

北大工学部 正員 工博の峯 カ
 北大工学部 正員 星野英二
 北大工学部 学生員 福岡捷二

掃流の砂量の問題は河川の河床変動を扱う上に基本的な重要性をもつ。Einstein の式と佐藤・吉川・芦田の式が広く用いられているが、両式とも理論の誘導過程を実験によって実証することが困難な点で実際の河川への適用へ幾分かの不安心が残っている。

M. S. Yalin は従来の理論と別の観点に立ち Bagnold の飛砂の運動軌跡に着目して (1) 砂の移動開始は主として砂粒に働く揚力による。(2) 河床を離れると砂粒子に働く揚力は急激に減少しその代りに流れによって水平方向の速度が与えられる。として掃流砂の跳躍運動から粒子の水平速度の算出に着目した式が従来の理論と異なっている。

本論文は Yalin の流砂量公式の適合性と粒子軌道についての考察を試みた。

1 Yalin の理論

$$\begin{aligned} \eta_{\max} &= \log_e \sqrt{1 + Y_1 (S_y)_{\max}^2} \quad (1) \quad \eta = \frac{y}{D} \frac{\alpha_b}{\alpha_f} Z & Y &= \frac{\rho U_{*c}^2}{\gamma_s D} & Y_1 &= \frac{\alpha_b}{\alpha_f} Y \\ (S_y)_{\max}^2 &= \frac{1}{Y_1} \left(\left(\frac{Z_1 (Y_{*cr} - 1) + 1}{(Y_{*cr})^{Z_1}} \right)^{\frac{1}{1-Z}} - 1 \right) \quad (2) & Z &= \frac{P}{P_s} & Z_1 &= \frac{2\alpha_b Z}{\alpha_f} \\ (S_x)_m &= \frac{1}{\theta_{ac}} \int_0^{\theta_{ac}} S_x d\theta \quad (3) & S_x &= \frac{\beta^2 \theta}{1 + \beta \theta} & (S_x)_m &= \frac{C_{xm}}{U_*} \\ \frac{\theta_{ac}}{\sqrt{Y_1}} &= \tan^{-1} [\sqrt{Y_1} (S_y)_{\max}] + \sinh^{-1} [\sqrt{Y_1} (S_y)_{\max}] \quad (4) & \theta &= \frac{t U_*}{D} \frac{\alpha_b}{\alpha_f} Z \end{aligned}$$

$$P = 0.635 S \left(1 - \frac{1}{\alpha S} \log_e (1 + \alpha S) \right) \quad (5) \quad \alpha = 2.45 (\gamma_s)^{0.6} \sqrt{\frac{\rho U_{*c}^2}{\gamma_s D}} \quad S = Y_{*cr} - 1$$

$$P = \frac{\rho}{\gamma_s} D U_* \quad \alpha = 7.0 \quad \alpha_b = 0.05 \pi \quad \alpha_f = \pi/6 \quad \beta = 10$$

P: 単位中、単位時間あたりの掃流流砂量 (水中重量)

ρ : 砂の密度 D: 底質平均粒径

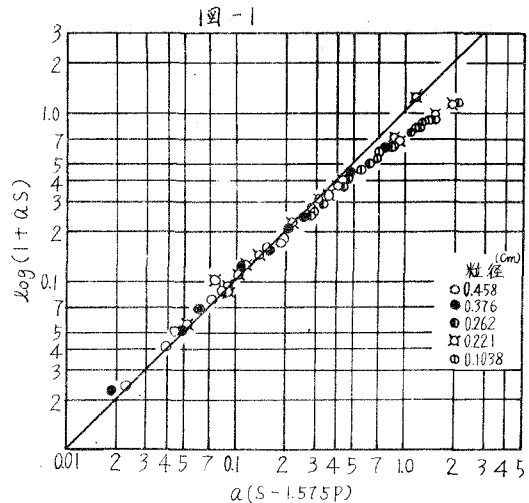
γ_s : 粒子の水中単位体積重量

図-1 は佐藤、吉川、芦田の土研の資料を用いて流砂量の適合性を調べたものである。

2 実験装置

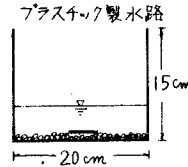
実験水路は図-2 に示す如く長方形断面フロースタッフ水路で底面に金網を敷き Yalin 理論の条件 (静止の状態からただ一回の Saltation) に適うようにした。

水理条件は $Q = 364 \text{ l/sec}$, 勾配 $1/10, 1/100$ であり使用した粒子は一様粒径のビニール系樹脂 ($d_m = 0.182 \text{ cm}$, 比重 1.42) である。



計測内容は流速分布と粒子軌道を捕えるため写真撮影を行った。

図-2 実験水路



3 実験結果

理論曲線に使用した U_* は流速分布より求めたもので平均の U_* を示すが実際には時間的に U_* が変動している。

個々の U_* と y/L との関係、即ち Yalin の理論では U_* によって y/L が一義的に決定する(図-6の直線)が個々の粒子軌道が理論どおり軌道を描いているかを検討したのが図-6である。

図-4は $1/70$ の勾配の時の跳躍距離頻度分布を示す。

図-3a 実測粒子軌道

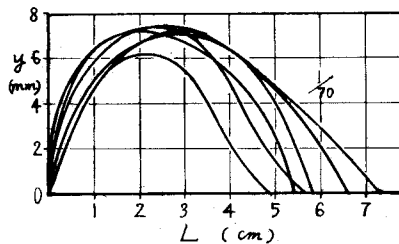


図-3b 理論軌道

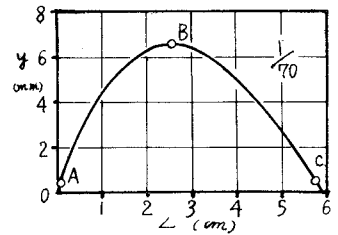


図-4a 実測粒子軌道

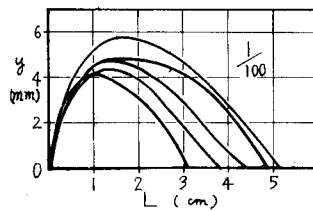
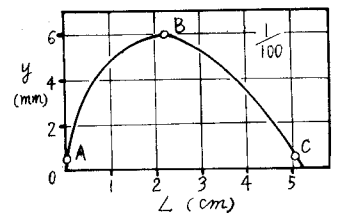


図-4b 理論軌道



4 結論

M.S. Yalin 理論の掃流の砂量に関しては図-1に示す如く理論値は実測値と極めて良く一致しており Salutation の範囲に於ては従来の流動量公式と比較して良い結果を与えている。

一言粒子軌道について、図-6に示す如く実測値の平均の跳躍高さ y と距離 L は理論軌道と近い値が算出されたが個々の粒子の軌道にはかなりのばらつきがみられる。

他に $1/60$, $1/80$ の勾配の実験を試みたが結論を見出すには至らず今後の研究課題である。

文献 M.S. Yalin, An Expression for bed Load Transportation, Journal of the Hydraulic Division. May 1963.

図-5 跳躍距離頻度分布

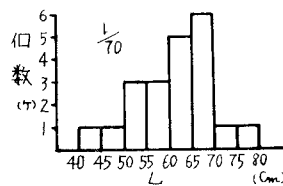


図-6 $U_* \sim y/L$

