

開水路内に設置された円柱列による洗掘実験に関する研究

山口大学工学部 正 ○河元 信幸 山口大学工学部 正 朝位 孝二
宇佐市役所 今川 崇 戸畑タ・レット(株) 松本 大毅

1. 緒論

従来から単円柱をモデルとした橋脚周辺部における流れの局所的変化によって起きる河床変動現象については、洗掘軽減という観点から様々な研究が行われている。単円柱をモデルとした橋脚周辺の洗掘現象に関する研究、流体中に置かれた単円柱周辺の流れに関する研究については、これまでに様々な研究が行われており、その機構はほぼ解明されている。しかし、円柱列をモデルとしたその周辺部における洗掘現象について実験、研究した例は少ない。物体周辺部に発生する洗掘現象の機構を解明することは、今後の河川改修において、河川環境を改善することはもとより、その維持・管理においても重要な意味を持つと考えられる。

本研究は、主流に対して直列および並列に設置された円柱列について、その周辺部の河床面の変化を測定し、得られた結果から、円柱配列による特性と単円柱と比較した洗掘量の関係について検討を行ったものである。

2. 実験装置・実験条件・実験方法

実験は、幅 60cm、長さ 600cm 深さ 20cm のアクリル製開水路で行い、水路床には一様粒径の砂を敷き詰めた。また、水路勾配は河川中流部を想定し 1/1000 とした。なお、等流に近い流れでの実験を行うため、下流端に設けた可動堰で水位の調整を行った。実験条件を表-1 に示す。

実験条件で算出される摩擦速度に対する限界摩擦速度の比は 0.8 以下となり、本実験は静的に行われている。実験に用いた円柱は 4cm のものを使用し、単円柱、主流に対して直列配列、および並列配列の 3 種類で行

った。また、直列配列の円柱間隔は五十嵐¹⁾の直列 2 円柱周りの流れに関する研究をもとに 1.0, 2.0, 3.0, 5.0 の 4 種類、並列配列の円柱間隔は、側壁の影響を考慮し 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 の 4 種類とした。洗掘形状の測定を行う経過時間は、10, 20, 30, 60, 240, 480 (min) とした。洗掘形状の測定は、測定中により洗掘形状が変化しないように流れを止め、測定により洗掘形状が壊れないように排水した条件で行った。なお、各経過時間ごとに排水して洗掘形状の測定を行うことから、実験を時間的に連続して行うことができないため、各経過時間の測定は独立して行った。また、各経過時間における洗掘形状の測定は、流下方向に対して、縦断および横断方向ともに 1cm 間隔で行った。

3. 結果と考察

ふたつの円柱を流れに対して直列に任意の間隔で配置し、その円柱間隔が円柱周りの洗掘現象に与える影響について考察する。ここで、流れの上流側に置かれた円柱を「副円柱」、下流側に置かれた円柱を「主円柱」と称する。

各円柱間隔 (L/D) による洗掘現象の発達の変化を測定すると、 $L/D=1.0, 2.0$ では単円柱とは違った洗掘現象の発達を示した。また、 $L/D=3.0, 5.0$ では副円柱周りの洗掘現象の発達が単円柱と似ているのことが確認できた。(図 3-1 に一例を示す。コンタ・図は 0.5cm 間隔)

また、図 3-2 に時間経過により洗掘現象によって生じる洗掘量の変化を示す。縦軸は、直列 2 円柱での洗掘量 ($V_{s,D}$) を単円柱時の洗掘量 ($V_{s,S}$) で、横軸は時間 (T) を流速 (U) と円柱直径 (D) でそれぞれ無次元表示した。

流れの中にふたつの円柱を配置したとき、双方の円柱がお互いに影響を及ぼさなければ、その洗掘量は単円柱の 2 倍になると考えられる。本実験では、ほとんどの描点が洗掘量 ($V_{s,D}/V_{s,S}$) が 1~2 の範囲に収まっていることから、ふたつの円柱を $L/D < 5$ の範囲で直列に配置したときの洗掘量は、単円柱の 2 倍以下になると推測される。これは、ふたつの円柱を直列に配置した場合、単円柱と比較して流れの上流に置かれた副円柱周りの洗掘規模は発達するが、下流に置かれた主円柱周りの洗掘規模は、単円柱に比して小さくなるためと考えられる。

キ - ワ - ド : 局所洗掘, 直列円柱, 並列円柱, 洗掘量

連 絡 先 : 〒755-8611 宇部市常盤台 2-16-1 Tel 0836-22-9723 Fax 0836-35-9429

表-1 実験条件

	表記	単位	値
河床勾配	i		1/1000
砂粒径	d	mm	1.19 ~ 1.68
円柱径	D	cm	4.0
流量	Q	cm ³ /s	5800
水深	h	cm	6.0
限界摩擦速度	U_{*c}	cm/s	2.95
摩擦速度	U_*	cm/s	2.21

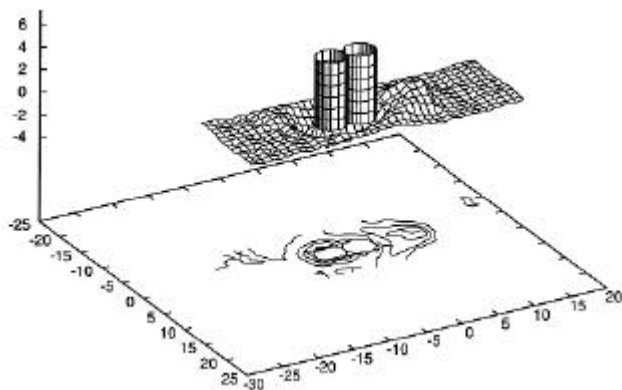


図 3-1 直列円柱実験での鳥瞰図とコンタ - 図の一例
(円柱間隔=1.0 時間=480min コンタ - 間隔=0.5cm)

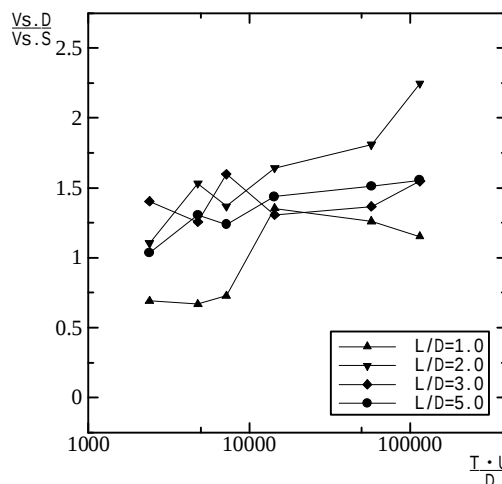


図 3-2 洗掘量比と経過時間の関係 (直列配置)

次にふたつの円柱を流れに対して並列に配置し、その円柱間隔が円柱周りの洗掘現象に与える影響について考察する。図 3-3 に実験結果の一例を示す。その結果、並列に設置した場合、単円柱と比較して円柱周りの洗掘現象の発達が早く、洗掘規模が大きいことが分かる。また、円柱間隔 (B/D) が 1.0 では、実験種類中、最大規模の洗掘現象の発達を見せた。これは、単円柱、直列 2 円柱に比べ主流が直接当たる面積が大きく、洗掘を誘起させる襟巻渦による洗掘の効果が増大し、洗掘現象の発達が促進されたためと考えられる。また、円柱間隔が開くに従い、空間ができたことにより、円柱間を抜ける流れが生じて襟巻渦を起こすエネルギーが減少したのではないかと推察される。図 3-4 に、時間経過により洗掘現象により生じる洗掘量の変化を示す。図 3-4 から、最大値、最小値を示す描点は $Vs.D / Vs.S = 11, 4$ である。これはふたつの円柱を流れに対して並列に配置されることにより、洗掘現象が単円柱の洗掘現象より最大で 11 倍、少なくとも 4 倍で行われていることを示している。また、 $B/D=1.0$ のケースで最も洗掘量が多いことが確認できた。円柱間隔が開くにしたが、洗掘量が減り、その規模は小さくなる。

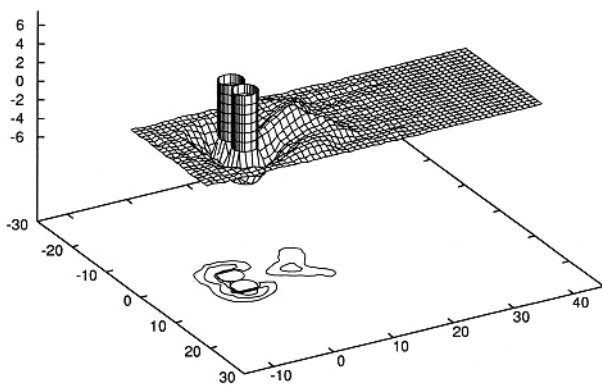


図 3-3 並列円柱実験での鳥瞰図とコンタ - 図の一例
(円柱間隔=1.0 時間=480min コンタ - 間隔=1.0cm)

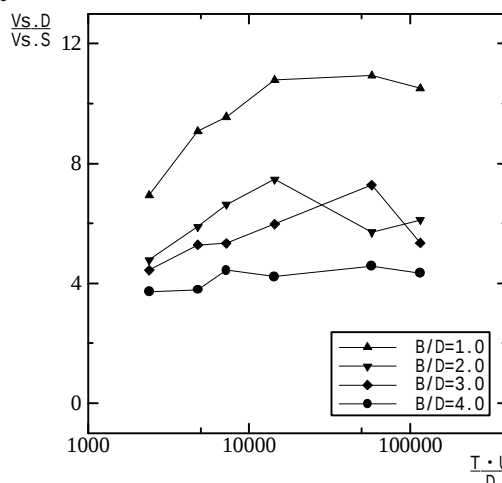


図 3-4 洗掘量比と経過時間の関係 (並列配置)

4. 結論

本研究で円柱配列と洗掘量の影響について得られた結果は以下の通りである。

円柱を直列に配置した場合、洗掘量が単円柱の 2 倍以下になっていることから、ふたつの円柱を $L/D > 5.0$ の間隔で配置すれば洗掘現象の軽減効果があると考えられる。ただし、 $L/D=2.0$ では、経過時間 480min で単円柱の 2 倍程度の洗掘量があるので、効果は低いと考えられる。

円柱を並列に配置する場合には、 $B/D < 3.0$ で、ふたつの円柱同士の影響が弱まることから、 $B/D > 3.0$ で配置することで洗掘現象の軽減効果があると考えられる。

また、円柱を並列に配置したとき、洗掘量が単円柱の 4 倍以上になっていることから、円柱を並列に配置すると洗掘効果が大きいと考えられる。このような設置条件では、過剰に洗掘が発達することが予測されるため注意が必要であると考えられる。

[参考文献] 1)五十嵐：機論 46 巻 406 号,pp.1026 - 1036,(1980)