

漸拡開水路流の2次流について

九州工業大学大学院 学生員 ○政徳 克志 鬼束 幸樹
九州工業大学工学部 正 員 浦 勝 秋山 壽一郎
九州工業大学工学部 学生員 岡本 実

1. はじめに

本報告は、水路幅が流下方向に緩やかにかつ直線的に拡がる漸拡流の実験的研究の結果である。今回は水路入口に顕著な2次流をもつ場合の2次流の変化を詳細に測定した結果を報告する。

2. 実験方法

実験用水路は長さ20.5m、幅60cm、高さ60cmの変勾配水路で底面はステンレス製、側壁はアクリル製である。水路にはアクリル製の助走部および漸拡部を取り付けてある。漸拡部入口に座標原点をとり、流下方向にX軸、鉛直上向き方向にY軸、右岸から左岸に向かって水平方向にZ軸をとる。助走部は長さ2m、幅19.6cm、漸拡部は長さ5mで水路幅 $B(x)$ が $B(0)=19.6\text{cm}$ から $B(500)=60\text{cm}$ に直線的に拡がる。水路床勾配 $1/10000$ 、下流端水深 $(1245)=13.5\text{cm}$ 、流量 $Q=9300\text{cc/s}$ である。流速測定はX型Hot-Film流速計を用いて右岸側片断面を506点の格子状にステップモーターによる自動計測を行い、 $\bar{u}, \bar{v}$ 及び $\bar{u}, \bar{w}$ を81.92秒間にサンプリング間隔0.01秒で1度づつ行なった。ここに $\bar{u}$ は時間平均 U と変動成分 u で表され、 U, V, W はそれぞれ X, Y, Z 方向流速成分を表す。表-1に測定断面の位置 X 、75°外比 B/h 、測定結果の代表値および図-1, 4, 5に示した図番を示す。

表-1 水理諸量

Fig. No	X (cm)	B (cm)	B/h	平均流速 (cm/s)	最大 S (cm/s)	最大 SI (%)
(a)	-97	19.6	1.55	37.1	2.72	7.58
(b)	10	20.8	1.58	34.6	1.76	5.48
(c)	90	27.0	2.08	26.7	1.46	5.92
(d)	175	33.7	2.60	21.4	1.12	7.24
(e)	260	40.0	3.05	16.9	0.96	10.13
	340	47.1	3.59	15.0	1.49	16.15
	430	54.0	4.12	13.4	0.74	8.58
	480	57.4	4.34	12.3	0.98	9.15
	700	60.0	4.51	12.1	0.57	6.65
	900	60.0	4.53	11.8	0.40	6.46

3. 実験結果及び考察

図-1に主流速 U のエンターラインの流下方向変化を示す。本実験は助走部(a)で最大流速点が水路両側にある流れである¹⁾。そのため漸拡部に入ってから(c)断面まではその傾向が強く残っており、水路中央部は流下するにしたがい減速傾向にある。しかし、さらに75°外比が大きくなる(d)断面では $U/U_{max}=0.9$ の領域が水路中央水面付近まで拡がり、その後も流下するにつれ中央部分での流速が一様化していくことがわかる。次に図-2には乱れの生成項 $G = -\overline{u} \partial U / \partial x - \overline{v} \partial U / \partial y - \overline{w} \partial U / \partial z$ 、乱れの散逸項 ϵ 及びその差 $G - \epsilon$ の横断面積分値の流下方向変化を、図-3には乱れエネルギー $k = (\overline{u'^2} + \overline{v'^2} + \overline{w'^2}) / 2$ の横断面積分値の流下方向変化を示す。 $X < 260\text{cm}$ 、つまり(c)より上流部、では乱れの散逸量より生成量の方が大きくそれが下流側に運ばれるため k が増加する。 $X > 260\text{cm}$ では $G < \epsilon$ となるため k の値は逆に減少していく²⁾。次に図-4, 5に2次流ベクトル $S = (V^2 + W^2)^{1/2}$ 、局所平均流速で無次元化した2次流強度 $SI = S/U$ をそれぞれ示す。2次流強度は断面内において強い領域を黒、ハッチで塗りつぶしている。助走部の(a)では側壁付近で下降流、水路中央で上昇流の大きな渦と、側壁水

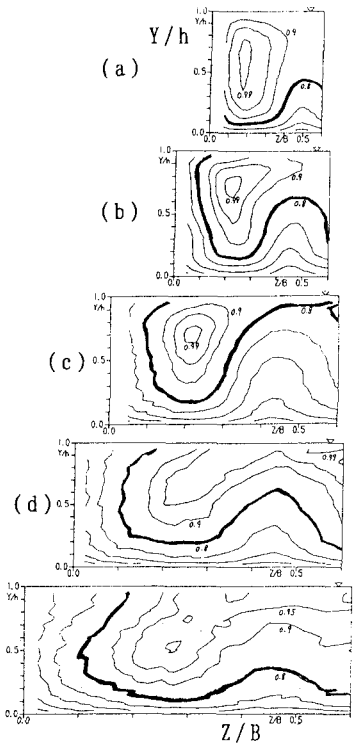


図-1 主流速分布 U/U_{max}

面付近の弱い渦が存在する。(b)になり水路幅が
 拡がると水路隅角部に小さな渦が発生し全部で
 3つの渦となる。さらに幅が拡がり(c)になると
 側壁水面の渦が横方向に拡がるとともに、水路
 中央の渦が水面付近から隅角部へ向かう流れと
 なる。そのため隅角部にあった小さな渦を鉛直
 上方向へ移動させる。その後(d)では隅角部の渦
 はより弱くかつ小さくなり、(e)では完全に側壁
 水面の渦に吸収される。そして最後は鉛直方向
 に水深 h 、水平方向に $2h$ 程度の水路中央の渦と、鉛
 直方向に $0.6h$ 、水平方向に h 程度の側壁水面付近
 の二つの渦になる。また図-5より二次流の強い
 ところは水路中央の上昇流部と底面付近である
 ことがわかる。二次流強度は、等流では水面で
 最も大きく局所平均流速の5%、隅角凹部へ向
 かう流れで2%程度であり³⁾、それと比較し
 て漸拡流では水路中央の底面の渦のため底面で
 大きな値を取り、(d)で最大16%にもなるこ
 とがわかる。

4. おわりに

漸拡部入口において顕著な
 2次流がない場合は表面渦が
 大きい²⁾。しかし、助走部で
 最大流速部が2つあり、強い2
 次流がある場合の漸拡流では
 2つの渦が存在するが底面渦
 が支配的であることがわかっ
 た。

《参考文献》

- 1) 今本, 藤井, 藤井 :
 京大防災研年報,
 第20号 B-2, 1977
- 2) 鬼束, 浦, 政徳, 秋山 :
 土木学会年講Ⅱ,
 p740~741, 1993
- 3) 今本, 石垣, 梶間 :
 京大防災研年報,
 第30号 B-2, 1987

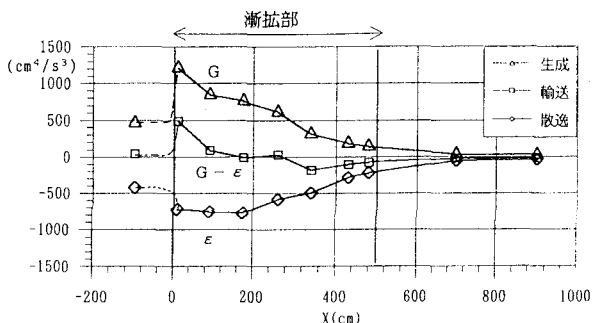


図-2 乱れの生成, 散逸, 輸送項

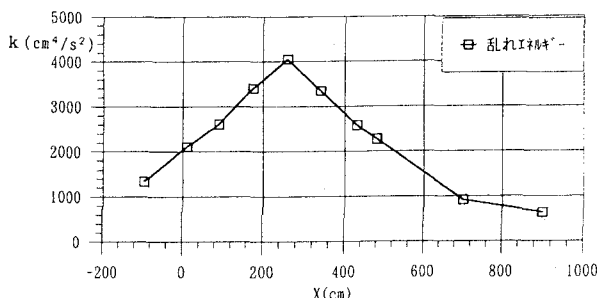


図-3 乱れエネルギーの推移

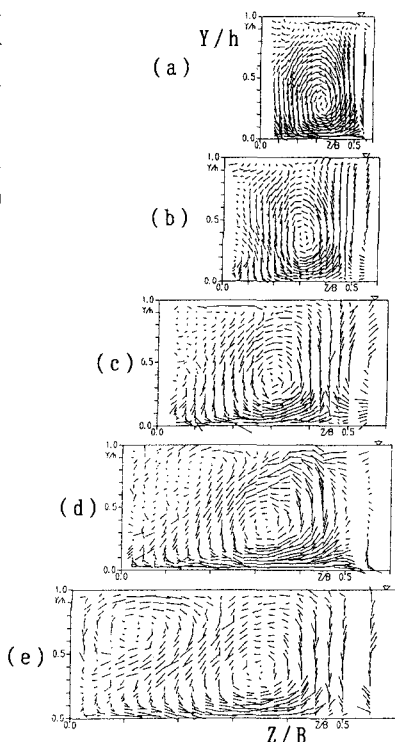


図-4 2次流ベクトル

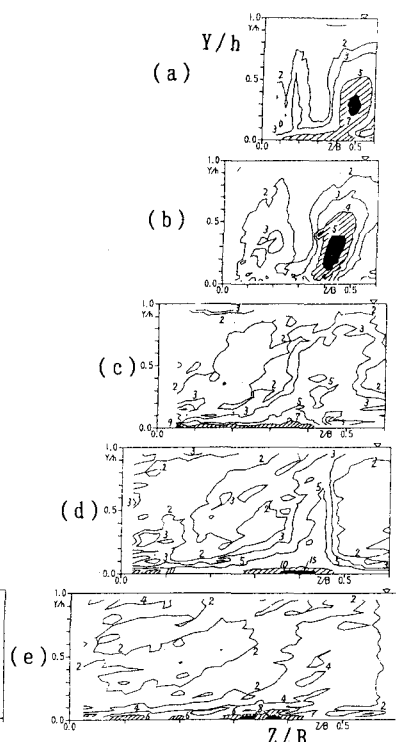


図-5 2次流強度