

三軸試験機による長期 K_0 圧密試験方法に関する研究

北海道大学大学院 学生員 黒澤 亮一
北海道大学工学部 正員 三田地 利之

1. はじめに

粘土を長期間圧密していくと、排水クリープ等により、有効応力一定のまま間隙比のみが減少し擬似的な過圧密状態になることはよく知られている。本研究では、長期圧密粘土が擬似的な過圧密状態になっていることに着目し、長期圧密粘土と過圧密粘土の K_0 値や圧密後の非排水せん断挙動などを、最近の試験技術レベルのもとに三軸試験機を用いて K_0 圧密・膨張非排水せん断試験を行うことにより比較検討した。また、長期 K_0 圧密試験を行う際に生じる問題（実験室内の温度変化が K_0 値に与える影響）についても考察を加える。

2. 実験装置および試料

2.1 実験装置

三軸試験機(図-1)とパーソナルコンピュータを用いて、 K_0 圧密を行った。なお、本研究では圧密が長期間におよぶため圧密期間中にセル内の空気がセル水、メンブレンを透過して供試体内に混入し、測定される排水量に影響を及ぼすことを防ぐため、三軸セル内を脱気水で満たし補助セル内にシリコンオイルによる遮断層を設けてある。また、圧密時間短縮のため、供試体周囲にスリット状のろ紙を使用しているが、圧力の増減に基づくる紙の圧縮・膨張による排水量の補正¹⁾²⁾を行っている。

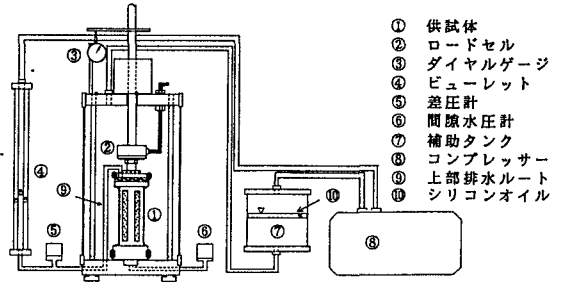


図-1 三軸試験装置図

2.2 試料・供試体

試料はNSF粘土・笠岡粘土の二種類の再構成粘土を用いた。各試料の物性値・圧密定数を表-1に示す。

表-1 試料の物性値

Sample	W _L (%)	I _p	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	ρ_s (g/cm ³)	C _c	C _s	C _a (×10 ⁻³)
NSF-Clay	55	26	0	1	99	2.78	0.34	0.051	5.7
Kasaoka	62	25	18	37	45	2.77	0.41	0.038	4.9

3. 実験

K_0 圧密の制御方法は、排水による体積変化量と軸変位量より側方ひずみを計算し、側方ひずみが±0.01%以下に収まるように、コンピュータによって応力の自動制御を行った。実験条件を表-2に示す。

表-2 実験条件

Sample	Test type	time (min.)		σ'_{vc} (kPa)	OCR (QOCR)
		con	swell		
NSF-NC	K_0C	1700	—	300	1.0
NSF-LC	K_0LC	50000	—	300	1.1
NSF-OC	K_0CK_0R	2135	240	330→300	1.1
KS-NC	K_0C	2871	—	200	1.0
KS-LC	K_0LC	41300	—	200	1.1
KS-OC	K_0CK_0R	3250	160	220→200	1.1

K_0C : K_0 圧密試験
 K_0LC : 長期 K_0 圧密試験
 K_0CK_0R : K_0 圧密・ K_0 膨張試験
 con: 圧密時間, swell: 膨張時間
 OCR: 過圧密比, QOCR: 擬似過圧密比

<擬似過圧密比>

図-2の圧縮曲線において、経路(a)のように長期圧密された粘土と、経路(b)のように圧密応力 σ'_{vc} より大きな圧密応力 σ'_{qvc} まで圧密後 σ'_{vc} まで膨張させた過圧密粘土とは、同じ間隙比 e を持つ。これより、擬似過圧密比¹⁾を $QOCR = \sigma'_{qvc} / \sigma'_{vc}$ と定義する。

4. 実験結果と考察

4.1 温度変化が K_0 値に及ぼす影響

以前から実験室内の温度変化が二次圧密中の K_0 値に影響を与える可能性¹⁾が示唆されているが、温度変化と K_0 値の関係の解明はなされていない。図-3, 4は長期 K_0 圧密粘土の二次圧密中の K_0 値と温度の関係である。 K_0 値は、室温の上昇に伴い減少し、室温の降下により増加している。なお、本研究では実験室内を恒温室(21±1℃)とし、また試験機を断熱材で覆うなどし、温度変化の影響を極力受

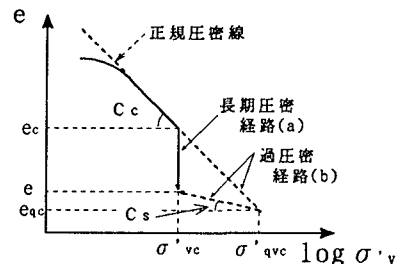


図-2 圧縮曲線

けぬよう対策を施してあるが、この程度の温度変化でも、 K_0 値が0.05程度変化しており、二次圧密の進行に伴う K_0 値の変化の様子を調べていくためには、かなり厳しい実験室内の温度管理が必要である。

4.2 二次圧密中の K_0 値の変化

図-5, 6は長期 K_0 圧密中の圧密時間の経過に伴う K_0 値の変化の様子である。NSF粘土・笠岡粘土とも温度変化の影響を受け増減しているのがわかる。表-3は、各実験の K_0 値についてまとめたものである。図-5, 6および表-3より長期圧密粘土の K_0 値が3t点より若干増加し増加傾向を示しているが、温度変化による K_0 値の変化を考えると、二次圧密の進行による K_0 値の変化はほとんどないと考えられる。

表-3 各実験の K_0 値

	OCR (QOCR)		K_0		e
	NC	LC	NC	LC	
NSF-NC	1.0	0.55	—	—	1.199
NSF-LC	1.1	0.56	0.58	—	1.176
NSF-OC	1.1	0.57	—	0.59	1.176
KS-NC	1.0	0.50	—	—	0.873
KS-LC	1.1	0.51	0.52	—	0.868
KS-OC	1.1	0.50	—	0.56	0.867

4.3 長期圧密粘土と過圧密粘土の非排水せん断挙動

図-7は軸差応力 $q \sim$ ひずみ ϵ_v 関係である。長期圧密粘土、過圧密粘土とも正規圧密粘土に比べ最大軸差応力が増加し強度が大きくなっているが、長期圧密粘土について、特に笠岡粘土には過圧密粘土に見られない軸差応力のピークが顕著に見られた。これらは、長期圧密により土粒子間に構造が発達したためと考えられる。

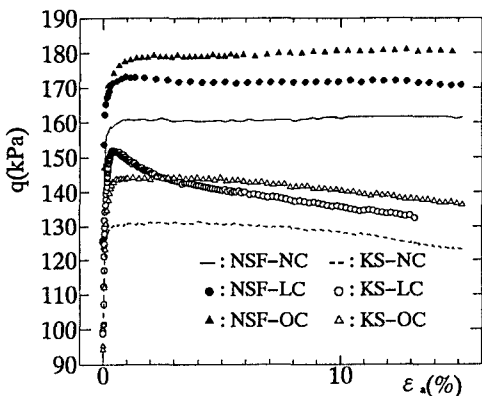


図-7 応力 \sim ひずみ関係(NSF粘土・笠岡粘土)

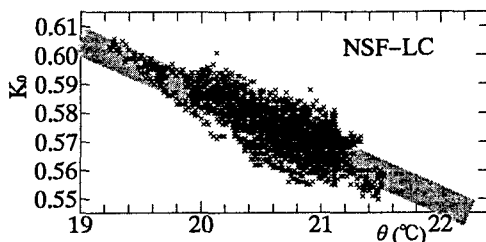


図-3 K_0 値と温度の関係(NSF粘土)

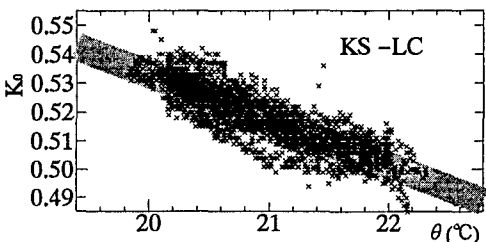


図-4 K_0 値と温度の関係(笠岡粘土)

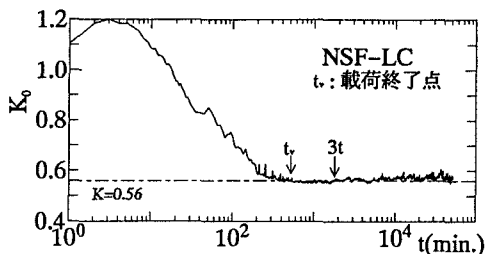


図-5 長期圧密中の K_0 値の変化(NSF粘土)

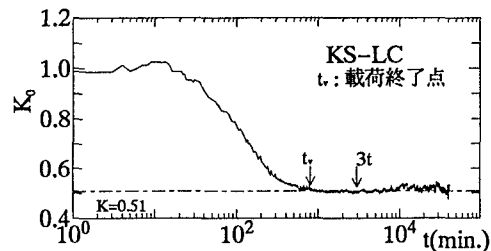


図-6 長期圧密中の K_0 値の変化(笠岡粘土)

5. まとめ

今回の研究において、 K_0 値の変化が、実験室の $\pm 1^\circ\text{C}$ 程度の温度変化によって試験機が影響を受けていることによるのか粘土の特性が表れたことによるのかまでは調べることができなかった。しかしながら、二次圧密中、わずかな温度変化でも K_0 値は変化しており、三軸試験機を用いて長期 K_0 圧密試験を行う際には、実験室の高精度な温度管理が必要不可欠である。

温度変化の影響を考慮した上で、NSF粘土・笠岡粘土の実験結果についてまとめると、二次圧密中の K_0 値は、ほとんど変化しないと考えられる。また長期圧密粘土と過圧密粘土を比較する際、室内における約1ヶ月程度の長期圧密においても構造の発達という要因が加わるため長期圧密粘土と過圧密粘土とを間隙比のみで評価することはできない。

参考文献：1)小田(1992):長期圧密粘土の力学的挙動に関する研究,北海道大学博士論文, 2)橋詰(1995):自動制御による粘性土の三軸試験方法に関する研究, 3)森脇・藤井・網干(1988):飽和粘土の K_0 値に関する実験的研究,土質工学会論文報告集, vol128, No. 2, pp205~215, 4)赤井・佐野(1985):二次圧密における粘性土の状態変化,土木学会論文集, No. 364/II-4, pp. 123~131