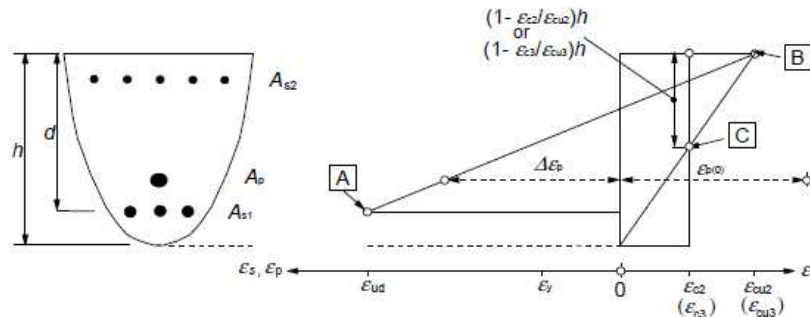


MEZNÍ STAVY ÚNOSNOSTI (MSÚ)

Ohybový moment bez normálové síly

Předpoklady výpočtu:

- rovinné průřezy zůstávají rovinné;
- poměrné přetvoření soudržné betonářské výztuže v tahu i v tlaku je stejné jako poměrné přetvoření okolního betonu;
- tahová pevnost betonu se zanedbává;
- tlaková napětí v betonu jsou odvozena z pracovních diagramů;
- napětí v betonářské nebo předpínací oceli jsou odvozena z návrhových diagramů;

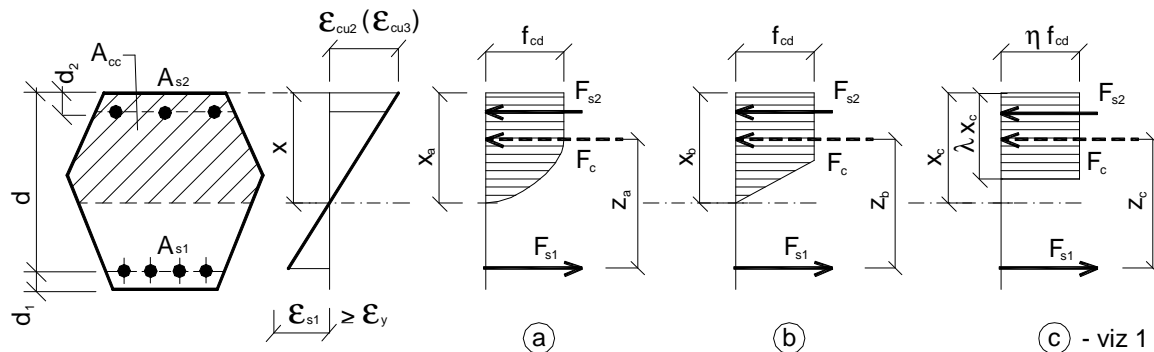


A – mezní poměrné přetvoření betonářské výztuže

B – mezní poměrné přetvoření betonu v tlaku

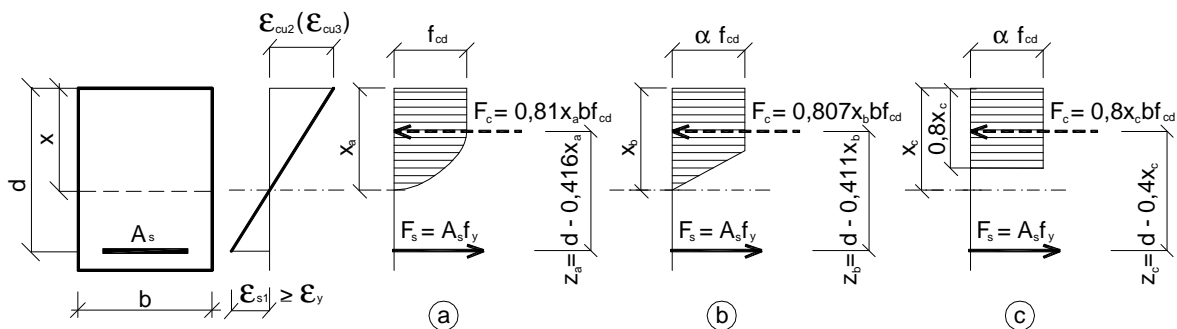
C – mezní poměrné přetvoření betonu při prostém tlaku

Možné průběhy poměrných přetvoření v mezním stavu únosnosti



Předpoklady rozdělení napětí betonu na mezi únosnosti

Pro praktické použití bude nejvýhodnější uvažovat obdélníkové rozdělení napětí v tlačené části betonu podle obr. 2c (u průřezů obecného tvaru - pokud se zmenšuje šířka průřezu k nejvíce tlačným vláknům, měla by být hodnota $\eta_{f_{cd}}$ zmenšená o 10%.)



Porovnání vlivu rozdělení napětí betonu únosnosti (obdélníkový průřez)

Smyk

Únosnost prvku se smykovou výztuží: $V_{Rd} = V_{Rd,s} + V_{ccd} + V_{td}$

Prvky bez smykové výztuže pokud: $V_{Ed} \leq V_{Rd,c}$ (výztuž dle konstrukčních zásad)

Minimální smykové vyztužení lze vynechat u prvků jako jsou desky (plné, žebrové nebo vylehčené otvory) a u prvků malého významu (např. překlady s rozpětím $\leq 2m$ - podstatně neovlivňují celkovou únosnost a stabilitu konstrukce).

Prvky bez smykové výztuže

Návrhová hodnota únosnosti ve smyku

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} k (100 \rho_1 f_{ck})^{1/3}] b_w \cdot d \quad \text{při minimu} \quad V_{Rd,c} = (v_{min}) b_w d$$

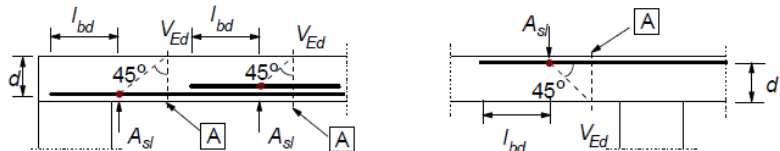
kde f_{ck} v MPa

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0, \quad d \text{ v mm}$$

$$\rho_1 = \frac{A_{sl}}{b_w d} \leq 0,02$$

geometrický

stupeň vyztužení podélnou výztuží, pouze však započitatelnou dle obrázku (A – vyšetřovaný průřez)



b_w nejmenší šířka průřezu v tažené oblasti [mm];

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

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

Prvky se smykovou výztuží

Model náhradní příhradoviny:

Uvedené vztahy za předpokladu použití smykové výztuže pouze svislými třmínky.

$$1 \leq \cot \theta \leq 2,5.$$

$$V_{Rd} = \min \begin{cases} V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} \cot \theta & \text{(táhla)} \\ V_{Rd,max} = b_w z v_1 f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta) & \text{(vzpěry)} \end{cases}$$

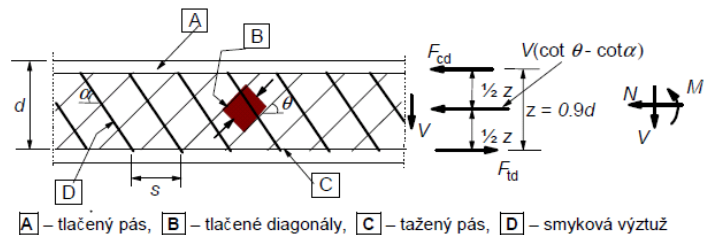
A_{sw} průřezová plocha smykové výztuže (1 třmínek – obvykle 2 pruty)

s osová vzdálenost třmínků

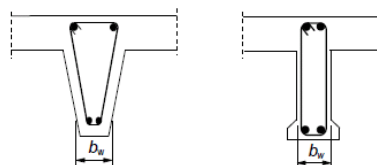
v_1 redukční součinitel pevnosti, doporučená hodnota jako u

f_{ywd} návrhová mez kluzu smykové výztuže

$$v = 0,6 \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right]$$



A – tlačný pás, B – tlačené diagonály, C – tažený pás, D – smyková výztuž



Konstrukční zásady smykové výztuže

Třmínky mají tvořit alespoň 50% nutné smykové výztuže (doporučená hodnota). Stupeň smykového vyztužení je dán vztahem

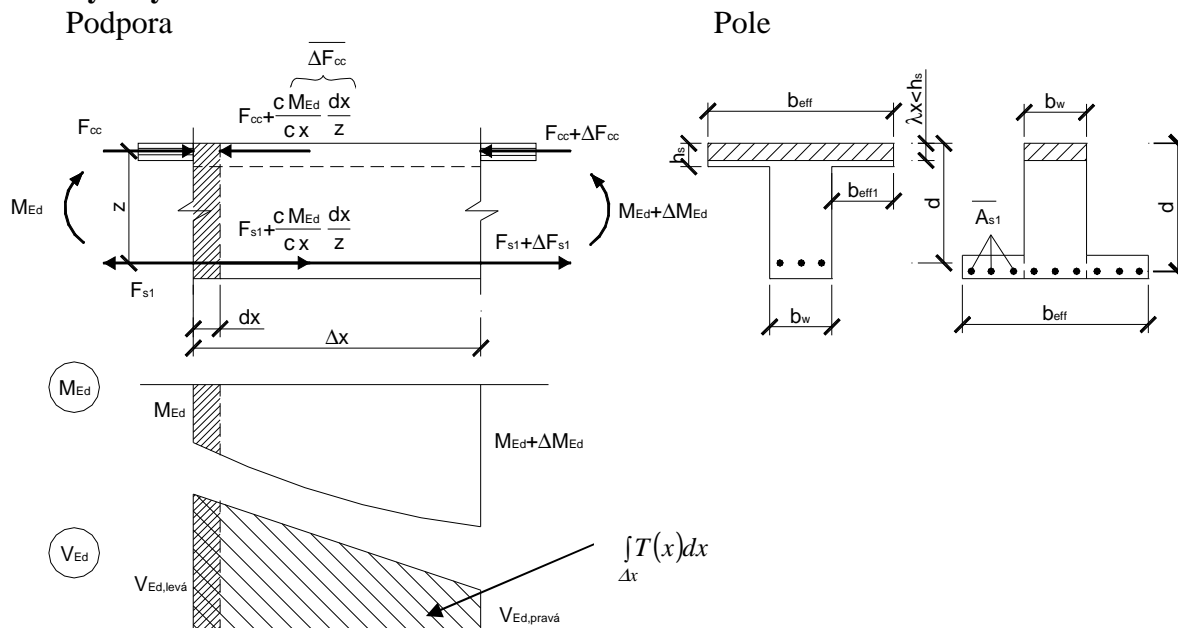
$$\rho_w = A_{sw} / (s \cdot b_w \cdot \sin \alpha) \quad \text{a nemá být menší než} \quad \rho_{w,min} = (0,08 \sqrt{f_{ck}}) / f_{yk}$$

Maximální vzdálenost třmínků (podélná) nemá překročit hodnotu $s_{l,max} = 0,75d (1 + \cot \alpha)$, pro vyšší trámy je vhodné volit 0,5d.

Příčná osová vzdálenost větví třmínků v průřezu nemá překročit hodnotu

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

Podélný smyk mezi deskou a trámem



$$\Delta F_d = \Delta F_{cc} \cdot \frac{b_{eff1}}{b_{eff}} \quad \Delta F_d = \Delta F_{cc} \cdot \frac{\overline{A_{s1}}}{A_{s1}}$$

ΔF_d je přírůstek normálové síly na délce Δx (polovina vzdálenosti mezi průřezem s maximálním M_{Ed} a průřezem s $M_{Ed} = 0$) v jedné přírubě,

A_{s1} je celková plocha výztuže,

$\overline{A_{s1}}$ je plocha výztuže v jednom křídélku.

$$\Delta F_{cc} = \frac{(V_{Ed,levá} - 0,5 \cdot f_d \Delta x) \Delta x}{z}, \quad z = 0,9d$$

$$\text{Smykové napětí } v_{Ed} = \frac{\Delta F_d}{h_s \Delta x}$$

Postup výpočtu:

1. $v_{Ed} \leq 0,4 f_{ctd}$ - není třeba vkládat další výztuž
2. Podmínka v 1 není splněna, je nutno navrhnout dodatečnou výztuž pro přenesení podélného smyku. Musí být splněna podmínka:

$$\frac{A_{sf} \cdot f_{yd}}{s_f} > \frac{v_{Ed} \cdot h_s}{\cot \theta_f} \quad (1) \quad \text{a zároveň} \quad v_{Ed} < v \cdot f_{ctd} \cdot \sin \theta_f \cos \theta_f \quad (2)$$

$\cot \theta_f \in \langle 1,0; 2,0 \rangle$ pro tlačené příruby (pole)

$\cot \theta_f \in \langle 1,0; 1,25 \rangle$ pro tažené příruby (podpora)

A_{sf} je plocha jednoho prutu příčné výztuže (doporučuje se zvolit průměr stejný jako má nosná výztuž v desce)

$$\text{Z rovnice (1) se vyjádří požadovaná vzdálenost výztuží } s_{f,req} < \frac{A_{sf} \cdot f_{yd} \cdot \cot \theta_f}{v_{Ed} \cdot h_s}$$

V případě, že je v průřezu umístěna výztuž na ohybový moment, stačí ke stávající přidat pouze polovinu požadované výztuže (tzn. přidávat výztuž plošně odpovídající $s < 2,0 s_{f,req}$).