

漸拡長方形断面開水路流の乱れについて(2)

九州工業大学 工学部 正員 浦 勝 正員 秋山 壽一郎
 学生員 ○ 久保 大介 学生員 川崎 淳一郎
 学生員 安永 武英

1. はじめに 昨年、長方形断面をもつ開水路が直線的に拡がる流れを取り上げ、その水理特性を報告した¹⁾。その時、流れの諸量の測定は水路片側のみで行なったものであった。測定結果は左右対称とみなすことができなかったため、今回、断面全体にわたる測定を行なったのでその結果を報告する。

2. 実験装置と方法 図-1に実験水路の平面図を示す。水路は幅60cmからいったん長さ50cmの水路幅 $B_0=20$ cmに縮幅後、長さ5mの区間で漸拡長方形断面開水路となり、その中心角は $2\theta=4.574^\circ$ である。座標原点は漸拡部の両側壁を上流側に延長した交線上の水路床上にとり、流下方向にX、鉛直上向きにY軸をとり、水路幅方向にZ軸をもつ右手系の座標軸を用いた。流速測定は2方向熱線流速計システムにX型エンドプローブ(カマックス1241-20W)を用い、出力電圧はデジタル動歪計を通しサンプリング周波数50Hz、データ数3000でA/D変換後、統計処理した。測定位置はアスペクト比 Ar が約2,4,6,8となる断面で、水路幅方向に12点、水深方向に8点計96の格子点上とした。実験条件を表-1に示す。

3. 摩擦速度 主流方向の時間平均流速 U の鉛直方向分布の例を図-2に示す。同図は壁近傍の測定値が対数分布式 $U/u_{*b}=5.75\log(y u_{*b}/\nu)+5.5$ に最も近くなるように水路床の摩擦速度 u_{*b} を決めて無次元表示したものである。側壁の摩擦速度 u_{*s} も同様な方法で、右岸側壁からの距離 $Z' (=B/2-Z)$ に対する分布より求めた。

図-3(a),(b)は図-2の方法により求めた摩擦速度の分布を示したもので、いずれも断面平均値との比で表わした。図-3(a)より、 u_{*b} は、 Ar が小さいと、中心で極小値を持ち、左右非対称性がみられるが、 Ar の増加にともない水路中央部の値は一様化し、等流の場合²⁾に近づいていく。 u_{*s} は図-3(b)より、水面と水路床で平均より小さく、最大値は $Ar=2$ で $y/H=0.6$ 、 Ar の増加と共に $y/H=0.4\sim 0.5$ と底方向に下る傾向にある。

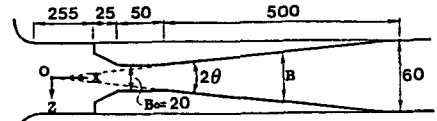


図-1 水路平面図

表-1 実験条件

Ex.No	I	X' / cm	H / cm	B / cm	Ud / cm/s	Us / cm/s	U _{avg} / cm/s	u _{wb} / cm/s
2V1	0	30	8.56	21.5	34.7	—	36.7	1.38
2W1	"	"	8.65	"	36.1	—	37.6	1.73
2P1	"	"	8.40	"	34.2	32.7	43.3	1.88
2V3	10 ⁻⁴	70	13.98	25.2	26.8	30.0	27.1	1.08
2W3	"	"	12.78	25.0	26.8	21.1	26.7	1.16
2P3	"	"	13.05	"	26.8	27.1	35.2	1.32
4V1	0	289	10.03	40.0	17.8	—	19.7	0.842
4W1	"	"	10.0	"	18.7	—	21.6	0.874
4P1	"	"	10.2	"	17.4	17.1	24.0	0.975
4V2	10 ⁻⁴	113	6.79	26.7	26.3	—	29.6	1.31
4W2	"	70	6.2	24.8	31.4	28.4	30.1	1.86
4V3	"	430	13.48	51.6	13.6	9.5	14.1	0.547
4W3	"	"	13.02	51.6	14.2	12.3	17.3	0.692
4P3	"	"	13.21	51.6	14.1	14.0	18.6	0.788
4V5	"	"	13.42	51.7	13.6	6.6	12.6	0.573
4W5	"	"	"	"	13.8	9.3	12.7	0.528
6V1	0	475	10.2	55.0	12.7	—	13.8	0.623
6W1	"	"	"	"	13.4	—	16.4	0.725
6P1	"	"	12.2	"	10.8	12.6	17.1	0.738
6V2	"	305	7.0	42.3	17.3	—	21.9	0.928
6W3	10 ⁻⁴	250	6.23	38.4	18.5	12.3	18.9	0.732
6V3	"	"	6.33	38.5	20.4	13.5	20.2	0.789
6V4	"	"	6.18	38.6	20.7	15.2	20.1	0.864
6P2	"	"	6.40	38.7	19.2	18.3	25.1	1.10
8V2	0	485	7.03	54.2	13.5	—	14.1	0.646
8W3	10 ⁻⁴	430	6.4	51.3	14.4	9.1	13.2	0.587
8V3	"	"	6.4	51.4	15.2	10.3	16.6	0.836
8V4	"	"	6.25	51.5	15.4	10.4	14.1	0.693
8P3	"	"	6.4	51.6	14.3	13.4	18.2	0.847

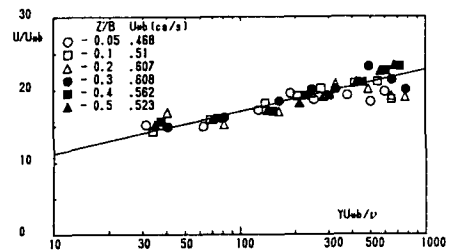
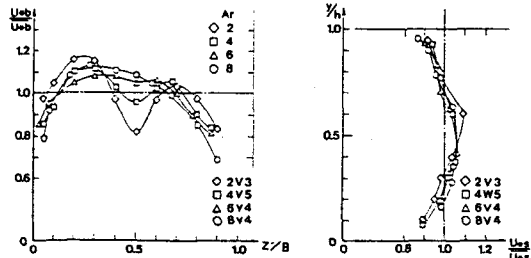


図-2 Uの鉛直方向分布図

図-3(a) u_{*b} の分布図 図-3(b) u_{*s} の分布図

4. 主流方向の平均等流速線図 等流速線図を図-4(a)～

(e)に示す。各図とも下流側から見たものであり、図中の等流速線は、 $U/U_{MAX}=0.99, 0.95, 0.9, 0.8, 0.7, 0.6$ の値を示している。(a)(b)はともに $Ar=2$ であるが、(a)は漸拡部突入直後 $X'=30\text{cm}$ の左半分の測定結果であり、(b)は $X'=70\text{cm}$ とやや下流側のものである。(c),(d),(e)はそれぞれ $Ar=4, 6, 8$ である。図-4より、次のことがいえる。(1)漸拡部に入ると、高速部は片側に偏り、左右対称とはならない。(2)アスペクト比が大きくなるにつれ、最大流速点は中心に近づき、かつ水面近くに上昇してくる。(3) U_{MAX} の発生する高さは、矩形開水路等流の場合、 $Ar=2, 4, 8$ に対して、 $y/H=0.65, 0.78, 1.0$ であり²⁾、漸拡流は等流に比べて最大流速点は約1割ほど深い位置にある。

5. 二次流のパターン 図-5は y, z 方向の平均流速 V, W が $\int_0^B V dz=0, \int_0^H W dy=0$ となるよう V, W を補正した値を用いて、二次流のパターンを描いたものである。図中の×印は U_{MAX} の位置を示す。同図より次のことがわかる。(1)側壁近くには富永ら²⁾が等流開水路で示したように、表面渦と底面渦が生じる。(2)これらの渦は、主流の高速部から側壁方向への運動量輸送によって作られており、(3)表面渦と底面渦は常に存在するが、その幅方向スケールは交互に変化することがある。

6. 主流方向の乱れ強さ u' の等値線図 主流方向の乱れ強さ $u'/\bar{u}_{0.5}$ の等値線図を図-6に示す。同図より $Ar=2$ では u' の最大値は、隅角部の側壁と底面にあるが拡幅に従い底面のみとなり、 u' の分布も上方に向かって単調に減少する等流の分布に近くなることがわかる。

7. レイノルズ応力 レイノルズ応力 $-\bar{u}v$ を $\bar{u}_{0.5}^2$ で無次元化した等値線図を図-7に示す。いずれも最大流速の存在する側の底面に、 $-\bar{u}v$ の最大値が存在し、水面に向かって減少してゆく。また $-\bar{u}v/\bar{u}_{0.5}^2$ の値は二次流の存在とその変動により Ar が大きい所で非常に大きい値となる。二次流の分離とその評価が今後の課題である。

8. 終わりに 以上、漸拡長方形断面開水路流の平均流、乱れについて実験で得られた結果を示し、その特性を長方形断面開水路の等流の場合と比較し、その差異を述べた。

参考文献

- 1) 浦ら：漸拡長方形断面開水路流の乱れについて，西部支部年講，pp.238～239，1990
- 2) 富永ら：長方形断面開水路流の三次元乱流構造に関する実験的研究，土論 No357/II-3，pp.81～88，1985

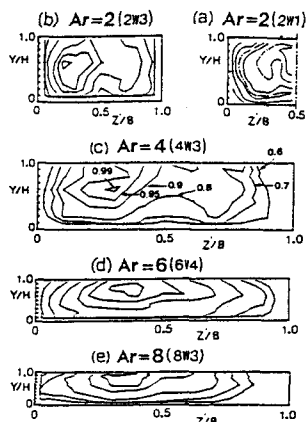


図-4 U/U_{MAX} の等流速線図

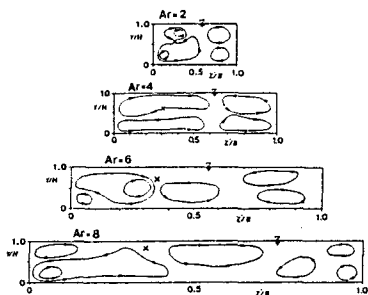


図-5 二次流のフローパターン

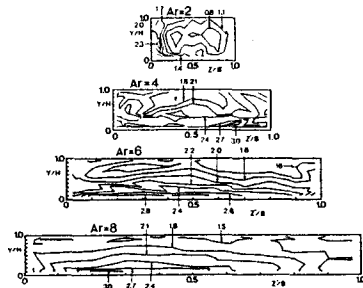


図-6 $u'/\bar{u}_{0.5}$ の等値線図

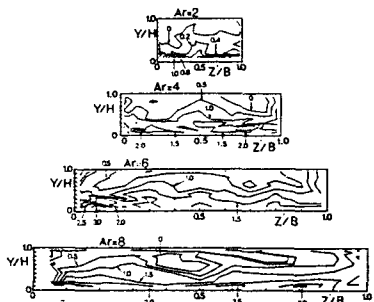


図-7 $-\bar{u}v/\bar{u}_{0.5}^2$ の等値線図