

東北大学工学部 正員 岩崎 敏夫
東北大学大学院 学生員 田中 博通
東北大学大学院 ○学生員 半沢 稔

1. はじめに
最近、開水路における乱流の研究が盛んに行われているが、固定床を扱ったものがほとんどで、流砂を伴う流れの乱れを測定した例は少ないようである。今回、熱膜流速計を用いて移動床付近の乱流計測を行なったので、ここに、結果を報告する。

2. 実験装置及び実験条件

水路は幅5.3cm、深さ30cm、長さ7mの可傾式水路である。砂は $d=0.7mm$ のそのを用い、約5cmの厚さに敷いた。流速測定にはコニカルプローブ(TSI製1230W 7701)を用いた。データ総数は2000個、サンプリング間隔0.01秒、最大ラグ数は100である。

計測は $U_{*}/U_{*c}=53.7$ で一定させ
 $U_{*}/U_{*c}=0.25, 0.32, 0.36$ の3ケースとした。Run 1は砂が全く動かない状態、Run 2は砂はかなり動くが平坦な河床の場合、

Run 3はduneが形成され顕著な

Saltation layer がある状態である。duneの波長は95.5cm、高さ2.1cmで移動速度は 0.049cm/sec であった。乱流計測は、Run 1・2では砂層最上流端より2.1m下流、Run 3ではduneの最高点から4cm上流の比較的フラットな所で行なった。実験条件をTable 1に示す。Hは水深、 $\bar{U}_m$ は断面平均流速、Frはフルード数、Reはレイノルズ数、 B/H は幅水深比、Iは水面勾配、 U_{*c} は対数分布式から、 U_{*c} は粘性底層内の流速分布から、 U_{*c} は $\sqrt{gRI}$ (Rは径深)として求めた摩擦速度である。

3. 結 果

Fig 1は平均流速で無次元化した流速分布である。Fig 2は U_{*c}/U_{*c} と y/k_s の関係である。 $U_{*c}/U_{*c}=9.1\sim 13.2$ であるので遷移領域であり分布形は、 $U_{*c}/U_{*c} = \frac{1}{2} \ln(y/k_s) + A(U_{*c}/U_{*c})$ となる。Fig 2よりRun1から3になるに伴って、Kármán 定数が小さくなることがわかる。Fig 3は平均流速で無次元化した乱れ強さの分布である。水面近くで小さく、 $y/H=0.2$ 付近まではほぼ一定で、 $y/H<0.2$ において曲線的に大きくなる。また平坦な河床の場合に比してduneが存在する場合には全般的に乱れ強さが大きくなる。Fig 4はTime-scaleの分布である。多少の変動はあるが、 $y/H=0.1$ 付近までは、同じような値となり、 $y/H<0.1$ において大きく変動しながらも増加していく

Table-1 実験条件

Case	H (cm)	$\bar{U}_m$ (cm/sec)	Fr	Re $\times 10^4$	B/H	Slope $\frac{1}{2} \times 10^3$	U_{*c} (cm/sec)	U_{*c} (cm/sec)	U_{*c} (cm/sec)	R (cm)
Run1	13.7	29.17	0.252	3.996	0.387	1.658	1.30	1.45	1.91	2.220
Run2	13.3	35.71	0.313	4.750	0.398	2.789	1.56	1.64	2.46	2.210
Run3	15.2	50.06	0.410	7.609	0.349	3.605	1.88	1.78	2.82	2.257

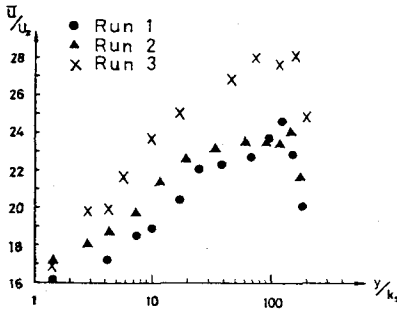


Fig 2 U_{*c}/U_{*c} と y/k_s の関係

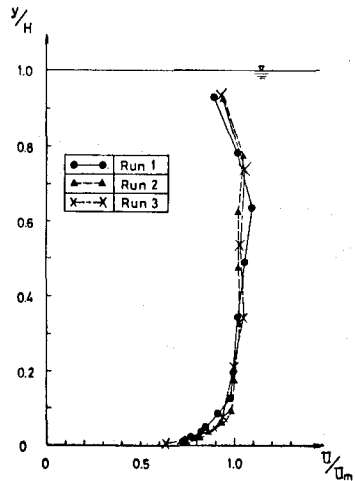


Fig 1 平均流速分布

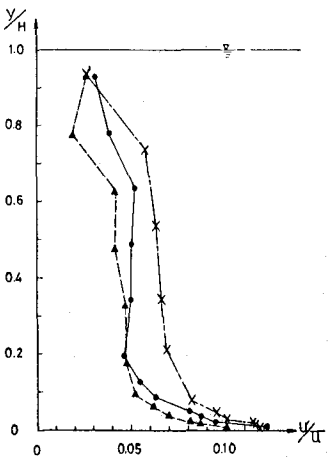


Fig 3 乱れ強さ

傾向がある。またRun 1から3になるにつれて小さくなっていることがわかり日野の仮説によるTime-scaleの縮小を裏付ける。Fig 5は平均渦径の分布である。多少の変動はあるが $0.1 < \gamma/H < 1.0$ においては同じような値となり、 $\gamma/H < 0.1$ において、更に変動が大きくなる。

$1.2^{\circ} < L < 4.0^{\circ}$ であり、今本⁽²⁾の研究によると、水路幅方向の広がり $L_y \approx 0.5H$ 流れ方向の広がり $L_x \approx 2.5H$ となることから今回求めた渦径は水路幅方向の広がりであることがわかる。Fig 6は今本による平均渦径の普遍表示である。

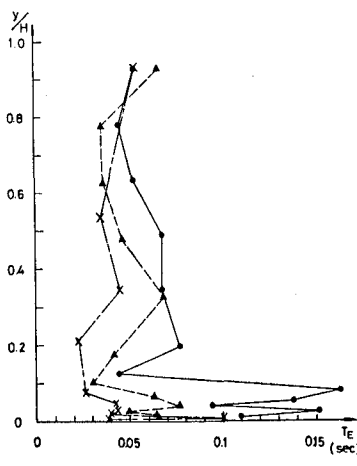


Fig 4 Time-scaleの分布

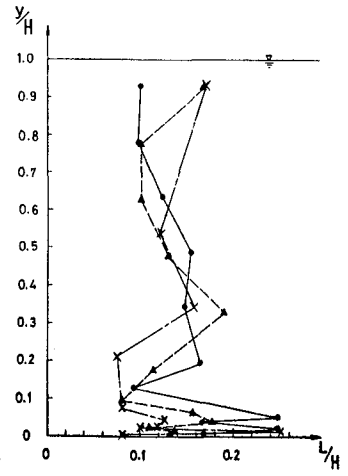


Fig 5 平均渦径の分布

一定ではなく、ばらつき、移動床付近で若干大きくなるようである。Fig 7、8、9はそれぞれRun 1、2、3の流速変動スペクトルである。3ケースとも乱れの小さい水面近くを除き同様なスペクトル形となった。Run 1、2においては高周波側で-3乗となり、Run 1から3になるにつれてエネルギー勾配が緩やかとなり周波数の高い乱れを含むようになるようである。

本研究には、昭和62年度文部省科学研究費(総合研究)(代表者 林 泰造教授)の援助を得た。現入代高専、三王英寿助教授には有益な御助言を頂いた。また、当時の東北大学学生、長久保重利氏(現福島県方)には、実験計測につき熱心な協力を得た。ここに深く感謝いたします。

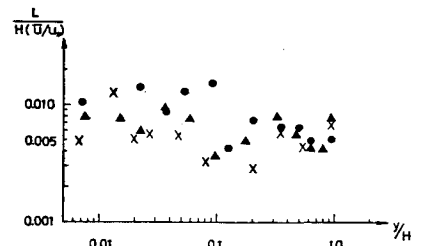


Fig 6 平均渦径の普遍表示

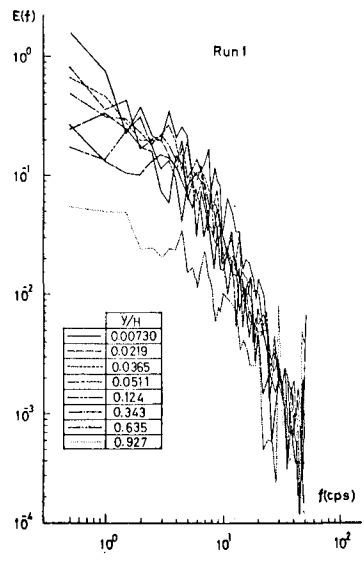


Fig 7 流速変動スペクトル

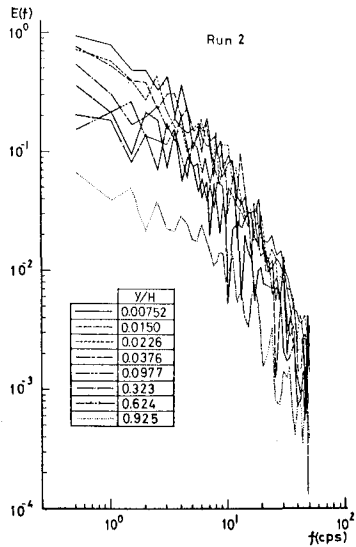


Fig 8 流速変動スペクトル

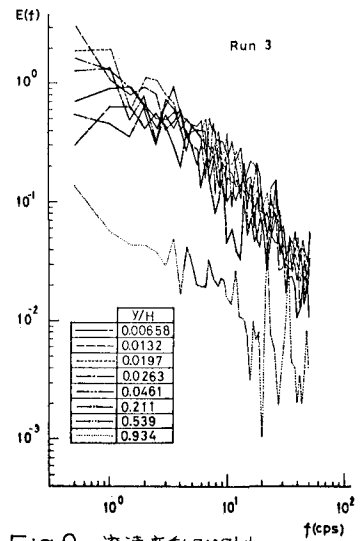


Fig 9 流速変動スペクトル

(参考文献)①日野幹雄; 固体粒子を浮遊した流れの乱流構造の変化, 土木学会論文集, 第92号, 1963年

②今本博健, 浅野善夫, 石垣泰輔; 開水路流れにおける乱れの多重構造性について, 第31回年講, 1976年