

真空圧・载荷重併用における粘性土の圧密変形特性

佐賀大学 理工学部 学生会員 ○山本科人

佐賀大学 非会員 齋藤昭則 正会員 柴綿春

1.はじめに プレローディング工法は経済的な軟弱粘性土地盤の改良工法の一つである。プレローディングの荷重として、载荷重(盛土)と真空圧がある。特に载荷重と真空圧併用の場合、圧密応力の増加、地盤の側方変位の抑制効果がある。载荷重では外向きの側方変位、真空圧では内向きの側方変位を引き起こす。しかし、载荷重による外向きの変位は主に即時変形(荷重を加えたら直ぐ発生する)に対して、真空圧による内向きの変形は圧密の進行に伴って発生する。そして、地盤の側方変形に载荷重と真空圧の割合と载荷重の载荷速度が影響する¹⁾。本研究では室内圧密試験によって、圧密速度、载荷重の载荷速度の影響を検討した。

2.試験装置と条件 試験は図-1に示すように真空圧を加え、試料に作用する水平土圧、過剰間隙水压を測定できる圧密試験機を用いて行った。現場で真空圧密を行う場合、普通地盤をバーチカルドレーンで改良する。

これを考慮して、供試体の中心に焼結金属のドレーンを入れ、水平方向(径向)排水の圧密試験を行った。圧密排水距離の影響を検討するために、中心ドレーンは直径4mmと8mmの2種類を用いた。また、载荷重の载荷速度の影響を検討するには、载荷重を即時と段階的に加えた試験を行った。段階载荷の場合、荷重増分 $\Delta p=10\text{kPa}$ 、時間間隔は $\Delta t=15$ 分、90分であった。使用した土は有明粘土で、その液性限界 $W_L=120\%$ 、塑性限界 $W_p=50\%$ であった。供試体の直径は60mm、高さは20mmである。

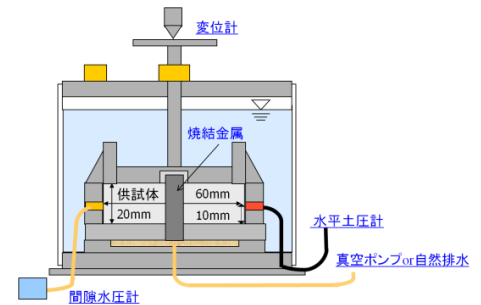


図-1 実験装置

試験方法について、攪拌した有明粘土を約 -100kPa で24時間脱気して、直径60mm、高さ20mmの圧密リングに高さ40mmカラーを付けた圧密容器に流し入れ、両面排水状態で 20kPa の荷重を24時間加えて圧密する。その後カラーを外し、高さ20mmにカットしたものが同圧密試験の供試体となる。この供試体の中央に直径4mm或いは8mmの穴をあけ、焼結金属ドレーンを装着する。これより -80kPa の真空圧を加え、载荷荷重を即時或いは段階的に 80kPa まで加える。測定項目は沈下量、側面の水圧(u_e)および側面の土圧(全応力)である。

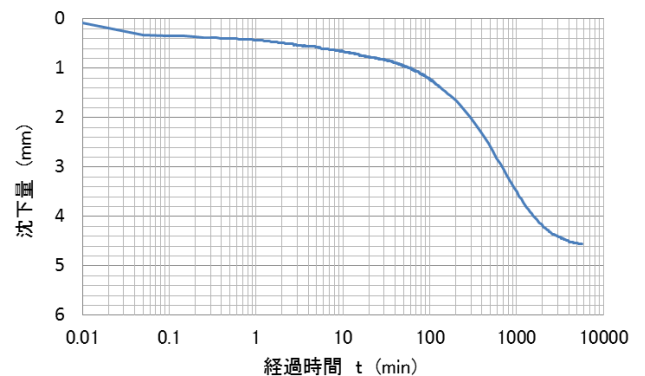


図-2 沈下量の変化

3. 試験結果および考察

(1) 沈下量、土圧と水圧の経時変化

まず、中心ドレーン直径4mm、段階载荷(15分ごとに 10kPa)の沈下量～時間曲線を図-2、土圧と水圧の変化は図-3に示す。測定した水圧(u_e)は約 60kPa ～ -60kPa であった。段階载荷なので、部分圧密により、最大 u_e 値は载荷 80kPa まで上がらなかった。最小 u_e 値は加えた真空圧の約75%までしか下がらなかった。考えられる原因は真空圧によって、焼結金属ドレーンとその周りの粘性土の飽和度が低下して水圧計の所に伝えた真空圧が与えたものより小さくなったことである。

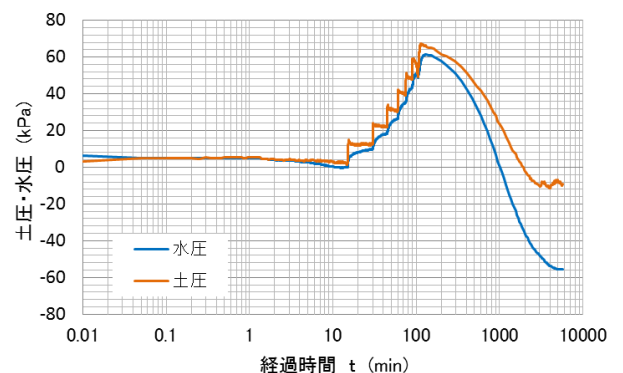


図-3 土圧・水圧の変化

オエドメーター条件として、試料の外向き変位が発生でき

ない、或いは側方変位が発生しない場合は地盤中の土圧は静止土圧である。従って、圧密リングに作用する土圧が静止土圧より大きい場合、試料が外向きの側方変位の傾向になると考えて、圧密リングに作用する応力比(K)を用いて、試料の変形特性を検討する。応力比Kは以下のように定義する。

$$K = \frac{(\sigma'_{h0} + \Delta\sigma'_h)}{(\sigma'_{v0} + \Delta\sigma'_v)}$$

ここで σ'_{h0} ：初期水平有効応力、 σ'_{v0} ：初期垂直有効応力、 $\Delta\sigma'_h$ ：土圧計位置の水平応力増分、 $\Delta\sigma'_v$ ：土圧計位置の垂直応力増分とする。供試体とリング間に間隙が生じれば、土圧計の測定値は真空圧（マイナス）になるため、このマイナス圧力を負のリングからの拘束力と扱うことでK値はマイナスになる。このとき、内向きの側方変位が生じることになる。

(2) 圧密速度の影響

ドレーンの圧密理論²⁾により、圧密速度は $\ell_n(n)$ 、 $(n=\frac{D_e}{D_w})$ 、 D_e は試料の直径、 D_w はドレーンの直径)に依存する。ドレーンの直径4mmと8mmの場合の $\ell_n(n)$ 値はそれぞれ2.7と2.0である。 $\ell_n(n)$ 値が小さい程、圧密速度が速い。試験結果から計算したK値の比較は図-4に示す。一段階目の载荷をかけて15分間は8mmのドレーンの場合、K値が少し大きい、その後は明確に8mmの場合のK値が小さい。試料の内部摩擦角を 36° ²⁾と仮定すると、静止土圧 K_0 値は約0.41になる。二段階目以降の载荷過程において、K値は K_0 より大きいので、試料に外向きの側方変位が発生する傾向になっているが、8mmの場合圧密速度が速いので、K値が小さく、外向きの変形量が小さくなると推測できる。

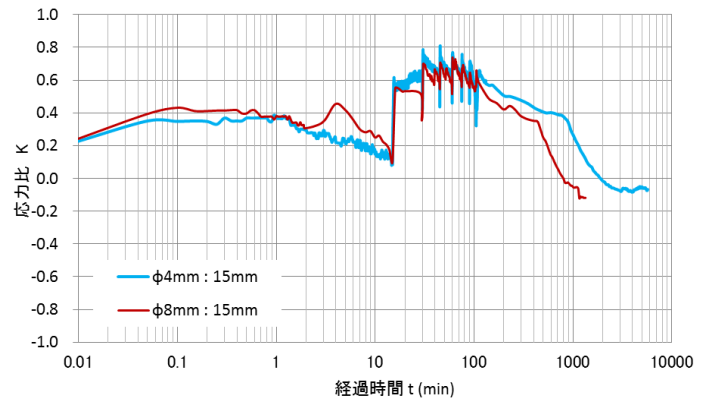


図-4 15min 間隔の段階载荷による K 値

(3) 载荷速度の影響

図-5に即時载荷、15分、90分ごと10kPaの割合で段階载荷した場合のK値の比較を示す。即時载荷の場合、始めからK値が K_0 よりずいぶん大きい。圧密を始める時点で、地盤の非排水せん断強度が低いので、K値が K_0 より大きく、大きな側方変位が発生する可能性がある。15分間隔増分の場合のK値の最大値は約0.8に対して、90分の場合には約0.6である。従って、载荷速度の減少により、地盤の外向き側方変位が小さくなると考える。しかし、最終K値はどのケースも $K < K_0$ と成り、载荷速度による目立った変化はないように思われる。

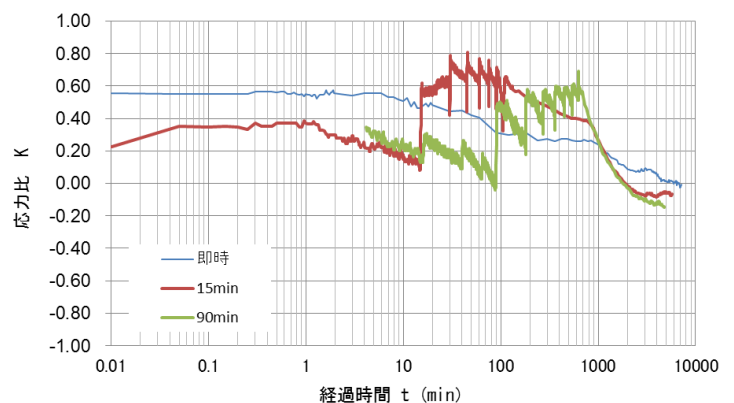


図-5 载荷速度の異なる K 値

4. まとめ 圧密リングの壁に作用する水平・垂直方向の有効応力の比(K)を用いて、载荷重(80kPa)と真空圧(-80kPa)を併用する場合の試料の側方変形特性(傾向)について、室内圧密試験により圧密速度と载荷重の载荷速度の影響を検討した。試験結果より圧密速度の増加(中心ドレーンの直径の増加)、载荷重の载荷速度の減少によりK値が小さくなった。K値が小さくなると試料の外向き変位が小さくなると推測できる。また、载荷重と真空圧の割合が一定の場合、最終K値は圧密速度、载荷速度に明確な影響がなかった。

参考文献：1) 横町：径向排水オedometerにおける真空・载荷組合せによる粘性土の圧密特性、平成23年度土木学会西部支部度講演概論集P.465～P.466 2) Hansbo S (1981) Consolidation of fine-grained soils by prefabricated drains. Proc. 10th Int. Conf. Soil Mech. and Found. Engrg., Stockholm 3: 677-682. 3) Chai, J.-C. and Kawaguchi, Y. (2011). Vacuum consolidation induced deformation under odometer condition. Proc. of the 14th Asian Regional Conference on SMGE. Hong Kong, China. paper No. 270, CD Rom.