

STATICKÝ VÝPOČET

ZALOŽENÍ OSVĚTLOVACÍCH STOŽÁRŮ - TŘINEC

Datum:	09/2024
Stupeň dokumentace:	Pro provádění stavby
Zpracovatel:	Ing. Karel Pinkas a Bc. Lucie Jalůvková
Objednatel:	Ing. Arch. Harald Čadílek
Zakázkové číslo:	2180/2024
Místo stavby:	Třinec

Obsah:

1. Úvod	3
2. Předané podklady	3
3. Použité normy a literatura	3
4. Zatěžovací účinky	3
5. Geologie lokality	5
6. Posouzení stability základu	6
6.1 Posouzení plošného základu	6
6.2 Posouzení hlubinných základů	8
7. Závěr	12

1. Úvod

Předmětem statického výpočtu je založení osvětlovacích stožárů ve Třinci. Jedná se o 4 ks ocelových stožárů. S ohledem na velikost zatěžovacích účinků a základacích podmínek je navržen pouze jeden základ plošným způsobem formou dvoustupňové patky, přičemž horní stupeň mírně vystupuje nad okolní terén. U zbylých tří základů je navrženo hlubinné založení na mikropilotách spojených v horní části základovou patkou. Celkové délka mikropilot je navržena o délce 6,0 m.

2. Předané podklady

- Inženýrskogeologický průzkum – IMG_1023.JPG
- Specifikace stožáru – Mast 37m.jpg
- Výškopis území – Pozice stožáru.dwg

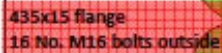
Výškopis_Třinec_STARS_FOTBAL_2024

3. Použité normy a literatura

- ČSN EN 1990 Zásady navrhování konstrukcí
- ČSN EN 1991-1 Zatížení konstrukcí
- ČSN EN 1991-1-4 Zatížení konstrukcí, část 1-4 zatížení větrem
- ČSN EN 1992-1 Navrhování betonových konstrukcí

4. Zatěžovací účinky

Zatěžovací účinky byly předány v podkladech prostřednictvím původního statického výpočtu osvětlovacích stožárů vypracovaného společností ABACUS.



1155x35 flange
16 No. M42 bolts outside

Vertical load = 70kN

Total shaft weight (including flanges) =	4925
Total mast weight (including ancillaries) =	7156

Headload summary:

5. Geologie lokality

Na základě podkladů provedeného inženýrsko-geologického průzkumu bylo zjištěno, že po celém povrchu zájmového území se nachází navážky mocností 1,9 - 3,4 m. Navážky jsou tvořeny především jemnozrnným materiálem tuhé konzistence s proměnlivou příměsí štěrkové frakce. Pro navážky nebyly stanoveny žádné charakteristické hodnoty fyzikálně-mechanických parametrů. Kvůli tomuto faktu budou data o geologickém profilu uvažována velmi konzervativně. Proto také hloubka plošného základu bude navržena tak, aby základová spára zasahovala pod vrstvu navážek.

Pod svrchní vrstvou navážek se nachází jemnozrnné typy zemin – převážně se jedná o jílovité a jílovito-písčité hlíny původu eolického a fluvialního. K přechodům do písků fluvialního původu dochází v hloubkách 1 – 1,1 m pod původní úrovní terénu.

Hladina podzemních vod byla u jedné sondy nalezena v úrovni 3,8 m (326,3 m.n.m.), což by mohlo vést k problémům při vrtných pracích.

6. Posouzení stability základu

6.1 Posouzení plošného základu

Geometrie patky:

Základní rozměr kolmo k ohybovému momentu: $b_1 = 5,0 \text{ m}$

Základní rozměr ve směru ohybového momentu: $l_1 = 5,0 \text{ m}$

Rozměry krčku: $b_2 = 1,5 \text{ m}$

$l_2 = 1,5 \text{ m}$

Základní výška: $h_1 = 1,6 \text{ m}$

Výška krčku: $h_2 = 1,25 \text{ m}$

Objemová tíha betonu: $\gamma_c = 23 \text{ kN/m}^3$

Zatížení patky:

Svislá síla v kotevní úrovni: $V_k = 70 \text{ kN}$

Vodorovná síla v kotevní úrovni: $H_k = 36 \text{ kN}$

Moment v kotevní úrovni: $M_k = 1055 \text{ kNm}$

Parciální součinitele spolehlivosti:

$\gamma_{G1,inf} = 0,9$

$\gamma_Q = 1,5$

Posouzení stability proti překlopení základu:

Celkový destabilizující moment: $M_{d,dst} = \gamma_Q \cdot (M_k + H_k \cdot h_1) = 1,5 \cdot (1055 + 36 \cdot (1,6 + 1,25))$

$$M_{d,dst} = \mathbf{1736,4 \text{ kNm}}$$

Celkový stabilizující moment: $M_{d,stab} = \gamma_{G1,inf} \cdot ((b_1 \cdot l_1 \cdot h_1 \cdot \gamma_c + V_k) \cdot b_1/2 + R_d \cdot n_p \cdot r_p)$

$$M_{d,stab} = 0,9 \cdot ((5 \cdot 5 \cdot 1,6 + 1,5 \cdot 1,5 \cdot 1,25) \cdot 23 + 70) \cdot 5/2$$

$$M_{d,stab} = \mathbf{2373,0 \text{ kNm}}$$

Podmínka posouzení: $M_{d,dst} = 1736,4 \text{ kNm} < M_{d,stab} = 2373,0 \text{ kNm} \rightarrow \mathbf{VYHOVUJE}$

Stabilita základu proti posunutí:

Vodorovná síla v úrovni základu: $H_d = H_k \cdot \gamma_Q = 36 \cdot 1,5 = \mathbf{54 \text{ kN}}$

Posuvná síla bude kompenzována pasivním odporem zeminy na stěnu patky

Efektivní úhel vnitřního tření zeminy: $\varphi_{ef} = 10^\circ$

Součinitel pasivního tlaku: $K_p = \operatorname{tg}^2 (45^\circ + \varphi_{ef}/2) = \operatorname{tg}^2 (45^\circ + 10/2) = 1,42$

$$\sigma_z = h_1 \cdot \gamma = 2,85 \cdot 20 = 57 \text{ kPa}$$

$$\sigma_x = \sigma_z \cdot K_p = 57 \cdot 1,42 = 80,9 \text{ kPa}$$

$$S_p = \sigma_x \cdot A = 80,9 \cdot 5 = 404,7 \text{ kN}$$

$$H_{stab} = \gamma_{G1,inf} \cdot S_p = 0,9 \cdot 404,7 = \mathbf{364,2 \text{ kN}}$$

Podmínka posouzení: $H_d = 54,0 \text{ kN} < H_{stab} = 364,2 \text{ kN} \rightarrow \mathbf{VYHOVUJE}$

6.2 Posouzení hlubinných základů

Vzhledem ke značné mocnosti navážek v dané lokalitě, jsou data o geologickém profilu uvažována konzervativně pro horší typy zeminy (hodnoty plášťových tření).

Jako výztužný materiál mikropilot budou použity trubky TR 89/10. Beton je navržen pevnostní třídy C25/30.

Geometrie patky:

Základní rozměr kolmo k ohybovému momentu: $b_1 = 2,5 \text{ m}$

Základní rozměr ve směru ohybového momentu: $l_1 = 2,5 \text{ m}$

Základní výška: $h_1 = 1,5 \text{ m}$

Délka mikropiloty: $l = 6 \text{ m}$

Délka dříku mikropiloty: $l_1 = 2 \text{ m}$

Délka kořene mikropiloty: $l_2 = 4 \text{ m}$

Průměr dříku mikropiloty: $d_1 = 89 \text{ mm}$

Průměr kořene mikropiloty: $d_2 = 200 \text{ mm}$

Objemová tíha betonu: $\gamma_c = 23 \text{ kN/m}^3$

Zatížení patky:

Svislá síla v kotevní úrovni: $V_k = 70 \text{ kN}$

Vodorovná síla v kotevní úrovni: $H_k = 36 \text{ kN}$

Moment v kotevní úrovni: $M_k = 1055 \text{ kNm}$

Parciální součinitele spolehlivosti:

$\gamma_{G1,inf} = 0,9$

$\gamma_Q = 1,5$

Vnější únosnost tažené mikropiloty:

Koeficient druhu zatížení: $m_z = 0,8$ (tažená mikropilota)

Únosnost v patě mikropiloty: $U_{mp} = 0$ kN

Vrstva	Charakteristika	L_{ti}	τ_i	$\tau_i \times m_z \times L_{ti}$
		[m]	[MPa]	[MPa x m]
1	Soudržné zeminy tuhé	4	0,05	0,16

Únosnost na plášti kořene mikropiloty: $U_{ms} = \pi \cdot d \cdot \sum L_{ti} \cdot \tau_i \cdot m_z = \pi \cdot 0,2 \cdot 0,16 \cdot 10^3$

$$U_{ms} = 100,5 \text{ kN}$$

Vnější únosnost mikropiloty: $U_{mv} = U_{ms} + U_{mp} = 100,5 \text{ kN}$

Vnitřní únosnost tažené mikropiloty:

Charakteristiky výztužné trubky TR89/10 z oceli S235:

Průřezová plocha tažené oceli: $A_a = 0,00248 \text{ m}^2$

Mez kluzu oceli: $f_y = 235 \text{ MPa}$

Parciální součinitel spolehlivosti oceli: $\gamma_a = 1,15$

Modul pružnosti oceli: $E_a = 210 \text{ GPa}$

Moment setrvačnosti ocelového průřezu: $I_a = 1\,967\,000 \text{ mm}^4$

Charakteristiky betonu pevnostní třídy C25/30:

Průřezová plocha tlačného betonu: $A_c = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot 0,445^2 = 0,0062 \text{ m}^2$

Charakteristická pevnost betonu v tlaku: $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$

Parciální součinitel spolehlivosti betonu: $\gamma_c = 1,5$

Modul pružnosti betonu: $E_{cm} = 31 \text{ GPa}$

Moment setrvačnosti betonového průřezu: $I_c = \frac{1}{64} \cdot \pi \cdot d^4 = \frac{1}{64} \cdot \pi \cdot 89^4 = 3\,078\,291,2 \text{ mm}^4$

Vnitřní osová únosnost: $N_{pl,Rd} = A_a \cdot \frac{f_y}{\gamma_a} + 0,85 \cdot A_c \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$

$$N_{pl,Rd} = (0,00248 \cdot \frac{235}{1,15} + 0,85 \cdot 0,0062 \cdot \frac{25}{1,5}) \cdot 10^3 = 594,9 \text{ kN}$$

Tuhost spráženého průřezu: $EI = E_a \cdot I_a + 0,85 \cdot \frac{E_{cm}}{\gamma_c} \cdot I_c$

$$EI = 210 \cdot 10^3 \cdot 1,967 \cdot 10^{-6} + 0,85 \cdot \frac{31}{1,5} \cdot 3,078 \cdot 10^{-6}$$

$$EI = 0,467 \text{ MN/m}^4$$

Modul deformace: $E_z = 5 \text{ MN/m}^4$

Vzpěrná kritická síla: $N_{cr} = 2 \cdot (EI \cdot E_z)^{1/2} = 2 \cdot (0,467 \cdot 5)^{1/2} = 3\,057 \text{ kN}$

Poměrná štíhlost prutu: $\lambda = \left(\frac{N_{pl,Rd}}{N_{cr}}\right)^{1/2} = \left(\frac{594,9}{3\,057}\right)^{1/2} = 0,44$

Křivka vzpěrné pevnosti: α

Součinitel vzpěrnosti $\kappa = 0,9$

Vnitřní únosnost mikropiloty: $R_{dv} = N_{pl,Rd} \cdot \kappa = 594,9 \cdot 0,9 = 535 \text{ kN}$

Výsledná únosnost mikropiloty: $R_d = \min(U_{mv}; R_{dv}) = \min(100,5; 535) = \mathbf{100,5 \text{ kN}}$

Počet mikropilot pro 1 základ: $n_p = 12$

Rameno pilot: $r_p = (4 \cdot 0,25 + 2 \cdot 0,9 + 2 \cdot 1,6 + 4 \cdot 2,25)/12 = 1,3 \text{ m}$

Namáhání piloty: $N_{sd} = (70/12) \cdot 1,5 + ((2,5 \cdot 2,5 \cdot 1,5 \cdot 23)/12) \cdot 1,35$
 $N_{sd} = \mathbf{33,01 \text{ kN}}$

Posouzení únosnosti mikropiloty: $R_d = 100,5 \text{ kN} > N_{sd} = 33,01 \text{ kN} \rightarrow \mathbf{VYHOVUJE}$

Posouzení stability proti překlopení základu:

Celkový destabilizující moment: $M_{d,dst} = \gamma_Q \cdot (M_k + H_k \cdot h_1) = 1,5 \cdot (1055 + 36 \cdot 1,5)$

$$M_{d,dst} = \mathbf{1663,5 \text{ kNm}}$$

Celkový stabilizující moment: $M_{d,stab} = \gamma_{G1,inf} \cdot ((b_1 \cdot l_1 \cdot h_1 \cdot \gamma_c + V_k) \cdot b_1/2 + R_d \cdot n_p \cdot r_p)$

$$M_{d,stab} = 0,9 \cdot ((2,5 \cdot 2,5 \cdot 1,5 \cdot 23 + 70) \cdot 2,5/2 + 100,5 \cdot 12 \cdot 1,3)$$

$$M_{d,stab} = \mathbf{1732,3 \text{ kNm}}$$

Podmínka posouzení: $M_{d,dst} = 1663,5 \text{ kNm} < M_{d,stab} = 1732,3 \text{ kNm} \rightarrow \mathbf{VYHOVUJE}$

Stabilita základu proti posunutí:

Vodorovná síla v úrovni základu: $H_d = H_k \cdot \gamma_Q = 36 \cdot 1,5 = \mathbf{54 \text{ kN}}$

Posuvná síla bude kompenzována pasivním odporem zeminy na stěnu patky

Efektivní úhel vnitřního tření zeminy: $\varphi_{ef} = 10^\circ$

Součinitel pasivního tlaku: $K_p = \operatorname{tg}^2 (45^\circ + \varphi_{ef}/2) = \operatorname{tg}^2 (45^\circ + 10/2) = 1,42$

$$\sigma_z = h \cdot \gamma = 1,5 \cdot 20 = 30 \text{ kPa}$$

$$\sigma_x = \sigma_z \cdot K_p = 30 \cdot 1,42 = 42,6 \text{ kPa}$$

$$S_p = \sigma_x \cdot A = 42,6 \cdot 2,5 = 106,5 \text{ kN}$$

$$H_{stab} = \gamma_{G1,inf} \cdot S_p = 0,9 \cdot 106,5 = \mathbf{95,9 \text{ kN}}$$

Podmínka posouzení: $H_d = 54,0 \text{ kN} < H_{stab} = 95,9 \text{ kN} \rightarrow \mathbf{VYHOVUJE}$

7. Závěr

Při provádění výkopových prací pro železobetonové základy bude přizván statik a hydrogeolog pro kontrolu geologických poměrů, resp. základové spáry. Kontrola proběhne u všech 4 základů.

PŘÍLOHY:

- 01 – Výkres tvaru plošné základové patky P1
- 02 – Výkres výztuže plošné základové patky P1
- 03 – Výkres tvaru základové patky hlubinně založené P2
- 04 – Výkres výztuže základové patky hlubinně založené P2

V Brně dne 15. 09. 2024

Vypracovali: Ing. Karel Pinkas
Bc. Lucie Jalůvková