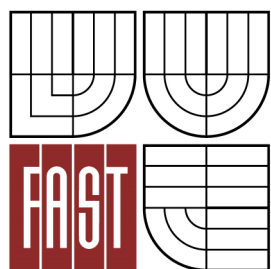




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

NÁVRH, POSOUZENÍ A OPTIMALIZACE OBLOUKOVÉ KONSTRUKCE

DESIGN AND OPTIMIZATION OF THE ARCH STRUCTURE

B.1 PŘEDBĚŽNÝ NÁVRH OBLOUKOVÉ KONSTRUKCE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. MARTIN HERKA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

prof. RNDr. Ing. PETR ŠTĚPÁNEK, CSc.

BRNO
2014

OBSAH

1. ÚVOD.....	3
2. GEOMETRIE	3
3. ZATÍŽENÍ	4
4. VARIANTY KONSTRUKCE A PRŮŘEZY	5
5. VYHODNOCENÍ A ZÁVĚR	6

PŘÍLOHY

Návrh a posouzení obloukové konstrukce :

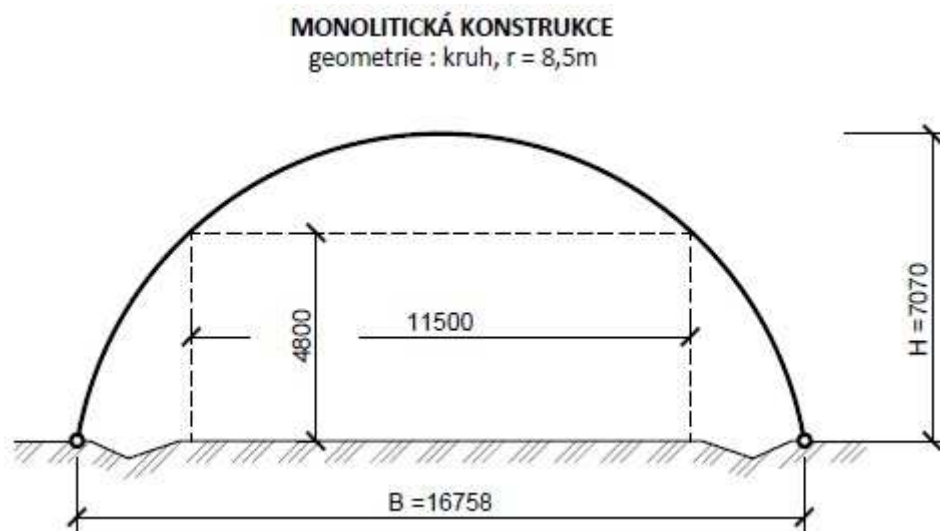
1. Obdélníkový průřez – kružnice
2. Obdélníkový průřez – elipsa
3. T-průřez – kružnice
4. T – průřez – elipsa
5. Nosník – kružnice
6. Nosník - elipsa

1. ÚVOD

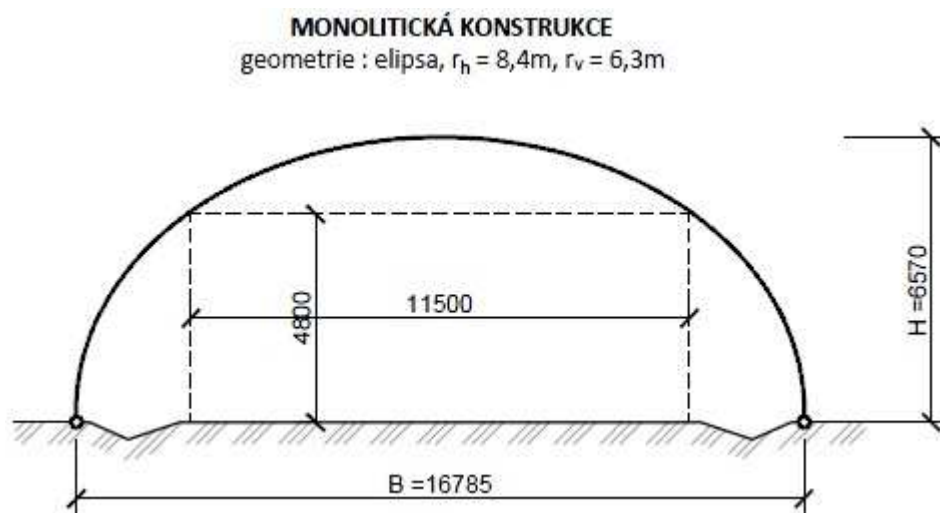
V rámci řešení diplomové práce na téma „**Návrh, posouzení a optimalizace obloukové konstrukce**“ byl proveden prvotní návrh obloukové konstrukce ekoduktu v několika geometrických i konstrukčních variantách. Pro posouzení byl uvažován výřez 1bm' obloukové konstrukce.

2. GEOMETRIE

Při řešení byly uvažovány dva základní tvary **geometrie střednice** – kružnice a elipsa:



Obrázek 1: Geometrie střednice - kružnice



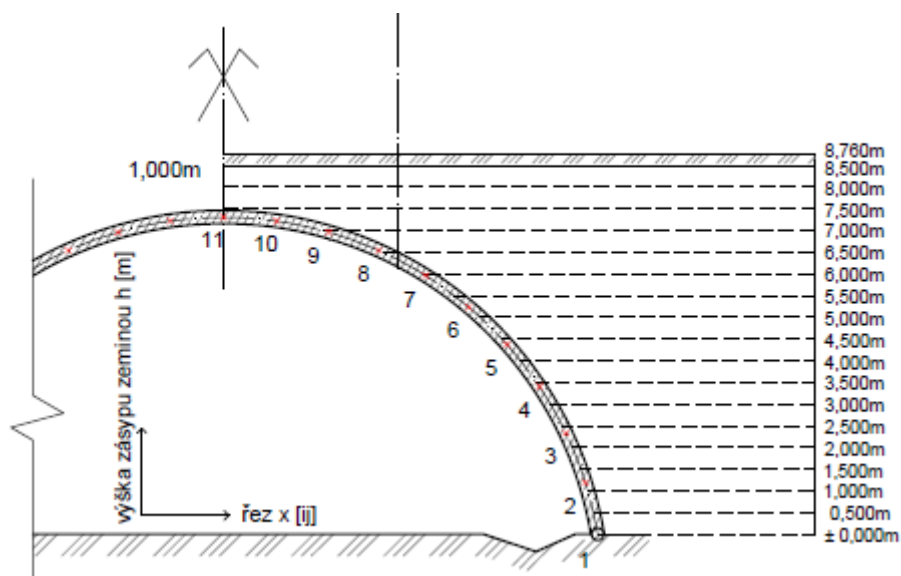
Obrázek 2: Geometrie střednice - elipsa

Základní statické schéma tedy tvoří kloubově uložený oblouk s danou geometrií střednice.

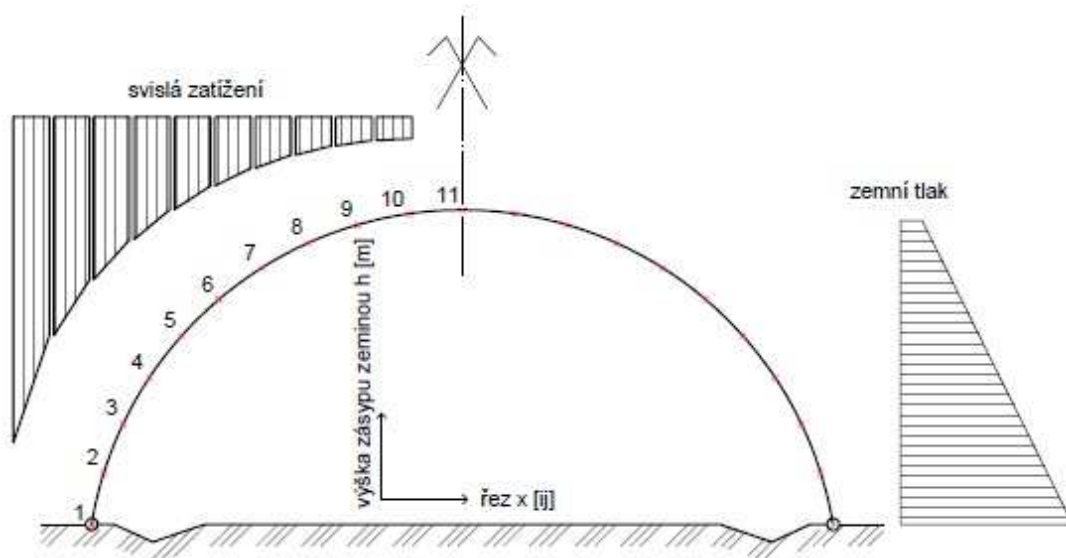
3. ZATÍŽENÍ

Zatížení konstrukce bylo uvažováno dle předchozího zadání:

- vlastní tíha konstrukce
- zatížení zeminou, resp. zemním tlakem od zásypu konstrukce



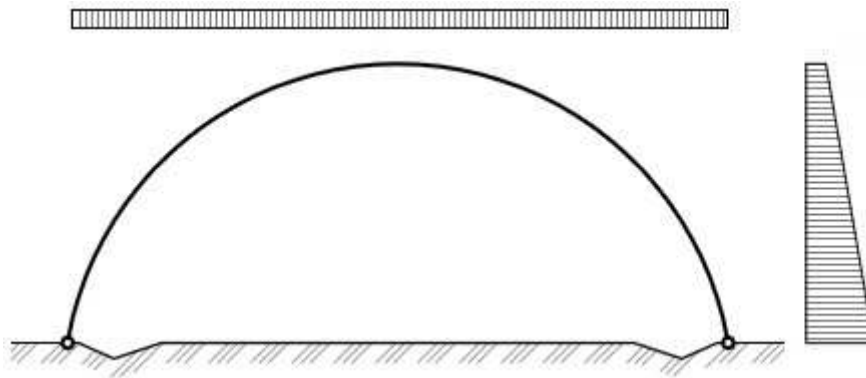
Obrázek 3: Uvažovaný zásyp zeminou



Obrázek 4: Svislé a vodorovné zatížení od zásypu zeminou

Při výpočtu účinků zatížení od zásypu zeminou bylo při modelování zatížení zohledněno postupné zasypávání po $0,5\text{m}$.

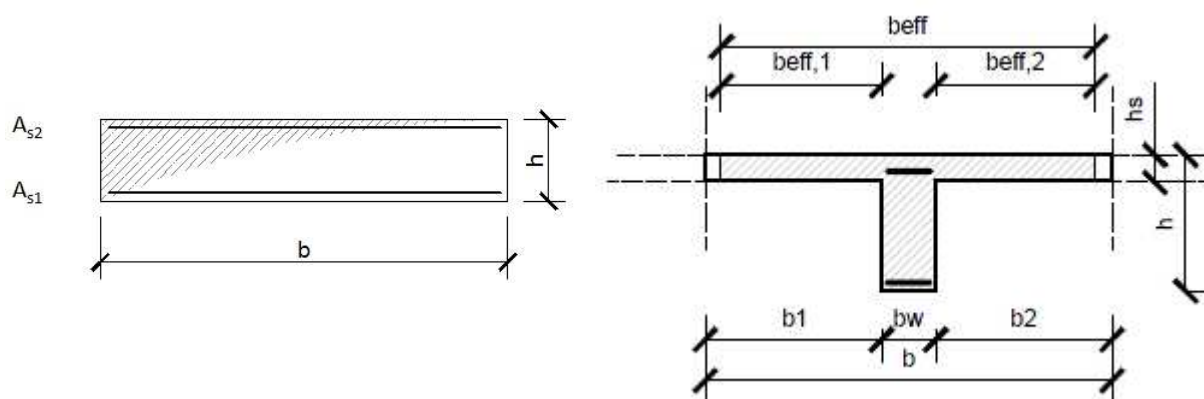
- rovnoměrné užitné zatížení



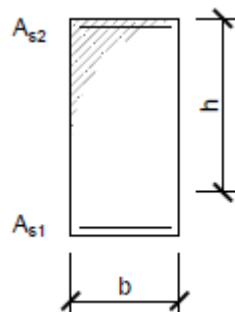
Obrázek 5: Zatížení rovnoměrným užitným zatížením

4. VARIANTY KONSTRUKCE A PRŮŘEZY

Dále byla konstrukce uvažována v monolitické a montované variantě. V případě monolitické varianty byly uvažovány obdélníkový a T – průřez:



V případě montované varianty byl uvažován obdélníkový průřez nosníku, na kterém jsou pak uloženy jednotlivé segmenty pláště (panely):



5. VYHODNOCENÍ A ZÁVĚR

Jednotlivé varianty řešení obloukové konstrukce byly posouzeny na mezní stav únosnosti (namáhání N+M) na účinky stanoveného zatížení. Dále bylo provedeno vyhodnocení spotřeby stavebního materiálu, resp. nákladů na zhotovení konstrukce. Pro další postup návrhu monolitické varianty konstrukce ekoduktu bylo zvoleno řešení konstrukce s obdélníkovým průřezem. Pro řešení „reálné“ konstrukce byl geometrický tvar střednice ekoduktu dále optimalizován.

Návrh a posouzení vybraných variant je součástí příloh této části diplomové práce.

NÁVRH A POSOUZENÍ OBLOUKOVÉ KONSTRUKCE

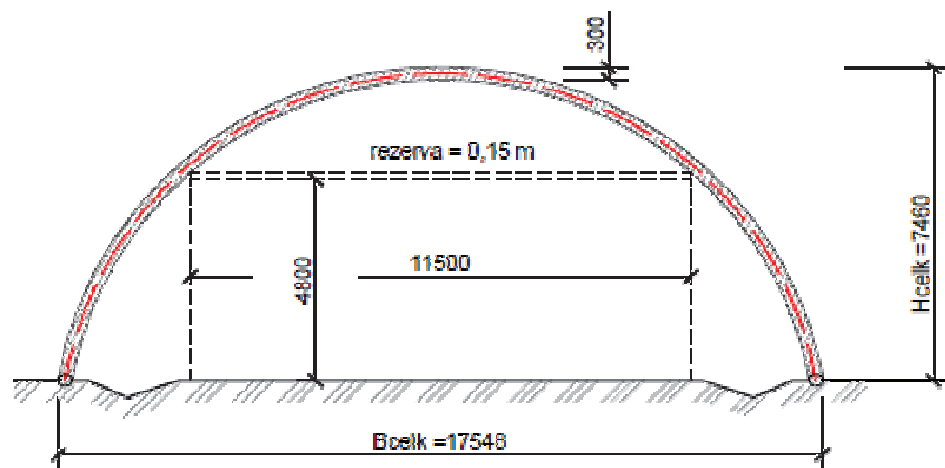
1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

typ konstrukce : monolitická
základní geometrie : kruh
statické schéma : 2 - kloubový oblouk

varianta průřezu : obdélník

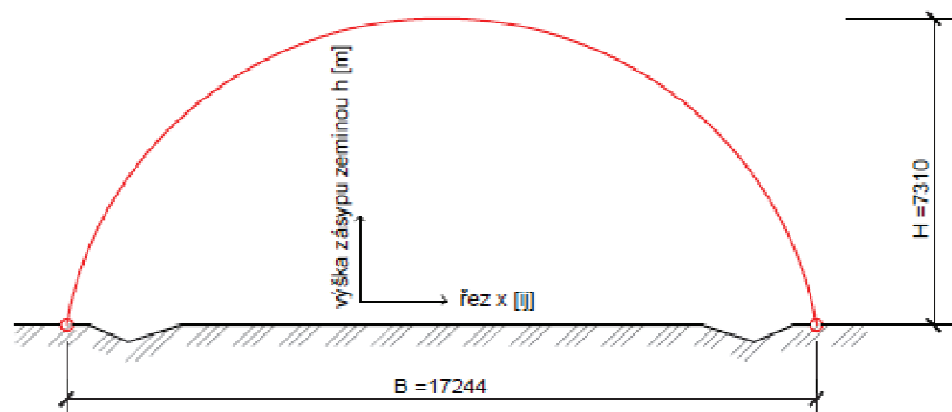
MONOLITICKÁ KONSTRUKCE

geometrie : kruh, $r = 8,74\text{m}$
 $h = 300\text{ mm}$



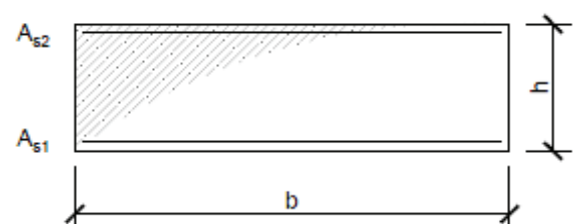
1.1 GEOMETRIE STŘEDNICE MODELU

geometrie střednice: kruh
 $r = 8,74\text{m}$



1.2 GEOMETRIE PRŮŘEZU

výška průřezu $h = 300\text{ mm}$
šířka průřezu $b = 1000\text{ mm}$
plocha průřezu $A_c = 0,3\text{ m}^2$



2. ZATÍŽENÍ

2.1 ZS1 - vlastní tíha g_{0k}

→ $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$ vypočteno SCIA Engineer 2012

2.2 ZS2 - zásyp zeminou g_{1k}

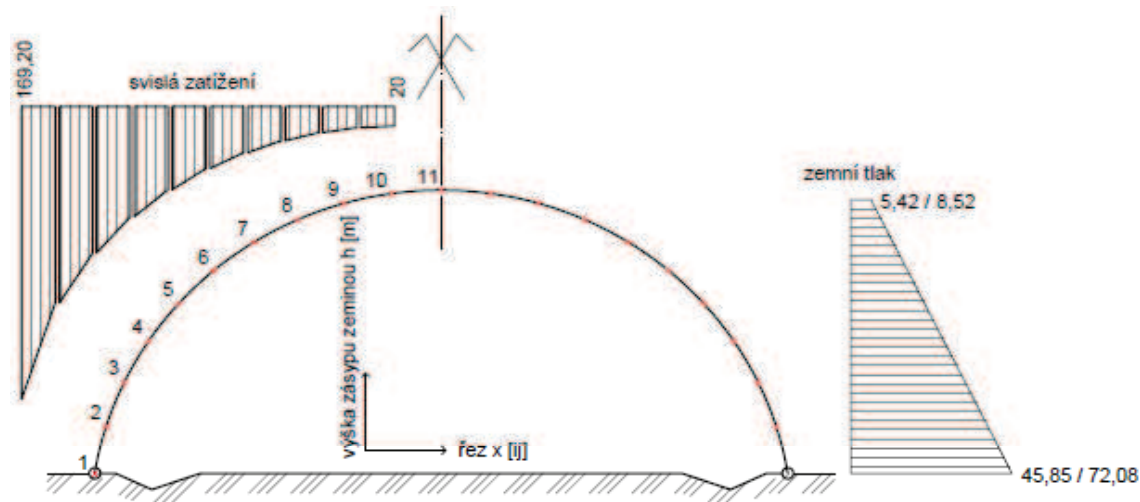
→ $\gamma_s = 20 \text{ kN/m}^3$ svislá a vodorovná složka zemního tlaku

$$g_{1k, \text{svislá}} = h \cdot \gamma_s = [\text{kN/m}']$$

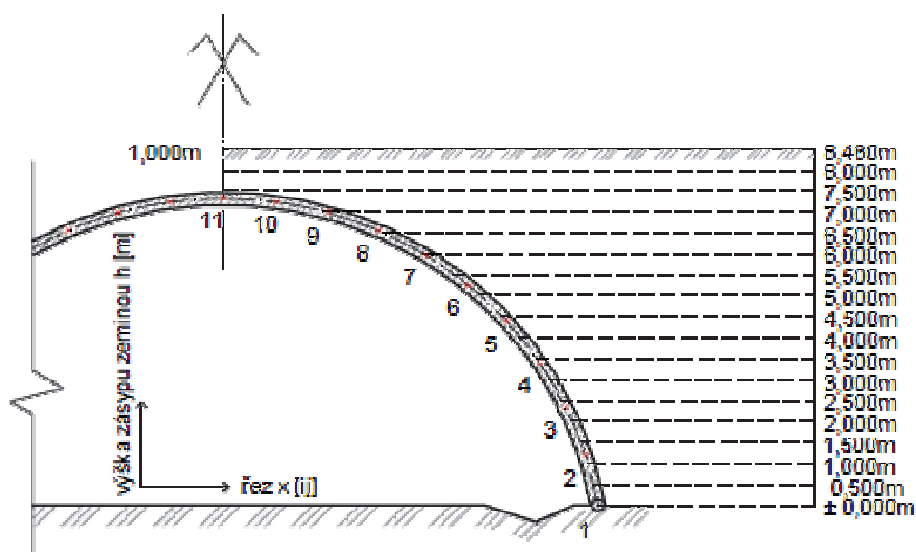
$$g_{1k, \text{vodorovná}} = K_i \cdot h \cdot \gamma_s = [\text{kN/m}']$$

schéma uvažovaného konečného zatížení

upraveno dle tvaru
střednice



→ ve výpočtu jsou uvažovány montážní zatěžovací stavy od postupného zasypávání zeminou s krokem 0,500m až do konečné výšky + 1,000m nad vrchol konstrukce



2.2.1 STANOVENÍ HODNOTY SOUČINITELŮ ZEMNÍHO TLAKU

$$\phi' = 35^\circ$$

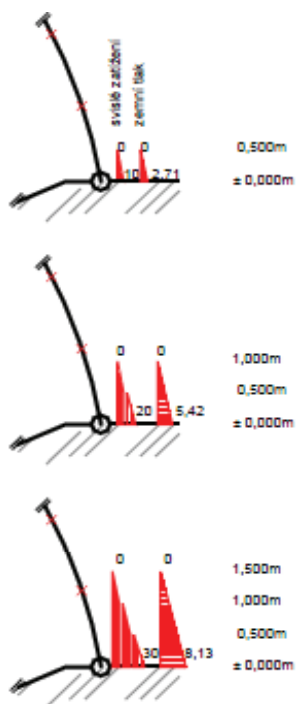
$$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$K_a = \tan^2 (45^\circ - \phi'/2) = \tan^2 (45^\circ - 35^\circ/2) = 0,271$$

$$K_p = \tan^2 (45^\circ + \phi'/2) = \tan^2 (45^\circ + 35^\circ/2) = 3,690$$

$$K_0 = 1 - \sin \phi' = 1 - \sin 35^\circ = 0,426$$

2.2.2 AKTIVNÍ ZEMNÍ TLAK - zásyp v čase t_0



výška zásypu zeminou h [m]

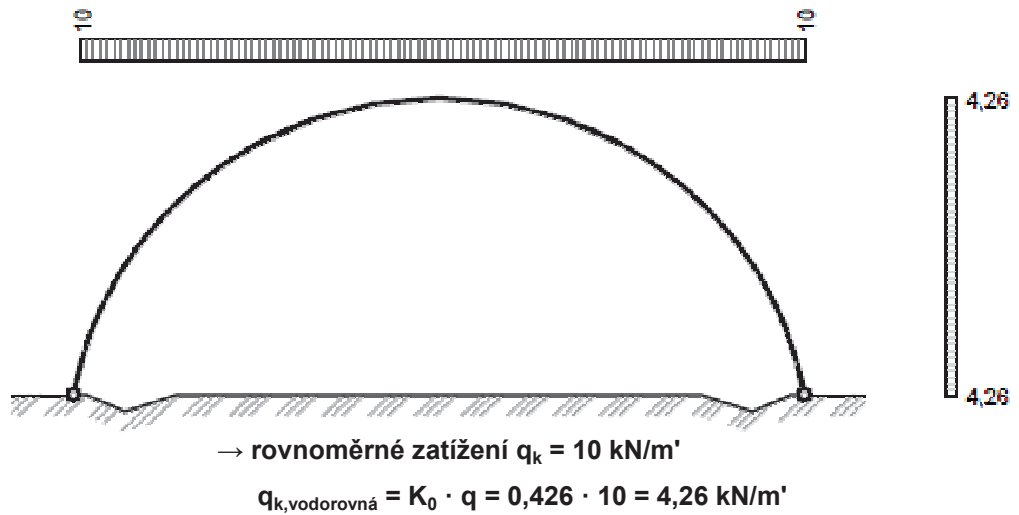
□ 0,500	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = h \cdot \gamma_s = 0,5 \cdot 20 = 10 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = K_a \cdot h \cdot \gamma_s = 0,271 \cdot 0,5 \cdot 20 = 2,71 \text{ kN/m'}$	
□ 1,000	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 20 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 5,42 \text{ kN/m'}$	
□ 1,500	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 30 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 8,13 \text{ kN/m'}$	
□ 2,000	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 40 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 10,84 \text{ kN/m'}$	
□ 2,500	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 50 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 13,55 \text{ kN/m'}$	
□ 3,000	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 60 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 16,26 \text{ kN/m'}$	
□ 3,500	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 70 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 18,97 \text{ kN/m'}$	
□ 4,000	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 80 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 21,68 \text{ kN/m'}$	
□ 4,500	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 90 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 24,39 \text{ kN/m'}$	
□ 5,000	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 100 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 27,10 \text{ kN/m'}$	
□ 5,500	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 110 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 29,81 \text{ kN/m'}$	
□ 6,000	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 120 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 32,52 \text{ kN/m'}$	
□ 6,500	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 130 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 35,23 \text{ kN/m'}$	
□ 7,000	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 140 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 37,94 \text{ kN/m'}$	
□ 7,500	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 150 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 40,65 \text{ kN/m'}$	
□ 8,000	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 160 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 43,36 \text{ kN/m'}$	
□ 8,460	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 169,2 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 45,85 \text{ kN/m'}$	

2.2.3 ZEMNÍ TLAK V KLIDU - čas t_{∞}

□	1,000	$\downarrow g_{1k, \text{svislá}} = h \cdot \gamma_s = 1,0 \cdot 20 =$	20	kN/m'
		$\rightarrow g_{1k, \text{vodorovná}} = K_0 \cdot h \cdot \gamma_s = 0,426 \cdot 1,0 \cdot 20 =$	8,52	kN/m'
□	8,460	$\downarrow g_{1k, \text{svislá}} =$	169,2	kN/m'
		$\rightarrow g_{1k, \text{vodorovná}} =$	72,08	kN/m'

2.3 ZS3 - proměnné zatížení q

svislé přetížení a jeho vodorovná složka



3. VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL

→ konstrukce modelována v programu SCIA Engineer 2012

→ podrobné výsledky viz dokument SCIA

účinky zatížení vyšetřovány : čas t_0 - po vybudování kce a dokončení zásypu
čas t_∞ - životnost kce

3.1 ZATĚŽOVACÍ STAVY

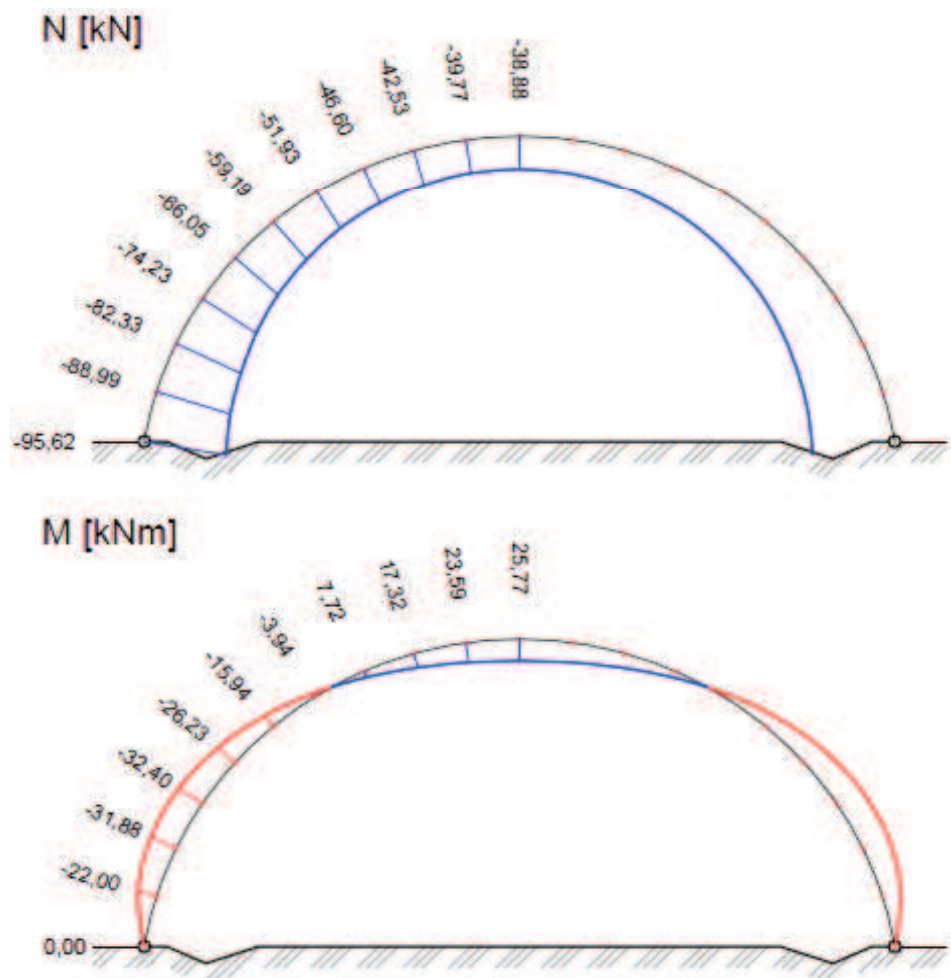
ZS 1 - vlastní tíha konstrukce g_{0k}

ZS 2_{a-q} - zásyp zeminou g_{1k} (zemní tlak aktivní / v klidu)

ZS 3 - proměnné zatížení q

3.2 PRŮBĚHY VNITŘNÍCH SIL

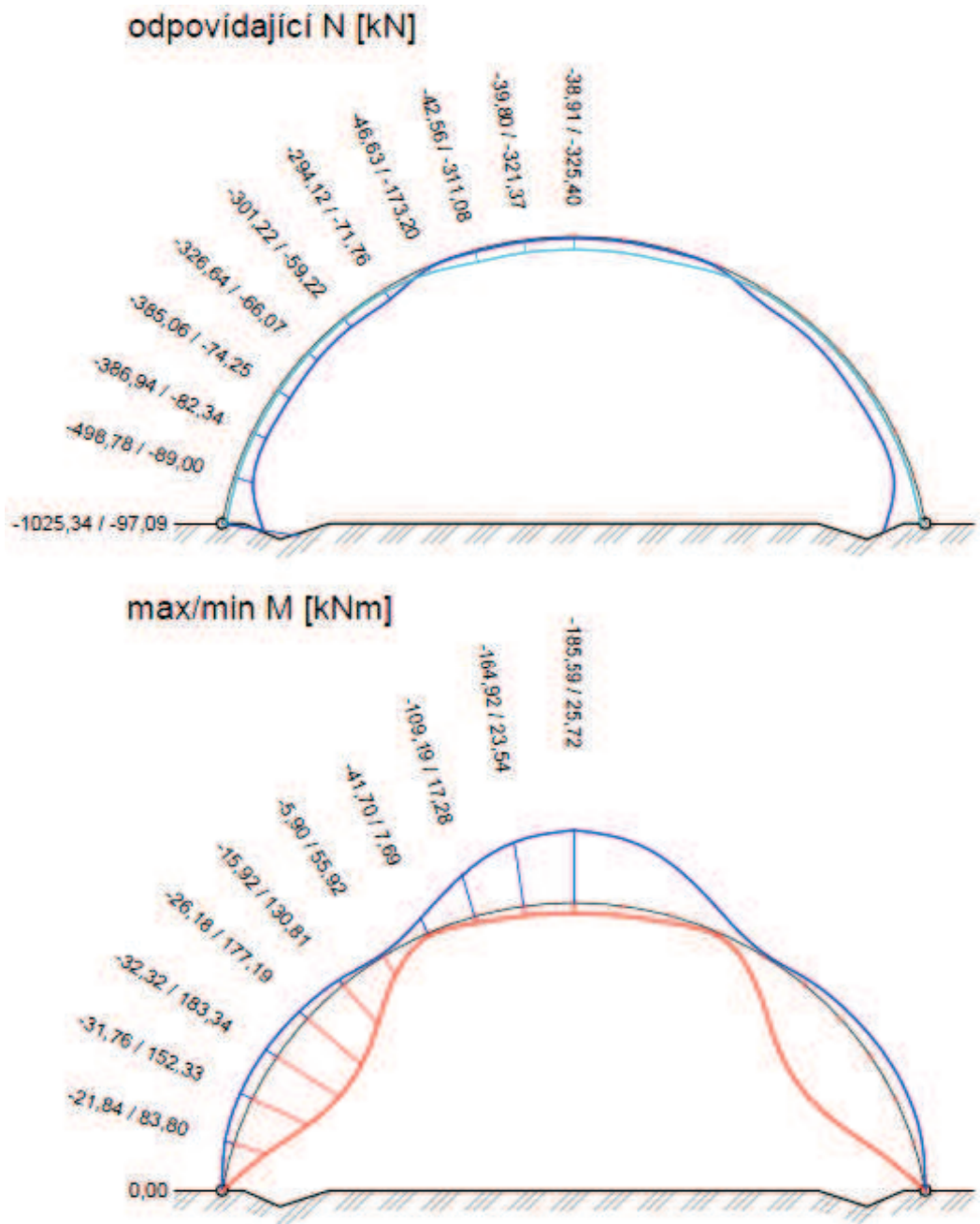
3.2.1 ZS 1 - vlastní tíha konstrukce g_{0k}



3.2.2 ZS 2 - zásyp zeminou g_{1k} - montážní stavy do času t_0

max/min M → odpovídající N

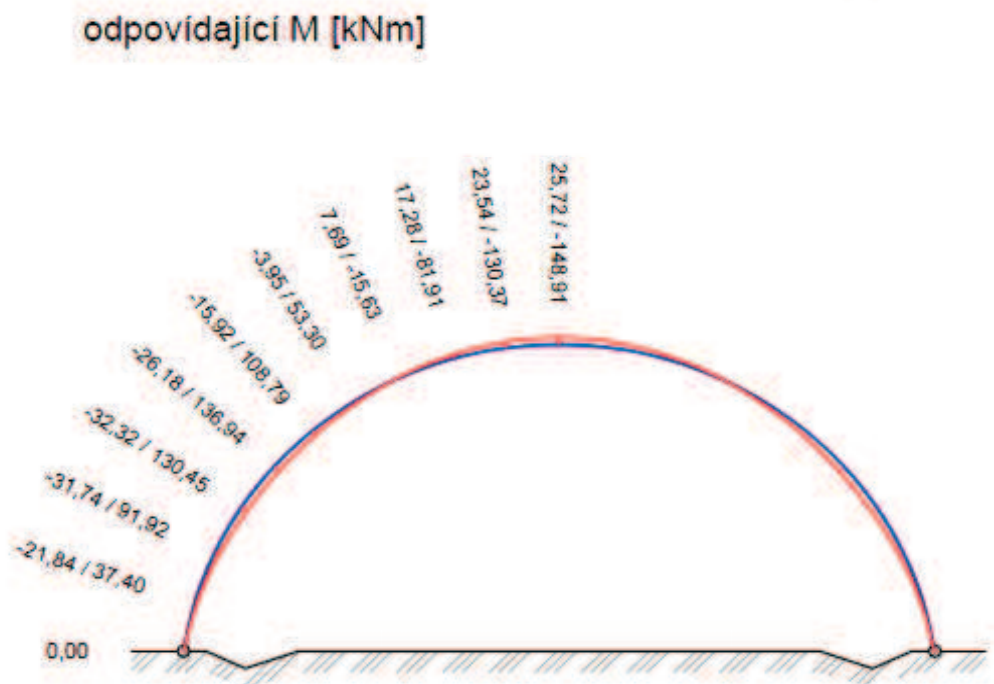
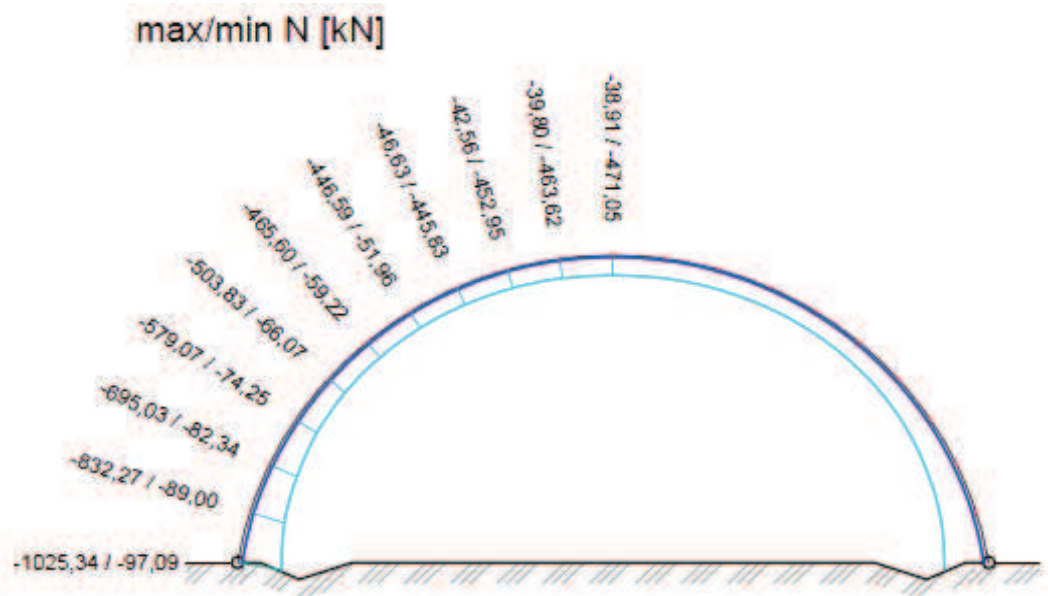
obalová křivka maximálních hodnot



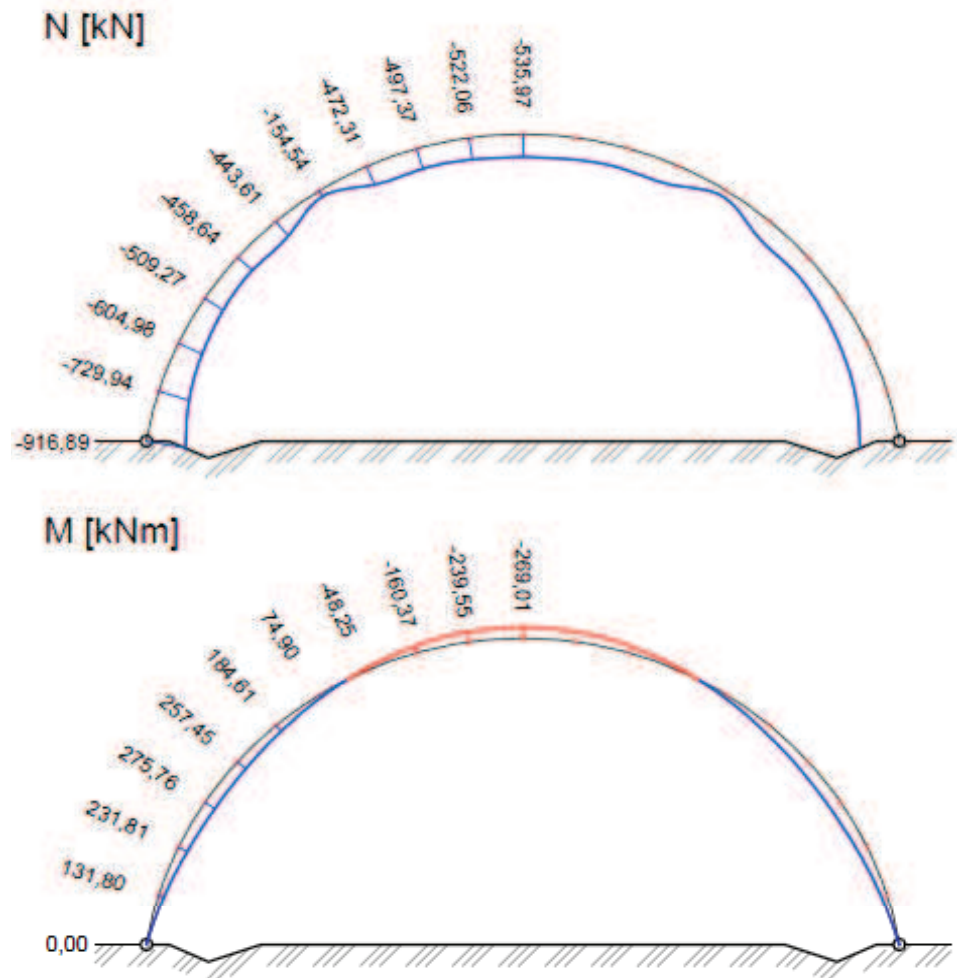
3.2.3 ZS 2 - zásyp zeminou g_{1k} - montážní stavy do času t_0

max/min N \rightarrow odpovídající M

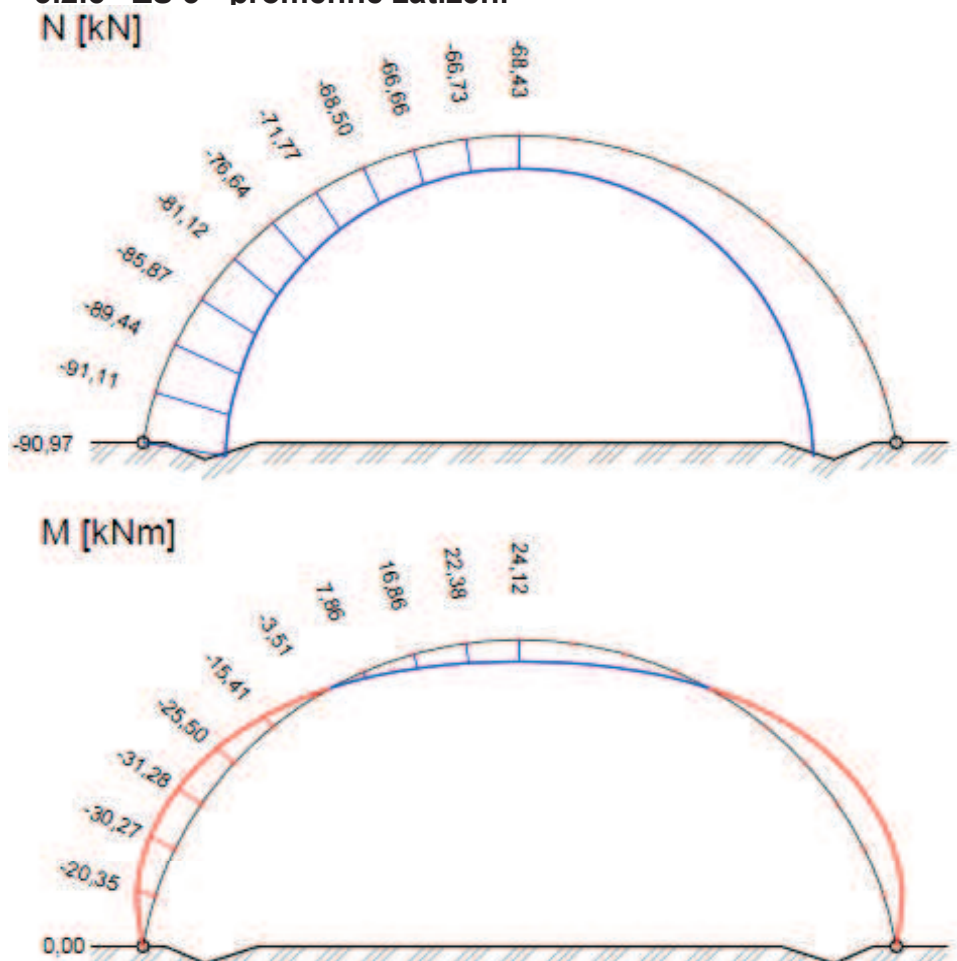
obalová křivka maximálních hodnot



3.2.4 ZS 2 - zásyp zeminou v čase t_{∞}



3.2.5 ZS 3 - proměnné zatížení



3.5 KOMBINACE ZATÍŽENÍ v čase t_0

→ charakteristická

[kNm / kN]		max M^+ → N		min M^- → N	
E_k	řez	183,34	-385,06	-185,59	-325,40
		4		11	
		max N	→ M	min N	→ M
		-38,91	25,72	-1025,34	0,00
	řez	7		1	

→ kvazistálá / vlastní tíha

[kNm / kN]		max M^+ → N		min M^- → N	
E_{k,ψ_1}	řez	25,77	-38,88	-32,40	-74,23
		4		11	
		max N	→ M	min N	→ M
		-38,88	25,77	-95,62	0,00
	řez	7		1	

→ návrhová

[kNm / kN]		max M^+ → N		min M^- → N	
E_d	řez	247,51	-519,83	-250,55	-439,29
		4		11	
		max N	→ M	min N	→ M
		-52,53	34,72	-1384,21	0,00
	řez	7		1	

3.6 KOMBINACE ZATÍŽENÍ v čase t_∞

→ charakteristická

[kNm / kN]		max M^+ → N		min M^- → N	
E_k	řez	212,08	-669,37	-219,12	-643,28
		4		11	
		max N	→ M	min N	→ M
		-278,24	67,45	-1103,48	0,00
	řez	7		1	

→ kvazistálá / vlastní tíha

[kNm / kN]		max M^+ → N		min M^- → N	
E_{k,ψ_1}	řez	25,77	-38,88	-32,40	-74,23
		4		11	
		max N	→ M	min N	→ M
		-38,88	25,77	-95,62	0,00
	řez	7		1	

→ návrhová

[kNm / kN]		max M^+ → N		min M^- → N	
E_d	řez	281,62	-916,53	-292,19	-878,69
		4		11	
		max N	→ M	min N	→ M
		-386,39	90,53	-1503,34	0,00
	řez	7		1	

4. MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

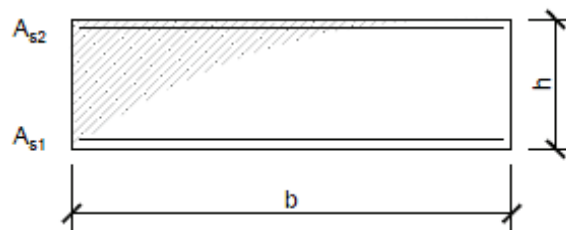
□ BETON	C 30/37	$f_{ck} =$	30	MPa
		$f_{cd} =$	20	MPa
		$\epsilon_{cu} =$	3,5	‰
□ OCEL	B500B	$f_{yk} =$	500	MPa
		$f_{yd} =$	434,78	MPa
		$E_s =$	210	GPa

4.1 GEOMETRIE PRŮŘEZU A VYZTUŽENÍ

výška průřezu $h =$ 300 mm

šířka průřezu $b =$ 1000 mm

plocha průřezu $A_c =$ 0,3 m²



krytí $c =$ 20 mm

4.2 ORIENTAČNÍ NÁVRH VÝZTUŽE

$$F_c = \lambda b \xi_{bal1} d \eta f_{cd} = 2704,297 \text{ kN}$$

$$M_c = F_c (h - \lambda \xi_{bal1} d) / 2 = 405,4618 \text{ kNm}$$

→ návrh výztuže při dolním líci A_{s1} max M^+

$$\Delta N = -N_{Ed} - F_c = -1787,77 \text{ kN}$$

$$\Delta M = M_{Ed} - M_c = -123,85 \text{ kNm}$$

$$A_{s1} = |\Delta N / 2 - \Delta M / z_s| \cdot 1 / f_{yd} = 0,00325 \text{ m}^2$$

→ návrh výztuže při horním líci A_{s2} min M^-

$$\Delta N = -N_{Ed} - F_c = -1825,60 \text{ kN}$$

$$\Delta M = M_{Ed} - M_c = -113,27 \text{ kNm}$$

$$A_{s2} = |\Delta N / 2 + \Delta M / z_s| \cdot 1 / f_{yd} = 0,00319 \text{ m}^2$$

→ A_{s2} výztuž při horním líci	8	Ø	22	mm
→ A_{s1} výztuž při dolním líci	8	Ø	22	mm

$$A_{s2} = 0,00304 \text{ m}^2$$

$$A_{s1} = 0,00304 \text{ m}^2$$

4.3 VSTUPNÍ PARAMETRY GEOMETRIE VYZTUŽENÍ

$$\begin{aligned}
 d_1 &= c + \varnothing/2 = 31 \text{ mm} & \xi_{bal1} &= 0,628 \text{ ‰} \\
 d_2 &= c + \varnothing/2 = 31 \text{ mm} & x_{bal1} &= 169,019 \text{ mm} \\
 d &= h - d_1 = 269 \text{ mm} & \xi_{bal2} &= 2,448 \text{ ‰} \\
 d' &= h - d_2 = 269 \text{ mm} & x_{bal2} &= 75,895 \text{ mm} \\
 z_1 &= h/2 - d_1 = 119 \text{ mm} \\
 z_2 &= h/2 - d_2 = 119 \text{ mm} & \epsilon_{yd} &= 2,070 \text{ ‰}
 \end{aligned}$$

$$F_{s1} = 1322,201 \text{ kN}$$

$$F_{s2} = 1322,201 \text{ kN}$$

$$\Delta F_s = 0 \text{ kN}$$

5. VÝPOČET BODŮ INTERAKČNÍHO DIAGRAMU

■ BOD 0

$$N_{Rd0} = - (bh\eta f_{cd} + \Sigma A_s \sigma_s) = -8644,40 \text{ kN}$$

$$M_{Rd0} = (A_{s2}z_2 - A_{s1}z_1) \sigma_s = 0,00 \text{ kNm}$$

$$\epsilon_{s2} = \epsilon_{yd}$$

$$\sigma_s = \epsilon_{s2} \cdot E_s = 434,78 \text{ MPa}$$

■ BOD 1

$$\epsilon_{s1} = 0, F_{s1} = 0 \text{ kN}, x = d, x > \xi_{bal,2} \cdot d_2 \rightarrow \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$N_{Rd1} = - (\lambda b h \eta f_{cd} + F_{s2}) = -6122,20 \text{ kN}$$

$$M_{Rd1} = \lambda b d \eta f_{cd} (h - \lambda d)/2 + F_{s2} z_2 = 339,83 \text{ kNm}$$

$$x = d = 269 > x_{bal,2} = 75,90 \text{ vyhovuje}$$

□ BOD 1'

$$\epsilon_{s2} = 0, F_{s2} = 0 \text{ kN}, x = d', d' > \xi_{bal,2} \cdot d_1 \rightarrow \sigma_{s1} = f_{yd}$$

$$N_{Rd1'} = - (\lambda b h \eta f_{cd} + F_{s1}) = -6122,20 \text{ kN}$$

$$M_{Rd1'} = -\lambda b d' \eta f_{cd} (h - \lambda d')/2 - F_{s1} z_1 = -339,83 \text{ kNm}$$

$$x = d' = 269 > \xi_{bal,2} \cdot d_1 = 75,90 \text{ vyhovuje}$$

■ BOD 2

$$x = x_{bal,1}, x_{bal,1} = \xi_{bal,1} \cdot d \geq x_{bal,2} = \xi_{bal,2} \cdot d_2 \rightarrow \sigma_{s1} = \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{Rd,bal} = -(\lambda \xi_{bal,1} db \eta f_{cd} + \Delta F_s) = -2704,30 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,bal} = \lambda \xi_{bal,1} db \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{bal,1} d)/2 + F_{s1} Z_1 + F_{s2} Z_2 = 537,50 \text{ kNm}$$

$$\xi_{bal,1} \cdot d = 169,02 > \xi_{bal,2} \cdot d_2 = 75,90 \text{ vyhovuje}$$

□ BOD 2'

$$x = x_{bal,1}, x_{bal,1} = \xi_{bal,1} \cdot d' \geq x_{bal,2} = \xi_{bal,2} \cdot d_1 \rightarrow \sigma_{s1} = \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{Rd,bal} = -(\lambda \xi_{bal,1} d' b \eta f_{cd} - \Delta F_s) = -2704,30 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,bal} = -\lambda \xi_{bal,1} d' b \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{bal,1} d')/2 - F_{s1} Z_1 - F_{s2} Z_2 = -537,50 \text{ kNm}$$

$$\xi_{bal,1} \cdot d' = 169,02 > \xi_{bal,2} \cdot d_1 = 75,90 \text{ vyhovuje}$$

■ BOD 3

$$N_{Rd3} = 0 \text{ kN}$$

$$M_{Rd3} = \lambda x b \eta f_{cd} (h - \lambda x)/2 + A_{s2} \epsilon_{s2} E_s Z_2 + A_{s1} f_{yd} Z_1 = 223,15 \text{ kNm}$$

$$b \cdot \lambda \cdot x^2 \cdot \eta \cdot f_{cd} + A_{s2} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot x - A_{s2} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot d_2 - A_{s1} \cdot f_{yd} \cdot x = 0$$

$$\text{reálný kořen } x = 0,0308 \text{ m}$$

$$\epsilon_{s2} = \epsilon_{cu3}/x \cdot (x - d_2) = -0,026 < \epsilon_{yd} = 2,070 \text{ vyhovuje}$$

$$\epsilon_{s1} = \epsilon_{cu3}/x \cdot (d - x) = 27,097 > \epsilon_{yd} = 2,070 \text{ vyhovuje}$$

□ BOD 3'

$$N'_{Rd3} = 0 \text{ kN}$$

$$M'_{Rd3} = -\lambda x b \eta f_{cd} (h - \lambda x)/2 - A_{s1} \epsilon_{s1} E_s Z_1 - A_{s2} f_{yd} Z_2 = -223,15 \text{ kNm}$$

$$\lambda \cdot x^2 \cdot \eta \cdot f_{cd} + A_{s1} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot x - A_{s1} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot d_1 - A_{s2} \cdot f_{yd} \cdot x = 0$$

$$\text{reálný kořen } x = 0,0308 \text{ m}$$

$$\epsilon_{s1} = \epsilon_{cu3}/x \cdot (x - d_1) = -0,026 < \epsilon_{yd} = 2,070 \text{ vyhovuje}$$

$$\epsilon_{s2} = \epsilon_{cu3}/x \cdot (d' - x) = 27,097 > \epsilon_{yd} = 2,070 \text{ vyhovuje}$$

■ **BOD 4** $\epsilon_{s2} = 0, F_{s2} = 0 \text{ kN}$

$$N_{\text{Rdt,bal}} = F_{s1} = \quad \mathbf{1322,20 \text{ kN}}$$

$$M_{\text{Rdt,bal}} = F_{s1}Z_1 = \quad \mathbf{157,34 \text{ kNm}}$$

□ **BOD 4'** $\epsilon_{s1} = 0, F_{s1} = 0 \text{ kN}$

$$N'_{\text{Rdt,bal}} = F_{s2} = \quad \mathbf{1322,20 \text{ kN}}$$

$$M'_{\text{Rdt,bal}} = -F_{s2}Z_2 = \quad \mathbf{-157,34 \text{ kNm}}$$

■ **BOD 5** $\sigma_{s1} = \sigma_{s2} = f_{yd}$

$$N_{\text{Rdt0}} = F_{s1} + F_{s2} = \quad \mathbf{2644,40 \text{ kN}}$$

$$M_{\text{Rdt0}} = F_{s1}Z_1 - F_{s2}Z_2 = \quad \mathbf{0,00 \text{ kNm}}$$

■ **BOD Z** $x = x_{\text{bal},2}, \epsilon_{s2} = \epsilon_{yd}, \sigma_{s2} = f_{yd}$

$$N_{\text{Rd,Z}} = -(\lambda \xi_{\text{bal},2} d_2 b \eta f_{cd} + \Delta F_s) = \quad \mathbf{-1,214 \text{ kN}}$$

$$M_{\text{Rd,Z}} = \lambda \xi_{\text{bal},2} d_2 b \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{\text{bal},2} \cdot d_2)/2 + F_{s1}Z_1 + F_{s2}Z_2 = \quad \mathbf{314,87 \text{ kNm}}$$

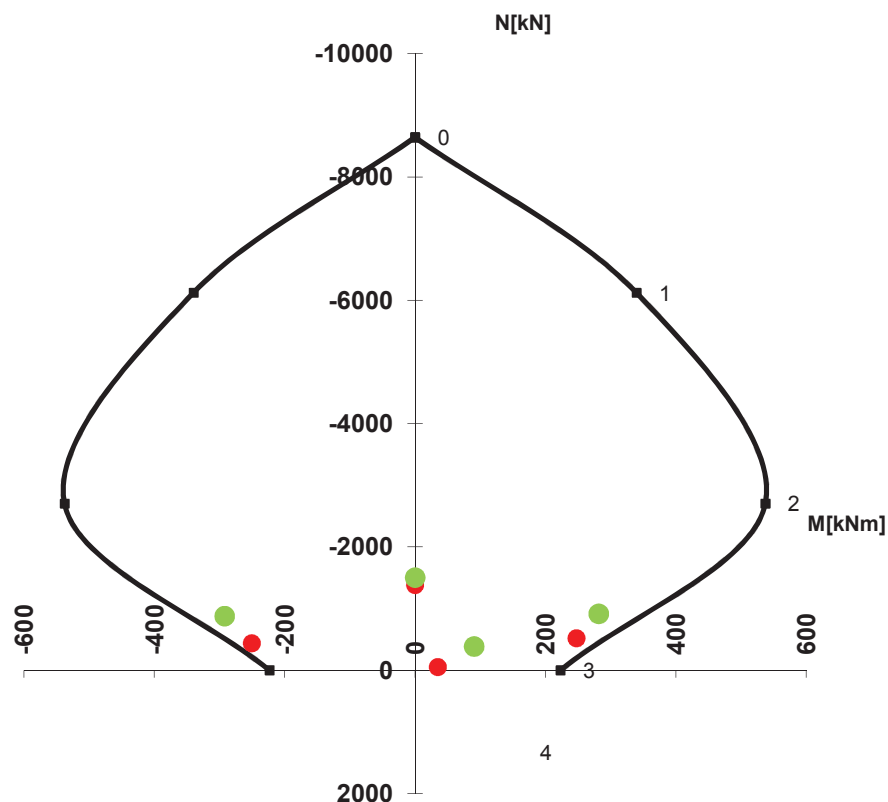
□ **BOD Z'** $x = x_{\text{bal},2} \cdot d_1, \epsilon_{s1} = \epsilon_{yd}, \sigma_{s1} = f_{yd}$

$$N'_{\text{Rd,Z}} = -(\lambda \xi_{\text{bal},2} d_1 b \eta f_{cd} - \Delta F_s) = \quad \mathbf{-1,214 \text{ kN}}$$

$$M'_{\text{Rd,Z}} = -\lambda \xi_{\text{bal},2} d_1 b \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{\text{bal},2} \cdot d_1)/2 - F_{s1}Z_1 - F_{s2}Z_2 = \quad \mathbf{-314,87 \text{ kNm}}$$

6. POSOUZENÍ - INTERAKČNÍ DIAGRAM

- návrhové zatížení t_{∞}
- návrhové zatížení t_0



Pozn.: Uvažované návrhové hodnoty zatížení vycházejí z obalových křivek maximálních, resp. minimálních hodnot normálových sil a ohybových momentů dosažených na konstrukci v průběhu budování v čase t_0 a po zhotovení konstrukce v čase t_{∞} .

7. VYHODNOCENÍ KONSTRUKCE

7.1 BETON

po střednici

$$c_b = 3000,00 \text{ Kč/m}^3 \text{ ÚRS}$$

$$\text{délka konstrukce } L_{\text{celk.}} = 24,585 \text{ m}$$

$$\text{plocha průřezu } A_c = 0,300 \text{ m}^2$$

$$\text{spotřeba betonu } V_c = 7,376 \text{ m}^3$$

7.2 BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ

$$\text{délka výztuže - horní povrch } L_{As2} = 25,056 \text{ m}$$

$$\text{počet prutů } n_{pAs2} = 8$$

$$\text{délka výztuže - dolní povrch } L_{As1} = 24,113 \text{ m}$$

$$\text{počet prutů } n_{pAs1} = 8$$

$$c_s = 55,45 \text{ Kč/m'}$$

$$\text{spotřeba výztuže } M_s = 393,352 \text{ m}$$

7.3 BEDNĚNÍ

$$\text{délka konstrukce } L_{\text{spodní líc}} = 24,113 \text{ m}$$

$$\text{bedněná plocha na m' } A_{bp} = 1 \text{ m}^2$$

$$c_{bb} = 600 \text{ Kč/m}^2 \text{ ÚRS}$$

$$\text{spotřeba bednění } A_b = 24,113 \text{ m}^2$$

7.4 ODHADOVANÉ NÁKLADY NA KONSTRUKCI

$$\text{cena} = V_c \cdot c_b + M_s \cdot c_s + A_b \cdot c_{bb} = 58405,7 \text{ Kč/m'}$$

VYHODNOCENÍ KONSTRUKCE

1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

typ konstrukce :	monolitická
základní geometrie :	kruh
statické schéma :	2 - kloubový oblouk
varianta průřezu :	obdélník

2. PŘEDBĚŽNÉ ZHODNOCENÍ SPOTŘEBY MATERIÁLU A NÁKLADŮ

	obdélník 200	obdélník 300	obdélník 400
2.1 BETON			
- délka konstrukce po střednici $L_{celk.} = [m']$	24,394	24,585	24,742
- plocha betonového průřez $A_c = [m^2]$	0,2	0,3	0,4
- spotřeba betonu $V_c = [m^3]$	4,879	7,376	9,897
- cena za $1m^3$ betonu =	3000	3000	3000
2.2 BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ			
- délka výztuže - horní povrch $L_{As2} = [m']$	24,675 m	25,056 m	25,371 m
- počet prutů $n_{p2} =$	10	8	8
- spotřeba výztuže $V_s = [m']$	246,750 m	200,448 m	202,968 m
- cena za bm' =	55,45 Kč	55,45 Kč	28,36 Kč
- délka výztuže - dolní povrch $L_{As1} = [m']$	24,113 m	24,113 m	24,113 m
- počet prutů $n_{p1} =$	10	8	8
- spotřeba výztuže $V_s = [m']$	241,130 m	192,904 m	192,904 m
- cena za bm' =	55,45 Kč	55,45 Kč	28,36 Kč
2.3 BEDNĚNÍ			
- délka konstrukce $L_{spodní líc} = [m']$	24,113 m	24,113 m	24,113 m
- bedněná plocha na $bm' = [m^2]$	1,000 m	1,000 m	1,000 m
- spotřeba bednění $V_b = [m^2]$	24,113	24,113	24,113
- cena za $1m^2 =$	600,00 Kč	600,00 Kč	600,00 Kč

3. ODHADOVANÉ NÁKLADY NA KONSTRUKCI

$$\text{cena za } 1 \text{ } bm' = V_c \cdot c_{\text{beton}} + V_s \cdot c_{\text{výztuž}} + V_b \cdot c_{\text{bednění}}$$

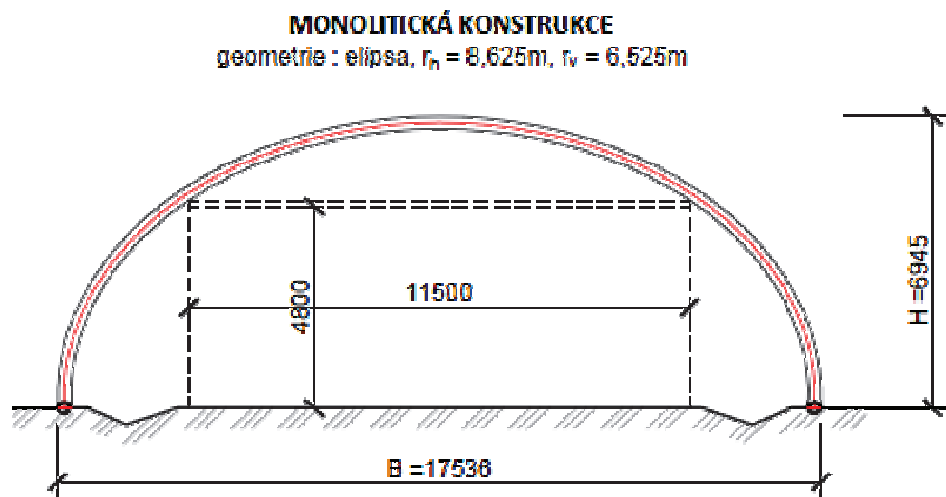
56 157,15 Kč	58 405,67 Kč	55 385,13 Kč
--------------	--------------	--------------

NÁVRH A POSOUZENÍ OBLOUKOVÉ KONSTRUKCE

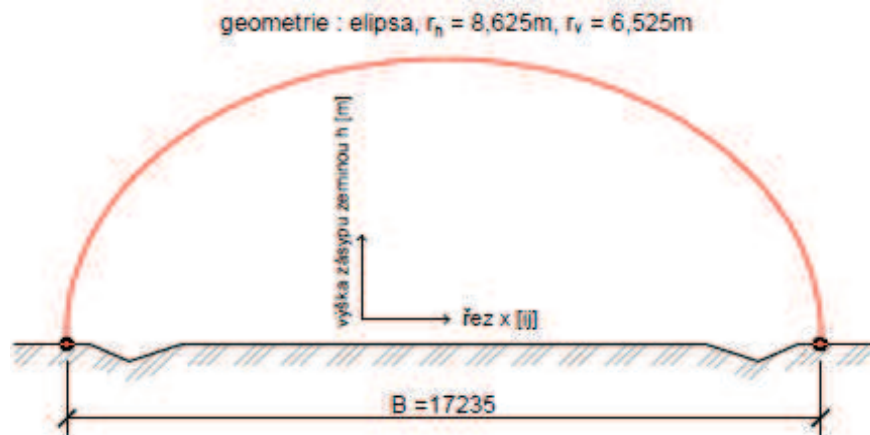
1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

typ konstrukce : monolitická
základní geometrie : elipsa
statické schéma : 2 - kloubový oblouk

varianta průřezu : obdélník



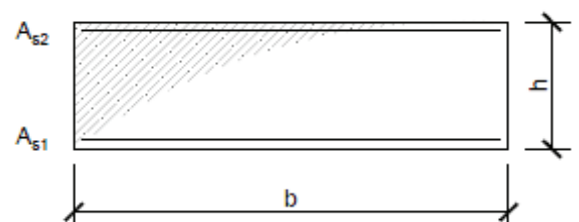
1.1 GEOMETRIE STŘEDNICE MODELU



1.2 GEOMETRIE PRŮŘEZU

výška průřezu $h = 300$ mm
šířka průřezu $b = 1000$ mm

plocha průřezu $A_c = 0,3$ m²



2. ZATÍŽENÍ

2.1 ZS1 - vlastní tíha g_{0k}

$$\rightarrow \gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3 \quad \text{vypočteno SCIA Engineer 2012}$$

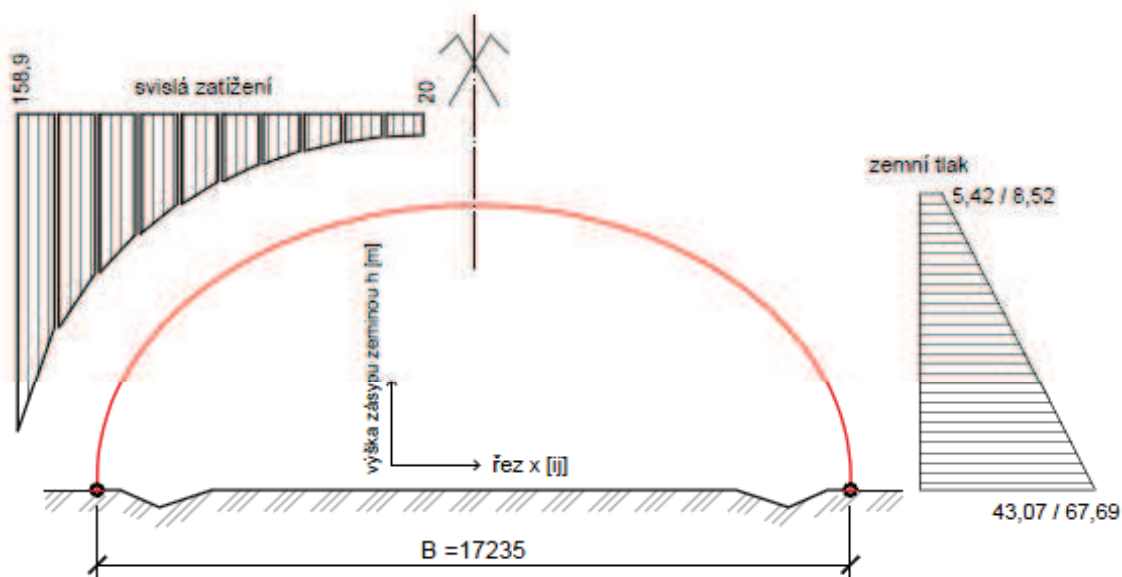
2.2 ZS2 - zásyp zeminou g_{1k}

$$\rightarrow \gamma_s = 20 \text{ kN/m}^3 \quad \text{svislá a vodorovná složka zemního tlaku}$$

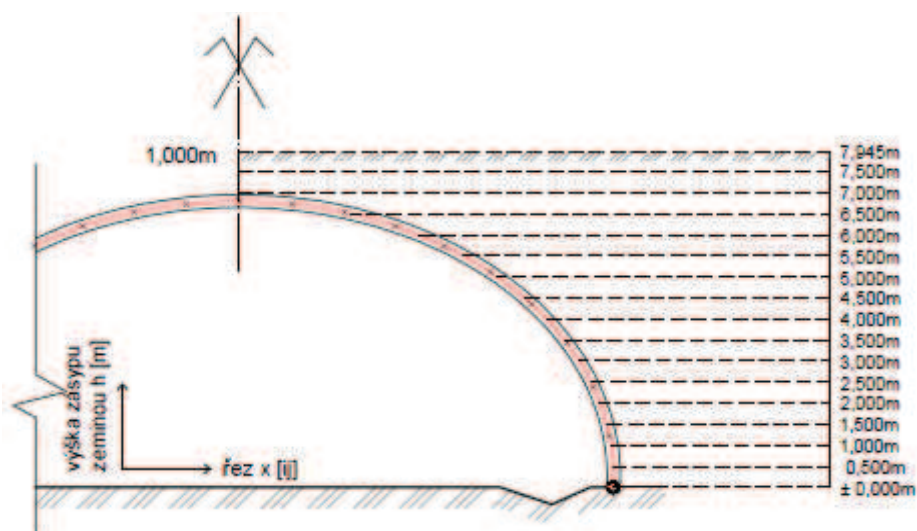
$$g_{1k, \text{svislá}} = h \cdot \gamma_s = [\text{kN/m}']$$

$$g_{1k, \text{vodorovná}} = K_i \cdot h \cdot \gamma_s = [\text{kN/m}']$$

schéma uvažovaného konečného zatížení



postupného zasypávání zeminou s krokem $0,500\text{m}$ až do konečné výšky $+1,000\text{m}$ nad vrchol konstrukce



upraveno dle tvaru
střednice

2.2.1 STANOVENÍ HODNOTY SOUČINITELŮ ZEMNÍHO TLAKU

$$\phi' = 35^\circ$$

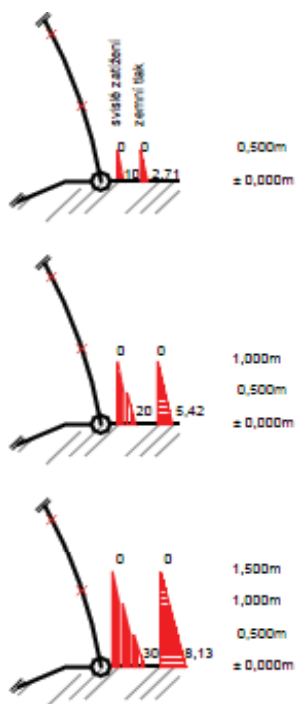
$$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$K_a = \tan^2 (45^\circ - \phi'/2) = \tan^2 (45^\circ - 35^\circ/2) = 0,271$$

$$K_p = \tan^2 (45^\circ + \phi'/2) = \tan^2 (45^\circ + 35^\circ/2) = 3,690$$

$$K_0 = 1 - \sin \phi' = 1 - \sin 35^\circ = 0,426$$

2.2.2 AKTIVNÍ ZEMNÍ TLAK - zásyp v čase t_0



výška zásypu zemínou h [m]

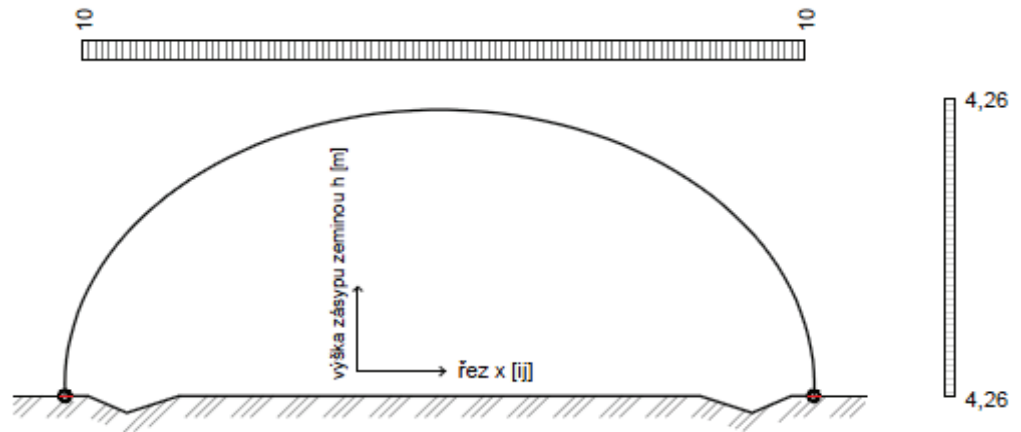
□ 0,500	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = h \cdot \gamma_s = 0,5 \cdot 20 = 10 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = K_a \cdot h \cdot \gamma_s = 0,271 \cdot 0,5 \cdot 20 = 2,71 \text{ kN/m'}$	
□ 1,000	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 20 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 5,42 \text{ kN/m'}$	
□ 1,500	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 30 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 8,13 \text{ kN/m'}$	
□ 2,000	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 40 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 10,84 \text{ kN/m'}$	
□ 2,500	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 50 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 13,55 \text{ kN/m'}$	
□ 3,000	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 60 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 16,26 \text{ kN/m'}$	
□ 3,500	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 70 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 18,97 \text{ kN/m'}$	
□ 4,000	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 80 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 21,68 \text{ kN/m'}$	
□ 4,500	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 90 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 24,39 \text{ kN/m'}$	
□ 5,000	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 100 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 27,10 \text{ kN/m'}$	
□ 5,500	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 110 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 29,81 \text{ kN/m'}$	
□ 6,000	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 120 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 32,52 \text{ kN/m'}$	
□ 6,500	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 130 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 35,23 \text{ kN/m'}$	
□ 7,000	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 140 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 37,94 \text{ kN/m'}$	
□ 7,500	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 150 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 40,65 \text{ kN/m'}$	
□ 7,945	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 158,9 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 43,06 \text{ kN/m'}$	

2.2.3 ZEMNÍ TLAK V KLIDU - čas t_{∞}

□	1,000	$\downarrow g_{1k, \text{svislá}} = h \cdot \gamma_s = 1,0 \cdot 20 =$	20	kN/m'
		$\rightarrow g_{1k, \text{vodorovná}} = K_0 \cdot h \cdot \gamma_s = 0,426 \cdot 1,0 \cdot 20 =$	8,52	kN/m'
□	7,945	$\downarrow g_{1k, \text{svislá}} =$	158,9	kN/m'
		$\rightarrow g_{1k, \text{vodorovná}} =$	67,69	kN/m'

2.3 ZS3 - proměnné zatížení q

svislé přetížení a jeho vodorovná složka



\rightarrow rovnoměrné zatížení $q_k = 10 \text{ kN/m'}$

$$q_{k, \text{vodorovná}} = K_0 \cdot q = 0,426 \cdot 10 = 4,26 \text{ kN/m'}$$

3. VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL

→ konstrukce modelována v programu SCIA Engineer 2012

→ podrobné výsledky viz dokument SCIA

účinky zatížení vyšetřovány : čas t_0 - po vybudování kce a dokončení zásypu
čas t_∞ - životnost kce

3.1 ZATĚŽOVACÍ STAVY

ZS 1 - vlastní tíha konstrukce g_{0k}

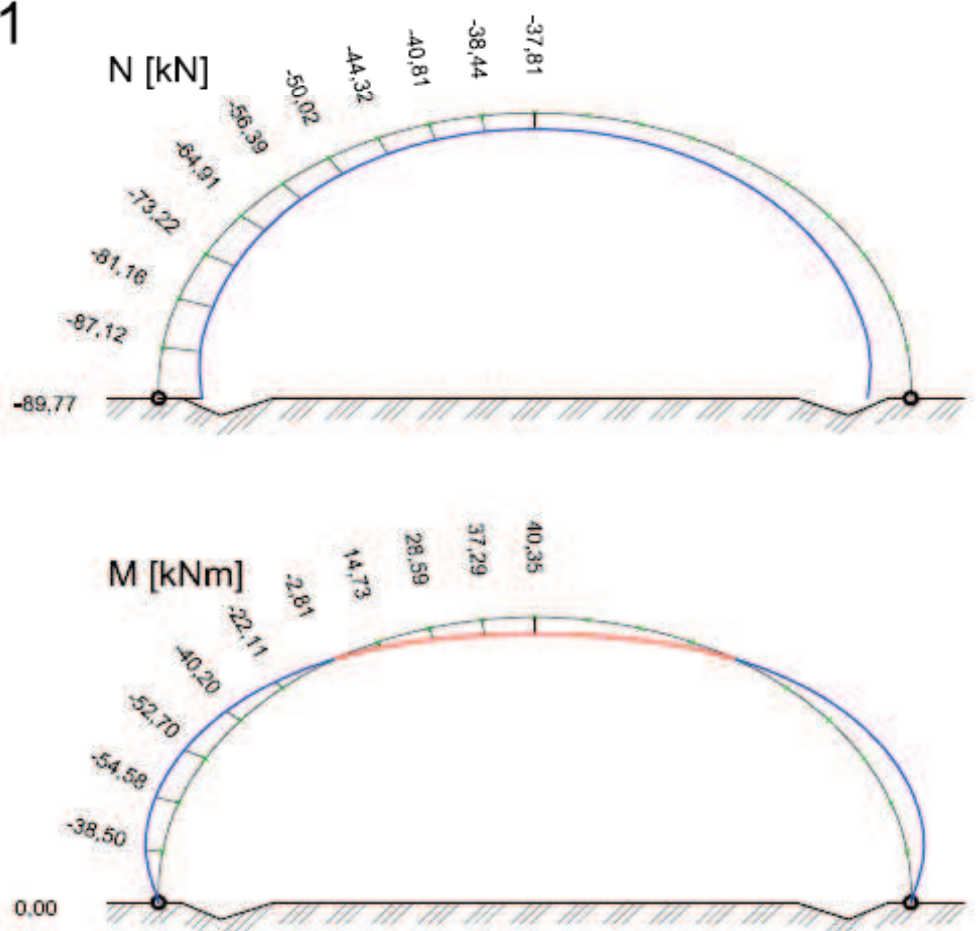
ZS 2_{a-q} - zásyp zeminou g_{1k} (zemní tlak aktivní / v klidu)

ZS 3 - proměnné zatížení q

3.2 PRŮBĚHY VNITŘNÍCH SIL

3.2.1 ZS 1 - vlastní tíha konstrukce g_{0k}

ZS 1

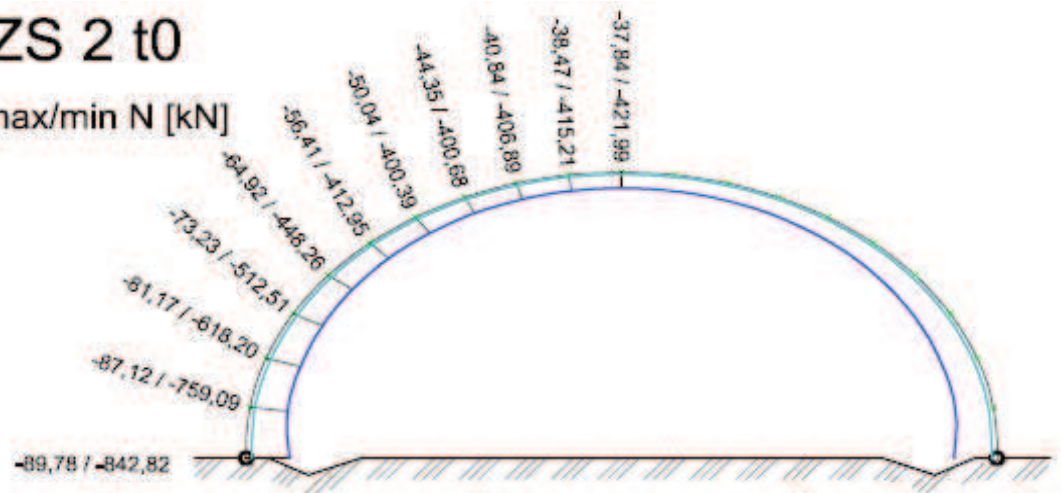


3.2.2 ZS 2 - zásyp zeminou g_{1k} - montážní stavy do času t_0

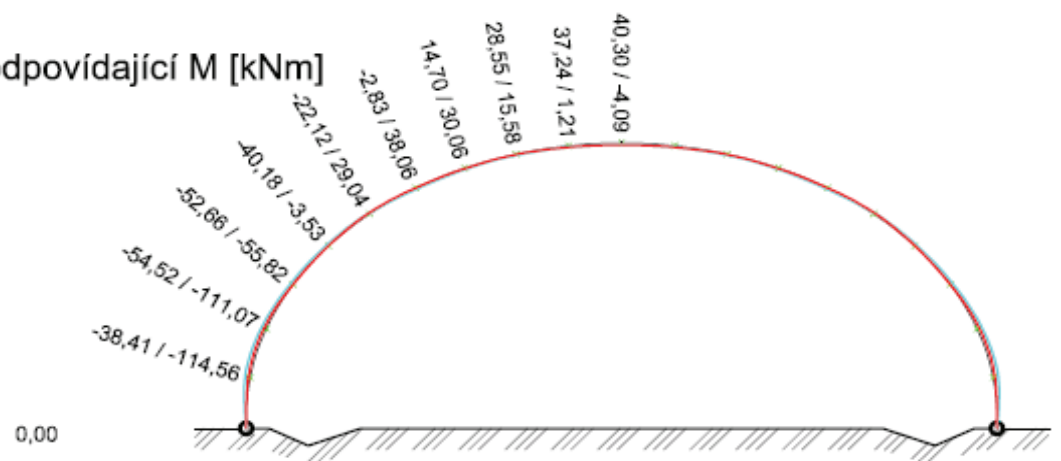
max/min M → odpovídající N
obalová křivka maximálních hodnot

ZS 2 t_0

max/min N [kN]



odpovídající M [kNm]



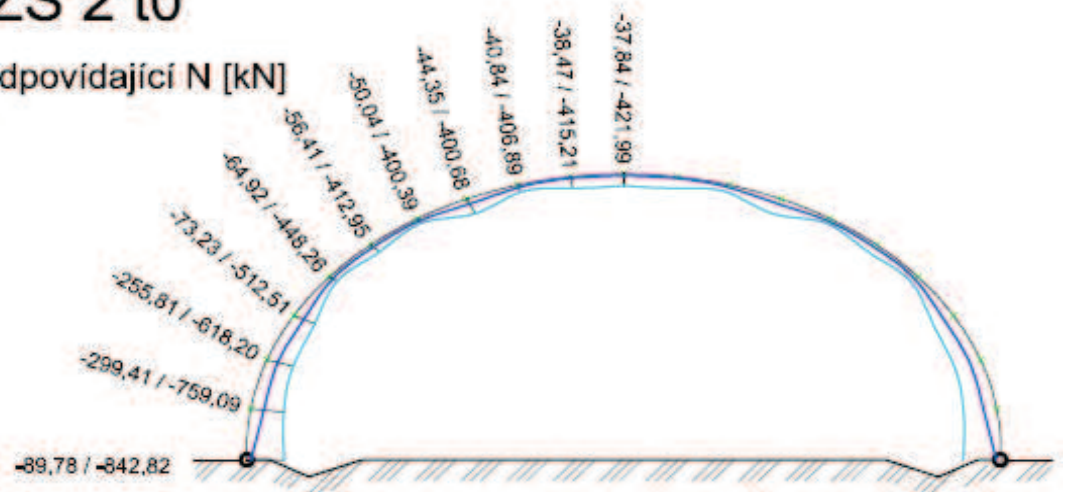
3.2.3 ZS 2 - zásyp zeminou g_{1k} - montážní stavy do času t_0

max/min N → odpovídající M

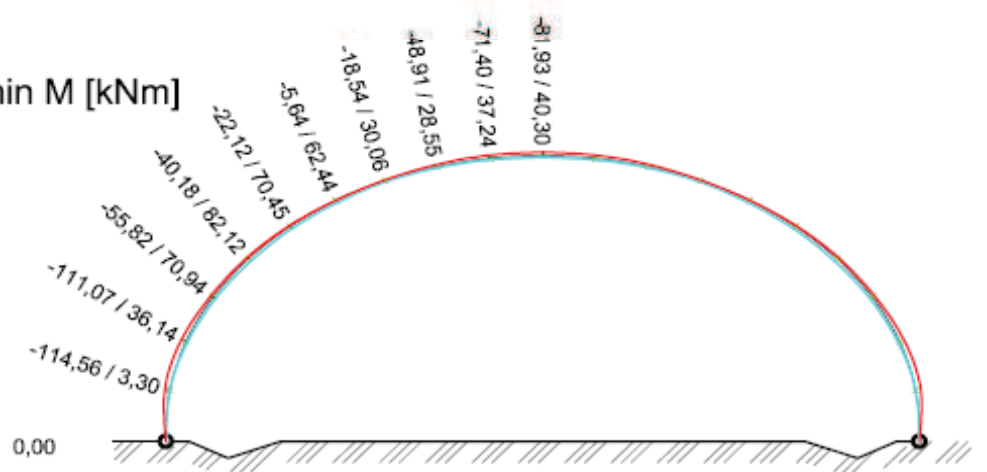
obalová křivka maximálních hodnot

ZS 2 t_0

odpovídající N [kN]

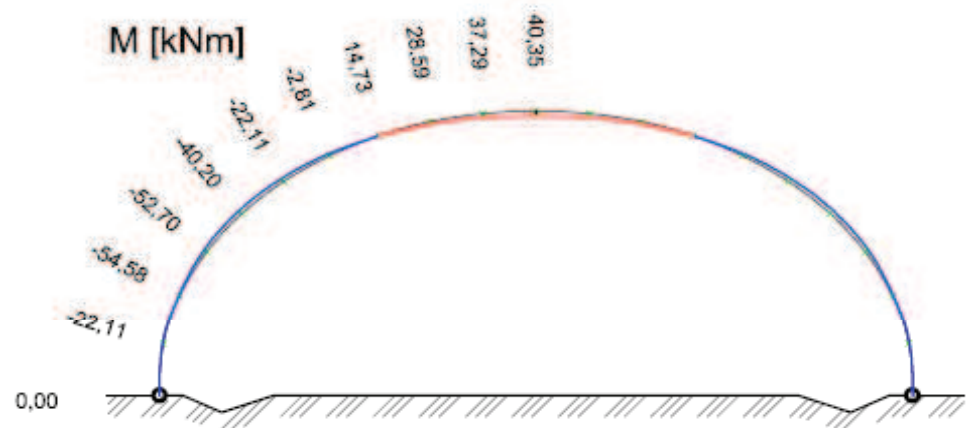
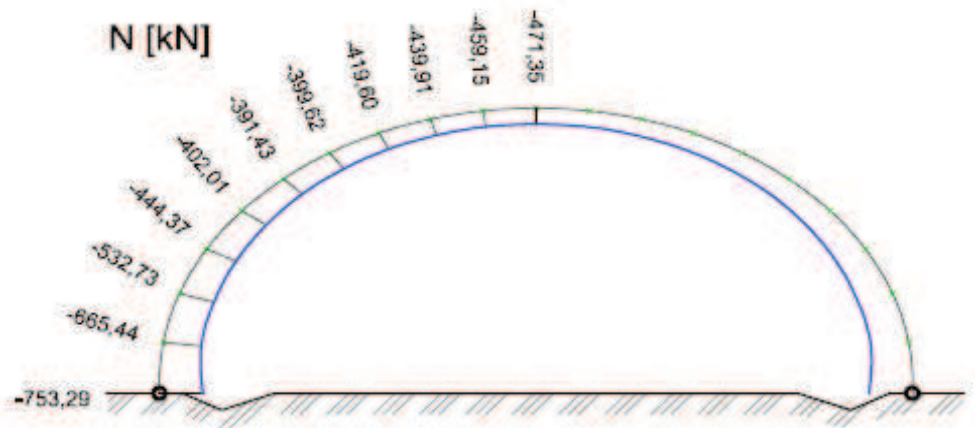


max/min M [kNm]



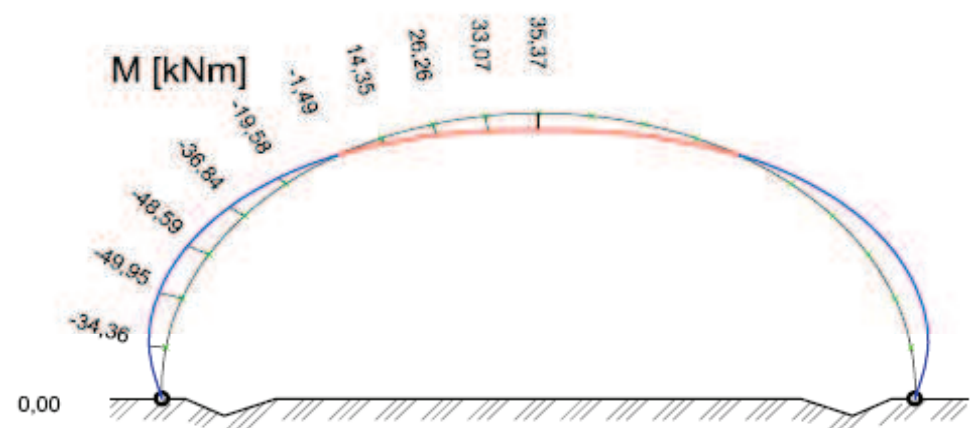
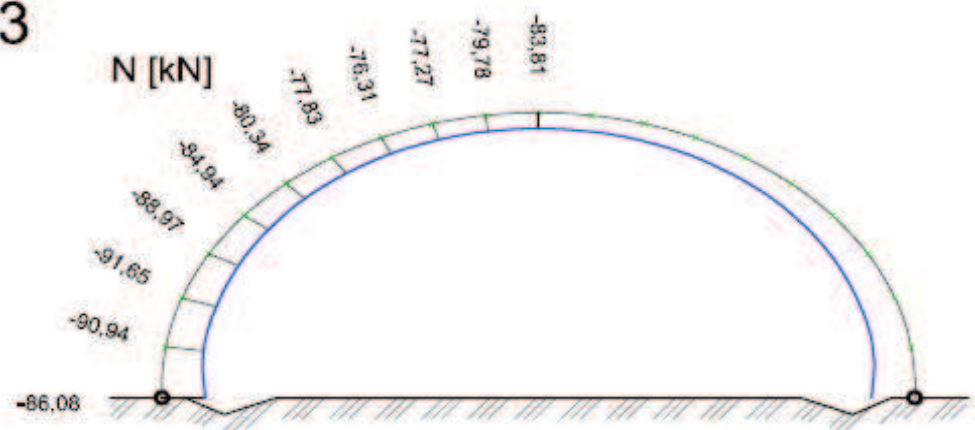
3.2.4 ZS 2 - zásyp zeminou v čase t_{∞}

ZS 2 tn



3.2.5 ZS 3 - proměnné zatížení

ZS 3



3.5 KOMBINACE ZATÍŽENÍ v čase t_0

→ charakteristická

[kNm / kN]		max M^+ → N		min M^- → N	
E_k	řez	82,12	-199,82	-114,56	-759,09
		4		11	
	řez	max N → M		min N → M	
		-37,84	40,30	-842,82	0,00
		7		1	

→ kvazistálá / vlastní tíha

[kNm / kN]		max M^+ → N		min M^- → N	
E_{k,ψ_1}	řez	40,35	-37,81	-54,58	-81,16
		4		11	
	řez	max N → M		min N → M	
		-37,81	40,35	-89,77	0,00
		7		1	

→ návrhová

[kNm / kN]		max M^+ → N		min M^- → N	
E_d	řez	110,86	-269,76	-154,66	-1024,77
		4		11	
	řez	max N → M		min N → M	
		-51,08	54,41	-1137,81	0,00
		7		1	

3.6 KOMBINACE ZATÍŽENÍ v čase t_∞

→ charakteristická

[kNm / kN]		max M^+ → N		min M^- → N	
E_k	řez	47,32	-528,16	-94,97	-843,50
		4		11	
	řez	max N → M		min N → M	
		-527,47	44,56	-929,14	0,00
		7		1	

→ kvazistálá / vlastní tíha

[kNm / kN]		max M^+ → N		min M^- → N	
E_{k,ψ_1}	řez	40,35	-37,81	-54,58	-81,16
		4		11	
	řez	max N → M		min N → M	
		-37,81	40,35	-89,77	0,00
		7		1	

→ návrhová

[kNm / kN]		max M^+ → N		min M^- → N	
E_d	řez	-40,13	-832,20	-40,62	-813,08
		4		11	
	řez	max N → M		min N → M	
		-723,76	59,93	-1267,25	0,00
		7		1	

4. MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

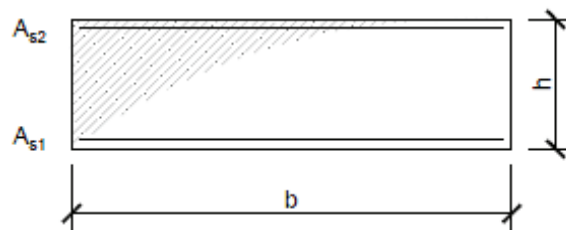
□ BETON	C 30/37	$f_{ck} =$	30	MPa
		$f_{cd} =$	20	MPa
		$\epsilon_{cu} =$	3,5	‰
□ OCEL	B500B	$f_{yk} =$	500	MPa
		$f_{yd} =$	434,78	MPa
		$E_s =$	210	GPa

4.1 GEOMETRIE PRŮŘEZU A VYZTUŽENÍ

výška průřezu $h =$ 300 mm

šířka průřezu $b =$ 1000 mm

plocha průřezu $A_c =$ 0,3 m²



krytí $c =$ 20 mm

4.2 ORIENTAČNÍ NÁVRH VÝZTUŽE

$$F_c = \lambda b \xi_{bal1} d \eta f_{cd} = 2744,51 \text{ kN}$$

$$M_c = F_c (h - \lambda \xi_{bal1} d) / 2 = 411,4882 \text{ kNm}$$

→ návrh výztuže při dolním lici A_{s1} max M^+

$$\Delta N = -N_{Ed} - F_c = -1912,31 \text{ kN}$$

$$\Delta M = M_{Ed} - M_c = -300,63 \text{ kNm}$$

$$A_{s1} = |\Delta N / 2 - \Delta M / z_s| \cdot 1 / f_{yd} = 0,00501 \text{ m}^2$$

→ návrh výztuže při horním lici A_{s2} min M^-

$$\Delta N = -N_{Ed} - F_c = -1719,74 \text{ kN}$$

$$\Delta M = M_{Ed} - M_c = -256,83 \text{ kNm}$$

$$A_{s2} = |\Delta N / 2 + \Delta M / z_s| \cdot 1 / f_{yd} = 0,00438 \text{ m}^2$$

→ A_{s2} výztuž při horním lici	8	Ø	14	mm
→ A_{s1} výztuž při dolním lici	8	Ø	14	mm

$$A_{s2} = 0,00123 \text{ m}^2$$

$$A_{s1} = 0,00123 \text{ m}^2$$

4.3 VSTUPNÍ PARAMETRY GEOMETRIE VYZTUŽENÍ

$$\begin{aligned}
 d_1 &= c + \varnothing/2 = 27 \text{ mm} & \xi_{bal1} &= 0,628 \text{ ‰} \\
 d_2 &= c + \varnothing/2 = 27 \text{ mm} & x_{bal1} &= 171,532 \text{ mm} \\
 d &= h - d_1 = 273 \text{ mm} & \xi_{bal2} &= 2,448 \text{ ‰} \\
 d' &= h - d_2 = 273 \text{ mm} & x_{bal2} &= 66,102 \text{ mm} \\
 z_1 &= h/2 - d_1 = 123 \text{ mm} \\
 z_2 &= h/2 - d_2 = 123 \text{ mm} & \epsilon_{yd} &= 2,070 \text{ ‰}
 \end{aligned}$$

$$F_{s1} = 535,4367 \text{ kN}$$

$$F_{s2} = 535,4367 \text{ kN}$$

$$\Delta F_s = 0 \text{ kN}$$

5. VÝPOČET BODŮ INTERAKČNÍHO DIAGRAMU

■ BOD 0

$$N_{Rd0} = - (bh\eta f_{cd} + \sum A_s \sigma_s) = -7070,87 \text{ kN}$$

$$M_{Rd0} = (A_{s2}z_2 - A_{s1}z_1) \sigma_s = 0,00 \text{ kNm}$$

$$\epsilon_{s2} = \epsilon_{yd}$$

$$\sigma_s = \epsilon_{s2} \cdot E_s = \text{##### MPa}$$

■ BOD 1

$$\epsilon_{s1} = 0, F_{s1} = 0 \text{ kN}, x = d, x > \xi_{bal,2} \cdot d_2 \rightarrow \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$N_{Rd1} = - (\lambda b h \eta f_{cd} + F_{s2}) = -5335,44 \text{ kN}$$

$$M_{Rd1} = \lambda b d \eta f_{cd} (h - \lambda d)/2 + F_{s2} z_2 = 244,07 \text{ kNm}$$

$$x = d = 273 > x_{bal,2} = 66,10 \text{ vyhovuje}$$

□ BOD 1'

$$\epsilon_{s2} = 0, F_{s2} = 0 \text{ kN}, x = d', d' > \xi_{bal,2} \cdot d_1 \rightarrow \sigma_{s1} = f_{yd}$$

$$N_{Rd1'} = - (\lambda b h \eta f_{cd} + F_{s1}) = -5335,44 \text{ kN}$$

$$M_{Rd1'} = -\lambda b d' \eta f_{cd} (h - \lambda d')/2 - F_{s1} z_1 = -244,07 \text{ kNm}$$

$$x = d' = 273 > \xi_{bal,2} \cdot d_1 = 66,10 \text{ vyhovuje}$$

■ BOD 2

$$x = x_{bal,1}, x_{bal,1} = \xi_{bal,1} \cdot d \geq x_{bal,2} = \xi_{bal,2} \cdot d_2 \rightarrow \sigma_{s1} = \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{Rd,bal} = -(\lambda \xi_{bal,1} db \eta f_{cd} + \Delta F_s) = -2744,51 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,bal} = \lambda \xi_{bal,1} db \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{bal,1} d)/2 + F_{s1} Z_1 + F_{s2} Z_2 = 355,09 \text{ kNm}$$

$$\xi_{bal,1} \cdot d = 171,53 > \xi_{bal,2} \cdot d_2 = 66,10 \text{ vyhovuje}$$

□ BOD 2'

$$x = x_{bal,1}, x_{bal,1} = \xi_{bal,1} \cdot d' \geq x_{bal,2} = \xi_{bal,2} \cdot d_1 \rightarrow \sigma_{s1} = \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{Rd,bal} = -(\lambda \xi_{bal,1} d' b \eta f_{cd} - \Delta F_s) = -2744,51 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,bal} = -\lambda \xi_{bal,1} d' b \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{bal,1} d')/2 - F_{s1} Z_1 - F_{s2} Z_2 = -355,09 \text{ kNm}$$

$$\xi_{bal,1} \cdot d' = 171,53 > \xi_{bal,2} \cdot d_1 = 66,10 \text{ vyhovuje}$$

■ BOD 3

$$N_{Rd3} = 0 \text{ kN}$$

$$M_{Rd3} = \lambda x b \eta f_{cd} (h - \lambda x)/2 + A_{s2} \epsilon_{s2} E_s Z_2 + A_{s1} f_{yd} Z_1 = 118,22 \text{ kNm}$$

$$b \cdot \lambda \cdot x^2 \cdot \eta \cdot f_{cd} + A_{s2} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot x - A_{s2} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot d_2 - A_{s1} \cdot f_{yd} \cdot x = 0$$

$$\text{reálný kořen } x = 0,0258 \text{ m}$$

$$\epsilon_{s2} = \epsilon_{cu3}/x \cdot (x - d_2) = -0,165 < \epsilon_{yd} = 2,070 \text{ vyhovuje}$$

$$\epsilon_{s1} = \epsilon_{cu3}/x \cdot (d - x) = 33,561 > \epsilon_{yd} = 2,070 \text{ vyhovuje}$$

□ BOD 3'

$$N'_{Rd3} = 0 \text{ kN}$$

$$M'_{Rd3} = -\lambda x b \eta f_{cd} (h - \lambda x)/2 - A_{s1} \epsilon_{s1} E_s Z_1 - A_{s2} f_{yd} Z_2 = -118,22 \text{ kNm}$$

$$b \cdot \lambda \cdot x^2 \cdot \eta \cdot f_{cd} + A_{s1} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot x - A_{s1} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot d_1 - A_{s2} \cdot f_{yd} \cdot x = 0$$

$$\text{reálný kořen } x = 0,0258 \text{ m}$$

$$\epsilon_{s1} = \epsilon_{cu3}/x \cdot (x - d_1) = -0,165 < \epsilon_{yd} = 2,070 \text{ vyhovuje}$$

$$\epsilon_{s2} = \epsilon_{cu3}/x \cdot (d' - x) = 33,561 > \epsilon_{yd} = 2,070 \text{ vyhovuje}$$

■ **BOD 4** $\epsilon_{s2} = 0, F_{s2} = 0 \text{ kN}$

$$N_{\text{Rdt,bal}} = F_{s1} = \quad \mathbf{535,44 \text{ kN}}$$

$$M_{\text{Rdt,bal}} = F_{s1}Z_1 = \quad \mathbf{65,86 \text{ kNm}}$$

□ **BOD 4'** $\epsilon_{s1} = 0, F_{s1} = 0 \text{ kN}$

$$N'_{\text{Rdt,bal}} = F_{s2} = \quad \mathbf{535,44 \text{ kN}}$$

$$M'_{\text{Rdt,bal}} = -F_{s2}Z_2 = \quad \mathbf{-65,86 \text{ kNm}}$$

■ **BOD 5** $\sigma_{s1} = \sigma_{s2} = f_{yd}$

$$N_{\text{Rdt0}} = F_{s1} + F_{s2} = \quad \mathbf{1070,87 \text{ kN}}$$

$$M_{\text{Rdt0}} = F_{s1}Z_1 - F_{s2}Z_2 = \quad \mathbf{0,00 \text{ kNm}}$$

■ **BOD Z** $x = x_{\text{bal},2}, \epsilon_{s2} = \epsilon_{yd}, \sigma_{s2} = f_{yd}$

$$N_{\text{Rd,Z}} = -(\lambda \xi_{\text{bal},2} d_2 b \eta f_{cd} + \Delta F_s) = \quad \mathbf{-1,058 \text{ kN}}$$

$$M_{\text{Rd,Z}} = \lambda \xi_{\text{bal},2} d_2 b \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{\text{bal},2} \cdot d_2)/2 + F_{s1}Z_1 + F_{s2}Z_2 = \quad \mathbf{131,88 \text{ kNm}}$$

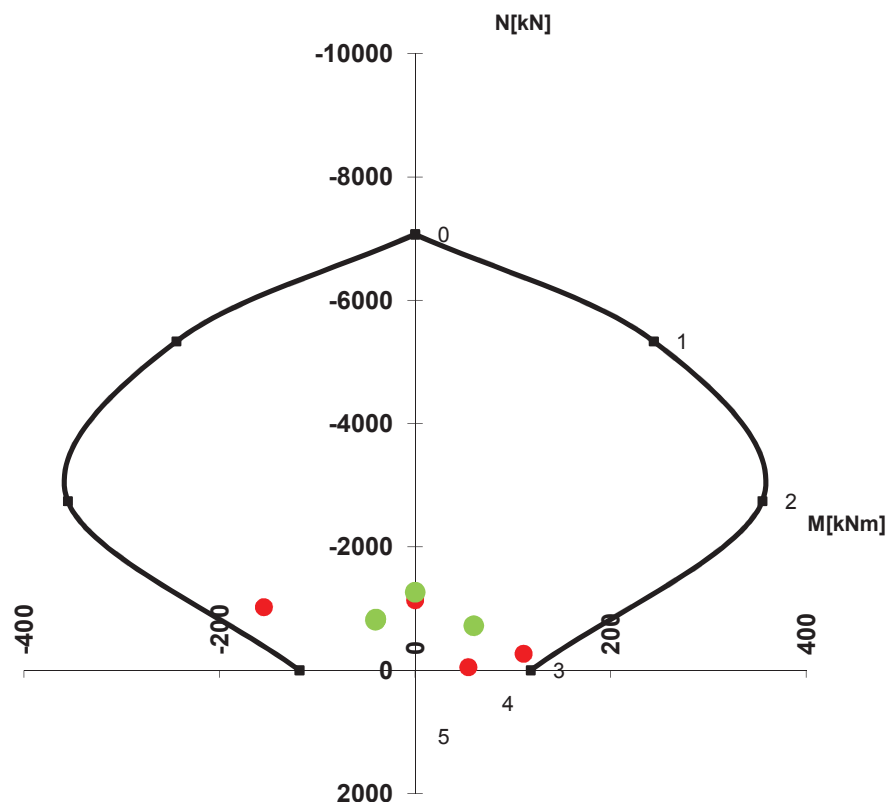
□ **BOD Z'** $x = x_{\text{bal},2} \cdot d_1, \epsilon_{s1} = \epsilon_{yd}, \sigma_{s1} = f_{yd}$

$$N'_{\text{Rd,Z}} = -(\lambda \xi_{\text{bal},2} d_1 b \eta f_{cd} - \Delta F_s) = \quad \mathbf{-1,058 \text{ kN}}$$

$$M'_{\text{Rd,Z}} = -\lambda \xi_{\text{bal},2} d_1 b \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{\text{bal},2} \cdot d_1)/2 - F_{s1}Z_1 - F_{s2}Z_2 = \quad \mathbf{-131,88 \text{ kNm}}$$

6. POSOUZENÍ - INTERAKČNÍ DIAGRAM

- návrhové zatížení t_∞
- návrhové zatížení t_0



Pozn.: Uvažované návrhové hodnoty zatížení vycházejí z obalových křivek maximálních, resp. minimálních hodnot normálových sil a ohybových momentů dosažených na konstrukci v průběhu budování v čase t_0 a po zhotovení konstrukce v čase t_∞ .

7. VYHODNOCENÍ KONSTRUKCE

7.1 BETON

po střednici

$$c_b = 3000,00 \text{ Kč/m}^3$$

zdroj : ZAPA Beton

$$\text{délka konstrukce } L_{\text{celk.}} = 24,452 \text{ m}$$

$$\text{plocha průřezu } A_c = 0,300 \text{ m}^2$$

$$\text{spotřeba betonu } V_c = 7,336 \text{ m}^3$$

7.2 BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ

$$\text{délka výztuže - horní povrch } L_{As2} = 24,921 \text{ m}$$

$$\text{počet prutů } n_{pAs2} = 8$$

$$\text{délka výztuže - dolní povrch } L_{As1} = 23,983 \text{ m}$$

$$\text{počet prutů } n_{pAs1} = 8$$

$$\text{spotřeba výztuže } M_s = 391,232 \text{ m}$$

$$c_s = 21,91 \text{ Kč/m'}$$

7.3 BEDNĚNÍ

$$\text{délka konstrukce } L_{\text{spodní líc}} = 23,983 \text{ m}$$

$$\text{bedněná plocha na m' } A_{bp} = 1 \text{ m}^2$$

$$\text{spotřeba bednění } A_b = 23,983 \text{ m}^2$$

$$c_{bb} = 600 \text{ Kč/m}^2$$

ÚRS

7.4 ODHADOVANÉ NÁKLADY NA KONSTRUKCI

$$\text{cena} = V_c \cdot c_b + M_s \cdot c_s + A_b \cdot c_{bb} = 44968,5 \text{ Kč/m'}$$

VYHODNOCENÍ KONSTRUKCE

1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

typ konstrukce :	monolitická
základní geometrie :	elipsa
statické schéma :	2 - kloubový oblouk
varianta průřezu :	obdélník

2. PŘEDBĚŽNÉ ZHODNOCENÍ SPOTŘEBY MATERIÁLU A NÁKLADŮ

	obdélník 200	obdélník 300	obdélník 400
2.1 BETON			
- délka konstrukce po střednici $L_{celk.} = [m']$	24,309	24,452	24,609
- plocha betonového průřez $A_c = [m^2]$	0,2	0,3	0,4
- spotřeba betonu $V_c = [m^3]$	4,862	7,336	9,844
- cena za $1m^3$ betonu =	3000	3000	3000
2.2 BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ			
- délka výztuže - horní povrch $L_{As2} = [m']$	24,634 m	24,921 m	25,234 m
- počet prutů $n_{p2} =$	10	8	8
- spotřeba výztuže $V_s = [m']$	246,340 m	199,368 m	201,872 m
- cena za bm' =	55,45 Kč	21,91 Kč	15,49 Kč
- délka výztuže - dolní povrch $L_{As1} = [m']$	23,983 m	23,983 m	23,983 m
- počet prutů $n_{p1} =$	10	8	8
- spotřeba výztuže $V_s = [m']$	239,830 m	191,864 m	191,864 m
- cena za bm' =	55,45 Kč	21,91 Kč	15,49 Kč
2.3 BEDNĚNÍ			
- délka konstrukce $L_{spodní líc} = [m']$	23,983 m	23,983 m	23,983 m
- bedněná plocha na $bm' = [m^2]$	1,000 m	1,000 m	1,000 m
- spotřeba bednění $V_b = [m^2]$	23,983	23,983	23,983
- cena za $1m^2 =$	600,00 Kč	600,00 Kč	600,00 Kč

3. ODHADOVANÉ NÁKLADY NA KONSTRUKCI

$$\text{cena za 1 } bm' = V_c \cdot c_{\text{beton}} + V_s \cdot c_{\text{výztuž}} + V_b \cdot c_{\text{bednění}}$$

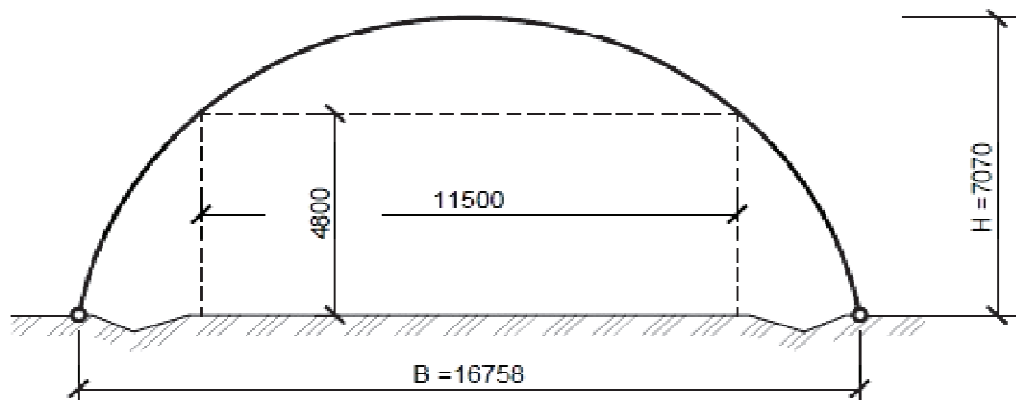
55 933,33 Kč	44 968,49 Kč	50 019,57 Kč
--------------	--------------	--------------

NÁVRH A POSOUZENÍ OBLOUKOVÉ KONSTRUKCE

1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

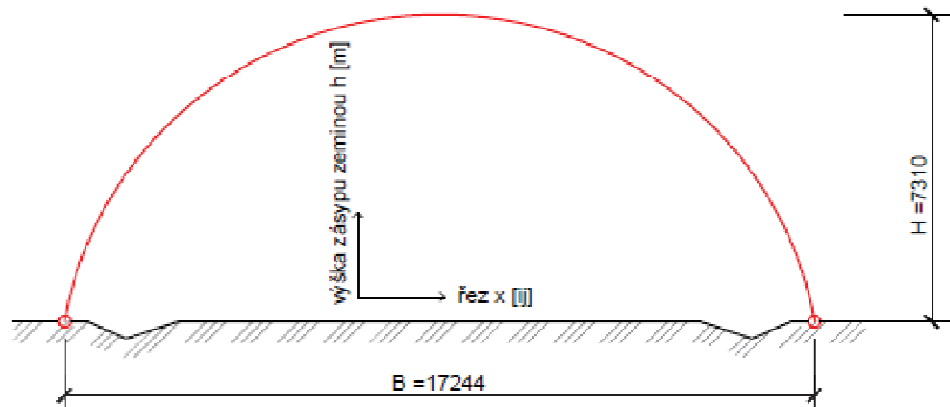
typ konstrukce : monolitická
základní geometrie : kruh
statické schéma : 2 - kloubový oblouk
varianta průřezu : T - průřez

MONOLITICKÁ KONSTRUKCE
geometrie : kruh, $r = 8,5\text{m}$



1.1 GEOMETRIE STŘEDNICE MODELU

geometrie střednice: kruh
 $r = 8,74\text{m}$



1.2 GEOMETRIE PRŮŘEZU

výška průřezu $h = 600$ mm

výška desky $h_s = 100$ mm

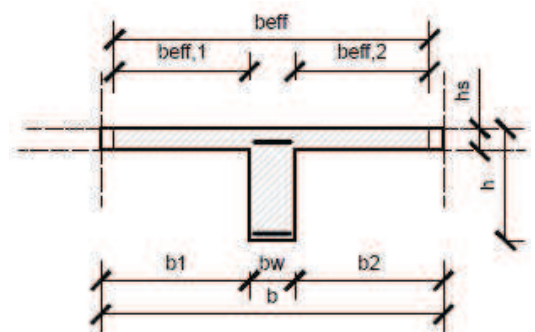
šířka průřezu $b = 1000$ mm

šířka trámu $b_w = 200$ mm

šířka desky $b_i = 400$ mm

$l_0 = l_{eff} = 17614$ mm

plocha průřezu $A_c = 0,2$ m²



1.2.1 VÝPOČET SPOLUPŮSOBÍCÍ ŠÍŘKY

$$b_{\text{eff}} = \sum b_{\text{eff},i} + b_w \leq b$$

$$b_{\text{eff},i} = 0,2b_i + 0,1l_0 \leq 0,2l_0$$

$$\begin{array}{llll} b_{\text{eff},i} = & 1841\text{mm} & < & 0,2l_0 = 3523\text{mm} & \text{vyhovuje} \\ b_{\text{eff}} = & 3883\text{mm} & > & b = 1000\text{mm} & \text{nevyhovuje} \end{array}$$

2. ZATÍŽENÍ

2.1 ZS1 - vlastní tíha g_{0k}

$$\rightarrow \gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3 \quad \text{vypočteno SCIA Engineer 2012}$$

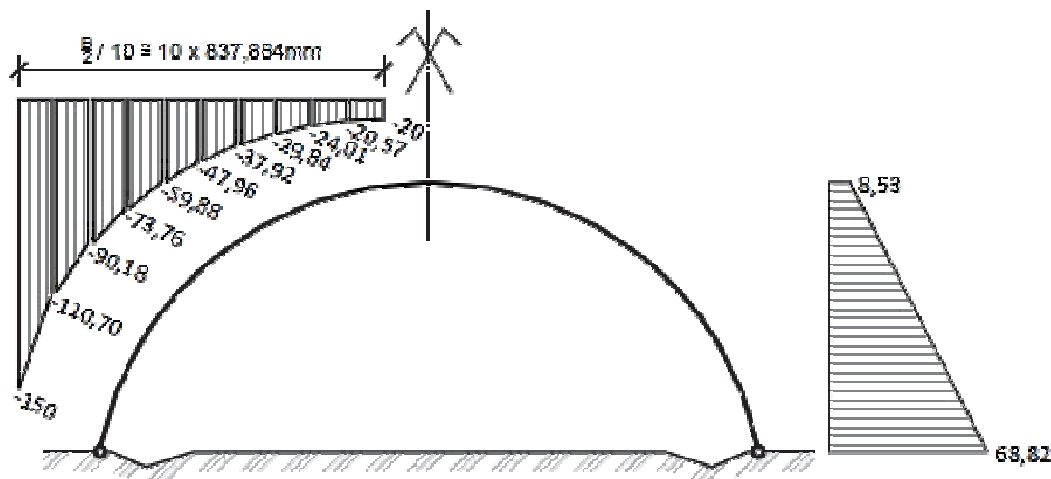
2.2 ZS2 - zásyp zeminou g_{1k}

$$\rightarrow \gamma_s = 20 \text{ kN/m}^3 \quad \text{svislá a vodorovná složka zemního tlaku}$$

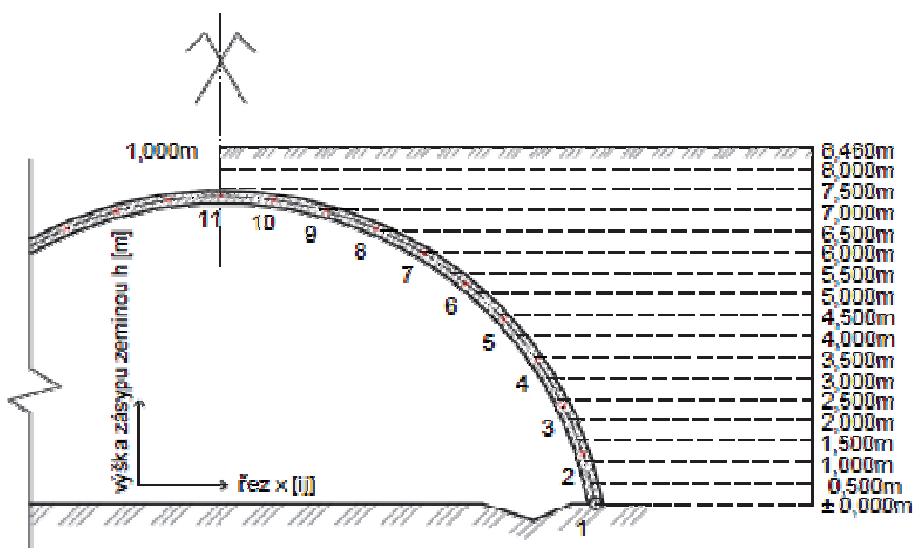
$$g_{1k,\text{svislá}} = h \cdot \gamma_s = [\text{kN/m}']$$

$$g_{1k,\text{vodorovná}} = K_i \cdot h \cdot \gamma_s = [\text{kN/m}']$$

schéma uvažovaného konečného zatížení



→ ve výpočtu jsou uvažovány montážní zatěžovací stavy od postupného zasypávání zeminou s krokem 0,500m až do konečné výšky + 1,000m nad vrchol konstrukce



upraveno dle tvaru
střednice

2.2.1 STANOVENÍ HODNOTY SOUČINITELŮ ZEMNÍHO TLAKU

$$\phi' = 35^\circ$$

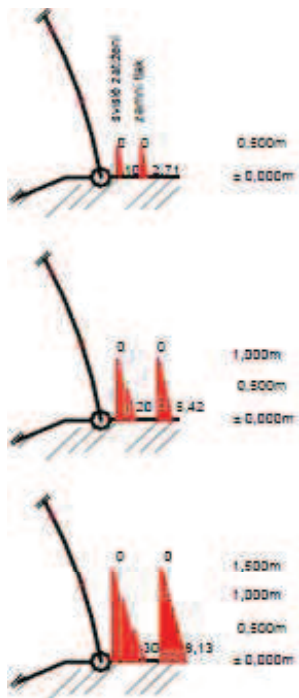
$$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$K_a = \tan^2 (45^\circ - \phi'/2) = \tan^2 (45^\circ - 35^\circ/2) = 0,271$$

$$K_p = \tan^2 (45^\circ + \phi'/2) = \tan^2 (45^\circ + 35^\circ/2) = 3,690$$

$$K_0 = 1 - \sin \phi' = 1 - \sin 35^\circ = 0,426$$

2.2.2 AKTIVNÍ ZEMNÍ TLAK - zásyp v čase t_0



výška zásypu zeminou h [m]

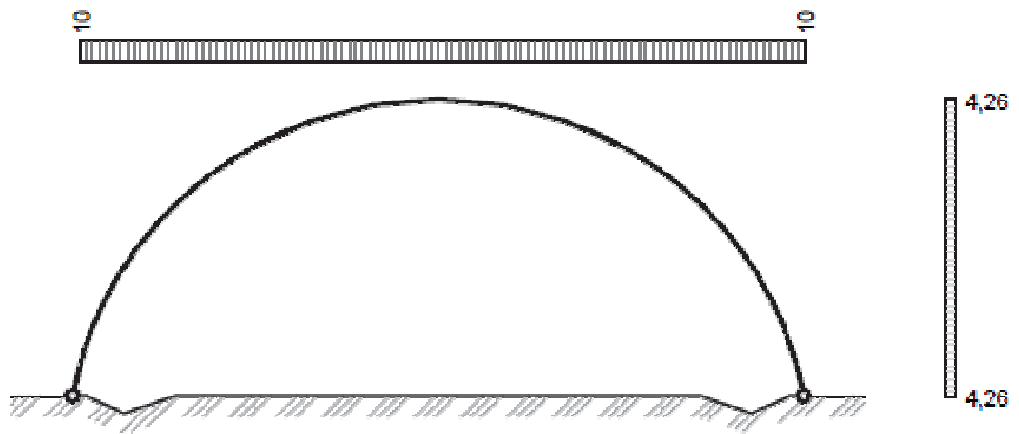
□ 0,500	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = h \cdot \gamma_s = 0,5 \cdot 20 = 10 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = K_a \cdot h \cdot \gamma_s = 0,271 \cdot 0,5 \cdot 20 = 2,71 \text{ kN/m'}$	
□ 1,000	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 20 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 5,42 \text{ kN/m'}$	
□ 1,500	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 30 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 8,13 \text{ kN/m'}$	
□ 2,000	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 40 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 10,84 \text{ kN/m'}$	
□ 2,500	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 50 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 13,55 \text{ kN/m'}$	
□ 3,000	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 60 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 16,26 \text{ kN/m'}$	
□ 3,500	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 70 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 18,97 \text{ kN/m'}$	
□ 4,000	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 80 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 21,68 \text{ kN/m'}$	
□ 4,500	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 90 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 24,39 \text{ kN/m'}$	
□ 5,000	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 100 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 27,10 \text{ kN/m'}$	
□ 5,500	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 110 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 29,81 \text{ kN/m'}$	
□ 6,000	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 120 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 32,52 \text{ kN/m'}$	
□ 6,500	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 130 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 35,23 \text{ kN/m'}$	
□ 7,000	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 140 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 37,94 \text{ kN/m'}$	
□ 7,500	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 150 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 40,65 \text{ kN/m'}$	
□ 8,000	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 160 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 43,36 \text{ kN/m'}$	
□ 8,500	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 170 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 46,07 \text{ kN/m'}$	
□ 8,660	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 173,2 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 46,94 \text{ kN/m'}$	

2.2.3 ZEMNÍ TLAK V KLIDU - čas t_{∞}

□ 1,000	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = h \cdot \gamma_s = 1,0 \cdot 20 =$	20	kN/m'
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = K_0 \cdot h \cdot \gamma_s = 0,426 \cdot 1,0 \cdot 20 =$	8,52	kN/m'
□ 8,660	↓ $g_{1k, \text{svislá}} =$	173,2	kN/m'
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} =$	73,78	kN/m'

2.3 ZS3 - proměnné zatížení q

svislé přetížení a jeho vodorovná složka



→ rovnoměrné zatížení $q_k = 10 \text{ kN/m'}$

$$q_{k, \text{vodorovná}} = K_0 \cdot q = 0,426 \cdot 10 = 4,26 \text{ kN/m'}$$

3. VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL

→ konstrukce modelována v programu SCIA Engineer 2012

→ podrobné výsledky viz dokument SCIA

účinky zatížení vyšetřovány : čas t_0 - po vybudování kce a dokončení zásypu
čas t_∞ - životnost kce

3.1 ZATĚŽOVACÍ STAVY

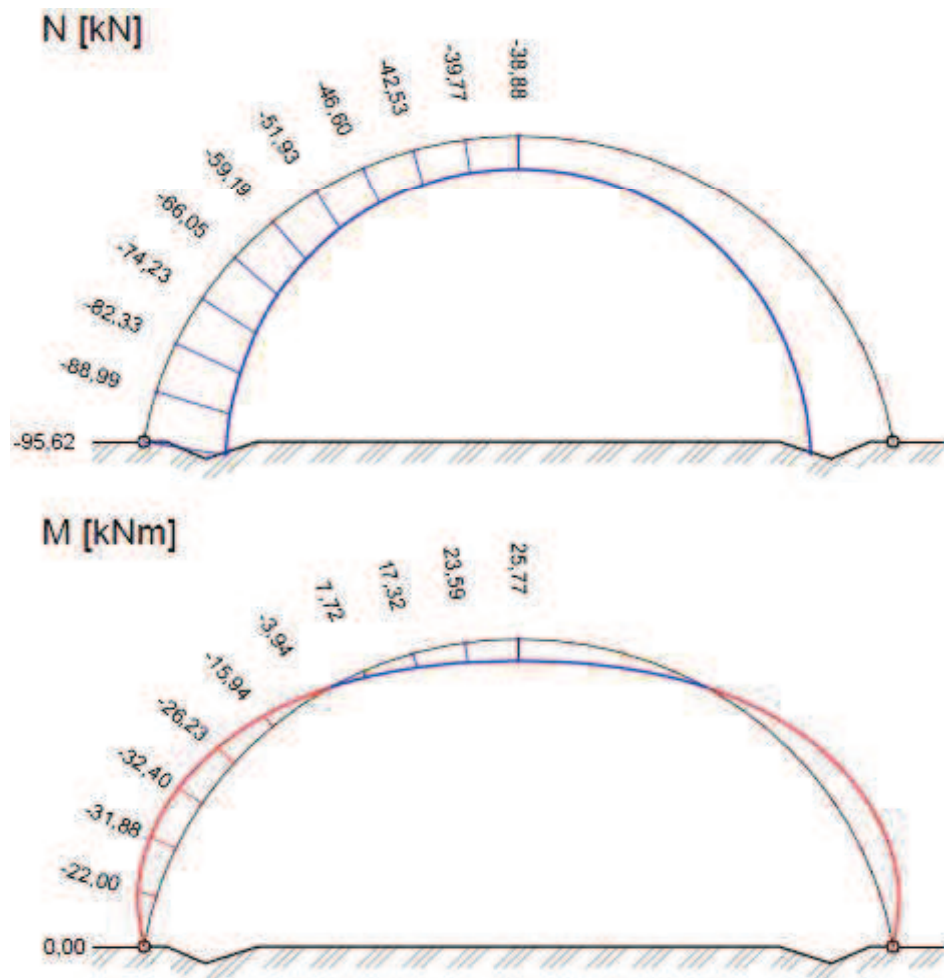
ZS 1 - vlastní tíha konstrukce g_{0k}

ZS 2_{a-q} - zásyp zeminou g_{1k} (zemní tlak aktivní / v klidu)

ZS 3 - proměnné zatížení q

3.2 PRŮBĚHY VNITŘNÍCH SIL

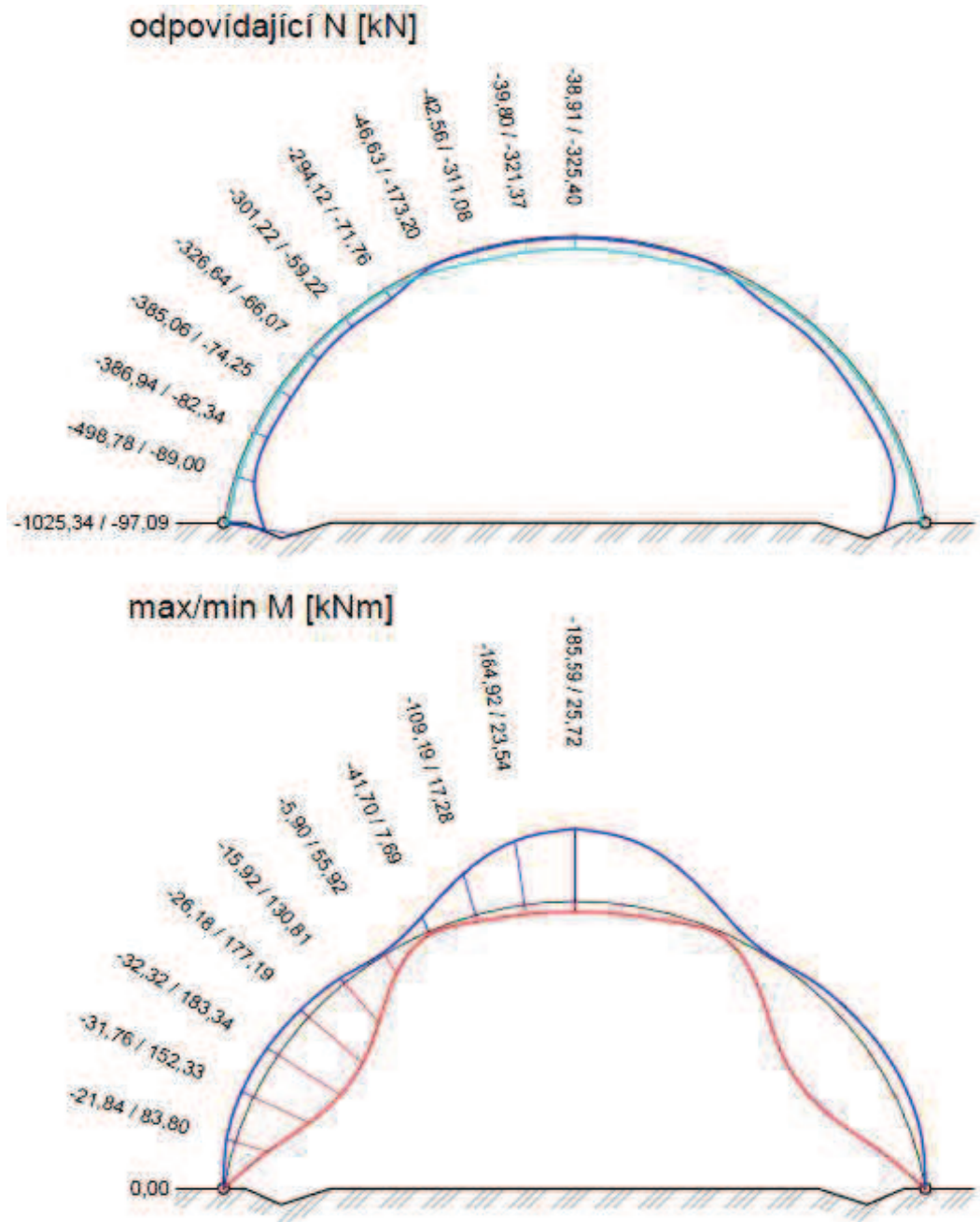
3.2.1 ZS 1 - vlastní tíha konstrukce g_{0k}



3.2.2 ZS 2 - zásyp zeminou g_{1k} - montážní stavy do času t_0

max/min M → odpovídající N

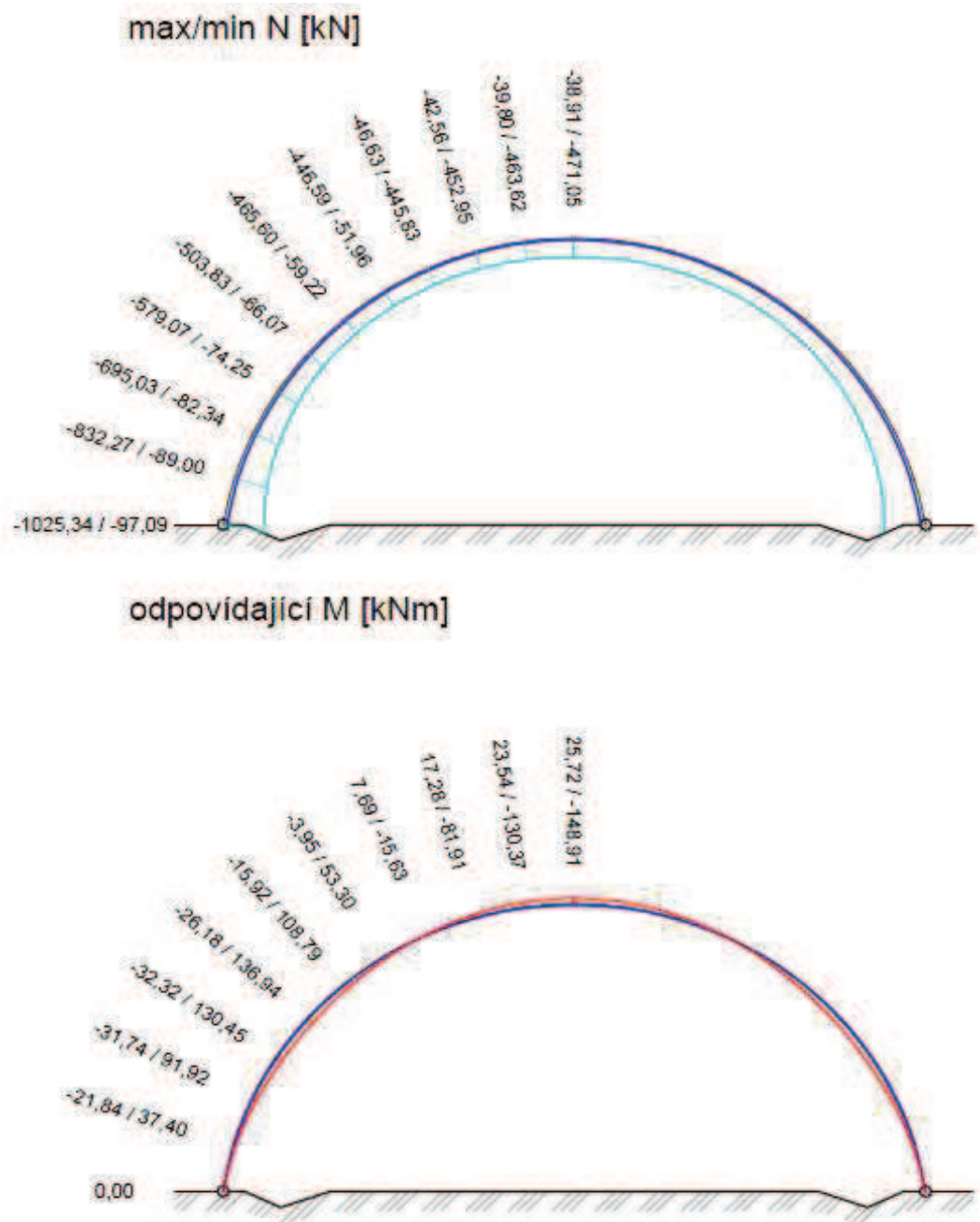
obalová křivka maximálních hodnot



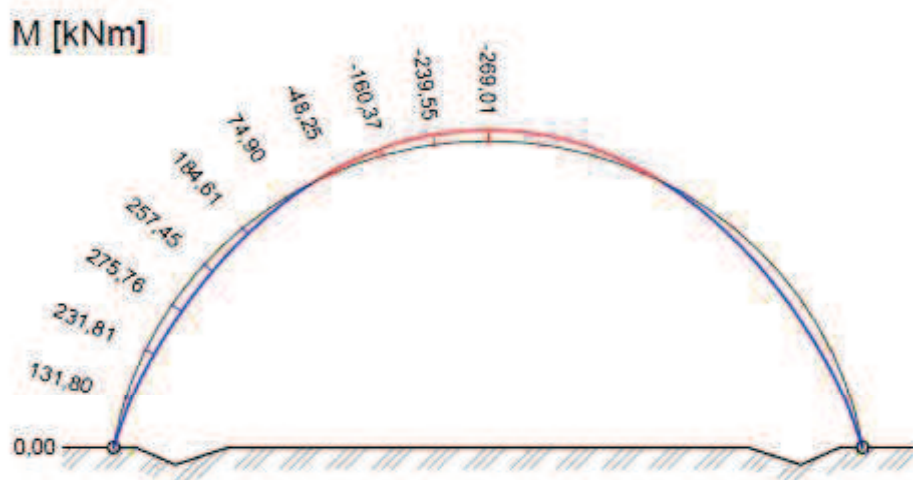
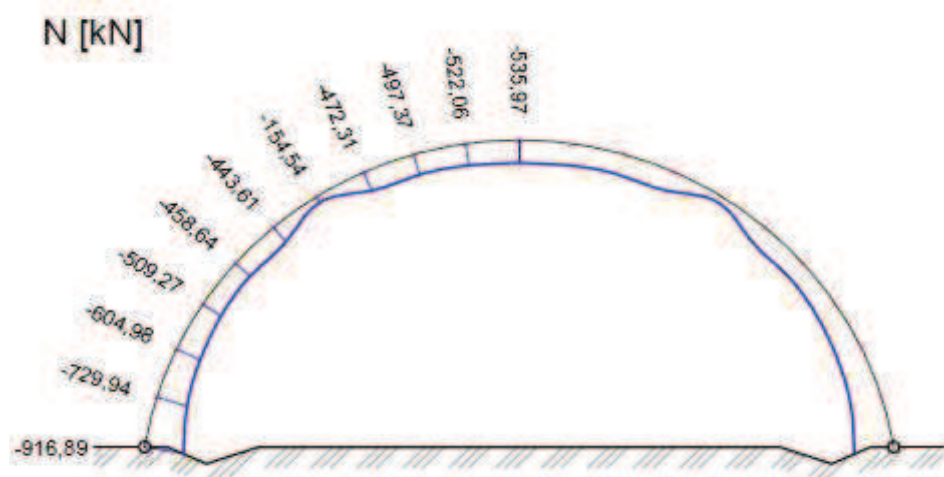
3.2.3 ZS 2 - zásyp zeminou g_{1k} - montážní stavy do času t_0

max/min N → odpovídající M

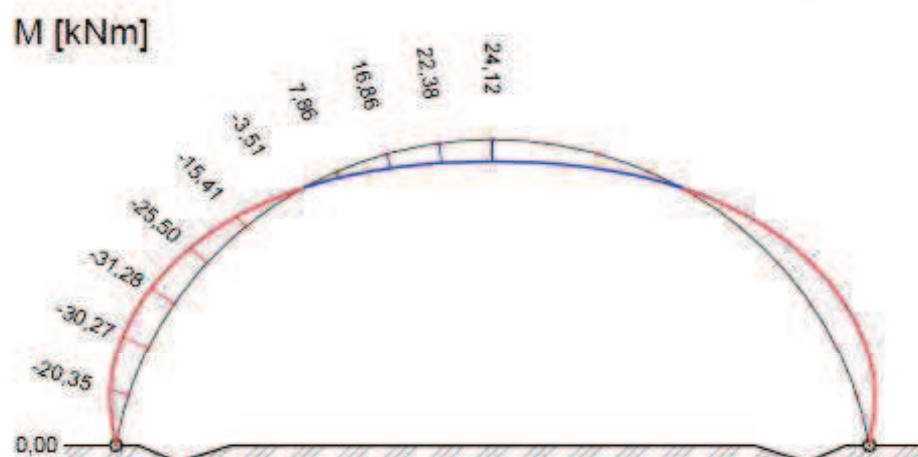
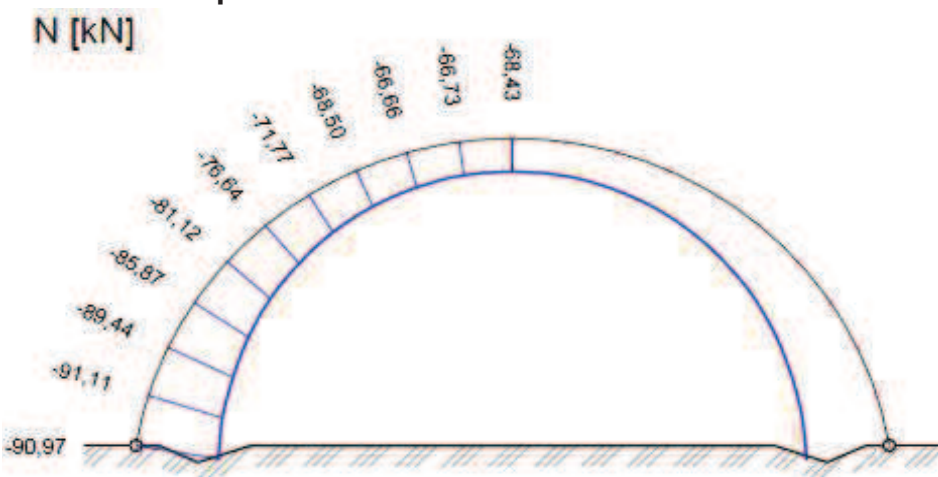
obalová křivka maximálních hodnot



3.2.4 ZS 2 - zásyp zeminou v čase t_{∞} (zemní tlak v klidu)



3.2.5 ZS 3 - proměnné zatížení



3.3 KOMBINACE ZATÍŽENÍ v čase t_0

→ charakteristická

[kNm / kN]		max M^+ → N		min M^- → N	
E_k	řez	215,63	-324,09	-205,14	-271,07
		4		11	
	řez	max N → M		min N → M	
		-26,67	18,52	-1024,45	0,00
		7		1	

→ kvazistálá / vlastní tíha

[kNm / kN]		max M^+ → N		min M^- → N	
E_{k,ψ_1}	řez	18,57	-26,64	-23,04	-51,60
		4		11	
	řez	max N → M		min N → M	
		-26,64	18,57	-65,30	0,00
		7		1	

→ návrhová

[kNm / kN]		max M^+ → N		min M^- → N	
E_d	řez	291,10	-437,52	-276,94	-365,94
		4		11	
	řez	max N → M		min N → M	
		-36,00	25,00	-1383,01	0,00
		7		1	

3.4 KOMBINACE ZATÍŽENÍ v čase t_∞

→ charakteristická

[kNm / kN]		max M^+ → N		min M^- → N	
E_k	řez	259,28	-651,72	-260,59	-655,61
		4		11	
	řez	max N → M		min N → M	
		-573,54	80,06	-1102,90	0,00
		7		1	

→ kvazistálá / vlastní tíha

[kNm / kN]		max M^+ → N		min M^- → N	
E_{k,ψ_1}	řez	18,57	-26,64	-23,04	-51,60
		4		11	
	řez	max N → M		min N → M	
		-26,64	18,57	-65,30	0,00
		7		1	

→ návrhová

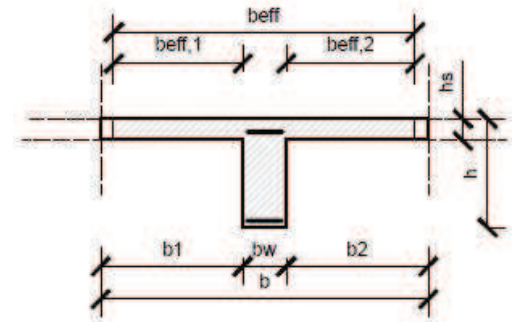
[kNm / kN]		max M^+ → N		min M^- → N	
E_d	řez	346,60	-892,92	-349,40	-897,37
		4		11	
	řez	max N → M		min N → M	
		-786,09	107,90	-1502,72	0,00
		7		1	

4. MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

□ BETON C 30/37	$f_{ck} =$	30	MPa
	$f_{cd} =$	20	MPa
	$\epsilon_{cu} =$	3,5	‰
□ OCEL B500B	$f_{yk} =$	500	MPa
	$f_{yd} =$	434,78	MPa
	$E_s =$	210	GPa

5. GEOMETRIE A VYZTUŽENÍ PRŮŘEZU

výška průřezu $h =$	600	mm
výška desky $h_s =$	100	mm
šířka průřezu $b =$	1000	mm
šířka trámu $b_w =$	200	mm
šířka desky $b_i =$	400	mm
$l_0 = l_{eff} =$	17627	mm



plocha průřezu $A_c =$	0,2	m ²	krytí $c_{1,dolní} =$	20	mm
$A_{c,eff} =$	0,2	m ²	krytí $c_{2,horní} =$	20	mm

SPOLUPŮSOBÍCÍ ŠÍŘKA

$b_{eff} = \sum b_{eff,i} + b_w \leq b$				
$b_{eff,i} = 0,2b_i + 0,1l_0 \leq 0,2l_0$				
$b_{eff,i} = 1843\text{mm}$	<	$0,2l_0 = 3525\text{mm}$	vyhovuje	
$b_{eff} = 3885\text{mm}$	>	$b = 1000\text{mm}$	nevyhovuje	

5.1 ORIENTAČNÍ NÁVRH VYZTUŽE

→ návrh výztuže při dolním líci A_{s1} max M^+

$$F_c = \lambda b \xi_{bal1} d \eta f_{cd} = 5720,24 \text{ kN}$$

$$M_c = F_c (h - \lambda \xi_{bal1} d) / 2 = 898,043 \text{ kNm}$$

$$\Delta N = -N_{Ed} - F_c = -4827,33 \text{ kN}$$

$$\Delta M = M_{Ed} - M_c = -551,45 \text{ kNm}$$

$$A_{s1} = |\Delta N / 2 - \Delta M / z_s| \cdot 1 / f_{yd} = 0,00244 \text{ m}^2$$

→ návrh výztuže při horním líci A_{s2} min M^-

$$\Delta N = -N_{Ed} - F_c = -4822,87 \text{ kN}$$

$$\Delta M = M_{Ed} - M_c = -548,64 \text{ kNm}$$

$$A_{s2} = |\Delta N / 2 + \Delta M / z_s| \cdot 1 / f_{yd} = 0,00245 \text{ m}^2$$

→ A_{s2} výztuž při horním líci	8	Ø	18	mm
→ A_{s1} výztuž při dolním líci	5	Ø	22	mm
$A_{s,příčná}$		Ø	10	mm

$$A_{s2} = 0,002036 \text{ m}^2$$

$$A_{s1} = 0,001901 \text{ m}^2$$

5.2 VSTUPNÍ PARAMETRY GEOMETRIE VYZTUŽENÍ

$$\begin{aligned} z_1 &= 0,339 \\ z_2 &= 0,161 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_1 &= c + \phi / 2 = 31 \text{ mm} & \xi_{bal1} &= 0,628 \text{ ‰} \\ d_2 &= c + \phi / 2 = 61 \text{ mm} & x_{bal1} &= 357,515 \text{ mm} \\ d &= h - d_1 = 569 \text{ mm} & \xi_{bal2} &= 2,448 \text{ ‰} \\ d' &= h - d_2 = 539 \text{ mm} & x_{bal2} &= 75,895 \text{ mm} \\ z_1 &= h/2 - d_1 = 0,308 \text{ m} \\ z_2 &= h/2 - d_2 = 0,100 \text{ mm} & \epsilon_{yd} &= 2,070 \text{ ‰} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{s1} &= 826,375 \text{ kN} \\ F_{s2} &= 885,11 \text{ kN} \\ \Delta F_s &= -58,734 \text{ kN} \end{aligned}$$

6. VÝPOČET BODŮ INTERAKČNÍHO DIAGRAMU

■ BOD 0

$$\epsilon_{s2} = \epsilon_{yd}$$

$$\begin{aligned} N_{Rd0} &= - (bh\eta f_{cd} + \sum A_s \sigma_s) = -5711,49 \text{ kN} \\ M_{Rd0} &= (A_{s2} z_2 - A_{s1} z_1) \sigma_s = -166,01 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\sigma_s = \epsilon_{s2} \cdot E_s = 434,78 \text{ MPa}$$

■ BOD 1

$$\epsilon_{s1} = 0, F_{s1} = 0 \text{ kN}, x = d, x > \xi_{bal,2} \cdot d_2 \rightarrow \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\begin{aligned} N_{Rd1} &= - (\lambda b h \eta f_{cd} + F_{s2}) = -3985,91 \text{ kN} \\ M_{Rd1} &= \lambda b d \eta f_{cd} (h - \lambda d)/2 + F_{s2} z_2 = 313,01 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$x = d = 569 > x_{bal,2} = 75,90 \text{ vyhovuje}$$

□ BOD 1'

$$\epsilon_{s2} = 0, F_{s2} = 0 \text{ kN}, x = d', d' > \xi_{bal,2} \cdot d_1 \rightarrow \sigma_{s1} = f_{yd}$$

$$\begin{aligned} N_{Rd1'} &= - (\lambda b h \eta f_{cd} + F_{s1}) = -3050,38 \text{ kN} \\ M_{Rd1'} &= -\lambda b d' \eta f_{cd} (h - \lambda d')/2 - F_{s1} z_1 = -442,23 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$x = d' = 539 > \xi_{bal,2} \cdot d_1 = 75,90 \text{ vyhovuje}$$

■ BOD 2

$$x = x_{bal,1}, x_{bal,1} = \xi_{bal,1} \cdot d \geq x_{bal,2} = \xi_{bal,2} \cdot d_2 \rightarrow \sigma_{s1} = \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{Rd,bal} = -(\lambda \xi_{bal,1} d b \eta f_{cd} + \Delta F_s) = -2365,31 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,bal} = \lambda \xi_{bal,1} d b \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{bal,1} d) / 2 + F_{s1} z_1 + F_{s2} z_2 = 723,60 \text{ kNm}$$

$$\xi_{bal,1} \cdot d = 357,52 > \xi_{bal,2} \cdot d_2 = 149,34 \text{ vyhovuje}$$

□ BOD 2'

$$x = x_{bal,1}, x_{bal,1} = \xi_{bal,1} \cdot d' \geq x_{bal,2} = \xi_{bal,2} \cdot d_1 \rightarrow \sigma_{s1} = \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{Rd,bal} = -(\lambda \xi_{bal,1} d' b \eta f_{cd} - \Delta F_s) = -1142,46 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,bal} = -\lambda \xi_{bal,1} d' b \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{bal,1} d') / 2 - F_{s1} z_1 - F_{s2} z_2 = -521,34 \text{ kNm}$$

$$\xi_{bal,1} \cdot d' = 338,67 > \xi_{bal,2} \cdot d_1 = 75,90 \text{ vyhovuje}$$

■ BOD 3

$$N_{Rd3} = 0 \text{ kN}$$

$$M_{Rd3} = \lambda x b \eta f_{cd} (h - \lambda x) / 2 + A_{s2} \epsilon_{s2} E_s z_2 + A_{s1} f_{yd} z_1 = 383,31 \text{ kNm}$$

$$b \cdot \lambda \cdot x^2 \cdot \eta \cdot f_{cd} + A_{s2} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot x - A_{s2} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot d_2 - A_{s1} \cdot f_{yd} \cdot x = 0$$

$$\text{reálný kořen } x = 0,0279 \text{ m}$$

$$\epsilon_{s2} = \epsilon_{cu3} / x \cdot (x - d_2) = -0,004 < \epsilon_{yd} = 2,070 \text{ vyhovuje}$$

$$\epsilon_{s1} = \epsilon_{cu3} / x \cdot (d - x) = 67,966 > \epsilon_{yd} = 2,070 \text{ vyhovuje}$$

□ BOD 3'

$$N'_{Rd3} = 0 \text{ kN}$$

$$M'_{Rd3} = -\lambda x b \eta f_{cd} (h - \lambda x) / 2 - A_{s1} \epsilon_{s1} E_s z_1 - A_{s2} f_{yd} z_2 = -119,24 \text{ kNm}$$

$$b \cdot \lambda \cdot x^2 \cdot \eta \cdot f_{cd} + A_{s1} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot x - A_{s1} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot d_1 - A_{s2} \cdot f_{yd} \cdot x = 0$$

$$\text{reálný kořen } x = 0,0335 \text{ m}$$

$$\epsilon_{s1} = \epsilon_{cu3} / x \cdot (x - d_1) = 0,26 < \epsilon_{yd} = 2,070 \text{ vyhovuje}$$

$$\epsilon_{s2} = \epsilon_{cu3} / x \cdot (d' - x) = 52,80 > \epsilon_{yd} = 2,070 \text{ vyhovuje}$$

■ **BOD 4** $\epsilon_{s2} = 0, F_{s2} = 0 \text{ kN}$

$$N_{\text{Rdt,bal}} = F_{s1} = \quad \quad \quad \mathbf{826,38 \text{ kN}}$$

$$M_{\text{Rdt,bal}} = F_{s1}Z_1 = \quad \quad \quad \mathbf{254,52 \text{ kNm}}$$

□ **BOD 4'** $\epsilon_{s1} = 0, F_{s1} = 0 \text{ kN}$

$$N'_{\text{Rdt,bal}} = F_{s2} = \quad \quad \quad \mathbf{885,11 \text{ kN}}$$

$$M'_{\text{Rdt,bal}} = -F_{s2}Z_2 = \quad \quad \quad \mathbf{-88,51 \text{ kNm}}$$

■ **BOD 5** $\sigma_{s1} = \sigma_{s2} = f_{yd}$

$$N_{\text{Rdt0}} = F_{s1} + F_{s2} = \quad \quad \quad \mathbf{1711,49 \text{ kN}}$$

$$M_{\text{Rdt0}} = F_{s1}Z_1 - F_{s2}Z_2 = \quad \quad \quad \mathbf{166,01 \text{ kNm}}$$

■ **BOD Z** $x = x_{\text{bal},2}, \epsilon_{s2} = \epsilon_{yd}, \sigma_{s2} = f_{yd}$

$$N_{\text{Rd,Z}} = -(\lambda \xi_{\text{bal},2} d_2 b \eta f_{cd} + \Delta F_s) = \quad \quad \quad \mathbf{58,734 \text{ kN}}$$

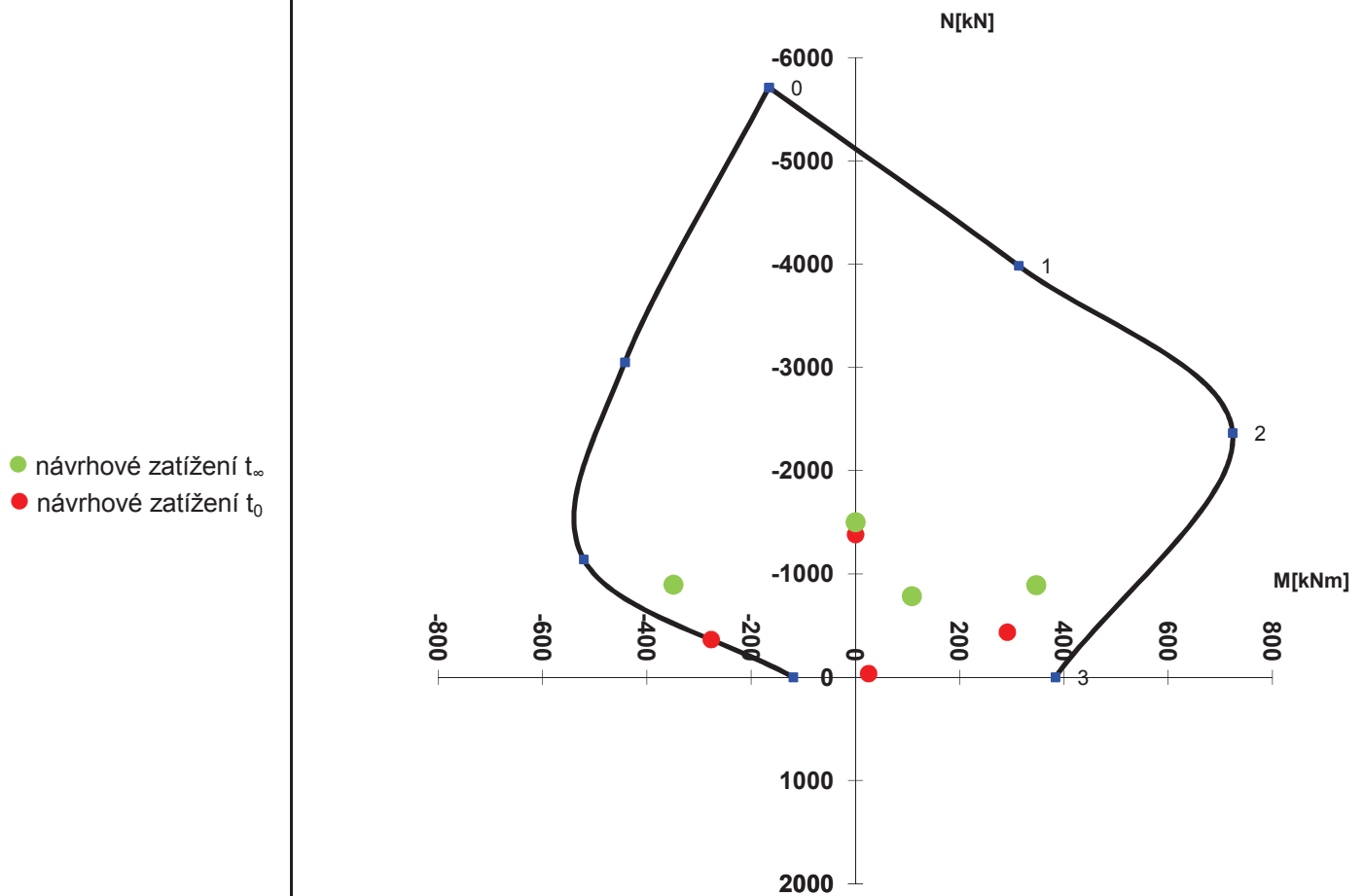
$$M_{\text{Rd,Z}} = \lambda \xi_{\text{bal},2} d_2 b \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{\text{bal},2} \cdot d_2)/2 + F_{s1}Z_1 + F_{s2}Z_2 = \quad \quad \quad \mathbf{0,34 \text{ kNm}}$$

□ **BOD Z'** $x = x_{\text{bal},2} \cdot d_1, \epsilon_{s1} = \epsilon_{yd}, \sigma_{s1} = f_{yd}$

$$N'_{\text{Rd,Z}} = -(\lambda \xi_{\text{bal},2} d_1 b \eta f_{cd} - \Delta F_s) = \quad \quad \quad \mathbf{-58,734 \text{ kN}}$$

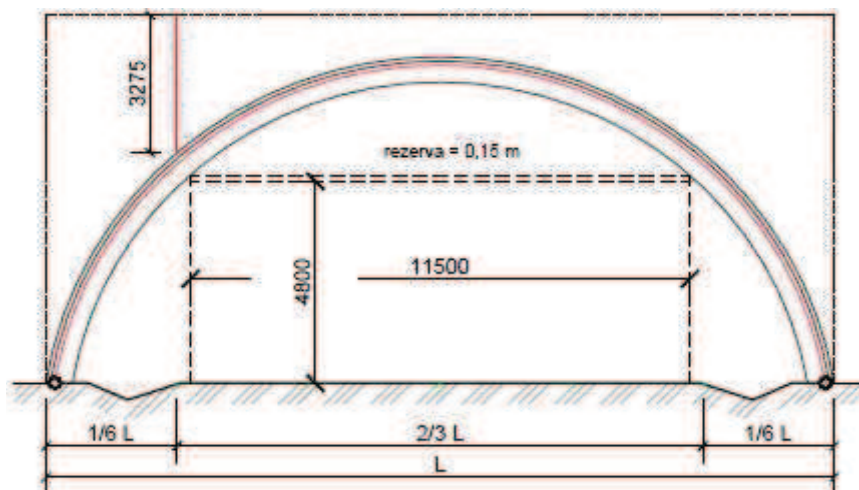
$$M'_{\text{Rd,Z}} = -\lambda \xi_{\text{bal},2} d_1 b \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{\text{bal},2} \cdot d_1)/2 - F_{s1}Z_1 - F_{s2}Z_2 = \quad \quad \quad \mathbf{-0,34 \text{ kNm}}$$

7. POSOUZENÍ - INTERAKČNÍ DIAGRAM



Pozn.: Uvažované návrhové hodnoty zatížení vycházejí z obalových křivek maximálních, resp. minimálních hodnot normálových sil a ohybových momentů dosažených na konstrukci v průběhu budování v čase t_0 a po zhotovení konstrukce v čase t_{∞} .

8. ŘEŠENÍ DESKY T-PRŮŘEZU V PŘÍČNÉM SMĚRU



■ ZATÍŽENÍ - VNITŘNÍ SÍLY

vlastní tíha $g_{0k} = 2,50 \text{ kN/m'}$

zásyp zeminou $g_{1k} = 65,50 \text{ kN/m'}$

proměnné $q_k = 10,00 \text{ kN/m'}$

charakteristické zatížení $\Sigma f_k = 78,00 \text{ kN/m'}$

návrhové zatížení $\Sigma f_d = 106,80 \text{ kN/m'}$

→

$M_{Ed, \text{dolní líc}} = 4,45 \text{ kNm}$

$M_{Ed, \text{horní líc}} = 8,89 \text{ kNm}$

■ GEOMETRIE

rozpětí trámů $b = 1 \text{ m}$

výška zásypu = $3,275 \text{ m}$

tloušťka desky $h_s = 0,1 \text{ m}$

šířka trámu $b_w = 0,2 \text{ m}$

■ MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

BETON C30/37 $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$
 $f_{cd} = 20 \text{ MPa}$
 $\epsilon_{cu} = 3,5 \text{ ‰}$

OCEL B500B $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$
 $f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$
 $E_s = 210 \text{ GPa}$

■ VYZTUŽENÍ DESKY výztuž dolní líc

$\emptyset_{prutu} = 10 \text{ mm}$ $d = 0,075 \text{ m}$
 $\text{krytí } c = 20 \text{ mm}$ $A_s = 3,35 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{m'}$
 $\emptyset 08 \text{ á } 150 \text{ mm}$

výztuž horní líc

$\emptyset_{prutu} = 10 \text{ mm}$ $d = 0,075 \text{ m}$
 $\text{krytí } c = 20 \text{ mm}$ $A_s = 3,35 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{m'}$
 $\emptyset 08 \text{ á } 150 \text{ mm}$

■ POSOUZENÍ

výška tlačené oblasti $x = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot f_{cd}} = 0,0091 \text{ m}$

přetvoření výztuže $\epsilon_s = \frac{\epsilon_{cu3}}{x} (d-x) = 0,0253$

rameno vnitřních sil $z_c = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x = 0,0714 \text{ m}$

$\epsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = 0,0021$ **vyhovuje**

$M_{Rd, \text{dolní}} = A_s \cdot f_{yd} \cdot z_c = 10,39 \text{ kNm}$

$M_{Rd, \text{horní}} = A_s \cdot f_{yd} \cdot z_c = 10,39 \text{ kNm}$

$M_{Ed, \text{dolní líc}} = 4,45 \text{ kNm}$

$M_{Ed, \text{horní líc}} = 8,89 \text{ kNm}$

vyhovuje

7. VYHODNOCENÍ KONSTRUKCE

7.1 BETON

po střednici

$$\begin{array}{lcl} \text{délka konstrukce } L_{\text{celk.}} = & 25,178 & \text{m} \\ \text{plocha průřezu } A_c = & 0,200 & \text{m}^2 \end{array}$$

$$\text{spotřeba betonu } V_c = 5,036 \text{ m}^3$$

7.2 BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ

$$\begin{array}{lcl} \text{délka výztuže - horní povrch } L_{As2} = & 25,999 & \text{m} \\ \text{počet prutů } n_{pAs2} = & 8 & \\ \text{délka výztuže - dolní povrch } L_{As1} = & 24,113 & \text{m} \\ \text{počet prutů } n_{pAs1} = & 5 & \\ \text{příčná výztuž - horní povrch } L_{As2} = & 0,7 & \text{m} \\ \text{počet prutů } n_{přAs2} = & 173 & \\ \text{příčná výztuž - dolní povrch } L_{As1} = & 1,5 & \text{m} \\ \text{počet prutů } n_{přAs1} = & 161 & \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{spotřeba výztuže } M_s = & 207,992 \text{ m} & A_{s2} \\ & 120,565 \text{ m} & A_{s1} \\ & 121,329 \text{ m} & přA_{s2} \\ & 241,13 \text{ m} & přA_{s1} \end{array}$$

7.3 BEDNĚNÍ

$$\begin{array}{lcl} \text{délka konstrukce } L_{\text{spodní líc}} = & 24,113 & \text{m} \\ \text{bedněná plocha na m' } A_{bp} = & 2 & \text{m}^2 \end{array}$$

$$\text{spotřeba bednění } A_b = 48,226 \text{ m}^2$$

7.4 ODHADOVANÉ NÁKLADY NA KONSTRUKCI

$$\text{cena} = V_c \cdot c_b + M_{s,i} \cdot c_{s,i} + A_b \cdot c_{bb} = 61166,5 \text{ Kč/m'}$$

$$c_b = 3000 \text{ Kč/m}^3$$

zdroj : ZAPA Beton

$$\begin{array}{lcl} c_{sAs2} = & 36,7 & \text{Kč/m'} \\ c_{sAs1} = & 55,45 & \text{Kč/m'} \\ c_{spřAs2} = & 7,74 & \text{Kč/m'} \\ c_{spřAs1} = & 7,74 & \text{Kč/m'} \end{array}$$

$$c_{bb} = 600 \text{ Kč/m}^2$$

ÚRS

VYHODNOCENÍ KONSTRUKCE

1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

typ konstrukce :	monolitická
základní geometrie :	kruh
statické schéma :	2 - kloubový oblouk
varianta průřezu :	T - průřez

2. PŘEDBĚŽNÉ ZHODNOCENÍ SPOTŘEBY MATERIÁLU A NÁKLADŮ

	T - průřez 600 1000	T - průřez 600 1500	T - průřez 500 2000
2.1 BETON			
- délka konstrukce po střednici $L_{\text{celk.}} = [\text{m}']$	25,178	25,465	25,528
- plocha betonového průřezu $A_c = [\text{m}^2]$	0,2	0,25	0,325
- spotřeba betonu $V_c = [\text{m}^3]$	5,036	6,366	8,297
- cena za 1m^3 betonu =	3000	3000	3000
2.2 BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ			
- délka výztuže - horní povrch $L_{\text{As2}} = [\text{m}']$	25,999 m	25,999 m	25,999 m
- počet prutů $n_{\text{p2}} =$	8	8	14
- spotřeba výztuže $V_s = [\text{m}']$	207,992 m	207,992 m	363,986 m
- cena za $\text{bm}' =$	36,69 Kč	36,69 Kč	15,49 Kč
- délka výztuže - dolní povrch $L_{\text{As1}} = [\text{m}']$	24,113 m	24,113 m	24,113 m
- počet prutů $n_{\text{p1}} =$	5	5	5
- spotřeba výztuže $V_s = [\text{m}']$	120,565 m	120,565 m	120,565 m
- cena za $\text{bm}' =$	55,45 Kč	44,04 Kč	44,04 Kč
- příčná výztuž - horní povrch $L_{\text{As2}} = [\text{m}']$	0,70 m	0,70 m	0,70 m
- počet prutů $n_{\text{pAs2}} =$	173	255	319
- spotřeba výztuže $V_s = [\text{m}']$	121,10 m	178,500 m	223,300 m
- cena za $\text{bm}' =$	7,74 Kč	7,74 Kč	7,74 Kč
- příčná výztuž - dolní povrch $L_{\text{As1}} = [\text{m}']$	1,50 m	2,00 m	2,50 m
- počet prutů $n_{\text{pAs1}} =$	161	167	167
- spotřeba výztuže $V_s = [\text{m}']$	241,50 m	334,000 m	417,500 m
- cena za $\text{bm}' =$	7,74 Kč	7,74 Kč	7,74 Kč
2.3 BEDNĚNÍ			
- délka konstrukce $L_{\text{spodní líc}} = [\text{m}']$	24,113 m	24,113 m	24,113 m
- bedněná plocha na $\text{bm}' = [\text{m}^2]$	2,000 m	2,500 m	3,000 m
- spotřeba bednění $V_b = [\text{m}^2]$	48,226	60,2825	72,339
- cena za $1\text{m}^2 =$	600,00 Kč	600,00 Kč	600,00 Kč

3. ODHADOVANÉ NÁKLADY NA KONSTRUKCI

$$\text{cena za } 1 \text{ bm}' = V_c \cdot c_{\text{beton}} + V_s \cdot c_{\text{výztuž}} + V_b \cdot c_{\text{bednění}}$$

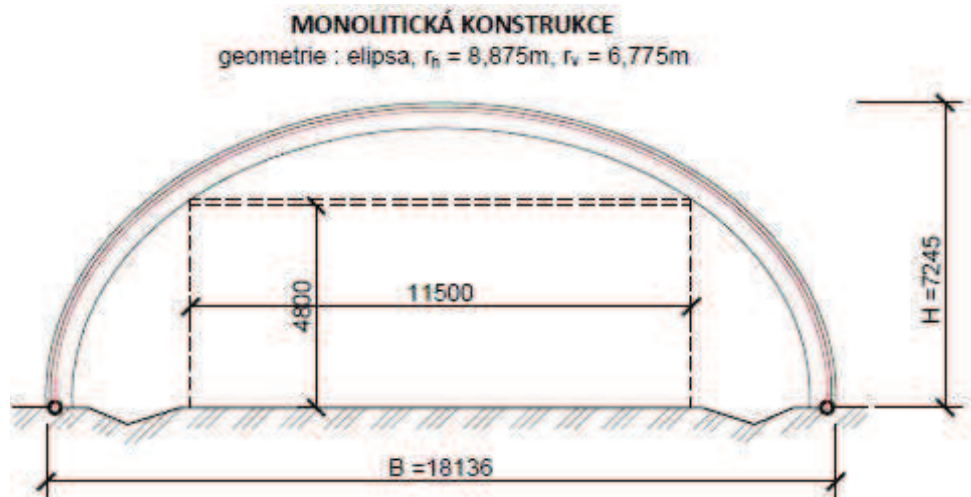
61 165,48 Kč 48 117,27 Kč 42 100,41 Kč

NÁVRH A POSOUZENÍ OBLOUKOVÉ KONSTRUKCE

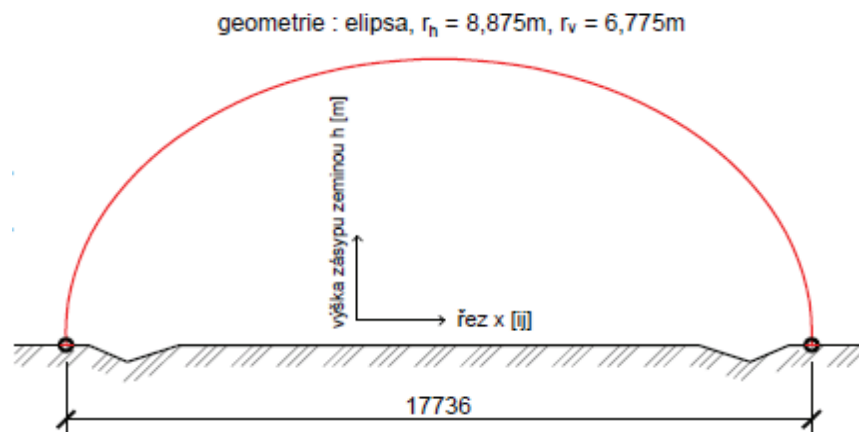
1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

typ konstrukce : monolitická
základní geometrie : elipsa
statické schéma : 2 - kloubový oblouk

varianta průřezu : T - průřez



1.1 GEOMETRIE STŘEDNICE MODELU



1.2 GEOMETRIE PRŮŘEZU

výška průřezu $h = 600$ mm

výška desky $h_s = 100$ mm

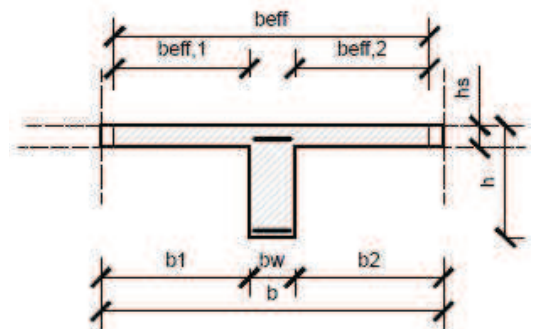
šířka průřezu $b = 1000$ mm

šířka trámu $b_w = 200$ mm

šířka desky $b_i = 400$ mm

$l_0 = l_{eff} = 17627$ mm

plocha průřezu $A_c = 0,2$ m²



1.2.1 VÝPOČET SPOLUPŮSOBÍCÍ ŠÍŘKY

$$b_{\text{eff}} = \sum b_{\text{eff},i} + b_w \leq b$$

$$b_{\text{eff},i} = 0,2b_i + 0,1l_0 \leq 0,2l_0$$

$$\begin{array}{llll} b_{\text{eff},i} = & 1843\text{mm} & < & 0,2l_0 = 3525\text{mm} & \text{vyhovuje} \\ b_{\text{eff}} = & 3885\text{mm} & > & b = 1000\text{mm} & \text{nevyhovuje} \end{array}$$

2. ZATÍŽENÍ

2.1 ZS1 - vlastní tíha g_{0k}

$$\rightarrow \gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3 \quad \text{vypočteno SCIA Engineer 2012}$$

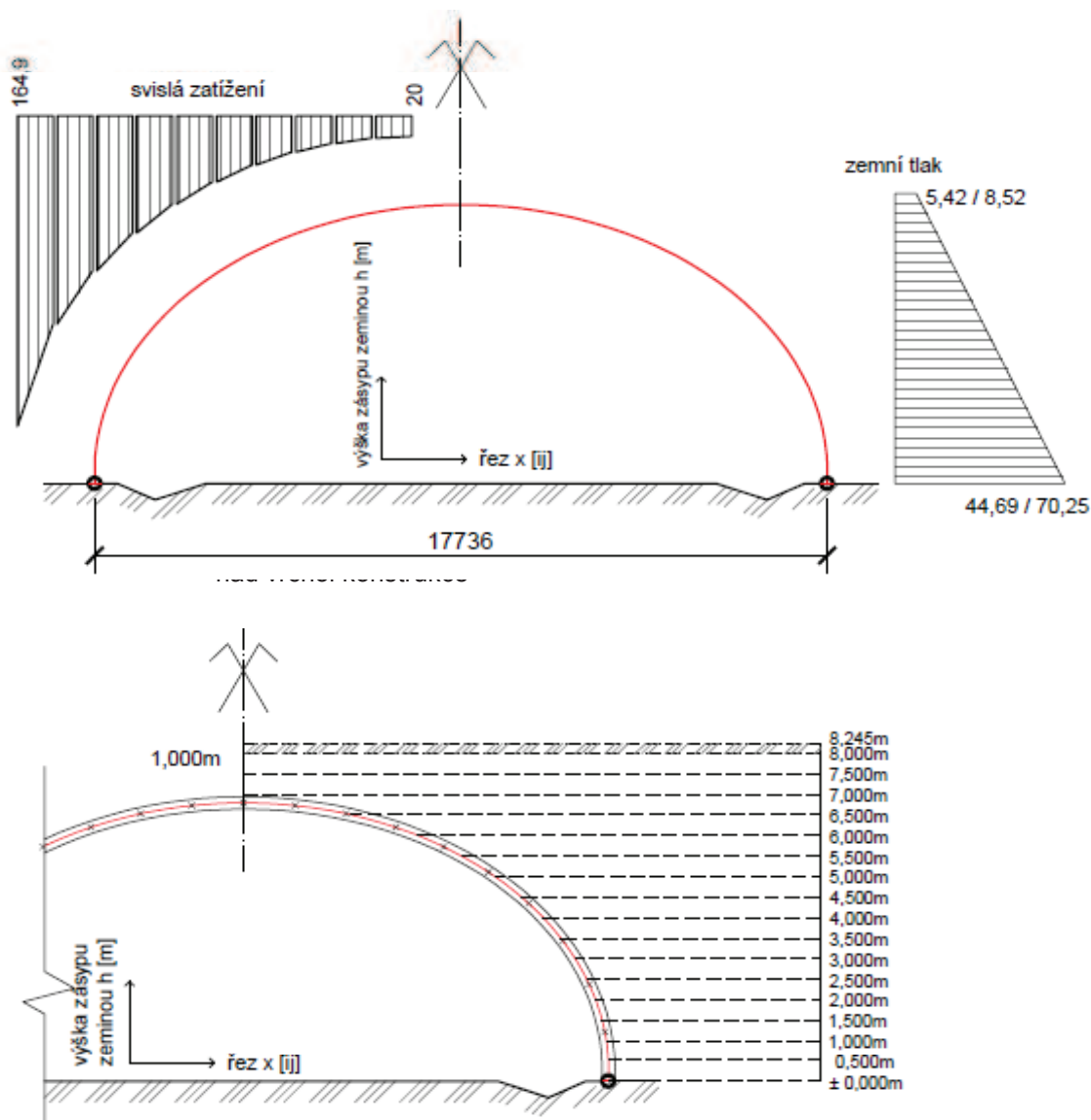
2.2 ZS2 - zásyp zeminou g_{1k}

$$\rightarrow \gamma_s = 20 \text{ kN/m}^3 \quad \text{svislá a vodorovná složka zemního tlaku}$$

$$g_{1k,\text{svislá}} = h \cdot \gamma_s = [\text{kN/m}']$$

$$g_{1k,\text{vodorovná}} = K_i \cdot h \cdot \gamma_s = [\text{kN/m}']$$

schéma uvažovaného konečného zatížení



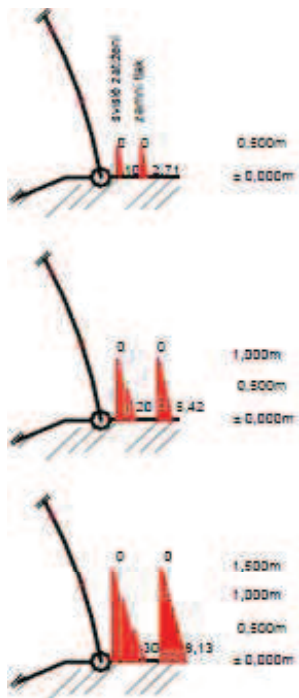
upraveno dle tvaru
střednice

2.2.1 STANOVENÍ HODNOTY SOUČINITELŮ ZEMNÍHO TLAKU

$$\begin{aligned}\phi' &= 35^\circ \\ \gamma &= 20 \text{ kN/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}K_a &= \tan^2(45^\circ - \phi'/2) = \tan^2(45^\circ - 35^\circ/2) = 0,271 \\ K_p &= \tan^2(45^\circ + \phi'/2) = \tan^2(45^\circ + 35^\circ/2) = 3,690 \\ K_0 &= 1 - \sin \phi' = 1 - \sin 35^\circ = 0,426\end{aligned}$$

2.2.2 AKTIVNÍ ZEMNÍ TLAK - zásyp v čase t_0



výška zásypu zeminou h [m]
↓

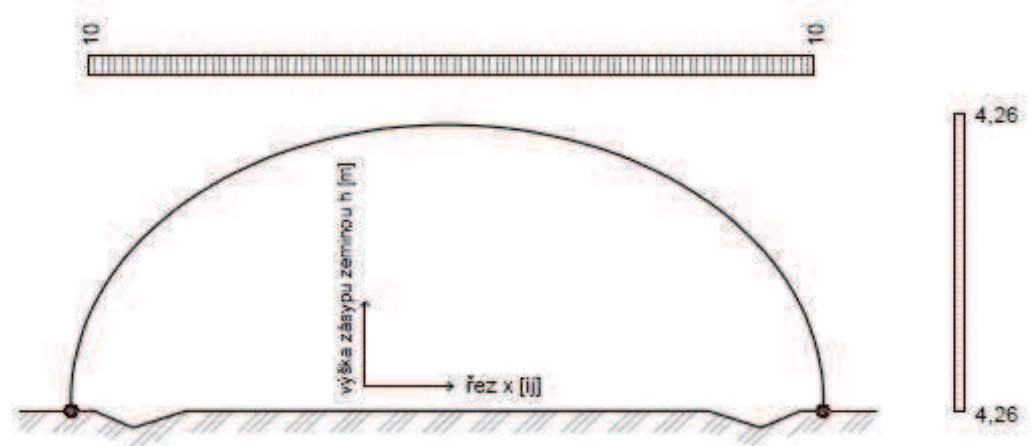
□ 0,500	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = h \cdot \gamma_s = 0,5 \cdot 20 = 10$ kN/m'	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = K_a \cdot h \cdot \gamma_s = 0,271 \cdot 0,5 \cdot 20 = 2,71$ kN/m'	
□ 1,000	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 20$ kN/m'	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 5,42$ kN/m'	
□ 1,500	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 30$ kN/m'	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 8,13$ kN/m'	
□ 2,000	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 40$ kN/m'	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 10,84$ kN/m'	
□ 2,500	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 50$ kN/m'	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 13,55$ kN/m'	
□ 3,000	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 60$ kN/m'	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 16,26$ kN/m'	
□ 3,500	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 70$ kN/m'	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 18,97$ kN/m'	
□ 4,000	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 80$ kN/m'	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 21,68$ kN/m'	
□ 4,500	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 90$ kN/m'	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 24,39$ kN/m'	
□ 5,000	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 100$ kN/m'	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 27,10$ kN/m'	
□ 5,500	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 110$ kN/m'	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 29,81$ kN/m'	
□ 6,000	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 120$ kN/m'	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 32,52$ kN/m'	
□ 6,500	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 130$ kN/m'	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 35,23$ kN/m'	
□ 7,000	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 140$ kN/m'	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 37,94$ kN/m'	
□ 7,500	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 150$ kN/m'	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 40,65$ kN/m'	
□ 8,000	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 160$ kN/m'	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 43,36$ kN/m'	
□ 8,245	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 164,9$ kN/m'	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 44,69$ kN/m'	

2.2.3 ZEMNÍ TLAK V KLIDU - čas t_{∞}

□ 1,000	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = h \cdot \gamma_s = 1,0 \cdot 20 =$	20	kN/m'
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = K_0 \cdot h \cdot \gamma_s = 0,426 \cdot 1,0 \cdot 20 =$	8,52	kN/m'
□ 8,245	↓ $g_{1k, \text{svislá}} =$	164,9	kN/m'
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} =$	70,25	kN/m'

2.3 ZS3 - proměnné zatížení q

svislé přitížení a jeho vodorovná složka



→ rovnoměrné zatížení $q_k = 10 \text{ kN/m'}$

$$q_{k, \text{vodorovná}} = K_0 \cdot q = 0,426 \cdot 10 = 4,26 \text{ kN/m'}$$

3. VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL

→ konstrukce modelována v programu SCIA Engineer 2012

→ podrobné výsledky viz dokument SCIA

účinky zatížení vyšetřovány : čas t_0 - po vybudování kce a dokončení zásypu
čas t_∞ - životnost kce

3.1 ZATĚŽOVACÍ STAVY

ZS 1 - vlastní tíha konstrukce g_{0k}

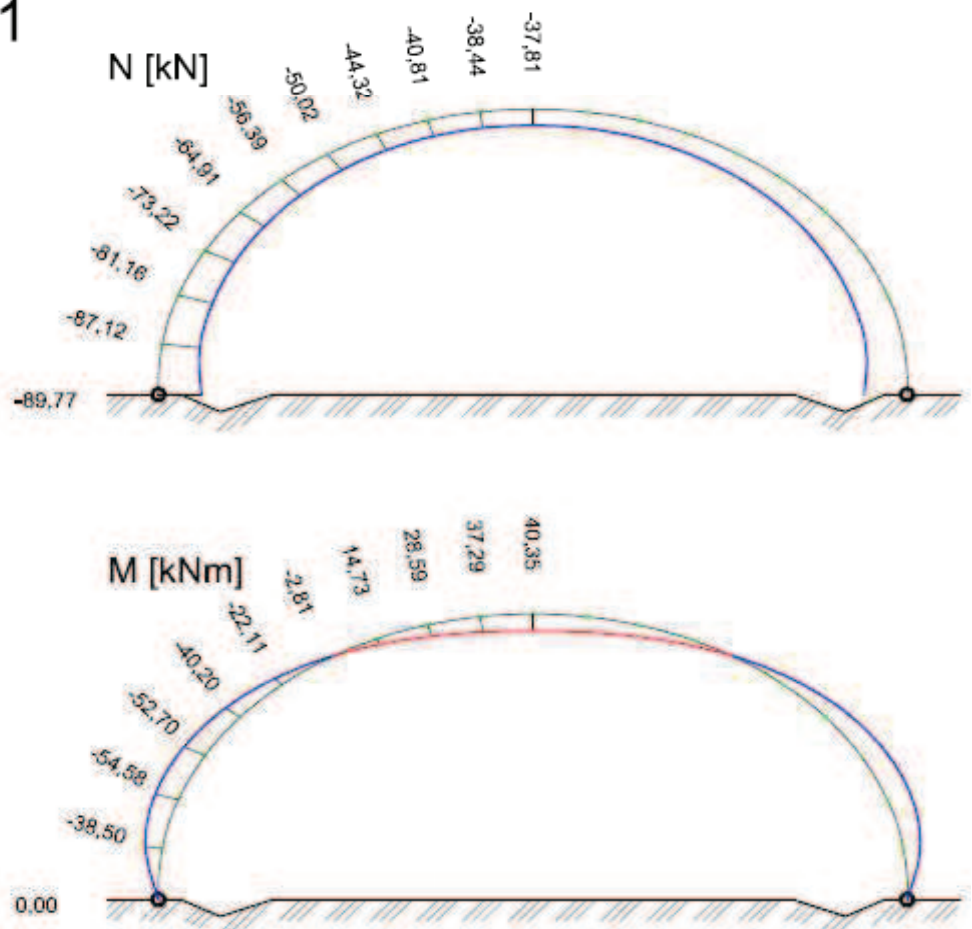
ZS 2_{a-q} - zásyp zeminou g_{1k} (zemní tlak aktivní / v klidu)

ZS 3 - proměnné zatížení q

3.2 PRŮBĚHY VNITŘNÍCH SIL

3.2.1 ZS 1 - vlastní tíha konstrukce g_{0k}

ZS 1



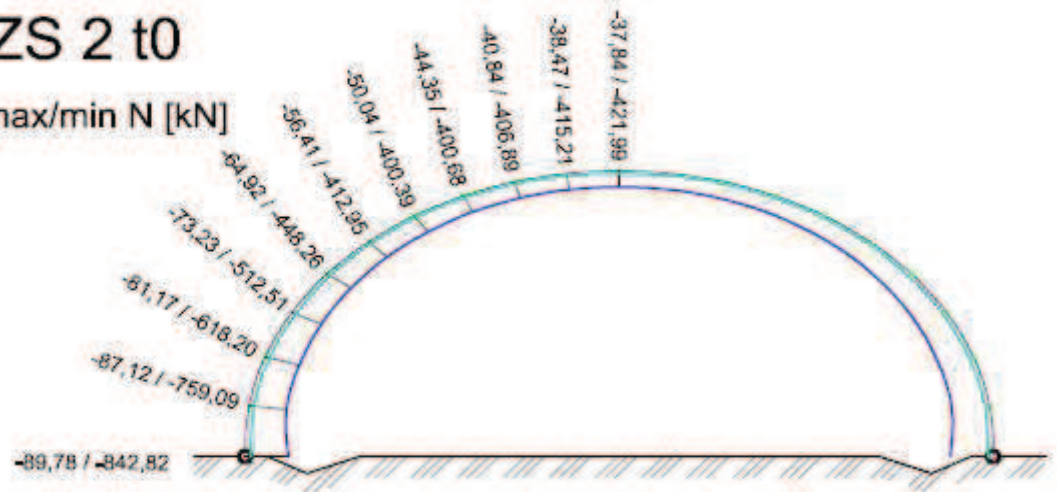
3.2.2 ZS 2 - zásyp zeminou g_{1k} - montážní stavy do času t_0

max/min M → odpovídající N

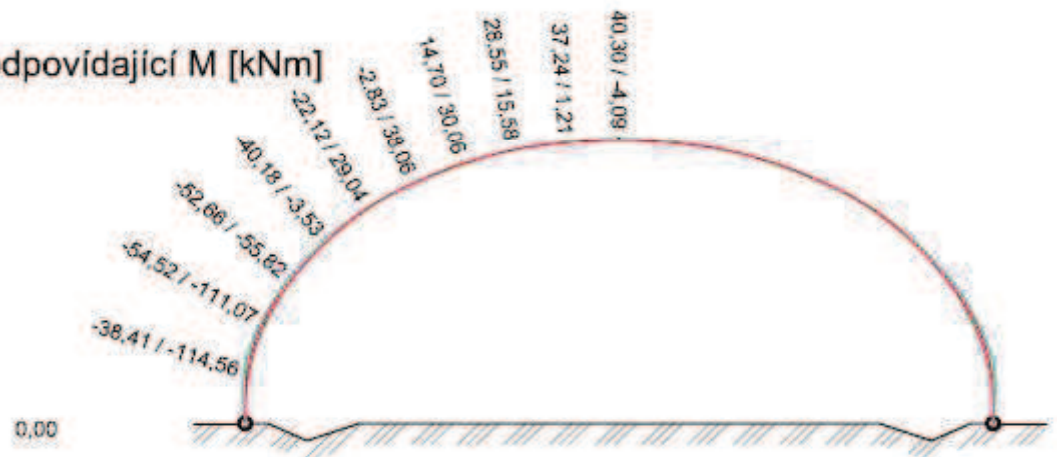
obalová křivka maximálních hodnot

ZS 2 t_0

max/min N [kN]



odpovídající M [kNm]



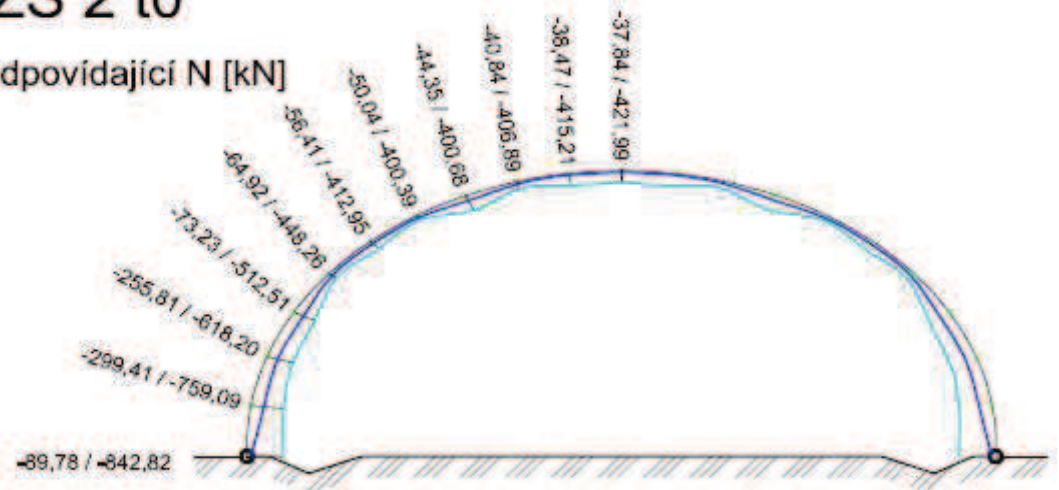
3.2.3 ZS 2 - zásyp zeminou g_{1k} - montážní stavy do času t_0

max/min N → odpovídající M

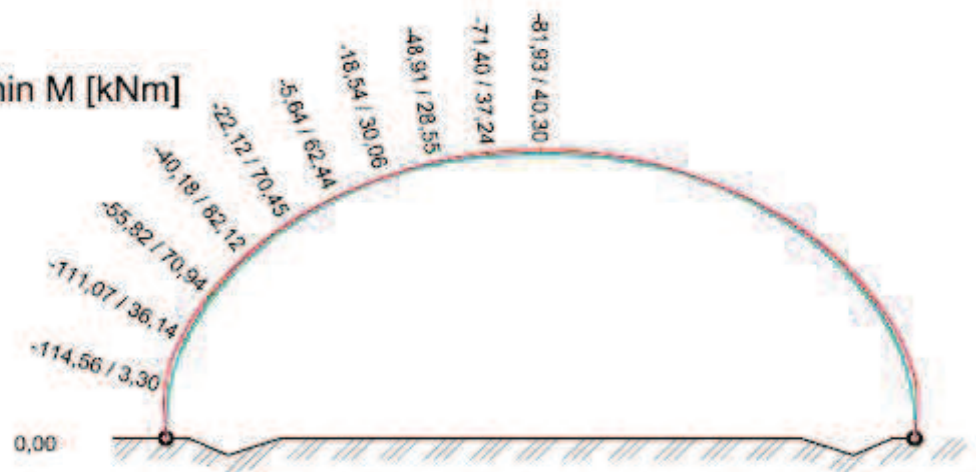
obalová křivka maximálních hodnot

ZS 2 t_0

odpovídající N [kN]

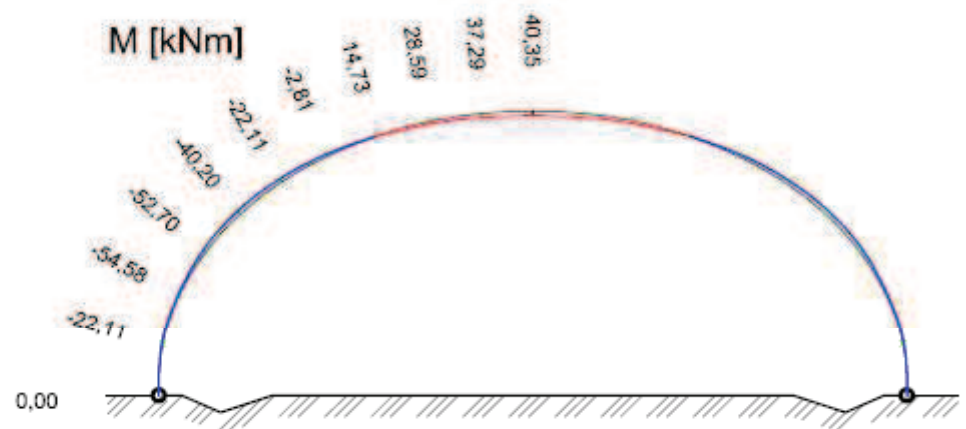
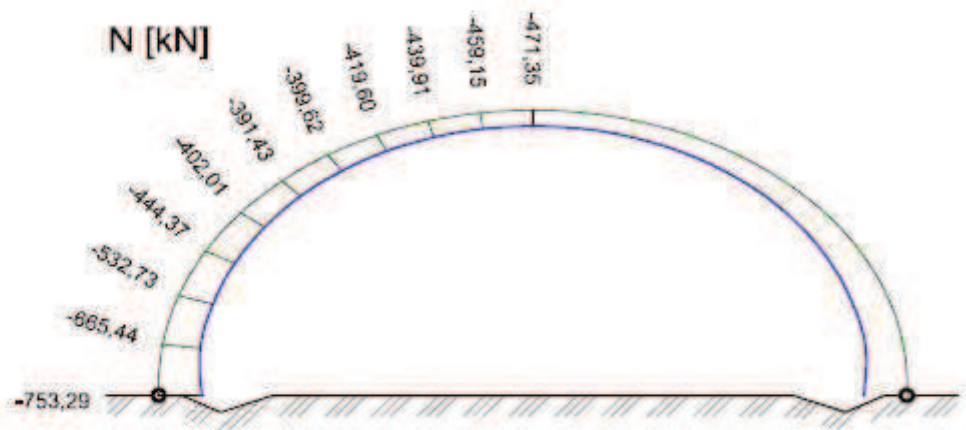


max/min M [kNm]



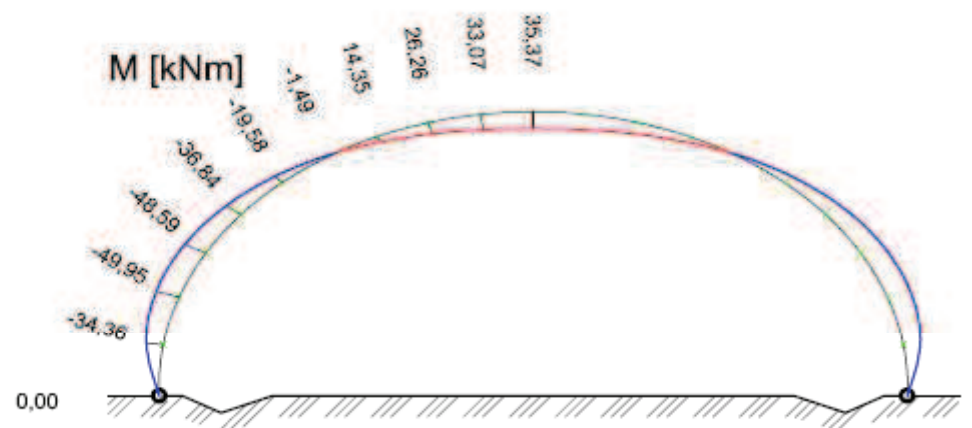
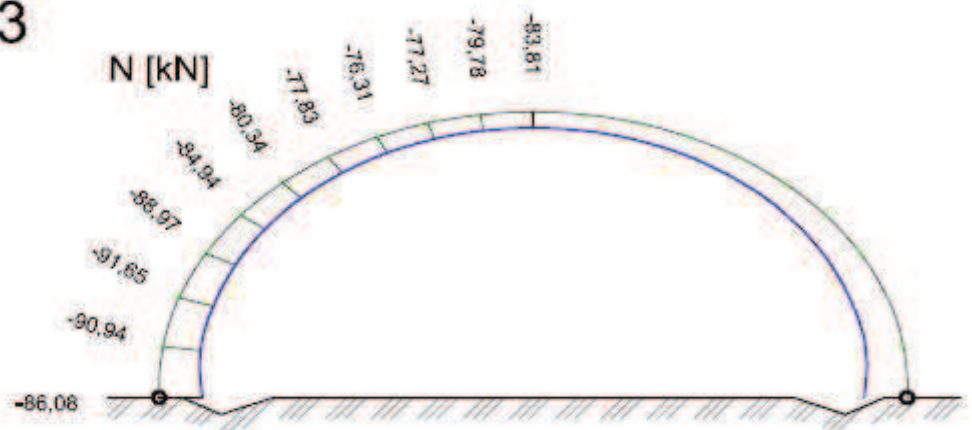
3.2.4 ZS 2 - zásyp zeminou v čase t_{∞} (zemní tlak v klidu)

ZS 2 tn



3.2.5 ZS 3 - proměnné zatížení

ZS 3



3.3 KOMBINACE ZATÍŽENÍ v čase t_0

→ charakteristická

[kNm / kN]		max M^+ → N		min M^- → N	
E_k	řez	112,05	-219,36	-110,08	-215,57
		4		11	
	řez	max N → M		min N → M	
		-25,80	28,57	-947,31	0,00
		7		1	

→ kvazistálá / vlastní tíha

[kNm / kN]		max M^+ → N		min M^- → N	
E_{k,ψ_1}	řez	28,62	-25,77	-38,22	-55,64
		4		11	
	řez	max N → M		min N → M	
		-25,77	28,62	-61,90	0,00
		7		1	

→ návrhová

[kNm / kN]		max M^+ → N		min M^- → N	
E_d	řez	151,27	-296,14	-148,61	-291,02
		4		11	
	řez	max N → M		min N → M	
		-34,83	38,57	-1278,87	0,00
		7		1	

3.4 KOMBINACE ZATÍŽENÍ v čase t_∞

→ charakteristická

[kNm / kN]		max M^+ → N		min M^- → N	
E_k	řez	77,64	-539,65	-76,31	-624,22
		4		11	
	řez	max N → M		min N → M	
		-539,65	77,64	-1035,95	0,00
		7		1	

→ kvazistálá / vlastní tíha

[kNm / kN]		max M^+ → N		min M^- → N	
E_{k,ψ_1}	řez	28,62	-25,77	-38,22	-55,64
		4		11	
	řez	max N → M		min N → M	
		-25,77	28,62	-61,90	0,00
		7		1	

→ návrhová

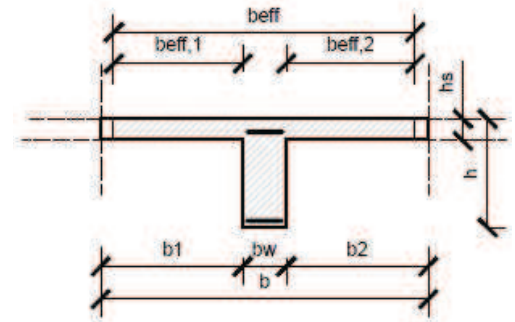
[kNm / kN]		max M^+ → N		min M^- → N	
E_d	řez	26,80	-838,33	-97,39	-855,58
		4		11	
	řez	max N → M		min N → M	
		-746,67	76,19	-1411,84	0,00
		7		1	

4. MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

□ BETON C 30/37	$f_{ck} =$	30	MPa
	$f_{cd} =$	20	MPa
	$\epsilon_{cu} =$	3,5	‰
□ OCEL B500B	$f_{yk} =$	500	MPa
	$f_{yd} =$	434,78	MPa
	$E_s =$	210	GPa

5. GEOMETRIE A VYZTUŽENÍ PRŮŘEZU

výška průřezu $h =$	600	mm
výška desky $h_s =$	100	mm
šířka průřezu $b =$	1000	mm
šířka trámu $b_w =$	200	mm
šířka desky $b_i =$	400	mm
$l_0 = l_{eff} =$	17627	mm



plocha průřezu $A_c =$	0,2	m ²	krytí $c_{1,dolní} =$	20	mm
$A_{c,eff} =$	0,2	m ²	krytí $c_{2,horní} =$	20	mm

SPOLUPŮSOBÍ ŠÍŘKA

$b_{eff} = \sum b_{eff,i} + b_w \leq b$					
$b_{eff,i} = 0,2b_i + 0,1l_0 \leq 0,2l_0$					
$b_{eff,i} =$	1843mm	<	$0,2l_0 =$	3525mm	vyhovuje
$b_{eff} =$	3885mm	>	$b =$	1000mm	nevyhovuje

5.1 ORIENTAČNÍ NÁVRH VÝZTUŽE

→ návrh výztuže při dolním líci A_{s1} max M^+

$$F_c = \lambda b \xi_{bal1} d \eta f_{cd} = 5730,3 \text{ kN}$$

$$M_c = F_c (h - \lambda \xi_{bal1} d) / 2 = 898,181 \text{ kNm}$$

$$\Delta N = -N_{Ed} - F_c = -4891,97 \text{ kN}$$

$$\Delta M = M_{Ed} - M_c = -746,91 \text{ kNm}$$

$$A_{s1} = |\Delta N| / 2 - |\Delta M| / z_s \cdot 1 / f_{yd} = 0,00142 \text{ m}^2$$

→ návrh výztuže při horním líci A_{s2} min M^-

$$\Delta N = -N_{Ed} - F_c = -4874,71 \text{ kN}$$

$$\Delta M = M_{Ed} - M_c = -749,57 \text{ kNm}$$

$$A_{s2} = |\Delta N| / 2 + |\Delta M| / z_s \cdot 1 / f_{yd} = 0,00138 \text{ m}^2$$

→ A_{s2} výztuž při horním líci	8	Ø	16	mm
→ A_{s1} výztuž při dolním líci	4	Ø	20	mm
$A_{s,příčná}$		Ø	10	mm

$$A_{s2} = 0,001608 \text{ m}^2$$

$$A_{s1} = 0,001257 \text{ m}^2$$

5.2 VSTUPNÍ PARAMETRY GEOMETRIE VYZTUŽENÍ

$$\begin{aligned} z_1 &= 0,339 \\ z_2 &= 0,161 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_1 &= c + \phi / 2 = 30 \text{ mm} & \xi_{bal1} &= 0,628 \text{ ‰} \\ d_2 &= c + \phi / 2 = 62 \text{ mm} & x_{bal1} &= 358,143 \text{ mm} \\ d &= h - d_1 = 570 \text{ mm} & \xi_{bal2} &= 2,448 \text{ ‰} \\ d' &= h - d_2 = 538 \text{ mm} & x_{bal2} &= 73,447 \text{ mm} \\ z_1 &= h/2 - d_1 = 0,309 \text{ m} \\ z_2 &= h/2 - d_2 = 0,099 \text{ mm} & \epsilon_{yd} &= 2,070 \text{ ‰} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{s1} &= 546,364 \text{ kN} \\ F_{s2} &= 699,346 \text{ kN} \\ \Delta F_s &= -152,98 \text{ kN} \end{aligned}$$

6. VÝPOČET BODŮ INTERAKČNÍHO DIAGRAMU

■ BOD 0

$$\epsilon_{s2} = \epsilon_{yd}$$

$$\begin{aligned} N_{Rd0} &= - (bh\eta f_{cd} + \sum A_s \sigma_s) = -5245,71 \text{ kN} \\ M_{Rd0} &= (A_{s2} z_2 - A_{s1} z_1) \sigma_s = -99,59 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\sigma_s = \epsilon_{s2} \cdot E_s = 434,78 \text{ MPa}$$

■ BOD 1

$$\epsilon_{s1} = 0, F_{s1} = 0 \text{ kN}, x = d, x > \xi_{bal,2} \cdot d_2 \rightarrow \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\begin{aligned} N_{Rd1} &= - (\lambda b h \eta f_{cd} + F_{s2}) = -3803,35 \text{ kN} \\ M_{Rd1} &= \lambda b d \eta f_{cd} (h - \lambda d)/2 + F_{s2} z_2 = 292,72 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$x = d = 570 > x_{bal,2} = 73,45 \text{ vyhovuje}$$

□ BOD 1'

$$\epsilon_{s2} = 0, F_{s2} = 0 \text{ kN}, x = d', d' > \xi_{bal,2} \cdot d_1 \rightarrow \sigma_{s1} = f_{yd}$$

$$\begin{aligned} N_{Rd1'} &= - (\lambda b h \eta f_{cd} + F_{s1}) = -2754,36 \text{ kN} \\ M_{Rd1'} &= -\lambda b d' \eta f_{cd} (h - \lambda d')/2 - F_{s1} z_1 = -356,06 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$x = d' = 538 > \xi_{bal,2} \cdot d_1 = 73,45 \text{ vyhovuje}$$

■ BOD 2 $x = x_{bal,1}, x_{bal,1} = \xi_{bal,1} \cdot d \geq x_{bal,2} = \xi_{bal,2} \cdot d_2 \rightarrow \sigma_{s1} = \sigma_{s2} = f_{yd}$

$$N_{Rd,bal} = -(\lambda \xi_{bal,1} d b \eta f_{cd} + \Delta F_s) = -2273,08 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,bal} = \lambda \xi_{bal,1} d b \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{bal,1} d) / 2 + F_{s1} z_1 + F_{s2} z_2 = 618,33 \text{ kNm}$$

$$\xi_{bal,1} \cdot d = 358,14 > \xi_{bal,2} \cdot d_2 = 151,79 \text{ vyhovuje}$$

□ BOD 2' $x = x_{bal,1}, x_{bal,1} = \xi_{bal,1} \cdot d' \geq x_{bal,2} = \xi_{bal,2} \cdot d_1 \rightarrow \sigma_{s1} = \sigma_{s2} = f_{yd}$

$$N_{Rd,bal} = -(\lambda \xi_{bal,1} d' b \eta f_{cd} - \Delta F_s) = -1234,70 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,bal} = -\lambda \xi_{bal,1} d' b \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{bal,1} d') / 2 - F_{s1} z_1 - F_{s2} z_2 = -416,31 \text{ kNm}$$

$$\xi_{bal,1} \cdot d' = 338,04 > \xi_{bal,2} \cdot d_1 = 73,45 \text{ vyhovuje}$$

■ BOD 3

$$N_{Rd3} = 0 \text{ kN}$$

$$M_{Rd3} = \lambda x b \eta f_{cd} (h - \lambda x) / 2 + A_{s2} \epsilon_{s2} E_s z_2 + A_{s1} f_{yd} z_1 = 238,52 \text{ kNm}$$

$$b \cdot \lambda \cdot x^2 \cdot \eta \cdot f_{cd} + A_{s2} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot x - A_{s2} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot d_2 - A_{s1} \cdot f_{yd} \cdot x = 0$$

reálný kořen $x = 0,0148 \text{ m}$

$$\epsilon_{s2} = \epsilon_{cu3} / x \cdot (x - d_2) = -0,011 < \epsilon_{yd} = 2,070 \text{ vyhovuje}$$

$$\epsilon_{s1} = \epsilon_{cu3} / x \cdot (d - x) = 131,192 > \epsilon_{yd} = 2,070 \text{ vyhovuje}$$

□ BOD 3'

$$N'_{Rd3} = 0 \text{ kN}$$

$$M'_{Rd3} = -\lambda x b \eta f_{cd} (h - \lambda x) / 2 - A_{s1} \epsilon_{s1} E_s z_1 - A_{s2} f_{yd} z_2 = -100,41 \text{ kNm}$$

$$b \cdot \lambda \cdot x^2 \cdot \eta \cdot f_{cd} + A_{s1} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot x - A_{s1} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot d_1 - A_{s2} \cdot f_{yd} \cdot x = 0$$

reálný kořen $x = 0,0340 \text{ m}$

$$\epsilon_{s1} = \epsilon_{cu3} / x \cdot (x - d_1) = 0,41 < \epsilon_{yd} = 2,070 \text{ vyhovuje}$$

$$\epsilon_{s2} = \epsilon_{cu3} / x \cdot (d' - x) = 51,86 > \epsilon_{yd} = 2,070 \text{ vyhovuje}$$

■ BOD 4 $\epsilon_{s2} = 0, F_{s2} = 0 \text{ kN}$

$$N_{\text{Rdt,bal}} = F_{s1} = 546,36 \text{ kN}$$

$$M_{\text{Rdt,bal}} = F_{s1}Z_1 = 168,83 \text{ kNm}$$

□ BOD 4' $\epsilon_{s1} = 0, F_{s1} = 0 \text{ kN}$

$$N'_{\text{Rdt,bal}} = F_{s2} = 699,35 \text{ kN}$$

$$M'_{\text{Rdt,bal}} = -F_{s2}Z_2 = -69,24 \text{ kNm}$$

■ BOD 5 $\sigma_{s1} = \sigma_{s2} = f_{yd}$

$$N_{\text{Rdt0}} = F_{s1} + F_{s2} = 1245,71 \text{ kN}$$

$$M_{\text{Rdt0}} = F_{s1}Z_1 - F_{s2}Z_2 = 99,59 \text{ kNm}$$

■ BOD Z $x = x_{\text{bal},2}, \epsilon_{s2} = \epsilon_{yd}, \sigma_{s2} = f_{yd}$

$$N_{\text{Rd,Z}} = -(\lambda \xi_{\text{bal},2} d_2 b \eta f_{cd} + \Delta F_s) = 152,982 \text{ kN}$$

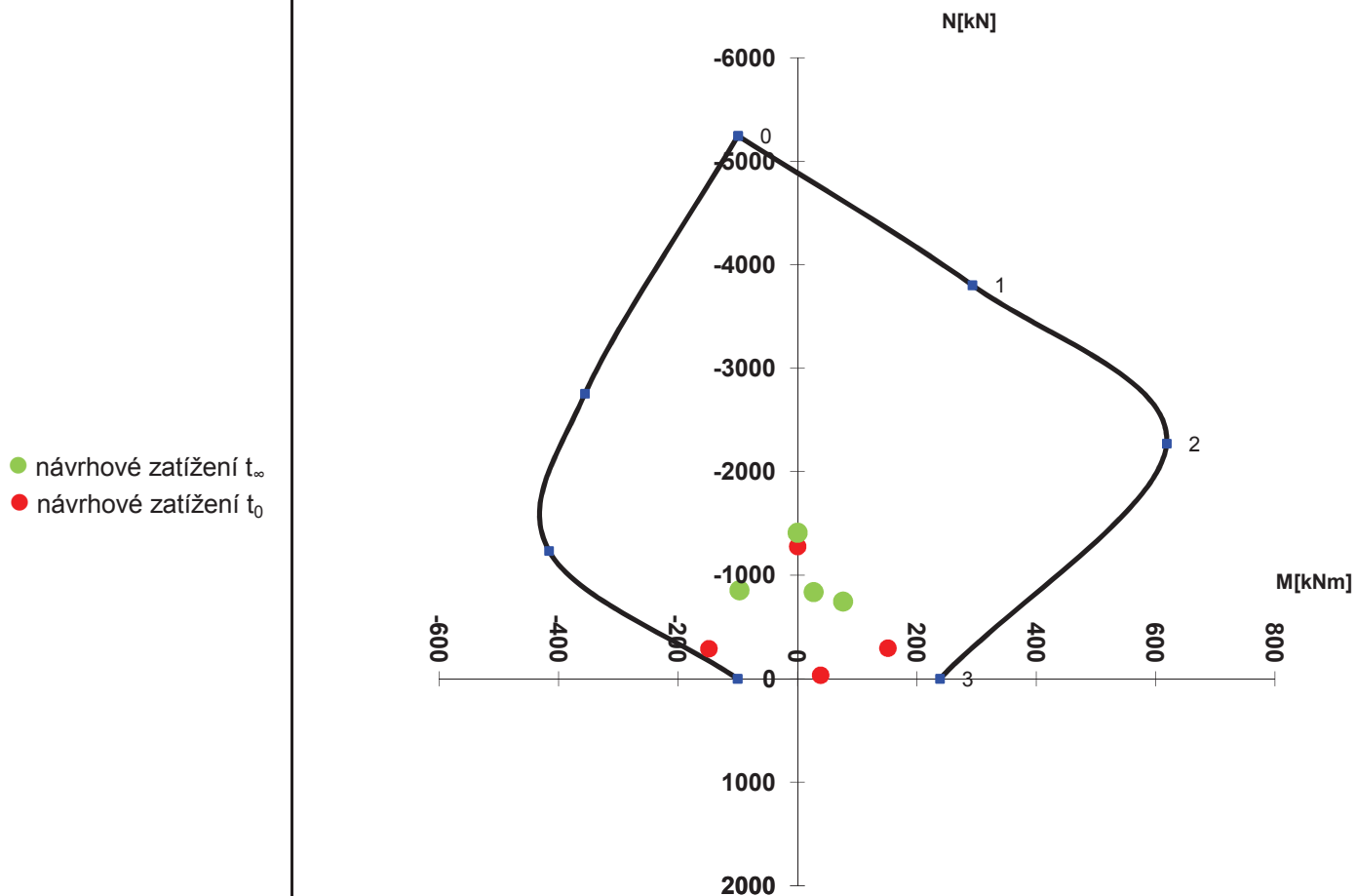
$$M_{\text{Rd,Z}} = \lambda \xi_{\text{bal},2} d_2 b \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{\text{bal},2} \cdot d_2)/2 + F_{s1}Z_1 + F_{s2}Z_2 = 0,24 \text{ kNm}$$

□ BOD Z' $x = x_{\text{bal},2} \cdot d_1, \epsilon_{s1} = \epsilon_{yd}, \sigma_{s1} = f_{yd}$

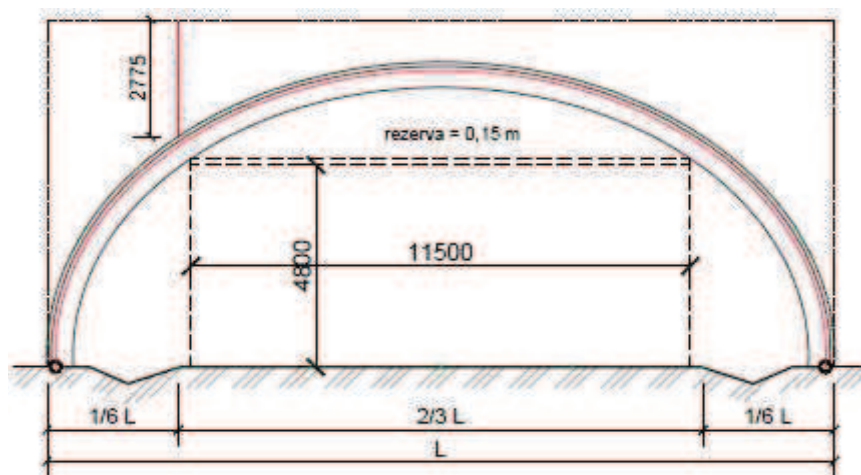
$$N'_{\text{Rd,Z}} = -(\lambda \xi_{\text{bal},2} d_1 b \eta f_{cd} - \Delta F_s) = -152,982 \text{ kN}$$

$$M'_{\text{Rd,Z}} = -\lambda \xi_{\text{bal},2} d_1 b \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{\text{bal},2} \cdot d_1)/2 - F_{s1}Z_1 - F_{s2}Z_2 = -0,24 \text{ kNm}$$

7. POSOUZENÍ - INTERAKČNÍ DIAGRAM



8. ŘEŠENÍ DESKY T-PRŮŘEZU V PŘÍČNÉM SMĚRU



■ ZATÍŽENÍ - VNITŘNÍ SÍLY

vlastní tíha $g_{0k} = 2,50 \text{ kN/m'}$		
zásyp zeminou $g_{1k} = 55,50 \text{ kN/m'}$		
proměnné $q_k = 10,00 \text{ kN/m'}$		
charakteristické zatížení $\Sigma f_k = 68,00 \text{ kN/m'}$		
návrhové zatížení $\Sigma f_d = 93,30 \text{ kN/m'}$	\rightarrow	$M_{Ed, \text{dolní líc}} = 3,88 \text{ kNm}$ $M_{Ed, \text{horní líc}} = 7,77 \text{ kNm}$

■ GEOMETRIE

rozpětí trámů $b =$	1	m
výška zásypu $=$	2,775	m
tloušťka desky $h_s =$	0,1	m
šířka trámu $b_w =$	0,2	m

■ MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

BETON C30/37	$f_{ck} =$	30	MPa	OCEL B500B	$f_{yk} =$	500	MPa
	$f_{cd} =$	20	MPa		$f_{yd} =$	434,78	MPa
	$\epsilon_{cu} =$	3,5	‰		$E_s =$	210	GPa

■ VYZTUŽENÍ DESKY výztuž dolní líc

$\emptyset_{\text{prutu}} =$	10 mm	$d =$	0,075 m
krytí $c =$	20 mm	$A_s =$	3,35.10 ⁻⁴ m ² /m'
		$\emptyset 08 \text{ á}$	150mm

výztuž horní líc

$\emptyset_{\text{prutu}} =$	10 mm	$d =$	0,075 m
krytí $c =$	20 mm	$A_s =$	3,35.10 ⁻⁴ m ² /m'
		$\emptyset 08 \text{ á}$	150mm

■ POSOUZENÍ

výška tlačené oblasti	$x = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot f_{cd}} = 0,0091 \text{ m}$	
přetvoření výztuže	$\epsilon_s = \frac{\epsilon_{cu3}}{x} (d-x) = 0,0253$	$\epsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = 0,0021$ vyhovuje
rameno vnitřních sil	$z_c = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x = 0,0714 \text{ m}$	

$M_{Rd, \text{dolní}} = A_s \cdot f_{yd} \cdot z_c = 10,39 \text{ kNm}$	$>$	$M_{Ed, \text{dolní líc}} = 3,88 \text{ kNm}$
$M_{Rd, \text{horní}} = A_s \cdot f_{yd} \cdot z_c = 10,39 \text{ kNm}$	$>$	$M_{Ed, \text{horní líc}} = 7,77 \text{ kNm}$
		vyhovuje

7. VYHODNOCENÍ KONSTRUKCE

7.1 BETON

po střednici

$$\begin{array}{lcl} \text{délka konstrukce } L_{\text{celk.}} = & 25,371 & \text{m} \\ \text{plocha průřezu } A_c = & 0,200 & \text{m}^2 \end{array}$$

$$\text{spotřeba betonu } V_c = 5,074 \text{ m}^3$$

7.2 BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ

$$\begin{array}{lcl} \text{délka výztuže - horní povrch } L_{As2} = & 25,868 & \text{m} \\ \text{počet prutů } n_{pAs2} = & 8 & \\ \text{délka výztuže - dolní povrch } L_{As1} = & 23,983 & \text{m} \\ \text{počet prutů } n_{pAs1} = & 4 & \\ \text{příčná výztuž - horní povrch } L_{As2} = & 0,7 & \text{m} \\ \text{počet prutů } n_{přAs2} = & 170 & \\ \text{příčná výztuž - dolní povrch } L_{As1} = & 1,5 & \text{m} \\ \text{počet prutů } n_{přAs1} = & 167 & \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{spotřeba výztuže } M_s = & 206,944 \text{ m} & A_{s2} \\ & 95,932 \text{ m} & A_{s1} \\ & 119 \text{ m} & přA_{s2} \\ & 250,5 \text{ m} & přA_{s1} \end{array}$$

7.3 BEDNĚNÍ

$$\begin{array}{lcl} \text{délka konstrukce } L_{\text{spodní líc}} = & 23,983 & \text{m} \\ \text{bedněná plocha na m' } A_{bp} = & 2 & \text{m}^2 \end{array}$$

$$\text{spotřeba bednění } A_b = 47,966 \text{ m}^2$$

7.4 ODHADOVANÉ NÁKLADY NA KONSTRUKCI

$$\text{cena} = V_c \cdot c_b + M_s \cdot c_s + A_b \cdot c_{bb} = 56955,9 \text{ Kč/m'}$$

$$c_b = 3000 \text{ Kč/m}^3$$

zdroj : ZAPA Beton

$$\begin{array}{lcl} c_{sAs2} = & 28,36 & \text{Kč/m'} \\ c_{sAs1} = & 44,04 & \text{Kč/m'} \\ c_{spřAs2} = & 7,74 & \text{Kč/m'} \\ c_{spřAs1} = & 7,74 & \text{Kč/m'} \end{array}$$

$$c_{bb} = 600 \text{ Kč/m}^2$$

ÚRS

VYHODNOCENÍ KONSTRUKCE

1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

typ konstrukce :	monolitická
základní geometrie :	elipsa
statické schéma :	2 - kloubový oblouk
varianta průřezu :	T - průřez

2. PŘEDBĚŽNÉ ZHODNOCENÍ SPOTŘEBY MATERIÁLU A NÁKLADŮ

	T - průřez 600 1000	T - průřez 600 1500	T - průřez 600 2000
2.1 BETON			
- délka konstrukce po střednici $L_{\text{celk.}} = [\text{m}']$	25,371	25,273	25,313
- plocha betonového průřezu $A_c = [\text{m}^2]$	0,2	0,25	0,325
- spotřeba betonu $V_c = [\text{m}^3]$	5,074	6,318	8,227
- cena za 1m^3 betonu =	3000	3000	3000
2.2 BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ			
- délka výztuže - horní povrch $L_{\text{As2}} = [\text{m}']$	25,868 m	25,868 m	25,868 m
- počet prutů $n_{\text{p2}} =$	8	10	16
- spotřeba výztuže $V_s = [\text{m}']$	206,944 m	258,680 m	413,888 m
- cena za $\text{bm}' =$	28,36 Kč	21,91 Kč	15,49 Kč
- délka výztuže - dolní povrch $L_{\text{As1}} = [\text{m}']$	23,983 m	23,983 m	23,983 m
- počet prutů $n_{\text{p1}} =$	4	5	5
- spotřeba výztuže $V_s = [\text{m}']$	95,932 m	119,915 m	119,915 m
- cena za $\text{bm}' =$	44,04 Kč	36,69 Kč	44,04 Kč
- příčná výztuž - horní povrch $L_{\text{As2}} = [\text{m}']$	0,70 m	0,70 m	0,70 m
- počet prutů $n_{\text{pAs2}} =$	170	319	255
- spotřeba výztuže $V_s = [\text{m}']$	119,00 m	223,300 m	178,500 m
- cena za $\text{bm}' =$	7,74 Kč	7,74 Kč	10,84 Kč
- příčná výztuž - dolní povrch $L_{\text{As1}} = [\text{m}']$	1,50 m	2,00 m	2,50 m
- počet prutů $n_{\text{pAs1}} =$	167	167	200
- spotřeba výztuže $V_s = [\text{m}']$	250,50 m	334,000 m	500,000 m
- cena za $\text{bm}' =$	7,74 Kč	7,74 Kč	15,49 Kč
2.3 BEDNĚNÍ			
- délka konstrukce $L_{\text{spodní líc}} = [\text{m}']$	23,983 m	23,983 m	23,983 m
- bedněná plocha na $\text{bm}' = [\text{m}^2]$	2,000 m	2,500 m	3,000 m
- spotřeba bednění $V_b = [\text{m}^2]$	47,966	59,9575	71,949
- cena za $1\text{m}^2 =$	600,00 Kč	600,00 Kč	600,00 Kč

3. ODHADOVANÉ NÁKLADY NA KONSTRUKCI

$$\text{cena za } 1 \text{ bm}' = V_c \cdot c_{\text{beton}} + V_s \cdot c_{\text{výztuž}} + V_b \cdot c_{\text{bednění}}$$

56 955,91 Kč 46 206,74 Kč 44 610,85 Kč

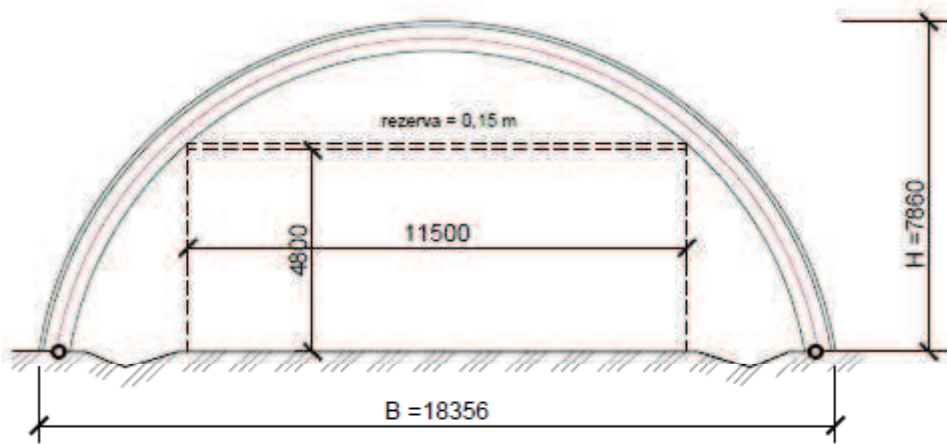
NÁVRH A POSOUZENÍ OBLOUKOVÉ KONSTRUKCE

1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

typ konstrukce : monolitická
základní geometrie : kruh
statické schéma : 2 - kloubový oblouk

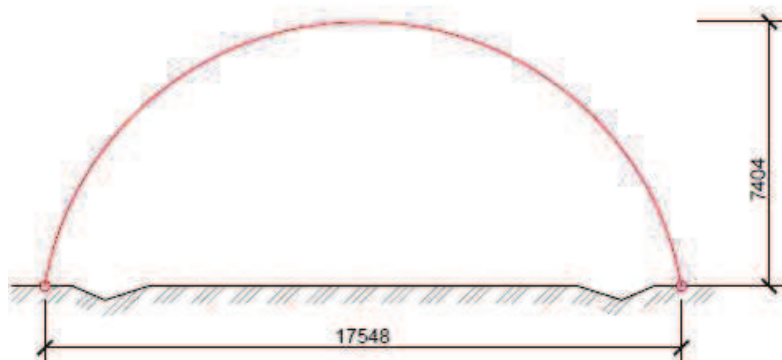
varianta průřezu : nosník

MONOLITICKÁ KONSTRUKCE
geometrie : kruh, $r = 8,79\text{m}$
 $h = 600\text{ mm}$, nosník



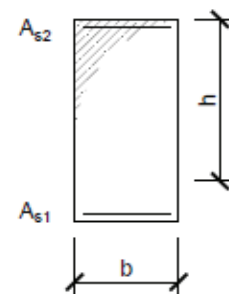
1.1 GEOMETRIE STŘEDNICE MODELU

geometrie střednice: kruh, $r = 8,99\text{m}$
 $h = 600\text{ mm}$, T-průřez



1.2 GEOMETRIE PRŮŘEZU

výška průřezu $h = 600\text{ mm}$
šířka průřezu $b = 300\text{ mm}$
plocha průřezu $A_c = 0,18\text{ m}^2$



2. ZATÍŽENÍ

2.1 ZS1 - vlastní tíha g_{0k}

→ $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$ vypočteno SCIA Engineer 2012

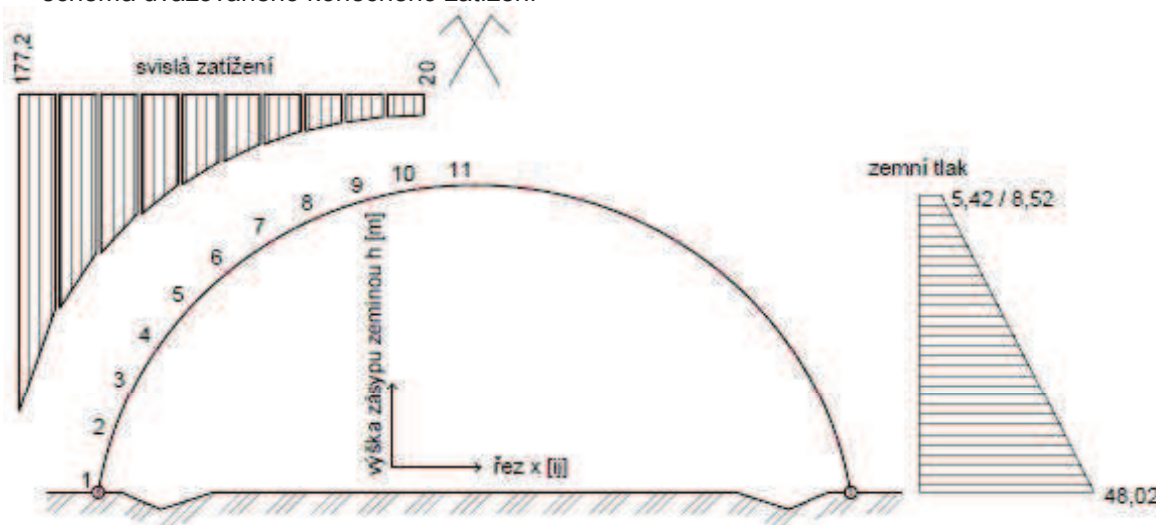
2.2 ZS2 - zásyp zeminou g_{1k}

→ $\gamma_s = 20 \text{ kN/m}^3$ svislá a vodorovná složka zemního tlaku

$$g_{1k,svislá} = h \cdot \gamma_s = [kN/m']$$

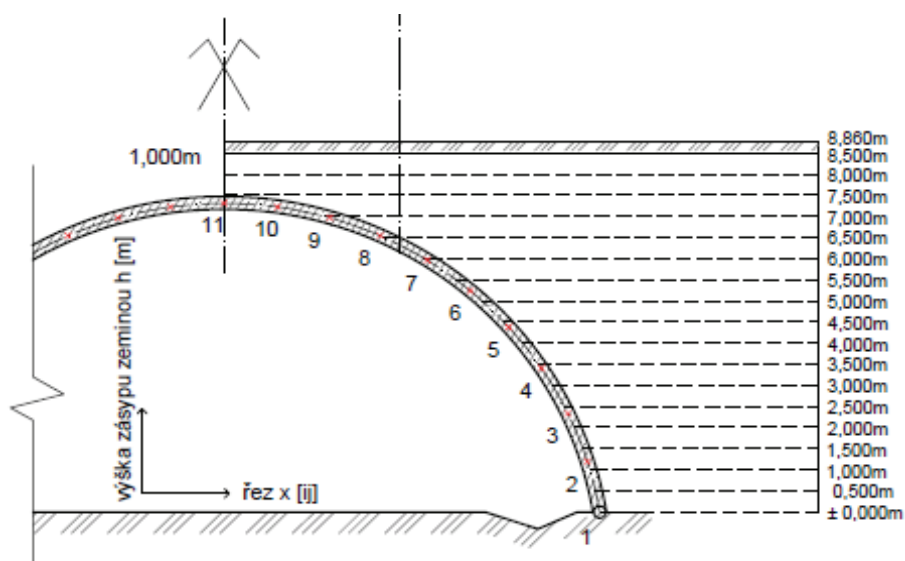
$$g_{1k, \text{vodorovná}} = K_i \cdot h \cdot \gamma_s = [\text{kN/m}']$$

schéma uvažovaného konečného zatížení



upraveno dle tvaru
střednice

- ve výpočtu jsou uvažovány montážní zatěžovací stavy od postupného zasypávání zeminou s krokem 0,500m až do konečné výšky + 1,000m nad vrchol konstrukce



2.2.1 STANOVENÍ HODNOTY SOUČINITELŮ ZEMNÍHO TLAKU

$$\phi' = 35^\circ$$

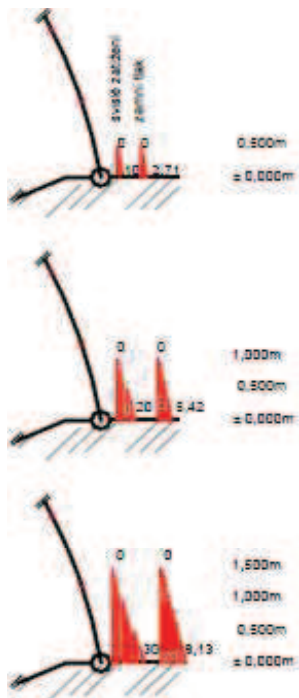
$$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$K_a = \tan^2 (45^\circ - \phi'/2) = \tan^2 (45^\circ - 35^\circ/2) = 0,271$$

$$K_p = \tan^2 (45^\circ + \phi'/2) = \tan^2 (45^\circ + 35^\circ/2) = 3,690$$

$$K_0 = 1 - \sin \phi' = 1 - \sin 35^\circ = 0,426$$

2.2.2 AKTIVNÍ ZEMNÍ TLAK - zásyp v čase t_0



výška zásypu zemínou h [m]

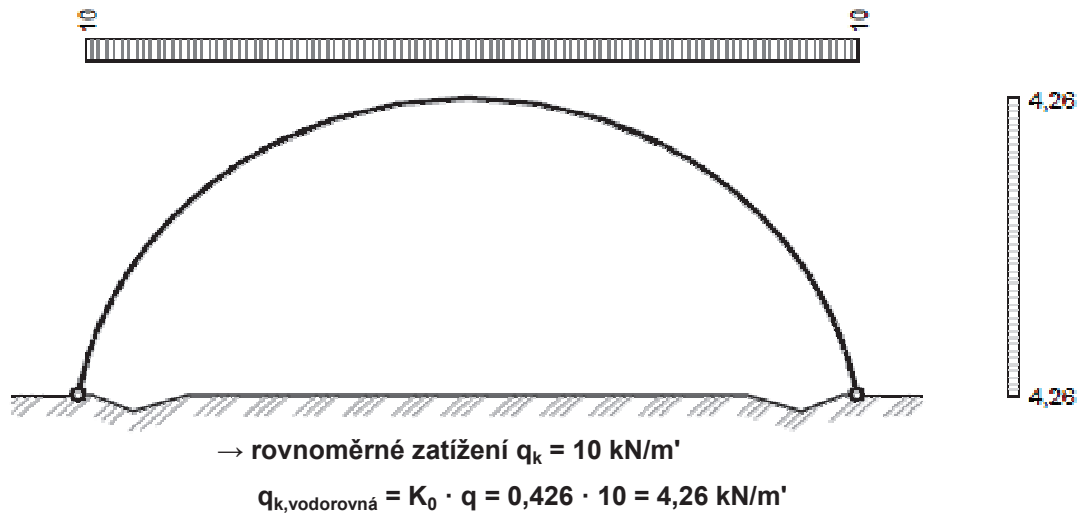
□ 0,500	↓ $G_{1k, \text{svislá}} = h \cdot \gamma_s = 0,5 \cdot 20 = 10 \text{ kN/m'}$	
	→ $G_{1k, \text{vodorovná}} = K_a \cdot h \cdot \gamma_s = 0,271 \cdot 0,5 \cdot 20 = 2,71 \text{ kN/m'}$	
□ 1,000	↓ $G_{1k, \text{svislá}} = 20 \text{ kN/m'}$	
	→ $G_{1k, \text{vodorovná}} = 5,42 \text{ kN/m'}$	
□ 1,500	↓ $G_{1k, \text{svislá}} = 30 \text{ kN/m'}$	
	→ $G_{1k, \text{vodorovná}} = 8,13 \text{ kN/m'}$	
□ 2,000	↓ $G_{1k, \text{svislá}} = 40 \text{ kN/m'}$	
	→ $G_{1k, \text{vodorovná}} = 10,84 \text{ kN/m'}$	
□ 2,500	↓ $G_{1k, \text{svislá}} = 50 \text{ kN/m'}$	
	→ $G_{1k, \text{vodorovná}} = 13,55 \text{ kN/m'}$	
□ 3,000	↓ $G_{1k, \text{svislá}} = 60 \text{ kN/m'}$	
	→ $G_{1k, \text{vodorovná}} = 16,26 \text{ kN/m'}$	
□ 3,500	↓ $G_{1k, \text{svislá}} = 70 \text{ kN/m'}$	
	→ $G_{1k, \text{vodorovná}} = 18,97 \text{ kN/m'}$	
□ 4,000	↓ $G_{1k, \text{svislá}} = 80 \text{ kN/m'}$	
	→ $G_{1k, \text{vodorovná}} = 21,68 \text{ kN/m'}$	
□ 4,500	↓ $G_{1k, \text{svislá}} = 90 \text{ kN/m'}$	
	→ $G_{1k, \text{vodorovná}} = 24,39 \text{ kN/m'}$	
□ 5,000	↓ $G_{1k, \text{svislá}} = 100 \text{ kN/m'}$	
	→ $G_{1k, \text{vodorovná}} = 27,10 \text{ kN/m'}$	
□ 5,500	↓ $G_{1k, \text{svislá}} = 110 \text{ kN/m'}$	
	→ $G_{1k, \text{vodorovná}} = 29,81 \text{ kN/m'}$	
□ 6,000	↓ $G_{1k, \text{svislá}} = 120 \text{ kN/m'}$	
	→ $G_{1k, \text{vodorovná}} = 32,52 \text{ kN/m'}$	
□ 6,500	↓ $G_{1k, \text{svislá}} = 130 \text{ kN/m'}$	
	→ $G_{1k, \text{vodorovná}} = 35,23 \text{ kN/m'}$	
□ 7,000	↓ $G_{1k, \text{svislá}} = 140 \text{ kN/m'}$	
	→ $G_{1k, \text{vodorovná}} = 37,94 \text{ kN/m'}$	
□ 7,500	↓ $G_{1k, \text{svislá}} = 150 \text{ kN/m'}$	
	→ $G_{1k, \text{vodorovná}} = 40,65 \text{ kN/m'}$	
□ 8,000	↓ $G_{1k, \text{svislá}} = 160 \text{ kN/m'}$	
	→ $G_{1k, \text{vodorovná}} = 43,36 \text{ kN/m'}$	
□ 8,760	↓ $G_{1k, \text{svislá}} = 175,2 \text{ kN/m'}$	
	→ $G_{1k, \text{vodorovná}} = 47,48 \text{ kN/m'}$	

2.2.3 ZEMNÍ TLAK V KLIDU - čas t_{∞}

□	1,000	$\downarrow g_{1k, \text{svislá}} = h \cdot \gamma_s = 1,0 \cdot 20 =$	20	kN/m'
		$\rightarrow g_{1k, \text{vodorovná}} = K_0 \cdot h \cdot \gamma_s = 0,426 \cdot 1,0 \cdot 20 =$	8,52	kN/m'
□	8,760	$\downarrow g_{1k, \text{svislá}} =$	175,2	kN/m'
		$\rightarrow g_{1k, \text{vodorovná}} =$	74,64	kN/m'

2.3 ZS3 - proměnné zatížení q

svislé přetížení a jeho vodorovná složka



3. VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL

→ konstrukce modelována v programu SCIA Engineer 2012

→ podrobné výsledky viz dokument SCIA

účinky zatížení vyšetřovány : čas t_0 - po vybudování kce a dokončení zásypu
čas t_∞ - životnost kce

3.1 ZATĚŽOVACÍ STAVY

ZS 1 - vlastní tíha konstrukce g_{0k}

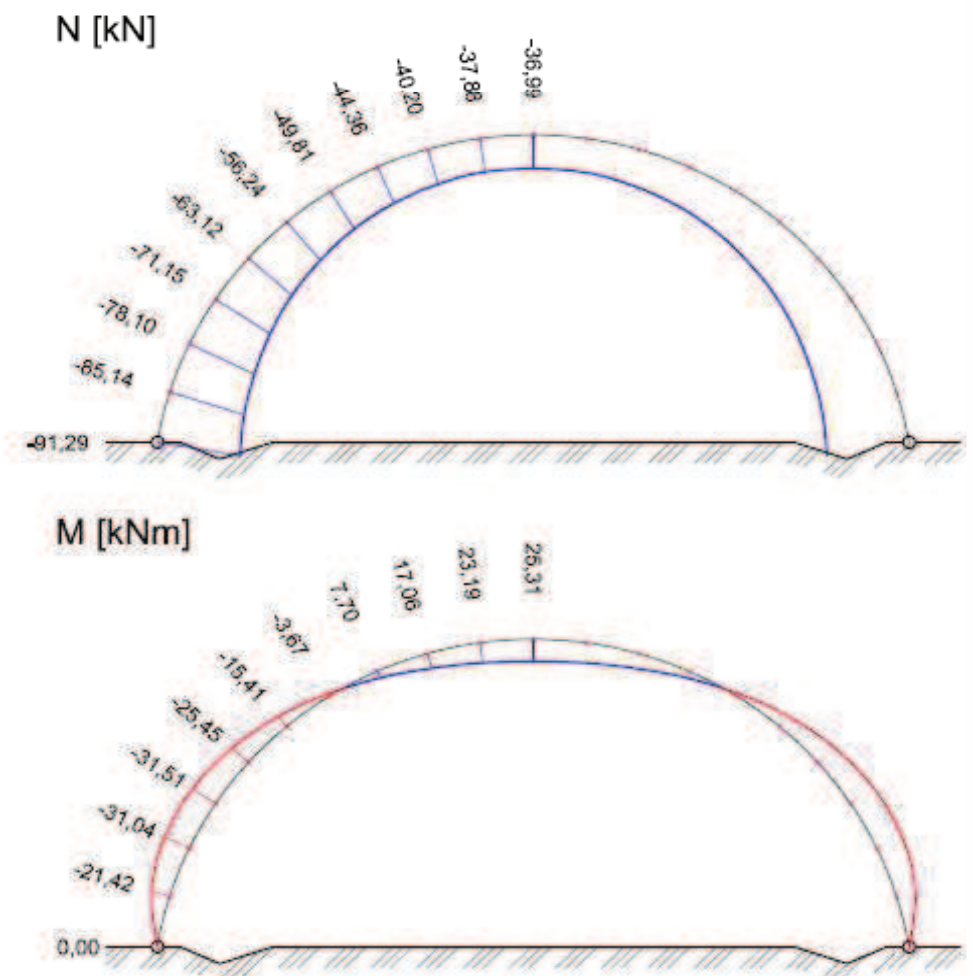
ZS 2_{a-q} - zásyp zeminou g_{1k} (zemní tlak aktivní / v klidu)

ZS 3 - proměnné zatížení q

3.2 PRŮBĚHY VNITŘNÍCH SIL

3.2.1 ZS 1 - vlastní tíha konstrukce g_{0k}

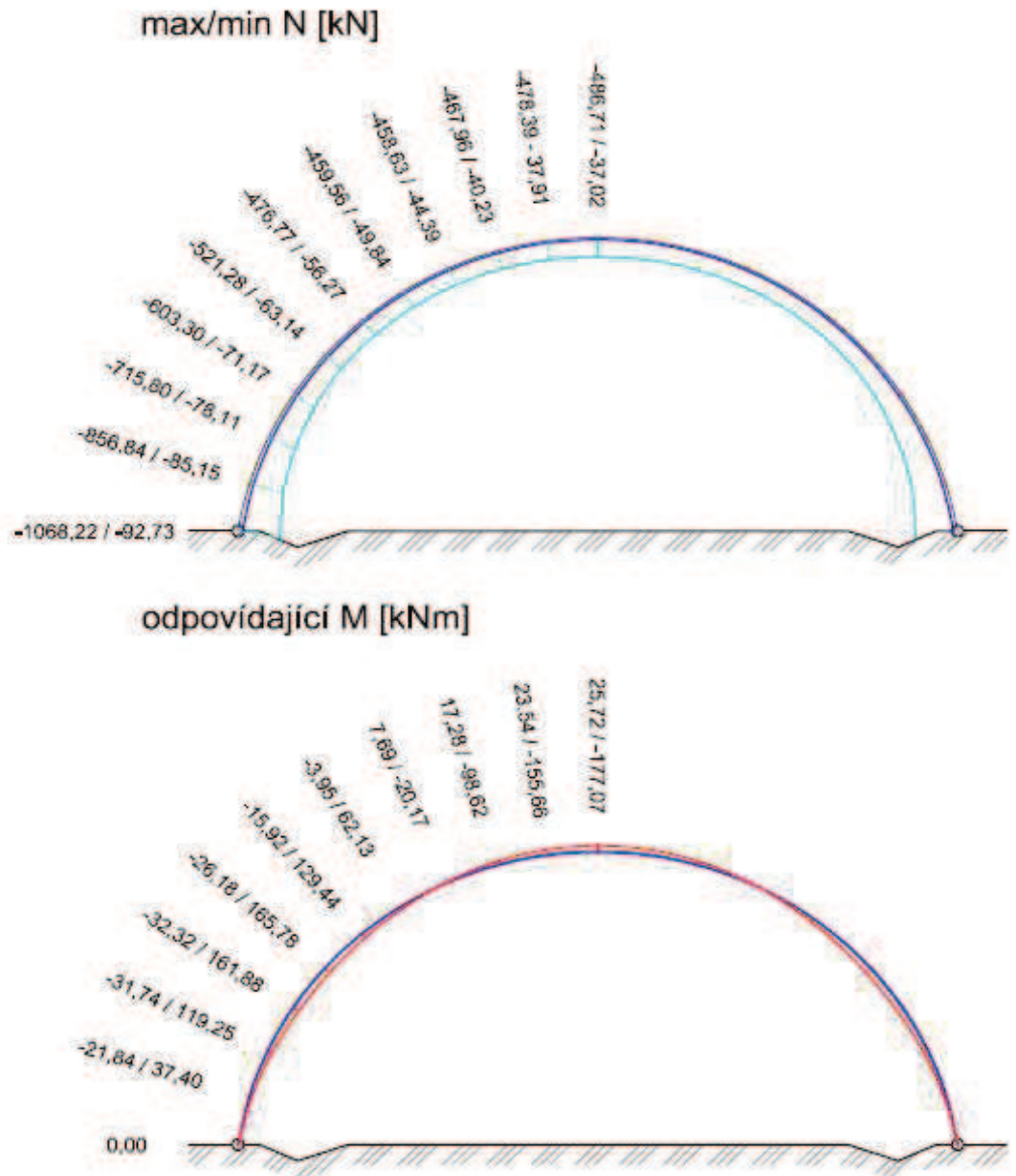
ZS 1



3.2.2 ZS 2 - zásyp zeminou g_{1k} - montážní stavy do času t_0

max/min M → odpovídající N
obalová křivka maximálních hodnot

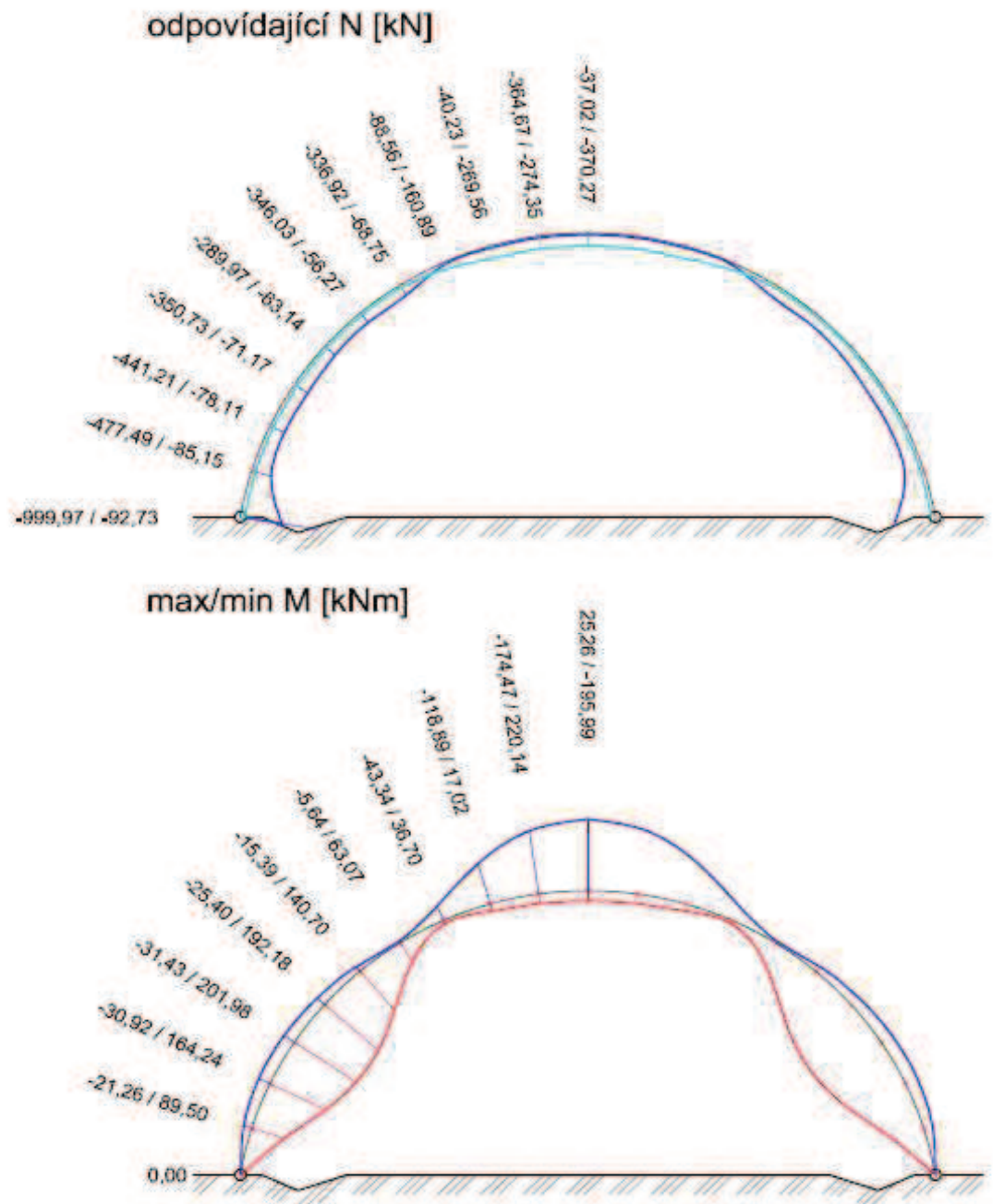
ZS 2 t_0



3.2.3 ZS 2 - zásyp zeminou g_{1k} - montážní stavy do času t_0

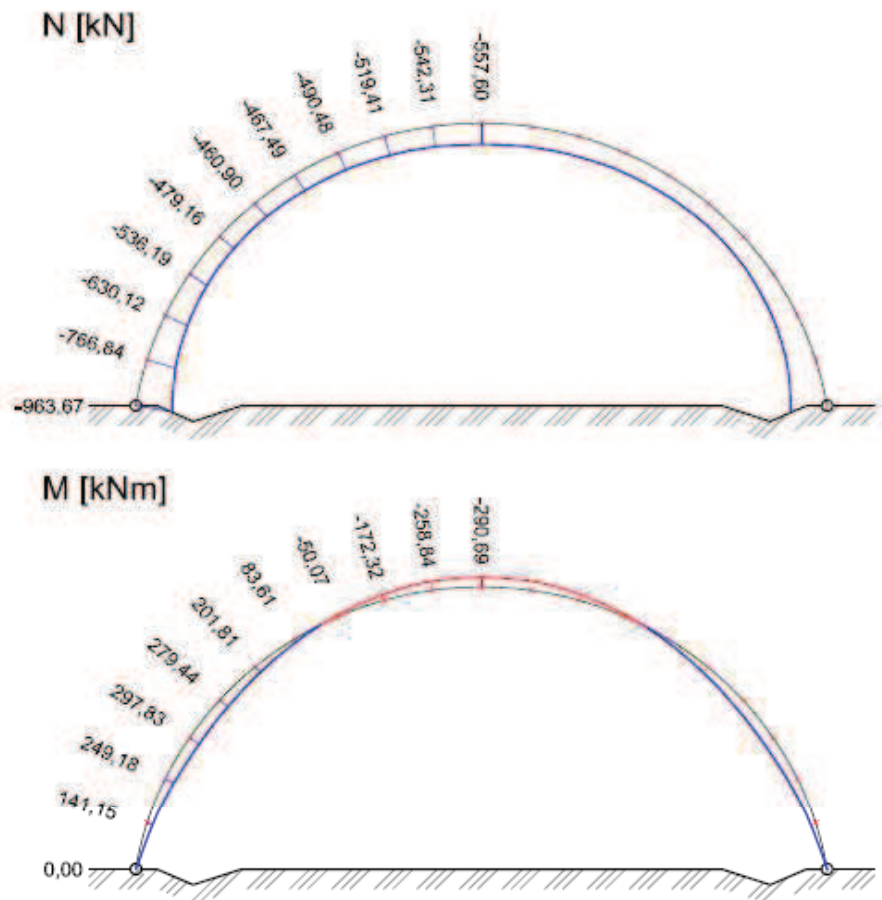
max/min N → odpovídající M
obalová křivka maximálních hodnot

ZS 2 t_0



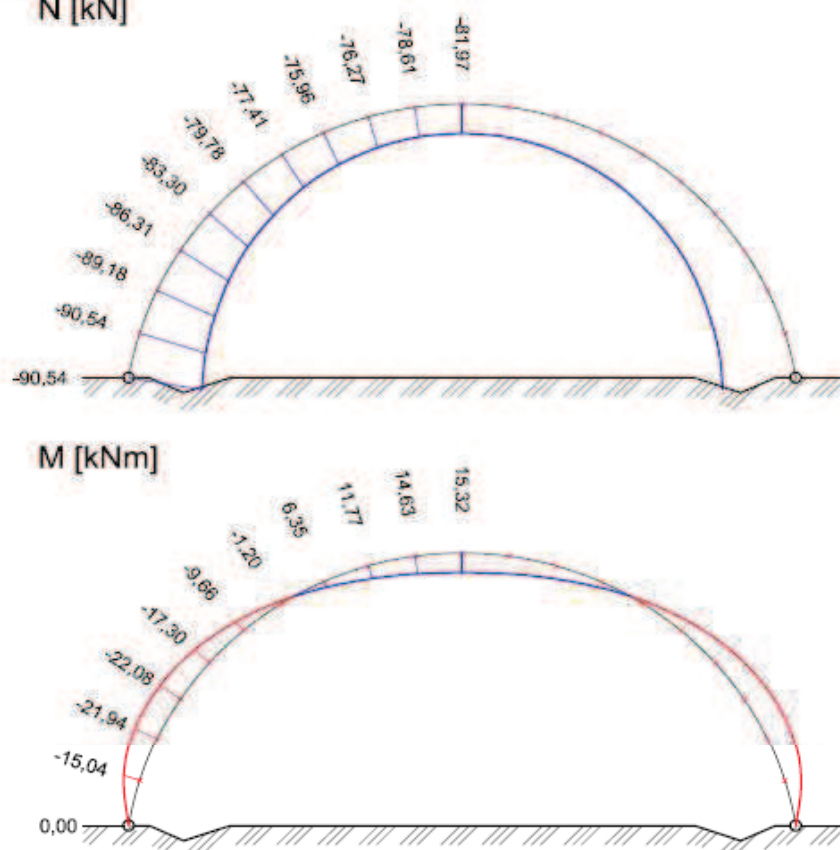
3.2.4 ZS 2 - zásyp zeminou v čase t_{∞}

ZS 2 tn



3.2.5 ZS 3 - proměnné zatížení

ZS proměnné



3.5 KOMBINACE ZATÍŽENÍ v čase t_0

→ charakteristická

[kNm / kN]		max M^+ → N		min M^- → N	
E_k	řez	220,14	-364,67	-195,99	-370,27
		4		11	
	řez	max N → M		min N → M	
		-37,02	25,26	-1068,22	0,00
		7		1	

→ kvazistálá / vlastní tíha

[kNm / kN]		max M^+ → N		min M^- → N	
E_{k,ψ_1}	řez	16,26	-23,66	-20,21	-45,52
		4		11	
	řez	max N → M		min N → M	
		-23,66	16,26	-58,41	0,00
		7		1	

→ návrhová

[kNm / kN]		max M^+ → N		min M^- → N	
E_d	řez	297,19	-492,30	-264,59	-499,86
		4		11	
	řez	max N → M		min N → M	
		-49,98	34,10	-1442,10	0,00
		7		1	

3.6 KOMBINACE ZATÍŽENÍ v čase t_∞

→ charakteristická

[kNm / kN]		max M^+ → N		min M^- → N	
E_k	řez	243,97	-694,39	-249,73	-676,99
		4		11	
	řez	max N → M		min N → M	
		-595,12	78,81	-1146,00	0,00
		7		1	

→ kvazistálá / vlastní tíha

[kNm / kN]		max M^+ → N		min M^- → N	
E_{k,ψ_1}	řez	16,26	-23,66	-20,21	-45,52
		4		11	
	řez	max N → M		min N → M	
		-23,66	16,26	-58,41	0,00
		7		1	

→ návrhová

[kNm / kN]		max M^+ → N		min M^- → N	
E_d	řez	326,01	-950,48	-334,79	-926,30
		4		11	
	řez	max N → M		min N → M	
		-815,09	106,22	-1560,76	0,00
		7		1	

4. MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

□ BETON	C 30/37	$f_{ck} =$	30	MPa
		$f_{cd} =$	20	MPa
		$\epsilon_{cu} =$	3,5	‰
□ OCEL	B500B	$f_{yk} =$	500	MPa
		$f_{yd} =$	434,78	MPa
		$E_s =$	210	GPa

4.1 GEOMETRIE PRŮŘEZU A VYZTUŽENÍ

výška průřezu $h =$ 600 mm
šířka průřezu $b =$ 300 mm
plocha průřezu $A_c =$ 0,18 m²

krytí $c =$ 20 mm



4.2 ORIENTAČNÍ NÁVRH VÝZTUŽE

$$F_c = \lambda b \xi_{bal1} d \eta f_{cd} = 1719,089 \text{ kN}$$

$$M_c = F_c (h - \lambda \xi_{bal1} d) / 2 = 515,4803 \text{ kNm}$$

→ návrh výztuže při dolním lici A_{s1} max M^+

$$\Delta N = -N_{Ed} - F_c = -768,60 \text{ kN}$$

$$\Delta M = M_{Ed} - M_c = -189,47 \text{ kNm}$$

$$A_{s1} = |\Delta N / 2 - \Delta M / z_s| \cdot 1 / f_{yd} = 0,00169 \text{ m}^2$$

→ návrh výztuže při horním lici A_{s2} min M^-

$$\Delta N = -N_{Ed} - F_c = -792,79 \text{ kN}$$

$$\Delta M = M_{Ed} - M_c = -180,69 \text{ kNm}$$

$$A_{s2} = |\Delta N / 2 + \Delta M / z_s| \cdot 1 / f_{yd} = 0,00168 \text{ m}^2$$

→ A_{s2} výztuž při horním lici	5	Ø	20	mm
→ A_{s1} výztuž při dolním lici	5	Ø	20	mm

$$A_{s2} = 0,00157 \text{ m}^2$$

$$A_{s1} = 0,00157 \text{ m}^2$$

4.3 VSTUPNÍ PARAMETRY GEOMETRIE VYZTUŽENÍ

$$\begin{aligned}
 d_1 &= c + \varnothing/2 = 30 \text{ mm} & \xi_{bal1} &= 0,628 \text{ ‰} \\
 d_2 &= c + \varnothing/2 = 30 \text{ mm} & x_{bal1} &= 358,143 \text{ mm} \\
 d &= h - d_1 = 570 \text{ mm} & \xi_{bal2} &= 2,448 \text{ ‰} \\
 d' &= h - d_2 = 570 \text{ mm} & x_{bal2} &= 73,447 \text{ mm} \\
 z_1 &= h/2 - d_1 = 270 \text{ mm} \\
 z_2 &= h/2 - d_2 = 270 \text{ mm} & \epsilon_{yd} &= 2,070 \text{ ‰}
 \end{aligned}$$

$$F_{s1} = 682,9549 \text{ kN}$$

$$F_{s2} = 682,9549 \text{ kN}$$

$$\Delta F_s = 0 \text{ kN}$$

5. VÝPOČET BODŮ INTERAKČNÍHO DIAGRAMU

■ BOD 0

$$N_{Rd0} = - (bh\eta f_{cd} + \sum A_s \sigma_s) = -4965,91 \text{ kN}$$

$$M_{Rd0} = (A_{s2}z_2 - A_{s1}z_1) \sigma_s = 0,00 \text{ kNm}$$

$$\epsilon_{s2} = \epsilon_{yd}$$

$$\sigma_s = \epsilon_{s2} \cdot E_s = \text{##### MPa}$$

■ BOD 1

$$\epsilon_{s1} = 0, F_{s1} = 0 \text{ kN}, x = d, x > \xi_{bal,2} \cdot d_2 \rightarrow \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$N_{Rd1} = - (\lambda b h \eta f_{cd} + F_{s2}) = -3562,95 \text{ kN}$$

$$M_{Rd1} = \lambda b d \eta f_{cd} (h - \lambda d)/2 + F_{s2} z_2 = 381,39 \text{ kNm}$$

$$x = d = 570 > x_{bal,2} = 73,45 \text{ vyhovuje}$$

□ BOD 1'

$$\epsilon_{s2} = 0, F_{s2} = 0 \text{ kN}, x = d', d' > \xi_{bal,2} \cdot d_1 \rightarrow \sigma_{s1} = f_{yd}$$

$$N_{Rd1'} = - (\lambda b h \eta f_{cd} + F_{s1}) = -3562,95 \text{ kN}$$

$$M_{Rd1'} = -\lambda b d' \eta f_{cd} (h - \lambda d')/2 - F_{s1} z_1 = -381,39 \text{ kNm}$$

$$x = d' = 570 > \xi_{bal,2} \cdot d_1 = 73,45 \text{ vyhovuje}$$

■ BOD 2

$$x = x_{bal,1}, x_{bal,1} = \xi_{bal,1} \cdot d \geq x_{bal,2} = \xi_{bal,2} \cdot d_2 \rightarrow \sigma_{s1} = \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{Rd,bal} = -(\lambda \xi_{bal,1} db \eta f_{cd} + \Delta F_s) = -1719,09 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,bal} = \lambda \xi_{bal,1} db \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{bal,1} d)/2 + F_{s1} Z_1 + F_{s2} Z_2 = 638,25 \text{ kNm}$$

$$\xi_{bal,1} \cdot d = 358,14 > \xi_{bal,2} \cdot d_2 = 73,45 \text{ vyhovuje}$$

□ BOD 2'

$$x = x_{bal,1}, x_{bal,1} = \xi_{bal,1} \cdot d' \geq x_{bal,2} = \xi_{bal,2} \cdot d_1 \rightarrow \sigma_{s1} = \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{Rd,bal} = -(\lambda \xi_{bal,1} d' b \eta f_{cd} - \Delta F_s) = -1719,09 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,bal} = -\lambda \xi_{bal,1} d' b \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{bal,1} d')/2 - F_{s1} Z_1 - F_{s2} Z_2 = -638,25 \text{ kNm}$$

$$\xi_{bal,1} \cdot d' = 358,14 > \xi_{bal,2} \cdot d_1 = 73,45 \text{ vyhovuje}$$

■ BOD 3

$$N_{Rd3} = 0 \text{ kN}$$

$$M_{Rd3} = \lambda x b \eta f_{cd} (h - \lambda x)/2 + A_{s2} \epsilon_{s2} E_s Z_2 + A_{s1} f_{yd} Z_1 = 212,67 \text{ kNm}$$

$$b \cdot \lambda \cdot x^2 \cdot \eta \cdot f_{cd} + A_{s2} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot x - A_{s2} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot d_2 - A_{s1} \cdot f_{yd} \cdot x = 0$$

$$\text{reálný kořen } x = 0,0202 \text{ m}$$

$$\epsilon_{s2} = \epsilon_{cu3}/x \cdot (x - d_2) = -1,703 < \epsilon_{yd} = 2,070 \text{ vyhovuje}$$

$$\epsilon_{s1} = \epsilon_{cu3}/x \cdot (d - x) = 95,364 > \epsilon_{yd} = 2,070 \text{ vyhovuje}$$

□ BOD 3'

$$N'_{Rd3} = 0 \text{ kN}$$

$$M'_{Rd3} = -\lambda x b \eta f_{cd} (h - \lambda x)/2 - A_{s1} \epsilon_{s1} E_s Z_1 - A_{s2} f_{yd} Z_2 = -212,67 \text{ kNm}$$

$$b \cdot \lambda \cdot x^2 \cdot \eta \cdot f_{cd} + A_{s1} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot x - A_{s1} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot d_1 - A_{s2} \cdot f_{yd} \cdot x = 0$$

$$\text{reálný kořen } x = 0,0202 \text{ m}$$

$$\epsilon_{s1} = \epsilon_{cu3}/x \cdot (x - d_1) = -1,703 < \epsilon_{yd} = 2,070 \text{ vyhovuje}$$

$$\epsilon_{s2} = \epsilon_{cu3}/x \cdot (d' - x) = 95,364 > \epsilon_{yd} = 2,070 \text{ vyhovuje}$$

■ **BOD 4** $\epsilon_{s2} = 0, F_{s2} = 0 \text{ kN}$

$$N_{\text{Rdt,bal}} = F_{s1} = \quad \mathbf{682,95 \text{ kN}}$$

$$M_{\text{Rdt,bal}} = F_{s1}Z_1 = \quad \mathbf{184,40 \text{ kNm}}$$

□ **BOD 4'** $\epsilon_{s1} = 0, F_{s1} = 0 \text{ kN}$

$$N'_{\text{Rdt,bal}} = F_{s2} = \quad \mathbf{682,95 \text{ kN}}$$

$$M'_{\text{Rdt,bal}} = -F_{s2}Z_2 = \quad \mathbf{-184,40 \text{ kNm}}$$

■ **BOD 5** $\sigma_{s1} = \sigma_{s2} = f_{yd}$

$$N_{\text{Rdt0}} = F_{s1} + F_{s2} = \quad \mathbf{1365,91 \text{ kN}}$$

$$M_{\text{Rdt0}} = F_{s1}Z_1 - F_{s2}Z_2 = \quad \mathbf{0,00 \text{ kNm}}$$

■ **BOD Z** $x = x_{\text{bal},2}, \epsilon_{s2} = \epsilon_{yd}, \sigma_{s2} = f_{yd}$

$$N_{\text{Rd,Z}} = -(\lambda \xi_{\text{bal},2} d_2 b \eta f_{cd} + \Delta F_s) = \quad \mathbf{-0,353 \text{ kN}}$$

$$M_{\text{Rd,Z}} = \lambda \xi_{\text{bal},2} d_2 b \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{\text{bal},2} \cdot d_2)/2 + F_{s1}Z_1 + F_{s2}Z_2 = \quad \mathbf{368,90 \text{ kNm}}$$

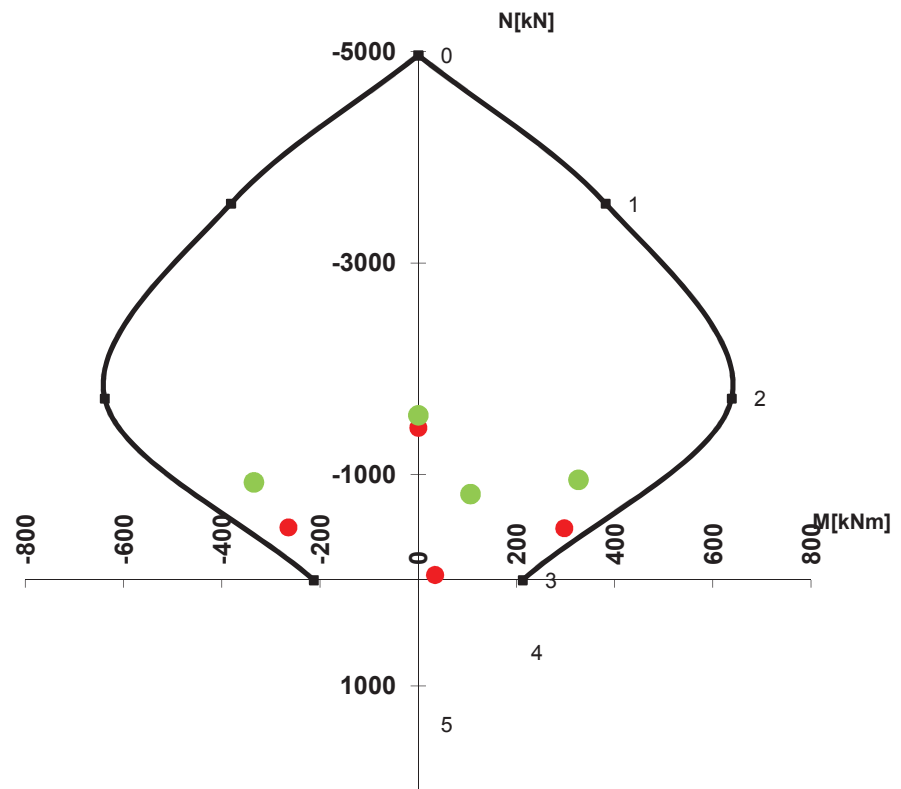
□ **BOD Z'** $x = x_{\text{bal},2} \cdot d_1, \epsilon_{s1} = \epsilon_{yd}, \sigma_{s1} = f_{yd}$

$$N'_{\text{Rd,Z}} = -(\lambda \xi_{\text{bal},2} d_1 b \eta f_{cd} - \Delta F_s) = \quad \mathbf{-0,353 \text{ kN}}$$

$$M'_{\text{Rd,Z}} = -\lambda \xi_{\text{bal},2} d_1 b \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{\text{bal},2} \cdot d_1)/2 - F_{s1}Z_1 - F_{s2}Z_2 = \quad \mathbf{-368,90 \text{ kNm}}$$

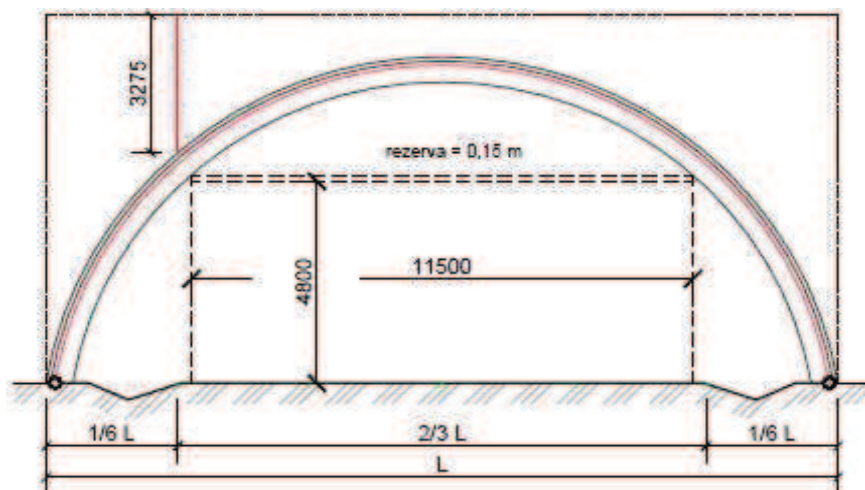
6. POSOUZENÍ - INTERAKČNÍ DIAGRAM

- návrhové zatížení t_{∞}
- návrhové zatížení t_0



Pozn.: Uvažované návrhové hodnoty zatížení vycházejí z obalových křivek maximálních, resp. minimálních hodnot normálových sil a ohybových momentů dosažených na konstrukci v průběhu budování v čase t_0 a po zhotovení konstrukce v čase t_{∞} .

8. ŘEŠENÍ DESKY V PŘÍČNÉM SMĚRU



■ ZATÍŽENÍ - VNITŘNÍ SÍLY

vlastní tíha $g_{0k} = 2,50 \text{ kN/m'}$

zásyp zeminou $g_{1k} = 65,50 \text{ kN/m'}$

proměnné $q_k = 10,00 \text{ kN/m'}$

charakteristické zatížení $\Sigma f_k = 78,00 \text{ kN/m'}$

návrhové zatížení $\Sigma f_d = 106,80 \text{ kN/m'}$

→

$M_{Ed, \text{dolní líc}} = 13,35 \text{ kNm}$

■ GEOMETRIE

rozpětí trámů $b = 1 \text{ m}$

výška zásypu = $3,275 \text{ m}$

tloušťka desky $h_s = 0,1 \text{ m}$

šířka trámu $b_w = 0,2 \text{ m}$

■ MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

BETON C30/37 $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$
 $f_{cd} = 20 \text{ MPa}$
 $\epsilon_{cu} = 3,5 \text{ ‰}$

OCEL B500B $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$
 $f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$
 $E_s = 210 \text{ GPa}$

■ VYZTUŽENÍ DESKY výztuž dolní líc

$\emptyset_{\text{prutu}} = 08 \text{ mm}$ $d = 0,076 \text{ m}$
 $\text{krytí } c = 20 \text{ mm}$ $A_s = 5,03 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{m'}$
 $\emptyset 8 \text{ á } 100 \text{ mm}$

■ POSOUZENÍ

výška tlačené oblasti $x = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot f_{cd}} = 0,0137 \text{ m}$

přetvoření výztuže $\epsilon_s = \frac{\epsilon_{cu3}}{X} (d-x) = 0,0160$ >

rameno vnitřních sil $z_c = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x = 0,0705 \text{ m}$

$\epsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = 0,0021$ vyhovuje

$M_{Rd, \text{dolní}} = A_s \cdot f_{yd} \cdot z_c = 15,43 \text{ kNm}$ >

$M_{Ed, \text{dolní líc}} = 13,35 \text{ kNm}$

vyhovuje

7. VYHODNOCENÍ KONSTRUKCE

7.1 BETON

$$\begin{array}{lcl} \text{délka konstrukce } L_{\text{celk.}} = & 25,056 & \text{m} \\ \text{plocha průřezu } A_c = & 0,180 & \text{m}^2 \end{array}$$

$$\text{spotřeba betonu } V_c = 4,510 \text{ m}^3$$

7.2 BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ

$$\begin{array}{lcl} \text{délka výztuže - horní povrch } L_{As2} = & 25,999 & \text{m} \\ \text{počet prutů } n_{pAs2} = & 5 & \\ \text{délka výztuže - dolní povrch } L_{As1} = & 24,113 & \text{m} \\ \text{počet prutů } n_{pAs1} = & 4 & \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{příčná výztuž - dolní povrch } L_{As1} = & 1,5 & \text{m} \\ \text{počet prutů } n_{pAs2} = & 241 & \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{spotřeba výztuže } M_s = & 129,995 \text{ m} & A_{s2} \\ & 96,452 \text{ m} & A_{s1} \\ & 361,695 \text{ m} & \text{př}A_{s1} \end{array}$$

7.3 BEDNĚNÍ

$$\begin{array}{lcl} \text{délka konstrukce } L_{\text{spodní líc}} = & 24,113 & \text{m} \\ \text{bedněná plocha na m' } A_{bp} = & 1,5 & \text{m}^2 \end{array}$$

$$\text{spotřeba bednění } A_b = 36,1695 \text{ m}^2$$

7.4 ODHADOVANÉ NÁKLADY NA KONSTRUKCI

$$\text{cena} = V_c \cdot c_b + M_s \cdot c_s + A_b \cdot c_{bb} = 48004,2 \text{ Kč/m'}$$

po střednici

$$c_b = 3000,00 \text{ Kč/m}^3$$

zdroj : ZAPA Beton

$$c_{sAs2} = 44,04 \text{ Kč/m'}$$

$$c_{sAs1} = 44,04 \text{ Kč/m'}$$

$$c_{spřAs1} : 7,74 \text{ Kč/m'}$$

$$c_{bb} = 600 \text{ Kč/m}^2$$

ÚRS

VYHODNOCENÍ KONSTRUKCE

1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

typ konstrukce :	monolitická
základní geometrie :	kruh
statické schéma :	2 - kloubový oblouk
varianta průřezu :	nosník

2. PŘEDBĚŽNÉ ZHODNOCENÍ SPOTŘEBY MATERIÁLU A NÁKLADŮ

	nosník 600 1000	nosník 600 1500	nosník 600 2000
2.1 BETON			
- délka konstrukce po střednici $L_{celk.} = [m']$	25,056	25,056	25,056
- plocha betonového průřezu $A_c = [m^2]$	0,18	0,18	0,18
- spotřeba betonu $V_c = [m^3]$	4,510	4,510	4,510
- cena za $1m^3$ betonu =	3000	3000	3000
2.2 BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ			
- délka výztuže - horní povrch $L_{As2} = [m']$	25,999 m	25,999 m	25,999 m
- počet prutů $n_{p2} =$	5	5	5
- spotřeba výztuže $V_s = [m']$	129,995 m	129,995 m	129,995 m
- cena za bm' =	44,04 Kč	55,45 Kč	69,02 Kč
- délka výztuže - dolní povrch $L_{As1} = [m']$	24,113 m	24,113 m	24,113 m
- počet prutů $n_{p1} =$	4	5	5
- spotřeba výztuže $V_s = [m']$	96,452 m	120,565 m	120,565 m
- cena za bm' =	44,04 Kč	55,45 Kč	69,02 Kč
- příčná výztuž - dolní povrch $L_{As1} = [m']$	1,50 m	2,00 m	2,50 m
- počet prutů $n_{pAs1} =$	241	241	241
- spotřeba výztuže $V_s = [m']$	361,50 m	482,000 m	602,500 m
- cena za bm' =	7,74 Kč	28,36 Kč	44,04 Kč
2.3 BEDNĚNÍ			
- délka konstrukce $L_{spodní líc} = [m']$	24,113 m	24,113 m	24,113 m
- bedněná plocha na $bm' = [m^2]$	1,500 m	1,500 m	1,500 m
- spotřeba bednění $V_b = [m^2]$	36,1695	36,1695	36,1695
- cena za $1m^2 =$	600,00 Kč	600,00 Kč	600,00 Kč

3. ODHADOVANÉ NÁKLADY NA KONSTRUKCI

$$\text{cena za 1 } bm' = V_c \cdot c_{\text{beton}} + V_s \cdot c_{\text{výztuž}} + V_b \cdot c_{\text{bednění}}$$

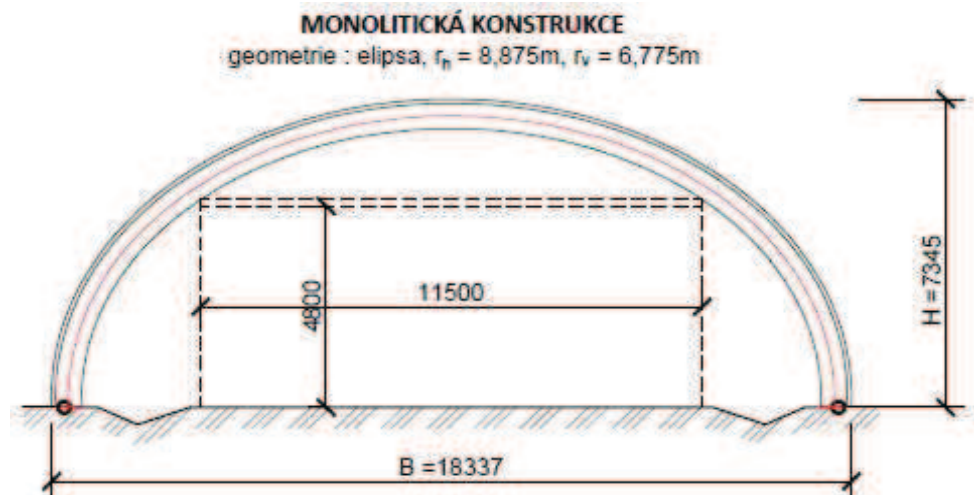
48 002,68 Kč 41 863,34 Kč 39 529,85 Kč

NÁVRH A POSOUZENÍ OBLOUKOVÉ KONSTRUKCE

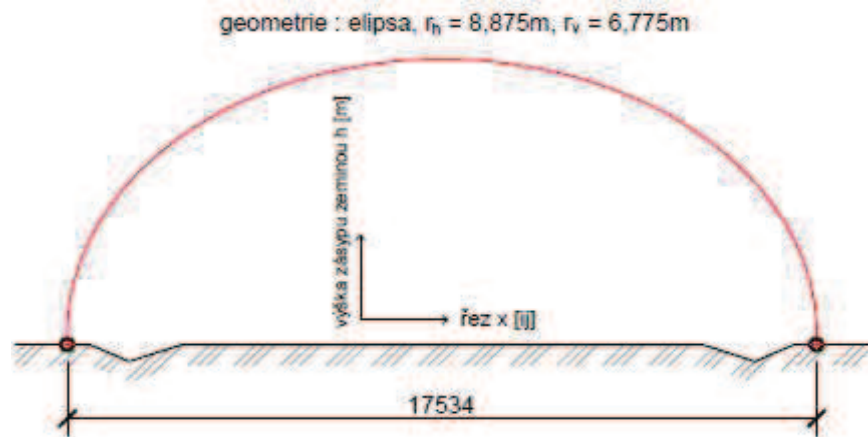
1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

typ konstrukce : monolitická
základní geometrie : elipsa
statické schéma : 2 - kloubový oblouk

varianta průřezu : nosník



1.1 GEOMETRIE STŘEDNICE MODELU



1.2 GEOMETRIE PRŮŘEZU

výška průřezu $h = 600$ mm
šířka průřezu $b = 300$ mm

plocha průřezu $A_c = 0,18$ m²



2. ZATÍŽENÍ

2.1 ZS1 - vlastní tíha g_{0k}

$$\rightarrow \gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3 \quad \text{vypočteno SCIA Engineer 2012}$$

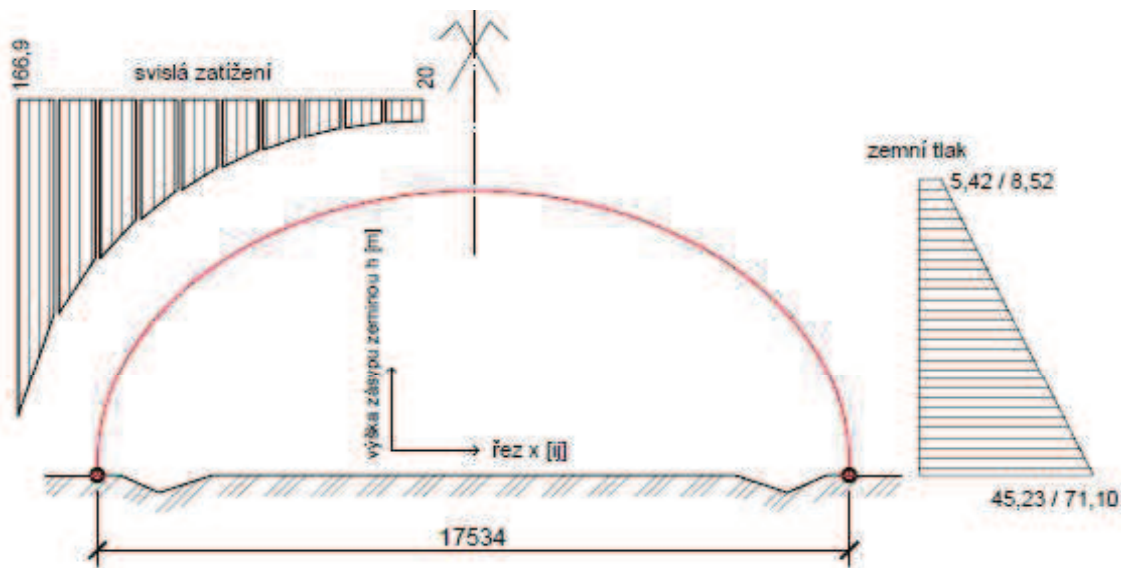
2.2 ZS2 - zásyp zeminou g_{1k}

$$\rightarrow \gamma_s = 20 \text{ kN/m}^3 \quad \text{svislá a vodorovná složka zemního tlaku}$$

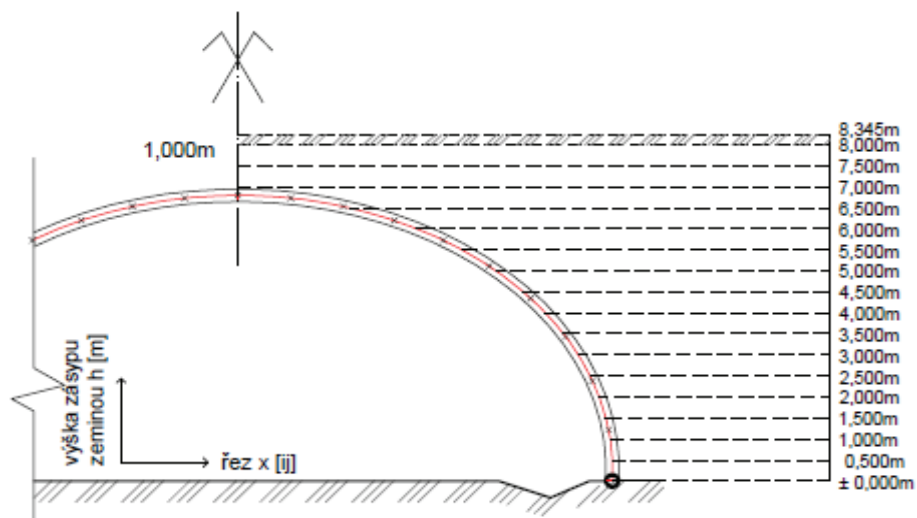
$$g_{1k, \text{svislá}} = h \cdot \gamma_s = [\text{kN/m}']$$

$$g_{1k, \text{vodorovná}} = K_i \cdot h \cdot \gamma_s = [\text{kN/m}']$$

schéma uvažovaného konečného zatížení



postupného zasypávání zeminou s krokem 0,500m až do konečné výšky + 1,000m nad vrchol konstrukce



upraveno dle tvaru
střednice

2.2.1 STANOVENÍ HODNOTY SOUČINITELŮ ZEMNÍHO TLAKU

$$\phi' = 35^\circ$$

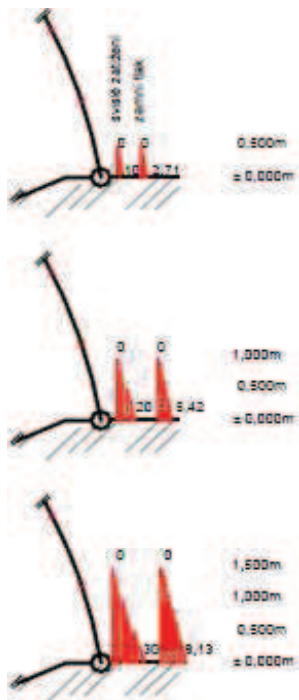
$$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$K_a = \tan^2 (45^\circ - \phi'/2) = \tan^2 (45^\circ - 35^\circ/2) = 0,271$$

$$K_p = \tan^2 (45^\circ + \phi'/2) = \tan^2 (45^\circ + 35^\circ/2) = 3,690$$

$$K_0 = 1 - \sin \phi' = 1 - \sin 35^\circ = 0,426$$

2.2.2 AKTIVNÍ ZEMNÍ TLAK - zásyp v čase t_0



výška zásypu zeminou h [m]

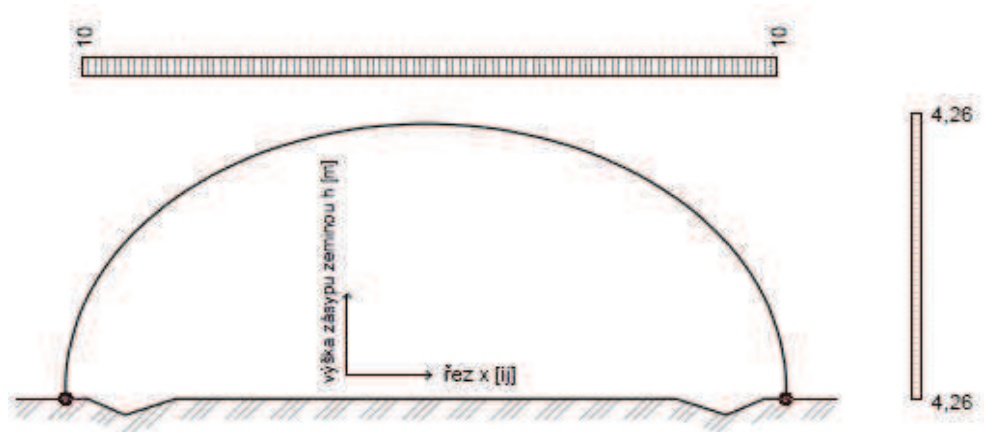
□ 0,500	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = h \cdot \gamma_s = 0,5 \cdot 20 = 10 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = K_a \cdot h \cdot \gamma_s = 0,271 \cdot 0,5 \cdot 20 = 2,71 \text{ kN/m'}$	
□ 1,000	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 20 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 5,42 \text{ kN/m'}$	
□ 1,500	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 30 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 8,13 \text{ kN/m'}$	
□ 2,000	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 40 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 10,84 \text{ kN/m'}$	
□ 2,500	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 50 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 13,55 \text{ kN/m'}$	
□ 3,000	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 60 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 16,26 \text{ kN/m'}$	
□ 3,500	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 70 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 18,97 \text{ kN/m'}$	
□ 4,000	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 80 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 21,68 \text{ kN/m'}$	
□ 4,500	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 90 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 24,39 \text{ kN/m'}$	
□ 5,000	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 100 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 27,10 \text{ kN/m'}$	
□ 5,500	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 110 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 29,81 \text{ kN/m'}$	
□ 6,000	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 120 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 32,52 \text{ kN/m'}$	
□ 6,500	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 130 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 35,23 \text{ kN/m'}$	
□ 7,000	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 140 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 37,94 \text{ kN/m'}$	
□ 7,500	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 150 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 40,65 \text{ kN/m'}$	
□ 8,000	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 160 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 43,36 \text{ kN/m'}$	
□ 8,760	↓ $g_{1k, \text{svislá}} = 175,2 \text{ kN/m'}$	
	→ $g_{1k, \text{vodorovná}} = 47,48 \text{ kN/m'}$	

2.2.3 ZEMNÍ TLAK V KLIDU - čas t_{∞}

□	1,000	$\downarrow g_{1k, \text{ svislá}} = h \cdot \gamma_s = 1,0 \cdot 20 =$	20	kN/m'
		$\rightarrow g_{1k, \text{ vodorovná}} = K_0 \cdot h \cdot \gamma_s = 0,426 \cdot 1,0 \cdot 20 =$	8,52	kN/m'
□	8,760	$\downarrow g_{1k, \text{ svislá}} =$	175,2	kN/m'
		$\rightarrow g_{1k, \text{ vodorovná}} =$	74,64	kN/m'

2.3 ZS3 - proměnné zatížení q

svislé přetížení a jeho vodorovná složka



\rightarrow rovnoměrné zatížení $q_k = 10 \text{ kN/m'}$

$$q_{k, \text{ vodorovná}} = K_0 \cdot q = 0,426 \cdot 10 = 4,26 \text{ kN/m'}$$

3. VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL

→ konstrukce modelována v programu SCIA Engineer 2012

→ podrobné výsledky viz dokument SCIA

účinky zatížení vyšetřovány : čas t_0 - po vybudování kce a dokončení zásypu
čas t_∞ - životnost kce

3.1 ZATĚŽOVACÍ STAVY

ZS 1 - vlastní tíha konstrukce g_{0k}

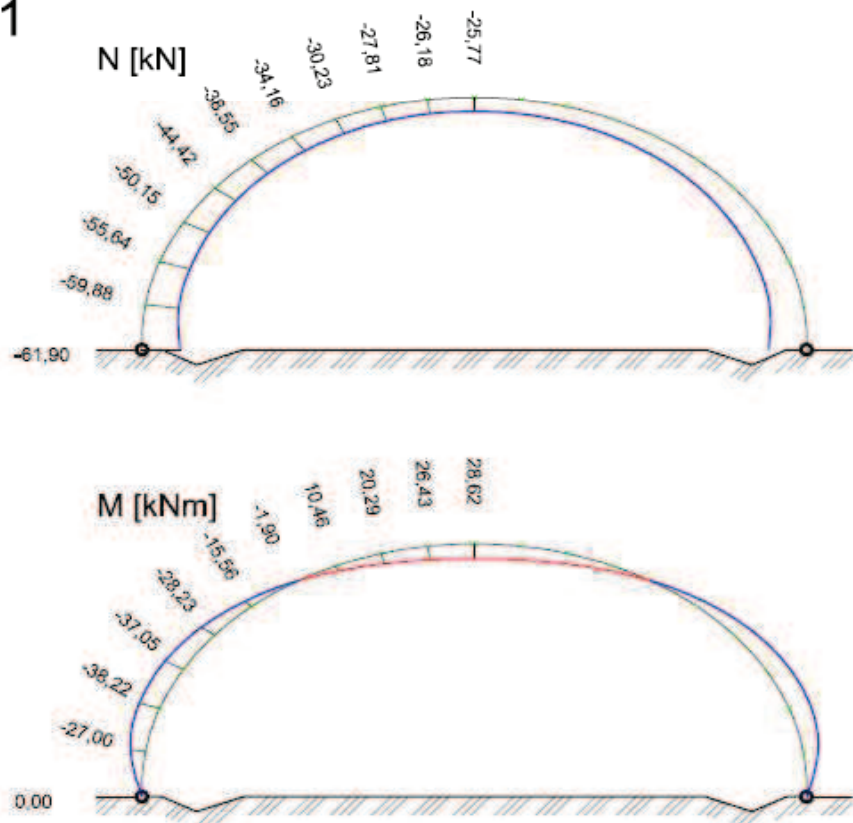
ZS 2_{a-q} - zásyp zeminou g_{1k} (zemní tlak aktivní / v klidu)

ZS 3 - proměnné zatížení q

3.2 PRŮBĚHY VNITŘNÍCH SIL

3.2.1 ZS 1 - vlastní tíha konstrukce g_{0k}

ZS 1

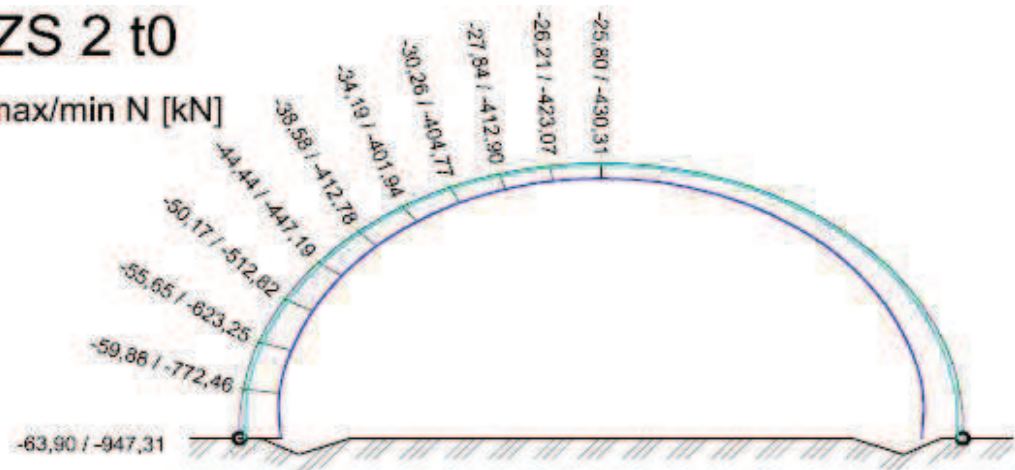


3.2.2 ZS 2 - zásyp zeminou g_{1k} - montážní stavy do času t_0

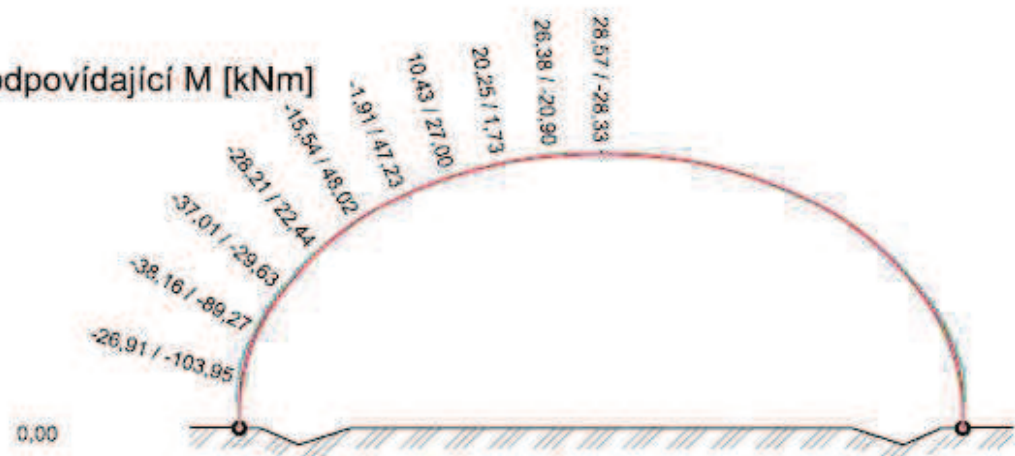
max/min M → odpovídající N
obalová křivka maximálních hodnot

ZS 2 t_0

max/min N [kN]



odpovídající M [kNm]

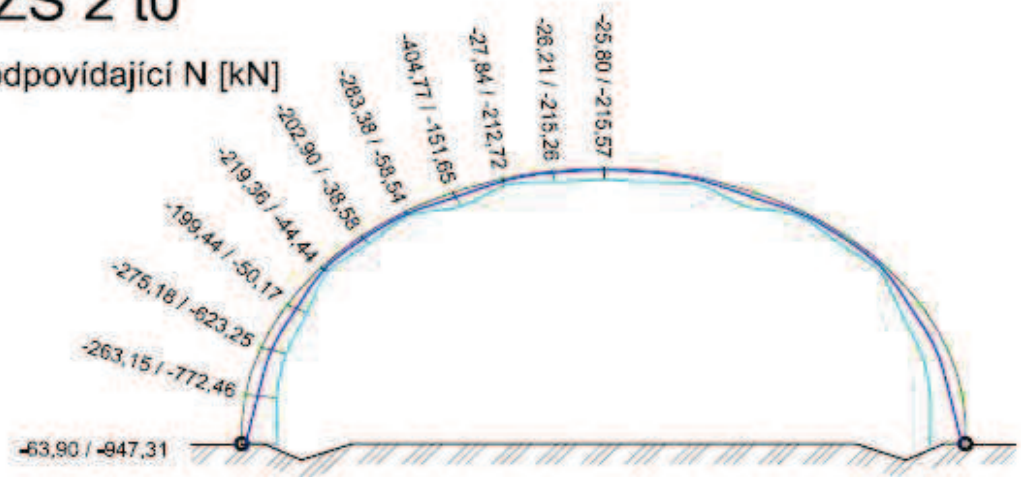


3.2.3 ZS 2 - zásyp zeminou g_{1k} - montážní stavy do času t_0

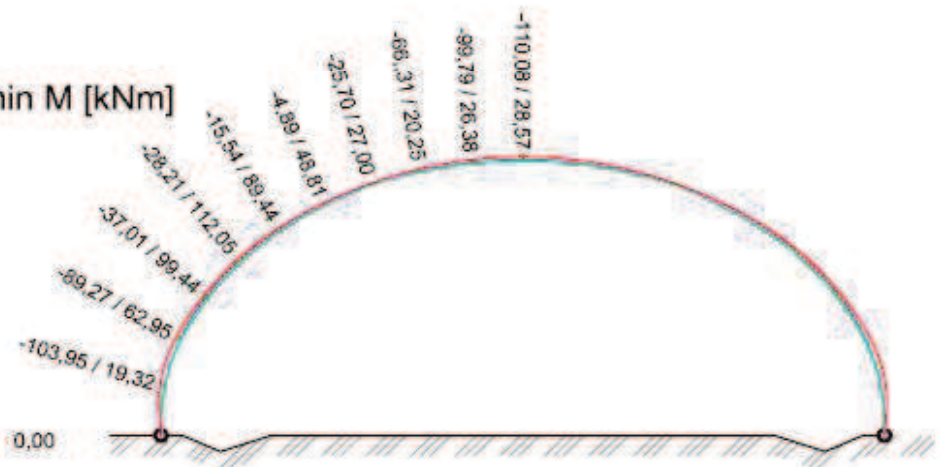
max/min N → odpovídající M
obalová křivka maximálních hodnot

ZS 2 t_0

odpovídající N [kN]

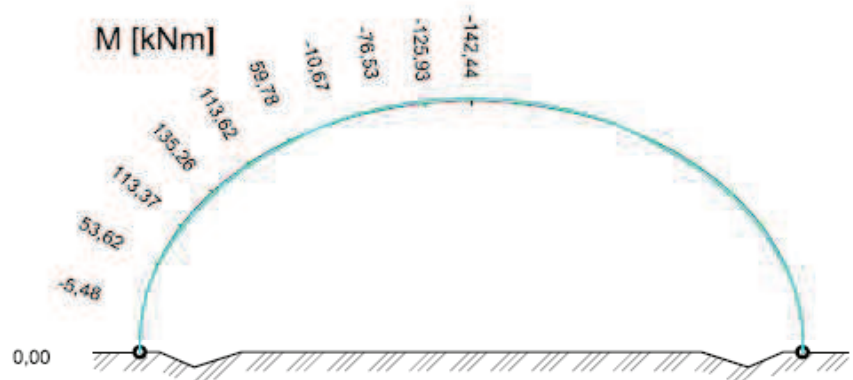
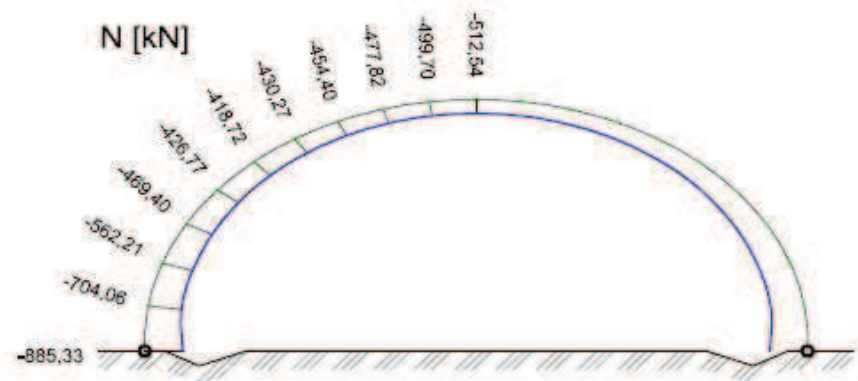


max/min M [kNm]



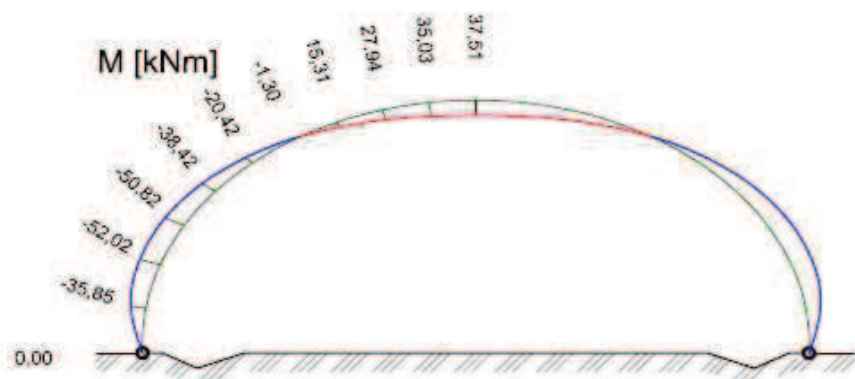
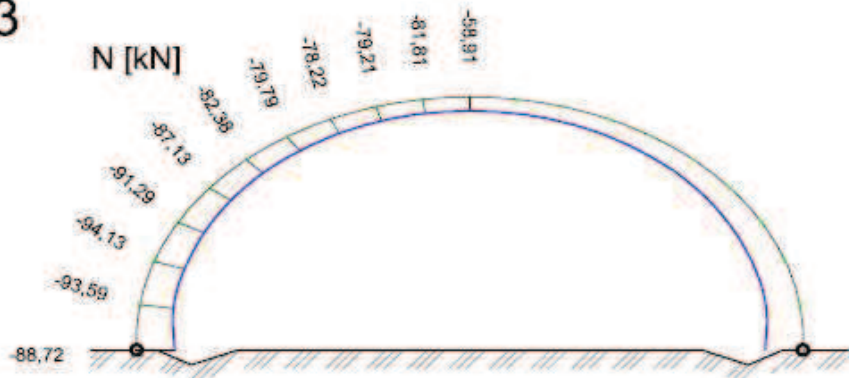
3.2.4 ZS 2 - zásyp zeminou v čase t_{∞}

ZS 2 tn



3.2.5 ZS 3 - proměnné zatížení

ZS 3



3.5 KOMBINACE ZATÍŽENÍ v čase t_0

→ charakteristická

[kNm / kN]		max M^+ → N		min M^- → N	
E_k	řez	94,33	-242,05	-122,36	-800,41
		4		11	
		max N	→ M	min N	→ M
		-35,97	39,20	-971,31	0,00
	řez	7		1	

→ kvazistálá / vlastní tíha

[kNm / kN]		max M^+ → N		min M^- → N	
E_{k,ψ_1}	řez	25,18	-22,98	-33,69	-49,52
		4		11	
		max N	→ M	min N	→ M
		-22,98	25,18	-55,01	0,00
	řez	7		1	

→ návrhová

[kNm / kN]		max M^+ → N		min M^- → N	
E_d	řez	127,35	-326,77	-165,19	-1080,55
		4		11	
		max N	→ M	min N	→ M
		-48,56	52,92	-1311,27	0,00
	řez	7		1	

3.6 KOMBINACE ZATÍŽENÍ v čase t_∞

→ charakteristická

[kNm / kN]		max M^+ → N		min M^- → N	
E_k	řez	224,55	-692,97	-235,79	-675,94
		4		11	
		max N	→ M	min N	→ M
		-592,85	79,89	-1140,67	0,00
	řez	7		1	

→ kvazistálá / vlastní tíha

[kNm / kN]		max M^+ → N		min M^- → N	
E_{k,ψ_1}	řez	25,18	-22,98	-33,69	-49,52
		4		11	
		max N	→ M	min N	→ M
		-22,98	25,18	-55,01	0,00
	řez	7		1	

→ návrhová

[kNm / kN]		max M^+ → N		min M^- → N	
E_d	řez	299,79	-948,57	-315,97	-924,88
		4		11	
		max N	→ M	min N	→ M
		-812,02	107,68	-1553,56	0,00
	řez	7		1	

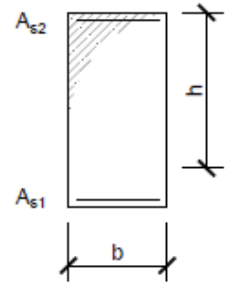
4. MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

□ BETON	C 30/37	$f_{ck} =$	30	MPa
		$f_{cd} =$	20	MPa
		$\epsilon_{cu} =$	3,5	‰
□ OCEL	B500B	$f_{yk} =$	500	MPa
		$f_{yd} =$	434,78	MPa
		$E_s =$	210	GPa

4.1 GEOMETRIE PRŮŘEZU A VYZTUŽENÍ

výška průřezu $h =$ 600 mm
šířka průřezu $b =$ 300 mm
plocha průřezu $A_c =$ 0,18 m²

krytí $c =$ 20 mm



4.2 ORIENTAČNÍ NÁVRH VÝZTUŽE

$$F_c = \lambda b \xi_{bal1} d \eta f_{cd} = 1725,121 \text{ kN}$$

$$M_c = F_c (h - \lambda \xi_{bal1} d) / 2 = 517,2882 \text{ kNm}$$

→ návrh výztuže při dolním lici A_{s1} max M^+

$$\Delta N = -N_{Ed} - F_c = -776,55 \text{ kN}$$

$$\Delta M = M_{Ed} - M_c = -217,50 \text{ kNm}$$

$$A_{s1} = |\Delta N / 2 - \Delta M / z_s| \cdot 1 / f_{yd} = 0,00181 \text{ m}^2$$

→ návrh výztuže při horním lici A_{s2} min M^-

$$\Delta N = -N_{Ed} - F_c = -644,57 \text{ kN}$$

$$\Delta M = M_{Ed} - M_c = -201,32 \text{ kNm}$$

$$A_{s2} = |\Delta N / 2 + \Delta M / z_s| \cdot 1 / f_{yd} = 0,00159 \text{ m}^2$$

→ A_{s2} výztuž při horním lici	4	Ø	16	mm
→ A_{s1} výztuž při dolním lici	4	Ø	16	mm

$$A_{s2} = 0,0008 \text{ m}^2$$

$$A_{s1} = 0,0008 \text{ m}^2$$

4.3 VSTUPNÍ PARAMETRY GEOMETRIE VYZTUŽENÍ

$$\begin{aligned}
 d_1 &= c + \varnothing/2 = 28 \text{ mm} & \xi_{bal1} &= 0,628 \text{ ‰} \\
 d_2 &= c + \varnothing/2 = 28 \text{ mm} & x_{bal1} &= 359,400 \text{ mm} \\
 d &= h - d_1 = 572 \text{ mm} & \xi_{bal2} &= 2,448 \text{ ‰} \\
 d' &= h - d_2 = 572 \text{ mm} & x_{bal2} &= 68,550 \text{ mm} \\
 z_1 &= h/2 - d_1 = 272 \text{ mm} \\
 z_2 &= h/2 - d_2 = 272 \text{ mm} & \epsilon_{yd} &= 2,070 \text{ ‰}
 \end{aligned}$$

$$F_{s1} = 349,6729 \text{ kN}$$

$$F_{s2} = 349,6729 \text{ kN}$$

$$\Delta F_s = 0 \text{ kN}$$

5. VÝPOČET BODŮ INTERAKČNÍHO DIAGRAMU

■ BOD 0

$$N_{Rd0} = - (bh\eta f_{cd} + \sum A_s \sigma_s) = -4299,35 \text{ kN}$$

$$M_{Rd0} = (A_{s2}z_2 - A_{s1}z_1) \sigma_s = 0,00 \text{ kNm}$$

$$\epsilon_{s2} = \epsilon_{yd}$$

$$\sigma_s = \epsilon_{s2} \cdot E_s = \text{##### MPa}$$

■ BOD 1

$$\epsilon_{s1} = 0, F_{s1} = 0 \text{ kN}, x = d, x > \xi_{bal,2} \cdot d_2 \rightarrow \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$\lambda = 0,8$$

$$N_{Rd1} = - (\lambda b h \eta f_{cd} + F_{s2}) = -3229,67 \text{ kN}$$

$$M_{Rd1} = \lambda b d \eta f_{cd} (h - \lambda d)/2 + F_{s2} z_2 = 290,60 \text{ kNm}$$

$$x = d = 572 > x_{bal,2} = 68,55 \text{ vyhovuje}$$

□ BOD 1'

$$\epsilon_{s2} = 0, F_{s2} = 0 \text{ kN}, x = d', d' > \xi_{bal,2} \cdot d_1 \rightarrow \sigma_{s1} = f_{yd}$$

$$N_{Rd1'} = - (\lambda b h \eta f_{cd} + F_{s1}) = -3229,67 \text{ kN}$$

$$M_{Rd1'} = -\lambda b d' \eta f_{cd} (h - \lambda d')/2 - F_{s1} z_1 = -290,60 \text{ kNm}$$

$$x = d' = 572 > \xi_{bal,2} \cdot d_1 = 68,55 \text{ vyhovuje}$$

■ BOD 2

$$x = x_{bal,1}, x_{bal,1} = \xi_{bal,1} \cdot d \geq x_{bal,2} = \xi_{bal,2} \cdot d_2 \rightarrow \sigma_{s1} = \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{Rd,bal} = -(\lambda \xi_{bal,1} d b \eta f_{cd} + \Delta F_s) = -1725,12 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,bal} = \lambda \xi_{bal,1} d b \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{bal,1} d) / 2 + F_{s1} Z_1 + F_{s2} Z_2 = 459,75 \text{ kNm}$$

$$\xi_{bal,1} \cdot d = 359,40 > \xi_{bal,2} \cdot d_2 = 68,55 \text{ vyhovuje}$$

□ BOD 2'

$$x = x_{bal,1}, x_{bal,1} = \xi_{bal,1} \cdot d' \geq x_{bal,2} = \xi_{bal,2} \cdot d_1 \rightarrow \sigma_{s1} = \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$N_{Rd,bal} = -(\lambda \xi_{bal,1} d' b \eta f_{cd} - \Delta F_s) = -1725,12 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,bal} = -\lambda \xi_{bal,1} d' b \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{bal,1} d') / 2 - F_{s1} Z_1 - F_{s2} Z_2 = -459,75 \text{ kNm}$$

$$\xi_{bal,1} \cdot d' = 359,40 > \xi_{bal,2} \cdot d_1 = 68,55 \text{ vyhovuje}$$

■ BOD 3

$$N_{Rd3} = 0 \text{ kN}$$

$$M_{Rd3} = \lambda x b \eta f_{cd} (h - \lambda x) / 2 + A_{s2} \epsilon_{s2} E_s Z_2 + A_{s1} f_{yd} Z_1 = 133,81 \text{ kNm}$$

$$b \cdot \lambda \cdot x^2 \cdot \eta \cdot f_{cd} + A_{s2} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot x - A_{s2} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot d_2 - A_{s1} \cdot f_{yd} \cdot x = 0$$

$$\text{reálny kořen } x = 0,0279 \text{ m}$$

$$\epsilon_{s2} = \epsilon_{cu3} / x \cdot (x - d_2) = -0,011 < \epsilon_{yd} = 2,070 \text{ vyhovuje}$$

$$\epsilon_{s1} = \epsilon_{cu3} / x \cdot (d - x) = 68,226 > \epsilon_{yd} = 2,070 \text{ vyhovuje}$$

□ BOD 3'

$$N'_{Rd3} = 0 \text{ kN}$$

$$M'_{Rd3} = -\lambda x b \eta f_{cd} (h - \lambda x) / 2 - A_{s1} \epsilon_{s1} E_s Z_1 - A_{s2} f_{yd} Z_2 = -133,81 \text{ kNm}$$

$$b \cdot \lambda \cdot x^2 \cdot \eta \cdot f_{cd} + A_{s1} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot x - A_{s1} \cdot \epsilon_{cu3} \cdot E_s \cdot d_1 - A_{s2} \cdot f_{yd} \cdot x = 0$$

$$\text{reálny kořen } x = 0,0279 \text{ m}$$

$$\epsilon_{s1} = \epsilon_{cu3} / x \cdot (x - d_1) = -0,011 < \epsilon_{yd} = 2,070 \text{ vyhovuje}$$

$$\epsilon_{s2} = \epsilon_{cu3} / x \cdot (d' - x) = 68,226 > \epsilon_{yd} = 2,070 \text{ vyhovuje}$$

■ **BOD 4** $\epsilon_{s2} = 0, F_{s2} = 0 \text{ kN}$

$$N_{\text{Rdt,bal}} = F_{s1} = \quad \quad \quad \mathbf{349,67 \quad kN}$$

$$M_{\text{Rdt,bal}} = F_{s1}Z_1 = \quad \quad \quad \mathbf{95,11 \quad kNm}$$

□ **BOD 4'** $\epsilon_{s1} = 0, F_{s1} = 0 \text{ kN}$

$$N'_{\text{Rdt,bal}} = F_{s2} = \quad \quad \quad \mathbf{349,67 \quad kN}$$

$$M'_{\text{Rdt,bal}} = -F_{s2}Z_2 = \quad \quad \quad \mathbf{-95,11 \quad kNm}$$

■ **BOD 5** $\sigma_{s1} = \sigma_{s2} = f_{yd}$

$$N_{\text{Rdt0}} = F_{s1} + F_{s2} = \quad \quad \quad \mathbf{699,35 \quad kN}$$

$$M_{\text{Rdt0}} = F_{s1}Z_1 - F_{s2}Z_2 = \quad \quad \quad \mathbf{0,00 \quad kNm}$$

■ **BOD Z** $x = x_{\text{bal},2}, \epsilon_{s2} = \epsilon_{yd}, \sigma_{s2} = f_{yd}$

$$N_{\text{Rd,Z}} = -(\lambda \xi_{\text{bal},2} d_2 b \eta f_{cd} + \Delta F_s) = \quad \quad \quad \mathbf{-0,329 \quad kN}$$

$$M_{\text{Rd,Z}} = \lambda \xi_{\text{bal},2} d_2 b \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{\text{bal},2} \cdot d_2)/2 + F_{s1}Z_1 + F_{s2}Z_2 = \quad \quad \quad \mathbf{190,32 \quad kNm}$$

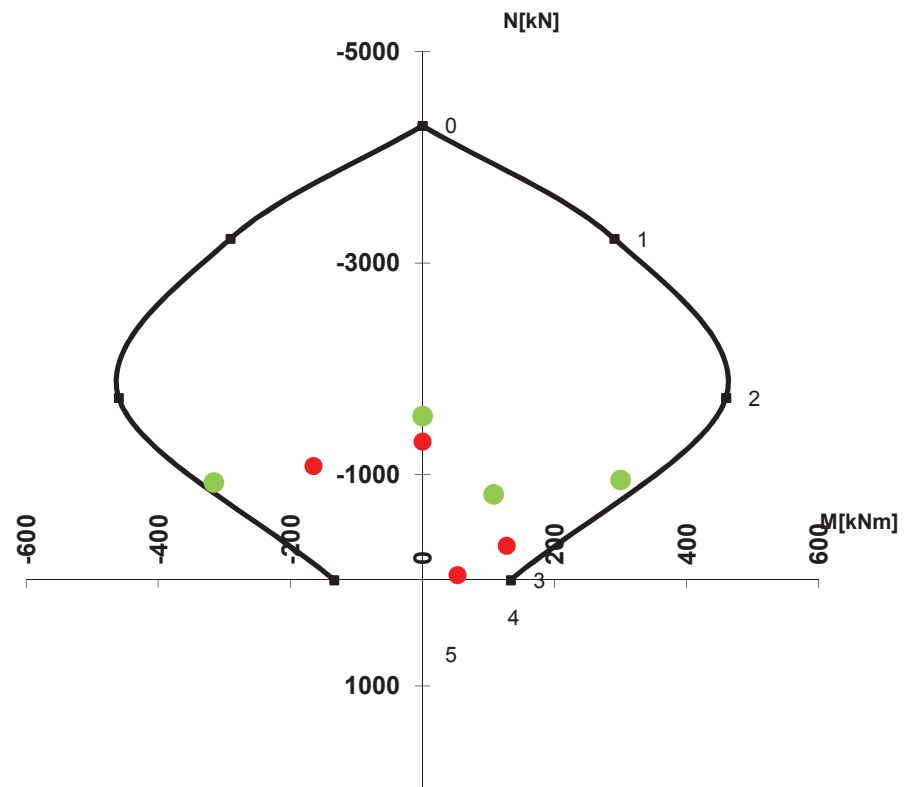
□ **BOD Z'** $x = x_{\text{bal},2} \cdot d_1, \epsilon_{s1} = \epsilon_{yd}, \sigma_{s1} = f_{yd}$

$$N'_{\text{Rd,Z}} = -(\lambda \xi_{\text{bal},2} d_1 b \eta f_{cd} - \Delta F_s) = \quad \quad \quad \mathbf{-0,329 \quad kN}$$

$$M'_{\text{Rd,Z}} = -\lambda \xi_{\text{bal},2} d_1 b \eta f_{cd} (h - \lambda \xi_{\text{bal},2} \cdot d_1)/2 - F_{s1}Z_1 - F_{s2}Z_2 = \quad \quad \quad \mathbf{-190,32 \quad kNm}$$

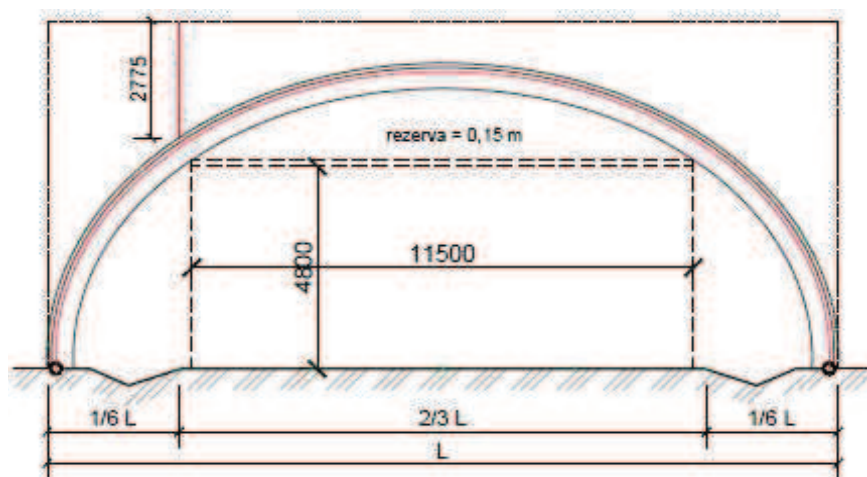
6. POSOUZENÍ - INTERAKČNÍ DIAGRAM

- návrhové zatížení t_{∞}
- návrhové zatížení t_0



Pozn.: Uvažované návrhové hodnoty zatížení vycházejí z obalových křivek maximálních, resp. minimálních hodnot normálových sil a ohybových momentů dosažených na konstrukci v průběhu budování v čase t_0 a po zhotovení konstrukce v čase t_{∞} .

8. ŘEŠENÍ DESKY V PŘÍČNÉM SMĚRU



■ ZATÍŽENÍ - VNITŘNÍ SÍLY

vlastní tíha $g_{0k} = 2,50 \text{ kN/m'}$

zásyp zeminou $g_{1k} = 55,50 \text{ kN/m'}$

proměnné $q_k = 10,00 \text{ kN/m'}$

charakteristické zatížení $\Sigma f_k = 68,00 \text{ kN/m'}$

návrhové zatížení $\Sigma f_d = 93,30 \text{ kN/m'}$

→

$M_{Ed, \text{dolní líc}} = 11,6625 \text{ kNm}$

■ GEOMETRIE

rozpětí trámů $b = 1 \text{ m}$

výška zásypu = **2,775** m

tloušťka desky $h_s = 0,1 \text{ m}$

šířka trámu $b_w = 0,2 \text{ m}$

■ MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

BETON C30/37 $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$
 $f_{cd} = 20 \text{ MPa}$
 $\epsilon_{cu} = 3,5 \text{ ‰}$

OCEL B500B $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$
 $f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$
 $E_s = 210 \text{ GPa}$

■ VYZTUŽENÍ DESKY výztuž dolní líc

$\emptyset_{\text{prutu}} = 8 \text{ mm}$ $d = 0,076 \text{ m}$
 krytí $c = 20 \text{ mm}$ $A_s = 5,03 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{m'}$
Ø 8 á 100mm

■ POSOUZENÍ

výška tlačené oblasti $x = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot f_{cd}} = 0,0137 \text{ m}$

přetvoření výztuže $\epsilon_s = \frac{\epsilon_{cu3}}{x} (d-x) = 0,0160$ >

rameno vnitřních sil $z_c = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x = 0,0705 \text{ m}$

$\epsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = 0,00207$ **vyhovuje**

$M_{Rd, \text{dolní}} = A_s \cdot f_{yd} \cdot z_c = 15,43 \text{ kNm}$ >

$M_{Ed, \text{dolní líc}} = 11,6625 \text{ kNm}$

vyhovuje

7. VYHODNOCENÍ KONSTRUKCE

7.1 BETON

$$\begin{array}{lcl} \text{délka konstrukce } L_{\text{celk.}} = & 24,921 & \text{m} \\ \text{plocha průřezu } A_c = & 0,180 & \text{m}^2 \end{array}$$

$$\text{spotřeba betonu } V_c = 4,486 \text{ m}^3$$

7.2 BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ

$$\begin{array}{lcl} \text{délka výztuže - horní povrch } L_{As2} = & 25,868 & \text{m} \\ \text{počet prutů } n_{pAs2} = & 4 & \\ \text{délka výztuže - dolní povrch } L_{As1} = & 23,983 & \text{m} \\ \text{počet prutů } n_{pAs1} = & 4 & \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{příčná výztuž - dolní povrch } L_{As1} = & 1,5 & \text{m} \\ \text{počet prutů } n_{pAs2} = & 240 & \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{spotřeba výztuže } M_s = & 103,472 \text{ m} & A_{s2} \\ & 95,932 \text{ m} & A_{s1} \\ & 359,745 \text{ m} & \text{př}A_{s1} \end{array}$$

7.3 BEDNĚNÍ

$$\begin{array}{lcl} \text{délka konstrukce } L_{\text{spodní líc}} = & 23,983 & \text{m} \\ \text{bedněná plocha na m' } A_{bp} = & 1,5 & \text{m}^2 \end{array}$$

$$\text{spotřeba bednění } A_b = 35,9745 \text{ m}^2$$

7.4 ODHADOVANÉ NÁKLADY NA KONSTRUKCI

$$\text{cena} = V_c \cdot c_b + M_s \cdot c_s + A_b \cdot c_{bb} = 43481,6 \text{ Kč/m'}$$

po střednici

$$c_b = 3000,00 \text{ Kč/m}^3$$

zdroj : ZAPA Beton

$$\begin{array}{lcl} c_{sAs2} = & 28,36 & \text{Kč/m'} \\ c_{sAs1} = & 28,36 & \text{Kč/m'} \\ c_{spřAs1} : & 7,74 & \text{Kč/m'} \end{array}$$

$$c_{bb} = 600 \text{ Kč/m}^2$$

ÚRS

VYHODNOCENÍ KONSTRUKCE

1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

typ konstrukce :	monolitická
základní geometrie :	elipsa
statické schéma :	2 - kloubový oblouk
varianta průřezu :	nosník

2. PŘEDBĚŽNÉ ZHODNOCENÍ SPOTŘEBY MATERIÁLU A NÁKLADŮ

	nosník 600 1000	nosník 600 1500	nosník 600 2000
2.1 BETON			
- délka konstrukce po střednici $L_{celk.} = [m']$	24,921	24,921	24,921
- plocha betonového průřezu $A_c = [m^2]$	0,18	0,18	0,18
- spotřeba betonu $V_c = [m^3]$	4,486	4,486	4,486
- cena za $1m^3$ betonu =	3000	3000	3000
2.2 BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ			
- délka výztuže - horní povrch $L_{As2} = [m']$	25,868 m	25,868 m	25,868 m
- počet prutů $n_{p2} =$	4	5	5
- spotřeba výztuže $V_s = [m']$	103,472 m	129,340 m	129,340 m
- cena za bm' =	28,36 Kč	36,69 Kč	55,45 Kč
- délka výztuže - dolní povrch $L_{As1} = [m']$	23,983 m	23,983 m	23,983 m
- počet prutů $n_{p1} =$	4	5	5
- spotřeba výztuže $V_s = [m']$	95,932 m	119,915 m	119,915 m
- cena za bm' =	28,36 Kč	36,69 Kč	55,45 Kč
- příčná výztuž - dolní povrch $L_{As1} = [m']$	1,50 m	2,00 m	2,50 m
- počet prutů $n_{pAs1} =$	240	240	240
- spotřeba výztuže $V_s = [m']$	360,00 m	480,000 m	600,000 m
- cena za bm' =	7,74 Kč	21,91 Kč	21,91 Kč
2.3 BEDNĚNÍ			
- délka konstrukce $L_{spodní líc} = [m']$	23,983 m	23,983 m	23,983 m
- bedněná plocha na $bm' = [m^2]$	1,500 m	1,500 m	1,500 m
- spotřeba bednění $V_b = [m^2]$	35,9745	35,9745	35,9745
- cena za $1m^2 =$	600,00 Kč	600,00 Kč	600,00 Kč

3. ODHADOVANÉ NÁKLADY NA KONSTRUKCI

$$\text{cena za 1 } bm' = V_c \cdot c_{\text{beton}} + V_s \cdot c_{\text{výztuž}} + V_b \cdot c_{\text{bednění}}$$

43 483,54 Kč 36 469,34 Kč 31 004,61 Kč