

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 今本 博 健
 京 都 大 学 大 学 院 学 生 員 福 井 淳 太

1. は じ め に： 開水路流れを種々のスケールの渦構造と考えた場合、そのスケールにより以下のように分類して考えることができる。すなわち、スペクトル構造にみられるカスケード過程が成立する領域の極小規模渦構造、粘性底層やバッファ層における乱れの生成過程に關与する小規模渦構造、水深あるいは局所的断面形状の変化スケールの中規模渦構造、彎曲部などの水路幅スケールの大規模渦構造および河床変動スケールの超大規模渦構造である。本研究は、複断面開水路流れの中規模渦構造に着目し、高水敷先端の形状の差異による流れの構造の変化について検討したものである。

2. 実 験 方 法： 実験は、カメロン撮影による自由表面上の瞬間速度平面分布の可視化、水素気泡法を用いた壁面せん断力分布の計測および中立粒子を用いた流れの可視化法を以下の方法で行った。

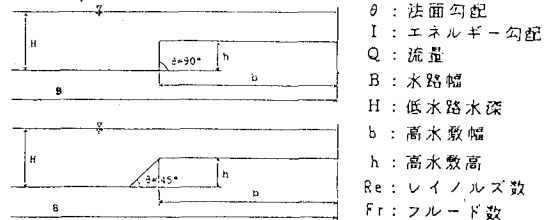
カメロン撮影は、アルミニウム粉末を塗布したおがくずを自由表面に一様に散布し、上方2.1mの高さに設置した2台の35mmスチルカメラの撮影間隔を30msに設定して露光時間1/500 秒で撮影を行った。このようにして得られた2枚1組の写真を実体視することにより瞬間速度の平面分布を得た。

壁面せん断力分布の計測法は別報に記した。また、中立粒子による流れの可視化は、蛍光塗料により着色したポリスチレン粒子(直径1.41mm~2mm、見かけの比重1.0053)をトレーサとして用い、鉛直上方と水平側方より2台の35mmスチルカメラにより同時に露光時間1/4 秒で撮影した。得られた2枚1組の写真よりトレーサの座標位置をディジタル化により量子化し、横断面内のトレーサの挙動を捕える方法である。

なお、壁面せん断力分布および中立粒子トレーサ法による実験は、幅20cm、長さ6mの一部アクリル製の木製直線水路にて行い、カメロン撮影は幅40cm、長さ13mのアクリル樹脂製直線水路を用いた。水理条件は表-1に示すようであり、高水敷先端法面の勾配が90°と45°の場合について実験を行っている。

表-1 水 理 条 件

Case	$\theta(^{\circ})$	I	Q(l/s)	B(cm)	H(cm)	b(cm)	h(cm)	Re	Fr
C-1	90	1/400	5.533	40.00	3.97	16.20	2.00	9425	0.86
C-2	45	1/389	5.712	40.00	4.00	16.60	2.10	9962	0.92
C-3	90	1/456	1.292	20.00	3.99	12.20	2.00	4077	0.55
C-4	45	1/462	1.301	20.00	4.00	12.60	2.10	4172	0.65
C-5	90	1/1248	1.288	20.00	4.09	12.20	2.10	3465	0.51
C-6	45	1/950	1.297	20.00	4.07	12.80	2.00	3624	0.57



3. 実験結果および検討： 図-1はカメロン撮影の結果を用い自由表面における瞬間速度の平面分布をコンターで示したものである。 $\theta = 90^{\circ}$ および $\theta = 45^{\circ}$ のいずれの場合にも複断面流れ特有の斜昇流が水面に達して形成される低速部が高水路と低水路の境界に存在するが、 $\theta = 45^{\circ}$ に比し $\theta = 90^{\circ}$ の方がその流下方間隔もせまく、その存在も顕著なものとなっている。

流れの内部構造との関係より、低速部は下方より流体が上昇して水面に達した位置に相当し、高速部は下方への流体の沈み込む位置に相当すると考えられる。したがって、低水路と高水路の境界近傍では低速部が斜昇流の上昇位置に当り、高

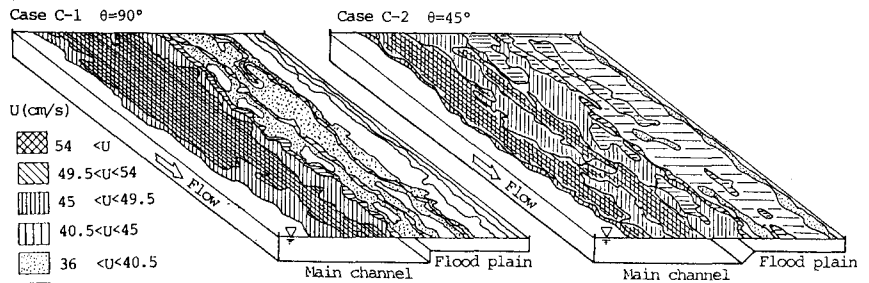


図-1 瞬間速度平面分布

速部が斜昇流により誘起された渦の下降位置に相当する。図-2は、高速部を連ねた峯線低速部を連ねた谷線（カメロン撮影結果では速度差が高低差として可視化されるため高速部が峯となり、低速部は谷となる）の発生位置の頻度分布を示したものである。図より、谷線は高水敷端よりやや低水路側に生起する頻度が高く、峯線は高水敷端を挟んで両側に発生している。 $\theta = 90^\circ$ の場合と $\theta = 45^\circ$ の場合を比較すると、 $\theta = 45^\circ$ の方が谷線の発生位置がやや高水敷側に寄ることが知れ、斜昇流の向きは高水敷先端法面の勾配に影響されていることが推定される。

つぎに、別報に示した壁面せん断力分布の計測結果より壁面近傍の流体の挙動について検討する。すなわち、壁面せん断力は一様分布とならず波状を呈するが、流れの内部構造との関係を考慮すると壁面せん断力分布の極大部は流体が壁面に向う部分であり、極小部は流体が壁面より離れる部分に相当する。図-3は、壁面せん断力分布の極小部の発生位置頻度分布を示したものである。図よりいずれの場合にも高水敷面および先端法面の高水敷近傍と、低水路底面の高水敷法尻より高水敷高さ程度離れた位置に高頻度の部分が存在し、これより図に示すような流れが推定される。

最後に中立粒子をトレーサとした高水敷端付近の流れの可視化結果を図-4に示す。図より、高水敷端より水面に向う斜昇流およびそれにより誘起される水深スケールの中規模渦の存在が認められ、図に破線で示すような渦構造が推定される。また、 $\theta = 90^\circ$ の場合と $\theta = 45^\circ$ の場合を比較すると、 $\theta = 45^\circ$ の場合の方が渦のスケールが若干大きくそのスケールは高水敷端法面の形状に関係のあることが類推される。

以上の結果をまとめると、複断面流れにおける中規模渦は、高水敷端に生起する斜昇流により誘起されるが、そのスケールは水深および高水敷端の形状のスケールに関係があることが指摘された。今後はこれらの中規模渦の形成機構について検討する予定である。

参考文献：1) 福井・今本・石垣：複断面開水路流れの壁面せん断力分布について，第33回年講，1984。

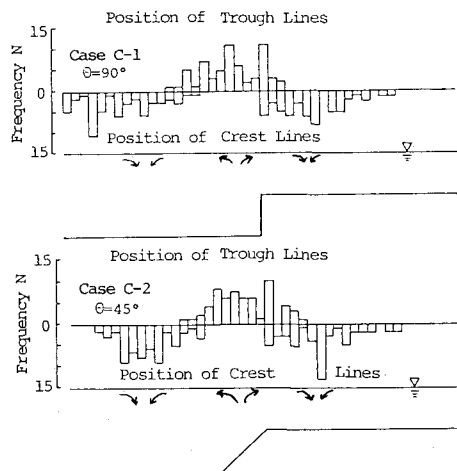


図-2 峯線および谷線の発生位置頻度分布

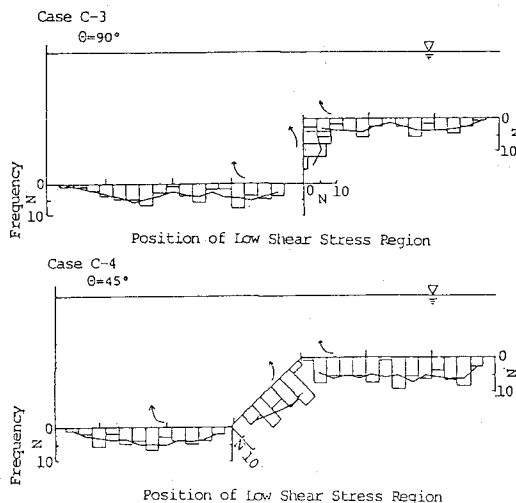


図-3 壁面せん断力分布の極小部の発生位置頻度分布

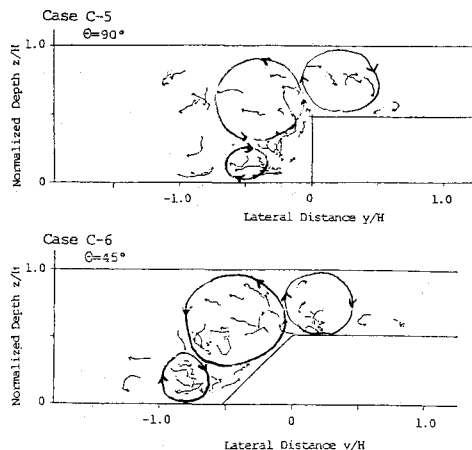


図-4 境界部付近の渦構造