

山梨大学工学部

○八代 光央

山梨大学工学部 正員

箭内 寛治

1. まえがき

収縮限界は、液性限界や塑性限界とならんで土のコンシステンシー特性をあらわす指数の一つで、地盤の凍上性の判定や土工材料としての適性を判断するのによく利用されている。しかし収縮限界の試験方法には、有害金属としてその取り扱いが規制されている水銀が用いられている。水銀は液体状をした揮発性の金属として知られ、人体には呼吸器管、消化器管および皮膚を通じて容易に吸収される。また体内に吸収された水銀は排泄される速度が遅く、長く蓄積されるため、できれば水銀を使用しない試験方法に改めるのが好ましい。本報告は試験操作の一つである炉乾燥供試体の体積を測定するに際して、ノギスによって直接、供試体の寸法を測定する方法、および水銀に代わる水置換法の可能性について検討したものである。

2. 試料および試験

＜試料＞ 試料として用いたのは次の三種類の粘性土で三角座標に図示すると図-1 のとおりである。

(a) 関東ローム (b) 黄色軽石土(火山灰土) (c) 沖積粘性土

＜試料のコーティング材料＞ 水置換法で体積をはかるに当たって炉乾燥試料に耐水性を持たせるため、被覆材として用いたのは、次のものである。

スプレー式被覆材： テフロン、ラッカー

手塗り式被覆材： パラフィン、ラッカー、ウレタン樹脂

＜試験法＞ 改良試験法はノギスによる寸法測定法と、水置換法とに大きく分かれるが、これらの方法をJIS A 1209に規定する方法(以下、水銀法と略称する)と関連づけながら記述する。

i) 寸法測定法 水銀法試験手順の後半、空気乾燥した供試体を炉乾燥した後、その質量 m_s をはかる。その後ノギスで供試体の厚さ、直径を円周の直交する2方向で測定し体積 V_0 を計算し、収縮限界 w_s を(2)式によって求める。

ii) 水置換法 同じく空気乾燥し炉乾燥が終了した後、供試体の質量 m_s をはかる。その後、水浸時、供試体に水が入らぬようウレタン樹脂をむらなく一様に刷毛で塗布する。塗布は通常2回行う。1回10～20分で塗布し、約20分空气中で乾燥させた後、表面の孔をふさぐようにして2回目の塗布を行う。十分乾燥した後その質量 $m_{s'}$ をはかる。過不足なく水を入れた収縮皿にその供試体を沈め、その体積を水で置き換え、被覆された供試体の体積 V_0' を求める。被覆されない炉乾燥供試体の正しい体積 V_0 は次式で求める。

$$V_0 = V_0' - \frac{m_{s'} - m_s}{\rho_u} \quad (1)$$

ただし ρ_u : ウレタン樹脂の密度

V_0 および m_s を用いて (2) 式から収縮限界 w_s を求める。塗布にテフロン、ラッカーなどのスプレー式被覆材を用いる場合も、ほぼこれと同じ要領で行う。

iii) 試験の条件 収縮限界の測定に当たっては、試験方法の問題点として次の諸点が未解決で残されている。

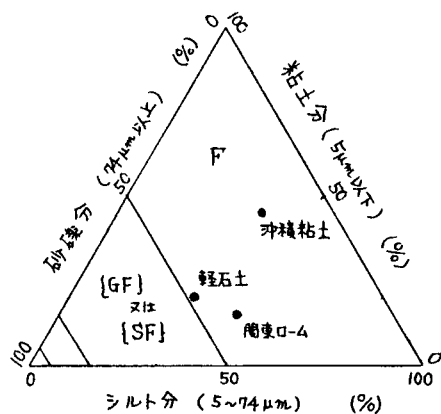


図-1 三角座標

すなわち、試験開始時の含水比の影響、試料に与える繰り返しの影響、乾燥速度の影響などである。本報告では、試験開始時の含水比は液性限界に統一して、繰り返しはヘラを用いて 300 回(150 回繰り返し→4 時間含水比一定で静置→150 回繰り返し)繰り返しを行い、乾燥速度は室内自然乾燥後→炉乾燥で実験するのを標準とした。

3. 実験結果

収縮限界 w_s は(2)式で表わされるため、炉乾燥土の体積 V_0 を過大に測定

$$w_s = w - \frac{(V - V_0) \rho_w}{m_s} \times 100 \quad (2)$$

ここに w : 湿潤土の含水比(%) V : 湿潤土の体積(cm^3)

ρ_w : 水の密度(g/cm^3)

すると w_s は大きくなり、 V_0 を過小に測定すると w_s は小さくなる
ことがわかる。ノギスを用いて直接、高さ・直径をはかる寸法測定は、
炉乾燥土の表面のへこみや、クラックまでは測定値の中に入っていないから、
 V_0 を過大に測定しがちであり、図-2 を見ても水銀法の測定値よりは常に w_s を大きく決定している。それに比べ水置換法は水銀
よりは表面張力が小さいため w_s を小さく決定することが多い。また JIS で決
められている w_s との誤差が小さく、ここでとり上げた試料では相対誤差が約
±5% の間におさまっていることがわかる。

いままでは水銀を使わないで収縮限界 w_s を求める方法を追求してきたが、
一体、収縮限界の誤差はどれ位まで許容されるものであろうか、簡単に検討し
てみよう。既述のように w_s は、凍上性の判定や、他の土質特性のクロスチェ
ックに使われることが多いが、定量的な数値が力学的特性の判定に使われる
例を取り上げてみると、次のようである。

$$i) \quad w_s < 21 - 1.1 \sqrt{w - \frac{w_L^2}{800}} \quad (3)$$

が満足されれば土は凍害を受けない。

$$ii) \quad \begin{array}{ll} w_p > w_n > w_s & \text{の上では} \quad \text{直接許容支持力} = 2.0 \text{ kgf/cm}^2 \\ w_s > w_n & \text{の土では} \quad \text{直接許容支持力} = 4.0 \text{ kgf/cm}^2 \end{array}$$

ここに w_n , w_p : それぞれ地盤の自然含水比および塑性限界

これらの例で、土のコンシステンシー w_L , w_p や、自然含水比は通常、数%での相対誤差で測定が行な
われていることおよび(2)式の右辺の有効数字の桁数を考慮すると、収縮限界もまた 5%以下の誤差は許容さ
れるように思われる。

4. 結論

わずかな実験例に過ぎないが、それらの結果をまとめると次のようになる。

i) 寸法測定法および水置換法ともに JIS A 1209 の方法を標準として、相対誤差 ±5% 以内におさめるこ
とができた。

ii) 水置換法では、供試体を手塗りでコーティングする方法が、手軽にコーティングできるスプレー式より
良い結果をおさめた。

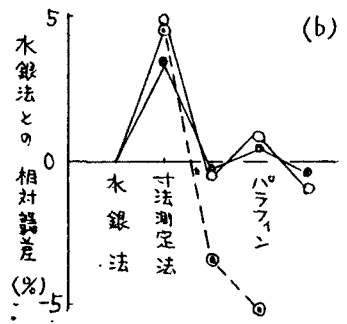
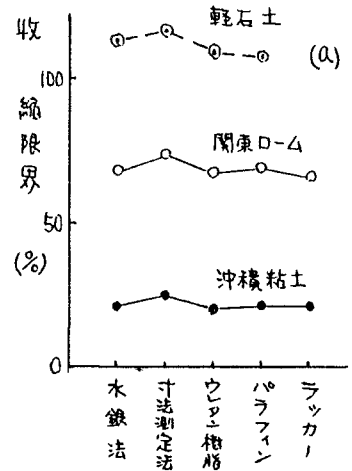


図-2 試験法による収縮限界の変動