

河床近傍粒子群による乱流の生成と抑制

Turbulent modulation of shear flow by particles

北海道大学工学部土木工学科 ○ 学生員 紅露周平(Shuhei kouro)
 北海道大学工学部土木工学科 正会員 森 明巨(Akio Mori)

1. はじめに

滑面上の流れに微量の小粒子を投入すると底面近傍の流速が低下して抵抗が増加する。更に粒子を投入すると速度勾配が増加して、逆に抵抗が減少することが知られている。森ら⁽¹⁾、この現象を説明する候補として河床近傍の粒子の回転効果に着目し、実験・解析を行った。これまでの二次元的大粒子を使った実験でこれに類似の傾向を持つ現象を観察したが、本論文では、この実験を更に進め、得られたデータを定量的に分析した結果について述べる。

2. 一様せん断流中で回転する粒子周辺流の構造

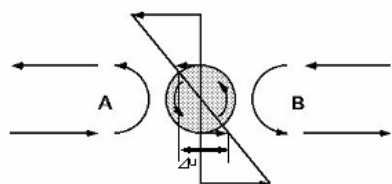


図-1 Acrivos 流れ

(1)

本実験では、Acrivos らによって示された一様せん断中に投入された粒子が回転して図-1のA, Bのような流れを作ることに着目し、この流れを Acrivos 流れと呼び、この流れはせん断レイノルズ数 100 から 250 の時強く現われことから、本実験はこの範囲で実験を行った。

(2)

森らは⁽¹⁾が境界層せん断流中を流下する際、粒子が回転・移流するために Acrivos 流れが発生。底面近傍の低速、高渦度の流体を吸いだし粒子左側に図-2のようなburst状の強い乱れを引き起こす事を示した。これは回転によって、停止粒子より大スケールの攪乱となる。



移流・回転
図-2

3. 実験の概要

(1) 実験装置

実験で使用した水路は図-3に示すような内側の半径30.1cm, 水路幅9.3cmの亚克力製の円形水路である。また、流体はモーターで循環させ、壁面には粗度として粒径1.5cmの円柱を壁面に設置し、水深を約7cmとする。

壁面を河床、2次元流が粒子を壁面に押し付ける力を重力に見立てることにより、3次元的な事象を2次元に単純化することを目的とした水路である。

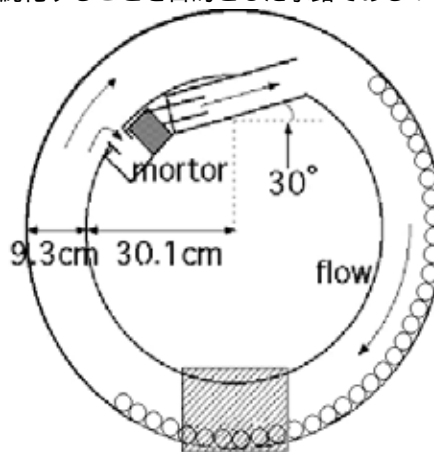


図-3 実験水路概略図

これに浮遊粒子にみたてた粒径1.7cmの円柱を0,1,2個流下させ、図の斜線部を撮影範囲として上方からビデオカメラで撮影し、その画像を解析する。

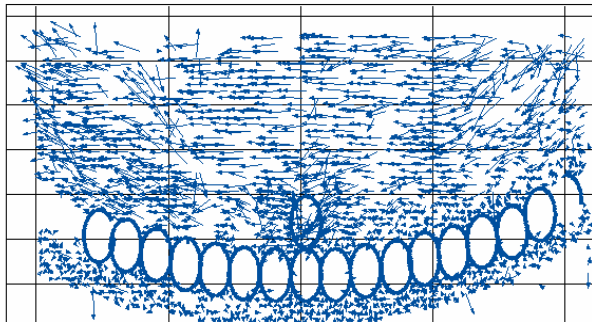
4. 解析方法

解析方法には、おかくずとアルミ粉を混ぜたものをトレーサーとするPIV解析法を用いる。

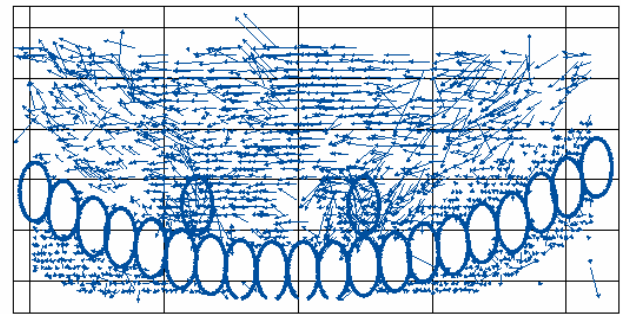
直接相互相関法を適用して、相関が0.67以上のものを有効とする。この解析を流下粒子の数を変えて行、得られたデータを分析する。

分析の対象は、浮遊粒子が解析画像の中央付近にある瞬間の画像であり、Acrivos 流れによって生成される渦が特に大きく生成された場合を対象としている。

5. 分析結果



1 粒子 P I V解析図
図—4



2 粒子 P I V解析図
図—5

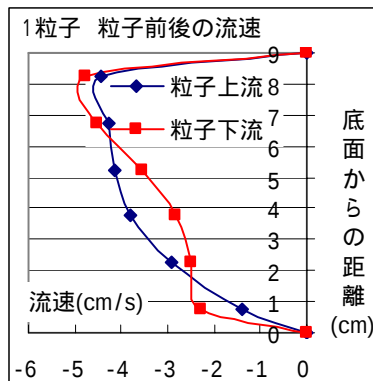


図 - 6 1 粒子

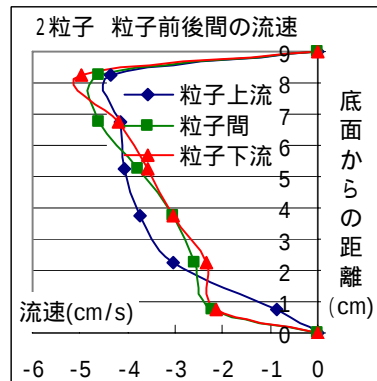


図 - 7 2 粒子

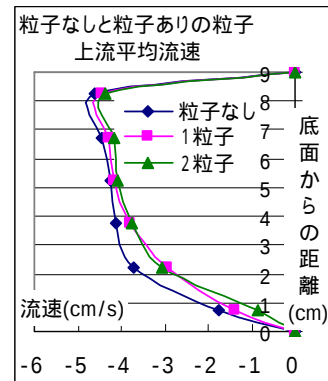


図 - 8 粒子なし

各粒子の粒子間・上流・下流領域での平均流速

(1)

図 - 4 は 1 粒子の時の P I V 解析の結果である。粒子下流の渦構造が捉えられ、上流では Acrivos 流れに誘導される下降流がみられる。

2 粒子の場合も図—5に見られるように、下流側粒子の下流側、上流側粒子の上流側に同様の構造が見られる。2 粒子間では上昇、下降の Acrivos 流れの合成による 1 つの渦が形成されている。

(2)

図—4、5によると粒子上流、下流、粒子間で二次流の構造が異なる。これらの違いを平均流についてみたのが図—6、7、8である。図—6、7からは粒子によって粒子下流に低速域が形成されているのがわかる。この低速域は粒子が通過すると、回復することがわかる。しかし、図 - 8 に示した粒子が存在するときの粒子上流を比較すると、低速域の回復は完全でないことがわかる。

(3)

図—6、7において粒子下流、粒子間において渦の上方での流速の増大が見られる。

6. 考察

多粒子が存在する場合には、速度勾配低下して、Acrivos 効果が減少し、図 - 2 のような渦の生成は抑制される。従って、混合長も減少することから、流路 粒子下流の上部では、流速回復による速度勾配の増大の可能性がある。

6. まとめ

本研究は実際の流砂について扱ったものではなく、2 次元で、しかもサイズも大きい粒子について見られた結果である。しかし、本研究で見られた結果と運動形態は多粒子周りの流れの 1 つのモデルとして扱うことができるはずである。

参考文献

1) 森明巨・小林知恵・清水啓・之林和実・村上吉剛・小林裕介・萬友宏：せん断流中を自由に回転、移流する粒子による乱流生成機構に関する実験的研究