

九州大学工学部 正 員 ・ 橋本一郎

大 林 組 正 員 増田知行

九州大学大学院 学生員 ○ 宮武順造

砂礫を wash load として流送したものを貯水池で堆積させる場合を取扱い、杉尾教授、山岡教授の実験結果を検討すると同時に新しく実験を神足して普遍的な表式を求めようと試みている。

貯水池の埋没過程においては河床の近傍を浮流状態で輸送される砂も、その浮流距離が小さいために堆砂に換換するものと考えなくてはならない。従ってこの河床近傍の浮流砂を含む掃流型流砂量式として有効掃流力、 $\frac{1}{2}\rho g h_c$ が導入されている次式を用いる。

$$\left. \begin{aligned} \Phi &= \frac{q_b}{\sqrt{s} q d^3} = 25 \psi_c^{1/3} (\psi_c - \psi_c^*) = 25 \psi_c^{2/3} \\ \psi_c &= \psi_c^* \frac{q}{q_0} = \frac{u_*^2}{s g d} \frac{q}{q_0} \quad \text{但し } q = \frac{V}{u_*} \\ \psi_c^* &= 6.0 \pm 0.75 \frac{h}{d} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

尚、多くの場合、 $\psi_c = 0.04$ は ψ_c にくらべて無視される。 ψ_c を単位幅流量 q と水深 h で書き直すと、 $\psi_c = \frac{q^2}{s g d q_0 h^3}$ となる。ここで段丘肩水深は測定値より一定であることが知られ、従って (1) 式が段丘肩にも適用出来るものと仮定し、さらに q の微かな変化を無視すると、段丘肩水深が一定のときには段丘流砂量 q_{bf} も一定の値に保たれることになる。なお q_{bf} は段丘高さを z 、段丘前進速度を U 、空降率を λ とすると Exner の関係式

$$q_{bf} = (1 - \lambda) U z \quad (2)$$

が近似的に成立するが z 、 U の測定値よりも q_{bf} は埋没過程中一定であることが知られる。段丘流砂量 q_{bf} と結砂量 q_{so} との割合、段丘前進速度 U などの無次元形を求めるに杉尾教授は現象を規定する重要な要素として $\frac{q_{bf}}{q_{so}}$ をあげて実験式を作られてゐるが、しかしこの parameter では原水路床

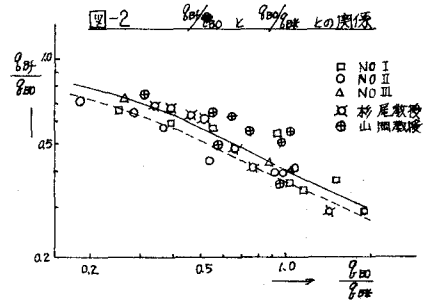
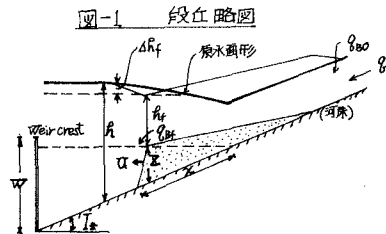
勾配、 I_b や粒径、 d などの要素を含ませることが出来ない。本文では $\frac{q_{bf}}{q_{so}}$ の代りに原水深勾配 I_s 及び与えられた流量のもとに流し得る流砂量、 q_{so} を (1) 式において、 $\psi_c = \frac{\varphi^3 (g \cdot I_s)^{3/2}}{s \cdot g \cdot d \cdot q_0}$ として求めた結砂量 q_{so} と q_{bf} との比を最も重要な parameter と考える。

1. 段丘流砂量

結砂量 q_{so} のうち段丘流砂量 q_{bf} が貯水池を埋め、 $(q_{so} - q_{bf})$ が back sand を形成するから貯水池の堆砂過程においては流砂量分配 $\frac{q_{bf}}{q_{so}}$ が最も重要である。図-2 は $\frac{q_{bf}}{q_{so}}$ の実験値をそれぞれ杉尾山岡教授の資料とともにプロットしたものである。流量、原河床勾配及び粒径などがまちまちであっても、ほぼ一つの曲線のまわりに散らばる。明らかに $\frac{q_{bf}}{q_{so}}$ が増すとともに $\frac{q_{so}}{q_{bf}}$ は減少し、結砂のうち back sand の比率に消費され

表-7 実験要目

実験番号	砂形	粒径 d (mm)	流量 Q (m³/s)	水深 h (m)	流速 U (m/s)	段丘高 z (m)	結砂量 q_{so} (kg/m²)
NO. I	A	0.85	2.632	480	430	10.5	0.254~1.230
	B	0.93	2.632	480	420	8.6	0.36~2.26
NO. II	A	0.85	2.632	480	430	8.6	0.190~0.597
	B	0.33	2.632	480	420	8.6	0.268~1.430
NO. III	A	0.85	2.632	480	420	5.0	0.45
	B	0.33	2.632	480	420	5.0	0.23~0.75
杉尾教授	1	0.885	2.59		10.5	1	0.030~0.048
	2	0.844	2.63		10.5	1	0.037~0.576
山岡教授	Q	3.30	2.66	470	420	132.3	0.090~0.230
	C	1.40	"			50	0.090~0.148
	C	0.46	"			326.7	0.154~0.176



る砂量の割合が増加してゆくことを示している。

2 段丘肩の軌跡

貯水池内の原水面曲線は容易に計算せられ、実用上はほぼ水平とみなしてよい。貯水池内の一点に注目して高さ z の段丘が近づくとともに水深 h より低下し始め段丘の高が z の奥を通過する時、原水位より Δh_f だけ低下するものとする、運動量の定理を適用し、さらに Δh_f が h にくらべて小さいとして近似計算を行なうと、

$$\Delta h_f = 2 \cdot \frac{h_c^3}{h^3} \left(\frac{z}{h-z} \right) \quad (3)$$

が得られる。従って段丘肩水深 h_f は

$$h_f = h - z \cdot \left(1 + 2 \frac{h_c^3}{h^3} \cdot \frac{h}{h-z} \right) \quad (4)$$

となり、さらに h_f は(1)式の近似式を用いて次式

$$h_f = \left(\frac{25 \sqrt{sgd^3}}{q_{of}} \right)^{1/4} \cdot \frac{8}{\sqrt{sg \cdot d \cdot q_{of}}} \quad (5)$$

を満たさねばならない。貯水池のように水面が水平である場合、その水位より $(4h_f + h_f)$ を差引いた段丘の軌跡も水平である。なお $h_f \propto q_{of}^{-0.22}$ であるから流量を同一にして総砂量を大きく増加しても crest の軌跡の低下量は僅かである。

3 段丘前進速度

段丘発生奥の近く近傍を除くと段丘肩の軌跡は水平とみなされるから、原河床勾配 I_e を用いて、 $z = z \cdot I_e$ とおける。

従って段丘位置 x と時間 t との関係及び段丘前進速度は、

$$x = \sqrt{\frac{2 \cdot q_{00} \cdot z}{I_e (1-\lambda)}} \\ U = \sqrt{\frac{q_{of}}{q_{00}}} \cdot \sqrt{\frac{q_{00}}{2 \cdot I_e (1-\lambda) t}}$$

となり、段丘の前進速度は $t^{-1/2}$ に比例する。図-3にこの関係の一例を示した。又図-4に $\sqrt{\frac{q_{of}}{2 \cdot I_e (1-\lambda) t}} = \sqrt{\frac{q_{of}}{q_{00}}}$ の値を $\frac{q_{00}}{q_{of}}$ の関数として表わしている。図中の実線は図-2の平均曲線(実線)から計算したもので極めて簡単な取扱ひが妥当であることを示している。

4 堆砂面勾配

段丘肩における流砂量は q_{of} 、堆砂面末端における流砂量は q_{00} であるから平均的には堆砂面上には $\frac{1}{2}(q_{of} + q_{00})$ の流砂量があるとみなされる。従って(1)式及び I_e のもとに流し得る流砂量 q_{of} を導入して、

$$\frac{1}{2}(q_{of} + q_{00}) = 25 \sqrt{sgd^3} \left\{ \frac{q_{of}^2 (q_{of} + q_{00})}{sg \cdot d \cdot q_{of}} \right\}^{1/3} = q_{of} \left(\frac{I_e}{I_e} \right)^{1.53}$$

$$\text{より } \frac{I_e}{I_e} = \left(\frac{1}{2} \frac{q_{00}}{q_{of}} \left(1 + \frac{q_{of}}{q_{00}} \right) \right)^{1.53}$$

となり $\frac{I_e}{I_e}$ は $\frac{q_{00}}{q_{of}}$ の関数となる。段丘が堰に到達した時の

堆砂面勾配 I_e を用いてこの関係を図-5に示した。砂防工學では満砂後の河床勾配として原河床の $\frac{1}{2}$ にとると言う便宜的な方法が用いられるが、 $\frac{1}{2}$ はほぼ平均値に相当し実際には $\frac{q_{00}}{q_{of}}$ が増す程 $\frac{I_e}{I_e}$ は増加する。

図-3 U と t の関係

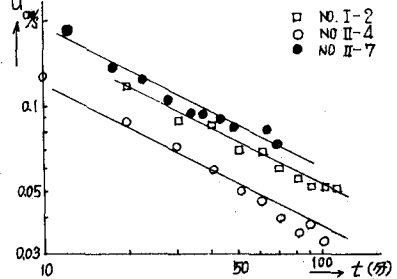


図-4 $\sqrt{\frac{q_{of}}{2 \cdot I_e (1-\lambda) t}}$ と $\frac{q_{00}}{q_{of}}$ の関係

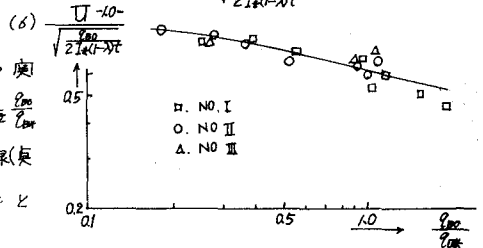


図-5 I_e/I_e と q_{00}/q_{of} の関係

