

表層崩壊跡地での原位置試験による斜面崩壊予測に関する研究

西日本工業大学 学生会員 佐久田結衣 西日本工業大学 正会員 山本健太郎
 鹿児島大学 非会員 寺本行芳 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 第一工大 正会員 田中龍児

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（植生（森林）生育状況や地盤特性）を調べるの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並びに原位置試験を行い、自然斜面の安定性を調査してきた¹⁾。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を工学的に許容できる精度で求めることができる現場せん断試験の開発が精度、時間、コスト面から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²⁾。本研究では、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。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29～114m²の範囲である。

3. 現場一面せん断試験

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。（図-1 参照）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、手動スクリージャッキ方式で負荷し、垂直荷重は垂直応力载荷装置を用いて、手動ハンドルにより载荷する。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30mmまで実施した（50mmまで実施可能）。せん断変位の測定にはスケール直読と、1周が1 mmのダイヤルゲージを用いた。そして、1 mm毎にプルービングリングを目視した。装置は、現場に手軽に運べ、その場で一面せん断試験ができるように設計され、軽量化を図るために



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

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）	12	22	40	58	28	8
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 現場一面せん断試験装置

主としてステンレス製とし、強度や剛性が要求される箇所においてはステンレス製としていない。

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.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。垂直応力は表層崩壊現象を想定しているため、 4.02 kN/m^2 、 9.02 kN/m^2 、 19.02 kN/m^2 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)、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、 $c=6.0 \text{ kN/m}^2$ 、 $\phi=15.2^\circ$ となった。なお、No.5 斜面下部においては、湿潤密度 1.08 g/m^3 乾燥密度 0.74 g/m^3 、含水比 44.7%であった。また、No.5 斜面上部の湿潤密度 1.23 g/m^3 、乾燥密度 0.80 g/m^3 、含水比 54.5%、No.1 斜面下部の湿潤密度 1.27 g/m^3 、乾燥密度 0.88 g/m^3 、含水比 45.0%、No.1 斜面上部の湿潤密度 1.34 g/m^3 、乾燥密度 1.00 g/m^3 、含水比 33.9%となった。このことから、No.5 と No.1 斜面の乾燥密度は斜面上部の方が大きい結果となった。

同様に、No.5 斜面上部と No.1 斜面下部と上部に対しても、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求める。図-2, 3 と同様な試験結果の傾向が見られ、表-2 には現場一面せん断試験結果から得られた地盤強度パラメータを示す。これを見ると、粘着力は斜面下部が上部よりも少し大きい傾向を示した。一方、内部摩擦角はあまり変わらない傾向となった。また、原位置試験である土層強度検査棒の試験結果¹⁾から得られた c 、 ϕ と比較すると、 c はかなり良好に、 ϕ は大きく評価していることがわかる。

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(ϕ)を求めることができた。試験試行回数も限られており、妥当性の検証や考察も十分とは言えないが、得られたパラメータは、これまでの原位置試験結果¹⁾と比較して、比較的良好であったと言える。

参考文献

- 1) 山本健太郎、寺本行芳、永川勝久、平瑞樹、伊藤泰隆: 火山灰・降下軽石被覆斜面の表層崩壊跡地における植生回復と表層土の発達について、第11回環境地盤工学シンポジウム論文集, pp.33-40, 2015.7.
- 2) 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.

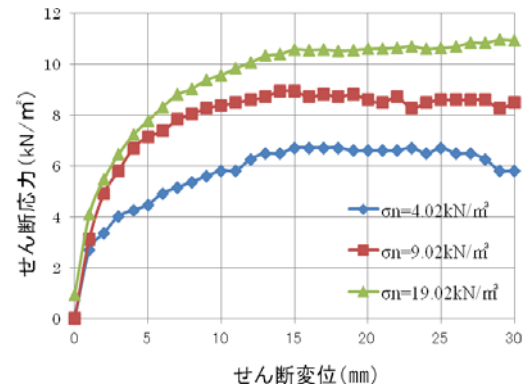


図-2 せん断変位とせん断応力の関係
(No.5 斜面下部)

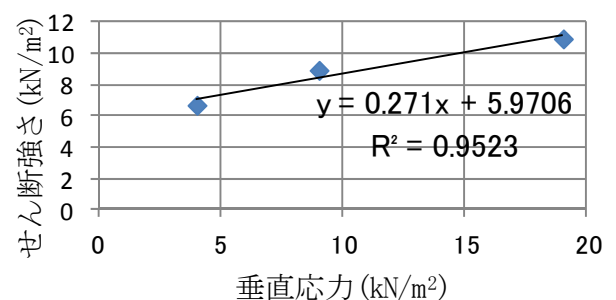


図-3 垂直応力とせん断強さとの関係
(No.5 斜面下部)

表-2 現場一面せん断試験から得られた
地盤強度パラメータ (No.1 と No.5)

テストフィールド	地盤強度パラメータ	
	粘着力 c (kN/m^2)	内部摩擦角 ϕ ($^\circ$)
No.1 斜面下部	5.2	16.8
No.1 斜面上部	4.9	16.8
No.5 斜面下部	6.0	15.2
No.5 斜面上部	5.6	16.9