

## 火山灰・降下軽石被覆斜面への表層崩壊跡地における現場一面せん断試験の適用

西日本工業大学大学院 学生会員 戎 慧敏 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 鹿児島大学 非会員 寺本行芳  
 基礎地盤コンサルタンツ 正会員 永川勝久

## 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<sup>1,2)</sup>。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<sup>3)</sup>。次に、テストフィールドにて現場一面せん断試験装置を適用し、地盤強度パラメータを現場にて求めた結果について述べる。

## 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、同じ領域内であつ、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。表層崩壊跡地は35~40度程度の急傾斜を成し、表層崩壊面積は29~114m<sup>2</sup>の範囲である。

3. 現場一面せん断試験<sup>3)</sup>

試料の寸法は、20cm×20cm×10cm(せん断面下(上)5cm、断面積400 cm<sup>2</sup>、下部可動型)の4000 cm<sup>3</sup>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 cm<sup>2</sup>、体積56.55 cm<sup>3</sup>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。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

図-2,3にはそれぞれ、現場一面せん断試験結果のNo.4 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/m<sup>2</sup>、9.02 kN/m<sup>2</sup>、19.02 kN/m<sup>2</sup>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(R<sup>2</sup>)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、3.91 kN/m<sup>2</sup>、6.58 kN/m<sup>2</sup>、12.59 kN/m<sup>2</sup>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)、R<sup>2</sup>=0.996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=3.9 kN/m<sup>2</sup>、φ=36.2°となった。

表-2には現場一面せん断試験から得られた地盤強度パラメータとその地盤特性を示す。現場一面せん断試験に関して、各々の斜面上部と下部を比較すると粘着力、内部摩擦角ともに大きな差がないことがわかる。粘着力はc=2.4~4.9 kN/m<sup>2</sup>、内部摩擦角はφ=28.5~43.3°の範囲となった。一方、湿潤密度、乾燥密度ともに、各々の斜面上部と下部で大きな差は見られなかった。また、乾燥密度は表層崩壊発生後の経過年数の増

加とともに小さくなる傾向が少しわかった。

5. おわりに

火山灰・降下軽石被覆斜面の表層崩壊跡地の斜面上部と下部において、現場一面せん断試験を数回実施し、現場で地盤強度パラメータである粘着力(c)と内部摩擦角( $\phi$ )を求めることができた。今後は、土層強度検査棒を用いた原位置試験も再度実施し、比較検討を行いたいと考えている。

【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.

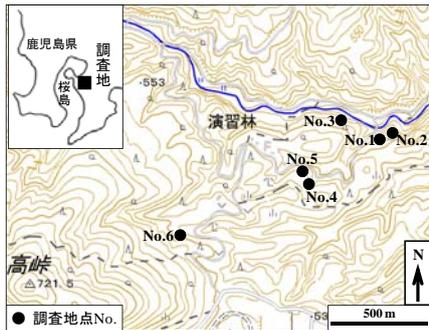


図-1 テストフィールド地点  
(国土地理院地形図より作成)

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 <sup>2</sup> )	36	29	61	114	34	42

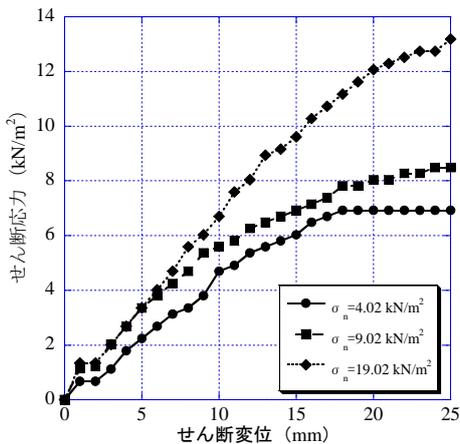


図-2 せん断変位とせん断応力の関係  
(テストフィールド No.4 斜面上部)

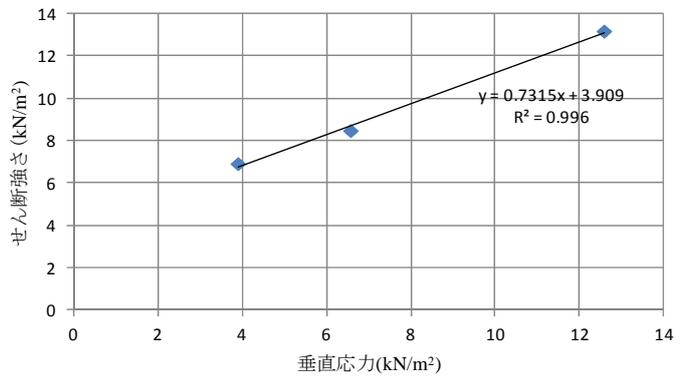


図-3 垂直応力とせん断強さとの関係  
(テストフィールド No.4 斜面上部)

表-2 現場一面せん断試験から得られた地盤強度パラメータとその地盤特性

テストフィールド	現場一面せん断試験		地盤特性		
	粘着力 c (kN/m <sup>2</sup> )	内部摩擦角 $\phi$ (°)	湿潤密度 (g/cm <sup>3</sup> )	乾燥密度 (g/cm <sup>3</sup> )	含水比 (%)
No.1 斜面上部	3.3	28.5	1.37	1.00	37.0
No.1 斜面下部	2.9	36.3	1.45	1.05	37.5
No.2 斜面上部	4.6	36.2	1.20	0.75	61.2
No.2 斜面下部	4.0	30.7	1.30	0.88	47.2
No.5 斜面上部	4.3	35.2	1.29	0.91	42.0
No.5 斜面下部	4.9	29.4	1.23	0.85	44.4
No.4 斜面上部	3.9	36.2	1.24	0.87	42.7
No.4 斜面下部	2.4	43.3	1.18	0.77	54.2