

京都大学工学部 正会員 赤井 浩一
同 同 佐野 郁雄

1. 序 一次元圧密 (K_0 圧密) 状態で正規圧密粘土がうける応力 (全応力と有効応力) の変化に関して, 一次圧密期間中は鉛直方向の全応力 $\sigma_v = \text{一定}$, 水平方向の全応力 σ_h が時間的に減少し, 間隙水圧の減少とともに有効応力は鉛直, 水平両方向とも増加して, その比 $K_0^{NC} = \sigma_h' / \sigma_v'$ は常に一定の静止土圧係数となり, 従つて有効応力径路は $p \sim q$ 面上で原点を通る K_0^{NC} 線となることが知られている。一方, 二次圧密期間中の応力変化については定説がなく, Schmertmann¹⁾ はこの問題について欧米の研究者や実務家に見解を求めたところ, 表-1 のような結果となつたことを最近発表している。すなわち, 二次圧密中に $\sigma_h' (= \sigma_h)$ 従つて K_0 値が増大するという回答が $1/2$, 不変とするものが約 $1/4$, 残りは減少または判らないとするものが半々であつた。筆者らは, 前報²⁾ においてこの種の問題を扱つたが, ここに改めて正規圧密粘土の二次圧密における状態変化について検討を行うことにする。

2. K_0 二次圧密における制約条件

表 - 1

Categories (1)	Number of Responses				
	Increase (2)	Same (3)	Decrease (4)	Don't know (5)	Total (6)
Written	11	8	2	2	23
Verbal	5	1	2	1	9
	16	9	4	3	32
USA	11	3	4	2	20
Canada	2	4	0	0	6
Europe	3	2	0	1	6
Research/teaching	11	6	2	1	20
Consulting/practice	5	3	2	2	12
Estimated age > 50	9	6	2	1	18
Estimated age ≤ 50	7	3	2	2	14

状態限界面 (SBS) を用いた理論的考察³⁾ の結果,

遅延圧密土 (QOO) が二次圧密開始点 B (図-1 参照) からたどる空間的な径路を描くには, $e \sim p$ 軸のほか新たに σ_v' 軸を導入し, (b) の $e \sim \sigma_v'$ 面上で二次圧密期間中の径路 B_2D_2 が e 軸に平行になるという過程を利用することが必要であることを述べた。つまり図-1 (a) において, $e \sim p$ 面に垂直な直角三角形 e_bB_2G およびこれと $\Delta e = e_b - e_d$ だけ離れた全く同じ三角形 e_dD_2H の辺 B_2G , D_2H が作る 1 つの斜面 (これを aging 面 [AP] とよぶ) 上を, SBS 上の B 点から出発して e が減少する向きに SBS の内部を移動することになる。これが K_0 二次圧密における第 1 の制約条件であつて, [AP] 上を移動する限り $\sigma_v' = \text{一定}$ という条件は保持されている。次に第 2 の制約は K_0 条件であり, 前報²⁾ で詳述したように, これは偏差ひずみ ϵ が常に体積ひずみ v (K_0 状態ではこれは軸ひずみ ϵ_v に等しい) の $2/3$ 倍であることを要求するものである。結局, 第 1 の応力に関する制約と第 2 のひずみに関する制約の両者によつて, K_0 二次圧密における状態径路が規定されることになる。

3. 二次圧密における状態変化

まず, 二次圧密期間中 p , q とも不変 (σ_v' , σ_h' とも不変, 従つて $K_0^{QOO} = \text{一定}$ と同義) と仮定すれば,

- 1) $p = \text{一定}$ により, 平均ひずみ $V_3 = 0$ 。 2) $q = \text{一定}$ だが, クリープにより時間遅れのある偏差ひずみ $\epsilon(t)$ が発生する。 3) 同じく $q = \text{一定}$ だが, ダイレイタンスーにより時間遅れのある平均ひずみ $v(t)/3$ が発生する。

上述の第 2 の制約条件により, 両者の比はあらゆる時点で $\epsilon(t) : v(t)/3 = 2 : 1$ でなければならない。もし, 後者

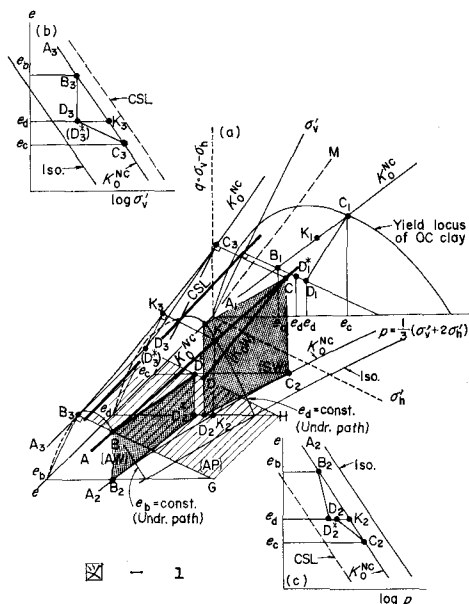


図 - 1

3)の方が前者2)の $\frac{1}{2}$ 倍より小さければ、 p が増加して(第1の制約条件により同時に q は減少するが)これを補わねばならない。逆に、3)の方が2)の $\frac{1}{2}$ 倍より大きければ、 p が減少して(q が増加)これを補う。結論として、二次圧密期間中 K_0 値の増大・不変・減少という3つのケースが起こりうる。その中のどれが現実を生ずるかは、粘土の土性としてのクリープ特性とダイレイタンス特性の優劣によって決まることになる。

4. 飽和粘性土の長期圧密試験

図-2はカオリン粘土試料 ($LL=89.3\%$, $PI=57.6\%$)の長期圧密試験における軸ひずみと側圧の変化を示したものである。後者の記録をとるために、実験には K_0 圧密三軸試験装置を用い、一定の軸圧下(図の例では $\sigma_v = 1.4 \rightarrow 3.0 \text{ kgf/cm}^2$)で供試体(直径50mm, 高さ100mm)の側方ひずみを生じさせないように制御された側圧を計測している。

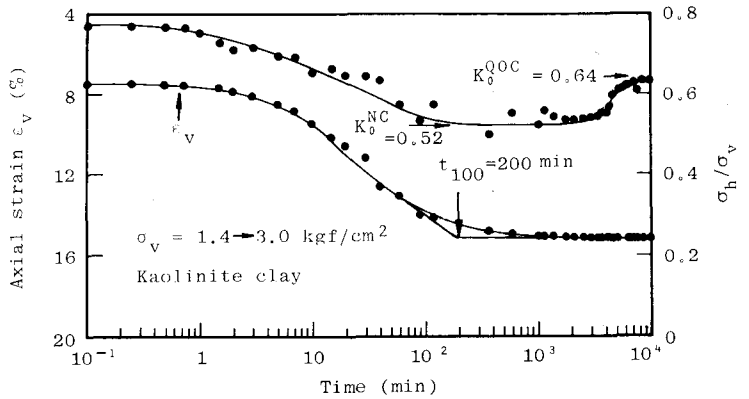


図 - 2

図によると、二次圧密期間中に静止土圧係数は著しく増加し、一次圧密期間中の $K_0^{NC} = 0.52$ から1週間後には $K_0^{QOC} = 0.64$ (別のシリーズの実験で23日後に $K_0^{QOC} = 0.66$) に達する。これより、実験に用いたカオリン粘土ではクリープの効果の方がダイレイタンスより大きいので、二次圧密期間中に p が増加 (σ_h の増加と同義) して先述のひずみに関する制約条件を満足したことが知られる。このような二次圧密における状態変化は、走査型電子顕微鏡 (SEM) を用いた粘土粒子ベツドの構造と配向の解析からも裏づけられている。⁴⁾

5. 二次圧密状態からの K_0 載荷

図-3は図-2に示した長期圧密試料に K_0 載荷を行つたときの有効応力経路(a)と $e \sim \log \sigma_v'$ 曲線(b)を示す。SBS内に入つた擬似過圧密状態での粘性土の挙動を調べるために、鉛直応力の増分は 0.2 kgf/cm^2 と小さくした。

aging直後(D*点)の載荷においてlocking応答が見られ、有効応力経路の出発点と最終点の p はほとんど相等しい。また、 K_0 状態という完全拘

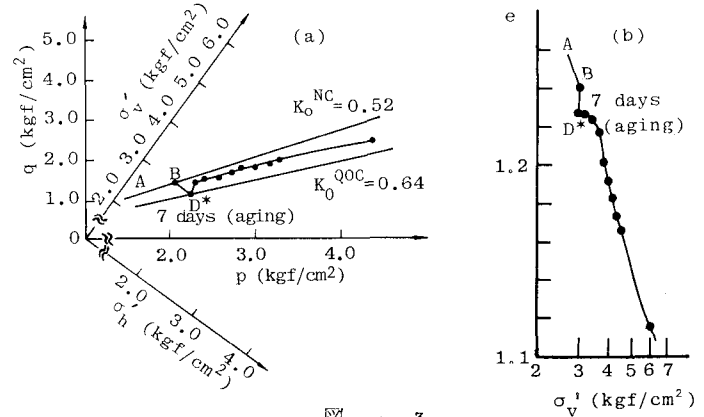


図 - 3

束条件があるため、偏差ひずみ ϵ も軸ひずみ ϵ_v (=体積ひずみ v) もほとんど発生せず、従つて e の減少も少ない。間隙水圧 u は載荷時(非排水状態)に $B=1$ に相当するものが発生しているが、その直後にほとんど消滅してしまう。この u の減少は側圧(全応力)の減少によるものであつて、供試体からの排水(圧密)とは無関係である。順次微小載荷を続けていくときの有効応力経路は K_0^{NC} 線に近づくが、この実験ではそれより少し K_0 値の大きい値に落着く。

実験に際し、本学大学院学生 石黒 健、松田道雄両君の助力を得たことに対して謝意を表する。

参考文献 1) Schmertmann: Proc. ASCE, 109, GT-1, 1983, p.119

2) 赤井・佐野・小西: 土木学会第37回年次学術講演会講演概要集, ■-93, 1982, p.185

3) 赤井・佐野: 土木学会論文報告集, 316, 1981, p.167

4) 嘉門・金剛: 土木学会第38回年次学術講演会講演概要集, 1983