

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

P4) STATICKÝ VÝPOČET ZÁKLADOVÉHO NOSNÍKU

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. RADEK SCHMEIDLER

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. PAVEL ŠULÁK, Ph.D.

BRNO 2016

OBSAH:

OBSAH	2
1. ZATÍŽENÍ	3
2. NÁVRH VÝZTUŽE ZÁKL. NOSNÍKU NA OHYBOVÝ MOMENT	5
3. NÁVRH VÝZTUŽE ZÁKL. NOSNÍKU NA SMYK	8
4. ZÁKLADOVÝ NOSNÍK - VYTAHOVÁNÍ Z FORMY	10
5. SaT MODEL	12
6. PŘEPRAVNÍ ÚCHYTY	18
7. SEZNAM OBRÁZKŮ	20
8. SEZNAM ZDROJŮ	21

1. ZATÍŽENÍ

- ULOŽENÍ ZÁKLADOVÉHO NOSNÍKU NA MONOLITICKOU HLAVICI PILOTY

V místě uložení bude mít základový nosník sníženou výšku na 200 mm.

V místě ozubu nebude platit bernoulli-navierova hypotéza – jedná se o oblast diskontinuit.

Vnitřní síly se určí pomocí SaT modelu.

Zatížení:

Stálé:

	rozměry	výpočet	charak. síla
vlastní tíha nosníku	0,25*(0,25 až 0,7)*5,5m	$0,8375\text{m}^3 * 25\text{kN/m}^3$	20,94 kN
tíha parapetního panelu	0,20 * 1,3 * 5,5m	$1,43\text{m}^3 * 25\text{kN/m}^3$	35,75 kN
tíha obvodového pláště	$1,76\text{kN}/6\text{m}^2$ + na 10m výšky	$1,76\text{kN}/\text{m}^2 * 10\text{m}$	17,60 kN

Proměnné:

	rozměry	výpočet	charak. síla
sníh (na obvod. plášti)	0,15*6,0m	$0,9\text{m}^2 * 1,2\text{kN}/\text{m}^2$	1,08 kN
vítr (přodorysně na vrchu obvod. pláště)	0,15*6,0m	$0,9\text{m}^2 * 0,085\text{kN}/\text{m}^2$	0,08 kN

Kombinace (zjednodušená, na stranu bezpečnou):

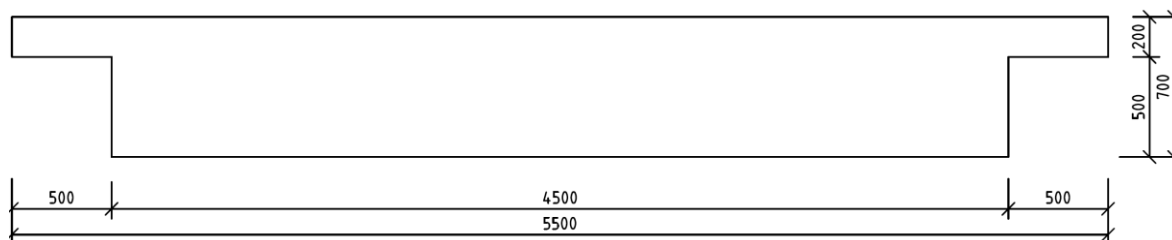
$$G_d = 1,35 * G_k + 1,5 * Q_k = 1,35 * (20,94 + 35,75 + 17,60) + 1,5 * (1,08 + 0,08) = 102 \text{ kN}$$

$$\text{Svislá reakce v podpoře: } F = \frac{1}{2} * G_d = 0,5 * 102,04 = 51 \text{ kN}$$

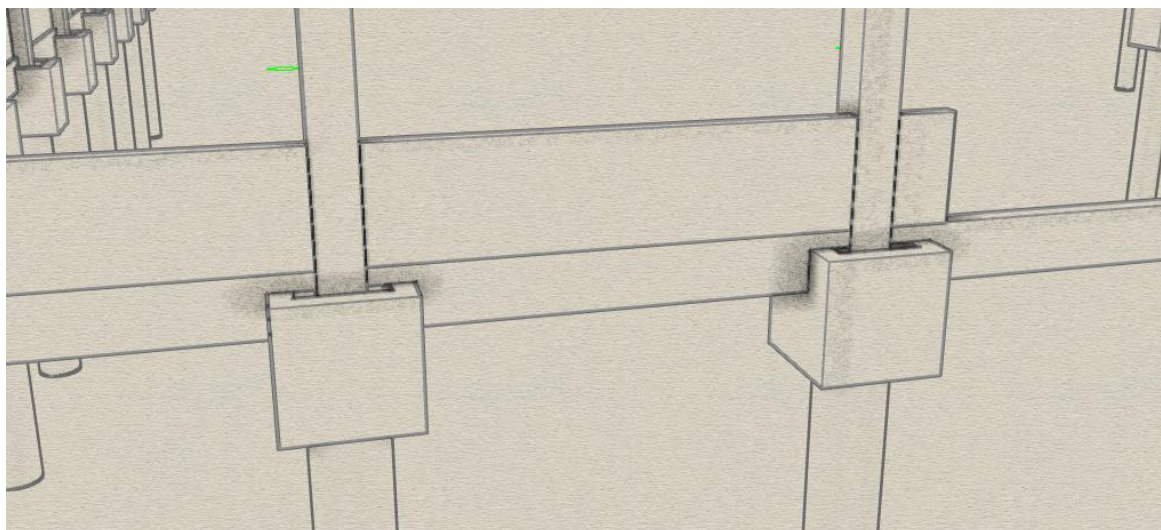
Materiály:

Výztuž B500B: $f_{yd} = 500/1,15 = 434,8 \text{ MPa}$

Beton C25/30: $f_{cd} = 25/1,5 = 16,66 \text{ MPa}$



Obr.1: Pohled na základový nosník



Obr.2: Vizualizace

2. NÁVRH VÝZTUŽE ZÁKLADOVÉHO NOSNÍKU NA OHYBOVÝ MOMENT

- MOMENT V POLI (UPROSTŘED ROZPĚTÍ):

Délka nosníku: $l_{zB} =$	5,480 [m]
Světélé rozpětí: $l_n =$	4,500 [m]
Délka uložení (po osu trnu): $t =$	0,200 [m]
Délka nosníku (do výpočtu): $l = l_n + 2 \cdot t =$	4,900 [m]
Tíha nosníku (2500 kg/m^3): $g_{k,0} =$	4 375 [N/m]
Tíha parapetního panelu: $g_{k,1} = 0,20\text{m} \cdot 1,3\text{m} \cdot 25\text{kN/m}^3 =$	6 500 [N/m]
Tíha podlahy: $g_{k,2} = 0,05\text{m} \cdot 0,3\text{m} \cdot 25\text{kN/m}^3 =$	375 [N/m]
Tíha obvodového pláště: $g_{k,3} = 1,76 \text{ kN/1m výšky} \cdot 10 \text{ m výšky} =$	17,6 [N/m]
Návrhové zatížení: $g_d = 1,35 \cdot g_k =$	15 211 [N/m]

Ohybový moment:	$M_{Ed} = \frac{1}{8} \cdot g_d \cdot l^2 =$	45 653 [Nm]
-----------------	--	-------------

Výška nosníku: $h =$	0,700 [m]
----------------------	------------------

- aby byla pata nosníku v nezámrazné hloubce - zvolena vyšší výška h

Šířka nosníku: $b_w =$	0,250 [m]
------------------------	------------------

Beton: třída C25/30

Charakteristická pevnost betonu v tlaku: $f_{ck} =$	25 000 000 [Pa]
---	-----------------

Návrhová pevnost betonu v tlaku:	$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} =$	16 660 000 [Pa]
----------------------------------	--------------------------------------	-----------------

Pevnost betonu v tahu: $f_{ctm} =$	2 600 000 [Pa]
------------------------------------	----------------

Součinitel spolehlivosti pro beton: $\gamma_c =$	1,5
--	-----

Přetvoření betonu $\varepsilon_{cu3} =$	3,5 [‰]
---	---------

Průměrný modul pružnosti betonu: $E_{cm} =$	31 000 000 000 [Pa]
---	---------------------

Výztuž: B500B

Charakteristická mez kluzu: $f_{yk} =$	500 000 000 [Pa]
--	------------------

Návrhová mez kluzu:	$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} =$	434 780 000 [Pa]
---------------------	--------------------------------------	------------------

Součinitel spolehlivosti pro bet. ocel: $\gamma_s =$	1,15
--	------

Modul pružnosti oceli: $E_s =$	210 000 000 000 [Pa]
--------------------------------	----------------------

Přetvoření oceli:	$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} =$	2,07 [‰]
-------------------	---	----------

Průměr výztuže: $\Phi =$	0,012 [m]
--------------------------	------------------

Průměr smykové výztuže - třmínky: $\Phi_{st} =$	0,008 [m]
<u>Krytí výztuže:</u>	
<u>Minimální hodnota krycí vrstvy: c_{min}</u>	
$c_{min,sl} = \max \{ c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 0,01m \}$	0,025 [m]
smyková výztuž: $c_{min,st} = \max \{ c_{min,b,st}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 0,01m \}$	0,025 [m]
Požadavek soudržnosti: $c_{min,b} = \Phi$	0,012 [m]
Požadavek soudržnosti u smykové výztuže: $c_{min,b,st} = \Phi_{st}$	0,008 [m]
Vliv prostředí (XC2) a třídy konstrukce (S4): $c_{min,dur} =$	0,025 [m]
Přídavná hodnota z hlediska spolehlivosti: $\Delta c_{dur,\gamma} =$	0 [m]
Redukce při nerezavějící oceli: $\Delta c_{dur,st} =$	0 [m]
Redukce při dodatečné ochraně výztuže: $\Delta c_{dur,add} =$	0 [m]
Návrhová odchylka (při provádění ve výrobně): $\Delta c_{dev} =$	0,010 [m]
<u>Nominální hodnota betonové krycí vrstvy: c_{nom}</u>	
$c_{nom,sl} = c_{min} + \Delta c_{dev} =$	0,035 [m]
smyková výztuž: $c_{nom,st} = c_{min,st} + \Delta c_{dev} =$	0,035 [m]
$c_{nom} = \max \{ c_{nom,sl}; \Phi_{st}; c_{nom,st} \} =$	0,035 [m]
<u>Návrhová hodnota betonové krycí vrstvy: c</u>	
$c \geq c_{nom}$	0,035 [m]
<u>Účinná výška ztužidla: $d = h - d_1 =$</u>	
$d_1 =$	0,049 [m]
Odhad plochy výztuže:	
$A_{s,req} = b_w \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_{ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}} \right) =$	1,63E-04 [m ²]
Počet prutů:	3 [ks]
Průměr prutů:	0,012 [m]
Plocha prutů: $A_s =$	3,39E-04 [m ²]
Tlačená plocha betonu:	
$A_{cc} = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{f_{cd}} =$	0,0089 [m ²]
Neutrální osa:	
$x = \frac{A_{cc}}{b \cdot \lambda} =$	0,044 [m]
$x < x_{lim} = \frac{\epsilon_{cu3}}{\epsilon_{cu3} + \epsilon_{yd}} \cdot d =$	
	0,409 [m]
<u>VYHOVUJE</u>	
$\lambda =$	0,8

Přetvoření:	$\varepsilon_s = \frac{\varepsilon_{cu3}}{X} \cdot (d - x) =$	48,0 ‰
	$> \varepsilon_{yd} =$	2,07 ‰
	<u>VYHOVUJE</u>	
Vzdálenost těžiště tlačené oblasti od okraje: $a_{cc} = 0,5 \cdot \lambda \cdot x =$		0,0177 [m]
Rameno vnitřních sil: $z_c = d - a_{cc} =$		0,6333 [m]
Moment na mezi únosnosti: $M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot z_c =$		93 421 [Nm]
Posouzení na ohyb:	$\frac{M_{Ed}}{M_{rd}} =$	0,49 < 1
	<u>VYHOVUJE</u>	
<u>Posouzení vzdáleností výztuže</u>		
Mezery mezi pruty:	$a_{sl} = \frac{b_w - 2 \cdot c - 2 \cdot \phi_{st} - n \cdot \phi_{sl,1}}{n - 1} =$	0,064 [m]
	$a_{sl} > \max \{ 1,2 \cdot \phi_{sl}; dg + 5mm; 20mm \} =$	0,021 [m]
	<u>VYHOVUJE</u>	
<u>Kontrola míry vyztužení</u>		
Minimální plocha výztuže: $A_{s,min,I} = 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_w \cdot d =$		2,20E-04 [m²]
	$A_{s,min,II} = 0,0013 \cdot b_w \cdot d =$	2,12E-04 [m²]
$A_{s,min} = \max \{ A_{s,min,I}; A_{s,min,II} \}$		2,20E-04 [m²]
Maximální plocha výztuže: $A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c =$		7,00E-03 [m²]
Podmínka: $A_{s,min} < A_s < A_{s,max}$	<u>VYHOVUJE</u>	
Stupeň vyztužení:	$\rho = \frac{A_s}{b_w \cdot d} =$	0,0021
Minimální stupeň vyztužení:	$\rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} =$	0,0008
Posouzení stupně vyztužení: $\rho \geq \rho_{w,min}$:	<u>VYHOVUJE</u>	
... VÝPOČET PLATÍ PRO „OBLAST B“, KDE PLATÍ BERNOULLI-NAVIEROVA HYPOTÉZA (TZN. MIMO OBLAST OZUBŮ)		

3. NÁVRH VÝZTUŽE ZÁKL. NOSNÍKU NA SMYK

Délka zákl. nosníku (do výpočtu): $l =$	4,900 [m]
Návrhové zatížení (vč. vlastní hmotnosti): $g_d =$	15 211 [N/m]
$V_{Ed,max} =$	37 268 [N]
$V_{Ed,1} =$	37 268 [N]
Výška nosníku: $h =$	0,700 [m]
Šířka nosníku: $b_w =$	0,250 [m]

Beton:

Charakteristická pevnost betonu v tlaku: $f_{ck} =$	25 000 000 [Pa]
Návrhová pevnost betonu v tlaku: $f_{cd} =$	16 660 000 [Pa]
Pevnost betonu v tahu: $f_{ctm} =$	2 600 000 [Pa]

Výztuž:

Charakteristická mez kluzu: $f_{yk} =$	500 000 000 [Pa]
Návrhová mez kluzu: $f_{yd} = f_{ywd} =$	434 780 000 [Pa]
Modul pružnosti oceli: $E_s =$	210 000 000 000 [Pa]
Účinná výška vaznice: $d =$	0,651 [m]
Průměr výztuže: $\Phi =$	0,012 [m]
Průměr smykové výztuže - třmínky: $\Phi_{st} =$	0,008 [m]
Plocha tahové výztuže zakotvená na kotev. délku: $A_{sl} =$	3,39E-04 [m ²]
Betonová krycí vrstva: $c =$	0,035 [m]

$$\text{Minimální smykové napětí: } v_{\min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,339 \text{ [MPa]}$$

$$\text{Součinitel výšky: } k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,55$$

< 2

VYHOVUJE

$$\text{Stupeň vyztužení: } \rho = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} = 0,0021$$

< 0,02

VYHOVUJE

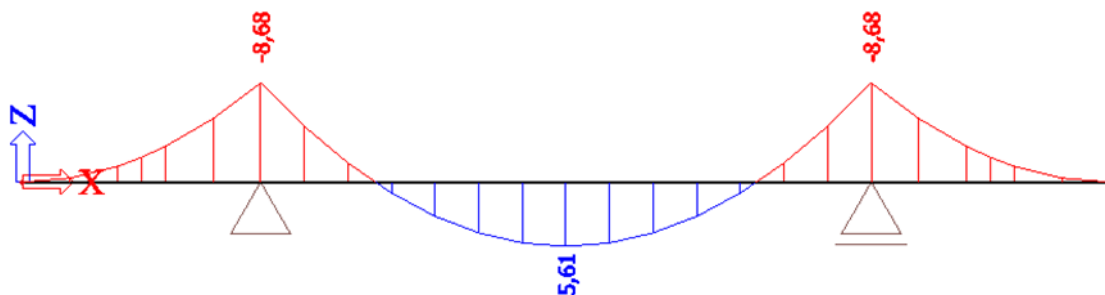
$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c = 0,18 / 1,5 = 0,12$$

Návrhová smyková únosnost betonu a podélné výztuže:

$V_{Rd,c}^* = (C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d =$	52 629 [N]
omezující podmínka: $V_{Rd,c}^* \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$	55 189 [N]
$V_{Rd,c} = \max \{ V_{Rd,c}^*; (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \} =$	55 189 [N]
$V_{Ed,max} =$	37 268 [N]
$V_{Rd,c} > V_{Ed,max} \gg$ NEMUSÍME NAVRHOVAT SMYKOVOU VÝZTUŽ. POSTAČÍ DODRŽENÍ KONSTRUKČNÍCH ZÁSAD.	
<u>POSOUZENÍ KONSTRUKČNÍCH ZÁSAD:</u>	
Plocha smykové výztuže (2-střížné třmínky $\Phi 8$): $A_{sw} =$	1,01E-04 [m ²]
Osová vzdálenost větví třmínků: $S_t = b_w - 2 \cdot c - \phi_{st} =$	0,172 [m]
$S_t < \min \{ 0,75 \cdot d; 0,6m \} =$	0,488 [m]
<u>VYHOVUJE</u>	
Maximální podélná vzdálenost mezi třmínky: $s_{l,max} = \{ 0,75 \cdot d; 0,400m \} =$	0,400 [m]
Navržená podélná vzdálenost mezi třmínky: $s_l =$	0,250 [m]
Stupeň vyztužení: $\rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot s} =$	0,0016
$\rho_w \geq \rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} =$	0,0008
<u>VYHOVUJE</u>	

4. ZÁKLADOVÝ NOSNÍK - VYTAHOVÁNÍ Z FORMY:

Celková délka nosníku: L =	5,480 [m]
Výška nosníku (uprostřed): h =	0,700 [m]
Šířka nosníku: b =	0,250 [m]
Součinitel zatížení: γ_g =	1,35 [-]
Vlastní tíha nosníku: F_k =	20 850 [N]
Plocha nosníku v kontaktu s bedněním: A_{bed} =	8,4 [m ²]
Adheze (z plochy betonu v kontaktu s bedněním): $F_{adh} = 2 \text{ kN/m}^2 \cdot A_{bed} =$	16 784 [N]
Součinitel podmínek působení dílce (pro opakované použití bednění): γ_{man} =	1,3 [-]
Koeficient pro cement (N): s =	0,25 [-]
Doba, po které je dílec vytahován z formy: t =	6 [dní]
Součinitel zohledňující vliv vytahování nevyzrálého bet. prvku z formy:	$\beta_{cc}(t) = e^{s \cdot \left[1 - \left(\frac{28}{t} \right)^{1/2} \right]} =$ 0,748 [-]
Průměrná pevnost betonu v tlaku po 28 dnech: f_{cm} =	33 000 000 [Pa]
Průměrná pevnost betonu v tlaku v čase t: $f_{cm}(t) =$ $\beta_{cc}(t) \cdot f_{cm} =$	24 691 174 [Pa]
Pevnost betonu při vytahování z formy musí dosahovat min. 60 %: $[f_{cm}(t) / f_{cm}] \cdot 100 =$	75 [%]
<u>VYHOVUJE</u>	
Charakteristická pevnost betonu v tlaku po 28 dnech: $f_{ck} =$	25 000 000 [Pa]
Charakteristická pevnost betonu v tlaku v čase t: $f_{ck}(t) = f_{cm}(t) - 8 \text{ MPa} =$	16 691 174 [Pa]
Součinitel spolehlivosti pro beton: γ_c =	1,5 [-]
Návrhová pevnost betonu v tlaku po 28 dnech: $f_{cd} =$ $f_{ck} / \gamma_c =$	16 666 667 [Pa]
Návrhová pevnost betonu v tlaku v čase t:	$f_{cd}(t) = \frac{f_{ck}(t)}{\gamma_c} =$ 11 127 449 [Pa]
Pevnost betonu při vytahování z formy musí dosahovat min. 60 %: $[f_{cd}(t) / f_{cd}] \cdot 100 =$	67 [%]
<u>VYHOVUJE</u>	
Zatížení: $f_1 = 1,3 \cdot \gamma_g \cdot (F_k + F_{adh}) / L =$	12 052 N/m
Zatížení: $f_2 = 1,8 \cdot \gamma_g \cdot \gamma_{man} \cdot F_k / L =$	12 019 N/m
- Manipulační úchyty umístěny ve vzdálenosti 0,21 · L od okrajů vaznice, tj.:	1,200 [m]



Obr.3: Průběh momentů na nosníku při vytahování z bednění

Maximální hodnota momentu: M_{ed} =	8 680 [Nm]
Plocha podélné výztuže: A_s =	3,39E-04 [m ²]
Návrhová mez kluzu oceli: f_{yd} =	434 780 000 [Pa]
Účinná výška nosníku: d =	0,651 [m]
λ =	0,8 [-]
Poloha neutrální osy:	
$x = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot f_{cd}(t)} =$	0,066 [m]
Omezení: $x < x_{lim}$ =	0,409 [m]
	SPLŇUJE
Rameno vnitřních sil: $z_c = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x$ =	0,624 [m]
Moment na mezi únosnosti: $M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot z_c$ =	92 122 [Nm]
Posouzení na ohyb:	
$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} =$	0,1 < 1

**Z.N. VYHOVUJE PŘI
VYTAHOVÁNÍ Z FORMY (NA
OHYB)**

5. SaT MODEL

uzlové oblasti:

součinitel: $v = 1 - (f_{ck} / 250) = 1 - 25/250 = 0,9$

Uzel typu C-C-C: $k = 1,0$, $f_c^{\max} = k \cdot v \cdot f_{cd} = 1,0 \cdot 0,9 \cdot 16,66 = 15,0 \text{ MPa}$

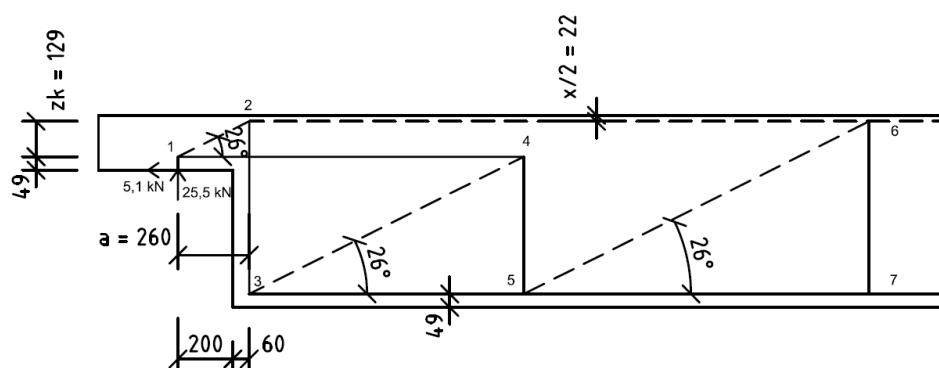
Uzel typu C-C-T: $k = 0,85$, $f_c^{\max} = k \cdot v \cdot f_{cd} = 0,85 \cdot 0,9 \cdot 16,66 = 12,74 \text{ MPa}$

Tlak pod styčnou deskou:

$\sigma_c = F / (a \cdot b) = 0,051 \text{ MN} / (0,15 \cdot 0,25) = 1,36 \text{ MPa} \leq f_c^{\max} = 12,74 \text{ MPa}$

Rozděleno na 2 SaT modely:

MODEL 1



Obr.4: SaT model 1

$F^* = 0,5 \cdot F = 0,5 \cdot 51 = 25,5 \text{ kN}$

Výztuž táhla T_{23} :

$T_{23} = F^*$

$A_s = 1,2 \cdot T_{23} / f_{yd} = 1,2 \cdot (25,5 \text{ kN} / 434,8 \text{ MPa}) = 70,4 \text{ mm}^2$

→ 2-střížný třmínek $\Phi 8 \text{ mm}$ ($A_s = 100 \text{ mm}^2$)

rameno $a = 260 \text{ mm}$ (tj. rameno síly F^*)

rameno vnitřních sil ozubu: $z_k = 200 - 49 - 22 = 129 \text{ mm}$

sklon tlačené diagonály C_{12} : $\theta_1 = 26^\circ$

síla v tlačené diagonále $C_{12} = (F^*) / \sin \theta_1 = 25,5 \text{ kN} / \sin 26^\circ = 58,17 \text{ kN}$

tlačková síla při horním lici ozubu: $C^{(1)+(2)} = C_{12}^{(1)} \cdot \cos \theta_1 + (F - F^*) = 58,17 \cdot \cos 26^\circ + (51 - 25,5) = 77,78 \text{ kN}$

výška tlačené oblasti: $x = C^{(1)+(2)} / f_c^{\max} = 77,78 \text{ kN} / 12,74 \text{ MPa} = 6 \text{ mm}$

rameno vnitřních sil ozubu: $z_k = 200 - 49 - 6/2 = 148 \text{ mm}$

Výztuž táhla T₁₄:

$$\text{Síla v táhle } T_{14} = (F^* \cdot a + H_{Ed} \cdot z_k) / z_k = (25,5 \cdot 0,260 + 5,1 \cdot 0,148) / 0,148 = 48,17 \text{ kN}$$

$$A_{s,nutná} = T_{14} / f_{yd} = 48,17 \text{ kN} / 434,8 \text{ MPa} = 111 \text{ mm}^2$$

$$\rightarrow 1 \text{ smyčka } \Phi 12 \text{ mm } (A_{s,provedená} = 226 \text{ mm}^2)$$

Výpočet kotevní délky výztuže:

návrhová pevnost oceli v tahu:

$$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_C = 1,8 / 1,5 = 1,2 \text{ MPa}$$

mezni napětí v soudržnosti:

$$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 = 2,7 \text{ MPa}$$

napětí ve výztuži:

$$\sigma_{sd} = \frac{A_{s,nutná}}{A_{s,provedená}} \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_m} = \frac{111}{226} \cdot \frac{500}{1,15} = 213,5 \text{ MPa}$$

základní kotevní délka:

$$l_{b,rqd} = \frac{\Phi}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} = \frac{12}{4} \cdot \frac{213,5}{2,7} = 238 \text{ mm}$$

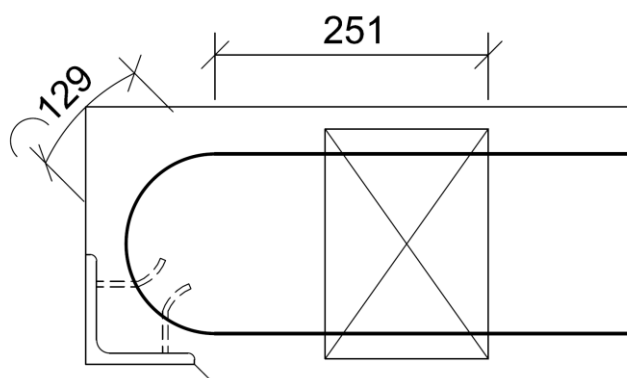
minimální kotevní délka:

$$l_{b,min} = \max \{0,3 \cdot l_{b,rqd}; 10 \cdot \Phi; 100 \text{ mm}\} = \max \{0,3 \cdot 238; 10 \cdot 12; 100 \text{ mm}\} = 120 \text{ mm}$$

návrhová kotevní délka:

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} = 1 \cdot 0,713 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 238 = 170 \text{ mm} \geq l_{b,min} = 120 \text{ mm}$$

$$\alpha_2 \dots \text{vyjadřuje vliv krycí vrstvy betonu} = 1 - 0,15 \cdot (c_d - \Phi) / \Phi = 1 - 0,15 \cdot (35 - 12) / 12 = 0,713$$



Obr.5: Půdorys ozubu – kotevní délka smyčky

Je k dispozici délka prutu k zakotvení: $129 \text{ mm} + 251 \text{ mm} = 380 \text{ mm} > l_{bd} = 170 \text{ mm}$

→ vyhovuje

Kontrola zakřivení prutu:

$$F_{bt} = \sigma_{sd} \cdot A_{s,1ks} = 213\,500 \cdot (\pi \cdot 0,012^2 / 4) = 24,14 \text{ kN}$$

$$a_b = 35 + 8 + 12/2 = 49 \text{ mm}$$

$$\Phi_{m,min} \geq F_{bt} \cdot \left(\frac{1}{a_b} + \frac{1}{2\phi} \right) / f_{cd} = 24140 \cdot \left(\frac{1}{49} + \frac{1}{2 \cdot 12} \right) / 16,66 = 90 \text{ mm}$$

$80 \text{ mm} < 90 \text{ mm}$ → Zakřivení prutu je menší než minimální!

→ Místo jedné smyčky $\Phi 12 \text{ mm}$ navrhnu dva samostatné pruty $\Phi 12 \text{ mm}$:

Je k dispozici délka prutu k zakotvení: $210 + 110 = 320 \text{ mm} > l_{bd} = 170 \text{ mm}$

→ vyhovuje

Návrh výztuže táhel T_{45} , T_{67} :

$$A_s = (1,2 \cdot F^*) / f_{yd} = 1,2 \cdot (25,5 \text{ kN} / 434,8 \text{ MPa}) = 70,4 \text{ mm}^2$$

→ 2-střížný třmínek $\Phi 8 \text{ mm}$ ($A_s = 100 \text{ mm}^2$)

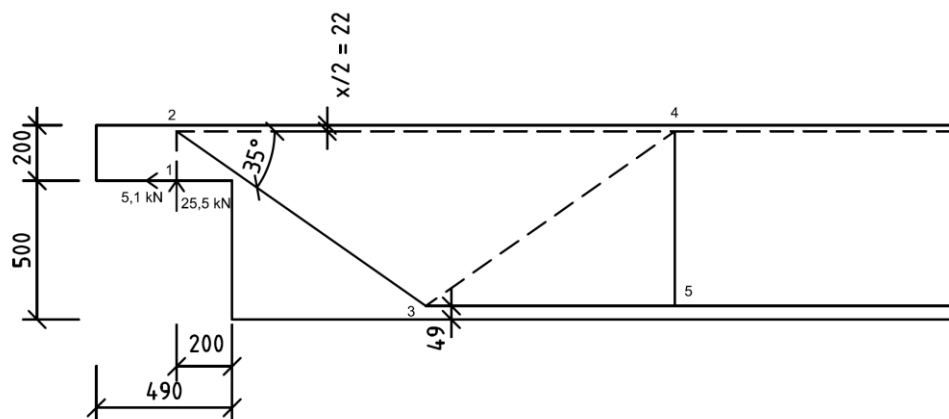
Svislá a vodorovná výztuž ozubu:

$$\beta = \frac{(120 + 60)}{2 \cdot 151} = 0,596$$

Svislá výztuž musí přenést tahovou výztuž:

$$\beta \cdot F^* = 0,596 \cdot 25,5 = 15,20 \text{ kN}$$

MODEL 2



Obr.6: SaT model 2

Sklon šikmého taženého prutu je zvolen: 35°

Táhlo T_{23}

Síla v táhle $T_{23} = 25,5 / \sin 35^\circ = 44,50 \text{ kN}$

$A_{s,\text{nutná}} = T_{23} / f_{yd} = 44,50 \text{ kN} / 434,8 \text{ MPa} = 103 \text{ mm}^2$

→ šikmá výztuž 2ks $\Phi 12 \text{ mm}$ ($A_{s,\text{provedená}} = 226 \text{ mm}^2$)

Výpočet kotevní délky výztuže:

$$\text{napětí ve výztuži: } \sigma_{sd} = \frac{A_{s,\text{nutná}}}{A_{s,\text{provedená}}} \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_m} = \frac{103}{226} \cdot \frac{500}{1,15} = 198,2 \text{ MPa}$$

$$\text{základní kotevní délka: } l_{b,\text{rqd}} = \frac{\Phi}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} = \frac{12}{4} \cdot \frac{198,2}{2,7} = 220 \text{ mm}$$

minimální kotevní délka:

$$l_{b,\text{min}} = \max \{0,3 \cdot l_{b,\text{rqd}}; 10 \cdot \phi; 100 \text{ mm}\} = \max \{0,3 \cdot 220; 10 \cdot 12; 100 \text{ mm}\} = 120 \text{ mm}$$

návrhová kotevní délka:

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,\text{rqd}} = 1 \cdot 0,713 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 120 = 90 \text{ mm} \geq l_{b,\text{min}} = 120 \text{ mm} \rightarrow l_{bd} = 120 \text{ mm}$$

Je k dispozici délka prutu k zakotvení: $129 \text{ mm} + 251 \text{ mm} = 380 \text{ mm} > l_{bd} = 120 \text{ mm}$

→ vyhovuje

Kontrola zakřivení prutu:

$$F_{bt} = \sigma_{sd} \cdot A_{s,1ks} = 198 \cdot 200 \cdot (\pi \cdot 0,012^2 / 4) = 22,42 \text{ kN}$$

$$a_b = 35 + 8 + 12/2 = 49 \text{ mm}$$

$$\Phi_{m,\text{min}} \geq F_{bt} \cdot \left(\frac{1}{a_b} + \frac{1}{2\phi} \right) / f_{cd} = 22420 \cdot \left(\frac{1}{49} + \frac{1}{2 \cdot 12} \right) / 16,66 = 84 \text{ mm}$$

80 mm < 84 mm → Zakřivení prutu je menší než minimální!

→ Místo jedné smyčky $\Phi 12$ mm navrhnu dva samostatné pruty $\Phi 12$ mm:

Je k dispozici délka prutu k zakotvení: 210 mm + 110 mm = 320 mm > $l_{bd} = 120$ mm

→ vyhovuje

Návrh konstrukční výztuže ozubu:

Tlaková síla $C_{12} = 58,17$ kN (**z modelu 1**)

Délka vzpěry: $h = 290$ mm

Šířka vzpěry ve styčnicku 1: $a = 150 / \sin 26^\circ = 342$ mm

Příčná tahová síla při úplné nespojitosti oblasti:

$$2 \cdot F_t = 0,5 \cdot \left(1 - 0,7 \cdot \frac{a}{h}\right) \cdot F = 0,5 \cdot \left(1 - 0,7 \cdot \frac{342}{290}\right) \cdot 58,17 = 5,1 \text{ kN} \rightarrow \text{rozdělím do svislé a}$$

vodorovné složky (a přidám 20 % plochy → omezuje vznik trhlin a není kolmá na trhliny):

Svislá síla: $1,2 \cdot 5,1 \cdot \cos 26^\circ = 5,5$ kN

Vodorovná síla: $1,2 \cdot 5,1 \cdot \sin 26^\circ = 2,7$ kN

Tlaková síla $C_{12} = 25,5$ kN (**z modelu 2**)

Délka vzpěry: $h = 178$ mm

Šířka vzpěry ve styčnicku 1: $a = 150$ mm

Příčná tahová síla při úplné nespojitosti oblasti:

$$2 \cdot F_t = 0,5 \cdot \left(1 - 0,7 \cdot \frac{a}{h}\right) \cdot F = 0,5 \cdot \left(1 - 0,7 \cdot \frac{150}{178}\right) \cdot 25,5 = 5,3 \text{ kN}$$

Celková síla ve vodorovné výztuži: $2,7 + 5,3 = \mathbf{8 \text{ kN}}$

$$A_{s,\text{nutná}} = 8 \text{ kN} / f_{yd} = 8 \text{ kN} / 434,8 \text{ MPa} = 2 \text{ mm}^2$$

→ vodorovná výztuž: 2ks $\Phi 8$ mm ($A_{s,\text{provedená}} = 100 \text{ mm}^2$)

Celková síla ve svislé výztuži: $5,5 + (\beta \cdot F^*) = 5,5 + 15,20 = \mathbf{20,7 \text{ kN}}$

$$A_{s,\text{nutná}} = 20,7 \text{ kN} / f_{yd} = 20,7 \text{ kN} / 434,8 \text{ MPa} = 48 \text{ mm}^2$$

→ svislá výztuž: 2ks $\Phi 8$ mm ($A_{s,\text{provedená}} = 100 \text{ mm}^2$)

KONSTRUKČNÍ ZÁSADY

Maximální podélná vzdálenost mezi třmínky (ve zvýšené části):

$$s_{l,\text{max}} = \{0,75 \cdot d; 0,400 \text{ m}\} = \{0,75 \cdot 651; 0,400 \text{ m}\} = 400 \text{ mm}$$

Maximální podélná vzdálenost mezi třmínky (v ozubu):

$$s_{l,\max} = \{0,75 \cdot d; 0,400m\} = \{0,75 \cdot [200-49]; 0,400m\} = 113 \text{ mm}$$

SHRNUTÍ:

T₂₃ - 2-střížný třmínek $\Phi 8$ mm

T₁₄ - 1 smyčka $\Phi 12$ mm

T₄₅, T₆₇ - 2-střížný třmínek $\Phi 8$ mm

šikmá výztuž – 1 smyčka $\Phi 12$ mm

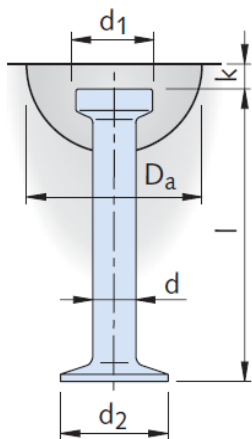
ozub:

vodorovná výztuž: 2ks $\Phi 8$ mm

svislá výztuž: 2ks $\Phi 8$ mm

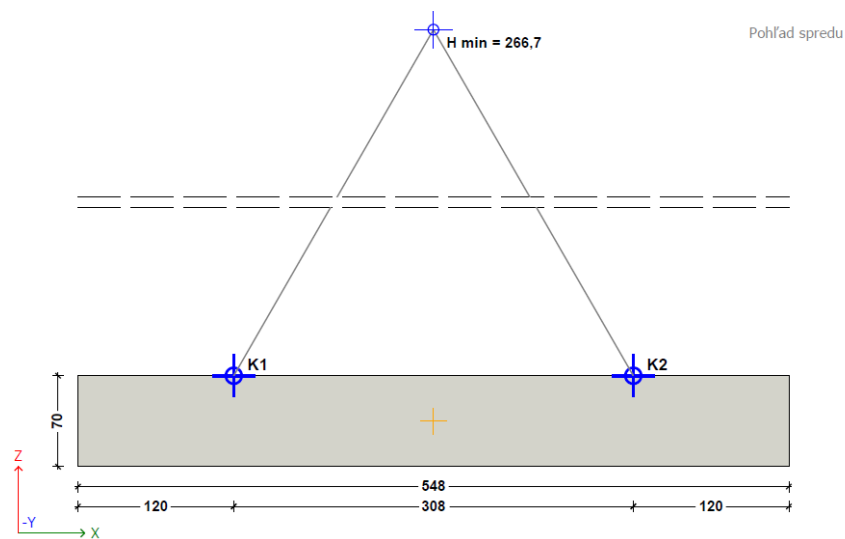
6. PŘEPRAVNÍ ÚCHYTY

Pro vytahování z formy a přesun prefabrikátů jsou navrženy přepravní úchyty s kulovou hlavou od firmy HALFEN:

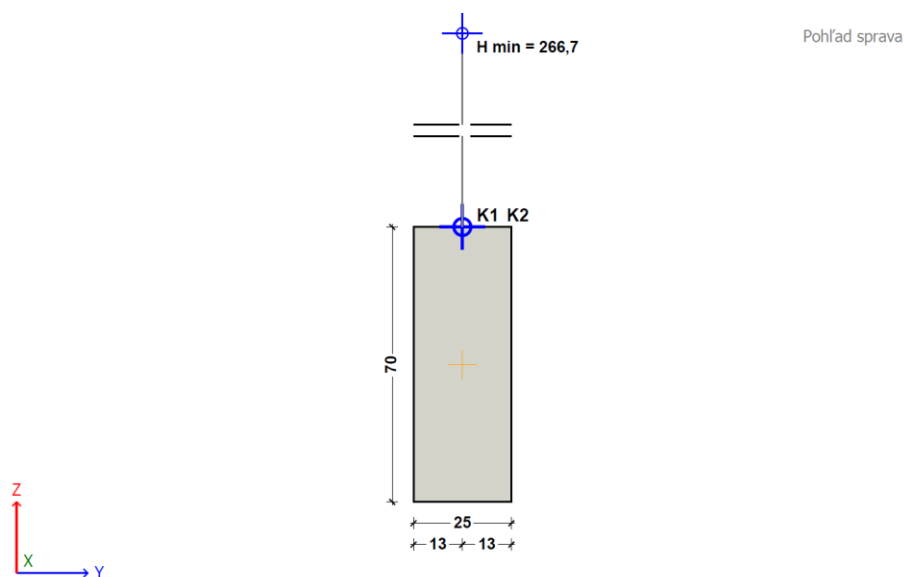


Obr.7: Přepravní úchyt s kulovou hlavou

Samotný návrh úchytů byl proveden v programu TPA 3.13 firmy HALFEN:



Obr.8: Pohľad



VÝPOČTY

Vychodisková hodnota:

Hmotnosť:	24,0 kN
Objem:	1,0 m ³
Ťažisko:	
Sx:	274,0 cm
Sy:	12,5 cm
Sz:	35,0 cm
Plocha debnenia:	3,8 m ²
Príľnavosť na debnenie:	7,7 kN
Vrchol. uhol záves. zar.:	30,0°
Súčiniteľ vrchol. uhla záves. zar.:	1,15
Dynamický súčiniteľ - paneláreň:	1,30
Dynamický súčiniteľ - stavenisko:	2,50
Pevnosť betónu v panelárni:	15 N/mm ²
Pevnosť betónu na stavenisku:	15 N/mm ²
Počet nosných kotiev:	2

Zaťaženie:

Celkové zaťaženie:	
Paneláreň - zdvíhanie:	31,6 kN
Paneláreň - transport:	31,2 kN
Stavenisko - preprava / montáž:	59,9 kN
Zaťaženia (paneláreň / stavenisko):	
Kotva 1:	18,3 kN / 34,6 kN
Kotva 2:	18,3 kN / 34,6 kN

Všeobecné:

Minimálna výška háku:	266,7 cm
-----------------------	----------

Obr.9: Vstupní údaje

DETAILY KOTVY

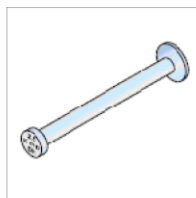
Typ kotvy:	DEHA Kotva s guľovou hlavou 6000
Vybraná kotva:	6000-4,0-0240

Výstuž / Povolené zaťaženie:

Dĺžka kotvy l:	240 mm
Minimálna výška nosníka B1:	487 mm
Hrúbka steny 2 × er:	160 mm
Povolené zaťaženie pre osový ťah do 30°; β _w = 15 N/mm ² :	38,9 kN
Osová vzdialenosť kotiev ez:	745 mm
Základná výstuž prekrížená:	2 × 131 mm ² /m

Detaily kotvy:

Popis položiek (paneláreň):	6000-4,0-0240
Obj. č.:	735.010-00029
Zaťažová skupina:	4 t
Rozmery	
l:	240 mm
d:	18 mm
d1:	36 mm
d2:	45 mm
k:	15 mm
Da:	94 mm



Obr.10: Návrh kotvy

7. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr.1: Pohled na základový nosník

Obr.2: Vizualizace

Obr.3: Průběh momentů na nosníku při vytahování z bednění

Obr.4: SaT model 1

Obr.5: Půdorys ozubu – kotevní délka smyčky

Obr.6: SaT model 2

Obr.7: Převrácení úchyt s kulovou hlavou

Obr.8: Pohled

Obr.9: Vstupní údaje

Obr.10: Návrh kotvy

8. SEZNAM ZDROJŮ

- [1] ČSN EN 1990. *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*. Praha: Český normalizační institut, 2011.
- [2] ČSN EN 1991-1-1. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [3] ČSN EN 1991-1-3. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem*. Praha: Český normalizační institut, 2013.
- [4] ČSN EN 1991-1-4. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem*. Praha: Český normalizační institut, 2013.
- [5] ČSN EN 1992-1-1. *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Český normalizační institut, 2011.
- [6] ČSN 73 0035. *Zatížení stavebních konstrukcí*. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 1986 (+ změny 1991, 1994).
- [7] ZICH, Miloš. *Příklady posuzování betonových prvků dle Eurokódů*. Praha: Dashöfer Holding, Ltd. & Verlang Dashöfer, nakladatelství, s.r.o., 2010. ISBN 978-80-86897-38-7.
- [8] ŠVAŘÍČKOVÁ, Ivana. *Tabulky do cvičení betonových konstrukcí* [online]. 2012. vyd. [cit. 2015-12-29]. Dostupné z: <http://www.fce.vutbr.cz/BZK/svarickova.i/pdf/BL01/Tabulky.pdf>
- [9] ŠVAŘÍČKOVÁ, Ivana. *VYZTUZE.pdf* [online]. [cit. 2015-12-29]. Dostupné z: <http://www.fce.vutbr.cz/BZK/svarickova.i/pdf/CL01/VYZTUZE.pdf>
- [12] PROCHÁZKA, Jaroslav. *Navrhování betonových konstrukcí: příručka k ČSN EN 1992-1-1 a ČSN EN 1992-1-2*. 1. vyd. Praha: Pro Ministerstvo pro místní rozvoj a Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) vydalo Informační centrum ČKAIT, 2010, 330 s. Technická knižnice (ČKAIT). ISBN 978-80-87438-03-9.
- [16] SEMRÁD, Karel a Csaba SZÜCS. *ŘEŠENÉ PŘÍKLADY BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ POMOCÍ PŘÍHRADOVÉ ANALOGIE* [online]. Praha: ČVUT v Praze, Katedra betonových a zděných konstrukcí, 2009 [cit. 2015-12-29]. Dostupné z: http://concrete.fsv.cvut.cz/pomucky/down/Resene_priklady_BK_pomoci_prihradove_analogie.pdf