

真空圧密を受ける地盤の変形に及ぼす排水方向の影響 (その2)

信州大学工学部 学○藏岡恵里, 正 梅崎健夫, 正 河村 隆
信州大学工学部 飯塚祐貴 (現 名古屋市)

1. はじめに 真空圧密工法における地盤変形挙動は、図-1 に示すように、(A)側方変形条件および(B)側方拘束条件の2つの典型的な状態が存在すると考えられる¹⁾。これまで、真空圧密を受ける地盤の変形問題においては、排水方向や透水力について十分に議論されていない。これまでに、バーチカルドレーンを挿入した模型粘土地盤の真空圧密実験²⁾を実施し、真空圧密における排水方向の影響について検討し、圧密時の変形は排水方向の影響を大きく受け、鉛直ひずみに対して水平ひずみが顕著に生じることを示している。

本文では、供試体の境界条件、排水条件および応力状態を制御できる三軸試験装置を用いて、バーチカルドレーンを中央に挿入した粘土の円柱供試体に対して、間隙水圧を負圧まで低下させる真空圧密および拘束圧を増加させる載荷圧密による等方圧密試験を実施し、排水方向が異なる場合の圧密挙動について検討した。

2. 実験概要 図-2 に示す三軸試験装置を用いて等方圧密試験を実施した。試験装置の詳細は文献1)を参照されたい。試料には、カオリン(B)粘土(土粒子密度 $\rho_s=2.630\text{g/cm}^3$ 、液性限界 $w_L=72.6\%$ 、塑性限界 $w_p=35.4\%$ 、収縮限界 $w_s=35.2\%$ 、塑性指数 $I_p=37.2$)を用いた。 w_L の約2倍で練り返したスラリー試料を予圧密容器内で3時間脱気した後、予圧密圧力 $p_0=98\text{kPa}$ で一次元圧密して飽和粘土試料を作製した。このときの排水方向は、上下端面を排水面とした鉛直方向流れである。

図-3 にバーチカルドレーンの設置方法と試験ケースを示す。内向き放射流れの供試体は、図-3(a)に示すように、直径 $D_0=5\text{cm}$ 、高さ $H_0=10\text{cm}$ に成形した2つの半円柱の中央に幅5mmのろ紙を設置して2つの円柱をあわせて円柱供試体とした。供試体の上下端面から5mmほどろ紙をはみ出させて折り返し、載荷キャップおよびペDESTAL中心の多孔板(直径0.5cm)に接触するようにして設置した。鉛直方向流れは、図-3(d)に示すように、 $D_0=5\text{cm}$ 、 $H_0=5\text{cm}$ の円柱供試体の上下端面に、直径4.5cmのろ紙を設置し、上下方向への排水とした。いずれも、供試体の上下端面中心部の多孔板以外の部分にはシリコングリースとメンブレンによりルブリケーションを施している。比較のため、供試体($D_0=5\text{cm}$ 、 $H_0=10\text{cm}$)の周面にろ紙を設置した外向き放射流れ(周面排水)の試験も実施した。

試験は、等方応力 $p_0=196.0\text{kN/m}^2$ 、周面排水で先行圧密させて初期状態とした後、真空圧密および載荷圧密による等方圧密試験を実施した。真空圧密では、背圧を一端ゼロに解除(セル圧も背圧分だけ減少)した後、背圧(間隙水圧)を -78.4kPa の負圧まで減少させた。載荷圧密では、セル圧を 78.4kPa だけ増加させた。いずれにおいても、圧密時間は、いずれも3t時間で決定した。試験中は、体積ひずみ、軸ひずみおよび供試体周面、上下端部中心における間隙水圧を測定した。また試験終了後、速やかに含水比分布も測定した。

3. 結果および考察 図-4 に、間隙水圧比 $\Delta u/\Delta p$ 、体積ひずみ ε_v 、水平ひずみ ε_h 、体積ひずみ ε_v および圧密度 U の経時変化を示す。 U は3t時間における ε_v を最終体積ひずみとして算定した。鉛直方向排水では、非排水面の間

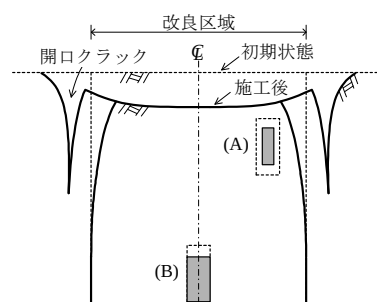


図-1 真空圧密工法による地盤の変形

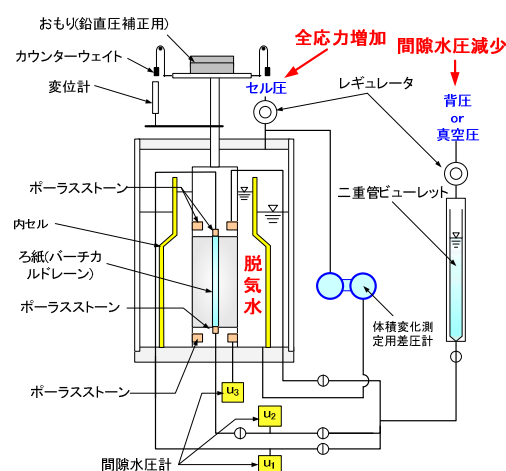


図-2 バーチカルドレーンを模擬した試験装置の概要

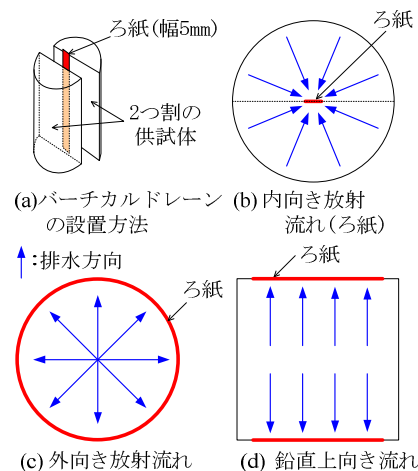


図-3 バーチカルドレーンの設置方法と試験ケース

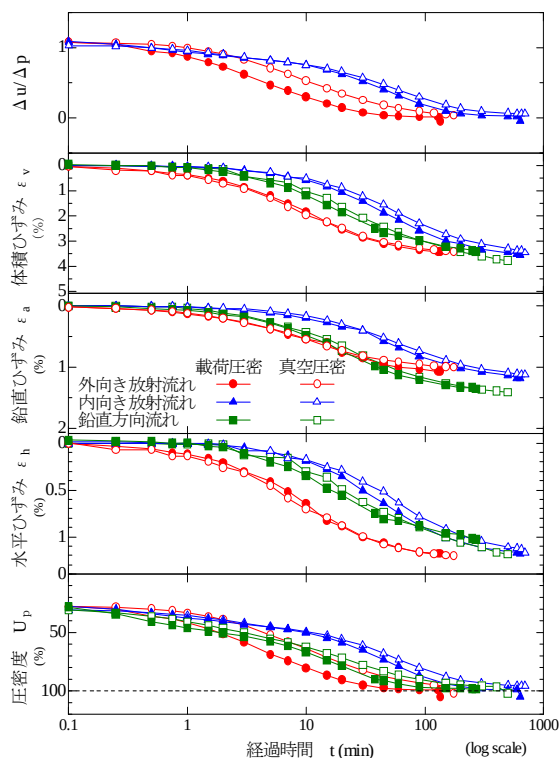


図-4 排水方向が異なる場合の圧密挙動

隙水圧を測定していない。いずれの排水条件においても真空圧密と载荷圧密では、圧密挙動に大きな差は見られない。圧密終了時の鉛直ひずみ、水平ひずみは排水方向によって異なっているが、体積ひずみはいずれもほぼ同じである。排水距離はいずれも 2.5cm と同じであるが、圧密時間は排水方向によって異なっており、内向き放射流れが最も遅く、外向き放射流れが最も速い。

図-5 に軸ひずみと水平ひずみの関係を示す。変形挙動は、真空圧密と载荷圧密に依存せず、排水方向によって異なっている。内向き放射流れでは、水平ひずみが鉛直ひずみよりも大きい。また、外向き放射流れにおいても水平ひずみが若干大きい。一方、鉛直方向流れでは、鉛直ひずみが卓越しており、透水方向の違いによる透水力が圧密変形に影響していると考えられる。

図-6 に試験後に実測した含水比分布を示す。三軸試験装置では境界条件、排水条件および応力状態を制御できるため、模型実験²⁾と異なりドレーン周辺の含水比が大きく低下するという現象は見られない。含水比の標準偏差は表-1 に示すように、真空圧密した場合が少し大きくなっているが、いずれも 1% 程度と小さく、ほぼ均一に圧密が生じていると考えられる。

4. まとめ 得られた主な知見は以下の通りである。①間隙水圧を負圧まで低下させる真空圧密、拘束圧を増加させる载荷圧密のどちらにおいても、圧密圧力、排水条件が同じであれば同じ圧密挙動を示す。②鉛直方向排水による圧密においては真空圧密、载荷圧密のいずれにおいても鉛直変位が卓越する。③外向き放射流れ、内向き放射流れのいずれにおいても、水平変位が大きくなり、どちらもほぼ同じである。④変形は排水方向の影響を受けるが、圧密圧力が同じであれば体積変化は同じである。しかし、排水距離は同じであるにもかかわらず圧密時間は排水方向によって異なっており、内向き放射流れが最も遅く、外向き放射流れが最も速い。

【参考文献】1)梅崎健夫, 河村 隆, 鈴木俊介, 飯塚貴久: 真空圧密工法の施工過程を考慮した粘土の圧密および強度増加特性, 施工過程を考慮した地盤の変形・破壊予測に関するシンポジウム, pp.93-100, 2002. 2)梅崎健夫, 河村 隆, 飯塚祐貴, 大谷一樹: 真空圧密を受ける地盤の変形に及ぼす排水方向の影響, 土木学会中部支部研究発表会, pp.221-222, 2010.

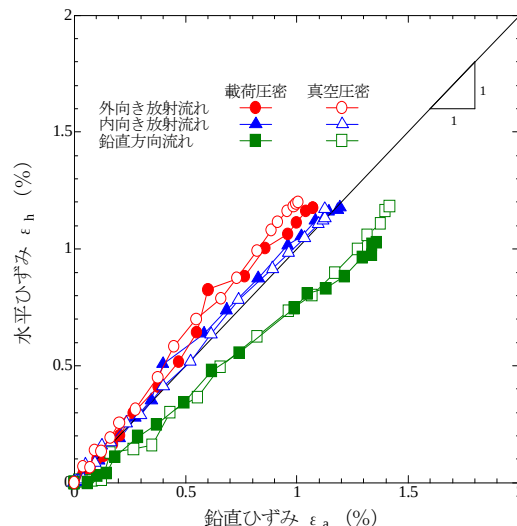


図-5 排水方向が異なる場合の軸ひずみと水平ひずみの関係

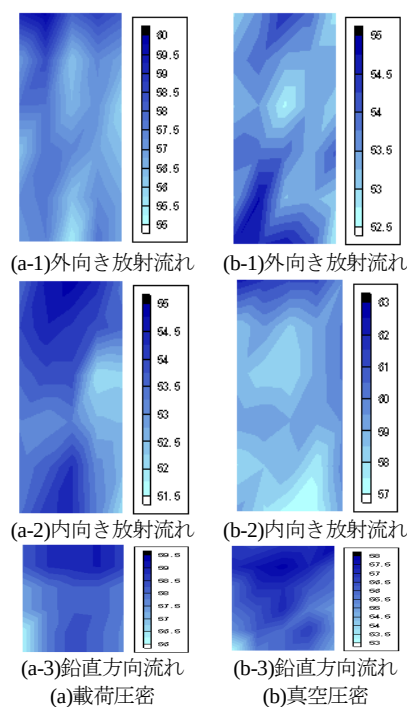


図-6 含水比分布

表-1 含水比分布の標準偏差

	载荷圧密	真空圧密
外向き放射流れ	0.943(%)	1.255(%)
内向き放射流れ	0.764(%)	1.189(%)
鉛直方向流れ	0.658(%)	0.987(%)