

東大工学部 正 島昭治郎

○太田香樹

## 1. はじめに.

粘土の力学的挙動を記述するのための一つの試みとして、state surface と swelling wall の概念を組み合わせたモデルを、二三年前に作成してきた。理論の基本的な仮定として、粘土が時間依存性のない非線型弾塑性材料である、すなわち変形増加や応力増加がさめぬとゆっくり予えられ、クリープやレラフゼーションが起らないような場合だけととりあつかう、ということになっているため、実験に要する時間が多大となり、今まで報告できなかったが、一応いくつかの実験結果を得たのでまとめて報告する。結論からいえば理論的予測と実験結果との一致は必ずしも良好ではない。このことは、単に実験装置や測定精度の不完全さだけにその責任を押しつけることが出来得ないと感じさせる。

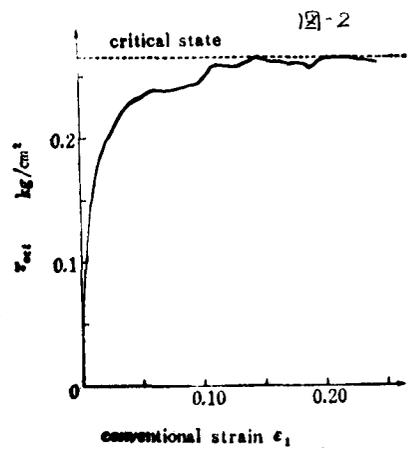
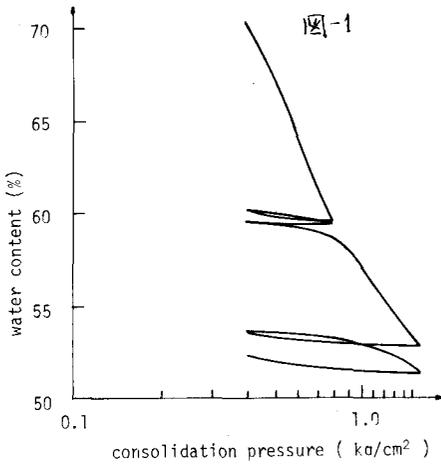
## 2. 土質定数の決定

モデルに必要な土質定数は  $\lambda$ ,  $\kappa$ ,  $\mu$  の三つである。 $\lambda$  と  $\kappa$  は正規圧密曲線と膨潤曲線の  $e-\ln \sigma'_v$  図上での傾きで、圧縮指数と膨潤指数とに対応する。 $\mu$  はダイレイタンスの強さを表わす指数で、正規圧密粘土を  $\sigma'_v$  一定の条件でせん断したときの  $T_{0.1}$  一体積変化直線関係の比例定数である。これらの三つの土質定数が与えられれば、たとえば critical state に達したときの  $T_{0.1}/\sigma'_v$  の値 (中に相当)、非排水せん断時の有効応力径路、排水せん断時の応力-一体積変化関係、非排水、排水せん断時の応力-ひずみ関係、 $K_0$ -値、その他のかなり広範囲な理論値が算出される。このように算出された理論値と実験値とを比較して逆に入、 $\lambda$ ,  $\kappa$ ,  $\mu$  の三つの定数を算出することも理論上は等価であるから、土質定数の決定は、考えうる多くの実験値の中で最も安定した精度を持つことが期待されるものを利用するのが妥当であろう。変形や体積変化に関する実験値は、3軸試験供試体内のいすみの不均一性が著しいから、よい精度を期待し難い。一次元圧密試験による  $\lambda$ ,  $\kappa$  の測定は試験時間などにあまり影響されないとされているから直接これらを測定するのが妥当と思われる。 $\mu$  の直接的な測定は平均有効主応力一定試験によって得られるが、厳密な精度を期待することは無理であろう。これに反して、正規粘土が critical state に達したときの  $T_{0.1}/\sigma'_v$  の値、すなわち中に相当する値は従来のデータから見ても、きわめて安定した値である。排水せん断による中の値は、critical state に達するときの軸差ひずみが大きいので不正確になるが、非排水せん断による中の値が適当であるように感じられる。そこで土質定数の決定は、標準圧密試験機と非排水3軸試験機によって求めることにした。

## 3. 大阪梅田粘土

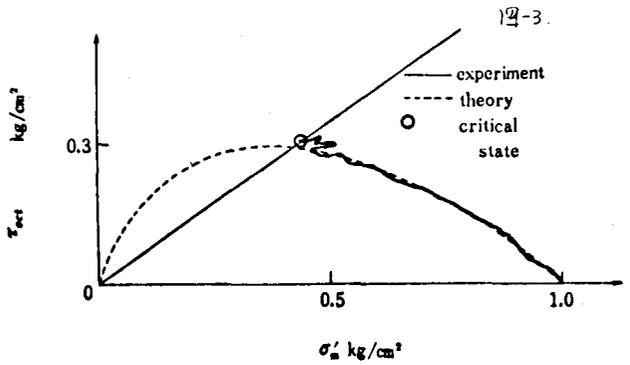
実験に用いた粘土は昭和43年に大阪の梅田で採取された海成粘土で貝化石を多く含んでいる。物理試験によると、 $LL=69\%$ ,  $PL=33\%$ ,  $2\mu$  以下の粒子25%, Activity 1.27, 比重2.64である。これを含水比200%以上にし、 $0.074\text{ mm}$  以下の通過させ、粗粒子と貝殻を除去した。完全な飽和

度を期待するために  
 そのまま2ヶ月間  
 自重圧密させ、その  
 後  $0.3 \text{ kg/cm}^2$  で圧密し  
 た。このようにして  
 作成した試料を油の  
 中で数ヶ月養生し、  
 実験に利用した。  
 このときの含水比は  
 88%であった。

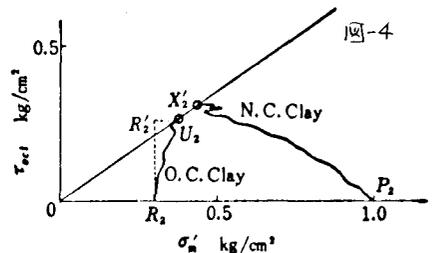


#### 4. 実験結果とその考察

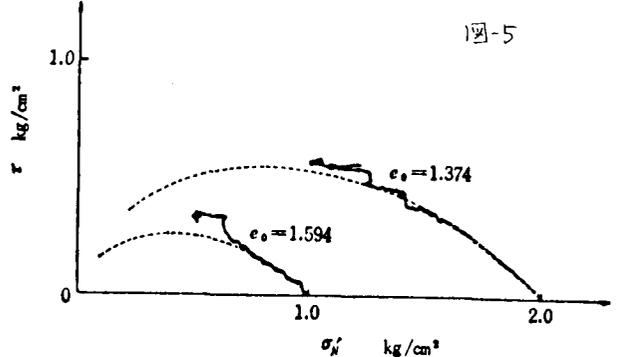
圧密試験結果が図-1に示されている。  
 これによれば圧密圧力  $1.0 \text{ kg/cm}^2$  と  $1.3 \text{ kg/cm}^2$   
 に対応する入りがそれぞれ  $0.25, 0.23$   
 である。これは圧密圧力によらずほぼ  $0.03$   
 である。正規圧密された粘土試料(圧密  
 中、せん断中を通じてセル圧は  $1.00 \text{ kg/cm}^2$   
 $\pm 0.03 \text{ kg/cm}^2$ 、圧密前の含水比  $88.34\%$ )  
 の試験結果が図-2, 3に示されている。



圧密時間5日、圧密後の間げき比  $e_0 = 1.594$  で、ひずみ速さは  
 $4.40 \times 10^{-4} \text{ mm/min}$ 。(試料径  $35 \text{ mm}$ 、高さ  $80 \text{ mm}$ )、せん断  
 時間は約20日である。フリクションをできるだけ除去するため  
 に試料の上下にシリコンオイルをぬったゴム膜をつけ、  
 ポーラスストーンは、空気のためが除去されにくいので使用  
 せず、パDESTALの上にと紙を貼りつける



にとどめた。バックプレッシャーは  $1.0 \text{ kg/cm}^2$   
 作用させた。図-2から critical state を決定した。  
 これによれば  $\tau_{crit}/\sigma'_n$  は  $0.71$  であ  
 った。計算では  $(\tau_{crit}/\sigma'_n)_{crit} = (\lambda - k)/(1 + e_0)\mu$   
 であるから、結局  $\mu = 0.12$  となる。これ  
 らの値を用いて有効応力径路を計算したの  
 が図3, 4の真線である。図-4には過圧密



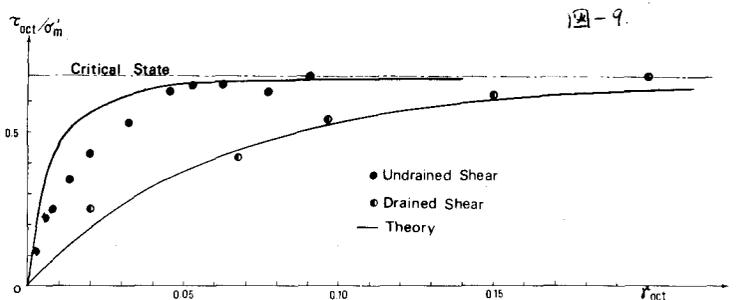
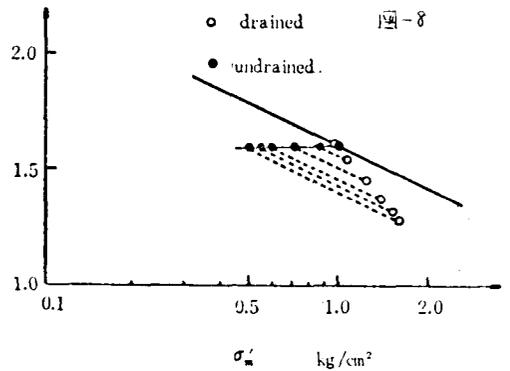
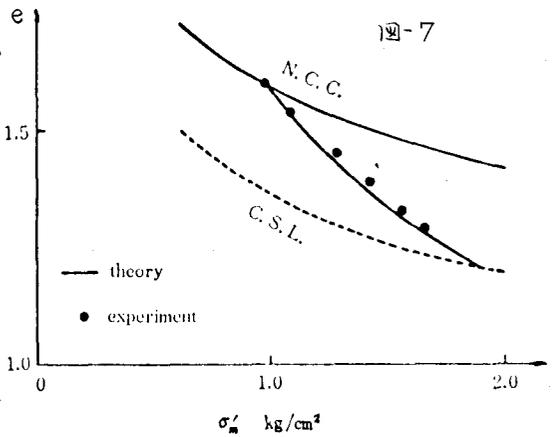
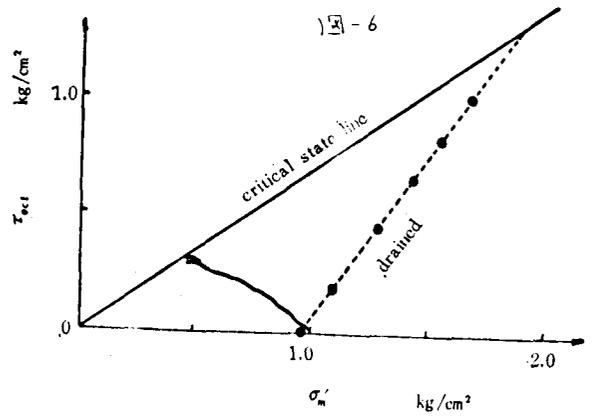
粘土の応力径路も併記してある。圧密前の含水比  $88.44\%$ 、圧密圧力  $1.010 \pm 0.001 \text{ kg/cm}^2$  で5日間圧密  
 し、 $0.296 \pm 0.031 \text{ kg/cm}^2$  で16日間膨潤させた。ひずみ速さは  $3.049 \times 10^{-4} \text{ mm/min}$  である。バックプレ  
 ッシャーを  $1.0 \text{ kg/cm}^2$  作用させている。図-5は一面せん断で等体積せん断をしたときの応力径路で

ある。理論曲線は、a)せん断面が中が最も發揮されていゝ面に一致する、b)せん断は平面ひずみ状態で行なわれ、 $\frac{\sigma_2 - \sigma_3}{\sigma_1 - \sigma_3} = 0.35$  (軽部・原田, Trans. J.S.C.E., 1967) である、という仮定のもとで計算した。これらの結果はほぼ満足すべきものであると感じられるが、三軸試験の問題点などを考えてみると、理論と実験とのよー致はできすぎであると思える。

図-6は圧密前の含水比が86.18%の粘土をセル圧  $0.967 \pm 0.050 \text{ kg/cm}^2$  で2日同圧密し、段階的な排水試験を行なったものの応力経路を示している。圧密完了時の間げき比は1.606 である。軸方向力を5段階にわけ、セル圧は一定にした。この試料はcritical stateに達したかどうか判然としなかったが軸ひずみが増え大きくなり、それ以上実験を継続しても意味がないうちに感じられたので6段目の載荷を中止した。この場合の応力-間げき比関係が図-7に示されている。理論値と一致するためにもう少し排水量が大きくなければならない。段階ごとの排水は完全に終了したわけでは無いが、この場合は平均して1段階10日程度である。図-8は正規圧密粘土の非排水試験結果と排水試験結果との比較である。プロットしてあるものは両試験において  $\tau_{oct}/\sigma'_m$  が同じ値をとる点であり対応する点同士を直線で結んでいる。計算によればこれらの直線は実線が示している正規圧密直線と平行にならなければならない。これら2つの試験で得られた応力-ひずみ関係が図-9に示されている。

排水試験に対する結果はいくらかよいようであるが、非排水試験に対するものは、一致してゐるとはいえない。

以上のような簡単な試験だけでは、理論の適用範囲が判然としないうちに、正規圧密粘土を、非排水、排水交互にまじえた



せん断試験を行なった。圧密前の含水比は89.4%で圧密圧力は約 $1.30 \text{ kg/cm}^2$ である。圧密完了後の  
 間げき比 $e_0 = 1.48$ で、 $\lambda$ の値は0.23である。 $\mu$ の値は柴田(京大防災年報, 1963)によれば圧密圧力  
 と水圧との影響されないで $\mu = 0.12$ とした。これよりcritical stateでの $\tau_{oct}/\sigma'_m$ の値が0.67と算  
 出される。 $1.0 \text{ kg/cm}^2$ で圧密されたものが0.71であるのに対し「値」になり、いわゆる破壊  
 包絡線が圧密圧力の増大とともにゆるやかなカーブを描くという実験結果を予想している。図-10は  
 実験の方法を $e-\sigma'_m$ 図上を示したものである。黒丸は矢印で示された理論値と対応している。各step  
 の期間は平均3ヶ月である。図よりわかるように5番目のステップでリークし、吸水しているらしいが  
 それにしても、理論値と実験値の一致は全くみられない。

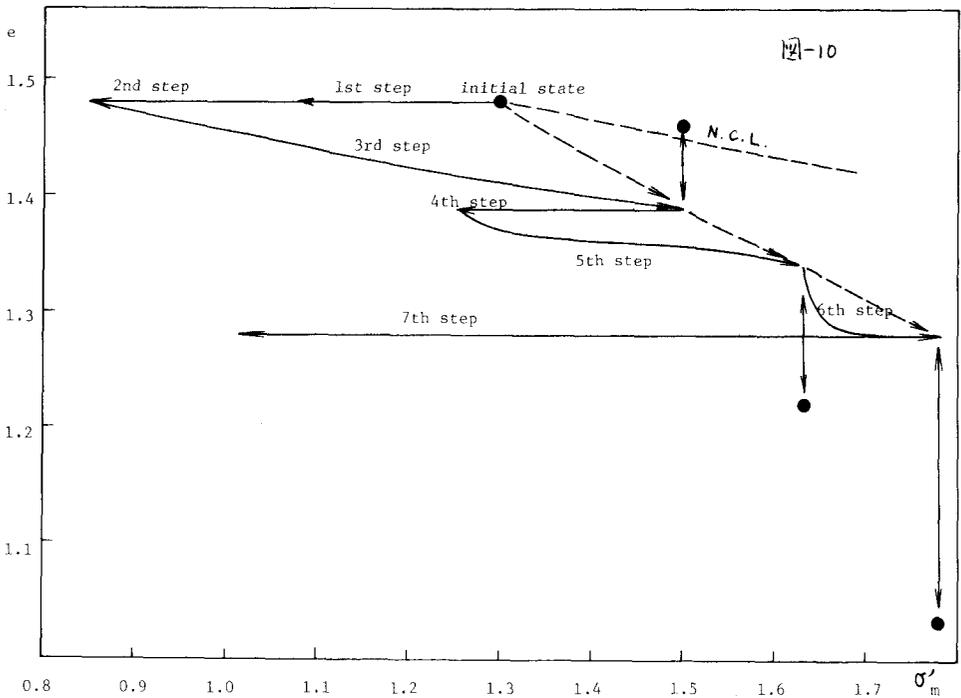


図-11は応力とひずみの関係で、大きな黒丸が実  
 験値であるが理論値との一致はみられない。  
 もともと理論値の計算のためには、応力変化が  
 きわめて緩やかであることが前提条件になっ  
 ているが、このような実験に対しては無効である  
 のかもしれない。以上の一連の実験は $20^\circ\text{C}$ ±2  
 の恒温室で行なったが、図-10の5th stepのこ  
 ろでクーラーの故障から温度が急に上昇したこ  
 とを付記する。

