

徳島大学工学部 正員 杉尾 裕三郎
 徳島大学大学院 学生員 ○栗田 哲男

本研究は移動床実験水路上の流水抵抗が、さきに自然河川に対して提案された指数形の平均流速公式(1)に適合するか否かを検討したものである。

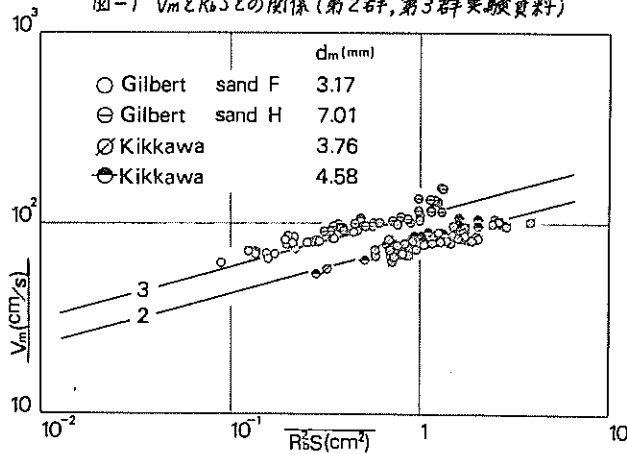
$$V_m = K R^{0.54} S^{0.27} \quad (1)$$

(1) 実験室内の移動床水路における平均流速公式

最近杉尾は、(1)式に示すような Manning 公式とは異なる指数形をもつ、河川の平均流速公式を提案したが、もともとこの公式は自然河川に対して提案されたものであるので、これが実験室内の流水に対しても適用できるかどうかを検討してみた。ここでは(1)式を用いて、国外では Gilbert, Kramer²⁾、国内では吉川³⁾、安芸などの観測資料を計算してプロットしてみた。ただし(1)式の R は径深であったが、矩形水路の実験資料を取扱う場合には側壁の影響をとり除く必要がある⁴⁾ので、ここでは R の代りに Einstein の法による R_b を用いることにした。それによると図-1 に示すように、まず Gilbert のデータは第3群付近に集まっているが

これは $d_m = 3.170, 4.938, 7.010$ (mm) という比較的粒径の大きい砂を用いており、またエネルギーこう配 $S = 6/1,000 \sim 3/100$ というかなり急こう配の水路で実験を行っているもので、河床面形態としては Smooth, Dune, Transition の3種類となっている。これらのことからさきに著者の一人が提案した平均流速公式の第3群に相当することがわかる。つぎに Kramer の

図-1 V_m と $R_b S$ との関係 (第2群, 第3群実験資料)



データであるが、これも Gilbert のデータと同じく第3群付近に集まる、彼の実験は水面こう配 $S = 1/400 \sim 1/1,000$ とさほど急ではないが、河床材料が $d_m = 0.51 \sim 0.55$ (mm) 程度の細砂で構成されているので、その影響がかなりあらわれていると思われる。第2群に属している吉川らの観測データによると、水面こう配 $S = 9/10,000 \sim 3/1,000$ であるが、 $d_m = 3.760, 4.580$ (mm) と比較的大きく砂利程度に相当する、河床面形態は判明していないが、Dune 河床ではないかと推測できる。なおこの図-1 には第1群に属する安芸と Kramer その他の観測データはプロットしていないが、これは混雑を防ぐため講演時に発表することにする。ついで Hsin-Kuan Liu が 1959 年 11 月、A. S. C. E. に発表した直線沖積水路における流量公式(流速公式)に対する検討も行なったので、それについて述べることにする。まず基本となる公式は

$$V_m = C_a R_b^X S^Y \quad X = 1 - \Omega(1 + N - 2m) / 2\Omega(1 - N), Y = 1 - \Omega(1 + 2\lambda) / 2\Omega(1 - N) \quad (2)$$

ここで C_a は d , β , ρ , g , ν , Ω の関数であり, λ , m , N は $\lambda - d$, $m - d$, $N - d$ 図より求め, 平滑河床に対し $\Omega = 0.555$, Dune 河床に対して $\Omega = 0.565$ である。これらの公式を用いて $d_m = 0.19$, 0.28 , 0.45 , 0.93 (mm) の範囲で Simons の実験資料を計算し, Liu による V_m を縦軸に, 実験による実際の V_m を横軸にしてプロットしてみた結果, $d_m = 0.19$ mm の Plane 河床の一部と, 0.45 mm の Dune 河床の一部を除いてほとんど一致しなかった。この原因は Liu によるこの公式が, d という変数一つだけで X , Y の指数を決定していることと, 移動床水路にもかかわらず河川の粗度係数として Manning-Strickler 公式の $n = 0.0166 d^{1/6}$ を使用していることにあるのではないかと思われる。

(II) $S - \beta/w d_m$ 河床区分図と平均流速公式との関係

さて最近著者の一人が Garde 区分図とは別に, こう配 S と $\beta/w d_m$ を両対数紙の両軸にとる河床面形態の区分法を提案したが, 図-2 は (I) におけるデータを用いて S と $\beta/w d_m$ の値を計算しプロットしたものである。ここに

d_m は砂の平均粒径, β は単位巾当りの流量, w は粒径 d_m の砂粒の静水中の沈降速度である。図上 Dune 河床と Plane 河床, Ripple 河床と Plane 河床を区別する一点鎖線は下記の要領で描いた。まずさきに述べた平均流速公式と $U_* = \beta R_b S$, $\beta = \rho \cdot V_m$ により下の式を得る。

$$\beta/w d_m = \frac{K(U_*^2/\rho)^{0.54}}{2w \cdot d_m} \cdot \rho \cdot \frac{1}{S^{0.27}} \quad (3)$$

ここで $\rho = R_b^{\lambda}$ とすると

$$\beta/w d_m = C_k \frac{1}{S^{2+0.27}} \quad (4)$$

$$\text{ただし } C_k = \frac{K(U_*^2/\rho)^{\lambda+0.54}}{2w \cdot d_m}$$

となる。ここで問題となるのは λ の値であるが, これにば ρ , R_b の値を両対数紙上にプロットして直線を描き, そのこう配から求めた。つぎに図上の Dune 河床と Ripple 河床を区分する一点鎖線は, 各描点が所属する各群ごとに, 大体の区分線を挿入したものである。さて図-2 を検討すると第1群に属する安芸の A 種砂は大体 Plane, Ripple 河床内にあり, 第2群に属する吉川のデータもほとんど Dune 河床内にあり適合している。つぎに Upper Regime に属する第3群の Gilbert のデータによると, 一部は Dune 河床にあるが, ほとんどの描点は Transition または Plane 河床内にあり図-1 と矛盾しない。著者らは以上の資料の他に Kramer のデータによる $S - \beta/w d_m$ 区分図も作成したが, 若干疑問点があるので, 再検討して講演時に発表する予定である。

参 考 文 献

- 1) 杉尾: 河川の平均流速公式と河床面形態との関係について; 土木学会論文報告集, B344, 11.
- 2) Hans Kramer: A. S. C. E. Vol. 100; Sand Mixtures and Sand Movement in Fluvial Models, 1935
- 3) 安芸: 河相論; 1951, 6, pp. 49~57

