

## 西日本豪雨により被災した鉄道河川橋脚の機能確認について

西日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○本田 正和 正会員 松本 英宣  
正会員 横田 直倫 正会員 近藤 政弘

## 1. はじめに

2018年西日本豪雨災害により、当社の多くの土木構造物が甚大な被害を受けた。このうち、河川の増水と流下物の影響により橋脚が下流側に傾斜した箇所では、レール高さ位置での水平変位量が160mmと大きく、列車の走行が困難な状態となった。安全を最優先としたうえで、公共交通機関として被災地の方々のご不便を早期に解消すべく、橋脚傾斜の原因推定と基礎の支持力評価および応急工事により、被災から約50日後に運転再開することができた。本稿ではこれらの経過と復旧内容について報告する。

## 2. 被災原因の推定

## 2.1 被災状況

当該橋脚は河川幅約70mの終点方の岸から約25mの滯筋から約12m離れた箇所に位置している。現河床から天端までの高さは5.5mであり、財産図上から

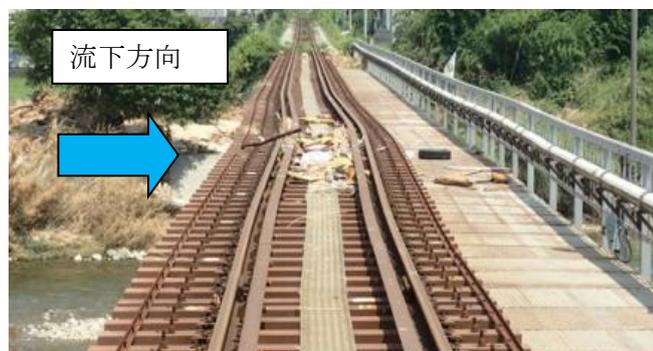


写真1 被災状況

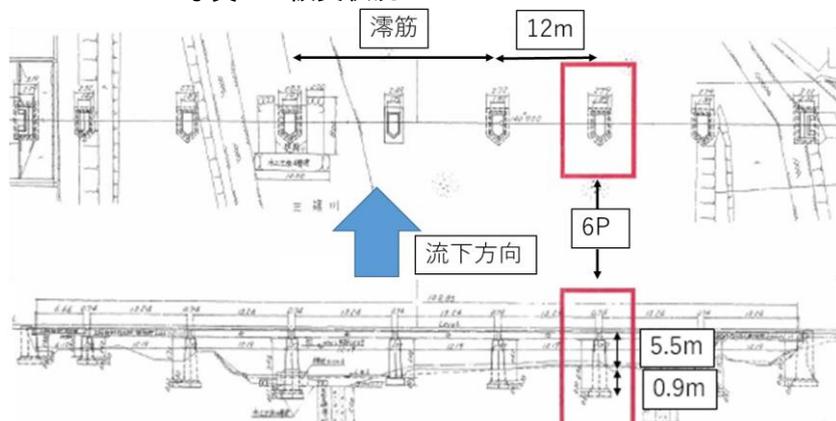


図1 被災橋りょう概要

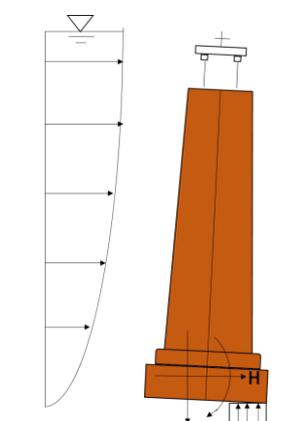


図2 橋脚への作用力

河床からの根入れは0.9mであると想定される(図1)。また、レールの水平変位量が最も大きかった6P橋脚の傾斜量は、軌道変位と橋脚基礎からレールまでの高さより、約1.2度と推定される。目視による点検も実施したが、前後橋脚も含めて桁座および桁と軌道の定着部においても特に損傷はなかったため、橋脚が下流側に傾斜したことで変位が生じたと推測した。

## 2.2 橋脚の傾斜原因の推定

## 2.2.1 目視および測定による検証

当初、橋脚傾斜の原因として洗掘が考えられたが、洗掘では上流側に傾斜するのが一般的であるにもかかわらず下流側に傾斜していたこと、当該6P橋脚周りでは河床根固めとしてコーケンプロックが施工されていたが、被災後に計測した河床高さがこの設置位置(図面上)とほぼ一致したため、橋脚周りの河床低下の可能性が低いこと、以上の2点から洗掘の可能性は低いと考えられた。また当該橋りょうから約100m上流にコンクリート道路橋があり、6P橋脚の直上筋で落橋崩壊しており、6P橋脚および直上の軌道には流下瓦礫が大量に引っかかっていた。

## 2.2.2 作用力の検証

桁の上面まで増水したことは軌道上の流下物から明らかであり、当時の状況(映像等)より流速3m/sと仮定すると直接基礎底面への作用力は、M(転倒モー

キーワード 橋脚傾斜、残存支持力、衝撃振動試験

連絡先 〒732-0067 広島県広島市東区二葉の里3丁目8番21号

西日本旅客鉄道株式会社 広島支社 広島土木技術センター TEL082-261-3422

メント) = 1319(kN・m)、H(水平力) = 219(kN)、N(鉛直力) = 873(kN)となる(図 2)。一方、直接基礎の降伏支持力(鉛直支持力による抵抗モーメント)は、設計標準<sup>1)</sup>により算定すると  $M_y = 840(kN \cdot m)$ となり、先ほどの作用力を下回る結果となる。従って、直接基礎の降伏支持力を上回る作用力が生じ、残留変形(傾斜)が生じたと考える。

3 直接基礎の残存支持力の評価

3. 1 被災後の直接基礎の評価方法

地震時等で残留変形を生じた後でも、早期の運行再開が求められる場合は多い。基礎の残留変形についても、程度によっては残存支持力を評価することで、運転再開を判断する手法<sup>2)</sup>も提案されている。残留変形の発生は支持力破壊ではなく基礎底面の土粒子の移動によるものと推定され、土粒子が再配置されていれば、被災前と同程度の残存支持力が期待できる(図 3)。既往の研究でも、列車荷重レベルでの動的沈下量が十分に小さいことを確認できた場合であれば、定性的には高い残存支持力が期待できるため、基礎を再供用した事例も存在する<sup>3)</sup>。

この基礎の残存支持力(剛性)を衝撃振動試験によって定量的かつ定性的に再評価することとした。

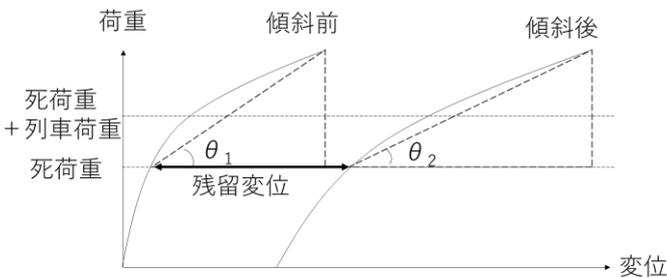


図 3 残存支持力イメージ図

3. 2 衝撃振動試験による直接基礎の評価

橋脚 5P、6P、7P に対して衝撃振動試験を実施し、線路直角方向の固有振動数(1 次モード)を測定した。結果を表 1 に示す。同種の橋脚(標準値)と比較して、固有振動数は 0.68(68%)に低下している。これを傾斜した基礎の被災による低下と考え、直接基礎の残存支持力(基礎の剛性)を考察することとした。

表 1 衝撃振動試験結果

橋脚	基礎条件	橋脚高さ (m)	上部重量 (t)	標準値① (Hz)	測定値② (Hz)	κ 値 ②/①
5P	直接基礎 (砂礫地盤)	5.6	12	17.23	43.15	2.50
6P		6.4	12	15.38	10.52	0.68
7P		6.3	12	15.58	16.72	1.07

$$T(\text{固有周期}) = 1/N(\text{固有振動数}) = 2\sqrt{(W/K)} \dots \dots \dots \textcircled{1}$$

※N は  $\sqrt{K}$  と比例関係

式①より、固有振動数が標準値の 68%まで低下したことから、基礎の剛性は  $\sqrt{(0.68)} = 0.82(82\%)$ 残存していると推定できる。

基礎の降伏による残留変形(傾斜)はあるものの、基礎の残存支持力(剛性)が約 8 割あり、橋脚の安定度は大きく損なわれていないため、試験列車による基礎の沈下量確認を前提に、橋脚は現状のまま、桁位置と軌道の修繕のみで運転再開可能であると判断した。

4. 応急対策と復旧

4. 1 応急対策と確認列車による動的挙動確認

前述のとおり、軌道面で下流側に約 160mm(1.2 度)の変位があることから、上流方へ桁移動を行い、軌道変位を是正する応急工事を行った(写真 2)。工事完了後、試験確認列車を上り、下り方向にそれぞれ 25km/h、45km/h で段階的に速度を上げて走行させ、当該橋脚の動的沈下量がほぼ 0mm であり、動的挙動に異常の無いことが確認できたため、当該区間については被災から約 50 日で開通することができた。



写真 2 応急後軌道状況

4. 2 今後の復旧方針

桁移動工事は早期開通のための応急工事であり、機能回復の観点から 6P 橋脚基礎の補強を行う。

復旧工事の方針としては、フーチングを拡大することで基部の重量を増やすとともに、底面積を拡幅し、橋脚の転倒リスクの低減を図る。

5. おわりに

近年、豪雨災害の激甚化により多くの土木構造物が甚大な被害を受けており、鉄道においても例外ではない。公益性の高い鉄道の災害からの早期復旧は至上命題であり、本研究が今後同様な被害からの復旧の一助となれば幸いである。

<参考文献>

- 1) 鉄道構造物等設計標準・同解説 基礎構造物 H24.1
- 2) 豪雨や地震により被災した旧式橋脚の性能評価に関する研究 鉄道総合技術研究所(2018)
- 3) 洗掘により沈下した直接基礎橋脚に対する鉛直載荷試験及び列車走行試験 第 48 回地盤工学発表会 西岡英俊他(2013)