

VEDOUcí PROJEKTU	ING. JAROSLAV LACINA		 AMBERG ENGINEERING Ptašínského 10, 602 00 Brno Telefon: 541 432 611 E-mail: amberg@amberg.cz	
ZODPOVĚDNÝ PROJEKTANT	ING. VLASTIMIL HORÁK			
VYPRACOVAL	ING. FRANTIŠEK SUPERATA			
KONTROLOVAL	ING. VLASTIMIL HORÁK			
KRAJ: JIHOMORAVSKÝ		MÚ: BRNO – STŘED	DATUM	11/2021
INVESTOR (ZADAVATEL): TECHNICKÉ SÍŤ BRNO, a.s., BARVÍŘSKÁ 5, 602 00 BRNO			ZMĚNA	
NÁZEV	REKONSTRUKCE TECHNICKÉ GALERIE TG 11 - OCELOVÉ KONSTRUKCE SO 02 KABELOVÉ REGISTRY		FORMÁT	A4
NÁZEV OBJEKTU			MĚŘÍTKO	
			STUPEŇ	PDPS
			ČÍS. ZAKÁZKY	B301 – 4/1
NÁZEV PŘÍLOHY	STATICKÝ VÝPOČET		ARCHIVNÍ ČÍS.	314
			ČÍS. SOUPRAVY	ČÍS. PŘÍLOHY D.2.2

Objednatel:

Technické sítě Brno, a.s.

Barvířská 5

602 00 Brno

**REKONSTRUKCE TECHNICKÉ GALERIE TG11 – OCELOVÉ
KONSTRUKCE**

SO 02 KABLOVÉ REGISTRY

D.2.2 Statický výpočet

Projektová dokumentace pro provádění stavby

OBSAH:

1	ÚVOD	2
2	POUŽITÉ PODKLADY	2
2.1	Předchozí stupně projektové dokumentace a související projekty	2
2.2	Použité předpisy a normy.....	2
2.3	Použité programy.....	2
3	MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY	3
3.1	Kompozitní prvky	3
3.2	Ocelové prvky registrů (spojovací a kotevní prvky).....	4
4	VÝPOČETNÍ MODEL	4
4.1	Popis konstrukce.....	4
4.2	Průřez	5
4.2.1	Čtvercové trubky	5
4.2.2	U profily	5
4.3	Zatížení	5
4.3.1	Zatížení vlastní tíhou	5
4.3.2	Zatížení stálé	5
4.3.3	Kombinace zatížení dle ČSN EN 1990 Eurokód	6
4.3.4	Výpočet zatížení	6
5	VÝSLEDKY VÝPOČTU	7
5.1	Vnitřní síly	7
5.2	Dimenzační hodnoty	10
5.2.1	Konzoly registrů.....	10
5.2.2	Stojka registru (výstup Scia).....	10
5.2.3	Kotvení	10
6	POSOUZENÍ.....	11
6.1	Posouzení konzol registrů.....	11
6.1.1	Posouzení na ohyb:.....	11
6.1.2	Výpočet průhybu:	12
6.2	Posouzení stojky registru	12
6.2.1	Posouzení na ohyb.....	12
6.2.2	Posouzení na tlak se vzpěrem	13
6.3	Posouzení kotvení ocelového sloupku	15
7	ZÁVĚR.....	20

1 ÚVOD

Předmětem tohoto stavebního objektu jsou ocelové a kompozitní konstrukce kabelových registrů v technické galerii TG11. Stavba se nachází uvnitř primárního kolektoru města Brna – TG11 je umístěna pod šachtou Š12, která se nachází na volném prostranství před FN U svaté Anny mezi ulicemi Vodní, Leitnerova a Hybešova.

Stávající kabelové registry jsou pokryty zrezlou vrstvou a některé jsou již v nevyhovujícím stavu. Dále jsou tyto registry uchyceny do ocelové konstrukce patra TG 11, které bude v rámci stavby odstraněno a nahrazena novou konstrukcí, do které již stávající kabelové registry nemohou být ukotveny.

Tato dokumentace pro provedení stavby je dokumentací zjednodušenou.

2 POUŽITÉ PODKLADY

2.1 Předchozí stupně projektové dokumentace a související projekty

1. Pasport stavební části primárního kolektoru, AMBERG Engineering Brno, a.s. 12/2009
2. Pasport ocelových konstrukcí primárního kolektoru, AMBERG Engineering Brno, a.s. 11/2009
3. Použité podklady, poskytnuté TSB

2.2 Použité předpisy a normy

1. ČSN EN 1990 (73 002) Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
2. ČSN EN 1990 (73 002) Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí ZMĚNA A1
3. ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
4. ČSN EN 1992-1-1 (731201) Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
5. ČSN EN 1993-1-1 (731401) Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
6. ČSN EN 1993-1-8 (731401) Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčníků
7. ETAG 001. Vydání 1997. Řídicí pokyn pro evropská technická schválení. Kovové kotvy do betonu – Příloha C: Metody návrhu kotvení

2.3 Použité programy

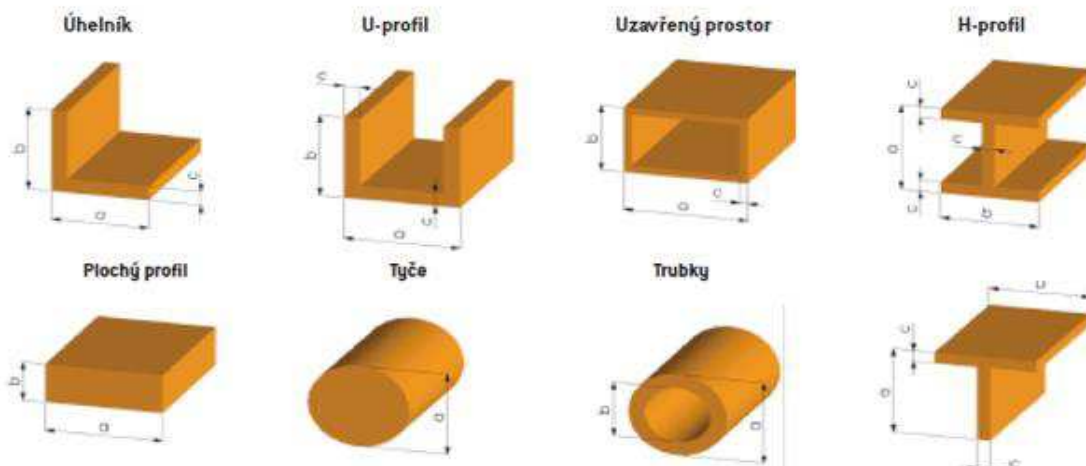
1. SCIA Engineer – výpočtový a dimenzační software pro řešení všech druhů konstrukcí
2. IDEA StatiCa – inženýrský software pro návrh a posouzení styčníků, průřezů, nosníků a dalších detailů dle norem

3 MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

3.1 Kompozitní prvky

KOMPOZITNÍ KONSTRUKČNÍ PRVKY - PROFILY

BUILDING SUCCESS



	SKLOLAMINÁTOVÝ PROFIL TYP VÝPLET/ROVING VYZTUŽENÍ		SKLOLAMINÁTOVÝ PROFIL TYP ROVING VYZTUŽENÍ
	podélně	příčně	podélně
Pevnost v tahu	250 MPa	60 MPa	1000 MPa
Mez pevností ohybu	250 MPa	100 MPa	1000 MPa
Modul pružnosti v tahu	23000 MPa	8000 MPa	40000 MPa
Modul pružnosti při ohnutí	25000 MPa	9000 MPa	45000 MPa
Mez ní protažení	1,0 - 1,8 %	2 %	
Mez pevnosti v tlaku	450 MPa	90 MPa 4	50 MPa
Modul tlaku	10000 MPa	4000 MPa	30000 MPa
Hustota	1,8 Kg/dm ²	2,0 kg/dm ²	
Houževnatost při namáhání rázem IZOD	1600 J/m	2000 J/m	

MEZILAMINÁRNÍ SMYKOVÁ PEVNOST 70 MPa	
Mezilaminární smyková pevnost	70 MPa
Vnitřní izolační odpor	$10^{-10} - 10^{-15} \Omega \text{m/cm}$
Povrchový odpor	$10^{-10} - 10^{-15} \Omega \text{m}$
Průrazný gradient	5 kV/mm
Odolnost proti plazivým proudům	KA 3c / KB 500 / KC 600
Dielektrická konstanta	< 5
Lineární součinitel teplotní roztažnosti	$12 \cdot 10^{-6} 1/\text{K}$
Teplená vodivost	0,2 - 0,4 W / m ² K
specifická tepelná kapacita	1,0 - 1,2 kJ/kg ² K
Teplota pro trvalou odolnost	-100 bis +155 [180] °C
Absorpce vody	0,15%
Neměnnost tvaru podle Martense	200°C
Odolnost proti žáru	Stupeň 2b
Chování při hoření	B2 / UL94 V1, UL94 V0, DIN 5510 S4, SR ⁺ , ST2

HRANICE POUŽITELNOSTI PŘI KRÁTKO- A DLOUHODOBÉM CHOVÁNÍ				
Typ Výplet/Roving	Krátkodobé chování		Dlouhodobé chování	
	podélně	příčně	podélně	příčně
Napětí v ohybu	135 MPa	50 MPa	70 MPa	50 MPa
Napětí v tahu	135 MPa	25 MPa	70 MPa	25 MPa
Napětí v tlaku	135 MPa	50 MPa	70 MPa	50 MPa
napětí ve smyku podélně-příčně	17 MPa		8 MPa	

3.2 Ocelové prvky registrů (spojovací a kotevní prvky)

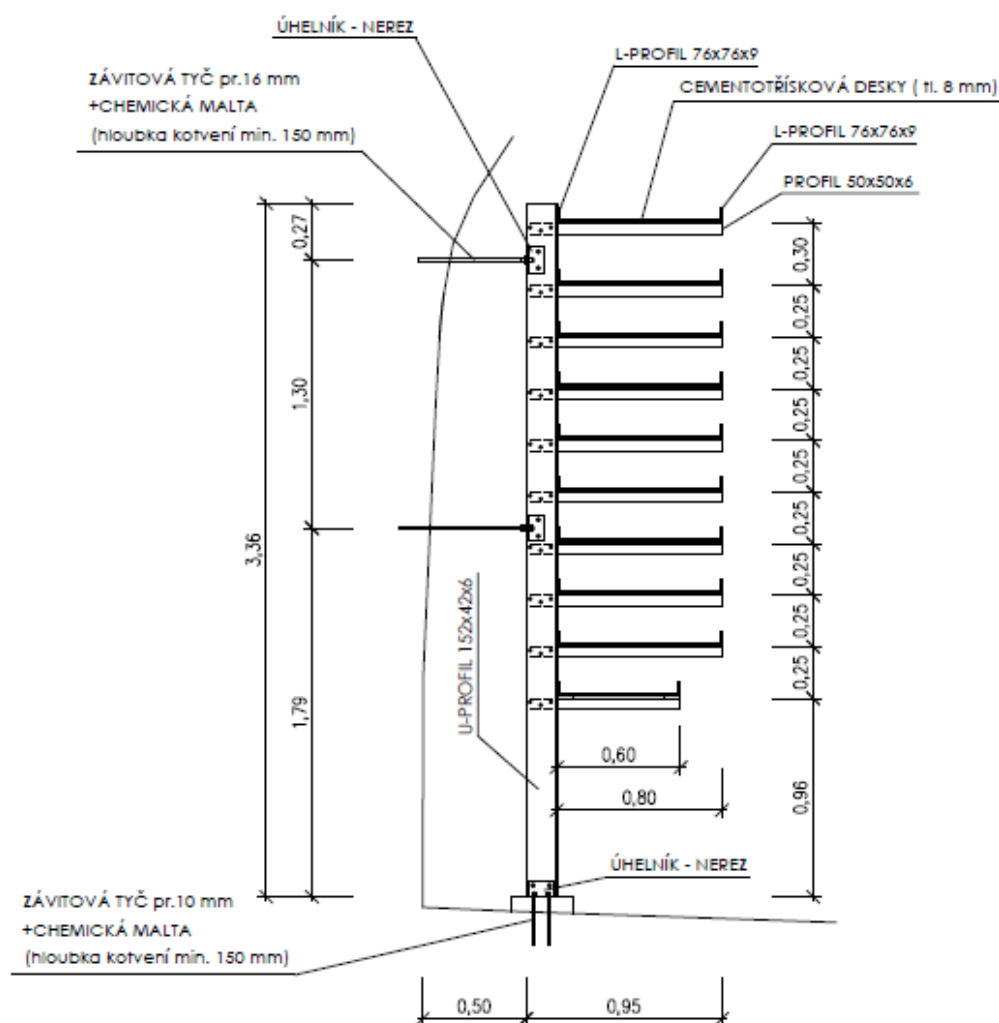
Ocel S 355: mez kluzu	$f_y = 355 \text{ MPa}$
mez pevnosti	$f_u = 490 \text{ MPa}$
modul pružnosti	$E = 210 \text{ GPa}$
jednotková hmotnost:	7850 kg/m^3

4 VÝPOČETNÍ MODEL

4.1 Popis konstrukce

Nové registry budou tvořeny kompozitními sloupky z dvojice profilů U 152x42x6 v osových vzdálenostech 1,45 – 1,55 m. Výška jednotlivých registrů je variabilní v rozmezí 3,15 – 3,35 m v závislosti na umístění v TG. Registry budou mít 9 výložníků o délce 0,80 m a spodní výložník o délce 0,60 m z kompozitních profilů 50x50x6.

Rozmístění výložníku viz obrázek 1.

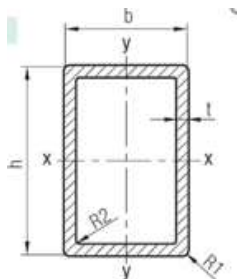


Obrázek 1 Schéma kabelového registru

Pro výpočet byl použit prostorový prutový model, podepření sloupu je uvažováno jako vetknutí.

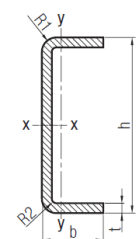
4.2 Průřez

4.2.1 Čtvercové trubky



				Kvadratický moment		Průřezový modul		Plocha			
PROFIL		<i>h</i>	<i>b</i>	<i>t</i>	J_x	J_y	W_{ox}	W_{oy}	stojiny	průřezu	stojin
					[mm ⁴]	[mm ⁴]	[mm ³]	[mm ³]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]
O-profil											
50x50x6,4		50	50	6,4	361249	361249	14450	14450	476,16	1280	476,16
75x75x6		75	75	6	1323972	1323972	35305,9	35305,9	756	1800	756

4.2.2 U profily



					Kvadratický moment		Průřezový modul		Plocha		
PROFIL		<i>h</i>	<i>b</i>	<i>t</i>	J_x	J_y	W_{ox}	W_{oy}	stojiny	průřezu	stojin
					[mm ⁴]	[mm ⁴]	[mm ³]	[mm ³]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]
U-profil											
120 x 60 x 6		120	60	6	2971296	464201	49521,6	11118,6	648	1368	720
152 x 42 x 6,4		152	42	6,4	4289550,75	82068,1	56441,5	3908	890,88	1428,48	537,6
203 x 56 x 9,5		203	56	9,5	14899331,3	291205	146791	10400,2	1748	2812	1064

4.3 Zatížení

Zatížení je určeno dle zásad ČSN EN 1991 a jejich částí.

4.3.1 Zatížení vlastní tíhou

Vlastní tíha – generována automaticky, součinitel $\gamma_f = 1,35$

4.3.2 Zatížení stálé

Součinitel $\gamma_f = 1,35$

4.3.3 Kombinace zatížení dle ČSN EN 1990 Eurokód

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G_j} \cdot G_{k_j} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q_i} \cdot Q_{k_i}$$

$$\gamma_{G_i} = 1,35$$

$$\gamma_{Q_i} = 1,50$$

4.3.4 Výpočet zatížení

Zatížení jednotlivých polic registrů byla převzata z podkladů zadavatele. Patro 3 a 7 je uvažováno jako rezerva – zatížení hodnotou 25 % celkového zatížení.

Zatížení je tvořeno vlastní tíhou, zatížením od kabelů, zatížením od cementotřískových desek, zatížením od kompozitních výložníků.

	TL	ŠÍŘKA	DÉLKA	OBJEMOVÁ HMOTNOST	ZATÍŽENÍ [kN/m]
Cemento-třísková deska	0,02	0,8	1,55	1450	0,45

Tabulka 1 Zatížení od cemento-třískových desek

	DÉLKA [m]	HMOTNOST [kg/m]	ZATÍŽENÍ [kN/m]
TR 50x50	0,80	1,80	0,018
TR 50x50	0,60		

Tabulka 2 Zatížení od kompozitních výložníků

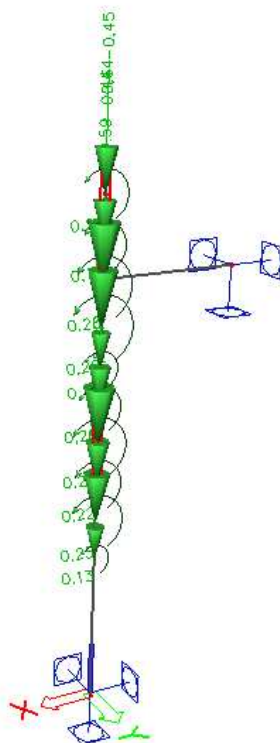
PATRO	KABELY			HMOTNOST [kg/m]	ROZPĚTÍ [m]	HMOTNOST [kg]	ROZNOS NA ŠÍŘCE [m]	ZATÍŽENÍ [kN/m]
	POČET	PRŮMĚR	POPIS					
1	4	Ø20	HDPE	2,38	1,55	7,60	0,30	0,25
	9	Ø16	TSB - ODVLHČENÍ	2,52				
2	2	Ø20	HDPE	1,19		6,62	0,30	0,22
	11	Ø16	TSB - OSVĚTLENÍ	3,08				
3	0	-	-	-		-	-	0,33
4	6	VN 22kN	EON-VN	13,85		21,47	0,40	0,54
5	4	Ø12	MIKROTRUBIČKA	0,60		0,93	0,15	0,06
6	3	Ø30	HDPE	4,26		6,84	0,20	0,34
	1	Ø12	MICROTRUBIČKA	0,15				
7	0	-	-	-		-	-	0,33
8	5	Ø30	CETIN	7,10		11,01	0,30	0,37
9	3	Ø30	CETIN	4,26		16,75	0,45	0,37
	11	Ø20	CETIN	6,55				
10	1	Ø80	PŘEČERPÁVACÍ POTRUBÍ	6,27		9,72	0,20	0,49

Tabulka 3 Zatížení od kabelů

Zatížení od kabelů je uvažováno vnějším okrají výložníků, zatížení od cementotřískových desek je uvažováno rovnoměrně na celou šířku výložníků.

PATRO	Cemento-třísková deska		Kabely		Kompozitní výložníky		Celkem	
	V [kN]	M [kN/m]	V [kN]	M [kN/m]	V [kN]	M [kN/m]	V [kN]	M [kN/m]
1	0,36	0,14	0,076	0,049	0,014	0,006	0,450	0,199
2			0,066	0,043			0,440	0,193
3			0,264	0,106			0,638	0,255
4			0,215	0,129			0,589	0,278
5			0,009	0,007			0,383	0,156
6			0,068	0,048			0,442	0,197
7			0,264	0,106			0,638	0,255
8			0,110	0,072			0,484	0,221
9			0,167	0,096			0,541	0,246
10	0,27	0,08	0,097	0,049	0,011	0,003	0,378	0,133

Tabulka 4 Uvažované síly v místě napojení výložníků na stojku



Obrázek 2 Prutový model se zatížením

5 VÝSLEDKY VÝPOČTU

5.1 Vnitřní síly

Výpočet vnitřních sil byl proveden v programu SCIA Engineer. Výsledky jsou uvedeny pro kombinaci zatížení $CO = 1,35 \cdot ZS1 + 1,35 \cdot ZS2$

kde:

ZS1 = zatížení vl. tíhou (ZS1)

ZS2 = zatížení od kabelových registrů, cemento-třískových desek a kompozitních výložníků

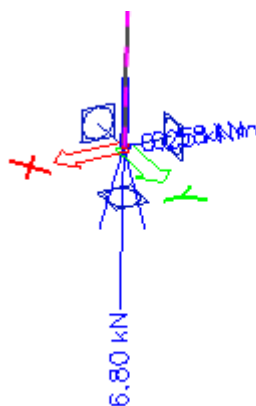
Lineární výpočet
Kombinace: CO1
Systém: Globální
Extrém: Dílec
Výběr: Vše

Uzlové reakce

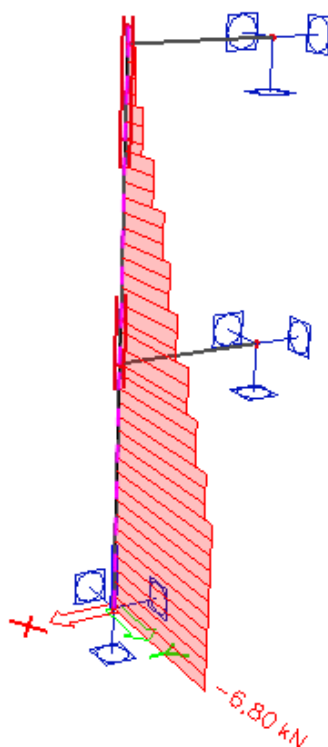
Jméno	Stav	R_x [kN]	R_y [kN]	R_z [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	e_x [mm]	e_y [mm]
Sn1/N1	CO1/1	0,58	0,00	6,80	0,00	0,25	0,00	0,0	37,1
Sn2/N12	CO1/1	-1,29	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,0	-174,3
Sn3/N13	CO1/1	0,71	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,0	-147,7

Jméno	Klíč kombinace
CO1/1	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2

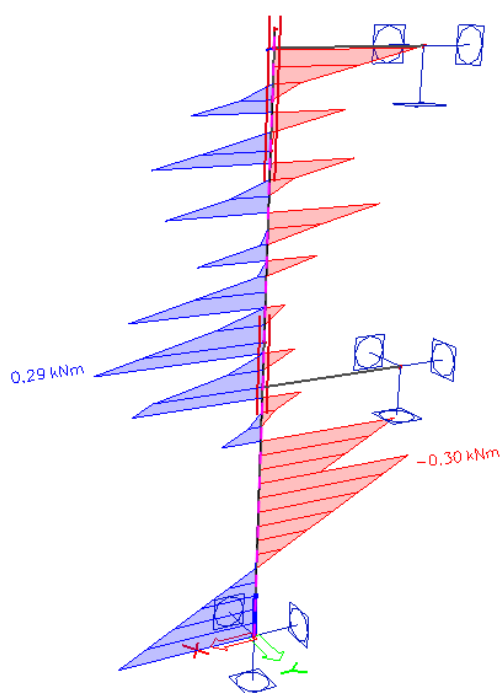
Tabulka 5 Reakce



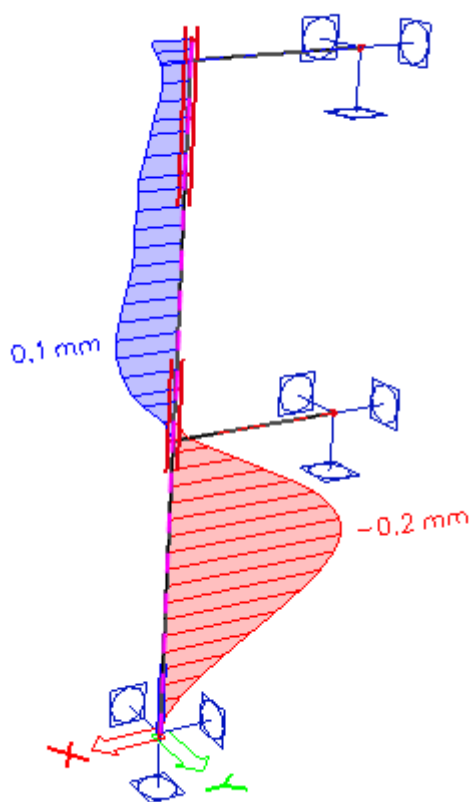
Obrázek 3 Reakce v patě stojky registru



Obrázek 4 Normálové síly N [kN]



Obrázek 5 Ohybové momenty M_y [kN/m]



Obrázek 6 Deformace – posunutí u_y [mm]

1D vnitřní síly

Lineární výpočet

Kombinace: CO1

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Dílec

Výběr: Vše

Filtr: Průřez = CS9 - 2Uo (UAP200; 10)

Jméno	dx [m]	Stav	Průřez	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
B1	3,350	CO1/1	CS9 - 2Uo (UAP200; 10)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B1	0,000	CO1/1	CS9 - 2Uo (UAP200; 10)	-6,80	-0,58	0,00	0,00	0,00	0,25
B1	0,950-	CO1/1	CS9 - 2Uo (UAP200; 10)	-6,79	-0,58	0,00	0,00	0,00	-0,30
B1	1,700+	CO1/1	CS9 - 2Uo (UAP200; 10)	-4,01	-1,29	0,00	0,00	0,00	0,28

Jméno	Klíč kombinace
CO1/1	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2

Tabulka 6 Vnitřní síly

5.2 Dimenzační hodnoty

Pro posouzení jednotlivých prvků registrů jsou ze statického výpočtu vypreparovány maximální dimenzační hodnoty.

5.2.1 Konzoly registrů

Z tabulky č.4 použijeme max. charakteristické hodnoty M a T.

Návrhové hodnoty:

$$M_{max} = 0,278 * 1,35 = 0,3753 \text{ kNm}$$

$$T_{max} = 0,638 * 1,35 = 0,8613 \text{ kN}$$

5.2.2 Stojka registru (výstup Scia)

Z tabulky č.6 použijeme návrhové hodnoty.

$$M_{max} = -0,30 \text{ kNm}$$

$$N_{max} = -6,80 \text{ kN}$$

$$T_{max} = -1,29 \text{ kN}$$

5.2.3 Kotvení

Budeme uvažovat extrémní případ, kdy nejsou aktivovány táhla.

Z tabulky č.4 je vypočítáme hodnotu max. momentu v místě kotvení.

$$M_{max} = (\text{Suma } M) * 1,35 = 2,88 \text{ kNm}$$

6 POSOUZENÍ

Mezní ohybové napětí:

$$\sigma_{o,max} = \frac{0,5 \times E}{\left(\frac{b}{t}\right)^{1,5}} \leq 210 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{Ddk} = \frac{\sigma_{Dk}}{n}$$

Smykové napětí

$$\tau = \frac{T}{A_w}$$

kde: T je posouvající síla
A_w je plocha stojiny

Max hodnoty dovoleného napětí uvažovány

Dovolené ohybové napětí $\sigma_{o,dov} = 70 \text{ Mpa}$

Dovolené smykové napětí $T_{dov} = 8 \text{ Mpa}$

Dlouhý sloup:

$$\sigma_{Dd} = \frac{4,9 \times E}{\left(\frac{K \times l}{r}\right)^{1,7}} \leq 210 \text{ MPa}$$

$$\lambda = \frac{K \times l}{r}$$

K – koeficient způsobu uchycení sloupu

6.1 Posouzení konzol registrů

6.1.1 Posouzení na ohyb:

POSOUZENÍ PROFILU NA OHYB

MATERIÁL

Modul pružnosti
Dovolené ohybové napětí
Dovolené smykové napětí
Bezpečnostní koeficient

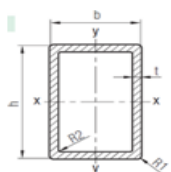
MEA

E =	25	Gpa
$\sigma_{o,dov} =$	70	Mpa
$T_{dov} =$	8	Mpa
n =	3	

ZADÁNÍ

Mmax= 0,3753 kNm

Tmax= 0,8613 Kn



PROFIL	h	b	t	Kvadratický moment		Průřezový modul		Plocha		
				J _x	J _y	W _{ox}	W _{oy}	stojiny	průřezu	stojin
				[mm ⁴]	[mm ⁴]	[mm ³]	[mm ³]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]
O-profil										
50x50x6,4	50	50	6,4	361249	361249	14450	14450	476,16	1280	476,16
75x75x6	75	75	6	1323972	1323972	35305,9	35305,9	756	1800	756

PRŮŘEZ

O-profil

50x50x6,4

h	b	t	Kvadratický moment		Průřezový modul		Plocha		
			J _x	J _y	W _{ox}	W _{oy}	stojiny	průřezu	stojin
			[mm ⁴]	[mm ⁴]	[mm ³]	[mm ³]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]
50	50	6,4	361249	361249	14450	14450	476,16	1280	476,16

POSOUZENÍ NA OHYB

σ_{max}	=	25,97	Mpa	VYHOVÍ
$\sigma_{o,dov}$	=	70,00	Mpa	

POSOUZENÍ NA SMYK

τ_{max}	=	0,67	Mpa	VYHOVÍ
$\tau_{o,dov}$	=	8,00	Mpa	

6.1.2 Výpočet průhybu:

Sklolaminátové profily pod zatížením v ohybu

► Parametry materiálu

► Tyč
► Roura
► Plochý profil
► Čtyřhranná trubka
► I-profil
► H-profil
► U-profil
► U-profil horní
► U-profil boční
► Úhel
► T-profil
► T-profil horní

Případy zatížení
► Příklad zatížení 1
► Příklad zatížení 2
► Příklad zatížení 3

Šířka B 50 mm Výška h 37,2 mm Přímkové zatížení q 50 N/m

Šířka b 37,2 mm Délka L 800 mm Hustota 2 g/cm³

Výška H 50 mm Bodové zatížení F 469 N E-modul 25000 MPa

Struktura profilu
► UP + 65% skla (UD) ► UP + 60% skla (MR) ► VE + 65% skla (UD) ► VE + 60% skla (MR)

Výsledky:

Hmotnost 1.79 kg Plocha 1116.16 mm² Moment odporu 14449.96 mm³ Moment setrvačnosti 361248.9 mm⁴

Průhyb 8.86 mm Napětí 25.97 MPa

Ohybový moment 375.2 Nm Prodloužení 0.1 %

6.2 Posouzení stojky registru

6.2.1 Posouzení na ohyb

MATERIÁL

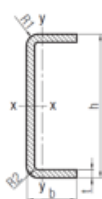
Modul pružnosti
Dovolené ohybové napětí
Dovolené smykové napětí
Bezpečnostní koeficient

$E =$	25	Gpa
$\sigma_{o\text{ dov}} =$	70	Mpa
$\tau_{\text{ dov}} =$	8	Mpa
$n =$	2,5	

ZADÁNÍ

$M_{\text{max}} = 0,3$ kNm

$T_{\text{max}} = 1,29$ Kn



PROFIL	h	b	t	Kvadratický moment		Průřezový modul		Plocha		
				J_x	J_y	W_{ox}	W_{oy}	stojiny	průřezu	stojin
				[mm ⁴]	[mm ⁴]	[mm ³]	[mm ³]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]
U-profil										
120 x 60 x 6	120	60	6	2971296	464201	49521,6	11118,6	648	1368	720
152 x 42 x 6,4	152	42	6,4	4289550,75	82068,1	56441,5	3908	890,88	1428,48	537,6
203 x 56 x 9,5	203	56	9,5	14899331,3	291205	146791	10400,2	1748	2812	1064

PRŮŘEZ

U-profil

152 x 42 x 6,4

h	b	t	Kvadratický moment		Průřezový modul		Plocha		
			J_x	J_y	W_{ox}	W_{oy}	stojiny	průřezu	stojin
			[mm ⁴]	[mm ⁴]	[mm ³]	[mm ³]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]
152	42	6,4	4289550,75	82068,1	56441,5	3908	890,88	1428,48	537,6

POSOUZENÍ NA OHYB

σ_{max}	=
$\sigma_{o\text{ dov}}$	=

5,32	Mpa
70,00	Mpa

VYHOVÍ

POSOUZENÍ NA SMYK

τ_{max}	=
$\tau_{o\text{ dov}}$	=

0,90	Mpa
8,00	Mpa

VYHOVÍ

6.2.2 Posouzení na tlak se vzpěrem

VARIANTA 1 – DOLE KLOUB

POSOUZENÍ PROFILU NA TLAK (VZPĚR)

MATERIÁL

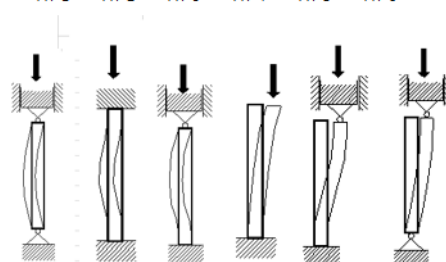
Modul pružnosti
Dovolené ohybové napětí
Dovolené smykové napětí
Bezpečnostní koeficient

$E =$	25	Gpa
$\sigma_{o\text{dov}} =$	70	Mpa
$\tau_{\text{dov}} =$	8	Mpa
$n =$	3	

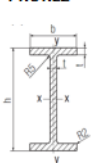
ZADÁNÍ

N_{max} -6,8 kN
 L_{max} 1,79 m
Typ uchycení 1

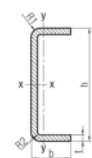
TYP ULOŽENÍ
TYP 1 TYP 2 TYP 3 TYP 4 TYP 5 TYP 6



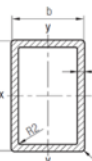
PRŮŘEZ



PROFIL	h	b	t	Kvadratický moment		Průřezový modul		Plocha			kv. poloměr rx	kv. poloměr ry
				J_x [mm ⁴]	J_y [mm ⁴]	W_{ox} [mm ³]	W_{oy} [mm ³]	stojiny [mm ²]	průřezu [mm ²]	stojin [mm ²]		
I-profil												
120 x 60 x 6	120	60	6	2971296	217944	49522	7265	648	1368	720	46,60	12,62
150 x 75 x 6	150	75	6	5982336	424359	79764	11316	828	1728	900	58,84	15,67
150 x 75 x 8	150	75	8	7659669	568217	102129	15152	1072	2272	1200	58,06	15,81
200 x 100 x 10	200	100	10	22926667	1681667	229267	33633	1800	3800	2000	77,67	21,04



PROFIL	h	b	t	Kvadratický moment		Průřezový modul		Plocha			kv. poloměr rx	kv. poloměr ry
				J_x [mm ⁴]	J_y [mm ⁴]	W_{ox} [mm ³]	W_{oy} [mm ³]	stojiny [mm ²]	průřezu [mm ²]	stojin [mm ²]		
U-profil												
120 x 60 x 6	120	60	6	2971296	464201	49521,6	11118,6	648	1368	720	46,60	18,42
152 x 42 x 6,4	152	42	6,4	4289550,746	82068,1	56441,45718	3908	890,88	1428,48	537,6	54,80	7,58
203 x 56 x 9,5	203	56	9,5	14899331,33	291205	146791,4417	10400,2	1748	2812	1064	72,79	10,18



PROFIL	h	b	t	Kvadratický moment		Průřezový modul		Plocha			kv. poloměr rx	kv. poloměr ry
				J_x [mm ⁴]	J_y [mm ⁴]	W_{ox} [mm ³]	W_{oy} [mm ³]	stojiny [mm ²]	průřezu [mm ²]	stojin [mm ²]		
O-profil												
50x50x6,4	50	50	6,4	361248,9045	361249	14449,95618	14450	476,16	1280	476,16	16,80	16,80
75x75x6	75	75	6	1323972	1323972	35305,92	35305,9	756	1800	756	27,12	27,12

PRŮŘEZ

U-profil

152 x 42 x 6,4

h	b	t	Kvadratický moment		Průřezový modul		Plocha			kv. poloměr rx	kv. poloměr ry
			J_x [mm ⁴]	J_y [mm ⁴]	W_{ox} [mm ³]	W_{oy} [mm ³]	stojiny [mm ²]	průřezu [mm ²]	stojin [mm ²]		
152	42	6,4	4289550,746	82068,1	56441,45718	3908	890,88	1428,48	537,6	54,80	7,58

Typ uchycení

1

Koeficient
Lamda

1

236,16

POSOUZENÍ NA VZPĚR SPODNÍ ČÁST SLOUPKU

σ_D	=	9,51	Mpa
$\sigma_{o\text{dov}}$	=	3,17	Mpa
P_{max}		-6,80	kN
P_{dov}		-9,05	kN

VYHOVÍ

VARIANTA 2 – DOLE VETKNUTÍ

POSOUZENÍ PROFILU NA TLAK (VZPĚR)

MATERIÁL

Modul pružnosti
Dovolené ohybové napětí
Dovolené smykové napětí
Bezpečnostní koeficient

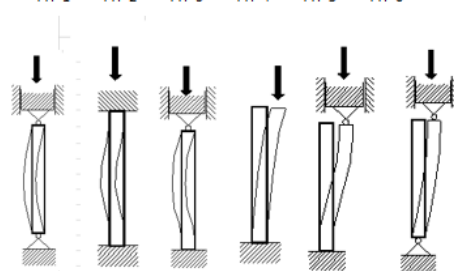
$E =$	25	Gpa
$\sigma_{o\ do v} =$	70	Mpa
$\tau_{\ do v} =$	8	Mpa
$n =$	3	

ZADÁNÍ

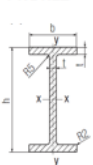
N_{max}
 L_{max}
Typ uchycení

-6,8 kN
1,79 m
3

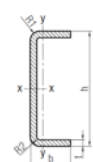
TYP ULOŽENÍ
TYP 1 TYP 2 TYP 3 TYP 4 TYP 5 TYP 6



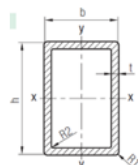
PRŮŘEZ



PROFIL	h	b	t	Kvadratický moment		Průřezový modul		Plocha			kv.poloměr rx	kv.poloměr ry
				J_x	J_y	W_{ox}	W_{oy}	stojiny	průřezu	stojin		
				[mm ⁴]	[mm ⁴]	[mm ³]	[mm ³]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm]	[mm]
I-profil												
120 x 60 x 6	120	60	6	2971296	217944	49522	7265	648	1368	720	46,60	12,62
150 x 75 x 6	150	75	6	5982336	424359	79764	11316	828	1728	900	58,84	15,67
150 x 75 x 8	150	75	8	7659669	568217	102129	15152	1072	2272	1200	58,06	15,81
200 x 100 x 10	200	100	10	22926667	1681667	229267	33633	1800	3800	2000	77,67	21,04



PROFIL	h	b	t	Kvadratický moment		Průřezový modul		Plocha			kv.poloměr rx	kv.poloměr ry
				J_x	J_y	W_{ox}	W_{oy}	stojiny	průřezu	stojin		
				[mm ⁴]	[mm ⁴]	[mm ³]	[mm ³]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm]	[mm]
U-profil												
120 x 60 x 6	120	60	6	2971296	464201	49521,6	11118,6	648	1368	720	46,60	18,42
152 x 42 x 6,4	152	42	6,4	4289550,746	82068,1	56441,45718	3908	890,88	1428,48	537,6	54,80	7,58
203 x 56 x 9,5	203	56	9,5	14899331,33	291205	146791,4417	10400,2	1748	2812	1064	72,79	10,18



PROFIL	h	b	t	Kvadratický moment		Průřezový modul		Plocha			kv.poloměr rx	kv.poloměr ry
				J_x	J_y	W_{ox}	W_{oy}	stojiny	průřezu	stojin		
				[mm ⁴]	[mm ⁴]	[mm ³]	[mm ³]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm]	[mm]
O-profil												
50x50x6,4	50	50	6,4	361248,9045	361249	14449,95618	14450	476,16	1280	476,16	16,80	16,80
75x75x6	75	75	6	1323972	1323972	35305,92	35305,9	756	1800	756	27,12	27,12

PRŮŘEZ

U-profil

152 x 42 x 6,4

h	b	t	Kvadratický moment		Průřezový modul		Plocha			kv.poloměr rx	kv.poloměr ry
			J_x	J_y	W_{ox}	W_{oy}	stojiny	průřezu	stojin		
			[mm ⁴]	[mm ⁴]	[mm ³]	[mm ³]	[mm ²]	[mm ²]	[mm ²]	[mm]	[mm]
152	42	6,4	4289550,746	82068,1	56441,45718	3908	890,88	1428,48	537,6	54,80	7,58

Typ uchycení

3

Koeficient
Lamda

0,8
188,93

POSOUZENÍ NA VZPĚR SPODNÍ ČÁST SLOUPKU

σ_D	=	13,89	Mpa
$\sigma_{\ do v}$	=	4,63	Mpa
P_{max}		-6,80	kN
$P_{\ do v}$		-13,23	kN

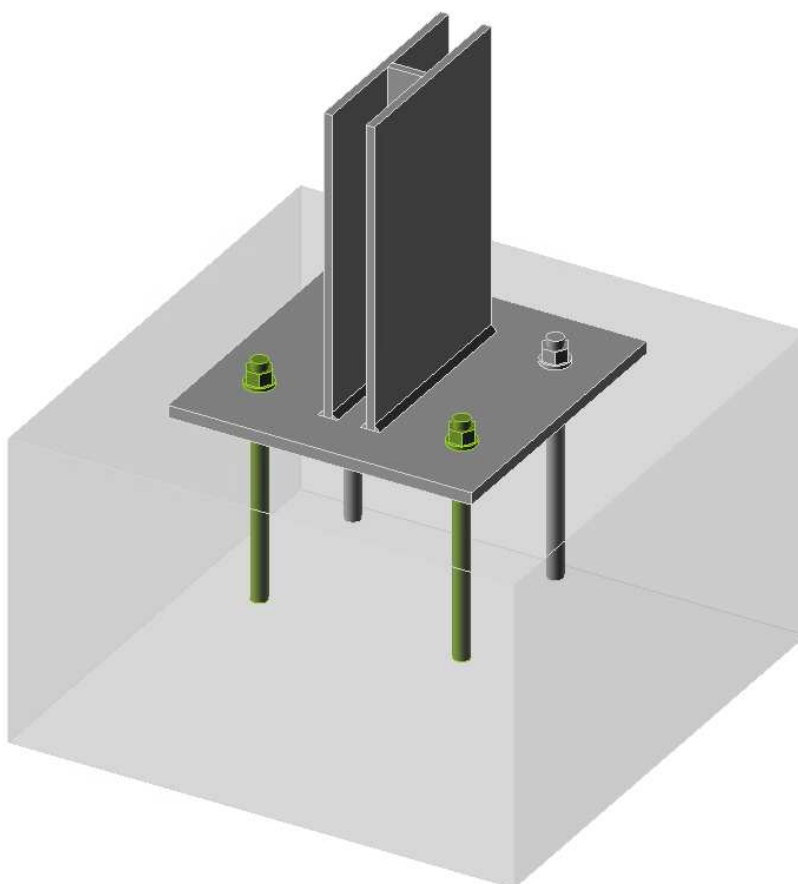
VYHOVÍ

Posouzení spojů kompozitních prvků bude součástí dílenské dokumentace dodané zhotovitelem.

6.3 Posouzení kotvení ocelového sloupku

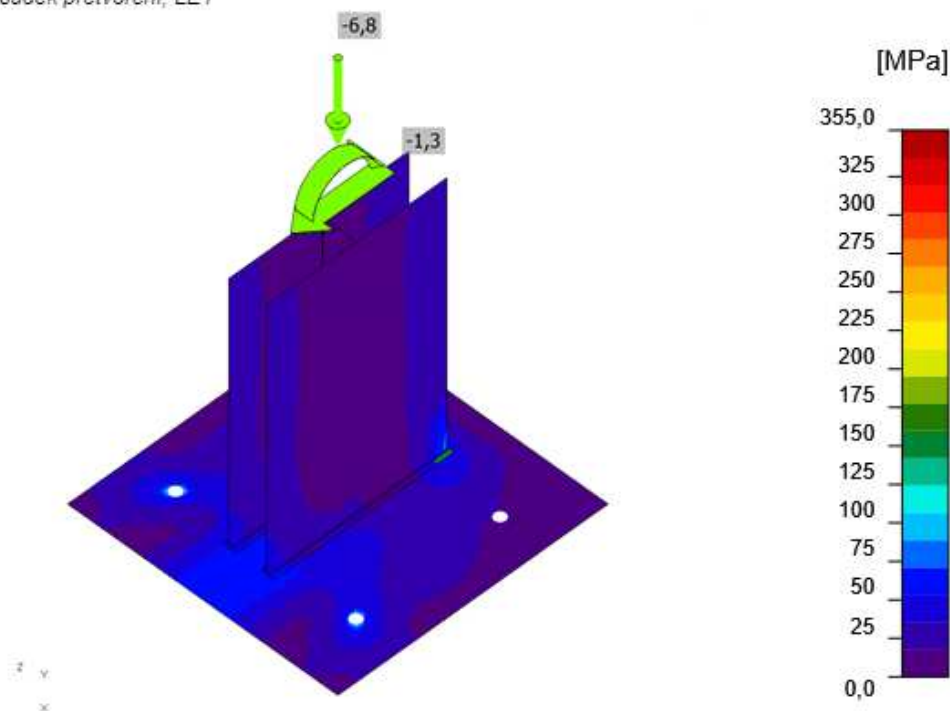
Posouzení je provedeno pomocí programu IDEA StatiCa. Je uvažováno s patním plechem tl. 12 mm o rozměru 300 x 300 mm. K němu jsou navařeny dva plechy 250x200 tl. 10 mm, uprostřed rozepřeny plechem 200x30 tl. 10 mm. Patní plech bude umístěn na betonové bloky o rozměru 400 x 400 mm a výšce 7–13 cm. Délka kotevních šroubů M12 8.8 je 250 mm.

Pro posouzení je uvažována mezní situace, kdy táhla ještě nejsou aktivována nebo by došlo k jejich poruše.

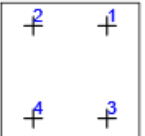


Obrázek 7 Kotvení stojek registrů

Posudek přetvoření, LE1



Kotvy

	Název	Zatížení	$F_{t,Ed}$ [kN]	V [kN]	N_{rdc} [kN]	N_{rdp} [kN]	$U_{t,t}$ [%]	$F_{b,Rd}$ [kN]	$U_{t,s}$ [%]	$U_{t,ts}$ [%]	$V_{Rd,cp}$ [kN]	$V_{Rd,c}$ [kN]	Status
	A1	LE1	0,2	0,3	0,0	0,0	0,6	103,7	2,4	0,4	23,4	13,1	OK
	A2	LE1	8,2	0,3	13,3	0,0	62,1	103,7	2,5	49,3	23,4	13,1	OK
	A3	LE1	0,2	0,3	0,0	0,0	0,6	103,7	1,3	0,2	23,4	26,3	OK
	A4	LE1	8,2	0,3	13,3	0,0	62,0	103,7	2,5	49,3	23,4	13,1	OK

Návrhová data

Název	$F_{t,Rd}$ [kN]	$B_{p,Rd}$ [kN]	$F_{v,Rd}$ [kN]	V_{Rds} [kN]	S_{tf} [MN/m]
M12 8.8 - 1	41,1	130,3	26,9	26,9	247

Podrobné výsledky pro A2

Posouzení únosnosti v tahu (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{ck_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 41,1 \text{ kN}$$

kde:

- $c = 0,85$ – Součinitel
- $k_2 = 0,90$ – Součinitel
- $f_{ub} = 800,0 \text{ MPa}$ – Mezní pevnost šroubu v tahu
- $A_s = 84 \text{ mm}^2$ – Oblast tahového napětí šroubu
- $\gamma_{M2} = 1,25$ – Součinitel spolehlivosti

Posudek únosnosti v protlačení (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = 130,3 \text{ kN}$$

kde:

- $d_m = 20 \text{ mm}$ – Menší z hodnot průměrů příčných vzdáleností rohů a hran, které se stanoví na hlavě a matici šroubu
 $t_p = 12 \text{ mm}$ – Tloušťka
 $f_u = 360,0 \text{ MPa}$ – Mezní pevnost
 $\gamma_{M2} = 1,25$ – Součinitel spolehlivosti

Únosnost vytržení betonu u kotvy v tahu (ETAG 001 Annex C 5.2.2.4)

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} = 23,9 \text{ kN}$$

$$N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_c \cdot \gamma_{inst}} = 13,3 \text{ kN}$$

kde:

- $\gamma_c = 1,50$ – Součinitel spolehlivosti
 $\gamma_{inst} = 1,20$ – Součinitel spolehlivosti
 $A_{c,N} = 85000 \text{ mm}^2$ – Aktuální plocha betonového kužele
 $A_{c,N}^0 = 115600 \text{ mm}^2$ – Plocha betonu jednotlivé kotvy s velkou roztečí
 $N_{Rk,c}^0 = 33,6 \text{ kN}$ – Charakteristická únosnost kotvy
 $\psi_{s,N} = 0,96$ – Součinitel rozložení napětí v betonu
 $\psi_{re,N} = 1,00$ – Součinitel vyjadřující odloupení betonu
 $\psi_{ec,N} = 1,00$ – Součinitel účinků skupiny
 $h_{ef} = 113 \text{ mm}$ – Hloubka zabetonování

Posouzení únosnosti vytržení (FIB 58 - CL 19.1.1.3.)

$$N_{Rd,p} = \frac{k_2 A_h f_{ck}}{\gamma_{Mc}} = 0,0 \text{ kN}$$

kde:

- $k_2 = 7,50$ – Potrhaný beton
 $A_h = 0 \text{ mm}^2$ – Roznášecí plocha
 $f_{ck} = 12,0 \text{ MPa}$ – Charakteristická pevnost betonu v tlaku
 $\gamma_{Mc} = 1,80$ – Součinitel spolehlivosti

Posouzení únosnosti ve smyku (ETAG 001 Annex C 5.2.3.2)

$$V_{Rd,s} = \frac{V_{Rk,s}}{\gamma_{MS}} = 26,9 \text{ kN}$$

$$V_{Rk,s} = 0,5 \cdot A_s \cdot f_{uk} = 33,6 \text{ kN}$$

kde:

- $\gamma_{MS} = 1,25$ – Součinitel spolehlivosti
 $A_s = 84 \text{ mm}^2$ – Namáhaný průřez oceli
 $f_{uk} = 800,0 \text{ MPa}$ – Charakteristická mezní pevnost oceli v tahu

Posudek únosnosti v otláčení roznášecí plochy (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} = 103,7 \text{ kN}$$

kde:

- $k_1 = 2,50$ – Součinitel pro vzdálenost od okraje a rozteč šroubů kolmo ke směru přenosu zatížení
 $\alpha_b = 1,00$ – Součinitel
 $f_u = 360,0 \text{ MPa}$ – Mezní pevnost
 $d = 12 \text{ mm}$ – Jmenovitý průměr spojovacího prostředku
 $t = 12 \text{ mm}$ – Tloušťka
 $\gamma_{M2} = 1,25$ – Součinitel spolehlivosti

Únosnost na selhání okraje betonu (ETAG 001 Annex C 5.2.3.4)

$$V_{Rd,c} = \frac{V_{Rk,c}}{\gamma_{MC}} = 13,1 \text{ kN}$$

$$V_{Rk,c} = V_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,V}}{A_{c,V}^0} \cdot \psi_{s,V} \cdot \psi_{h,V} \cdot \psi_{\alpha,V} \cdot \psi_{ec,V} \cdot \psi_{re,V} = 19,6 \text{ kN}$$

kde:

- $\gamma_{MC} = 1,50$ – Součinitel spolehlivosti
 $V_{Rk,c}^0 = 24,0 \text{ kN}$ – Počáteční hodnota charakteristické únosnosti kotvy
 $A_{c,V} = 86700 \text{ mm}^2$ – Skutečná plocha betonového kužele kotvení
 $A_{c,V}^0 = 130050 \text{ mm}^2$ – Plocha betonového kužele jednotlivé kotvy
 $\psi_{s,V} = 1,00$ – Součinitel rozložení napětí
 $\psi_{h,V} = 1,22$ – Součinitel snížení smykové únosnosti
 $\psi_{\alpha,V} = 1,00$ – Součinitel úhlu mezi směrem zatížení a okrajem betonu
 $\psi_{ec,V} = 1,00$ – Součinitel účinku skupiny
 $\psi_{re,V} = 1,00$ – Součinitel typu vyztužení

Únosnost vylomení betonu (ETAG 001 Annex C 5.2.3.3)

$$V_{Rd,cp} = \frac{V_{Rk,cp}}{\gamma_{MC}} = 23,4 \text{ kN}$$

$$V_{Rk,cp} = k \cdot N_{Rk,c} = 35,1 \text{ kN}$$

kde:

- $N_{Rk,c} = 17,5 \text{ kN}$ – Únosnost kotvy umístěné v betonu. Všechny kotvy ve skupině
 $k = 2,00$ – Součinitel podle ETAG 5.2.3.3
 $\gamma_{MC} = 1,50$ – Součinitel spolehlivosti

Interakce tahu a smyku (ETAG 001 Annex C 5.2.4)

$$U_{ts} = (\beta_N)^\alpha + (\beta_V)^\alpha = 49,3 \quad \%$$

kde:

$\beta_N = 0,62$ – Poměr mezi návrhovým zatížením a návrhovou únosností v tahu

$\beta_V = 0,03$ – Poměr mezi návrhovým zatížením a návrhovou únosností ve smyku

$\alpha = 1,50$ – Součinitel pro kombinovaná taková a smyková zatížení - ETAG 001 - příloha C - rovnice (5.9)

Využití v tahu

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd}; B_p R_{d,s}; N_{Rd,s})} = 62,1 \quad \%$$

Využití ve smyku

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{t,Rd}; V_{Rd,s}; V_{Rd,sp}; V_{Rd,s})} = 2,5 \quad \%$$

Betonový blok

Položka	Zatížení	c [mm]	A_{eff} [mm ²]	σ [MPa]	k_j [-]	F_{jd} [MPa]	U_t [%]	Status
CB 1	LE1	26	6717	3,8	3,00	16,1	23,6	OK

Podrobné výsledky pro CB 1

Posouzení únosnosti betonu v tlaku (EN 1993-1-8 6.2.5)

$$\sigma = \frac{N}{A_{eff}} = 3,8 \quad \text{MPa}$$

$$F_{jd} = \alpha_{cc} \beta_j k_j f_{ck} / \gamma_c = 16,1 \quad \text{MPa}$$

kde:

$N = 25,5 \text{ kN}$ – Návrhová normálová síla

$A_{eff} = 6717 \text{ mm}^2$ – Účinná plocha, na kterou se roznáší síla N ze sloupu

$\alpha_{cc} = 1,00$ – Dlouhodobé účinky na F_{cd}

$\beta_j = 0,67$ – Součinitel styčnicku β_j

$k_j = 3,00$ – Součinitel koncentrace

$f_{ck} = 12,0 \text{ MPa}$ – Charakteristická pevnost betonu v tlaku

$\gamma_c = 1,50$ – Součinitel spolehlivosti

Využití napětí

$$U_t = \frac{\sigma}{F_{jd}} = 23,6 \quad \%$$

Nastavení normy

Položka	Hodnota	Jednotka	Odkaz
V_{M0}	1,00	-	EN 1993-1-1: 6.1
V_{M1}	1,00	-	EN 1993-1-1: 6.1
V_{M2}	1,25	-	EN 1993-1-1: 6.1
V_{M3}	1,25	-	EN 1993-1-8: 2.2
V_C	1,50	-	EN 1992-1-1: 2.4.2.4
V_{Inst}	1,20	-	ETAG 001-C: 3.2.1
Součinitel styčnicku β_j	0,67	-	EN 1993-1-8: 6.2.5
Účinná plocha - vliv velikosti sítě	0,10	-	
Součinitel tření - beton	0,25	-	EN 1993-1-8
Součinitel tření pro třecí spoje	0,30	-	EN 1993-1-8 tab 3.7
Mezní plastické přetvoření	0,05	-	EN 1993-1-5
Vyhodnocení napětí svarů	Plastická redistribuce		
Konstrukční zásady	Ne		
Vzdálenost mezi šrouby [d]	2,20	-	EN 1993-1-8: tab 3.3
Vzdálenost mezi šrouby a hranou [d]	1,20	-	EN 1993-1-8: tab 3.3
Únosnost vytržení betonu	Ano		ETAG 001-C
Použití vypočtené α_b v posudku otláčení.	Ano		EN 1993-1-8: tab 3.4
Potrhaný beton	Ano		
Kontrola lokální deformace	Ne		
Limita lokální deformace	0,03	-	CIDECT DG 1, 3 - 1.1
Geometrická nelinearita (GMNA)	Ano		Velké deformace pro duté profily

7 ZÁVĚR

Statický výpočet prokazuje, že navržené a posouzené konstrukce vyhovují na mezní stav únosnosti i mezní stav použitelnosti. Výpočet byl proveden dle platných norem, jejichž výčet je uveden v úvodu.

Tato dokumentace je zpracována ve stupni a rozsahu, nezbytném pro tento stupeň projektové dokumentace. Ostatní podrobnosti a detaily v dokumentaci neuvedené budou řešeny v realizační dokumentaci a odborným dozorem na stavbě.

Vypracoval: Ing. František Superata