

列車通過時の最大変位を指標とした橋脚の洗掘状態評価の検討

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○ 樗 健典
株式会社ビーエムシー 正会員 杉崎 光一

1. はじめに

東日本旅客鉄道株式会社(JR 東日本)では、河川増水時に洗掘されるおそれがある橋脚について根固め工施工などのハード対策を実施するとともに、ソフト対策として洗掘検知装置を設置することで、洗掘に対する列車運行の安全性を高めてきた。現在使用している洗掘検知装置は、橋脚の傾斜角を評価する機能のみを有している¹⁾。しかし、橋脚に傾斜が生じないまま徐々に洗掘が進行する場合も考えられる。そこで、橋脚に傾斜が生じていなくても列車通過時の橋脚の揺れの大きさから洗掘の状態を評価できる方法の開発を行っている。

これまでに、橋脚天端に水平2軸に設置した加速度センサの応答を基に列車通過時の橋脚の最大変位を算出する手法を構築し²⁾、実際に複数の橋脚に加速度センサを設置して計測を行ってきた。これらの計測結果を基に、列車通過時の橋脚の最大変位を指標とした洗掘状態評価の有効性と課題について検討したので紹介する。

2. 洗掘が列車通過時の橋脚の最大変位の大きさに与える影響

洗掘が列車通過時の橋脚の最大変位の大きさに与える影響を明らかにするため検討を行った。洗掘による災害は発生頻度が低く、開発期間中に実際の洗掘現象を捉えることは難しい。そこで、橋脚の耐震補強工事の際に行われる橋脚基礎周辺の掘削を擬似的な洗掘とみなして計測を行った。

耐震補強工事が行われる橋りょうを選定し、掘削の前後に各4日間、加速度センサを橋脚天端に仮設した。列車通過ごとの計測結果から橋軸直角方向(マクラギに平行な向き)の最大変位を算出した。掘削の前後それぞれの計測期間について、通過した全列車本数に対して変位値0.02mmごとの列車本数が占める割合の頻度分布を示したものが図-1である。なお、列車の速度や乗車率、電車や機関車といった車輛の種類などの列車特性が列車通過時の橋脚の最大変位に影響を与えることがこれまでの研究で分かっている³⁾が、掘削の前後で列車ダイヤの変更は無く、掘削されたこと以外の条件は同等とみなして両者の結果を比較する。また、計測を実施した橋りょうでは、低速で軽い普通電車と、高速で重い特急電車という2種類の列車が運行されており、各々に対応して頻度のピークが2つ現れている。2つのピークのうち変位が小さい方が普通列車に対応する。

図-1から、橋脚基礎周辺の掘削によって、普通列車、特急列車ともに列車通過時の橋脚の最大変位が大きくなる傾向があることが分かる。従って、列車通過時の橋脚の最大変位は洗掘が進行すると大きくなり、橋脚の洗掘状態の評価指標として有効であるといえる。

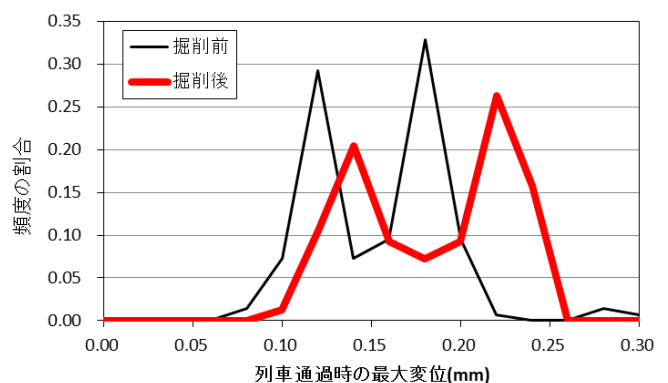


図-1 橋脚基礎周辺掘削前後の列車通過時の変位

3. 洗掘以外の要因が列車通過時の最大変位に与える影響

列車通過時の最大変位を指標として橋脚の洗掘状態を評価する手法の課題として、洗掘以外の要因が変位に影響を与える可能性が考えられる。例えば前章で触れた列車特性に起因する要因のほか、軌道整備などによっても列車通過時の橋脚の最大変位の大きさに変化が生じることがこれまでの研究で分かっており²⁾、洗掘状態の評価においては考慮する必要がある。さらに、自然外力によっても変位が影響を受ける可能性があると考え、

キーワード 洗掘、加速度計、列車振動、変位、モニタリング

連絡先 〒331-8513 さいたま市北区日進町 2-479 TEL 048-651-2693

以下の要因について洗掘状態の評価に与える影響を検討した。

(1) 強風

強風により列車通過時の橋脚の最大変位が大きくなるかを検討するため、橋りょう付近に風速計を仮設して2ヶ月間計測し、変位と風速の関係を示したものが図-2である。本来は列車特性によるばらつきの影響を除くため1本の列車ごとの値を評価するよりも日平均値等で評価することが望ましい。しかし、今回得られた計測結果は強風の継続時間が短く1日の間でも風速が大きく変化しているため、日平均値では変位と風速の関係を適切に評価できない。そこで、1本の列車ごとの変位を評価することとし、風速との関係を図-2にプロットした。なお、風速は1分間平均風速で、変位は橋軸直角方向である。

この結果から、風速と最大変位の間には明瞭な関係は見られず、列車通過時の橋脚の変位に与える影響が列車特性などによるばらつきに比べ小さい。したがって強風は洗掘状態の評価において考慮する必要性は低いと考えられる。

(2) 積雪

積雪が列車通過時の橋脚の最大変位に与える影響を検討するため、積雪が多い地域に位置する橋りょうで計測を行った。列車通過時の橋脚の最大変位と、橋りょうから約1.5kmの位置にある気象庁アメダスで観測された積雪深との関係を図-3に示す。列車特性による変位のばらつきの影響を除くため1日ごとの日平均値で評価した。なお、積雪前6ヶ月間の列車通過時の橋脚の最大変位の平均は、橋軸方向が0.61mm、橋軸直角方向が0.26mmであった。

図-3から、積雪量が増加すると列車通過時の橋脚の最大変位がやや小さくなる傾向があることが分かる。積雪深によっては最大変位の減少量が前章に示した洗掘による最大変位の増加量と比較して無視できる大きさではないため、洗掘状態の評価においては考慮する必要がある。

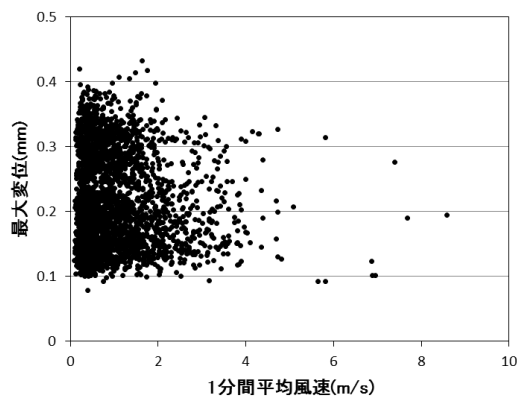


図-2 風速と最大変位の関係

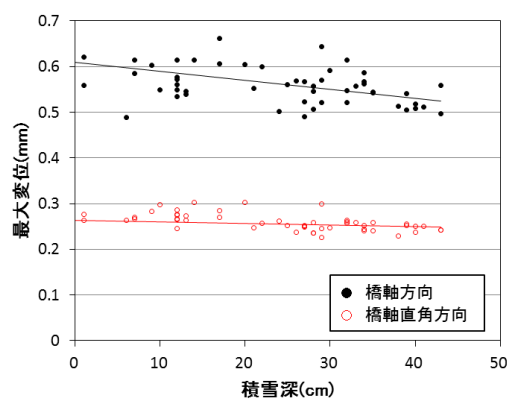


図-3 積雪深と最大変位の関係

4. まとめ

列車通過時の橋脚の最大変位を指標として橋脚の洗掘状態を評価する手法の有効性と課題について検討した。変位の大きさの変化から洗掘の進行を推定することは可能であるが、洗掘以外の要因も考慮したうえで橋脚の洗掘状態を評価することが妥当と考えている。

参考文献

- 1) 小林範俊, 島村誠; 橋脚洗掘モニタリング手法の開発, JR EAST Technical Review No. 3 pp. 49-52, 2003. 5
- 2) 樺健典, 鈴木修; 橋脚の健全度モニタリングが可能な新しい洗掘検知装置の開発, JR EAST Technical Review No. 45 pp. 53-58, 2013. 11
- 3) 杉崎光一, 樺健典, 鈴木修, 阿部雅人; 橋脚モニタリング長期データの評価に向けた変位指標の特性検討, 第68回土木学会年次学術講演会講演概要集 VI-074, 2013. 9