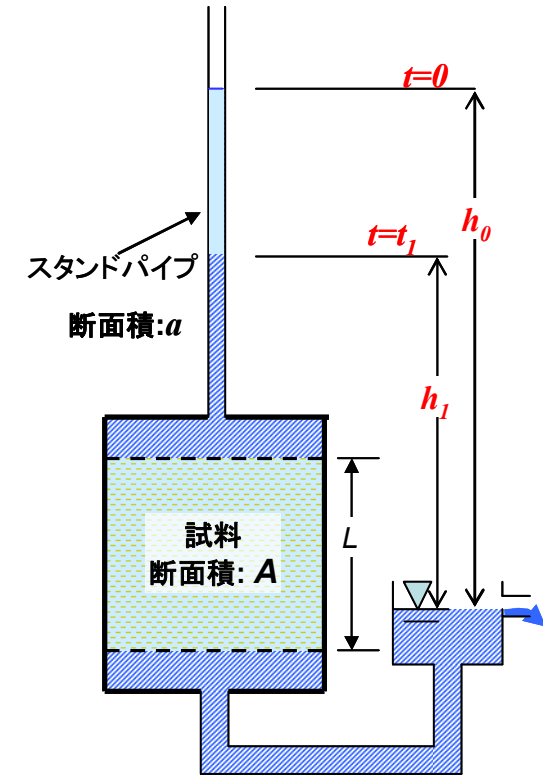


1. 右図のようなスタンドパイプ断面積 $a=1\text{cm}^2$ 、供試体断面積 $A=100\text{cm}^2$ 、高さ $L=10\text{cm}$ の変水位試験装置を用いて、細砂試料の透水試験を行った。以下の間に答えよ。(15)

(1) 時間 $t=0$ と $t_1=100\text{sec}$ におけるスタンドパイプ水面と排水面の高さの差 h_0, h_1 はそれぞれ 100cm と 50cm であった。この細砂試料の透水係数はいくら。

(2) 上記結果は透水流体として水を用いたものであるが、もし水の代わりに、透水流体として水と比べて粘性係数が 18 倍で、密度が 0.9 倍の油を用いた場合、計測される透水係数はいくらか。

(3) 変水位透水試験の適用土質(透水係数)の範囲について説明せよ。定性的な説明でOK



$$(1) \quad k = \frac{aL}{A} \cdot \frac{\ln(h_0/h_1)}{t_1 - t_0} = \frac{1 \times 10}{100} \cdot \frac{\ln(2)}{100} \\ = 6.9 \times 10^{-4} \text{ cm/sec} = 6.9 \times 10^{-2} \text{ m/sec}$$

$$(2) \quad k = \frac{k_s \rho g}{\mu}$$

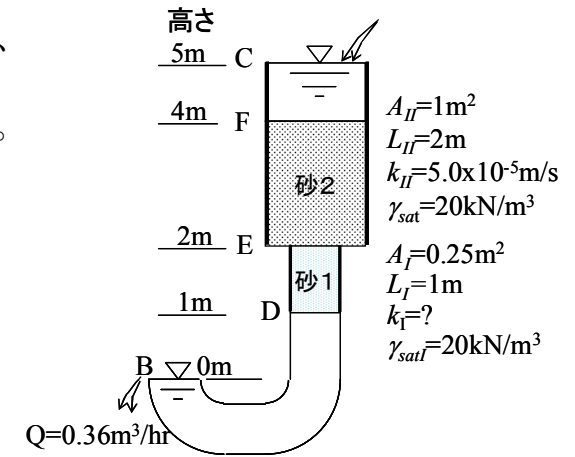
絶対透水係数
流体の密度
流体の粘性係数

油

$$\left\{ \begin{array}{l} \rho_o = 0.9 \rho_w, \quad \mu_o = 18 \mu_w \\ \therefore k_o = \frac{1}{20} k_w = 3.5 \times 10^{-3} \text{ m/sec} \quad \text{若しくは水の1/20} \end{array} \right.$$

(3) 理論的には、どのような土質でも適用は可能であるが、透水係数が大きいとスタンドパイプの水位の降下スピード速すぎて、正確な測定が難しく。一方、小さすぎると非常に長い実験時間を要する。従って、適用範囲は、透水係数が大きすぎず、小さすぎずということになり。 $10^{-9}\text{m/s} < k < 10^{-4}\text{m/s}$ 程度(特殊な変水位装置はのぞく)。

2. 右図のように透水係数(k)、断面積(A)、厚さ(L)、が異なる2種の砂からなる2層試料(砂1, 砂2)に対して、図示された条件で定水位透水試験を行った。その結果、 $Q=0.36\text{m}^3/\text{hr}$ の流量速度を得た。断面変化部の影響は無視でき、試料内では流れはすべて鉛直方向に一次元的に生じていると仮定して、以下の問に答えよ。尚、砂の単位体積重量はいずれの砂とも $\gamma_{\text{sat}}=20\text{kN}/\text{m}^3$ 、水の単位体積重量は $\gamma_w=10\text{kN}/\text{m}^3$ とする。(25)



2層試料の低水位透水試験

- (1)砂1と砂2の流速(v_I , v_{II})を求めよ。
- (2)D,E,F,点の全水頭はそれぞれいくらか。なお、基準面はB点の位置とする。
- (3)D,E点の水圧はそれぞれいくらか。
- (4)E点の鉛直有効応力はいくらか。
- (5)砂1の透水係数(k_I)を求めよ。
- (6)ホースBの位置を上昇させ、試料内の流れを上向きにした場合、最初にボーリングが発生する砂はどちらか、またその時のBとCの水位差はいくらか。

解答： h :全水頭、 h_e :位置水頭、 h_p :圧力水頭、 u :水圧とする。

(1) $v = Q / A,$

$$v_I = \frac{0.36}{0.25} = 1.44\text{m/hr} = 4.0 \times 10^{-4}\text{m/s}, \quad v_{II} = 0.36\text{m/hr} = 1.0 \times 10^{-4}\text{m/s}$$

(2) CF間、DB間では損失無し、従って、 $h_C = h_F = 5\text{m}$, $h_B = h_D = 0\text{m}$ (B,Cでは、圧力水頭ゼロ、位置水頭のみ)

$$v = ki \text{ より、砂 2について、} i_{II} = \frac{h_F - h_E}{L_{II}} = \frac{v_{II}}{k_{II}} = \frac{1 \times 10^{-4}}{5 \times 10^{-5}} = 2.0, \quad \therefore h_E = h_F - 2 \times 2 = 1\text{m}$$

$$h_C = 5\text{m}, \quad h_D = 0\text{m}, \quad h_E = 1\text{m},$$

(3) $h_p = h - h_e$ より

$$u = h_p \gamma_w \text{ より、} h_{pD} = h_D - h_{eD} = 0 - 1 = -1\text{m}, \quad h_{pE} = h_E - h_{eE} = 1 - 2 = -1\text{m},$$

$$u_D = h_{pD} \gamma_w = -10\text{kN/m}^2, \quad u_E = h_{pE} \gamma_w = -10\text{kN/m}^2,$$

(4) 有効応力、 $\sigma'_v = \sigma - u$, ここで、 $\sigma = \gamma_w \times 1 + \gamma_{\text{sat}} \times 2 = 50\text{kPa}$, $\therefore \sigma'_{vE} = 60\text{kPa}$

(5) Soil IIについて、
$$i_I = \frac{h_E - h_D}{L_I} = 1.0, \quad k_I = \frac{v_I}{i_I} = \frac{4 \times 10^{-4}}{1.0} = 4.0 \times 10^{-4} \text{ m/s}$$

(6) 上記の連続条件より、

→ 砂2のほうが先に限界動水勾配に達する。

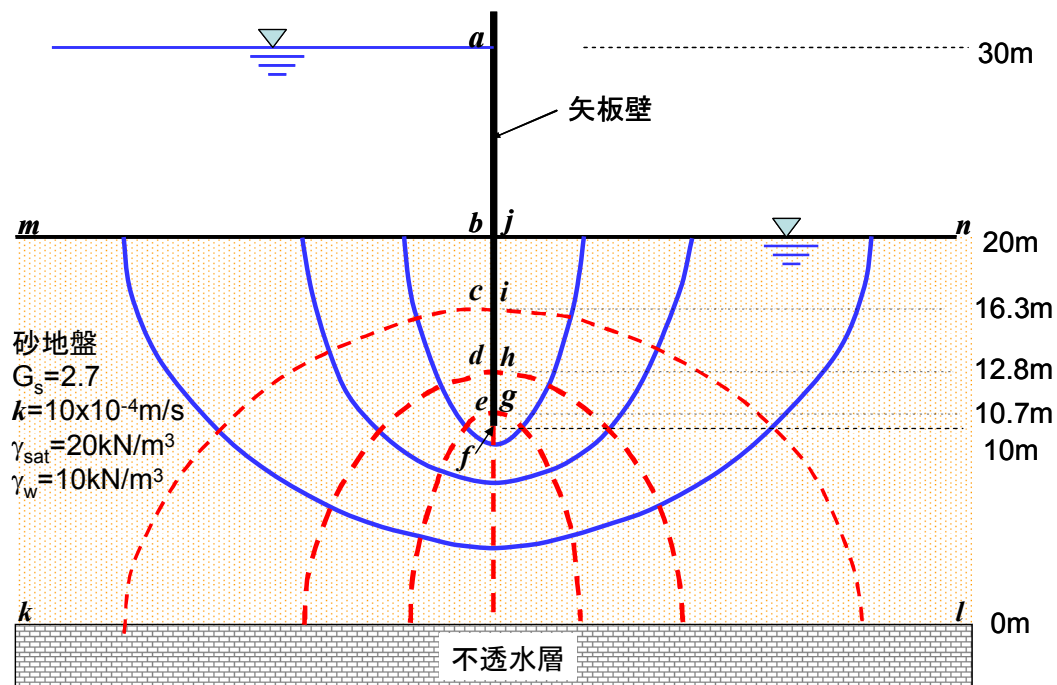
$$i_{II} = 2i_I, \quad \Delta h_I = 4\Delta h_{II}, \quad \Delta h_{BC} = \Delta h_I + \Delta h_{II} = \frac{5}{4} \Delta h_I$$

$$i_I = \frac{4}{5} \frac{\Delta h_{BC}}{L_I}, \quad \therefore i_{cr} = \frac{\gamma_{sat} - \gamma_w}{\gamma_w} = 1.0, \quad \Delta h_{BCcri} = \frac{5}{4} \times 2 = 2.5\text{m}$$

Bの方がCより2.5m高い

2. 右図のような砂地盤中の矢板壁締切り周り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 $k=10^{-4}\text{m/s}$ 、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、矢板面は完全に滑でせん断力はゼロと仮定できるものとする。(20)

- (1) 境界 mb と kl の境界条件式を示せ。
- (2) 矢板の d 点と h 点の水圧 (u_d, u_h)、並びに鉛直有効応力 ($\sigma'_{vd}, \sigma'_{vh}$) はいくらか。
- (3) この条件での単位奥行き一日当りの透水量を求めよ。
- (4) f 間の平均動水勾配はいくらか。
- (5) f 間の平均動水勾配が、限界動水勾配 (i_{cr}) となる、 a 点の地盤表面からの水位はいくらか。



(1) mbで水頭一定: $h=30\text{m}$ 、klでz方向の動水勾配ゼロ $\frac{dh}{dz} = 0$

(2) 境界条件より、 $h_A=h_B=20\text{m}$ 、bj間の水頭差 $\Delta h=10\text{m}$ 、正方形フローネットより(等ポテンシャル線の分割数 $N_d=8$ 、流管数 $N_f=4$)、等ポテンシャル線間の損失水頭

$$dh=10/8$$

従って、d点の水頭は、 $h_d=30-2dh=27.5\text{m}$ 、またh点の水頭は、 $h_h=30-6dh=22.5\text{m}$

d点の水圧は、 $h_p=h-h_e$ 、 $u=h_p\gamma_w$ より、 $u_d=(27.5-12.8)\times 10=147\text{kPa}$ 、h点の水圧 $u_h=(22.5-12.8)\times 10=97\text{kPa}$

d点の有効応力は、 $\sigma'_{vd}=10\times 10+20\times 7.2-u_d=97\text{kPa}$ 、h点の有効応力 $\sigma'_{vh}=144-97=47\text{kPa}$

(3) $q=-k(N_f/N_d)(h_B-h_F)$ より、 $N_f=4$ 、 $N_d=8$ 、単位奥行き幅(1m)、一日当りの透水量は

$$q=10^{-4}\times(4/8)\times 10=5\times 10^{-4}\text{ m}^3/\text{sec}=43.2\text{m}^3/\text{day}$$

(4)平均動水勾配: $i_{av}=5/10=0.5$

(5)限界動水勾配: $i_{cr}=\frac{\gamma_{sat}-\gamma_w}{\gamma_w}=1.0=2i_{av}$

従って、 $(h_a-h_j)_{cri}$ は、現在の2倍で、aの水位は地盤面から20m

3.土粒子密度が等しい ($\rho_s=2.7\text{g/cm}^3$) 3種類の土 (路床材、砂質ローム、粘土質ローム) に対して、突固めによる締固め試験を行った。締固め試験では1,000ml容積のモールド、質量2.5kg、落下高さ30cmのランマーを用い、3層に分けて、各層25回突固めた。その結果、試料1, 2については次ページに示す締め固め曲線を、試料3については以下の表に示すような結果を得た。以下の問に答えよ。(35)

試料3					
湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)	1.35	1.52	1.66	1.68	1.62
平均含水比w (%)	25.0	33.0	38.0	45.0	53.0

- (1) この締固め方法での単位体積当りの締固めエネルギーはいくらか?
- (2) 添付のグラフ用紙に試料3の締固め曲線を描け。
- (3) この締め固め条件での3つの試料の最適含水比(w_{opt})、最大乾燥密度(r_{dmax})はいくらか?
- (4) 図中にゼロ空隙曲線と空隙率 $v_a=5\%$ 一定曲線を描け。
- (5) 路床材、砂質ローム、粘土質ロームは、試料1~3のそれぞれどれか?また、その根拠も簡単に説明せよ。
- (6) 試料2を用いて現場締め固め試験を行ったところ、含水比 $w=20\%$ で、湿潤密度 $r_t=1.60\text{g/cm}^3$ となった。この現場締固めにおける締固め度(D_c)、飽和度(S_r)と空隙率(v_a)、間隙比(e)を求めよ。

解答:

(1) エネルギー密度 $E_d = M \cdot g \cdot h \cdot N_B \cdot N_L / V$ ここで、 N_B :1層当り落下回数、 N_L :層数
 $= 2.5 \times 9.8 \times 0.3 \times 25 \times 3 / (1,000 \times 10^{-6}) = 551 \times 10^3 \text{ Nm} / \text{m}^3 = 551 \text{ kJ} / \text{m}^3$

(2) $\rho_d = \frac{\rho_t}{1 + w/100}$

ρ_t	w	ρ_d
1.35	25	1.080
1.52	33	1.143
1.66	38	1.203
1.68	45	1.159
1.62	53	1.059

締固め曲線は次ページ

(3) w_{opt} 、 ρ_{dmax} は、締固め曲線より

$$w_{opt} = 17.5 \sim 17.9\%$$

$$\rho_{dmax} = 1.639 \sim 1.640 \text{ g/cm}^3$$

(4)

$$(\rho_d)_{sat} = \frac{\rho_s}{1+e} = \frac{\rho_w}{\frac{\rho_w}{\rho_s} + \frac{w}{100}}$$

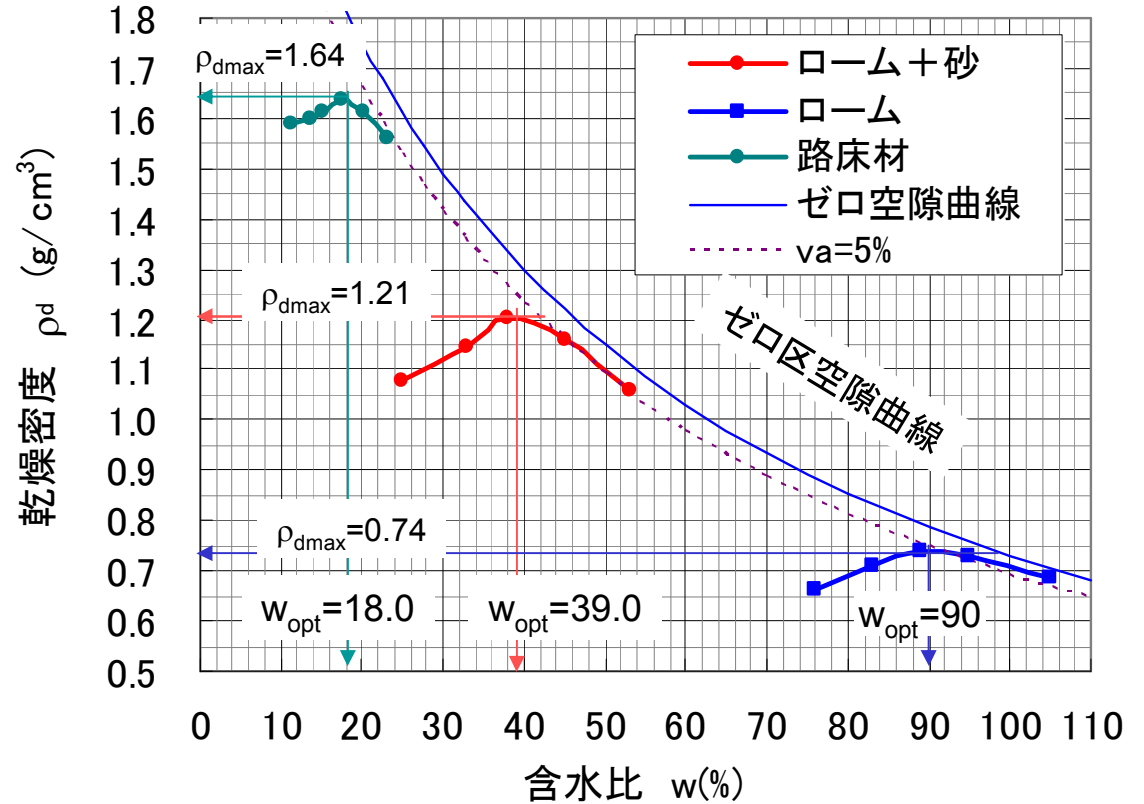
$$(\rho_d)_{v_a} = \frac{\rho_w(1-v_a/100)}{\frac{\rho_w}{\rho_s} + \frac{w}{100}}$$

なる関係を用いて、右図の通り。

(5) 現場締固め土の乾燥密度は、 $\rho_d = 1.557 \text{ g/cm}^3$

$$D_c = \frac{\rho_d}{\rho_{dmax}} \times 100 = 95\%, \quad \rho_d = \frac{\rho_s}{1+e} \quad \text{より } e = \frac{2.7}{1.557} - 1 = 0.734$$

$$S_r = \frac{\rho_s}{\rho_w} w / e = 81\%, \quad v_a = \frac{V_a}{V} \times 100 = \frac{V_v - V_w}{V_s + V_v} \times 100 = \frac{e(100 - S_r)}{1+e} = 8.1\%$$



0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110
含水比 $w(\%)$

5. 現場締固めでは、通常締固め時の土の含水比を最適含水比より大きめにして、所定の締固め度を確保し、更に締固め時の飽和度をやや大きめの値に設定する。その理由を説明せよ。(10)

解答例：締固め時は、土は不飽和状態であり、土中にはかなりのサクションが生じている。しかし、施工後、降雨等により飽和度が上がるとサクションが減少、消失する。これに伴い、強度の低下や、圧縮性の増加、沈下が生じる。この割合は、含水比の変化が大きいほど大きい。従って、同じ締固め度(乾燥密度)を得るのであれば、初期含水比が大きく、飽和度が高い状態のほうが、施工後の飽和度の変化は小さく、上述のようなトラブルを避けることができる。

5. 以下の間に答えよ。

(1) 以下の英語を和訳せよ。(5点)

i) optimum water content, ii) capillary suction, iii) void ratio, iv) degree of saturation, v) effective stress

(2) 以下の日本語を英訳し、それぞれについて簡単に説明せよ。

i) プロクターの原理、ii) ダルシーの法則

(1) i) 最適含水比、ii) 毛管負圧、iii) 間隙比、iv) 飽和度、v) 有効応力

(2) i) Proctor's principle

“締固めに影響を及ぼす諸因子の中で含水比(w)以外の条件を同じにして、 w だけを変えていくと、乾燥密度(ρ_d)が最大となる含水比(最適含水比: w_{opt})が存在する。

ii) Darcy's law, Darcian Law

$$v = -k \frac{dh}{dl} = ki \quad \text{土中水の流量速度 } v \text{ は動水勾配 } i \text{ に比例する。}$$