

振動遠隔モニタリングによる PC 主桁橋梁の固有振動数の長期的変動について

長崎大学工学部 正会員 ○ 奥松俊博 同 フェロー 岡林隆敏 同 学生会員 本山雅規
西日本高速道路エンジニアリング関西(株) 正会員 縦山好幸 同 正会員 室井智文

1. はじめに

膨大な道路構造物に対する点検・調査などの維持管理業務の効率化、定量的な構造物の健全度評価・診断などを支援するための技術が求められる。振動モニタリングはその一つとして考えることができる。本研究では、老朽化した橋梁は固有振動数が低下する傾向にあるという観点から、固有振動数の変化に着目した振動モニタリングを実施した。ここで、老朽化に伴う振動特性の変動は非常に緩やかに進展し、かつ微小であることが想定されるので、健全度評価技術として確立するためには、数年間の橋梁動態観測を行う必要がある。また、橋梁の振動特性は、老朽化による影響だけではなく、気温の変化に伴う部材の伸縮等によっても変動するので、こうした影響を予め考慮しておく必要がある。本報告は以上の観点から、実橋梁（PC 主桁橋梁）の長期モニタリングを実施し、その結果得られた知見を示したものである。

2. 橋梁振動遠隔モニタリングシステム

AR モデルによる高精度振動数推定法を用いて開発した振動遠隔モニタリングシステムの概要を以下に示す。

1) 遠隔モニタリングシステム

本システムは、橋梁主桁鉛直方向の加速度応答および表面温度を測定するためのサーバ PC と、遠隔地に設置したモニタリング用のクライアント PC から構成されている。システムの構成を図-1 に示す。両 PC 間のデータ通信には PHS を利用した。本システムにより、計測の完全自動化、計測機器の遠隔制御、固有振動数の高精度推定を同時に実現している。

2) 高精度振動数自動推定

AR モデルによる高精度振動数自動推定の解析フローを図-2 に示す。また本システムによるモニタリング画面（クライアント）を図-3 に示す。AR モデルの詳細は文献¹⁾を参照されたい。

3. 対象橋梁の長期モニタリング

1) 対象橋梁

実橋梁における固有振動数の経時変化を明らかにするため、西日本高速道路株式会社（当時：日本道路公団）の協力を得て近畿自動車道の高架橋に適用し、PC 合成桁（4 主桁、橋長 33m）を対象として、長期的な動態観測を実施した。対象橋梁の図面（側面図）を図-4 に、設置したセンサー類、計測機器の位置を図-5 に示す。



図-1 橋梁振動遠隔モニタリングシステム

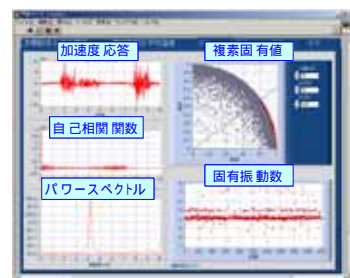


図-2 解析フロー 図-3 モニタリング画面

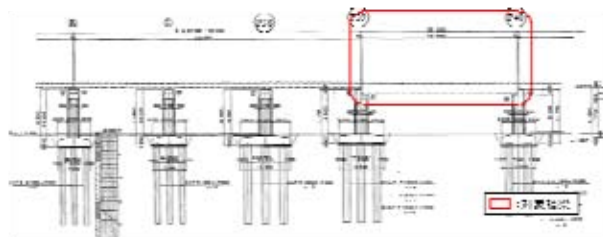


図-4 対象大橋の図面（側面図）

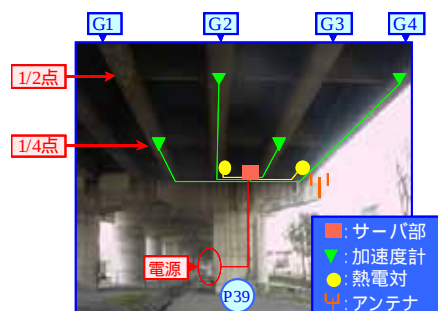


図-5 センサー・計測機器の設置箇所

2) 計測方法

現場に設置したサーバ PC より、予め設定したデータ転送スケジュールに基づき計測データをクライアントである長崎大学へ自動送信する。桁表面温度は 5 分毎に算出した平均温度を、加速度データは最大応答振幅を含む 5 分間のデータを、それぞれ 4 時間おきに転送するよう設定した。クライアント PC では、これらのデータを受信した後、固有振動数を算出される。事前計測で確認された各桁の振動数について示したものが図-6～8 である。図-6 は G1 桁の加速度のパワースペクトルを表したものである。4Hz 付近に固有振動数が存在することがわかる。また図-7 は本システムで得られた G1 桁の固有振動数である。縦軸は振動数、横軸は推定回数である。4Hz 付近の振動数が継続的に同定されていることがわかる。一方、G4 桁の固有振動数を示したものが図-8 である。4Hz の上にも 5Hz 付近の振動数が確認できる。これらの振動数を継続的に抽出することにより、長期的変動を明らかにすることにした。

4. 計測結果

2008 年 9 月～5 月の期間に得られた計測結果に基づき、主桁温度と固有振動数の関係を精査した。主桁温度および固有振動数とも、データ 1 日分を平均化したものを代表値として用いることとした。図-9 は、計測期間内に得られた各桁の固有振動数と主桁温度の関係を、0～6Hz の振動数範囲で表したものである。4Hz 付近に各桁の固有振動数が安定して抽出されていることがわかる。なお、5Hz 付近に表れた振動数は G4 桁のものである。主桁温度が下降／上昇するに伴い、若干固有振動数も変化している様子が確認できる。温度変化に伴う影響を詳細に見るために振動数表示範囲を 0.6Hz (3.7～4.3Hz) に狭めたものが図-10 である。固有振動数が、0.1～0.2Hz という微小な変化量ながらも、温度変化と反対に周期的に上昇／下降している様子がわかる。これは温度変化が PC 鋼線の影響、部材伸縮により、相対的に振動数も変化したものと考えられる。図-11 は、G4 桁の固有振動数を表したものである。4Hz 付近と同様に、5Hz 付近についても周期的に固有振動数が変動している様子が確認することができる。

5. まとめ

橋梁長期モニタリングシステムを用いて、橋梁の表面温度と振動数の長期計測を実施し、温度変化に伴う振動数の変化を示した。以上から、当該橋梁の固有振動数は季節変動に伴い周期的に変化すること、またそれらの変化量は 0.1～0.2Hz と微小であることが明らかになった。本研究により、振動モニタリングから健全度評価を行うためには、損傷による影響と季節変動を効果的に分離することが必要であることを認識した。

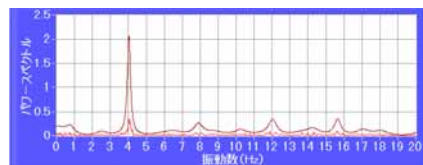


図-6 パワースペクトル (G1 桁)

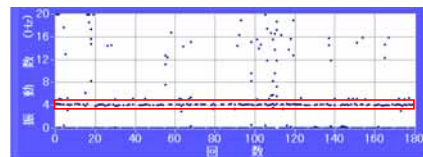


図-7 固有振動数 (G1 桁)

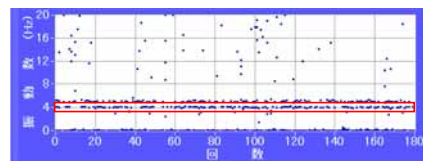


図-8 固有振動数 (G4 桁)

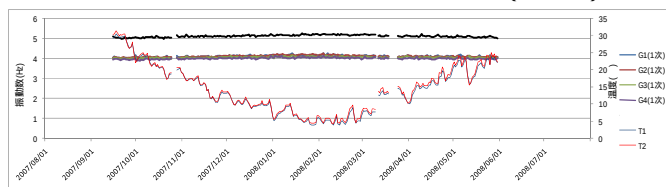


図-9 固有振動数の長期変化 (表示範囲: 0～6Hz)

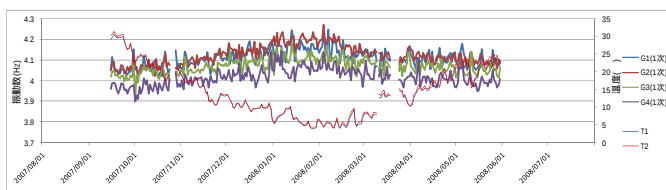


図-10 固有振動数の長期変化 (表示範囲: 3.7～4.3Hz)

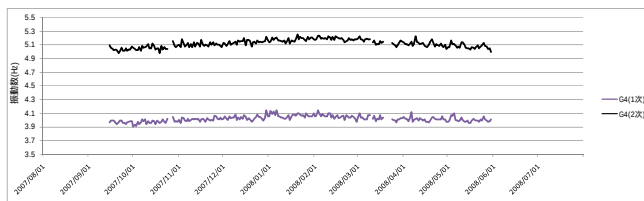


図-11 G4 桁の固有振動数の長期変動
(表示範囲: 3.5～5.5Hz)

[参考文献] 1) 奥松俊博, 岡林隆敏, 田代大樹, 要谷貴則, JAWAID, B. A.: 橋梁遠隔モニタリングシステムによる鋼ランガートラス橋の固有振動数の推移観測, 構造工学論文集, Vol.53A, pp.844-852, 2007.