

初期せん断を受ける飽和砂の液状化及び強度特性の評価

山口大学工学部 正 員 兵動正幸 村田秀一 安福規之  
 学生員○谷水秀行 藤井照久 長井 正

1. まえがき

飽和砂からなる斜面や構造物基礎地盤などは、地盤内に初期せん断応力が働いているため、地震外力を受けると、水平地盤と比べて液状化強度が異なったり、また残留変形が生じるなどの特徴を示すことが調べられてきている<sup>1), 2)</sup>。本研究では、異方圧密下の飽和砂の非排水繰返し三軸圧縮試験を行い、相対密度による影響も含めて初期せん断を受ける飽和砂の動的強度に関する検討を行った。

2. 試験方法

実験に用いた試料は、豊浦標準砂 ( $G_s=2.643$ ,  $e_{max}=0.973$ ,  $e_{min}=0.635$ ) であり、供試体は空中落下法により直径50mm、高さ110mm 程度の寸法に作製した。所定の圧力まで等方圧密を行った後、側圧一定で所定の初期せん断応力  $q_s$  まで、平均有効主応力  $p_c$  が全て100kPaになるように異方圧密を行った。この状態で初期せん断応力  $q_s$  及び繰返しせん断応力  $q_{cyc}$  をさまざまな大きさに変えて、相対密度 ( $D_r$ ) 70% と 50% の2種類について非排水繰返し三軸圧縮試験を行った。

実験では、初期せん断応力  $q_s$  と繰返しせん断応力  $q_{cyc}$  の大きさ相互の関係から、载荷パターンを次の様に定義した。  
 $q_{cyc} > q_s$  : 主応力反転のある場合、 $q_{cyc} < q_s$  : 主応力反転のない場合、及び  $q_{cyc} = q_s$  : それらの遷移状態で中間的なものの3つの領域に分類する。主応力反転のある場合は液状化を生じ、主応力反転のない場合は液状化は生じず、残留ひずみが次第に蓄積されていく現象が認められている<sup>1), 2)</sup>。

3. 初期せん断下の動的強度の統一的评价

図-1 に液状化を起こしたもののみについて、繰返し回数10回で軸ひずみ両振幅  $DA=2\%, 5\%$  となる繰返しせん断応力比  $q_{cyc}/p_c$  と初期せん断応力比  $q_s/p_c$  の関係を示している。この図より強度  $q_{cyc}/p_c$  は、初期せん断応力比  $q_s/p_c$  が大きい程大きくなる傾向が認められ、 $DA=2\%, 5\%$  のひずみを生じるには、主応力反転が不可欠であることが分かる。一方、応力反転のない場合については液状化と同じ条件で破壊を定義することは不可能である。そこで、繰返し応力の各サイクル終了時点における残留ひずみを  $RS$  として破壊の規定を行うことにした。繰返し回数10回時の  $RS=2\%, 5\%, 10\%$  に至る各々の繰返しせん断応力比と初期せん断応力比の関係を図-2 に示した。 $D_r=50\%$  の方では、曲線がピークに達するあたりで主応力の反転のない領域に入っており、主応力反転がなくても  $2\%, 5\%, 10\%$  の残留ひずみを生じることを意味している。

以上、2つの強度のとり方による違いを見たが、これらを統一的に評価できるような強度の規定が可能であれば便利である。そこでまず2つの強度の違いを調べるために、図-3 でこれらの基準による強度の比較を行った。

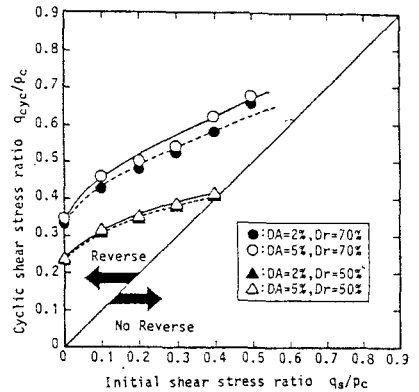


図-1 N=10回時の  $DA=2, 5\%$  に至るまでの  $q_{cyc}/p_c$  と  $q_s/p_c$  の関係

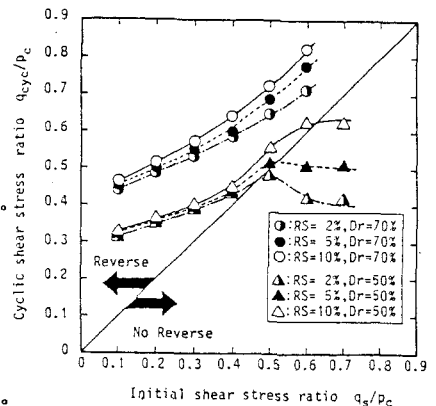


図-2 N=10回時の  $RS=2, 5, 10\%$  に至るまでの  $q_{cyc}/p_c$  と  $q_s/p_c$  の関係

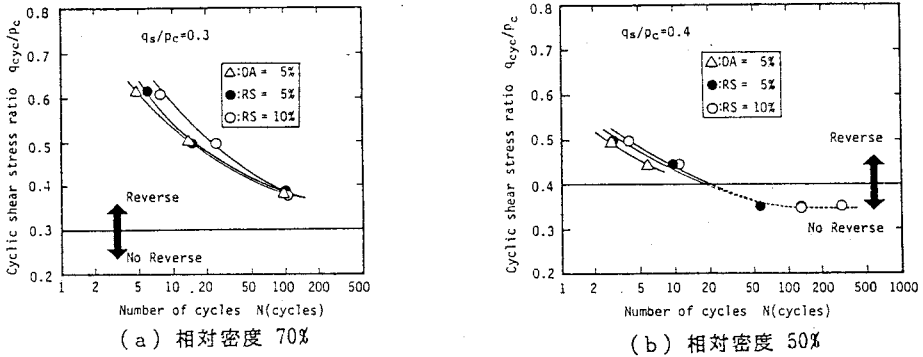


図-3 一定の初期せん断応力比におけるDA=5%, RS=5,10%の強度の比較

この図では、DA=5%、RS=5,10%に至るに必要な繰返しせん断応力比と繰返し回数との関係を、 $q_s$ 一定の条件に対して示した。この図を見ると  $D_r=70\%$ 、 $50\%$ ともにDA=5%が最も小さい強度を示している。また、応力反転のない領域で5%,10%の残留ひずみが生じることが確認できる。このような傾向を踏まえて、各載荷パターンに適した強度の定義を行った。まず応力反転のある領域、つまり液状化するものについては安全側にみて最も強度の低いDA=5%を破壊とした。一方、応力反転のない領域および中間的領域では、静的破壊条件も加味してRS=10%とした。これらの強度の規定を応力域の境界で相互に結合することにより、これを応力反転状態の異なる両応力域において統一的に評価できる強度とした。この定義による強度を、相対密度別に繰返しせん断応力比  $q_{cyc}/p_c$  と破壊に至るまでの繰返し回数  $N$  の関係で示した。その結果が図-4に示されている。

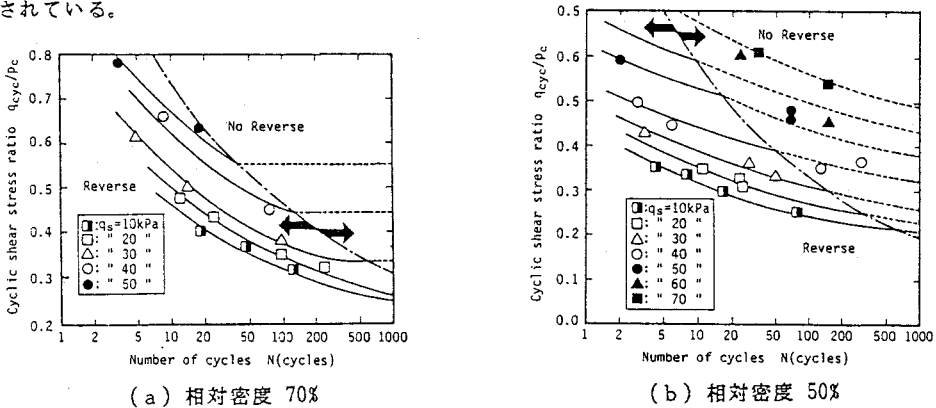


図-4 繰返しせん断応力比  $q_{cyc}/p_c$  と破壊に至るまでの繰返し回数  $N$  との関係

4. あとがき

初期せん断を受ける飽和砂の液状化及び動的強度特性について調べた。その結果、初期せん断応力の増加に伴い強度が増加する傾向が認められたが、残留軸ひずみ (RS) で整理すると、緩詰め砂 ( $D_r=50\%$ ) において強度が低下して行くような境界があることが明らかとなった。さらに、主応力反転の有無で分けた3つの載荷パターンに対して、統一的に評価が可能な動的強度を定義した。

5. 参考文献

- 1) Vaid, Y.P., Chern, J.C.: "Effect of static shear on resistance to liquefaction," Soils and Foundations, Vol.23, pp.47-60, 1983.
- 2) 兵動・村田・安福・藤井: 飽和砂の非排水繰返しせん断変形に及ぼす初期せん断の影響, 土の非排水繰返し-室内試験、現位置及び試験結果の利用-に関するシンポジウム論文集, pp.199-204, 1988.