

移動床流れの時空相関特性について

東北大学工学部 正会員 岩崎 敏夫
 東北大学大学院 学生員 ○長谷川 順行
 東北大学工学部 学生員 松本 康男

1.はじめに

著者らは移動床流れの乱流構造を把握するため、Hot-film流速計の2点計測をおこなってきた。これにより水路中心部の流れについてはTaylorの凍結乱流の仮定がほぼ支持されることを報告してきた¹⁾。今回、河床波形成時について側壁近傍の乱流の時空相関計測をおこない水路中心部と比較したのでここに報告する。

2.実験方法及び実験条件

実験に使用した水路は幅40cmで、上流側4.0mの風洞状水路とこれに続く両側面ガラス製の実験水路とで構成されている。水路終端には可動ゼキが設けられており、これと上流側の流入バルブを操作することにより各種の実験条件の設定がおこなえる。Fig.1に水路の概要を示した。使用した砂は中央粒径 d_{50} が0.36mm、均等係数1.50、比重2.67のものでこれを実験水路底に約9cmの厚さに敷いた。流速変動の測定にはHot-film流速計(TSI社製、コンカル・プローブ)を使用し、計測は実験水路のほぼ中央でおこなった。また流速変動の測定と同時に超小型流速計(計測技研)で流速の鉛直分布の測定をした。実験条件及び形成された河床波の状態をTable 1、Table 2に示した。表中のWLC, WVCは中心部の流下方向と鉛直方向、WLW, WVWは側壁近傍の流下方向と鉛直方向の計測をそれぞれあらわしている。Fig.2は実験の様子を模式的に示したものである。解析はデータ総数2000個、サンプリング間隔0.01秒、最大ラゲ数100でおこなった。

3.実験結果及び考察

Fig.3は摩擦速度で無次元化した流速と無次元水深に対してプロットしたものである。側壁がガラス製のため粗面として働かず、側壁による速度低下は顕著でない。流速分布については英に対数分布則にほぼ従っている。開水路の流速分布の特徴として最大流速点が水面より低下することが知られている。今回も同様な結果が確認できた。また側壁近傍の方がこの傾向が顕著である。

Fig.4は局所平均流速で乱れ強さを無次元化した相対乱れ強さの鉛直分布を示したものである。両者共、河床近傍の方が水深付近より乱れ強さが小さくなっている。これは乱れの発生が主に河床波よりおこなわれるためである。一般に側壁近傍の方が乱れ

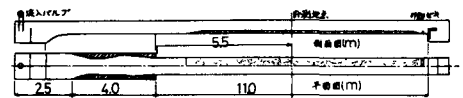


Fig.1 使用水路

Table 1 実験条件

Case	H_0 (cm)	H (cm)	Y_0 (cm)	Y_H (cm)	Z_0 (cm)	β_B	U_m (cm/s)	U_w (cm/s)	Fr	$Re \times 10^3$	$I \times 10^3$
WLC	7.8	65	0.6	0.09	21.0	0.525	24.4	3.15	0.279	1085	1295
WVC	8.2	72	1.2	0.17	20.3	0.508	24.5	2.98	0.273	1432	1105
WLW	8.7	78	1.0	0.12	28	0.070	23.0	3.49	0.249	1351	1432
WVW	8.5	78	1.5	0.19	26	0.065	22.2	3.19	0.243	1351	1221

Table 2 河床波の状態

Case	WLC	WVC	WLW	WVW
波 高 (cm)	13.2	15.4	24.0	13.8
波 長 (cm)	1.4	2.1	1.0	1.3

H_0 : 平均水深, H : 測定点の水深, Y_0 : 河床から計測点までの距離
 Z_0 : 水路側壁から計測点までの距離, U_m : 平均流速, I : 水面勾配
 U_w : 摩擦速度 ($=\sqrt{gH I}$), Fr : Froude数 ($=U_m/\sqrt{gH}$), Re : Reynolds数 ($=U_m H/\nu$)

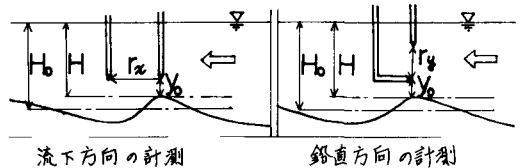


Fig.2 実験の方法

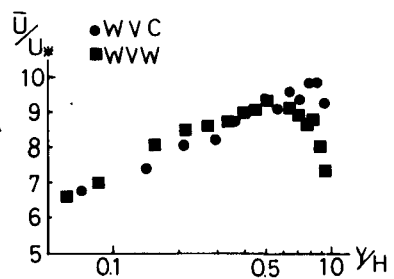


Fig.3 流速分布

強さは大きいと考えられるが今回の場合、この傾向は顕著でない。これは側壁がガラス製のため乱れが発生すると考えるよりは滑面として動き乱れの細分化をうながしていると考えた方が妥当である。また乱れ強さの分布のばらつきが中心部の方が側壁近傍より大きいのは中心部の流れに種々の大きさの乱れが複雑に発生しているためと考えられる。

Fig.5とFig.6に次式より定義されるSkewness Factor とFlatness Factorを示す。

$$S.F. = \frac{\overline{u'^3}}{(\overline{u'^2})^{3/2}}, \quad F.F. = \frac{\overline{u'^4}}{(\overline{u'^2})^2}$$

F.F.より両者共 Gauss (正規確率分布に近い)がS.F.を比較すると側壁近傍の方がより Gauss 分布に近いことがわかる。これから側壁近傍では一様に混合した乱れが主体を占めているものと考えられる。

Fig.7に中心部、Fig.8に側壁近傍の流下方向の時空相関をそれぞれ示した。両者共乱れの終流が認められる。これより側壁近傍についても乱れ特性は変化を受けながらもある程度まで下流へ伝播していくことがわかる。また相関の減衰を比較すると中心部の方が側壁近傍より減衰が小さく伝播距離(r_x)も長くなっている。これから水路中心部には比較的大きな渦が複雑に発生しており、側壁近傍では減衰しやすい小さな渦が主体を占めるという乱れ構造の相違が考えられる。

Fig.9はこれから4回の計測で求めた時空相関より作製した等相関図である。等相関図は渦径の大きさを直接あらわすものではないが2点間の相関のイメージより渦径に関連したパラメータと考えられる。中心部と側壁近傍の時空相関より共に流下方向に偏平した渦が考えられる。これは開水路流れの特徴と考えられる²⁾。また中心部と側壁近傍を比較すると、中心部の相関の方が鉛直方向の相関の広がり大きく丸みを帯びたものになっている。これから中心部の方が大きな渦が主体的であると考えられる。

4. おわりに

今回の計測により側壁近傍においても、ある程度の乱れが下流がわに伝播されることが確認できた。また中心部と側壁近傍(滑面)では乱れの構造が相違することが確認された。今後、乱れの終流速度や河床波が形成されていない状態などについて研究、実験をおこなうつもりである。

参考文献

¹⁾ 岩崎・平沢・長谷川；流砂を含む開水路乱流における時空相関特性；昭和54年度東北学術論文概要 pp. 75~76

²⁾ Iwazaki, Hanzawa; On the effects of Suspended sediments and Sand waves upon the Turbulent characteristics; Pro. The third international symposium on stochastic Hydraulics

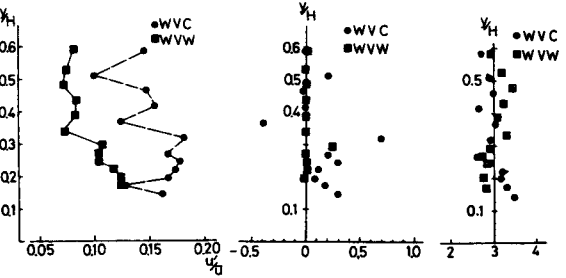


Fig.4 相対乱れ強さ Fig.5 S.F.の分布 Fig.6 F.F.の分布

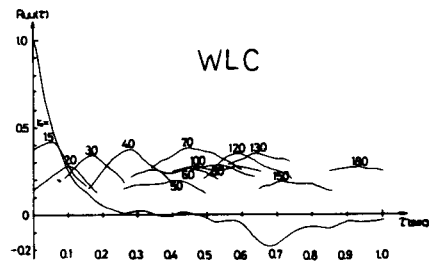


Fig.7 中心部の時空相関(流下方向)

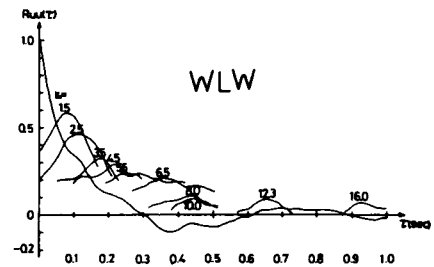
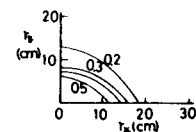
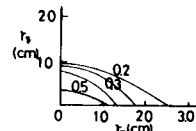


Fig.8 側壁近傍の時空相関(流下方向)



中心部の等相関図



側壁近傍の等相関図

Fig.9