

杭設計計算

- せん断杭の設計計算 -

地区名	抑止杭 Version3
測線名	
備考	サンプルデータ(せん断杭)

計算条件		杭頭: x=0			
項目		記号	単位	数	値
杭材	鋼材の種類	—	—	鋼管	
	材質	—	—	490材相当品	
	外径	d	mm	216.3	
	肉厚	t	mm	15.0	
設計条件	移動層の厚さ	l_t	m	10.00	
	杭の有効長	l_e	m	10.00	
	必要抑止力	Pr	kN/m	500.0	
	杭間隔	D	m	1.5	
	すべり面傾斜角度	e	°	15.0	
許容せん断応力度	sa	N/mm ²	162 (短期)		
地盤	粘着力	c	kN/m ²	10.0	
	内部摩擦角		°	25.0	
	単位体積重量		kN/m ³	18.0	

計算結果					
項目		記号	単位	数	値
最大せん断力		S_{max}	kN	724.5	
せん断応力度		s	kN/m ²	152688	
応力度の照査		—	kN/m ²	152688	162000 . . . OK
杭長	必要根入長	$l_{r'}$	m	5.12	
	根入長	l_r	m	5.50	
	杭全長	l_p	m	15.50	
降伏破壊	水平負担力	H	kN	724.5	
	水平土圧	P	kN	44000.4	
	地盤降伏・破壊の検討	—	kN	724.5	44000.4 . . . OK

1. 設計条件

1.1 荷重に関する条件

荷重条件は以下の通りである。

杭の解析種別		せん断杭
必要抑止力	$Pr =$	500.0 (kN/m)
すべり面傾斜角度	$e =$	15.0 (°)
単位幅当たりの水平負担力	$Hu = Pr \cdot \cos e$ $= 500.0 \times \cos(15.0)$ $= 483.0$	(kN/m)
杭の間隔	$D =$	1.5 (m)
杭一本当たりの水平負担力	$H = Hu \cdot D$ $= 483.0 \times 1.5$ $= 724.5$	(kN/本)
移動層の厚さ	$l_t =$	10.00 (m)
杭の有効長	$l_e =$	10.00 (m)

1.2 杭材に関する条件

1.2.1 設計強度

当地区の杭は、長期間の応力に対応しなければならない杭ではないと考え短期強度を用いて設計する。

杭の材質		490材相当品
許容せん断応力度(短期)	$sa =$	162 (N/mm ²)

1.2.2 設計に用いる杭の諸元

設計に用いる鋼管杭の諸元は以下のとおりである。

外径	d	=	216.3	(mm)
肉厚	t	=	15.0	(mm)
断面積	A	=	9.490×10^{-3}	(m^2)
断面二次モーメント	I	=	4.830×10^{-5}	(m^4)
断面係数	Z	=	4.470×10^{-4}	(m^3)
杭の弾性係数	E	=	2.0×10^8	(kN/m^2)
杭の曲げ剛性	EI	=	$E \cdot I$	
		=	$2.0 \times 10^8 \times 4.830 \times 10^{-5}$	
		=	9.660×10^3	($kN \cdot m^2$)

1.3 地盤の降伏・破壊に関する条件

土研式で用いる地盤の降伏・破壊に関する条件は以下の通りである。

土の粘着力	c	=	10.0	(kN/m^2)
土の内部摩擦角		=	25.0	($^{\circ}$)
土の単位体積重量		=	18.0	(kN/m^3)

2. 最大せん断力の算定

杭1本あたりに発生する最大せん断力は次式により求められる。

$$\begin{aligned} S_{max} &= H \\ &= 724.5 \quad (\text{kN}) \end{aligned}$$

3. 断面強度の照査

杭に生じるせん断応力度 s を照査する。

$$\begin{aligned} s &= \sigma \cdot \frac{S_{max}}{A} = 2.000 \times \frac{724.5}{9.490 \times 10^{-3}} \\ &= 152688 \quad (\text{kN/m}^2) \quad \quad \quad s_a = 162000 \quad (\text{kN/m}^2) \quad \dots \quad \text{OK} \end{aligned}$$

$$\sigma: \text{せん断応力補正係数} = 2.000$$

上記より、当該杭は設計条件に対して安全である。

4. 杭間隔の照査

次の規定について杭間隔を照査する。

地すべり層の厚さ 10.00 m に対する杭標準間隔 : 3.0 m 以下

設定した杭間隔 $D = 1.5 \text{ m}$ は上記の条件を満足するので問題ない。

5. 根入長

杭の根入長は / × 1.5 m以上を確保するものとする。

横方向地盤反力係数 K_h から地盤の変形係数 E_s を求めると、

$$\begin{aligned} E_s &= K_h \cdot d = 128600 \times 0.2163 \\ &= 27816 \quad (\text{kN/m}^2) \end{aligned}$$

よって、

$$\begin{aligned} r &= \sqrt[4]{\frac{E_s}{4EI}} = \sqrt[4]{\frac{27816}{4 \times 9.660 \times 10^3}} \\ &= 0.9211 \quad (\text{m}^{-1}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_{r'} &= \frac{1}{r} \cdot 1.5 = \frac{1}{0.9211} \times 1.5 \\ &= 5.12 \quad (\text{m}) \end{aligned}$$

ここで、施工性を考慮し杭全長を 0.5 m単位で丸める。

したがって、杭全長は $10.00 + 5.12 = 15.12 \rightarrow 15.50 \text{ m}$ となり、
根入長は $15.50 - 10.00 = 5.50 \text{ m}$ となる。

6. 地盤の降伏・破壊の検討 - 土研式 -

杭前面に生ずる土塊の挙動を受働ランキン状態と考え、その極限では土塊内に受働破壊が生ずることを考慮したのが土研式である。土研式によると、杭にかかる全水平土圧 P は次式により得られる。

$$\begin{aligned}
 P &= 2 l_e^2 \cot \sin \frac{1}{180} (\frac{1}{3} N l_e + \sqrt{N} c) + d l_e (\frac{1}{2} N l_e + 2 \sqrt{N} c) \\
 &= 2 \times 10.00^2 \times \cot(32.50) \times \sin(57.50) \times \frac{57.50}{180} \\
 &\quad \times (\frac{1}{3} \times 2.46391 \times 18.0 \times 10.00 + \sqrt{2.46391} \times 10.0) + 0.2163 \times 10.00 \\
 &\quad \times (\frac{1}{2} \times 2.46391 \times 18.0 \times 10.00 + 2 \times \sqrt{2.46391} \times 10.0) \\
 &= 44000.4 \quad (\text{kN})
 \end{aligned}$$

ここで、

$$= 45^\circ + \frac{\quad}{2} = 57.50 \quad (\quad^\circ \quad)$$

$$= 45^\circ - \frac{\quad}{2} = 32.50 \quad (\quad^\circ \quad)$$

$$N = \frac{1 + \sin}{1 - \sin} = 2.46391$$

全水平土圧 P が杭一本当たりの水平負担力よりも大きくなければならない。

$$H = 724.5 \quad (\text{kN}) \quad P = 44000.4 \quad (\text{kN}) \quad \dots \dots \text{OK}$$

以上から、土塊の受働破壊に対して安全である。