

常時微振動計測による PC 橋梁の振動特性の長期モニタリング

三井住友建設(株) 正会員 ○ヘン サルピソット

西日本高速道路(株) 正会員 前原 直樹

三井住友建設(株) 正会員 内堀 裕之

三井住友建設(株) 正会員 永元 直樹

1. はじめに

橋梁などの既存構造物において、安全・安心に使用するためには、劣化のような長期の損傷や地震などによる短期の損傷をいち早く把握することは極めて重要である。特に、緊急輸送道路を確保するためには、地震直後に損傷が有無をすぐに把握し、使用可否の判定を迅速に行うことが急務である。しかし、大地震発生時には、多数の構造物は同時にその被害を受けることから、限られた技術者による点検には多大な時間と労力を費やすことになる。そこで、著者らは長大橋梁を対象に、常に構造状態の自動判定が可能としたヘルスモニタリングシステムの開発を開始し、データの蓄積やシステムの検証を重ねてきた。本論文では、約2年間の常時微振動計測を実施したPC橋梁における振動特性の推定結果について報告する。

2. 対象橋梁および計測概要

モニタリングを対象とした橋梁は、PRC5径間連続バタフライウェブエクストラードボンドラーメン箱桁の道路橋であり世界で初めて実現された構造である。図-1に、対象橋梁および計測センサの側面配置状況を示す。橋梁の全長にわたって広範囲に配置し、通信・電源ケーブルの設置が不要となる完全ワイヤレス計測システムである。本計測は3軸高性能加速度センサを用い、常時において定期的（1～2回／1日）に微振動の計測を3分間行う。モニタリングの対象期間は橋面の施工中から道路の開通後にわたって計測を行っている。

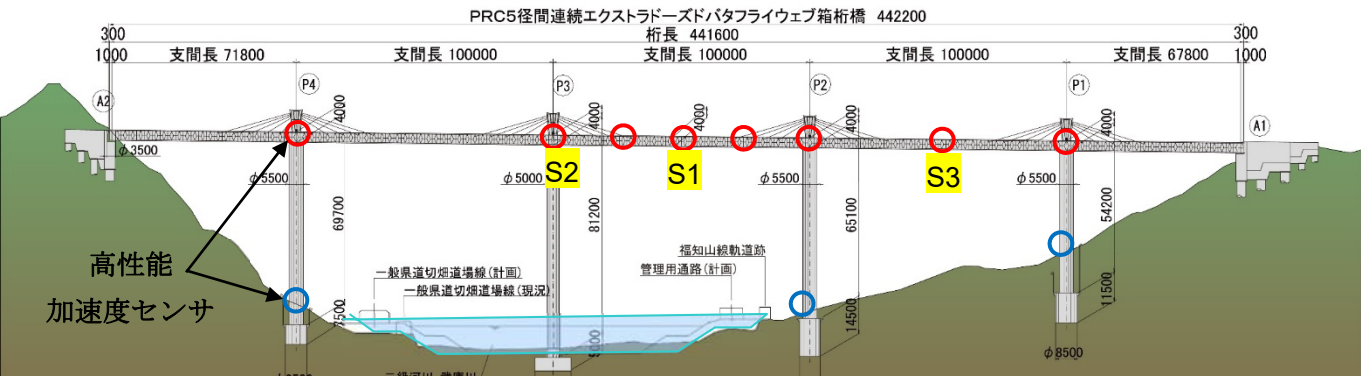


図-1 モニタリング対象とした PC 橋梁および計測配置図（単位：mm）

3. 微振動の加速度データによる橋梁振動特性の推定

今回のような比較的大型橋梁の微振動は、風雨や一般車両走行によるランダム振動（不規則振動）と考えられ、固有振動数など橋梁の振動特性は一般的な周波数分析を用いて推定した。一例として、やや風が強い時間帯の3分間微振動の橋軸直角方向および鉛直方向の加速度波形をそれぞれ図-2および図-3に示す。柱頭部（S2）は支間中央（S1）よりも揺れが小さいことが確認できる。図-4、5に、これらの加速度波形から計算された相対振幅スペクトルを示す。それぞれ振動方向の卓越振動数を橋梁の固有振動数推定値として第3次まで表-1にまとめる。同表に、詳細設計における計算値も記載している。計算値がやや小さい値を示しているが、両値が

表-1 各振動モードにおける固有振動数の計測値と設計計算値

各振動モード	直角 1 次	直角 2 次	直角 3 次	鉛直 1 次	鉛直 2 次	鉛直 3 次
設計による計算値 [Hz]	0.26	0.63	1.29	1.10	1.34	1.63
計測による推定値 [Hz]	0.31	0.72	1.44	1.16	1.41	1.68

キーワード 橋梁の長期振動モニタリング、常時微動、橋梁振動特性の推定、固有振動数の経時変化

連絡先 〒104-0051 東京都中央区佃二丁目1番6号 三井住友建設（株）技術本部 TEL03-4582-3121

良く整合していることが分かる。また、各振動モードにおける計測位置の相対振幅値はモード振幅として捉えられ、図-6～9に示すように、計算によるモード形状とほぼ一致していることが分かる。

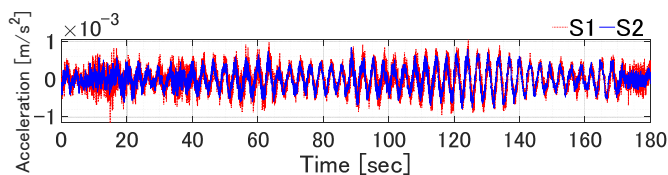


図-2 計測加速度波形（橋軸直角方向）

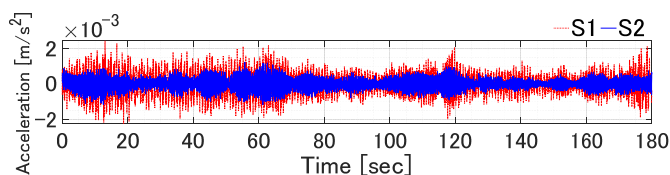


図-3 計測加速度波形（鉛直方向）

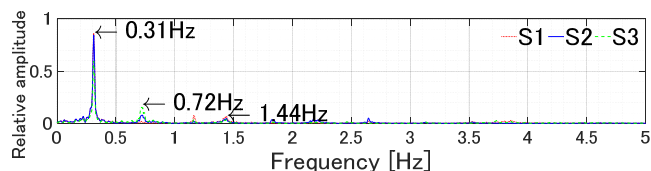


図-4 相対振幅スペクトル（橋軸直角方向）

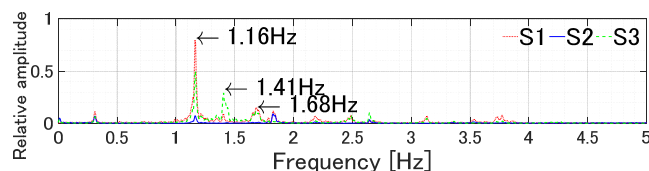


図-5 相対振幅スペクトル（鉛直方向）

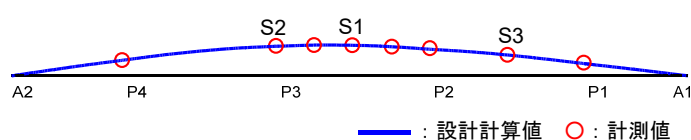


図-6 平面モード形状（橋軸直角方向 1 次）

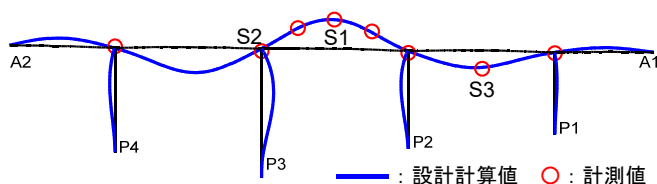


図-7 側面モード形状（鉛直方向 1 次）

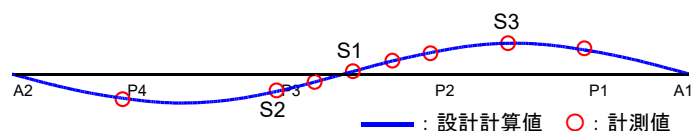


図-8 平面モード形状（橋軸直角方向 2 次）

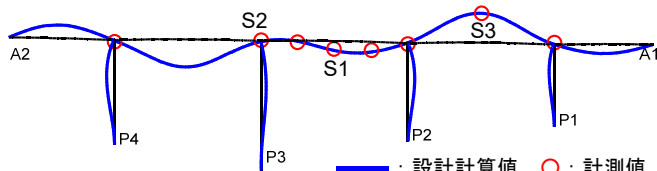


図-9 側面モード形状（鉛直方向 2 次）

4. 固有振動数の経時変化

鉛直方向 1 次固有振動数の約 2 年間の推移を図-10 に示す。この図から分かるように、長期において橋梁の固有振動数は年間のトレンドがあり、季節による温度の変化とともに変動している。これは、支承や地盤は温度などの環境の変化によって材料の特性が変わることが一つの要因として考えられる。また、同図に橋面の施工中において、舗装などによる質量の増減に応じて、0.02Hz 程度と微小ながら固有振動数が変化することが認められた。本計測においてこの変化を捉えることができ、施工記録との整合性も確認できた。なお、他の振動モードにおいても、変化量は大小あるものの、同様な傾向が見られた。

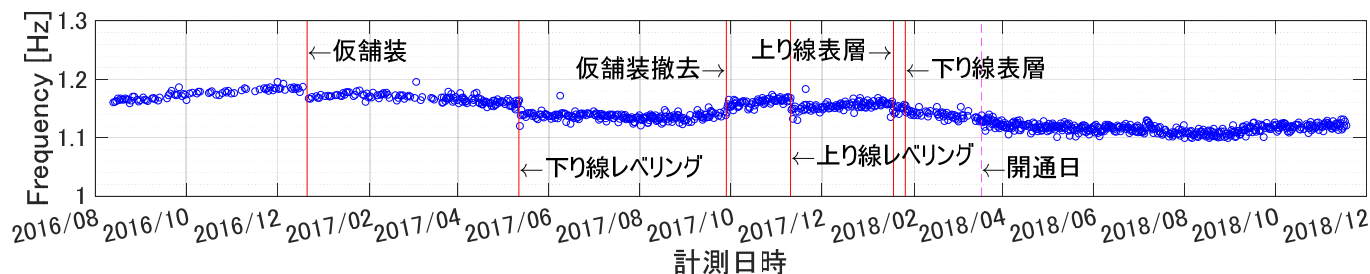


図-10 固有振動数の経時変化（鉛直方向 1 次）

5. まとめ

本論文では、約 2 年間の常時微振動計測を実施した PC 橋梁において、振動特性の推定結果について報告した。微振動加速度データから得られた振動特性は比較的精度が良く、設計計算値との整合が確認できた。また、長期での固有振動数の推移を確認した結果、橋梁の固有振動数は温度など環境の影響を受けるものの、安定した値を推定することができた。さらに、本計測において質量変化を検知できることから、モニタリング期間において、何らかの異常な変化が発生した場合、早期かつ客観的に橋梁の状態を評価できると考えられる。