

平成29年土質力学第一中間試験問題、解答例

1. 以下の問いに答えよ。[40]

(1) 以下の用語を日本語は英訳、英語は和訳せよ。[10]

- 1) 土質力学、2) 有効応力、3) 全応力、4) 間隙水圧、5) 間隙比
6) water content, 7) degree of saturation 8) compression, 9) distortion, 10) standard penetration tests

解答: 1) soil mechanics, 2) effective stress, 3) total stress, 4) pore water pressure, 5) void ratio

6) 含水比、7) 飽和度、8) 圧縮、9) 捻じれ、ゆがみ、10) 標準貫入試験

(2) 上記用語を用いて、有効応力の原理について簡単説明せよ。すべての用語を用いる必要はなく、日本語でOK。[10]

解答: 飽和した土中内の応力(全応力 σ)は、有効応力(σ')と等方的な間隙水圧(u)の和で表される。全応力と間隙水圧の差である有効応力($\sigma' = \sigma - u$)は、もっぱら土粒子骨格に作用するものである。したがって、土の圧縮、せん断、強度、剛性と言った応力の変化に伴う計測しうる量は、もっぱら有効応力の変化による。

(3) 以下の用語を日本語は英訳、英語は和訳せよ。[10]

- i) 堆積土、ii) 残積土、iii) 分級、iv) 粒度、v) 粘土、vi) 砂、vii) 礫
viii) weathering, ix) erosion, x) transportation

解答: i) sedimentary soils, ii) residual soils, iii) segregation, iv) grading, v) clay, vi) sand, vii) gravel

viii) 風化、ix) 浸食、x) 運搬

(4) 上記用語i)とii)の土について、それぞれの形成過程、特徴をiii)からix)の用語を用いて説明せよ。日本語でOK。[10]

解答: 堆積土は、母岩が風化、浸食を受け、地表面水、河川水、氷河等により運搬され、河川、湖沼、海洋で沈殿堆積したものでその過程で、分級作用により、上流は粗粒分(礫、砂)が、下流は細粒分(シルト、粘土)が多くなる。したがって、粒度における均等係数は小さい。また、風

や火山等により運搬堆積したものも堆積土の一種。

残積土は、風化作用により細粒化した土が浸食や運搬作用を受けずにそのまま存在しているもの。堆積(分級)過程を受けていないため、広範な粒径の土粒子を含み均等係数は大きい。また、原位置での細粒化であるため、比較的密(小さな間隙比)な状態を保ち、密度は大きい。

2. 以下の問いに答えよ。[10]

(1) e : 間隙比、 S_r : 飽和度、 G_s : 土粒子比重、 w : 含水比のそれぞれの定義を明示し、 $eS_r = G_s w$ を導け。[5]

解答:

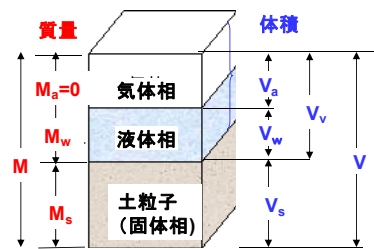
ρ_s : 土粒子密度、 ρ_w : 水の密度

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

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

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

$$\therefore eS_r = wG_s$$



(2) クリッククレイは、なぜ繰り返すと強度を消失し、塩を混ぜると強度が回復するのかを簡単に説明せよ。[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、この時点では土粒子面がNaイオンが吸着し、粘性を有する拡散層を形成し、堆積土の自然含水比は液性限界と同程度であった。しかし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Naイオン溶脱され、吸着水が強度のない自由水となり、液性限界も低下した。このような履歴を受け、かろうじて骨格構造をたもって形成された土がクリッククレイ。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(鋭敏比は100を超える)。しかし、塩(Naイオン)を加えることにより、拡散層が復活し、自然含水比で強度が回復する。【

Naイオンの溶脱、拡散層(吸着層)の消失、液性限界の低下、Naイオンの添加によるそれらの復活が重要なキーワード】

3. 平均盛土高さ2m、面積10,000m²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、5m³の容積の穴から得られた掘削土の質量は11.0tであり、採掘土の含水比(w)は18%で、土粒子密度(γ_s)は2.7g/cm³であった。水の密度(γ_w)は1.0g/cm³として、以下の問いに答えよ。[20]

- (1) 採掘場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。[8]
- (2) この地盤から土を掘削し、掘削土を締め固めて乾燥密度が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。[6]
- (3) この乾燥密度において締め固め後の飽和度を90%とするためには、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。[6]

解答： 盛土の体積は10,000x2=20,000m³

(1) $M = M_s + M_w = 11.0t$, $w = M_w / M_s = 0.18$ より、 $M_s = M / (1 + w / 100) = 11 / 1.18 = 9.32\text{ton}$, $M_w = 0.18M_s = 1.68\text{ton}$
 $V_s = M_s / \rho_s = \frac{9.32}{2.7} = 3.45\text{m}^3$, $V_w = M_w / \rho_w = \frac{1.68}{1.0} = 1.68\text{m}^3$, $V = V_s + V_v = 5\text{m}^3$, より $V_v = V - V_s = 5 - 3.45 = 1.55\text{m}^3$,
 $\rho_t = \frac{M}{V} = \frac{11.0}{5} \left(= \frac{\rho_s + eS_r\rho_w}{1 + e} \right) = 2.2\text{t/m}^3$, $\rho_d = \frac{M_s}{V} = \frac{9.32}{5} \left(= \frac{\rho_s}{1 + e} \right) = 1.86\text{t/m}^3$, $e = \frac{V_v}{V_s} = 0.448$, $S_r = \frac{V_w}{V_v} = 1.08 = 108\%$

(2) 乾燥密度1.65g/cm³(1.65t/m³)で、体積が20,000m³の土に含まれている、土粒子の質量は33,000ton、原地盤の含水比は18%なので、33,000tonの土粒子を得るためには、

$$M = M_s \cdot (1 + w / 100) = 33,000 \times 1.18 = 37,950 \text{ ton}, \quad V = M / \rho_t = 17,700 \text{ m}^3$$

(3) 掘削土に含まれる水は33,000x0.18=5,980ton、盛土の間隙比 V_v 、 $S_r=90\%$ 時の水の体積 $V_{w90\%}$ は、
 $V_v = 20,000 - M_s / \rho_s = 7,778 \text{ m}^3$, $V_{w90\%} = 0.9V_v = 7,000 \text{ m}^3$

したがって、 $\Delta M_w = V_{w90\%} \rho_w - 5,980 = 1,060 \text{ ton}$, $w = \frac{M_{w90\%}}{M_s} = 0.212 = 21.2\%$

4. 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。水の密度 ρ_w を1g/cm³として以下の問いに答えよ。[60]

- (1) 表中の①~⑩の値を求めよ。(根拠も示すこと)[20]
- (2) A, B, C, D層の土の土質分類(中分類)はそれぞれ何か。[8]
- (3) 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。[3]
- (4) A~Dの中でどの層の土で盛土材として最も適しているか、その理由を含めて答えよ。[3]
- (5) 粒度分布に表れない1 μm 以下の細かな粘土分について、A, C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。[3]
- (6) 図1に示す通り、地下水位はB層の上面に位置し、地盤中の間隙水圧は静水圧状態にある。この時の深さ6m、11m地点の鉛直全応力(σ_v)と鉛直有効応力(σ'_v)はそれぞれいくらか。なお、この計算においては水の単位体積重量 γ_w は10kN/m³で近似できるとしてよい。[4]
- (7) B層の土の静止土圧係数 $K_0=0.5$ として、深さ6mの地点の水平全応力(σ_h)と水平有効応力(σ'_h)を求めよ。[4]
- (8) この時の深さ6m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。[8]
- (9) 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(τ_{30})はいくらか。[4]
- (10) A層に上部から水が供給され、吸水膨張し、含水比が40%、間隙比が0.8増加した。この時、A層の土に生じた体積ひずみ(ϵ_v)はいくらか。[4]
- (11) A層が吸水によって大きく膨張する理由としてどのようなことが考えられるか。[4]
- (12) 地下水位が地表面まで上昇し、A層が完全に飽和し、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、 K_0 値は変化しないものとする。[5]

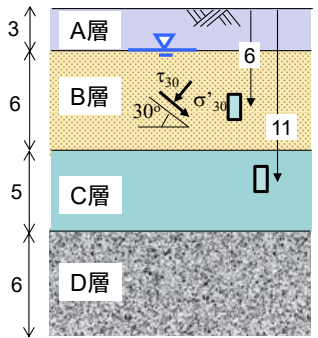


図1 地層構成

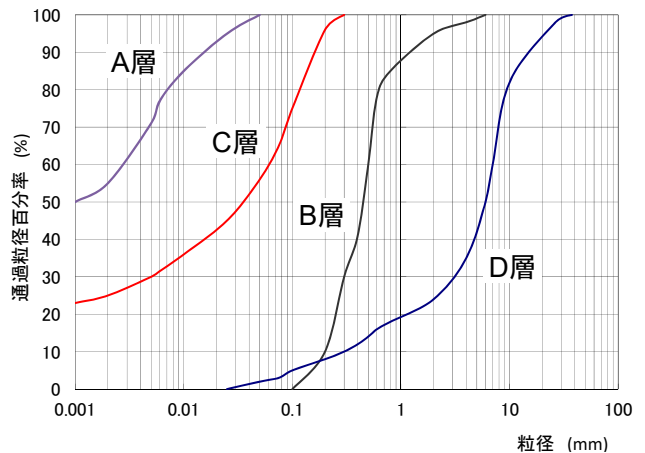


図2 粒径過積曲線

解答

表1

(1)

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

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

B層 $D_{10} = 0.2, D_{30} = 0.3, D_{60} = 0.5$

D層 $D_{10} = 0.3, D_{30} = 2.3, D_{60} = 7.0$

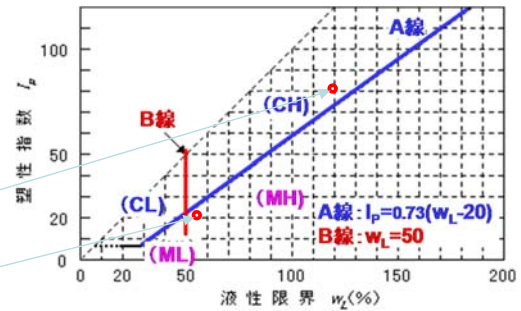
⑦ $U_c = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0.5}{0.2}$

⑧ $U'_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10}D_{60}} = \frac{2.3^2}{0.3 \cdot 7}$

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

⑩ $A_c = \frac{I_P (= 20)}{2\mu\text{m以下粘土割合} (= 25)}$

	単位	A層	B層	C層	D層
土粒子密度 (ρ_s)	g/cm ³	2.65	2.65	2.68	2.70
自然含水比 (w_n)	%	42%	① 33%	60%	19%
塑性限界 (w_p)	%	40%	非塑性	35%	非塑性
液性限界 (w_L)	%	120%	非塑性	55%	非塑性
湿潤密度 (ρ_t)	g/cm ³	1.45	1.88	1.64	② 2.13
飽和度 (S_r)	%	③ 70%	100%	100%	100%
間隙比 (e)		1.59	0.88	④ 1.61	0.50
最大間隙比 (e_{max})		—	1.0	—	1.0
最少間隙比 (e_{min})		—	0.6	—	0.45
塑性指数 (I_p)		80	—	⑤ 20	—
液性指数 (I_L)		⑥ 0.025	—	1.25	—
平均粒径 (D_{50})	mm	0.001	0.45	0.0350	6.0
均等係数 (U_c)		—	⑦ 2.5	—	23.3
曲率係数 (U'_c)		—	0.9	—	⑧ 2.5
相対密度	%	—	30%	—	⑨ 91%
活性度 (A_c)		1.45	—	⑩ 0.8	—
土質分類(中分類)		粘土(C)	砂(S)	シルト(ML)	砂礫(GS)



(2)

粒度	A層	B層	C層	D層
礫分	0	5	0	76
砂分	0	95	35	21
シルト分	28	0	35	3
粘土分	72	0	30	0
2μm以下の%	55	0	25	0
A線上のIpとIPの比較	80 > Ip(73)		20 < Ip(26)	
土質分類(中分類)	粘土(C)	砂(S)	シルト(M)	砂礫(GS)
土質分類(小分類)	高液性限界粘土(CH)	砂(S)	高液性限界シルト(MH)	砂質礫(GS)

(3) C層、理由: $w_n \geq w_L$ で液性指数が1を上回り(1.25)、粘土層であるC層の液性指数は0.025と小さく、かなり固いことが推察される。

(4) D層: 粗粒土で、粒度が良く(均等係数10以上で、曲率係数も1~3)、高密度の盛土の築造ができる

(5) A層、理由: A層の方が活性度が高く、界面活性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。

(6) $at z = 6m$

$\sigma_v = 3\gamma_{tA} (= \rho_{tA}g) + 3\gamma_{tB} = 3 \times 14.5 + 3 \times 18.8 = 100 \text{ kN/m}^2$

$\sigma'_v = \sigma_v - u = \sigma_v - 3\gamma_w = 70 \text{ kN/m}^2$

$at z = 11m$

$\sigma_v = 3\gamma_{tA} (= \rho_{tA}g) + 6\gamma_{tB} + 2\gamma_{tC} = 3 \times 14.5 + 6 \times 18.8 + 2 \times 16.4 = 189 \text{ kN/m}^2$

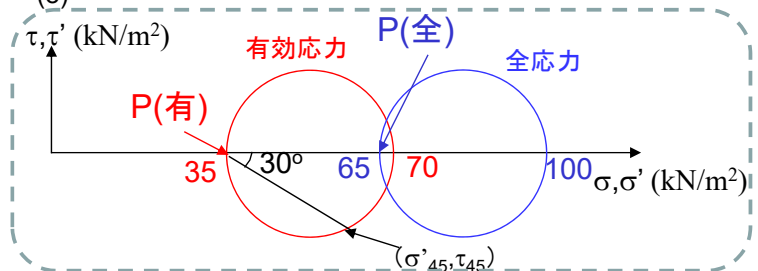
$\sigma'_v = \sigma_v - u = \sigma_v - 8\gamma_w = 109 \text{ kN/m}^2$

(7)

$\sigma'_h = K_0 \sigma'_v = 35 \text{ kN/m}^2$

$\sigma_h = \sigma'_v + u = 65 \text{ kN/m}^2$

(8)



(9)

$(\sigma'_{30}, \tau_{30}) = \left(\frac{35+70}{2} + \frac{70-35}{2} \cos(60^\circ), -\frac{70-35}{2} \sin(60^\circ) \right) = (61.3, -15.2) \text{ (kN/m}^2)$

(10) 極より図と同じ方向に45°の線を引き円と交わった点の応力が $(\sigma'_{45}, \tau_{45})$

$$\varepsilon_v = \frac{\Delta e}{1+e_0} = \frac{0.8}{1+1.59} = 0.31 = 31\%$$

(11) この粘土が大きく吸水膨張したということは、膨張性土(expansive soil)で、粘土分にモンモリロナイト(特に、Naモンモリロナイト)を多く含んでいることが考えられる。

(12) 膨張しても、完全に飽和していれば、粘土の有効重量は変わらないので、初期(A層の厚さ3mの時の水中有効重量から有効土圧を求める

$$\gamma_{\text{satA}} = \frac{Gs+e}{1+e} \gamma_w = 16.4 \text{ kN/m}^3,$$

at the center point of B layer

$$\sigma_v = 3 \times \gamma_{\text{satA}} + 3 \times \gamma_{\text{satB}} = 105.5 \text{ kN/m}^2, \quad \sigma'_v = \sigma_v - u = \sigma_v - 6\gamma_w = 45.5 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma'_h = K_0 \sigma'_v = 22.8 \text{ kN/m}^2$$

