

荒廃溪流源頭部における土石流流下特性と間隙水圧との関係

静岡大学大学院総合科学技術研究科農学専攻 ○高橋英成

静岡大学大学院山岳流域研究院 蓮容龍信

静岡大学大学院農学領域 今泉文寿

静岡大学大学院農学領域 高山翔揮

1. はじめに

土石流の流下特性は、土石流の内部応力の影響を大きく受けることが既往の研究により示されている。しかし、土石流は大きな破壊力を有する土砂移動現象であるため、これまでの現地観測は映像の撮影や非接触による表面部の水位や流速の計測が主であり、土石流内部の応力に関する計測事例は未だ乏しい（宮田ら，2021）。土石流内部では過剰間隙水圧の発生や不飽和層の存在等により静水圧と異なる間隙水圧となることがある。過剰間隙水圧の発生・維持は土石流の流動性を向上させ、土石流の長距離流下を促す要因とされている（Iverson and Vallance, 2001）。しかし、現地観測によって間隙水圧が計測された事例は乏しく、間隙水圧の特徴や土石流の流下特性への影響には未解明の部分が多い。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を測定し、土石流の流下特性と間隙水圧との関係について検討した。

2. 調査地

大谷崩は静岡県を南北に流下する安倍川の源流部に位置する大規模崩壊地である（図1）。地質は古第三紀層四万十層群に分類され、砂岩、頁岩、砂岩と頁岩による互層から構成される（Imaizumi et al., 2017）。大谷崩を構成する砂岩と頁岩は構造運動による断層・褶曲により破碎が激しく、不規則な割れ目や剥離に富んでいる。大谷崩では年間約3～4回程度の土石流が観測されており、土石流に関するデータの蓄積に適したサイトである。

3. 研究方法

大谷崩一の沢において、土石流発生の誘因である降雨を観測するための転倒ます型雨量計（図1, R）、土石流の発生時刻・流動形態を把握するためのタイムラプスカメラ（TLC200Pro, Brinno；図1, W）、土石流内部の水圧を計測するための水圧計（PAA26Y, PR26Y, KELLER；図1, W）を設置した。観測期間は2020年4月から2022年10月である。加えて、土石流の流下距離を把握するため、土石流発生前後においてUAV-SfMによる地形測量を行った。水圧計の設置位置は年により異なり、2020年は溪床から0m、0.33mの高さに、2021年は0m、0.91mの高さに、2022年には0m、0.3mの高さに設置した。水圧計により観測された圧力の差（ ΔP ）を水圧計の高さの差（ Δz ）で割ることにより、深さ方向での水圧の勾配（ $\Delta P / \Delta z$ ）を求めた。重力加速度を 9.8 m s^{-2} 、間隙流体の密度を 1000 kg m^{-3} とした場合の静水圧の深さ方向の勾配（ $\Delta P / \Delta z$ ）は 9800 Pa m^{-1} であり、この値と計測された $\Delta P / \Delta z$ を比較することで、間隙水圧の大きさについて議論した。

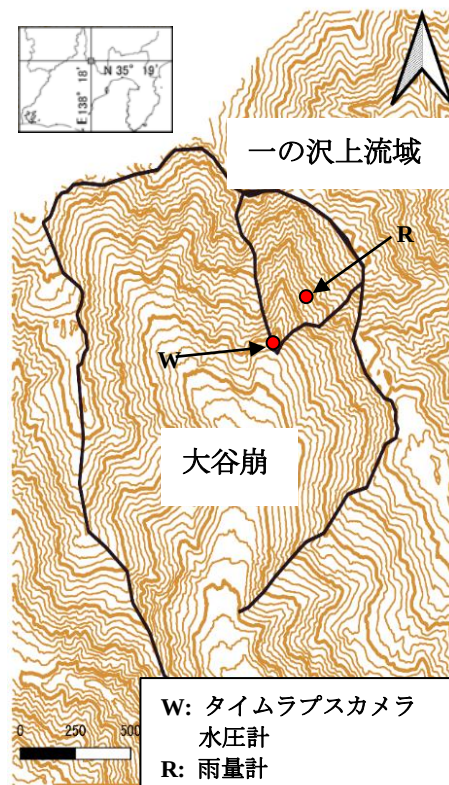


図1: 大谷崩の地形図と機材設置場所

4. 結果および考察

タイムラプスカメラの映像を確認したところ、2020年4月から2022年11月の期間に計14回の土石流イベントが発生した。そのうち、計5回の土石流イベント（2020年6月30日、2020年7月6日、2020年9月7日、2021年8月13日、2022年9月23日）において $\Delta P/\Delta z$ の値が 9800 Pa m^{-1} を越えた。図2は2020年7月6日に観測された間隙水圧（Pa）と、間隙水圧の深さ方向の勾配 $\Delta P/\Delta z$ である。この土石流では6日10:35、10:48~10:51、11:02、11:17付近において $\Delta P/\Delta z$ の値が 9800 Pa m^{-1} を上回った。土石流内部での過剰間隙水圧の発生や細粒土砂の液相化が影響したものと考えられる（大屋，2021）。図3は2022年9月23日に観測された間隙水圧（Pa）と、間隙水圧の深さ方向の勾配 $\Delta P/\Delta z$ である。この土石流では23日23:47付近において $\Delta P/\Delta z$ の数値が 9800 Pa m^{-1} を上回った。その一方で、 9800 Pa m^{-1} を下回る時間帯が長く、土石流が不飽和であったことが示唆される。

図4には、観測された溪床の間隙水圧およびその深さ方向の勾配と、W地点から停止地点までの流下距離の対比を示す。図中の間隙水圧は各土石流流下中の最大値である。両者の間には明確な関係性は見られなかった。このことから、土石流の流下距離には河床の飽和度など水圧以外の要因も影響していると考えられる。

5. おわりに

大谷崩一の沢上流域において水圧計を用いた現地観測を行ったところ、2020年6月30日、2020年7月6日、2020年9月7日、2021年7月13日、2022年9月23日の土石流において水の静水圧を上回る水圧が確認された。また、土石流イベントによって水圧の深さ方向の勾配が異なることが明らかとなった。また、間隙水圧と土石流の流下距離は必ずしも対応しておらず、土石流の長距離流下を考察する際には他の要因も検討する必要があるといえる。

参考文献

Iverson et al. (2001) New views of granular mass flows, *Geology*, 29, 115-118; Imaizumi et al. (2017) Relationship between the accumulation of sediment storage and debris-flow characteristics in a debris-flow initiation zone, Ohya landslide body, Japan, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 17, 1926-1927; 大屋俊祐 (2021) 大谷崩における土石流の流動形態と間隙水圧の関係, 静岡大学大学院修士論文; 宮田ら (2021) TDR センサーを用いた土石流の間隙流体土砂濃度の現地観測, 砂防学会誌, 74, 4, 42-47

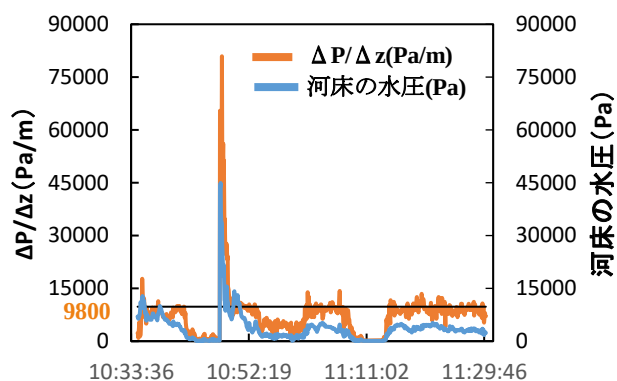


図2: 2020年7月6日に観測された水圧データから算出された $\Delta P/\Delta z$ と河床の水圧（Pa）

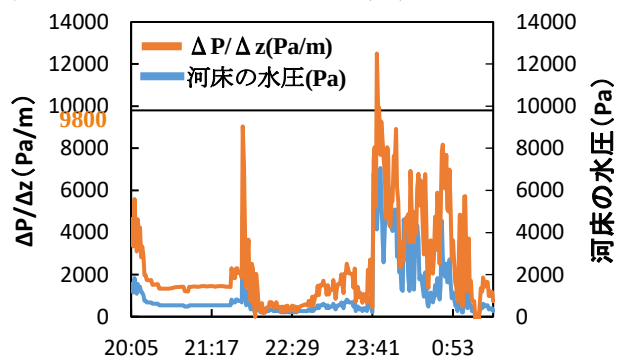


図3: 2022年9月23日に観測された水圧データから算出された $\Delta P/\Delta z$ と河床の水圧（Pa）

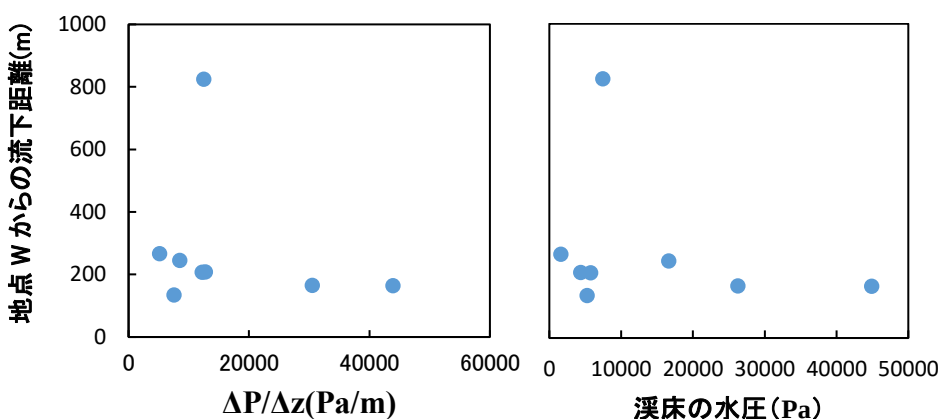


図4: 土石流の流下距離と間隙水圧との関係性