

III - 393

収縮限界に影響を与える因子の検討（その2）

（収縮限界の求め方に含まれる問題点の検討）

東海大学工学部土木工学科 正会員 綿引 恵一

1. はじめに

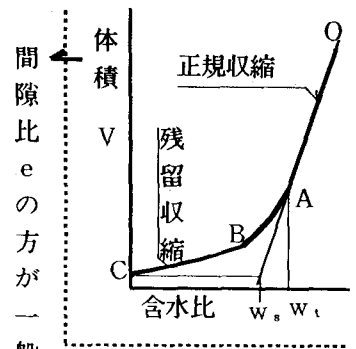
土のコンシステンシー限界が持つ物理的、力学的意味として、強度、特にせん断強度との関係において、その重要性を指摘する声が多い。土のコンシステンシー限界の代表として 液性限界、塑性限界、収縮限界が一般に示されている。

筆者はすでに液性限界、塑性限界と収縮限界とはその試験法において根本的な相違があり、前者は試料を乱す試験、言い替えば動的な試験であり、後者は試料を乱すことのない静的な試験であって、必ずしも同一の立場で議論しうるものではないとの考え方を示した。また、収縮限界が塑性限界よりも常に小さい含水比であるかのような表現は事実と異なることをカオリン粘土およびカオリン粘土と砂の混合材料に対して実験的に示した。さらに、収縮限界試験において正規収縮と呼ばれる領域について、それが必ずしも飽和状態で進行するものではないことを乾燥収縮過程の含水比と体積の関係から実験的に示し、収縮挙動とは何かにについての疑問を提示した^{1) 2)}。

土の収縮限界に影響を与える因子としては、従来から指摘されているように土性、構造、脱水条件、練り返し含水比、乾燥温度、乾燥湿潤履歴などが示されている³⁾。筆者はすでに、実験的に調べた結果として、液性限界以上の含水比であっても練り返し含水比の違いが収縮限界に影響することを示した^{1) 4)}。

また、従来の収縮限界の求め方が体積と含水比との関係であったことに対する検証を含めて いくつかの形状と大きさを持つ容器によって気乾状態での乾燥収縮挙動を調べた。さらに、脱水条件の相違を検討する目的で、プラスチックの底のある容器と底を布で作った容器との比較を行った。結果として、間隙比と含水比の関係で整理することによって、容器の大きさ、形状は乾燥収縮挙動には大きな影響を与えないこと、脱水条件の相違も乾燥時間に違いはあっても結果として得られる間隙比～含水比関係には大きな影響を示さないことが確認された⁴⁾。

一方、収縮限界の従来の決定方法における問題点も指摘した。即ち一般的には収縮挙動は図-1の破線内のように示されている。特に、いくつかの土においては残留収縮の最後の段階において弾性膨張の領域の有ることが知られている。筆者が行ったカオリン粘土を用いた実験においても弾性膨張が明確にみられ、間隙比～含水比関係における残留収縮領域の形状は、下に凸の放物線的なものであった（図-2中の実線）。一般的な試験法では、初期状態と最終乾燥状態（D）しか測定しないので、収縮限界としては、 w_d を得ることになる。しかし、体積の変化を忠実に追ったときに見いだされるB点に対して収縮限界を求めると w_b が、仮に、正規収縮との交点を求めたとしても w_c となり、いずれも w_d よりも小さくなる。このあたりに収縮限界を以下に定義し得るかという基本的な問題点が示されている。



w_s と w_l の差が小さいという主張
(真の収縮限界は w_l であるが、 w_s を収縮限界としてよいという主張)

図-1

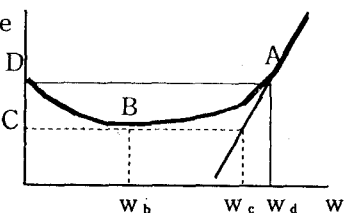


図-2

II. 塑性限界と収縮限界の関係

塑性限界に於ての体積の測定がなされた例はあまりないはずである。これは、すでに指摘したように、塑性限界の試験法自体が乱した状態を作っているために体積の測定が困難であることと、さらに、今まで、あまり塑性限界における間隙比、飽和度等を検討する必要性を感じていなかったからであろう。筆者は不飽和土に興味を持ってきたので、塑性限界における間隙比、飽和度の測定を試みた。

試料 ; カオリン粘土 $G_s = 2.7$

容器形状	A	B	C	D	容器の記号による区別例
直径 cm	4.0	5.1	6.7	10.1	AP ; 容器形状A底プラスチック
高さ cm	4.6	2.5	3.3	1.4	CC ; 容器形状C底布
体積	51.5	51.5	117.8	117.8	

底がプラスチックのもの (P) 底が布のもの (C)

体積の測定方法 ; みずあめを、乾燥土の収縮した間隙に流し込み、その重量変化によって体積を測定する。(みずあめの単位体積重量は、毎回計る。)

結果として得られた塑性限界における間隙比と含水比の関係は図-3に示すようである。

図から塑性限界は飽和度がほぼ100%の状態であることが間分かる。一方、各種の大きさや形状の容器によって得られた収縮限界の値は、ほぼ、35~37%であった。この値は、図比-2において示した W_c と W_b の中間的な値である。ここでも、従来の常識に反して、塑性限界=液性限界 あるいは、液性限界<塑性限界の状態が見られる。しかし、大掘みについて、塑性限界は、図-2に示したA点から、B点へ移行し始めた直後と考えられ、飽和から不飽和への境界に位置する状態と考えられる。

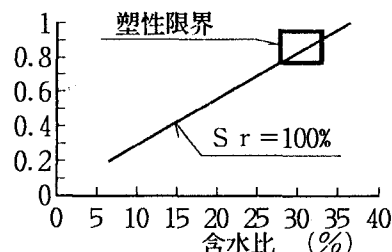


図-3

III. 初期含水比が 塑性限界程度、あるいは、塑性限界より小さい場合 の収縮挙動

図-4には、容器CPの場合についての結果を示した。初期含水比63%と42%は、初期飽和度100%であり初期含水比32%の場合、初期飽和度とは80%程度である。

図に示されたように、初期含水比32%の場合には、乾燥に伴う収縮挙動が見いだせない。さらに、乾燥時に側方向（水平）の収縮に対して縦方向には逆に膨張を生じ、結果として間隙比が増大している。これは、供試体の作成方法に大きく影響を受けていると考えられる。不飽和の状態で一定の間隙比になるようにあらかじめ含水比調整をした試料を容器に棒で突きながら入れたために、構造的な相違が出たものと考えられる。また、塑性限界の上限に近い含水比40%の場合には、一般に乾燥初期の収縮がやや目立つ印象であった。特に、底が布の場合に目立つようであった。

乾燥時の挙動の計測の困難さの結果、データの的には、不満足の間があるが、他の要因についても検討中であり、特に、体積変化とコンシステンシーの関係を吟味したい。

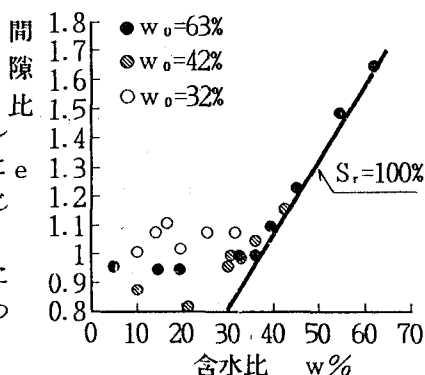


図-4

- | | | |
|--------------------------|------------------|------|
| 1) カオリン粘土の収縮限界について | 第21回土質工学研究発表会講演集 | 1986 |
| 2) カオリン粘土の乾燥収縮時の挙動と強度変化 | 第22回土質工学研究発表会講演集 | 1987 |
| 3) 土の物理学 | 土壌物理研究会編 | 1979 |
| 4) 収縮限界に影響を与える因子の検討（その1） | 第24回土質工学研究発表会講演集 | 1989 |