

固液混相開水路流れの濃度分布特性に関する実験的研究

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 〇 吉 村 庄 平

1. はじめに

固体浮遊粒子の濃度分布式として従来より種々提案されているものの中でも、計測値との適合性および分布形状の簡便さという観点より、以下に示すRouse式が最も優れているとされている。

$$\frac{C}{C_a} = \left(\frac{H-y}{y} \frac{a}{H-a} \right)^{Z_1}, \quad Z_1 = \frac{U_b}{\beta K U_*} \quad (1)$$

ここに、 C および C_a はそれぞれ路床からの高さ y および $y=a$ における固体粒子の体積濃度、 H は水深、 U_b は沈降速度、 β は比例定数、 K はカルマン定数、 U_* は摩擦速度である。しかし、分布式の適合性を検討した従来の研究では、砂粒子を対象としたものがほとんどである。そこで、著者らは、固体粒子の比重 γ として2.65 ($d_m=0.0105\text{cm}$), 1.45 ($d_m=0.0115\text{cm}$) 1.05 ($d_m=0.0337\text{cm}$) の3種、砂粒子については3種の粒径($d_m=0.0063, 0.0105, 0.0151\text{cm}$)を用い、平坦固定床上の開水路流れに対するRouse式の適合性および式の中に含まれるパラメータについて検討を加える。

2. 実験結果および検討

$\gamma=1.05$ および 1.45 の固体浮遊粒子についての濃度分布計測値の事例を両対数紙上にプロットしたものが図-1, 2である。図において計測値の直線性が極めて良好であることから、 $\gamma=1.05$ および 1.45 のものについても分布形状は式(1)のRouse式十分に表わしうることがわかる。したがって、Rouse式の適合性の検討は指数 Z_1 と水理量との関係を検討することに帰着するが、 Z_1 における U_b , U_* および K は既知量として取扱われるため、結局、 β と水理量との関係を検討することに他ならない。

なお本研究では、摩擦速度は $U_* = \sqrt{g H J_b}$ 、 K は平均速度分布からの実測値を用いている。また、

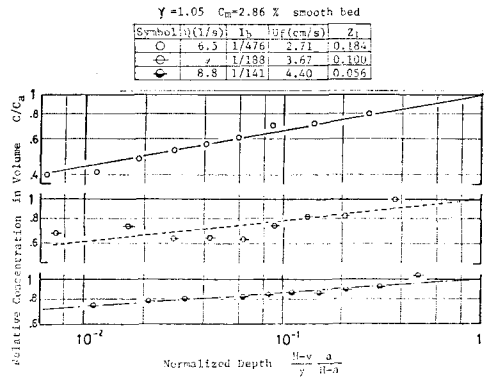


図-1 濃度分布計測例 ($\gamma=1.05$)

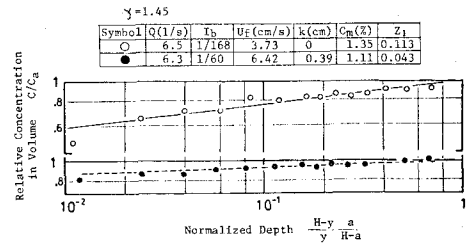


図-2 濃度分布計測例 ($\gamma=1.45$)

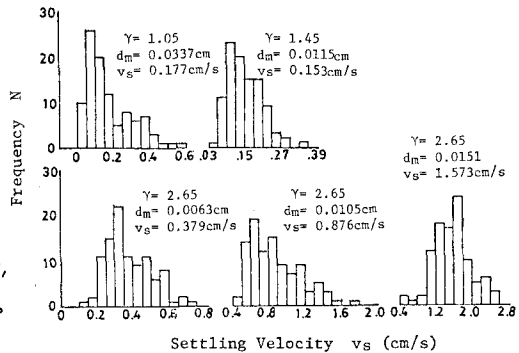


図-3 沈降速度の度数分布

Hirotake IMAMOTO, Kunio OHTOSHI, Shōhei YOSHIMURA

沈降速度は静水中で実測し、各粒子100個についての平均値を採用している。

図-3は、計測された沈降速度の度数分布を各粒子について示したものであるが、ほぼ均一粒径の粒子でも、形状等の影響により沈降速度はかな

りばらつており、これをいかに精度良く評価するが今後重要な問題となる。

図-4は、計測された濃度分布より求まる β 値を断面平均体積濃度に対して示したものである。 $\gamma=2.65$ の浮遊砂流では $\beta \approx 1$ であり、従来より指摘されている $\beta \approx 1.2$ とほぼ一致しているが、 $\gamma=1.05, 1.45$ の場合には $\beta \approx 1 \sim 5$ と非常に大きな値となっている。また、この場合には同一の C_m に対する β 値のばらつきも大きくなっている。これは β 値そのものが小さいため、 β のわずかな推定誤差が β 値に大きく反映することによるものであろう。

図-5および6は、 $\gamma=2.65$ の砂粒子で粒径のみを3種変化させた場合の β 値を、それぞれ、相対沈降速度 U/U_f および砂粒レイノルズ数 $U_f d_m/\nu$ に対して示したものである。ただし、この場合、 C_m はほぼ一定(0.26%)に保たれている。図において、滑面上の浮遊砂流と粗面上のそれとで β 値に若干の相異はあるが、 β は U/U_f および $U_f d_m/\nu$ の増加とともに減少する傾向を示している。

以上のことは次のように説明することもできる。浮遊機構では、浮遊粒子の比重および粒径は定として沈降速度 U として挽れに関与し、粒子輸送係数と運動量輸送係数の比である β 値は、固相の液相に対する遅れと渦運動による粒子の投げ出しという2つの効果の相対的な大きさに決まると考えることができる。 $\gamma=1.05$ および 1.45 の場合には U が小さいため、後者の効果が前者のそれよりも卓越するため β が1より大きな値となり、また、 $\gamma=2.65$ の場合には U が大きいので、2つの効果が同程度となり、 β がほぼ1になると考えられる。また、粒径の小さいほど U が小さくなり(ただし比重は一定)後者の効果が前者のそれよりも卓越するため、相対沈降速度および砂粒レイノルズ数の増大とともに β は減少する。

3. おわりに

本研究では、濃度が沈降速度に及ぼす影響を考慮しておらず、また沈降速度の推定にも問題が残るため、今後さらに詳細な検討が必要と思われる。

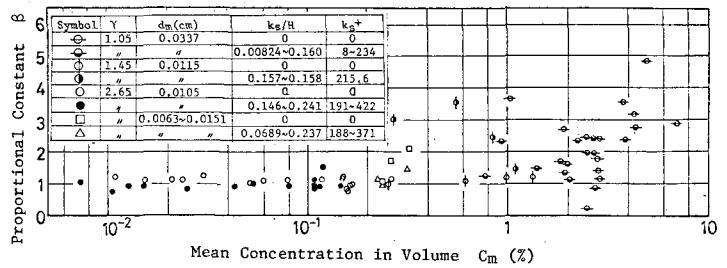


図-4 比例定数 β と断面平均体積濃度 C_m との関係

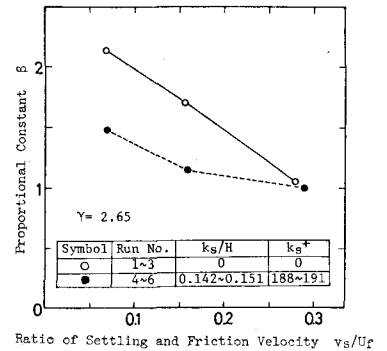


図-5 比例定数 β と相対沈降速度との関係

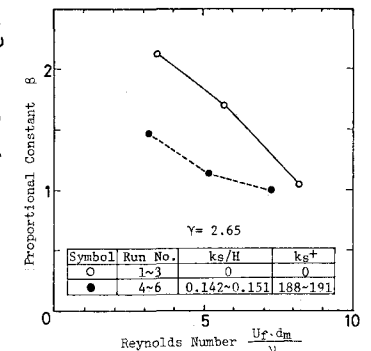


図-6 比例定数 β と砂粒レイノルズ数との関係

表-1 水理条件(図-5および6に於ける)

Run	d_m (cm)	Q (l/s)	I_b	H (cm)	U_f (cm/s)	Re	Fr
1	0.0063	6.835	1/50	1.78	5.91	1.56×10^4	2.30
2	0.0105	"	"	"	"	"	"
3	0.0151	"	"	1.79	5.92	"	2.28
4	0.0063	6.818	1/84	2.75	5.66	1.50×10^4	1.19
5	0.0105	"	"	2.67	5.58	"	1.25
6	0.0151	"	"	2.56	5.48	"	1.31