

III—28 砂移動平面河床における水流の抵抗法則について

神戸大学 正員 松梨順三郎

移動床をとつた南水路水流において、掃流力が限界掃流力に達すると、砂の移動が開始される。さらに掃流力が増加してある限界状態に達すると、いわゆる砂連が発生することはよく知られている事実である。移動床をとつた閉水路水流においても同様の現象があることは昨年の学会で発表した。ここでは上述のような掃流力の増加による現象過程の各段階をつぎのように命名する。すなわち、砂が移動していない現象段階を砂不移動平面河床、砂が動き始める状態を砂限界移動平面河床、限界掃流の状態から砂連の発生が開始するまでの現象段階を砂移動平面河床とする。本講演では表題に述べているように砂移動平面河床の現象段階に着目し、この状態における水流の抵抗法則を次元解析的方法で求めたので、その概要について述べる。

まず南水路水流については、ハイ定理を適用して現象を規定する無次元函数式、

$$U_m/U_R = f\{\bar{R}, U_R d/\nu, R/d, \psi\} \quad (1)$$

を得た。ここに $U_R = (gRS_0)^{1/2}$, $\bar{R} = U_m/\sqrt{gR}$, $\psi = U_R^2/gd(\rho/\rho_s - 1)$ とする。粗面固定床における水流との現象的類似性を考慮して、(1)式を $U_m/U_R = Ar^{-2.5+5.75 \log R/d}$ とすると、 Ar は $\bar{R}$, $U_R d/\nu$, ψ の函数となる。すでに発表した¹⁾砂移動平面河床の状態における実験資料によって Ar の函数形をつぎのように決定した。実験資料の範囲は、 $820 < Re = U_R R/\nu < 25300$, $0.45 < \bar{R} < 1.10$, $1.18 < U_R d/\nu < 1890$, $0.0182 < \psi < 0.201$ であり、使用砂は $d_{50} = 0.015, 0.033, 0.072, 0.075, 0.092, 0.210, 0.290$ mm の一様な粒度分布の砂で、それぞれ実験砂 I, II, IV, V, VII, VIII, IX と命名する。実験資料によると、 Ar は $U_R d/\nu$ の増加によって一般に減少するが、その傾向は $U_R d/\nu$ の大きさによって異なる。ここでは $U_R d/\nu < 10$, $10 < U_R d/\nu < 50$, $50 < U_R d/\nu$ に分けて論ずることにする。第 I の領域では砂連の発生が顕著であり、第 III のそれは砂連の発生が非常に困難である。しかし第 II のそれは前二者の中間的領域として特性づけられる。

i) $U_R d/\nu < 10$ の場合

Ar は $\log U_R d/\nu$ に よって直線的に減少するものと仮定すると、

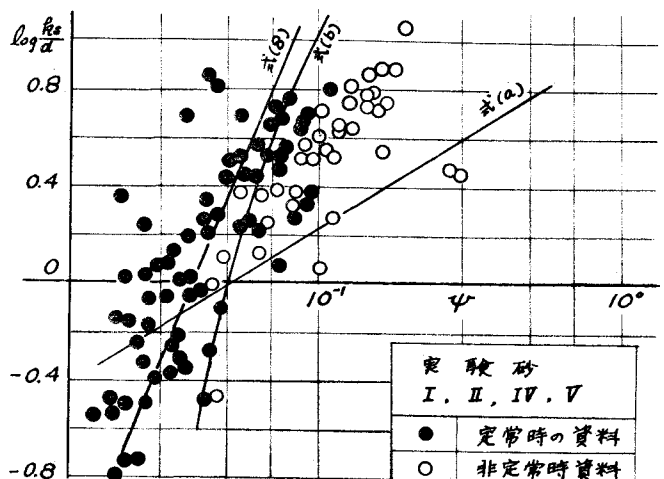
$$Ar = A_1 - 34.5 \log U_R d/\nu \quad (2)$$

となる。 A_1 は $\bar{R}$, ψ の函数となることを期待されるが、恒等的に、

$$\log \psi = 2 \log U_R d/\nu - 2 \log R_* \quad (3)$$

が成立することを考慮すると、 A_1 は $\bar{R}$, R_* の函数となることがわかる。ここには $R_* = \{gd^3(\rho/\rho_s - 1)\}^{1/2}/\nu$ とする。 R_* のあ

図-(1) $\log R_* d$ と ψ との関係



のあのの値に代する $a_1 = (Ar + 34.5 \log Urd/\mu)$ と $\bar{r}$ の関係を一次的であると假定すると,

$$a_1 = a_2 + 14\bar{r} \quad (4)$$

となる = とが実験的に示される。しかし、 $a_2 = Ar + 34.5 \log Urd/\mu - 14\bar{r}$ と $\log Rk$ との関係も一次的であるとすると,

$$a_2 = -23.3 + 34.3 \log Rk \quad (5)$$

が得られる。(2), (4), (5) 式によつて Ar の近似形, したがつて U_m/U_* の近似形はつぎのようになる。

$$\frac{U_m}{U_*} = -25.8 + 34.3 \log Rk + 14\bar{r} - 34.5 \log \frac{Urd}{\mu} + 5.75 \log \frac{R}{d} \quad (6)$$

式(2)によつて Rk を消去すると,

$$\frac{U_m}{U_*} = -25.8 + 14\bar{r} - 0.2 \log \frac{Urd}{\mu} - 17.15 \log \psi + 5.75 \log \frac{R}{d} \quad (7)$$

が得られる。相当粒度 k_s を導入する = とによつて(7)式を變形すると,

$$\begin{cases} U_m/U_* = 6.25 + 5.75 \log R/k_s \\ \log k_s/d = (32.05 + 0.2 \log Urd/\mu - 14\bar{r})/5.75 + 2.99 \log \psi \end{cases} \quad (8)$$

が得られる。図-1 は Urd/μ , $\bar{r}$ に対してそれぞれ実験値の平均値と与えた場合の k_s/d と ψ の関係を示す。しかし、 $Urd/\mu < 10$ に含まれる砂としては実験砂 I, II であり、(8)においては、領域 $10 < Urd/\mu < 50$ のもの、すなわち実験砂 IV, V と過渡的現象過程にあるものとして同時に英描した。また(a), (b) 曲線は岩垣、椿再博との実験式で、それぞれ、

$$\log k_s/d = 1 + 0.769 \log \psi \quad (a)$$

$$\log k_s/d = 3.48 \{1 - 0.225 \psi^{-1/2}\} \quad (b)$$

をあらわす。

iii) $Urd/\mu > 50$ の場合

i) の場合とほぼ同様な考察によつて

$$\begin{cases} U_m/U_* = 6.25 + 5.75 \log R/k_s \\ \log k_s/d = (8.95 - 1.8\bar{r})/5.75 + \log \psi \end{cases} \quad (9)$$

を得た。図-2 は、前と同様に $\bar{r}$ に対して実験範囲の平均値と与えた場合の k_s/d , ψ の関係を示す。

つぎに開水路水流に対しては、同様の考察によつて、式(1), (8)に対応する関係式、

$$U_m/U_* = \theta \{R/S, Urd/\mu, \psi, R/d\} \quad (1')$$

$$\begin{cases} U_m/U_* = 6.48 + 5.75 \log R/k_s \\ \log k_s/d = 2.54 + 1.89 \log \psi \end{cases} \quad (8')$$

を得た。図-3 は式(8')の関係を示す。

1) 限界掃流力付近の流砂に関する研究

土木学会論文集 51号, 昭和32年12月。

図-2) $\log k_s/d$ と ψ の関係

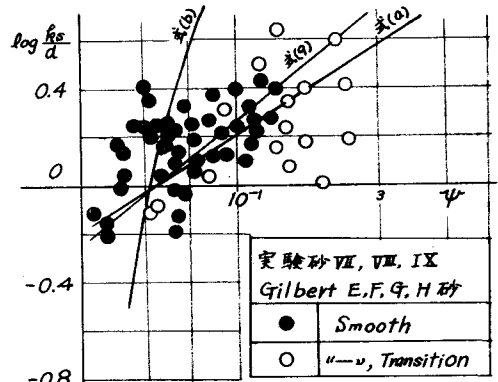


図-3) $\log k_s/d$ と ψ の関係

