

真空による粘土の圧密挙動と非排水せん断強度

信州大学大学院 学生員○千野克浩

信州大学工学部 正員 梅崎健夫

〃 正員 川上 浩

1. はじめに 軟弱地盤改良工法の一つに真空圧密工法がある。工法の手順から考えて、真空による圧密挙動と非排水せん断強度だけでなく真空を解除した後の膨潤挙動と非排水せん断強度も明らかにすることが重要である。本文は、三軸圧縮試験装置を用いて圧密・膨潤挙動および非排水せん断強度特性を載荷圧密の場合と比較することにより検討したものである。

2. 試験方法 試料はカオリン($G_s=2.724$, $w_L=75.6\%$, $I_p=39.3$)である。純水で含水比 150%に練返し 49kPa で一次元的に予圧密した試料を、直径 5cm, 高さ 10cm に成形して供試体とした。供試体と管路を二重負圧法により脱気した。そして、表-1 のように先行圧密した後、載荷圧密、真空圧密および膨潤を実施した。間隙水压を供試体中心 u_c (非排水面) と供試体周面 u_r (排水面) で測定し、圧密および膨潤の打切りは 3t 法を用いた。圧密後、0.07%/min のひずみ速度で非排水せん断を実施した後、供試体の含水比を測定した。間隙水压は $u=(2u_c+u_r)/3$ として算定した。なお、キャップおよびベDESTAL 端面はルブリケーションを施している。

3. 圧密・膨潤試験の結果および考察 圧密・膨潤終了後の間隙水压係数 B 値は、載荷圧密の①、載荷圧密後膨潤させた③では 0.96, 0.90 である。しかし、真空圧密の②、真空圧密後膨潤させた④では測定不能 (ほぼゼロ), 0.40 である。真空圧密の場合、排水経路に空隙が生じ、正確な排水量の測定は困難である。

図-1 に圧密過程における間隙水压および排水量 $\Delta v_1'$ より算出した体積ひずみの経時変化を示す。真空圧密の排水量は載荷圧密より大きい。また、圧密終了時間は長く、約 2.7 倍である。

図-2 に膨潤過程における間隙水压および吸水量 $\Delta v_2'$ より算出した体積ひずみの経時変化を示す。真空圧密後の膨潤では載荷圧密に比べて吸水量が大きく、膨潤終了時間は約 2 倍である。しかし、(b)図において、真空圧密後膨潤させた④の場合、膨潤直後に体積ひずみが急激に生じる。これは、膨潤を開始 (真空を解除) した瞬間に排水経路中の空隙が急激に減少したもので、供試体の膨潤とは無関係であると考えられる。その量は $\Delta v_2''=9.4\text{cm}^3$ であり、真空圧密後の膨潤量 Δv_2 は $\Delta v_2'-\Delta v_2''=0.5\text{cm}^3$ (載荷圧密後の膨潤量の 1/3) であると考えられる。同様に、図-1 の真空圧

表-1 試験条件

Test No.	Symbol	Preconsolidation $p_0=196(\text{kPa})$	B.P-Control (kPa)	Consolidation $p_1=274.4(\text{kPa})$	Swelling $p_2=196(\text{kPa})$
1	○	C.P=392 B.P=196		→ 470.4 → 196	
2	●	C.P=392 B.P=196	→ 196 → 0	→ 196 → 78.4	
3	◇	C.P=392 B.P=196		→ 470.4 → 196	→ 392 → 196
4	◆	C.P=392 B.P=196	→ 196 → 0	→ 196 → 78.4	→ 196 → 0

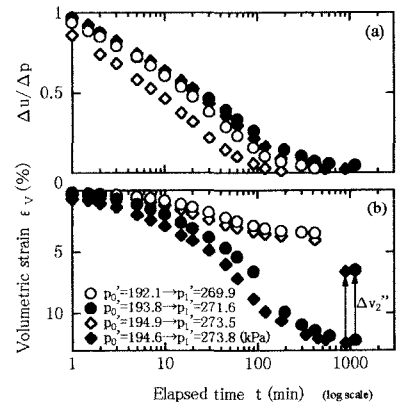


図-1 間隙水压および排水量の経時変化(圧密過程)

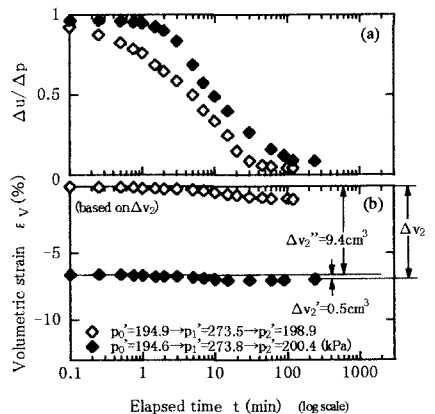


図-2 間隙水压および吸水量の経時変化(膨潤過程)

密の排水量 $\Delta v_1'=20.1\text{cm}^3$ もこの $\Delta v_2''$ を含んでいるので、真空圧密の排水量は $\Delta v_1'-\Delta v_2''=10.7\text{cm}^3$ であると考えられる（補正した体積ひずみの値はそれぞれ●は $e_v=6.48\%$ 、◆は $e_v=6.60\%$ である）。

図-3 に供試体の間隙比変化量を示す。間隙比変化量は排・吸水量から算出したものと、試験後の供試体から実測した含水比から算出したものをプロットしている。载荷圧密①、③および真空圧密後膨潤させた④の場合、排・吸水量から算定した間隙比変化量と、試験後の供試体から実測した含水比から算定したものと一致している。しかし、真空圧密②の場合、排水量から得られた間隙比変化量 $\Delta e_1'=0.330$ は、 $\Delta v_2''=9.4\text{cm}^3$ に相当する間隙比変化量 $\Delta e_1''=0.154$ を含んでいるので供試体間隙比変化量は $\Delta e_1'-\Delta e_1''=0.176$ であると考えられる。②の試験後の供試体の含水比から算定した間隙比変化量 Δe_1 はこれと近い値の $\Delta e_1=0.202$ である。したがって、真空圧密における供試体の間隙比を試験後の供試体の含水比を用いて決定することにした。

以上のことより、真空圧密は载荷圧密に比べ圧密量が大きく、圧密終了時間が長い。また、真空を解除した時の膨潤量は载荷圧密の場合よりたいへん小さい。

4. 非排水せん断試験の結果および考察 主応力差 $q=(\sigma_1-\sigma_3)$ を算定するためには圧密後の供試体の断面積の値が必要である。ここでは上記の理由により、試験後の供試体の含水比から求めた断面積を使って q を算定している。また、圧密圧力 $p_0'=196\text{kPa}$ で载荷圧密した後の $\overline{\text{CU}}$ 試験の結果を併せて示す。

図-4 に有効応力経路を示す。真空圧密では間隙水圧が小さく測定されている。また、真空圧密②では、主応力差最大時にも破壊線に達しないが、真空圧密後膨潤させた④の場合は破壊線に達している。

図-5 に非排水せん断強度 $Cu=(\sigma_1-\sigma_3)_{\max}/2$ を示す。真空圧密後の供試体の非排水せん断強度は载荷圧密より大きく1.2倍である。真空圧密後膨潤させた場合の Cu も载荷圧密後膨潤させたものに比べて1.1倍である。

5. まとめ (1)真空圧密は载荷圧密に比べ圧密量が大きく、圧密終了時間が長い。また、真空を解除した時の膨潤量はたいへん小さい。(2)真空圧密後の供試体の非排水せん断強度は载荷圧密よりも大きい。また、真空を解除した場合も载荷圧密後膨潤したものよりも大きい。現在、真空圧密における体積変化と間隙水圧を正確に測定するために、不飽和供試体用の試験装置を作成し、より詳細に検討を進めている。

【参考文献】梅崎ら：真空による粘土の圧密挙動，第32回地盤工学研究発表会，pp.367-368，1997。千野ら：真空圧密を受けた粘土の非排水せん断強度，第32回地盤工学研究発表会，pp.579-580，1997。

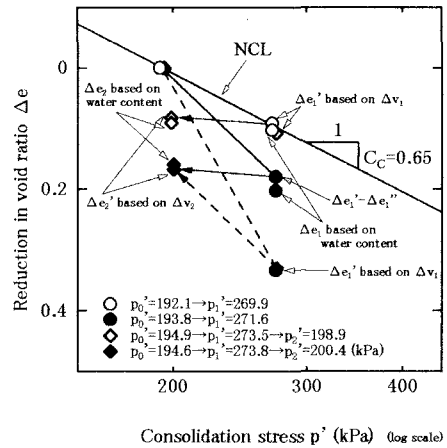


図-3 間隙比の変化

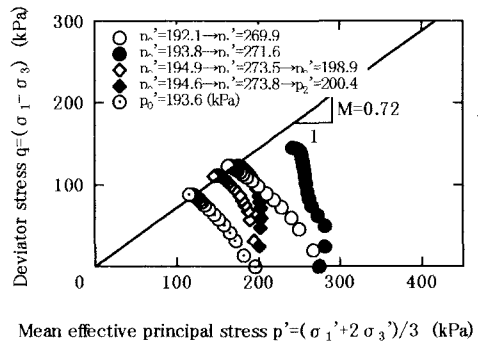


図-4 有効応力経路

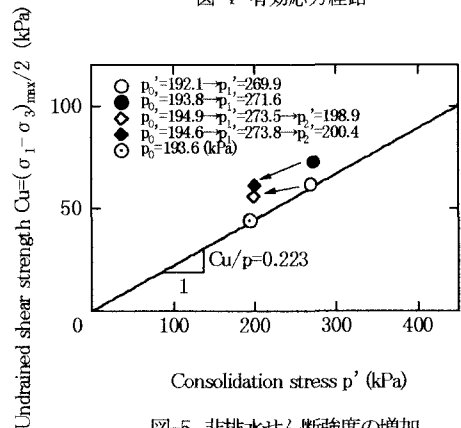


図-5 非排水せん断強度の増加