

II - 170

逆圧力勾配を有する開水路流の横断面内特性

九州工業大学大学院 学生員 ○鬼束幸樹 松岡定和
九州工業大学工学部 正 員 浦 勝 秋山壽一郎

1. はじめに

多様性に富んだ河川の水利特性を解明するために、空間的に断面の変化する流れに関する体系的研究が最近始められた^{1),2)}。著者らは流下方向に水深が緩やかに増加する開水路2次元流の実験的研究を行っているが²⁾、水路中央部における流れの2次元性を確認するための予備実験として横断面内流速測定を行い、2、3の知見を得たので、ここに報告する。

2. 実験装置および実験方法

実験装置は、図-1に示すように長さ2050cm、水路幅60.0cmの勾配可変水路に上流から1200cmにわたり高さ $t=3.0\text{cm}$ の底上げをし、そこから $\ell=100\text{cm}$ の漸変部を作成したものである。実験条件は、流量を $Q=14600\text{cc/s}$ 、上流部および下流部の水路床勾配を

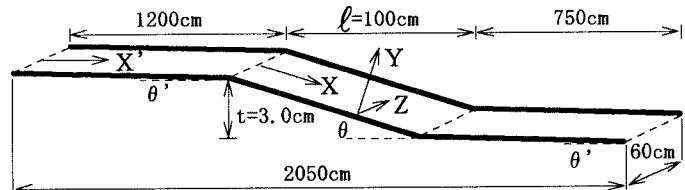


図-1 実験用水路の床勾配

$\sin\theta'=1/1500$ 、漸変部の水路床勾配を $\sin\theta=1/33$ とした。漸変部入口から流下方向にX軸を、X軸と直角上向きにY軸を、右岸から左岸に向かってZ軸をとり、それぞれの時間平均流速をU, V, Wとした。測定としては、右岸横断面内の約350点においてX型Hot-film流速計を用い、サンプリング間隔0.01sec、サンプリング時間81.92secでU, V測定およびU, W測定を流下方向に4断面行った。

3. 実験結果および考察

表-1に水利諸量を示す。ただし、Xは流下方向距離、hは水深、Bは水路幅、 B/h はアスペクト比、 U_m は断面平均流速、 $Fr = U_m / \sqrt{gR}$ はFroude数、Rは径深である。等流において、流れが側壁の影響を受ける領域の横断スケールは側壁から水深の2倍程度であり、それよりも水路中央側では流れは2次元적であると言われている³⁾。図-2に断面内最大主流速 U_{max} で無次元化された主流速分布を示す。流下に伴い水深が増加しても、等値線が底面とおおよそ平行となる領域は、側壁から $2h$ のスケールを除いた領域であることがわかる。図-3に2次流ベクトルを示す。X=0(cm)においては相反する回転を有する一対の水面渦と底面渦しか検知されないが、X=25(cm)以降においては底面渦よりも水路中央側に底面渦と同方向回転を有する渦が確認できる。この渦は水面渦と接する領域で同方向の流れとなっているが、側壁からh程度離れた半水深以下の領域では底面渦とぶつかるような流れとなっている。図-3からはこの向きを相殺する渦を検知することはできなかった。図-4に乱れの生成項 $G = (-\overline{uu} dU/dX - \overline{uv} dU/dY - \overline{uw} dU/dZ) h/U^*$ を、図-5に乱れエネルギー $k = (\overline{u'^2} + \overline{v'^2} + \overline{w'^2})/2U^*$ を示す。但し、 U^* は水路中央での内層($50 \leq YU^*/\nu, Y/h \leq 0.2$)の流速分布において、log則を適応し算出した摩擦速度である。X=0(cm)において、乱れの生成が顕著な領域は底面付近のみであるが、X=25(cm)以降においては側壁からh程度離れた半水深以下の領域でも次第に顕著となり、乱れエネルギーも同様な領域で大きくなる。この領域は2次流のぶつかる領域と一致している。また、側壁から $2h$ スケールを除いた領域では、2次流はほとんど観察されず、主流速分布・乱れの生成および乱れエネルギーも横断

表-1 水利諸量

X (cm)	h (cm)	B/h (-)	U_m (cm/s)	Fr (-)
0	5.83	10.3	42.6	0.62
25	6.59	9.1	36.9	0.51
75	8.32	7.2	29.4	0.37
100	9.41	6.4	26.7	0.32

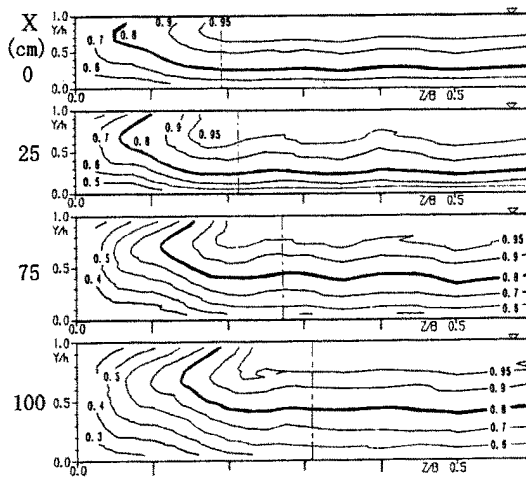


図-2 主流速分布 U/U_{max}

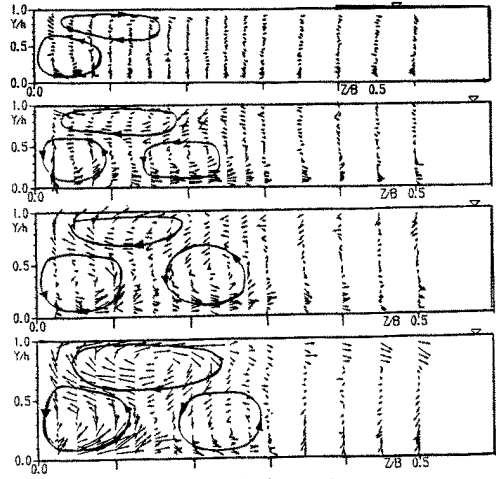


図-3 2次流ベクトル

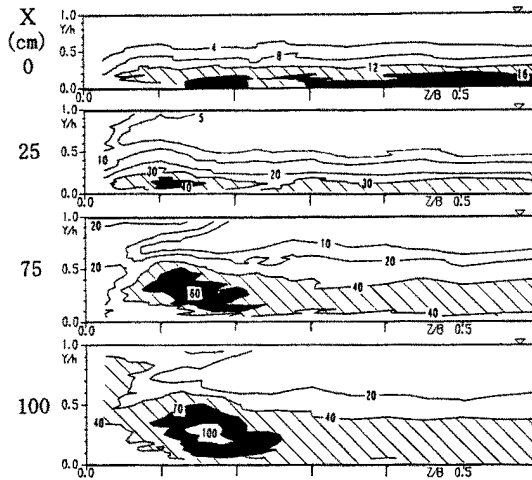


図-4 乱れの生成項

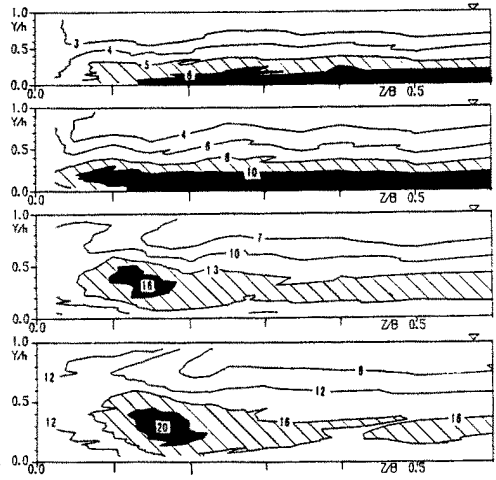


図-5 乱れエネルギー

方向に変化を示さないため2次元적であると思われる。

4. おわりに

逆圧力勾配を有する開水路流においても、等流と同様に流れが壁面の影響を受ける領域の横断スケールは側壁から2h程度であり、それより水路中央側の流れは2次元적であること、底面渦とその中央側の渦の流れがぶつかるようになり、その領域でのせん断が強くなり乱れエネルギーが顕著に大きくなることを示した。

《参考文献》

- 1) 柵津家久・門田章宏・戸田孝史：加速流および減速流の乱流特性，土木学会第49回年次学術講演会概要集 2-A, pp. 416-417, 1994
- 2) 鬼束幸樹・浦勝・秋山壽一郎・松岡定和：緩やかな逆圧力勾配を伴う開水路流の実験的研究，水工学論文集 第39巻, pp. 391-396, 1995
- 3) I. Nezu and W. Rodi : *Open-channel flow measurements with a laser doppler anemometer*, Journal of Hydraulic Engineering, vol. 112, pp. 335-355, 1986