

シラスの繰返しせん断特性

徳山工業高等専門学校 正会員○桑嶋啓治 正会員 藤原東雄
正会員 上俊二 学生会員 林 一智

1. はじめに

南九州ではシラスが広く分布しており、シラス地盤による災害が発生している。シラス災害は、豪雨および地震力による斜面崩壊によるものと、埋め立て地盤に生じる地震時の液状化によるものとがある。シラスを埋め立て用材にした地盤は、粒子強度が脆弱であるというシラスの特異性のため、地震が発生すると液状化しやすいことが知られている¹⁾。そこで本研究では、非排水繰返し三軸試験を行って、シラスの非排水繰返しせん断強度および繰返しせん断後の粒子破碎の様子を、電子顕微鏡を用いて調べた。

2. 試料および実験方法

本研究で用いたシラスは、鹿児島県で採取された始良シラス ($\rho_s=2.489\text{g/cm}^3$, $e_{\max}=1.494$, $e_{\min}=0.775$) であり、以下シラスと呼称する。このシラスを 2mm 以下 $74\mu\text{m}$ 以上に粒度調整を行い、相対密度を 90% になるように調整し、拘束圧は、100kPa、および 400kPa とし、種々の繰返し応力比で、非排水繰返し三軸せん断試験を行った。そして試験後の粒子の様子を電子顕微鏡を用いて調べた。

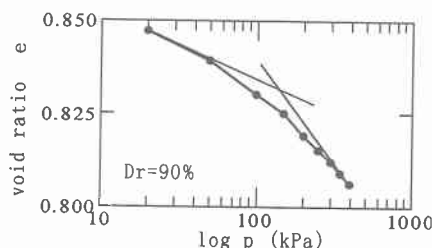


図-1 間隙比と圧密圧力の関係

3. 実験結果および考察

(1) 等方圧密試験

図-1 にシラスの $Dr=90\%$ での等方圧密試験の結果を示す。この図より、圧密降伏応力は 150kPa 付近であることが読みとれる。

(2) 非排水繰返し三軸試験

図-2 に拘束圧 $\sigma_c=400\text{kPa}$ 、繰返し応力比 $\sigma_d/2\sigma_c=0.20$ の密詰め ($Dr=90\%$) の実験結果より得られた軸差応力、軸ひずみ、間隙水圧の時刻歴を、図-3 に有効応力経路を、図-4 に軸差応力と軸ひずみの関係を示す。図-2 より、時間経過に伴い間隙水圧と軸ひずみが発達していることが読みとれる。図-3 より、繰返し応力を受けると、有効応力は徐々に減少して 0 に近づいていき、定常状態になっているのがわかる。しかし、有効応力は、完全には 0 にはならなかった。図-4 より、繰返し応力を受けると軸ひずみが徐々に増加していく様子が見られるが、圧縮側より伸張側に卓越して発達していくのがわかる。軸ひずみの発達は、急激に発達することではなく、密詰め砂特有の *Cyclic Mobility* を呈している様子がうかがえる。

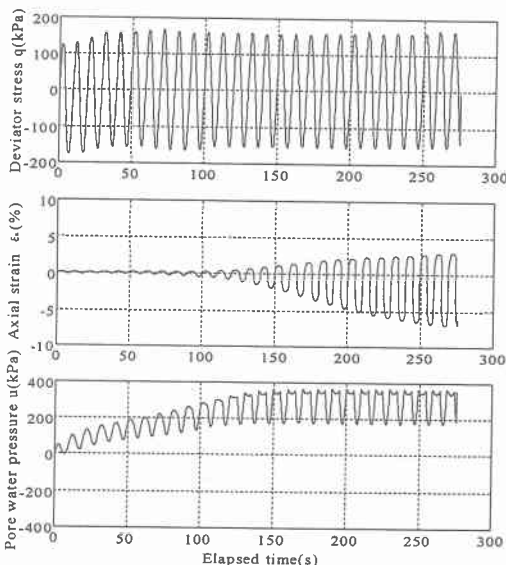


図-2 軸差応力、軸ひずみ、間隙水圧の時刻歴

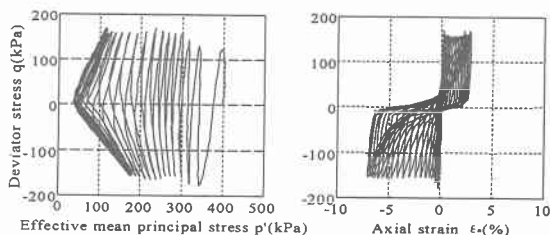


図-3 有効応力経路

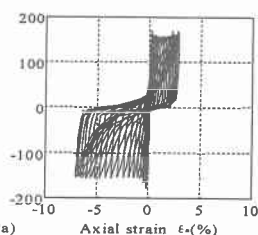
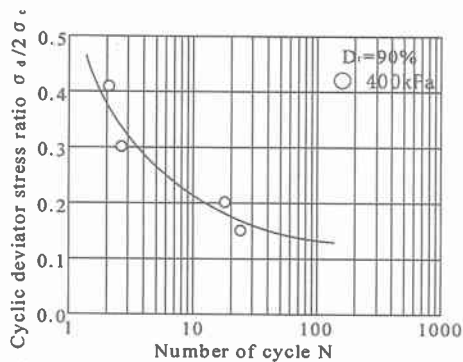
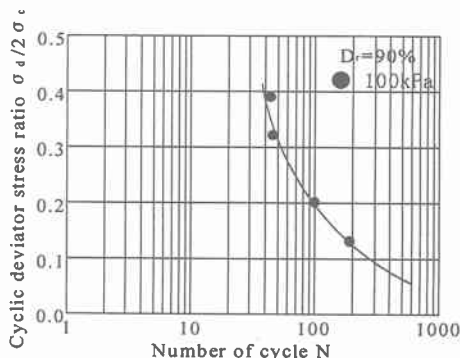


図-4 軸差応力-軸ひずみ関係



(a) 400kPa



(b) 100kPa

図-5 液状化強度曲線

図-5 に、軸ひずみ両振幅 $DA=5\%$ を破壊と定義し、破壊に至るのに必要な繰返し応力比 $\sigma_d/2\sigma_c$ と繰返し回数 N の関係である繰返し強度曲線を、拘束圧 400kPa の結果を図-5 (a) に、拘束圧 100kPa の結果を図-5 (b) にそれぞれに示す。これらの図より、いずれの拘束圧においても、繰返し応力比の低下に伴い、繰返し回数が増加し、ある一定以下の繰返し応力比では破壊に至らないことが推察される。また、液状化強度曲線は、圧密降伏応力より小さな拘束圧 100kPa のほうが圧密降伏応力より大きな拘束圧 400kPa より右側に位置しており、強度が高くなっていることがわかる。豊浦標準砂では、液状化強度は拘束圧に依存しないことが示されており²⁾、圧密降伏応力の小さなシラスでは、拘束圧に大きく依存することがわかる。

(3) 試験後の粒子の顕微鏡写真

写真-1(a)に、実験終了後の粒子一粒の 50 倍の顕微鏡写真を示し、その一部を更に拡大した 1000 倍の顕微鏡写真を写真-1(b)に示す。この写真より、繰返しせん断を与えた実験後の粒子には、亀裂が生じていることがわかる。また、亀裂は、一部しか示していないが、至る所に認められた。

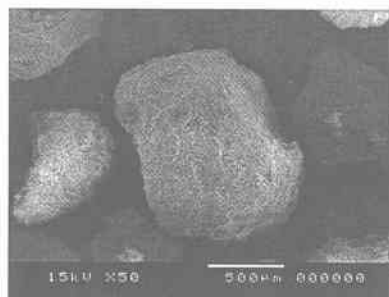
4. 結論

本研究では、非排水繰返し三軸試験を行ってシラスの繰返し強度や、電子顕微鏡によって試験後の粒子破碎の様子を調べた。その結果、以下の知見が得られた。

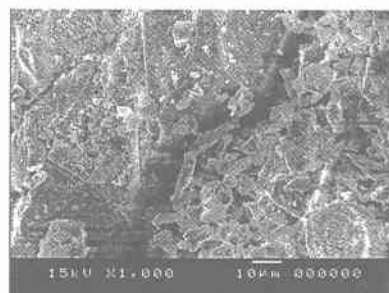
- (1) 密詰めシラスは、繰返し応力を受けると徐々に有効応力が減少して 0 に近づくが、完全に 0 にならない。
- (2) 軸ひずみは圧縮側よりも、伸張側に発達する。
- (4) シラスの繰返し強度曲線は、拘束圧に依存し、圧密降伏応力より小さな拘束圧の方が、大きい拘束圧より、強い強度曲線を描く。
- (5) 非排水繰返しせん断試験後のシラスの粒子には、数多くの亀裂が認められた。

【参考文献】

- 1) N 値および C_ϕ 編集委員会: N 値および C_ϕ -考え方と利用法 pp199. 1994
- 2) 低拘束圧下における砂の繰返し変形挙動, 第 18 回土質工学研究発表会講演集, pp. 353-354, 1983.



(a) 50 倍



(b) 1000 倍

図-6 顕微鏡写真