杭群周辺の河床変動に及ぼす杭群密度および配置方法の影響

名古屋工業大学	学生会員	○伊藤瑞基
名古屋工業大学	フェロー会員	冨永晃宏

1. <u>はじめ</u>に

水制は河川の流速を弱め,流れの方向を変えるこ とにより川岸や堤防の保護のために利用されてきた. 水制のなかでも透過水制は局所洗掘の抑制,長距 離にわたる低速域の維持が期待される.しかし透過 水制における具体的な最大洗掘深の予測式は明らか にされていない.そこで本研究では,杭群の密度お よび配置方法が,周辺の河床変動に及ぼす影響につ いて模型実験を行い検討した.

2. <u>実験条件</u>

実験は、掃流砂を対象とした静的洗掘条件で行った.実験水路は、長さ12m、幅0.6m、勾配I=1/1000の勾配可変水路を用いた.水路は上流から6~8mの深さ150mmの段落ち部に平均粒径0.417mmの5号砂を前後の河床面まで敷き詰め、移動床部分とした.水理条件は表-1に示す.杭群模型は長さ、幅ともに水路全幅の1/4にあたる150mmとし、直径D=10mm円柱を水路縦断、横断方向それぞれで杭の本数n_x、

 n_y を設定し,等間隔に並べた. 杭群高さは 250mm と し非越流下で実験を行った. 杭群は水路上流端から 6.35m の右岸側に 1 つ設置した. ただし, 図-2 に示 してある杭群模型の構造上,壁面から 5mm だけ離れ ている. グラフの原点は杭群前面の壁面と設定した. ケース名は,先頭の数字は水路横断方向の杭の本数 n_y , 2 番目の数字は水路縦断方向の杭の本数 n_x であ り,偶数列の杭を奇数列の杭と杭の中央に置く千鳥 配置には S,整列配置には L をケース名の末尾に付 けた. また,不透過水制を用いて行ったケース名は full とした. 今回用いる密度 λ は次式で定義する.

$$\lambda = \pi D^2 / S_x S_y \tag{1}$$

ここで、S_iは I 軸における杭の中心間の距離である.

実験は杭群周辺の河床変動が平衡状態になるまで (18 時間程度) 定常流量通水後,河床形状はレーザー 距離計で計測し,杭群周辺の流速は 2 成分電磁流速 計を用い,サンプリング周波数 100Hz で 4096 個のデ ータを取得して解析を行った.水深はポイントゲー ジを用いて,一定になるようにした.ただし,不透過 のケースは杭群前方の土砂がすべて洗掘されたため, その時点(8 時間程度)で通水終了した.測定範囲は, x=-30~75cm, y=0~45cm とした.

表-1 水理条件

流量	水深	水路幅	平均流速	フルード数	水路勾配	限界摩擦速度 $u_{*c}(\text{cm/s})$
Q (L/s)	h(cm)	B (cm)	U _m (cm/s)	Fr	I	
8.0	5.0	60	26.7	0.38	1/1000	1.68

表-2 実験ケース



3. <u>実験結果</u>

図-3 に通水後の各ケースの河床コンター,図-4 に 杭群の中心,杭群後方の洗掘の中心を通る河床高さ の縦断図(y=8.0, 22.5cm),図-5 に河床高さの横断図 (x=-0.5cm)を示す.今回の実験では,水路縦断方向の 杭の本数n_x,横断方向の杭の本数n_y,配置形態(整列 配置または千鳥配置),の3項目を変化させて行った. (1)水路縦断方向の杭の本数(n_x)の影響

図-3(a)(b)に水路縦断方向の杭の本数が異なるケ ースの河床コンターを示す. 杭群内の洗掘および杭 群背後の堆積形状は類似している.しかし,杭群後 方の水路中央部の洗掘は杭の本数が多くなるほど小 さくなる.これは,杭の本数が多くなるほど杭群内 での減速が大きく,杭群後方の水路中央部への流れ が相対的に小さくなるためだと考えられる.

(2) 水路横断方向の杭の本数(n_y)の影響

図-3(a)(c)に水路横断方向の杭の本数が異なるケ ースの河床コンターを示す.杭の本数が多くなるに つれ,杭群前面の洗掘は大きく,範囲も広くなる.杭 の本数が多いケースは,杭群内で洗掘が急激に小さ くなる.杭群背後の堆積は杭の本数が少ないものほ ど,薄く広く堆積している.これは杭の本数が少な い場合,杭群内の流速の減速が相対的に小さく砂が 下流まで運ばれるのに対し,杭の本数が多くなると, 杭群内の減速が大きく杭群後方での掃流力が低下す るためだと考えられる.また,杭の本数が多い case-88Lでは図-10に示してある通り馬蹄渦が確認できた.



図-3(a)(d), 図-9より千鳥配置と整列配置の比較 を行う. 千鳥配置は整列配置より最大洗掘深が大き くなっている.これは、千鳥配置がより多くの流れ を中央にむかうものに変えているためだと考えられ る. さらに、千鳥配置は整列配置に比べ杭群背後に 厚く狭く土砂が堆積している.これは、千鳥配置は 杭群内の通過流速が小さくなっているためだと考え られる.

4. 最大洗掘深推定式の検討

図-9に最大洗掘深と杭群密度の関係を示す.密度 の増加とともに、最大洗掘深は大きくなっているが、 同密度でも,千鳥配置は整列配置より最大洗掘深は 大きくなっている. そのため, 杭群の配置形態に関 する補正方法について検討する.水流モデルを図-6 のように(杭に当たると斜めに流れる)仮定すると, 水の流れる距離の期待値は、次のように考えられる.

 $S_1 = L_x(\sqrt{2} \times P_{A1} + P_{A2})$ (2)(整列) (千鳥) $S_2 = L_x \{ \sqrt{2} \times P_{B1} + P_{B2} \}$

$$+(\frac{1}{n_{x}-1}+\sqrt{2}\times\frac{n_{x}-2}{n_{x}-1})P_{B3}$$
(3)

ここで L_x は杭群長, n_x は縦断方向の杭の本数, P はそ れぞれの流れ(整列配置では $A_1, A_2, 千鳥配置では<math>B_1,$ B₂, B₃)になる確率であり,以下に示す.

$$P_{A1} = P_{B1} = n_y D / L_y \tag{4}$$

$$P_{A2} = 1 - P_{A1}$$
(5)

図-10 縦断面流速

ベクトル(y=8.0cm)

$$P_{B3} = \begin{cases} (n_y - 1)D/L_y & ((2n_y - 1)D < L_y) \\ 1 - P_{B1} & ((2n_y - 1)D \ge L_y) \end{cases}$$
(6)
$$P_{B2} = 1 - P_{B1} - P_{B3}$$
(7)

図-9 最大洗掘深

ここで L_v は杭群幅, n_v は横断方向の杭の本数, D は 円柱の直径である.千鳥配置に対する補正係数を以 下で定義する.

$$\alpha = S_2 / S_1 \tag{8}$$

補正係数αは図-7 のような線を描く. 今回杭群の密 度の指標として不透過度λ'を次式で定義する.

$$\lambda' = \pi n_{\nu} D / 4L_{\nu} \tag{9}$$

杭群の密度を大きくしていった極限では不透過にな ると考え,不透過度λ'=1の最大洗掘深として次の Laursen の式による予測値を用いる.

$$Z_{S0}/L_y = 1.5(h_0/L_y)^{0.3}$$
(10)

本実験における不透過度 λ' = 1の時の値は1.079とな り、これに漸近する近似式として次式を提案する.

$$Z_s/L_y = 1.5\alpha\lambda' (h_0/L_y)^{0.3}$$
(11)

図-8 に $(1/\alpha)$ Z_s/L_v と λ' の関係を示す.

5. おわりに

最大洗掘深は、

杭群の密度と

配置形態で定まるこ とがわかった.今回の実験では、流量と勾配が一定 の条件で行ったが、今後は異なる水理条件下での実 験を行い、より具体的な予測式の算出が課題である.