

二層地盤の圧密特性に関する解析・試験検討

佐賀大学 理工学部 学生員 ○入部 憲一 佐賀大学 理工学部 学生員 松永 圭一郎
佐賀大学 低平地研究センター 正会員 柴 錦春 佐賀大学 理工学部 正会員 坂井 晃

1. はじめに

自然粘土地盤は均一ではなく、幾つかの層で構成されている。二層地盤の場合の圧密度を求める際、平均圧密係数を用いる方法があるが、二層地盤の圧密過程には排水境界に対する各層の順位が大きく影響するため、この方法では地盤の圧密特性を適切に評価することができない。また二層地盤の場合、各層の圧密係数が同じであっても体積圧縮係数、透水係数が異なると、圧密速度が変わってくる。本研究では室内圧密試験、および理論解析を行ない、二層地盤の圧密特性を検討した。

2. 二層地盤の圧密特性

均一の地盤の場合、圧密度は圧密係数(C_v)のみで支配されるが、二層地盤の場合 C_v だけではなく、透水係数(k)と体積圧縮係数(m_v)両方が影響する。つまり二層地盤の各層の C_v が同じでも、 k と m_v が違えば圧密速度が違ってくる。SchittmanとStein¹⁾は多層地盤の圧密理論を提案し、ZhuとYin²⁾は二層地盤の場合の計算式及び式中のパラメータを決定するグラフを発表した。本研究ではこれらを用いて、土層Aと土層Bから構成された二層地盤を想定し、解析検討を行なった。

A層は $k_A=8.64 \times 10^{-5} \text{m/day}$, $m_{vA}=7.43 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{kN}$ 、B層は $k_B=8.64 \times 10^{-4} \text{m/day}$, $m_{vB}=7.43 \times 10^{-5} \text{m}^2/\text{kN}$ 、とし、 $C_{vA}=C_{vB}$ である。ここで、図-1 に示す層厚と排水境界条件で理論解析した結果を図-2 に示す。時間係数(T_v)を以下の式で定義しており、 t は時間、 H_A は H_B は上層と下層の厚さである。

$$T_v = \frac{c_{vA} c_{vB} t}{(H_A \sqrt{c_{vB}} + H_B \sqrt{c_{vA}})^2} \quad (1)$$

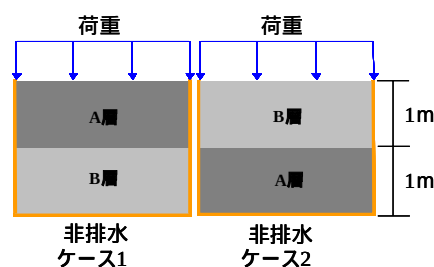


図-1 検討パターン

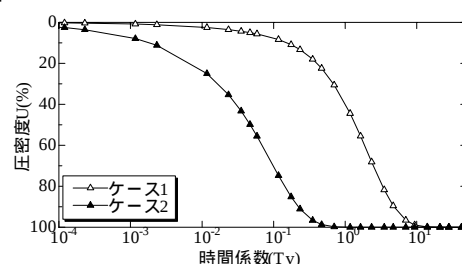


図-2 圧密度の理論値

図-2 よりケース 2 の圧密速度の方が、遥かにケース 1 より大きいことが分かる。その原因は、透水係数が小さい A 層が排水境界面側にあることで(ケース 1)、B 層からの排水に、より長く時間がかかるからである。

3. 二層地盤の圧密試験

(1) 試験装置：使用した試験装置は丸東層別圧密試験機で、図-3 に示すように異なった二つの試料を連結させて二層地盤として試験を行なった。

(2) 試料：二層のうち一層の試料は再圧密した有明粘土、もう一方は有明粘土に 2mm のふるいを通した砂を 50% 混合した混合土で、直径 0.3m

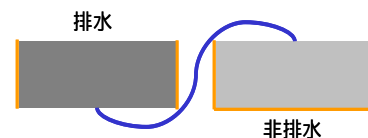


図-3 二層地盤モデル図

のモールドを用いて圧密応力 30 kPa で再圧密試料を作成した。標準圧密試験より、混合試料の圧密係数は粘土試料の約 5 倍であった。試料の他の物性値は表-1 に示す。

表-1 試料の物性値

	γ_d kN/m ³	γ_w kN/m ³	ω %	ω_L %	ω_P %	e_0 -	k m/day	C_c -
粘土	5.621	13.273	97.13	116.6	57.46	3.415	0.000287	0.884
混合	12.321	17.403	-	-	-	1.062	0.000165	0.212

二層地盤として、粘土試料が上、混合試料が下の試験-1 と、試料の位置を入れ替えた試験-2 の 2 パターンの試験を行なった。いずれのケースにも、上面のみ排水、底面が非排水の片面排水条件を与えた。用いた圧密応力は 80 kPa であった。

(3) 試験結果 沈下量 - 時間曲線の比較は図-4 に示す。予想通り、二つのケースの最終沈下量はほぼ同じである。しかし、沈下速度は違う。混合試料が上層に位置する場合(試験-2)の沈下速度が速い。平均圧密度(U)と時間係数(T_v)の関係は図-5 に比較している。試験開始後、圧密が早く進行してみられるが、その原因として、有効応力 30kPa まで試料は過圧密状態なので、圧密速度が速い。80kPa の載荷に対して、測定された最大の過剰間隙水圧(u)の値は 72kPa であった。沈下量と同じく、圧密速度も試験-2 が速くなった。試験-2 の場合、混合試料の透水係数が粘土層より高いが、混合試料からの水が粘土層を経由しての排水なので水圧の消散に時間がかかる。よって、圧密速度が遅くなる。二層地盤の場合排水境界面に位置する層の透水係数が地盤の圧密度に大きく影響することが分かる。実務上よく使われる平均圧密係数法を用いる場合、試験-1 と試験-2 の圧密度は同じであるが、実際は試験-1 の圧密度を過大評価し、試験-2 のものを過小評価している。

測定した試料中の過剰水圧(u)の等時線は図-6(a),(b)に試験-1 と試験-2 をそれぞれ示している。図-6(a)(試験-1)で u の分布形状は圧密終了まで右に凸であるが、図-6(b)(試験-2)で、最初は左に凸であるが、経過時間 30 分後右に凸になった。右に凸の u の分布は上層中の動水勾配が下層のものより高いことを意味し、左に凸の u の分布は下層中の動水勾配が高いことを意味している。圧密過程における地盤中の水の流れは非定常流であるが、ある時間増分(Δt)で境界面での水流の連続性を維持するために Darcy's 法則によれば k が低い層中の動水勾配は k が高い層より、高くなる必要がある。試験-1 の場合、粘土層中の動水勾配は全圧密過程に混合試料中より高い。試験-2 の場合、経過時間 30 分まで排水境界に位置する混合試料中の動水勾配が高かったが、その後透水係数が低い粘土層中の動水勾配は高くなった。

4. まとめ

理論解析・室内圧密試験によって、二層地盤の圧密特性を検討した。二層の場合、地盤の圧密係数(C_v)だけではなく、地盤の透水係数(k)と体積圧縮係数(m_v)両方が圧密過程を支配する。二層地盤の C_v が同じであっても、 k と m_v が異なると、圧密度が大きく異なることは解析結果で示した。また、片面排水の場合、排水境界面に対する各層の順位が地盤の圧密過程に影響することを室内圧密試験結果によって実証した。数値解析以外に現在実務上使用できる簡単かつ精度の高い二層地盤の圧密計算法はまだないので、今後このような計算法を提案することを目指して研究を進めたいと考えている。

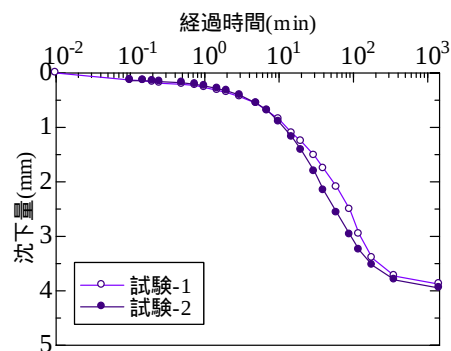


図-4 時間-沈下量曲線

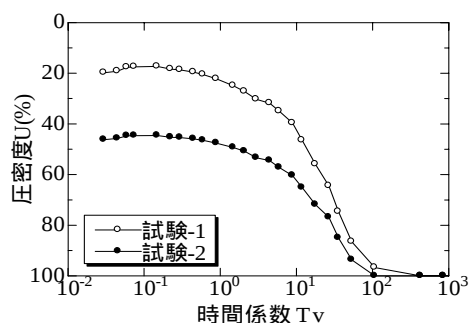
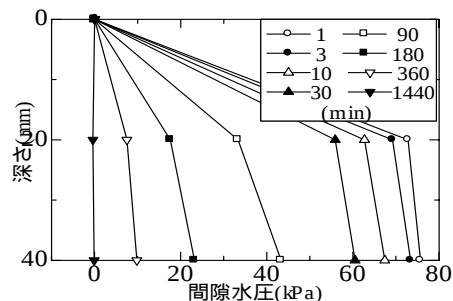
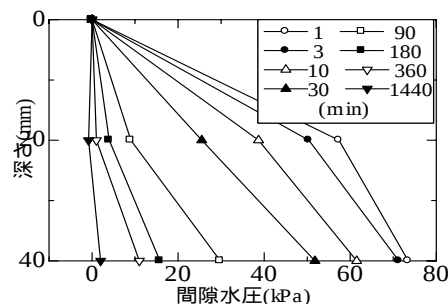


図-5 圧密度と時間係数の関係



(a) 試験-1



(b) 試験-2

図-6 間隙水圧等時曲線

『参考文献』 1). Schittman, R. L. and Stein, J. R. (1970). One-dimensional consolidation of layered systems. J. Soil Mech. Found. Div., ASCE, Vol. 96, No. SM4, pp. 1499-1504. Zhu, G. and Yin, J.-H. (1999). Consolidation of double soil layers under depth-dependent ramp load. Geotechnique, Vol. 49, No. 3, pp. 415-421