

II-334

複断面蛇行開水路流れの掃流力分布と2次流構造について

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

摂南大学工学部 正員 澤井健二

1. はじめに： 緩やかに蛇行する低水路を有する複断面流れの構造を検討した結果¹⁾より、図1に示ような構造を描くことができる。すなわち、低水路蛇行頂部（apex）付近で発生したらせん流が高水敷上から低水路に向かう流れに加速されながら発達し、その後に下流側の高水敷へ乗り上げて行くという基本パターンが、左右両岸で交互に繰り返される。ここでは、横断面流況を可視化して本構造を再確認するとともに、流れの構造と掃流力分布（底面せん断力分布）との関係を、河床材料の掃流過程に関する実験結果に基づいて検討する。

2. 横断面流況可視化： 実験では、防水型ビデオカメラを低水路内に沈め、幅 20cm のスリット光で照明した中立粒子の挙動を撮影した。撮影された映像を、1 秒間に 30 フレームの割合でパソコンに取り込み、1 フレームごとに市販のソフトを用いて画像処理した結果を示した例が図2である。図は、相対水深 $Dr=0.50$ (Dr : 高水敷水深/低水路水深) のケースについて、低水路蛇行頂部（apex）より下流側 50~70cm 区間の左岸側の横断面内における 1/6 秒間の中立粒子の挙動を示した結果である。図より、低水路内のらせん構造の存在が確認される。また、高水敷上の流れの大部分は上層を通過するが、一部はらせん流の外縁を低水路底面にまで達する。この構造のスケールは下流に行くにつれて増大している。一方、右岸側では低水路内の流れが高水敷上へ乗り上げて行く様子が観察された。これらの結果は、図1の概念図を説明するものであり、その妥当性が確認された。

3. 掃流過程に関する実験結果および検討： 上述の構造は低水路底面付近の速度分布を非一様にするため掃流力も一様とはならない。本実験では、設定された水理条件での限界掃流力に近い河床材料を用いて掃流力の大きな領域を検出し、その結果を流れの構造から説明することを試みた。用いた粒子は球形のスラジライト（汚泥を固めて焼いた軽量骨材、平均粒径は 1.6mm と 2.4mm を使用、比重は 1.7）である。観測区間の上流 1/4 波長から観測区間下流端まで厚み 2~3 mm でスラジライトを静水中で敷き、

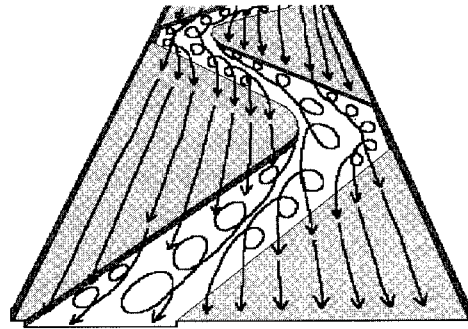


図1 3次元構造の概念図

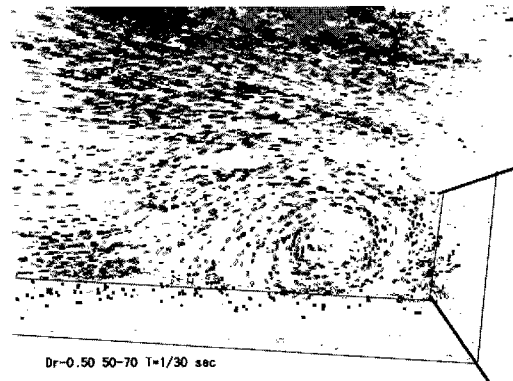


図2 横断面流況（1/6 秒間）
($Dr=0.50$, apex より下流 50~70cm 区間)

Keyword：複断面流れ、低水路蛇行、2次流、掃流力

連絡先：〒612-8235 京都市伏見区横大路下三栖 TEL 075-611-4396 FAX 075-612-2413

表 1 水理条件表

水路幅 B(mm)	低水路幅 b(mm)	蛇行長 l(mm)	波長 λ (mm)	屈曲指数 $SI=l/\lambda$	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

設定流量を流した。通水開始直前から、水路上方に設置したデジタルビデオカメラで河床材料の掃流過程を撮影し、キャプチャーした画像を処理して掃流範囲の変化を検討した。水理条件を表1に示す。

図3は、流れが低水路のみで水深が高水敷高さと同じ場合（Bankfull）、図4は高水敷上水深と低水路水深の比が1：2の場合（相対水深： $Dr=0.50$ =高水敷水深／低水路水深）における結果を示しており、低水路内の着色部分（黒い部分）には河床材料が残っており、それ以外の範囲には水路床が見えていて、この部分の河床材料が掃流されている。掃流された部分は、掃流力が大きな部分であるが、粒子の残っており部分は、初期状態あるいは堆積している箇所であり、掃流力が小さな領域を示しているものではない。なお、流れは、左から右である。図より、Bankfull の流れでは蛇行低水路の外岸側に掃流力の大きな領域が存在するのに対し、 $Dr=0.50$ の場合には内岸側に存在していることが明瞭であり、流れの構造、すなわち、2次流構造の違いが表れている。これは、前者の流れでは、遠心力に起因する2次流構造が卓越するのに対し、後者の流れでは、図1に示すような2次流構造が卓越するため、上流側の apex 付近で発生して発達したらせん流の作用で内岸側の掃流力が大きくなるという説明ができる。なお、これらの2種の構造のいずれが卓越するのかは、詳細な2次流の計測結果より、相対水深によって異なることが示されている²⁾。

図5は、 Dr の小さな場合（0.15）の結果であり、主流部が掃流されて粒子が無くなるとともに、高水敷への乗り上げ部に波状の文様が見られ、非常に複雑な構造の存在が伺えるが、前述したらせん構造で説明することが可能であると考えられる。

4. おわりに： 今後は、低水路の河床形態と流れの構造との関係を検討するため、低水路を移動床とした検討を行う予定である。

参考文献：1)石垣・武藤、水工論文集、第42巻、pp.943-948,1998. 2) Muto.Y: Ph.D. Thesis, Bradford University, 1997.

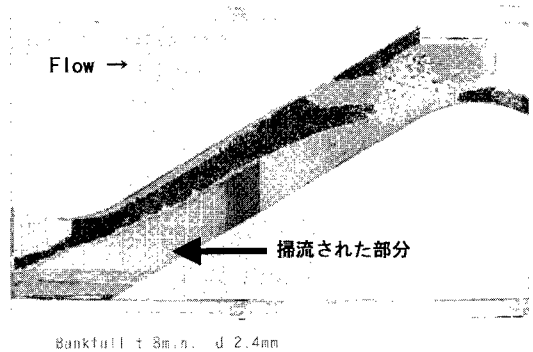


図3 掃流過程に関する実験結果
(Bankfull、通水開始後8分)

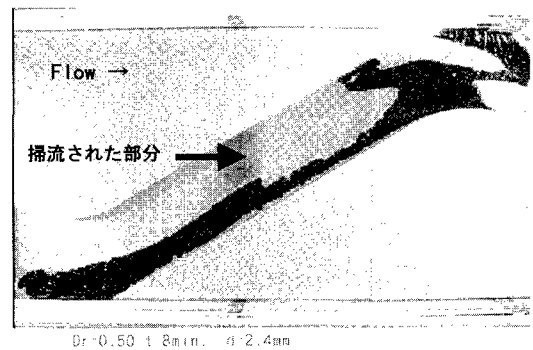


図4 掃流過程に関する実験結果
($Dr=0.50$ 、通水開始後8分)

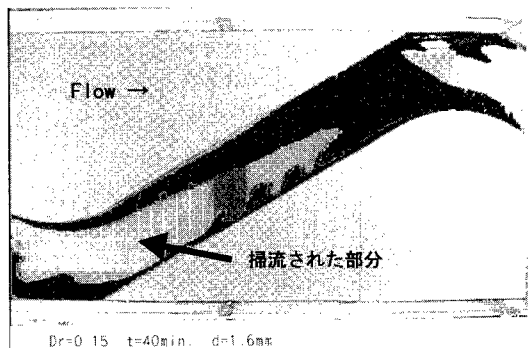


図5 掃流過程に関する実験結果
($Dr=0.15$ 、通水開始後40分)