

破碎性土の定常状態と液状化強度の評価

山口大学工学部 正 員 ○兵動正幸
 鹿児島工業高等専門学校 正 員 岡林 巧
 山口県下関土木事務所 正 員 岸本 洋

1. まえがき

わが国には多くの火山性土が堆積しており、その中には脆弱な粒子からなる非活性の土も多い。中でも南九州を中心に堆積しているしらすは、破碎性土であるとともに非活性の細粒分を多く含み地震時に液状化を起こしやすい土であることが知られている^{1)、2)}。このような破碎性土は、拘束圧の変化に対して容易に粒子破碎を起こしその力学特性が変化することから、想定し得る拘束圧下での挙動を調べておくことが必要である。本研究は、破碎性土としてのしらすを対象に、様々な拘束圧下での非排水単調および繰返し三軸圧縮試験を行い、静的非排水せん断特性ならびに液状化特性の変化を調べ、破碎性土の液状化強度のとりまとめ方法について検討を行ったものである。

2. 試料および実験方法

実験に用いたしらすは、鹿児島県始良郡隼人町で採取した1次しらす($G_s=2.49$, $e_{max}=1.494$, $e_{min}=0.775$, $U_c=29.5$, $D_{50}=0.165$)である。しらすは、豊浦砂より均等係数が大きく、平均粒径は小さく細粒分含有率が高い。しらすの細粒分は粗粒成分と同一の非活性の組成を有している。このようなしらすの細粒分を含む全ての粒度成分が液状化を起こしやすいものであることが以前に著者ら²⁾によって調べられた。しらすは粒子内間隙を包含しているため、比重はかなり小さい。さらに最大最小間隙比はしらすの細粒分が非活性であるため団粒化にならないと判断して便宜的に土質工学会基準によって求めたが、一般の砂に比べ最大最小間隙比共に大きい値を示す。非排水静的および繰返し三軸圧縮試験を初期相対密度 $Dr_i=50\%$ および 90% の試料に対して行ったが、ここでは主として $Dr_i=50\%$ の結果について述べる。静的試験では、軸ひずみ速度 $0.1\%/min$ のひずみ制御方式で、繰返し試験では周波数 $0.1Hz$ の応力制御方式での載荷をそれぞれ行い、いずれの試験においても初期有効拘束圧を $p_c=50, 100, 300kPa$ の3種類変化させて行った。

3. しらすの静的非排水せん断試験と定常状態

図-1は、3種類の初期拘束圧 $p_c=50, 100, 300kPa$ における非排水三軸単調せん断試験による軸差応力比・軸ひずみ関係を示すものである。図中、拘束圧の低い $p_c=50kPa$ の結果が圧縮伸張共に顕著なひずみ軟化挙動を示しているのに対し、拘束圧の増加にともないその傾向は次第に薄れ、 $p_c=300kPa$ に至っては逆にひずみ硬化挙動を示すなど、明確な拘束圧依存性が観察される。いずれの拘束圧共、定常状態(Steady state)³⁾を示して破壊に至った。図-2は有効応力経路であり、初期有効拘束圧 p_c で正規化した軸差応力と平均有効主応力の関係で表したものである。拘束圧が低い程軟化挙動が顕著であり、最終時点での有効応力の低下も激しいことが認められる。図-3は、三軸圧縮せん断試験結果について、初期圧密点とせん断破壊時の状態を間隙比・平均有効主応力関係としてまとめたものである。図中、初期相対密度 $Dr_i=50\%$ の結果を白抜きのプロットで、 $Dr_i=90\%$ の結果を黒塗りで示し、丸印が初期圧密状態を、三角印が定常状態での破壊状態に対応している。

4. 非排水繰返しせん断試験と繰返しせん断強度

図-4は、初期相対密度 $Dr_i=50\%$ のしらすの軸ひずみ両振幅 $\varepsilon_{DA}=5\%$ に至るに必要な繰返し軸差応力比 q_{cy}/p_c と繰返し回数 N の関係を表したものである。図のように初期有効拘束圧が増加するに伴い、曲線は上に上昇して行き、強度が増加する傾向にあることが認められる。このような繰返しせん断強度に対する拘束圧依存性は一般の砂には認められず、破碎性土としてのしらすの特異性と言える。繰返し三軸試験における繰返しせん断強度が、伸張せん断強度に依存することに依拠して、図-5に示すような静的伸張せん断試験におけるひずみ軟化開始点の軸差応力 q_i により、繰返し応力を正規化することを試みた。図-6がその結果である。図-4と同様の初期有効拘束圧に対する結果がプロットされているが、この表示による繰返しせん断強度は拘束圧に依存せず、一義的に表すことができることが明かとなった。

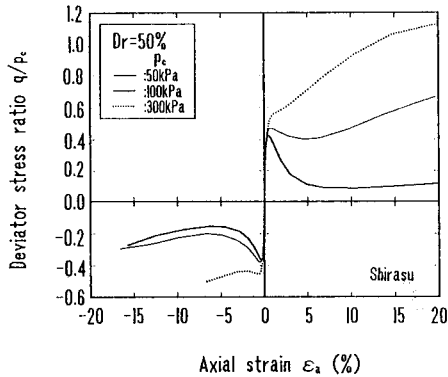


図-1 軸差応力比・軸ひずみ関係

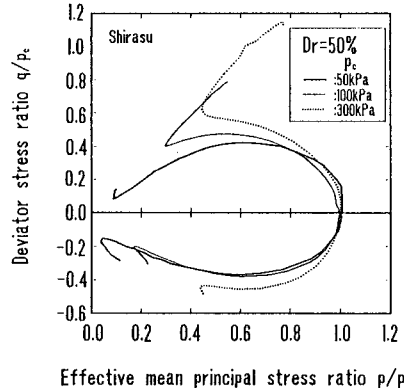


図-2 正規化された有効応力経路

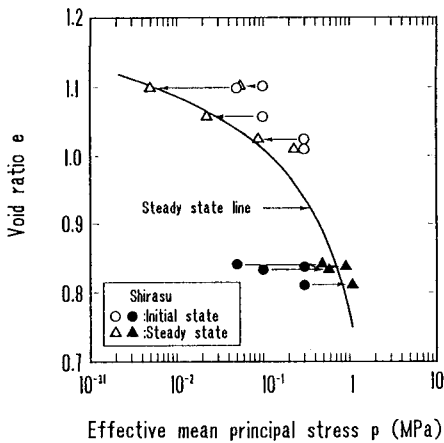


図-3 しらすの定常状態線

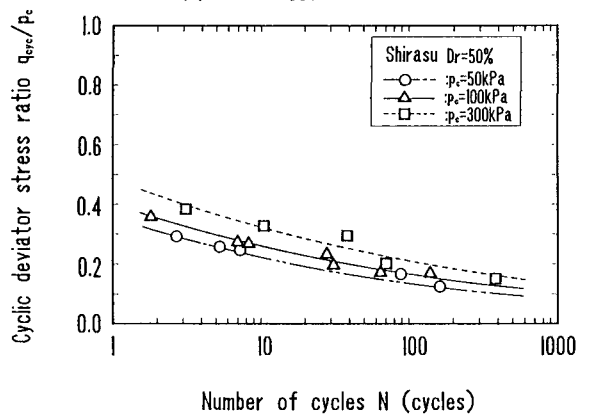


図-4 軸ひずみ両振幅 $\varepsilon_{DA}=5\%$ に至るに必要な
応力比・繰返し回数関係

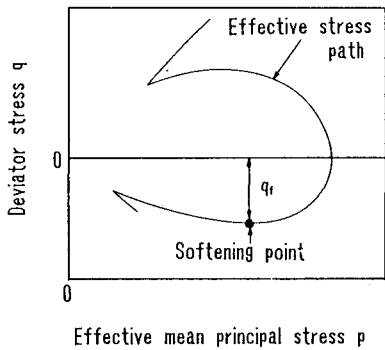


図-5 軟化開始軸差応力 q_s の概念

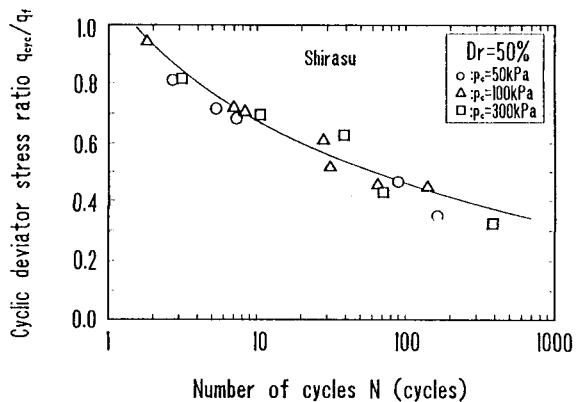


図-6 q_s で正規化された繰返しせん断強度

参考文献

- 1) 梅原靖文他：港湾工事材料としてのシラスの工学的性質（その5）振動三軸試験による動的性質，港湾技研誌，No. 211，pp. 79-101，1975。
- 2) 兵動正幸他：しらすの液状化におよぼす粒度分布の影響，第15回土質工学研究発表会講演概要集，pp. 581-584，1980。
- 3) Castro, G.: Liquefaction and cyclic mobility of saturated sand, Proc. ASCE, Vol. 101, No. GT6, pp. 551-569, 1975。