

立命館大学大学院 学生員 ○竹林洋史
立命館大学理工学部 正会員 金 海生
立命館大学理工学部 正会員 江頭進治

1.はじめに 交互砂州の形状特性に関し、混合砂を用いた場合と一様砂のものとを比較すると前者において波高は小さくなり、しかも形状がぼやけ易いことが判明している。その主たる原因は砂礫の分級現象②であると推察される。その影響を明らかにするために、一様砂を使用して得られた交互砂州を固定床とし、その河床上の流れを二次元浅水方程式を用いて解析するとともに、上流端より平均粒径の等しい混合砂を供給し、その輸送過程を検討しようとするものである。解析方法としては McCormack 法を使用した。

2.支配方程式 流れの連続式、運動方程式、河床位方程式、流砂量式はそれぞれ次のようである。

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hu_j)}{\partial x_j} = 0 \cdots (1) \quad \frac{\partial(hu_i)}{\partial t} + \frac{\partial(hu_i u_j)}{\partial x_j} = -gh \frac{\partial \zeta}{\partial x_i} + \frac{\partial(h\tau_{ij})}{\partial x_j} - \frac{\tau_{bi}}{\rho} \cdots (2) \quad (i, j = 1, 2)$$

ここに、 ζ : 水位、 $\tau_{bi} = \rho C_f u_i \sqrt{u_1^2 + u_2^2}$ 、 $C_f = 1 / \left(6 + \frac{1}{\kappa} \ln \frac{h}{k_s} \right)^2$ 、 $\kappa = 0.4$ 、 $k_s = 2d_m$

$$\frac{\partial \tilde{q}_b}{\partial t} + \frac{1}{1-\lambda} \frac{\partial \tilde{q}_{bj}}{\partial x_j} = 0 \cdots (3) \quad \tilde{q}_b = \sum_{k=1}^n q_{bk} = \sum_{k=1}^n F(\tau_*, \tau_{*,e}, \tau_{*,e}, d_k, d_m) \cdot r \cdots (4)$$

$$q_{bj} = q_b u_{bj} / \sqrt{u_{b1}^2 + u_{b2}^2} \quad (n=10, i, j=1, 2, \lambda=0.7)$$

ここに、 $F(\tau_*, \tau_{*,e}, \tau_{*,e}, d_k, d_m)$ は流砂量式で、芦田・道上式を適用する。 u_{bj} は河床面上の流速の j 成分。 r は河床上の砂礫の被覆率であり、 $r = \Delta x_b / d_{max}$ で定義している。 $r \geq 1$ のときは $r = 1$ とする。ここで、 Δx_b は給砂した砂礫の堆積厚である。

3.計算方法 Fig1 に示す一様砂を用い、Table1 の条件のもとに、長さ 8m、幅 0.2m の直線水路において交互砂州を形成させたり。シミュレーションにおいては長さ 4.78m、幅 0.2m の区間を対象とし、これを固定床とし、実験と同一の水力条件のもとで流れと流砂の輸送過程を解析する。固定床の上に定常流量を供給し、流れが安定してから砂礫の供給をはじめる。供給した砂礫は Fig1 に示す混合砂であり、粒径を 10 の階級に分ける。河床表面が露出した状態で砂礫が流れていくように、給砂は上流端において $r = 0.01$ で行う。河床は固定床であるので、初期条件として $r = 0.0$ を全ての点に与える。 Δx_b がマイナスのときには $r = 0.0$ とする。またそのような堆積土砂がない部分の d_m は、流砂の d_m を使用した。流れの解析においては支配方程式を McCormack スキームで差分し、staggered grid を使用する。河床上の流速は各グリッドにおける流関数の値を求め、流線の曲率から予測する。砂礫の動きを調べ

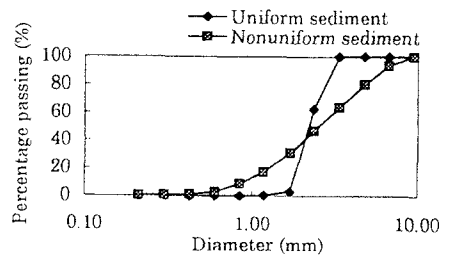


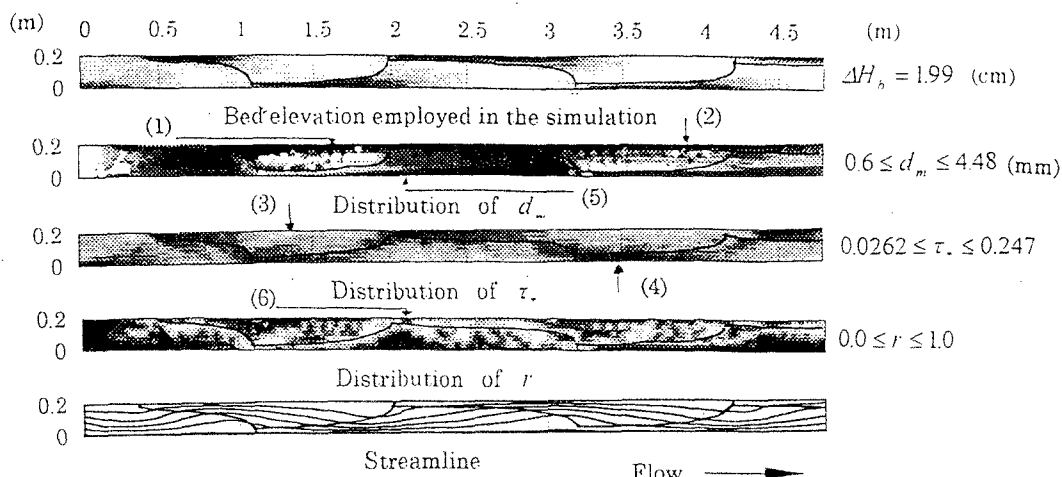
Fig1 Particle size distribution

Table1 Hydraulic parameter¹⁾

i_b	d_m	Q	h	u	τ_*	F_r	l_b	H_b
	(mm)	(l/s)	(cm)	(cm/s)			(cm)	(cm)
0.03	2.16	1.35	1.30	50.0	0.102	1.43	98.8	1.99

i_b : Bed inclination d_m : Mean diameter of sediment, Q : Water discharge, 5000 秒まで供給し、その後、 h : Mean water depth, u : Mean water velocity, F_r : Froude number, d_m 、 r の分布を求める。 τ_* : Non-dimensional shear stress, l_b : Wave length, H_b : Wave height

Hiroshi TAKEBAYASHI, Hai-sheng JIN, Shinji EGASHIRA



White area designates the highest or the largest and black one designates the lowest or the smallest.

Fig2 Simulated hydraulic variables

4. 計算結果と考察 Fig2 はそれぞれ、河床位、平均粒径 d_m 、無次元掃流力 τ_b 、被覆率 r および流線に関する計算結果である。 d_m の分布についてみると、粒径の大きい砂礫が砂州のクレストからその少し下流側に分布している（矢印 1、2）。ここで掃流力の分布との関係を見る。砂州のトラフの部分よりもクレストの部分で掃流力が大きくなっている（矢印 3、4）。これは砂州のクレストの部分では流れが射流状態であり、クレストからトラフに流れ込むときに高さにして 3~4mm 程度の跳水

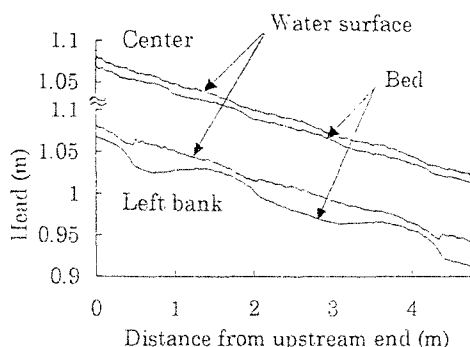


Fig 3 Water surface elevation and bed elevation

が起き、トラフの部分では流れが常流状態になっているためである。このため砂州のクレストから流れ込んできた粒径の大きい砂礫が、掃流力の小さいトラフに入ったところで止まり、クレストの下流側に堆積している。また、粒径の大きい砂礫は跳水の起こった地点の下流へは流れ込まないため、跳水地点の下流側では d_m が小さい値になっている（矢印 5）。掃流力の最も大きいところで d_m の値が比較的小さいのは、この部分が堆積土砂がないため、その点での流砂の d_m を使用しているためである。粗い粒径の限界掃流力は、砂州のトラフの部分の掃流力より大きい。このような状態の中でも粒径の大きい砂礫が下流へも輸送されているのは、粗い粒径は掃流力の大きい射流部分を通して下流に流れていくためと考えられる。 r の分布をみると砂礫の堆積しているのはクレストの直下流部分からトラフの部分である（矢印 6）。このような現象は砂州の波高を減少させる方向に働いているものと思われる。

5. おわりに 砂州を固定し、固定床上における砂礫の輸送過程について調べた。交互砂州上の砂礫の分級現象は砂州の形状と流れの状態に大きく影響している。粒径の大きい砂礫は砂州のクレストを通過し、掃流力の小さくなったクレスト下流部分に堆積する。その影響で大きい砂礫の堆積した下流側には細砂のみが堆積していくことになる。今後はこれらの現象を実現現象と比較し、検討していきたい。

参考文献 1) 高橋史峰・江頭進治・吉栖雅人：砂州の形状特性値に及ぼす混合砂の影響、平成 7 年関西支部年次学術講演会、II-68