

岐阜大学工学部 正員 河村三郎

著者が Proc. ASCE に発表したダム下流の河床低下に関する基礎方程式は次式のごとくである。¹⁾

$$\begin{aligned} \frac{\partial Z}{\partial t} = & \frac{\beta}{6(1-\lambda)D^p} U_* (U_*^2 - U_{*c}^2)^{(p-1)} [4pU_*^2 - 7(U_*^2 - U_{*c}^2)] \frac{\partial D}{\partial x} \\ & + \frac{7\beta}{6(1-\lambda)hD^{(p-1)}} U_* (U_*^2 - U_{*c}^2)^{(p-1)} [(1+2p)U_*^2 - U_{*c}^2] \frac{\partial h}{\partial x} \\ & + \frac{2p\beta}{(1-\lambda)BD^{(p-1)}} U_*^3 (U_*^2 - U_{*c}^2)^{(p-1)} \frac{\partial B}{\partial x} \end{aligned} \quad (1)$$

ここに、 Z = ある基準面からの河床高、 t = 時間、 λ = 空けき率、 D = 河床材料の平均粒径、 U_* = 摩擦速度、 U_{*c} = 限界摩擦速度、 h = 水深、 B = 河川幅、 x = 流下方向にとった距離 (x 軸)、 p = Brown 型の流砂量公式の指数。使用した流砂量公式は $q_s = \beta D^{(1-p)} U_* (U_*^2 - U_{*c}^2)^p$ ----- (2)

ここに、 $\beta = a_s / [(\sigma/\rho) - 1] g^p$ 、 a_s = ある常数、 σ = 土砂の密度、 ρ = 水の密度、 g = 重力の加速度。 p の値に関しては、 $U_*^2 \gg U_{*c}^2$ として U_{*c}^2 を省略するときは $p = 2$ が実測値とよく一致している。²⁾ さらに (2) 式において U_{*c}^2 を省略しない場合には $p = 1.5$ が実験値とよく一致している。³⁾ 河床低下進行中の状態においては (2) 式において U_{*c}^2 を省略して $p = 2$ とすると (1) 式は

$$\frac{\partial Z}{\partial t} = \frac{\beta}{(1-\lambda)D} U_*^5 \left[\frac{1}{6D} \frac{\partial D}{\partial x} + \frac{35}{6h} \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{4}{B} \frac{\partial B}{\partial x} \right] \quad (3)$$

Willis の実験値による $\frac{\partial Z}{\partial t}$ の変化の考察 Willis⁴⁾ は長さ 16 ft、幅 6 in.、深さ 1.5 ft の短い水路を使用し、表-1に示すような三種類の砂について水路床の低下を実験した。 $\frac{\partial Z}{\partial t}$ と $\tau_b (= \rho U_*^2)$ との関係を示すと Fig. 1 のごとくである。(3) 式において $\frac{\partial D}{\partial x} \doteq 0$ 、 $\frac{\partial B}{\partial x} = 0$ とおき、さらに、水深 h として実験中の平均値をとるものとすれば $\frac{\partial Z}{\partial t} = C_z \tau_b^{5/6}$ ----- (4) ここに、 $C_z = 35\beta S_m / [6(1-\lambda)D\rho^{1/2}h_m]$ 。図中の曲線は (4) 式を記入したものである。この図から河床低下の進行中における $\frac{\partial Z}{\partial t}$ は U_*^5 に比例していることが知られる。

Newton の実験値による最終平衡水深とエネルギー勾配の考察 Newton⁵⁾ は長さ 30 ft、幅 1 ft、深さ 2 ft の水路を使用して水路床低下の実験を行なった。水路床は標準オタワ砂で $D_{50} = 0.69$ mm、 $D_m = 0.68$ mm、 $D_{16} = 0.64$ mm、 $D_{84} = 0.74$ mm、 $\sigma_s = 1.08$ 、 $\sigma/\rho = 2.65$ である。

水路床の低下が終了したときは $\frac{\partial Z}{\partial t} = 0$ であり、 $U_* = U_{*c}$ であるから (5) 式が成立する。ここに r は最終平衡状態を示す。一方、摩擦速度は $U_{*f}^2 = U_{*cf}^2 = a_s [(\sigma/\rho) - 1] g D_r$ ----- (5)

(6) 式で与える。 n は Manning の粗度係数 $U_{*f} = n_f Q g^{1/2} / (B h_f^{2/3})$ ----- (6)

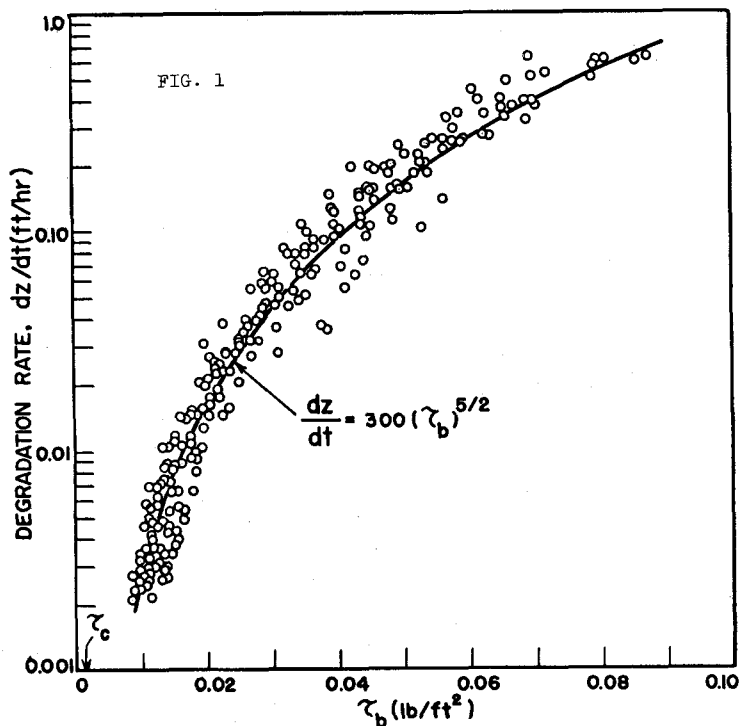
である。(5) 式と (6) 式より n_f は； $n_f = [a_s Q^2 / (B^2 C_{sa} D_r)]^{3/7}$ ----- (7)

さらに、(5) 式と (7) 式より S_{fo} は； $S_{fo} = (B / n_f Q)^{7/3} (C_{sa} D_r)^{10/7}$ ----- (8)

Fig. 2 に n_f と Q 、および S_{fo} と Q の関係を示した。ここに、 $C_{sa} = a_s [(\sigma/\rho) - 1]$ ----- (9)

TABLE 1

Sand No.	D ₅₀ (mm)	D ₁₆ (mm)	D ₈₄ (mm)	σ _φ
1	0.61	0.33	0.96	1.71
2	0.31	0.24	0.43	1.34
3	0.40	0.27	0.64	1.54

$$\sigma_{\phi} = \sqrt{\frac{D_{84}}{D_{16}}}$$


REFERENCES

1. Komura, Saburo, and Simons, D. B., "River-Bed Degradation Below Dams," Proc. ASCE, HY4, July, 1967, pp. 1-14.
2. Ackerman, N. L., and Sakthivadivel, R., Discussion of "River-Bed Degradation Below Dams," Proc. ASCE, HY1, January, 1968, pp. 336-340.
3. Wilson, K. C., "Bed-Load Transport at High Shear Stress," Proc. ASCE, HY6, November, 1966, pp. 49-59.
4. Willis, J. C., "Laboratory Flume Study of Sand Bed Degradation," Research Report No. 379, USDA Sedimentation Laboratory, Oct., 1965, 59 pp.
5. Newton, C. T., "An Experimental Investigation of Bed Degradation in an Open Channel," Trans. Boston Society of Civil Engineers, January, 1951, pp. 28-60.

