

礫床水路の流水抵抗に関する実験的研究

大阪産業大学工学部 正員 重 光 世 洋

大阪産業大学工学部 正員 〇 宮 島 昌 弘

1. はじめに： 移動床水路の河床の流水抵抗は一般に河床面の粒径による表面抵抗、河床に形成する河床波・植性らによる形状抵抗、漸変流による流れ内部の加速度と減加速度によつて起因されるエネルギーの損失に関連するspill抵抗、及び土砂輸送に伴うエネルギーの損失に関連する抵抗により複合され、複雑な抵抗様態を示す。表面抵抗に対してDarcy-Weisbachの抵抗係数 f を用いて水路の平均流速を推定する研究はすでに多くの研究者によつて行なわれているが、粒径が比較的大きくかつ各種の粒径によつて構成される混合砂礫床に対してのものは数少ない。本文は礫床水路のとくに表面抵抗を対象に、可変勾配の直線矩形水路に自然河川の礫を敷いて実験を行ない、流砂のない礫床水路の流水抵抗則についで2,3検討した結果を報告する。

2. 実験装置と方法： 実験に用

いた水路は幅50cm、長さ13m、高さ50cmの鉄製一部ガラス張りの勾

配可変の矩形水路で、河床材料は

Table-1及びFig.1のA, B, Cに示す3

種類の比較的均一な粒径を水路全長にわたつて均一に4cm厚層に敷きつめたものである。流量は $5\ell/\text{sec} \sim 21\ell/\text{sec}$ 、及び水路勾配 $i_b = 1/100 \sim 1/1000$ の範囲で実施した。流水条件はすべて等流状態になるよう水路終端の水位調節ゲートにより調節した。水位は25cm間隔でポイントゲージにより読みとり、これを平均して平均水深を算定し、次にこの平均水深と流量により平均流速を算定した。水面勾配及びエネルギー勾配は各測点の水位を最小自乗法により推定した。またTable-1及びFig.1の1~5に示す河床材料はPaintal¹⁾の移動限界に関する実験資料(水路幅 $B=3\text{feet}$)より求めたもので、本実験の参考及び検討資料とした。

3. 実験データの整理： 一般に比較的大きな粒径の河床材料

をもつた流水の抵抗係数 f は、 $1/\sqrt{f} = 2.03 \log (aR/d)$ ——(1)

で表現されると考えるが、このような表現では、側壁、水路幅を含む流水の複雑な抵抗要因を河床のみの抵抗と区別しにくいため本実験においては、 $f_b = f + (2h/B)(f - f_w)$ ——(2)を導入して $1/\sqrt{f_b} = 2.03 \log (ah/d)$ ——(3)を使用して検討することにした。

ここに、 f ：抵抗係数、 a ：係数、 R ：径深、 d ：代表粒径、

TABLE-1 BED MATERIAL

NO	SIZE OF PARTICL		STANDARD DEVIATION	SPHERICAL COEFFICIENT	SPECIFIC GRAVITY
	d_{15}	d_{85}			
A	760	840	1.21	0.693	2.62
B	1305	1415	1.16	0.630	-
C	1900	2060	1.15	0.696	-
1	2300	2400	1.07	0.400	2.65
2	2350	2900	1.57	0.420	-
3	3100	4900	2.70	0.440	-
4	810	940	1.10	0.410	-
5	270	305	1.08	0.450	-

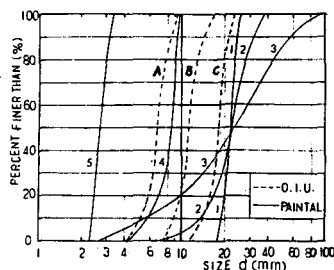


FIG. 1 SIZE DISTRIBUTION OF BED MATERIAL

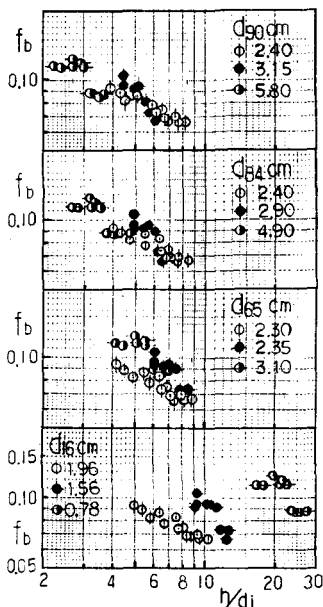


FIG. 2 (PAINTAL)

f_b : 河床抵抗係数, f_w : 水路側壁の抵抗係数, B : 水路幅, h : 水深 である。 ($f_w \div 0.020$)

4. Paintal 資料の検討結果: Fig.2 は Paintal の河床材料 1, 2, 3, の資料に基づいての $f_b \sim h/d$ の整理結果である。これらから混合砂礫をもつ河床の抵抗係数 f_b が d_{84} 以上の粒径で単一的に表現できることがわかる。しかし、 d_{84} と d_{90} を比較した場合、前者の方が式(3)の回帰曲線に対して偏差が小さいので、かならずしも d_{90} によつて f_b が支配されるとはかぎらない。Fig.3 に河床材料 1, 2, 3 の d_{84} で整理した Paintal 資料のグラフを示す。係数 a が 9.6 程度となり、Fig.1 に示す比較的細い河床材料 4, 5 に対しても式(3)によく一致している。

5. 実験結果と考察: Fig.4 に本実験の $f_b \sim h/d$ のグラフを示す。粒径の異なる河床材料 A, B, C についても $a = 8.3$ 程度の曲線上に比較的よくのつており、粒径の差は h/d によつて解消されている。このことは、各種河床材料による f_b は式(3)の代表粒径を d_{84} で表現できることを示唆するものであろう。次に各種粒径に対して求めた f_b の回帰式により算定した f_b と観測値 f_b との誤差の自乗平均を Table-2 に示す。この表により d_{84} における誤差が最も少なく、 d_{84} の代表性を暗示するものと考えられる。また水路勾配による影響はほとんど見られなかつた。なお、本実験の係数 a は

Paintal のものに比して、大き目になつているのは、Table-1 に示すように本実験に用いた河床材料の球状率が Paintal のものに比して大きいため、抵抗が相対的に大きくなるためと考へる。

6. まとめ: 以上の検討により流砂のない平坦な礫床直線水路の抵抗係数 f_b は、 h/d の一価関数としてほぼ表現できる。自然河川の混合礫床の流水抵抗は d_{84} によつて支配されることが推察される。係数 a の値が 8 ~ 10 程度となり、相当粗度 k_s は概ね $(0.8 \sim 1)d_{84}$ 程度となる。

なお、本研究はマクロ的な見地から、礫床の流水抵抗について若干の知見を得ることができたが、今後より定量的に検討するためには、さらに広い範囲にわたる粒度分布及び水路形状等に関する資料収集及び実験を重ねる必要がある。

最後に 本実験にあたり、大阪産業大学工学部水理研究室学生、西林、澤居、都築、堤、森脇君らの熱心な協力を得たことを付記し、感謝の意を表す。

参考文献 1) A. S. Paintal : Concept of Critical Shear Stress in Loose Boundary Open Channels, Journal of Hydraulic Research, Vol. 9, - 1971, - 1.

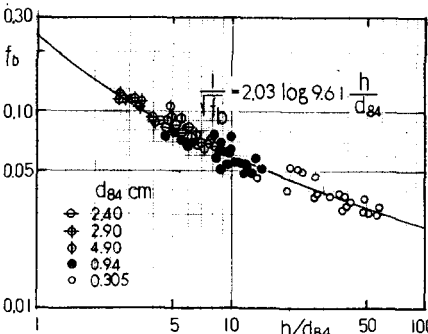


FIG. 3 (PAINTAL)

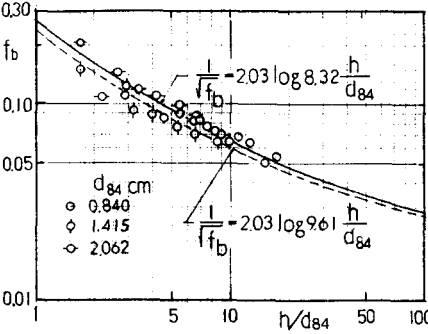


FIG. 4 (O.I.U.)

TABLE-2 PERCENTAGE ERROR(R.M.S)(%)

	d_{90}	d_{84}	d_{65}	d_{50}	d_{35}	d_{16}
O. I. U.	20.1	18.7	19.1	19.5	19.8	20.0
PAINTAL	9.6	8.7	12.9	16.9	23.6	58.3