

網状流路における流砂量

京都大学防災研究所 正 員 芦田和男
 京都大学防災研究所 正 員 江頭進治
 京都大学防災研究所 正 員 ○里深好文
 京都大学 大学院 学生員 後藤隆之

1. はじめに 網状流路河川における流砂量の予測は、流砂の不均衡から生じる災害を防止・軽減する上で重要な課題となっている。河道幅全体を流水が一様に流れるような、一次元的な場における流砂量に関しては、多くの研究がなされ、ある程度まで流砂量の予測が可能となっている。しかし、水みちが形成されるような場においては、水みちの本数や幅など、不明な点が多く、流砂量の予測は困難な状況にある。本研究は、掃流砂を対象とした実験を行い、それをもとにした解析を行っている。また、掃流砂量予測に際し重要なパラメーターとなる水みち幅に対し、従来の中規模河床形態に関する研究を基にした予測法を提案している。

2. 流路および流砂量の変動機構 網状流路における流路変動と、流砂量の変動の過程を実験的に検討した¹⁾。実験中の観察や計測結果から、流路の変動過程は次のようであると言える。水みちの側岸における掃流力が限界掃流力より大きい場合、流路は側岸侵食によって**拡張**する。拡がりすぎた流路は河床が不安定になり、内部に砂州が発達したり、流水が側岸を越流したりすることによって、流路の**分岐**が起こる。分岐した流路は、合流したり、小さい流路の掃流力が小さくなり堆積が起こったりするために、より少ない流路に**集中**する。このような変動過程が、時間的にも空間的にも繰り返されている。また、流砂量も時間的・空間的に変動を繰り返すことが実験的に明らかにされた。各地点の掃流力は、水深、エネルギー勾配、粒子の特性値に依存するため、水みちの幅、本数が変化すれば、掃流力は変化する。それゆえ、水みちの変化にともなって掃流砂量も変化しているものと思われる。

3. 水みち幅の推定式 従来の掃流砂量式で各断面の流砂量を評価しようとする、各水みちの流量、幅、エネルギー勾配が既知でなければならない。しかし、現段階において、水みちの本数、幅を的確に予測することは、非常に困難である。そこで、本研究においては水みちが1本である場合を対象として、水みちの幅の推定法を考えてみた。

流れのスケールには、鉛直方向、横断方向、流下方向があり、これらの間には、あるコヒーレントな構造が存在する。その構造は図-1に示す交互砂州の流れに端的に現われている。交互砂州の形成条件は、村本・藤田²⁾らによると次のようである

$$0.15 < \frac{h/d}{(B/d)^{2/3}} < 0.45$$

(1)

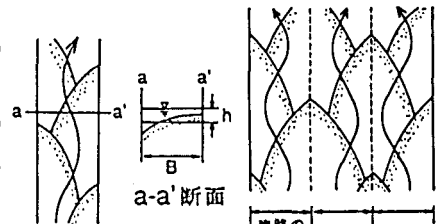


図-1

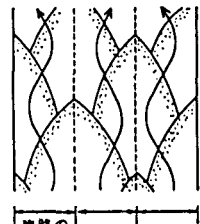


図-2

ここに、 h :水深、 d :粒径、 B :流路幅である。流路幅が(1)式の範囲より広い場合、図-2のような複列砂州が形成される。この時、一本一本の流路幅について(1)式が適用できることが知られている²⁾。ある水みち(self-formed channel)の幅が(1)式の範囲を越えていた場合、交互砂州の発達にともない浮き州が形成され、分岐する。従って、水みちの幅は交互砂州の幅にほぼ等しいか、それより若干小さいと考えられる。

流水の連続式を

$$Q = v B h \quad (2)$$

とし、抵抗則を次のような対数則で与える。

Kazuo ASHIDA, Shinji EGASHIRA, Yoshifumi SATOFUKA, Takashi GOTOH

$$\frac{v}{u_*} = \sqrt{8/f} = A_r - \frac{1}{\kappa} + \frac{1}{\kappa} \ln \frac{h}{d} \quad (3)$$

ここに、 Q :流量、 v :平均流速、 u_* :摩擦速度($=\sqrt{ghI}$)、 I :エネルギー勾配、 g :重力加速度、 A_r :実験定数($=6.0$)、 κ :カルマン定数($=0.4$)である。

(1)式を次のように変形する。

$$B/h = \beta(h/d)^{1/2} \quad (3.313 < \beta < 17.213) \quad (4)$$

これと、(2)、(3)式を連立させて解くと、

$$B = \left(\frac{\beta}{\sqrt{8/f}} \right)^{1/2} \left(\frac{Q}{\sqrt{gdI}} \right)^{1/2} \quad (5)$$

となる。 $(\beta/\sqrt{8/f})^{1/2}$ の値は多くの場合1.0に近い値であるが、これを新たに α とおくと、

$$B = \alpha \left(\frac{Q}{\sqrt{gdI}} \right)^{1/2} \quad (6)$$

これは次元的に正しく、従来のレジーム式

$$B = \alpha' Q^{1/2} \quad (\alpha' = 5 \sim 10) \quad (7)$$

から見ても、一般的に適用できると考えられる。

勾配を与える代わりに、流砂量を与えた場合には、(4)、(6)式と、次の芦田・道上³⁾の掃流砂量式を連立させて解くことにより、 B 、 h 、 I が求められる。(ただし、 $\tau_* = \frac{hI}{sd}$ 、 s :砂粒子の水中比重)

$$Q_B = 17\sqrt{sgd^3} \tau_*^{3/2} \left(1 - \frac{\tau_{*c}}{\tau_*}\right) \left(1 - \frac{u_{*c}}{u_*}\right) B \quad (8)$$

4. 実験値との比較 (6)式の妥当性を検討するため実験値との比較を行なった(水路の上流端付近の、流路が一本で、等流に近い部分の実験値を用いている)。図-3には、勾配をパラメータとして、流量と水みち幅の関係を示すとともに、実験値も示している。水みち幅はかなりよく推定されていると言える。また、同時に図-3には、従来のレジーム式(7)式と、池田・PARKERによる比較的緩い勾配の河川に対して提案された式¹⁾とが示されている。表-1は流量と流砂量を与えた場合における、水みち幅の計算値と実験値とを示している。これもかなりよく一致していると思われる。

5. おわりに 複数の水みちが形成され得る条件下における流砂量について水路実験を行なった結果、水みちの拡幅・分岐・集中といった流路の変動過程と密接に関わりながら、流砂量が変動していることがわかった。また、流路が一本のときの水みち幅に対し、中規模河床形態の形成領域を基にした推定法を提案した。その妥当性は実験値との比較によって確かめられた。

<参考文献> 1) 芦田ら: 網状流路の変動特性、土木学会関西支部、1990。2) 藤田ら: 複列砂州と網状流路の形成過程に関する

実験、京大防災年報、1986。3) 芦田ら: 移動床流れの抵抗と掃流砂量に関する基礎的研究、土木学会論文集、1972。4) 池田・PARKERら: 直線礫床河川の動的安定横断形状とそのスケール、土木学会論文集、1986。

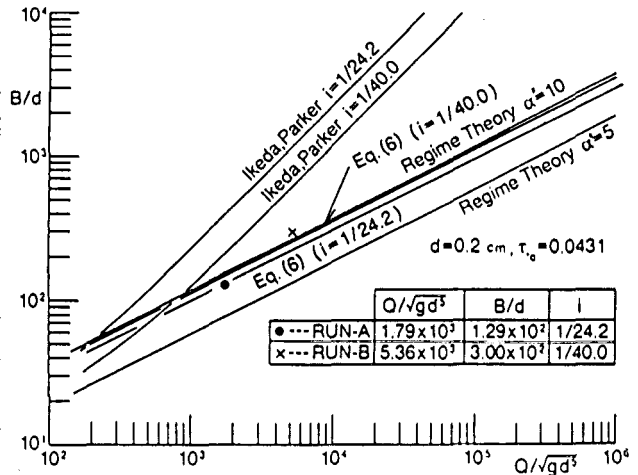


図-3

表-1

	Q (cm^3/s)	Q_B (cm^3/s)	B (cm)	
			cal.	exp.
RUN-A	1000	5.38	27.8	25.8
RUN-B	3000	6.02	55.8	60.0