

# ÚNOSNOST ŽB PRVKŮ NAMÁHANÝCH SMYKEM POSTUP PODLE EN 1992-1-1

Ing. Jitka Vašková, CSc. – listopad 2005

## A – prvky bez smykového vyztužení

(EN 1992 vyžaduje alespoň konstrukční smykovou výztuž s výjimkou desek a podružných prvků – např. překladů s rozpětím  $\leq 2\text{m}$ )

### Návrhová hodnota únosnosti

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100r_l \cdot f_{ck})^{1/3}] \cdot b_w \cdot d \geq n_{\min} \cdot b_w \cdot d$$

$$n_{\min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$$

kde  $C_{Rd,c} = 0,18 / g_c$  ;  $g_c = 1,5$

$k = 1 + (200 / d)^{1/2} \leq 2,0$  ...vliv výšky

$(100r_l)^{1/3}$  .....vliv podélného vyztužení

$r_l = A_{sl} / (b_w \cdot d) \leq 0,02$  .....stupeň podélného vyztužení

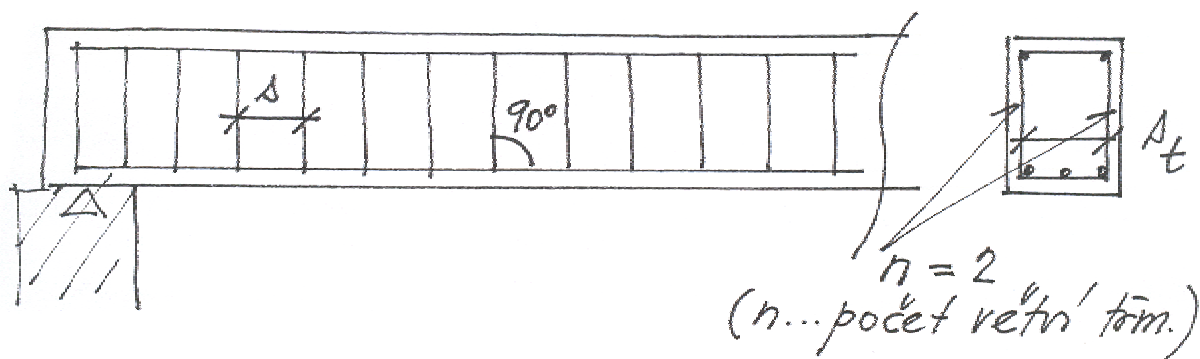
$A_{sl}$  ... plocha tahové výztuže, která je od uvažovaného svislého průřezu protažena o hodnotu  $d$  a dále řádně kotvena

$b_w$  ... nejmenší šířka průřezu v tahové oblasti

Podmínka spolehlivosti  $V_{Rd,c} \geq |V_{Ed}|$

## B – prvky se smykovou výztuží

Pro ŽB prvek konstantní výšky se svislými řmínky:



## Únosnost třmínků $V_{Rd,s}$

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd}}{s} \cdot z \cdot \cot \Theta$$

$$\text{kde } A_{sw} = n \cdot \frac{\rho \cdot d_{sw}^2}{4}$$

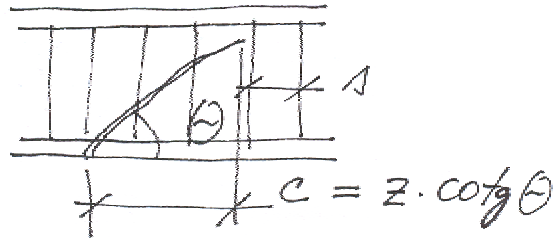
$d_{sw}$  je průměr třmínku

$n$  počet větví třmínků

$s$  vzdálenost třmínků

$z$  rameno sil  $z \approx 0,9d$

$\Theta$  úhel tlakových diagonál



Únosnost je omezena únosností tlakových diagonál  $V_{Rd,max}$

$$V_{Rd,max} = n \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \frac{\cot g \Theta}{1 + \cot g^2 \Theta}$$

kde  $n$  je součinitel zmenšení pevnosti betonu v tlaku

$$n = 0,6 \cdot (1 - f_{ck} / 250) \quad f_{ck} \text{ [MPa]}$$

Pro beton do třídy C60/75 je možné uvažovat hodnotu  $n = 0,6$  pokud pro smykovou výztuž platí  $s_{swd} < 0,8f_{yk}$

## Podmínky spolehlivosti

- $V_{Rd,s} \geq |V_{Ed}|$   $|V_{Ed}|$  ... viz obr. na str.4
- $V_{Rd,max} \geq |V_{Ed}|$

Omezení smykové výztuže - musí platit podmínky :

- $\frac{A_{sw} \cdot f_{ywd}}{b_w \cdot s} \leq 0,5 n \cdot f_{cd}$  ... zajištění duktility

- $r_w \geq r_{w,min}$  ... minimální vyztužení

$$r_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot s}$$

$$r_{w,min} = (0,08 \cdot \sqrt{f_{ck}}) / f_{yk}$$

$r_{w,\min}$  pro ocel s  $f_{yk} = 500\text{MPa}$  :

C16/20 ...  $r_{w,\min} = 0,00064$

C20/25 ...  $r_{w,\min} = 0,00072$

C25/30 ...  $r_{w,\min} = 0,00080$

C30/37 ...  $r_{w,\min} = 0,00088$

### Konstrukční zásady pro třmínky:

Vzdálenost třmínků  $s \leq s_{\max} = 0,75d$

Vzdálenost větví třmínků  $s_t \leq s_{t,\max} = 0,75d$   
 $\leq 600 \text{ mm}$

### Postup návrhu třmínků:

- volíme  $\cot \Theta = 1,2$  až  $1,5$  což odpovídá chování běžných ŽB prvků (pro max. hodnotu  $\cot \Theta = 2,5 \rightarrow$  minimální úhel  $\Theta \rightarrow$  min. smyková výztuž, ale nutné větší délky podélné výztuže, příp. požadavky na posouzení šířky trhlin)
- ověření podmínky  $|V_{E,d}| \leq (V_{Rd,\max})$

↓

$$\text{Pro zvolené } \cot \Theta: V_{Rd,\max} = v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \frac{\cot \Theta}{1 + \cot^2 \Theta}$$

- a) pokud platí  $|V_{E,d}| \leq V_{Rd,\max}$ , lze přímo navrhnout smykovou výztuž tak, aby platilo:

$$\frac{A_{sw} \cdot f_{ywd}}{s} \cdot z \cdot \cot \Theta \geq |V_{Ed}|$$

Postup:

- volba pr úměru třmínku  $d_{sw}$  a střižnosti  $n \rightarrow A_{sw} = \frac{n \cdot p \cdot d_{sw}^2}{4}$

- výpočet potřebné vzdálenosti třmínků  $s \leq \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd}}{V_{Ed}} \cdot z \cdot \cot \Theta$

+ ověření  $s \leq s_{\max}$  s event. úpravou vzdálenosti třmínků  $s$

+ kontrola stupně smykového vyztužení  $\rho_w = A_{sw} / (b_w \cdot s) \geq \rho_{w,\min}$

- b) pokud  $|V_{Ed}| > (V_{Rd,\max})$ , tak ověřujeme

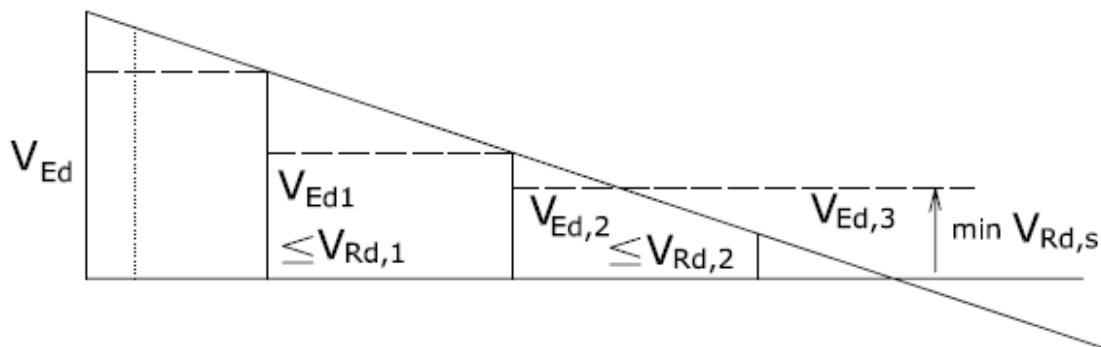
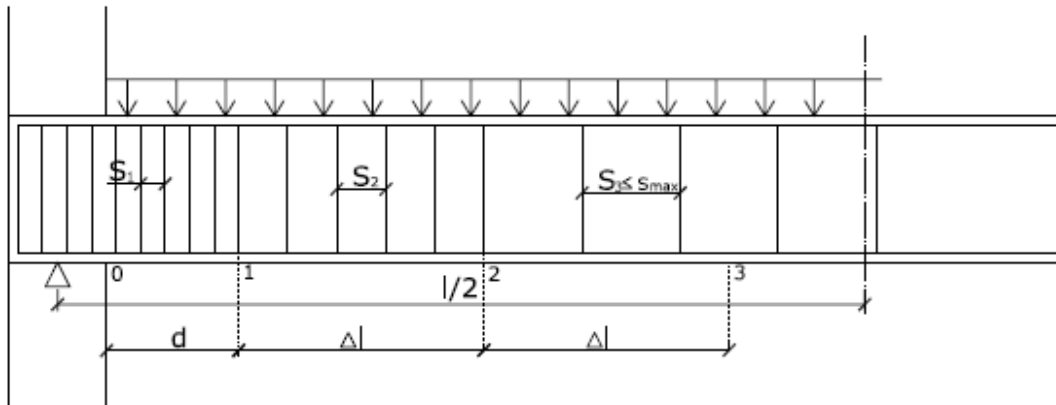
$$|V_{Ed}| = V_{Rd,max} = n \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \frac{\cot \theta}{1 + \cot^2 \theta} \rightarrow \text{výpočet } \cot \theta$$

musí platit  $\cot \theta \geq 1,0$ , jinak by nevyhovoval průřez a třída betonu!

Pro  $\cot \theta \geq 1,0$  provedeme návrh smykové výztuže (viz výše)

+ kontrola stupně vyztužení  $\rho_{w,min}$

$$+ \text{kontrola } \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd}}{b_w s} \cdot z \cdot \cot \theta \leq 0,5 n \cdot f_{cd}$$



Pro nosník s přímým spojitým zatížením navrhujeme římínky na účinek zatížení – hodnotu posouvající síly v průřezu  $d$  za lícem podpory (viz  $V_{Ed,1}$  na obr.), pro úsporu výztuže lze v méně namáhaných oblastech zmenšit smykovou výztuž → další uvažované průřezy 2,3 ve vzdálenosti  $\Delta l = z \cdot \cot \theta$ . I v oblasti malých posouvajících sil je však nutno dodržet konstrukční zásady ( $s \leq s_{max}$ ,  $\rho_w \geq \rho_{w,min}$ ), tj. navrhnout výztuž s únosností **min**  $V_{Rd,s}$