

III-271 繰り返しせん断応力を受けた砂質土の降伏応力とAE特性

神戸大学工学部 正員 ○田中 泰雄
 兵庫県土木部 松尾 進吾
 京都市交通局 榎木 蘭聖司

1. まえがき

これまで土のアカコースティック・エミッション(AE)に着目して、砂質土の降伏応力とAE特性との関係について研究してきた。その結果、AE計測によって砂質土の降伏応力が精度良く決定され、また降伏特性は過去に受けたせん断応力の履歴の違いに強く影響されることが判明した^{1), 2)}。例えば、等方圧密された供試体が圧縮せん断履歴を受けた場合、等方圧密で形成された降伏曲面は応力空間において圧縮側に移動するが¹⁾、伸張側にせん断履歴を受けると降伏曲面は伸張側に移動する²⁾ことが判明した。

本研究では以上のような成果を進展させるために、一度等方圧密した供試体に圧縮せん断応力を加えてさらに伸張せん断応力を与えると、いわゆる繰り返しせん断応力を与えた場合に、降伏曲面がどの様に変化するかを検討したものである。

2. 実験方法

三軸試験装置およびAE計測機器の詳細については、既報の論文³⁾を参照されたい。試料は、六甲山系から採取されたまさ土である。供試体の直径は50mmであり、ゆる詰め($\rho_d \approx 1.7t/m^3$)となるように作成され、脱気水によって飽和されている。供試体に与えた応力履歴を示すと図-1のようである。まず、等方圧密履歴を与えるために、初期状態($p = 0.4 \text{ kgf/cm}^2$ 、点a)から段階的に $p = 6.0 \text{ kgf/cm}^2$ になるまで等方圧密し(a→b)、点bの応力状態で一定時間静置した後、 $p = 5.0 \text{ kgf/cm}^2$ になるまで除荷した(b→c)。次に圧縮せん断履歴を与えるために、点cから側圧一定条件で主応力差 $q = 3.0 \text{ kgf/cm}^2$ の状態まで圧縮し(c→d)、点dの状態では一定時間静置した後に除荷した(d→c)。さらに伸張せん断履歴を与えるために、圧縮側と対称になるような応力経路($dq/dp = -3$)で主応力差 $q = -3.0 \text{ kgf/cm}^2$ まで伸張荷荷し(点e)、点eの状態では一定時間静置した後に除荷した(e→c)。なお、点bやd, eにおける静置時間は約20-30分であり、その間には変形やAEが殆ど生じないことを確認している。

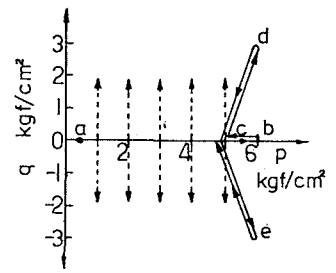


図-1 応力経路

(e→c)。なお、点bやd, eにおける静置時間は約20-30分であり、その間には変形やAEが殆ど生じないことを確認している。

このように、同一の繰り返しせん断履歴を与えた供試体について、 p を 5.0 kgf/cm^2 以下の範囲で変化させて、平均主応力一定条件の圧縮または伸張せん断試験を行った。なお、三軸試験中はパーソナル・コンピュ

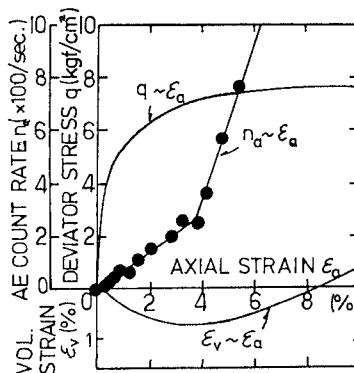


図-2 圧縮せん断試験結果例

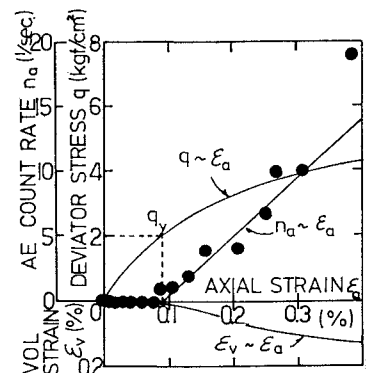


図-3 小ひずみ部拡大図

ータによる自動計測を行っており、メンブレン貫入量による体積変化の補正も実施した。

3. 実験結果および考察

圧縮せん断試験から得られた応力～ひずみ～AE関係の例を示すと、図-2, 3のようである。図-2は拘束圧 $p = 5.0 \text{ kgf/cm}^2$ の試験結果であり、従来の研究成果と同様に体積変化点においてAEが急増している。また、せん断時の微小部分を示したものが図-3であるが、これまでと同様に、せん断初期はAEが発生せずに軸ひずみが生じることがわかる。しかし、ある応力に達するとAEが急増しており、AEと塑性変形の関係からAE急増点における応力は降伏応力と考えられる。

繰り返しせん断履歴を受けた供試体の圧縮及び伸張試験における応力～ひずみ曲線の一例を示すと、それぞれ図-4, 5の実線のようなものである。また同図には圧縮せん断履歴のみを受けた供試体と伸張せん断履歴のみを受けた供試体の応力～ひずみ曲線も併せて示されている。なお、図の縦軸は軸差応力を破壊時の応力で正規化したものである。図のように、圧縮試験については圧縮せん断履歴を受けた供試体の初期剛性が最も高く、繰り返しせん断を受けたものが中間的な剛性を示す。一方、伸張試験については伸張せん断履歴を受けた方が剛な性質を示すようで、圧縮せん断のみを受けた場合の初期剛性が最も低いようである。以上のように、せん断履歴の方向が変化するにつれて、供試体の剛性が順次変化することが分かる。

次に繰り返しせん断履歴を受けた供試体の降伏曲面を求めて $p-q$ 面上に描くと図-6のようである。同図には、他の2つのせん断履歴試験から得られた降伏曲面も併せて示されている。図のように、降伏曲面の形状は载荷直前に受けたせん断応力の方向に大きく影響されるが、その以前に受けたせん断応力の影響も若干残っているようである。つまり、繰り返して圧縮・伸張の排水せん断履歴を受けると、降伏曲面は両方向に広がっていくようである。

最後に本研究のご指導を頂いた谷本喜一先生に深謝致します。

一参考文献一

- 1) 谷本喜一・田中泰雄・籠谷直也(1986)「せん断履歴を受けた砂質土の降伏応力とAE特性」, 土木学会第41回講演会, pp.265-266
- 2) 谷本喜一・田中泰雄・森田篤・中村薫(1988)「伸張せん断履歴を受けた砂質土の降伏曲面」, 第23回土質工学研究発表会
- 3) Tanimoto, K. and Tanaka Y. (1986) "Yielding of soil as determined by acoustic emission", S & F, Vol.36, pp.69-80

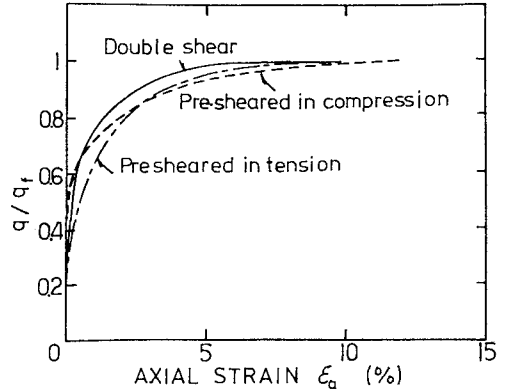


図-4 $q/q_f \sim \epsilon_a$ 関係 (圧縮試験、 $p = 4.0 \text{ kgf/cm}^2$)

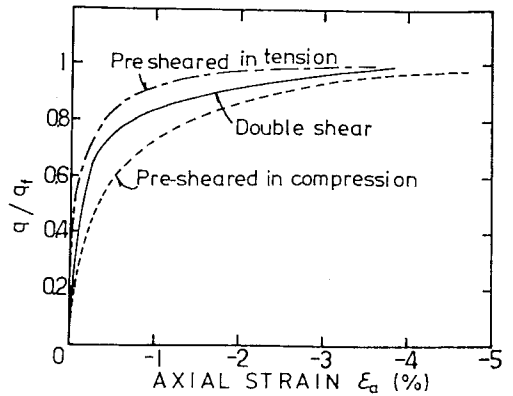


図-5 $q/q_f \sim \epsilon_a$ 関係 (伸張試験、 $p = 4.0 \text{ kgf/cm}^2$)

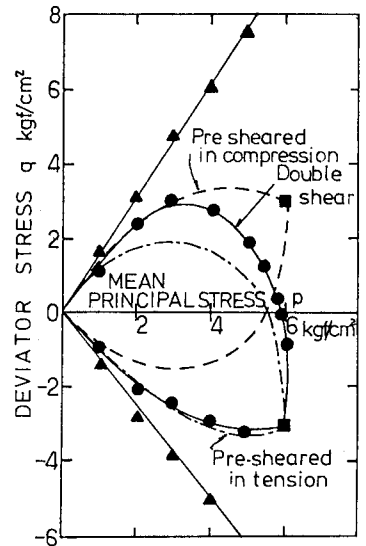


図-6 降伏曲面の比較