

河岸凹部の流れ構造に及ぼす上流側水制の影響に関する研究

名古屋工業大学 学生会員 ○加藤智道
 名古屋工業大学 学生会員 小島直也
 名古屋工業大学 フェロー会員 富永晃宏

1. はじめに

新しい河川整備では、治水・利水・環境の多機能を同時に満足することが求められている。その中でも「わんど」は水辺の生物の生息の場として人工的に設置することがある。しかし近年「わんど」内の水質悪化や堆積物過多による「わんど」の消失などが問題になっている。そこで本研究では、主流域からの「わんど」内への流入の活性化を図るために「わんど」側の上流の角に水制工を設置することを試み「わんど」内の水理特性の変化について PIV 計測により検討した。

2. 実験方法

実験水路は、長さ 7.5m、全幅 0.3m の勾配可変開水路を用いた。側面はガラス張りで、レーザー光の反射を防ぐために、全水路底に黒く塗った塩化ビニル板を敷いている。左岸側を奥行き 10cm、高さ 6.3cm の塩ビ板を設置することで高水敷をつくり、上流端の整流域から 3m の位置に解放区を設け、開口部長さ 20cm、奥行き 10cm アスペクト比 2.0 の凹部域とした。水制モデルは、高さ $d=4.5\text{cm}$ 、幅 $b=1.0\text{cm}$ は同じで長さ $l=5.0, 3.0, 2.0\text{cm}$ の 3 種類のアクリル直方体を用いた。流量はインバータモーターにより調節し、水深を非越流時が 3.5cm、越流時は 6.0cm となるように流量を調節した。なお、実験条件を表-1、実験ケースを表-2(非越流時のみ)、凹部と水制の位置関係を図-1 に示す。PIV 計測の流れの可視化には、直径 80 ミクロン、比重 1.02 のナイロン樹脂粒子を用い、厚さ約 3mm のシート状にしたアルゴンレーザー光を開水路水平断面に照射した。レーザーシートの照射位置は、水平断面は非越流時には 5mm 間隔で 6 断面 ($z=5\sim 30\text{mm}$)、越流時には 5mm 間隔で 11 断面 ($z=5\sim 55\text{mm}$) を設定した。この可視化画像は高速度カメラ (ライブラリー) を用いて 1/200s で撮影した。画像計測には FlowExpert (カトウ光研株式会社) PIV システムを用いて相互相関法により流速計測を行い、3200 データ 16 秒間平均値を流速ベクトルデータとした。

表-1 実験条件

	Q(l/s)	h(cm)	B(cm)	Um(cm/s)	Fr	I
非越流時	0.87	3.50	20.0	12.4	0.21	1/2000
越流時	2.17	6.00	20.0	18.1	0.24	

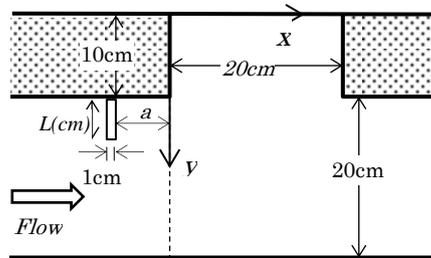


図-1 凹部と水制の位置関係

表-2 実験ケース (非越流時)

case	水制長さ l(cm)	水制間隔 a(cm)
1	水制なし	水制なし
2		0
3	5	10
4		20
5		0
6	3	10
7		20
8		0
9	2	10
10		20

3. 実験結果と考察

図-2 に水深 $h=3.5\text{cm}$ の非越流時、水平断面 $z=2.0\text{cm}$ の caseA4, A6 および A8 の 16s 間平均流速ベクトルを示す。ベクトルの色は流速の大きさを表している。水制により水はねと背後のはく離領域が見られ、主流域流速が加速されているのがわかる。水制先端から剥離した水流は、一定の距離を経て水路の左岸側に再付着する。この再付着点は水制の位置、長さにより違いが見られる。全 case を比較して考えると再付着点は水制長さの約 10 倍の位置にあることが分かった。また、凹部内にできた渦に注目すると、水制がない caseA1 では、凹部の下流端から流入し反時計回りの再循環渦が形成される。しかし、caseA4 では凹部入口境界で逆流が見られ、凹部内に時計回りの渦が発生している。caseA2~caseA5 ではこの流れパターンを示した。それ以外のケースでは case1 同様反時計回りの渦ができていた。これは再付着点が凹部の下流端より上流側であるのか下流側であるのかで変化していると考えられる。caseA4 では再付着点が水制から約 50cm のところで左岸にぶつかり、凹部の下流側で左岸に沿って逆流が発生し、この流れが凹部に達している。caseA6 と caseA8 では再付着点が凹部のちょうど下流端にあり凹部内への流入が活発化し、凹部内の循環流が拡大している。caseA6 と caseA8 の違いとして循環流の大きさが凹部の奥行きと水制の長さの和を直径とするような循環流ができていたため渦の中心が caseA6 の方が主流側に位置している。

図-3 に各ケースの凹部内の平均合成流速を示す。このグラフで水制長さごと ($a=5, 3, 2$) に注目するとそれぞれ caseA4, caseA6, caseA8 で最大になっている。これはどれも水制による再付着点が凹部の下流端より近くであるからと考える。またすべてを比較し

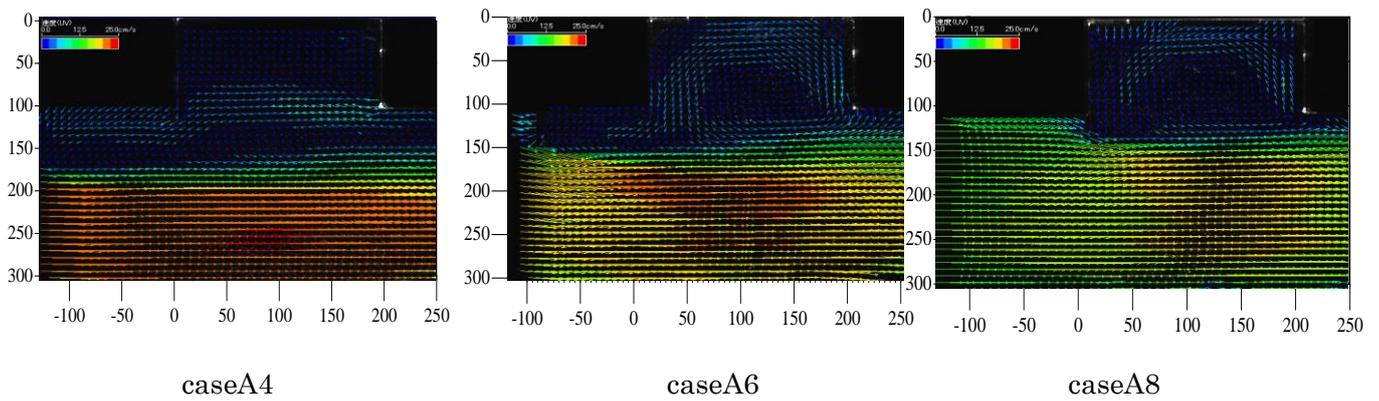


図-2 流速ベクトル

たとき水制による再付着点の位置によって合成流速が異なることが分かった。再付着点が凹部上流端($x=0\text{cm}$)にある caseA10 では水制の水はねの影響がなくなり水制なしの caseA1 と同程度になっている。再付着点が凹部下流端より下流($x>20$)にある caseA2~A5 では先述のように凹部入り口付近で逆流となり渦構造が異なっている。再付着点が凹部下流端($x=20\text{cm}$)にある caseA6, A8 が最も大きくなっているが、凹部中央付近($x=10\text{cm}$)にある caseA7, A9 においても case1 より大きな値を示している。

次に、それぞれの水制長さに着目して凹部中央部($x=10.5\text{cm}$)における主流方向流速 U の横断分布を図-4 に、そして凹部境界における横断方向流速 V の縦断分布を図-5 に示す。図-4 の主流域($y \geq 10$)について考える。水制を設置していない caseA1 と比べてすべてのケースの $20 \leq y \leq 30$ で流速が大きくなっている。これは水制により主流域が縮流状態となり加速していると考えられる。また、凹部付近を見ると caseA4 は流速が負の値を示している。これは水制後半の剥離流れにより逆流域が表れたものである。caseA1 では $y=10\text{cm}$ で流速が急に増大する変曲点があることに比べ caseA6, A8 は $y=12\text{cm}$ 付近になる。これは上の図からもわかるように水制背後に剥離領域が形成されるからと考えられる。図-5 について水制がない場合は顕著な変化は見られないが水制を設置した場合水制による水はねの影響により流出入量がどのケースも増加している。caseA4 は他の2ケースよりも流

出入量が少なくなっている。これは caseA4 では凹部入り口付近に逆回転の渦が形成されていることから分布形が他のケースと異なっていることによる。

4. おわりに

本研究で、水制の長さや位置によって、流れ構造が大きく変化し水制の再付着点距離と凹部下流端の位置関係が重要であることが分かった。今回は非越流についてのみを考えたので今後は越流時における水交換の効率化、また凹部内での堆積の抑制について検討していきたい。

参考文献

- 1) 富永・小島・市川, 開水路側岸凹部の流れ構造に及ぼす対岸水制の影響, 土木学会論文集 A2 (応用力学), Vol.69, No.2, pp.I_519-I_528, 2013.
- 2) 富永・谷川・久田, 人工わんどの水交換機構とその制御に関する研究, 水工学論文集, 第46巻, 571-576, 2002.

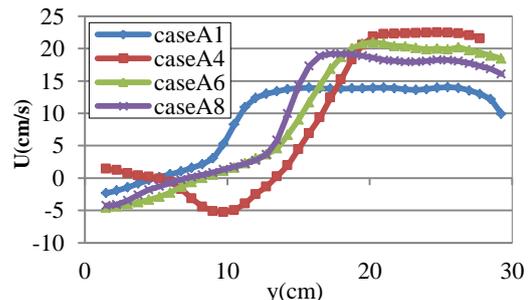


図-4 凹部中央における主流速の横断分布($x=105\text{mm}$)

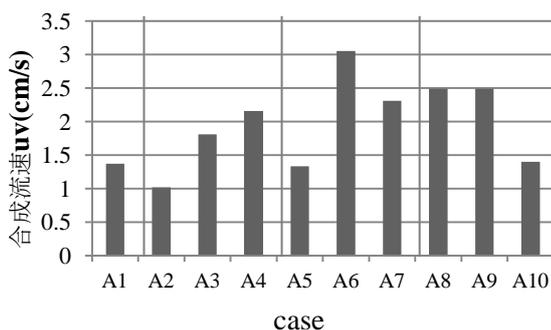


図-3 凹部内平均流速

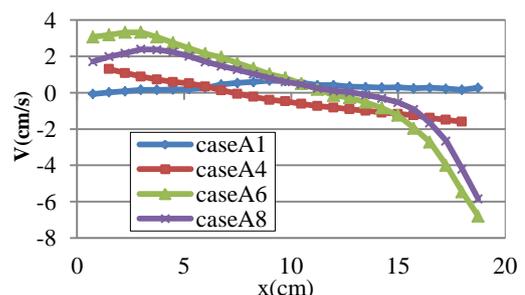


図-5 凹部境界における横断流速の縦断分布($y=97.5\text{mm}$)