

渓岸堆積物の水分動態と土砂移動に関する研究

立命館大学理工学研究科 ○速見智、里深好文、藤本将光
京都大学防災研究所 堤 大三

1. はじめに

一般的に土石流は斜面の土層が飽和状態に達した際に変形し、崩壊に至ることによって発生すると考えられている。しかし、実際の崩壊地では、そのような状態に至らずに土石流化を起こしている可能性が指摘されている。堆積物内の浸透過程が土石流の発生に与える影響を捉えるためには、実渓流において堆積物の連続した観測を行うことが必要である。そこで本研究では、山地源頭部の土石流発生領域にて、渓岸堆積物の水分動態を観測することによって、土石流発生時の堆積物の水分状態を捉えることとした。また、浸透流の形成には降雨が強く影響するため、降雨観測も同時に行い、渓岸堆積物が土石流化する際の降雨の特性を捉えることとした。

2. 観測地の概要

観測は神通川水系蒲田川支流の足洗谷(流域面積7.2km²)の小渓流ヒル谷試験流域(0.85km²)源頭部(図1)にて行った。出水の特性は平時の流量は約50l/s、洪水時は100~300l/sである。源頭部は花こう斑岩の裸地斜面となっている。冬季には凍結融解の作用によって、源頭部の裸地斜面が浸食され、活発な土砂生産がある。

ヒル谷流域下流には試験堰堤が設置されており、源頭部にて生産された土砂は夏季の降雨によって、土石流化し、堰堤に流入している。そこで、この領域を土石流発生域として観測を行った。

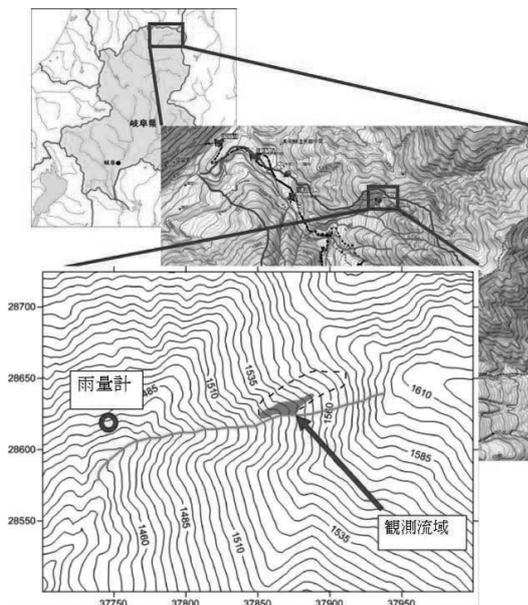


図1 足洗谷流域ヒル谷源頭部

3. 観測方法

観測域の源頭部では裸地斜面から生産された土砂が渓流の側岸部に堆積していた。渓岸堆積物の面積は80m²であり勾配は約37°であった。堆積物の溪床に接した部分には湧水点が確認された。水分動態の観測にはテンシオメーターを用いた。テンシオメーターを各ポイントについて2~3深度設置して、間隙水圧を計測した。写真1はその設置状況を示したものである。間隙水圧の計測間隔は5分間とし、8月18日より1分間隔へと変更した。観測は多雨の時期であり、土石流の発生が見込まれる2011年6月17日~10月8日の期間に行った。降雨量は転倒杓型雨量計を観測流域下流(200m 下流)に設置した。また、斜面の流動化・崩壊状況を確認するために、側岸堆積物の対岸の斜面上部にデジタルカメラを設置し、1分毎に撮影している。

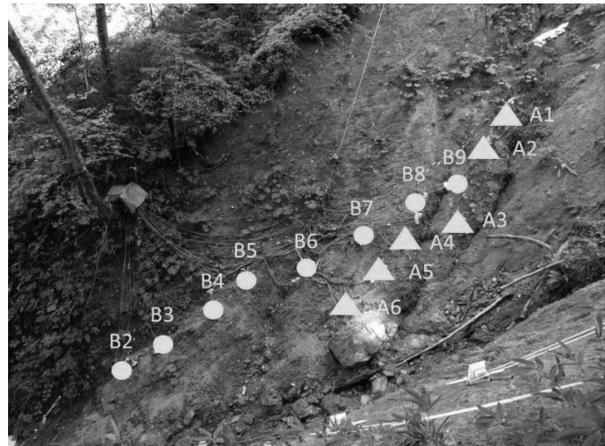


写真1 テンシオメーター設置点

4. 観測結果

2011年6月18日~6月23日にかけての降雨イベントでは6月23日19:18に測点A3付近の土砂が流動化した(写真2)。A3付近の渓岸堆積物が基岩面を滑り面として流下した痕跡が見られた。流動化が起きた際、3.0mm/10minの雨量が観測されている(図2)。流動化が起きた付近に設置してあるA3-30



写真2 流動化の発生状況

やその上部に設置した A1-30 のテンシオメーターでは正圧が観測されており、基岩付近の一部では堆積物が飽和状態にあったことを示している。基岩付近の土層が部分的に飽和状態になることによって、流動化が起こったものと考えられる。

ヒル谷源頭部の溪岸堆積物は透水性が高く(表 1)、堆積している斜面の勾配も急であるため、全層が飽和状態にはなりにくい。降雨によって発生する浸透流は堆積物の中を選択的に流れており、その流れの偏りが斜面の安定性の低下を引き起こし、流動化につながったのだと考えられる。斜面の流動化は堆積物の全層が飽和状態にない場合も発生することが確認された。

5. 安定解析

現地観測によって得られた圧力水頭の値と降雨データを用いて斜面安定解析を行い、堆積物中の水分動態と降雨量が斜面の安定性に与えた影響を検討した。使用したデータは斜面が流動化した 2011 年 6 月 18 日～6 月 23 日にかけての降雨イベントの降雨量と間隙水圧のデータを用いた。解析は降雨開始から斜面が流動化するまでの期間を行った。溪岸堆積物の安定解析には Bishop 法を用い、以下の式により安全率を評価した。

$$F = \frac{\sum[(W' - ub) \tan \varphi + cb]/m_\alpha}{\sum W' \sin \alpha}$$

$$\begin{cases} S = \frac{1}{F} [(W' - ub) \tan \varphi + cb]/m_\alpha \\ m_\alpha = \left(1 + \frac{\tan \varphi \tan \alpha}{F}\right) \cos \alpha \end{cases}$$

F:安全率、W':全有効重量、u:間隙水圧、b:スライス幅、c:粘着力、φ:内部摩擦角

図 3 より降雨によって斜面の安全率の低下が起こっていることが分かる。特に、無降雨の状態から降雨が発生するとき、高強度の雨量が観測された際に安全率が大きく低下することが分かった。流動化する直前の時間雨量は 5.5mm/hr と解析を行ったイベントの中では降雨強度はそれほど大きくないが、連続した降雨であったため、土層内部の間隙水圧が上昇し、溪岸堆積物の流動化が発生したと考えられる。

表 1 溪岸堆積物の諸元

	表層	下層
飽和透水係数 Ks[cm/s]	0.18	
飽和堆積含水率 θ _s	0.44	0.36
残留堆積含水率 θ _r	0.11	0.12
水分特性曲線の変曲点 Ψ _m	-4.9	-2.05
水分特性曲線の湾曲度 σ	2.36	3.01
単位体積重量[kgf/m ³]	1.22	
粘着力[1.0*10 ³ kgf/m ²]	11.0	
内部摩擦角[deg]	26.34	

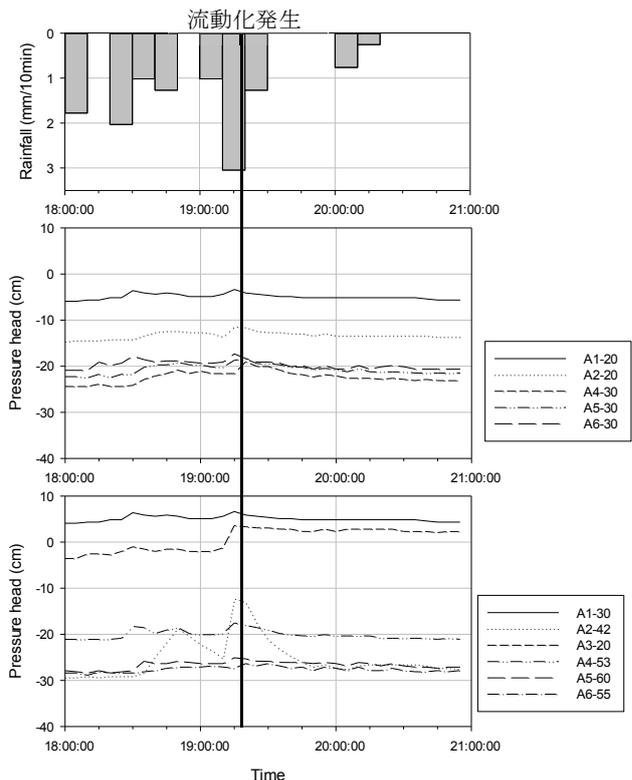


図 2 流動化発生時の 10 分間雨量と間隙水圧

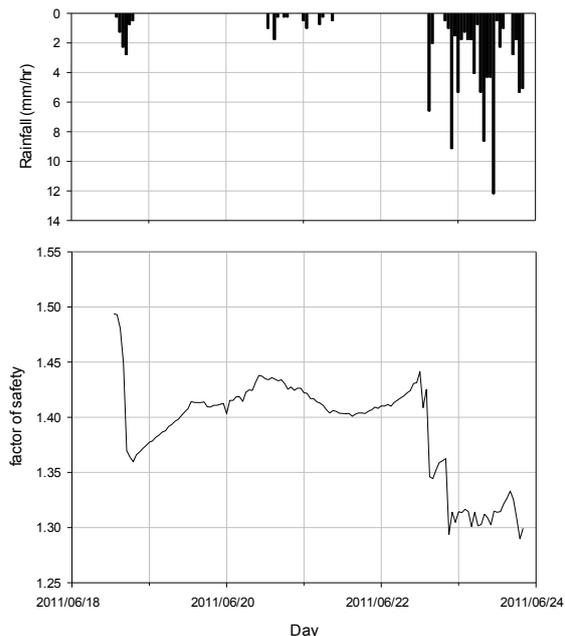


図 3 流動化発生前の 1 時間雨量と安全率

参考文献

- 1) 今泉文寿・土屋智・逢坂興宏(2003): 荒廢溪流源頭部の砂礫堆積地で発生する土石流の流動特性, 砂防学会誌(新砂防), Vol. 56, No. 2, p. 14-22
- 2) 諏訪浩・真中朋久・稲庭篤(1989): 焼岳上々堀沢における土石流の発生と規模の検討, 京大防災研究所年報, 第 32 号, B-1, p. 229-247