

III-A 19

最小主応力の減少する平面ひずみ圧縮試験

日本大学理工学部
日本大学大学院

正会員 梅津 喜美夫
学生員 ○長谷川 教高

1.はじめに

一般的に平面ひずみ状態の土の強度は軸対称状態（三軸状態）の強度より高い値を示す。この平面ひずみ強度は通常、拘束圧（最小主応力 σ_3 ）が一定の圧縮試験（ $\sigma_1 > \sigma_3 = \text{const.}$ ）でえられる。しかしながら、実際の地盤の中には主働土圧破壊のように、上載圧（ σ_1 ）が一定で側圧（ σ_3 ）が減少していくような場合（ $\sigma_3 < \sigma_1 = \text{const.}$ ）もある。このような場合には、上述の平面ひずみ圧縮試験と違って中間主応力（ σ_2 ）は減少していくと考えられ、強度が通常の平面ひずみ圧縮状態のものより減少してしまう可能性がある。そこで今回、拘束方向の応力（ σ_2 ）が測定できる、平面ひずみ装置¹⁾を用いて、拘束圧（ σ_3 ）の減少する平面ひずみ圧縮試験（ $\sigma_3 < \sigma_1 = \text{const.}$ ）を実施し、その挙動を調べてみたので報告する。

2.装置、供試体および試験方法

供試体（H9×L9×W5cm）は、 σ_1 、 σ_2 方向を剛板で、 σ_3 方向を空気圧で載荷される。ゴムスリーブは、側方（ σ_2 方向）の載荷板を外側から覆っているため、空気圧（ σ_3 ）より小さい σ_2 が載荷できる。剛板にはシリコングリース、テフロンシート（ $t=0.05\text{mm}$ ）、シリコングリース、ゴムシート（ $t=0.3\text{mm}$ ）の順で貼付して、摩擦を軽減した。 σ_1 、 σ_2 はロードセルで計測されるが、 σ_3 は間隙水圧計（精度0.002kgf/cm²）で測定される。

供試体は、岐阜砂（ $G_s=2.638$, $D_{50}=0.34\text{mm}$, $U_c=1.50$ ）をH9×L9×W5cmのモールドに空中落下法で詰め（ $e_0=0.720\sim 0.729$ ）、不飽和（ $S_r=70\%$ ）状態にして凍結した後、図-1に示すような装置にセットして、ゴムスリーブで密閉し、拘束圧0.2kgf/cm²（10³kN/m²）下で解凍して作製した。

試験は、解凍した供試体を飽和させた後、等方圧密して所定の初期応力状態にした後、排水状態で $\sigma_3 < \sigma_1 = \text{const.}$ 、 $\sigma_1 > \sigma_3 = \text{const.}$ の平面ひずみ試験と三軸圧縮試験（ $\sigma_1 > \sigma_2 = \sigma_3$ ）を行った。

3.結果と考察

図-2は、 $\sigma_3 < \sigma_1 = \text{const.}$ (a) と $\sigma_1 > \sigma_3 = \text{const.}$ (b) の平面ひずみ試験の軸差応力～軸ひずみ関係を示したものである。これらより次の諸点が認められる。

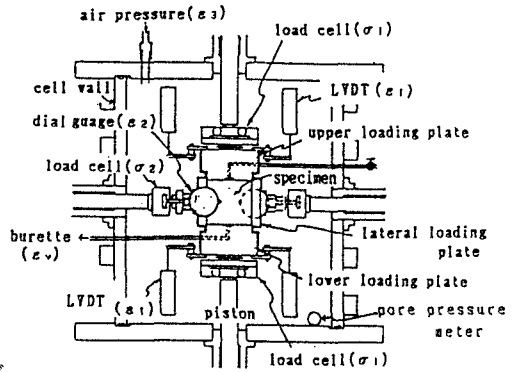


図-1 セルの断面

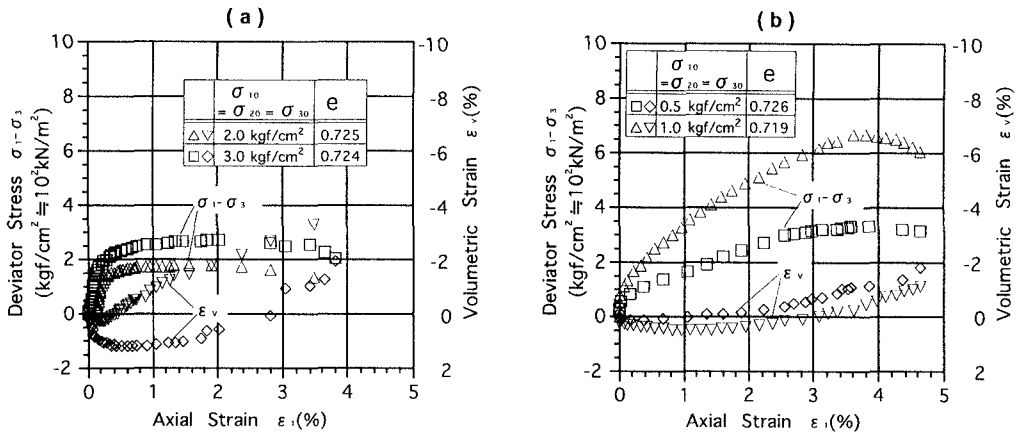


図-2 軸差応力～軸ひずみ関係

①軸差応力は(a)の場合、(b)に比べせん断初期の増加が著しく、小さい軸ひずみでピーク付近の軸差応力を示す。

②体積変化特性は、 $\sigma_3 < \sigma_1 = \text{const.}$ (a)の場合、初期応力状態が大きくなると、著しく収縮側の変化を示すが、 $\sigma_1 > \sigma_3 = \text{const.}$ (b)は、それほど、大きな変化はしない。

図-3は、 $\sigma_3 < \sigma_1 = \text{const.}$ と $\sigma_1 > \sigma_3 = \text{const.}$ の応力比(σ_1/σ_3)～軸ひずみ(ϵ_1)関係および、せん断中の中間主応力(σ_2)の変化状況を示したものである。これより、次の諸点が認められる。

① σ_2 の変化状況は、 $\sigma_1 > \sigma_3 = \text{const.}$ の場合(▽印)、せん断進行に伴って増加していくが、 $\sigma_3 < \sigma_1 = \text{const.}$ の場合(◆印)、せん断初期に急激減少していき、比較的小さい軸ひずみで、定常的になる。

② σ_1/σ_3 は、 $\sigma_3 < \sigma_1 = \text{const.}$ の場合(■印)、 σ_2 の減少と対照的に、 $\sigma_1 > \sigma_3 = \text{const.}$ (△印)に比べ増加量が大きい。しかしながら、(σ_1/σ_3)maxはあまりかわらない。

図-4は、前述(図-3)の結果の応力経路を示したものである。これより、次の諸点が認められる。

①両者は、主応力 σ_1 、 σ_3 の载荷状況が全く異なるにもかかわらず、同様な応力経路を示している。

②破壊時の応力状態(σ_1/σ_3)_f、(σ_2/σ_3)_fは、ほぼ同じような状態となる。

図-5は、以上の結果を、 $\phi \sim b$ 値関係に示したものである。図には、三軸状態の結果(▲印)と、本試験と同じ強度レベルの真の三軸試験機を用いた結果²⁾も示してある。これより次の諸点が認められる。

①平面ひずみ試験の ϕ (◆印)は、三軸試験の ϕ より5°ほど高い。

② $\sigma_3 < \sigma_1 = \text{const.}$ のb値は、 ϕ が一定になるb値の範囲にあり、 $\sigma_1 > \sigma_3 = \text{const.}$ の ϕ とほぼ同じ値を示している。

4.終わりに

今回、上載圧 σ_1 を一定にして、拘束圧 σ_3 が減少する試験を実施し、通常の平面ひずみ試験と比較してみたがほぼ、同様の平面ひずみ強度が得られた。今後、さらに、様々な初期応力条件下で、 σ_3 が減少する試験を実施し、それらの挙動を調べていきたい。最後に実験を一緒に行ってくれた卒業生の有本・細谷両君に深く感謝します。

【参考文献】1)梅津 “砂の平面歪み挙動に及ぼす側方拘束ひずみと初期応力の影響” 1992.11 日本大学博士論文 2)Proctor, D.C. and Barden, L. (1969): Correspondence on “A Note on the Drained Strength of Sand under Generalized Strain Conditions”, Geotechnique, Vol.19, No.3, pp.424-426

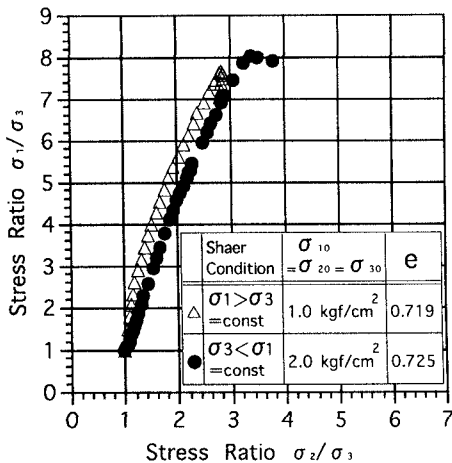


図-4 応力経路

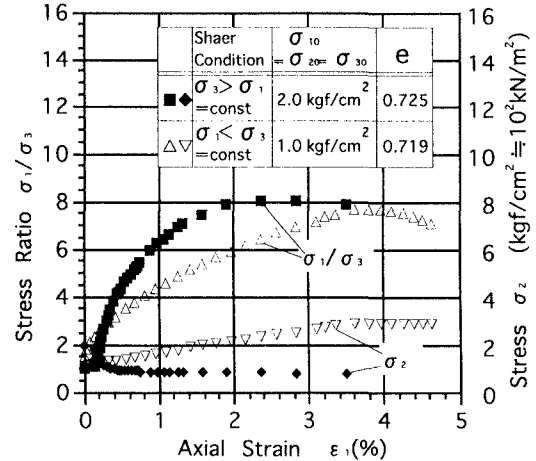


図-3 応力比・中間主応力～軸ひずみ関係

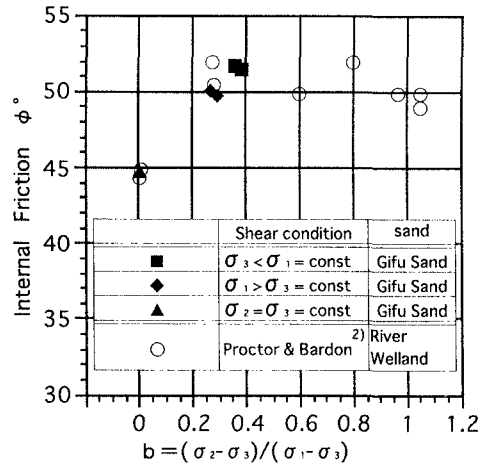


図-5 b-φ関係