

第II部門

シートフロー漂砂における混合砂の鉛直分級

京都大学工学部 正会員 後藤仁志

京都大学工学部 正会員 酒井哲郎

京都大学大学院 学生員 酒井淳史

京都大学大学院 学生員 〇夢田哲也

1.はじめに 暴浪の作用下で支配的な移動形態であるシートフロー漂砂に見られる漂砂の鉛直分級は、海底砂層の耐侵食性に大きな影響を与え、その結果として海底地形の変化に与える影響も少なくない。しかし、シートフロー漂砂における混合砂の鉛直分級のメカニズムについては未解明の点が多い。本研究ではシートフロー漂砂における大小2粒径混合砂の鉛直分級についてその力学的機構を検討することを主目的として、ビデオ画像解析によって粗砂の移動過程を検討した。

2.実験および解析方法 実験は、振幅と周期を制御可能なU字管式振動流装置を用いて行った。測定にはCCDビデオカメラを用い、底質には粒子の移動状況把握の容易な粒径 $d=5.2\text{mm}$ 、比重 $\sigma/\rho=1.32$ 、球形の粒子（人工真珠の核）を用いた。測定対象となるのは底質と同じ素材の球形の粒子で粒径が $D=9.88\text{mm}(D/d=2)$ の粒子である。実験は、境界層外縁での流速振幅 $U_0=106.6\text{cm/s}$ 、周期 $T=4.5\text{s}$ （Shields数 $\psi=0.619$ ）という条件で行った。画像解析には、ビデオインターフェイス内蔵のApple Power Mac 7500/100を用いて1/30s間隔で取り込んだ画像を用い、Avid VideoShop, Adobe PhotoShop, NIH Imageの3つの画像処理ソフトウェアを利用して行った。解析対象となる画像の一例を図-1に示す。

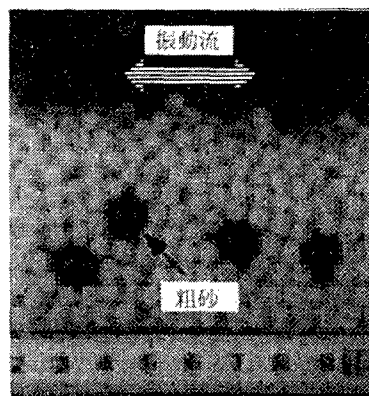


図-1 解析に用いる画像の一例

3.解析結果 図2は、大粒径粒子の移動過程の追跡結果として得られる、大粒径粒子の中心の高さの時間的变化を示したものである。なお、鉛直方向座標 y の原点は、静水時の砂層表面とした。図によると大粒径は単調に上昇運動するのではなく、急激な上昇が見られる区間とほとんど上昇が見られない区間が交互に周期的に出現しつつ上昇し、その結果として階段状の上昇曲線となっていることが分かる。この特性は、土石流などの一方向流における逆グレイディング現象の上昇軌跡とは明確に異なり、振動流下での逆グレイディング現象特有の上昇軌跡である。

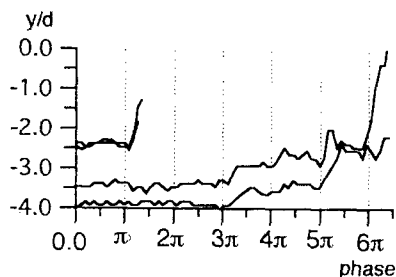


図-2 大粒径粒子の運動プロセス

図-3は、逆グレイディング発生時の深さ y と発生時刻の関係および終了時の深さ y と終了時刻の関係を表したものである

$2t/T \approx 0.1$ 周辺の領域で逆グレイディングが発生し、 $2t/T \approx 0.4$ の周辺において運動が完了していることがわかる。ここでは、 $\sin$ 型の流速を作用させているので、流速の大きい位相付近で、急上昇が生じていることが分かる。

4.考察 以上の結果を受けてシートフロー状態における混合砂の逆グレイディング機構について考察を加える。

Hitoshi GOTO, Tetsuo SAKAI, Atsushi SAKAI & Tetsuya TADA

混合砂のシートフローでは、大粒径の粒子は、小粒径の粒子との衝突によって運動量を供給されて運動している。多数の小粒子を周囲に有する状態では、上方から下方からも衝突を受けるが、これによって大粒子は回転しながら並進運動する。ところで大粒子の周囲の小粒子の流速は上方ほど大きいから、上方から衝突する粒子から受け取る運動量は下方の粒子から受け取る運動量より大きく、大粒子は時計回りの回転運動を行う（図-4参照）。

その結果、図に示すように、大粒子の下手側に接触している粒子（particle A）があればそれを乗上げる方向に大粒子は運動することになる。この様な運動を繰り返して大粒子は上昇していくものと考えられる。

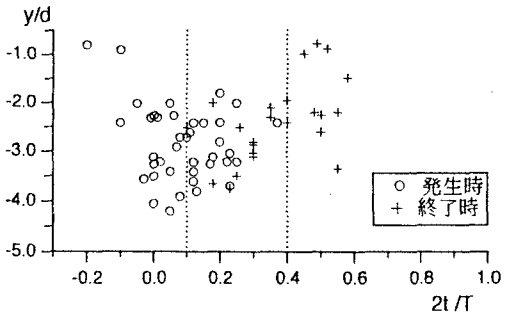


図-3 逆グレイディング発生および終了時の深さと時刻の関係

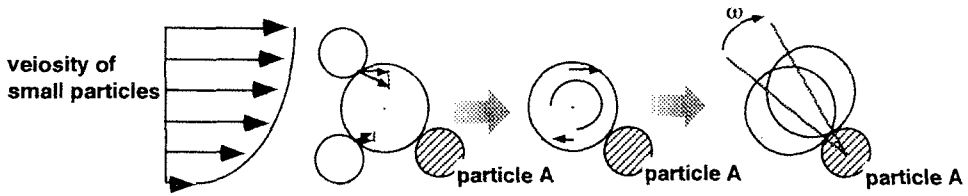


図4 逆グレイディング現象の原理（概念図）

そこで、底質粒子（小粒子）の数密度分布と速度分布の積として得られる運動量 $\sigma A_3 d^3 u_p v_g$ (gcm/s) の鉛直分布を図-5に示した。上方への運動量の増加（右上がりのカーブ）がみられる位相で逆グレイディングの可能性はあることになるが、右上がりの傾向が顕著なのは $\pi/6 < \phi < 3/6\pi$ 程度の範囲 ($0.16 < 2t/T < 0.5$) であり、逆グレイディング運動が図-3より $2t/T \approx 0.1$ 周辺の範囲で発生していることと、 $2t/T \approx 0.4$ 周辺の範囲で終了していることは概ね一致する。

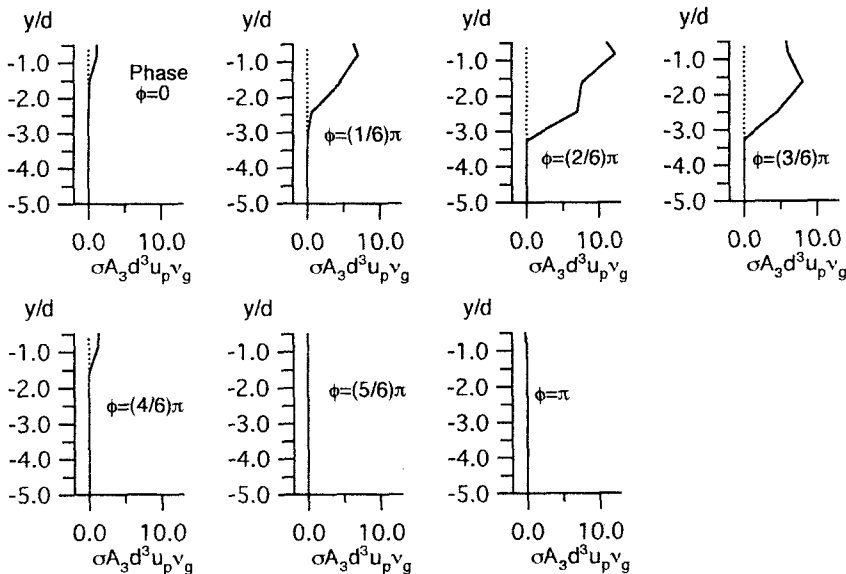


図-5 位相別運動量分布