三軸試験による不飽和粘性土の K_0 圧密特性

鳥取大学　○大道香理
鳥取大学大学院　清水正喜，中村公一，山本論史

1. はじめに

不飽和土の一次元圧縮試験において，供試体にサクションを作用させて不飽和化すると，荷重を載荷していても，側方方向に収縮する可能性がある．供試体が側方に収縮すると一次元という条件が満たされなくなる．本研究では不飽和土の一次元圧縮試験における側方の変形挙動を調べるために，不飽和土の K_0 圧密特性を解明することと，側方方向への変位を許さない状態で不飽和化することを試みた．

2. 試料，試験装置，供試体作製方法

試料として DL クレーと 75μm ふるい通過分の藤森粘土を，気乾状態における質量の割合で DL クレー40%，藤森粘土 60%で混合した試料を用いた．混合試料の物理的性質は表 1 のとおりである．

表 1 物理的性質 [1)]

ρ_s (g/cm^3)	2.676
w_L (%)	41.5
w_P (%)	28.6
I_P	12.9
シルト分 (%)	69.5
粘土分 (%)	30.5

試験装置は飽和土用三軸試験装置を不飽和土用に改良したものである．ただし，地盤工学会基準「不飽和土の三軸圧縮試験方法」(JGS 0527-2009)で例として挙げられている試験装置とは異なり，キャップには間隙空気圧経路がなく，間隙空気圧は供試体底面から作用させる仕組みとなっている．

供試体は試料に含水比 60%となるよう脱気水を加えてスラリー状にし，ペデスタルに取り付けた圧密モールドに流し込み三軸試セル内で予圧密し作製した．予圧密は上面排水・底面非排水条件で 10.2kPa→16.0kPa→49.2kPa と段階的に鉛直圧密応力を増加させた．予圧密終了後，供試体が動かないように供試体作製用加圧板を固定した状態で圧密モールドを供試体軸方向に引き上げるようにして取り外し，ゴムスリーブを装着した．その後，内セルを取り付け，三軸装置を図 1 のように組み立て K_0 圧密試験を行った．

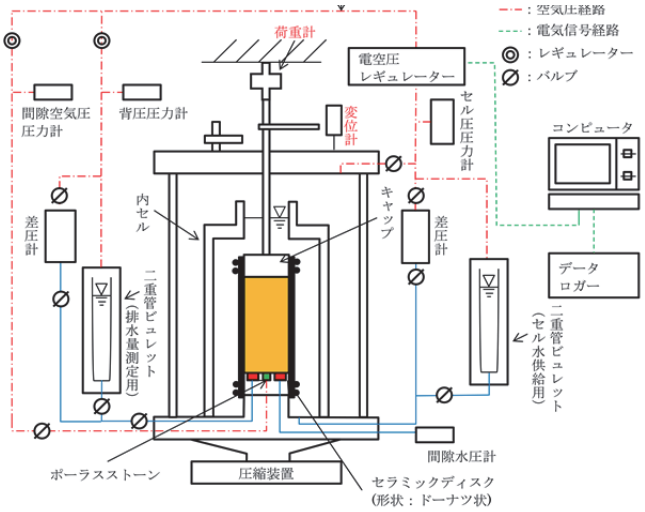

図 1　試験装置

3. 試験方法

本研究では，飽和土 K_0 圧密試験(Test_1)，不飽和土 K_0 圧密試験(Test_2)，K_0 状態での不飽和化(Test_3)の 3 つを行った．Test_1 ではゴムスリーブを装着した後，セル圧 200kPa，背圧 150kPa を作用させ飽和であること（B 値が 0.95 以上）を確認し等方圧密を行った．その後，飽和状態で K_0 圧密を行った．Test_2 ではゴムスリーブを装着した後，セル圧 200kPa，背圧 150kPa を作用させ，等方圧密を行った．その後，間隙空気圧を作用させ不飽和化してから，不飽和状態で K_0 圧密を行った．Test_3 は Test_1 と同様に飽和状態で K_0 圧密により，軸ひずみ 6.5%付近で K 値が一定になったことを確認した後，K_0 状態を保ったまま軸力一定で間隙空気圧を作用させ不飽和化を行った．

図 1 は不飽和 K_0 圧密過程の状態を示す．不飽和試験はポーラスストーン側から空気圧を作用させ，セラミックディスク側から排水させた．体積変化は内セル水面変動より測定した．飽和試験はポーラスストーンの空

気圧経路を水圧経路とし，その経路から排水させ，セラミックディスク側は非排水状態で試験を行った．体積変化は排水量から測定した．Test_1 と 2 において圧縮は飽和・不飽和ともにひずみ制御で行った．Test_3 の K_0 状態で不飽和化する段階では応力制御で，即ち軸力を錘で置き換え一定とし，間隙空気圧を作用させた．

4. 結果と考察

本研究では，正味の有効応力に基づいた応力比 $K_{net}=\sigma_{rnet}/\sigma_{anet}$ と，Bishop の有効応力に基づいた応力比 $K_B=\sigma_{rB}/\sigma_{aB}$ を用いた．Bishop の有効応力 $\sigma_B=\sigma-\chi(u_a-u_w)$ の χ を本研究では S_r とした．

図 2 は Test_3 における各サクション段階の終了時における飽和度とそのサクションを示している．サクション 10kPa から 20kPa で一旦飽和度は低下している．しかしサクション 30kPa で上昇している．サクション 40kPa で再び低下したが，以降サクションを大きくしても飽和度は低下せず，上昇していく．このことより不飽和化ができていないと考えられる．

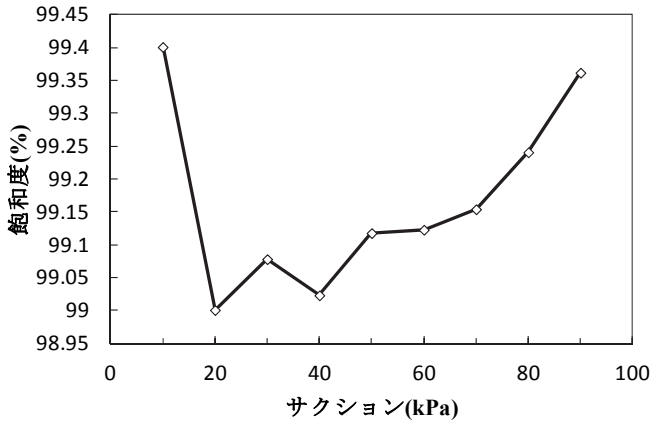

図 2 各サクション段階終了時の飽和度

図 3 と図 4 に全試験と下垣 [1]の行った飽和，サクション 50kPa，サクション 70kPa の軸ひずみに対する K 値の挙動を示す．図 3 が正味の有効応力に基づいた応力比，図 4 が Bishop の有効応力に基づいた応力比である．

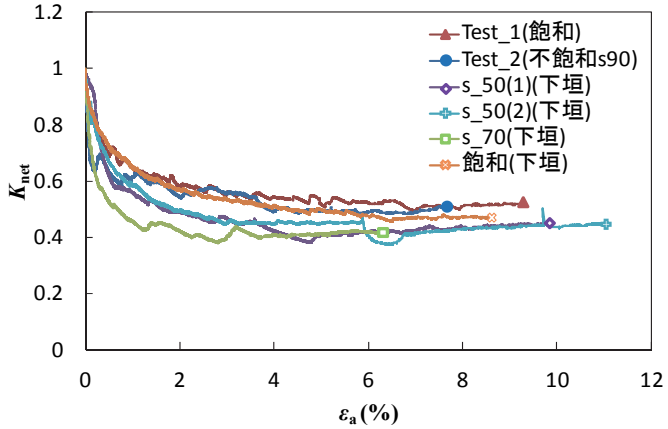

図 3　正味の拘束圧に基づく応力比 K_{net}

図 3 より今回行った Test_1 と Test_2 を比較すると Test_1 の方が上に位置している．また，下垣 [1]の実験においても飽和土試験の方がサクションを作用させた 3 つの試験より上に位置している．これより K_{net} の値は，サクションを作用させると飽和より小さい値を示していることが分かる．

図 4 より Test_2 では他の実験より小さい軸ひずみでセル圧が試験機で設定している上限（490kPa）に達した．また，Test_2 と s_70（下垣）では K_0 値が一定にならず徐々に低下している．これより，サクションを大きくすると K_0 値が一定に落ち着くのに必要な軸ひずみは大きくなり，大きな拘束圧が必要になると考えられる．

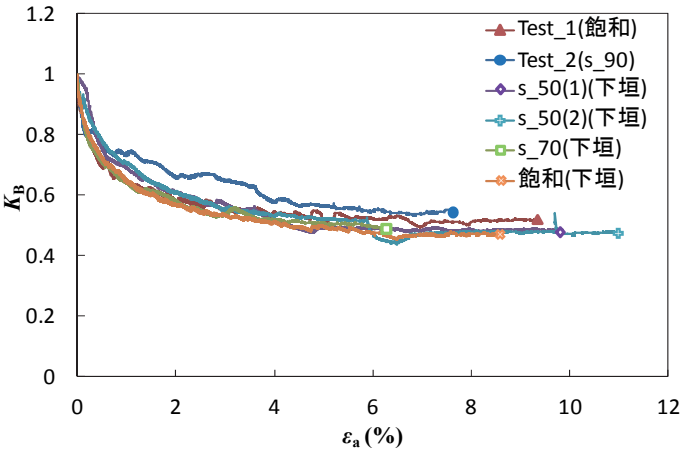

図 4　Bishop の有効応力に基づく応力比 K_B

5. 結論

(1)　不飽和土では，正味の拘束圧で整理した K_0 値は Bishop の有効応力で整理した K_0 値より，小さくなった．

(2)　不飽和土は飽和土よりも K_0 値が落ち着くまでに，より大きな軸ひずみと大きな拘束圧が必要となる．

参考文献　1)下垣克夫：不飽和土の K_0 圧密特性に関する基礎的研究，鳥取大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻土木工学コース，修士論文，2012.