

混合砂礫における狭さく部の河床変動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 檜谷 治
鳥取大学大学院 学生員 ○三木敦史

1. はじめに 従来より、一様砂河床と仮定できる河川に関しては、一次元河床変動計算が盛んに行われており、実際の現象を比較的良好に再現できているが、混合砂河床に関しては流砂現象の複雑さあるいは河床材料の変化などを伴うため、十分な精度で計算されるとはいえない。そこで本研究では、一洪水に河床低下と河床上昇が同時に起こる河川狭さく部を対象として、河床砂を混合砂とした実験を行うとともに、従来提案されている手法でその実験結果の数値シミュレーションを試み、混合砂河床での一次元河床変動計算の問題点について検討する。

2. 実験概要 実験に使用した水路は、長さ15m、幅40cm、高さ40cmの直線水路（河床勾配1/100）で中央に図1に示す狭さく部を設置したものである。これに水路に設置されている流量制御装置で定常状態で10ℓ/s、ピーク流量25ℓ/sの三角ハイドロを与え、測点③～⑨において水位と河床高を、測点①～⑨で実験前後の粒度分布を上層と下層に分けて調べた。ただし上層の厚さは今回実験に用いた混合砂の最大粒径20mmとした。図2に上下層の粒度分布の特性を表す粒径加積曲線を示すが、これより上層が下層に比べて粗いことがわかる。

3. 数値解析 解析は、一般的な1次元河床変動計算法を用いて行い、計算条件として表1に示す条件を与えた。つまり芦田・道上の粒径別無次元限界掃流力を算定するための、 τ_{*cm} の違いによる影響、上層と元河床（下層）の粒度分布の違いによる影響、限界掃流力の算定法の違いによる影響を見るものである。ここに、粒径別流砂量式は芦田・道上の式を用い、限界掃流力は次の2式で比較する。

(1) 芦田・道上の修正Egiazaroff式¹⁾

$$d_i/d_m > 0.4$$
$$u_{*ci}^2/u_{*cm}^2 = \tau_{ci}/\tau_{cm}$$
$$= (\log_{10} 19 / \log_{10} 19 (d_i/d_m))^2 (d_i/d_m)$$
$$d_i/d_m \leq 0.4$$
$$u_{*ci}^2/u_{*cm}^2 = \tau_{ci}/\tau_{cm} = 0.85$$

(2) 道上・鈴木・渡邊の式²⁾

$$\tau_{ci}/\tau_{cm} = (d_i/d_m)^{-0.95}$$

4. 結果および比較、検討 図3(a)(b)は実験と計算結果における狭さく部の上流端と中央の河床と水位の経時変化を示し、図4(a)(b)は同地点での上層の粒度分布を表す粒径加積曲線である。ただし、黒丸は実験初期の粒度分布である。まず、実験結果の概要として、狭さく部内において流量増加期に大幅な河床低下がみられ、その後の流量減少期に河床上昇が起こる埋め戻し現象がみられる。また、河床の粒度分布についてみると、実験前よりもかなり粒径が小さくなっている。このことは流量現象期の埋め戻しでは細かい砂が堆

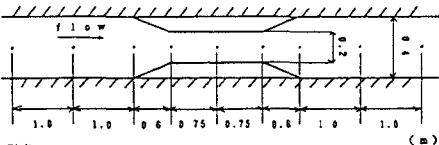


図1 狭さく部の平面図

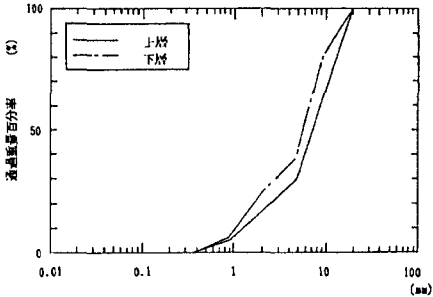


図2 上層および下層の粒径加積曲線

表1 実験条件

	Run.1	Run.2	Run.3	Run.4
実験中の 流量範囲	0.02	0.02	0.02	0.02
用いる境界 掃流力の式	芦田 道上	芦田 道上	芦田 道上	道上・鈴木 渡邊
平均粒径の無次元 限界掃流力	0.03	0.05	0.03	0.03
交換層厚 (cm)	2.0	2.0	2.0	2.0
使用する 粒度分布	上層 下層	上層 下層	下層 のみ	上層 下層
実験率 (%)	80.0	80.0	80.0	80.0

積したことを示していると思われる。つぎに、計算値の実験値との適合性について検討する。Run 1とRun 2を比較すると、図4から明らかなように両者で大きな差異がある。つまり、Run 2は平均粒径に対する限界掃流力を岩垣の式から求めた $\tau_{cm}=0.05$ を用いたものであるが、流砂量が少なく、河床変動量が少ない。これは限界掃流力を過大評価しているためであると考えられ、 $\tau_{cm}=0.03$ としたRun 1では実験値をよく再現できている。つぎに、Run 1とRun 3を比較すると、図4では大きな差異はないものの、図5の粒度分布ではRun 3がRun 1に比べてかなり細かく、実験結果と適合しない。つまり、上層と元河床(下層)の粒度分布の違いが、粒度分布計算で大きく影響を及ぼすことが推察できる。最後に、Run 1とRun 4の比較では、図4、図5からもさほど差異はみられない。しいて挙げるならば図5の $d_i/d_m > 1$ の範囲でRun 4の方が実験値に近い。これはRun 4で用いている(2)式が、すべての粒径で限界掃流力が同じである等移動性の傾向にあるため、流量減少期の埋め戻し現象においても(1)式に比べて上流の粗い砂礫が掃流されこの地点に堆積した結果と推察できる。

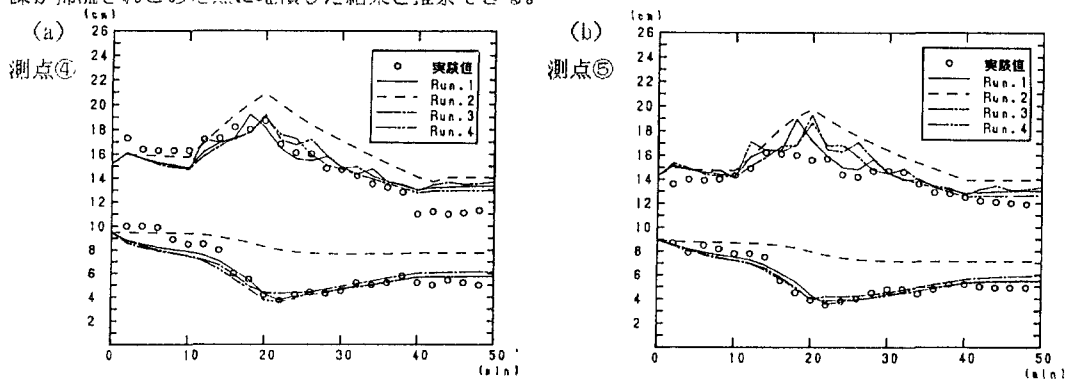


図3 水位と河床高の経時変化

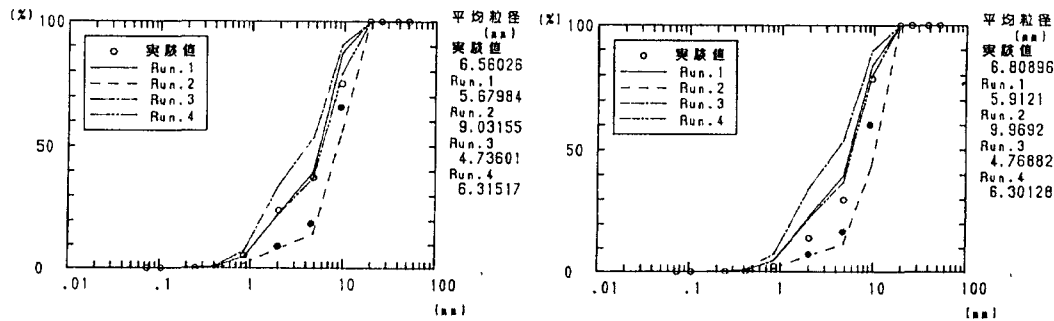


図4 粒径加積曲線

5. おわりに 本研究に用いた数値解析の手法で、河床変動および粒度分布計算は実験値を精度良く再現できた。結論として以下の3点を挙げる。1)限界掃流力を算定するときの τ_{cm} が大きく河床変動に影響を及ぼすことにより、この値を正確に評価しないと実験値と大きく異なる可能性が見いだされた。2)計算の初期粒度分布であるが、上層のそれは元河床に比べ粗粒化しており、今後河川における河床変動を計算する場合、河床表層の粒度分布を正確に調査する必要がある。3)限界掃流力の算定法の違いは、両者にさほど差異がみられず、これからの種々の実験条件との適合性によって判断しなければならない。

参考文献 1) 芦田和男、道上正規：移動床流れの抵抗と掃流砂量に関する基礎的研究、土木学会論文報告集第206号，1972。

2) 道上正規、鈴木幸一、渡邊征爾：混合砂河床の限界掃流力に関する研究、土木学会第43回年次学術講演概要集 p p 338~339，1988。