

北海道胆振東部地震により被災した鉄道橋りょうの復旧

北海道旅客鉄道(株) 正会員 ○中西 祐介、河村 佳英、川村 力

1. はじめに

2018年9月6日に発生した北海道胆振東部地震により、当社の鉄道施設は、いくつかの被害を受けた。特に日高線厚真川橋りょうでは、被災により約2か月間、運転中止の措置を講じた。本稿では、厚真川橋りょうの被災概要とその要因推定、橋脚の支持力に係る評価、復旧方法、および復旧後の維持管理について報告する。

2. 地震と橋りょう被害の概要

(1) 地震概要

平成30年9月6日3時7分、北海道の胆振地方東部においてマグニチュード6.7(暫定値)の地震が発生した。震源の深さは約35km、地震の発震機構は逆断層型とされている¹⁾。震度は、厚真町で道内初の最大震度7を記録した。当該橋りょうに最も近い防災科学技術研究所強震観測網(K-NET)の鵠川観測点では、最大加速度662gal²⁾を観測したほか、当社の沿線地震計では、震源に最も近い日高富川で最大加速度628galを観測した。

(2) 橋りょう諸元

厚真川橋りょうは、日高線勇払・浜厚真間に位置し、震源からの距離は、約17kmである。橋長は255.3m、しゅん功年は昭和31年であり、6連のRC桁(RCT形桁)および9連の鋼桁(上路鉸桁)で構成される。橋脚は、全て無筋コンクリート橋脚(重力式、円形断面)であり、基礎形式は杭基礎(松杭)である。

(3) 被災概要と要因の推定

図1に目視調査により判明した主な被災状況を示す。主たる変状は、RCT桁支承部の線路直角方向への変位(以下、桁ずれ)である。桁ずれは、全ての上流方に向かって生じていた。

図2に変位量が最大である14Gの桁ずれの状況、図3に14G支承部の変位状況を示す。RCT桁の支承(以下、レール支承)は、下沓にレールが用いられており、橋軸直角方向に対する移動制限機能を有していない。

一方で、鋼桁の支承は線支承(角形)であり、移動制限機能を有している。

顕著な桁ずれは、4P上(4G)と13P上(14G)で発生していた。両橋脚は、RCT桁の連続する区間と鋼桁の連続する区間の境界に位置することから、変状の主たる要因は、上記の支承構造の違い、および桁重量の違いに起因する地震時の動的応答の差異によるものと推定した。なお、地上からの目視調査の範囲では、橋脚本体に地震の影響によるひび割れ等の変状は見られなかった。

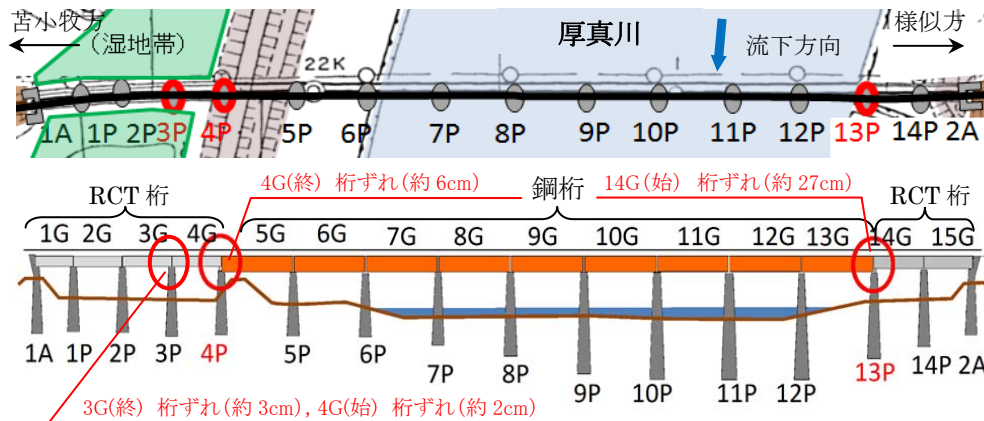


図1 厚真川橋りょうの主な被災状況

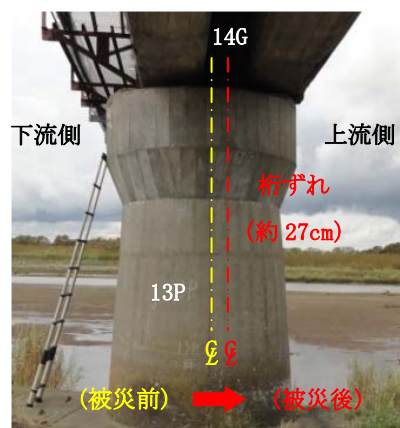


図2 14Gの桁ずれの状況

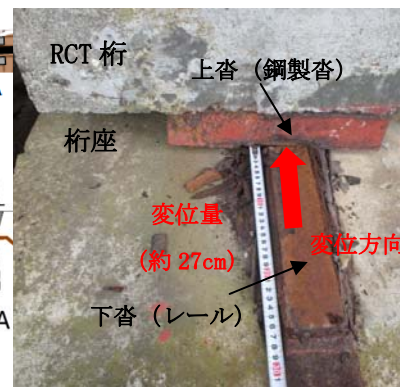


図3 14G支承部の変位状況

キーワード 桁座拡張、北海道胆振東部地震

連絡先 〒060-8644 札幌市中央区北11条西15丁目 北海道旅客鉄道株式会社 TEL 011-700-5794

3. 橋脚の支持力に係る評価

(1) 橋脚の地中部および基礎の被害推定

目視調査では確認できない橋脚の地中部および基礎の被害を推定するため、衝撃振動試験を実施した。4P は、固有振動数の低下が見られず、被災による橋脚の性能低下は生じていないと判断した。13P は、固有振動数が 11.2HZ から 9.5HZ に低下していた。しかし、標準値算定式による健全度指標 κ が 1.41 であり、大きな損傷や支持力の喪失に至っている可能性は極めて低いと考えた。固有振動数が低下した原因は、地震の影響で 13P 橋脚く体とその周囲の護岸との間に生じた隙間により、橋脚く体土被り部の拘束度が低下した影響と考えた。ただし、橋脚の地中部や基礎の損傷の可能性が否定できないため、後述するように運転再開後に橋脚の計測管理を行った。なお、その他の橋脚は、被災前後で固有振動数の著しい低下が見られないこと、桁支承部や軌道の変状が見られないことから、大きな損傷は生じていないと判断した。

(2) 支持力の評価

桁ずれが最も生じた 13P を対象に、桁ずれの影響により基礎底面に発生する偏心量、および支持力の低下率について試算した。その結果、列車荷重の影響を含めた偏心量が、線路方向、線路直角方向ともに既往の設計図書²⁾において一般的に偏心の影響を無視してよいと考える $B/20$ 以下の値であった。また、仮に偏心の影響を考慮した場合の支持力の低減率が 6%程度であることから、桁を据え直さずに再供用しても、支持力には有意な影響がないと判断した。

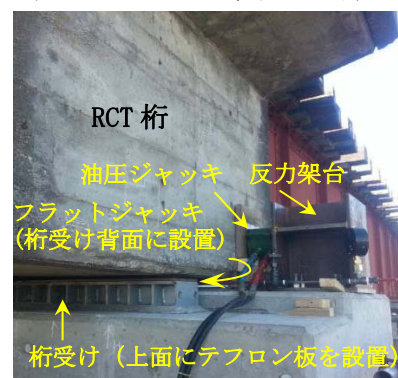


図4 桁の据え直し状況



図5 復旧工事の完了状況

4. 復旧方法

今回の被災により、弱点箇所と判明した 4P と 13P は、今後の地震に対する備えを考慮して復旧を実施する必要がある。例えば、一般的な復旧方法として、支承取替えとともに橋脚の補強が考えられる。しかし、仮に当該橋りょうのみの耐震性能を向上しても、線区全体の耐震性能の観点からは、その効果は限定的と考えた。そこで、同規模の地震に対して落橋リスクを低減する復旧方法が適当と考えた。具体的には、桁の据え直しにより桁ずれを解消したうえで、橋脚の桁座拡幅工を施すこととした。図4に桁の据え直し状況、図5に復旧工事の完了状況を示す。工法を検討した結果、初めに桁座拡幅工を施工した後、拡幅部に反力架台を設置して油圧ジャッキにより桁を横移動する工法を採用した。桁の横移動は、フラットジャッキを用いて桁を扛上し、桁受けで桁の荷重を受けた後に実施した。

なお、桁座の拡幅量は、桁の変位量、桁の回転による影響、必要な施工スペース等を勘案して決定した。

5. 復旧後の維持管理

復旧工事の完了に伴い、平成 30 年 11 月 19 日に列車の運転を再開した。前述した橋脚の地中部や基礎の損傷の可能性を考慮して、橋脚の沈下の有無を確認するため、計測管理を実施している。例えば、橋脚の傾斜角の計測を実施している。傾斜角の計測管理値は、既往の設計図書²⁾を参考に $2/1000(\text{rad})$ として設定した。

2 月下旬に、当該橋りょうの通過列車本数はおよそ 1500 本を超え、平成 31 年 2 月 21 日に大規模な余震（K-NET 鶴川：最大加速度 341gal）³⁾を経験したが、橋脚に有意な傾斜が生じていないことを確認している。

6. まとめ

本稿では、北海道胆振東部地震により被災した鉄道橋りょうについて、その被災概要と要因の推定、橋脚の支持力に係る評価、復旧方法、および復旧後の維持管理の内容をまとめた。当該橋りょうの復旧に際し、(公財) 鉄道総合技術研究所構造物技術研究部の皆様に多大なご支援を頂いた。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献 1) 地震調査研究推進本部 地震調査委員会：平成 30 年北海道胆振東部地震の評価, https://www.static.jishin.go.jp/resresou/monthly/2018/20180906_iburi.pdf 2) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説(基礎構造物), 平成 24 年 1 月 3) 独立行政法人防災科学技術研究所：強震観測網(K-NET), <http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/>