

神戸大学工学部 正会員○田中泰雄
 神戸大学大学院 門田克史
 神戸市 福田雅人

1. まえがき

これまで砂質土のせん断試験にAE計測を行って、砂の降伏応力に関する研究を行ってきた。その結果、降伏応力を決定するのにAE計測が有効であることがわかった¹⁾。しかし、その多くは軸対称三軸せん断におけるものであり、実地盤で生じるような、複雑な三次元応力状態を再現した場合については詳しくは検討していない。そこで本研究では、種々の三次元応力状態を再現できる中空円筒ねじり試験機を試作し、砂質土の変形特性及び降伏応力について検討した。

2. 実験方法

試料は気乾状態の相馬砂を使用した。比重は2.644、最大粒径は0.850mm、平均粒径は0.262mm、均等係数は2.036であった。使用した実験装置の概要を図-1に示す。中空円筒供試体には空気圧制御によりねじりせん断力が加えられる。供試体に作用する軸力及びせん断力は、セル内に設置した二方向ロードセルにより計測した。また、供試体よりの排水量を体積変化として計測し、下部ペDESTAL内に設置したAEセンサーでAEを計測している。供試体は、外径10cm、内径5cm、高さ20cmであり、乾燥密度が $1.4\text{g}/\text{cm}^3$ （相対密度約45%）になるように空中落下法で作成した。その後、真空脱気、炭酸ガス透過、脱気水浸透、背圧の供給の手順を経て供試体を飽和させた。

実験方法は、供試体にまず $p = 4.0\text{kgf}/\text{cm}^2$ まで等方圧密応力を与え、最大圧密圧力の状態で約2時間半静置した後、所定のOCRになるよう等方除荷した。せん断は排水条件で、供試体水平面に作用する鉛直応力とねじりせん断力を同時に変化させて、最大主応力軸を鉛直方向から一定の角度(α)に保った状態でせん断した。今回の実験では、図-2に示す6通りに主応力方向角 α を変化させた。図中の $\alpha = 0^\circ$ 、 $\alpha = 90^\circ$ はそれぞれ三軸圧縮・伸張試験に対応し、 $\alpha = 45^\circ$ は単純せん断試験に対応している。また、中空円筒供試体の内外に作用する水平応力は、常に等方圧密履歴後の値を一定に保っている。したがって、 $\alpha = 45^\circ$ 以外では平均主応力 p はせん断中変化する。

3. 実験結果及び考察

ねじりせん断試験結果の一例として、単純せん断($\alpha = 45^\circ$)試験結果を図-3に示す。図から分かるようにOCRが大きいほど、拘束圧が低いために強度も低くなっており、体積膨張傾向も大きい。

AE計測結果の一例を示すと図-4のようである。図はOCR=2の単純せん断

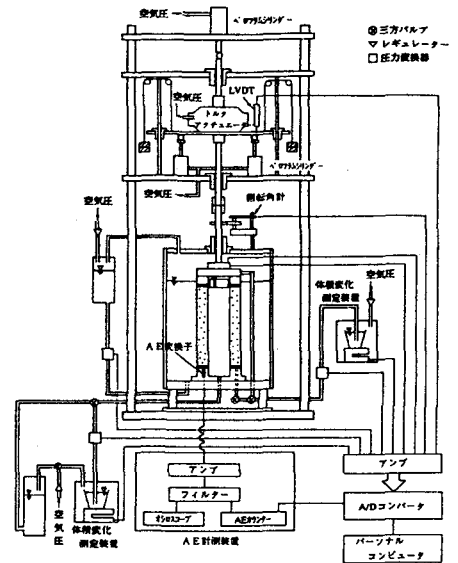


図-1 実験装置

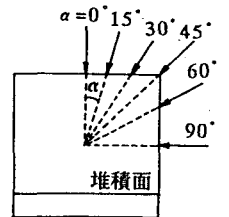


図-2 各実験の主応力方向角

試験結果である。図から体積変化が圧縮から膨張に転じる以前にA E急増点（点II）が見られる。また、図-5は図-4の微小ひずみ部分を示したものである。図から、従来のA E計測による研究¹⁾と同じように、先行圧縮応力を受けた場合にはせん断初期ではA Eは発生せず、せん断ひずみが生じることが分かる。しかし、ある応力に達するとA Eが発生している（点I）。A Eは塑性変形にともなって発生することから、A E発生点に対応する応力は降伏応力であると考えられる。また本試験のようにp一定条件ではA Eの発生までは体積変化は生じず、等方弾性的な挙動がうかがえる。

単純せん断試験から得られた降伏応力を $\tau_{oct} \sim \sigma_{oct}$ 応力面に図示すると図-6のようになる。図から、得られた降伏曲面の形状は、従来の研究から知られるように平均主応力軸上に凸な形をしている。ただし、今回の試料では圧密履歴を長時間行ったためか、降伏曲面の平均主応力軸上の位置が最大先行応力より少し大きい位置で観測された。

一方、図-7は同じ試料について、軸対称三軸試験²⁾より決定した降伏曲線と、今回の $\alpha=0^\circ$ 及び $\alpha=90^\circ$ の試験結果をp-q平面上で比較したものである。なお、両試験における拘束圧の違いを除去するために最大先行圧力で正規化している。図より降伏曲線の形状・大きさとも両試験における違いはほとんどないと思われる。従って、本試験機でも精度良く降伏応力の決定が行えることが確認できた。

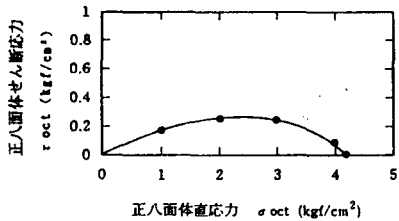


図-6 降伏曲面

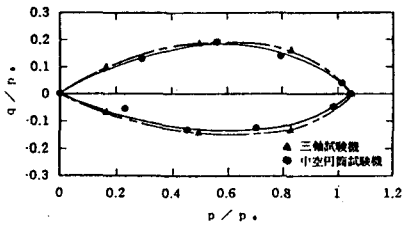


図-7 降伏曲面の比較

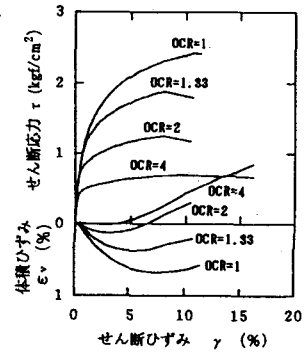


図-3 単純せん断試験結果

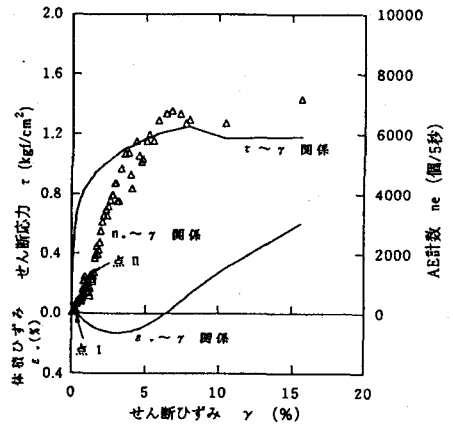


図-4 A E 計測結果 (OCR=2)

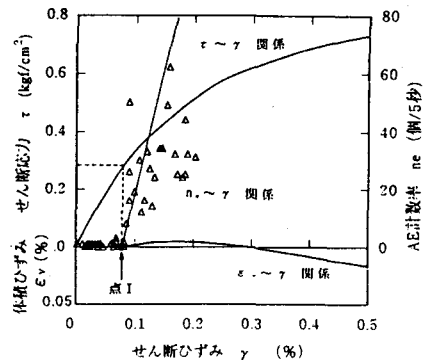


図-5 A E 計測結果 (微小ひずみ部分)

<参考文献> 1) Tanimoto, K. and Tanaka, Y. (1986): Yielding of soil as determined by acoustic emission, Soils and Foundations Vol.26, No.3, pp.69-80 2) 吾郷 (1994): 粒度分布の異なる相馬砂の三軸試験とA E特性, 神戸大学卒業論文