

徳島大学工学部 正員 ○杉尾 捨三郎
 全 会 岡部 健士
 三井建設(株) 田辺 善弘

1. 概 要

本研究は河床砂が比較的粗い沖積河川に対する抵抗法則を論じたもので、河床形態の変化をも考慮に入れた新しい抵抗法則の開発を企図しており、わが国の17河川の実測資料をもとに検討している。

2. 従来の研究

沖積河川の抵抗法則の研究はきわめて古い歴史をもち、シェー、マニングなどの古典的研究以来、いまなお繰返し種々の方法が提案されているが、沖積河川に対し広く適応するものは少ない。これは河川ごとに河床材料の粒度と配合、河川形状と規模、河床波の寸法、植生、河岸状態、水理特性などが区々であるため、研究を一層困難にしている。図-1は17河川に対する野外資料から、平均流速 V と $R^{2/3}S^{1/2}$ との関係を描いているが、粗度係数 n は $0.01 \sim 0.05$ の間に広く分布して

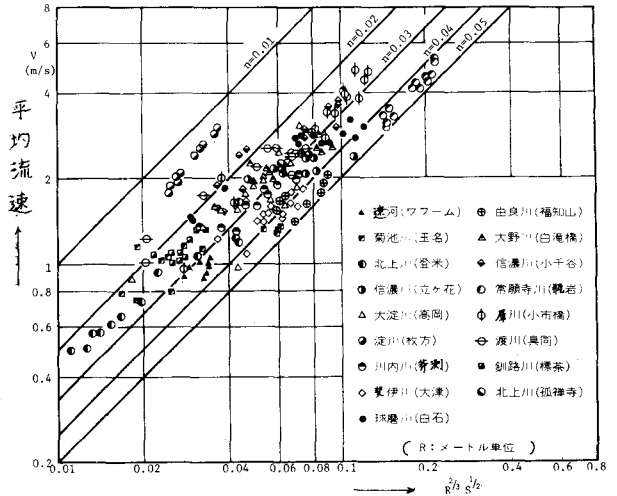


図-1. V と $R^{2/3}S^{1/2}$ との関係

ており、各河川ごとにみても描点の分散中はきわめて広い。実用的な目的からいえば、個々の地点、各水位ごとに適切な n を選べば足りるが、何故その値を選ぶのかの根拠を問われれば、答弁に困惑せざるを得ない。

過去にもアインシュタイン、椿・古屋その他の諸研究があるが、汎用性のあるものは少ない。柳屋のレジム型平均流速式は、河床形態ごとに4種の同型の諸式を提案しており、描点の適合度の点からいえばマニング式より余程良好と思われるが、定数 K の物理的意義が明確でないという難点がある。

標原・椿らは河床波上の有効掃流力 $\tau_{*e} =$

$\tau_* (\varphi/\varphi_0)$ で表わすことにし、流速係数 $\varphi = V/u_*$ と $\tau_* (\varphi/\varphi_0)$ を両軸にとり、沖積河川の抵抗法則を求めようと試みた。ここに $\varphi_0 = 6.0 + 5.75 \log_0 R/d_m$, d_m = 平均粒径, R = 径深, u_* = 摩擦速度 $= (gRS)^{1/2}$, S = エネルギー勾配, $\tau_* = u_*^2/g(Ss-1)d_m$, Ss = 砂比重である。しかしその結果は美河川に対し余りよく適合していないようである。

岸・黒木⁽¹⁾は各種室内実験資料を解析し、流速係数 φ を掃流かか数 τ_* と R/d とを用いて表現する方法を提案し、図-2のように6種に分類した。このうち砂堆河床I

に対しては(1)式、砂堆河床IIに対しては(2)式、平坦河床に対しては(3)式を提案している。図-2では、 $R/d = \text{一定}$ とした

砂堆河床 I : $\varphi = 2.4 \left(\frac{R}{d}\right)^{1/6} \cdot \tau_*^{-1/3}$ (1)

砂堆河床 II : $\varphi = 8.9$ (2)

平坦河床 : $\varphi = 6.9 \left(\frac{K_0}{K}\right)^{1/2} \cdot \left(\frac{R}{d}\right)^{1/6}$ (3)

場合の φ と τ_* との関係を示している。

さて(1)式を變形すれば $\varphi = 2.4 \left\{ \tau_* \cdot \left(\frac{R}{d}\right)^{-1/2} \right\}^{-1/3}$ となる

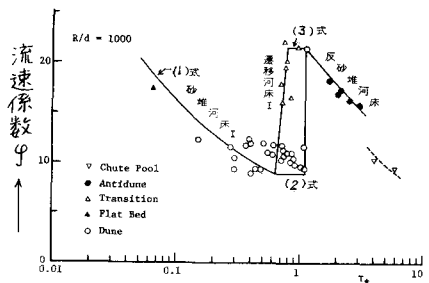


図-2. φ と τ_* , R/d との関係(岸・黒木)

ので、 φ と $\tau_* (\frac{R}{d})^{1/2}$ とを両対数紙の両軸にとり、前記の17河川資料を点描すれば「図-3」が得られる。これによれば大部分の描点は(1)式の示す砂堆河床Iの直線の周囲に集中する傾向があり、(1)式は自然河川に対してもほぼ満足することがわかる。また(2)式周辺の描点は砂れん河床に対応するものであり、図中(3)式にちかい描点は淀川(枚方)のものであるが、西氏分類によれば平坦河床に属するものである。しかし筆者の見解によれば、枚方の描点では $\varphi \approx 2.5$ ではあるが、後述するように勾配ゆるやかで河床砂は微細であり、むしろ砂れんに相当するものと推定される。

3. 流速係数比 φ/φ_0 を用いた解析

従来は単に流速係数 φ そのものを論じる研究が多かったが、本研究では河床材料はそのまま、かつ平坦な固定床とみなしたときの仮想上の流速係数 φ_0 を次式から算定し、両者の比 φ/φ_0 が河床波の発生によりいかなる効果を持つかを検討することにした。

$$\varphi_0 = 8.5 - \frac{1}{K} + \frac{2.3}{K} \log_{10} \frac{R}{d_{35}} \quad \text{----- (4)}$$

ここに K = カルマン常数で、清水の場合には0.40であるが、浮遊砂が多いときはそれより減少する。ここでは Paintal & Garde の 図(図-4) を利用することにしたが、便宜上 $\tau_* < 0.5$ の範囲では $K = 0.40$ とみなし、 τ_* の計算では $d = d_{35}$ を用いた。

さて φ/φ_0 と τ_* 、 φ/φ_0 と u_* / w_f との関係について検討した処、後者の方がよい結果を与えたので、ここでは $\varphi/\varphi_0 \sim u_* / w_f$ 関係について述べる。ここに、 w_f は河床砂の35% 粒径に対応する Rubey 式による沈降速度である。図-5 によれば、17河川の資料は図上ではほぼ2種の折線を示すことがわかる。

即ち u_* / w_f が小さく、0.27 付近より小ならば $\varphi/\varphi_0 \approx 1.0$ 、つまり平坦河床であり、固定床に近い河床抵抗を示すが、 u_* の増加と共に φ/φ_0 は徐々に減少し、砂堆(Dunes)から砂れん(Ripples)にまで変化する。砂れんに対する φ/φ_0 は0.30 付近にまで減少するが、これより砂れんは河床抵抗割合が最大であり、

平坦な固定床とみなした時の平均流速の30%にまで V が低下することを意味する。即ち図-5は、単に一種の抵抗法則を示すだけでなく、河床波の性質も考慮されている点で意義がある。前記の淀川(枚方)の描点は図上では0.4 付近にあり、明らかに河床波の効果をもつことを示す。なお室内実験資料も加えて検討したが、大体図-5に近い結果を得ている。問題点は図上で $u_* / w_f > 2.0$ の領域に属する浮遊砂多い河川であるが、これは描点のちらばりが大き過ぎてまたよい結果を得ていない。(なお本研究は、豊国永次教授の自然災害特定研究より研究費の提供を受けたことと記し、関係各位に謝意を表す。)

参考文献：(1) 岸・黒木：移動床流れにおける河床形態と粗度第2章，土木学会論文報告集，#210号，1973。

(2) Paintal & Garde：Discussion to "Sediment Transportation Mechanics"，ASCE，vol. 90，No. HY4，July 1964。

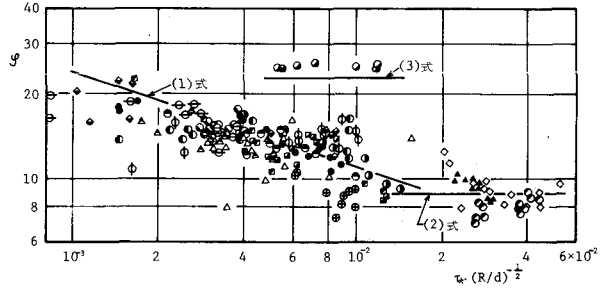


図-3. φ と $\tau_* (R/d)^{1/2}$ との関係

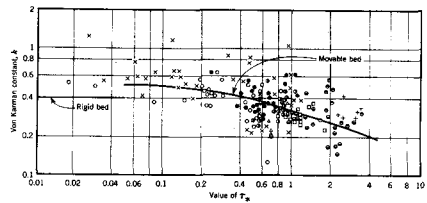


図-4. K と τ_* との関係 (Paintal & Garde).

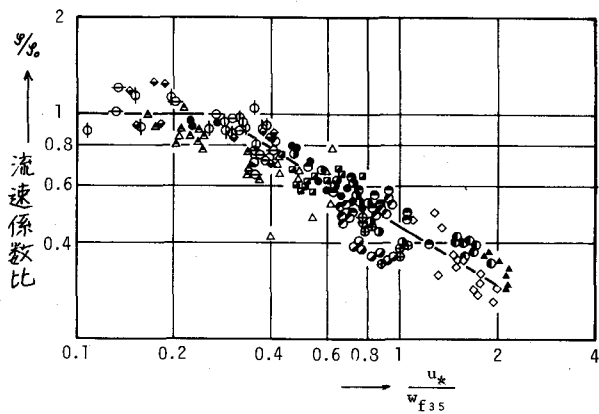


図-5. φ/φ_0 と u_* / w_f との関係