

北大工厚部 正員 北郷繁
 " " 三田地利之
 ○住友建設 " 亀井義浩

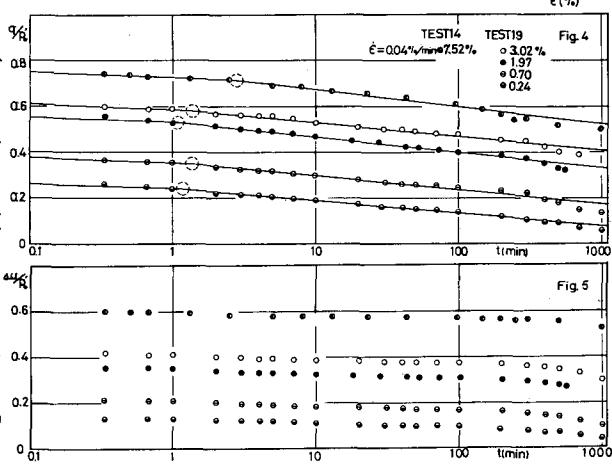
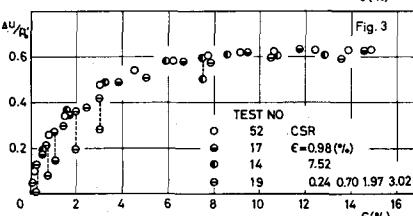
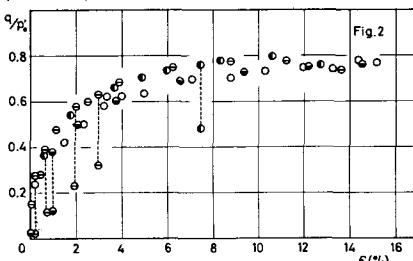
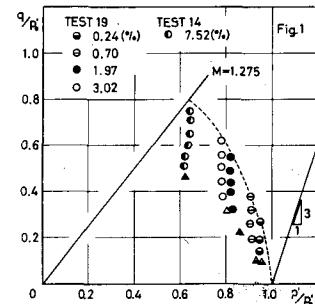
[考え方] 压密時間やせん断時のひずみ速度が飽和粘性土の応力-ひずみ挙動に影響を与えることは、既に報告している。⁽¹⁾ 本研究では、正規圧密粘土の非排水応力緩和特性を明らかにするとともに、くり返し緩和試験から得られるデータをもとにひずみ速度試験中の応力-ひずみ関係および応力経路の予測を試みた。

[試料および実験方法] 実験に用いた試料は乱した自然粘土 (LL=95%, PI=64%, Gs=2.61) である。泥水状の試料を78段で予備圧密した後、196kPaおよび396kPaで等方圧密した。応力緩和試験は所定の軸ひずみまで定ひずみ速度で載荷後、約24時間排水状態で応力緩和させるという方法をとった。試験によつては再び応力緩和をくり返すものとひずみ定ひずみ速度でせん断したものがいる。応力緩和のくり返し回数は、最高1回まで、緩和終了後は定ひずみ速度でせん断した。ひずみ速度 $\dot{\epsilon}$ は $\dot{\epsilon}=0.01, 0.04, 0.1\text{ (1/min)}$ の3種類に変えたが、ここで $\dot{\epsilon}$ は圧密圧力196kPa, $\dot{\epsilon}=0.04\text{ %/min}$ の試験結果を中心と報告する。

[実験結果と考察] 図-1は応力緩和試験の応力経路を σ_R/σ'_R ～ ϵ 面上で示したものである ($\sigma=\sigma_i-\sigma_3, \sigma'_R=\frac{\sigma_i+2\sigma_3}{3}, \sigma'_R$ は圧密終了時の σ')。

すなはち、載荷中の応力経路は図の繁雑さを避けるため省略した。緩和中の応力経路は、各軸にほぼ垂直で緩和中 $\Delta u_{sp}=(\Delta u-\Delta u_m)$ が一定となる。このように傾向は圧密圧力、ひずみ速度、緩和回数によらず見られた。こわけ応力緩和試験の応力経路が全応力経路と平行になるとする関口⁽²⁾および赤井ら⁽³⁾の報告とは異なるものである。図-2, 3は応力緩和試験と定ひずみ速度試験(OEP)の σ_R/σ'_R ～ ϵ , σ_R/σ'_R ～ t の関係を示したものであり、緩和開始時と終了時を破線で結んである。

図-2では σ_R/σ'_R にタグのばらつきがあるが、一つの曲線群を示しており応力緩和終了後、同じひずみ速度でせん断すれば通常の定ひずみ速度試験の σ_R/σ'_R ～ ϵ 曲線上に回復し、応力緩和の影響は現れないといよい。一方、図-2, 3からわからるように応力緩和中の σ_R/σ'_R は ϵ とともに減少し、 ϵ のひずみ依存性は成立しないが、 σ_R/σ'_R ～ t の関係においても ϵ ～ t と同様な回復現象がみられる。図-4は緩和中の σ_R/σ'_R ～ t の関係を二本の直線で近似したものである。緩和開始後100分以後で実測値の減少割合が大きい下め直線からのずれが大きい。図中、破線で描いた円は二直線の交差を示したものである。初期の



直線部分は、載荷時のひずみ速度の影響がせん断停止後に現れ、本質的緩和現象を示すものではないと考えられる。そこで、二直線の交点における時刻 t_s (min)と載荷中のひずみ速度との関係を両対数紙上に示したのが図6である。緩和開始時のひずみによらず、載荷中のひずみ速度が速くなるほど早く t_s なる傾向がある。同様な報告が Mitchell ら⁽³⁾ならびに Lacerda ら⁽⁴⁾によるもので、本質的緩和現象が現れる時刻は載荷中のひずみ速度および土の種類によらず t_s なるといえる。図7は η ~ t の関係を示したものである。緩和開始と同時に一定の傾き γ 減少し、緩和500分以後 γ はその傾きが大きくなり、 η ~ t と類似した傾向を示す。応力緩和中は軸ひずみと η の変化が互いに依存するといふことがわかる。一方、定ひずみ速度試験では $\Delta\epsilon$ がひずみに依存するとの報告が多い。しかし、せん断にともなう軸ひずみ、応力の衰減と応力緩和中の間隙水圧挙動を考え合わせると、 $\Delta\epsilon$ は軸ひずみによらず応力の増減およびせん断時間の影響を受けたとみたほうがよさそうである。

定ひずみ速度試験では、軸ひずみ、応力、せん断時間 $F(\eta)$ が相互に影響を及ぼし合いかねないため $\Delta\epsilon$ がひずみのみに依存するかのように挙動すると言明される。

筆者ら⁽⁵⁾排水せん断中のダイレイタンシー相当量 ϵ_d
 $(=-\frac{\lambda}{1+e} \ln \frac{P_e}{P_0})$ と応力比 η (%)の関係を任意の関数 $F(\eta)$ で近似し、応力~ひずみ、応力経路を予測する関係式を次式のように導いた。

$$\frac{\lambda}{1+e} \frac{dp}{p} + F(\eta) d\eta = 0 \quad (1) \quad d\epsilon = -\frac{\lambda}{1+e} \cdot \frac{(F(\eta))^2}{\eta F'(\eta)} d\eta \quad (2)$$

$\lambda = \lambda - (1+e)MF(M)$, M は η の最大値、 λ は $e = \ln p$ の勾配。図7は応力緩和試験の ϵ_d ~ η の関係を示したものである。各緩和時間における ϵ_d ~ η の関係を図8に示すように直線で近似し、 η 軸との切迎り γ_0 と緩和時間 t との関係を示したのが図9である。 η が負となる場合があるが、計算上必要でなければ実測値が負になることはない。図9の関係式を式(1), (2)に代入し、緩和時間をある時間 t_0 に固定して積分すれば、各緩和時間に対する応力~ひずみ、応力経路が得られる。これらの中から、任意のひずみ速度 $\dot{\epsilon}$ について $\epsilon = \epsilon_0$ を満足する応力状態を選び出すことにより、その η に対する応力~ひずみ、応力経路が得られる。この手順をひずみ速度 $0.01\%/\text{min}$ に適用した結果が図10と図11である。応力経路 η は破壊附近を除いて、かなり良い一致が得られ、応力~ひずみ関係 ϵ は、初期部分と破壊附近で比較的よい一致が得られる。以上のようにくり返し応力緩和試験から得られるデータを使用することにより任意の定ひずみ速度試験中の応力経路、応力~ひずみの予測が可能である。

[あとがき] 本研究の実施に際しては、昭和58年度本学卒業生、佐藤

哲、干山善幸君および本学大学院生、渡辺宏喜君の大いなる協力を得た。記して謝意を表す。

文献 (1) 北郷ら、1980、第15回土壤工学研究発表会

(2) 関口秀雄、1974、Soils and Foundations, Vol. 14, No. 2

(3) 木井、足立、1975、Soils and Foundations, Vol. 15, No. 1 (5) 三田地、北郷

1979、Soils and Foundations, Vol. 19, No. 2

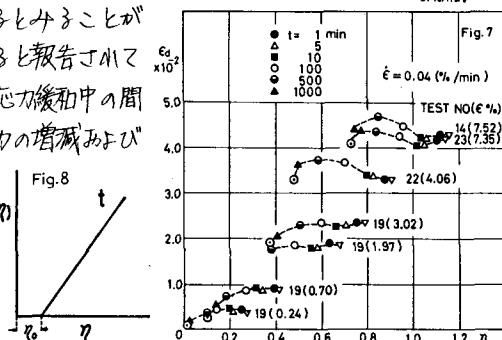
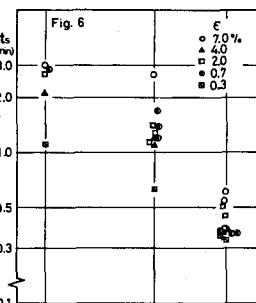


Fig. 8

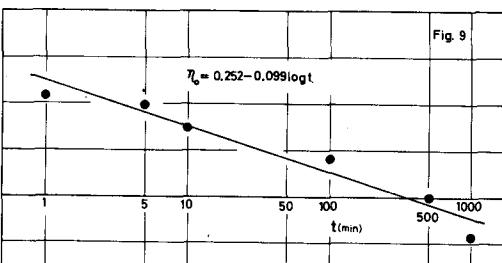
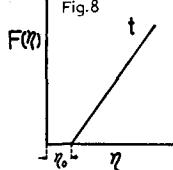


Fig. 9

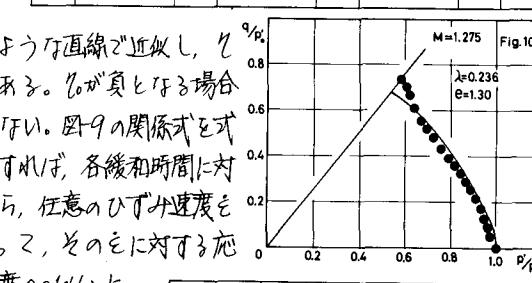


Fig. 10

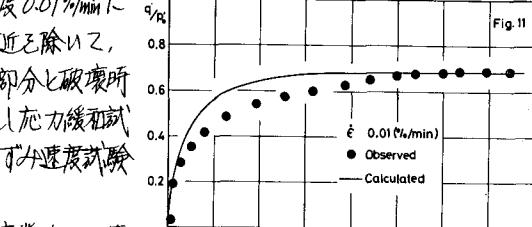


Fig. 11