

池の沢溪岸の斜面崩壊（全層雪崩）の捕捉と土中水分計測に基づく安定性評価

山梨大学大学院 正会員 ○荒木功平
 東京都 非会員 市村彰大
 日本工営株式会社 正会員 石井篤志

1. はじめに

2014年2月、山梨県早川町では大雪・雪崩等により全域が孤立した。2011年9月台風12号では早川下流部右岸の春木川流域の池の沢溪流内から土砂が大量に流出し、宿泊施設（観光客等約300名）が孤立した¹⁾。

近年、降水（降雪や降雨）に伴う表層すべり型の斜面崩壊が多発している。表層すべり型斜面崩壊のような拘束圧が低い状況下では粘着応力度の不確定性は極めて大きく影響する²⁾。

本研究では、粘着応力度 c を確率変数とみなし、平面すべり（無限斜面法）に対する崩壊確率を誘導している。また、池の沢溪岸で土中水分等の実測により、斜面崩壊（全層雪崩）時の実現象の把握を試みている。

2. 池の沢流域内の勾配・地質等地形状況と斜面崩壊（全層雪崩）の捕捉

池の沢流域内は概ね30度以上である。地質は中～新生代堆積岩類（付加コンプレックス）で、早川流域の中で最も崩壊しやすい³⁾。流域末端部には住宅や宿泊施設等の保全対象がある。図-1に示す観測対象斜面については、以下の6つの要因に着目し、現地調査により決定した。①0次谷で沢地形の斜面である。②本川に対して直交方向の0字谷である。③崩土が1m近く堆積している。④崩壊の痕跡がみられる。⑤斜面勾配が30度以上ある。⑥比較的保全対象から近い。



図-1 観測斜面と観測機器の概略位置

写真-1(a)～(d)に、抽出斜面の対岸に定点カメラを設置し、撮影した結果を示す。写真-1(a)が2016年1月17日（晴天時）の状況であり、岩や流木等がある。(b)が翌日（24時間後）であり、積雪が生じた。(c)が(b)の約11日後で、融雪が進んでいる。(d)は(c)の1時間後で、全層雪崩が発生した。また、定点カメラにより発生時刻が1月29日約12時頃（誤差±30分）と特定できた。

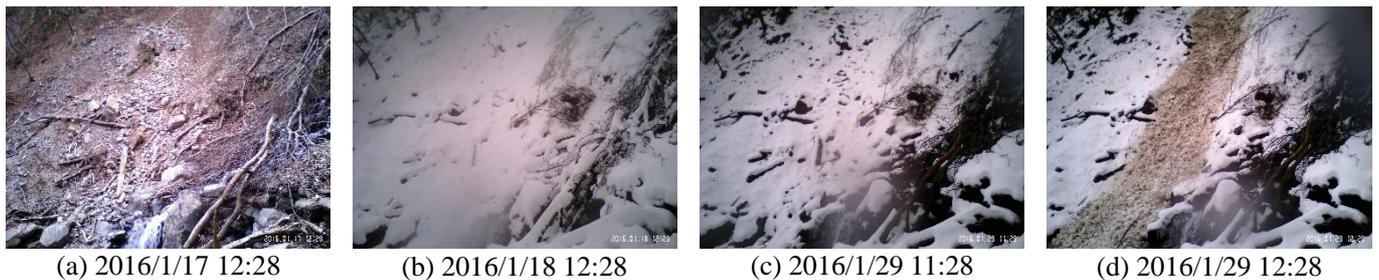


写真-1 晴天～積雪～融雪～雪崩までの定点撮影結果（2016年）

写真-2(a)～(c)に2017年1月8日13:19の降雪前、14:19降雪後、9日9:19の崩壊（雪崩）後を示す。降雪から約19時間の間に崩壊したことがわかったが、夜間は照明が足りず



写真-2 降雪前～降雪後～雪崩までの定点撮影結果（2017年）

キーワード 斜面崩壊, 雪崩, 現地観測, 飽和度, 斜面安定

連絡先 〒400-8511 山梨県甲府市武田4-3-11 山梨大学工学部土木環境工学科 TEL055-220-8590

撮影出来なかったため、定点カメラによる発生時刻の特定には至らなかった。

3. 土中水分(飽和度)変化を考慮した斜面安定評価

無限斜面法を用いた降水に伴う斜面崩壊確率を算出する。安全率 F は、土が発揮し得るせん断抵抗力 S と滑動を抑えるのに必要なせん断抵抗力 T の比 S/T で定義される。地表面とすべり面が平行で、斜面勾配 θ ・単位表土厚 H_t ・単位斜面長 l ・単位奥行き d (其々1m とする) の土塊自重 W (間隙率 n , 湿潤密度 ρ_t , 重力加速度 g , 水の密度 ρ_w) の斜面安定性を考える (式(1))。不飽和土の浮力 P_v (式(2)), 浸透力 J (式(3)) を導入している。ここで、安全率 F (式(5)) が1となる粘着応力度 c_F を求め、正規分布 $f(c)$ (粘着応力度 c , 平均値 μ_c , 標準偏差 σ_c) の c_F 以下を崩壊確率 P_f (式(6)) とした⁴⁾。

表-1 に計算に用いる土質パラメータを示す。標準偏差 σ_c は μ_c の0.1倍とした²⁾。現地試料を用いた一面せん断試験時の粘着応力度 19.2kN/m^2 (初期飽和度 27.2%) を通り、 $S_r=50\%$ でピークをとるように Montrasio らの式 (7)⁵⁾ の A と λ を設定して、図-2 のような粘着応力度の飽和度変化を考慮するものとする。

$$W = \rho_t \cdot H_t \cdot g \cdot l \cdot \cos \theta \cdot d \quad (1), \quad P_v = \rho_w \cdot g \cdot S_r \cdot H_t \cdot l \cdot \cos \theta \cdot d \quad (2),$$

$$J = P_v \sin \theta \quad (3), \quad F = (c \cdot l \cdot d + W \cos \theta \tan \phi - P_v \cos \theta \cdot \tan \phi) / (W \cos \theta + J) \quad (5),$$

$$P_f = \int_0^{c_F} f(c) dc \quad (6), \quad \mu_c = A \cdot S_r (1 - S_r)^\lambda \quad (7)$$

表-1 入力パラメータ

土粒子の密度	間隙率	湿潤密度	内部摩擦角	式(7)のパラメータ	
ρ_s (g/cm ³)	n	ρ_t (g/cm ³)	ϕ (°)	A	λ
2.63	0.522	1.43	22.5	96.9755	1

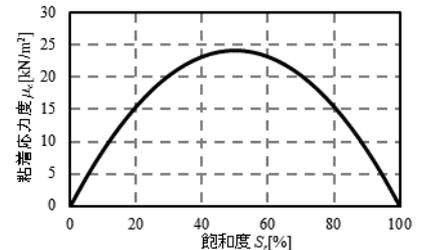


図-2 想定した粘着応力度変化

4. 池の沢溪岸の土中水分計測に基づく安定性評価

図-3 に土中水分(飽和度)の実測結果を示す(設置位置は図-1に示す。設置深さは地表から0~10cm)。図-3から降雪前から飽和度が減少していたことがわかる。また、図-4に崩壊確率を算出した結果を示す。1月7日頃から崩壊確率が急上昇していたことがわかった。機器設置位置や評価法の精度は課題である。

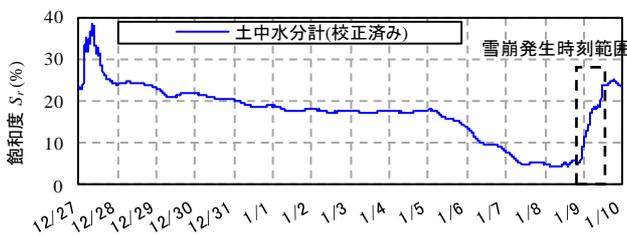


図-3 降雪前～雪崩後までの飽和度

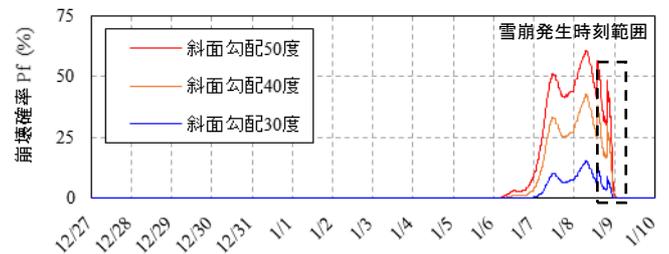


図-4 降雪前～雪崩後までの崩壊確率

6. おわりに

本研究では、山梨県早川町春木川流域の支溪池の沢の溪岸斜面に定点カメラ、土中水分計を設置した。斜面崩壊(全層雪崩)の撮影、崩壊前後の土中水分の実測に成功した。その結果、降雪前から土中水分が低下していたことがわかった。また、土中水分変化に連動する斜面安定度評価法を開発し、土中水分の低下に伴い斜面崩壊確率が上昇していたことを示した。今後、機器設置位置や評価法の精度を更に向上していきたい。

謝辞：本研究は、国土交通省の河川砂防技術研究開発公募、山梨大学の平成29年度分野横断的融合研究プロジェクトにより実施されました。また、国土交通省関東地方整備局富士川砂防事務所、株式会社早野組の関係者各位に多くのご協力をいただきました。ここに深甚の謝意を表します。

参考文献

- 1) 国土交通省：平成27年度富士川砂防事務所の事業内容、
http://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000621888.pdf (2016年1月13日閲覧)
- 2) 荒木功平, 石野孝樹, 北村良介, 斜面崩壊確率の変動に関する一考察, 第2回土砂災害に関するシンポジウム 発表論文集, pp.161-164, 2004.
- 3) 国土交通省関東地方整備局富士川砂防事務所：H24 富士川管内荒廃状況調査業務, pp.6-5-6-7, 2013.
- 4) 荒木功平, 奥村謙一郎, 安福規之, 大嶺聖, ハザリカヘマンタ：降雨に伴う表流水と浸透力に着目した緩勾配斜面の安定解析と土砂量評価, 土木学会第67回年次学術講演会講演論文集, pp.727-728, 2012.
- 5) 大久保佳美, 善功企, 陳光斉, 笠間新伸：降雨による粘着力の低下を考慮した斜面崩壊危険度評価, 土木学会西部支部研究発表会(2011.3)