

大阪市立大学 工学部 正会員

望月秋利

大阪府

正会員

山根義洋

大阪市立大学 大学院 学生員

高橋真一・柴田卓詞

新しい側方載荷システムを有する三主応力制御型三軸試験機を試作し、砂質土の平面ひずみ試験（圧密排水）を行った。その結果を報告する。

1. 新しい試験機の特徴

写真-1に試験機の全景を示す。圧力室内の型式は、内部に載荷枠を持つ大阪市立大学型三軸試験機に側方載荷装置を取付けたものである。図-1に標準的な供試体形状と寸法を示す。3主応力は、 σ_x は剛板（油圧ジャッキ）で、 σ_y は空気圧で、また σ_z は剛板（スクリュージャッキまたは水荷重）を利用してレバーで載荷する。

この試験機の第1の特徴は、図-2に示す側方応力（ σ_x ）載荷システムである。このシステムは σ_x 載荷板と供試体との摩擦を軽減するために開発したもので、ガイドデスクの動きにより、 σ_x 載荷装置を σ_z 載荷板の変位量の1/2だけ移動させるようにしてある。この機構により、 σ_x 載荷面の側方摩擦は上下対称に分布し、通常の固定された形のものに比べて側方摩擦は入中に軽減される。主応力 σ_x の合力の作用位置（ジャッキの中心位置）は常に供試体の中心に一致する。

本試験機の第2の特徴は、 σ_y 面の供試体の変形を非接触変位計で計測するシステムである。非接触変位計は、導体（鉄やアルミ）が近づくとプローブコイルのインダクタンスが変化することを利用したもので、8 mmまでの距離を±1/100 mmの精度で測定することができる。実験ではあらかじめアルミ箔（10×20 mm）をゴムスリーブに貼り付け、おき、試験中適時プローブコイルを上下させ供試体の形状変化を計測する。

2. 実験方法

(1) 試料：愛知県瀬戸市の鋳型用硅砂プラントで生産された硅砂で、粒径2 mm以上をカットして用いた。図-3に粒径加積曲線を、表-1に試料の主な性質を示す。

(2) 実験方法：含水比を調整した試料を3層に分け、突き棒で突き固めて供試体を作成した。供試体の等方圧密は、 σ_x 載荷板が供試体と離れはないようにするため σ_x を σ_y 、 σ_z よりも0.1 kgf/cm²以下の範囲で先行させて載荷した。剪断は圧密終了後、 σ_y を一定に保ち、 σ_z をひずみ速度0.175 %/minで増加させ、 σ_x 方向については応力変化に伴うゴムのくい込み量を補正して、供試体の σ_x 軸方

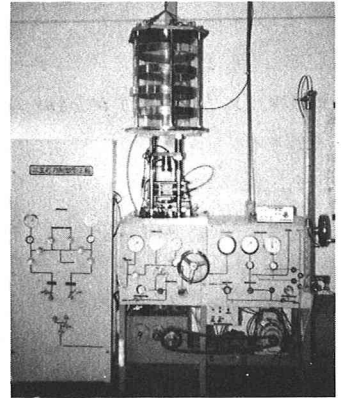


写真-1 三主応力制御型三軸試験機

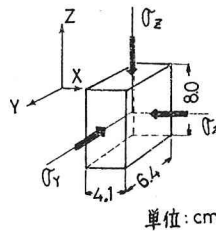


図-1 供試体形状および寸法

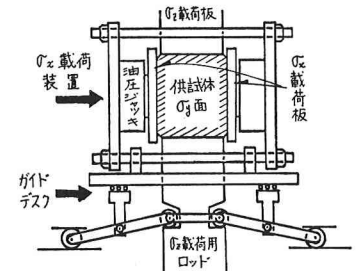


図-2 載荷システム（望月・山根型）

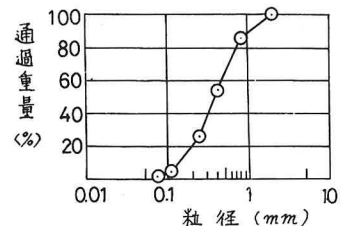


図-3 粒径加積曲線

表-1 試料の主な性質

Gs	2.775	Wo	7.5 %
Dmax	2.0 mm	St	1.755 g/cm ³
ρmax	1.657 g/cm ³	Dr	90 %
ρmin	1.412 g/cm ³		

向の変形がゼロになるよう σ_x の値を手動で制御するという方法で行った。

3. 実験結果

(1) 円柱供試体との比較：平面ひずみ試験では直方供試体を用いて実験するので、通常の三軸圧縮試験の円柱供試体との比較実験を行った。図-4は、圧室荷重1, 4 kgf/cm²の実験結果である。直方供試体の方が少し強度が大きく、 ϕ の値では、0.5°大きくなっているが、大きな影響はなかった。

(2) 強度と体積変化：図-5に平面ひずみ試験と三軸圧縮試験の結果を比較して示す。前者は後者に比べ小さい軸ひずみ (ϵ_z) でピークを示し、強度は大きくなった。 ϕ の値は平面ひずみ試験で39.6°、三軸圧縮試験で35.8°であった。平面ひずみ試験での ϕ は三軸圧縮試験に比べて1割程度大きく、従来も同様の結果となることが多い²⁾。また破壊強度で比較すると、平面ひずみ試験は三軸圧縮試験に比べて、18~24%大きくなった。

図-6にBishopの中間主応力係数br値 ($(\sigma_x - \sigma_y)/(\sigma_z - \sigma_y)$) を $\sigma_y = 0.5, 1, 2, 4$ kgf/cm²の場合について示す。 $\sigma_y = 1$ kgf/cm²の結果を除くと σ_y の小さい方が、br値が大きくなりこの傾向はダイレイタンシーの違いに起因するとして説明できる。

(3) 供試体の変形：図-7は、平面ひずみ試験 ($\sigma_y = 4$ kgf/cm²) での供試体の変形を非接触型変位計で測定した結果を示したもので、Y方向のスケールはZ方向の5倍にしてプロットしてある。ピーク強度以下の軸ひずみ ($\epsilon_z \leq 8.4\%$) では供試体の中央部が膨らみ、ほぼ左右対称の形に変形した。軸ひずみが10%になると、供試体の上下端で逆方向に σ_z 載荷板から膨れ出し、非対称に変形した。これは、すり面が現れた結果と考えられる。

今回は硅砂の試験例を報告したが、他にも数種の土質に対し、条件を変えて比較実験を行い、本試験機の有用性を確認することができた。

この研究は、三笠正人教授の指導を受け、昭和56年度文部省科学研究費と関西電力(株)の援助を受けて行ったものである。ここに記して謝意を表します。

参考文献 1) 望月：三軸試験における供試体の変形の一測定法，土と基礎306号，力学試験のあれこれ，1983.7 2) G.E.Green and D.W.Reades：

Boundary conditions, anisotropy and sample shape effects on the stress-strain behaviour of sand in triaxial compression and plane strain, Geotechnique 25, No.2, 333-356, 1975

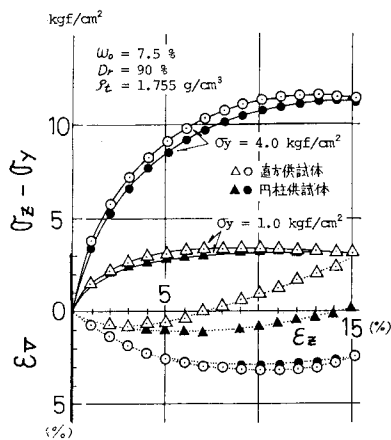


図-4 形状による比較(CD)

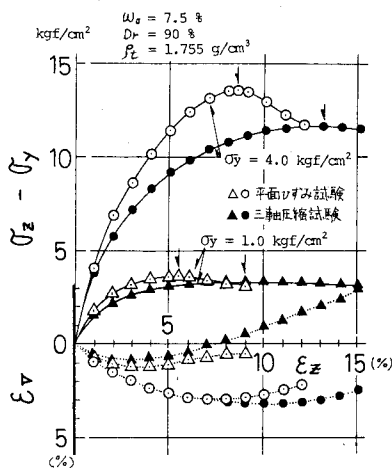


図-5 平面ひずみ試験と三軸圧縮試験の比較(CD)

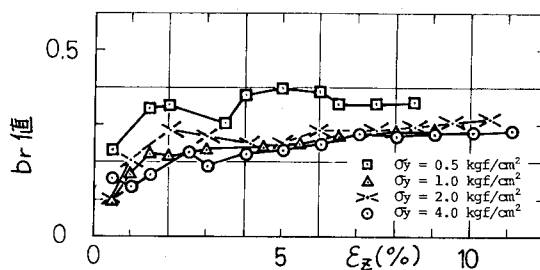


図-6 br値 - 軸ひずみ関係(CD)

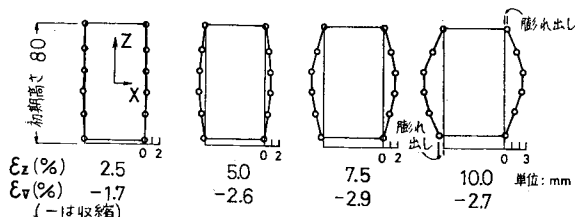


図-7 供試体の変形 (平面ひずみ試験, CD, $\sigma_y = 4.0$ kgf/cm²)