

琉球大学学術リポジトリ

静的に締固めたマージ粘土の膨潤圧と初期含水比について(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, Miyagi, Norikatsu メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/4166

静的に締固めたマージ粘土の膨潤圧 と初期含水比について

宮 城 調 勝*

Norikatsu MIYAGI: On the relationship between swelling pressure
and initial moisture content of statically compacted Maaji clay.

I はじめに

乾燥した土は吸水によって膨潤を起すが、その大きさは土を構成する粘土鉱物の種類によって異なることは明らかであり、また同一試料についてはその密度、含水比等が大きな因子となる。特に細粒土において土粒子と水の界面に物理化学的ミクロな作用があり、これらの問題の解明を困難にしている。これらの界面における諸現象を検討するために土粒子表面積の因子を導入したいくつかの報告がなされてきた。物理性の異なる種々の土の膨潤圧を検討する場合もこの土粒子表面積の因子が有効な要素となると思われる。

細粒土の膨潤は、膨潤性粘土鉱物における土粒子そのものの膨潤と、土粒子表面に直接または間接に付着する水膜厚さの増加による場合が考えられるが、これらを個別に取扱うことは現段階では困難であるため、ここでは実験的に両者を合わせた力を膨潤圧として取扱ってきた。過去に土粒子表面積を用いてマージ粘土の膨潤に関する報告¹⁾をしたが、ここでは静的に締固めた同粘土の膨潤圧と初期含水比の関係を検討するとともに、その際生ずる土の構造的相違についても透水試験の結果から考察を行なうものである。

II 実 験

1 試 料 土

試料は粘板岩が風化した国頭マージ粘土であり、その粘土鉱物はハロイサイト、イライト、Al-バーミキュライトを主体とし、ゲータイト、ギブサイトも比較的多く含むものである。実験はこの土の420 μ および5 μ 以下の試料について行なった。420 μ 以下はふるいでふるい分け、また5 μ 以下の土粒子の選別は過去に報告¹⁾した方法によった。420 μ 以下の試料の物理的性質は、比重2.74、粘土分87%、シルト分13%、砂分0%、液性限界74.7、塑性限界39.4、塑性指数35.3、比表面積45.59 m^2/g 、また5 μ 以下の試料は比重2.88、比表面積52.09 m^2/g である。比表面積はBET法(4点法)によって測定した。

2 実 験

膨潤圧の測定にはいくつかの方法があるが、ここでは膨潤ヒズミを拘束した状態での膨潤圧を一軸的

* 琉球大学農学部農業工学科

に測定するため圧密箱を使用した。試料を圧密リングに入れる際には、リング容積(6 cm×2 cm)に間隙比が1.05 (5 μ以下の場合には1.20)になるように気乾試料を計量し、試料の密度が一様になるように3層に分けて圧密リングに入れ、上部から有孔板で高さが2 cmになるまで徐々に圧縮した。ちょうど2 cmに圧縮された試料を圧密箱にセットし、吸水による膨潤ひずみを拘束するように荷重変換器を取付けた。試料は底部のポーラスストーンを通して吸水させ、給水タンクの水位は上部受圧板の重量とバランスをとった。吸水とともに増大する膨潤圧は、その変動がなくなるのを待って測定した(ほぼ24hr)。なお膨潤圧と経過時間の関係では、試料が完全に湿潤した時点(2~3hr)で膨潤圧は最終圧力の60~90%に達する¹⁾。膨潤圧測定後は0.25 mmずつ膨潤ひずみを与えながら、各段階で残留膨潤圧および透水係数を測定した。

III 結果および考察

1 膨潤圧と初期含水比

空隙径をできるだけ小さくし、その分布を一様にするために5 μ以下の試料を用いて行なった膨潤圧試験の結果を図1に示す。試料は圧密試験機によって最高に締固めた状態の間隙比1.20から比較的ゆるい状態の間隙比2.00の範囲で間隙比を4段階に分けて測定を行なった。膨潤圧は試料の単位表面積当りの大きさ(kg/cm²)で表わしている。図によると、試料の間隙比が一定であるにもかかわらず初期含水比の違いによって膨潤圧の大きさに変化を与えていて、含水比で17~18%附近、pF値で5附近に最大値が現われている。この膨潤圧の最大値は間隙比が小さい試料程顕著に現われ、間隙比が大きくなるにつれてゆるやかな変化を示すようになる。

国頭マージの420 μ以下の試料について同様な膨潤圧試験を行なった結果を図2, 3に示す。この場合試料の間隙比は1.05に設定した。結果は図示のように初期含水比の変化する過程ではっきりとした最大値が現われている。しかしこの試料の場合の最大値はpF値で5.5附近にあり、5 μ以下試料の場合より乾燥側にある。また最大膨潤圧の大きさは 2×10^{-6} kg/cm²となっていて、図1の間隙比1.20の場合より間隙比が小さいだけわずかに大きくなっている。

膨潤圧測定後、試料に一定間隔で膨潤ひずみを与えた場合、わずかなひずみではあるが受圧板の受ける圧力は一時的に消滅する。しかし試料内部の密度分布が均一化するにつれてしだいに残留膨潤圧が現われ、各膨潤量に対する膨潤圧の減少過程がわかる。膨潤ひずみを与えることによって試料の空隙量が増加するが、各空隙量を試料の表面積で割った値、すなわち平均空隙半径として表わして、減少する膨潤圧との関係を示したのが図4である。この平均空隙半径は透水理論におけるKozenyの動水半径²⁾と同様な考え方である。図4によるとこの試料の場合、平均空隙半径が10%程度増加することによって膨潤圧は消滅している。試験時に与えた膨潤量が最大1 mmであり、試料の高さに換算すると5%程度に相当する。

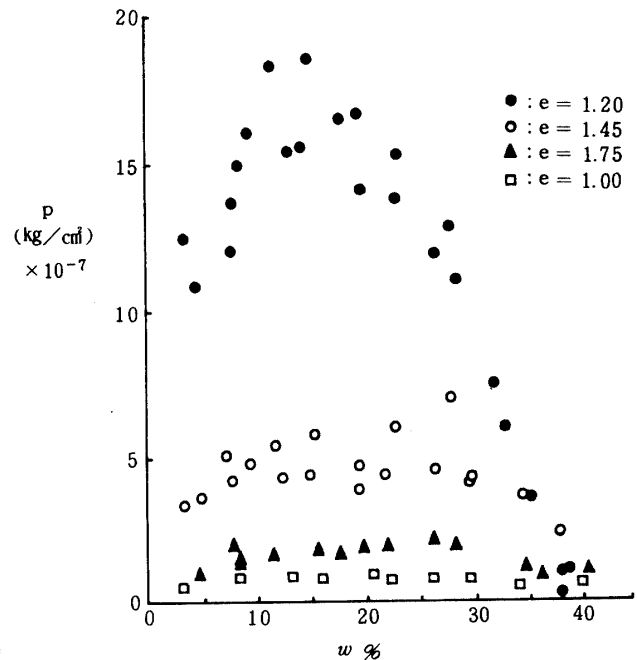


図1 初期含水比(w)と膨潤圧(p)の関係

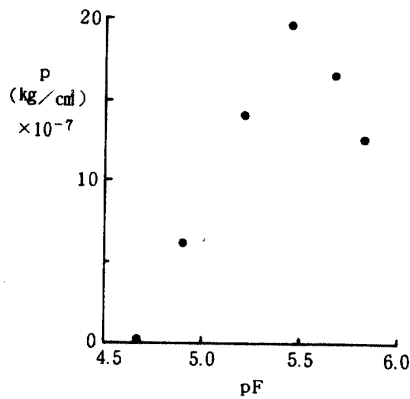


図2 初期含水比と膨潤圧(p)の関係

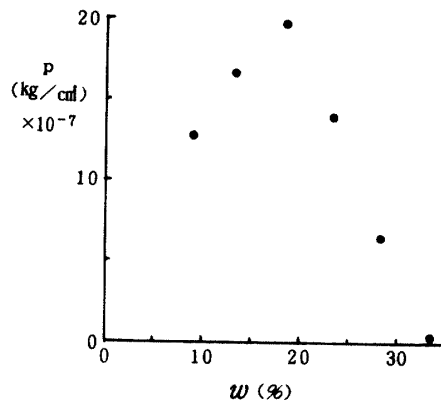


図3 初期pF値と膨潤圧(p)の関係

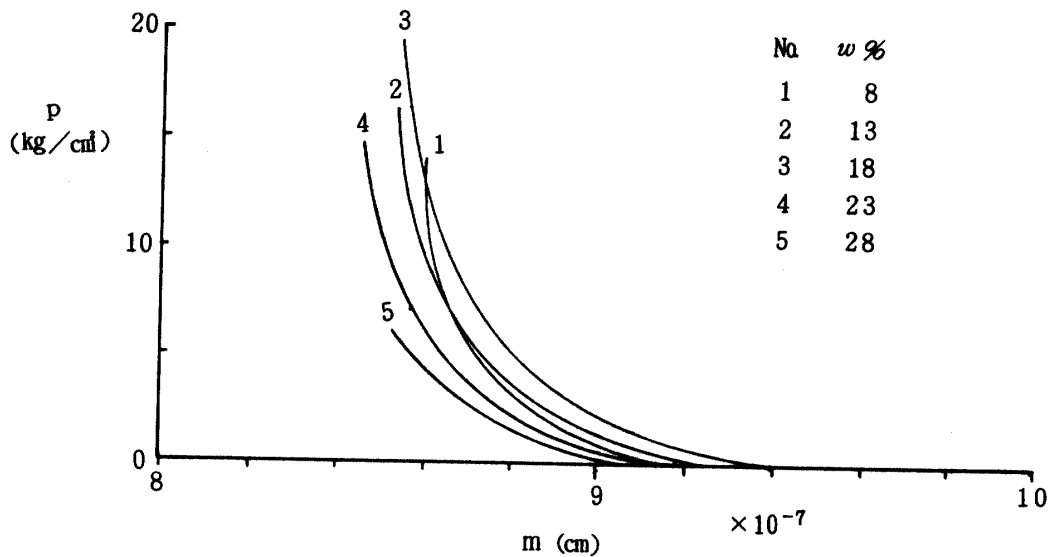


図4. 膨潤圧(p)と平均間隙半径(m)の関係

2 透水試験およびセン断試験による土の構造的相違の検討

前述のように、静的に締固めた同一間隙比の土がその締固め時の初期含水比によって膨潤圧に変化をおよぼすことは、初期含水比によって締固めた土に構造的差異を生ずるためであると判断できる。土の構造的差異は空隙径分布の不均一を生ずることであり、さらに空隙径分布の違いは透水係数の違いとなって現われるはずである。

透水係数の測定は膨潤圧試験と併行した。試料の初期含水比は、風乾状態の8%から湿潤側の28%までの範囲で5%間隔にとった。試料の間隙比を1.05～1.18の間で変化させた各間隙比における透水係数および膨潤圧との関係を図5、6に示す。図5の間隙比～透水係数および図6の膨潤圧～透水係数の関係では、同一間隙比あるいは同一膨潤圧に対する透水係数の大きさに差を生じ、最大膨潤圧を示す初期含水比18%の試料で透水係数が最も大きく、その湿潤側、乾燥側にいくにしたがって小さな値を示している。また図5、6を全体的にみると、膨潤圧の大きい試料ほど膨潤後の透水係数に変動が少ないといえる。このように膨潤圧はφ6cm×2cm、間隙比1.05の試料内部で最大80kgもの反発力として存在しているにもかかわらずその試料内部で水を透す。したがってこの場合、一般的にいう間隙水圧は0

であり、膨潤圧は試料内部の透水に関与しない骨組部分で発生していることになる。

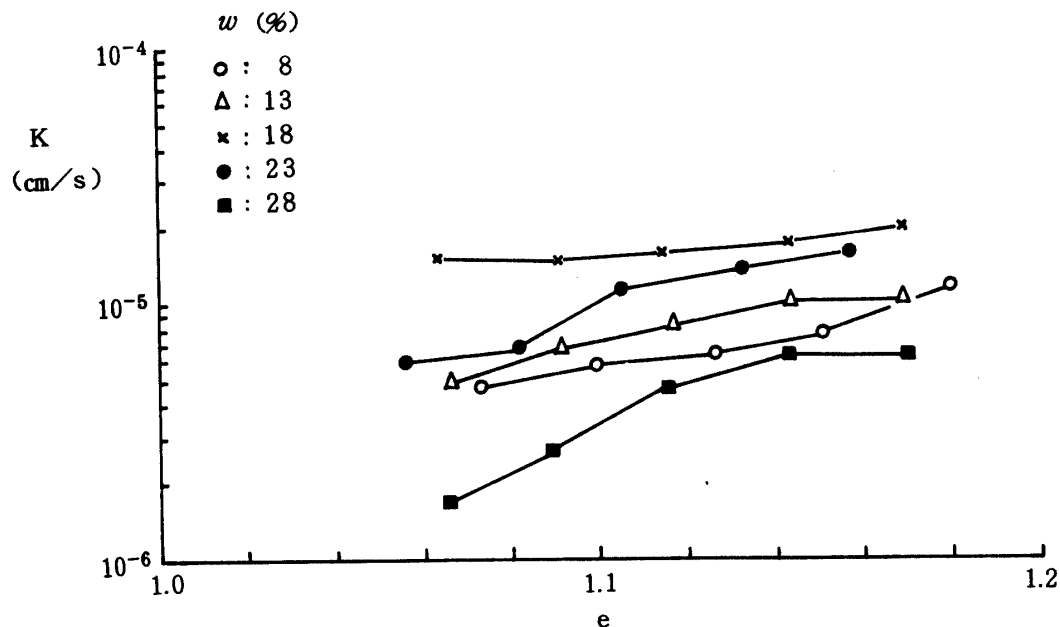


図5. 膨潤後の間隙比 (e) と透水係数 (K) の関係

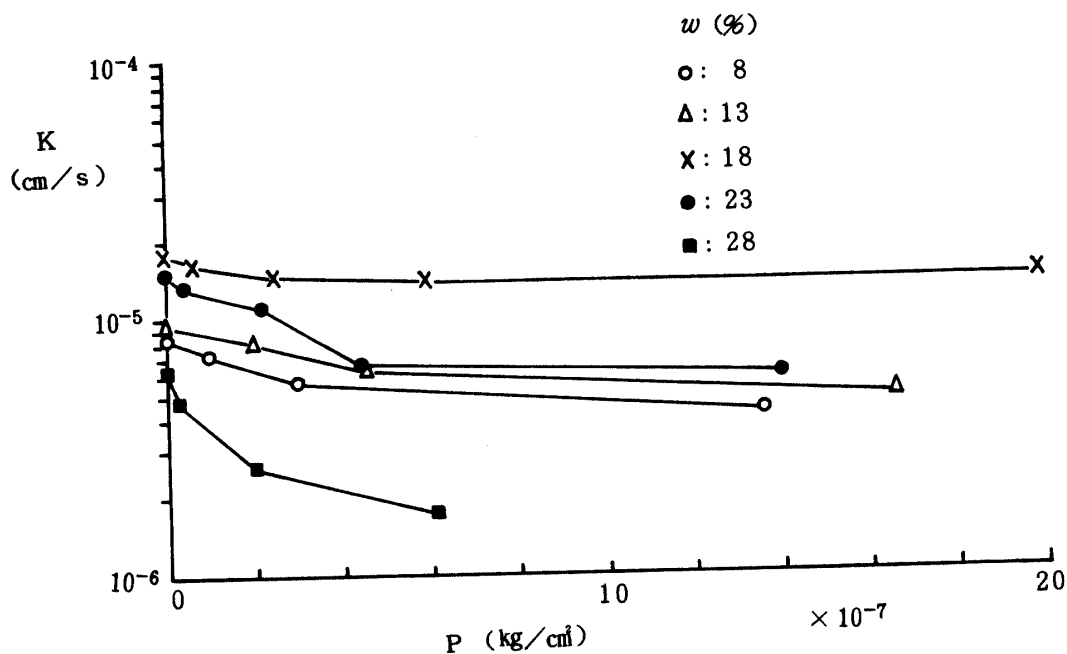


図6. 膨潤後の膨潤圧 (p) と透水係数 (K) の関係

膨潤圧試験と同じ条件の試料について非排水一面セン断試験を行なった。図7は初期含水比の異なる試料が吸水によってそれぞれに膨潤圧を発生するが、発生した膨潤圧をそのまま垂直荷重としてセン断した場合の結果である。セン断強さは垂直応力が異なるため、膨潤圧の大きい試料ほど大きくなる。ま

た最大膨潤圧を生ずる初期含水比を中心に乾燥側と湿潤側ではせん断抵抗角 ϕ の値が異なり、乾燥側の ϕ は湿潤側に比べてほぼ2倍の角度を示している。このことは、初期含水比の違いによって試料に構造的差異を生ずるためであると思われるが、図7の水平変位～せん断強さの関係ではそのことを示す規則性が現われていない。また図8は各試料を自由に膨潤させた後、荷重して行なった非排水一面せん断試験の結果であるが、図7とほぼ同様な傾向を示している。図中 $w = 18\%$ は最大膨潤圧を発生する初期含水比試料の結果である。この場合 $w = 18\%$ の ϕ は湿潤側の値と同値であり、図7の値よりわずかに小さいが乾燥側のほぼ1/2である。

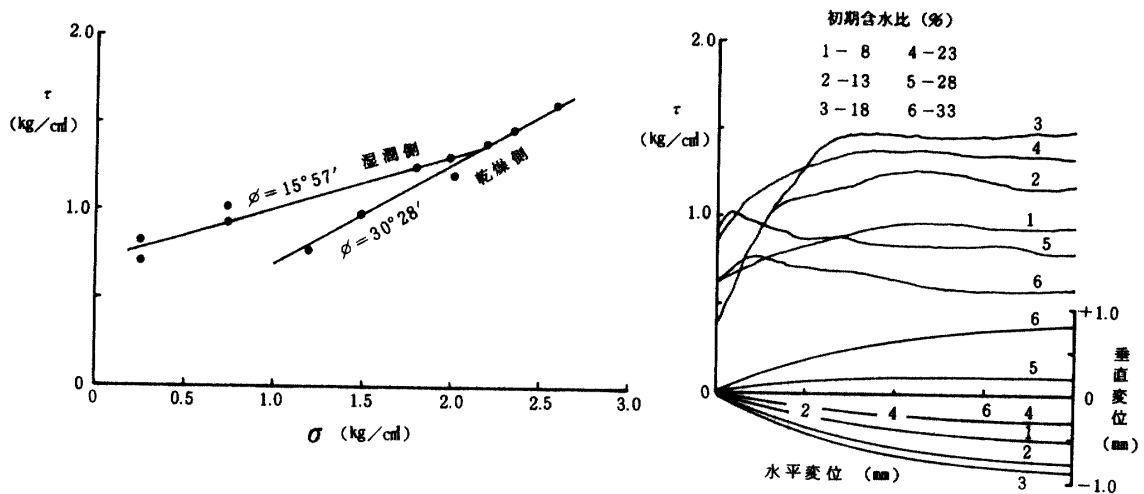


図7. 膨潤圧を垂直荷重とした場合の非排水一面せん断試験結果

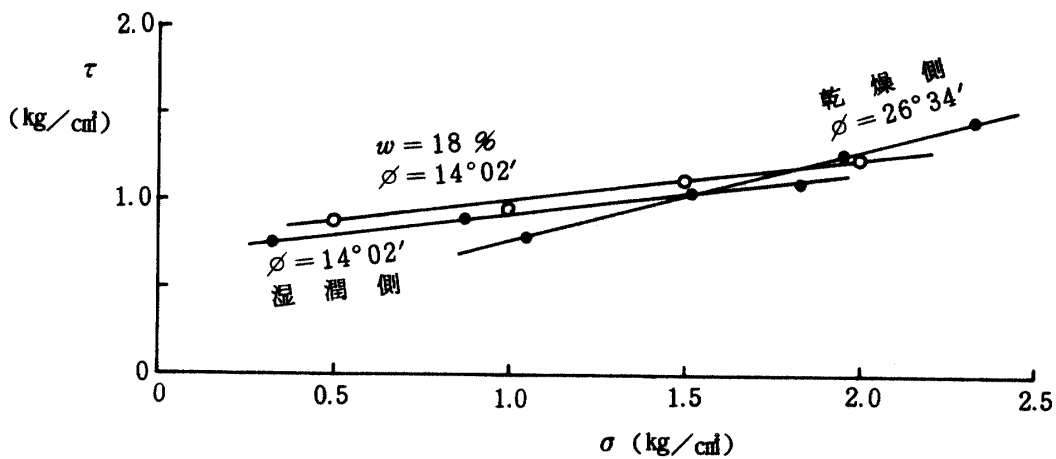


図8. 膨潤後の試料の非排水一面せん断試験結果

以上のことから1.に述べたような同一間隙比の試料の初期含水比と膨潤圧の関係を検討してみると、まず湿潤側で締固めた試料は、土粒子の配向等とも関連して空隙分布が試料全体に平均化され、間隙半径も一様となって吸水による膨潤圧および透水係数は低い値となる。最大膨潤圧を示す附近の含水比で締固めた試料の場合は、締固め時に試料内部に構造的に強い骨組ができると思われる。この骨組部分で

は、他の部分に比べて密度は大きくなり、間隙半径は小さくなる。そのため吸水すると骨組部分の間隙半径の増大率が大きくなるので、膨潤圧はこの部分に支えられて大きくなる。また試料中の骨組部分以外では密度が小さくなり、大きな空隙径の分布を生ずる。そのため透水係数は大きな空隙径に支配されて大きくなる³⁾。したがって膨潤圧の大きい試料ほど透水係数は大きな値を示す。また骨組部分は、試料に膨潤を許した場合あるいは膨潤後さらに載荷した場合でもそのまま残留することになる。乾燥側で締固めた試料の場合、最大膨潤圧を生ずる附近の試料よりもさらに試料内部の密度に不均一化が起ると考える。すなわち部分的に大きな空隙径が分布するようになる。しかし締固め時の含水比が低いため、骨組部分では土粒子間の結びつきが弱く、吸水によってその部分の間隙半径が増大しようとする際に、骨組部分の土粒子の一部が大きな空隙中に移動して骨組部分が崩壊する。そのため試料中の密度分布が平均化されて湿潤側の状態に近くなり、結果として膨潤圧および透水係数は低くなる。

IV おわりに

組粒土について、土の膨潤圧が締固め時の含水比によって変化することを、透水試験の結果等から考察してきた。この実験の結果いえることは、同一間隙比の細粒土について、締固め時の含水比を変えた場合、吸水によって生ずる膨潤圧は変化し、その最大値はpF5～5.5附近に起っていること。また膨潤圧が大きい試料は、膨潤圧が小さい試料に比べて透水係数が大きくなることである。この実験で膨潤圧の表示は、試料の単位断面積で表わすと試料高さの要素が入ってくるので、単位表面積当りで表わした。土の物理量があるこの表面積の要素は、細粒土における土粒子と水の界面の問題を扱う上で有効な因子と考える。

参考文献

1. 宮城調勝 1975 マージ粘土の膨潤、収縮について、琉球大学農学部学術報告 22: 289～298
2. P. C. Carman 1956 Flow of gases through porous media, Butterworths Scientific Publication, : 8～12
3. 近藤武 1975 土粒子表面積が土の透水性におよぼす影響について、農業土木学会論文集 60: 14～18

Summary

In this paper, relationship between swelling pressure and initial moisture content of statically compacted Maaji clay.

The author introduced the surface area of soil particle in order to evaluate the swelling pressure. The swelling pressure was measured by the apparatus of consolidation test and the surface of soil particles by B.E.T. method.

The results obtained are as follows:

- 1) The values of swelling pressure were variable by initial water contents of samples and maximum value consisted in pF 5.0 - 5.5 water contents, though void-ratio was constant.
- 2) The samples having large swelling pressure, showed larger values of permeability than those of samples having small swelling pressure.