

II-283 固液混相流における体積濃度の抗力係数への影響

東北大学大学院 学生員 ○神山 尚人
東北大学工学部 正 員 佐藤 栄司
東北大学大学院 フェロー 沢本 正樹

1 はじめに

一般に、流体中におかれた物体に作用する抗力は、

$$D = \frac{1}{2} C_D \rho A u^2$$

で表され、 D は物体に働く抗力、 C_D は抗力係数、 A は物体の流れ方向の投影面積、 u は流速、 ρ は流体の密度を示す。実際の現象において、例えば砂の移動などは砂一粒が動くのではなく固相として動き、同じ流量が流れていても固相の体積濃度により流路面積が変化し、流速、抗力係数が変化して、その結果抗力が変化する。従って、固相の移動はその体積濃度によって変化するといえる。そこで、体積濃度の違いによる抗力係数の変化を求めるために実験を行った。

2 抗力係数の評価

まず、単一粒子にかかる力の釣り合いを考えると

$$\rho_s g V = - \int_S p \cos \theta dS + \int_S \tau \sin \theta dS$$

で表される。そして粒子と流れの相互に関するものを抗力とみなすと次の式が導かれる。

$$\frac{1}{2} C_D \rho \frac{\pi d^2}{4} u^2 = \frac{\pi g d^3}{6} \{ (\rho_s - \rho) + \rho \frac{dh_0}{dx} \}$$

ここで、 d は粒径、 ρ_s は粒子の密度、 $\frac{dh_0}{dx}$ は粒子がないときの圧力勾配である。ここで流速 u の取り扱いだが、これは実質流速のため

$$u = \frac{Q}{A_0} \frac{1}{1 - C}$$

で表される。ここに Q は流量、 A_0 はパイプ断面積、 C は粒子の体積濃度を表す。

3 実験方法

実験装置概略図を図-1 に示す。パイプはアクリル製の内径 160mm のものを用い、下から通水し粒子を浮遊させる。実験は、パイプに砂を 15~20cm の高さでいれておきバルブを徐々に開けて各開度において圧力をマンオメーターで、流量をバケツとストップウォッチで測定する。また粒子が浮遊した最大高さも測定する。この実験での各条件を表-1 に示す。

表-1:実験条件

粒径 $d(\text{mm})$	密度 $\rho_s(\text{g/cm})$	初期濃度 C_0
0.20	2.84	0.48
0.33	2.76	0.54
0.48	2.72	0.49
0.70	2.60	0.51
1.45	2.61	0.50
2.34	2.50	0.56
5.16	2.50	0.56

4 結果および考察

各粒子径を用い実験を行い、得られた結果を図-2～4に示す。図-2を見ると、流量（流速）が増すに連れて抗力も増し、浮遊高さが上がっていき、粒径が大きい方が上がり具合が緩いのが分かる。そして層流乱流に関わらず各ケースとも図に示してある四次の曲線で非常によく回帰できる。図-3において、粒子が浮遊し始めるあたり、つまり相対濃度が1付近では小粒径での抗力係数の低下率が他の領域に比べて大きくなったが、大粒径（ $d > 1\text{mm}$ ）ではこのような現象は見られなかった。これは濃度に対する流速の変化率が大きいことと各粒径の水中重量の違いによるものと思われる。図-4においては、各濃度別に見ると、固相が密になっている方が抗力係数が大きい。これは粒子の相互作用が大きく働くためと思われる。また、 $R_d < 10$ では各濃度間にはほぼ並行に保たれているが、 $R_d > 10$ では濃度間の差が大きくなった。

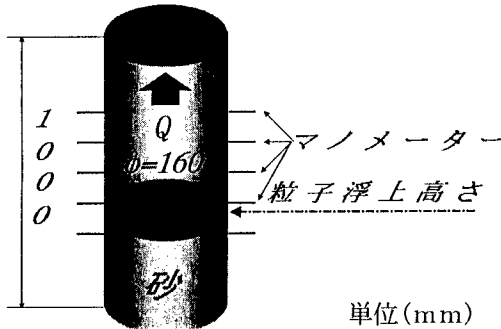


図 1: 実験装置概略図

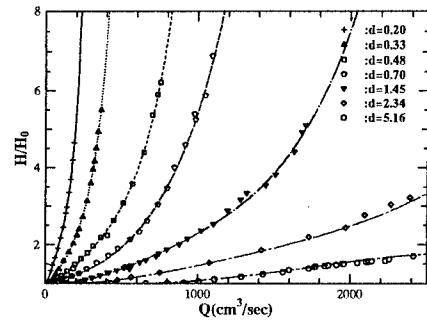


図 2: 流量と相対高さの関係

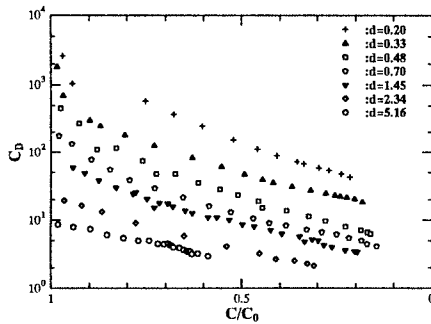


図 3: 相対濃度と抗力係数の関係

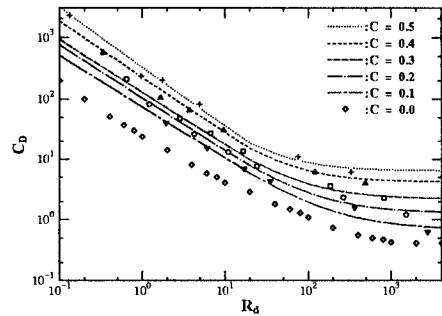


図 4: 体積濃度と抗力係数の関係

5 おわりに

粒子レイノルズ数が大きくなると、濃度変化に対する抗力係数の変化も大きくなる。

6 参考文献

振動流におけるシートフロー状低質運動に関する研究、李立亜 1994
土砂水理学 1 河村三郎著 森北出版