

非排水繰返しせん断によって生じる鋭敏粘性土の乱れ

名古屋大学 学生会員 ○水上 孔太, 鈴木 彩華
 名古屋大学 正会員 中井 健太郎, 野田 利弘

1. はじめに

新潟地震やアラスカ地震で砂質土の液状化被害が注目されて以降, 砂質土の動的問題に関する力学試験データはかなり蓄積されてきたが, 粘性土は砂質土と比較すると十分ではない¹⁾. 粘性土は大きく乱されなければ, 比較的大きな剛性, 強度を有することが知られており, 地震被害が大きく発生する要因として考えられてこなかったためである. しかしながら, 過去の地震被害を精査していくと, 特に高含水比かつ鋭敏な粘性土地盤において, 地震中の支持力低下や地震後の長期継続沈下被害が見受けられており, 粘性土の乱れに関する議論が求められている. 本報では, 鋭敏な軟弱粘性土を用いた非排水繰返し三軸圧縮伸長試験を実施し, 繰返し载荷によって生じる乱れの影響を報告する.

2. 実験に用いた粘性土の基本的特徴

実験に用いた土試料の粒径加積曲線を図-1に, 物理特性を表-1に示す. 細粒分含有率がほぼ100%を占め, 高塑性な試料である. また, 液性指数 I_L は0.96と高く, 高含水比状態にある. 同一層内の土試料の鋭敏比 S_t は15.1~24.8, 圧縮指数比 C_c/C_{cr} は1.87~2.42とともに大きく, 盛土施工時等に長期沈下を引き起こす危険性が高い, 鋭敏で軟弱な粘性土であることがわかる²⁾. 図-2に不攪乱試料を用いた標準圧密試験結果を示す. 同図には自然含水比のまま捏ね繰返して作成した繰返し試料の圧縮線も同時に示している. 繰返し試料に対して, 不攪乱試料の圧縮線は嵩張った(同鉛直応力で比較すると大きな間隙比を有する)挙動を示し, 構造³⁾を有していることがわかる. 続いて, 図-3に軸ひずみ速度一定非排水三軸圧縮試験結果を示す. 軸ひずみ速度は0.006mm/min, 等方圧密圧力は土被り圧相当の170kPaとした. 有効応力パスを見ると, 塑性圧縮を伴う硬化(平均有効応力 p' の減少を伴う軸差応力 q の増加)に続いて塑性圧縮を伴う軟化(p' の減少を伴う q の減少)挙動を示しており, 典型的な構造を有する正規圧密/若干過圧密粘土のせん断挙動を示している.

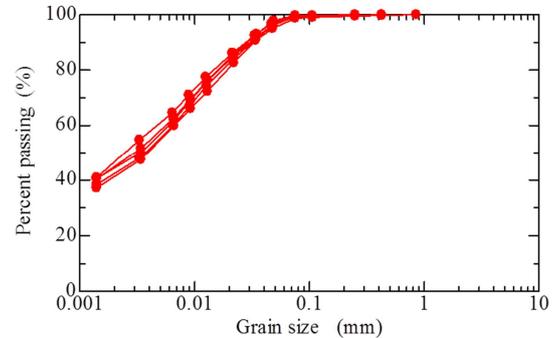


図-1 粒径加積曲線

表-1 物理特性

密度 ρ_s (g/cm ³)	2.70
液性限界 w_L (%)	70.6
塑性限界 w_p (%)	30.0
塑性指数 I_p	40.6
自然含水比 w_n (%)	67.6
液性指数 I_L	0.96

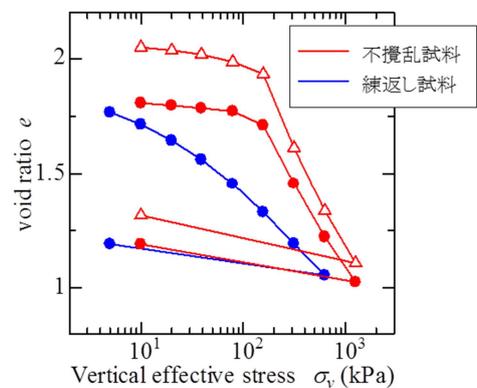


図-2 標準圧密試験

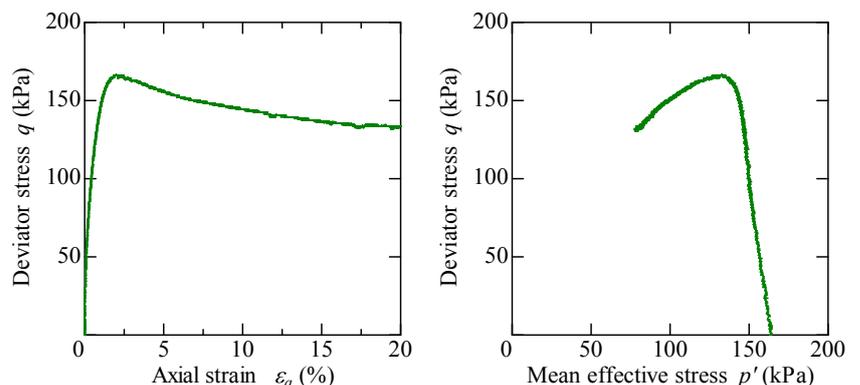


図-3 土被り圧相当の圧密圧力による非排水三軸圧縮試験

3. 実験結果と考察

3.1 ひずみ制御非排水繰返し三軸圧縮伸長試験

通常行われる応力制御による繰返し載荷試験の場合、繰返し回数の増加に伴って供試体中央部が徐々に括れてしまい、要素性を保ったまま、多数回の繰返し負荷を与えることができない。そこで本報では、ひずみ制御による繰返し載荷を行い、供試体が円柱形状を保つようにした。図-4に不攪乱試料を用いた非排水繰返し三軸圧縮伸長試験結果を示す。圧密圧力は 170kPa、載荷速度は 10mm/min である。変位振幅 2% で載荷方向を反転させ、100 回の繰返し履歴を与えた。有効応力パスを見ると、粘性土であっても繰返し回数の増加とともに $p'=60\text{kPa}$ (平均有効応力低下率 $\Delta p'/p_0'=0.65$) まで有効応力が減少する。応力～ひずみ関係を見ると、繰返しとともに、 q の最大値は次第に減少し、繰返し載荷によって剛性が徐々に低下している。

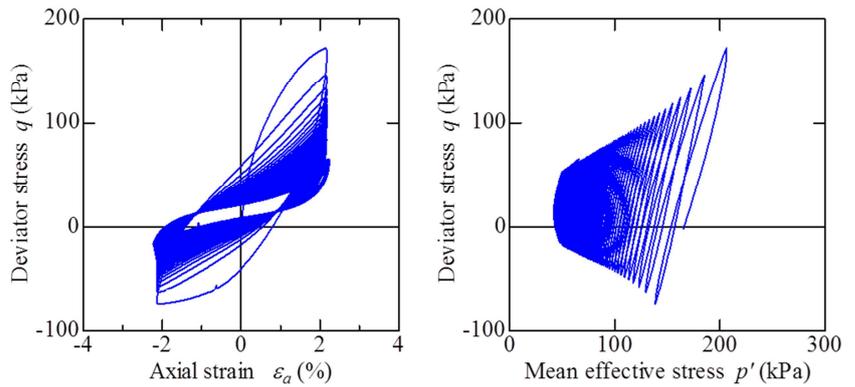
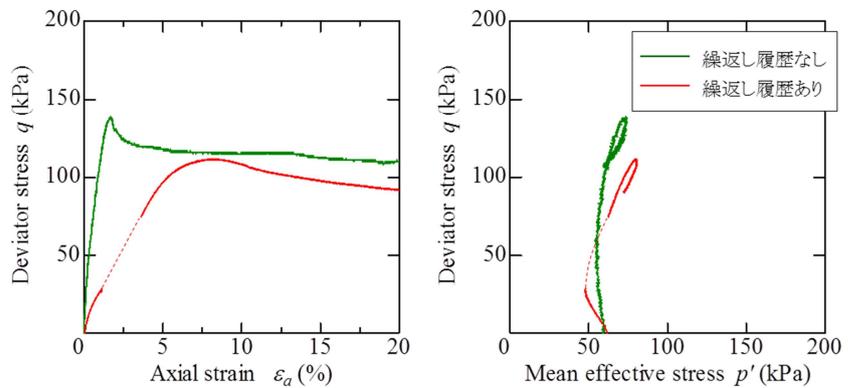


図-4 変位制御非排水繰返し三軸圧縮伸長試験



※ 破線部はデータ欠損に伴うハンドライティング

図-5 繰返し載荷履歴の有無に寄る非排水三軸圧縮試験

3.2 繰返し履歴の有無による非排水三軸圧縮試験

図-4 で示す非排水繰返し載荷を止めた後、非排水状態のまま約 1 日放置して過剰間隙水圧分布が安定した後、そのまま非排水三軸圧縮試験を実施した。軸ひずみ速度は 0.006mm/min である。試験結果を図-5 に示す。同図には、非排水繰返し載荷履歴を与えずに、同じ圧密圧力で等方圧密した供試体の非排水三軸圧縮試験結果も同時に示す。両試験結果ともに、塑性膨張を伴う硬化 (p' の増加を伴う q の増加) に続いて塑性圧縮を伴う軟化 (p' の減少を伴う q の減少) 挙動を示し、典型的な構造を有する過圧密粘土のせん断挙動を示している。間隙比に大差はないが、両者で比較すると非排水繰返し履歴を与えた試験結果の方が、初期剛性・非排水せん断強度ともに小さい。このことは、非排水繰返しせん断履歴によって土が乱されたことを意味する。

4. おわりに

鋭敏な軟弱粘性土を用いて、非排水繰返しせん断履歴の有無による非排水せん断挙動の比較を行ったところ、非排水繰返し履歴を与えた試験結果の方が、初期剛性・非排水せん断強度ともに小さくなることを示した。今後は非排水繰返しせん断履歴の与え方 (振幅、繰返し回数) の違いを検討するとともに、非鋭敏な粘性土でも同様の試験を行い、乱れの影響について検討していく。

参考文献 1) 粘性土の動的性質: 土と基礎, 1998 年 5 月～1999 年 4 月. 2) Inagaki, M. et.al. (2010): Proposal of a simple method for assessing the susceptibility of naturally deposited clay grounds..., Soils and Foundations, 50(1), 109-122. 3) Asaoka, A. et.al. (2002): An elasto-plastic description of two distinct volume change mechanisms of soils..., Soils and Foundations, 42(5), 47-57.