

神戸大学工学部

正会員

松梨順三郎

佐友建設 K.K.

正会員

○ 西井清二

1. まえがき

従来より、移動床土の不安定現象としての河床変動の発生発達と流体自体の不安定性に基づく乱れの発生発達との間には、かなり密接な関連があるということが知られている。しかし水流における乱れ計測の困難性などのため現段階ではまだ十分な資料をえ得られていないのが実状である。

本研究は初期の河床形態である砂れんを取り上げ、その最も基本的なモデルとして水路の段落ちを設定し、段落ち付近の乱れ特性を実験的に検討しようと試みたものである。

2. 実験装置及び方法

本実験に使用した水路は、図-1に示すように幅20 cm、壁面高さを15 cm、長さ6.6 mの矩形断面を有する循環水路であり上流端から3.6 mの断面に高さ6 cmの段落ちを設けた。また段落ち付近の流れと常流にするため下流端に高さ2.5 cmのせきを設置した。一方、流速の測定にはホットフィルム流速計を用い、データ処理に関しては、データレコーダーに記録された流速計の出力電圧をA-D変換器により数値化する方法を用いた。またこの時のサンプリング周波数は160 Hzであり、データ数は4000個とした。なお本実験に於ける主な水量量は、表-1に示すとおりである。

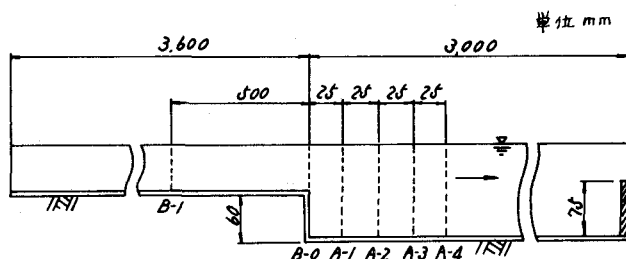


図-1

実験番号		B-1	B-0	A-1	A-2	A-3	A-4
水深	H cm	5.8	5.4	11.6	11.6	11.6	11.7
流量	Q cm ³ /s	4300	4300	4300	4300	4300	4300
断面平均流速	U cm/s	37.1	39.8	18.5	18.5	18.5	18.4
径深	R cm	3.67	3.51	5.37	5.37	5.37	5.39
摩擦速度	U_{*} cm/s	2.20	2.15	2.66	2.66	2.66	2.66
水路勾配	S	0.0034	0.0034	0.0034	0.0034	0.0034	0.0034
動粘性係数	ν cm ² /s	0.0127	0.0127	0.0127	0.0127	0.0127	0.0127
レイノルズ数	Re	10700	11000	7850	7850	7850	7810
フルード数	Fr	0.492	0.547	0.174	0.174	0.174	0.172

表-1

3. 実験結果と考察

図-2は断面A-2に於ける平均流速、乱れの強度、及びエネルギー消散率の計測結果であり、図-3は全断面に於けるそれらの分布を示している。

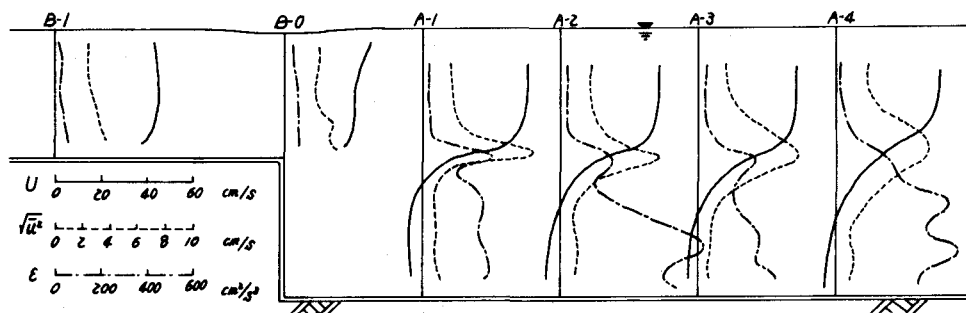


図-3

(2). 平均流速 U

平均流速の水深方向の分布を見ると、段落ちの深さ付近で速度勾配は非常に大きくなっており、流速差による高度のせん断領域の発生がうかがえる。一方段落ち断面から下流に離れるに従って速度勾配も徐々に滑かになっており乱流混合域の拡散して行く様子を良く示している。

また流速分布式としては、対数則とそのまま適用できないことは、図より明らかである。

(b). 乱れの強度 $\sqrt{u'}$

乱れの強度の水深方向に対する分布を見ると、段落ち深さ近傍に於いて極端なピークを示しており、その最大値は水面付近の値の約3倍程度にもなっている。また乱れの強度のピークの前後に於けるその増加及び減少の割合は極めて急激であるが、水面及び水路床付近では、ほとんど変化なく一定なる傾向を示している。A-1 ~ A-4 断面に於ける各計測結果と比較してみると、段落ちから離れるに従ってピークの値は徐々に減少し、そのピーク幅も水深方向にゆるやかに広がって行くことが認められるが、その拡散の割合は水路床方向のものが大きいようである。

(c). エネルギー-逸散率 ϵ

一様等粘性の湍流乱流の仮定によると、エネルギー-逸散率 ϵ は次式で与えられる。

$$\epsilon = \frac{60 \nu \pi^2}{U} \int_0^{\infty} f S(f) df \quad \text{----- (1)}$$

ここに U : 平均流速 ν : 動粘性係数 f : 乱れの周波数

$S(f)$: 乱れのパワースペクトル

一応上式が全領域にわたって適用可能であるとして、その分布特性を調べると、エネルギー-逸散率は水面付近では小さく、水路床に近づく程増大して行く傾向を示しているが、段落ち深さに於いては1つの明確なピークが認められる。

(d). 乱れのパワースペクトル $S(f)$

図-4 は自己相関関数から求めたA-4断面に於ける流れ方向成分の乱れのパワースペクトルである。3種類の異なる水深のスペクトルを比較すると、段落ち深さ($y/k = 0.513$)に於けるスペクトルでは10 Hz 付近から $\sim 5/3$ 乗則で表わされる慣性領域の存在が明確に認められる。一方3種類のスペクトルは、高周波領域に於いてほぼ類似した傾向を示しているのに対し、低周波領域に於いては水深によって大きな変化が認められる。

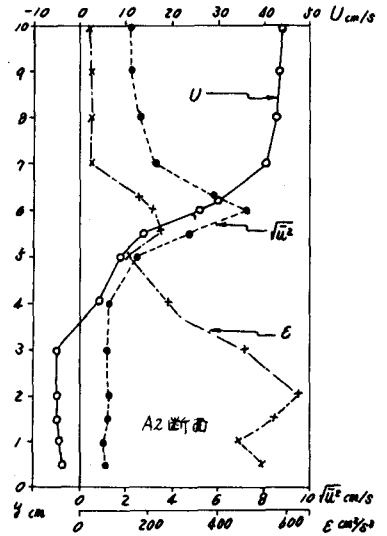


図 - 2

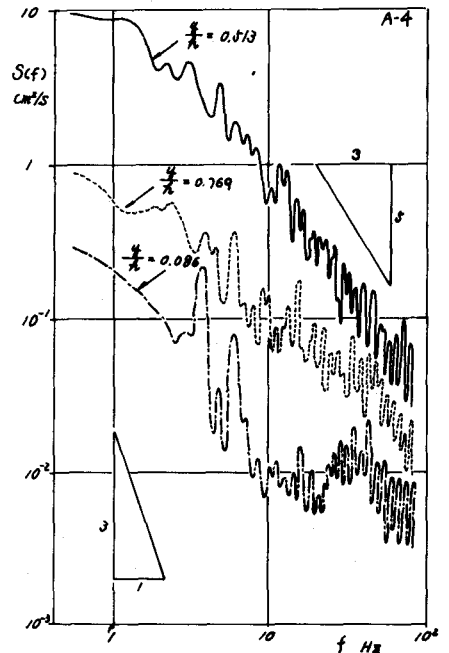


図 - 4

参考文献

- i) Walker, G.R.: 'Loose boundary hydraulics' by Raudkivi, A.J., Pergamon Press, 1967
- ii) 今本博健, 池野香嗣 "開水路断面変化部における流れの水理特性について" 昭和50年度関西支部年報 昭和50年4月