

III — 6 中空ねじりせん断装置を用いた飽和砂の繰返し非排水せん断特性

東北大学 工学部 (学生員) ○樋口 俊一
 東北大学 工学部 (学生員) 野沢 雅行
 東北大学 工学部 藤堂 広純

1. はじめに

砂の変形挙動はその応力経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するような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いろいろな応力経路における非排水繰返しせん断試験を行い、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25 cm、内径20 cm、高さ25 cm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が小さくすることを目指している。試料には豊浦標準砂 ($G_s = 2.622$, $e_{max} = 0.947$, $e_{min} = 0.579$) を用い、供試体は多重ふり落打法により作成した。また、供試体の相対密度は $55 \pm 4\%$ 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 2.00 kg/cm^2 かけ、 $P = 2.00 \text{ kg/cm}^2$ で等方圧密した。実験は圧密後応力制御、非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わすパラメータ b の値は、全ての実験において0.5とした。

実験は大きく2つに分けられる。シリーズ1は、主応力軸を固定した繰返し非排水せん断試験である。この実験は供試体作成方法によって生じた供試体の異方性が液状化強度に及ぼす影響を調べることが目的とした。実験は主応力軸を任意の方向 ($0^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 75^\circ, 90^\circ$) に固定し、繰返し応力比 $(\sigma_1 - \sigma_3) / 2\sigma_c = 0.2$ で液状化するまで載荷を繰返した。(図1参照)

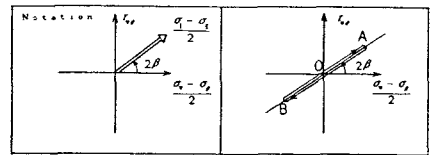


図1 シリーズ1応力経路

シリーズ2は、図2に示すような5つの応力経路に関して液状化試験を行い液状化強度曲線を求め、応力経路の違いによる液状化強度の差異を調べた。図2 (a) (e) は主応力軸固定の繰返し試験であり、主応力方向はそれぞれ 0° と 45° である。図2 (c) は、応力比を一定に保ったまま主応力軸を回転させる試験である。図2 (b) (d) は (c) の経路で 45° (135°) 及び 0° (90°) 方向の応力比が半分のだ円の経路である。

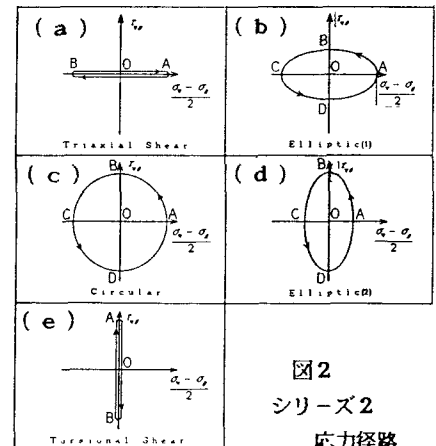


図2
シリーズ2
応力経路

3. 実験結果

3.1 シリーズ1

図3に、実験の結果得られた主応力方向 (β) - 液状化繰返し回数 (N_1) の関係を示す。ここで N_1 は最大せん断ひずみの片振幅が2.5%となる時点とした。これを見てわかるように、異方性が液状化強度に大きな影響をもたらしていることがわかる。また、 $\beta = 0^\circ$ と $\beta = 90^\circ$ では主応力が同じ軸上にありながら、初期載荷の方向の違いによって強方に違いが表れていることは興味深い。これは、供試体作成方法による初期異方性

だけでなく初期載荷によって生じた誘導異方性が液状化強度に影響することを示している。この結果より他の主応力方向の液状化強度の関係が説明できる。 β が 45° より小さい場合、液状化強度には $\beta = 0^\circ$ の影響が含まれる。一方 β が 45° より大きい場合には、液状化強度に $\beta = 90^\circ$ の影響が含まれる。従って 45° を境にこのような初期載荷による液状化強度の違いが現れるものと考えられる。図4は β と繰返し回数ごとの間隙水圧発生量の関係を示した。この図から、液状化強度の強いもののほど繰返し回数ごとの間隙水圧の発生量が少ないということがわかる。

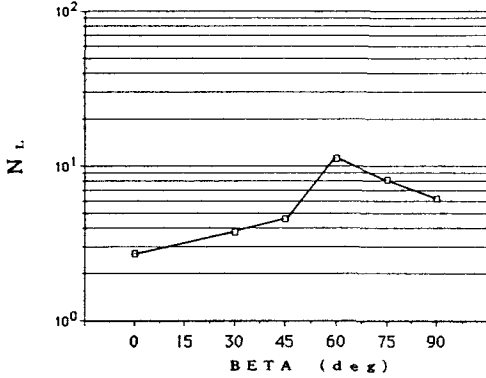


図3

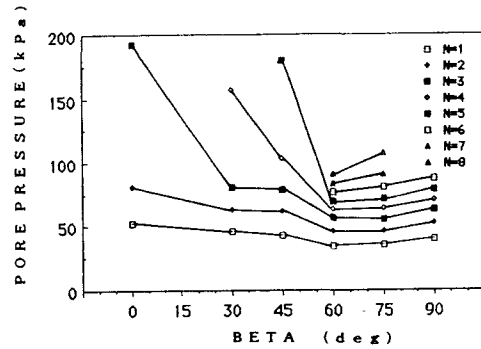


図4

3.2 シリーズ2

シリーズ2は、実際の地盤内における表面波の1つであるR a i l e i g h波の応力状態を再現したものである。図5は5つの応力径路による繰返し試験の結果得られた液状化強度曲線である。繰返し液状化回数 N_1 は最大せん断ひずみ $\gamma_{max} = 2.5\%$ の時点とした。これらを見てわかるように、応力比一定で主応力軸を回転させた円形径路が最も弱く圧縮伸張が中間にあり、単純せん断が最も強いことがわかった。また、単純せん断方向に大きい円は圧縮伸張より強く圧縮伸張方向に大きい円は弱い、これらのことは他の3つの関係より説明ができる。つまり供試体の有する異方性により単純せん断($\beta = 45^\circ$)のほうが圧縮伸張($\beta = 0^\circ$)より強い、単純せん断方向に大きな円径路のほうが圧縮伸張方向に大きな円径路より強くなる。

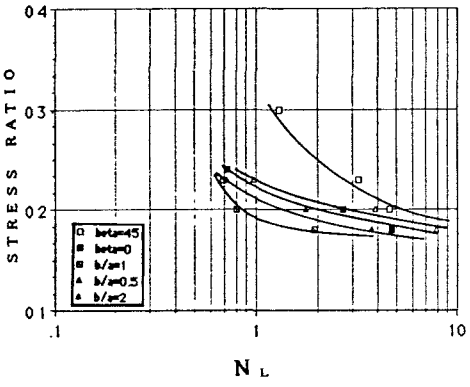


図5

4. まとめ

シリーズ1の実験より飽和砂の非排水繰返し強度には砂の堆積によって生じた初期異方性が影響することが明らかになった。また、初期載荷によって生じた誘導異方性も関係していることがわかった。シリーズ2の実験からは、円形径路、即ち主応力軸回転時には間隙水圧が大きく発生し、主応力軸固定の場合よりも液状化しやすいことがわかった。この結果は、昨年排水条件で主応力軸回転試験を行った結果と調和する。

5. 参考文献

Wong, R.K.S. & Arthur, J.R.F. (1985). Induced and inherent anisotropy in sand. Geotechnique 35, No. 4, 471-481
 Symes, M.J.P.R., Gens, A. & Hight, D.W. (1984). Undrained anisotropy and principal stress rotation in saturated sand. Geotechnique 34, No. 1, 11-27
 大花博重 (1988) : 異方性砂の排水せん断変形特性に及ぼす応力径路の影響. 東北大学修士学位論文