

II - 331

屈曲複断面流れの三次元構造と水位変動特性について

京都大学防災研究所 正 員 石垣泰輔

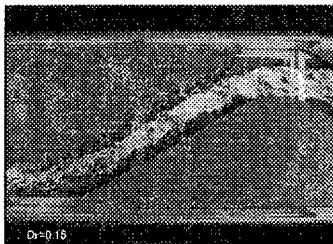
京都大学防災研究所 正 員 武藤裕則

1. はじめに： 直線水路内に設置した屈曲低水路を有する複断面流れの構造について検討した結果を報告する。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、著者らは本報告を含めて、次の4種類を対象としてきた。すなわち、直線・直線、直線・屈曲、直線・蛇行、蛇行・蛇行である。ここでは、2番目の形態の複断面水路における流れの構造について検討する。

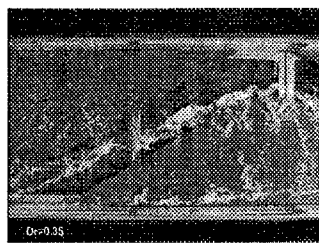
2. 実験装置および方法： 写真1に示すように、直線水路内に木製の高水敷を設置し、低水路が屈曲した複断面水路を作成した。屈曲の程度は、Brice¹⁾の屈曲指数による分類（SI=蛇行長/波長、直線水路：SI<1.05、屈曲水路：1.05<SI<1.30、蛇行水路：SI>1.30）に従って決定し、表1の水力条件下で実験を行った。なお、低水路幅が狭い場合には対岸の影響があることから、なるべく広くするとともに、一級河川の計画断面形状のデータをもとに低水路幅/河道幅比を0.3とした。また、屈曲角は砂州の移動限界を考慮して30度とし、蛇行長が低水路幅の10～12倍程度とした。実験は、おが屑をトレーサとした水面流況の可視化、中立粒子トレーサ法による内部流況の可視化、およびサーボ式水位計による水位変動計測を行った。

表1 水力条件

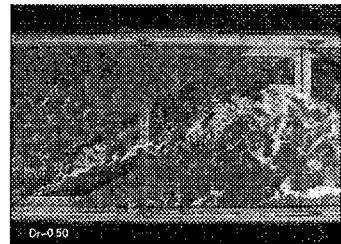
水路幅 B(mm)	低水路幅 b(mm)	蛇行長 l(mm)	波長 λ (mm)	屈曲指数 SI=l/ λ	路床勾配 I	相対水深 Dr=(H-h)/H	レイノルズ数 Re	フルード数 Fr
1000	300	3414	3068	1.11	1/1000	0～0.50	4100～17700	0.39～0.46



Dr=0.15



Dr=0.35



Dr=0.50

写真1 相対水深の増加に伴う水面流況の変化

3. 三次元構造： 写真1は種々の相対水深における水面流況の可視化結果を示したものであり、トレーサが集中する主流部に着目すると、低水路水深が増加する（Drが大きくなる）につれて直線的に流れるようになり、構造の変化が見られる。これは蛇行複断面流れと同様である。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、流れが三次元構造を有していること等が分かる。蛇行複断面流れの三次元構造は、Ervinら³⁾により概念図が示されているが、本実験の観察結果から同様の構造

Key words：複断面流れ、低水路蛇行、三次元構造、開水路乱流

〒612 京都市伏見区横大路下三栖 TEL 075-611-4396 FAX 075-612-2413

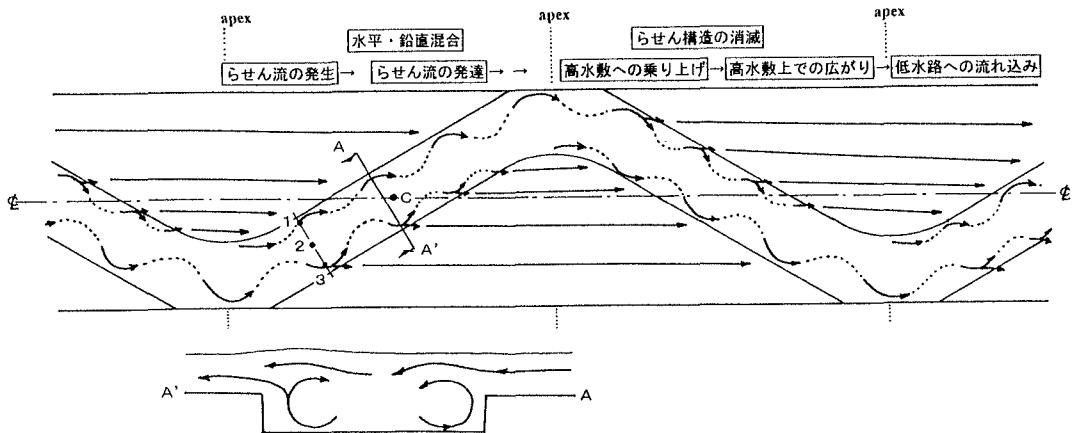


図1 屈曲複断面流れの構造模式図（Ervine らの蛇行複断面流れの構造と類似）

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。その結果、①屈曲頂点（以下、apex と呼ぶ）付近で発生するらせん流は、上流側で高水敷上に乗り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、②右岸の流体は、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、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、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、などの点が指摘される。これらを模式的に示したものが図1であり、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過程が説明される。

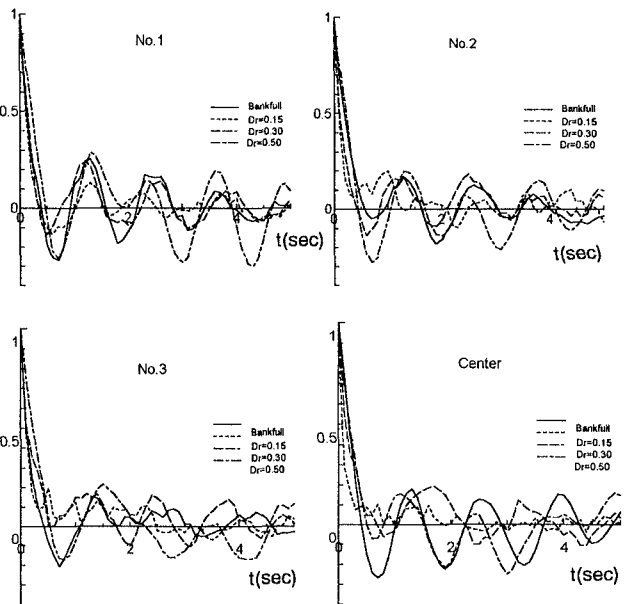


図2 水位変動の自己相関係数

4. 水位変動特性： 図1に示したような構造が存在すれば、水面変動にも周期的な変化が見られると考え、図1に示した4点で水位変動を計測し、その自己相関係数を計算したものが図2である。計測点No.1はらせん流の発生直後、No.3は発達したらせん流が高水敷に乗り上げる位置、No.2はそれらの干渉する位置、Centerは左右岸のらせん流と低水路への流れ込みが干渉する位置である。これより、左右岸で変動周期が異なること、相対水深により構造が変化すること、相対水深が小さな場合には複雑な構造を示すことなどが知れ、水面変動が流れの三次元構造を反映したものであることが指摘されるが、今後の詳細な検討が必要である。

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.

1) Ervine etc., ASCE, J. Hydr. Eng., Vol.119, No.12, 1993.