

京都大学防災研究所 正員 石垣 泰輔
 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 梶間 厚邦

1.はじめに：開水路流れでは水深規模の縦渦が存在し滑面上の流れに比べ粗面上の流れにおいて安定して見られることが従来より知られている。著者らは縦渦と壁面せん断力分布の関係および水深規模の縦渦の三次元モデルの提案などを行ってきた。本報告は、既報において水深規模の縦渦の存在を示した粗面上の流れについて行ったLDV速度ベクトル計測法による結果を用いて乱流構造についての検討したものである。

2.実験装置および方法：計測は、2台のLDVを用いて速度の3成分を同時に計測する方法を用い、平均粒径12mmのガラス玉を粗度要素として用いた粗面上の流れを対象に、表-1に示す水理条件のもとで行った。

なお、ガラス玉の隙間の低速流体の乱流構造への影響をのぞくため、半球が露出するようにモルタルにて固定した。図-1に示すように、横断方向の座標軸は水路中央を $z=0$ 、右岸側を正とし、鉛直方向は粗度頂より $0.25ks$ 下方を $y=0$ として上方を正としており、横断面内の各点において512秒間計測した102400個のデータを統計処理した。ここに、 ks は粗度高である。同図に示す鉛直方向速度成分 v および水平方向速度成分 w の速度ベクトル表示結果より、水深規模の縦渦の存在が認められ、以下において、縦渦の上昇部に相当するA点($y=0.4\text{cm}$, $z=1.0\text{cm}$)を含む鉛直測線および下降部に相当するB点($y=0.4\text{cm}$, $z=6.0\text{cm}$)を含む鉛直測線における結果の比較を中心に乱流構造の検討を行う。

3.実験結果および検討：図-2は、各方向の乱れの強さ u' 、 v' 、 w' (乱れ速度のr.m.s.値)の鉛直分布を摩擦速度 U_f で無次元化して示したものである。図より、各成分とも下降部における値が上昇部での値に比して小さく、その差異は路床近傍において顕著である。これは下降流により乱れの小さな流体が路床付近まで輸送されるためと考えられる。また、 w の路床付近の差が大きいことより上昇部での流体の横断方向の動きの激しいことが分かる。図-3は、乱れエネルギー $k=(u'^2+v'^2+w'^2)/2$ の鉛直分布を示したものであり、水深全体に上昇部に比べ下降部の値が小さく、その差は路床に近づくにつれて大きくなっている。

つぎに乱れエネルギーの収支関係について見たものが図-4である。ここに、生成項は、レイノルズ応力 $-\overline{u'v'}$ と平均速度勾配 $\partial\bar{u}/\partial y$ を用いて評価し、エネルギー逸散率 ϵ は、乱れのエネルギースペクトル $S_{uu}(f)$ に

表-1 水理条件表

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

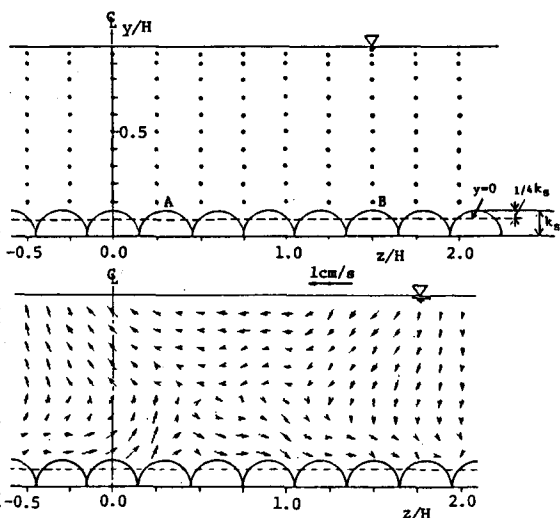


図-1 計測点および速度ベクトル図

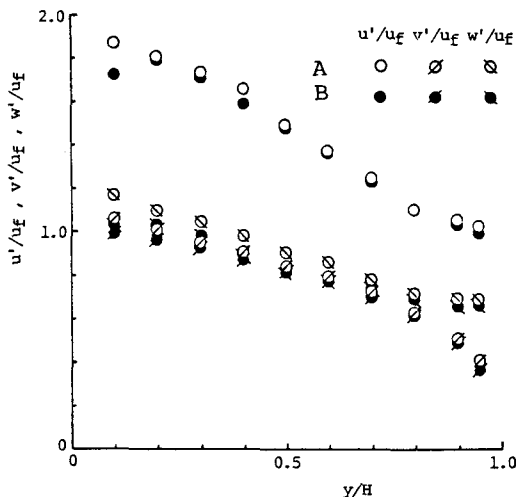


図-2 乱れの強さの鉛直分布

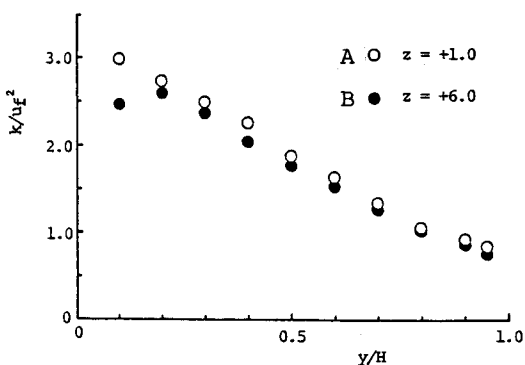


図-3 乱れエネルギーの鉛直分布

存在する慣性領域に $-5/3$ 乗則を適用して算定したものである。なお、スペクトル定数は 0.50 とした。拡散項は、生成項+逸散項+拡散項 $=0$ として上記2項を用いて算定した。図より、生成項は図-3に示した乱れエネルギーと同様に路床近傍で下降部と上昇部の差異が見られ、乱れの生成は上昇部で大きい。一方エネルギー逸散率の分布を絶対値と比較すると、路床付近で下降部のエネルギー逸散が小さくなっている。またエネルギー収支を見ると、半水深以上の平衡領域では縦渦の影響は顕著には表われていない。

図-5は、 $u-v$ 平面4象限区分しきい値法により図-1に示した点AとBにおけるレイノルズ応力 $-\overline{uv}$ の各象限の寄与率をしきい値Hについて整理したものである。①~④は各象限を表わし、⑤はHole事象、⑤'はHoleの時間占有率である。上昇部では②と④がほぼ同等の値を示すのに対し、下降部では④の寄与はあまり差がないのに比べ②の寄与は小さく、図-4で示した生成項の差異を説明する結果となっている。

以上、上昇部と下降部の乱流構造を鉛直分布を用いて比較したが、これらの差異が最も顕著な路床近傍($y=0.4\text{cm}$)における横断方向分布を示すと図-6のようである。図より、上記した上昇部と下降部の差異がより明確に認められ、縦渦の存在により乱れの基本的特性に顕著な三次元性の存在することが指摘される。

4. おわりに: 今後は本報告で用いた計測法を、三次元性の顕著な断面形状の流れに適用し、境界形状と乱流構造の関係について検討する予定である。

参考文献: 1) 今本、石垣: 京大防災年報26B-2, 1983. 2) 今本、石垣: 京大防災年報28B-2, 1985.

3) 今本、石垣: 30回水講論文集, 1986.

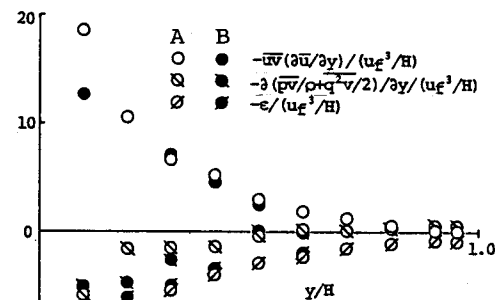


図-4 乱れエネルギーの収支

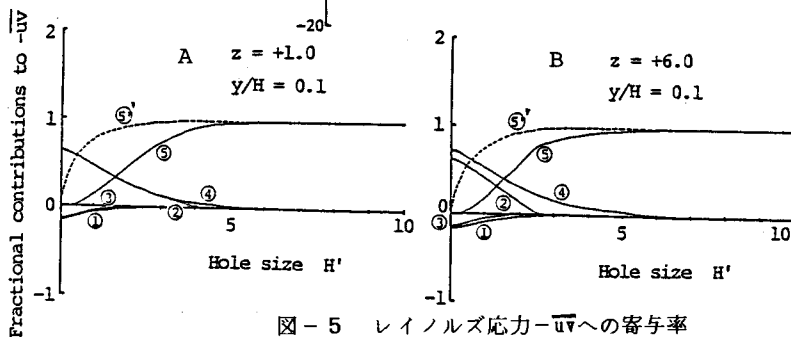


図-5 レイノルズ応力 $-\overline{uv}$ への寄与率

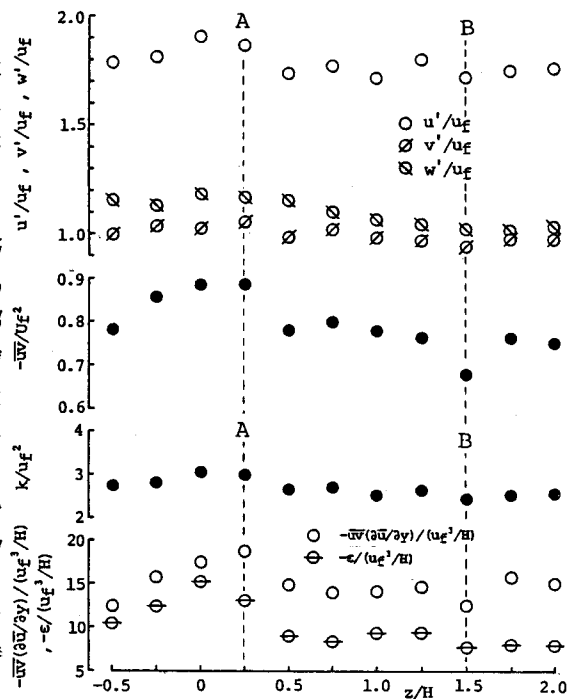


図-6 $u', v', w', -\overline{uv}, k, P, \epsilon$ の横断分布