応力分担を考慮した不飽和火山灰質土 におけるせん断強度の算定法

九州大学大学院 学 〇相良知輝 九州大学大学院 正 アデル・アロウイシー F 安福規之 正 石藏良平

1. はじめに

実際の土中では降雨などによって飽和状態と不飽和状態を繰り返しており、それに伴って土中のせん断強度の大きさは変化していくため、降雨による斜面安定 性を評価するには、水分特性曲線と不飽和せん断強度を関連付けて評価すること が重要である。既往の研究においては、火山灰質粘性土である阿蘇黒ぼくに対し て、連続加圧式保水性試験^{1),2)}で目標のサクション(初期飽和度)を予め設定し て水分特性曲線を求め、その後せん断過程で含水比が変化しない定体積一面 せん断試験を行うことで、初期サクションや排水過程と吸水過程の違いがせ ん断強度に与える影響を、水分特性と関連付けて評価することができると示 されている³⁾。特に、水分特性曲線と同じくせん断強度にも明確なヒステリ シスがあることが確認された。しかし、一面せん断試験の供試体のサイズを 保水性試験と同じにしたため、圧密応力への影響は避けられないことが判明 した。本研究ではさらに発展して、所定のサクションを有する不飽和土に対 して定体積一面せん断試験を行い、圧密過程における垂直変位の違いを考慮 することで、より正確にせん断強度を評価することを目的としている。

実験の概要

2-1 供試体の作成条件

本研究では、図1のような土粒子密度が2.329g/cm³で図2の粒度を示す阿蘇 黒ぼくを使用した。供試体は既往の研究におけるサクション30kPa相当の含水 比82.06%の状態で、連続加圧式保水性試験と同様の直径5cm、通常の一面せん 断試験と同様の直径6cm、高さ2cmの円柱型にそれぞれ締め固めた。

2-2 定体積一面せん断試験の概要

上記の条件の試料に対して、不飽和土対応型一面せん断 試験装置を用いて定体積一面せん断試験を行った。それぞ れ 200, 100, 50kPaの圧密応力を1時間載荷した後に、定体 積条件でせん断速度 0.2mm/min のもと、せん断変位が 7mm に達するまで試験を行った。

2-3 供試体のサイズの違いへの対応

供試体のサイズが保水性試験では直径 5cm に対して、一 面せん断試験では直径 6cm と違いがある。そこで図 3 のよ うに、バルサ材を一面せん断試験装置のせん断箱に設置し て直径を 6cm 相当に調整し、一面せん断試験を行った。こ こで、厚さ 0.4mm の鉄製のプレートを入れてバルサ材同士 の摩擦を防ぐことで、せん断応力への影響を小さくするよ うにした。







6cm せん断下箱 鉄製のプレート(厚さ0.4mm)

図3 せん断箱の断面図



図4 応力分担のフローチャート

2-4 バルサ材のキャリブレーションと応力分担の考え方

圧密過程におけるバルサ材の影響を考慮するために、バルサ材の弾 性領域内でバルサ材と試料の応力の重ね合わせが有効であると仮定す る。それぞれの圧密応力-垂直変位関係から図4のように、圧密過程に よる応力分担の影響を考慮したせん断強度を算出した。

3. 実験の結果と考察

バルサ材のみ、バルサ材で調整した試料に対してそれぞれ圧密応力 200,100,50kPa で圧密した結果を、圧密応力-垂直変位関係として整理 したものを図5.6.7に示す。これらの図より、バルサ材で調整した試 料の最終垂直変位におけるバルサ材のみの圧密応力から、試料のみに かかる圧密応力を算出した。その後、実際の試料のみ(①)、バルサ材 で調整した試料(2)、2においてバルサ材のキャリブレーションをそ れぞれの圧密応力に対応した応力分担による修正結果(③)を比較し て応力経路として整理したものを図8に示す。同様に、①、②、②に おいてバルサ材のキャリブレーションを圧密応力 200kPa に統一した応 力分担(図9)による修正結果(④)を比較して応力経路として整理 したものを図10に示す。①では粘着力が25.8kPa、内部摩擦角が 26.8°であるのに対し、②では粘着力が 25.6kPa、内部摩擦角が 22.1° である。①と②を比較すると、誤差は粘着力が-0.8%、内部摩擦角が約 -18%である。一方、①と③を比較すると、誤差は粘着力が-25%、内部 摩擦角が 6.0% であり、②と比較して粘着力の誤差は大きくなったもの の、内部摩擦角の誤差は小さくなった。また、①と④を比較すると、 誤差は粘着力が14%、内部摩擦角が-4.9%であり、③と比較して粘着 力、内部摩擦角ともに誤差が小さくなり、②と比較すると内部摩擦角 の誤差が十分小さくなって、これは図10を見ても明らかである。

<u>4. まとめ</u>

降雨による斜面安定性を評価するには、水分特性曲線と不飽和せん 断強度の関連付けが重要である。そこで本研究では、従来の一面せん 断試験のサイズを変更する新しい方法を提案した。この方法では、せ ん断強度に及ぼす摩擦の影響を排除するために、プレートを使用する ことが考慮されている。圧密過程における応力分担を用いて圧密応力 を補正することで、誤差10%未満で内部摩擦角を正確に決定すること ができた。最後に、本研究の一部は、日本学術振興会科学研究費補助 金(21K18752)の支援を受けたものである。また、実験装置の改良等 をしてくださった中島氏に厚く御礼申し上げ、感謝の意を表す。

参考文献



¹⁾ Alowaisy, A., Yasufuku, N., Ishikura, R., Hatakeyama, M., Kyono, S., 2020. Continuous pressurization method for a rapid determination of the soil water characteristics curve for remolded and undisturbed cohesionless soils. Soils and Foundations, 66(3): 634-647

²⁾ 畠山正則・京野修・川原孝洋:連続加圧方式による保水性試験装置の開発,応用地質技術年報 No.34, pp.23~54, 2015.

³⁾ 相良知輝:排水・吸水過程における不飽和土の水分特性と強度特性の1ステッ

プ評価に関する研究、九州大学卒業論文、2021