

# 平成26年土質力学第一中間試験解答例

1.以下の問いに答えよ。(20)

(1)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、

(2上記用語i)とii)の土の形成過程、それぞれの特徴をiii)からix)の用語を用いて説明せよ。(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、上流は礫を多く含む粗粒分が、下流は砂分、河口部は粘土を多く含む細粒分が多くなる。したがって、粒度における均等係数は小さい。

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.有効応力の原理について簡単に説明せよ。(10)

解答:飽和した土中内の応力(全応力 $\sigma$ )は、有効応力( $\sigma'$ )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. 一様な地盤から質量21t、体積10m<sup>3</sup>の砂質土を採取した。また、この土の含水比(w)は15%で、土粒子密度( $\rho_s$ )は2.7g/cm<sup>3</sup>であった。水の密度( $\rho_w$ )は1.0g/cm<sup>3</sup>として、以下の問いに答えよ。(20)

(1)原地盤の土の間隙比(e)、飽和度( $S_r$ )、湿潤密度( $\rho_t$ )、乾燥密度( $\rho_d$ )、はそれぞれいくらか。(10)

(2)この地盤から土を掘削し、掘削土を締固めて乾燥密度が1.65g/cm<sup>3</sup>で体積1000m<sup>3</sup>盛土を築造するためには、原地盤から何tonの土を掘削しなくてはならないか。また、この盛土の間隙比はいくらか。(6)

(3)この盛土の締固め後の飽和度を85%にするためには、全体で何トンの水を加える必要があるか。なお、掘削土に含まれていた水は、掘削、運搬、締固めの段階での失われないものとする。(4)

解答:(1)

$$M = M_s + M_w = 21.0t, \quad w = M_w / M_s = 0.15 \quad \text{より、} \quad M_s = M / (1 + w/100) = 21 / 1.15 = 18.26, \quad M_w = 21 \times 0.15 / 1.15 = 2.74,$$

$$V_s = M_s / \rho_s = \frac{18.26}{2.7} = 6.76m^3, \quad V_w = M_w / \rho_w = \frac{2.74}{1.0} = 2.74m^3, \quad V = V_s + V_w = 10m^3, \quad \text{より} \quad V_v = V - V_s = 10 - 6.76 = 3.24m^3,$$

$$\rho_t = \frac{M}{V} = \frac{21.0}{10} \left( = \frac{\rho_s + eS_r\rho_w}{1+e} \right) = 2.1t/m^3, \quad \rho_d = \frac{M_s}{V} = \frac{18.26}{10} \left( = \frac{\rho_s}{1+e} \right) = 1.83t/m^3, \quad e = \frac{V_w}{V_s} = 0.48, \quad S_r = \frac{V_w}{V_v} = 0.846 = 84.6\%$$

(2)乾燥密度1.65g/cm<sup>3</sup>(1.65t/m<sup>3</sup>)で、体積が1000m<sup>3</sup>の土に含まれている、土粒子の質量は1,650ton、原地盤の1m<sup>3</sup>の土に含まれている土粒子は、1.83.ton、従って、1,650tonの土粒子を得るためには、

$$M = M_s \times (1 + w/100) = 1,650 \times 1.15 = 1,898\text{ton}, \quad M_w = 248\text{ton}$$

$$\rho_d = \frac{\rho_s}{1+e} = 1.65 \quad \Rightarrow \quad e = \frac{\rho_s}{\rho_d} - 1 = 0.64$$

$$\text{盛土間隙の体積} \quad V_v = V \frac{e}{1+e} = 389m^3$$

Sr=85%の場合の水の質量。

$$M_w = V_v S_r \rho_w = 331\text{ton}, \quad \Delta M_w = M_w - M_{w1} = 83\text{ton},$$

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 $\rho_w$ を $1\text{g/cm}^3$ として以下の問いに答えよ。(60)

- (1) 表中の①~⑩までの値を求めよ。
- (2) A,B,C,D層の土の土質分類(中分類)はそれぞれ何か。
- (3) B,D層どちらの土が乱れやすいか、その理由を含めて答えよ。
- (4) B,D層どちらの土が、より粒径の細かな粘土分を含んでいるか、その理由を含めて答えよ。
- (5) 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5mと10mの地点の鉛直全応力( $\sigma_v$ )と鉛直有効応力( $\sigma'_v$ )はいくらか。なお、水の単位体積重量 $\gamma_w$ は $10\text{kN/m}^3$ で近似できるとしてよい。
- (6) B層の土の静止土圧係数 $K_0=0.5$ として、深さ5mの地点の水平全応力( $\sigma_h$ )と水平有効応力( $\sigma'_h$ )を求めよ。
- (7) この時の深さ5m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、それぞれに極の位置を示せ。
- (8) 図に示すような、水平角 $60^\circ$ の面上の有効直応力( $\sigma'_{60}$ )とせん断力( $\tau_{60}$ )はいくらか。
- (9) 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、深さ5m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。

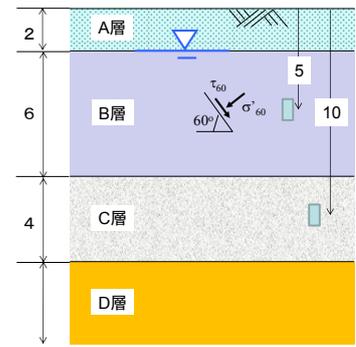


図1

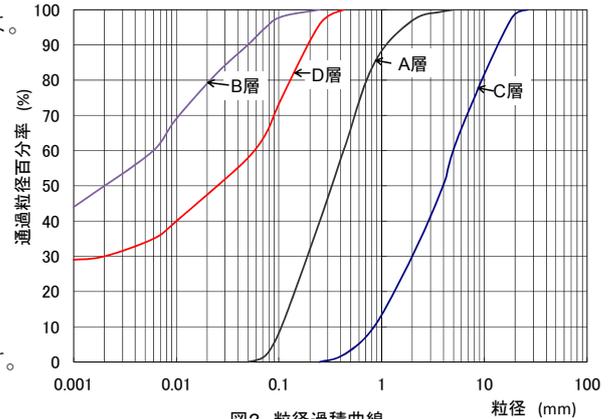


図2 粒径過積曲線

解答

①⑤  $eS_r = G_s w \Rightarrow S_r = \frac{G_s w}{e}, \text{ or } \rho_t = \frac{\rho_s + eS_r}{1+e}$

②  $D_r = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}} \times 100$

③⑧  $I_p = w_L - w_p, \quad \text{④⑨ } I_L = \frac{w_n - w_p}{I_p}$

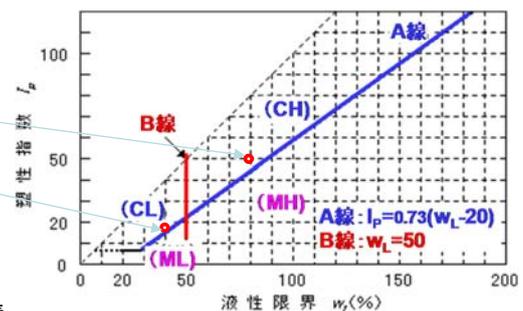
⑥⑦  $D_{10}=0.8, D_{50}=4.0, D_{60}=5.0, \quad U_c = \frac{D_{60}}{D_{10}}$

⑩  $A_c = \frac{I_p (=50)}{2\mu\text{m以下粘土割合}(30)}$

表1

	unit	A層	B層	C層	D層
土粒子密度 ( $\rho_s$ )	$\text{g/cm}^3$	2.7	2.65	2.7	2.68
自然含水比 ( $w_n$ )	%	15%	45%	22%	65%
塑性限界 ( $w_p$ )	%	非塑性	25%	非塑性	30%
液性限界 ( $w_L$ )	%	非塑性	40%	非塑性	80%
湿潤密度 ( $\rho_t$ )	$\text{g/cm}^3$	1.73	1.75	2.07	1.61
飽和度 ( $S_r$ )	%	① 51 or 52%	100%	100%	100%
間隙比 ( $e$ )		0.8	1.19	⑤ 0.59	1.74
最大間隙比 ( $e_{\max}$ )		1.1	—	0.9	—
最少間隙比 ( $e_{\min}$ )		0.6	—	0.5	—
塑性指数 ( $I_p$ )		—	③ 15	—	⑧ 50
液性指数 ( $I_L$ )		—	④ 1.33	—	⑨ 0.7
平均粒径 ( $D_{50}$ )	mm	0.230	0.002	⑥ 4.0	0.025
均等係数 ( $U_c$ )		3.8	—	⑦ 5.9	—
相対密度	%	② 60%	—	77%	—
活性度 ( $A_c$ )		—	0.30	—	⑩ 1.67
土質分類(中分類)		砂(S)	粘土(C)	砂礫(GS)	粘土(C)

粒度	A層	B層	C層	D層
礫分	3	0	70	0
砂分	95	4	30	35
シルト分	2	37	0	31
粘土分	0	58	0	34
2 $\mu\text{m}$ 以下	0	50	0	30
A線上の $I_p$		14.6 < $I_p$		43.8 < $I_p$
小分類	S	CL	GS	CH



(3) B層、理由:  $w_n > w_L$  で液性指数が1を大きく上回り(1.33)、D層に比べかなり大きいから。

(4) D層、理由: D層の方がかなり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。一方、B層は0.30と非活性粘土に分類される。

(5)  $z = 5m$

$$\sigma_v = 2\gamma_{t\_A} + 3\gamma_{sat\_B} = 87.1kN/m^2$$

$$\sigma'_v = \sigma_v - u = \sigma_v - 3\gamma_w = 57.1kN/m^2$$

$$z = 10m$$

$$\sigma_v = 2\gamma_{t\_A} + 6\gamma_{sat\_B} + 2\gamma_{sat\_C} = 181.0kN/m^2$$

$$\sigma'_v = \sigma_v - u = \sigma_v - 8\gamma_w = 101.0kN/m^2$$

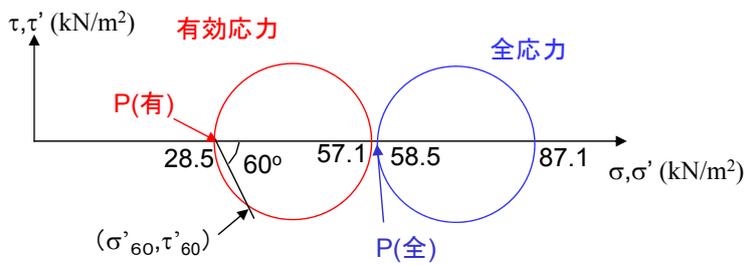
層	$\rho, \rho_{sat}$ ( $g/cm^3$ )	$\gamma_t, \gamma_{sat}$ ( $kN/m^3$ )
A	1.73	17.3
B	1.75	17.5
C	2.07	20.7
D	1.61	16.1

(6)

$$\sigma'_h = K_0\sigma'_v = 28.5kN/m^2$$

$$\sigma_h = \sigma'_v + u = 58.5kN/m^2$$

(7)



(8) 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 $(\sigma'_{60}, \tau'_{60})$

$$(\sigma'_{60}, \tau'_{60}) = \left( \frac{57.1+28.5}{2} + \frac{57.1-28.5}{2} \cos(120^\circ), -\frac{57.1-28.5}{2} \sin(120^\circ) \right) = (35.7, -12.4) \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

(9) 層Aの飽和密度

$$\rho_{sat\_A} = \frac{\rho_s + e\rho_w}{1+e} = 1.94g/cm^3$$

$$\gamma_{sat\_A} = 19.4kN/m^3$$

$$\sigma_v = 2\gamma_{sat\_A} + 3\gamma_{sat\_B} = 91.5kN/m^3,$$

$$\sigma'_v = \sigma_v - u = \sigma_v - 5\gamma_w = 41.5kN/m^2$$

$$\sigma'_h = K_0\sigma'_v = 20.7k/m^2$$

層	$\rho_{sat}$ ( $g/cm^3$ )	$\gamma_t, \gamma_{sat}$ ( $kN/m^3$ )
A	1.94	19.4
B	1.75	17.5
C	2.07	20.7
D	1.61	16.1

