

## 流体中における粒子群の沈降特性

神戸大学大学院 学生員 〇草川直樹 西日本旅客鉄道 正 員 深田隆弘  
 神戸大学大学院 学生員 尾原正史 神戸大学工学部 正 員 篁 源亮

## 1. まえがき

粒子群を含む流れを固液混相流とみなして定式化し、固相と液相との間にはたらく内部力について考察する。そこで本研究では、静水中と流水中において粒径、粒子濃度、粒子速度、および流体速度を変化させた実験を行なうことにした。

2. 基礎方程式<sup>1)</sup>

混相流とみなした場合の各相の運動量保存則は次のようになる。

$$\epsilon_s \rho_s \frac{dU_s}{dt} = -\nabla(\epsilon_s P_s) + \nabla T_s + I_s + \epsilon_s \rho_s g \quad (\epsilon_r = 1 - \epsilon_s) \quad (1)$$

ここで、液相、固相の間に働く内部力は

$$I_r = -I_s = -\epsilon_r \alpha_1(\epsilon_s) \rho_r (U_r - U_s) - \epsilon_r \alpha_2(\epsilon_s) \rho_r \frac{d}{dt} (U_r - U_s) \quad (2)$$

で表される。液相、固相について(1)式をたて、それらを合成し(2)式を代入する。そこで定常状態を考え内部力の摩擦項に関する係数 $\alpha_1(\epsilon_s)$ について解くと、(3)式が得られる。

$$\alpha_1(\epsilon_s) = \frac{\epsilon_s \sigma - (1 - \epsilon_s)}{2(1 - \epsilon_s)(U_s - U_r)} g \quad (\text{sec}^{-1}) \quad (3)$$

## 3. 実験の概要

静水中における粒子群の挙動を調べる実験(以下実験aと称す)では、高さ1 m、幅2 m、奥行き10 cmのガラス製水槽を用いた。水槽上部には、粒子を均一に自由沈降させる装置が取り付けられている。流れの中における粒子群の挙動を調べる実験(以下実験bと称す)では、高さ1 m、幅70 cm、奥行き30 cmのガラス製水槽中で鉛直管路を用いて、ポンプで鉛直下方流れを作り、そこに粒子を落下させた。各実験において粒子速度は、写真撮影により求めた。流体速度を測定するために、74  $\mu\text{m}$ 以下の蛍光性微粉末をトレーサーとして粒子群に混入した。粒子濃度は、各実験において粒子の重量フラックスを求め、これより算出した。粒子として比重2.4の砂粒子を用いた。粒子に関する諸値は表-1に示す通りである。ここで、 $U_s$ は実験において求められた静水中における単一粒子の沈降速度である。 $U_0$ は実験bにおいて粒子群を含まない時の管路内の平均流体速度である。これらの実験により観察した流体速度、相対粒子速度、 $\alpha_1(\epsilon_s)$ と粒子濃度との関係を調べ、単一粒子との比較を行なう。

## 4. 実験結果と考察

図1は実験aにおいて静水中を運動する粒子群によって引き起こされる流体速度と濃度との関係を示した。粒子濃度の変化による流体速度の顕著な変化は見られなかった。図2に相対粒子速度と粒子濃度との関係を示す。粒子濃度が増加すると相対粒子速度が減少する傾向がある。これは、沈降時における粒子群の干渉によるものであると推測される。図3に実験a, bにおける粒子濃度と式(3)より求めた $\alpha_1(\epsilon_s)$ の関係について示した。粒子濃度の変化による $\alpha_1(\epsilon_s)$ の値の変化は小さく、ほぼ一定である。粒径が小さいほど $\alpha_1(\epsilon_s)$ の値は単一粒子の内部力の摩擦係数( $18\nu/d^2$ )に近くなる傾向がある。

表1 実験条件

| RON A, B | 粒径 (mm)    | $U_s$ (cm/sec) | 粒子 $R_n$ 数 |
|----------|------------|----------------|------------|
| sand S   | 0.495~0.84 | 8.2            | 57         |
| sand M   | 0.84~1.2   | 11.0           | 110        |
| sand L   | 1.2~2.0    | 15.8           | 253        |

$U_s$ : 単一粒子平均速度

| RON B  | $U_s$ (cm/sec) |
|--------|----------------|
| sand S | 10 18          |
| sand M | 10 18          |
| sand L | 10 18          |

$U_s$ : 単相沈時の平均流体速度

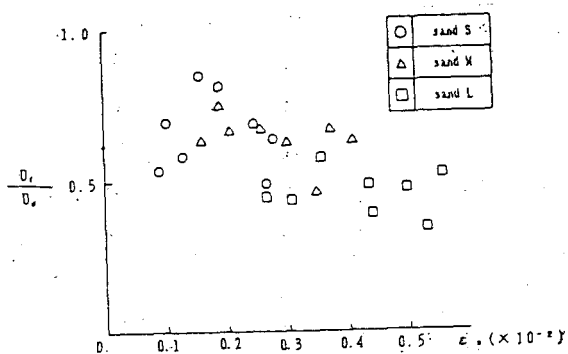


図1 流体速度と粒子濃度

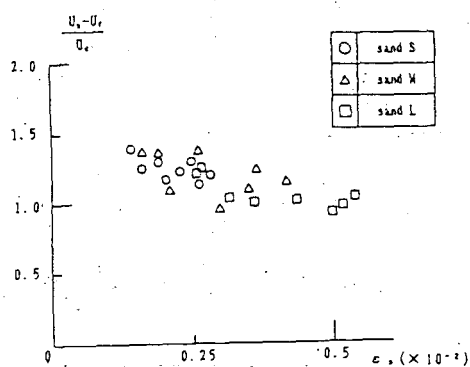


図2-a 相対粒子速度と粒子濃度

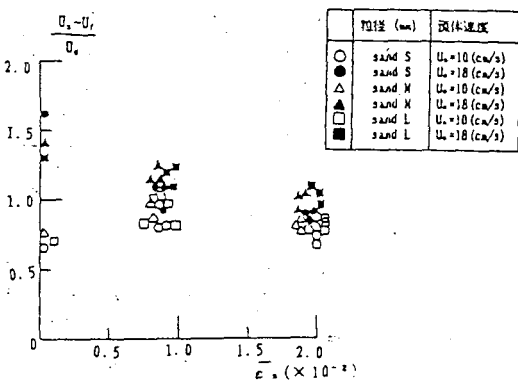


図2-b 相対粒子速度と粒子濃度

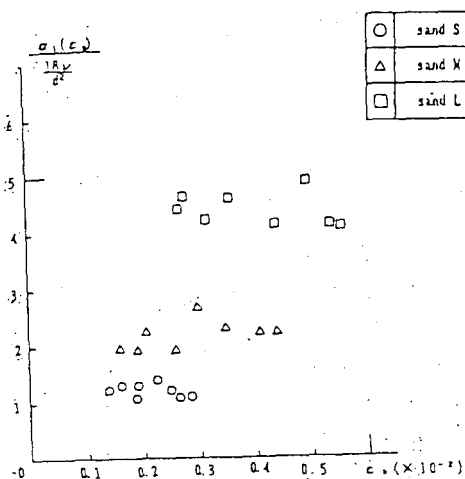


図3-a  $\alpha_1(c_s)$ と粒子濃度

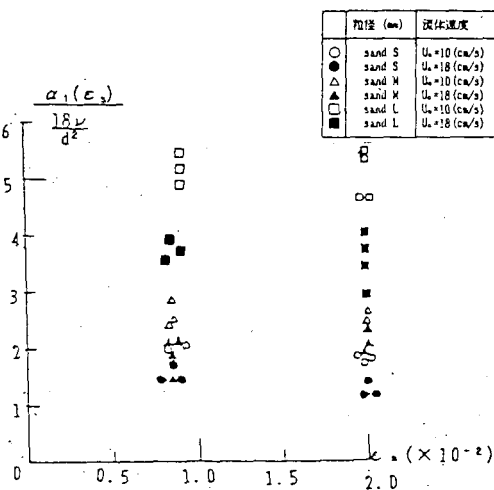


図3-b  $\alpha_1(c_s)$ と粒子濃度

参考文献 1) Motoaki Yano: Particle Tracking and Holography IAH