

SO 202 Krejcarova lávka, Sokolov


C.3.6 Statický výpočet

Aktualizace značení dokumentace 11/2018

Obsah:

- 1) SO 202 Krejcarova lávka přes Ohři v Sokolově
C.3.200 Nosná konstrukce
Statický výpočet – ALLCONS Industry s.r.o.

- 2) SO 202 Krejcarova lávka, Sokolov
C.3.100 Spodní stavba – železobetonové konstrukce
Statický výpočet – Kancelář stavebního inženýrství s.r.o.
C.3.100 Spodní stavba – Piloty
Statický výpočet – KSI Plzeň s.r.o.

01	23. 10. 18	ÚPRAVA RAZÍTKA	TRNKA	KÉDL	—
REV.	DATUM	PŘEDMĚT REVIZE	KRESLIL	KONTROLOVAL	SCHVÁLIL
HLAVNÍ PROJEKTANT STAVBY HIP : ING. PETR HAMPL ČKAIT 0300703				Kancelář stavebního inženýrství Botanická 256 360 02 Dalovice – Karlovy Vary IČO: 25224581 tel.,fax: 353 230 017	
PROJEKTANT MOSTNÍ KONSTRUKCE – OK				 Allcons Industry s.r.o. U Bulhara 3 110 00 Praha 1 tel.: +420 242 488 231 fax: +420 242 456 982 e-mail: allcons@allcons.cz www.allcons-industry.cz	
PROJEKTANT	VYPRACOVAL	KRESLIL	KONTROLOVAL		
ING. MAIVALD	ING. TRNKA, CSc.	ING. KRÍŽEK, Ph.D	ING. TRNKA, CSc.		
LOKALITA: SOKOLOV		SÓ: SOKOLOV		FORMÁT	A4
INVESTOR: MĚSTSKÝ ÚŘAD SOKOLOV, ROKYCANOVA 1929, 356 20 SOKOLOV				DATUM	04/2014
STAVBA:				ÚČEL	DPS
SO 202 – KREJCAROVA LÁVKA PŘES OHŘÍ V SOKOLOVĚ C.3.200 – NOSNÁ KONSTRUKCE				Č.ZAK.	21/2014
				Č.ARCH.	M052–S–01
				MĚŘÍTKO	
NÁZEV: STATICKÝ VÝPOČET				PARÉ	REVIZE 01

Obsah:

Průvodní zpráva ke statickému výpočtu

Ruční výpočet

Výpočet na PC

Dynamický výpočet

KREJCAROVÁ LÁVKA

Ocelové konstrukce

PRŮVODNÍ ZPRÁVA

Úvod

Předložená dokumentace řeší nosné ocelové a dřevěné konstrukce lávky pro pěší přes Ohři v Sokolově. Lávka je navržena jako ocelový zavěšený most o třech spojitých polích s horní mostovkou doplněný boční sestupnou rampou. Rozpětí jednotlivých polí je 60m + 45m + 15m, rampy 25m. Statický výpočet určuje základní zatížení konstrukce lávky a stanovuje a vyhodnocuje odezvu konstrukce na daná zatížení a jejich kombinace. S ohledem na charakter konstrukce, spojitý nosník zavěšený na táhlech, byly vnitřní síly určeny nelineárním výpočtem na PC programem Scia Engineer 2012.0.

Členění výpočtu

Statický výpočet je rozdělen do tří celků:

- Výpočet na P_c - stanovení vnitřních sil v konstrukci
- Ruční výpočet - návrh a posouzení jednotlivých prvků konstrukce
- Dynamický výpočet - posouzení odezvy konstrukce na dynamické zatížení

Výpočtový model konstrukce je uveden na úvodní stránce výpočtu na PC.. Hlavní trám sestává ze dvou plnostěnných uzavřených nosníků konstantní výšky vzájemně propojených příčníky a je po 15m, prostřednictvím šikmých táhel, zavěšen na ocelovém pylonu. Koncové pole o rozpětí 15,0m má nosníky proměnné výšky. Horizontální ztužení je navrženo příhradové, diagonály jsou navrženy z trubek a svislice jsou tvořeny příčníky.

Stanovení základních zatížení a výčet základních norem je uveden na první stránce ručního výpočtu.

Další použité, nebo aplikované normy, standardy a předpisy jsou uvedeny v technické zprávě.

Statický výpočet vypracoval Ing. Michael Trnka, CSc, autorem dynamického posouzení konstrukce je Ing. Jaromír Křížek.

Ing. Michael Trnka, CSc

KREJCAROVÁ LÁVKA

OCELOVÉ KONSTRUKCE

RUČNÍ VÝPOČET

Obsah:

Stanovení zatížení	str.	1
Fošnová podlaha + podélníky + mezilehlé příčníky	str.	2
Pruty vodorovného ztužení	str.	8
Závěsy	str.	9
Prvky přenášející reakci závěsu	str.	12
Podpory	str.	21
Pylon	str.	29
Hlavní trám + vedlejší nosník u pylonu	str.	31
Nástupní rampa + schodiště	str.	35

LÁVKA PRO PĚŠÍ - STANOVENÍ ZATÍŽENÍ :

MOSTOVKA :

Dispoziční uspořádání lávky neumožňuje vjezd vozidla.

STANOVENÍ UŽITNÉHO ZATÍŽENÍ :

Nahodilé svislé :

pro zatížení fošen uvažujeme charakteristické zatížení dle

ČSN EN 1991-2 článku 5.3.2.1 : $q_{fk} = 5,0 \text{ kN/m}^2$

pro podélníky a mezilehlé příčníky uvažujeme charakteristické zatížení dle

ČSN 73 6203 : $q_{fk} = 4,0 \text{ kN/m}^2$

HLAVNÍ NOSNÁ KONSTRUKCE LÁVKY :

pro ostatní části konstrukce je možno využít redukce dle vzorce (5.1) ČSN EN 1991-2:

$$q_{fk} = 2,0 + 120/(L + 30) = 2,0 + 120/(45 + 30) = 3,6 \text{ kN/m}^2$$

S ohledem na dokumentaci pro stavební povolení nahodilé zatížení dle ČSN EN 1991-2 transformuji takto:

$$\text{dle ČSN 73 6203 čl. 80 : } q_{fk} = 4,0 \text{ kN/m}^2$$

V zadání výpočtu na PC použijeme součinitel zatížení $\gamma_F = 1,5$, místo v ČSN EN předepsaného $\gamma_F = 1,35 \rightarrow 3,6 \cdot 1,5 = 5,4 \text{ kN/m}^2 \approx 4,0 \cdot 1,4 = 5,6 \text{ kN/m}^2$

Součinitel stálého zatížení je uvažován $\gamma_F = 1,35$ (dle ČSN 73 6203 $\gamma_F = 1,1$)

Zatížení větrem :

Dle ČSN EN 1991-1-4, kapitola 8 Zatížení mostů větrem

V ČSN EN 1991-1-4 není kapitola věnovaná lávkám pro pěší, budeme vycházet z postupu uvedeném pro silniční mosty a z porovnání s ČSN 73 6203

kategorie terénu : III - na pravém břehu zástavba, řeka lemována stromy

výška lávky nad terénem ostrova 6,0m, nad hladinou max 8,0m, výška nad okolním terénem 1,0m

základní rychlost větru $v_b = 25 \text{ m/sec}$

šířka lávky je proměnná - $\max b = 7,0 \text{ m}$;

výška nosné konstrukce $d = 1,1 \text{ m}$; zábradlí prodyšné

výška pásu chodců $d_{ch} = 1,25 \text{ m}$ dle knihy Pirner, Fischer : Zatížení staveb větrem, příloha D

Lávka nezatížená : $d_{tot} = 1,1 \text{ m} \rightarrow b/d_{tot} = 7,0/1,1 = 6,4 \rightarrow c_{fx,0} = 1,3$

$C_e = 1,538 \rightarrow C = c_e \cdot c_{fx,0} = 1,538 \cdot 1,3 = 1,999$ použijeme však Tab.8.2 určenou pro mosty:

$C = 0,68 \cdot 3,6 = 2,4$ - součinitel dle Tab.8.2 redukován pro kategorii terénu III

$F_w = 0,5 \cdot q_b \cdot C \cdot A_{ref,x} = 0,5 \cdot 1,25 \cdot 25^2 \cdot 2,4 \cdot (1,1 + 0,6) = 1,59 \cdot 10^3 \text{ N/m}$ dle (8.1)

Lávka zatížená : $d_{tot} = 1,1 + 1,25 = 2,35 \text{ m}$

rychlost větru redukována na $v = v_b VC = 21 \cdot \sqrt{2,4} = 32,55 \text{ m/sec}$ (117 km/hod)

$F_w = 0,5 \cdot q_b \cdot C_w \cdot A_{ref,x} = 0,5 \cdot 1,25 \cdot 21^2 \cdot 2,4 \cdot (1,1 + 1,25) = 1,55 \cdot 10^3 \text{ N/m}$

Posouzení fošen dřevěné části mostovky :

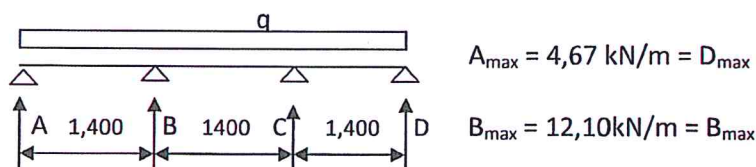
Stálé :

dřevěná mostovka - fošny 40 mm $0,20 \text{ kN/m}^2 \times 1,1 = 0,22 \text{ kN/m}^2$

Nahodilé :

$5,0 \text{ kN/m}^2 \times 1,40 = 7,00 \text{ kN/m}^2$

 $\Sigma = 5,2 \text{ kN/m}^2 \times 1,39 = 7,22 \text{ kN/m}^2$



$$M_{\max} = -0,125 \cdot 7,22 \cdot 1,4^2 = -1,51 \text{ kNm/m}$$

Návrh : fošna tl. 40 mm; min. š = 200 mm; materiál C24;

třída provozu : 2

kap. 2.3.1.3

$$\gamma_M = 1,3$$

Tab. 2.3

$$k_{\text{mod}} = 0,9$$

Tab. 3.1

$$k_{\text{def}} = 0,80$$

Tab. 3.2

$$f_{m,k} = 24 \text{ MPa}; f_{v,k} = 2,5 \text{ MPa}; E_{0,\text{mean}} = 11 \text{ MPa}$$

Tab. 3.3

$$k_m = 0,7 - \text{obdélník}$$

kap. 6.1.6

$$k_h = (150/40)^{0,2} = (150/40)^{0,2} = 1,3$$

$$f_{m,y,d} = k_{\text{mod}} \cdot (X_k / \gamma_M) = 0,9 \cdot (24/1,3) = 16,6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = (1,9 \cdot 10^6 / 0,167 \cdot 1000 \cdot 40^2) = 7,1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 7,1 / 16,6 = 0,43 < 1,0 \quad - \text{průřez vyhovuje}$$

Při uvažování průřezu oslabeného na $h = 30 \text{ mm}$:

$$\sigma_{m,y,d} = (1,9 \cdot 10^6 / 0,167 \cdot 1000 \cdot 30^2) = 12,6 \text{ MPa}$$

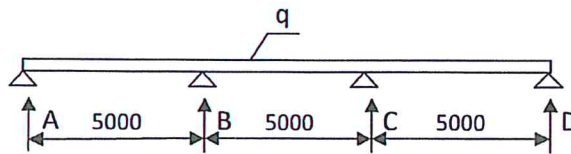
$$\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 12,6 / 16,6 = 0,76 < 1,0 \quad - \text{průřez rovněž vyhovuje}$$

Fošny klást vystřídaně tak, aby napojení nebylo na stejném podélníku.

Kotvení samořeznými šrouby M06 se zapuštěnou hlavou pozinkované - vrtat vystřídaně dva na fošnu.

Podélníky :

Vnitřní podélníky :



$$g = (0,34 + 0,25) \cdot 1,1 = 0,65 \text{ kN/m}$$
$$p = (12,1 \cdot 0,8 - 0,65) = 9,1 \text{ kN/m}$$

$$A_{\max} = D_{\max} = 26,0 \text{ kN}$$

$$B_{\max} = C_{\max} = 69,5 \text{ kN}$$

$$M_{\min} = -40,25 \text{ kNm}$$

$$M_{\max} = 34,50 \text{ kNm}$$

Profil IPE200 : $A = 2,85 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$; $J_y = 19,4 \cdot 10^6$; $W_y = 194,0 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$; $W_{y,pl} = 220 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$;
 $i_{zf} = 25,8 \text{ mm}$; $g = 22,4 \text{ kg/m}$

Stabilita horní příruby nosníku je zajištěna fošnovou mostovkou

Stabilita dolní příruby v oblasti záporných momentů :

$$\lambda_e = \lambda v_1 / (1 + 0,88) = 0,2 \cdot 5000 \cdot 0,72 / 25,8 = 28 \rightarrow \bar{\lambda} = 0,30 \rightarrow \chi = 0,964$$

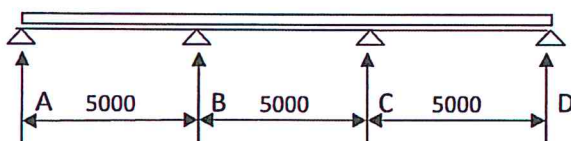
$$\chi_s = 1 / [\beta + (\alpha / \psi L)^2] = 1 / [1 + (5,6 / 17,76)^2] = 0,91 - \text{uprostřed nosníku}$$

$$M_{Ed} = W_y \cdot f_y / \gamma_{M1} = 220 \cdot 10^3 \cdot 235 / 1,15 = 44,96 \cdot 10^6 \text{ Nmm} = 44,96 \text{ kNm} > M_{\min}$$

$$\text{Maximální deformace : } \max u_{z,p} = 20,9 - 1,3 = 19,6 \text{ mm} = L / 255$$

Připojení k příčníku 2xM12 - vystřídane

Krajní podélník:



$$g = (0,20 \cdot 0,7 + 0,45 + 0,30) \cdot 1,1 = 1,0 \text{ kN/m}$$
$$p = 5,0 \cdot 0,7 \cdot 1,4 = 4,9 \text{ kN/m}$$

$$A_{\max} = D_{\max} = (0,4 \cdot 1,00 + 0,45 \cdot 4,9) \cdot 5,0 = 13,0 \text{ kN}$$

$$B_{\max} = C_{\max} = (1,1 \cdot 1,00 + 1,2 \cdot 4,9) \cdot 5,0 = 34,9 \text{ kN}$$

$$M_{y\min} = (-0,1 \cdot 1,0 - 0,11667 \cdot 4,9) \cdot 5,0^2 = -19,29 \text{ kNm}$$

$$M_{y\max} = (0,08 \cdot 1,0 + 0,10 \cdot 4,9) \cdot 5,0^2 = 14,25 \text{ kNm}$$

$$M_{kr} = 1,0 \cdot 5,0 \cdot 1,45 \cdot 1,4 = 10,15 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0,125 \cdot 1,0 \cdot 1,4 \cdot 5,0^2 = 4,37 \text{ kNm}$$

Profil TR180x100x5,6: $A = 2,98 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$; $J_y = 12,7 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$; $W_y = 141,0 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$;
 $W_{y,pl} = 174 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$; $J_z = 5,06 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$; $W_z = 101,0 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$;
 $W_{z,pl} = 115 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$; $J_t = 11,5 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$; $i_z = 41,2 \text{ mm}$; $g = 23,4 \text{ kg/m}$

$$\tau_t = (V_{sd} \cdot e) / (2 \cdot A_{ef} \cdot t) = 10,15 \cdot 10^6 / (2 \cdot 16463 \cdot 5,6) = \underline{55,0 \text{ MPa} < f_y / \sqrt{3}}$$

$$M_{Ed,y} = W_{y,pl} \cdot f_y / \gamma_{M1} = 174 \cdot 10^3 \cdot 235 / 1,15 = 35,6 \cdot 10^6 \text{ Nmm} = 35,6 \text{ kNm}$$

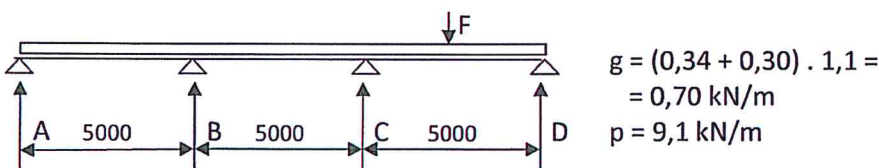
$$M_{Ed,z} = W_{z,pl} \cdot f_y / \gamma_{M1} = 115 \cdot 10^3 \cdot 235 / 1,15 = 23,5 \cdot 10^6 \text{ Nmm} = 23,5 \text{ kNm}$$

$$M_{ymin} / M_{Ed,y} + M_z / M_{Ed,z} = 19,29 / 35,6 + 4,37 / 23,5 = 0,54 + 0,19 = \underline{0,73 < 1,0}$$

Podélník nesoucí tlumič:

Tlumič :

Hmotnost tlumiče 500 kg, celkem budou dva v příslušném poli;
dynamický součinitel $\delta = 1,2$; hmotnost pomocné konstrukce 320 kg
 $F = (5,0 \cdot 1,2 \cdot 1,2 + 3,2 \cdot 1,1) / 2 = 5,4 \text{ kN}$



$$A_{max} = 25,8 \text{ kN}; \quad C_{max} = 73,2 \text{ kN}$$

$$B_{max} = 67,9 \text{ kN}; \quad D_{max} = 30,3 \text{ kN}$$

$$M_{ymin} = -41,7 \text{ kNm} = M_C$$

$$M_{ymax} = 46,2 \text{ kNm} = M_{C-D}$$

V poli tlumiče HEA200, v ostatních polích IPE200 - HEA200 přesahuje 500 mm

Profil HEA200: $A = 5,38 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$; $J_y = 36,9 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$; $W_y = 389,0 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$;
 $W_{y,pl} = 429 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$; $J_z = 13,36 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$; $W_z = 134,0 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$;
 $W_{z,pl} = 204 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$; $i_z = 49,8 \text{ mm}$; $g = 42,3 \text{ kg/m}$

$$M_{Ed,y} = W_{y,pl} \cdot f_y / \gamma_{M1} = 429 \cdot 10^3 \cdot 235 / 1,15 = 87,66 \cdot 10^6 \text{ Nmm} = \underline{87,7 \text{ kNm} < M_{ymax}}$$

$$\text{Deformace v poli tlumiče: } u_{z,p} = 15,8 - 1,8 = 14,0 \text{ mm} = L/357$$

Zatížení příčníků redukované na nahodilé zatížení 4,0 kN/m² :

Hlavní :

$$g = (A_g + D_g)/1,4 = 2 \cdot 0,4 \cdot 0,66 \cdot 5,0/1,4 = 1,88 \text{ kN/m}$$

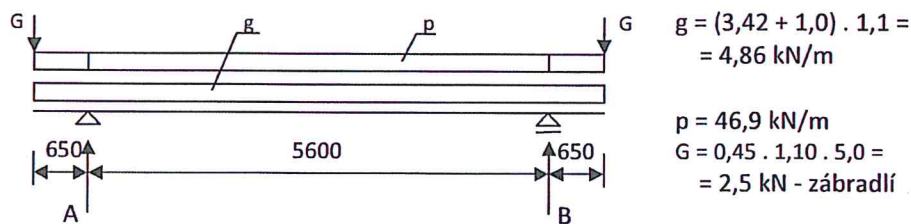
$$p = (A_{p,\max} + D_{p,\max})/1,4 \cdot 0,8 = 2 \cdot 0,45 \cdot 12,25 \cdot 5,0 \cdot 0,8/1,4 = 31,5 \text{ kN/m}$$

Mezilehlé :

$$g = B_g/1,1 = 3,76/1,1 = 3,42 \text{ kN/m}$$

$$p = B_{p,\max}/1,4 = (69,4 - 3,76)/1,4 = 46,9 \text{ kN/m}$$

Příčníky - mezilehlé :



Zábradlí : madla + sloupky + výplň (tahokov) : $g = 45 \text{ kg/m}$

$$A_{\max} = B_{\max} = 0,5(g + p) \cdot 6,9 + G = 0,5 \cdot (4,9 + 46,9) \cdot 6,9 + 2,5 = 181,2 \text{ kN}$$

$$M_A = -[2,5 \cdot 0,65 + 0,5 \cdot (4,9 + 46,9) \cdot 0,65^2] = -12,57 \text{ kNm}$$

$$M_{\max} = 0,125 \cdot (4,9 + 46,9) \cdot 5,6^2 - 0,9 \cdot (2,5 \cdot 0,65 + 0,5 \cdot 4,9 \cdot 0,65^2)/1,1 = 203,1 - 2,2 = 200,9 \text{ kNm}$$

$$\min N_{s,d} = -13,1 \text{ kN} - \text{tlak} - \text{NC3}$$

$$\max N_{s,d} = +40,0 \text{ kN} - \text{tah} - \text{NC3}$$

Profil HEA280 : $A = 9,73 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$; $J_y = 136,7 \cdot 10^6$; $W_y = 1013 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$;
 $W_{y,pl} = 1112 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$; $i_z = 70,0 \text{ mm}$; $g = 76,4 \text{ kg/m}$; S235

Stabilita horní příruby nosníku je zajištěna podélníky po 1400 mm

$$\lambda = 1400/70,0 = 20 < 40 \rightarrow \chi = 1,0$$

$$\text{Celková stabilita : } \lambda = 5600/70,0 = 80,0 \rightarrow \bar{\lambda} = 0,85 \rightarrow \chi = 0,693$$

$$N_{b,Rd} = 0,693 \cdot 9,73 \cdot 10^3 \cdot 235/1,15 = 1377,9 \cdot 10^3 \text{ N} = \underline{1377,9 \text{ kN}}$$

$$M_{Ed} = \chi \cdot W_y \cdot f_y/\gamma_{M1} = 1,0 \cdot 1112 \cdot 10^3 \cdot 235/1,15 = 227,2 \cdot 10^6 \text{ Nmm} = \underline{227,2 \text{ kNm}} > M_{\max}$$

$$12,0/1377,9 + 200,9/227,2 = 0,01 + 0,88 = \underline{0,89 < 1,0}$$

Maximální deformace :

$$u_z = (5 \cdot 200,9 \cdot 10^6 \cdot 5,6^2 \cdot 10^6)/(48 \cdot 0,21 \cdot 10^6 \cdot 136,7 \cdot 10^6 \cdot 1,35) = \underline{16,9 \text{ mm} = L/331}$$

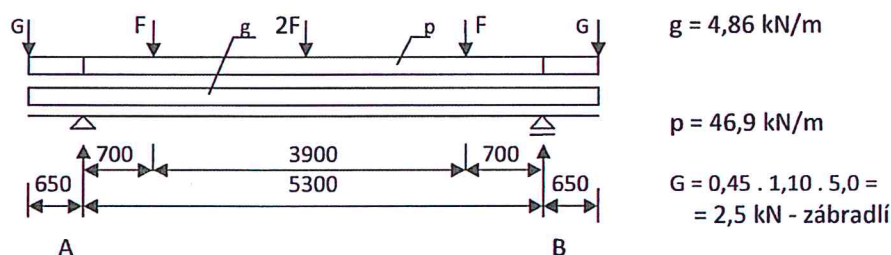
Spoj:

$$\begin{aligned}\max N_{S,d} &= +40,0 \text{ kN}; & F_{v,Sd} &= q \cdot (0,5 \cdot L - 0,4) = 54,6 \cdot 2,4 = 131,0 \text{ kN} \\ M_y &= A \cdot 0,4 - M_A - 0,5 \cdot q \cdot 0,4^2 = 181,2 \cdot 0,4 - 12,57 - 0,5 \cdot 51,8 \cdot 0,4^2 = 55,8 \text{ kNm} \\ F_{t,Sd} &= 0,25 \cdot N_{S,d} + 0,5 \cdot M_y / 0,205 = 0,25 \cdot 40,0 + 0,5 \cdot 55,8 / 0,205 = 146,1 \text{ kN}\end{aligned}$$

Šroub M24 - kv. 8.8 - celkem 4 šrouby

$$\begin{aligned}F_{t,Rd} &= 0,9 \cdot A_s \cdot f_{ub} / \gamma_{M2} = 0,9 \cdot 353 \cdot 800 / 1,45 = 175,3 \cdot 10^3 \text{ N} = 175,3 \text{ kN} > F_{t,Sd} \\ \text{Minimální tloušťka desky: } t_{\min} &= 4,3 \cdot (b \cdot d^2 / a)^{0,333} = 4,3 \cdot (46 \cdot 24^2 / 80)^{0,333} = 29,7 \rightarrow \mathbf{30 \text{ mm}} \\ \gamma_p &= 1 \\ F_{v,Rd} &= 0,6 \cdot 800 \cdot 452 / 1,45 = 149,6 \cdot 10^3 \text{ N} = 149,6 \text{ kN} > 0,25 F_{v,Sd}\end{aligned}$$

Příčník - mezilehlý nesoucí konstrukci tlumiče:



Zábradlí: madla + sloupky + výplň (tahokov): $g = 45 \text{ kg/m}$

Tlumič:

Hmotnost tlumiče 500 kg, celkem budou dva v příslušném poli;

dynamický součinitel $\delta = 1,2$; hmotnost pomocné konstrukce 320 kg

$$F = (5,0 \cdot 1,2 \cdot 1,2 + 3,2 \cdot 1,1) / 4 = 2,7 \text{ kN}$$

$$A_{\max} = B_{\max} = 0,5(g + p) \cdot 6,6 + G + 2F = 0,5 \cdot (4,9 + 46,9) \cdot 6,6 + 2,5 + 5,4 = 178,8 \text{ kN}$$

$$M_A = -[2,5 \cdot 0,65 + 0,5 \cdot (4,9 + 46,9) \cdot 0,65^2] = -12,57 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}M_{\max} &= 0,125 \cdot (4,9 + 46,9) \cdot 5,3^2 - 0,9 \cdot (2,5 \cdot 0,65 + 0,5 \cdot 4,0 \cdot 0,65^2) / 1,1 + 5,4 \cdot 2,65 - \\ &- 2,7 \cdot 1,95 = 181,9 - 2,2 + 9,0 = 188,7 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$\min N_{S,d} = -13,1 \text{ kN} - \text{tlak} - \text{NC3}$$

$$\max N_{S,d} = +40,0 \text{ kN} - \text{tah} - \text{NC3}$$

$$\begin{aligned}\text{Profil HEA280: } A &= 9,73 \cdot 10^3 \text{ mm}^2; J_y = 136,7 \cdot 10^6; W_y = 1013 \cdot 10^3 \text{ mm}^3; \\ W_{y,pl} &= 1112 \cdot 10^3 \text{ mm}^3; i_z = 70,0 \text{ mm}; g = 76,4 \text{ kg/m}; S235\end{aligned}$$

Stabilita horní příruby nosníku je zajištěna podélníky po 1400 mm

$$\lambda = 1400 / 70,0 = 20 < 40 \rightarrow \chi = 1,0$$

$$\text{Celková stabilita: } \lambda = 5600 / 70,0 = 80,0 \rightarrow \lambda = 0,85 \rightarrow \chi = 0,693$$

$$N_{b,Rd} = 0,693 \cdot 9,73 \cdot 10^3 \cdot 235 / 1,15 = 1584,6 \cdot 10^3 \text{ N} = \mathbf{1584,6 \text{ kN}}$$

$$M_{Ed} = \chi \cdot W_y \cdot f_y = 1,0 \cdot 1112 \cdot 10^3 \cdot 235 = 261,3 \cdot 10^6 \text{ Nmm} = \mathbf{261,3 \text{ kNm} > M_{\max}}$$

$$12,0 / 1584,6 + 188,7 / 261,3 = 0,01 + 0,72 = \mathbf{0,73 < 1,0}$$

$$\text{Maximální deformace: } u_z = \mathbf{17,8 \text{ mm} = L / 281}$$

Spoj:

$$\begin{aligned}\max N_{S,d} &= +40,0 \text{ kN}; & F_{V,Sd} &= q \cdot (0,5 \cdot L - 0,4) = 45,7 \cdot 2,4 = 109,7 \text{ kN} \\ M_y &= A \cdot 0,4 - M_A - 0,5 \cdot q \cdot 0,4^2 = 178,8 \cdot 0,4 - 12,57 - 0,5 \cdot 51,8 \cdot 0,4^2 = 54,8 \text{ kNm} \\ F_{t,Sd} &= 0,25 \cdot N_{S,d} + 0,5 \cdot M_y / 0,205 = 0,25 \cdot 40,0 + 0,5 \cdot 54,8 / 0,205 = 143,7 \text{ kN}\end{aligned}$$

Šroub M24 - kv. 8.8 - celkem 4 šrouby

$$\begin{aligned}F_{t,Rd} &= 0,9 \cdot A_s \cdot f_{ub} / \gamma_{M2} = 0,9 \cdot 353 \cdot 800 / 1,45 = 175,3 \cdot 10^3 \text{ N} = 175,3 \text{ kN} > F_{t,Sd} \\ \text{Minimální tloušťka desky: } t_{\min} &= 4,3 \cdot (b \cdot d^2 / a)^{0,333} = 4,3 \cdot (46 \cdot 24^2 / 80)^{0,333} = 29,7 \rightarrow \underline{\underline{30 \text{ mm}}}\end{aligned}$$

$$\gamma_p = 1$$

$$F_{V,Rd} = 0,6 \cdot 800 \cdot 452 / 1,45 = 149,6 \cdot 10^3 \text{ N} = 149,6 \text{ kN} > 0,25 F_{V,Sd}$$

Svar: a = 5 mm - ovařit profil

Příčník - mezilehlý podpírající podružné nosníky obkročující pylon:

$$\begin{aligned}\max M_{y,Sd} &= -62,4 \text{ kNm} - \text{NC3}; & \max M_{z,Sd} &= +45,6 \text{ kNm} - \text{NC3} \\ N_{Sd} &= +91,1 \text{ kN} - \text{NC3}; & V_z &= 92,8 \text{ kN} - \text{NC3}\end{aligned}$$

Profil : IS 2xP15 . 300 + P12 . 470 : $A = 14,64 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$; $J_y = 633,2 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$;
CS46 $W_{y,el} = 2,533 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$; $W_{y,pl} = 2,845 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$; $J_z = 67,6 \cdot 10^6$;
 $W_{z,el} = 450,4 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$; $W_{z,pl} = 691,92 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$; $i_{z1} = 71,2 \text{ mm}$; $g = 117,1 \text{ kg/m}$; S235
Stabilita dolní příruby nosníku : $L_{cr,z} = 2000 \text{ mm} \rightarrow \lambda = 2000 / 71,2 = 28 < 40 \rightarrow \chi = 1,0$

$$M_{y,Rd} = 2,845 \cdot 10^6 \cdot 235 = 668,6 \cdot 10^6 \text{ Nmm} = 668,6 \text{ kNm};$$

$$M_{z,Rd} = 691,9 \cdot 10^3 \cdot 235 = 162,6 \cdot 10^6 \text{ Nmm} = 162,6 \text{ kNm};$$

$$N_{b,Rd} = 14,64 \cdot 10^3 \cdot 235 = 3440,4 \cdot 10^3 = 3440,4 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}N_{Sd} / N_{b,Rd} + M_{y,Sd} / M_{Edy} + M_{z,Sd} / M_{Edz} &= 91,1 / 3440,4 + 62,4 / 668,6 + 45,6 / 162,6 = \\ &= \underline{\underline{0,03 + 0,09 + 0,28 = 0,40 < 1,0}}\end{aligned}$$

Vedlejší nosníky obkročující pylon:

$$\begin{aligned}\max M_{y,Sd} &= -261,3 \text{ kNm} - \text{NC3}; & \max M_{z,Sd} &= +12,3 \text{ kNm} - \text{NC3} \\ N_{Sd} &= -214,8 \text{ kN} - \text{NC3}; & V_z &= 106,5 \text{ kN} - \text{NC3}\end{aligned}$$

Profil : IS 2xP15 . 280 + P12 . 570 : $A = 15,24 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$; $J_y = 904,02 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$;
CS45 $W_{y,el} = 3,0134 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$; $W_{y,pl} = 3,432 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$; $J_z = 54,96 \cdot 10^6$;
 $W_{z,el} = 392,6 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$; $W_{z,pl} = 608,52 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$; $i_{z1} = 65,7 \text{ mm}$; $g = 121,9 \text{ kg/m}$; S235

Stabilita dolní příruby nosníku :

$$L_{cr,z} = 5000 \text{ mm} \rightarrow \lambda = 5000 / 65,7 = 76,1 \rightarrow \bar{\lambda} = 0,81 < 40 \rightarrow \chi = 0,718$$

$$M_{y,Rd} = 0,718 \cdot 3,432 \cdot 10^6 \cdot 235 = 579,1 \cdot 10^6 \text{ Nmm} = 579,1 \text{ kNm};$$

$$M_{z,Rd} = 608,5 \cdot 10^3 \cdot 235 = 143,0 \cdot 10^6 \text{ Nmm} = 143,0 \text{ kNm};$$

$$N_{b,Rd} = 0,718 \cdot 15,24 \cdot 10^3 \cdot 235 = 2571,4 \cdot 10^3 = 2571,4 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}N_{Sd} / N_{b,Rd} + M_{y,Sd} / M_{Edy} + M_{z,Sd} / M_{Edz} &= 214,8 / 2571,4 + 261,3 / 579,1 + 12,3 / 143,0 = \\ &= \underline{\underline{0,08 + 0,45 + 0,09 = 0,62 < 1,0}}\end{aligned}$$

Pruty vodorovného ztužení :

$\max N_{Sd} = -170,8 \text{ kN}$ - tlak - NC3 - v obkročení pylonu

$\max N_{Sd} = -94,8 \text{ kN}$ - tlak - NC3 - před podporou "C"

$\max N_{Sd} = -81,4 \text{ kN}$ - tlak - NC3 - v polích "A" - "B" - "C" mimo výše uvedená maxima a obkročení pylonu

Profil TRØ139,7x5 : $A = 2,12 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$; $J_y = 4,81 \cdot 10^6$; $W_y = 68,8 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$;
 $i = 47,7 \text{ mm}$; $g = 16,6 \text{ kg/m}$; S235

$L_{cr} = 6450 \text{ mm} \rightarrow \lambda = 6450/47,7 = 135,2 \rightarrow \bar{\lambda} = 1,44 \rightarrow \chi = 0,399$

$N_{b,Rd} = 0,399 \cdot 2,12 \cdot 10^3 \cdot 235 = 198,8 \cdot 10^3 \text{ N} = \underline{198,8 \text{ kN} > \max N_{Sd}}$

Šroubový spoj : $F_{V,Rd} = N_{b,Rd} = 198,8 \text{ kN}$

šroub M20 mat. 8.8 - $A = 314 \text{ mm}^2$ - **Stýčnickový plech P15x160**

$F_{V,Rd} = 0,6 \cdot 800 \cdot 314/1,45 = 103,9 \cdot 10^3 \text{ N} = 103,9 \text{ kN}$

počet šroubů $n = 198,8/103,9 = 1,91 \rightarrow 2$ šr. M20 - šrouby jednostřížné

$f_{ub}/f_u = 800/360 = 2,22$; $p_1/3d_0 - 0,25 = 0/3 \cdot 32 - 0,25$

$e_1/3d_0 = 40/63 = 0,63$

$F_{b,Rd} = 2,5 \cdot 0,63 \cdot 360 \cdot 20 \cdot 15/1,45 = 117,3 \cdot 10^3 \text{ N} = 117,3 \text{ kN}$

Svary koutové:

koutový $a = 4 \text{ mm}$

$F_{w,Rd} = f_{vw,d} \cdot a = 173 \cdot 4 = 692 \text{ N/mm} \rightarrow$ únosnost ve smyku

$\rightarrow L = 198,8 \cdot 10^3/692 = 288 \text{ mm} < \text{obvod trubky} = 440 \text{ mm}$

$f_{vw,d} = (f_u/\sqrt{3})/\beta_w \cdot \gamma_{Mw} = (360/1,732)/(0,8 \cdot 1,5) = 208/1,2 = 173 \text{ MPa}$

Únosnost v kolmém tahu:

$F = (f_u/\beta_w \cdot \gamma_{Mw}) \cdot a = (360/1,2) \cdot 4 = 1200 \text{ N/mm} \rightarrow$

$\rightarrow L = 198,8 \cdot 10^3/1200 = 166 \text{ mm} < \text{obvod trubky} = 440 \text{ mm}$

Tupé svary:

$\gamma_r = 0,85$ plný průvar nekontrolovatelné defektoskopicky

$\gamma_r = 0,7$ jednostranné svary u kterých není možno kontrolovat provaření kořene

$\gamma_r = 0,6$ při namáhání ve smyku, pokud se počítá jen s účinnou plochou svaru

Závěsy:

Táhlo "1" :

$\max N_{S,d} = +807,5 \text{ kN} - \text{NC7}; \quad N_{\text{dyn}} = +192,4 \text{ kN} - \text{NC2}; \quad L = 47,8 \text{ m}$

Lano uzavřené - dle katalogu PFEIFER lano typu 2

PV195 - $A_m = 1340 \text{ mm}^2$; $d_s = 45 \text{ mm}$; $g = 11,2 \text{ kg/m}$ - viz katalog str. 56

$F_{u,k} = F_{\min} \cdot k_e \quad k_e = 1,65$ - Verlustfaktor (loss faktor) - součinitel poškození

$\gamma_R = 1,1$ dle EN 1993;

$F_{R,d} = F_{u,k} / 1,5 \cdot \gamma_R = 1930 / 1,5 \cdot 1,1 = 1170 \text{ kN}; \quad E = 160 \pm 10 \text{ kN/mm}^2$

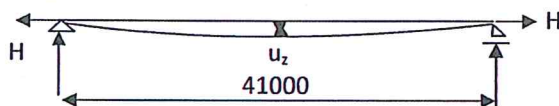
$F_{R,d} = N_{R,d} = 1170,0 \text{ kN} > N_{S,d}$ viz katalog str. 56

Vlastní kmitočet :

$$\omega_1 = (\pi/L) \cdot \sqrt{N/g} = (\pi/47,8) \cdot \sqrt{(192,4 \cdot 10^3 / 11,2)} = 8,61 \text{ s}^{-1} \rightarrow f_1 = \omega_1 / 2\pi = 1,37 \text{ Hz}$$

Průhyb závěsů - předpětí:

Táhlo 1 :



Lano PV195 : $g = 11,2 \text{ kg/m}$

Průmět do vodorovné : $g' = 0,112 \cdot 1,158 = 0,130 \text{ kN/m}$

$M_y = 0,125 \cdot 0,130 \cdot 41,0^2 = 27,32 \text{ kNm}$

při osové síle 213,6 kN (NC3) je průhyb $u_z = 27,32 / 213,6 = 0,128 \text{ m}$ - teoretický posun v ložisku lana o 1 mm

(prodloužení lana $\Delta = 47,8 \cdot 10^3 \cdot 213,6 \cdot 10^3 / 1340 \cdot 0,16 \cdot 10^6 = 47,6 \text{ mm}$)

při osové síle 1,4 kN (NC9) je průhyb $u_z = 27,32 / 1,4 = 19,51 \text{ m}$ z toho vyplývá posun v kotvení 21,45 m - maximální posun kotvení je pouze $\Delta = 0,0446 \text{ m} \rightarrow$ vzniká osová síla $N = 27,32 / 0,81 = 33,7 \text{ kN}$ a průhyb $u_z = 0,810 \text{ m}$

Táhlo "2" :

$\max N_{S,d} = +431,3 \text{ kN} - \text{NC3}; \quad N_{\text{dyn}} = 88,5 \text{ kN} - \text{NC2}$

$L = 35,1 \text{ m}$

Lano uzavřené - dle katalogu PFEIFER lano typu 2

PV195 - $A_m = 1340 \text{ mm}^2$; $d_s = 45 \text{ mm}$; $g = 11,2 \text{ kg/m}$ - viz katalog str. 56

$F_{u,k} = F_{\min} \cdot k_e \quad k_e = 1,65$ - Verlustfaktor (loss faktor) - součinitel poškození

$\gamma_R = 1,1$ dle EN 1993

$F_{R,d} = F_{u,k} / 1,5 \cdot \gamma_R = 1930 / 1,5 \cdot 1,1 = 1170 \text{ kN}; \quad E = 160 \pm 10 \text{ kN/mm}^2$

$F_{R,d} = N_{R,d} = 1170,0 \text{ kN} > N_{S,d}$ viz katalog str. 56

Vlastní kmitočet :

$$\omega_1 = (\pi/L) \cdot \sqrt{N/g} = (\pi/35,1) \cdot \sqrt{(88,5 \cdot 10^3 / 11,2)} = 7,96 \text{ s}^{-1} \rightarrow f_1 = \omega_1 / 2\pi = 1,27 \text{ Hz}$$

Táhlo "3" :

$$\max N_{S,d} = +427,6 \text{ kN} - \text{NC9}; \quad N_{\text{dyn}} = 77,5 \text{ kN} - \text{NC2}; \quad L = 25,4 \text{ m}$$

Lano uzavřené - dle katalogu PFEIFER lano typu 2

PV195 - $A_m = 1340 \text{ mm}^2$; $d_s = 45 \text{ mm}$; $g = 11,2 \text{ kg/m}$ - viz katalog str. 56

$$F_{u,k} = F_{\min} \cdot k_e \quad k_e = 1,65 - \text{Verlustfaktor (loss faktor) - součinitel poškození}$$
$$\gamma_R = 1,1 \text{ dle EN 1993}$$

$$F_{R,d} = F_{u,k} / 1,5 \cdot \gamma_R = 1930 / 1,5 \cdot 1,1 = 1170 \text{ kN}$$

$$E = 160 \pm 10 \text{ kN/mm}^2$$

$$\underline{F_{R,d} = N_{R,d} = 1170,0 \text{ kN} > N_{S,d}} \quad \text{viz katalog str. 56}$$

Vlastní kmitočet :

$$\omega_1 = (\pi/L) \cdot \sqrt{(N/g)} = (\pi/25,4) \cdot \sqrt{(77,5 \cdot 10^3 / 11,2)} = 10,32 \text{ s}^{-1} \rightarrow f_1 = \omega_1 / 2\pi = 1,64 \text{ Hz}$$

Táhlo "4" :

$$\max N_{S,d} = +133,0 \text{ kN} - \text{NC17}; \quad N_{\text{dyn}} = 80,3 \text{ kN} - \text{NC2}$$

$$L = 22,9 \text{ m}$$

Lano uzavřené - dle katalogu PFEIFER lano typu 2

PV195 - $A_m = 1340 \text{ mm}^2$; $d_s = 45 \text{ mm}$; $g = 11,2 \text{ kg/m}$ - viz katalog str. 56

$$F_{u,k} = F_{\min} \cdot k_e \quad k_e = 1,65 - \text{Verlustfaktor (loss faktor) - součinitel poškození}$$
$$\gamma_R = 1,1 \text{ dle EN 1993}$$

$$F_{R,d} = F_{u,k} / 1,5 \cdot \gamma_R = 1930 / 1,5 \cdot 1,1 = 1170 \text{ kN}; \quad E = 160 \pm 10 \text{ kN/mm}^2$$

$$\underline{F_{R,d} = N_{R,d} = 1170,0 \text{ kN} > N_{S,d}} \quad \text{viz katalog str. 56}$$

Vlastní kmitočet :

$$\omega_1 = (\pi/L) \cdot \sqrt{(N/g)} = (\pi/22,9) \cdot \sqrt{(80,3 \cdot 10^3 / 11,2)} = 11,62 \text{ s}^{-1} \rightarrow f_1 = \omega_1 / 2\pi = 1,85 \text{ Hz}$$

Táhlo "5" :

$$\max N_{S,d} = +581,4 \text{ kN} - \text{NC7}; \quad N_{\text{dyn}} = 93,1 \text{ kN} - \text{NC2}; \quad L = 29,4 \text{ m}$$

Lano uzavřené - dle katalogu PFEIFER lano typu 2

PV195 - $A_m = 1340 \text{ mm}^2$; $d_s = 45 \text{ mm}$; $g = 11,2 \text{ kg/m}$ - viz katalog str. 56

$$F_{u,k} = F_{\min} \cdot k_e \quad k_e = 1,65 - \text{Verlustfaktor (loss faktor) - součinitel poškození}$$
$$\gamma_R = 1,1 \text{ dle EN 1993}$$

$$F_{R,d} = F_{u,k} / 1,5 \cdot \gamma_R = 1930 / 1,5 \cdot 1,1 = 1170 \text{ kN}; \quad E = 160 \pm 10 \text{ kN/mm}^2$$

$$\underline{F_{R,d} = N_{R,d} = 1170,0 \text{ kN} > N_{S,d}} \quad \text{viz katalog str. 56}$$

Vlastní kmitočet :

$$\omega_1 = (\pi/L) \cdot \sqrt{(N/g)} = (\pi/29,4) \cdot \sqrt{(93,1 \cdot 10^3 / 11,2)} = 9,74 \text{ s}^{-1} \rightarrow f_1 = \omega_1 / 2\pi = 1,55 \text{ Hz}$$

Táhlo "6" :

$\max N_{S,d} = +723,9 \text{ kN}$ - NC5; $N_{dyn} = 189,6 \text{ kN}$ - NC2; $L = 40,8 \text{ m}$

Lano uzavřené - dle katalogu PFEIFER lano typu 2

PV195 - $A_m = 1340 \text{ mm}^2$; $d_s = 45 \text{ mm}$; $g = 11,2 \text{ kg/m}$ - viz katalog str. 56

$F_{u,k} = F_{min} \cdot k_e$ $k_e = 1,65$ - Verlustfaktor (loss faktor) - součinitel poškození

$\gamma_R = 1,1$ dle EN 1993

$F_{R,d} = F_{u,k} / 1,5 \cdot \gamma_R = 1930 / 1,5 \cdot 1,1 = 1170 \text{ kN}$; $E = 160 \pm 10 \text{ kN/mm}^2$

$F_{R,d} = N_{R,d} = 1170,0 \text{ kN} > N_{S,d}$ viz katalog str. 56

Vlastní kmitočet :

$\omega_1 = (\pi/L) \cdot \sqrt{N/g} = (\pi/40,8) \cdot \sqrt{189,6 \cdot 10^3 / 11,2} = 10,02 \text{ s}^{-1} \rightarrow f_1 = \omega_1 / 2\pi = 1,59 \text{ Hz}$

Táhlo "7" :

$\max N_{S,d} = +331,6 \text{ kN}$ - NC9; $N_{dyn} = 148,5 \text{ kN}$ - NC2; $L = 54,1 \text{ m}$

Lano uzavřené - dle katalogu PFEIFER lano typu 2

PV195 - $A_m = 1340 \text{ mm}^2$; $d_s = 45 \text{ mm}$; $g = 11,2 \text{ kg/m}$ - viz katalog str. 56

$F_{u,k} = F_{min} \cdot k_e$ $k_e = 1,65$ - Verlustfaktor (loss faktor) - součinitel poškození

$\gamma_R = 1,1$ dle EN 1993

$F_{R,d} = F_{u,k} / 1,5 \cdot \gamma_R = 1930 / 1,5 \cdot 1,1 = 1170 \text{ kN}$; $E = 160 \pm 10 \text{ kN/mm}^2$

$F_{R,d} = N_{R,d} = 1170,0 \text{ kN} > N_{S,d}$ viz katalog str. 56

Vlastní kmitočet :

$\omega_1 = (\pi/L) \cdot \sqrt{N/g} = (\pi/54,1) \cdot \sqrt{148,5 \cdot 10^3 / 11,2} = 6,68 \text{ s}^{-1} \rightarrow f_1 = \omega_1 / 2\pi = 1,06 \text{ Hz}$

Závěs lana:

Typ PV 700 - lano PV195 - katalogu PFEIFER str. 58

$N_{S,d} = F_{R,d} = N_{R,d} = 1170,0 \text{ kN}$

čep: $\varnothing = d_B = 73 \text{ mm}$; rozevření vidlice $B = 77 \text{ mm}$;

styčnickový plech: tloušťka $\max B_1 = 72 \text{ mm}$; $\min B_1 = 69 \text{ mm}$ otvor $\varnothing = d_L = 76 \text{ mm}$;

P30x200 - $A = 6 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$; $A_{úč} = 6000 - 76 \cdot 30 = 3720 \text{ mm}^2$; S355 \rightarrow

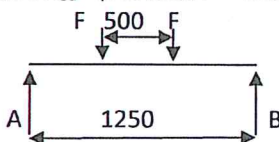
$N_{Rd} = 3720 \cdot 355 = 1322,4 \cdot 10^3 \text{ N} = \underline{1320,6 \text{ kN} > N_{S,d}}$

Příložky: 2xP20; S355 $\rightarrow B_1 = 70 \text{ mm} > \min B_1$

Posouzení příčle pylonu nesoucího závěsy:

Příčel pylonu je namáhán rozdílem tahů v jednotlivých táhlech a to napříč pylonem - rozdíl je cca $570 \cdot \sin 59^\circ = 488 \text{ kN}$ působící na rameni 0,3 m ve směru kolmém na stěnu příčle a svislou reakcí od závěsů $N_{Sd} = 1889,2 + 1850,5 = 3739,7 \text{ kN}$

$$F = 0,5 \cdot N_{Sd} - (309 \cdot \cos 37^\circ - 513 \cdot \cos 32^\circ) = 0,5 \cdot 3739,7 - 681,8 = 1188,0 \text{ kN}$$



$$A = B = 1188,0 \text{ kN} = V_{Sd}$$

$$M_{y,Sd} = 1188 \cdot 0,375 = 445,5 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Sd} = 488 \cdot 0,30 = 146,4 \text{ kNm}$$

Příčník řešen jako svařenec vyrobený odděleně a v dílně přivařený k dřívům pylonu - viz výkres - Síly a podružné momenty jsou distribuovány mezi jednotlivými závěsy smykovou a ohybovou tuhostí příčle.

Uzavřený profil: $2 \times P15 \times 750 + 2 \times P15 \times 420$ - $A = 35,1 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$; $J_y = 1,404 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$;
 $W_y = 6,242 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$; $J_z = 2,76 \cdot 10^9$; $W_z = 7,351 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$; $g = 280,8 \text{ kg/m}$; S235

$$M_{y,Rd} = W_y \cdot f_y = 6,242 \cdot 10^6 \cdot 235 = 1466,9 \cdot 10^6 \text{ Nmm} = \underline{\underline{1466,9 \text{ kNm}}}$$

$$M_{z,Rd} = W_z \cdot f_y = 7,351 \cdot 10^6 \cdot 235 = 1727,5 \cdot 10^6 \text{ Nmm} = \underline{\underline{1727,5 \text{ kNm}}}$$

$$M_{y,Sd} / M_{y,Rd} + M_{z,Sd} / M_{z,Rd} = (445,5 / 1466,9) + (146,4 / 1727,5) = \underline{\underline{0,30 + 0,09 = 0,39 < 1,0}}$$

Prvky přenášející reakci závěsu (táhlo "1" - podpora "A"):

Podpurné prvky jsou dimenzovány na únosnost lan.

Sklon táhla vůči hlavnímu nosníku - v rovině táhla: $\alpha = 26,2415^\circ$

$$R_z = F_{R,d} \cdot \sin \alpha = 1170 \cdot \sin 26,24^\circ = 517,3 \text{ kN}$$

$$R_x = F_{R,d} \cdot \cos \alpha = 1170 \cdot \cos 26,24^\circ = 1049,4 \text{ kN} - \text{převezme vzpěra + příčník}$$

vzpěra - úhel $\gamma = 25,53^\circ$ - ve vodorovné rovině \rightarrow

$$N_{Sd,pR} = R_y = R_x \cdot \tan \gamma = 1049,4 \cdot \tan 28,12^\circ = 560,8 \text{ kN} - \text{převezme příčník}$$

$$N_{Sd,vZ} = R_x / \cos \gamma = -1049,4 / \cos 28,12^\circ = -1189,8 \text{ kN} - \text{tlak - převezme vzpěra}$$

Příčník přenášející svislou reakci v podpoře "A":

Profil: $IS\ 2 \times P30 \cdot 300 + P20 \cdot 625$: $A = 24,5 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$; $J_y = 1,655 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$;

$W_{y,el} = 4,979 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$; $W_{y,pl} = 5,823 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$; $J_z = 90,4 \cdot 10^6$; $W_{z,el} = 602,8 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$;

$W_{z,pl} = 962,5 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$; $i_z = 60,7 \text{ mm}$; $g = 196,0 \text{ kg/m}$; S235

$$M_{y,Sd} = R_z \cdot L = 517,3 \cdot 1,5 = 775,9 \text{ kNm}; \quad N_{Sd} = 560,8 \text{ kN}; \quad M_{z,Sd} = 42,4 \text{ kNm (NC27)}$$

Stabilita horní příruby nosníku: $L_{cr,z} = 1500 \text{ mm}$

$$\lambda = 1500 / 60,7 = 25 < 40 \rightarrow \chi = 1,0$$

$$N_{b,Rd} = 24,5 \cdot 10^3 \cdot 235 = 5769,2 \cdot 10^3 \text{ N} = \underline{\underline{5769,2 \text{ kN}}}$$

$$M_{y,Ed} = \chi \cdot W_y \cdot f_y = 1,0 \cdot 5823 \cdot 10^3 \cdot 235 = 1368,4 \cdot 10^6 \text{ Nmm} = \underline{\underline{1368,4 \text{ kNm}}}$$

$$M_{z,Ed} = W_z \cdot f_y = 962,5 \cdot 10^3 \cdot 235 = 226,2 \cdot 10^6 \text{ Nmm} = \underline{\underline{226,2 \text{ kNm}}}$$

$$N_{Sd}/N_{b,Rd} + M_{y,Sd}/M_{Ed} + M_{z,Sd}/M_{z,Ed} =$$

$$= (560,8/5769,2) + (775,9/1368,4) + (42,8/226,2) = \underline{0,10 + 0,57 + 0,19 = 0,86 < 1,0}$$

$$\max t = R_z/A_w = 517,3 \cdot 10^3 / (20 \cdot 375) = 69,0 \text{ MPa} < f_y/\sqrt{3}$$

Vzpěra přenášející vodorovnou reakci :

Profil TRØ159,0x12,5 : $A = 5,75 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$; $J_y = 155,0 \cdot 10^6$; $W_y = 196 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$;
 $i = 52,0 \text{ mm}$; $g = 45,2 \text{ kg/m}$; S235

$N_{Sd} = -1189,8 \text{ kN}$ - tlak;

$L_{cr,z} = 2835 \text{ mm} \rightarrow \lambda = 2835/52,0 = 54,5 \rightarrow \bar{\lambda} = 0,58 \rightarrow \chi = 0,897$ - v případě tlaku

$N_{b,Rd} = 0,897 \cdot 5,75 \cdot 10^3 \cdot 235 = 1212,1 \cdot 10^3 \text{ N} = \underline{1212,1 \text{ kN} > N_{Sd}}$

Vzpěra mezi hlavními nosníky přenášející reakci ve směru "Y" :

$N_{Sd} = -N_{Sd,PŘ} = R_y = -560,8 \text{ kN}$ - tlak;

Profil TRØ139,7x8 : $A = 3,31 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$; $J_y = 7,20 \cdot 10^6$; $W_y = 103 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$;
 $i = 46,6 \text{ mm}$; $g = 26,0 \text{ kg/m}$; S235

$L_{cr,z} = 1420 \text{ mm} \rightarrow \lambda = 1420/46,6 = 30,5 < 40 \rightarrow \chi = 1,0$

$N_{b,Rd} = 1,0 \cdot 3,31 \cdot 10^3 \cdot 235 = 777,8 \cdot 10^3 \text{ N} = \underline{777,8 \text{ kN} > N_{Sd}}$

Šroubový spoj na čelní desku :

Šrouby M24 kv. 8.8

$F_{t,Rd} = 0,9 \cdot A_s \cdot f_{ub}/\gamma_{M2} = 0,9 \cdot 353 \cdot 800/1,45 = 175,3 \cdot 10^3 \text{ N}$

Počet šroubů : $n = N_{Sd}/F_{t,Rd} = 560,8 \cdot 10^3 / 175,3 \cdot 10^3 = 3,2 \rightarrow \underline{4 - spoj je však tlačný}$

Minimální tloušťka desky : $t_{min} = 4,3 \cdot (b \cdot d^2/a)^{0,333} = 4,3 \cdot (43 \cdot 24^2/60)^{0,333} = 32 \rightarrow \underline{30 \text{ mm}}$

Prvky přenášející reakci závěsu (táhlo "2"):

Podpůrné prvky jsou dimenzovány na únosnost lan.

Sklon táhla vůči hlavnímu nosníku - v rovině táhla : $\alpha = 38,2935^\circ$

$R_z = F_{R,d} \cdot \sin \alpha = 1170 \cdot \sin 38,29^\circ = 725,0 \text{ kN}$

$R_x = F_{R,d} \cdot \cos \alpha = 1170 \cdot \cos 38,29^\circ = 918,3 \text{ kN}$ - převezme vzpěra + příčník

vzpěra - úhel $\gamma = 30,66^\circ$ - ve vodorovné rovině \rightarrow

$N_{Sd,PŘ} = R_y = R_x \cdot \tan \gamma = -918,3 \cdot \tan 30,66^\circ = -544,4 \text{ kN}$ - tlak - převezme příčník

$N_{Sd,VZ} = R_x/\cos \gamma = 918,3/\cos 30,66^\circ = 1067,5 \text{ kN}$ - tah - převezme vzpěra

Příčník přenášející svislou reakci

Profil : IS 2xP15 . 300 + P20 . 900 - $A = 27,0 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$; $J_y = 3,099 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$;

$W_{y,el} = 6,66 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$; $W_{y,pl} = 8,17 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$; $J_z = 68,1 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$; $W_{z,el} = 454 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$;

$W_{z,pl} = 765 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$; $i_z = 50,2 \text{ mm}$; $g = 216,0 \text{ kg/m}$; S235

$M_{y,Sd} = R_z \cdot L = 725,0 \cdot 1,35 = 978,8 \text{ kNm}$;

$N_{Sd} = -544,4 \text{ kN}$;

$M_{z,Sd} = 32,9 \text{ kNm}$

Stabilita horní příruby nosníku : $L_{cr,z} = 1350 - 150 = 1200 \text{ mm}$

$$\lambda = 1200/50,2 = 24 < 40 \rightarrow \chi = 1,0$$

$$N_{b,Rd} = 27,0 \cdot 10^3 \cdot 235 = 6345,0 \cdot 10^3 \text{ N} = \underline{6345,0 \text{ kN}}$$

$$M_{y,Ed} = \chi \cdot W_y \cdot f_y = 1,0 \cdot 8170 \cdot 10^3 \cdot 235 = 1920,0 \cdot 10^6 \text{ Nmm} = \underline{1920,0 \text{ kNm}}$$

$$M_{z,Ed} = W_z \cdot f_z = 765 \cdot 10^3 \cdot 235 = 179,0 \cdot 10^6 \text{ Nmm} = \underline{179,0 \text{ kNm}}$$

$$N_{Sd}/N_{b,Rd} + M_{y,Sd}/M_{y,Ed} + M_{z,Sd}/M_{z,Ed} =$$

$$= (544,4/6345) + (978,8/1920) + (32,1/179) = \underline{0,08 + 0,51 + 0,18 = 0,77 < 1,0}$$

Vzpěra přenášející vodorovnou reakci :

Profil TRØ139,7x12,5 : $A = 5,00 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$; $J_y = 10,20 \cdot 10^6$; $W_y = 146 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$;

$$i = 45,2 \text{ mm}; g = 39,2 \text{ kg/m}; S235$$

$$N_{Sd} = +1067,5 \text{ kN} - \text{tah}$$

$$N_{b,Rd} = 5,00 \cdot 10^3 \cdot 235 = 1175,0 \cdot 10^3 \text{ N} = \underline{1175,0 \text{ kN} > N_{Sd}}$$

Vzpěra mezi hlavními nosníky přenášející reakci ve směru "Y" :

$$N_{Sd} = -R_y = 544,4 \text{ kN} - \text{tah}$$

Profil TRØ139,7x8 : $A = 3,31 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$; $J_y = 7,20 \cdot 10^6$; $W_y = 103 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$;

$$i = 46,6 \text{ mm}; g = 26,0 \text{ kg/m}; S235$$

$$L_{cr,z} = 2900 \text{ mm} \rightarrow \lambda = 2900/46,0 = 63,0 \rightarrow \bar{\lambda} = 0,67 \rightarrow \chi = 0,861 - \text{v případě tlaku}$$

$$N_{b,Rd} = 1,0 \cdot 3,31 \cdot 10^3 \cdot 235 = 777,8 \cdot 10^3 \text{ N} = \underline{777,8 \text{ kN} > N_{Sd}}$$

Šroubový spoj na čelní desku :

Šrouby M24 kv. 8.8

$$F_{t,Rd} = 0,9 \cdot A_s \cdot f_{ub} / \gamma_{M2} = 0,9 \cdot 353 \cdot 800 / 1,45 = 175,3 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$\text{Počet šroubů : } n = N_{Sd} / F_{t,Rd} = 544,4 \cdot 10^3 / 175,3 \cdot 10^3 = 3,1 \rightarrow \underline{4 - \text{spoj je tažený}}$$

$$\text{Minimální tloušťka desky : } t_{\min} = 4,3 \cdot (b \cdot d^2 / a)^{0,333} = 4,3 \cdot (43 \cdot 24^2 / 45)^{0,333} = 35 \rightarrow \underline{30 \text{ mm}}$$

$$\gamma_p = 1 + 0,005(35^3 - 30^3) / 24^2 = 1,138$$

$$4 \cdot F_{t,Rd} / \gamma_p = 4 \cdot 175,3 / 1,138 = \underline{616,2 \text{ kN} > N_{Sd}}$$

Svar: $a = 6 \text{ mm}$, $L = 777,8 \cdot 10^3 / 1800 = 432 \text{ mm} < \text{obvod trubky}$