

非塑性シルトにおける繰返し載荷後の静的せん断挙動に及ぼす排水履歴の影響

茨城大学 学生会員 ○増田拓哉
 茨城大学 フェロー会員 安原一哉
 正会員 村上 哲 小峯秀雄

1.はじめに

既往の研究において模型シルト地盤において地盤に外力が作用し液状化した結果、側方流動などの地盤の変形が見られた¹⁾。さらにはこの地盤の変形はシルトの透水性が悪いことから、過剰間隙水圧の高い状態がしばらく続くことによる時間的な遅れが生じ、変形が長時間にわたり続くことが確認されている。液状化後の地盤の変形は、地震によって過剰間隙水圧が発生し、地盤の剛性が低下することによる変形と、地震により発生した過剰間隙水圧が液状化後、消散することによる圧密沈下から成り立っている。よって、本研究では、液状化後のシルト地盤挙動の解明のため、液状化後に過剰間隙水圧が消散した場合の静的せん断特性を三軸試験により調べた。

2.実験の概要

1)供試体作製

本研究では非塑性シルトであるDLクレイを用いて試験を行った。DLクレイの物性と供試体の条件は表-1のとおりである。均一な供試体になるように締固め法により1層を1.25cmとして8層にわけて作製した。

2)実験方法

本研究では3種類の状態において表-2に示す条件で静的せん断を行った。図-2に示すのは供試体の圧密、繰返し試験、排水のそれぞれの過程を間隙比 e と平均有効主応力で表したものであり、図中の○の条件で静的せん断を行った。この図が示すように、供試体を圧密した後、まず繰返し履歴を与えずに静的せん断試験(圧縮・伸張)を行い、これから得られたデータを基に比較を行った。次に液状化時の静的せん断特性を求めるため、非排水繰返し三軸試験により過剰間隙水圧比(u/p_c')が1.0に達するまで繰返し載荷を行い、供試体を液状化させる。その後繰返し載荷を終了し、しばらく放置した後に静的せん断(圧縮・伸張)を行った。そして本研究の目的でもある液状化した非塑性シルトの排水履歴による静的せん断挙動への影響を調べるため、まず繰返し載荷を与え、供試体を液状化($u/p_c'=1.0$)させる。その後過剰間隙水圧の変動が安定するまでしばらく放置し、時間を置いたら排水を許し、繰返し載荷により発生した過剰間隙水圧を消散させる。目標の過剰間隙水圧まで消散させた時点でコックを閉じ再び非排水状態にし、過剰間隙水圧の変動が安定するまで時間を置く。その後、静的せん断試験(圧縮・伸張)を行った。これらの実験により、静的せん断挙動に及ぼす排水履歴の影響を明らかにすることができる。

キーワード 液状化 非塑性シルト 排水履歴

連絡先 〒316-8511 茨城県日立市中成沢町 4-12-1 茨城大学工学部 TEL 0294(38)5174 FAX 0294(35)8146

表-1 実験条件

供試体条件		圧密条件	
試料	DLクレイ	圧密方法	等方圧密
供試体密度	1.171(g/cm ³)	圧密時間	載荷ごとに15分
供試体サイズ	φ5cm×10cm		
作成方法	締固め法		
繰返し三軸試験		静的三軸試験	
排水条件	非排水状態	排水条件	非排水状態
有効拘束圧	98(kPa)	有効拘束圧	98(kPa)
載荷周波数	0.1(Hz)	載荷方向	圧縮/伸張
載荷制御	応力制御	載荷制御	ひずみ制御
		載荷速度	0.05(%/min)

表-2 静的せん断試験前における供試体条件

試験番号	繰返し応力比R	繰返し後載荷方法	供試体の状態	間隙比 e 圧密後
1	-	圧縮	液状化前	0.937
2	-	伸張	液状化前	0.914
3	0.107	圧縮	液状化	0.918
4	0.103	伸張	液状化	0.918
5	0.102	圧縮	排水履歴	0.742
6	0.099	伸張	排水履歴	0.739

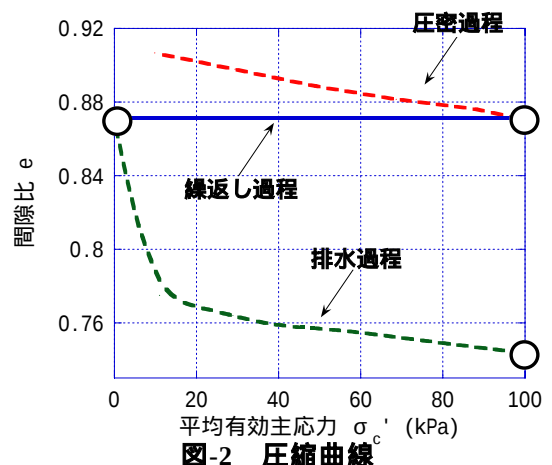


図-2 圧縮曲線

3. 液状化後の非塑性シルトの及ぼす排水履歴

歴の影響

1) 静的せん断強度に及ぼす排水履歴の影響：図-3, 図-4, 図-5 は繰返し載荷前, 液状化時, 液状化後に排水履歴を受けた供試体の静的せん断試験(圧縮・伸張)によって得られた軸差応力 - 軸ひずみ関係, 有効応力経路, 過剰間隙水圧比 - 軸ひずみ関係のグラフである。グラフ中の a, b, c はそれぞれ繰返し載荷前, 液状化時, 液状化後に排水履歴を受けた場合のプロットを示している。図-3 からは液状化前においては軸差応力がピークを迎えた後は急激に低下し, 脆性的な破壊をしている。液状化時には軸ひずみが増加しても, 軸差応力はほとんど発生せず, せん断に対して全く抵抗できない。この状態から排水により供試体内の過剰間隙水圧を消散させると, c のようにいったん軸差応力はピークを迎え, その後低下するが, 再び急激に上昇し始める。また液状化前とは異なり脆性的な破壊が起きないことがわかる。次に図-4, 図-5 からは液状化前においてせん断が進むと過剰間隙水圧が発生し, 有効応力は低下し原点に向かう挙動を示す。そして最終的には有効応力は 0, 過剰間隙水圧は 1.0 と液状化に至ってしまっている。液状化時にはせん断が進行しても, 液状化している状態が続くことがわかる。しかし排水履歴を受けることによりしばらくは液状化前と同じような挙動を示すが, 途中から有効応力は回復, 増加し, 過剰間隙水圧においては減少し始め終には負の過剰間隙水圧が発生し, ダイレートしていることがわかる。

4. まとめ

液状化した供試体に排水履歴を与えた後に静的せん断を行った結果, 液状化前, 液状化時の静的せん断の挙動とは異なる, 特徴的な結果となった。これは排水履歴により供試体内の土粒子骨格の構造が変化し, 密度の増加と共に供試体が強くなったためであると考えられるが, 一方では, 液状化後に排水履歴を受けた供試体の静的せん断初期における剛性は液状化前の剛性と同等か低下するといった結果が出ている²⁾。すなわち単純に骨格構造の変化だけが静的せん断特性変化の理由であるとは考えられず, 他の要因があると思われる。よってこれからの課題として, これらのメカニズムの解明が挙げられる。

参考文献

- 1) 大塚友樹・田岡憲太・安原一哉・小峯秀雄・村上哲：1 g 模型実験による傾斜非塑性シルト地盤の液状化と液状化後挙動, 第 39 回地盤工学研究発表会講演概要集, pp.1915 -1916, 2004
- 2) 増田拓哉・安原一哉・村上哲・小峯秀雄：非塑性シルトにおける繰返し載荷後の強度と剛性の回復に及ぼす排水履歴の影響, 第 40 回地盤工学研究発表会, 2005.(投稿中)

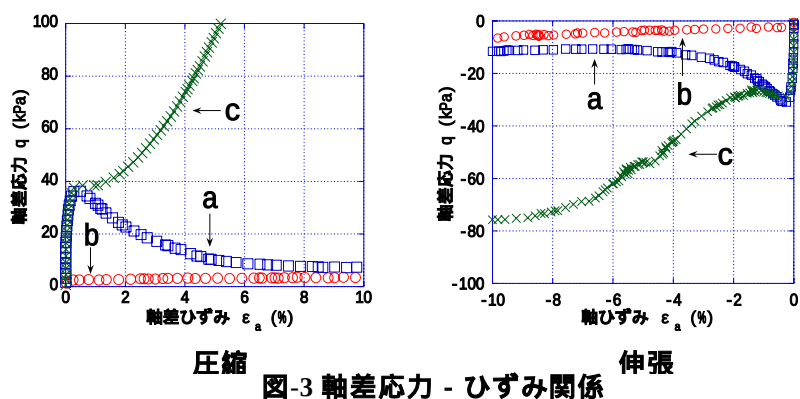


図-3 軸差応力 - ひずみ関係

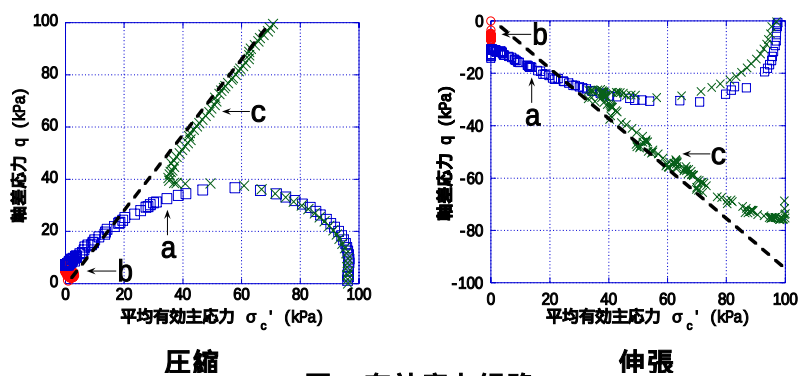


図-4 有効応力経路

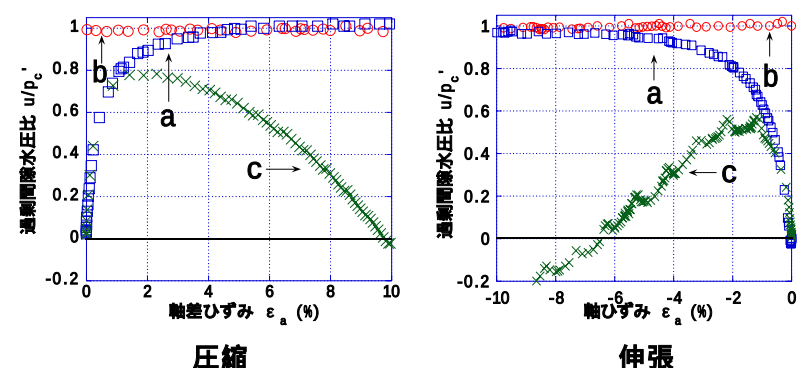


図-5 過剰間隙水圧比-軸ひずみ関係