

III-80 砂柱を設置した粘性土の二次圧密係数

正員 大木仁史

1. 序文

一次元圧密下の粘性土においては、沈下量が時間の対数に比例する二次圧密が生じることが知られている。同様に、砂柱を設置した有機質土や粘性土についても二次圧密が生じることが現場計測1)2)や室内実験3)において確かめられている。

著者は、砂柱径、砂柱の間隙比、供試体の直径、層厚を変え、砂柱部と粘性土部との表面が等沈下となるように圧密し、その圧密性状を調べた。

文献3)において室内実験で等ひずみの場合の二次圧密係数について報告し、そこで等ひずみの場合の二次圧密係数 $C_\epsilon = d\epsilon/d\log t$ は、砂柱径比 $n = d_e/d_w$ （ここで、 d_e は供試体の直径、 d_w は砂柱径である。）に大きく影響し、砂柱の間隙比、層厚に影響されることを示した。つまり、繰り返した粘性土を用いて等ひずみになるように圧密した砂柱を設置した場合の二次圧密係数 C_ϵ は、砂柱径比が大きいほど、砂柱の間隙比が小さい（密な）ほど、層厚が厚いほど、それぞれ大きくなることを実験的に示した。

この報文は、既に報告した報文3)と考え合せて、二次圧密係数に起因する応力について述べるものである。

2. 実験試料及び方法

2-1 試料 粘性土試料は、表1に示す柏粘土の420 μ mフルイを通過した分であり、高含水比で繰り返したものを予圧密圧力 $p_0 = 0.17 \text{ kgf/cm}^2$ で予圧密したものをを用いた。砂柱に用いた試料は、豊浦標準砂である。表1に試料の性質を示す。

表1 試料の性質

項目	柏 粘 土
液性限界 $w(\%)$	103
塑性限界 l_p	53
有機物含有量 $Li(\%)$	8.7
土粒子の比重 G_s	2.61
項目	豊浦標準砂
土粒子の比重 G_s	2.65

2-2 方法 粘性土試料を層厚 $H_0 = 3.5 \text{ cm}$ の高さに切り取り、3種類の直径の金属円筒により試料中心を削孔し、砂柱の間隙比を変化させ砂柱を設置した。実験条件を表2に示す。粘性土内の間隙水が砂柱を通し水平方向のみ排水するように、粘性土部の上下端面にビニールシートを敷いた。図1に示す装置を用いて、ビューレットの水位が所定の位置になるように粘性土部の圧力計により調整し、砂柱部と粘性部との表面が等沈下状態となるように圧密した。粘性土部の水平応力は、レコーダに連結した土圧計により測定した。圧密圧力 p は、 $p = 1.35 \text{ kgf/cm}^2$ である。

表2 実験条件

層厚 H_0 (cm)	直径 d_e (cm)	砂柱径 d_w (cm)	砂柱径比 $n (d_e/d_w)$	砂柱の間隙比 e
3.5	10.0	2.0	5.0	0.68
		3.5	2.9	0.75
		5.1	2.0	0.80
				0.86

3. 実験結果と考察

砂柱を設置した場合の二次圧密係数 $C_\epsilon = d\epsilon/d\log t$ に起因する応力として、粘性土部に作用する鉛直応力 σ_{vc} 、軸差応力 σ_{vc} 、平均応力 σ_m を考えた。 σ_{vc} 、 σ_d 、 σ_m と C_ϵ との間には、(1) 式のような関係があると考え整理し、実験値に対する各係数を求めた。

$$C_\epsilon = a \exp(\sigma_x)^c + b \quad (1)$$

ここで、 σ_x は二次圧密時の各有効応力を意味する。係数 a 、 b は、各応力が0のとき二次圧密係数 C_ϵ は0であるので、 $a = -b$ とならなければならない。

3-1 粘性土部の鉛直応力と二次圧密係数

図2は、二次圧密領域に入ったとみられる載荷24時間後の粘性土部に作用する鉛直応力 σ_{vc} を指数で表したものと二次圧密係数

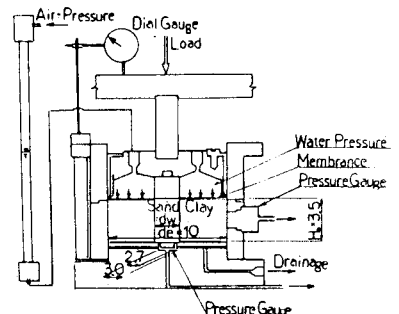


図1 実験装置

C_ϵ との関係を示したものである。図より鉛直応力が大きいほど二次圧密係数は大きくなり、砂柱径比が小さいほど小さくなることがわかる。 δ_{vc} と C_ϵ との関係を $C_\epsilon = a \text{EXP}(\delta_{vc}) + b$ で表せられるものと考え、実験より得られる係数は、 $a=0.60$ 、 $b=-0.60$ であり、標準誤差 $s.e=0.11$ である。

3-2 粘性土部の軸差応力と二次圧密係数

粘性土部の軸差応力の最大値 δ_{dmax} は、二次圧密を説明できるものと考え、図3に δ_{dmax} ($\delta_v - \delta_h$) の最大値 δ_{dmax} を指数で表したものと二次圧密係数との関係を示した。 δ_{dmax} が大きいほど C_ϵ は、大きくなる。鉛直応力と同様に、 δ_{dmax} と C_ϵ との関係を $C_\epsilon = a \text{EXP}(\delta_{dmax}) + b$ で表されるものとする、実験から得られる係数は、 $a=1.45$ 、 $b=-1.45$ となり、標準誤差 $s.e=0.16$ となる。

3-3 粘性土部の平均応力と二次圧密係数

図4は、粘性土部に作用する平均応力 $\delta_m (= (\delta_{vc} + 2\delta_{hc})/3$) の最小値 δ_{mmin} ($\delta_{mmin} = \delta_m'$ ：二次圧密時の有効応力) を指数で表したものと二次圧密係数との関係を示したものである。二次圧密係数は粘性土部に作用する平均有効応力の値が大きいほど大きくなり、砂柱径比が小さいほど小さくなる。 C_ϵ は δ_{mmin} を指数で表した2次式で表せるものとする、係数は、 $a=0.395$ 、 $b=-0.395$ 、標準誤差 $s.e=0.21$ である。なお、次数 c を $c=1$ とし一次式で表すと $a=1.09$ 、 $b=-1.09$ で標準誤差 $s.e=0.19$ である。

前報3)において載荷24時間後の応力分担比 $m (= \delta_{vp}/\delta_{vc} : \delta_{vp}$ は砂柱部の鉛直応力、 δ_{vc} は粘性土部の鉛直応力) と二次圧密係数との関係を示し、応力分担比が大きいほど二次圧密係数が大きいことを示した。

m が増加を示すということは、 δ_{vp} の増加分が δ_{vc} の増加分より大きいためであり、 m が大きくなると C_ϵ が大きくなるのであれば、砂柱部の沈下ひずみ ϵ_p が増大し砂柱部と粘性土部とで相互に応力の交換をしながら応力の再配分を行い、そして主に砂柱部が主動状態をとりながら沈下しているものと考えられる。

また、砂柱径が大きく砂柱の間隙比が大きい（緩い）ほど応力分担比は小さくなり、応力分担比が小さいほど二次圧密係数は小さくなる。そして、軸差応力が小さいと二次圧密係数は小さくなる。これは、砂柱径が小さいと応力分担比が大きくなることによって粘性土部の水平応力が小さくなり、砂柱を拘束する拘束圧が小さくなるため砂柱部の沈下ひずみが大きくなり、二次圧密係数が大きくなるものと考えられる。

等沈下状態での二次圧密は、砂柱部による影響が特に大きいものといえる。したがって、等沈下ひずみ状態の場合の二次圧密係数は、次のような関数で表される。

$$m = f(n (= de/dw), es, Ho, \delta_v) \quad (2)$$

$$C_\epsilon = f(m, n, Ho, \delta_v) \quad (3)$$

ここで、 es は砂柱の間隙比、 Ho は層厚、 δ_v は平均鉛直応力である。

4. 参考文献

- 1) 竹島正勝(1979)「軟弱地盤盛土における長期沈下に関する二、三の知見」土と基礎vol.27 No.3 pp37-44
- 2) 持永龍一郎(1981)「現地計測結果よりみた二次圧密」土と基礎vol.29 No.3 pp3-10
- 3) 大木仁史(1985)「砂柱を設置した粘性土の二次圧密」土木学会第40回学術講演概要集第3部 pp595-596

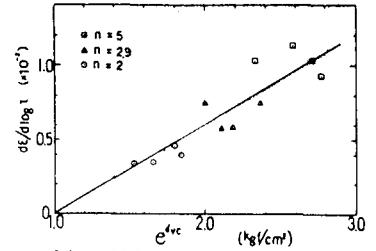


図2 鉛直応力と二次圧密係数

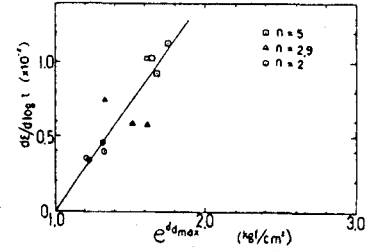


図3 軸差応力と二次圧密係数

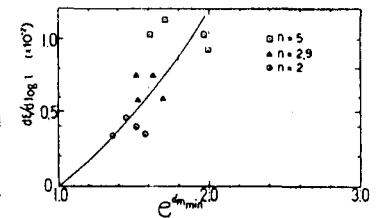


図4 平均応力と二次圧密係数