

北天五 正員 岸 力
 , ○ 黒木 幹男
五洋建設 , 今泉 正次

1 はじめに 側方侵蝕を許さない直線流路中でも交互砂洲が発生することは理論的ならびに実験的にも確かめられており、交互砂洲上では流れが蛇行することも広く知られている。直線流路での比擬的蛇行現象を河道そのものの蛇行と区別する意味で、拘束蛇行流と仮に名付けた。本研究では小規模河床流れから拘束蛇行流へ移行する限界、典型的な拘束蛇行流の河床の抵抗特性について実験的な考察を行った。

2 拘束蛇行流の形成限界 これまでに行われた交互砂洲に関する実験の例は比較的急勾配の水路で平均流のフルード数が1を超える条件で行われたものが多い。著者らの実験では平均流のフルード数を1以下に保ち比較的緩勾配の実験例を加えることに留意した。本実験では河床材料および水路中の一帯であるから、勾配および流量を変えて河床状態の変化を調べた。砂洲の発生から消滅までの過程は容易に区別できる程度にそれぞれ特徴的である。交互砂洲が発生し水流が顕著な蛇行を呈する典型的な砂洲河床から、砂洲が次第に崩壊し、肉眼的には砂洲の存在が認められるが水流の蛇行が明瞭でなくなる遷移河床を経て、二次元的な砂堆河床へ移行することが確かめられた。

図-1に拘束蛇行流の形成限界を検討した結果を示す。図中には著者らの水路実験資料の他に、木下・鮎川・池田・Chang et al. および近藤らの水路実験の資料を用いた。実線が示した拘束蛇行流の形成領域は次の様に表わされる。

$$1.0 < \frac{u_x}{u_{xc}} < 7.5 \left(\frac{BI}{R} \right)^{0.5} \quad \text{for} \quad \frac{BI}{R} \leq 0.3 \quad (1-1)$$

$$1.0 < \frac{u_*}{u_{*c}} < 4.0 \quad \text{for } \frac{BI}{R} > 0.3 \quad (1-2)$$

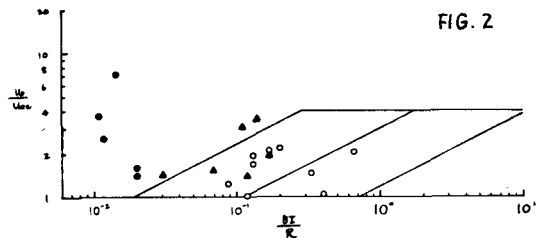
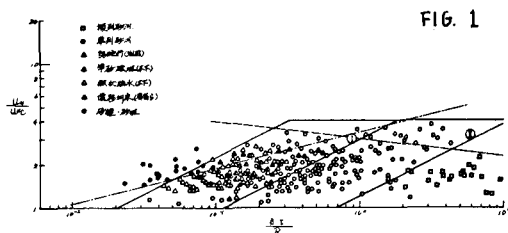
この形成領域は更に三つの領域に区分でき、BI/R の小さい方から遷移領域、単列砂洲領域、複列砂洲領域となる。夫々の区分線は次の如く表わされる。

$$\frac{U_*}{U_{*c}} = 3 \left(\frac{BI}{R} \right)^{0.5} \quad \text{for Curve I} \quad (2)$$

$$\frac{U_x}{U_{xc}} = 1.2 \left(\frac{BI}{R} \right)^{0.5} \quad \text{for Curve II} \quad (3)$$

図-1に示された実験結果を細かく見ると遷移領域には遷移河床の他に単列交互砂洲あるいは砂連・砂堤が発生する場合が含まれている。砂洲河床から二次元河床への移行条件は、概略(1-1)および(1-2)が与えられるが、厳密には両軸と与えられた諸量の他にも何等かの支配要因が存在すると思われる。

図-2には實際河川について検討した結果を示す。實際河川の場合には河床散態とそれを散成した水理条件との対応が必ずしも明らかでないが、ここに仮水路の扱いに付した状態の水理量をとって検討した。上述の散成限界は實際河川の場合にも適用可能である。



3 砂洲河床の形状特性

(1) 砂洲の波長・波高 砂洲の波長入および波高は同一の水理条件下でも変化した統計的な取扱いが必要であり、ここでは平均値について検討した。但、波高は側岸近縁に生ずる深掘れ部の深さと定義した。波長入は河道中流と密接な関係があることが知られており、波高 Δz についても最も強い相関が認められた。図-3, 4 に平均水深 H が無次元化して示す。

(2) 流砂量 砂洲河床の場合の流砂量についてはほとんど調べられていない。ここでは河道全断面の長時間の平均値について検討した結果、小規模河床状態を対象とした流砂量算定式を適用可能なことが明らかにされた。着目する小規模河床状態の場合の水路実験資料および実際の河川の資料を用いて流砂量算定式の検討を行ない、次式を提案した。

$$f F \phi_r = 0.35 (\tau_* - \tau_{*c})^2 \quad (4)$$

但、 f : friction factor, $F = \omega / \sqrt{g d}$; 無次元流速, $\phi_r = q_r / \sqrt{g d^3}$; 無次元全流砂量(巻積表示), $\tau_* = U_*^2 / g d$; 無次元掃流力。

図-5 に砂洲河床の場合について、計算値と実測値の比較を示す。適合度は良好である。

(3) 砂洲の移動速度 砂洲は安定した状態ではほとんど一定速度で流下することが知られている。砂洲の移動速度 v_m は流砂の連続式から $v_m = k q_b / \Delta z$ と表わされる。但、 q_b : 掃流砂量, Δz : 平均波高。砂洲河床の場合に平均波高 Δz をどの値にとりかへる問題であるが、ここでは波高 Δz を用いて検討することにする。図-4 に示された関係および式(4)を用いれば、移動速度は次の様に表わされる。

$$\frac{v_m}{\sqrt{g d}} = k \left(\frac{d}{B} \right) \frac{0.35}{f F} (\tau_* - \tau_{*c})^2 \quad (5)$$

図-6 に実測値を用いて式(5)の関係を検討した結果を示す。図では強い相関が認められるが式(5)で予測されるよりも勾配が若干緩くなっている。これは掃流力の増大とともに砂洲の移動に寄与する流砂の割合が変化するためと考えられる。

4 砂洲河床の流体抵抗 砂洲河床の流体抵抗を全掃流力 τ_* と有効掃流力 τ_*' との関係が検討した。図-7 に示すように径深・粒径比 $R/d > 10$ の資料では τ_* , τ_*' の間に系統的な変化は認められず、 R/d の値には無関係に τ_*'/τ_* はほぼ一定値となる。従って砂洲上の流れの流速係数 ϕ_0 は、Manning-Strickler 型の

$$\phi_0 = 6.0 \left(\frac{R}{d} \right)^{1/6} \quad (6)$$

と表わされる。この結果を friction factor を用いて書替え

$$\left. \begin{aligned} f &= 0.22 (R/d)^{-1/6} & \text{for Bars} \\ f &= 0.17 (R/d)^{-1/6} & \text{for Flats} \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

となり平坦河床よりわずかに抵抗が増大する。

FIG. 3

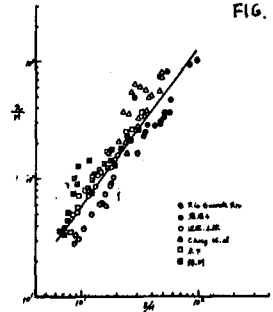


FIG. 4

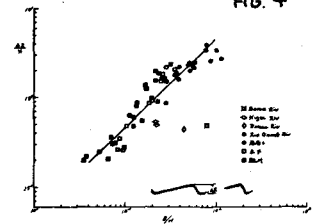


FIG. 5

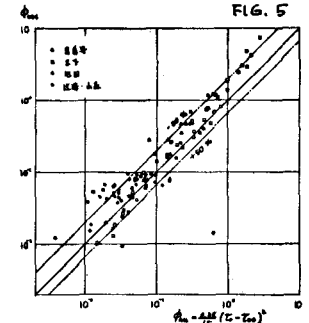


FIG. 6

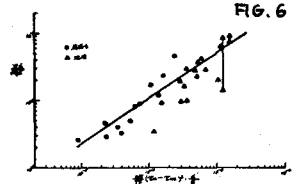


FIG. 7

