

東北大学工学部 正員 岩崎敏夫
東北大学大学院 ○学生員 半沢 稔
東亜建設工業 正員 三宅研治

Table - 1

Case No.	H_0 (cm)	H (cm)	B/H_0	$\bar{U}_m$ (cm/sec)	U_τ (cm/sec)	Fr	Re $\times 10^4$	I $\times 10^3$	Symbol	河床形状
1	6.80	6.80	11.69	13.87	1.080	0.170	0.874	0.175	○	Initial Flat
11	6.20	6.20	12.82	15.22	1.131	0.195	0.790	0.211	○	
13	6.70	6.70	11.87	14.55	1.126	0.180	0.840	0.193	○	
2	8.45	8.45	9.41	26.05	2.155	0.286	2.020	0.561	△	Move
21	7.55	7.55	10.53	21.66	1.611	0.252	1.386	0.351	△	
22	7.30	7.30	10.89	20.25	1.552	0.239	1.258	0.337	△	
4	8.87	8.00	8.96	23.40	2.162	0.251	1.922	0.596	□	Ripple or Dune (山)
31	8.82	8.40	9.01	20.69	2.687	0.226	1.477	0.877	□	
35	8.30	8.10	9.58	22.73	2.891	0.252	1.620	1.053	□	
3	9.05	10.40	8.78	28.49	3.483	0.303	2.433	1.192	◇	Ripple or Dune (谷)
33	8.07	9.30	9.85	27.28	3.199	0.307	1.931	1.123	◇	
35	8.30	8.50	9.58	22.73	2.961	0.252	1.620	1.053	◇	

1.はじめに: 前回は移動床のごく近くにおいてモットフィルムにより乱流計測が可能であることを報告した。しかし、小型水路でRunが1回限りであったので、今回、大型水路において実験を行ない有意な結果を得たのでここに報告する。

2.実験方法及び条件: 実験に使用した水路は幅が79.5 cm、長さ16 mの可傾式水路である。砂は中央粒径 $d_{50}=0.36$ mm、均等係数1.50、比重2.67の一種なものをを用い、約5 cmの厚さに敷いた。流速測定にはコニカルプローブ(TSI製1230W)を用いた。Table-1に実験条件を示す。表中 H_0 : 平均水深、 H : 測定点の水深、 B/H_0 : 幅水深比、 $\bar{U}_m$: 断面平均流速、 U_τ : 摩擦速度 $\sqrt{gH}$ 、 $Fr = \bar{U}_m / \sqrt{gH_0}$ 、 $Re = \bar{U}_m H_0 / \nu$ 、 I : 水面勾配である。Initial Flatは限界掃流以下で砂が動かず河床が平坦な場合(シリーズI)、Moveは砂は動いてはいるが河床は平坦な場合(シリーズII)、他のケースはRippleあるいはDuneが形成されている場合(シリーズIII)である。河床波の波長 λ 、波高 h はFig-1(b)に示すとおりである。乱流計測は水路上流端より約9 mの水路中央部の測線を選び、Case 4、31では河床波の山、3、33では谷、35では山、谷両方の測線を行なった。解析にあたっては、データ総数2000個、サンプリング間隔0.01秒、最大ラグ数100とした。

3.結果: Fig-1(a)はシリーズI、IIについての時間平均流速の分布である。粗度高 k_s としては d_{50} をとっている。シリーズIは清水流であるので対数則によく合っている。砂の動きのあるシリーズIIでも $20 < y/k_s < 150$ においてほぼ対数則が成立しているが河床付近で一様化する傾向を示す。Fig-1(b)はシリーズIIIについての時間平均流速の分布で、横軸は相対水深である。山、谷共に $0.2 < y/H < 0.6$ において対数則が成立しているようであるが、河床付近ではシリーズIIと同様に流速の一様化傾向が見られる。河床波をモデル化して実験した椿らの結果と山部分では傾向が合うが、谷部分では椿らの場合は減速されているのに対して、著者らの場

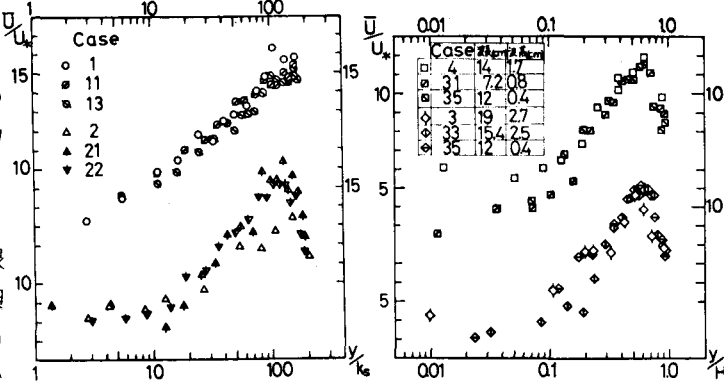


Fig-1(a) 時間平均流速(シリーズI・II) Fig-1(b) 時間平均流速(シリーズIII)

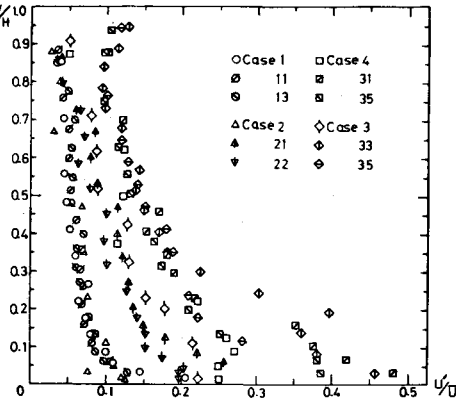


Fig-2 相対乱れ強さ

合には一様化する傾向となった。また、シリーズⅠでは最大流速が水面近くで生じているのに対して、Ⅱ・Ⅲにおいては最大流速点が下がり $y/H = 0.6 \sim 0.7$ あたりになっている。今回の実験における B/H_0 の値からして側壁の影響では説明できない。しかし、実河川においてはこの現象はよく知られており今後検討していきたい。

Fig-2は相対乱れ強さの分布である。シリーズⅠは $u_{rms}/u = 3.5$ であり水理学的に滑面と考えられ従来滑面に対して得られている結果によく合う。砂が動き、河床波が形成されるにつれて乱れは増大している。

Fig-3はタイムスケールの分布である。タイムスケールとしては自己相関係数が0.6となる時間の2倍をとっている。多少バラツキはあるが各シリーズとも全水深にわたりほぼ一様であり、シリーズⅡ・Ⅲにおいてタイムスケールの縮小が見られる。

Fig-4は平均渦径の分布である。シリーズⅠにおいては河床から水面に向かって増加傾向にあるのに対し、Ⅱ・Ⅲにおいては半水深付近で最大となるようであり、Ⅲについては河床波について実験した河村らの結果と傾向は合う。また、シリーズⅠに比べ、Ⅱ・Ⅲで渦径は縮小している。

Fig-5は各シリーズにつき相対水深のほぼ等しい点について流速変動のエネルギースペクトルを比較したものである。砂が移動し、河床波が形成されるにつれて全体的にエネルギーレベルが上がっており、乱れ強さの増大に対応している。Case 3・4において1・2に比べて高周波側の勾配が緩くなっていることから、高周波成分が卓越することがわかる。また全ケースとも慣性領域の存在がCase 1・2では高周波側に粘性領域が認められるようである。

今後は、今回の実験で得られたデータを基に移動床流れの流況の統一的な説明をしていきたいと考えている。

なお、本研究は昭和53年度文部省科学研究費補助金「固液混相流の乱流特性とその計測」(研究代表者 林 泰造教授)に費用の一部の援助を受けた。ここに記して謝意を表する。また、実験に協力をいただいた東北大学大学院生江塚利幸君に感謝します。

<参考文献>

- 1) 岩崎・田中・半沢 第33回年講 P.P.553~554
- 2) 椿・原口・渡辺 第29回年講 P.P.392~393
- 3) 例・飯倉・岸中山 第29回年講 P.P.388~389
- 4) 河村・久保田・西村 第29回年講 P.P.386~387

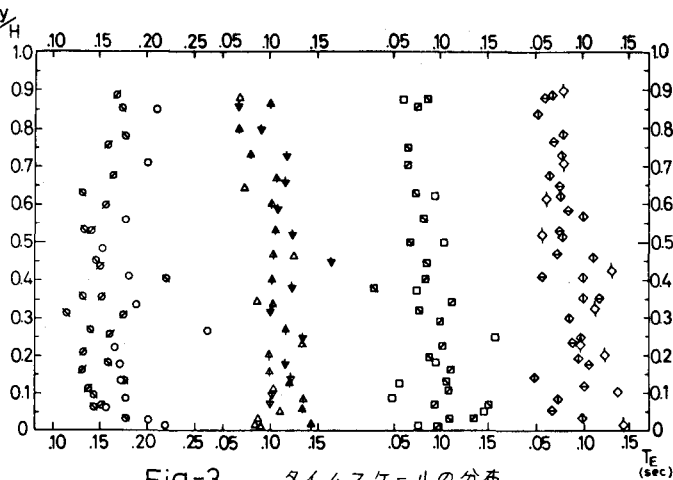


Fig-3 タイムスケールの分布

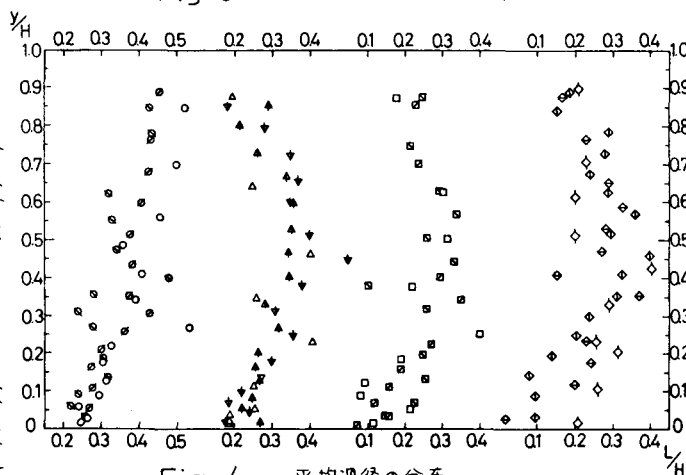


Fig-4 平均渦径の分布

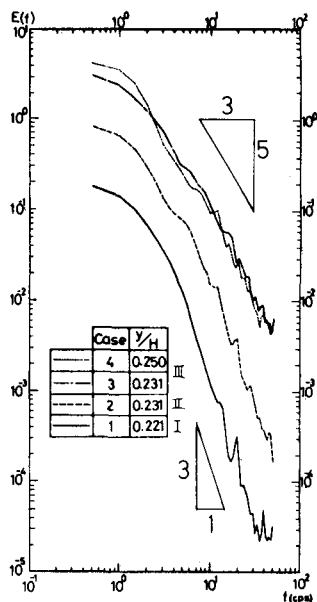


Fig-5 流速変動スペクトル