

III-133 せん断履歴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
 神戸大学工学部 正員 谷本 喜一
 (株)日建設計 正員 籠谷 直也

1. まえがき

土の降伏応力の決定法として、一般に応力～ひずみ曲線が用いられるが、これに代わる方法としてアコースティック・エミッション(AE)による方法が提案されている¹⁾。ここでAEとは個体が塑性変形を生じる過程で音響エネルギーを放出する現象であり、土においては主に土粒子の滑りなど、非可逆的な仕事量に対応してAEが生じると考えられる。

これまでの土のAEに関する研究から、等方圧密及び K_0 圧密された砂について、それぞれ異なるただ一つの降伏曲面が得られることが示されている^{2), 3)}。本研究では、せん断履歴と降伏曲面の形状との関係を究明するために、等方圧密砂にせん断履歴を与え、その後のせん断試験から降伏曲面の変化を検討した。

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⁴⁾を参照されたい。試料は、六甲山系から採取されたまき土である。供試体の直径は50mmであり、ゆる詰め($\rho_d \approx 1.6 \text{ t/m}^3$)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(点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(点b→c)。次に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(点c→d)、点dの状態でも一定時間静置した後を除荷を行った(点d→e)。なお、点bやdにおける静置時間は約 20-30分であり、その後には変形やAEが殆ど生じないことを確認している。

このように、同一のせん断履歴を与えた供試体について、 p が 5.0 kgf/cm^2 以下の範囲で拘束圧を変化させて(点c→e)、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。また、せん断履歴を与えた後に再び等方圧密する試験も行った。なお三軸試験中の計測は、前年度²⁾と同様にパーソナル・コンピュ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

圧縮せん断履歴を与えた供試体について、圧縮及び伸張試験を行った場合の応力～ひずみ曲線を示すと、それぞれ図-2, 3の実線のようにある。一方、等方圧密履歴のみ受けた供試体について、今回の研究と同じ条件でせん断した場合の応力～ひずみ曲線を文献²⁾の成果を基に示したものが、それぞれの図の破線である。図のように、圧縮試験については応力履歴の違いに拘らず、破壊強度はほぼ等しいが、変形特性はせん断履歴を受けた方が剛な性質を示すようである。また、伸張試験についてはせん断履歴を受けた方が高い強度を示すが、初期剛性は低いようである。

次に、圧縮せん断試験の結果の一例を示したものが図-4である。図は、 $p = 4.0 \text{ kgf/cm}^2$ の試験結果の微小変形の部分を示したもので

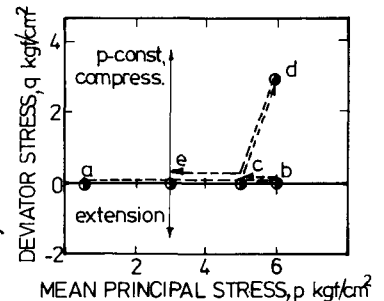


図-1 応力 径路

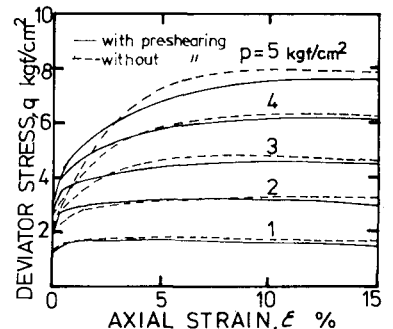


図-2 応力～ひずみ関係(圧縮)

あるが、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。また、せん断履歴を受けなかった場合の応力～ひずみ曲線も同図に示されているが、せん断履歴により降伏応力が増加しているのがわかる。一方、伸張せん断試験の結果の一例を示したものが図-5で

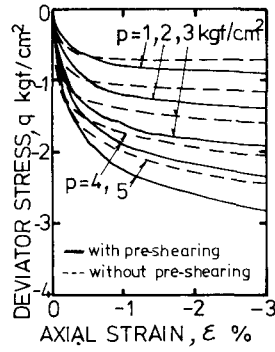


図-3 応力～ひずみ関係（伸張）

あるが、圧縮試験とは反対に微小変形の部分では等方圧密砂の方が剛性が高く、その結果せん断履歴によって降伏応力は減少する様である。さらに、せん断履歴後に再び等方圧密を行った場合も、先に与えた最大圧より低い降伏応力が得られた。

以上のように、種々の供試体について降伏応力を求め、それらを p - q 面上に描くと図-6のような降伏曲面が得られる。図には、等方圧密に関する降伏曲面も併せて示している。これより、せん断履歴を受けることにより、等方圧密による降伏曲面が上方に移動することがわかる。すなわち、今回用いた試料では、降伏曲面がせん断方向によって移動するものと考えられる。また、せん断強度について見ると、圧縮側ではせん断履歴の影響はほとんどないが、伸張側ではせん断履歴を受けた方が供試体の強度が大きいようである。

4. まとめ

本研究の成果を以下に示す。a)せん断履歴を与えた供試体についても、新たな降伏応力が決定できる。b)圧縮せん断履歴を受けると、等方圧密履歴によって形成された降伏曲面は、 p - q 面において q 軸の圧縮側に移動し、いわゆる移動硬化則を示すようである。

—参考文献—

- 1) Tanimoto, K. and Tanaka Y. (1985) "A method of determining yield locus of sandy soil", Proc. of 11th. ICSMFE, VOL.2, pp.1069-1072
- 2) 谷本喜一・田中泰雄・籠谷直也・米田修 (1985) 「AE計測による砂質土の降伏応力の決定法について」, 第20回 土質工学研究発表会, pp.381-382
- 3) 谷本喜一・田中泰雄・籠谷直也・五十嵐章夫 (1986) 「異方圧密された砂質土の降伏応力とAE特性」, 第21回 土質工学研究発表会, pp.279-280
- 4) 谷本喜一・中村潤一 (1982) 「三軸せん断中のAE特性に関する研究」, 土質工学会論文報告集, Vol. 22, pp.137-144

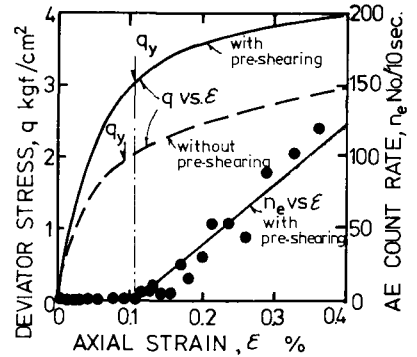


図-4 AE～降伏応力関係（圧縮、 $p=4.0$ kgf/cm²）

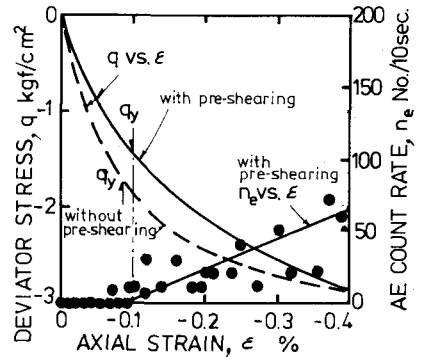


図-5 AE～降伏応力関係（伸張、 $p=4.0$ kgf/cm²）

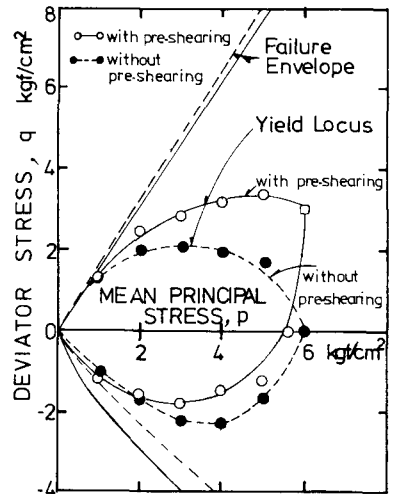


図-6 降伏曲面の形状変化