

強風化花崗岩の表層崩壊を対象とした実測値による安定計算事例

Slope stability analysis of shallow landslide in strongly weathered granite based on field measurements

萱島祥司（九州技術開発株式会社）*

Shoji KAYASHIMA (Kyugi Co., Ltd.)

キーワード：表層崩壊，安定計算，土層強度検査棒，急傾斜地

Keywords: Shallow landslide, Slope stability analysis, Soil strength probe, Steep slope

1. はじめに

毎年、全国の至る所で豪雨による斜面災害が発生している。崩壊箇所では地質調査が行われるが、復旧を目的としたものであることから、崩壊の発生メカニズムまで掘り下げられることはほばない。崩壊の誘因が記録的豪雨であることは明らかであるが、地下水圧や土質強度などの崩壊の原因まで言及されることもほばない。

本発表では、記録的豪雨時に発生した表層崩壊を対象として、各種の地質調査から作成した地質断面図を元に、実測した土質強度を用いた順算による安定計算の結果を示し、表層崩壊が発生した原因と発生メカニズムについて検討する。

2. 表層崩壊発生時の状況

調査地は令和5年7月九州北部豪雨による被災箇所、観測史上1位の降雨により表層崩壊が発生した。表層崩壊の規模は幅15 m、高さ13 m、長さ20 m、崩壊深3～4 mである。この崩壊の上方にやや小さい崩壊地がもう一つみられたが、これは現地状況から以前に崩れたものと判断した。

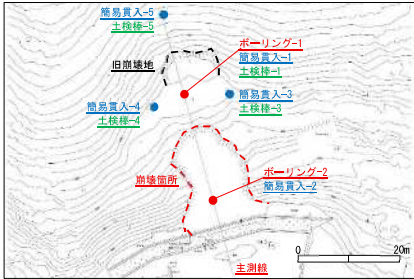


図1 調査位置平面図

3. 地形地質概要

調査地は標高400 m程の山地に位置し、崩壊箇所は比高差50 m程の斜面の末端付近である。斜面勾配は概ね30～35°だが斜面尻は50°とかな

りの急勾配となる。

調査地の地質は花崗岩で、強風化しておりハンマービックで容易に削ることができる。その上位に砂混じり粘土からなる表層土が分布する。表層土は非常に軟らかく、崩壊地の側部では層厚1.0 m程だが、頭部では3.0 m程と厚く分布することが確認された。

4. ボーリング調査と簡易動的コーン貫入試験

図1に示す位置でボーリング調査と簡易動的コーン貫入試験（以下、簡易貫入試験）を行った。

ボーリング調査によるN値とコア観察から、表1のように表層土と花崗岩（DL, DM, DH級）を区分した。ボーリング結果と簡易貫入試験結果の比較（図2）から、表層土はNd値0～10で、N値=Nd値であることが分かった。また、Nd値50はN値24～28に相当することが分かった。

表1 地質構成表

地質名	記号	土質・岩質	N値	Nd値	単位体積重量 (kN/m ³)	粘着力 c (kN/m ²)	内部摩擦角 Φ (°)
表層土 (崩壊土含む)	Sa	砂混じり粘土	0～10	0～10	16	17.4	9.7
強風化 花崗岩	DL級	砂質シルト～ シルト混じり砂	10～25	10以上	17	40.5	35.9
	DM級	硬澄じり砂	25～50		18	48.6	37.2
風化 花崗岩	DH級	軟岩	50以上		19	66.4	39.3

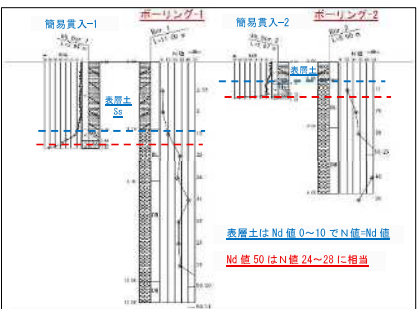


図2 ボーリング結果と簡易貫入試験の比較

5. 土層強度検査棒による調査結果

ボーリング結果と簡易貫入試験結果の比較から、土層強度検査棒による限界貫入深度試験で、概ね表層土の層厚を把握できることが分かった。またベンコンセン断試験により表層土の粘着力：cと内部摩擦角：φを測定した。その結果を表2に示す。

表2 土層強度検査棒の調査結果一覧

測定地点	ベンコンセン断試験			限界貫入 深度 (m)
	測定深度 (m)	粘着力 c (kN/m ²)	内部摩擦角 Φ (°)	
土検棒-1	0.8	27.9	8.5	2.6
	1.8	12.8	13.0	
土検棒-3	0.8	19.4	9.8	1.3
土検棒-4	0.6	14.5	8.3	0.9
土検棒-5	0.8	12.3	8.7	4.0
	平均	17.4	9.7	
	標準偏差	5.83	1.75	

6. 地質断面図（解析モデル）

ボーリング結果から地質断面図を作成したところ、崩壊を引き起こしたのは表層土であることが分かった。表層土の崩壊時の条件を探るため、崩壊前の地形に対して安定計算を行った。図3にその解析モデルを示す。地下水位は、崩壊箇所付近では地表面ラインとし、上方の旧崩壊地で地表面から抜けるラインを想定した。

7. 安定計算結果

安定計算にはRocscience社のSlide2018を用い、ビショップ法の円弧すべりで行った。図4の安定計算結果をみると、斜面全体で安全率：Fsは0.08～0.35となり非常に低い値となった。特に崩壊箇所付近のFsは特に低い値（0.08～0.10）となっており、崩壊時の状態が反映されているようにみえる。

8. 表層崩壊の発生原因と発生メカニズム

安定計算の結果から、当地の表層崩壊の発生原因は、表層土の土質強度の低さであると考えられる。元々、不安定な状態であった表層土が豪雨により大きく崩壊したとみられる。ただ、安全率：Fsが1.0よりはるかに小さい値であることが実現象と乖離している（水位がない状態でFs=0.15～0.30）。この理由はさらに考察が必要である。

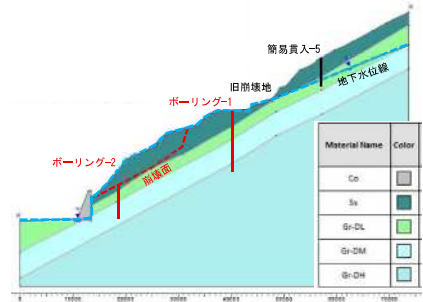


図3 地質断面図（解析モデル）

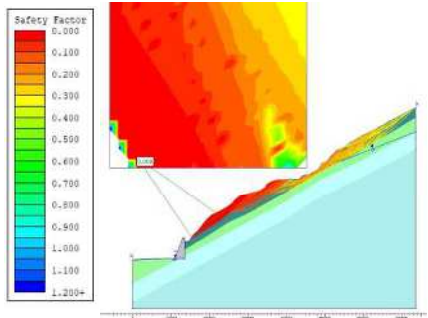


図4 安定計算結果

9. まとめ

以上の結果より、当地での表層崩壊の事前予測は可能であったと考えられる。ボーリング調査や簡易貫入試験がなくとも、例えば土層強度検査棒の限界貫入深度試験を行うことで、本事例のような緩い表層土の抽出は比較的容易である。

我が国の斜面对策は、崩れた斜面を復旧することに特化しており“予防”の概念は希薄である。

今後も頻発するであろう豪雨災害による被害を軽減（減災）するためには、今後崩れる可能性が高い斜面を抽出し、予防的な対策を講じていくこと（防災）が必要と考えられる。

本事例で行った方法は、既存の技術を組み合わせたものに過ぎず、特殊な技術や高価な機器を必要としない。例えば、表層崩壊を対象とする急傾斜地対策では、こうした既存技術を予防的な観点から取り入れ改善することで、防災減災に大きく寄与する余地があると考ええる。

参考文献

土層強度検査棒研究会（2023）：土層強度検査棒を用いた調査・評価の手引き（案）