

II-170

開水路湾曲部の流れ構造に関する基礎的研究

名古屋工業大学 学生会員 千葉 茂樹
名古屋工業大学 正会員 富永 晃宏

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、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)}。蛇行水路で深掘れ部が固定したような状態では流れ構造は明らかとなるが、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。そこで本研究では代表的断面形と平面形を有する湾曲水路において、流速分布及び2次流構造を系統的に検討しようとするものであり、まず長方形断面開水路の結果について報告する。

2, 実験条件及び方法 実験水路は水路幅 $B=90\text{cm}$ 、深さ 30cm の長方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° 、 60° 、 90° 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 $r=135\text{cm}$ で $r/B=1.5$ である。それぞれについて流量 $Q=25\text{ l/s}$ 、水深 $h=9\text{cm}$ 、レイノルズ数 $Re \approx 27000$ 、フルード数 $Fr \approx 0.32$ のケースと、 $Q=40\text{ l/s}$ 、 $h=15\text{cm}$ 、 $Re \approx 45000$ 、 $Fr \approx 0.25$ のケースの2通りを行った。

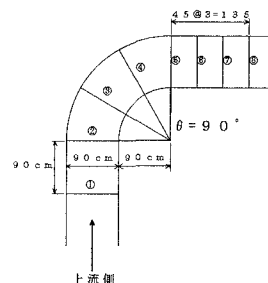


図-1 計測断面位置図

各ケースの計測断面位置は図-1 のようである。計測にはセンサー部の径 5mm の2成分電磁流速計（東京計測製）を用い、サンプリング周波数 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 90° の水深 15cm の2次流ベクトル図を図-2 に示す。これは断面内の質量保存に基づく流向補正は行っていない。断面②の湾曲入り口ですでに外岸から内岸に向かう横断方向水面勾配が生じておりこの影響で内岸に向かう流れが発生している。断面③の $\theta=30^\circ$ 付近から湾曲部に特有の2次流が発生し断面⑤の $\theta=90^\circ$ でピークに至り、横断方向流速成分は平均主流速の約 30% に達する。ここから下流の直線部では2次流は減衰するが、断面⑧の湾曲から下流 135cm においても平均主流速の約 13% 程度の強さで同様の構造を保っている。2次流構造について注目すべき点は下降流が外岸より 20cm 程度内側で生じていることである。これより外岸側の構造は明確ではないが半水深付近で側岸にぶつかり側岸に沿って上昇流を生じている。いずれの湾曲角においても2次流の最大値は湾曲出口で生じ、 30° では平均主流速の約 13% 、 60° では約 25% であった。

図-3 は同ケースの主流速のコンターである。湾曲入り口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 $\theta=30^\circ$ では内側が速く外側が遅い自由渦型分布が最も発達している。断面④の $\theta=60^\circ$ では内岸付近が減速し

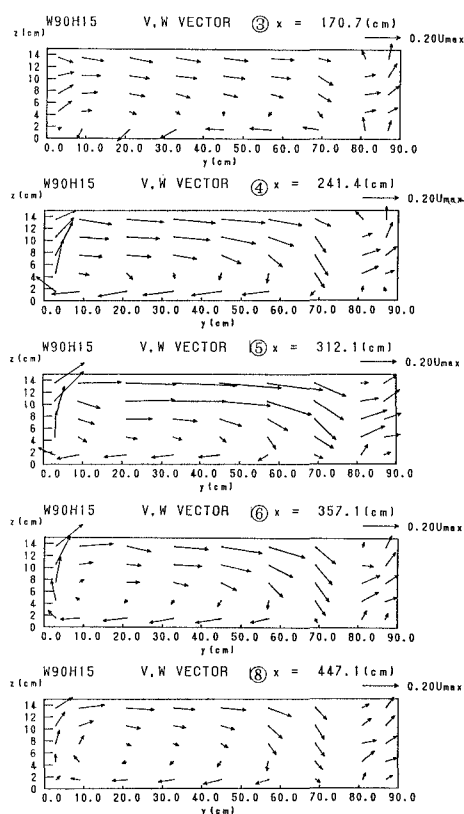


図-2 (v,w)流速ベクトル図

始めるとともに外岸の水面近傍が加速し始める。断面⑤の $\theta = 90^\circ$ では水路中央から外岸にかけての広い範囲で様な流速となり、内岸の半水深より上が減速されている。直線部に入り断面⑥では外岸側に高速域が移り、内岸側水面近傍の減速が進展する。直線部を流下するにつれて内岸の減速域が広がり、内側が遅く外側が速い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様な分布となっている。この特異な流速分布は、内岸の上層部がはく離傾向を示し減速され、2次流の影響でこの遅い流速が内側に運ばれ中央から外岸では高速流が下降し底面に沿って内岸に運ばれた結果生じたものと考えられる。このような流速分布特性は玉井らの連続湾曲の実験³⁾や池田らの空気蛇行流の実験及び計算⁴⁾でも示されている。図-4に湾曲角 30° 、 60° の最下流断面の主流速コンターを示す。 30° では内岸近傍が減速されているが、ここ意外は様な直線水路と同様な分布を示す。 60° では 90° の発達過程にある分布と同様である。図-5に湾曲角 90° の流速の平面ベクトル図を示す。流速ベクトルの向きは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。

4. おわりに ここでは基礎的な直線水路をつなぐ単湾曲部の平均流構造の特性を示した。結果は従来から言われている湾曲流れの特徴を裏付けるものであるが、単湾曲の特性も認められた。今後は、乱れ構造の変化過程を検討するとともに、異なる曲率半径の湾曲に対する実験と断面形状の影響を調べる実験を行い、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, 土木学会論文報告集, 第331号, pp.83-94, 1983, 4)池田駿介ら, 土木学会論文集, 第351号/II-2, pp.77-86, 1984

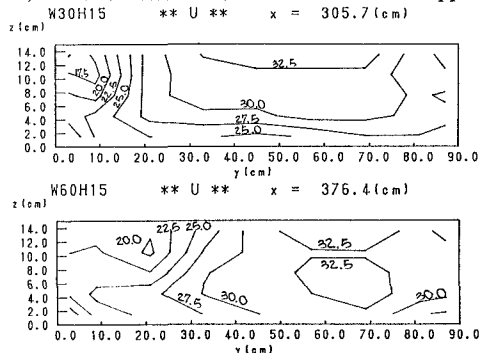


図-4 最下流断面の主流速uのコンター図

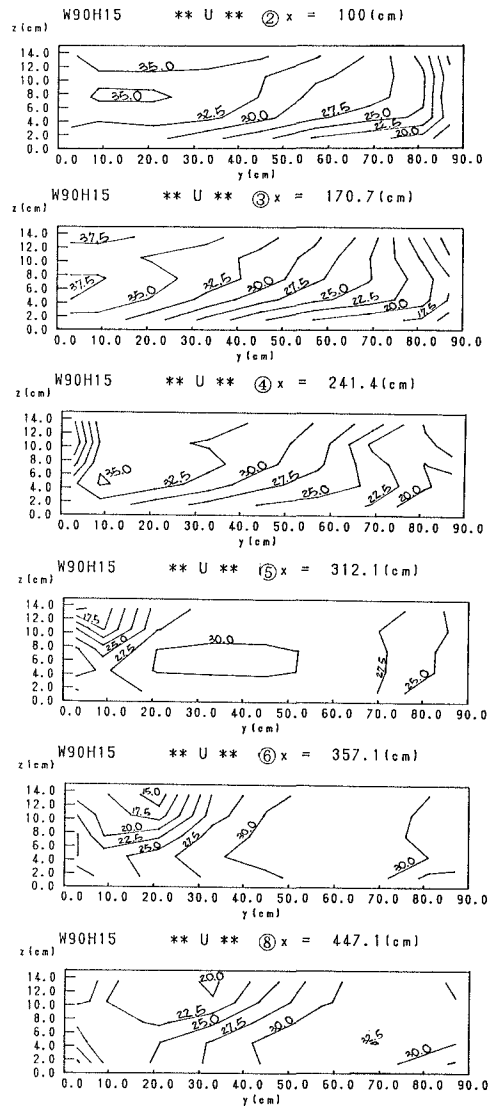


図-3 主流速uのコンター図

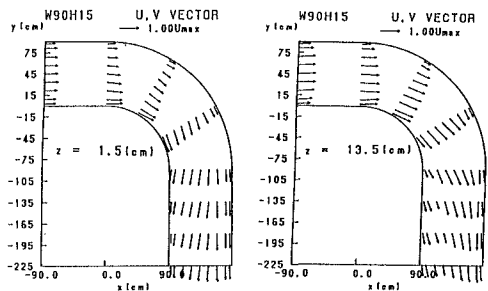


図-5 (u, v)流速ベクトル図