

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（その2）

信州大学大学院 学 井上友博

信州大学工学部 正 梅崎健夫，正 河村 隆

1. はじめに 不飽和供試体は一般に締固め法によって作製されるほか、加圧膜法による不飽和供試体の作製法も提案されている¹⁾。著者らは透水性の低い粘土に対して不飽和粘土供試体を短時間で容易に作製する方法として、真空蒸発法を提案している²⁾。本手法を用いれば、動的荷重や間隙水圧の差によって生じる透水力など予圧密圧力以外の応力履歴を供試体に与えることが少なく、不飽和粘土供試体を作製することが可能である。本文では、予圧密圧力が異なる試料に対する真空蒸発法について検討し、さらに作製した不飽和粘土供試体の圧密・強度特性についても検討した。

2. 真空蒸発法の原理および実験概要 本手法は、予圧密した飽和粘土試料を静置した真空デシケータ内に真空ポンプにより水の飽和蒸気圧付近まで減圧することにより^{3), 4)}、試料内の間隙水を蒸発させて不飽和粘土試料を作製する手法である。本手法の詳細は文献2)を参照されたい。予圧密圧力 $p_0=98, 196 \text{ kN/m}^2$ で一次元圧密した NSF(B)粘土(土粒子密度 $\rho_s=2.726 \text{ g/cm}^3$ 、液性限界 $w_L=73.9\%$ 、塑性指数 $I_p=40.8$)を所定の初期直径 d_0 、初期高さ h_0 (図-1 参照)に成形した。試料の初期含水比は $p_0=98 \text{ kN/m}^2$ で $w_0=55.1 \sim 58.1\%$ 、 $p_0=196 \text{ kN/m}^2$ で $w_0=50.4 \sim 51.4\%$ であった。真空デシケータ内に静置し所定の経過時間まで真空圧 p_v を負荷した。 $p_v=94.0 \sim 95.7 \text{ kN/m}^2$ が維持された。実験後の含水比分布を測定するとともに、本手法により作製した不飽和粘土供試体に対して段階載荷による圧密試験(直径 $d=6 \text{ cm}$ 、高さ $h=2 \text{ cm}$)と一軸圧縮試験($d=3.5 \text{ cm}$ 、 $h=7 \text{ cm}$)を実施した。

3. 試験結果および考察 図-1 に真空蒸発法における飽和度 S_r の経時変化を示す。飽和度はいずれも試験終了時の実測値であり、時間の経過とともに曲線的に減少する。飽和度の低下は、試料の寸法および予圧密圧力の大きさにより異なるが、いずれも真空圧を負荷する時間のみを調整することにより所定の飽和度を有する供試体を簡単に作製できる。同じ寸法の供試体の場合、 p_0 の小さい(w_0 が大きい)場合の方が、飽和度を低下させるのにより時間を要する。

図-2 に不飽和粘土の $e \sim \log p$ 関係を示す。不飽和粘土の結果は、すべてのケースにおいて飽和粘土()の下方に位置している。飽和粘土の圧密降伏応力 p_c は、それぞれ $p_0=98, 196 \text{ kN/m}^2$ にほぼ等しい値が得られている。一方、飽和度が小さい粘土ほど p_c は増加する。

図-3 に飽和度と圧縮指数 C_c 、圧密降伏応力 p_c および $S_r=100\%$

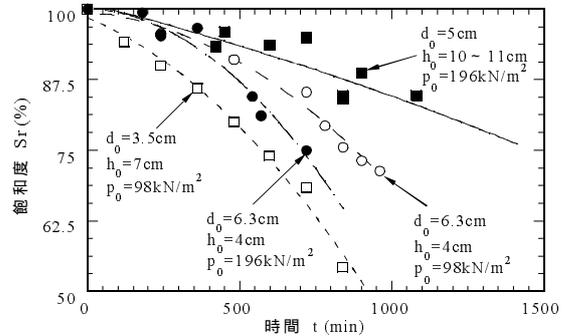


図-1 真空蒸発法における飽和度の経時変化

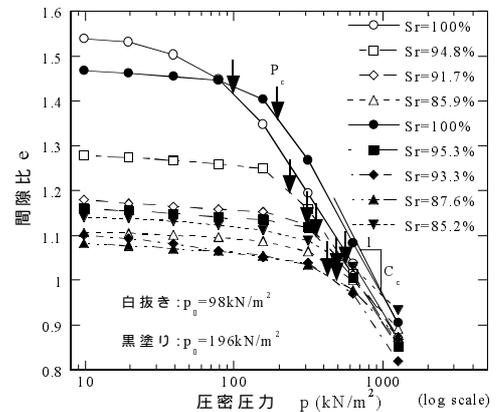


図-2 不飽和粘土の $e \sim \log p$ 関係

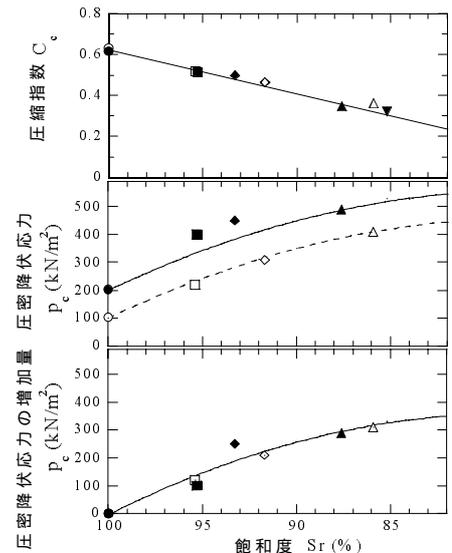


図-3 圧縮指数、圧密降伏応力およびその増加量の関係

キーワード: 不飽和土, 粘土, 圧密試験, 非排水せん断強度, 圧密降伏応力, 強度増加率
連絡先: 長野市若里 4-17-1, TEL&FAX: 026-269-5291

の p_c を基準とした圧密降伏応力の増加量 p_c の関係を示す。飽和度の低下にともない、 C_c は減少し、 p_c は増加する。 $C_c \sim Sr$ 関係は、 p_0 が異なる場合においても1本の直線で近似できる。また、 $p_c \sim Sr$ 関係も p_0 が異なる場合においても1本の曲線で近似できる。

図-4 に非排水せん断強度 c_u と圧密圧力 p または p_c の関係を示す。不飽和粘土の c_u は $c_u = q_u/2$ (q_u : 一軸圧縮強度) として算出した。図中の強度増加率 c_u/p は、別途、飽和粘土の CU 試験から求めたものである。不飽和土の c_u は p_c の増加により大きくなるが、 $p_0 = 98, 196 \text{ kN/m}^2$ のいずれの場合においても飽和土の $c_u \sim p$ 関係よりも上方に位置する。

図-5 に $Sr = 100\%$ の値を基準とした非排水せん断強度の増加量 Δc_u と圧密圧力または圧密降伏応力の増加量 Δp および Δp_c の関係を示す。不飽和粘土の $\Delta c_u/\Delta p_c$ 関係は、ばらつきはみられるが、1本の直線で近似すると不飽和粘土の強度増加の割合 $\Delta c_u/\Delta p_c$ は、飽和粘土の強度増加率 c_u/p よりも4割程度大きい。

図-6 に c_u と飽和度の関係を示す。 $p_0 = 98, 196 \text{ kN/m}^2$ の同一の試料は、いずれの場合においても1本の曲線で近似できる。したがって、同一試料の場合は、飽和度から非排水せん断強度の増加量を簡便に予測することも可能である。

4. まとめ

飽和度 $Sr = 79.9 \sim 95.8\%$ の供試体を真空蒸発法により作製し、圧密・強度特性について検討した。得られた主な知見は以下のとおりである。

- (1) 飽和度の低下は、試料の寸法および予圧密圧力の大きさにより異なるが、いずれも真空圧を負荷する時間のみを調整することにより所定の飽和度を有する供試体を簡単に作製できる。
- (2) 飽和度の低下にともない、圧縮指数は減少、圧密降伏応力は増加する。また、それらの傾向は予圧密圧力によらず、それぞれ1本の直線および曲線で近似できる。
- (3) 飽和度の低下にともなう非排水せん断強度の増加量は、予圧密圧力にかかわらず、圧密降伏応力の増加量に比例する。ただし、このときの増加割合 $\Delta c_u/\Delta p_c$ は、飽和粘土の強度増加率 c_u/p よりも4割程度大きい。
- (4) 一方、非排水せん断強度の増加量は、同一試料の場合、予圧密圧力にかかわらず、飽和度の低下量で一義的に決定される。したがって、同一試料の場合は、飽和度から非排水せん断強度の増加量を簡便に予測することも可能である。

【参考文献】

- 1) 安藤幸二, 小西純一, 豊田富晴: 加圧膜法を用いた不飽和供試体作製方法の有効性, 第33回地盤工学研究発表会, pp. 667-668, 1998.
- 2) 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.
- 3) 梅崎健夫, 河村隆: 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, 日本材料学会, pp. 201-208, 2000.
- 4) 梅崎健夫, 河村隆: ペーパーバッグ真空圧密法による高含水比の発生土および汚泥の脱水・減容化技術, 第5回地盤改良シンポジウム, 日本材料学会, pp. 115~120, 2002.

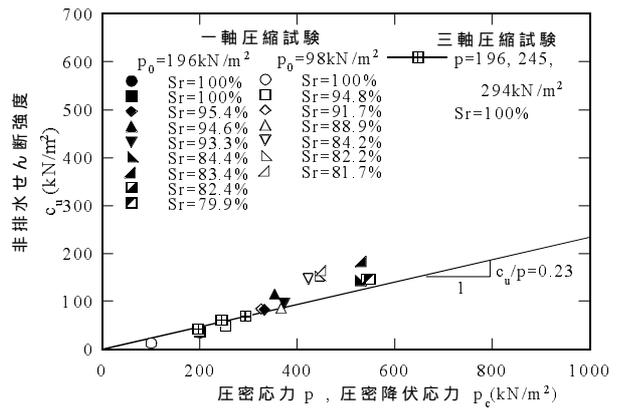


図-4 非排水せん断強度と圧密圧力または圧密降伏応力の関係

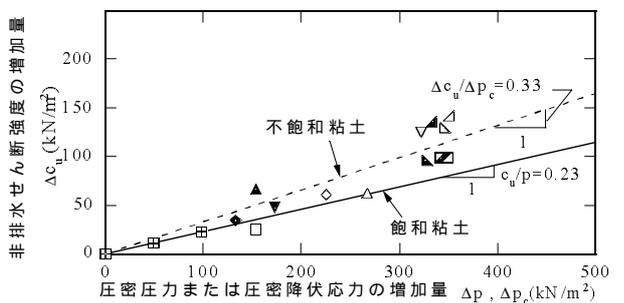


図-5 非排水せん断強度の増加量と圧密圧力または圧密降伏応力の増加量の関係

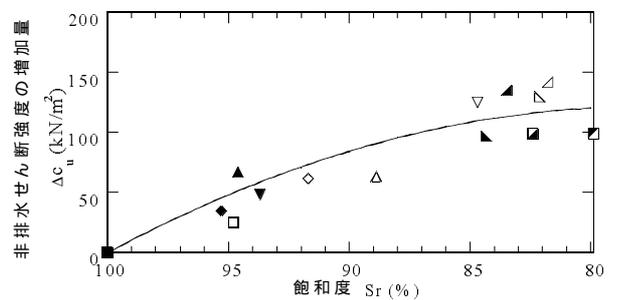


図-6 非排水せん断強度の増加量と飽和度の関係