

道路橋基礎周辺の 局所洗掘の評価手法 構築に向けた解析的検討

(研究期間：令和3年度～)

道路構造物研究部 構造・基礎研究室

主任研究官

上原 勇気

室長

西田 秀明

交流研究員

平神 拓真

(キーワード)

道路橋基礎、洗掘、護床工、準三次元流解析



1.

国土を強靱化し、国民のいのちと暮らしをまもる研究

1. はじめに

近年の激甚化・頻発化する豪雨により橋脚が洗掘被災を受け、道路機能が長期にわたり喪失する事態が度々発生している（写真-1）。洗掘に伴う橋への影響は、橋の構造条件のほか、例えば河道が湾曲している等、架橋位置における河川形状等の条件にも左右され则认为られている¹⁾。

一方で、当研究室が過去に実施した水理模型実験では、橋脚自身や、橋脚の設置に伴う河床や護岸の洗掘対策として使用される護床工²⁾の設置形態によって、橋脚周辺の局所洗掘形状等に影響を及ぼすことが明らかとなった。

本稿では、既設橋に対してより効果的に洗掘対策を進めていくためのリスク評価や効果検証手法の確立に向け、準三次元流解析を用いた洗掘の評価方法の適用性について報告するものである。

2. 護床工が橋脚の局所洗掘に与える影響

(1) 解析対象となる既往実験の概要

再現解析の対象となる水理模型実験の実験模型を図-1に示す。この実験模型では、実際の洗掘被災事例を参考に、護床工を橋脚に隣接して配置している。なお、護床工の設置条件による橋脚周辺の洗掘状況を把握する目的から、本実験ケースでは橋脚模型を水路底面に固定し、洗掘の進展に伴う橋脚模型の沈下・傾倒は生じないようにしている。また、実験流量は河川の平時の状況（静的洗掘流量）を想定し5 L/sとしている。

実験結果として通水終了後の河床形状のコンター図を図-2に示す。全体的な傾向として、護床工



写真-1 洗掘により被災した橋脚

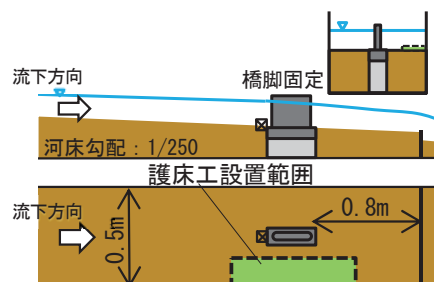


図-1 実験模型の概要

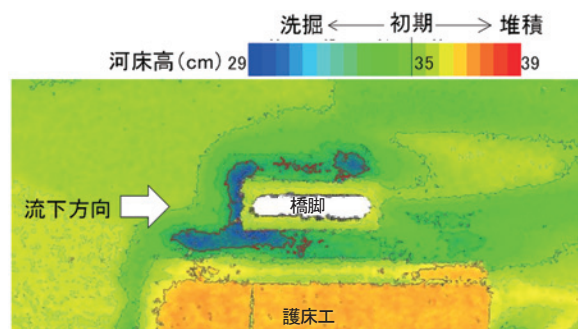


図-2 通水終了後の河床形状

前面から橋脚前面に向かって、水路を斜めに横断するように河床低下範囲が連なっていることが確認できる。中でも橋脚近傍の範囲（前面及び両側面）では、フーチング下端相当（29cm）まで大きく河床低下が生じていた。

(2) 準三次元流解析による再現

橋脚の洗掘深やその範囲を解析的手法により把握するためには、下降流や馬蹄型渦等、三次元的で複雑な橋脚周辺の水理現象（図-3）を再現できる解析モデルが必要となる。しかし、三次元流解析は計算負荷が大きく、広範囲に及ぶ実河川での適用事例が少ない⁴⁾。そのため今回の検討では、将来的な道路管理実務への展開も考慮し、河川管理実務においてよく用いられる平面（縦断・横断）二次元流解析を拡張し、流れの三次元性を考慮する準三次元流解析を用いることとした。

流れの三次元性の評価方法には様々な提案がなされている。今回の検討に際しては、過度方程式や鉛直方向流速方程式を解くことで、縦横断方向流速の鉛直分布（水面と底面での流速の違い）及び鉛直方向の流れ（上昇流、下降流）を考慮できる解析法⁵⁾を用いた。なお比較のため、この解析法のまま鉛直方向の流れを考慮せず、静水圧近似と仮定した場合（河川管理実務における流況解析で適用される一般的な仮定）の解析も併せて実施した。

ここで、橋脚・護床工は障害物セルではなく流体占有率を設定⁶⁾することで表現し、河床変動の表現には、平衡流砂量式等を用いる一般的な平面二次元河床変動解析手法を適用した⁷⁾。

解析結果を図-4に示す。実験結果（図-2）と比較して、橋脚・護床工それぞれ前面側に生じる洗掘深の大きさはやや過大であるものの、護床工前面から橋脚前面方向（斜め方向）の河床低下の傾向や、橋脚近傍の範囲（前面及び両側面）における大きな局所洗掘等、実験結果を概ね再現している結果を得られた。

なお静水圧近似と仮定した場合では、洗掘深や洗掘範囲が実験結果と大きく異なる結果であった。

3. まとめ

平面二次元を拡張し、流れの三次元性を合理的に表現できる非静水圧準三次元流解析により、既往の実験結果を概ね再現することができた。今後は河道形状や橋脚・護床工の配置条件を変化させた場合の

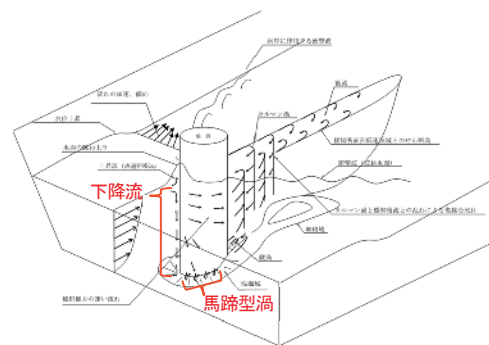


図-3 橋脚により生じる水理現象⁴⁾に加筆

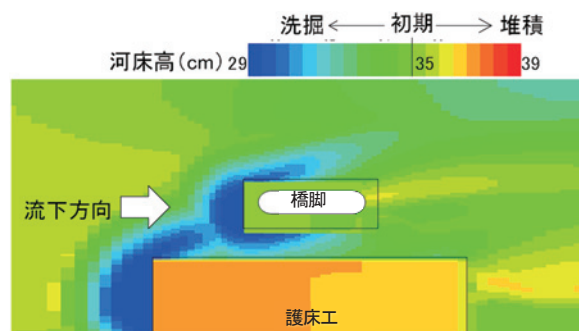


図-4 河床変動解析による再現結果

適用性検証を行い、洗掘被災リスクが高い道路橋の条件の明確化や、洗掘メカニズム等の解明を行うとともに、道路管理者が解析的手法により洗掘対策を行う上での参考となる知見等を取りまとめる予定である。

参考文献

- 1) 国総研資料 No. 1202
- 2) （一財）国土技術研究センター：改定 解説・河川管理施設等構造令、2000
- 3) （一財）国土技術研究センター：河川を横過する橋梁に関する計画の手引き（案）、2009
- 4) （公財）リバーフロント研究所：多自然川づくりの高度化を目指した河道の3次元設計ツール導入手引き（素案）、2023
- 5) 内田龍彦、福岡捷二：底面流速解法による連続する水没水制群を有する流れと河床変動の解析、2010
- 6) 内田龍彦、河原能久：二次元浅水流の保存型CIP陽解法の開発とその検証、2006
- 7) 国土交通省水管理保全局、河川砂防技術基準、調査編、第6章、2014