

徳島大学工学部 正員

工博○杉尾 捨三郎

全 上

堀 勝也

1942年 Einstein⁽¹⁾ は掃流砂量を砂粒の断続的移動の確率から求めようとし、均一砂に対し $Q_{465}\phi = \exp(-0.391\psi')$ を導いた。さらに1950年、混合粒径の砂にも適用できる(1)式を発表し、均一砂に対する実験結果より常数 $B_* = 0.143$, $A_* = 43.5$ を得た。

ここに均一粒径に対する ψ は $\psi = (S/P-1)d/R'S$ で、

$$1 - \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{-B_*\psi_*^{-2}}^{\psi_*^{-2}} e^{-t^2} dt = \frac{A_* Q_*}{1 + A_* Q_*} \quad \dots (1)$$

R' は砂粒に関する径深である。また ϕ は(2)で与えられる。

$$\phi = q_b / \{(S/P-1)gd^3\}^{1/2} \quad \dots (2)$$

Bishop⁽²⁾ らは細砂を含む室内実験および細砂性の米国河川

に対し Einstein を検討し、total bed material discharge についても A_* と B_* を中径に応じて変化させれば充分 Einstein 法 が利用できると述べた。Nordin は Rio Grande 河 で流砂量を検討し、式中に何れも温度と水深を示す parameter の必要性を強調した。杉尾⁽³⁾ は移動床表面状態の区分を、コウ配 S と q/wd を用いると好結果を得ると述べた。ここに w は土砂の沈降速度である。さて Einstein の文献(1)より掃流砂関数を再検討すれば、彼は w を Rubey の式を使用しており、結果的には q_b/wd なる無次元量を用いたことになる。Brown は同様の試料から(3)式を得

$$\frac{q_b}{wd} = 40 \left\{ \frac{U_*^2}{(S/P-1)gd} \right\}^3 \quad \dots (3)$$

た。本研究では温度の影響を考慮して w を採用することにしたが、

使用する計算式により w の値にかなりの差を生ずるので、ここでは $\frac{q_b}{wd_{50}} = 40 \left\{ \frac{RS}{(S/P-1)d_{50}} \right\}^{2.7} \quad \dots (4)$

米国土砂委員会が推奨する方法⁽⁴⁾を用い、かつ砂粒の shape factor を 0.7 とみなして w の計算をやり直すと共に、計算の簡易化のため側壁の影響を無視して径深を求め q_b/wd_{50} と ψ との関係を求めた。計算に用いた資料は Gilbert の A~G 種砂(均一砂)、佐藤・吉川・芦田の4種の均一砂、W.E.S. の若干の砂、および Bishop らの混合砂で、計算結果を図-1 に示す。これによると Gilbert のものは極めてよく一曲線上に配列し、かつ佐藤らの描点および W.E.S. のうちの均一砂は大体カーブの延長上に配列することが明らかであるが、W.E.S. の混合砂はかなり外れることがわかる。結局均一砂に対しては $\psi > 0.1$ の範囲について(4)式が得られた。

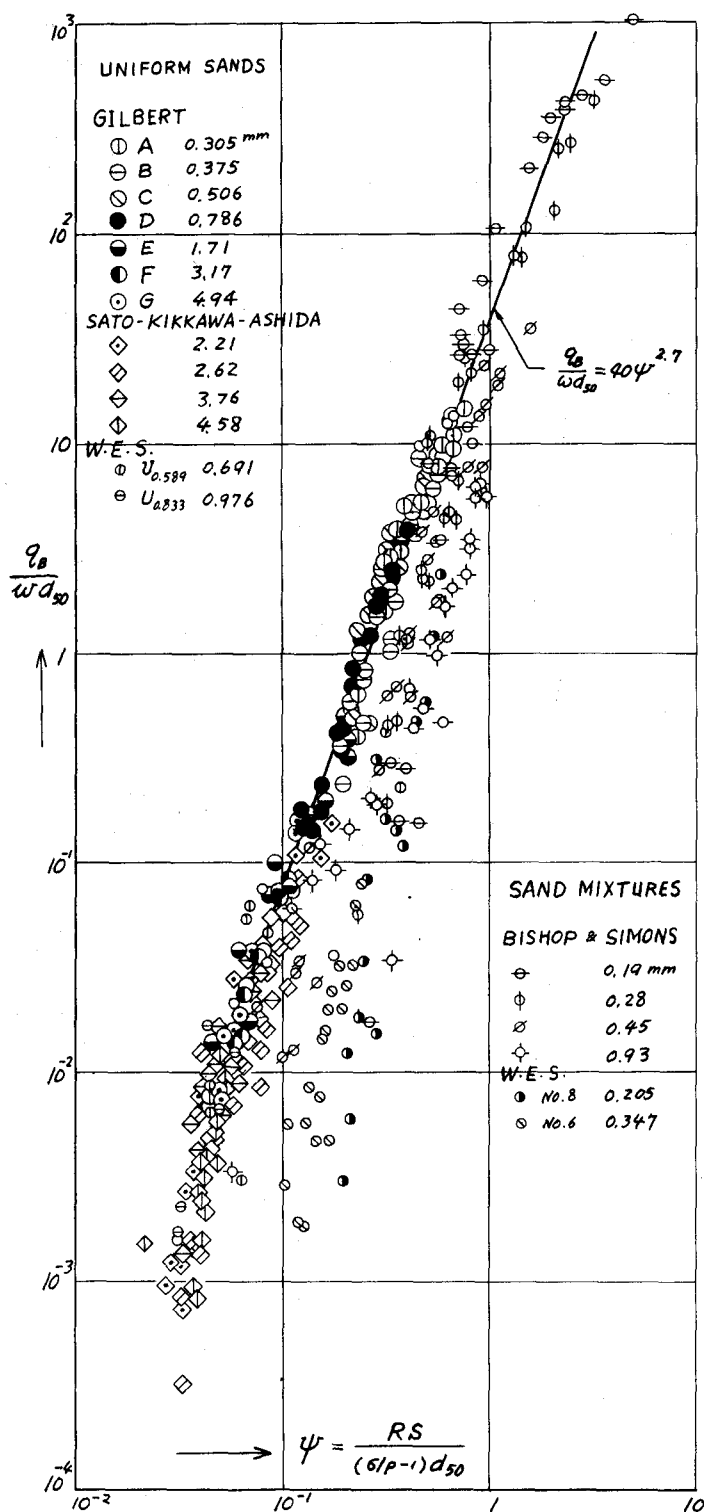
つきに Bishop らが行った実験は幅8呎の大型水路を用い、 d_{50} がそれぞれ 0.19, 0.28, 0.45, 0.93 mm の混合細砂を使用して行ない、かなりの浮遊土砂も含んでいるが、これらの資料も同様の計算をして図-1 に示した。これによると Bishop らの描点は均一砂に対する(4)式よりもかなり右側に偏しており、同一の ψ を与えたとき均一粒の場合よりも小さい流砂量を与える傾向が明らかである。しかし $\psi > 0.7$ の範囲になると再び均一粒に対する曲線(4)の延長上に描点が大體散在するようになるのは興味深い。この原因としては、 ψ が小さい区域においては河床面が ripples や dunes などで覆わ

(1) Einstein, H.A.: Formulas for the Transportation of Bed Load; A.S.C.E., Trans. No. 107, Oct. 1942, pp. 561-577.

(2) Bishop, A.A. & Others: Total Bed Material Transport; A.S.C.E., Vol. 91, No. HY2, Mar. 1945, pp. 175-191.

(3) 杉尾: 冲積河川の河床状態の区分法; 土木学会中田国字講演会, 昭和43年7月, (1-12)

(4) Task Committee on Preparation of Sedimentation Manual: Sediment Transportation Mechanics; Introduction & Properties of Sediment; A.S.C.E., Vol. 88, No. HY4, July 1962, pp. 77-107.



れるため混合砂の影響がうまく現われ、河床材料のうち小さい粒度のものが移動しやすい傾向にあるが、 $\psi > 0.7$ の範囲では砂の表面状態は upper regime となり、大小粒を問わず流送されるし、また流体抵抗も小さいためと考えられる。

なお(4)式の物理的意義は次のようである。いま河床表面上の横断方向に一列に並んだ砂粒群を考えると、流れにより下流に押し流される流砂量は単位巾、単位時間あたり q_b であり、砂粒群が鉛直方向に落下しようとする砂粒量は、単位巾、単位時間あたり $w d$ であるから、砂粒に働く揚力と自重から組み立てられた無次元関数 ψ は $q_b / w d$ の関数であらう考えるのは合理的と思われる。

なお Gilbert の A ~ G 種砂のみについて言えば、ほぼ次式が成立する。

$$\frac{q_b}{w d} = 0.80 \left(\frac{q}{w d} \right)^{1.5} S^2 \dots (5)$$

Einstein 系統の方法は比較的細粒の多い緩コウ配の米国河川ではきわめてよい結果を与えているようであるが、急コウ配でかつ大小粒の広い範囲の河床材料をもつわが国河川に対して適用するには、今後残された問題はきわめて多い。(昭43.7.1)