

## 微動から求める橋脚の固有振動数のばらつき評価

鉄道総合技術研究所 正会員 淵脇晃 正会員 佐溝昌彦  
 正会員 渡邊諭 正会員 杉山友康  
 国土館大学 フェロー会員 岡田勝也

## 1. はじめに

河川増水時には洗掘等の影響で橋脚の安定性が低下し、橋脚が傾斜あるいは転倒することがある。このため、鉄道では衝撃振動試験<sup>1)</sup>を実施して橋脚基礎の健全性を把握するほか、増水時には必要により列車の運行を停止するなどの運転規制を実施している。しかし、増水時に衝撃振動試験を実施することは安全性・作業性から困難な場合が多く、規制解除の判断を困難なものにする要因となっている。筆者らはこれまで、実橋梁において橋脚天端で計測した微動から、橋脚の固有振動数を特定する方法について検討<sup>2)</sup>してきた。本稿では、微動から求められる橋脚の固有振動数のばらつきと水深との関係について検討した結果を報告する。

## 2. 現地の概要

微動から実橋脚の固有振動数を得るため、2橋梁3橋脚で現地測定を実施した。図1は河川橋脚の概略図を示している。測定する橋梁の選定条件は、水位変動が見込める河川にある橋梁で、直接基礎を有する橋梁とした。以下にA橋梁及びB橋梁の概要を述べる。

A橋梁は、支間16.0~24.0m×14連の単線橋梁で、上部工は上路鉸桁、下部工はレンガと石造の直接基礎と、コンクリート造のケーソン基礎が混在している。今回は、みお筋に位置する2号橋脚（以下、2Pという）と3号橋脚（以下、3Pという）において測定を実施した（図1左）。また、B橋梁は支間19.2m×8連の単線橋梁で、上部工は上路鉸桁、下部工はコンクリート造である。測定は5号橋脚（以下、5Pという）において実施した（図1右）。

## 3. 測定条件

測定は、対象とした橋脚天端の上流端および下流端に振動センサを設置し、橋脚の振動を測定するとともに、橋脚側部に設置した水位計によって河川水位の測定も同時に行った。なお、測定では水位計から水面までの距離を「河川水位」として整理し、解析に際しては河床から水面までの距離である「水深」に換算して扱うこととした。振動センサは橋軸方向、橋軸直角方向、鉛直方向の3成分を測定することとし、橋軸直角方向の下流方向がX成分の(+)になるように設置した。振動測定はサンプリング周波数を100Hzとし、毎正時に300秒間連続的に行った。

## 4. 微振動から求められる固有振動数の特性

図2は、A橋梁2Pにおける低水時（水深0m）と増水時（水深2.7m）の計測データから得られたフーリエスペクトルを表わしている。なお、図に示したフーリエスペクトルは、5分間の振動データで求めたものである。また、

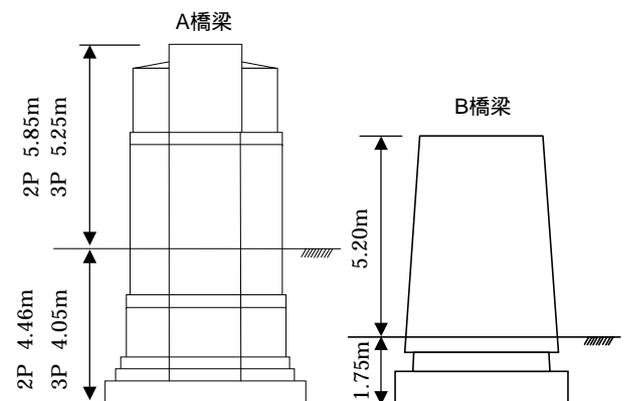


図1 対象橋脚の形状

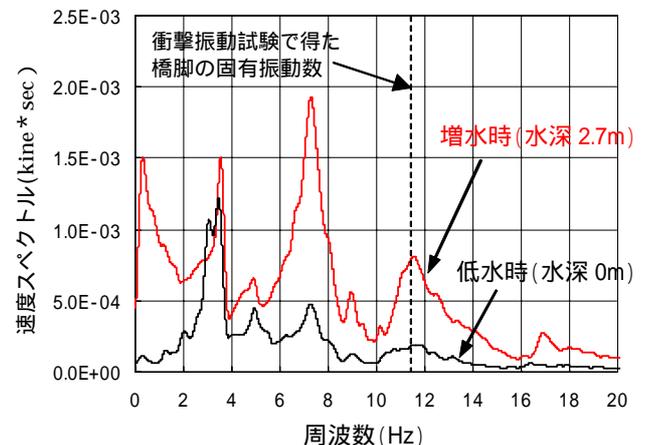


図2 A橋梁2Pにおける低水時と増水時のフーリエスペクトルの比較

キーワード 橋脚, 固有振動数, 微動, 直接基礎, 河川増水

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

図中に示す橋脚の固有振動数は、あらかじめ実施した衝撃振動試験によるものである。この図によれば、振動測定データ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。すなわち、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でも固有振動数が特定できる。

### 5. 固有振動数のばらつきについて

低水時における振動測定データから求める固有振動数はばらつくが、水深が深くなるにつれて、微動から得られる固有振動数のばらつきは収束する傾向が見られた<sup>2)</sup>。そこで、今回は新たに測定を行った橋脚の固有振動数と水深との関係に着目した。ただし、測定を行った3橋脚の橋脚高がそれぞれ異なるため、水深そのものと比較するのではなく、水深比（水深と橋脚高との比（図3））と固有振動数比（微動から求まる固有振動数 / 衝撃振動試験から求めた固有振動数）との関係について検討を行った。なお、微動から求まる橋脚の固有振動数は、データ長によってもばらつきが生じる<sup>2)</sup>が、30秒以上のデータであれば、低水時・増水時ともに固有振動数の標準偏差がほぼ一定となる。そのため振動データを以下のように処理した。まず、測定時間長300秒の全データから30秒間の部分データを抜き出す。この際、部分データの始点を測定時間長の最初（0秒）から順次10秒（データ長の1/3）ずつスライドさせ、30個（区間）の部分データに分割する。分割した30区間ごとにフーリエスペクトル解析を行い、各区間の固有振動数を算出した。そして、30個（区間）の固有振動数の平均値を、その時間の固有振動数として扱うこととした。

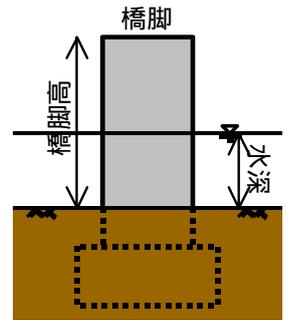


図3 水深と橋脚高

### 6. 水深比と固有振動数比との関係

図4に3橋脚における水深比と固有振動数比との関係を示す。これによれば、B橋梁5Pについては水深比の変動が0.1程度しかなかったため、ばらつきが収束する傾向は見られなかった。しかし、A橋梁については2P・3Pともに、水深が深くなるにつれ固有振動数比のばらつきは収束する傾向を示している。このことから、水深比がおおよそ0.2以上ある場合、微動から精度良く固有振動数を特定できると考えられる。

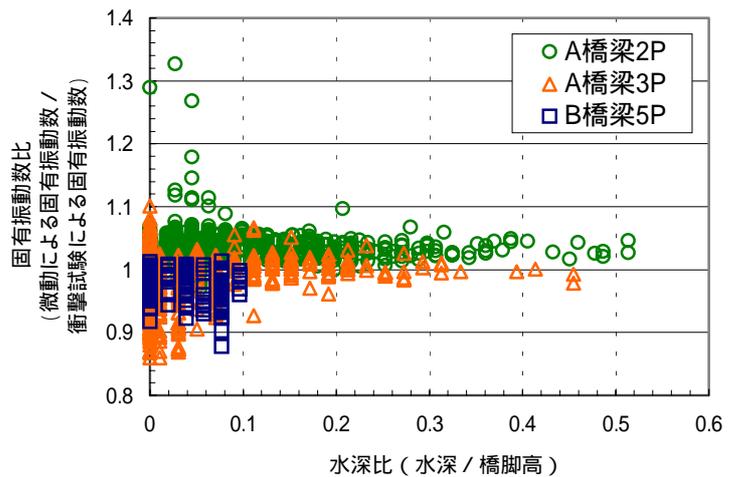


図4 水深比と固有振動数比との関係

### 7. まとめ

今回新たに計測を行った橋脚においても、水深が深くなるにつれ、微動から求まる固有振動数のばらつきは収束する傾向を示した。また、これまでの成果によって、橋脚周辺の地盤条件が変化すると、橋脚の固有振動数が変化することが明らかとなっている<sup>3)4)</sup>。以上のことから、増水時において微動から求まる固有振動数を、橋脚基礎の健全性の評価指標にできることがわかった。なお、本研究は国土交通省の補助金を受けて実施した。

#### 【参考文献】

- 1) 西村・棚村：既設橋梁橋脚の健全度判定法に関する研究，鉄道総研報告，Vol.3，No.8，1989.8
- 2) 淵脇・佐溝・渡邊・小林・中村・岡田：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回地盤工学会発表会，2006.7
- 3) 渡邊・佐溝・小林・中村：常時微動計測による洗掘変状の変化に伴う橋脚振動性状に関する一考察，第40回地盤工学会発表会，2005.7
- 4) 渡邊・佐溝・村石・岡田・小林・中村：水理模型実験による水位の変動に伴う河川橋脚の卓越振動数の変化に関する検討，第41回地盤工学会発表会，2006.7