

河川の水位履歴が局所洗掘の進展に与える解析的検討

香川大学大学院工学研究科 賛助会員 ○加藤聖 正会員 角野拓真
香川大学創造工学部 賛助会員 高橋良輔 正会員 岡崎慎一郎
正会員 梶谷義雄 正会員 石塚正秀

1. はじめに

近年激甚化する豪雨災害の一つとして、橋脚周りの局所洗掘による災害が日本各地で頻発している(例えば¹⁾。このような災害は、交通ネットワークに障害をもたらし、日常生活に多くの影響を与えることとなる。

既往の研究の多くは、一定通水位条件下による方法で検討されている場合が一般的であり、河川水位の上昇や下降の繰り返しによる、河川の水位履歴に着目した研究事例は少ない。そこで本研究では、水位履歴が局所洗掘に与える影響の把握を目的に数値解析による検討を行った。

2. 解析概要

本研究では、iRIC NaysCUBE ver3.43.60 を解析ソルバーとして用いた。また、解析に用いる計算条件は、Kadono らの実験結果²⁾を再現する値を設定することとした。具体的には、検証例題とした通水実験の局所洗掘深さ、および局所洗掘範囲を再現する河床変動係数および限界掃流力の係数を設定することとした。

Kadono らの通水実験²⁾は、開水路の途中に幅 500 mm×延長 500 mm ×深さ 180 mm の土層を設け、土層の中心に供試体を配置し、通水することで行われた。供試体は短辺 76.3 mm×長辺 136.3 mm×高さ 198.8 mm の矩形形状とし、モルタルで作製している。通水実験は土層表面まで静かに水を注水し、通水流量は概ね 0.003 m³/s で供給し、下流方の堰を操作することで通水位を調整している。図-1 に Kadono らが行った実験²⁾の局所洗掘性状と地盤高の計測結果を示す。図-1 (b) に示す実験結果を再現する河床変動係数および限界掃流力の係数を設定した。

解析モデルを図-2 に示す。数値解析の範囲は、Kadono らの実験の開水路の内、図-2 (b) に示す赤枠内の範囲とし、計算格子は 0.005m とした。解析範囲は橋脚の中心から上流方の部分とし、土層部分は洗掘セル、供試体部分は非越流構造物とし、その寸法は 0.035 m×0.065 m に設定した。境界条件は上流方を背にして左岸をスリップ条件、右岸を対称境界条件とした。数値解析では、Kadono らの実験と同様の通水条件とするために、通水開始から 60 秒までは流量 0.0006 m³/s、水位 0.0181 m で通水し、60 秒後以降は 180 秒かけて通水流量 0 m³/s、通水位 0 m になるように設定した。河床変動係数を 1.0、限界掃流力の係数を 1.5 とした解析結果を図-3 に示す。これより図-3 は、図-1 (b) に示す局所洗掘深さと局所洗掘範囲を概ね再現できていると考え、河床変動係数を 1.0、限界掃流力の係数を 1.5 に設定し、水位履歴を考慮した解析を行った。

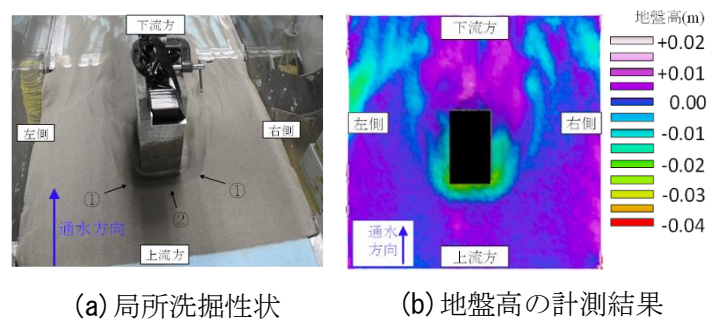


図-1 検証例題の実験結果²⁾

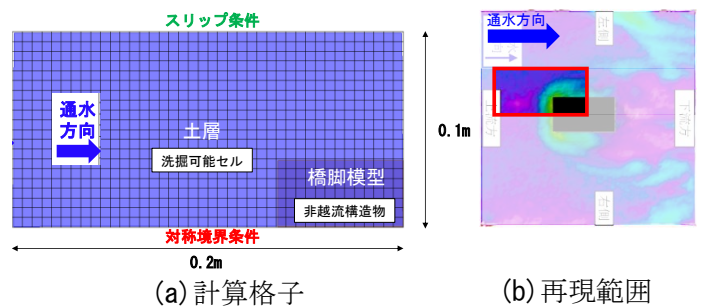


図-2 解析モデル (検証例題)

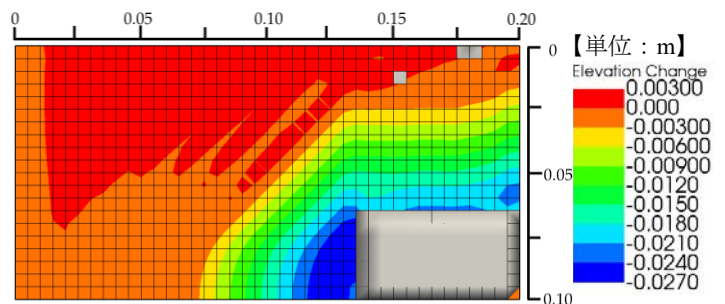


図-3 解析結果 (検証例題)

3. 水位履歴を考慮した解析概要

解析モデルは図-2 に示す数値解析の範囲と同様とし、橋脚形状は半径 0.03mの円形とした。表-1 に解析ケースを示す。Case1 から Case2 では一定水位で通水を行い、Case3 から Case5 では水位の上昇と下降を繰り返すこととし、その繰り返し回数 N を変動させた。

4. 解析結果

図-4 から図-8 に解析結果を示す。解析結果は、通水開始から 240 秒後の初期河床高からの河床変動量を示した。初期河床高よりも高い場合を正、低い場合を負として表示した。なお、図中には各ケースの最大局所洗掘深さと橋脚の上流方の局所洗掘延長を併記している。ここで、局所洗掘深さは、図中において河床変動量が負側の部分であり、局所洗掘延長は、最大局所洗掘深さから初期河床高までの水平距離である。解析結果から、水位の上昇と下降を繰り返すことにより、一定水位のケースと比較して、局所洗掘深さおよび局所洗掘延長が増加することが分かる。また、図-6 から図-8 の解析結果に着目すると、水位の上昇と下降の繰り返し回数が増加することにより、橋脚上流方の局所洗掘延長が増加することが分かる。これは、著者らが実施した通水実験³⁾で得られた結果と同様の傾向であった。

5. まとめ

本研究では、河川の水位履歴が橋脚周りの局所洗掘性状に与える影響を把握することを目的に、水位履歴を考慮した三次元の数値解析を行った。その結果、水位の上昇と下降の繰り返し作用の影響を受けることにより、橋脚上流方の局所洗掘延長が増加する傾向になることが分かった。

謝辞

本研究は、内閣府・戦略的イノベーション創造プログラム「防災・減災機能強化」(代表・金田義行)により実施された。ここに記して、謝意を表します。

参考文献

- 1)角野拓真, 菊地佳誉, 入江光広: 洗掘により橋脚が傾斜した橋りょうの復旧計画と評価, 土木学会四国支部令和元年度自然災害フォーラム論文集, pp.19-24, 2019.
- 2) T. Kadono, S. Okazaki, Y. Kabeyama, T. Matsui : Effect of Angle between Pier and Center of River Flow in Local Scouring around the Bridge Pier, Water, Vol.12, No.11, 3192, 2020.
- 3) T. Kadono, S. Kato, S. Okazaki, T. Matsui, Y. Kajitani, M. Ishizuka, H. Yoshida : Effects of Dynamical Change in Water Level on Local Scouring around Bridge Piers Based on In-Situ Experiments, Water, Vol.13, No.21, 2021.

表-1 解析ケース一覧

Case	通水位 h (m)	繰り返し回数 N (回)
Case1	0.01	-
Case2	0.03	-
Case3	0.01 \leftrightarrow 0.03	1
Case4	0.01 \leftrightarrow 0.03	5
Case5	0.01 \leftrightarrow 0.03	10

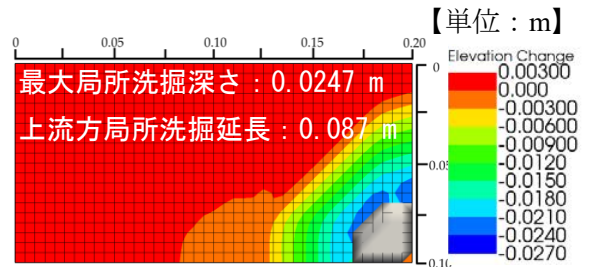


図-4 Case1($h=0.01$ m 一定)

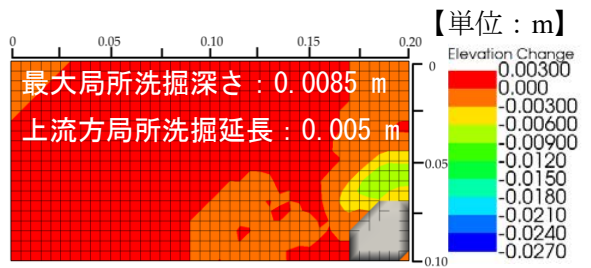


図-5 Case2 ($h=0.03$ m 一定)

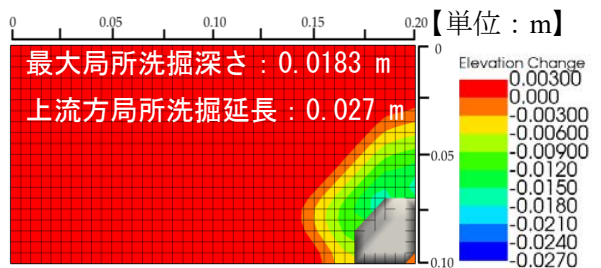


図-6 Case3($h=0.01\leftrightarrow 0.03$ m, $N=1$)

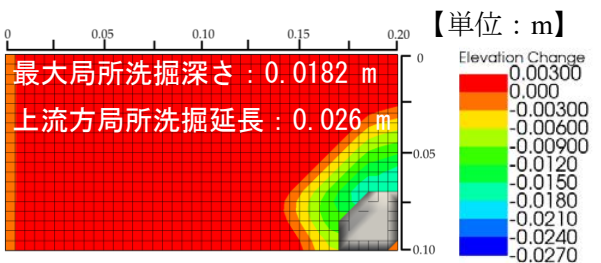


図-7 Case4($h=0.001\leftrightarrow 0.03$ m, $N=5$)

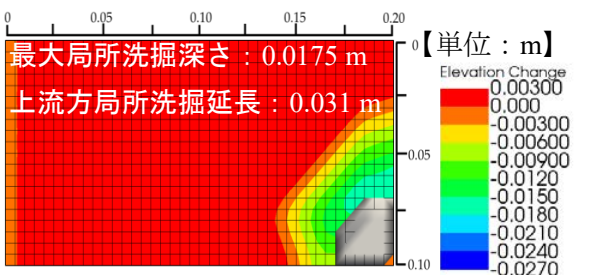


図-8 Case5($h=0.01\leftrightarrow 0.03$ m, $N=10$)