

II-27 礫床河川の流れの抵抗に及ぼす巨礫の影響に関する基礎実験

日本大学工学部 正員 高橋 迪夫
日本大学工学部 正員 木村 喜代治

1. ま え が き

山地礫床河川は、相対水深の小さな急勾配流れとして特徴づけられる。このような流れにおける抵抗特性には、河床面から突出して点在する巨礫が大きな影響を及ぼしているものと考えられる。

離散的な粗度を有する開水路流れにおける抵抗特性については、従来より多くの研究^{1)~4)}が遂行され、粗度の配列あるいは密度の相違によって、抵抗等の水理特性量が変化することが指摘されている。しかしながら、この特性の変化を、粗度近傍の流れの構造あるいは個々の粗度に作用する流体力の特性の変化の面から言及した報告は、それほど多くは見受けられない。

本報は、前報に続き^{4), 5)}、礫床河川に点在する巨礫が、その間隔、密度の変化によって流れの抵抗特性にどのような影響を及ぼすかを明らかにする1ステップとして、相対水深の小さな流れを対象として、半球粗度の種々の間隔における剥離長さ、抗力係数、抗力変動等の特性の変化を実験的に検討したものである。

2. 実験装置および方法

実験には、幅 $b=22.9\text{cm}$ 、高さ 20cm 、長さ 4m の亚克力製開水路が用いられた。粗度要素は、半径 $k=1.00\text{cm}$ のプラスチック製半球である。ただし、剥離長さの計測には、一部、 1.92cm の半球が使用されている。抗力の計測には、実験に使用したものと同一の半球粗度を張りつけた直径 2.1cm の円形シアータブルと平行バネ構造を有する抗力計が用いられた。剥離長さの計測は、過マンガン酸カリウム溶液をトレーサとして用い、これを注射器で水路床上に静かに注入することによって目視観測した。主な使用記号は、Fig. 1に説明されている。

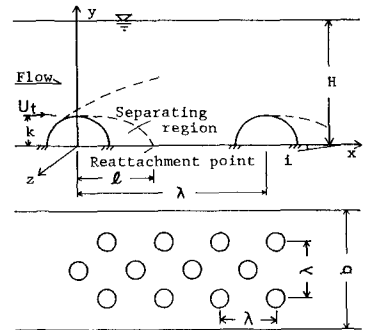


Fig. 1 流れの模式図

3. 実験結果および考察

(1) 剥離長さ: Fig. 2および3は、それぞれ、粗度間隔 λ/k およびフルード数 Fr ($\equiv U_m/\sqrt{gH}$)に対する粗度の流下中心軸上の剥離長さ ℓ の変化を示したものである。ただし、剥離長さは、半球粗度の中心から流速の時間的な平均が0、すなわち、順流と逆流が同程度に生ずる位置までの長さとして定義されている。Fig. 2より、剥離長さは粗度間隔が小さくなるに伴い減少していくことがみられる。これは、粗度間隔が小さくなるのに伴い、粗度上方あるいは側方からの粗度背後への流れ込みがより強く生じてくることに起因していると思われる。

また、Fig. 3より、フルード数の増加と共に、剥離長さは若干減少していく傾向を持つことが認められる。これは、フルード数の増加と共に、せん断層において生成される剥離渦がより強くなり、その結果、剥離渦による剥離域内

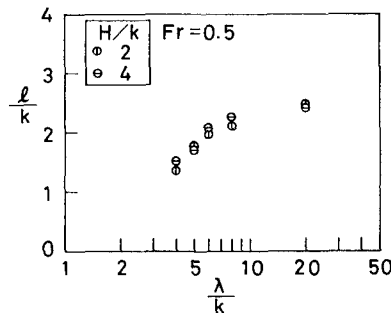


Fig. 2 粗度間隔による剥離長さの変化

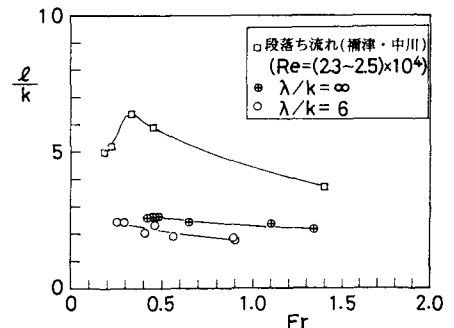


Fig. 3 フルード数による剥離長さの変化

の流体の連行がより強くなり、剥離域が小さくなるためと考えられる。なお、レイノルズ数に対しても、その増加と共に、剥離域が幾分減少することが認められている。

(2) 流れの抵抗: Fig. 4は、粗度間隔の相違による相当粗度 k_s の変化を示したものである。ただし、水深基準面は、水路底面とした。また、 R_b は、底面に属する径深であり、ここでは、簡便なEinstein法によって算出された。なお、図中の実線は、足立のイボ型粗度に対する式を表している。データ数が少ないために詳細な検討は出来ないが、本報の相当粗度は、足立式に比べるとやや小さい値を示している。これは、主に粗度の形状の相違に起因しているものと思われる。Fig. 5は、粗度間隔の相違による全抵抗力に対する抗力の分担率の変化を示したものである。ただし、抗力 F_D は、抗力計によって計測した値を用い、また全抵抗力 F_t は、 $F_t = \rho g S H i$ 、ここに、 S :粗度要素1個当たりの占める水路底面の面積、から算定した。図より、当然のことながら、粗度間隔が密になるに伴い、全抵抗力に占める抗力の割合が増大してくることがわかる。なお、 $\lambda/k = 3$ において抗力の分担率が減少するのは、上流側の粗度によって粗度の一部が遮蔽されることに起因している。

(3) 抗力係数: 抗力係数 C_D は、

$$C_D = F_D / \frac{1}{2} \rho U^2 A$$

によって求められる。ここに、 F_D :抗力、 ρ :水の密度、 U :流れの代表流速、 A :流れに垂直な面への粗度投影面積。

Fig. 6は、代表流速として粗度頂面における流速 U_t を用いて求められた抗力係数 C_{Dt} と、粗度間隔との関係を示したものである。また、Fig. 7は、粗度間隔の相違による抗力変動係数 C_{vD} ($\equiv \sqrt{(F_D - \bar{F}_D)^2 / \bar{F}_D}$)の変化を示したものである。これらの図より、粗度間隔が密になるに伴い、抗力係数、抗力変動係数は、共に幾分増大する傾向を示している。

データ数が少なく、ばらつきもあるので、今後さらにデータを増

やして、相対水深、フルード数の影響に対する諸特性の変化を系統的に検討していく必要がある。

計測・解析に尽力いただいた平成元年、2年度の卒業研究生に深く感謝の意を表します。

<参考文献>

- 1) 足立: 土木学会論文報告集, 1964.
- 2) 神田, 他: 土木学会論文集, 1985.
- 3) 岡部, 他: 新砂防, 1986.
- 4) 岡部, 他: 水工学論文集, 1990.
- 5) 高橋・木村: 土木学会東北支部概要, 1987.
- 5) 高橋・木村: 土木学会東北支部概要, 1989.

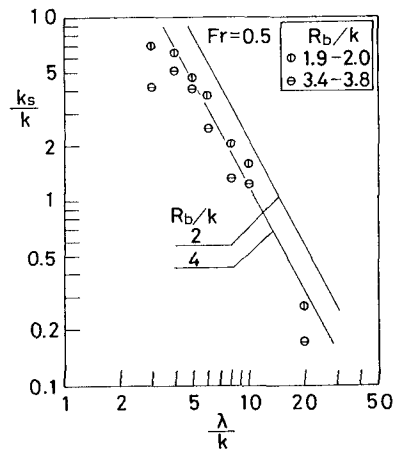


Fig. 4 粗度間隔による相当粗度の変化

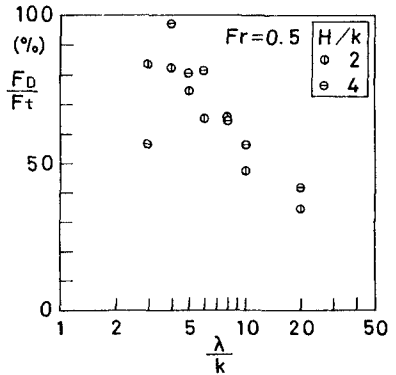


Fig. 5 粗度間隔による全抵抗力に対する抗力の分担率の変化

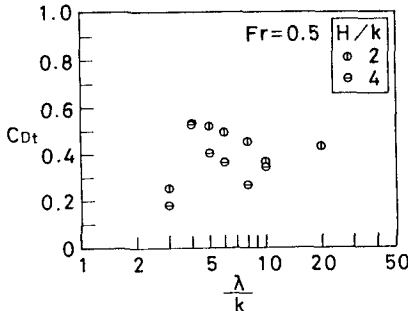


Fig. 6 粗度間隔による抗力係数の変化

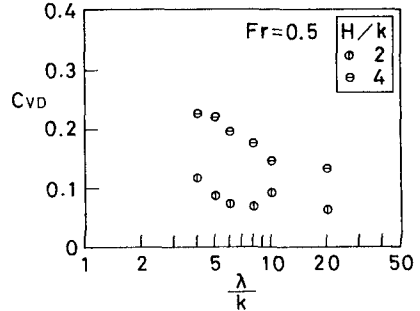


Fig. 7 粗度間隔による抗力変動係数の変化