

III-26 矩形水路における堰の堆砂現象に関する次元解析的研究

徳島大学 正員 杉尾 捨三郎

要 旨 矩形水路に設けた低い堰の上流部が掃流砂によって埋積されていく実験をもとにし、実験結果を次元解析によってまとめ、若干の実験式を得たものである。

1. 実験 流量、給砂量、砂粒径、水路勾配などを変え、合計 37 組の実験を行なった。

表-1 堰による堆砂実験

実験名称	実験数	実験番号	実験場所	実験水路			使用砂	
				材質	長 (m)	巾 (m)	状態	粒径 (mm) 比重
K	13	II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, X, XI, XII, XIII, XIV, XV,	京都大学	桧材	10	0.40	固定床	0.885 2.59
L	12	I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, X, XI, XII,	信州大学	さわら材	6	0.20	固定床	0.756 2.63
M	4	III, IV, V, VI,	信州大学	さわら材	6	0.20	移動床	0.756 2.63
N	8	A1, A2, A3, A4, B1, B2, B3, B4,	信州大学	アクリル	6	0.20	固定床	0.844 2.63

2. 堰による堆砂が進行中のときの諸特性

(1) 段丘部水深：段丘部水深を h_F ；限界水深 h_c ；水路床勾配 S_0 ；堰の高さ W ；砂および水の密度 σ , ρ ；流量 q ；給砂量 q_{so} ；砂の粒径 d とすれば、

$$\frac{h_F}{h_c} = \phi_2 \left(S_0, \frac{d}{W}, \frac{h_c}{d}, \frac{\sigma - \rho}{\rho}, \frac{q_{so}}{q} \right) \quad (1)$$

$20 \leq h_c/d \leq 40$ に対しては次式が得られる。

$$\frac{h_F}{h_c} = 0.717 \left(\frac{h_c}{d} \right)^{1/6} \quad (2)$$

また (3) 式において $n_k = 0.01$ とおいて得られる移動限界水深を h_k とすれば、 $h_F \approx h_k$ となった。ここに、 u_c^* は限界掃流力に相当する摩擦速度、 g は重力の加速度である。

$$h_k R_k^{1/6} = n_k q g^{1/2} / u_c^* \quad (3)$$

(2) 段丘厚さ：フール長さを L ，段丘始点と堰との距離を L_f とすれば

$$\frac{L_f}{L} = 3.77 \left(\frac{h_c}{d} \right)^{-0.4} f(S_0) \quad (4)$$

ただし、 $S_0 = 1/100$ に対して $f(S_0) = 1.0$ であり、 $h_c/d = 19 \sim 30$

の範囲であった。段丘始点 F から段丘肩までの距離を x' と

すれば $\frac{\xi}{W} = \frac{x'}{L_f}$ (5)

または $\frac{\xi}{W} = \left(\frac{1}{3.77} \right) \left(\frac{x'}{L} \right) \left(\frac{d}{h_c} \right)^{0.4}$ (6)

(3) 流砂量：流れを数区間に分割し不等速定流とみなし

$\psi_c < \psi \leq 0.1$ の範囲に対して (7) 式を得た。

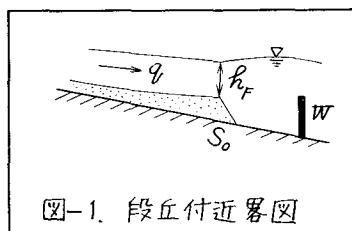


図-1. 段丘付近畧図

$$\frac{q_s}{U_R^* d} = 5.6 (\psi - \psi_c)^{1.25} \quad (7)$$

ここに、 U_R^* は摩擦速度、 $\psi = U_R^{*2} / ((\sigma/\rho - 1)gd)$ である。

(4) 流砂面上の抵抗法則：実験 K、N より $\psi = 0.03 \sim 0.15$ の範囲に対して次式を得た。

$$\frac{n q^{1/2}}{d^{1/6}} = 0.34 \psi^{0.35} \quad (8)$$

(5) 段丘の前進速度：給砂点の位置により、図-2 のように 3 種に分類される。

(i) 背水区域外に給砂する場合 [case ①]

$$\frac{q}{U \cdot L_f} = 1.06 \left(\frac{x'}{L_f} \right) \left(\frac{q}{q_{so'}} \right)^{0.4} \phi_3(S_0) \quad (9)$$

ここに、 U は段丘の前進速度で、 $[\phi_3(S_0)]_{S_0 = \frac{1}{100}} = 1.0$ である。給砂を開始してから経過時間を t 秒とすれば、 $U = dx'/dt$ であるから

$$t = \int_0^{x'} \frac{x' dx'}{0.943 q^{0.6} q_{so'}^{0.4}} \quad (10)$$

(ii) 背水区域内に給砂する場合：このときは給砂点の位置を示す変数 L_s を付加する。

(a) 給砂点がプール末端より上流にあるとき [case ②]

(b) 給砂点がプール内部にあるとき [case ③]

(6) 段丘部流砂量：段丘部流砂量 q_{sf} はプールの容積を次々に埋積していくのに役立つ、段丘厚さ h 、段丘前進速度 U を用い、次式で示すことができる。

$$q_{sf} = U \cdot h (1 - \lambda) \quad (11)$$

これも給砂点の位置が影響するから、実験式も 3 種に分類される。case ① を例にとれば

$$\frac{q_{sf}}{(1 - \lambda)} = 0.943 q^{0.6} q_{so'}^{0.4} \frac{W}{L_f} \quad (12)$$

W/L_f の影響を無視すれば、砂水比 $q_{so'}/q = 3 \times 10^{-4} \sim 12.3 \times 10^{-4}$ の範囲に対し

$$\frac{q_{sf}}{q_{so'}} = 0.0025 \left(\frac{q_{so'}}{q} \right)^{-0.7} \quad (13)$$

(7) 堆砂面の平均勾配：堰上流の堆砂面の平均勾配 i_m は実用的観点から重要である。

$$i_m = \phi \left(S_0, \frac{d}{W}, \frac{q^2}{gd}, \frac{q_{so'}}{q} \right) \quad (14)$$

結局、 $q_{so'}/q = (1.6 \sim 12.2) \times 10^{-4}$ 、 $d = 0.844 \sim 0.89 \text{ mm}$ のとき次式が得られた。

$$i_m = 0.0774 (q_{so'}/q)^{0.35} \quad (15)$$

$$i_m/I_0 = 0.272 (q_{so'}/q)^{1/2} \quad (16)$$

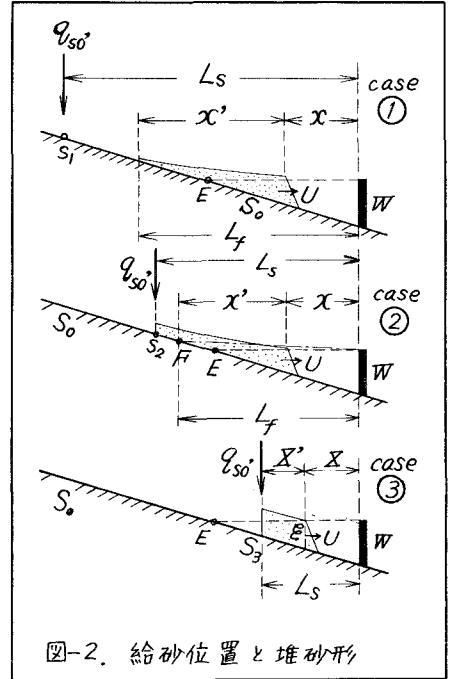


図-2. 給砂位置と堆砂形