

II-71 幅の狭い開水路の乱流構造に関する検討

日本大学 工学部 学生員○杉澤 文仁 岸波 正弘

日本大学 工学部 正会員 長林 久夫 木村喜代治

1. はじめに

直線開水路において水路幅・水深比 (b/h) がほぼ4以下程度になると、最大流速の発生位置が自由水面から効果することが知られている。この現象は古くから知られており、自由水面近傍の側岸から発生する二次流によるものとされている。本研究は流れの瞬間乱流構造と二次流の三次元的な空間構造の検討を行なうべく、幅に比較して水深が深く底面、側壁、自由水面の流れに及ぼす効果が顕著に生ずる $b/h = 0.5$ の水路において、粒子懸濁法と移動式スリット光による水路横断方向に隣接した3断面の同時可視化を行なった。

2. 実験方法および解析方法

実験は幅10cm、水路長15mの滑面長方形開水路において、水深 $h = 20$ cmの等流にて行なった。測定装置の概略と測定水理量を図-1に示す。この流れは水路幅に比べて水深が深く、側壁効果の強い流れである。また底面効果は $y = 6$ cm程度まで及び、最大流速の発生位置はほぼ水面下3cm程度である。動水勾配を約 $1/5300$ 、 Re 数 (UR/ν) は6150で乱流状態である。十分に浸潤させたオガクズ粒子（直径0.4~0.6mm）を懸濁させトレーサとした。上流から約10mの地点の計測断面においてライトからのスリット光をステッピングモーターにて $z = 1.5, 2.5, 3.5$ cmの3断面に0.34sec間隔ごとに移動させて照射し、写真撮影した。なお同一断面の撮影は1.4sec間隔ごとに繰り返している。各断面の側壁からの内層距離は $z^+ = u_* z/\nu = 14.8, 24.7, 34.7$ と対数領域内にある。

解析方法は各写真の粒子パスラインをデジタイザーで計算機に入力して主流流速 u と直交流速 v を求め1cm区間に内挿している。1/3ずつ重複するように撮影した画像を、平均流速で合成し、最大6.4m、測定時間長約48秒間の乱流構造を得た。ここで対象としている乱流構造は最小寸法1cm程度以上の大規模スケールのものである。

水路幅	等流水深	流量	平均流速
b (cm)	h (cm)	Q (l/s)	$V=Q/A$ (cm/s)
10.0	20.6	2.74	13.3
水面勾配	フルード数	レイノルズ数	摩擦係数
i	$V/\sqrt{gR}$	VR/ν	$\gamma g R$
1/5300	0.211	6150	0.009

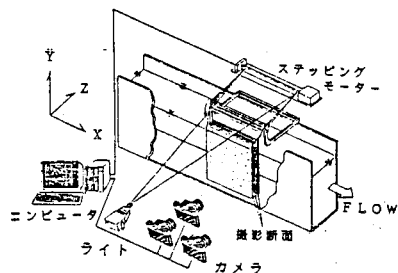


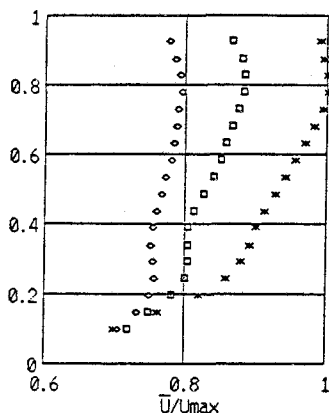
図-1 測定概略図および水理量

3. 平均流速分布および乱流特性量分布特性

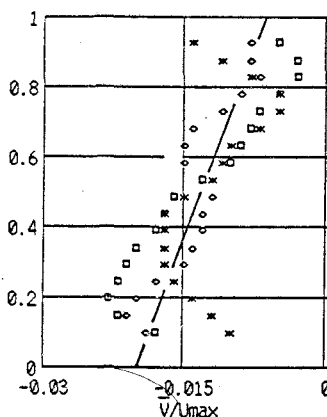
主流平均流速 $\bar{u} = U + \bar{u}$ および直交平均流速分布 $\bar{v} = V + \bar{v}$ を図-2に示す。主流流速 $\bar{u}$ は従来の傾向とよく一致している。しかし直交流速成分の分布は全域にわたり負値となり、底面側の隅角部へ向かう一様流を示した。全測定時間は48秒で、予想される二次流成分が1周期約50cm、約4秒程度のスケールであり10周期程度の繰り返しが期待されたが、3断面の同時計測のために一般に作業時間の長い点計測では得られない長周期成分が測定されたものであると考える。

主流および直交流速の乱流強度およびレイノルズ応力の分布特性を図-3に示す。主流乱流強度において y/h が0.2以下では中央断面に向い乱流強度の増加傾向があり底面効果がみられる。また y/h が0.8以上の水面側でも中央断面側の強度が増加している。また y/h が0.6~0.7にかけて乱流強度のピーク値がみられた。直交流速の乱流強度は側壁から中央部断面に向い平均的に強度が減少している。また $y/h = 0.6$ 程度でピーク値を示した。レイノルズ応力分布の底面側に $-\bar{u}\bar{v}$ の正領域が、また水面側に負領域が認められる。

y/h 主流流速分布



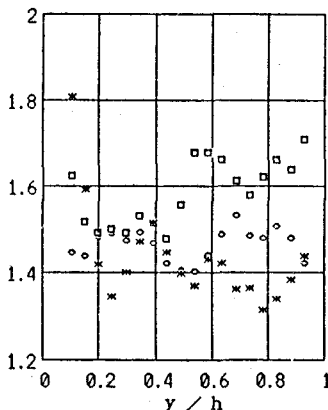
y/h 直交流速分布



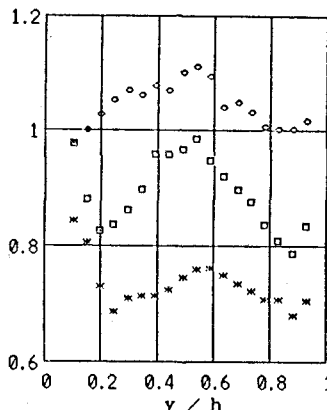
	Z	2z/B	U^*z/ν
*	3.5	0.7	347
□	2.5	0.5	247
○	1.5	0.3	148

図-2 平均流速分布特性

u'/U^* 主流乱流強度分布



v'/U^* 直交流流強度分布



y/h レイノルズ応力分布

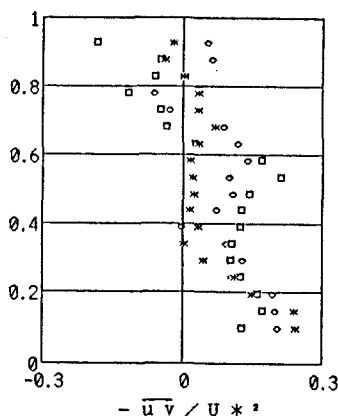


図-3 乱流特性量の分布特性

4. 二次流流向の分布特性

図-4はトレンド除去された直交流速の流行ベクトルを流下方向へ1cm間隔に表示している。断面間の時間位相差はほぼ0.34secであるので流速差を考慮して1.5cm断面をもとにした2.5cm, 3.5cm断面の空間位相差をそれぞれ-4cm, -9cmとした。ベクトルから判定される二次流方向を併記する。水面側、底面側には従来報告されている二次流流向がみられるが、中央部にも上昇、下降流に伴う大規模な循環が認められる。継続時間は中央に比べ底面、水面側がやや長い。また流速は速いもので平均流速の1/5程度あり、主流流速の数パーセントとされる二次流強度に比較してかなり大きいことが分かる。

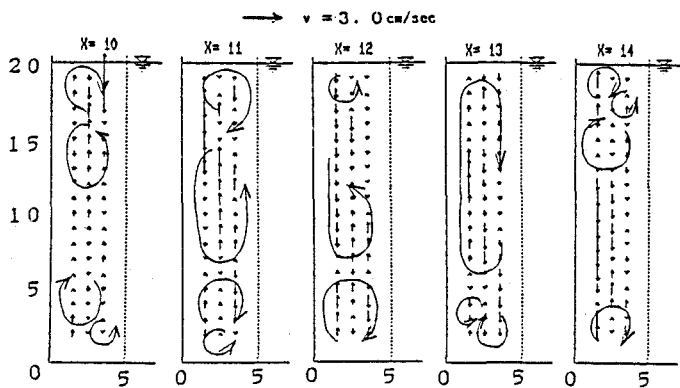


図-4 直交流速ベクトルの流下方向変化