

超高強度繊維補強コンクリートを用いた歩道橋（リバーサイド千秋連絡橋）の振動特性の確認

鹿島建設(株) 正会員 ○河野 哲也, 一宮 利通, 南雲 広幸
白浜 寛, 曾我部直樹

1. はじめに

本橋は、商業施設間を連絡する歩道橋¹⁾であり、橋長 30.5m、支間長 26.0m、有効幅員 3.5m の 3 径間連続 PC ラーメン橋である。また、上部工材料としてエトリングait系超高強度繊維補強コンクリート²⁾を使用することで、桁高が 50cm（桁高・スパン比 1/52）と小さく、一般的な PC 歩道橋に比べてスレンダーな桁構造となっている。立体横断施設技術基準・同解説³⁾では、歩道橋の低次の固有振動数が 2Hz 前後（1.5～2.3Hz）にならないように規定されていることから、本橋の設計では、1 次モードのたわみ固有振動数が 2.5Hz 程度となるようにしている。

本橋は、高性能材料を用いたスレンダーな桁構造を有する PC 歩道橋であることから、実橋での振動計測を実施することにより、本橋の振動特性を確認し、設計の妥当性の検証を行った。

2. 計測概要

振動計測は、壁や屋根の施工を含めた橋梁完成後、工事や交通振動の影響が少ない深夜に実施した。常時微動計測および人力加振実験を実施し、橋の振動特性（卓越振動数および減衰定数）を評価した。振動センサの配置位置を図-1 に示す。

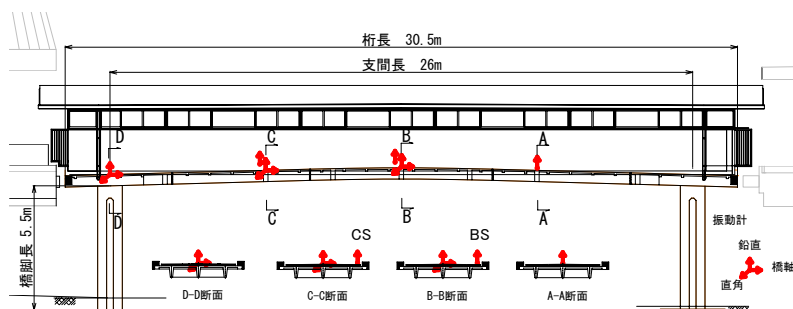


図-1 振動センサの配置位置

(1) 常時微動計測：常時微動波形の計測

データからパワースペクトルを計算して卓越振動数を求めた。パワースペクトル算出の際は、重ね合わせによるデータの平滑化を行った。

(2) 人力加振実験：固有値解析結果から振動モードの腹になる箇所の橋面上において、1 人で屈伸運動により橋を加振し、ある程度振動した時点で加振を止めることで、自由振動波形を計測した。応答波形から、卓越振動数と減衰定数を求めた。また、共振振動数での 1 人歩行加振を行い、各基準との振動じょ限度との比較を行った。

3. 計測結果

常時微動計測および人力加振実験により、1 次～4 次の振動モードを確認できた。表-1 に振動計測で得られた卓越振動数と固有値解析から得られた固有振動数を示す。図-2 および図-3 に常時微動波形および人力加振実験波形の一例を示す。図-4 に代表的な計測点の常時微動計測から得られたパワースペクトルを示す。図-5 に固有値解析から得られた固有振動 1 次モードを示す。

常時微動計測から得られた卓越振動数は、固有値解析結果の 1.100～1.255 倍と大きくなっていることが確認できる。本橋は、桁両端にエクステンションジョイントを有しており、実橋では、両側の建築構造物にエクステンションジョイントを介して接触しているのに対し、固有値解析では接触を考慮していないことから、全体剛性が実橋の方が大きくなっていると考えられる。また、人力加振実験から得られた卓越振動数は、常時微動計測に比べて小さくなり、固有値解析の値

表-1 振動計測で得られた卓越振動数

モード 次数	振動モード	固有値解析 (Hz)		卓越振動数の 計測結果 (Hz)		固有値解析との比 (モデル②との比較)		人力加振 実験による 減衰定数
		モデル①※	モデル②※	常時微動 計測	人力加振 実験	常時微動 計測	人力加振 実験	
1	面内対称 1 次	2.597	2.462	2.722	2.521	1.106	1.024	0.020
2	ねじり 1 次	2.826	2.766	3.247	3.131	1.174	1.132	0.021
3	面内逆対称 1 次	3.305	3.227	3.549	3.528	1.100	1.093	0.021
4	面外対称 1 次	3.664	3.629	4.554	—	1.255	—	—

※モデル①：屋根ポスト上端部を剛結合、橋面工の剛性考慮、モデル②：屋根ポスト上端部をピン結合、橋面工の剛性無視

キーワード 超高強度繊維補強コンクリート、歩道橋、振動特性、卓越振動数、減衰定数

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株) 技術研究所 TEL042-489-8354

に近づいている。図-2, 3 に示すように、人力加振時は常時微動時の100倍以上の振幅となっている。振動振幅が大きくなることでエキスパンジョイントのスライド部にずれが生じることによって全体剛性が小さくなることなどの要因で人力加振実験の方が卓越振動数が小さくなると考えられる。

本橋の1次モードは、図-5に示すような面内対称1次モードとなるが、人力加振実験での卓越振動数は2.521Hzであり、設計での固有値解析とほぼ同じ値となり、避けるべき振動数帯(1.5~2.3Hz)より大きくなっていることを確認できた。また、図-6に既往歩道橋の振動実験の支間長と1次卓越振動数の関係を示す⁴⁾。本橋は、同じ支間長の既往歩道橋と同程度の振動数であると言える。

減衰定数は、人力加振実験による自由振動波形から卓越振動数周辺のバンドパスフィルターを通した波形を用いて算出した。1次~3次まで、それぞれ0.02程度の減衰定数であった。表-2に示した既往の歩道橋の減衰定数⁴⁾と比較すると大きめの値となっている。この要因としては、上記のエキスパンジョイントの摩擦などの影響が大きいと考えられる。

参考までに、最大振幅値と歩行者振動に対する心理的な影響から見た振動じょ限度の関係を図-7に示す。本橋の共振歩行加振時の最大振幅値は、図内に示す3つの基準以下となっていることを確認した。

【参考文献】

- 1) 南雲ら：リバーサイド千秋連絡橋（仮称）の設計と施工，橋梁と基礎，pp.2-12，2007.12
- 2) 土木学会：超高強度繊維補強コンクリート「サクセム」の技術評価，技術推進ライブラリーNo.3，2006
- 3) 日本道路協会：立体横断施設技術基準・同解説，丸善，1979
- 4) Hugo Bachmann：1.1 Pedestrian Bridges in Vibration Problems in Structures，pp.2-10，1994

表-2 歩道橋の一般的な減衰定数⁴⁾

	min.	mean	max
RC	0.008	0.013	0.020
PC	0.005	0.010	0.017
複合	0.003	0.006	-
鋼	0.002	0.004	-

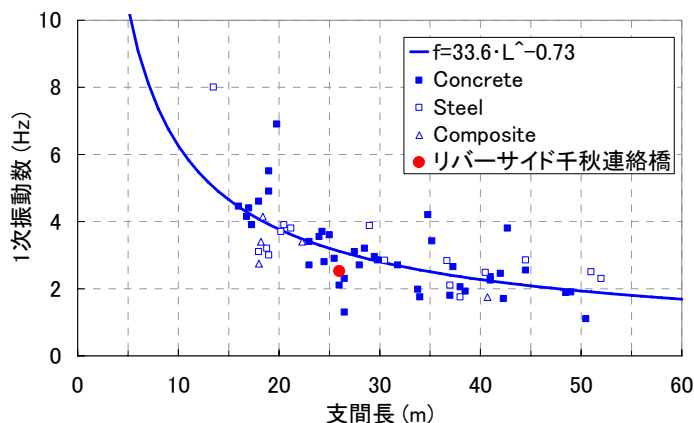


図-6 歩道橋の支間長と1次固有振動数の関係⁴⁾
(既往歩道橋の振動実験結果との比較)

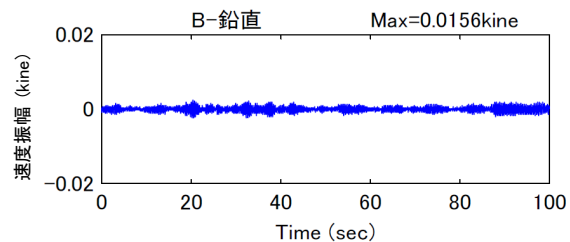


図-2 常時微動計測波形

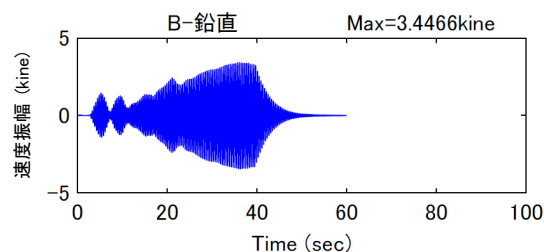


図-3 人力加振実験波形

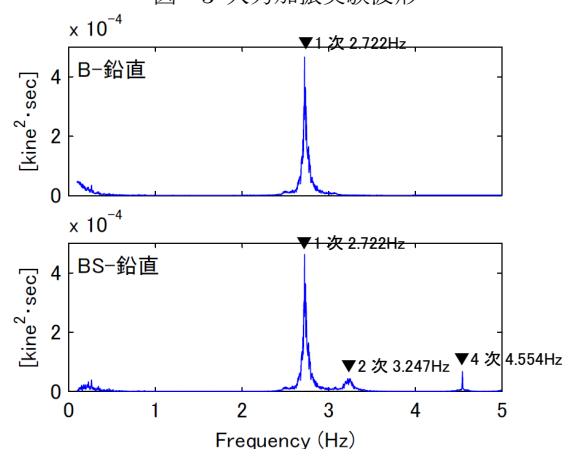


図-4 常時微動波形から得られたパワースペクトル

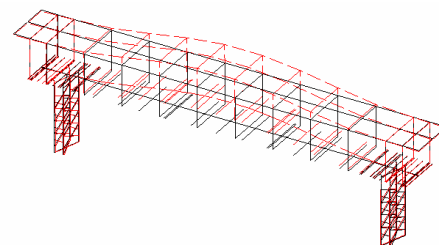


図-5 固有値解析による固有振動モード

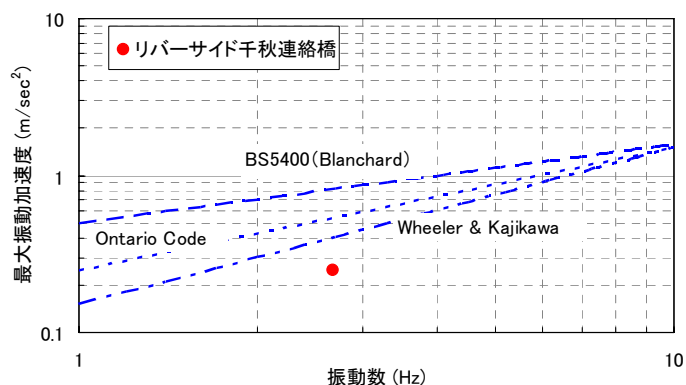


図-7 振動数と最大振動加速度の関係
(各基準の振動じょ限度との比較)