

開水路浮遊砂流の抵抗特性に関する実験的研究 (4)

京都大学防災研究所 正員 今 本 博 健
 京都大学防災研究所 正員 大 年 邦 雄
 京都大学大学院 学生員 ○ 二 宮 純

1. はじめに

著者らは、従来より開水路流れの抵抗特性に浮遊砂が及ぼす影響について、系統的に水理条件を変化させた詳細な実験を行い、粗面上の流れは浮遊砂の存在によって抵抗係数が減少するが、滑面上の流れでは逆に増加するという注目すべき実験結果を得ているが¹⁾、この滑面上の流れの抵抗係数が増加するという現象は従来の予見²⁾とは異なるものであり、また滑面・粗面の両者について統一的に説明を行うには至っていない。したがって、本報告では、新たに得られた計測結果をこれまでの結果に加え、より広範な水理条件のもとの抵抗係数と浮遊砂濃度の関係について検討を行うことにより、浮遊砂流の水理特性についての統一的説明に役立てようとしている。なお、抵抗係数 C_f は摩擦速度 U_f と断面平均速度 U_m を用いて $C_f = 2(U_f/U_m)^2$ と表示され、同一流量の清水流の抵抗係数 C_{f0} で基準化している。

2. 実験結果および考察

図-1は滑面上の浮遊砂流においてフルード数 Fr を一定に保ちレイノルズ数 Re を種々変化した場合の、抵抗係数比 C_f/C_{f0} と浮遊砂の断面平均重量濃度 C_m との関係を示したものである。図より、200ppm程度の低濃度においては C_f/C_{f0} はほぼ1に等しく清水流と差異がないが、 C_m が増加するにつれて C_f/C_{f0} は次第に増大し、 $C_m=6000$ ppmでは約1割の増加を示している。また、この抵抗係数の増加に対する Re の影響はこの図からは見い出せない。図-2は同じく滑面上で Re を一定に保ち Fr を4種類変化した場合の C_f/C_{f0} と C_m の関係を示したものである。個々の計測値には若干の計測誤差が含まれているためある程度ばらつきはあるが、いずれの Fr においても C_m の増加に伴って C_f/C_{f0} が増大し、 Fr の大きいものほど増加の割合が小さいことが認められる。 $Fr=1.0$ の場合は濃度が高くなると路床に堆積を生じたため低濃度時の計測値と比べて比較できないが、たとえば $C_m=4000$ ppmにおいて Fr が大きい順に C_f/C_{f0} は約1.08, 1.16, 1.25 とかなり値が異なり、 Fr が抵抗係数と浮遊砂濃度の関係に大きく影響を及ぼすことがわかる。

図-3は固定床粗面上(路床粗度高 $d_s=0.39$ cm)の浮遊砂流において Fr を一定に保ち Re を変化させた場合に

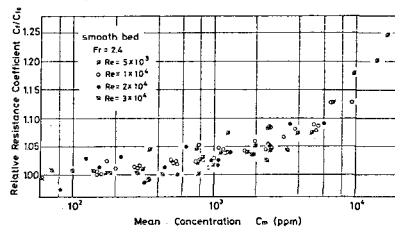


図-1

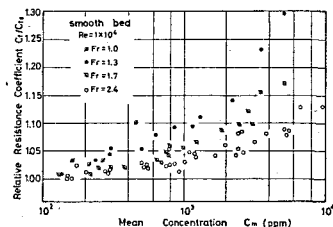


図-2

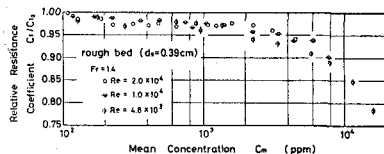


図-3

ついて示しているが、滑面の場合とは逆に C_m の増加に伴って C_f/C_0 は減少している。また、抵抗係数の減少に対する Re の影響はほとんど認められない。次に図-4 (a)~(c) は3種類の粗面上 ($d_s = 0.24, 0.39, 0.61$ cm) で Re を一定に保ち Fr を変化した場合の C_f/C_0 と C_m の関係を示したものであり、いずれの場合も水理学的に完全粗面の状態であることが確認されている。(a)~(c) の各図とも図-3と同様に C_f/C_0 は C_m の増加とともに減少し、また Fr の小さいものほど減少の度合いが大きいことがうかがえる。

以上のように、 C_m の増加に伴って滑面上では抵抗係数が増大し、粗面上では減少するという全く逆の現象となるものの、 Re と Fr が抵抗係数と濃度の関係に及ぼす影響に着目すれば、 Re が明確な効果を示さないのに対し、 Fr が小さいほど抵抗係数の変化量が大きいという滑面、粗面上の流れに共通した特性が認められる。

また、 C_f/C_0 と C_m の関係に d_s が及ぼす影響を検討するために、図-4 (a)~(c) の $Fr = 1.3$ の場合を取り出してまとめたものが図-5であるが、 d_s が小さい方が抵抗係数の減少の度合いが大きいことがわかる。滑面 ($d_s = 0$) における結果も加えて $C_m = 3000$ ppm に対応する C_f/C_0 の値を図示すれば図-6 のようになり、 Re 、 Fr および C_m が一定のもとでは d_s の変化に伴って C_f/C_0 は破線で示したような変化をすると考えられる。この現象は、浮遊砂の存在により路床粗度の影響が緩和されることにより C_f が減少する作用と、浮遊砂の存在によって2次流が安定し C_f が増加する作用とにより説明できるようなものと考えられるが、それを立証するには不完全粗面上における計測をはじめとして種々の検討を行う必要がある。

3. おわりに

以上のように、開水路浮遊砂流の抵抗特性のうち抵抗係数 C_f について実験的検討を加えてきたが、上述のように不完全粗面を含め路床粗度を系統的に変化させた実験を行って、浮遊砂流の抵抗特性および乱れ特性について検討を加えるとともに、浮遊砂流の水理特性についての統一的説明を目的とした研究を今後進めてゆく予定である。

参考文献

- 1) 大年・今本・二宮：開水路浮遊砂流の抵抗特性に関する実験的研究(3)，第33回年講，II-292，1978。
- 2) 日野幹雄：河川の乱流構造，土木学会水理委員会水工学シリーズ，66-07，1966。

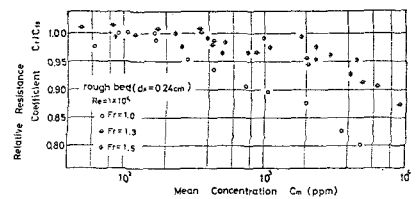


図-4 (a)

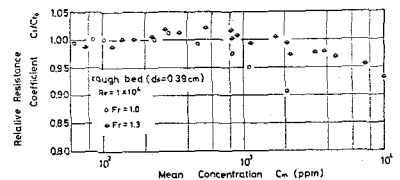


図-4 (b)

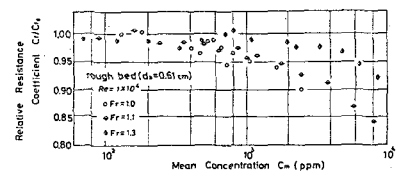


図-4 (c)

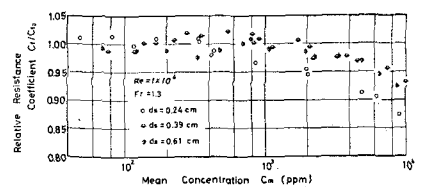


図-5

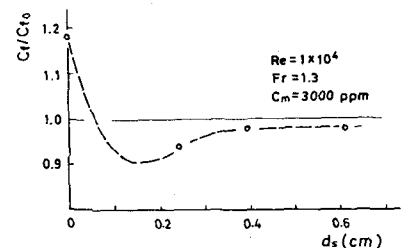


図-6