

海域で投下された土砂の沈降特性

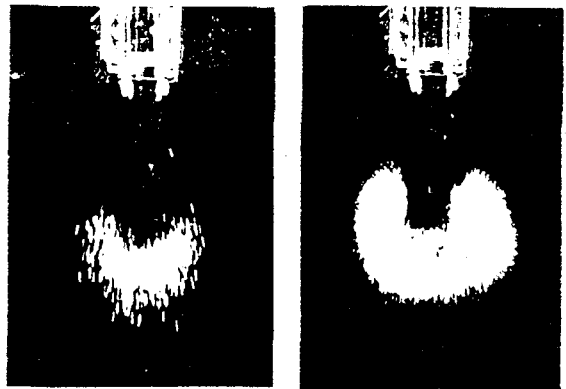
大阪大学工学部 正 員 室田 明
 大阪大学工学部 正 員 中辻啓二
 大阪大学工学部 正 員 玉井昌宏
 大 阪 府 正 員 浅川浩克

1. まえがき 底開バージより直投された土砂の落下挙動や堆積形状の予測に対して、単一粒子の運動方程式や拡散方程式を用いた解析が報告されている。¹⁾²⁾ しかしながら、土砂粒子間あるいは土砂粒子と水との相互作用や土砂と周囲水との比重差に基づく密度流効果等の未解明の問題が山積しており、これらの解析手法を適用することの妥当性については十分検討されていないのが現状である。したがって、適切な予測手法を確立するためには、土砂群の落下挙動の物理像を明らかにすることが肝要である。本研究では、投下から海底面の衝突に至るまでの自由落下過程における土砂の挙動特性を把握することを目的として、土砂直投をモデル化した二次元水理実験を実施した。

2. 実験の概要 実験は高さ130cm、幅90cm、奥行き90cmの前面ガラス張りの水槽の前面部15cmを仕切って行った。水槽内に設置した高さ10cm、幅5cm、奥行き15cmの底開バージを模倣した箱の底部を開口することにより供試土砂を投下した。粒子間の粒径や形状のバラツキを極力抑制するために、供試土砂として平均粒径 $d_{50}=0.8\sim5.0\text{mm}$ の4種類のガラスビーズを用いた。各々の粒径に対して投下量 Q を 75cm^3 、 150cm^3 、 300cm^3 の3段階に変化させ、12の投下条件の実験を行った。また、実験が非定常な流動を対象としていることに鑑み、各投下条件に対して2回以上の繰り返し実験を行うことにより、測定値の再現性を確認した。粒子の落下挙動はビデオシステムにより解析した。

3. 実験結果とその考察 ガラスビーズ粒子群の落下挙動を露出時間 $1/125$ 秒で撮影した。写真-1(a)、(b)の投下条件はそれぞれ $d_{50}=5.0\text{mm}$ 、 $Q=75\text{cm}^3$ と $d_{50}=1.3\text{mm}$ 、 $Q=300\text{cm}^3$ である。(a)は粒径が大きく且つ投下量の小さい場合に、また(b)は逆に小粒径で大投下量の場合に共通して観察される挙動パターンである。(a)におけるガラスビーズは、放出口からの放射状の散乱と重力による鉛直下向き落下との中間的な落下運動を呈している。個々の粒子の運動は不規則であり、粒子間相互の明確な関連性は認められない。粒子群の挙動が個々の自由沈降運動に支配されていると推察されることから、この挙動パターンを以下では自由沈降的挙動と呼ぶことにする。これに対して、(b)においては中心軸に関して対称に配置された循環が落下塊内に現れ、その後端部より周囲水が連行されているのが認められる。(a)において観られたような粒径規模の凹凸ではなく、混相流体塊全体の規模の凹凸が現れている。こうした挙動は浮力あるいは重力を瞬間的に放出した場合に形成される乱流サーマルに類似しているのは興味深い。これは、固体粒子が水に対して密度の増大として貢献していることの現れであると解釈できる。そこで自由沈降的挙動に対して(b)のパターンをサーマル的挙動と称することにする。

上述した落下挙動の定性的分類に基いて、ガラスビーズと周囲水との混相流体塊の形状特性および移動特性について検討した。



(a) 自由沈降的落下挙動

(b) 乱流サーマル的落下挙動

写真-1 粒子群の落下挙動

図-1 に落下に伴う混相流体塊の拡がり幅 W の変化を示す。(a) には可視観測から粒子群の落下が自由沈降的であると判断できる実験ケースを、(b) にはサーマル的挙動を呈するケースをまとめて図示した。縦軸と横軸はそれぞれ幅 W と流下距離 x であり、両軸ともに単位奥行き当りの投下量 q (cm^2) の平方根により無次元化した。拡がり幅は(b)において線形に増大しているのに対して、(a) では幅の増加率(以下では拡がり率と呼ぶ。)は緩やかに減少する傾向を示している。高さや幅の線形増大は乱流サーマルの形状特性の傾向に一致している。また、両図ともに粒径が小さいほど拡がり率は大きくなっている。単一粒子の沈降に伴う水平方向の分散が粒径と落下距離の積の平方根に比例することを助案すれば、粒子群の挙動が単一粒子の自由沈降運動の単純な重ね合せによって表示できないことがわかる。

図-2 (a), (b) にそれぞれ $d_{50}=5.0\text{mm}$ と 0.8mm における混相塊の落下速度 v の流下方向変化を示す。粒子の混入が流体の密度の増大に貢献すると予想されることから、投下量 q と粒子群の総浮力 $\epsilon g q$ より得られる速度スケール $(\epsilon g q^{1/2})^{1/2}$ により落下速度を無次元表示した。図中の実線は各投下量に対する自由沈降速度 W_d を、破線は乱流サーマル理論を今回の実験に適用して得た理論曲線を示す。 $d_{50}=5.0\text{mm}$ においては、いずれの投下量においても落下速度は概ね自由沈降速度に等しくなっている。一方、サーマル速度が自由沈降速度を上回る $d_{50}=0.8\text{mm}$ においては、投下量による分布の差違は認められず、乱流サーマル理論曲線と良好に一致していることがわかる。

以上の結果より、粒径と投下量により固体粒子群の落下挙動形態が変化し、特に比較的粒径が小さく、且つ投下量の大きい投下条件においては負の乱流サーマルに類似する挙動特性と示すことが明らかになった。

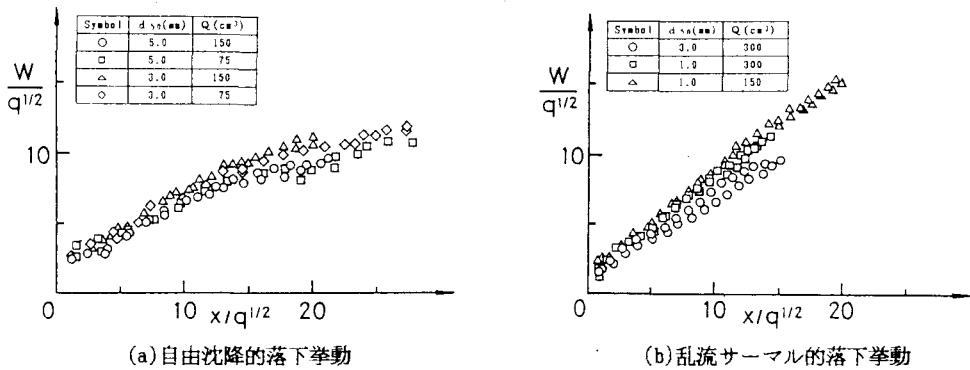


図-1 混相流体塊の拡がり幅の流下方向変化

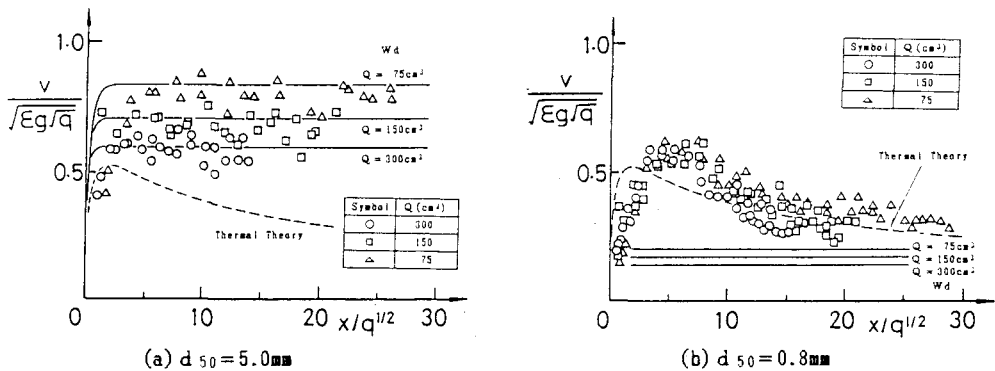


図-2 混相流体塊の落下速度の流下方向変化

- 参考文献) 1) 矢内・大槻: 第30回海岸工学講演会論文集, pp.613-616, 1983.
2) 小田・沢田・樋口・岩田: 第34回海岸工学講演会論文集, pp.281-285, 1987.