

1. はじめに

水中に粒子群が投入されたときの粒子群の運動に関する研究は、これまで数多く行われている。著者らも、数値計算によって沈降粒子群の運動の解析を行い、既往の実験結果と比較することによって数値計算手法の妥当性を確認し、粒子群の運動を定量的に予測できる段階に至っている^{1),2)}。しかし、土砂の投入とともに発生する濁りの発生・挙動に大きく関与すると想像される周囲の流体運動については、その計測が困難であることから既往の研究も数少なく³⁾、十分な議論がなされていないように思われる。そこで、本研究では水中に投入された粒子群によって誘起される流体運動を画像解析を用いて実験的に明らかにしようとするものである。

2. 実験概要

実験は、幅 1m、高さ 1.1m、奥行き 0.1m のアクリル製の水槽を用いて行った(図-1 参照)。粒子には直径 $d=3\text{mm}$ 、比重 3.91 のガラスビーズを用い、投入量を $V=50, 100, 150\text{cm}^3$ と変えて実験を行った。粒子投入器は、幅 5cm、高さ 10cm のアクリル製で、底扉は開扉速度 $\omega=90^\circ/\text{sec}$ でその中央から開くように設定し、水深は $h=10\text{ cm}$ で一定とした。

ガラスビーズを投入する前に、予め水中に浮遊粒子(合成樹脂塗料)を混入し、投入容器の底扉を開いた後のガラスビーズおよび浮遊粒子をビデオカメラで撮影した。録画した画像をもとに各時刻における浮遊粒子の位置をマウスを用いてコンピュータに入力し、得られた位置のデータからその速度を解析した。

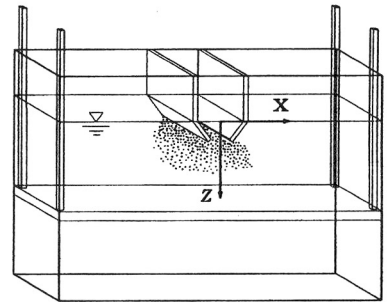


図-1 実験概要

3. 実験結果

写真-1 は、投入容器から投入された $V=50\text{cm}^3$ のガラスビーズが着底し始める $t=0.53$ 秒後、および全ガラスビーズが着底した $t=1.22$ 秒後の写真である。写真-1(a) では、投入容器から出たガラスビーズは $z=5\sim6\text{ cm}$ 付近でやや群としての挙動を示しているが、比較的個々の粒子の特性を持って沈降していることがわかる。また、(b) よりガラスビーズは堆積幅 14 cm、堆積高さ 1.7cm の台形型の堆積形状となっていることがわかる。

図-2 は、 $V=5\text{cm}^3/\text{cm}$ のガラスビーズを投入する $t=0\text{ sec}$ に $x/h=\pm 0.5$ 、 $z/h=0.25, 0.5, 0.75$ に位置

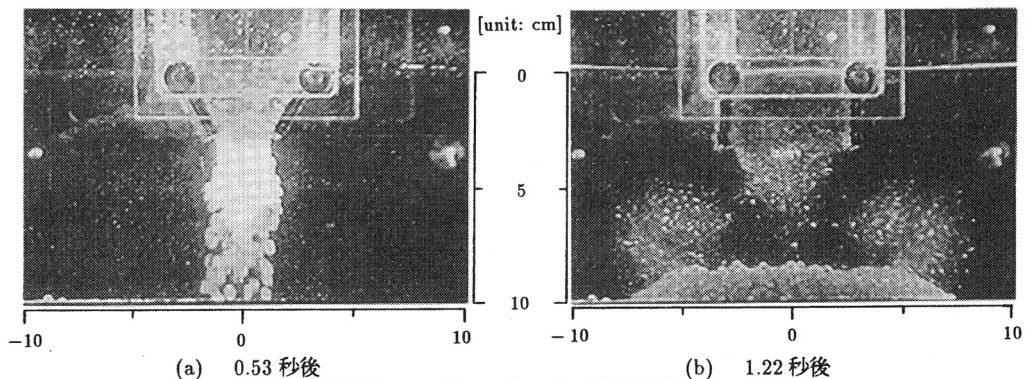


写真-1 ガラスビーズの堆積過程

していた浮遊粒子がガラスビーズの沈降に伴って移動した軌跡を示したもので、図中には 0.1 sec 間隔でそれぞれの粒子の位置を示している(ただし、 $x/h \approx 0.5$, $z/h \approx 0.25$ には浮遊粒子が存在しなかったもので示していない)。着目した浮遊粒子は粒子投入後 1.1 sec 程度までしか追跡できなかったが、これは着目した浮遊粒子がガラスビーズの陰に隠れてしまったり、他の浮遊粒子と混ざり合って識別が不可能になったためである。同図より、浮遊粒子はガラスビーズの沈降初期には投入の中心軸($x=0$)からやや遠ざかることがわかる。さらに、その後、 $z/h \approx 0.25$ および $z/h \approx 0.5$ に位置していた浮遊粒子はガラスビーズに引き込まれるように中心軸方向に、かつ、水底方向に運動していることがわかる。また、 $z/h \approx 0.75$ に位置していた浮遊粒子は上方に舞い上がっていることがわかる。

図-3 は、前述の浮遊粒子の速度成分を表したものである。図-3(a)によれば、ガラスビーズを投入した直後は、いずれの浮遊粒子も数 cm/sec のゆっくりとした速度で投入の中心軸($x=0$)から遠ざかるように移動し、その後、ガラスビーズが着底し始めた $t \approx 0.6$ sec から運動の方向を中心軸方向に変えることがわかる。このとき、 $z/h \approx 0.5$ にあった浮遊粒子は 12 ~ 14 cm/sec の速度で運動している。また、図-3(b)より、 $z/h \approx 0.25$ および 0.5 にあった浮遊粒子は粒子の着底開始後には下向きの速度をもち、また $z/h \approx 0.75$ にあった浮遊粒子は上向きの速度が卓越していることがわかる。

ガラスビーズが堆積する過程においてはその左右にほぼ対象に循環流が発生するが、この循環流の大きさは写真-1(b)に示すように比較的簡単に計測することができる。図-4 はその循環流の大きさの変化を表したもので、 W は $x=0$ からその側端までの距離を、 H は水底からその上端までの距離を表し、横軸 t は循環流が現れてからの時間を代表時間 $h/\sqrt{\left(\frac{\rho_p}{\rho_f}-1\right)gd}$ (ρ_p : 粒子の密度、 ρ_f : 流体の密度)で正規化したものである。同図によれば、循環流の高さはガラスビーズの投入量によらず同じように増加するが、その幅は投入量が多くなるにつれて広く、またその増加の割合も大きくなる傾向が見られる。これは、ガラスビーズの投入量の増加とともに循環流は大きくなるにも関わらず、その高さは水深の制約によって抑制されるので水平方向に拡がりやすくなるためであると考えられる。

まとめ

本研究では、画像解析を行って沈降粒子群の周囲の流体運動の解明を試みたが、浮遊粒子およびその検出方法にまだ問題点があり、十分にその挙動を把握するには至らなかった。今後、この点を改良した上で十分な検討を行っていきたい。

参考文献

- 1) 小田・重松・他：改良型 DEMAC 法による粒子群の沈降・分散挙動の解析，海岸工学論文集第 39 巻 (2)，pp.971-975，1992。
- 2) DEMAC 法による沈降粒子群の分散・堆積挙動のパラメトリック解析，海岸工学論文集第 40 巻 (2)，pp.951-955，1993。
- 3) 玉井・下屋・村岡：固液混層流ブルームの乱れ特性に関する実験的研究，平成 4 年度関西支部年次学術講演会講演概要集，II-80，1992。

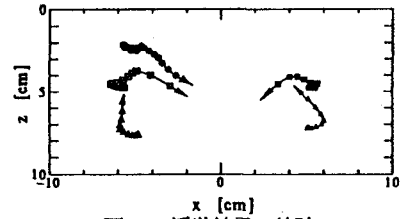
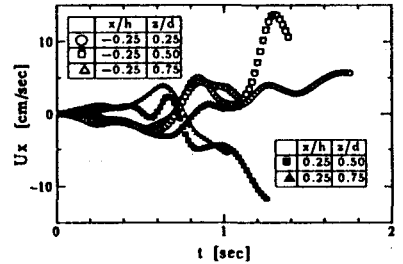
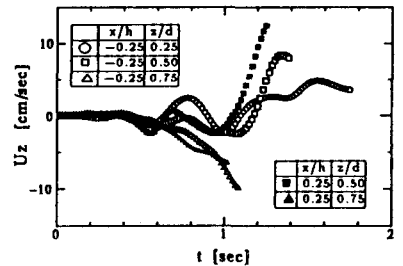


図-2 浮遊粒子の軌跡



(a) 水平方向成分



(b) 鉛直方向成分

図-3 浮遊粒子の速度成分

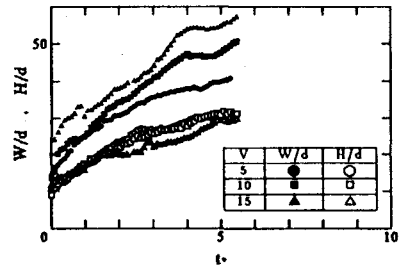


図-4 渦流域の発達過程