

## 高濃度下における土粒子の集団沈降に関する実験

国土交通省国土技術政策総合研究所 内田太郎、倉成亮（現 兵庫県）、丹羽諭、蒲原潤一  
立命館大学 里深好文  
（株）建設技術研究所 ○鶴見侑生 松原智生、西口幸希

### 1. はじめに

山地河道における細粒土砂は、土砂流出量に占める割合が大きいものの、その挙動については不明な点が多い。例えば、砂粒子は集団で沈降することにより単体粒子が沈降する場合よりも沈降速度が小さくなる<sup>1)</sup>と言われているが、その実態は分かっていない。本報告は、集団で沈降する砂粒子の沈降速度に及ぼす土砂濃度、粒度分布の影響を把握するための実験を行ったものである。

### 2. 実験の概要

#### 2.1. 実験装置及び実験砂

実験装置は、透明で視認性の高いアクリル管（φ8.6cm）を用い、高さ0.5mの供給区間と高さ1.7mの沈降～堆積区間の2区間を設定した。

供給区間のアクリル管はφ2.2cm～φ8.0cmの4種類の管径を用意し、供給断面積の違いにより供給濃度を变化させた。供給区間の底面には弁を設けた。

沈降～堆積区間のアクリル管には、堆積速度を算出するために底面～高さ1m程度の区間にスケールを設置した。また、沈降中の土砂濃度を計測するために底面から0.7mと0.9mの高さに採水管を設置した。

実験砂は、表1に示す物性を持った4種類の均一砂と3種類の混合砂を用いた。混合砂は平均粒径が、均一砂と同程度、もしくはその間の値となるように混合したものを用いた。

また、均一砂の粒径については、単体での沈降速度の計測も行った。

#### 2.2. 実験条件

実験は、表1および表2に示す7種類の実験砂について土砂濃度を各4段階設定した28ケースを実施した。

#### 2.3. 実験方法

実験手順は、以下のとおりである。

- ① 供給区間に実験砂を充填する。底面に設置した弁を開け、沈降～堆積区間のアクリル管に実験砂が沈降し始めたときを実験開始とする。
- ② 弁を開けると同時に供給区間の上端から実験砂を供給し、供給区間の土砂の高さを一定に保つことで定期的に土砂を供給する。実験砂は、供給区間の径に応じて30秒から120秒間供給する。
- ③ 堆積状況をビデオカメラで撮影する。
- ④ 実験砂が定期的に沈降するようになったら採水管で砂と水を採取する。なお、採水管による採水は1ケース

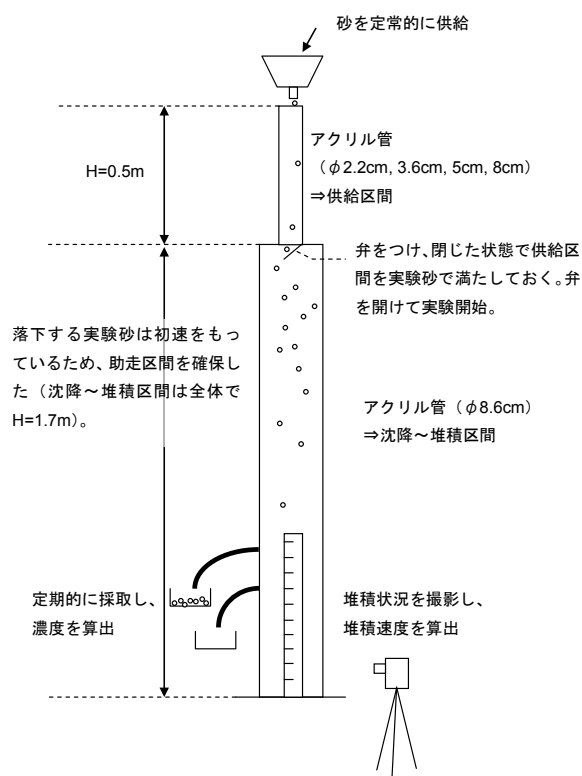


図1 実験装置

表1 均一砂の粒径と比重

	粒径階	平均粒径	比重
均一砂1	0.25～0.425mm	0.3mm	2.66g/cm <sup>3</sup>
均一砂2	0.425～0.85mm	0.6mm	2.60g/cm <sup>3</sup>
均一砂3	0.85～2mm	1.3mm	2.58g/cm <sup>3</sup>
均一砂4	2～4.75mm	3.1mm	2.59g/cm <sup>3</sup>

表2 混合砂の混合割合と平均粒径

	混合割合	平均粒径
混合砂1	粒径3:粒径1=1:2.55	0.6mm
混合砂2	粒径3:粒径2=1:0.45	1.0mm
混合砂3	粒径3:粒径1=1:0.75	1.0mm

中 3 回程度行う。

沈降速度は、実験中に計測した土砂濃度及び土砂濃度の計測から 10 秒間の堆積厚から下式で算出した。

$$w = Q_s / (AC_d), \quad Q_s = Ax(1-\lambda)/T$$

ここで、 $w$ ：沈降速度、 $A$ ：管の断面積、 $x$ ：堆積厚、 $\lambda$ ：水中間隙率

### 3. 実験結果と考察

#### (1) 実験結果

実験状況を写真 1 に示す。全 28 ケースの土砂濃度は 0.5～10% 程度、沈降速度は 3～43cm/sec 程度であった。



写真 1 実験状況

#### (2) 粒径の違いによる土砂濃度と沈降速度

土砂濃度と沈降速度の関係を図 2 に示す。図中土砂濃度 0% は単体の沈降速度を示した。単体の沈降速度は、均一粒径の沈降速度の実験結果の平均値である。

粒径が小さいほど沈降速度は小さくなる傾向となっている。

土砂濃度は、均一砂 1 及び均一砂 2 では、土砂濃度が高くなると沈降速度が小さくなる傾向がみられる。粒径の大きい均一砂 3 では、土砂濃度の変化による沈降速度の変化の傾向があまりみられない。

高濃度の土砂を集団沈降させた場合、体積の置き換えにより、アクリル管内に上向きの流れが生じた。これにより沈降速度が遅くなっていると推測される。

#### (3) 均一砂・混合砂の土砂濃度と沈降速度

平均粒径が同一（いずれも 0.6mm）となる均一砂と混合砂の土砂濃度と沈降速度の関係を図 3 に示す。

両実験砂とも土砂濃度の増加に伴い、沈降速度が小さくなる傾向がみられる。また、混合砂 1 の沈降速度は均一砂 2 の沈降速度より各濃度において小さい傾向となっている。

### 4. おわりに

均一砂における集団沈降時の土砂濃度と沈降速度の関係は、土砂濃度の増加に伴い、沈降速度が小さくなる傾向が見られた。同じ平均粒径の均一砂と混合砂では、均一砂よりも小粒径を多く含む混合砂の沈降速度が小さい結果となった。沈降速度は粒度構成に影響を受けることが考えられ、今後も様々なケースで実験を行い、検証していく必要があると考えられる。

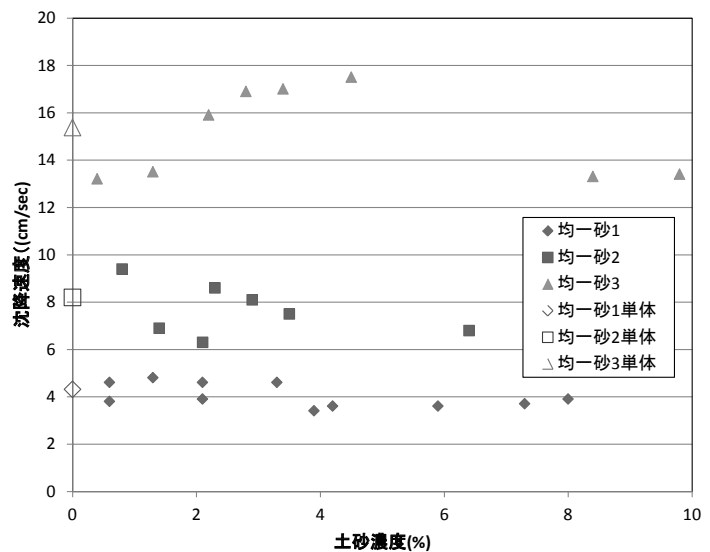


図 2 集団沈降時の土砂濃度と沈降速度の関係

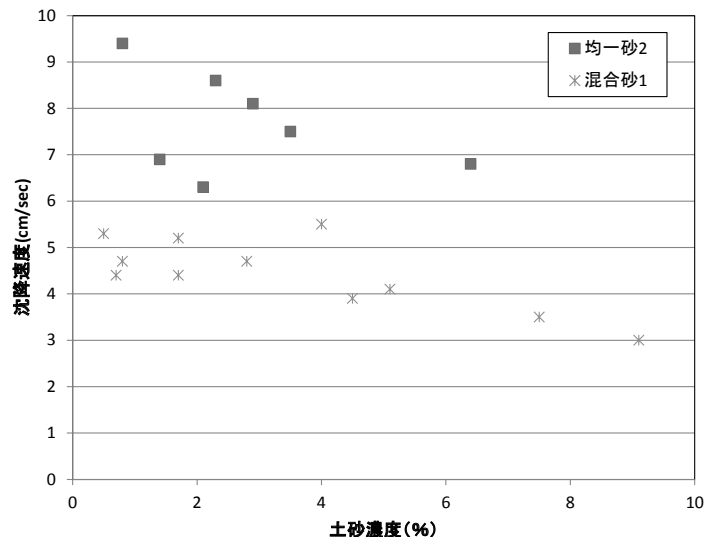


図 3 集団沈降時の土砂濃度と沈降速度の関係 (同一平均粒径の均一砂と混合砂の比較)

【参考文献】 1) 高橋保 (2004)：土石流の機構と対策，近未来社，p.96