

急流河川の抵抗法則について

徳島大学工学部 正員 ○杉尾 捨三郎
同 上 正員 岡部 健 士
同 上 学生員 穴 吹 一 彦

1. 概要 : 本文は河床砂れきが粗大で、河床こう配が急な山地河川に適する流れの抵抗法則につき検討したもので、従来の Manning 則を用いると粗度係数 n の変動巾が大になるが、レジム型の流速公式を用いると描点の変動巾を小にすることが可能で、特に急流河川に対してはオ②群河床に適すること、河床面形態の变化も類推できる長所をもつことを、実河川を例にとり説明するものである。

2. レジム型の平均流速公式 :

杉尾は先に、国内、国外の多数の河川の実測資料を解析した結果、自然河川の平均流速 V は、次の(1)式で示すレジム型の指数式で表わすとき、定数 K は次の3種の群に大別できると述べた。

$$V = K R^{0.54} I^{0.27} \dots\dots\dots (1)$$

(cm/s 単位)

こゝに R = 径深, I = エネルギー勾配である。これを使用に便利のように、m-sec 単位に改めると

オ③群河床	Transition :	$V = 13.2 R^{0.54} I^{0.27} \dots\dots\dots (a)$	} \dots\dots (2)
オ②群河床	Dunes :	$V = 9.62 R^{0.54} I^{0.27} \dots\dots\dots (b)$	
オ①群河床	Ripples :	$V = 6.49 R^{0.54} I^{0.27} \dots\dots\dots (c)$	

となり、また Manning 式の n は

$$n = \lambda R^{0.127} I^{0.23} \dots\dots\dots (3)$$

(2), (3) 式は m/sec 単位)

で表わされ、オ③, オ②, オ①群の λ はそれぞれ 0.0756, 0.104, 0.154 である。

3. オ②群河川の性質 : 流量 Q の増減にかかわらず大体オ②群の河床抵抗を示す河川について述べることにする。さらにこれを大別すると、“移行”を生じるものと生じないもの、になる。

(A) 移行を生じない例

実例としては、天竜川(宮ヶ瀬), U. S. B. R. の遷河群、常瀬寺川(概岩), 球磨川(柳橋)などがある。代表例として天竜川の宮ヶ瀬地点の資料について検討を試みよう。昭和37~40年ごろの28個の資料についてみると、 Q の中は $42 \sim 1612 \text{ m}^3/\text{s}$ こう配 $I = 1/89 \sim 1/294$ の急勾配であり、河床材料の粒度分布図によれば、 $d_{50} = 45 \text{ mm}$, $d_{65} = 82 \text{ mm}$, 最大粒径 $d_M = 300 \text{ mm}$ という粗大なものであった。

さて前記のようにレジム型の表示により、 V と $R^2 I$ との関係を図対数紙に描くと図-1 が得られた。描点は若干ちらばるが、大体オ②群河床の線上にうまく乗っていることが分る。

この場合、 Q が最大となったのは図-1 の右端の描点で、そのときの水理量は表-1 に示され、最大摩擦速度 $u_{*max} = 0.543 \text{ m/s}$ であった。

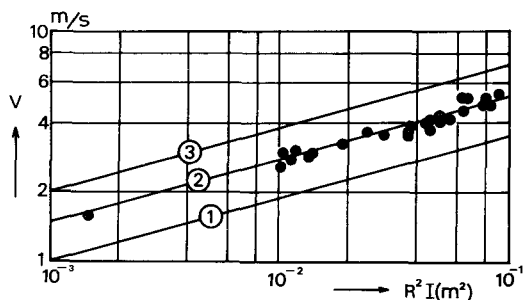


図-1 天竜川(宮ヶ瀬)の $V - R^2 I$ 図
(移行を生じないオ②群)

水位 (m)	R (m)	I/I	V (m/s)	Q (m ³ /s)	u _* (m/s)	R ² I (m ²)	K _s
3.75	3.01	100	5.33	1612.7	0.543	0.0906	0.6535

表一 天竜川(宮ヶ瀬)の水理量 (移行を生じないオ2群)

また図-2は、3つ々の粗度係数 n と径深 R との関係を点描したものであるが、描点のちらばりが広い範囲にわたっており、水理量や河床特性との関連性を求めることは困難である。

4. 河床面形態の検討:

- (1) 掃流による河床の移動: 上述の最大摩擦速度 u_* により移動しうる最大の粒径を、依りて岩垣公式から推定すると $D_m = 370 \text{ mm}$ が得られる。処が河床材料の最大は $d_m = 300 \text{ mm}$ であるから、

表-1のような水理量の場合には、河床砂れき全体が(掃流で)移動していることになる。

- (2) 浮遊に対する検討: Laursenによれば、一般に $u_* = w_f$ (砂粒の沈降速度)のときが浮遊の限界の目安とされるから、表-1の場合に適用すると、 $u_* = w_f$ を満す粒径 $d_f = 16 \text{ mm}$ で、これを粒度分布図に対比させると、河床材料の33.5%粒径で、これ以下の微粒砂は浮遊状態にある。

- (3) 相当粗度に対する検討:

対数型の平均流速公式(4)が河床上の流れに適用されるときは、平坦河床に対しては K_s/d_m

$$\frac{V}{\sqrt{8RI}} = 6.0 + 5.75 \log_{10} \frac{R}{K_s} \dots\dots (4)$$

の値は0.5~5位であるとされる。天竜川の場合に適用すると $K_s/d_m = 4.0 \sim 20$ となり、表-1の場合には20に近い。これは明らかに平坦河床ではなく、むしろ“Dune河床”であることになり、前記のオ2群河床に対応するもので、レジム式の正しさを物語ると考えよう。

- (B) 移行を生ずる例:

実例としては山国川(下唐原)、渡川(具岡)、球磨川(白石)、大野川(白滝)、大淀川(高岡)、信濃川(立花)、千曲川(枕瀬下)などがある。これらの河川でも河床材料はかなり粗大ではあるが、平水の場合の勾配は1/1000以下程度であり、(A)の場合よりも(かなり)緩こう配を有する。しかも Q が増大すると、地形の影響でもあろうが、急に勾配が数百分の一に増大するものが多い。

図-3は一例として球磨川(白石地点)の $V \sim R^2 I$ 関係図を示す。 Q が小さい間は大体オ2群の線に沿って描点が移動するが、描点No.11から右では、 Q が増大しても V はほとんど変化せず、河床抵抗は徐々に増し、オ1群の線に接近してゆく。

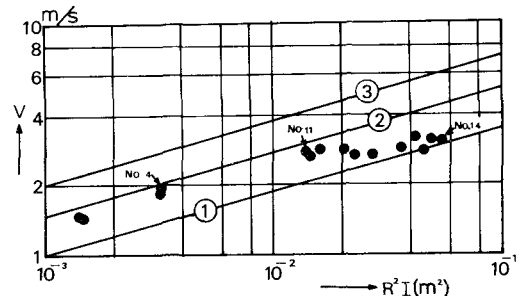


図-3 球磨川(白石)の $V \sim R^2 I$ 図

(移行を生ずるオ2群)

4. で述べた河床面形態の変化が密接に関係していることを知ることができる。

「移行現象については未だ不明の点が多い。

今後は河床粒度分布のみならず、水路断面

内の植生、護岸の有無、断面形状、測線付近の地形の影響などの研究が残された問題である。

おわりに臨み、多数の建設省・各地運の有益な観測資料を利用させていただいたことと心から感謝する。なおこの研究は文部省・一般研究・ならびに自然災害特別研究費の支給を受け行われたものであることを記し、関係各位に謝意を表する。