

## 固相の沈降状態と沈降速度の関係

東北大学大学院 学生員 ○神山 尚人  
東北大学大学院 正 員 佐藤 栄司  
東北大学大学院 フェロー 沢本 正樹

### 1. はじめに

土石流や海域での土砂投棄などにおける、固相と液相とのような異なる2相の運動を有するものは混相流として取り扱われる。しかしながら、土砂投棄の問題における堆積形状の算定問題などでは、投下初期量（捨石重量、水深など）と堆積状態だけで議論しているものが多く、その途中にある土砂の沈降過程について書かれているものは少ない。その沈降過程における固液混相流の運動の機構に大きな影響を与えるのが固体の体積濃度であり、単一粒子、低濃度混相流、高濃度混相流でそれぞれ異なるし、沈降途中でも運動は遷移する。そこで今回は、高濃度混相流における基礎的研究として、固体粒子群の沈降状態および堆積状態を観察、測定しこれを考察する。

### 2. 実験装置および実験方法

実験装置は幅900mm×奥行き900mm×高さ1300mmの水槽を用いて行う。実験は、この装置の1000mmの高さの内径100mmの円柱筒から土砂を投入して、そのときの沈降状態の観察、ビデオ撮影、堆積高さの測定を行った。ビデオ映像は、ビデオメジャリングゲージを用いて解析を行った。今回の実験条件は、粒径を $d = 0.20, 0.33, 0.48, 0.70, 1.45, 2.34, 5.16\text{mm}$ の7種類、投下量は250, 500, 1000gの3種類の計21ケースに関して行った。ただし、粒径 $d = 0.20\text{mm} \sim 1.45\text{mm}$ は砂粒子、 $d = 2.34, 5.16\text{mm}$ のものはガラスビーズでできている。

### 3. 結果および考察

粒子の沈降を観察すると、投入された粒子はすぐには分散をせず、一塊のほぼ球状態で沈降をし始める。そして粒径が小さい場合は、その塊の状態を保ちながら沈降をし、粒径が大きい場合は、ある程度の距離を沈降したところで塊が壊れだし、分散が始まった。また、投下量が多い方が塊の状態を保ちやすいということも観察された。しかし、粒径小、投下量大のケース（ $d = 0.20, 0.33\text{mm}, w = 1000\text{g}$ ）は他と少し異なり、投下後に形成した塊が1～数個に分裂を起こした。従って、粒子径が小さいからといって投入された粒子全てで塊を形成するわけではなく、限界量があると思われる。

ビデオから読みとった、代表的な粒子相の沈降速度を図-1に示す。図の縦軸は高さを、横軸は沈降速度を表す。図中の実線はその径の単一粒子の沈降速度を表す。実験値と単一粒子の沈降速度を比較してみると数十倍の差があることが分かる。粒子相の沈降速度は、各ケース間での差が少ないために粒子径が小さいほど単一のものと粒子群との差が大きくなる。従って粒子群の沈降においては、粒子径のスケールとは異なったスケールに運動が支配されていると思われる。そこで、投入後形成される球塊の径を直径とした球の沈降速度を図中点線で表す。ただし、この沈降速度を出す際には球塊の粒子濃度を考慮した抗力係数を用いて算定をした。

粒径小、投下量大のケースでは、ほぼこの点線に沿って沈降をしており粒子が塊となった状態であることが分かる。逆に粒径大、投下量小のケースでは、単一粒子の沈降速度にほぼ等しい値を取っているか、もしくは沈降途中で単一のものに遷移してくる。粒径が2.34mm, 5.16mmのケースは材質が他と異なるということもあるが、このことから粒径小、投下量大のケースでは塊を保ちやすく、粒径大、投下量小のケースでは保ちにくいということが分かる。

次に、粒子堆積状態の代表的なパターンを図-2に示す。パターン1は粒径小・投下量大、パターン2は粒径大・投下量大、パターン3は粒径大・投下量小のケースを示す。パターン1, 2は塊のまま底面に沈降した場合で、パターン3は塊を形成せずに沈降した場合である。パターン1は、パターン2と同程度の沈降速度を持っているが、粒径が小さいために底面との衝突力が小さく、そのために衝突地点に粒子塊のほとんどが残ってい

る。一方パターン2では衝突力が大きいために、衝突後に粒子は衝突地点から同心円上に飛び散り堆積をしている。パターン3では粒子は自由沈降をしているためにその衝突力は小さく、底面に到着したその地点にほぼ留まった堆積形状を示している。

#### 4. おわりに

固相の沈降状態（塊を形成するか否か）、粒径、投下量は、固相の沈降速度との関連が強く、その運動は粒子相のスケールと粒子一粒のスケールの両方に支配されていることが分かった。

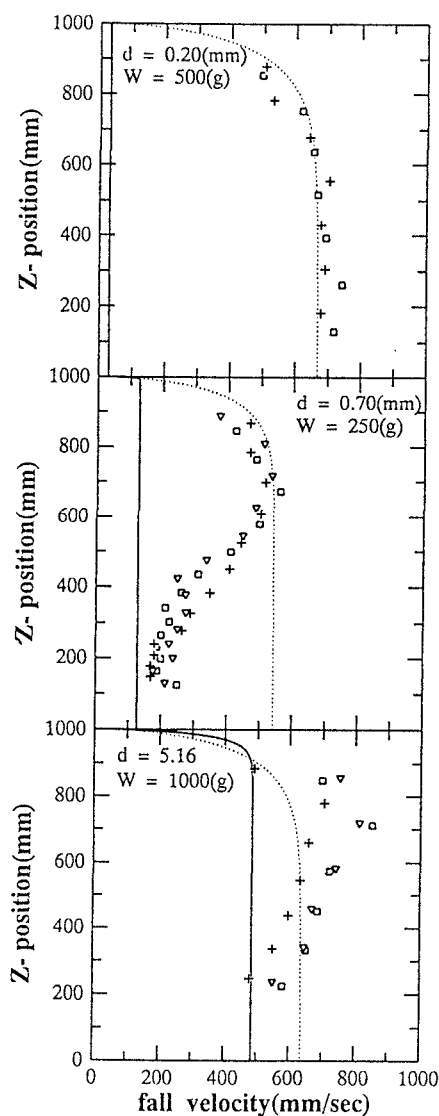


図-1 粒子相の沈降速度

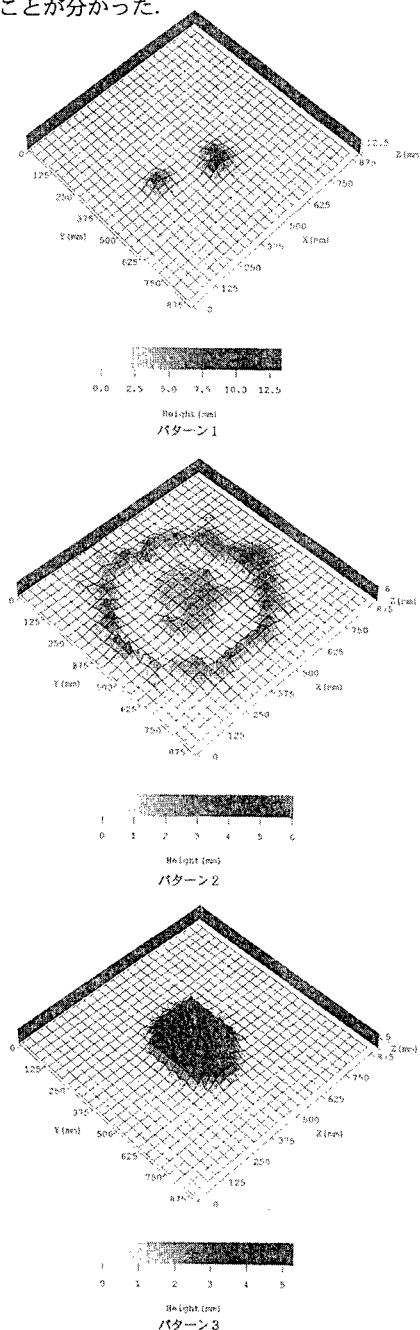


図-2 粒子の堆積状況