

# 琉球大学学術リポジトリ

マージ粘土の膨潤,収縮について：  
風乾試料の静的締固めの場合(農業工学科)

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学農学部 公開日: 2008-02-14 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 宮城, 調勝 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/20.500.12000/4340">http://hdl.handle.net/20.500.12000/4340</a>

# マージ粘土の膨潤、収縮について

## 風乾試料の静的締固めの場合

宮 城 調 勝\*

---

Norikatsu MIYAGI: Swelling and Shrinking of MAJI Clay. 1  
In case of static compaction for dry samples.

---

### I は じ め に

土が湿潤、乾燥をくり返す際の粘性土の膨潤、収縮の現象は、その粘土を構成する粘土鉱物の種類によって異なることはすでに明らかである。この場合、粘土粒子の表面に直接、間接に付着する吸着水の増減が、土粒子間隔の大小を決定する主なる要因と思われる。

この実験では、数種の粘土鉱物を含む国頭マージ試料について、粒径 $5\mu$ 以下の粘土粒子だけを沈降法によって分別し、これらの風乾試料が湿潤により膨潤した場合、あるいは炉乾燥により収縮した場合の土粒子間の平均的間隔、および試料の膨潤を拘束した場合に発生する膨潤圧を巨視的に測定してみた。なお、土の比表面積の測定には、BET法によるガス吸着法を用いた。

### II 実 験

#### 1. 試料土

試料土は粘板岩が風化した粘性土であり、その粘土鉱物は、ハロイサイト、イライト、Al-バーミキュライトと主体とし、ゲータイト、ギブサイトも比較的多く含むものである(3.4)。

#### 2. $5\mu$ 以下粒子の分別

$5\mu$ 以下の土粒子は次の順序で選別した(8)。

a)  $5\ell$ 容器に $500\text{g}$ の土を入れ、分散剤(トリポリリン酸ナトリウム粉末 $1\text{g}$ )を加えて十分に攪拌し、懸濁液をつくる。 $5\mu$ 粒子が一定深さ沈降するに要する時間を経過した後、その一定深さの懸濁液をくみ取り、さらに蒸留水を加えて攪拌し、懸濁液中に粘土粒子が殆んど難くなるまでこの操作を数回くり返す。

b) くみ取った懸濁液はビーカーに入れ、 $\text{NaCl}$ の飽和溶液 $1\ell$ 当たり $2\text{cc}$ の割合で添加し、土粒子を沈澱させる。

c) 塩除去のため、沈澱した土粒子を蒸留水とメタノールで洗浄する。洗浄に使用したメタノールと蒸留水の割合は、1回目4:6、2回目7:3、3、4回目はメタノール100%であった。

---

\* 琉球大学農学部農業工学科

琉球大学農学部学術報告 22: 289~298 (1975)

d) 塩除去後の試料は、バットに広げて風乾させ、0.42 mm フィルを通過するまで、試料調整機で細かくした。

試料の粒度分析結果は、Fig. 1 に示すように最大粒径が  $5 \mu$  となっている。

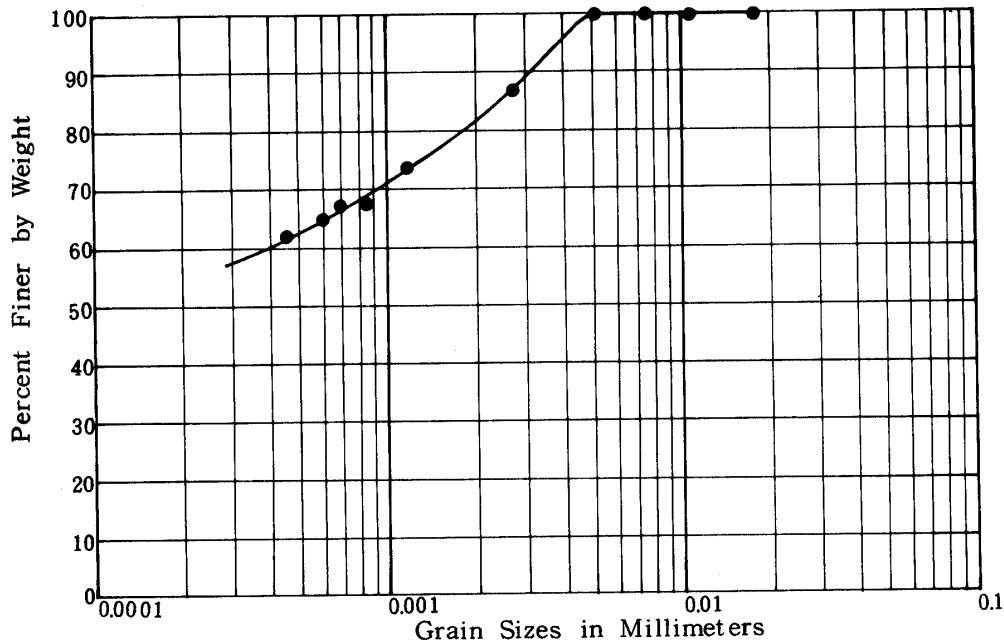


Fig. 1. Grain Size Distribution

### 3. 供試体の作成

試料容器は、直径60mm、高さ20mmの圧密リングを使用した。圧密リングにつめた風乾試料は、圧密試験機を用いて静的に載荷圧縮し、各段階の間げき比の供試体を作成した。

### 4. 膨潤量、膨潤圧の測定

膨潤量の測定は、試料の底面からポーラスストーンを通して、毛管作用によって吸水させ、その膨潤量を一軸的に測定した。また、膨潤圧の測定は、受圧板で吸水による試料の膨潤ヒズミを拘束しながら、試料底面から吸水させ、試料の湿潤とともに発生する膨潤圧は、受圧板を介して荷重変換器で、経過時間とともに自記記録させた。

## III 結果および考察

土の比表面積の測定方法には、顕微鏡法、沈降法、吸着法、透過法等があるが、それぞれ長短があり、同一試料を測定した結果でもその測定方法によって異なった値を示すと言われる(6)。この実験では、BET法によるガス吸着法を用いて粘土粒子の比表面積を測定した(7)。

Fig. 2は、試料の静的締固め試験で得られた固体試料の比表面積を、締固め曲線の乾燥密度と対比させて示したものである。この結果は、測定ミスと思われる2点を除いて他の測定値は、締固め含水比および乾燥密度に関係なく、ほぼ  $37 \text{ m}^2/\text{g}$  前後の値を示している。しかし、Fig. 3に示すように、同一の

粉末試料について、測定の際の脱ガス温度（110°C～235°C）を変化させて得た比表面積値は、平均して52.09 ml/gであり、固体試料との間に30%近い差を生じた。すなわち、粉末試料に比べて締固めた試料の比表面積は小さくなっている。この原因として考えられることは、締固めによる土粒子間隔の縮少と、吸着水膜～脱ガス温度の関係であるが、いずれもFig. 2, Fig. 3の結果と矛盾し、この実験範囲では結論が出ない。

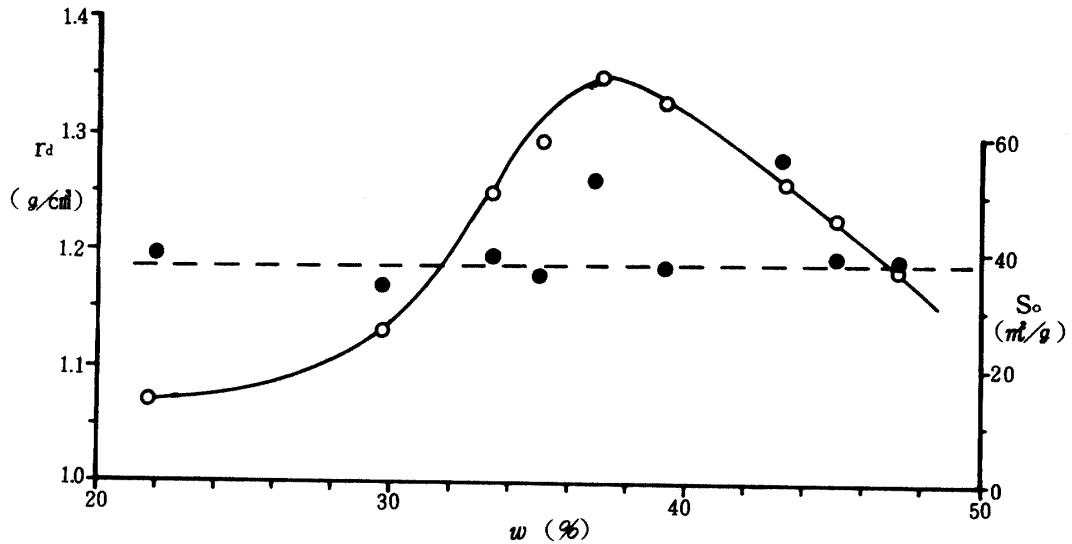


Fig. 2. Surface Area ( $S_o$ ) of Compacted Samples at Various Water Contents ( $w$ ), and Dry Density ( $\gamma_d$ ).

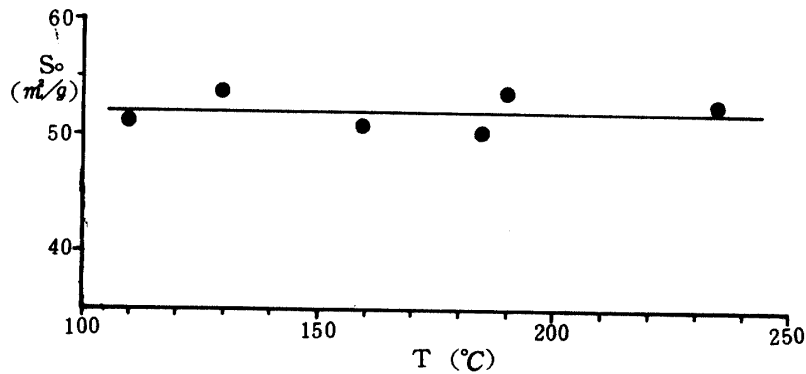


Fig. 3. Surface Area ( $S$ ) for Fine Samples at Various Drying Temperature ( $T$ ).

締固めた風乾試料に吸水させると、時間とともに湿潤しFig. 4に示すような急激な膨潤圧の発生がみられる。試料を容器に充填する際には、密度に不均一を生ずるが、膨潤圧への影響は、膨潤圧の増加の過程で均らされていることがわかる (Fig. 4 破線部分)。

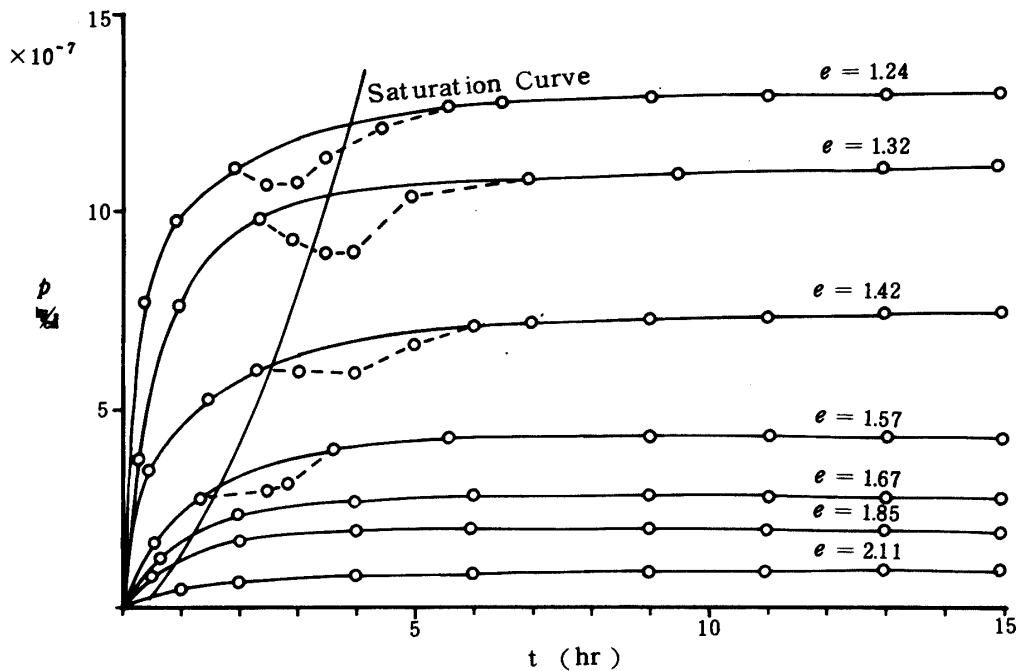


Fig. 4. Relationship Between Swelling Pressure ( $p$ ) and Absorbing Time ( $t$ ).

Fig. 5 は圧密理論から得た試料の間げき比に対する透水係数である。図に示すように、間げき比が0.1～2.0の範囲では、透水係数は、ほぼ $10^{-8} \sim 10^{-6}$  cm/s であるが、それに比べて風乾試料の毛管作用による吸水速度はかなり大きい (Fig. 6)。また、吸水により試料が表面まで湿潤した時点では、膨潤圧はすでにその最終圧力の60～90%に達している。

試料の各間げき比 ( $e = 1.2 \sim 2.5$ ) に対する膨潤圧は、試料1 g 当り1 kg 以下であり (Fig. 7) cm 当りでは、 $1 \times 10^{-6} \sim 10^{-7}$  kg である (Fig. 8)。図でわかるように間げき比が1.5 以下では、間げき比が小さくなるにつれて曲線の勾配は急激に大きくなっている。測定値から膨潤圧  $P$  (kg/g) および  $p$  (kg/cm<sup>2</sup>) と間げき比  $e$  の関係は次のように表わされる。

$$P = 2.41 \times e^{-5.15}$$

$$p = 4.65 \times 10^{-6} e^{-5.16}$$

この関係は数種の粘土鉱物を含むこの試料について巨視的に表わしたものであるが、実際には、膨潤圧は、粘土粒子間のイオン濃度と、外側の間げき水中のイオン濃度の差による浸透圧によって生ずるものであり、粘土鉱物の持つカチオン濃度や、間げき水中の塩濃度が関係すると言われている(5)。

粘土の膨潤量については、これまで代表的粘土鉱物の自由膨潤量が微量の実験結果に基づいて報告されているが、現場の土についてはこれより小さいのが普通であると言われる。この試料についての一軸的膨潤量の測定値は、Fig. 9 に示すように、間げき比が1.1 付近で20%を示し、また間げき比が2.65 付近で0%となって、膨潤、収縮の境界間げき比を示している。またこの膨潤率は、各種の粘土鉱物の微量の実験結果と比較してかなり小さな値となっている。

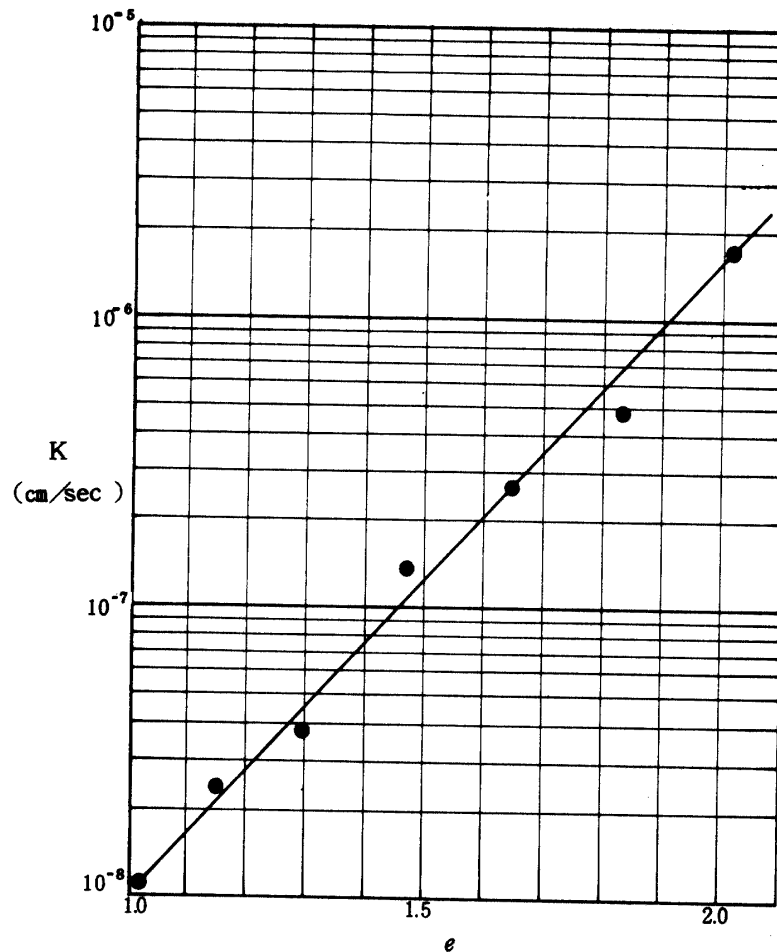


Fig. 5. Relationship Between Permeability (K) and Void-Ratio (e) by Consolidation Test.

試料の膨潤完了後、膨潤試験前および炉乾燥後における土粒子間平均間隔を間げき半径（間げき量／表面積）で表わし(2)、その値を試料の間げき比に対してプロットしたのがFig. 10、Fig. 11である。膨潤時の間げき半径は、膨潤前のそれと  $e = 2.65$  付近で一致し、間げき比が小さくなるにつれて徐々に、直線的に離れる傾向にある。また、測定値は少ないが、 $e = 1.2$  以下ではグラフはほぼ平行になっており、その値は大体  $100 \text{ \AA}$  である。

炉乾燥後の間げき半径は、間げき比が大きくなるにつれてわずかに増加し、その値は、ほぼ  $70 \text{ \AA} \sim 90 \text{ \AA}$  である。また、膨潤時と比較すると  $\frac{2}{3} \sim \frac{1}{2}$  となっている。土の収縮が土粒子間のけん引力によって起るとすれば、微視的にみて土の間げき半径も一定値を示す筈であるが、実際の土では膨潤時と同様に、収縮により土粒子が移動する際に土粒子間に摩擦力が働くものと思われ、収縮前の間げき半径の大きさによって異なった値を示している。このことは、Fig. 11にみるように、試料を自由膨潤させるか、あるいは膨潤を拘束するかによって、乾燥後の間げき半径が異なった値を示していることからわかる。

土粒子間のけん引力が Van der Waals 力による場合には、その距離の7乗に反比例して変化するとされる。この場合、試料の間げき径の分布状態にも影響されると思われる。イライト試料を用いた間

げき径の分布試験の報告によると、静的締固め試料の場合、乾燥側で締固めた試料では、その最適含水比および湿潤側で締固めた試料に比べて1  $\mu$  付近で2倍の値を示し、0.1 ~ 0.01  $\mu$  の範囲ではわずかに大きくなっている(1)。

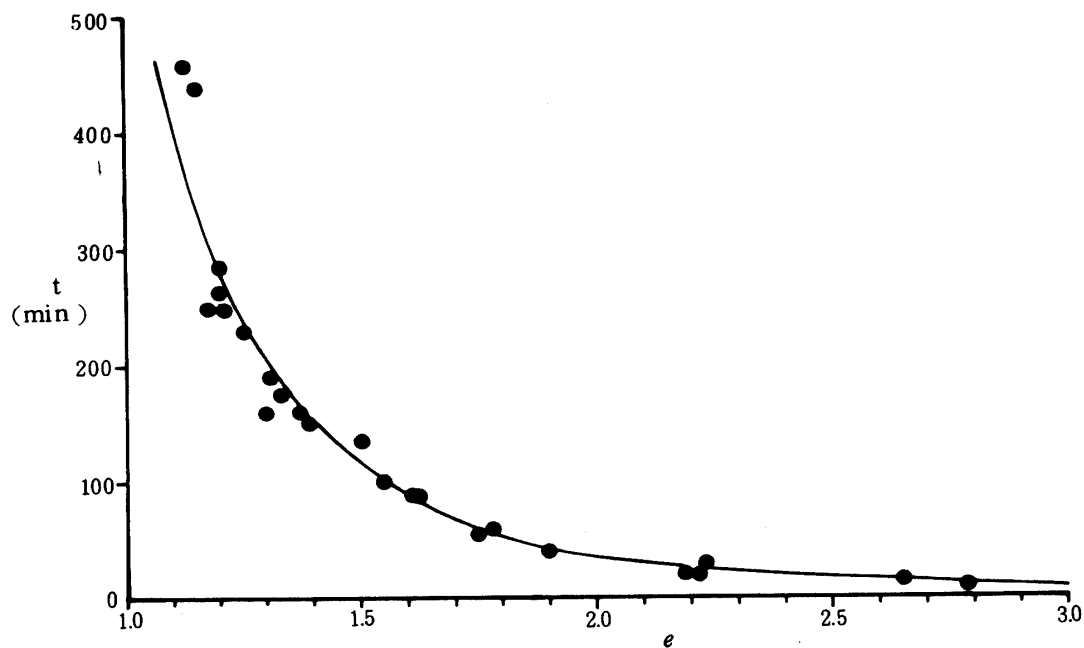


Fig. 6. Time (t) for Saturation by Capillarity at Various Void-Ratio (e).

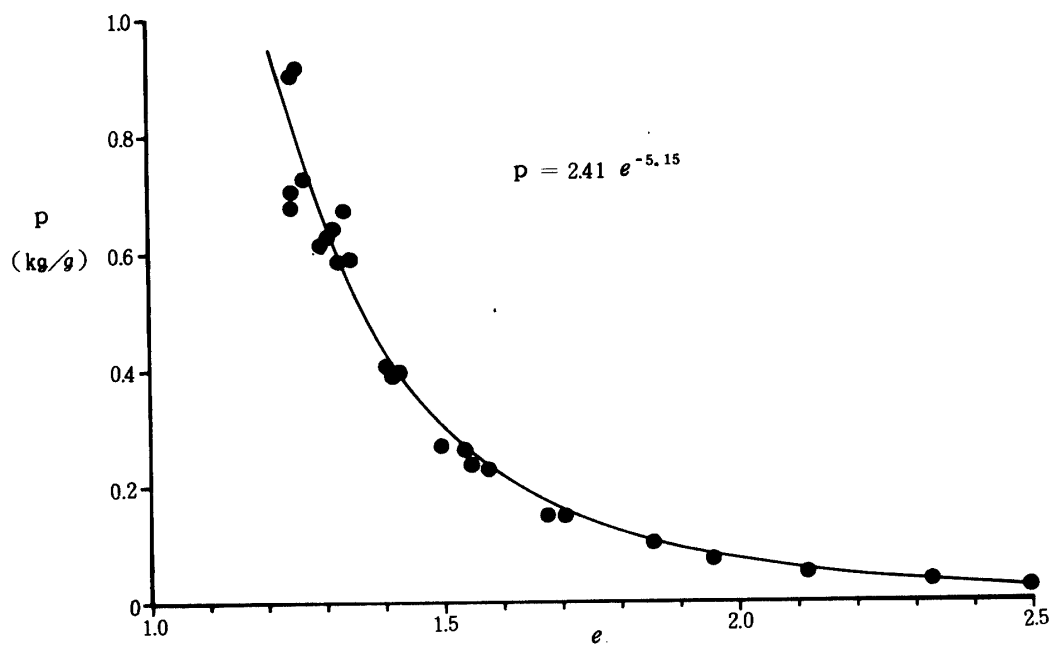


Fig. 7. Swelling Pressure (P) at Various Void-Ratio (e).

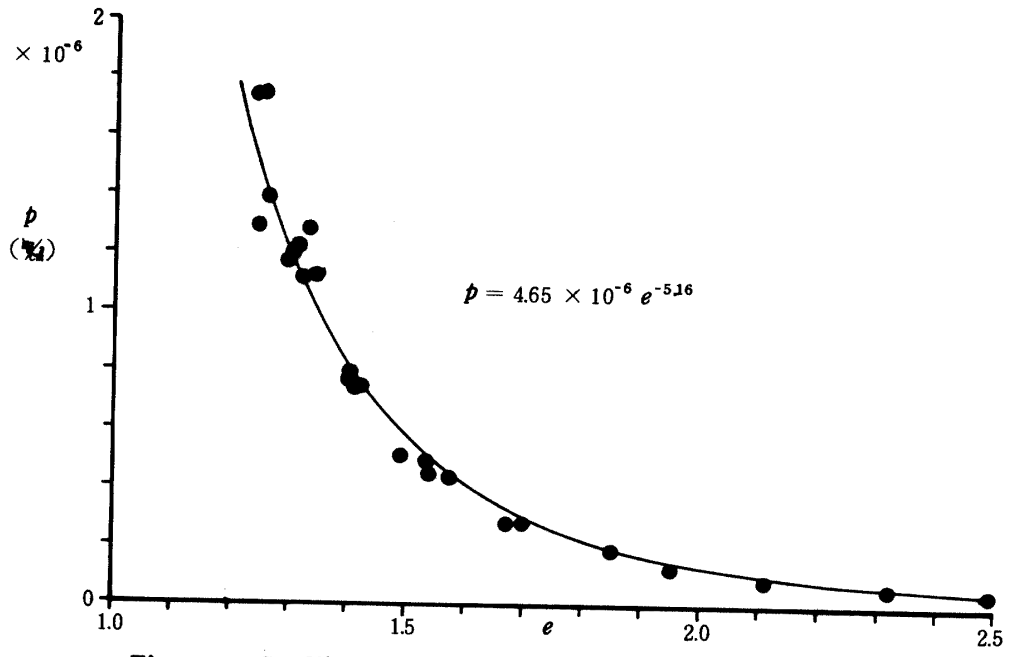


Fig. 8. Swelling Pressure ( $p$ ) at Various Void-Ratio ( $e$ )

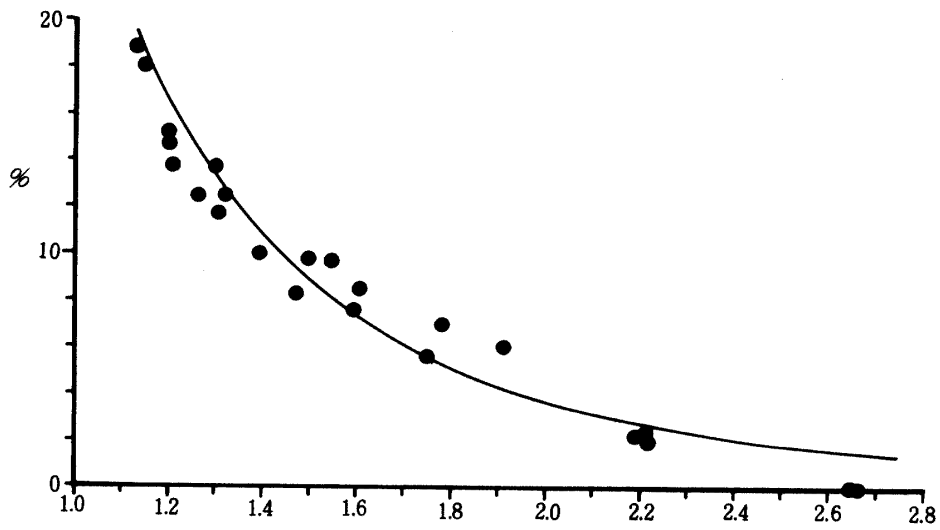


Fig. 9. Swelling Percent at Various Void-Ratio ( $e$ ).



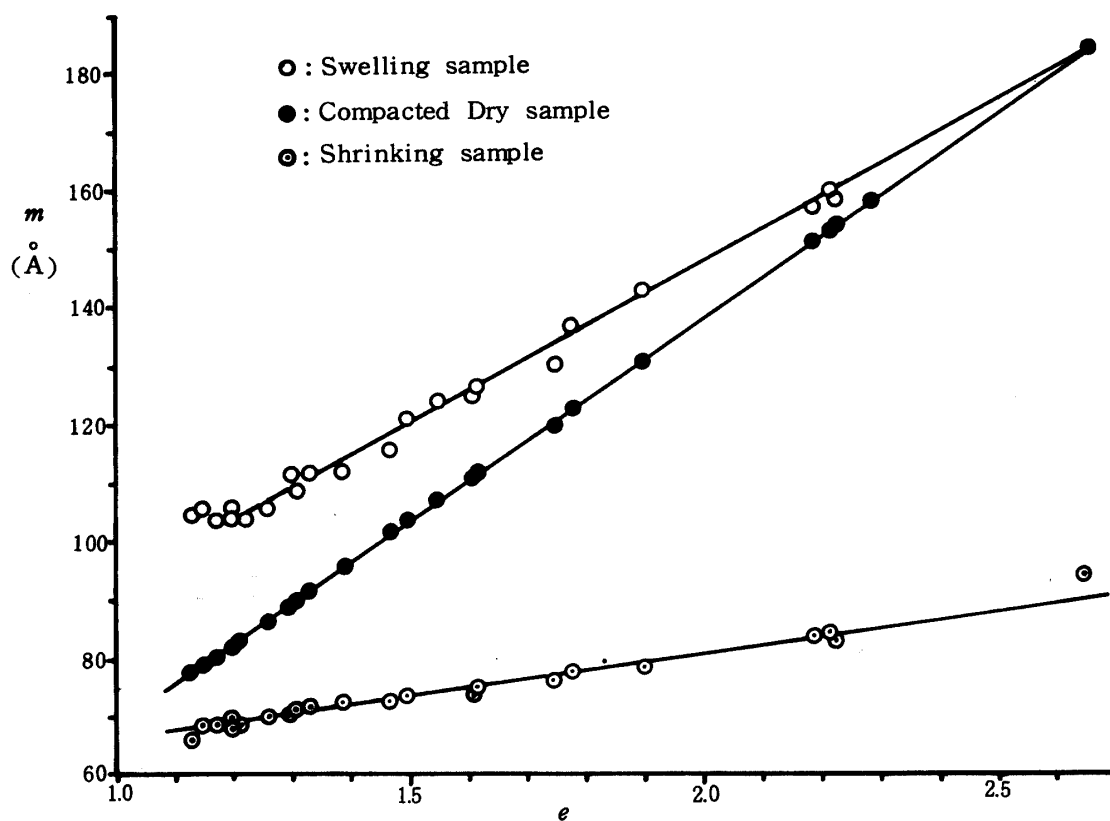


Fig. 10. Void - Radius ( $m$ ) at Various Void - Ratio ( $e$ ).

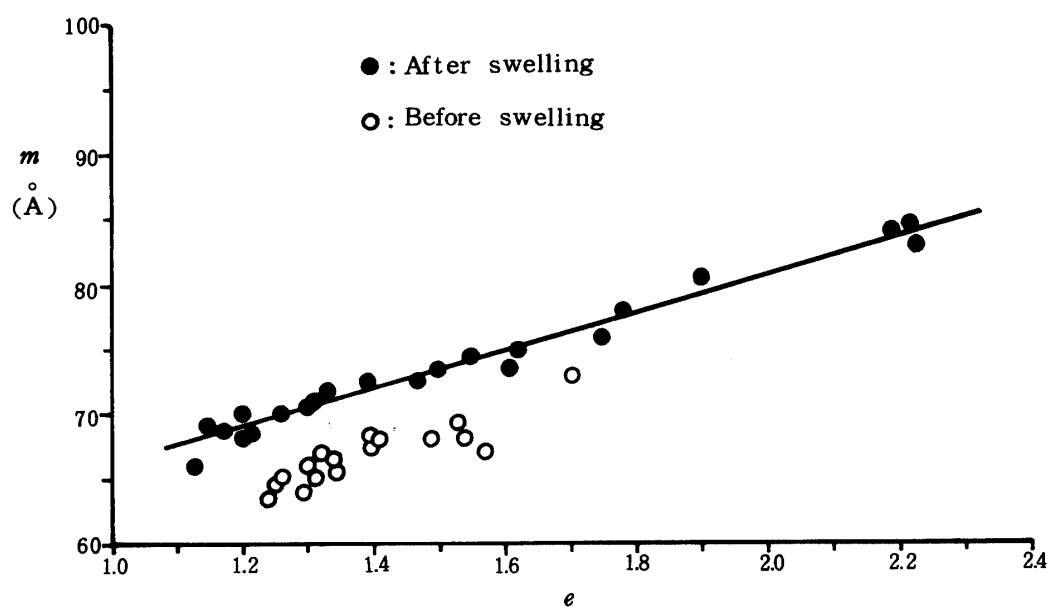


Fig. 11. Shrinking Void - Radius ( $m$ ) at Various Void - Ratio ( $e$ ).

## IV ま と め

イライト、ハロイサイト、Al-バーミキュライト、ゲータイト、ギブサイト等を含む国頭マージ（粘板岩粘土）の膨潤、収縮について巨視的に測定した結果では、1）、土が毛管作用によって吸水し、試料表面がわずかに湿潤した時点では、膨潤圧は密な試料ほど大きく、その値は最終圧の90%以上にも達している。2）、膨潤圧 $p$ と間げき比 $e$ の関係は

$$p = 4.65 \times 10^{-6} e^{-5.16} \quad p: \text{kg/cm}^2$$

であった。3）、土が収縮した場合の間げき半径は、収縮前の土の膨潤率によって変化する。また、土の比表面積をBET法により測定した結果では、4）、粉体試料の方が締固め試料に比べて大きな値を示している。

この実験は、静的に締固めた風乾試料についてのみ行なったが、ねり返した粘性土については今後の課題としたい。

## 参 考 文 献

- 1) S. Ahmed, C. W. Lovvell and S. Diamond, 1975, Pore Sizes and Strength of Compacted Clay, Proc. ASCE, Jour. Geot. Eng. Div. 100(4): 407 ~ 425
- 2) P. C. Carman 1956 Flow of gases through Porous media, Butterworths Scientific Publication : 8 ~ 12
- 3) 小林 嵩, 品川昭夫, 1966, 南西諸島の土壌に関する研究, 鹿児島大学農学部学術報告 16: 11 ~ 51
- 4) 松坂泰明, 音羽道三, 山田 裕, 浜崎忠雄 1971 沖縄本島, 久米島の土壌の分類について, 農業技術研究所報告B: 378 ~ 397
- 5) 最上武雄 1973 土質力学, 東京: 64 ~ 65
- 6) 水渡英二 1964 粉体の粒度測定技術 Jour. of the JSME, 67 (550): 18 ~ 27
- 7) D. M. Young, A. D. Crowell, 高石哲男, 古山昌三訳 1967 ガスの物理吸着, 東京: 171 ~ 196 産業図書.
- 8) 和田光史 1966 粘土鉱物の同定および定量法, 日本土壌肥科学雑誌 37(1): 9 ~ 17.

## Summary

MAJI clay, used in this study, contains illite, halloysite, Al-vermiculite, goethite, gibbsite as clay mineral.

The results of swelling and shrinking test for this samples, which were used under 5 grain size by diameter, are as follows.

- 1). Swelling pressure has increased to over 90 percent of its final in dense samples, when surface of compacted sample is just saturated by capillarity.
- 2). Relationship between swelling pressure ( $p: \text{kg/cm}^2$ ) and void-ratio ( $e$ ) is as follows.

$$p = 4.65 \times 10^{-6} e^{-5.16}$$

- 
- 3). Void-radius of dry compacted samples varied in various values of void ratio before drying.
  - 4). Surface area by gas adsorption give larger values to fine samples than compacted dry samples.