

粘性土石流の堆積過程に関する実験的検討

名城大学大学院 学正会員 築城 寛行
 名城大学理工学部 正会員 新井 宗之
 名城大学大学院 学生会員 劉 雪蘭

1. はじめに

土石流に代表されるような高濃度固液混相流の堆積過程については、流動機構と対応して多くのことが検討されている。しかしながら中国で観測されている高濃度固液混相流である粘性土石流は、河床勾配 $3 \sim 5^\circ$ を容積濃度 70% という高濃度で流下する現象で、いろいろな面から検討されている。ここでは、その堆積過程でどのような応力が卓越したものとなるのか、実験的にその特徴を明らかにした。

2. 実験概要 実験水路は図-1 で示すように上流側、下流側とも直線水路で構成している。上流側水路は長さ 2m 、幅 9cm 、勾配 25° 。下流側水路は長さ 2m 、幅 9cm 、勾配 3° である。また、上流側下流側水路とも両側壁は透明アクリル製で、水路底部は木製、水路床はペンキ塗布仕上げである。流動物は水路上流端より混合攪拌したものを流入口径 39cm 、深さ 70cm 、流出口径 3.5cm の逆三角錐の容器から供給した。

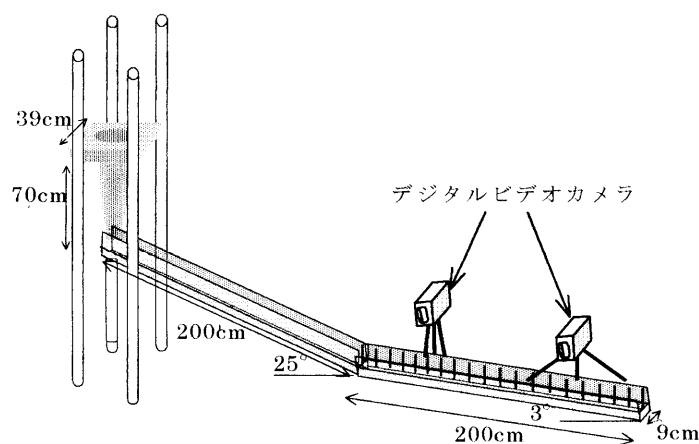


図-1 実験水路

下流側の流動・堆積過程の形状の測定はデジタルビデオカメラ(30 フレーム/秒)を用い、下流側水路中央部にアルミ棒($\phi=2.75\text{mm}$ 、長さ 10cm)を 10cm 間隔で設置、その埋没深さで測定した。流れ先端の位置等、測点外は線形の内挿値としている。また停止体積後、土砂中の混合物の割合を 10cm 間隔で測定した。

表-1 実験条件

No	容積濃度 (C_T)	粘土, 砂利, 水 重量比
1	0.443	0.47 : 0.2 : 0.33
2	0.425	0.45 : 0.2 : 0.35
3	0.416	0.442 : 0.2 : 0.358
4	0.407	0.43 : 0.2 : 0.37
5	0.390	0.417 : 0.2 : 0.383
6	0.373	0.4 : 0.2 : 0.4

実験砂は粘土(カオリナイト)、砂利で、それに水を加えた混合物を流下させた。総重量は 6000g 、粗粒子(砂利)の量は 1200g と一定にし、粘土と水の割合を変え容積濃度を変化させた No.1 から No.6 の 6 種類を用いた、それぞれの重量比は表-1 に示す。各濃度は No.1 から No.6 の順に低くなっている。粗粒子(砂利)の代表粒径は $d=7.5\text{mm}$ 、カオリナイト、砂利の比重はそれぞれ $\gamma=2.49, 2.58$ である。

No.1 から No.6 の 6 種類を用いた、それぞれの重量比は表-1 に示す。各濃度は No.1 から No.6 の順に低くなっている。粗粒子(砂利)の代表粒径は $d=7.5\text{mm}$ 、カオリナイト、砂利の比重はそれぞれ $\gamma=2.49, 2.58$ である。

3. 実験結果及び考察 図-2 から図-4 は堆積過程を各濃度の実験砂(No.1, No.4, No.6)ごとに示したものである。図中の実線は混相流の表面流を表しており、No.1 については時間間隔 $\Delta t=1.0\text{sec}$ で、それ以外の No.4, No.6 については時間間隔 $\Delta t=0.5\text{sec}$ で示してある。ここで濃度の最も高い図-2(No.1 $C_T=0.443$)は緩勾配流入後約 2 秒程度で停止・堆積していることが分かる。濃度の低い図-4(No.6 $C_T=0.373$)の場合には 2m の水路下流端から土砂が流出していることが示されている。これらから、粒子(砂利)の含有量は変わらないものの、含有する粘土量による濃度変化で堆積形状が大きく変わってくることが分かる。

キーワード：土石流、粘性土石流、堆積過程、実験、粘着力

連絡先(〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口 1-501 名城大学 Tel 052-832-1151 Fax 052-832-1178)

図-5, 図-6, 図-7は堆積土砂(No.1, No.4, No.6)の粘土, 水, 砂利の含有割合を示したものである。

濃度が最も高い図-5(No.1 $C_T=0.443$)の場合, 勾配変化点から, 堆積の先端部まで含有割合はほとんど変化していないことが分かる。濃度が

低い図-7(No.3 $C_T=0.373$)の場合には勾配変化点近くでは粒子の大きい砂利はほとんどなく, この場合 80~100 cmあたりに最も堆積しており, それより下流で砂利の含有割合が少なくなっていることが分かる。これらから粘度粒子の含有量が堆積過程に大きな影響を与えていることが推測できる。

粘性土石流の堆積過程において, 一次元の運動方程式, 流動体, 固体部分の連続式は, それぞれ式(1), (2), (3)のように表すことができる。($M=u h$:流量フラックス, $H=\eta b + h$, C =粒子容積濃度, τ_{bx} :流体の底面摩擦応力, i =堆積速度, C_* =堆積濃度)。

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial uM}{\partial x} = -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau_{bx}}{\rho_m} \quad (1) \quad \frac{\partial Ch}{\partial t} + \frac{\partial (CM)}{\partial x} = iC_* \quad (2) \quad \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} = i \quad (3)$$

勾配変化点下流において, 停止近くで加速度項を0と仮定すると, 式(1)の左辺は0で $\frac{\tau_{bx}}{\rho_m} = -gh \frac{\partial H}{\partial x}$ (4)となる。図-2のように濃度が高い場合, 勾配 $\partial h / \partial x$ が水路床角度 θ に比べかなり大きな状態で短時間で停止していることから τ / ρ_m に速度勾配に依存しない粘着力や降伏応力が作用しているものと考えられる。この濃度の粘土粒子と粗粒子の含有割合は図-5からも, 粗粒子相互が接触している粗粒子濃度ではないので, 降伏応力が作用しているとは考えられず, 粘度粒子にもとづく粘着力が作用しているものと考えられる。濃度が低い図-4の流れの場合には, 水路床の角度 θ と近い勾配で堆積しているが, これは τ / ρ_m が停止・堆積直前で高濃度の場合のような粘着力が非常に小さいことによるものと考えられる。したがって, 粘土粒子の濃度が低い流れについては, 粘着力は非常に小さく, 堆積過程では粘着力がほとんど寄与しないと考えられる。以上のことより, 微細粒子を含有する高濃度流れの場合, 微細粒子の濃度が高い場合には, 堆積過程にその粘着力が大きく作用する。しかし, 濃度が低い場合には, その粘着力の作用は非常に小さくなると考えられる。

参考文献 1)高橋保, 中川一, 里深好之, 緒方正隆; 粘性土石流の流動堆積に関する研究(3), 京都大学防災研究所年報, No.41 B-2, 1998, pp.265-275

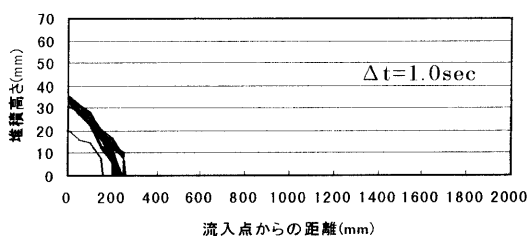


図-2 No.1 堆積形状 ($C_T=0.443$)

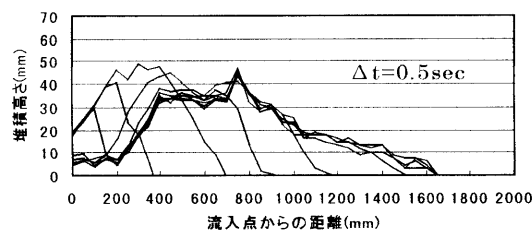


図-3 No.4 堆積形状 ($C_T=0.407$)

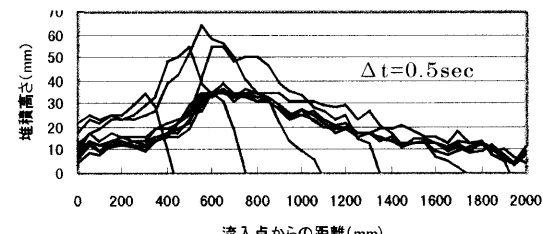


図-4 NO.6 堆積形状 ($C_T=0.373$)

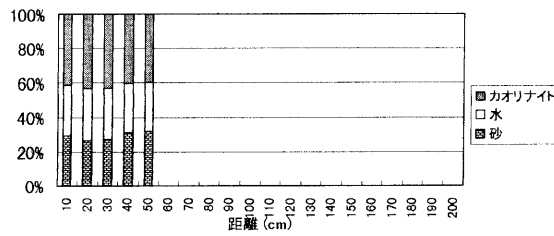


図-5 No.1 含有割合 ($C_T=0.443$)

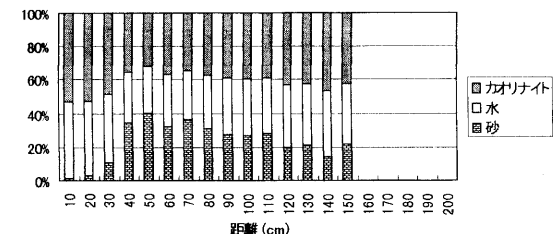


図-6 No.4 含有割合 ($C_T=0.407$)

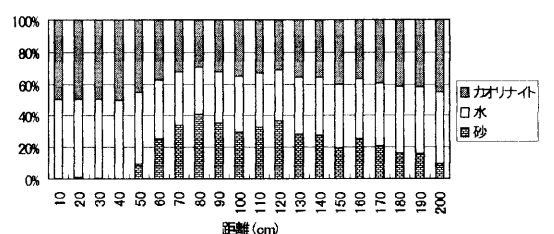


図-7 No.6 含有割合 ($C_T=0.373$)