

平成30年土質力学第一中間試験解答例

1.以下の土質力学に関する用語を英訳せよ。(10)

- 1) 含水比、2) 飽和度、3) 間隙比、4) 液性限界、5) 塑性指数、6) 全応力、7) 間隙水圧、8) 有効応力の原理、
9) 不かく乱試料、10) 標準貫入試験

解答:i) water content, ii) degree of saturation, iii) void ratio, iv) liquid limit, v) plasticity index, vi) total stress,
vii) pore water pressure, viii) principle of effective stress, ix) undisturbed sample, x) standard penetration test

2. 図-1は堆積土の形成過程を示したものである。
以下の問に答えよ。(15)

(1) ①～⑤の形成プロセスに関する用語を和訳せよ。
⑥を英訳せよ。

(2) A,B,C地点に堆積する可能性が高い土の種類を上げ、その理由も説明せよ。

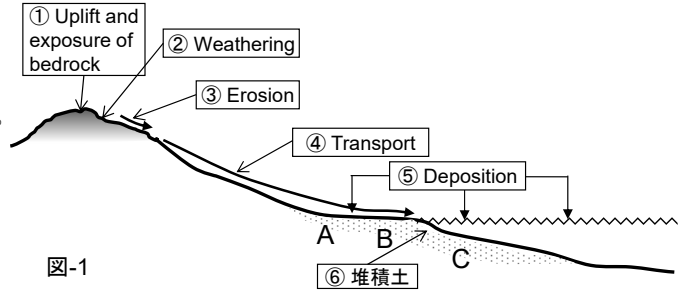


図-1

解答

(1) ① 母岩の隆起と露頭(露出)、② 風化、③ 浸食、④ 運搬、⑤ 堆積、⑥ sedimentary soils

(2) 分級作用により、上流(A)ほど粒径の大きな粗粒分(礫、砂)を多く含み、下流、河口(B)はより小さな粒径の細粒分(シルト、粘土)が主体となる。例としては、A:砂礫、B:砂質シルト、C:シルト質粘土

3.以下の問に答えよ。

(1) e: 間隙比、 S_r : 飽和度、 G_s : 土粒子比重、w: 含水比である。それぞれの定義を明示し、 $eS_r = G_s w$ を導け。(10)

解答:

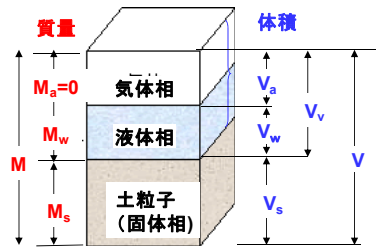
ρ_s : 土粒子密度、 ρ_w : 水の密度

$$e = \frac{V_v}{V_s} \quad (1), \quad S_r = \frac{V_w}{V_v} \times 100 \quad (\%) \quad (2), \quad G_s = \frac{\rho_s}{\rho_w} \quad (3)$$

$$w = \frac{M_w}{M_s} \times 100 = \frac{V_w \rho_w}{V_s \rho_s} \times 100 = \frac{V_w}{V_s G_s} \times 100 \quad (4)$$

$$(1)(2)より \quad eS_r = \frac{V_w}{V_s} \times 100, \quad (4)より \quad wG_s = \frac{V_w}{V_s} \times 100$$

$$\therefore eS_r = wG_s$$



(2) クイッククレイのについて、その形成過程と特徴を簡単に説明せよ。(5)

最終氷河期後、海底で堆積したシルト層が、海面変動、隆起等により陸地となり、長い年月をかけて雨水(淡水の地下水)の作用を受け、徐々に間隙水に存在していたNaイオンが溶脱することにより形成された土がクイッククレイ。自然含水比は液性限界より大きく、液性指数は1を大きく上回り、乱れを受けると液体状になるくらい強度が低下するため、鋭敏比は100を超えることがある。

4. 平均盛土高さ2m、面積20,000m²の宅地造成工事を行う。このための盛土材採掘場において、地山特性を試掘により調べた結果、容積4m³の穴の掘削から得られた土の質量は8.4tであり、採掘土の含水比(w)は15%で、土粒子密度(ρ_s)は2.7g/cm³であった。水の密度(ρ_w)は1.0g/cm³として、以下の問いに答えよ。(25)

- 採掘場の地山の土の湿潤密度(ρ_t)、乾燥密度(ρ_d)、間隙比(e)、飽和度(S_r)はそれぞれいくらか。
 - この地山から土を掘削し、掘削土を締固めて乾燥密度が1.65g/cm³となるように盛土を築造するためには、地山を何m³掘削する必要があるか。
 - この乾燥密度で締固め後の土の飽和度が85%となるようにするためには、全体で水をいくら加える、或は除去しなくてはならないか。また、この時の盛土の含水比はいくらか。
 - 採掘地山と宅地盛土の力学特性(強度、剛性)の差について簡単に説明せよ。
- 以上の過程で、蒸発、降雨等による土からの水の出入りはしないものとする。

解答: 盛土の体積は20,000x2=40,000m³

(1) $M = M_s + M_w = 8.4t$, $w = M_w / M_s = 0.15$ より, $M_s = M / (1 + w/100) = 8.4 / 1.15 = 7.3ton$, $M_w = 0.15M_s = 1.1ton$

$$V_s = M_s / \rho_s = \frac{7.3}{2.7} = 2.71m^3, \quad V_w = M_w / \rho_w = \frac{1.1}{1.0} = 1.1m^3, \quad V = V_s + V_v = 4m^3, \quad V_v = V - V_s = 4 - 2.71 = 1.29m^3,$$

$$\rho_t = \frac{M}{V} = \frac{8.4}{4} \left(= \frac{\rho_s + eS_r\rho_w}{1+e} \right) = 2.1t/m^3, \quad \rho_d = \frac{M_s}{V} = \frac{7.3}{4} \left(= \frac{\rho_s}{1+e} \right) = 1.83t/m^3, \quad e = \frac{V_v}{V_s} = 0.479, \quad S_r = \frac{V_w}{V_v} = 0.846 = 84.6\%$$

(2) 乾燥密度1.65g/cm³(1.65t/m³)で、体積が40,000m³の土に含まれている、土粒子の質量は66,000ton、原地盤の含水比は15%なので、66,000tonの土粒子を得るためには、

$$M = M_s \cdot (1 + w/100) = 66,000 \times 1.15 = 75,900ton, \quad V = M / \rho_t = 75,900 / 2.1 = 36,140m^3$$

(3) 掘削土に含まれて水は33,000x0.18=5,980ton、盛土の間隙はV_v、Sr=85%時の水の体積V_{w85%}は、

$$V_v = 40,000 - M_s / \rho_s = 15,556m^3, \quad V_{w85\%} = 0.85V_v = 13,222m^3$$

したがって、 $\Delta M_w = V_{w85\%}\rho_w - 5,980 = 3,322ton$, $w = \frac{M_{w85\%}}{M_s} = 0.20 = 20\%$

(4) 地山の方が、間隙比も小さく、密度も大きいので、強度、剛性とも盛土に比べると大きい。

5. 図1のような互層地盤に対して地盤調査を行い、各層について図-2の粒度曲線と表-1のような結果を得た。なお、初期、地盤の地下水面(GWL)は地表にあり、水圧は静水圧状態であった。その後地下水のくみ上げによりGWLはA層下面まで低下し、それによりA層では、間隙比は変化せず、含水が低下した。水の密度ρ_wを1g/cm³として以下の問いに答えよ。(50)

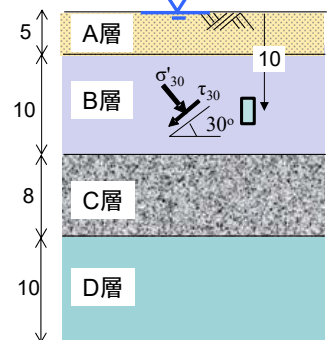


図-2 地層構成

- 表中の①~⑩の値を求めよ。(根拠も記すこと)
- A, B, C, D層の土の土質分類(中分類)はそれぞれ何か。(根拠も記すこと)
- A~Dの中でどの層の土が乱れやすいか、その理由を含めて答えよ。
- 粒度分布に表れない1μm以下の細かな粘土分について、B,D層の土のどちらが、より小さな粒子サイズの粘土を含んでいるか、その理由を含めて答えよ。
- 地下水低下前の深さ10m地点の鉛直全応力(σ_v)と鉛直有効応力(σ'_v)、水平全応力(σ_h)と水平有効応力(σ'_h)を求めよ。B層の土の静止土圧係数K₀=0.5として、この計算においては重力加速度を10m/s²で近似してよい。
- この時の深さ10mにおける土要素のモールの応力円を全応力、有効応力について描き、それぞれの円に極の位置を示せ。
- 図に示すような、水平角30°の面上の有効直応力(σ'₃₀)とせん断力(τ₃₀)はいくらか。
- A層からの地下水位のくみ上げにより地表面にあった地下水が、A層下面がまで、地下水圧が静水圧状態になった時の、B層の中間深さの点(初期の深さ6mの点)における土要素の有効応力に関するモールの応力円を描け。なお、K₀値は変化しないものとする。

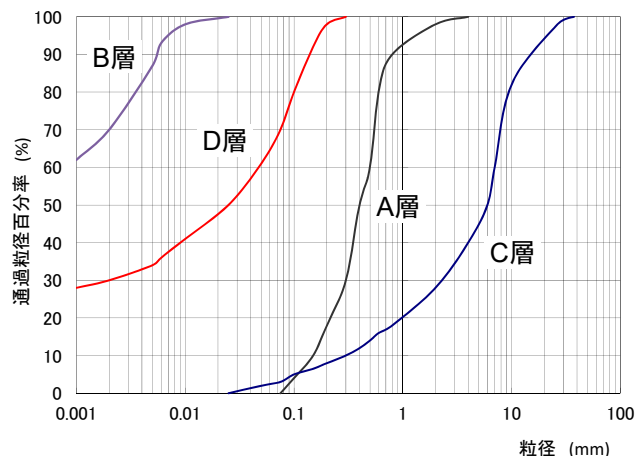


図-3 粒径過積曲線

解答(1)

①②③④ $eS_r = G_s w, \rho_r = \frac{\rho_s + eS_r}{1+e}$

⑤ $I_p = w_L - w_p, \text{⑥ } I_L = \frac{w_n - w_p}{I_p}$

⑦ A層 $D_{50} = 0.4, D_{10} = 0.15, D_{30} = 0.3,$

$D_{60} = 0.5 \quad U_c = \frac{D_{60}}{D_{10}}$

⑧ C層 $D_{50} = 6.0, D_{10} = 0.3, D_{30} = 2.3,$

$D_{60} = 7.0 \quad U'_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} D_{60}} = \frac{2.3^2}{0.3 \cdot 7}$

⑨ $D_r = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}} \times 100$

⑩ $A_c = \frac{I_p (= 65)}{2 \mu m \text{以下粘土割合}(= 70)}$

数値の不整合

$e=0.5 \Rightarrow w_0=19\% \Rightarrow \text{②}2.13$

$w_0=26\% \Rightarrow e=0.70 \Rightarrow \text{②}2.00$

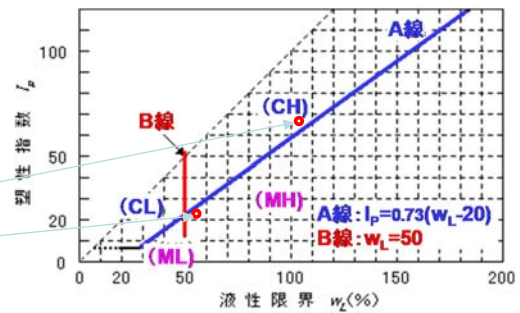
$e=0.5 + w_0=26\% \Rightarrow pd(1+w/100) \text{②}2.27$

表1 どちらも正解

	単位	A層(GW低下前)	A層(GW低下後)	B層	C層	D層
土粒子密度(ρ_s)	g/cm ³	2.65	2.65	2.65	2.70	2.68
自然含水比(w_n)	%	33%	27.7%	① 102%	26%	65%
塑性限界(w_p)	%	非塑性	非塑性	40%	非塑性	36%
液性限界(w_L)	%	非塑性	非塑性	105%	非塑性	58%
湿潤密度(ρ)	g/cm ³	1.88	1.80	1.45	② 2.13	1.61
飽和度(S_r)	%	100%	③ 83 or 84%	100%	100%	100%
間隙比(e)		0.88	0.88	2.70	④ 0.50	④ 1.74
最大間隙比(e_{max})		1.1	1.1	—	1.0	—
最少間隙比(e_{min})		0.6	0.6	—	0.5	—
塑性指数(I_p)		—	—	65	—	⑤ 22
液性指数(I_L)		—	—	⑥ 0.95	—	1.32
平均粒径(D_{50})	mm	0.40	0.40	—	6.0	0.025
均等係数(U_c)		⑦ 3.3	⑦ 3.3	—	23.3	—
曲率係数(U'_c)		1.2	1.2	—	⑧ 2.5	—
相対密度	%	30%	30%	—	⑨ 100%	—
活性度(A_c)		—	—	⑩ 0.93	—	0.73
土質分類(中分類)		砂(S)	砂(S)	粘土(C)	砂礫(GS)	シルト(M)

(2)

粒度	A層	B層	C層	D層
礫分	2	0	72	0
砂分	98	0	28	30
シルト分	0	13	3	36
粘土分	0	87	0	34
2 μm以下の%	0	70	0	30
A線上の I_p と IP の比較		0 65 > A(62)		0 22 < A(28)
土質分類(中分類)	砂(S)	粘土(C)	砂礫(GS)	シルト(M)
土質分類(小分類)	砂(S)	高液性限界粘土(CH)	砂質礫(GS)	高液性限界シルト(MH)



(3) D層、理由: $w_n > w_L$ で液性指数が1を大きく上回り(1.32)、A層に比べかなり大きいから。

(4) B層、理由: B層の方が活性度の高い活性粘土であり比表面積が大きな粒径の小さな粘土分を有している。一方、B層は0.65と非活性粘土に分類される。

(5) at z = 10m

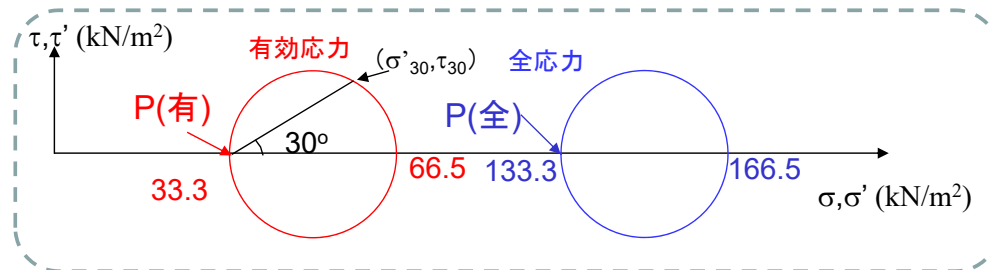
$\sigma_v = 5\gamma_{tA} (= \rho_{tA}g) + 5\gamma_{tB} = 5 \times 18.8 + 5 \times 14.5 = 166.5 \text{ kN/m}^2$

$\sigma'_v = \sigma_v - u = \sigma_v - 10\gamma_w = 66.5 \text{ kN/m}^2$

$\sigma'_h = K_0 \sigma'_v = 33.3 \text{ kN/m}^2$

$\sigma_h = \sigma'_v + u = 133.3 \text{ kN/m}^2$

(6)



(7) 極より図と同じ方向に30°の線を引き円と交わった点の応力が $(\sigma'_{30}, \tau_{30})$

$(\sigma'_{30}, \tau_{30}) = \left(\frac{33.3 + 66.5}{2} + \frac{66.5 - 33.3}{2} \cos(60^\circ), \frac{66.5 - 33.3}{2} \sin(60^\circ) \right) = (58.2, 14.4) \text{ (kN/m}^2)$

(8) $\sigma_v = 5 \times \gamma_{LA} + 5 \times \gamma_{satB} = 162.5 \text{ kN/m}^2$, $\sigma'_v = \sigma_v - u = \sigma_v - 5\gamma_w = 112.5 \text{ kN/m}^2$
 $\sigma'_h = K_0 \sigma'_v = 56.3 \text{ kN/m}^2$, $\sigma_h = \sigma'_h + u = 106.3 \text{ kN/m}^2$

