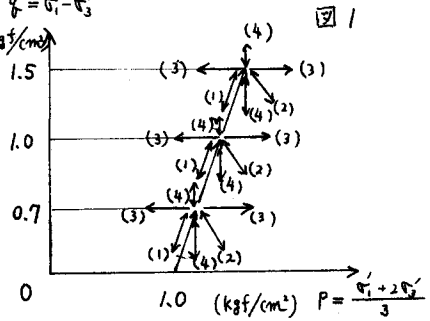


東京大学大学院 学生会員 〇安部友則
 東京大学工学部 正会員 石原研而
 東京大学大学院 高野公寿

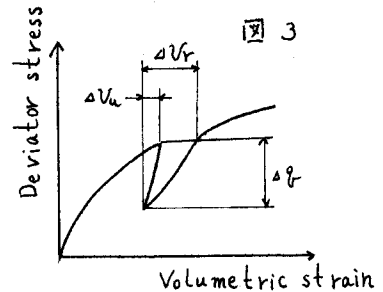
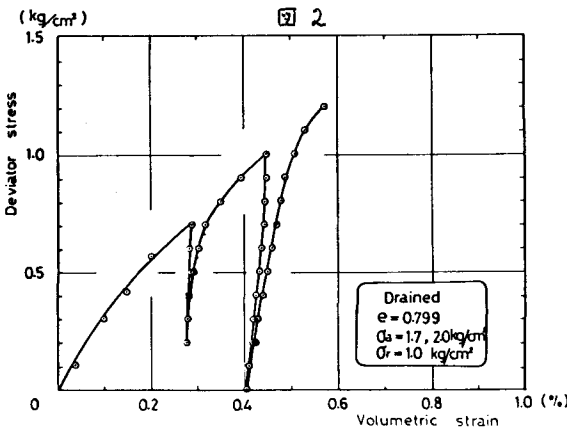
1. まえがき; 砂の変形挙動をモデル化するとき、多くの場合弾塑性的な変形をするものとして扱っている。特に除荷-再載荷時には、塑性変形は全く生じず弾性変形のみを生じるとして扱っていることが多い。しかし、除荷-再載荷時には塑性変形も生じているのではないかと考えられる。したがって、どのくらいの塑性変形を生じているのかを調べるために、三軸装置を用いて実験を行なった。

2. 実験方法および試料; 実験に用いた砂は富士川砂である。この砂は、 $q_s = 2.73$, $e_{max} = 1.03$, $e_{min} = 0.48$, $D_{50} = 0.40 \text{ mm}$, $U_c = \frac{D_{50}}{D_{10}} = 2.14$, である。この砂で直径 5.0 cm , 高さ 10.0 cm の円柱形の供試体を作った。まずこの供試体を $\sigma'_a = \sigma'_r = 1.0 \text{ kgf/cm}^2$ で圧密した。圧密が完了した $q = \sigma'_1 - \sigma'_3$ 後、排水状態で軸圧を加えて、 $\sigma'_a = 1.7, 2.0, 2.5 \text{ kgf/cm}^2$, $\sigma'_r = 1.0 \text{ (kgf/cm}^2)$ の三つの応力状態とした。それぞれの状態から図1のような応力経路でくり返し載荷を行なった。次にくり返し載荷の大きさを変化させてその挙動を調べた。図1の(1)から(4)までの応力経路を詳しく説明すると下のようになる。



- (1)排水状態で側圧を一定にしたまま ($\sigma'_r = 1.0 \text{ kgf/cm}^2$) 軸圧を除荷した後、再載荷する
- (2)排水状態で軸圧を一定にしたまま ($\sigma'_a = 1.7, 2.0, 2.5 \text{ kgf/cm}^2$) 側圧を加えた後、除荷する。
- (3)排水状態で偏差応力 q を一定にしたまま ($q = 0.7, 1.0, 1.5 \text{ kgf/cm}^2$) 軸圧と側圧を変化させる。
- (4)排水状態で平均主応力 P を一定にしたまま ($P = 1.2, 1.3, 1.5 \text{ kgf/cm}^2$) 軸圧と側圧を変化させる。

3. 実験結果および考察;



ΔV_r を使って実験結果を整理した。(1)の状態での実験結果を横軸に ΔV_r , 縦軸に ΔV_u をとってプロットしたグラフが図4である。これには $\sigma'_a = 1.7, 2.0, 2.5 \text{ kgf/cm}^2$ の(1)の状態での実験結果をい、しよにプロットした。このグラフ

7中の傾き45°の直線上では、 $\Delta V_u = \Delta V_r$ が成り立つ。つまり、除荷-再載荷後の体積ひずみが、除荷-再載荷前の体積ひずみに等しくなり、除荷-再載荷によ、ては新たな体積ひずみは生じないことを示している。図4を見ると、 $\sigma_a = 1.7, 2.0, 2.5 \text{ kg/cm}^2$ のどの場合も ΔV_u が大きくなると ΔV_r が ΔV_u よりも大きくなり、傾き45°の直線から離れていく傾向にあることがわかる。 $\Delta V_u = \Delta V_r$ の時すなわち傾き45°の直線上で、弾性変形のみをしていると考え、 ΔV_u が大きくなるにしたが、て弾性変形に塑性変形が加わ、てくるということと言える。

これらの実験結果のうちの $\sigma_a = 1.7 \text{ kg/cm}^2$ $\sigma_r = 1.0 \text{ kg/cm}^2$ の場合の結果を取り出して Δq と $\Delta V_u - \Delta V_r$ をそれぞれ縦軸と横軸にと、てプロットしたのが図5である。これより $\Delta V_r - \Delta V_u$ と Δq とはほぼ直線関係にあると言える。 $\Delta V_r = \Delta V_u$ の時砂は弾性変形のみをするとして、くり返し荷重 Δq が大きくなるほど $\Delta V_r - \Delta V_u$ の値も大きくなり塑性変形も生じてくると言える。

$\sigma_a = 1.7 \text{ kg/cm}^2$, $\sigma_r = 1.0 \text{ kg/cm}^2$ で(1)~(4)までの状態で行な、た実験結果を図5のような Δq , $\Delta V_r - \Delta V_u$ でプロットす

ると、やはり原点を通る右上りの直線上にのる傾向を示す。これらのグラフより、 $\Delta V_r - \Delta V_u$ が0.02%, 0.04%, 0.10%になる Δq の値を読みとる。次に P-q 平面上の(1)から(4)までの応力経路上にこの値をプロットして、 $\Delta V_r - \Delta V_u$ が等しい値を示す点を曲線で結びと図6ようになる。この図より左下方向の応力経路でのくり返し荷重が最も弾性的挙動を示すと言える。逆に右上方向が最も塑性変形を生じると言える。

$\sigma_a = 2.0 \text{ kg/cm}^2$, $\sigma_r = 1.0 \text{ kg/cm}^2$, $\sigma_a = 2.5 \text{ kg/cm}^2$,

$\sigma_r = 1.0 \text{ kg/cm}^2$ の二つについても図6と同じような図が得られる。

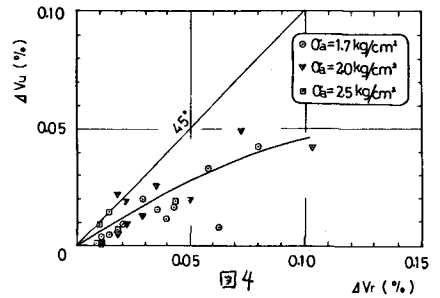


図4

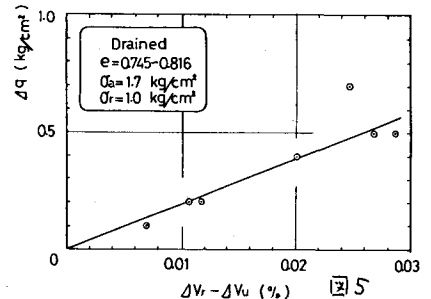


図5

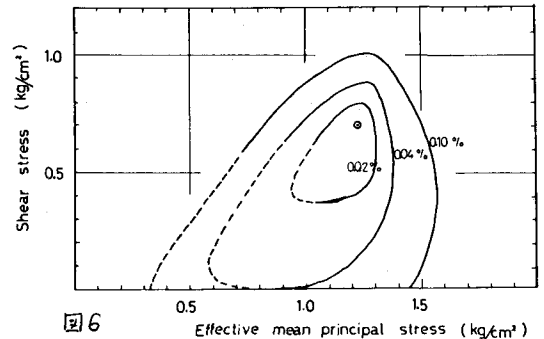


図6

4. まとめ; 以上の実験の結果、除荷-再載荷時といえども塑性変形を生じ、くり返し荷重が大きくなるほど砂の塑性変形量も大きくなる傾向があることがわかつた。また塑性変形量は応力経路によ、て違、い、両者の関係は図6のようになることがわかつた。

5. 参考文献;

(1) Kenj Ishihara and Shigeru Okada

Yielding of overconsolidated sand and liquefaction model under cyclic stresses
Soil and foundations Vol.18 No.1 Mar. 1978

(2) Kenj Ishihara and Shigeru Okada

Effects of stress history on cyclic behavior of sand
Soil and foundations Vol.18 No.4 Dec. 1978

(3) 龍岡文夫 三軸せん断装置による砂の変形特性に関する基礎的研究 東京大学(1972年)博士論文