

加速度搭載タブレット端末を用いた木製歩道橋の振動使用性

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	学生会員	及川 大輔
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

1. はじめに

歩道橋の振動使用性は、歩行者が橋を安心して不快感なく渡ってもらうための重要な指標である。実橋を対象とした振動使用性評価を行うためには、歩道橋を通行するときに生じる振動を応答データとして測定する必要があり、計測には高価な機材を複数台用いる必要がある。そのため、歩道橋の維持管理において重要な指標ではあるものの、誰もが簡単に行える試験ではない。そこで、現在多くの人が利用している携帯タブレット端末に搭載されている加速度計に着目して、高価な測定機器の代替として活用できないかと考えた。

本研究では、近代木橋を対象として歩行試験を実施し、タブレット端末加速度計で応答速度の測定を行った。また、有限要素解析ツール Salome-Meca を用いて時刻歴応答解析を行い、実験状態を再現した上で実測値と解析値の比較し、タブレット端末加速度計の妥当性の検討を行った。これらの結果から今後高価な測定機器の代替としてタブレット端末加速度計を活用できないか検討を行った。

本研究で対象とする近代木橋は、大断面集成材を用いた 2 ヒンジ中路式アーチ木橋（めおと橋）である。本橋は、2020 年に架替が行われた橋であり、2021 年に応力波伝播速度法により各部材のヤング率を測定している。

2. 試験方法

タブレット端末の設置位置、歩行試験の歩行ライン、歩行の様子を図-1 に示す。

(1) 測定概要

測定機材は、加速度センサー付きタブレット (FFF TAB-7):6 台を用いた。また計測には、アーヘン工科大学が公開しているオープンソースソフトウェア (PhyPhox) を用いた。FFF TAB-7 は通販サイトなどで 1 万円程度から購入可能な安価な携帯タブレットである。タブレット端末の設置位置は、めおと橋の固有振動モードから振動の腹になると考えられるアーチ支間長の $\frac{1}{4}l$, $\frac{1}{2}l$, $\frac{3}{4}l$ の 3 点の幅員両端とした。なお、計測時間は 30s、サンプリング周波数は 100Hz とする。

(2) 歩行試験

歩行試験は、単独歩行、群衆歩行の 2 パターンで行った。歩行速度は、一般的な人間の歩調 1.7Hz~2.3Hz で、歩行間隔は 70cm で行った。歩行時に歩調を揃えるために携帯のメトロノーム機能を用いて試験を行っている。

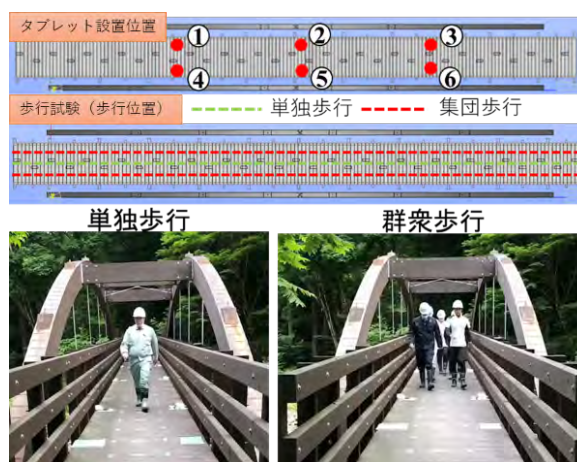


図-1 測定機器の設置位置と歩行試験の様子

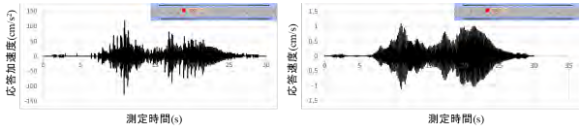


図-2 測定した応答加速度波形と周波数積分後の速度波形

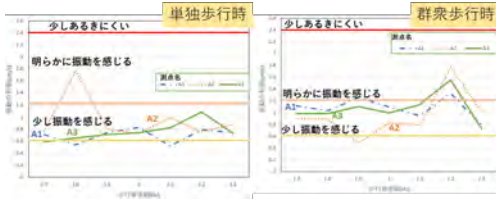


図-3 単独歩行時と群衆歩行時の最大値の振動使用性

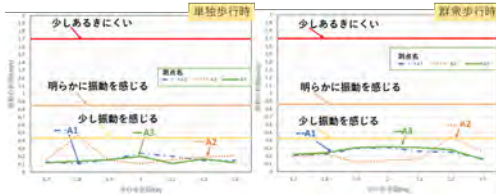


図-4 単独歩行時と群衆歩行時の実効値の振動使用性

3. 測定結果

歩行試験で測定された応答加速度を図-2 に示す。また、振動使用性の評価を行うにあたって、梶川らによって橋梁振動の忍限度が示されており、振動刺激を評価するには速度値で評価することが望ましいとしている¹⁾。そのため、本試験において得られた応答加速度を周波数積分によって速度値に変換して振動使用性の評価を行った。図-2 には、変換後の速度も一緒に示す。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-3, 4に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。この結果、単独歩行時、群衆歩行時ともに、振動は感じるものの不快となるような歩きにくいと感じるほどは確認されなかった。また、図-2に示した通り、タブレット端末加速度計を用いても、振動波形がきれいに観測されておりタブレット端末加速度計を用いたことによる影響は確認されなかった。

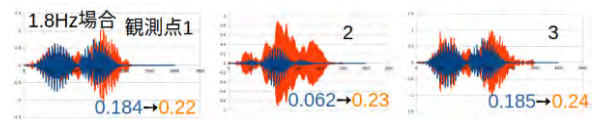


図-5 解析値と実測値の比較 (1.8Hz)

4. 数値解析

有限要素解析ツール「Salome-Meca」を用いて、めおと橋の3Dソリッドモデルを作成して歩行試験を模擬した時刻歴応答解析を行った。解析に用いた物性値は、2021年に測定した部材ヤング率とポワソン比(0.4)、密度(0.38g/cm³)、モード減衰定数(0.018)を用いた。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。

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

ここに、W:歩行者の体重 α:衝撃係数 ω:歩調である。

解析から得られた結果と実測による結果の比較の一例を図-5に示す。測点1,3に関しては相対誤差15%程度で、タブレット端末加速度計の有用性が確認された。

5. まとめ

本研究の結果以下の知見を得た。

- 実測において、綺麗に振動波形が記録されており、雑音等の影響も確認されなかった。
- 実測の歩行試験を模擬した時刻歴応答解析を行った結果と比較して、測点1,3では相対誤差が15%程度と比較的近い値になった。

以上、タブレット端末加速度計を用いた歩行試験においても、歩行時における振動応答値の測定を行うことが可能であり、振動使用性評価を容易に行える1つのツールを得た。今後の検討として、他の歩道橋においても同等の結果が得られるかの検討や実際にサーボ型速度計など従来使われている測定機器との比較なども行い、タブレット端末加速度計の有用性を明らかにしていきたい。

参考文献

- 1) 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.
- 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.