

大谷崩における土石流の流動形態と間隙水圧の関係

静岡大学大学院総合科学技術研究科農学専攻 ○大屋俊祐

静岡大学大学院農学領域 今泉文寿

東京大学大学院農学生命科学研究科 堀田紀文

国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所 経隆 悠

北海道大学大学院地球環境科学研究院 早川 裕弐

1. はじめに

土石流とは水と土砂が一体となって流下する現象であり、破壊力が大きいと、甚大な人的・物的被害をもたらす。これまで土石流発生域では、流れの上層の間隙が泥水で満たされていない不飽和土石流と、流れの表面から溪床まで間隙が泥水で満たされた飽和土石流の2つのタイプの流動形態が確認されている (Imaizumi *et al.*, 2017)。また、土石流の流動特性は土石流の内部応力によって決定され、内部応力には粒子の接触摩擦による応力、粒子の衝突による応力、間隙流体による応力が存在すると考えられている (Egashira *et al.*, 1997)。このうち、間隙流体による応力は現地観測で間隙水圧を測定した事例があるものの (McArdell *et al.*, 2007)、その実態はほとんどわかっていない。そこで、本研究では土石流頻発溪流において土石流中の間隙水圧の深度分布を測定し、土石流の流動形態と間隙水圧の関係について考察した。

2. 調査地

調査地は静岡県中部を流れる安倍川の源頭部に位置する大谷崩の「一の沢」上流域である (図1)。地質は古第三紀層の四万十層群に属し、砂岩、頁岩、および砂岩・頁岩の互層から構成されている。「一の沢」上流域の流域面積は約0.22 km²、流路延長は約650 m、平均溪床勾配は約29°である。ここでは崩壊の谷底部に堆積する大量の溪床堆積物が豪雨時に流動化することで土石流が発生する。

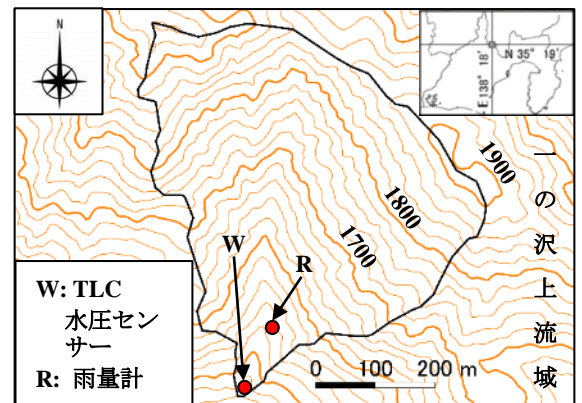


図1: 調査地位置図

3. 研究方法

タイムラプスカメラ (TLC200Pro, Brinno, 以下 TLC とする) を図1のW地点に設置し、4秒間隔で土石流の撮影を行った。土石流の流動形態はTLCで撮影した画像を目視で判別し、不飽和土石流 (図2a) と飽和土石流 (図2b) の2つのタイプに分類した。また、水圧センサー (PAA-26Y, KELLER) をW地点に設置し、4秒間隔で水圧を記録した。図3は水圧センサーの設置模式図であり、水圧センサーの間隔は0.33 mである。水圧センサーの設置箇所は岩盤が露出した固定床となっている。雨量の観測は1回転倒0.2 mm 転倒桁型雨量計をRに設置することで行い、前後6時間以上の無降雨状態が続いたイベントを1つの降雨イベントとした。観測期間は2020年の4月から10月までである。

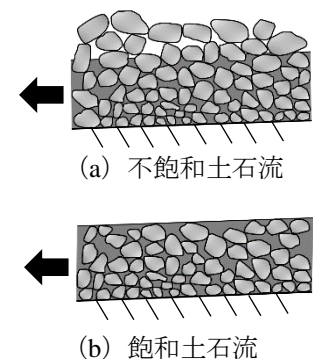


図2: 土石流の流動形態模式図

4. 結果および考察

2020年の4月から10月までの間に観測された土石流イベントのうち、計2回の土石流イベント (2020年6月30日から7月1日, 2020年

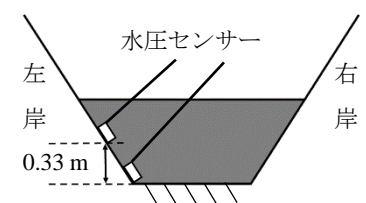


図3: 水圧センサーの設置模式図

7月5日から11日)について解析を行った。図4は2020年6月30日のW地点における水圧センサーの計測値から求めた間隙水圧と、水圧センサー間の圧力水頭の差である。この土石流イベントは夜間に発生していたため、TLCで土石流を撮影することができず、土石流の流動形態を判別することができなかった。22:30:28から22:31:12にかけて、圧力水頭の差が、間隙流体の密度が土砂の密度 (2650 kg m^{-3}) と等しいとした場合の値である 0.87 m を大きく上回っていた。このことから、土石流の内部では過剰間隙水圧が発生し、それが維持されていたと考えられる。図5は2020年7月6日のW地点における水圧センサーの計測値から求めた間隙水圧と、水圧センサー間の圧力水頭の差である。W地点におけるTLCで撮影した画像を判別したところ、10:47:46から10:48:58にかけて不飽和土石流が流下しており、このとき圧力水頭の差が 0.87 m を大きく上回っていた。また、飽和土石流が流下している時の圧力水頭の差は水圧センサーの間隔である 0.33 m とおおむね対応していた。不飽和土石流の流下時に過剰間隙水圧が発生した原因として、溪床が岩盤であったことに加え、高濃度の石礫と細粒子により難透水層が形成され、過剰間隙水圧の発散が抑制された可能性が考えられる(岡田ら, 2002)。

5. おわりに

大谷崩「一の沢」上流域において、水圧センサーを用いて土石流の間隙水圧を測定したところ、土石流の2つのタイプの流動形態のうち、不飽和土石流において過剰間隙水圧が発生していることが示唆された。今後は水圧センサーの数を増やすことで、不飽和土石流の飽和帯の位置を特定するとともに、過剰間隙水圧が発生する層がどの位置にあるのかを特定し、不飽和土石流の応力構造を明らかにする必要がある。

参考文献

Imaizumi *et al.* (2017) Nat. Hazards Earth Syst. Sci., Vol.17, pp. 1923-1938; Egashira *et al.* (1997) Proceeding of First International Conference, Debris-Flow Hazards Mitigation, ASCE, pp. 340-349; McArdell *et al.* (2007) Geophysical research letters, Vol.34, L07406; 岡田ら (2002) 地すべり, Vol.39, No.3, pp. 10-20

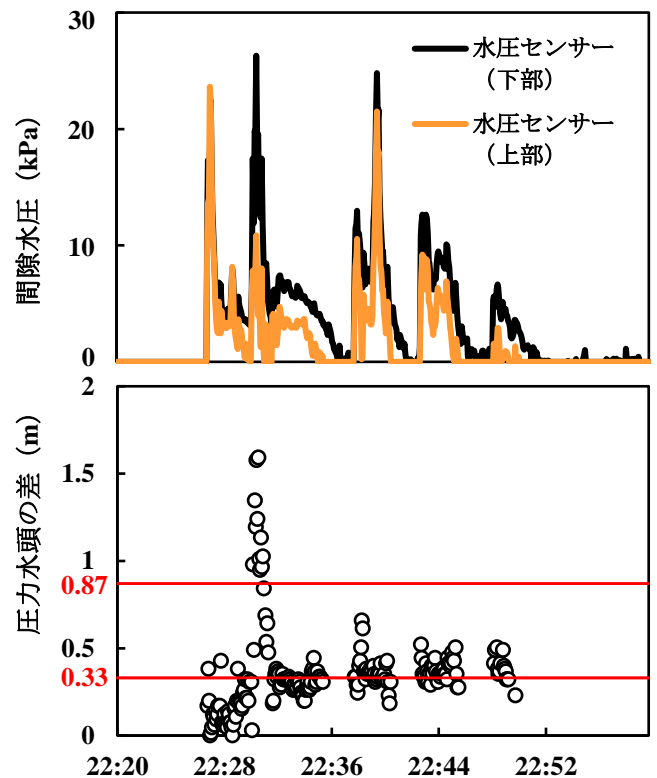


図4: 2020年6月30日のW地点における間隙水圧と、水圧センサー間の圧力水頭の差

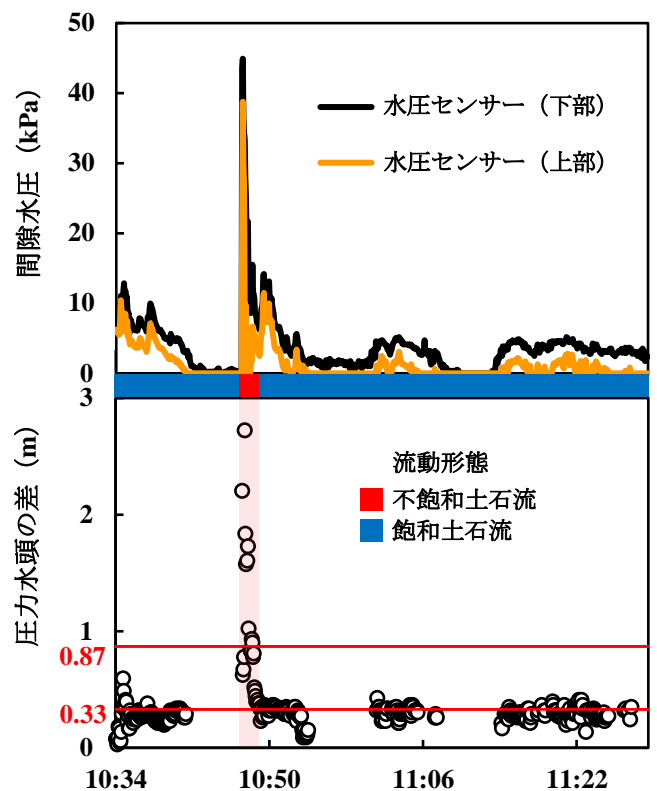


図5: 2020年7月6日のW地点における間隙水圧と、水圧センサー間の圧力水頭の差