

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○奥村安史

1. はじめに

3軸試験機を用いて粘土の K_0 圧密試験を行う場合、供試体の軸ひずみ(ϵ_a)と体積ひずみ(ϵ_v)一致するように、軸方向の鉛直応力(σ_a)またはセル圧(σ_c)、もしくはその両方を制御する方法がよく用いられる。ただし、透水性の低い粘土の場合、圧力変動に対してひずみの変化が瞬時に生じないので、 K_0 条件を満足させるためには、高度な計測・制御のフィードバックシステムが必要となる。一方、筆者らが開発してきたひずみ経路制御ミニ3軸試験^{1) 2)}では、供試体の ϵ_a と ϵ_v の両方を直接制御するので、 K_0 条件($\epsilon_a=\epsilon_v$)を満足させるための複雑なフィードバックシステムを必要としない。本研究では、ひずみ経路制御ミニ3軸試験機を用い、再構成粘土の K_0 圧密非排水圧縮試験を行い、その適用性を確認するものである。

2. ひずみ経路制御方式による K_0 圧密試験

ひずみ経路制御試験とは、供試体の ϵ_a と 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の K_0 圧密試験におけるひずみと応力の状態を示している。まず、等方有効応力(σ'_i)が所定の値に保たれるように、 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速度の軸変位と体積変化をそれぞれ载荷装置および体積変化制御装置(DPVC)によって供試体に加える。これにより、供試体には ϵ_a と ϵ_v が生じる。 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、圧密が進む。なお、ひずみ経路制御ミニ3軸試験機の詳細については参考文献1) 2)を参照していただきたい。

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市販のカオリン粘土の物理特性を示している。この粘土を液性限界の約1.5倍の含水比で十分に練返した後、大型土槽において98.0kPaの圧力で圧密し、試験試料を作成した。

表-2は試験ケースを示している。 K_0 条件を満足させるため、体積ひずみ速度($\dot{\epsilon}_v$)と軸ひずみ速度($\dot{\epsilon}_a$)は一致させている。圧密は ϵ_v が約14%に達するまで行った。その後、直ちに非排水圧縮試験を実施した。なお、本試験機では、DPVCを停止することにより、圧密過程から非排水せん断過程への切り替えを瞬時に行うことができる。

4. 試験結果と考察

図-2は K_0 圧密過程における応力および背圧とひずみの関係を示している。軸差応力(q)と平均有効主応力(p')はひずみの増加とともに単調に増加し、一方、背圧は単調に減少して

表-1 試料の物理特性

ρ_s (g/cm ³)	2.632
LL (%)	101.4
PL (%)	34.3
PI	67.1

表-2 試験ケース

σ'_i (kPa)	u_b (kPa)	σ_c (kPa)	$\dot{\epsilon}_a$ (%/min)	$\dot{\epsilon}_v$ (%/min)	ϵ_v (%)
19.6	490.5	510.1	0.03	0.03	14.08

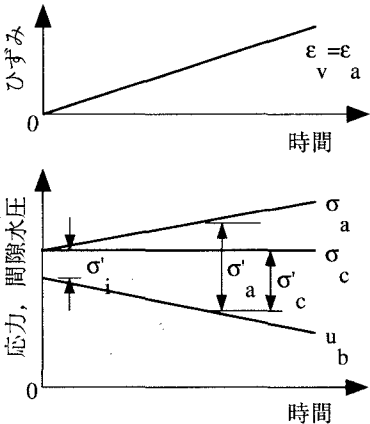


図-1 K_0 圧密過程における応力および背圧とひずみの状態

いる。

図-3は K_0 圧密過程における主応力比(σ'_3/σ'_1)と ϵ_v の関係を示している。初期状態は等方状態であるため、 σ'_3/σ'_1 は1.0である。 ϵ_v の増加とともに、 σ'_3/σ'_1 は減少するが、 ϵ_v が約2.0%以上に達するとほぼ一定になっている。この σ'_3/σ'_1 値、すなわち K_0 値は0.5である。ところで、予備実験から、この粘土試料の内部摩擦角は $\phi' = 31.1^\circ$ であり、この内部摩擦角をJakyおよびBrookerの式に代入することによって得られる K_0 値はそれぞれ0.48と0.43である。したがって、

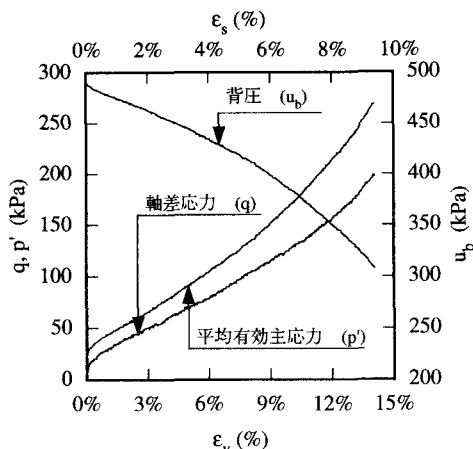


図-2 応力および背圧とひずみの関係 (K_0 圧密過程)

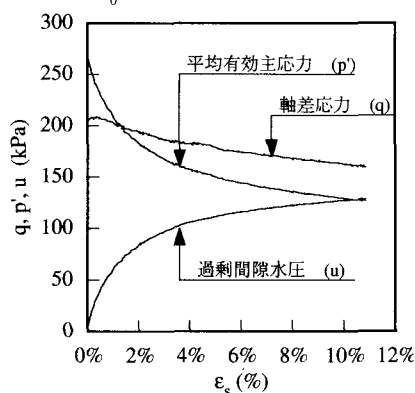


図-4 応力および背圧とひずみの関係 (非排水圧縮過程)

で、上記の実測 K_0 値はJakyの式によって得られる値とほぼ等しい。

図-4は非排水圧縮過程における応力および背圧とひずみの関係を示している。 q はひずみの増加とともに単調に減少しており、ひずみ軟化挙動を示している。また、過剰間隙水圧(u)はひずみの増加とともに単調に増加し、逆に p' は単調に減少している。

図-5は有効応力経路を示している。図中には、予備試験として行われた等方圧密非排水圧縮試験における有効応力経路も併せて示している。 K_0 圧密過程における有効応力経路は、初期の部分を除きほぼ直線状になっており、その延長線はほぼ原点を通過する。また、非排水圧縮過程では、最終的に応力経路は予備試験の結果から得られた限界状態線に達している。

5. まとめ

本研究では、ひずみ経路制御ミニ3軸試験機による粘土の K_0 圧密非排水圧縮試験への適用性について確認した。なお、本研究は科学研究費補助金 奨励研究A(課題番号:10750377)によって行われた。

6. 参考文献

- 1) Nabeshima, Y., Oda, K. and Matsui, T. (1999) : Performance of mini-triaxial test and its practical applications to soil investigation, Int. Jour. Offshore & Polar Eng., vol. 9, No. 2, pp. 105-111., 2) 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.

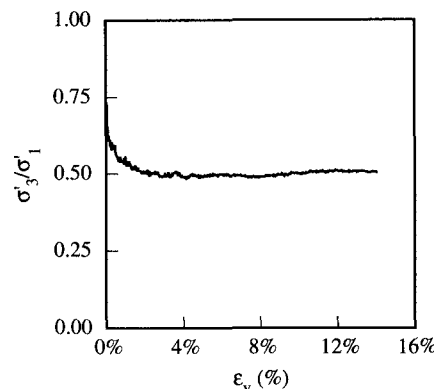


図-3 主応力比と体積ひずみの関係 (K_0 圧密過程)

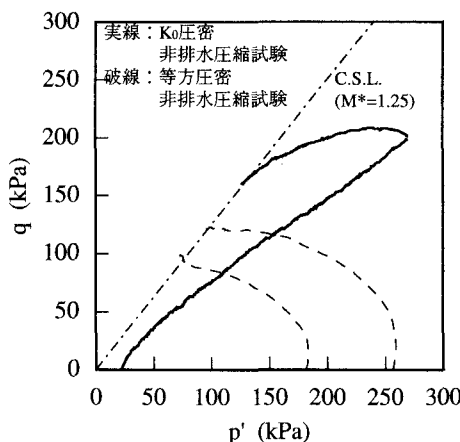


図-5 有効応力経路