

第Ⅱ部門 斜面崩壊土砂の土石流化に関する研究

京都大学防災研究所 正会員 高橋 保 京都大学防災研究所 正会員 中川 一
 京都大学防災研究所 正会員 里深 好文 パシフィックコンサルタンツ 正会員 ○緒方 正隆

1.はじめに 斜面崩壊土は多くの場合、緩勾配の領域に進入すると直ちに堆積する。しかし、一部の崩壊土砂は土石流化し、かなり緩い勾配のところまで流下することが知られている。本研究では、勾配の異なる2本の水路を連結し、急勾配の水路において発生した崩土が緩勾配水路をどのように流下するのかについて検討する。また、実験結果をもとに、崩土の土石流化プロセスを解明し、理論的な考察を加える。

2.実験

2.1実験概要 実験装置を図1に示す。水路床には平均粒径4mmの砂礫を貼り付けた粗面である。まず、斜面土砂材料5550g（このうち水は550g）を図2のように設置する。斜面を固定する堰は透過性で、内部は斜面土砂材料からなり、堰も斜面土砂の一部と考える。その斜面上流側から給水を行う。

斜面が飽和後、給水を停止し、斜面上流の貯留水を瞬時に除去する。その直後に堰を瞬時に除去し、斜面土砂を崩壊させる。実験現象は終始、水路側面からビデオカメラで撮影している。

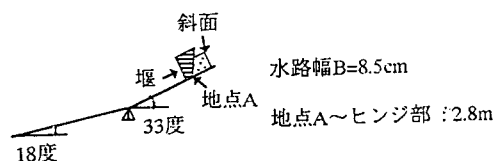


図1.実験装置

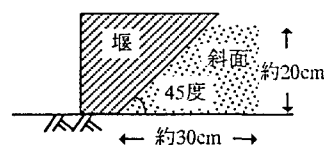


図2.斜面

2.2斜面土砂材料 斜面土砂の粒度分布を図3に示す。この土砂に水を加え、均一に混合したものを斜面土砂材料として用いている。含水率は22%としている。この材料からなる斜面の初期間隙率は0.47となり、飽和時は0.41であった。従来の研究¹⁾によれば、図3の粒度分布の土砂からなる土石流は緩勾配を土砂濃度が約0.6という高濃度で流下する。このことから、全間隙が水であるとすれば、本実験の斜面は内部の含水量のみで土石流化が可能であると考えられる。

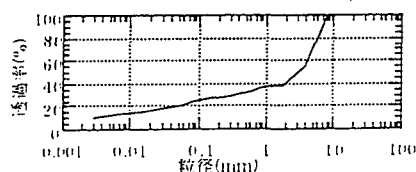


図3.粒度分布図

2.3実験結果と考察 堰除去直後、斜面内部に図4に示すようなほぼ直線のすべり面が生じた。その後、斜面は2ブロックに分かれて順次に滑落崩壊した。その際、観察から崩土の底面にできた液状化層が発達するのが確認された。

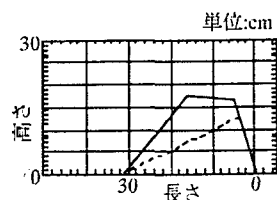


図4.堰除去直後

崩土は図5(a)のように2波に分かれて流下した。図5(a)は地点Aから下流側0.4m地点の水位変化図である。この地点の崩土の流速分布を図5(b)に示す。時刻tは図5(a)に対応している。その後、図6(a)のように崩土は全層流動する1波の土石流となって流下した。図6(a)は地点Aから下流側2.5m地

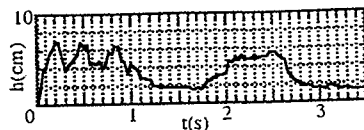


図5(a).水位変化

Tamotu TAKAHASI, Hajime NAKAGAWA, Yosihumi SATO, HUKA, Masataka OGATA

点の水位変化図である。この地点の崩土の流速分布を図6(b)に示す。その後、その土石流は緩勾配の水路でも堆積することなく、ほぼ流下した。

実験結果から、崩土が滑動する際、底面がせん断され、底層にできたせん断層が発達し、その結果、崩土が土石流化すると推察する。次節では、その過程をモデル化し、数値計算を行う。

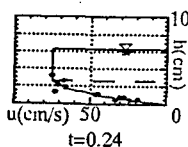


図5(b).流速分布

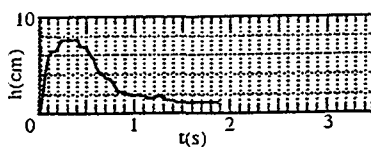


図6(a).水位変化

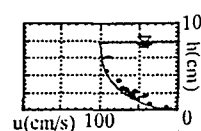


図6(b).流速分布

3. 崩土の流動化モデル

3.1 支配方程式 モデルとして図7のような完全飽和の崩土を考える。崩土

の運動量保存則は水路幅の影響と壁面摩擦を考慮し、次式で表されとする。

$$\frac{d\left\{\rho_t L H \frac{(H-h)U + hUV_m}{H}\right\}}{dt} = \rho_T L g H \sin(\theta) - k \frac{1}{2} \rho_T f \frac{B+2h}{B} U_m^2 L - (U - V_m) h \rho_t V_m$$

$$- (1-k)(\sigma - \rho_w) g H L C_L \cos \theta \tan \phi - \frac{1}{2} \alpha g (H-h) C_L \frac{2(H-h)}{B} L \tan \phi'$$

ここに、 ρ_T :崩土の見かけ密度、 σ :粒子密度、 ρ_w :水の密度、 C_L :粗粒子密度、 ϕ :内部摩擦角、 f :抵抗係数、 α :係数、 $\tan \phi'$:壁面摩擦係数。 k は $h \geq h_c$ で $k=1$ 、 $h \leq h_c$ で $k=0$ とし、 $h_c = d_{50}$ とした。

次に崩土の体積保存則は次式で表す。

$$\frac{d(HL)}{dt} = -(U - V_m)h$$

また、 i を液状化層上面での侵食速度とすると、 h の変化式は次式で表される。

$$\frac{dh}{dt} = i - (U - V_m) \frac{h}{L}$$

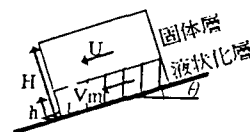


図7.流動化モデル

3.2 計算結果 計算は図4のブロック1について行った。 θ はすべり面勾配と水路勾配の平均値 41° とした。また、土量を一致させて $L=30\text{cm}$ 、 $H=6.6\text{cm}$ とした。係数については検討が必要であるが、今回は $\phi=35^\circ$ 、 $f=0.8$ 、 $\alpha=0.25$ 、 $\tan \phi'=0.2$ 、 $i=3\text{cm/s}$

と仮定した。さらに $V_m=0.85U$ とした。計算結果と実験結果を図8に示す。時刻は $t=0$ を崩壊開始時刻とする。この結果からは実験データが少なく、提案したモデルの妥当性は数値的にしか言えない。今後は崩土の追跡データを採用し、その結果と比較することによって今回のモデルについて検討していく必要がある。

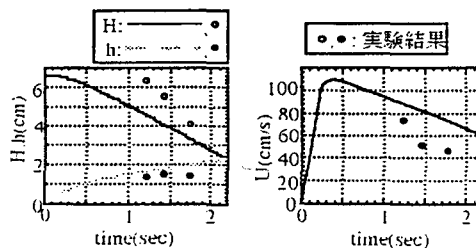


図8.計算結果と実験結果

4. おわりに 本実験では斜面崩壊土の土石流化を再現することができた本研究において、そのプロセスを一般的に突きとめたとは言い難い。今後は数値計算と比較できるデータをいかに採取するかが課題である。

参考文献 1)高橋 保:粘性土石流の流動機構に関する研究(2)、京都大学防災研究所年報、平成9年4月