

日本国土開発(株) 正員 ○佐藤 泰
 東京大学工学部 正員 石原研而
 東京大学大学院 M.モクンザデ

1. まえがき

従来の円柱供試体を用いた繰り返し三軸試験では、中間主応力が変化するため、その変形特性には中間主応力の影響が含まれている。そこで、今回、三主応力を独立に制御できるように改良した中空ねじり三軸試験装置を用いて、砂の繰り返しせん断変形特性に及ぼす中間主応力の影響について調べてみた。

2. 試料、実験装置

試料は豊浦標準砂を用い、気乾状態での突き固め法により相対密度約70%(間隙比約0.7)の中空円筒供試体を作製した。

実験装置は中空ねじり三軸試験装置を改良したものを用いた。供試体の内側面の圧力(内圧) p_i と外側面の圧力(外圧) p_o とをそれぞれ独立に制御するとともに、円周方向ひずみ ε_θ と半径方向ひずみ ε_r とを独立に測定するため、供試体の内側部分を脱気水で満たし、その上部からパイプで二重管ビューレットに接続し、内圧をこのビューレットの水面から与えた。

三主応力 $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ は式(1)~(3)より、内圧 p_i 、外圧 p_o 、鉛直荷重 W によって独立に制御できることがわかる。

$$\sigma_1 = \sigma_z = W/A \quad (1)$$

$$\sigma_z = \sigma_r = \frac{p_o r_o + p_i r_i}{r_o + r_i} \quad (2)$$

$$\sigma_3 = \sigma_\theta = \frac{p_o r_o - p_i r_i}{r_o - r_i} \quad (3)$$

ここに、 r_o : 供試体外半径、 r_i : 供試体内半径

A : 供試体断面積、 σ_z : 鉛直方向応力

σ_r : 半径方向応力、 σ_θ : 円周方向応力

また、半径方向ひずみ ε_r 、円周方向ひずみ ε_θ 、鉛直方向ひずみ ε_z は、排水量計測ビューレット、前述の供試体内側部分の体積変化量計測ビューレット、鉛直ダイヤルゲージの読みから計算される。

3. 実験方法

供試体は有効拘束圧一定 ($\sigma'_c = 98.1 \text{ kN/m}^2$) で等方圧密後、有効平均主応力一定 ($p' = 98.1 \text{ kN/m}^2$) に保ちながら、排水条件で静的に繰り返しせん断した。応力経路は図2に $(\frac{\sigma_z - \sigma_\theta}{2}, \tau_{z\theta})$ 平面および正八面体面

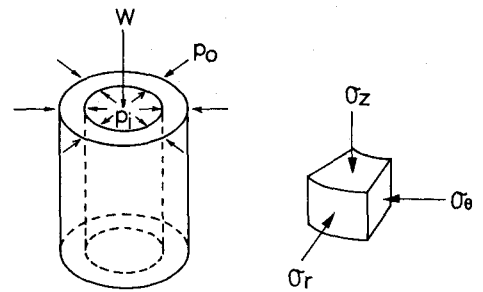
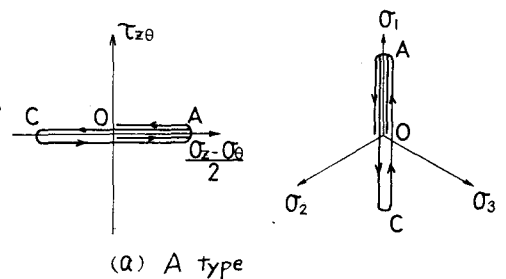
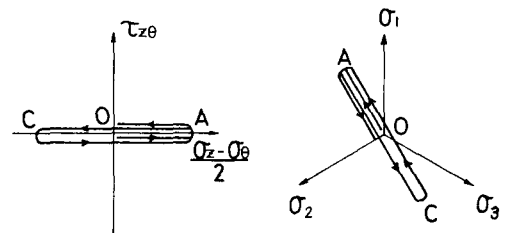


図1. 中空円筒供試体、要素における応力状態



(a) A type



(b) B type

図2. 応力経路

で示す。なお、今回の実験では、ねじりモーメントを与えていないため、せん断応力 $\tau_{z\theta}$ は零である。図2のA type はせん断応力振幅一定($q_A = 40.0 \text{ kN/m}^2$)の繰返し三軸圧縮伸張試験と同じ応力経路であり、中間主応力は変化する。これに対して、B type は $(\frac{\sigma_z - \sigma_\theta}{2}, \tau_{z\theta})$ 平面ではA type と同じ応力経路であるが、正八面体面を示す様に、中間主応力は一定(中間主応力係数 $b = \frac{\sigma_z - \sigma_\theta}{\sigma_1 - \sigma_3} = 0.5$)である。

4. 実験結果, 考察

図3は図2の応力経路A, B type それぞれの応力差 $\frac{\sigma_z - \sigma_\theta}{2}$ と体積ひずみ v の関係を示したものである。A, B type 共に、繰返し載荷とともに体積ひずみは増加(体積は収縮)してゆき、繰返しとともに、1回の繰返し載荷による体積ひずみの増加量は減少している。A, B type を比較すると、体積ひずみ増加量の減少度合はA type の方が小さい。このため、O点からO点までの残留体積ひずみ量を比較すると、中間主応力の変化するA type の残留体積ひずみ量は、中間主応力一定のB type のその約1.6倍になっている。

なお、図3のA, B type のグラフの形に違いがみられるが、これは供試体の端部拘束、メンブレン²⁾ペネトレーションの影響と考えられる。

5. まとめ

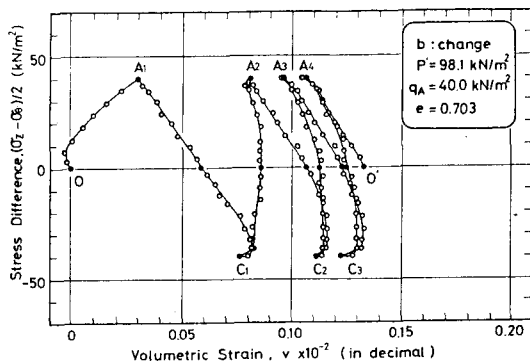
今回の実験により、砂の繰返しせん断変形特性は中間主応力の影響を受け、中間主応力が変化する場合は中間主応力が一定の場合と比較して、残留体積ひずみ量が大きくなることがわかった。

6. 謝辞

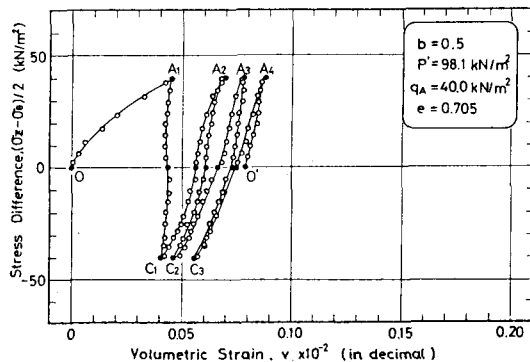
本研究は東京大学工学部土木工学科土質研究室で行なったものです。御指導を頂いた東京大学石原研而教授と当実験の協力者である東京大学大学院生M. モンゲン氏に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) M. Momenzadeh, K. Ishihara, Y. Sato, G. Yasuda: Effects of principal stress rotation and intermediate principal stress on the deformation behavior of sand, 第20回土質工学研究発表会(1985)
- 2) 安田吾郎: 主応力軸回転が砂の繰返し変形に及ぼす影響, 東京大学工学部卒業論文(1985)



(a) A type



(b) B type

図3. 体積ひずみ特性