

排水過程における不飽和火山灰質土の水分特性と 定体積せん断挙動との関連性について

九州大学 学 ○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

近年、日本では豪雨の発生回数が増加しており、降雨による河川堤防の決壊や、地震が発生した後の大雨による斜面崩壊の二次災害は甚大な被害を及ぼす可能性が高いため、降雨による地盤の安定性を効率的に評価することが重要となる。ここで、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を使用して、連続加圧式保水性試験^{1),2)}によって比較的短期間で水分特性曲線を求めた後に連続して定圧一面せん断試験を行うことで、様々な水分特性を有する土のせん断強度を評価することができると示されている³⁾。

本研究ではさらに発展して、阿蘇黒ぼくに対して連続加圧式保水性試験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の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を目的としている。

2. 実験の概要

2-1 供試体の作成条件

本研究では、表1に示す基本的な性質を有する阿蘇黒ぼくを使用した。供試体は、自然状態の湿潤密度で直径5cm、高さ5cmの円柱型に締め固めた後、真空ポンプを用いて100kPaの真空圧で24時間以上脱気飽和させた。

2-2 連続加圧式保水性試験の概要

図2に示す試験装置に空気圧を注入して試料を加圧し、サンプル内に設置したマイクロテンシオメーターで水圧を測定することで、サクションを経時的に求めることができ、連続的な水分特性曲線を比較的短時間で求めることができる¹⁾。排水過程でそれぞれサクションが0, 30, 80kPaに達するまで試験を行った。

2-3 定体積一面せん断試験の概要

保水性試験を行った後の試料に対して、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, 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。

2-4 2つの装置間での供試体の移動とその取扱い

①供試体のサイズの違いへの対応



図1 阿蘇黒ぼく

表1 阿蘇黒ぼくの特性(不攪乱状態)

自然含水比(%)	85.26
湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)	1.152
乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	0.622
土粒子密度 ρ_s (g/cm ³)	2.329
D ₅₀ (mm)	0.012
均等係数U _c	4.33

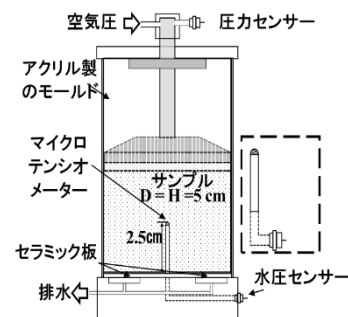


図2 連続加圧式保水性試験装置

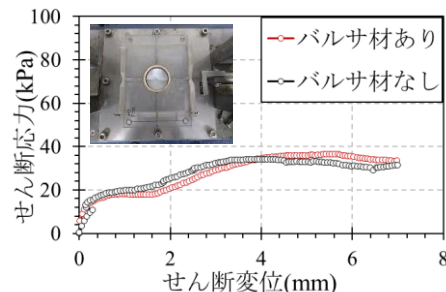


図3 一面せん断試験におけるバルサ材の影響

供試体のサイズが保水性試験では直径 5cm、高さ 5cm に対して、一面せん断試験では直径 6cm、高さ 2cm と違いがある。そこで、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。

②サクシジョンの保持のための工夫

保水性試験後のサクシジョンと一面せん断試験装置への設置時のサクシジョンが同等とみなせるように、供試体を移動する過程で体積と体積含水率が変化しないよう工夫した。具体的には、体積含水率が変化しないように注意深く供試体の高さを 2cm にカットした。

3. 実験の結果と考察

自然状態の黒ぼくを対象にバルサ材の有無で一面せん断試験を行うことで、図 3 よりバルサ材の影響は小さいので無視できることを示した。排水過程の水分特性曲線の一例を図 4 に示す。図 4 には、一面せん断試験を行う際の初期サクシジョンや初期飽和度を示している。その初期条件において圧密応力 200, 50kPa で定体積一面せん断試験を行った結果をそれぞれ図 5, 6 に示す。図 5, 6 より、両者とも初期のサクシジョンが 0, 30, 80kPa と大きくなるとともに、つまり飽和度が 113, 76, 69%と低下するにつれて所定のせん断変位に対するせん断応力は大きくなっている。また、初期サクシジョン 0, 80kPa における定体積一面せん断試験での応力経路をそれぞれ図 7, 8 に示す。図 7, 8 の比較より、同じ圧密圧力で比較した場合、初期サクシジョン 80kPa(初期飽和度 69%)の方が初期サクシジョン 0kPa(初期飽和度 113%)に比べて、相対的に過圧密土的な応力経路の挙動を示す結果となっている。そのため、最大のせん断応力は同じ体積であっても異なる結果を与えることが理解される。今回の実験では、応力経路等に不自然な挙動が見られたので、今後、詳細な実験的検討を進めたい。

4. まとめ

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の関連付けが重要である。そこで本研究では阿蘇黒ぼくを対象に、排水過程で目標のサクシジョンまでの水分特性曲線を求めた後に定体積一面せん断試験を行うことで、初期サクシジョンが大きいほど所定のせん断変位に対するせん断強度が大きく、粘着力が増加し、内部摩擦角が減少していることを示した。今後は吸水過程における試験を同様に行って、排水過程での結果と比較を行う予定である。最後に、研究の助言を賜ったオクリ氏、伊東氏、ジュマナ氏、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、感謝の意を表します。

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) 山本凌雅、ALOWAISY ADEL、安福規之、石蔵良平、畠山正則：連続加圧型水分特性試験を活かした排水・吸水過程における不飽和火山灰質土のせん断強度の評価、土木学会西部支部研究発表会、2020

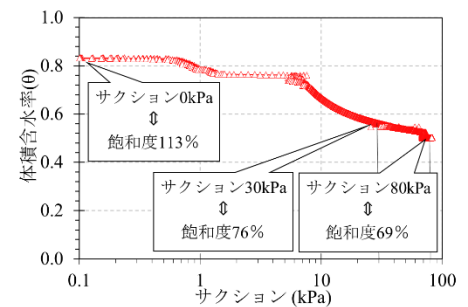


図4 排水過程の水分特性曲線

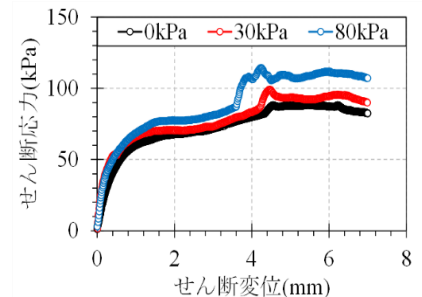


図5 圧密応力 200kPa のせん断変位-せん断応力関係

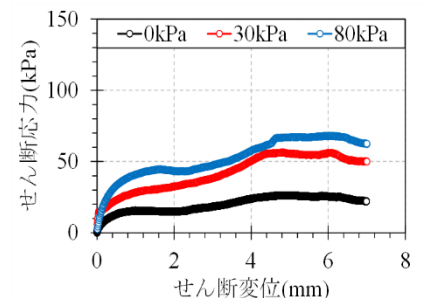


図6 圧密応力 50kPa のせん断変位-せん断応力関係

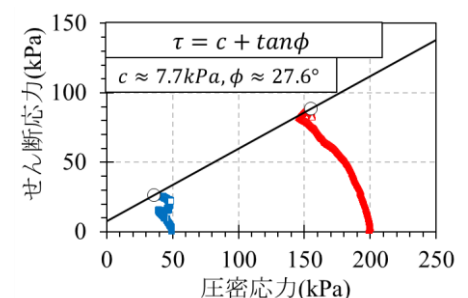


図7 サクシジョン 0kPa の応力経路

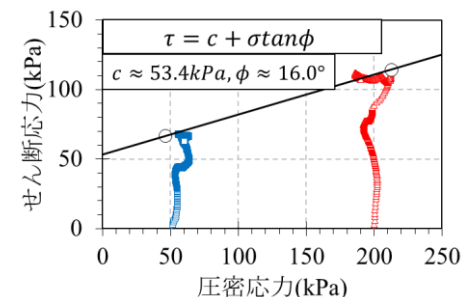


図8 サクシジョン 80kPa の応力経路