

土木工学基礎演習土質力学(1回:物理的性質、透水)

問1: オーガーで粘土を採取してこれを乾燥皿にとり、重さを測ったら99.6gであった。炉乾燥後の重さは71.7gで、皿だけの重さは30.2gであった。この粘土は完全に飽和しているものとして、含水比(w)、間隙比(e)、飽和密度(ρ_{sat})を求めよ。但し粘土の土粒子密度(ρ_s)は2.74g/cm³である。

$$w = \frac{m_w}{m_s} = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m_3} = \frac{99.6 - 71.7}{71.7 - 30.2} = 0.672 = 67.2\%$$

$$e = \frac{G_s w}{S_r} = \frac{\rho_s / \rho_w w}{S_r} = \frac{2.74 / 1 \cdot 0.67}{1} = 1.841, \quad \rho_{sat} = \frac{\rho_s + e \rho_w}{1 + e} = 1.612(\text{g} / \text{cm}^3)$$

問2: 間隙比1.25の土を何m³掘出せば、間隙比0.81の盛土1,500m³を完成できるか。また、初期の含水比が9%とすれば、運搬した水の量はいくらか。但し、土粒子密度(ρ_s)は2.75g/cm³とする。

間隙比1.25から0.81への変化: 土粒子体積1を持つ土の体積(1+e)は1+1.25から1+1.81へ変化

従って、掘出さなければならない土の体積は $1,500 \times \frac{2.25}{1.81} = 1,865(\text{m}^3)$

この乾燥密度は $\rho_d = \frac{\rho_s}{1+e}$ 1,500m³の土粒子の重さは $M_s = \frac{\rho_s}{1+e} \times 1,500 = 2,279(\text{t})$

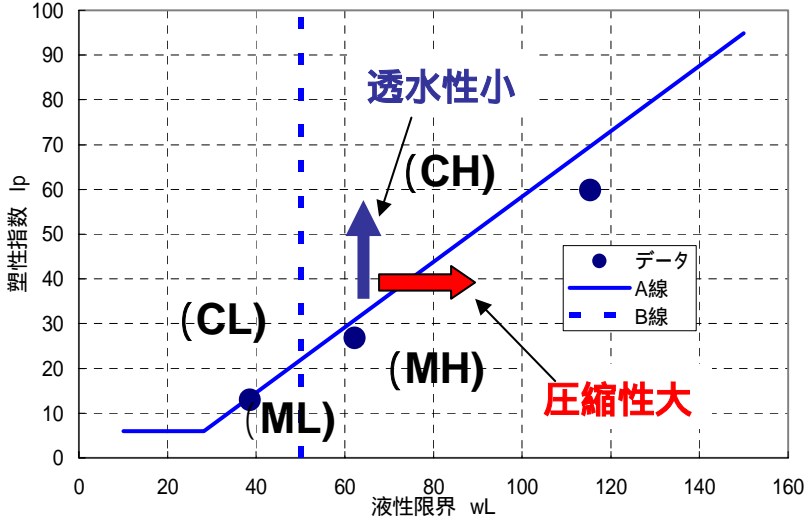
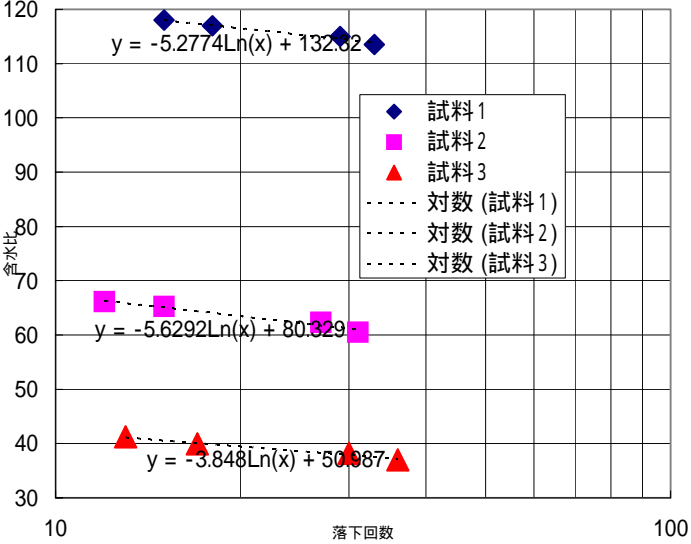
従って、その中に含まれている水は $M_w = w \cdot M_s = 205(\text{t})$

問3：ある砂が含水比9.5%の自然状態で、湿潤密度(ρ_t)1.79g/cm³であった。この砂を炉乾燥して、体積1,000cm³の容器に最も緩く入れたときと、最も密に入れたときの重さはそれぞれ1,490gと1,670gであった。この砂の土粒子密度(ρ_s)が2.65であるとすると、自然状態での相対密度(D_r)はいくらか。

$$\rho_{dn} = \frac{\rho_t}{1+w} = 1.635, \quad e_n = \frac{\rho_s}{\rho_d} - 1 = 0.621$$

$$e_{max} = \frac{2.65}{1.49} - 1 = 0.779, \quad e_{min} = \frac{2.65}{1.67} - 1 = 0.587, \quad D_r = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}} = 0.823 = 82(\%)$$

問4：下表に3つの粘土試料の液性限界(LL)、塑性限界(PL)試験結果を示す。それぞれの粘土の流動曲線を描き、液性限界(wL)、塑性指数(Ip)を求めよ。また、塑性図を用いて、各試料の圧縮性、透水性等の工学的特性について説明せよ。



	試料1	試料2	試料3
液性限界	115.2	62.2	38.6
塑性指数	60	27	13

圧縮性： > >
透水性： < <

問5：直径10cm、高さ20cmの細砂の定水位透水試験を行ったところ、50cmの水頭差に対して10秒間に35cm³の透水量があった。細砂の透水係数を求めよ。

$$v = \frac{Q/A}{t} = \frac{35/(25\pi)}{10} = 0.0446 \text{ cm/s}, \quad k = -\frac{v}{i} = \frac{0.0446}{50/20} = 0.018 \text{ cm/s}$$

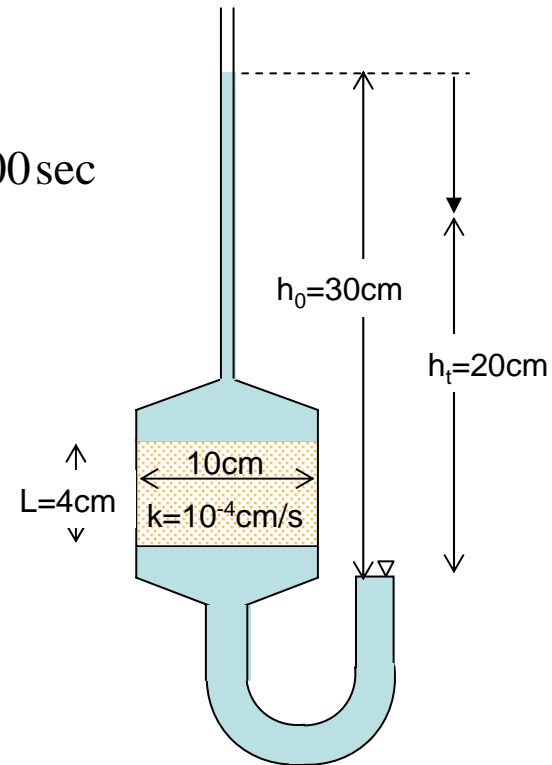
問6：直径10cm、高さ4cmで透水係数が10⁻⁴cm/s程度の試料がある。変水位透水試験で、10分間に水頭差を30cmより20cmまで下げるには、試験装置のガラス管の直径をいくらにすればよいか。

$$-adh = k \frac{h}{L} Adt, \quad h = h_0 \text{ at } t = 0, \quad h = h_t \text{ at } t = 600 \text{ sec}$$

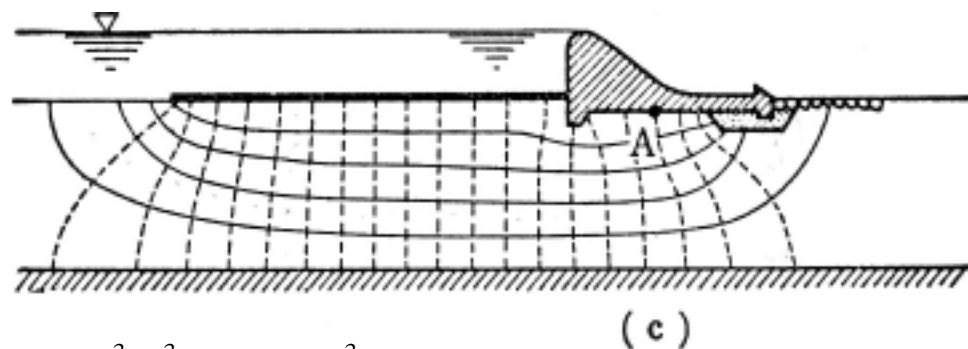
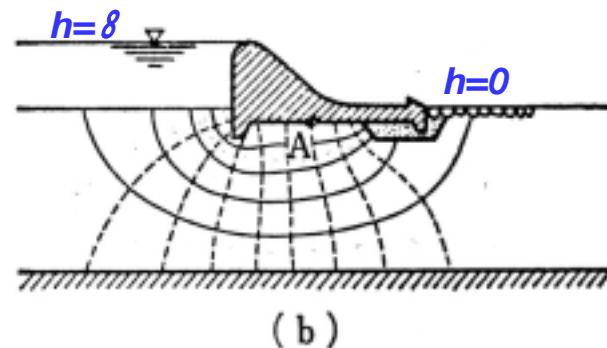
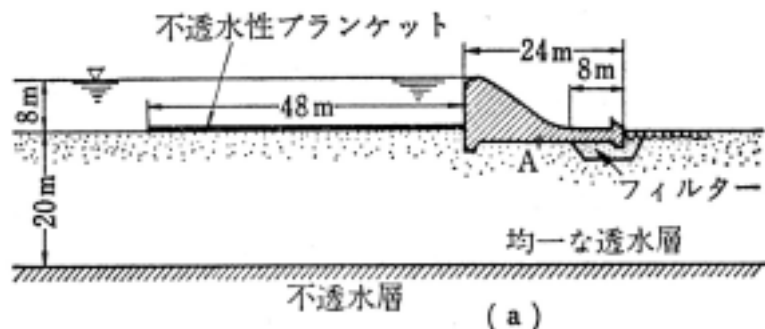
$$-a(\ln h_t - \ln h_0) = \frac{kAt}{L}$$

$$a = \frac{kAt}{L \left(\ln \left(\frac{h_0}{h_t} \right) \right)} = \frac{10^{-4} \times 5^2 \pi \times 600}{4 \ln(1.5)} = 2.9 \text{ cm}^2$$

$$\underline{d = 1.92 \text{ cm}}$$



問7：図(a)に示すようにコンクリートダムが、深さ20mの均一な砂層(透水係数 $k=2.3 \times 10^{-3} \text{cm/s}$)の上に造られた。図(a)の不透水性ブラケットがない場合と、ある場合の流線網はそれぞれ図(b)、(c)のごとくなる。(1)ダムの幅10m当りについての一日の透水量、(2)A点(地表面下-1m)における水圧をそれぞれ求めよ。但し、この砂層の水中単位体積質量(ρ')は 1.05t/m^3 とする。



$$Q = N_f k \frac{\Delta h}{N_d} L$$

$$u_A = (h - h_e) / \gamma_w$$

全水頭、位置水頭

(1) 流量

ブラケットなし: $Q = 5 \times 2.3 \times 10^{-5} \times \frac{8}{9} \times 10 = 1.02 \times 10^{-3} \text{m}^3 / \text{s} = \underline{88 \text{m}^3 / \text{day}}$

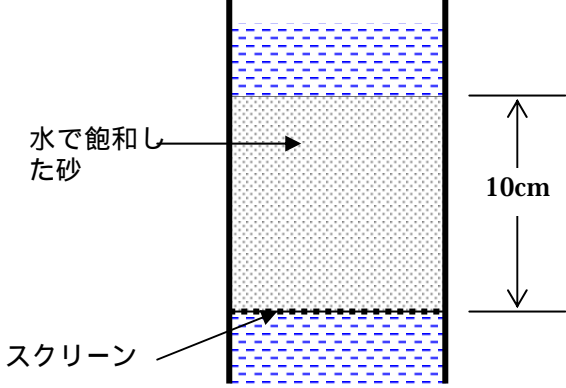
ブラケットあり: $Q = 5 \times 2.3 \times 10^{-5} \times \frac{8}{20} \times 10 = 5.06 \times 10^{-4} \text{m}^3 / \text{s} = \underline{40 \text{m}^3 / \text{day}}$

(2) A点水圧

ブラケットなし: $u_A = \left(8 \times \frac{9-6}{9} - (-1) \right) / \gamma_w = 3.7 \text{tf} / \text{m}^2 = \underline{36 \text{kPa}}$

ブラケットあり: $u_A = \left(8 \times \frac{20-17}{20} - (-1) \right) / \gamma_w = 2.2 \text{tf} / \text{m}^2 = \underline{22 \text{kPa}}$

問8：下図において、砂の表面から深さ4cm及び8cmの面における有効応力を求めよ。また、上向きに0.024cm³/sの流れがある場合はどうか。但し、この砂の飽和密度は1.8g/cm³、透水係数(k)は2.0x10⁻³cm/sで、容器の断面積は20cm²である。また、この場合、限界動水勾配を与える上向きの流量はいくらか。



•静水圧状態

深さ4cm: $\sigma'_v = \gamma' z = 0.8 \times 4 = 3.2 \text{ gf/cm}^2 = \underline{314Pa}$

深さ8cm: $\sigma'_v = \gamma' z = 0.8 \times 8 = 6.4 \text{ gf/cm}^2 = \underline{628Pa}$

•0.024cm³/sの上向きの流れがあるとき

$$v = \frac{0.024}{20} = 0.0012, \quad i = -\frac{v}{k} = 0.6$$

深さ4cm: $\sigma'_v = (\gamma' - i\gamma_w)z = 0.2 \times 4 = 0.8 \text{ gf/cm}^2 = \underline{78Pa}$

深さ8cm: $\sigma'_v = (\gamma' - i\gamma_w)z = 0.2 \times 8 = 1.6 \text{ gf/cm}^2 = \underline{157Pa}$

•限界動水勾配: $i_{cr} = \gamma' = \frac{G_s - 1}{1 + e}$

$$Q_{cr} = Av_{cr} = -Aki_{cr} = 20 \times 2 \times 10^{-3} \times 0.8 = \underline{0.032 \text{ cm}^3 / \text{ s}}$$