

採点番号（事務局記入）

2017 年度 建築基礎設計士補試験

実技問題（2018.1.21 実施）

受験番号	
フリガナ	
氏名	

士補

（2ページ以降には、氏名等を書かないこと）

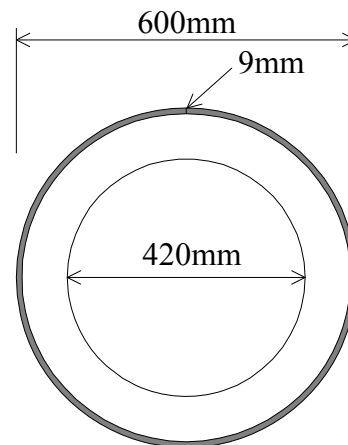
一般社団法人 基礎構造研究会  
建築基礎設計士試験運営委員会

**A 1 : 杭の断面算定問題** (計算過程も明記すること)

採点番号 (事務局記入)

1. 杭径  $\phi 600\text{mm}$  (内径  $\phi 420\text{mm}$ )、肉厚  $t=9\text{mm}$  の鋼管 (SKK490) を用いた外殻鋼管付きコンクリート杭 (SC 杭) について、以下の設問に答えなさい。ただし、コンクリートの設計基準強度は  $F_c=80\text{N/mm}^2$  (長期許容圧縮応力度  $f_c=22\text{N/mm}^2$ )、弾性係数はコンクリート  $E_c=40,000\text{N/mm}^2$ 、鋼管  $E_s=205,000\text{N/mm}^2$ 、腐食しろは  $1.0\text{mm}$  とする。(配点 : 15 点 各 5 点)

- (1) この杭の換算断面積  $A_e$  および換算断面 2 次モーメント  $I_e$  を求めなさい。



$$n = E_s / E_c$$

$$= 205000 / 40000$$

$$= 5.125$$

$$A = (90-1) \times \{(600-1 \times 2) - (90-1)\} \times \pi$$

$$= 142317 \text{ mm}^2$$

$$A_s = (9-1) \times \{(600-1 \times 2) - (9-1)\} \times \pi$$

$$= 14828 \text{ mm}^2$$

$$A_e = A + A_s \times (n-1)$$

$$= 203481 \text{ mm}^2$$

$$I = \pi \times (598^4 - 420^4) / 64$$

$$= 4.750 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

$$I_s = \pi \times (598^4 - 582^4) / 64$$

$$= 6.450 \times 10^8 \text{ mm}^4$$

$$I_e = I + (n-1) \times I_s$$

$$= 7.412 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

$$A_e = \underline{\underline{203481 \text{ mm}^2}}$$

$$I_e = \underline{\underline{7.412 \times 10^9 \text{ mm}^4}}$$

- (2) 長期と短期の許容軸方向耐力 (圧縮方向) を求めなさい。

長期

$$N = f_c \times A_e$$

$$= 22 \times 203484$$

$$= \underline{\underline{4477 \text{ kN}}}$$

短期

$$N = 2f_c \times A_e$$

$$= 2 \times 22 \times 203484$$

$$= \underline{\underline{8954 \text{ kN}}}$$

$$\underline{\underline{\text{長期} \quad 4477 \text{ kN}}}$$

$$\underline{\underline{\text{短期} \quad 8954 \text{ kN}}}$$

- (3) 上記の杭を、 $E_{50}=2,100\text{kN/m}^2$ の粘土地盤中に打設した場合、設計用水平地盤反力係数  $k_h$  を求めなさい。また、杭長を 12.0m とした場合に「長い杭」として扱えるかどうか判定しなさい。ただし、杭頭変位を 20.0mm とし、変位による低減を考慮すること。

$$\begin{aligned}k_{ho} &= \alpha \cdot E_o \cdot D^{-3/4} \\ &= 80 \times 2100 \times 60^{-3/4} \\ &= \underline{7793 \text{ kN/m}^3}\end{aligned}$$

$y_o = 20\text{mm}$  より

$$\begin{aligned}k_h &= 2^{-1/2} \times k_{ho} \\ &= 5510 \text{ kN/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\beta &= \{k_h \cdot D / (4 \cdot E / I)\}^{1/4} \\ &= \{5510 \times 0.6 / (4 \times 40000000 \times 0.00741)\}^{1/4} \\ &= 0.230 \text{ m}^{-1}\end{aligned}$$

$\beta \cdot L = 0.230 \times 12 = 2.76 > 2.25$  より、  
「長い杭」として扱うことができる。

$= 0.230 \times 12 = 2.76 < 3.0$  より、  
「長い杭」として扱うことはできない。

$$k_h = \underline{7793 \text{ kN/m}^3}$$

判定結果：「長い杭」として扱うことができる。

2. 杭径  $\phi 800\text{mm}$ 、C種、コンクリート強度  $F_c=105\text{N/mm}^2$  の PHC 杭について以下の設問に答えなさい。

(1) 短期許容軸力、軸力  $N=0\text{kN}$  時の短期許容曲げモーメントを求めなさい。

(配点：15点 各5点)

諸元： 換算断面積  $A_e=2,525\times 10^2 \text{ mm}^2$

肉厚  $t=110\text{mm}$

換算断面二次モーメント  $I_e=1,541\times 10^7 \text{ mm}^4$

有効プレストレス  $\sigma_{ce}=10\text{N/mm}^2$

ヤング係数  $E_c=40,000 \text{ N/mm}^2$

① 短期許容軸力（圧縮）

$$\begin{aligned} N &= (f_c - \sigma_{ce}) \times A_e \\ &= (60 - 10) \times 2525 \times 10^2 / 1,000 \\ &= \underline{12625 \text{ kN}} \end{aligned}$$

解答： 12625 kN

② 短期許容軸力（引張）

$$\begin{aligned} N &= (-f_t - \sigma_{ce}) \times A_e \\ &= (-5 - 10) \times 2525 \times 10^2 / 1,000 \\ &= \underline{-3787 \text{ kN}} \end{aligned}$$

解答 -3787 kN

③ 軸力  $N=0\text{kN}$  時の短期許容曲げモーメント

$$\begin{aligned} -f_t &\leq N/A_e + \sigma_{ce} \pm M/I_e \cdot y \leq f_c \quad \text{及び } N=0 \text{ より、} \\ M &= (f_t + \sigma_{ce}) \cdot I_e / y \\ &= (5 + 10) \times 1541 \times 10^7 / 400 / 1,000 / 1,000 \\ &= \underline{578 \text{ kN}\cdot\text{m}} \end{aligned}$$

解答： 578 kN・m

- (2) 前記の PHC 杭を、杭頭レベルで剛床仮定が成立する建物に、杭頭固定条件で 10 本、杭頭ピン条件で 5 本使用した。各条件について、杭 1 本当たりの水平力の分担率を、Chang 式（「長い杭」の式を適用）により求めなさい。ただし、杭頭の突出は無し、地盤は砂質地盤として、変形係数を求める平均 N 値は 10、液状化は生じないものとする。

(配点： 6 点)

**【解答】**

水平力の分担率は、剛床仮定が成立するため

$$Q(\text{固定}) : Q(\text{ピン}) = 2 : 1$$

$$\text{杭頭固定 } 10 \text{ 本} \times 2.0 + \text{杭頭ピン } 5 \text{ 本} \times 1.0 = 25$$

各 1 本あたりの分担率は

$$Q(\text{固定}) = 2 / 25 \times 100 = \underline{8.0 \%}$$

$$Q(\text{ピン}) = 1 / 25 \times 100 = \underline{4.0 \%}$$

杭頭固定条件の PHC 杭の杭 1 本当たりの分担率： 8.0 %

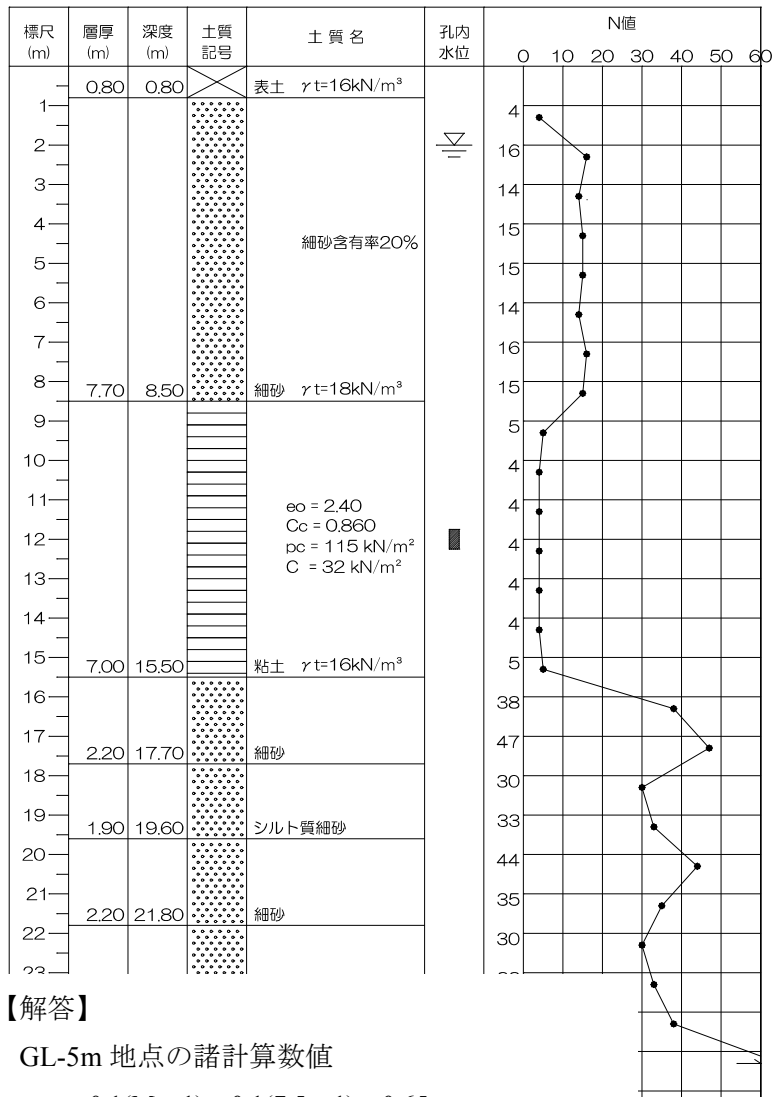
杭頭ピン条件の PHC 杭の杭 1 本当たりの分担率： 4.0 %

A 2 : 基礎構造の設計計算問題 (計算過程も明記すること)

1. 杭基礎

(1) 図-1 に示す地盤で、GL-5.0m 位置での液状化の可能性を判定しなさい。ただし、加速度  $a_{max}=200gal$ 、マグニチュード  $M=7.5$  とし、N 値には GL-0.8~8.5m の細砂層の平均値  $N=15$  を用いる。地下水位は GL-2.00m とする。

(配点 : 8 点)



【解答】

GL-5m 地点の諸計算数値

$$r_n = 0.1(M-1) = 0.1(7.5-1) = 0.65$$

$$\sigma_z = 16 \times 0.8 + 18 \times 1.2 + 18 \times 3.0 = 88.4 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_z' = \sigma_z - 10(5.0-2.0) = 58.4 \text{ kN/m}^2$$

$$r_d = 1 - 0.015 \times Z = 1 - 0.015 \times 5.0 = 0.925$$

$$\begin{aligned} \tau_d / \sigma_z' &= r_n \times \alpha / g \times \sigma_z / \sigma_z' \times r_d = \\ &= 0.65 \times 200 / 980 \times 88.4 / 58.4 \times 0.925 \\ &= 0.1857 \end{aligned}$$

$$C_N = \sqrt{98 / \sigma_z'} = \sqrt{98 / 58.4} = 1.295$$

$$N_1 = C_N \times N = 1.295 \times 15 = 19.43$$

$$N_a = N_1 + \Delta N_f = 19.43 + 8 = 27.4$$

$$\tau_f / \sigma_z' = 0.6$$

$$F_1 = (\tau_f / \sigma_z') / (\tau_d / \sigma_z') = 0.6 / 0.186 = 3.23 > 1.0$$

従って、液状化の可能性は、低い。

図-1 ボーリング柱状図

(2) 図-1 の地盤で、セメントミルク工法による杭径  $\phi 800\text{mm}$ 、C 種、杭長  $24\text{m}$  の PHC 杭を用いた杭基礎を設計する場合、以下の設問に答えなさい。ただし、杭の諸元は、問題 A 1 : 杭の断面算定問題 2. の数値を用いてよい。

① 地盤より決まる鉛直支持力を求めなさい。ただし、算定式は国土交通省告示第 1113 号第 5 の式とし、設計 GL はボーリング孔口標高、杭天端位置は設計 GL-1.9m、パイルキャップ下端位置は GL-2.0m とする。 (配点： 6 点)

【解答例】 杭先端位置 GL-25.9m より、上部 1D・下部 1D の平均 N 値は、

$$N_p = (60 + 60) / 2 = 60 \quad (A_p = 0.5026\text{m}^2, \psi = 2.513\text{m})$$

$$R_p = 200 \times 60 \times 0.5026 = 6031 \text{ kN}$$

杭周摩擦力は、GL-12.0m 以深の砂層を考慮する。

$$\textcircled{1} \text{ GL-0.80} \sim \text{8.50m} \quad 10/3 \times 15.0 \times 7.7 \times 2.513 = 967 \text{ kN}$$

$$\textcircled{2} \text{ GL-8.50} \sim \text{15.5m} \quad 1/2 \times 64.0 \times 7.0 \times 2.513 = 562 \text{ kN}$$

$$\textcircled{3} \text{ GL-15.5} \sim \text{25.9m} \quad 10/3 \times 30.0 \times 10.4 \times 2.513 = 2613 \text{ kN}$$

$$R_f = 4142 \text{ kN}$$

従って、地盤より決まる鉛直支持力は、 $R_u = R_p + R_f = 10173 \text{ kN/本}$

$$R_a = 1/3 \cdot R_u = \underline{3391 \text{ kN/本}} \quad (\text{長期鉛直支持力})$$

② 水平力  $H$  として、①で求めた鉛直支持力の 10% が作用するとき、この杭の水平力に対する検討を行いなさい。なお、地震時の最小軸力を  $0.0\text{kN}$  とし、水平力の検討は Chang 式 (杭頭固定) による。ただし、地盤の変形係数は  $E_0 = 10,500\text{kN/m}^2$  とする。 (配点： 6 点)

【解答例】

鉛直支持力  $R_a$  を  $3,636\text{kN}$  より、杭 1 本当たりの水平力  $Q$  は、

$$Q = 0.10 \times 3391 = 339 \text{ より}$$

$$k_{ho} = 80 \times 10500 \times 80^{-3/4} = 31402 \text{ kN/m}^3$$

$$\beta = \{31402 \times 0.8 / (4 \times 4.0 \times 10^7 \times 0.01541)\}^{1/4} \times 1000 = 0.318 \text{ m}^{-1}$$

杭頭固定より、Chang 式により杭頭モーメント  $M_0$  を計算すると、

$$M_0 = Q / (2\beta) = 339 / 2 / 0.318 = 533 \text{ kN} \cdot \text{m} < 578 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$y_0 = Q / (4EI\beta^3) = 339 / \{4 \times 4 \times 10^7 \times 0.01541 \times (0.318)^3\} = 4.27 \text{ mm} \quad (\text{変位低減必要なし})$$

2. 直接基礎

(1) 図-1 に示すボーリング柱状図の均質な地盤の敷地に建設する図-2 に示した軸力を持つ建物（鉄筋コンクリート造、地上7階建て、地下室無しの共同住宅）の基礎をべた基礎で計画する場合、以下の設問に答えなさい。ただし、基礎底はGL-2.0m、設計GLはボーリング孔口標高、地下水位はGL-2.0mとする。

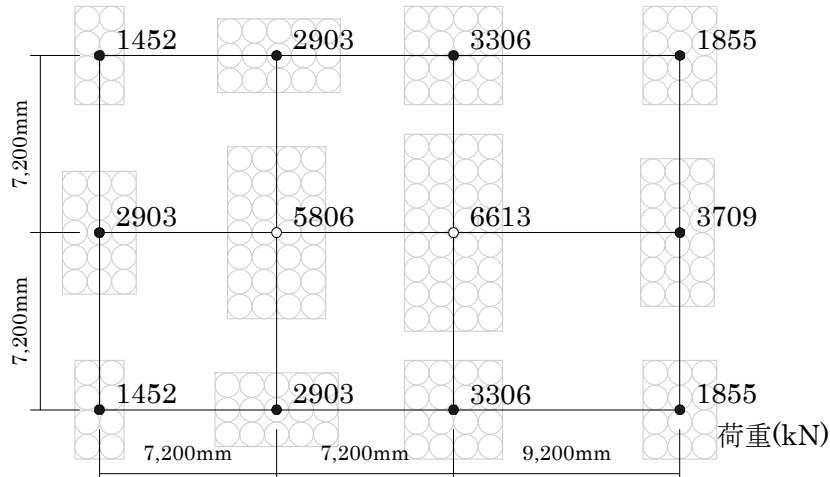


図-2 基礎設計用長期軸力

① 地盤から決まる長期許容支持力度を求めなさい。

(配点：8点)

【解答例】

上部細砂層の平均N値=15より、内部摩擦角  $\phi = \sqrt{(20 \times 15) + 15} = 32.3 \rightarrow 32$  とする。

表より、 $N_c = 35.5$   $N_r = 22.0$   $N_q = 23.2$

$$\eta = (14.4 / 1.0)^{-1/3} = 0.411$$

$$\alpha = 1 + 0.2 \times (14.4 / 23.6) = 1.122$$

$$\beta = 0.5 + 0.2 \times (14.4 / 23.6) = 0.378$$

$c = 0$  より、

$$q_d = \{ \beta \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot \eta \cdot N_r + \gamma_2 \cdot D_f \cdot N_q \} \quad (\gamma_1 \text{は地層・基礎底深度を考慮して、水中重量とする})$$

$$= \{ 0.378 \times (18 - 10) \times 14.4 \times 0.411 \times 22 + (16 \times 0.8 + 18 \times 1.2) \times 23.2 \} = 393.74$$

$$= 1222.8 \text{ kN/m}^2$$

$$q_a = 1/3 \times q_d = 407.6 \text{ kN/m}^2$$

下部粘土層の耐力の確認

$$\alpha = 1 + 0.2 \times (20.9 / 30.1) = 1.139$$

$$q_a = 1/3 \times (5.14 \alpha \cdot c + \gamma D_f) \times \{ 1 + (H - D_f) / B \} \times \{ 1 + (H - D_f) / L \}$$

$$= 1/3 \times (5.14 \times 1.139 \times 32 + 86.4) \times \{ 1 + (8.5 - 2.0) / 14.4 \} \times \{ 1 + (8.5 - 2.0) / 23.6 \}$$

$$= 168.9 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{但し、} \gamma D_f = 16 \times 0.8 + 18 \times 1.2 + (18 - 10) \times 6.5 = 86.4$$

従って、長期許容支持力度は下部粘土層で決定される。

$$q_a = 168.9 \text{ kN/m}^2$$

168.9 kN/m<sup>2</sup>



- ② ベタ基礎の中央部及び隅各部について粘性土層 8.5～15.5m の中央部の圧密沈下量を求め、得られる変形角等から考えて、ベタ基礎を採用できるかどうかを判断しなさい。ただし、上部構造と基礎梁等の剛性は無視できるものとし、基礎自重や排土重量は考慮しなくてもよい。

(配点： 8 点)

【解答例】

建物総重量： $\Sigma W = 1452 \times 2 + 1855 \times 2 + 2903 \times 3 + 3306 \times 2 + 3709 + 5806 + 6613 = 38063 \text{ kN}$

接地厚： $\sigma = \Sigma W / (14.4 \times 23.6) = 112 \text{ kN/m}^2$

GL-12.0 地点での有効土被りは、

$$\sigma_o = 16 \times 0.8 + 18 \times 1.2 + (18 - 10) \times 6.5 + (16 - 10) \times 3.5 = 107.4 \text{ kN/m}^2$$

粘土層の圧密試験データ  $p_c = 94.0 \text{ kN/m}^2$  より、正規圧密地盤と判断する。

GL-12.0 地点の増加応力は 4 分割すると、

$$Z = 12 - 2.0 = 10.0 \text{ m} \quad m = (14.4/2)/10 = 0.72 \quad n = (23.6/2)/10 = 1.18$$

$$\begin{aligned} \Delta\sigma &= q/(2\pi) \{m \cdot n / \text{SQRT}(m^2 + n^2 + 1) \times (m^2 + n^2 + 2) / [(m^2 + 1)(n^2 + 1)] + \sin^{-1}[m \cdot n / \text{SQRT}((m^2 + 1)(n^2 + 1))]\} \\ &= 112/2/\pi \{0.50 \times 1.08 + 0.46\} \\ &= 17.82 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

中央部： $\Delta\sigma = 17.82 \times 4 = 71.28 \text{ kN/m}^2$

$$\begin{aligned} \delta_1 &= C_c / (1 + e_o) \cdot \log_{10}(\sigma_z' / p_c) \times \Delta H \\ &= 0.860 / (1 + 2.40) \cdot \log_{10}(183.28 / 115) \times 7.0 \times 100 \\ &= 35.8 \text{ cm} \end{aligned}$$

隅角部： $\Delta\sigma = 13.7 \text{ kN/m}^2$

$$\begin{aligned} \delta_2 &= C_c / (1 + e_o) \cdot \log_{10}(\sigma_z' / p_c) \times \Delta H \\ &= 0.860 / (1 + 2.40) \cdot \log_{10}(125.22 / 115) \times 7.0 \times 100 \\ &= 6.5 \text{ cm} \end{aligned}$$

従って変形角は、

$$(\delta_1 - \delta_2) / 18.0 = (0.358 - 0.065) / 13.0 \approx 0.023 > 2.0 \times 10^{-3} \text{ となり、直接基礎（ベタ基礎）の採用は不適切。}$$

### 3. 地盤改良

- (1) 図-1 に示すボーリング柱状図の均質な地盤の敷地に建設する図-2 に示した軸力を持つ建物の基礎を、地盤改良を行ったうえで直接基礎により設計する。地盤改良は、改良径  $\phi 1,000\text{mm}$  の単軸機による深層混合処理工法である。改良後の設計用地耐力を  $250\text{kN/m}^2$  としたときの、設計基準強度  $F_c$  と改良体の本数を求めなさい。ただし、図-2 の軸力には基礎梁重量を含むが、フーチング重量は含まないので別途考慮する。(配点： 8 点)

【解答例】

改良後の設計用地耐力を  $250 \text{ kN/m}^2$  とするより、設計基準強度  $F_c$  は、

$$\phi 1,000\text{mm} \rightarrow A = 1.0^2 \cdot \pi/4 = 0.785 \text{ m}^2$$

$$F_c = 250 \times 3 / A = 750 / 0.785 = 955 \rightarrow \underline{960 \text{ kN/m}^2}$$

各柱の本数：

基礎下端を 2.0m として、改良体 1 本当りりの有効支持力  $q_a$  は

$$q_a = 250 - 1.0 \times 1.0 \times 2.0 \times 20 = 210 \text{ kN}$$

$$N = 1452 \text{ kN} \rightarrow 1452 / 210 = 6.9 \rightarrow 8 \text{ 本} \quad \times \quad 2 \text{ 柱} = 16 \text{ 本}$$

$$N = 1855 \text{ kN} \rightarrow 1855 / 210 = 8.8 \rightarrow 12 \text{ 本} \quad \times \quad 2 \text{ 柱} = 24 \text{ 本}$$

$$N = 2903 \text{ kN} \rightarrow 2903 / 210 = 13.8 \rightarrow 15 \text{ 本} \quad \times \quad 3 \text{ 柱} = 45 \text{ 本}$$

$$N = 3306 \text{ kN} \rightarrow 3306 / 210 = 15.7 \rightarrow 16 \text{ 本} \quad \times \quad 2 \text{ 柱} = 32 \text{ 本}$$

$$N = 3709 \text{ kN} \rightarrow 3709 / 210 = 17.6 \rightarrow 18 \text{ 本} \quad \times \quad 1 \text{ 柱} = 18 \text{ 本}$$

$$N = 5806 \text{ kN} \rightarrow 5806 / 210 = 27.6 \rightarrow 28 \text{ 本} \quad \times \quad 1 \text{ 柱} = 28 \text{ 本}$$

$$N = 6613 \text{ kN} \rightarrow 6613 / 210 = 31.5 \rightarrow 32 \text{ 本} \quad \times \quad 1 \text{ 柱} = 32 \text{ 本}$$

$$\underline{\underline{\text{合計} = 195 \text{ 本} \quad (\text{配置は図-2})}}$$

**B：記述問題**

1. 次の2つの設問に答えなさい。 (配点：10点 各5点)

(1) 杭の引抜き抵抗力の算定式の概要や根拠について、押し込み方向の周面摩擦力の算定式と比較して述べなさい。

告示式では、引抜き方向の周面摩擦力は、押し込み方向に対して低減(×8/15)がなされている。低減を見込む理由として、①上載圧の効果および②杭材のポアソン比の影響によるものが考えられる。また、告示式では、地盤種別に応じた低減は行っていないが、基礎指針等では、粘性土地盤では低減を見込まず、砂質土地盤でのみ低減を行う場合もある。

①上載圧の効果

杭から地盤に伝達する鉛直力が、押し込み時には上載圧を増加させるように作用するのに対して、引抜き時には、逆に減少させるように作用する。このため、杭周面に作用する側圧も小さくなる。

②杭のポアソン比効果

杭は引き抜くと伸びるため、杭周面に作用する側圧も小さくなる。

(2) 支持力増強工法としての地盤改良工法を2つ挙げ、それぞれの改良原理を説明しない。

・固化工法 (固結工法のほか深層・浅層(表層)混合処理工法などでも可)  
現地土(掘削土でも可)とセメントなどを現地攪拌(機械攪拌、プラント混合でも可)して科学的に固化させ、地盤中に地盤改良体を造成する工法

・締固め工法 (サンドコンパクション工法などでも可)  
緩い砂地盤によく締まった砂杭を設計で決められた間隔で打設することで、砂粒子間の間隙比を減少させ地盤の強度増加(N値の増加)を計ることで、建築物の支持地盤を造成する工法  
\*振動式と静的があることが記載されていれば良い。

・置換工法 (ラップルコンクリートや流動化処理工法などでも可)  
基礎下から支持地盤までの土を掘削除去して、コンクリートやソイルセメントなどの自硬性の材料を埋め戻す工法

2. 次の①～④の設問のうち、2問を選択して答えなさい。

(配点：10点 各5点)

- ① オランダ式二重管コーン貫入試験の試験概要を説明するとともに、調査目的を2つ以上簡単に述べなさい。
- ② 浮き基礎の考え方を説明しなさい。
- ③ 限界間隙比の定義、および液状化との関係について簡単に記述しなさい。
- ④ 支持杭で支持された建物において、建設後に地盤変状が想定される場合、設計上考慮しなければならない事項について、簡単に解説しなさい。

解答1：設問番号(①)

試験概要：オランダ式二重管コーン貫入試験は、貫入先端（マントコーン）をつけたロッドを静的に貫入し、地盤のコーン貫入抵抗を深さ方向に連続的に求める試験である。試験機は、先端部、ロッド、圧入・計測装置等から構成され、先端部は外管接続部とマントコーンから成り、ロッドは内管と外管から成る。

調査目的：①土の力学的な性質（粘性土のせん断強さ、砂質土のせん断抵抗角）の把握

②地盤の地層区分（土質の判定、ボーリング調査の補完）

③杭の施工性と支持力の把握

④建設機械のトラフィカビリティの把握

解答2：設問番号(②)

浮き基礎とは、地下階（二重スラブ）などを設けて、根切りを行った分の掘削重量と建設建物の重量をほぼ等しくさせることで、有効応力の増加をゼロに近づけて直接基礎の設計を可能にする基礎。

解答 3 : 設問番号 (③)

限界間隙比の定義：緩い砂および密な砂が十分なせん断変形を受けた後に、ほぼ一定値に漸近していく、終局的な  $e$  の値を限界間隙比

液状化との関係：限界間隙比以上の間隙比をもつ緩い飽和した砂地盤は、地震動などの急激なせん断変形を受けると、間隙が減少して過剰間隙水圧を発生し、液状化現象が生ずる。一方、限界間隙比以下の締まった砂地盤では、液状化現象は原理的に発生しない。

解答 4 : 設問番号 (④)

- ・ 杭基礎を想定する場合、地盤の圧密沈下によって発生する負の摩擦力
- ・ 圧密沈下などにより杭頭が突出される場合、杭体へ入力される地震時水平力
- ・ 地盤沈下後に建物と地表面との高低差に対応するライフライン

以上