

III-13 中空ねじりせん断試験における
砂の排水せん断特性におよぼす誘導異方性の影響

東北大学 工学部（学生員）○矢野 達夫
東北大学 工学部 藤堂 広純
東北大学 工学部（正員） 柳沢 栄司

1 はじめに

砂の変形挙動は、その応力径路に依存しているため、その挙動を予測するには、実際の地盤内で誘起されるような様々な応力状態を再現して実験を行う必要がある。そこで、様々な応力状態を再現できるような実験装置のひとつである中空ねじりせん断装置を用いて、種々の応力径路における排水せん断試験を行い、その変形特性を調べた。

2 実験方法

実験には、大型中空ねじりせん断装置を用いた。供試体のサイズは、外径25cm、内径20cm、高さ25cmとすることにより、半径方向のせん断応力と、せん断ひずみの不均一性を小さくすることを目指している。試料には、豊浦標準砂 ($G_s=2.621, e_{max}=0.926, e_{min}=0.593$) を用い、供試体は、多重ふるい落下法により作成した。また、供試体の相対密度は、 $70 \pm 2.5\%$ の範囲にある。供試体は、 CO_2 循環、脱気水循環をして飽和させた後、バックプレッシャーを $2.0kgf/cm^2$ かけ、 $p=1.00kgf/cm^2$ で等方圧密した。実験は、圧密後応力制御、排水状態で静的に行った。また中間主応力の相対的な大きさを表すパラメータ b の値は、全ての実験において0.5とした。

この実験は、主応力軸方向の違いによる誘導異方性の影響を調べることを目的とした。そのため、供試体作成時に生じる固有異方性を考慮にいれ、初期載荷方向を3方向 ($\beta=0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$) 選び、応力比 $(\sigma_1 - \sigma_3) / (\sigma_1 + \sigma_3) = 0.4$ までもつていき、除荷した後、6方向 ($\beta=0^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 75^\circ, 90^\circ$) を選定し、破壊近くまで再載荷を行った。

また、比較のため、6方向 ($\beta=0^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 75^\circ, 90^\circ$) の単調載荷による実験も行った。

(図1参照)

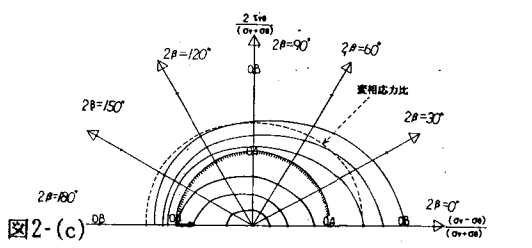
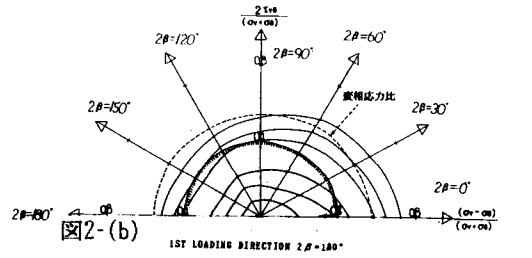
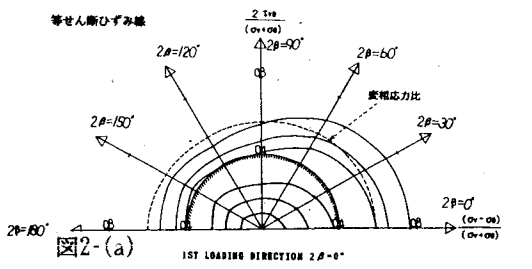
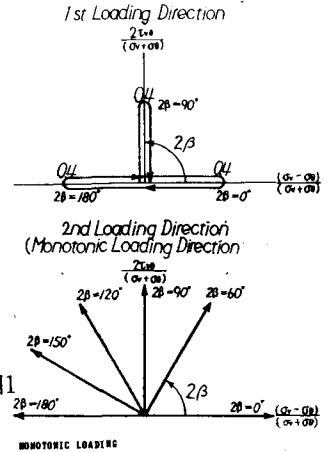
3 実験結果と考察

図2は、初期載荷方向別にまとめた等ひずみ線である。ただし、初期載荷による残留ひずみを考えず、再載荷開始時のひずみを0とみている。(これ以降の考察についても、再載荷開始時のひずみを0とみている。)

図2-(a)の単調載荷についてみると、 $2\beta=0^\circ$ 方向は、剛性が高く、 $2\beta=180^\circ$ 方向になるにつれ、剛性が低下しており、これは、堆積面方向が、最大主応力方向に近いほど、大きいひずみを生じるという固有異方性の結果に一致している。

この図2-(a)の図と、他の履歴を受けた図2-(b), (c)を比較する。

まず初めに、点線で描いたのは、変相応力比(体積が、収縮から膨張へ変わる応力比)であるが、こ



れは、図2- (a) ~ (c) で変化がみられず、主軸の方向に対しても、全ての方向に平均して半径0.57の円を描いていることから、変相応力比は、固有異方性、誘導異方性の両方の影響を受けないものと思われる。

次に、初期載荷応力比0.4以内では、初期載荷と再載荷の主軸が一致する場合は、硬化がみられ、両者の主軸方向の差が大きくなるにつれ、この傾向は弱まり、反対方向 ($2\beta=180^\circ$) では、軟化しているのがよみとれる。また、この傾向は応力比0.4を越えると崩れ、変相応力比を越えると、履歴による影響がほとんど見られなくなり、 $(\epsilon_1 - \epsilon_3) = 1.0\%$ の線では、図2- (b), (d) も図2- (a) の単調載荷と、ほぼ等しい曲線を描いている。

この硬化、軟化の現象は、図3 (応力比~最大せん断ひずみ) でみみると応力比0.4以内では、初期載荷と再載荷の両者の軸方向の差が $2\beta=90^\circ$ 以内では硬化し、 $2\beta=90^\circ$ を越えると軟化していることが、はっきりとよみ取れる。そして、0.4を越えるとその傾向が崩れはするが、最終的な破壊強度は、一致してくるものと思われる。

また、この傾向は、図4 (応力比~体積ひずみ) からもよみとることができる。他に、この図からも、変相応力比が、0.57の付近で全て一致しており、変相応力比は異方性の影響をうけないと判断できる。

図5 (応力比~ひずみ増分比) においては、ひずみ増分比が、再び0となる点 (変相応力比) から先では、全ての点が、一本の直線上にのっており、変相応力比を越えると、ほとんど履歴の影響を受けないことがわかる。

4 まとめ

以上の結果より、

- (1) 本研究で行った初期載荷応力比0.4では、変相応力比は、固有異方性、誘導異方性の両方の影響を受けず、常に一定である。
- (2) 誘導異方性の影響は、初期載荷応力比内で、顕著に現れ、初期載荷と再載荷の主軸の差が $2\beta=0^\circ$ 方向では硬化を示し、この両者の差が大きくなるにつれ、その傾向は弱まり ($2\beta=90^\circ$ 以内は、硬化)、反対方向 ($2\beta=180^\circ$) では、軟化を示す。
- (3) 再載荷時に変相応力比を越えると、誘導異方性の影響はほとんど見られず、むしろ固有異方性の影響が大きいと思われる。

5 参考文献

Arthur, J.R.F. & Menzies, B.K. (1972). Inherent anisotropy in a sand. *Geotechnique*, 22, No.1, 115-128

Arthur, J.R.F., Chua, K.S. & Dunstan, T. (1977). Induced anisotropy in a sand. *Geotechnique*, 27, No. 1, 13-30

加藤 靖 (1987) 種々の応力径路における砂の排水せん断変形特性 東北大学修士学位論文

島屋 進 (1988) せん断応力履歴を受けた砂の変形特性 第23回土質工学研究発表会発表講演集 41 5-418

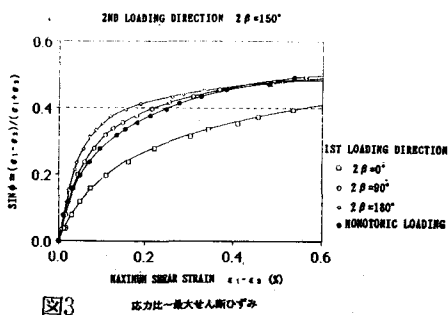


図3

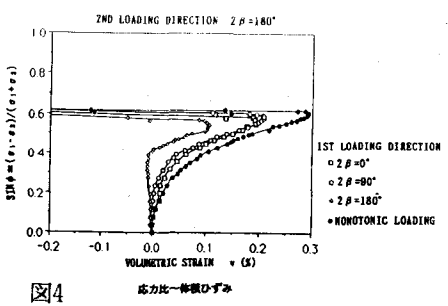


図4

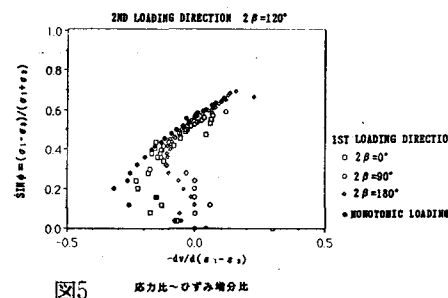


図5