

大阪大学大学院 学生員○奥田和友
大阪大学大学院 正会員 小田和広
大阪大学大学院 正会員 鍋島康之
大阪大学大学院 正会員 松井 保
大阪大学大学院 学生員 金 榮錫

1. はじめに

近年、建設コストの削減の一環として、地盤調査の分野においても安価なコストで、かつ有用な力学情報を得ることのできる地盤調査方法の開発が不可欠とされている。このような観点から筆者らは、少量の試料からでも有用な力学情報を得ることのできるミニ三軸試験¹⁾を開発し、不攪乱粘土の力学挙動を解明してきた²⁾。本研究では、その一環として、神戸沖の不攪乱沖積粘土に対し、ひずみ経路制御ミニ三軸試験機³⁾による K_0 圧密非排水せん断試験を行い、その力学挙動の特徴について検討している。

2. ひずみ経路制御ミニ三軸試験による異方圧密

ひずみ経路制御試験とは、供試体の軸ひずみ (ϵ_a) と体積ひずみ (ϵ_v) の両方を直接制御し、それによって生じる応力や間隙水圧の変動を計測する力学試験である。図-1 はひずみ経路制御方式による異方圧密過程における応力および背圧とひずみの状態を示している。まず、等方有効応力 (σ'_i) が所定の値に保つように、セル圧 (σ_c) と背圧 (u_b) を供試体に作用させる。この初期状態から所定の軸ひずみ速度 ($\dot{\epsilon}_a$) と体積ひずみ速度 ($\dot{\epsilon}_v$) をそれぞれ载荷装置および体積変化装置 (DPVC) によって供試体に加える。これにより、 ϵ_a の増加に伴い σ_a が増加し、一方、 ϵ_v の増加に伴い u_b は減少する。本試験では、 σ_c を一定に保っているため、 u_b の減少は側方の有効応力 (σ'_c) の増加に転化される。また、軸方向の有効応力 (σ'_a) は、 σ_a と u_b の差として与えられる。

3. 試験試料および試験ケース

表-1は今回の試験に用いた神戸沖不攪乱沖積粘土およびその再構成粘土の物理・力学特性を示している。試料は深度21mの沖積層下部から採取されている。試料の液性限界は約80%以上、塑性指数は約50%以上であり、高塑性で高圧縮性の粘土であることがわかる。試験では ϵ_a と $\dot{\epsilon}_v$ をいずれ

も 0.01%/min とし、 ϵ_v が 20% に達するまで圧密を行った。

表-1 試験試料の物理・力学特性

試験ケース	土粒子密度	液性限界	塑性限界	塑性指数	含水比	自然間隙比	圧密降伏応力
	$\rho_s(\text{g/cm}^3)$	$W_L(\%)$	$W_P(\%)$	I_P	$W_n(\%)$	e_0	$P_y(\text{kPa})$
U100	2.72	79.3	29.9	49.4	70.8	1.93	137
D100	2.71	95.2	31	64.2	53	—	—

4. K_0 圧密挙動

図-2は、 ϵ_a と σ'_a の関係における段階载荷による圧密試験の結果と U100 における結果との比較を示している。圧密試験の結果は、U100 における ϵ_a と σ'_a の関係を示す曲線上に位置している。したがって、U100 は不攪乱試料の一次元圧密挙動を的確に再現しているものと考えられる。なお、圧密降伏応力付近での ϵ_a 、す

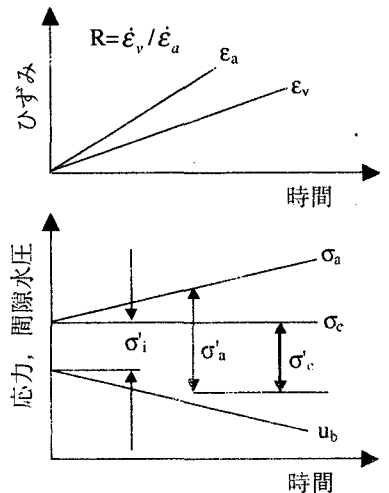


図-1 異方圧密過程における応力および背圧とひずみの関係

なわち ε_v は約3%であった。

図-3は、平均有効応力(p')と ε_v の関係を示している。 p' と ε_v の曲線の勾配について、D100では、 ε_v の増加とともに単調に大きくなるのに対し、U100では、 ε_v が約3%に達した時点、すなわち降伏した時点において一旦勾配が小さくなり、その後 ε_v の増加とともにその勾配が再び増加している。すなわち、圧密の初期における体積圧縮剛性は不攪乱粘土の方が再構成粘土よりも大きい、体積ひずみの増加に伴い、逆に再構成粘土の体積圧縮剛性が不攪乱粘土のそれよりも大きくなっている。

図-4は、異方圧密過程での主応力比($K=\sigma'_v/\sigma'_h$)と ε_v の関係を示している。両ケースにおける K と ε_v の関係はほぼ一致している。 K は ε_v が3%までに急減し、その後 ε_v の増加に関わらずほぼ一定値(約0.4)になっている。

5. 非排水せん断挙動

図-5は、非排水せん断過程での応力比(η)とせん断ひずみ(γ)の関係を示している。U100における η と γ の関係は、D100におけるそれよりも同一の γ において小さめの η を与える。また両ケースとも、 η は γ に対して単調に増加している。

図-6は、有効応力経路を示している。U100における K_0 圧密過程での有効応力経路は、D100におけるそれよりも圧密初期では上側に、 p' が100kPa以降では下側に位置している。また、非排水せん断過程の応力経路もU100とD100とは一致していない。

6. まとめ

本研究における主な知見をまとめると、①ひずみ経路制御方式による K_0 圧密試験は、粘土の一次元圧縮挙動を再現できる。②不攪乱粘土の体積圧縮剛性は圧密途中で一旦劣化し、その後、再び増加に転じる。③不攪乱粘土における主応力比と体積ひずみの関係および応力比とせん断ひずみの関係は、再構成粘土のそれらとそれぞれほぼ一致する。

7. 参考文献

- 1) Matsui, T., Oda, K. and Nabeshima, Y. (1993): Development of mini-triaxial compression apparatus, Proc. of 11th SEAGC, pp.171-176.
- 2) Matsui, T., Oda, K. and Nabeshima, Y. (1995): Applicability of mini-triaxial test for undisturbed clay, Proc. of 10th ARCSMF, pp.37-40.
- 3) Matsui, T., Oda, K. and Nabeshima, Y. (1999): Development of strain path controlled mini-triaxial apparatus and strain path dependent behavior of clay, Proc. 11th ARCSMF, pp.121-124.

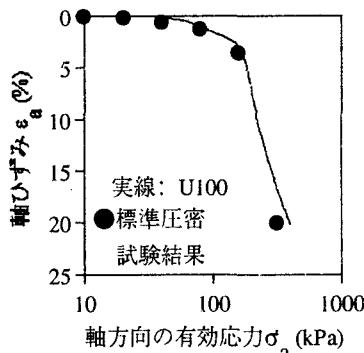


図-2 標準圧密試験とひずみ経路制御ミニ三軸試験における軸ひずみと軸方向の有効応力の関係の比較

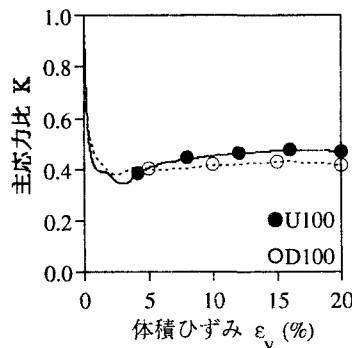


図-4 主応力比と体積ひずみの関係

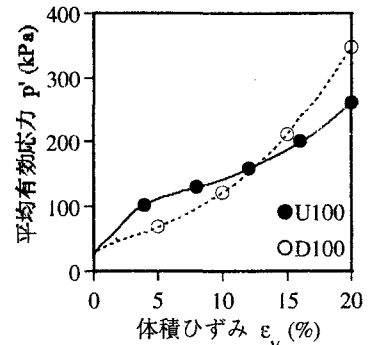


図-3 平均有効応力と体積ひずみの関係

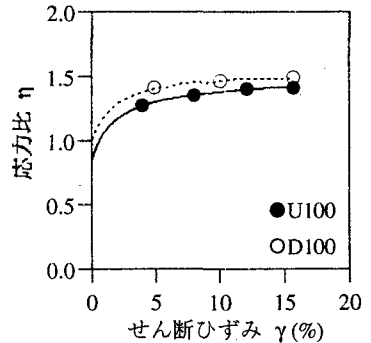


図-5 応力比とせん断ひずみの関係

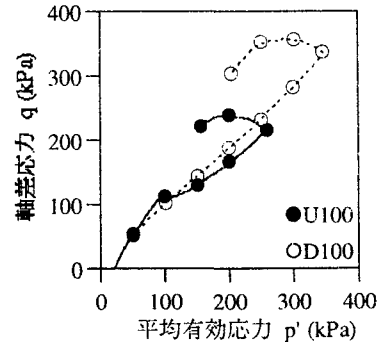


図-6 有効応力経路