

1. まえがき

着しい粒子砂砕を生じるような応力条件の下では、砂は正規圧密粘土とよく類似した応力～ひずみ挙動を示す。このことに着目して、著者は先に、豊浦砂の密づめ供試体の高压下における応力～ひずみ関係は、Roscoeらが正規圧密粘土に対して与えた応力～ひずみ式（Cam-clay式およびその修正式¹⁾）を適用することによっておおよそ予測できることを示した。²⁾ また前報³⁾においては、豊浦砂のゆるづめ供試体についても同様な結論が得られることを明らかにした。

Cam-clay式あるいはBurlandの仕事式を採用した修正式は、土は等方性でありその降伏曲面は垂直条件が満たされるなどを前提として導かれたものである。したがってこれらの式を適用する場合には上記の前提条件の成否についても検討しておく必要がある。本報は、前報³⁾を補足すべく豊浦砂のゆるづめ供試体について高压下で平均主応力（ p ）一定試験および応力比（ $\eta = q/p$ ）一定試験を行い、その降伏曲面上で塑性ひずみ増分比（ $d\varepsilon^p/d\varepsilon^p$ ）が曲面に垂直であるかどうかを調べたものである。

2. 実験方法

実験に用いた供試体は、前報³⁾と同じく豊浦砂の飽和ゆるづめ供試体（初期間げき比 ≈ 0.83 ）である。この供試体は 100 kg/cm^2 より高い等方圧力域においては正規圧密状態にあると見做すことができ³⁾、また 200 kg/cm^2 以上の等方圧力を受けた後では供試体作製時に生じる異方性もほぼ消失して等方的な状態になっている。⁴⁾

供試体を高压三軸試験機にセットし、 $p_0 = 200 \text{ kg/cm}^2$ の等方圧力を加えて約4時間圧縮したあと所定の圧力 p_1 まで圧力を低下させた。この状態において、供試体は (p_0/p_1) の過圧密比を有するとともに、 $p_0 = 200 \text{ kg/cm}^2$ の正規圧密圧力に対応する大きさの降伏曲面が形成されたと考えられる。降伏曲面の形状は、軸差応力 $q (= \sigma_1 - \sigma_3)$ と平均主応力 $p (= (\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)/3)$ の図上においては図-1のようになる。さて、本実験では、 $q \sim p$ 図上において $p = 0 \rightarrow p_0 \rightarrow p_1$ （この間 $q = 0$ ）の応力履歴を受けた供試体について、図-1中に示すような5つの p -一定試験と7つの q -一定試験を行った。 q -一定試験においては、 $p_0 \rightarrow p_1$ の除荷時に $p_1 = 0$ とすると供試体の自立が維持できないために $p_1 = 1 \text{ kg/cm}^2$ （ $q = 0$ ）をせん断試験の始点とした。せん断試験中の軸ひずみ ε_1 はダイヤルゲージで、また体積ひずみ ε_v は 0.02 cm^3 まで読みとれるビューレットを用いて測定した。また、試験中の拘束圧 σ_3 の変化に伴うピストン摩擦力およびメンブレンの喰込み量の変化は補正してその影響を除いた。

3. 実験結果と考察

p -一定試験および q -一定試験によって得られた軸差応力 q とせん断ひずみ $\varepsilon (= \varepsilon_1 - \varepsilon_3)$ の関係の例は図-2に示されている。また、両試験における体積ひずみ ε_v の変化の1例は図-3および図-4に示されている。 ε 曲線および ε_v 曲線のおののについて、図-2～4に示すように折点を有する直線で近似し、初期直線部分を弾性領域、折点よりあとの直線部分を塑性領域と考えた。

これらの折점에相当する p および q の値を $p \sim q$ 図上にプロットしたところ、それらを結ぶ曲線はかならずしもなめらかではないが、図-1の

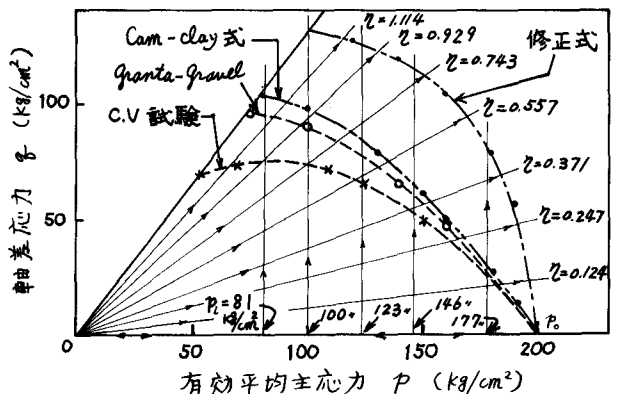


図-1 実験応力経路と各種降伏曲線の形状

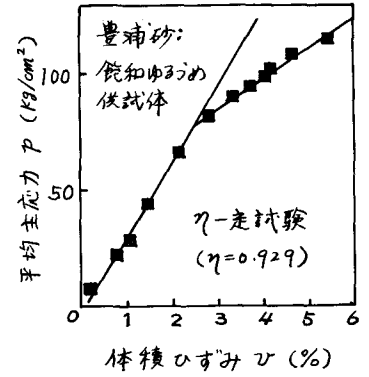
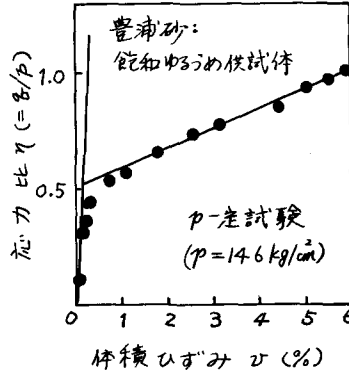
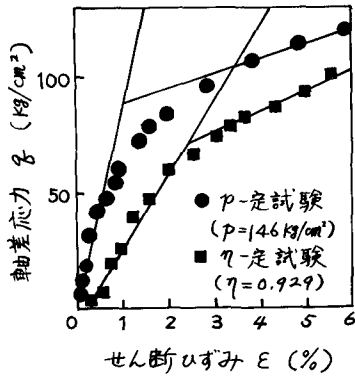


図-2 p-定, η-定試験の σ - ε 関係

図-3 p-定試験における η - v 関係

図-4 η-定試験における p - v 関係

Cam-clay 式の降伏曲線に近く、修正式の降伏曲線よりはかなり内側に位置することがわかった。このことから、降伏曲線に関しては修正式は実験結果に合わないかと判断し、以下では Cam-clay 式についてのみ垂直条件の成否を検討する。

図-2 ~ 4 などにおいて、一定の応力変化に対応するせん断ひずみおよび体積ひずみの塑性成分の変化を読みとり、それらの値を Cam-clay 式による降伏曲線上にベクトルで示したのが図-5 および図-6 である。これらの図において長い矢線は降伏曲線に垂直な方向を示す。この結果によれば、p-定の応力経路をとる場合には、塑性ひずみ増分ベクトルは降伏曲線に垂直な方向に対して $10 \sim 15^\circ$ の傾きを示すが、η-定の応力経路をとる場合には垂直条件をほぼ満足していることがわかる。

以上のことから、高压下の砂の降伏曲線は、第1次近似ではあるが Cam-clay 式によって表わすことができるといえそうである。これによって、高压下の砂の応力-ひずみ挙動を Cam-clay 式で予測すること²⁾³⁾に一つの根拠が与えられたものと考ええる。

文献

- 1) Roscoe & Burland: Engineering Plasticity, Cambridge Univ. Press, 1975.
- 2) 三浦: 高压下の砂の応力-ひずみ関係に関する一考察, 土木学会論文報告集 (投稿中)
- 3) 三浦: 高压下における砂の応力-ひずみ関係について, 土木学会第31回講演会, III-49, 1976.
- 4) 三浦・山本: 高压三軸試験結果に及ぼす2, 3の要因, 土質工学会論文報告集, Vol. 16, No. 3, 1976.

追記: 本実験は本年52年度卒論生中上記章, 石谷彰両君によって行われたことを記し謝意を表します。

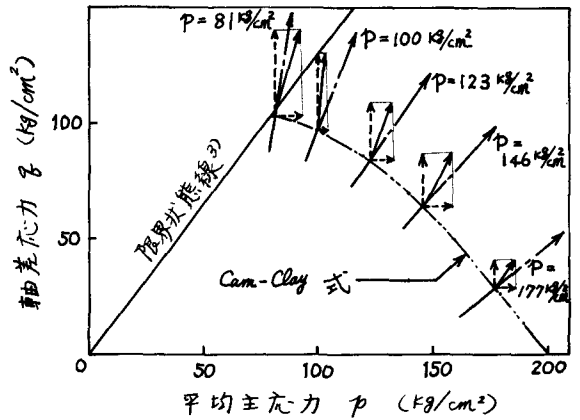


図-5 平均主応力-定試験における塑性ひずみ増分ベクトル

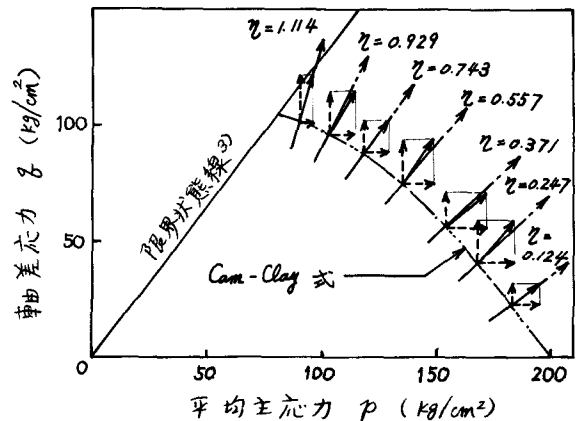


図-6 応力比-定試験における塑性ひずみ増分ベクトル