

## 越流高さの違いが側岸凹部流れの乱流構造に与える影響

豊田工業高等専門学校 学生会員 ○深津 拓朗  
 豊田工業高等専門学校 正会員 田中 貴幸

## 1. 研究背景および目的

河川側岸に沿うわんどは、親水性の高い空間の確保や生物の多様性を創出し、健全な水環境を確保するといったメリットを有している。その一方で、近年洪水氾濫等の水害が多発しており、治水機能と環境機能を備えた河川の側岸凹部に関して検討する必要がある。そのため、田中ら<sup>1)</sup>により非越流状態における不透過性の側岸凹部を有する流れの抵抗特性や流動機構について検討がなされている。しかし、越流状態に関しては十分な検討はなされておらず、異なる越流高さにおける不透過性の側岸凹部を有する流れの乱流構造に関しては未だ検討されていない。そこで本研究では、流下方向に連続的不透過性の側岸凹部を有する流れに関して、越流高さの違いが側岸凹部流れの乱流構造に与える影響について明らかにする。

## 2. 実験条件

実験は全長 10m、幅 40cm、高さ 25cm の循環式可変勾配水路を用いて行った。水路左岸側にアクリル板を用いて側岸凹部を形成した。遮断物の幅は  $B_c=10\text{cm}$  とし、遮断物の高さを  $H_c=6.5\text{cm}$  に揃え、流下方向長さ  $L_s=30\text{cm}$  とした。また、流量は  $Q=10\text{l/s}$ 、 $12\text{l/s}$  とし、越流状態の流れを対象とした。実験条件を表-1 に示す。本実験では、図-1 のように不透過性の遮断物を水路上

表-1 実験条件

凹部幅 $B_c$ (cm)	10
凹部の流下方向長さとの比 $L_c/B_c$	1.0, 1.8, 2.5
遮断物の流下方向長さ $L_s$ (cm)	30
凹部高さ $H_c$ (cm)	6.5
流量 $Q$ (l/s)	10, 12
水路勾配 $I$	1/1000

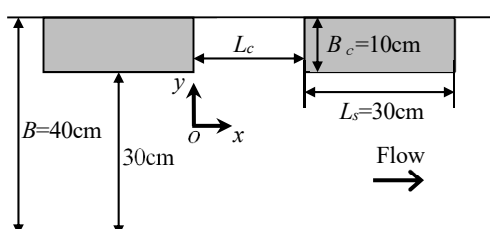


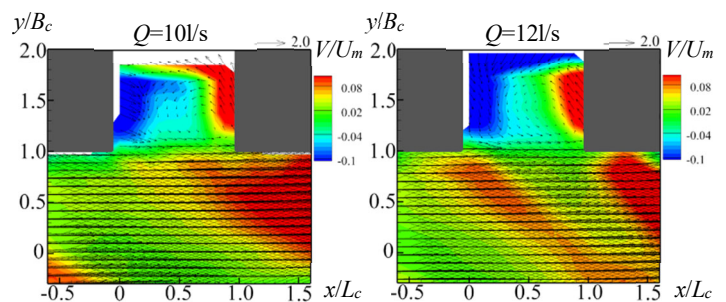
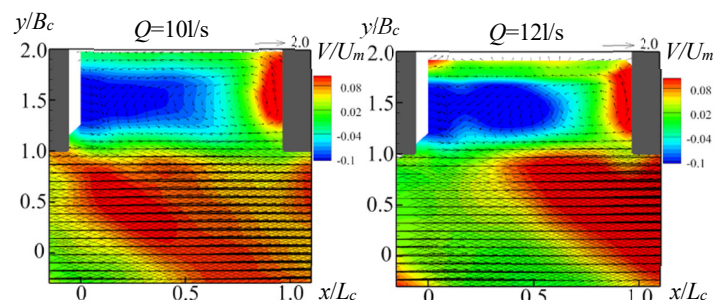
図-1 実験水路概要

流端から 100cm~940cm にわたり設置した。水深  $H$  の計測にはポイントゲージを使用し、計測位置は水路上流から流下方向に 5m~6m の擬似等流場の範囲内で水路の中央とした。流速の多点同時計測として面的な範囲で測定が可能である PIV (Particle Image Velocimetry) 法を使用する。PIV は光源に空冷式ダブルパルス YAG レーザー (出力 25mj) を用い、シート光の厚さ 1mm、パルス間隔 500 $\mu\text{s}$  に設定し、水路の真横からレーザーを水平に照射した。流速のサンプリング周波数は 100Hz、トレーサーは粒径 30 $\mu\text{m}$ 、比重 1.02 のナイロン粒子を使用した。

## 3. 流動機構

## (1) 水平面における横断方向流速と流速ベクトル

図-2~5 に  $Q=10\text{l/s}$ 、 $12\text{l/s}$  に設定した時の  $L_c/B_c=1.0$  および 1.8 における横断方向流速  $V$  の等値線と時間平均流速ベクトルを示す。いずれも断面平均流速  $U_m$  で無次元化している。 $z/H_c=0.5$  に注目すると、凹部内ではいずれの流量においても横断方向流速が凹部下流で左岸側に向かう流れを示し、凹部上流側で凹部から主流部に向かう流れを強く示している。 $L_c/B_c=1.0$  では凹部

図-2 流量を  $Q=10\text{l/s}$ 、 $12\text{l/s}$  に設定した時の  $L_c/B_c=1.0$  における横断方向流速と時間平均流速ベクトル ( $z/H_c=0.5$ )図-3 流量を  $Q=10\text{l/s}$ 、 $12\text{l/s}$  に設定した時の  $L_c/B_c=1.8$  における横断方向流速と時間平均流速ベクトル ( $z/H_c=0.5$ )

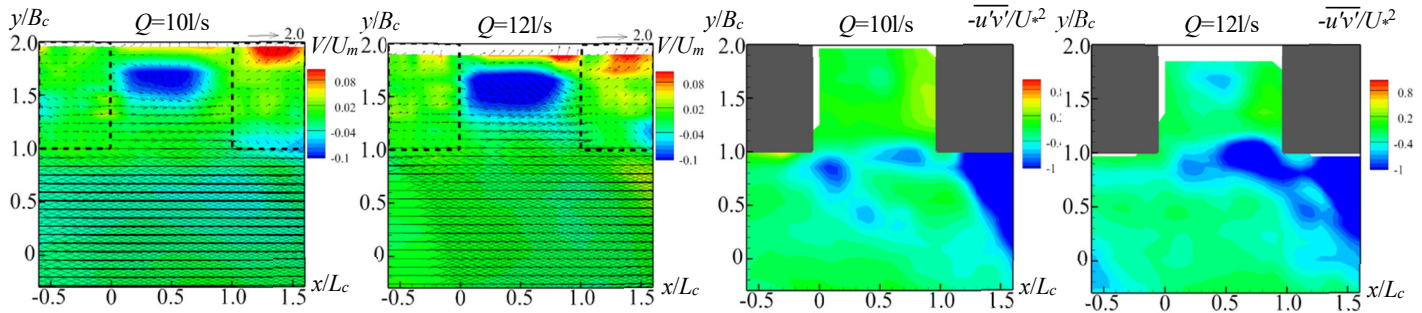


図-4 流量を  $Q=10\text{l/s}$ ,  $12\text{l/s}$  に設定した時の  $L_c/B_c=1.0$  における横断方向流速と時間平均流速ベクトル ( $z/H_c=1.05$ )

図-6 流量を  $Q=10\text{l/s}$ ,  $12\text{l/s}$  に設定した時の  $L_c/B_c=1.0$  における横断方向のレイノルズ応力 ( $z/H_c=0.5$ )

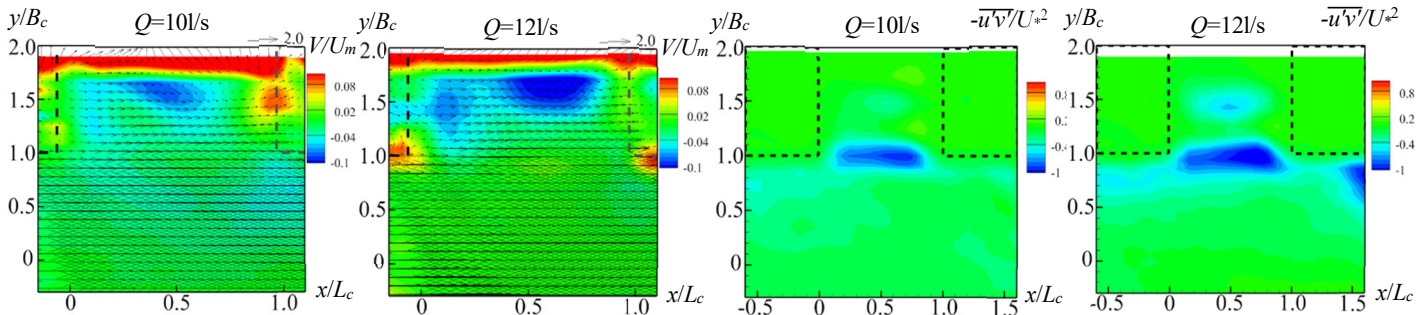


図-5 流量を  $Q=10\text{l/s}$ ,  $12\text{l/s}$  に設定した時の  $L_c/B_c=1.8$  における横断方向流速と時間平均流速ベクトル ( $z/H_c=1.05$ )

図-7 流量を  $Q=10\text{l/s}$ ,  $12\text{l/s}$  に設定した時の  $L_c/B_c=1.0$  における横断方向のレイノルズ応力 ( $z/H_c=1.05$ )

中央部を中心とした循環流が凹部形状と同等の大きさで形成されている。しかしながら、 $Q=10\text{ l/s}$  と  $12\text{ l/s}$  を比較すると、 $Q=12\text{ l/s}$  は  $10\text{ l/s}$  に比べ全体的に流速が大きいため、循環流のスケールが大きくなっている様子が伺える。 $L_c/B_c=1.8$  においては  $L_c/B_c=1.0$  ほど明確ではないが、いずれの流量においても凹部下流側を中心とした循環流が見られる。主流部においては、遮断物下流部および上流部で凹部内に向かう流れが発生している様子が伺える。

$z/H_c=1.05$  では、いずれの条件においても循環流が下流側に移行している様子が伺える。 $z/H_c=1.05$  では横断方向に遮断物を有さない領域となるが、いずれの流量においても側岸凹部の影響は強く残っていることが確認できる。 $Q=10\text{ l/s}$  では  $Q=12\text{ l/s}$  に比べ流速が小さいため、上流側に循環流が形成されている。また、主流部においては、 $z/H_c=0.5$  と比べ凹部や遮断物から主流部に向かう流れが主に発生することが確認できた。

## (2) 横断方向におけるレイノルズ応力

図-6, 7 に  $Q=10\text{ l/s}$ ,  $12\text{ l/s}$  で、 $L_c/B_c=1.0, 1.8$  における横断方向のレイノルズ応力の等値線を示す。 $Q=10\text{ l/s}$ ,  $12\text{ l/s}$  の  $z/H_c=0.5$  の凹部周辺に注目すると、流下方向の凹部上端から凹部下流端付近では、いずれの流量においてもレイノルズ応力は負の値を示してお

り、凹部内ではほぼ 0 に近い値を示す。このため、凹部と主流部の境界においては、横断方向における主流流速差に起因する乱れが強く発生し、運動量交換が活発に行われていると考えられる。 $z/H_c=1.05$  においては、いずれの流量においても凹部と主流部の境界付近の凹部中央にて負の値を強く示している。また、いずれの凹部内においてもレイノルズ応力が負の極値を持つことが認められる。 $Q=12\text{ l/s}$  では、 $Q=10\text{ l/s}$  に比べて主流部と遮断物の境界付近にてレイノルズ応力が負の値にて大きな値を示すことから、斜昇流などの二次流の影響が大きくなることが予測される。

## 4. まとめ

本研究では、流量が異なる場合での越流状態における流下方向に連続的不透過性の側岸凹部を有する流れに関して、乱流構造を解析した。これにより、越流高さの違いによる平均流特性や乱れ特性について明らかにした。

### 【参考文献】

- 1) 田中貴幸, 大本照憲, 澤洗太: 流下方向に連続的に配置された側岸凹部を有する開水路流れの乱流構造, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol. 74, No. 5, pp. I\_787-I\_792, 2018.