

Zak. č. : 2883/DPS-2016 (230/2016)

Arch. č. : 2883/03

Příl. č. : E.2.b

Město Kopřivnice

Odkanalizování místních částí Vlčovice a Mniší

Projektová dokumentace pro provádění stavby (DPS)

E.2 Projekt zpracovaný báňským projektantem

E.2.b Statické posouzení

Hlavní inženýr projektu : Ing. Sergej Gorbunov
Vypracoval : Ing. David Kotek

Báňský projektant : Ing. Pavel Šípek
(dle ustanovení §2 odst. 1 písm. e) vyhlášky ČBÚ č.298/2005 Sb., ve znění
vyhlášky ČBÚ č. 240/2006 Sb.)



1/ Úvod

1. Použitá literatura

ČSN EN 1990 – Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991-1-1 – Eurokód: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb

ČSN EN 1997-1 – Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla

Ing. Serafina Kristková, CSc.: Zakládání staveb – návody do cvičení (vysokoškolská skripta VUT Brno)

2. Předmět statického posouzení

Předložené statické posouzení řeší návrh a posouzení ocelových chrániček – protlaků pod komunikacemi, na stokách A a C3, a dále předběžný návrh pažení startovacích a koncových jam protlaků.

2/ Stoky A a C3 – protlaky pod komunikacemi

Ocelové chráničky DN 800, protlačované ze startovacích do koncových jam, do kterých jsou zasunuty kanalizační trouby DN 300.

1/ stoka A – protlak pod komunikací I/58:

Délka protlaku $L = 19,0 \text{ m}$
Max. výška nadloží nad vrcholem protlaku $H_{\max} = 2,25 \text{ m}$

2/ stoka A – protlak pod komunikací III/486:

Délka protlaku $L = 17,0 \text{ m}$
Max. výška nadloží nad vrcholem protlaku $H_{\max} = 4,15 \text{ m}$

3/ stoka C3 – protlak pod komunikací I/58:

Délka protlaku $L = 150 \text{ m}$
Max. výška nadloží nad vrcholem protlaku $H_{\max} = 3,2 \text{ m}$

Zatížení na povrchu terénu/komunikace: dopravou, komunikace tř. A

Posouzení je provedeno pouze pro nejhlubší protlak – případ č.2 (stoka A, pod komunikací III/486). Zbývající protlaky budou zatíženy méně – vyhoví stejný průřez ocelové trouby jako v případě č.2.

Potrubí je v tomto úseku vedeno ocelovou chráničkou délky cca 17,0 m.

Chránička je navržena z ocelové kruhové trouby $\varnothing 820 \times 10,0 \text{ mm}$. Výška nadloží (zeminy) nad vrcholem chráničky je max. 4,15 m. Na povrchu terénu je uvažováno se zatížením silniční dopravou (pro třídu komunikace I i III třídy – max. zatížení - zatěžovací třída A).

$$L = 17,0 \text{ m}$$

$$H = 4,15 \text{ m}$$

Svislé zatížení na potrubí

1/ stálé

$$g = 4,15 \cdot 19 = 78,85 \text{ kN/m}^2$$

2/ proměnné

Silniční dopravou, komunikace III. třídy, dvouproudová.

Výška nadloží včetně konstrukce komunikace $H = 4,15 \text{ m}$

$Q_k = 800 \text{ kN}$ /čtyřnápravové vozidlo

dynamický součinitel $\delta = 1,0$ ($h > 1,5 \text{ m}$)

Zatěžovací plocha pro celé vozidlo v hloubce $4,15 \text{ m}$:

$$A \times B = 8,59 \times 8,09 \text{ m}$$

$$q_1 = 800/8,59/8,09 = 11,5 \text{ kN/m}^2$$

Celkové svislé zatížení:

$$p_{1,k} = 78,85 + 11,5 = 90,35 \text{ kN/m}^2$$

$$p_{1,Ed} = 78,85 \cdot 1,35 + 11,5 \cdot 1,5 = 123,7 \text{ kN/m}^2$$

Boční tlak zeminy na potrubí:

Zatěžovací plocha ve výšce osy potrubí (protlaku): $A \times B = 5,99 \times 5,49 \text{ m}$ (zatížení celým vozidlem):

$$p_{2,k} = (\gamma \cdot (H+D/2) + Q/(A \cdot B)^3) \cdot \text{tg}^2(45 - \varphi/2) = (19 \cdot (4,15 + 0,82/2) + 800/(9,05 \cdot 8,55)^3) \cdot \text{tg}^2(45 - 30/2) = 97,0 \text{ kN/m}^2$$

$$p_{2,Ed} = (\gamma \cdot (H+D/2) \cdot 1,35 + Q \cdot 1,5/(A \cdot B)^3) \cdot \text{tg}^2(45 - \varphi/2) = (19 \cdot (4,15 + 0,82/2) \cdot 1,35 + 800 \cdot 1,5/(9,05 \cdot 8,55)^3) \cdot \text{tg}^2(45 - 30/2) = 132,5 \text{ kN/m}^2$$

Vnitřní síly ve stěně potrubí:

$$N_A = p_1 \cdot D/2 = 123,7 \cdot 0,82/2 = 50,72 \text{ kN/m}$$

$$N_B = p_2 \cdot D/2 = 132,5 \cdot 0,82/2 = 54,3 \text{ kN/m}$$

$$M = p \cdot r^2/4 = 123,7 \cdot 0,41^2/4 = 5,2 \text{ kNm}$$

Průřezové charakteristiky stěny potrubí:

$$t = 10,0 \text{ mm}$$

$$W_x = 1/6 \cdot b \cdot h^2 = 1/6 \cdot 1 \cdot 0,01^2 = 1,667 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$F_x = 0,01 \cdot 1 = 0,01 \text{ m}^2$$

Redukce momentů:

Vlivem zemního prostředí, které potrubí chráničky spojitě obklopuje, je možná redukce momentu M_e .

Odhadem - suchý písek, relativní ulehlost $I_D = 0,9 \Rightarrow n_h = 18000 \text{ kN/m}^3$

$$\mu_c = 0,3 \quad \lambda = 0,75$$

$$K = h/b \cdot n_h = 4,15/0,82 \cdot 18000 = 91098 \text{ kN/m}^3$$

$$E_c = 2,1 \cdot 10^8 \text{ kPa}$$

$$\xi = 1/(1+0,75*91098*0,41/2,1*10^8*(0,41/0,01)^3*(1-0,3)^2) = 0,18$$

$$M = M_{e,red} = 5,2*0,18 = \mathbf{0,94 \text{ kNm}}$$

Napětí od svislého zatížení - tlak s ohybem:

$$\sigma_{1,2} = N/F \pm M/W = 54,3*10^{-3}/0,01 \pm 0,94*10^{-3}/1,667*10^{-5} = 5,43 \pm 56,4 =$$

$$+ \mathbf{61,83 \text{ MPa}}$$

$$- 50,97 \text{ MPa}$$

Pro maximální svislé zatížení (dlouhodobé zatížení zeminou) navržená chránička – ocelová trouba ϕ 820x10 mm - vyhoví.

Vodorovné zatížení potrubí

W_1 – tření vnějšího povrchu potrubí o zeminu

W_2 – odpor zeminy proti vnikání břitu

Celková délka ocelové chráničky (tlačené části): $L = 17,0 \text{ m}$

Pro celou délku protlaku

$h = 4,15 \text{ m}$ stálé zatížení + nahodilé na terénu

délka $L = 17,0 \text{ m}$

svislý tlak po osu chráničky:

$$P_1 = 19*(4,15+0,41)*1,35 + 800*1,5/(9,05*8,55) = 132,4 \text{ kN/m}^2$$

boční tlak zeminy:

$$P_2 = (19*(4,15+0,41)*1,35 + 800*1,5/(9,05*8,55))*\text{tg}^2(45-30/2) = 44,1 \text{ kN/m}^2$$

Tření ocel-zemina: $f_1 = 0,65$

Tíha potrubí (chráničky): $G = 2,0 \text{ kN/m}$

Celková síla od tření vnějšího povrchu chráničky o zeminu:

$$W_1 = 0,65*(2*0,82*(132,4+44,1)+2,0)*17,0 = 3220,0 \text{ kN}$$

Celková síla od odporu zeminy při vnikání břitu - odhadem:

$$W_2 = 70,0 \text{ kN}$$

Napětí od vodorovného zatížení:

$$F_x = \pi*0,82*0,01 = 2,57*10^{-2} \text{ m}^2$$

$$\sigma_{\leftrightarrow} = (W_1 + W_2)/F_x = (3220*10^{-3} + 70*10^{-3})/2,57*10^{-2} = 128,0 \text{ MPa}$$

Celkové napětí

Od svislého i vodorovného zatížení (od extrémního zatížení, návrhová hodnota)

$$\sigma = 61,83 + 128,0 = 189,83 \text{ MPa} < R_d = 210 \text{ MPa} \quad \text{vyhoví na únosnost}$$

Závěr:

Ocelová chránička ϕ 820x10 mm, délky 17,2 m (pro nejvíce zatížený protlak pod komunikací III/486 na stoce A), vyhoví.

Ostatní chráničky – méně zatížené – rovněž vyhoví.

3/ Pažení startovacích a koncových jam protlaků

Jámy pažené svislými ocelovými pažnicemi UNION, rozepřenými vodorovnými rámy z ocelových válcovaných profilů.

Pro výpočet zatížení působícího na pažení je uvažováno:

Zeminy, parametry zemin

Jíly, jílovité zeminy F6

Objemová hmotnost zemin	$\gamma = 20,0 \text{ kN/m}^3$
Součinitel tlaku v klidu	$K_r = 0,667$

Přetížení dopravou na povrchu terénu

Plné rovnoměrné zatížení – je uvažováno shodně u startovacích a koncových jam protlaků (možnost pojezdu stavební techniky v blízkosti stavební jámy).

Zatížení na povrchu terénu $q_k = 21,0 \text{ kN/m}^2$

Posouzení prvků rámu

Posouzení jednotlivých prvků rámu bylo provedeno programem FIN EC – Ocel. Dále jsou uvedeny pouze údaje o využití navržených průřezů.

1/ startovací jáma 3,5 x 5,0 m (vnitřní = světlé rozměry)

Maximální hloubka $H = 4,9 \text{ m}$

	Hloubka (od terénu)	Zatěžovací výška
Rám č.1	0,0 m	0,5 m
Rám č.2	1,0 m	1,0 m
Rám č.3	2,0 m	1,0 m
Rám č.4	3,0 m	0,95 m

Rám č.5	3,9 m	0,9 m
Rám č.6	4,8 m	0,55 m
Dno jámy	4,9 m	

<u>Vnitřní síly</u>	Moment	Normálová síla	
Rám č.2	$M_{yEd} = 47,8 \text{ kNm}$	podélné prvky	$N_{xEd} = -136,6 \text{ kN}$
		příčné prvky	$N_{xEd} = -191,5 \text{ kN}$
Rám č.3	$M_{yEd} = 69,9 \text{ kNm}$	podélné prvky	$N_{xEd} = -199,6 \text{ kN}$
		příčné prvky	$N_{xEd} = -285,1 \text{ kN}$
Rám č.4	$M_{yEd} = 87,4 \text{ kNm}$	podélné prvky	$N_{xEd} = -249,5 \text{ kN}$
		příčné prvky	$N_{xEd} = -356,4 \text{ kN}$
Rám č.5	$M_{yEd} = 100,6 \text{ kNm}$	podélné prvky	$N_{xEd} = -287,4 \text{ kN}$
		příčné prvky	$N_{xEd} = -410,6 \text{ kN}$
Rám č.6	$M_{yEd} = 118,5 \text{ kNm}$	podélné prvky	$N_{xEd} = -338,5 \text{ kN}$
		příčné prvky	$N_{xEd} = -483,5 \text{ kN}$

Návrh profilů rámů

Rám č.2	podélné prvky	I č. 240	využití = 81,6 %
	příčné prvky	I č. 240	využití = 80,3 %
Rám č.3	podélné prvky	I č. 260	využití = 94,8 %
	příčné prvky	I č. 260	využití = 94,2 %
Rám č.4	podélné prvky	I č. 280	využití = 95,6 %
	příčné prvky	I č. 280	využití = 96,6 %
Rám č.5	podélné prvky	I č. 300	využití = 89,9 %
	příčné prvky	I č. 300	využití = 93,0 %
Rám č.6	podélné prvky	I č. 320	využití = 87,2 %
	příčné prvky	I č. 320	využití = 92,3 %

2/ koncová jáma 2,0 x 2,0 m (vnitřní = světlé rozměry)Maximální hloubka $H = 5,25 \text{ m}$

	Hloubka (od terénu)	Zatěžovací výška
Rám č.1	0,0 m	0,5 m
Rám č.2	1,0 m	1,0 m
Rám č.3	2,0 m	1,0 m
Rám č.4	3,0 m	0,95 m
Rám č.5	3,9 m	0,9 m
Rám č.6	4,8 m	0,9 m
Dno jámy	5,25 m	

<u>Vnitřní síly</u>	Moment	Normálová síla	
Rám č.2	$M_{yEd} = 5,78 \text{ kNm}$	podélné prvky	$N_{xEd} = -78,04 \text{ kN}$
		příčné prvky	$N_{xEd} = -97,55 \text{ kN}$
Rám č.3	$M_{yEd} = 8,45 \text{ kNm}$	podélné prvky	$N_{xEd} = -114,06 \text{ kN}$
		příčné prvky	$N_{xEd} = -142,57 \text{ kN}$

Rám č.4	$M_{yEd} = 11,8 \text{ kNm}$	podélné prvky	$N_{xEd} = -140,86 \text{ kN}$
		příčné prvky	$N_{xEd} = -176,08 \text{ kN}$
Rám č.5	$M_{yEd} = 13,7 \text{ kNm}$	podélné prvky	$N_{xEd} = -162,62 \text{ kN}$
		příčné prvky	$N_{xEd} = -203,28 \text{ kN}$
Rám č.6	$M_{yEd} = 16,1 \text{ kNm}$	podélné prvky	$N_{xEd} = -191,8 \text{ kN}$
		příčné prvky	$N_{xEd} = -239,74 \text{ kN}$

Návrh profilů rámů – shodné pro podélné i příčné prvky

Rám č.2	I č. 120	využití = 84,0 %
Rám č.3	I č. 140	využití = 87,2 %
Rám č.4	I č. 160	využití = 78,0 %
Rám č.5	I č. 160	využití = 89,7 %
Rám č.6	I č. 180	využití = 79,9 %

Vypracoval: Ing. David Kotecký,
autorizovaný inženýr v oborech Statika a dynamika staveb a Pozemní stavby,
členské číslo ČKAIT 1102306

.....

V Ostravě, říjen 2018