

真空蒸発による塊状粘土の含水比低下特性（その2）

信州大学大学院 学生員 ○小野島 隆雄
信州大学工学部 正員 梅崎 健夫 正員 河村 隆

1. はじめに 高含水比浚渫土の脱水処理などにおける真空技術の応用として、真空(減圧)に伴う水の蒸発現象を利用した粘性土の含水比低下技術の開発が進められている^{1),2)}。著者らは NSF 粘土に関する一連の室内実験の結果に基づいて、圧密による骨組構造を有する塊状粘土中の水の真空蒸発現象とその支配因子の関係について明らかにしている³⁾。

本文は、自然粘土（長野粘土）に関して既報³⁾と同様の実験を実施し、粘土中の水の真空蒸発現象とその支配因子の関係を考察したものである。

2. 試料および実験方法 試料には自然粘土（長野粘土）($G_s=2.622$, $w_L=54.5\%$, $I_p=29.9$)を用いた。純水を加えて、液性限界の2倍程度の含水比 109%に練り返し、所定の圧密応力 σ_v (49, 98, 147, 196kPa)で3日間一次元圧密した塊状試料をカッターリングを用いて直径6cm, 高さ5cmに切り出して供試体とした。

アクリル製の真空槽（内径 6cm, 高さ 15cm, 断面積 28.26cm^2 ）の底部に、試料の間隙水圧を測定するために、セラミックディスク(AEV=196kPa(公称), 直径 10.1mm, 厚さ 3mm, 断面積 0.79cm^2)を備えた間隙水圧計を設置した。真空槽の詳細については参考文献 4)を参照されたい。真空槽に所定量の供試体を詰めこみ、室温を 23.5°C に保ち、水の飽和蒸気圧 - 98.4kPa に近い真空圧 - 95.1kPa を負荷して水の蒸発量、粘土中の間隙水圧、試料の温度および真空槽内の気温の経時変化を7日間測定した。水の蒸発量は、供試体を含む真空槽の総重量を測定し、測定値の減少分から求めた。比較のために圧密後、十分練り返した非塊状粘土中の水の真空蒸発実験も実施した。なお 23.5°C において真空圧 - 95.1kPa 未満では蒸発はほとんど起こらない⁴⁾。

3. 実験結果および考察 図-1 に供試体の初期間隙比を示す。一次元圧密した後に切り出された塊状粘土の間隙比 e_0 (含水比 w_0)は、 $\sigma_v=49\text{kPa}$ のとき、 $e_0=1.15$ ($w_0=43.8\%$)であり、 $\sigma_v=196\text{kPa}$ のとき、 $e_0=0.913$ ($w_0=34.9\%$)と異なる。透水係数も間隙比に対応して異なるものと思われる。また $\sigma_v=49\text{kPa}$ のときの試料を練り返したものを真空槽に詰め込んだときは、 $e_0=1.15$ であり、 $\sigma_v=196\text{kPa}$ のときの試料を練り返したものでは $e_0=0.911$ である。練り返すことによる間隙比の変化はほとんどない。この様に骨組構造の程度が異なる粘土中の水の真空蒸発現象を検討した。

図-2 に $\sigma_v=98\text{kPa}$ で一次元圧密した粘土中の水の真空蒸発挙動の一例を示す。真空の負荷とともに供試体内の温度が急激に低下しその後上昇と低下を繰り返す。これは粘土中の水

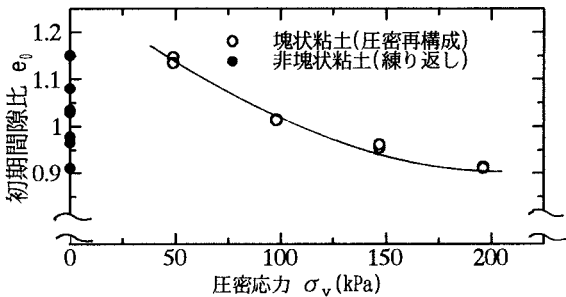


図-1 圧密応力と初期間隙比の関係

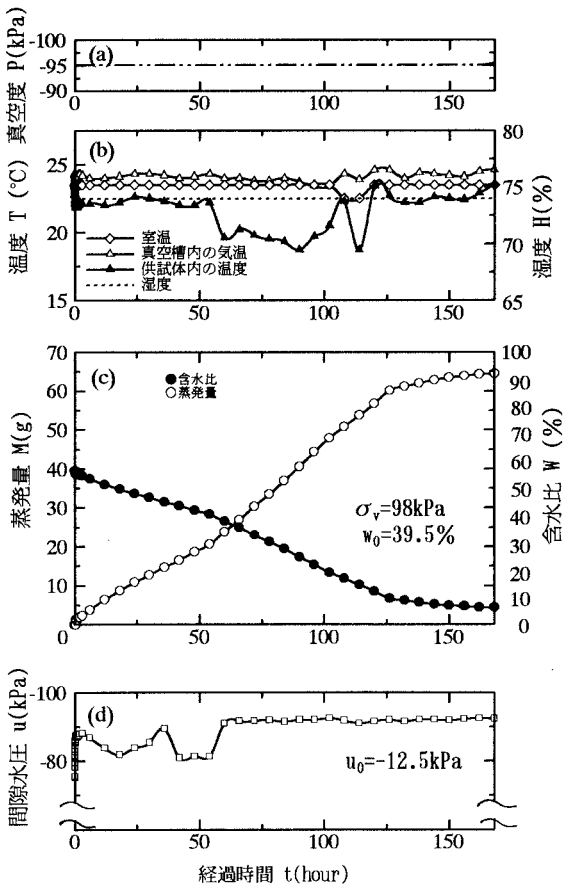


図-2 塊状粘土中の水の真空蒸発挙動

の蒸発量に対応する気化熱の損失によるものと思われる。粘土中の水の蒸発量は時間とともに増加したが、168 時間後においても完全に絶乾状態にはならなかった。NSF 粘土での実験³⁾では 168 時間後には絶乾状態に達していたことから自然粘土の蒸発速度の方が遅いことがわかる。供試体底面での間隙水圧の変化を図-2(d)に示す。圧密された塊状粘土は、その骨組構造を保持するために負の間隙水圧を有する。 $\sigma_v=98\text{kPa}$ の場合には、初期間隙水圧 $u_0=-12.5\text{kPa}$ という値を有している。真空の負荷とともに間隙水圧はさらに負圧が大きくなり、所定の真空圧 -95.1kPa に達する。

図-3 に圧密応力が異なる場合の塊状粘土中の水の蒸発速度の比較および間隙水圧の経時変化を示す。ここで間隙水の蒸発量 ΔM を初期含水量 M_0 で除した値を、正規化蒸発量 $\Delta M/M_0$ と定義した。間隙比(透水係数)が小さく、骨組構造が発達した圧密応力の大きい粘土のほうが水の蒸発速度がやや速い。間隙水圧はほぼ全てにおいて所定の真空圧 -95.1kPa に近い値に達したが、圧密応力の小さいものほど達する時間は遅い傾向にある。

図-4 に塊状粘土(圧密再構成)と非塊状粘土(練り返し)中の水の蒸発速度を正規化蒸発量で比較したものを示す。圧密された塊状粘土のほうが水の蒸発速度が速い。図-3, 4 より、自然粘土でも骨組構造の発達は粘土中の水の真空蒸発を妨げることはないようである。NSF 粘土においても同様の結果が得られている³⁾。

図-5 に圧密応力と初期間隙水圧の関係を示す。圧密された塊状粘土は、その骨組構造を保持するために、圧密応力の増加とともにより大きな負の間隙水圧を有する。粘土中の水の真空蒸発も、純水と同じく、温度とその時の水の飽和蒸気圧に支配される²⁾。供試体内部の間隙水圧が水の飽和蒸気圧に達するには時間を要するので、初期間隙水圧が水の飽和蒸気圧に近いものほど水の蒸発速度が速いものとする。

4. まとめ 塊状粘土(圧密再構成)および非塊状粘土(練り返し)を用いて真空蒸発による自然粘土の含水比低下特性について実験的に検討した。得られた主な知見は以下の通りである。

- (1) 真空による粘土中の水の蒸発速度は、圧密により骨組構造が発達した塊状粘土の方が練り返し粘土よりも速い。
- (2) 圧密応力が大きく骨組構造がより発達した塊状粘土の方がより大きな負の間隙水圧を有しており、初期間隙水圧が水の飽和蒸気圧に近いものほど水の蒸発速度は速い。
- (3) 上記の傾向はこれまでに実施した NSF 粘土に関する実験結果と同様であるが、自然粘土中の水の蒸発速度は NSF 粘土と比較して遅い。

【参考文献】1)西林ら：真空蒸発による不飽和粘土の含水比低下技術(その 4)，土木学会第 53 回年次学術講演回，3-B pp.530-531，1998。2)梅崎ら：真空蒸発による粘土の含水比低下，土木学会第 53 回年次学術講演回，3-B pp.528-529，1998。3)梅崎ら：真空蒸発による塊状粘土の含水比低下，土木学会第 54 回年次学術講演回，3-B pp.518-519，1999。4)梅崎ら：真空蒸発による軟弱粘土の含水比低下特性，第 4 回地盤改良シンポジウム，(社)日本材料学会，pp.201-208，2000。

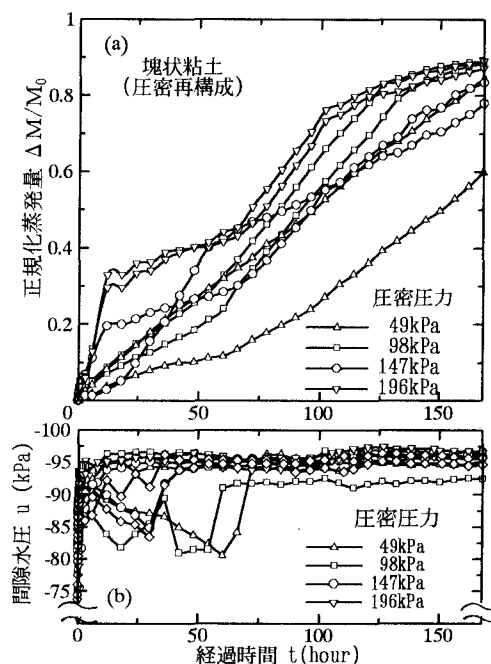


図-3 正規化蒸発量および間隙水圧の経時変化(塊状粘土)

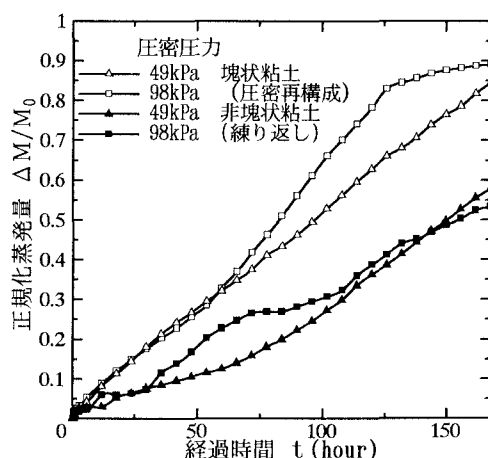


図-4 塊状粘土と練り返し粘土の水の蒸発速度の比較

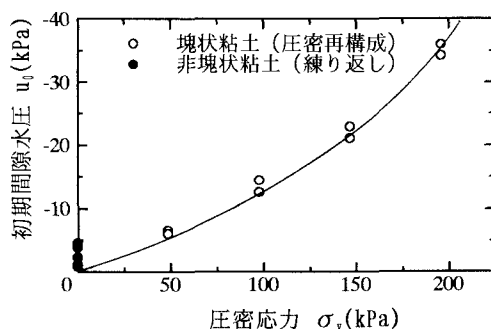


図-5 圧密応力と初期間隙水圧の関係