

# 連続的透過性および不透過性の側岸凹部を有する乱流構造

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

## 1. 研究背景と目的

「多自然川づくり」を目的とした河川構造物の一つとして、河川の側岸に凹部を設けた「わんど」がある。その機能として生物の多様な生息・生育環境の確保、健全な水環境の確保、避難場所などが挙げられる。

しかしながら、河川環境を考慮すると側岸凹部を形成する構造物を植生群落にて代替することが生物の生息・生育環境により適していると考えられる<sup>1)</sup>。また、近年台風や地震、豪雨等自然災害が多発しており、治水機能も考慮していかななくてはならない。そのため、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。

そこで本研究では、透過性および不透過性の側岸凹部を有する開水路流れにおいて、アスペクト比を変化させたときの抵抗特性および流動機構について検討を行う。

## 2. 実験条件

実験は全長 10m, 幅  $B=40\text{cm}$ , 高さ 35cm の循環式可変勾配水路を用いて行った。実験条件を表-1 に示す。不透過性の側岸凹部流れは、水路左岸側にアクリル板を設置し、側岸凹部を形成した。透過性である植生帯のモデルにはプラスチック板に水流に従って撓む 6.10 ナイロンブリュースル（直径 0.242mm, 曲げ剛性  $EI=1.45\times 10^4\text{g}\cdot\text{cm}^2$ ）を 5.5cm の高さに揃え、0.5cm 間隔で張り付けたものを使用した。本実験では図-1 のように透過性の植生帯モデルおよび不透過性の遮断物を水路上流端から 100cm~960cm にわたり設置した。

表-1 実験条件

|                              |       |
|------------------------------|-------|
| 流量 $Q$ (l/s)                 | 6     |
| 遮断物・植生帯幅 $B_e$ (cm)          | 10    |
| 遮断物・植生帯<br>流下方向長さ $L_e$ (cm) | 30    |
| 凹部幅 $B_e$ (cm)               | 10    |
| アスペクト比 $L_e/B_e$             | 0~5.0 |
| 植生高 $H_v$ (cm)               | 5.5   |
| 勾配 $I$                       | 1/500 |

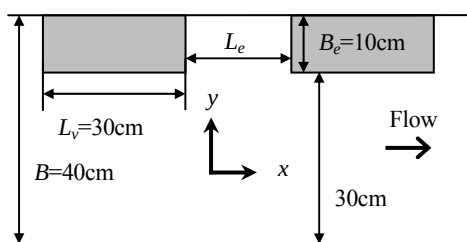


図-1 実験水路概要

流速は PIV 法 (Particle Image Velocimetry, 流子画像流速測定法) による多点同時計測および I 型, L 型電磁流速計を用いた点計測を行った。PIV の計測対象領域は上流から 400cm~500cm の擬似等流場の範囲内における水平面を対象とし、パルス間隔 1ms, サンプル周波数 20Hz にて 30s 計測した。トレーサーには 30 $\mu\text{m}$ , 比重 1.02 のナイロン粒子を使用した。電磁流速計におけるデータのサンプリング数は 4,096, サンプル周波数は 100Hz とした。

## 3. 抵抗特性

図-2 に凹部のアスペクト比の変化に伴う水深変化を示す。 $L_e/B_e=4.0$  よりもアスペクト比が小さい状態においては不透過性の側岸凹部に比べ透過性の側岸凹部流れの抵抗が大きくなることが認められる。一方、アスペクト比が  $L_e/B_e=4.0$  を越えるとその関係が逆転し、不透過性の側岸凹部流れの抵抗特性が大きくなることが確認された。また、 $L_e/B_e=1.0$  においては透過性と不透過性の側岸凹部流れの抵抗特性はほぼ等しくなることが確認された。このことから、透過性である植生および不透過性である遮断物を有する側岸凹部流れの流動機構の違いについて把握するため、流量  $Q=6\text{l/s}$  の下、 $L_e/B_e=1.0$  に関して流動機構の検討を行った。

## 4. 流動機構

### (1) 水平面における時間平均ベクトル

図-3 に  $L_e/B_e=1.0$  における透過性及び不透過性の凹部流れの時間平均流速ベクトル分布を示す。

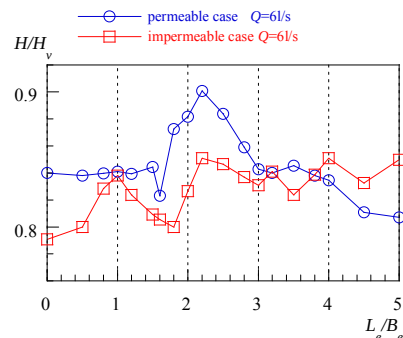


図-2 凹部のアスペクト比と水深変化

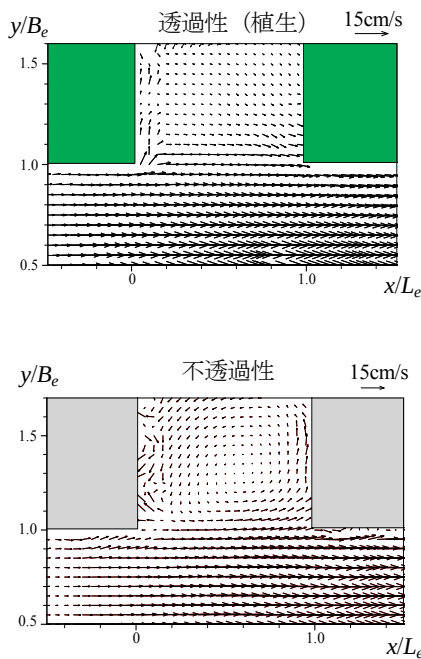


図-3 時間平均流速ベクトル分布

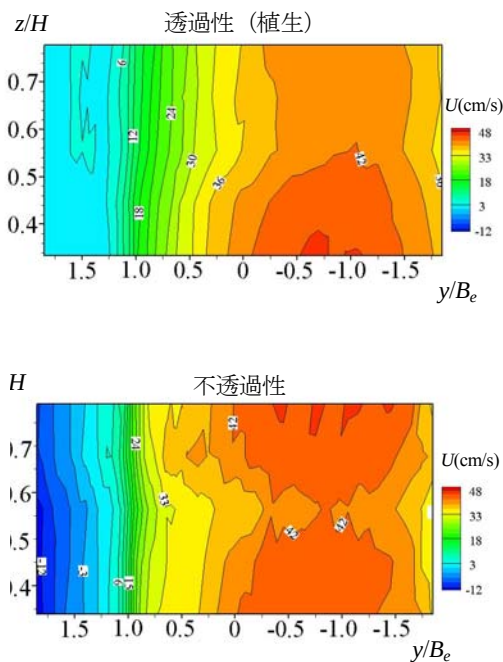


図-4 凹部中央横断面における主流速の等値線

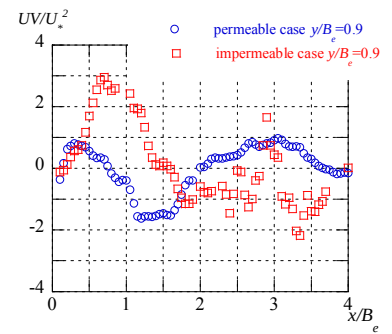


図-5  $UV$  の流下方向分布

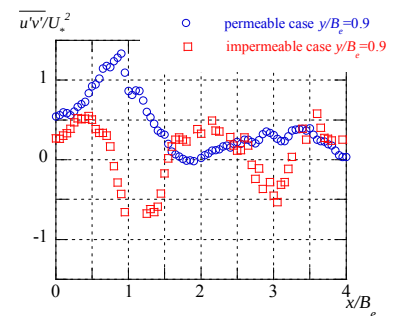


図-6  $\overline{u'v'}$  の流下方向分布

透過性について見てみると、植生帯内で流れの侵入を許容することから流向は主に流下方向を示している。一方、不透過性の凹部流れにおいては、凹部内では遮断物により流下方向流れが遮断されているため、凹部中央を中心とした循環流が凹部形状と同等のスケールで形成されている様子が伺える。いずれのケースにおいても凹部の上流側では凹部に流入、凹部下流側では凹部から流出する流れが確認できる。

## (2) 横断面における主流速の等値線

図-4 に  $L_e/B_e=1.0$  の凹部中央横断面における主流速の等値線を示す。透過性および不透過性のいずれにおいても凹部と主流部の境界付近において流速が急激に変化しており、その影響は不透過性において顕著にみられる。いずれにおいても比較的2次元的な流れがみられるものの、透過性では最大流速は主流部の底面付近に認められ、不透過性では主流部の水面付近にて確認できる。これは透過性では植生の揺動の影響が現れるためだと考えられる。

## (3) 凹部境界周辺における運動量輸送

透過性および不透過性の凹部流れにおいて、図-5 に主流部と凹部および植生帯または遮断物の境界付近における移流による運動量輸送  $UV$  を、図-6 に流速変動による運動量輸送  $\overline{u'v'}$  を示す。移流による運動量輸送においては、いずれにおいても凹部周辺では凹部に運動量が

運び込まれており、流下方向に規則的に運動量を交換している様子が伺える。流速変動による運動量輸送については、透過性ではいずれも正の値を示しており、運動量が主流部から凹部および植生帯内に運び込まれている。不透過性においては凹部上流で凹部内へ、凹部下流で主流部へ運動量が輸送されており、流下方向に規則的に運動量が交換されている。これは流れが大きく蛇行する影響によるためだと考えられる。また、いずれも流速変動に比べ、移流による運動量輸送において比較的大きな値を示すことから、本実験条件においては移流による運動量輸送が流れ場に大きな影響を与えることが示唆された。

## 5. おわりに

本研究では透過性および不透過性の連続的側岸凹部を有する開水路流れに関して、流れの抵抗特性を明らかにするとともに、類似の抵抗特性を示すアスペクト比における三次元的流れ構造について検討した。今後はアスペクト比を変化させた条件における流れ構造について検討していく。

## 【参考文献】

- 1) 瀬津家久, 矢野勝士, 光成洋二: 浸透性を有するワンド流れ周辺の物質交換特性に関する可視化実験, 水工学論文集, 第48巻, pp.541-546, 2004.