

洗掘により被災した鉄道橋りょうの早期運転再開に向けた取り組み

JR 九州 正会員 ○井上 太郎
JR 九州 正会員 池島 傑

1. はじめに

2021年8月13日、例年では類を見ない降雨の影響により第十玖珠川橋りょうが被災し、久大本線の一部区間が運転中止となった。本稿では、第十玖珠川橋りょうの被災概要および被災橋脚の再供用による運転再開までの取り組みについて報告する。

2. 橋りょう概要

当該橋りょうは久大本線 杉河内・北山田間に位置し、筑後川水系の支流である一級河川玖珠川に架かる橋りょうである。表1に第十玖珠川橋りょうの構造概要を示す。

3. 被災概要

被災箇所付近では、2021年8月8日から8月19日にかけての時季外れの連続的かつ局所的な豪雨(天ヶ瀬駅雨量計:最大時雨量55mm,連続雨量592mm)により玖珠川が出水し、第十玖珠川橋りょう P1 橋脚上の軌道面が下流方へ100mm程度変位した(10m弦における軌道の通り変位は21mm)(図1(左))。河川水位低下後に実施した詳細調査の結果、軌道面の変位の原因は、出水により橋脚基礎に洗掘が生じ支持力が低下して発生した橋脚傾斜が主因であると推察される(図1(右))。また、橋脚く体には上流方の自然護岸が崩壊し流下したと思われる巨石

(5.3×11.0×6.6m)が衝突しており、この巨石の衝突も橋脚傾斜を助長させたものと考えられる。さらに、被災後に実施した衝撃振動試験から得られる被災橋脚の固有振動数は、円形橋脚の標準値算定式¹⁾により算出した固有振動数よりも小さく、基礎の安定性は被災前と比較して相対的に低下していた。

4. 運転再開方針策定

発生した軌道変位量は当社が定める整備基準値内であったが、被災直後の現地調査および衝撃振動試験の結果から、被災橋脚を未対策の状態のまま運転を再開することができないことは自明であった。一方で①橋脚の傾斜量は比較的小さく、応急対策により一定の支持力回復が期待できること、②上部工や橋脚く体は軽微な損傷のみであったことから、被災橋脚は再供用できる可能性が高いと判断し、被災から約1週間後には、『応急対策により運転再開を目指す』方針を策定した。

しかし、この時点では依然として河川水位が高く、基礎周辺の詳細調査を実施できていなかった。また、巨石は橋脚への衝突後も橋脚に接触した状態であり、不安定な状態で橋脚を支持している可能性も考えられた。これらの不確定要素は運転再開の可否判断に影響を及ぼし、判断を誤れば大規模な手戻りが生じることが懸念された。そこで、これらを踏まえ、調査項目、各項目における測定値及び限界値などの定量的な判断基準、判断時期を設定し、運転再開に向けたステップを整理することで、運転再開に向けた道筋を明確にすることとした。さらに、これらに関係者間で広く共有した。結果として約1ヶ月という早期運転再開を果たせたのは、明確な道筋に沿い一つ一つの不確定要素を技術的に解消していったことが大きく寄与したものと考えている。

キーワード 洗掘, 載荷試験, 再供用, 早期復旧

連絡先 〒812-8566 福岡県福岡市博多駅前3-25-21 JR九州 施設部工事課 TEL 092-474-2452

表1 被災橋りょうの構造概要

橋長	支間長22.3m×7連	
構造形式	上部工	鋼上路プレートガーダー(よはふ522-66)
	下部工	く体:円形RC造 基礎形式:直接基礎
しゅん功	1933年(昭和8年)	
設計荷重	KS-15	



(左) 軌道変位 (右) 洗掘状況

図1 被災状況

5. 応急対策

応急対策は接触した巨石の破砕、洗掘された基礎の埋戻しおよび袋型根固め工を施工した（図2）。埋戻し前には河川の瀬替えを行うことで橋脚下部をドライな状態とした。埋戻し幅は基礎底面の詳細な洗掘状況を調査したうえで維持管理標準 付属資料 5)を参考に設定した。また、基礎周囲の埋戻し材には材料確保の容易性や施工性を考慮しコンクリートを用いた。さらに、基礎の埋戻し材上面には上載荷重による基礎の安定性の向上と洗掘防止を目的に袋型根固め工を設置した。なお、袋型根固め工の設置高さは周辺の河床高さから設定した。

基礎の埋戻しおよび袋型根固め工設置後は衝撃振動試験を実施した。結果として被災橋脚の固有振動数は大きく改善しなかったものの、応急対策施工前後の波形の比較から基礎の安定性は定性的に向上しているものと考え、載荷試験を実施することとした。

6. 保守用車および実車両を用いた載荷試験

載荷試験は保守用車を用いた試験（以下、予備載荷試験）、実車を用いた試験（以下、実車試験）の順で実施した。載荷試験における荷重は、当該線区を走行する車両のうち橋脚反力が最大である車両に対して予備載荷試験で1/2程度、実車試験で2/3程度を目標値とした。載荷試験では荷重を段階的に増加させることを目的とし、予備載荷試験はモーターカー（以下、MC）のみ、MC+マルチプルタイタンパーの2編成とし、実車試験はDE10+DE10の1編成とした。なお、実車試験における最大支点反力は1086kNで最大入線車両時の92%程度である。

載荷は車両を最徐行で橋りょうに進入させ、被災橋脚上で停止（以下、静的載荷）させた（写真1）。静的載荷後は運転再開後の徐行速度まで段階的に速度を向上し橋りょう上を複数回往復することで繰り返し載荷した。これは速度向上時の支持性能確認に加えて地盤の緩み分の沈下促進を図ることも目的としている。

載荷試験では、ワイヤー式変位計等により橋脚く体の沈下量と傾斜角を測定した。載荷試験の結果、沈下量・傾斜角ともに最大値・残留値は基礎の限界値よりも十分に小さく（表2）、また載荷試験毎の累積性や非線形性は確認されなかった。以上より、橋脚は徐行での列車運転再開に必要な支持性能を確保していると判断した。

7. 運転再開および運転再開後の監視

実車試験により橋脚の支持性能が確認できたことから、被災から約1ヶ月後の9月17日始発より運転を再開した。運転再開以降、再度の出水による支持性能低下のリスクに備え、傾斜角をリアルタイムでモニタリングしている。また、非出水期から復旧工事としての洗掘防護工設置に着手しており、監視は工事完了時期の5月頃まで継続予定である。

謝辞：早期運転再開に向けた応急工事および性能確認のための載荷試験の計画・実施にあたっては、（公財）鉄道総合技術研究所、九鉄工業（株）、三軌建設（株）、JR九州コンサルタント（株）の関係者の皆様より多大なるご支援ご助言を頂きました。ここに記して心より謝意を表します。

参考文献：1) 鉄道構造物等維持管理標準・同解説（構造物編）基礎構造物・抗土圧構造物



図2 応急対策状況



写真1 載荷試験状況

表2 載荷試験における変位量

沈下量 (mm)		傾斜量 (mrad)			
		線路方向		線路直角方向	
最大値	残留値	最大値	残留値	最大値	残留値
-0.12	-0.03	0.15	0.02	-0.06	0.02

※最大値は載荷試験中の最大値、残留値は試験終了時の値を示す

※沈下量は負の値が沈下、傾斜角は負の値が起点方あるいは上流方への傾斜を示す