

災害復旧工事における遠隔モニタリング装置適用事例

東日本旅客鉄道株式会社

正会員

〇鶴澤 星一

沖電気工業株式会社

非会員

橋爪 洋

1. はじめに

2022 年 8 月に東北地方で発生した豪雨災害により J R 東日本秋田支社管内の鉄道施設は大きく被災した。早期災害復旧を目指し、復旧時のデータ収集を表-1 に示す各種モニタリング機器にて行った。本稿では災害復旧橋脚の健全性確認を目的として設置した、無線加速度計の計測結果とデータ考察について報告する。

2. 被災橋りょうの状況

8 月 3 日の降雨後、雨量規制および水位規制による列車運転中止が発生した区間の現場調査を行った。調査の結果、写真-1 の五能線白神川橋りょう 2P において洗堀を受けたことが判明した。白神川は河川延長 6.5km、標高差 1235m、河川全体の河床勾配が 1/5 程度の非常に急勾配な河川である。橋脚く体は鉄筋コンクリート製、基礎の構造は直接基礎であり、過去数回出水により復旧工事を行った履歴が残っている。被災前のみお筋は 1A～2P 間で 1A～2P 間には根固めブロックが敷設されているが、2P～2A 間に根固め工は無かった。写真-2 に示す通り、一部フーチング下まで洗堀を受けていることが確認されたことから、橋脚の健全性確認のため衝撃振動試験を行った。結果、被災前に確認していた橋脚固有振動 21.9Hz に対し 8.6Hz であった（参考標準値 25Hz）。約 60%もの固有振動数低下が確認されたため、列車の抑止を継続した。その後 8 月 5 日に再度豪雨が発生し、当該橋りょうを含む五能線沿線で多数の災害が発生したことから、以後約 4 か月にわたり運休となった。応急対策はフーチング下空隙部へのコンクリート充填および橋脚周囲の河床低下箇所に袋詰玉石工によるぐり石充填を行った。結果、橋脚固有振動数はコンクリート充填後で 9.9Hz、ぐり石敷設後で 11.3Hz まで回復した図-1 にフーリエスペクトル図を示す。健全時の約 70%である 14.0Hz 以上を目標値として対策を施工したが回復が見られなかったことから、営業列車運転再開前には安全性確認のため試験列車による沈下試験で安全性の確認を行い徐行による運転再開となった。

3. 遠隔モニタリング装置による計測

豪雨により多くの構造物が被災した、復旧工事は同時に複数現場が稼働し、一つの現場に関わる時間も少なくなる。橋脚の健全度を遠隔で把握することを目的として、橋脚天端に無線加速度計（沖電気工業製）を設置し、橋脚の傾斜およびピーク周波数を観測した。橋脚傾斜計測は、徐行と運転中止の 2 段階の閾値を設定し傾斜が発生した際に、設備管理者及び列車運行管理の指令室にメールで通知する機能を設定した。

キーワード： 災害復旧工事、橋脚固有振動数計測、遠隔モニタリング

連絡先〒010-0001 秋田県秋田市中通 7 丁目 2 番 5 号 東日本旅客鉄道(株)秋田土木設備技術センター TEL018-835-6142

機器名	計測項目	計測期間
距離計付き3軸加速度センサー	盛土流出箇所変位計測	1か月間
傾斜センサー(3軸加速度)	盛土流出箇所変位計測	1か月間
無線加速度計(3軸加速度)	橋脚傾斜測定	7か月間(継続中)
無線加速度計(3軸加速度)	橋脚固有振動数計測	7か月間(継続中)

表-1 モニタリング機器の活用



写真-1 増水時橋りょう状況



写真-2 豪雨後現場調査状況

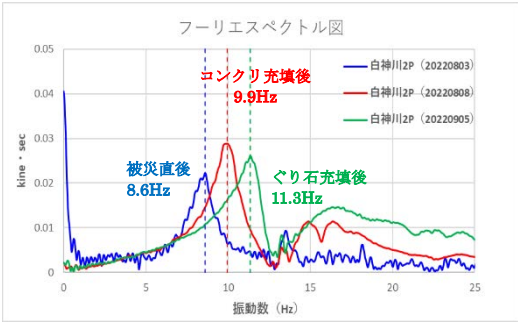


図-1 固有振動数の推移

8月3日に被災した橋脚に写真-3に示す無線加速度計を設置したのは、応急復旧工事後の8月17日であった。ピーク周波数のデータ取得は、1時間毎にサンプリング周波数125Hzで、5分間計測し上位25個のピークを抽出した。図-2グラフ中の色の濃い成分が検出頻度の高い成分となり、16.0Hz付近と11.0Hz付近に検出されていることが分る。12月8日には列車運転が再開されたことから、測定時刻に列車通過があった関係で、全体にピーク周波数が分散されていることが見て取れる。設置当初は16.0Hz付近にあったピークは、10月4日頃を境に20.0Hz付近に上昇した。



写真-3 無線加速度計設置状況

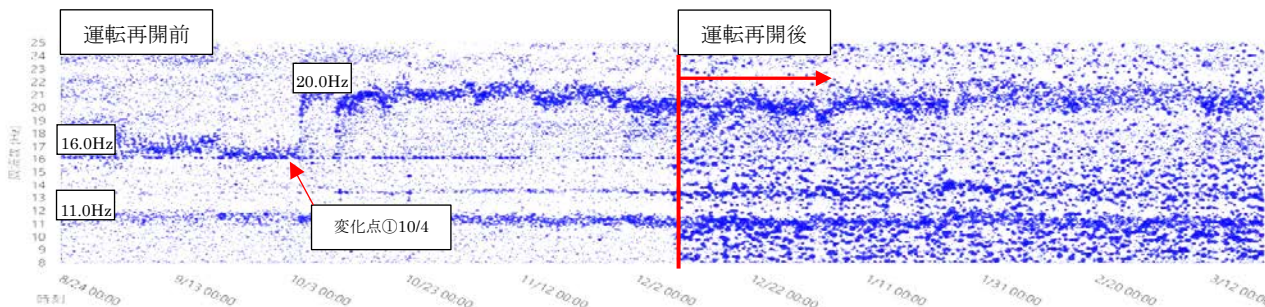


図-2 検出ピーク周波数分布

4. 検出周波数の推移についての考察

無線加速度計の取り付け時期が、橋脚フーチング下空隙部へのコンクリート充填後であったことと、設置後しばらくは気象状態が安定していたため、橋脚周りに配置した袋詰め玉石工周辺には堆砂が見られ、計測データもほぼ変化なく推移した。10月4日から16.0Hz付近のピーク周波数が上昇しているが、契機となった10月4日は8月豪雨以来久しぶりの日雨量100mmを超える雨が観測された日であった。また、本橋りょうは日本海に面しており、冬季の季節風（強い西風）の影響を強く受ける環境にある。10月4日以降断続的に検出されている、20.0Hz付近のピーク周波数はこれら気象条件も影響していると考えられる。

2023年3月の衝撃振動試験結果では、図-3に示すように固有振動数の値は、10.8Hzで9月に計測した11.3Hzから約5%低下した。図-4に示す、無線加速度計のピーク周波数集計においても期間①の設置時～1月下旬までは、11.3Hzおよび11.6Hzの頻度が高かったが、期間②の2月上旬以降は、11.2Hzおよび11.4Hzの頻度が高く、ピーク周波数のデータにおいても若干の低下が見られる結果となった。しかしながら、5%程度の低下では測定誤差や季節変動によるものとも考えられるため、今後も計測を継続し衝撃振動試験結果とピーク周波数集計の結果を比較したい。

5. まとめ

橋脚健全度を定量的に把握するために、従来より衝撃振動試験が用いられてきたが、重錘運搬など重労働作業であった。今回、設置が容易な無線加速度計によって、橋脚の固有振動数推移を遠隔で把握することが出来た。これにより省力・省人での橋脚健全度の確認が可能になると考えている。今後は、被災橋脚の計測を継続するとともに、遠隔モニタリングの活用による様々な業務変革を検討していく。

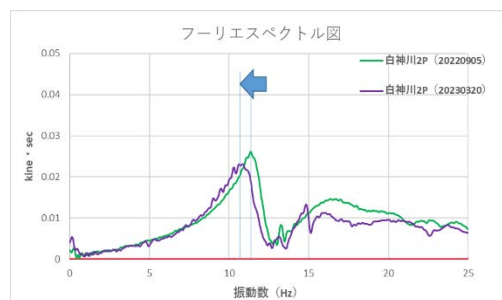


図-3 固有振動数の推移

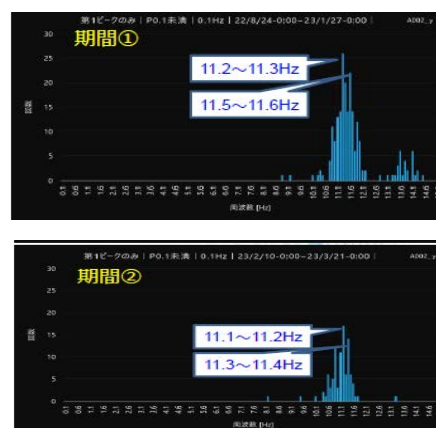


図-4 ピーク周波数集計値の推移