

## 土の収縮常数に試料の始めの状態が 及ぼす影響について

正 員 内 田 一 郎\*  
松 本 鍊 三\*\*  
准 員 松 尾 宏 一\*\*\*

**要 旨** 土の収縮常数の測定に際して、試料を収縮皿に詰める時の含水量およびこの試料の混ぜ合わせの状態がどのような影響を与えるかを検討したものである。その結果、練り合わせの時の含水比が大きいくほど、収縮限界、最初の含水比よりの容積変化、飽和度は大きくなり、収縮比、現場含水当量よりの容積変化は小さくなる。また練り合わせ時間の長いほど収縮限界は小さくなり、収縮比、最初の含水量よりの容積変化、現場含水当量よりの容積変化は大きくなる。練り合わせ時間と飽和度との関係ははつきりしなかつた。

### 1. ま え が き

土の収縮常数の試験方法は JIS A 1209 に規定してあるが、試験のため収縮皿につめる試料については次のように決めてある。

#### 3.1 試 料

3.1.1 試料は JIS A 1201 にしたがって、空気乾燥した土の標準網フルイ 0.4 を通過するものよく混つたところから約 30 g を採る。

3.1.2 この試料を蒸発ザラに入れて完全に試料の間隙を満たすだけの蒸リユウ水を加えてよく混ぜ合わせ、あわを含まないで収縮サラにつめ込みやすいペーストを作る。

この規定によると水の量は完全に試料の間隙を満たすだけ加えればよく、混ぜ合わせは気泡を含まないで収縮皿につめ込みやすいペーストができる程度によく行えばよいわけである。一見はつきりしているようであるが、この規定を満足するように思われる水量、混ぜ合わせは一通りでなく、水量を色々変えることもまた混ぜ合わせ方法あるいは混ぜ合わせ時間を変えることも可能である。このように水量あるいは混ぜ合わせの状態を変えた場合に一定の収縮常数が得られるかどうか、また一定値が得られないとすればどの程度の相違があるかを検討してみたものがこの実験である。

この実験によつて試料の始めの状態が土の収縮常数にどのような影響を及ぼしているかがわかり、土の収縮に関する性質の一部を明らかにすることができた。

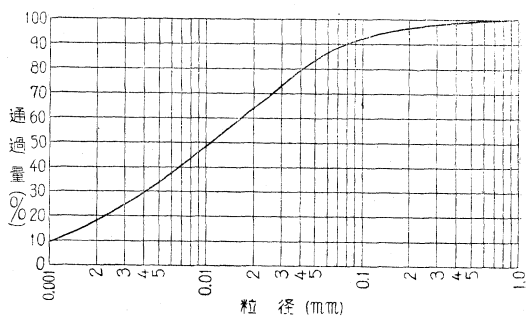
### 2. 試料および実験方法

試料は佐賀県杵島郡富村の干拓土で、不攪乱土を気乾して乳鉢で細かく砕き、フルイ 0.4 を通過させたものである。その物理的性質を示すと

比重 2.60, 液性限界 98, 塑性限界 46, 塑性指数 52, 現場含水当量 64, 遠心含水当量 73  
また粒度は 図-1 の通りである。

調製した試料を 80 g 採つて蒸発皿に入れ、これに水をおよそある量（この水量については後に述べる）加えて試料が大体その水を吸収してガラス板に移しても水が流れ出さぬようになった時、ガラス板にその試料を移しへらで練り合わせる。へらで練り合わせる要領、速度は一定とし、ある一定時間（この練り合わせ時間についても後に述べる）練り合わせた試料は、あらかじめ重量を測り更にグリース（0.1~0.2 g 位）を塗つて重量を測つた収縮皿に、1/3 ほどへらで詰める。この試料を詰めた収縮皿を手指でつまみ、液性限界測定器の硬ゴムの台の上で、約 4~5 cm の落下高さを以て毎秒 2 回の速さで 200 回打撃を与える。このように 200 回打撃を与えた試料の上に更に 1/3 づつ 2 層試料を加え、各層毎に 200 回宛最初の層と同様に打撃を加える。合計

図-1 粒径加積曲線  
Grain size accumulation curve



\* 九州大学助教授, \*\* 九州大学助手; 工学部土木工学教室, \*\*\* オリエンタルコンクリート K K, 福岡出張所

600回の打撃を与えて、できるだけ気泡を追い出した試料に対して、余分の土を定規で落し直ちに重量を測る。このようにして収縮皿に詰めた試料を3個作り、日陰にすくなくとも12時間放置して空気乾燥し、次に乾燥炉上に置いて漸次水分を蒸発させ、土の色が黒色から白色になったならば100~110°Cの乾燥炉中において約42時間(内約24時間は乾燥炉中のヒーターは働いていない)炉乾燥を行った。

以後の測定は、JIS A 1209にしたがい、炉乾燥土の重量と容積、皿すなわち湿潤土の容積などを測定した。以上の測定値を用いてJIS A 1209にしたがって収縮限界、収縮比、容積変化、線収縮などの値を求め、またこの実験の結果出てきた値を用いて比重を計算した。収縮皿に入れた試料が完全に飽和されていて気泡を含まないことが、収縮常数を測定する際には必要であるが、このことが実際に達せられているかどうかを、次の式で飽和度を求めて点検してみた。

$$\text{飽和度 } S(\%) = \frac{V_w}{V_v} \times 100 = \frac{\frac{W - W_0}{\tau_w}}{V - \frac{W_0}{\tau_s}} \times 100$$

但し、 $V_w$ =水の容積、 $V_v$ =間隙の容積、 $W$ =湿潤土の重量、 $W_0$ =炉乾燥土の重量、 $\tau_w$ =水の密度、 $V$ =湿潤土の容積、 $\tau_s$ =土の比重

試料の最初の練り合わせ時間は3分、5分、10分、20分とし各練り合わせ時間に対し色々な含水量を組合わせた。練り合わせ時間3分の時には、含水比が70%位でないと同様なペーストを作ることが不可能なので、この位の含水比を最小としてすこしづつ水量を増し、液性限界位までに対して実験を行った。練り合わせ時間5分の時には同様なペーストを作るに必要な最小含水比は58%前後で、5分、10分、20分の練り合わせ時間に対しては、この58%位から液性限界98%前後までの含水比について実験を行った。

また以上とは別に、最初に5分間62.6~65.0%の含水比で練り合わせ、この試料に更に水を加え同様なペーストを作るに必要な最小時間3分練り合わせて前と同様な測定を行った。後に加える水量は皿に詰める時に土の含水比が70~100%位になる程度とした。

### 3. 実験結果および考察

収縮限界と練り合わせた時の含水比との関係は図-2、収縮比と含水比との関係は図-3の通りである。これらの曲線上に示した3'、5'、10'、20'はそれぞれの練り合わせ時間を、5'+3'は最初62.6~65.0%の含水比で5'練り合わせて、更に水を加えて3'練り合わせた場合のものを示す(以後の図においても同様)。

収縮限界は図-2よりわかるように、練り合わせる時の含水比が大きいほど大きくなり、また練り合わせる時間の短いほど大きくなる。すなわち、始めの含水比の大きいほど大きい含水比の時に収縮が止まり、また練り合わせ時間の短いほど大きい含水比で収縮が止まることになる。試料の間隙は一応水でほぼ飽和されていると考えることができるから(飽和度については後に検討する)、大きい含水比で収縮が止まるということは、大きい間隙の状態で土の収縮が止まることを意味する。収縮比は収縮後の試料の乾燥密度であるから、当然図-3に示されるような結果が出てくる。すなわち始めの含水比の大きいほど収縮比は小さく、また練り合わせ時間の短いほど収縮比が小さくなる。以上は土の収縮に関する性質として注目すべきことであり、また収縮限界、収縮比その他の収縮常数が試験要領によつて非常に差異を示し、場合によつては異種の土とみなし得るような値を生じ得ることを示している。収縮常数の値を解釈する上において、このことは常に念頭におく必要があらう。

最初の含水比からの容積変化を、次の式で計算して図示したものが図-4である。

図-2 収縮限界-含水比曲線  
Shrinkage limit-moisture content curve

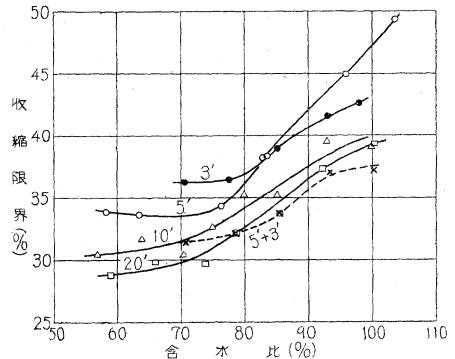


図-3 収縮比-含水比曲線  
Shrinkage ratio-moisture content curve

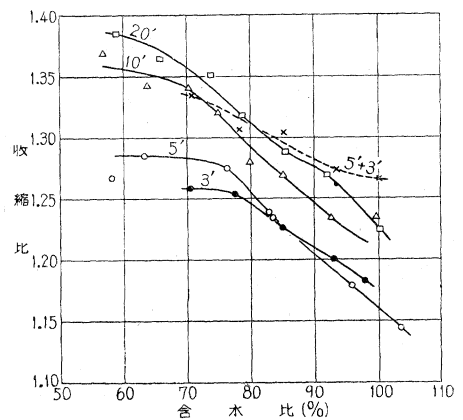


図-4 最初の含水比よりの容積変化  
Volumetric change for the initial moisture content

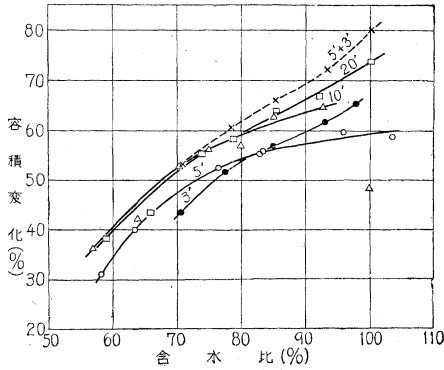


図-5 現場含水当量よりの容積変化  
Volumetric change for the field moisture equivalent

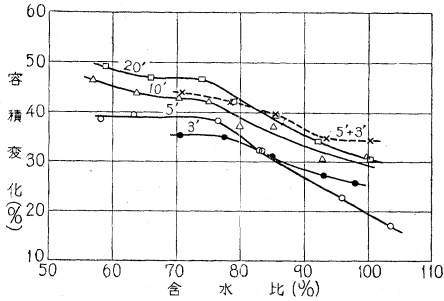
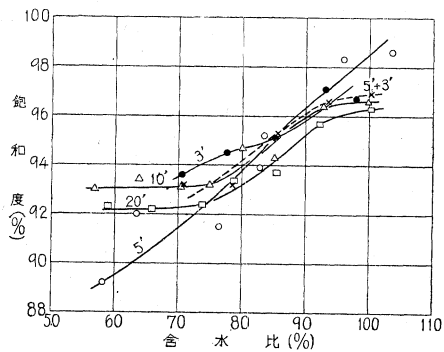


図-6 飽和度-含水比曲線  
Degree of saturation-moisture content curve



料より計算した比重を示してみると図-7の通りである。

その結果はこの土の比重である 2.60 とは大きい差があり、このような計算によつて比重を求めることは不適当である。このことは今まで試験を行つた多くの土についても同じである。たとえば今

$$R(\%) = \frac{\tau_s - \tau_a}{\tau_s} \times 100$$

$\tau_s$  = 土の比重

$\tau_a$  = 収縮常数から求めた土の比重の近似値

とすると、 $r_a$  が  $r_s$  に近づくほど  $R$  は小さくなる。そこで今

$$C = (w_1 - w_s)R$$

$w_1$  = 最初の含水比,  $w_s$  = 収縮限界,  $R$  = 収縮比

この図-4の關係は図-2からも推察できることであるが、始めの含水比の大きいほど、練り合わせ時間の長いほど容積変化は大きくなる。もし容積変化の基準にする最初の含水比を現場含水当量にとると、その場合の容積変化は次の式で計算されることになる。

$$C = (w_f - w_s)R$$

$w_f$  = 現場含水当量

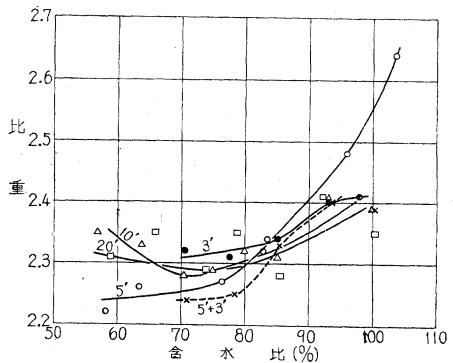
$w_f$  は一定値であり、したがつて  $w_s$  が大きくなる始めの含水比の大きい土、練り合わせ時間の短い土において、この場合の容積変化は小さくなる。すなわち図-5に示すような結果となる。

以上のことから、容積変化は基準にする水量をどうとるかによつて非常に差異を生ずることがわかる。線収縮についても容積変化の場合と同じことがいえる。

次に前に述べた式によつて飽和度を求めてみると図-6の通りである。

この図-6よりわかるように始めの含水比の多いほど飽和度は高いが、練り合わせ時間と飽和度との関係ははつきりしなかつた。しかし、既に著者の1人が報告した通り<sup>1)</sup>、気乾土は硬いパテの状態で練り合わせた方が軟らかいペーストの状態で練り合わせた時より土粒子の空隙に水が行き渡りやすいのである。それ故に、(5'+3')練り合わせの場合、すなわち最初は含水比 62.6~65.0%の硬いパテの状態でも5'練り合わせて、更に水を加えて3'練り合わせ軟らかいペーストの状態でも皿につめたものは、最初から軟らかいペーストの状態でも練り合わせ、上と同じ含水比でも皿につめたものより、飽和度は大きい筈である。これは図-6においてその傾向が認められる。また図-3,4,5からわかるように、86~100%の軟らかいペーストの状態でも皿につめると、(5'+3')練り合わせの場合が、これより練り合わせ時間の長い10', 20'練り合わせの場合よりも、収縮比、容積変化において共に大きいのも、気乾土を練り合わせる時の最初の含水比が異なるための影響であろうと考えられる。また JIS A 1209 によると収縮常数試験から得た資料より近似的に比重が計算できるといつているが、この場合の資料

図-7 比重-含水比曲線  
Specific gravity-moisture content curve



までに収縮常数試験を行つた多くの土(塑性指数 2~63)について、 $R$ -飽和度曲線を書いてみると 図-8 の通りになる。

ここに飽和度は前に述べた式で計算した値で、飽和度 100% 以上のものがあるのは計算上このような値を得たため、これらの飽和度 100% を越したものはほとんど塑性指数 16 以下の土である。土の比重の近似値として実用上採用できる  $r_0$  は 図-8 からわかるように極めて少数である。これは気乾土の飽和度を 100% となるように皿につめることが容易でないことを示すもので、粘着性の土では特に困難である。以上のことより、収縮常数試験によつて得た資料から近似的に比重を計算できるということ、JIS に記することには疑問の余地がある。むしろ普通の土の比重は 2.6 とか 2.7 とかいつた方が本当の値に近いことが多いのではなからうか。

なお、収縮皿に塗つたグリース量と試料の亀裂、皿からの離れ具合などを検討してみたけれども、はつきりした傾向を見出すことはできなかつた。ただ、練り合わせ時間 3 分のものおよびまず 5 分練り合わせ後水を加えて更に 3 分練り合わせたもの、すなわち一般に練り合わせ時間の短いものに亀裂が多いようであつた。

#### 4. むすび

以上述べたことからわかるように、試料の最初の状態すなわちその試料がどの位水を含んでいたか、またその練り合わせはどの位行われたかが、その土の収縮に関する性質に大きな影響を与えている。したがつて JIS A 1209 に決めてある収縮常数を問題にする際には、本文で述べたようなことを意に留めて考えることが必要である。

#### 参 考 文 献

- 1) 松本鍊三：土の液性限界試験における注水量の影響，土と基礎，Vol.3, No.12, p.25

(昭. 31. 4. 21)

図-8  $R$ -飽和度曲線  
R-degree of saturation curve

