

南阿蘇村高野台地区に分布する草千里ヶ浜火山降下軽石の土質特性

九州大学工学部 学生会員 山縣史朗

九州大学大学院 正会員 笠間清伸 九州大学大学院 正会員 古川全太郎

九州大学大学院 正会員 八尋裕一 九州大学大学院 学生会員 田中大貴

1. はじめに

平成 28 年 4 月 14 日 21 時 26 分頃、熊本県熊本地方を震源とするマグニチュード 6.5 の地震が発生した。震源の深さは 11 km、日奈久断層帯の高野-白旗区間が動いたことによる内陸直下型地震であるとされる。その後、16 日 1 時 25 分頃に熊本県熊本地方を震源とし、14 日 21 時 26 分の地震の規模を上回るマグニチュード 7.3 の地震が発生した。震源の深さは 12 km であり、布田川断層帯が動いたと考えられている¹⁾。これらの地震に伴い多くの斜面災害が発生し、南阿蘇村の阿蘇大橋付近では深層崩壊、南阿蘇村高野台地区では緩斜面における地すべり性崩壊が発生した。南阿蘇村高野台地区における地すべり性崩壊には阿蘇地域に広く分布する火山灰質土、特に草千里ヶ浜火山降下軽石が関係していると考えられている。本文では、草千里ヶ浜火山降下軽石を対象に、各種物理試験と力学試験を実施し、その土質特性を明らかにした。

2. 試料および試験方法

実験では、南阿蘇村高野台地区より、攪乱および不攪乱状態で採取した草千里ヶ浜火山降下軽石（以下、降下軽石と呼ぶ）を試料として用いた。含水比試験、土粒子密度試験、粒度試験、圧密試験および、一面せん断試験を実施した。

含水比試験、土粒子密度試験、および粒度試験では、攪乱試料を用いた。含水比試験と土粒子密度試験は、それぞれ JIS A 1203 と JIS A 1202 に準拠して実施した。粒度試験は、従来法では粒子破碎を起こしてしまう懸念があったため、試料を一度炉乾燥させてから 19 mm~75 μm のふるいでふるい分析を行ったあと、75 μm のふるいを通じた試料を用いて沈降分析試験を行った。

圧密試験および一面せん断試験では、不攪乱試料を用いた。試料は、内径 60 mm、高さ 40 mm の円筒に、高野台地区の現場より不攪乱状態で採取したものを、試験前に高さ 20 mm に成形し、供試体とした。圧密試験は、JIS A 1217 に準拠して実施した。一面せん断試験の圧密過程では、25, 50, 100 kPa の圧力を作用させ、その後 0.2 mm/min のせん断速度で 7 mm までせん断を行った。圧密過程はすべて 5 分以内に終了した。

3. 試験結果

含水比試験、土粒子密度試験および粒度試験の結果を図-1 にまとめた。自然含水比は約 92 % と高めであるが、飽和度は 62.8 % であり、地下水位が降下軽石の層まで達していないことがわかった。また、土粒子密度は約 2.5 g/cm³ と一般的な土のそれ (2.6 g/cm³ 程度) よりも小さめであり、粗粒分を多く含む、細粒分まじり礫質砂(SG-F)に分類されることがわかった。

圧密試験の結果を図-2 に示す。初期間隙比が 4.2 と極めて大きく、比較的圧縮しやすいことがわかった。また、この結果より降下軽石の圧密降伏応力は 107.8 kPa であることがわかった。そして、降下軽石の上部は黒ぼくと赤ぼくの互層であり、黒ぼくの湿潤密度が 1.262 g/cm³、赤ぼくの湿潤密度が 1.429 g/cm³ であり²⁾、深さが約 8 m である³⁾ことから、土被り圧は約 106 kPa であることがわかり、降下軽石の層はほぼ圧密降伏状態であることがわかった。

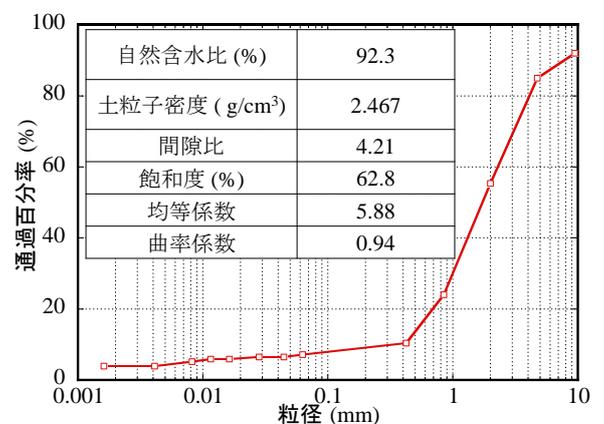


図-1 降下軽石の物理特性

一面せん断試験では、定圧条件 (CD 条件に対応) と定体積条件 (CU 条件に対応) の二つの条件で実験を行った。図-3 に一面せん断試験の結果を示す。

定圧条件と定体積条件とを比較してみると、条件による強度定数の差はほとんどないことがわかった。また今回判明した降下軽石の強度定数は、大隅半島に分布する降下軽石(ボラ)の調査により判明したそれとほぼ同じ値であることがわかった。両者の比較を図-4 に示す。

これらの強度定数より、今回、崩壊が発生した斜面の安定性を、土被り圧 100 kPa、地下水のない、傾斜角 15° の無限に長い斜面として、極限平衡法を用いて評価すると、安全率が 4~6 程度となる。今回の地すべり性崩壊の原因が降下軽石の強度低下にあると考え、地震動による繰り返しせん断や過剰間隙水圧の上昇などによりせん断強度が 80 % 以上低下したことを意味する。

4. まとめ

今回明らかになった南阿蘇村高野台地区に分布する降下軽石の特徴は、以下ようになる。

- 1) 自然含水比は 92 % 程度，土粒子密度は約 2.4 g/cm³ と小さめであり，粗粒分を約 90 % 程度含む。
- 2) 飽和度が 62.8 % と不飽和状態であることから，この層に地下水がないことがわかった。
- 3) 圧密降伏応力が 107.8 kPa で，現場の土被り圧 (106 kPa) とほぼ等しいことから，降下軽石の層は圧密降伏状態にあることがわかった。
- 4) 土被り圧 100 kPa，地下水のない，傾斜角 15° の無限に長い斜面と仮定すると，安全率は 4~6 程度であり，地震動によって 80 % 以上降下軽石の強度が低下したことが予想される。

参考文献

- 1) 中央開発株式会社：熊本地震現地調査報告書，pp.3, 2016.
- 2) 柚上龍雄，工藤伸：黒ぼく・赤ぼくの安定処理特性，全地連「技術フォーラム 2004」講演集，2004.
- 3) 宮縁育夫：平成 28 年熊本地震によって南阿蘇村周辺で発生した斜面災害，地学雑誌，pp.425, 2016.
- 4) 笠間清伸，善功企，陳光齊：大隅半島に分布する降下軽石(ボラ)の一面せん断試験特性，自然災害研究協議会西部地区部会報第 30 号研究論文集，pp.81-82, 2006.

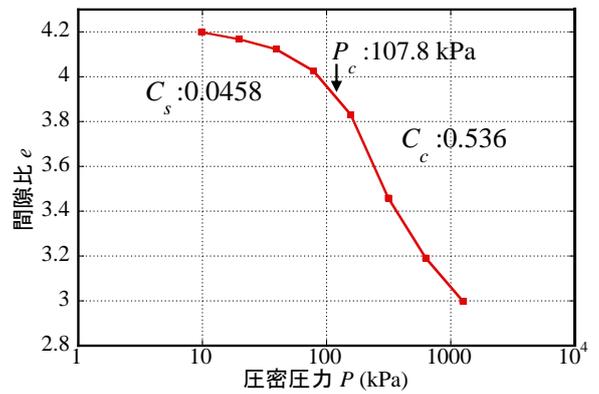


図-2 圧密試験の結果

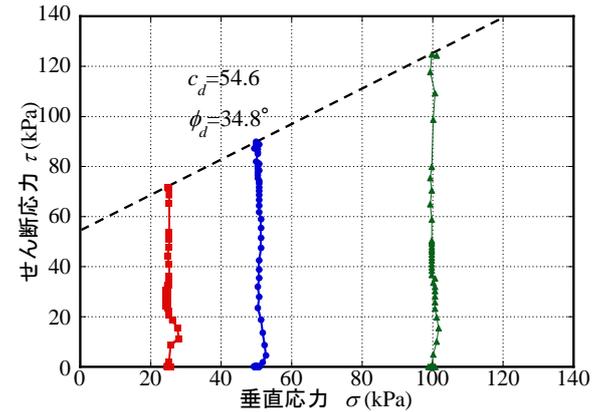


図-3(a) 定圧条件の応力経路

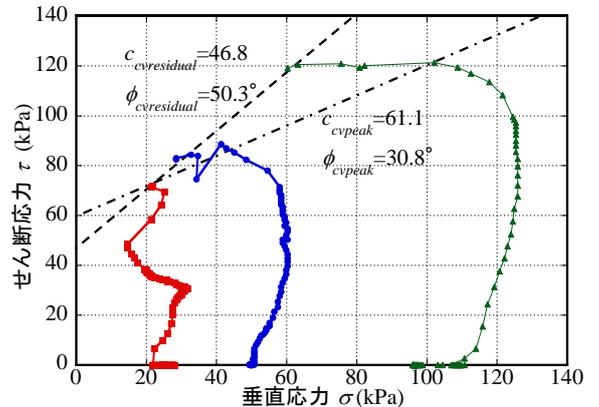


図-3(b) 定体積条件の応力経路

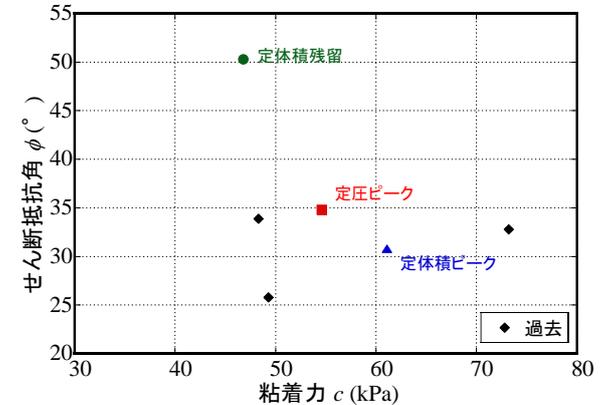


図-4 強度定数の過去の調査との比較