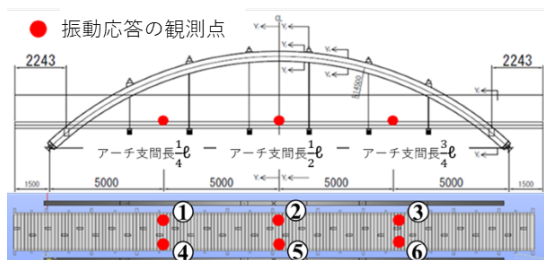


図-3 解析モデルの応答値出力点

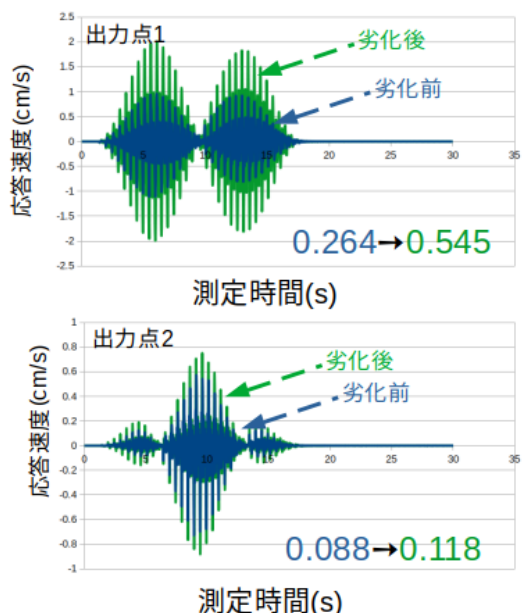


図-4 劣化前後の応答速度（出力点 1,2）

一例を図-4 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 では最大で実効値で 6.7 倍，最大値で 5.2 倍程度，測点 2,5 では実効値は 1.98 倍，最大値で 1.43 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じ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-5, 5 に劣化前後の群衆歩行時の最大値と実効値の結果を示す．劣化前の状態では，実効値，最大値ともに多少振動を感じる程度であったが，劣化後では，2.2Hz, 2.3Hz で少し歩きにくいという結果となった．

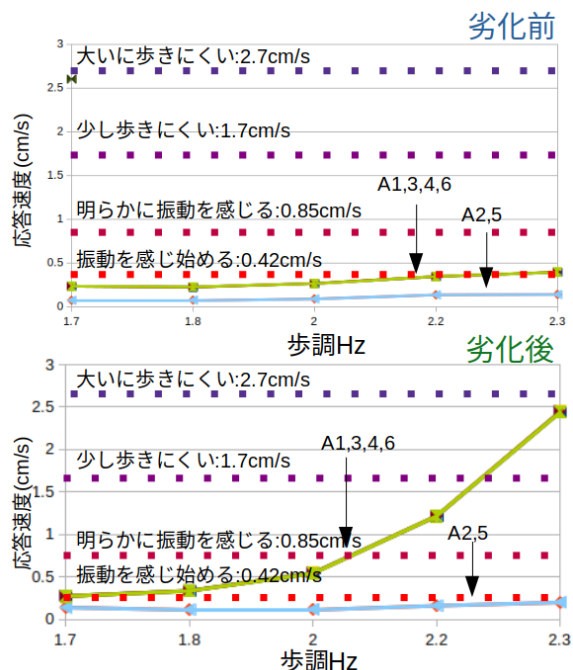


図-5 群衆歩行時の実効値の振動使用

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，2.3Hz で少し歩きにくいという値となった．今後の課題としては，局所劣化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.