出水後の中規模水位の継続および河床材料の再堆積が河川橋脚の安定性に及ぼす影響

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 〇中川 文人 東京大学大学院 正会員 渡邉 健治

1. はじめに 河川橋脚の傾斜等の変状は,洗掘が促進される出水時に顕在化すると考えられており,出水を点検実施の 目安として維持管理を行っている.ところが,出水から数日後,水位低下した段階で橋脚が傾斜した事例が稀に存在する. 一方,上流から土砂供給が行われることにより出水で生じた洗掘痕に河床材料が再堆積し,洗掘深(土被り)が回復する ことがある.洗掘深の回復(土被りの増加)は橋脚の安定性向上に寄与すると考えられるが,出水後,再堆積により洗掘 深が回復したと想定される橋脚が水位低下段階において傾斜した事例がある.そこで、出水後の水位低下段階における河 川橋脚の不安定化の進行性と,再堆積が洗掘の進行した橋脚の安定性に及ぼす影響を水理模型実験により検討した.

2. 模型実験の概要 出水後の低水位段階における河川橋脚の不安定化の進行性と,再堆積が洗掘の進行した橋脚の安定 性に及ぼす影響を検討するため,本稿での検証項目は次の通りとする.

・検証項目1:基礎底部支持地盤まで洗掘された橋脚の水位(流量)低下段階における安定性の検証(上流から土砂供給がない状態)
・検証項目2:再堆積による橋脚の固有振動数・地盤反力の回復有無(上流から土砂供給がある状態)



図1 実験装置概要図(左;中型水路、右;大型水路)

水理実験には、東京大学が保有する延長 2.2m, 幅 0.6m, 高さ 0.4m の中型水路(検証項目 1)と, 延長 30.0m, 幅 1.2m, 高さ 0.45mの大 型水路(検証項目 2)を用いた(図 1).流量はポンプによって段階的 に調整が可能であり、本研究の実験条件で最大水深は約 40mm(中型水 路)と 50mm(大型水路)である.模型スケールは 1/30 に設定し、高 さ 7.5mの単線を支持する直接基礎橋脚を想定した.橋脚模型は、高さ 250mm,幅 70mm,長さ 140mm(鉄道総研より提供)の楕円形断面のもの を用いた.地盤材料は実物規模で D₅₀=25mm 程度の河床材料を想定し、

模型実験では珪砂4号(D₅₀=0.72mm)を用いた.水路床勾配や河床模型

表 1 実験条件							
ļ	検証 項目	河床 勾配	河床材料	代表粒径 D50 【mm】	乾燥密度 【g/cm3】	根入れ 深さ 【mm】	実験水路
	検証項目1	1/400	鹿島珪砂 4号	0.72	1.549(Dr=79%)	55	中型水路 L=1.9m W=0.6m H=0.4m
ļ	検証項目2	1/200	鹿島珪砂 4号	0.72	1.575(Dr=90%)	70	大型水路 L=30.0m W=1.2m H=0.45m



図2 計測装置(左:計測機器配置 右:ロードセル)

材料等の実験条件を表1に示す.また、計測機器の配置を図2に示す.橋脚模型底面には4分割のロードセルを取り付け ており,洗掘の進行に伴って変化する地盤反力分布を経時的に計測した¹⁾.

3. 模型実験の概要 模型実験の手順を以下に示す.

(1) 検証項目1の実験手順(中型水路)

ア) 橋脚基礎底部に洗掘深が到達するまで流量を段階的に増加させ,橋脚周辺の洗掘を促進させる.

イ) 橋脚基礎底部に洗掘が達した後,流量を減少させ,その状態で長時間実験を継続する.

イ)の状況における橋脚変位の進行性を確認する.なお、固有振動数の計測は、流量変更後に流水の影響を受けない静水 状態で、橋脚模型の上流側天端を打撃して下流側天端に設置した圧電型加速度計の計測値により評価する.

(2) 検証項目2の実験手順(大型水路)

ウ) 橋脚基礎底部に洗掘深が到達するまで流量を段階的に増加させ,橋脚周辺の洗掘を促進させる.

エ) 橋脚基礎底部に洗掘が達した後,流量を調整(減少)し,再堆積による洗掘深の回復を待つ.

ウ)とエ)における固有振動数,地盤反力の変化を比較し評価する.固有振動数の計測は検証項目1と同様である.

キーワード 橋脚,洗掘,水理模型実験,再堆積,水位低下

連絡先 〒020-0034 岩手県盛岡市盛岡駅前通1番41号 東日本旅客鉄道株式会社盛岡支社 TEL 019-625-4065

4. 模型実験の概要

(1)検証項目1の実験結果 検証項目1の 実験結果を図3に示す.経過時間2,500秒 付近において,上流側の洗掘深が55.0mm(根 入れ長0mm)となり,水平変位が顕著となっ たことから洗掘が橋脚底部まで達したと判 断した.その後,流量を75L/min ずつ段階 的に減少させた.流量減少段階においても 橋脚の水位変位は増加傾向を示し,固有振 動数は低下傾向を傾向を示した.

(2)検証項目2の実験結果 まず再堆積 による橋脚の固有振動数の回復に着目す る.図4に「①基礎底部洗掘前」(洗掘深が 初期根入れ深さ70.0mmに到達する前)およ び,「②基礎底部直下地盤洗掘到達時」(洗掘 深が初期根入れ深さ70.0mmに到達した後),

「③再堆積後」(洗掘深回復後)の固有振動 数を示す.洗掘を促進させた「②」では,固 有振動数は22.7Hz となったが、その後に流 量を減少させ再堆積により洗掘深が回復し た「③」においては,固有振動数は27.7Hz まで上昇した.「①」と「③」を比較すると,

「③」において洗掘深は「①」を上回るまで
回復(土被りの増加)したが,固有振動数は
「①」まで上昇しなかった.

次に、地盤反力の回復有無について、「②」



図5 地盤反カー洗掘深ー固有振動数の経時変化および、地盤反力模式図(検証項目2)

と「③」の状態における地盤反力の変化に着目する.図5に再堆積促進前後の地盤反力,洗掘深,固有振動数の経時変化 と、地盤反力分布の模式図を示す.「②」においては、基礎底部直下の支持地盤が洗掘され始めたことにより地盤反力は 大きく変化し、橋脚基礎底部中央部の地盤反力が集中した.河床材料の再堆積を促進させた後の「③」における洗掘深は、 「②」および,「①」の状態を上回るまで回復(土被りの増加)したが、地盤反力の大きさや分布にほとんど変化が見ら れなかった.すなわち、基礎底部直下地盤まで洗掘された橋脚は、再堆積により洗掘深が回復しても地盤反力分布が橋脚 基礎中央部に集中している状態が継続した.

<u>5. まとめ</u>

- ・洗掘が橋脚基礎底部に達し、水平変位が顕在化した段階においては流量減少後も橋脚の不安定化は進行し得る.(検証 項目1の実験結果)
- ・再堆積による洗掘深の回復(土被りの増加)は、橋脚の固有振動数をある程度上昇させるが、洗掘によって変化が生じた地盤反力はほとんど回復しない.(検証項目2の実験結果)
- 一度基礎底部まで洗掘された橋脚は、仮に再堆積により洗掘深が回復しても地盤反力分布が基礎中央部に集中している

状態が続くため、橋脚は継続して不安定な状態にあると推測される.(検証項目2の実験結果)

謝辞:実験に際して(公財)鉄道総合技術研究所佐名川主任研究員および(株)複合技術研究所飯島部長から技術的助言や機材貸与の支援を受けた。また、装置の一部は(公財)高速道路調査会および(一財)上田記念財団の研究支援により東大に整備した。ここに深謝の意を表する。 参考文献:1)倉上由貴、佐名川太亮、渡邉健治、新名航、仁ノ平直樹:流水に対する橋脚の斜角の有無が洗掘形状や橋脚の安定性に及ぼす影響, 第75回土木学会年次学術講演会,2020