

## III-366 非排水せん断履歴を受けた砂質土の降伏応力とAE特性(その2)

神戸大学工学部 正員 ○田中 泰雄  
 神戸大学大学院 小林 知宏  
 同上 平林 和之

## 1. まえがき

砂の液状化現象では、非排水条件下で繰返し圧縮・伸張せん断された砂の変形・強度特性が重要となる。昨年度の研究<sup>1)</sup>では、一度等方圧密した供試体に、非排水条件で圧縮せん断応力を加えると、降伏曲面がどの様に変化するかをAE(アコースティック・エミッション)計測を用いて検討した。その結果、非排水せん断履歴を受けた砂の降伏曲面は、せん断応力を受けた方向に大きく移動することが判明した。しかし降伏曲面の形状は、装置の都合上、圧縮せん断の条件でのみ決定できた。本研究では伸張せん断の条件も含めて降伏曲面の形状を検討する。

## 2. 実験装置及び実験方法

試料は六甲山系から採取されたまさ土で、気乾状態で4.76mmふるいを通すものを使用した。比重は2.69、平均粒径は0.75mm、均等係数は10.0であった。今回の試料は昨年度のものに比べて細粒分が少し多い。使用した三軸試験装置を示すと図-1のようである。本装置では、供試体キャップ(直径50mm)と載荷ピストンは剛結されており、ピストンとキャップの間に設置されたロードセルで軸荷重を測定している。また、軸荷重用のペロフラムシリンダーは復動型であり、圧縮及び伸張せん断試験が可能である。AEセンサーは下部ベDESTAL内に設置されている。せん断中の供試体からの排水は3方コックで制御され、排水条件では体積変化測定装置につながれ、非排水条件では間隙水圧計に接続される。体積変化測定には耐圧セル内に設置した微小荷重用ロードセルを用い、供試体からの排水量を計測した。

飽和供試体の作成には、炭酸ガスを用いる方法<sup>2)</sup>を採用した。まず乾燥密度が約 $1.6\text{ g/cm}^3$ のゆる詰めとなるように供試体を作成し、炭酸ガス流入・脱気水透過・背圧( $2.0\text{ kgf/cm}^2$ )供給などの手順を経て供試体を飽和させた。得られた間隙水圧係数 $B$ の値は約0.98と高い飽和度を得ることができた。供試体に与えた応力履歴は図-2に示すようで、排水条件で、1)  $p=6.0\text{ kgf/cm}^2$ までの等方圧密し、2) 30分間静置後、3)  $p=5.0\text{ kgf/cm}^2$ まで等方除荷した。次に非排水条件の圧縮せん断履歴を与える。まず、4) 側圧一定で主応力差 $q=3.0\text{ kgf/cm}^2$ まで圧縮し、5) 20分間静置後、6)  $q=0$ まで除荷した。非排水載荷の方法として、昨年度は時松ら<sup>3)</sup>が提案したメンブレン貫入を考慮する排水・体積一定条件の試験を行ったが、今回は通常の排水コックを閉じる非排水試験を行った。

以上のように、同一の応力履歴を与えた供試体について、図-2の一点鎖線で示すような種々の応力経路で排水せん断試験を行った。また昨年と同様に、等方圧密履歴のみを与えた供試体について、一連の側圧一定条件の非排水せん断試験を実施した。

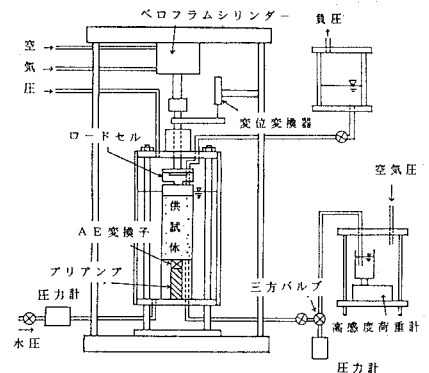


図-1 三軸試験装置

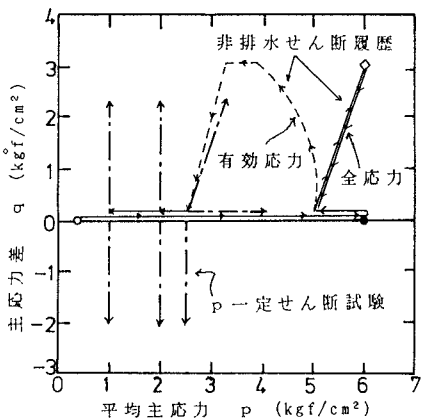


図-2 応力経路

### 3. 実験結果および考察

非排水せん断履歴中の応力～ひずみ関係とAE及び間隙水圧の変化を示したものが図-3である。図のように軸ひずみが0.1%以下の小さいところでAEが出始め、それに対応する降伏応力が求められる。この降伏応力の値は、等方圧密履歴のみを与えた供試体を非排水せん断した時の得られる降伏応力に対応する。間隙水圧はせん断とともに上昇し、応力の増加を止めて静置状態に移っても若干上昇したが、約20分後の静置終了時には殆ど変化しなくなった。また僅かであるが、除荷時に間隙水圧は減少した。同図には、比較のために、昨年度の間隙水圧測定結果が破線で示されている。昨年度に比べて、今回の方が間隙水圧変化は連続的であり、より良い精度が得られていると判断できる。

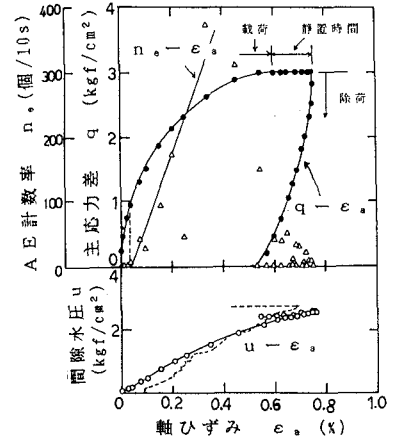


図-3 せん断履歴過程の試験結果

次に非排水せん断履歴を受けた砂を、 $p$ -一定条件で伸張せん断した場合の応力～ひずみ～AE関係の例を示すと、図-4のようである。図は拘束圧 $p=2.0$  kgf/cm<sup>2</sup>の試験結果であり、せん断時の微小部分を示したものである。図より、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が急増しているため、AEは塑性変形によって生じることからAE急増点における応力は降伏応力と考えられる。

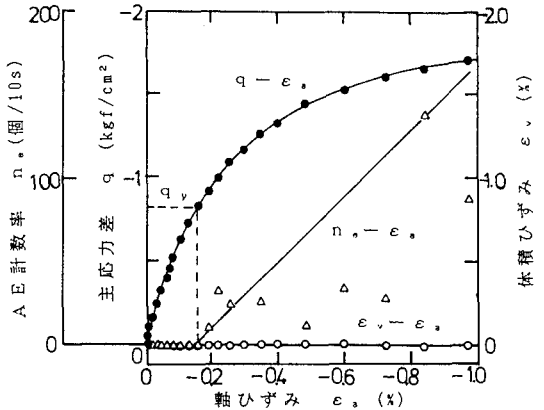


図-4  $p$ -一定排水伸張試験結果

非排水圧縮せん断履歴を与えた後に、種々のせん断経路で排水試験を行ったが、これらの試験から降伏応力を求めて、 $p$ - $q$ 面上に降伏曲面を描くと図-5に示す結果が得られる。同図には、等方圧密砂の降伏曲面も併せて示されている。図のように、降伏曲面はせん断応力を受けた方向に移動し、その大きさが縮小している。また今回の実験から、伸張側における降伏曲面の大きさは、等方圧密砂のものに比べて小さくなっていることが分かる。従って、非排水圧縮せん断を受けた後に伸張せん断されると、砂はせん断の前に比べて低い応力レベルで塑性領域に入るため、圧縮性を示すような緩い砂ではさらに大きな間隙水圧が発生すると考えられる。従って、このようなメカニズムで非排水繰返し載荷により液化が生じると考えられる。

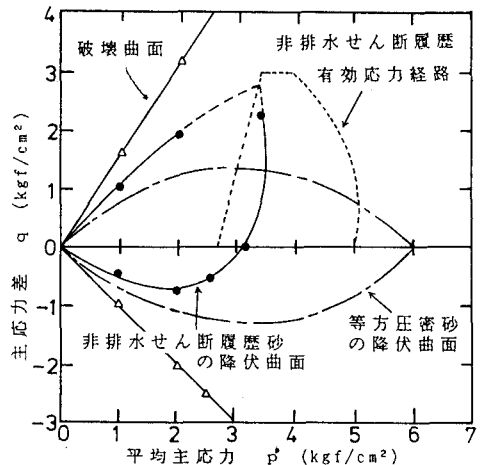


図-5 降伏曲面の形状変化

参考文献 1)田中泰雄・森田篤・小林知宏(1989), 土木学会第44回講演会, 474-475、2)三浦清一(1983), 土と基礎, Vol.31, No.7, 59-60、3)Tokimatu, K. and Nakamura K., S&F, (1986), Vol.26, 127-138,