三軸圧縮試験における粘土の長期真空圧密・非排水せん断特性

信州大学大学院 学 鈴木俊介 信州大学工学部 正 梅崎健夫 正 河村 隆

<u>1.はじめに</u>地盤改良工法の一つに真空圧密工法<sup>1)</sup>がある.地盤の真空圧密挙動と圧密に伴うせん断強度の増加特性を解明するために,練返し再構成粘土(NSF粘土)および不撹乱海成粘土(有明粘土)を用いた圧密非排水 三軸圧縮試験により,一次圧密過程における真空圧密挙動とその後の非排水せん断挙動を通常の載荷圧密と比較・検討した<sup>2),3)</sup>.不撹乱海成粘土においてはNSF粘土に比べ圧密が長期に及び,その後の非排水せん断挙動に おいても異なる挙動が認められた<sup>2),3)</sup>.本文ではNSF粘土を用いて,負圧を二次圧密過程まで負荷する長期真空

圧密・三軸圧縮試験を実施し,長期真空圧密および非排水せん断特性について考察した. <u>2.試験方法</u> 間隙水圧が負圧まで低下する真空圧密試験を実施するためには,二重セ ル型三軸試験機(内セル水には脱気水を使用,体積変化は内セル水の水位変化を差圧計 により測定,間隙水圧はセラミックディスク(AEV=274.4kPa,直径4cm)を介して 測定)を用いることを提案している<sup>2),3)</sup>.NSF 粘土(G<sub>S</sub>=2.756,W<sub>L</sub>=61.1%,I<sub>P</sub>=27.4) を鉛直圧密圧力 v=98kPaで一次元的に予圧密し,直径5cm高さ10cmに成形した. 供試体と管路を二重負圧で3時間脱気した後,背圧196kPaを20時間載荷した.次い で,表-1に示すように所定の2種類の等方圧密圧力poで先行圧密した後, p=78.4kPa を載荷させる通常の載荷圧密と,背圧を0kPaまで解除して,-78.4kPa



の負圧(有効圧密圧力増分 p=78.4kPa)をビューレットを介して負荷 させる真空圧密を周面排水により実施した.圧密時間は,軸ひずみに対 する3t法により判定した一次圧密の終了時間(3t)または24時間とした. 圧密後,0.07%/min の軸ひずみ速度で非排水せん断を行った.試験後 直ちに供試体の含水比分布も測定した.なお,通常の三軸試験と比較す るため,載荷キャップに設置したポーラスストーン(直径0.5cm)を介 した間隙水圧およびビューレットによる排水量も同時に測定した.

<u>3 試験結果および考察</u> 図-1(a) ~ (e)に圧密過程における過剰間隙水圧 比(u/p),体積ひずみ(v),軸ひずみ(a)の経時変化を示す.ポー ラスストーンの場合は設置面積が小さいために,uを放物線分布と仮 定して図中の式により求めた.圧密方法によらず 3t=80~120分であり, この時,図-1(a)に示すようにu0であるのでこれを一次圧密の終了 時間とした.なお,24時間の圧密時間は20t~28tに相当する.図-1(a), (b)よりu/pはすべての試験において3t時間までほぼ等しい挙動を 示しているが真空圧密においてポーラスストーンを介して測定した場 合,300分を過ぎたあたりからu/pが再び上昇する特異な挙動を示 す.同様に,図-1(c),(d)におけるvも3t時間までほぼ等しい挙動を 示す.差圧計による測定では長期圧密においてもすべての試験において,

√の挙動はほぼ等しく 二次圧密係数 C = e/ logt=0.009 を得た . これは図-1(e)の aからも読みとれる . しかし , ビューレットによる測 定では , √が 3t 時間以降において載荷圧密では減少 , 真空圧密では



キーワード:粘土,真空圧密,三軸圧縮試験,間隙水圧,圧密時間 連絡先:〒380-8553 長野市若里 4-17-1 TEL:026-269-5289, FAX:026-223-4480

-90-

増加する特異な傾向が見られた.一方,一次元圧密装置を用いた長期真空圧 密試験においても上述したような特異な挙動が生じている<sup>4)</sup>.図-2 にビュ ーレットおよび差圧計により測定した vを比較して示す.3t時間まですべ ての圧密過程において両者の値はほぼ等しい.真空圧密では,試験中にセル 水に溶け込んだ空気がメンブレンを通過し排水経路中で気泡となって膨張 するため、ビューレットによる排水量が見かけ上大きくなる.また、ポーラ スストーンを介して間隙水圧を測定する管路に気泡が生じると負圧を正確 に測定できなくなるため,図-1(b),(d)のような特異な挙動となる.以上の ことより,図-1(c),(e)の v, aの挙動から,真空圧密と載荷圧密の挙動 は一次圧密過程と同様に二次圧密過程においてもほぼ等しいと判断できる . 図-2 ビューレットおよび差圧計により

図-3(a),(b)にせん断過程における有効応力経路を示す.主応力差最 大時を破壊と定義した.ポーラスストーンを介して測定した場合,せん 断初期には u がほとんど測定されず、このときの経路は排水せん断に おける有効応力経路(p': q=1:3)とほぼ等しい.その後 uが測定 され,他の試験結果に近づくが,破壊線(M=1.04)には達しない.一方, セラミックディスクを介して測定した場合,長期真空圧密を受けた場合 は強度が大きく有効応力経路も少し異なるが,同一の破壊線に達する. これらの挙動は,一次圧密時間が長期間に及ぶ不撹乱海成粘土を用いた 試験においても見られた3.この要因として排水バルブを閉じても,長 期真空圧密過程において管路内に生じた空隙に間隙水が流入するため, 非排水状態を完全に満たしていないことが考えられる.

図-4 に破壊時の主応力差 q<sub>f</sub> = (1-3)max と試験後の含水比 W<sub>f</sub>の関 係を示す.図中の直線は, 飽和度 Sr=100%のときの破壊線(傾き =(C<sub>c</sub>・Sr/Gs)=18.51)である.長期真空圧密を受けた場合(,, )は, 長期載荷圧密を受けた場合( , )より含水比が低下しており,この ことからもせん断中に供試体から管路内の空隙に排水が生じていると 考えられる.また,すべての試験結果がSr=100%で計算した破壊線付 ・近にあることより,供試体はほぼ飽和状態であると考えられる.

4.まとめ 主な結論は以下のとおりである.(1)長期真空圧密においては, セラミックディスクおよび差圧計を用いることにより,圧密挙動を正確に測定 することが可能であり、真空圧密と載荷圧密の挙動は一次圧密過程と同様に二 次圧密過程においてもほぼ等しい.(2) せん断過程では,長期真空圧密過程に おいて管路内に生じた空隙に間隙水が流入するために,非排水状態を完全に満 足しない.このため長期真空圧密を受けた粘土のせん断挙動は他の試験とは異 なる.(3)不撹乱海成粘土のように圧密時間が長期にわたる場合のせん断過程 においても,上記のことを考慮しなければならず,さらに試験法の検討が必要 である.



測定した体積ひずみの比較



回地盤工学シンポジウム,pp.217-222,1999.2)谷村ら:等方応力状態から真空圧密を受けた粘土の非排水せん 断特性,土木学会第54回年次学術講演会,pp.112-113,1999.3)谷村ら:三軸圧縮試験における不撹乱海成粘土 の真空圧密・非排水せん断特性,第35回地盤工学研究発表会,pp.547-548,2000.4)飯塚ら:側方拘束状態にお ける粘土の真空圧密挙動におよぼす圧密時間の影響,第36回地盤工学研究発表会,2001(投稿中).