

逆圧力勾配を有する開水路流の流況変化

九州工業大学工学部 学生員 ○岡本智和

九州工業大学工学部 正 員 浦 勝 秋山壽一郎

九州工業大学大学院 学生員 鬼束幸樹 松岡定和

1. はじめに

水深が流下方向に増加する開水路常流では、流速の減少と共に逆圧力勾配となる。本報告は、逆圧力勾配を有する開水路流の主流速、2次流、乱れ強度、Reynolds 応力および乱れエネルギーの横断面内分布の流下方向変化を測定し、検討を加えたものである。

2. 実験方法および実験条件

実験に用いた水路は、図-1に示すように全長2050cm、幅 $B=60$ cmの水路の上流端より1200cm下流側に長さ $\ell=400$ cmの漸変部を設置した。実験条件は上流部において等流となるように流量は $11.5\ell/s$ 、上流部および下流部の水路床勾配は $\sin\theta'=1/1500$ 、漸変部は $\sin\theta=1/94$ とした。座標軸は漸変部入口から流下方向に x 軸を、 x 軸と直角上向きに y 軸を、右岸から左岸に向かって z 軸をとり、それぞれの時間平均流速を U, V, W とした。測定は、右岸横断面内の420点においてX型Hot-Film流速計を用いた $U-V$ 測定および $U-W$ 測定を流下方向に7断面行った。

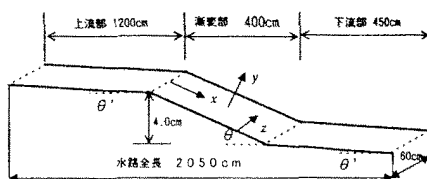


図-1 実験水路

表-1 水理諸量

Fig.No	x (cm)	x/ℓ (-)	h (cm)	B/h (-)	U_m (cm/s)	Fr (-)
①	-20	-0.05	4.69	12.8	34.6	0.55
②	80	0.20	5.61	10.7	30.3	0.44
	160	0.40	6.82	8.8	26.4	0.36
③	240	0.60	7.76	7.7	26.0	0.33
	320	0.80	8.74	6.9	20.7	0.25
④	395	0.99	9.62	6.2	18.3	0.22
⑤	600	1.50	9.92	6.1	17.9	0.21

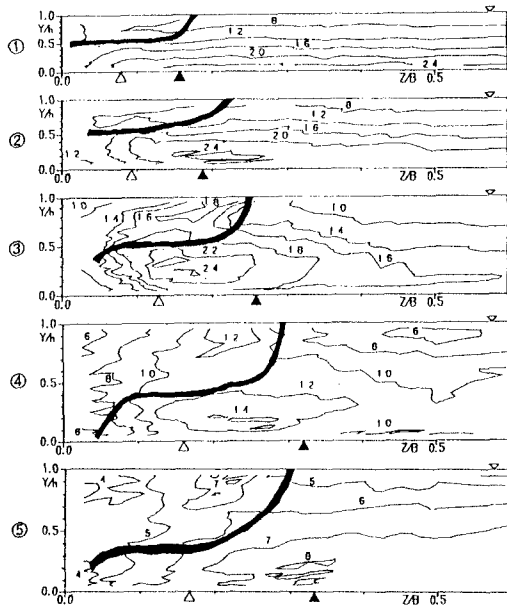
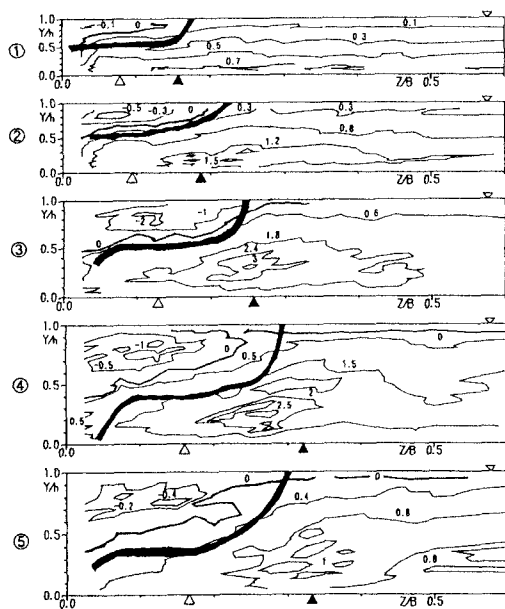
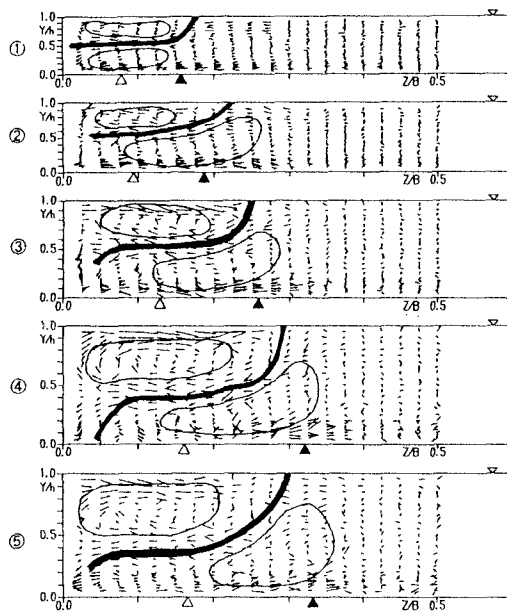
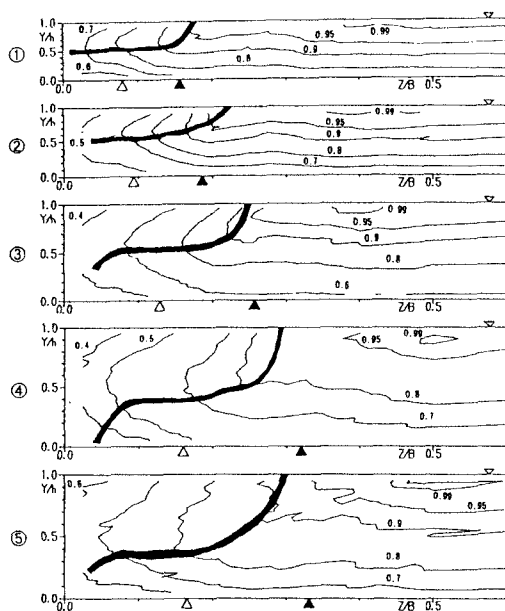
3. 実験結果および考察

表-1に水理諸量を示す。ここに h は水深、 U_m は断面平均流速、 $Fr = U_m / \sqrt{gR}$ はFroude数、 R は径深である。表中のFig.Noは図-2,3,4,5に示した図番である。図-2に断面内最大流速 U_{max} を用いた主流速分布 U/U_{max} の等値線を示す。図中の△と▲印はそれぞれ $z=h$ と $z=2h$ の位置を示す(他の図も同じ)。①の上流部から、漸変部の全ての断面においても $z < 2h$ の半水深付近において等値線が側壁方向にふくらんでいる。

図-3に2次流ベクトルを示す。ベクトル図より渦を示すことは難しいので、 $\oint_0^l W dy = 0$ となる点を太実線で結んだ。その結果、この線を境界面とする互いに逆回転の一对の渦、即ち $z < 2h$ において水面側に「水面渦」と、この下の底面側に「底面渦」が存在しているといえる。また図-3から、水深の増加する流れでは水面渦の鉛直スケールが増加し、底面渦は側壁からやや中央よりに移動すると考えられる。これらの渦の境界面付近の流れは側壁に向かっており、図-1に見られる主流速の等値線のふくらみを引き起こしている。

図-4に水路中央摩擦速度 U_* で無次元化されたReynolds 応力 $-\overline{uv}/U_*^2$ の等値線を示す。①の $z > 2h$ では、底面付近で極大値をとる等流の分布を示す。漸変部②,③,④では、 $z=2h$ 、 $y=h/4$ 付近の領域に極大域が存在する。また、壁面に近い水面付近の水面渦が存在する領域では $-\overline{uv}/U_*^2 < 0$ となっており、 $-\overline{uv}/U_*^2 = 0$ の線は2つの渦の境界線とほぼ一致している。

図-5に乱れエネルギー $k = \frac{1}{2}(\overline{u'^2} + \overline{v'^2} + \overline{w'^2})$ の等値線を示す。乱れの極大域は、上流部では底面近傍に存在するが、漸変部では $z=h$ から $2h$ の範囲で $y=h/4$ 付近に存在する。この領域は、Reynolds 応力の極大域とほぼ一致している。



4. おわりに

側壁から水深の約2倍までの領域では水面渦と底面渦が存在し、2次流によって主流速分布が変形を受けていること、側壁から水深程度離れた領域では、Reynolds 応力および乱れエネルギーの極大域が存在することなどがわかった。