

東京都 正員 牧田 嘉人
 北大工学部 " 北郷 繁
 " " 三田地 利之

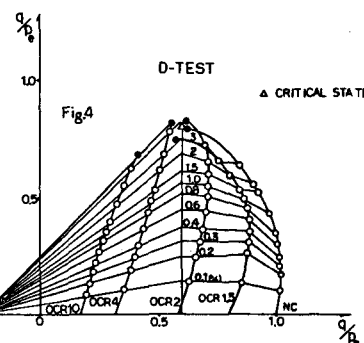
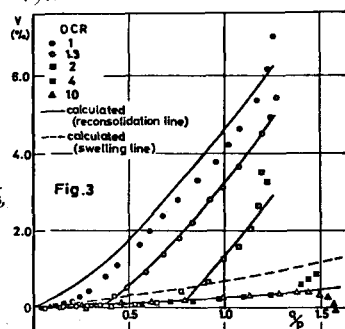
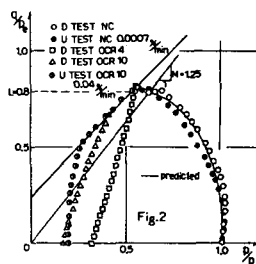
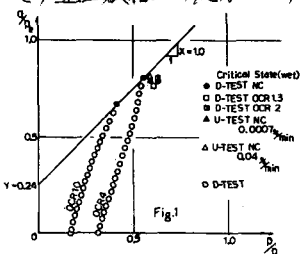
1. まえがき 原位置における粘性土の多くは過圧密状態にあると考えられるが、過圧密粘土の応力-ひずみ挙動の予測に関する研究は正規圧密のそれに比べて少ない。これは過圧密粘土のせん断挙動の複雑さもあることながら、データの蓄積が充分でないことも一因となっているものと思われる。本報告は先行圧密圧力と過圧密比を種々に変えた供試体について実施した排水および非排水試験結果に基づいて、過圧密粘土の応力-ひずみ挙動のモデル化を試みたものである。

2. 実験 試料は栗山郡早来町から採取した自然粘土で、 LL 63%, PI 30%, G_s 2.65 である。この試料を流水状態にした後 420 kPa のふりいを通し 80 kPa で14日間予圧密して直径 50 mm 高さ 120 mm の供試体を切り出した。実験は正規および過圧密粘土についての側圧一定三軸圧縮試験で、排水条件(軸ひずみ速度 $\dot{\epsilon} = 0.0007\%/min$) および非排水条件($\dot{\epsilon} = 0.04\%/min$ と $0.0007\%/min$) で行った。先行圧密圧力を $200, 400, 600 \text{ kPa}$ に変化させ、過圧密比(OCR) を $1, 1.3, 2, 4, 10$ の5種類とした。圧密および膨張時の応力条件はいずれも等方であって、所定の先行圧密圧力までを4段階に分けて載荷してその圧力で2日間圧密ののち、最終圧力まで2段階に分けて除荷し、最終圧力で2日間吸水膨張させた。圧密段階から 100 kPa のバックプレッシャーを加え、周囲の土紙で半径方向に集めた水を上部キャップから排(吸)水させた。排(吸)水量の計測は試作した体積変化測定装置¹⁾ によった。また、供試体底部で間隙水圧を測定した。なお、上記のほかには等方応力条件で圧密-膨張-再圧密試験を行って圧縮指数 α および再圧縮指数 κ' を求めた。

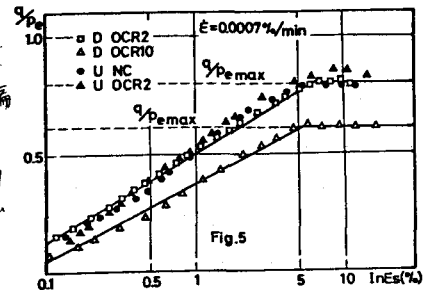
3. 結果および考察 実験の結果、応力-ひずみ挙動は先行圧に依存しないことが分かったので、以下の記述はすべて先行圧 400 kPa のデータで代表することにする。図-1 は wet 側($OCR \leq 2$) における状態経路の最終点および dry 側($OCR > 2$) の2つの状態経路を示したものである($\bar{\sigma} = (\sigma_1 + \sigma_3)/3$, p_e は等面圧密圧力)。 wet 側での限界状態は排水条件およびひずみ速度により1点で表されるが、 $OCR 10$ の状態経路は wet 側の限界状態を表す点に到達していない。ここでは dry 側の2つの状態経路の終点を結んだ直線($\bar{\sigma}/p_e = X \cdot \bar{p}_e + Y \dots (1)$) で dry 側の限界状態が表されるものと仮定する。図-2 は排水および非排水の状態経路を示したものであるが、正規圧密の経路がよく一致していることから、 wet 側の状態境界面は排水条件により一意的に定まるとみてよい。この面を以後 $Roscoe$ 面と呼ぶことにし、次式のように楕円で近似する(図中の実線)。

$$a(\bar{\sigma}/p_e)^2 + (b/p_e)^2 = 1, (a = 1/L^2 - 1/M^2, L = (\bar{\sigma}/p_e)_{max}, M = (b/p_e)_{max}) \dots (2)$$

dry 側の状態境界面は $OCR 10$ の非排水試験の状態経路の後半の直線部分を延長して得られる。図-3 は体積ひずみ v と応力比 $\bar{\sigma}/p_e$ の関係を示したもので、図中の破線は状態境界面下での経路が膨潤線上に垂直に立



つ壁の中を通ると仮定した場合の計算値で、実線は再圧縮線の上の壁の中を通ると仮定した場合の計算値である。後者の方が実験値との一致度が高い。図-4は排水試験の状態経路についての等偏みびずみ線(偏みびずみ $\varepsilon_s = E - \varepsilon_g$)を示している。dry側では p/p_e 軸上の1点に集まる放射状の等びずみ線が描ける。また、限界状態を表す点から δ/p_e 軸に平行に降りた直線とdry側の等びずみ線の交点とOCR1.3および2の状態経路の初期部分についての等びずみ線が p/p_e 軸にほぼ平行になっている。このことから、wet側の状態境界面下では $\delta/p_e \sim \varepsilon_s$ 関係が過圧密比によらず一般的に定まると仮定する。図-5はOCR=1, 2, 10の排水および非排水試験の $\delta/p_e \sim \ln \varepsilon_s$ の関係を示したもので、wet側において両者が一致することがわかる。これを次式で表す。 $\delta/p_e = \alpha + \beta \cdot \ln \varepsilon_s \dots (3)$



さらに、過圧密粘土の応力-びずみ挙動の予測式を導くために新たに2つの仮定を設ける。1) Roscoe面上の降伏関数が再圧縮線の投影で与えられ、直交条件が成り立つとする。2) 体積びずみの回復成分は次式で与えられるとする。
$$\frac{dv^r}{p} = \frac{K' dp}{p(1+e_0)} \dots (4)$$
 ただし、 K' は再圧縮線の初期部分の傾き、 e_0 は初期間隙比である。

以上述べてきたような諸仮定を設け、係数 $X, Y, L, M, \alpha, \beta, \lambda$ および K' を求めることによって過圧密粘土の排水せん断挙動を予測することができる。

4. 非排水試験結果による排水試験結果の予測

予測に必要な係数のうち λ と K' は等圧圧密-膨張-再圧密試験から求まる ($\lambda = 0.13, K' = 0.014$)。また、 L, M および X, Y はそれぞれOCR=1および10の非排水試験 ($\dot{\varepsilon} = 0.04\%/min$) から求まる(図-6参照)。つぎに α と β についてであるが、これらの係数は以下のような方法で求める。すなわち、(3)式は排水条件に依存しないものであるが、 $\dot{\varepsilon} = 0.0007\%/min$ の実験結果によるものであるから、 $\dot{\varepsilon} = 0.04\%/min$ の非排水試験結果を用いるためにはびずみ速度の補正をしなければならない。赤井ら²⁾は正規圧密粘土の非排水試験について $\delta/p_e \sim \ln \dot{\varepsilon}$ 関係が直線になることを示したが、過圧密粘土についてもこの関係が見い出されている^{3), 4)}。そこで、 $\delta/p_e \sim \ln \dot{\varepsilon}$ 直線の傾き $\alpha(\dot{\varepsilon})$ と ε_s の関係を求めると図-7のようになる。この結果を用いた計算値(黒丸)と排水試験から得られた実験値(白丸)との比較が図-8に示されている。この図から $\alpha = 0.51, \beta = 0.17$ が求まる。

以上のようにして求めた諸係数を用いて計算した応力-びずみ関係の計算値と実験値を比較したのが図-9であって、wet側の $(\delta/p)_{max}$ の計算値が過大になっているが、 $\varepsilon_s = 5\%$ まではよく一致している。また、dry側では全般的によく一致している。なお、応力-体積びずみ関係については図-3に示したように、再圧縮線の勾配を用いた計算値と実験値とがよく対応している。

(謝辞) 実験およびデータ整理にあたって北大工学部卒業生、木村克俊、坂詰俊介の両君に勤うところが多い。記して謝意を表す。

又 1) 北郷ら; 土壌工学会北海道支部技術報告集第21号, 1981. 3) 赤井ら; 第10回土壌工学研究発表会講演集, 1975.

2) 赤井ら; 土壌工学会論文報告集第225号, 1974.

4) 北郷ら; 土壌工学会北海道支部技術報告集第21号, 1981.

