

2次元粒子層における流動化実験

Channel Formation in 2-D Particle Layer

永田 裕作 [1], 木村 和也 [2], 加藤 雅樹 [3], 川喜田 明宏 [1], 高木 隆司 [1]

yusaku nagata [1], Kazuya Kimura [2], Masaki Kato [3], Akihiro Kawakita [4], Ryuji Takaki [1]

[1] 農工大・工・機械, [2] 山と溪谷社, [3] P&G

[1] System Mech., TUAT, [2] Yamakei Pub., [3] P&G, [4] System Mech, TUAT

底面が粒子層の流体系は、多くの地球流体系に存在する。このような系の粒子層-流体層間の流れの相互作用は、粒子層を均一な多孔体として解析する場合が多い。

しかし実際は粒子間隙は不均一であり、また粒子層内の流れの強さによって粒子が移動し時間的に間隙が変動することがある。例えば粒子・流体水平2層系の熱対流の実験で、粒子層から流体層へ局所的な強い流れが生じ、粒子が間欠的に巻き上げられるのが観察されている。[永田ら(1997)]

本研究では、こうした系の粒子の層としての特性を理解するために、2次元に動きを限定した粒子層の底部から通水する実験を行い、水みちの形成過程および粒子層上下の水圧差の変動を測定した。

1.目的

底面が粒子層である流体系は、例えばマグマ溜まりのような物質分化系など、多くの地球流体系に存在する。このような系の粒子層-流体層間の流れの相互作用は、粒子層を均一な多孔体として透水係数を定義し、解析される場合が多かった。

しかし現実には粒子間隙は不均一であり、また粒子層内の流れの強さによっては粒子が移動して時間的に間隙が変動することがある。例えば粒子・流体水平2層系の熱対流の実験で、レーリー数がある値を超えると、それまでの静的な状態とは変わって、粒子層から流体層へ局所的な強い上昇流が生じ、粒子が間欠的に巻き上げられることが観察されている。[永田ら(1997)]

本研究では、こうした系の粒子の層としての特性を理解するために、2次元に動きを限定した粒子層の底部から通水する実験を行い、水みちの形成過程および粒子層上下の水圧差の時間変動を測定した。

2.実験装置・方法

水槽はアクリル製で縦1000mm×横250mm×間隔10.5mm、下に水の入口、上に出口がある。その内部の縦200mm×横250mmの領域に、円筒形状の粒子を自由に動けるように分散させる。そして粒子が流動化しやすいように水槽を30度傾斜させる。それから、粒子は高さ10mm、直径10mmおよび20mmの2種類のアクリル製の円筒を用いる。そして、水は出入口をローラーポンプ(古江サイエンス・RP-LV)でつないで、粒子が中立浮遊する流量に近い値で循環させる。

測定は、圧力は水の出入口にそれぞれセンサーを設置し、データを記録する。そしてその圧力差の時間変動のパワースペクトル分布を求める。

また、粒子の挙動は水槽上面からビデオカメラで撮影し、画像を2値化して処理を行う。

3.実験条件

ここでは、20mm粒子85個の場合の実験についての条件を示す。

- ・粒子比重：1.2
- ・循環流量：毎分1.4リットル程度
- ・観察領域全体に対する粒子面積の割合：60パーセント
- ・通水時間：2時間
- ・データサンプリング間隔：5秒平均値

4.結果

水槽に通水を開始すると、粒子は全体に浮動状態になり、そして粒子数密度の少ない領域(水みち)と粒子位置の変動のない領域に分かれた状態になる。この状態の遷移は、粒子が押しのけられて水みちが形成されるというよりは、むしろ流動化した粒子が互いに接触してクラスターを形成し、それが成長して水みちが形成されるように観察された。

次に、パワースペクトルについて見ると、平均クラスターサイズの変動は、 $1/f$ 型であった(f :周波数)。それから差圧の変動は、 $1/(f^2)$ 型であった。

そして各データについて相関をとると、差圧と平均クラスターサイズとの間には相関が見られなかった。しかし、差圧と流れに垂直方向のクラスターサイズとの間には正の相関が見られた。

以上の事より、水みちは以下のような過程で形成されと考えられる。

1. 粒子が分散している状態から、流れ方向に粒子がつながってクラスターが形成される。
2. クラスターが、流れに対して垂直方向に向きを変える。
3. 流れからより強い力を受け、流されるとともに、多くの粒子を引き付けて成長する。
4. ある程度大きくなると、クラスターを流れが迂回し、安定化する。

5. 今後

この実験では、粒子全体が一旦流動化した上での水みちの形成であるが、これが粒子層における水みちの形成と同一であるかは分かっていない。

今後の方針としては、より実際の粒子層の状態に近くなるよう、粒子の数や種類、流れの与え方などを検討する必要がある。そして3次元的な粒子層の実験へと発展させていきたいと考えている。