

鹿児島大学工学部

正 員

香山 元 寿

本田 信 孝

水野 晶 平

1. はじめに 軸対称の三軸圧縮応力下におけるシラスの強度・変形特性は、従来かなり明らかにされている。ところで、最近三次元応力下における土の挙動が研究され、とくに異方的挙動が注目されている。しかし試験機、試験法、応力分布、変形分布等について解決すべき問題は多いようである。筆者の1人は2台目の立方3軸セルを試作し、現段階では満足すべきセルを得た。ここに、水中堆積させたゆるいシラスの試験結果を報告する。

2. 試料・試験方法 試料は軽石流堆積物の2000 μ mふるい通過部分である。供試体は煮沸シラスを水中堆積させて作成した。その乾燥密度は1.05で、ゆるい状態である。三軸セルは100mm立方で、三主応力は加圧水を封入した3対のラバーバックにより、独立に制御されて負荷される。載荷面は柔条件であるので応力分布の均一性は満足されるが、いわゆる隅角効果による変形の一様性にはやや難点がある。供試体の堆積方向に主応力 σ_z をとる、水平方向に主応力 σ_x 及び σ_y をとる。主応力に対応する主ひずみ ε_x , ε_y , ε_z はそれらの方向の体積変化から計算する。また、供試体の全体積変化 V は供試体からの排水量をビューレットにて読みとる。 $V = \varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z$ の関係が満足される。試験は等方圧縮試験及び平均主応力を98 kPaの一定とした排水せん断試験である。せん断応力のパスは円面上で0~180°の間で15°ごとにとり、応力制御法で負荷した。円面上における応力パスの方向を θ で表わす。応力状態は $\bar{\sigma} = (\sigma_z - \sigma_y) / (\sigma_1 - \sigma_3)$ で表わされる。 σ_1 , σ_2 , σ_3 はそれぞれ最大、中間、最小主応力である。主ひずみ及び体積変化において、圧縮及び収縮を「正」とする。

3. 等方圧縮試験 この試験は294 kPaまでの負荷と除荷を行っている。もし供試体が等方的であれば、3主ひずみは等しく、体積ひずみ $V = 3\varepsilon_z$ となる。しかし、試験結果は図-1に示されるように、負荷・再負荷過程及び除荷・再除荷過程とも上記の条件を満足させていない。水平方向のひずみ ε_x , ε_y は堆積方向のひずみ ε_z より大きい。水平方向は垂直方向よりも圧縮しやすいことがわかる。これはシラス粒子が堆積面にはば平行して配列するためであると考えられる。El-Sohbyら(1973)の実験によれば、負荷過程は異方的であっても除荷過程は等方的挙動を示している。香山(1981)のガラスビーズの実験結果は図-1と同じ傾向である。海面埋立地盤のしらすは、特別の掃固めは行われず、ゆるい状態にあるとみられるので、図-1の異方的圧縮挙動は現場のしらすにおいても十分起り得るものである。このようなしらす地盤は inherent anisotropyを持つ。

4. せん断試験
$$p = (\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z) / 3,$$
$$q = \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2} / 3,$$

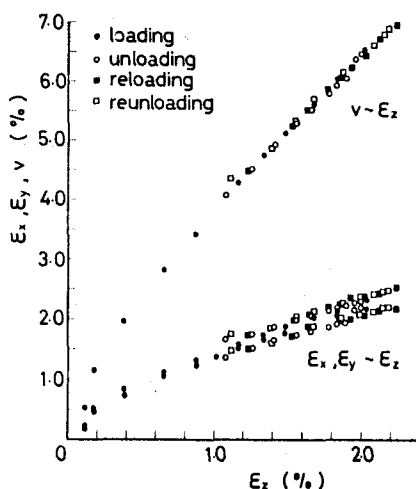


図-1 等方圧縮試験における主ひずみ及び体積ひずみ

$\eta = \delta / \rho$ とし、 η と主ひずみの関係の代表的なものを図-2に示す。主ひずみは主応力増加及び減少の方向にそれぞれ圧縮及び伸びを示す。 $\theta 0^\circ$ ($\sigma_x = \sigma_y < \sigma_z$) 及び、 $\theta 120^\circ$ ($\sigma_x > \sigma_y = \sigma_z$) は $\delta = 0$ で圧縮試験、 $\theta 60^\circ$ ($\sigma_z = \sigma_x > \sigma_y$) 及び $\theta 180^\circ$ ($\sigma_x = \sigma_y > \sigma_z$) は $\delta = 1$ で伸張試験に対応する。図-2より、 $\theta 0^\circ$ 及び $\theta 180^\circ$ の場合は水平方向の2主応力が等しく、 $\epsilon_x = \epsilon_y$ となる。 $\theta 60^\circ$ 及び $\theta 120^\circ$ のときは供試体堆積方向と水平方向の1主応力が等しい。 $\theta 60^\circ$ では $\epsilon_x \geq \epsilon_z$ 、 $\theta 120^\circ$ では $-\epsilon_z > -\epsilon_y$ である。これから、水平方向の圧縮性は垂直方向よりやや大きいあるいは等しい。垂直方向には水平方向よりも大きい膨張性を示すことが認められる。この性質を $\delta = 0.5$ なる中間主応力一定の $\theta 30^\circ$ ($\Delta\sigma_z = 0$, σ_z 増加, σ_y 減少), $\theta 90^\circ$ ($\Delta\sigma_z = 0$, σ_x 増加, σ_y 減少), 及び $\theta 150^\circ$ ($\Delta\sigma_y = 0$, σ_x 増加, σ_z 減少) について試みる。 $\theta 30^\circ$ のとき ϵ_x は収縮、 $\theta 90^\circ$ のとき $\epsilon_z \approx 0$ 、 $\theta 150^\circ$ のとき ϵ_y は収縮を示す。同一応力状態において水平方向には大きく収縮することがわかる。また、 $\theta 90^\circ$ のとき、水平方向の2主応力は絶対値の等しい圧縮及び伸張応力となる。それで圧縮ひずみ ϵ_x と伸び ϵ_y は等量発生すると考えられるかも知れないが量的には ϵ_x の方が大きい。これは粒状体の特徴であり、他の材料においても確認されている²⁾。

つぎに、 $\delta = 0$ 及び 1 の場合の η と ν の関係を図-3に示す。同じ値のもとでは、 θ が大きいほど収縮量が多い。収縮しにくい垂直方向に応力を増加させるか、あるいは収縮しやすい水平方向に応力を増加させるかによって体積変化が異なり、 $\eta \sim \epsilon_x, \epsilon_y, \epsilon_z$ の関係とよく対応している。

5. まとめ 重力場で水中落下によって堆積したシラスは、垂直方向に密な状態で、水平方向には粗な状態で堆積していることを示す。水平方向には等方的性質、垂直と水平の直交方向には異方的性質を示すものである。この性質は円筒供試体の三軸圧縮試験によっても確認されている³⁾。堆積状態と応力の作用方向を考慮した取扱いかが必要となる。

文献 1) El-Sohby, M.A. et. al. (1973): Proc. 8th ICS-MFE, Vol. 1.1, pp. 103~109

2) Haruyama, M (1981): Soils and Foundations, Vol. 21, No. 4, pp. 41~55.

3) 春山・北村・小林 (1981): 第16回土質工学研究発表会講演集, pp. 545~548.

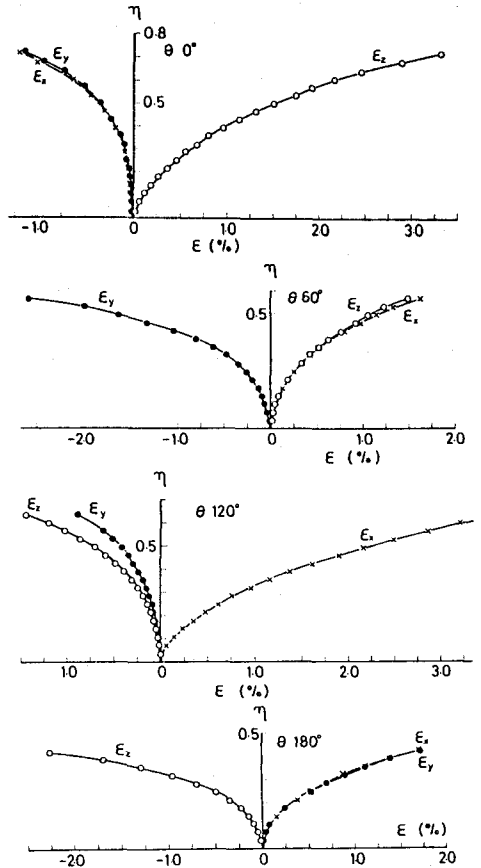


図-2 応力比-主ひずみ曲線

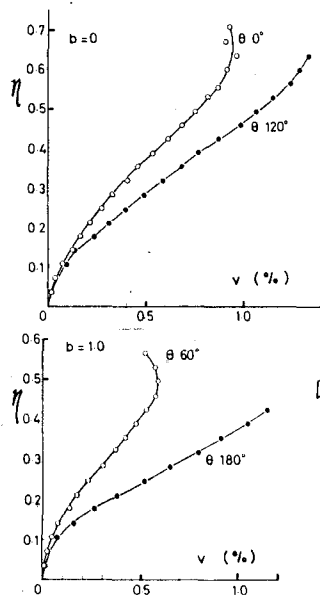


図-3 応力比-体積ひずみ曲線