
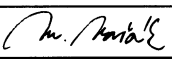




OZNAČENÍ	POPIS ZMĚNY			DATUM	PODPIS
HIP	ZODP. PROJEKTANT	VYPRACOVAL	KONTROLOVAL	IM-PROJEKT, Inženýrské a mostní konstrukce, s.r.o.  Vodní 1, 602 00 BRNO tel: 533 446 080-2 fax: 533 446 089 im-projekt@im-projekt.cz www.im-projekt.cz	
	ING. MARTIN VAŠÁK	ZDENĚK MÁČA	ING. MARTIN VAŠÁK		
					
INVESTOR: Správa a údržba silnic Jihomoravského kraje, příspěvk. org., Žerotínovo náměstí 3/5, 601 82 Brno					
KRAJ: JIHOMORAVSKÝ	ORP: MORAVSKÝ KRUMLOV	KATASTR: TRSTĚNICE		PROJEKT	
STAVBA: III / 3981 TRSTĚNICE ČÁST: E - STAVEBNÍ ČÁST				FORMÁT	A4
				DATUM	LISTOPAD 2009
				STUPEŇ	PDPS
				ČÍSLO ZAK.	2008172
				MĚŘÍTKO	
PŘÍLOHA: STATICKÝ VÝPOČET				ČÍSLO PŘÍLOHY: C.2.05	ČÍSLO PARÉ:

1. ŽIVOTNOST KONSTRUKCE

Celková tloušťka plechu 3,50 mm

Protikorozní ochrana konstrukce - styk s atmosférou

galvanický povlak ze zinku	42 μm
polymerová fólie	250 μm
epoxid-polymerový nátěr	0 μm
stříkaná izolace	0 μm

Protikorozní ochrana konstrukce - styk se zásypem

galvanický povlak ze zinku	42 μm
polymerová fólie	250 μm
epoxid-polymerový nátěr	0 μm
stříkaná izolace	0 μm

Stupeň korozní agresivity prostředí

korozní prostředí:	atmosféra	C3 střední stupeň
	zásypová zemina	PH =7,5

Korozní rychlosti

ocel:	od atmosféry	50,0 μm/rok
	od zásypu	15,0 μm/rok
zinek:	od atmosféry	2,0 μm/rok
	od zásypu - první dva roky	6,0 μm/rok
	od zásypu - další roky	3,0 μm/rok
polymerová fólie:	od atmosféry	2,5 μm/rok
	od zásypu	0,5 μm/rok
epoxid-polymer nátěr:	od atmosféry	3,0 μm/rok
	od zásypu	3,0 μm/rok
stříkaná izolace:	od atmosféry	0,0 μm/rok
	od zásypu	25,0 μm/rok

Výpočet životnosti

výpočet ochranného povlaku z lícové strany - od atmosféry

životnost stříkané izolace:	$Z_{Si,e} = 0 / 0,00 = 0,0$	roků
životnost epoxid-polymer nátěru:	$Z_{EPN,e} = 0 / 3,00 = 0,0$	roků
životnost polymerové fólie:	$Z_{PF,e} = 250 / 2,50 = 100,0$	roků
životnost zinkové vrstvy:	$Z_{ZN,e} = 42 / 2,00 = 21,0$	roků

$$\begin{aligned}
 \text{životnost ochranného povlaku: } Z_e &= Z_{Si,e} + Z_{EPN,e} + Z_{PF,e} + Z_{ZN,e} = \\
 Z_e &= 0,0 + 0,0 + 100,0 + 21,0 = \mathbf{121,0 \text{ roků}}
 \end{aligned}$$

výpočet ochranného povlaku z rubové strany - od zásypu

životnost stříkané izolace: $Z_{SI,i} = 0 / 25 = 0,0$ rokůživotnost epoxid-polymer nátěru: $Z_{EPN,i} = 0 / 3 = 0,0$ rokůživotnost polymerové fólie: $Z_{PF,i} = 250 / 0,5 = 500,0$ rokůživotnost zinkové vrstvy: $Z_{ZN,i} = 2,00 + (42 - 2,00 * 6,00) / 3,00 = 12,0$ rokůživotnost ochranného povlaku: $Z_i = Z_{SI,i} + Z_{EPN,i} + Z_{PF,i} + Z_{ZN,i}$

$$Z_i = 0,0 + 0,0 + 500,0 + 12,0 = 512 \text{ roků}$$

požadovaná životnost konstrukce: 100 let

ocel začne korodovat za 121,0 roků

koroze oceli od atmosféry $100 - 121,0 = 0,0$ roků $0,0 * 50 = 0 \text{ } \mu\text{m}$ koroze oceli od zásypu $100 - 512,0 = 0,0$ roků $0,0 * 15 = 0 \text{ } \mu\text{m}$ **Celková zbývající tloušťka oceli po 100 letech = 3500 - 0 - 0 = 3500 μm = 3,50 mm**

2. FLEXIBILNÍ OCELOVÁ TROUBA Z VLNITÉHO PLECHU

A Vstupní údaje

plech se zvlněním	125 x 26 mm
tloušťka plechu	$t = 3,50$ mm
tloušťka plechu na konci životnosti kce	$t_{100} = 3,50$ mm
účinné rozpětí	$D_n = 3,330$ m
účinná výška	$D_v = 2,615$ m
světlé rozpětí konstrukce	$L_s = L_d = 3,271$ m
poloměr křivosti stěny k neutrálné ose	$R = 0,840$ m
poloměr ve vrcholu konstrukce	$r_1 = 1,710$ m

modul pružnosti oceli konstrukce	$E_a = 2,1E+05$ MPa
----------------------------------	---------------------

	hodnoty pro	$t = 3,50$ mm	$T_{125} = 3,50$ mm
plocha ocelového profilu	$A_a =$	$0,00388$ m ² /m	$A_{a,100} = 0,00388$ m ² /m
moment setrvačnosti stěny ocel. profilu	$I_a =$	$3,4E-07$ m ⁴ /m	$I_{a,100} = 3,4E-07$ m ⁴ /m
poloměr setrvačnosti	$i_a =$	$0,0093$ m	$i_{a,100} = 0,0093$ m
mez kluzu stěny ocel. profilu	$f_y =$	235 MPa	

sečnový modul přetvárnosti zásypu	$E_s = 12,00$ MPa
výška nadnásypu	$h_z = 0,412$ m
výška nivelety vozovky nad vrcholem kce	$h_p = 0,625$ m
objemová tíha zásypu	$\gamma_z = 19,0$ kNm ⁻³
úhel vnitřního tření	$\alpha_z = 30^\circ$
součinitel zatížení pro zásyp	$\gamma_1 = 1,2$
součinitel zatížení pro normální zatížení	$\gamma_2 = 1,2$
součinitel zatížení pro výhradní zatížení	$\gamma_3 = 1,5$

B Zatížení

B.1 Zatížení stálé a nahodilé dlouhodobé

Vlastní hmotnost

lze **zanedbat**

Zatížení od vrstev vozovky

$b = 3,33$ m roznášecí šířka

Popis zatížení					normové		souč.zatíž		výpočtové
Vozovka	22,0	kNm ⁻³	170	mm	3,74	kNm ⁻²	1,50	5,61	kNm ⁻²
Štěrka	20,0	kNm ⁻³	0	mm	0,0	kNm ⁻²	1,20	0,00	kNm ⁻²
Makadam	20,0	kNm ⁻³	200	mm	4,00	kNm ⁻²	1,20	4,80	kNm ⁻²
CELKEM				g_s	7,7	kNm ⁻²		10,4	kNm ⁻²

Zatížení nadnásypem

$$g_z = h_z \cdot \gamma_z \cdot \gamma_1 = 0,693 \cdot 19,0 \cdot 1,2 = 15,8 \text{ kNm}^{-2}$$

Výpočtová hodnota celkového zatížení stálého a nahodilého dlouhodobého

$$W_{gq,d} = (g_s + g_z) \cdot L_s = (10,4 + 15,8) \cdot 3,271 = 85,70 \text{ kNm}^{-1}$$

B.2 Zatížení nahodilé krátkodobéZatížení dopravou

Zatížení na kolo od normálního zatížení 120 kN

Zatížení na kolo od výhradního zatížení 100 kN

$$\text{Výpočet roznášecí plochy} \quad a = 0,2 + 2 \cdot 0,625 \cdot \tan 30 = 0,922 \text{ m}$$

$$b = 0,6 + 2 \cdot 0,625 \cdot \tan 30 = 1,322 \text{ m}$$

$$A_{roz} = 1,22 \text{ m}^2$$

náhradní plošné zatížení $p_{k,n,n} = 98,5 \text{ kNm}^{-2}$ - normální zatížení

náhradní plošné zatížení $p_{k,n,r} = 82,1 \text{ kNm}^{-2}$ - výhradní zatížení

$$\text{dynamický součinitel} \quad \delta = \frac{1}{0,95 - (1,4 L)^{-0,6}} = 1,81 > 1,5$$

$$\delta = 1,50$$

Výpočtová hodnota celkového zatížení nahodilého krátkodobého

- normální zatížení (zadní kolo)

$$W_{k,d,n} = p_{k,n} \cdot \gamma_2 = 98,51 \cdot 1,2 = 118,21 \text{ kNm}^{-2}$$

- výhradní zatížení

$$W_{k,d,r} = p_{k,n} \cdot \gamma_2 = 82,09 \cdot 1,5 = 123,13 \text{ kNm}^{-2}$$

- maximální zatížení pro návrh kce

$$W_{k,d} = 123,13 \text{ kNm}^{-2}$$

C Posouzení**C.1 Normálová síla v oceli od zatížení stálého a nahodilého dlouhodobého**

$$\text{koeficient relativní tuhosti konstrukce vzhledem k zásypu} \quad C_s = \frac{E_s \cdot D_v}{E_a \cdot A_a} = 0,039$$

$$\frac{h_p}{D_h} = 0,24 \quad \frac{D_h}{D_v} = 1,3$$

součinitel klenbového působení $A_f = 1,2$ dle ČD MVL 991 obr. 2

$$\text{normálová výpočtová síla} \quad N_{gq,d} = (1,0 - 0,1 \cdot C_s) \cdot A_f \cdot W_{gq,d} = 102,45 \text{ kNm}^{-1}$$

C.2 Normálová síla v oceli od zatížení nahodilého krátkodobého**- normální zatížení (zadní kolo)**

$$\text{normálová výpočtová síla } N_{k,d,n} = D_h \cdot W_{k,d} = \mathbf{393,64 \text{ kNm}^{-1}}$$

- výhradní zatížení

$$\text{normálová výpočtová síla } N_{k,d,r} = D_h \cdot W_{k,d} = \mathbf{410,04 \text{ kNm}^{-1}}$$

- maximální zatížení pro návrh kce

$$\text{normálová výpočtová síla } N_{k,d} = D_h \cdot W_{k,d} = \mathbf{410,04 \text{ kNm}^{-1}}$$

C.3 Výpočtové napětí v oceli od součtu všech zatížení

$$N_{sd} = 0,5 \cdot (N_{gk,d} + \delta \cdot N_{k,d}) = 0,5 \cdot (102,45 + 1,50 \cdot 410,04) = \mathbf{358,75 \text{ kN}}$$

$$\text{normálové napětí ve stěně ocelového průřezu } \sigma_{a,sd} = \frac{N_{sd}}{A_a} = 92461,79 \text{ kPa} = \mathbf{92,46 \text{ MPa}}$$

C.4 Posouzení únosnosti tlačené stěny ocelového profilu v mezním stavu

$$\text{modifikovaný modul přetvárnosti zásypu } E_m = E_s \left[1 - \left(\frac{r_1}{r_1 + h_p} \right)^2 \right] = \mathbf{5,56 \text{ MPa}}$$

$$\text{štíhlostní součinitel } \lambda = 1,22 \cdot \left[1,0 + 1,6 \cdot \left(\frac{E_a \cdot I_a}{E_m \cdot r_1^3} \right)^{\frac{1}{4}} \right] = \mathbf{1,66} \quad \text{platí pro horní dílce všech konstrukcí, kromě tlamových profilů s poměrem } D_v/D_h \text{ do } 0,4$$

součinitel zohledňující relativní tuhost stěny ocelového profilu vzhledem k okolní zemině

$$K = \lambda \left(\frac{E_a \cdot I_a}{E_m \cdot R^3} \right)^{1/4} = \mathbf{0,635}$$

redukční součinitel zohledňující boulení stěny ocelového profilu

$$\rho = \left(\frac{h_p}{r_1} \right)^{1/2} = 0,60 \leq 1,0 \quad \rho = \mathbf{0,60}$$

ekvivalentní poloměr křivosti

$$R_e = \frac{i_a}{K} \left(\frac{6E_a \rho}{f_y} \right)^{1/2} = \mathbf{0,836 \text{ m}}$$

redukční součinitel upravující únosnost stěny ocelového profilu pro paralelně vedle sebe uložené kce

$$\text{pro samostatné kce } F_m = \mathbf{1,0}$$

dílčí součinitel spolehlivosti materiálu pro tlakovou únosnost stěny s ohledem na boulení $\Phi = \mathbf{0,80}$

$$R \leq R_e \quad f_{b,d} = \phi F_m \left(f_y - \frac{(f_y K R)^2}{12 E_a i_a^2 \rho} \right)$$

$$R > R_e \quad f_{b,d} = \frac{3 \phi \rho F_m E_a}{\left(\frac{K R}{i_a} \right)^2}$$

$$R = \mathbf{0,840 \text{ m}} \quad R_e = \mathbf{0,836 \text{ m}}$$

únosnost stěny ocelového profilu s ohledem na stabilitu $f_{b,d} = 93,07 \text{ MPa}$

V mezním stavu nesmí výpočtová hodnota normálového napětí v oceli přesáhnout výpočtovou tlakovou únosnost stěny ocelového profilu.

$$\sigma_{a,sd} \leq f_{b,d} \quad \sigma_{a,sd} = 92,46 \text{ MPa} \leq f_{b,d} = 93,07 \text{ MPa} \\ \text{vyhovuje}$$

D Zatížitelnost konstrukce

únosnost stěny ocelového profilu

$$f_{b,d} = 93,07 \text{ MPa}$$

napětí od zat. stálého a nahodilého dlouhodobého

$$\sigma_{gq,d} = \frac{N_{gq,d}}{A_a} = 26\,404 \text{ kPa} = 26,40 \text{ MPa}$$

napětí od zatížení zadním kolem normálního zatížení

$$\sigma_{k,d,n} = \frac{N_{k,d,n} \delta}{A_a} = 152,18 \text{ MPa}$$

napětí od zatížení zadním kolem normálního zatížení

$$\sigma_{k,d,r} = \frac{N_{k,d,r} \delta}{A_a} = 158,52 \text{ MPa}$$

D.1 Normální zatížitelnost

$$Z_n = \frac{f_{b,d} - \sigma_{gq,d}}{\sigma_{k,d,n}} = 14,0 \text{ t}$$

D.2 Výhradní zatížitelnost

$$Z_r = \frac{f_{b,d} - \sigma_{gq,d}}{\sigma_{k,d,n}} = 33,6 \text{ t}$$

E Posouzení konstrukce na konci životnosti konstrukce

E.1 Normálová síla v oceli od zatížení stálého a nahodilého dlouhodobého

koeficient relativní tuhosti konstrukce vzhledem k zásypu $C_s = \frac{E_s \cdot D_v}{E_a \cdot A_{a,100}} = 0,039$

součinitel klenbového působení $A_f = 1,2$ dle ČD MVL 991 obr. 2

normálová výpočtová síla $N_{gq,d} = (1,0 - 0,1 \cdot C_s) \cdot A_f \cdot W_{gq,d} = 102,45 \text{ kNm}^{-1}$

E.2 Normálová síla v oceli od zatížení nahodilého krátkodobého

- normální zatížení (zadní kolo)

normálová výpočtová síla $N_{k,d,n} = 393,64 \text{ kNm}^{-1}$

- výhradní zatížení

normálová výpočtová síla $N_{k,d,r} = 410,04 \text{ kNm}^{-1}$

- maximální zatížení pro posouzení kce

normálová výpočtová síla $N_{k,d} = 410,04 \text{ kNm}^{-1}$

E.3 Výpočtové napětí v oceli od součtu všech zatížení

$$N_{sd} = 0,5 \cdot (N_{gq,d} + \delta \cdot N_{k,d}) = 0,5 \cdot (102,45 + 1,50 \cdot 410,04) = 358,75 \text{ kN}$$

normálové napětí ve stěně ocelového průřezu $\sigma_{a,sd} = \frac{N_{sd}}{A_{a,100}} = 92\,462 \text{ kPa} = 92,46 \text{ MPa}$

E.4 Posouzení únosnosti tlačené stěny ocelového profilu v mezním stavu

modifikovaný modul přetvárnosti zásypu $E_m = E_s \left[1 - \left(\frac{r_1}{r_1 + h_p} \right)^2 \right] = 5,56 \text{ MPa}$

štíhlostní součinitel $\lambda = 1,22 \cdot [1,0 + 1,6 \cdot \left(\frac{E_a \cdot I_a}{E_m \cdot r_1^3} \right)^{\frac{1}{4}}] = 1,66$ platí pro horní dílce všech konstrukcí, kromě tlamových profilů s poměrem D_v/D_h do 0,4

součinitel zohledňující relativní tuhost stěny ocelového profilu vzhledem k okolní zemině

$$K = \lambda \left(\frac{E_a \cdot I_a}{E_m \cdot R^3} \right)^{1/4} = 0,635$$

redukční součinitel zohledňující boulení stěny ocelového profilu

$$\rho = \left(\frac{h_p}{r_1} \right)^{1/2} = 0,60 \leq 1,0 \quad \rho = 0,60$$

ekvivalentní poloměr křivosti

$$R_e = \frac{i_a}{K} \left(\frac{6E_a \rho}{f_y} \right)^{1/2} = 0,836 \text{ m}$$

redukční součinitel upravující únosnost stěny ocelového profilu pro paralelně vedle sebe uložené kce

pro samostatné kce $F_m = 1,0$

dílčí součinitel spolehlivosti materiálu pro tlakovou únosnost stěny s ohledem na boulení $\phi = 0,8$

$$R \leq R_e \quad f_{b,d} = \phi_t F_m \left(f_y - \frac{(f_y K R)^2}{12 E_a i_a^2 \rho} \right)$$

$$R > R_e \quad f_{b,d} = \frac{3 \phi_t \rho F_m E_a}{\left(\frac{K R}{i_a} \right)^2}$$

$$R = 0,840 \text{ m} \quad R_e = 0,836 \text{ m}$$

únosnost stěny ocelového profilu s ohledem na stabilitu $f_{b,d} = 93,07 \text{ MPa}$

V mezním stavu nesmí výpočtová hodnota normálového napětí v oceli přesáhnout výpočtovou tlakovou únosnost stěny ocelového profilu.

$$\sigma_{a,sd} \leq f_{b,d} \quad \sigma_{a,sd} = 92,46 \text{ MPa} \leq f_{b,d} = 93,07 \text{ MPa}$$

vyhovuje

F Zatížitelnost na konci životnosti konstrukce

únosnost stěny ocelového profilu

$$f_{b,d} = 93,07 \text{ MPa}$$

napětí od zat.stálého a nahodilého dlouhodobého

$$\sigma_{gq,d} = \frac{N_{gq,d}}{A_{a,100}} = 26\,404 \text{ kPa} = 26,40 \text{ MPa}$$

napětí od zatížení zadním kolem normálního zatížení

$$\sigma_{k,d,n} = \frac{N_{k,d,n} \delta}{A_{a,100}} = 152,18 \text{ MPa}$$

napětí od zatížení zadním kolem normálního zatížení

$$\sigma_{k,d,r} = \frac{N_{k,d,r} \delta}{A_{a,100}} = 158,52 \text{ MPa}$$

D.1 Normální zatížitelnost

$$Z_{n,100} = \frac{f_{b,d} - \sigma_{gq,d}}{\sigma_{k,d,n}} = 14,0 \text{ t}$$

D.2 Výhradní zatížitelnost

$$Z_{r,100} = \frac{f_{b,d} - \sigma_{gq,d}}{\sigma_{k,d,n}} = 33,6 \text{ t}$$