

豪雨災害による鋼橋りょうの橋脚傾斜の復旧に向けた取り組み

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○吉田 亮

東日本旅客鉄道株式会社 非会員 岩村 健太郎

JR 東日本コンサルタンツ株式会社 正会員 三上 淳

1. はじめに

令和4年8月2日以降、東北・新潟地方において低気圧に伴う前線による影響で豪雨が発生し、五能線では、橋りょうや斜面など約70箇所被害を受けた。そのうち中村川橋りょうでは、河川増水により河川内の橋脚で急激な河床低下が発生し、洗掘による沈下・傾斜被害が確認された。沿線住民の交通手段確保の観点からも早期運転再開が望まれたが、傾斜した橋脚の再供用可否の判断および復旧対策の選定が重要となった。

本稿では、洗掘により傾斜した橋脚の安定性確認について重点をおき、早期運転再開および恒久復旧に向けた取り組みについて報告する。

2. 被災概要

被災した本橋りょうの諸元を表-1に示す。本橋りょうは、青森県内を流れ日本海へ注ぐ二級河川の河口部からは約1kmに位置し、蛇行区間の湾曲部にかかる3径間の上路プレートガーター橋である。

一連の豪雨により、2P橋脚において洗掘による橋脚の沈下・傾斜が発生した。変位量は上流側へ約500mmの傾斜および約300mm沈下していることが確認された。これに伴い、上部工においても2連目及び3連目の支点部にて橋桁のズレや浮きが生じ、上流側に変位した。

被災時の状況を図-1に示す。本橋りょうは、平常時には1P橋脚付近が濤筋であるが、河川増水により2P橋脚付近に濤筋が遷移し、上流側からの流下物が2P橋脚上流側に堆積したことにより、局所的な洗掘が進行したと推定された。特に、本橋りょうは河口部に近く、河床材料は粒径の小さい砂が堆積しているうえ、潮汐によって河床変動が常時生じているものと推測される。そのため、河川増水時に表層に緩く堆積した砂が流出し、河床低下した可能性がある。

3. 被災状況調査

上部工はピンチプレートが無い沓構造であり、2P橋脚上支点部では沓本体からの主桁の浮きが見られ、レールに吊られた状況と考えられた。2・3連目の各支点部では桁ズレや、一部にサイドブロックの破損が確認されたが、鋼桁の変形やき裂・破損、沓本体の主桁受圧面の損傷は見られなかった。下部工の被災状況を図-2に示す。2P橋脚では沈下・傾斜（上流側へ95/1000rad、終点方へ36/1000rad）は見られたが、躯体における明確な欠損やひび割れといった変状は確認されなかった。2A橋台でも沓本体の傾斜および沓座破損が見られたが、躯体の欠損等は確認されなかった。

2P橋脚で行った衝撃振動試験の結果を図-3に示す。固有振動数は、

表-1 橋りょう諸元

項目		諸元
構造諸元	上部工	上路プレートガーター 3連 (径間13.61m 橋台面間長39.32m)
	下部工	く体：RC造 基礎形式：直接基礎
しゅん功		1931（昭和6）年
経年		91年



図-1 橋りょう被災状況



図-2 2P橋脚被災後全景（流木等除去後）

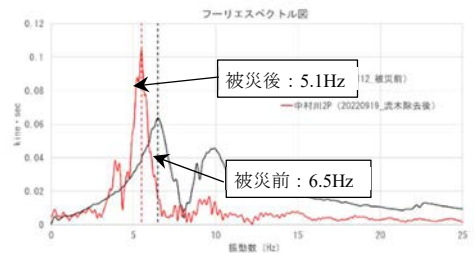


図-3 2P橋脚衝撃振動試験結果

キーワード 豪雨災害、橋脚傾斜、固有振動数、3D点群測量

連絡先 〒010-0001 秋田県秋田市中通7-2-5

東日本旅客鉄道株式会社 秋田土木設備技術センター TEL 018-835-6142

被災前：6.5Hz，被災後：5.1Hz（被災前後の低下率：22%）であった。鉄道構造物維持管理標準¹⁾を元に健全度診断指標 κ を算出すると $\kappa = 0.78$ で、判定ランクはA2となった。被災前後で固有振動数は低下しているが、低下率は著しいものではないことから、橋りょう全体の変状も考慮して既設橋脚・橋桁の再供用による復旧とした。

4. 運転再開までの復旧

2P 橋脚の安定性確認のため、載荷試験により変位有無の確認を行うこととし、橋桁を被災前の位置へジャッキアップにて復旧した。

2P 橋脚へのプレロード（水タンク・保守用車による静的載荷試験）状況を図-4に示す。水タンクによる試験では、最大列車荷重の30%（12t）まで段階的に載荷し、橋脚の沈下・傾斜計測をトータルステーションおよびバーニア式傾斜計にて行った。試験の結果は、弾性変位は最大沈下量2mm，最大傾斜角1/1000radであり，残留変位は微少であったため，引き続き保守用車による試験を，軌道モーターカー（最大列車荷重の約50%）および投排雪保守用車（最大列車荷重の約110%）にて行った。傾斜角の計測ではリング式変位計を追加した（図-5）。計測の結果，各項目で微量であり，リング式変位計でも最大傾斜角は流下方向へ0.11/1000radであった。プレロードにて有害な沈下・傾斜が見られなかったことから，2P 橋脚の桁座嵩上げ及び2・3 連目支承部を復旧し，軌道モーターカーによる走行・制動試験を実施した。計測の結果，ここでも有害な傾斜や沈下は見られなかった。

以上の試験結果より，有害な沈下や傾斜が見られなかったことから橋脚の安定性が確保されていると判断し，営業列車による試運転を経て，12月23日に運転再開した。

5. 恒久復旧

恒久復旧は，仮土留に用いるシートパイル（鋼矢板）と直接基礎のフーチングを接合させる連結基礎構造とした。

シートパイル基礎工完成後，効果の確認として衝撃振動試験を行った結果を図-6に示す。固有振動数は恒久復旧後で37.7Hzとなり，被災前（6.5Hz）の約6倍まで固有振動数が上昇した。固有値解析により逆解析的に基礎の支持性状を確認したところ，底面の回転ばねで約300倍と大幅に向上したことが確認できた。

河床状況の確認としてソナー及びLiDAR計測（3D点群測量）を実施した結果を図-7に示す。3Dにて図化することで河床の状態が明確となり，本工事にて被災前の河床高さ程度まで復旧されたことを確認した。

6. 終わりに

本橋りょうの恒久復旧後の状況を図-8に示す。今回の災害復旧では，沈下・傾斜した2P 橋脚の安定性を判定し，再供用を前提に復旧方針を検討した。運転再開までには，不安定化した基礎部へプレロードおよび走行・制動試験にて橋脚の安定性を確保し既設橋脚の再供用することで，橋脚の再建に要する工期の半分程度となる約4か月で早期運転再開を果たすことができた。

7. 参考文献

- 1) 鉄道構造物維持管理標準・同解説（基礎構造物・抗土圧構造物）平成19年1月，P169



図-4 プレロード（静的載荷試験）状況

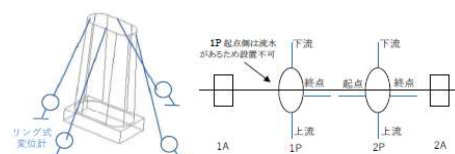


図-5 リング式変位計設置概要

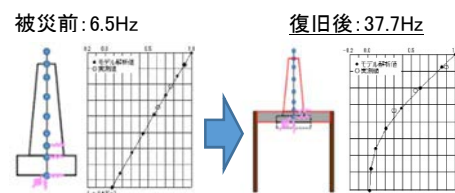


図-6 2P 橋脚での固有振動数比較

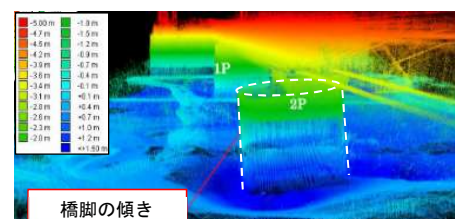


図-7 ソナーによる河床調査状況・結果



図-8 恒久復旧後状況