

II-132

洪水時における細砂河岸の浸食堆積

北海道大学工学部 学生員 望 月 明 彦
北海道大学工学部 正 員 長谷川 和 義

1. 目的

シルト・細砂河川の浸食には、粘着性の影響とともに底質浮遊の作用が効いてくる。前者は、限界掃流力の増加によってその効果を表すのが有効である。後者は、浮遊砂の沈降速度 w_o と摩擦速度 u_{*} の比の大小によって、側岸へのはりつき(堆積)や浸食が起こりえ、実験室規模では浸食が常態となる¹⁾。本報は、石狩川1981年洪水時の浸食データにより大洪水時の浮遊砂の動向を調べ、底面濃度推定の重要性を示した。

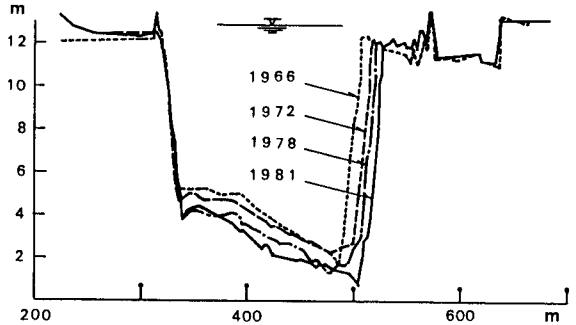


図-1 石狩川KP59点横断面図

2. 掃流浸食量

図-1は、石狩川月形大橋直上流59km地点の横断面変化図である。右岸の浸食が進行しており、1978年から1981年にかけては 124.07m^2 の河積の増加が生じている。主に1981年8月洪水によるものといえる。このときの月形大橋における掃流力の変化を図-4に示す。この場所は、岸・黒木の抵抗則がよく適合し、相当粗度にて表すと

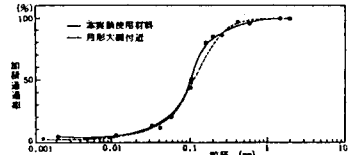


図-2 河岸材料の粒度分布

$$\begin{aligned} k &= 1028 \cdot \tau_*^2 d \quad (\tau_* \leq 1) \\ k &= 0.406H \quad (\tau_* > 1) \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (1)$$

となる。図-2は、同所側岸の粒度構成であり、典型的なシルト・細砂河岸を成している。Parkerの側岸せん断力分布式は、砂利河川を対象にしたものであるが、式(1)のように大きな粗度が存在するので、同様の分布が成立するものとし、側岸と底面の交点Mに関する実質せん断力を求めると、図-4中の一点鎖線となる。ただし、代表粒径を側岸砂の中央粒径 $d=0.01\text{cm}$ としている。式(2)により横断方向流砂量のM点における値を計算すると図中の実線となる。同式は、図-2に近似した粒度構成をもつ側岸の浸食実験における掃流浸食量によく一致している。使用記号は図-3の定義による他は慣用のものであり、 χ_o は粘着性の効果を、 χ は斜面効果を表している。また、図-3の斜面では、 $q_{by} < 0$ となる。

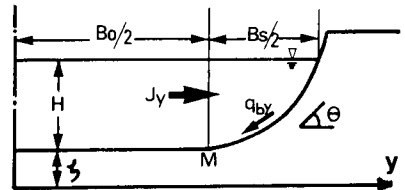


図-3 記号の定義

$$\begin{aligned} q_{by} &= \sqrt{(\sigma/\rho-1)gd^3} \cdot \tan\theta \cdot \sqrt{\cos\theta} \cdot \frac{\psi_d \cdot \tau_{*c}^{1.5}}{\mu_s \sqrt{\mu_s \mu_k}} \\ &\cdot \left\{ \left(\frac{\tau_{*M}}{\chi_o \cdot \tau_{*c} \cdot \cos\theta} \right)^{1/3} - \left(\frac{\tau_{*M}}{\chi_o \cdot \tau_{*c} \cdot \cos\theta} \right)^{-1/3} \right\} \\ &\times \left(\frac{\tau_{*M}}{\tau_{*c} \cdot \cos\theta} - \chi \right), \quad \chi_o = 3 \end{aligned}$$

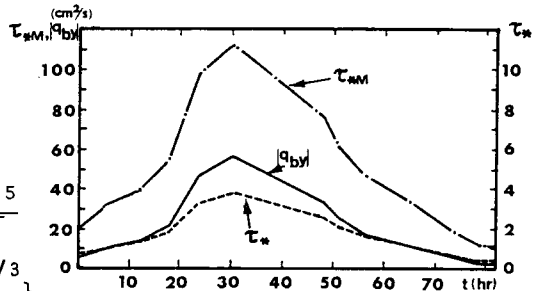


図-4 掃流力、浸食量の時間変化

$$\chi = \left\{ 1 + \chi_o - \sqrt{1 - (\tan\theta/\mu_s)^2} \times \left[1 + \left\{ \chi_o - 1 \right\} / (\tau_{*c} \cdot \cos\theta) \right] \right\}^2 \quad \dots\dots\dots (2)$$

$|q_{by}|$ を時間的に積分すると82時間経過後において 713m^2 となり、実測の浸食量をかなり上まわる。この差は浮遊砂による堆積である。すなわち、流砂連続式から、

$$\int_0^T \int_{B_0/2}^{B/2} \frac{\partial \zeta}{\partial t} dy dt = \int_0^T \frac{1}{1-\lambda} [q_{by} + J_y]_{y=B_0/2} dt \quad \dots\dots\dots (3)$$

であり、浮遊砂フラックス J_y による埋め合わせを考えることができる。

3. 浮遊堆積

M点からのフラックス J_y は、底面濃度 $C(\zeta)$ を、

$$C(\zeta) = \alpha \left(\frac{w_0}{u_*} \right)^{-m} \quad \dots\dots\dots (4)$$

にて表し、濃度分布が指数分布に従うものと考え、

$$J_y = \left[\alpha \varepsilon_y \left(\frac{gI}{w_0^2} \right)^{m/2} h^{m/2-1} \left(h - \frac{m \varepsilon_z}{2w_0} \frac{dh}{dy} \right) \right]_{y=B_0/2} \quad \dots\dots\dots (5)$$

となる。ただし、 w_0 ：粒子沈降速度、 ε_y 、 ε_z ：y、z 方向の拡散係数で、

$$\varepsilon_z = u_* H / 13, \quad \varepsilon_y = 2\varepsilon_z \quad \dots\dots\dots (6)$$

u_* は、河床における摩擦速度。これらを用いると、

$$J_y \approx \frac{\alpha \varepsilon}{338} \left(\frac{u_* H}{w_0} \right)^m u_* B_s \left(\frac{u_* H}{w_0} - 26 \right) \quad \dots\dots\dots (7)$$

ただし、 $\varepsilon = (2H/B_s)^2$

式(7)の時間積分と掃流砂量の時間積分の差し引きが、実測浸食量に一致するように m 、 α の推定を行うことにする。 m に対する J_y の変化は敏感であり、妥当な値として $m=0.56$ を得る。このとき $\alpha=0.046$ とすれば、図-5のような J_y の変化が見られ最終的な浸食量が $88m^2$ となる。空隙率を30%ほどに考えれば、 $126m^2$ となる。図-5によれば、洪水初期に浸食が生じ、ピークを迎えるとともに激しい堆積が起こり、終期に再び浸食に転じている。これらは、 m の値いかんで様子が変わるので、細砂河岸の浸食動向を見るためには、 $C(\zeta)$ の推定が決定的に重要になる。

4. 底面濃度

得られた m 、 α の値を用いて式(4)を図示すると図-6になる。

実験で得られた $m=4$ ； $\alpha=8.1 \times 10^{-6}$ の場合の線、および著者ら¹⁾

板倉のまき上げ量式もあわせて描いてある。前二者の線は、まき上げ量式を包絡するような位置にある。このように、底面濃度は、平衡濃度の近傍にあり、 u_* が増大するとともに寝てくるものと考えられるが、本来 ζ の変化とともに変化する未知数である。正確な浸食量、浸食過程および濃度を得るためには、河床変動式とともに濃度方程式を連立させて解く必要があり、詳しくは数値計算に頼らざるを得ない。

参考文献

- 1) 長谷川・望月：シルト・細砂からなる流路の浸食過程，第31回水理講演会論文集，1987. 2, pp.725-730.
- 2) Parker, G.: Self-formed straight rivers with equilibrium banks and mobile bed. part 2. The gravel river, J.F.M. Vol.89, part1, 1978

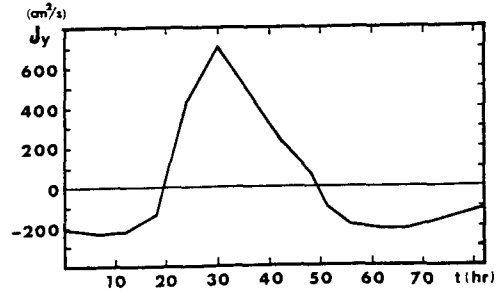


図-5 浮遊砂拡散フラックスの時間変化

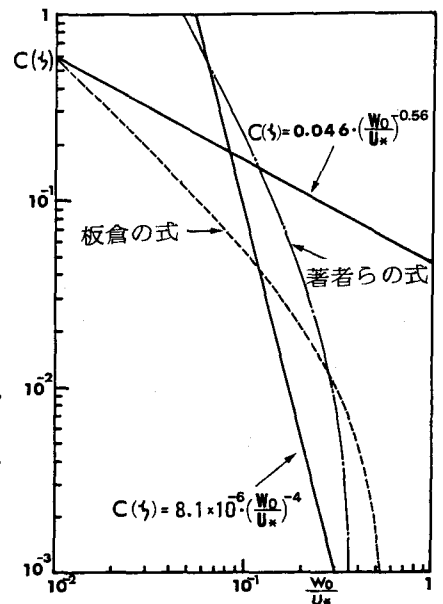


図-6 底面濃度の検討