

京都大学大学院 学生員 藤井良啓
 京都大学防災研究所 正員 今本博健
 京都大学大学院 学生員 藤井義文

開水路断面変化部における流れの水理特性を明らかにするため、従来より主流の平均および乱れ特性に関して多くの研究がなされ、かなりの成果が得られている。しかしながら、水路幅の変化する急拡・急縮部のように3次元的な流れを伴う場合には、現象もそれに応じて捉えられねばならない。本報告は開水路急拡部における流れの3次元特性の把握を目的として若干の実験的検討を行なったものである。実験は水路幅拡大比が20:40の場合について、水路下流端におけるせき上げ水位調節のもとで行なわれている。なお、速度計測には2成分ホットフィルム流速計が用いられ、急拡部の上流側1断面、下流側2断面における計測がなされている。また、データ処理におけるサンプリング周波数 $f_s = 20$ Hz、データ数 $N = 500$ 個である。

1. 平均および乱れ速度分布

図-1は路床勾配を水平とし、流量 $Q = 1 \text{ l/sec}$ 、水深 $h = 4 \text{ cm}$ とした場合の平均および乱れ速度分布を示したものである。ただし、逆流域では速度計測が困難なため計測結果は省略されている。既報¹⁾において述べたように、本実験条件での急拡部周辺では速度の大きい領域が2種存在し、 $x = 20 \text{ cm}$ の断面では主流と逆流との境界近傍で乱れ速度が大きくなるとともに、かなり下流側の $x = 160 \text{ cm}$ の断面では逆流域の存在を除いてほぼ開水路一様流れの状態に回復している。

図-2は平均速度の x, y, z 方向成分 U, V, W の計測結果を U については等値線で、 V および W については両者の合成速度ベクトルで示したものである。本実験において現われた合成速度は 1 cm/sec 程度の微小なものであるため、計測結果にはかなりの誤差が含まれるが、定性的検討は可能であると考えられる。すなわち、 $x = 20$ および 160 cm の断面では、水路中央部自由表面近傍に認められる U の大きな領域から小さな領域へと放射状に向う流れが存在し、主流域から逆流域へと流量の補給がなされていることが知れる。なお、 $x = 20 \text{ cm}$ の断面では右岸側逆流域から主流域への逆補給の傾向がうかがわれるとともに、 $x = 20$ および 160 cm の両断面の路床面近傍で右岸側に向うかなり顕著な流れが存在し、この流れはいわゆる偏流効果 (Coanda effect) と密接な関係があるものと考えられる。

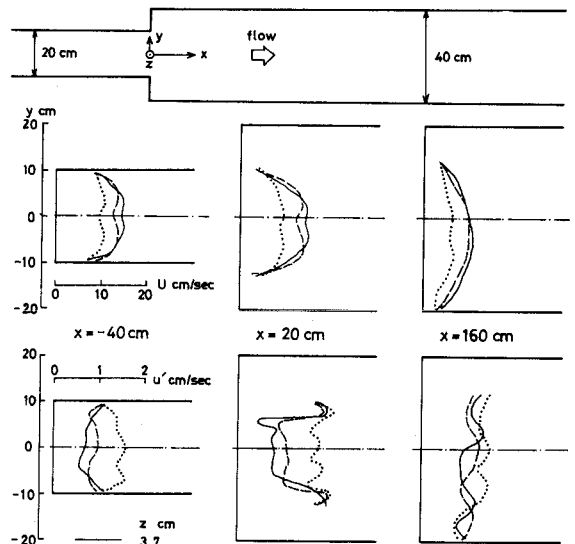


図-1 平均および乱れ速度分布

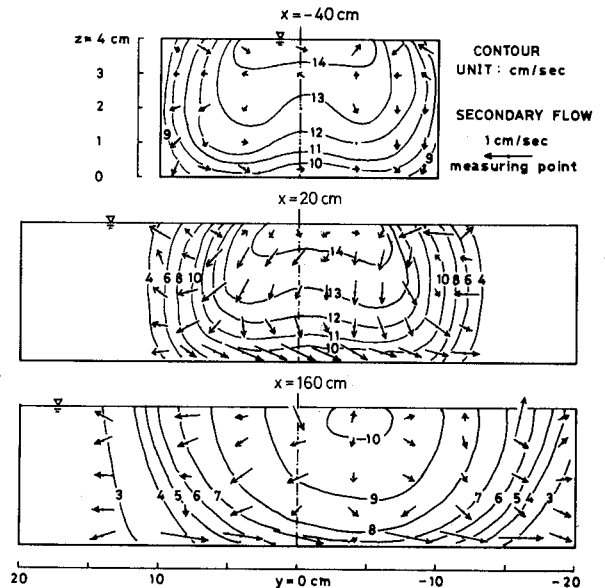


図-2 等流速線および2次流ベクトル

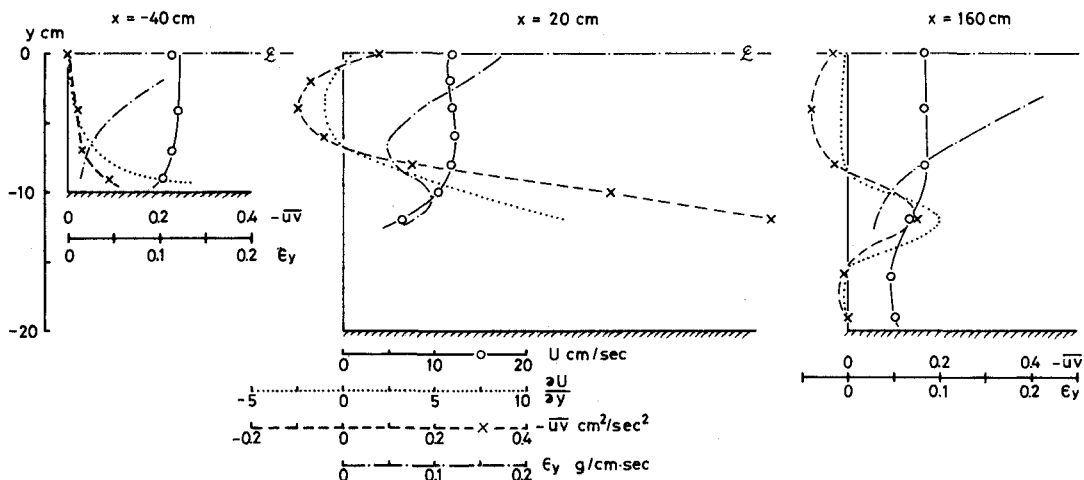


図-3 レイノルズ応力および渦動粘性係数の横断分布

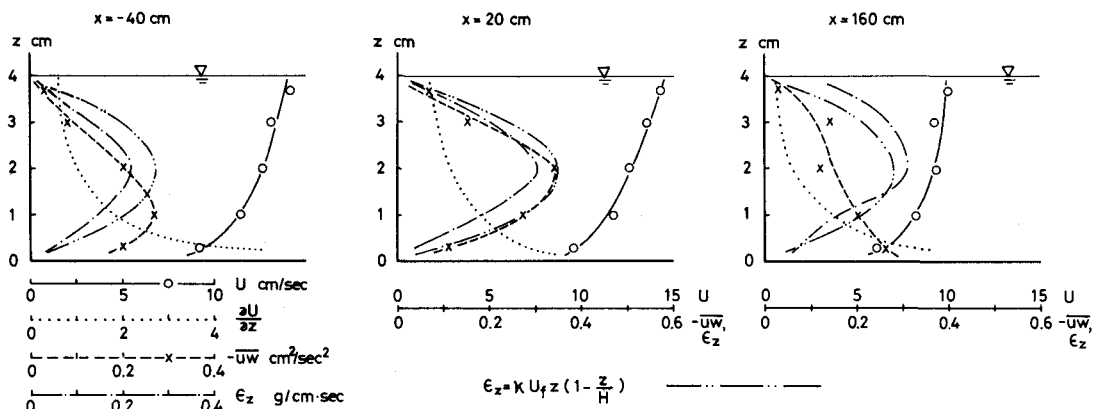


図-4 レイノルズ応力および渦動粘性係数の鉛直分布

2. レイノルズ応力および渦動粘性係数

図-3 は水路右岸側半断面について、路床面からの高さ $z = 1 \text{ cm}$ における平均速度 U 、レイノルズ応力 $-\bar{u}\bar{v}$ 、およびレイノルズ応力と平均速度勾配とから算定される横断方向の渦動粘性係数 ϵ_y の分布を示したものであって、 $x = -40 \text{ cm}$ の断面での $-\bar{u}\bar{v}$ は水路中央部から側壁に近づくにしたがって単調に増加するのに対し、 $x = 20 \text{ cm}$ の断面では一旦減少し負の値をとったのち再び増加する傾向がみられる。また、 $x = 160 \text{ cm}$ の断面での $-\bar{u}\bar{v}$ は大きなばらつきをみせ、その特性を見出すことは困難である。したがって、本実験で得られた ϵ_y にはかなりの誤差が含まれると考えられるが、3 断面とも水路中央部ほど ϵ_y が大きくなる傾向がうかがわれる。

一方、図-4 は水路中央部における U 、 $-\bar{u}\bar{w}$ 、 ϵ_z の鉛直分布を示したものであるが、 $-\bar{u}\bar{w}$ の計測値はかなりのばらつきがあり、とくに $x = 20 \text{ cm}$ の断面でその傾向が強い。しかしながら、 U および $-\bar{u}\bar{w}$ の計測値を用いて算定された ϵ_z を 2 次元流れの場合の $\epsilon_z = \kappa U_\tau z (1 - \frac{z}{H})$ と比較すると、いずれの断面においても両者は定性的にかなりよい一致をみせ、急拡部における流れでも水路中央部付近では 2 次元流れに近い特性を示すことが知れる。

以上のように、本報告は開水路急拡部の流れの内部構造について若干の実験的検討を行い、いくつかの興味ある結果が得られたが、逆流域内の平均および乱れ速度の特性、圧力分布特性、移動床との関連など数多くの問題が残されており、今後さらに広範な実験により普遍的特性の把握に努めたい。

参考文献 1) 今本博健、藤井良啓、藤井義文：開水路断面変化部における流れの水理特性について、昭和51年度関西支部年講、昭和51年5月。