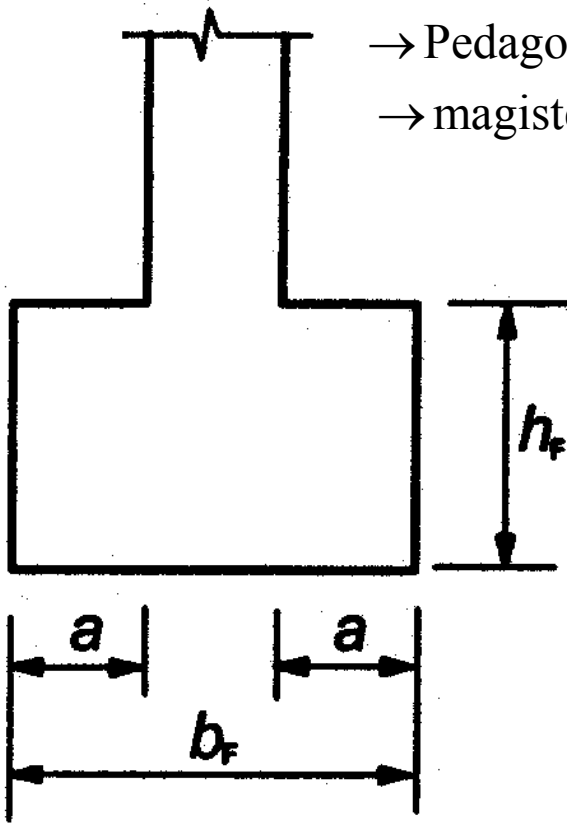


# Prostý beton

<http://www.klok.cvut.cz>

→ Pedagogická činnost → Výuka bakalářských a  
→ magisterský předmětů → Nosné konstrukce II



- Uplatnění prostého betonu
- Ukázky staveb
- Charakteristické pevnosti
- Mezní únosnost v tlaku
- Smyková únosnost
- Obdélníkový průřez
- Konstrukční ustanovení
- Základová patka
- Příklad

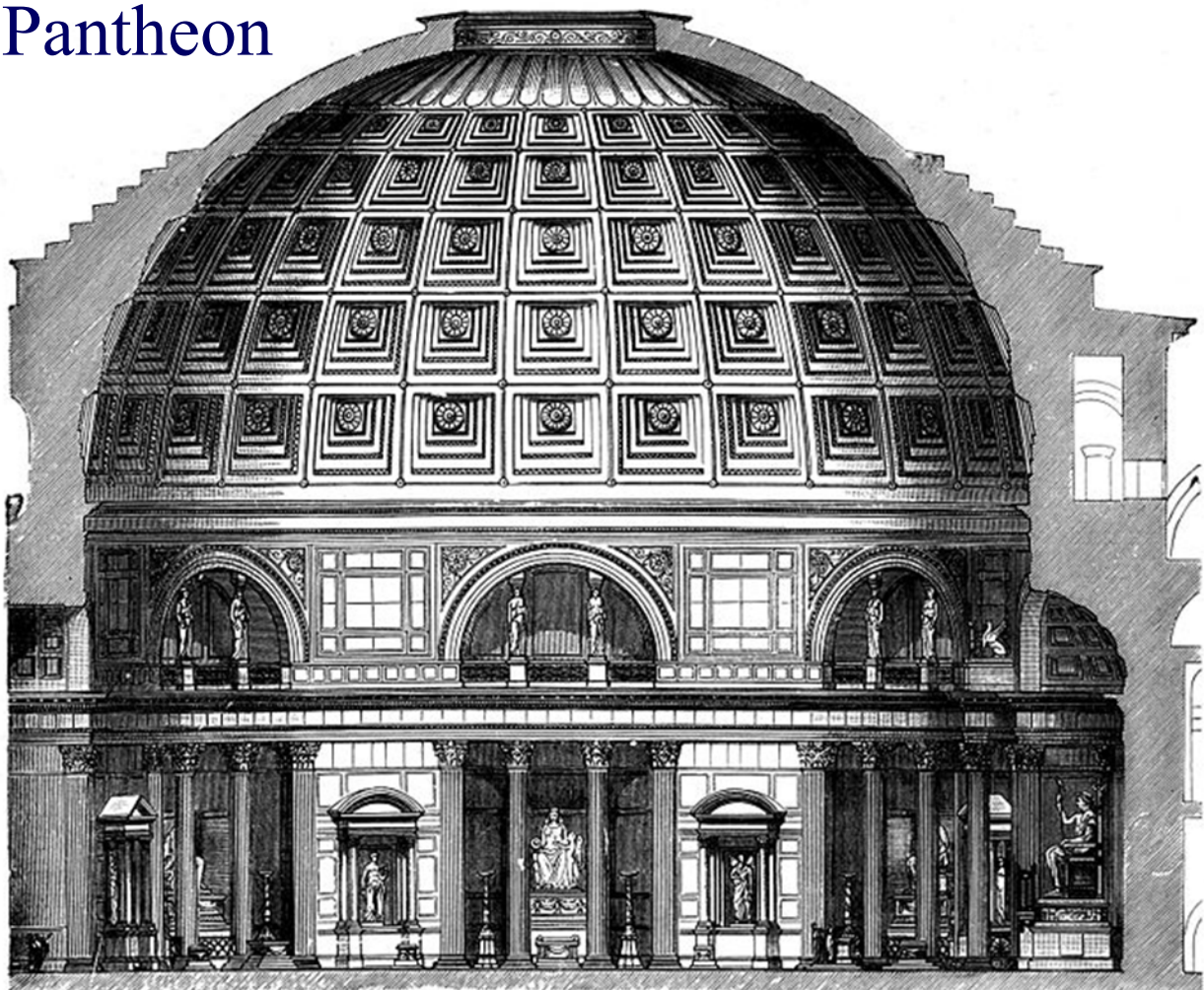
## Uplatnění prostého betonu

- prvky převážně namáhané tlakem, stěny, sloupy, oblouky, klenby a tunely,
- základové pasy a patky,
- opěrné stěny,
- piloty o průměru  $> 600$  mm a  $N_{Ed}/A_c \leq 0,3f_{ck}$ .

# Římský Pantheon - nevyztužený beton



## Pantheon



# Vnější pohled na kopuli Patheonu

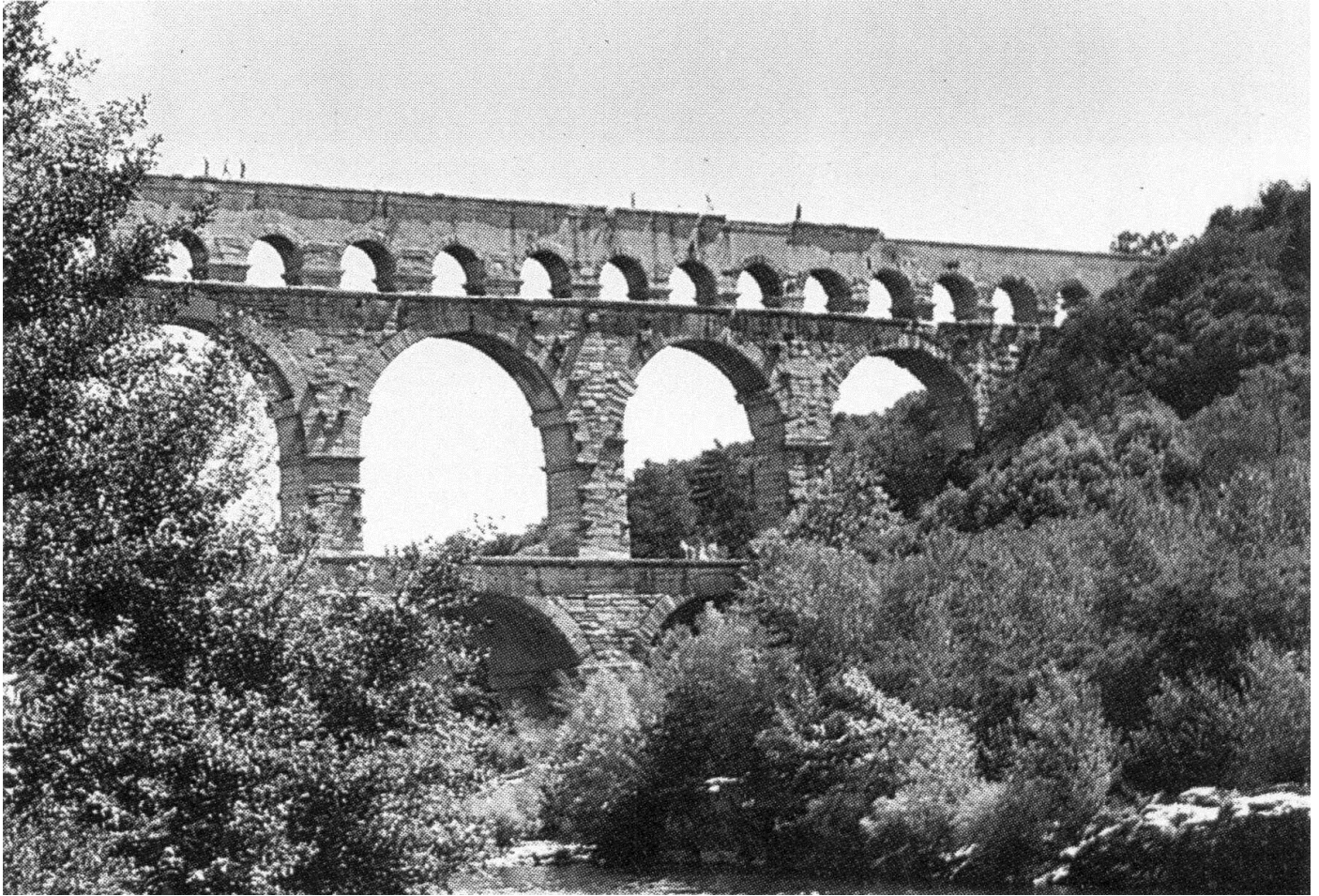


# Pont du Gard

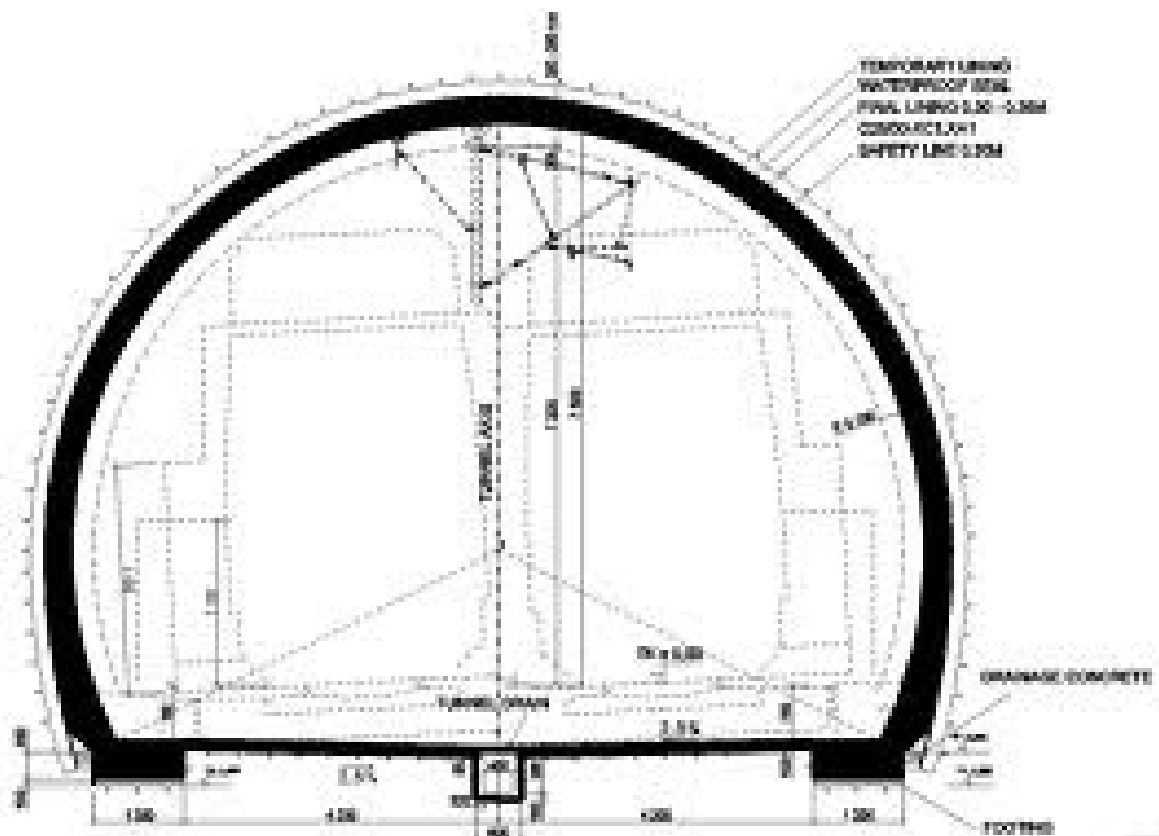




# Via Appia



# Ostění tunelů

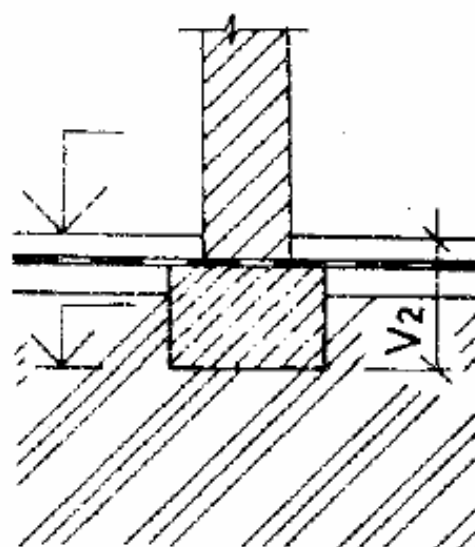
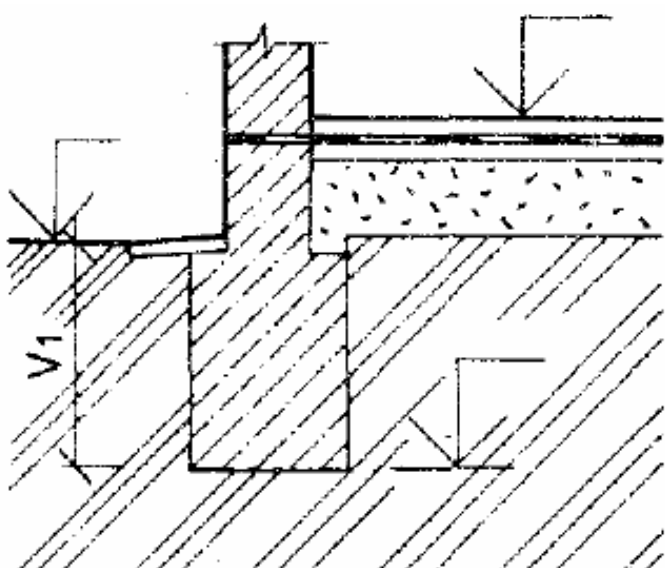




# Kamenné zdivo a prostý beton



## Základové patky a pasy



# Návrhové pevnosti prostého beton

- návrhová pevnost betonu v tlaku  $f_{cd}$

$$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c, \quad (1)$$

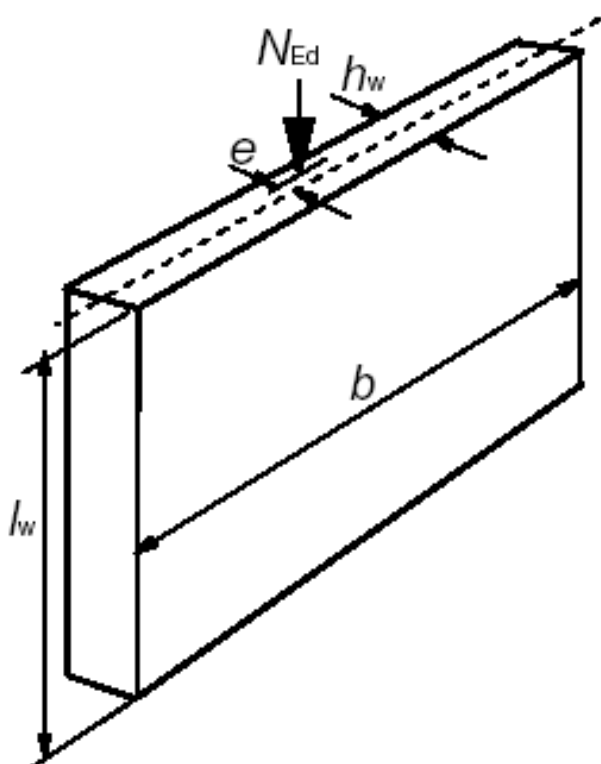
kde  $\gamma_c$  je součinitel spolehlivosti betonu,  $\alpha_{cc}$  je součinitel vlastností prostého betonu, doporučuje se  $\alpha_{cc} = 0,8$ ,

- návrhová pevnost betonu v tahu  $f_{ctd}$

$$f_{ctd} = \alpha_{ct} f_{ctk 0,05} / \gamma_c,$$

kde  $\gamma_c$  je součinitel spolehlivosti betonu,  $\alpha_{ct}$  je součinitel vlastností prostého betonu, doporučuje se  $\alpha_{ct} = 0,8$ .

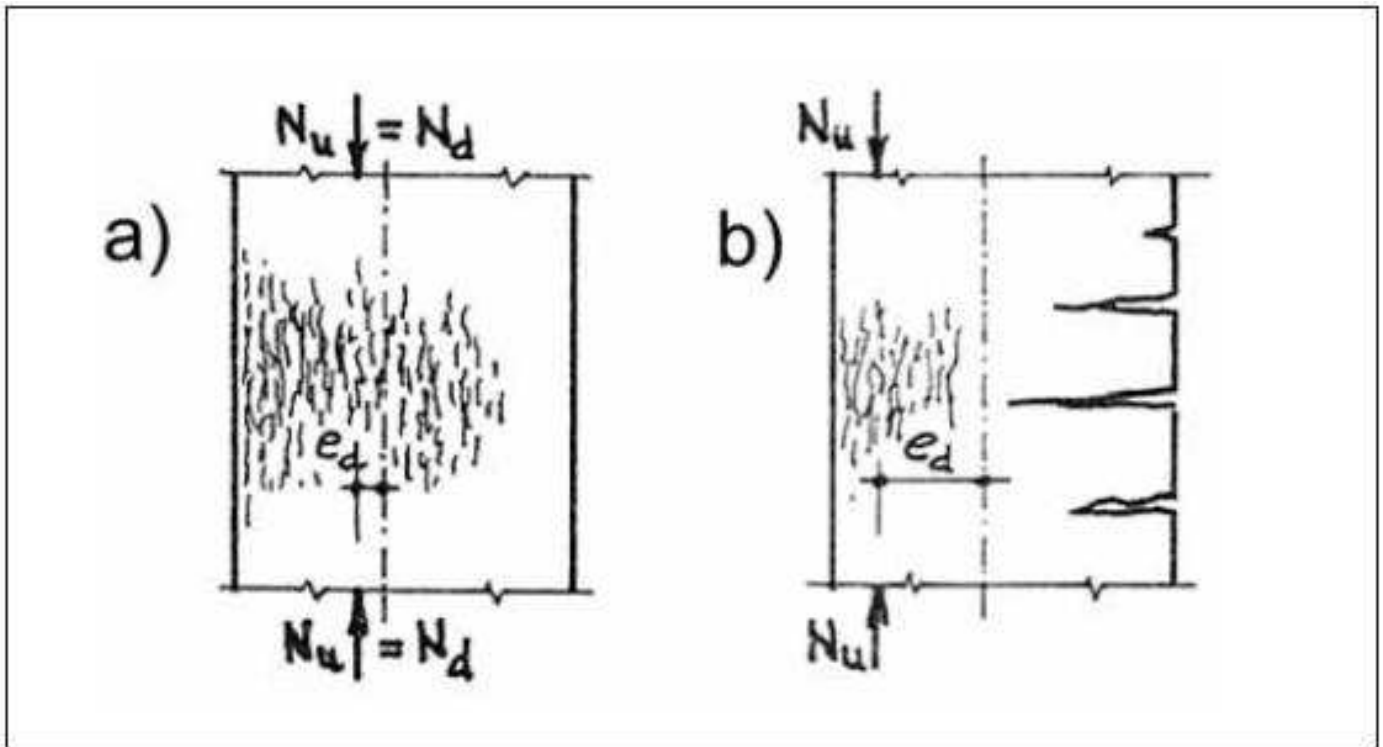
## Schéma stěny



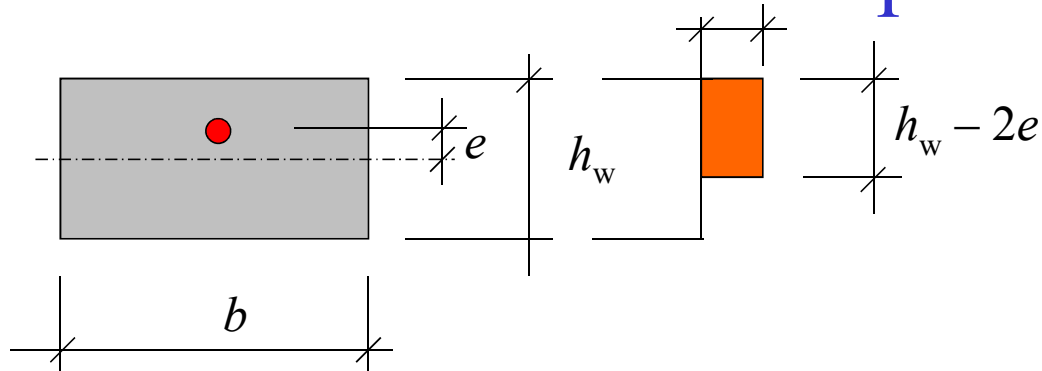
$$l_0 = \beta l_w$$

$\beta < > 1$  součinitel závislý na podepření a ztužení okrajů

# Tlakové porušení prostého betonu



## Únosnost obdélníkového průřezu



$$N_{Rd} = \eta f_{cd} b (h_w - 2e) \quad (2)$$

kde  $\eta f_{cd}$  je návrhová účinná pevnost betonu v tlaku,  
 $b$  je celková šířka příčného průřezu,  
 $h_w$  celková výška příčného průřezu,  
 $e$  výstřednost síly  $N_{Rd}$  ve směru  $h_w$ .

Součinitel  $\eta$  třídy betonu, uvažuje se:

pro  $f_{ck} \leq 50$  MPa  $\eta = 1,0$ ;

pro  $50 < f_{ck} \leq 90$  MPa  $\eta = 1,0 - (f_{ck} - 50)/200$ .

# Smyková únosnost prostého betonu

Smyková síla  $V_{Ed}$  a normálová síla  $N_{Ed}$ : určí se návrhová napětí:

$$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_{cc} \quad (3)$$

$$\tau_{cp} = k V_{Ed}/A_{cc} \quad (4)$$

kde  $k$  je součinitel, doporučená hodnota  $k = 1,5$ , podmínka:

$$\tau_{cp} \leq f_{cvd}$$

kde  $f_{cvd}$  je návrhová pevnost ve smyku a tlaku, stanoví se

pro  $\sigma_{cp} \leq \sigma_{c,lim}$ , (Mohrova obálka porušení)

$$f_{cvd} = \sqrt{f_{ctd}^2 + \sigma_{cp} f_{ctd}} \quad (5)$$

pro  $\sigma_{cp} > \sigma_{c,lim}$  ze vztahu

$$f_{cvd} = \sqrt{f_{ctd}^2 + \sigma_{cp} f_{ctd} - \left( \frac{\sigma_{cp} - \sigma_{c,lim}}{2} \right)^2} \quad (6)$$

$$\sigma_{c,lim} = f_{cd} - 2\sqrt{f_{ctd}(f_{ctd} + f_{cd})} \quad (7)$$

$f_{cd}$  je návrhová pevnost v tlaku,  $f_{ctd}$  je návrhová pevnost v tahu.

## Vybočení

Štíhlost u sloupů a stěn se stanoví ze vztahu:

$$\lambda = l_0/i < 25 \quad (8)$$

kde  $i$  je poloměr setrvačnosti betonového průřezu bez trhlin ( $h/\sqrt{12}$ ),  $l_0$  je účinná délka prvku

$$l_0 = \beta l_w \quad (9)$$

kde  $l_w$  je světlá výška prvku,

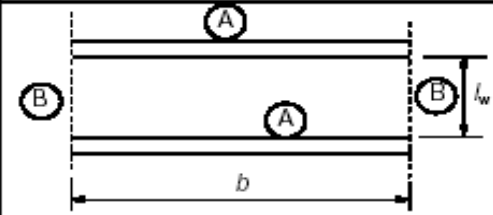
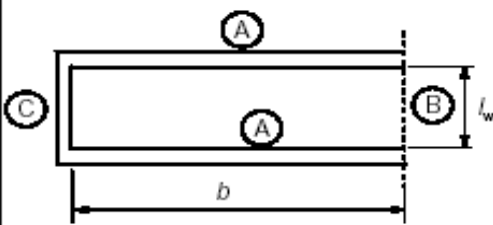
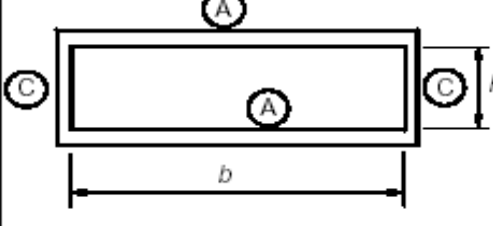
$\beta$  je součinitel závislý na podmínkách podepření:

- pro sloupy lze obecně uvažovat  $\beta = 1,0$ ,
- pro konzolové sloupy nebo stěny  $\beta = 2,0$ ,
- pro ostatní stěny je hodnota  $\beta$  uvedena v tabulkách.

Pro obdélníkový průřez a  $\beta = 1,0$ ,  $\lambda = \sqrt{12} l_0/h \rightarrow l_0/h < 7,2$



# Součinitel $\beta$ - účinná délka prvku

Lateral restraint	Sketch	Expression	Factor $\beta$																		
along two edges			$\beta = 1,0$ for any ratio of $l_w/b$																		
Along three edges		$\beta = \frac{1}{1 + \left(\frac{l_w}{3b}\right)^2}$	<table border="1"> <thead> <tr> <th><math>b/l_w</math></th> <th><math>\beta</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0,2</td><td>0,26</td></tr> <tr><td>0,4</td><td>0,59</td></tr> <tr><td>0,6</td><td>0,76</td></tr> <tr><td>0,8</td><td>0,85</td></tr> <tr><td>1,0</td><td>0,90</td></tr> <tr><td>1,5</td><td>0,95</td></tr> <tr><td>2,0</td><td>0,97</td></tr> <tr><td>5,0</td><td>1,00</td></tr> </tbody> </table>	$b/l_w$	$\beta$	0,2	0,26	0,4	0,59	0,6	0,76	0,8	0,85	1,0	0,90	1,5	0,95	2,0	0,97	5,0	1,00
$b/l_w$	$\beta$																				
0,2	0,26																				
0,4	0,59																				
0,6	0,76																				
0,8	0,85																				
1,0	0,90																				
1,5	0,95																				
2,0	0,97																				
5,0	1,00																				
Along four edges		<p>If <math>b \geq l_w</math></p> $\beta = \frac{1}{1 + \left(\frac{l_w}{b}\right)^2}$ <p>If <math>b &lt; l_w</math></p> $\beta = \frac{b}{2l_w}$	<table border="1"> <thead> <tr> <th><math>b/l_w</math></th> <th><math>\beta</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0,2</td><td>0,10</td></tr> <tr><td>0,4</td><td>0,20</td></tr> <tr><td>0,6</td><td>0,30</td></tr> <tr><td>0,8</td><td>0,40</td></tr> <tr><td>1,0</td><td>0,50</td></tr> <tr><td>1,5</td><td>0,69</td></tr> <tr><td>2,0</td><td>0,80</td></tr> <tr><td>5,0</td><td>0,96</td></tr> </tbody> </table>	$b/l_w$	$\beta$	0,2	0,10	0,4	0,20	0,6	0,30	0,8	0,40	1,0	0,50	1,5	0,69	2,0	0,80	5,0	0,96
$b/l_w$	$\beta$																				
0,2	0,10																				
0,4	0,20																				
0,6	0,30																				
0,8	0,40																				
1,0	0,50																				
1,5	0,69																				
2,0	0,80																				
5,0	0,96																				

Ⓐ - Floor slab   Ⓑ - Free edge   Ⓒ - Transverse wall

## Zjednodušené vztahy

Mezní normálová síla

$$N_{Rd} = b h_w f_{cd} \Phi \quad (10)$$

$b$  je šířka příčného průřezu,

$h_w$  je výška příčného průřezu,

$\Phi$  je součinitel pro výstřednost, účinky druhého řádu a dotvarování.

Pro ztužené (zavětrované) prvky lze součinitel  $\Phi$  uvažovat:

$$\Phi = 1,14 (1 - 2 e_{tot}/h_w) - 0,02 l_0/h_w \leq (1 - 2 e_{tot}/h_w) \quad (11)$$

$$e_{tot} = e_0 + e_i \quad (12)$$

$e_0 = M_{Ed} / N_{Ed}$  je výstřednost prvního řádu od účinků zatížení

$e_i$  je přídatná výstřednost pokrývající účinky imperfekcí, odhadne se na základě naklonění prvku  $\Theta$ .

# Příklad

Osamělý sloup výšky  $l_w = 5,0$  m, obdélníkového průřezu  $b = 0,50$  m a  $h_w = 0,75$  m, beton C 25/30 zatížený  $N_{Ed} = 2050$  kN a  $M_{Ed} = 307$  kNm.

$$f_{cd} = 0,8 \cdot 25/1,5 = 13,33 \text{ MPa}; e_0 = 307/2050 = 0,150 \text{ m};$$

$$l_0 = l_w = 5,0 \text{ m}; i = 0,75/\sqrt{12} = 0,217 \text{ m};$$

$$\lambda = 5,0/0,217 = 23 < 25 \text{ vyhovuje};$$

Imperfekce  $e_i$  se stanoví podle 5.2 v EN 1992-1-1 na základě naklonění  $\Theta$  pro osamělý prvek ( $m = 1$ )  $l = l_w = 5,0$  m;

$$\Theta_0 = 1/200 = 0,005; \text{ redukce: } \alpha_h = 2/\sqrt{l_w} = 2/\sqrt{5} = 0,894, 2/3 < \alpha_h < 1;$$

$$\alpha_m = \sqrt{[0,5(1 + 1/m)]} = \sqrt{[0,5(1 + 1/1)]} = 1;$$

$$\Theta_i = \Theta_0 \alpha_h \alpha_m = 0,005 \cdot 0,894 \cdot 1 = 0,00447;$$

$$e_i = \Theta_i l_0/2 = 0,00447 \cdot 5,0/2 = 0,012 \text{ m};$$

$$e_{tot} = e_0 + e_i = 0,150 + 0,012 = 0,162 \text{ m};$$

$$\Phi = 1,14(1 - 2 \cdot 0,162/0,75) = 0,648 > 1 - 2 \cdot 0,162/0,75 = \underline{0,568};$$

$$N_{Rd} = 0,5 \cdot 0,75 \cdot 13,33 \cdot 0,5687 \cdot 10^3 = 2839 \text{ kN} > N_{Ed} = 2050 \text{ kN}$$

**sloup vyhovuje**

## Mezní stavy použitelnosti

### a) s přihlédnutím ke vzniku trhlin:

- omezení tahových napětí na přijatelné hodnoty,
- zabezpečení pomocného konstrukčního vyztužení (povrchová výztuž, soustava ztužujících táhel),
- zřízení spár,
- použití vhodné technologie betonu (např. vhodné složení směsi, ošetřování),
- volba vhodných metod provádění.

### b) s přihlédnutím k omezení deformací:

- minimální rozměry průřezů,
- omezení štíhlosti u tlačných prvků.

# Konstrukční ustanovení

- Tloušťka  $h_w$  stěn z monolitického betonu nemá být menší než 120 mm. U prvků s rýhami a prohlubněmi je třeba zajistit pevnost a stabilitu.
- Pokud se očekává v pracovních spárách vznik tahových napětí v betonu, je třeba pro omezení trhlin navrhnout výztuž.

## Základové patky a pasy

$$0,85h_F/a = \sqrt{(3\sigma_{gd}/f_{ctd})} \quad (15)$$

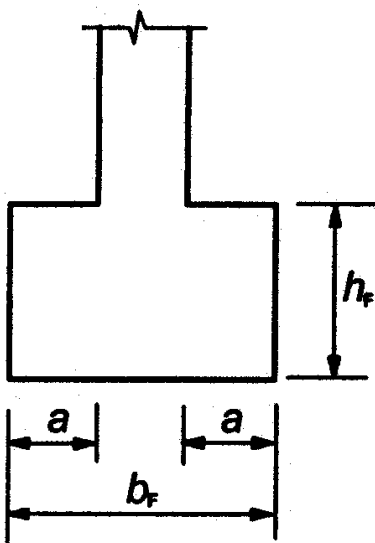
kde  $h_F$  je výška základu,

$a$  je vyložení základu od líce stěny nebo sloupu,

$\sigma_{gd}$  je návrhová hodnota normálového napětí v základové spáře,

$f_{ctd}$  je návrhová hodnota pevnosti

betonu v tahu (ve stejných jednotkách jako  $\sigma_{gd}$ ).



**Zjednodušeně:  $a < 0,5h_F$**



# Otázky ke zkoušce

- uplatnění prostého betonu
- návrhová pevnost betonu v tlaku a tahu
- mezní únosnost obdélníkového průřezu
- smyková únosnost
- zjednodušené vztahy
- příklad výpočtu
- konstrukční ustanovení
- tvar základové patky