

粗面河床上の棧粗度による流れの抵抗

大阪府立工業高等専門学校

○阪本吉一(正) 多田博登(正)

1 はしがき

棧型粗度の高さ k とその間隔 l に関する流れの抵抗特性は、その比が10において抵抗が最大になることが言われている。しかし流れの抵抗は本質的には l/k だけではなく、レイノルズ数、棧高と水深の比、および棧の置かれている河床の粗さにも関係すると考えられる。特に河床粗さが異なる場合、河床粗度要素相互の減速効果が集合すると考えられる。本研究はこれらの流れの永理機構を実験的に解明することを目的とするが、まず水深、平均流速等の巨視的永理量と抵抗の関係について述べ、その機構を示すと思われる流速分布に関して若干の検討を行なった。

2 実験

実験は幅30cm、高さ30cmの矩形断面を持つ延長10mの鋼製可変勾配水路を用いて行なった。河床には、滑面としてアクリル板(このケースをSとする)、粗面としてアクリル板表面に粒径3mm(R1)および6.8mm(R2)のほぼ均一な砂粒を接着材ではりつけたもので計る種類を河床面とした。棧は断面が6mm×6mm(または5.8mm)の松棒を、流れの方向と直角に適当な間隔において規則的に上述の河床上にはりつけた。棧間隔 l と棧高 k の比は、従来の実験を参考にして、10、20、40、および棧なしの4種類とした。河床勾配は $1/1000 \sim 1/50$ 流量は5~25 l/sec の範囲として棧間隔による抵抗係数の影響を調べた。次に同じ河床の状態で(R2- $l/k=20$)、等流水深7.5cmの実験を行なった。流速分布は、径5mmの超小型フロウ流速計を用いて測定した。

3 実験結果と検討

図-1は、各ケースにおける棧を配置した場合の摩擦抵抗係数 f ($=2(\tau_w/\rho)^2$)と同一の河床勾配と流量において棧なしの場合の f_0 との比を l/k で示したものである。図から河床が滑らかである程 $l/k=10$ において抵抗が大きくなるが、ケースR2になると $l/k=10$ と20では、ほとんど変化しない。また河床勾配が小さい程 f/f_0 の値が小さく、また流量が異なる場合でも、ほぼ等しいように現われているが、これは実験範囲が小さいことによる見かけ上の傾向であると考えられる。次元解析の手法を用いて全抵抗をあらわすと

$$f = \phi_1\left(\frac{l}{k}, \frac{k}{h}, Re\right) \cdot \phi_2\left(\frac{k_s}{h}, Re\right)$$

となる。関数形 ϕ_2 は棧を置かない

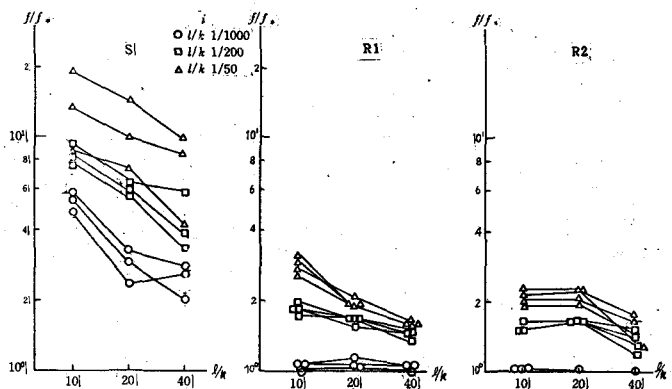


図 1-1, 2, 3, 棧間隔による抵抗係数の影響

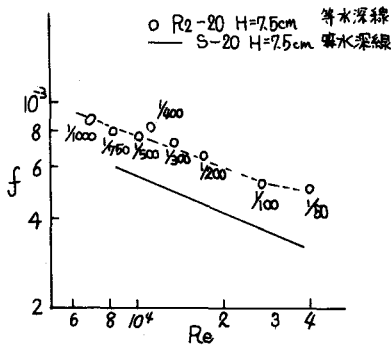


図-2 $f-Re$

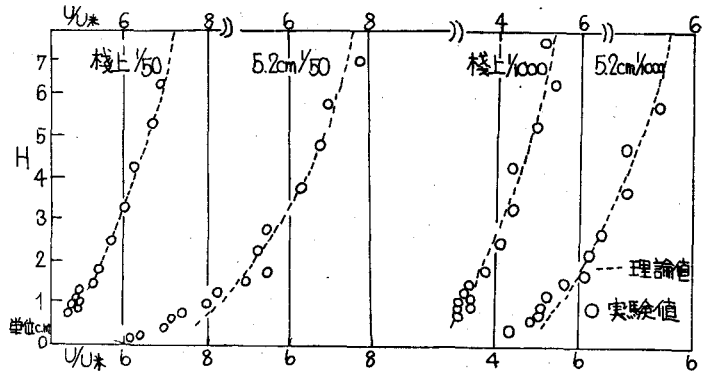


図-3 流速分布

場合の河床の抵抗で砂粒子が移動しない場合であり、 ϕ は棧を配置することによる抵抗の増加分、 l/k 、 k/h 、の幾何特性と抗力係数に關係する。抗力係数は棧に作用する流速を u とすれば u/k の関数で $u/k \cong U/k \cong \sqrt{f/2} \cdot \phi \cdot Re$ となるから、更に f との相互作用が予想される。なお ϕ は、棧を配置しない場合すなわち $l \rightarrow \infty$ 、または $k \rightarrow 0$ であるとき 1 に収束する関数であると考ええる。なお水深の基準は滑面ではアクリル板面を、粗面では砂粒の頂面をとった。

図-2 は等水深 7.5 cm の実験で、抵抗係数 f とレイノルズ数 Re の関係である。これは河床の粗さと水深の影響を等しくしたもので、抵抗係数に影響を与える要素としては、レイノルズ数だけであると考えられる。

図-3 は代表的な流速分布である。流速分布形状の変化を定量的に見ると 1.7 cm までの主流域では、速度欠損で棧上や棧間では相似則が成立している流れである。流速分布形状は水面～水深 1.7 cm までの主流域と考えられるところを対数則の 5.75 勾配になるよう最小二乗法にて求めた、それらを図-4 に示す。その原点である仮想基面位置を、5.75 の勾配を持つ直線上からはずれる位置を、図上にプロットした。仮想基面は棧上付近で最大となり次第に河床に近づく傾向がある、レイノルズ数の小さい $1/1000$ 、 $1/200$ である場合は、棧上付近で最大点がみられる。基面の大きくなる点は流速分布の勾配がきついためであり、この背後には“みだれ”が発生していると思われる。対数則 5.75 の直線上からはずれる点においては、レイノルズ数の小さい $1/1000$ の方が $1/50$ の方より高い位置にくる。レイノルズ数による抵抗の変化は対数法則であらわせば、仮想基面位置と対数法則からはずれる部分が異なることによって特性が現われていると思われる。

<参考文献> 足立昭平：人工粗度の実験的研究，土木学会論文集

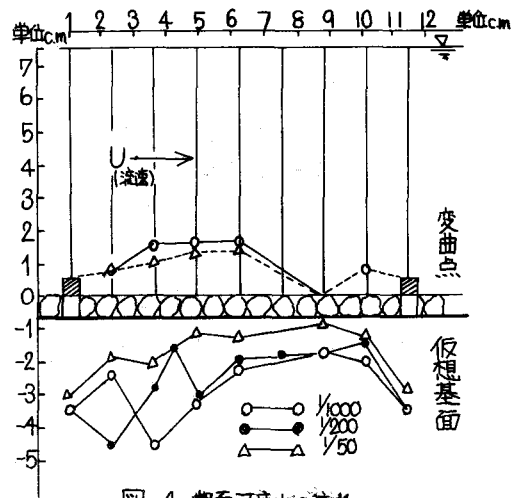


図-4 粗面河床上の流れ