

排水繰返しせん断履歴を受けた砂の液状化強度について

山口県土木建築部 正 員○岸本 洋
山口大学工学部 正 員 兵動正幸
山口大学大学院 学生員 伊藤雅之

1. はじめに

波浪による繰返し荷重を受ける海洋構造物基礎地盤には対象とする主たる波浪に先立ち、小さな波浪による繰返しせん断履歴の作用が考えられる¹⁾。そこで本研究では、数種の排水繰返しせん断履歴を与えた飽和砂の非排水繰返し三軸試験を行い、液状化強度に及ぼす排水繰返しせん断履歴の影響について明らかにすることを試みた。

2. 試料と試験方法

本研究で用いた試料は スウェーデン産の Baskarp sandである。その物理的性質を表-1に示す。本研究では、まず相対密度 $Dr=80\%$ の供試体を拘束圧 $p_c=250$ kPa まで等方圧密した後、側圧一定、排水状態で振幅 q_{prc} の繰返しせん断履歴を所定の繰返し履歴回数 N_{prc} 回作用させ、その後非排水繰返し試験を行った。排水繰返しせん断履歴としては $q_{prc}/p_c=0.2$ 及び 0.4 の2種類の繰返し履歴応力比を作用させたが、これらの繰返し履歴応力比による供試体の軸ひずみ振幅の最大値はそれぞれ $DA=0.110\%$ 及び $DA=0.198\%$ であった。

3. 液状化強度に及ぼす排水繰返しせん断履歴の影響

図-1は $q_{prc}/p_c=0.4$ の排水繰返し履歴応力比を種々の繰返し履歴回数 ($N_{prc}=0, 40, 400$ 回)作用させた後の非排水繰返し試験より得られたBaskarp sandの液状化強度曲線を示したものである。この図から、繰返し履歴回数の増加に伴い液状化強度が増加していることが分かる。また図-2は繰返し履歴回数を $N_{prc}=400$ 回一定として、 $q_{prc}/p_c=0.2$ 及び 0.4 の繰返し履歴応力比を作用させた後の非排水繰返し試験より得られた液状化強度曲線を示したものであるが、この図から繰返し履歴応力比が大きくなる程、液状化強度は増加することが明らかになった。

次に図-3に2種類の繰返し履歴応力比に対する体積ひずみを繰返し履歴回数との関係で示した。この図から、どちらの繰返し履歴応力比においても繰返し履歴による体積ひずみは小さく、相対密度に換算しても相対密度の変化は繰返しせん断履歴を受ける前と比較して約2%程度であり、以上のような液状化強度の増加が供試体の密度化によって生じたとは考えにくい。従って排水繰返しせん断履歴を受けた後の液状化強度の増加はせん断履歴による粒子構造配列の変化によるものと考えられる。

4. 繰返し1サイクル目の有効応力経路に対する排水繰返しせん断履歴の影響

表-1 試料の物理的性質

	G_s	e_{max}	e_{min}	U_c	D_{50}
Baskarp sand	2.654	0.888	0.523	1.66	0.130

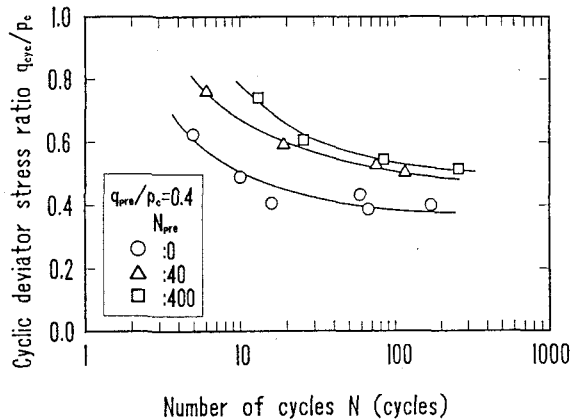


図-1 液状化強度に及ぼす繰返し履歴回数の影響 (繰返し履歴応力比 $q_{prc}/p_c=0.4$)

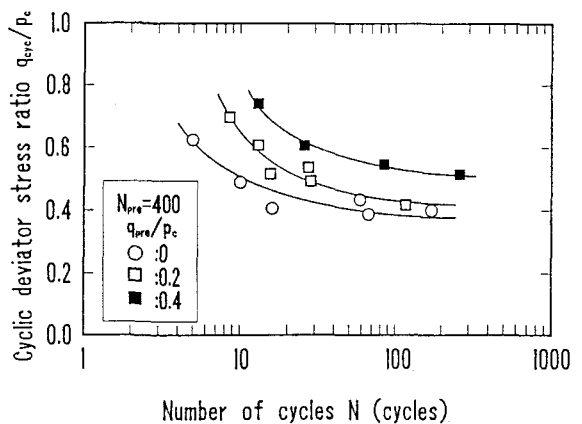


図-2 液状化強度に及ぼす繰返し履歴応力比の影響 (繰返し履歴回数 $N_{prc}=400$ 回)

図-4は $q_{pre}/p_c=0.2$ の繰返し履歴応力比を種々の繰返し履歴回数($N_{pre}=0, 40, 400, 4000$ 回)与えた供試体の非排水繰返しせん断時の1サイクル目の有効応力経路を示したものである。この図において、繰返し履歴を与えていない場合($N_{pre}=0$)と与えた場合を比較すると、繰返し履歴を与えていない場合では最初の圧縮側せん断時に有効応力の減少が認められたが、繰返し履歴を与えた場合では、いずれの繰返し履歴回数の場合においても最初の圧縮側せん断時に有効応力は増加し、負の間隙水圧が生じた結果となっている。また、最初の伸張側せん断時の有効応力経路においても圧縮側せん断時ほど顕著ではないが繰返し履歴回数の増加に伴い間隙水圧の上昇が鈍る傾向が認められた。

図-5は繰返し履歴回数 $N_{pre}=400$ 回一定で $q_{pre}/p_c=0, 0.2$ 及び 0.4 の繰返し履歴応力比を与えた後の非排水繰返し1サイクル目の有効応力経路を示したものである。この図から繰返し履歴応力比が増加するに従い有効応力の減少が鈍くなっていることが分かる。また、繰返し履歴応力比 $q_{pre}/p_c=0.2$ と $q_{pre}/p_c=0.4$ を作用させた後の結果を比較すると、圧縮側ではほぼ同様の挙動を示しているのに対し、伸張側での挙動は異なり、 $q_{pre}/p_c=0.2$ では有効応力が減少の傾向を示すが $q_{pre}/p_c=0.4$ では負の間隙水圧の発生を伴い若干増加傾向にあることが分かる。また、繰返し1サイクル終了時の有効応力の減少量は繰返し履歴応力比が増加するにつれて少なくなっている。以上の結果から繰返し履歴応力比が大きい程繰返し履歴効果が顕著に現れ、その後の非排水繰返しせん断による間隙水圧の上昇は抑制される傾向にあることが明らかになった。

5. まとめ

本研究で得られた結果をまとめて以下に示す。

(1) 排水繰返しせん断履歴を受けた密な砂の液状化強度は、繰返し履歴回数が多い程、また繰返し履歴応力比が大きい程増加する。

(2) 排水繰返しせん断履歴の影響は続く非排水繰返しせん断時の有効応力経路に顕著に現れ、全般的に間隙水圧の発生が抑制される方向に現れ、負の間隙水圧の発生を伴う場合も認められた。また、履歴応力比及び履歴回数が大なる程その傾向は顕著に現れた。特に繰返し履歴応力比 $q_{pre}/p_c=0.4$ を作用した場合においては、有効応力は1サイクル目の圧縮側及び伸張側で完全な負の間隙水圧の発生を伴う現象が認められた。

【参考文献】

1) Andersen, K. H. (1989): Bearing capacity of gravity platform foundations on sand-static and cyclic laboratory tests on very dense sand, NGI Report, No. 52422-5.

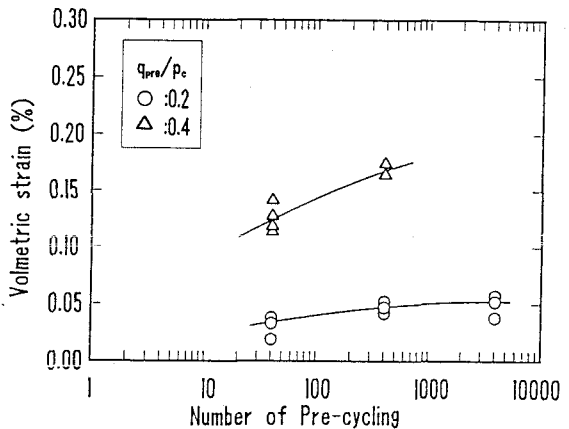


図-3 繰返し履歴回数と体積ひずみの関係

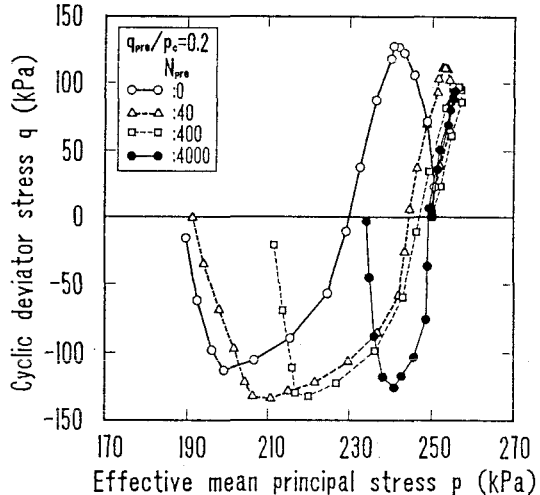


図-4 繰返し回数1サイクル目の有効応力経路に対する繰返し履歴回数の影響(繰返し履歴応力比 $q_{pre}/p_c=0.2$)

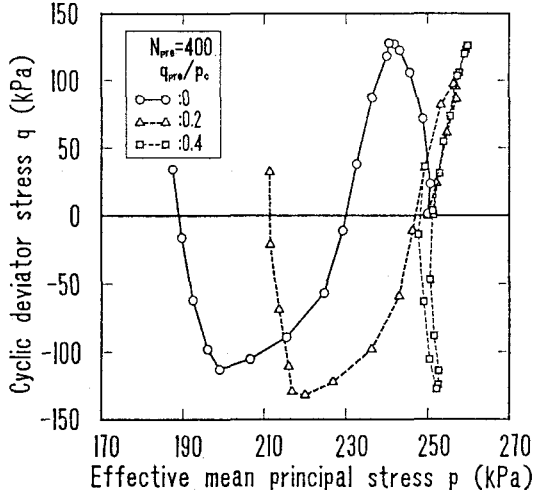


図-5 繰返し回数1サイクル目の有効応力経路に対する繰返し履歴応力比の影響(繰返し履歴回数 $N_{pre}=400$ 回)