

7. cvičení – Lokálně podepřená deska: Návrh výztuže na protlačení

- Ve cvičení budeme řešit protlačení desky v oblasti sloupu B3.
- Řešený příklad naleznete ve skriptech, příklady 8 a 9. **Typ výztuže** (třmínky nebo trny) jste zvolili již v předběžném návrhu. Při podrobném návrhu tuto **volbu respektujte**.

Geometrie posuzované oblasti a smykové napětí při protlačení

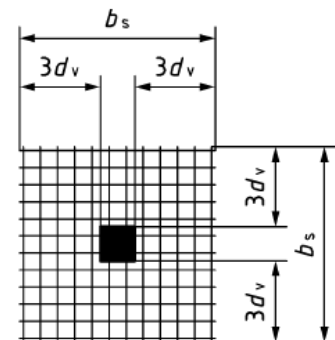
- Oproti předběžnému návrhu v 5. cvičení se mohly změnit parametry podélného vyztužení. **Stanovíme proto znovu** tyto parametry:
 - Účinnou výšku desky ve smyku d_v .
 - Délky obvodů b_0 a $b_{0,5}$. **Každý student zakreslí do výpočtu** půdorysné schéma těchto obvodů s kótami.
 - Návrhové smykové napětí τ_{Ed} . Při jeho výpočtu stále počítáme se zjednodušenou hodnotou $\beta_e = 1,15$. Zájemci mohou na základě stanoveného průběhu ohybových momentů stanovit hodnotu přesněji. Postup je popsán ve skriptech.

Ověření odolnosti desky bez výztuže na protlačení

- Není nutno ověřovat podmínku minimální smykové odolnosti $\tau_{Ed} \leq \tau_{Rd,c,min}$. Pokud je tato podmínka splněna, není nutno provádět žádné další kroky posouzení a je možno ihned konstatovat, že deska vyhoví. Pro naše zadání však podmínka nevyhoví a všichni budou nuceni přistoupit k podrobnému posouzení.
- **Znovu stanovíme hodnotu odolnosti desky bez výztuže na protlačení $\tau_{Rd,c}$** . Nelze převzít hodnotu z předběžného návrhu. Ta byla založena na odhadu stupně podélného vyztužení. Nyní je třeba stanovit přesnou hodnotu podle navrženého podélného vyztužení.
- **Stupeň vyztužení podélnou výztuží** se stanoví jako:

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{lx} \cdot \rho_{ly}} \quad \text{kde: } \rho_{lx} = \frac{a_{s,prov,x}}{b_s d_x} \quad \text{a} \quad \rho_{ly} = \frac{a_{s,prov,y}}{b_s d_y}$$

$a_{s,prov,x/y}$ jsou průřezové plochy horní ohybové výztuže v oblasti podpory v šířce b_s , která je definována obrázkem vpravo. V našem případě je vyztužení po celé šířce b_s stejné a odpovídá výztuži navržené pro sloupový pruh v oblasti podpory. Můžeme tedy uvažovat $b_s = 1000$ mm a $a_{s,prov,x/y}$ = plocha navržené horní výztuže na 1 m šířky sloupového pruhu v podpoře [mm²/m].



- **Zkontrolujeme podmínku $\tau_{Ed} \leq \tau_{Rd,c}$**
 - Pokud podmínka vyhoví (to se v domácích úkolech stane jen výjimečně), není nutno navrhovat výztuž na protlačení. Je však vhodné navrhnout alespoň výztuž **konstrukční** – 2 ohyby nad sloupem pro každý směr.

- Pokud podmínka vyhoví, v domácím cvičení si **uměle navyšte** užité zatížení tak, aby podmínka nevyhověla, a z cvičných důvodů výztuž na protlačení navrhnete na zvýšené zatížení.
- Pokud podmínka nevyhoví, pokračujeme návrhem a posouzením výztuže na protlačení.

Ověření odolnosti desky s výztuží na protlačení

Kontrola vyztužitelnosti

- Oproti předběžnému návrhu v 5. cvičení se mohly změnit parametry podélného vyztužení. **Zkontrolujeme proto znovu podmínku $\tau_{Ed} \leq \tau_{Rd,max}$** s novými hodnotami vstupů.
- Pokud podmínka vyhoví, pokračujeme návrhem a posouzením výztuže na protlačení.
- Pokud podmínka nevyhoví, je nutno upravit parametry konstrukce (zdůvodnění a možnosti viz 5. cvičení) a posoudit konstrukci se změněnými parametry. Pokud budete nuceni v tomto kroku upravovat konstrukci, **nemusíte již předělávat výpočet ohybových momentů**. Pouze do statického výpočtu poznamenejte, že by bylo třeba výpočet momentů opravit.

Oblast smykové výztuže na protlačení

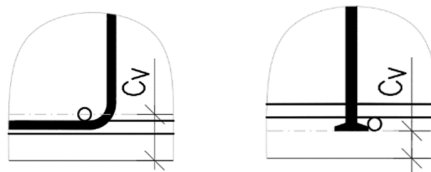
- Stanovíme **délku obvodu $b_{0,5,out}$** , ve kterém již **není nutná smyková výztuž na protlačení**:

$$b_{0,5,out} = b_{0,5} \left(\frac{d_v}{d_{v,out}} \cdot \frac{1}{\eta_c} \right)^2$$

kde $\eta_c = \tau_{Rd,c}/\tau_{Ed}$ je poměr odolnosti prvku bez smykové výztuže a smykového napětí,

$d_{v,out} = (d_v - c_v)$ je efektivní výška odolávající smyku v úrovni posledního obvodu smykové výztuže,

c_v je parametr značící vzdálenost konce účinné části smykové výztuže od tlačeného povrchu stropní desky. Pro třmínky obepínající podélnou výztuž se počítá k těžišti obepnuté podélné výztuže. Pro smykové trny se počítá ke spodnímu líci trnu. **Každý student zakreslí do statického výpočtu schéma průřezu s kótami**, ze kterého hodnotu c_v stanoví.



- Tvar obvodu $b_{0,5,out}$ závisí na způsobu vyztužení. V našem cvičení bude tvar $b_{0,5,out}$ kopírovat tvar kontrolního obvodu $b_{0,5}$.
- Na základě délky obvodu $b_{0,5,out}$ je možné vypočítat **vzdálenost $r_{0,5,out}$** tohoto obvodu od líce sloupu (příp. od líce hlavice):

$$r_{0,5,out} = \frac{b_{0,5,out} - b_0}{2\pi}$$

Návrh výztuže na protlačení

- Profil výztuže v prvním kroku **volíme** jako nejmenší možný. Pro třmínky volíme profil $\phi_w = 8$ mm, pro smykové trny profil $\phi_w = 10$ mm.
- Návrh rozmístění výztuže vychází z konstrukčních zásad.
 - první výztužný profil bude umístěn ve vzdálenosti $s_0 = (0,3 \text{ až } 0,5)d_v$ od líce sloupu (hlavice)
 - poslední výztužný profil bude umístěn ve vzdálenosti $s_{out} \leq 0,5d_{v,out}$ směrem dovnitř obvodu $b_{0,5,out}$
 - rozteče mezilehlých výztužných profilů budou $s_1 \leq 0,75d_v$
 - tangenciální rozteče v prvním obvodu smykové výztuže budou $s_t \leq 0,75d_v$
- Na základě výše uvedených konstrukčních zásad **provedeme graficky návrh výztuže**. Výztuž na protlačení pro sloup B3 bude **rozkreslena na samostatném schématu** formátu A4 **v půdoryse i v řezu**. Vzor viz skripta, závěr příkladů 8 a 9. Je-li navržena hlavice, bude ve schématu rovněž zakreslena.
- Ve statickém výpočtu bude zřetelně napsáno (zvolte podle typu vyztužení):

NÁVRH: V každé řadě Ax dvoustřížný třmínek $\phi_w = B$ mm, $s_0 = C$ mm, $s_1 = D$ mm, $s_t = E$ mm

NÁVRH: A lišt po B smykových trnech $\phi_w = C$ mm, $s_0 = D$ mm, $s_1 = E$ mm, $s_t = F$ mm

Posouzení výztuže na protlačení

- Při použití větších profilů nelze vždy započítat celou plochu navržené výztuže. Maximální účinný profil výztuže na protlačení je:

$$\phi_{w,max} = 11\sqrt{\frac{d_v}{200}} \text{ pro uzavřené třmínky}$$

$$\phi_{w,max} = 16\sqrt{\frac{d_v}{200}} \text{ pro smykové trny}$$

- Je-li navržený profil ϕ_w menší než $\phi_{w,max}$, nic se nemění. Je-li však větší, pracujeme při posouzení místo skutečného profilu ϕ_w s profilem $\phi_{w,max}$.
- **Smyková odolnost prvku se smykovou výztuží na protlačení se stanoví jako:**

$$\tau_{Rd,cs} = \eta_c \tau_{Rd,c} + \eta_s \rho_w f_{ywd} \begin{cases} \geq \rho_w f_{ywd} \\ \leq \eta_{sys} \tau_{Rd,c} \end{cases}$$

kde $\eta_s = \frac{d_v}{150\phi_w} + \left(\frac{15d_{dg}}{d_v}\right)^{1/2} \cdot \left(\frac{1}{\eta_c k_{pb}}\right)^{3/2} \leq 0,8$ je faktor vyjadřující účinnost smykové výztuže,

$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s_r s_t}$ je stupeň vyztužení smykovou výztuží,

A_{sw} je průřezová plocha jedné větve třmínku nebo jednoho trnu,

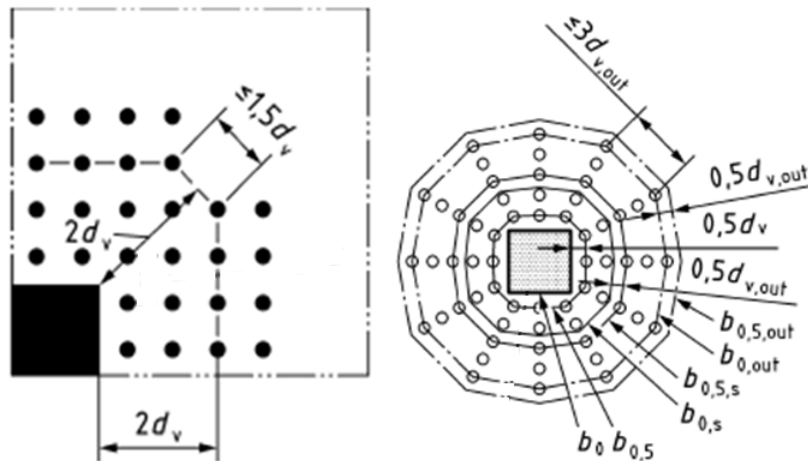
$s_r = \max\left(\frac{s_0 + s_1}{2}; s_1\right)$ je výpočtová radiální rozteč výztužných profilů.

- **Zkontrolujeme podmínku $\tau_{Ed} \leq \tau_{Rd,cs}$.** Pokud podmínka vyhoví, je navržené vyztužení dostatečné. Pokud nevyhoví, zvětšujeme průměr výztuže (případně zmenšujeme rozteče profilů) tak dlouho, až podmínka vyhoví.

Kontrola vyztužení

- Konstrukční zásady pro s_0, s_1, s_{out} a s_t již není třeba kontrolovat. Vycházel z nich návrh výztuže a jsou tedy jistě splněny.
- Pro třmínky i trny je potřeba vytvořit **minimálně dva obvody smykové výztuže**(*)
- **Tangenciální rozteč větví smykové výztuže ve vzdálenosti $2d_v$ od líce podpory** má být nejvýše $s_{t,2} = 1,5d_v$ (*)
- **Tangenciální rozteč větví smykové výztuže ve vzdálenosti $0,5d_{v,out}$ uvnitř obvodu $b_{0,5,out}$** má být nejvýše $s_{t,out} = 3d_v$, aby bylo možno celou délku obvodu $b_{0,5,out}$ považovat za účinnou z hlediska přenášení namáhání(*)

(*) Je-li daná zásada splněna, na navrženém vyztužení se nic nemění. Není-li daná zásada splněna, přidáme výztuž navíc tak, aby se zkrátily vzdálenosti mezi jednotlivými prvky výztuže. Posouzení podmínky $\tau_{Ed} \leq \tau_{Rd,cs}$ pak již není třeba předělávat (pokud vyšla s menším vyztužením, s větším vyztužením by jistě vyšla také). Výztuž navíc pouze zaneseme do schématu.



- **Stupeň vyztužení má splnit podmínku minimálního smykového vyztužení** (faktor 0,9 značí skutečnost, že pro výztuž třídy tažnosti B lze vyztužení redukovat o 10 %):

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s_r s_t} \geq \rho_{w,min} = 0,08 \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} \cdot 0,9$$

Je-li tato zásada splněna, nic se nemění. Není-li tato zásada splněna, zvětšíme profil nebo zmenšíme rozteče smykové výztuže tak, aby zásada byla splněna. Posouzení podmínky $\tau_{Ed} \leq \tau_{Rd,cs}$ již není třeba předělávat. Úpravy výztuže pouze zaneseme do schématu.