

加速度計搭載タブレット端末を用いためおと橋の 振動特性評価

環境構造工学分野 7019516 岩崎 圭音
指導教員 後藤 文彦

1. はじめに

近代木橋の多くは 1990 年～2000 年に架けられた。鋼橋の耐用年数は 100 年程と言われているが、木橋の耐用年数は 30～50 年ととても短い。したがって、日本における木橋の多くは劣化し始めていると想定され、劣化診断が重要となると考えられる。しかし、木橋の劣化診断には専門的な知識を持った技術者、調査のための測定機器が必要になるが、人手不足や、試験機器が高価であるなどといった問題点が挙げられている。そこで、今回は、床版だけで簡単に調査が行える振動試験に着目し、高価な測定機器を安価なタブレット端末に代替して試験を行うこととした。

2. 振動試験方法

(1) 対象橋梁

今回は、めおと橋で調査を行う。仁別の国有林内に架けられている歩道橋である。2020 年に腐朽の影響から新橋に架け替えられ、旧橋とは異なる縦桁を有する中路式アーチ橋となっている。また、昨年ヤング率の測定を行っており、今回の解析ではこのヤング率を用いた。

(2) 使用機材

・加速度センサ付きタブレット (FFF TAB-7):10 台

(3) 使用アプリケーション

・PhyPhox (物理測定アプリ)

(4) 測定概要

試験は 5 月と 7 月に実施した。計測時間を 30 秒とし、サンプリング周期を 100Hz とする。タブレット端末の設置は、図-1 に示すように床版上面の幅員両端に設置した。設置位置は励起させたい振動モードの腹の位置で測定できるようにした。また、タブレットは振動によってずれないように強力な粘着テープを貼り固定した。設置の様子を図-3 に示す。

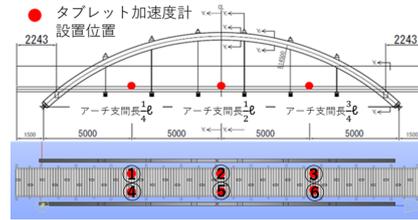


図-1 設置位置



図-2 試験の様子



図-3 設置の様子

(5) 試験内容

励起させたい固有振動モードごとに加振点をかえ、振動試験を実施した。各試験方法については以下に示す。

・砂袋落下衝撃試験 (鉛直逆対称・対称モード) アーチ支間長 1/4, 1/2, 3/4 の幅員中央に 10kg の砂袋を高さ 40cm から落下させる。

3. 測定結果

(1) 振動試験結果

得られたデータを、MATLAB を用いて FFT 処理をし、パワースペクトル密度に変換した。また、解析は Salome-Meca を用いた。砂袋落下衝撃試験の測定結果と解析結果を以下に示す。更に、各モードでの測定値と減衰定数を表-1 に示す。

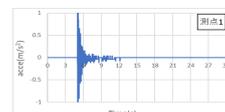


図-4 5月

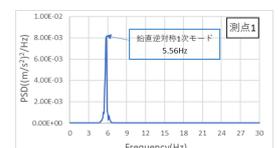


図-5 5月 (PSD)

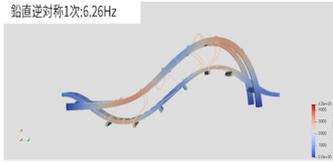


図-6 解析値 (含水率 15%)

表-1 振動試験結果

振動モード	測定値 (Hz)	ハーフパワー法	自由減衰波形法
鉛直逆対称 1 次 (5 月)	5.56	0.018	0.019
鉛直逆対称 1 次 (7 月)	5.86	0.018	0.022
鉛直対称 1 次 (5 月)	8.89	0.043	0.036
鉛直対称 1 次 (7 月)	8.89	0.031	0.039

測定結果から、鉛直曲げの基本的な固有振動モードは、算出された振動モードの中で最も低次である鉛直逆対称 1 次モードであると確認される。そして、固有振動数は、5 月が 5.56Hz、7 月が 5.86Hz と求められた。タブレット端末で測定された振動波形から固有振動数、振動モードの算出を行うことができた。モード図は、図-6 の通りだが、解析値については含水率 15% のとき 6.26Hz、50% のとき 5.56Hz と求められた。解析値と測定値を比較すると大きな差はなく、妥当性があると考えられる。1 回目と 2 回目で測定値がずれた要因の 1 つとしては、解析結果から含水率の変化による影響があると考えられる。ここで、一般的な鋼橋の固有振動数の概算式を式 (1)、減衰定数の概算式を式 (2) で示す。ℓ をアーチ支間長とする。

$$f = 100/\ell \quad (1)$$

$$h = 0.12/\sqrt{\ell} \quad (2)$$

めおと橋は 20m であるので、式 (1) から、固有振動数は 5Hz と求められる。測定結果と近い値となった。式 (2) から、減衰定数は 0.027 と求められる。表-1 より、測定値と比較すると、測定値の方が低く出たが、揺れの減衰に関して問題はないと考えられる。これらより、めおと橋は木橋であるが、鋼橋と同程度の剛性を有していると考えられる。

(2) 歩行試験

歩行試験は、1.7Hz ~ 2.3Hz まで歩行速度を変えながら試験を行い、更に、1 人の試験を 1 回、5 人

の試験を 2 回行った。歩幅は 70cm に合わせた。ここで、刺激 S を、加速度の実効値を σ_{ai} 、固有振動数を f_i を用いて式 (3) のように示す。

$$S = \left\{ \sum_{i=1}^M \left(\frac{\sigma_{ai}}{2\pi f_i} \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

ここで、5 人で行った 2 回目の歩行試験の結果を図-7 に示す。

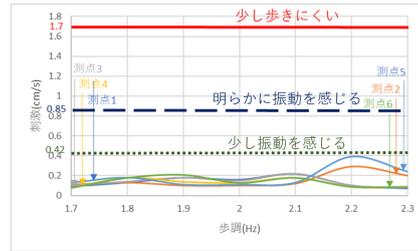


図-7 歩行試験結果 (5 人, 2 回目)

小堀、梶川¹⁾らによると、揺れの感じ方の基準値は、図-7 にも記載されている通り、0.42cm/s 以上が少し振動を感じる、0.85cm/s 以上が明らかに振動を感じる、1.7cm/s 以上が少し歩きにくい、2.7cm/s 以上が明らかに歩きにくいとしている。これより、基準値である 0.45cm/s よりも下回っていることが図-7 から分かる。よって、今回の調査で、めおと橋は揺れあまり感じず安全に歩行できるということが分かった。

4. まとめ

今回はタブレット端末を用いて振動試験を行ったが、タブレット端末で測定された振動波形から固有振動数・振動モードの算出を行うことができ、更に減衰定数の測定も行うことができた。今回の試験から、めおと橋の鉛直曲げの基本的な固有振動モードは鉛直逆対称 1 次モードであり、鋼橋と同程度の剛性を有していることが分かった。また、歩行試験では、図-7 より、基準値よりも下回っている為、揺れをあまり感じずに歩行できると測定からも分かった。

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.