

火山灰・降下軽石被覆斜面の表層崩壊跡地における加水後の現場せん断試験

西日本工業大学大学院 童澤平 西日本工業大学 正会員 山本健太郎
 鹿児島大学 正会員 平 瑞樹 基礎地盤コンサルタンツ 正会員 永川勝久
 鹿児島大学 非会員 寺本行芳 西日本工業大学大学院 学生員 福田和純

1. はじめに

日本は森林が国土の約70%を占め、斜面崩壊の大半は表層崩壊で、誘因である降雨の影響がかなり大きい。しかし、崩壊現場においては表層崩壊が生じた斜面と生じなかった斜面もあり、斜面そのものの素因を調べることが重要であると考えている。そこで、我が国において、真っ先に亜熱帯化が懸念される九州地方の最南端に位置する鹿児島県において、森林生態学的と地盤工学的観点から、火山灰・降下軽石被覆斜面の表層崩壊跡地において現地調査と原位置試験を行い、自然斜面の安定性を調査してきた^{1,2)}。そして、より実際の斜面安定性評価の実施には、原位置試験の実施が精度、時間からも重要であると考えている。本研究ではこれまでの成果を踏まえ、テストフィールドにて降雨を想定し、如雨露にて散水を行った。その後、不攪乱試料を採取して現場一面せん断試験³⁾を実施し、地盤強度定数を現場で求めた結果と考察について述べる。

2. テストフィールド

テストフィールドを鹿児島県垂水市に位置する鹿児島大学農学部附属高隅演習林に設定した(図-1 参照)。表-1 は 2018 年度時点におけるテストフィールドの表層崩壊特性を示す。テストフィールドは業務資料、空中写真や現地調査を基に表層崩壊の発生年が同定されたものを選定し、同じ領域内でかつ、北向き、ほぼ同じ標高(約 520 m) の 6 地点のしらす自然斜面を設定した。

3. 現場一面せん断試験³⁾

試料の寸法は、20cm×20cm×10cm(せん断面下(上)5cm、断面積 400 cm²、下部可動型)の 4000 cm³とする。現場での不攪乱試料を採取して、軽石や礫、ひげ根などの根系を含んだ試験が可能である。せん断荷重は、手動スクリージャッキ方式で負荷し、垂直荷重は垂直応力載荷装置を用いて、手動ハンドルにより載荷する。せん断速度は、ストップウォッチで計測しながら、1 mm/min のゆっくりとしたスピードで、せん断変位が 25mm まで実施した。せん断変位の測定には、1 周が 1 mm のダイヤルゲージを用いた。そして、1 mm 毎にせん断荷重と垂直荷重のプルービングリングを目視した。

4. 試験結果

今回、地表面から 30cm の深さに幅 50cm、斜面方向に 40cm の水平面をシャベルで製作し、10mm または 20mm の降雨量を想定し、2000ml あるいは 4000ml の水を如雨露にて散水した。両散水量ともに水たまりが形成され、浸透されない降雨は地表面流出量となって斜面を流下することも観察できた。両散水量ともに浸透し、地盤は多少湿り、不攪乱試料を採取するのが自然状態の時と比べて容易であった(写真-1,2 参照)。

図-2,3 にはそれぞれ、現場一面せん断試験結果の No.5 斜面下部に対するせん断変位とせん断応力の関係と、垂直応力とせん断強さの関係を示す。まず、図-2 を見ると、せん断応力がせん断変位の増加並びに、垂直応力の増加とともに大きくなっていることがわかる。図-3 は図-2 から得られた、せん断応力の最大値であ

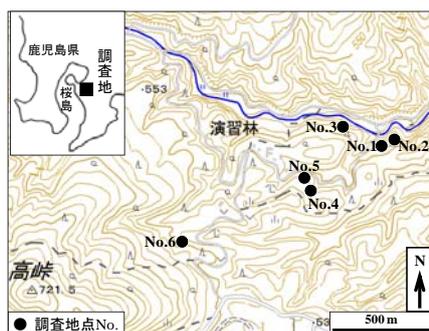


図-1 テストフィールド地点
(国土地理院地形図より作成)

表-1 テストフィールドでの表層崩壊特性 (2018 年度時点)

テストフィールド	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
表層崩壊発生後の経過年数(年)	17	27	45	63	33	13
斜面平均傾斜(°)	38	41	40	39	37	42
崩壊地の面積(m ²)	36	29	61	114	34	42



写真-1 散水前の現場写真 (No.5 斜面下部)

写真-2 散水後 (4L) の現場写真 (No.5 斜面下部)

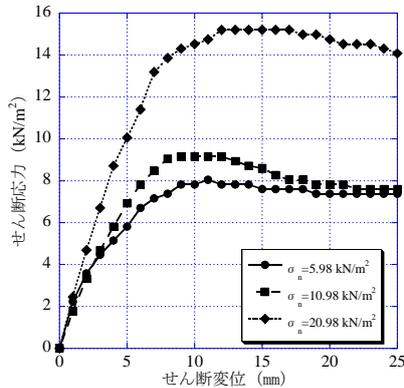


図-2 せん断変位とせん断応力の関係 (No.5 斜面下部)

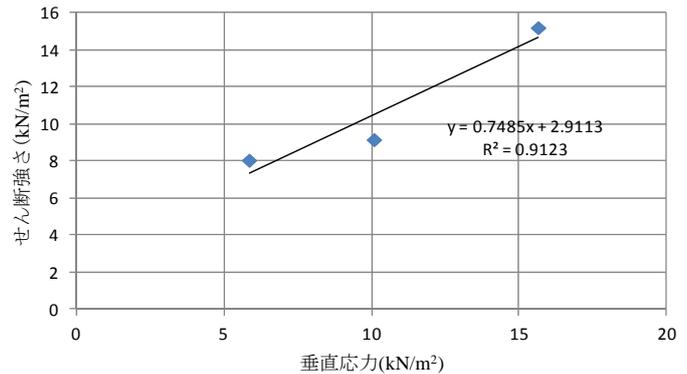


図-3 垂直応力とせん断強さとの関係 (No.5 斜面下部)

表-2 散水後の現場一面せん断試験結果

Test field	initial vertical stress (kN/m ²)	dry density (g/cm ³)	water content (%)	degree of saturation (%)	cohesion <i>c</i> (kN/m ²)	internal friction angle ϕ (°)	note
No.5 slope bottom	5.98	1.00	30.2	51.0	2.9	36.8	4000 ml watering at watering can
	10.98	1.06	29.7	55.2			
	20.98	0.95	34.5	52.9			
No.4 slope top	5.98	0.87	45.0	58.9	3.4	27.7	2000 ml watering at watering can
	10.98	0.85	38.3	48.8			
	20.98	0.91	43.9	61.5			
No.4 slope bottom	5.98	0.74	58.1	60.0	3.5	28.1	2000 ml watering at watering can
	10.98	1.04	41.9	73.2			
	20.98	0.84	50.0	62.4			
No.4 slope bottom	5.98	0.89	40.1	54.6	3.6	30.5	4000 ml watering at watering can
	10.98	0.87	45.5	59.6			
	20.98	0.90	44.4	61.5			

るせん断強さとせん断強さが発揮された時の垂直応力の関係である3つのプロットをまとめ、回帰直線とその決定係数 (R^2) を示したものである。これを見ると、垂直応力の増大とともにせん断強さが大きくなっており (拘束圧依存)、 $R^2=0.91$ と良い相関があることがわかる。回帰直線から切片と傾きで表される粘着力 (c) と内部摩擦角 (ϕ) を求めると、それぞれ、 $c=2.9 \text{ kN/m}^2$ 、 $\phi=36.8^\circ$ となった。

表-2 には散水後の現場一面せん断試験時の地盤特性と得られた地盤強度定数を示す。4000ml 散水した2ケース (No.5 slope bottom, No.4 slope bottom) ではサンプリング箇所が隣接していたこともあり、含水比や飽和度のばらつきは小さかった。全般的には、No.5 斜面下部で内部摩擦角が少し大きい結果となったが、地盤強度定数は散水量やテストフィールド間 (No.4, 5) の差をあまり受けない結果となった。今後は他のテストフィールドでも同様な原位置試験を実施し、検討を行う予定である。

【参考文献】 1) 寺本行芳, 山本健太郎, 岡勝, 下川悦郎: 火山灰・降下軽石被覆斜面の表層崩壊跡地における森林の回復が土壌の発達と浸透能に及ぼす影響, Journal of Rainwater Catchment Systems Vol. 20, No. 1, pp.63-69, 2014. 2) K. Yamamoto, Y. Teramoto, M. Hira and K. Nagakawa: Site investigation and in situ testing on shallow landslide scars of natural slopes covered by volcanic ash and pumice fall, Geotechnical Hazards from Large Earthquakes and Heavy Rainfall, pp.259-267, Springer, 2016.10. 3) 山本健太郎, 寺本行芳, 永川勝久, 平瑞樹, 田中龍児: 火山灰・降下軽石被覆斜面の表層崩壊跡地における現地調査と現場一面せん断試験, 第8回土砂災害に関するシンポジウム論文集, pp.97-102, 2016.9.