

京都大学大学院 学生員 二 宮 純
 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

1. はじめに

開水路浮遊砂流の抵抗特性に関する実験的研究は、Vanoni¹⁾以来、主として粗面上の流れを対象にして行われており、滑面上の流れに関する研究は極めて少ない。著者らは、従来より滑面および粗面上の浮遊砂流における抵抗係数と濃度との関係および平均速度分布に関して実験的に研究してきているが、本報告では、実験装置および方法を改善しつつ、より詳細な追実験を行うことにより、これまでの成果を検討し直した。抵抗係数と濃度との関係については既報²⁾で発表しており、ここでは平均速度分布に焦点を当てて検討する。

2. 平均速度分布

滑面および粗面(粗度高 $d_s = 0.61\text{ cm}$)上の清水流と浮遊砂流において計測された平均速度分布の一例を、路床からの高さ y に対して示すとそれぞれ図-1および図-2のようになる。滑面上の浮遊砂流は清水流に比し大きな水深を示すとともに、全水深にわたり速度が減少しているのに対し、粗面上の浮遊砂流では小さな水深を示すとともに、速度は全水深にわたり増加している。また、浮遊砂流と清水流との同一高さにおける速度差に着目すると、滑面では路床近傍ほど速度減少が著しく、粗面では水面近傍ほど速度増加が著しくなっており、いずれの場合についても、速度勾配は浮遊砂流のものが大きくなっている。図-3および図-4は、それぞれ滑面および粗面上の速度分布を対数表示したものであるが、両図より清水流および浮遊砂流の速度分布はいずれについても十分対数則近似でき、対数則の適合性の高いことが認められる。しかしながら、速度が対数的に変化するいわゆる対数則層(log-law region)は $40U/\nu < y < 0.2H$ の領域であるが³⁾、本実験における計測点は相対水深が $0.15 < y/H < 0.9$ の領域にあり、ほとんどがこの領域より上側の外部層(outer layer)におけるものであるため、いわゆる対数則に用いられるカルマン定数および積分定数の値はNikuradseによる円管流の実験より定められた値に一致するとは限らない。

3. カルマン定数および積分定数

前述したように、滑面および粗面上の清水流ばかりでなく、浮遊砂流に対しても外部層における平均速度分布が対数則、すなわち

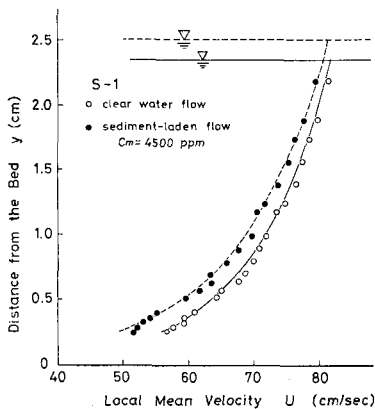


図-1

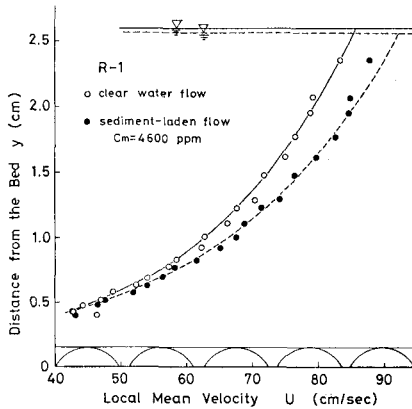


図-2

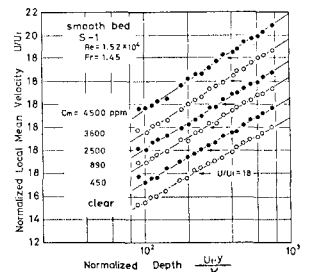


図-3

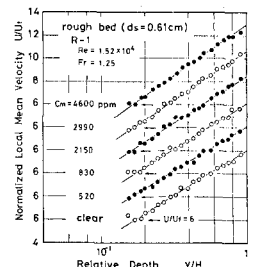


図-4

$$\text{滑面: } \frac{U_*}{U_*} = A_s + \frac{1}{K} \ln \frac{U_* y}{\nu} \quad \left(\frac{U_* k_s}{\nu} < 5 \right)$$

$$\text{粗面: } \frac{U_*}{U_*} = A_r + \frac{1}{K} \ln \frac{y}{k_s} \quad \left(\frac{U_* k_s}{\nu} > 70 \right)$$

を用いて十分近似されることが確認された。ここに、 A_s および A_r は積分定数、 K はカルマン定数、 k_s は相当粗度高を表わす。

いま、上式を用い、 $0.15 < y/H < 0.9$ の領域における計測値に最小自乗法を適用し、外部層におけるカルマン定数と濃度との関係を滑面および粗面に對して示すと図-5および図-6のようになり、滑面および粗面のいずれについてもカルマン定数は濃度とともに減少する傾向を示している。なお、著者らは従来の報告において、滑面上のカルマン定数は浮遊砂濃度とともに増加するという実験結果を示してきたが、これは水理条件の差異のほかカルマン定数の算定に用いた流速分布の領域の取り方に問題があったためと思われる。

図-7および図-8は、それぞれ積分定数 A_s および A_r と濃度 C_m との関係を示したものである。ただし、 A_r の算定においては、 k_s は浮遊砂流においても不変で $k_s = d_s$ という仮定を置いている。図よりわかるように、 A_s は C_m の増加に伴って減少する傾向があり、これがカルマン定数の減少にもかかわらず、抵抗係数を増加させることになるものと考えられる。また、 A_r は C_m の増加に伴って増加する傾向があり、カルマン定数の減少と合わせて、抵抗係数を減少させることに結びついている。

図-9は、 A_r は浮遊砂流においても不変であると仮定して、 k_s と C_m との関係を評価したものであるが、このような仮定のもとでは、 k_s は C_m の増加とともに減少している。このことより、浮遊砂の存在によって路床粗度の影響が緩和されると考えれば、粗面上の浮遊砂流における抵抗係数の減少も理解されるものと思われる。

4. おわりに

本報告は、滑面および粗面上の開水路浮遊砂流における平均速度分布に焦点を当て、対数則の適合性ならびにカルマン定数および積分定数と濃度との関係について検討し直したものである。以上の成果をふまえ、今後は開水路中立粒子浮遊流へと研究を進展させる方針である。

参考文献

- 1) Vanoni, V.A.: Trans. ASCE, Vol. 111, pp. 67~102, 1946.
- 2) 今本・大年・二宮：開水路部年講，II-18，1979.
- 3) Bradshaw, P.: Turbulence, Springer-Verlag, 1976.

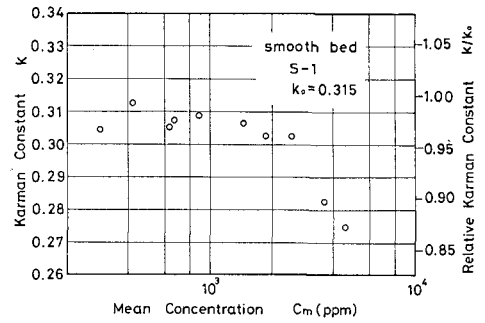


図-5

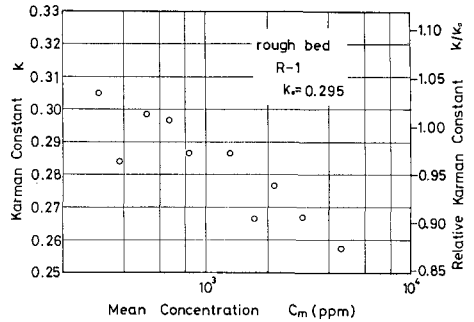


図-6

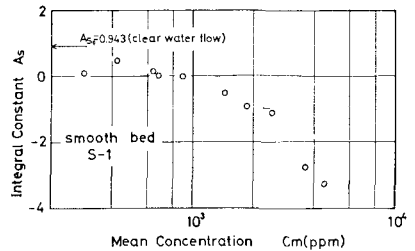


図-7

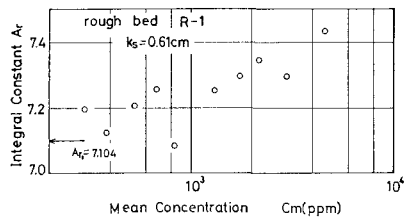


図-8

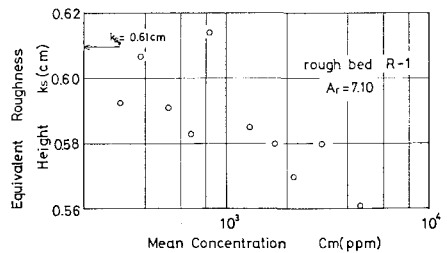


図-9