

Název akce :

Smržovka, most M-26 u čerpací stanice RoBiN OIL

Investor:

Městský úřad Smržovka
náměstí T.G. Masaryka 600
468 51 Smržovka



Název části :

STAVEBNÍ ČÁST

Označení části :

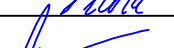
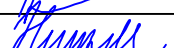
D

Název oddílu :

MOST PŘES SMRŽOVSKÝ POTOK

Označení oddílu :

SO 201 D.1

VANER s. r. o. PROJEKTOVÁ KANCELÁŘ	Vypracoval	TICHÁ KAROLÍNA		zak. číslo	23-03-030	
	Zodp. projektant	ING.J.VANER		datum	09/2023	
	Techn. kontrola	ING.T.HUMPAL		stupeň	DUSP/PDPS	
	Investor	MĚSTO SMRŽOVKA		měřítko	-	
	Adresa : V Horkách 101/1 460 07 Liberec 9 tel.: 485 152 532			Příloha : STATICKÝ VÝPOČET		č. přílohy: 6

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>	2
1.3.2.	<i>Návrhové materiálové charakteristiky.....</i>	2
2.	GEOMETRIE.....	4
2.1.	TVAR KONSTRUKCE	4
2.2.	MODEL NOSNÉ KONSTRUKCE	7
3.	ZATÍŽENÍ KONSTRUKCE.....	8
3.1.	STÁLÉ ZATÍŽENÍ.....	8
3.1.1.	<i>Vlastní tíha nosné konstrukce</i>	8
3.1.2.	<i>Ostatní stálá zatížení</i>	9
3.2.	NAHODILÁ ZATÍŽENÍ.....	9
3.2.1.	<i>Nahodilé zatížení sněhem</i>	9
3.2.2.	<i>Nahodilé zatížení větrem.....</i>	9
3.2.3.	<i>Nahodilé zatížení teplotou</i>	9
3.2.4.	<i>Nahodilé zatížení dopravou</i>	10
3.2.4.1.	<i>Rozdělení vozovky do zatěžovacích pruhů</i>	10
3.2.4.2.	<i>Model zatížení 1 (LM1)</i>	10
3.2.4.3.	<i>Model zatížení 2 (LM2)</i>	11
3.2.4.4.	<i>Model zatížení 3 (LM3)</i>	11
3.2.4.5.	<i>Model zatížení 4 (LM4 zatížení davem lidí)</i>	12
3.2.4.6.	<i>Brzdné a rozjezdové síly.....</i>	12
3.2.4.7.	<i>Odstředivé a jiné příčné síly.....</i>	12
3.2.4.8.	<i>Nahodilá zatížení na únavu</i>	12
4.	SESTAVENÉ ZATĚŽOVACÍ STAVY.....	13
5.	VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL.....	15
5.1.	REKAPITULACE VNITŘNÍCH SIL V DESCE	15
5.2.	PRŮBĚH VNITŘNÍCH SIL PO DESCE	15
5.3.	SUPERPOZICE ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ.....	17
6.	NÁVRH A POSOUZENÍ.....	21
6.1.	DESKA.....	21
6.1.1.	<i>Posouzení na ohyb.....</i>	21
6.1.2.	<i>Posouzení na smyk.....</i>	23
6.1.3.	<i>Omezení trhlin a napětí</i>	25
6.1.4.	<i>Posouzení na únavu</i>	26
6.1.5.	<i>Průhyby.....</i>	26
6.2.	ULOŽENÍ	27
6.3.	STOJKY RÁMU	28
6.4.	ZALOŽENÍ.....	28
7.	ZÁVĚR.....	29

1. Úvod

1.1. Všeobecně

Jedná se o most ve Smržovce u ČSPH RoBiN OIL na spojnici ulic Hlavní a Luční. Most převádí místní komunikaci přes Smržovský potok. Původní most je v rámci rekonstrukce nahrazen železobetonovou monolitickou deskou.

1.2. Popis konstrukce

Nová nosná konstrukce mostu je charakteru železobetonové monolitické šikmé přímo pojížděné desky konstantní tloušťky 300mm. Jedno mostní pole o šikmém rozpětí 2.951m, šikmost levá 77°. Šířka nosné konstrukce v kolmém je 3.3m. Bezřímsový mostní svršek tvoří přímo pojížděná izolace doplněná zábradlím.

Uložení mostu na vrubové klouby do rozpěrákové konstrukce. Opěry stěnové ze železobetonu plošně založené.

1.3. Předpoklady výpočtu

1.3.1. Obecné předpoklady výpočtu

Předpokládá se betonáž desky na skruži najednou celku bez vytváření pracovních spar společně s konzolami a koncovými příčnickami.

Model nosné konstrukce je vytvořen tak, aby co nejlépe odpovídal skutečnému působení a přitom dával dostatek relevantních hodnot pro návrh konstrukce. Jako model je použito deskových prvků.

1.3.2. Návrhové materiálové charakteristiky

Beton deky: C 30/37

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

$f_{cd}=a_{cc}*f_{ck}/\gamma_c$			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
$f_{cd}=a_{cc}*f_{ck}/\gamma_c=$	17.0 Mpa			
$f_{cd}=a_{cc}*f_{ck}/\gamma_c=$	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			

$E_b \text{ C } 30/37=36.625\text{GPa}$

Betonářská výztuž: 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.

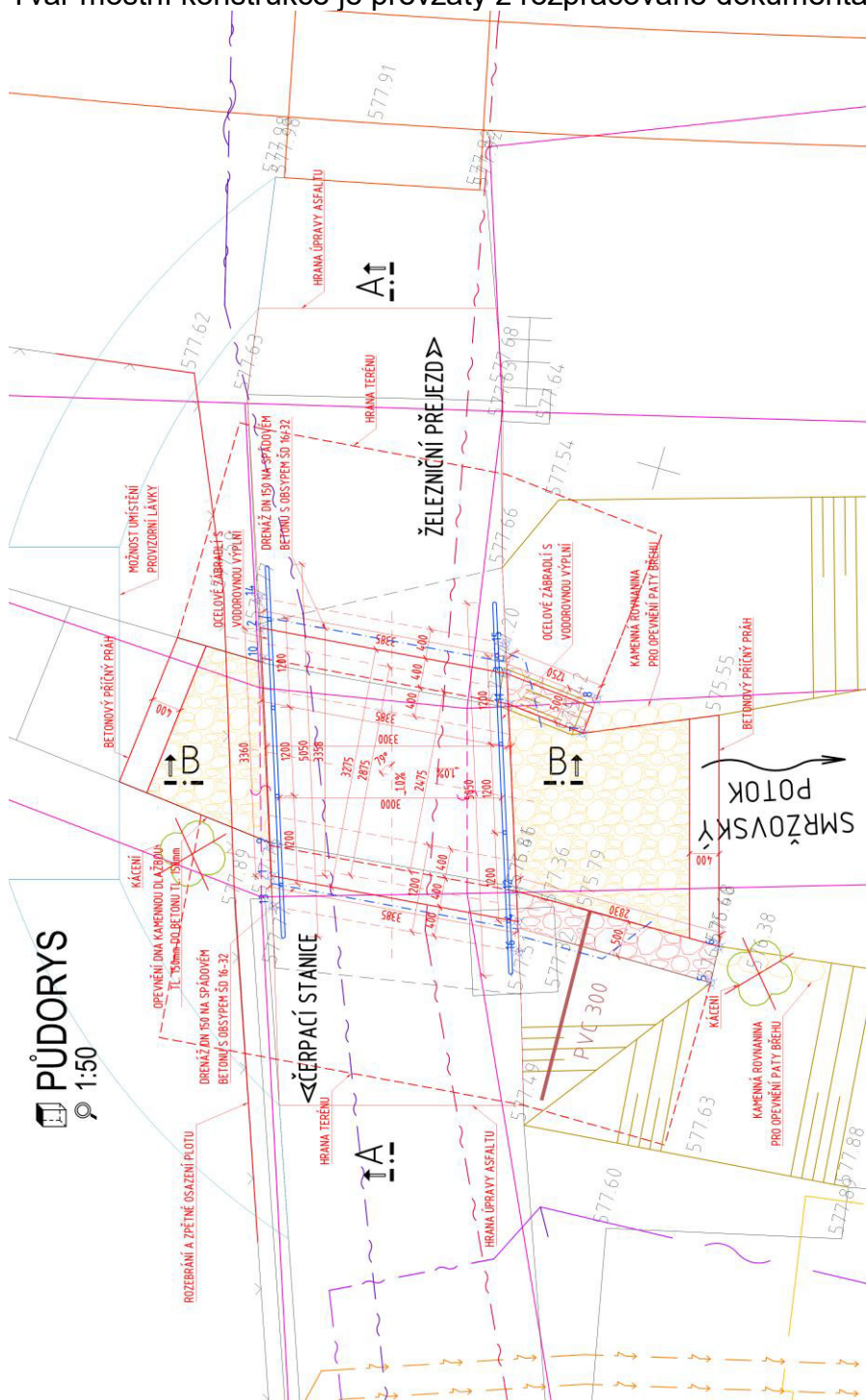
S 4			pozn.	základní třída konstrukce životnost 50 let
+2 třídy	2		EN 1992-1-1, 4.4.1.2, tab 3.4N	návrhová životnost 100 let
-1 třídy	-1		EN 1992-1-1, 4.4.1.2, tab 3.4N	zajištění zvláštní kontroly kvality výroby betonu
S 5				výsledná třída konstrukce
$c_{min,dur}= 40$	mm		EN 1992-1-1, 4.4.1.2, tab 4.4N	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, $D_{max} < 32\text{mm} \rightarrow \emptyset_p$ ak $D_{max} > 32\text{mm} \rightarrow \emptyset_p + 5\text{mm}$
$\Delta c_{dur,\gamma}= 0$	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
$c_{min}=\max\{c_{min,b}; c_{min,dur}+\Delta c_{dur,\gamma}-\Delta c_{dur,st}-\Delta c_{dur,add}; 10\text{mm}\}$				
$c_{min}= 40$	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 přiložených schémat. Vstupní i výstupní 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 s odstupňovanou tloušťkou konzol doplněná prutovými prvky koncových příčníků.

2.1. Tvar konstrukce

Tvar mostní konstrukce je převzatý z rozpracované dokumentace.

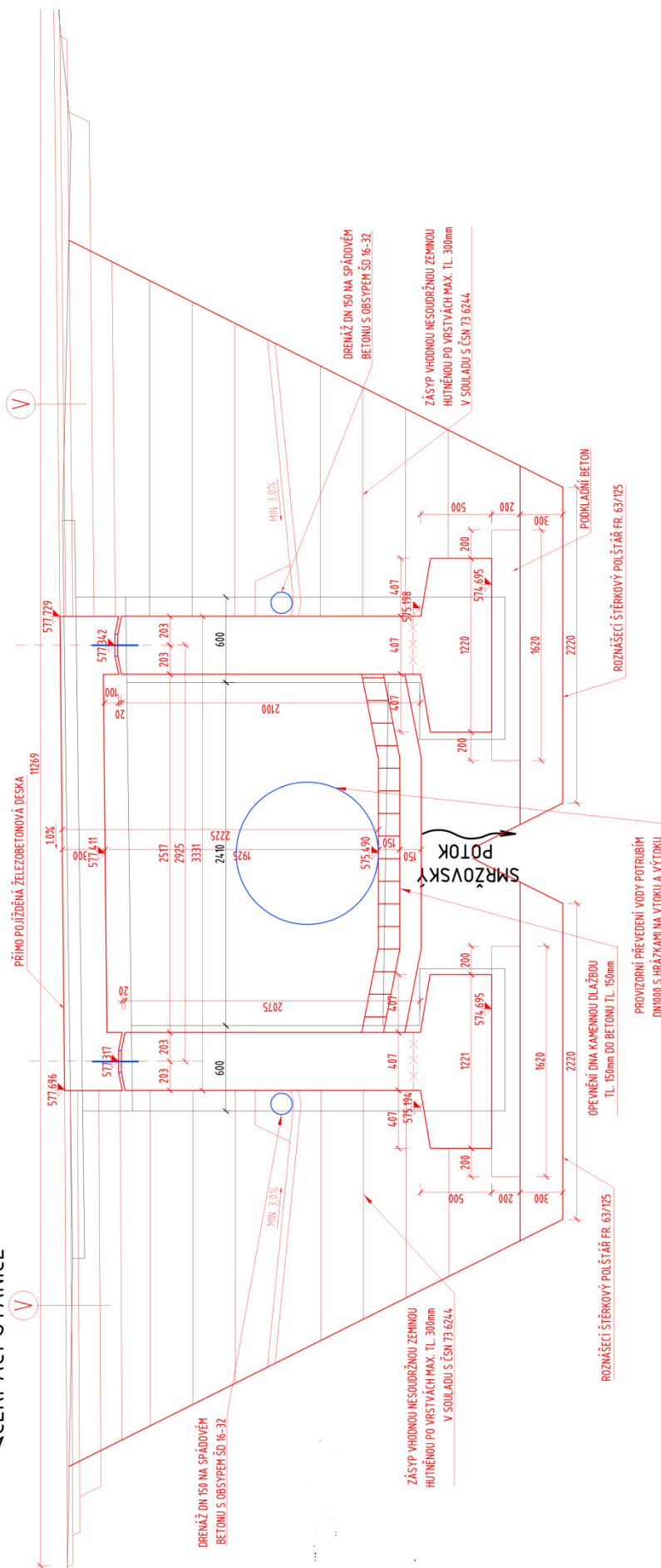


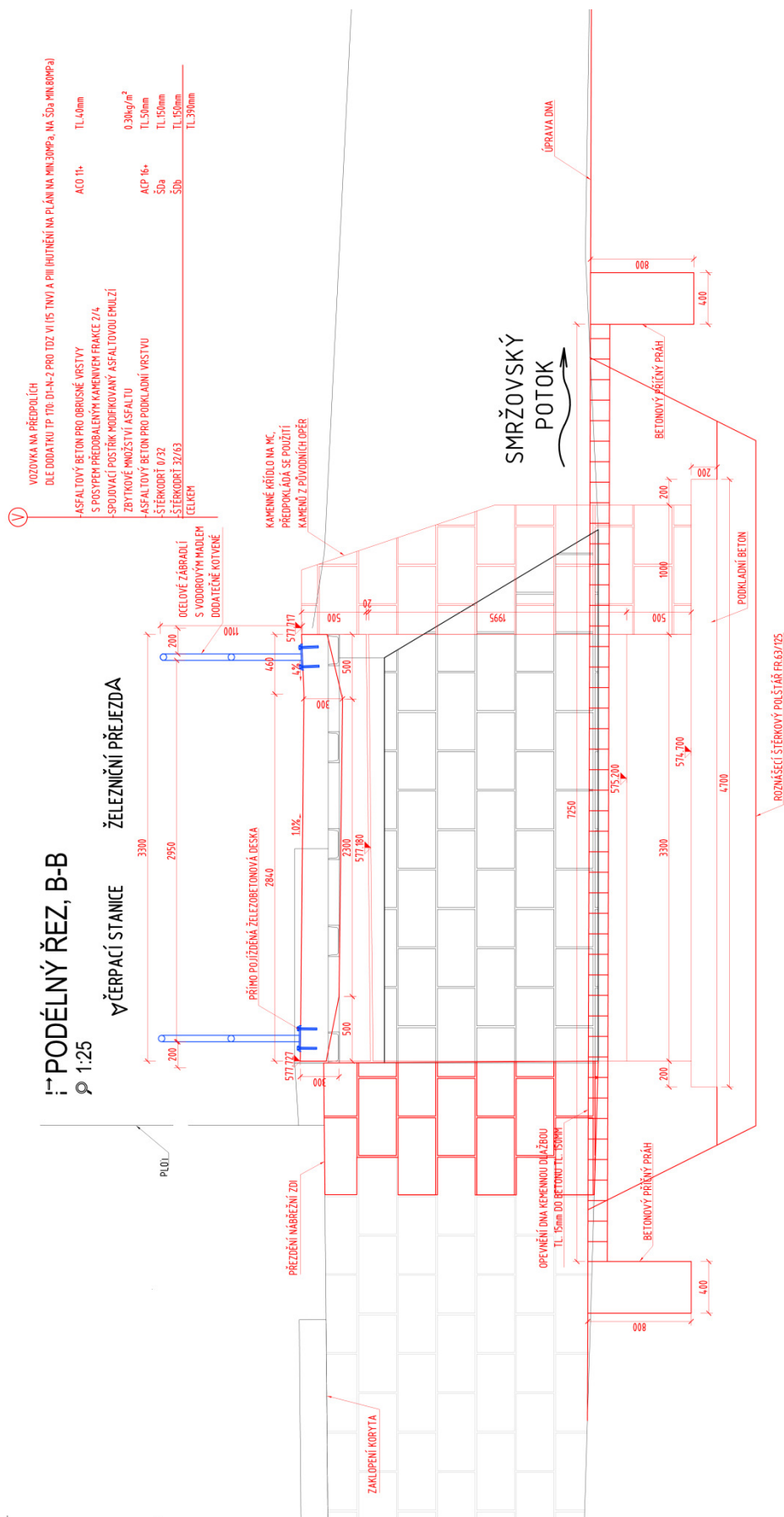
! ↑ **PRÍČNÝ ŘEZ, A-A**

1:25

ČERPAČÍ STANICE

ŽELEZNIČNÍ PŘEJEZD ➤





2.2. Model nosné konstrukce

Model je přiložen formou výpisu a schémat z použitého výpočetního programu.

Půdorysné schéma se základními rozměry a počáteční polohou náprav

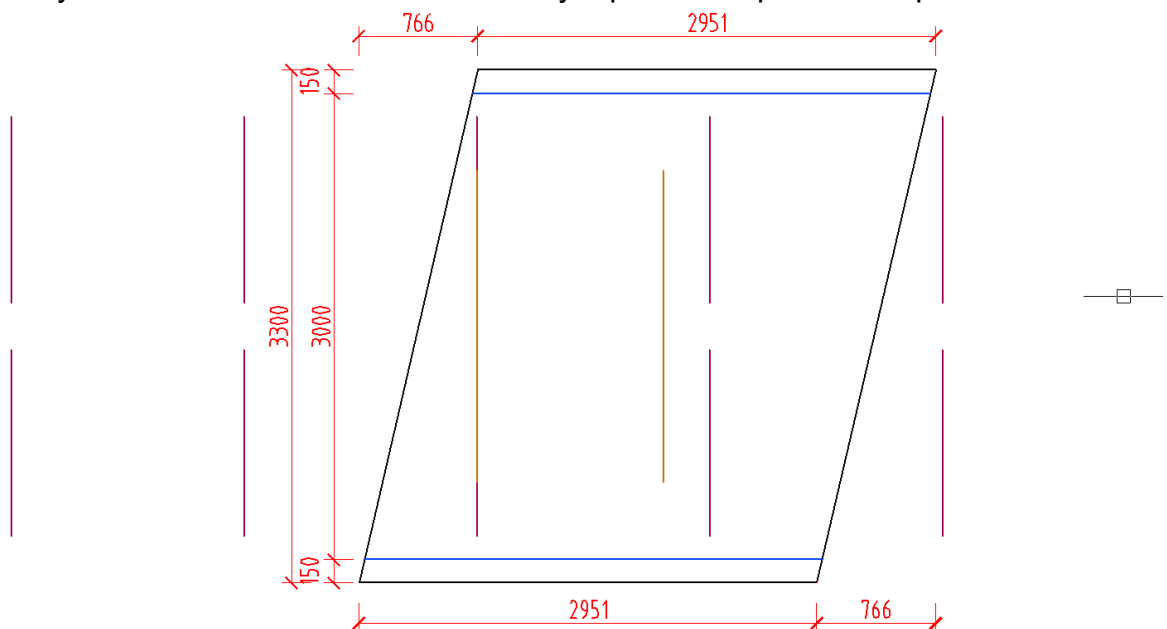
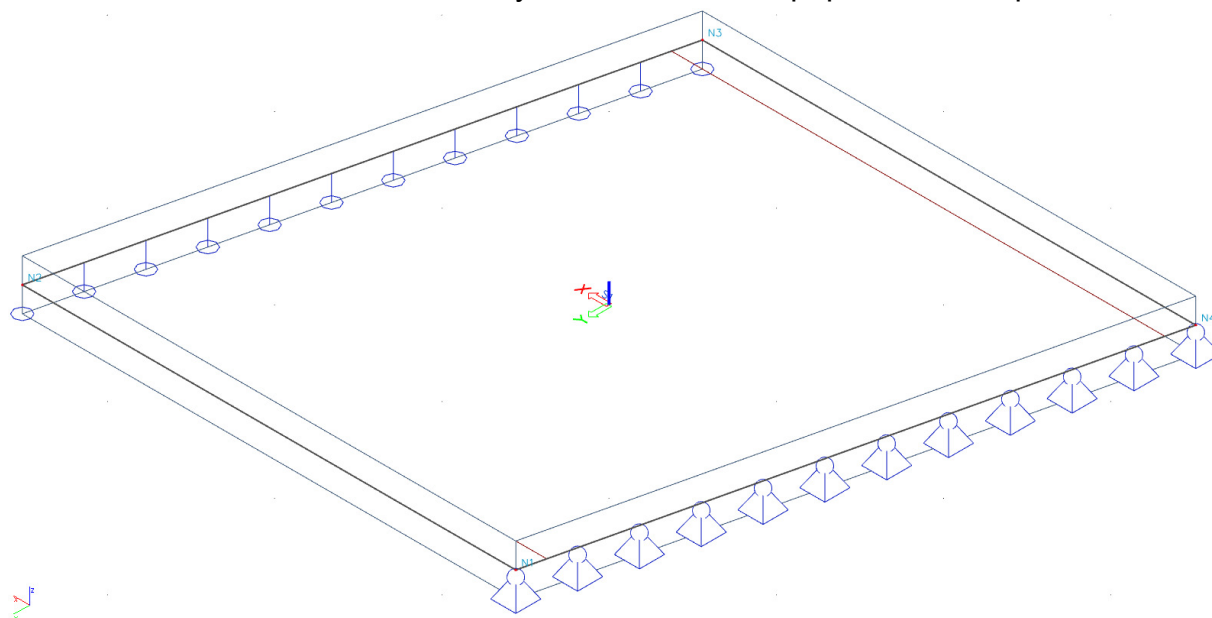


Schéma modelu v axonometrii s obrysem konstrukce a popisem uzlů a prvků



1. Projekt

Uživatel licence	humpal@vaner.cz
Projekt	Smržovka M-26 u ČSPH RoBiN OIL
Část	Nosná konstrukce
Popis	Deska šikmá
Autor	Tomáš Humpal
Datum	03. 08. 2023
Konstrukce	Obecná XYZ
Poč. uzlů :	4
Poč. prutů :	0
Poč. ploch :	1
Poč. těles :	0
Poč. průřezů :	0
Poč. zat. stavů :	21
Poč. materiálů :	1
Tíhové zrychlení [m/s ²]	9,810
Národní norma	EC - EN

2. Materiály

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

Vysvětlivky symbolů

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

3. Uzly

Jméno	Souř. X [m]	Souř. Y [m]	Souř. Z [m]
N1	-1,092	1,650	0,000
N2	1,859	1,650	0,000
N3	1,092	-1,650	0,000
N4	-1,859	-1,650	0,000

4. Plochy

Jméno	Vrstva	Typ	Typ prvku	Materiál	Typ tloušťky	Tl. [mm]
S1	Vrstva1	deska (90)	Standard	C30/37	konstantní	300

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 profilů z průřezových a materiálových charakteristik. Pro ověření je stanoveno zatížení následovně:

$$q_{\text{deska tl.420mm}} = 0.3 \cdot 25 = 7.5 \text{ kN/m}^2$$

3.1.2. Ostatní stálá zatížení

Vzhledem k přímo pojižděné desce s bezřímsovým mostním svrškem je toto zatížení zanedbatelné.

Sedání základů není uvažováno s ohledem na konsolidovanou základovou půdu pod stávajícími základy a statické schéma prostého pole.

Dotvarování a smršťování betonu nemá s ohledem na charakter konstrukce zásadní vliv a je zanedbáno.

3.2. Nahodilá zatížení

3.2.1. Nahodilé zatížení sněhem

Nepředpokládá se plný provoz na mostě zatíženém sněhem. Zatížení sněhem samostatně nemá rozhodující vliv a není uvažováno.

3.2.2. Nahodilé zatížení větrem

Vzhledem charakteru konstrukce je zatížení větrem zanedbatelné 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

Rozdílové složky teploty se na tento typ konstrukce neuplatní.

3.2.4. Nahodilé zatížení dopravou

Uvažuji zatížení dle ČSN 7EN 1991-2 (2018) pro skupinu komunikací 2, pro silnice III. třídy.

3.2.4.1. Rozdělení vozovky do zatěžovacích pruhů

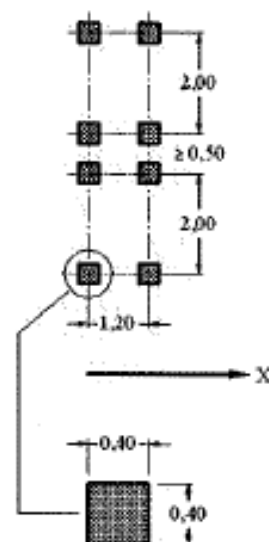
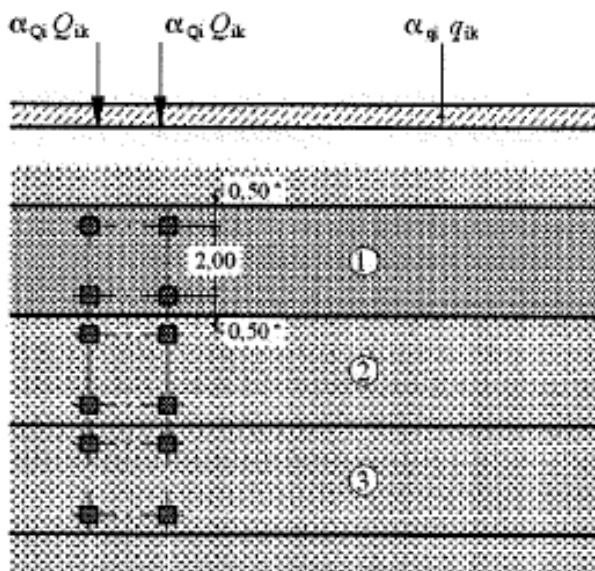
Rozdělení je důležité pro správnou volbu zatěžovacích schémat.

w=	3 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
	0 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. **Je uvažováno s redukcí vzhledem k charakteru komunikace.**

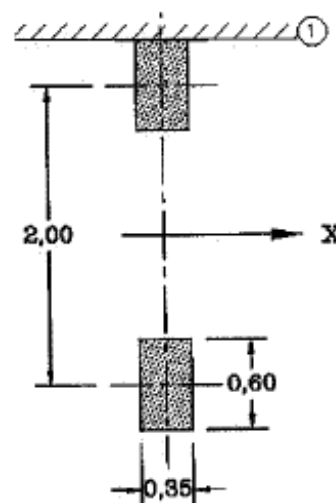
umístění	Soustředěné zatížení				Rovnoměrné zatížení		
	Q_{ik} [kN]	α_{Qi}	$\alpha_{Qi} \cdot Q_i$ [kN]	$\alpha_{Qi} \cdot Q_i / 0.4 \cdot 0.4$ [kN/m ²]	q_{ik} [kN/m ²]	α_{qi}	$\alpha_{qi} \cdot q_i$ [kN/m ²]
Pruh č.1	300	0.8	240	1500	9	0.45	4.05
Pruh č.2	200	0.8	160	1000	2.5	1	2.5
Pruh č.3	100	0.8	80	500	2.5	1	2.5
Ostatní					2.5	1	2.5



3.2.4.3. Model zatížení 2 (LM2)

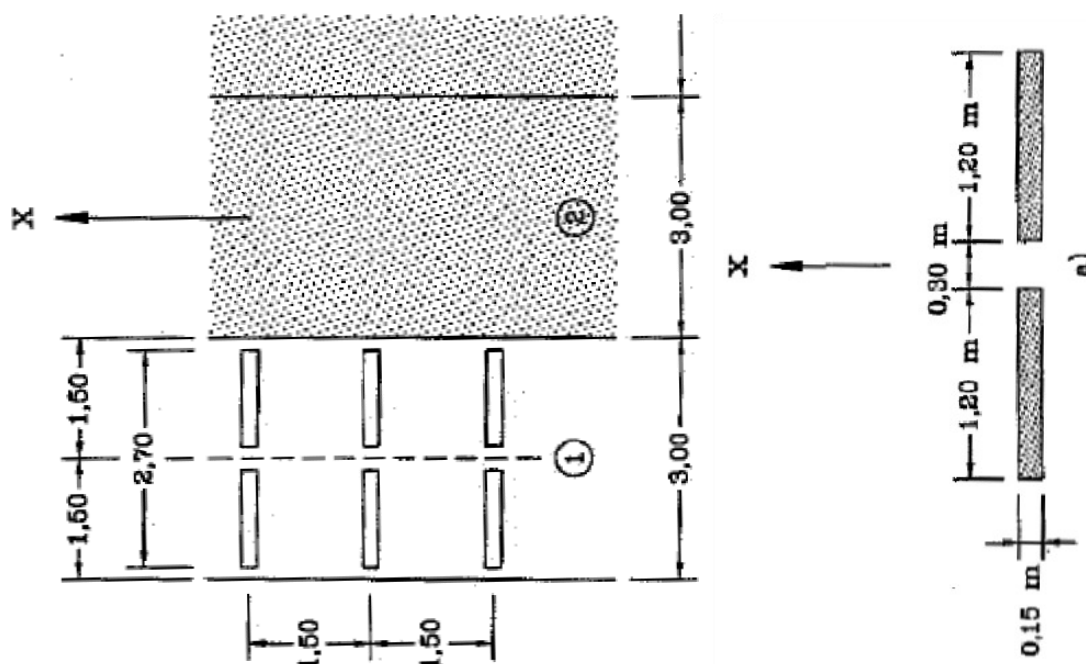
Zatížení ideální nápravou.

umístění	Soustředené zatížení			$\alpha_{Qi} \cdot Q_i / 0.35 \cdot 0.6$ [kN/m ²]
	Q_{ak} [kN]	$\beta_Q = \alpha_{Q1}$	$\beta_{Q1} \cdot Q_{ak}$ [kN]	
	400	0.65	260	1238



3.2.4.4. Model zatížení 3 (LM3)

Zvláštní vozidlo 900/150 (6 náprav 150kN po 1.5m) s rovnoměrným zatížením LM1 není s ohledem na charakter komunikace uvažováno.



$$q_{LM3-kolový tlak} = \frac{150}{2 \cdot 1.2} = 62.5 \text{ kN/m}$$

V případě pojezdu normální rychlostí, 70km/hod, je dynamický součinitel následující.

L= 7.2 m	EN 1991-2, str 106, A.3	je příčinková délka
$\varphi = 1.4 - L/500 = 1.39$	EN 1991-2, str 106, A.3	šířka jednoho zatěžovacího pruhu max.3.0m

V tomto případě dynamický součinitel z prostorových důvodů neuvažují.

3.2.4.5. Model zatížení 4 (LM4 zatížení davem lidí)

Zatížení pěšími o velikosti 5kN/m^2 není rozhodující a není uvažováno.

3.2.4.6. Brzdné a rozjezdové síly

Uvažuji brzdné síly pro návrh spodní stavby.

$Q_{1k} =$	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	
$\alpha_{q1} =$	0.45		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
$L =$	3	m	EN 1991-2, str 36	délka nosné konstrukce nebo uvažované části
$Q_{1k} = 0.6 \cdot \alpha_{Q1} \cdot (2 \cdot Q_{1k}) + 0.1 \cdot \alpha_{q1} \cdot q_{1k} \cdot w_1 \cdot L =$		291.6	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

S ohledem na prostorové uspořádání komunikace nejsou tyto síly rozhodující.

3.2.4.8. Nahodilá zatížení na únavu

Jako únavové zatížení uvažuji LM1 s odpovídající redukcí.

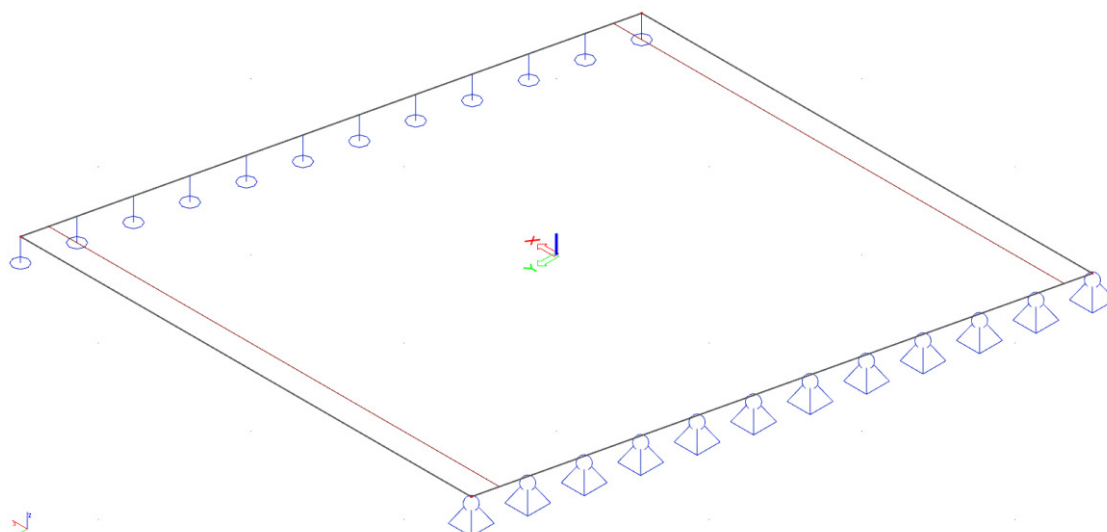
4. Sestavené zatěžovací stavy

Rekapitulace sestavených zatěžovacích stavů je uvedena formou výpisu z použitého programu. Dále jsou přiložena schémata vybraných zatěžovacích stavů, jedná se o začátky simulace pojezdu po 25cm.

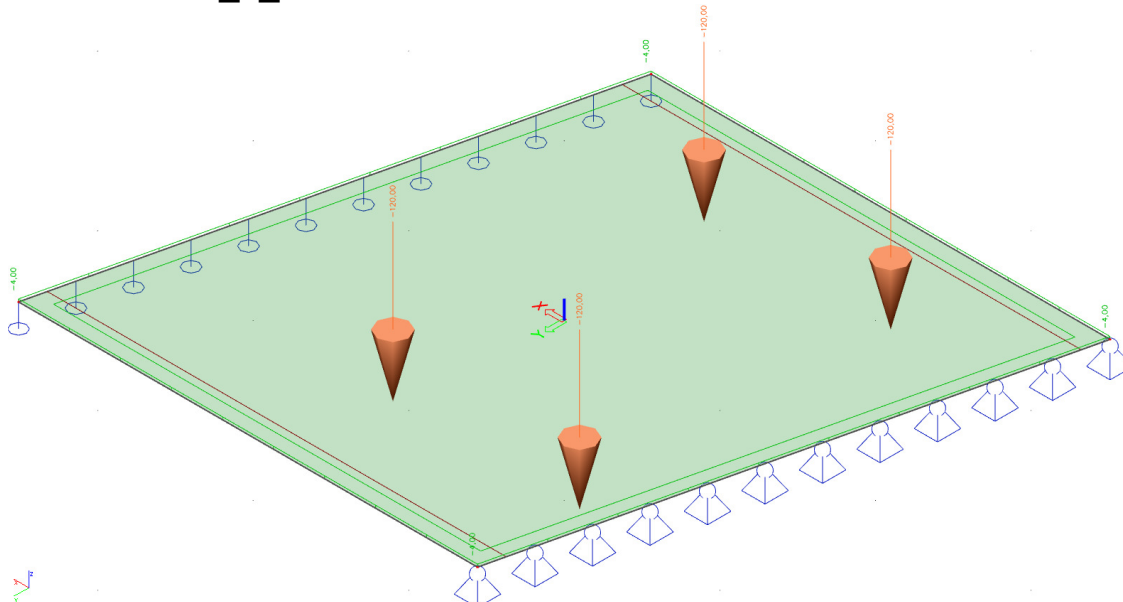
Zatěžovací stavy

Jméno	Popis	Typ působení	Skupina zatížení	Směr	Působení	Řídící zat. stav
	Spec	Typ zatížení				
ZS1	Vlastní tíha	Stálé	SZ1	-Z		
		Vlastní tíha				
ZS2	LM1_a_48t	Proměnné	SZ2		Krátkodobé	Žádný
	Standard	Statické				
ZS3	LM1_b_48t	Proměnné	SZ2		Krátkodobé	Žádný
	Standard	Statické				
ZS4	LM1_c_48t	Proměnné	SZ2		Krátkodobé	Žádný
	Standard	Statické				
ZS5	LM1_d_48t	Proměnné	SZ2		Krátkodobé	Žádný
	Standard	Statické				
ZS6	LM1_e_48t	Proměnné	SZ2		Krátkodobé	Žádný
	Standard	Statické				
ZS7	LM2_a_26t	Proměnné	SZ2		Krátkodobé	Žádný
	Standard	Statické				
ZS8	LM2_b_26t	Proměnné	SZ2		Krátkodobé	Žádný
	Standard	Statické				
ZS9	LM2_c_26t	Proměnné	SZ2		Krátkodobé	Žádný
	Standard	Statické				
ZS10	LM2_d_26t	Proměnné	SZ2		Krátkodobé	Žádný
	Standard	Statické				
ZS11	LM2_e_26t	Proměnné	SZ2		Krátkodobé	Žádný
	Standard	Statické				
ZS12	LM2_f_26t	Proměnné	SZ2		Krátkodobé	Žádný
	Standard	Statické				
ZS13	LM2_g_26t	Proměnné	SZ2		Krátkodobé	Žádný
	Standard	Statické				
ZS14	LM2_h_26t	Proměnné	SZ2		Krátkodobé	Žádný
	Standard	Statické				
ZS15	LM2_i_26t	Proměnné	SZ2		Krátkodobé	Žádný
	Standard	Statické				
ZS16	LM2_j_26t	Proměnné	SZ2		Krátkodobé	Žádný
	Standard	Statické				
ZS17	LM3_a_90t	Proměnné	SZ2		Krátkodobé	Žádný
	Standard	Statické				
ZS18	LM3_b_90t	Proměnné	SZ2		Krátkodobé	Žádný
	Standard	Statické				
ZS19	LM3_c_90t	Proměnné	SZ2		Krátkodobé	Žádný
	Standard	Statické				
ZS20	LM3_d_90t	Proměnné	SZ2		Krátkodobé	Žádný
	Standard	Statické				
ZS21	LM3_e_90t	Proměnné	SZ2		Krátkodobé	Žádný
	Standard	Statické				

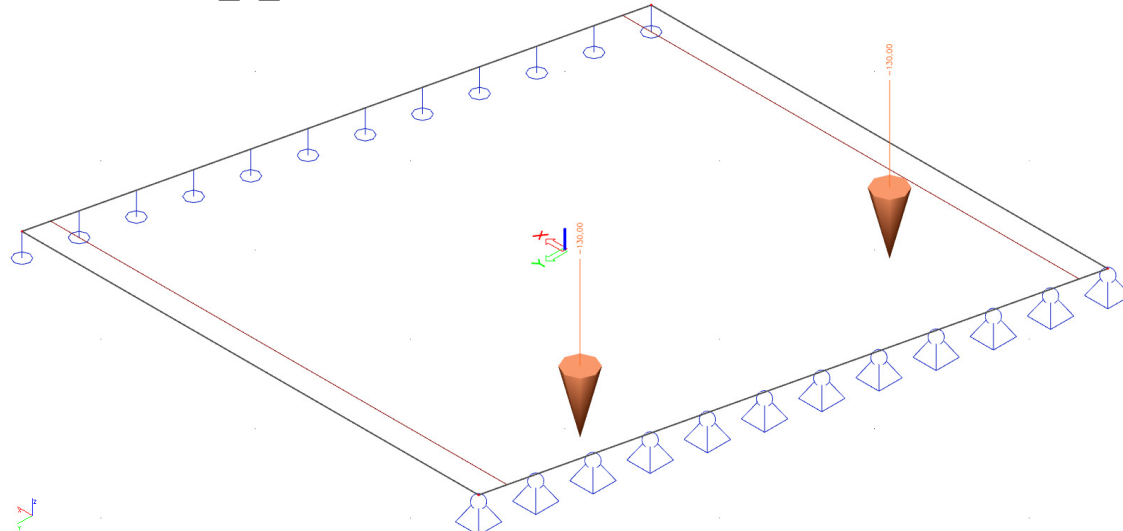
ZS1 Vlastní tíha Stálé SZ1 -Z

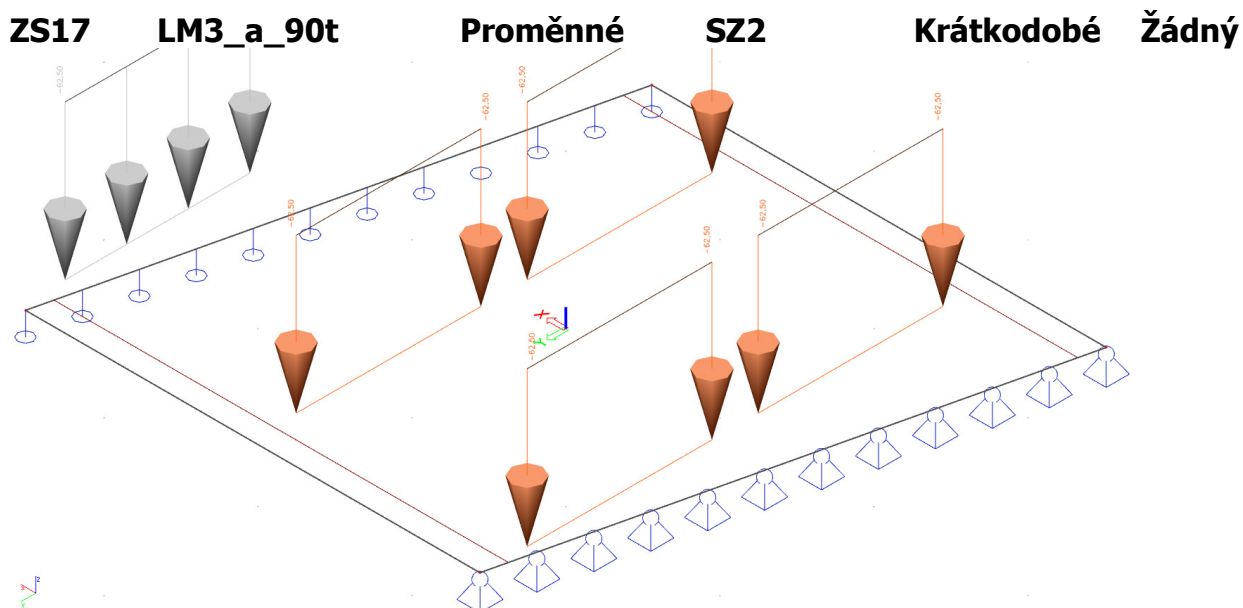


ZS2 LM1_a_48t Proměnné SZ2 Krátkodobé Žádný



ZS7 LM2_a_26t Proměnné SZ2 Krátkodobé Žádný





5. Výpočet vnitřních sil

Výpočet je proveden pomocí programu 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 v desce

Rekapitulace je provedena pouze pro vybrané vnitřní síly v rozhodujících zatěžovacích stavech. Ostatní vnitřní síly jsou zohledněny ve strojové superpozici. Průběh vybraných vnitřních sil v rozhodujících zatěžovacích stavech je přiložen výše.

zatěžovací stav	$M[kNm/m]$	γ_f
vlastní tíha	8	1.35
LM1 48t id.tandem	70	1.5
LM2 26t id.náprava	51	1.5
LM3 90t šestináprava	32	1.5

5.2. Průběh vnitřních síl po desce

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

ZS1

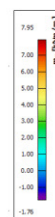
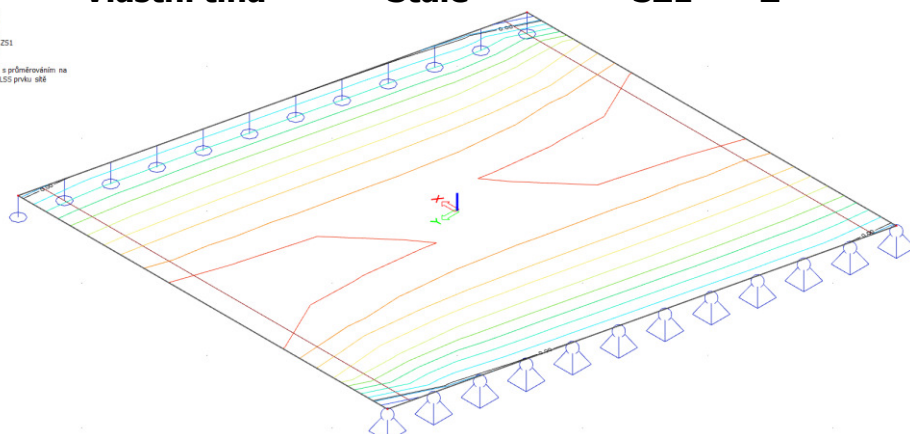
Vlastní tíha

Stálé

SZ1

-Z

2D vnitřní síly
Hodnoty: kN
Lineární výpočet
Zatěžovací stav: ZS1
Extrém: Globální
Výběr: Vše
Poloha: V sítích s průměrováním na
máto. Systém: LSS pruhu sítě



ZS4

LM1_c_48t

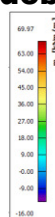
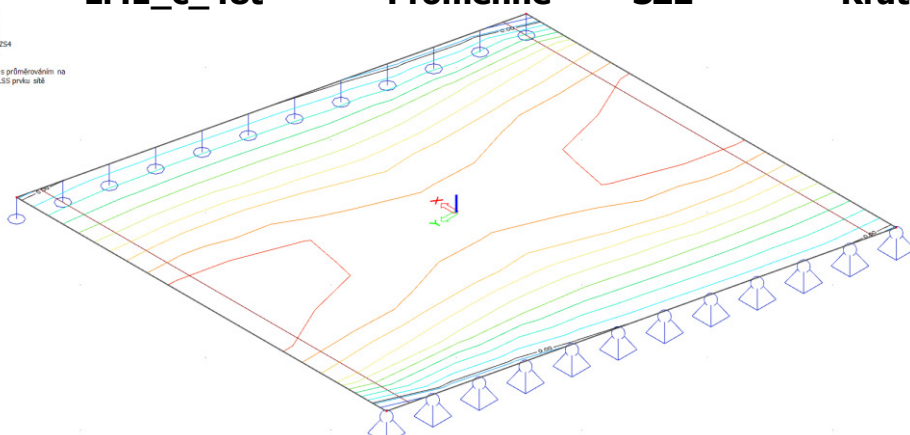
Proměnné

SZ2

Krátkodobé

Žádný

2D vnitřní síly
Hodnoty: kN
Lineární výpočet
Zatěžovací stav: ZS4
Extrém: Globální
Výběr: Vše
Poloha: V sítích s průměrováním na
máto. Systém: LSS pruhu sítě



ZS11

LM2_e_26t

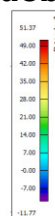
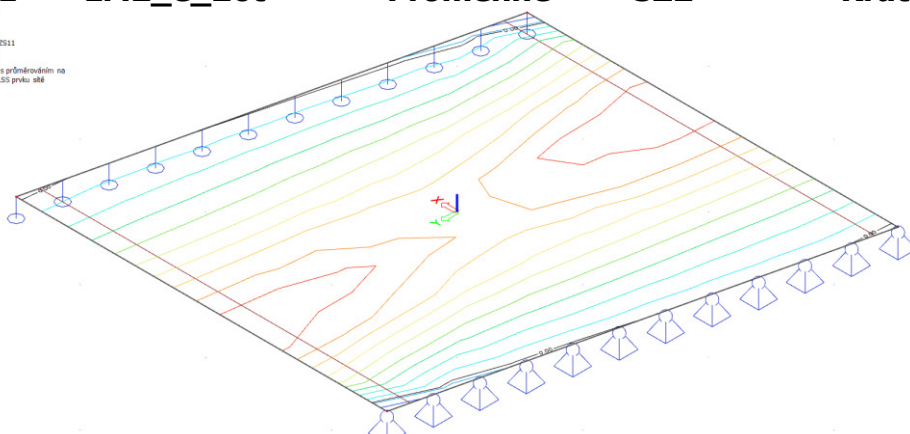
Proměnné

SZ2

Krátkodobé

Žádný

2D vnitřní síly
Hodnoty: kN
Lineární výpočet
Zatěžovací stav: ZS11
Extrém: Globální
Výběr: Vše
Poloha: V sítích s průměrováním na
máto. Systém: LSS pruhu sítě



ZS19

LM3_c_90t

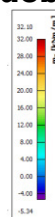
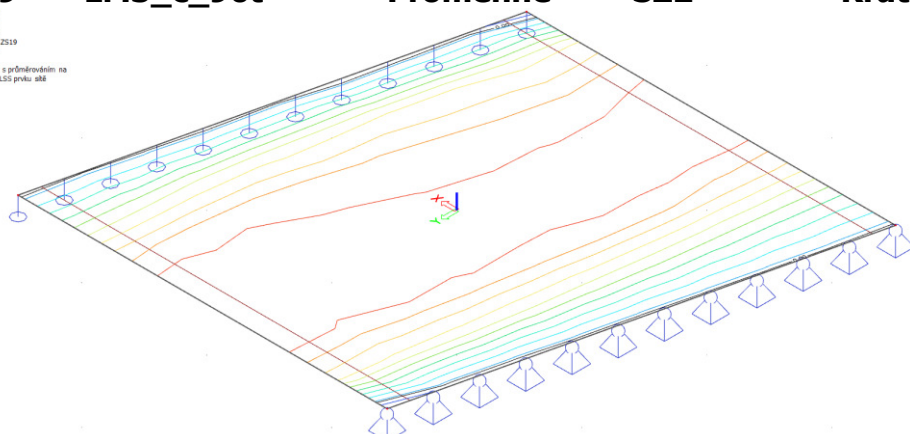
Proměnné

SZ2

Krátkodobé

Žádný

2D vnitřní síly
Hodnoty: kN
Lineární výpočet
Zatěžovací stav: ZS19
Extrém: Globální
Výběr: Vše
Poloha: V sítích s průměrováním na
máto. Systém: LSS pruhu sítě



5.3. Superpozice zatěžovacích stavů

2D vnitřní síly

Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)

Extrém: Globální

Výběr: Vše

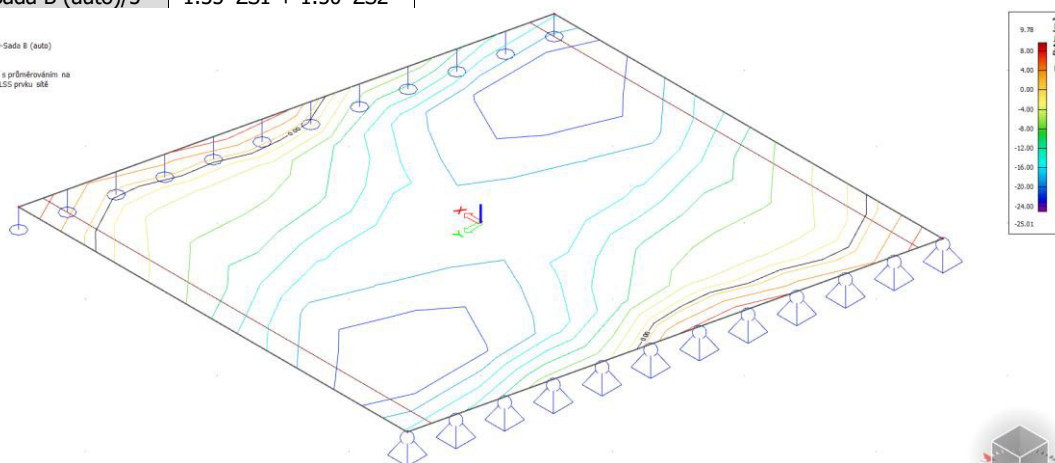
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě

Základní veličiny

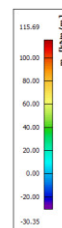
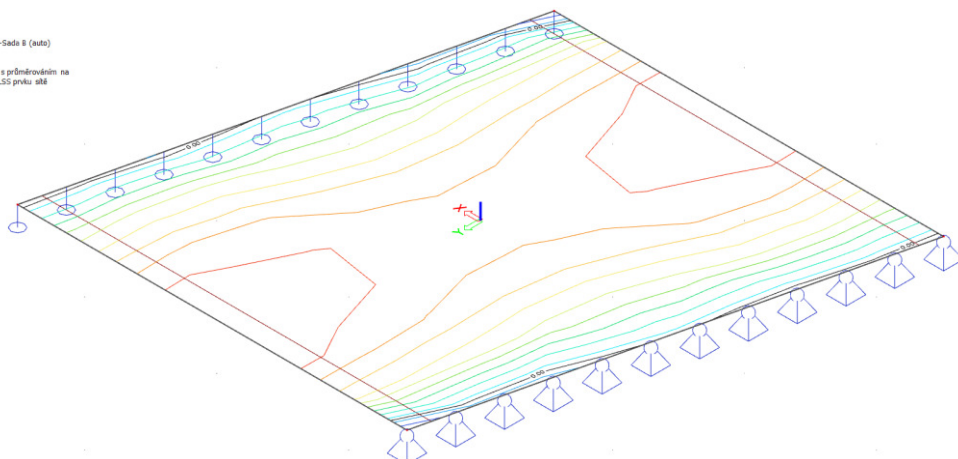
Jméno	Sít'	Pozice [m]	Stav	m_x [kNm/m] m_y [kNm/m]	m_{xy} [kNm/m]	v_x [kN/m] v_y [kN/m]	n_x [kN/m] n_y [kN/m]	n_{xy} [kN/m]
S1	Prvek: 56 Uzel: 3	1,092 -1,650 0,000	MSÚ-Sada B (auto)/1	-30,35 -6,50	-15,84	-371,10 162,42	0,00 0,00	0,00
S1	Prvek: 53 Uzel: 69	-0,172 -1,650 0,000	MSÚ-Sada B (auto)/2	115,69 2,42	-12,11	-120,41 20,22	0,00 0,00	0,00
S1	Prvek: 10 Uzel: 20	-0,019 0,825 0,000	MSÚ-Sada B (auto)/3	100,57 21,65	-19,04	18,01 33,06	0,00 0,00	0,00
S1	Prvek: 1 Uzel: 72	-0,766 1,237 0,000	MSÚ-Sada B (auto)/3	43,19 8,24	-25,01	70,22 21,56	0,00 0,00	0,00
S1	Prvek: 7 Uzel: 2	1,859 1,650 0,000	MSÚ-Sada B (auto)/4	-4,94 -2,72	9,78	-130,00 23,57	0,00 0,00	0,00
S1	Prvek: 56 Uzel: 3	1,092 -1,650 0,000	MSÚ-Sada B (auto)/2	-26,38 -3,62	-14,40	-374,95 115,60	0,00 0,00	0,00
S1	Prvek: 1 Uzel: 1	-1,092 1,650 0,000	MSÚ-Sada B (auto)/2	-26,38 -3,64	-14,42	374,75 -115,78	0,00 0,00	0,00
S1	Prvek: 1 Uzel: 1	-1,092 1,650 0,000	MSÚ-Sada B (auto)/3	-29,85 -7,96	-14,35	331,60 -169,96	0,00 0,00	0,00
S1	Prvek: 56 Uzel: 3	1,092 -1,650 0,000	MSÚ-Sada B (auto)/5	-29,86 -7,93	-14,37	-332,12 169,86	0,00 0,00	0,00

Jméno	Klíč kombinace
MSÚ-Sada B (auto)/1	1.35*ZS1 + 1.50*ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/2	1.35*ZS1 + 1.50*ZS4
MSÚ-Sada B (auto)/3	1.35*ZS1 + 1.50*ZS6
MSÚ-Sada B (auto)/4	1.35*ZS1 + 1.50*ZS5
MSÚ-Sada B (auto)/5	1.35*ZS1 + 1.50*ZS2

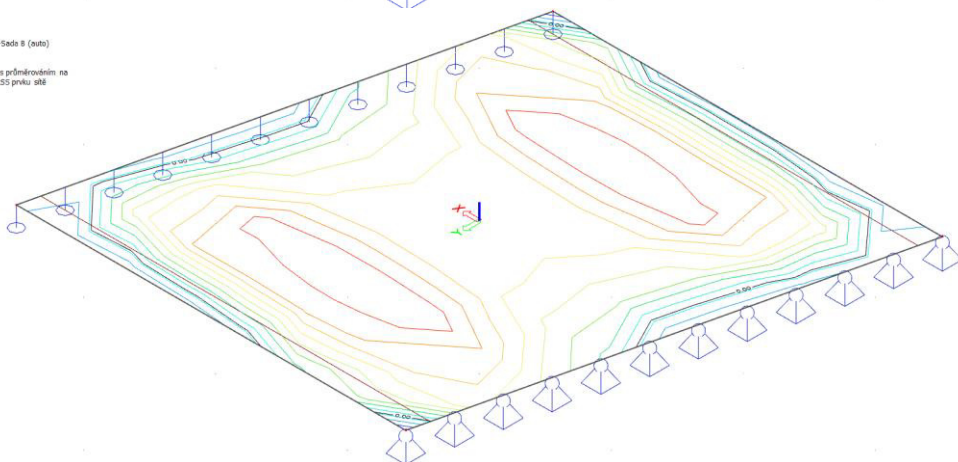
2D vnitřní síly
Hodnoty: Max
Lineární výpočet
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
Extrém: Globální
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě



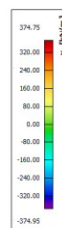
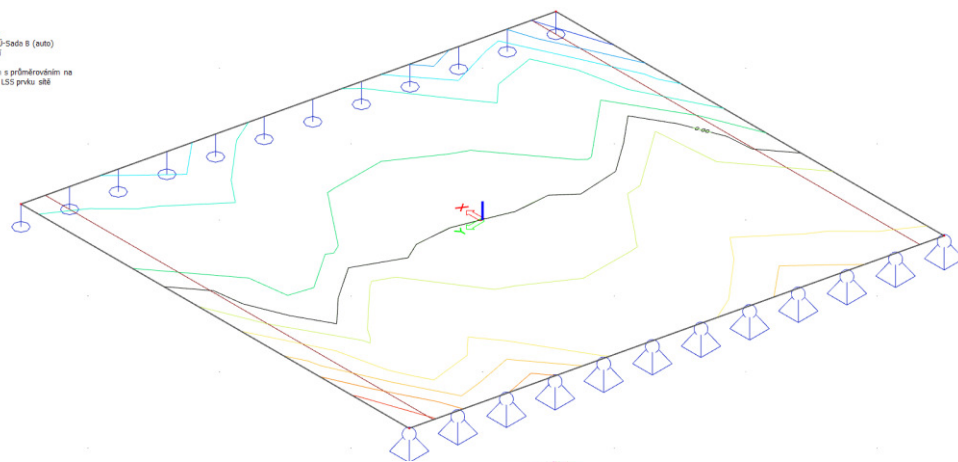
2D vnitřní síly
Hodnoty: m_x
Lineární výpočet
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
Extrém: Globální
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS pruhu sítě



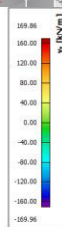
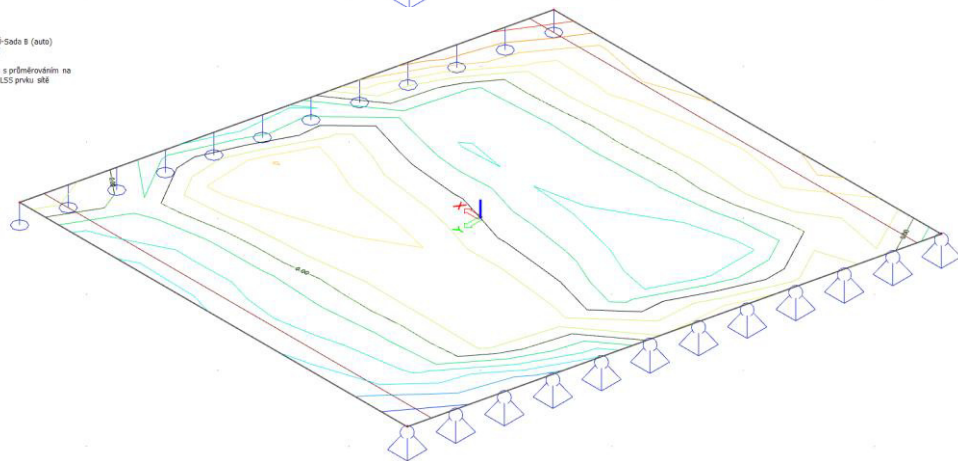
2D vnitřní síly
Hodnoty: m_y
Lineární výpočet
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
Extrém: Globální
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS pruhu sítě



2D vnitřní síly
Hodnoty: v_x
Lineární výpočet
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
Extrém: Globální
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS pruhu sítě



2D vnitřní síly
Hodnoty: v_y
Lineární výpočet
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
Extrém: Globální
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS pruhu sítě



2D přemístění

Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)

Extrém: Globální

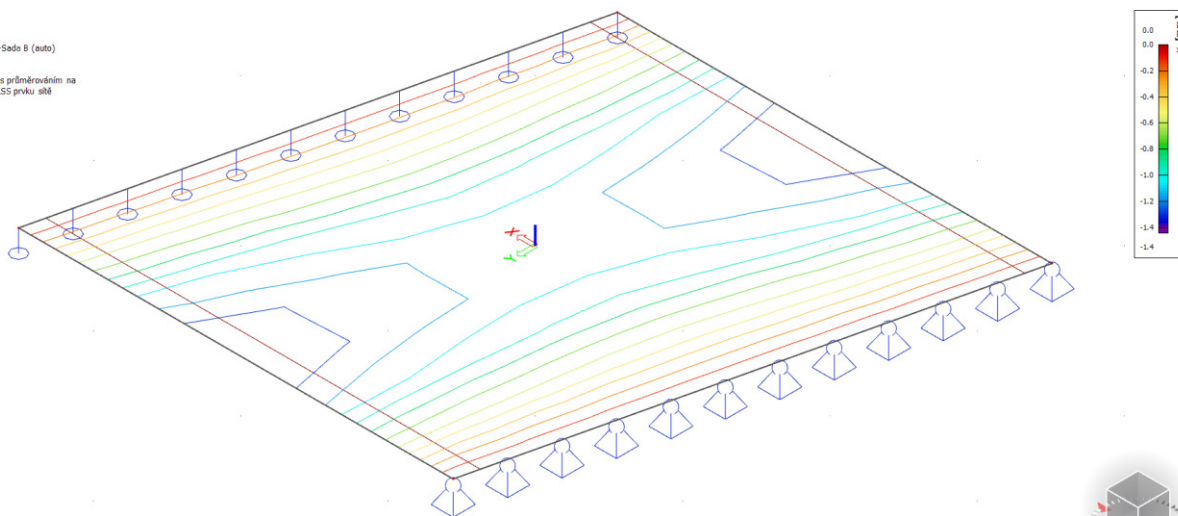
Výběr: Vše

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

Jméno	Sít'	Pozice [m]	Stav	u_x [mm]	u_y [mm]	u_z [mm]	φ_x [mrad]	φ_y [mrad]	φ_z [mrad]	U_{total} [mm]
S1	Prvek: 53 Uzel: 69	-0,172 -1,650 0,000	MSÚ-Sada B (auto)/1	0,0	0,0	-1,4	0,3	-0,2	0,0	1,4
S1	Prvek: 5 Uzel: 12	1,016 1,650 0,000	MSÚ-Sada B (auto)/2	0,0	0,0	-1,1	-0,4	-1,0	0,0	1,1
S1	Prvek: 51 Uzel: 67	-1,016 -1,650 0,000	MSÚ-Sada B (auto)/1	0,0	0,0	-1,1	0,4	1,0	0,0	1,1
S1	Prvek: 56 Uzel: 3	1,092 -1,650 0,000	MSÚ-Sada B (auto)/1	0,0	0,0	0,0	-0,3	-1,6	0,0	0,0
S1	Prvek: 1 Uzel: 1	-1,092 1,650 0,000	MSÚ-Sada B (auto)/2	0,0	0,0	0,0	0,3	1,6	0,0	0,0

Jméno	Klíč kombinace
MSÚ-Sada B (auto)/1	1.35*ZS1 + 1.50*ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/2	1.35*ZS1 + 1.50*ZS5

2D přemístění
 Hodnoty: u_z
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
 Extrém: Globální
 Výběr: Vše
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě



2D napětí/přetvoření

Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)

Extrém: Globální

Výběr: Vše

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

Základní napětí

Jméno	Sít'	Pozice [m]	Stav	σ_{x+} [MPa] σ_{x-} [MPa]	σ_{y+} [MPa] σ_{y-} [MPa]	T_{xy+} [MPa] T_{xy-} [MPa]	T_{xz} [MPa]	T_{yz} [MPa]
S1	Prvek: 53 Uzel: 69	-0,172 -1,650 0,000	MSÚ-Sada B (auto)/1	-7,7 7,7	-0,2 0,2	0,8 -0,8	0,6	-0,1
S1	Prvek: 56 Uzel: 3	1,092 -1,650 0,000	MSÚ-Sada B (auto)/2	2,0 -2,0	0,4 -0,4	1,1 -1,1	1,9	-0,8
S1	Prvek: 10 Uzel: 20	-0,019 0,825 0,000	MSÚ-Sada B (auto)/3	-6,7 6,7	-1,4 1,4	1,3 -1,3	-0,1	-0,2
S1	Prvek: 1 Uzel: 1	-1,092 1,650 0,000	MSÚ-Sada B (auto)/3	2,0 -2,0	0,5 -0,5	1,0 -1,0	-1,7	0,8
S1	Prvek: 7 Uzel: 2	1,859 1,650 0,000	MSÚ-Sada B (auto)/4	0,3 -0,3	0,2 -0,2	-0,7 0,7	0,7	-0,1
S1	Prvek: 1 Uzel: 72	-0,766 1,237 0,000	MSÚ-Sada B (auto)/3	-2,9 2,9	-0,5 0,5	1,7 -1,7	-0,4	-0,1
S1	Prvek: 1 Uzel: 1	-1,092 1,650 0,000	MSÚ-Sada B (auto)/1	1,8 -1,8	0,2 -0,2	1,0 -1,0	-1,9	0,6
S1	Prvek: 56 Uzel: 3	1,092 -1,650 0,000	MSÚ-Sada B (auto)/1	1,8 -1,8	0,2 -0,2	1,0 -1,0	1,9	-0,6
S1	Prvek: 56 Uzel: 3	1,092 -1,650 0,000	MSÚ-Sada B (auto)/5	2,0 -2,0	0,5 -0,5	1,0 -1,0	1,7	-0,8

Jméno	Klíč kombinace
MSÚ-Sada B (auto)/1	1.35*ZS1 + 1.50*ZS4
MSÚ-Sada B (auto)/2	1.35*ZS1 + 1.50*ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/3	1.35*ZS1 + 1.50*ZS6
MSÚ-Sada B (auto)/4	1.35*ZS1 + 1.50*ZS5
MSÚ-Sada B (auto)/5	1.35*ZS1 + 1.50*ZS2

2D napětí/přetvoření

Hodnoty: dv

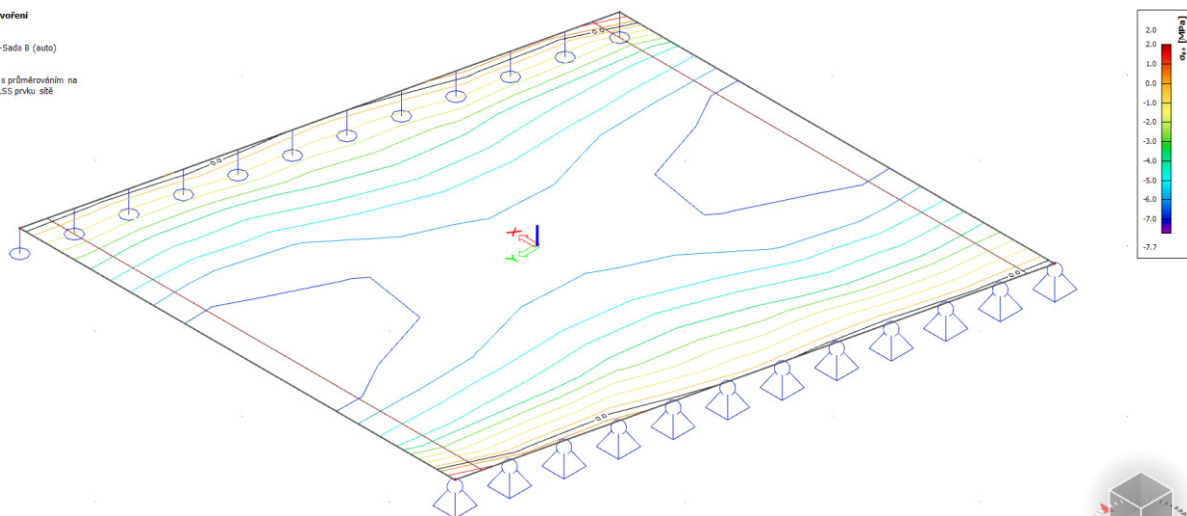
Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)

Extrém: Globální

Výběr: Vše

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



6. Návrh a posouzení

6.1. Deska

6.1.1. Posouzení na ohyb

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

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

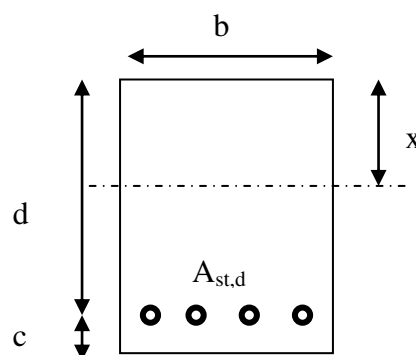
$$x = \frac{d}{\lambda} \cdot \left(-1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_{ed}}{b \cdot d^2 \cdot \eta \cdot f_{cd}}} \right) < x_{bal} = d \cdot \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \frac{f_{yd}}{E_s}}$$

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

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

Posouzení únosnosti:

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



Deska v poli - dolní podélná výztuž

Namáhání		Návrh výztuže				
$M_{ed}[\text{MNm}] =$	0.128	$A_{st,d}$	7	ϕ	16	
Beton-průřez		Materiálové charakteristiky betonu a oceli				
$b[\text{m}] =$	1.000	$f_{ctm}[\text{MPa}] =$	2.9	$f_{yk}[\text{MPa}] =$	500	$\varepsilon_{cu} =$ 0.0035
$h[\text{m}] =$	0.300	$f_{ck}[\text{MPa}] =$	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	>	$x[\text{m}] =$	0.042181	omezení výšky tlačené oblasti	
$A_{st,req}[\text{m}^2] =$	0.001319	<	$A_{st,d}[\text{m}^2] =$	0.001407	ověření návrhové plochy výztuže	
$\mu_{min}[\%] =$	0.15	<	$\mu[\%] =$	0.59	<	$\mu_{max}[\%] =$ 1.60
Moment únosnosti						
$x[\text{m}] =$	0.044995		$M_{Rd}[\text{MNm}] =$	0.136	>	$M_{ed}[\text{MNm}] =$ 0.128

Deska - dolní příčná výztuž

Namáhání			Návrh výztuže					
$M_{ed}[MNm]=$	0.041		$A_{st,d}$	6.666	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	>	$x[m]=$	0.012836	omezení výšky tlačené oblasti			
$A_{st,req}[m^2]=$	0.000402	<	$A_{st,d}[m^2]=$	0.000754	ověření návrhové plochy výztuže			
$\mu_{min}[\%]=$	0.15	<	$\mu[\%]=$	0.31	<	$\mu_{max}[\%]=$	1.60	
Moment únosnosti								
$x[m]=$	0.024102		$M_{Rd}[MNm]=$	0.076	>	$M_{ed}[MNm]=$	0.041	

6.1.2. Posouzení na smyk

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

beton

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

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

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

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

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

svislá výztuž

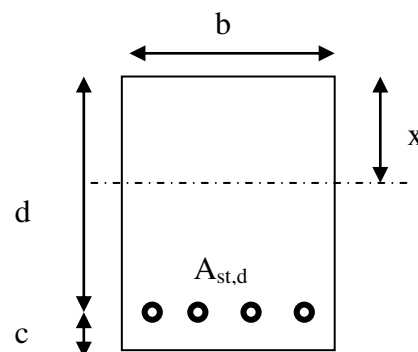
$$V_{Rd,s} = A_{sw} / s \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta \quad (\theta = 22 - 45^\circ)$$

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

šikmá výztuž

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

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



Deska extrém v tupém rohu

Namáhání		Ohybová výztuž							
V _{ed} [MN]=	0.393	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]=	0.300	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]=	0.051	σ _{cp} [Mpa]=	0	α _{cw} =	1.000	k=	1.91
Beton									
V _{Rd,cl} [MN]=	0.150	>	V _{Rd,cl,min} [MN]=	0.088	V _{Rd} [MN]=	0.150	nutná smyková výztuž		
Třmínky		4	φ	6	s[m]=	0.25	A _{swl} [m²]=	0.000113	
V _{Rd,s} [MN]=	0.043	<	V _{Rd,maxL} [MN]=	0.985	V _{Rd} [MN]=	0.193	nutné ohyby		
Ohyby		4	φ	12	s[m]=	0.30	A _{swl} [m²]=	0.000452	
V _{Rd,s} [MN]=	0.245	<	V _{Rd,maxL} [MN]=	0.492	V _{Rd} [MN]=	0.438	vyhovuje		

Deska v běžné délce opěry

Namáhání		Ohybová výztuž							
V _{ed} [MN]=	0.253	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]=	0.300	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]=	0.051	σ _{cp} [Mpa]=	0	α _{cw} =	1.000	k=	1.91
Beton									
V _{Rd,cl} [MN]=	0.150	>	V _{Rdc,min} [MN]=	0.088	V _{Rd} [MN]=	0.150	nutná smyková výztuž		
Třmínky		4	φ	6	s[m]=	0.25	A _{sw} [m²]=	0.000113	
V _{Rd,sl} [MN]=	0.043	<	V _{Rd,max} [MN]=	0.985	V _{Rd} [MN]=	0.193	nutné ohyby		
Ohyby		4	φ	8	s[m]=	0.30	A _{sw} [m²]=	0.000201	
V _{Rd,sl} [MN]=	0.109	<	V _{Rd,max} [MN]=	0.492	V _{Rd} [MN]=	0.302	vyhovuje		

6.1.3. Omezení trhlin a napětí

Výpočet trhlin je proveden podle ČSN EN 1992-1-1 kap.7.3.4. str.112. Výpočet omezení napětí je proveden dle ČSN EN 1992-2 EC2 část 2

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

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

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

Deska v poli

$M_{char} [MNm] =$	0.078	$A_s [m^2] =$	8	ϕ	16	$A_s [m^2] =$	0.001608	$\sigma_{st} [Mpa] =$	221
$b [m] =$	1.000	$f_{ct, eff} [MPa] =$	2.9	$f_{yk} [MPa] =$	500	$x [m] =$	0.051422	$k_t =$	0.600
$h [m] =$	0.300	$f_{ck} [MPa] =$	30.0	$f_{yd} [MPa] =$	435	$\lambda =$	0.800	$k_1 =$	0.800
$c [m] =$	0.060	$f_{cd} [MPa] =$	17.0	$\varepsilon_{cu} =$	0.0035	$\eta =$	1.000	$k_2 =$	0.500
$d [m] =$	0.240	$E_{cm} [Mpa] =$	36000	$E_s [Mpa] =$	200000	$\alpha_e =$	5.556	$k_3 =$	3.400
$h_{c, eff} [m] =$	0.083	$A_p [m^2] =$	0	ϕ	15.5	$A_p [m^2] =$	0.000000	$k_4 =$	0.425
$A_{c, eff} [m^2] =$	0.083	$\xi =$	0.500	$\xi_1 =$	0.718	$\rho_{p, eff} =$	0.019412	$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} =$	0.001
$s_{r, max} [mm] =$	140	$w_k [mm] =$	0.09	$<$	$w_{lim} [mm] =$	0.3			
$k_c =$	0.600	$k_y =$	0.800						
$\sigma_{st} [Mpa] =$	221	$<$	400		$\sigma_c [Mpa] =$	8.6408	$<$	18	

6.1.4. Posouzení na únavu

Posudek je proveden na namáhání od zatížení bez součinitele zatížení s redukcí maximálního nahodilého zatížení LM1 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

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

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

Deska v poli

$M_{equ,max}[\text{MNm}] =$	0.057	$M_{equ,min}[\text{MNm}] =$	0.008		8	ϕ	16
Materiálové a průřezové charakteristiky betonu a oceli						$A_{st,d}[\text{m}^2] =$	0.001608
$b[\text{m}] =$	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					$x[\text{m}] =$	0.051
Beton:		$\sigma_{cd,max}[\text{MPa}] =$	6.3	$\sigma_{cd,min}[\text{MPa}] =$	0.9	$\beta_{cc} =$	1.099
$s =$	0.20	$t[\text{dni}] =$	100	$k_1 =$	0.85	$f_{cd,fat}[\text{MPa}] =$	14.0
podmínka 1	0.85	<	1.00			vyhovuje	
podmínka 2	0.45	<	0.53	<	0.8	vyhovuje	
Ocel:		$\sigma_{s,max}[\text{MPa}] =$	161	$\sigma_{s,min}[\text{MPa}] =$	23		
$\gamma_{F,fat} =$	1.00	$\gamma_{s,fat} =$	1.00	$\Delta \sigma_{RSK}[\text{MPa}] =$	162.5		
podmínka:	139	<	163			vyhovuje	

6.1.5. Průhyby

Posouzení průhybů je provedeno z extrémních hodnot z výpočetního modelu.

$$v_{max-d} = 1.4 \text{ mm}$$

$$v_{lim} = \frac{3000}{300} = 10.0 \text{ mm} < v_{max-d} = 1.4 \text{ mm}$$

6.2. Uložení

Rekapitulace reakcí je provedena ze strojové superpozice následovně.

Reakce

Hodnoty: R_z

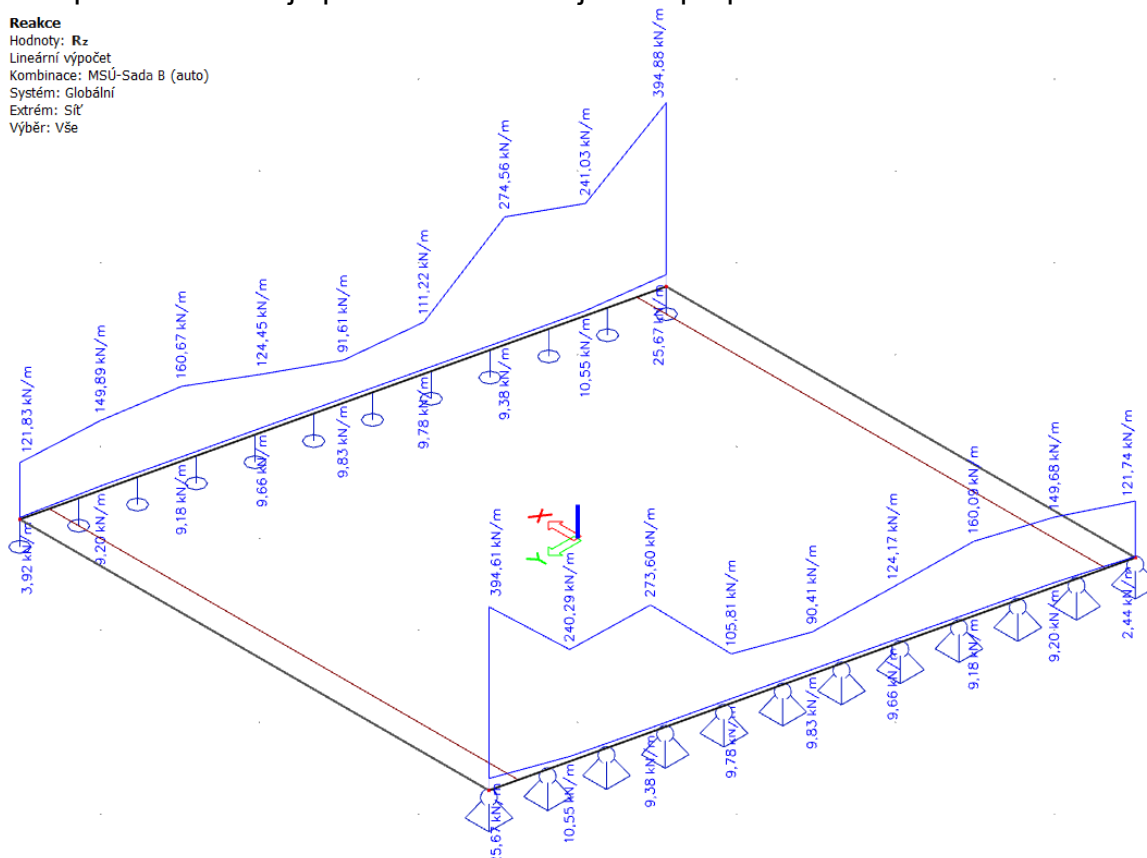
Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)

Systém: Globální

Extrém: Sít'

Výběr: Vše



Trny vrubového kloubu jsou navrženy na reakci od maximální reakce opěry v horní úrovni od pasivního odporu zeminy, resp. brzdné síly:

$$\sigma_{p-dolní} = 20 \cdot 3.0 \cdot tg^2 \left(45 + \frac{30}{2} \right) = 180 kPa$$

$$R_{p-horní} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 180 \cdot 3.0 \cdot \frac{1}{3} \cdot 3.0}{3.0} = 90 kN/m$$

$$R_{brzdné-horní} = \frac{292}{3.3} = 88 kN/m$$

$$F_{a oceli} = \frac{90}{280000} = 0.000321 m^2/m$$

Trny vyhovují již od $2\phi R16/m$, z konstruktivních důvodů navrhuji trny v počtu $4\phi R20/m$ opěry.

Posouzení kontaktního napětí:

$$\sigma_{b \text{ betonu}} = \frac{0.395}{0.10 \cdot 1.0} = 3.95 MPa < f_{cd-C30/37} = 20 MPa$$

Šířka vrubového kloubu v kontaktu uložení vyhovuje 10cm, konstruktivně s ohledem na krytí výztuže navrhuji 12cm.

Posuny vrubového kloubu jsou zanedbatelné, k aktivaci pasivního či aktivního tlaku prakticky nedojde.

$$V_{teplotní \text{ změny}} = \pm 3000 \cdot 0.000012 \cdot 50 = \pm 1.8 mm$$

$$V_{smršťování \text{ a dotvarování}} = -3000 \cdot 0.000012 \cdot 20 = -7.2 mm$$

6.3. Stojky rámu

Výztuž stojek je navržena z maximálního možného bočního tlaku zásypu v případě zatlačení opěry na pasivní odpor zeminy.

$$\sigma_{p-dolní} = 20 \cdot 3.0 \cdot tg^2 \left(45 + \frac{30}{2} \right) = 180 kPa$$

$$R_{p-dolní} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 180 \cdot 3.0 \cdot \frac{2}{3} \cdot 3.0}{3.0} = 180 kN/m$$

$$\sigma_{rozepření\ dlažbou} = \frac{0.18}{0.2} = 0.9 MPa < f_{cd-C16/20} = 10 MPa$$

$$M_{stojka} = \frac{180 \cdot 3.0^2}{9 \cdot \sqrt{3}} = 104 kNm$$

Stojka opěry – vnitřní svislá výztuž

Namáhání			Návrh výztuže				
$M_{ed}[MNm] = 0.104$			$A_{st,d}$	6.666	ϕ	12	
Beton-průřez		Materiálové charakteristiky betonu a oceli					
$b[m] = 1.000$		$f_{ctm}[MPa] = 2.9$		$f_{yk}[MPa] = 500$		$\varepsilon_{cu} = 0.0035$	
$h[m] = 0.400$		$f_{ck}[MPa] = 30.0$		$f_{yd}[MPa] = 435$		$\lambda = 0.800$	
$c[m] = 0.060$		$f_{cd}[MPa] = 17.0$		$E_s[MPa] = 200000$		$\eta = 1.000$	
$d[m] = 0.340$							
Přímý návrh požadované plochy výztuže a posudky							
$A_{xmin-fl}[m^2] = 0.000513$			$A_{xmin-\mu}[m^2] = 0.000442$		mimimální plocha výztuže		
$x_{bal}[m] = 0.209732$	>		$x[m] = 0.023120$		omezení výšky tlačené oblasti		
$A_{st,req}[m^2] = 0.000723$	<		$A_{st,d}[m^2] = 0.000754$		ověření návrhové plochy výztuže		
$\mu_{minx}[\%] = 0.15$	<		$\mu[\%] = 0.22$	<	$\mu_{max}[\%] = 1.60$		
Moment únosnosti							
$x[m] = 0.024102$			$M_{Rd}[MNm] = 0.108$	>	$M_{ed}[MNm] = 0.104$		

6.4. Založení

Napětí v základové spáře je stanoveno na průměrnou reakci se započtením tíhy opěry. Vzhledem k rozpěrákovému charakteru konstrukce uvažují jen svislé namáhání bez excentricity.

$$\sigma_{z-na\ podkladním\ betonu} = \frac{250 + 0.4 \cdot 2.0 \cdot 25}{1.2} = \frac{270}{1.2} = 225 kPa$$

$$\sigma_{z-pod\ podkladním\ betonem\ tl\ 20cm} = \frac{270}{1.4} = 193 kPa$$

Vyhovuje základová zemina třídy už od S4 nebo G5.

$$\sigma_{z-pod\ polštářem\ a\ betonem\ v\ celk.tl.50cm\ s\ roznosem} = \frac{270}{2.4} = 112 kPa$$

7. Závěr

Mostní konstrukce vyhovuje z betonu C30/37, vyztužená ocelí B500B, za dodržení geometrických předpokladů uvedených výše. Tloušťka desky 300mm, tloušťka opěr 400mm, oboustranný vrubový kloub (rozpěráková konstrukce).

Dolní podélná výztuž $8\phi R16/m$

Dolní příčná výztuž $7\phi R12/m$

Horní příčná výztuž konstruktivně $7\phi R12/m$

Spony $16\phi R6/m^2$ u opěr v pásu 75cm (4 řady), dále vyhovuje konstruktivně $9\phi R6/m^2$

Ohyby $4\phi R12/m$ v tupých rozích v šíři 75cm, jinde vyhovují $4\phi R8/m$, 2 řady

Trny vrubového kloubu $4\phi R20/m$ úložného prahu, dosedací plocha šířky 150mm

Vnitřní svislá výztuž opěr $7\phi R12/m$

Ostatní plochy vyztužit konstruktivně, doporučuji stejnou rozteč.

Napětí pod základem je 225kPa, pod podkladním betonem tl.20cm jen 193kPa. Pokud základová půda bude horší než S4 nebo G5, bude nutno použít štěrkový roznášecí polštář, který při tl.30cm s podkladním betonem 20cm sníží namáhání na 112kPa, což vyhovuje již pro zeminu třídy F5 tuhé konzistence.

V Liberci, dne 11.10.2023
Vypracoval Ing.T.Humpal