

京都大学工学部地球工学科 学生員 〇土井 智礼
 京都大学大学院工学研究科 フェロー会員 榎津 家久
 京都大学大学院工学研究科 正会員 山上 路生

1. はじめに

実河川では、洪水時に低水路と高水敷からなる複断面の流れ場が観察される。このような複断面開水路流れでは低水路と高水敷の主流速が大きく異なり、その境界部で運動量交換が活発に起こっている。これらの交換特性は、速度シアによって生成される大規模水平渦に支配され、河川環境学上においても重要な水利現象である。そのため多くの水利実験や数値計算が行われている。また最近では、より複雑な流れ場である蛇行複断面流れの研究も行われている。例えば、Shiono & Muto (1998)はレーザー流速計を用いて3次元計測を行い、十分に発達した蛇行領域での2次流特性、流速分布、乱れ構造を明らかにしている。しかしながら、蛇行複断面流れにおける2次流と水平渦の相互関係については未解明点も多い。特に、直線部から蛇行部への遷移区間における水利特性に関する詳細な実験データは少ない。

そこで本研究では、水平渦構造が大きく変化すると考えられる低水路が直線部から蛇行部へ遷移する複断面開水路流れの低水路と両側の高水敷すべての領域を、電磁流速計を用いて3次元計測を行い、その基本的な水利特性を解明した。すなわち、蛇行複断面流れにおける底面せん断応力、2次流、運動量交換とそれらの相互関係について考察した。

2. 実験方法と実験条件

表-1に水利条件を示す。 D は高水敷高さ、 B_m , B_β , B_F はそれぞれ直線部における低水路幅、左岸高水敷幅および右岸高水敷幅である。 H は低水路河床からの水深、 Q は流量、 U_m は直線部での断面平均流速、 s は低水路の蛇行度、 L はサインカーブの波長である。図-1に計測区間を示す。水路の全幅は1mあり、この中に幅 $B_m = 20\text{cm}$ の低水路を設置した。低水路の中心線はサインカーブで定義した。計測は流下方向の5断面を対象とした。また、これらの断面位置はサインカーブの位相 ϕ で定義する。 y は鉛直座標で低水路底面(河床)を原点($y=0$)とし、 z は横断方向座標で左岸高水敷の側壁左端を原点($z=0$)とする。 z' は各計測面に沿う横断方向座標で、低水路と左岸高水敷の境界部を原点($z'=0$)とし、低水路内においてはこれに直交するようにとった。なお、本研究では直径4mmのI型およびL型プローブの電磁流速計を用いて流速3成分を乱流計測した。

3. 実験結果と考察

図-2に蛇行部 $\phi = 90^\circ$, 180° , 270° における2次流ベクトルを示す。低水路内の流れと高水敷上の流れが交差する $\phi = 90^\circ$, 270° では、高水敷上の高速流れによって生じた強い渦が見られる。これらの交差部では低水路内の流れが高水敷に乗り上げており、低水路-高水敷の運動量・物質交換が盛んに行われることが予想される。一方、蛇行頂部の $\phi = 180^\circ$ では、 $\phi = 90^\circ$ 部と同様に反時計回りの渦が見られる。この渦は単断面蛇行流れに見られる遠心力に起因する2次流とは逆の回転方向をもち、注目される。このことから、これらの2次流構造の特性は高水敷流れを有した蛇行複断面流れに特有のものと考えられ、詳細に検討する意義がある。

図-3は、直線部 $\phi = 0^\circ$ と蛇行部 $\phi = 90^\circ$ における底面せん断応力 τ_w の分布を示す。底面せん断応力は、直線部 $\phi = 0^\circ$ での平均値 $\overline{\tau_w}(\phi = 0^\circ)$ で無次元化している。なお、 τ_w は対数則から評価した。 FP_L , MC , FP_R はそれぞれ左岸高水敷、低水路、右岸高水敷を表している。 $\phi = 0^\circ$ では、多くの既往研究と同様に τ_w は高水敷より低水路内の方が大きい。一方、 $\phi = 90^\circ$ では、左岸高水敷の値が低水路内の値よりも大きい。これは、図-2(a)でわかるように、2次流の影響で低水路内の速い流れが左岸高水敷に乗り上げるためと考えられ、蛇行区間近傍の高水敷上に大きな洗掘が発生することが推定され、水災害上重要な示唆を与える。

表-1 水理条件

D (cm)	B_m (cm)	B_{fl} (cm)	B_{fr} (cm)	H (cm)	H/D	Q (l/s)	Um (cm/s)	s	L (cm)
5.0	20.0	20.0	60.0	7.0	1.4	7.47	24.9	1.09	200

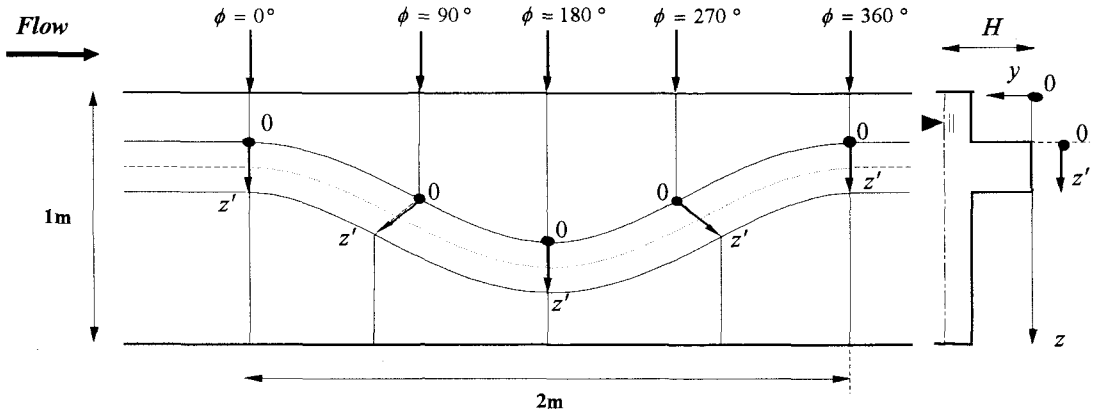


図-1 実験装置

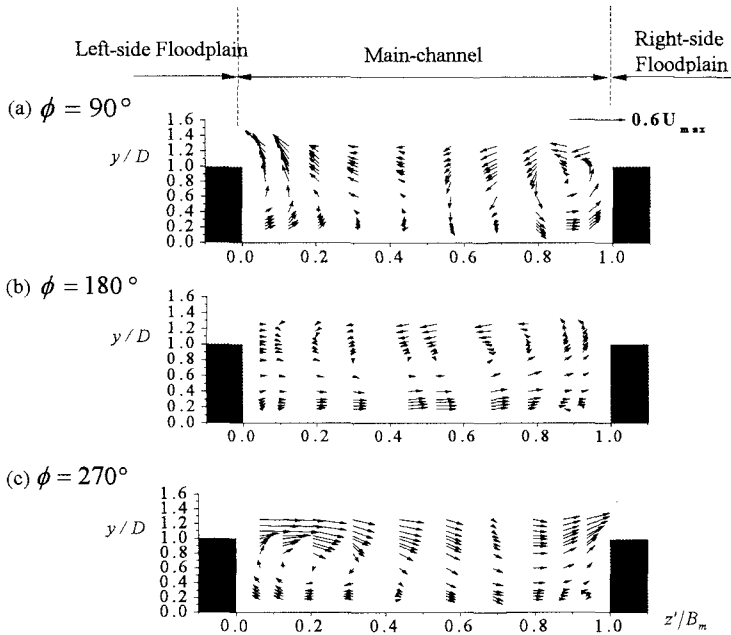


図-2 2次流ベクトル

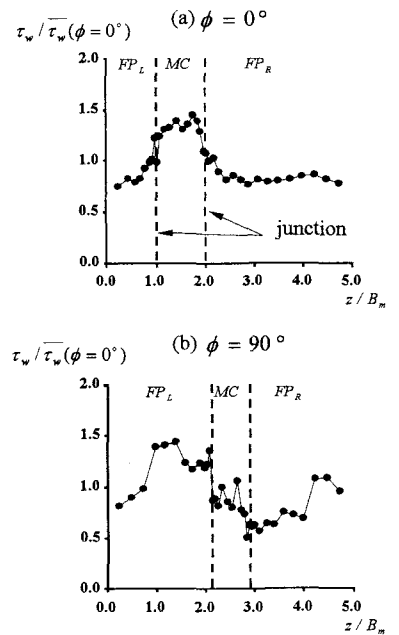


図-3 底面せん断応力の横断分布

4. おわりに

本研究では、低水路が直線部から蛇行部に遷移する複断面開水路流れを電磁流速計で3次元計測を行い、2次流および底面せん断応力の水理特性を明らかにした。今後はPIVを用いて水平渦と2次流の相関特性を解明していきたい。

参考文献 Shiono, K. and Muto, Y. : Complex flow mechanisms in compound meandering channels with overbank flow, *J. Fluid Mech.*, Vol.376, pp.221-261, 1998.