

不飽和一面せん断試験の制御過程が圧密過程終了時の供試体に与える影響に関する一考察

鹿児島大学工学部 学生会員 ○小田柿晶紘, 森山史也
 鹿児島大学学術研究院 正会員 酒匂一成, 伊藤真一

1. はじめに

降雨時の斜面の安定性を定量的に評価するためには、不飽和土のせん断強度特性を明らかにする必要がある。そこで、著者らは、不飽和定体積一面せん断試験を実施し、圧密過程において、サクシオン制御と基底応力制御の制御順による、圧密終了時の供試体の状態やせん断強度特性への影響について検討してきた¹⁾が、制御過程の違いによるせん断強度特性の結果に違いが見られた。そこで、本研究では、サクシオンと基底応力の制御順序の違いによる圧密過程時の間隙比と含水比の時系列変化に着目し、せん断強度に影響を与える原因について考察を行う。

2. 不飽和一面せん断試験における試験条件

せん断試験では、串良川堤体土 ($\rho_s=2.48\text{Mg/m}^3$) を用いて、目標間隙比を 0.96、目標含水比を 28% とし、供試体を作製する。図 1 は圧密過程における条件とその経路を示す。本試験では、図 1 に示す緑色の点を初期状態 ($s_u=10\text{kPa}$, $\sigma_{net}=10\text{kN/m}^2$) から、サクシオン制御および基底応力制御を行って、圧密過程を経て、せん断試験を行う。圧密過程では、サクシオンを先に制御する場合を経路(A)、基底応力を先に制御する場合を経路(B)としている。初期状態から図 1 に示す Case1~Case6 に移動するためには、経路(A)と経路(B)の計 12 通りの応力経路 ($s_u=3, 15\text{kPa}$, $\sigma_{net}=100, 250, 400 \text{ kN/m}^2$) があり、Case1~Case3 は吸水過程、Case4~Case6 は排水過程となる。なお、サクシオン制御終了の条件は体積変化計の値が 0.05ml/hour 以下、基底応力制御終了の条件は垂直変位計の値が 0.005mm/hour 以下とし、この 2 つの条件が満たした時を平衡状態とし、圧密過程を終了しせん断過程に移行する。

3. 制御過程の違いによる圧密過程終了時の間隙比と含水比の変化量について

表 1 は、初期状態時から圧密過程終了時までの間隙比変化量と経路(A)、経路(B)の間隙比の変化量の差を示す。全ての Case において間隙比の変化量はわずかであることがわかる。また経路(A)、経路(B)の間隙比の変化量の差においても、その差は極めて微小であることがわかる。このことから、圧密過程終了時の間隙比については、サクシオンおよび基底応力制御の影響はわずかであることがわかる。表 2 は、初期状態から圧密過程終了時までの含水比変化量と経路(A)、経路(B)の含水比の変化量の差を示す。Case4~6 は、排水過程であるため、含水比は減少するため負の値を示している。また、経路(A)、経路(B)の含水比の変化量の差はわずかであることがわかる。一方、吸水過程である Case1~3 では、経路(A)、経路(B)の含水比の変化量の差も大きくなっている。この原因としては、本試験で設定した平衡状態の条件が原因である可能性がある。図 2 は排水過程の $s_u=15\text{kPa}$ で制御した Case5 の含水比の経時変化を示す。経路(A)はサクシオン制御により、間隙水が排水された後、基底応力制御により、圧密により間隙水が排水されている。また、経路(B)は、基底応力制御による圧密で排水された後、サクシオン制御により間隙水が排水されている。経路の違いによって途中の含水比状態は異なるが、最終的な含水比は、経路(A)と経路(B)で

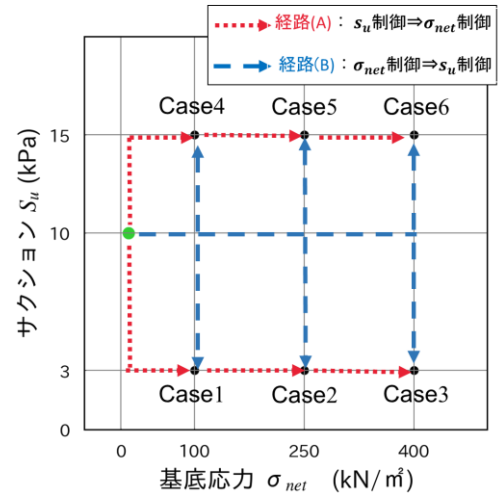


図 1 圧密過程における条件と経路図

表 1 各 Case における間隙比変化量

	経路(A)	経路(B)	変化量の差
Case1	-0.046	-0.039	0.007
Case2	-0.068	-0.057	0.011
Case3	-0.090	-0.085	0.005
Case4	-0.042	-0.043	0.001
Case5	-0.062	-0.058	0.004
Case6	-0.102	-0.095	0.007

表 2 各 Case における含水比変化量

	経路(A)	経路(B)	変化量の差
Case1	8.32%	6.89%	1.43%
Case2	4.19%	7.00%	2.81%
Case3	6.45%	5.53%	0.92%
Case4	-1.45%	-1.18%	0.27%
Case5	-1.73%	-1.33%	0.40%
Case6	-1.86%	-1.66%	0.20%

その差は小さいことがわかる。図3は吸水過程の $s_u=3kPa$ で制御した Case3 の含水比の経時変化を示す。吸水過程である Case3 経路 (A)では、サクシオン制御後、吸水により含水比が増加し、その後、基底応力制御による圧密により一旦排水されるが、その後も含水比が増加し続けている。Case3 経路(B)では、基底応力を制御した後、圧密による排水で含水比が減少するが、サクシオン制御をした後、含水比が緩やかに増加し続けていることがわかる。このことから、吸水過程において、サクシオン制御後に、当初設定した平衡状態に到達した後も、徐々に吸水が継続している可能性が高く、圧密過程終了時までの経過時間の長さによって含水比に大きな違いが生じることが予想されるため、サクシオン制御の終了条件について再度、検討が必要である。

4. 供試体作製終了時から初期状態時までの圧密特性

本試験では、含水比 28%、間隙比 0.96 を目標に締固めによる供試体作製後にサクシオンを 10kPa、基底応力 10 kN/m² を負荷として初期状態を作製している。ここでは、供試体作製時と初期状態調整終了時の間隙比と含水比の状態について考察する。図4は供試体作製終了時と初期状態時までの間隙比、含水比の関係を示す。供試体の状態を見ると、目標値に対してバラつきが生じていることが確認できる。また、初期状態の調整により、全体的に含水比、間隙比が減少していることがわかる。ここで供試体作製時と初期状態時の間隙比と含水比からそれぞれ平均値を算出し、その変化量を平均間隙比変化量、平均含水比変化量とすると、平均間隙比変化量は 0.036、平均含水比変化量は 0.82%であった。どちらの変化量もわずかであることから、供試体作製終了時から初期状態時に移行する際の間隙比、含水比の影響はわずかであると考えられる。よって、初期状態調整後の間隙比のバラつきは、供試体作製時の締固め精度が影響していると考えられる。

5. まとめ

本研究では、串良川堤体土を対象に行った不飽和一面せん断試験において、基底応力、サクシオンの制御過程の違いによるせん断強度、応力経路が一致しないという問題について、圧密過程終了時の供試体の状態に原因があるのではないかと考えた。そこで、圧密過程および供試体作製時から初期状態調整時までの過程における間隙比と含水比に着目して考察を行った。その結果、供試体作製時の締固め精度と吸水過程時の給水量平衡状態の判断条件が影響している可能性があることがわかった。

謝辞：本試験を実施するにあたり、右田大也氏（セントラルコンサルタント(株)）に多大な協力をいただきました。ここに記して謝意を示します。

参考文献

- 1) 森山史也, 小田柿晶紘, 酒匂一成, 伊藤真一：基底応力とサクシオンの制御過程の違いが不飽和せん断強度特性に与える影響について, 令和4年度土木学会西部支部研究発表会, 印刷中, 2023.

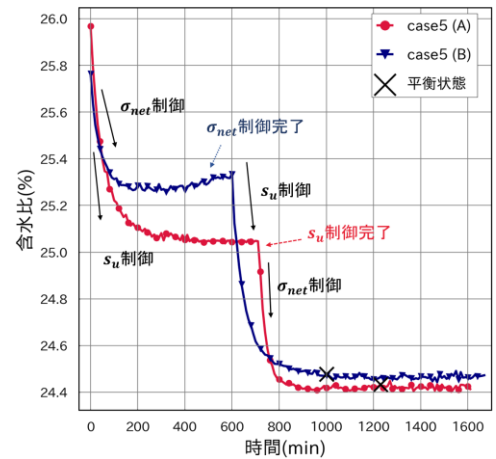


図2 排水過程における含水比の時間変化

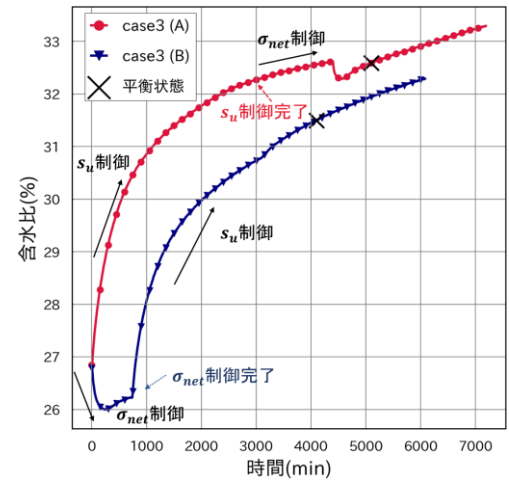


図3 吸水過程における含水比の時間変化

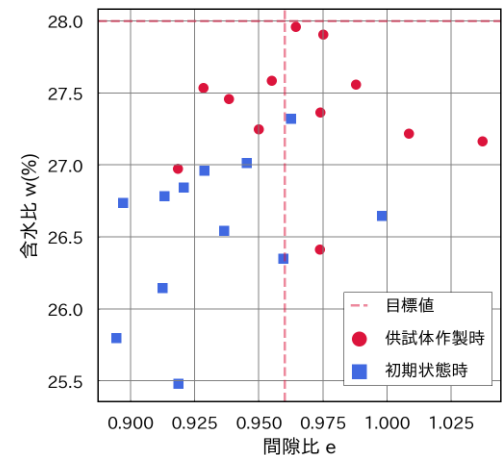


図4 供試体作製時と初期状態時の間隙比と含水比の関係