

排気・非排気条件の違いが繰り返し载荷時に不飽和シルトの強度・変形特性に与える影響

Effects of exhaust conditions on strength and deformation properties of unsaturated silt under cyclic loading

○武田迅 斎藤広隆 佐藤友孝

○Jin Takeda, Hirotaka Saito, Tomotaka Sato

1. はじめに

不飽和土は、封入不飽和、過渡的不飽和、および懸垂水不飽和の3つの状態からなり、①不飽和土にはサクシオンが増加すると、有効応力が増加する、②サクシオンが増加すると降伏応力が増加し、塑性変形に対する抵抗に影響するという2つのサクシオン効果が知られている(向後ら 2002)。また、地震時の動的挙動を把握するためには、繰り返し三軸試験を行うことが効果的だとされている。

火山灰砂質土や稲城砂などの砂ではなく、シルトなどの粒径が細かい土における不飽和繰り返し三軸試験における間隙空気圧、間隙水圧、サクシオンの時系列変化については明らかになっていない。Tun Tun ら(2019)は、排水条件で4サイクル後の累積体積ひずみ量、繰り返しせん断挙動について、ヒステリシスループを描くことを明らかにした。しかし、非排水条件のときの実際に地震時に想定される数多くの繰り返し载荷を行ったときの排気・非排気条件のときの繰り返し体積変化挙動、繰り返しせん断挙動については、明らかになっていない。

よって、繰り返し载荷試験において、3つの不飽和状態(向後 1995)の排気・非排気条件の違いによる挙動を把握することを目的とする。

2. 研究方法

実験にはシルト質土(DL クレー)を使用した。任意のサクシオンに設定した試料に対して、表1に示す周波数となるように、载荷・除荷速度を設定し、各速度事に10サイクル载荷・除荷を行った。载荷・除荷速度は低速から開始し、10サイクルごとに増加させ、計6種類の载荷・除荷速度で実験を行った。実験に用いた供試体は、含水比17%で5層突き固めで作成した。水分特性曲線より求めたDLクレーの空気侵入値は-8.13 kPaであった。図1に、実験に用いた不飽和三軸試験機の概要図を示す。繰り返し荷重は、ロードセルを上下動させることで、供試体に与えた。载荷・除荷が可能のように、軸ロッドは上部のキャップと結合している。このロードセルは、圧縮、引張ともに2kNの荷重容量がある。

表1 実験条件 Experimental conditions

周波数 (Hz)	σ_{3net} (kPa)	サクシオン (kPa)	载荷・除荷速度(%/min)
0.005	100	10,30,60	0.24,0.48,0.96,1.44,1.92,1.976

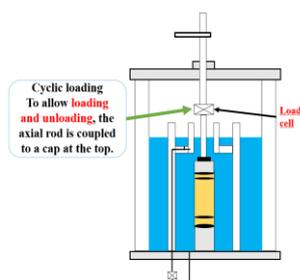


図1 不飽和三軸試験機の様子 Unsaturated triaxial tests

東京農工大学大学院 Tokyo University of Agriculture and Technology, Graduate School of Agriculture

キーワード：不飽和シルト、排気・非排水条件、強度・変形特性、繰り返し载荷

3. 実験結果

図 2 に示す左図には、最大累積体積ひずみは、サクシオン 10 kPa、懸垂水不飽和状態のとき、排気条件<非排気条件で大きく、サクシオン 30 kPa、サクシオン 60 kPa、過渡的不飽和のとき、排気条件>非排気条件で大きくなることが分かった。非排気条件・排気条件に関わらず、サイクル数を増加させると、累積体積ひずみが増加することが分かった。サクシオンの値によって、増加する累積体積ひずみの量に、影響がないことも分かった。累積体積ひずみの全体の傾きについて(右肩上がり、右肩上がり)は、特に関連性が見られなかった。そして、右図に累積体積ひずみとサクシオンの関係について示しており、非排気条件と排気条件の累積体積ひずみの大小関係はサクシオン 10 kPa のときと、サクシオン 30 kPa、60 kPa のときでは、非排気・排気条件で、その大小関係が逆転した。

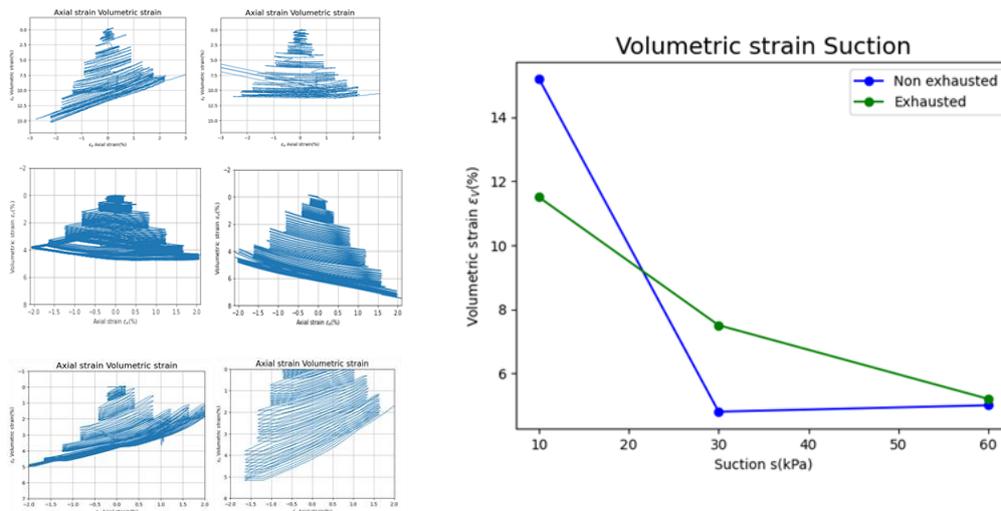


図 2 左：体積ひずみと軸ひずみの関係について 左から、それぞれ非排気・排気条件、上から、それぞれサクシオン 10, 30, 60 kPa の状態を示している。右：累積最大体積ひずみとサクシオンの関係について サクシオン 10, 30, 60 kPa の状態を示している。

Fig. 2: Left: Relationship between cumulative maximum volumetric strain and axial strain. From left to right: Non exhausted and exhausted conditions, respectively; from top to bottom: suction 10, 30, and 60 kPa, respectively. Right: Relationship between cumulative maximum volumetric strain and suction, showing suction conditions at 10, 30, and 60 kPa, respectively.

4. まとめ

本研究では、3つの不飽和状態(向後 1995)の非排気・排気条件の違いによる挙動を把握することを目的として、不飽和シルトの繰り返し三軸試験を行った結果、体積ひずみについて、最大の累積体積ひずみは、各不飽和状態において、非排気・排気条件と関連があることが明らかになった。不飽和状態の違いで、サクシオン 30 kPa を境にして、累積体積ひずみとサクシオンの関係が逆転することが明らかになった。この関係性について、理由が分かっていないので、モデル化を行い、明らかにしたいと考えている。

参考文献

- 1) Tun Tun, W., Sato, T., Saito, H., Kohgo, Y. : Mechanical properties and stress-dilatancy relationships of unsaturated soil under various cyclic loading conditions, Acta Geotechnica, 15, 1799-1813. , 2019
- 2) 向後雄二・浅野 勇・林田洋一: 二つのサクシオン効果を考慮した修正弾塑性モデル, 農業土木学会論文集, No. 217, 9-18, 2002