

池の沢溪岸斜面の安定性評価と土砂動態の把握に関する一考察

山梨大学大学院 正会員 荒木功平

1. はじめに

2014 年 2 月，山梨県早川町では豪雪・雪崩等により全域が孤立した．2011 年 9 月台風 12 号（連続雨量 1228mm）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⁾．

本研究では，池の沢流域を対象とし，GIS を用いて危険斜面（観測対象斜面）を抽出し斜面の安定性評価を行う．また，現地観測（無人カメラ），現地調査（ポール横断），気象データ収集（アメダス）により，土砂動態等の把握を試み，考察を述べている．

2. 池の沢流域の概況把握（文献・GIS 等による地形・勾配把握）

写真-1¹⁾は 2011 年の池の沢における土砂災害被害状況である．写真-1 から自家用車を流下させる規模の危険渓流であることがわかる．

図-1 は国土院の数値地図²⁾を基に GIS により地形図を作成した．池の沢の位置を赤枠，流下方向を矢印で示す．末端部には住宅や宿泊施設等の保全対象があり，対策が必要である．

図-2 は国土院の基盤地図情報・数値標高モデル 10m メッシュデータ³⁾を基に GIS を用いて作成した池の沢の流域界における勾配区分図を示す．斜面勾配 30 度以下のメッシュがほとんど無く，全体的に急な地域であることがわかる．要対策箇所を抽出するのに勾配区分図だけでは難しいといえる．

3. GIS を用いた池の沢流域の斜面安定性と危険斜面の抽出

単位表土厚 H_t ・単位斜面長 l ・単位奥行き d （それぞれ 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．本研究では，斜面安定解析（無限斜面法）に不飽和土の浸透力 J を新たに導入する．次に降水量 h_q のもとで表面流 h_w を生じ，土を飽和させつつ浸透したときの深さ h_{sat} を導入する．そして，安全率 F が 1 となる表土層のすべり面での粘着応力度 c_F を求め，正規分布 $f(c)$ （粘着応力度 c ，標準偏差 σ_c ）の c_F 以下となる確率を崩壊確率 P_f とすることにより斜面の安定性を評価するものとした．

$$W = \{\rho_w \cdot h_w + \rho_t \cdot (H_t - h_{sat}) + (\rho_d + n \cdot \rho_w) \cdot h_{sat}\} \cdot g \cdot l \cdot \cos \theta \cdot d \quad (1), \quad P_v = \rho_w g h_w + \rho_w g \cdot S_r \cdot H_t \cdot l \cdot \cos \theta \cdot d \quad (2),$$

$$J = P_v \sin \theta \quad (3), \quad h_{sat} = \frac{h_q - h_w}{(1 - S_r) \cdot n} \quad (4), \quad F = \frac{c \cdot l \cdot d + W \cos \theta \tan \phi - P_v \cos \theta \cdot \tan \phi}{W \sin \theta + J} \quad (5), \quad P_f = \int_0^{c_F} f(c) dc \quad (6)$$

表-1(a), (b)に入力パラメータを示す．ただし，表-1(a)は現地採取して求めた値，表-1(b)は想定値である．

図-3(a)～(c)に計算結果を示す．図-3 から降雨とともに○で囲んだ崩壊確率の大きい領域が池の沢に向かって伸びていくことがわかる．このことは図-2 の勾配区分図では求められなかった危険溪岸斜面の抽出が出来ていることを示している．安全率ではなく，崩壊確率を用いる利点である．

表-1 入力パラメータ

(a) 実測値						(b) 想定値		
土粒子の密度	飽和度	間隙比	間隙率	乾燥密度	湿潤密度	内部摩擦角	見かけの粘着成分	c の標準偏差
ρ_s	S_r	e	n	ρ_d	ρ_t	ϕ	c	σ_c
g/cm^3	%			g/cm^3	g/cm^3	deg.	kN/m^2	kN/m^2
2.63	32	1.09	0.522	1.258	1.425	40	5	0.5

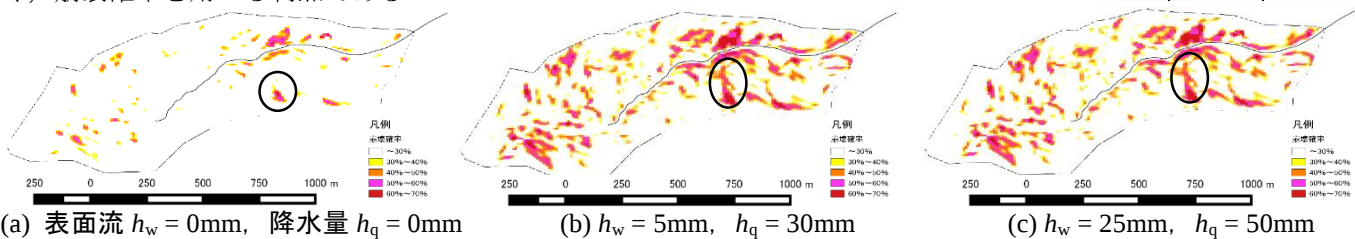


図-3 崩壊確率分布と池の沢へ土砂流入が起きる斜面の抽出

キーワード 崩壊確率，雪崩，斜面

連絡先 〒400-0016 山梨県甲府市武田 4-3-11 TEL.055-220-8528 E-mail : karaki@yamanashi.ac.jp

4. 危険渓岸斜面における無人カメラによる観測

写真-3(a)～(d)に、抽出した危険渓岸斜面の対岸に無人カメラを設置し、危険斜面を撮影した結果を示す。写真-3(a)が2016年1月17日の晴天時の斜面状況であり、岩や流木等がある様子がわかる。写真-3(b)が翌日(24時間後)であり、積雪により斜面が覆われている。写真-3(c)が約11日後の積雪状況で、雪解けが進んでいる。写真-3(d)は写真-3(c)の1時間後に雪崩が発生したことを示している。これにより、発生時刻が1月29日12時(誤差±30分)と特定できた。また、このことから抽出斜面が危険斜面であることが証明された。

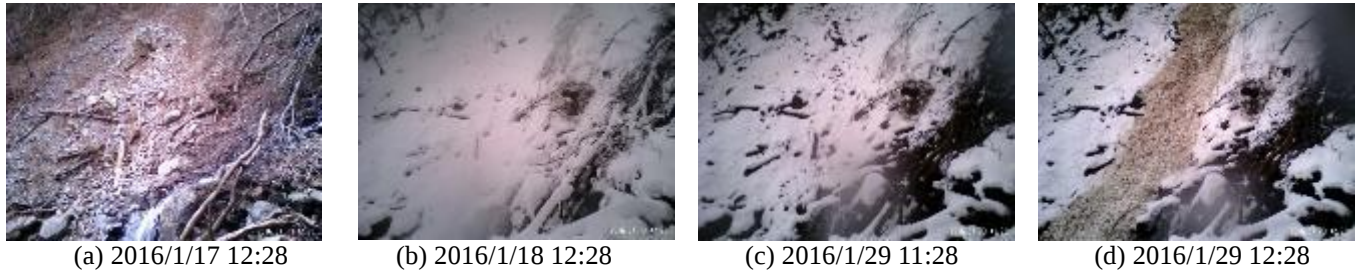


写真-3 無人カメラによる撮影結果

5. 積雪から雪崩発生までの気温と降水量の時系列変化

図-4に最寄のアメダス(南部及び切石)⁴⁾の2016年1月17日から29日までの気温と降水量を示す。18日午後までの降雪後、29日6時まで降水は無い。また、29日より28日の方が気温変化は激しい。このことから雪崩の誘因は29日朝6時～12時にかけての1～3mm/hour程度の降水が主として寄与したと考える。すなわち、弱い雨でも雪崩は発生するといえる。警戒する必要がある、広く周知しなければならないと考える。

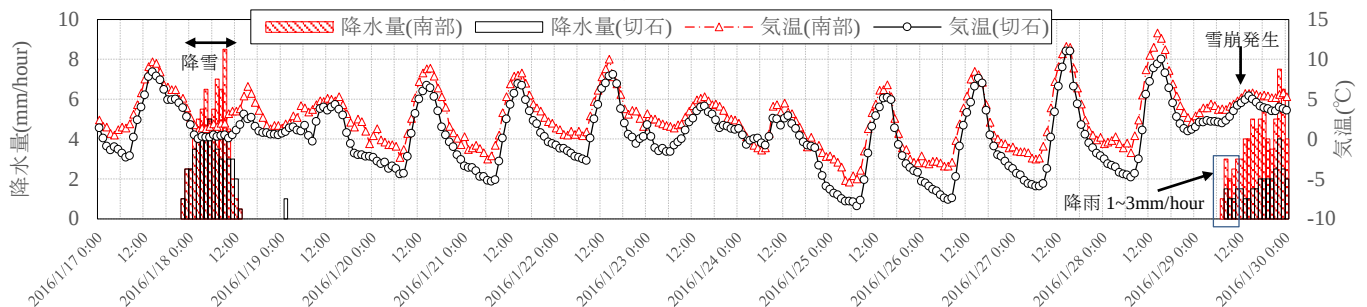


図-4 2016年1月17日から2016年1月29日までの気温と降水量

6. 現地調査による池の沢渓岸斜面形状の時系列的変化の把握

写真-2に斜面形状の計測状況を示す。池の沢と斜面との合流点を開始点(基点)とした。計測日は①2015年11月5日、②11月23日、③12月7日、④2016年1月8日、⑤1月15日、⑥2月5日である。

図-5に計測結果を示す。図-5から①、②、⑤の斜面形状が近く、平常状態と判断され、③、④が堆積状態、⑥が侵食状態となる。

このことは継続的な現地調査により斜面状態を評価できることを示している。また、侵食状態⑥は雪崩後であり、29日の雪崩は平常状態⑤から発生し、表層の雪だけでなく土を侵食した雪崩(全層雪崩)といえる。



写真-2 ポール横断状況

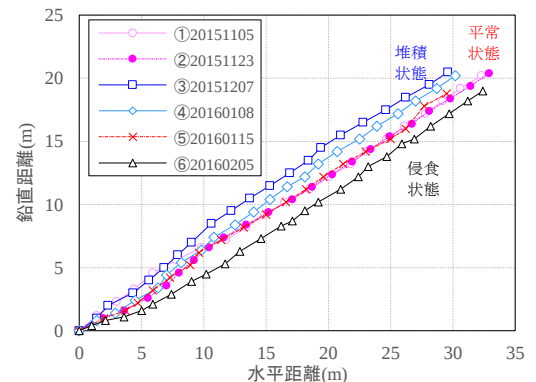


図-5 現地調査による斜面形状の時系列変化

7. おわりに

本研究では、早川町春木川流域右支溪池の沢を対象とし、GISを用いて危険斜面を抽出し、無人カメラを設置した。その結果、雪崩(2016年1月29日)の撮影に成功した。加えて気象の考察を行い、弱い雨でも雪崩が発生することを示した。また、継続的に現地調査(ポール横断)を行うことで現在の斜面状態が平常、堆積、侵食状態の何れであるかを判断できることを示した。この結果、29日の雪崩は平常状態から発生し、表層の雪だけでなく土を侵食した雪崩(全層雪崩)であることを示した。

謝辞：国土交通省河川砂防技術研究開発公募地域課題分野(砂防)(研究代表者：荒木功平)の援助を受けた。また、国土交通省関東地方整備局富士川砂防事務所や株式会社早野組の関係者各位、石井篤志氏(日本工営株式会社(前山梨大学工学部))を始めとする荒木研究室OB・現役学生など多くの方に多大なご支援・ご協力をいただいた。ここに深甚の謝意を表す。

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) 国土地理院：数値地図25000(地図画像)『甲府』、平成22年5月1日発行
- 3) 国土地理院：基盤地図情報ダウンロードサービス、<http://fgd.gsi.go.jp/download/> (2016年1月13日閲覧)
- 4) 国土交通省気象庁：過去のデータ検索 <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etm/index.php> (2016年4月2日閲覧)