

1. はじめに

載荷重をうける粘土地盤の安定や沈下を評価するとき、現地から与えられる情報は変位と間隙水圧である。現在の計測技術では前者は比較的精確よく計測されるけれども後者は不改善の余地を残している。しかし、有効応力の立場から地盤の強度と変形を議論する際、有効応力を直接測定しえないことから、間隙水圧を知ることで、間隙的に有効応力を求めなければならぬ。

一方、実験の立場から考えると、変位と間隙水圧の間にある変数関係があり、信頼性の高い変位のみから間隙水圧が予測されるならば、何かと便利である。したがって、本文の目的はエLEMENTの試験としての三軸試験において、せん断中のひずみと間隙水圧の間に単一性関係が成立し、なおかつそれかどのような時間依存性を示すかについて調べてみることにある。ただし、ここでいう時間依存性はヒリあえず、非排水フリーに限定することとする。

2. 間隙水圧と軸ひずみの関係

筆者はさきに正規圧密粘土の非排水せん断時における間隙水圧と軸ひずみの間には、載荷方式（応力制御、ひずみ制御）によらず、次のような簡便な関係があることを確かめた（安原・平展・上；昭和53年度土木学会西部支部：1979、安原・平展；第4回国土工学研究発表会：1979）。

$$\frac{\Delta u}{\sigma_c} = \frac{\varepsilon}{a + b\varepsilon} \quad (1)$$

ここで、 σ_c ：拘束圧、 a, b ：実験定数である。 Δu と ε を双曲線関係で表示する必然はないが、時間の要因を除くと式(1)は両者を関係付けるのに極めて都合がよい。理論的な説明を試みているが成功していない。

3. 非排水フリー試験にもとづく考察

筆者の手許には、フリー試験に関する信頼おべきデータがないので、文献を検索したところ筆者の目的に合う唯一のものとして、Arulananadan, Shan & Young (Geotechnique, Vol.21, 1971)による詳細なデータがみつかったので、以下これをもとに議論を進めることにする。

実験の概要は文献に譲るとして、要するに、等方圧密（50, 100, 200, 400 kN/m²）させた飽和粘土（San Francisco Bay Mud, $w_c=93\%$, $I_p=28$, $C_c=0.69$, $C_r=0.24$, $M=1.44$ ）に破壊強度 σ_u 以下の軸差応力を負荷している各試体毎に約20000分（約2週間）ひずみと間隙水圧の経時変化を計測するものである。

彼らのデータが式(1)を満足するかどうかを確かめるために、時間をパラメータとして Δu と ε をプロットしたものが図-2である。実験は $t=10$ min. のデータをもとに式(1)中の a, b をきめて得られた計算曲線である。これによると、破壊近傍におけるものを除くと、時間に依存なく式(1)の成り立つことがうかがわれる。したがって、この

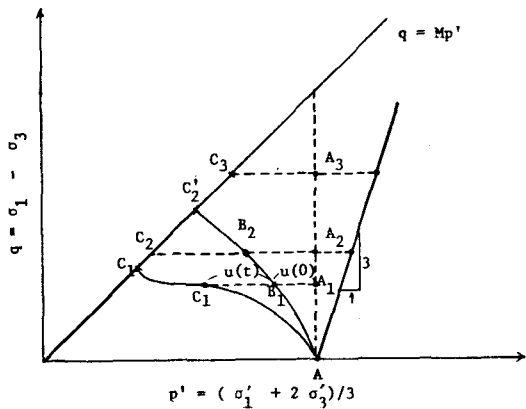


図-1 せん断中の正規圧密土の応力経路

このことから、 ε の経時変化を与える実験式があれば、式(1)と組み合わせ、 Δu の経時変化を予測することが出来る。この要求に応えるものとして、34頁は、Singh & Mitchell (1968, ASCE, Vol. 94, SM1) に与る次式がある。

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = A \exp(\alpha T_a) \left(\frac{t_0}{t}\right)^m \quad (2)$$

これを修正した次式を用いて排水74-7°試験結果の解析を行なったことがある(参照:土木学会論文報告集, No. 283)。

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = (1-m) A \exp(-\alpha T) \left(\frac{t_0}{t}\right)^m \quad (3)$$

上式は Singh-Mitchell に与る $(\log(d\varepsilon/dt) - \log t)$ 表示も、 $\log(\varepsilon/t) \sim \log t$ で表示する方が、直線的関係を得られる事実から仮定されたものである。事実、Arulanandam のデータを $\log(\varepsilon/t) \sim \log t$ で再整理してみると、34頁は、図-3 のようになり、式(3)の妥当性を示唆してくれる。

次に、有効応力とせん断ひずみの関係の時間依存性を調べてみよう。図-4 は $\sigma_c = 400 \text{ kN/m}^2$ の場合の $\varepsilon - \sigma/p'$ 関係を示している。実線は Cam-clay モデルにもとづいて算出された非排水せん断時の応力-変形関係

$$\frac{\sigma}{p'} = M \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{M(1+e_0)}{1+e} \cdot \varepsilon\right) \right\} \quad (4)$$

による計算結果である。一見よく実験データを説明しているように見えるが、残念ながら、図-4 は、 $\sigma_c = 200 \text{ kN/m}^2$ の場合には、計算の方が過大になる結果となっている。このように、このデータからは $\varepsilon - \sigma/p'$ 関係が時間に無関係かどうかは不明であり、この点については一層の不安を抱かせる。

4. あとがき

飽和粘土の非排水74-7°時の変形の時間依存性を信頼性の高い存在他人のデータを用いて議論を進めた。その結果

(1) 非排水せん断時の間隙水圧と軸ひずみを関連づける式(1)は破壊直前を除くと時間に無関係のようである。

(2) $\varepsilon - \sigma/p'$ 関係は時間に無関係の場合もある。その結果の一例を紹介した。

(3) $\log(\varepsilon/t) \sim \log t$ 表示は $\log(d\varepsilon/dt) \sim \log t$ よりも直線的性が顕著である。

ことがわかった。今後は信頼しうるデータを自分に出せるよう努力する所存である。

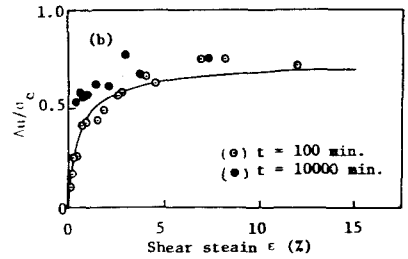
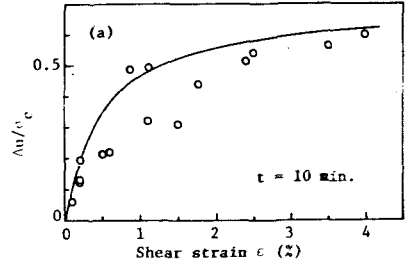


図-2 74-7°試験における $\Delta u/c$ と ε の関係

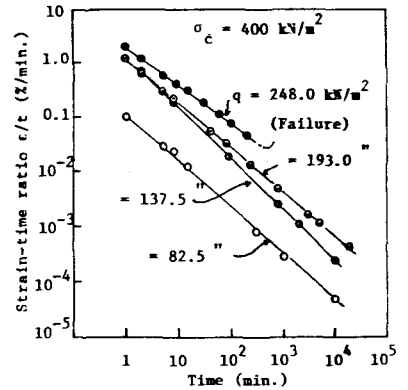


図-3 非排水74-7°における $\varepsilon/t \sim t$ 関係の例

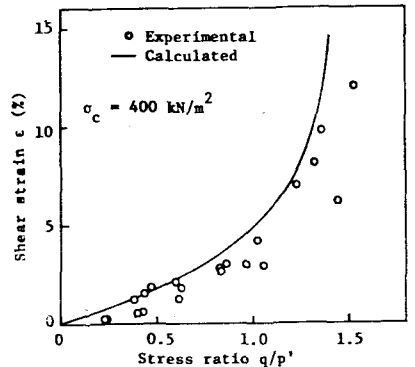


図-4 非排水74-7°における応力ひずみ関係