

真空圧密におけるスラリー粘土の簡易沈下予測手法（その1）

信州大学大学院 ○清水大樹
 信州大学工学部 正会員 梅崎健夫
 信州大学工学部 正会員 河村 隆

1. はじめに 真空圧密工法の気密処理には、図-1(a)に示すような地表面を気密シートで覆う場合¹⁾と、図-1(b)に示すような気密シートを用いずに粘性土層を気密保持層として利用する場合²⁾の2つの工法がある。水中施工や超軟弱な浚渫粘土に対しては図-1(b)の方法が主に用いられている。

本文では、両者における簡易的な沈下予測手法を提案し、両者を模擬した試験結果に基づいて提案法の有用性を検証した。

2. 試験の概要³⁾ 試料は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 $Ip=40.8$)である。超軟弱な浚渫粘土を模擬するために、純水を加えて w_L の約2倍の含水比 $w \approx 150\%$ で練り返してスラリー状とした。その後、飽和度を高めるため真空圧 $p_v=-92\text{kPa}$ で12時間以上脱気した。

図-2(a), (b)に真空圧密試験の概要を示す。図-2(a)は試料上面をピストンにより密封した試験(VC-(a))であり、一方、図-2(b)は試料上面の水位を一定に保ち($h_w=45\text{cm}$)、大気解放した試験(VC-(b))である。なお、ピストンの自重はカウンターウェイトを用いて除去している(図中には省略)。内径7.5cmの円筒容器に予め脱気した試料を詰め込み、さらに $p_v=-98\text{kPa}$ で1~2時間脱気した後、初期含水比 $w_0=147.8\sim 151.8\%$ で、初期高さ $h_0=40\text{cm}$ に設定した。容器底部をウォータートラップを介して真空ポンプに接続し、3t法で圧密が終了する時間まで真空圧 $p_v=-78.4\text{kPa}$ を負荷した。試験中は、排水量 ΔM 、 p_v 、試料高さ h の経時変化を測定した。試験終了後に含水比も測定した。

3. 試験結果および考察 図-3に軸ひずみの経時変化を示す。VC-(a)の場合とVC-(b)の場合では圧密速度はほぼ一致するが、VC-(b)の場合には、排水量より算定した軸ひずみ ε_a^* が実際の軸ひずみ ε_a よりも大きくなり定常透水が生じる時間までは、ほぼ同じ挙動を示す。

図-4は間隙比 e の対数と有効圧密応力 p の対数の関係である。縦軸は、飽和度100%とし、間隙比を液性限界のときの間隙比 e_L で正規化している。式(1)は段階載荷圧密試験において得られた関係である。また、式(2)は、本試験において得られたVC-(a)の試験後の値を通して式(1)を平行移動したものである。両者の間隙比の違いは主に容器の周面摩擦によるものであると考えられる。それぞれの式と正規化された初期間隙比 e_0/e_L とが交わる点の有効圧密応力を初期圧密応力 p_0 とする。初期間隙比と負荷した真空圧に対応する間隙比との差から間隙比の変化量 Δe を求め、これより最終軸ひずみ ε_t

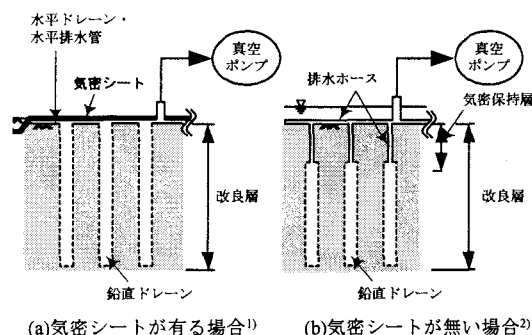


図-1 真空圧密工法における気密処理

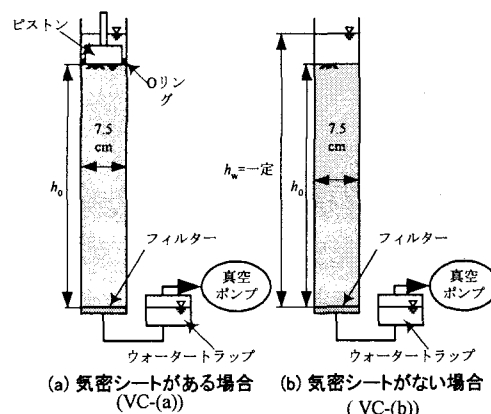


図-2 真空圧密試験の概要

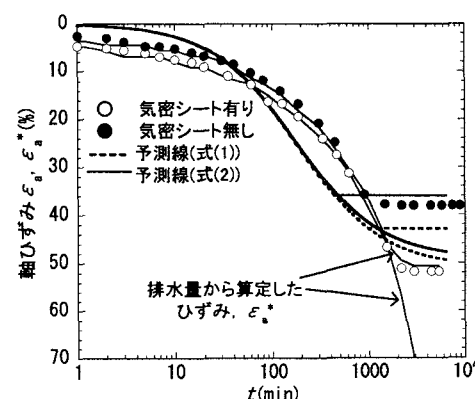


図-3 軸ひずみの経時変化の実測値と予測値

を算定する。以上のようにして、式(2)に基づいて予測した VC-(a)の場合の ε_f の値は実測値にかなり近い値である。

図-5 にそれぞれの試験の終了後に測定した含水比分布を示す。 h_1 は圧密終了時の供試体高さである。VC-(a)における含水比分布はほぼ一様となり、高さに関係なく真空圧が均一に作用している。しかし、VC-(b)は、排水面においては VC-(a)と同様の含水比まで低下しているが、試料上面はほとんど圧密されず w_0 のままである。

図-6 に有効圧密応力の分布を示す。圧密圧力を $|p_v|$ とし、横軸は p を $|p_v|$ で正規化した $p/|p_v|$ とした。飽和度が100%であるとして図-5 の含水比を間隙比に換算し、図-4 の式(1)および式(2)を用いて有効圧密応力 p を算定した。そして、それらの有効圧密応力分布を放物線分布と近似し、それぞれ平均有効圧密応力 p^* を算定した。それぞれの p^* を式(1)および式(2)に代入して圧密終了時の間隙比 e_1^* を求め、これより VC(b)の場合の最終圧密沈下量 ε_f^* を算定した。図-3 より、VC-(b)の実測値と ε_f^* も近い値である。

図-7 に双曲線を仮定した沈下曲線の予測法を示す。先に求めた ε_f から $b=(1/\varepsilon_f)=0.0197$ として傾きを求め、 $t=60(\text{min})$ の点における ε_a を既知点(基準点)として切片 a を求める。そのようにして求めた $\varepsilon_a=t/(a+bt)$ とする双曲線を予測線として決定した。ただし、本試験における実測値の沈下曲線は、図-7 に示されるとおり、全体としては双曲線での適合性は低い。図-3 に予測線と実測値との適合性を示す。式(2)による予測線は実測値の概略を表している。

4. まとめ スラリー粘土に対して、地表面付近を気密シートで被膜した場合を模擬した試験と水面を大気開放した場合の地表面付近を模擬した試験においては、後者において定常透水が生じるまでは同じ挙動を示し、いずれも一次元圧密を生じる。提案法によって予測した沈下量は両者ともに実測値に近い値を示す。予測した軸ひずみの経時変化は実測値の概略を表現している。これにより、初期間隙比と負荷する真空圧および任意の時間（本文においては $t=60\text{min}$ ）における数少ない沈下量のデータから、最終沈下量および沈下曲線を概略予測することができる。

【参考文献】

1)梅崎健夫, 塩野敏昭, 永山勝, 有田良治, ニノ宮秀彦, 林宏地親: 軟弱地盤改良における真空圧密工法の適用性, 地盤工学会創立 50 周年記念 第 44 回地盤工学シンポジウム—地盤工学の現状と今後の展望—, pp217-222, 1999. 2)高野ら: キャップ付き鉛直ドレーンによる真空圧密工法実験, 第 23 回土質工学研究会, pp.1061-1062, 2002. 3)清水大樹, 梅崎健夫, 河村隆: 気密処理の異なる真空圧密工法におけるスラリー粘土の圧密特性, 第 39 回地盤工学研究発表会, 2 分冊の 1, pp971-972, 2004

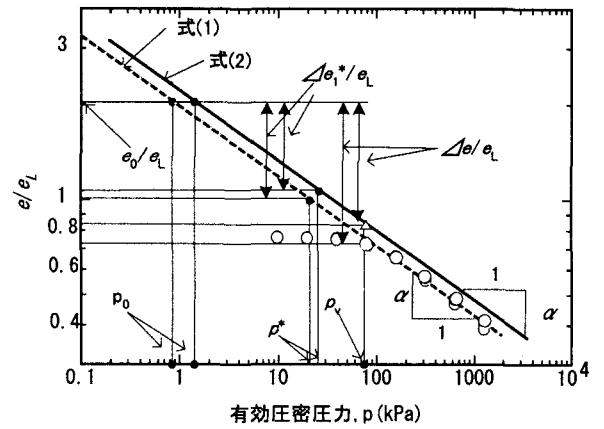


図-4 間隙比と有効圧密応力の関係

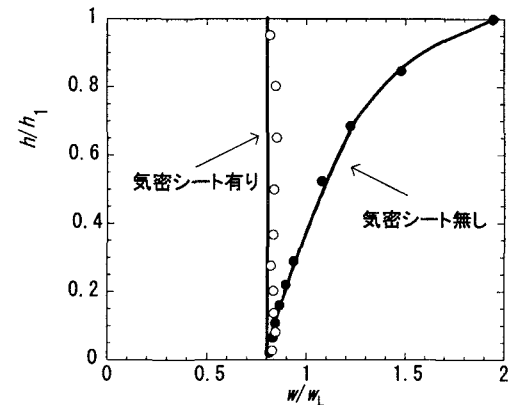


図-5 含水比分布

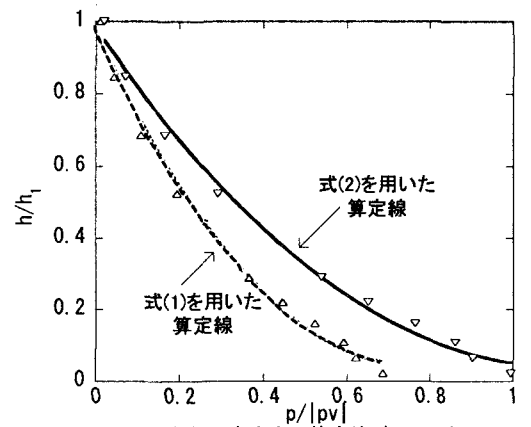


図-6 有効圧密応力の算定(気密シート無し)

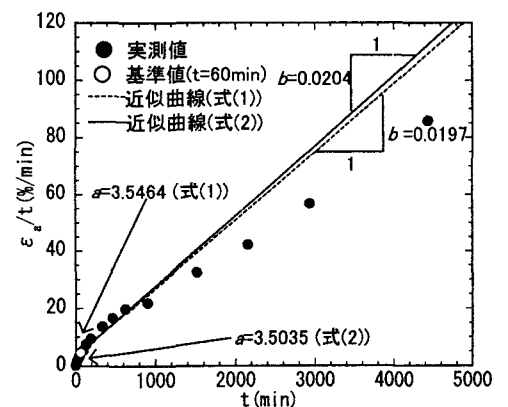


図-7 双曲線による予測線の決定