

法政大学大学院工学研究科 学生会員 井幡 英紀
 法政大学工学部土木工学科 正 会 員 西谷 隆亘
 法政大学工学部土木工学科 正 会 員 牧野 立平
 法政大学工学部土木工学科 学生会員 今井 将洋

1. はじめに 開水路流れの側壁近傍は、底面、側壁、水面の異なる境界に囲まれた流れ場が存在することにより、固有の流れの構造が形成されている。流水表面には水深の約2倍の間隔で流下方向に塵や気泡が連なった筋状の模様が形成され、河床に水面と同じく水深のほぼ2倍の間隔で縦筋が形成される事が指摘されている²⁾。

これらの流れの構造を解明するには、詳細な流速の3次元計測が必要である。また、直線水路における2次流速は通常主流速の数%の微流速であり、これを測定するには高精度の流速計が必要とされる⁵⁾。今回は、流れの構造を把握することを目的として、非接触の3次元レーザドップラ流速計(LDV)を用いて水路横断面内の流速分布の測定を行った。

2. 実験・計測システム 実験に使用された水路は、全長10m、幅0.21m、の亚克力製可変勾配型開水路である。計測システムには後方散乱型3次元光ファイバレーザ流速計を使用した。測定点を移動するための移動装置には、0.01mmの精度をもつ3次元トラバース装置を使用し、水路側壁から計測を行った。

実験水理条件を表1に示す。

Case Bでは主流速成分と鉛直方向成分の2次元で計測した。測線間隔は水路中央付近から水路半幅の範囲(横断面の右半分)を全て1mm間隔とした。

Case Cでは主流速成分と鉛直方向成分、水路横断方向成分の3次元で計測した。測線間隔は鉛直方向に2mm、水路横断方向には2.5mm間隔とし、水路右半幅の計測を行った。

3. 実験結果および考察

図1,2はそれぞれ、Case B-1, Case B-2の主流速成分 U と断面平均流速 U_m の比 U/U_m の等値線である。

Case B-1 の場合は比較的流速が小さく流れは安定しており、水路中央部の流速が大きくなっている(図1)。

キーワード: LDV, 二次流, 流れの構造

連絡先: 東京都小金井市梶野町3-7-2 法政大学工学部土木工学科 電話042-387-6114 Fax042-387-6124

表1 水理条件						
		単位	B-1	B-2	C-1	C-2
断面通水流量	Q	l/s	0.17	0.32	1.5	0.9
断面平均水深	H	$\times 10^{-2}\text{m}$	3.2	3.2	3.8	3.1
断面平均流速	U_m	$\times 10^{-2}\text{m/s}$	2.53	4.8	19	14
レイノルズ数	Re	$\times 10^3$	0.66	0.86	6	3.7
河床勾配	I		1/1000	1/1000	1/1000	1/1000

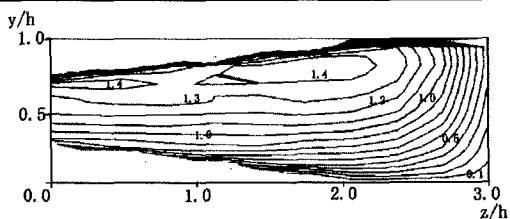


図1 主流速 U/U_m の等値線 (Case B-1)

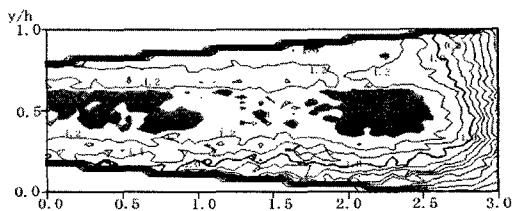


図2 主流速 U/U_m の等値線 (Case B-2)

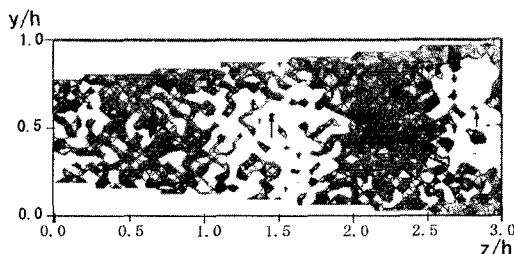


図3 鉛直方向成分の分布図 (Case B-2)

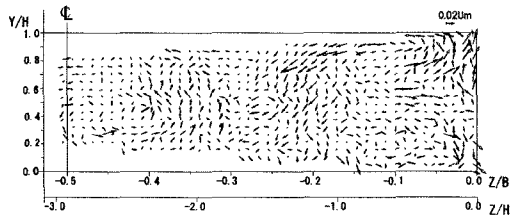


図4 2次流ベクトル図 (Case C-1)

Case B-2 では前者に比べ断面平均流速が大きく、レイノルズ数は864で乱流状態である。主流速成分の比較的高速な部分(灰色の部分)と低速の部分(図2)。また、主流速の比較的高速部と低速部に対応して、流速の鉛直方向成分には上昇部と下降部が認められた(図3)。

Case Cの3次元測定において、鉛直方向成分、水路横断面方向成分より、水路横断面内のベクトル図を示す(図4, 6)。縦軸に水深、横軸に水路横断面方向を示す。

Case C-1では、2次流の大きさは水路中央部より側壁近傍の方が大きく、その大きさは主流速の約2%前後である。また、水路側壁近傍では、鉛直方向に回転方向が相反する1対の渦の存在が確認できる。両図とも $Z/H=-1.0$ の部分で下降流が、 $Z/H=-2.0$ の部分で上昇流があらわれている。それらに対応して主流速は、上昇部に比べ下降部の方が速くなっている(図5)。

Case C-2の水路側壁近傍の水深中央付近では、流向が水路側壁に向かっている(図6)。この付近の主流速の鉛直分布より側壁から約20mmまでは、主流速の最大値は水深の中央部付近で現れている(図7)。したがって、水路側壁近傍では側壁に衝突した2次流が主流速方向に偏向し、主流速が加速していると考えられる。

4. おわりに 以下のような結論が得られた。

- (1) 今回の水理条件下では開水路の2次流は、水路中央部より側壁近傍のほうが大きい。
- (2) 水路横断面内に上昇部と下降部の2次流が形成され、それに対応して下降部の主流速成分は上昇部のそれと比べ相対的に大きい。
- (3) 水路側壁近傍では、上下に回転方向が相反する1対の渦が形成される。
- (4) 2次流が側壁に衝突する部分では、流れが流下方向に偏向し主流速が加速する。

今回の条件下では、明確には並列螺旋流のような流れの構造を見ることができなかった。条件を変えて計測を行う必要がある。

【参考文献】

- 1)木下良作(1977): 河道形状と洪水流に関する検討業務報告書「並列らせん流に関する実験的研究」,昭和51年度北海道開発局石狩川開発建設部委託調査。
- 2)林 泰造(1986): 乱流現象の科学 その解明と制御, 第2刷, 東京大学出版会, pp.507-560。
- 3)井幡・西谷・牧野(1999): レーザ流速計による開水路流速分布の測定, 土木学会第26回関東支部技術研究発表会概要集, pp.378-379。
- 4)井幡・西谷・牧野(1999): レーザ流速計による開水路二次元流速分布の測定, 土木学会第54回年次学術講演会概要集, pp.576-577。
- 5)瀬津・中川(1985): 直線開水路乱流の三次元流れに関する実験的研究, 土木学会第29回水理講演会論文集, pp.969-774。
- 6)瀬津・鬼東・Dan(1999): 2成分LDAを2台用いた開水路流の3次元同時計測, 土木学会水工論文集, 第43巻, pp.347-352。

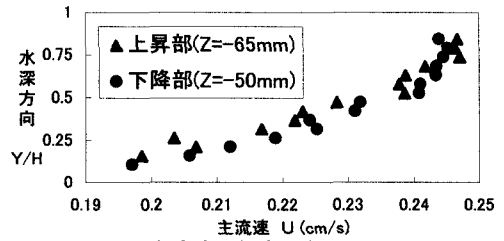


図5 主流速の鉛直分布 (Case C-1)

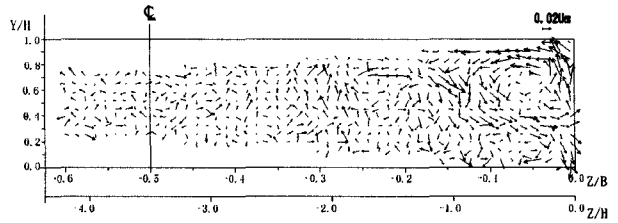


図6 2次流ベクトル図 (Case C-2)

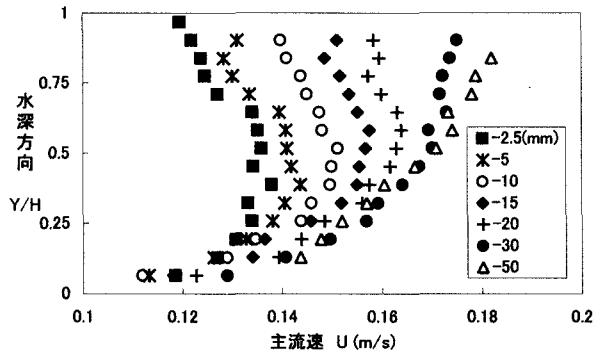


図7 主流速の鉛直分布 (Case C-2)