

火山灰・降下軽石被覆斜面の表層崩壊跡地における散水後の現場一面せん断試験

西日本工業大学大学院 学生会員 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

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、より実務的な斜面安定性評価の実施には、現場にて地盤強度パラメータや透水係数を工学的に許容できる精度で求めることができる原位置試験の開発が精度、時間、コスト面からも重要であると考えられる。本研究ではこれまでの成果を踏まえ、新たに斜面に適用可能な現場一面せん断試験装置を開発した^{3), 4)}。今回、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を実施し、地盤強度パラメータを現場で求めた結果とその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。ちなみに、室内一面せん断試験装置の供試体寸法は直径 6cm、高さ 2cm の断面積 28.27 cm²、体積 56.55 cm³である。せん断荷重は、手動スクリュ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。両方の力計ともに 2 kN である。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ブルーピ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、4mm または 6mm の降雨量を想定し、800ml あるいは 1200ml の水を如雨露にて散水した。1200ml の時には、水たまりが一時的には形成されることが観察できた。両散水量ともに浸透したが地盤は多少湿り、不攪乱試料を採取するのが自然状態の時と比べて容易になった。なお、両散水量程度では表層地盤を掘削してからでないと、水が地盤に浸透しないことも確認できた。

図-2, 3 にはそれぞれ、現場一面せん断試験結果の No.5 斜面上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。垂直応力は表層崩壊現象を想定しているため、4.02 kN/m²、9.02 kN/m²、19.02 kN/m²の 3 通りと設定した。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(R²)を示したものである。なお、せん断強さが発揮された時の垂直応力はそれぞれ、3.36 kN/m²、6.81 kN/m²、12.15 kN/m²へと初期の垂直応力から減少していた。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)、R²=0.93 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、 $c=3.8 \text{ kN/m}^2$ 、 $\phi=31.7^\circ$ 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パラメータを示す。含水比を見ると、同じ斜面位置の同散水量であっても 10% 程度、含水比にばらつきが生じていることがわかる。なお、飽和度は同じ斜面位置では、等しい土粒子密度を用いて算出した。また、散水を実施していない自然状態から求められた地盤強度パラメータ⁴⁾と比較すると、粘着力 c はすべてのケースで減少し、内部摩擦角 ϕ に対してはあまり変化が見られなかった。

【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. 4) 戎慧敏, 山本健太郎, 平瑞樹, 寺本行芳, 永川勝久: 火山灰・降下軽石被覆斜面の表層崩壊跡地における原位置試験について, 第 54 回地盤工学研究発表会, pp.1725-1726, 2019.7.



図-1 テストフィールド地点
(国土地理院地形図より作成)

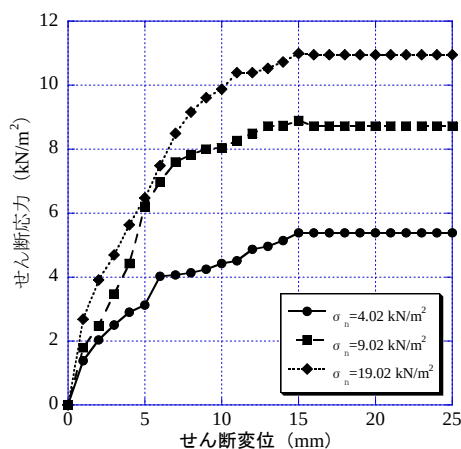


図-2 せん断変位とせん断応力の関係
(No.5 斜面上部)

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 (m²)	36	29	61	114	34	42

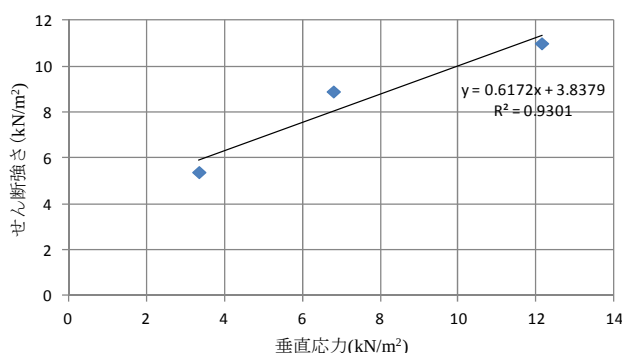


図-3 垂直応力とせん断強さとの関係
(No.5 斜面上部)

表-2 散水後の現場一面せん断試験結果

Test field	initial vertical stress (kN/m²)	dry density (g/cm³)	water content (%)	degree of saturation (%)	cohesion c (kN/m²)	internal friction angle ϕ (°)	note
No.5 slope top	4.02	0.78	45.8	50.8	3.8	31.7	1200 ml watering at watering can
	9.02	0.93	42.1	61.2			
	19.02	0.77	51.5	56.0			
No.5 slope bottom	4.02	0.73	53.4	55.7	2.6	35.3	1200 ml watering at watering can
	9.02	0.82	43.8	54.1			
	19.02	0.80	47.9	56.4			
No.4 slope top	4.02	1.10	31.2	60.0	2.8	37.9	800 ml watering at watering can
	9.02	0.96	43.0	65.8			
	19.02	0.99	37.5	59.9			
No.4 slope bottom	4.02	0.70	54.9	52.9	2.2	40.2	800 ml watering at watering can
	9.02	0.90	46.4	64.7			
	19.02	0.89	41.9	57.5			