

東海道新幹線富士川橋りょうの維持管理

東海旅客鉄道株式会社 正会員 ○長谷川 誠
東海旅客鉄道株式会社 今井 武
東海旅客鉄道株式会社 野中 泰輔

1. はじめに

富士川は日本三大急流河川の一つで、流量が多く急激な増水と水位の低下が遅いのが特徴である。特に昭和 57 年の台風 10 号では、東海道本線の橋脚が流出し、新幹線橋りょう(写真-1)も橋脚の大幅な洗掘などの多大な被害を受け、3 週間ほどの徐行運転を余儀なくされた。その後も運転に支障はないものの洗掘が何回か発生しているため、これまで根固め工の設置などの洗掘対策を行っている。根固め工は、河川の増水によって摩耗し、移動、流出する可能性がある。したがって、摩耗量と移動、流出状況を把握することは、橋脚の安全を確保する上で重要となる。河川増水時には、衝撃振動試験による固有振動数の取得により橋脚の洗掘被害の有無を確認し、列車運行の可否を判断すると共に、流速が最も速いと思われる橋脚に設置した傾斜計による安全確認を実施している。



写真-1 新幹線富士川橋りょう

今回は、これまで蓄積した衝撃振動試験結果の検証と傾斜計による監視に加え、今回新たに導入した 3D スキャナを用いた根固め工の維持管理手法について報告する。

2. 富士川橋りょうの概要

富士川橋りょうは、駿河湾河口から約 2.5km 上流に配置された、全 28 基の橋脚からなる全長 1,373m のトラス形式の橋梁である。橋脚の基礎形状は、直径 6m で長さは可動部 15m、固定部 17m のケーソン基礎となり、支持層は玉石混りの砂礫層である。河川増水時に桁下水位を測定し運転規制を判断する監視橋脚は、現在の滞筋中心に位置する 19P としている。

3. 衝撃振動試験による洗掘確認

(1) 衝撃振動試験の有効性の検証

平成 7 年に 25P にて橋脚周りを掘削した際、固有振動数が低下し、埋め戻しにより固有振動数が元に戻る事が確認されている。平成 28 年には滞筋に位置している 17P から 20P の根固め工である中空三角ブロックの取替工事が実施され、橋脚周りに堆積している河床を 1.5m 程度掘削した(写真-2)。工事期間中の橋脚健全度を確認した結果、平水位 5.6Hz から 1.5m 掘削により 5.2Hz まで低下し、工事完了後の土砂流入時には 5.7Hz まで固有振動数が上昇した(図-1)。このことから、洗掘による固有振動数の変化を捉える事が可能であることを監視橋脚で再確認した。現在では河川増水による運転中止後、運転再開するために 19P の衝撃振動試験を行い、安定計算から求められた基準値を満すことを確認している。



写真-2 根固め工工事

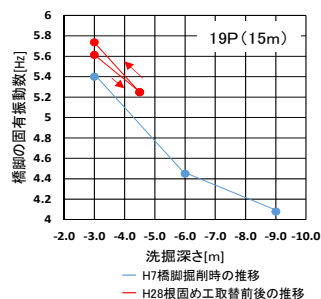


図-1 19P 振動数推移

(2) 固有振動数による根固め工効果確認

昭和 57 年の台風 10 号では桁下水位 6.2m まで増水し、19P は最大 7.6m 洗掘され、衝撃振動試験の結果、固有

キーワード：洗掘，根固め工，衝撃振動試験

連絡先： ☎420-0851 静岡市葵区黒金町 29 番地 東海旅客鉄道(株) 静岡新幹線構造物検査センター Tel:054-282-8116

振動数が 4.4Hz まで低下した。平成 23 年の台風 15 号では桁下水位は過去最大の 5.5m を記録し、台風通過後に測定した固有振動数は 5.8Hz であった。これは水位低下に伴い固有振動数が回復したと推定される。また、中空三角ブロック取替工事後に発生した平成 29 年 10 月の台風 21 号では桁下水位 7.3m まで増水したが、自動打撃装置を用いた増水時の衝撃振動試験の結果 5.2Hz となり、その後の水位低下で 5.5Hz まで固有振動数が増加した。掘削時と同様の 5.2Hz 程度に抑制されたのは、根固め工と吸出し防止材による効果と推定される。

4. 傾斜計による監視

傾斜計は、衝撃振動試験による橋脚の健全度を確認する事に加えて、より安全を担保するためのデータとして、低水敷すべての橋脚に設置している。鉄道構造物設計標準・同解説(変位制限)より、常時の走行安全性から定まる軌道面の角折れの設計限界値(水平方向・折れ込み)から、軌道面上の設計限界値は 6 cm となり、安全率を設け閾値を 2 cm として河川増水時の安全確認を実施している。(図-2)

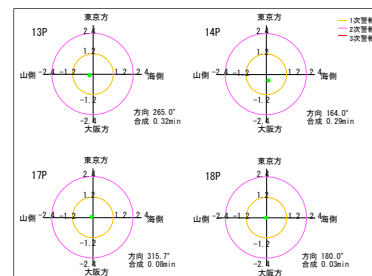


図-2 傾斜状況

5. 3D スキャナを用いた根固め工移動量の監視

根固め工測量は、以前は地上測量で行っていたが、河川内への転落や水難等の危険性が高い不安全作業であったため、平成 20 年からヘリコプターにより撮影した高解像度画像を基に空中三角測量を実施し、写真解析ソフトによる解析を実施していた。これにより河川内の測定が無くなり、測定者の安全が確保されていたが、ヘリコプターの運航によるコストや、増水後にタイムリーに測定できない、測点が限定される等の課題があった。こうした背景のもと、平成 27 年から 3D スキャナを活用した新しい根固め工移動量計測手法を採用している。

(1) 計測方法

- ① 橋脚側面に標定点を設置し、地上測量により座標値を取得する。
- ② 支間中央部から治具を用いて 3D スキャナ(ファロー社製 Focus3D X350)を標定点・根固め工が計測出来る位置まで吊り下げる。(図-3)
- ③ 携帯端末から無線により 3D スキャナを操作し、対象物へレーザーを照射することで 3 次元座標を計測する。

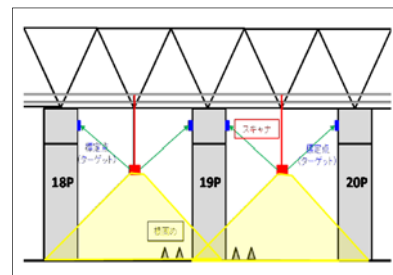


図-3 3D スキャナ設置イメージ

(2) 計測範囲 河川低水敷内全域:10P~21P 間

(3) 解析手法

- ① 計測データを解析 PC へ取込、3D 画像処理専用ソフトウェアである FAROSCENE にてターゲット標定の処理を行う。
- ② 解析専用ソフトウェアである Polyworks にて 3 次元座標の点群データをポリゴン化。前回の計測データを重ね差分解析し、変位量を色別に区分することで根固め工移動量を把握する。(図-4)

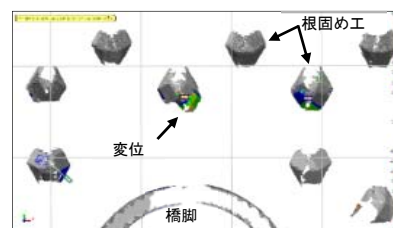


図-4 差分解析画面

従来のヘリコプター測量では地上測量との誤差目標を±50 mmとしており、根固め工の安定性に影響を及ぼす移動量は誤差を加味して 100mm としていた。今回導入した 3D スキャナの測定誤差は±10 mm程度であり、精度の高い監視体制と増水後にタイムリーで弾力的な測定が可能となった。

6. まとめ

これまで蓄積してきた測定結果から、衝撃振動試験の有効性や固有振動数の変動と河床との関連性が確認出来た。また、根固め工の測量において、新しい技術を活用し移動量管理を精度良く行えるようになった。これらの技術を維持管理や防災対策へ活かしていきたい。

【参考文献】

- 1) 鈴木佑ほか(2008)「ヘリコプターを活用した根固めブロック工の測量」土木学会第 63 回年次学術講演会(2008 年 9 月)4-141
- 2) 関 雅樹ほか(2001.9)「鉄道橋の固有振動数に着目した洪水時の安全管理システム」土木学会論文集 No.686/VI-52pp78_89