

円柱橋脚周辺の洗掘地形のステレオ画像計測実験

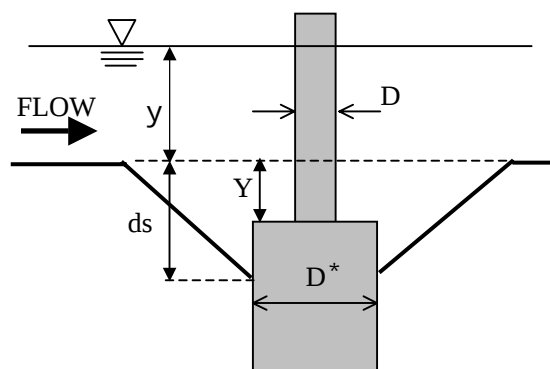
金沢大学大学院 ○山崎達夫 金沢大学工学部 高田亮平
金沢大学理工研究域 正会員 榎田真也 フェロー 石田 啓

1. はじめに

河床低下や橋脚周辺の局所洗掘による橋脚の沈下, 傾斜および変形, 転倒などの被害例が少なくない. 橋脚周辺の局所洗掘については従来から数多くの実験的・数値解析的研究が行なわれている. それらの研究の大部分は一樣な直径の円柱を対象としているが, 実際の多くの河川橋脚は複雑な形状をしているため, 径が一樣でない橋脚の洗掘深の発達過程を捉えることは非常に重要である. Melville and Raudkivi¹⁾や Jau ら²⁾は非一樣径円柱周辺の洗掘に関する実験的研究を行っている. それらの結果から, 小口径に接続した大口径の影響で, 円柱前方で生じる馬蹄形渦による砂の巻上げが減少し, 一樣円柱と比較すると洗掘の進行が遅れるため, 一樣円柱ほど深掘れしないという特性が示されている. しかし, それらの研究では, 洗掘深の時間変化を捉えるのみで, 洗掘メカニズムを解明するには至っておらず, また詳細な洗掘地形の時間変化までは不明である. そこで, 本研究では, 洗掘の変化過程を詳細にとらえるためにステレオ画像計測法を導入し, 非一樣径円柱周辺の河床変動過程を詳細に計測し, 流況と地形変化の関係について調べた.

2. 実験概要

実験は, 長さ 12m, 幅 0.4m, 深さ 0.4m の循環式可変勾配開水路実験装置を用いた. 水路内に中央粒径 0.17mm の砂を敷きつめて円柱模型を設置し, 各種水理量の計測および直径 D^* の橋脚基礎部河床地形のステレオ画像計測, さらに洗掘深の時間変化をビデオ測定した. 図 1 は実験で用いる橋脚模型の寸法を示す. 埋め込み深さの違いが洗掘地形に及ぼす影響を調べる. 河床地形の計測にはステレオ画像計測法を用いる. ステレオ画像から複雑な 3 次元地形を正確に短時間で計測することができるため, 円柱周辺の洗掘・堆積を含めた複雑な河床地形の発達過程を詳細に解析することが可能となる. その原理は, 2 枚以上の画像からそれぞれの画像の同一対応点を求めることにより 3 次元座標を算出するステレオ法を基本とする. 手順は, 図 2 に示すように, 円柱を囲む (0.6m × 0.4m) 範囲に基準のための標定点を設置し, 4 方向から撮影を行い, 写真(a)-(b), (b)-(c), (c)-(d), (d)-(a)の 4 組のステレオペアを作成する. 各ステレオ画像に対し, その標定点を基準として撮影した画像の位置と傾きを求める処理を行い, カメラパラメータを求める. 次に, オルソ画像画面に修正して, 同一点を求めるために相関解析を行い, 座標変換等を行うことで砂面地形を得ることができる.



y : 水深, Y : 埋め込み深さ(下向きを正)
 ds : 洗掘深, D : 小口径円柱, D^* : 大口径円柱

図 1 大口径基礎に接続した円柱橋脚モデルの諸元

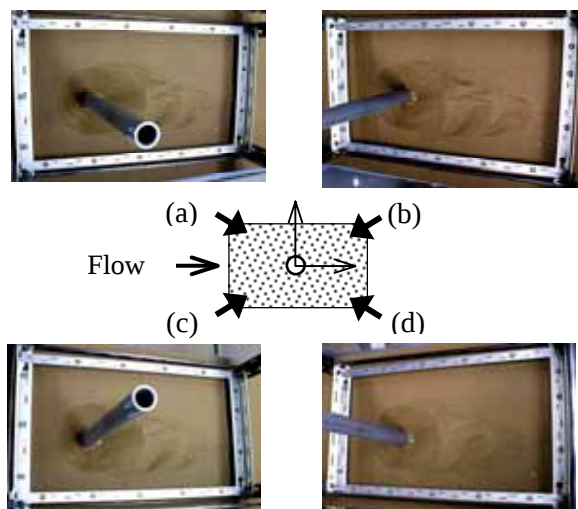


図 2 円柱周りの砂面地形のステレオ画像

3. 実験結果および考察

図3は洗掘深 S の時間変化を示したものである。初期では小口径を大口径に接続したもの ($D/D^* = 0.6$) は、一様円柱 ($D/D^* = 0$) と同様な洗掘速度を示すが、洗掘深が埋め込み深さに達すると洗掘が一時的に停滞し、しばらく時間が経過すると、徐々に大口径円柱周辺で洗掘が進行することが分かる。10 時間の通水の結果を示したが、両円柱共に洗掘はゆっくりであるがまだ進行している。洗掘深の時間発達過程を議論する上で、平衡洗掘深 d_{se} や平衡洗掘時間 t_e を定義する必要があるが、Melville ら^{1),3)}によれば、 d_{se} は24時間で円柱径の0.05倍以下の洗掘速度に低下した状態を平衡時間 t_e とする。今回の結果は洗掘の経過過程であるので、さらに平衡状態に至るまでの洗掘実験を行う必要がある。

図4は、10時間通水した時の円柱周辺の砂面の等高線図を示したものである。(a)と(b)を比較すると、洗掘形状や堆積域は同様な形状・位置を示している。しかしながら、二段階円柱の場合は比較的洗掘孔範囲が小さく、円柱後方部分(赤○の範囲)で洗掘面積が広い。また一様円柱ほど洗掘していないにもかかわらず、堆積域の高さは二段円柱の方が高くなることがわかった。円柱後方の洗掘孔の斜面勾配は(a)と(b)で等しい。二段円柱の場合、円柱前方の浸食が停滞している間も、円柱後方では後流渦の影響で洗掘が徐々に進行する。

4. まとめ

ステレオ画像計測法により、直立円柱周辺の詳細な洗掘地形を計測することができ、また流況と地形変化の関係を調べることができた。一様円柱の場合と比較すると、二段円柱の洗掘の進行が緩やかになる傾向があることがわかった。

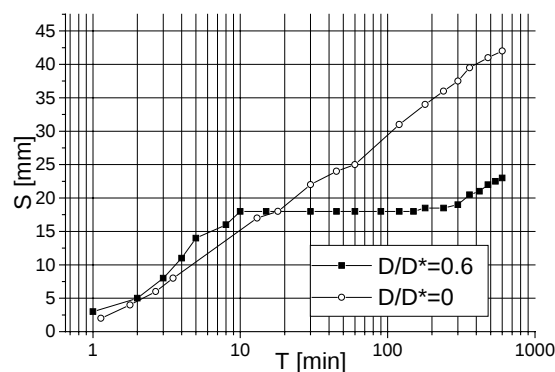
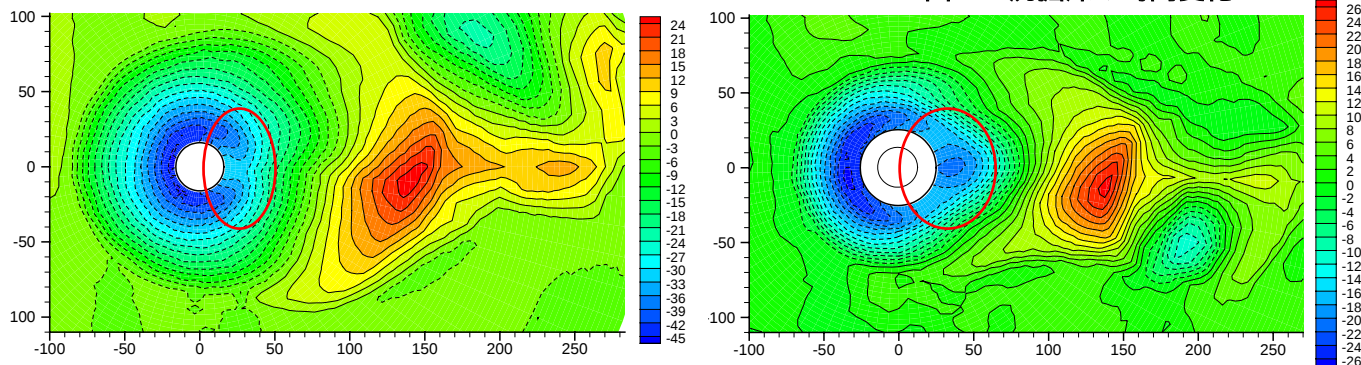


図3 洗掘深の時間変化



(a)一様径円柱周辺の洗掘地形 ($D/D^* = 0$) (b)二段円柱周辺の洗掘地形 ($D/D^* = 0.6$)

図4 円柱周辺の洗掘地形の比較 (洗掘開始10時間後)

参考文献

- 1) Melville.B.W and Raudkivi.A.J, :Effects of foundation geometry on bridge pier scour, J Hydraul.Eng , ASCE, vol.122, No.4, pp.203-209, 1996
- 2) Jau Y.L.U, Jian H.H, Jun J.L and Zhong Z.S, :Temporal variation of scour depth at nonuniform cylindrical pier with unexposed foundation., Proc. of 4th Int Conf on Scour and Erosion, pp.174-179,
- 3) 2008Melville.B.W and Yee-Meng C, :Time scale for local scour at bridge piers, J Hydraulic Engineering , ASCE, vol.125, No.1, pp.59-65, 1999