

Statický výpočet mostu

Obsah:

1.	ÚVOD.....	2
1.1.	VŠEOBECNĚ	2
1.2.	POPIS KONSTRUKCE.....	2
1.3.	PŘEDPOKLADY VÝPOČTU	2
1.3.1.	Obecné předpoklady výpočtu.....	2
1.3.2.	Návrhové materiálové charakteristiky nosné konstrukce	3
2.	GEOMETRIE.....	4
2.1.	TVAR KONSTRUKCE	5
2.2.	MODEL NOSNÉ KONSTRUKCE	8
3.	ZATÍŽENÍ KONSTRUKCE.....	14
3.1.	STÁLÉ ZATÍŽENÍ	14
3.1.1.	Vlastní tíha nosné konstrukce	14
3.1.2.	Ostatní stálá zatížení	14
3.2.	NAHODILÁ ZATÍŽENÍ	14
3.2.1.	Nahodilé zatížení sněhem	14
3.2.2.	Nahodilé zatížení větrem.....	14
3.2.3.	Nahodilé zatížení teplotou	15
3.2.4.	Nahodilé zatížení dopravou	15
3.2.4.1.	Rozdělení vozovky do zatěžovacích pruhů	15
3.2.4.2.	Model zatížení 1 (LM1)	16
3.2.4.3.	Model zatížení 2 (LM2)	16
3.2.4.4.	Model zatížení 3 (LM3)	17
3.2.4.5.	Model zatížení 4 (LM4 zatížení davem lidí)	17
3.2.4.6.	Brzdné a rozjezdové síly	17
3.2.4.7.	Odstředivé a jiné příčné síly.....	17
3.2.4.8.	Nahodilá zatížení na únavu	17
4.	SESTAVENÉ ZATĚŽOVACÍ STAVY	18
5.	VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL.....	23
5.1.	REKAPITULACE VNITŘNÍCH SIL	23
5.2.	PRŮBĚH VNITŘNÍCH SIL	23
5.3.	SUPERPOZICE ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ	26
6.	NÁVRH A POSOUZENÍ NOSNÉ KONSTRUKCE	32
6.1.	PŘEDPJATÉ PARAPETNÍ NOSNÍKY	32
6.1.1.	Návrh předpětí hlavních nosníků	32
6.1.2.	Návrh smykové výztuže hlavních nosníků	33
6.2.	ŽELEZOBETONOVÉ PŘÍČNÍKY	34
6.2.1.	Posouzení na ohyb příčnicku.....	34
6.2.2.	Posouzení na smyk příčnicku.....	36
6.2.3.	Omezení trhlin a napětí příčnicku	37
6.2.4.	Posouzení na únavu příčnicku.....	38
6.3.	DESKA MOSTOVKY	39
6.3.1.	Výpočet vnitřních sil	39
6.3.2.	Návrh na ohyb v desce	39
6.3.3.	Posouzení na smyk v desce	40
6.3.4.	Omezení trhlin a napětí v desce	41
6.3.5.	Posouzení desky na únavu	42
6.4.	POSOUZENÍ PRŮHYBŮ	42
7.	SPODNÍ STAVBA	43
7.1.	NÁVRH LOŽISEK	43
7.2.	OPĚRY	44
7.3.	PILOTY	51
7.4.	KŘÍDLA	55
8.	ZÁVĚR.....	57

1. Úvod

1.1. Všeobecně

Jedná se o most ev.č.M-16 v Rumburku, okres Děčín. Most převádí místní komunikaci, ulici Sukova přes koryto vodního toku Mandava. Nová mostní konstrukce nahrazuje původní klenbový most ve stejném místě.

1.2. Popis konstrukce

Nová část mostu je charakteru šikmé trémové konstrukce s dolní mostovkou. Dva hlavní parapetní trámy ve tvaru obráceného T z předpjatého betonu jsou spojené příčníky s deskou ze železobetonu. Mostovku tak tvoří trémová deska a konzolové části hlavních nosníků charakteru desky proměnné tloušťky. Celá nosná konstrukce je monolitická.

Spodní stavbu tvoří masivní opěry se zavěšenými křídly. Vnější křídla jsou doplněna o zavěšené vnitřní stěny jako základy náběhů na parapetní nosníky. Založení je řešeno jako hlubinné na pilotách.

Mostní svršek je opatřen monolitickou železobetonovou římsou na vnějších konzolách hlavních nosníků a odraznou římsou na vnitřní straně hlavních parapetních nosníků. Vnější římsy jsou opatřeny zábradlím, provoz pěších je od provozu vozidel oddělen parapetními nosníky. Tloušťka vozovky 10cm, tloušťka chodníku 25cm.

1.3. Předpoklady výpočtu

1.3.1. Obecné předpoklady výpočtu

Předpokládá se betonáž nosné konstrukce na skruži s minimálním odstupem mezi betonáží mostovky a parapetních nosníků. Betonáž mostovky bude provedena najednou bez vytváření svislých pracovních spar, stejně tak i betonáž parapetních nosníků nad mostovkou.

V modelu uvažují centricky připojenou roznášecí desku mezi nosníky a příčníky. Deskou. Vliv takto uvažované desky na přerozdělení vnitřních sil je s ohledem na poměr tuhostí zanedbatelný.

1.3.2. Návrhové materiálové charakteristiky nosné konstrukce

Beton: C 30/37

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		

Předpínací výztuž – tvrdá: B 500B

Lana $\phi 15.7\text{mm}$ - průřezová plocha 150mm^2

Jmenovitá pevnost 1770MPa

Jmenovitá smluvní mez 0.2 1570MPa

Betonářská výztuž – měkká: 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.

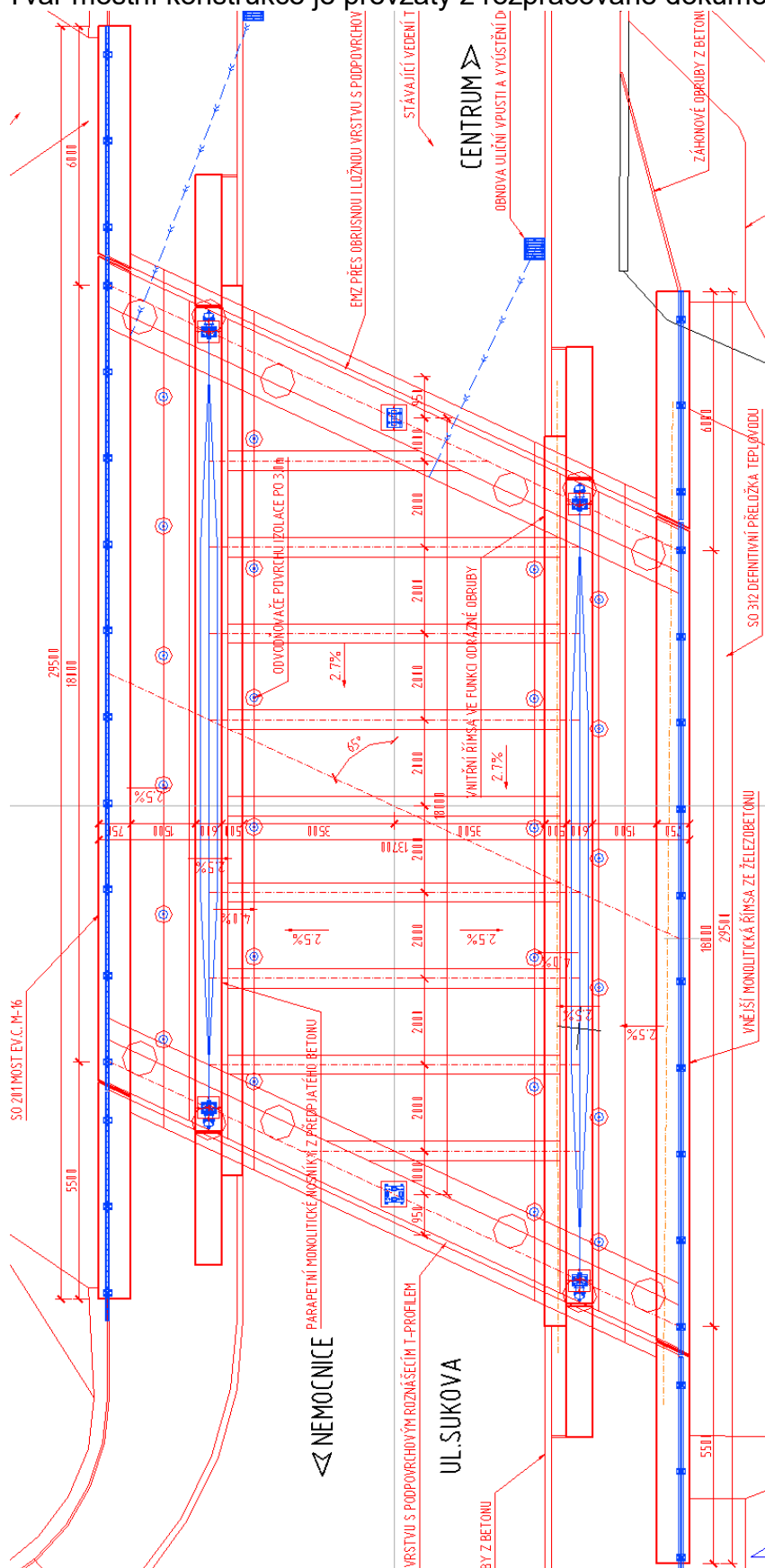
S 4			pozn.	základní třída konstrukce životnost 50 let
+2 třídy	2		EN 1992-1-1, 4.4.1.2, tab 3.4N	návrhová životnost 100 let
-1 třídy	-1		EN 1992-1-1, 4.4.1.2, tab 3.4N	zajištění zvláštní kontroly kvality výroby betonu
S 5				výsledná třída konstrukce
$c_{min,dur}$	40	mm	EN 1992-1-1, 4.4.1.2, tab 4.4N	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 vrstev 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
Δc_{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	

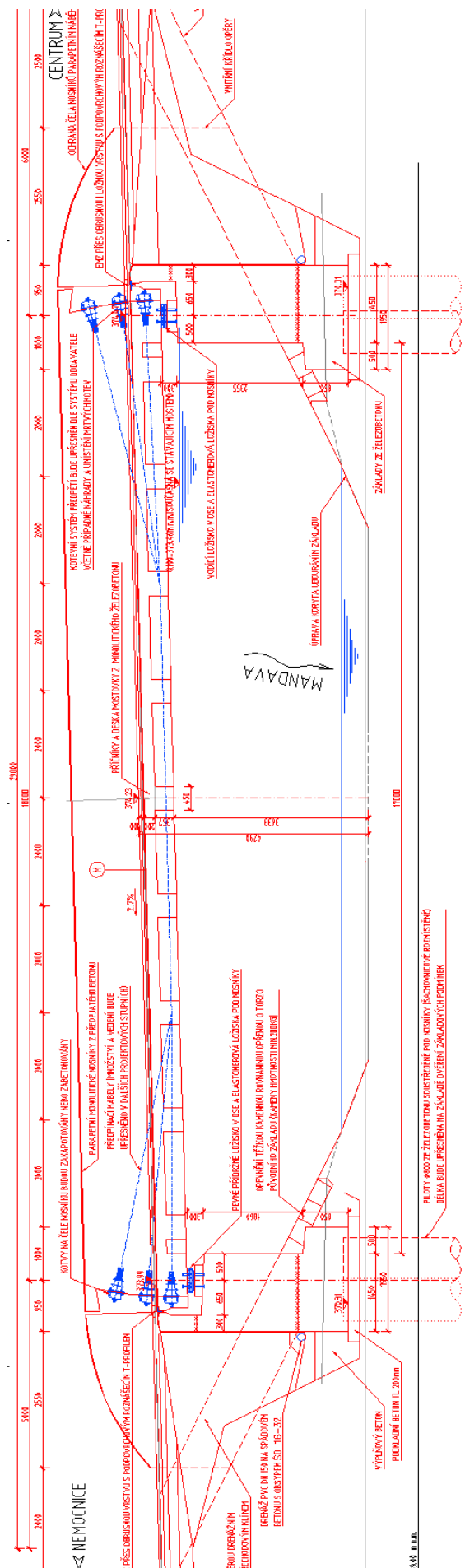
2. Geometrie

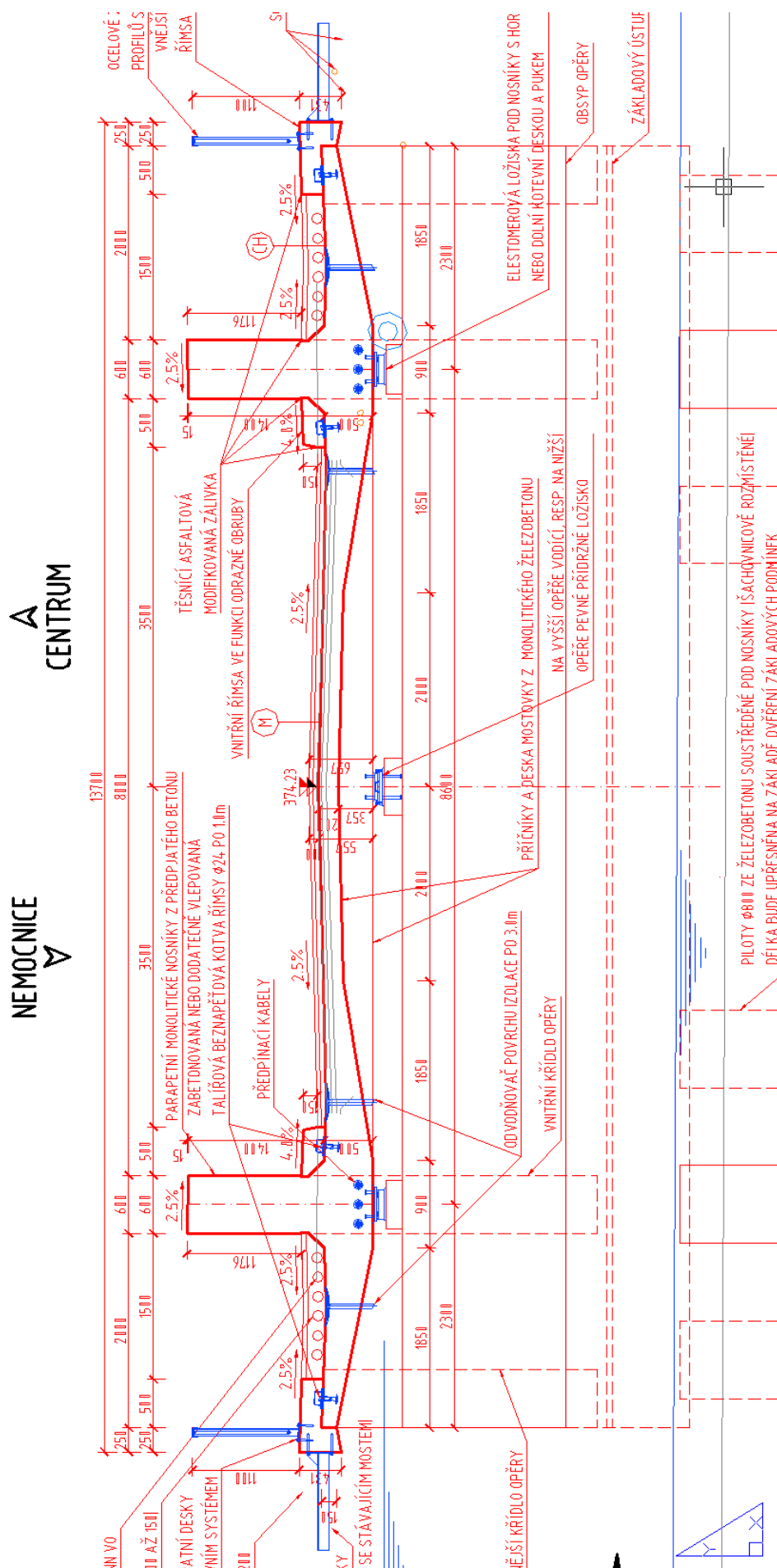
Tvar a základní rozměry mostu jsou patrné z příložených schémat. Vstupní údaje a údaje o modelu jsou s ohledem na množství dat uvedeny pouze základní, kompletní vstupy jsou archivovány u projektanta. Model nosné konstrukce je zvolen jako šikmý rošt s roznášecí centricky připojenou deskou, do tuhosti trámů je přitom deska započtena.

2.1. Tvar konstrukce

Tvar mostní konstrukce je převzatý z rozpracované dokumentace.

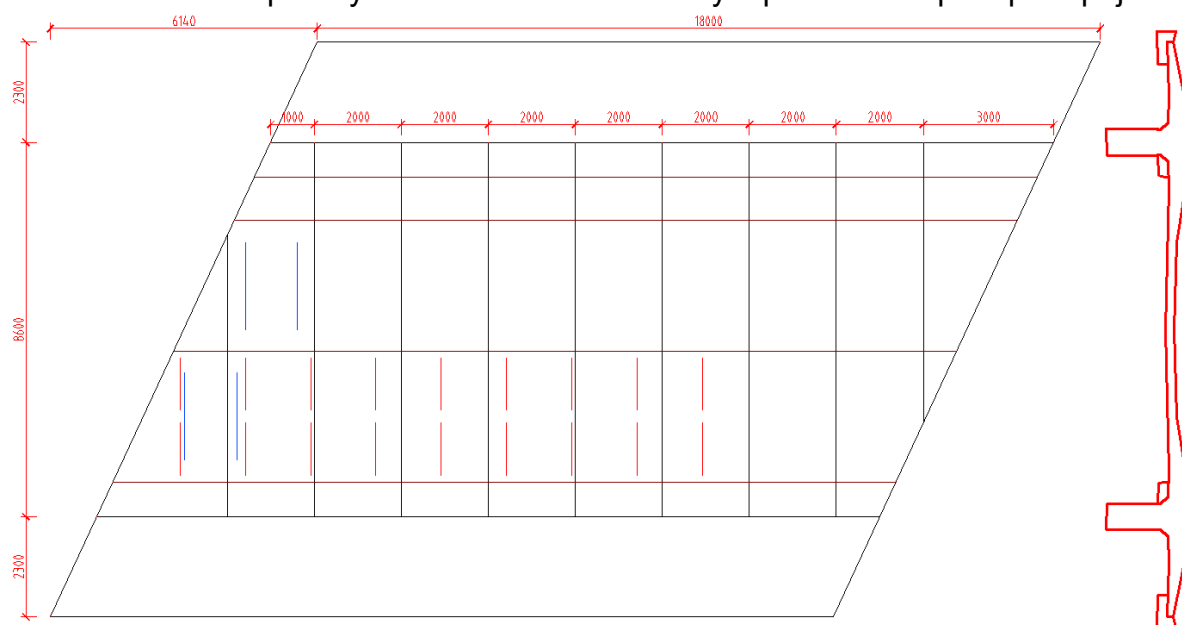




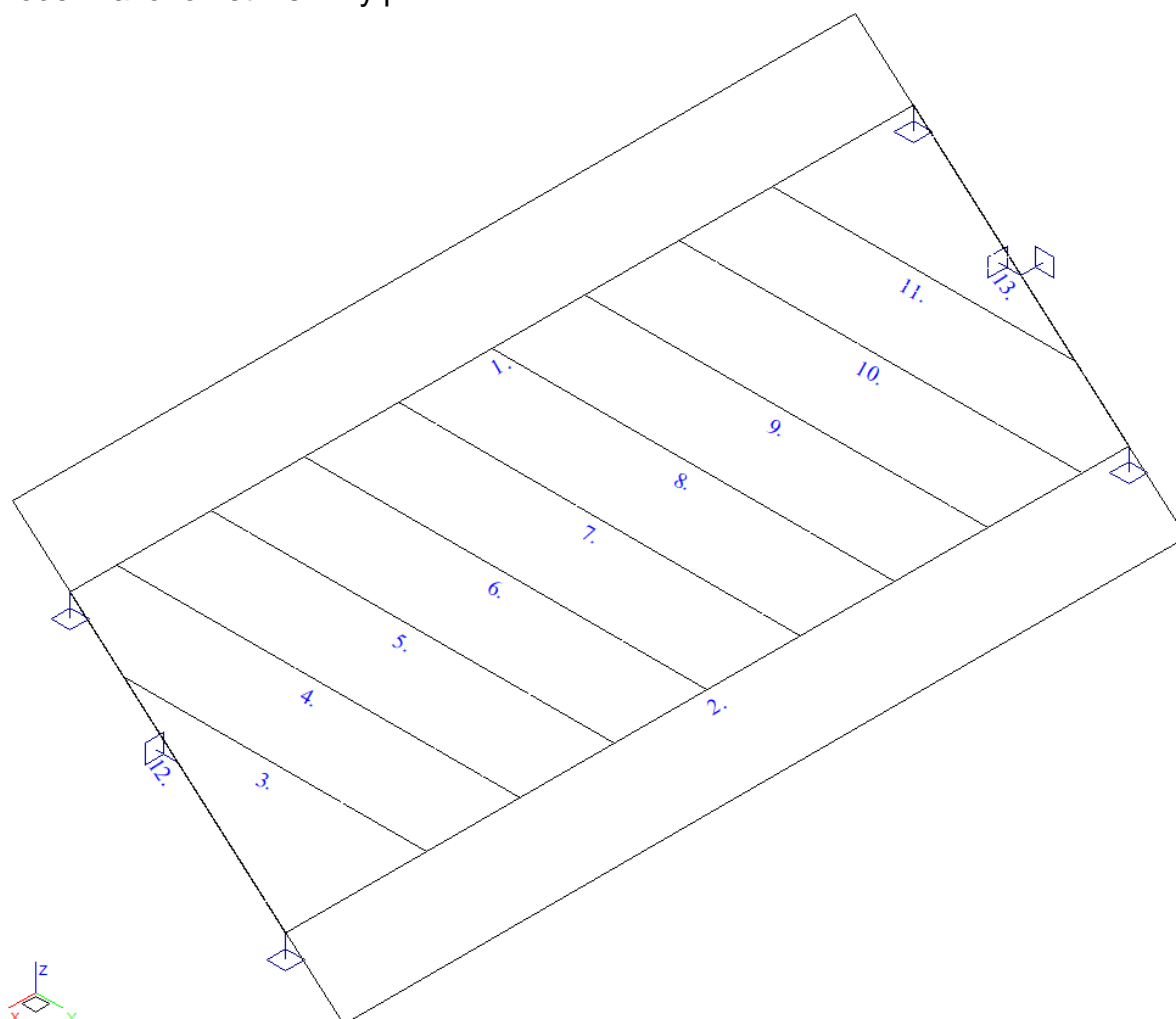


2.2. Model nosné konstrukce

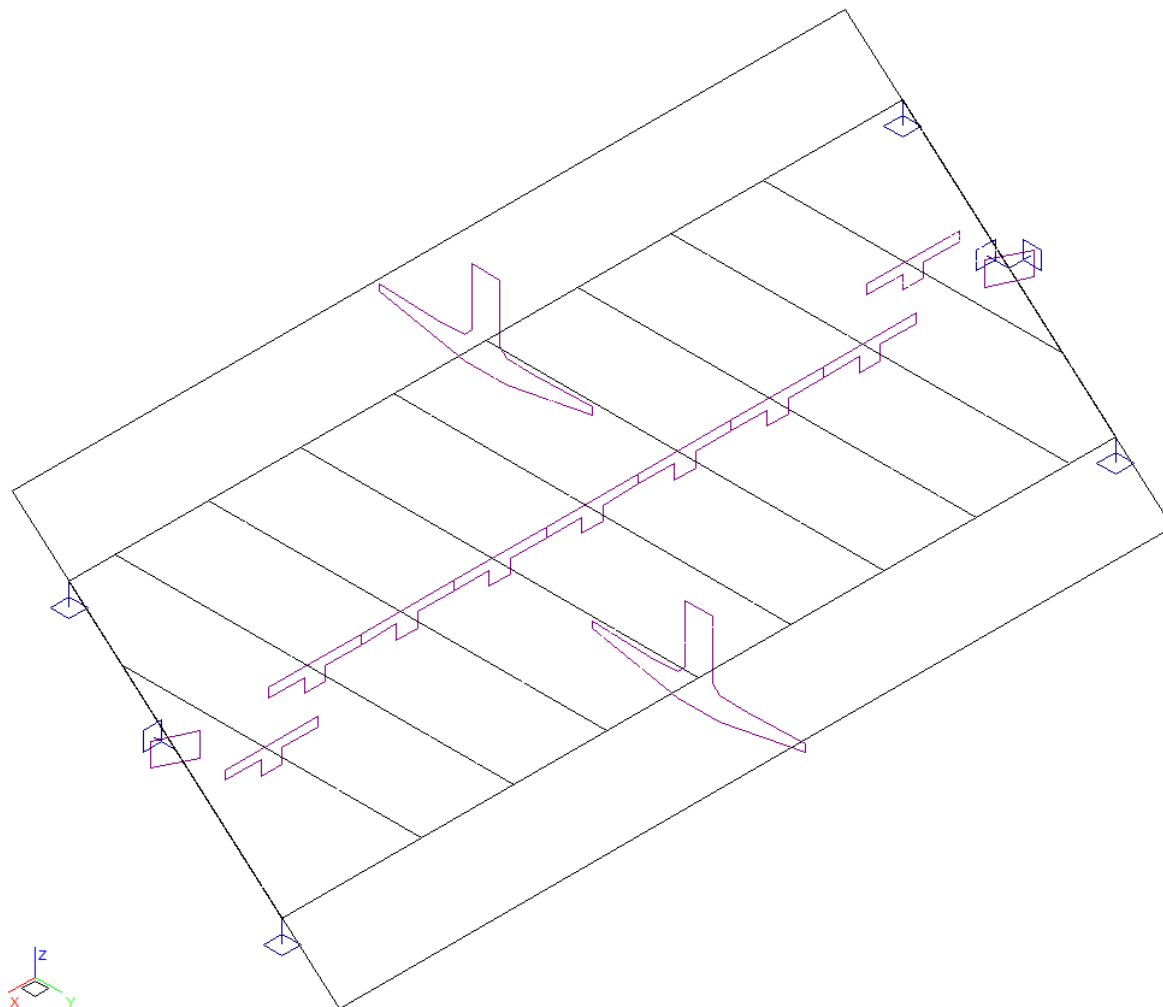
Model je přiložen formou výpisu a schémat z použitého výpočetního programu.
 Schéma modelu v půdoryse se základními rozměry a polohami náprav před pojezdem



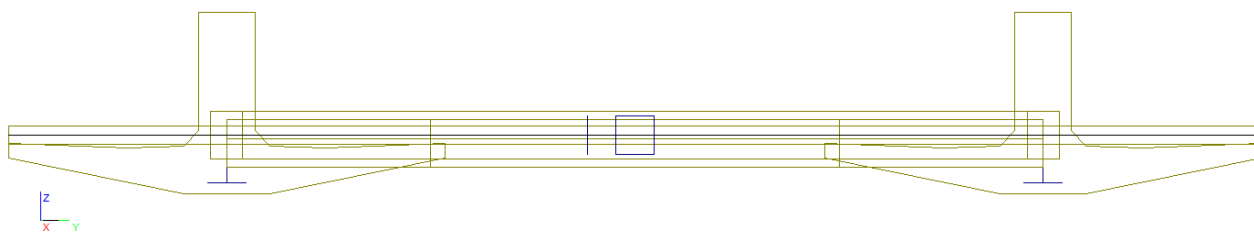
Model v axonometrii s čísly prvků



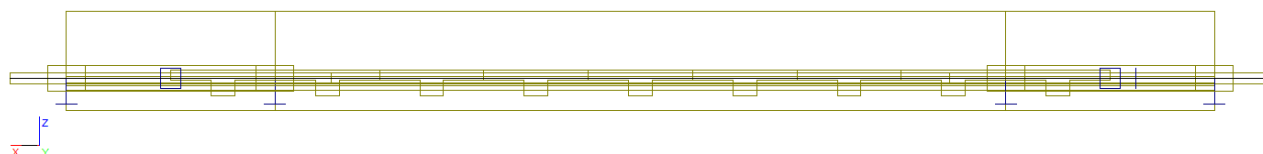
Model v axonometrii s příčnými řezy prutových prvků



Model v příčném řezu



Model v podélném řezu (pohled)



Údaje o konstrukci

Jméno projektu	nk	Prutů	13	Geometrie - délky	m
Autor projektu	Ing.T.Humpal	Ploch	1	Geometrie - úhly	deg
Popis projektu	rošt s deskou	Zatížení	240	Průřezy - délky	m
Rozměr projektu	Prostor	Podpor	6	Zatížení, výsledky - síly	kN
Datum	24.1.2019	Bodů	0	Zatížení, výsledky - napětí	kPa
Čas	14:15	Linií	41	Zatížení, výsledky - délky	m
		Ploch	0	Deformace - posuny	m
		Kontaktů	59	Deformace - natočení	deg
		Materiálů	1	Čas	sec
		Průřezů	4	Teplota	°C
		Tloušťek	1	Hmota	t
		Podloží	0		
		Skupin	4		
		Zat. stavů	43		

Výpis zadanych materiálů:

E1, E2	[kPa]	moduly pružnosti (E2 pouze pro ortotropní materiál)						
ni		Poissonův součinitel						
gama	[t/m3]	objemová hmotnost						
K1, K2	[kN/m3]	koeficienty tepelné roztažnosti						
útlum		dekrement útlumu						
Materiál	Typ	E 1	ni	gama	K 1	E 2	K 2	útlum
		[kPa]		[t/m3]	[kN/m3]	[kPa]	[kN/m3]	
BETON	BETON	2.600e+07	0.200	2.500	1.000e-05			0.100

Výpis prutových dílců - parametry prutů:

Prut	Typ prutu	Průřez 1	Působení	Délka [m]	Objem [m3]	Skupina
1	Obecný	hl_nosnik	Běžný	18.000	44.206	Skupina č.1
2	Obecný	hl_nosnik	Běžný	18.000	44.206	Skupina č.1
3	Obecný	pricnik	Běžný	6.450	3.451	Skupina č.1
4	Obecný	pricnik	Běžný	8.600	4.601	Skupina č.1
5	Obecný	pricnik	Běžný	8.600	4.601	Skupina č.1
6	Obecný	pricnik	Běžný	8.600	4.601	Skupina č.1
7	Obecný	pricnik	Běžný	8.600	4.601	Skupina č.1
8	Obecný	pricnik	Běžný	8.600	4.601	Skupina č.1
9	Obecný	pricnik	Běžný	8.600	4.601	Skupina č.1
10	Obecný	pricnik	Běžný	8.600	4.601	Skupina č.1
11	Obecný	pricnik	Běžný	6.450	3.451	Skupina č.1
12	Obecný	konc_pricnik	Běžný	9.485	3.794	Skupina č.1
13	Obecný	konc_pricnik	Běžný	9.485	3.794	Skupina č.1

Výpis prutových dílců - souřadnice vrcholů:

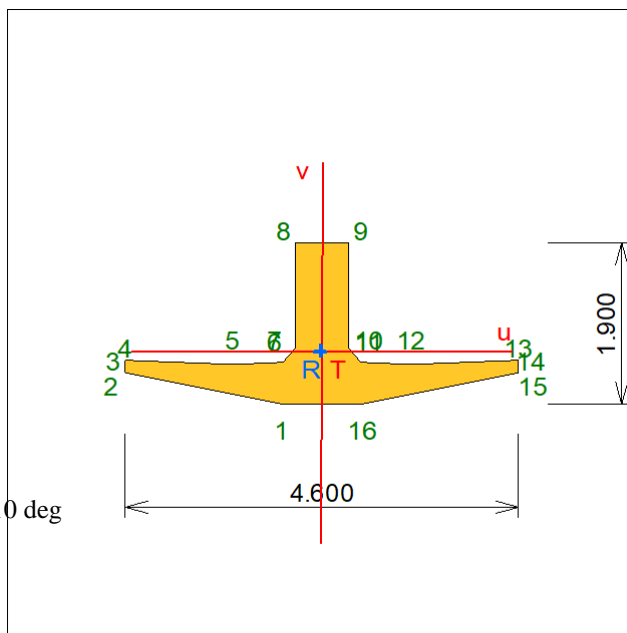
Prut	Počátek [m]	Konec [m]
1	7.000,-4.300,0.000	-11.000,-4.300,0.000
2	11.000,4.300,0.000	-7.000,4.300,0.000
3	8.000,-2.150,0.000	8.000,4.300,0.000
4	6.000,-4.300,0.000	6.000,4.300,0.000
5	4.000,-4.300,0.000	4.000,4.300,0.000
6	2.000,-4.300,0.000	2.000,4.300,0.000
7	3.961e-11,-4.300,0.000	-9.666e-10,4.300,0.000
8	-2.000,-4.300,0.000	-2.000,4.300,0.000
9	-4.000,-4.300,0.000	-4.000,4.300,0.000
10	-6.000,-4.300,0.000	-6.000,4.300,0.000
11	-8.000,-4.300,0.000	-8.000,2.150,0.000
12	7.000,-4.300,0.000	11.000,4.300,0.000
13	-11.000,-4.300,0.000	-7.000,4.300,0.000

Výpis zadanych průřezů:**Průřez : hl_nosnik**

Typ : monolitický

Rozměry :

Průřezové charakteristiky :

průřezová plocha : $A = 2.4559 \text{ m}^2$ první hlavní moment setrvačnosti : $I_u = 0.606612 \text{ m}^4$ druhý hlavní moment setrvačnosti : $I_v = 2.02071 \text{ m}^4$ moment setrvačnosti k ose Y : $I_y = 0.606612 \text{ m}^4$ moment setrvačnosti k ose Z : $I_z = 2.02071 \text{ m}^4$ odklon hlavních os momentu setrvačnosti : $-4.74382e-010 \text{ deg}$ "teplotní koeficient" Temp Y : $\text{TempY} = 0.319269 \text{ m}^3$ "teplotní koeficient" Temp Z : $\text{TempZ} = 0.439285 \text{ m}^3$ koeficient smykové poddajnosti Y : $A_y/A = 0.766993$ koeficient smykové poddajnosti Z : $A_z/A = 0.460003$ poloha těžiště vztažená k zadávacím souř. osám : $e_y = -3.00949e-010 \text{ m}$: $e_z = 0.612061 \text{ m}$ poloha těžiště vztažená k prvnímu vrcholu prvního průřezu : $e_y = 0.45 \text{ m}$: $e_z = 0.612061 \text{ m}$ moment tuhosti v prostém kroucení : $I_k = 0.346154 \text{ m}^4$ modul průřezu : $W_{uh} = 0.470994 \text{ m}^3$: $W_{ud} = 0.991096 \text{ m}^3$: $W_{vl} = 0.878569 \text{ m}^3$: $W_{vp} = 0.878569 \text{ m}^3$ modul průřezu : $W_{yh} = 0.470994 \text{ m}^3$: $W_{yd} = 0.991096 \text{ m}^3$: $W_{zl} = 0.878569 \text{ m}^3$: $W_{zp} = 0.878569 \text{ m}^3$ poloměr setrvačnosti : $i_y = 0.496993 \text{ m}$: $i_z = 0.907082 \text{ m}$ plastický průřezový modul : $W_{pl.y} = 0.87285 \text{ m}^3$: $W_{pl.z} = -6.27744e+066 \text{ m}^3$ 

Další údaje o průřezu :

natočení průřezu : $\alpha = 0 \text{ deg}$ poloha referenčního bodu : $y = 0 \text{ m}$: $z = 0 \text{ m}$

přiřazený materiál : BETON

objem 1 metru průřezu : 2.4559 m^3 plocha 1 metru průřezu - vnější : 12.1994 m^2 hmotnost 1 metru pro přiřazený materiál : 6.13975 t

Souřadnice vrcholů průřezu:

Vrchol č. 1 : $y = -0.45 \text{ m}$: $z = -0.612061 \text{ m}$ Vrchol č. 2 : $y = -2.3 \text{ m}$: $z = -0.236061 \text{ m}$ Vrchol č. 3 : $y = -2.3 \text{ m}$: $z = -0.0860615 \text{ m}$ Vrchol č. 4 : $y = -2.3 \text{ m}$: $z = -0.0860615 \text{ m}$ Vrchol č. 5 : $y = -1.05 \text{ m}$: $z = -0.136061 \text{ m}$ Vrchol č. 6 : $y = -0.45 \text{ m}$: $z = -0.112061 \text{ m}$ Vrchol č. 7 : $y = -0.3 \text{ m}$: $z = 0.0439385 \text{ m}$ Vrchol č. 8 : $y = -0.3 \text{ m}$: $z = 1.28794 \text{ m}$ Vrchol č. 9 : $y = 0.3 \text{ m}$: $z = 1.28794 \text{ m}$ Vrchol č. 10 : $y = 0.3 \text{ m}$: $z = 0.0439385 \text{ m}$ Vrchol č. 11 : $y = 0.45 \text{ m}$: $z = -0.112061 \text{ m}$ Vrchol č. 12 : $y = 1.05 \text{ m}$: $z = -0.136061 \text{ m}$ Vrchol č. 13 : $y = 2.3 \text{ m}$: $z = -0.0860615 \text{ m}$ Vrchol č. 14 : $y = 2.3 \text{ m}$: $z = -0.0860615 \text{ m}$ Vrchol č. 15 : $y = 2.3 \text{ m}$: $z = -0.236061 \text{ m}$ Vrchol č. 16 : $y = 0.45 \text{ m}$: $z = -0.612061 \text{ m}$

Průřez : pricnik

Typ : monolitický

Rozměry :

výška : $h = 0.5$ m

šířka : $b = 2$ m

tloušťka stojiny : $t_h = 0.45$ m

tloušťka horní příruby : $t_b = 0.2$ m

Průřezové charakteristiky :

průřezová plocha : $A = 0.535$ m²

první hlavní moment setrvačnosti : $I_u = 0.00865424$ m⁴

druhý hlavní moment setrvačnosti : $I_v = 0.135611$ m⁴

moment setrvačnosti k ose Y : $I_y = 0.00865424$ m⁴

moment setrvačnosti k ose Z : $I_z = 0.135611$ m⁴

odklon hlavních os momentu setrvačnosti : 0 deg

"teplotní koeficient" Temp Y : TempY = 0.0173085 m³

"teplotní koeficient" Temp Z : TempZ = 0.0678057 m³

koeficient smykové poddajnosti Y : $A_y/A = 0.834098$

koeficient smykové poddajnosti Z : $A_z/A = 0.55826$

poloha těžiště vztažená k zadávacím souř. osám : $e_y = 0$ m : $e_z = 0.0869159$ m

poloha těžiště vztažená k prvnímu vrcholu prvního průřezu : $e_y = 0.225$ m : $e_z = 0.336916$ m

moment tuhosti v prostém kroucení : $I_k = 0.0205208$ m⁴

modul průřezu : $W_{yh} = 0.0530661$ m³ : $W_{yd} = 0.0256867$ m³ : $W_z = 0.135611$ m³

poloměr setrvačnosti : $i_y = 0.127186$ m : $i_z = 0.503467$ m

plastický průřezový modul : $W_{pl.y} = 0.0514625$ m³ : $W_{pl.z} = 0.21514$ m³

Další údaje o průřezu :

natočení průřezu : $\alpha = 0$ deg

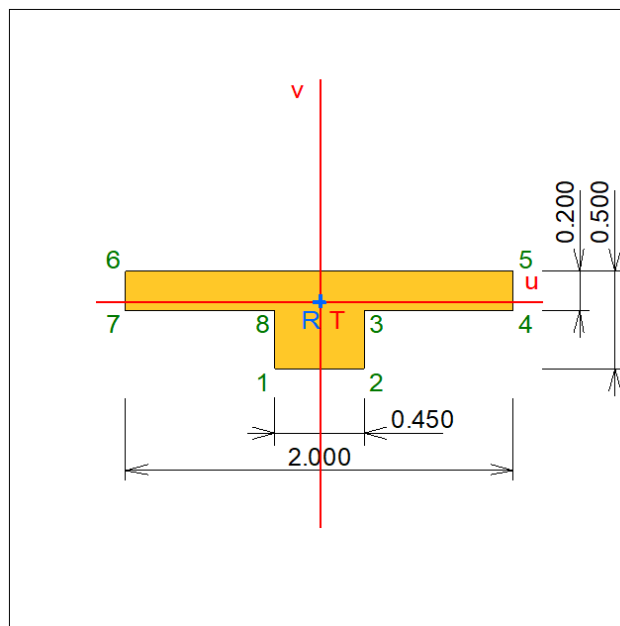
poloha referenčního bodu : $y = 0$ m : $z = 0$ m

přiřazený materiál : BETON

objem 1 metru průřezu : 0.535 m³

plocha 1 metru průřezu - vnější : 5 m²

hmotnost 1 metru pro přiřazený materiál : 1.3375 t



Souřadnice vrcholů průřezu:

Vrchol č. 1 : $y = -0.225$ m : $z = -0.336916$ m

Vrchol č. 2 : $y = 0.225$ m : $z = -0.336916$ m

Vrchol č. 3 : $y = 0.225$ m : $z = -0.0369159$ m

Vrchol č. 4 : $y = 1$ m : $z = -0.0369159$ m

Vrchol č. 5 : $y = 1$ m : $z = 0.163084$ m

Vrchol č. 6 : $y = -1$ m : $z = 0.163084$ m

Vrchol č. 7 : $y = -1$ m : $z = -0.0369159$ m

Vrchol č. 8 : $y = -0.225$ m : $z = -0.0369159$ m

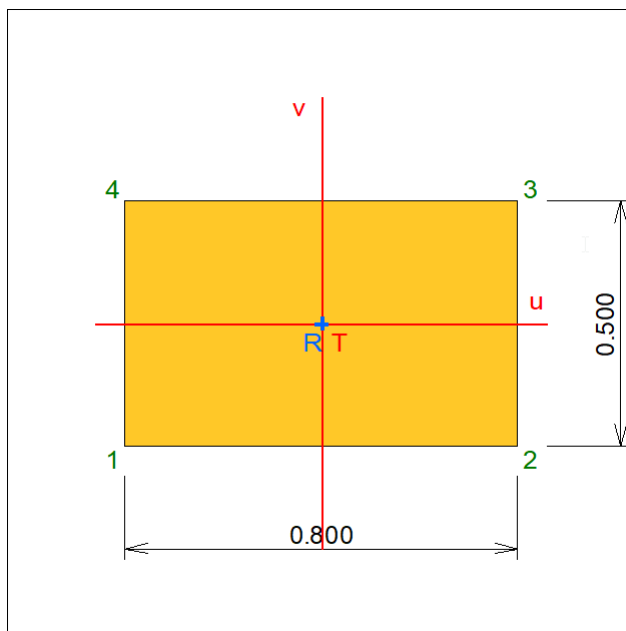
Průřez : konc_pricnik

Typ : monolitický

Rozměry :

výška : $h = 0.5 \text{ m}$ šířka : $b = 0.8 \text{ m}$

Průřezové charakteristiky :

průřezová plocha : $A = 0.4 \text{ m}^2$ první hlavní moment setrvačnosti : $I_u = 0.00833333 \text{ m}^4$ druhý hlavní moment setrvačnosti : $I_v = 0.0213333 \text{ m}^4$ moment setrvačnosti k ose Y : $I_y = 0.00833333 \text{ m}^4$ moment setrvačnosti k ose Z : $I_z = 0.0213333 \text{ m}^4$ odklon hlavních os momentu setrvačnosti : 0 deg "teplotní koeficient" Temp Y : $\text{TempY} = 0.0166667 \text{ m}^3$ "teplotní koeficient" Temp Z : $\text{TempZ} = 0.0266667 \text{ m}^3$ koeficient smykové poddajnosti Y : $A_y/A = 0.833333$ koeficient smykové poddajnosti Z : $A_z/A = 0.833333$ poloha těžiště vztažená k zadávacím souř. osám : $e_y = 0 \text{ m}$: $e_z = 0 \text{ m}$ poloha těžiště vztažená k prvnímu vrcholu prvního průřezu : $e_y = 0.4 \text{ m}$: $e_z = 0.25 \text{ m}$ moment tuhosti v prostém kroucení : $I_k = 0.021573 \text{ m}^4$ modul průřezu : $W_y = 0.0333333 \text{ m}^3$: $W_z = 0.0533333 \text{ m}^3$ poloměr setrvačnosti : $i_y = 0.144338 \text{ m}$: $i_z = 0.23094 \text{ m}$ plastický průřezový modul : $W_{pl.y} = 0.05 \text{ m}^3$: $W_{pl.z} = 0.08 \text{ m}^3$ 

Další údaje o průřezu :

natočení průřezu : $\alpha = 0 \text{ deg}$ poloha referenčního bodu : $y = 0 \text{ m}$: $z = 0 \text{ m}$

přiřazený materiál : BETON

objem 1 metru průřezu : 0.4 m^3 plocha 1 metru průřezu - vnější : 2.6 m^2 hmotnost 1 metru pro přiřazený materiál : 1 t

Souřadnice vrcholů průřezu:

Vrchol č. 1 : $y = -0.4 \text{ m}$: $z = -0.25 \text{ m}$ Vrchol č. 2 : $y = 0.4 \text{ m}$: $z = -0.25 \text{ m}$ Vrchol č. 3 : $y = 0.4 \text{ m}$: $z = 0.25 \text{ m}$ Vrchol č. 4 : $y = -0.4 \text{ m}$: $z = 0.25 \text{ m}$ **Výpis zadanych tlouštěk:**

Označení	Materiál	Tloušťka [m]
----------	----------	-----------------

rozn_deska	*BETON	0.200
------------	--------	-------

Výpis plošných dílců - parametry ploch:

Plocha	Typ plochy	Deska	Tloušťka [m]	Objem [m3]	Skupina
1	Rovinná deska	Tenká deska	0.200	47.520	Skupina č.1

Výpis plošných dílců - souřadnice vrcholů ploch:

Plocha	Hrana	Počátek [m]	Konec [m]
Polygon1	1	5.930,-6.600,0.000	-12.070,-6.600,0.000
	2	-12.070,-6.600,0.000	-5.930,6.600,0.000
	3	-5.930,6.600,0.000	12.070,6.600,0.000
	4	12.070,6.600,0.000	5.930,-6.600,0.000

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 prutových prvků z databanky programu zadáním gravitačního zrychlení.

3.1.2. Ostatní stálá zatížení

Ostatní stálá zatížení jsou definována následovně.

$$q_{vozovky} = 0.1 \cdot 25 = 2.5 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{chodníky} = 0.25 \cdot 25 = 6.25 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{římso-převis} = 0.25 \cdot 0.45 \cdot 25 = 2.8125 \text{ kN/m}$$

$$q_{zábradlí} = 1.0 \text{ kN/m}$$

$$q_{zavěšené IS} = 2.0 \text{ kN/m}$$

Sedání základů není uvažováno s ohledem na statické schéma prostého pole a geotechnickou kategorii.

3.2. Nahodilá zatížení

3.2.1. Nahodilé zatížení sněhem

Vzhledem k velikosti a tvaru mostu nemá rozhodující vliv na vnitřní síly a není uvažováno.

3.2.2. Nahodilé zatížení větrem

Vzhledem k velikosti a tvaru mostu nemá rozhodující vliv na vnitřní síly a není uvažováno.

3.2.3. Nahodilé zatížení teplotou

Rovnoměrná složka teploty je uvažována při návrhu spodní stavby dilatace a uložení jako ochlazení o -52°C a oteplení o $+48^{\circ}\text{C}$.

	3	typ	EN 1991-1-5, 6.1.1, str 15	stanovení typu konstrukce mostu
$T_{\min}=$	-32.0	$^{\circ}\text{C}$	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	$^{\circ}\text{C}$	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	$^{\circ}\text{C}$	EN 1991-1-5, obr 6.1, str 17	
$T_{e,\max}=$	38.0	$^{\circ}\text{C}$	EN 1991-1-5, obr 6.1, str 17	
$T_0=$	10.0	$^{\circ}\text{C}$	EN 1991-1-5, NA 2.21	výchozí teplota, teplota nosné konstrukce v době zabudování
$\Delta T_{N,\text{noc}}=T_{e,\min}-T_0=$	-32.0	$^{\circ}\text{C}$	EN 1991-1-5, 6.1.3.3, str 18	charakteristická hodnota max rozsahu rovnoměrné složky teploty pro výpočet zkrácení
$\Delta T_{N,\text{exp}}=T_{e,\max}-T_0=$	28.0	$^{\circ}\text{C}$	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				
$\Delta T_{N,\text{noc}}-20=$	-52.0	$^{\circ}\text{C}$	EN 1991-1-5, 6.1.3.3, poz 2	není známa montážní teplota
$\Delta T_{N,\text{exp}}+20=$	48.0	$^{\circ}\text{C}$	EN 1991-1-5, 6.1.3.3, poz 2	není známa montážní teplota
$\Delta T_{N,\text{noc}}-10=$	-42.0	$^{\circ}\text{C}$	EN 1991-1-5, 6.1.3.3, poz 2	je známa montážní teplota
$\Delta T_{N,\text{exp}}+10=$	38.0	$^{\circ}\text{C}$	EN 1991-1-5, 6.1.3.3, poz 2	je známa montážní teplota

Nerovnoměrné oteplení se na tento typ konstrukce prakticky neuplatní, jeho vliv je zanedbatelný.

3.2.4. Nahodilé zatížení dopravou

3.2.4.1. Rozdělení vozovky do zatěžovacích pruhů

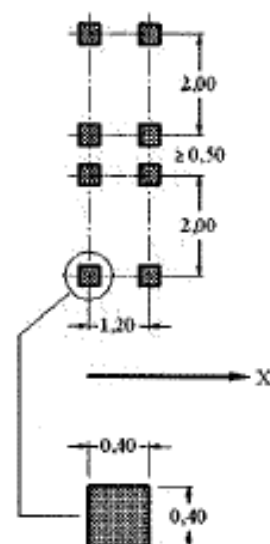
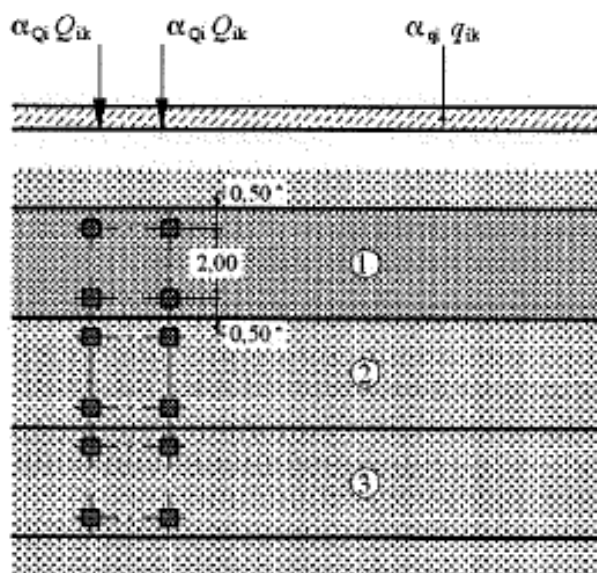
Rozdělení je důležité pro správnou volbu zatěžovacích schémat.

w=	7.0 m		skutečná šířka vozovky na mostě
w=	3.0 m	EN 1991-2, str 29, tab 4.1	šířka jednoho zatěžovacího pruhu max. 3.0m
n=	2	EN 1991-2, str 29, tab 4.1	navržený počet zatěžovacích pruhů
	1 m		šířka zbývajících ploch

3.2.4.2. Model zatížení 1 (LM1)

Zatížení LM1 sestává z nápravových tlaků ideální dvounápravy TS a rovnoměrného zatížení UDL. Do modelu je zatížení soustředěno jak ke krajnímu nosníku, tak do středu pro extrém namáhání příčniku.

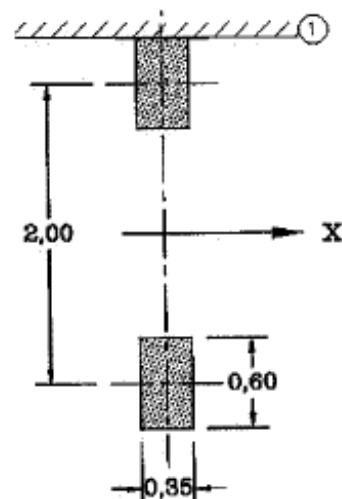
umístění	Soustředené zatížení				Rovnoměrné zatížení		
	Q_{ik} [kN]	α_{Qi}	$\alpha_{Qi} \cdot Q_i$ [kN]	$\alpha_{Qi} \cdot Q_i / 0.4 \cdot 0.4$ [kN/m ²]	q_{ik} [kN/m ²]	α_{qi}	$\alpha_{qi} \cdot q_i$ [kN/m ²]
Pruh č.1	300	0.8	240	1500	9	0.8	7.2
Pruh č.2	200	0.8	160	1000	2.5	1	2.5
Pruh č.3	100	0.8	80	500	2.5	1	2.5
Ostatní					2.5	1	2.5



3.2.4.3. Model zatížení 2 (LM2)

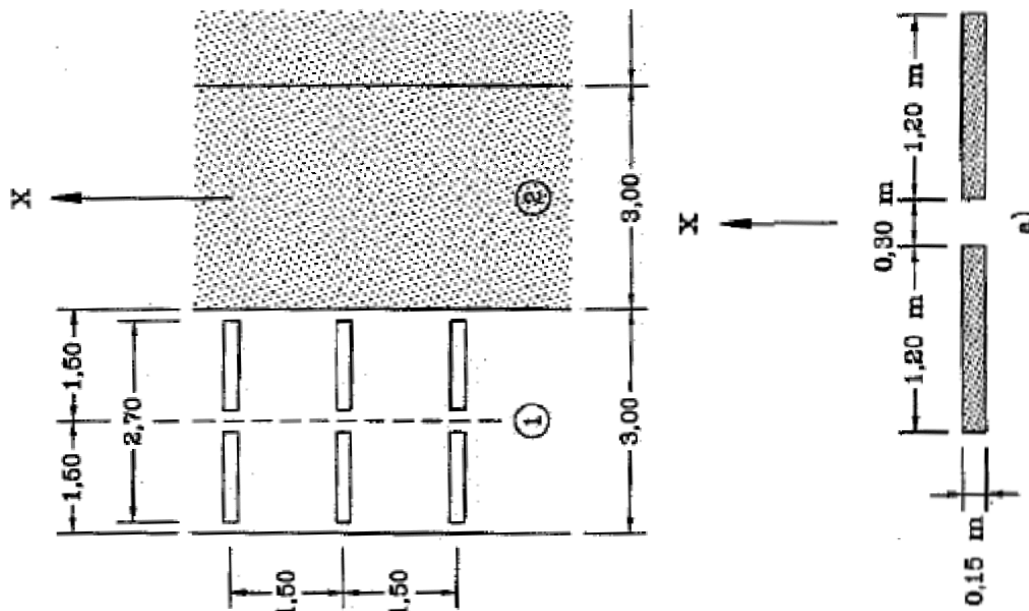
Zatížení ideální nápravou je rozhodující pro namáhání desky mostovky, pro návrh hlavních nosníků nerozhoduje. Do modelu je osazeno na příčnky pro porovnání účinků s jinými zatíženími.

umístění	Soustředené zatížení			
	Q_{ak} [kN]	$\beta_{Q1} = \alpha_{Q1}$	$\beta_{Q1} \cdot Q_{ak}$ [kN]	$\alpha_{Q1} \cdot Q_i / 0.35 \cdot 0.6$ [kN/m ²]
	400	0.8	320	1524



3.2.4.4. Model zatížení 3 (LM3)

Uvažuji zvláštní vozidlo 1800/200(9náprav 200kN po 1.5m) s rovnoměrným zatížením LM1. Do modelu je zatížení osazeno jak ke krajnímu nosníku, tak do středu pro extrém namáhání příčnicku.



Z prostorových důvodů předpokládám pojezd sníženou rychlostí, dynamický součinitel neuvažuji.

$L = 18$	m	EN 1991-2, str 106, A.3	je příčinková délka
$\varphi = 1.4 - L/500 = 1.36$		EN 1991-2, str 106, A.3	šířka jednoho zatěžovacího pruhu max. 3.0m

3.2.4.5. Model zatížení 4 (LM4 zatížení davem lidí)

Uvažuji zatížení chodníků o velikosti 5kN/m^2 společně s LM1.

3.2.4.6. Brzdné a rozjezdové síly

Uvažuji brzdné síly pro návrh spodní stavby, uložení a koncových příčníků

$Q_{1k} = 300$	kN	EN 1991-2, str 32	charakteristické hodnoty model zatížení 1
$q_{1k} = 9$	kN/m ²	EN 1991-2, str 32	charakteristické hodnoty model zatížení 1
$\alpha_{Q1} = 0.8$		EN 1991-2, str 143, NA 2.12	
$\alpha_{q1} = 0.8$		EN 1991-2, str 143, NA 2.12	
$w_1 = 3$	m	EN 1991-2, str 29, tab 4.1	šířka jednoho zatěžovacího pruhu max. 3.0m
$L = 11$	m	EN 1991-2, str 36	délka nosné konstrukce nebo uvažované části
$Q_{1k} = 0.6 \cdot \alpha_{Q1} \cdot (2 \cdot Q_{1k}) + 0.1 \cdot \alpha_{q1} \cdot q_{1k} \cdot w_1 \cdot L = 311.8$	kN	EN 1991-2, str 36	uvažuje se v úrovni povrchu vozovky $180 \cdot \alpha_{Q1} \text{ kN} \leq Q_{1k} \leq 900 \text{ kN}$

3.2.4.7. Odstředivé a jiné příčné síly

Nejsou rozhodující, neuvažuji.

3.2.4.8. Nahodilá zatížení na únavu

Uvažuji zatížení LM1 s odpovídající redukcí.

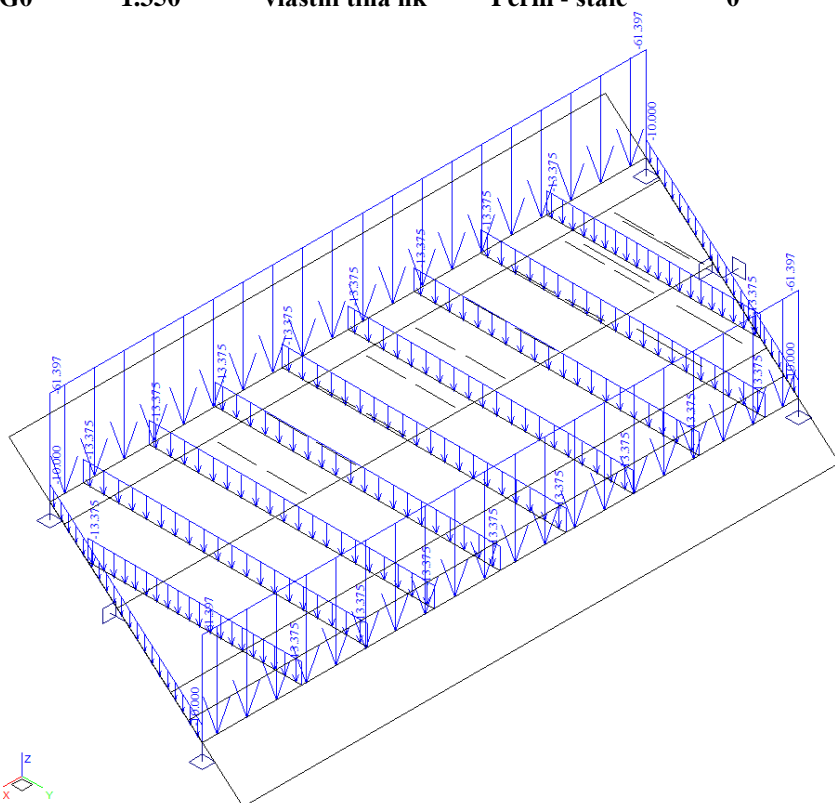
4. Sestavené zatěžovací stavy

Rekapitulace sestavených zatěžovacích stavů je uvedena formou výpisu z použitého programu. Dále jsou přiložena schémata vybraných zatěžovacích stavů, jedná se o stálá zatížení a počátky simulace pojezdu nahodilých zatížení (LM 1 a 3 po 1.5m u kraje a v ose pro namáhání příčnicku, LM2 po 2.0m vždy na příčnicku)

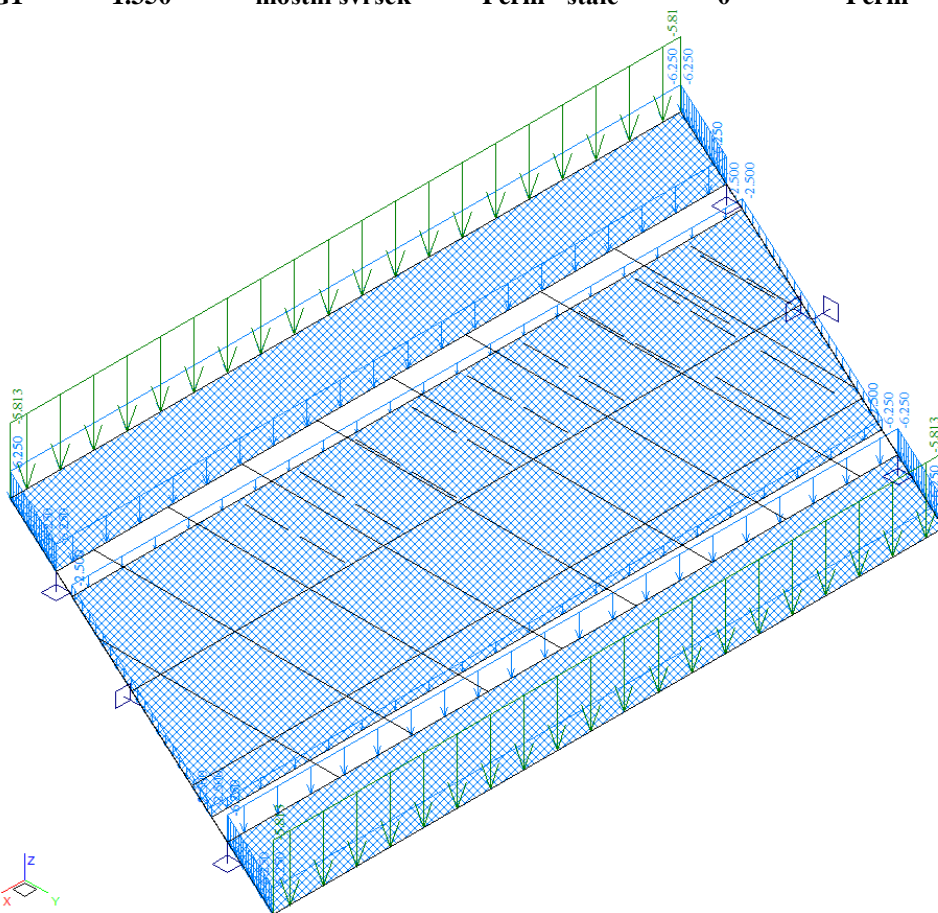
Výpis zatěžovacích stavů :

Jméno	Koeficient	Komentář	Typ zatížení	Skupina	Parametry	Výběrový
G0	1.350	vlastní tíha nk	Perm - stálé	0	Perm	Ne
G1	1.350	mostní svršek	Perm - stálé	0	Perm	Ne
LM1_	1.350	TS48t+UDL7.2kPa	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM1_1	1.350	TS48t+UDL7.2kPa	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM1_2	1.350	TS48t+UDL7.2kPa	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM1_3	1.350	TS48t+UDL7.2kPa	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM1_4	1.350	TS48t+UDL7.2kPa	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM1_5	1.350	TS48t+UDL7.2kPa	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM1_6	1.350	TS48t+UDL7.2kPa	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM1_7	1.350	TS48t+UDL7.2kPa	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM1_8	1.350	TS48t+UDL7.2kPa	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM1_9	1.350	TS48t+UDL7.2kPa	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM1_10	1.350	TS48t+UDL7.2kPa	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM1a	1.350	LM1 příčník	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM1a1	1.350	LM1 příčník	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM1a2	1.350	LM1 příčník	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM1a3	1.350	LM1 příčník	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM1a4	1.350	LM1 příčník	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM1a5	1.350	LM1 příčník	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM1a6	1.350	LM1 příčník	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM1a7	1.350	LM1 příčník	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM1a8	1.350	LM1 příčník	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM1a9	1.350	LM1 příčník	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM1a10	1.350	LM1 příčník	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM2_	1.350	id.náprava 32t	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM2_1	1.350	id.náprava 32t	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM2_2	1.350	id.náprava 32t	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM2_3	1.350	id.náprava 32t	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM2_4	1.350	id.náprava 32t	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM2_5	1.350	id.náprava 32t	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM2_6	1.350	id.náprava 32t	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM3_	1.350	9x20t+2.5kPa	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM3_1	1.350	9x20t+2.5kPa	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM3_2	1.350	9x20t+2.5kPa	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM3_3	1.350	9x20t+2.5kPa	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM3a	1.350	LM3 příčník	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM3a1	1.350	LM3 příčník	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM3a2	1.350	LM3 příčník	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM3a3	1.350	LM3 příčník	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano

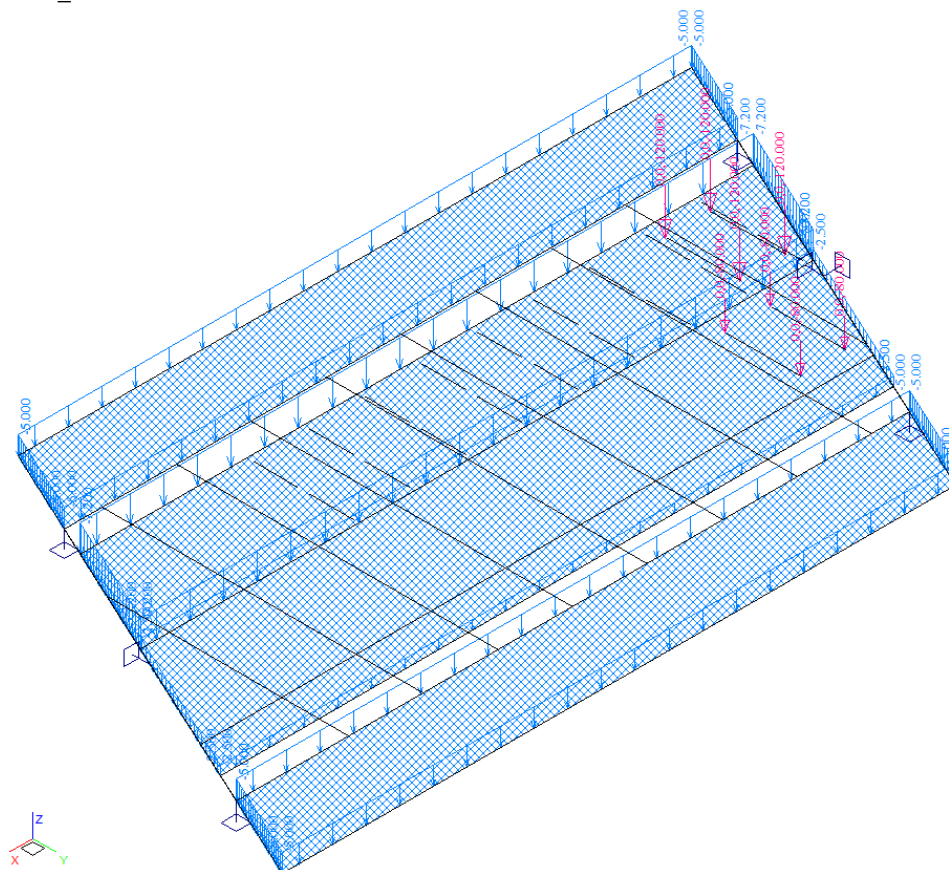
G0 1.350 vlastní tíha nk Perm - stálé 0 Perm Ne



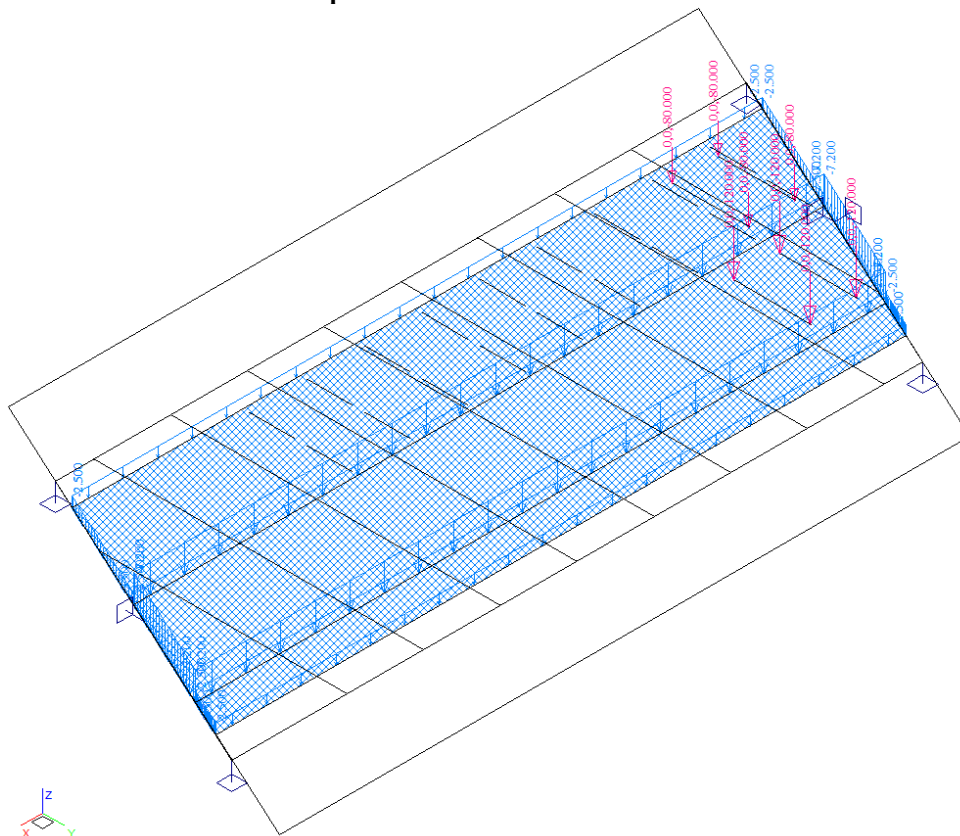
G1 1.350 mostní svršek Perm - stálé 0 Perm Ne



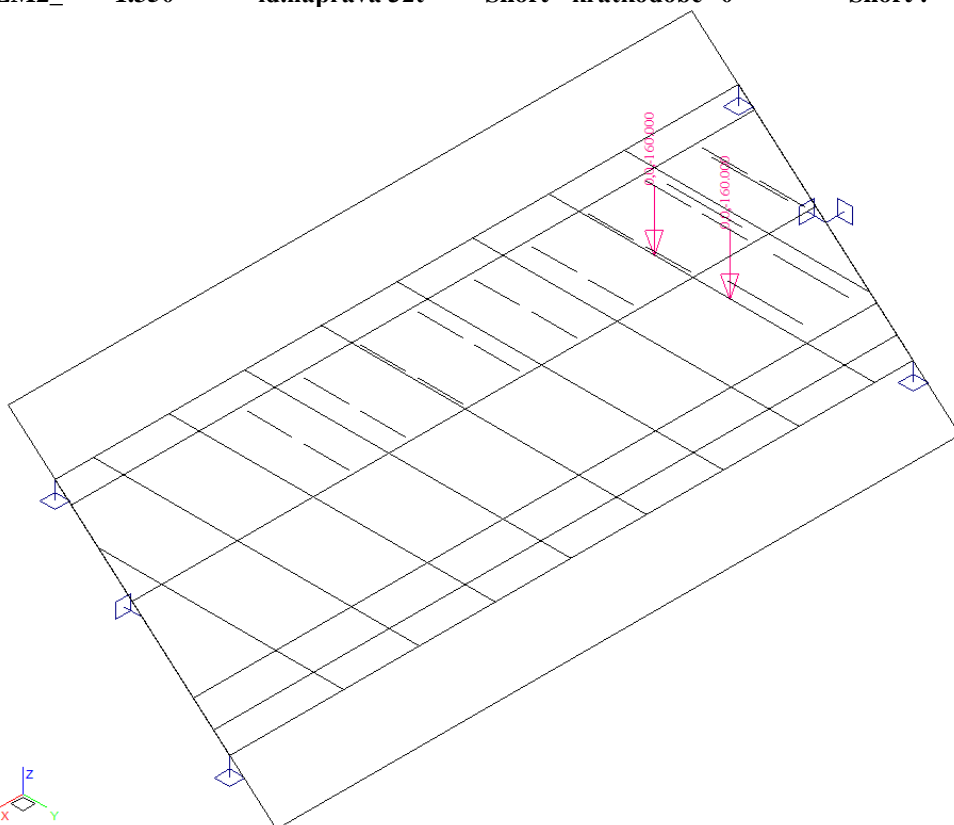
LM1_ 1.350 TS48t+UDL7.2kPa Short - krátkodobé 0 Short ! Ano



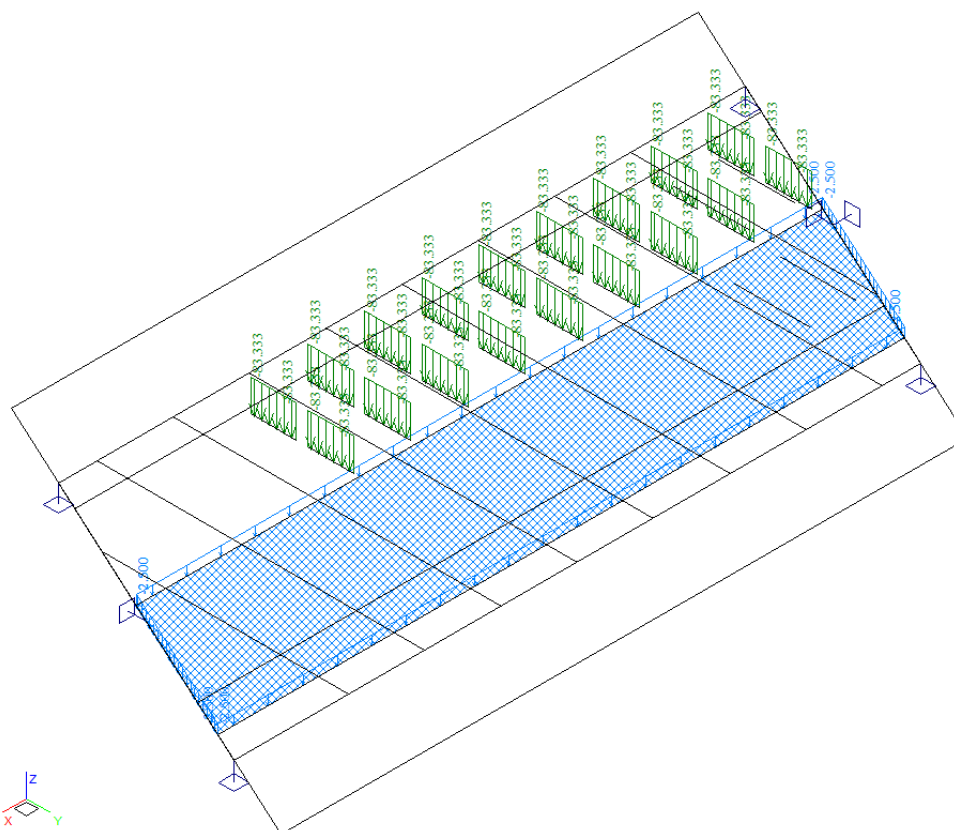
LM1a 1.350 LM1 příčnick Short - krátkodobé 0 Short ! Ano



LM2_ 1.350 id.náprava 32t Short - krátkodobé 0 Short ! Ano



LM3_ 1.350 9x20t+2.5kPa Short - krátkodobé 0 Short ! Ano



LM3a

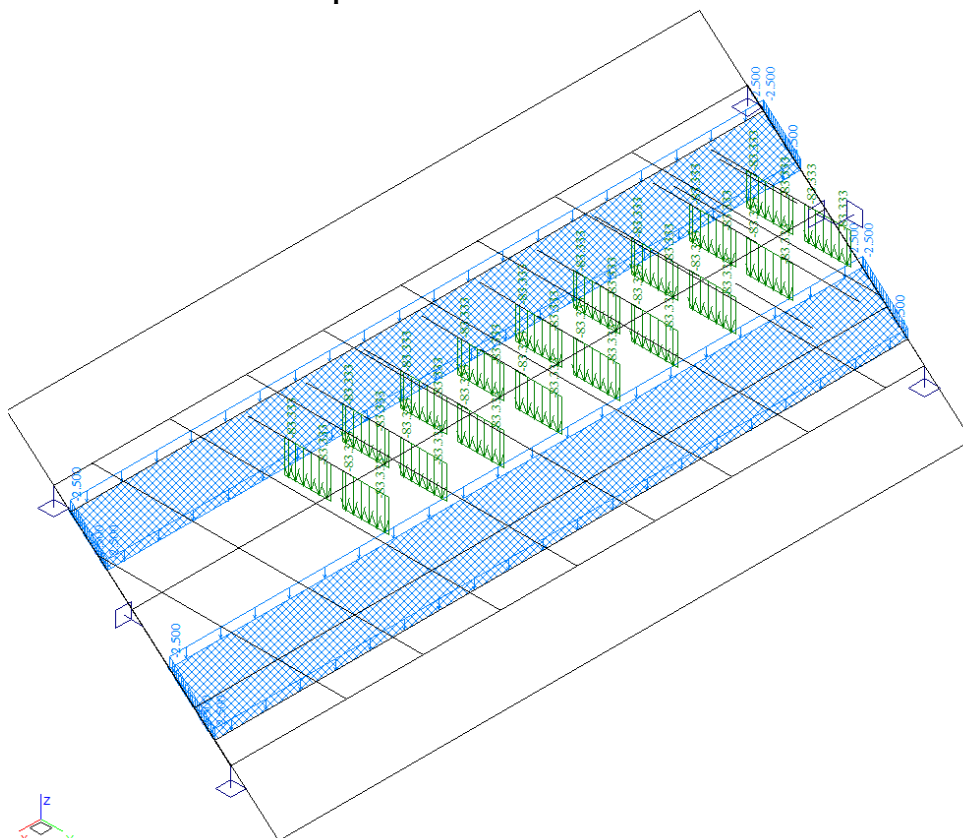
1.350

LM3 příčník

Short - krátkodobé 0

Short !

Ano



5. Výpočet vnitřních sil

Výpočet je proveden pomocí programu FEAT'2000 pro řešení konstrukcí metodou konečných prvků. Kompletní výstupní data jsou archivována u projektanta, s ohledem na množství výstupních údajů jsou přiloženy pouze vybrané údaje, grafy a schémata.

5.1. Rekapitulace vnitřních sil

Rekapitulace je provedena pouze pro vybrané vnitřní síly a vybrané prvky tak, aby bylo možné ověřit správnost superpozice. Jedná se o ohybové momenty hlavních nosníků v kNm, maxima ze stálého zatížení a maxima ze simulace pojezdů. Ostatní vnitřní síly a prvky jsou zohledněny ve strojové superpozici.

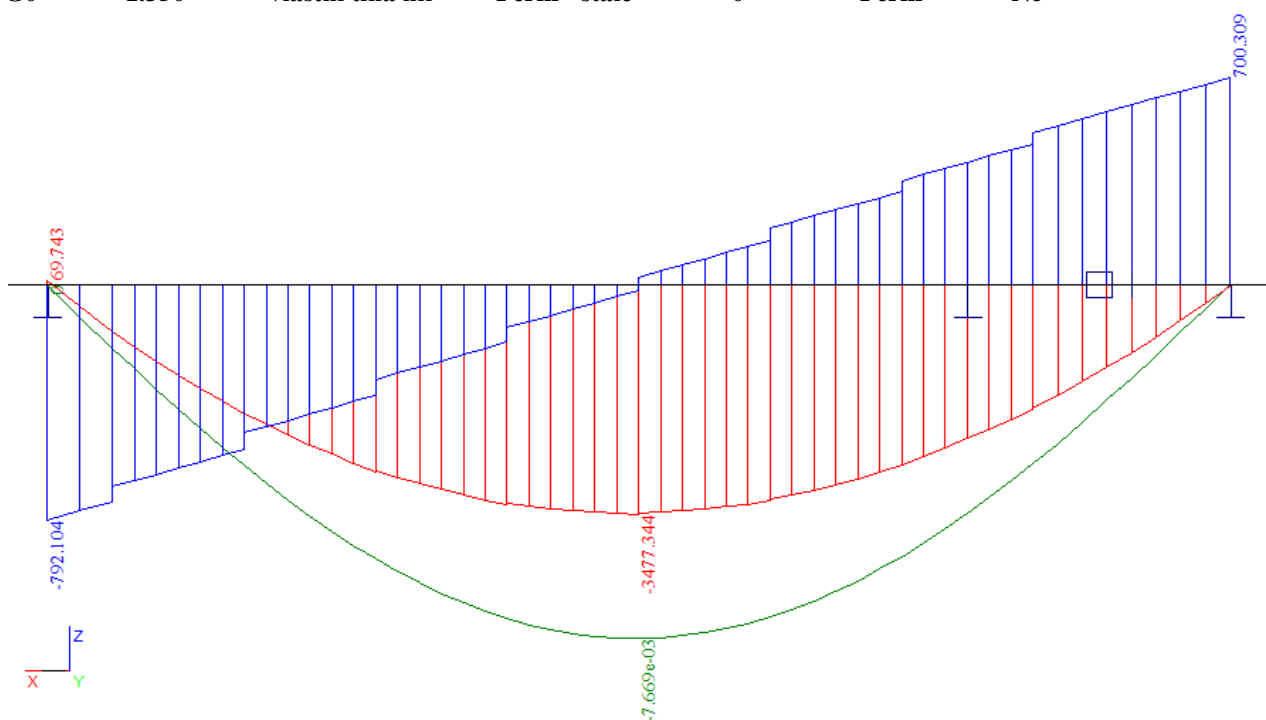
Průběh podélných momentů po desce v rozhodujících zatěžovacích stavech je přiložen dále.

zat.stav	$M_{y-hl.nosník}$	γ_f	ξ	δ	$M_{yd-hl.nosník}$
G0	3477	1.35	1.00	1.00	4694
G1	1147	1.35	1.00	1.00	1548
LM1	3060	1.35	1.00	1.00	4131
LM2	726	1.35	1.00	1.00	980
LM3	3644	1.35	1.00	1.00	4919
min	4624				6242
max	8268				11162

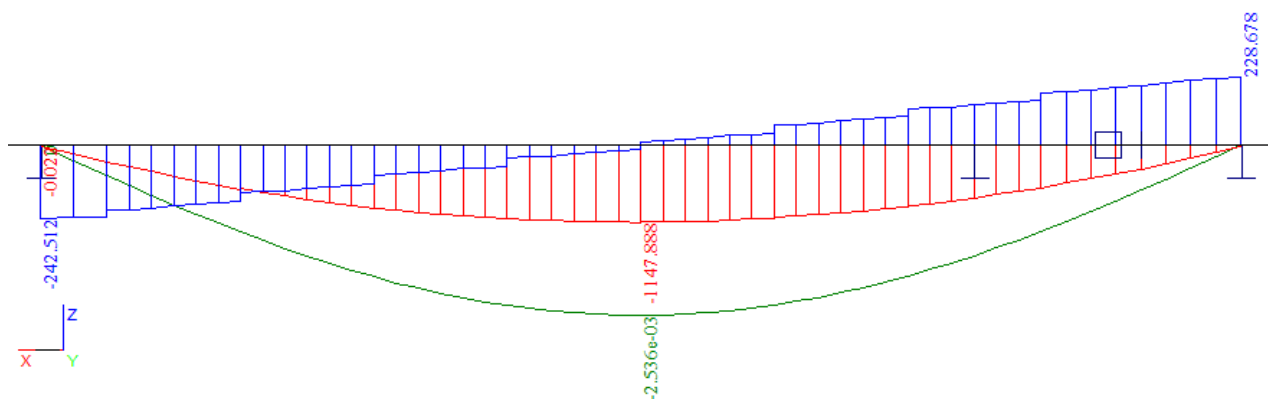
5.2. Průběh vnitřních sil

Přiloženy jsou pouze průběhy podélných ohybových momentů v rozhodujících zatěžovacích stavech pro kontrolu superpozice.

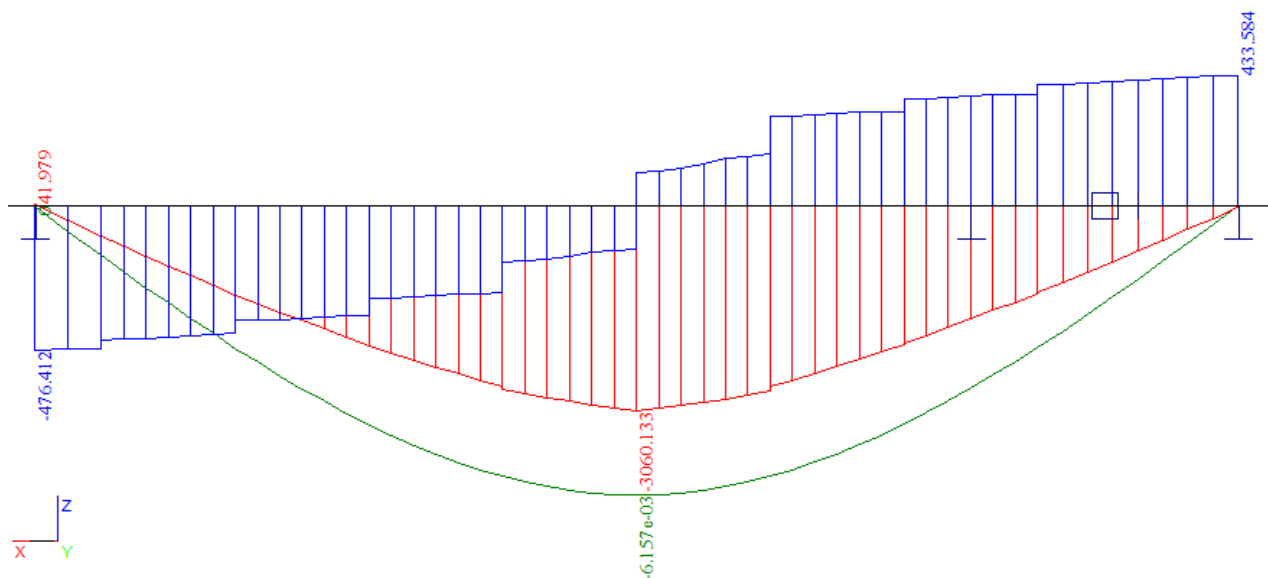
G0 1.350 vlastní tíha nk Perm - stálé 0 Perm Ne



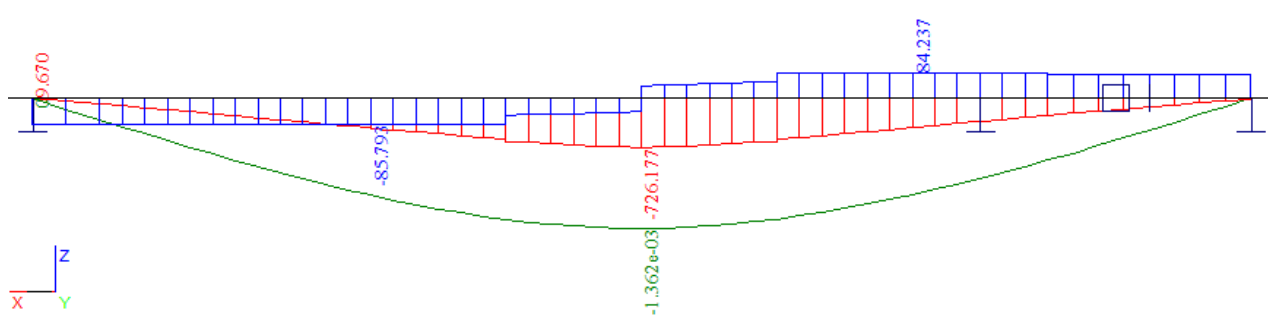
G1 **1.350** **mostní svršek** **Perm - stálé** **0** **Perm** **Ne**



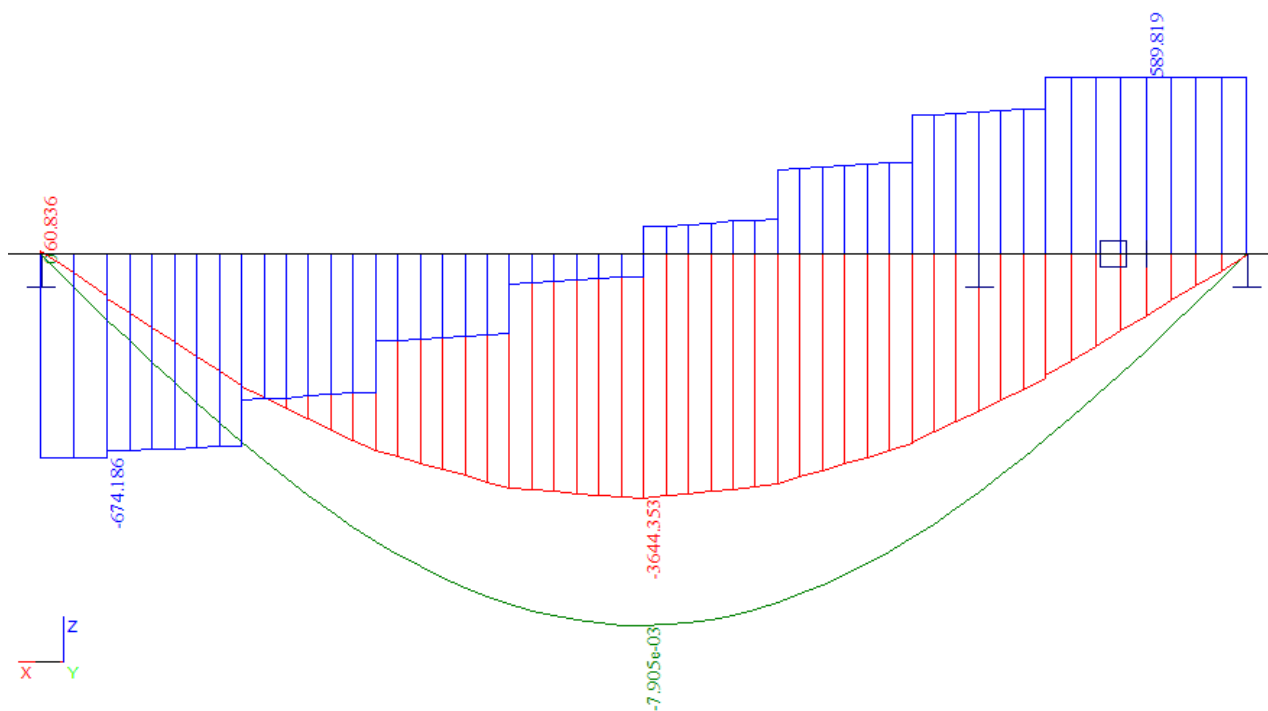
LM1_4 **1.350** **TS48t+UDL7.2kPa Short - krátkodobé** **0** **Short !** **Ano**



LM2_2 **1.350** **id.náprava 32t Short - krátkodobé** **0** **Short !** **Ano**



LM3_1 1.350 9x20t+2.5kPa Short - krátkodobé 0 Short ! Ano



5.3. Superpozice zatěžovacích stavů

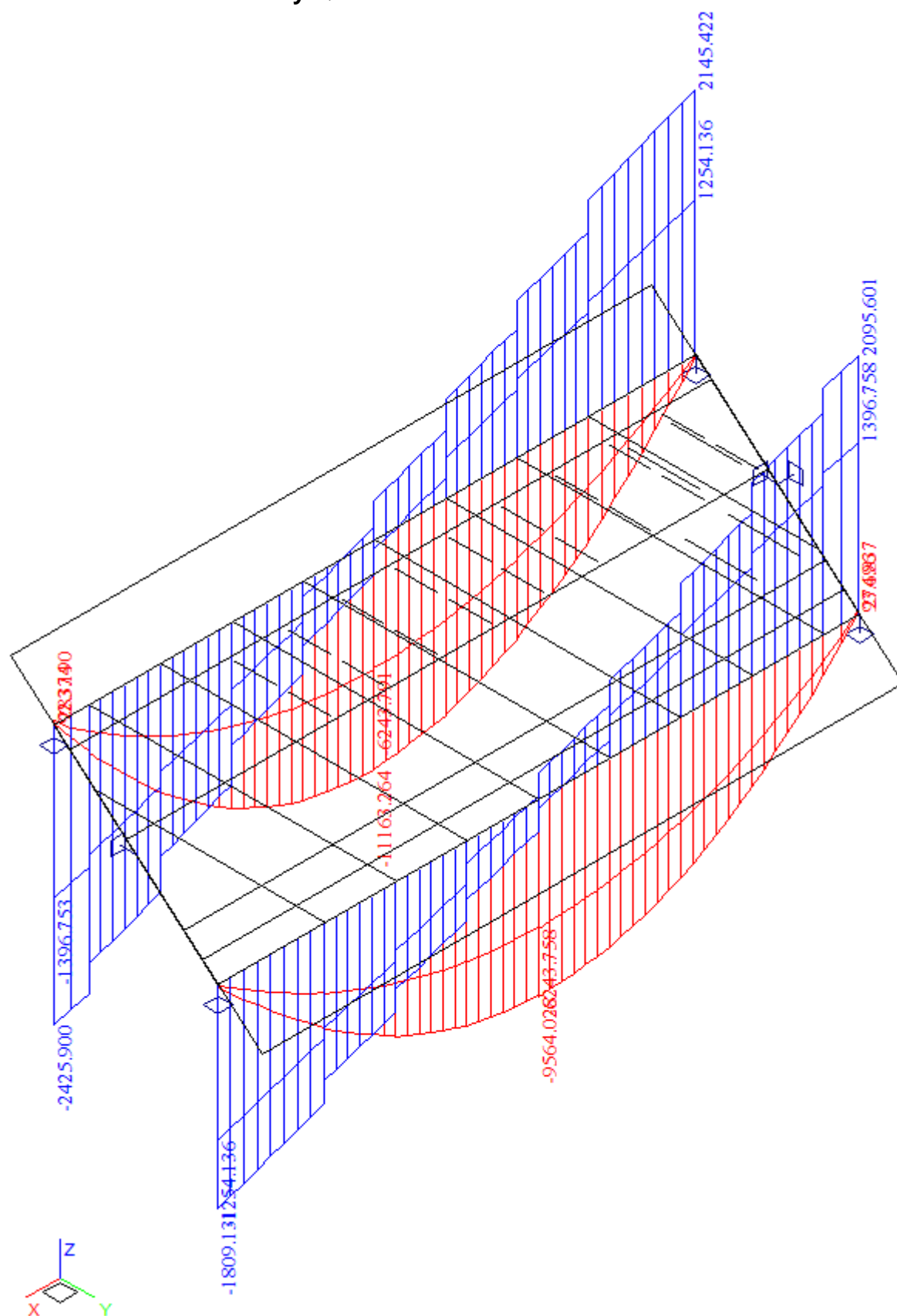
Superpozice je provedena strojovým výpočtem pro všechny vnitřní síly v konstrukci se započtením ostatního stálého zatížení a nahodilého zatížení včetně součinitelů zatížení a dynamického součinitele podle následujícího schématu.

$$M_d = \gamma_f \cdot M_{vl.tiha} + \gamma_f \cdot M_{ost.stále} + \gamma_f \cdot \delta \cdot M_{nahodilé}$$

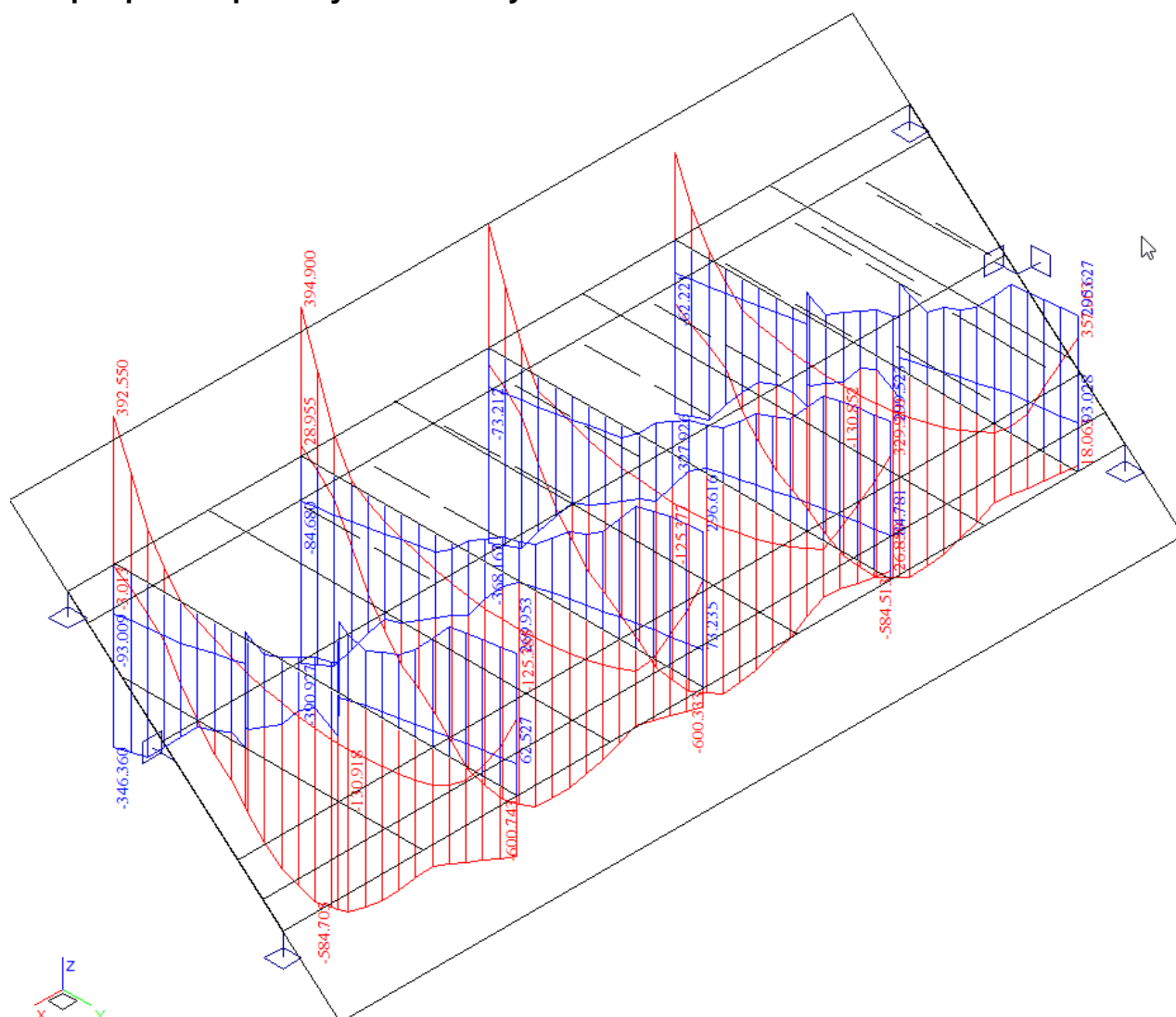
Výpis obalových křivek :

Jméno	ZS	Komentář
G+P	min/max	GP0001, GP0002, GP0003, GP0004, GP0005, GP0006, GP0007, GP0008, GP0009, GP0010, GP0011, GP0012, GP0013, GP0014, GP0015, GP0016, GP0017, GP0018, GP0019, GP0020, GP0021, GP0022, GP0023, GP0024, GP0025, GP0026, GP0027, GP0028, GP0029, GP0030, GP0031, GP0032, GP0033
		GP0001 1.35*G0+1.35*G1
		GP0002 1.35*G0+1.35*G1+1.35*LM3_1
		GP0003 1.35*G0+1.35*G1+1.35*LM2_6
		GP0004 1.35*G0+1.35*G1+1.35*LM3_
		GP0005 1.35*G0+1.35*G1+1.35*LM3a3
		GP0006 1.35*G0+1.35*G1+1.35*LM1_8
		GP0007 1.35*G0+1.35*G1+1.35*LM1_
		GP0008 1.35*G0+1.35*G1+1.35*LM1a10
		GP0009 1.35*G0+1.35*G1+1.35*LM3_2
		GP0010 1.35*G0+1.35*G1+1.35*LM3a2
		GP0011 1.35*G0+1.35*G1+1.35*LM3a
		GP0012 1.35*G0+1.35*G1+1.35*LM1_2
		GP0013 1.35*G0+1.35*G1+1.35*LM1a
		GP0014 1.35*G0+1.35*G1+1.35*LM3a1
		GP0015 1.35*G0+1.35*G1+1.35*LM1a9
		GP0016 1.35*G0+1.35*G1+1.35*LM2_
		GP0017 1.35*G0+1.35*G1+1.35*LM1a8
		GP0018 1.35*G0+1.35*G1+1.35*LM1_9
		GP0019 1.35*G0+1.35*G1+1.35*LM1_10
		GP0020 1.35*G0+1.35*G1+1.35*LM1_7
		GP0021 1.35*G0+1.35*G1+1.35*LM1a7
		GP0022 1.35*G0+1.35*G1+1.35*LM1a5
		GP0023 1.35*G0+1.35*G1+1.35*LM1_6
		GP0024 1.35*G0+1.35*G1+1.35*LM1_4
		GP0025 1.35*G0+1.35*G1+1.35*LM1a6
		GP0026 1.35*G0+1.35*G1+1.35*LM1_3
		GP0027 1.35*G0+1.35*G1+1.35*LM1_5
		GP0028 1.35*G0+1.35*G1+1.35*LM1_1
		GP0029 1.35*G0+1.35*G1+1.35*LM1a4
		GP0030 1.35*G0+1.35*G1+1.35*LM1a3
		GP0031 1.35*G0+1.35*G1+1.35*LM1a2
		GP0032 1.35*G0+1.35*G1+1.35*LM1a1
		GP0033 1.35*G0+1.35*G1+1.35*LM3_3

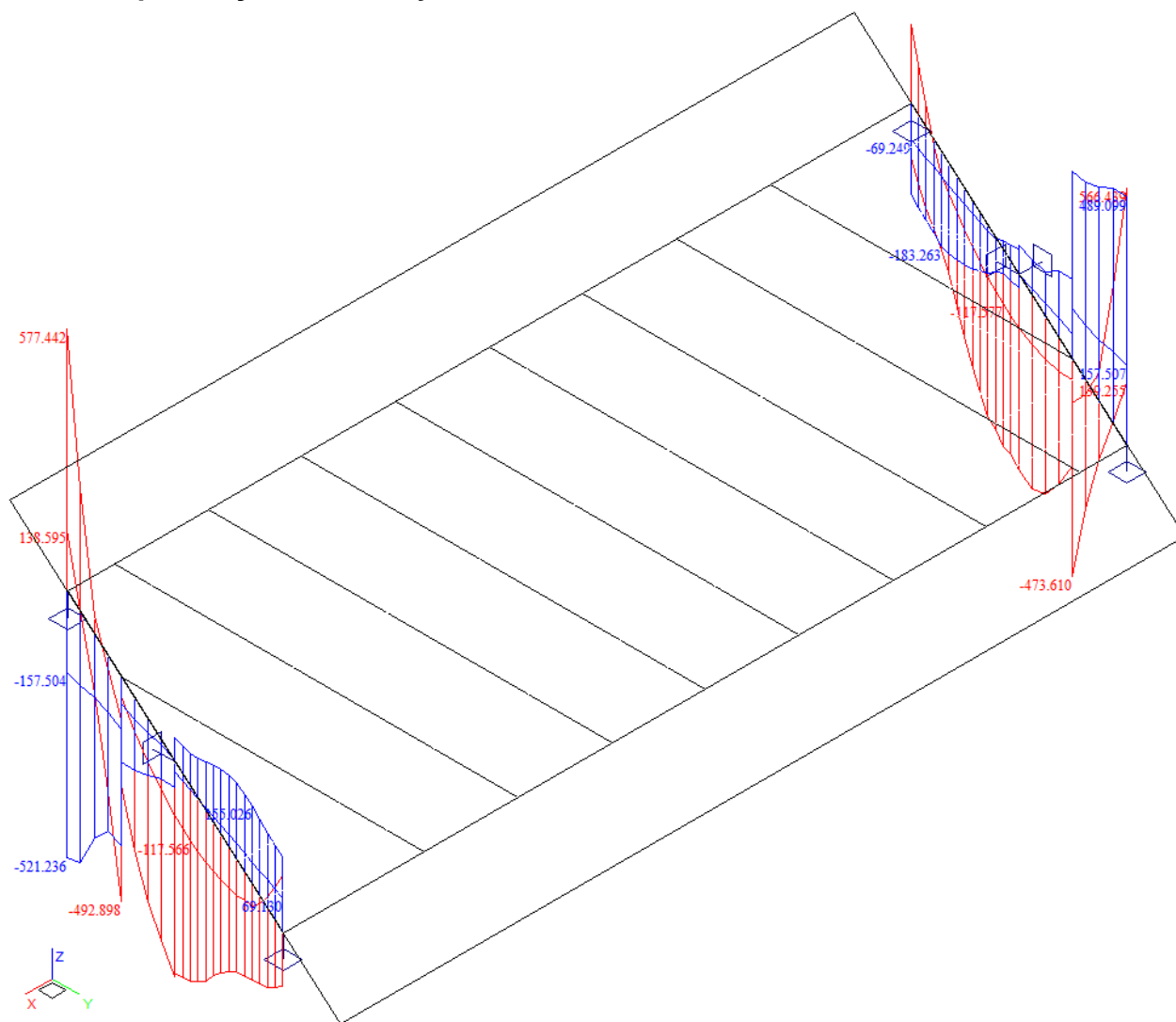
Hlavní nosník max/min My Qz



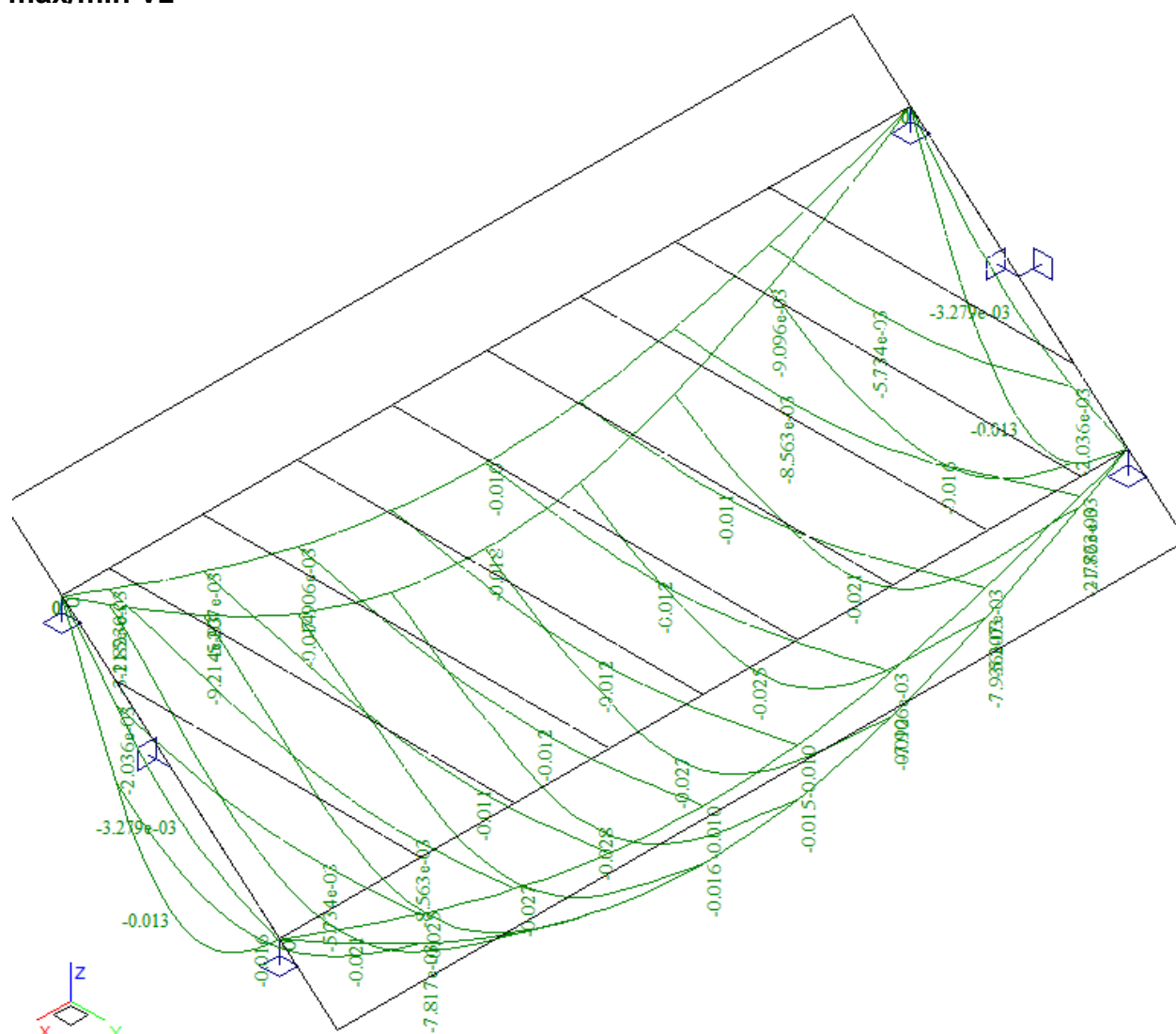
Mezipodporové příčnický max/min My Qz



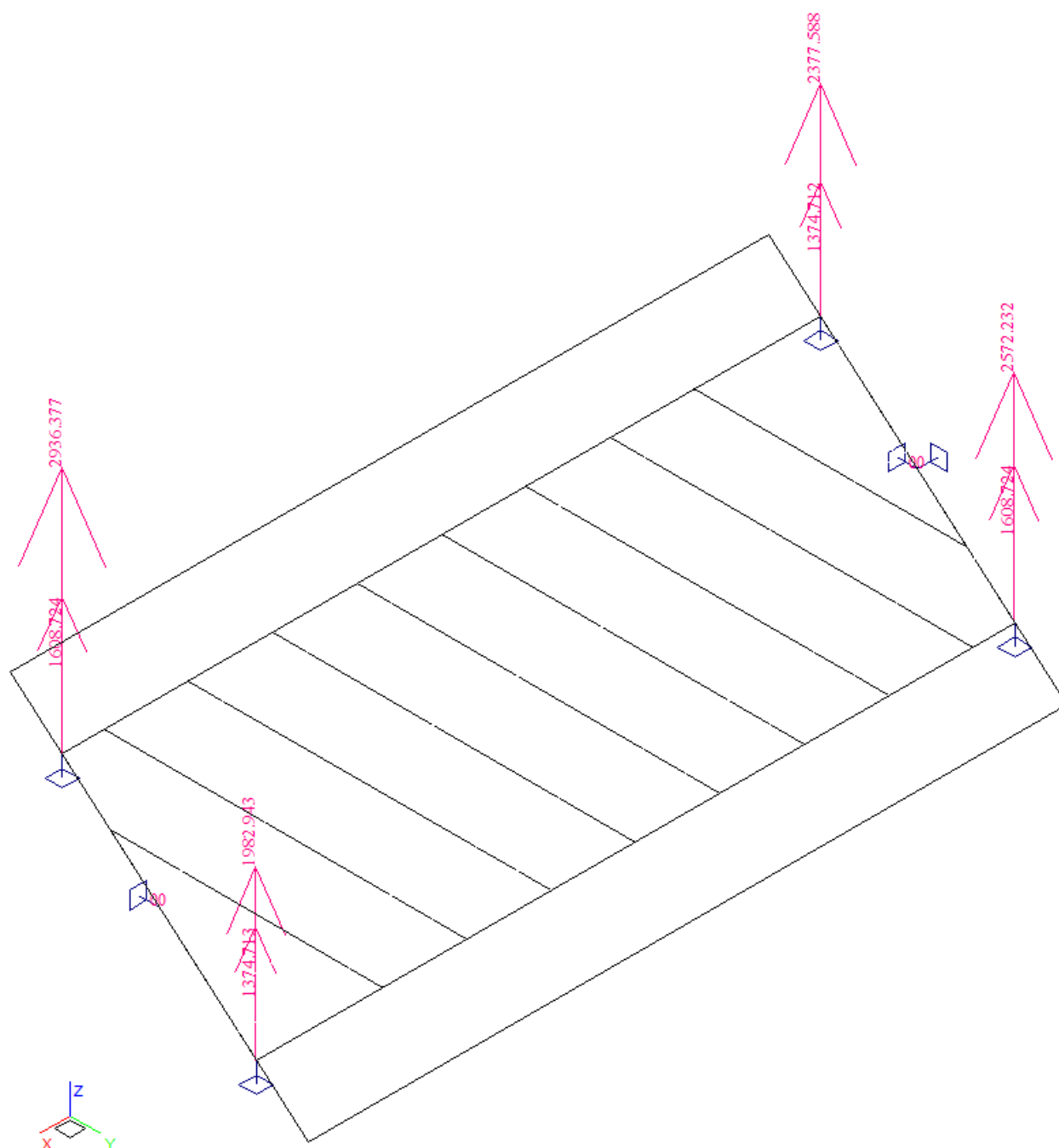
Koncové příčnický max/min My Qz



max/min Vz



max/min Rz



6. Návrh a posouzení nosné konstrukce

6.1. Předpjaté parapetní nosníky

6.1.1. Návrh předpětí hlavních nosníků

Nosníky jsou navrženy na plné předpětí s odhadem ztrát. Výpočet napětí pro posouzení je proveden v následující tabulce zjednodušeným postupem bez zahrnutí v tomto případě nepodstatných vlivů. Posouzení napětí je provedeno bez součinitele zatížení, který se aplikuje až při posouzení meze únosnosti.

Profil uprostřed rozpětí:

Profil beton	A[m ²]= 2.455900	I[m ⁴]= 0.606612	h[m]= 1.900	t[m]= 0.612
Stálé	Ns[MNm]= 0.000	Ms[MNm]= 4.625	σ_d [Mpa]= 4.666	σ_h [Mpa]= -9.821
Nahodilé	Nn[MNm]= 0.000	Mn[MNm]= 3.644	σ_d [Mpa]= 3.677	σ_h [Mpa]= -7.738
Předpětí	Np _k [MN]= 4.001	n _k [-]= 3	ztraty= 20%	t _p [m]= 0.150
19 lan 1770/15.7	Np[MN]= -9.602	Mp[MNm]= -4.436	σ_d [Mpa]= -8.386	σ_h [Mpa]= 5.510
			σ_{d-min} [Mpa]= -3.719	σ_{h-min} [Mpa]= -4.311
			σ_{d-max} [Mpa]= -0.043	σ_{h-max} [Mpa]= -12.049

Předpínací výztuž vyhovuje ze třech devatenácti lanových kabelů 3x19 lan Ls 1170/15.7, kotevní síla 3x4.001MN.

Profil v ose uložení – kotevní oblast:

Profil beton	A[m ²]= 2.455900	I[m ⁴]= 0.606612	h[m]= 1.900	t[m]= 0.612
Stálé	Ns[MNm]= 0.000	Ms[MNm]= 0.000	σ_d [Mpa]= 0.000	σ_h [Mpa]= 0.000
Nahodilé	Nn[MNm]= 0.000	Mn[MNm]= 0.000	σ_d [Mpa]= 0.000	σ_h [Mpa]= 0.000
Předpětí 1	Np _k [MN]= 4.001	n _k [-]= 1	ztraty= 20%	t _p [m]= 0.290
19 lan 1170/15.7	Np[MN]= -3.201	Mp[MNm]= -1.031	σ_d [Mpa]= -2.343	σ_h [Mpa]= 0.885
Předpětí 2	Np _k [MN]= 4.001	n _k [-]= 1	ztraty= 20%	t _p [m]= 0.720
19 lan 1170/15.7	Np[MN]= -3.201	Mp[MNm]= 0.346	σ_d [Mpa]= -0.955	σ_h [Mpa]= -2.037
Předpětí 3	Np _k [MN]= 4.001	n _k [-]= 1	ztraty= 20%	t _p [m]= 1.290
19 lan 1170/15.7	Np[MN]= -3.201	Mp[MNm]= 2.170	σ_d [Mpa]= 0.886	σ_h [Mpa]= -5.911
			σ_{d-min} [Mpa]= -2.412	σ_{h-min} [Mpa]= -7.063
			σ_{d-max} [Mpa]= -2.412	σ_{h-max} [Mpa]= -7.063

Rozvětvení trojice kabelů v kotevní oblasti vyhovuje v úrovních 0.29m, 0.72m a 1.29m. Celý profil nad podporou je pak tlačný.

6.1.2. Návrh smykové výztuže hlavních nosníků

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

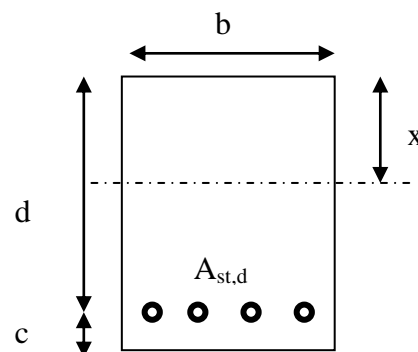
$$V_{Rd,s} = A_{sw} / s \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta \quad (\theta = 22 - 45^\circ)$$

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

šikmá výztuž

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

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



Za předpokladu přenosu smykových sil pouze stojinou a měkkou výztuží:

Namáhání		Ohybová výztuž							
$V_{ed}[\text{MN}] =$	2.425	4	ϕ	14			$A_{st,d}[\text{m}^2] =$	0.000616	
Materiálové a průřezové charakteristiky betonu a oceli									
b[m]=	0.600	$f_{ctm}[\text{MPa}] =$	2.9	$f_{yk}[\text{MPa}] =$	500	$\varepsilon_{cu} =$	0.0035	$\theta[^\circ] =$	45.0
h[m]=	1.900	$f_{ck}[\text{MPa}] =$	30.0	$f_{yd}[\text{MPa}] =$	435	$\lambda =$	0.800	$\alpha[^\circ] =$	45.0
c[m]=	0.070	$f_{cd}[\text{MPa}] =$	17.0	$E_s[\text{Mpa}] =$	200000	$\eta =$	1.000	$k_{pom} =$	1.33
d[m]=	1.830	x[m]=	0.033	$\sigma_{cp}[\text{Mpa}] =$	0	$\alpha_{cw} =$	1.000	k=	1.33
Beton									
$V_{Rd,cl}[\text{MN}] =$	0.209	>	$V_{Rdc,min}[\text{MN}] =$	0.280	$V_{Rd}[\text{MN}] =$	0.209	nutná smyková výztuž		
Třmínky		4	ϕ	14	s[m]=	0.125	$A_{sw}[\text{m}^2] =$	0.000616	
$V_{Rd,s}[\text{MN}] =$	3.891	<	$V_{Rd,max}[\text{MN}] =$	4.892	$V_{Rd}[\text{MN}] =$	4.100	vyhovuje bez ohybů		
Ohyby		0	ϕ	20	s[m]=	0.60	$A_{sw}[\text{m}^2] =$	0.000000	
$V_{Rd,sl}[\text{MN}] =$	0.000	<	$V_{Rd,max}[\text{MN}] =$	2.446	$V_{Rd}[\text{MN}] =$	4.100	vyhovuje		

Jako smyková výztuž hlavních nosníků vyhovují čtyřstřížné třmínky $8\phi R14/\text{m}$ (po 125mm) a to i bez započtení pozitivního vlivu svislé složky předpínací síly.

Alternativní řešení v koncové oblasti:

Namáhání	Ohybová výztuž								
V _{ed} [MN]=	2.425	4	ϕ	14		A _{st,d} [m²]=	0.000616		
Materiálové a průřezové charakteristiky betonu a oceli									
b[m]=	0.600	f _{ctm} [MPa]=	2.9	f _{yk} [MPa]=	500	ε _{cu} =	0.0035	θ[°]=	45.0
h[m]=	1.900	f _{ck} [MPa]=	30.0	f _{yd} [MPa]=	435	λ=	0.800	α[°]=	45.0
c[m]=	0.070	f _{cd} [MPa]=	17.0	E _s [Mpa]=	200000	η=	1.000	k _{pom} =	1.33
d[m]=	1.830	x[m]=	0.033	σ _{cp} [Mpa]=	0	α _{cw} =	1.000	k=	1.33
Beton									
V _{Rd,cl} [MN]=	0.209	>	V _{Rd,min} [MN]=	0.280	V _{Rd} [MN]=	0.209	nutná smyková výztuž		
Třmínky		2	ϕ	14	s[m]=	0.125	A _{sw} [m²]=	0.000308	
V _{Rd,sl} [MN]=	1.946	<	V _{Rd,max} [MN]=	4.892	V _{Rd} [MN]=	2.154	nutné ohyby		
Ohyby		2	ϕ	20	s[m]=	0.60	A _{sw} [m²]=	0.000628	
V _{Rd,sl} [MN]=	1.408	<	V _{Rd,max} [MN]=	2.446	V _{Rd} [MN]=	3.562	vyhovuje		

6.2. Železobetonové příčninky

6.2.1. Posouzení na ohyb příčninku

Návrh výztuže v železobetonovém průřezu na MSU je proveden v následující tabulce podle teorie mezních stavů:

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

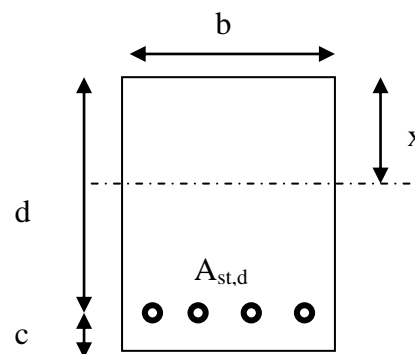
$$x = \frac{d}{\lambda} \cdot \left(-1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_{ed}}{b \cdot d^2 \cdot \eta \cdot f_{cd}}} \right) < x_{bal} = d \cdot \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \frac{f_{yd}}{E_s}}$$

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

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

Posouzení únosnosti:

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



Extrémní svislé zatížení

Namáhání			Návrh výztuže					
$M_{ed}[MNm]=$	0.600		$A_{st.d}$	5	ϕ	32		
Beton-průřez		Materiálové charakteristiky betonu a oceli						
$b[m]=$	2.000	$f_{ctm}[MPa]=$	2.9	$f_{yk}[MPa]=$	500	$\varepsilon_{cu}=$	0.0035	
$h[m]=$	0.500	$f_{ck}[MPa]=$	30.0	$f_{yd}[MPa]=$	435	$\lambda=$	0.800	
$c[m]=$	0.070	$f_{cd}[MPa]=$	17.0	$E_s[MPa]=$	200000	$\eta=$	1.000	
$d[m]=$	0.430							
Přímý návrh požadované plochy výztuže a posudky								
$A_{xmin-f}[m^2]=$	0.001297		$A_{xmin-\mu}[m^2]=$	0.001118		mimimální plocha výztuže		
$x_{bal}[m]=$	0.265249	>	$x[m]=$	0.054014		omezení výšky tlačené oblasti		
$A_{st.req}[m^2]=$	0.003379	<	$A_{st.d}[m^2]=$	0.004021		ověření návrhové plochy výztuže		
$\mu_{min}[\%]=$	0.15	<	$\mu[\%]=$	0.47	<	$\mu_{max}[\%]=$	1.60	
Moment únosnosti								
$x[m]=$	0.064278		$M_{Rd}[MNm]=$	0.707	>	$M_{ed}[MNm]=$	0.600	

Výztuž příčnicku ve spodní úrovni vyhovuje z 5 ϕ R32. Ve vetknutí do hlavního nosníku navrhuji v horní úrovni rovnoplochnou výztuž rozmístěnou na celou roznášecí šířku, tedy na 2m (např. 14 ϕ R20/2m představuje 7 ϕ R20/m).

Extrémní vodorovné zatížení koncového příčnicku od brzdných sil (na straně bezpečnosti neuvažují s tuhostí desky, která významně ve vodorovném směru pomáhá):

$$M_B = \frac{1}{4} \cdot 300 \cdot 9.5 = 712 kNm$$

Namáhání			Návrh výztuže					
$M_{ed}[MNm]=$	0.712		$A_{st.d}$	3	ϕ	32		
Beton-průřez		Materiálové charakteristiky betonu a oceli						
$b[m]=$	0.500	$f_{ctm}[MPa]=$	2.9	$f_{yk}[MPa]=$	500	$\varepsilon_{cu}=$	0.0035	
$h[m]=$	0.900	$f_{ck}[MPa]=$	30.0	$f_{yd}[MPa]=$	435	$\lambda=$	0.800	
$c[m]=$	0.070	$f_{cd}[MPa]=$	17.0	$E_s[MPa]=$	200000	$\eta=$	1.000	
$d[m]=$	0.830							
Přímý návrh požadované plochy výztuže a posudky								
$A_{xmin-f}[m^2]=$	0.000626		$A_{xmin-\mu}[m^2]=$	0.000540		mimimální plocha výztuže		
$x_{bal}[m]=$	0.511992	>	$x[m]=$	0.134925		omezení výšky tlačené oblasti		
$A_{st.req}[m^2]=$	0.002110	<	$A_{st.d}[m^2]=$	0.002413		ověření návrhové plochy výztuže		
$\mu_{min}[\%]=$	0.15	<	$\mu[\%]=$	0.58	<	$\mu_{max}[\%]=$	1.60	
Moment únosnosti								
$x[m]=$	0.154267		$M_{Rd}[MNm]=$	0.806	>	$M_{ed}[MNm]=$	0.712	

Na brzdné síly vyhovuje výztuž na obou bocích koncového příčnicku ze 3 ϕ R32 za bezpečného předpokladu nespoleupůsobení desky.

6.2.2. Posouzení na smyk příčnicku

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

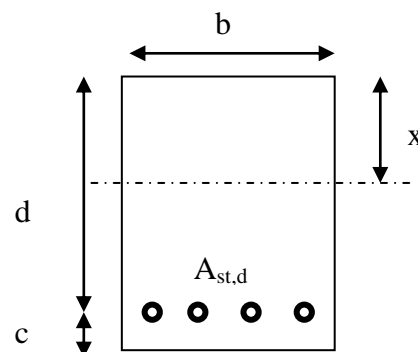
$$V_{Rd,s} = A_{sw} / s \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta \quad (\theta = 22 - 45^\circ)$$

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

šikmá výztuž

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

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



Extrémní svislé zatížení příčnicku (v místě extrémních posouvajících sil přechází trám příčnicku do desky dolní části parapetního trámu, uvažují proto zvětšenou šířku s ohledem na předpoklad roznosu)

Namáhání		Ohybová výztuž							
V _{ed} [MN]=	0.712	2	ϕ	32			A _{st,d} [m²]=	0.001608	
Materiálové a průřezové charakteristiky betonu a oceli									
b[m]=	1.000	f _{ctm} [MPa]=	2.9	f _{yk} [MPa]=	500	ε _{cu} =	0.0035	θ[°]=	45.0
h[m]=	0.500	f _{ck} [MPa]=	30.0	f _{yd} [MPa]=	435	λ=	0.800	α[°]=	45.0
c[m]=	0.070	f _{cd} [MPa]=	17.0	E _s [Mpa]=	200000	η=	1.000	k _{pom} =	1.68
d[m]=	0.430	x[m]=	0.051	σ _{cp} [Mpa]=	0	α _{cw} =	1.000	k=	1.68
Beton									
V _{Rd,c} [MN]=	0.194	>	V _{Rd,c,min} [MN]=	0.139	V _{Rd} [MN]=	0.194	nutná smyková výztuž		
Třmínky		2	ϕ	14	s[m]=	0.125	A _{swL} [m²]=	0.000308	
V _{Rd,s} [MN]=	0.438	<	V _{Rd,maxL} [MN]=	1.838	V _{Rd} [MN]=	0.633	nutné ohyby		
Ohyby		2	ϕ	20	s[m]=	0.60	A _{swL} [m²]=	0.000628	
V _{Rd,s} [MN]=	0.317	<	V _{Rd,maxL} [MN]=	0.919	V _{Rd} [MN]=	0.950	vyhovuje		

Jako smyková výztuž příčnicku vyhovují dvoustřížné třmínky 8ØR14/m (po 125mm) doplněné konstruktivně ohyby v počtu min. 2ØR20.

6.2.3. Omezení trhlin a napětí příčnicku

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

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

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

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

Svislé zatížení příčnicku

$M_{char} [MNm] = 0.444$	$A_s [m^2] = 5$	$\phi = 32$	$A_s [m^2] = 0.004021$	$\sigma_s [Mpa] = 273$
$b [m] = 2.000$	$f_{ct, eff} [MPa] = 2.9$	$f_{yk} [MPa] = 500$	$x [m] = 0.064278$	$k_t = 0.600$
$h [m] = 0.500$	$f_{ck} [MPa] = 30.0$	$f_{yd} [MPa] = 435$	$\lambda = 0.800$	$k_1 = 0.800$
$c [m] = 0.070$	$f_{cd} [MPa] = 17.0$	$\varepsilon_{cu} = 0.0035$	$\eta = 1.000$	$k_2 = 0.500$
$d [m] = 0.430$	$E_{cm} [Mpa] = 36000$	$E_s [Mpa] = 200000$	$\alpha_e = 5.556$	$k_3 = 3.400$
$h_{c, eff} [m] = 0.145$	$A_p [m^2] = 0$	$\phi = 15.5$	$A_p [m^2] = 0.000000$	$k_4 = 0.425$
$A_{c, eff} [m^2] = 0.290$	$\xi = 0.500$	$\xi_1 = 1.016$	$\rho_{p, eff} = 0.013843$	$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0.001$
$s_{r, max} [mm] = 393$	$w_k [mm] = 0.27$	$<$	$w_{lim} [mm] = 0.3$	
$k_c = 0.600$	$k_y = 0.800$			
$\sigma_s [Mpa] = 273$	$<$	400	$\sigma_c [Mpa] = 10.689$	$<$
				18

Vyhovuje výztuž příčnicku navržená na MSU 5Ø R32 v dolní úrovni v mezi hlavními nosníky.

6.2.4. Posouzení na únavu příčnicku

Posudek je proveden na namáhání od zatížení bez součinitele zatížení. Jako únavové namáhání je uvažováno LM1 s redukcí na 70%.

Únava betonu:

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

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

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

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

$$\text{metoda1: } \sigma_{cd,max} + 0.43 \cdot \sqrt{1 - \frac{\sigma_{cd,min}}{\sigma_{cd,max}}} \leq 1$$

$$\text{metoda2: } \frac{\sigma_{c,max}}{f_{cd,fat}} \leq 0.5 + 0.45 \cdot \frac{\sigma_{c,min}}{f_{cd,fat}} \leq 0.9 \text{ pro } f_{ck} \leq 50 \text{ MPa} (\leq 0.8 \text{ pro } f_{ck} > 50 \text{ MPa})$$

Únava betonářské oceli

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

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

M_{equ,max}[MNm]=	0.246	M_{equ,min}[MNm]=	0.093		5	φ	32
Materiálové a průřezové charakteristiky betonu a oceli						A_{st,d}[m²]=	0.004021
b[m]=	2.000	f _{ctm} [MPa]=	2.9	f _{yk} [MPa]=	500	λ=	0.800
h[m]=	0.500	f _{ck} [MPa]=	30.0	f _{yd} [MPa]=	435	η=	1.000
c[m]=	0.070	f _{cd} [MPa]=	17.0				
d[m]=	0.430					x[m]=	0.064
Beton:		σ _{cd,max} [MPa]=	5.9	σ _{cd,min} [MPa]=	2.2	β _{cc} =	1.099
s=	0.20	t[dni]=	100	k ₁ =	0.85	f _{cd,fat} [Mpa]=	14.0
podmínka 1	0.76	<	1.00			vyhovuje	
podmínka 2	0.42	<	0.57	<	0.8	vyhovuje	
Ocel:		σ _{s,max} [MPa]=	151	σ _{s,min} [MPa]=	57		
γ _{F,fat} =	1.00	γ _{s,fat} =	1.00	Δσ _{RSK} [Mpa]=	162.5		
podmínka:	95	<	163			vyhovuje	

6.3. Deska mostovky

6.3.1. Výpočet vnitřních sil

Výpočet namáhání desky mostovky v poli je proveden na straně bezpečnosti na modelu prostého nosníku. Je uvažováno zatížení ideální nápravou LM2, roznesené kolové tlaky na šířku kola, dále přes vrstvy vozovky až do úrovně výztuže pod úhlem 45° a šestinu světlosti mezi příčnický. Roznos v podélném směru neuvažují.

$$M_{stálé} = \frac{1}{8} \cdot 0.3 \cdot 25 \cdot 2.0^2 \cdot 1.35 = 5.06 \text{ kNm/m}$$

$$Q_{stálé} = \frac{1}{2} \cdot 0.3 \cdot 25 \cdot 2.0 \cdot 1.35 = 10.125 \text{ kN/m}$$

$$M_{kolový tlak} = \frac{1}{4} \cdot \frac{160}{0.25 + 0.2 + 0.6 + 0.2 + 0.25} \cdot 2.0 \cdot 1.35 = 72.0 \text{ kNm/m}$$

$$Q_{kolový tlak} = \frac{160}{0.25 + 0.2 + 0.6 + 0.2 + 0.25} \cdot 1.35 = 144.0 \text{ kN/m}$$

Horní podélnou výztuž nad příčnickem navrhují na stejné momenty stejnou jako dolní mezi nimi (na straně bezpečnosti).

6.3.2. Návrh na ohyb v desce

Návrh výztuže v železobetonovém průřezu na MSU je proveden v následující tabulce podle teorie mezních stavů:

$$\text{Návrh plochy výztuže:} \quad \lambda = 0.8 \quad \eta = 1.0$$

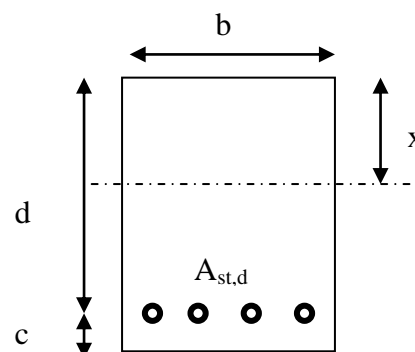
$$x = \frac{d}{\lambda} \cdot \left(-1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_{ed}}{b \cdot d^2 \cdot \eta \cdot f_{cd}}} \right) < x_{bal} = d \cdot \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \frac{f_{yd}}{E_s}}$$

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

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

Posouzení únosnosti:

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



Deska v poli

Namáhání		Návrh výztuže					
$M_{ed}[MNm]=$	0.077	$A_{st,d}$	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							
$A_{xmin-f}[m^2]=$	0.000211		$A_{xmin-\mu}[m^2]=$	0.000182		mimimální plocha výztuže	
$x_{bal}[m]=$	0.086360	>	$x[m]=$	0.046662		omezení výšky tlačené oblasti	
$A_{st,req}[m^2]=$	0.001460	<	$A_{st,d}[m^2]=$	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	>	$M_{ed}[MNm]=$	0.077

Na MSU vyhovuje dolní výztuž desky mezi příčníky min.8Ø R16/m. Z konstruktivních důvodů navrhují stejnou výztuž v horní úrovni nad příčníky.

6.3.3. Posouzení na smyk v desce

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

beton

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

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

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

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

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

svislá výztuž

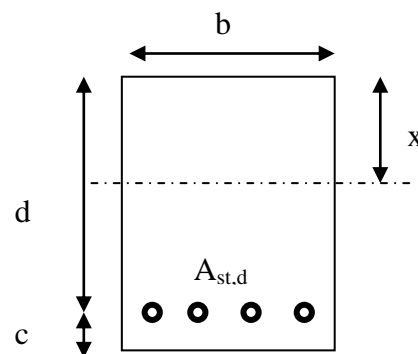
$$V_{Rd,s} = A_{sw} / s \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta \quad (\theta = 22 - 45^\circ)$$

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

šikmá výztuž

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

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



Deska ve vetknutí do příčnicku

Namáhání		Ohybová výztuž							
V _{ed} [MN]=	0.154	8	ϕ	16			A _{st,d} [m²]=	0.001608	
Materiálové a průřezové charakteristiky betonu a oceli									
b[m]=	1.000	f _{ctm} [MPa]=	2.9	f _{yk} [MPa]=	500	ε _{cu} =	0.0035	θ[°]=	45.0
h[m]=	0.200	f _{ck} [MPa]=	30.0	f _{yd} [MPa]=	435	λ=	0.800	α[°]=	45.0
c[m]=	0.060	f _{cd} [MPa]=	17.0	E _s [Mpa]=	200000	η=	1.000	k _{pom} =	2.20
d[m]=	0.140	x[m]=	0.051	σ _{cp} [Mpa]=	0	α _{cw} =	1.000	k=	2.00
Beton									
V _{Rd,cl} [MN]=	0.109	>	V _{Rd,min} [MN]=	0.059	V _{Rd} [MN]=	0.109	nutná smyková výztuž		
Třmínky		3	ϕ	6	s[m]=	0.33	A _{sw} [m²]=	0.000085	
V _{Rd,sl} [MN]=	0.013	<	V _{Rd,max} [MN]=	0.536	V _{Rd} [MN]=	0.123	nutné ohyby		
Ohyby		2	ϕ	12	s[m]=	0.20	A _{sw} [m²]=	0.000226	
V _{Rd,sl} [MN]=	0.100	<	V _{Rd,max} [MN]=	0.268	V _{Rd} [MN]=	0.223	vyhovuje		

Navrhuji smykovou výztuž desky sponami v počtu min.9ØR6/m² doplněnými ohyby v počtu min.4ØR14/m podél příčníků s vystřídáním (šachovnicově 25/20cm).

6.3.4. Omezení trhlin a napětí v desce

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

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

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

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

Deska v poli

M _{char} [MNm]=	0.057	A _s [m ²]=	8	ϕ	16	A _s [m ²]=	0.001608	σ _s [Mpa]=	297
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	λ=	0.800	k ₁ =	0.800
c[m]=	0.060	f _{cd} [Mpa]=	17.0	ε _{cu} =	0.0035	η=	1.000	k ₂ =	0.500
d[m]=	0.140	E _{cm} [Mpa]=	36000	E _s [Mpa]=	200000	α _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	ξ=	0.500	ξ ₁ =	0.718	ρ _{p,eff} =	0.032478	ε _{sm} -ε _{cm} =	0.001
s _{r,max} [mm]=	84	w _{kl} [mm]=	0.10	<	w _{lim} [mm]=	0.3			
k _c =	0.600	k _y =	0.800						
σ _s [Mpa]=	297	<	400		σ _c [Mpa]=	11.602	<	18	

6.3.5. Posouzení desky na únavu

Posudek je proveden na namáhání od zatížení bez součinitele zatížení a s redukcí nahodilého zatížení na 70%. Vycházím přitom z kolového tlaku LM1, tedy vypočtené síly pro kolový tlak 160kN redukuji v poměru 120/160:

Únava betonu:

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

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

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

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

$$\text{metoda1: } \sigma_{cd,max} + 0.43 \cdot \sqrt{1 - \frac{\sigma_{cd,min}}{\sigma_{cd,max}}} \leq 1$$

$$\text{metoda2: } \frac{\sigma_{c,max}}{f_{cd,fat}} \leq 0.5 + 0.45 \cdot \frac{\sigma_{c,min}}{f_{cd,fat}} \leq 0.9 \text{ pro } f_{ck} \leq 50 \text{ MPa} (\leq 0.8 \text{ pro } f_{ck} > 50 \text{ MPa})$$

Únava betonářské oceli

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

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

Deska v poli

M_{equ,max}[MNm]=	0.032	M_{equ,min}[MNm]=	0.004		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]=	500	λ=	0.800
h[m]=	0.200	f _{ck} [MPa]=	30.0	f _{yd} [MPa]=	435	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]=	6.5	σ _{cd,min} [MPa]=	0.8	β _{cc} =	1.099
s=	0.20	t[dni]=	100	k ₁ =	0.85	f _{cd,fat} [Mpa]=	14.0
podmínka 1	0.87	<	1.00			vyhovuje	
podmínka 2	0.47	<	0.53	<	0.8	vyhovuje	
Ocel:		σ _{s,max} [MPa]=	167	σ _{s,min} [MPa]=	21		
γ _{F,fat} =	1.00	γ _{s,fat} =	1.00	Δσ _{RSK} [Mpa]=	162.5		
podmínka:	146	<	163			vyhovuje	

6.4. Posouzení průhybů

Maximální průhyby mostovky jsou:

$$V_{max} = 28 \text{ mm} \quad V_{min} = 12 \text{ mm}$$

$$V_g = V_{min} = 12 \text{ mm} \quad V_p = V_{max} - V_{min} = 28 - 12 = 16 \text{ mm}$$

$$V_{lim} = \frac{18000}{300} = 60 \text{ mm}$$

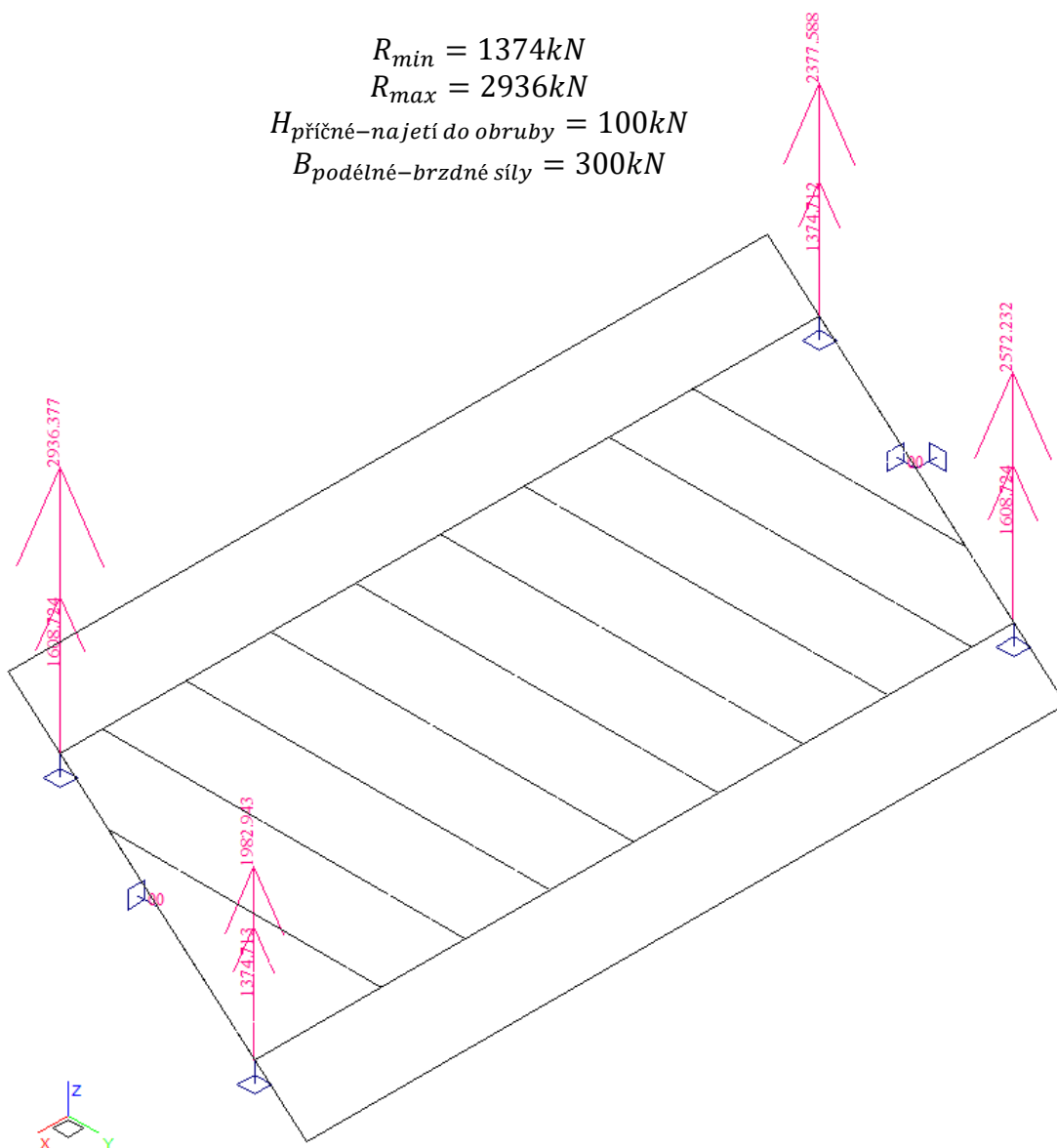
Průhyby vyhovují.

7. Spodní stavba

7.1. Návrh ložisek

Rekapitulace reakcí je provedena ze strojové superpozice následovně.

$$\begin{aligned} R_{min} &= 1374kN \\ R_{max} &= 2936kN \\ H_{\text{příčné}-\text{najetí do obruby}} &= 100kN \\ B_{\text{podélné}-\text{brzdné síly}} &= 300kN \end{aligned}$$



Výpočet posunů v uložení je proveden za předpokladu pevného uložení na jedné opěře.

$$u_{\text{otepleni}} = 18.0 \cdot 0.000012 \cdot 48 = 0.0103m$$

$$u_{\text{ochlazení}} = -18.0 \cdot 0.000012 \cdot 52 = -0.0112m$$

$$u_{\text{smršťování a dotvarování}} = -18.0 \cdot 0.000012 \cdot 15 = -0.0032m$$

S ohledem na velikost posunů a reakcí vyhovují elastomerová ložiska typu RW 400/500/54mm. Minimální reakce je poměrně vysoká, horní ani dolní kotevní deska není nutná. Vodorovné síly navrhuji zachytit pevným přídržným ložiskem typu RW FE 300 na jedné opěře a vodícím ložiskem příčně pevným typu RW FU 100 na opěře druhé.

Napětí pod ložisky:

$$\sigma_{\text{pod ložiskem}} = \frac{2.936}{0.4 \cdot 0.5} = 14.68MPa \quad \sigma_{\text{pod blokem}} = \frac{2.936}{0.56 \cdot 0.66} = 7.944MPa$$

7.2. Opěry

Návrh a posouzení opěr je proveden na modelu tížné zdi s rovnoběžnými křídly pomocí programového systému GEO-4 podprogramem T-zed'. Přítížení je stanoveno následovně.

$$G_{vnější\ křídla} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 4.5 \cdot 2.7 \cdot 0.5 \cdot 25}{6.6} = 11.5 \text{ kN/m}$$

$$r_{vnější\ křídla} = \frac{1}{3} \cdot 4.5 = 1.5 \text{ m}$$

$$G_{vnitřní\ křídla} = \frac{3.0 \cdot 2.5 \cdot 0.6 \cdot 25}{6.6} = 17.0 \text{ kN/m}$$

$$r_{vnitřní\ křídla} = 1.1 \text{ m}$$

$$R_g = \frac{1374}{6.6} = 208 \text{ kN/m}$$

$$R_p = \frac{2936 - 1374}{6.6} = 237 \text{ kN/m}$$

$$H_{brzdě} = \frac{300}{13.2} = 22.7 \text{ kN/m}$$

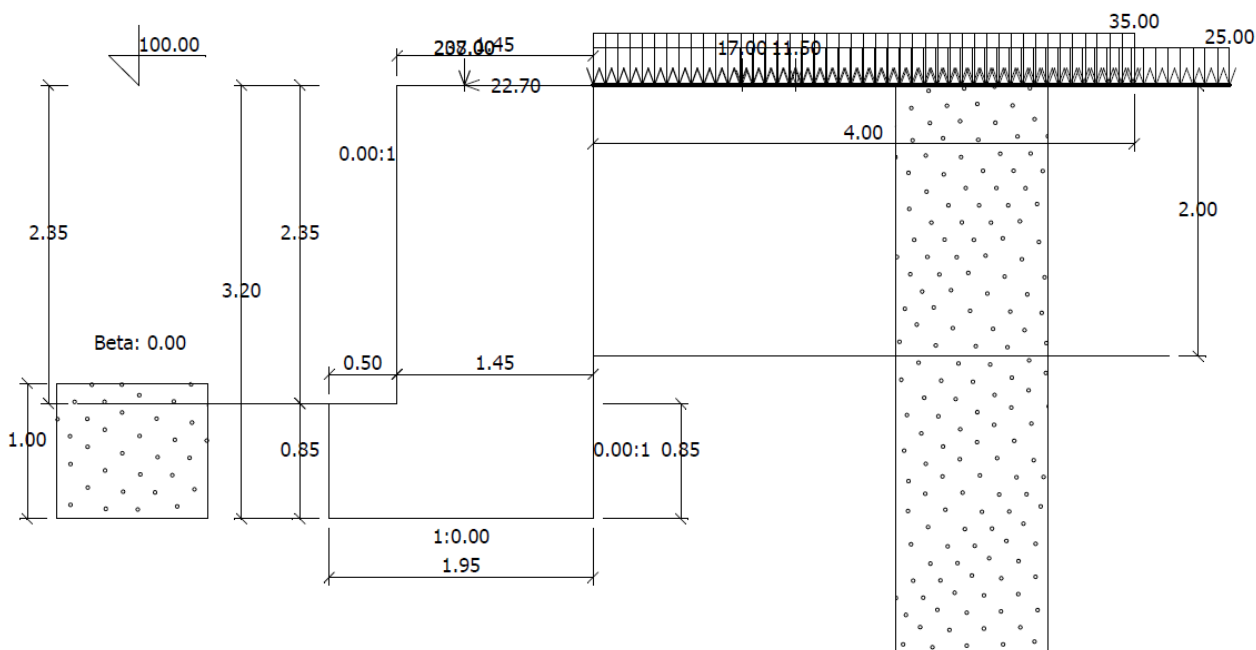
Výztuž úložných prahů z ohybových účinků uložení:

$$M_{kraj} = \frac{1}{2} \cdot \frac{2936}{2 \cdot 2.3} \cdot 2.3^2 = 1688 \text{ kNm}$$

$$M_{střed} = -\frac{1}{8} \cdot \frac{2936}{8.6} \cdot 8.6^2 + 1688 = -1464 \text{ kNm}$$

$$F_a = \frac{1688}{2.5 \cdot 0.8 \cdot 235000} = 0.00359 \text{ m}^2$$

Výpočet tížné zdi - vstupní data: (Akce - opera)



Geologický profil a přiřazení zemin

Číslo vrst.	Vrstva [m]	Zemina
1	-	zásyp

Parametry zemin

Název	f_i [st.]	c [kPa]	δ [st.]	γ [kN/m ³]
zásyp	30.00	0.00	15.00	20.00

Parametry zemin pro výpočet vztlaku

Název	γ_{sat} [kN/m ³]	pórovitost [0-1]	γ_{sk} [kN/m ³]	γ_{su} [kN/m ³]
zásyp	21.00	-	-	11.00

Geometrie konstrukce

Číslo bodu.	Pořadnice X [m]	Hloubka Z [m]
1	0.00	0.00
2	0.00	2.35
3	0.00	3.20
4	-1.95	3.20
5	-1.95	2.35
6	-1.45	2.35
7	-1.45	0.00

Počátek [0,0] je v nejhořejším pravém bodu zdi.
Objem zdi na 1bm = 5.07 m³/m.

Materiál konstrukce:

Objemová tíha $\gamma = 23.00$ kN/m³

Výpočet betonových konstrukcí proveden podle normy ČSN 73 1201 R.

Beton : B 20

Pevnost v tlaku $R_{bd} = 11.50$ MPa

Pevnost v tahu $R_{btd} = 0.90$ MPa

Modul pružnosti $E_b = 27000.00$ MPa

Terén za konstrukcí je rovný.

Hladina podzemní vody za konstrukcí je v hloubce 2.00 m.

Hladina podzemní vody před konstrukcí je v hloubce 2.35 m.

Podloží u paty konstrukce je nepropustné.

Zadaná přetížení

Typ	Název	$Vel.1$ [kN/m ²]	$Vel.2$ [kN/m ²]	Poř.x [m]	Délka [m]	Šířka [m]	Hloub. [m]
Celopl.	vozovky	25.00					
Pásové	nahodilé	35.00		0.00	4.00		

Odpor na líci konstrukce:

Odpor na líci konstrukce uvažován jako pasivní tlak.

Zemina na líci konstrukce - zásyp

Výška zeminy před zdí $h = 1.00$ m

Třecí úhel kce-zemina $\delta_{p} = 15.00$ stup.

Zadané síly působící na konstrukci

Název	F_x [kN]	F_z [kN]	x [m]	z [m]
křídla vnější	0.00	11.50	1.50	0.00
křídla vnitřní	0.00	17.00	1.10	0.00
Rg-stálé	0.00	208.00	-0.95	0.00
Rp-pohyblivé	0.00	237.00	-0.95	0.00
Hb-brzdné	-22.70	0.00	-0.95	0.00

Výpočet proveden podle ČSN 73 0037 s redukcí vstupních parametrů zemin.

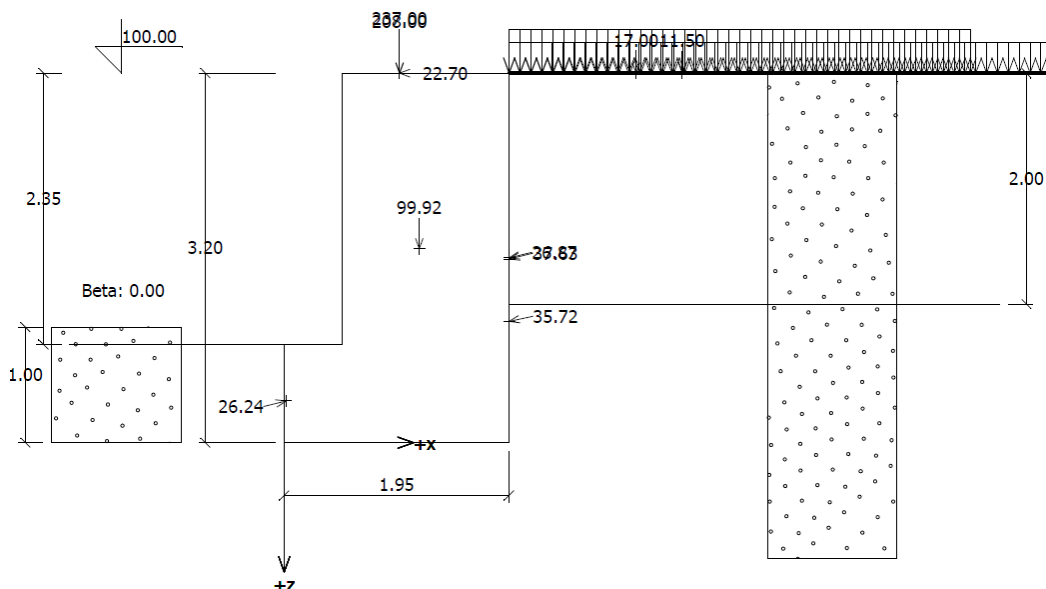
Celkové posouzení - OPĚRA VYHOVUJE

Výpočet tížné zdi - posouzení čís.2: (Akce - opera)**Spočtené síly působící na konstrukci:**

Název	F,vod [kN/m]	Působíště Z [m]	F,svis [kN/m]	Působíště X [m]	Výpočtový koeficient
Tíh.- zeď	0.00	-1.68	99.92	1.17	1.000
Odpor na líci	-25.50	-0.36	-6.18	0.02	1.000
Aktivní tlak	34.90	-1.05	7.60	1.95	1.000
vozovky	26.12	-1.60	6.34	1.95	1.000
nahodilé	36.57	-1.59	8.87	1.95	1.000
křídla vnější	0.00	-3.20	11.50	3.45	1.000
křídla vnitřní	0.00	-3.20	17.00	3.05	1.000
Rg-stálé	0.00	-3.20	208.00	1.00	1.000
Rp-pohyblivé	0.00	-3.20	237.00	1.00	1.000
Hb-brzdné	22.70	-3.20	0.00	1.00	1.000

Vstupní údaje pro posouzení:

Úhel tření konstrukce-zemina psi = 30.00 stup.
 Soudržnost konstrukce-zemina a = 0.00 kPa
 Součinitel redukce úhlu tření gama,mpsi= 1.10
 Součinitel redukce soudržnosti gama,ma = 1.40
 Výpočtová únosnost základové půdy Rd = 450.00 kPa

**Posouzení celé zdi:****Posouzení na překlpení:**

Moment vzdorující $M_{vzd} = 0.9 \cdot 697.90 = 628.11$ kNm/m

Moment klopící $M_{kl} = 200.04$ kNm/m

Zeď na překlpení VYHOVUJE

Posouzení na posunutí:

Vodor. síla vzdorující $H_{vzd} = 0.9 \cdot 304.19 = 273.77$ kN/m

Vodor. síla posunující $H_{pos} = 94.78$ kN/m

Zeď na posunutí VYHOVUJE

Síly působící ve středu základové spáry:

Celkový moment $M = 77.43$ kNm/m

Normálová síla $N = 590.04$ kN/m

Smyková síla $Q = 94.78$ kN/m

Posouzení únosnosti základové půdy:

Excentricita normálové síly $e = 13.12$ cm

Maximální dovolená excentricita $e, dov = 64.35$ cm

Excentricita normálové síly VYHOVUJE

Napětí v základové spáře $\sigma = 349.65$ kPa

Únosnost základové půdy $R_d = 450.00$ kPa

Únosnost základové půdy VYHOVUJE

Celkové posouzení - OPĚRA VYHOVUJE

Výpočet tížné zdi - dimenzace čís.1: (Akce - opera)

Spočtené síly působící na konstrukci:

Název	F, vod [kN/m]	Působíště Z [m]	F, svis [kN/m]	Působíště X [m]	Výpočtový koeficient
Tíh.- zed'	0.00	-1.17	78.33	0.73	1.000
Aktivní tlak	18.44	-0.77	4.33	1.45	1.000
vozovky	19.17	-1.17	4.65	1.45	1.000
nahodilé	26.81	-1.16	6.50	1.45	1.000
křídla vnější	0.00	-2.35	11.50	2.95	1.000
křídla vnitřní	0.00	-2.35	17.00	2.55	1.000
Rg-stálé	0.00	-2.35	208.00	0.50	1.000
Rp-pohyblivé	0.00	-2.35	237.00	0.50	1.000
Hb-brzdné	22.70	-2.35	0.00	0.50	1.000

Posouzení dříku zdi:

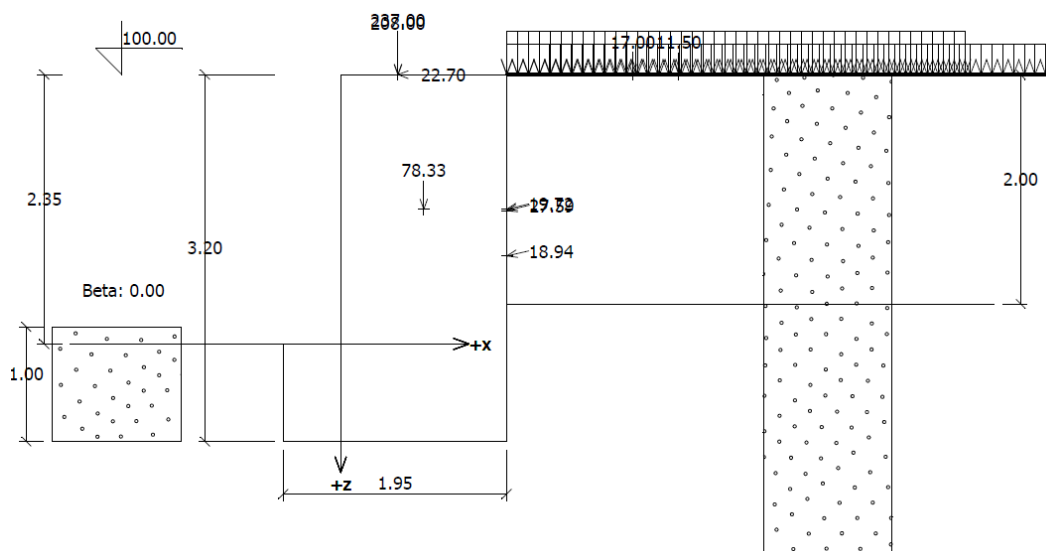
Výška průřezu $h = 1.45 \text{ m}$

Smyk : $Q_d = 87.12 \text{ kN/m} < Q_u = 435.00 \text{ kN/m}$

Tlak + Ohyb : $M_d = 153.45 \text{ kNm/m}$

$N_d = 567.31 \text{ kN/m} < N_u = 10314.24 \text{ kN/m}$

Únosnost zdi ve spáře **VYHOVUJE**



Výpočet tížné zdi - dimenzace čís.2: (Akce - opera)

Spočtené síly působící na konstrukci:

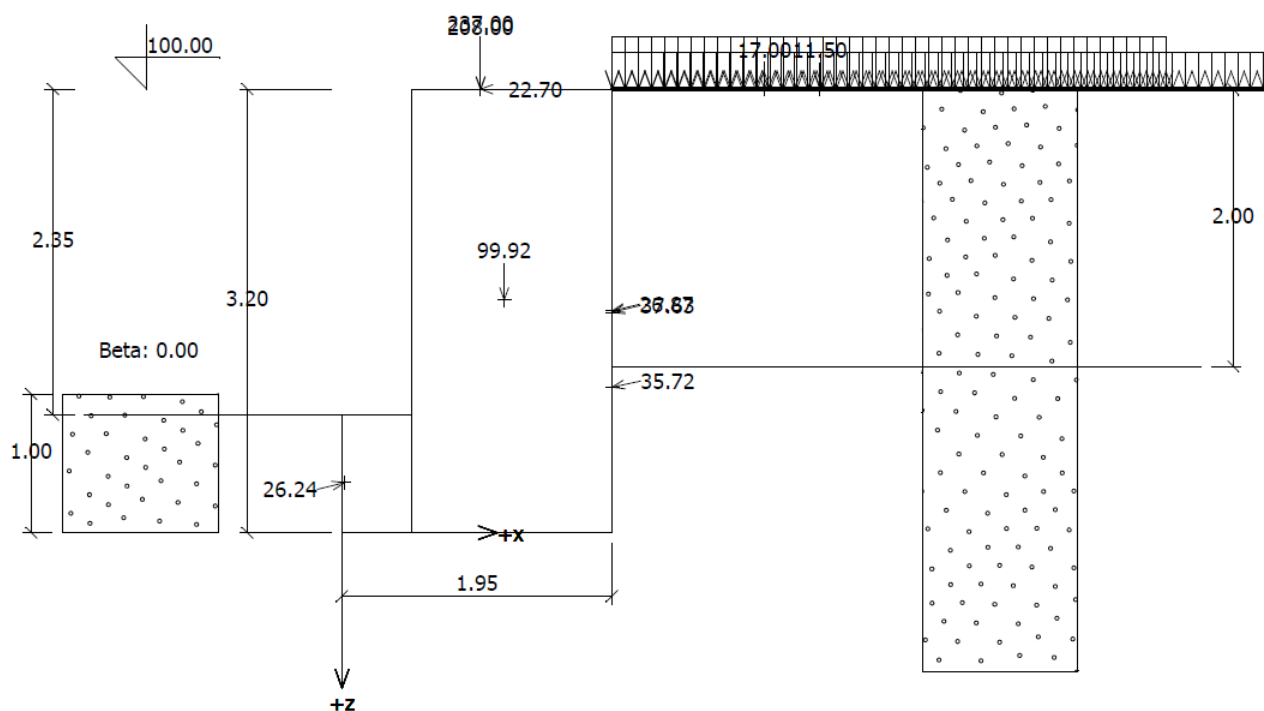
Název	F,vod [kN/m]	Působíště Z [m]	F,svis [kN/m]	Působíště X [m]	Výpočtový koeficient
Tíh.- zeď	0.00	-1.68	99.92	1.17	1.000
Odpor na líci	-25.50	-0.36	-6.18	0.02	1.000
Aktivní tlak	34.90	-1.05	7.60	1.95	1.000
vozovky	26.12	-1.60	6.34	1.95	1.000
nahodilé	36.57	-1.59	8.87	1.95	1.000
křídla vnější	0.00	-3.20	11.50	3.45	1.000
křídla vnitřní	0.00	-3.20	17.00	3.05	1.000
Rg-stálé	0.00	-3.20	208.00	1.00	1.000
Rp-pohyblivé	0.00	-3.20	237.00	1.00	1.000
Hb-brzdné	22.70	-3.20	0.00	1.00	1.000

Posouzení předního výstupku zdi:

 Výška průřezu $h = 0.85 \text{ m}$

Napětí v zákl.spáře = 349.65 kPa

 Smyk : $Q_d = 174.82 \text{ kN/m} < Q_u = 255.00 \text{ kN/m}$
 Ohyb : $M_d = 43.71 \text{ kNm/m} < M_u = 105.97 \text{ kNm/m}$

 Únosnost zdi ve spáře **VYHOVUJE**


Výpočet stability svahu:**Parametry zemin**

Název	f_i [st.]	c [kPa]	γ [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]
zásyp	30.00	0.00	20.00	21.00
Třída G3 ,ulehlá	35.50	0.00	19.00	19.00

Parametry tuhých těles

Název	γ [kN/m ³]
Tuhé těleso	23.00

Parametry zemin pro výpočet vztlaku

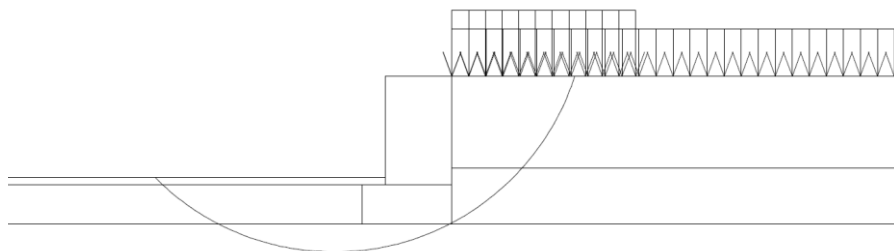
Název	γ_{sat} [kN/m ³]	pórovitost [0-1]	γ_{sk} [kN/m ³]	γ_{su} [kN/m ³]
Tuhé těleso	23.00	-	-	13.00

Zadaná přitížení

Typ	Název	Vel.1 [kN/m ²]	Vel.2 [kN/m ²]	Poř.x [m]	Délka [m]	Šířka [m]	Hloub. [m]
Celopl.	vozovky	25.00					
Pásové	nahodilé	35.00		0.00	4.00		

Výpočet číslo 1:**Parametry kruhové smykové plochy:**

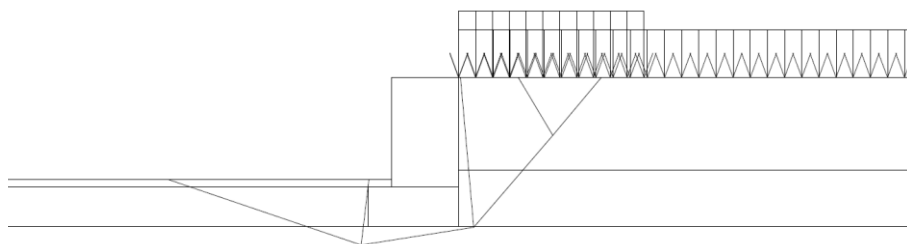
Souřadnice středu	X = -2.56 m
	Y = 101.69 m
Poloměr	r = 5.50 m

**Výsledky:**

Stupeň stability - Bishop = 1.35
 - Petterson = 1.07
 Sumace aktivních sil = 201.83 kN/m
 Sumace pasivních sil = 273.17 kN/m

Výpočet číslo 2:**Souřadnice polygonální smykové plochy**

Bod čis.	Souř. X [m]	Hloubka [m]
1	-6.26	97.80
2	-2.11	96.40
3	0.32	96.78
4	2.03	98.76
5	3.08	100.00



Faktor vodorovné akcelerace $k_h = 0.00$

Výsledky:

Stupeň stability = 1.34

7.3. Piloty

Výpočet namáhání jedné piloty je proveden z maximálního namáhání základové spáry opěry následovně.

$$N_{pilota} = \frac{590 \cdot 6.6}{3} + \frac{77 \cdot 6.6}{0.75 \cdot 2} = 1636 \text{ kN}$$

$$M_{pilota} = \frac{77 \cdot 6.6}{3} = 169 \text{ kNm}$$

$$Q_{pilota} = \frac{94 \cdot 6.6}{3} = 206 \text{ kN}$$

Charakteristiky zemin byly stanoveny s ohledem na výskyt skalního podkladu R4-R3.

Posouzení piloty podle ČSN 73 1002 - vstupní data:

Geologický profil a přiřazení zemin

Číslo vrst.	Vrstva [m]	Zemina
1	4.00	Třída G2 ,ulehlá
2	-	Třída G1 ,ulehlá

Parametry zemin

Název	fi [st.]	c [kPa]	gama [kN/m3]	Edef [MPa]	EOed [MPa]	ny [-]
Třída G1 ,ulehlá	41.50	100.00	21.00	430.00	-	0.20
Třída G2 ,ulehlá	38.50	0.00	20.00	210.00	-	0.20

Parametry zemin pro výpočet vztlaku

Název	gama,sat [kN/m3]	pórovitost [0-1]	gama,sk [kN/m3]	gama,su [kN/m3]
Třída G1 ,ulehlá	21.00	-	-	11.00
Třída G2 ,ulehlá	20.00	-	-	10.00

Zatížení

Název	Typ	N [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Hx [kN]	Hy [kN]
Rmax	Výpočtové	1636.00	0.00	-169.00	206.00	0.00

Geometrie piloty:

Délka piloty	=	4.20 m
Šířka piloty	=	0.80 m
Šířka piloty v patě	=	0.80 m
Hloubka upraveného terénu	=	1.00 m
Vysazení piloty nad upr. terén	=	0.10 m

Materiál konstrukce:

Výpočet betonových konstrukcí proveden podle normy ČSN 73 1201 R.

Beton : B 35

Pevnost v tlaku Rbd = 19.50 MPa

Pevnost v tahu Rbtd = 1.30 MPa

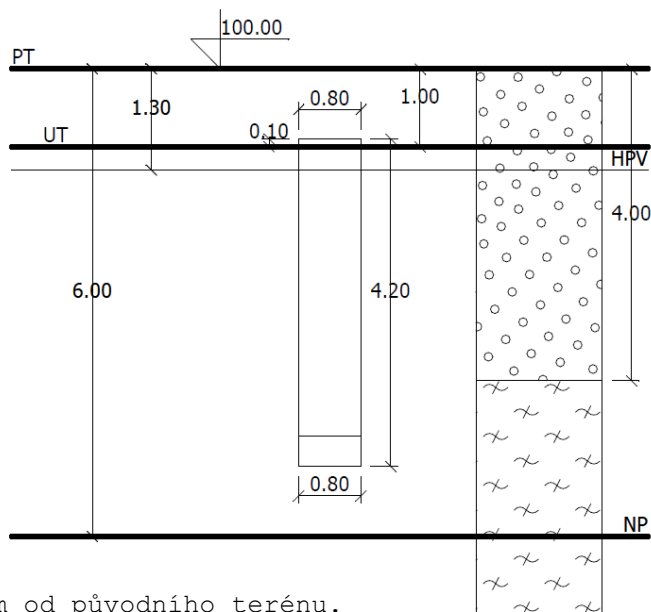
Modul pružnosti Eb = 34500.00 MPa

Ocel podélná : 10 505 R

Pevnost v tahu Rsd = 450.00 MPa

Pevnost v tlaku Rscd = 420.00 MPa

Modul pružnosti Es = 210000.00 MPa



Hladina podzemní vody je v hloubce 1.30 m od původního terénu.
Nestlačitelné podloží je v hloubce 6.00 m od původního terénu.

Posouzení svislé únosnosti čís.1: (Akce - pilota)**Posouzení svislé únosnosti piloty podle teorie MS - mezivýsledky:**

Výpočet únosnosti v patě:

Součinitel únosnosti	Nc = 29.30
Součinitel únosnosti	Nd = 17.67
Součinitel únosnosti	Nb = 14.23
Součinitel únosnosti	K1 = 1.10
Výpočtová únosnost na patě piloty	Rd = 2992.99 kPa
Plocha příčného řezu piloty	As = 0.50 m ²

Únosnost na plášti piloty:

Zkrácení účinné délky piloty Lp [m] = 1.36 m

Hloubka	mocnost	fid	cd	gama	gamaR2	fs	Ufdi
[m]	[m]	[st.]	[kPa]	[kN/m ³]	[-]	[kPa]	[kN]
0.30	0.30	27.50	0.00	20.00	1.30	1.56	1.18
1.00	0.70	27.50	0.00	10.00	1.30	4.95	8.70
2.00	1.00	27.50	0.00	10.00	1.20	9.37	23.55
2.74	0.74	27.50	0.00	10.00	1.10	13.91	25.97

Posouzení svislé únosnosti piloty podle teorie MS - výsledky:

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnepříznivějších zatěžovacích stavů.

Součinitel vlivu technologie GamaR1 = 1.00

Únosnost piloty na plášti Ufd = 59.40 kN

Únosnost piloty v patě Ubd = 1654.88 kN

Únosnost piloty Uvd = 1714.28 kN

Extrémní svislá síla Vd = 1636.00 kN

$$Uvd = 1714.28 \text{ kN} > 1636.00 \text{ kN} = Vd$$

Svislá únosnost plovoucí piloty VYHOVUJE

Posouzení svislé únosnosti čís.2:**Výpočet mezní zatěžovací křivky piloty - vstupní data**

vrstva počátek	konec	mocnost	Es	součinitel	součinitel
číslo	[m]	[m]	[MPa]	a	b
1	0.00	3.00	3.00	41.40	131.00
2	3.00	4.10	1.10	15.00	20.00

Regresní součinitel e = 957.0

Regresní součinitel f = 704.0

Výpočet mezní zatěžovací křivky piloty - mezivýsledky:

Mezní síla na plášti piloty	Qsu = 564.54 kN
Velikost napětí na patě při Qsu	q0 = 846.57 kPa
Průměrné pláštové tření	qs = 78.27 kPa
Průměrný sečnový modul deformace	Es = 34.32 MPa
Součinitel přenosu zatížení do paty	Beta = 0.30

Příčinkové součinitele sedání :

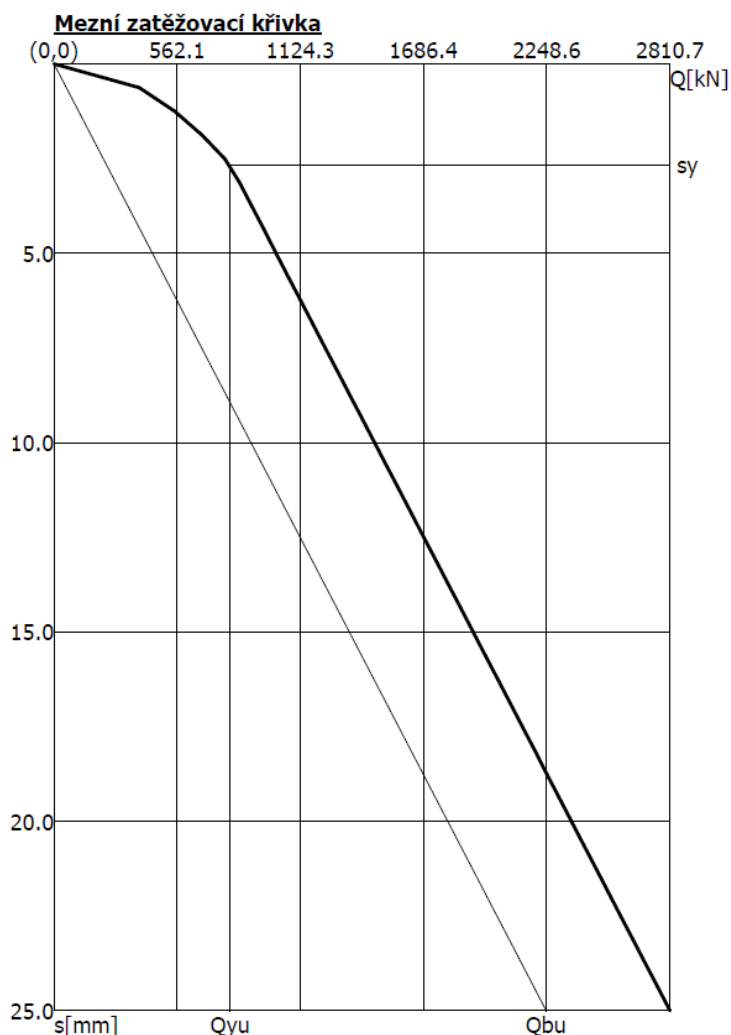
Základní - závislý na poměru l/d I1 = 0.20

Součinitel vlivu tuhosti piloty Rk = 1.03

Součinitel vlivu nestlačitelné vrstvy Rh = 0.44

Body mezní zatěžovací křivky

Sednutí [mm]	Zatížení [kN]
0.0	0.00
2.5	778.68
5.0	1013.77
7.5	1238.39
10.0	1463.00
12.5	1687.62
15.0	1912.23
17.5	2136.85
20.0	2361.46
22.5	2586.08
25.0	2810.69



Výpočet mezní zatěžovací křivky piloty - výsledky:

Zatížení na mezi mobilizace pláště.tření	$Q_{yu} = 804.01 \text{ kN}$
Velikost sedání odpovídající síle Q_{yu}	$s_y = 2.67 \text{ mm}$

Únosnosti odpovídající sednutí 25 mm :

Únosnost paty	$Q_{bu} = 2246.15 \text{ kN}$
Celková únosnost	$Q_{pu} = 2810.69 \text{ kN}$

Pro zatížení $Q = 1636.0 \text{ kN}$ je sednutí piloty 11.9 mm

Posouzení svislé únosnosti čís.3: (Akce - pilota)

Výpočet piloty opřené o nestlačitelné podloží (hornina třídy R1,R2):

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnepříznivějších zatěžovacích stavů.
Typ piloty : pilota betonovaná do sucha.

Průměrný sečnový modul defor.	$E_s = 34.32 \text{ MPa}$
Příčinkový součinitel sedání	$I_{wp} = 0.98$
Sednutí piloty	$s = 0.39 \text{ mm}$

Únosnost piloty	$U_{vd} = 5881.06 \text{ kN}$
Extrémní svislá síla	$V_d = 1636.00 \text{ kN}$

$$U_{vd} = 5881.06 \text{ kN} > 1636.00 \text{ kN} = V_d$$

Svislá únosnost opřené piloty **VYHOVUJE**

Posouzení vodorovné únosnosti čís.1: (Akce - pilota)**Vstupní data pro výpočet vodorovné únosnosti piloty:**

Výpočet proveden podle zadaných hodnot modulu reakce podloží (k).

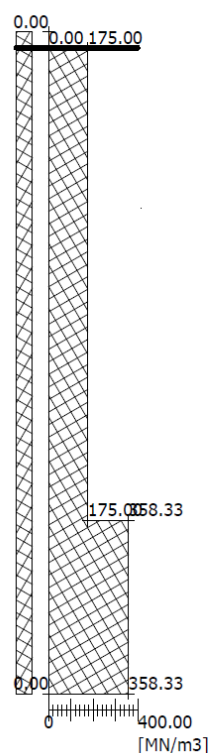
Průběhy vnitřních sil a deformace piloty:

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnepříznivějších zatěžovacích stavů.

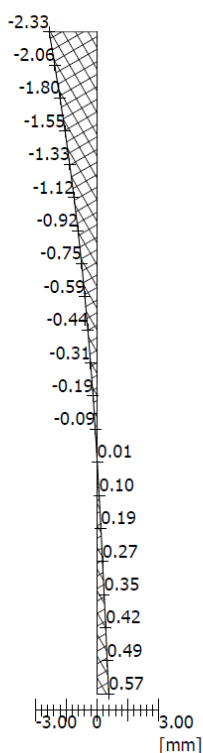
Hlavní zatížení v hlavě piloty:

Moment $M_1 = 169.00$ kNm; Horiz.síla $H_1 = 206.00$ kN

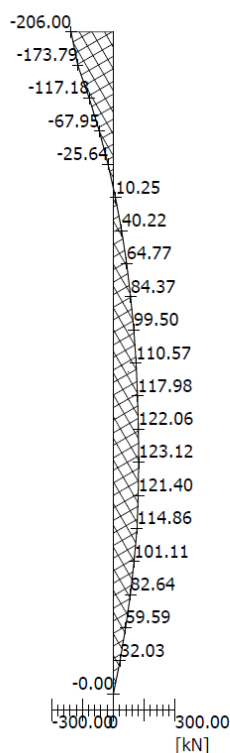
Průběh deformací a vnitřních sil po pilotě:

Průběh modulu K_h K_h - dle ČSN 73 1004**Deformace**

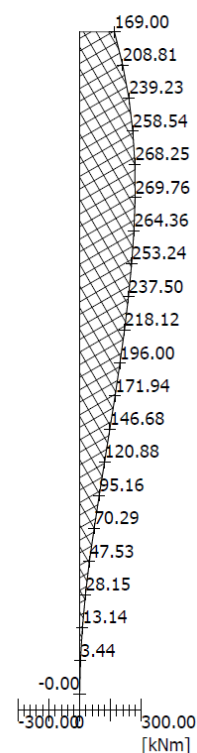
Max.vel. = 2.33 mm

**Posouvající síla**

Max.vel. = 206.00 kN

**Ohybový moment**

Max.vel. = 269.76 kNm

**Maximální vnitřní síly a deformace:**

Deformace hlavy piloty = -15.51 mm

Max.deformace piloty = 15.51 mm

Max.posouvající síla = 212.42 kN

Maximální moment = 370.07 kNm

Dimenzace výztuže:

Vyztužení - 8 ks profil 14.0 mm ; krytí 40 mm

Stupeň vyztužení nyst = 0.123 % > 0.096 % = nyst,min

Zatížení : Nd = -1636.00 kN (tlak) ; Md = 370.07 kNm

Únosnost : Nu = -3825.26 kN ; Mu = 865.39 kNm

Navržená výztuž piloty VYHOVUJE

7.4. Křídla

Výpočet namáhání rovnoběžných křídel je proveden na modelu konzolové stěny průměrné výšky 1.8m. Vyložení pro vnější křídla uvažují 4.5m, zatížení pouze zemním tlakem a pěšími. Vyložení pro vnější křídla uvažují 2.5m, zatížení pouze přitížením od provozu vozidel a mimořádné zatížení od nárazu o velikosti 500kN na konec křídla. Boční zemní tlak klidový pro $\varphi=30^\circ$.

$$M_{vnější} = \frac{1}{2} \cdot \left(5 \cdot 0.5 \cdot 1.8 + 20 \cdot 1.8 \cdot 0.5 \cdot 1.8 \cdot \frac{1}{2} \right) \cdot 4.5^2 = 209 \text{ kNm/m výšky}$$

$$M_{vnitřní} = \frac{1}{2} \cdot 35 \cdot 0.5 \cdot 1.8 \cdot 2.5^2 + 500 \cdot 2.5 = 98 + 1250 = 1348 \text{ kNm/1.8m výšky}$$

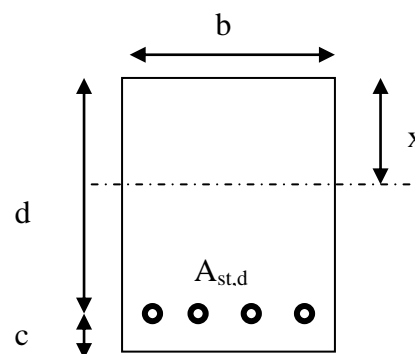
Výpočet na MSU je proveden v následující tabulce podle teorie mezních stavů:

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:

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

Vnější křídla

Namáhání		Návrh výztuže					
$M_{ed}[\text{MNm}] =$	0.116	$A_{st,d}$	8	ϕ	14		
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
$h[\text{m}] =$	0.500	$f_{ck}[\text{MPa}] =$	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
$d[\text{m}] =$	0.440						
Přímý návrh požadované plochy výztuže a posudky							
$A_{xmin-fl}[\text{m}^2] =$	0.000664		$A_{xmin-\mu}[\text{m}^2] =$	0.000572		mimimální plocha výztuže	
$x_{bal}[\text{m}] =$	0.271418	>	$x[\text{m}] =$	0.019759		omezení výšky tlačené oblasti	
$A_{st,req}[\text{m}^2] =$	0.000618	<	$A_{st,d}[\text{m}^2] =$	0.001232		ověření návrhové plochy výztuže	
$\mu_{minx}[\%] =$	0.15	<	$\mu[\%] =$	0.28	<	$\mu_{max}[\%] =$	1.60
Moment únosnosti							
$x[\text{m}] =$	0.039370		$M_{Rd}[\text{MNm}] =$	0.227	>	$M_{ed}[\text{MNm}] =$	0.116

Vnitřní křídla

Namáhání			Návrh výztuže					
$M_{ed}[MNm]=$	0.749		$A_{st,d}$	8	ϕ	25		
Beton-průřez		Materiálové charakteristiky betonu a oceli						
$b[m]=$	1.000	$f_{ctm}[MPa]=$	2.9	$f_{yk}[MPa]=$	500	$\varepsilon_{cu}=$	0.0035	
$h[m]=$	0.600	$f_{ck}[MPa]=$	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	
$d[m]=$	0.540							
Přímý návrh požadované plochy výztuže a posudky								
$A_{xmin-f}[m^2]=$	0.000814		$A_{xmin-\mu}[m^2]=$	0.000702	mimimální plocha výztuže			
$x_{bal}[m]=$	0.333103	>	$x[m]=$	0.111119	omezení výšky tlačené oblasti			
$A_{st,req}[m^2]=$	0.003476	<	$A_{st,d}[m^2]=$	0.003927	ověření návrhové plochy výztuže			
$\mu_{min}[\%]=$	0.15	<	$\mu[\%]=$	0.73	<	$\mu_{max}[\%]=$	1.60	
Moment únosnosti								
$x[m]=$	0.125543		$M_{Rd}[MNm]=$	0.836	>	$M_{ed}[MNm]=$	0.749	

8. Závěr

Nosná konstrukce vyhovuje za geometrických a materiálových předpokladů uvedených výše:

Monolitický beton třídy 30/37.

Hlavní předpjaté parapetní trámy výšky 1.9m, z toho 0.5m dolní konzolová část v ose (na konci ztenčená na 15cm, resp. přechod do desky mostovky mezi příčnicky tl.20cm.

Předpětí každého trámu 3 kabely po 19 lanech L_s 15.7, kotevní předpínací síla jednoho kabelu 4001kN.

Měkkou podélnou výztuž trámů navrhuji konstruktivně, min. z $\phi R14$, příčnou výztuž na vnitřní straně z vetknutí příčníků ($7\phi R20/m$), na vnější straně pouze na zatížení pěším provozem a servisním vozidlem (postačí konstruktivně min. $7\phi R14/m$), bude nutné dodržet kotevní délku profilů R20 a tedy výztuž vnější konzoly bude zřejmě stená, jako vnitřní.

Jako smyková výztuž hlavních trámů vyhovují čtyřstržné třmínky $8\phi R14/m$ (po 125mm) a to i bez započtení pozitivního vlivu svislé složky předpínací síly. V koncové oblasti, kde budou kabely seskupeny nad sebe, je možné použít dvoustřžné třmínky v počtu $8\phi R14/m$ doplněné ohyby v počtu $2\phi R20$.

Výztuž příčnicku ve spodní úrovni vyhovuje z $5\phi R32$. Ve vetknutí do hlavního nosníku navrhuji v horní úrovni rovnoplochnou výztuž rozmístěnou na celou roznášecí šířku, tedy na 2m (např. $14\phi R20/2m$ představuje $7\phi R20/m$).

Výztuž koncového příčnicku na brzdě síly v místě kotvení pevného přídržného ložiska, vyhovuje ze $3\phi R32$ na bocích příčnicku (na straně bezpečnosti není uvažován vliv deky mostovky).

Deska mostovky tloušťky 20cm bude vyztužena u obou povrchů $8\phi R16/m$. Smykovou výztuž desky navrhuji sponami v počtu min. $9\phi R6/m^2$ doplněnými ohyby v počtu min. $4\phi R14/m$ podél příčníků s vystřídáním (šachovnicově 25/20cm).

Opěry s dříkem šířky 1.45m výšky včetně závěrné zídky 2.8m vyhovují se základem výšky 0.85m s předním základovým ústupkem 0.5m i plošně založené za předpokladu, že základová spára bude mít únosnost alespoň 350kPa. S ohledem na riziko podemletí prouděním vody (základová spára se nachází v úrovni štěrku třídy G3) navrhuji založení na krátkých pilotách délky 4.0m vetknutých min. 1.0m do min. R4 (opřené piloty) profilu 0.8m v počtu 6ks na opěru konstruktivně šachovnicově rozmístěných. Podélná výztuž pilot min. $8\phi R16$, spirála $\phi R10$ se stoupáním max. 150mm. Upřesnění výztuž bude provedeno podle použité výpažnice a skutečného krytí, resp. ramene vnitřních sil.

Vnější křídla opěr tloušťky min. 50cm budou vyztužena na vnitřní straně min. $8\phi R14/m$ výšky. Vnitřní křídla budou ve vetknutí na vnitřní straně vyztužena min. $8\phi R25/m$ výšky.

Výztuž úložných prahů, resp. dříku opěry, navrhuji ze $11\phi R20$ u obou povrchů (tedy v úrovni uložení i základu, úložný práh je tvořen celou výškou opěry).

Bloky pod ložisky budou konstruktivně vyztuženy min. $6\phi R14$ v obou směrech a do dříku bude vložena výztuž na příčné tahy rovněž z min. $6\phi R14$.

S ohledem na velikost posunů a reakcí vyhovují elastomerová ložiska typu RW 400/500/54mm. Minimální reakce je poměrně vysoká, horní ani dolní kotevní deska není nutná. Vodorovné síly navrhuji zachytit pevným přídržným ložiskem typu RW FE 300 na jedné opěře a vodícím ložiskem příčně pevným typu RW FU 100 na opěře druhé. Uložení lze řešit hrncovými ložisky s odpovídající únosností.