

真空圧密を受けた粘土の強度増加特性

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 地盤改良工法の一つである真空圧密工法は、通常、バーチカルドレーン工法を併用し、地表面を気密性のシートで覆って、真空ポンプにより気圧を負圧まで低下させることにより地盤の圧密を促進するものである。本工法は大気圧を載荷重とする載荷圧密工法として位置づけられているが、工法の手順や圧密過程における地盤の挙動から考えて、この圧密に伴う強度増加特性を再検討する必要があると考える。

本文は、真空圧密工法に関する基礎研究として、圧密応力の増分を載荷応力として与える通常の“載荷圧密”と間隙水圧を負圧まで低下させて与える“真空圧密”に伴う粘土の強度増加特性を三軸試験装置を用いた室内試験により比較・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。供試体は、49 kPaで一次元的に予圧密した試料を直径5cm、高さ10cmに成形したものである。二重負圧法により脱気した後、まず、セル圧 $C.P=392$ kPa、背圧 $B.P=196$ kPa (圧密応力 $p_o=196$ kPa) で等方圧密した。次いで、圧密応力の増分が $\Delta p=78.4$ kPaとなるように、①：セル圧を $C.P=470.4$ kPaまで増加させる“載荷圧密”と②～④：間隙水圧を低下させる“水圧低下圧密”を実施した。②、③および④は、圧密終了時の間隙水圧 u_1 がそれぞれ $u_1 > 0$, $u_1 = 0$ および $u_1 < 0$ となるように、 $p_o=196$ kPaの先行圧密後に背圧を操作しており、④の場合が“真空圧密”である。いずれの場合も、間隙水圧を供試体中心 u_c (非排水面) と供試体周面 u_r (排水面) で測定し、等方圧密の打切りは3t法によった。圧密過程における間隙水圧は $u_1=(2u_c+u_r)/3$ 、有効応力は $p_1'=C.P-u_1$ として算定した¹⁾。圧密後、直ちに0.07%/minのひずみ速度で非排水せん断を実施した。なお、キャップおよびペダスタル端面はシリコングリスとメンブレンによりルブリケーションを施している。

3. 試験結果および考察 ①～④の場合の圧密量は、それぞれ $\varepsilon_v=3.5, 3.9, 4.8, 12.2\%$ であり、“載荷圧密”(①：記号●)に比べて、“水圧低下圧密”(②：記号□, ③：記号△, ④：記号○)の圧密量は大きく、特に、“真空圧密”(④：記号○)は、“載荷圧密”の約3.5

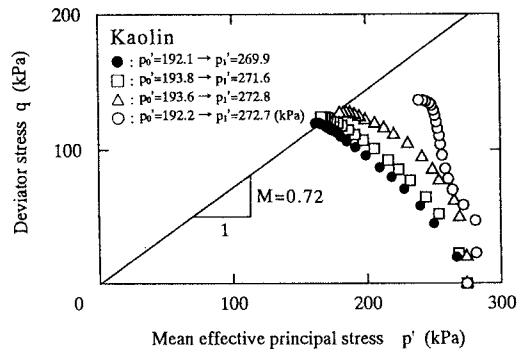


図-1 有効応力経路

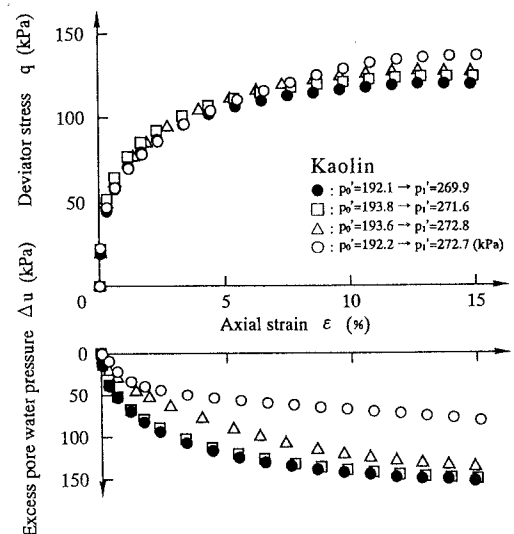


図-2 主応力差・過剰間隙水圧・軸ひずみ関係

倍の圧密量が生じている。①に比べて、②～④の場合は、背圧を $B.P=196\text{kPa}$ から順次低下させて圧密しており、さらに、④の“真空圧密”では圧密中に気泡が排出していた¹⁾。①～④の場合のせん断試験直前に測定した間隙水圧係数は、それぞれ B 値 $=0.96, 0.95, 0.4$ および測定不能であり、供試体の飽和度は順次低下している。

図-1 および図-2 は、それぞれ、圧密後の非排水せん断過程における有効応力経路および主応力差・過剰間隙水圧・軸ひずみ関係を示したものである。“載荷圧密”と“水圧低下圧密”の有効応力経路は異なっており、特に、“真空圧密”の場合は、過剰間隙水圧の発生量が少なく、主応力差の最大値が破壊線に達していない。そして、圧密量の大きい④～①の順に主応力差の最大値は増加している。これらの相違は、圧密量の増加による過圧密化と飽和度の低下の両方の理由によるものと考えられる。

図-3 は、強度増加率を比較したものである。①～④の順に、それぞれの非排水強度 $C_u = (\sigma_1 - \sigma_3)_{\max}/2$ およびそのときの圧密応力 p_1' は、 $C_u=60.3, 62.5, 63.9, 68.7\text{kPa}$ および $p_1' = 269.9, 271.6, 272.8, 272.7\text{kPa}$ である。したがって、それぞれの強度増加率は、 $C_u/p_1' = 0.223, 0.230, 0.234, 0.252$ であり、“載荷圧密”より“真空圧密”の方が強度増加に対する地盤改良効果が大きいことが示された。“水圧低下圧密”に伴う強度増加量を“載荷圧密”により得ようとするとその C_u に相当する強度増加率線上的有効応力を読みとればよいから、水圧低下により与えられた圧密応力は、それぞれ、載荷応力の $1.03, 1.05, 1.13$ 倍に相当する。

図-4 は、 $\Delta e - \log p_1'$ および $\Delta e - \log C_u$ 関係を比較したものである。梅崎²⁾ は、“載荷圧密”に伴う粘土の強度増加量は間隙比の減少量 Δe と一義的な関係にあり、このときの $\Delta e - \log C_u$ 線は正規圧密線と平行であることを示しているが、“真空圧密”における非排水強度の増加量は間隙比の減少量だけでは評価できない。

4. まとめ “真空圧密”に伴う粘土の強度増加量が“載荷圧密”よりも大きいことを三軸試験機を用いた等方圧密(周面排水)・非排水せん断試験の結果より示した。“真空圧密”においては供試体が不飽和状態となるので、非排水強度の増加量を評価するためには“載荷圧密”の場合とは異なる手法の検討が必要である。さらに、真空圧密工法においては、施工後、真空を解除するので、これによる強度低下に関しても検討することが重要である。

【参考文献】1)梅崎ら：粘土の真空による圧密特性，土木学会中部支部平成8年度研究発表会講演概要集，1997。2)梅崎：圧密に伴う粘土の強度増加に関する研究，九州大学学位請求論文，1995。

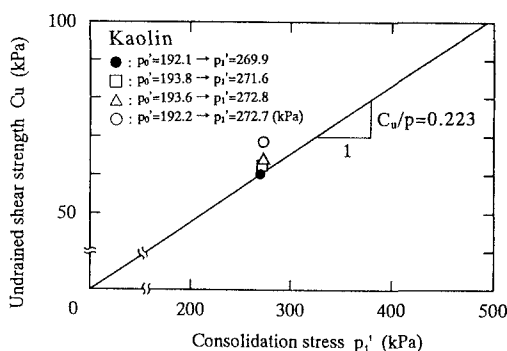


図-3 強度増加率

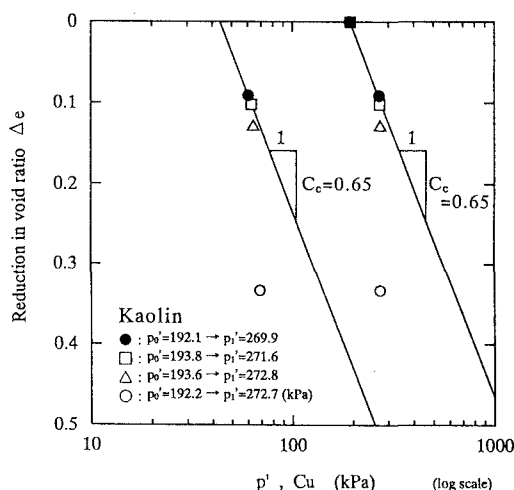


図-4 $\Delta e \sim \log p_1'$ および $\Delta e \sim \log C_u$ 関係