

常時微動による外力特性を考慮した橋脚長期モニタリング方法の検討

株式会社ビーエムシー 正会員 ○杉崎 光一
 株式会社ビーエムシー 正会員 阿部 雅人
 株式会社ビーエムシー 正会員 岡本 陽介
 東日本旅客鉄道株式会社 正会員 鈴木 修

1. 目的

微動応答を利用して構造物の特性を同定できれば、日々の変化を追うヘルスマニタリング手法として有効である。そのため、微動応答を利用した構造物の振動特性を評価する方法は多く研究されている¹⁾。著者らは橋梁下部工の洗掘を対象としたヘルスマニタリングシステムの開発を行っており、長期のフィールド試験を実施している²⁾。本論稿では、橋脚天端に設置した加速度計の微動応答から、橋脚下部工の振動特性をモニタリングする指標を求める上で得られた知見について整理する。特に、増水や強風により微動応答の特性がどのような特徴を持つかを検討した。

2. 微動応答を利用した橋脚振動特性値の推定方法

実務的な振動特性の評価においては、得られた振動データのスペクトルを見て卓越振動数から健全度を判断することが一般的である。モニタリング指標として考えた場合は、スペクトルから自動的に指標を推定する必要がある。本システムでは、連続的に得られた加速度応答に不規則振動理論を援用して等価固有振動数や減衰比を推定している³⁾。なお、連続的に計測した加速度データには列車通過時や地震時の応答が混在するが、応答波形の振動特性を利用して自動的に微動を判別している。

3. フィールド試験による検証

微動計測は表-1 に示す 2 橋梁 2 橋脚において行った。橋脚の天端に加速度センサを設置し、長期計測を行っており、各橋梁において水位や風速データが利用可能である。図-1 には強風や増水といった外力の変化と、橋軸直角方向の加速度 RMS の関係を示している。加速度 RMS は、連続データを 20 秒ごとに切り出し、微動と判定されたものについて算出している。A 橋梁では観測期間において流水の影響はないが、強風により微動振幅が大きくなることが見て取れる。それに対して、B 橋梁では強風によっても振幅は変わるが、増水による振幅の増幅が大きいことが確認できる。図-2 にはそれぞれの外力変化と加速度 RMS との相関関係を示している。外力の大きさと微動応答の大きさには正の相関が見られる。次に、微動応答から固有振動数を推定した結果と加速度 RMS の関係は図-3 のようになった。いずれの橋梁においても、卓越振動数は複数あることが確認できるが、RMS が大きくなることで特定の振動数が推定されていることが見て取れる。推定固有振動数と、風速や水位との関係を見た結果、平均風速が大きい時の微動応答に対する推定値は、4Hz や 5Hz といった低い振動数の値が多くなっている。これは B 橋でも同様の結果が得られており、強風時には、橋脚と橋桁が一体で振動するようなモードが励起されていると推察される。水位と推定固有振動数との関係では、増水時には 10Hz 付近のモードが励起される傾向を確認できた。以上の結果から、外力の特性ごとに励起されるモードが相違することが確認できた。

4. まとめ

固有振動数の推定結果と微動応答の RMS や増水や強風といった外力との関係を示し、外力によって、励起されるモードが相違することを示唆した。このため、固有振動数の変化を監視するようなヘルスマニタリングにおいては、外力特性による振幅の大きさ (RMS) を考慮に入れながら、複数のモードに対して時間的な変化が生じないかを統計的な観点から監視することが考えられる。

キーワード ヘルスマニタリング、慣性センサ、鉄道構造物、常時微動、増水、強風

連絡先 〒261-7125 千葉県美浜区中瀬 2-6 株式会社 BMC TEL 043-297-0207

表-1 構造物諸元と観測期間

対象橋脚	A橋(P4)	B橋(P2)
橋脚高さ[m]	10	8.7
桁重量[tf]	38.6	22.5
基礎形式	ケーソン	直接基礎
対象期間	2年2カ月	1年8カ月
備考	水位計・風速計	水位計

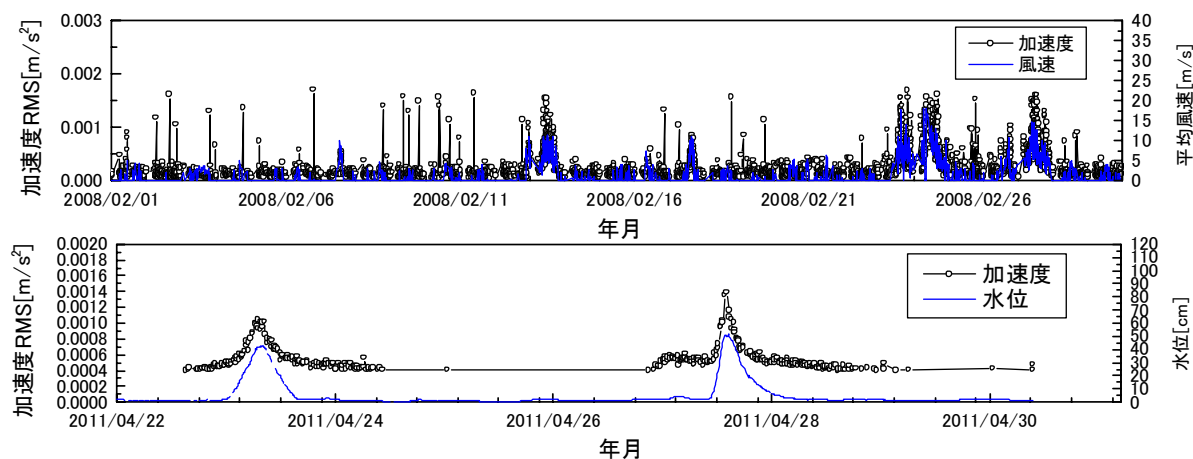


図-1 外力変化と微動応答 RMS の時系列 (上: A 橋平均風速 下: B 橋水位)

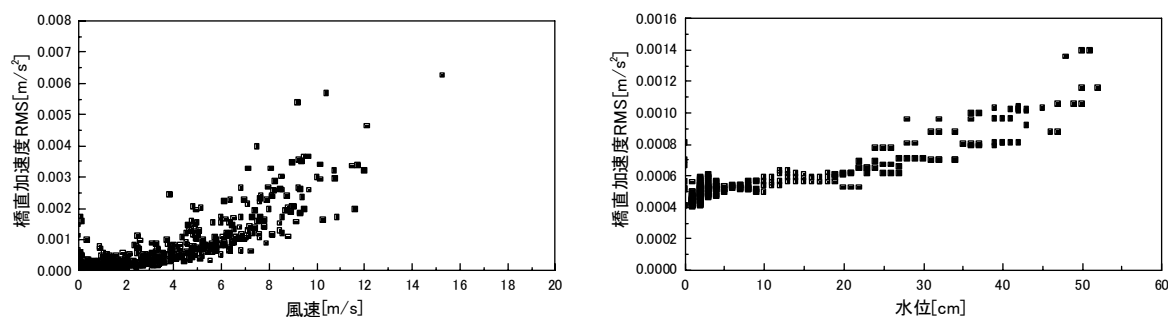


図-2 外力変化と微動応答 RMS との関係 (左: A 橋平均風速との関係 右: B 橋水位との関係)

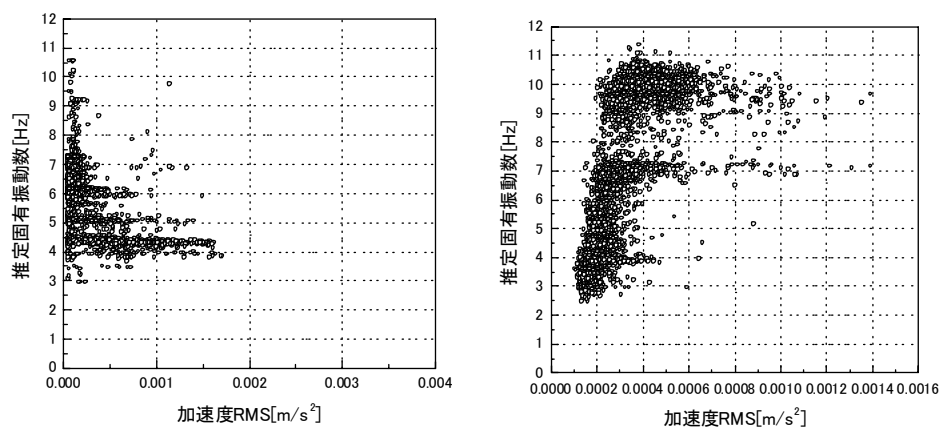


図-3 推定固有振動数と微動加速度 RMS との関係 (左: A 橋 右: B 橋)

参考文献

- 1) 佐溝昌彦, 渡邊諭, 淵脇晃, 杉山友康, 岡田勝也: 河川増水時における鉄道橋脚の固有振動数の特定方法の提案, 土木学会論文集 F, Vol. 66, No. 4, pp.524-535, 2010.
- 2) 杉崎光一, 増井洋介, 堀合聡, 阿部雅人, 阿部允, 島村誠: 傾斜センサを用いた洗掘モニタリングシステムの開発, 第 14 回鉄道力学シンポジウム, 2010.7
- 3) 阿部雅人, 藤野陽三: 不規則外力に対する加速度記録からの最大応答変位推定, 土木学会論文集 A, Vol. 66, No. 3, pp.477-490, 2010.