

流水抵抗に及ぼす礫層厚の効果について

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： 自然河川の河床の流水抵抗を規定する因子は、これまで砂粒に起因する表面抵抗、河床波などの形状による形状抵抗、移動床としての土砂輸送に起因する流水抵抗などによつて複合されるものとして、多くの研究成果が発表されているが、砂や礫などの浸透性材料によつて構成される自然河川のような透水層を有する河床の流水抵抗の研究は、少ないようである。近年我国において¹⁾中川らを始めとして、²⁾神田、³⁾山田、⁴⁾日野らがこの問題について着目し、理論的実験的に研究が進められ、興味ある成果をあげている。

浸透層を有する河床の流水に対する抵抗則を知ることは、水文学、河川工学、水資源工学の分野において重要なテーマである。本文では自然河川の礫を用いて、平坦河床の場合での礫床層の流水抵抗に及ぼす効果について、実験的に検討した2・3の結果について、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, 8cm, 12cmに敷きつめたものである。Table-1に河床材料特性を示す。実験は流量 $5\ell/\text{sec} \sim 32\ell/\text{sec}$ 、水路勾配 $1/100, 1/500$ で行ない、流水条件はすべて等流状態になるよう水路終端の越流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測定し、平均水深及びエネルギー勾配の算定データとした。

3. 浸透層上の流れの抵抗係数： 浸透層上河床の流れの抵抗係数 f_b を検討するために、まず側壁の効果をも含めた形での全抵抗係数 f を算定し、つづいて水路のみに対しての摩擦抵抗係数 f_w の測定結果(Fig.2)を用い、側壁の影響を補正して河床のみの f_b を算定した。この場合の f に対する流量は、主流の流量 Q_m と浸透層内の流量 Q_p の合計値 $Q = Q_m + Q_p$ を、また水深は主流の水深 h を使用した。側壁の影響はVanoni-Brooksの方法により補正した。 f は $f = \frac{8}{C^2} = 8 \left(\frac{U_{*0}}{U_*} \right)^2$ により定義した値である。このようにして求めた f_b と相対水深 h/d_{84} の関係をプロットした例をFigs3～5に示す。
 $\frac{1}{\sqrt{f_b}} = 2.03 \log \left(\frac{ah}{d_{84}} \right)$ として層厚別に3種類の粒径全体に対して求めた係数 a をTable-2に示す。この表からわかる

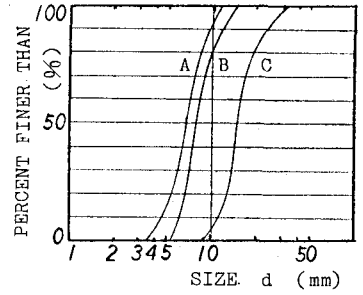


Table-1 礫特性

特性 \ 粒径	A	B	C
$d_m(\text{cm})$	0.639	0.863	1.617
$d_{84}(\text{cm})$	0.899	1.090	1.940
$d_{16}(\text{cm})$	0.583	0.785	1.410
$\sigma(\sqrt{d_{84}/d_{16}})$	1.24	1.18	1.17
比重	2.62	2.62	2.62
球状率	0.683	0.695	0.704
空けき率(%)	36.9	37.1	39.7

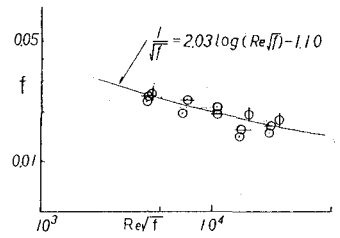


Fig.2

ように、層厚が厚くなるに伴い a の値が小さくなり、したがって抵抗も大きくなる傾向を示す。またエネルギー勾配 I_e が小さいほど、層厚による a の変化が大きいことが推察される。

Fig. 6 は係数 a と (層厚 h_p/d_{84}) の比の関係を示したものである。これは層厚の効果をさらにこまかく表現するものと考えられる。図中 h_p/d_{84} が 2 の場合の a の落ちこみは、主流に対して、もはや浸透層の効果よりも、砂礫自体が大きな粗度要素として働いているためと考えられる。また相対水深の小さい領域については、Fig. 5 の例のように、 f_b は相対水深の減少に伴って小さくなる傾向があるが、これは粗面と滑面乱流の遷移領域であることと、浸透流の効果を補正していないため f_b を過小評価したためと考えられる。

4. 浸透流量による補正： 以上に述べた結果は、見掛上の主流の平均流速 $U = Q/(h \cdot B)$ 、(B :水路幅) に対応する浸透層上の摩擦抵抗係数を検討したものであるが、ここでは次に示す浸透層内の平均流速 q_m を表わす式を使用して、 B 粒径に対する測定結果により、同式中の諸係数を算定し、これを用いて浸透流量 Q_p を求め、前述の見掛上の f_b について補正を行なった結果の一例を Fig. 7 に示す。Table - 3 に補正前後の a の値を示す。式は $(1 + CR_k) q_m = (K g / \gamma)^{1/2} I_e$ 、 $R_k = \sqrt{K} q_m / \gamma$ 、ここに K は比例定数 (cm) で層厚にかかわらず $1.0 \times 10^{-3} cm$ 程度で、 C も比例定数で層厚 4, 8, 12 cm で、それぞれ 0.3554, 0.5068, 0.5225 であった。

5. まとめ： 以上初歩的な実験結果ではあるが、浸透層の存在は、主流の摩擦抵抗に大きく影響を及ぼすことがわかる。全般的には浸透層厚が厚いほど流水抵抗も増大する傾向にある。但し浸透層厚がある程度の厚さに達すると、摩擦抵抗係数の増加がにぶくなり、ある値に接近する傾向を示す。

浸透層のある平坦河床の流れの抵抗は、河床材料の特性、層厚、動水勾配などに支配されるので、実験及び実河川の資料を多く収集し、系統的に検討すれば、係数 a に対する評価が定量的に行なえるものと考えており、今後の課題としたい。

最後に、実験に当り本学工学部学生諸君の協力を頂いた。ここに謝意を表す。

参考文献

- 1) 中川・称律, 土木学会論文報告集, 第244号, 1975年
- 2) 神田・喜久里・佐伯, 第33回 土木学会年講, 1978年
- 3) 山田・川端, 土木学会論文報告集, 第325号, 1982年
- 4) 日野・山田・川端・太田, 第24回 土木学会水講, 1980年

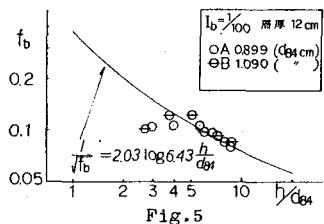
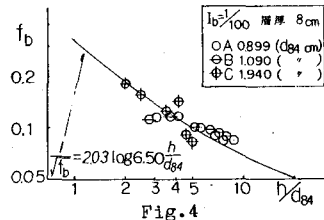
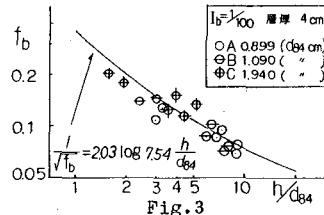


Table-2 係数 a

l_b 層厚	4 cm	8 cm	12 cm
$1/500$	8.75	5.14	4.27
$1/100$	7.54	6.50	6.43

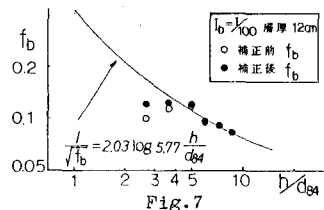
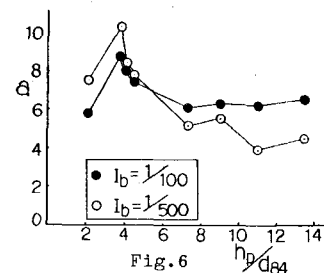


Table-3 係数 a $l_b = 1/100$ B粒径

補正 層厚	4 cm	8 cm	12 cm
補正前	8.71	6.14	6.22
補正後	8.43	5.88	5.77