

河床波の形態と乱流特性について

東北大学大学院 ○学生員 長谷川 順行  
 東北大学工学部 正員 岩崎 敏夫  
 東北大学工学部 学生員 金山 進

1. はじめに

著者らは Hot-film 流速計を用い河床波上の乱流計測を行なってきた<sup>(1)</sup>。しかし河床波のうち特に砂漣については三次元性が強く、乱れも三次元的であるため河床波とそれによる乱れとの関連を研究することは困難であった。三王は砂漣発生の初期において洗掘と堆積を繰り返して形成される河床波に着目しこれを S-D 波と名づけた<sup>(2)</sup>。この S-D 波は河床に初期攪乱を与えることによりその発生を制御することができる。そこで本研究においては流入路において注意深い配慮によって流入する水流の持つ乱れを極力制御するとともに、S-D 波の発生領域において実験を行ない、水路幅に一樣なスジを河床砂につけることによって 2 次元的な河床波を発生せしめた。これにより河床波とそれによる乱れとの関連について若干の結果を得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、上流の長さ 4 m の幅の変化する導流水路とこれに続く幅 41 cm、長さ 11 m の実験水路とで構成されている。水路の終端に可動セキが設けられており、これと上流の流入バルブの操作により、各種の実験条件の設定を行なった。Fig. 1 に使用水路の概要を示した。移動床の河床材料として中央粒径 0.36 mm、均等係数 1.50、比重 2.67 の砂を使用した。流速変動の測定には TSI 社製・コンカルプローブ型 Hot-film 流速計を使用した。プローブはサポートに取り付けこれを台車に取りつけたポイント・ゲージに固定し、これより流下方向の測定が容易に行なえる。その様子を Fig. 2 に示した。実験条件は二次元的 S-D 波の発生する水理量で行なった。その条件を Table 1 に示した。解析はデータ総数 2000 個、サンプリング間隔 0.01 秒、最大ラグ数 100 でおこなった。

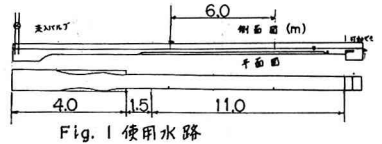


Fig. 1 使用水路

Table. 1 実験条件

(cm/s) U <sub>m</sub>	(cm) H	(cm) R	(10 <sup>3</sup> ) I	(cm/s) U <sub>*</sub>	Fr	(10 <sup>3</sup> ) Re
24.7	7.66	5.58	0.833	2.134	0.29	1.314

U<sub>m</sub>: 断面平均流速 (cm/s), H: 水深, R: 半径  
 U<sub>\*</sub>: 摩擦速度 (cm/s), I: 水面勾配, Fi: Froude 数  
 Re: Reynolds 数

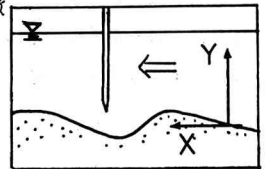


Fig. 2 実験方法

3. 実験結果及び考察

Photo. 1 に発生した S-D 波の平面写真を示す。攪乱を与えた部分から下流方向に、二次元的な河床波が発生していることが分かる。この写真においては、河床波の背面が黒く、洗掘を受けた部分が白く見えている。

計測は水路の中心線上(Ⓢ)で行なった。その線上の流下方向を X 軸、水深方向を Y 軸に取った。Ⓢ→

(1) 局所平均流速の分布 (U/U<sub>\*</sub>)

Hot-film 流速計で得られた局所平均流速 (U) を摩擦速度 (U<sub>\*</sub>) で無次元化したものを、Fig. 3 に示した。同図には計測時に形成された河床液形の概要を示しておいた。ただし水深方向の距離は流下方向の距離の 2 倍の長さにとっている。

攪乱  
↓

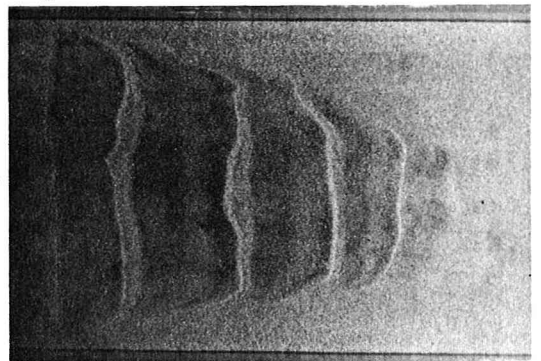


Photo. 1 形成された二次元波

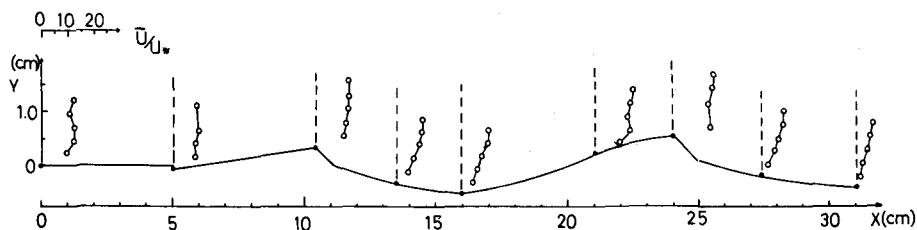


Fig. 3 局所平均流速の分布

これより河床波頂部と谷部との流速分布の相違が見られる。波頂部では流速分布の一様化の傾向が見られるのに対して谷部では河床近傍まで対数的な分布が確認された。

(2) 相対乱れ強さ ( $U'/U$ )

乱れ強さを局所平均流速で割って得られる相対乱れ強さを、平均流速分布と同様に描いたものをFig. 4に示した。波頂部分の乱れ強さの分布は、平坦河床部分のそれと同様になっている。谷部では局所平均流速に対する乱れ強さの増加が確認できる。これはこの部分で乱れが発生していると推察される。またこの部分では砂粒子の急激な動揺、これに伴う河床の洗掘が確認された。

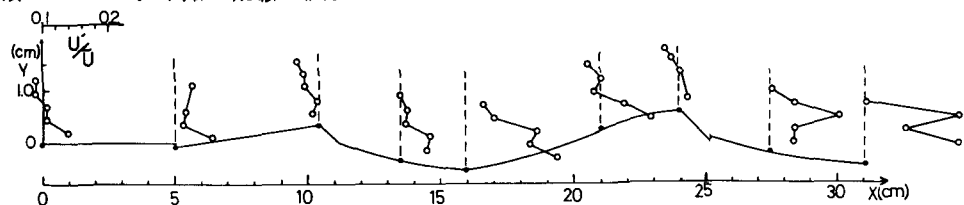


Fig. 4 相対乱れ強さの分布

(3) 摩擦速度で無次元化した乱れ強さの分布 ( $U'/U_*$ )

乱れ強さを摩擦速度で無次元化したものをFig. 5に示した。波頂部では、乱れ強さが水深方向に一様に分布しているのに対して、谷部では乱れ強さの分布の不均一が見られる。二次元的に発生した砂堆をセメントで固定した河床液上の流水においては、谷部分より発生する乱れによって特徴付けられ、この部分を再着点 (R.P.) と呼びこの点からの乱れの発生が砂粒子を巻き上げ流砂量に影響を与えるという指摘がなされている。S-D波においてはこの点から砂粒子の移動が生じ水が下流に堆積しあるいは河床波が形成されるというパターンが観察された。

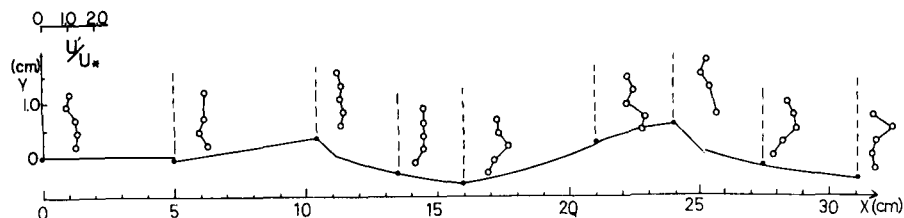


Fig. 5 乱れ強さの分布

4. おわりに

本実験方法により、良質な二次元液を作ることができた。これにより河床形状に対応した乱れの計測が、移動床において可能になった。後流によって生じるS-D波においては再着点による乱れの発生がその形成に重要な役割を果しているものと考えられる。

参考文献

- (1) 岩崎・長谷川・松本：移動床付近の乱れの移流について，第36回年講演文集 (p.p.591~592)
- (2) 三王：沖積河川における不安定河床波の形成に関する研究，東北大学学位論文
- (3) 松倉・森・岸：河床液上の流水の乱れと浮遊砂の研究，第35回年講演文集 (p.p.320~321)