

Statický výpočet

Obsah:

1.	ÚVOD	2
1.1.	VŠEOBECNĚ	2
1.2.	POPIS KONSTRUKCE	2
1.3.	PŘEDPOKLADY VÝPOČTU	2
1.3.1.	<i>Obecné předpoklady výpočtu</i>	<i>2</i>
1.3.2.	<i>Návrhové materiálové charakteristiky nosné konstrukce</i>	<i>3</i>
2.	GEOMETRIE	4
2.1.	TVAR KONSTRUKCE	5
2.2.	MODEL NOSNÉ KONSTRUKCE	8
3.	ZATÍŽENÍ KONSTRUKCE	10
3.1.	STÁLÉ ZATÍŽENÍ	10
3.1.1.	<i>Vlastní tíha nosné konstrukce</i>	<i>10</i>
3.1.2.	<i>Ostatní stálá zatížení</i>	<i>10</i>
3.2.	NAHODILÁ ZATÍŽENÍ	10
3.2.1.	<i>Nahodilé zatížení sněhem</i>	<i>10</i>
3.2.2.	<i>Nahodilé zatížení větrem</i>	<i>10</i>
3.2.3.	<i>Nahodilé zatížení teplotou</i>	<i>10</i>
3.2.4.	<i>Nahodilé zatížení dopravou</i>	<i>11</i>
3.2.4.1.	<i>Rozdělení vozovky do zatěžovacích pruhů</i>	<i>11</i>
3.2.4.2.	<i>Model zatížení 1 (LM1)</i>	<i>11</i>
3.2.4.3.	<i>Model zatížení 2 (LM2)</i>	<i>12</i>
3.2.4.4.	<i>Model zatížení 3 (LM3)</i>	<i>12</i>
3.2.4.5.	<i>Model zatížení 4 (LM4)</i>	<i>13</i>
3.2.4.6.	<i>Brzdné a rozjezdové síly</i>	<i>13</i>
3.2.4.7.	<i>Odstředivé a jiné příčné síly</i>	<i>13</i>
3.2.4.8.	<i>Nahodilá zatížení na únavu</i>	<i>13</i>
4.	SESTAVENÉ ZATĚŽOVACÍ STAVY	14
5.	VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL	17
5.1.	REKAPITULACE VNITŘNÍCH SIL	17
5.2.	PRŮBĚH VNITŘNÍCH SIL	17
5.3.	SUPERPOZICE ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ	19
6.	DESKA MOSTOVKY	26
6.1.	POSOUZENÍ NA OHYB V MSU	26
6.2.	POSOUZENÍ NA SMYK	29
6.4.	OMEZENÍ TRHLIN A NAPĚTÍ	30
6.5.	POSOUZENÍ PRŮHYBŮ	30
6.6.	POSOUZENÍ NA ÚNAVU	31
7.	SPODNÍ STAVBA	32
7.1.	STĚNA OPĚRY	32
7.2.	VRUBOVÝ KLOUB	34
7.3.	ZÁKLADY	34
9.	ZÁVĚR	35

1. Úvod

1.1. Všeobecně

Jedná se o most ev.č.M-07 v Novém Boru v ulici Štursova. Most převádí místní komunikaci přes potok Šporka u budovy knihovny. Stávající most je ve velmi špatném stavebním stavu a s nedostatečnou zatížitelností. V rámci rekonstrukce dojde k úplné výměně mostu včetně spodní stavby.

1.2. Popis konstrukce

Nový most je charakteru rozpěrákové konstrukce o jednom poli uloženém na vrubových kloubech. Nosná konstrukce je charakteru desky z monolitického železobetonu. Opěry jsou stěnové charakteru opěrné zdi ze železobetonu, základy vlivem pružného podkladu umožňují mírné natočení bez vlivu na redistribuci vnitřních sil a opěry tak fungují jako kyvné stojky rozpěráku.

Most je šikmý proměnné šikmosti. Deska je konstantní tloušťky pod vozovkou, pod chodníky je mírný konzolový náběh.

Mostní svršek je opatřen monolitickou železobetonovou římsou minimální šířky se zábradlím.

Na opěry navazují regulační zdi toku ve funkci křídel.

1.3. Předpoklady výpočtu

1.3.1. Obecné předpoklady výpočtu

Předpokládá se provádění mostu za úplné uzavírky. Betonáž nosné konstrukce bude prováděna kontinuálně bez vytváření pracovních spár. Betonáž desky mostovky na skruži.

Model je sestaven pro jednu polovinu mostu a nadimenzován za předpokladu pojezdu vozidel u chodníkové obruby u okraje mostu. Model je uvažován jako šikmá deska.

Vliv krajního ztenčení desky do jakési chodníkové konzoly je zanedbatelný, neuvažují s ním při dimenzaci a ani se snížením vlastní tíhy.

Předpokládá se dostatečně velký pasivní odpor zeminy před základy proti bočnímu zemnímu tlaku výplně za opěrami, resp. kvalitní obnova opevnění koryta pod mostem dlažbou.

Použitý výpočtový model je osazen nejen návrhovým zatížením dle ČSN EN 1991-2, ale i zatížením pro upřesnění zatížitelnosti dle ČSN 73 6222.

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

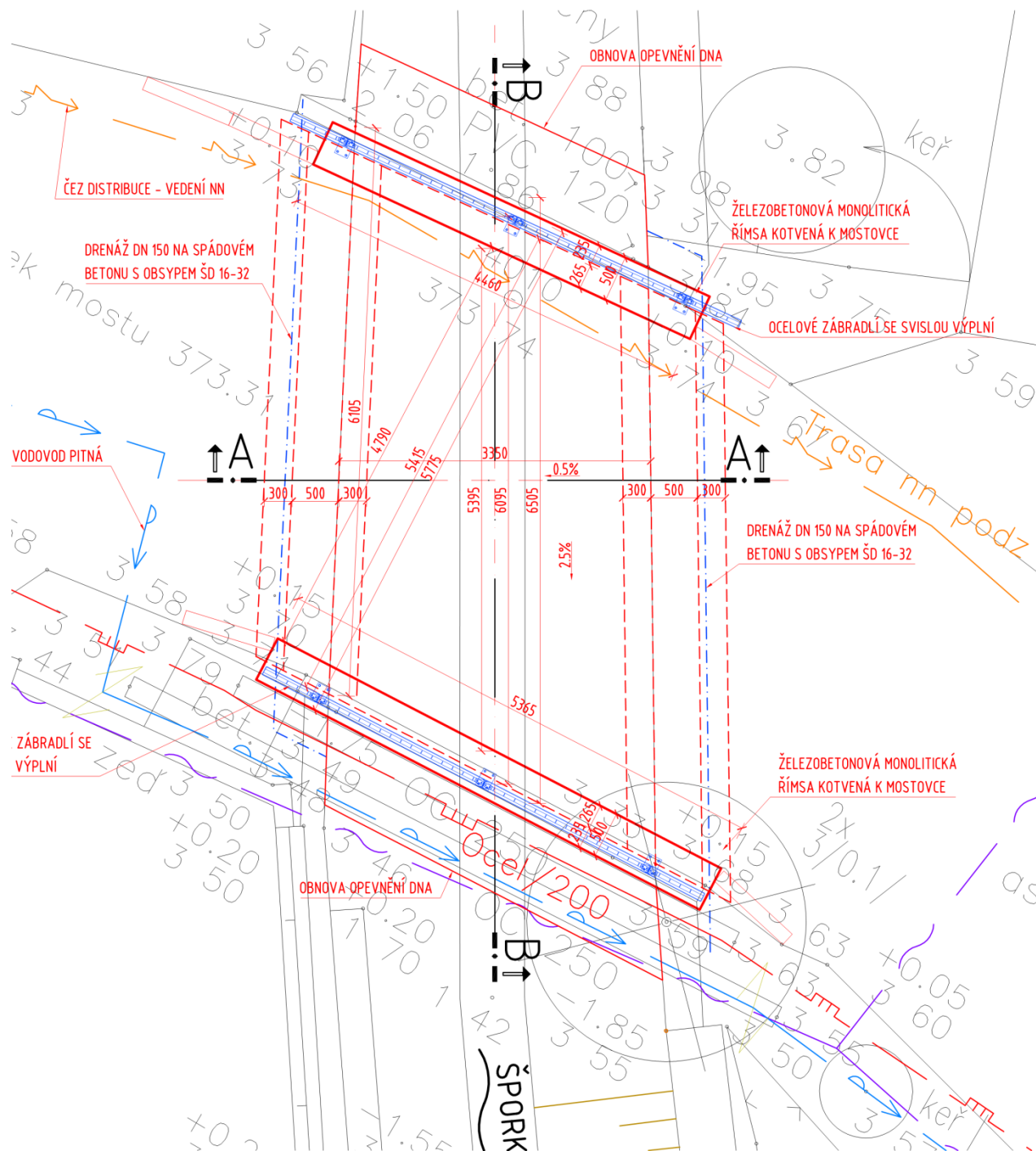
$f_{yd}=f_{yk}/\gamma_s$			EN 1992-1-1, obr 3.8		
$f_{yk}= 500$	Mpa		EN 1992-1-1, tab 3.1	charakteristická pevnost oceli mez kluzu oceli v ČSN 42 0139 $R_e=f_{yk}$	
$\gamma_s= 1.15$			EN 1992-1-1, 2.4.2.4	pro trvalé a dočasné návrhové situace	
$\gamma_s= 1.0$			EN 1992-1-1, 2.4.2.4	pro mimořádné návrhové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

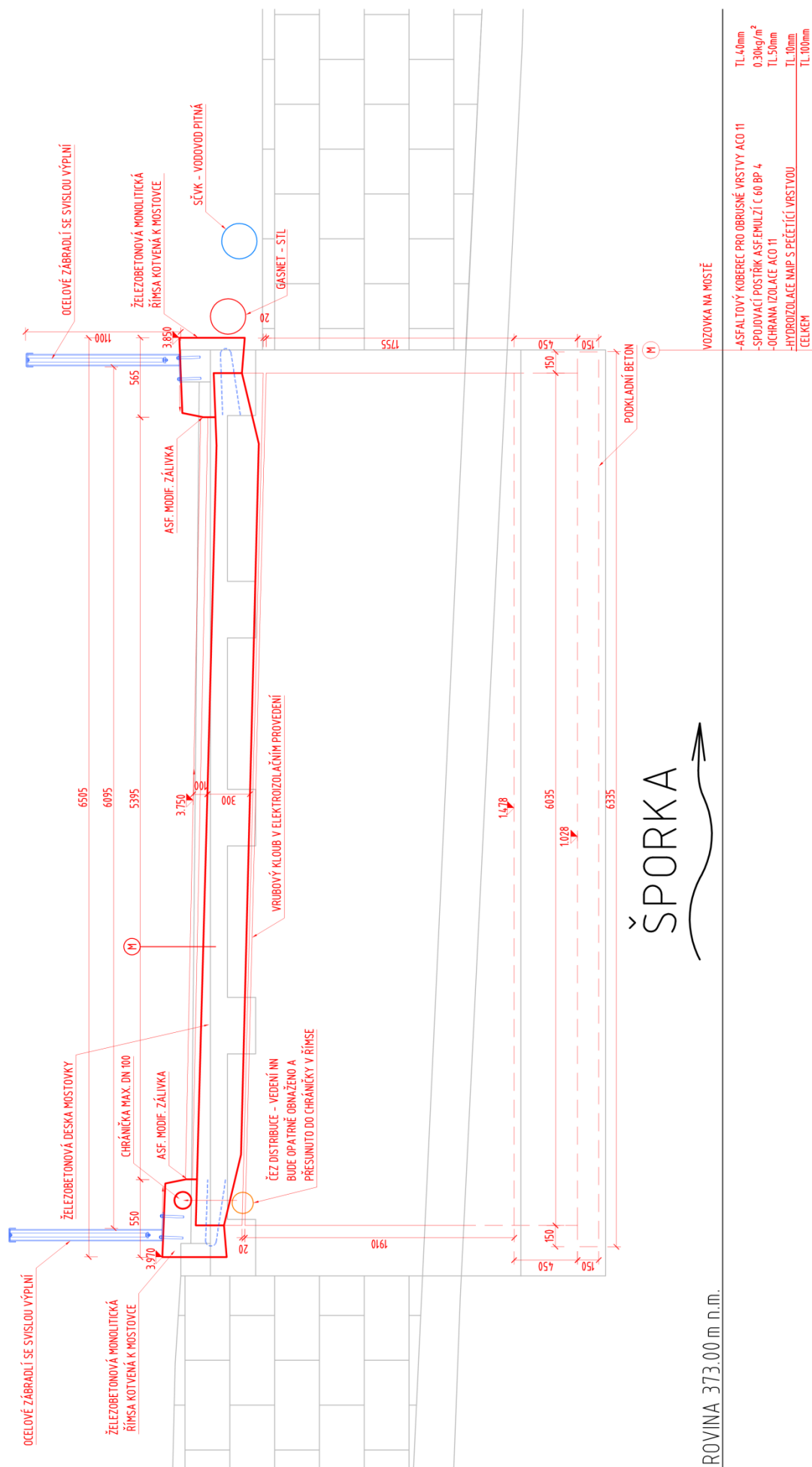
S 4			pozn.	základní třída konstrukce životnost 50 let
+2 třídy	2		EN 1992-1-1, 4.4.1.2, tab 3.4N	návrhová životnost 100 let
-1 třídy	-1		EN 1992-1-1, 4.4.1.2, tab 3.4N	zajištění zvláštní kontroly kvality výroby betonu
S 5				výsledná třída konstrukce
$c_{min,dur}= 40$	mm		EN 1992-1-1, 4.4.1.2, tab 4.4N	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 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
$\Delta c_{dev}= 10$	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	

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 i výstupy jsou archivovány u projektanta. Model nosné konstrukce je zvolen jako šikmá deska.

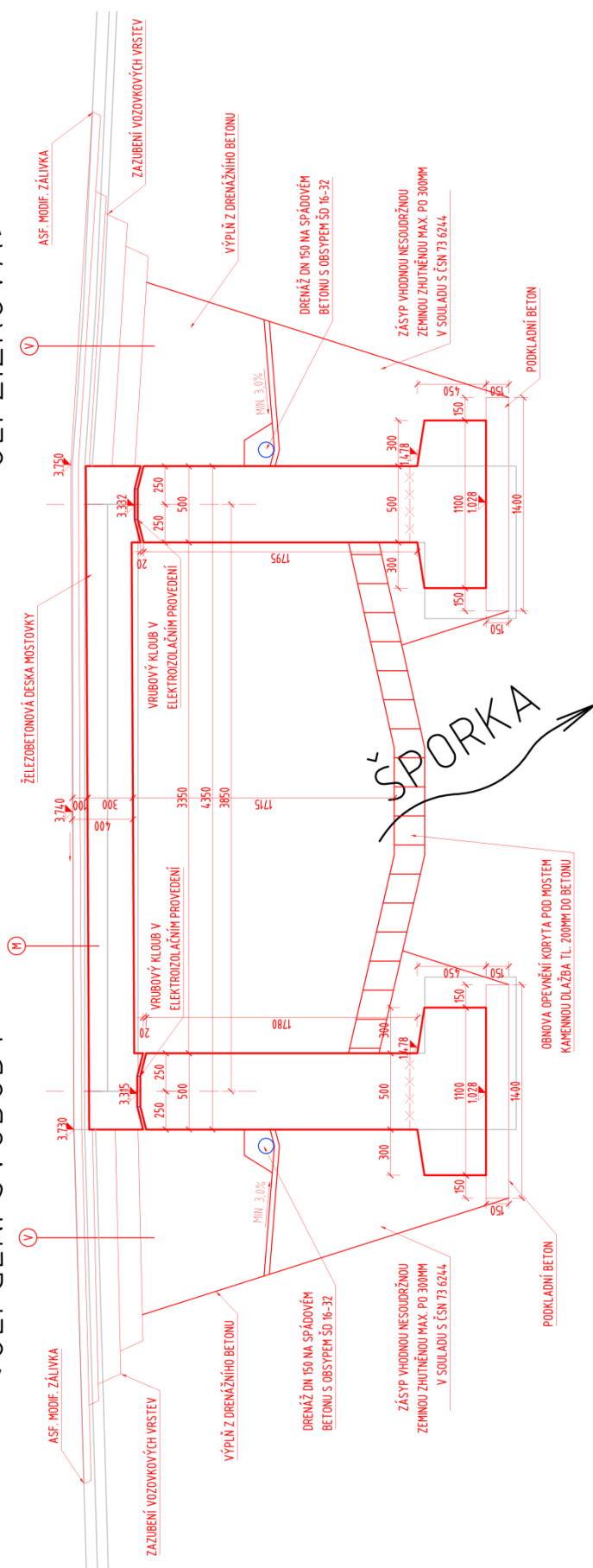


UL. GEN. SVOBODY  AUL. ŽIŽKOVA



≲ UL. GEN. SVOBODY

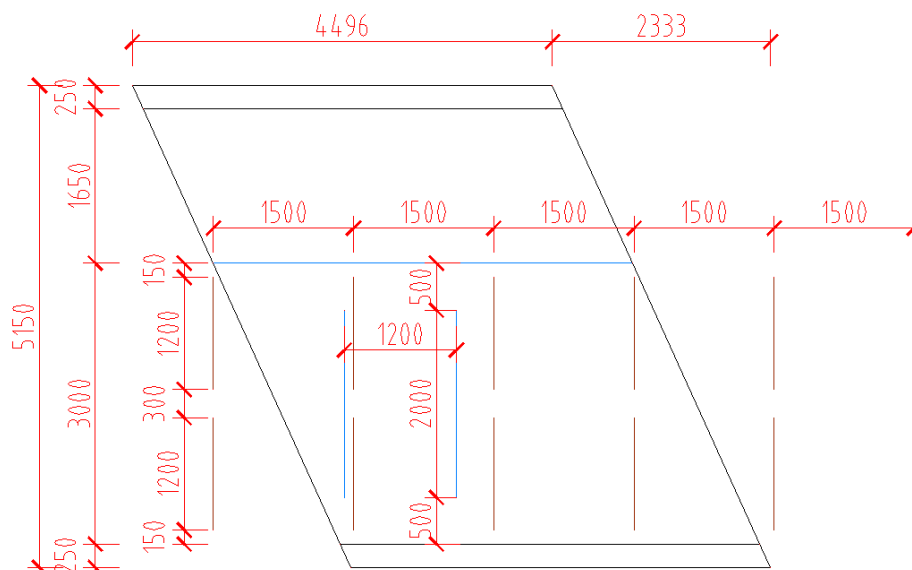
UL. ŽIŽKOVA 2



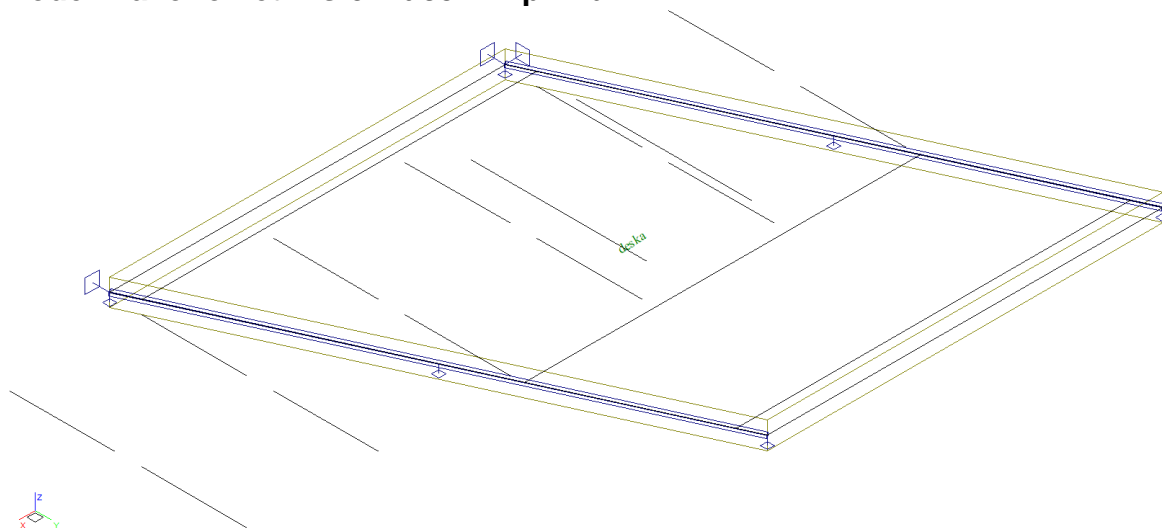
2.2. Model nosné konstrukce

Model je uvažován jako šikmá deska šířkově odpovídající polovině nedokončeného mostu. Chodníková konzola je modelována centricky připojenou deskou odstupňované tloušťky ve čtvrtinách náběhu. Model je přiložen formou výpisu a schémat z použitého výpočetního programu.

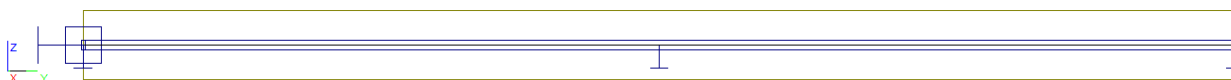
Půdorysné schéma se základními rozměry s počátečními polohami náprav



Model v axonometrii s označením prvků



Model v příčném řezu



Údaje o konstrukci

Jméno projektu	NK	Prutů	0	Geometrie - délky	m
Autor projektu	Ing.T.Humpal	Ploch	1	Geometrie - úhly	deg
Popis projektu	deska	Zatížení	190	Průřezy - délky	m
Rozměr projektu	Prostor	Podpor	4	Zatížení, výsledky - síly	kN
Datum	6.2.2020	Bodů	0	Zatížení, výsledky - napětí	kPa
Čas	12:02	Linii	21	Zatížení, výsledky - délky	m
		Ploch	0	Deformace - posuny	m
		Kontaktů	0	Deformace - natočení	deg
		Materiálů	1	Čas	sec
		Průřezů	0	Teplota	°C
		Tloušťek	1	Hmota	t
		Podloží	0		
		Skupin	4		
		Zat. stavů	75		

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 [kPa]	ni	gama [t/m3]	K 1 [kN/m3]	E 2 [kPa]	K 2 [kN/m3]	útlum
BETON	BETON	2.600e+07	0.200	2.500	1.000e-05			0.100
Materiál	Objem [m3]	Hmotnost [t]						
BETON	6.946	17.365						
celkem		17.365						

Výpis zadanych tlouštěk:

Označení	Materiál	Tloušťka [m]
deska	-BETON	0.300

Výpis plošných dílců - parametry ploch:

Plocha	Typ plochy	Deska	Tloušťka [m]	Objem [m3]	Skupina
1	Rovinná deska	Tenká deska	0.300	6.946	Skupina č.1

Výpis plošných dílců - souřadnice vrcholů ploch:

Plocha	Hrana	Počátek [m]	Konec [m]
Polygon1	1	3.415,-2.575,0.000	-1.081,-2.575,0.000
	2	-1.081,-2.575,0.000	-3.415,2.575,0.000
	3	-3.415,2.575,0.000	1.081,2.575,0.000
	4	1.081,2.575,0.000	3.415,-2.575,0.000

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 z databanky programu zadáním gravitačního zrychlení.

$$q_{deska\ tl.371mm} = 0.3 \cdot 25 = 7.5kN/m^2$$

3.1.2. Ostatní stálá zatížení

Ostatní stálá zatížení mostním svrškem jsou definována následovně.

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

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

$$q_{římky} = 0.5 \cdot 0.25 \cdot 25 = 3.125kN/m$$

$$q_{zábradlí} = 1.5kN/m$$

Smršťování je uvažováno jako ochlazení o 15°C pro posouzení posunů.

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

3.2. Nahodilá zatížení

3.2.1. Nahodilé zatížení sněhem

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

3.2.2. Nahodilé zatížení větrem

Vzhledem k velikosti a tvaru mostu nemá zatížení větrem 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 -30°C a oteplení o +30°C.

Rozdílové složky teploty neuvažují s ohledem na systém prostého uložení, které nebrání deformacím.

3.2.4. Nahodilé zatížení dopravou

3.2.4.1. Rozdělení vozovky do zatěžovacích pruhů

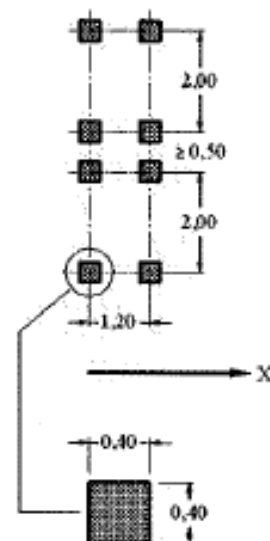
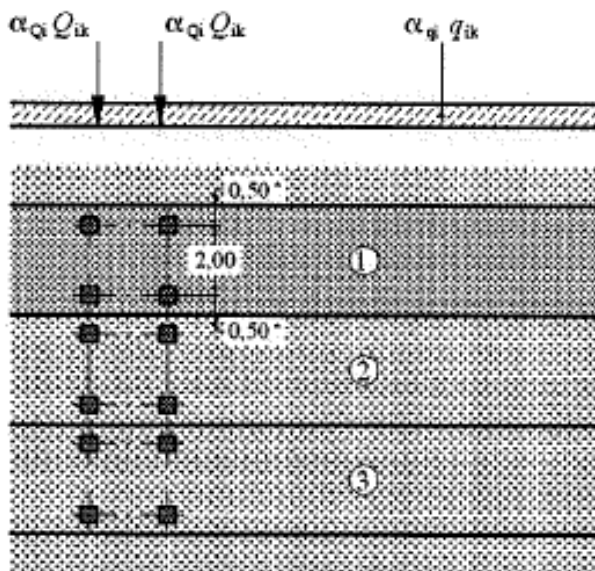
Rozdělení je důležité pro správnou volbu zatěžovacích schémat.

w=	4.65 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=	1	EN 1991-2, str 29, tab 4.1	navržený počet zatěžovacích pruhů
	1.65 m		šířka zbývajících plochy

3.2.4.2. Model zatížení 1 (LM1)

Zatížení LM1 sestává z nápravových tlaků ideální dvounápravy TS a rovnoměrného zatížení UDL.

umístění	Soustředěné 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



Vzhledem k postupu výstavby za provozu po polovinách uvažují LM1 v pruhu 2 stejné jako v pruhu 1.

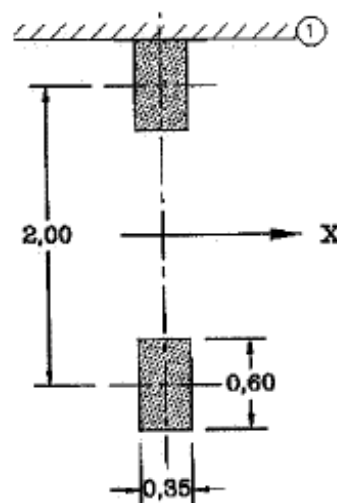
Přetížení povrchu předpolí pro návrh výztuže opěr je uvažováno rozneseným zatížením TS LM1 následovně:

$$q_{\text{předpolí}} = \frac{4 \cdot 120}{5.0 \cdot 2.2} = 43.6 \text{ kN/m}^2$$

3.2.4.3. Model zatížení 2 (LM2)

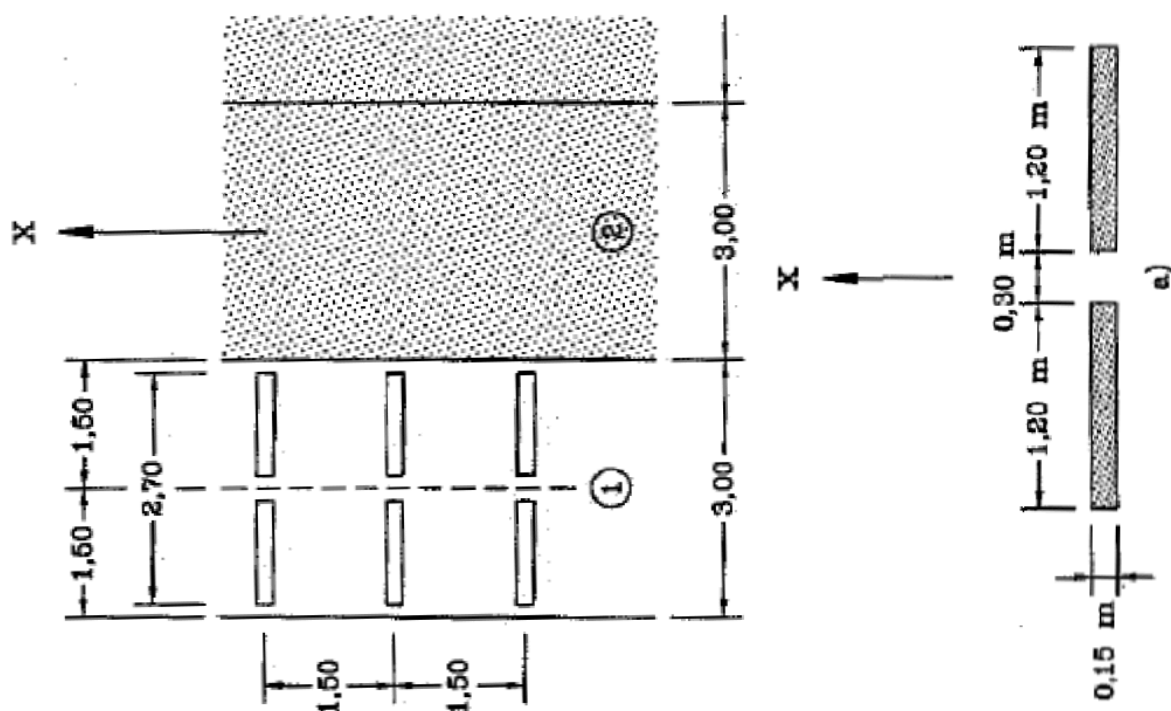
Zatížení ideální nápravou.

umístění	Soustředené zatížení			
	Q_{ak} [kN]	$\beta_Q = \alpha_{Q1}$	$\beta_{Q1} \cdot Q_{ak}$ [kN]	$\alpha_{Q1} \cdot Q / 0.35 \cdot 0.6$ [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.



3.2.4.5. Model zatížení 4 (LM4)

Zatížení davem lidí 5kN/m^2 neuvažují, není rozhodující.

3.2.4.6. Brzdné a rozjezdové síly

Brzdné síly neuvažují s ohledem na rozpěrákový charakter konstrukce, pasivní odpor zeminy za opěrami je dostatečný. Pro návrh vrubového kloubu uvažují následující brzdné síly.

$Q_{1k} =$	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
$L =$	4.35	m	EN 1991-2, str 36	délka nosné konstrukce nebo uvažované části
$Q_{Ik} = 0.6 \cdot \alpha_{Q1} \cdot (2 \cdot Q_{1k}) + 0.1 \cdot \alpha_{q1} \cdot q_{1k} \cdot w_1 \cdot L =$	297.4	kN	EN 1991-2, str 36	uvažuje se v úrovni povrchu vozovky $180 \cdot \alpha_{Q1} \text{ kN} \leq Q_{Ik} \leq 900 \text{ kN}$

3.2.4.7. Odstředivé a jiné příčné síly

Odstředivé síly nejsou v tomto případě rozhodující, neuvažují s nimi.

3.2.4.8. Nahodilá zatížení na únavu

Uvažují zatížení LM1 s odpovídající redukcí.

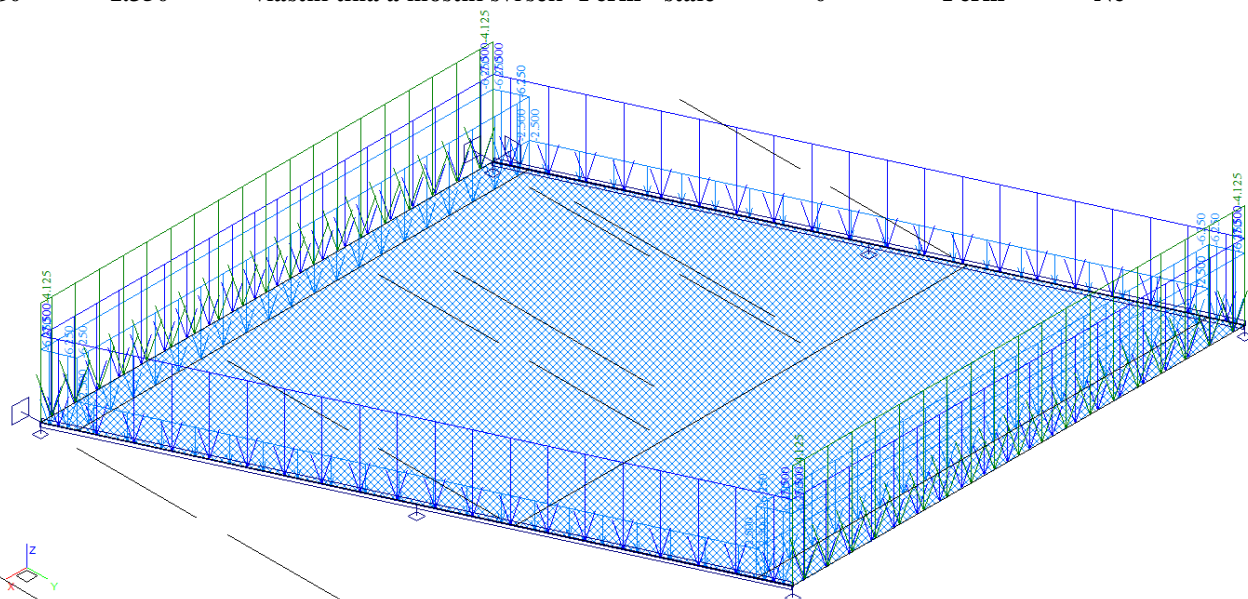
4. Sestavené zatěžovací stavy

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 po 25cm.

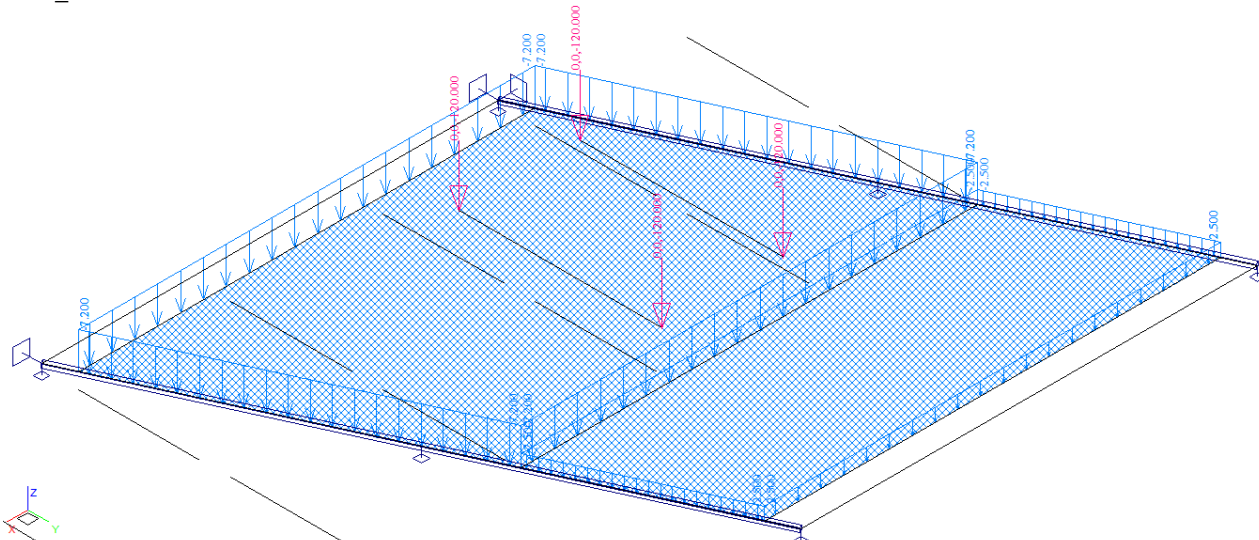
Výpis zatěžovacích stavů :

Jméno	Koeficient	Komentář	Typ zatížení	Skupina	Parametry	Výběrový
G0	1.350	vlastní tíha a mostní svršek	Perm - stálé	0	Perm	Ne
LM1_	1.500	TS 48t + UDL 7.2kPa	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM1_1	1.500	TS 48t + UDL 7.2kPa	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM1_2	1.500	TS 48t + UDL 7.2kPa	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM1_3	1.500	TS 48t + UDL 7.2kPa	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM1_4	1.500	TS 48t + UDL 7.2kPa	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM1_5	1.500	TS 48t + UDL 7.2kPa	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM1_6	1.500	TS 48t + UDL 7.2kPa	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM1_7	1.500	TS 48t + UDL 7.2kPa	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM1_8	1.500	TS 48t + UDL 7.2kPa	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM1_9	1.500	TS 48t + UDL 7.2kPa	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM1_10	1.500	TS 48t + UDL 7.2kPa	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM1_11	1.500	TS 48t + UDL 7.2kPa	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM3_	1.500	devítinápřava 180t	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM3_1	1.500	devítinápřava 180t	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM3_2	1.500	devítinápřava 180t	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM3_3	1.500	devítinápřava 180t	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
LM3_4	1.500	devítinápřava 180t	Short - krátkodobé	0	Short !	Ano
Vr2n	1.500	výhradní dvounápřava 32t	Short - krátkodobé	1	Short !	Ano
Vr2n1	1.500	výhradní dvounápřava 32t	Short - krátkodobé	1	Short !	Ano
Vr2n2	1.500	výhradní dvounápřava 32t	Short - krátkodobé	1	Short !	Ano
Vr2n3	1.500	výhradní dvounápřava 32t	Short - krátkodobé	1	Short !	Ano
Vr2n4	1.500	výhradní dvounápřava 32t	Short - krátkodobé	1	Short !	Ano
Vr2n5	1.500	výhradní dvounápřava 32t	Short - krátkodobé	1	Short !	Ano
Vr2n6	1.500	výhradní dvounápřava 32t	Short - krátkodobé	1	Short !	Ano
Vr2n7	1.500	výhradní dvounápřava 32t	Short - krátkodobé	1	Short !	Ano
Vr2n8	1.500	výhradní dvounápřava 32t	Short - krátkodobé	1	Short !	Ano
Vr2n9	1.500	výhradní dvounápřava 32t	Short - krátkodobé	1	Short !	Ano
Vr2n10	1.500	výhradní dvounápřava 32t	Short - krátkodobé	1	Short !	Ano
Vr2n11	1.500	výhradní dvounápřava 32t	Short - krátkodobé	1	Short !	Ano
Vr2n12	1.500	výhradní dvounápřava 32t	Short - krátkodobé	1	Short !	Ano
Vr3n	1.500	výhradní třinápřava 32t	Short - krátkodobé	2	Short !	Ano
Vr3n1	1.500	výhradní třinápřava 32t	Short - krátkodobé	2	Short !	Ano
Vr3n2	1.500	výhradní třinápřava 32t	Short - krátkodobé	2	Short !	Ano
Vr3n3	1.500	výhradní třinápřava 32t	Short - krátkodobé	2	Short !	Ano
Vr3n4	1.500	výhradní třinápřava 32t	Short - krátkodobé	2	Short !	Ano
Vr3n5	1.500	výhradní třinápřava 32t	Short - krátkodobé	2	Short !	Ano
Vr3n6	1.500	výhradní třinápřava 32t	Short - krátkodobé	2	Short !	Ano
Vr3n7	1.500	výhradní třinápřava 32t	Short - krátkodobé	2	Short !	Ano
Vr3n8	1.500	výhradní třinápřava 32t	Short - krátkodobé	2	Short !	Ano
Vr3n9	1.500	výhradní třinápřava 32t	Short - krátkodobé	2	Short !	Ano
Vr3n10	1.500	výhradní třinápřava 32t	Short - krátkodobé	2	Short !	Ano
Vr3n11	1.500	výhradní třinápřava 32t	Short - krátkodobé	2	Short !	Ano

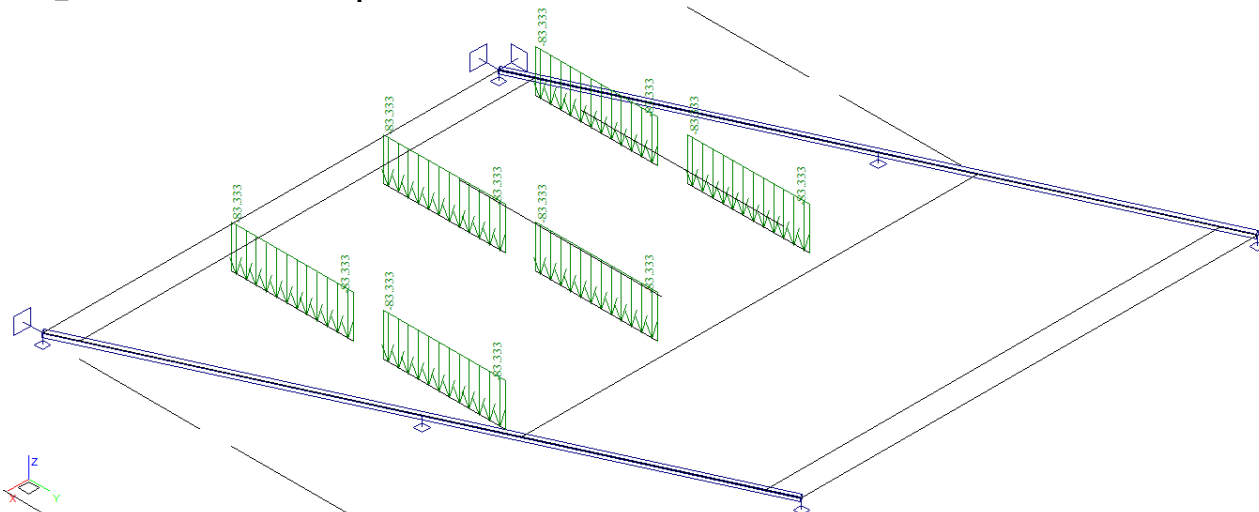
G0 1.350 vlastní tíha a mostní svršek Perm - stálé 0 Perm Ne



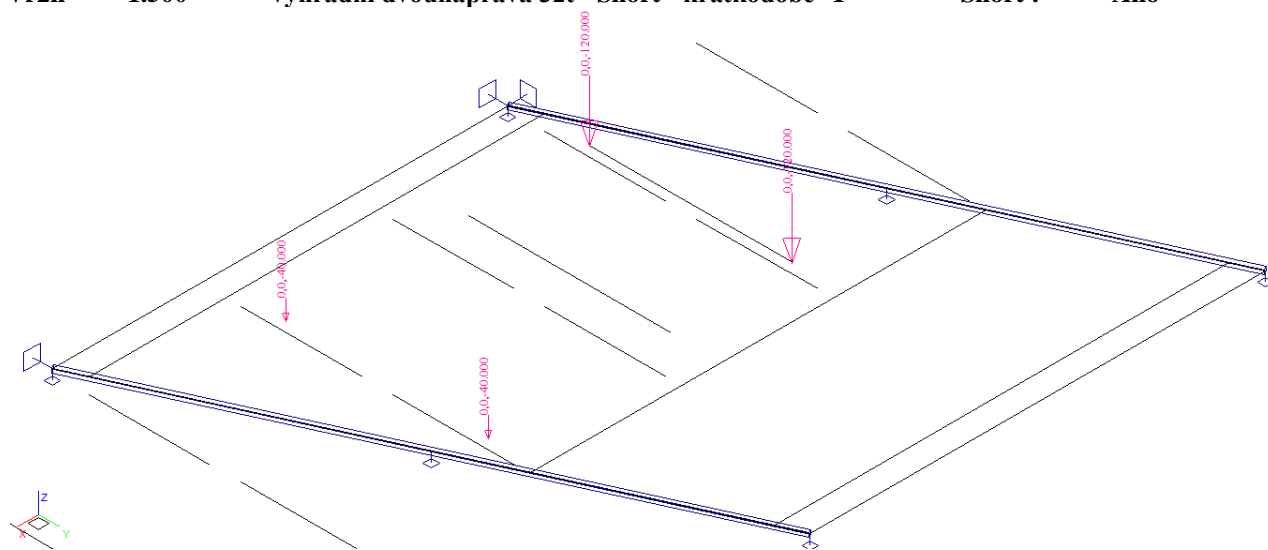
LM1_ 1.500 TS 48t + UDL 7.2kPa Short - krátkodobé 0 Short ! Ano



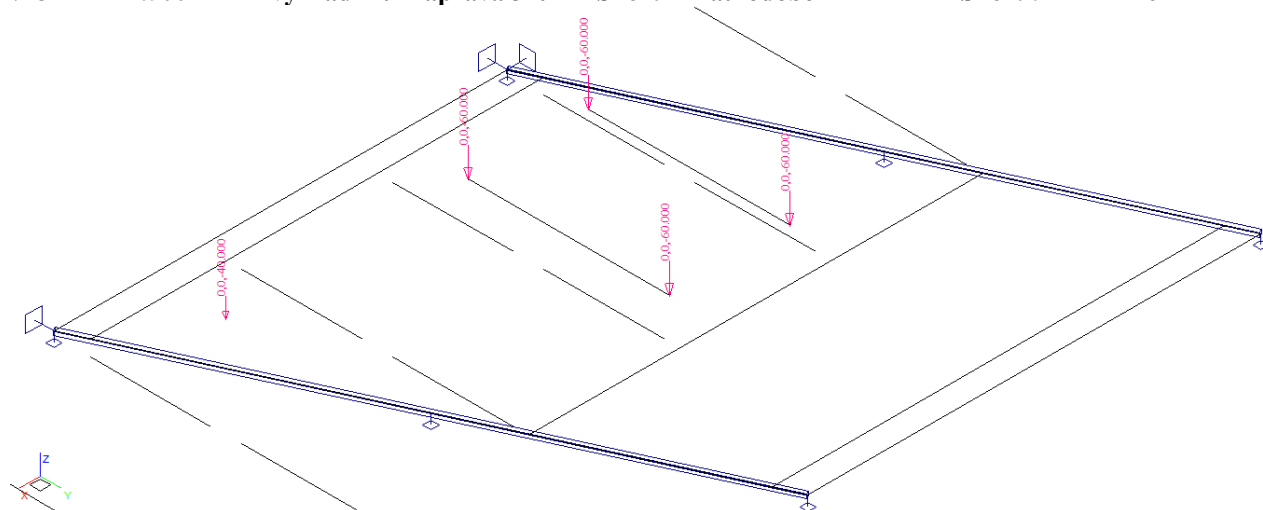
LM3_ 1.500 devítináprava 180t Short - krátkodobé 0 Short ! Ano



Vr2n 1.500 výhradní dvounáprava 32t Short - krátkodobé 1 Short ! Ano



Vr3n 1.500 výhradní třínáprava 32t Short - krátkodobé 2 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.

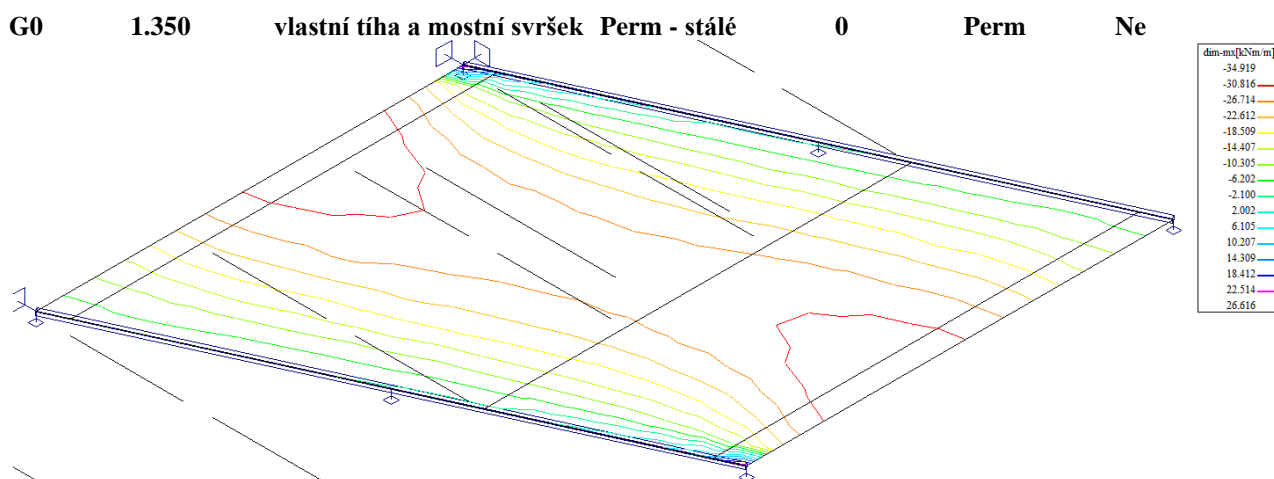
5.1. Rekapitulace vnitřních sil

Rekapitulace je provedena pouze pro vybrané vnitřní síly v rozhodujících profilech tak, aby bylo možné ověřit správnost superpozice. Ostatní vnitřní síly a polohy jsou zohledněny ve strojové superpozici. Průběh podélných momentů po desce v rozhodujících zatěžovacích stavech je přiložen dále. V tabulce jsou uvedeny hodnoty v kNm/m.

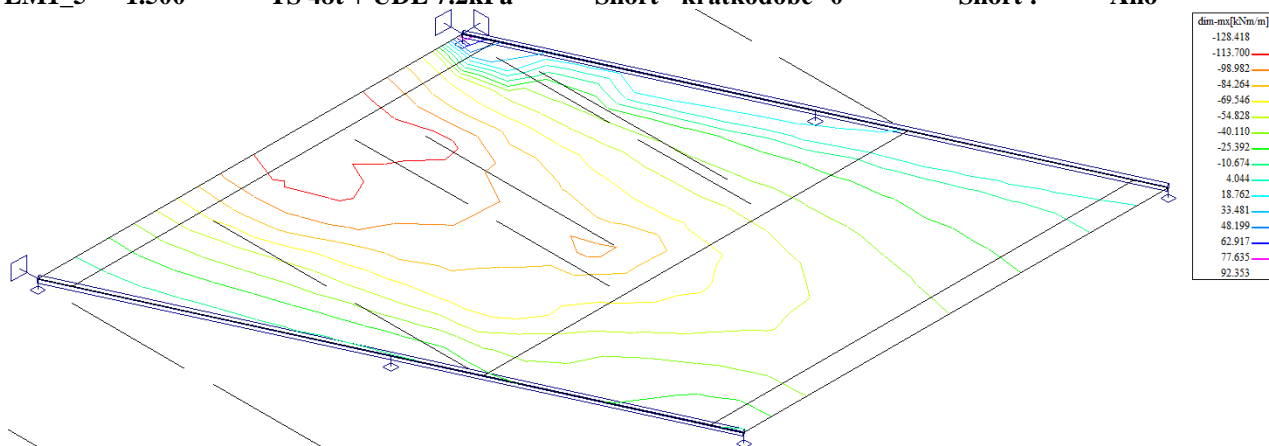
zat.stav	dim M_x v poli	γ_f	dim M_{xd} v poli
G stálé	35.0	1.35	47
LM1 TS 48t a UDL 7.2kPa	128.0	1.50	192
LM2 ld.náoprava 32t	104.0	1.50	156
LM3 devítinápřava 180t	93.0	1.50	140
Vr2n 32t	78.0	1.50	117
Vr3n 32t	56.0	1.50	84
Vr6n 120t	93.0	1.50	140

5.2. Průběh vnitřních sil

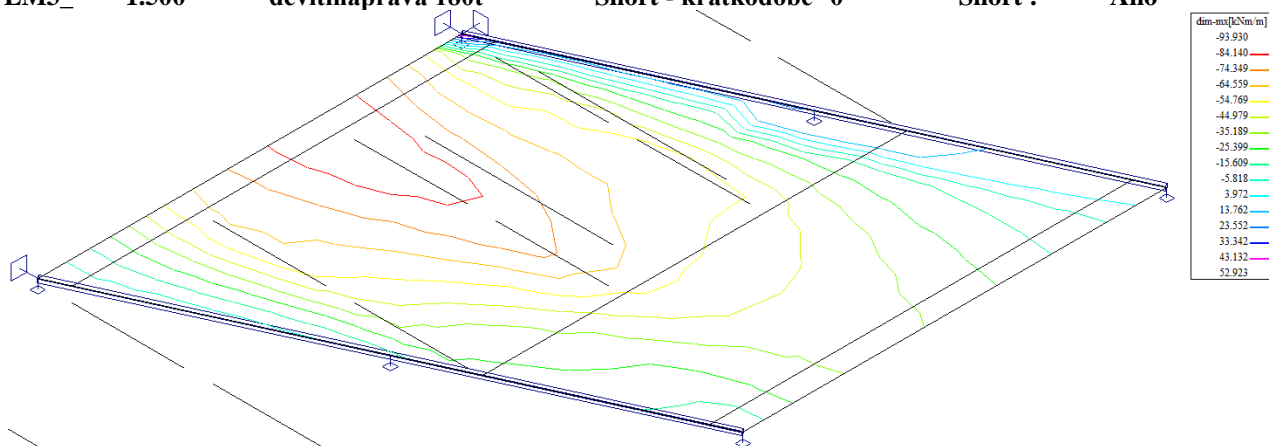
Přiloženy jsou pouze průběhy podélných dimenzačních ohybových momentů (charakteristické zatížení) v rozhodujících zatěžovacích stavech ve středu rozpětí desky. Ostatní vnitřní síly jsou zohledněny ve strojové superpozici.



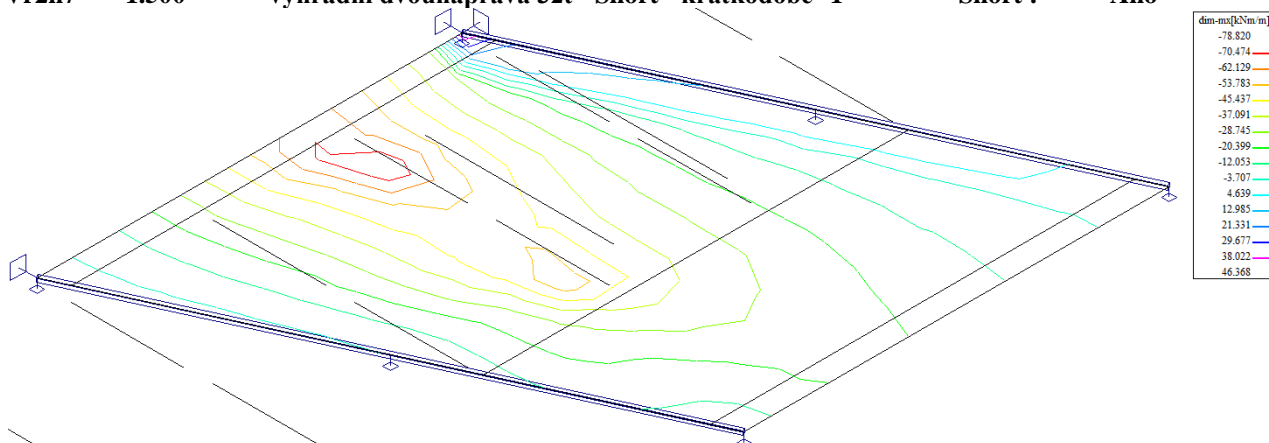
LM1_5 1.500 TS 48t + UDL 7.2kPa Short - krátkodobé 0 Short ! Ano



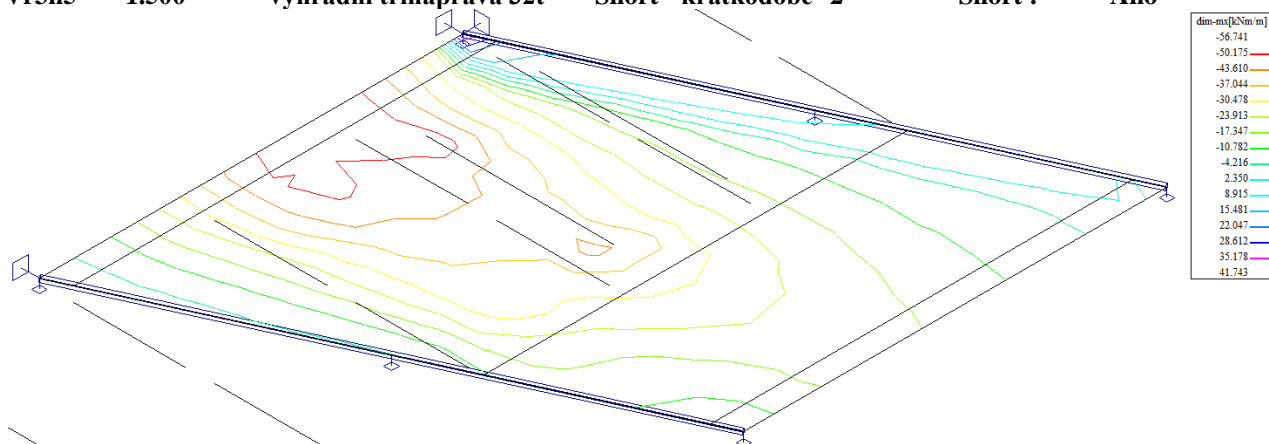
LM3_ 1.500 devítinápřava 180t Short - krátkodobé 0 Short ! Ano



Vr2n7 1.500 výhradní dvounápřava 32t Short - krátkodobé 1 Short ! Ano



Vr3n5 1.500 výhradní třínápřava 32t Short - krátkodobé 2 Short ! Ano



5.3. Superpozice zatěžovacích stavů

Superpozice je provedena strojovým výpočtem pro všechny vnitřní síly v konstrukci se zohledněním součinitelů zatížení. Zahrnutý je vliv vlastní tíhy nosné konstrukce, ostatního stálého zatížení a nahodilého zatížení podle následujícího schématu.

Výpis obalových křivek :

Jméno	ZS	Komentář
dimenzační	min/max	DIM0001, DIM0002, DIM0003, DIM0004, DIM0005, DIM0006, DIM0007, DIM0008, DIM0009, DIM0010, DIM0011, DIM0012, DIM0013
	DIM0001	1.35*G0
	DIM0002	1.35*G0+1.50*LM1_5
	DIM0003	1.35*G0+1.50*LM1_
	DIM0004	1.35*G0+1.50*LM1_7
	DIM0005	1.35*G0+1.50*LM1_2
	DIM0006	1.35*G0+1.50*LM1_4
	DIM0007	1.35*G0+1.50*LM1_1
	DIM0008	1.35*G0+1.50*LM1_6
	DIM0009	1.35*G0+1.50*LM3_
	DIM0010	1.35*G0+1.50*LM1_10
	DIM0011	1.35*G0+1.50*LM1_8
	DIM0012	1.35*G0+1.50*LM3_1
	DIM0013	1.35*G0+1.50*LM1_3

Výsledky výpočtu - vnitřní síly, celkové extrémy na dílcích

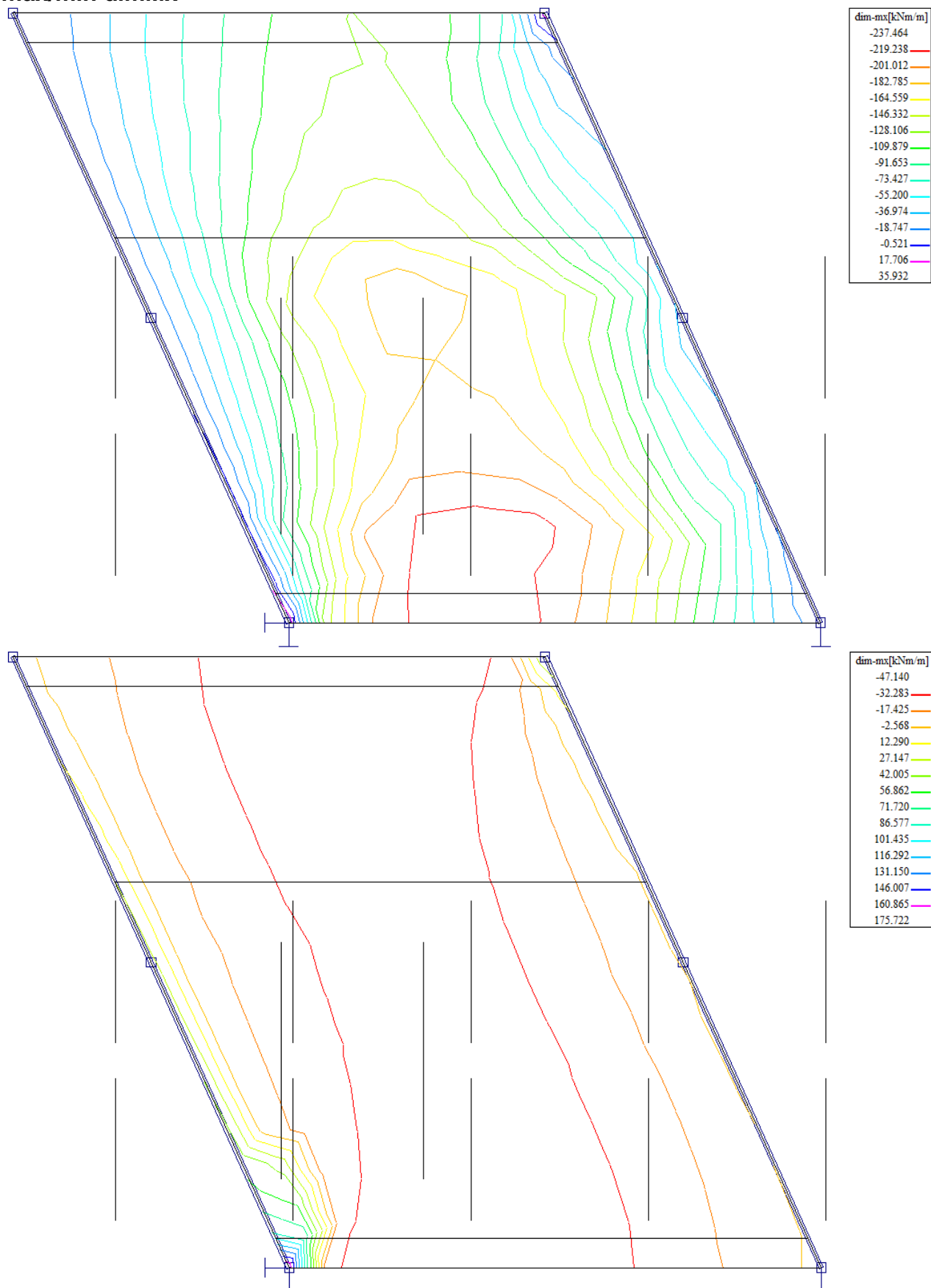
Vnitřní síly vypsány pro :	vybrané výsledky
osy veličiny	lokální
mx, my, mxy, dim-mx, dim-my	[kNm/m] ohybové momenty v lokálních osách
qx, qy	[kN/m] smykové síly v lokálních osách

Extrémy pro výsledek : 57 - dimenzační Obal. křivka stand.

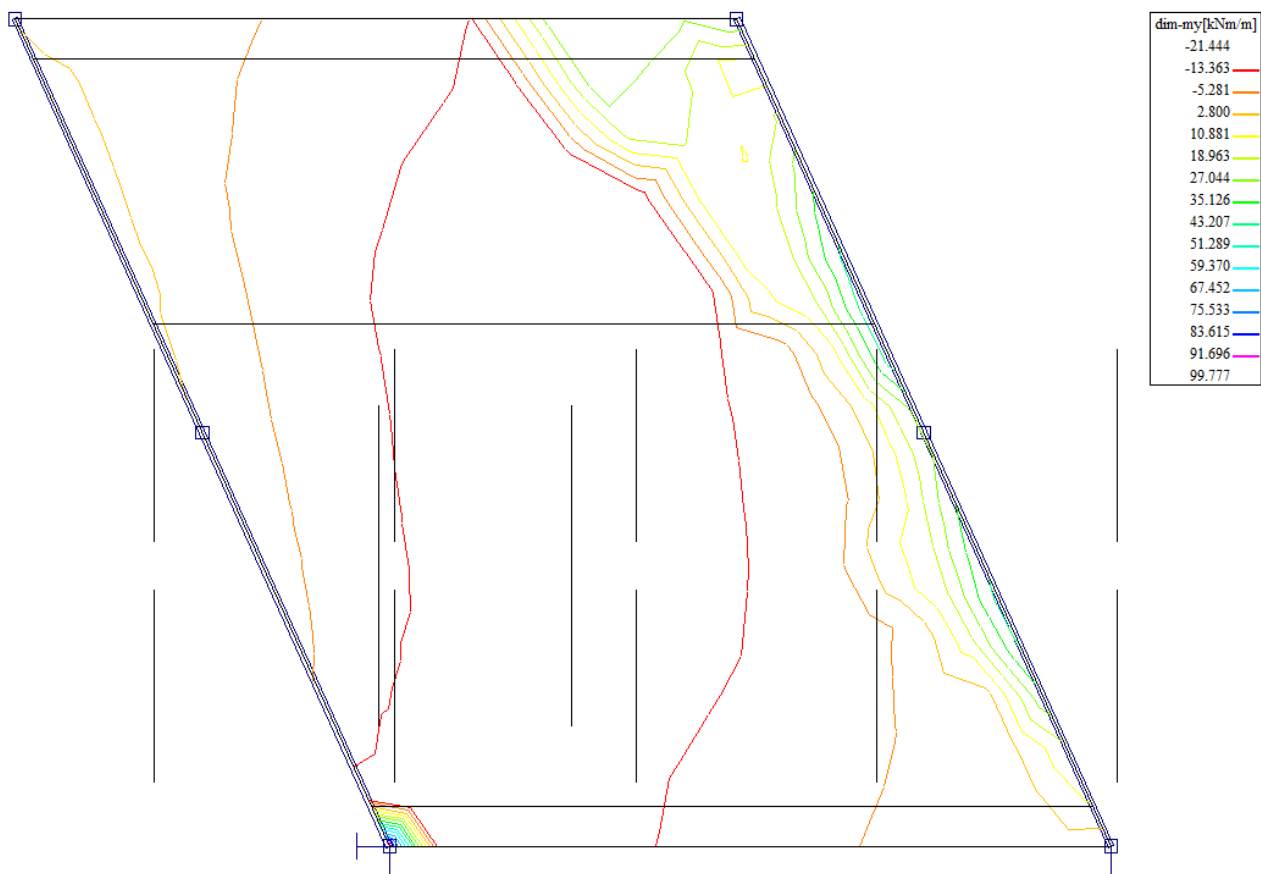
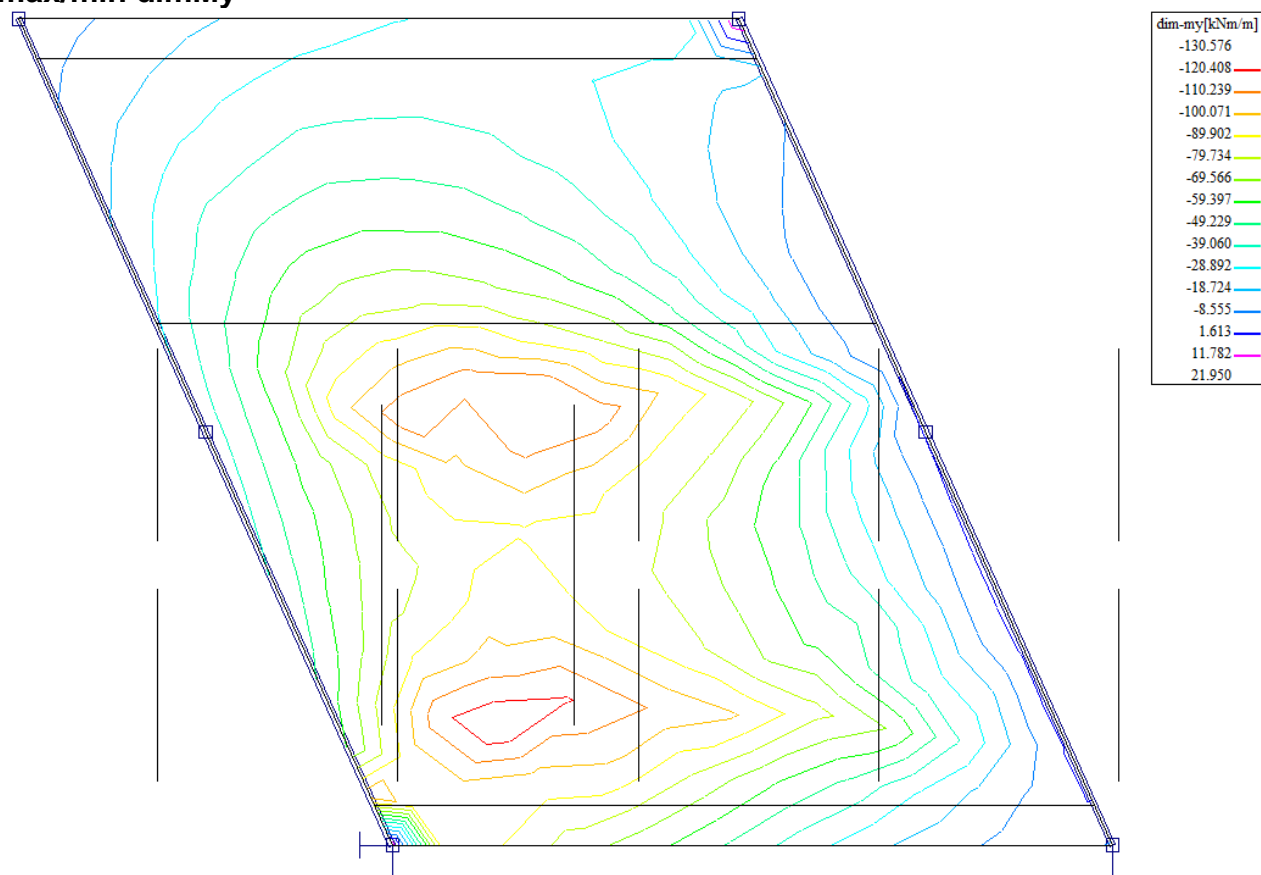
Typ obalové křivky : min/max

ID plochy	Uzel	Poloha [m]	dim-mx [kNm/m]	dim-my [kNm/m]	qx [kN/m]	qy [kN/m]	
1	52	0.298, -2.135, 0.000	-237.464	-96.545	-44.250	-34.605	DIM0002
	57	-1.081, -2.575, 0.000	175.722	99.200	-175.255	-218.244	DIM0008
	63	-0.417, -1.839, 0.000	-204.574	-130.576	-98.985	-26.084	DIM0013
	57	-1.081, -2.575, 0.000	174.461	99.777	-197.743	-220.778	DIM0002
	56	-0.759, -2.575, 0.000	-134.588	-93.348	-262.973	-108.339	DIM0013
	43	2.179, 0.151, 0.000	-17.011	25.408	249.491	80.137	DIM0004
	57	-1.081, -2.575, 0.000	174.461	99.777	-197.743	-220.778	DIM0002
	47	2.042, 0.454, 0.000	-36.789	46.913	226.894	142.036	DIM0004

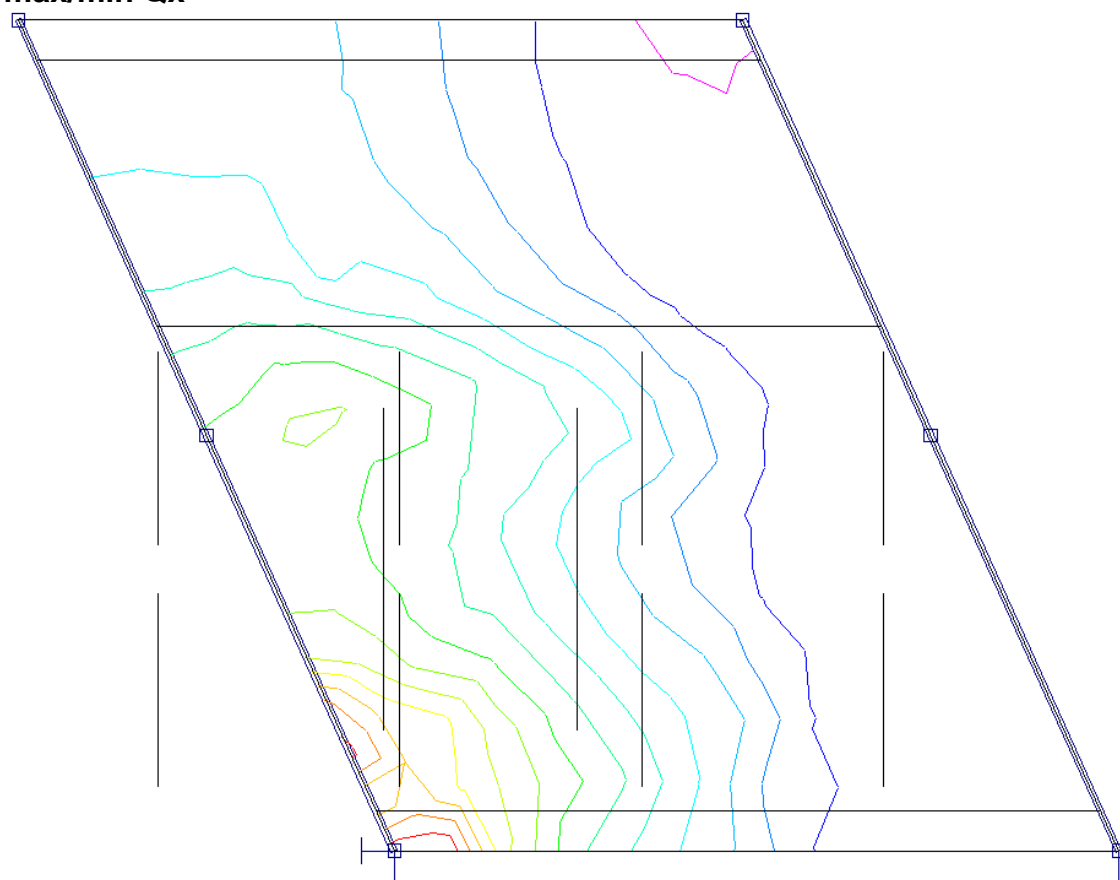
max/min dimMx



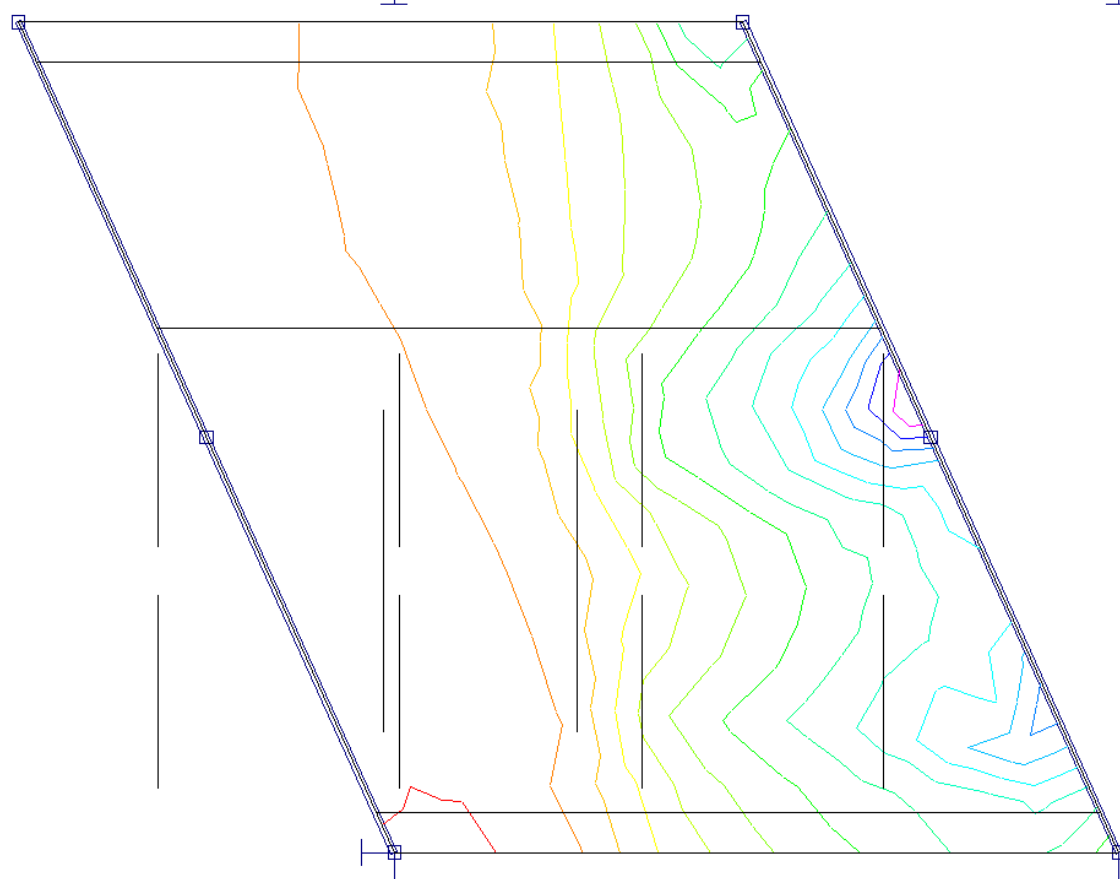
max/min dimMy



max/min Qx

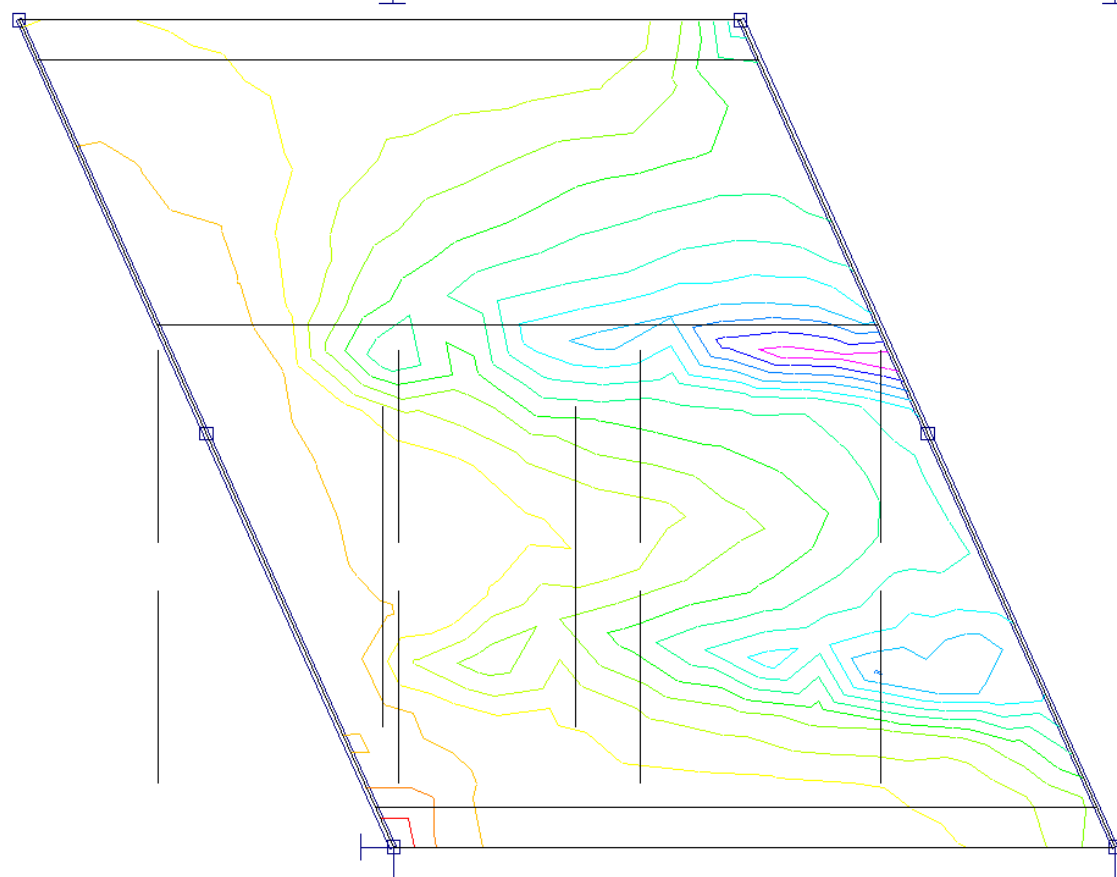
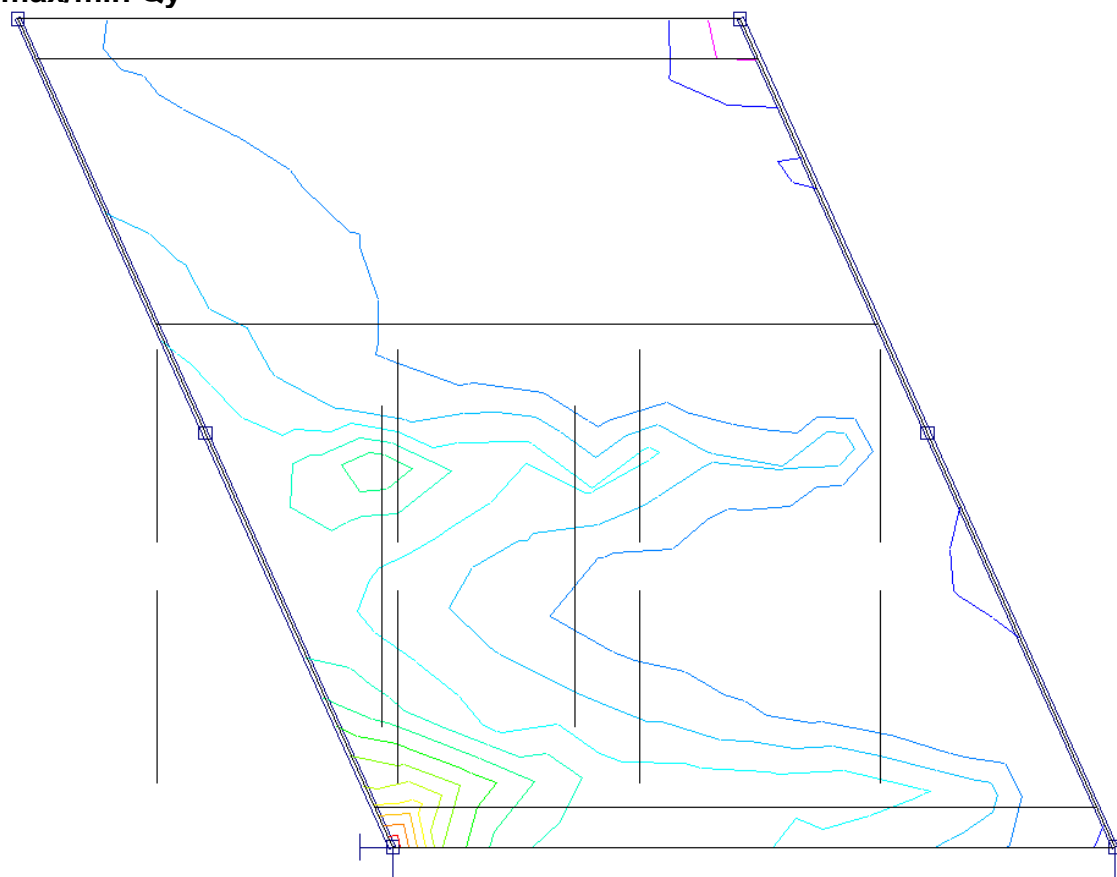


qx[kN/m]
-262.973
-242.078
-221.182
-200.287
-179.391
-158.496
-137.600
-116.705
-95.809
-74.914
-54.018
-33.122
-12.227
8.669
29.564
50.460

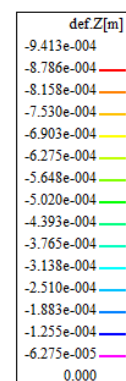
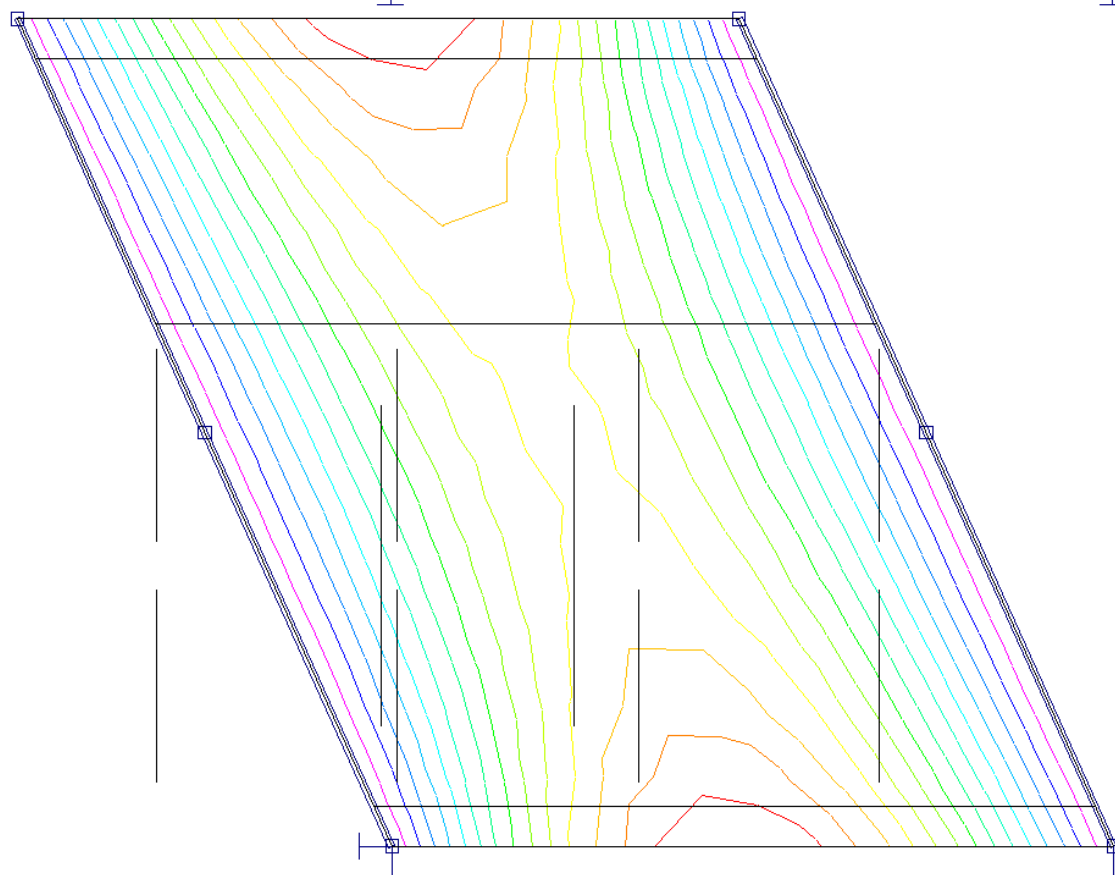
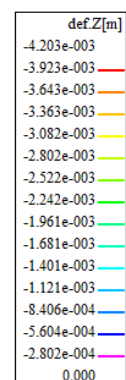
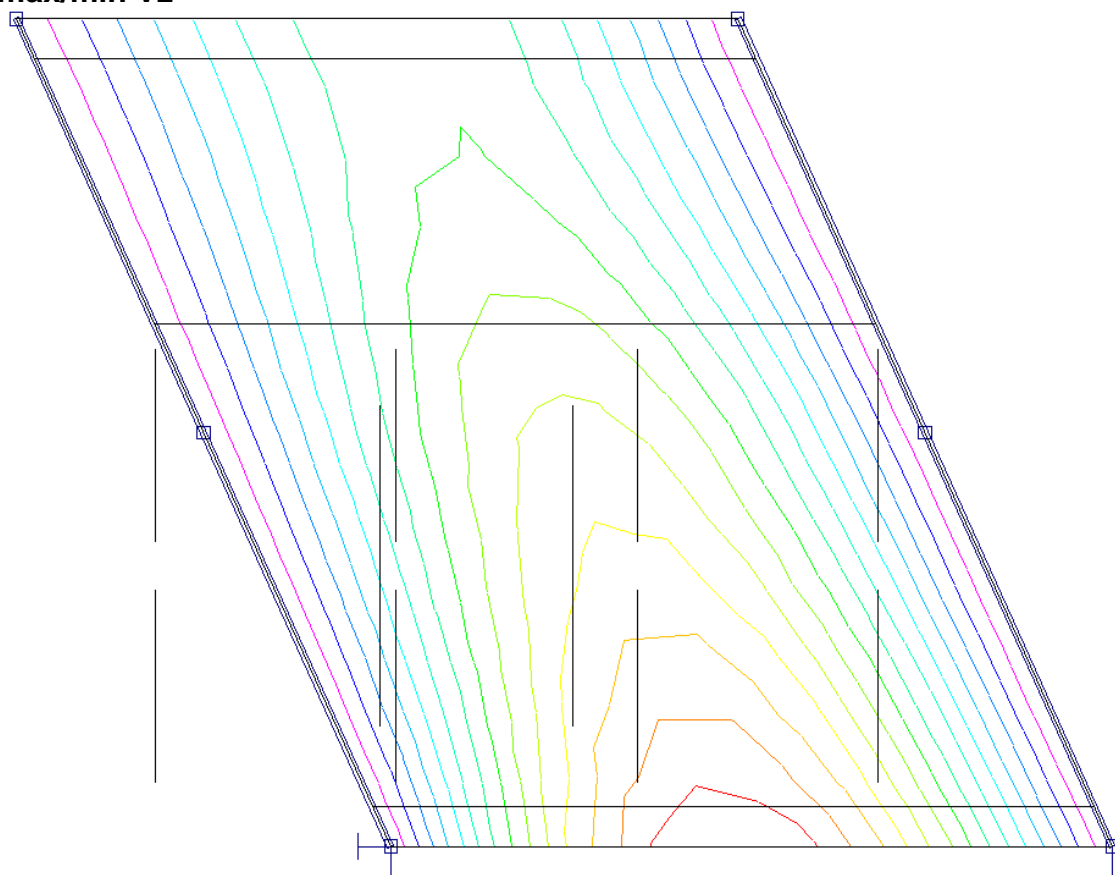


qx[kN/m]
-50.797
-30.778
-10.759
9.260
29.279
49.299
69.318
89.337
109.356
129.375
149.395
169.414
189.433
209.452
229.471
249.491

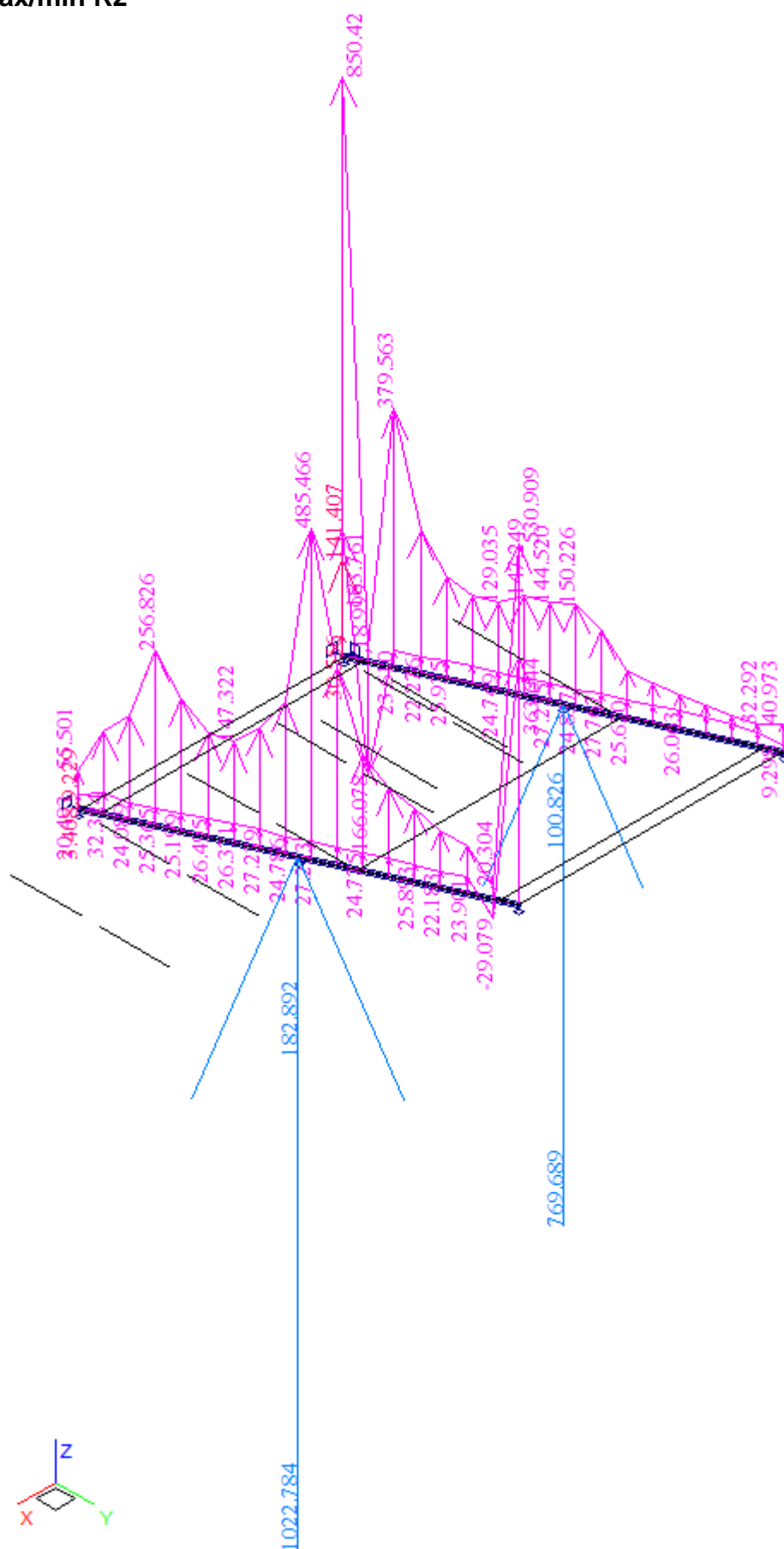
max/min Q_y



max/min Vz



max/min Rz



6. Deska mostovky

6.1. Posouzení na ohyb v MSU

Posouzení je provedeno na dimenzační momenty, které jsou převzaté ze strojové superpozice a zahrnují vliv kroucení podle vztahu:

$$\dim M_x = \text{sign}(m_{xx}) \cdot [\text{sign}(m_{xx}) + \text{abs}(m_{xy})]$$

$$\dim M_y = \text{sign}(m_{yy}) \cdot [\text{sign}(m_{yy}) + \text{abs}(m_{xy})]$$

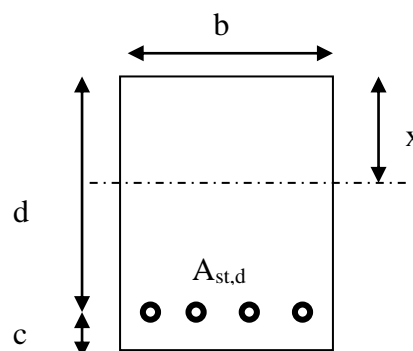
Návrh výztuže v železobetonovém průřezu je proveden v následující tabulce podle teorie mezních stavů:

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:

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

Dolní podélná výztuž uprostřed rozpětí na kraji

Namáhání		Návrh výztuže				
$M_{ed}[\text{MNm}] =$	0.237	$A_{st,d}$	9	ϕ	20	
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
$h[\text{m}] =$	0.300	$f_{ck}[\text{MPa}] =$	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
$d[\text{m}] =$	0.240					
Přímý návrh požadované plochy výztuže a posudky						
$A_{xmin-f}[\text{m}^2] =$	0.000362		$A_{xmin-\lambda}[\text{m}^2] =$	0.000312	mimimální plocha výztuže	
$x_{bal}[\text{m}] =$	0.148046	>	$x[\text{m}] =$	0.084515	omezení výšky tlačené oblasti	
$A_{st,req}[\text{m}^2] =$	0.002644	<	$A_{st,d}[\text{m}^2] =$	0.002827	ověření návrhové plochy výztuže	
$\mu_{min}[\%] =$	0.15	<	$\mu[\%] =$	1.18	<	$\mu_{max}[\%] =$ 1.60
Moment únosnosti						
$x[\text{m}] =$	0.090391		$M_{Rd}[\text{MNm}] =$	0.251	>	$M_{ed}[\text{MNm}] =$ 0.237

Horní podélná výztuž v rohu

Namáhání			Návrh výztuže					
$M_{ed}[MNm]=$	0.175		$A_{st.d}$	6	ϕ	20		
Beton-průřez		Materiálové charakteristiky betonu a oceli						
$b[m]=$	1.000	$f_{ctm}[MPa]=$	2.9	$f_{yk}[MPa]=$	500	$\varepsilon_{cu}=$	0.0035	
$h[m]=$	0.300	$f_{ck}[MPa]=$	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	
$d[m]=$	0.240							
Přímý návrh požadované plochy výztuže a posudky								
$A_{xmin-f}[m^2]=$	0.000362		$A_{xmin-\mu}[m^2]=$	0.000312		mimimální plocha výztuže		
$x_{bal}[m]=$	0.148046	>	$x[m]=$	0.059519		omezení výšky tlačené oblasti		
$A_{st.req}[m^2]=$	0.001862	<	$A_{st.d}[m^2]=$	0.001885		ověření návrhové plochy výztuže		
$\mu_{min}[\%]=$	0.15	<	$\mu[\%]=$	0.79	<	$\mu_{max}[\%]=$	1.60	
Moment únosnosti								
$x[m]=$	0.060261		$M_{Rd}[MNm]=$	0.177	>	$M_{ed}[MNm]=$	0.175	

Dolní příčná výztuž v poli

Namáhání			Návrh výztuže					
$M_{ed}[MNm]=$	0.130		$A_{st.d}$	7	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	
$h[m]=$	0.300	$f_{ck}[MPa]=$	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	
$d[m]=$	0.240							
Přímý návrh požadované plochy výztuže a posudky								
$A_{xmin-f}[m^2]=$	0.000362		$A_{xmin-\mu}[m^2]=$	0.000312		mimimální plocha výztuže		
$x_{bal}[m]=$	0.148046	>	$x[m]=$	0.042895		omezení výšky tlačené oblasti		
$A_{st.req}[m^2]=$	0.001342	<	$A_{st.d}[m^2]=$	0.001407		ověření návrhové plochy výztuže		
$\mu_{min}[\%]=$	0.15	<	$\mu[\%]=$	0.59	<	$\mu_{max}[\%]=$	1.60	
Moment únosnosti								
$x[m]=$	0.044995		$M_{Rd}[MNm]=$	0.136	>	$M_{ed}[MNm]=$	0.130	

Horní příčná výztuž v poli

Namáhání			Návrh výztuže					
$M_{ed}[MNm]=$	0.043		$A_{st,d}$	7	ϕ	12		
Beton-průřez		Materiálové charakteristiky betonu a oceli						
$b[m]=$	1.000	$f_{ctm}[MPa]=$	2.9	$f_{yk}[MPa]=$	500	$\varepsilon_{cu}=$	0.0035	
$h[m]=$	0.300	$f_{ck}[MPa]=$	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	
$d[m]=$	0.240							
Přímý návrh požadované plochy výztuže a posudky								
$A_{xmin-f}[m^2]=$	0.000362		$A_{xmin-\mu}[m^2]=$	0.000312		mimimální plocha výztuže		
$x_{bal}[m]=$	0.148046	>	$x[m]=$	0.013477		omezení výšky tlačené oblasti		
$A_{st,req}[m^2]=$	0.000422	<	$A_{st,d}[m^2]=$	0.000792		ověření návrhové plochy výztuže		
$\mu_{min}[\%]=$	0.15	<	$\mu[\%]=$	0.33	<	$\mu_{max}[\%]=$	1.60	
Moment únosnosti								
$x[m]=$	0.025310		$M_{Rd}[MNm]=$	0.079	>	$M_{ed}[MNm]=$	0.043	

Horní příčná výztuž v rozích

Namáhání			Návrh výztuže					
$M_{ed}[MNm]=$	0.099		$A_{st,d}$	7	ϕ	14		
Beton-průřez		Materiálové charakteristiky betonu a oceli						
$b[m]=$	1.000	$f_{ctm}[MPa]=$	2.9	$f_{yk}[MPa]=$	500	$\varepsilon_{cu}=$	0.0035	
$h[m]=$	0.350	$f_{ck}[MPa]=$	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	
$d[m]=$	0.290							
Přímý návrh požadované plochy výztuže a posudky								
$A_{xmin-f}[m^2]=$	0.000437		$A_{xmin-\mu}[m^2]=$	0.000377		mimimální plocha výztuže		
$x_{bal}[m]=$	0.178889	>	$x[m]=$	0.026036		omezení výšky tlačené oblasti		
$A_{st,req}[m^2]=$	0.000814	<	$A_{st,d}[m^2]=$	0.001078		ověření návrhové plochy výztuže		
$\mu_{min}[\%]=$	0.15	<	$\mu[\%]=$	0.37	<	$\mu_{max}[\%]=$	1.60	
Moment únosnosti								
$x[m]=$	0.034449		$M_{Rd}[MNm]=$	0.129	>	$M_{ed}[MNm]=$	0.099	

6.2. Posouzení na smyk

Návrh smykové výztuže je proveden na redukovanou výslednou smykovou sílu (neuvažují lokální extrém, ale izolínii v linii líce opěry) ze strojové superpozice:

$$Q_{dim-extrém} = \sqrt{q_x^2 + q_y^2} = \sqrt{262^2 + 108^2} = 283 \text{ kNm/m}$$

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

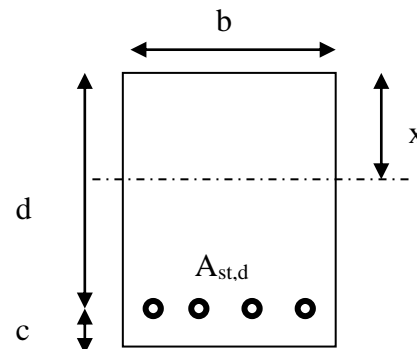
$$V_{Rd,s} = A_{sw}/s \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta \quad (\theta = 22 - 45^\circ)$$

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

šikmá výztuž

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

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



Extrém v rohu

Namáhání		Ohybová výztuž							
V _{ed} [MN]=	0.283	3	φ	20			A _{st,d} [m²]=	0.000942	
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]=	0.300	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} =	1.91
d[m]=	0.240	x[m]=	0.030	σ _{cp} [Mpa]=	0	α _{cw} =	1.000	k=	1.91
Beton									
V _{Rd,cl} [MN]=	0.125	>	V _{Rd,c,min} [MN]=	0.088	V _{Rd} [MN]=	0.125	nutná smyková výztuž		
Třmínky		3	φ	6	s[m]=	0.33	A _{swl} [m²]=	0.000085	
V _{Rd,sl} [MN]=	0.025	<	V _{Rd,maxl} [MN]=	1.023	V _{Rd} [MN]=	0.151	nutné ohyby		
Ohyby		3	φ	20	s[m]=	0.50	A _{swl} [m²]=	0.000942	
V _{Rd,sl} [MN]=	0.318	<	V _{Rd,maxl} [MN]=	0.512	V _{Rd} [MN]=	0.469	vyhovuje		

6.4. Omezení trhlin a napětí

Výpočet je proveden na momenty ze strojového výpočtu charakteristického zatížení.

$$M_{char} = 35 + 128 = 163 \text{ kNm/m}$$

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

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

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

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

Dolní podélná výztuž uprostřed rozpětí v poli

$M_{char}[\text{MNm}] = 0.163$	$A_s[\text{m}^2] = 9$	$\phi = 20$	$A_s[\text{m}^2] = 0.002827$	$\sigma_s[\text{Mpa}] = 283$
$b[\text{m}] = 1.000$	$f_{ct, eff}[\text{MPa}] = 2.9$	$f_{yk}[\text{MPa}] = 500$	$x[\text{m}] = 0.090391$	$k_t = 0.600$
$h[\text{m}] = 0.300$	$f_{ck}[\text{MPa}] = 30.0$	$f_{yd}[\text{MPa}] = 435$	$\lambda = 0.800$	$k_1 = 0.800$
$c[\text{m}] = 0.060$	$f_{cd}[\text{MPa}] = 17.0$	$\varepsilon_{cu} = 0.0035$	$\eta = 1.000$	$k_2 = 0.500$
$d[\text{m}] = 0.240$	$E_{cm}[\text{Mpa}] = 36000$	$E_s[\text{Mpa}] = 200000$	$\alpha_e = 5.556$	$k_3 = 3.400$
$h_{c, eff}[\text{m}] = 0.070$	$A_p[\text{m}^2] = 0$	$\phi = 15.5$	$A_p[\text{m}^2] = 0.000000$	$k_4 = 0.425$
$A_{c, eff}[\text{m}^2] = 0.070$	$\xi = 0.500$	$\xi_1 = 0.803$	$\rho_{p, eff} = 0.040467$	$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0.001$
$s_{r, max}[\text{mm}] = 84$	$w_k[\text{mm}] = 0.10$	$<$	$w_{lim}[\text{mm}] = 0.3$	
$k_c = 0.600$	$k_y = 0.800$			
$\sigma_s[\text{Mpa}] = 283$	$<$	400	$\sigma_c[\text{Mpa}] = 11.058$	$<$

6.5. Posouzení průhybů

Průhyby uprostřed rozpětí na kraji konstrukce u pracovní spáry jsou:

$$v_{max} = 4.2 \text{ mm} < v_{lim} = \frac{4496}{300} = 15.0 \text{ mm}$$

6.6. Posouzení na únavu

Posudek je proveden na namáhání od charakteristického zatížení bez součinitele zatížení. Zatížení na únavu uvažují s ohledem na malou intenzitu provozu těžkých vozidel 60% LM1. Uvažují nejnamáhavější profil u chodníku.

$$M_{equ-min} = 35 \text{ kNm/m}$$

$$M_{equ-max} = 35 + 128 \cdot 0.6 = 111 \text{ kNm/m}$$

Únava betonu:

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

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

$$s_{cement_tř.R} = 0.2 \quad s_{cement_tř.N} = 0.25 \quad s_{cement_tř.N} = 0.38$$

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

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

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

Únava betonářské oceli

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

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

Podhled desky uprostřed rozpětí v podélném směru

$M_{equ,max} [\text{MNm}] =$	0.111	$M_{equ,min} [\text{MNm}] =$	0.035		9	ϕ	20
Materiálové a průřezové charakteristiky betonu a oceli						$A_{st,d} [\text{m}^2] =$	0.002827
$b [\text{m}] =$	1.000	$f_{ctm} [\text{MPa}] =$	2.9	$f_{yk} [\text{MPa}] =$	500	$\lambda =$	0.800
$h [\text{m}] =$	0.300	$f_{ck} [\text{MPa}] =$	30.0	$f_{yd} [\text{MPa}] =$	435	$\eta =$	1.000
$c [\text{m}] =$	0.060	$f_{cd} [\text{MPa}] =$	17.0				
$d [\text{m}] =$	0.240					$x [\text{m}] =$	0.090
Beton:		$\sigma_{cd,max} [\text{MPa}] =$	7.5	$\sigma_{cd,min} [\text{MPa}] =$	2.4	$\beta_{cc} =$	1.099
$s =$	0.20	$t [\text{dny}] =$	100	$k_1 =$	0.85	$f_{cd,fat} [\text{MPa}] =$	14.0
podmínka 1	0.89	<	1.00			vyhovuje	
podmínka 2	0.54	<	0.58	<	0.8	vyhovuje	
Ocel:		$\sigma_{s,max} [\text{MPa}] =$	193	$\sigma_{s,min} [\text{MPa}] =$	61		
$\gamma_{F,fat} =$	1.00	$\gamma_{s,fat} =$	1.00	$\Delta \sigma_{RSK} [\text{MPa}] =$	162.5		
podmínka:	132	<	163			vyhovuje	

7. Spodní stavba

7.1. Stěna opěry

Stěna opěry je navržena na maximální možný tlak za opěrou, resp. na únosnost zeminy v pasivním tlaku za předpokladu kvalitního provedení dna (dostatečný rozpěrný účinek). Tento předpoklad v sobě zahrnuje nejen klidový tlak zeminy zásypu ale i přitížení povrchu předpolí a roznesené brzděné síly. Výztuž je navržena podle stejných vztahů, jako deska mostovky, na straně bezpečnosti jsou zanedbány normálové síly od reakcí.

Výpočet namáhání je proveden na modelu prostého nosníku na svislo (rozpětí odpovídá průměrné výšce opěry) zatíženém ve vodorovném směru výslednicí pasivního odporu.

$$q_{\text{pasivní dolní}} = 20 \cdot 2.0 \cdot tg^2 \left(45 + \frac{30}{2} \right) = 120 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{\text{pasivní celkem}} = 120 \cdot 2.0 \cdot \frac{1}{2} = 120 \text{ kN/m}$$

$$R_{\text{pasivní tlak dolní}} = \frac{120 \cdot 1.333}{2.0} = 80 \text{ kN/m}$$

$$R_{\text{pasivní tlak horní}} = \frac{120 \cdot 0.666}{2.0} = 40 \text{ kN/m}$$

$$M_{\text{stěna}} = 80 \cdot 0.666 = 53 \text{ kNm/m}$$

$$Q_{\text{stěna d}} = 120 \text{ kN/m}$$

Vnitřní svislá výztuž stěny opěry

Ohybová výztuž

Namáhání			Návrh výztuže					
M _{ed} [MNm]=	0.080		A _{st,d}	6	ϕ	12		
Beton-průřez		Materiálové charakteristiky betonu a oceli						
b[m]=	1.000	f _{ctm} [MPa]=	2.9	f _{yk} [MPa]=	500	ε _{cu} =	0.0035	
h[m]=	0.500	f _{ck} [MPa]=	30.0	f _{yd} [MPa]=	435	λ=	0.800	
c[m]=	0.070	f _{cd} [MPa]=	17.0	E _s [Mpa]=	200000	η=	1.000	
d[m]=	0.430							
Přímý návrh požadované plochy výztuže a posudky								
A _{xmin-f} [m ²]=	0.000648		A _{xmin-μ} [m ²]=	0.000559	mimimální plocha výztuže			
x _{bal} [m]=	0.265249	>	x[m]=	0.013771	omezení výšky tlačené oblasti			
A _{st.req} [m ²]=	0.000431	<	A _{st,d} [m ²]=	0.000679	ověření návrhové plochy výztuže			
μ _{minx} [%]=	0.15	<	μ[%]=	0.16	<	μ _{max} [%]=	1.60	
Moment únosnosti								
x[m]=	0.021694		M _{Rd} [MNm]=	0.124	>	M _{ed} [MNm]=	0.080	

Smyková výztuž

Namáhání		Ohybová výztuž							
V _{ed} [MN]=	0.120	6	φ	12			A _{st,d} [m²]=	0.000679	
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]=	0.022	σ _{cp} [Mpa]=	0	α _{cw} =	1.000	k=	1.68
Beton									
V _{Rd,cl} [MN]=	0.146	>	V _{Rd,min} [MN]=	0.139	V _{Rd} [MN]=	0.146	vyhovuje bez výztuže		
Třmínky		3	φ	6	s[m]=	0.33	A _{sw} [m²]=	0.000085	
V _{Rd,sl} [MN]=	0.047	<	V _{Rd,max} [MN]=	1.891	V _{Rd} [MN]=	0.193	vyhovuje bez ohybů		
Ohyby		0	φ	12	s[m]=	0.50	A _{sw} [m²]=	0.000000	
V _{Rd,sl} [MN]=	0.000	<	V _{Rd,max} [MN]=	0.945	V _{Rd} [MN]=	0.193	vyhovuje		

Omezení trhlin a napětí

$M_{char}[MNm]=$	0.053	$A_s[m^2]=$	6	ϕ	12	$A_s[m^2]=$	0.000679	$\sigma_s[MPa]=$	185
$b[m]=$	1.000	$f_{ct,eff}[MPa]=$	2.9	$f_{yk}[MPa]=$	500	$x[m]=$	0.021694	$k_t=$	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
$h_{c,eff}[m]=$	0.159	$A_p[m^2]=$	0	ϕ	15.5	$A_p[m^2]=$	0.000000	$k_4=$	0.425
$A_{c,eff}[m^2]=$	0.159	$\xi=$	0.500	$\xi_1=$	0.622	$\rho_{p,eff}=$	0.004256	$\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm}=$	-0.001
$s_{r,max}[mm]=$	480	$w_k[mm]=$	-0.56	<	$w_{lim}[mm]=$	0.3			
$k_c=$	0.600	$k_y=$	0.800						
$\sigma_s[MPa]=$	185	<	400		$\sigma_c[MPa]=$	7.24827	<	18	

Posouzení na únavu

$M_{\text{equ,max}}[\text{MNm}] =$	0.032	$M_{\text{equ,min}}[\text{MNm}] =$	0.000		6	ϕ	12
Materiálové a průřezové charakteristiky betonu a oceli						$A_{\text{st.d}}[\text{m}^2] =$	0.000679
$b[\text{m}] =$	1.000	$f_{\text{ctm}}[\text{MPa}] =$	2.9	$f_{\text{yk}}[\text{MPa}] =$	500	$\lambda =$	0.800
$h[\text{m}] =$	0.500	$f_{\text{ck}}[\text{MPa}] =$	30.0	$f_{\text{yd}}[\text{MPa}] =$	435	$\eta =$	1.000
$c[\text{m}] =$	0.070	$f_{\text{cd}}[\text{MPa}] =$	17.0				
$d[\text{m}] =$	0.430					$x[\text{m}] =$	0.022
Beton:		$\sigma_{\text{cd,max}}[\text{MPa}] =$	4.3	$\sigma_{\text{cd,min}}[\text{MPa}] =$	0.0	$\beta_{\text{cc}} =$	1.099
$s =$	0.20	$t[\text{dni}] =$	100	$k_1 =$	0.85	$f_{\text{cd,fat}}[\text{MPa}] =$	14.0
podmínka 1	0.74	<	1.00			vyhovuje	
podmínka 2	0.31	<	0.50	<	0.8	vyhovuje	
Ocel:		$\sigma_{\text{s,max}}[\text{MPa}] =$	111	$\sigma_{\text{s,min}}[\text{MPa}] =$	0		
$\gamma_{\text{F,fat}} =$	1.00	$\gamma_{\text{s,fat}} =$	1.00	$\Delta\sigma_{\text{RSKL}}[\text{MPa}] =$	162.5		
podmínka:	111	<	163			vyhovuje	

7.2. Vrubový kloub

Trny vrubového kloubu jsou navrženy na maximální brzdou sílu roznesenou na zatěžovací šířku.

$$H_{\text{brzdné}} = \frac{300}{3.0} = 100 \text{ kN/m}$$

$$F_{a \text{ trnů min}} = \frac{100}{285000 \cdot 0.8} = 0.000438 \text{ m}^2/\text{m}$$

Posouzení normálového napětí na dosedací ploše vrubového kloubu je provedeno na maximální reakci na kraji úložného prahu.

$$\sigma_{\text{dosedací plochy}} = \frac{0.850}{0.15} = 5.7 \text{ MPa} < f_{\text{md C30/37}} = 20 \text{ MPa}$$

Trny vrubového kloubu navrhuji konstruktivně v počtu min. 4 ϕ R20/m. Dosedací plocha vrubového kloubu vyhovuje šířky 15cm.

7.3. Základy

Namáhání v základové spáře za předpokladu rozepření opěr rozpěrákovou nosnou konstrukcí a pasivním odporem zeminy v korytě, resp. opevněním dna.

$$R_{\text{max-průměr}} = 400 \text{ kN/m}$$

$$G_{\text{opěry}} = (2.0 \cdot 0.5 + 1.1 \cdot 0.5) \cdot 25 = 38 \text{ kN/m}$$

$$\sigma_{\text{max-průměr}} = \frac{400 + 38}{1.4} = 312 \text{ kPa} < R_{d \text{ G3/S2}} = 450/350 \text{ kPa}$$

Namáhání základu je stanoveno na modelu konzoly s vyložení 1.5m. Výpočet je proveden na únosnost základové spáry 500kPa.

$$M_{\text{základ}} = \frac{1}{2} \cdot 500 \cdot 0.55^2 = 75 \text{ kNm/m}$$

$$F_{a \text{ základu min}} = \frac{75}{0.35 \cdot 285000} = 0.000752 \text{ m}^2/\text{m}$$

Spodní stavba vyhovuje za předpokladu výskytu základové půdy třídy alespoň G3 nebo S2. Výztuž základu navrhuji min. z 5 ϕ R14/m (případně ze 7 ϕ R12/m).

9. Závěr

Deska nosné konstrukce tl.300mm vyhovuje z betonu třídy C30/37 vyztuženého výztuží 10505(R) za předpokladů uvedených výše. Výztuž desky v jednotlivých směrech a profilech bude minimálně následující.

- Dolní podélná výztuž desky v poli $9\varnothing R20/m$
- Dolní příčná výztuž $7\varnothing R16/m$
- Horní podélná výztuž desky v tupých rozích $6\varnothing R20/m$
- Horní příčná výztuž desky $7\varnothing R12/m$
- Horní příčná výztuž desky v tupých rozích $7\varnothing R14/m$
- Smyková výztuž desky spony $9\varnothing R6/m^2$ a ohyby $3\varnothing R20/m$

Stěnové opěry výšky tl.500mm se symetricky umístěným základem šířky 1100mm tloušťky 450mm vyhovuje z betonu C30/37 vyztuženého výztuží 10505(R) za předpokladů uvedených výše. Výztuž spodní stavby v jednotlivých profilech bude minimálně následující.

- Svislá výztuž stěny u obou povrchů $6\varnothing R12/m$
- Dolní i horní příčná výztuž základu z $5\varnothing R14/m$
- Smyková výztuž stěny konstruktivně sponami $9\varnothing R6/m^2$
- Vodorovná výztuž stěny i základu u obou povrchů konstruktivně $6\varnothing R12/m$
- Trny vrubového kloubu konstruktivně $4\varnothing R20/m$

Výše uvedená výztuž vychází jako minimální staticky nutná a pro vyztužování bude upravena dle konstruktivních zásad.

Podélná výztuž desky bude kladena rovnoběžně s osou mostu (šíkmo na opěry) s dodržением kolmých roztečí (počtu prutů na metr), Příčná výztuž bude kladena rovnoběžně s osou uložení, přičemž rozteče prutů budou dodrženy ve směru osy mostu.

Založení bude provedeno na celkovou šířku základu min.110cm s podkladním betonem tl.20cm a stejnými přesahy přes okraj základu za předpokladu, že zemina v základové spáře bude alespoň třídy G3 nebo S2. Pokud tato předpoklady nebudou splněny, bude nutno provést roznášecí štěrkopískový polštář mocnosti dle kvality zeminy v základové spáře

Výztuž říms a kotvení bude provedeno v souladu s platnými vzorovými listy.

V Liberci, 11/2020
Vypracoval Ing.T.Humpal