

日本大学大学院・理工 学生員 ○ 下 辺 悟
日本大学理工学部 正員 宮 森 建 樹

1. ま え が き

一般に繰返し応力を受ける砂の変形は、応力の加え方によって非常に異なったものになる。しかし、実際の砂地盤において繰返し応力を受けた時に生じる変形挙動を明らかにしようとする場合、繰返しせん断試験は平面ひずみ条件下で行なわれることが望ましい。本研究は、平面ひずみ状態における飽和砂の排水繰返し載荷試験により、この問題に若干の基礎的な検討を加えたものである。

2. 実験のあらまし

平面ひずみ条件下での排水繰返しせん断試験は、飽和した豊浦標準砂を用い、図-1のように入図に示すように1 kgf/cm²まで等方圧密した後、二種類の応力変化(側圧 $\sigma_x = \text{一定}$, 軸圧 $\sigma_z = \text{一定}$)を与えてせん断方向の間で繰返し載荷試験を行なった。なお、試験装置・方法に関しては既に報告済みなので省略する。図-1は比較的落な砂($\bar{e}_i = 0.68$)における平面ひずみ条件下での繰返しせん断時の応力経路を、正八面体応力(P , q)面で示したものである。ここで、 $P = \sigma_{oct} = \frac{1}{3}(\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z)$, $q = \tau_{oct} = \frac{1}{3}\{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2\}^{1/2}$ である。

3. 実験結果と考察

図-1より、 $\sigma_x = \text{一定}$, $\sigma_z = \text{一定}$ 試験とも第2サイクル(0~3, 0~4)までは中間主応力の微小な変化が見られたが、ほぼ三軸圧縮状態の応力経路をたどり、その最大応力点を越えると $\sigma_x = \text{一定}$ 試験での第3サイクル(0~5)と破壊に至らしめる最後の $\sigma_z = \text{一定}$ 載荷試験では、中間主応力の影響によって異なった応力経路を取るようになる。したがって、平面ひずみ条件下での繰返しせん断試験では、ある応力レベルを過ぎると載荷・除荷時の応力経路は一致しなくなる。図-2は平面ひずみ条件下の応力比($=q/p$)~主ひずみ差

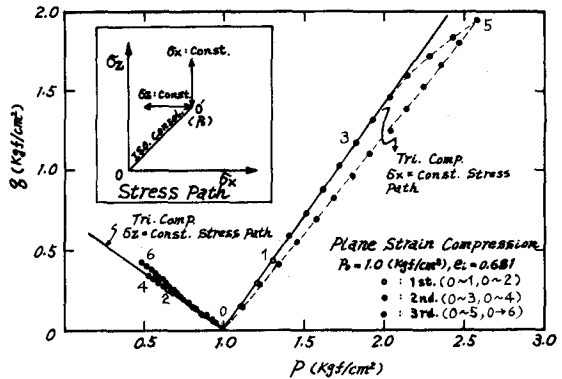


図-1 平面ひずみ条件下の応力経路

- 1) 下辺, 「三軸圧縮・三軸伸張および平面ひずみ状態における砂のせん断時特性」, 第13回土質工学研究発表会, 1978年
- 2) 下辺, 「砂の三軸圧縮・平面ひずみ状態の挙動」, 同14回1979年
- 3) 下辺・宮森, 「砂の平面ひずみ変形挙動」, 同15回1980年投稿中

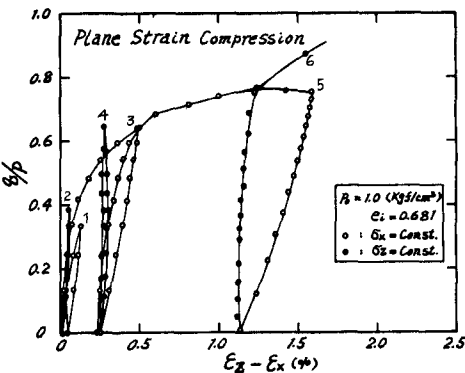


図-2 平面ひずみ条件下の応力比~主ひずみ差関係

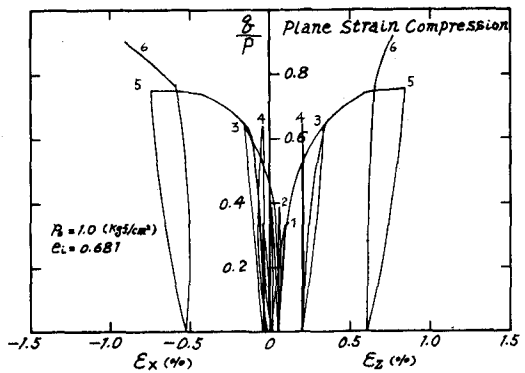


図-3 平面ひずみ条件下の応力比~主ひずみ差関係

($=\epsilon_z - \epsilon_x$) 関係, 図-3, 4 はそれぞれ, 応力比 \sim 歪み μ (ϵ_z, ϵ_x) 関係, 応力比 \sim 体積ひずみ ($\psi = \epsilon_x + \epsilon_z$) 関係で整理したものである。また, 図-5 \sim 7 には平面ひずみ条件下の繰返し変形挙動と比較するため, 先述と同一の載荷方法(但し, σ_z および σ_x の載荷レベルは異なる)による直方三軸圧縮条件下の繰返し応力比 \sim ひずみ関係 ($\bar{e}_z = 0.67 \sim 0.68$) を示した。その結果, 両試験の第2, 3の $\sigma_x =$ 一定サイクルの応力比 \sim 歪み μ 差関係はともに第1, 2の $\sigma_z =$ 一定サイクルにおけるせん断履歴の影響を受けず, $\sigma_z =$ 一定のヒステリシス・ループも $\sigma_x =$ 一定のそれと比べてかなり弾性的である。また, 繰返し応力に伴う累積ひずみ現象によって, 破壊に至らしめる最後の $\sigma_z =$ 一定載荷経路 ($0 \rightarrow 6$) に近づくにつれて, 平面ひずみ状態の場合でも三軸圧縮と同様, そのヒステリシス・ループは大きくなっていく。平面ひずみ, 三軸圧縮のいずれの場合も, 3の応力点以降の $\sigma_x =$ 一定載荷時でせん断ひずみが増大してきている。

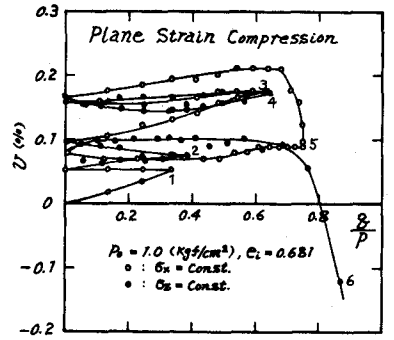


図-4 平面ひずみ条件下の応力比 \sim 体積ひずみ関係

一方, 応力比 \sim 体積ひずみ関係では応力経路を変化させた繰返し載荷回数が増加するにつれて, 三軸圧縮および平面ひずみ状態における両試験とも体積ひずみは圧縮側へと進行するが, 大まかに見れば平面ひずみの方が三軸圧縮の場合よりも体積ひずみ履歴を良く保持しているようである。また, 平面ひずみの $\sigma_x =$ 一定第3サイクルにおいて, せん断ひずみの増大とともに強いダイレイタンスが見受けられる。次に, 応力比 \sim 歪み μ 関係では平面ひずみの場合, 繰返し応力履歴の増大とともに $|\epsilon_z| = |\epsilon_x|$ に近づくような変形性状を示している。しかしながら, 三軸圧縮の場合 ϵ_z の累積現象は増大するが, ϵ_x のそれは ϵ_z と比べてかなり小さい ($\sigma_x =$ 一定の第3サイクルでの残留ひずみで, $|\epsilon_x| \approx \frac{1}{4} |\epsilon_z|$ 程度)。

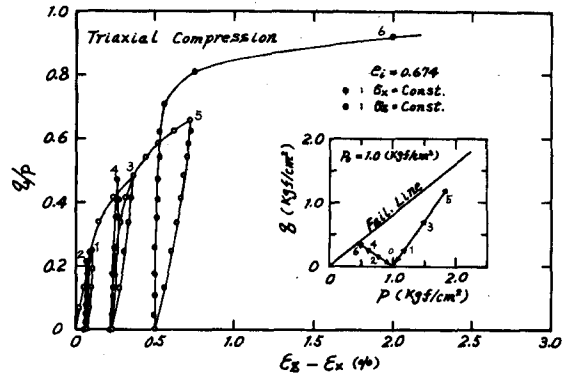


図-5 三軸圧縮条件下の応力比 \sim 歪み μ 差関係

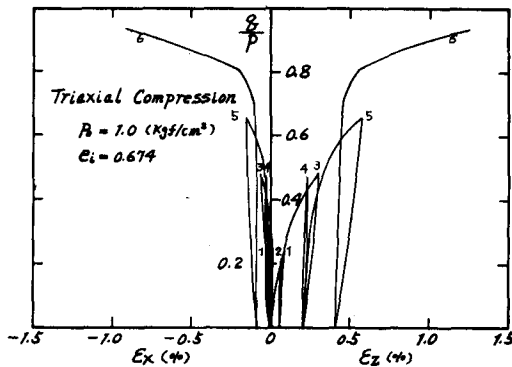


図-6 三軸圧縮条件下の応力比 \sim 歪み μ 関係

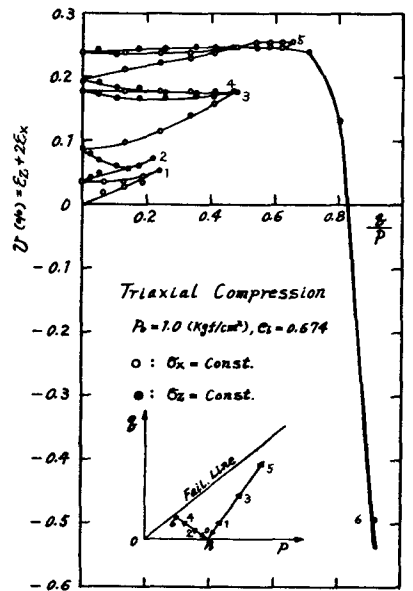


図-7 三軸圧縮条件下の応力比 \sim 体積ひずみ関係