

岩や粘着性土層を有する場の砂州の形状特性

徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部 正会員 ○竹林洋史*

徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部 正会員 岡部健士*

徳島大学大学院先端技術科学教育部 学生会員 篠崎裕輔*

1. はじめに 河川の中・上流域には河床の一部から岩が露出している場を良く見かける。また、平野部においても粘着性土層と非粘着性土層の互層構造が良く見られ、河床の浸食特性が空間的に変化している場が存在する。このような場では、岩や粘着性土が露出しやすい洗掘域の浸食が抑制されて砂州の波高が低くなるため、砂州の横断方向のモードが増加することが予想される。そこで、本研究では、数値解析と水路実験により、河床から露出した岩や粘着性土層が砂州の横断方向のモードに与える影響を検討する。

2. 数値解析 流れの計算は、水深平均された平面二次元流れの支配方程式を用いる¹⁾。河床近傍の流速は、水深平均流速の流線の曲率より予測する²⁾。河床位方程式は以下のものである。

$$\frac{\partial c_b E_b}{\partial t} + (1-\lambda) \frac{\partial z_b}{\partial t} + \left(\frac{\partial q_{bx}}{\partial x} + \frac{\partial q_{by}}{\partial y} \right) = 0 \quad (E_{sd} \geq E_{be} \frac{c_b}{1-\lambda}) \quad (1) \quad \frac{\partial z_b}{\partial t} + V_e = 0 \quad (E_{sd} \leq E_{be} \frac{c_b}{1-\lambda}) \quad (2)$$

ここで、 c_b は掃流砂の濃度、 E_b は掃流砂層厚、 E_{sd} は非粘着性土の土層厚、 E_{be} は平衡掃流砂層厚であり Egashira らの式³⁾より得ている。式中の河床位は、掃流砂層下面と定義している。また、河床が岩等の非浸食域の場合は、(2)式の浸食速度 V_e をゼロとしている。掃流砂量⁴⁾には河床の局所的な勾配が流砂ベクトルに及ぼす影響を考慮している⁵⁾。さらに、掃流砂量及び粘着性土の浸食速度式⁶⁾は、平衡掃流砂層厚に対する非粘着性土の土層厚の比 r_b を考慮した以下の関係より求める。

$$q_b = 17 \frac{\rho u_{*c}^3}{(\rho_s - \rho)g} \left(1 - \sqrt{K_c} \frac{u_{*c}}{u_*} \right) \left(1 - K_c \frac{u_{*c}^2}{u_*^2} \right) r_b \quad (3) \quad V_e = \alpha R_{wc}^{2.5} u_*^3 (1 - r_b) \quad (4)$$

直線矩形水路を想定した計算区間に、初期河床を平坦床として上流からの給水と給砂を定常的に与えて砂州を形成させる。上流端給砂量は、上流端の水理条件に対して(3)式で得られる流砂量を与える。水路幅は 0.3m、河床勾配は 1/70、流量は 0.75l/s、河床材料は平均粒径 0.43mm の一様砂として扱っている。無次元掃流力は 0.13、幅・水深比は 45 であり、河床全体が非粘着性材料で覆われている場合は交互砂州の形成水理条件である⁷⁾。解析に用いた河床条件を表 1 に示す。Case 2 と Case 3 は非粘着性土の下層は岩等の固定層としており、Case 4 では粘着性土層としている。粘着性土層厚は 0.1mm としており、粘着性土層の下層は非粘着性土としている。また、Case 3 については平衡掃流砂層厚の影響を検討するため、10mm の固定値を与えている。

3. 水路実験 水路実験は、幅 0.3m、水路勾配 1/50、水路長 17m の直線矩形水路で行う。流量は 1.0 l/s、河床材料は、平均粒径が 1mm の粒径がほぼ一様な材料を用いる。給砂は上流端の河床位が時間的に変化しないように行う。幅・水深比は 43 であり、数値解析とほぼ同様の値であるが、無次元掃流力は 0.088 と小さめの値となっている。本条件は、河床全体が非粘着性材料で覆われている場合は交互砂州の形成水理条件である⁷⁾。実験は 2 つの条件で行った。両者の違いは初期の非粘着性土層厚であり、Case 5 では 10cm、Case 6 では 1cm としている。ここで、Case 5 で形成された砂州の波高は 2cm 程度であるため、Case 5 は非粘着性土層厚が無量大、Case 6 では河床に固定層が露出することとなる。

4. 結果と考察 図 1 に、1800s 後における Case 1～3 と 3600s 後の Case 3 の河床形状を示す。図より、Case 2 において、固定層の

表 1 解析に用いた河床条件

	非粘着性 土層厚	初期平衡 掃流砂層厚	粘着性 土層厚
Case 1	∞	0.3mm	-
Case 2	5mm	0.3mm	-
Case 3	5mm	10mm	-
Case 4	5mm	0.3mm	0.1mm

Key words 砂州, 固定層, 粘着性土層, 砂州の横断方向のモード, 数値解析

* 〒770-8506 徳島市南常三島 2-1

TEL 088-656-7331 FAX 088-656-9042

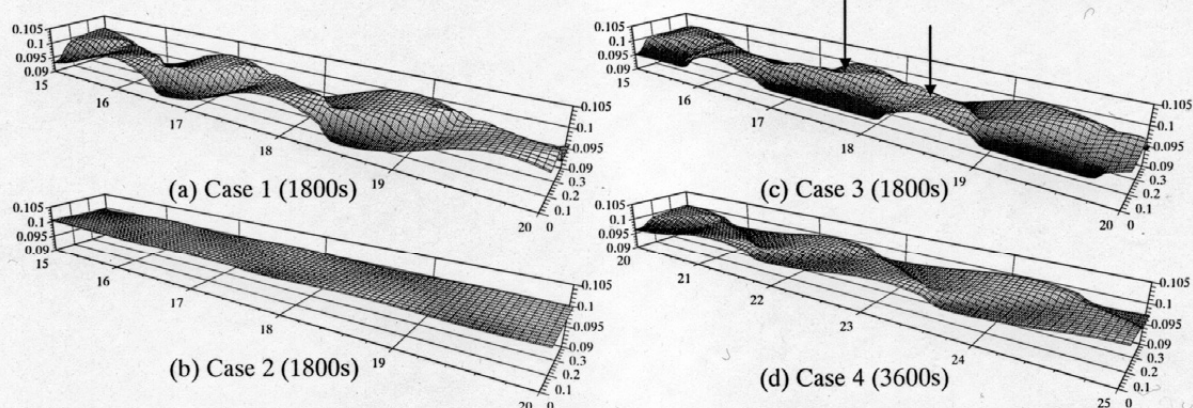


図1 Case 1～3（数値解析）の河床形状（m）

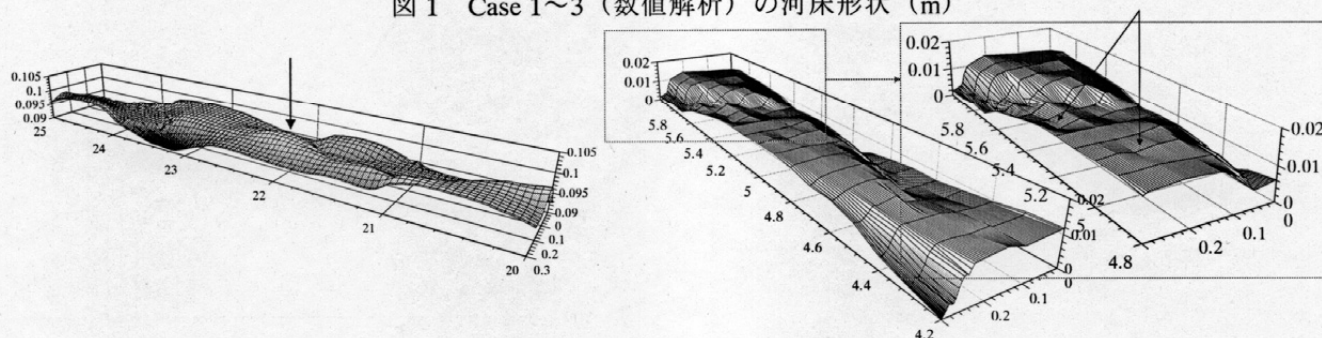


図2 Case 4（数値解析）の河床形状（m）

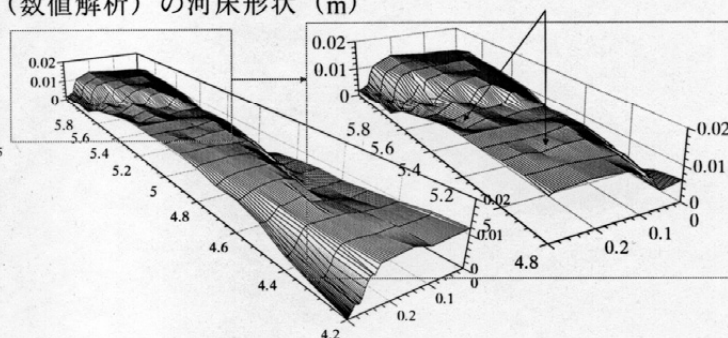


図3 Case 6（水路実験）の河床形状（m）

影響により洗掘域の浸食が抑制され、波高が低くなっていることがわかる。さらに、Case 1では河床位が高い矢印で示された箇所において、Case 2では河床位が低下しており、複列砂州のモードが発達していることがわかる。Case 3は平衡掃流砂層厚に比して非粘着性土層厚が1/2と薄いため、流砂量が少なくなり、1800sでは砂州が十分に発達していない。しかし、3600sでは一定の波高を有した交互砂州が形成された。これは、流砂量の減少が河床全体に及び、流砂量の分布形状がCase 1と相似に近い形を有しているためと考えられる。なお、これらの3ケースにおいて、顕著な砂州の波長の違いは見られなかった。固定層の代わりに0.1mmの粘着性土層を考慮したCase 4の3600s後の計算結果を図2に示す。本条件においても矢印で示した堆積域のように複列砂州のモードが発達していることは確認できる。しかし、主流路としては側壁から対岸の側壁へ向かう交互の流路となっている。さらに、本条件では砂州の波長がCase 1に比べてほぼ2倍となっている。これは、粘着性土層が十分に浸食されていない状態では、Case 2とほぼ同様の状態となり複列砂州のモードが発達するが、粘着性土層が完全に浸食されて下層の非粘着性土層が露出すると、露出した河床の浸食が急速に進むとともに流れが集中し、側壁から対岸の側壁へ向かう交互の流れが卓越するものと考えられる。

図3に水路実験により得られた河床形状を示す。拡大図中の矢印で示すように、Case 6においては、Case 2ほど顕著ではないが、同様の河床位低下域が形成されており、複列砂州モードが発達していることがわかる。

5. おわりに 河床から露出した岩や粘着性土層が砂州の横断方向のモードに与える影響を数値解析と水路実験で検討した。本研究で得られた結果をまとめると以下ようになる。(1) 河床の一部から岩等の固定層が露出すると砂州の横断方向のモードが増える。(2) 非粘着性土層厚の減少によって流砂量が減少するだけでは、砂州の横断方向のモード変化に与える影響は少ない。(3) 粘着性土層が十分に浸食されていない状態では、複列砂州のモードが発達するが、粘着性土層が完全に浸食されて下層の非粘着性土層が露出すると、露出した河床の浸食が急速に進み、側壁から対岸の側壁へ向かう交互の流路の形成される。

参考文献 1) 竹林ら：水工学論文集第47巻，pp.631-636，2003. 2) Engelund, F.: Jour. of Hy. Div. ASCE, Vol. 100, No. HY11 1974. 3) Egashira, S. and Ashida, K.: Advances in Micromechanics of Granular Materials, Elsevier, pp. 391-400, 1992. 4) 芦田・道上：土木学会論文報告集，第206号，pp.59-69，1972. 5) 芦田ら：水工学論文集第35巻，pp.383-390，1991. 6) 関根ら：水工学論文集第47巻，pp. 541-546，2003. 7) 黒木・岸：土木学会論文報告集，第342号，pp. 87-96，1984.