

増水時における河川橋脚の振動性状に関する一考察

鉄道総合技術研究所 正会員 小林 徹 正会員 佐溝 昌彦
 正会員 中村 貴史 正会員 渡邊 諭

1. はじめに

橋脚は河川増水時に、水流による基礎周辺の洗掘等の影響により不安定となる場合がある。このため、鉄道橋梁では、必要により河川水位に応じて運転規制を行い、列車運行の安全を確保している。しかし、運転再開にあたっては、河川増水中に基礎部の状態を直接確認することが困難なため、多くの場合は確認できる範囲での目視検査に頼っているのが現状である。そのため、河川増水時における橋脚基礎の健全性を的確に評価する技術の開発が求められている。そこで、筆者らは河川増水中の橋脚の振動特性から橋脚基礎の健全性を評価する手法の研究を進めている。しかし、河川増水時における橋脚の振動測定例は極めて少ないことから、増水時における橋脚の振動性状は不明な点が多い。そこで、増水時における橋脚の振動性状のデータ蓄積を目的として、実橋脚において微動の長期測定を行った。本稿では、これまでに得られた振動データから、増水時における橋脚の振動性状について検討を行った内容について述べる。

2. 微動測定の概要

測定を実施した実橋脚の基礎形式は直接基礎の単線橋脚で材質は煉瓦および石造である。なお、測定に先立ち実施した衝撃振動試験の結果、当該橋脚の固有振動数は 11.3Hz、桁の固有振動数は 3.5Hz である。測定橋脚の外観を図 1 に示す。当該橋脚の天端に設置した加速度計（橋軸方向・橋軸直角方向・鉛直方向の直交 3 成分）による橋脚の微動の計測および橋側歩道に設置した超音波式水位計による河川水位の計測を毎時 5 分間行っている。測定開始からこれまでの約 1 年 2 ヶ月間に記録した当該橋脚付近における桁下水位（橋桁から水面までの距離）の変動は 5.7m から 3.0m（水深で 0.0m から 2.7m）である。当該橋脚付近の水深で 1m 以上の増水は 4 回発生しており、このうち最も水位が上昇したのは平成 16 年 10 月 21 日午前 0 時の桁下水位 3.0m（水深 2.7m）である。



図 1 測定橋脚の外観

3. 増水前と増水時の比較

(1) 振動波形による比較

図 2 に増水前（水深 0.0m）の橋脚天端における振動波形（橋軸直角方向）の一例を、図 3 に増水時（水深 2.7m）の橋脚天端における振動波形（橋軸直角方向）の一例をそれぞれ示す。なお、図 2 および図 3 はいずれも測定時刻が午前 0 時のものであり、昼間と比較して雑振動が少なく、流水の影響のみを比較できるものと考えられる。図 2 および図 3 から、橋脚天端における振動は増水前と比較すると増水時には大きくなるのがわかる。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。

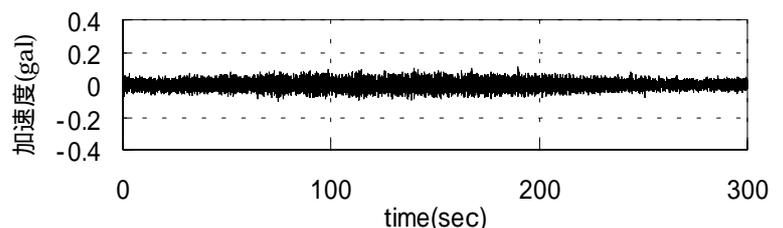


図 2 増水前（水深 0.0m）の振動波形

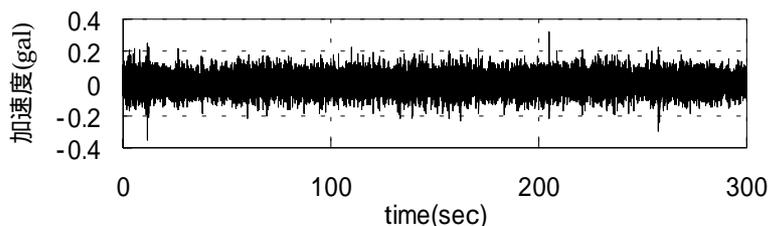


図 3 増水時（水深 2.7m）の振動波形

キーワード 橋脚，河川増水，洗掘，常時微動，振動性状

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 TEL 042-573-7263

（2）フーリエスペクトルによる比較

図4に増水前（水深0.0m）および増水時（水深2.7m）の橋脚天端における振動（橋軸直角方向）のフーリエスペクトルを示す。図4に示すとおり、卓越振動数は増水前では3.5Hzであり、これは桁の固有振動数に相当する。一方、増水時には7.4Hz付近と11.3Hz付近の振動が卓越する。このうち、11.3Hzは橋脚の固有振動数に相当し、7.4Hzは衝撃振動試験のフーリエスペクトルにも見られることから、橋脚に付随する何らかの振動数と考えられる。

図5に増水時のフーリエスペクトルと衝撃振動試験で得られたフーリエスペクトル（それぞれの加速度スペクトルの最大値を1として正規化）の比較を表す。なお、衝撃振動試験実施時の当該橋脚付近の水深は0.0mである。図5に示すとおり、増水時のフーリエスペクトルは衝撃振動試験で得られるフーリエスペクトルと形状がよく一致している。

4．フーリエスペクトルの経時変化

増水時には、流水の影響により橋脚天端における振動の振幅が大きくなり、フーリエスペクトルからは橋脚の固有振動数付近の加速度スペクトルが大きくなるのがわかった。ここでは、フーリエスペクトルに着目し、1時間ごとの桁下水位（橋桁から水面までの距離）と橋脚振動のフーリエスペクトルの経時変化について検討した。なお、フーリエスペクトルの算出には、毎時5分間の振動データを用いているが、測定時に列車が橋りょう上を通過した場合は、その部分を削除している。図6に10月16日から10月24日までの桁下水位と橋脚振動のフーリエスペクトルの経時変化を示す。ここで、測定時間ごとに加速度スペクトルの大きさは異なるため、加速度スペクトルの大小では卓越振動数の遷移を視覚的に捉えることが困難である。そこで、図6では各測定時刻における加速度

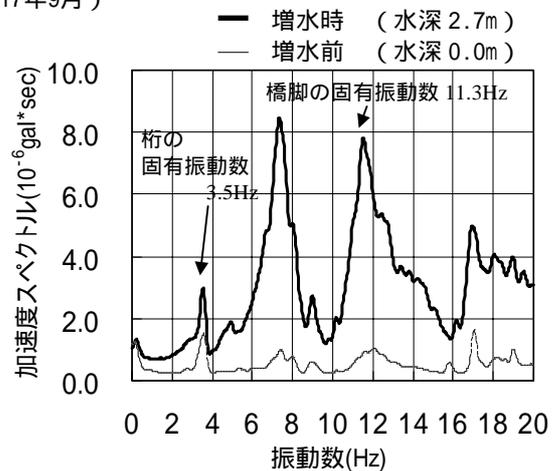


図4 増水前と増水時のフーリエスペクトル

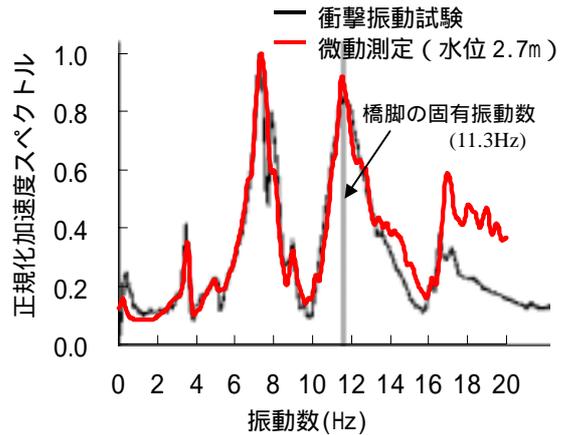


図5 衝撃振動試験結果との比較

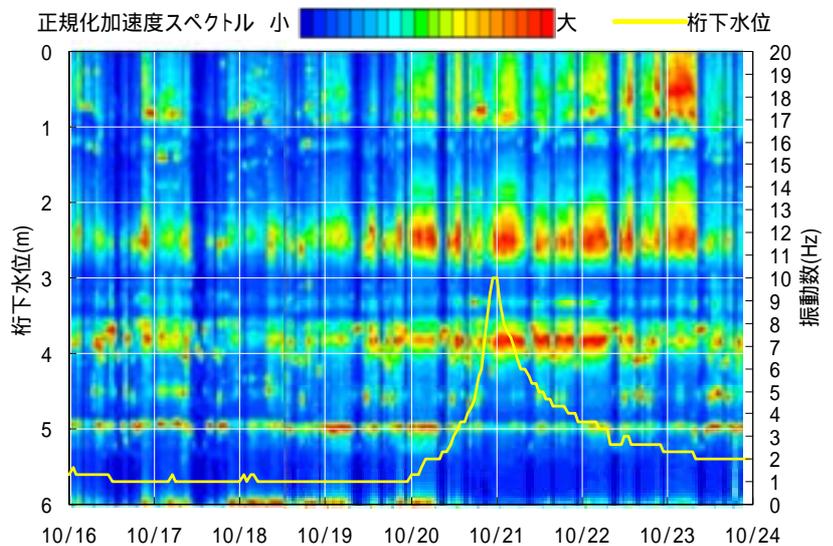


図6 桁下水位とフーリエスペクトルの経時変化

スペクトルの最大値を1として正規化して表した。図6から、水位が上昇した際に、橋脚の固有振動数(11.3Hz)付近の振動が相対的に増大し、桁の固有振動数(3.5Hz)付近の振動は相対的に低減していることがわかる。しかし、増水時においても、橋脚の固有振動数付近の振動が相対的に小さい場合（図6における縦の筋状の部分）がある。これは、当該橋りょうの近傍において新幹線が通過した影響であると考えられる。このように、河川増水時には流水によって橋脚が加振され、橋脚の固有振動数が卓越する傾向が見られる。

5．おわりに

実橋脚における増水時の橋脚振動データから、増水時には橋脚の固有振動数が卓越する傾向が見られた。このことから、増水時には橋脚の微動から橋脚の固有振動数を抽出できる可能性があることがいえる。なお、本研究は国土交通省の補助金を受けて実施している。