

II-101 漸拡長方形断面開水路流の横断面内乱れ特性

九州工業大学大学院 学生員 鬼東幸樹

九州工業大学 正員 浦 勝 秋山壽一郎

1. はじめに

水路幅が流下方向に拡がる流れの乱れの特性は等流のそれとはかなり異なる。水路中心線上における流速分布と乱れの特性の流下方向変化については既に発表した¹⁾ので、ここでは漸拡流れが十分発達した断面における乱れの横断面内特性について、実験結果を述べる。

2. 実験方法

実験水路は長方形断面をもつ開水路であり、漸拡部入口に座標原点をとり、流下方向に X 、鉛直上向に Y 、幅方向に Z' 軸をとる。水路幅 $B(X)$ は $B(0)=0.196\text{m}$ より流下方向に $dB/dX=1/12.5$ の割合で直線的に広がり、 $B(5)=0.60\text{m}$ である。水路床勾配 $1/10,000$ 下流端水位 $H(16.7)=0.135\text{m}$ 、流量 $Q=9600\text{cc/s}$ とした。横断面内流速は X 型 Hot-Film を2回使用して、 $\tilde{u}$, $\tilde{v}$ 及び $\tilde{u}$, $\tilde{w}$ ($\tilde{u}$, $\tilde{v}$, $\tilde{w}$ はそれぞれ X, Y, Z' 方向流速成分)を $Z/B \leq 0.6$ の範囲で280個の格子点において測定した。ここに $Z=(B/2)-Z'$ とし、横断面を下流側からみたとき $Z=0$ が右岸を、 $Z=0.5$ が断面中央を表す。流速測定位置としては $X=3.55\text{m}$ 、アスペクト比 $B/H=3.5$ である。

3. 実験結果

図-1に主流方向時間平均流速 U の等値線図を示す。数値は $U/U_{\max}$ である。図-1の $Z/B=0.025, 0.2, 0.3, 0.5$ における鉛直分布を示したものが図-2であり、図-3は $Y/H=0.05, 0.3, 0.6, 0.9$ における流速の幅方向分布を示したものである。図-1, 2, 3より漸拡流の流速分布が同じアスペクト比を持つ2次元流に比べて中心部で加速、側壁部で減速されており速度勾配の大きい所が $Z/B=0.15 \sim 0.4, Y/H=0.2 \sim 0.7$ と壁面より離れている。

図-4, 6にそれぞれReynolds応力 $-\overline{uv}/u_{*0}^2, -\overline{uw}/u_{*0}^2$ の等値線図を示す。なお、 u_{*0} は $Z/B=0.5$ における底面摩擦速度である。図-4より $-\overline{uv}/u_{*0}^2 > 2$ となる領域が水路中央部 $0.3 < Z/B, 0.2 < Y/H < 0.7$ にあり、 $-\overline{uv}/u_{*0}^2$ が負となる領域が側壁近くの $Z/B < 0.2$ にあることが分かる。図-6より、 $-\overline{uw}/u_{*0}^2 > 2.0$ の大きな領域は $Z/B=0.15 \sim 0.35, Y/H > 0.5$ であること、及び $Z/B > 0.4$ では $-\overline{uw}/u_{*0}^2 < 0$ であることが注目される。

図-5は乱れ強度 u'/u_{*0} の等値線図である。 $u'/u_{*0} > 3.0$ となる範囲が帯状に存在し、この領域は図-4, 6に示した $-\overline{uv}/u_{*0}^2, -\overline{uw}/u_{*0}^2$ の強い領域を重ね合わせた領域と一致する。すなわち、乱れは底面と側壁のみならず、これより少し離れた鉛直と水平速度勾配の大きな2つの領域において作られているといえる。

図-7は u'/u_{*0} の鉛直分布を2次元等流と比較するために $Z/B=0.025, 0.2, 0.3, 0.5$ の断面の鉛直分布を示したもので、底面の乱れの強さは2次元流とほぼ同じであり、それより上側にある強い乱れは漸拡流の平均流速分布が鉛直方向のみならず水平方向にも大きな勾配をもつことに起因しているといえる。

図-9は2次元流の流速ベクトルを示す。最大ベクトルは最大流速の9%もあり、2次元等流に比べて3倍も大きい。

図-8にエネルギー生成項 G からエネルギー散逸率 ε を差し引いた項 $(G-\varepsilon)$ のコンターラインを示す。 $G = (-\overline{uv} \, dU/dY) + (-\overline{uw} \, dU/dZ)$ として求め、 ε はスペクトル図より求めた。 $G-\varepsilon$ 項はエネルギーの輸送を表す。図-10には図-9の各鉛直断面の $(G-\varepsilon)$ の値を合計した値を示した。これより $Z/B=0.25$ と 0.5 近傍の過大な乱れエネルギーが $Z/B < 0.2$ の隅角部へと2次元流によって運ばれていると見られる。

4. おわりに

以上、漸拡開水路流れの乱れの横断面内特性について実験結果を述べた。

参考文献

- 1) 浦, 秋山, 川崎, 鬼東: 漸拡長方形断面開水路流の流況変化について
水工学論文集 Vol.36 P379-384 1992

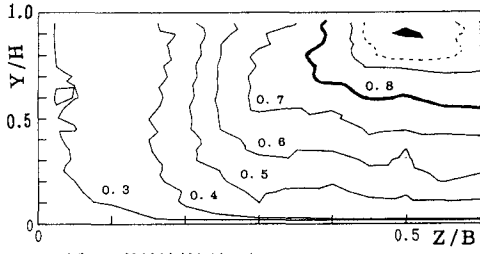


図-1 等流速線図($U/U_{\max}$)

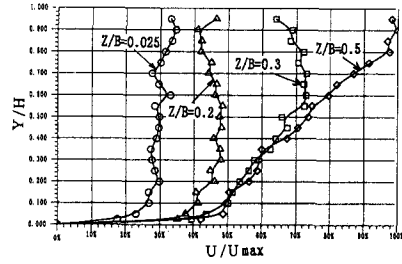


図-2 $U/U_{\max}$ の鉛直分布

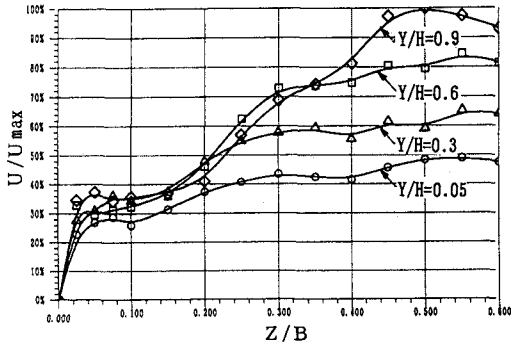


図-3 $U/U_{\max}$ の水平方向分布

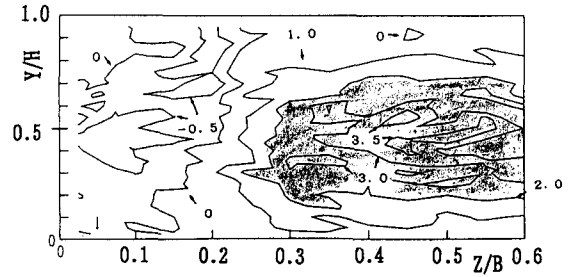


図-4 Reynolds応力 $-\overline{uv}/u_{*0}^2$ の分布

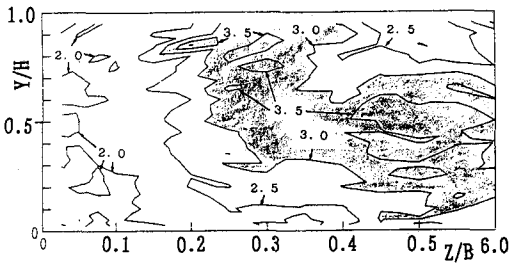


図-5 乱れ強度 u'/u_{*0} の分布

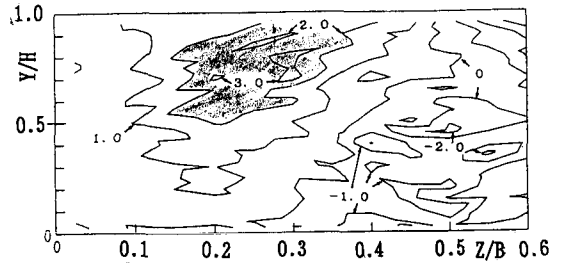


図-6 Reynolds応力 $-\overline{uw}/u_{*0}^2$ の分布

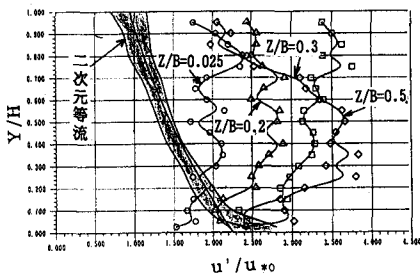


図-7 乱れ強度 u'/u_{*0} の鉛直分布

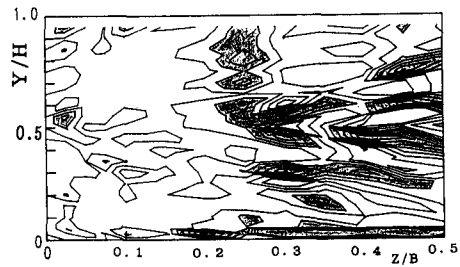


図-8 乱れ強度の発生と消散項の差($G - \epsilon$)の分布

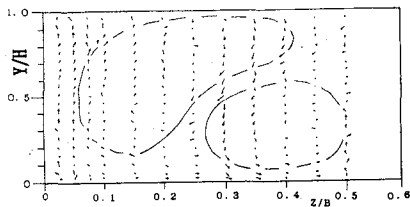


図-9 2次流のベクトル図

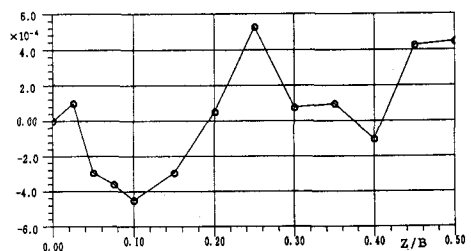


図-10 $G - \epsilon$ の水平方向分布