

Ⅱ-31 砂水比に関する一考察

徳島大学 ○正員 工博 杉尾捨三郎
 徳島大学 正員 湯浅 博明
 阪神高速道路公団 正員 江頭 泰生

1. 概説：本文は、掃流砂量と流砂面状態とはともに、砂水比 q_s/q と密接な関係があることを述べ、G. K. Gilbert の実験資料について次元解析を行なうことによって簡単な流砂量公式をもとめ、かつ流砂面状態との関係を論じたものである。

2. 砂水比：流砂をとともなう流れに関する流砂量公式、抵抗法則、および流砂面状態などの研究は従来それぞれ別個にすすまれてきたが、それらはいずれも掃流に関する無次元量 $\psi = v_*^2 / (g(\rho - 1)gd)$ が現象を支配する最も重要な要素とみなされて論じられてきた。しかし単に ψ のみが与えられてもこれら3種の現象は確定するとはいえず、むしろこれら相互の関係については不明の点が多い。例えば、H. A. Einstein⁽¹⁾ は『単位巾あたりの流量 q 、単位巾あたり流砂量 q_s 、水深 h 、勾配 S の4変数を考えた場合、冲積河川においては q と q_s を与えれば h と S とは必然的に定まるが、 h と S とを与えても他の2変数は決定できるとは限らぬ』と述べている。著者が行なった堰による堆砂現象に関する実験においては、段丘部流砂量や平均堆砂面勾配は砂水比 q_s/q によって決定的に支配されることを知ったので、いま試みに Gilbert の実験資料の一部について、勾配 S を両対数紙の縦軸に、砂水比 q_s/q を横軸にとって点描すれば、流砂面状態が q_s/q によって一義的に決定されるような印象をうける。

3. 流砂量公式の誘導：長方形断面水路において、いまつきの諸要素が掃流現象を支配するものとする。

$$F(S, q, \rho, w, q_s, d, \sigma, G, S.F.) = 0 \quad (1)$$

ここに、 ρ および σ は液および砂の密度、 d は砂の平均粒径、 G は砂の標準偏差、 $S.F.$ は形状係数である。これよりつきのパイ項が得られる。

$$\phi_1\left(S, \frac{\rho q^2}{w_0 d^3}, \frac{q_s}{q}, \frac{\rho}{\sigma}, \frac{G}{d}, S.F.\right) = 0 \quad (2)$$

重要度の小さいと思われる項をのぞき、かつ限界水深を $h_c = (\alpha q^2/g)^{1/3}$ とすれば次式が得られる。

$$S = k \left(\frac{h_c}{d}\right)^n \left(\frac{q_s}{q}\right)^m \quad (3)$$

指数 n の値は q_s/q の値に若干影響するようであるが、いまは簡単のためその平均をとり、 $n = -0.40$ とおき、 $S \times (h_c/d)^{0.4}$ と q_s/q とを両対数紙の両軸にとって実験値を点描したのが図-1である。これによれば描点はかなり散開するが、大体において勾配 $m = 0.5$ の直線のまわりに集中するようで、結局(3)式は $0.0003 < q_s/q < 0.03$ の範囲について

$$\frac{q_s}{q} = 0.59 S^2 \left(\frac{h_c}{d}\right)^{0.8} \quad (4)$$

と書くことができる。なお Kennedy および建設省土研の資料を同図に点描した。砂水比の大きい前者はかなり直線の周囲に集まるが、砂水比の小さい後者の場合には描点の散開

がいちぢるしい。この理由は(4)式の形が、 $\psi = \psi_c$ のとき $q_s = 0$ となる条件をみたしていないためと思われ、従って流れが限界掃流状態にちかい場合には(4)式は適當でない。

4. 流砂面状態と砂水比との関係：Gilbertの資料を流砂面状態ごとに分類して同図に点描すると、 $\log_{10} S \sim \log_{10} \psi$ 図⁽³⁾による場合よりも各領域の区分は明瞭ではないが、大体の目安としては表のように、砂水比の値に応じて流砂面状態がほぼ区分できるようである。

流砂面状態	Ripples & Dunes	Smooth Bed	Antidunes
砂水比の範囲	$\frac{q_s}{q} < 0.002$	$0.003 < \frac{q_s}{q} < 0.007$	$0.009 < \frac{q_s}{q}$

(1) Einstein, H.A.: Discussion of "Mechanics of Streams with Movable Beds of Fine Sand"; Proc. A.S.C.E., Hydraulic Division Vol. 81, Separate No. 668, 1955, p. 841-10.

(2) Kennedy, J.F.: Stationary Waves and Antidunes in Alluvial Channels; California Institute of Technology, Report No. KH-R-2, Jan. 1961, p. 110.

(3) 杉尾：移動床をもつ流れの水路状態の区分について；土木学会論文集，*71号，1960，p. 13.

