

東北大学大学院 学生員 ○松 本 朗
東北大学工学部 正 員 岩 崎 敏 夫

1. はじめに

移動床上に発生した河床波が種々の水理特性に大きく影響することは良く知られている。従来さまざまな方法で研究がなされているが、河床波の発生、発達機構の主因を流れの持つ乱流特性に求める場合、可視化手法は有益なものとなるであろう。最終的には流れの構造と河床波の特性との相互関係が明らかにされねばならないが今回は河床波模型上の流れを木素気泡法により可視化し、流れのパターンを定性的に分類するとともに若干の定量的解析を加え考察した。

2. 実験方法及び水理条件

使用した水路は、上流の長さ4 mの幅の変化する導流水路とこれに続く長さ11 m、幅40 cmの実験水路とで構成されており、写真の撮影は実験水路の上流端から7 mの部分で行った。河床波の波長、波高はそれぞれおよそ12 cm、1 cmであり粒径レイノルズ数も合わせて考えると砂澁領域に属する。ここでは発生初期のものを対象とし、石膏で型取りモルタルを流し込むことにより模型を作製した。水理条件をTable 1に示す。CASE 1,2ではクレスト後流域、再付着点付近について定性的考察を、CASE 3,4ではクレスト頂上、再付着点付近について定量的考察を加えた。木素気泡発生装置の陰極には直径50 μm の白金線を、陽極には銅板を用い100 Hzのパルス電圧を印加した。高速度カメラによる撮影時間間隔は、CASE 1,2が0.1秒CASE 3,4が0.05秒であり、定量的な評価のために用いたサンプル数はCASE 3が200枚、CASE 4が153枚である。

CASE	D	$I \times 10^4$	R	U_m	U_*	Fr	Re
1	7.82	3.3	5.66	26.3	1.35	0.30	20500
2	7.35	3.3	5.41	28.1	1.75	0.33	20700
3	8.52	5.2	6.02	24.5	1.75	0.27	15500
4	8.45	3.1	5.98	24.8	1.35	0.27	15500

Table 1 水理条件 (cgs単位)

3. 結果及び考察

(1) CASE 1,2について

CASE 1の流れをPHOTO 1,2に示す。PHOTO 1は後流渦が最大に成長した状態である。後流渦の水深方向のスケールは河床波の波高と同程度になること、タイムラインの間隔から判断して逆流域の流速は非常に小さいことがわかる。また、主流の流速分布は比較的整っていることがわかる。PHOTO 2では最大に成長した後流渦の上部が主流にぶつかり連行されて行く様子が表われている。また、渦の崩壊、拡散によって乱れの卓越した領域が形成されている。CASE 2

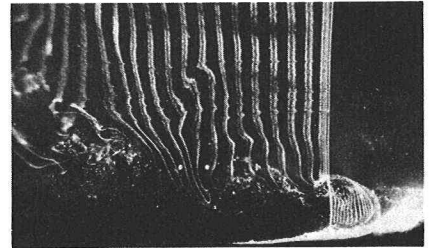


PHOTO 1 クレスト後流域の流れ

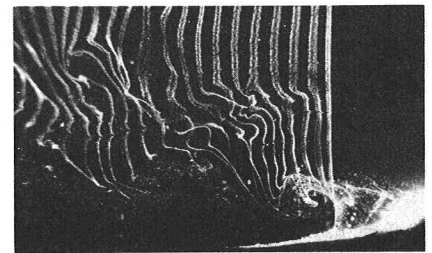


PHOTO 2 クレスト後流域の流れ

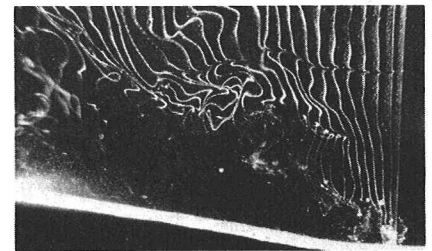


PHOTO 3 再付着点付近の流れ

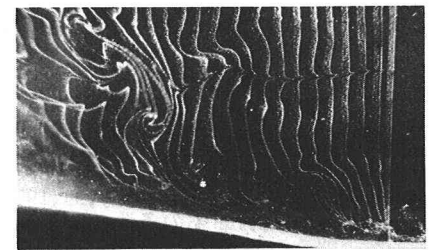


PHOTO 4 再付着点付近の流れ

の流況がPHOTO 3,4である。PHOTO 3ではタイムラインが複雑に混み合い非常に乱れた流況を示す。底面付近には低速領域の存在が確認できる。PHOTO 4では底面付近においてタイムラインが下流に張り出し斜面にぶつかっているのが特徴と言える。この様に後流域と再付着点付近の代表的な流れのパターンを確認した後に2本の白金線を使い後流渦と再付着点付近の乱れとの関係を可視化しFig.1の様に予想した。すなわち①渦の強さは弱く主流は安定している。②渦の成長と共に再付着点付近に低速領域が形成され、渦のスケールが最大になる頃にejectionに対応した流れになる。③渦の移流と共にsweepに対応した流れになる。

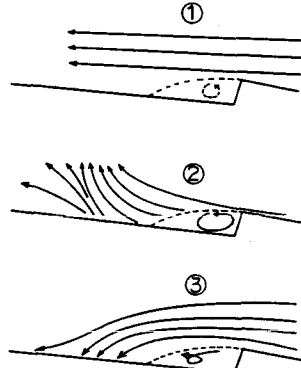


Fig.1 流れの様式図

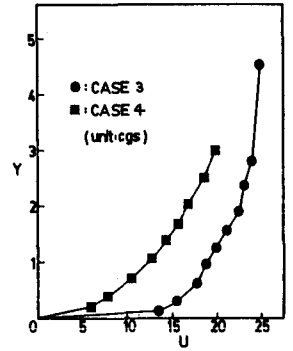


Fig.2 平均流速分布

(2) CASE 3,4について

キンク型に加工した白金線からブロック状の水素気泡塊を発生させ、流下方向及び鉛直方向の流速を目視により読み取り解析した。Fig. 2に平均流速分布を示す。このグラフよりCASE 3,4共にほぼ対数分布となっていることがわかる。しかし、断面平均流速がほぼ等しいにもかかわらず、分布形に差が見られ特に底面付近において著しい。これはクレスト頂上では主流が支配的であり再付着点は一種のよどみ点になっていることが原因である。Fig.3は流下方向及び鉛直方向の乱流強度とレイノルズ応力の分布を示す。実線はGrass⁽⁹⁾が平滑な水平床水路での実験で得た結果である。乱流強度、レイノルズ応力共にCASE 4の方が大きな値をとっている。特にレイノルズ応力を比較すると差が顕著であるが、CASE 4が再付着点付近でのデータであることも考えれば妥当な結果であると言える。最後に大規模な乱流構造について調べるためにCASE 3につきGrass⁽⁹⁾の方法で条件付抽出平均を行った。結果をFig.4に示す。2点鎖線が着目する点の位置を示している。B,C,DではUのピークとvの最小値、Uの最小値とvのピークがほぼ一致している。E,F,Gでもその様な傾向は見られるが次第に相関関係が小さくなっている。すなわち、底面から離れるに従い、壁面乱流の大規模な構造特性が薄れていくのがわかる。

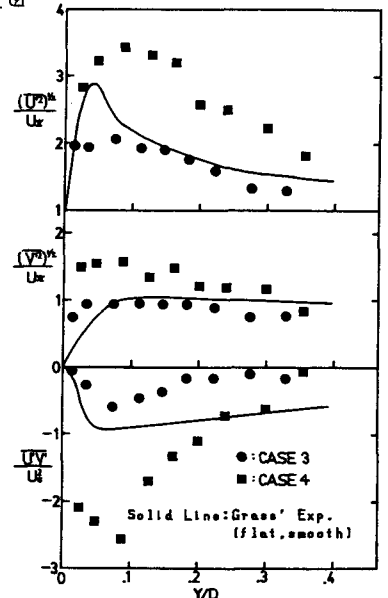


Fig.3 乱流強度、レイノルズ応力の分布

4. おわりに

今後、流れのパラメータを変化させて実験を続ける予定である。

最後に本研究を行うに当り多大な協力を得た菅原秀明君(当時学部学生)に謝意を表します。

<参考文献> Grass A.J. J. Fluid Mech. (1971), vol. 50, part 2, pp. 233 ~ 255

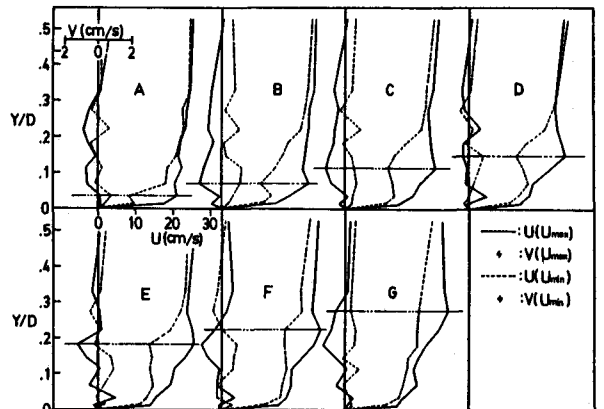


Fig.4 条件付抽出平均による流速分布