

(株)オオバ(元・名工大学部生) 正員 ○春木 隆 保
 名古屋工業大学 " 中井 照 夫
 " " 松岡 元
 兵庫県(元・名工大大学院生) " 藤原 幸一

現在までに、正規圧密粘土の変形特性に関しては多くの実験的あるいは理論的研究がなされてきている。その結果、Henkel¹⁾の等含水比線(等間隙比線)の概念にみられるように、正規圧密粘土では間隙比 e (あるいは体積ひずみ ϵ_v)が応力経路によらない土の状態量と考えられているようである。そして、弾塑性理論にもとづく粘性土の構成式の多くは塑性体積ひずみ ϵ_v^p をひずみ硬化パラメータとして定式化されている。²⁾ここでは、自動化された三軸試験装置を用いて種々の応力経路下の粘性土の排水試験を行い、その試験結果にもとづいて粘性土の体積ひずみ ϵ_v の状態量としての精度について検討するとともに、応力履歴が粘性土の変形挙動におよぼす影響について考察を加える。

1. 試料, 実験方法ならびに実験の応力経路

実験に用いた粘土試料は通称藤の森粘土とよばれる練り返し再圧密粘土($w_L=41\%$, $w_p=23\%$, $G_s=2.67$)であり、供試体作製時の初期含水比 w_0 は約39%である。次に実験はすべてひずみ制御法で排水条件下で行なっている。軸ひずみ速度は $\dot{\epsilon}_a=5.5 \times 10^{-4}\%$ /min.とし、試験はすべて $20^\circ \pm 0.5^\circ\text{C}$ の恒温室内で行なわれている。また、今回はパーソナルコンピュータを用い、軸圧、軸変位、セル圧、体積変化の自動計測を行なうとともにそれらの計測値をもとに所定の応力経路上を応力状態が動くようにたえずセル圧を自動制御している。したがって、軸ひずみ速度が十分遅いことと、自動化による正確な応力経路の設定により、間隙水圧の発生や時間効果特性の影響はほとんどないものと考えられる。図-1は以下の考察で用いる4種類の実験の応力経路を軸圧 σ_a ~側圧 σ_r 関係で示している。ここに、例えば経路ABFGは 2.0kgf/cm^2 の等方圧密状態から平均主応力一定($\sigma_m=2.0\text{kgf/cm}^2$)で $R \equiv \sigma_1/\sigma_3=2$ までせん断した後(E点)、主応力比一定で $\sigma_m=6.0\text{kgf/cm}^2$ まで異方圧密(F点)、その後 $\sigma_m=6.0\text{kgf/cm}^2$ でせん断する経路である。この他に経路ABFG, ACFG, ADFGの実験を行なっているが、これら4つの実験は出発点A点とFG間のせん断経路はすべて共通となるようにしている。

2. 正規圧密粘土の状態量に関する検討

まず、主ひずみ差 $\epsilon_1-\epsilon_3$ および体積ひずみ ϵ_v の応力経路依存性について検討する。図-2は4つの応力経路下の実験結果を主ひずみ差 $\epsilon_1-\epsilon_3$ ~主応力比 σ_1/σ_3 関係で、図-3は体積ひずみ ϵ_v ~主応力比 σ_1/σ_3 関係で表わしたものである。両図ともA点でのひずみを0とし、F点でのひずみを黒いプロットで表わしている。図-2より、主ひずみ差(せん断ひずみ)は、始めにせん断する図-1の右回りの経路の方が大きくなっており明確な応力経路依存性がみられるが、これは従来の実験結果や構成式²⁾の傾向と一致する。次に、図-3の体積ひずみについてみると、図-2ほど明確ではないが体積ひずみ ϵ_v についても応力経路依存性はみられるようである。すなわち、AF間の体積ひずみ ϵ_v の変化はAEF, ABF, ACF, ADFの順に大きくなっているのが理解されよう。なお、粘土の構成式では体積ひずみ ϵ_v が状態量になる

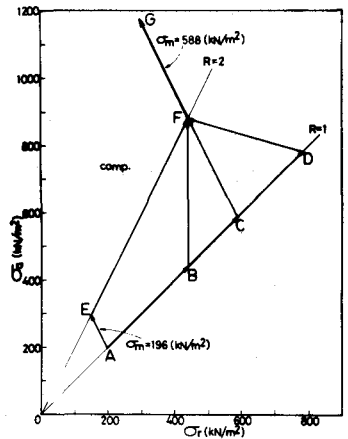


図-1 実験の応力経路

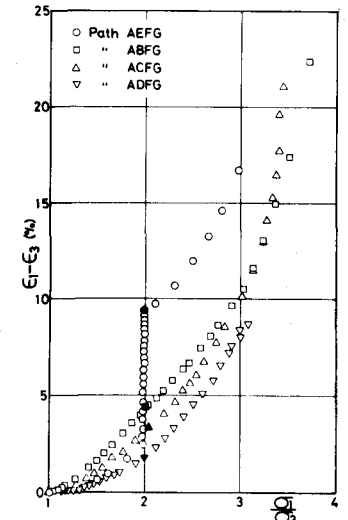


図-2 主ひずみ差~主応力比関係

ことを利用して定式化したものが多い(例えばCam-clay model²⁾が、今回の実験結果によれば ε_v は傾向をもって変化しており、粘性土の場合も厳密には ε_v も状態量になり得ないといえる。ところで、砂質土については $\varepsilon_1 - \varepsilon_3$ 、 ε_v はともに応力経路に依存することがすでに示されている³⁾が、ここの粘性土の実験結果の傾向は定性的に砂質土の場合と一致している。

3. 正規圧密粘土の変形特性におよぼす応力履歴の影響

ここでは、図-1のFG間のひずみについて、F点に至るまでの応力履歴の違いがその後(FG間)の変形挙動にどの程度影響するかについて検討する。図-4,5はF点以後のひずみを比較するため、F点でのひずみが0となるように図-2,3のデータをシフトしたものである。同図より、せん断ひずみ $\varepsilon_1 - \varepsilon_3$ はF点までの応力経路にかかわらず応力状態によって一義的に決まるようであるが、体積ひずみ ε_v はそれまでの応力履歴の影響を受けて変化していることがわかる。したがって、図-4,5からFG間のひずみ増分方向(せん断ひずみ増分と体積ひずみ増分の比)もF点に至るまでの応力経路の影響を受けることになる。なお、Cam-clay model²⁾等の1つの状態曲面を仮定する弾塑性モデルではこれら4つの経路のFG間の応力・ひずみ関係は同一となる。また、せん断(応力比の変化)と圧密(平均主応力の変化)の重ね合わせモデル⁴⁾であっても、AEF, ABF, ACFの履歴の評価はF点では同じとなるのでFG間の応力・ひずみ関係の差はなくなる。1つの解釈として、先程の図-3でF点までの体積ひずみ ε_v はAEF, ABF, ACF, ADFの順に大きくなっているのので、FG間ではそれまでに圧縮性に富む応力経路を経たものの方が体積変化量が小さくなるとも考えられよう。

以上、ここでは実験結果にもとづいて、正規圧密粘性土でも厳密には砂質土同様体積ひずみ ε_v が状態量にならないことや、ひずみ増分方向はそれまでの応力履歴の影響を多少なりとも受けることを示したが、工学的な精度ではひずみ増分方向の応力経路依存性を考慮すれば、体積ひずみ ε_v を近似的に状態量と考えると、これら4つの応力経路下の粘性土の応力・ひずみ挙動を大略説明できる⁵⁾ことを付記する。

謝辞 日頃御援助いただいている名工大・山内利彦教授に感謝致します。

文献

- 1) Henkel(1960): Géotechnique, Vol.10, pp.41-54.
- 2) Schofield・Wroth(1968): Critical State Soil Mechanics
- 3) 香川・中井・鎌田(1976): 第11回土質工学研究発表会 pp.211-214.
- 4) 中井・松岡(1981): 土木学会論文報告集, No.306, pp.23-34.
- 5) 中井・松岡・藤原・春木(1984): 第19回土質工学研究発表会, 投稿中.

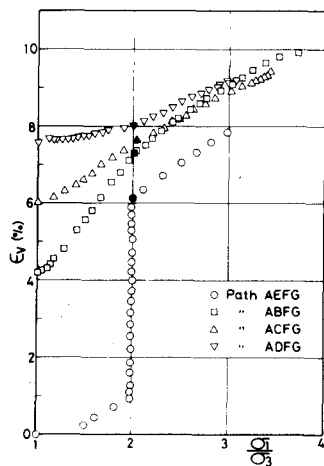


図-3 体積ひずみ～主応力比関係

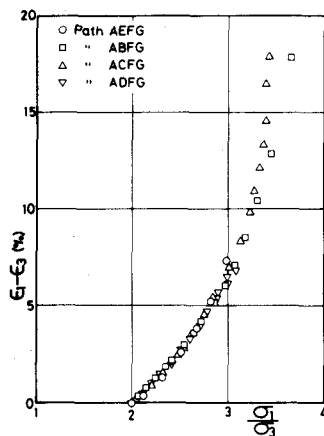


図-4 FG間の主ひずみ差～主応力比関係

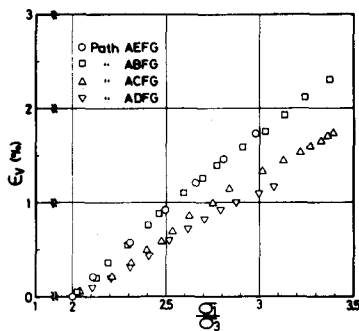


図-5 FG間の体積ひずみ～主応力比関係