

蛇行流路の流れと侵食機構

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
 建設省 正員 ○加本 実

1. まえがき. 山地河川の流路には、縦断的にはステップとプールが形成されており、平面的には網状あるいは蛇行の発達が見られ、その実態は極めて複雑である。著者らは、先の研究において、流路の側岸侵食量式を提示した。しかし、それを上述の複雑な流路に適用するにあたって、流路の掃流力分布に関する考察が不十分である。そこで本報においては、蛇行流路の流れと掃流力分布に関する実験的考察を行い、侵食量式の適用性について検討する。

2. 蛇行流路内の流れと掃流力分布. 実験は、全長8m、幅40cm、深さ20cmの亚克力製勾配可変の循環式水路を用いて行った。

水路軸上の座標は、水路にそってx軸ととり、最下流を0cm、最上流を800cmとし、左岸から右岸方向にy軸、垂直上方にz軸をとった。実験には、非粘着性材料および粘着性材料を用い、前者には、中央粒径0.05cmのほぼ一様な砂を、後者ではその砂と粘土(ハールクレイ)の混合物を用いた。なお混合物における粘土の初期含水比は60%とした。上記の河床材料をx=30cmからx=580cmの区間に敷き、下底6cm、上底14cm、高さ4cmの台形断面を作って、これを初期断面とし、勾配 $i=1/30$ 、通水流量 $Q=340\text{ cc/s}$ で実験を行った。図-1、図-2は、粘土含有率 $P_f=0.0$ で、通水後7分経過した時点の各諸量を示したものである。図-1aは、蛇行流路の左右側岸付近の垂直方向平均流速 V を示したもので、川幅 B に対して10%および90%の地点のものをとっている。一点鎖線は、各測定断面の断面平均流速 (Q/A) を示している。図-1cには流路の平面形および最大流速点の位置ならびに流向(度)が示されている。図-1b,dは、左右岸の無次元掃流力 τ_* と、無次元侵食量 δ_* である。 τ_* は側岸付近の最大水深と勾配から求めたもので、 δ_* は5~7分の流路変化から求められる侵食量を本理水深 (A/B) と勾配より求めた平均摩擦速度 $\bar{u}_*$ と粒径 d で無次元化したものである。図-2は、流下方向の各断面の横断形状と平均流速 V を示すとともに、最大流速と側岸付近の流速も矢印で示されている。

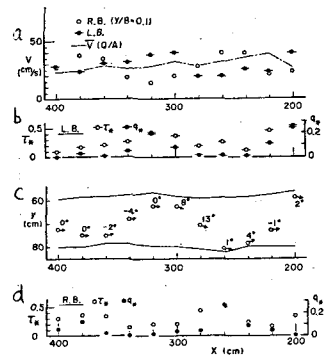


図-1. 流路内の流れ、掃流力、侵食量

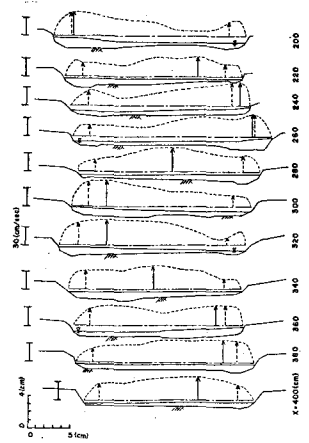


図-2. 流路形状と平均流速分布

図-1をあらためて見てみると、左右岸の側岸付近の流速は、 τ_* や δ_* よりも位相が進んでおり、しかも、左右岸で逆位相になっている。また、 τ_* と δ_* は同位相で、これも左右岸で逆位相になっている。最大流速点を連ねた線は、なめらかなカーブを描いており、別途考察した結果によれば、これは最大偏角 25° 、波長125cmのsine generated curveで近似できるようなものである。図-2より平均流速は水深が大きいくところ、大きくなる傾向がうかがわれる。次に、

Kazuo ASHIDA · Sinji EGSHIRA · Minoru KAMOTO

掃流力の分布について考える。図-3は粘土含有率 $P_4=0.2$ (蛇行)の実験における側岸付近の横断面形と等流速線を示したものであり、等流速線と直角に交わる曲線上で対数則が成立することが確かめられている。図-4には直線流路と蛇行流路を対象にし、'log velocity distribution method'(図-3の点線)により求めたせん断力と'normal depth method'(図-3の実線)により求めたものとが比較されている。

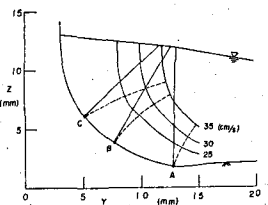


図-3 側岸付近の等流速線 (蛇行)

図の比較から判るように直線の場合両者はよく一致する。曲線の場合には、かなりの違いが認められる。二つの方法による τ_b/τ_a の傾向を総合的にみれば、側岸近傍の掃流力は近似的には、'normal depth method'によって推定できるものと思われる。なお、ここは考察されてないが、側岸の流水断面積を間道で割った水深 h_s は、側岸最深部の水深 h_o の60%程度であることや、側岸の傾斜角の代表値としては'normal depth'方向に h_s をもつ側岸上の地点の傾斜角 θ' をとればよいことなどが別途検討されている。

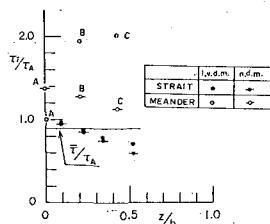


図-4 'log velocity distribution method'と'normal depth method'による掃流力の比較

3. 側岸侵食量 側岸近傍の横断面形状の相似性を仮定して、側岸の傾斜角 θ_1 、河岸の傾斜角 θ_2 、の台形水路において、左右岸の単位河道長さ当たりの側岸侵食量式として次式が提案されている。¹⁾

$$\begin{aligned} g_{P*2} &= g_{P2}/u_*d \\ &= F_{0*2} \tau_*^{-1/2} \left(1 - \frac{1}{E_2^2} \frac{\tau_{*sc}}{\tau_*}\right)^{1/2} \left[\left(\frac{h_o}{d}\right) \left\{ \frac{1}{\sin \theta_1} + \frac{D}{h_o} \frac{\cos(\theta_2 - \theta_1)}{\sin \theta_2} \right\} \right]_L \quad \text{--- (1)} \end{aligned}$$

ここに添字 L は左岸を示し、流路中央部の無次元掃流力を τ_* とし、左岸の掃流力を $\tau_{*2} = E_2^2 \tau_*$ として推定している。 τ_{*sc} : 粘着力を考慮した側岸の限界掃流力、 $F_{0*2} = 2(K_1/K_2)E_2^2 F_0$ 、 F_0 : 定数、 K_1, K_2 : 形状係数で $K_2 = \pi/4$ 、 $K_1 = \pi/6$ 、 h_o : 水深、 D : 水際より河岸頂部までの高さである。この式において、左岸側の河床の掃流力を $\tau_{*20} = \alpha \tau_*$ (平坦な河床では $\alpha = 1$)とし、 $\tau_{*2} = 0.6 \tau_{*20}$ 。結局 $E_2^2 = 0.6\alpha$ とし、側岸の傾斜角は、上述の θ' をとることとする。以上の理論曲線と実験値との対応を図-5に示す。この種の実験につきまとう、精度、とくに、掃流力の推定精度や側岸侵食量に関する評価時間などを考慮すれば、両者の傾向はかなりよく一致していると思われ、側岸侵食量は式(1)でほぼ推定できるものと思われる。

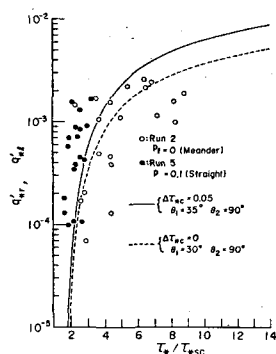


図-5 側岸侵食量式の適用

4. あとがき 蛇行流路の流れと掃流力分布に関する実験的考察を行い、流路側岸の掃流力の推定法として'normal depth method'の妥当性について検討した。掃流力分布については不明確な点が多く、今後より詳細な検討が必要である。(1)式で与えられた側岸の侵食量式は、かなり一般性を持つと考えられる。また、侵食量式を実際に適用する場合、粘着性分の存在状態についての調査研究を進める必要がある。

<参考文献> 1) 芦田・江頭・加本, 山地流域における侵食と流路変動に関する研究(2), 京都工学防災研究所年報 第26号 B-2, 1983