

京都大学大学院 正会員 梶津家久
 京都大学大学院 正会員 鬼束幸樹
 京都大学大学院 学生員 ○稲荷 誠

1. はじめに

複断面開水路流れにおける組織構造の特徴として挙げられることは、鉛直軸を持つ大規模水平渦の存在と、高水敷接合部からの強い斜昇流に代表される二次流の存在といった多重構造である。本研究においては、高水敷水深の変化に対する渦構造の変化に着目し、PIV法を用いてこれらの水平断面及び鉛直断面における流体の挙動を計測することにより、その組織構造及び乱流構造について考察する。

2. 実験装置及び実験方法

図1に示すように、本実験で使用した実験水路は全長 10m、幅 40cm の可変勾配型循環式直線水路であり、高水敷高さ 5cm のアクリル製の高水敷を連続して設置することにより複断面水路を構成した。そして、水平断面を撮影する時は水路上方に、鉛直断面を撮影する時は水路側方に CCD カメラを固定する。この状態において、水路側面あるいは水路上方からレーザーライトシートを照射し、撮影を行った。実験ケース及び実験条件を表1および表2に示す。

3. 実験結果及び考察

時間平均された主流速 U を平面平均主流速 U_{mean} で無次元化し、その横断方向分布を示したものが図2である。同図より、

水深が小さいケースでは高水敷から低水路に向かって主流速が単調に増加しており、境界部付近で変曲点が現れている。また、水深の増加に伴い、低水路と高水敷との流速差が低減し、主流速が境界部でいったん落ち込む現象が見られる。これは、水深の増加に伴う境界部付近での斜昇流の卓越により、境界部付近での主流速が減少するものと考えられる。

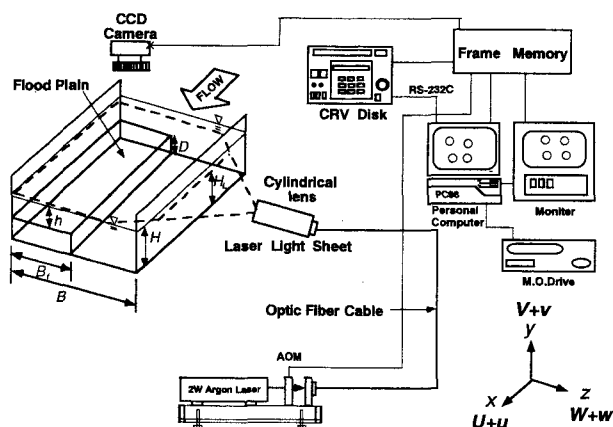


図1 実験装置

表1 実験条件(水平断面)

CASE	S	$H(\text{cm})$	B_f/B	H/D	$Q(\text{l/s})$	$H_f(\text{cm})$	Fr
H6	1/3000	6.0	0.5	1.2	1.44	5.5	0.2
H7	1/4000	7.0		1.4	2.06	6.0	
H8	1/5000	8.0		1.6	2.73	6.5	
H10B	1/6000	10.0		2.0	4.20	6.0	
H10						7.5	
H10T						9.0	
H15	1/7500	15.0		3.0	8.37	10.0	

表2 実験条件(鉛直断面)

CASE	S	$H(\text{cm})$	B_f/B	H/D	$Q(\text{l/s})$	B_f/B	Fr
H6S	1/3000	6.0	0.5	1.2	1.44	0.525	0.2
H7S	1/4000	7.0		1.4	2.06		
H8S	1/5000	8.0		1.6	2.73		
H10S	1/6000	10.0		2.0	4.20		
H15S	1/7500	15.0		3.0	8.37		

S : Bed Slope

H : Water Depth of Main Channel

B_f : Flood Plain Width

B : Channel Width

D : Flood Plain Depth

Q : Discharge

Fr : Froude Number

H_L : Height of laser slit plane

B_L : Position of laser slit plane

図 3 は、caseH6,H8,H15 における渦度の瞬間値

$$\omega = \frac{\partial u}{\partial z} - \frac{\partial w}{\partial x}$$

の分布を示したものである。同図より、caseH6 では境界部付近で最も大きい値をとっており、また正の値をとっている領域が大きい。それに対して、caseH8 においては境界部付近で負の値をとっており左向きの回転が存在していることを示している。caseH15 では、低水路領域で正、高水敷領域で負となっていることから、境界部をはさんで対称的な渦構造となっていることが分かる。これより、水深の小さいケースにおいては大規模水平渦によって右回りの強い回転が生じ、そして水深の大きいケースにおいては大規模水平渦の卓越が小さくなって、それに代わり境界部付近での斜昇流の卓越により、境界部から高水敷上にかけての領域において左回りの回転が誘起されることが考えられる。

図 4 に示したものは、caseH15S において、平面平均主流速 U_{mean} の移動座標上からとらえた鉛直断面の移動座標ベクトルを示したものである。同図より、各ケースとも高水敷高さよりやや上の領域で横断渦が発生しているのが認められる。これより、横断渦の右上部分(記号A)では高速流体の沈み込みがあり、左下の部分(記号B)では低速流体が沸き上がっていることが推察できる。

4. おわりに

本研究では PIV 法を用いて、その水平断面内及び鉛直断面内の乱流計測結果を基に、その組織構造について総合的に考察したものである。

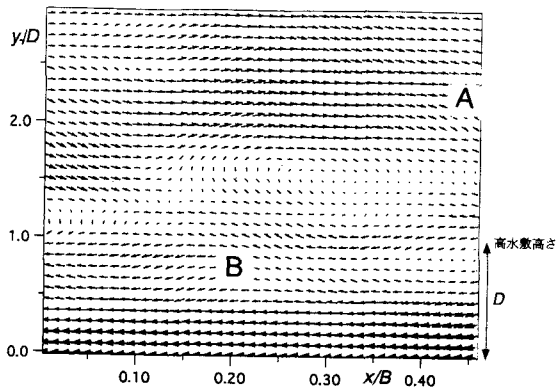


図 4 caseH15S における移動座標ベクトル

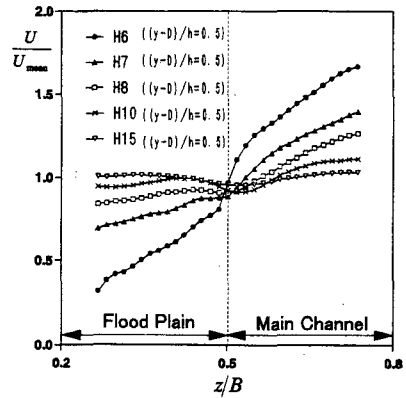


図 2 主流速 U の分布

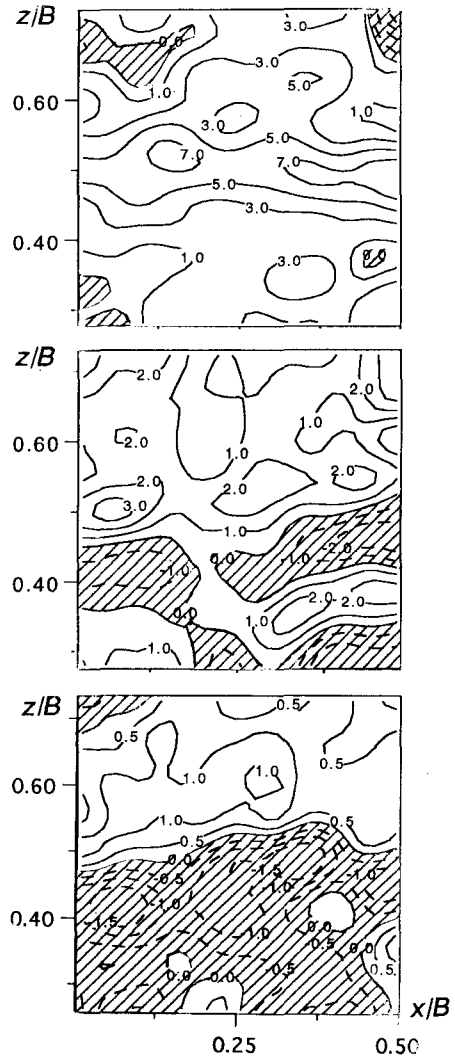


図 3 caseH6(上),H8(中),H15(下)における渦度の瞬間値 ω の分布