

LDVによる開水路流いの速度ベクトル計測について 第2報

京都大学防災研究所 正 員 今本博徳
 京都大学防災研究所 正 員 石垣泰輔
 京都大学大学院 学生員 ○梶間厚邦

1. はじめに：開水路流いの3次元性の主要因は組織立った流体の運動と考えられ、バースティング現象あるいは水深規模の縦渦に関する研究が従来よりなされており、著者らも流いの可視化手法を用いて、図-1に示す水深規模の縦渦の3次元モデルを提案している¹⁾。しかしながら、これらの研究の多くは可視化手法による定性的検討であり、定量的に評価されたものは少ない。本研究は、流いの3次元性を定量的に評価することとを目的に、3次元性が顕著に現れる粗面上の流いを対象に速度3成分の同時計測を行うことにより、速度平均場および速度変動場にみられる3次元性を検討し、さらに条件付抽出法を併用することによって、図-1に示すモデルの検証を行おうとするものである。

2. 実験装置および方法：実験装置および解析方法は前報²⁾とほぼ同じであるが、本報では底面粗度として平均粒径12mmの半球状のガラスビーズを用い、図-2に示す横断面内の各点において512秒間計測を行っている。水理条件は表-1に示す通りである。

3. 実験結果および検討：図-3は鉛直方向速度成分 $\bar{w}$ と横断方向速度成分 $\bar{v}$ を速度ベクトルで表示したものであり、速度平均場においても水深規模の縦渦の存在が認められ、粗面流いでの縦渦の安定化が示されている。次に縦渦の上昇部および下降部と考えられる $z=1.0$ および $z=6.0$ における乱れエネルギー $k=(\bar{u}^2+\bar{v}^2+\bar{w}^2)/2$ の鉛直分布が図-4であり、上昇部に比して下降部で変動が押えられているのがわかる。一方、エネルギー収支について検討したものが図-5であり、生成項はReynolds応力 $-\bar{u}v$ と平均速度勾配 $\partial\bar{u}/\partial y$ を用いて算定し、エネルギー逸散率はエネルギースペクトルの粘性領域に $-5/3$ 乗則を適用し、 $\epsilon=2\pi/\bar{u} \cdot (S_{uu}(f)/S_e)^{3/2} \cdot f^{5/2}$ ($S_e=0.50$)より評価し、他の拡散項は、 $-\bar{u}v(\partial\bar{u}/\partial y) - \partial(\bar{p}v/\rho + \bar{g}v/2)/\partial y - \epsilon = 0$ より算出した。図より、壁面近傍において下降部で乱れの生成が小さく図-4の結果と一致しており、壁面から離れたところでは両者に差異はみられない。乱れの逸散についても同様であり、下降部においては拡散項との差も小さくなっている。以上、縦渦が存在することによる乱流構造の3次元性が明らかとなったが、それをより詳細に検討するため図-2のA、B点に $u-v$ 平面4象限区分しきい値法およびVITA法を適用したものが、図-6および図-7である。図-6をみると、A点ではevent

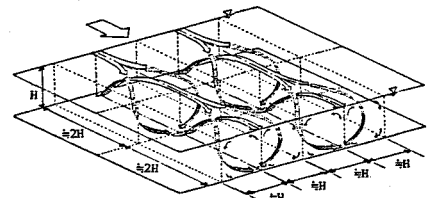


図-1 水深規模の縦渦の3次元モデル

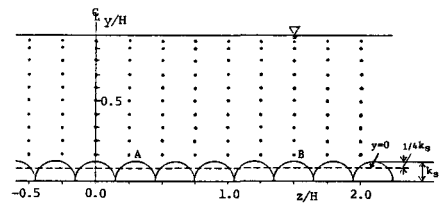


図-2 計測点

表-1 水理条件表

H (cm)	Q (l/s)	I	Re	Fr	U_f (cm/s)	k_s (cm)
4.00	4.354	1/590	12700	0.44	2.579	0.67

② ($u < 0, v > 0$) と event ④ ($u > 0,$

$w < 0$) がほぼ同等の値を示すが、B点ではevent④があまり変化しないのに対し、event②はそれほど大きな Reynolds 応力を生じ

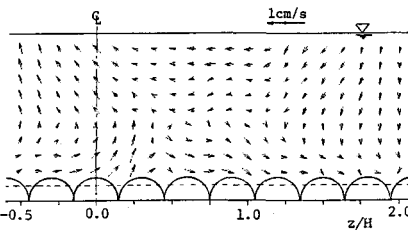


図-3 横断面内速度ベクトル ($\vec{v}, \vec{w}$)

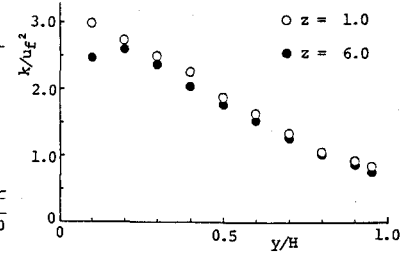


図-4 乱流エネルギーの鉛直分布

の影響と考えられ、図-5の生成項の差異の要因と推測される。また、半水深以上では2点間に差異はみられず図-5の結果と同様である。図-7はVITA法を用いたものであるが、しきい値 k および移動平均時間 T_m は、本方法より得られるバースティング周

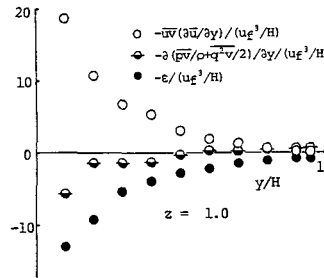


図-5 乱流エネルギー収支

期が可視に結果より得られた $T_b = (1.5 \sim 3)H/U$ に対し最も妥当と考えられる値 $k = 1.0$, $T_m = 0.07$ を用い、 $du/dt > 0$ のものだけを抽出した結果である。 $\langle u \rangle$ についてはAおよびB点で同じ波形を示しているが、 $\langle v \rangle$ については ejection 過程で若干小さな値

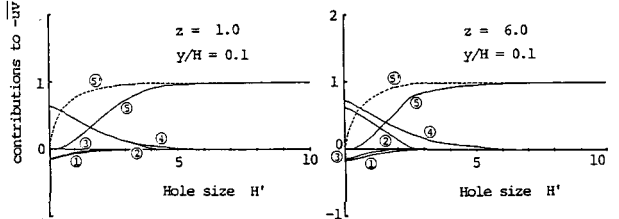


図-6 Reynolds 応力 $-\overline{uv'}$ の寄与率

となっており、その結果として図-6のB点のevent②が小さくなっていることが考えられる。また u の急激な変動に対して $\langle w \rangle$ はある方向性を有しており、図-1に示した3次元モデルに1つの示唆を与えるが、さらに横断面内各点における検討が必要である。以上のことより、水深規模の縦渦と壁面近傍における乱流の生成機構とは相互に影響し合い、その結果として乱流構造における3次元性および、図-7に示すような流れの3次元的挙動が現れることが推測される。

参考文献:

- 1) 今本・石垣: 第30回水理講演会論文集, 1986.
- 2) 今本・石垣・横間: 土木学会関西支部講演集, 1985.

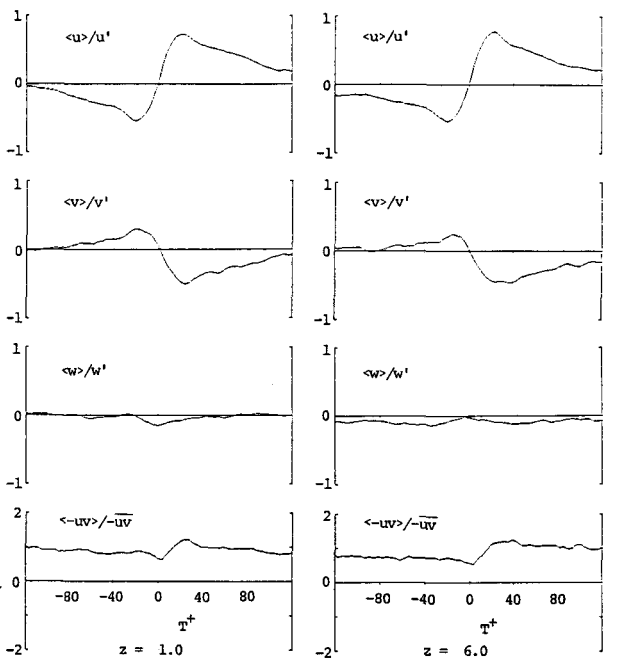


図-7 VITA法による条件付平均波形