

片複断面開水路乱流に形成された斜昇流の内部構造の特徴

徳山高専 学生会員 ○森山拓士
 徳山高専 正会員 渡辺勝利
 徳山高専 正会員 佐賀孝徳

1. はじめに

我国の河道断面の多くは、複断面河道が採用されているが、洪水時には、低水路河岸において局所的な洗掘や堆積が発生するため河川防災面の注意が必要とされる。よって、複断面河道における流れの構造の解明は、河岸防災施策の策定のために、極めて重要な課題とされている。このような、複断面河道内の流れについては、これまでも、室内実験や現地観測等が行われ、複断面流れ固有の構造として水平渦や斜昇流の存在が明らかにされている^{1), 2)}。とくに、斜昇流は河岸における洗掘、堆積現象に直接寄与していると考えられることから、その形成機構は河川工学的に重要と考えられる。

そこで、本研究では片複断面開水路流れに形成される斜昇流の内部構造を流れの可視化法を用いて検討し、いくつか重要な知見を得た。

2. 実験装置および実験方法

図-1には、本研究で用いた水路の断面形状および座標系を示している。水路勾配を1/1000に設定し、長さ10m、幅60cm、高さ15cmの透明アクリル樹脂板製の滑面開水路を用いた。さらに、水路の右岸壁側の低壁面には、幅15cm、高さ4cmの塩ビ樹脂板を上流から8mの区間にわたって設置し、片複断面流れとした。

実験では、流れ場の流速測定にはPTV (Particle Tracking Velocimetry)法を用い、組織構造の可視化を行った。トレーサとして微細粒子（平均粒径 $150\mu\text{m}$ 、比重1.04）を、照明としてスリットを用いた。この微細粒子を混入した水溶液を上流端から流れに連続的に注入した後、水平断面、縦断面、横断面におけるトレーサ粒子の流動状況をデジタルビデオカメラで撮影した。実験条件は表-1に示すとおりである。

3. 実験結果および考察

(1) 流速分布特性

図-2は、Case Aにおける主流速 U の等値線図を示しており、最大流速 U_{max} で無次元化して表している。(a)の高水敷の低水路側端部（以下、高水敷端部）に注目すると、等値線が端部から低水路側の水表面方向に斜めに張り出していることが明瞭であり、斜昇流の存在を示している。また、低水路の側壁部に着目すると、等値線が側壁部に入り込んでおり斜昇流とは反方向の強い二次流れの存在が推測される。また(b)より、高水敷の低水路側

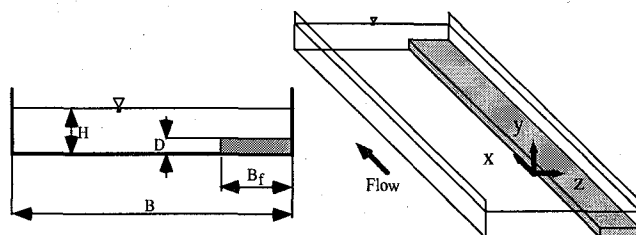
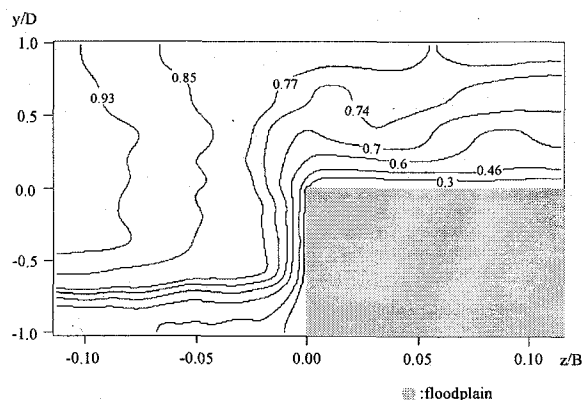


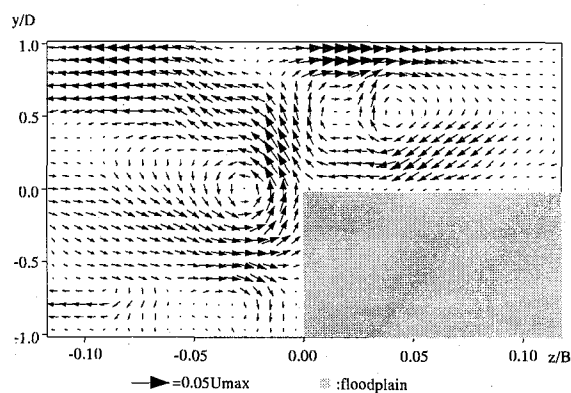
図-1 実験水路及び座標系

表-1 実験条件

case	H (cm)	B (cm)	Bf (cm)	D (cm)	U_m (cm/sec)	ν ($10^{-2}\text{cm}^2/\text{sec}$)	Re ($U_m H / \nu$)	Fr ($\frac{U_m}{\sqrt{gH}}$)
A	8	60	15	4	5.702	0.877	5202	0.064
B	6				4.752	0.858	3323	0.062
C	8				4.710	0.858	4391	0.053
D	8				3.265	0.877	2979	0.037



(a) 主流速分布 (U)



(b) 二次流ベクトル (U, V)

図-2 流速分布

端部には大局的に見ると、大規模な一対の旋回流が形成されている。高水敷端部には、低水路方向に水表面へ向かう強い上昇流が形成されていることが分かる。また、低水路隅角部には隅角方向の強い下降流と、時計周りに旋回流の存在が認められる。

(2) 組織構造の特徴

図-3は、低水路と高水敷の境界付近の横断面可視化の一例を示している。横断面視では、高水敷端部には縦渦構造が集中して形成されることが、いずれの水深条件においても認められた。この縦渦構造は渦運動によって時計方向、反時計方向の瞬時の旋回流と同時に低水路側水表面方向の斜め方向の二次流を誘起していることが観察された。また、この縦渦構造は左右方向へ揺動運動が認められたが、高水敷水深が小さい場合は、低水路方向への傾斜が卓越し、高水敷水深が大きい場合には、それが側壁方向へ傾斜することが観察された。

(3) 組織構造と瞬時速度情報の相互関係

図-4は、Case Dにおける横断面 DPTV 解析結果の一例示している。本図は、横断面形象と瞬時二次流れの流速ベクトルを重ねて示したものである。(a)は、高水敷端部の渦構造を接写している。この構造は、時計、反時計方向に回転する一対の渦形象を呈し、低水方向に傾斜している。瞬時二次流ベクトルの分布と対応関係を見ると、ベクトルの方向は形象と極めて良好に一致していることが明らかである。また、渦構造の中心付近には、図-2(b)で見られた斜昇流に対応するような顕著な水表面斜め方向の二次流ベクトル分布が認められる。(b)では、(a)で見られたと同様に高水敷端部の渦構造は瞬間的な斜昇と同時に低水路側の渦運動によって隅角部方向の顕著な二次流を誘起していることが明瞭に認められる。

4. おわりに

流れの可視化法を用いることにより、斜昇流の内部構造を検討した。その結果、高水敷端部には、水深変化によらず縦渦構造が安定して形成されることが明らかとなった。この縦渦構造は瞬時の旋回流および斜昇流を生成し、流れ場周辺の流体輸送に主要な役割を果たすことが明らかとなった。

参考文献

- 1) 瀬津家久, 鬼束幸樹, 相良幸輝, 池谷和哉: かぶり水深の変化が複断面開水路流れの組織構造に及ぼす影響に関する研究, 土木学会論文集, No.649/II-51, pp.1-15 2000.
- 2) 池田駿介, 村山宜義, 空閑建: 複断面開水路水平渦の安定性とその3次元構造, 土木学会論文集, No509/II-30, pp. 131-142, 1995.

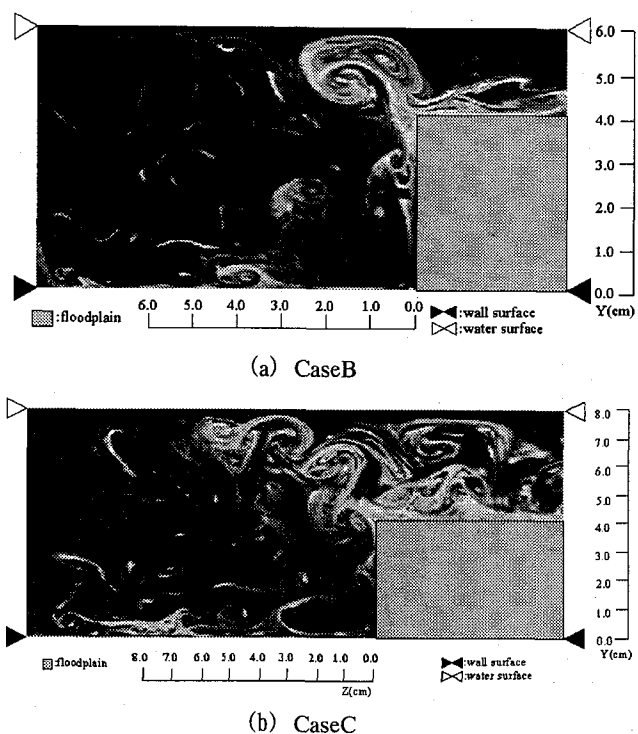


図-3 横断面可視化

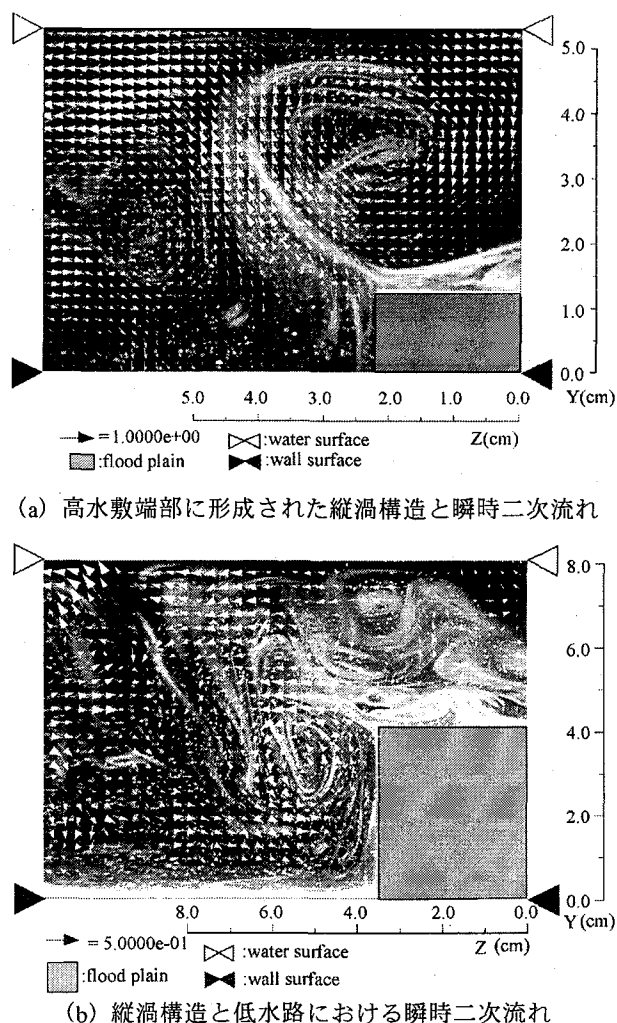


図-4 DPTV 解析結果の一例