

第一章 土の基本的性質

自習用演習問題

演習 1 :

下記の土塊の単位体積乾燥重量 γ_d (gf/cm³)、密度 ρ_d (g/cm³)、間隙比 e 、含水比 w 、飽和度 S_r (%) を求めよ。
これらの値から、どのような土であるかを想定せよ。



高さ; 20 cm

直径; 7 cm

総重量= 1,280 gf

炉乾燥させたあとの重量= 1,060 gf

粒子比重 $G_s = 2.7$

[答]

全体積 $V = 770 \text{ cm}^3$

$$\text{土の体積: } V_s = \frac{W_s}{\gamma_s} = \frac{W_s}{\gamma_w \cdot G_s} = \frac{1,060}{2.7} = 392 (\text{cm}^3)$$

$$\text{間隙比 } e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{V - V_s}{V_s} = \frac{V}{V_s} - 1 = \frac{770}{392} - 1 = 0.96$$

$$S_r = \frac{V_w}{V_v} = \frac{W_w / \gamma_w}{V - V_s} = \frac{(W - W_s) / \gamma_w}{V - V_s} = \frac{(1,280 - 1,060) / 1.0}{770 - 392} = \frac{220 / 1.0}{378} = 58(\%)$$

$$w = \frac{W_w}{W_s} = \frac{M_w}{M_s} = \frac{220}{1,060} = 21(\%)$$

$$\gamma_d (\text{gf/cm}^3) = \frac{W_s}{V} = \frac{\gamma_s}{1 + e} = \frac{2.7}{1 + 0.96} = 1.38 (\text{gf/cm}^3);$$

$$\rho_d (\text{g/cm}^3) = \frac{M_s}{V} = \frac{\rho_s}{1 + e} = \frac{2.7}{1 + 0.96} = 1.38 (\text{g/cm}^3)$$

細粒分を含んだ土であろう。

演習 2:

図は土の構成である。土粒子の体積を 1.0 として、以下の問いに答えよ。

- a) 間隙比 e , 飽和度 S_r , 土粒子比重 G_s , 含水比 w , 単位体積重量 γ_t 、乾燥単位体積重量 γ_d 、水中単位体積重量 γ' を、記号(1)~(5) 及び水の単位体積重量 γ_w を用いて表現せよ。
- b) $e=1.3$, $G_s=2.70$, $S_r=40\%$ の土の単位体積重量 γ_t (gf/cm^3) の値を示せ。その土を締固めて空気を完全に追い出した後の単位体積重量 γ_t^* (gf/cm^3) を示せ。

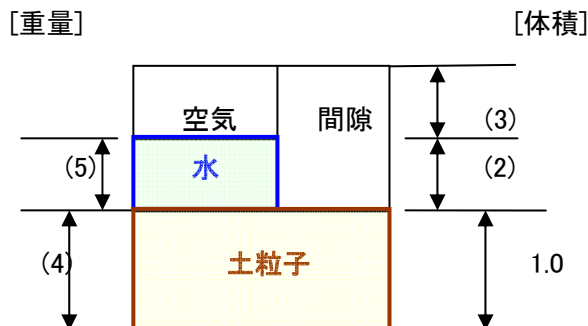


図-1

[答]

a) 間隙比 $e = (2) + (3)$, 飽和度 $S_r = \frac{(2)}{(2) + (3)} (\times 100\%)$, 土粒子比重 $G_s = (4) / \gamma_w$,

含水比 $w = \frac{(5)}{(4)} (\times 100\%)$, 単位体積重量 $\gamma_t = \frac{(4) + (5)}{1.0 + (2) + (3)} (\text{gf} / \text{cm}^3; \text{tonf} / \text{m}^3)$ 、

乾燥単位体積重量 $\gamma_d = \frac{(4)}{1.0 + (2) + (3)} (\text{gf} / \text{cm}^3; \text{tonf} / \text{m}^3)$ 、

水中単位体積重量 $\gamma' = \frac{(4) - \gamma_w}{1.0 + (2) + (3)} (\text{gf} / \text{cm}^3; \text{tonf} / \text{m}^3)$

b) $\gamma_t = \frac{(4) + (5)}{1.0 + (2) + (3)} = \frac{(G_s + e \cdot S_r) \cdot \gamma_w}{1.0 + e} = \frac{(2.7 + 1.3 \cdot 0.4) \cdot \gamma_w}{1.0 + 1.3} = 1.4 \cdot \gamma_w = 1.4 (\text{gf} / \text{cm}^3; \text{tonf} / \text{m}^3)$

この土を締固めて空気を完全に追い出した後の間隙比は $e^* = (2)$ である。

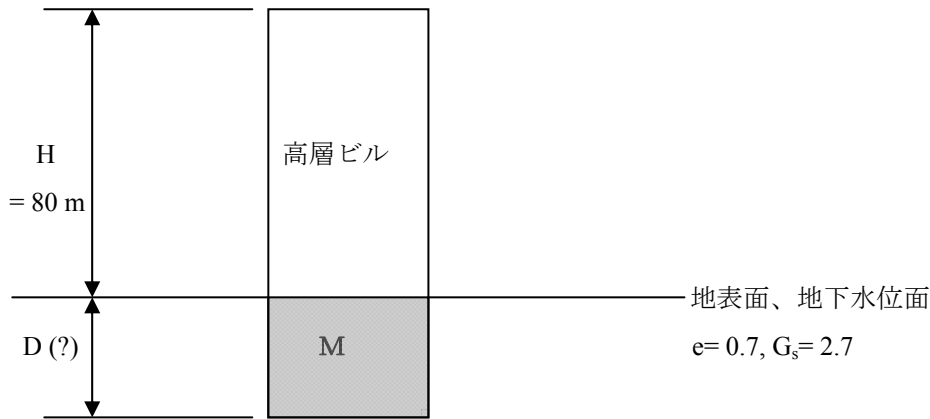
$$S_r = \frac{(2)}{(2) + (3)} = \frac{(2)}{e} = \frac{(2)}{1.3} = 0.4 \text{ なので、 } e^* = (2) = 0.4 \times 1.3 = 0.52$$

その時の単位体積重量 γ_t^* (gf/cm^3) は、

$$\gamma_t^* = \frac{(G_s + e^*) \cdot \gamma_w}{1.0 + e^*} = \frac{(2.7 + 0.52) \cdot \gamma_w}{1.0 + 0.52} = 2.12 \cdot \gamma_w = 2.12 (\text{gf} / \text{cm}^3; \text{tonf} / \text{m}^3)$$

演習 3 :

下図のような地盤に、地表高さ $H=80\text{ m}$ 、断面積 $B \times B=10\text{ m} \times 10\text{ m}$ 、単位体積重量 $\gamma_B=0.4\text{ tonf/m}^3$ の高層ビルを建築したい。地下室の深さ $D\text{ (m)}$ をどれだけにしたら、高層ビルの底面より下の基礎地盤に加わる荷重が、高層ビルを建設しても変化しないか、計算せよ。



次に、高層ビルの地表面以下の地下室部分内部の全体積の 90 % に地下水が完全に浸入するとして、「地下室の深さ $D\text{ (m)}$ をどれだけにしたら、高層ビルの底面より下の基礎地盤に加わる荷重が、高層ビルを建設しても変化しないか」、計算せよ。

[答] : 土を連続体と考える。

I) 高層ビルの地下室内に地下水が浸入していない場合。

1) 全荷重で考える。

$$\text{地下室部分 } M \text{ の土の重さ} = B^2 \cdot D \cdot \gamma_t$$

$$\gamma_t = \{(G_s + e)/(1 + e)\} \cdot \gamma_w = 2.0 \cdot \gamma_w$$

$$\text{ビルの総重量} = B^2 \cdot (D + H) \cdot \gamma_B$$

$$B^2 \cdot D \cdot \gamma_t = B^2 \cdot (D + H) \cdot \gamma_B \text{ を解いて、} D = \{\gamma_B / (\gamma_t - \gamma_B)\} \cdot H = 20\text{ m.}$$

2) 地下の部分の地盤と地下室に作用している浮力を考慮して考察する。

「 M の部分の土の全重量」－「 M の部分の土に作用する浮力」

$$= B^2 \cdot D \cdot \gamma_t - B^2 \cdot D \cdot \gamma_w = B^2 \cdot D \cdot (\gamma_t - \gamma_w)$$

$$\text{「ビルの総重量」－「ビルの地下室に作用する浮力」} = B^2 \cdot (D + H) \cdot \gamma_B - B^2 \cdot D \cdot \gamma_w$$

$$B^2 \cdot D \cdot \gamma_t - B^2 \cdot D \cdot \gamma_w = B^2 \cdot (D + H) \cdot \gamma_B - B^2 \cdot D \cdot \gamma_w$$

$$\text{を解いて、} D = \{\gamma_B / (\gamma_t - \gamma_B)\} \cdot H = 20\text{ m.}$$

II) 高層ビルの地下室内に地下水が浸入した場合。

1) 全荷重で考える。

$$\text{地下室部分 } M \text{ の土の重さ} = B^2 \cdot D \cdot \gamma_t$$

$$\gamma_t = \{(G_s + e)/(1+e)\} \cdot \gamma_w = 2.0 \cdot \gamma_w$$

$$\text{ビルの総重量} = B^2 \cdot (D + H) \cdot \gamma_B + B^2 \cdot D \cdot 0.9 \cdot \gamma_w$$

$$B^2 \cdot D \cdot \gamma_t = B^2 \cdot (D + H) \cdot \gamma_B + B^2 \cdot D \cdot 0.9 \cdot \gamma_w \text{ を解いて、} D = \{ \gamma_B / (\gamma_t - \gamma_B - 0.9 \cdot \gamma_w) \} \cdot H = 45.7 \text{ m。}$$

2) 地下の部分 M の地盤と地下室に作用している浮力を考慮して考察する。

「M の部分の土の全重量」－「M の部分の土に作用する浮力」

$$= B^2 \cdot D \cdot \gamma_t - B^2 \cdot D \cdot \gamma_w = B^2 \cdot D \cdot (\gamma_t - \gamma_w)$$

$$\gamma_t = \{(G_s + e)/(1+e)\} \cdot \gamma_w = 2.0 \cdot \gamma_w$$

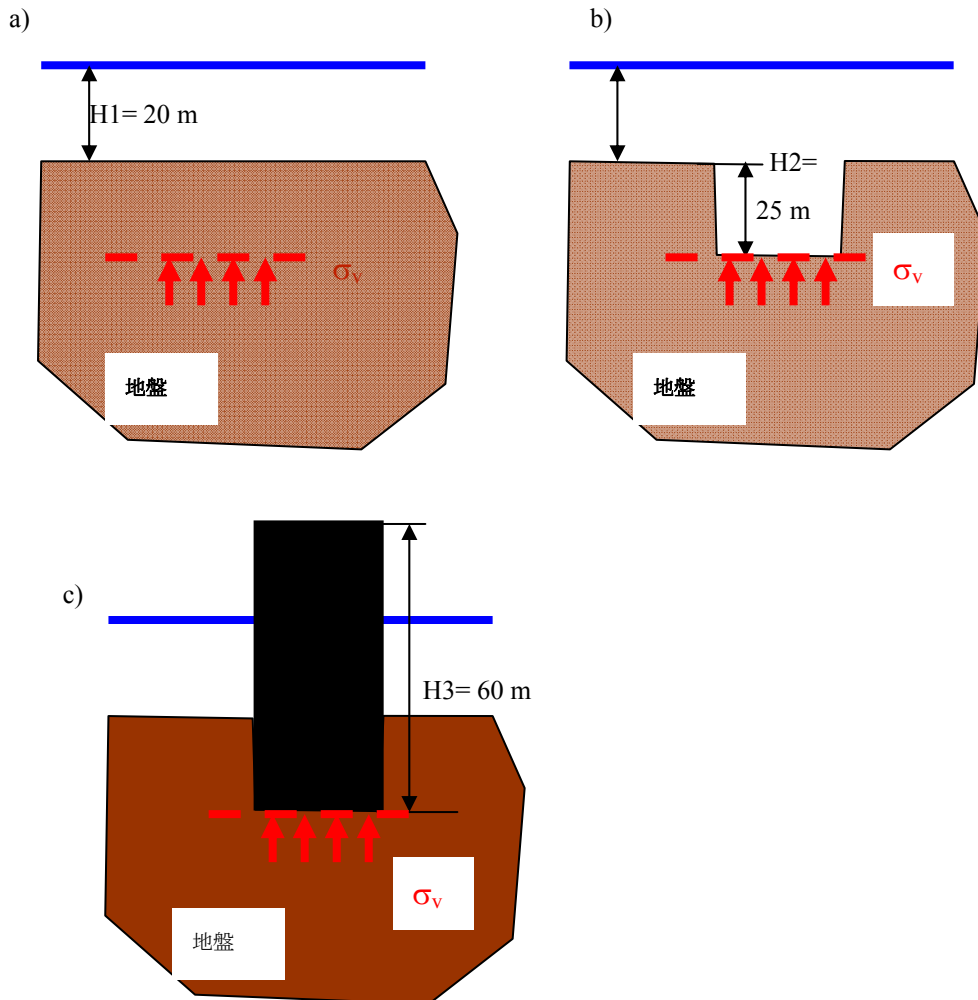
$$\text{「ビルの総重量」－「ビルの地下室に作用する浮力」} = B^2 \cdot (D + H) \cdot \gamma_B - B^2 \cdot D \cdot 0.1 \cdot \gamma_w$$

$$B^2 \cdot D \cdot (\gamma_t - \gamma_w) = B^2 \cdot (D + H) \cdot \gamma_B - B^2 \cdot D \cdot 0.1 \cdot \gamma_w$$

$$\text{を解いて、} D = \{ \gamma_B / (\gamma_t - \gamma_B - 0.9 \cdot \gamma_w) \} \cdot H = 45.7 \text{ m。}$$

演習 4 :

下図a)の様な海底地盤を図b)の様に掘削した後、図c)のように大型橋梁のための重量式基礎を建設する。地盤の平均間隙比は 0.7、粒子比重は 2.65 である。基礎の空中での単位体積重量は 2.5 tonf/m^3 である。a)から b)への過程と b)から c)への過程での、**橋梁基礎直下のレベルで地盤に作用する鉛直応力 σ_v (tonf/m²)** の変化量を計算せよ。



a) から b) : 土の全重量から浮力を引いた有効重量分だけ鉛直荷重が減少する。

減少する鉛直応力 $= \gamma' \cdot H2 =$

$$\gamma' = \frac{G_s - 1.0}{1 + e} \gamma_w = \frac{2.7 - 1.0}{1 + 0.65} =$$

b) から c) : 基礎構造物の全重量から浮力を引いた有効重量分だけ鉛直荷重が増加する。

増加する鉛直応力 $= \gamma_{structure} \cdot H3 - \gamma_w \cdot (H1 + H2) =$

a) から c) : 増加する鉛直応力 $= \gamma_{structure} \cdot H3 - \gamma_w \cdot (H1 + H2) - \gamma' \cdot H2 =$

演習 5)

$e=3.0$, $G_s=2.7$ である粘性土を、飽和度 S_r が 0 % になるまで炉乾燥したとする

(かちかち山の狸が作った泥船を、良くたき火で乾燥させていた場合)。この土塊は、水に浮くか？

[答]水中単位体積重量を求めると、

$$\gamma' = \frac{G_s - 1.0 - e}{1 + e} \gamma_w = \frac{G_s}{1 + e} \gamma_w - \frac{1 + e}{1 + e} \gamma_w = \gamma_d - \gamma_w = 0.675 - 1.0 = -0.325 (gf / cm^3)$$

マイナスの水中単位体積重量。従って、水に浮く。