

砂堆の発生・発達に関する数値シミュレーション

鳥取大学工学部	正 員 道上 正規
鳥取大学工学部	正 員 桧谷 治
(財)砂防・地すべり技術センター	正 員 〇嶋 大尚
スペースジョイ設計事務所	正 員 北中 彰弘

1. はじめに 本研究は水路幅水深比 (B/h) の小さな直線水路に発生する砂堆を数値計算によって発生させようとするものである。実際の移動床現象は複雑かつ不規則であり、均一の礫を用いた実験水路で掃流砂量変動を測定すると、平坦河床であるにもかかわらず有為な変動が現れている。そこで、この変動を河床変動に対して支配的なパラメータである u_* の変動に置き換えた。したがって、本数値シミュレーションでは u_* に変動を与えることにより河床波を発生させ、その発達過程を従来の実験値と比較し、検討を行った。

2. 計算方法 まず、流下方向と鉛直方向の運動方程式および連続式を用い、鉛直2次元の流れの計算を行い、それによって得られた流れの諸量および芦田・道上の式を用いて、各々の計算メッシュ上での流砂量を求める。¹⁾ しかし、ここで流れの諸量から得られた各計算メッシュ上での摩擦速度 (u_{*i}) をそのまま用いず、摩擦速度 u_{*i} として、 u_{*i} を平均値とする変動係数 α の正規乱数で与える。ただし、この正規乱数は計算メッシュ間隔ごとの u_{*i} にも、各時間ステップごとにも独立なものとして与えたため、ある点 (i) での u_{*i} の変動は他の点【例えば点 ($i+1$)】での u_{*i+1} の変動に無関係である。このようにして掃流力に変動を与え、河床波を発生させる。つぎに、 u_{*i} の変動係数 α について述べる。実際の水路では、水面波や流水に含まれる乱れ、および河床形状の不規則性によって、底面せん断力の変動がもたらされ、掃流力に乱れが生じる。しかし、乱れに起因する底面せん断応力の変動特性については、必ずしもスペクトル性状までは明らかとはなっていない。そこで、辻本²⁾ により簡単にモデル化された方法で、流砂量の変動係数 α_B を求めると、 $\alpha_B=0.16$ となる。したがって、摩擦速度 u_{*i} の変動係数 α も同程度だと考えられる。そこで、この値を基本として α_B を種々に変化させて計算を行った。

3. 計算条件 本シミュレーションで用いた計算メッシュ Δx は2(cm)と5(cm)の2種類で、水路の条件は、水路長16(m)、水路幅20(cm)、粗度0.025、粒径0.08(cm)を用い、どのケースも τ_* が0.15になるように流量と河床勾配を定めた。計算条件を表-1に示す。

4. 計算結果および考察 数値シミュレーションによる河床波の発生・発達過程を図-1に示す。河床波は上流端では大きく発達しない。これは、数値シミュレーションで与えられる u_* の擾乱では直接的には小さな河床擾乱しか発生させることはできず、その小さなその砂堆が下流方向へ移動していく過程で擾乱同士の乗り上げ現象が起り、砂堆へと成長するためである。つまり、砂堆が発達するためには、

表-1

	Case-1	Case-2	Case-3	Case-4
流量 (l/s)	5.84	Case-1	Case-1	17.2
河床勾配	1/400	と同様	と同様	1/1010
等流水深 (m)	0.0792			0.20
Fr	0.42			0.307
Δx (cm)	2.0		5.0	2.0
変動係数 α	0.005	0.05	0.005	0.005

ある程度の水路長さが必要だということである。また、砂堆の移動機構を図-2に示す。砂堆が発生すると、砂堆の前面で剥離現象が見られる。これにより、砂堆前面での無次元掃流力が低下する。したがって、砂堆背面の砂が前面に輸送され砂堆が流下方向へ移動する。つぎに、時間ごとの波長・波高の発達過程を図-3に示す。Case-2はCase-1より変動係数 α を大きくしたものであるが、波長・波高の発達速度のみ大きくなり、波長・波高の大きさは、同程度に成長する。このことから、 u_* に与えられる擾乱では小さな砂堆しか発生させることができないということが分かる。また、Case-4はCase-1より水深を大きくしたものであるが、水

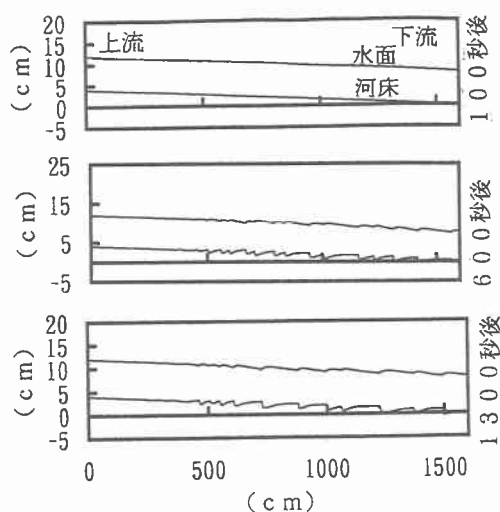


図 - 1 Case-1

深に比例して波長・波高が大きくなっていることが分かる。ここで、波長・波高が安定しているCase-1についてYalinが実験に基づいて示した次式との比較を行い表-2に示す。

$$H_o/h_o = (1 - \tau_c/\tau_o) / 6, \quad \lambda = 5 h_o$$

表-4

	Yalinの式	値シミュレーション
波長	39.59(cm)	77.5(cm)
波高	1.021(cm)	1.015(cm)

このように、波高はYalinの示した値と一致しているが、波長はYalinの示した値よりも大きくなる傾向がある。最後に、Case-3の計算メッシュを大きくとった場合であるが、波長・波高の発達が著しく低下するという結果を得ている。したがって、今後計算メッシュについて検討が必要であると考えられる。

5. おわりに 直線水路のような場所的に掃流力の変化が少ない水路では、正規乱数による擾乱を摩擦速度に与えることにより、河床波を発生させることができるということと、摩擦速度に与える擾乱を大きくしても、河床波は大きくなり、発達速度のみが大きくなるということが分かった。

参考文献 1) 辻本哲郎：変動する掃流力による掃流砂量変動の確率過程論的解析、土木学会論文集第417号, pp. 119-127, 1990 2) 道上ら：彎曲部横越流堰の流れに関する3次元数値解析、第46回土木学会中国四国支部研究発表会講演概要集, 1994年, pp. 148-149

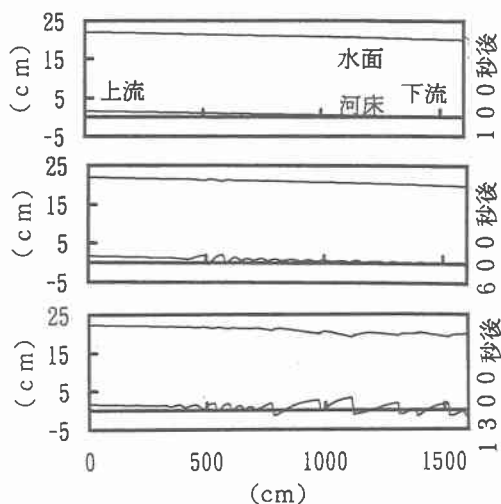


図 - 1 Case-4

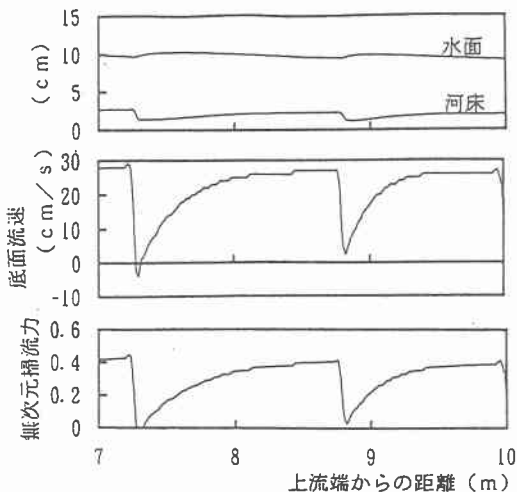


図 - 2 河床波の発達・移動機構

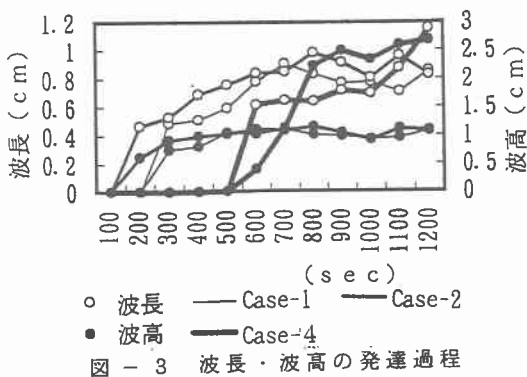


図 - 3 波長・波高の発達過程