

Investor: Statutární město Brno, městská část Brno – střed, Dominikánská 2, 601 69 Brno  
Stavba: **REKONSTRUKCE – LIDICKÁ 8, BYT č. 4**

Část: **D1.2. Stavebně konstrukční část**  
Stupeň: Dokumentace pro stavební povolení  
Zodp. projektant: Ing. Jiří Hlučil  
Vypracoval: Ing. Vojtěch Kostiha  
Datum: Březen 2016

Obsah: **D1.3. – STATICKÝ VÝPOČET**

Výtisk č.:

# Obsah

## **Statický výpočet – Příklad P1**

<i>Zatížení</i>	1
<i>Návrh a posouzení</i>	3
<i>Posouzení zdiva</i>	4

**PŘEKLAD NAD OTVOREM**

(byt č.4, ulice Lidická, Brno)

Předpoklad:

- zdívo z CPP (P10)
- malta MVC (M1)

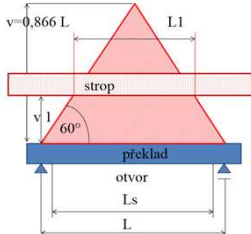
- výška překladu

$$h_p = 0,25 \text{ m}$$

$$a = \min\{h/2; t/2\} =$$

$$a = 0,100 \text{ m}$$

- prostý nosník



- úhel roznosu

$$\alpha = 60^\circ$$

**1. Geometrie**

- šířka otvoru  $b_o = 0,70 \text{ m}$
- výška otvoru  $h_o = 2,10 \text{ m}$
- tl. zdíva  $t_z = 0,60 \text{ m}$

**2. Statické schéma**

- uložení překladu  $u_{p, \min} = 0,15 \text{ m}$   
 $u_p = 0,20 \text{ m}$
- efektivní délka překladu  $l_{\text{eff}} = l_o + 2a = 0,7 + 2 \cdot 0,1 = 0,900 \text{ m}$

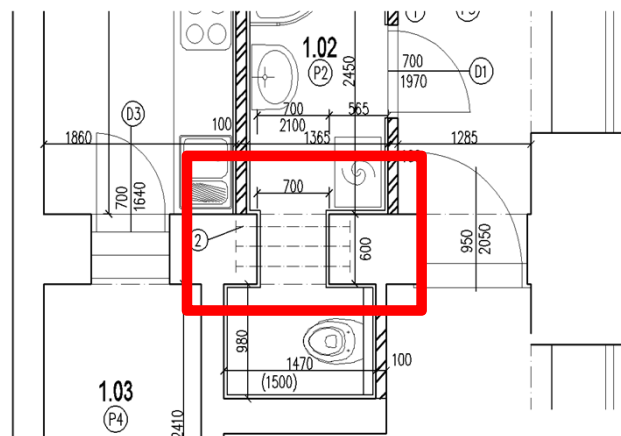
- roznos zatížení

$$h_z = \tan \alpha \cdot l_{\text{eff}} / 2 = \tan 60^\circ \cdot 0,9 / 2 = 0,7794 \text{ m} = 0,780 \text{ m}$$

- úroveň stropu  $h_s = 3,10 \text{ m}$ 

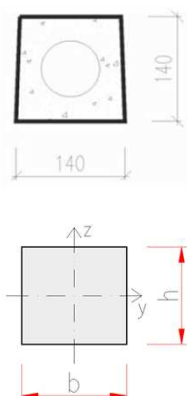
$$\rightarrow h_{z, \text{celk}} = h_o + h_z = 2,1 + 0,78 = 2,880 \text{ m} \geq h_s \rightarrow \text{přenáší pouze zatížení zdíva}$$

$$\rightarrow \text{šířka zatížení z horní stavby} \quad h_{zs} = -0,254 = 0,0 \text{ m}$$

**3. Zatížení****Zatížení - PŘEKLAD P1**

Překlad P1	výška [m]	objemová tíha [kN/m³]	charakteristické $g_k$ [kN/m]	$\gamma_f$	výpočtové $g_d$ [kN/m]
- zatížení z horní stavby (stálé)			0,000	1,35	0,000
- zatížení z horní stavby (nahodilé)			0,000	1,5	0,000
- zatížení strop (stálé)			0,000	1,35	0,000
- zatížení strop (nahodilé)			0,000	1,5	0,000
- zatížení zdívo tl. 600 mm	0,60	19	8,892	1,35	12,004
- vl. tíha překladu, $h = 250 \text{ mm}$	0,25	25	3,750	1,35	5,063
- omítka MVC tl. 20 mm	0,02	21	0,865	1,35	1,168
- zatěžovací plocha $A_z = 5,94 \text{ m}^2$	celkem na m g [kN/m]		13,507	1,35	18,235
	celkem na m q [kN/m]		0,0		0,0

- Pozn.: \* uvažovány dřevěné stropy - zatížení konstrukcí stropu uvažováno hodnotou  $5 \text{ kN/m}^2$   
 \* zatížení podlahou uvažováno hodnotou  $2,5 \text{ kN/m}^2$   
 \* užitní zatížení od stropu (kategorie A) uvažováno hodnotou  $2 \text{ kN/m}^2$   
 \* nad překladem se nachází 3 typická podlaží (bez bližší specifikace) - uvažována výška podlaží 4 m

**4. Návrh překladu**

I. systémové překlady typu RZP - navržený typ: RZP 149/14/14 V

- šířka překladu  $b_p = 0,14 \text{ m}$
- výška překladu  $h_p = 0,14 \text{ m}$
- délka překladu  $l_p = 1,49 \text{ m}$
- uložení  $u_p = 0,40 \text{ m} \geq u_{\min} = 0,15 \text{ m} \rightarrow \text{vyhovuje}$
- navržený počet kusů  $n_p = 4 \text{ ks}$
- únosnost 1ks  $q_n = 4,07 \text{ kN/m}$  - liniové užitné zatížení  
 $Q_n = 6,40 \text{ kN/m}$  - únosnost ve smyku  
 $M_n = 2,13 \text{ kN/m}$  - únosnost v ohybu  
 $w_n = 0,30 \text{ kN/m}$  - mezní průhyb

**5. Vnitřní síly a posouzení**

Tabulkové posouzení

$$V_{Ed} = 5,416 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 1,493 \text{ kNm}$$

$g_{Ed} = 11,65 \text{ kN/m}$	$\leq$	$r_d = 16,28 \text{ kN/m}$	$\rightarrow \text{vyhovuje}$
$V_{Ed} = 5,24 \text{ kN/m}$	$\leq$	$r_d = 25,60 \text{ kN/m}$	$\rightarrow \text{vyhovuje}$
$g_{Ed} = 1,18 \text{ kN/m}$	$\leq$	$r_d = 8,52 \text{ kN/m}$	$\rightarrow \text{vyhovuje}$
$w_{lin} = 0,0120 \text{ mm}$	$\leq$	$w_d = 0,30 \text{ mm}$	$\rightarrow \text{vyhovuje}$
$w_{nelin} = 0,0410 \text{ mm}$	$\leq$	$w_d = 1,80 \text{ mm}$	$\rightarrow \text{vyhovuje}$

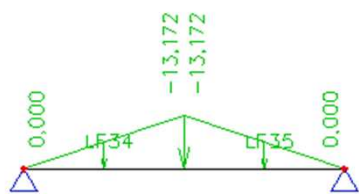
**Zatěžovací stavy**

č.	název	typ zatížení	komb. souč.
1.	vlastní tíha	stálé	1,35
2.	ostatní stálé (vč. stropu)	stálé	1,35

Zatěžovací stavy kombinovány dle rovnice 6.10

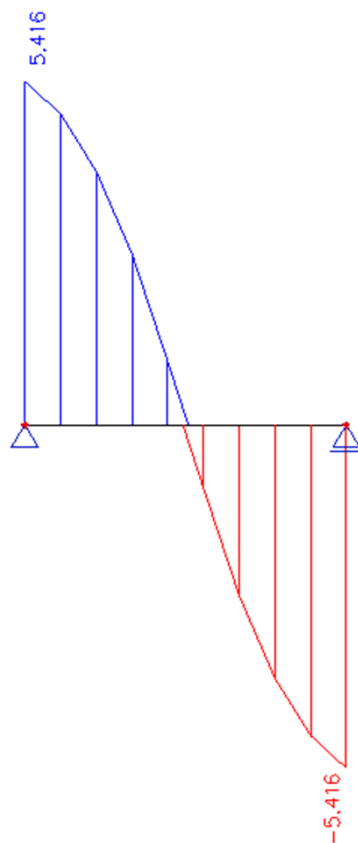
Zatížení

- ostatní stálé

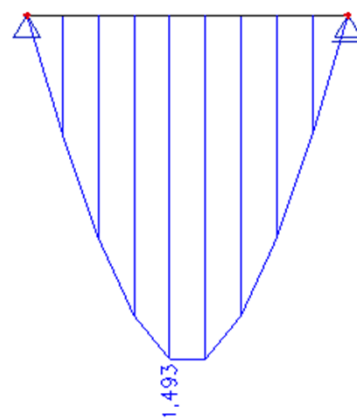


Vnitřní síly

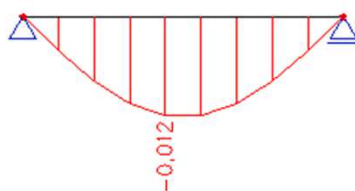
$V_{Ed}$  [kN]



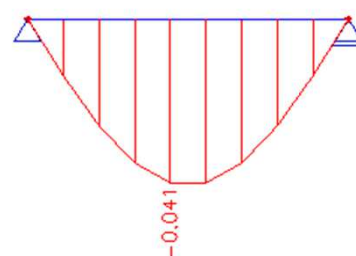
$M_{Ed}$  [kNm]



- lineární průhyb



- nelineární průhyb

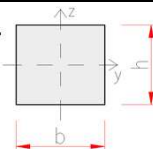


**PŘEKLAD P1** - železobetonová varianta

(posudek dle ČSN EN 1992-1-1)

**Vstupní veličiny**

Šířka  $b = 600$  mm  
 Výška  $h = 140$  mm  
 Krytí  $c = 30$  mm



$V_{Ed} = 5,416$  kN  
 $M_{Ed} = 1,493$  kNm

**Materiál**

Beton **C 25/30**  $\gamma_c = 1,5$  Výztuž **B500 (10505)**  $\gamma_s = 1,15$   
 $f_{ck} = 25$  MPa  $f_{yk} = 500$  MPa  
 $f_{ctm} = 2,6$  MPa  $E_s = 200$  GPa  
 $E_{cm} = 31$  GPa  $f_{yd} = 434,8$  MPa  
 $f_{cd} = 16,67$  MPa

**Výztuž**

podélná  $\phi = 10$  mm  $3$  ks  $A_{st,celk} = 235,6$  mm<sup>2</sup>  
 + dovyztužení  $\phi = 12$  mm  $0$  ks  $A_{st} = 0,0$  mm<sup>2</sup>  
 třmínky  $\phi = 8$  mm  $s = 70$  mm  $A_{st,celk} = 235,6$  mm<sup>2</sup>  
 počet stříhů  $2$   $A_{sw} = 100,5$  mm<sup>2</sup>  
 Ocel třmínků **B500 (10505)**  
 $f_{ywk} = 500$  MPa  $f_{ywd} = 434,8$  MPa

**Posouzení ohybu**

$d' = 43,0$  mm  $d = h - d' = 97,0$  mm  
 $x = 12,8$  mm  $A_{st,min} = 78,7$  mm<sup>2</sup>  
 $x_{lim} = 59,8$  mm  $A_{st,max} = 2318,6$  mm<sup>2</sup>  
 $x_{lim} > x$  vyhovuje  $A_{st,max} > A_{st} \geq A_{st,min}$  splněno

**Moment únosnosti**

$M_{Rd} = f_{yd} A_{st} Z_c = 9,4$  kNm  $Z_c = 91,88$  mm  
 $M_{Rd} = 9,412$  kNm  $\geq M_{Ed} = 1,493$  kNm  
**průřez VYHOVUJE**

**Posouzení smyku****Posouvající síla přenášená betonem**

$\rho_1 = 0,00 < 0,02$   $k = 2,4 < 2$   $C_{Rd,c} = 0,12$   
 $v_{min} = 0,035 \cdot k^{1,5} \cdot \sqrt{f_{ck}} = 0,67$   
 $V_{Rd,cm} = C_{Rd,c} \cdot k(100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot b \cdot d = 22,7$  kN  $\min V_{Rd,c} = 38,7$  kN

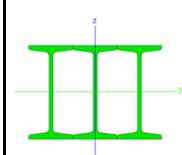
Smyková výztuž pouze konstrukční.

**Posouvající síla přenesená betonem se smykovou výztuží**

$\cotg \theta = 1,5 < 1,0 - 2,5 >$   $s_{max} = 72,8$  mm  
 neposuzuje se podmínka splněna  
 $\rho_w = 0,0024$   $\rho_{w,min} = 0,0008$

 $\rho_w \geq \rho_{w,min}$  podmínka splněna

$V_{Rd,s} = A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot Z \cdot \cotg \theta / s = 86,1$  kN  
 $V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot Z \cdot v_1 \cdot f_{cd} / (\cotg \theta + \tan \theta) = 229,0$  kN  
 $V_{Rd,s} = 86,1$  kN  $\geq V_{Ed} = 5,4$  kNm  
**průřez VYHOVUJE**

Délka prvku  $l = 0,9$  mLineární průhyb  $w_{lim} = L/500 = 900/500 = 1,8$  mmPosouzení  $w = 0,012$  mm  $\leq w_{lim} = 1,8$  mm  $\rightarrow$  **VYHOVUJE****Nelineární průhyb s dotvarováním** $w_{lim} = L/250 = 900/250 = 3,6$  mm $w = 0,041$  mm  $\leq w_{lim} = 3,6$  mm  $\rightarrow$  **VYHOVUJE***Prvek vyhoví na posouzení II. mezního stavu.***Alternativní varianta:** ocelový nosník 3x I140 (S235)  $\rightarrow f_d = 204,348$  MPa

- plocha  $A = 5,55E-03$  m<sup>2</sup>  
 - moment setrvačnosti  $W_{el,y,z} = 2,49E-04$  1,74E-04 m<sup>3</sup>  
 $W_{pl,y,z} = 2,90E-04$  2,62E-04 m<sup>3</sup>  
 - průřezový modul  $I_{y,z} = 1,75E-05$  1,72E-05 m<sup>4</sup>  
 - délka překladu  $l = 0,9$  m

**Posouzení:**

- únosnost  $\sigma_{Ed} = M/W = 1,493/0,00025 = 6,0$  MPa  $\leq \sigma_{Rd} = 204$  MPa  $\rightarrow$  vyhovuje  
 - průhyb  $w = 0,031$  mm  $\leq w_{lim} = l/250 = 900/250 = 3,60$  mm  $\rightarrow$  vyhovuje

**POSOUZENÍ ZDĚNÉ STĚNY - vnitřní nosná stěna (tl. 600 mm)**

stěna:  $b_s = 0,600 \text{ m}$   
 $h_s = 4,0 \text{ m}$   
 $l_s = 0,84 \text{ m}$

**Zatížení - ZDĚNÁ STĚNA**

zděná stěna	výška [m]	objemová tíha [kN/m <sup>3</sup> ]	charakteristické $g_k$ [kN/m]	$\gamma_f$	výpočtové $g_d$ [kN/m]
- tíha zdiva			13,507	1,35	18,235
- vl. tíha zdiva, $h = 600 \text{ mm}$	0,6	19	45,6	1,35	61,56
- omítka MVC tl. 15 mm	0,02	21	3,360	1,35	4,536

*I. celkem na m g [kN/m]* **13,507**  $1,35$  18,235

*I. celkem na m q [kN/m]* **0,0** 0,0

**Z.1 Materiál: Zdivo CPP**

Ytong P 10 65 / 140 / 290

$\zeta = 1900 \text{ kg/m}^3$

$h = 0,140 \text{ m}$

$l = 0,840 \text{ m}$

$t = 0,065 \text{ m}$

pevnost zdících prvků v tlaku dle EN 772-1

$f_b = 10 \text{ MPa}$

charakteristická pevnosti zdiva v tlaku dle ČSN EN 1996-1-1

$f_k = 7,7 \text{ MPa}$

**Malta MVC (M5)**

M 1 (vápenocementová malta)

$\zeta = 2000 \text{ kg/m}^3$

obj. hmotnost

$f_{mk} = 1,0 \text{ MPa}$

pevnost v tlaku

$f_{s,t} = 0,50 \text{ MPa}$

soudržnost

**Z.2 Vlastnosti zdiva**

$f_k = K \cdot f_b^{0,7} \cdot f_m^{0,3} = 0,44 \cdot 7,7^{0,7} \cdot 7,1^{0,3} = 1,837 \text{ MPa}$

$K = 0,8 \cdot 0,55 = 0,44$

$\delta = 0,77$

$f_b = f_u \cdot \delta = 10 \cdot 0,77 = 7,7 \text{ MPa}$

$f_d = f_k / \gamma_M = 7,7 / 2,2 = 0,835 \text{ MPa}$

- modul pružnosti zdiva (krátkodobý)

$E = K \cdot f_k = 0,918 \text{ GPa}$

- modul pružnosti zdiva (dlouhodobý)

$E_{lt} = E / (1 + \emptyset_\infty) = 0,367 \text{ GPa}$

**Z.3 Vnitřní síly**

I.  $N_{ed,hlava} = 18,2347 \text{ kN}$   $N_{ed,střed} = 51,2827 \text{ kN}$   $N_{ed,pata} = 84,3307 \text{ kN}$

$M_{ed,hlava} = 0,9117 \text{ kNm}$   $M_{ed,střed} = 2,5641 \text{ kNm}$   $M_{ed,pata} = 4,2165 \text{ kNm}$

**Z.4 Posouzení v uložení**

- uložení stropních nosníků na stěnu

$\sigma_{Ed} = N_{Ed} / A = 18,235 / 0,12 = 0,152 \text{ MPa}$

$\sigma_{Rd} = 0,835 \text{ MPa} \geq \sigma_{Ed} = 0,152 \text{ MPa} \rightarrow \text{vyhoví}$

- posouzení v soustředném zatížení  $\rightarrow \text{vyhoví}$

$N_{Rd,c} = \beta \cdot A_b \cdot f_d = 1,0 \cdot 12,834,783 = 100,174 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 18,2347 \text{ kN}$

- třída: III.

- kategorie zdících prvků:  
zdící prvky kategorie I. a  
předpisová malta

- skupina zdících prvků: 1

- použitá malta:

obyč. malta

- typ zdiva: pálené

$f_m \leq \{20; 2 \cdot f_b\}$

$f_m \leq \{20; 2 \cdot 10\} \rightarrow \text{vyhovuje}$

- charakt. pevnost v tlaku

$K = 0,55$

( $v = 65$ ,  $\delta = 140$ )

$\gamma_M = 2,2$

- návrhová pevnost zdiva

$\eta = 1,0$

$K = 500$

$\emptyset_\infty = 1,5$

šířka nosníku

$b_n = 840 \text{ mm}$

zatěžovací plocha

$A = 200 \cdot 600 = 0,12 \text{ m}^2$

$\beta = (1 + 0,3 a_1 / h_c) \cdot (1,5 - 1,1 A_b / A_{ef}) =$

$\beta = 1,00$

**Z.4.1 Posouzení v hlavě**

- průřezová plocha  
 $t = b \cdot h = 0,6 \cdot 0,84 = 0,504 \text{ m}^2$
- vliv horizontální síly  
 $e_{hi} = 0 \text{ m}$
- $M_{id} = 0,9117 \text{ kNm}$
- $N_{id} = 18,2347 \text{ kN}$
- $t = 0,600 \text{ m}$
- $t/6 = 0,100 \text{ m}$

- podle způsobu podepření  
 $\zeta = 1$

- účinná tloušťka  
 $t_{ef} = t = 0,600 \text{ m}$

výstřednost od dotvarování lze zanedbat

- zatížení  
 $N_{Ed} = 18,235 \text{ kN}$   
 $M_{Ed} = 0,9 \text{ kNm}$

$$e_{hi} = 0 \text{ m} \rightarrow \text{působení horizontální síly}$$

$$e_{init} = h_{eff}/450 = 4/450 = 0,0089 \text{ m}$$

$$\Phi = 1 - 2e_{mk}/t = 1 - 2 \cdot 0,059/0,6 = 0,804$$

$$e_m = M_i/N_i + e_{hi} + e_{init} \geq 0,05 \cdot t$$

$$e_m = M_{id}/N_{id} + e_{hi} + e_{init} = 0,912/18,235 + 0 + 0,0089 = 0,059 \text{ m}$$

- podmínka  
 $0,05 \cdot t \leq e_{mk} = e_m + e_k = 0,059 + 0 = 0,059 \text{ m}$   
 $0,05 \cdot 0,6 = 0,03 \leq 0,059 \rightarrow \text{vyhovuje}$

- účinná výška  
 $h_{ef} = h_0 \cdot \zeta = 4 \cdot 1 = 4,0 \text{ m}$

- štíhlost  
 $h_{ef}/t_{ef} = 4/0,6 = 6,6667 \leq 27 \rightarrow \text{vyhovuje}$

$$\lambda = h_{ef}/t_{ef} \cdot (f_k/E)^{0,5} = 6,667 \cdot (1,837/0,918)^{0,5} = 9,428$$

$$\lambda = 9,4281 \leq 15 \rightarrow e_k = 0 \text{ m}$$

**Návrhová únosnost v hlavě**

$$N_{Rd} = \Phi \cdot t \cdot f_d = 0,804 \cdot 0,504 \cdot 0,835 = 338,143 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} = 338,143 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 18,235 \text{ kN} \rightarrow \text{vyhoví}$$

**Z.4.1.2 Posouzení (včetně vzpěru) - uprostřed**

- zatížení  
 $N_{Ed} = 51,283 \text{ kN}$        $M_{Ed} = 2,56 \text{ kNm}$

$$e_{hi} = 0 \text{ m} \rightarrow \text{působení horizontální síly}$$

$$e_{init} = h_{eff}/450 = 4/450 = 0,0089 \text{ m}$$

$$\Phi_m = A_1 \cdot e^{-(u \cdot u)/2} = 0,5016 \cdot e^{-(0,3386)^2/2} = 0,4737$$

$$u = ((h_{ef}/t_{ef}) - 2)/(23 - 37 \cdot e_{mk}/t) = (4/0,6 - 2)/(23 - 37 \cdot 0,15/0,6)$$

$$u = 0,3386$$

$$A_1 = 1 - 2 \cdot e_{mk}/t = 1 - 2 \cdot 0,15/0,6 = 0,502$$

$$e_m = M_m/N_m + e_{hm} + e_{init} = 2,564/18,235 + 0 + 0,0089 = 0,150 \text{ m}$$

- vliv horizontální síly  
 $e_{hm} = 0 \text{ m}$
- $M_m = 2,5641 \text{ kNm}$
- $N_m = 18,2347 \text{ kN}$
- $t = 0,065 \text{ m}$

$$e_m = M_m/N_m + e_{hm} + e_{init} \geq 0,05t$$

- podle způsobu podepření  
 $\zeta = 1$

- účinná výška

$$h_{ef} = h_0 \cdot \zeta = 4 \cdot 1 = 4,0 \text{ m}$$

- účinná tloušťka

$$t_{ef} = t = 0,600 \text{ m}$$

- štíhlost  
 $h_{ef}/t_{ef} = 4/0,6 = 6,6667 \leq 27 \rightarrow \text{vyhovuje}$

$$\lambda = h_{ef}/t_{ef} \cdot (f_k/E)^{0,5} = 6,667 \cdot (1,837/0,918)^{0,5} = 9,428$$

$$\lambda = 9,4281 \leq 15 \rightarrow e_k = 0 \text{ m}$$

Podmínka:

$$0,05 \cdot t \leq e_{mk} = e_m + e_k = 0,15 + 0 = 0,150 \text{ m}$$

$$0,05 \cdot 0,6 = 0,03 \leq 0,150 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

**Návrhová únosnost**

$$N_{Rd} = \Phi_m \cdot t \cdot f_d = 0,4737 \cdot 0,504 \cdot 0,835 = 199,29 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} = 199,295 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 51,283 \text{ kN} \rightarrow \text{vyhoví}$$

**Z.4.3 Posouzení v patě**

- průřezová plocha  
 $t = b \cdot h = 0,6 \cdot 0,84 = 0,504 \text{ m}^2$
- vliv horizontální síly  
 $e_{hi} = 0 \text{ m}$

- zatížení  
 $N_{Ed} = 84,331 \text{ kN}$   
 $M_{Ed} = 4,2 \text{ kNm}$

$$e_{hi} = 0 \text{ m} \rightarrow \text{působení horizontální síly}$$

$$e_{init} = h_{eff}/450 = 4/450 = 0,0089 \text{ m}$$

$$M_{id} = 4,2165 \text{ kNm}$$

$$N_{id} = 84,3307 \text{ kN}$$

$$t = 0,600 \text{ m}$$

$$t/6 = 0,100 \text{ m}$$

- podle způsobu podepření

$$\zeta = 1$$

- účinná tloušťka

$$t_{ef} = t = 0,600 \text{ m}$$

výstřednost od dotvarování lze zanedbat

$$\Phi = 1 - 2e_{mk}/t = 1 - 2 \cdot 0,059/0,6 = 0,804$$

$$e_m = M_i/N_i + e_{hi} + e_{init} \geq 0,05 \cdot t$$

$$e_m = M_{id}/N_{id} + e_{hi} + e_{init} = 4,217/84,331 + 0 + 0,0089 = 0,059 \text{ m}$$

- podmínka

$$0,05 \cdot t \leq e_{mk} = e_m + e_k = 0,059 + 0 = 0,059 \text{ m}$$

$$0,05 \cdot 0,6 = 0,03 \leq 0,059 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

- účinná výška

$$h_{ef} = h_0 \cdot \zeta = 4 \cdot 1 = 4,0 \text{ m}$$

- štíhlost

$$h_{ef}/t_{ef} = 4/0,6 = 6,6667 \leq 27 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

$$\lambda = h_{ef}/t_{ef} \cdot (f_k/E)^{0,5} = 6,667 \cdot (1,837/0,918)^{0,5} = 9,428$$

$$\lambda = 9,4281 \leq 15 \rightarrow e_k = 0 \text{ m}$$

*Návrhová únosnost v hlavě*

$$N_{Rd} = \Phi \cdot t \cdot f_d = 0,804 \cdot 0,504 \cdot 0,835 = 338,143 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} = 338,143 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 84,331 \text{ kN} \rightarrow \text{vyhoví}$$

- poč. pevnost zdiva ve smyku

$$f_{vk0} = 0,3 \text{ MPa}$$

- přítlak

$$\sigma_d = N_{Ed}/A = 18,235/0,504$$

$$\sigma_d = 0,0362 \text{ MPa}$$

#### 5.4.4 Pevnost ve smyku

$$f_{vk} = f_{vk0} + 0,4\sigma_d = 0,3 + 0,4 \cdot 0,036 = 0,3145 \text{ MPa}$$

$$f_{vk} = \max(0,065f_b) = 0,065 \cdot 7,7 = 0,5005 \text{ MPa}$$

$$f_{vd} = f_{vk}/\gamma_M = 0,314/2,2 = 0,1429 \text{ MPa}$$

*Smykové namáhání*

$$f_{Ed} = V_{Ed}/A = 0/0,504 = 0 \text{ MPa}$$

- posouzení

$$f_{Ed} = 0 \text{ MPa} \leq f_{vd} = 0,1429 \text{ MPa} \rightarrow \text{vyhoví}$$