

## 支持杭の検討

橋軸方向の検討（くい頭部自由）

地盤及び杭部材の諸元

使用鋼材 H - 400 × 400 × 13 × 21 (SS400)

断面積  $A = 218.7 \text{ cm}^2$

断面係数  $Z_x = 3,330 \text{ cm}^3$  ,  $Z_y = 1,120 \text{ cm}^3$

断面二次モーメント  $I_x = 66,600 \text{ cm}^4$  ,  $I_y = 22,400 \text{ cm}^4$

断面二次半径  $i_x = 17.5 \text{ cm}$  ,  $i_y = 10.1 \text{ cm}$

杭幅  $B = 0.40 \text{ m}$

ヤング係数  $E = 2.0 \times 10^8 \text{ kN/m}^2$

土質定数

地層名	記号	層厚 (m)	N値	C (kN/m <sup>2</sup> )		E <sub>o</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	・ E <sub>o</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	kh (kN/m <sup>3</sup> )
砂質土	-	1.000	1	0.0	1	2,800	2,800	1,000
								2,000
粘性土	-	5.500	2	0.0	1	5,600	5,600	3,000
								4,000
砂質土	-	1.250	18	0.0	1	50,400	50,400	5,000
								6,000
粘性土	-	1.750	3	0.0	1	8,400	8,400	7,000
								8,000
粘性土	-	7.900	3	0.0	1	8,400	8,400	9,000
								100
粘性土	-	20.000	4	0.0	1	11,200	11,200	200
								300
粘性土	-	8.300	5	0.0	1	14,000	14,000	400
								500
粘性土	-	1.000	50	0.0	1	123	123	600
								700
粘性土	-	2.000	20	0.0	1	456	456	800
								900

khの上段はH形鋼の強軸方向、下段は弱軸方向を表す。

水平方向地盤反力係数

$$K_H = K_{H0} \left( \frac{B_H}{0.3} \right)^{-3/4}$$

ここに、

$K_H$  : 水平方向の地盤反力係数 (kN/m<sup>3</sup>)

$K_{H0}$  : 直径30cmの剛体円板による平板載荷試験の値に相当する水平方向の地盤反力係数 (kN/m<sup>3</sup>)

$$K_{H0} = \frac{1}{0.3} \cdot E_0$$

$B_H$  : 杭の換算載荷幅 (m)

$$B_H = \sqrt{D / I}$$

$E_0$  : 付表-1に示す方法で測定又は推定した、設計の対象とする位置での地盤変形係数 (kN/m<sup>2</sup>)

: 地盤反力係数の推定に用いる係数で付表-1に示す。

付表 - 1  $E_0$  と

次の試験方法による変形係数 $E_0$ (kN/m <sup>2</sup> )		
	常 時	地震時
ボーリング孔内で測定した変形係数	4	8
供試体の一軸または三軸圧縮試験から求めた変形係数	4	8
標準貫入試験のN値より $E_0=2800N$ で求めた変形係数	1	2

$D$  : 杭の幅 (m)

: 基礎の特性値  $\sqrt[4]{\frac{K_H \cdot D}{4 \cdot E \cdot I}}$  (m<sup>-1</sup>)

範囲 1 内での平均  $K_h$  の計算

	水平方向地盤反力係数 $K_h$ (kN/m <sup>3</sup> )	層厚 $h$ (m)	$K_h \times h$	杭の特性値 (m <sup>-1</sup> )
第1層目	1,000	1.000	1,000	0.166
第2層目	3,000	5.500	16,500	0.218
第3層目	5,000	1.250	6,250	0.248
第4層目	7,000	1.750	12,250	0.269
第5層目	9,000	7.900	71,100	0.287
第6層目	200	20.000	4,000	0.111
第7層目	400	8.300	3,320	0.132
第8層目	600	1.000	600	0.146
第9層目	800	2.000	1,600	0.157
合 計		48.700	116,620	

$$K_h \text{の平均値} \quad \overline{K_h} = \frac{K_h \times h}{h} = \frac{116,620}{48.700} = 2,395 \text{ kN/m}^3$$

杭の特性値

$$x = \sqrt[4]{\frac{B \cdot Kh}{4 \cdot E \cdot I_x}}$$
$$= \sqrt[4]{\frac{0.40 \times 2,395}{4 \times 2.0 \times 10^8 \times 0.00066600}} = 0.206 \text{ m}^{-1}$$

$$\frac{1}{x} = 4.854 < h = 48.700 \quad \text{" OUT "}$$

根入れ長

$$\frac{3}{x} = \frac{3}{0.206} = 14.563 \text{ m} \quad D = 20.000 \text{ m}$$

よって、杭は半無限弾性体として断面力の計算を行う。

軸力

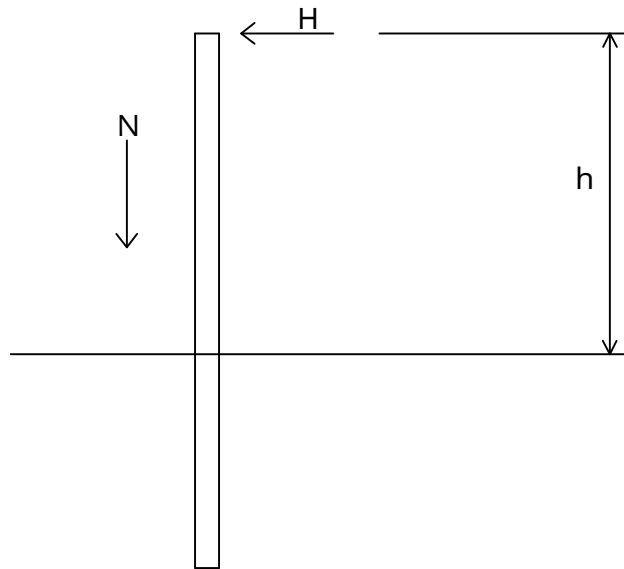
$$N = 746.998 \text{ kN}$$

水平力

水平力は杭 4 本で負担するものとし、

$$H = 1122.760 \times 0.15 / 4 = 42.104 \text{ kN}$$

突出長  $h = 5.000 \text{ m}$



地中部最大曲げモーメント

$$M_{\max} = -H \cdot h \cdot m(\cdot h)$$

ここで、

$$m(\cdot h) = \frac{\sqrt{(1+2 \frac{h}{\lambda})^2 + 1}}{2 \frac{h}{\lambda}} \cdot \exp \left[ -\tan^{-1} \frac{1}{1+2 \frac{h}{\lambda}} \right]$$

$$= 1.139$$

$$M_{\max} = -42.104 \times 5.000 \times 1.139 = -239.782 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

固定点間距離

$$l_k = h + \frac{1}{\lambda}$$

$$= 5.000 + \frac{1}{0.206} = 9.854 \text{ m}$$

応力度の計算

$$c = \frac{N}{A} = \frac{746.998 \times 10^3}{21870} = 34 \text{ N/mm}^2$$

$$b = \frac{M}{Z_x} = \frac{239.782 \times 10^6}{3330000} = 72 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{l_k}{i_y} = \frac{985.4}{10.10} = 97.564 \quad (l_k/i_y > 92)$$

$$c_{ay} = \{1,200,000/6700 + (l_k/i_y)^2\} \times 1.5 = 111 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{l_k}{i_x} = \frac{985.4}{17.50} = 56.309$$

$$e_{ax} = 1,200,000 / (l_k/i_x)^2 = 378 \text{ N/mm}^2$$

$$b_{agx} = 210 \text{ N/mm}^2$$

<照査式 1 >

$$\frac{c}{c_{ay}} + \frac{b}{b_{agx} (1 - c/e_{ax})}$$

$$= \frac{34}{111} + \frac{72}{210 \times (1 - 34/378)} = 0.683 \quad 1.0$$

- 0.K -

<照査式 2 >

$$c + \frac{b}{(1 - c/e_{ax})}$$

$$= 34 + \frac{72}{(1 - 34/378)} = 113 \text{ N/mm}^2 \quad 210 \text{ N/mm}^2$$

- 0.K -

橋軸直角方向の検討（くい頭部固定）

地盤及び杭部材の諸元

使用鋼材 H - 400 × 400 × 13 × 21 (SS400)

断面積 A = 218.7 cm<sup>2</sup>

断面係数 Z<sub>x</sub> = 3,330 cm<sup>3</sup> , Z<sub>y</sub> = 1,120 cm<sup>3</sup>

断面二次モーメント I<sub>x</sub> = 66,600 cm<sup>4</sup> , I<sub>y</sub> = 22,400 cm<sup>4</sup>

断面二次半径 i<sub>x</sub> = 17.5 cm , i<sub>y</sub> = 10.1 cm

杭幅 B = 0.40 m

ヤング係数 E = 2.0 × 10<sup>8</sup> kN/m<sup>2</sup>

土質定数

地層名	記号	層厚 (m)	N値	C (kN/m <sup>2</sup> )		E <sub>o</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	・ E <sub>o</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	kh (kN/m <sup>3</sup> )
砂質土	-	1.000	1	0.0	1	2,800	2,800	1,000
								2,000
粘性土	-	5.500	2	0.0	1	5,600	5,600	3,000
								4,000
砂質土	-	1.250	18	0.0	1	50,400	50,400	5,000
								6,000
粘性土	-	1.750	3	0.0	1	8,400	8,400	7,000
								8,000
粘性土	-	7.900	3	0.0	1	8,400	8,400	9,000
								100
粘性土	-	20.000	4	0.0	1	11,200	11,200	200
								300
粘性土	-	8.300	5	0.0	1	14,000	14,000	400
								500
粘性土	-	1.000	50	0.0	1	123	123	600
								700
粘性土	-	2.000	20	0.0	1	456	456	800
								900

K hの上段はH形鋼の強軸方向、下段は弱軸方向を表す。

水平方向地盤反力係数

$$K_H = K_{H0} \left( \frac{B_H}{0.3} \right)^{-3/4}$$

ここに、

$K_H$  : 水平方向の地盤反力係数 (kN/m<sup>3</sup>)

$K_{H0}$  : 直径30cmの剛体円板による平板載荷試験の値に相当する水平方向の地盤反力係数 (kN/m<sup>3</sup>)

$$K_{H0} = \frac{1}{0.3} \cdot E_0$$

$B_H$  : 杭の換算載荷幅 (m)

$$B_H = \sqrt{D / I}$$

$E_0$  : 付表-1に示す方法で測定又は推定した、設計の対象とする位置での地盤変形係数 (kN/m<sup>2</sup>)

: 地盤反力係数の推定に用いる係数で付表-1に示す。

付表 - 1  $E_0$  と

次の試験方法による変形係数 $E_0$ (kN/m <sup>2</sup> )	常 時	地震時
	ボーリング孔内で測定した変形係数	4
供試体の一軸または三軸圧縮試験から求めた変形係数	4	8
標準貫入試験のN値より $E_0=2800N$ で求めた変形係数	1	2

$D$  : 杭の幅 (m)

: 基礎の特性値  $\sqrt[4]{\frac{K_H \cdot D}{4 \cdot E \cdot I}}$  (m<sup>-1</sup>)

範囲 1 内での平均  $K_h$  の計算

	水平方向地盤反力係数 $K_h$ (kN/m <sup>3</sup> )	層厚 $h$ (m)	$K_h \times h$	杭の特性値 (m <sup>-1</sup> )
第1層目	2,000	1.000	2,000	0.258
第2層目	4,000	5.500	22,000	0.307
第3層目	6,000	1.250	7,500	0.340
第4層目	8,000	1.750	14,000	0.366
第5層目	100	7.900	790	0.122
第6層目	300	20.000	6,000	0.161
第7層目	500	8.300	4,150	0.183
第8層目	700	1.000	700	0.199
第9層目	900	2.000	1,800	0.212
合 計		48.700	58,940	

$$K_h \text{の平均値} \quad \overline{K_h} = \frac{K_h \times h}{h} = \frac{58,940}{48.700} = 1,210 \text{ kN/m}^3$$

杭の特性値

$$y = \sqrt[4]{\frac{B \cdot K h}{4 \cdot E \cdot I y}}$$
$$= \sqrt[4]{\frac{0.40 \times 1,210}{4 \times 2.0 \times 10^8 \times 0.00022400}} = 0.228 \text{ m}^{-1}$$

$$\frac{1}{y} = 4.386 < h = 48.700 \quad \text{" OUT "}$$

根入れ長

$$\frac{3}{y} = \frac{3}{0.228} = 13.158 \text{ m} \quad D = 20.000 \text{ m}$$

よって、杭は半無限弾性体として断面力の計算を行う。



軸力

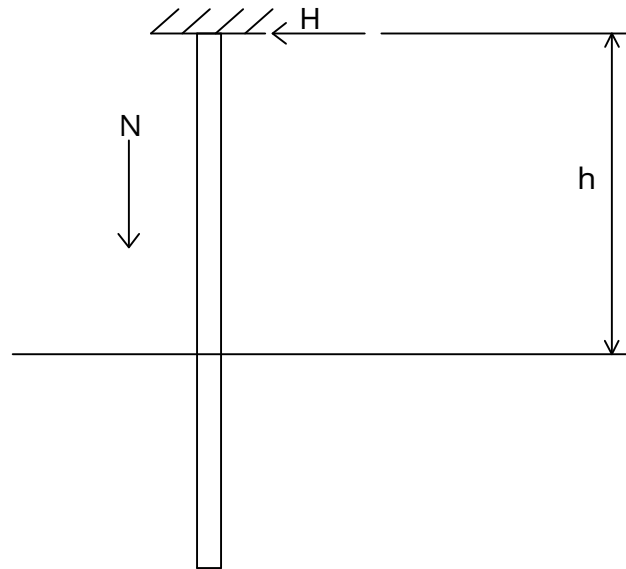
$$N = 746.998 \text{ kN}$$

水平力

水平力は杭 4 本で負担するものとし、

$$H = 1122.760 \times 0.15 / 4 = 42.104 \text{ kN}$$

突出長  $h = 3.500 \text{ m}$



くい頭拘束モーメント

$$M_o = H \cdot h \cdot \overline{\alpha}(\cdot h)$$

ここで、

$$\overline{\alpha}(\cdot h) = \frac{1 + \frac{h}{2}}{h} = 1.127$$

$$M_o = 42.104 \times 3.500 \times 1.127 = 166.079 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

固定点間距離

$$l_k = h + \frac{1}{\alpha}$$

$$= 3.500 + \frac{1}{0.228} = 7.886 \text{ m}$$

応力度の計算

$$c = \frac{N}{A} = \frac{746.998 \times 10^3}{21870} = 34 \text{ N/mm}^2$$

$$b = \frac{M}{Z_y} = \frac{166.079 \times 10^6}{1120000} = 148 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{l k}{i_y} = \frac{788.6}{10.10} = 78.079 \quad (18 < l k / i_y < 92)$$

$$c_{ay} = \{140 - 0.82 \times (l k / i_y - 18)\} \times 1.5 = 136 \text{ N/mm}^2$$

$$e_{ay} = 1,200,000 / (l k / i_y)^2 = 197 \text{ N/mm}^2$$

$$b_{ao} = 210 \text{ N/mm}^2$$

<照査式 1 >

$$\frac{c}{c_{ay}} + \frac{b}{b_{ao} (1 - c / e_{ay})}$$
$$= \frac{34}{136} + \frac{148}{210 \times (1 - 34 / 197)} = 1.102 > 1.0$$

- OUT -

<照査式 2 >

$$c + \frac{b}{(1 - c / e_{ax})}$$
$$= 34 + \frac{148}{(1 - 34 / 197)} = 213 \text{ N/mm}^2 > 210 \text{ N/mm}^2$$

- OUT -