

瀬淵構造を有する河道の淵内流れ特性について

名古屋工業大学 ○木村聡志 名古屋工業大学 学生会員 松本大三
名古屋工業大学 島田譲治 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瀬は、魚類にとって餌生物である藻類と水生昆虫が生息しており、魚類の成長と産卵の場所となる。一方淵は、川の流れが遅く水深が深いため、休息と睡眠の場所、外敵からの避難場所、出水時や渇水時の避難場所及び稚魚の生育場所となる。以上のことから、瀬と淵の組み合わせは魚にとって必要不可欠な生息環境要素であり、このような瀬と淵の役割を改めて見直していこうという動きが高まっている。そこで、瀬と淵を有する河道の淵内部の流れ構造を明らかにするため、水路上に瀬と淵を実験的に作成し、その内部における流れ構造を計測し、解析を行った。

2. 実験条件及び実験方法 実験水路は水路幅 $B=60\text{cm}$ 、全長 13m 、高さ 30cm 、水路勾配 $I=1/900$ 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、右岸部に斜面を設けた。最深部の平面部は全長 60cm 、幅 20cm とし、上流及び下流部の斜面は全長 20cm で勾配を $1/5$ とした。また、右岸部の斜面は幅 40cm とし、勾配を $1/10$ とした。瀬は、幅 60cm 、全長 30cm の鉄板にそれぞれ 2cm 間隔で直径 3cm 、高さ 3cm の円柱を水路横断方向に 12 個、縦断方向に 6 個配置したブロックによって再現し、これを実験淵の上流と下流にそれぞれ配置した。実験模型を写真 1 に示す。実験は固定床で行い、平水時、中小出水時、大出水時を想定し、流量を $0.0018\text{m}^3/\text{s}$ から $0.0072\text{m}^3/\text{s}$ まで 3 段階で変化させ、流量変化が淵の流れ構造に及ぼす影響を検討する。ここでは平水時の結果のみを示す。流量を $0.0018\text{m}^3/\text{s}$ に設定し、水深は水路下流端においてほぼ等流水深となる 1.8cm とした。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 $y=10, 30, 40, 55\text{cm}$ における流下方向の水面形を示す。水路下流端は堰上げを行っておらず、下流の瀬区間で急激に水位が減少し、 $x=130\text{cm}$ では跳水が生じている。これは実験において目視により確認することができた。この下流側の瀬区間中央から上流の淵区間 $x=80\text{cm}$ にかけて緩やかに水位が増大するが、右岸から左岸へと水深の大きな断面になるに従ってこの水位上昇は大きいものとなり、 $y=55\text{cm}$ で最も大きくなっていることがわかる。この水位ピーク位置から上流の瀬区間下流端にかけて水位は減少し、最小値をとった後上流に向かって再び水位が上昇する。このように、淵区間は堰上げられているにもかかわらず、瀬区間の粗度の影響により水深が下がることがわかる。

次に、図-2 に水深 $z=5\text{cm}$ における主流速の x - y 方向のコンターを、淵の形状と重ね合わせて示す。淵の区間である $x=0\text{cm}$ から $x=100\text{cm}$ では淵内部流速が減少し、瀬の区間である $x=-30\text{cm}$ から $x=0\text{cm}$ と、 $x=100\text{cm}$

写真-1 実験模型

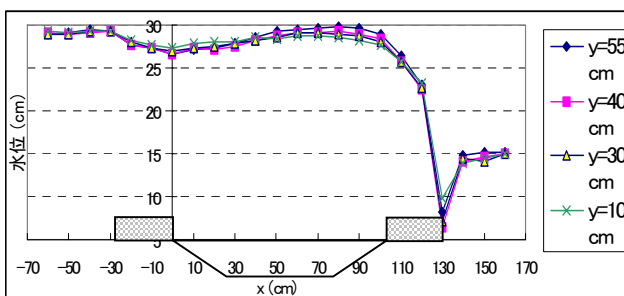


図-1 流下方向水面形

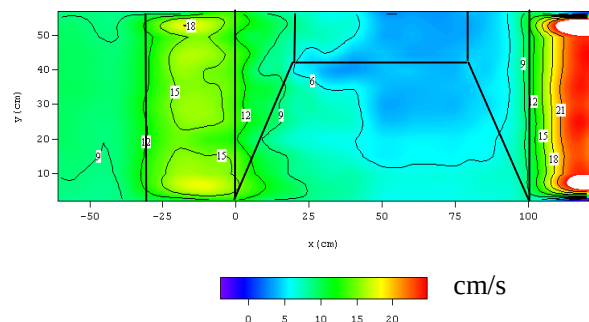


図-2 x-y 平面($z=5\text{cm}$)における主流速コンター

を超える区間ではともに流速が増加している。これらは水深の局所的減少によるものであり、下流の瀬では水深の急激な減少により流速も急激な増加を示している。また、両岸部ほど加速された流速は大きく示されている。瀬区間のない同様の淵においてみられた両岸の渦構造と逆流は見られない¹⁾。

平面内部の流速分布を考察するために、図-3 に $z=5\text{cm}$, 3cm , 1cm における主流速横断分布を示す。右岸側の斜面と淵の平面との境界にあたる $y=40\text{cm}$ において、流れが上流側の斜面から平面部へと移る $x=20\text{cm}$ と、淵の中心部よりも上流側の $x=40\text{cm}$ での流速が局所的に著しく減少している。また $z=1\text{cm}$, 3cm では、 $y=50\text{cm}$ 付近で極大値も見られる。この流速の変化は、底面近傍に行くほど大きくなっている。これは、上流側の斜面、右岸側の斜面、淵の平面部が集まる位置において 2 次流の発生を示唆するものである。また、各水平断面における $x=20\text{cm}$, 40cm での流速を比較すると、 $z=5\text{cm}$, 3cm では $x=20\text{cm}$ より $x=40\text{cm}$ の流速が小さいが、 $z=1\text{cm}$ ではその大小関係は逆転している。 $x=50\text{cm}$ から淵平面部が終了する $x=80\text{cm}$ において、 $z=5\text{cm}$ では右岸が速く左岸が遅い分布を示し、流速の変化はほとんど見られないが、 $z=1\text{cm}$ ではこの区間で下流に向かって徐々に増加している。これは淵の下流部では底面付近の流速のみが加速されていることを示す。

次に、図-4 に $z=5\text{cm}$, 3cm , 1cm における横断方向流速の縦断分布を示す。 $z=5\text{cm}$, 3cm の水平断面において、右岸側斜面から淵の平面部へと入る $y=35\text{cm}$ と $y=40\text{cm}$ の縦断面では、淵の平面部の開始地点である $x=20\text{cm}$ を超えるまでは横断方向の流速は負の値を示している。しかし、 $z=1\text{cm}$ では逆にここで正の値を示し、右岸側の斜面から淵平面部へと移る $y=35\text{cm}$, 40cm において斜面に沿って下がっていくような流れが確認できる。一方、 $y=50\text{cm}$ の縦断面では $z=3\text{cm}$, 5cm で正の値、 $z=1\text{cm}$ で負の値を示している。以上より、底面付近で $y=40\text{cm}$ 付近へ集まり、水面付近でここから両岸へ向かう流れ構造があることがわかり、この結果から $y=40\text{cm}$ 付近では上昇流が発生するため、この付近で流速の遅い流れ構造が発生したものと推測される。淵平面中心部より上流側である $x=40\text{cm}$ 以降ではこのような構造が見られなくなっている。今回観測された横断方向流速は主流速に比べ非常に小さいため、淵の形状による斜めに沿った流れは少ないものと考えられ、この影響の 1 つとして瀬の存在が考えられる。

4. 終わりに 瀬淵構造を有する河道の流れ特性について、固定床

の実験結果から検討した。瀬による流れの加速効果と、淵内部において 2 次流の存在を示唆する、流速の特に遅い流れ構造が見られた。さらに流量の変化による影響を検討するとともに、今後は瀬淵構造における土砂堆積構造を明らかにするための給砂実験や、淵の形状を変えた場合の流れ構造の変化について検討していきたい。

<参考文献> 1) 島田譲治 他：片側に淵を有する直線河道の 3 次元流れ構造，応用力学論文集，2007. 8.

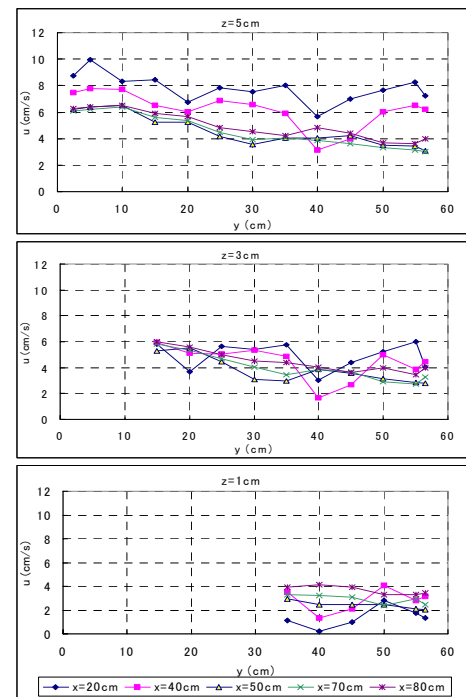


図-3 主流速横断分布

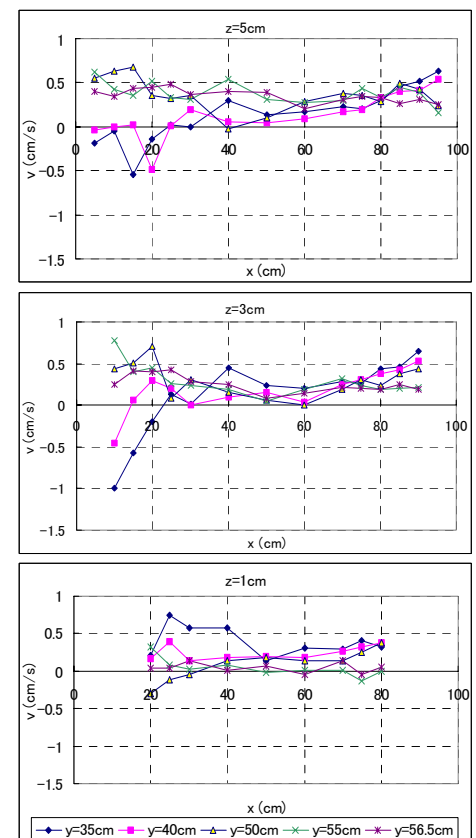


図-4 横断方向流速縦断分布