

III-A 13

ひずみ制御によるせん断履歴応力の負荷方法と砂の降伏曲面の変化

神戸大学大学院 学生員 前田和亨
 神戸大学工学部 正会員 田中泰雄
 中央復建コンサルタンツ 門田克史

1.はじめに

これまでアコースティック・エミッション（AE）の計測を三軸試験または中空ねじり試験に併用し、様々な応力履歴を受けた砂の降伏応力に関する研究を行ってきた。¹⁾²⁾その結果、砂の降伏曲面は、応力履歴によってその形状が変化し、また、応力履歴の与え方によってもその形状変化の程度が異なることが判明した。本研究は、中空円筒ねじり試験機を用いて、ひずみ制御方式で応力履歴を与える際の留意点について検討を行ったものである。

2.実験方法

実験試料には気乾状態の相馬砂を用いた。平均粒径は0.262、均等係数は1.931、比重は2.629であった。使用した装置は既報のものとはほぼ同じであるが、今回は、メガトルクモーターによって一定のせん断ひずみ速度で供試体にせん断応力履歴を与え、その後せん断を行った。そのほか、応力、体積変化測定、AE計測方法は従来通りである。

供試体寸法は、高さ200mm、外径100mm、内径50mmであり、乾燥密度が約 1.4g/cm^3 （相対密度約55.7%）となるように空中落下法で作製した。供試体に炭酸ガス流入後、脱気水を透過し、背圧（ 1.6kgf/cm^2 ）を与えて飽和を行った。

次に、供試体に与えた3種類の応力履歴方法について説明すると、まず、 $p=4.0\text{kgf/cm}^2$ まで等方圧密し、約2.5時間静置後、排水条件で $\tau=0.5\text{kgf/cm}^2$ の単純せん断履歴を与えた。この後、応力履歴①では、20分間の静置後、10%/hのねじり速度で連続的に除荷を行った。応力履歴②では、20分間の静置後、2%/hのねじり速度で10段階に分けて除荷を行った。応力履歴③では、40分間の静置後、2%/hのねじり速度で10段階に分けて除荷を行った。また、①、②、③ともに、拘束圧をせん断応力と同時に除荷した。よって、除荷後は、有効拘束圧 3.0kgf/cm^2 の等方応力状態となる。次に、せん断を開始する所定の応力状態まで等方除荷し、排水条件で単純ねじりせん断を行った。

3.実験結果及び考察

図-1、2に、応力履歴①、③における経時変化を示す。両図より、ひずみ制御方式で応力履歴を与えた場合、その最終履歴応力点

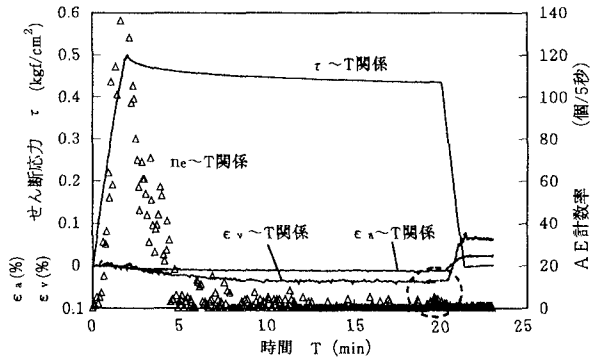


図-1 経時変化（応力履歴①）

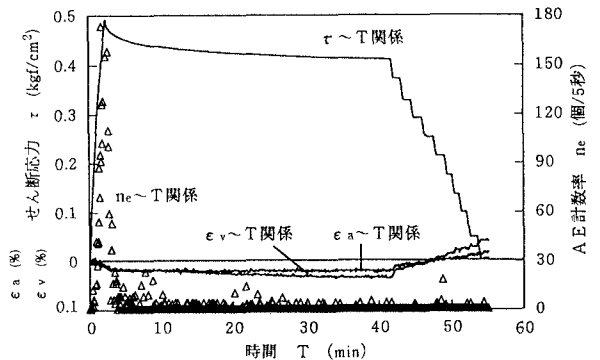


図-2 経時変化（応力履歴③）

に達した後は、供試体の変形を拘束して静置するため、時間の経過とともにせん断応力が緩和していくことが分かる。両図の比較で着目すべき点は、除荷時のAE計測結果である。応力履歴①では、急速に定速度で除荷したためか、除荷時に若干ではあるがAEの発生が見られる（図中の点線で囲った部分）。この除荷時のAE発生は、次に述べるせん断時の降伏応力に影響を及ぼしたことを示すものである。図-3、4に、応力履歴①、③を与えたOCR=1.33の供試体の、微小ひずみ部分におけるせん断試験結果を示す。両図から、点Y.P.までAEはせん断の初期に発生せず、点Y.P.に対応するせん断応力を降伏応力と決定できる。また、応力履歴①、③では、異なる降伏応力が得られることが分かる。このようにして、AE計測により求めた降伏応力点をプロットしたものが図-5である。図中には、応力履歴①、②、③を与えた供試体のほか、等方圧密砂の降伏曲面及び、応力履歴経路を併せて示している。図中における点I、II、IIIに着目すると、まず、除荷速度を遅くした応力履歴②の方が、応力履歴①よりも降伏応力が大きいことが分かる。また、履歴応力載荷終了後の静置時間を長くとした応力履歴③の方がさらに大きくでている。これらの結果から、弾性領域内と考える除荷過程においても、砂の変形は、時間依存性を有することが明らかである。従って、砂に安定した構造を与えるには、できうる限りの緩やかな応力変化を与えるべきであるということがいえる。つまり、室内試験において、砂の応力履歴について検討する際には、試料の時間依存的変形性を良く把握する必要がある。

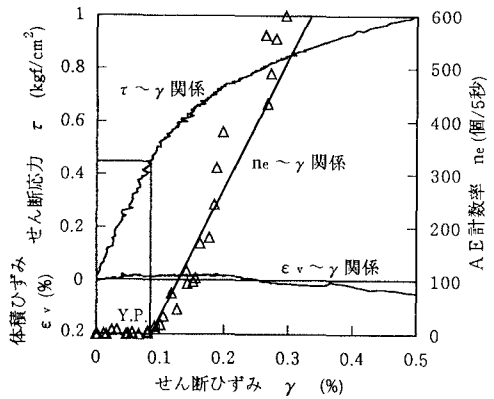


図-3 せん断試験結果（応力履歴①）

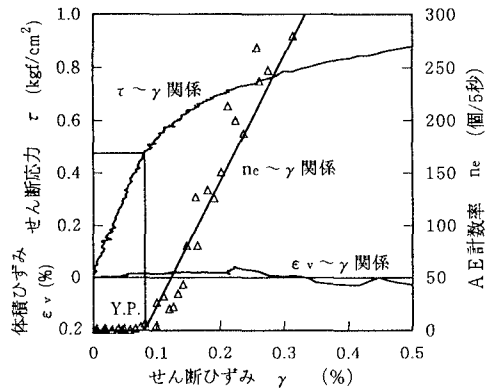


図-4 せん断試験結果（応力履歴③）

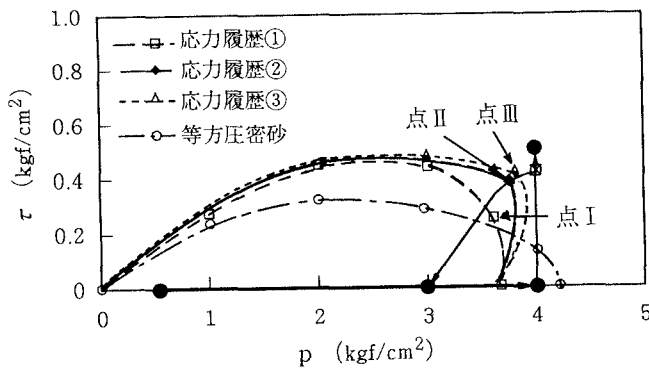


図-5 降伏曲面

参考文献 1) 田中、門田、福田(1994)：第29回土質工学研究発表会,pp425-426 2) 田中、小林、白川 (1991)：第26回土質工学研究発表会,pp527-528