

淵を有する河道の流れ特性について

名古屋工業大学 ○島田 譲治 名古屋工業大学 学生会員 松本 大三
名古屋工業大学 橋本 直彦 名古屋工業大学 正会員 富永 晃宏

1. はじめに

河川の瀬淵構造における淵は、魚類の生息環境として重要な役割を占める。流速が小さい淵は魚類にとって睡眠を行う寝室であり、外敵から身を守るための逃げ場所であり、仔魚や稚魚の育成場所となる。また、水深の深い淵を主な生息場所とする魚類も少なくない。このような理由から、環境保全の観点から見た淵は重要なものであり、多自然型河川の作成、保全において重要視されるべきものである。しかし、その内部における流れ構造は未だに解析が行われていないのが現状である。そこで、淵を有する河道の流れ構造を明らかにするため、水路上に実験淵を作成し、その内部における流れ構造を計測し、解析を行った。

2. 実験条件および実験方法

実験水路は水路幅 $B=60\text{cm}$ 、全長 13m 、高さ 30cm 、水路勾配 $i=1/800$ の長方形断面水路を用いた。実験淵の寸法は幅 60cm 、全長 100cm 、深さ 4cm とし、淵内部の上流部、下流部、右側部に斜面を設けた。最深部の平面部分は全長 60cm 、幅 20cm とし、上流部および下流部の斜面は全長 20cm で勾配を $1/5$ とした。また、右側部の斜面は幅 40cm とし、勾配を $1/10$ で作成した。淵の形状を写真1に示す。実験は固定床で行い、淵内部での水深を 6cm 、流量を 3.6l/s に設定し、I型およびL型2成分電磁流速計を用いて、流速の3成分を計測した。

3. 実験結果および考察

図1に各水深の x - y 方向の主流速コンターを、淵の形状と重ね合わせて示す。 $z=5\text{cm}$ において、淵の区間である $x=0\text{cm}$ から $x=100\text{cm}$ の淵内部流速の減少が認められる。これは淵の形状から生じる流れ構造によるものであると考えられる。淵内部の平面部である $x=20\text{cm}$ から $x=80\text{cm}$ の区間において流速は 0m/s 以下、つまり逆流を起こす状態となる。これは実験において目視により観察された。この逆流域は水面から底面付近まで存在し、底面近くほど逆流速は大きくなっている。さらに $z>4\text{cm}$ の高さでは、 $y<5\text{cm}$ の範囲において円弧状に流速の低下が現れているのが確認できる。 $y=10\text{cm}$ 、 $y=40\text{cm}$ の近傍では兩岸の円弧状流速低下区間に沿うように、 $x=50$ の前後まで高い流速を維持した流れが確認できる。また、淵の下流部である $x<100\text{cm}$ において流速が増加する際に、 $y=10\text{cm}$ と $y=40\text{cm}$ を中心に2箇所に分かれて加速が行われている様子が確認できる。淵の上流と下流を比較すると、上流に比べて下流の流速は小さくなっている。

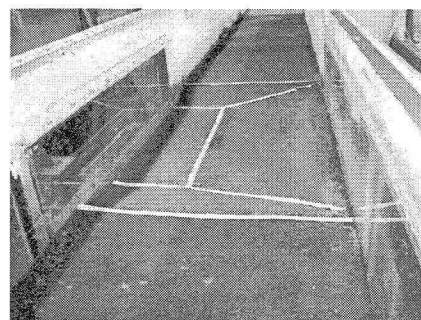


写真1 実験淵

次に、図2に $z=5\text{cm}, 3\text{cm}, 1\text{cm}$ における x - y 方向の流速ベクトルを示す。各水平断面で、最深部が平面部である $x=20\text{cm}$ から $x=80\text{cm}$ の区間で渦の発生を確認することができる。この渦は淵の中心である $x=50\text{cm}$ でもっとも大きな幅を示している。また、 $z=5\text{cm}, z=3\text{cm}$ の水平断面図では $y<30\text{cm}$ の区間で円弧状の流れが起こっているのが確認できる。これは、淵右岸部の斜面に起因する流れ構造によるものであると考えられる。この円弧状流れも渦と同様に、 $x=50\text{cm}$ で最も大きな幅を示しているのが確認できる。

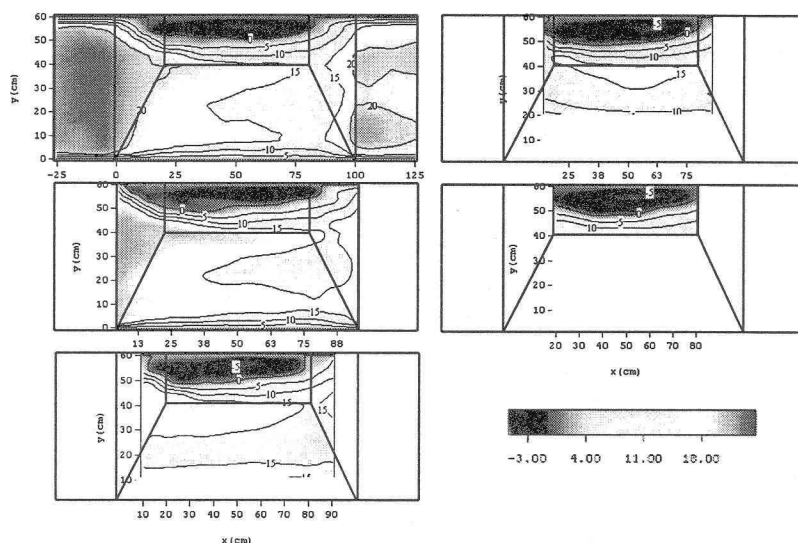


図1 x - y 方向 主流速コンター

次に、図3に $x=20\text{cm}, 35\text{cm}, 45\text{cm}, 55\text{cm}, 65\text{cm}, 80\text{cm}$ における y - z 方向垂直横断面の2次流ベクトルを示す。 $x=20\text{cm}$ は平面部の開始地点であり、斜面からの流れが平面部に入り、下層から上層へ吹き上がるような流れが起こっているのが観察できる。また、平面渦の影響を受け、右岸部側への流れとなっている。 $x=35\text{cm}$ でも2次流は同様の方向への流れの様子を示すが、その大きさは $x=20\text{cm}$ に比べて小さなものとなっている。 $x=55\text{cm}$ は、淵の中心部に近い地点であり、顕著な2次流はみられない。 $x=55\text{cm}$ よりも下流では2次流は左岸部への流れとなり、上層から下層への流れとなる。 $x=65\text{cm}$ と $x=80\text{cm}$ ではこれらの流れの様子を示すが、両者を比較すると $x=80\text{cm}$ の方が $x=65\text{cm}$ よりも大きな2次流を生じていることが確認できる。これらの各断面において、 $y<35\text{cm}$ の斜面部では2次流は小さく、 $x=20\text{cm}$ において左岸部へ、 $x=80\text{cm}$ において右岸部への流れが確認できるのみとなる。 $x=80\text{cm}$ における左岸部への2次流は、淵下流部の斜面にぶつかることにより生じたものだと考えられる。

以上より淵に発生した渦の構造として、流量の大きい平面部の流れが斜面に差し掛かった際に偏向され逆流を起こし、生じた逆流は淵上流部の斜面において同様に偏向され順流を生じ、結果として渦を生じると考えられる。主流速コンターより確認できる、 $y=40\text{cm}$ 付近の強い流れは、こうして発生した渦による偏流が合流し加速されたことにより生じたと考えられる。

平面部内の流速分布を考察するため、図4に $y=40\text{cm}, 49\text{cm}, 56.5\text{cm}$ における主流速鉛直分布を示す。 $y=40\text{cm}$ での流速分布をみると、表面部では下流に行くにしたがって減速され、底面部では $x=45\text{cm}$ まで加速し、以降は減速していく。また、下流になるほど表面部と底面部の流速差が減少していく。 $y=49\text{cm}$ では表面部と底面部の流速差がほぼ無くなり2次元的な流れを示し、 $y=40$ と比較して遅い流速を持つということが確認できる。 $y=56.5\text{cm}$ では下流斜面部の $x=85\text{cm}$ を除いてすべて負値を示しており、 $y=49\text{cm}$ の流速分布と同様に、表面部と底面部による流速差はほとんど無い。 $x=55\text{cm}$ まで負の方向に加速され、それ以降は減速していく。これらより、渦は平面部の中心である $y=50\text{cm}$ を軸として2次的な構造を呈していると考えられる。また、逆流においては淵の中心部となる $x=50$ に近づくにつれ、強い流速を示すといえる。

4. 終わりに

淵を有する河道の流れ特性を固定床実験の実験結果から検討した。淵の流れ構造を考える上で重要と思われる、淵内部での流速低減効果と、平面部での渦の発生が顕著にあらわれた。今後は淵の形状や、構造物が設置された場合の流れ構造の変化についてもさらに検討していきたい。

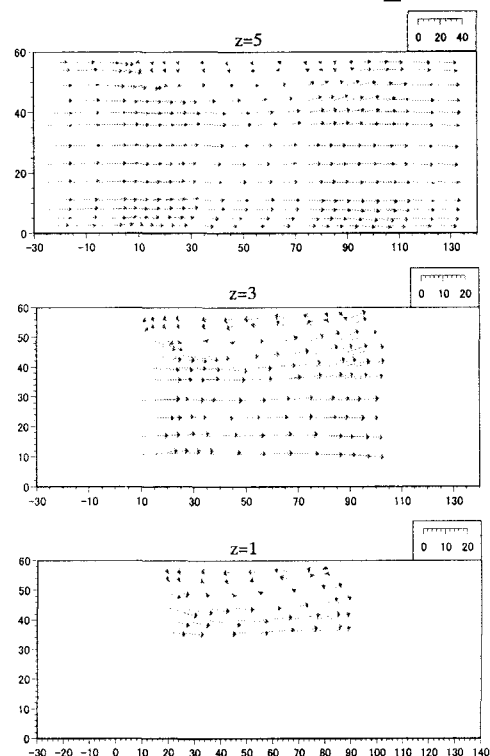


図2 x-y方向主流速ベクトル

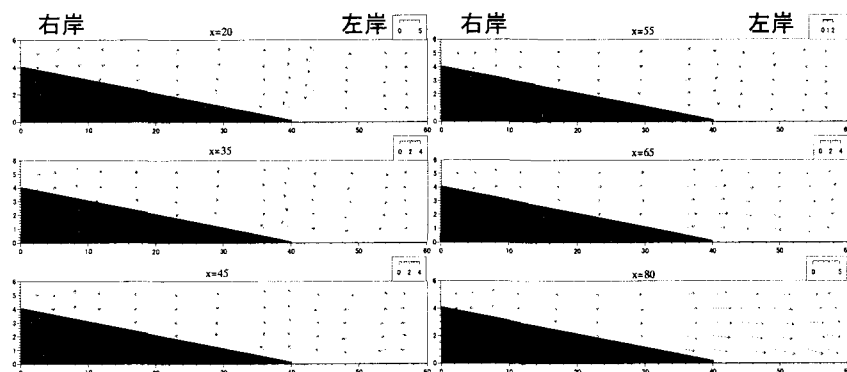


図3 y-z方向2次流ベクトル

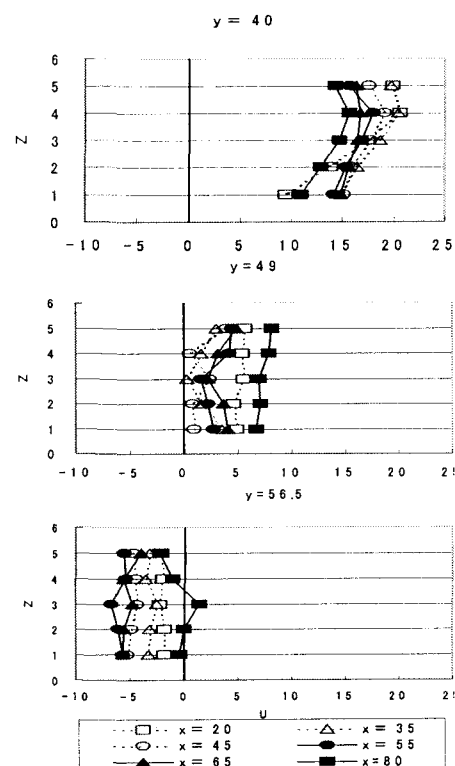


図4 主流速鉛直分布