

漸拡長方形断面開水路における流速分布変化

九州工業大学 正員 浦 勝 正員 秋山 壽一郎
学生員 ○ 川崎淳一郎 学生員 今村 正
学生員 落石 敏也

1. はじめに 開水路流において、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利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、水理量の流下方向の変化について調べた。

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 は19.6cmとし、これより下流の水路幅 B は $dB/dx' = 1/12.5(x' : \text{漸拡部入口を原点とする流下方向の距離})$ 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り付け、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。

表-1. 実験条件

Exp.No	Ar	x' cm	h cm	B cm	U^*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

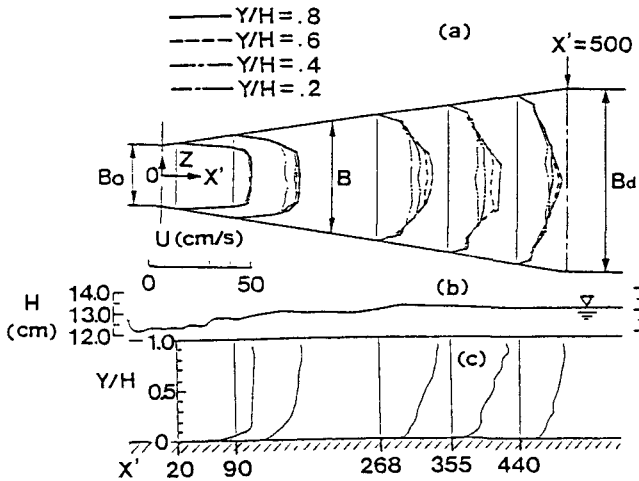


図-1. 漸拡流れの概要：(a)主流方向速度 U の z 方向分布；(b)水面形；(c) $z' = B/2 - z = B/2$ における U の y 方向分布

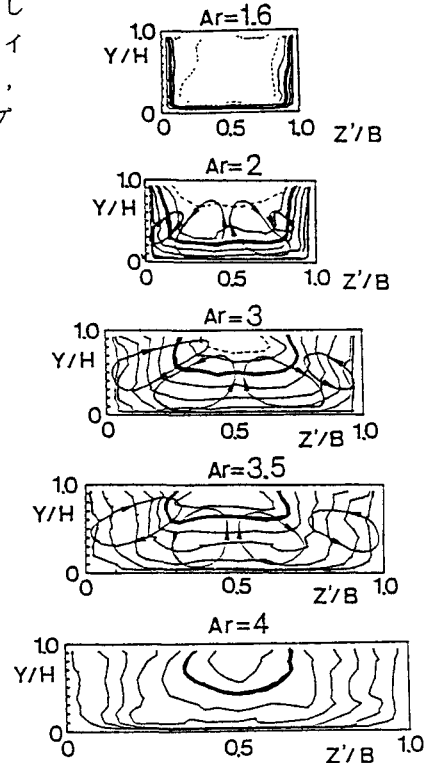


図-2. 主流方向流速の等値線図

3. 実験結果

3-1. 流れの概要

はじめに流れの概要を図-1に示す。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。次に図-1(b)には水深 H を、図-1(c)には中心線上($z=0$)における U の鉛直分布を示した。

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. 中心線上におけるレイノルズ応力の鉛直分布

流れの中心線上におけるレイノルズ応力 $-\overline{uv}$ を底面摩擦速度 U_{*b} の自乗で無次元化した鉛直分布を図-3に示す。底面摩擦速度 U_{*b} は $y/H \leq 0.2$ の壁近傍の平均流速 U が対数分布式 $U/U_{*b} = 2.427 \ln(y U_{*b}/\nu) + 5.29$ に最も近くなるように決めた。同図から、底面の近傍では $-\overline{uv}/U_{*b}^2 \approx 1$ であるが、拡幅とともに $-\overline{uv}$ の大きな値が出現する。

3-4. 主流方向流速の特性

U の z 方向変化は図-1(a)、図-2からもわかるが、図-4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_{cl} の幅方向変化を示す。 U_{cl} は $y/H = 0.4$ 、 $z'/B = 0.5$ における平均流速を表す。同図より拡幅に伴い、 $z'/B \leq 0.1$ 近傍で流れが減速され、 $z'/B = 0.1 \sim 0.2$ 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 $z'/B = 0.5$ における U の y 方向変化を図-5に示す。同図より、拡幅に従い同一断面の深さ方向において加速・減速される部分が存在することがわかる。このことは強い二次流が存在し、そのスケールに制約があるものと判断される。

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について報告した。乱れ成分、二次流のスケールなどについては今後解析を進める予定である。

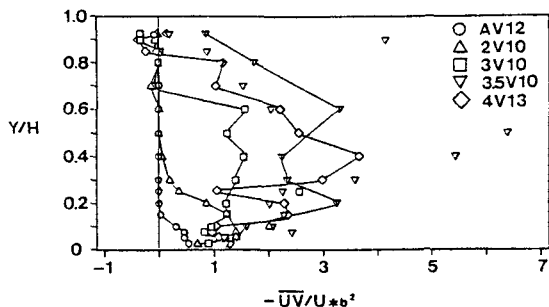


図-3. $-\overline{uv}/U_{*b}^2$ の鉛直分布($z'/B = 0.5$)

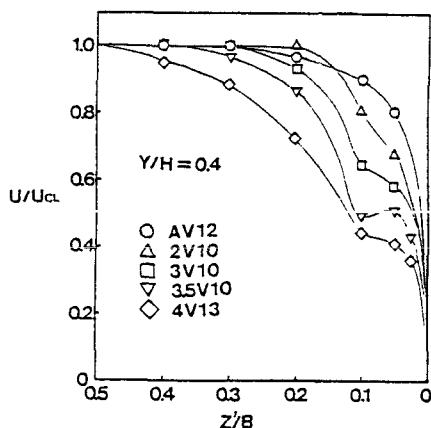


図-4. $y/h = 0.4$ における U の z 方向分布($z'/B = 0.5$)

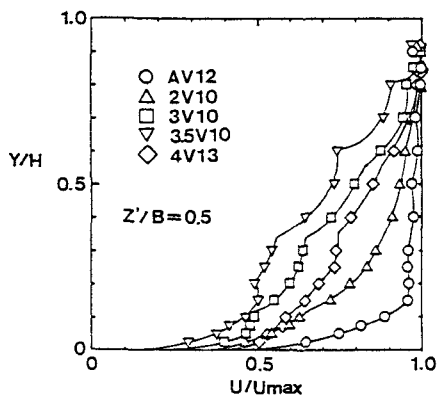


図-5. $z'/B = 0.5$ における U の y 方向分布