

**Obnovení a nové využití areálu zámku Hazlov - etapa I. -
Rekonstrukce obřadního sálu – obnovení klenby nad průjezdem
D 1.2 Stavebně konstrukční řešení**

Souprava č.

Základní údaje:

Akce: Obnovení a nové využití areálu zámku Hazlov - etapa I. -
Rekonstrukce obřadního sálu – obnovení klenby nad průjezdem

Objednatel: Obec Hazlov
Hazlov 31
351 32 Hazlov

IČ:00253952
DIČ:CZ00253952

Stupeň: DPS

Část: D1.2 Stavebně konstrukční řešení – statický výpočet

Zpracovatel: Ing. Zbyněk POUZAR, Projektová činnost ve výstavbě
Sadová 245
351 34 Skalná
IČ: 69953899

Odpovědný projektant: Ing. Zbyněk POUZAR, Projektová činnost ve výstavbě
Sadová 245
351 34 Skalná
IČ: 69953899

Použité podklady

Stavební část PD v rozpracovanosti

Účel projektu

Tento projekt se týká výhradně návrhu konstrukce obnovené klenby nad průjezdem v objektu zámku v Hazlově vedle obřadního sálu. Neřeší žádné další konstrukce. Stupeň návrhu je DPS.

Popis konstrukce

Jedná se o zastropení průjezdu do dvora areálu v prostoru bývalé konírny. Průjezd vznikl vybudováním vestavby do úzké proluky mezi původně zcela samostatnými objekty. Původně byl průjezd zaklenut plochou valenou klenbou, zděnou z plných cihel na vápennou maltu. Klenba byla opřena do dělicí stěny mezi průjezdem v konírně a sousedním prostorem jižního křídla zámku. Na okrajích klenby byly provedeny dodnes zachované klenebné pasy, které přenášely zatížení z obvodových stěn vestavby proluky. Konírna byla původně zastropena rovněž klenutým stropem, křížovými klenbami s přízedními polopilířky a dvěma středovými masivními pilíři, v úrovni klenby nad průjezdem, sousední prostor jižního křídla zámku byl rovněž zaklenut, českými plackami do klenebných pasů, ani tato konstrukce se nedochovala. Vystává otázka, zda je možno konstrukčně vyřešit zaklenutí průjezdu prostým zaklenutím obnovenou zděnou valenou klenbou, v podstatě replikou původní klenby. Zde ale je nutno si uvědomit, že v nově využitém prostoru konírny bude absentovat původní konstrukce klenutého zastropení, které stabilizovalo jako protiváha ve vodorovném směru korunu dělicí stěny mezi prostorem konírny a průjezdem. Stěna je poměrně masivní, ovšem nepokračuje nad úroveň plánované obnovené klenby a celá vodorovná reakce z obnovené klenby bude namáhat zhlaví stěny ve vodorovném směru směrem do prostoru budoucího obřadního sálu. Jelikož by takto působila zděná stěna jako prostá konzola, bez jakékoliv stabilizace a bez dostatečného přitížení horní stavbou, zvláště pak také vzhledem k nízkému vzepětí obnovené klenby, tedy k výrazné vodorovné reakci v patě zděné klenby, je nutno toto řešení ze statického hlediska zamítnout jako nepřípustné z důvodu mechanické odolnosti a stability celé konstrukce stěny a klenby.

Z výše zmíněných důvodů a zároveň při respektování principů památkové péče bylo navrženo kompromisní řešení, kdy bude na bednění klenby vyžděna klenba dle původního vzhledu tl. 150 mm z CP 20 na vápennou maltu. Tato klenba bude vzhledově imitovat původní klenbu, avšak nebude mít nosnou funkci, bude sloužit jako ztracené bednění pod nosnou železobetonovou skořepinu tl. 180 mm, provedenou nad ní. Železobetonová skořepina nebude díky své prostorově ohybové tuhosti zatěžovat korunu klenby vodorovnými silami a zároveň přenesete tyto síly i od vlastní tíhy cihelné klenby pod ní. V podstatě zastabilizuje celý systém stěna – klenba, a zároveň bude jako zcela skrytá konstrukce přenášet zatížení z nové podlahy mezipatra obřadního sálu nad průjezdem do stěn. Skořepina bude provedena z vázané výztuže B500B a betonu C25/30 XC1, s krytím 20 mm. Statický výpočet a grafické schéma vyztužení klenby v příloze této dokumentace, tvar je patrný ze stavební části PD.

Dne 23.4. 2021
vypracoval
Ing. Zbyněk Pouzar

Projekt

Akce : Zámek Hazlov
Část : D1.2 Stavebně konstrukční řešení
Popis : výpočet žb klenby nad průjezdem
Vypracoval : Ing. Zbyněk Pouzar
Datum : 21.04.2021
Poznámka : výpočet zatížení železobetonové cylindrické skořepiny sloužící jako výztuha klenby nad průjezdem k eliminaci vodorovných sil na stěnu mezi průjezdem a konírnou

Norma

Použita národní příloha pro Česko

1 Protokol zatížení: Zatížení klenby - průměrné

Poznámka:

Stálé zatížení	Charakt. [kN/m ²]	Souč. [-]	Návrh. [kN/m ²]
Ostatní stálé zatížení			
Topinková dlažba (18,00 × 0,050)	0,90	1,35	1,22
beton lehký Liapor - mazanina (16,00 × 0,050)	0,80	1,35	1,08
minerální vlna lisovaná (1,00 × 0,025)	0,03	1,35	0,04
liapor zpevněný cementem (12,00 × 0,300)	3,60	1,35	4,86
klenba z CP na MV (18,00 × 0,150)	2,70	1,35	3,65
malta vápenná (18,00 × 0,025)	0,45	1,35	0,61
Součet: Ostatní stálé zatížení	8,48	1,35	11,45
Součet: Stálé zatížení	8,48	1,35	11,45

Proměnné zatížení	Charakt. [kN/m ²]	Souč. [-]	Návrh. [kN/m ²]
Užitné zatížení			
C3 Plochy bez překážek pro pohyb osob	3,00	1,50	4,50
Součet: Užitné zatížení	3,00	1,50	4,50
Součet: Proměnné zatížení	3,00	1,50	4,50
Součet zatížení	11,48	1,39	15,95

2 Protokol zatížení: Zatížení klenby - minimální

Poznámka:

- průměrné

Stálé zatížení	Charakt. [kN/m ²]	Souč. [-]	Návrh. [kN/m ²]
Ostatní stálé zatížení			
Topinková dlažba (18,00 × 0,050)	0,90	1,35	1,22
beton lehký Liapor - mazanina (16,00 × 0,050)	0,80	1,35	1,08
minerální vlna lisovaná (1,00 × 0,025)	0,03	1,35	0,04
liapor zpevněný cementem (12,00 × 0,050)	0,60	1,35	0,81
klenba z CP na MV (18,00 × 0,150)	2,70	1,35	3,65
malta vápenná (18,00 × 0,025)	0,45	1,35	0,61
Součet: Ostatní stálé zatížení	5,48	1,35	7,40
Součet: Stálé zatížení	5,48	1,35	7,40

Proměnné zatížení	Charakt. [kN/m ²]	Souč. [-]	Návrh. [kN/m ²]
Užitné zatížení			
C3 Plochy bez překážek pro pohyb osob	3,00	1,50	4,50
Součet: Užitné zatížení	3,00	1,50	4,50
Součet: Proměnné zatížení	3,00	1,50	4,50
Součet zatížení	8,48	1,40	11,90

3 Protokol zatížení: Zatížení klenby - maximální

Poznámka:

- průměrné

Stálé zatížení

	Charakt. [kN/m ²]	Souč. [-]	Návrh. [kN/m ²]
Ostatní stálé zatížení			
Topinková dlažba (18,00 × 0,050)	0,90	1,35	1,22
beton lehký Liapor - mazanina (16,00 × 0,050)	0,80	1,35	1,08
minerální vlna lisovaná (1,00 × 0,025)	0,03	1,35	0,04
liapor zpevněný cementem (12,00 × 0,500)	6,00	1,35	8,10
klenba z CP na MV (18,00 × 0,150)	2,70	1,35	3,65
malta vápenná (18,00 × 0,025)	0,45	1,35	0,61
Součet: Ostatní stálé zatížení	10,88	1,35	14,69
Součet: Stálé zatížení	10,88	1,35	14,69

Proměnné zatížení


	Charakt. [kN/m ²]	Souč. [-]	Návrh. [kN/m ²]
Užitné zatížení			
C3 Plochy bez překážek pro pohyb osob	3,00	1,50	4,50
Součet: Užitné zatížení	3,00	1,50	4,50
Součet: Proměnné zatížení	3,00	1,50	4,50
Součet zatížení	13,88	1,38	19,19

1. Výpočet klenby nad průjezdem

2. Obsah

1. Výpočet klenby nad průjezdem	1
2. Obsah	1
3. Materiály	1
4. Plochy	1
5. Zatěžovací stavy	2
6. Kombinace	2
7. Výpočtový model	2
8. ZS2 stálé zatížení	3
9. ZS3 nahodilé zatížení	3
10. 3D přemístění; U_{total}	4
11. Vnitřní síly 2D; $m_{Ed,1+}$ směr x spodní povrch	4
12. Vnitřní síly 2D; $m_{Ed,2+}$ směr y spodní povrch	5
13. Vnitřní síly 2D; $m_{Ed,1-}$ směr x horní povrch	5
14. Vnitřní síly 2D; $m_{Ed,2-}$ směr y horní povrch	6
15. Návrh výztuže (MSÚ+MSP); $A_{s,prov,1+}$ směr x spodní povrch	6
16. Návrh výztuže (MSÚ+MSP); $A_{s,prov,2+}$ směr y spodní povrch	7
17. Návrh výztuže (MSÚ+MSP); $A_{s,prov,1-}$ směr x horní povrch	7
18. Návrh výztuže (MSÚ+MSP); $A_{s,prov,2-}$ směr y horní povrch	8
19. Návrh výztuže (MSÚ+MSP); $A_{sw,stat}$ - smyk	8
20. Návrh výztuže (MSÚ+MSP)	9
21. Návrh výztuže (MSÚ+MSP) - smyková výztuž	13
22. Šířka trhlín (MSP); UC	19
23. Šířka trhlín (MSP)	19
24. Normově závislý průhyb; δ_{to}	21

3. 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
C25/30	Beton	2500,0	2600,0	3,1500e+04	0.2	0,00	25,00	

Vysvětlivky symbolů

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

4. Plochy

Jméno	Vrstva	Typ	Typ prvku	Materiál	Typ tloušťky	Tl. [mm]
S1	beton	skořepina (98)	Standard	C25/30	konstantní	180
S2	beton	skořepina (98)	Standard	C25/30	konstantní	180
S3	beton	skořepina (98)	Standard	C25/30	konstantní	180

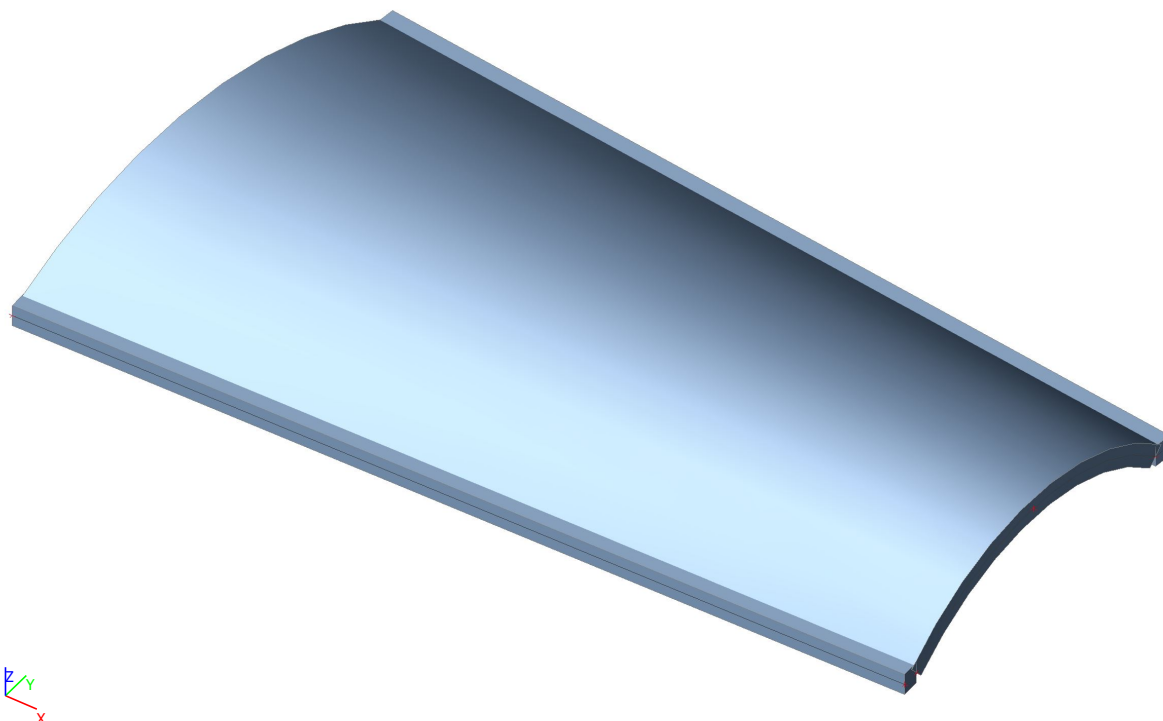
5. Zatěžovací stavy

Jméno	Popis	Typ působení	Skupina zatížení	Směr	Působení	Řídící zat. stav
	Spec	Typ zatížení				
ZS1	Vlastní tíha	Stálé Vlastní tíha	SZ1	-Z		
ZS2	stálé	Stálé Standard	SZ1			
ZS3	nahodilé Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný

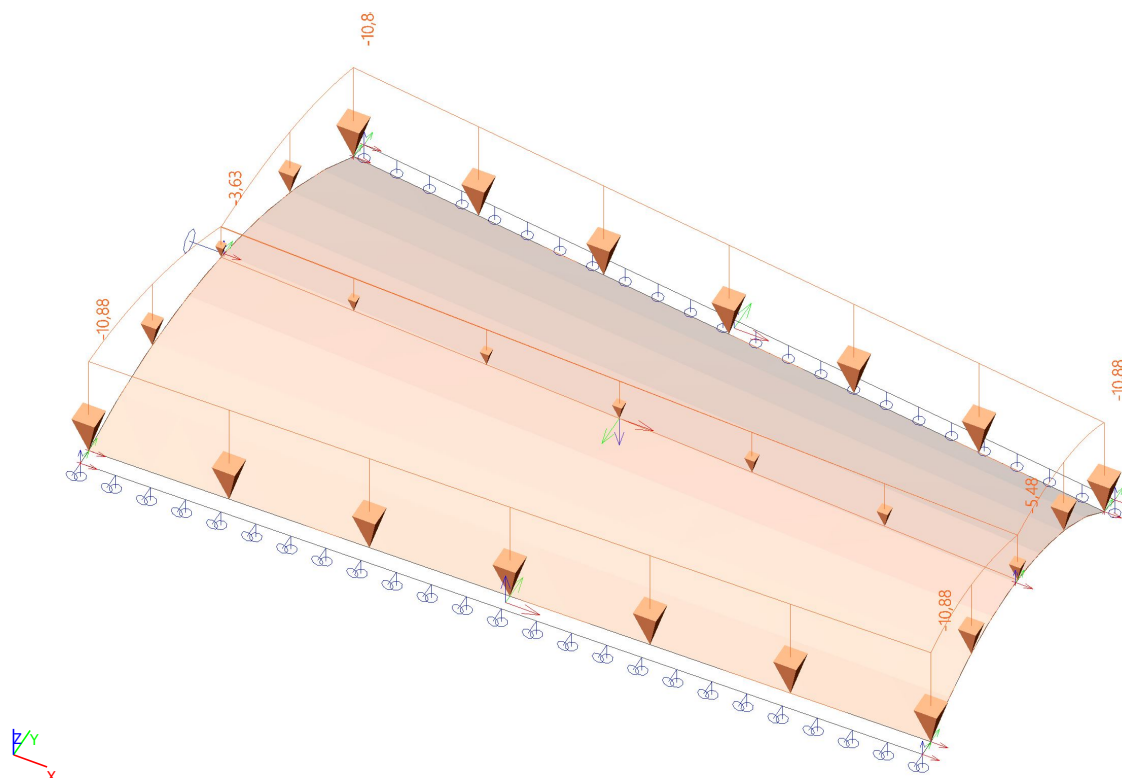
6. Kombinace

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
MSÚ-Sada B (auto)		EN-MSÚ (STR/GEO) Soubor B	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
			ZS2 - stálé	1,00
			ZS3 - nahodilé	1,00
MSP-Char (auto)		EN-MSP charakteristická	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
			ZS2 - stálé	1,00
			ZS3 - nahodilé	1,00
MSP-Kvazi (auto)		EN-MSP kvazistálá	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
			ZS2 - stálé	1,00
			ZS3 - nahodilé	1,00

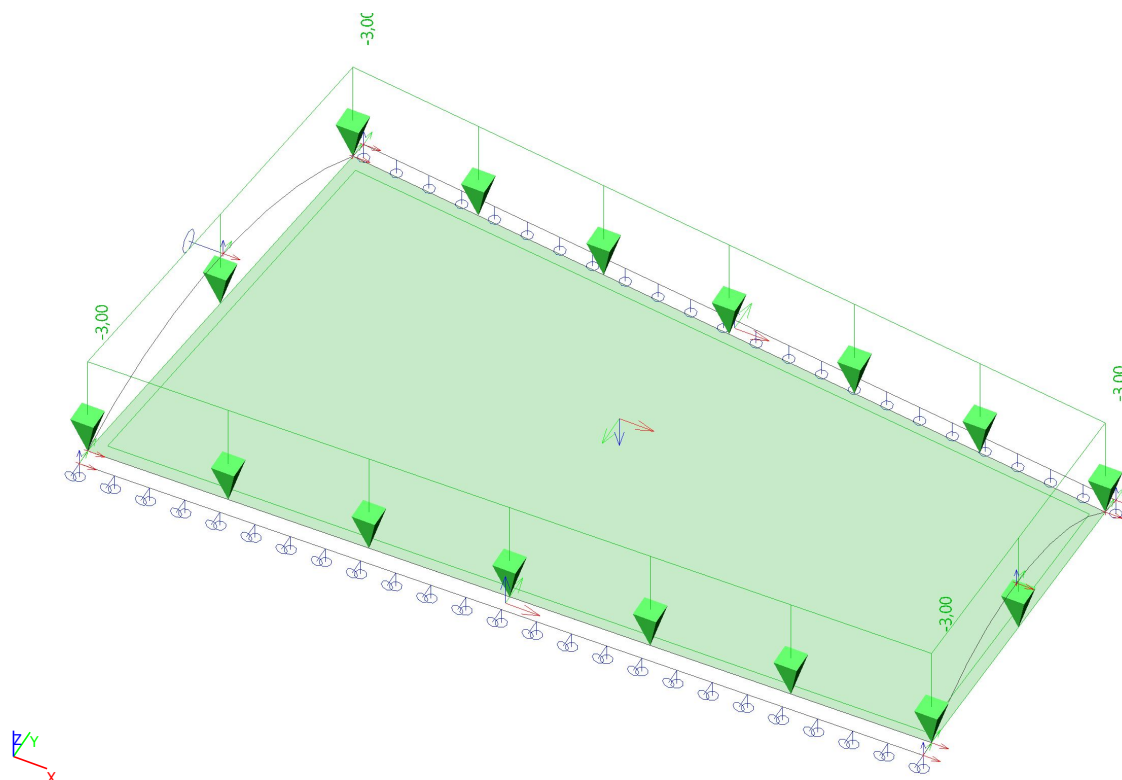
7. Výpočtový model



8. ZS2 stálé zatížení



9. ZS3 nahodilé zatížení



10. 3D přemístění; U_{total}

Hodnoty: U_{total}

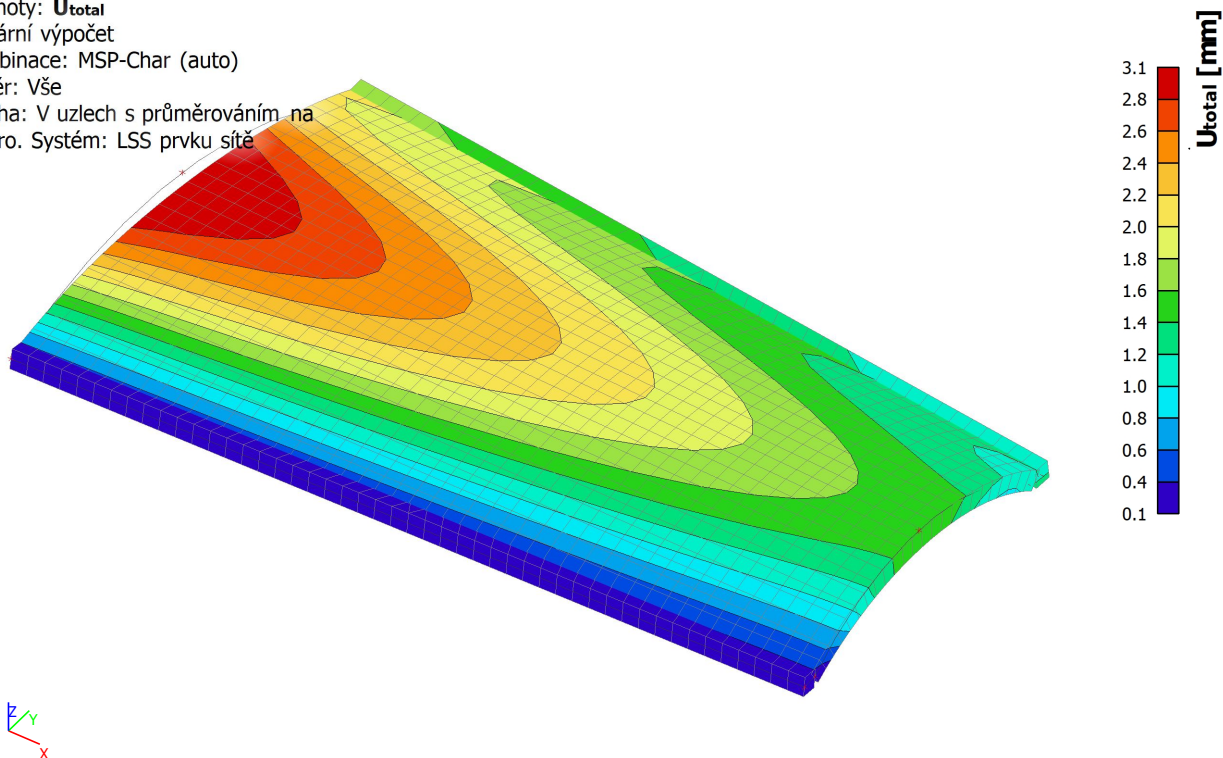
Lineární výpočet

Kombinace: MSP-Char (auto)

Výběr: Vše

Poloha: V uzlech s průměrováním na

makro. Systém: LSS prvku sítě



11. Vnitřní síly 2D; $m_{Ed,1+}$ směr x spodní povrch

Hodnoty: $m_{Ed,1+}$

Lineární výpočet

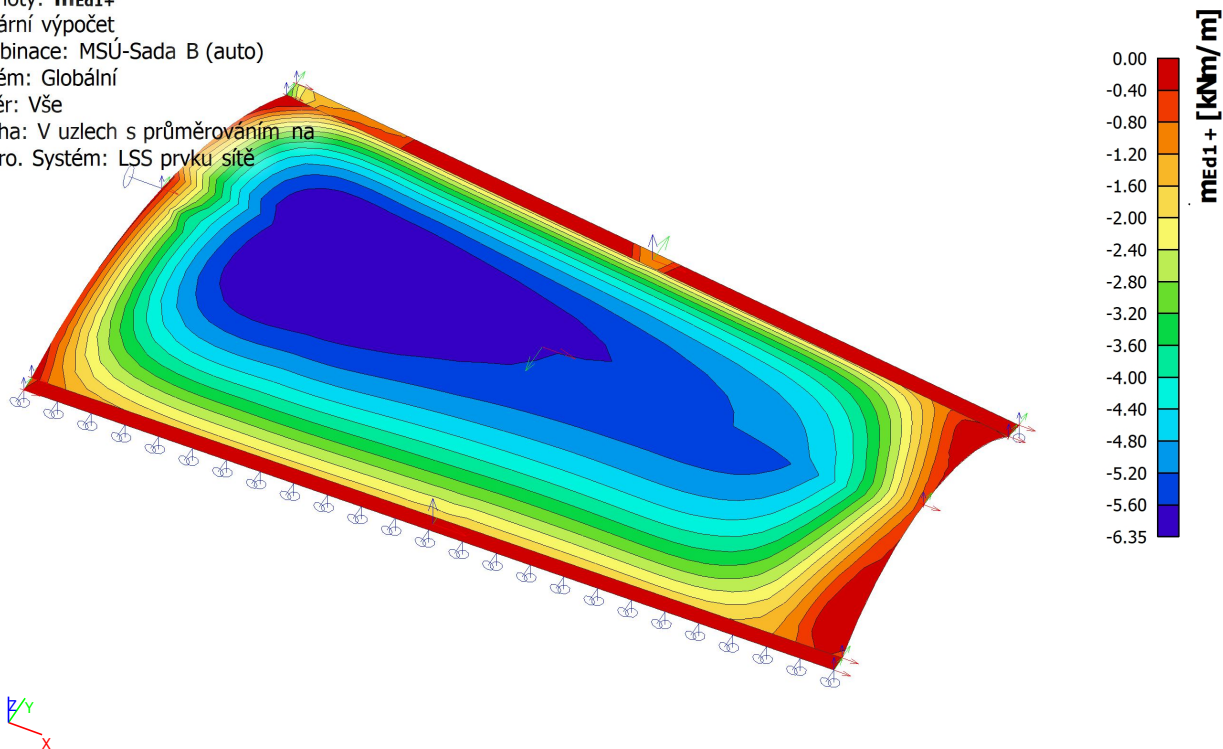
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)

Extrém: Globální

Výběr: Vše

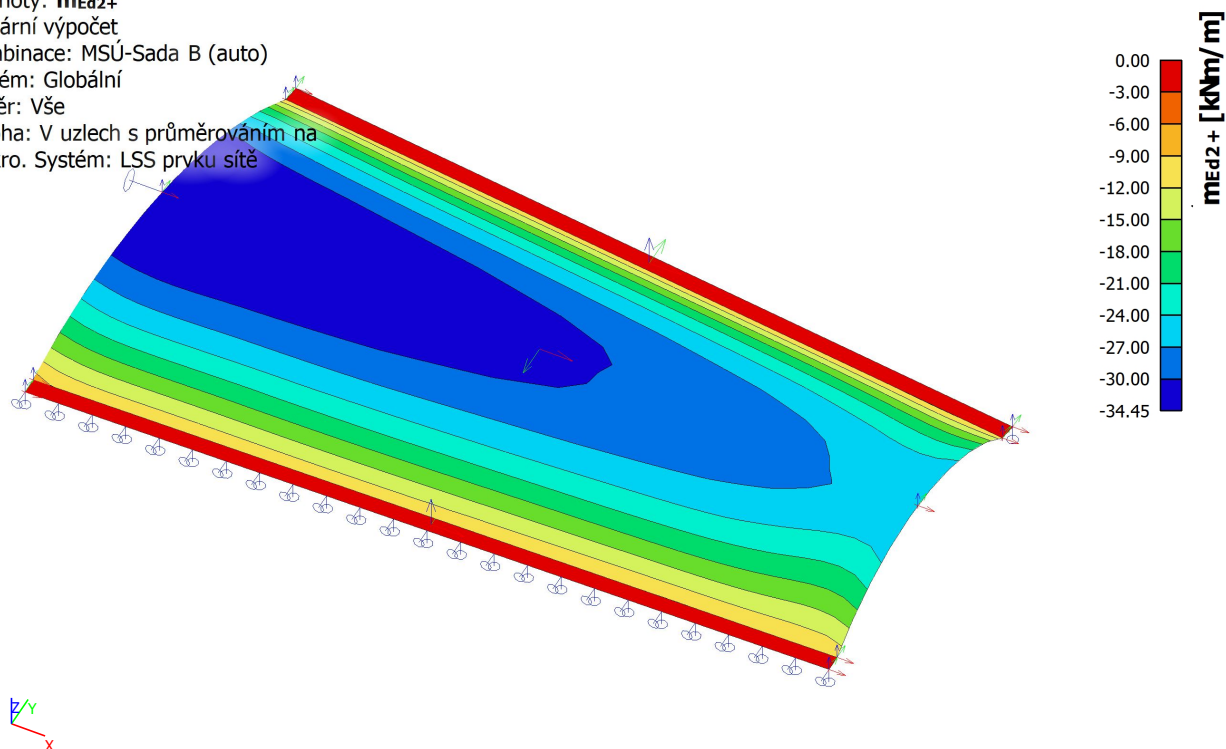
Poloha: V uzlech s průměrováním na

makro. Systém: LSS prvku sítě



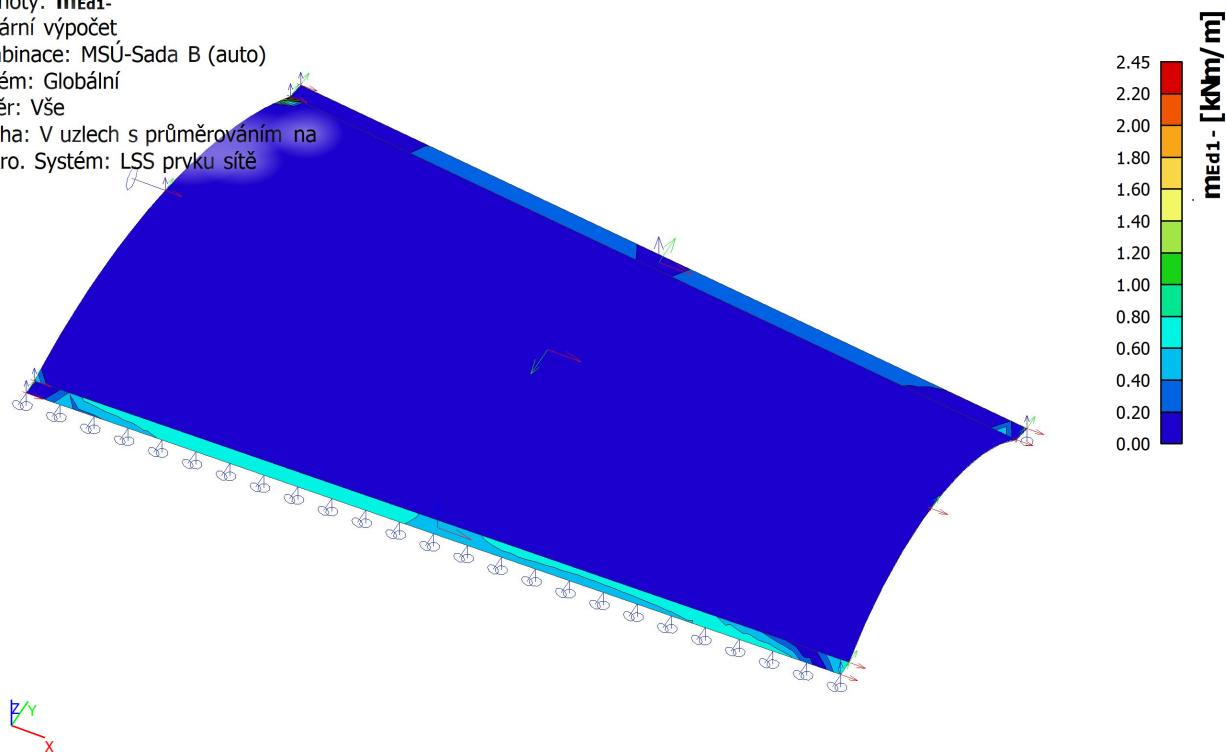
12. Vnitřní síly 2D; mEd,2+ směr y spodní povrch

Hodnoty: **mEd2+**
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
 Extrém: Globální
 Výběr: Vše
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě



13. Vnitřní síly 2D; mEd,1- směr x horní povrch

Hodnoty: **mEd1-**
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
 Extrém: Globální
 Výběr: Vše
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě



14. Vnitřní síly 2D; mEd,2- směr y horní povrch

Hodnoty: **mEd2-**

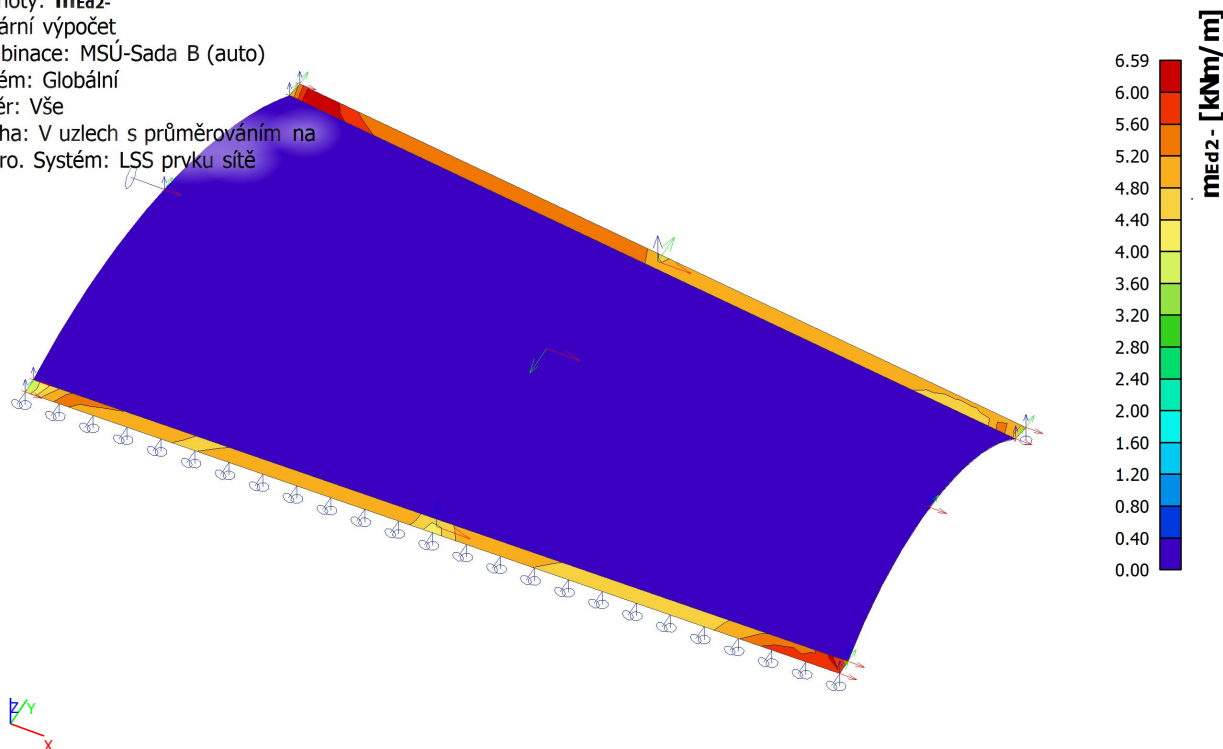
Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)

Extrém: Globální

Výběr: Vše

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



15. Návrh výztuže (MSÚ+MSP); As,prov,1+ směr x spodní povrch

Hodnoty: **ReinfProv,1+**

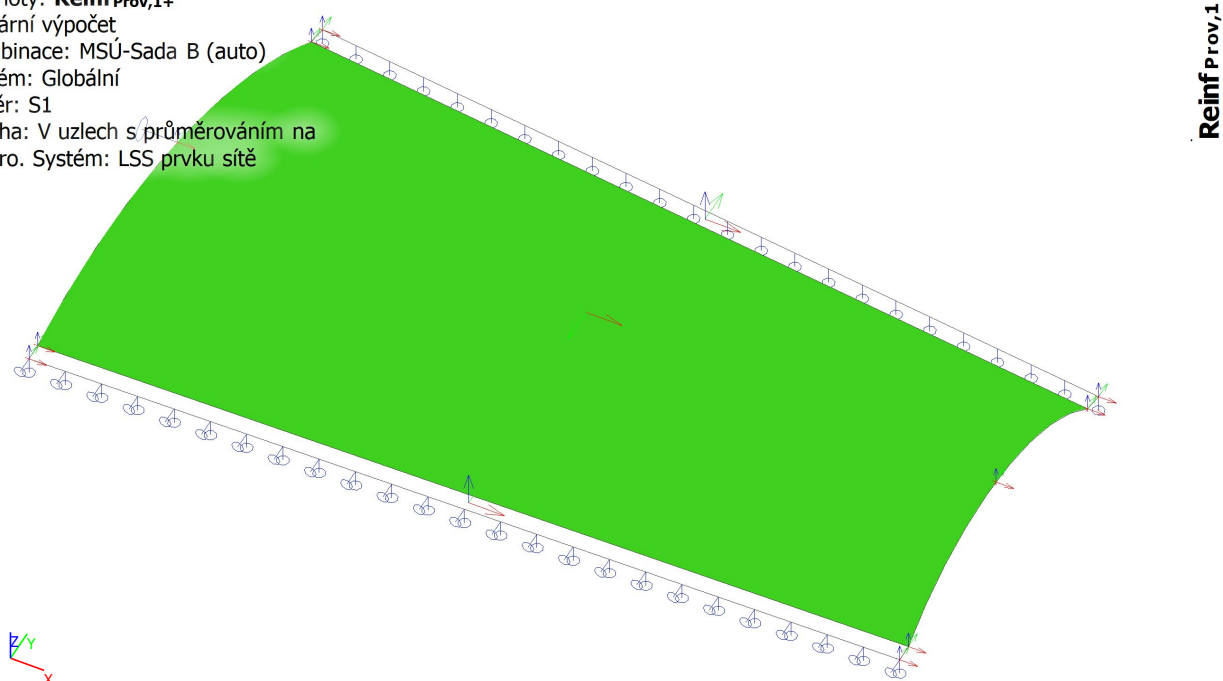
Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)

Extrém: Globální

Výběr: S1

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



φ6,0/100

16. Návrh výztuže (MSÚ+MSP); $A_{s,prov,2+}$ směr y spodní povrch

Hodnoty: **Reinf_{Prov,2+}**

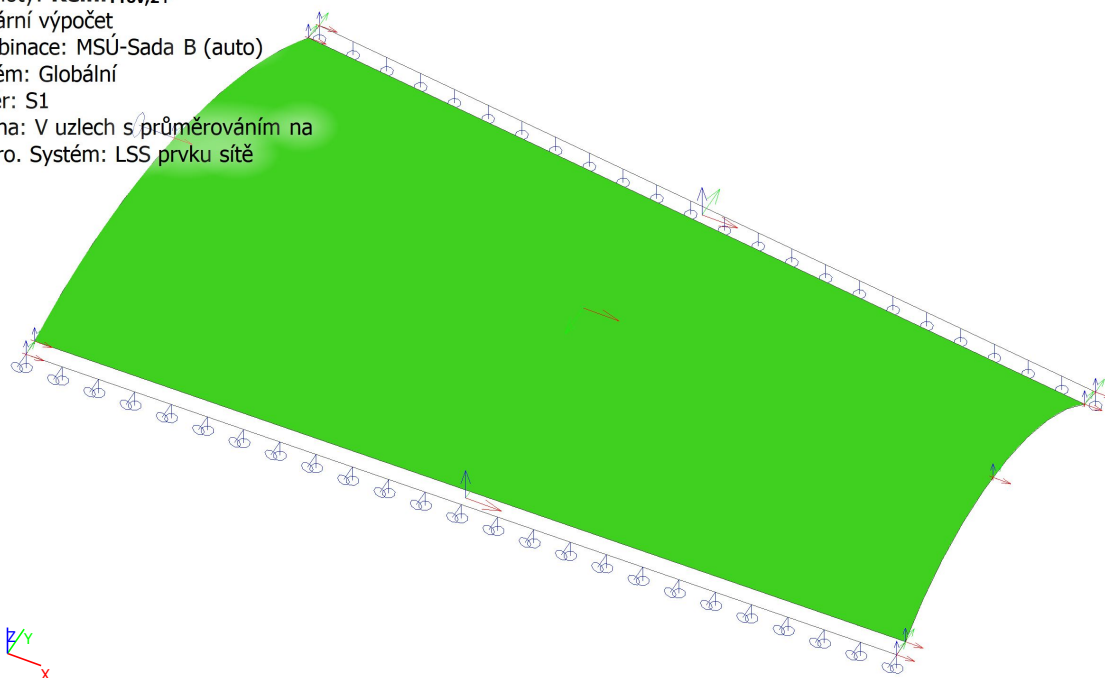
Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)

Extrém: Globální

Výběr: S1

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



$\phi 10,0/100$

Reinf_{Prov,2+}

17. Návrh výztuže (MSÚ+MSP); $A_{s,prov,1-}$ směr x horní povrch

Hodnoty: **Reinf_{Prov,1-}**

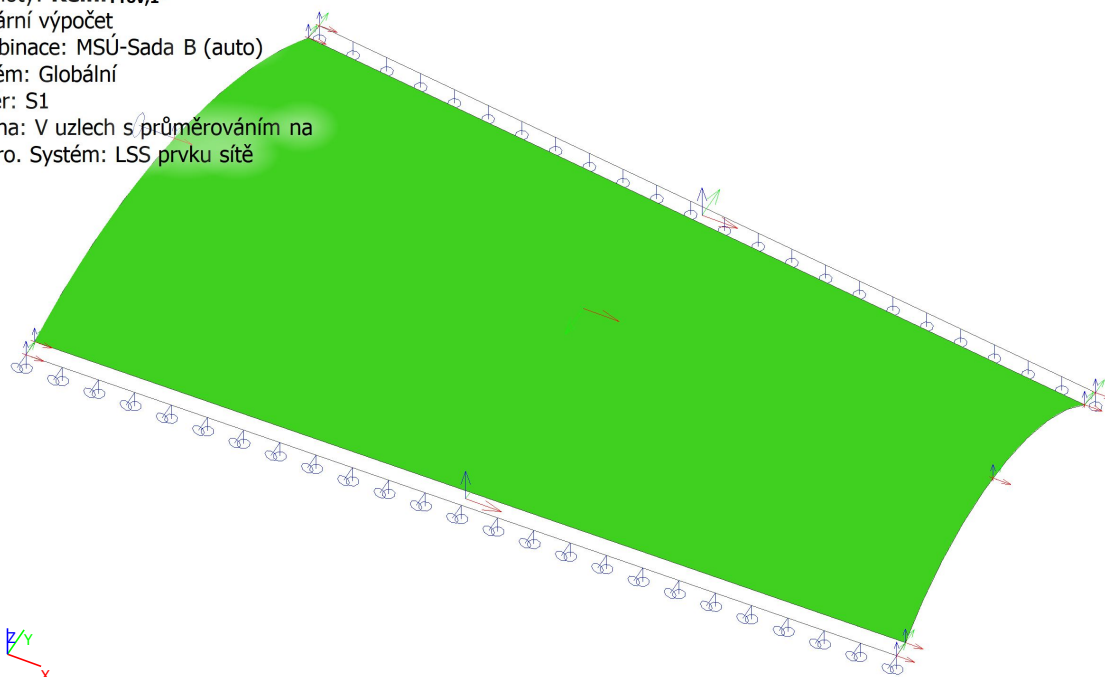
Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)

Extrém: Globální

Výběr: S1

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



$\phi 6,0/100$

Reinf_{Prov,1-}

18. Návrh výztuže (MSÚ+MSP); $A_{s,prov,2}$ - směr y horní povrch

Hodnoty: $Reinf_{Prov,2}$

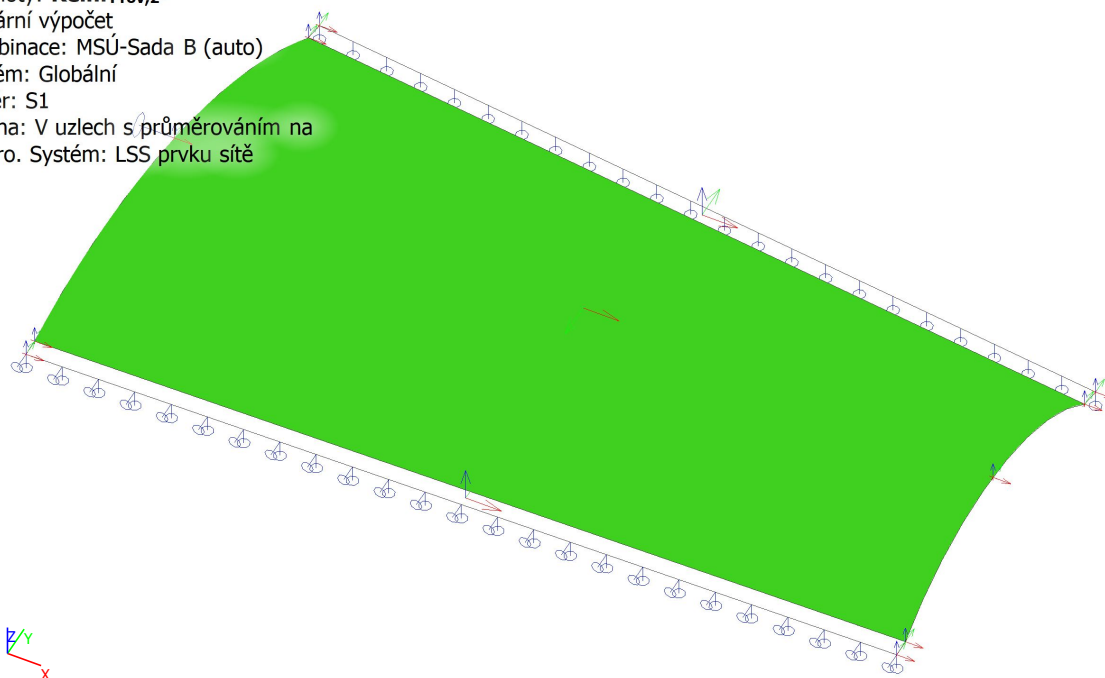
Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)

Extrém: Globální

Výběr: S1

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



$\phi 6,0/100$

Reinf Prov,2-

19. Návrh výztuže (MSÚ+MSP); $A_{sw,stat}$ - smyk

Hodnoty: $A_{sw,stat}$

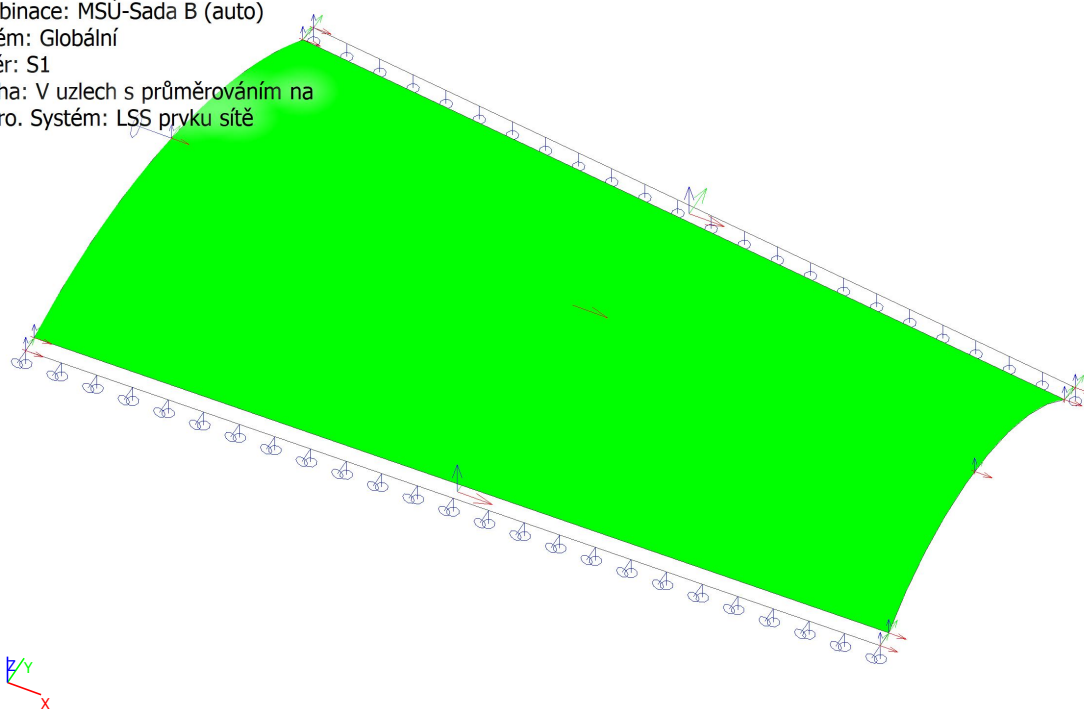
Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)

Extrém: Globální

Výběr: S1

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



Konstantní hodnota 0.00
 $A_{sw,stat}$ [mm^2/m^2]

20. Návrh výztuže (MSÚ+MSP)

Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)

Extrém: Globální

Výběr: S1

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

Skořepina (deska) S1

ČSN EN 1992-1-1/NA: 2011-07

h = 180 mm

Uzel 1064/3986 [X= -2,729, Y=-0,164, Z=0,522 m]

Předpoklady návrhu

Výztuž

Podélná: **B 500B**

Horní povrch

[1+] První vrstva (0°)

[2+] Druhá vrstva (90°)

Krytí:

Spodní povrch

[1-] První vrstva (0°)

[2-] Druhá vrstva (90°)

Krytí:

Smyk: **B 500B**

Ø6,0 mm / Hlavní

Ø10,0 mm / Hlavní

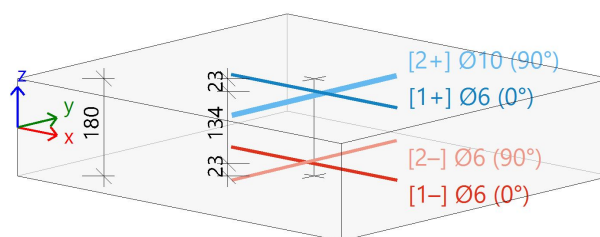
c_{nom} = 20 mm

Ø6,0 mm / Hlavní

Ø6,0 mm / Hlavní

c_{nom} = 20 mm

Ø8 mm



Beton:

Materiál: **C25/30**

Konstruční třída:

S2 (návrhová životnost 50 let, žádná zvláštní kontrola kvality)

(Table 4.3N)

Podmínky prostředí:

XC1 (na staveništi)

(Table 4.1N)

Minimální krytí

(§4.4.1.2)

$$c_{min} = \max \left(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \right)$$

$$= \max \left(6; 10 + 0 - 0 - 0; 10 \right) = 10 \text{ mm}$$

(4.2)

Nominální krytí

(§4.4.1.1)

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 10 + 10 = 20 \text{ mm}$$

(4.1)

Vnitřní síly z výpočtu konstrukce

Mezní stav únosnosti

Včetně posunu momentové křivky: ANO

(§9.2.1.3(2))

$$a_j = h \cdot \text{Coeff}_d = 180 \cdot 0.9 = 162 \text{ mm}$$

(§6.2.2(5))

Stav	m _x [kNm/m]	m _y [kNm/m]	m _{xy} [kNm/m]	n _x [kN/m]	n _y [kN/m]	n _{xy} [kN/m]	v _x [kN/m]	v _y [kN/m]
MSÚ-Sada B (auto)/1	-3,23	-20,21	0,64	5,04	10,41	-1,41	-1,84	1,25
MSÚ-Sada B (auto)/2	-5,26	-32,88	1,06	8,20	16,76	-2,34	-2,93	2,13
Stav	Klíč kombinace							
MSÚ-Sada B (auto)/...	ZS1+ZS2							
MSÚ-Sada B (auto)/...	1.35*ZS1+1.35*ZS2+1.05*ZS3							

Návrh podélné výztuže podle mezního stavu

Mezní stav únosnosti

Směr vrstvy výztuže [$\alpha=0^\circ$]

[1+]: horní povrch

$$m_{Ed} = -5.21 \text{ kNm/m} \mid n_{Ed} = 22.6 \text{ kN/m} \text{ [MSÚ-Sada B (auto)/2]}$$

$$f_{cd} = 16.7 \text{ [MPa]} \quad (\gamma_c = 1.5, \alpha_{cc} = 1)$$

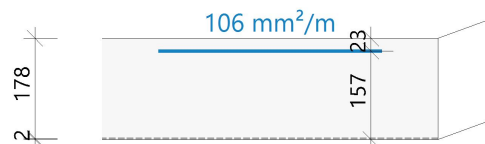
$$f_{yd} = 435 \text{ [MPa]} \quad (\gamma_s = 1.15)$$

$$\varnothing 6 \text{ mm} : d_1 = 23 \text{ mm} \rightarrow d = 157 \text{ mm}$$

$$x = 2 \text{ mm} \rightarrow z = 156 \text{ mm}$$

$$A_{s,ult} = 106 \text{ mm}^2/\text{m} \text{ (tahové)}$$

$$\rho = 0.068\%$$



Směr vrstvy výztuže [$\alpha=90^\circ$]

[2+]: horní povrch

$$m_{Ed} = -32.8 \text{ kNm/m} \mid n_{Ed} = 31.2 \text{ kN/m} \text{ [MSÚ-Sada B (auto)/2]}$$

$$f_{cd} = 16.7 \text{ [MPa]} \quad (\gamma_c = 1.5, \alpha_{cc} = 1)$$

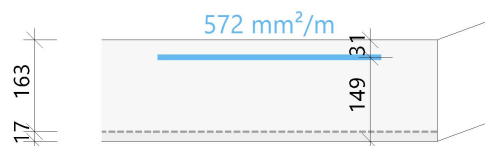
$$f_{yd} = 435 \text{ [MPa]} \quad (\gamma_s = 1.15)$$

$$\varnothing 10 \text{ mm} : d_1 = 31 \text{ mm} \rightarrow d = 149 \text{ mm}$$

$$x = 17 \text{ mm} \rightarrow z = 142 \text{ mm}$$

$$A_{s,ult} = 572 \text{ mm}^2/\text{m} \text{ (tahové)}$$

$$\rho = 0.384\%$$



Souhrn návrhu

	Stav	α_s [°]	m_{Ed} [kNm]	n_{Ed} [kN]	d [mm]	x [mm]	z [mm]	F_{cd} [kN]	F_{sd} [kN]	$A_{s,ult}$ [mm²]
[1+]	MSÚ-Sada B (auto)/2	0,0	-5,21	22,59	157,0	1,9	156,3	-23,7	46,3	106
[2+]	MSÚ-Sada B (auto)/2	90,0	-32,75	31,15	149,0	17,4	142,2	-217,3	248,5	572

α_s - směr vrstvy výztuže; m_{Ed} , n_{Ed} - přepočtené výpočtové zatížení; F_{cd} - síla přenášená betonem; F_{sd} - síla přenášená výztuží; $A_{s,ult}$ - nutná plocha výztuže z návrhu podle MSÚ ($> 10 \text{ mm}^2$)

MSÚ-Sada B (auto)/2	1.35*ZS1+1.35*ZS2+1.05*ZS3
---------------------	----------------------------

Posudek náhradní diagonály

Směr posudku (extrém) [$\alpha=45^\circ$]

Návrhová normálová síla ve směru náhradní diagonály

$$n_{Ed,sc} = -16.7 \text{ kN} \text{ [MSÚ-Sada B (auto)/2]}$$

s plnou výškou průřezu:

$$h = 180 \text{ mm} \rightarrow A_{cc} = h \cdot b = 0.18 \cdot 1000 = 180000 \text{ mm}^2$$

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 25}{1.5} = 17 \text{ MPa}$$

Návrhová únosnost náhradní diagonály (v tlaku)

$$n_{Rd,sc} = A_{cc} \cdot \text{Red}_{fcd} \cdot f_{cd} = 180000 \cdot 0.85 \cdot 17 = 2550 \text{ kN}$$

Jedn. pos.

$$UC_{sc} = \frac{\text{abs}(n_{Ed,sc})}{n_{Rd,sc}} = \frac{\text{abs}(-16.7)}{2550} = 0.0066$$

Minimální množství hlavní výztuže

Hlavní [1+] (tah)

Minimální plocha z procenta vyztužení

(§9.2.1.1(1))

$$A_{s,min} = \max \left\{ \begin{array}{l} \text{Coeff}_{Asmin,2} \cdot \frac{f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}} \\ \text{Coeff}_{Asmin,1} \cdot b_t \cdot d \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0.26 \cdot \frac{2.6 \cdot 1000 \cdot 157}{500} \\ 1.3 \cdot 10^{-3} \cdot 1000 \cdot 157 \end{array} \right\} = 212 \text{ mm}^2/\text{m} \quad (9.1N)$$

Minimální plocha z maximální vzdálenosti prutů výztuže

$$s_{max,slab} = \min(\text{Coeff}_{smax,slab,A} \cdot h; \text{Coeff}_{smax,slab,B}) = \min(2 \cdot 180; 300) = 300 \text{ mm} \quad (\text{ČSN } §9.3.1.1(3))$$

$$A_{s,min} = \frac{b}{s_{max,slab}} \cdot 0.25 \cdot \pi \cdot \phi^2 = \frac{1000}{300} \cdot 0.25 \cdot 3.14 \cdot 6^2 = 94 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Hlavní [2+] (tah)

Minimální plocha z procenta vyztužení

(§9.2.1.1(1))

$$A_{s,min} = \max \left\{ \begin{array}{l} \text{Coeff}_{Asmin,2} \cdot \frac{f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}} \\ \text{Coeff}_{Asmin,1} \cdot b_t \cdot d \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0.26 \cdot \frac{2.6 \cdot 1000 \cdot 149}{500} \\ 1.3 \cdot 10^{-3} \cdot 1000 \cdot 149 \end{array} \right\} = 201 \text{ mm}^2/\text{m} \quad (9.1N)$$

Minimální plocha z maximální vzdálenosti prutů výztuže

$$s_{max,slab} = \min(\text{Coeff}_{smax,slab,A} \cdot h; \text{Coeff}_{smax,slab,B}) = \min(2 \cdot 180; 300) = 300 \text{ mm} \quad (\text{ČSN } §9.3.1.1(3))$$

$$A_{s,min} = \frac{b}{s_{max,slab}} \cdot 0.25 \cdot \pi \cdot \phi^2 = \frac{1000}{300} \cdot 0.25 \cdot 3.14 \cdot 10^2 = 262 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Maximum výztuže

Hlavní [1+] (tah)

Maximální plocha z procenta vyztužení

$$A_{s,max} = \text{Coeff}_{Asmax} \cdot A_c = 0.04 \cdot 180000 = 7200 \text{ mm}^2/\text{m} \quad (§9.2.1.1(3))$$

Maximální plocha z minimální vzdálenosti prutů výztuže

$$s_{min,lim} = \max(k_1 \cdot \phi; d_g + k_2; s_{lb,min}) = \max(1.2 \cdot 6; 32 + 5; 20) = 37 \text{ mm} \quad (§8.2(2))$$

$$A_{s,max} = \frac{b}{\phi + s_{min,lim}} \cdot 0.25 \cdot \pi \cdot \phi^2 = \frac{1000}{6 + 37} \cdot 0.25 \cdot 3.14 \cdot 6^2 = 658 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Hlavní [2+] (tah)

Maximální plocha z procenta vyztužení

$$A_{s,max} = \text{Coeff}_{Asmax} \cdot A_c = 0.04 \cdot 180000 = 7200 \text{ mm}^2/\text{m} \quad (§9.2.1.1(3))$$

Maximální plocha z minimální vzdálenosti prutů výztuže

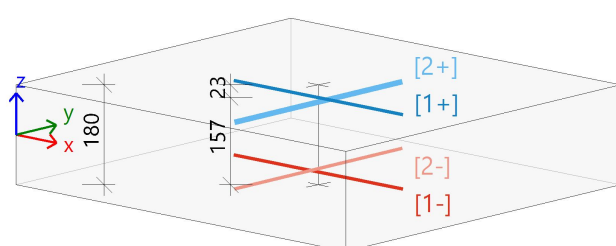
$$s_{min,lim} = \max(k_1 \cdot \phi; d_g + k_2; s_{lb,min}) = \max(1.2 \cdot 10; 32 + 5; 20) = 37 \text{ mm} \quad (§8.2(2))$$

$$A_{s,max} = \frac{b}{\phi + s_{min,lim}} \cdot 0.25 \cdot \pi \cdot \phi^2 = \frac{1000}{10 + 37} \cdot 0.25 \cdot 3.14 \cdot 10^2 = 1671 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Shrnutí podélné výztuže

	Základní	Přídavná		$A_{s,ult}$ [mm ²]	$A_{s,min}$ [mm ²]	$\Delta A_{s,ser}$ [mm ²]	$A_{s,req}$ [mm ²]	$A_{s,prov}$ [mm ²]	$A_{s,max}$ [mm ²]	Status
		Uživatel	Předpoklád...							
[1+]	φ6,0/100	bez výztuže	bez výztuže	106	212	---	212	283	658	OK
[2+]	φ10,0/100	bez výztuže	bez výztuže	572	262	---	572	785	1671	OK
[1-]	φ6,0/100	bez výztuže	bez výztuže	0	---	---	0	283	---	OK
[2-]	φ6,0/100	bez výztuže	bez výztuže	0	---	---	0	283	---	OK

$A_{s,ult}$ - nutná plocha výztuže z návrhu podle MSÚ; $\Delta A_{s,ser}$ - zvětšit nutnou plochu výztuže z návrhu podle MSP; $A_{s,req}$ - nutná plocha výztuže jako $\max(A_{s,ult}; A_{s,min}) + \Delta A_{s,ser}$; $A_{s,prov}$ - předpokládaná plocha výztuže (součet uvažovaných základních a přídavných prutů)



[1+] φ6,0/100
[2+] φ10,0/100
[1-] φ6,0/100
[2-] φ6,0/100

Návrh smykové výztuže

Návrhová smyková síla

$$V_{Ed} = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} = \sqrt{-2.9^2 + 2.1^2} = 3.6 \text{ kN/m [MSÚ-Sada B (auto))/2]}$$

Hlavní síly a rovina deformace

$$m_z = -33 \text{ kNm} \mid n_z = 17 \text{ kN}$$

$$d = 154 \text{ mm} \mid z = 147 \text{ mm}$$

Poměr podélné výztuže. (uvažovat, že horní povrch je tažený)

(§6.4.4(1))

$$\rho_{lx} = \frac{A_{sl,x}}{b \cdot d} = \frac{283}{1000 \cdot 154} = 0.184 \% \quad \rho_{ly} = \frac{A_{sl,y}}{b \cdot d} = \frac{785}{1000 \cdot 154} = 0.51 \%$$

$$\rho_l = \min\left(\sqrt{\rho_{lx} \cdot \rho_{ly}}, 0.02\right) = \min\left(\sqrt{1.84 \cdot 10^{-3} \cdot 5.1 \cdot 10^{-3}}, 0.02\right) = 0.306 \%$$

Smyková únosnost bez smykové výztuže

Normálové napětí v betonu (kladné pro tlak)

Normálové síly (z MKP): $n_x = 8.2 \text{ kN/m}$ $n_y = 16.8 \text{ kN/m}$ [MSÚ-Sada B (auto))/2]

$$\sigma_{cp,1} = \min\left(\frac{-n_x}{A_c}, 0.2 \cdot f_{cd}\right) = \min\left(\frac{-8.2}{0.18}, 0.2 \cdot 16.7 \cdot 10^6\right) = -0.05 \text{ MPa} \quad (\S 6.2.2(1))$$

$$\sigma_{cp,2} = \min\left(\frac{-n_y}{A_c}, 0.2 \cdot f_{cd}\right) = \min\left(\frac{-16.8}{0.18}, 0.2 \cdot 16.7 \cdot 10^6\right) = -0.09 \text{ MPa} \quad (\S 6.2.2(1))$$

$$\sigma_{cp} = \frac{\sigma_{cp,1} + \sigma_{cp,2}}{2} = \frac{-0.05 + -0.09}{2} = -0.07 \text{ MPa}$$

Návrhová smyková únosnost se smykovou výztuží

(§6.4.4(1))

$$k = \min \left(1 + \left(\frac{200}{d} \right)^{\frac{1}{2}}; 2 \right) = \min \left(1 + \left(\frac{200}{154} \right)^{\frac{1}{2}}; 2 \right) = 2$$

$$C_{Rdc} = 0.12 \quad v_{\min} = 0.495 \text{ MPa} \quad k_1 = 0.15$$

$$v_{Rdc} = \max \left(10^6 \cdot \left(C_{Rdc} \cdot k \cdot \left(100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck} \right)^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right) \cdot d; 0 \right) \quad (6.47)$$

$$= \max \left(10^6 \cdot \left(0.12 \cdot 2 \cdot \left(100 \cdot 3.06 \cdot 10^{-3} \cdot 25 \right)^{\frac{1}{3}} + 0.15 \cdot -0.0693 \right) \cdot 0.154; 0 \right) = 71.2 \text{ kN/m}$$

$$v_{Rdcm} = \max \left(10^6 \cdot \left(v_{\min} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right) \cdot d; 0 \right) = \max \left(10^6 \cdot \left(0.495 + 0.15 \cdot -0.0693 \right) \cdot 0.154; 0 \right) = 74.6 \text{ kN/m}$$

$$v_{Rdc} = \max(v_{Rdc}; v_{Rdcm}) = \max(71.2 \text{ kN/m}; 74.6 \text{ kN/m}) = 74.6 \text{ kN/m}$$

Maximální smyková únosnost betonu

Redukční součinitel pevnosti pro beton porušený trhlinami ve smyku

$$v = 0.6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right) = 0.6 \cdot \left(1 - \frac{25}{250} \right) = 0.54 \quad (6.6N)$$

Úhel náhradní diagonály

$$\theta = \theta_{inp} = 40^\circ, \cot(\theta) = 1.192$$

Návrhová hodnota maximální smykové síly, kterou dokáže dílec přenést

$$v_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{(\cot(\theta) + \tan(\theta))} = \frac{1 \cdot 1 \cdot 0.147 \cdot 0.54 \cdot 16.7}{(\cot(40) + \tan(40))} = 652 \text{ kN/m} \quad (6.9)$$

Posouzení smykové únosnosti (bez smykové výztuže)

Posouzení $v_{Rd,max}$

$$v_{Ed} = 3.63 \text{ kN/m} \leq v_{Rd,max} = 652 \text{ kN/m} \quad \text{OK}$$

Posouzení v_{Rdc}

$$v_{Ed} = 3.63 \text{ kN/m} \leq v_{Rdc} = 74.6 \text{ kN/m} \quad (\text{OK, není požadována žádná smyková výztuž})$$

Shrnutí smykové výztuže

	Stav	θ	v_{Ed}	$A_{sl,x}$	$A_{sl,y}$	ρ_l	$v_{Rd,c}$	$v_{Rd,max}$	$A_{sw,req}$	Stav
		[°]	[kN/m]	[mm ²]	[mm ²]	[%]	[kN/m]	[kN/m]	[mm ² /m ²]	
[+]	MSÚ-Sada B (auto)/2	40,0	3,6	283	785	0,306	74,6	652,4	---	OK

v_{Ed} - návrhová smyková síla, $A_{sl,x/y}$ - tahová podélná výztuž, ρ_l - odpovídající poměr výztuže, $v_{Rd,c}$ - smyková únosnost bez smykové výztuže, $v_{Rd,max}$ - maximální smyková únosnost betonu, $A_{sw,req}$ - nutná smyková výztuž

21. Návrh výztuže (MSÚ+MSP) - smyková výztuž

Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)

Extrém: Globální

Výběr: S1

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

Skořepina (deska) S1

h=180 mm

ČSN EN 1992-1-1/NA: 2011-07

Uzel 900/3358 [X= -1,834, Y=-1,824, Z=0,000 m]

Předpoklady návrhu

Výztuž

Podélná: **B 500B**

Horní povrch

[1+] První vrstva (0°)

[2+] Druhá vrstva (90°)

Krytí:

Ø6,0 mm / Hlavní

Ø10,0 mm / Hlavní

 $c_{nom} = 20 \text{ mm}$

Spodní povrch

[1-] První vrstva (0°)

[2-] Druhá vrstva (90°)

Krytí:

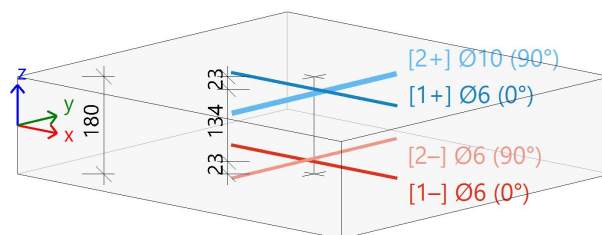
Ø6,0 mm / Hlavní

Ø6,0 mm / Hlavní

 $c_{nom} = 20 \text{ mm}$

Smyk: **B 500B**

Ø8 mm



Beton:

Materiál: **C25/30**

Konstrukční třída:

S2 (návrhová životnost 50 let, žádná zvláštní kontrola kvality)

(Table 4.3N)

Podmínky prostředí:

XC1 (na staveništi)

(Table 4.1N)

Minimální krytí

(§4.4.1.2)

$$c_{min} = \max \left(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \right)$$

(4.2)

$$= \max \left(6; 10 + 0 - 0 - 0; 10 \right) = 10 \text{ mm}$$

Nominální krytí

(§4.4.1.1)

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 10 + 10 = 20 \text{ mm}$$

(4.1)

Vnitřní síly z výpočtu konstrukce

Mezní stav únosnosti

Včetně posunu momentové křivky: ANO

(§9.2.1.3(2))

$$a_l = h \cdot \text{Coeff}_d = 180 \cdot 0.9 = 162 \text{ mm}$$

(§6.2.2(5))

Stav	m_x [kNm/m]	m_y [kNm/m]	m_{xy} [kNm/m]	n_x [kN/m]	n_y [kN/m]	n_{xy} [kN/m]	v_x [kN/m]	v_y [kN/m]
MSÚ-Sada B (auto)/1	-1,23	-6,02	1,21	-6,34	-10,49	0,15	0,02	18,49
MSÚ-Sada B (auto)/2	-1,97	-9,60	2,00	-10,26	-16,87	0,23	0,04	29,48
Stav	Klíč kombinace							
MSÚ-Sada B (auto)/...	ZS1+ZS2							
MSÚ-Sada B (auto)/...	1.35*ZS1+1.35*ZS2+1.05*ZS3							

Návrh podélné výztuže podle mezního stavu

Mezní stav únosnosti

Směr vrstvy výztuže [$\alpha=0^\circ$]

[1+]: horní povrch

$$m_{Ed} = -1.76 \text{ kNm/m} \mid n_{Ed} = 16.1 \text{ kN/m} \text{ [MSÚ-Sada B (auto)/2]}$$

$$f_{cd} = 16.7 \text{ [MPa]} \quad (\gamma_c = 1.5, \alpha_{cc} = 1)$$

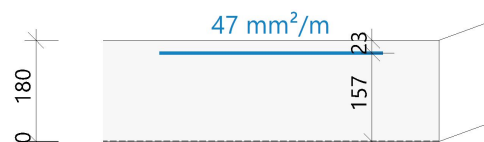
$$f_{yd} = 435 \text{ [MPa]} \quad (\gamma_s = 1.15)$$

$$\varnothing 6 \text{ mm} : d_1 = 23 \text{ mm} \rightarrow d = 157 \text{ mm}$$

$$x = 0.4 \text{ mm} \rightarrow z = 157 \text{ mm}$$

$$A_{s,ult} = 47 \text{ mm}^2/\text{m} \text{ (tahové)}$$

$$\rho = 0.030\%$$



Směr vrstvy výztuže [$\alpha=90^\circ$]

[2+]: horní povrch

$$m_{Ed} = -9.47 \text{ kNm/m} \mid n_{Ed} = 9.44 \text{ kN/m} \text{ [MSÚ-Sada B (auto)/2]}$$

$$f_{cd} = 16.7 \text{ [MPa]} \quad (\gamma_c = 1.5, \alpha_{cc} = 1)$$

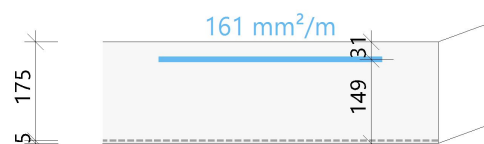
$$f_{yd} = 435 \text{ [MPa]} \quad (\gamma_s = 1.15)$$

$$\varnothing 10 \text{ mm} : d_1 = 31 \text{ mm} \rightarrow d = 149 \text{ mm}$$

$$x = 5 \text{ mm} \rightarrow z = 147 \text{ mm}$$

$$A_{s,ult} = 161 \text{ mm}^2/\text{m} \text{ (tahové)}$$

$$\rho = 0.108\%$$



Souhrn návrhu

	Stav	α_s [°]	m_{Ed} [kNm]	n_{Ed} [kN]	d [mm]	x [mm]	z [mm]	F_{cd} [kN]	F_{sd} [kN]	$A_{s,ult}$ [mm²]
[1+]	MSÚ-Sada B (auto)/2	0,0	-1,76	16,05	157,0	0,4	156,9	-4,4	20,4	47
[2+]	MSÚ-Sada B (auto)/2	90,0	-9,47	9,44	149,0	4,8	147,1	-60,6	70,0	161

α_s - směr vrstvy výztuže; m_{Ed} , n_{Ed} - přepočtené výpočtové zatížení; F_{cd} - síla přenášená betonem; F_{sd} - síla přenášená výztuží; $A_{s,ult}$ - nutná plocha výztuže z návrhu podle MSÚ ($> 10 \text{ mm}^2$)

MSÚ-Sada B (auto)/2	1.35*ZS1+1.35*ZS2+1.05*ZS3
---------------------	----------------------------

Posudek náhradní diagonály

Směr posudku (extrém) [$\alpha=135^\circ$]

Návrhová normálová síla ve směru náhradní diagonály

$$n_{Ed,sc} = -26.5 \text{ kN} \text{ [MSÚ-Sada B (auto)/2]}$$

s plnou výškou průřezu:

$$h = 180 \text{ mm} \rightarrow A_{cc} = h \cdot b = 0.18 \cdot 1000 = 180000 \text{ mm}^2$$

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 25}{1.5} = 17 \text{ MPa}$$

Návrhová únosnost náhradní diagonály (v tlaku)

$$n_{Rd,sc} = A_{cc} \cdot \text{Red}_{fcd} \cdot f_{cd} = 180000 \cdot 0.85 \cdot 17 = 2550 \text{ kN}$$

Jedn. pos.

$$UC_{sc} = \frac{\text{abs}(n_{Ed,sc})}{n_{Rd,sc}} = \frac{\text{abs}(-26.5)}{2550} = 0.01$$

Minimální množství hlavní výztuže

Hlavní [1+] (tah)

Minimální plocha z procenta vyztužení

(§9.2.1.1(1))

$$A_{s,min} = \max \left\{ \begin{array}{l} \text{Coeff}_{Asmin,2} \cdot \frac{f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}} \\ \text{Coeff}_{Asmin,1} \cdot b_t \cdot d \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0.26 \cdot \frac{2.6 \cdot 1000 \cdot 157}{500} \\ 1.3 \cdot 10^{-3} \cdot 1000 \cdot 157 \end{array} \right\} = 212 \text{ mm}^2/\text{m} \quad (9.1N)$$

Minimální plocha z maximální vzdálenosti prutů výztuže

$$s_{max,slab} = \min(\text{Coeff}_{smax,slab,A} \cdot h; \text{Coeff}_{smax,slab,B}) = \min(2 \cdot 180; 300) = 300 \text{ mm} \quad (\text{ČSN } §9.3.1.1(3))$$

$$A_{s,min} = \frac{b}{s_{max,slab}} \cdot 0.25 \cdot \pi \cdot \phi^2 = \frac{1000}{300} \cdot 0.25 \cdot 3.14 \cdot 6^2 = 94 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Hlavní [2+] (tah)

Minimální plocha z procenta vyztužení

(§9.2.1.1(1))

$$A_{s,min} = \max \left\{ \begin{array}{l} \text{Coeff}_{Asmin,2} \cdot \frac{f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yk}} \\ \text{Coeff}_{Asmin,1} \cdot b_t \cdot d \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0.26 \cdot \frac{2.6 \cdot 1000 \cdot 149}{500} \\ 1.3 \cdot 10^{-3} \cdot 1000 \cdot 149 \end{array} \right\} = 201 \text{ mm}^2/\text{m} \quad (9.1N)$$

Minimální plocha z maximální vzdálenosti prutů výztuže

$$s_{max,slab} = \min(\text{Coeff}_{smax,slab,A} \cdot h; \text{Coeff}_{smax,slab,B}) = \min(2 \cdot 180; 300) = 300 \text{ mm} \quad (\text{ČSN } §9.3.1.1(3))$$

$$A_{s,min} = \frac{b}{s_{max,slab}} \cdot 0.25 \cdot \pi \cdot \phi^2 = \frac{1000}{300} \cdot 0.25 \cdot 3.14 \cdot 10^2 = 262 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Maximum výztuže

Hlavní [1+] (tah)

Maximální plocha z procenta vyztužení

$$A_{s,max} = \text{Coeff}_{Asmax} \cdot A_c = 0.04 \cdot 180000 = 7200 \text{ mm}^2/\text{m} \quad (§9.2.1.1(3))$$

Maximální plocha z minimální vzdálenosti prutů výztuže

$$s_{min,lim} = \max(k_1 \cdot \phi; d_g + k_2; s_{lb,min}) = \max(1.2 \cdot 6; 32 + 5; 20) = 37 \text{ mm} \quad (§8.2(2))$$

$$A_{s,max} = \frac{b}{\phi + s_{min,lim}} \cdot 0.25 \cdot \pi \cdot \phi^2 = \frac{1000}{6 + 37} \cdot 0.25 \cdot 3.14 \cdot 6^2 = 658 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Hlavní [2+] (tah)

Maximální plocha z procenta vyztužení

$$A_{s,max} = \text{Coeff}_{Asmax} \cdot A_c = 0.04 \cdot 180000 = 7200 \text{ mm}^2/\text{m} \quad (§9.2.1.1(3))$$

Maximální plocha z minimální vzdálenosti prutů výztuže

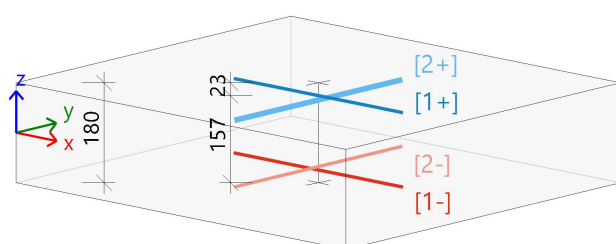
$$s_{min,lim} = \max(k_1 \cdot \phi; d_g + k_2; s_{lb,min}) = \max(1.2 \cdot 10; 32 + 5; 20) = 37 \text{ mm} \quad (§8.2(2))$$

$$A_{s,max} = \frac{b}{\phi + s_{min,lim}} \cdot 0.25 \cdot \pi \cdot \phi^2 = \frac{1000}{10 + 37} \cdot 0.25 \cdot 3.14 \cdot 10^2 = 1671 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Shrnutí podélné výztuže

	Základní	Přídavná		$A_{s,ult}$ [mm ²]	$A_{s,min}$ [mm ²]	$\Delta A_{s,serv}$ [mm ²]	$A_{s,req}$ [mm ²]	$A_{s,prov}$ [mm ²]	$A_{s,max}$ [mm ²]	Status
		Uživatel	Předpoklád...							
[1+]	φ6,0/100	bez výztuže	bez výztuže	47	212	---	212	283	658	OK
[2+]	φ10,0/100	bez výztuže	bez výztuže	161	262	---	262	785	1671	OK
[1-]	φ6,0/100	bez výztuže	bez výztuže	0	---	---	0	283	---	OK
[2-]	φ6,0/100	bez výztuže	bez výztuže	0	---	---	0	283	---	OK

$A_{s,ult}$ - nutná plocha výztuže z návrhu podle MSÚ; $\Delta A_{s,serv}$ - zvětšit nutnou plochu výztuže z návrhu podle MSP; $A_{s,req}$ - nutná plocha výztuže jako $\max(A_{s,ult}; A_{s,min}) + \Delta A_{s,serv}$; $A_{s,prov}$ - předpokládaná plocha výztuže (součet uvažovaných základních a přídavných prutů)



[1+] φ6,0/100
[2+] φ10,0/100
[1-] φ6,0/100
[2-] φ6,0/100

Návrh smykové výztuže

Návrhová smyková síla

$$V_{Ed} = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{0.0^2 + 29.5^2} = 29.5 \text{ kN/m [MSÚ-Sada B (auto)/2]}$$

Hlavní síly a rovina deformace

$$m_z = -10 \text{ kNm} \mid n_z = -17 \text{ kN}$$

$$d = 154 \text{ mm} \mid z = 152 \text{ mm}$$

Poměr podélné výztuže. (uvažovat, že horní povrch je tažený)

(§6.4.4(1))

$$\rho_{lx} = \frac{A_{sl,x}}{b \cdot d} = \frac{283}{1000 \cdot 154} = 0.184 \% \quad \rho_{ly} = \frac{A_{sl,y}}{b \cdot d} = \frac{785}{1000 \cdot 154} = 0.51 \%$$

$$\rho_l = \min\left(\sqrt{\rho_{lx} \cdot \rho_{ly}}, 0.02\right) = \min\left(\sqrt{1.84 \cdot 10^{-3} \cdot 5.1 \cdot 10^{-3}}, 0.02\right) = 0.306 \%$$

Smyková únosnost bez smykové výztuže

Normálové napětí v betonu (kladné pro tlak)

Normálové síly (z MKP): $n_x = -10.3 \text{ kN/m}$ $n_y = -16.9 \text{ kN/m}$ [MSÚ-Sada B (auto)/2]

$$\sigma_{cp,1} = \min\left(\frac{-n_x}{A_c}, 0.2 \cdot f_{cd}\right) = \min\left(\frac{-10.3}{0.18}, 0.2 \cdot 16.7 \cdot 10^6\right) = 0.06 \text{ MPa} \quad (\S 6.2.2(1))$$

$$\sigma_{cp,2} = \min\left(\frac{-n_y}{A_c}, 0.2 \cdot f_{cd}\right) = \min\left(\frac{-16.9}{0.18}, 0.2 \cdot 16.7 \cdot 10^6\right) = 0.09 \text{ MPa} \quad (\S 6.2.2(1))$$

$$\sigma_{cp} = \frac{\sigma_{cp,1} + \sigma_{cp,2}}{2} = \frac{0.06 + 0.09}{2} = 0.08 \text{ MPa}$$

Návrhová smyková únosnost se smykovou výztuží

(§6.4.4(1))

$$k = \min \left(1 + \left(\frac{200}{d} \right)^{\frac{1}{2}}; 2 \right) = \min \left(1 + \left(\frac{200}{154} \right)^{\frac{1}{2}}; 2 \right) = 2$$

$$C_{Rdc} = 0.12 \quad v_{min} = 0.495 \text{ MPa} \quad k_1 = 0.15$$

$$v_{Rdc} = \max \left(10^6 \cdot \left(C_{Rdc} \cdot k \cdot \left(100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck} \right)^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right) \cdot d; 0 \right) \quad (6.47)$$

$$= \max \left(10^6 \cdot \left(0.12 \cdot 2 \cdot \left(100 \cdot 3.06 \cdot 10^{-3} \cdot 25 \right)^{\frac{1}{3}} + 0.15 \cdot 0.0754 \right) \cdot 0.154; 0 \right) = 74.6 \text{ kN/m}$$

$$v_{Rdcm} = \max \left(10^6 \cdot \left(v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right) \cdot d; 0 \right) = \max \left(10^6 \cdot \left(0.495 + 0.15 \cdot 0.0754 \right) \cdot 0.154; 0 \right) = 78 \text{ kN/m}$$

$$v_{Rdc} = \max(v_{Rdc}; v_{Rdcm}) = \max(74.6 \text{ kN/m}; 78 \text{ kN/m}) = 78 \text{ kN/m}$$

Maximální smyková únosnost betonu

Redukční součinitel pevnosti pro beton porušený trhlinami ve smyku

$$v = 0.6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right) = 0.6 \cdot \left(1 - \frac{25}{250} \right) = 0.54 \quad (6.6N)$$

Úhel náhradní diagonály

$$\theta = \theta_{inp} = 40^\circ, \cot(\theta) = 1.192$$

Návrhová hodnota maximální smykové síly, kterou dokáže dílec přenést

$$v_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{(\cotg(\theta) + \tg(\theta))} = \frac{1 \cdot 1 \cdot 0.152 \cdot 0.54 \cdot 16.7}{(\cotg(40) + \tg(40))} = 672 \text{ kN/m} \quad (6.9)$$

Posouzení smykové únosnosti (bez smykové výztuže)

Posouzení $v_{Rd,max}$

$$v_{Ed} = 29.5 \text{ kN/m} \leq v_{Rd,max} = 672 \text{ kN/m} \quad \text{OK}$$

Posouzení v_{Rdc}

$$v_{Ed} = 29.5 \text{ kN/m} \leq v_{Rdc} = 78 \text{ kN/m} \quad (\text{OK, není požadována žádná smyková výztuž})$$

Shrnutí smykové výztuže

	Stav	θ	v_{Ed}	$A_{sl,x}$	$A_{sl,y}$	ρ_l	$v_{Rd,c}$	$v_{Rd,max}$	$A_{sw,req}$	Stav
		[°]	[kN/m]	[mm ²]	[mm ²]	[%]	[kN/m]	[kN/m]	[mm ² /m ²]	
[+]	MSÚ-Sada B (auto)/2	40,0	29,5	283	785	0,306	78,0	672,3	---	OK

v_{Ed} - návrhová smyková síla, $A_{sl,x/y}$ - tahová podélná výztuž, ρ_l - odpovídající poměr výztuže, v_{Rdc} - smyková únosnost bez smykové výztuže, $v_{Rd,max}$ - maximální smyková únosnost betonu, $A_{sw,req}$ - nutná smyková výztuž

22. Šířka trhlin (MSP); UC

Hodnoty: **UC**

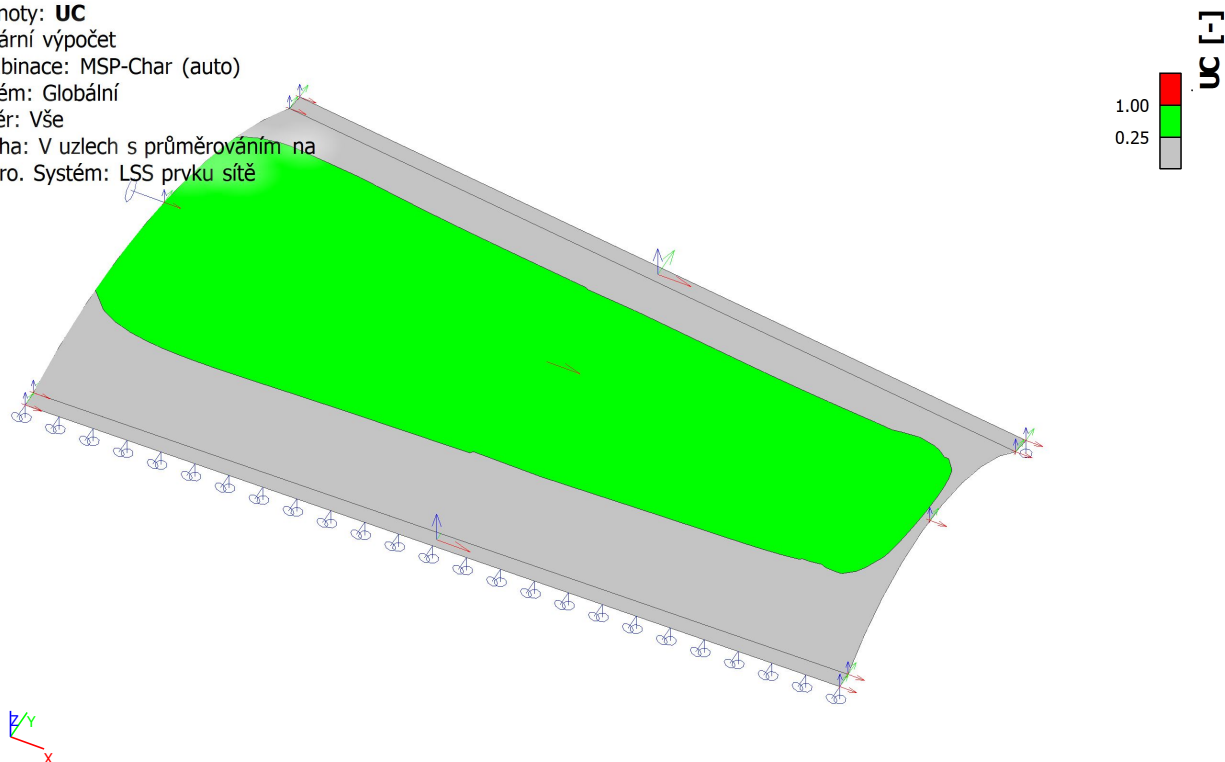
Lineární výpočet

Kombinace: MSP-Char (auto)

Extrém: Globální

Výběr: Vše

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



23. Šířka trhlin (MSP)

Lineární výpočet

Kombinace: MSP-Char (auto)

Extrém: Globální

Výběr: Vše

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

Skořepina (deska) S1

h=180 mm

ČSN EN 1992-1-1/NA: 2011-07

Uzel 1038/3886 [X= -2,561, Y=-0,010, Z=0,525 m]

Nastavení výpočtu:

Norma	ČSN EN 1992-1-1/NA: 2011-07
Součinitel pro efektní výšku	Coeff _d = 0.9
Procenta dlouhodobého zatížení	Coeff _{long} = 0.7
Efektivní součinitel dotvarování	φ _{ef} = 2.74
Pevnost pro výpočet f _{ct,eff}	f _{ctm}
Pevnost pro výpočet síly na mezi vzniku trhlin	f _{cteff}
Modul pružnosti betonu	E _c
Limitní hodnota šířky trhlin	w _{max-} = 0.4 mm
	w _{max+} = 0.4 mm

Materiál

Beton: C25/30	f _{ctm} = 2.6 MPa	Výztuž B 500B	f _{yk} = 500 MPa
	f _{ct,eff} = f _{ctm} = 2.6 MPa		E _s = 200 GPa
	E _c = E _{cm} = 31.5 GPa		ε _{yk} = 2.5 ‰
	σ _{cr} = f _{ct,eff} = 2.6 MPa		

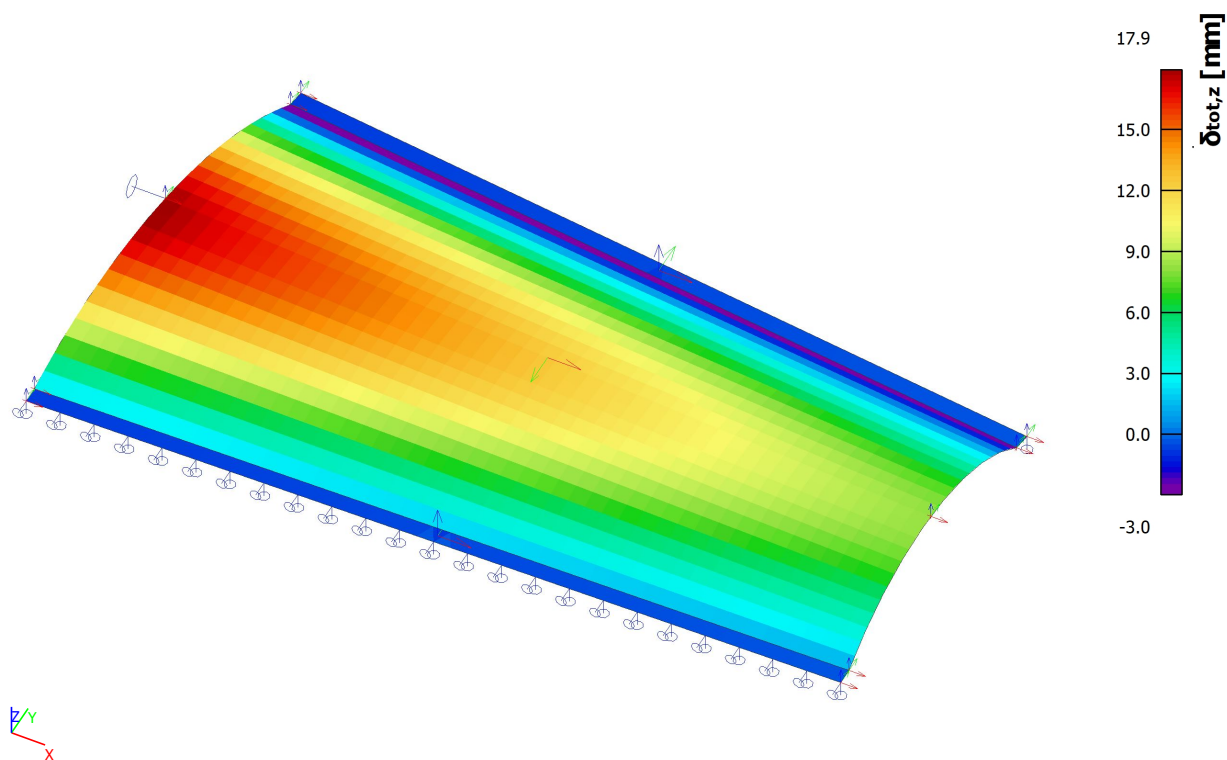
Vnitřní síly (povrch)

σ _I [-]: ZS1+ZS2	n _{Ed,char} = 6.07 kN/m, m _{Ed,char} = -3.2 kNm/m, n _{Ed,qp} = 6.07kN/m, m _{Ed,qp} = -3.2kNm/m
σ _{II} [-]: ZS1+ZS2	n _{Ed,char} = 11.4 kN/m, m _{Ed,char} = -20.2 kNm/m, n _{Ed,qp} = 11.4kN/m, m _{Ed,qp} = -20.2kNm/m
σ _I [+]: ZS1+ZS2+0.60*ZS3	n _{Ed,char} = 13.1 kN/m, m _{Ed,char} = -25.5 kNm/m, n _{Ed,qp} = 14.2kN/m, m _{Ed,qp} = -23.4kNm/m
σ _{II} [+]: ZS1+ZS2+0.60*ZS3	n _{Ed,char} = 7.03 kN/m, m _{Ed,char} = -4.05 kNm/m, n _{Ed,qp} = 7.67kN/m, m _{Ed,qp} = -3.71kNm/m

Posudek šířky trhlin

Povrch / Směr	α _σ [°]	σ _{ct} [MPa]	σ _{cr} [MPa]	Trhliny	s _{r,max} [mm]	ε _{sm,cm} [‰]	w [mm]	w _{lim} [mm]	Jednotkový posudek[-]	Stav
σ _I [-]	0.633	-0.541	2.6	NE	0	0	0	0.4	0	OK
σ _{II} [-]	90.6	-3.54	2.6	NE	0	0	0	0.4	0	OK
σ _I [+]	-89.4	4.53	2.6	ANO	254	0.676	0.172	0.4	0.429	OK
σ _{II} [+]	0.635	0.768	2.6	NE	0	0	0	0.4	0	OK

24. Normově závislý průhyb; δ^{tot}



Akce: Obřadní sál Hazlov - obnova klenby

Str.

SCHEMA VYZTUŽENÍ KLENBY

