

# 平成18年土質力学第二中間試験解答例

## 1. 以下の英語を和訳せよ。(8)

i) consolidation, ii) over-consolidated clay, iii) volumetric strain, iv) pore water pressure, v) plane strain,

解答:i)圧密、ii)過圧密粘土、iii)体積ひずみ、iv)間隙水圧、v)平面ひずみ

## 2. Terzaghiの一次元圧密方程式の誘導過程で用いる

1)土の応力ひずみ関係と、2)土中水の流れに関する法則について簡単に説明せよ。

解答:

1) ある鉛直有効応力増分( $\Delta\sigma'_v$ )の間では、土の応力ひずみ関係は線形弾性。即ち、土の体積ひずみ( $\varepsilon_v$ )と( $\Delta\sigma'_v$ )の間には、線形関係がある。 $\varepsilon_v = m_v \Delta\sigma'_v$

2) Darcy則。 $v=ki$  ( $v$ :流量速度、 $k$ :透水係数、 $i$ :動水勾配( $=-dh/ds$ : $h$ 水頭、 $s$ :流れ方向))

3. 土粒子密度 $\rho_s=2.7\text{g/cm}^3$ 、初期高さ $h_0=2\text{cm}$ 、直径 $6\text{cm}$ 、初期質量 $m_0=99\text{g}$ 、乾燥質量 $m_s=67.5\text{g}$ の圧密試験供試体がある。これに対して、下端面からの排水バルブを閉じた状態で段階載荷圧密試験を行った。この試験で圧密圧力 $p$ を $160\text{kPa}$ から $320\text{kPa}$ に増加させる載荷段階において、90%圧密時間( $t_{90}$ )は $30\text{min}$ であり、供試体は $16.7\text{mm}$ から $15.6\text{mm}$ に圧縮した。

(1)この供試体の初期含水比( $w_0$ )、間隙比( $e_0$ )、飽和度( $S_{r0}$ )はいくらか？

(2)この載荷段階における、体積圧縮係数( $m_v$ )、圧密係数( $c_v$ )、透水係数( $k$ )はいくらか？

(3)この載荷段階において試料は正規圧密状態にあったとすると、圧縮指数( $C_c$ )はいくらか。

解答: 
$$w_0 = \frac{m_0 - m_s}{m_s} \times 100 = \frac{99 - 67.5}{67.5} \times 100 = 46.7 \quad (\%)$$

$$e_0 = \frac{V_v}{V_s} = \frac{h_0 \cdot A - m_s / \rho_s}{m_s / \rho_s} = \frac{2 \times 3^2 \pi - 67.5 / 2.7}{67.5 / 2.7} = 1.262$$

$$S_{r0} = \frac{w_0 G_s}{e_0} = \frac{w_0 \rho_s}{e_0 \rho_w} = \frac{46.7 \times 2.7}{1.262 \times 1.0} = 99.8 \cong 100\%$$

(2)

$$\Delta\varepsilon = \frac{\Delta h}{\bar{h}} = \frac{h' - h}{\bar{h}} = \frac{16.7 - 15.6}{(16.7 + 15.6)/2} = 0.0681, \quad m_v = \frac{\Delta\varepsilon}{\Delta p} = \frac{0.0681}{320 - 160} = 0.00043 m^2 / kN$$

---

$$c_v = \frac{0.848 \bar{H}^2}{t_{90}} = \frac{0.848 \times (\bar{h})^2}{30} = \frac{0.848 \times \{(1.67 + 1.56)/2\}^2}{30} = 0.074 cm^2 / min = 0.011 \times m^2 / day$$

---

**単位の統一に注意**

$$k = c_v m_v \gamma_w = 0.011 \times 0.00043 \times 9.8 (kN / m^3) = 4.4 \times 10^{-5} m / day = 5.1 \times 10^{-10} m / sec$$

---

(3)

$$e_{160} = \frac{A \times h_{160}}{m_s / \rho_s} - 1 = \frac{9\pi \times 1.67}{67.5 / 2.7} - 1 = 0.889$$

$$e_{320} = \frac{A \times h_{320}}{m_s / \rho_s} - 1 = \frac{9\pi \times 1.56}{67.5 / 2.7} - 1 = 0.764$$

$$\Delta e = 0.125, \quad \Rightarrow Cc = \frac{\Delta e}{\log 320 - \log 160} = 0.415$$

---

4. 図-1に示すような厚さ10mの一様な砂層、その下にある3mの一様な粘土層を考える。初期地下水位は地表面と一致しており、砂層の飽和単位体積重量  $\gamma_{sat}=20\text{kN/m}^3$ 、比重  $G_s=2.7$  である。粘土層の単位体積重量  $\gamma_{sat}=15\text{kN/m}^3$  で、体積圧縮指数  $m_v=0.001\text{m}^2/\text{kN}$  である。水の単位体積重量  $\gamma_w=10\text{kN/m}^3$  として、以下の問いに答えよ。(20)

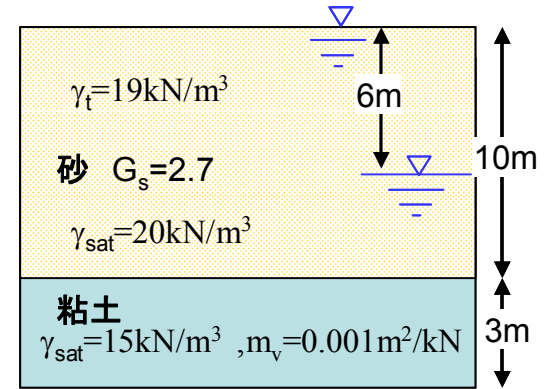


図-1

- (1) 砂の間隙比はいくらか。(3)
- (2) 砂層底部( $z=10\text{m}$ )の地盤内の鉛直全応力 ( $\sigma_v$ )、間隙水圧( $u$ )、鉛直有効応力( $\sigma'_v$ )はいくらか。(6)

地下水の汲み上げで地下水位が地表面から6mの深さまで低下し、地下水面以浅の砂の単位湿潤重量が  $\gamma_t=19\text{kN/m}^3$  となった。なお、砂の間隙比は変化しなかった。

- (3) 地下水面以浅の砂の飽和度はいくらか。(3)
- (4) この地下水位の低下に伴う粘土地盤の鉛直有効応力増分 ( $\Delta\sigma'_v$ ) はいくらか。(4)
- (5) それによって生じる粘土地盤の圧密沈下量はいくらか。(4)

解答:

- (1) 
$$\gamma_{sat} = 20 = \frac{G_s + e}{1 + e} \gamma_w = \frac{2.7 + e}{1 + e} 10, \quad \therefore e = 0.7$$
- (2) 
$$\sigma_{v0} = \gamma_{sat} z = 20 \times 10 = \underline{200\text{kN/m}^2}$$
  

$$u_0 = \gamma_w z = 10 \times 10 = \underline{100\text{kN/m}^2}$$
  

$$\sigma'_{v0} = \sigma_v - u = \underline{100\text{kN/m}^2}$$
- (3) 
$$\gamma_t = 19 = \frac{G_s + eS_r/100}{1 + e} \gamma_w = \frac{2.7 + 0.7S_r/100}{1 + 0.7} 10, \quad \therefore S_r = 100 \frac{1.9 \times 1.7 - 2.7}{0.7} = 76\%$$
- (4) 
$$\Delta\sigma'_v = 6\gamma_t + 4(\gamma_{sat} - \gamma_w) - \sigma'_{v0} = 19 \times 6 + 40 - 100 = \underline{54\text{kN/m}^2}$$
- (5) 
$$\varepsilon_v = m_v \Delta\sigma'_v = 0.001 \times 54 = 0.054, \quad \therefore S = h\varepsilon_v = 3 \times 0.054 = \underline{0.162(m)}$$

5. 薄い砂層の下に18mの飽和粘土層があり、その下に透水性の砂礫層がある。この粘土層が一様な100kPaの応力増分を受けるとき、90%圧密沈下量とそれに要する圧密年数を求めよ。ただし、 $m_v = 8.0 \times 10^{-4} \text{m}^2/\text{kN}$ 、 $c_v = 5 \times 10^{-3} \text{m}^2/\text{day}$ とせよ。(12)

$$\varepsilon_v = m_v \Delta \sigma_v' = 8 \times 10^{-4} \times 100 = 0.08$$

一次元の場合、体積歪み=鉛直歪み

$$\therefore S_{90} = 0.9 \int_0^h \varepsilon_v dz = 0.9 h \varepsilon_v = 0.9 \times 18 \times 0.08 = \underline{1.30(m)}$$

一次元圧密において、ある圧密度までの沈下に要する圧密時間 $t$ は、時間係数( $T_v$ :無次元)、最大排水長 $H$ (= $h$ (片端排水)、 $h/2$ (両端排水))、圧密係数 $c_v$ によって与えられる。初期過剰間隙水圧分布が一様な場合の90%圧密時の時間係数 $T_{90} = 0.848$

$$t = T_v \frac{H^2}{c_v} = 0.848 \frac{9^2}{5 \times 10^{-3}} = 13740 \text{day} = \underline{37.6 \text{years}}$$

6. 図-2のような厚さ3mの砂層の下にある厚さ4mの粘土層中央部（深さ $z=5\text{ m}$ ）からサンプリングし、圧密試験を行ったところ、図-3のような $e\sim\log p$ 関係を得た。なお、この圧密試験では初期状態(A)から200kPa (C)まで載荷し、その後、除荷(C→D)、さらに再載荷(D→E→F)している。この試験で得られた正規圧密曲線、過圧密曲線の式は図-3に示してある。砂層、粘土層ともに飽和しており、粘土と砂の飽和単位体積重量( $\gamma_{\text{sat}}$ )はそれぞれ $15\text{ kN/m}^3$ 、 $20\text{ kN/m}^3$ で、ここでは水の単位体積重量( $\gamma_w$ )は $10\text{ kN/m}^3$ とする。また、地盤内の粘土の間隙比( $e_0$ )は2.226、比重( $G_s$ )は2.62であった。以下の問いに答えよ。(29)

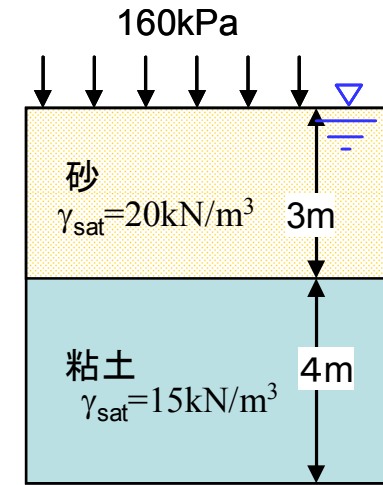


図-2

(1)この粘土の鉛直有効土被り圧( $\sigma'_{v0}$ )、圧密降伏応力( $p_c$ )、過圧密比(OCR)はいくらか。(9)

(2)粘土試料の正規圧密線上の圧密圧力 $p=100\text{ kPa}$ における体積圧縮係数( $m_v$ )は、過圧密線2上の圧密圧力 $p=100\text{ kPa}$ における $m_v$ の何倍か。(6)

(3)この地盤上から160kPaの上載圧をかけて粘土を圧密させた。この圧力増分に対する粘土の圧縮ひずみ( $\epsilon_v$ )はいくらか。(5)

(4)この上載圧によって生じる圧密沈下量はいくらか。(砂の沈下は無視できるものとする)(4)

(5)上記載荷圧を取り除くと粘土の過圧密比は大きくなる。このように粘土地盤をあらかじめ大きな圧力で圧密し、それを除荷することにより粘土地盤を過圧密にすることをプレロードといい、軟弱粘土地盤に対する地盤改良工法のひとつである。ここでは道路盛土を建設するためにプレロードが行われたとすると、このプレロードの主たる目的は何か。(5)

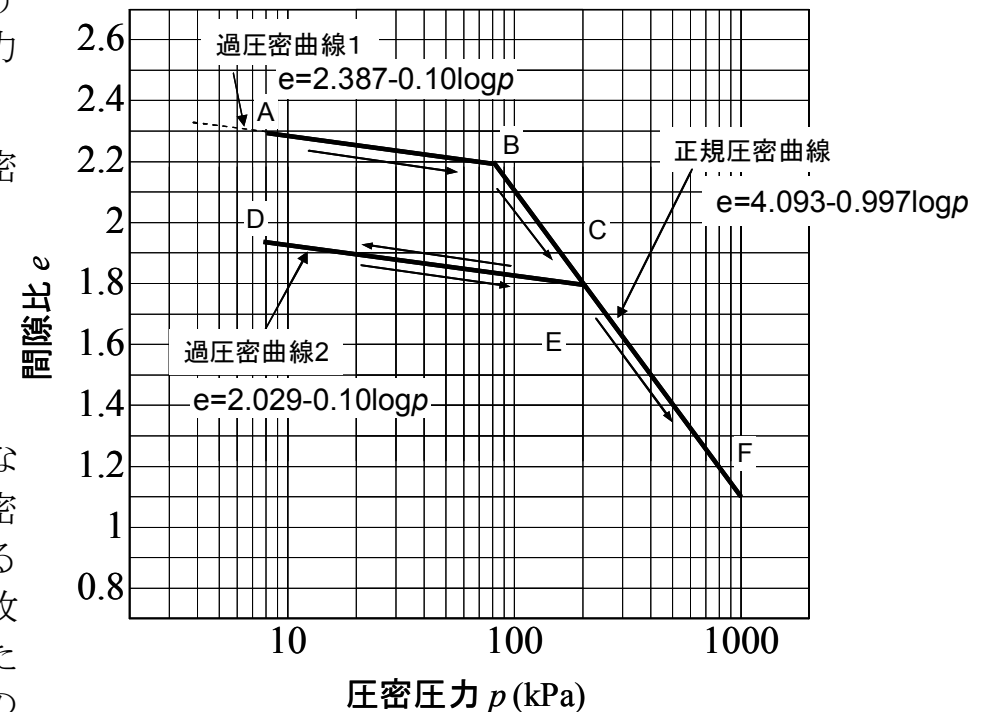


図-3

解答:

$$(1) \quad \sigma'_{v0} = \gamma'_{sand} \times 3 + \gamma'_{clay} \times 2 = 10 \times 3 + 5 \times 2 = \underline{40kPa}$$

$$\underline{pc = 80kPa}, \quad \underline{OCR = \frac{p_c}{\sigma'_{v0}} = 2}$$

$$(2) \quad e_{100NC} = 2.1 \Rightarrow m_{v100NC} = \frac{0.43C_c}{(1 + e_{100NC})p(=100)}$$

$$e_{100OC2} = 1.83 \Rightarrow m_{v100OC2} = \frac{0.43C_s}{(1 + e_{100OC2})p(=100)}$$

$$\therefore \frac{m_{v100NC}}{m_{v100OC2}} = \frac{C_c(1 + e_{100OC2})}{C_s(1 + e_{100NC})} = \frac{0.997 \times 2.1}{0.1 \times 1.83} = \underline{9.1\text{倍}}$$

$$(3) \quad \Delta e = e_0 - e_{200} = 2.226 - 1.8 = 0.426$$

$$\varepsilon_v = \frac{\Delta e}{(1 + e_0)} = \frac{0.426}{1 + 2.226} = \underline{0.132, \quad 13.2\%}$$

$$(4) \quad S = h \cdot \varepsilon_v = 4 \times 0.132 = \underline{0.53m}$$

(5) 沈下低減策

(2)からも分かるように過圧密土の圧縮性は正規圧密粘土に比べると著しく小さい、従って、地盤を過圧密状態にすることにより、道路盛土築造後の沈下を小さく抑えることができる。