

京都大学防災研究所 正 員 石垣泰輔・武藤裕則
 京都大学大学院 学生員 ○竹尾然生

複断面流れ特有の構造は、低水路流れと高水敷上の流れが相互に干渉する低水路側岸近傍に見られ、その構造は、平面形状・横断面形状等の形状要素に支配されるとともに、低水路水深によっても変化する。平面形状は、堤防法線の形状と低水路の形態の組み合わせで分類され、本報告を含めて、次の4種類を対象としてきた。すなわち、直線・直線(A)、直線・屈曲(B)、直線・蛇行(C)、蛇行・蛇行(D)である。Aの水路における流れの構造は、低水路流れと高水敷上流れの速度差に起因する水平渦および斜昇流といった水深スケールの構造が支配的であり水平方向の混合が卓越するに対し、CおよびDでは蛇行の影響および高水敷上流れの低水路への流れ込みおよび低水路流れの高水敷への乗り上げといった平面形状スケールの構造が見られ、鉛直方向の混合も生じる。しかしながら、いずれの流れの構造も低水路水深の増加に伴って流れの構造が変化する特性は共通しており、構造の水深依存性が指摘される。ここでは、未検討であったB形態の水路における流れの構造をCの流れと比較して検討する。

1. 実験装置および方法：写真1および写真2に示すように、直線水路内に木製の高水敷を設置し、低水路が屈曲および蛇行した複断面水路を作成した。水路の蛇行形態は、Brice¹⁾の定義による屈曲指数($SI = \text{蛇行長} / \text{波長}$)で直線水路($SI < 1.05$)、屈曲水路($1.05 < SI < 1.30$)、蛇行水路($SI > 1.30$)に分類し、表1に示した水理条件下で実験を行った。なお、屈曲複断面水路では、低水路幅が狭い場合には対岸の影響があることから、なるべく広くするとともに、一級河川の計画断面形状のデータをもとに低水路幅/河道幅比を0.3とした。また、屈曲角は砂州の移動限界を考慮して30度とし、蛇行長が低水路幅の1.0~1.2倍程度とした。ここに示した実験結果は、おが肩をトレーサとして水面流況を可視化し、ビデオ撮影したものである。

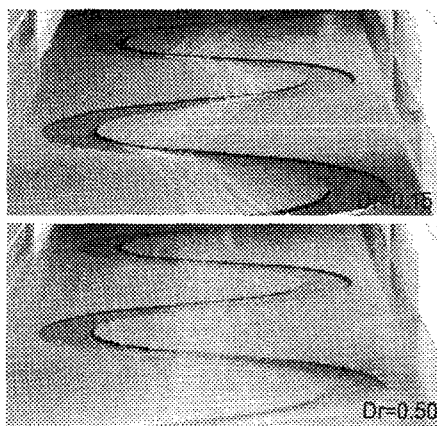


写真1 蛇行複断面流れの水面流況

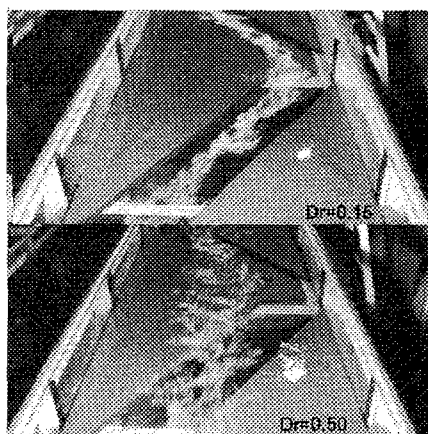


写真2 屈曲複断面流れの水面流況

表1 水理条件

水路	低水路	B(mm)	b(mm)	蛇行長	波長	SI	I	Dr	Re	Fr
直線	屈曲	1000	300	3414	3068	1.11	1/1000	0~0.50	4100~17700	0.39~0.46
直線	蛇行	1200	150	2527	1848	1.37	1/800	0~0.50	1900~13600	0.34~0.54

B：水路幅、b：低水路幅、SI：屈曲指数、I：路床勾配、Dr：相対水深、Re：レイノルズ数、Fr：フルード数

Taisuke ISHIGAKI, Yasunori MUTO, Nario TAKEO

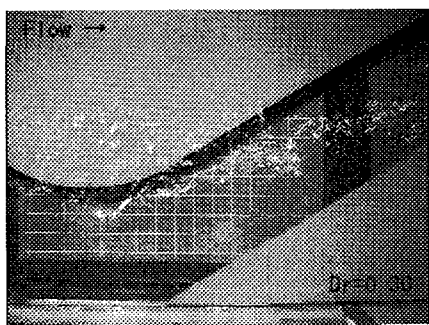


写真3 低水路左岸側の流況

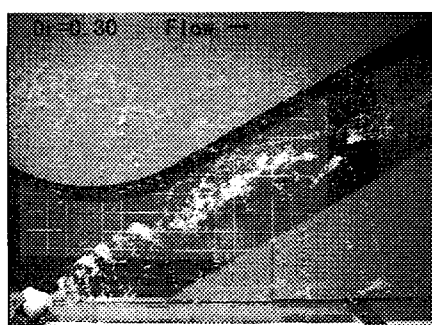


写真4 低水路右岸側の流況

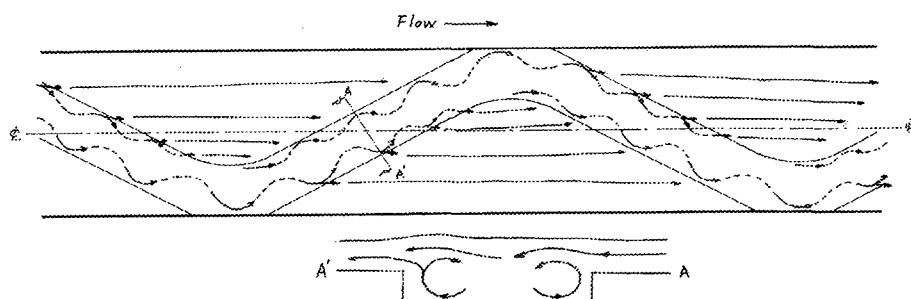


図1 屈曲複断面流れの構造模式図 (Ervine ら³⁾ の蛇行複断面流れの構造と類似)

2. 流況特性に関する検討結果： 写真1は蛇行複断面流れの流況を示したものであり、低水路水深が増加する (Dr が大きくなる) につれて水面付近の流れは直線的に流れ、構造が変化していることが分かる。同様の特性は写真2の屈曲複断面流れにおける結果でも見られ、蛇行度が小さいほど構造変化が明確となっている。このような構造の水深依存性は、武藤ら²⁾の詳細な速度計測結果でも確認されている。これより、上層の高水敷上流れと下層の低水路流れは構造が異なること、それらは交差して鉛直に混合が生じ、流れが3次元構造を有していること等が分かる。蛇行複断面流れにおける3次元構造は、Ervine ら³⁾により概念図が示されているが、本実験における観察結果から同様の構造が屈曲複断面流れに存在し、その構造がより明確に観察可能なことが知れた。それを模式的に示したものが図1であり、写真3および写真4の選択的に散布したトレーサが示す流況の可視化例に基づいてその構造が説明される。すなわち、①屈曲頂点 (以下、**apex** と呼ぶ) の低水路左岸側の上流より散布したトレーサは、**apex** より発生するらせん流および高水敷上に乗上げた後に低水路に流入する流れと混合して左岸側に沿って流下する (写真3)、②低水路右岸側に散布したトレーサは、低水路中央へ輸送されるものとわき上がる流れにより高水敷上に広がるものがある (写真4)、③ Dr の小さな範囲では左右岸の構造は独立した構造として観察される。これより、低水路の左右岸に独立した構造 (らせん流あるいは二次流セルと低水路への流入および流出流) が存在することが確認される。また図に示すように、**apex** の下流で形成されたらせん構造が高水敷流れの流入によって加速・発達し、次の **apex** で通常の弯曲流で見られる二次流とは逆回転の構造を示すようになり、その後、低水路からわき上がるように高水敷に乗り上げながららせん構造が消滅して行く、と言う一連の過程が説明される。

参考文献：1) Brice : USGS Professional Paper, 1964. 2) 武藤・塩野・今本・石垣 : 水工論文集、第40巻、1996. 3) Ervine etc., ASCE, J. Hydr. Eng., Vol.119, No.12, 1993.