

東北大学工学部 学生員 ○土倉 泰
学生員 岡田 直之
正会員 柳沢 栄司

はじめに 大型中空ねじり三軸試験機は、中空円筒供試体中の応力・ひずみの不均一性とその影響をより少なくするために供試体形状を大きくしてある（供試体高さ25cm，外径25cm，内径20cm）。この試験機を用いて、異方性をもつ砂の供試体に対して排水せん断試験を行い、最大主応力軸と堆積面の関係がせん断変形特性に与える影響について調べた。

実験方法 試料には、豊浦標準砂($e_{max}=0.969, e_{min}=0.614, G_s=2.645$)を用いた。A-供試体は多重ふり落下法により異方的な堆積構造をもたせたもので、D-供試体はA-供試体の変形挙動と比べるために、初期異方性が比較的小さいと考えられる乾燥突き固め法で作製したものである。どちらも圧密終了時の相対密度が $75 \pm 3\%$ となるようにした。

中空ねじり三軸試験機では、垂直荷重・トルクを制御して最大主応力方向を変化させることができる。本実験では最大主応力 σ_1' の方向と鉛直方向のなす角 β を固定した異なる8つの応力経路（図-1）を採用した。以下に詳述する。まず β -固定の荷重に先立ち、前述の方法で準備した供試体に CO_2 ・脱気水を通し、バックプレッシャー（ $196kN/m^2$ ）をかけて飽和させる。次いで等方圧密（ $98kN/m^2$ ）する。以後、水平方向直応力 σ_h は応力荷重時のメンブレン・ミスフィットの影響を除くため一定（ $98kN/m^2$ ）とし、所定の最大主応力方向 β が得られるよう鉛直応力 σ_v' ，せん断応力 τ_{vh} を同時に変化させ

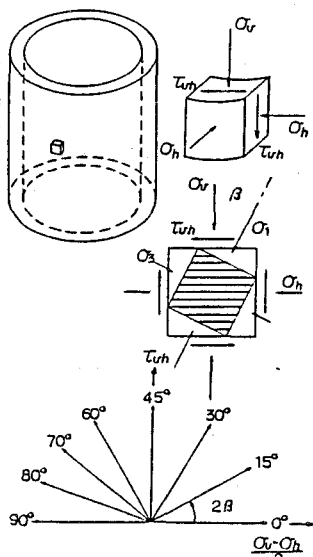


図-1 供試体要素に作用する応力と荷重方向

ていくのである。この場合 $p' = (\sigma_v' + 2\sigma_h)/3$ の値は応力の増加と共に変化するが、本実験では、堆積面と最大主応力方向及び最大主ひずみ増分方向の関係を調べることに主眼を置いているので、これを許している。

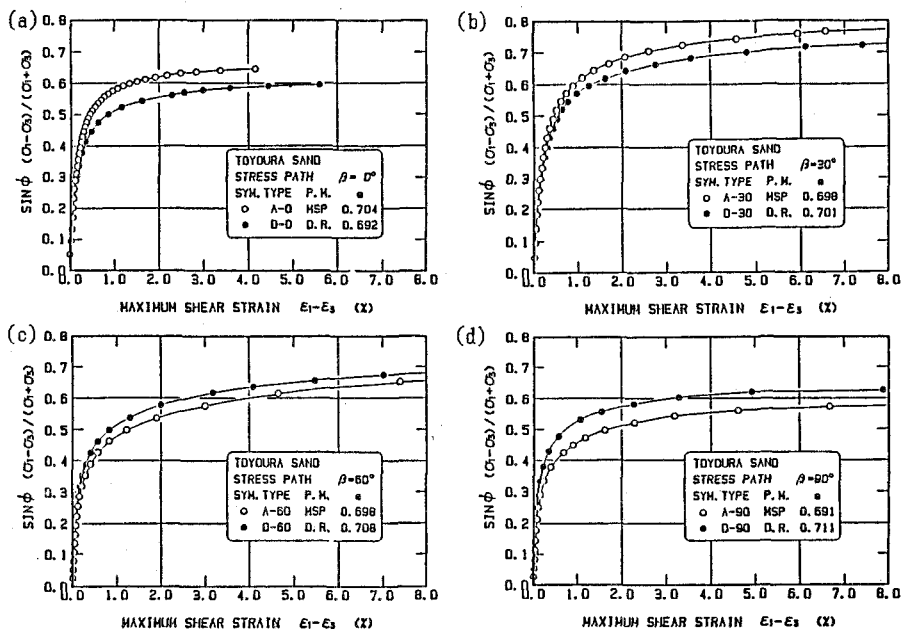


図-2 応力比～最大せん断ひずみ関係

また実験は
応力制御で行
ない、ひずみ
は載荷段階毎
に、軸変位、
回転角、体積
変化を測定し
て、表-1のよ
うに求めた。
ここにおいて
半径方向と円

表-1 ひずみ算定式

鉛直ひずみ	$\epsilon_v = -\Delta h / h_c$
水平方向直ひずみ	$\epsilon_h = (V - \epsilon_v) / 2$
体積ひずみ	$v = \Delta V / V_c$
せん断ひずみ	$\gamma_{vh} = \hat{\alpha} (r_o + r_i) / 2 h$

ここに、

h_c : 圧密終了時の供試体高さ
 V_c : 圧密終了時の供試体体積
 Δh : 圧密終了時以降の高さの増加
 ΔV : 圧密終了時以降の排水量
 h : 供試体の変形後の高さ
 $\hat{\alpha}$: キャップの回転角
 r_o, r_i : 供試体の外半径、内半径

周方向の直応力は σ_h と等しいので、両方向のひずみは等しいと仮定している。

ひずみの大きさと強度 A-供試体とD-供試体の応力比～最大せん断ひずみ関係を示したのが、図-2(a)～(d)である。同一応力比でのひずみの大きさを比較すると、A-供試体のひずみが、D-供試体のそれと比べ $\beta = 0, 30^\circ$ 径路で小さく $\beta = 60, 90^\circ$ 径路で大きい。ここで、せん断強度 ϕ を最大せん断ひずみ $\epsilon_1 - \epsilon_3$ が 8% の値とする。いまA-供試体とD-供試体のせん断強度をそれぞれ ϕ_A, ϕ_D とし、その差 $\phi_A - \phi_D$ を ϕ_D で正規化した値を強度のパラメータにとれば、載荷方向によって図-3のような強度異方性がみられる。以上をまとめると、A-供試体は、粒子間接点の卓越した鉛直軸に近い方向に最大主応力軸がある径路ではひずみが小さくせん断強度が大きい、逆に水平方向の径路ではひずみが大きくせん断強度が小さい、ということになる。

ひずみ増分方向 図-4は、A-供試体の6つの応力径路 ($\beta = 0, 90^\circ$ 径路を除く) における、応力径路とひずみ径路のずれを表わす。全般にひずみ径路が応力径路よりも水平(堆積面)方向に偏向しているが、この傾向は $\beta = 30, 45^\circ$ で大きく、 $\beta = 60, 70, 80^\circ$ になるにつれて小さくなる。そこでひずみの増加に伴う最大主応力方向 β と最大主ひずみ増分方向 α との差 $\alpha - \beta$ をグラフ化すると図-5 (a), (b) のようになる。 $\beta = 30^\circ$ 径路では、 $\epsilon_1 - \epsilon_3$ が 2～3% の範囲において、 α は β に対し 8, 7° 水平方向にずれており、 $\beta = 70^\circ$ 径路では 2, 3° ずれている。このことは、異方性を持つ供試体では共軸性が成り立たないことを示している。

謝 辞 試験機の製作には、八戸工業大学の飛田善雄講師があたられ、また、同氏より実験上の助言をいただきました。末筆ながら、感謝の意を表します。

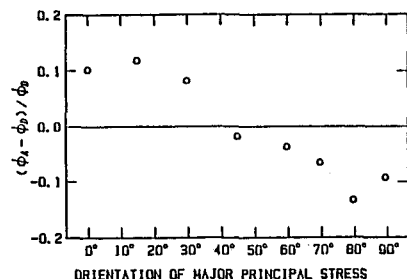


図-3 強度異方性

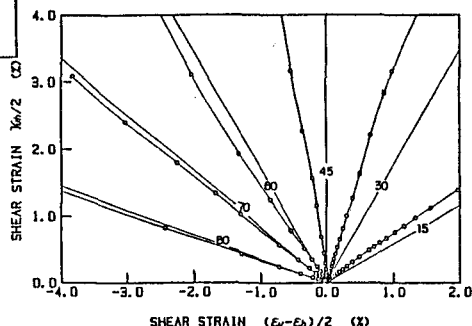


図-4 応力径路とひずみ径路

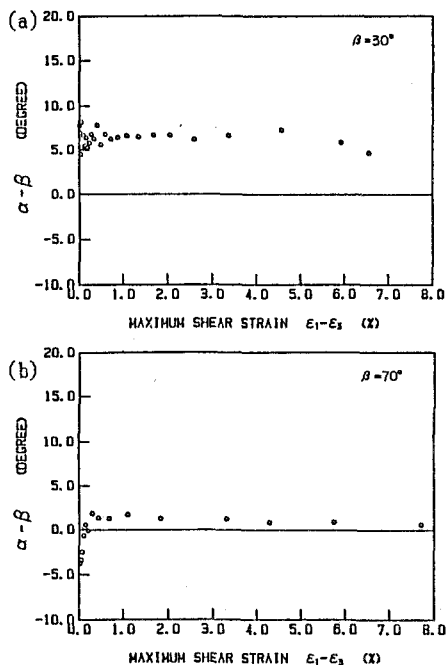


図-5 最大主ひずみ増分方向のずれ

参考文献) Hight, Gens and Symes (1983) The development of a new hollow cylinder apparatus ~, Geotechnique, Vol. 33, No. 4, pp. 355 ~ 383
 Arthur and Menzies (1972) Inherent anisotropy in a sand, Geotechnique, Vol. 22, No. 1, pp. 115 ~ 128