

水制域内流動に及ぼす水制間隔の影響に関する可視化解析

名古屋工業大学 学生会員○桜美 祐介 名古屋工業大学 学生会員 中野 義郎
名古屋工業大学 学生会員 井嶋 康二 名古屋工業大学 正会員 富永 晃宏

1. はじめに 河岸域を洪水の浸食から守り、多様な流れ場を創造して豊かな自然環境を提供するという水制の役割が期待されてきているが、水制域内のミクロな流れ構造については不明な点が多い。本研究では、越流型水制の水制設置間隔が水制域内の流動特性に及ぼす影響を実験的に検討した。計測法としては、可視化PIV法を用いた。

2. 実験条件

実験水路は、水路幅 $B=0.3\text{m}$ 、長さ $L=8\text{m}$ 、の長方形勾配可変型水路を用い、左岸側壁に沿って図 1 に示すような 2 個の連続水制モデルを直角に配置した。水制モデルは、長さ $l=5.0\text{cm}$ 、高さ $d=4.0\text{cm}$ 、幅 $b=2.0\text{cm}$ とし、水制長 l と水制間隔 s のアスペクト比が $s/l=2, 3, 4$ となるように水制間隔を変化させた 3 ケース(2R,3R,4R)について表 1 の条件で実験および解析を行った。

表 1 実験条件

CASE		2R	3R	4R
水路床勾配	i	1/2000		
流量	$Q (\text{l/s})$	4.1		
水深	$h (\text{cm})$	8		
水制間隔/水制長	s/l	2	3	4
水制間隔	$s (\text{cm})$	10	15	20

流れの可視化には、比重 1.02、粒径 50micron のナイロン樹脂粒子を用い、500mW アルゴンレーザー光を開水路鉛直縦断面 ($x-z$ 平面)と水平断面 ($x-y$ 平面)に照射した。レーザーシートの照射位置は、鉛直縦断面として 7 断面(水制側側壁から 5,15,25,35,45,55,70mm)、水平断面として 8 断面(底面から 5,10,20,30,35,45,50,55mm)を設定した。

この可視化画像を高速ビデオカメラを用いて 120F/s で撮影した。画像は高速ビデオカメラのメモリーに録画された後、ハードディスクに TIFF ファイルとして記録される。画像計測には VISIFLOW PIV システムを用い、相互相関法により画像解析した。第1水制上流 4cm から第2水制後端までの範囲を解析対象として計測した。相関法では検査エリアを 32×32 画素、オーバーラップは 50%とした。高速ビデオカメラで連続撮影可能な計 1963 枚、約 16 秒間の流速ベクトルデータを得、統計処理した。

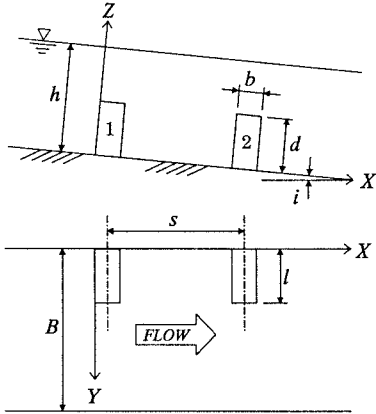


図 1 水制モデル配置図

3. 解析結果ならびに考察

2R, 3R, 4Rの各ケースの鉛直縦断面 ($Y=5,25,45\text{mm}$)における全 16 秒平均の流速ベクトルを図 2 に、水平断面 ($Z=5,20,35\text{mm}$)における全 16 秒平均の流速ベクトルを図 3 に示す。

$Y=25\text{mm}$ 断面では、各ケースとも水制域内に横断渦が確認でき、渦構造の中心は水制間隔に関係なく $X=7.0\text{cm}$ 、 $Z=3.0 \sim 3.5\text{cm}$ 付近で一定である。2R では第1水制背面に沿う水面方向への流出と、第2水制前面に沿う底面方向への流入が顕著に表れているが、3R では流出、流入ともに減少し、4R では更に弱まり、第2水制前面底面付近から水制間中央付近にかけて流速が現れなくなる。また、 $Y=5\text{mm}$ 断面では第2水制前面の水面方向への流速が水制間隔に比例して増大し、3R, 4R では第2水制頂部を越流する流れとなっていることが特徴的である。

$Z=5\text{mm}$ 断面では、各ケースとも鉛直方向に中心軸を持つ平面渦が確認できる。渦構造は水制間隔に比例して流下方向に長く伸び、各ケースとも $Y=5.0\text{cm}$ 付近に渦の中心が確認できる。2R では第1水制背面に沿う主流域方向への流出と、第2水制前面に沿う水制側側壁方向への流入が顕著に表れているが、3R では流出、流入ともに減少し、4R では更に弱まり、第2水制前面付近では流速が現れなくなる。

以上の結果より、2R では、横断渦、平面渦がともに明確に現れ、それらの相互作用によって水制域内全域で3次元的な渦構造が発生していると考えられるが¹⁾、3R, 4Rと水制間隔が増大していくと、主流域からの流入が第2水制前面に沿って平面渦を形成する流れにならず、第2水制前面に衝突する形で第2水制を越流する流れ等に分割されると思われる。

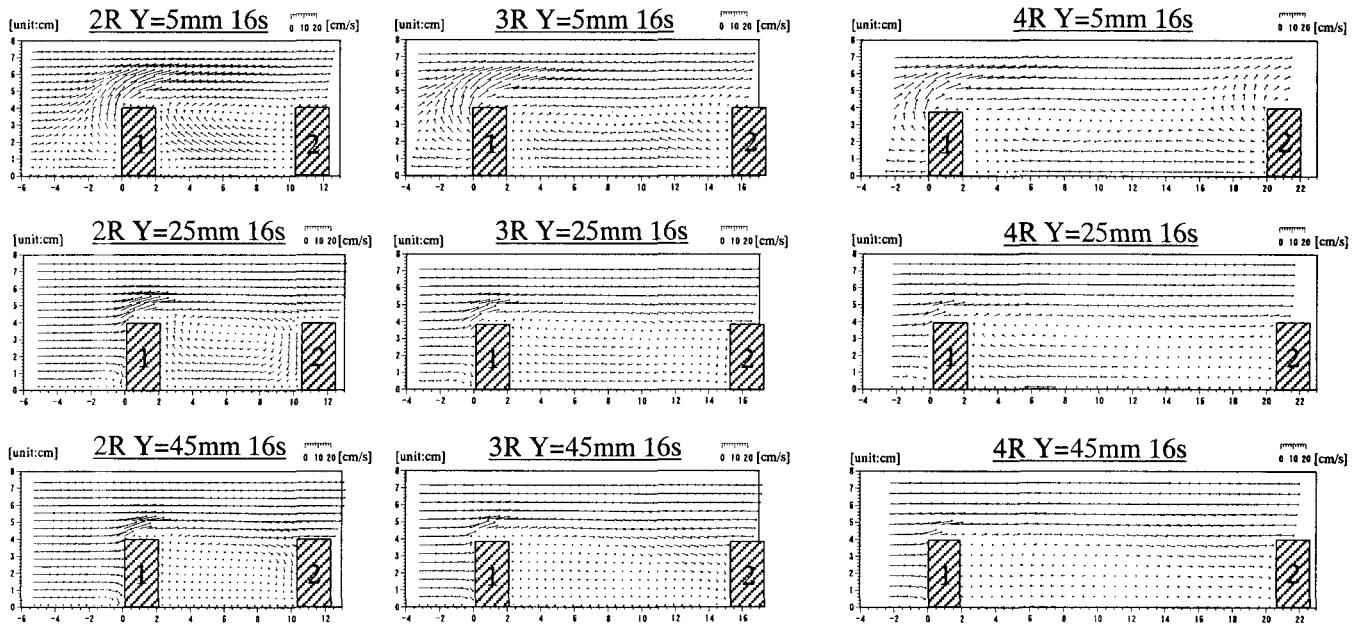


図2 鉛直断面 全 16 秒平均流速ベクトル

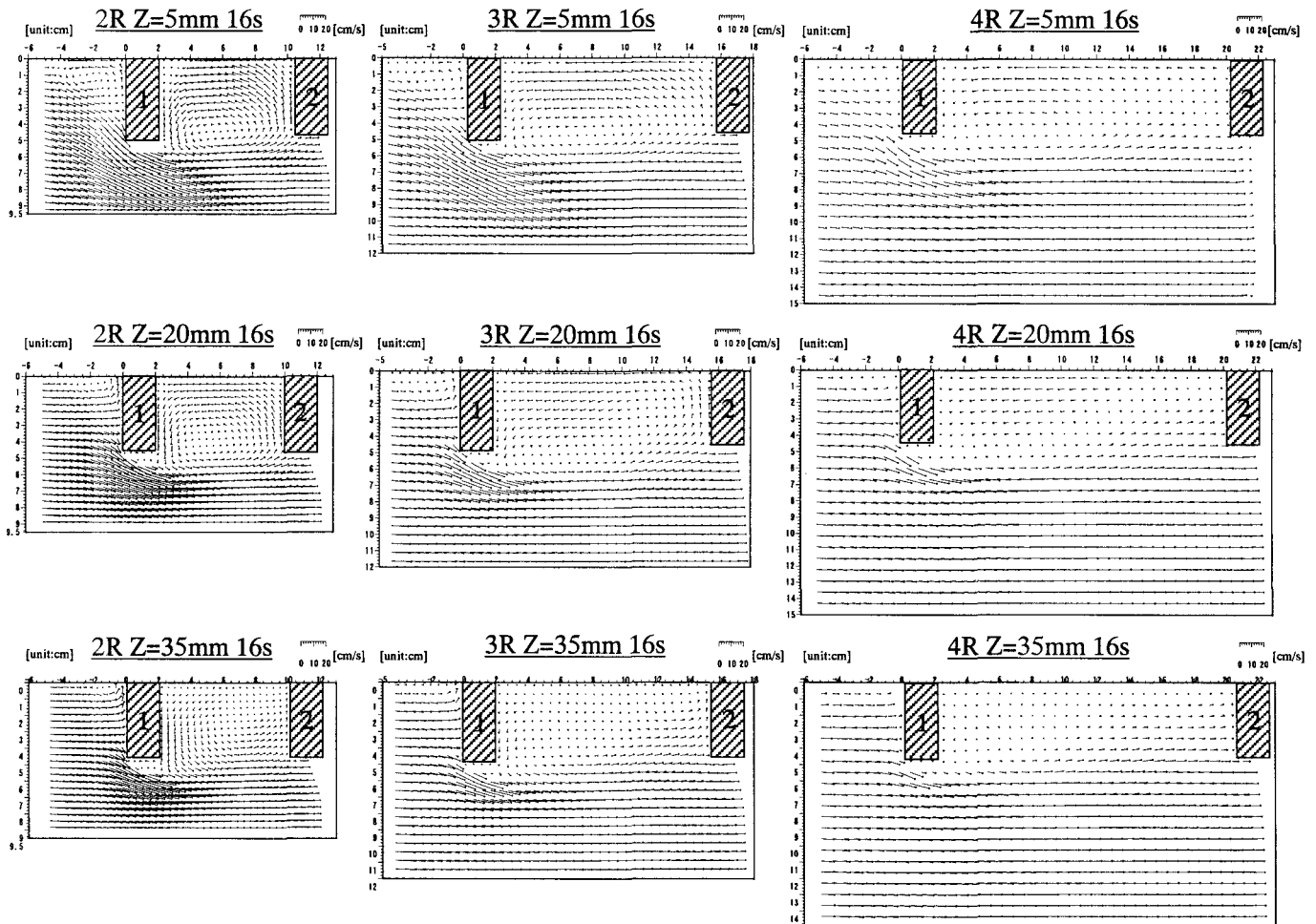


図3 水平断面 全 16 秒平均流速ベクトル

4. おわりに 越流型水制の水制設置間隔が水制域内の流動特性に及ぼす影響を可視化手法を用いて確認できた。水制間隔は水制域内の渦構造の形成に影響を与え、特に第2水制前面の主流域側からの流入が大きく関係していると思われる。また結果より、水制間隔の変化は河床変動に及ぼす影響も大きいと考えられるので、合わせて検討する必要がある。

<参考文献> 1) 富永, 中野, 井嶋, 長坂, 応用力学論文集 Vol.3, pp.805-812, 2000