

遠隔非接触振動測定による河川橋脚検査に向けた基礎検討

鉄道総合技術研究所 正会員 ○上半 文昭

1. はじめに

筆者らは、レーザドップラ速度計に改良を加えて構造物診断用非接触振動測定システム「U ドップラー」(図1)を開発した¹⁾。U ドップラーは、レーザ照射により測定対象の振動を測定できる装置で、最大約 100m (反射シール等使用時) の測定距離と広い計測範囲(周波数: DC~600Hz, 振幅: 0.2 μ m/s~100mm/s)を有している。独自の補正技術の採用によって屋外環境においても構造物振動を精度良く非接触で測定することができ、鉄道高架橋の躯体や柱の固有振動数の推定、鉄道橋梁の橋桁の動的たわみ測定等に活用されている。

本報告では、洗掘等による河川橋脚の健全度検査作業への U ドップラーの適用性検証を目的として実施した、河岸からの橋脚振動の測定結果を紹介する。

2. 鉄道橋梁の河川橋脚の健全度検査手法

鉄道では、古くから振動測定による構造物検査手法が研究されており、橋脚の健全度検査手法として衝撃振動試験法²⁾が実用化されている。同手法では、重錘打撃による衝撃振動を橋脚に取り付けた振動計で測定し、記録波形のスペクトル解析結果から得られる固有振動数を主たる指標として橋脚の健全度を診断する。

この橋脚の固有振動数を、河岸からの非接触振動測定で推定できるようになれば、橋脚および線路近傍での振動測定作業(図2)が軽減され、橋脚検査の効率化と安全性向上を図れる。特に、人為的加振によらない常時微動の遠隔非接触測定を橋脚検査に適用できれば、その効果が大きい。ただし、常時微動による橋脚の固有振動数推定結果は衝撃振動試験の結果と一致しない場合があり、実用化にあたっては適用条件の明確化、河川増水時に絞った適用³⁾、衝撃振動試験との併用などのさらなる検討が必要とされている⁴⁾。

3. 衝撃振動の遠隔非接触測定結果

図3、図4に示すようにU ドップラーを河岸に設置して、橋軸直交方向の重錘打撃による対象橋脚天端付近の衝撃振動を500Hzサンプリングで測定した。測定箇所には、自反射粒子を含有する反射塗料を塗布してレーザ光の反射性向上を図った。河川橋脚を河岸から測定する場合には、一般に測定距離および測定角度(測定対象の振動方向とレーザ光軸がなす角度)が大きくなり、測定の難易度が高くなる。本事例では測定距離約 40m, 測定角度 50°であった。

図5にU ドップラーによる測定結果として、衝撃振動波形10波の(a)重ね合わせ波形とその(b)スペクトルを、橋脚に取り付けた衝撃振動試験用の従来センサによる同時測定結果と比較して示す。U ドップラーによる非接触測定結果と橋脚に取り付けた従来センサの結果はよく一致しており、橋脚の固有(卓越)振動数(3.7Hz)を正しく推定できることが確認された。



図1 U ドップラー外観



図2 橋脚へのセンサ類の取り付け作業



図3 在来線河川橋脚の現地測定状況

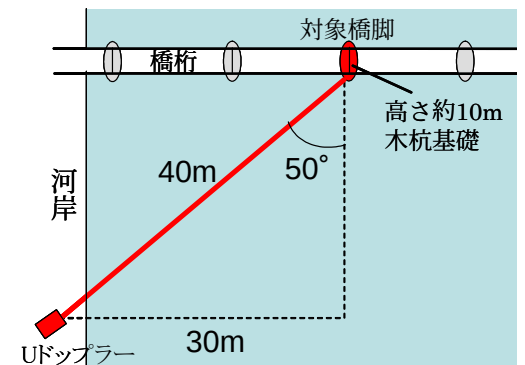


図4 対象橋脚とU ドップラーの配置

キーワード: U ドップラー, 非接触測定, 橋脚, 衝撃振動試験, 常時微動

連絡先: 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 鉄道総合技術研究所 鉄道力学研究部(構造力学) E-mail: uehan@rtri.or.jp

4. 橋脚常時微動の遠隔非接触測定

図6にUドップラーによる同橋脚の常時微動測定結果を示す。測定箇所、Uドップラーの設置箇所、およびデータのサンプリング等は衝撃振動測定の場合と同じ条件とした。得られた(a)時系列波形の(b)フーリエスペクトルより、橋脚の固有(卓越)振動数は3.7Hzと推定され、衝撃振動試験結果と一致することが確認された。

5. 遠隔非接触測定による橋脚検査の現状と課題

(1)Uドップラーの衝撃振動試験用センサへの適用

詳細説明は割愛するが、本実施例も含め、距離5～60m/測定角度0～56°の条件で種々の橋脚計6基の河岸からの衝撃振動測定を実施した。その結果、何れの橋脚においても従来センサと同等の固有振動数推定結果が得られており、Uドップラーは衝撃振動試験用のセンサとして適用可能であると考えられる。

(2)常時微動の非接触測定による検査手法の開発

6基の橋脚の常時微動測定結果によれば、フーリエスペクトルに衝撃振動試験結果と等しい卓越ピークが安定して現れる橋脚とそうでない橋脚が存在した。常時微動で固有振動数を推定できる橋脚とできない橋脚の明確な分類と、様々な振動成分から橋脚の固有振動成分を正確に抽出するための測定およびデータ処理技術の開発が今後の課題であると考えられる。

(3)レーザ光の反射ターゲットの形成方法

レーザ光を用いた遠隔非接触振動測定では、測定距離、測定角度が大きい場合、測定箇所にレーザ光の反射ターゲットを設置する必要がある。筆者らは、高所などのアクセスが比較的困難な測定対象に容易に反射ターゲットを形成できる装置(図7)を開発した。同装置は、自反射粒子を含有する反射塗料を封入したペイント弾を専用の空気銃で発射し、着弾箇所に同塗料を付着させることにより、レーザ計測用の反射ターゲットを形成できる(図8)。今後、同装置の河川橋脚測定への適用を試み、作業効率の向上を図りたい。

6. おわりに

「Uドップラー」を用いた河川橋脚の衝撃振動および常時微動の測定試験を実施し、健全度診断指標である橋脚の固有振動数を遠隔非接触振動測定で推定できることを示した。今後は、常時微動の遠隔非接触測定による橋脚検査法の開発に向けて、常時微動で固有振動数を推定できる橋脚とできない橋脚の分類法、固有振動数を正しく抽出するための測定/データ処理法の開発を進める必要がある。最後に現地試験へのご協力を賜ったJR西日本各位に謝意を表す。

参考文献

- 1) 上半文昭：構造物診断用非接触振動測定システム「Uドップラー」の開発，鉄道総研報告，Vol.21，No.12，pp.17-22，2007
- 2) 西村昭彦，棚村史郎：既設橋梁橋脚の健全度判定に関する研究，鉄道総研報告，Vol. 3，No. 8，1989
- 3) 佐溝昌彦，渡邊諭，淵脇晃：増水時における橋脚基礎の安定性評価のための微動測定，JREA，Vol.49，pp.31667-31670，2006
- 4) 村田修，上半文昭：常時微動計測により見えてくるもの，JREA，Vol.50，pp.32951-32954，2007

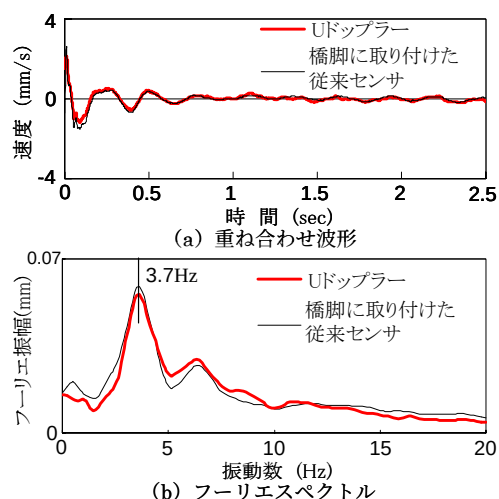


図5 衝撃振動測定結果

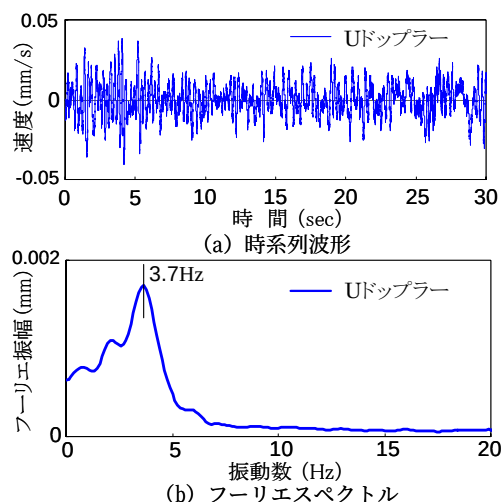


図6 常時微動測定結果



図7 反射ターゲット形成装置

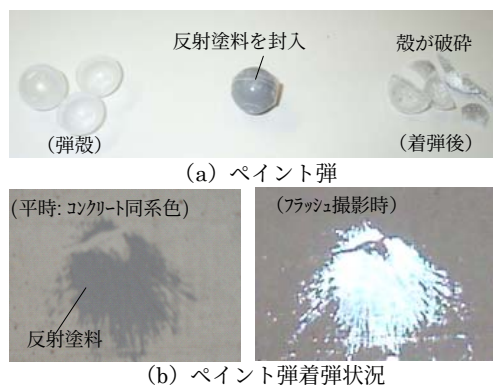


図8 ペイント弾と着弾状況