

浮流砂粒子の運動経路に関する 基礎的研究

九州大学工学部 正 員 平野宗夫
九州大学工学部 正 員 大本照憲
九州大学工学部 正 員 松岡雅博
九州大学大学院○学生員 石丸英伸

1. はじめに

浮遊機構を解明するために、浮遊粒子がどのような流体力を受けているかを運動経路から調べることは有意義である。本報告は、粗面上の開水路流れにポリスチレン粒子を投入し、粒子の運動経路を撮影することにより粒子の運動特性を求め粒子に働く流体力について検討を加えたものである。

2. 実験装置及び実験方法

実験に用いた水路は、長さ10m、幅30cmのアクリル樹脂製可変勾配である。粗度として平均粒径が $d_m=2.9\text{mm}$ のポリスチレン粒子を水路上に均一に敷きつめた。トレーサーとして用いるポリスチレン粒子は、均一の沈降速度を有する必要がある。そのため、長さ1m、内径5cmのアクリル樹脂製の円筒内に粒子の平均沈降速度に等しい上昇流を与え、運動が平衡状態にある粒子のみ抽出した。円筒の底部には、整流のため約10cmの高さまでガラスビーズが充填されている。採用した粒子は比重1.05、平均粒径1.0mm、平均沈降速度1.62cm/secである。粒子の速度及び加速度を求めるため、等間隔に穴を開けた回転板を等速回転させ、プロジェクターからの光が粒子に間欠的に照射するようにした。粒子はL型のガラス管を用いて水路河床から投入した。実験は表-1に示す水理条件のもとで行われた。

3. 実験結果及びその考察

図-1は、Run-2における粒子の上昇経路及び下降経路を示すものである。浮遊粒子は、旨ね水深の1/3～1/2まで上昇している。下降過程においては、河床に到達しない粒子の多くは流れ方向にほぼ平行な軌跡を描いている。河床付近では、粒子には水中重力にバランスする揚力が定常的に作用していることが示唆される。また粒子経路を調べた結果、下降運動する粒子は、河床まで沈降せずに再浮上するものがしばしば観察された。このことから粒子は、河床近傍において間欠的に発生する大規模な組織渦に捕捉されて浮上を開始すると考えられる。

図-2は、粒子の運動特性を詳細にみるために、粒子の鉛直方向の速度及び加速度の経時的变化を運動経路上に併示したものである。図中の白丸から白丸までの時間間隔は0.13secである。組織渦に捕捉された粒子は比較的短時間の間に大きな流体力を受けて浮上を開始し、組織渦の発達に伴ってわずかに加速されている。下降過程に入った粒子は不規則な流体力を受けながら流下方向に流送されている。

表-1

Run-No	断面 平均 流速	流 量	水 深	河 床 勾 配	エネルギー 勾配	摩 擦 速度
	(cm/s)	(l/s)	(cm)		$i_o \times 10^{-3}$	(cm/s)
1	30.60	3.58	3.90	1/350	3.41	3.61
2	40.56	5.80	4.75	1/350	3.05	3.77
3	46.41	7.95	5.70	1/350	3.04	4.12

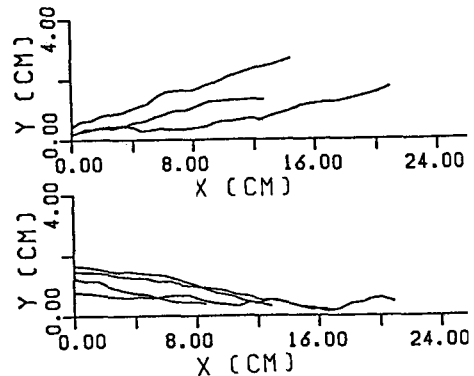


図-1 浮遊粒子の上昇運動及び下降運動

水深を10等分して各層を通過する際の粒子の 平均鉛直速度及び 平均鉛直加速度を各層の中央にプロットしたものが、それぞれ図-3と図-4である、粒子の速度は摩擦速度 U_* 、加速度は水中重力加速度 $\frac{\rho_s - \rho}{\rho_s} g$ 、河床からの高さは水深Hで無次元化されている。粒子の鉛直上昇速度に関してはB.M.Sumer らが得た実験値と較べてオーダー的にほぼ同じ値であった。粒子の鉛直上昇速度は、かなりばらついた分布を呈している。鉛直上昇加速度は、相対水深が小さい河床付近において比較的大きく、相対水深が大きくなるに従い小さくなる傾向にあることがわかる。また相対水深が大きくなるに伴って 鉛直下降速度は大きくなり、鉛直下降加速度も同様な傾向にある。これらのことから、河床付近において上向きの強い流体力が作用していることが推察される。

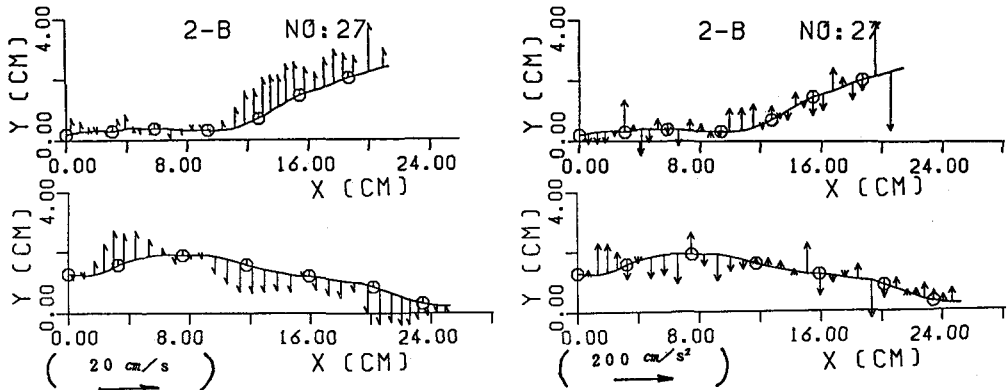


図-2 経路上における粒子の速度及び加速度

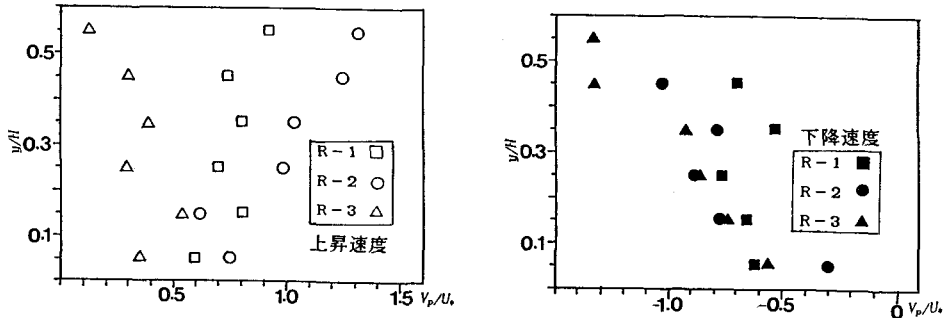


図-3 鉛直速度の深さ方向の変化

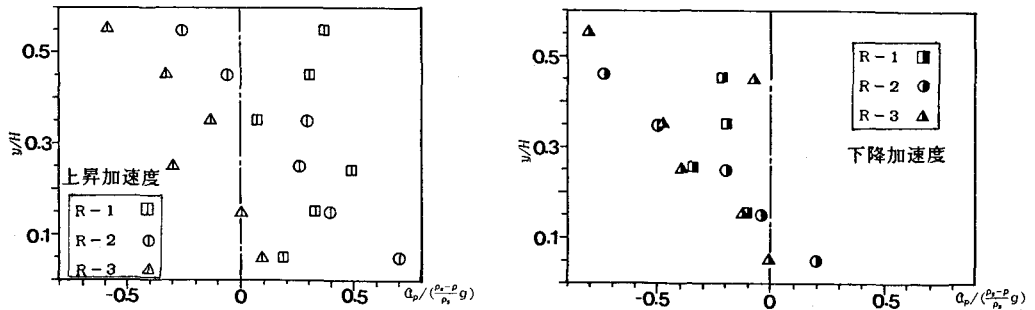


図-4 鉛直加速度の深さ方向の変化

◇参考文献

- 1) B.M.Sumer and B.oguz: J.Fluid Mech.(1978), vol.86. part1, pp.109-127
- 2) 大本照憲, 平野宗夫, 石丸英伸: 第31回水理講演会論文集(1987) pp.593-598