

II-238 漸拡長方形断面開水路の乱れと2次流

九州工業大学

学生員 ○ 川崎淳一郎

正 員 浦 勝

正 員 秋山 壽一郎

1. はじめに 開水路において、流れの幅が緩やかに変化する所は至る所に見られる。筆者らは漸拡流の水理学的特性に関して実験的な研究を行っているが、本年度は条件を1つに限定して実験を行い、流速分布と乱れ、および二次流の関連性を検討した。

2. 実験装置と方法 漸拡流部は、長さ20m、幅0.6mの開水路内にアクリル板を用いて長方形断面で設置した。漸拡部入口の水路幅 $B_0=19.6\text{cm}$ とし、これより下流の水路幅 B は $dB/dx'=1/12.5(x')$ ：漸拡部入口を原点とする流下方向の距離)で直線的に拡がっている。座標軸は流下方向、鉛直上向き、水路幅方向にそれぞれ x' , y , z 軸をとった。漸拡部の長さは $x'=5\text{m}$ であり、 $x'>5\text{m}$ で一様幅 $B_d=0.6\text{m}$ となり、 $x'=17.2\text{m}$ に水位調整用のゲートを設けた。漸拡部入口より上流側 $x'=-0.5\text{m}$ までは $B_0=19.6\text{cm}$ の一様幅部分であり、本年度はこの一様部入口を滑らかにするとともに、 $x'=-0.5\text{m}$ に $\phi=6\text{mm}$ 、長さ50mmのハニカムを一個取付け、整流を行った。実験条件は水路床勾配 $I=1/10000$ 、流量 $Q=9600\text{cc/sec}$ 、下流端水深 $H_d=13.5\text{cm}$ に固定した。流速測定断面は表-1に示すようにアスペクト比 $Ar=B/H$ (H ：水深)が約2, 3, 3.5, 4となる点とした。なお漸拡部入口は $Ar=1.6$ である。流速測定は x 型ホットフィルム流速計(カマックス1241-20W)を用い、 x' , y , z 方向流速成分 u , v , w の変動量をデジタル動歪計でA/D変換した。データのサンプリング周波数は200Hzであり、データ数4096個で統計処理した。

3. 実験結果

3-1. 流れの概要 図-1(a)は5つの断面で得られた時間平均流速 U の幅方向分布を示している。同図には相対水深 $y/H=0.2, 0.4, 0.6, 0.8$ において得られた結果を同一スケールで表している。

3-2. 各断面における主流方向流速の等流速線図

5つの断面で得られた U の等流速線図を図-2に示す。同図の実線は断面最大流速 $U_{\max}$ を基準にとり、 $U/U_{\max}=0.9$ から0.3まで0.1間隔で示した。なお0.95は点線で、 $U/U_{\max}=0.8$ は太実線で示した。ここに幅方向は $z'=B/2-z$ を用いて表した。同図より、 $Ar=1.6$ ではほぼ矩形に近い分布を示しているが、水路の拡幅に伴って水路中央部で最大値を持つ先の尖った形状に変化している。等流速線図が側壁と平行にならないことおよび水路隅角部に向かって

表-1. 実験条件

Exp.No	Ar	x' cm	H cm	B cm	$U \cdot b$ cm/s
AV12	1.6	20	12.82	21.5	1.570
2V10	2.0	90	12.92	26.9	1.192
3V10	3.0	268	13.22	39.7	0.826
3.5V10	3.5	355	13.38	45.7	0.791
4V13	4.0	440	13.43	52.3	0.825

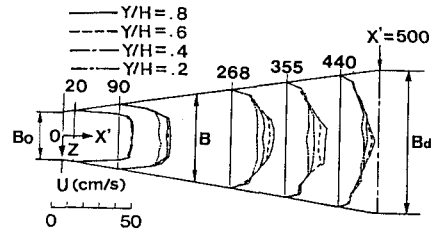
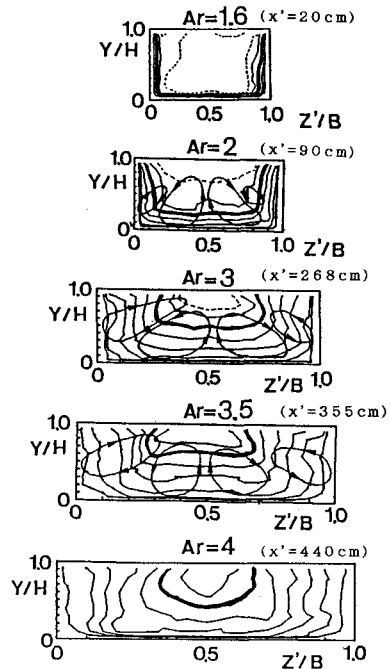


図-1. 漸拡流れの概要

図-2. U の等値線図

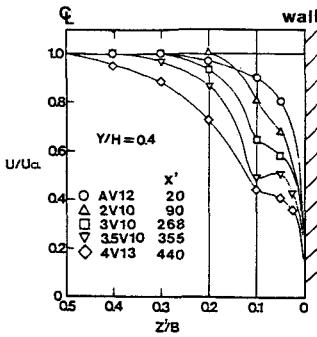


図-3. Uのz方向分布

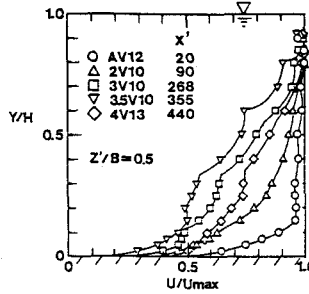
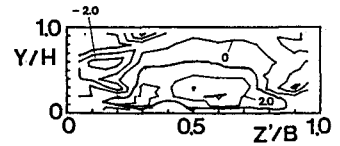
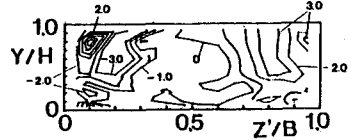
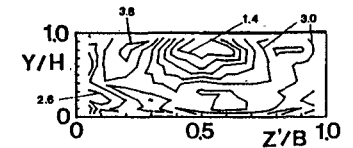
図-4. Uのy方向分布
(センターライン上)(a) レイノルズ応力 $-\overline{u'v'}/U_*^2$ (b) レイノルズ応力 $-\overline{u'w'}/U_*^2$ (c) 主流方向乱れ強度 u'/U_*

図-5. レイノルズ応力と乱れ強度

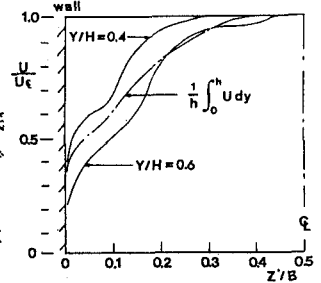
張り出した形状となっており、図中に示したような二次流の存在が推定される。

3-3. 主流方向流速の特性 図-3には5つの断面における同一の深さ $y/H=0.4$ における U/U_{max} の幅方向変化を示す。同図より $z'/B=0.1$ 近傍で流れが減速され、 $z'/B=0.1\sim0.2$ の領域で速度勾配が大きくなっていくことがわかる。次に水路中心線上におけるUのy方向分布の拡幅に伴う変化を図-4に示す。同図より、拡幅に従い同一断面で加速・減速される部分が存在することがわかる。

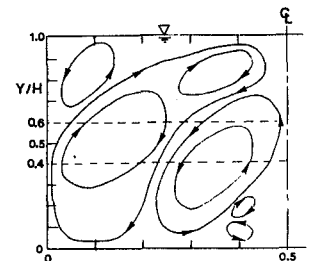
3-4. レイノルズ応力と乱れ強度 図-5(a),(b),(c)に $Ar=3.0$ ($x'=268\text{cm}$) で得られたレイノルズ応力の無次元量 $-\overline{u'v'}/U_*^2$ 、 $-\overline{u'w'}/U_*^2$ (ただし U_* は中心線上の値)、及び主流方向乱れ強度 u'/U_* の等値線を示す。(a)図の $-\overline{u'v'}/U_*^2$ ではレイノルズ応力の大きな領域が底面近傍から離れ、 $y/H=0.2$ 付近まで上昇している。(b)図の $-\overline{u'w'}/U_*^2$ ではレイノルズ応力の最大値が側壁近傍から離れ、 $z'/B=0.2$ あるいは 0.8 付近へ移動している。(c)図の u'/U_* からは乱れの発生領域が壁面よりやや離れて帯状に存在していることがわかる。また、レイノルズ応力 $-\overline{u'v'}/U_*^2$ 、 $-\overline{u'w'}/U_*^2$ の強い領域を重ね合わせた領域と乱れ強度 u'/U_* の強い帯状の領域とが一致することもわかる。

3-5. 二次流と主流速分布との関係 図-6(a),(b)は $Ar=3.0$ の断面におけるUの水平方向分布と二次流のフローパターン図である。(a)図には深さ方向に平均した流速分布を破線で示した。 $y/H=0.4$ においては $z'/B=0.1\sim0.3$ の領域が加速され、 $y/H=0.6$ においては $z'/B=0\sim0.15$ で減速されている。これを(b)図と対応させると、加速域は二次流の中心部から側壁方向への流れに対応し、一方、減速域は側壁から水路中央部に向かう二次流に対応している。すなわち、漸拡流れは側壁から中心にむかう2次流のため減速され、中心から壁へ向かう2次流のため加速されることがわかる。

4. おわりに 以上、漸拡長方形断面開水路における主流方向の流速分布変化と乱れ、及び2次流について報告した。



(a)



(b)

図-6. $Ar=3$ ($x'=268\text{cm}$) で得られた

(a) Uの水平方向分布

(b) 二次流のフローパターン図