

表層崩壊を誘発する水分挙動に関する検討

山口大学大学院 創成科学研究科 地球科学分野 ○竹田拓己, 太田岳洋, 辻智大

関西大学文学部 黒木貴一, 中電技術コンサルタント 宮本新平

1. 序論

現在の土砂災害警戒情報は全国一律のパラメータを用いたタンクモデルに基づく土壤雨量指数で警報を発報しており、個々の傾斜地における植生、地形、地質、風化等を考慮していない(気象庁, 2024)。したがって、避難警報発報の精度向上には、降雨強度に加え、異なる傾斜地での植生や地形地質条件を反映した浸透特性や変形特性を把握し、斜面の安定性を定量的に評価する必要があると考える。

平成 30 年 7 月豪雨の際に山口県岩国市周辺で発生した斜面崩壊は地質では花崗岩地域、植生では伐採地(幼齢林)で崩壊率が高い(松尾・太田, 2020)。そこで本発表では、岩国市で発生した表層崩壊について現地気象観測、土壤水分量計測、空中電磁探査、2 次元浸透流解析結果に基づき安定計算を行い、崩壊を誘発する水分挙動発生条件を検討した結果を報告する。

2. 調査手順

平成 30 年 7 月豪雨で多数の表層崩壊の発生した山口県岩国市周東町の中山川ダム北西部を対象とした。調査地域の地質は白亜紀後期の広島花崗岩類(西村ほか, 1995)である。植生は主にヒノキ植林地である(松尾・太田, 2020)。気象観測地、土壤水分量の計測地点の諸元を表-1、計測地点を図-1 に示す。

空中電磁探査は 2024 年 7 月に針葉樹幼齢林地域で行った。計測測線は表層崩壊地を東西に横断する測線 A2 など、東西方向に 3 測線、南北方向に 2 測線を設定した(図-1)。空中電磁探査による比抵抗値の結果から、地質状況、地下水位を解釈し、A2 測線が横断する崩壊地の地質モデルを作成した。このモデルに対して地層科学研究所の 2 次元浸透流解析ソフトウェア 2D-Flow を用いて、浸透流解析を行った。浸透流解析に用いる透水係数 K_s と van Genuchten モデルから算出する θ - ψ 曲線のパラメータは田中ほか(2022)を参考に、表-2 に示す値とした。解析結果を用いて、地下水位を考慮し、修正フ

表-1 気象・土壤水分量計測地点の諸元

計測地点	植生	斜面方位	崩壊	気象観測	土壤水分計
No.1	針葉樹幼齢林	北西	無い	頂稜	頂稜のみ
No.2	針葉樹幼齢林	北西	多い	頂稜	頂稜+上部谷壁
No.3	広葉樹林	北西	少ない	頂稜	頂稜+上部谷壁
No.4	針葉樹幼齢林	南東	少ない	頂稜	頂稜+上部谷壁

表-2 解析に用いたパラメータ

材料	Ks (cm/s)		定数				
	X軸方向	Y軸方向	θ_s	θ_r	α	n	
表層土層	7.10E-03	7.10E-03	0.520	0.040	0.039	1.35	
風化岩層	3.00E-04	1.50E-04	0.415	0.130	0.137	1.4	
花崗岩	弱風化岩層	6.00E-05	1.20E-05	0.415	0.130	0.137	1.4
新鮮岩層	1.00E-07	1.00E-06	0.210	0.130	—	—	

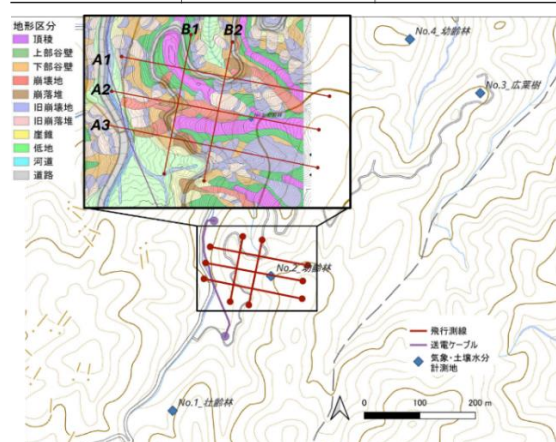


図-1 計測機設置地点と空中電磁探査実施地形

ェレニウス法で円弧すべり計算を行い、崩壊の発生を誘発する水分挙動の検討を行った。

3. 結果

空中電磁探査で得られた測線 A2 の比抵抗分布を図-2 に示す。崩壊地(測線 A2)は推定地下水位が地表から 15~25m 程度の深さにあり、他測線と比較して、5~10m 程度浅い位置に分布する。また、地表付近の飽和度も高い傾向を示した。本研究では、地下水位の影響を考慮したモデルを作成し(図-3)。表-3 に示す 4 ケースで解析を行った。崩壊前の表層土層厚は地表踏査結果をモデルに反映させた。比較条件として、1) 地下水位の比較をするための斜面上流の固定水頭を 5m 変えた(a)及び(b)のケース。2)降雨量の比較をするための崩壊発生時に中山川ダムで計測された雨量(2018 年)と現地気象観測記録の雨量(2023 年)をそれぞれ入力した(-1)及び(-2)のケース(図-4)を設定した。2018 年降雨では 2 回の降雨ピー

クが認められるため、それぞれ降雨1次ピークと降雨2次ピークとする。

解析結果を図-5に示す。2018年降雨パターンの場合、降雨1次ピークと降雨2次ピークともに崩壊地下部まで地下水位が上昇したが、2023年の降雨パターンのピークの場合では地下水位は崩壊地下部まで上昇しなかった。また地下水位が低い場合(解析ケース(b))は最高地下水位が低い結果を示した。

円弧すべり計算を行ったところ、ケース(a)-1の2次ピークでは地下水位の上昇に伴い F_s が0.88まで低下し、他ケースでは $F_s > 1$ であった。

4. 考察

解析では地下水位が崩壊地下部まで上昇したことで、崩壊地下部で F_s が低下しており、地下水位の変動が崩壊に影響する結果を示した。また上流の初期地下水位も水位変化に影響している。

地表踏査では降雨後のみ、崩壊地下部の崩積土断面より極少量の湧水が確認されており、湧出量より集水した土壌水と考えられる。また崩壊地下部の崩積土に浸食跡が認められる。

土壌水分量の降雨に対する応答から、No.2上部谷壁斜面中位層で土壌水の排水能が低いことが推定され、ここでは土壌水の保水性が高く、土壌中の飽和度が上昇し易いと考えられる。地下水位は飽和度の高い表層土中まで上昇することで急激に間隙水圧が上昇し、不安定化したことで崩壊が発生したと推定される。この際、地下水位が上昇し、湧水量は多量となり崩積土が浸食され、浸食跡が形成されたと考える。

5. 引用文献

気象庁(2023):土壌雨量指数(閲覧日:2025年3月26日)<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/bosa-i/dojoshisu.html>

西村祐二郎, 今岡照喜, 宇多村護, 亀谷敦(1995):新編山口県地質図,1:150,000, 山口地学会。

松尾香穂・太田岳洋(2020):GIS解析による斜面災害への地生態学的アプローチ, 日本応用地質学会 令和2年度研究発表会発表論文集。

田中健貴, 木下篤彦, 小竹利明, 柴田俊, 山田拓, 松澤真, 伊藤達哉(2022):地質構造に起因する透水性境界上の浅層地下水位上昇を再現した浸透流解析~2011年台風12号による那智川流域での表層崩壊の事例~, 日本地すべり学会誌, 第59巻, 2号, 60-66。

表-3 解析ケース

検証ケース		降雨量	地下水位
(a)基本ケース	-1	2018年	空中電磁と同等
	-2	2023年	
(b)低地下水位	-1	2018年	空中電磁より5m低い
	-2	2023年	

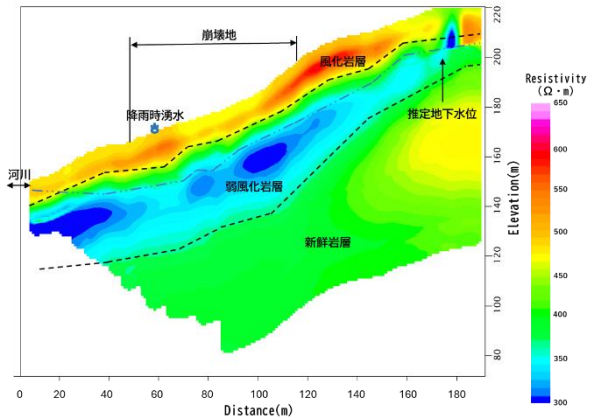


図-2 空中電磁探査で得られた A2 測線の比抵抗分布

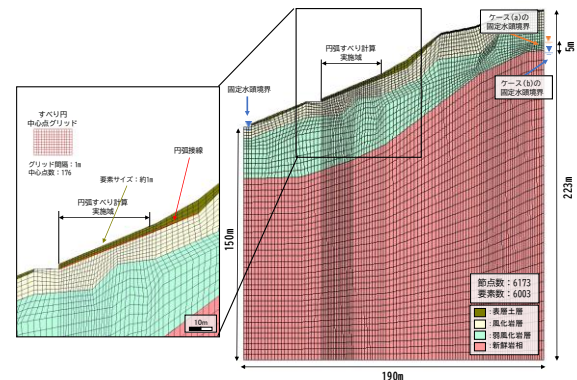


図-3 解析対象断面全体の要素分割と円弧すべり計算範囲の拡大図

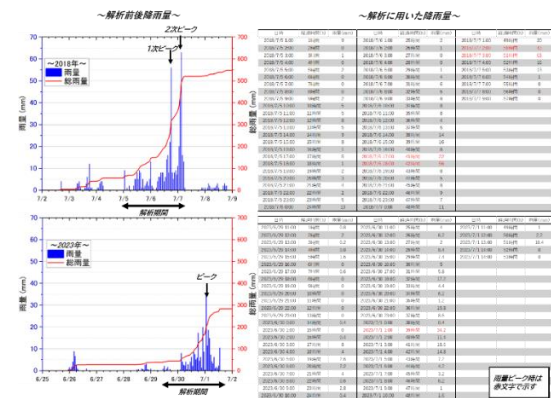


図-4 崩壊発生時(2018年7月)の降雨量(上)と現地気象観測期間最大(2023年6~7月)の降雨量(下)

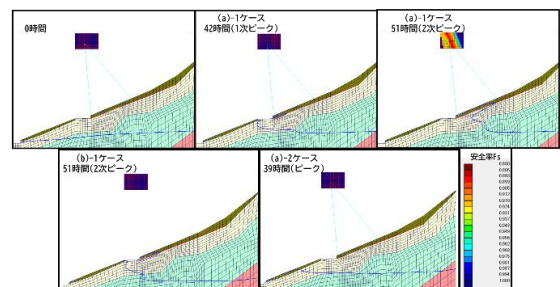


図-5 各ケースの浸透流解析結果とすべり計算結果