

土質力学第一理解度確認問題、解答例

1. 以下の図に示す記号を用いて、 e : 間隙比、 S_r : 飽和度、 w : 含水比の定義を示せ。また、それらから $eS_r = wG_s$ なる関係を導け。ここで、 G_s は土粒子比重。

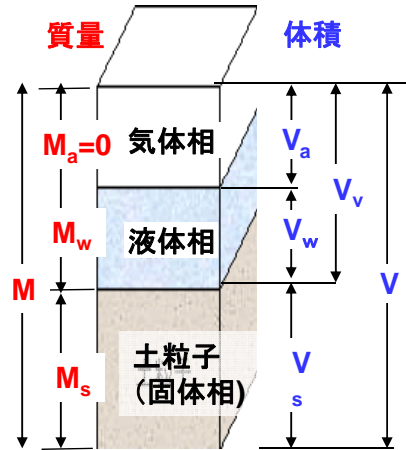
解答: ρ_s : 土粒子密度、 ρ_w : 水の密度

$$e = \frac{V_v}{V_s} \quad (1), \quad S_r = \frac{V_w}{V_v} \times 100 \quad (\%) \quad (2)$$

$$w = \frac{M_w}{M_s} \times 100 = \frac{V_w \rho_w}{V_s \rho_s} \times 100 = \frac{V_w}{V_s G_s} \times 100 \quad (3)$$

$$(1)(2) \text{より } eS_r = \frac{V_w}{V_s} \times 100, \quad (3) \text{より } wG_s = \frac{V_w}{V_s} \times 100$$

$$\therefore eS_r = wG_s$$



2. ある現場から質量 12t、体積 7m^3 の土を採取した。また、この土の含水比(w)は 25%で、土粒子密度(ρ_s)は 2.5g/cm^3 であった。

(1) この土の間隙比(e)、間隙率(n)、飽和度(S_r)はそれぞれいくらか。

(2) この土の湿潤密度(ρ_t)、乾燥密度(ρ_d)、飽和密度(ρ_{sat})はそれぞれいくらか。

解答:(1) $M = M_s + M_w = 12\text{t}$, $w = M_w / M_s = 0.25$ より、 $M_s = 9.6$, $M_w = 2.4$

$$V_s = M_s / \rho_s = 3.84\text{m}^3, \quad V_w = M_w / \rho_w = 2.4\text{m}^3$$

$$V = V_s + V_v = 7\text{m}^3, \quad \text{より } V_v = 3.16,$$

$$\therefore e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{3.16}{3.84} = 0.823, \quad n = \frac{V_v}{V} = 0.451, \quad S_r = \frac{V_w}{V_v} = 0.76 = 76\%$$

$$(2) \rho_t = \frac{M}{V} = \frac{12}{7} \left(= \frac{\rho_s + eS_r \rho_w}{1 + e} \right) = 1.71\text{t/m}^3,$$

$$\rho_d = \frac{M_s}{V} = \frac{9.6}{7} \left(= \frac{\rho_s}{1 + e} \right) = 1.37\text{t/m}^3,$$

$$\rho_{sat} = \frac{M_s + V_v \rho_w}{V} = \frac{12.76}{7} \left(= \frac{\rho_s + e \rho_w}{1 + e} \right) = 1.82\text{t/m}^3,$$

3. 3種類の粘性土地盤からサンプリングを行い、以下の表に示す結果を得た。

- (1) A,B,C粘土の塑性指数(I_p)と液性指数(I_L)はいくらか。
- (2) A粘土の活性度(A_c)はいくらか。
- (3) A,B,Cの中で最も乱れの影響を受け易い鋭敏な土はどれか。理由も含め答えよ。
- (4) A,B,C粘土の小分類は何か。また、この内最も圧縮生が大きい粘土はどれか。理由も含め答えよ。

| 地盤 | A | B | C |
|--------------------------|------|-----|-----|
| 自然含水比(w_n) | 95% | 80% | 50% |
| 塑性限界(w_p) | 40% | 35% | 20% |
| 液性限界(w_l) | 100% | 80% | 45% |
| 2 μm 以下粘土分含有率 | 50% | 60% | 40% |

解答 (1)

| | | | |
|---------------------------|------|-----|-----|
| $I_p = w_L - w_p$ | 60 | 45 | 25 |
| $I_L = (w_n - w_p) / I_p$ | 0.92 | 1.0 | 1.2 |

(2) 活性度 $A_c = \frac{I_p}{2\mu\text{m以下粘土分含有率}(\%)} = \frac{60}{50} = 1.2$

(3) C、理由: 液性指数が1を超え最も大きいから。

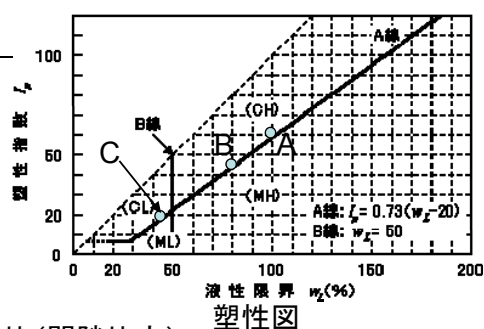
(4) w_L, I_p 関係を塑性図にプロットすると、

A:CH(高液性限界粘土)

B:CH(高液性限界粘土)

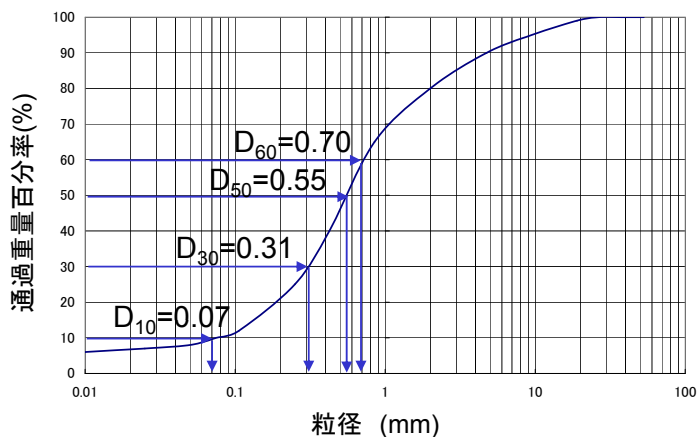
C:CL(低液性限界粘土)

Aが最も圧縮性が大(理由: 液性指数が大きく、含水比(間隙比大))



4. 右図のような粒度分布を持つ土について以下の問に答えよ。

- (1) この土の平均粒径(D_{50})はいくらか。
- (2) この土の均等係数(U_c)はいくらか。
- (3) この土の砂分含有率はいくらか
- (4) この土の透水係数はどの程度か。



解答:

(1) 図より、 $D_{50}=0.55\text{mm}$

(2) $U_c = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0.7}{0.07} \approx 10$

(3) 砂分の粒径は0.075mm~2mm。それぞれの径の通過重量%は10と80%、
従って砂分含有率Fs=70%

(4) 図より $D_{10}=0.07\text{mm}=7 \times 10^{-3}\text{cm}$

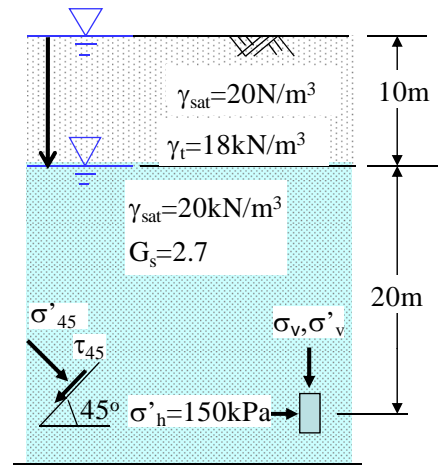
Hazen式

$$k = (70 - 200)D_{10}^2 \approx 47 \times (70 - 150) \times 10^{-6} = (3 - 6) \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$$

10⁻³cm/secのオーダー

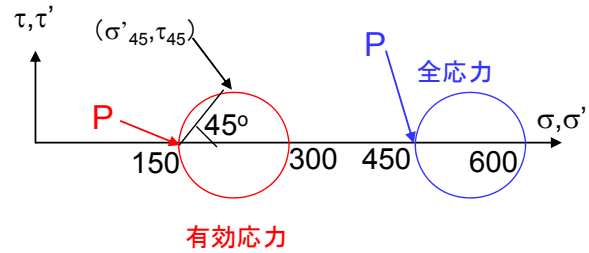
5. 右図のような平砂地盤を考える。最初、地下水面は地表面と一致し、地盤は完全に飽和（飽和単位体積重量 $\gamma_{sat}=20\text{kN/m}^3$ ）している。水の単位体積重量を $\gamma_w=10\text{kN/m}^3$ として以下の間に答えよ。

- (1) 深さ30m地点の鉛直全応力 (σ_v) と鉛直有効応力 (σ'_v) はいくらか。
- (2) 深さ30m地点の水平有効応力 (σ'_h) は 180kN/m^2 である。この地点のモールの応力円を有効応力、全応力についてそれぞれ描け。また、有効応力のモール円には極の位置も示せ。
- (3) 図に示すような水平角 30° の面に作用する、有効直応力 (σ'_{30})、せん断力(τ_{30})を求めよ。
- (4) 図に示すように、地下水位が10m低下した場合、深さ30mの地点の σ_v と σ'_v の変化量 $\Delta\sigma_v$ 、 $\Delta\sigma'_v$ はそれぞれいくらか。なお、地下水位以浅の単位体積重量 (γ_t) は 18kN/m^3 とする。



解答: (1) $\sigma_v = 30\gamma_{sat} = 600\text{kN/m}^2$
 $\sigma'_v = \sigma_v - u = \sigma_v - 30\gamma_w = 300\text{kN/m}^2$

- (2) 水平地盤 => 鉛直、水平応力は主応力 (σ_1 or σ_3)
 $\sigma_h = \sigma'_h + u = 150 + 30\gamma_w = 450\text{kN/m}^2$
 $\therefore (\sigma_1, \sigma_3) = (\sigma_v, \sigma_h) = (600, 450)$
 $(\sigma'_1, \sigma'_3) = (\sigma'_v, \sigma'_h) = (300, 150)$



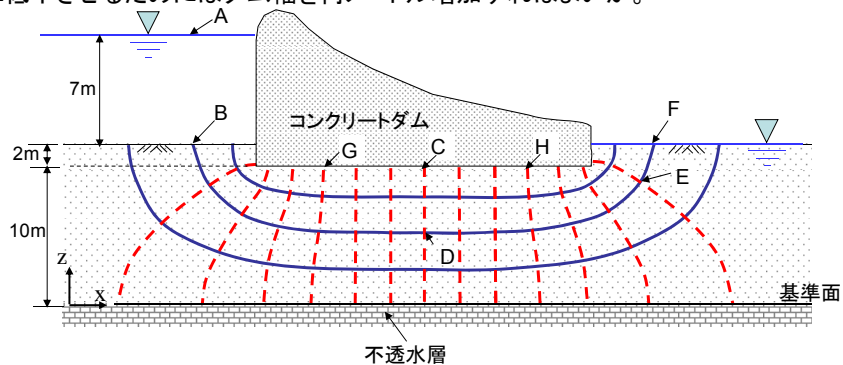
- (3) 極より 45° の線を引き円と交わった点の応力が (σ_{45}, τ_{45})

$$(\sigma'_{45}, \tau_{45}) = \left(\frac{150 + 300}{2}, \frac{300 - 150}{2} \right) = (225, 75) \text{ (kN/m}^2)$$

- (4) $\sigma_v = 10\gamma_t + 20\gamma_{sat} = 580\text{kN/m}^2$, $\sigma'_v = \sigma_v - u = \sigma_v - 20\gamma_w = 380\text{kN/m}^2$
 $\therefore \Delta\sigma_v = -20\text{kN/m}^2$, $\Delta\sigma'_v = 80\text{kN/m}^2$

6. 下図に示すような重力式コンクリートダム下の均質な地盤内の二次元定常透水を考える。図に示す正方形フローネット、水理境界条件、地盤条件（土粒子比重 $G_s=2.7$ 、透水係数 $k=10^{-5}\text{m/s}$ 、飽和単位体積重量 $\gamma_{sat}=20\text{kN/m}^3$ 、水の単位体積重量 $\gamma_w=10\text{kN/m}^3$ ）を用いて以下の間に答えよ。尚、基準面は下部不透水面高さとする。（23点）

- (1) 不透水面($z=0$)と下流端水面(F点)における境界条件をそれぞれ示せ。
- (2) この条件での単位奥行き一日当りの透水量を求めよ。
- (3) B点、D点の全水頭(h)、及び間隙水圧(u)はそれぞれいくらか。
- (4) GからHまでの揚圧力分布の概略を図示せよ。
- (5) E点の有効鉛直応力 (σ'_{vE})はいくらか。なお、E点の深さは地表面から2mとする。
- (6) D点近傍の動水勾配、並びに流速はいくらか。
- (7) 単位時間当たりの透水量を1/2に低下させるためにはダム幅を何メートル増加すればよいか。



(1) z方向の動水勾配ゼロ $\frac{dh}{dz} = 0$ at $z = 0$, at F $h = 12\text{m}$

- (2) $q = -k(N_f/N_d)(h_B - h_F)$ より、 $N_f=4$, $N_d=14$, 単位奥行き幅(1m)、一日当りの透水量は
 $q = 10^{-5} \times (4/14) \times 7 = 2 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{sec} = 1.73 \text{ m}^3/\text{day}$

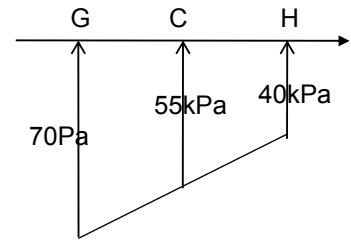
(3) 境界条件より、 $h_A=h_B=19\text{m}$ 、BF間の水頭差 $\Delta h=7\text{m}$ 、 $u_B=70\text{kPa}$ 、

正方形フローネットより(等ポテンシャル線の分割数 $N_d=14$ 、流管数 $N_f=4$)、等ポテンシャル線間の損失水頭 $dh=7/14$

従って、d点の水頭は、 $h_D=19-7dh=15.5\text{m}$ 、d点の水圧は、 $h_p=h-h_e$ 、 $u=h_p\gamma_w$ より、

$$u_D = (15.5-5)\times 10 = 105\text{kPa}$$

(4) GからHまでは位置水頭が同じであるので、等ポテンシャル線間の損失水頭(dh)より $du=g_w dh$ 、また、この間のフローネットのメッシュはほぼ同じ正方形とみなせる。従って、間隙水圧は直線的に減少する。
 $u_G=u_C + 3dh\gamma_w=70\text{kPa}$ 、 $u_G=u_C - 3dh\gamma_w=40\text{kPa}$ 、



(5) D点付近の正方形の一辺は2.5m、

従って、 $i_D=dh/2.5=0.20$ 、 $v_D=ki_D=2.0\times 10^{-5}\text{m/s}=1.73\text{m/day}$

(6) N_f が同じであるならば、透水量を1/2にするためには N_d を2倍($14\times 2=28$ 、 $\Delta N_d=14$)にする必要がある。ここで、ダム下の流れは平行で、(6)で記したとおり等ポテンシャル線の間隔は2.5mとなる。

従って、

$2.5\times \Delta N_d=35\text{m}$ だけ長くすると透水量は1/2倍となる。