

河岸凹部の流れ構造に及ぼす対岸水制の影響について

名古屋工業大学 学生会員 ○小島直也
名古屋工業大学大学院 学生会員 市川亜也佳
名古屋工業大学 フェロー会員 富永晃宏

1. はじめに

近年、環境への意識の高まりから河川管理においても自然環境保全、復元の取り組みとして多自然川づくりが注目されるようになり、わんどのような河岸凹部は水辺の生物の生息域として保全されたり人工的に設置されたりしている。河岸凹部は河道の急拡大の影響による土砂の堆積やその結果として水質悪化などが問題となっている。そこで本研究では、本川に水制を置いた場合における凹部の流れに与える影響について考える。水制によって本川の流れ構造、流速を変化させた時の凹部域内の水理特性に関して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。これらの実験条件を表-1に示す。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、長さ $l=5.0$ cm、高さ $d=4.0$ cm、幅 $b=1.0$ cmの亚克力直方体を用いた。なお、実験条件を表-1に、実験ケースを表-2に、例としてcase2の配置図を図-1に示す。

流量はインバータモーターにより調節している。また、水深は非越流時が3.5cm、越流時は6.0cmとなるよう流量を調節した。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および鉛直縦断面に照射した。

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($z=5\sim30$ mm)、越流時には5mm間隔で11断面($z=5\sim55$ mm)、鉛直断面として10断面(右岸から40,70,110,140,170,220,240,260,280mm)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

表-1 実験条件

	Q (l/s)	h (cm)	B (cm)	U_m (cm/s)	Fr	I
非越流時	0.82	3.50	20.0	11.7	0.20	1/2000
越流時	2.10	6.00	20.0	17.5	0.23	

表-2 実験ケース

case	水制距離 a (cm)	水深 h (cm)
1	水制なし	3.5
2	5	
3	15	
4	25	
5	水制なし	6.0
6	5	
7	15	
8	25	

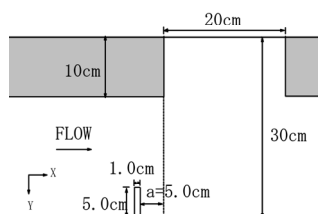


図-1 水制配置図

タ16秒間平均値を流速ベクトルデータとした。

3. 実験結果と考察

図-2に水深 $h=3.5$ cmの非越流時、水平断面 $z=15$ mmのcase1, 2および3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、凹部域の主流流速が加速されているのがわかる。この領域の流れには水制の位置により違いが見られ、上流5cmに設置したcase2では、水制による加速流が発達段階にあり、凹部に向かう横断流速が見られるのに対し、上流15cmに設置したcase3では、流れが横断方向に発達しており、ほぼ流下方向に平行な流れになっている。水制背後の減速はかなり下流まで維持され、上流25cmに水制を設置したcase4でも再付着点は計測範囲に現れなかった。

凹部内では中心を $x=130$ mm、 $y=50$ mm付近に持つ反時計回りの大きな平面渦がすべてのケースで見られ、これを1次平面渦とする。1次平面渦は下流側に偏っており、凹部上流側奥部では逆回転の小さな2次平面渦が発生しているのが認められる¹⁾。水制を設置したケースでは主流の凹部内への入り込みが大きく、特にcase2では、横断流速が大きいことから、この傾向が強く表れている。このように主流域の加速により凹部内の再循環流は水制がない場合に比べて非常に強くなっている。case3の方がcase2より凹部域の主流水路の流速が大きいいため、凹部内の

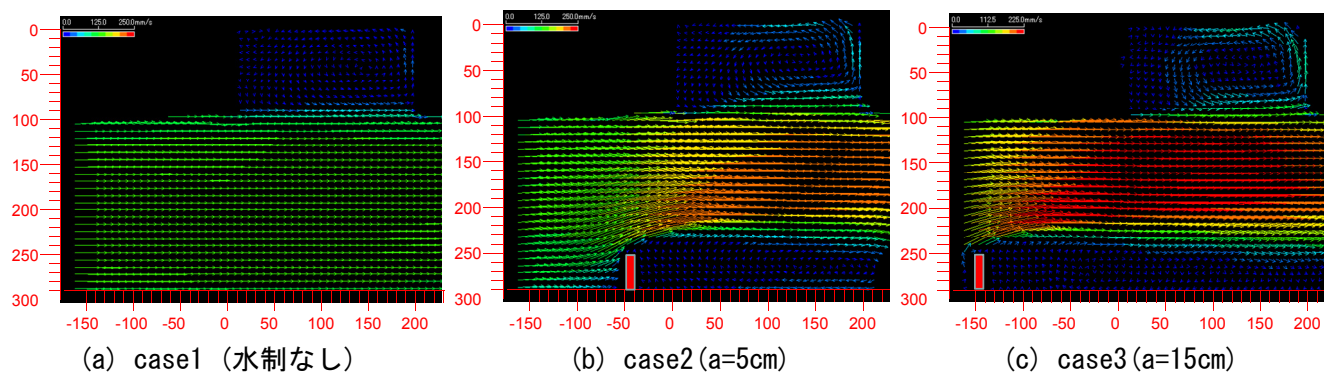


図-2 流速ベクトル

再循環流は case3 の方が強くなっている. case4 は case3 と大きな差は見られなかった.

次に凹部中央部 ($x=100\text{mm}$) における主流方向流速 U の横断分布を図-3 に示す. 主流域に注目すると, 凹部にせん断を与える平均流速が, 水制設置により 1.6 倍程度に増加していることがわかる. 水制位置の影響としては, 主水路の右岸側では上流に水制を設置したケースほど流速が大きいが, 水路中央付近で case2 が大きくなる. 凹部に近づくとき再び上流側設置のケースの方が大きくなっている. 凹部内では, case2 の方が大きくなっているが, これは水制による水はねの影響が凹部域でも残っており, この偏流の影響によるものと考えられる. 凹部内側壁側では逆流となっており, 水制を設置したケースはいずれも同程度の大きさである.

次に, 図-4 に凹部境界付近($y=97.5\text{mm}$)の横断方向流速 V の x 方向分布を示す. 水制がない場合は顕著な横断流速が認められないが, 水制設置により凹部下流側からの流入が認められ, 水制距離 a が大きい case3, case4 で特に大きくなっている. また凹部からの流出は case2 では上流側からであるが, 水制距

離 a が大きくなるにつれて凹部中央付近からの流出が大きくなる傾向にある.

図-5 に凹部中央部($y=52.5\text{mm}$)の横断方向流速 V の x 方向分布を示す. これは凹部内の再循環流の中心を横切る流速の大きさを表している. 流入, 流出の速度の最大値は case2 で case1 の 2 倍程度の大きさになっている. case3, case4 はほぼ同程度で, case2 よりも大きな値を示す. 水制距離 a が凹部内の流れ構造に大きく影響していることがわかる.

4. おわりに

水制の配置の仕方が凹部域内の流れに変化を及ぼし, 水理特性に大きく影響していることがわかった. 今後は, 凹部域内の水質改善を考える上で移動床実験により, 乱れや渦が河床変動にどのような効果をもたらすのかも検討していく必要がある.

参考文献

- 1) 富永晃宏, 米山彩貴, 様々な形状を有するわんどの流れ構造と土砂堆積について, 土木学会中部支部研究発表会講演概集, 2010

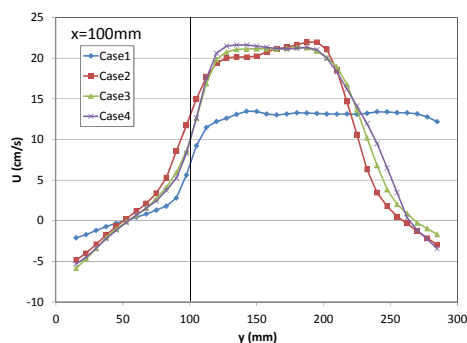


図-3 凹部中央における主流速の横断分布 ($x=100\text{mm}$)

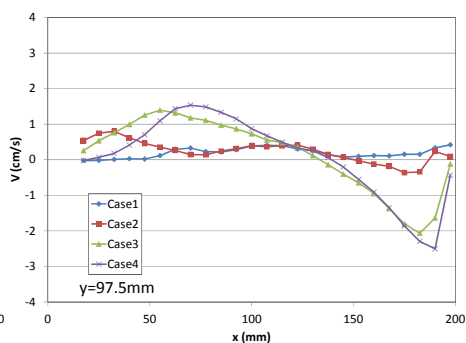


図-4 凹部境界における横断流速の縦断分布 ($y=97.5\text{mm}$)

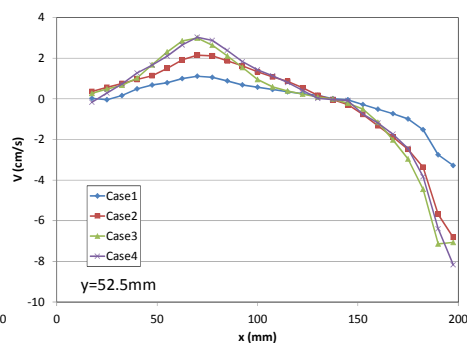


図-5 凹部中央における横断流速の縦断分布 ($y=52.5\text{mm}$)