

Statický výpočet

Obsah:

1.	ÚVOD.....	2
1.1.	VŠEOBECNĚ	2
1.2.	POPIS KONSTRUKCE.....	2
1.3.	PŘEDPOKLADY VÝPOČTU	3
1.3.1.	Obecné předpoklady výpočtu.....	3
1.3.2.	Návrhové materiálové charakteristiky nosné konstrukce	3
2.	GEOMETRIE.....	4
2.1.	TVAR KONSTRUKCE	4
2.2.	MODEL NOSNÉ KONSTRUKCE	7
3.	ZATÍŽENÍ KONSTRUKCE	15
3.1.	STÁLÉ ZATÍŽENÍ	15
3.1.1.	Vlastní tíha nosné konstrukce	15
3.1.2.	Ostatní stálá zatížení	15
3.2.	NAHODILÁ ZATÍŽENÍ	15
3.2.1.	Nahodilé zatížení sněhem	15
3.2.2.	Nahodilé zatížení větrem.....	15
3.2.3.	Nahodilé zatížení teplotou	16
3.2.4.	Nahodilé zatížení dopravou	17
3.2.4.1.	Zatížení davem lidí	17
3.2.4.2.	Zatížení servisním vozidlem	17
3.2.4.3.	Zatěžovací model LM1	17
3.2.4.4.	Zatěžovací model LM2	17
3.2.4.5.	Zatěžovací model LM3	17
3.2.4.6.	Brzdné a rozjezdové síly.....	17
3.2.4.7.	Odstředivé a jiné příčné síly.....	17
3.2.4.8.	Mimořádné zatížení	17
4.	SESTAVENÉ ZATĚŽOVACÍ STAVY	18
5.	VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL.....	20
5.1.	PRŮBĚH VNITŘNÍCH SIL V OCELOVÉ KONSTRUKCI.....	20
5.2.	NAMÁHÁNÍ DESKY MOSTOVKY	23
5.3.	SUPERPOZICE ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ.....	25
5.3.1.	Prutové prvky.....	25
5.3.2.	Deskové prvky.....	30
6.	NÁVRH A POSOUZENÍ NOSNÉ KONSTRUKCE	31
6.1.	POSOUZENÍ NORMÁLOVÝCH NAPĚTÍ OBLOUKŮ	31
6.2.	VZPĚR OBLOUKŮ	31
6.3.	KOTVENÍ OBLOUKŮ DO KONCOVÉHO PŘÍČNÍKU.....	31
6.4.	POSOUZENÍ PRŮHYBŮ	32
6.5.	VÝPOČET VLASTNÍCH FREKVENCÍ A TVARŮ	32
6.6.	NÁVRH VÝZTUŽE DESKY MOSTOVKY	37
6.6.1.	Posouzení na ohyb.....	37
6.6.2.	Posouzení na smyk.....	39
6.6.3.	Omezení trhlin a napětí	40
6.6.4.	Posouzení na únavu	41
6.7.	KONCOVÝ PŘÍČNÍK	42
6.8.	POSOUZENÍ TÁHEL	43
7.	SPODNÍ STAVBA	44
7.1.	OPĚRA.....	44
7.2.	NAPĚTÍ V ZÁKLADOVÉ SPÁŘE.....	44
7.3.	POSOUZENÍ ZEMNÍHO ODPORU NA BRZDNÉ SÍLY	44
8.	ZÁVĚR.....	45

1. Úvod

1.1. Všeobecně

Jedná se o mostní objekt na cyklostezce v České Lípě mezi ulicemi Zimní a Karla Poláčka, spojuje městské části Svárov a Kopeček. Lávka převádí cyklotrasu přes zářez silnice I/9 u hasičské zbrojnice IZS přesně na hranici města (nad dopravním značením obce).

1.2. Popis konstrukce

Lávka je navržena jako jednopolová kolmá se šikmým křížením překážky. Konstrukčně se jedná o ocelový obloukový most s dolní zavěšenou železobetonovou mostovkou ve funkci táhla. Opěra přitom tvoří koncový příčník, nosná konstrukce je integrovaná se spodní stavbou. Dilatační posuny se odehrávají v základové spáře.

Hlavní nosný prvek je tvořen dvojicí ukloněných oblouků z ocelových trubek profilu TR.406/20 se styčnickovými plechy pro závěsy M30. Oblouky jsou ukloněny o 10° a spojeny třemi příčníky z dvojice trubek TR.219/16 zavětovaných táhly M30. Oblouky jsou vetknuty do opěry, resp. koncového příčníku vytaženého mimo hranu desky mostovky. Rozpětí oblouků je 53.9m se vzepětím 6.42m

Deska mostovky je železobetonová monolitická se zabetonovanými přípravky pro kotvení závěsů. Tloušťka desky je v nejtenčím místě příčného profilu 20cm, proměnná vlivem střechovitého příčného spádu s protispády a okapnicí na krajích. Rozpětí mostovky odpovídá rozpětí oblouku, ale vzepětí odpovídá limitnímu podélnému spádu 8.33% a činí 1.252m.

Systém závěsů je tvořen hlavními táhly radiálně ukloněnými do středu nosného oblouku s doplněním zavětovacích diagonálních táhel pro zajištění tuhosti při nesymetrickém zatížení poloviny rozpětí. Radiální závěsy jsou po 2.5m ve vodorovném směru a diagonální jsou ukloněny směrem do středu rozpětí vždy ob jeden závěs.

1.3. Předpoklady výpočtu

1.3.1. Obecné předpoklady výpočtu

Oblouky budou sestaveny s příčníky a osazeny jako celek za pomoci provizorních montážních táhel a rozpěr. Oblouky budou osazeny na provizorní podpory či korevní přípravky a ukotveny až po dobetonování opěr, resp. kotevních bloků a to stále za provizorního stažení paty oblouků táhly.

Betonáž zavěšené desky mostovky se předpokládá na skruži. Po vytvrdnutí betonu budou táhla aktivována a teprve poté bude mostovka odbedněna

Návrh konstrukce je proveden na zatížení lávek dle ČSN EN 1991-2, tedy pěší 500kg/m², resp. servisní vozidlo hmotnosti 12t.

1.3.2. Návrhové materiálové charakteristiky nosné konstrukce

Beton: C 30/37-XD1, XF2 (CZ) – CI 0.40 – D_{max}22 – S5

Návrhová pevnost betonu v tlaku EN 1992-2 ods. 3.1.6

$f_{cd} = a_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$			EN 1992-2, 3.1.6	
$f_{ck} = 30$	Mpa		EN 1992-1-1, tab 3.1	charakteristická pevnost betonu
$a_{cc} = 0.85$			EN 1992-2, 3.1.6	souč. zohledňující dlouhodobé účinky uvedená hodnota je doporučena pro mosty
$\gamma_c = 1.5$			EN 1992-1-1, 2.4.2.4	pro trvalé a dočasné návrhové situace
$\gamma_c = 1.2$			EN 1992-1-1, 2.4.2.4	pro mimořádné návrhové situace
$f_{cd} = a_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	17.0	Mpa		
$f_{cd} = a_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	21.25	Mpa		

Návrhová pevnost betonu v tahu EN 1992-2 ods. 3.1.6

$f_{ctd} = a_{ct} \cdot f_{ctk0.05} / \gamma_c$			EN 1992-2, 3.1.6	
$f_{ctk0.05} = 2.0$	Mpa		EN 1992-1-1, tab 3.1	charakteristická pevnost betonu
$a_{ct} = 1.0$			EN 1992-2, 3.1.6	souč. zohledňující dlouhodobé účinky uvedená hodnota je doporučena pro mosty
$\gamma_c = 1.5$			EN 1992-1-1, 2.4.2.4	pro trvalé a dočasné návrhové situace
$\gamma_c = 1.2$			EN 1992-1-1, 2.4.2.4	pro mimořádné návrhové situace
$f_{cd} = a_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	1.3	Mpa		
$f_{cd} = a_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	1.7	Mpa		

Ocel: B 500B
Návrhová pevnost oceli EN 1992-1-1 ods. 3.2.7, obr 3.8

$f_{yd}=f_{yk}/\gamma_s$			EN 1992-1-1, obr 3.8		
$f_{yk}= 500$	Mpa		EN 1992-1-1, tab 3.1	charakteristická pevnost oceli mez kluzu oceli v ČSN 42 0139 $R_e=f_{yk}$	
$\gamma_s= 1.15$			EN 1992-1-1, 2.4.2.4	pro trvalé a dočasné návrhové situace	
$\gamma_s= 1.0$			EN 1992-1-1, 2.4.2.4	pro mimořádné návrhové situace	
$f_{yd}=f_{yk}/\gamma_s= 434.8$	Mpa				
$f_{yd}=f_{yk}/\gamma_s= 500$	Mpa				

Krycí vrstva EN 1992-2 ods. 4.

S 4			pozn.	základní třída konstrukce životnost 50 let
+2 třídy	2		EN 1992-1-1, 4.4.1.2, tab 3.4N	návrhová životnost 100 let
-1 třídy	-1		EN 1992-1-1, 4.4.1.2, tab 3.4N	zajištění zvláštní kontroly kvality výroby betonu
S 5				výsledná třída konstrukce
$c_{min,dur}= 40$	mm		EN 1992-1-1, 4.4.1.2, tab 4.4N	minimální krycí vrstva z hlediska vlivu prostředí pro uvažovaný vliv prostředí XD1
$c_{min,b}= 0$	mm		EN 1992-1-1, 4.4.1.2, tab 4.2N	minimální krycí vrstva z hlediska soudržnosti, $D_{max} < 32mm \rightarrow \phi_p$ ak $D_{max} > 32mm \rightarrow \phi_p + 5mm$
$\Delta c_{dur,\gamma}= 0$	mm		EN 1992-1-1, 4.4.1.2	přídavná bezpečnostní složka
$\Delta c_{dur,st}= 0$	mm		EN 1992-1-1, 4.4.1.2	pro korozivzdornou ocel
$\Delta c_{dur,add}= 0$	mm		EN 1992-1-1, 4.4.1.2	pro beton s ochrannými vrstvami
$\Delta c_{dev}= 10$	mm		EN 1992-1-1, 4.4.1.3. pozn.	přídavek pro návrhovou odchylku
$c_{min} = \max\{c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10mm\}$				
$c_{min}= 40$	mm			
$c_{nom}=c_{min} + \Delta c_{dev}= 50$	mm		EN 1992-1-1, 4.4.1.1	

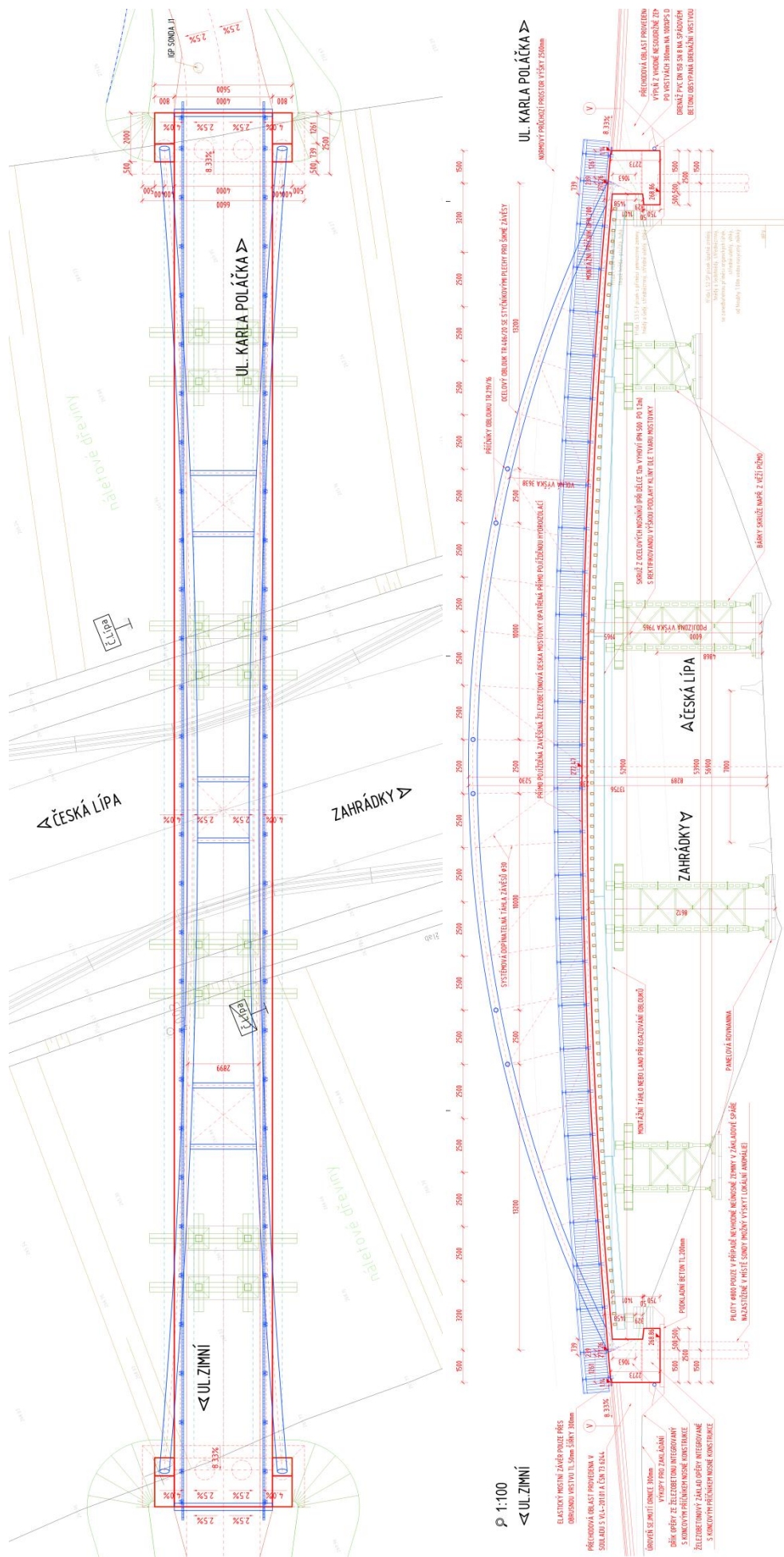
Ocelová konstrukce: S355
Návrhová pevnost $F_{yd}=355/1.15=308MPa$

2. Geometrie

Tvar a základní rozměry lávky jsou patrné z přiložených schémat. Vstupní údaje a údaje o modelu jsou s ohledem na množství dat uvedeny pouze základní, kompletní vstupy i výstupy jsou archivovány u projektanta. Model nosné konstrukce je zvolen jako prostorový rošt se zavěšenou deskou.

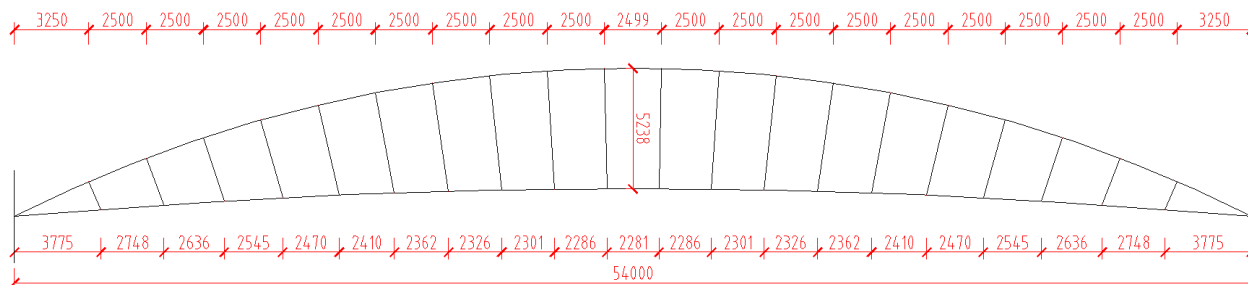
2.1. Tvar konstrukce

Tvar mostní konstrukce je převzatý z rozpracované dokumentace.

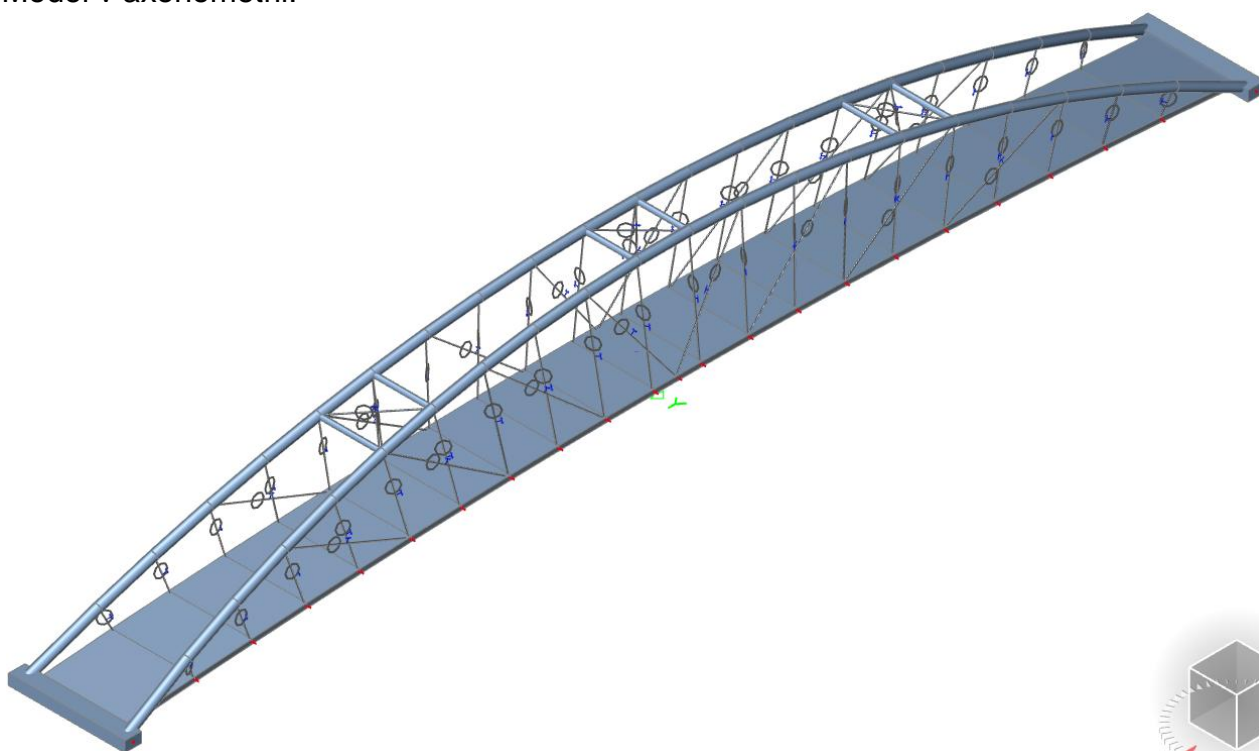


2.2. Model nosné konstrukce

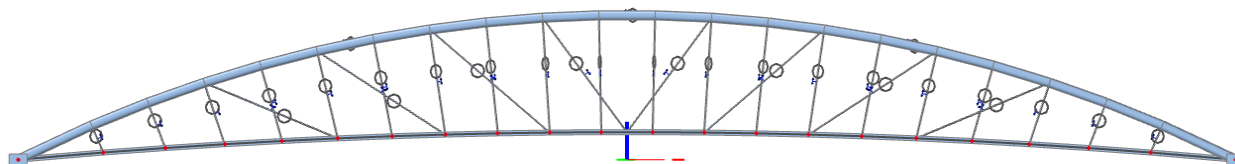
Model je přiložen formou výpisu a schémat z použitého výpočetního programu.
Schéma se základními rozměry:



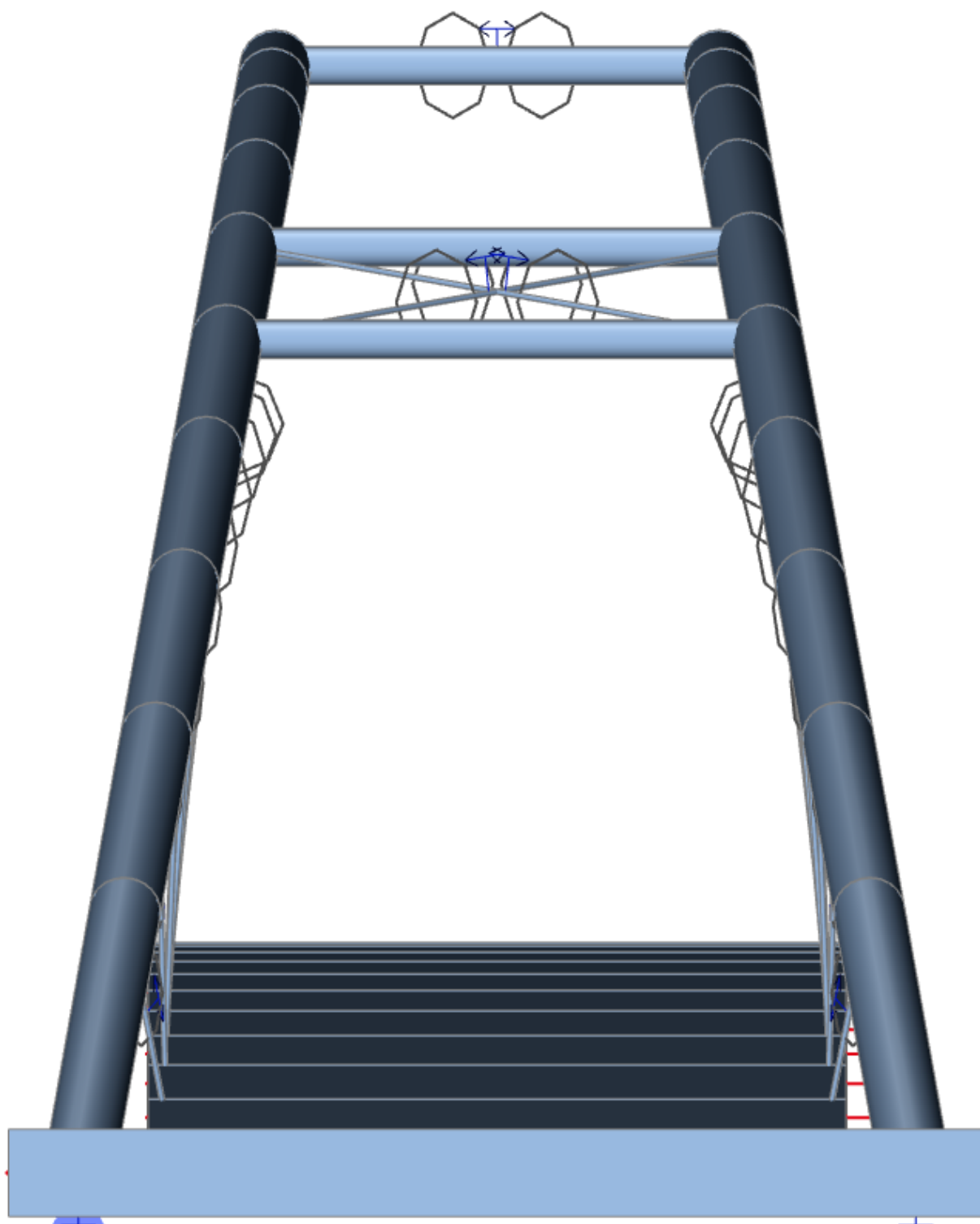
Model v axonometrii:



Model v podélném profilu:




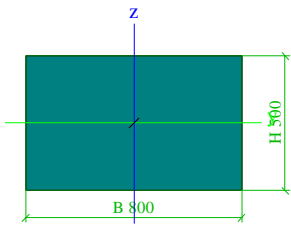
Model v příčném profilu:


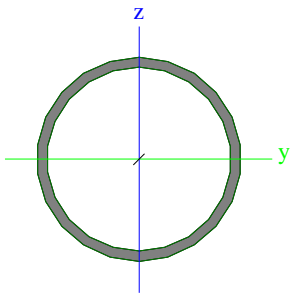



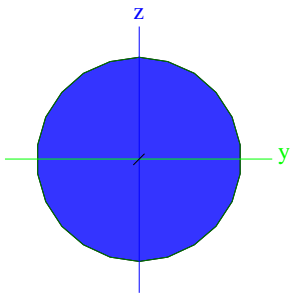
1. Projekt


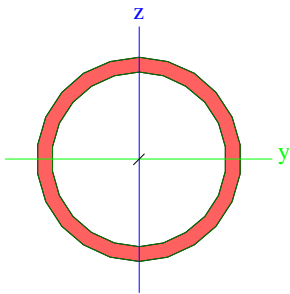
Licenční jméno	Vaner s.r.o.
Projekt	Česká Lípa - lávka Svárov-Kopeček
Část	nosná konstrukce
Popis	oblouk s dolní mostovkou
Autor	Tomáš Humpal
Datum	02. 02. 2021
Konstrukce	Obecná XYZ
Poč. uzlů :	158
Poč. prutů :	112
Poč. ploch :	21
Poč. těles :	0
Poč. průřezů :	4
Poč. zat. stavů :	10
Poč. materiálů :	3
Tíhové zrychlení [m/s ²]	9,810
Národní norma	EC - EN

2. Průřezy

CS1			
Typ	Obdélník		
Detailní	500; 800		
Typ tvaru	Tlustostěnný		
Materiál	C30/37		
Výroba	beton		
Barva			
A [m ²]	4,0000e-01		
A _y [m ²], A _z [m ²]	3,3333e-01	3,3333e-01	
A _L [m ² /m], A _D [m ² /m]	2,6000e+00	2,6000e+00	
C _{y,UCS} [mm], C _{z,UCS} [mm]	400	250	
α [deg]	0,00		
I _y [m ⁴], I _z [m ⁴]	8,3333e-03	2,1333e-02	
I _y [mm], I _z [mm]	144	231	
W _{el,y} [m ³], W _{el,z} [m ³]	3,3333e-02	5,3333e-02	
W _{pl,y} [m ³], W _{pl,z} [m ³]	0,0000e+00	0,0000e+00	
M _{pl,y,+} [Nm], M _{pl,y,-} [Nm]	0,00e+00	0,00e+00	
M _{pl,z,+} [Nm], M _{pl,z,-} [Nm]	0,00e+00	0,00e+00	
d _y [mm], d _z [mm]	0	0	
I _t [m ⁴], I _w [m ⁶]	2,0379e-02	0,0000e+00	
β _y [mm], β _z [mm]	0	0	
Obrázek			



CS3		
Typ	MSRR406.4x20.0	
Kód tvaru	3 - Kruhové uzavřené průřezy	
Typ tvaru	Tenkostěnný	
Materiál	S 355	
Výroba	válcovaný	
Barva		
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	a	a
A [m ²]	2,4300e-02	
A _y [m ²], A _z [m ²]	1,5456e-02	1,5456e-02
A _L [m ² /m], A _D [m ² /m]	1,2800e+00	2,4277e+00
C _{y,UCS} [mm], C _{z,UCS} [mm]	203	203
α [deg]	0,00	
I _y [m ⁴], I _z [m ⁴]	4,5430e-04	4,5430e-04
i _y [mm], i _z [mm]	137	137
W _{el,y} [m ³], W _{el,z} [m ³]	2,2400e-03	2,2400e-03
W _{pl,y} [m ³], W _{pl,z} [m ³]	2,9900e-03	2,9900e-03
M _{pl,y,+} [Nm], M _{pl,y,-} [Nm]	1,06e+06	1,06e+06
M _{pl,z,+} [Nm], M _{pl,z,-} [Nm]	1,06e+06	1,06e+06
d _y [mm], d _z [mm]	0	0
I _t [m ⁴], I _w [m ⁶]	9,0860e-04	2,4336e-38
β _y [mm], β _z [mm]	0	0
Obrázek		


CS6		
Typ	RND30	
Kód tvaru	11 - Plný kruhový průřez	
Typ tvaru	Tlustostěnný	
Materiál	S 450	
Výroba	válcovaný	
Barva		
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	c	c
A [m ²]	7,0700e-04	
A _y [m ²], A _z [m ²]	6,3767e-04	6,3767e-04
A _L [m ² /m], A _D [m ² /m]	9,4200e-02	9,4243e-02
C _{y,UCS} [mm], C _{z,UCS} [mm]	15	15
α [deg]	0,00	
I _y [m ⁴], I _z [m ⁴]	3,9800e-08	3,9800e-08
i _y [mm], i _z [mm]	8	8
W _{el,y} [m ³], W _{el,z} [m ³]	2,6500e-06	2,6500e-06
W _{pl,y} [m ³], W _{pl,z} [m ³]	4,5000e-06	4,5000e-06
M _{pl,y,+} [Nm], M _{pl,y,-} [Nm]	1,98e+03	1,98e+03
M _{pl,z,+} [Nm], M _{pl,z,-} [Nm]	1,98e+03	1,98e+03
d _y [mm], d _z [mm]	0	0
I _t [m ⁴], I _w [m ⁶]	7,9722e-08	2,8370e-38
β _y [mm], β _z [mm]	0	0
Obrázek		

CS7		
Typ	MSRR219.1x16.0	
Kód tvaru	3 - Kruhové uzavřené průřezy	
Typ tvaru	Tenkostěnný	
Materiál	S 355	
Výroba	válcovaný	
Barva		
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	a	a
A [m ²]	1,0200e-02	
A _y [m ²], A _z [m ²]	6,4992e-03	6,4992e-03
A _L [m ² /m], A _D [m ² /m]	6,8800e-01	1,2761e+00
C _{y,UCS} [mm], C _{z,UCS} [mm]	110	110
α [deg]	0,00	
I _y [m ⁴], I _z [m ⁴]	5,3000e-05	5,3000e-05
i _y [mm], i _z [mm]	72	72
W _{el,y} [m ³], W _{el,z} [m ³]	4,8300e-04	4,8300e-04
W _{pl,y} [m ³], W _{pl,z} [m ³]	6,6100e-04	6,6100e-04
M _{pl,y,+} [Nm], M _{pl,y,-} [Nm]	2,35e+05	2,35e+05
M _{pl,z,+} [Nm], M _{pl,z,-} [Nm]	2,35e+05	2,35e+05
d _y [mm], d _z [mm]	0	0
I _t [m ⁴], I _w [m ⁶]	1,0590e-04	1,0098e-39
β _y [mm], β _z [mm]	0	0
Obrázek		

3. Materiály

Ocel EC3

Jméno	ρ [kg/m ³]	E_{mod} [MPa]	μ	Dolní mez [mm]	Horní mez [mm]	F_y [MPa]	F_u [MPa]	Barva
		G_{mod} [MPa]	α [m/mK]					
S 355	7850,0	2,1000e+05	0.3	0	40	355,0	490,0	
		8,0769e+04	0,00	40	80	335,0	470,0	
S 450	7850,0	2,1000e+05	0.3	0	40	440,0	550,0	
		8,0769e+04	0,00	40	80	410,0	550,0	

Jméno	Typ	ρ [kg/m ³]	Hustota v čerstvém stavu [kg/m ³]	E_{mod} [MPa]	μ	α [m/mK]	$f_{c,k.28}$ [MPa]	Barva
C30/37	Beton	2500,0	2600,0	3,2800e+04	0.2	0,00	30,00	

Vysvětlivky symbolů

Hustota v čerstvém stavu	Hodnota hustoty v čerstvém stavu se použije pouze v případě, že je zadána spřažená deska a její vlastní tíha se zohledňuje.
--------------------------	---

4. Zatěžovací stavy

Jméno	Popis	Typ působení	Skupina zatížení	Směr	Působení	Řídící zat. stav
	Spec	Typ zatížení				
ZS1	Vlastní tíha	Stálé Vlastní tíha	SZ1	-Z		
ZS2	pěší na celé lávce Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS3	pěší na polovině Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS4	pěší na polovině Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS5	servisní vozidlo 12t uprostřed Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS6	servisní vozidlo 12t ve čtvrtině Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS7	servisní vozidlo 12t ve čtvrtině Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS8	servisní vozidlo 12t u opěry Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS9	servisní vozidlo 12t u opěry Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS10	aktivace táhel	Stálé Standard	SZ1			

5. Skupiny hmot

Jméno	Zatěžovací stav
MG1	ZS1 - Vlastní tíha

6. Výkaz materiálu

Výběr: Vše

Způsob třídění: Materiál

Shrnutí

Materiál	Hmotá [kg]	Povrch [m ²]	Objem [m ³]
Ocel	24301,7	181,637	3,0958e+00
Beton	130158,1	245,407	5,2063e+01
Celkem	154459,8	427,044	5,5159e+01

Poznámka: Hodnota 'Povrch' představuje pro 1D dílce celkový vnější povrch, zatímco pro 2D dílce odpovídá ploše střednicové roviny.

Ocel (1D)

Materiál	Hustota [kg/m ³]	Hmotá [kg]	Povrch [m ²]	Objem [m ³]
S 355	7850,0	22743,5	155,190	2,8973e+00
S 450	7850,0	1558,1	26,447	1,9849e-01
Celkem		24301,7	181,637	3,0958e+00

Beton (1D)

Materiál	Hustota [kg/m ³]	Hmotá [kg]	Povrch [m ²]	Objem [m ³]
C30/37	2500,0	11200,0	29,120	4,4800e+00
Celkem		11200,0	29,120	4,4800e+00

Beton (2D)

Materiál	Hustota [kg/m ³]	Hmotá [kg]	Povrch [m ²]	Objem [m ³]
C30/37	2500,0	118958,1	216,287	4,7583e+01
Celkem		118958,1	216,287	4,7583e+01

3. Zatížení konstrukce

3.1. Stálé zatížení

3.1.1. Vlastní tíha nosné konstrukce

Zatížení vlastní tíhou nosné konstrukce je v programu vygenerováno ze zadaných průřezových a materiálových charakteristik z databanky programu aplikací gravitačního zrychlení.

3.1.2. Ostatní stálá zatížení

Zatížení od mostního svršku jsou s ohledem na přímo pojížděnou mostovku s bezřímsovým svrškem zanedbatelné. Do výpočtu je uvažována aktivace táhel před odbedněním a to dotačním momentovým klíčem jako ochlazení o 50°C

Sedání základů není uvažováno s ohledem na charakter konstrukce (prostý nosník) a poměrně nízkou torzní tuhost konstrukce nenáchylné k nerovnoměrnému sedání jednoho základu.

Smršťování a dotvarování betonu je rovněž zanedbatelné s ohledem na tvar a charakter konstrukce.

3.2. Nahodilá zatížení

3.2.1. Nahodilé zatížení sněhem

Vzhledem k charakteru konstrukce, resp. poloze a předpokladu odklízení sněhu před zatížením, není zatížení sněhem rozhodující a není uvažováno. Jeho vliv je mnohem nižší, než zatížení pěšími.

3.2.2. Nahodilé zatížení větrem

Vzhledem k velikosti, tvaru a umístění mostu nemá zatížení větrem rozhodující vliv na vnitřní síly a je zanedbáno. Tuhost ve vodorovném směru je dána monolitickou deskou šířky 4.0m na rozpětí 53m, tedy dostatečná.

3.2.3. Nahodilé zatížení teplotou

Rovnoměrná složka teploty je uvažována při návrhu dilatace a uložení od konvenční základní teploty 10°C jako ochlazení o -52°C a oteplení o +48°C.

	3	typ	EN 1991-1-5, 6.1.1, str 15	stanovení typu konstrukce mostu
T_{\min}	-32.0	°C	EN 1991-1-5, 6.1.3.2, str 15, NA2.20 str 37, obr NA2 str 39	minimální teplota vzduchu ve stínu
T_{\max}	34.0	°C	EN 1991-1-5, 6.1.3.2, str 15, NA2.20 str 37, obr NA1 str 39	maximální teplota vzduchu ve stínu
$T_{e,\min}$	-22.0	°C	EN 1991-1-5, obr 6.1, str 17	
$T_{e,\max}$	38.0	°C	EN 1991-1-5, obr 6.1, str 17	
T_0	10.0	°C	EN 1991-1-5, NA 2.21	výchozí teplota, teplota nosné konstrukce v době zabudování
$\Delta T_{N,noc} = T_{e,\min} - T_0$	-32.0	°C	EN 1991-1-5, 6.1.3.3, str 18	charakteristická hodnota max rozsahu rovnoměrné složky teploty pro výpočet zkrácení
$\Delta T_{N,exp} = T_{e,\max} - T_0$	28.0	°C	EN 1991-1-5, 6.1.3.3, str 18	charakteristická hodnota max rozsahu rovnoměrné složky teploty pro výpočet
Zatížení pro ložiska a dilatační spáry				
$\Delta T_{N,noc-20}$	-52.0	°C	EN 1991-1-5, 6.1.3.3, poz 2	není známa montážní teplota
$\Delta T_{N,exp+20}$	48.0	°C	EN 1991-1-5, 6.1.3.3, poz 2	není známa montážní teplota
$\Delta T_{N,noc-10}$	-42.0	°C	EN 1991-1-5, 6.1.3.3, poz 2	je známa montážní teplota
$\Delta T_{N,exp+10}$	38.0	°C	EN 1991-1-5, 6.1.3.3, poz 2	je známa montážní teplota

Rozdílové složky teploty jsou pro tento typ konstrukce zanedbatelné s ohledem na nízkou tuhost desky.

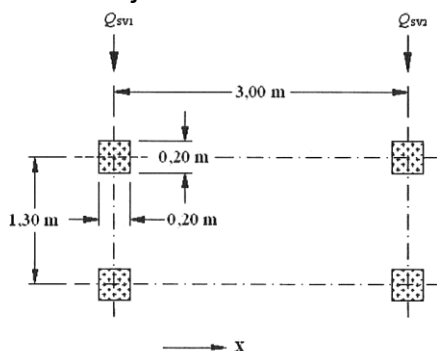
3.2.4. Nahodilé zatížení dopravou

3.2.4.1. Zatížení davem lidí

Zatížení pěším provozem dle ČSN EN 1991-2 kap.5.3.2.1 je uvažováno 5 kN/m^2 , zatížení na celou šířku desky. Redukce na délku je zanedbatelná a není uvažována.

3.2.4.2. Zatížení servisním vozidlem

Servisní vozidlo hmotnosti 12t o rozvoru 3.0m a rozchodu 1.3m dle ČSN EN 1991-2 kap.5.3.2.1 je uvažováno jako samostatné zatížení na konstrukci.



Legenda

x podélná osa mostu

$Q_{sv1} = 80\text{ kN}$

$Q_{sv2} = 40\text{ kN}$

3.2.4.3. Zatěžovací model LM1

Zatížení se neuplatní, charakter konstrukce lávky pro pěší nepředpokládá vjezd silničními vozidly.

3.2.4.4. Zatěžovací model LM2

Zatížení se neuplatní, charakter konstrukce lávky pro pěší nepředpokládá vjezd silničními vozidly.

3.2.4.5. Zatěžovací model LM3

Zatížení se neuplatní, charakter konstrukce lávky pro pěší nepředpokládá vjezd silničními vozidly.

3.2.4.6. Brzdné a rozjezdové síly

S ohledem na charakter konstrukce brzdné síly nemají zásadní vliv na redistribuci vnitřních sil. Uvažují se ale pro posouzení tření v základové spáře a pasivního odporu zeminy za opěrou. Uvažují větší z následujících hodnot:

$$B_{60\% \text{ servisního vozidla}} = 120 \cdot 0.6 = 72\text{ kN}$$

$$B_{10\% \text{ zatížení pěšími}} = 3.0 \cdot 56.9 \cdot 5 \cdot 0.1 = 85\text{ kN}$$

3.2.4.7. Odstředivé a jiné příčné síly

Odstředivé síly se nevyskytují, jiné příčné síly neuvažují.

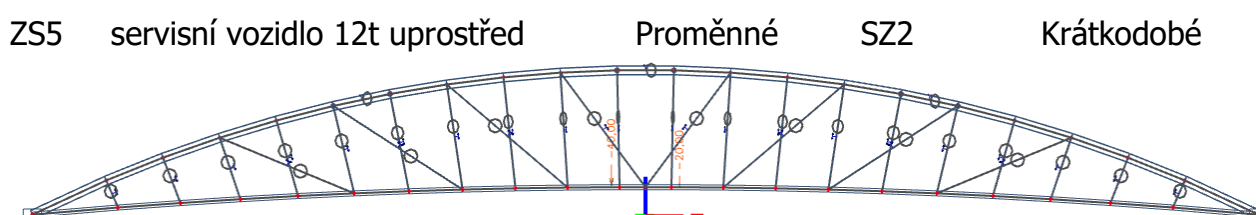
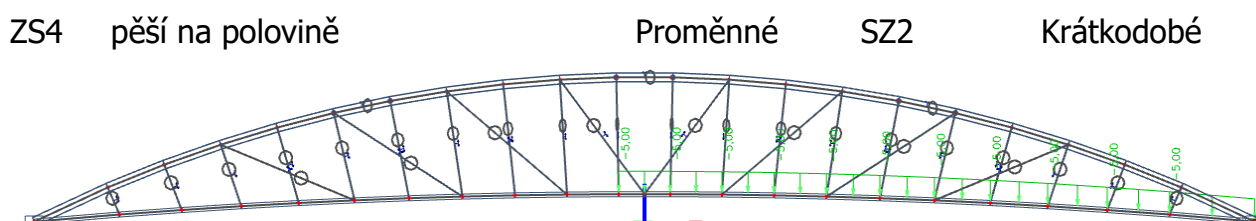
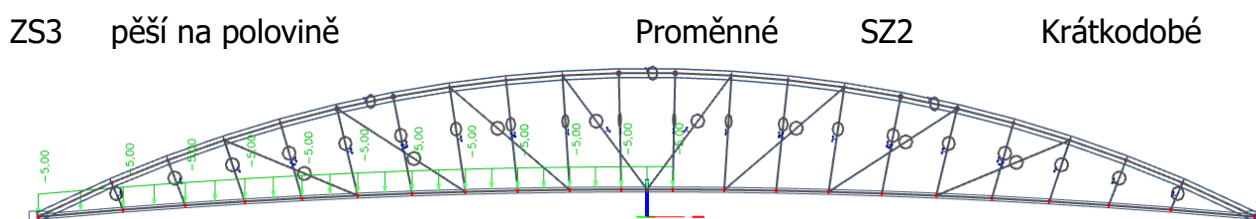
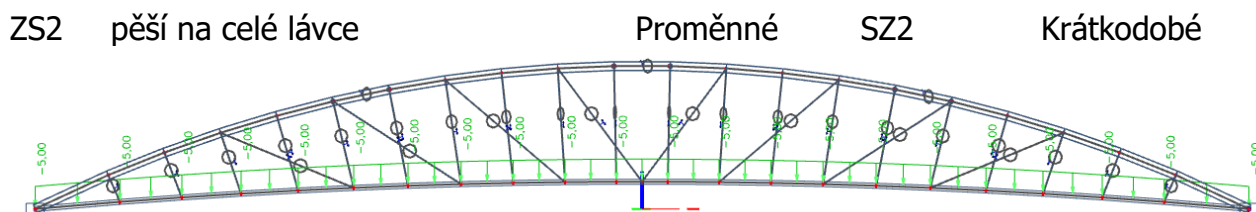
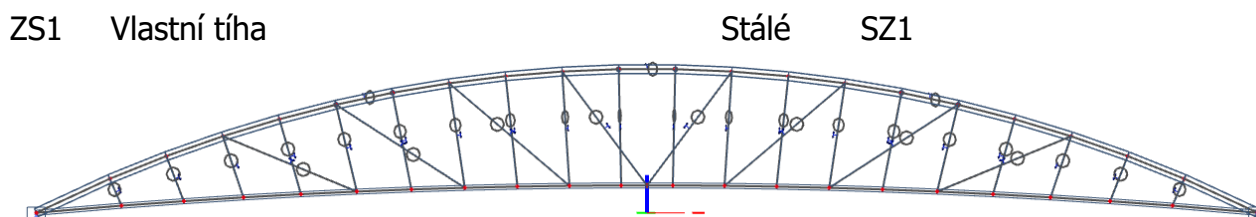
3.2.4.8. Mimořádné zatížení

Mimořádná zatížení neuvažují.

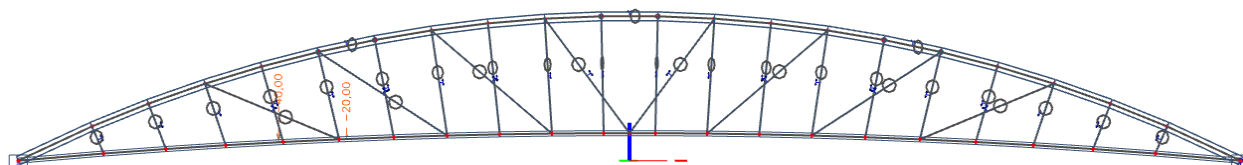
4. Sestavené zatěžovací stavy

Rekapitulace sestavených zatěžovacích stavů je uvedena formou výpisu z použitého výpočetního programu. Dále jsou přiložena schémata vybraných zatěžovacích stavů.

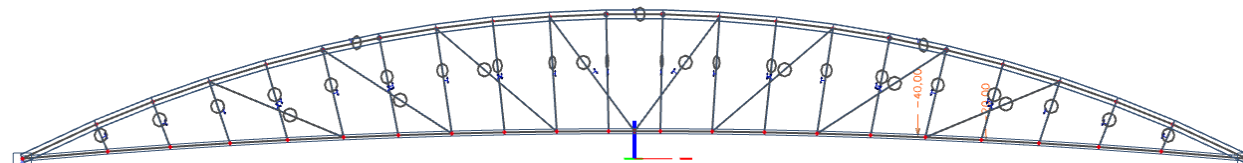
ZS1	Vlastní tíha	Stálé	SZ1	
ZS2	pěší na celé lávce	Proměnné	SZ2	Krátkodobé
ZS3	pěší na polovině	Proměnné	SZ2	Krátkodobé
ZS4	pěší na polovině	Proměnné	SZ2	Krátkodobé
ZS5	servisní vozidlo 12t uprostřed	Proměnné	SZ2	Krátkodobé
ZS6	servisní vozidlo 12t ve čtvrtině	Proměnné	SZ2	Krátkodobé
ZS7	servisní vozidlo 12t ve čtvrtině	Proměnné	SZ2	Krátkodobé
ZS8	servisní vozidlo 12t u opěry	Proměnné	SZ2	Krátkodobé
ZS9	servisní vozidlo 12t u opěry	Proměnné	SZ2	Krátkodobé
ZS10	aktivace táhel	Stálé	SZ1	



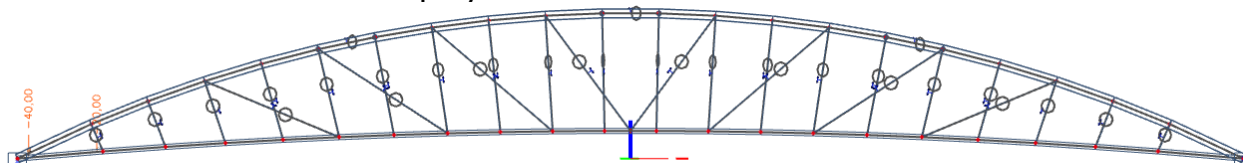
ZS6 servisní vozidlo 12t ve čtvrtině Proměnné SZ2 Krátkodobé



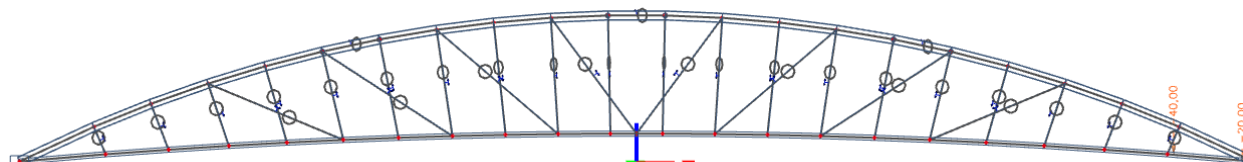
ZS7 servisní vozidlo 12t ve čtvrtině Proměnné SZ2 Krátkodobé



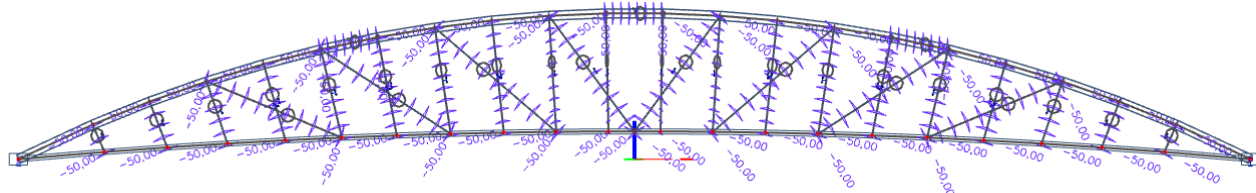
ZS8 servisní vozidlo 12t u opěry Proměnné SZ2 Krátkodobé



ZS9 servisní vozidlo 12t u opěry Proměnné SZ2 Krátkodobé



ZS10 aktivace táhel Stálé SZ1



5. Výpočet vnitřních sil

5.1. Průběh vnitřních sil v ocelové konstrukci

Výpočet je proveden pomocí programu SCIA pro řešení konstrukcí metodou konečných prvků. S ohledem na množství výstupních údajů jsou přiloženy pouze vybrané údaje, grafy a schémata k rozhodujícím vnitřním silám v rozhodujících zatěžovacích stavech na rozhodujících prvcích. Hodnoty jsou bez součinitele zatížení, ten je zohledněn v superpozici.

ZS1 Vlastní tíha
Stálé SZ1
1D napětí

Hodnoty: σ_x

Lineární výpočet

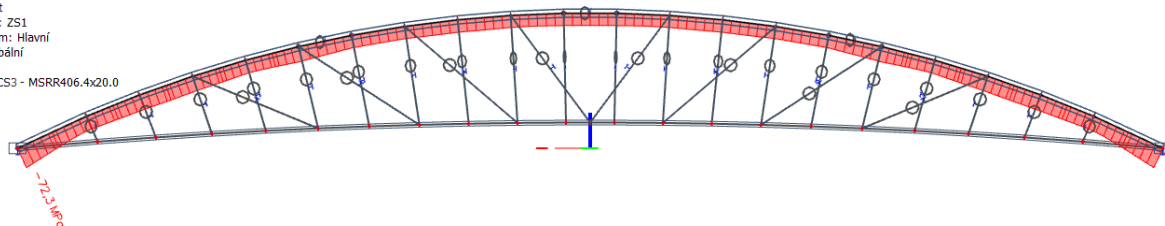
Zatěžovací stav: ZS1

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Globální

Výběr: Vše

Filtr: Průřez = CS3 - MSRR406.4x20.0


1D vnitřní síly

Hodnoty: M_y

Lineární výpočet

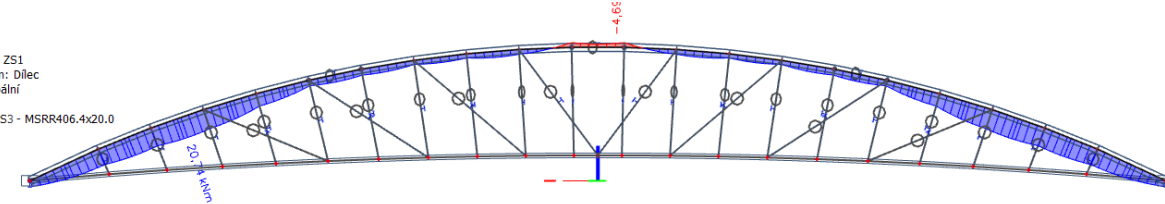
Zatěžovací stav: ZS1

Souřadný systém: Dílec

Extrém 1D: Globální

Výběr: Vše

Filtr: Průřez = CS3 - MSRR406.4x20.0


1D vnitřní síly

Hodnoty: N

Lineární výpočet

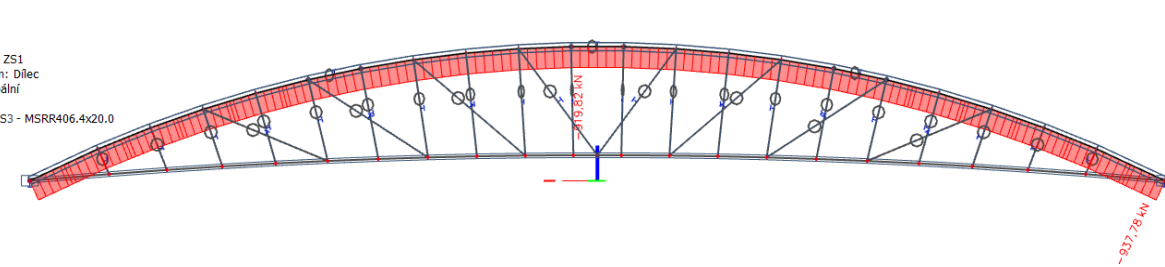
Zatěžovací stav: ZS1

Souřadný systém: Dílec

Extrém 1D: Globální

Výběr: Vše

Filtr: Průřez = CS3 - MSRR406.4x20.0



ZS2 pěší na celé lávce

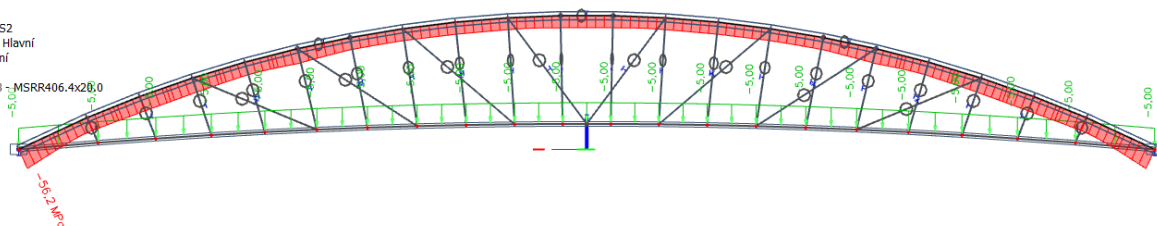
Proměnné

SZ2

Krátkodobé

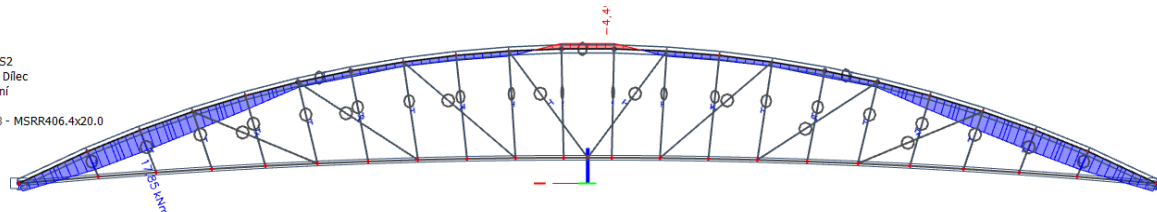
1D napětí

Hodnoty: σ_x
Lineární výpočet
Zatěžovací stav: ZS2
Souřadný systém: Hlavní
Extrém 1D: Globální
Výběr: Vše
Filtr: Průřez = CS3 - MSRR406.4x20.0



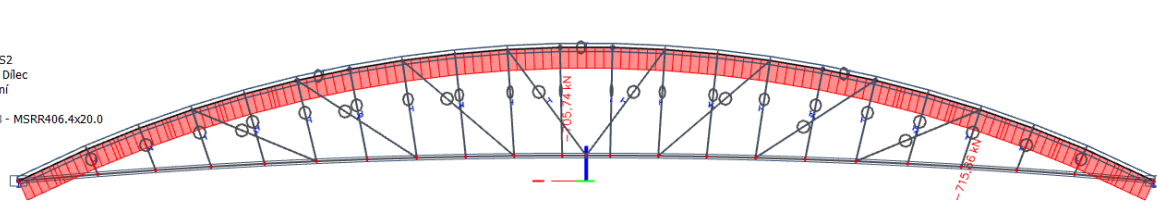
1D vnitřní síly

Hodnoty: M_y
Lineární výpočet
Zatěžovací stav: ZS2
Souřadný systém: Dilec
Extrém 1D: Globální
Výběr: Vše
Filtr: Průřez = CS3 - MSRR406.4x20.0



1D vnitřní síly

Hodnoty: N
Lineární výpočet
Zatěžovací stav: ZS2
Souřadný systém: Dilec
Extrém 1D: Globální
Výběr: Vše
Filtr: Průřez = CS3 - MSRR406.4x20.0



ZS3 pěší na polovině

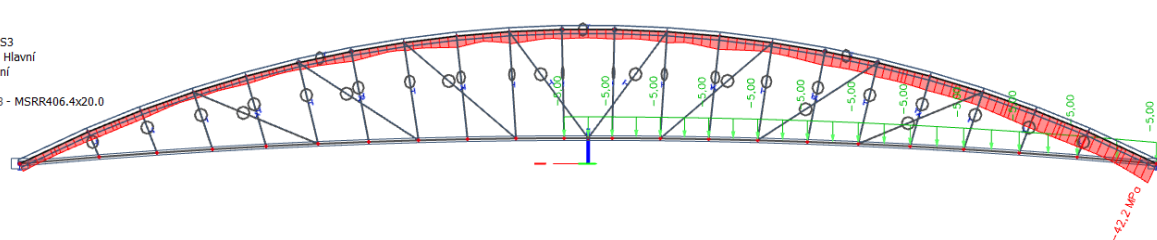
Proměnné

SZ2

Krátkodobé

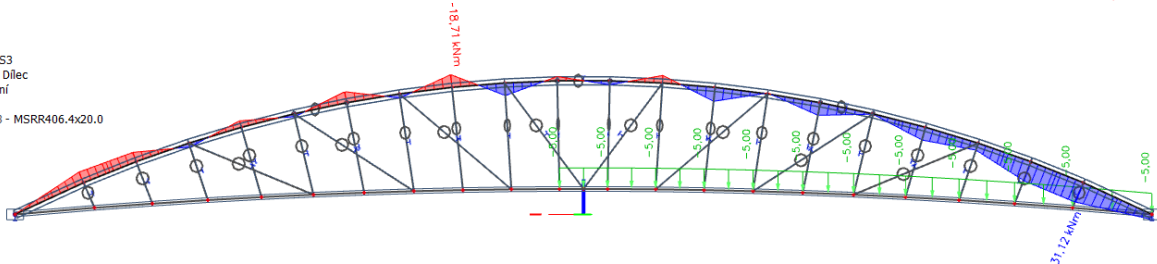
1D napětí

Hodnoty: σ_x
Lineární výpočet
Zatěžovací stav: ZS3
Souřadný systém: Hlavní
Extrém 1D: Globální
Výběr: Vše
Filtr: Průřez = CS3 - MSRR406.4x20.0



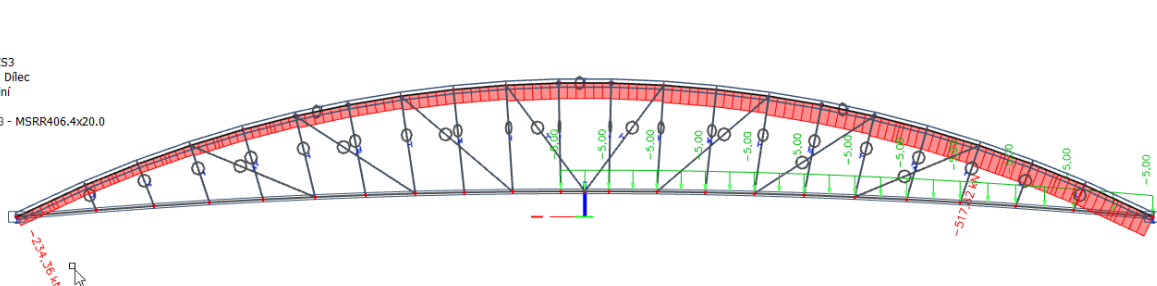
1D vnitřní síly

Hodnoty: M_y
Lineární výpočet
Zatěžovací stav: ZS3
Souřadný systém: Dilec
Extrém 1D: Globální
Výběr: Vše
Filtr: Průřez = CS3 - MSRR406.4x20.0



1D vnitřní síly

Hodnoty: N
Lineární výpočet
Zatěžovací stav: ZS3
Souřadný systém: Dilec
Extrém 1D: Globální
Výběr: Vše
Filtr: Průřez = CS3 - MSRR406.4x20.0

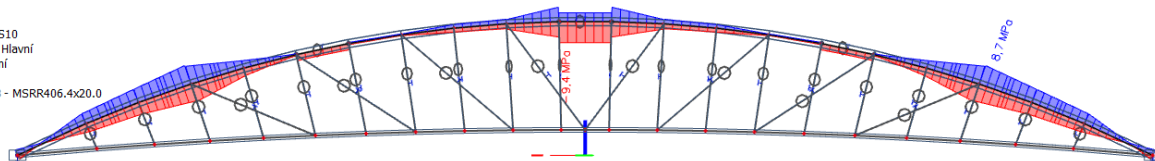


ZS10 aktivace táhel

Stálé SZ1

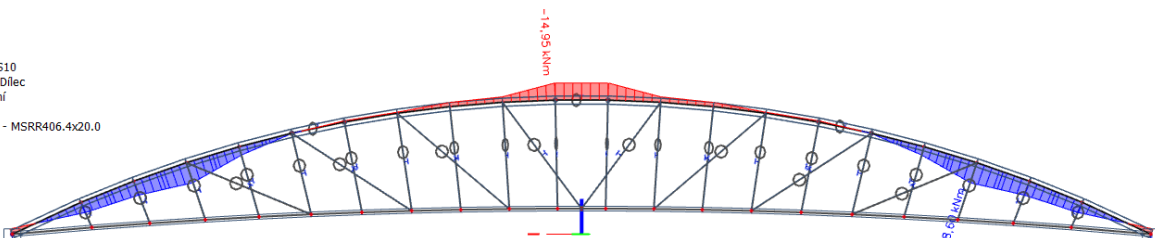
1D napětí

Hodnoty: σ_x
Lineární výpočet
Zatěžovací stav: ZS10
Souřadný systém: Hlavní
Extrém 1D: Globální
Výběr: Vše
Filtr: Průřez = CS3 - MSRR406.4x20.0



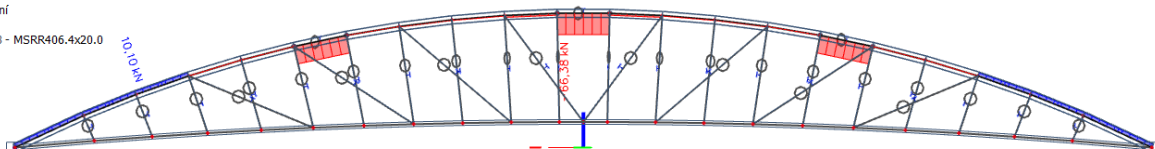
1D vnitřní síly

Hodnoty: M_y
Lineární výpočet
Zatěžovací stav: ZS10
Souřadný systém: Dílec
Extrém 1D: Globální
Výběr: Vše
Filtr: Průřez = CS3 - MSRR406.4x20.0



1D vnitřní síly

Hodnoty: N
Lineární výpočet
Zatěžovací stav: ZS10
Souřadný systém: Dílec
Extrém 1D: Globální
Výběr: Vše
Filtr: Průřez = CS3 - MSRR406.4x20.0



5.2. Namáhání desky mostovky

Namáhání desky mostovky je stanoveno na modelu prostého nosníku a to od rozhodujícího zatížení, tedy kolovým tlakem servisního vozidla 12t v rozhodující poloze (jedno kolo zadní nápravy v ose mostu):

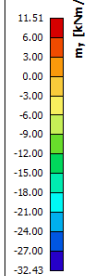
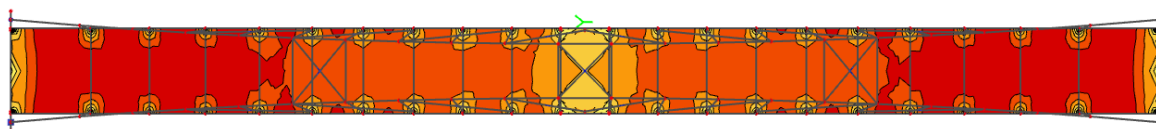
$$M_{deska\ p\ri\cne\check{h}} = \frac{1}{8} \cdot 0.2 \cdot 25 \cdot 4.0^2 \cdot 1.35 = 13.5 \text{ kNm/m}$$

$$M_{kolov\acute{y}\ tlak\ p\ri\cne\check{h}} = \frac{40 \cdot (0.7 + 2.0)}{4.0} \cdot 2.0 \cdot 1.5 = 81.0 \text{ kNm}$$

$$M_{kolov\acute{y}\ tlak\ p\ri\cne\check{h}\ roznos\ st\red} = \frac{81.0}{0.6 + 0.15 + 0.2 + 0.15 + 0.6} = 47.6 \text{ kNm/m}$$

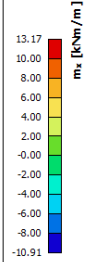
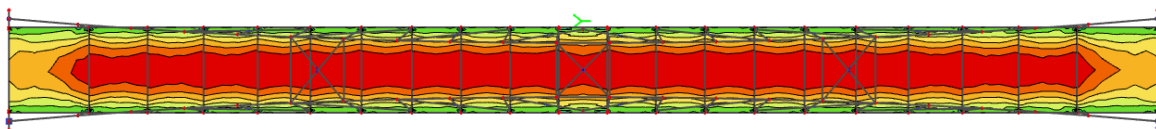
2D vnitřní síly

Hodnoty: m_y
 Lineární výpočet
 Zatěžovací stav: ZS1
 Extrém: Dilec
 Výběr: Vše
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě



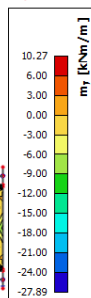
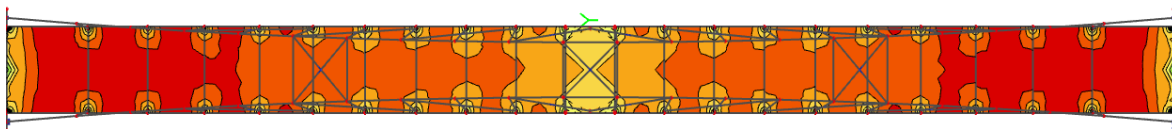
2D vnitřní síly

Hodnoty: m_x
 Lineární výpočet
 Zatěžovací stav: ZS1
 Extrém: Dilec
 Výběr: Vše
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě



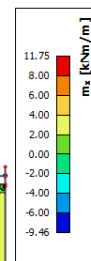
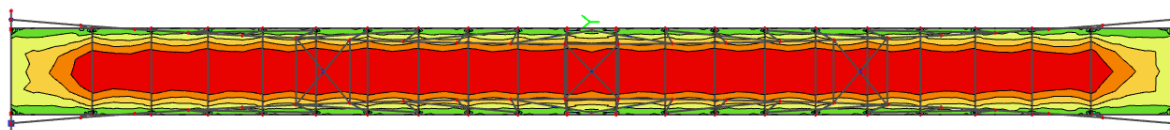
2D vnitřní síly

Hodnoty: m_y
 Lineární výpočet
 Zatěžovací stav: ZS2
 Extrém: Dilec
 Výběr: Vše
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě



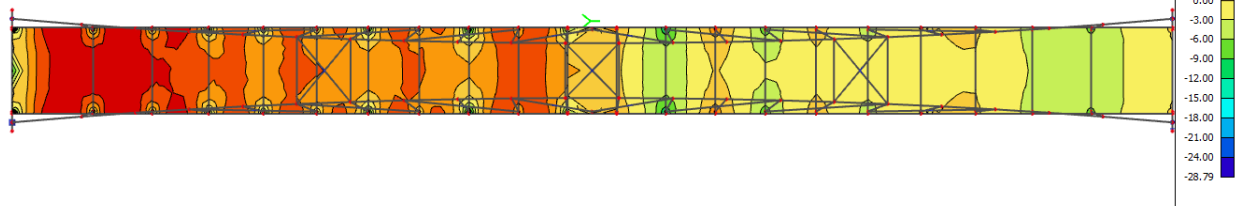
2D vnitřní síly

Hodnoty: m_x
 Lineární výpočet
 Zatěžovací stav: ZS2
 Extrém: Dilec
 Výběr: Vše
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě

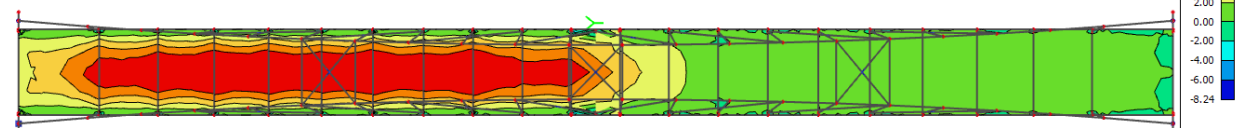


2D vnitřní síly

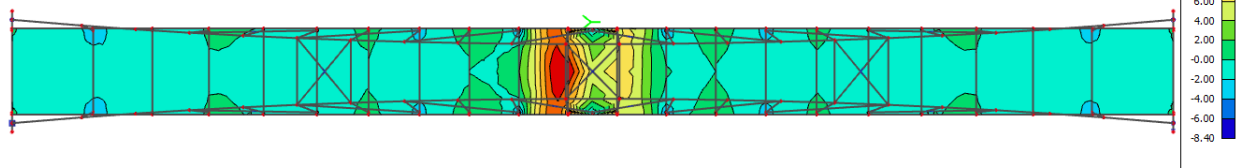
Hodnoty: m_y
Lineární výpočet
Zatěžovací stav: ZS3
Extrém: Dílce
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě

**2D vnitřní síly**

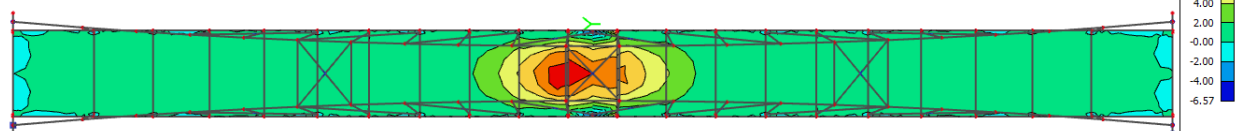
Hodnoty: m_x
Lineární výpočet
Zatěžovací stav: ZS3
Extrém: Dílce
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě

**2D vnitřní síly**

Hodnoty: m_y
Lineární výpočet
Zatěžovací stav: ZS5
Extrém: Dílce
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě

**2D vnitřní síly**

Hodnoty: m_x
Lineární výpočet
Zatěžovací stav: ZS5
Extrém: Dílce
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě



5.3. Superpozice zatěžovacích stavů

Superpozice je provedena strojovým výpočtem pro všechny prvky a vnitřní síly.

5.3.1. Prutové prvky

3D napětí

Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)3

Výběr: Vše

Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku síť

Základní veličiny

Výsledky na 1D dílci

Extrém 1D: Globální

Jméno	dx [m]	Vlákno	Stav	σ_x [MPa]	τ_{xy} [MPa]	τ_{xz} [MPa]	τ_{tor} [MPa]
B185	0,000	1	MSÚ-Sada B (auto)3/1	-194,0	0,0	0,0	0,0
B199	0,000	1	MSÚ-Sada B (auto)3/2	195,9	0,0	0,0	0,0

Výsledky na 2D dílci

Extrém 2D: Globální

Jméno	Sít'	Pozice [m]	Stav	σ_{x+} [MPa] σ_{x-} [MPa]	σ_{y+} [MPa] σ_{y-} [MPa]	τ_{xy+} [MPa] τ_{xy-} [MPa]	τ_{xz} [MPa]	τ_{yz} [MPa]
S21	Prvek: 2092 Uzel: 82	-23,225 1,900 0,314	MSÚ-Sada B (auto)3/3	3,7 -3,6	8,2 -0,3	0,3 -1,5	-1,1	-2,8
S17	Prvek: 1664 Uzel: 1624	-15,296 0,000 0,820	MSÚ-Sada B (auto)3/1	-6,7 6,6	-4,6 11,7	0,0 0,0	0,0	-0,3
S21	Prvek: 2017 Uzel: 2072	-27,000 -1,781 0,000	MSÚ-Sada B (auto)3/3	10,4 10,2	-3,7 -6,5	-12,7 -9,9	-0,2	-0,4
S21	Prvek: 2016 Uzel: 84	-27,000 -2,000 0,000	MSÚ-Sada B (auto)3/3	31,7 27,6	100,6 83,4	-24,3 -21,1	-0,5	2,5
S21	Prvek: 2017 Uzel: 87	-27,000 -1,900 0,000	MSÚ-Sada B (auto)3/3	67,1 65,7	68,7 56,8	-60,8 -52,2	-0,9	2,4
S21	Prvek: 2018 Uzel: 86	-27,000 1,900 0,000	MSÚ-Sada B (auto)3/3	66,8 65,5	68,5 56,6	60,7 52,1	0,9	2,4
S18	Prvek: 1688 Uzel: 75	-15,296 -1,900 0,820	MSÚ-Sada B (auto)3/1	2,3 -3,2	4,6 1,8	-0,6 -0,7	-3,4	-3,2
S20	Prvek: 1910 Uzel: 82	-23,225 1,900 0,314	MSÚ-Sada B (auto)3/3	3,8 -1,8	10,8 1,1	1,8 0,5	3,3	3,0
S18	Prvek: 1689 Uzel: 75	-15,296 -1,900 0,820	MSÚ-Sada B (auto)3/1	2,4 -2,5	4,4 1,6	-0,9 1,2	1,7	-3,8
S20	Prvek: 1911 Uzel: 82	-23,225 1,900 0,314	MSÚ-Sada B (auto)3/3	2,4 -2,4	11,1 1,1	-0,8 0,6	-1,6	3,6

Jméno	Klíč kombinace
MSÚ-Sada B (auto)3/1	1.35*ZS1 + 1.50*ZS6 + 1.35*ZS10
MSÚ-Sada B (auto)3/2	1.35*ZS1 + 1.50*ZS3 + 1.35*ZS10
MSÚ-Sada B (auto)3/3	1.35*ZS1 + 1.50*ZS2 + 1.35*ZS10

3D přemístění

Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)3

Výběr: Vše

Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě

Výsledky na 1D dílci:

Extrém 1D: Globální

Jméno	dx [m]	Vlákno	Stav	u _x [mm]	u _y [mm]	u _z [mm]	φ _x [mrad]	φ _y [mrad]	φ _z [mrad]	U _{total} [mm]
B42	3,590	7	MSÚ-Sada B (auto)3/1	0,0	0,0	0,1	0,5	-4,8	-0,9	0,1
B169	1,455-	7	MSÚ-Sada B (auto)3/2	0,1	16,0	-61,5	-0,1	0,0	0,0	63,6

Výsledky na 2D dílci:

Extrém 2D: Globální

Jméno	Sít'	Pozice [m]	Stav	ux+ [mm] ux- [mm]	uy+ [mm] uy- [mm]	uz+ [mm] uz- [mm]	φ _x [mrad]	φ _y [mrad]	φ _z [mrad]	U celkové+ [mm] U celkové- [mm]
S1	Prvek: 2 Uzel: 144	27,000 1,781 0,000	MSÚ-Sada B (auto)3/2	-0,5 -0,3	-18,9 -20,8	1,2 1,2	-8,7	-0,8	-1,6	19,0 20,8
S16	Prvek: 1476 Uzel: 64	-12,826 -2,000 0,936	MSÚ-Sada B (auto)3/3	0,3 -0,1	-4,7 -5,1	-53,8 -53,8	-1,7	1,8	0,0	54,0 54,0
S21	Prvek: 2058 Uzel: 2144	-26,125 -1,541 0,073	MSÚ-Sada B (auto)3/2	-0,1 -0,3	-2,9 -1,0	-8,3 -8,4	8,6	0,6	-0,2	8,8 8,4
S16	Prvek: 1479 Uzel: 1522	-12,826 1,781 0,936	MSÚ-Sada B (auto)3/3	-0,2 0,2	-4,7 -5,1	-54,6 -54,6	-1,7	-1,6	0,0	54,8 54,9
S1	Prvek: 4 Uzel: 2	27,000 -2,000 0,000	MSÚ-Sada B (auto)3/2	0,1 -0,1	-19,5 -21,4	1,4 1,4	-8,4	0,8	1,7	19,6 21,4
S21	Prvek: 2019 Uzel: 85	-27,000 2,000 0,000	MSÚ-Sada B (auto)3/4	-0,3 -0,1	-1,8 0,2	-0,4 -0,4	9,2	-0,8	1,5	1,9 0,4
S16	Prvek: 1540 Uzel: 1587	-11,033 0,014 1,005	MSÚ-Sada B (auto)3/2	-0,1 -0,1	-6,6 -6,6	-63,8 -63,8	0,0	0,0	0,0	64,2 64,2
S1	Prvek: 26 Uzel: 468	26,528 -2,000 0,039	MSÚ-Sada B (auto)3/5	-0,1 -0,2	-14,1 -16,2	-3,5 -3,5	-9,6	0,7	0,1	14,5 16,6
S21	Prvek: 2037 Uzel: 2086	-26,528 2,000 0,039	MSÚ-Sada B (auto)3/4	-0,1 0,0	-2,5 -0,3	-4,9 -4,9	9,6	-0,7	0,1	5,5 4,9
S22	Prvek: 2122 Uzel: 2163	0,000 2,000 1,208	MSÚ-Sada B (auto)3/2	-0,4 0,0	-10,7 -10,7	-55,0 -55,0	0,0	-1,8	0,0	56,0 56,0
S17	Prvek: 1580 Uzel: 71	-12,826 -1,900 0,936	MSÚ-Sada B (auto)3/3	0,3 -0,1	-4,3 -4,6	-54,0 -54,0	-1,7	1,8	0,0	54,2 54,2
S1	Prvek: 1 Uzel: 1	27,000 2,000 0,000	MSÚ-Sada B (auto)3/2	-0,3 -0,1	-19,6 -21,4	1,4 1,4	-8,4	-0,8	-1,7	19,6 21,4
S21	Prvek: 2016 Uzel: 84	-27,000 -2,000 0,000	MSÚ-Sada B (auto)3/1	0,1 -0,1	-1,0 0,0	-0,2 -0,2	4,8	0,5	-0,9	1,0 0,2
S21	Prvek: 2016 Uzel: 84	-27,000 -2,000 0,000	MSÚ-Sada B (auto)3/6	0,1 -0,1	-1,0 0,0	-0,2 -0,2	4,6	0,5	-1,0	1,0 0,2
S6	Prvek: 596 Uzel: 652	11,373 0,000 0,992	MSÚ-Sada B (auto)3/2	-0,1 -0,1	-14,9 -14,9	-63,0 -63,0	-0,1	0,0	0,0	64,7 64,7

Jméno	Klíč kombinace
MSÚ-Sada B (auto)3/1	1.35*ZS1 + 1.35*ZS10
MSÚ-Sada B (auto)3/2	1.35*ZS1 + 1.50*ZS2 + 1.35*ZS10
MSÚ-Sada B (auto)3/3	1.35*ZS1 + 1.50*ZS6 + 1.35*ZS10
MSÚ-Sada B (auto)3/4	1.35*ZS1 + 1.50*ZS3 + 1.35*ZS10
MSÚ-Sada B (auto)3/5	1.35*ZS1 + 1.50*ZS4 + 1.35*ZS10
MSÚ-Sada B (auto)3/6	1.35*ZS1 + 1.50*ZS7 + 1.35*ZS10

1D vnitřní síly

Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)3

Souřadný systém: Dílec

Extrém 1D: Globální

Výběr: Vše

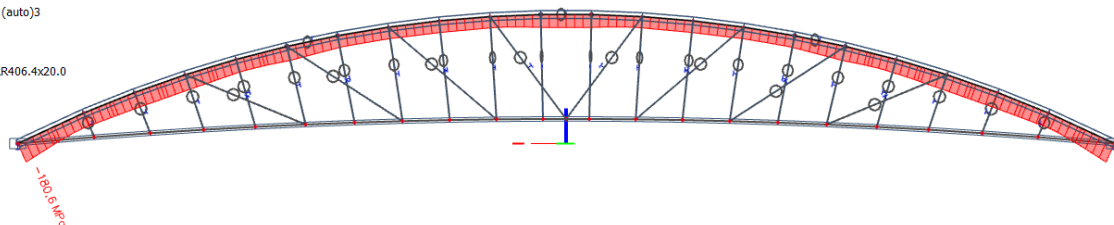
Filtr: Průřez = CS3 - MSRR406.4x20.0

Jméno	dx [m]	Stav	Průřez	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
B32	0,000	MSÚ-Sada B (auto)3/1	CS3 - MSRR406.4x20.0	-2390,00	0,00	3,16	0,00	-33,25	-15,17
B3	2,653	MSÚ-Sada B (auto)3/2	CS3 - MSRR406.4x20.0	-1245,82	2,34	0,30	-2,00	51,77	-23,41
B1	0,000	MSÚ-Sada B (auto)3/1	CS3 - MSRR406.4x20.0	-2324,36	-56,69	17,42	0,41	12,56	189,59
B31	2,502	MSÚ-Sada B (auto)3/3	CS3 - MSRR406.4x20.0	-1839,26	-4,63	-28,71	1,24	-35,91	-10,39
B38	0,000	MSÚ-Sada B (auto)3/4	CS3 - MSRR406.4x20.0	-1663,09	16,41	42,07	-4,08	16,28	-44,45
B5	0,000	MSÚ-Sada B (auto)3/1	CS3 - MSRR406.4x20.0	-2336,60	27,27	-8,52	-6,96	44,26	-1,83
B26	0,000	MSÚ-Sada B (auto)3/1	CS3 - MSRR406.4x20.0	-2336,61	-27,27	-8,52	6,97	44,26	1,83
B11	2,499	MSÚ-Sada B (auto)3/5	CS3 - MSRR406.4x20.0	-1902,84	-2,46	-10,39	-0,07	-35,92	9,17
B18	0,000	MSÚ-Sada B (auto)3/4	CS3 - MSRR406.4x20.0	-1672,03	-12,71	-9,02	4,39	117,73	1,92
B22	0,000	MSÚ-Sada B (auto)3/1	CS3 - MSRR406.4x20.0	-2324,38	56,69	17,42	-0,41	12,55	-189,59

Jméno	Klíč kombinace
MSÚ-Sada B (auto)3/1	1.35*ZS1 + 1.50*ZS2 + 1.35*ZS10
MSÚ-Sada B (auto)3/2	1.35*ZS1 + 1.35*ZS10
MSÚ-Sada B (auto)3/3	1.35*ZS1 + 1.50*ZS3 + 1.35*ZS10
MSÚ-Sada B (auto)3/4	1.35*ZS1 + 1.50*ZS6 + 1.35*ZS10
MSÚ-Sada B (auto)3/5	1.35*ZS1 + 1.50*ZS4 + 1.35*ZS10

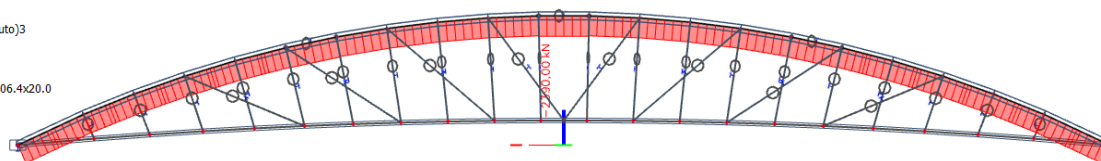
1D napětí

Hodnoty: σ_x
Lineární výpočet
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)3
Souřadný systém: Hlavní
Extrém 1D: Globální
Výběr: Vše
Filtr: Průřez = CS3 - MSRR406.4x20.0



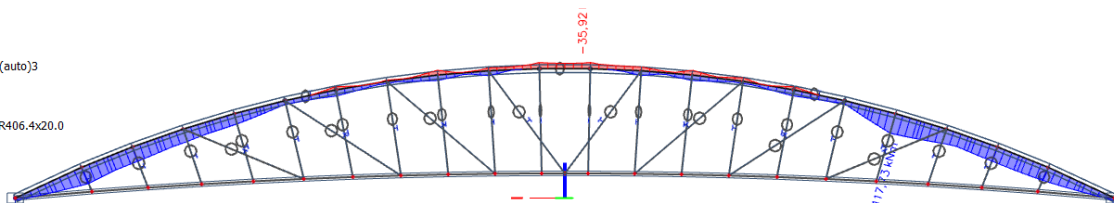
1D vnitřní síly

Hodnoty: N
Lineární výpočet
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)3
Souřadný systém: Dílec
Extrém 1D: Globální
Výběr: Vše
Filtr: Průřez = CS3 - MSRR406.4x20.0



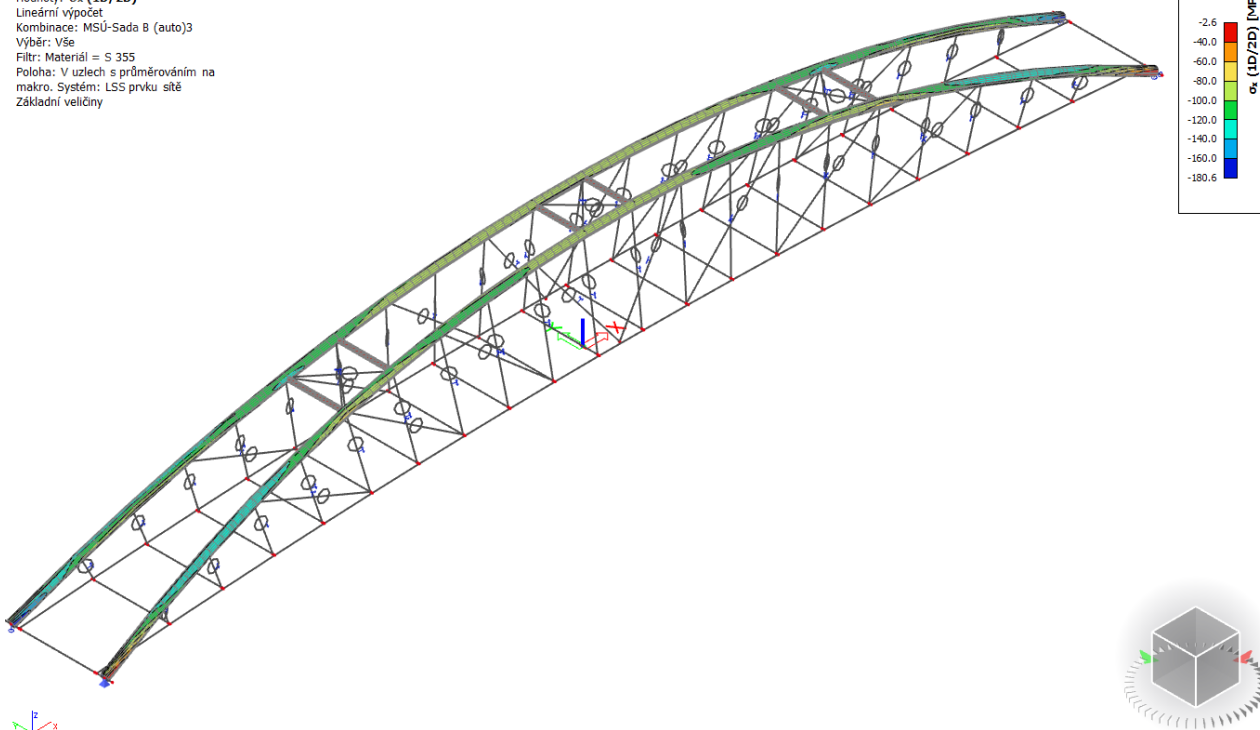
1D vnitřní síly

Hodnoty: M_y
Lineární výpočet
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)3
Souřadný systém: Dílec
Extrém 1D: Globální
Výběr: Vše
Filtr: Průřez = CS3 - MSRR406.4x20.0



3D napětí

Hodnoty: σ_x (1D/2D)
Lineární výpočet
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)3
Výběr: Vše
Filtr: Materiál = S 355
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku síť
Základní veličiny



1D vnitřní síly

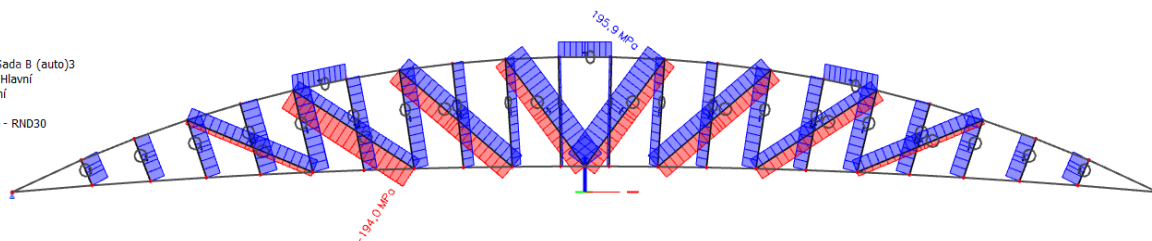
Lineární výpočet
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)3
Souřadný systém: Dílec
Extrém 1D: Globální
Výběr: Vše
Filtr: Průřez = CS6 - RND30

Jméno	dx [m]	Stav	Průřez	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
B185	0,000	MSÚ-Sada B (auto)3/1	CS6 - RND30	-137,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B199	0,000	MSÚ-Sada B (auto)3/2	CS6 - RND30	138,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Jméno	Klíč kombinace
MSÚ-Sada B (auto)3/1	1.35*ZS1 + 1.50*ZS6 + 1.35*ZS10
MSÚ-Sada B (auto)3/2	1.35*ZS1 + 1.50*ZS3 + 1.35*ZS10

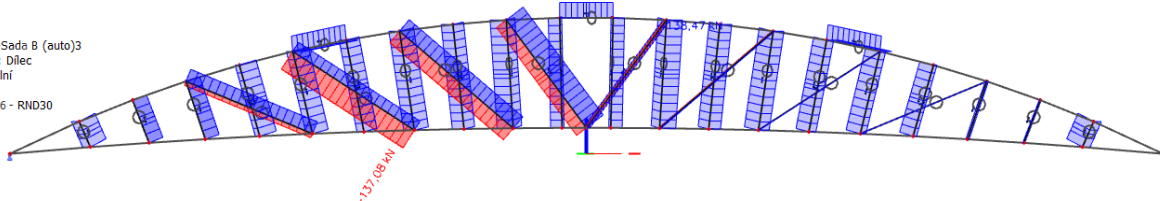
1D napětí

Hodnoty: σ_x
Lineární výpočet
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)3
Souřadný systém: Hlavní
Extrém 1D: Globální
Výběr: Vše
Filtr: Průřez = CS6 - RND30



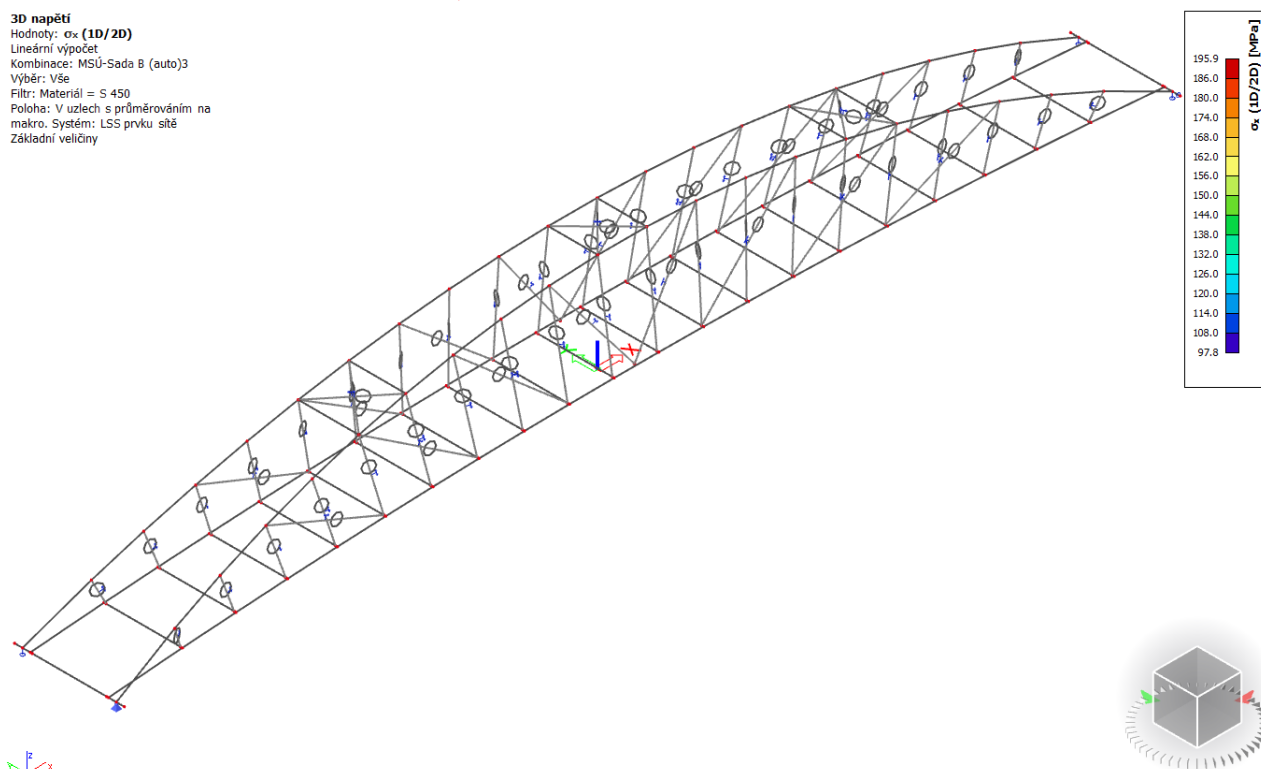
1D vnitřní síly

Hodnoty: N
Lineární výpočet
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)3
Souřadný systém: Dílec
Extrém 1D: Globální
Výběr: Vše
Filtr: Průřez = CS6 - RND30



3D napětí

Hodnoty: σ_x (1D/2D)
Lineární výpočet
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)3
Výběr: Vše
Filtr: Materiál = S 450
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku síť
Základní veličiny



5.3.2. Deskové prvky

2D vnitřní síly

Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)3

Extrém: Dílec

Výběr: Vše

Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě

Základní veličiny

Jméno	Klíč kombinace
MSÚ-Sada B (auto)3/1	1.35*ZS1 + 1.50*ZS2 + 1.35*ZS10
MSÚ-Sada B (auto)3/2	1.35*ZS1 + 1.50*ZS4 + 1.35*ZS10
MSÚ-Sada B (auto)3/3	1.35*ZS1 + 1.50*ZS9 + 1.35*ZS10
MSÚ-Sada B (auto)3/4	1.35*ZS1 + 1.35*ZS10
MSÚ-Sada B (auto)3/5	1.35*ZS1 + 1.50*ZS7 + 1.35*ZS10
MSÚ-Sada B (auto)3/6	1.35*ZS1 + 1.50*ZS3 + 1.35*ZS10
MSÚ-Sada B (auto)3/7	1.35*ZS1 + 1.50*ZS5 + 1.35*ZS10
MSÚ-Sada B (auto)3/8	1.35*ZS1 + 1.50*ZS6 + 1.35*ZS10
MSÚ-Sada B (auto)3/9	1.35*ZS1 + 1.50*ZS8 + 1.35*ZS10

2D vnitřní síly

Hodnoty: m_x

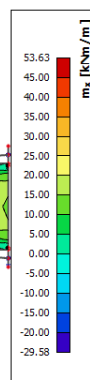
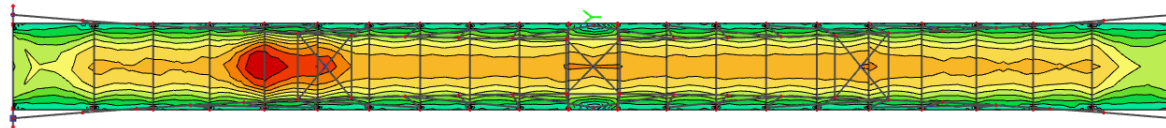
Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)3

Extrém: Dílec

Výběr: Vše

Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě



2D vnitřní síly

Hodnoty: m_y

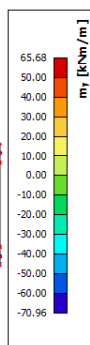
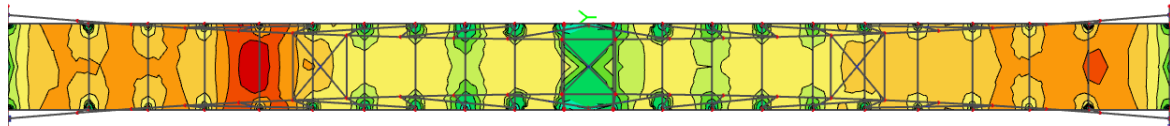
Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)3

Extrém: Dílec

Výběr: Vše

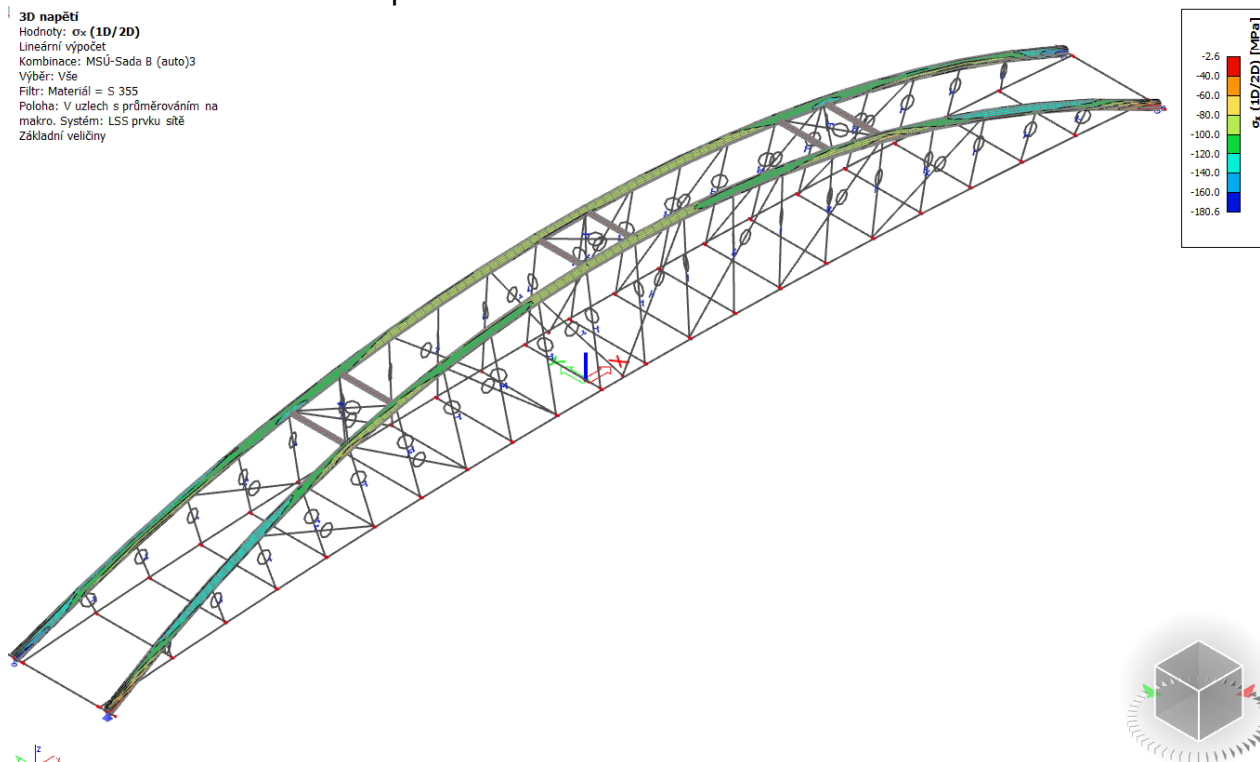
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě



6. Návrh a posouzení nosné konstrukce

6.1. Posouzení normálových napětí oblouků

Napětí jsou posouzena porovnáním výpočtových hodnot s návrhovými. Posouzení vychází z mezního namáhání použitého materiálu.



$$f_{yd-S355} = \frac{355}{1.15} = 308 \text{ MPa}$$

Mostovku je ale nutno navrhnout jako táhlo, na sílu odpovídající vodorovné složce normálové síly z oblouku.

6.2. Vzpěr oblouků

Posouzení je provedeno konzervativním přístupem dle ČSN 73 1401:

$$\lambda = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{0.7 \cdot 14}{0.137} = 71 \rightarrow \varphi_A = 0.835$$

$$\sigma_{max} = 180.6 \text{ MPa} < f_{md} \cdot \varphi_A = 308 \cdot 0.835 = 257 \text{ MPa}$$

6.3. Kotvení oblouků do koncového příčnicku

Posuzují nejnevhodnější kombinaci, maximální moment a minimální normálovou sílu.

$$M_{max} = \sqrt{189^2 + 117^2} = 222 \text{ kNm}$$

$$N_{min} = -937 \text{ kN}$$

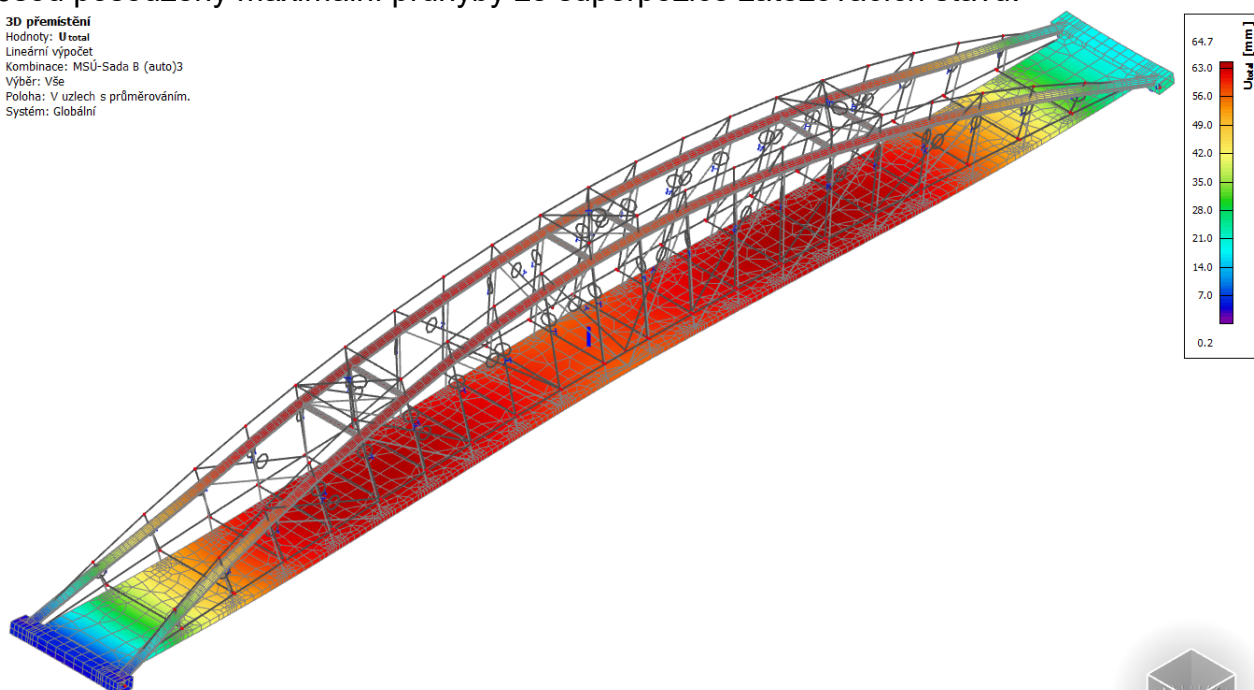
$$\sigma_x = \frac{-0.937}{0.0243} \pm \frac{0.222}{0.00224} = -38.6 \pm 9.9 \text{ MPa}$$

Celý průřez je v místě kotvení tlačенý, kotvení vyhovuje konstruktivně.

6.4. Posouzení průhybů

Jsou posouzeny maximální průhyby ze superpozice zatěžovacích stavů.

3D přemístění
Hodnoty: Úřetel
Lineární výpočet
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)3
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrováním.
Systém: Globální



□

$$v_{max} = 65mm < v_{lim} = \frac{53900}{300} = 180mm$$



Průhyb vyhoví a to i přes skutečnost, že v superpozici jsou zahrnuty součinitele zatížení.

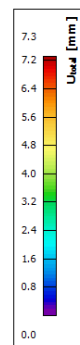
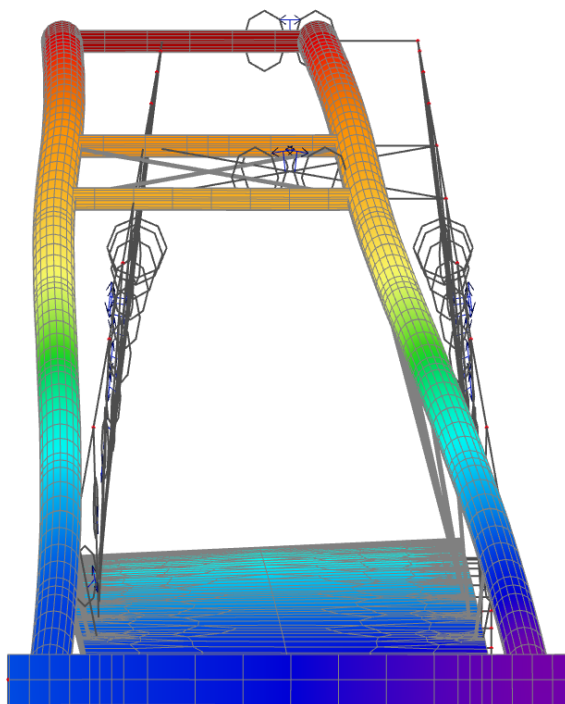
6.5. Výpočet vlastních frekvencí a tvarů

Výpočet je proveden pomocí použitého programu pro prvních 10 vlastních frekvencí s těmito výsledky:

N	f [Hz]	ω [1/s]	ω^2 [1/s ²]	T [s]
Kombinace hmot : CM1				
1	1,47	9,27	85,87	0,68
2	2,26	14,21	201,91	0,44
3	2,91	18,26	333,41	0,34
4	3,04	19,09	364,37	0,33
5	3,41	21,41	458,28	0,29
6	4,51	28,34	803,40	0,22
7	4,95	31,11	967,96	0,20
8	5,60	35,20	1238,78	0,18
9	6,21	38,99	1520,04	0,16
10	6,97	43,81	1919,44	0,14

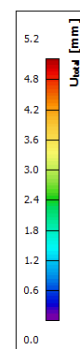
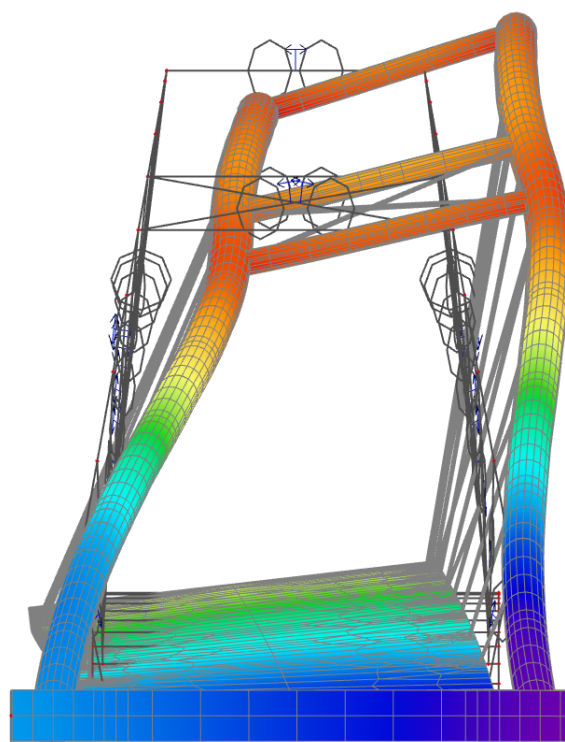
3D přemístění

Hodnoty: U_{total}
Modální tvary jsou normované tak, aby se zobrazená modální hmotnost každého tvaru rovnala 1 kg.
Kombinace hmot: CM1/1 - 1,47
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrováním.
Systém: Globální



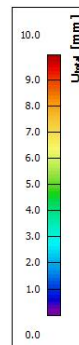
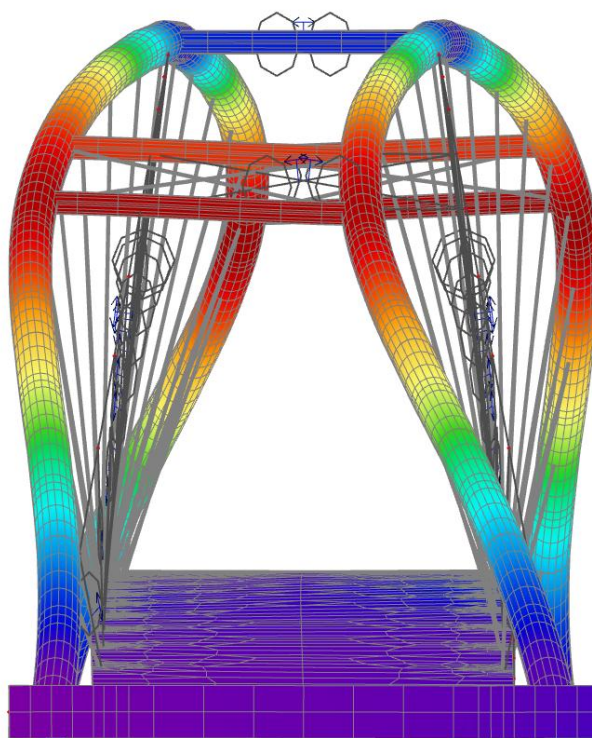
3D přemístění

Hodnoty: U_{total}
Modální tvary jsou normované tak, aby se zobrazená modální hmotnost každého tvaru rovnala 1 kg.
Kombinace hmot: CM1/2 - 2,26
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrováním.
Systém: Globální



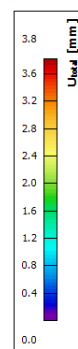
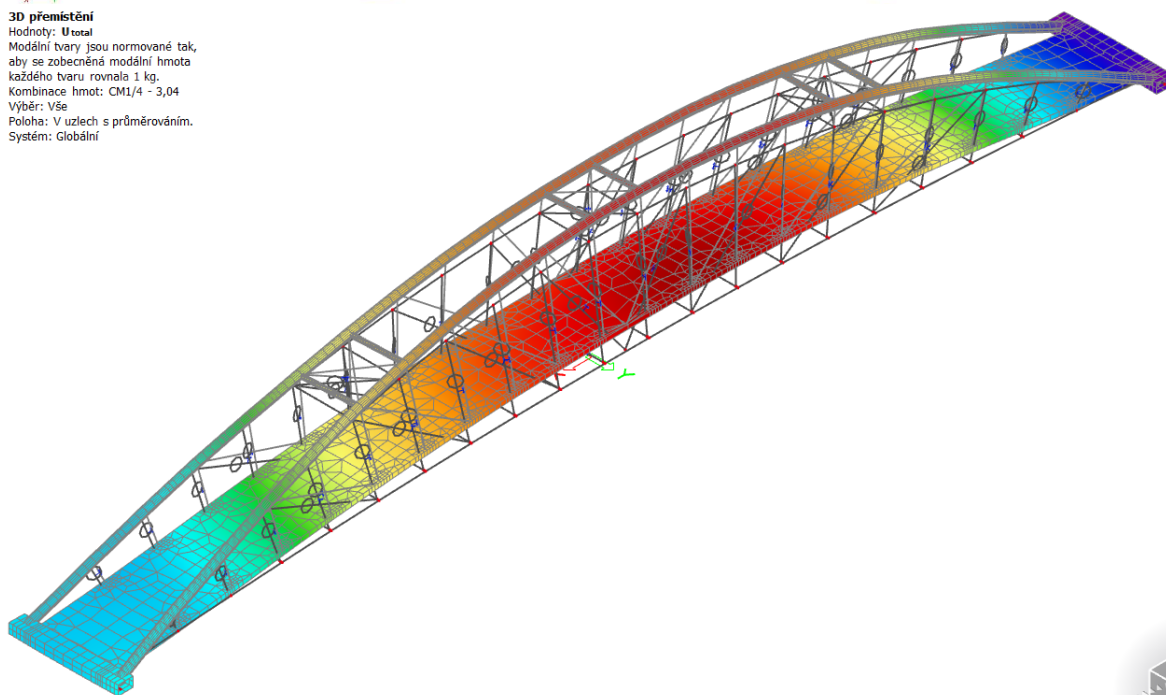
3D přemístění

Hodnoty: U_{total}
Modální tvary jsou normované tak, aby se zohlednila modální hmotnost každého tvaru rovnala 1 kg.
Kombinace hmot: CM1/3 - 2,91
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrováním.
Systém: Globální



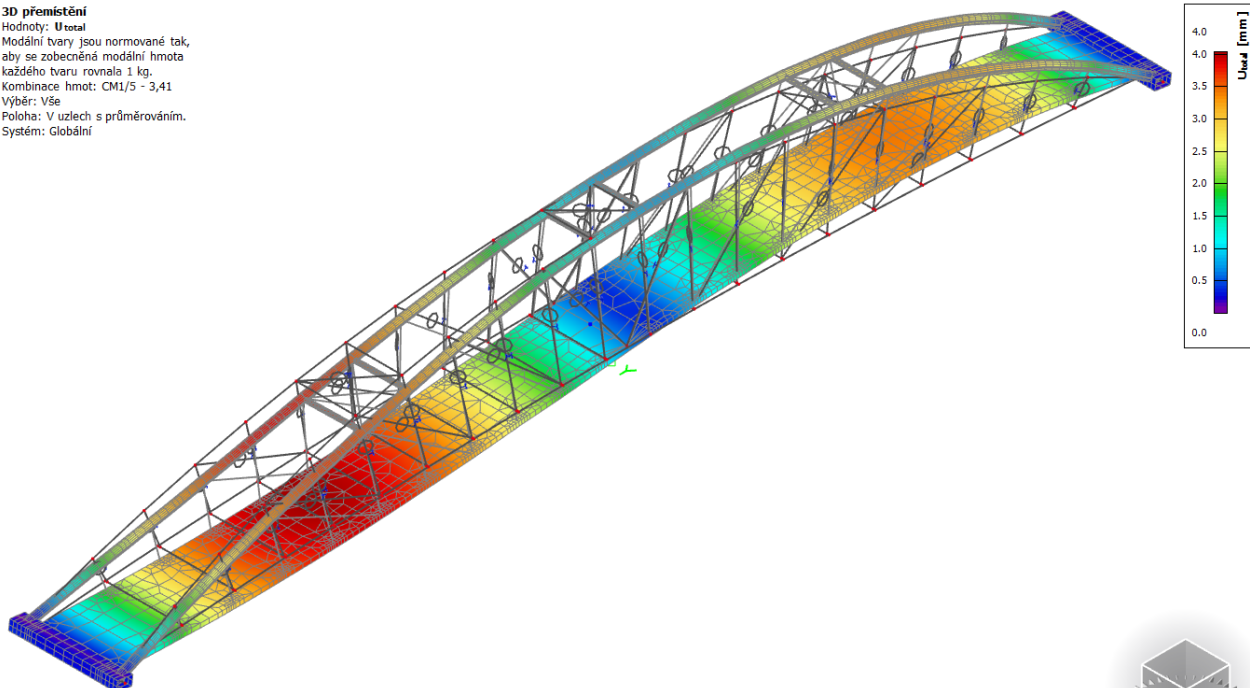
3D přemístění

Hodnoty: U_{total}
Modální tvary jsou normované tak, aby se zohlednila modální hmotnost každého tvaru rovnala 1 kg.
Kombinace hmot: CM1/4 - 3,04
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrováním.
Systém: Globální



3D přemístění

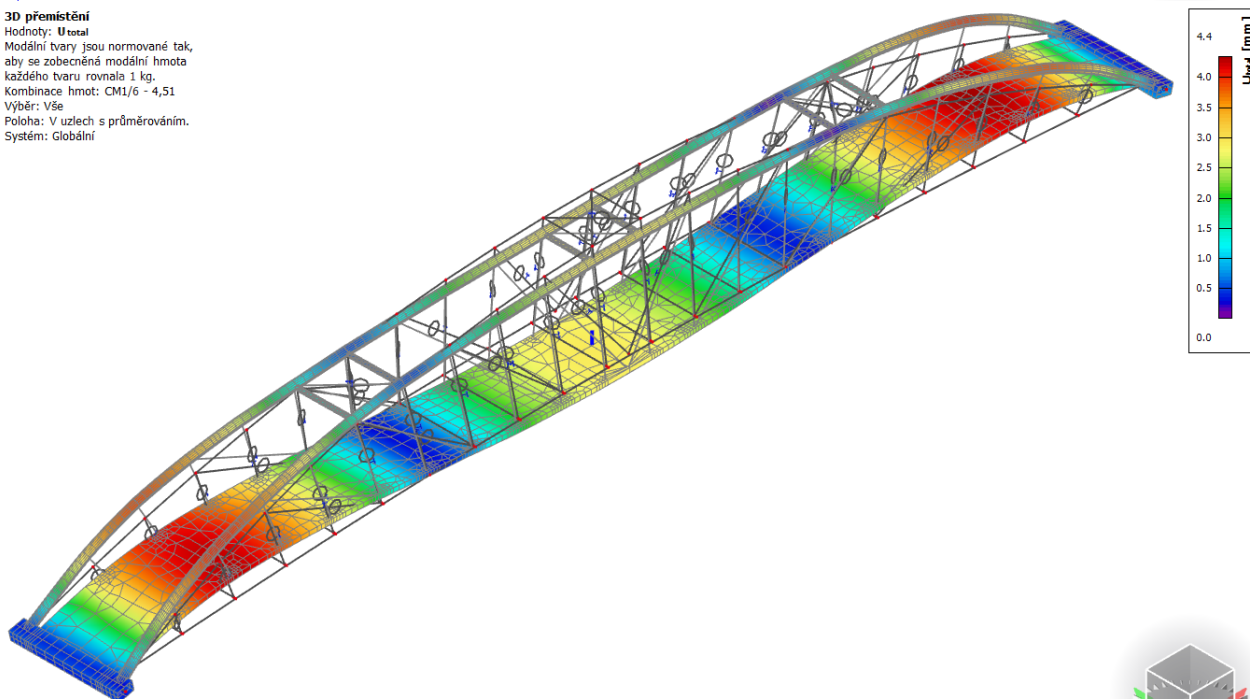
Hodnoty: U_{total}
Modální tvary jsou normované tak, aby se zobecněná modální hmota každého tvaru rovnala 1 kg.
Kombinace hmot: CM1/5 - 3,41
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrováním.
Systém: Globální



↑z

3D přemístění

Hodnoty: U_{total}
Modální tvary jsou normované tak, aby se zobecněná modální hmota každého tvaru rovnala 1 kg.
Kombinace hmot: CM1/6 - 4,51
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrováním.
Systém: Globální

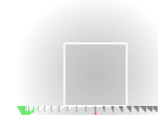
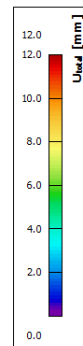


↑z
x



3D přemístění

Hodnoty: U_{total}
Modální tvary jsou normované tak,
aby se zobecněná modální hmota
každého tvaru rovnala 1 kg.
Kombinace hmot: CM1/7 - 4,95
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrováním.
Systém: Globální



První tři tvary představují kmitání oblouků a to převážně ve vodorovném směru. Teprve čtvrtý až pátý tvar představuje kmitání ve svislém směru. Dle ČSN 73 6203 čl.78 je za nebezpečné rozmezí vlastních frekvencí považován rozsah od 1.4-3.3Hz, ve kterém se ze svislých kmitání nachází jen čtvrtý tvar.

Hodnocení z hlediska zrychlení pro svislé vibrace:

$$a_{max} = 0.5 \cdot \sqrt{f_v} = 0.5 \cdot \sqrt{3.04} = 0.87 m/s^2 > a_{lim} = 0.7$$

Hodnota zrychlení při posouzení komfortu vyhovuje. Při započtení tuhosti a tlumících účinků zábradlí a dalších nezapočtených prvků bude konstrukce tužší a vlastní frekvence se ještě posunou. Vzhledem k poměrně malým amplitudám výchylek považují kmitání konstrukce za vyhovující.

6.6. Návrh výztuže desky mostovky

6.6.1. Posouzení na ohyb

Výpočet napětí v železobetonovém průřezu je proveden v následující tabulce podle teorie mezních stavů:

Návrh plochy výztuže: $\lambda = 0.8$ $\eta = 1.0$

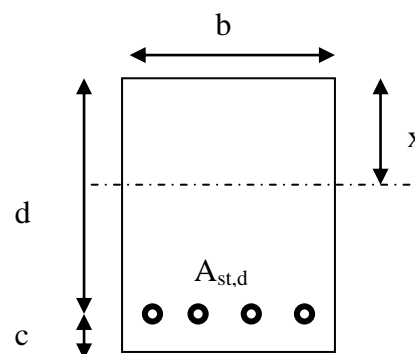
$$x = \frac{d}{\lambda} \cdot \left(-1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_{ed}}{b \cdot d^2 \cdot \eta \cdot f_{cd}}} \right) < x_{bal} = d \cdot \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \frac{f_{yd}}{E_s}}$$

$$A_{st,req} = \frac{b \cdot d \cdot \eta \cdot f_{cd}}{f_{yd} \cdot r} \cdot \left(-1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_{ed}}{b \cdot d^2 \cdot \eta \cdot f_{cd}}} \right)$$

$$A_{x,min} = 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yd}} \cdot b \cdot d \quad A_{x,min} = 0.0013 \cdot b \cdot d$$

Posouzení únosnosti:

$$x = \frac{A_{st,d} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} \quad M_{Rd} = A_{st,d} \cdot f_{yd} \cdot (d - 0.5 \cdot \lambda \cdot x)$$



Posouzení je provedeno na rozhodující návrhové momenty ze strojové superpozice, resp. ručního výpočtu:

Dolní příčná výztuž desky mostovky

Namáhání	Návrh výztuže					
$M_{ed}[\text{MNm}] = 0.081$		$A_{st,d}$	8	ϕ	16	
Beton-průřez	Materiálové charakteristiky betonu a oceli					
$b[\text{m}] = 1.000$	$f_{ctm}[\text{MPa}] = 2.9$	$f_{yk}[\text{MPa}] = 500$	$\varepsilon_{cu} = 0.0035$			
$h[\text{m}] = 0.200$	$f_{ck}[\text{MPa}] = 30.0$	$f_{yd}[\text{MPa}] = 435$	$\lambda = 0.800$			
$c[\text{m}] = 0.060$	$f_{cd}[\text{MPa}] = 17.0$	$E_s[\text{Mpa}] = 200000$	$\eta = 1.000$			
$d[\text{m}] = 0.140$						
Přímý návrh požadované plochy výztuže a posudky						
$A_{xmin-f}[\text{m}^2] = 0.000211$		$A_{xmin-\mu}[\text{m}^2] = 0.000182$	mimimální plocha výztuže			
$x_{bal}[\text{m}] = 0.086360$	>	$x[\text{m}] = 0.049560$	omezení výšky tlačené oblasti			
$A_{st,req}[\text{m}^2] = 0.001550$	<	$A_{st,d}[\text{m}^2] = 0.001608$	ověření návrhové plochy výztuže			
$\mu_{minx}[\%] = 0.15$	<	$\mu[\%] = 1.15$	<	$\mu_{max}[\%] = 1.60$		
Moment únosnosti						
$x[\text{m}] = 0.051422$		$M_{Rd}[\text{MNm}] = 0.084$	>	$M_{ed}[\text{MNm}] = 0.081$		

Horní podélná výztuž desky mostovky v místě táhel i dolní podélná po celé šířce desky:

Namáhání		Návrh výztuže					
$M_{ed}[MNm]=$	0.071		$A_{st,d}$	8	ϕ	16	
Beton-průřez		Materiálové charakteristiky betonu a oceli					
$b[m]=$	1.000	$f_{ctm}[MPa]=$	2.9	$f_{yk}[MPa]=$	500	$\varepsilon_{cu}=$	0.0035
$h[m]=$	0.200	$f_{ck}[MPa]=$	30.0	$f_{yd}[MPa]=$	435	$\lambda=$	0.800
$c[m]=$	0.060	$f_{cd}[MPa]=$	17.0	$E_s[MPa]=$	200000	$\eta=$	1.000
$d[m]=$	0.140						
Přímý návrh požadované plochy výztuže a posudky							
$A_{x,min-f}[m^2]=$	0.000211		$A_{x,min-\mu}[m^2]=$	0.000182	mimimální plocha výztuže		
$x_{bal}[m]=$	0.086360	>	$x[m]=$	0.042435	omezení výšky tlačené oblasti		
$A_{st,req}[m^2]=$	0.001327	<	$A_{st,d}[m^2]=$	0.001608	ověření návrhové plochy výztuže		
$\mu_{min}[\%]=$	0.15	<	$\mu[\%]=$	1.15	<	$\mu_{max}[\%]=$	1.60
Moment únosnosti							
$x[m]=$	0.051422		$M_{Rd}[MNm]=$	0.084	>	$M_{ed}[MNm]=$	0.071

Návrh výztuže na zachycení tahů od oblouků v podélném směru:

Výztuž v podélném směru v poli je navržena na vodorovnou složku maximální normálové síly v patě oblouku.

$$N = 2390 \cdot \cos 22^\circ = 2216 kN / oblouk$$

$$F_a = \frac{2.216}{435} = 0.005094 m^2 / oblouk$$

Do desky navrhuji přídatnou podélnou výztuž na tahy od oblouků (deska jako táhlo) z min. 7 ϕ R32 na každý oblouk. Při rovnoměrném rozvržení na šířku desky vychází 8 ϕ R20/m v jedné vrstvě. Doporučuji ale rozložit k oběma povrchům s připočtením výztuže na ohyb a koncentrovat více k okrajům.

6.6.2. Posouzení na smyk

Návrh smykové výztuže je proveden dle ČSN EN 1992-1-1 kap.6.2.str.77 podle teorie mezních stavů:

beton

$$V_{Rd,c} = [C_{rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck}) + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$$

$$V_{Rd,c \min} = (v_{\min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

$$k = 1 + \sqrt{0.2/d} \leq 2.0 \quad \rho_1 = A_{s1}/(b_w \cdot d)$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c < 0.2 \cdot f_{cd} \quad \text{vliv predpeti}$$

$$C_{Rd,c} = 0.18/\gamma_c \quad v_{\min} = 0.035 \cdot k^{2/3} \cdot f_{ck}^{1/2} \quad k_1 = 0.15$$

svislá výztuž

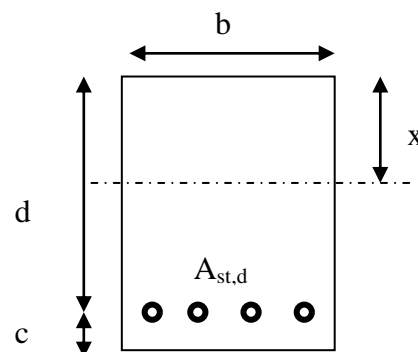
$$V_{Rd,s} = A_{sw}/s \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta \quad (\theta = 22 - 45^\circ)$$

$$V_{Rd,\max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta) \quad v_1 = 0.6 \cdot (1 - f_{ck}/250)$$

šikmá výztuž

$$V_{Rd,s} = A_{sw}/s \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta$$

$$V_{Rd,\max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) / (1 + \cot^2 \theta)$$



Návrh smykové výztuže je proveden na rozhodující smykové síly od závěsů se započtením roznosu od roznášecí kotevní desky a do středu kužele na únosnost táhla na vytržení kužele:

$$q_{deska} = \frac{249}{(0.1 + 0.3 + 0.1) + (0.1 + 0.2 + 0.1) \cdot 2} = 191 \text{ kN/m}$$

Namáhání	Ohybová výztuž							
$V_{ed}[\text{MN}] = 0.191$	8	ϕ	16			$A_{st,d}[\text{m}^2] = 0.001608$		
Materiálové a průřezové charakteristiky betonu a oceli								
$b[\text{m}] = 1.000$	$f_{ctm}[\text{MPa}] = 2.9$		$f_{yk}[\text{MPa}] = 500$		$\varepsilon_{cu} = 0.0035$	$\theta[^\circ] = 45.0$		
$h[\text{m}] = 0.200$	$f_{ck}[\text{MPa}] = 30.0$		$f_{yd}[\text{MPa}] = 435$		$\lambda = 0.800$	$\alpha[^\circ] = 45.0$		
$c[\text{m}] = 0.060$	$f_{cd}[\text{MPa}] = 17.0$		$E_s[\text{MPa}] = 200000$		$\eta = 1.000$	$k = 2.20$		
$d[\text{m}] = 0.140$	$x[\text{m}] = 0.051$		$\sigma_{cp}[\text{MPa}] = 0$		$\alpha_{cw} = 1.000$	$k = 2.00$		
Beton								
$V_{Rd,cl}[\text{MN}] = 0.109$	>	$V_{Rd,cl}[\text{MN}] = 0.059$	$V_{Rd}[\text{MN}] = 0.109$		nutná smyková výztuž			
Třmínky	4	ϕ	8		$s[\text{m}] = 0.25$	$A_{sw}[\text{m}^2] = 0.000201$		
$V_{Rd,sl}[\text{MN}] = 0.042$	<	$V_{Rd,sl}[\text{MN}] = 0.536$	$V_{Rd}[\text{MN}] = 0.151$		nutné ohyby			
Ohyby	2	ϕ	12		$s[\text{m}] = 0.25$	$A_{sw}[\text{m}^2] = 0.000226$		
$V_{Rd,sl}[\text{MN}] = 0.080$	<	$V_{Rd,sl}[\text{MN}] = 0.268$	$V_{Rd}[\text{MN}] = 0.231$		vyhovuje			

Smyková výztuž vyhovuje sponami v počtu $16\phi R8/\text{m}^2$ s doplněním ohybů v počtu min. $2\phi R12/\text{m}$, resp. podélně i příčně okolo roznášecí desky.

6.6.3. Omezení trhlin a napětí

Výpočet trhlin je proveden podle ČSN EN 1992-1-1 kap.7.3.4. str.112. Výpočet omezení napětí je proveden dle ČSN EN 1992-2 EC2 část 2 a to pouze pro dolní příčnou nosnou výztuž desky mostovky.

$$\sigma_{c,char} = \frac{M_{char}}{A_c \cdot z} \leq k_c \cdot f_{ck} \quad \sigma_{s,char} = \frac{M_{char}}{A_{s1} \cdot z} \leq k_y \cdot f_{yk} \quad z = d - 0.4 \cdot x$$

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \quad \alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} \quad \rho_{p,eff} = \frac{A_s + \xi_1^2 \cdot A_p}{A_{c,eff}}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \quad s_{r,max} = k_3 \cdot c + \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \phi}{\rho_{p,eff}}$$

Pro výpočet trhlin uvažuji maximální charakteristické namáhání desky mostovky.

$M_{char}[MNm]=$ 0.060	$A_s[m^2]=$ 8	ϕ 16	$A_s[m^2]=$ 0.001608	$\sigma_s[Mpa]=$ 312
$b[m]=$ 1.000	$f_{ct,eff}[MPa]=$ 2.9	$f_{yk}[MPa]=$ 500	$x[m]=$ 0.051422	$k_t=$ 0.600
$h[m]=$ 0.200	$f_{ck}[MPa]=$ 30.0	$f_{yd}[MPa]=$ 435	$\lambda=$ 0.800	$k_1=$ 0.800
$c[m]=$ 0.060	$f_{cd}[MPa]=$ 17.0	$\varepsilon_{cu}=$ 0.0035	$\eta=$ 1.000	$k_2=$ 0.500
$d[m]=$ 0.140	$E_{cm}[Mpa]=$ 36000	$E_s[Mpa]=$ 200000	$\alpha_e=$ 5.556	$k_3=$ 3.400
$h_{c,eff}[m]=$ 0.050	$A_p[m^2]=$ 0	ϕ 15.5	$A_p[m^2]=$ 0.000000	$k_4=$ 0.425
$A_{c,eff}[m^2]=$ 0.050	$\xi=$ 0.500	$\xi_1=$ 0.718	$\rho_{p,eff}=$ 0.032478	$\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm}=$ 0.001
$s_{r,max}[mm]=$ 84	$w_k[mm]=$ 0.10	$<$	$w_{lim}[mm]=$ 0.3	
$k_c=$ 0.600	$k_y=$ 0.800			
$\sigma_s[Mpa]=$ 312	$<$ 400		$\sigma_c[Mpa]=$ 12.2121	$<$ 18

Za daných podmínek trhliny v desce vzniknou po 84mm šířky 0.08mm.

6.6.4. Posouzení na únavu

Posudek může být proveden na namáhání od zatížení bez součinitele zatížení. S ohledem na malou frekvenci přejezdů těžkého zatížení lze použít nižšího součinitele pro únavové zatížení.

Únava betonu:

$$x = \frac{A_{st,d} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} \quad \sigma_c = \frac{M}{b \cdot \lambda \cdot x \cdot (d - 0.4x)} \quad \beta_{cc} = \exp \left[s \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{28}{t}} \right) \right]$$

$$t = \text{čas poč. cyklického zatížení} \quad k_1 = 0.85 (\text{pro } N = 10^6 \text{ cyklů})$$

$$s_{\text{cement}_tř.R} = 0.2 \quad s_{\text{cement}_tř.N} = 0.25 \quad s_{\text{cement}_tř.N} = 0.38$$

$$f_{cd,fat} = k_1 \cdot \beta_{cc} \cdot f_{cd} \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right)$$

$$\text{metoda 1: } \sigma_{cd,max} + 0.43 \cdot \sqrt{1 - \frac{\sigma_{cd,min}}{\sigma_{cd,max}}} \leq 1$$

$$\text{metoda 2: } \frac{\sigma_{c,max}}{f_{cd,fat}} \leq 0.5 + 0.45 \cdot \frac{\sigma_{c,min}}{f_{cd,fat}} \leq 0.9 \text{ pro } f_{ck} \leq 50 \text{ MPa} (\leq 0.8 \text{ pro } f_{ck} > 50 \text{ MPa})$$

Únava betonářské oceli

$$\gamma_{F,fat} \cdot \Delta \sigma_{s,eq}(N^*) \leq \frac{\Delta \sigma_{RSK}(N^*)}{\gamma_{s,fat}} \quad \sigma_{s,eq} = \frac{M_{equ}}{A_s \cdot (d - 0.4 \cdot x)}$$

$$\gamma_{F,fat} = 1.0 \quad \gamma_{s,fat} = 1.0 \quad \Delta \sigma_{RSK}(N^*) = 162.5 \text{ MPa}$$

Vzhledem k malé intenzitě provozu uvažuji jako únavové zatížení 70% z extrémního charakteristického namáhání.

M_{equ,max}[MNm]=	0.030	M_{equ,min}[MNm]=	0.001	8	φ	16
Materiálové a průřezové charakteristiky betonu a oceli					A_{st,d}[m²]=	0.001608
b[m]=	1.000	f _{ctm} [MPa]=	2.9	f _{yk} [MPa]=	λ=	0.800
h[m]=	0.200	f _{ck} [MPa]=	30.0	f _{yd} [MPa]=	η=	1.000
c[m]=	0.060	f _{cd} [MPa]=	17.0			
d[m]=	0.140				x[m]=	0.051
Beton:		σ _{cd,max} [MPa]=	6.1	σ _{cd,min} [MPa]=	β _{cc} =	1.099
s=	0.20	t[dni]=	100	k ₁ =	f _{cd,fat} [Mpa]=	14.0
podmínka 1	0.86	<	1.00		vyhovuje	
podmínka 2	0.44	<	0.51	<	0.8	vyhovuje
Ocel:		σ _{s,max} [MPa]=	156	σ _{s,min} [MPa]=		
γ _{F,fat} =	1.00	γ _{s,fat} =	1.00	Δσ _{RSK} [Mpa]=		
podmínka:	150	<	163		vyhovuje	

6.7. Koncový příčník

Namáhání je stanoveno z maximálních normálových sil v oblouku a reakcí

Výztuž konzoly příčníku

$$M_{\text{vodorovný ohyb}} = 0.4 \cdot 2390 \cdot \cos 22^\circ = 996.4 \text{ kNm}$$

Namáhání			Návrh výztuže				
$M_{\text{ed}}[\text{MNm}] =$	0.996		$A_{\text{st.d}}$	8	ϕ	20	
Beton-průřez		Materiálové charakteristiky betonu a oceli					
$b[\text{m}] =$	0.900	$f_{\text{ctm}}[\text{MPa}] =$	2.9	$f_{\text{yk}}[\text{MPa}] =$	500	$\varepsilon_{\text{cu}} =$	0.0035
$h[\text{m}] =$	1.200	$f_{\text{ck}}[\text{MPa}] =$	30.0	$f_{\text{yd}}[\text{MPa}] =$	435	$\lambda =$	0.800
$c[\text{m}] =$	0.060	$f_{\text{cd}}[\text{MPa}] =$	17.0	$E_{\text{s}}[\text{Mpa}] =$	200000	$\eta =$	1.000
$d[\text{m}] =$	1.140						
Přímý návrh požadované plochy výztuže a posudky							
$A_{\text{xmin-f}}[\text{m}^2] =$	0.001547		$A_{\text{xmin-}\mu}[\text{m}^2] =$	0.001334		mimimální plocha výztuže	
$x_{\text{bal}}[\text{m}] =$	0.703218	>	$x[\text{m}] =$	0.073263		omezení výšky tlačené oblasti	
$A_{\text{st.req}}[\text{m}^2] =$	0.002062	<	$A_{\text{st.d}}[\text{m}^2] =$	0.002513		ověření návrhové plochy výztuže	
$\mu_{\text{min}}[\%] =$	0.15	<	$\mu[\%] =$	0.24	<	$\mu_{\text{max}}[\%] =$	1.60
Moment únosnosti							
$x[\text{m}] =$	0.089275		$M_{\text{Rd}}[\text{MNm}] =$	1.207	>	$M_{\text{ed}}[\text{MNm}] =$	0.996

Výztuž opěry (koncového příčníku) horní v úrovni desky mezi oblouky

$$M_{\text{svislý ohyb dolní pod oblouky od reakcí}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{2 \cdot 916}{6.6} \cdot 0.9^2 = 112 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{svislý ohyb horní mrzí oblouky od reakcí}} = \frac{1}{8} \cdot \frac{2 \cdot 916}{6.6} \cdot 4.8^2 - 112 = 806 - 112 = 694 \text{ kNm}$$

Namáhání			Návrh výztuže				
$M_{\text{ed}}[\text{MNm}] =$	0.694		$A_{\text{st.d}}$	16	ϕ	14	
Beton-průřez		Materiálové charakteristiky betonu a oceli					
$b[\text{m}] =$	0.900	$f_{\text{ctm}}[\text{MPa}] =$	2.9	$f_{\text{yk}}[\text{MPa}] =$	500	$\varepsilon_{\text{cu}} =$	0.0035
$h[\text{m}] =$	1.400	$f_{\text{ck}}[\text{MPa}] =$	30.0	$f_{\text{yd}}[\text{MPa}] =$	435	$\lambda =$	0.800
$c[\text{m}] =$	0.060	$f_{\text{cd}}[\text{MPa}] =$	17.0	$E_{\text{s}}[\text{Mpa}] =$	200000	$\eta =$	1.000
$d[\text{m}] =$	1.340						
Přímý návrh požadované plochy výztuže a posudky							
$A_{\text{xmin-f}}[\text{m}^2] =$	0.001819		$A_{\text{xmin-}\mu}[\text{m}^2] =$	0.001568		mimimální plocha výztuže	
$x_{\text{bal}}[\text{m}] =$	0.826590	>	$x[\text{m}] =$	0.042861		omezení výšky tlačené oblasti	
$A_{\text{st.req}}[\text{m}^2] =$	0.001207	<	$A_{\text{st.d}}[\text{m}^2] =$	0.002463		ověření návrhové plochy výztuže	
$\mu_{\text{min}}[\%] =$	0.15	<	$\mu[\%] =$	0.20	<	$\mu_{\text{max}}[\%] =$	1.60
Moment únosnosti							
$x[\text{m}] =$	0.087490		$M_{\text{Rd}}[\text{MNm}] =$	1.397	>	$M_{\text{ed}}[\text{MNm}] =$	0.694

Smyková výztuž konzoly příčnicku

$$Q_{\text{vodorovný smyk od oblouku}} = 2390 \cdot \cos 22^\circ = 2216 \text{ kN}$$

Namáhání	Ohybová výztuž							
$V_{\text{ed}}[\text{MN}] = 2.216$	8	ϕ	20			$A_{\text{st.d}}[\text{m}^2] =$	0.002513	
Materiálové a průřezové charakteristiky betonu a oceli								
$b[\text{m}] = 0.900$	$f_{\text{ctm}}[\text{MPa}] = 2.9$		$f_{\text{yk}}[\text{MPa}] = 500$		$\varepsilon_{\text{cu}} = 0.0035$		$\theta[^\circ] = 45.0$	
$h[\text{m}] = 1.200$	$f_{\text{ck}}[\text{MPa}] = 30.0$		$f_{\text{yd}}[\text{MPa}] = 435$		$\lambda = 0.800$		$\alpha[^\circ] = 45.0$	
$c[\text{m}] = 0.060$	$f_{\text{cd}}[\text{MPa}] = 17.0$		$E_s[\text{MPa}] = 200000$		$\eta = 1.000$		$k = 1.42$	
$d[\text{m}] = 1.140$	$x[\text{m}] = 0.089$		$\sigma_{\text{cp}}[\text{MPa}] = 0$		$\alpha_{\text{cw}} = 1.000$		$k = 1.42$	
Beton								
$V_{\text{Rd.cl}}[\text{MN}] = 0.340$	>	$V_{\text{Rdcl.min}}[\text{MN}] = 0.279$		$V_{\text{Rd}}[\text{MN}] = 0.340$		nutná smyková výztuž		
Třmínky	4	ϕ	12	$s[\text{m}] = 0.25$		$A_{\text{sw}}[\text{m}^2] =$	0.000452	
$V_{\text{Rd.sl}}[\text{MN}] = 0.869$	<	$V_{\text{Rd,max}}[\text{MN}] = 4.460$		$V_{\text{Rd}}[\text{MN}] = 1.208$		nutné ohyby		
Ohyby	4	ϕ	12	$s[\text{m}] = 0.25$		$A_{\text{sw}}[\text{m}^2] =$	0.000452	
$V_{\text{Rd.sl}}[\text{MN}] = 1.479$	<	$V_{\text{Rd,max}}[\text{MN}] = 2.230$		$V_{\text{Rd}}[\text{MN}] = 2.687$		vyhovuje		

Smyková výztuž opěry

$$Q_{\text{svislý smyk od reakcí}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{2 \cdot 916}{6.6} \cdot 4.8 = 667 \text{ kN}$$

Namáhání	Ohybová výztuž							
$V_{\text{ed}}[\text{MN}] = 0.667$	16	ϕ	14			$A_{\text{st.d}}[\text{m}^2] =$	0.002463	
Materiálové a průřezové charakteristiky betonu a oceli								
$b[\text{m}] = 0.900$	$f_{\text{ctm}}[\text{MPa}] = 2.9$		$f_{\text{yk}}[\text{MPa}] = 500$		$\varepsilon_{\text{cu}} = 0.0035$		$\theta[^\circ] = 45.0$	
$h[\text{m}] = 1.400$	$f_{\text{ck}}[\text{MPa}] = 30.0$		$f_{\text{yd}}[\text{MPa}] = 435$		$\lambda = 0.800$		$\alpha[^\circ] = 45.0$	
$c[\text{m}] = 0.060$	$f_{\text{cd}}[\text{MPa}] = 17.0$		$E_s[\text{MPa}] = 200000$		$\eta = 1.000$		$k = 1.39$	
$d[\text{m}] = 1.340$	$x[\text{m}] = 0.087$		$\sigma_{\text{cp}}[\text{MPa}] = 0$		$\alpha_{\text{cw}} = 1.000$		$k = 1.39$	
Beton								
$V_{\text{Rd.cl}}[\text{MN}] = 0.367$	>	$V_{\text{Rdcl.min}}[\text{MN}] = 0.321$		$V_{\text{Rd}}[\text{MN}] = 0.367$		nutná smyková výztuž		
Třmínky	2	ϕ	12	$s[\text{m}] = 0.25$		$A_{\text{sw}}[\text{m}^2] =$	0.000226	
$V_{\text{Rd.sl}}[\text{MN}] = 0.513$	<	$V_{\text{Rd,max}}[\text{MN}] = 5.271$		$V_{\text{Rd}}[\text{MN}] = 0.880$		vyhovuje bez ohybů		
Ohyby	4	ϕ	12	$s[\text{m}] = 0.25$		$A_{\text{sw}}[\text{m}^2] =$	0.000452	
$V_{\text{Rd.sl}}[\text{MN}] = 1.747$	<	$V_{\text{Rd,max}}[\text{MN}] = 2.636$		$V_{\text{Rd}}[\text{MN}] = 2.628$		vyhovuje		

6.8. Posouzení táhel

Posouzení únosnosti táhel je provedeno porovnáním maximální normálové síly s návrhovou únosností táhel MACALLOY.

$$N_{\text{max}} = 138 \text{ kN} < N_{\text{ú 02 M30}} = 249 \text{ kN}$$

7. Spodní stavba

7.1. Opěra

Vzhledem k integrovanému charakteru opěr a nosné konstrukce je řešení stability opěry bezpředmětné.

7.2. Napětí v základové spáře

Vzhledem k integrovanému charakteru opěr a nosné konstrukce je výpočet napětí v základové spáře proveden pouze ze svislých reakcí

$$\sigma_z = \frac{2 \cdot 916}{6.6 \cdot 2.5} = 111 \text{ kPa} < R_{d \text{ s2 pro šířku 1m}} = 350 \text{ kPa}$$

7.3. Posouzení zemního odporu na brzdné síly

Posouzení je provedeno na tření v základové spáře a pasivní odpor zeminy zásypu.

$$B_{10\% \text{ zatížení pěšími}} = 3.0 \cdot 56.9 \cdot 5 \cdot 0.1 = 85 \text{ kN}$$

$$T_{\text{tření v základové spáře Rmin}} = 2 \cdot 379 \cdot \text{tg}30^\circ = 437 \text{ kN na jednu opěru}$$

$$\sigma_{p \text{ dolní}} = 20 \cdot 2.2 \cdot \text{tg}^2 \left(45 + \frac{1}{2} \cdot 30 \right) = 76 \text{ kPa}$$

$$P_{\text{pasivní odpor zásypu}} = 76 \cdot 2.2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 4.8 = 401 \text{ kN}$$

$$B = 85 \text{ kN} < T + P = 437 + 401 = 838 \text{ kN}$$

8. Závěr

Nosná konstrukce vyhovuje za materiálových a geometrických předpokladů uvedených výše.

Hlavní oblouky nosné konstrukce z oceli S 355 ze dvou ocelových trubek profilu TR.406/20, příčníky oblouků z trubek TR.219/16.

Vetknutí oblouků do opěry navrhují dodatečným kotevním systémem ze závitových tyčí M24 nerez A2 po obvodu profilu v počtu min.10ks (po cca 125mm). Profil ve vetknutí je celý tlačенý i při nejnevhodnější kombinaci zatížení.

Deska mostovky z betonu C30/37 v tl.min.20cm bude vyztužena betonářskou výztuží B 500 B (R):

Příčná po celé délce u dolního povrchu min.8 ϕ R16/m

Příčná po celé délce u horního povrchu min.8 ϕ R12/m

Podélná ve střední části u obou povrchů min.8 ϕ R16/m

Podélná v krajích š.1m u obou povrchů min.8 ϕ R28/m (8 ϕ R16/m+8 ϕ R20/m)

Podélná ve vetknutí do opěry ve střední části u obou povrchů min.8 ϕ R16/m

Podélná ve vetknutí do opěry v krajích š.1m u obou povrchů min.8 ϕ R28/m

Smyková výztuž na celé ploše sponami v počtu min.9 ϕ R6/m²

Smyková výztuž na vytržení kužele u závěsů sponami v počtu min.16 ϕ R6/m²

Smyková výztuž na vytržení kužele u závěsů ohyby okolo kotevní desky min.6 ϕ R12

Koncový příčník, resp. integrovaný dřík opěry z betonu C30/37 profilu 2.0x1.4m bude vyztužen betonářskou výztuží B 500 B (R):

Ohybová výztuž konzoly na moment od oblouků min.8 ϕ R20/m

Smyková výztuž konzoly na posouvající síly od oblouků čtyřstřížné třmínky 4R ϕ 14/m

Smyková výztuž konzoly na posouvající síly od oblouků ohyby min.4R ϕ 14/m

Ohybová výztuž dříku opěry horní mezi oblouky 8R ϕ 14/m

Smyková výztuž dříku opěry od reakcí dvoustřížné třmínky min.4R ϕ 12/m

Základ integrované opěry vyztužen konstruktivně u všech povrchů z profilu min.R12 po max.250mm a to v návaznosti na staticky nutnou výztuž dříku opěry.

Závěsy systémové dopínatelné se závitkem M30 z oceli min. S 450 (např. systém MACALLOY M30). Kotevní přípravky z S 235, roznášecí desky 300/200 tl.15 s navařenou styčnickovou deskou tl.15 a nerez kotevní deskou (dle systému MACALLOY tl.22) vyčnívající nad krycí vrstvu betonu desky. Kotevní přípravek bude doplněn oky z betonářské výztuže pro ukotvení do betonu.

V Liberci, dne 21.12.2021
Vypracoval Ing.T.Humpal