

異方圧密砂の動的強度におよぼす密度の影響

山口大学工学部 ○兵動正幸 村田秀一 安福規之
谷水秀行 小浪岳治

1. まえがき

初期せん断応力下の飽和砂の非排水繰返しせん断挙動についてはこれまでに多くの研究が行われており、繰返しせん断を受ける飽和砂の動的強度は初期せん断応力の大きさによって変化することが明かとなっている^{1), 2)}。飽和砂の動的強度は、一般に所定の破壊ひずみを生じるに必要な繰返しせん断応力比と繰返し回数の関係によって定義されることが多い。しかし、同じ圧密状態でも相対密度の相違によりひずみの発達の形態が異なるので、動的強度の評価は初期せん断応力と相対密度の両面から行う必要がある。本研究は、種々の異方圧密応力下で繰返し三軸圧縮試験を行い、相対密度の違いにおける繰返しせん断変形特性の変化に着目して動的強度の評価を行ったものである。

2. 試料および実験方法

実験に用いた試料は、豊浦標準砂($G_s=2.643, e_{max}=0.973, e_{min}=0.635$)である。供試体は、試料を炉乾燥させた後、相対密度がそれぞれ $Dr=35, 50, 70, 90\%$ となるよう空中落下させることにより作成した。その後炭酸ガスを通気させ、脱気水を通水させて200kPaのバックプレッシャーを加えて飽和状態とした。飽和の確認のためにB値検定を行い、B値が0.96以上のもののみについて実験を行った。供試体は、直径5cm、高さ11cmの寸法を持ち、種々の初期せん断応力状態とするために様々な主応力比による異方圧密が行われた。その方法として、まず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まで軸圧を増加させ、結果として平均有効主応力が全て100kPaの一定値となり、初期せん断応力が様々なようにした。異方圧密終了後、非排水状態で側圧一定のもと0.1Hzの正弦波の軸荷重が加えられた。

3. 動的強度におよぼす初期せん断応力の影響

これまでに行われてきた砂の動的強度に関する研究においては、初期液状化あるいはサイクリックモビリティを破壊とみなし、それらに基づき強度を定義しているものが多い。しかしながら、初期せん断を受ける飽和砂においては、液状化やサイクリックモビリティを起こさないまでも大きな残留ひずみが生じて破壊状態になったり、あるいは初期液状化に至ってサイクリックなひずみの増加とともに残留ひずみも増加することがある。本研究ではこれらを考慮して、破壊ひずみとして所定の大きさの軸ひずみ両振幅(DA)と繰返し応力の各サイクル終了時点における所定の大きさの残留軸ひずみ(RS)を定義し、それぞれに対する繰返しせん断応力比 q_{cyc}/p_c と繰返し回数Nの関係を求め、初期せん断応力比 q_s/p_c の違いに対する強度の変化を調べた。

図-1は、繰返し回数10回に着目した場合のDA=5%に至るに必要な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 の関係を示したものである。この図からDA=5%を生じるためには相対密度に関係なく応力反転が必要であり、同一の相対密度で比べると初期せん断応力比が大きい程大きな繰返しせん断応力を必要とすることがわかる。次に、図-2にはN=10回で残留軸ひずみRS=2, 5, 10%に至るまでの q_s/p_c と q_{cyc}/p_c の関係を示した。RS=2%に着目すると、 $Dr=70, 90\%$ では初期せん断応力の増加と共に強度も増加し、応力反転がない領域ではこれ以上のひずみを生じることはなく、この状態に至るにはDA=5%の場合と同様に応力反転が必要であることが認められる。一方、 $Dr=35, 50\%$ においては応力反転がない領域でもこの大きさの残留軸ひずみを生じていることがわかる。 $Dr=50\%$ では応力反転がある領域で初期せん断応力の増加と共に強度も増加するが、応力反転有無の境界の $q_s/p_c=0.5$ 付近から強度の低下が認められる。 $Dr=35\%$ においては応力反転がある領域での強度はほぼ一定であるが、応力反転のない領域の $q_s/p_c=0.5$ 付近から顕著な強度の低下が見られる。RS=5%に着目すると、 $Dr=90\%$ ではこれに至るものは存在せず、 $Dr=70\%$ ではRS=2%に対するもの

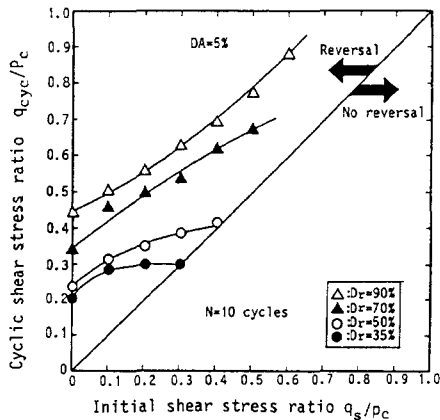


図-1 N=10回でDA=5%を起こすに必要な繰返しせん断応力比と初期せん断応力比の関係

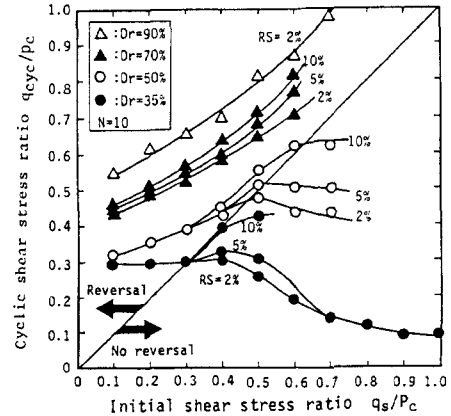
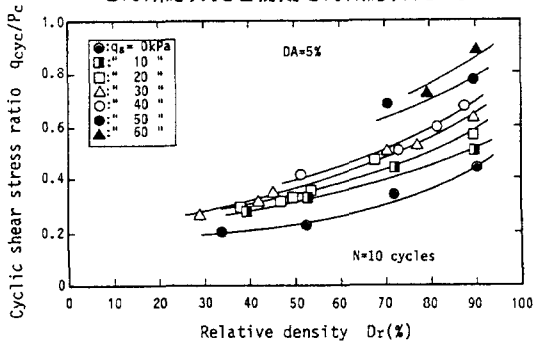
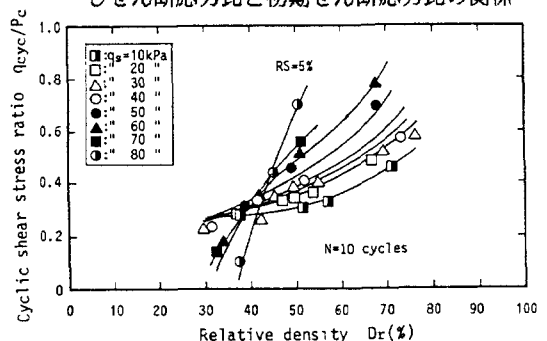


図-2 N=10回でRS=2, 5, 10%を起こすに必要な繰返しせん断応力比と初期せん断応力比の関係



(a) N=10回でDA=5%に至る場合



(b) N=10回でRS=5%に至る場合

図-3 各種の定義に基づく繰返しせん断強度におよぼす相対密度の影響

とほぼ同じ傾向となっている。Dr=50%で応力反転がある場合はRS=2%の場合と同様に初期せん断応力の増加に伴う強度の増加が現れるが、応力反転がない場合はRS=2%で見られたような大きな強度の低下は現れていない。Dr=35%では応力反転のない領域で顕著な強度の低下が現れている。RS=10%に着目すると、Dr=35, 50%で $q_s/p_c=0.4\sim0.8$ において大きな強度の増加が見られることが特徴的である。

3. 動的強度におよぼす相対密度の影響

図-3は繰返し回数N=10回で先に定義した各々の破壊ひずみに至るまでの相対密度Drと繰返し応力比 q_{cyc}/p_c の関係を初期せん断応力比 q_s/p_c をパラメータとして示したものである。図-3(a)は破壊ひずみをDA=5%で定義した場合についてのものであるが、この図から全ての相対密度において初期せん断応力の増加に伴い強度が増加し、相対密度が高い程増加率が增大する傾向にあることが認められる。図-3(b)は破壊ひずみを残留軸ひずみRS=5%を生じる場合の関係が示されている。かなり低い相対密度においては、初期せん断応力の増加によって強度は低下の傾向を示しているが、相対密度の増加にしたがいその傾向は逆転し、増加傾向となっていることがわかる。

参考文献

- 1) Hyodo, M., Murata, M., Yasufuku, N. and Fujii, T., Proc. 4th Int. Conf. on Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Mexico-city, pp.81-103, 1989.
- 2) 兵動・村田・安福・谷水・小浪, 第25回土質工学研究発表会講演集, 1990.