

湾曲開水路の3次元流れ構造に及ぼす側壁傾斜の影響

名古屋工業大学 正会員 富永 晃宏
 名古屋工業大学 学生会員 千葉 茂樹
 名古屋工業大学 学生会員 米田 昌史

1, はじめに 河道の湾曲部は洪水時には水衝部となり河川の弱点部であると同時に, 平水時には自然で多様な流れ場としての役割が期待されている. 湾曲河道の流れ構造の研究は局所洗掘や河岸侵食の面から多くの研究がなされており, 最も重要な要素である2次流の構造を含めてある程度理解されているといえる^{1), 2)}. しかし, 断面形状のある程度固定された中小河川の湾曲河道に対して湾曲の各種パラメータに対する流れ構造の変化は明確になっていない. そこで本研究では湾曲角 60° の湾曲水路において, 側壁の傾斜が流れの3次元構造に及ぼす影響を実験的に調べ, 流速の横断分布及び2次流構造を系統的に検討した.

2, 実験条件及び方法 実験水路は水路幅 $B=90\text{cm}$, 深さ 30cm の台形断面水路で路床勾配は $1/1000$ とし, その平面形は上流端から 10.8m の位置に湾曲角 $30^\circ, 60^\circ$ の単一湾曲部を設置し, その下流に 3.6m の直線部を接続させたものである. 湾曲部の中心曲率半径は $r=270\text{cm}$ で $r/B=3.0$ であり, 側壁の傾斜を $m=1:0.5, 1:1, 1:2$ の3通り変化させ, T-1 ($m=1:0.5$) では流量 $Q=40\text{ l/s}$, 水深 $h=15\text{cm}$, レイノルズ数 $Re \approx 39000$, フルード数 $Fr \approx 0.33$, T-2 ($m=1:1$) では $Q=35.5\text{ l/s}$, $h=15\text{cm}$, $Re \approx 35000$, $Fr \approx 0.31$, T-3 ($m=1:2$) では $Q=30\text{ l/s}$, $h=15\text{cm}$, $Re \approx 31000$, $Fr \approx 0.35$ のケースの3通りを行った. 各ケースの計測断面位置は図-1のようである. 計測には2成分電磁流速計(東京計測製)を用い, サ

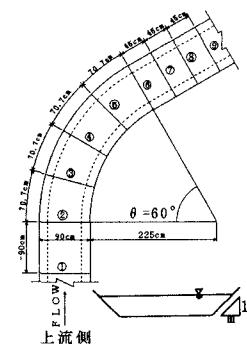


図-1 計測断面位置

ンプリング周波数 100Hz で 41 秒間計測を行った. また染料注入による可視化実験も行った.

3, 実験結果

湾曲角 60° のそれぞれのケースの台形断面の2次流ベクトル図を図-2に示す. 2次流ベクトル図に関しては, 水路軸に対して流軸が傾いているため断面内の質量保存に基づく流向補正を行っている. 断

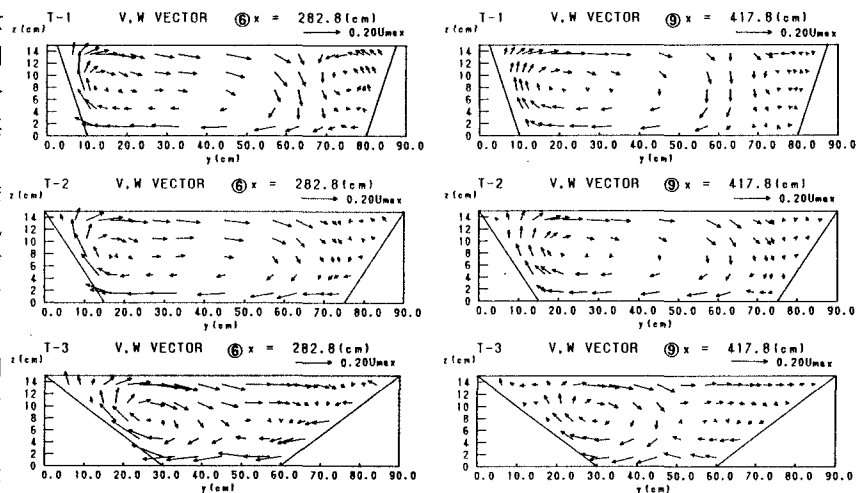


図-2 (v, w) 流速ベクトル図

面③の $\theta=15^\circ$ 付近から湾曲部に特有の2次流がすべてのケースで発生しているが, T-3 では他のケースに比べ縦渦の水平方向の規模が小さく中央より内岸よりで下降流が発生する傾向にある. 断面④の $\theta=30^\circ$ では T-1 のみ外岸側で長方形断面同様の反時計回りの2次流が発生している. 断面⑤ではさらに2次流が発達し断面⑥の $\theta=60^\circ$ でいずれのケースも2次流速の最大値に達している. ここから下流の直線部ではすべてのケースにおいて2次流は減衰するが, T-1 では長方形と同様な外岸の反時計回りの渦が同規模で存在し, T-2 ではこの外岸の渦が小さくなるため再び湾曲2次流のスケールが増し, 下降流位置が長方形と同じようなところになる. T-3 になると外岸側の渦構造がやや不明確になり, 湾曲2次流は内岸の半断面で小さく強く回転する2次流と, 外岸側の同回転向きの弱い

2次流が現れる。図-3はそれぞれのケースの主流速のコンターである。断面②の湾曲入り口ではそれぞれのケースですでに内岸側が速く外岸側が遅い流速分布になり内岸側は底面付近まで高速となる。断面③の $\theta=15^\circ$ ではそれぞれのケースで内側が速く外側が遅い自由渦型分布が最も達しており、高速域の領域もすべてのケースでほぼ同範囲である。断面⑤の $\theta=45^\circ$ では内岸付近が減速し始め、なかでもT-2がこの傾向が大きい。断面⑥の $\theta=60^\circ$ ではそれぞれのケースで水路中央から外岸にかけての広い範囲で一様な流速となるが、T-3で他のケースより高速域の中心がすでに外岸側によっている。直線部に入り断面⑦ではそれぞれのケースで外岸側に高速域が移り、内岸側水面近傍の減速がさらに進展する。直線部を流下するにつれて内岸の減速域が広がり、外側が高速域となる強制渦型の分布に移行している。この直線部では内岸と外岸の流速分布傾向が全く異なり、内岸は上層が遅く下層が速い流速分布となり、外岸は鉛直方向ほぼ一様な分布となっている。この特異な流速分布は、長方形断面でも示されているが、台形断面では側壁傾斜が緩くになるにつれて内岸の上層部の減速域が拡大している。また側壁傾斜の減少に伴い、外岸の渦構造が変化したことにより外岸の流速が大きくなることが注目される。図-4にT-2のケースの流速の平面ベクトル図を示す。流速ベクトルの向きは長方形断面と同様、水面付近で外岸側に底面付近が内岸側に巻き込むようになっていることが分かる。また長方形断面と比較すると水面付近の湾曲下流の内岸側で主流の減速領域が水路中央部付近まで達しているのが分かる。

4. おわりに ここでは直線水路をつなぐ側壁傾斜の異なる3ケースの台形断面の単湾曲部の平均流構造の特性を示した。流れの基本的構造は長方形断面とほぼ類似する傾向を示したが、側壁傾斜が緩やかになるにつれて2次流構造は長方形断面とは異なった性質を示し、また湾曲下流で主流の高速域が外岸へ移動することが分かった。今後は、乱れ構造の変化過程を検討するとともに、湾曲部流れの定量的な評価を行いたい。

<参考文献>1)池田駿介,土木学会論文報告集,第229号,pp.55-65,1974,2)吉川秀夫ら,土木学会論文報告集,第251号,pp.65-75,1976(3)

玉井信行ら,土木学会論文集,第351号,pp.83-94,1983,4)池田駿介ら,土木学会論文集,第351号

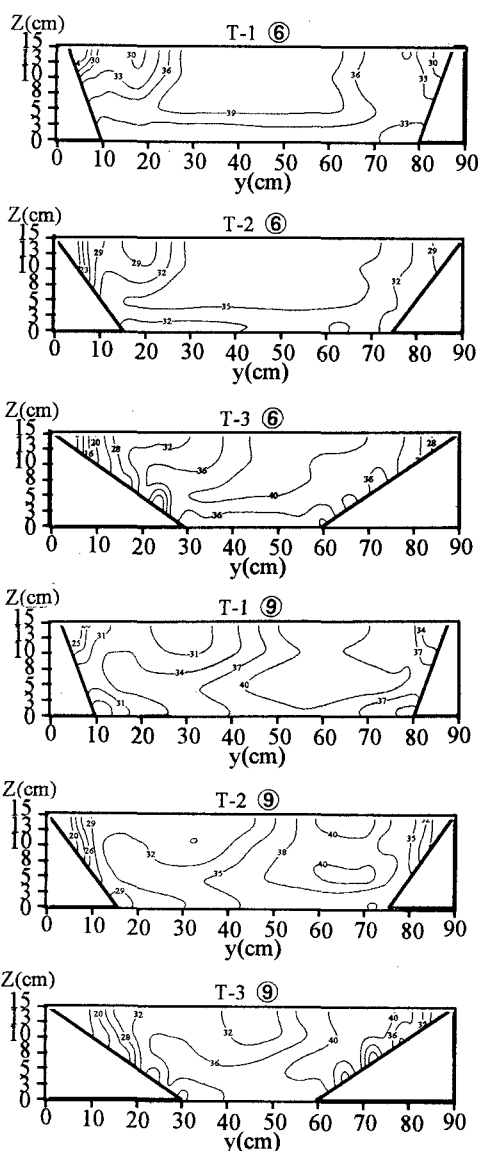


図-3 主流速 u のコンター図

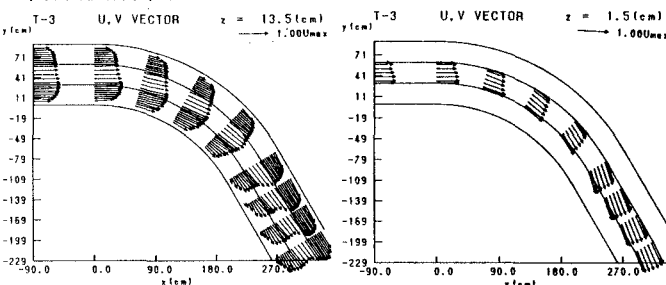


図-4 (u, v) 流速ベクトル図