

震災による常磐線第二神岡川橋りょう橋脚の変状事例

東日本旅客鉄道株式会社 水戸支社 水戸土木技術センター 綿引 康太
 東日本旅客鉄道株式会社 水戸支社 水戸土木技術センター 正会員 ○西山 秀紀

はじめに

2011年3月11日にマグニチュード9の東北地方太平洋沖地震が発生した。広範囲で長時間にわたり地震動が続き、それによる津波が各地の鉄道に甚大な被害をもたらした。水戸支社管内においても常磐線沿線で震度6強を観測するなど鉄道土木構造物の多くが被災した。

本稿では、2011年度より2ヵ年かけ復旧まで完了した常磐線磯原・大津港間第二神岡川橋りょう橋脚の被害把握、原因究明、対策工の検討、施工について報告をする。

1. 第二神岡川橋りょうの概要

当橋りょうの構造形式は、上部工が上下線共に上路プレートガーダーの2連(支間=6.0m)で構成されている。基礎形式は、木杭基礎である。レンガ造からなる当橋脚は、財産図上、上下線一体構造となっているが実際にはのちの線増により腹付けの形で増設されており、河床から上の躯体は上下線で分離した構造となっている。なお、財産図では、橋脚高(6.7m)の半分近くが地中にある構造である。また河床は、左岸から右岸まで全面コンクリートによって河床版が設置されている。(図-1、2)

上り線下部工は、1896年12月(経年116年)に下り線下部工は、1921年11月(経年91年)に建設された。



図-1 全景(起点から望む)



図-2 左全景(上流方)

2. 主な変状と調査内容

2.1 変状内容

当橋脚には、洗掘検知装置(傾斜式)(上り線天端)(図-3)を設置しており、警戒基準値が±0.11度、抑止基準値が±0.16度である。2011年3月11日に発生した地震により洗掘検知装置の計測値が抑止基準値を超えた。地震時に計測した最大値としてX

軸(橋軸直角方向)・Y軸(橋軸方向)とも約±0.5度であった。そこで現場調査を行った結果、以下の変状が見られた。

- ・上り線の軌道狂いの発生(下流側への通り狂い)
- ・上下線橋脚躯体に亀裂・ひび割れ(躯体水平方向)(図-4)
- ・上下線橋脚間目地部の開き(図-5)
- ・上下線橋台間目地部の開き
- ・コンクリート河床版の亀裂、破損、不陸(図-6) ……など



図-3 洗掘検知装置設置状況



図-4 躯体ひび割れ



図-5 橋脚間目地部の開き



図-6 コンクリート河床版
亀裂・破損・不陸

2.2 調査内容

2.2.1 衝撃振動試験(上下線橋脚)

表-1 衝撃振動試験結果

測定日	線別	実固有振動数 (Hz)	健全度指標値 (κ)	健全度判定ランク	記事
2011.03.26	上り 1P	14.9	1.83	S	震災直後
2011.04.10		13.9	1.71	S	応急対策後
2011.04.13		11.6	1.43	S	04.11余震後
2011.03.26	下り 1P	12.3	1.51	S	震災直後
2011.04.13		11.6	1.42	S	04.11余震後

衝撃振動試験およびそれに基づく固有値解析を実施し、実固有振動数を算出、健全度を評価した。健全度は、以下の健全度指標値を用いて評価した。

健全度指標値(κ) = 実固有振動数/標準値
 $1.0 < \kappa \Rightarrow$ Sランク: 現状では健全と考えられる
 なお、当橋脚(上下線)の算定式(木杭基礎)による標準値は

キーワード 第二神岡川橋りょう, 衝撃振動試験, 東北地方太平洋沖地震, 固有値解析, 残留沈下

連絡先 〒310-0015 水戸市宮町1-1-20 東日本旅客鉄道株式会社 水戸土木技術センター TEL029-221-2992 E-mail:ko-watahiki@jreast.co.jp

8.13(Hz)である。実固有振動数は表-1に示すとおりで、健全度指標値 κ は十分に高い数値であった。フーチング底面地盤の換算 N 値は、36 程度(砂質地盤上の直接基礎で算定)の値であり、基礎として十分な支持力を有していると判断した。

なお、2011年4月11日に発生した震度6弱の余震以降において実測固有振動数の低下が発生している。現場調査および固有値解析を実施した結果、コンクリート河床版の損傷が進行したためと判断した。

運転再開前の応急対策として、橋脚躯体のひび割れに対しハードロック注入工法を、橋脚間目地部の開きに対してはモルタル目地工を施工した。また、軌道狂いに対しては、橋脚の応急工事後に軌道整備を行った。

2.2.2 上下線橋脚の残留沈下測定

運転再開に向け、列車通過時に橋脚に残留沈下が発生する可能性があるため、リング式変位計により測定を行った。

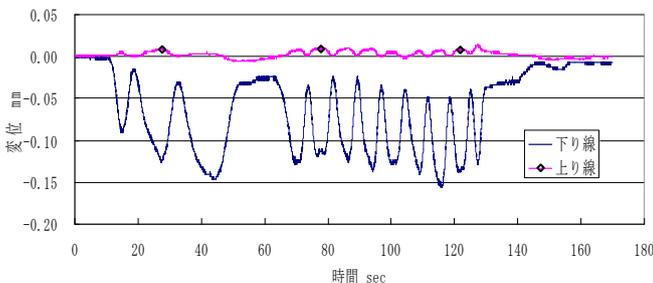


図-7 下り線列車通過時の沈下量

下り線列車通過時の橋脚の最大沈下量は 0.15mm 程度で、列車通過後の残留沈下はないことが確認できた。上り線側は、下り線列車通過時に些少なから浮き上がる傾向であった。(図-7)

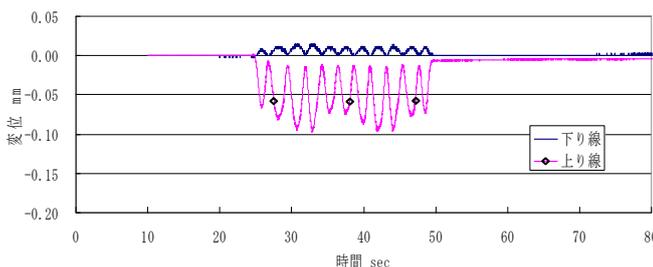


図-8 上り線列車通過時の沈下量

上り線列車通過時の橋脚の最大沈下量は0.1mm程度であること、また下り線は些少なから浮き上がる傾向を呈していることが確認できた。なお、列車通過後の残留沈下はないことを確認できた。(図-8)

3. 調査結果まとめ

①橋脚の実固有振動数は十分に高く、指標値による健全度評価はSランクと判定できる。

②固有値解析によるシミュレーションの結果、基礎の支持力、躯体剛性ともに健全な状態にあると判断できる。

③列車通過直後に残留沈下がないことを確認した。

以上の調査結果より、当橋りょうの橋脚は地震時に僅かな傾斜を生じさせたものの、現状安定していると評価でき、運転再開が可能であると確認できた。

4. 対策工

4.1 橋脚の動きに対するハード対策の検討

今後、地震以外に橋脚の傾斜を進行させる要因として橋脚を巻き込んでいるコンクリート河床版の沈下・移動が考えられる。河床版と河床に多少の隙間があることや河床版の損傷が甚だしいことから今後微少なながらも沈下が進行し、いずれかは落ち着くと予測できるが、それまでには長期間の時間を要すると考えられる。そのためコンクリート河床版を取り除くことが早期対策として有効と考えた。また当橋りょうの下流方には、近接して堰(落差工)があることから、河床版を撤去後、河床低下が懸念される。そのため沈下に対するフレキシブル性を有していながら橋台・橋脚の橋軸方向の移動に対しては、拘束力を発揮し、支持力の向上も図れる布団かご工あるいはブロック等の河床防護工を行うこととした。

4.2 ハード対策の実施および効果の確認

河川管理者との協議及びハード対策の検討の結果、当橋りょう河床には布団かご工を施工することとした。(図-9, 10)



図-9 施工後



図-10 布団かご詳細

施工後、効果を確認するため再度衝撃振動試験を実施した。しかし、スペクトル形状はなだらかとなり、卓越した振動数を得ることが出来なかった。理由として布団かご工により橋脚基礎の支持力が向上され、橋脚の振動の減衰性が大きくなったと考えられる。このことから以前より実固有振動数は高くなったと考えられる。

5. おわりに

今後も鉄道土木構造物の変状の把握、原因の究明、対策工の検討を行い、一層安全安定輸送に向けて取り組んで行く。