

洗掘被災橋脚での常時微動計測による固有振動数の推定

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○赤塚 洋介 正会員 入 栄貴
 正会員 渡邊 諭
 JR 東日本秋田土木設備技術センター 正会員 吉田 亮

1. 概要

近年、河川の増水により橋脚周辺の支持地盤が洗掘され、鉄道橋脚が沈下・傾斜する事象が各地で発生している。鉄道の分野では、橋脚基礎の健全度を評価する指標として固有振動数に着目し、これまでに衝撃振動試験¹⁾や常時微動から固有振動数を推定する手法²⁾(以下、微動手法)が開発されている。本稿では、実際に洗掘により被災した橋脚において微動計測を実施し、別途実施した衝撃振動試験と微動計測による固有振動数の推定結果とを比較することにより、微動手法の橋脚モニタリングへの利用可能性について考察した。

2. 対象橋脚の概要

微動計測を行った橋梁(以下、A橋梁)の全体図を図1に示す。A橋梁は1931年に建設された3径間の上流プレートガーダー橋であり、基礎の構造形式は直接基礎である。1P橋脚に対しては、洗掘防護工の設置と根固めが施工されていたが、今回の災害では隣接する2P橋脚が洗掘により被災し、沈下を伴って上流側に傾斜した。被災後の測量結果によると、2P橋脚は線路直角方向に95mrad、線路方向に36mradに傾斜しており、河床測量の結果から橋脚底面まで洗掘が進行していたことがわかっている。また、対象橋梁は二級河川の河口より約1kmの地点に位置しており、蛇行区間の湾曲部に架かっている。橋りょう付近の河川構造は、河床勾配が約1/900であり、感潮域に位置している。

3. 微動計測の方法

微動計測時のセンサの設置位置および実際の設置状況をそれぞれ図2と図3に示す。計測の際には、橋脚天端部の上下流側両端部2か所に加速度センサを設置して計測を行った。なお、サンプリング周波数は1000

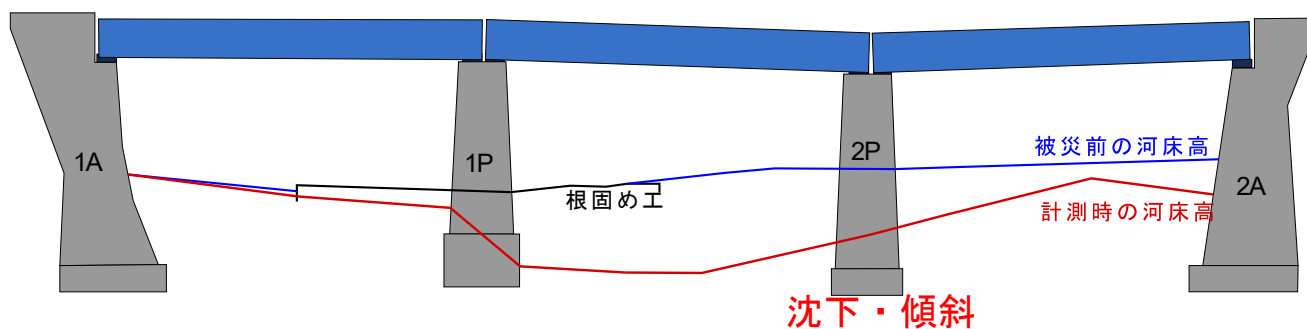


図1 対象橋梁の全体図

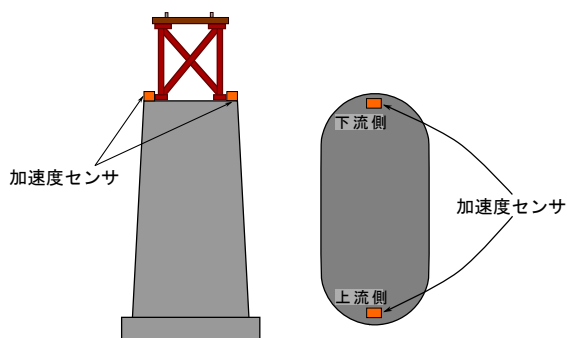


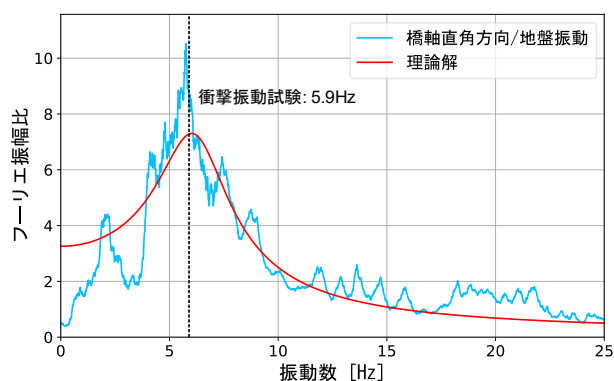
図2 加速度センサの橋脚上における設置位置



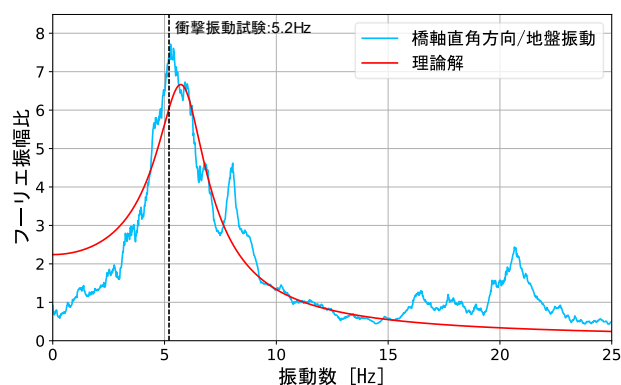
図3 実際の設置状況

キーワード 微動計測, 洗掘, 固有振動数, 河川災害, モニタリング

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 TEL 042-573-7263



(固有振動数：6.37 Hz, 決定係数：0.840)



(固有振動数：5.89 Hz, 決定係数：0.834)

図4 理論解へのフィッティング例 (左：1P 橋脚, 右：2P 橋脚, 破線は衝撃振動試験の結果を表す)

Hz に設定し, 1 分間の計測 (測点数 60000) を複数回継続して実施した. 計測した微動データのうち, 比較的振幅が安定しているデータに対して微動手法²⁾を適用して固有振動数を推定する. 今回の計測では, 比較のために衝撃振動試験を同時に実施しており, 1P, 2P 橋脚の両方で計測を行った.

4. 微動計測の結果

図4に微動計測の結果として得られる振動数とフーリエ振幅比 (橋軸直角方向/地盤振動, 図4 青線) との関係について, 各橋脚における理論解のフィッティング結果を示す. また, 同時に実施した衝撃振動試験の結果との比較を表1に示す. なお, 表1に示す微動手法の結果は, 解析を実行した微動データのうち, 決定係数²⁾が最大となったものを示している. 図中には複数のピークがあるものの, 橋軸直角方向のロッキング振動によるピーク, すなわち固有振動数が顕著に表れている. 図4および表1の結果より, 微動手法で求められた固有振動数は, 衝撃振動試験の結果と比較すると若干高めではあるものの, おおよそ整合する結果となった. また, フーリエ振幅比に理論解 (共振曲線) をフィッティングさせた場合の決定係数も 0.84 程度であり, 良好にフィッティングされているといえる. 従って, 橋脚の沈下・傾斜の有無によらず微動手法を用いても, 固有振動数を推定できることが示唆される. 微動手法の固有振動数が高めとなる理由として, 微動データには桁など橋脚に付随する橋脚よりも固有振動数が高い構造物の振動が衝撃振動試験の応答波形よりも相対的に多く含まれている影響によるものと考えられる.

一方で, 被災前後の固有振動数を比較すると, 被災前に実施された衝撃振動試験の結果は 6.5Hz であったが, 2P において微動手法では被災後 5.89Hz と 1P よりも低い値に同定しており, 被災前後の固有振動数の変化を明確に捉えることができていない. すなわち, 微動手法を用いた場合でも, 洗掘により根入れが減少し橋脚基礎が不安定化した状態を把握できることが示唆される. 現段階では衝撃振動試験の結果を初期値として固有振動数数の比較ができるが, 微動手法による連続的な変化については知見を蓄積する必要がある. 今後は, 複数の実橋脚において微動手法を用いた継続的なモニタリング事例を蓄積する予定である.

5. おわりに

実際に洗掘により沈下・傾斜した橋脚において微動を計測し, 測定された微動から固有振動数を推定した. 微動手法により推定された固有振動数は, 衝撃振動試験の結果とおおよそ整合しており, 洗掘により被災し, 沈下・傾斜が生じた橋脚に対しても微動手法は適用可能であることが明らかとなった. 今後, 実橋梁での適用事例を増やし, 維持管理への活用法を整理していく予定である.

参考文献

- 1) 鉄道総合技術研究所編: 鉄道構造物等維持管理標準・同解説 (構造物編) 基礎構造物・抗土圧構造物, pp.165-171, 2010
- 2) 樺健典, 湯浅友輝, 内藤直人, 渡邊諭: 橋脚天端両端部の微動計測による橋脚基礎地盤の洗掘に対する健全度評価手法, 地盤工学ジャーナル, Vol.13, No.4, pp.319-327, 2018