

ケーソン基礎橋りょうに対する常時微動計測の妥当性の検証

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○鈴木 亜季
 (公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 入 栄貴
 (公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 渡邊 諭

1. はじめに

鉄道では、河川橋脚の健全度を評価する指標として、固有振動数が用いられており、鉄道総研では、鉄道橋脚を対象とした常時微動計測に基づく固有振動数の状態監視手法を開発してきた。本手法は、洗掘被害の多い、直接基礎形式で根入れの浅い橋脚を有する橋りょうでの妥当性を示してきたが、他の基礎形式の橋りょうでの適用事例は少ない。しかし、近年、局所的な豪雨や長時間に及ぶ降雨が頻発化し、大規模な洪水の発生件数が増加していることに伴い、従来までは洗掘の被害を受けにくいとされていた河川橋脚においても、洗掘によって健全度が低下している可能性がある。そこで本検討では、洗掘リスクが懸念されるケーソン基礎の橋りょうを対象に、本手法の妥当性を検証した。



図1 対象橋りょう

2. 対象橋りょう概要

対象とした橋りょうは図1に示すような単線の鋼トラス橋で、橋脚4本(P1, P2, P3, P4)、支間長は46.9 mである。基礎形状はケーソン基礎であり、基礎底面から橋脚天端までの高さは15.0 mとなっている。計測の2か月前に実施された根入れ調査によると、基礎の根入れ深さはP1で10.9m, P2で9.7m, P3で7.9m, P4で4.2mと、橋脚ごとに大きく異なる。特に近年、滞筋に位置するP4において根入れ深さが減少しており、洗掘リスクが懸念されている。また、今回の現地試験の際にP3橋脚においても、わずかであるが、洗掘痕が確認された。

3. 常時微動計測

本検討では、常時微動計測に基づく固有振動数の状態監視手法¹⁾を用いて固有振動数を推定する。以下、微動手法と呼ぶ。本手法は、橋脚天端両端部で計測された常時微動の演算処理により固有振動数の変化を増水前後で連続的に捉えることができ、橋脚の健全度を常時モニタリングすることを可能とする手法である。固有振動数推定フローを図2に示す。推定した地盤振動から得られる伝達関数に対する共振曲線(理論解)より固有振動数を推定することから、技術者の経験の有無に影響することなく自動的かつ連続的に固有振動数を推定できる利点を持つ。

対象橋りょうにおいて、加速度計を各橋脚天端部の上流部・下流部の2か所に設置し得られたデータを上記手法で分析した。P4で使用したセンサの設置状況を図3に示す。

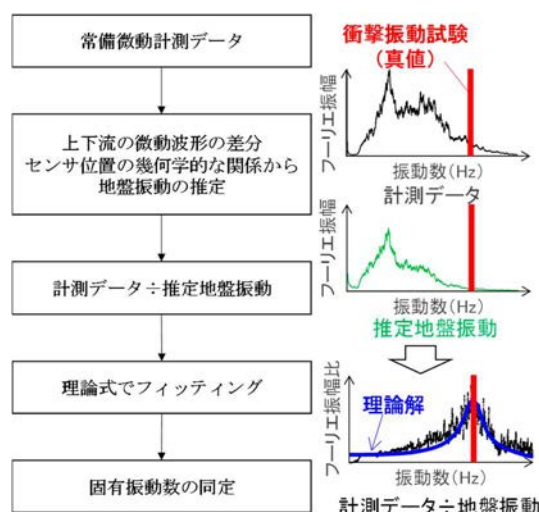


図2 推定手法のアルゴリズムフロー



図3 P4 センサ設置状況

キーワード 常時微動計測, ケーソン基礎, 固有振動数, 洗掘

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

4. 計測結果

微動手法で推定した固有振動数と衝撃振動試験²⁾で得られた固有振動数を図4に示す。P2について、衝撃振動試験では位相が0°に近い極大値は11.5Hz, 12.5Hzであったものの、卓越した振動数が確認されなかったため、固有振動数の特定が困難であるという結果となった。一方で、微動手法では10.2Hzと推定した。P3, P4の根入れの状況と比較すると、陸地上に橋脚が存在する2Pの橋脚周辺地盤は、目視で確認できる範囲では健全であり、P3, P4より根入れも大きい。そのため、P3, P4よりも健全度が高いことが推察され、推定した10.2Hzは妥当な値であると考えられる。P3, P4については、図4より、微動手法の推定値は10.1Hz, 6.6Hzと、衝撃振動試験と概ね整合した。P4の固有振動数はP2, P3と比較して相対的に低くなったが、これはP2, P3と比較して、橋脚周りの根入れが減少していることが影響していると考えられる。これより、根入れが減少し、揺れやすい状態となることで、ケーソン基礎においても、微動手法と衝撃振動試験で同等の値を取得できることを示した。

5. 根入れ比と固有振動数の関係

本検討で得られた測定結果より、根入れ比（根入れ長を橋脚躯体幅で除したもの）と固有振動数の関係を検証した。図5に、本検討で得られたケーソン基礎の橋脚と、鉄道総合技術研究所で行われた直接基礎の橋脚模型³⁾による根入れ比と固有振動数の関係を示す。ケーソン基礎の方が直接基礎に比べ質量が大きいいため、根入れ比に対する固有振動数はケーソン基礎の方が低くなっているものの、どちらも決定係数が0.9以上であり、線形上に強い正の相関が見られた。また、近似式においても、傾きが概ね一致しており、対象橋りょうにおいては、直接基礎の橋りょうと根入れの感度が近い挙動であったことが考えられる。今後、他のケーソン基礎の橋りょうでも同様の検討を行うことで、微動手法の適用範囲を定量的に示すことが可能になると推察する。

6. まとめ

洗掘被害を受けやすい直接基礎以外の基礎形式での微動手法の妥当性を検討するため、ケーソン基礎の橋りょうを対象に、現地計測を行った。その結果、橋脚周りの根入れの減少に伴って固有振動数の推定値は低下し、現地の状況と整合する妥当な推定値を取得できた。このことから、一般的に揺れにくく衝撃振動試験では固有振動数の推定が困難とされるケーソン基礎の橋脚においても、条件によっては微動手法が適用できることを示した。

参考文献

1) 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 2) 国土交通省鉄道局監修 鉄道総合技術研究所編 (2010): 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 3) 入栄貴, 藤原将真, 渡邊諭: 橋脚基礎の洗掘に伴う連続的な固有振動数の変化に関する実験的検討, 第63回地盤工学シンポジウム, 2022

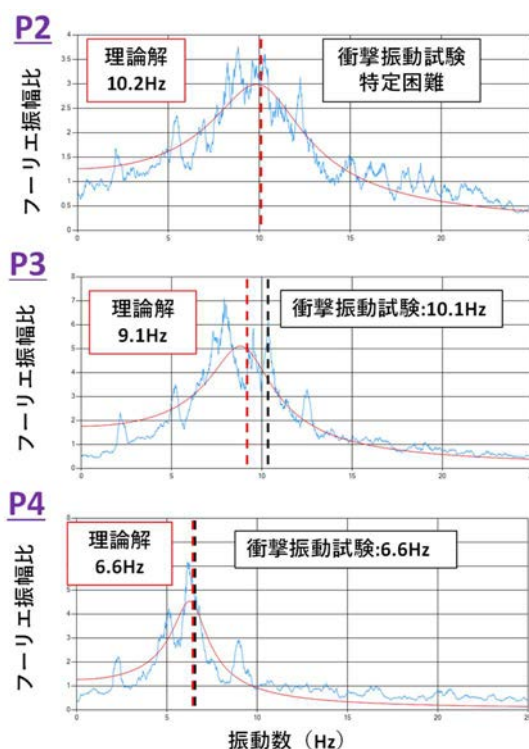


図4 推定結果

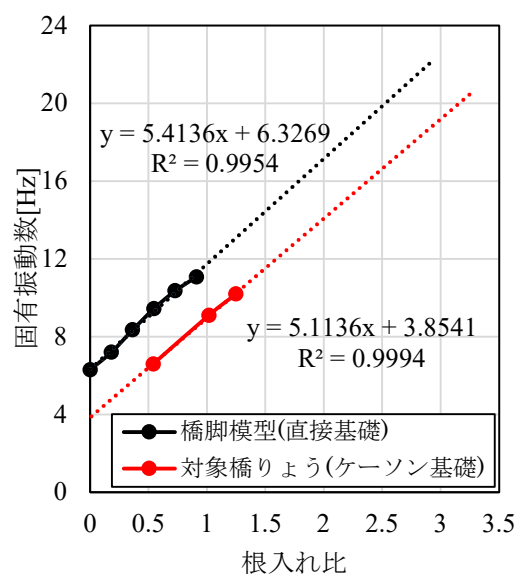


図5 根入れ比と固有振動数の関係