

## III-201 砂質土の中空円筒載荷試験とAE特性

神戸大学工学部 正員 田中泰雄  
 神戸大学大学院 学生会員○田中尚人  
 日商岩井㈱ 太田昌宏

## 1. まえがき

これまで、土がせん断応力を受けて放出する音響エネルギー「ア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を研究してきた<sup>1)2)</sup>。その結果三軸応力条件で様々な応力履歴を受けた土の降伏応力とAE特性についてある程度成果が得られた。一方、実際の地盤の降伏応力を究明するためには、応力解放や乱れの影響などの少ない原位置試験にAE計測を応用することが考えられる。そこで本研究では、プレッシャーメーター試験に着目し、プレッシャーメーターと同じような応力状態を室内で再現できる中空円筒試験機を用いて室内載荷試験を行い、孔内水平載荷を受ける砂質土の変形・強度特性とAE特性について検討する。

## 2. 実験方法

試料は、六甲山系から採取されたまさ土である。気乾状態で4.76mmふるい通過分を使用した。試料の比重は2.67、平均粒径は0.8mm、均等係数は20.2であった。装置の概要を、図-1に示す。供試体は外径100mm、内径50mm、高さ20cmの円筒供試体で、乾燥密度が、 $1.7\text{g}/\text{cm}^3$ になるように静的に締固めた。その後、真空脱

気・水浸の手順で飽和供試体を作成した。また飽和度を高めるため $1.6\text{kgf}/\text{cm}^2$ のバックプレッシャーを与えた。供試体は $4.0\text{kgf}/\text{cm}^2$ まで等方圧密し、その後等方状態でOCRが1、1.3、2、3、4、6になるように除荷した。せん断方法としては外圧( $P_0$ )を一定とし、内圧( $P_i$ )を一定速度で増加させた。なお、せん断中は、軸方向の変位を拘束して、平面ひずみ状態になるようにした。供試体への圧力は水压で与えた。内径の変化は、内側へ注入した水量から計算した。なお、メンブレン貫入による体積補正は行っていない。

## 3. 実験結果及び考察

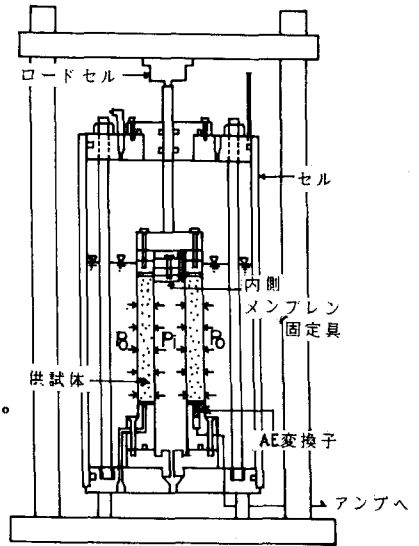


図-1 中空円筒載荷試験装置

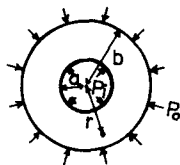


図-2 供試体断面図

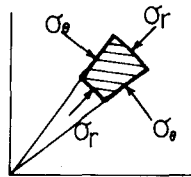


図-3 応力状態

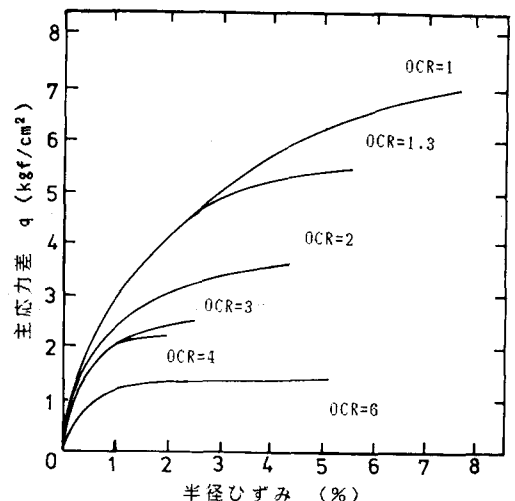


図-4 応力～ひずみ関係

せん断過程における応力の算出方法は、弾性理論に基づいて計算している。供試体に作用している応力は、図-2に表されるように、中心からの距離が $r$ の任意の点における半径方向の応力 $\sigma_r$ と、円周方向の応力 $\sigma_\theta$ （図-3）であり、次式のように表される。

$$\sigma_r = \frac{2b^2(P_i - P_o)}{b^2 - a^2} \cdot \frac{1}{r^2} + \frac{R(b^2 - P_i)d^2}{b^2 - a^2}$$

$$\sigma_\theta = -\frac{2b^2(P_i - P_o)}{b^2 - a^2} \cdot \frac{1}{r^2} + \frac{R(b^2 - P_i)d^2}{b^2 - a^2}$$

また、実験結果から、軸圧（ $\sigma_\theta$ ）の変化がほとんどないことが判明したので $\sigma_\theta$ は、外圧（ $P_o$ ）と同じ一定値とした。次に応力とひずみの関係を図-4に表す。なお、図中の主応力とは半径 $r$ を内壁にとった場合（ $r=a$ ）の応力であり、式（1）より $\sigma_r = P_i$ 、 $\sigma_\theta = [-P_i(d^2 + b^2) + 2Rb^2]/(b^2 - a^2)$ となる。ここで、主応力差は $\sigma_r - \sigma_\theta = P_i - \sigma_\theta$ 、半径ひずみは $\delta r/r$ とした。図から同一の先行圧密応力を受けた供試体ではOCR（過圧密比）が大きいほど破壊強度は低くなっていることが分かる。また、OCRが大きくなるに従い破壊に達するまでの変形が小さくなる傾向がうかがえる。次にAE計測の結果を図-5、6に示す。図-6は図-5と同じ試験結果の微小ひずみ部分を示したものである。図-6において、せん断初期では主応力差が増加し半径方向の変形が生じているにもかかわらずAEが発生していない。しかし、ある応力になるとAEが発生して、その後急増している。AE発生時の応力は降伏応力と考えられるので、AEから得られた降伏応力から土の弾性領域を検討する。図-7は等方圧密砂の三軸圧縮試験の降伏曲面<sup>3)</sup>と比較したもので、全ての応力を先行圧縮応力で正規化して示した降伏曲面である。同図には、応力経路も示してある。図のように、せん断経路が違っても同じ様な降伏曲面が得られることが分かる。また、中空円筒試験から求める降伏曲面の大きさは、三軸試験のものよりも小さいようである。

#### 参考文献

- 1) Tanimoto, K. and Tanaka, Y. (1986) "Yielding of soil as determined by acoustic emission", Soil and Foundation, Vol.36, No.3, pp.69-80
- 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) 森田篤(1989)「非排水三軸試験における砂質土のAE特性と降伏応力」, 神戸大学修士論文

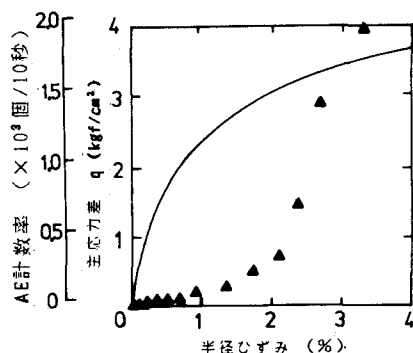


図-5 中空円筒載荷試験結果

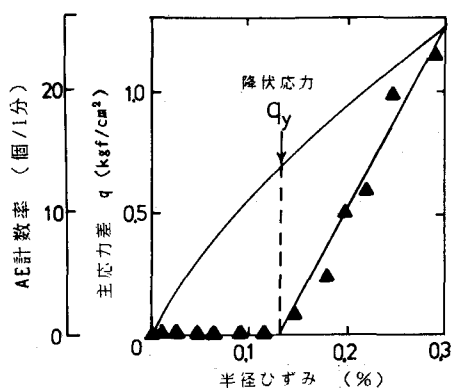


図-6 試験結果の微小変形部分

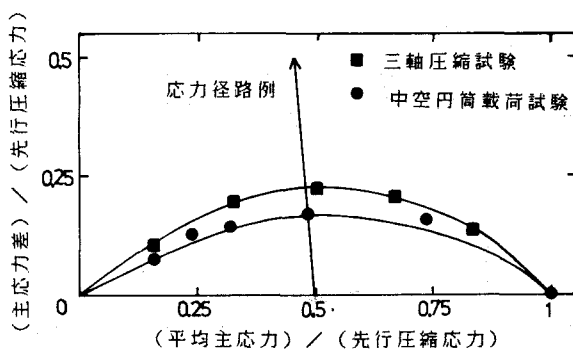


図-7 AE計測による降伏曲面