

増水時における鉄道橋脚の微動による固有振動数の特定方法に関する検討

(財)鉄道総研 正会員 ○佐溝 昌彦 正会員 渡邊 諭
 正会員 輿水 聡 フェロー 杉山 友康
 国土舘大学 フェロー 岡田 勝也

1. 目的

鉄道では河川増水時に必要により運転規制を行い、列車の安全を確保している。筆者らは、増水による運転規制を解除する際の判断支援を目的として、微動から求める橋脚の固有振動数の変化で河川増水時における橋脚基礎の健全性を評価する方法の開発を進めている。これまで、あらかじめ橋脚の固有振動数が確認されていれば、増水時の橋脚天端での微動から橋脚の固有振動数が特定できることを示したり。しかし、微動による固有振動数の特定方法では、微動によるスペクトルに対して、スペクトル振幅のピークを探索する際の振動数の範囲やFFTを行う際の解析データ長が課題となる。ここでは、鉄道橋脚の微動計測結果から、橋脚の固有振動数を特定する方法について検討した結果を報告する。

2. 現地計測の概要

現地計測の対象は、河川の中流域に位置する延長 265.5m の A 橋梁のうち、煉瓦と石造の高さ 10.31m、幅 1.54m の直接基礎形式の 2 号橋脚（以下 2P）とした。上部工は上路鉸桁（支間長 23.9m）であり、2P 付近がほぼ流心に位置する。2P の諸元と外観を図 1 に示す。なお、事前に実施した衝撃振動試験の結果、橋脚の固有振動数は 11.3Hz、桁の固有振動数は 3.5Hz であった。

計測は、当該橋脚の天端に速度計（物探サービス社製 CR4.5-2S3D）と橋脚近傍に超音波式水位計（本多電子社製 HD700-A）を設置し、それらのデータを 60 分ごとに 300 秒間記録（サンプリング間隔 1/100 秒）し、約 1 ヶ月間行った。

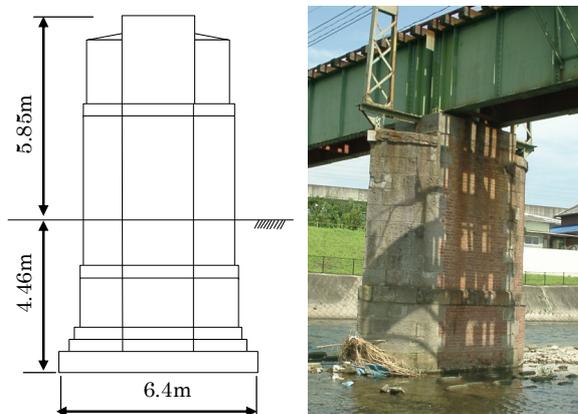


図 1 計測した橋脚の緒元と外観

3. 計測結果

計測期間中に約 2.7m の増水を経験した。図 2 に低水時（桁下水位 5.7m）と最も増水した時（桁下水位 3.0m）における微動の速度振幅（橋軸直角方向）の経時変化を比較を示す。なお、増水時の橋脚周りの地盤は低水時のそれと変化はしていない。図 2 によれば、低水時には両振幅で $5 \times 10^{-6} \text{m/s}$ 程度であったものが、増水時には両振幅で $40 \times 10^{-6} \text{m/s}$ と約 8 倍になっていることがわかる。これは、流水によって橋脚が加振されているためと考えられる。また、図 3 には低水時と増水時における橋脚の振動性状を比較するために、低水時および増

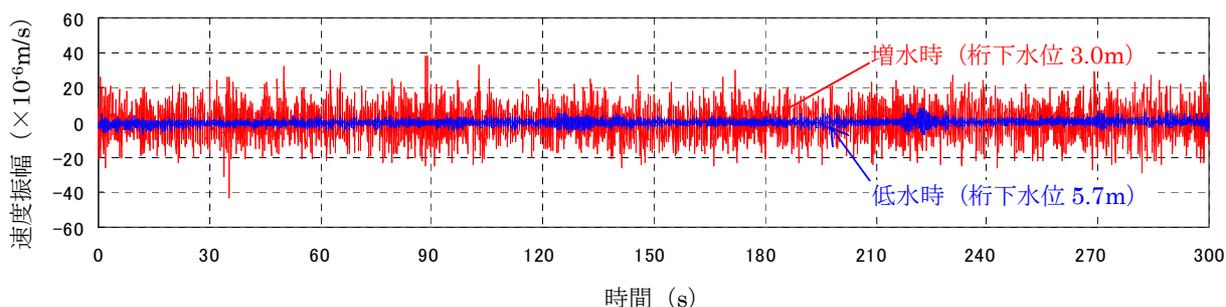


図 2 A 橋梁 2P における微動の速度振幅の経時変化の比較

キーワード 橋脚、固有振動数、微動、河川、洗掘、検査

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (財)鉄道総合技術研究所 TEL042-573-7263

水時における微動(橋軸直角方向)のフーリエスペクトルを示す。この図によれば、微動から得られるフーリエスペクトルでは、低水時において衝撃振動試験で得た橋脚の固有振動数付近に、スペクトルの明瞭なピークは見られないものの、増水時には明瞭に現れている。このことから、あらかじめ固有振動数が確認されている橋脚では、増水時であれば微動からでも固有振動数が特定できることを確認した。

4. 微動による固有振動数の特定方法の検討

(1) 探索範囲の検討

微動によるスペクトル振幅のピークを探索する際の振動数の範囲について、微動による固有振動数(f_{0mi})と衝撃振動試験による固有振動数(f_{0I})との残差から求めた変動係数により検討した。なお、ここでは衝撃振動試験で得た固有振動数付近に現れる卓越振動数のひとつを微動による固有振動数とする。

具体的には、橋脚の固有振動数(f_{0I})を中心にして、その固有振動数の一定割合(Δf_0 : $\pm 5\%$, 10% , 20% , 30%)を探索範囲として設定し、それぞれの範囲内で f_{0mi} を求め、さらに f_{0I} との残差から求めた変動係数で整理した(図4)。この図によれば、増水時や低水時にかかわらず、探索範囲を狭くするほど変動係数は小さくなるものの、5%では探索範囲内でピークを特定できなくなる場合があり、変動係数が大きくなる。また、変動係数は探索範囲が f_{0I} の $\pm 10\% \sim \pm 20\%$ の範囲で最も小さくなる。このため、今回の検討では探索範囲は $\pm 10\%$ が妥当であると判断した。

(2) データの時間長の検討

微動のFFTを行う際の解析データ長によっては固有振動数(f_{0mi})が精度良く求められないことが考えられる。そこで、 f_{0mi} をできる限り精度良く求める方法について検討した。FFTを行う際の解析データ長に対する f_{0mi} と衝撃振動試験による固有振動数(f_{0I})との差の関係を検討する。計測されたデータにおける初頭からの解析データ長を5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100, 160, 200, 300秒間の13段階に設定し、このデータから卓越振動数を求めた。なお、卓越振動数を探索する範囲は、 f_{0I} の $\pm 10\%$ とする。解析データ長と f_{0mi} と f_{0I} との残差から求めた変動係数との関係を図5に示す。その結果、解析データ長が長くなるほど残差の変動係数が小さくかつほぼ一定となることから、解析データ長は60秒以上(図5の太破線)とすることが妥当であると判断した。

参考文献

- 1) 淵脇晃, 佐溝昌彦, 渡邊諭, 杉山友康, 岡田勝也: 河川増水時において微振動から橋脚の固有振動数を特定する一手法について, 第41回地盤工学会研究発表会, 2006.7

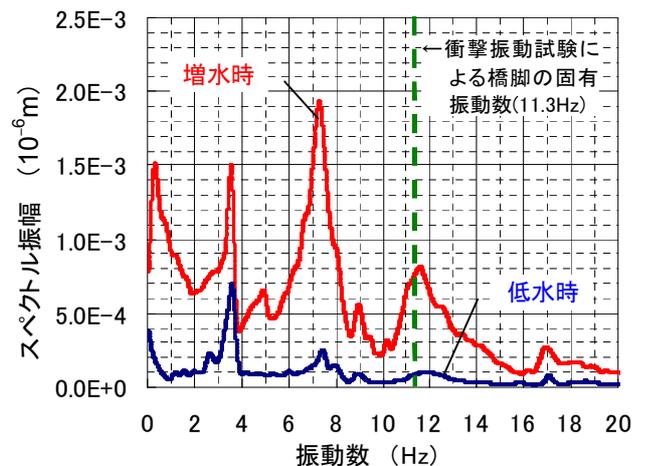


図3 水位が異なる場合の微動のフーリエスペクトルの比較

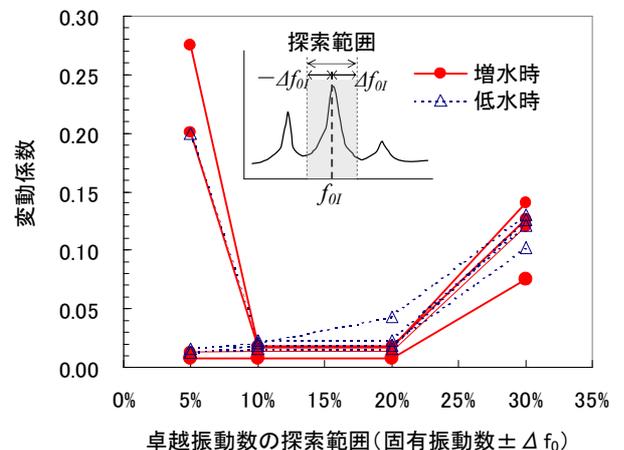


図4 探索範囲の違いによる固有振動数の残差の変動係数

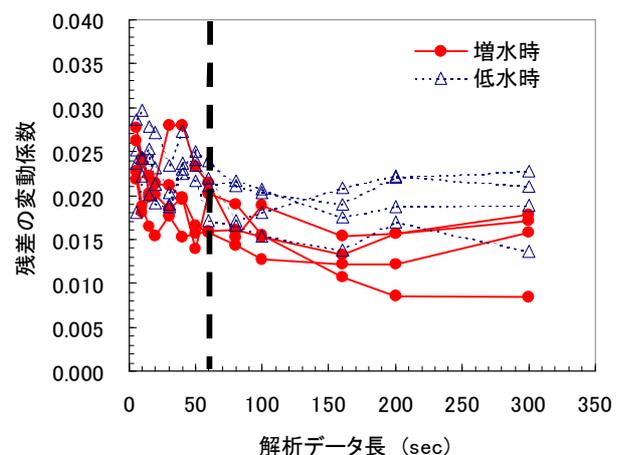


図5 解析データ長と固有振動数の残差の変動係数との関係