

真空蒸発を受けた粘土の含水比低下に伴う体積収縮特性

信州大学工学部 正 梅崎健夫, 正〇河村 隆

1. はじめに 著者らは透水性の低い粘土に対して不飽和供試体を短時間で容易に作製する方法として真空蒸発法^{1)~5)}を提案している. 本文では, 液性限界の0.6~0.9倍程度に予圧密した3種類の飽和粘土試料に真空蒸発法を適用し, 収縮曲線の形状について検討した. そして, その収縮曲線から得られる収縮限界と学会基準(JIS A 1209:2000)で定められる収縮限界について比較検討した.

2. 真空蒸発法 真空蒸発法は^{1)~5)}, 図-1に示すように, 供試体を静置した真空デシケータ内を水の飽和蒸気圧付近である真空圧 $p_v \leq -95\text{kPa}$ に減圧し, 間隙水を蒸発させて不飽和供試体を作製するものである. 本手法は, 締め固めによる動的荷重や空気圧負荷による透水力など予圧密圧力以外の応力履歴を供試体を与えることが少なく, 透水性の低い粘土に対して不飽和供試体を短時間で容易に作製する手法である.

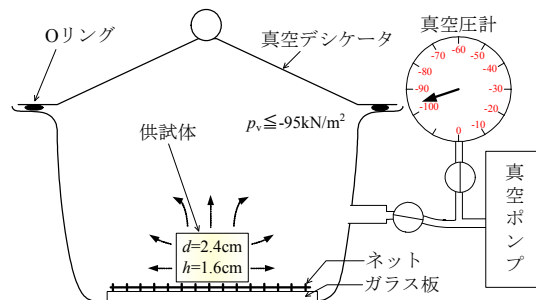


図-1 真空蒸発法の概要

3. 試験条件 試料には, カオリン粘土, NSF(B)粘土および笠岡粘土を用いた. 試料の諸特性を表-1に示す. ここで, ρ_s : 土粒子密度, w_L : 液性限界, w_p : 塑性限界, w_s : 収縮限界および I_p : 塑性指数である. w_L の約2倍で繰返し

表-1 試料の物理特性

試料名	$\rho_s(\text{g/cm}^3)$	$w_L(\%)$	$w_p(\%)$	$w_s(\%)$	I_p
カオリン粘土	2.630	72.6	35.4	35.2	37.2
NSF(B)粘土	2.726	73.9	33.1	34.0	40.8
笠岡粘土	2.702	58.5	23.3	11.8	35.1

たスラリー試料を予圧密容器内で3時間脱気した後, 所定の予圧密圧力 p_0 で一次元圧密して飽和粘土試料を作製した. それを所定の直径 d , 高さ h に成形して供試体とし, 真空蒸発法を適用した. 所定時間ごとに, 真空圧を解除して供試体を取り出し, 質量, 直径および高さを測定した.

4. 試験結果および考察 図-2~4に真空蒸発法における初期体積 V_i で正規化した体積 V/V_i と含水比 w の関係(収縮曲線)を示す. 初期含水比 w_i によって異なる関係となるが, いずれの試料においても, 含水比の低下とともに体積が直線的に減少し, その後緩やかに体積変化が収束していき, 収縮限界(w_s)付近以下では体積変化がほとんど生じない無収縮の状態となる. 飽和粘土を一樣に, かつゆっくりと乾燥させた場合には, 正規収縮, 残留収縮, 無収縮の三つの過程の収縮挙動を示す⁶⁾. 正規収縮とは, 含水比低下に対応して体積が収縮する過程であり, 常に土は飽和状態である. 図中には, それぞれの w_i に対応する正規収縮過程における V/V_i と w の関係($V/V_i = (G_s / ((S_n(1+e_i))w + 1/(1+e_i)))$, ここで, G_s : 土粒子比重, S_n : 初期飽和度($\cong 100\%$), e_i : 初期間隙比)を破線で示している. 真空蒸発から得られた初期の収縮過程における直線の勾配は正規収縮過程の勾配よりも緩やかであり, 早い段階から供試体の不飽和化が生じている. そこで, 図-5に示すように, V/V_i と w の関係を整理して考察する. ここで, α : 正規収縮過程における直線の傾き($=G_s / ((S_n(1+e_i)))$), β : 真空蒸発により得られる収縮過程における直線の傾き, w^* : 正規収縮過程と無収縮過程の2直線の交点における含水比であり, これがJIS A 1209:2000の収縮限界に相当するとされる.

図-6に β/α と w_i/w_L の関係を示す. w_i が低いほど, 真空蒸発から得られた初期の収縮過程における直線部分の傾きが小さくなり, 不飽和化の進行が顕著となる. 一方, w_i が高くなるほど β/α は1に近づき, $w_i/w_L=1$ 付近で $\beta/\alpha=1$ となる. すなわち, $w_i \geq w_L$ の試料に真空蒸発法を適用すれば正規収縮過程に沿った結果が得られる. なお, JIS A 1209:2000では液性限界を初期含水比として収縮限界を定めている.

図-7に w^*/w_s と w_i/w_L の関係を示す. w_i が低いほど w^*/w_s は1よりも大きい. 一方, w_i が高くなるにつれて w^*/w_s は小さくなり, $w^*/w_s=1.13$ 程度で収束する. これは, 真空蒸発による含水比低下速度が速いために, 十分な体積収縮が生じないためであるが, w^* の値から w_s を決定できる可能性がある. 通常, 収縮限界の測定(JIS A 1209:2000)には1週間以

キーワード: コンシステンシー, 収縮限界, 液性限界, 収縮曲線, 不飽和土, 真空蒸発

住所: 〒380-8553 長野市若里4-17-1 信州大学工学部土木工学科, TEL&FAX:026-269-5291

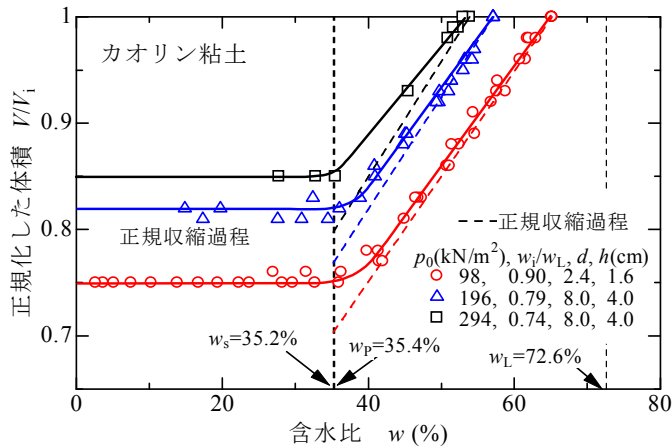


図-2 正規化した体積と含水比の関係 (カオリン粘土)

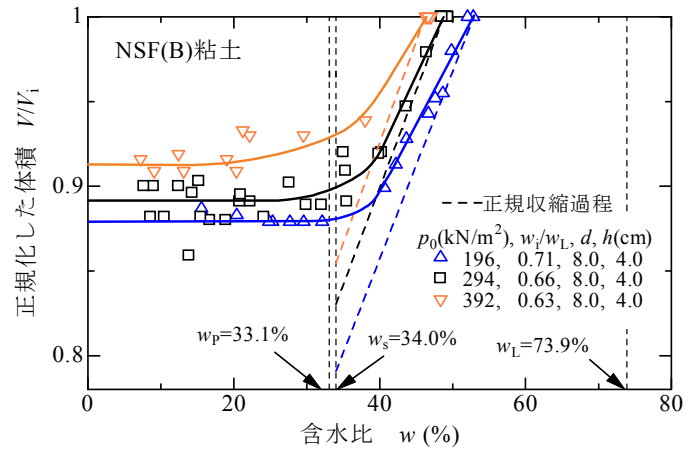


図-3 正規化した体積と含水比の関係 (NSF(B)粘土)

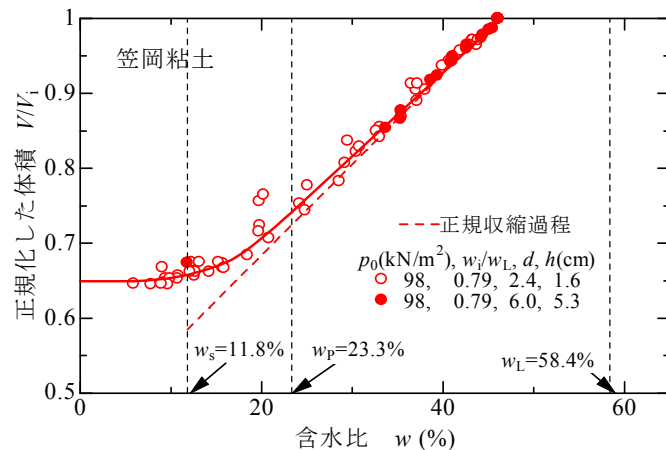


図-4 正規化した体積と含水比の関係 (笠岡粘土)

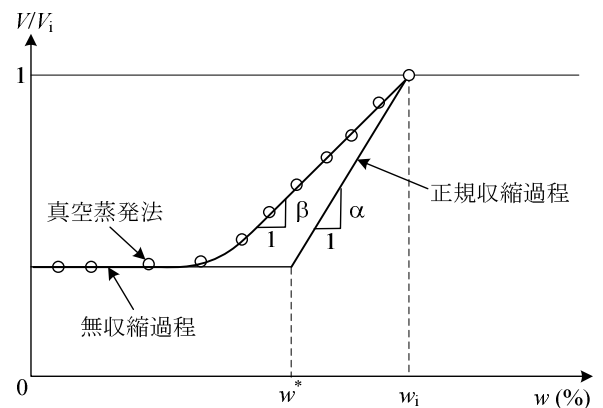


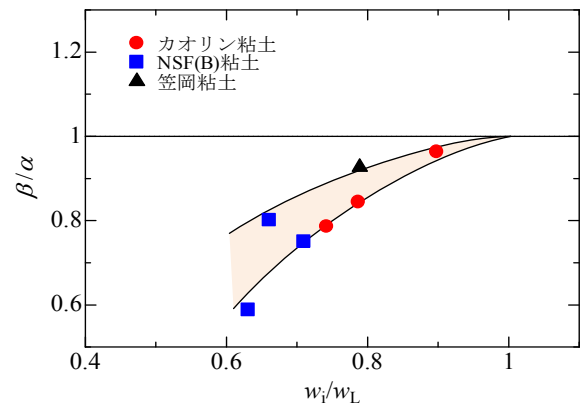
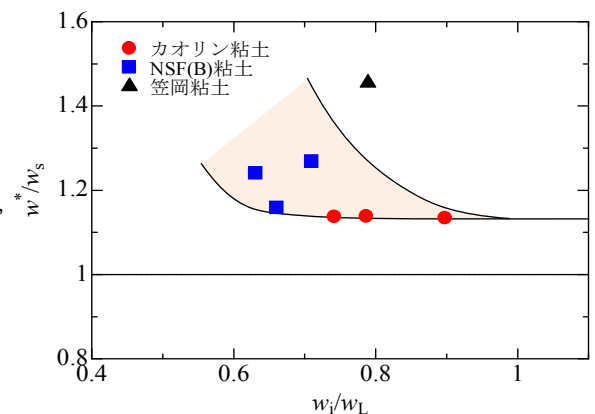
図-5 真空蒸発法における収縮曲線の模式図

上の長期間を要する。真空蒸発法は短時間で容易に供試体の含水比を低下（本文の条件では10時間～2日間）させることが可能であり、データを蓄積することにより、収縮限界の測定時間を大幅に短縮できる可能性が示唆される。

5. まとめ 得られた主な知見は以下の通りである。

- ①液性限界以上の初期含水比の飽和粘土に真空蒸発法を適用すれば正規収縮過程に沿った直線が得られる。
- ②液性限界以上の初期含水比から得られる正規収縮過程と無収縮過程の2直線部分の交点の含水比 w^* は、収縮限界 w_s の1.13倍程度の含水比となり、 w^* の値から w_s を決定できる可能性がある。
- ③真空蒸発法のデータを蓄積することにより、収縮限界の測定時間を大幅に短縮できる可能性が示唆される。

【参考文献】1)井上友博, 梅崎健夫, 河村 隆: 真空蒸発法で作製した不飽和粘土供試体の圧密・強度特性, 第38回地盤工学研究発表会, pp.923-924, 2003. 2)井上友博, 梅崎健夫, 河村 隆: 真空蒸発法による不飽和粘土供試体の作製法 (その1), 平成16年度研究発表会講演概要集, 土木学会中部支部, pp.235-236, 2004. 3)井上友博, 梅崎健夫, 河村 隆: 真空蒸発法による不飽和粘土供試体の作製法 (その2), 第40回地盤工学研究発表会, pp.883-884, 2005. 4)梅崎健夫, 河村 隆, 武藤裕久, 小相澤拓也: 真空蒸発法による不飽和粘土供試体の作製法 (その3), 第43回地盤工学研究発表会, pp.747-748, 2008. 5)梅崎健夫, 河村 隆, 黒田幹裕, Dini Budiani: 真空蒸発法による不飽和粘土供試体の作製法 (その4), 第44回地盤工学研究発表会, 2009 (印刷中). 6)Haines, W.P.: The volume-changes associated with variation of water content in soil, Jour. Agric. Sci., Vol.13, pp.293-310, 1923.

図-6 β/α と w_i/w_L の関係図-7 w^*/w_s と w_i/w_L の関係