

透過水制および不透過水制周辺における流れの検討

東洋大学大学院 学生会員 ○坂間 睦美
 東洋大学理工学部 正会員 青木 宗之
 東洋大学理工学部 非会員 冨塚 聖人

1. はじめに

水制は、これまで治水機能（流速低減，水刼ね）を目的として設置されてきた。しかし近年では，その治水機能だけでなく環境機能についても着目されてきている。水制には多くの種類があり，透過・不透過や越流・非越流に分類される。これらの水制周辺では，流速の変化により河床変動が生じる¹⁾。また水制の配置や形状によっては浅瀬やわんどを形成し，水生生物の生息場としての機能を期待できる²⁾。そのため，水制が有する水理機能および環境機能を明確にすることが重要であると考えられる。

そこで本研究では，水制の形状・形態による違いを検討するために，実験および数値解析を行った。

2. 実験概要

実験は，流量 $Q=4.0(l/s)$ とし，水路幅 $B=30(cm)$ ，水路全長 $1,050(cm)$ ，水路勾配 $i=1/500$ の開水路を用いた。表-1に，実験ケースを示す。不透過水制の模擬としてコンクリートブロックを用い，透過水制（杭水制）の模擬として円柱群を用いた（以降，水制とする）。実験水路の一部に幅 $b=8.0(cm)$ ，長さ $L=2.5(cm)$ のブロックおよび円柱群を設置し，その設置位置や円柱配列を変化させて実験を行った。なお，使用した円柱は直径 $d=0.5(cm)$ であり，水制は常に水没しない高さとした。Run1 は水制がない状態，Run2 は水制を水路左岸側 ($x=50(cm)$) に1基，Run3 は水制を水路左岸側 ($x=50(cm)$ ， $x=75(cm)$ ， $x=100(cm)$ ， $x=125(cm)$) に計4基，Run4 は水制を水路左岸側 ($x=50(cm)$ ， $x=100(cm)$)，水路右岸側 ($x=75(cm)$ ， $x=125(cm)$) に計4基とした（図-1）。円柱群配列は，整列および千鳥の2種類とし，前者は円柱を10本使用した2列，後者は円柱を8本使用した3列の配列とした（図-2）。

3. 数値解析概要

本研究では，iRIC (International River Interface Cooperative) ソフトウェア³⁾の二次元ソルバーNays2DHを用いて流れの計算を行った。計算に用いた水路は，幅 $B=30(cm)$ ，全長 $1,050(cm)$ ，水路勾配 $i=1/500$ である。x方向およびy方向のメッシュサイズはともに $2.5(cm)$ とし，それぞれ420個および12個のメッシュとした。実験と同様の箇所に水制を設置し，計算条件は $dt=0.0001(s)$ とし，流れを安定させるために計算時間は $500(s)$ とした。また，マンニングの粗度係数には，Run1 の条件から逆算した $0.053(m^{-1/3}s)$ を与えた。円柱群には密度 $\lambda(m^{-1})$ を与え，整列配列の場合

表-1 実験ケース

実験ケース	円柱本数 $T(本)$	密度 $\lambda \times 10^{-1}(m^{-1})$	水制		
			設置位置・数	列数	配列
Run1	-	-	-	-	-
Run2-1	-	-	片側1基	-	ブロック
Run2-2	10	9.82	片側1基	2	整列配列
Run2-3	8	7.85	片側1基	3	千鳥配列
Run3-1	-	-	片側4基	-	ブロック
Run3-2	10	9.82	片側4基	2	整列配列
Run3-3	8	7.85	片側4基	3	千鳥配列
Run4-1	-	-	交互4基	-	ブロック
Run4-2	10	9.82	交互4基	2	整列配列
Run4-3	8	7.85	交互4基	3	千鳥配列

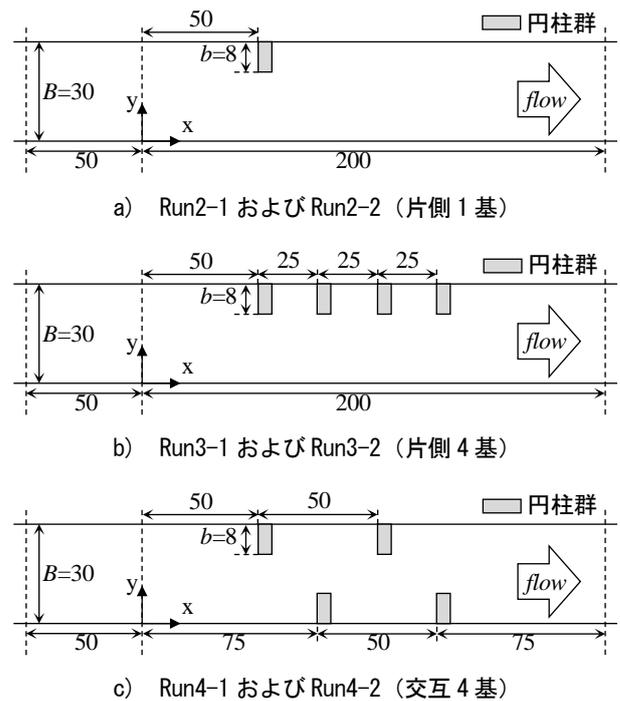


図-1 実験ケース概要図（単位：cm）

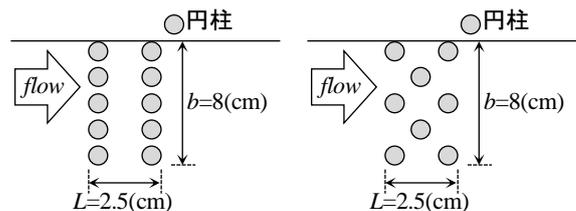


図-2 円柱群概要（左：整列配列，右：千鳥配列）

キーワード 透過水制，不透過水制，円柱群，iRIC，抗力係数 C_D

連絡先 〒350-8585 埼玉県川越市鯨井2100 東洋大学理工学部都市環境デザイン学科 水工学研究室 TEL. 049-239-1406

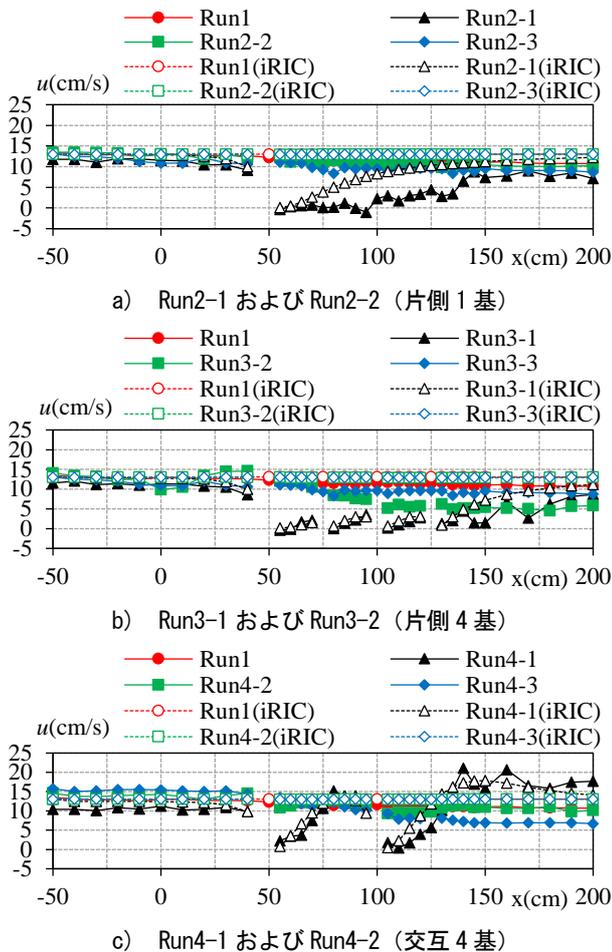
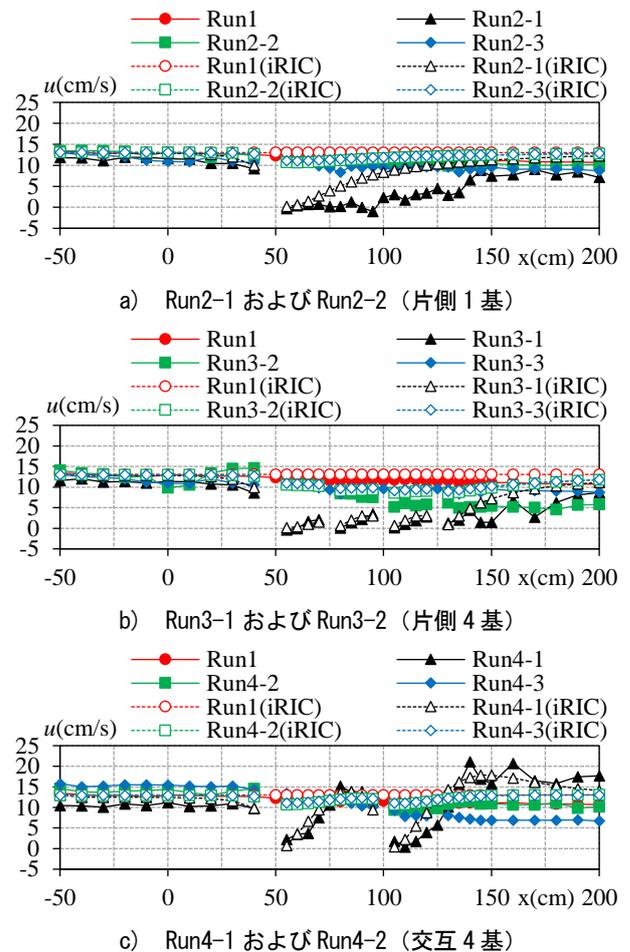


図-3 y=25(cm)における流速縦断方向変化図

図-4 y=25(cm)における流速縦断方向変化図 ($C_D=40.0$)

$\lambda=9.82 \times 10^{-1} (\text{m}^{-1})$, 千鳥配列の場合 $\lambda=7.85 \times 10^{-1} (\text{m}^{-1})$ を与えて計算を行った。なお、密度 λ は以下のとおりである。

$$\lambda = \frac{T \cdot \pi d^2 / 4}{b \cdot L \cdot h} \quad (1)$$

ここに T : 円柱本数(本), d : 円柱直径(m), b : 円柱群設置幅(m), L : 円柱群設置長さ(m), h : 水深(m)である。

4. 実験および数値解析結果

a) 実験結果

図-3 に、 $y=25(\text{cm})$ における流速の縦断変化図を示す。実験結果では、水制上流側の流速は変化しなかったが、水制の下流側では流速低減が生じた。特に水路に水制を1基設置したケースに比べ、4基設置したケースでは流速が低減した。円柱群の場合、最も流速が低減したのはRun3-2(片側4基、整列配列)で、3基目の円柱群前後で流速は3割程度低減した。その他のケースでは、円柱群前後の流速低減は1割程度であった。最も流速低減効果があったのは水制を片側に4基設置した場合であり、片側に4基連続して設置したことで、徐々に流速が低減したと考えられる。また、ブロック水制を用いた場合ではブロック水制背後で流速が5割~9割減少しており、不透水水制と透過水制では流速低減効果に差が生じた。

b) 数値解析結果

計算結果では、ブロック水制の場合はその下流側で流

速低減が見られた。一方で、円柱群の場合はその下流側での流速低減が見られず、流速はほぼ一定値となった。これは円柱群の抗力係数 $C_D (=1.0)$ では適切でなかったためだと考えられる。そこで、実験結果を再現するために、 C_D を変化させた。その結果、 C_D を40.0に変化させたことで、Run3-2以外のケースは概ね再現された(図-4)。Run3-2は、1基目下流側の流速は再現されたが、その後の円柱群下流側の流速は再現されなかった。

5. まとめ

水制を設置して実験を行った結果、ブロック水制および円柱群の下流側では流速低減が生じたが、不透水水制と透過水制では流速低減効果に差が生じた。また、水制を片側に4基設置したケースで最も流速低減効果があることがわかった。iRICを用いた結果、抗力係数 C_D を1.0として与えた場合には流速低減が生じなかったため、抗力係数 C_D を適切に与える必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 青木ら：水制周辺の流れおよび河床形状と魚の遊泳行動について、土木学会論文集G(環境), Vol.72, No.6, pp.II-133-II-141, 2016
- 2) 林田ら：水制の頭部形状がわんど内の水理に与える影響、土木学会論文集B1(水工学), Vol.70, No.4, pp.I-1081-I-1086, 2014
- 3) 河川シミュレーションソフト：<http://i-ric.org/ja/>