

1. まえがき：一般に三軸試験機により土のダイレイタンス特性を直接調べるには平均主応力一定試験が行われるが、これはひずみ制御が困難であり、主応力方向が一定な土のようにせん断初期から降伏するような材料の応力ひずみ特性を調べる上で制約がある。ここでは以上のような制約のない中空ねじり試験機により砂の排水試験を行った結果を報告する。

2. 実験方法：中空ねじり試験機は中空供試体(2L=10cm, 2R=6cm, H=10cm)の下端を固定し、上端にトルクを加える型式のものである(Fig.1)。試料は豊浦砂($G_s=2.64$, $e_{max}=0.96$, $e_{min}=0.64$, $U_c=1.46$)を用いた。供試体は不飽和状態の試料をモールド内にスプーンで5層に分けて注ぎ、各層に付き鋼製の突棒(径12mm, 長さ18.5cm 重さは約)でダンピングして作製し、 -0.3 kgf/cm^2 の真空を加えて自立させてからモールドをはずし、供試体を三軸室へセットした。その後供試体中の間隙空気と炭酸ガスを入れ替えてから脱気水を圧入(0.05 kgf/cm^2)で流し飽和させ、等方圧密後($\sigma_a = \sigma_r = 1.0 \text{ kgf/cm}^2$)、排水状態でひずみ制御($\dot{\gamma} = 0.34\%/min$ or $\dot{\theta} = 0.50^\circ/min$)でせん断を行った。せん断中は供試体の高さ変化をダイヤルゲージで、体積変化をビュレト(容量25cc, 最小目盛0.1cc)で測定した。またトルク及び回転角は供試体上部でそれぞれ測定した。なお中空供試体ではあるがせん断ひずみの分布は半径方向に平均であるため $\bar{\gamma} = \frac{1}{2}(\gamma_o + \gamma_i)$ における値を採用した。またせん断応力の分布は半径方向に非線形と考えられるため弾性体及び剛性完全塑性体の2つの分布を仮定し、両者の $\bar{\gamma} = \frac{1}{2}(\gamma_o + \gamma_i)$ における平均値をせん断応力とした。

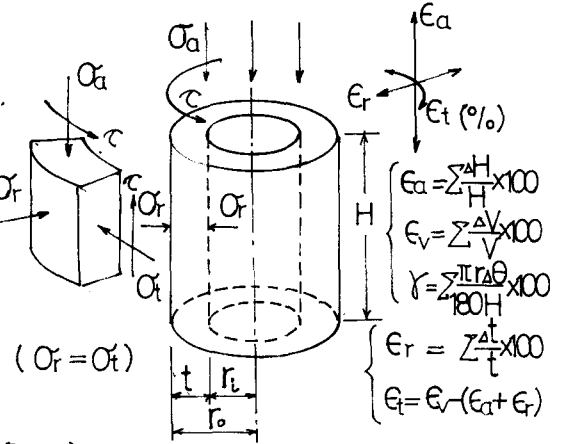


Fig. 1 供試体、ひずみ

Fig. 2 and Fig. 3 show the relationship between shear strain γ (%) and shear stress τ (kgf/cm²) and volumetric strain e_v (%) for the specimen. The test conditions are $\sigma_a = \sigma_r = 1.0 \text{ kgf/cm}^2$ and $e_i = 0.803$ for Fig. 2, and $e_i = 0.783$ for Fig. 3. The curves show that shear stress increases with shear strain, and volumetric strain decreases (becomes more negative) as shear strain increases.

Fig. 2

Fig. 3

3. 実験結果：中空ねじり試験機により求めた応力ひずみ

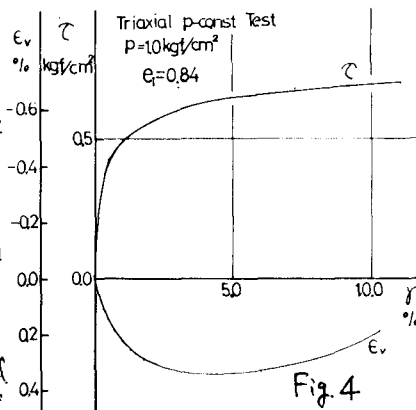


Fig. 4

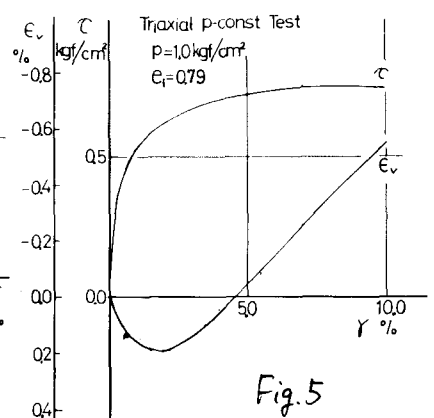
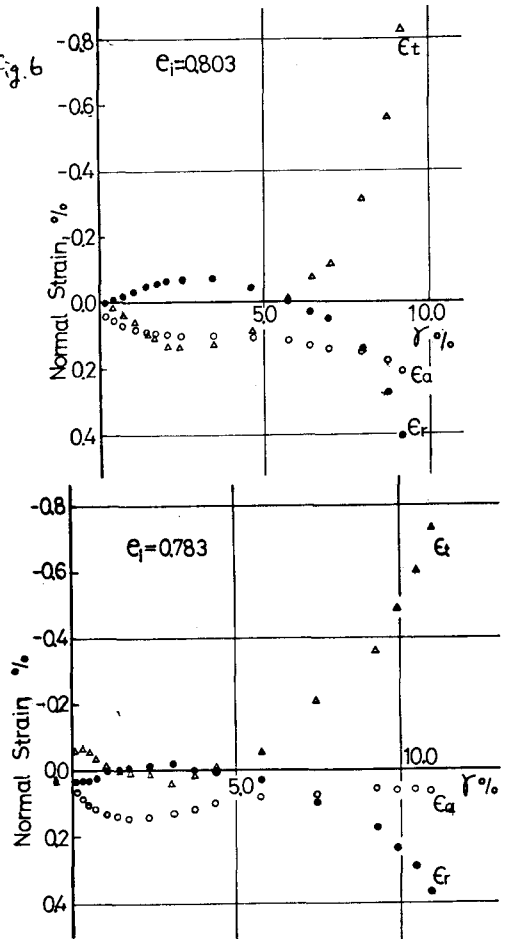


Fig. 5

み関係がFig.2へ3であり、比較する意味で三軸試験機による結果をFig.4へ5に示してある。これらにおける体積変化は全てせん断応力のみによるものであるが、三軸試験の結果のオガ初期剛性、最大せん断応力共に大きいことを考えると、これらの差異が両者の体積変化特性の違いに関係しているものと考えられる。今回の実験では等圧状態でせん断しているため、主応力方向はせん断前は不定、せん断開始時より軸方向より45°の方向に固定するような特殊な場合に相当するので、中空ねじり試験における主応力方向の回転による主応力増分、主ねじり増分の方向等の三軸試験との差異については次回にふれたい。なお、ここで注意していただきたいのは中空ねじり試験(ひずみ制御)と三軸試験(応力制御)とでは供試体形状、寸法、応力状態、せん断型式、主応力方向の回転の有無等の相違があることである。次にFig.6へ7にせん断中供試体かどのように変形するかをみためた垂直ひずみ(E_a , E_r , E_t)とせん断ひずみ γ の関係を示してある。軸ひずみ E_a 、体積ひずみ E_v は供試体の高さ変化、体積変化の実際値により得られるが、半径方向歪み E_r 、周方向ひずみ E_t は次のようにして求めた。

$$\begin{cases} E_r = \frac{\Delta r}{r} \times 100 (\%) & t = \frac{A}{2\pi r} = \frac{V}{2\pi H} \\ E_t = E_v - (E_a + E_r) (\%) \end{cases} \quad \text{Fig.7}$$

(ひずみは全て収縮を正とした)



これらの図から両者に共通していることは周方向ひずみの絶対値が最も大きく、せん断中半径方向ひずみ E_r と同方向ひずみ E_t とは相反していることである。以上の結果は供試体の膨張は主に周方向つまりせん断方向への膨張であることを示している。また供試体が収縮しているときには供試体の半径方向に膨らみ周方向には縮んでおり、供試体が膨張しているときはその逆であることを示している。

4. 結 論: 中空ねじり試験機により砂の排水試験を実施したところ次の結果が得られた。

- (1) 応力～ひずみ関係は三軸試験とほぼ同じものが得られたが三軸試験のオガ初期剛性、最大せん断応力共に大きく、これらにより体積変化特性も異なるようである。
- (2) 供試体の膨張は主に周方向(せん断方向)への膨張であり、供試体が収縮(膨張)しているときは、供試体は半径方向に膨らみ(縮み)周方向には縮み(膨らみ)傾向がある。これについては、オガ土がせん断を受けるときの一般的な性質であり、地盤がせん断応力を受ける場合もこのような現象が生じるのかどうかはさらにデータの蓄積を待たないとわからないものと考えている。

5. 謝 辞: 本実験を実施するにあたり三木教授と高田助教に大変お世話になり、また本文中の三軸試験のデータは同じ研究室の田中氏に提供していただいた。ここに末筆ながら感謝します。

6. 参考文献: Lade, P.V., (1972): The Stress-Strain and Strength Characteristics of Cohesionless Soils.