

越流を伴う河道湾曲流の流れ構造解析

豊田工業高等専門学校 学生会員 ○酒井 大輝 狭間 俊哉
 豊田工業高等専門学校 正会員 田中 貴幸 北畠 正巳

1. 研究背景および目的

河道における湾曲部では、増水時に外岸側が水衝部となることで洗堀が生じやすくなるとともに、遠心力により越水が発生し、破堤を引き起こす可能性が高まる。特に近年多発する豪雨災害を受け、河道湾曲部における流れ構造について詳細に把握する必要がある。越流を伴う湾曲部を有する開水路流に関して、河元・朝井ら¹⁾は、湾曲水路において横越流堰を設け、曲率半径と横越流堰幅を固定し、水面形状と流速分布を計測することにより湾曲水路での流出特性について解析した。他にも様々な検討がなされているものの、越流した際の河道内の流れ構造について詳細に検討した研究はほとんど見られない。

そこで本研究では、様々な河道湾曲形状において、越流を伴う河道湾曲流の流れ構造解析を行う。ここでは、Case2 と Case3 に着目し、それらの詳細な流動機構を明らかにする。

2. 実験装置および実験方法

実験は、図-1 に示す河道形状の木製堤防模型を使用して行った。実験条件を表-1 に示す。

水位の計測にはポイントゲージを使用し、流下方

表-1 実験条件

川幅 $B(\text{m})$	堤防高 $h_e(\text{cm})$	水路勾配 I	流量 $Q(\text{l/s})$	堤防幅 $b(\text{cm})$
20	10	1/1000	2	5

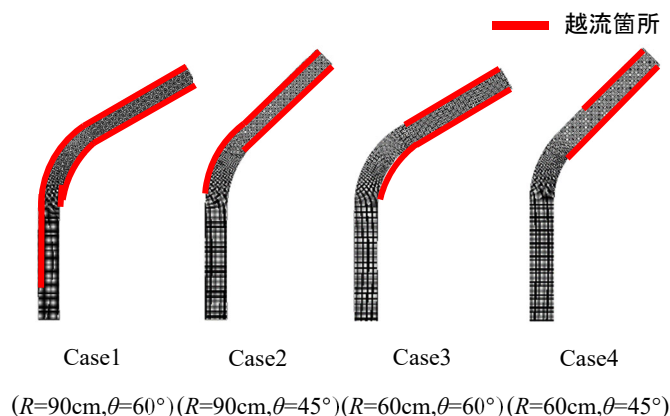


図-1 河道形状及び越流発生箇所

向に 10cm 間隔, 直行方向に 4.5cm 間隔で測定を行った。水面下における流速の点計測には I 型および L 型の電磁流速計を用い、サンプリング周波数は 100Hz, サンプリングデータ数は 4,100 とした。

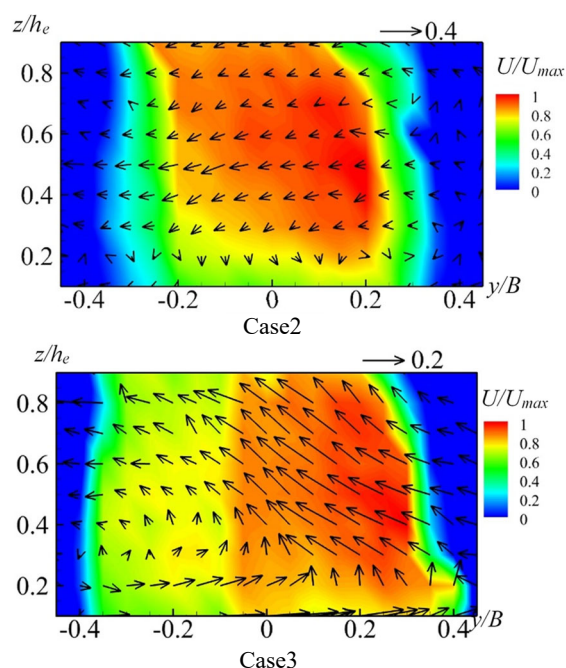
3. 流動機構

(1) 越水状況について

いずれのケースにおいても堤防を越水する状態となるよう下流端せきを操作し、今回はせき高さを 9cm と同一のせき高さに設定して実験を行った。堤防の越流発生状況について、図-1 に赤色で示す。Case1 では $x=40\text{cm}$ 付近から内岸が越流し、外岸側は $x=10\text{cm}$ 付近から越流が発生した。Case2 では $x=80\text{cm}$ 付近から内岸が越流し、外岸側は $x=50\text{cm}$ から越流が発生した。Case3 では $x=40\text{cm}$ 付近から内岸が越流し、外岸側は $x=90\text{cm}$ から越流が発生した。Case4 では $x=70\text{cm}$ 付近から内岸が越流し、外岸側は $x=100\text{cm}$ から越流が発生した。

(2) 横断面における流速分布

ここからは湾曲度が最も異なる Case2, Case3 につ

図-2 横断面 ($x=80\text{cm}$) における主流速の等値線及び二次流ベクトル分布

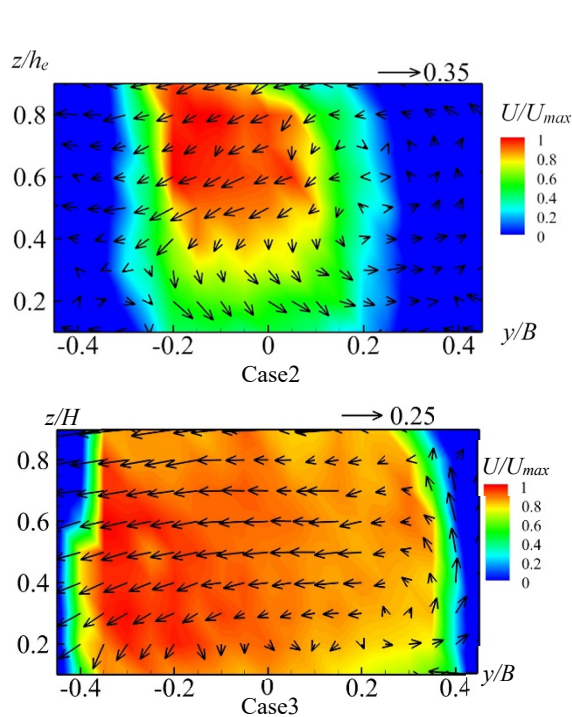


図-3 横断面 ($x=120\text{cm}$) における主流速の等値線及び二次流ベクトル分布

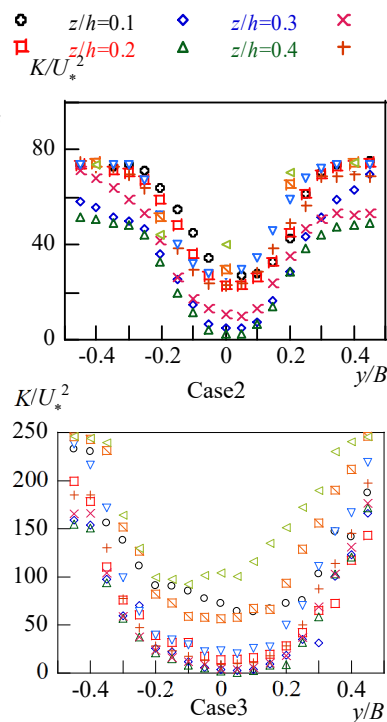


図-4 乱れエネルギーの横断方向分布

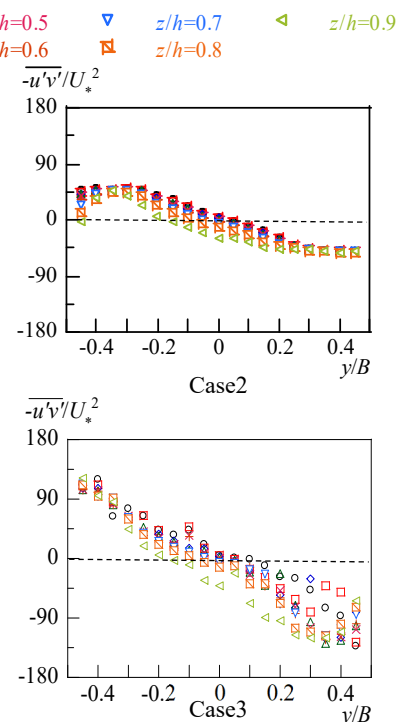


図-5 レイノルズ応力の横断方向分布

いて詳細に検討する．図-2 に， $x=80\text{cm}$ の横断面における主流速の等値線および二次流ベクトルを示す．主流速は Case2 が河道中央の $y/B=0.1\sim 0.2$ 付近で最大となるのに対して，Case3 は $y/B=0.2\sim 0.3$ 付近で最大となっている．二次流ベクトルに注目すると，Case2 は外岸側に向かっているのに対し，Case3 では上向きの流れが発生しており，Case3 では流れが複雑化していることが見てとれる．

図-3 に $x=120\text{cm}$ における主流速の等値線および二次流ベクトルを示す．いずれのケースにおいても，遠心力効果により二次流ベクトルは左岸方向に向かっている．主流部は Case2 において $y/B=-0.1$ ，Case3 において $y/B=-0.3$ となっている．どちらの Case も遠心力効果により主流部が外岸側に遷移しているが，湾曲度の大きな Case3 の方がその効果が顕著であった．

(3) 横断面における乱れ特性

$x=80\text{cm}$ の各横断面における乱れエネルギー分布を図-4 に，横断方向におけるレイノルズ応力分布を図-5 に示す．乱れエネルギーは次式により表す．

$$K = \frac{1}{2} (\overline{u'^2} + \overline{v'^2} + \overline{w'^2}) \quad (1)$$

乱れエネルギーの最大値に注目すると，Case3 は Case2 に比べ約 3 倍大きな値を示している．また，い

ずれの断面でも壁面付近にて乱れエネルギーは大きな値を示している．

レイノルズ応力に注目すると，兩岸にてレイノルズ応力は正負の極大値を示しているが，その値は Case3 にて大きな値を示している．また，Case3 では右岸側で水深方向にばらつきが生じているが，Case2 ではその傾向が確認できない．これより，Case3 において湾曲度が大きい影響が現れたと考えられる．

4. おわりに

本研究では，異なる湾曲形状における越流発生時の河道湾曲部の流れ構造について解析した．これにより，湾曲度の違いが流速分布や乱れ構造に影響を及ぼすことを明らかにした．

【謝辞】

本研究は JSPS 科研費 JP16K16380 及び JP19K04958 の助成を受けたものです．

【参考文献】

- 1) 河元信幸，朝井孝二，白水元：湾曲水路における横越流時の水面形と流速分布，土木学会論文集 B1（水工学），Vol. 74，No. 5，pp.I_775-I_780，2018．