

非定常流量下における橋脚周りの河床変動の動的特性に関する 実験と数値シミュレーション

Temporal change of erosion depth around bridge piers during flood

北海道大学 工学部環境社会学科 ○学生員 村上遼(Ryo Murakami)
北海道大学 大学院工学研究院 准教授 正会員 木村一郎(Ichiro Kimura)
北海道大学 大学院工学研究院 教授 フェロー 清水康行(Yasuyuki Shimizu)

1. はじめに

河川には多くの橋梁が架かり、人々の生活を支えている。そのため橋梁の設計に関しては大雨などによる洪水に対する非常に高い安全性が求められる。

一般に、洪水が発生する際に橋脚の周囲で洗掘が発生していることが知られている。洗掘とは図1のように渦流となった水流が橋脚周りの土砂を削る現象であり、主な原因として馬蹄渦やカルマン渦が考えられている。洗掘が深くなると橋脚の安全性が脅かされる。よって、洗掘深さを把握することは橋梁設計において重要な項目である。しかしながら実際の橋梁において洪水の最中にどのような河床変動が起き、どれほど洗掘しているかを把握することは困難であり、洗掘深さを調べる方法はいくつか確立されているものの洪水発生中の複雑な河床の動的特性を把握するには至っていない。

そこで本研究では、河床変動の動的特性について数値解析を用いて検討することで、非定常流下における河床変動の動的特性に着目する。

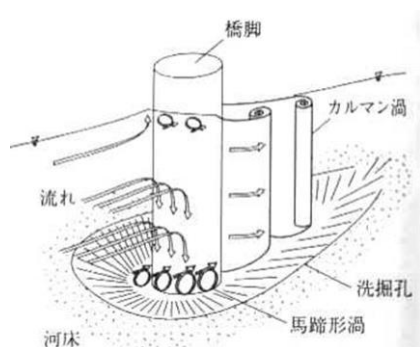


図-1 橋脚周りの洗掘の様子²⁾

2. 数値解析法

本研究での数値解析モデルは、iRIC, Nays2DH 1.0 を使用した³⁾。本モデルを用い、最大流量および流量変化が洗掘にどのような影響を及ぼすのか検討する。

2.1 共通条件

対象とする水路は、全長 5.0m, 全幅 0.2m, 勾配 0.001 の設定した。マンニングの粗度係数は 0.02, 河床砂の粒径は 0.034mm とした。

計算格子は 1 格子あたり 1cm×1cm の正方形とし、水路の中央部に 1 辺 4cm の正方形の非越流構造物を設置した。図2は構造物周辺の平面図であり、観測点は構造物

の中心点から下流側に 3cm 右岸側に 3cm の位置とした。



図-2 観測点の平面図

2.2 流量設定

今回、大きく分けて 2 種類の解析を行う。

まず、1 つ目は流量変化に伴う洗掘への影響に着目する。こちらを Case1 とする。水路に流量一定で流れを与えた場合を Case1-1, 流量を変化させた場合を Case1-2 とし、結果を比較することで考察する。図3はハイドログラフである。流量 0.01m³/s からスタートし、Case1-2 は開始から 20 秒後に流量を減少させ、100 秒地点で 0.001m³/s となるよう線形に減少させた。

2 つ目の解析は、水路に流す最大流量の違いおよび流量減少勾配を変えることによる洗掘に及ぼす影響について着目する。こちらを Case2 とする。最大流量およびその後の流速減少勾配の違いに着目するため、表1に示す 4 ケースを行った。図4は Case2 のハイドログラフを示している。これらを比較することにより、最大流量およびその減少速度と洗掘の関係性を検討する。

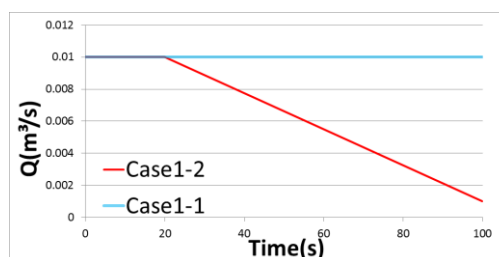


図-3 Case1 : ハイドログラフ

表-1 Case2 : 流量設定

	最大流量(m ³ /s)	最小流量(m ³ /s)
Case2-1	0.01	0.001
Case2-2	0.015	0.006
Case2-3	0.02	0.011

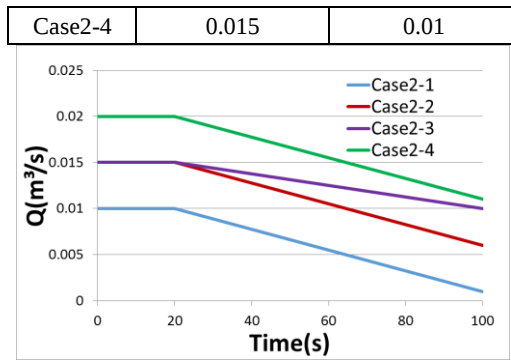


図-4 Case2 : ハイドログラフ

3. 計算結果および考察

3.1 Case1 : 流量変化に伴う河床変動

図5は図3のハイドログラフ時における河床変動量を示している。縦軸が河床変動量を示している。この図より、流量一定ではほとんど河床変動をしないが、流量を減少させることで洗掘が発生していることが確認された。図5内のCase1-2に着目すると、最終的な100秒地点での洗掘深さが約7cmで安定しているものの、34秒地点で最大洗掘深さ約10cmを記録している。この結果より、34秒までは洗掘が行われたが、それ以降に埋め戻しが発生したと考えられる。埋め戻しの発生した理由として、洗掘作用により生じた河床の穴により新たな流れの渦ができ、付近の砂を集めてしまうのではないかと考えられる。この点について今後検討する必要がある。

図6はCase1-2におけるハイドログラフと河床変動量を示した図である。左縦軸が河床変動量、右縦軸が流量を示している。この図より、流量変化の始まる20秒付近において洗掘も始まることが確認できる。

これらの結果より、洗掘が発生する条件には流量変化が関係していることがわかり、特に流量変化が開始する時に洗掘量も大きくなるという動的特性を持っていることがわかった。

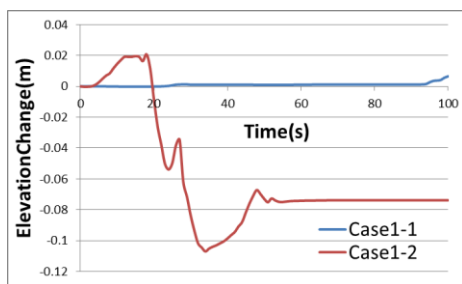


図-5 Case1 : 河床変動量

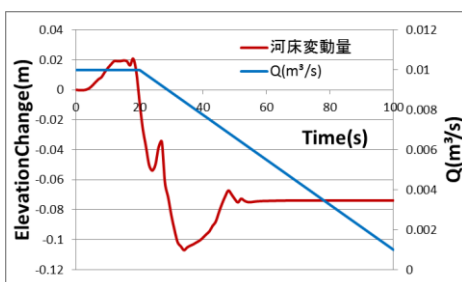


図-6 河床変動とハイドログラフの対応図

3.2 Case2 : 最大流量、流量減少勾配に伴う河床変動

図7はCase2-1,2-2,2-3の河床変動量を示している。この図より、流量増加と洗掘量に相関関係が見られないものの、掘れ方に特徴が見られた。流量が大きいほど河床変動の乱れが少ないことがわかった。これは流量が大きくなることで水深も大きくなり、河床の凹凸に対する流れ場の応答が相対的に小さくなったためと考えられる。

図8はCase2-2,2-4の河床変動量を示している。この図より、スタートの流量が同じでも、流量が減っていく速度が早い場合、洗掘量も比例して多くなることが確認できる。このように洗掘には流量変化勾配が大きく影響することが再度確認された。

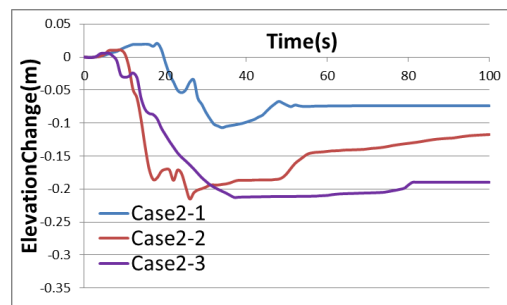


図-7 Case2-1,2-2,2-3 : 河床変動量

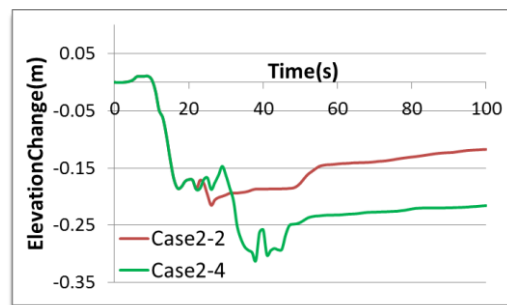


図-8 Case2-2,2-4 : 河床変動量

4. 結論

本研究では非定常流下における橋脚周りの河床変動の動的特性について、最大流量や流量変化勾配を変化させ、数値解析による計算結果の比較により考察した。その結論と課題を以下にまとめる。

- 1) 洗掘には流量変化が必要であることが確認された。
- 2) 河床変動を考慮する際流れの剥離を考慮する必要があるため、3次元でのより細かい条件をもとにした河床変動の計算結果と比較する必要があると考えられる。
- 3) 流量減少勾配が洗掘量に大きく影響することが確認され、今後検討していく必要がある。

参考文献

- 1) http://www.jice.or.jp/cms/kokudo/pdf/reports/autonomy/river/autonomy_kasen_02.pdf
- 2) <http://homepage3.nifty.com/duke-box/info19.htm>
- 3) Homepage of iRIC Project Changing River Science, <http://i-ric.org/ja/> 2016.