

BZKQ Část beton – 3. cvičení

Návrh a posouzení průřezů příčle

&

Návrh a posouzení průřezu sloupu

BZKQ Část beton – 3. cvičení

Návrh a posouzení průřezů příčle

Příčel v 1NP

Ohybová výztuž

- a) 2x v poli
- b) 3x nad podporou

Smyková výztuž

- a) návrhové třmínky na největší posouvající sílu
- b) konstrukční třmínky

Návrh a posouzení průřezu

Doporučuji všechny výpočty provést nejprve v Excelu (vlastní nebo cizí) a až poté ručně.

Může se stát, že vám na konci statického výpočtu něco nevyhoví a budete muset změnit a **přepočítat** celý návrh.

Příčel – ohybová výztuž

Příčel – ohybová výztuž

Navrhňte **příčel nad 1NP**. Postup stejný jako v NNK.

- 1) Výztuž nad podporami (3x)
- 2) Výztuž v polích (2x)

Některé části výpočtu (např. spolupůsobící šířka, výška tlačené oblasti při uvážení tlačené výztuže) je vhodné provádět **ručně** včetně vypsání vzorců.

Jiné části výpočtu (např. n , \emptyset_s , $A_{s,prov}$, výška tlačené oblasti, M_{Rd}) je vhodné provádět **formou tabulky**. Pokud bude tabulka vytvořena v Excelu, přineste ji vytištěnou.

Příčel – ohybová výztuž

Navrhněte **příčel nad 1NP**. Postup stejný jako v NNK.

1) Výztuž nad podporami (3x)

	n	ø	d _T	s _{min}	s _{max}	s	A _{s,min}	A _{s,max}	A _{s,prov}	x	z	ξ	M _{Rd}	M _{Ed}
		mm	mm	mm	mm	mm	mm ²	mm ²	mm ²	mm	mm		kNm	kNm
Levá podpora														
Levé pole														
Střední podpora														
Pravé pole														
Pravá podpora														

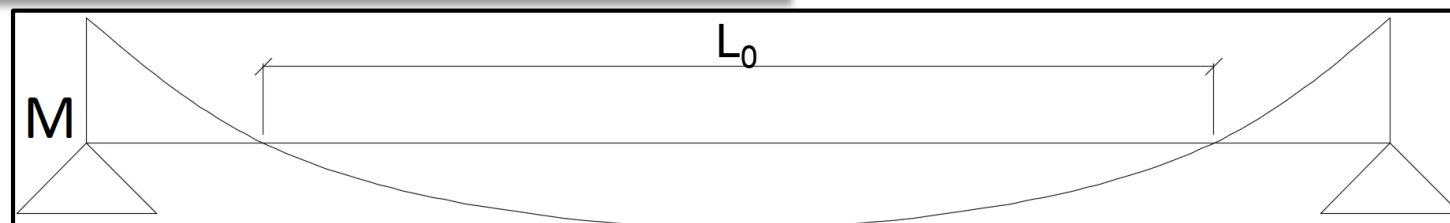
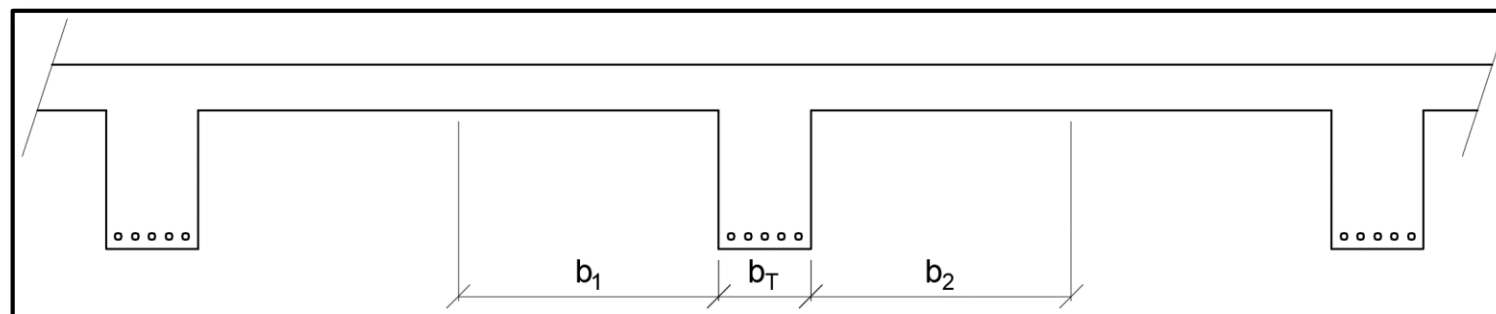
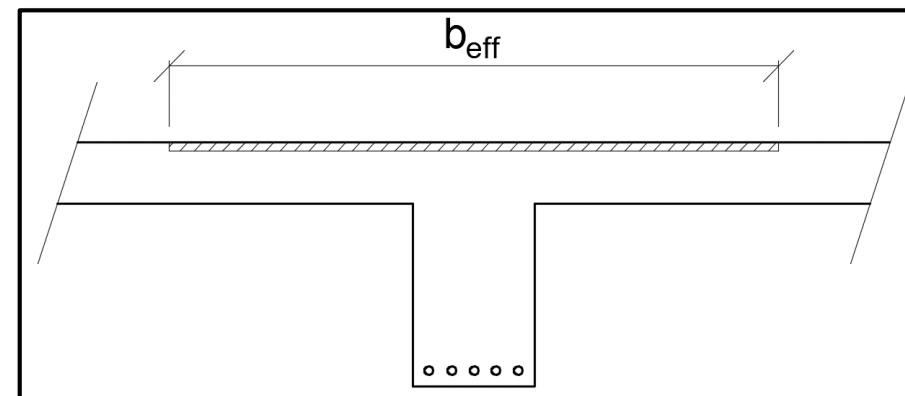
U každé části výpočtu (např. n, ø, s, A_{s,prov}, výška účinné výšky, M_{Rd}) je vhodné provádět **formou tabulky**. Pokud bude tabulka vytvořena v Excelu, přineste ji vytištěnou.

Spolupůsobící šířka

Vztah pro výpočet spolupůsobící šířky:

$$b_{eff} = b_T + b_{eff,1} + b_{eff,2},$$

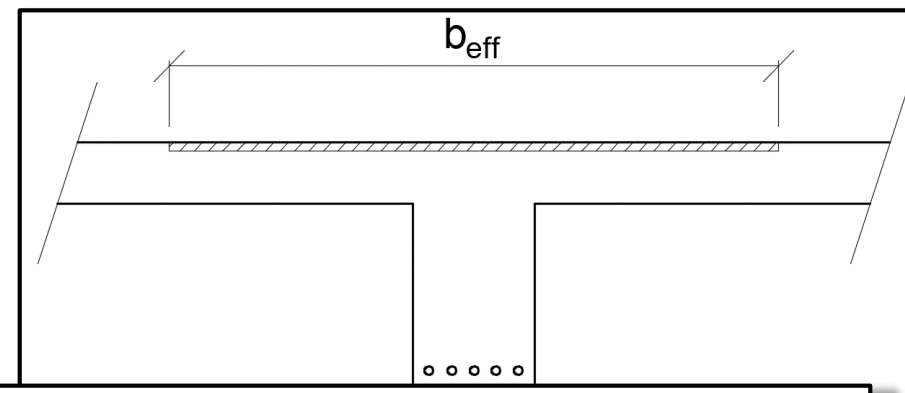
kde $b_{eff,i} = \min(0.2b_i + 0.1l_0; 0.2l_0; b_i)$.



Spolupůsobící šířka

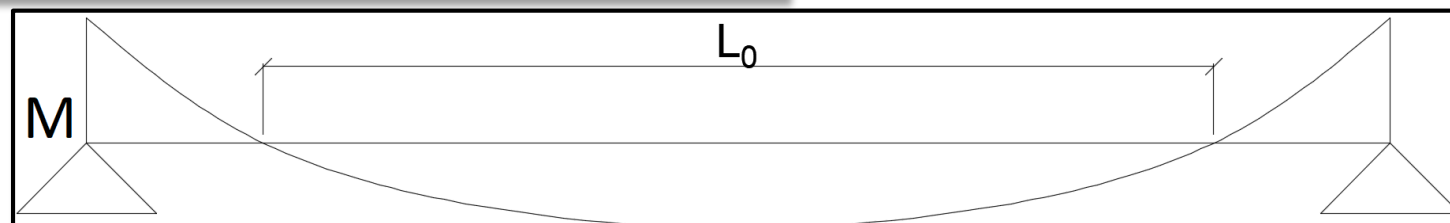
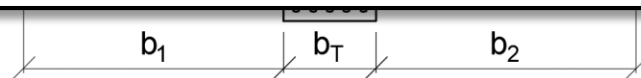
Vztah pro výpočet spolupůsobící šířky:

$$b_{eff} = b_T + b_{eff,1} + b_{eff,2},$$



Hodnoty l_0 jsou různé v různých polích.

Hodnotu b_{eff} spočtete jen jednou, a to pro menší l_0 , a použijete ji všude.



Ohybová výztuž příčle

- 1) Návrh
- 2) Konstrukční zásady
- 3) Posouzení

1) Návrh výztuže příčle

- tabulky
- iteračně pomocí Excelu

Návrh: x \emptyset ($A_{s,prov} =$ mm^2)

2) Ověření konstrukčních zásad

$$d_T = h_T - c_{\text{nom}} - \frac{\varnothing}{2} - \varnothing_t \quad !$$

$$A_{s,\text{prov}} \geq A_{s,\text{min}} = \max \left(0,26 \frac{f_{\text{ctm}}}{f_{\text{yk}}} b_T d; 0,0013 b_T d \right)$$

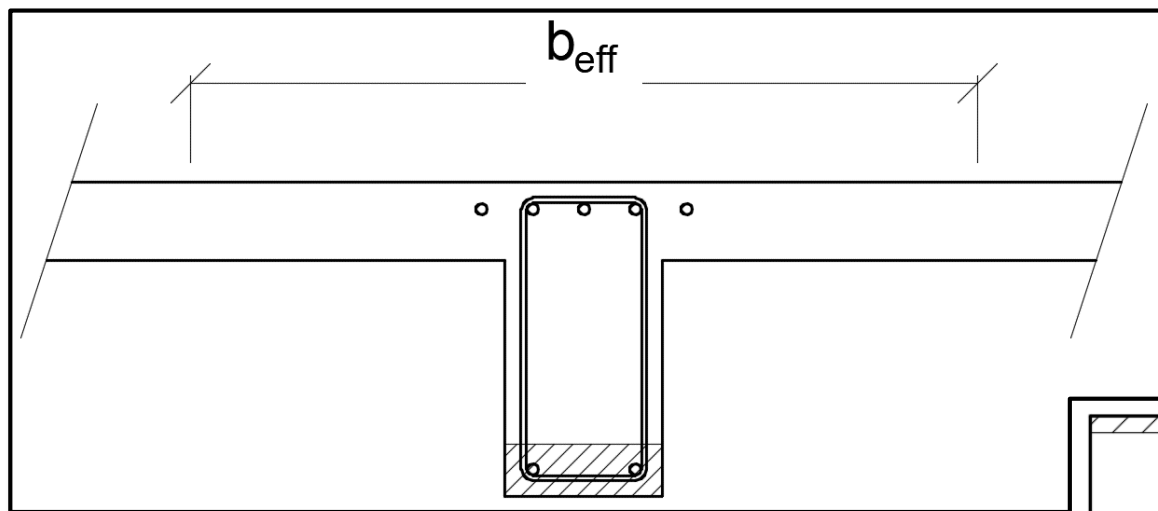
$$A_{s,\text{prov}} \leq A_{s,\text{max}} = 0,04 b_T h_T$$

Osová vzdálenost profilů $s_a \leq \min(2h_T; 250 \text{ mm})$

Světlá vzdálenost profilů $s_c \geq \max(20 \text{ mm}; 1,2\varnothing; D_{\text{max}} + 5 \text{ mm})$

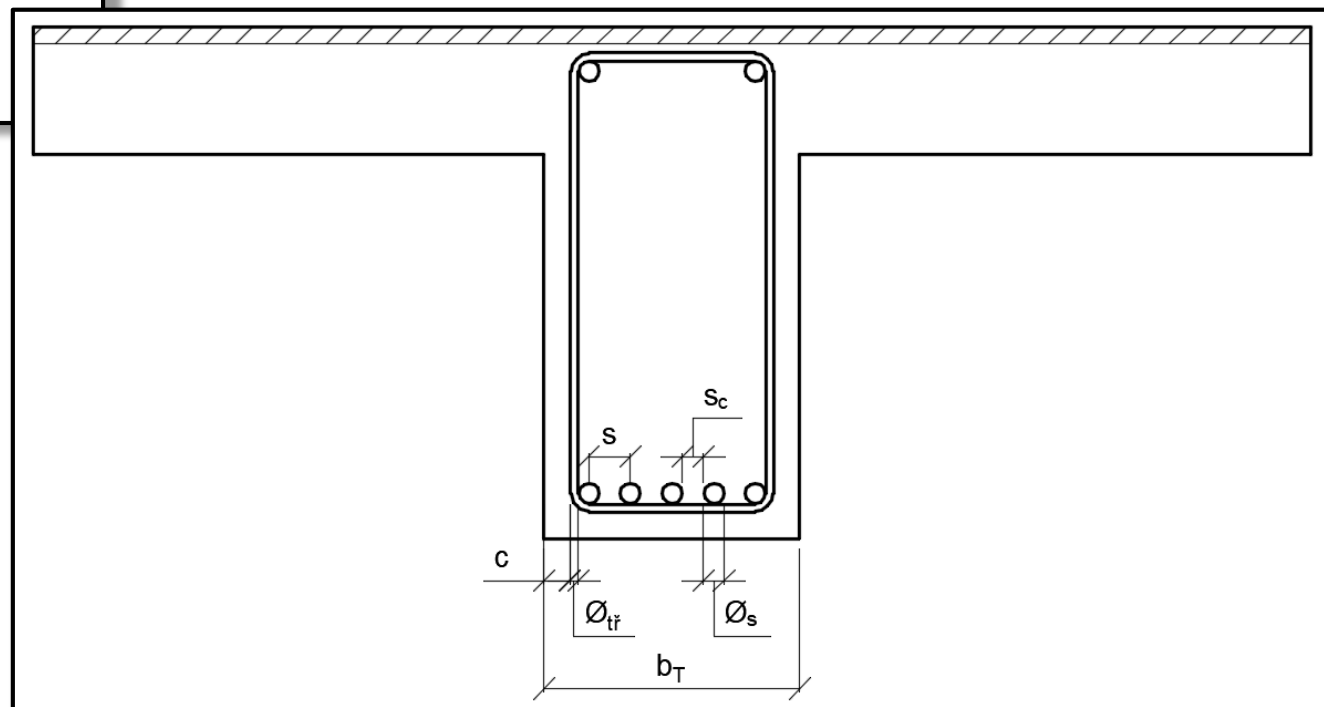
Pruty se musí vejít do šířky průřezu (b_T v poli, b_{eff} nad podporou)!

2) Ověření konstrukčních zásad



$$s_c = \frac{b_T - 2c - 2\varnothing_{tř} - n\varnothing_s}{n - 1}$$

$$s = s_c + \varnothing$$



Příčel – ohybová výztuž

Posouzení jednostranně vyztuženého průřezu nad podporou

3) Posouzení (nad podporou) jednostranně vyztužený průřez

Výpočet výšky tlačené oblasti:

$$x = \frac{A_{s,prov} \cdot f_{yd}}{0.8 \cdot b_T \cdot f_{cd}}$$

Ověření rotační kapacity:

$$\xi = \frac{x}{d} \leq 0.45 \text{ (viz dále)}$$

Ověření meze kluzu výztuže:

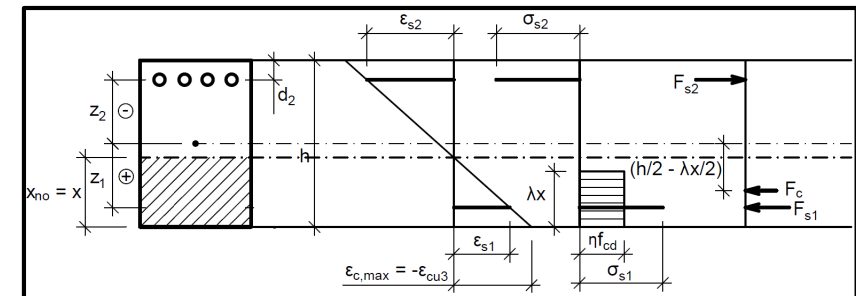
$$\xi = \frac{x}{d} \leq 0.617 = \xi_{bal,1} \text{ (viz ještě dále)}$$

Výpočet momentu únosnosti:

$$M_{Rd} = A_{s,prov} \cdot f_{yd} \cdot (d - 0.4 \cdot x)$$

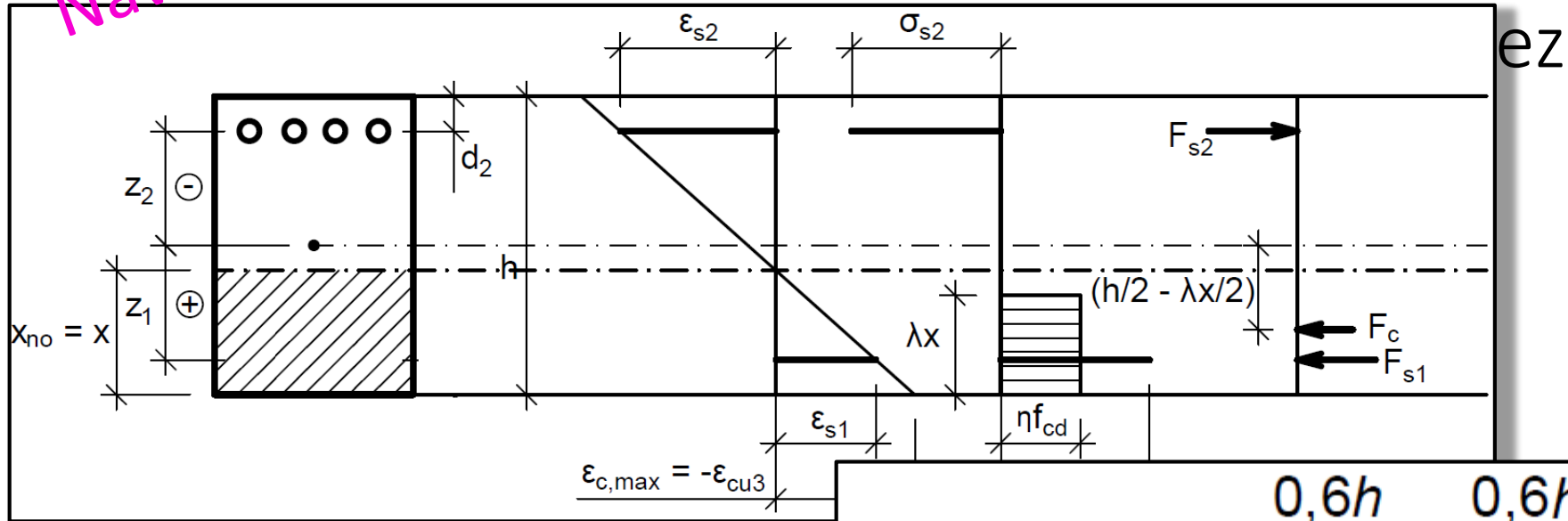
Posouzení:

$$M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

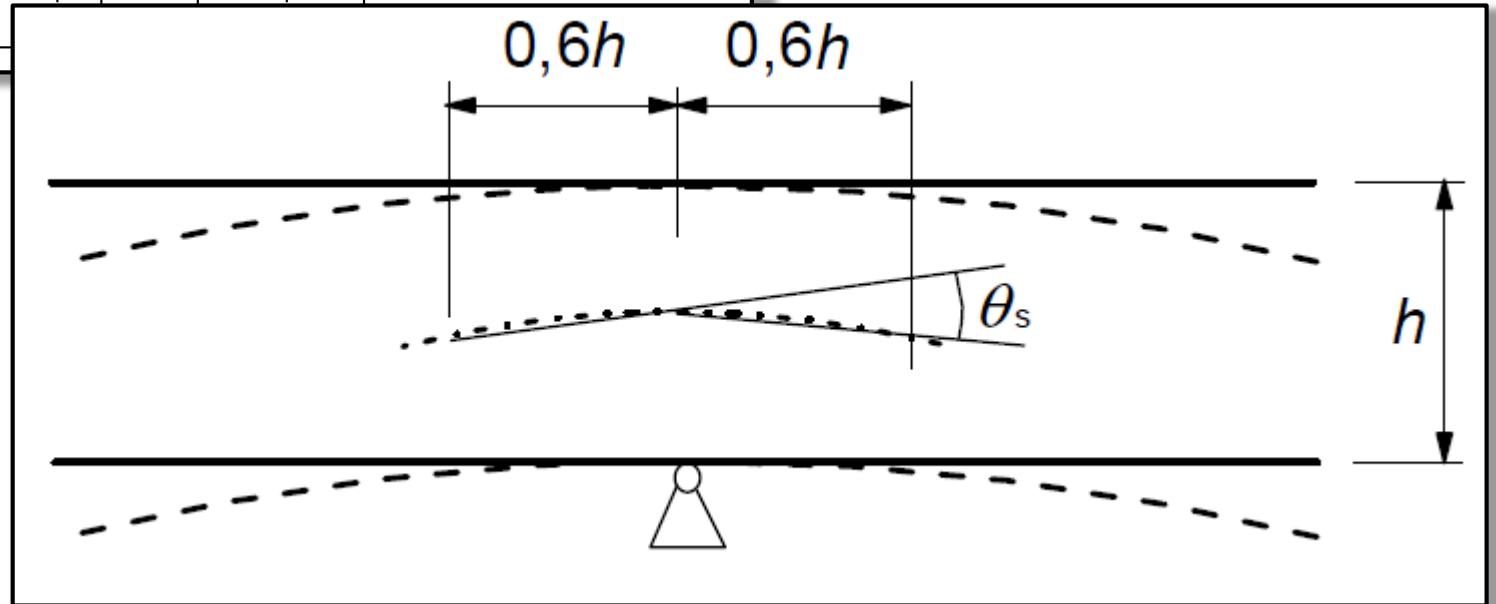


Navíc pro zvědavé

Rotační kapacita



Uvažujeme plastické chování betonu. To ale můžeme uvažovat pouze pokud se průřez může dostatečně pootočit. To ověříme pomocí $\xi = \frac{x}{d} \leq 0.45$.



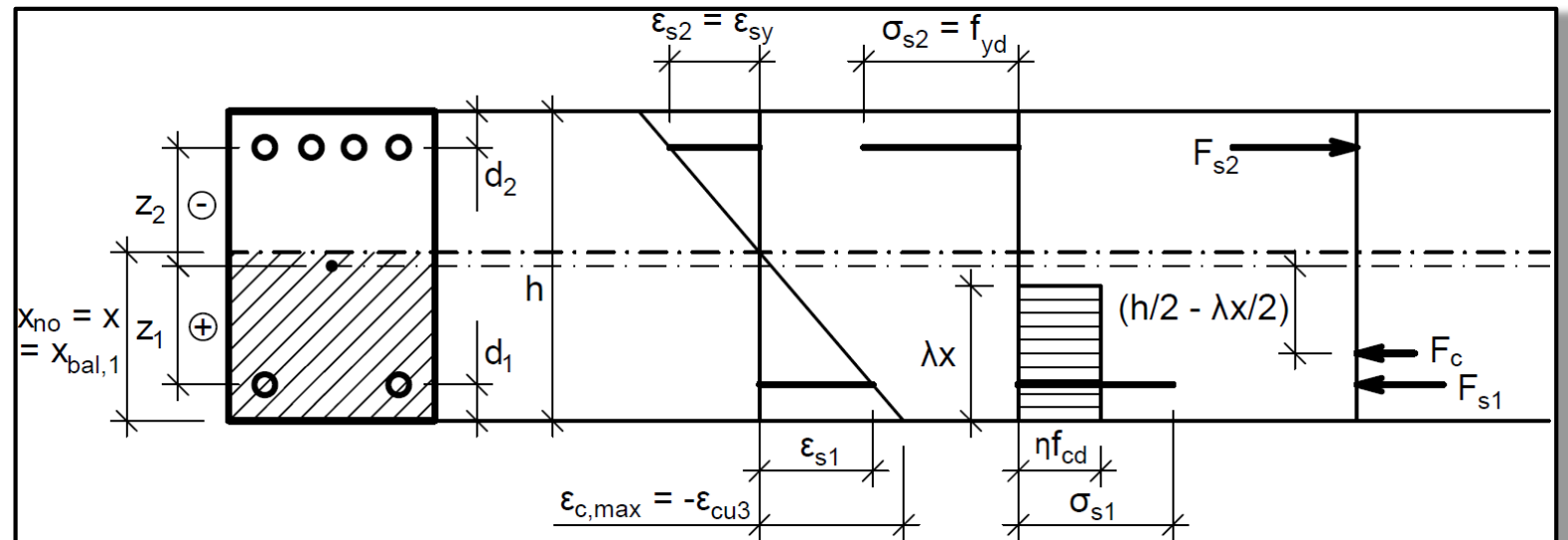
Odvození pro zvládnuté

$$\xi_{bal,1}$$

Součinitel $\xi_{bal,1}$ je poměr $x_{bal,1}/d$, kde $x_{bal,1}$ je výška tlačené oblasti v případě, kdy $\varepsilon_{s,tah} = \varepsilon_{sy} = f_{yd}/E_s$

Při stanovení $\xi_{bal,1}$ vycházíme z podobnosti trojúhelníků

$$\frac{\varepsilon_{cu}}{x_{bal,1}} = \frac{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{s2}}{h - d_2}$$



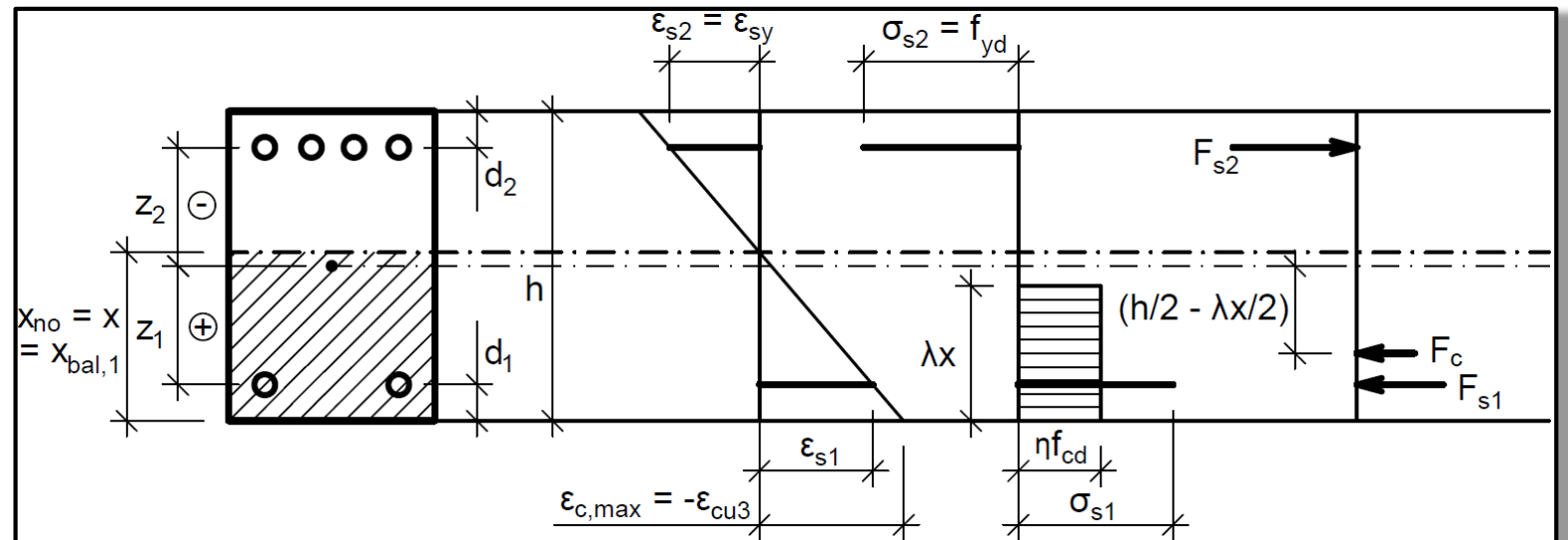
Odvození pro zvládnuté

$$\xi_{bal,1}$$

Součinitel $\xi_{bal,1}$ je poměr $x_{bal,1}/d$, kde $x_{bal,1}$ je výška tlačené oblasti v případě, kdy $\varepsilon_{s,tah} = \varepsilon_{sy} = f_{yd}/E_s$

Při stanovení $\xi_{bal,1}$ vycházíme z podobnosti trojúhelníků

$$\frac{\varepsilon_{cu}}{x_{bal,1}} = \frac{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{sy}}{d}$$



Odvození pro zvládnuté

$\xi_{bal,1}$

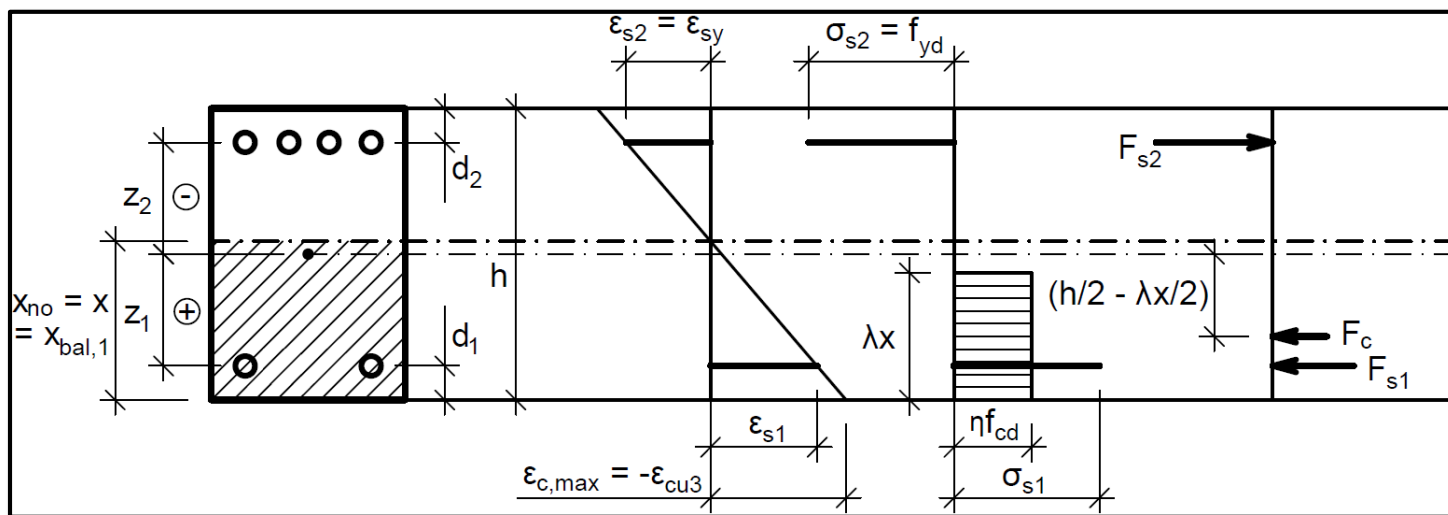
Z podobnosti trojúhelníků

$$\frac{\varepsilon_{cu}}{x_{bal,1}} = \frac{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{sy}}{d}$$

Vyjádříme vztah pro $\xi_{bal,1}$

$$\frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{sy}} = \frac{x_{bal,1}}{d}$$

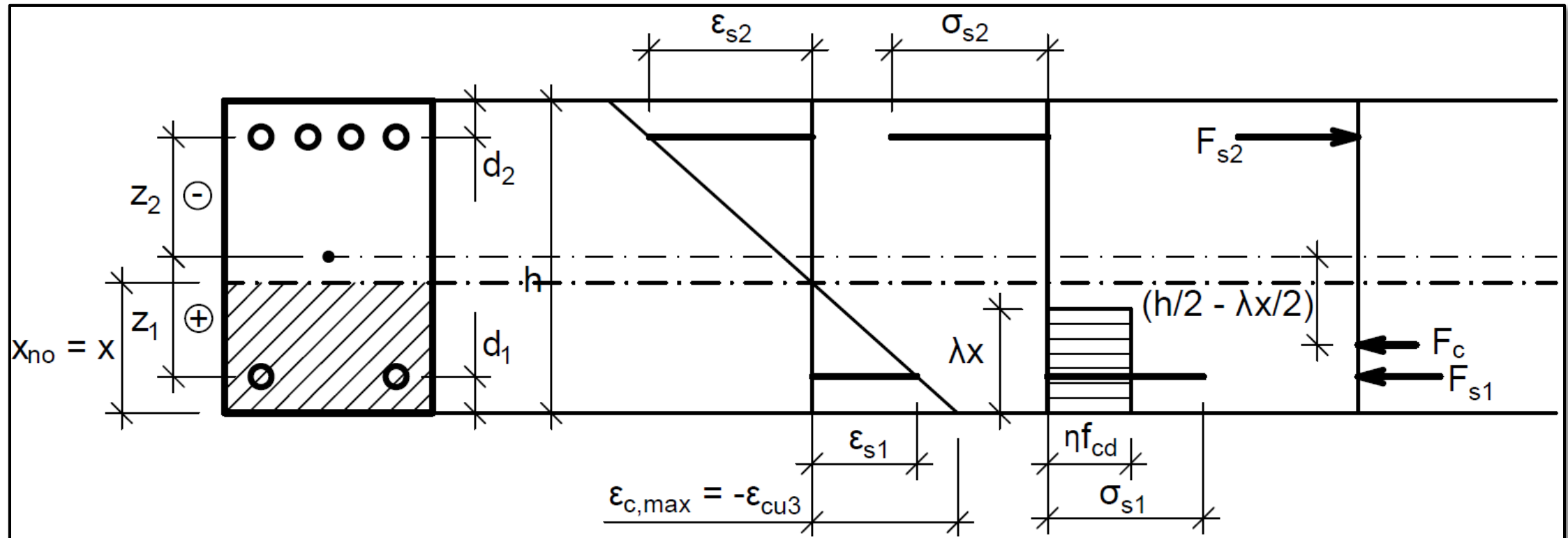
$$\frac{0.0035}{0.0035 + 0.02175} = \mathbf{0.617} = \xi_{bal,1} = \frac{x_{bal,1}}{d}$$



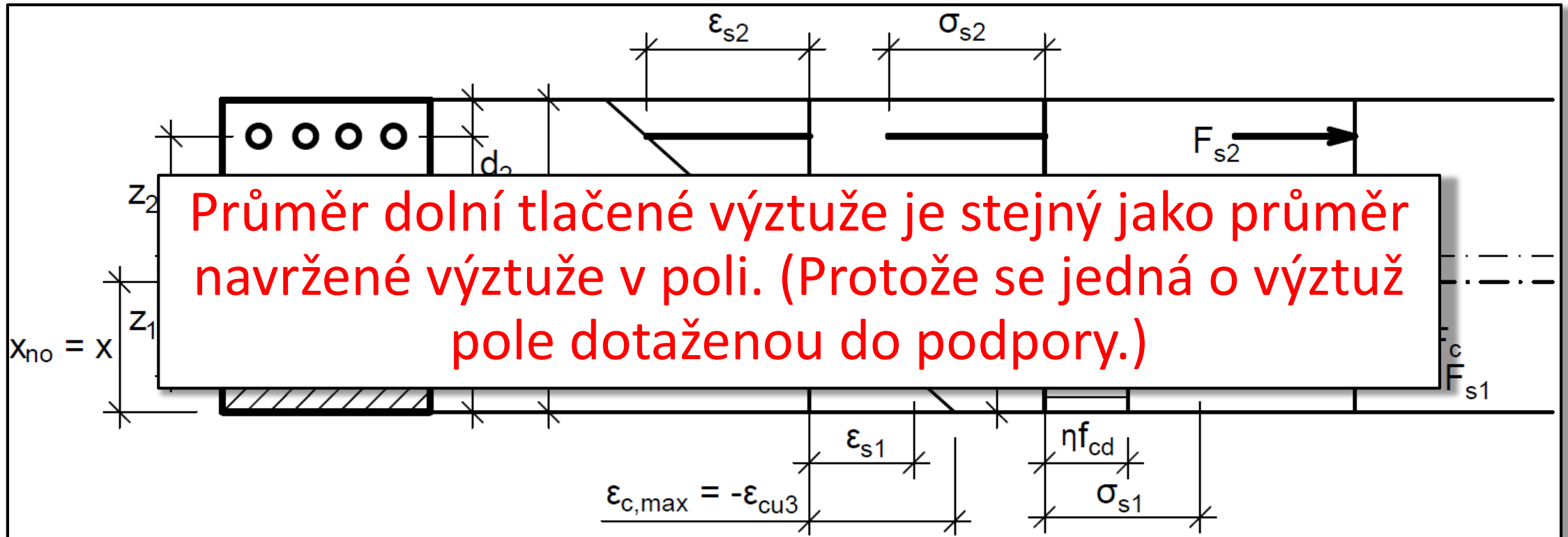
Příčel – ohybová výztuž

Posouzení oboustranně vyztuženého průřezu **nad podporou**

3) Posouzení (nad podporou) oboustranně vyztužený průřez



3) Posouzení (nad podporou) oboustranně vyztužený průřez

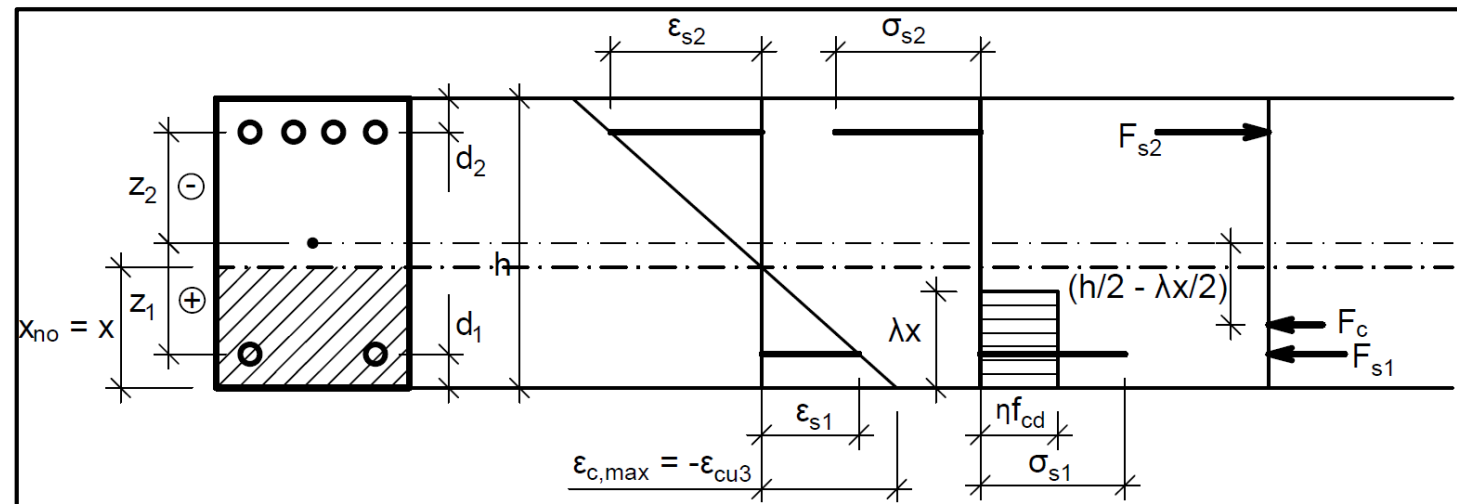


Oboustranně vyztužený průřez

Moment únosnosti oboustranně vyztuženého průřezu:

$$M_{Rd} = F_{s2}z_2 + F_{s1}z_1 + F_c z_c$$

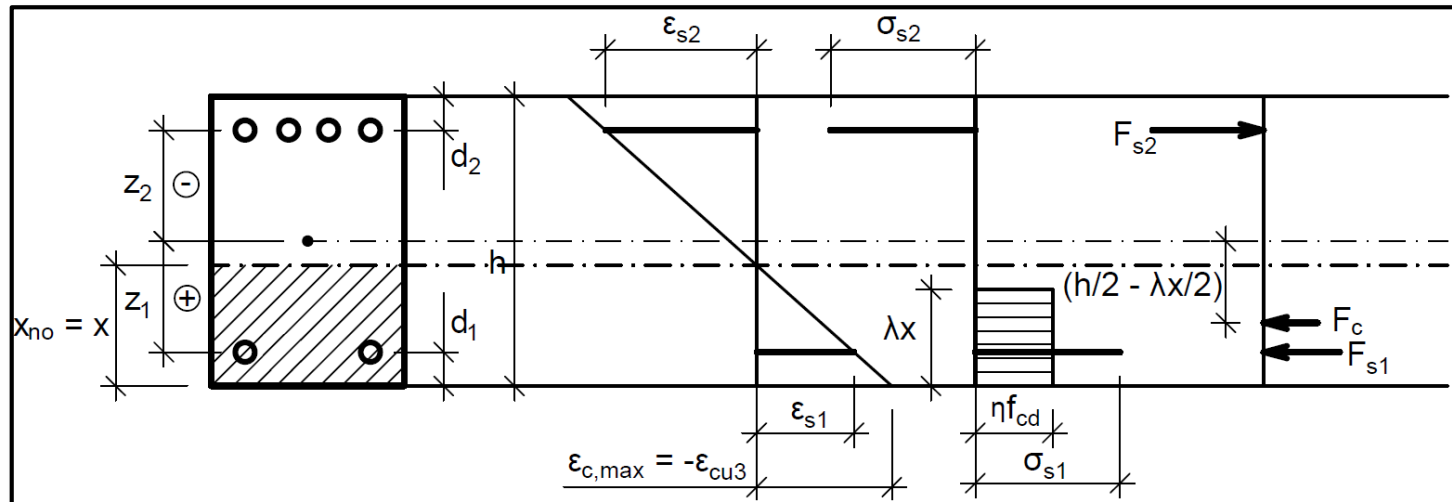
$$M_{Rd} = A_{s2}\sigma_{s2}z_2 + A_{s1}\sigma_{s1}z_1 + 0.8bx(-f_{cd}) \left(\frac{0.8x}{2} - \frac{h}{2} \right)$$



Oboustranně vyztužený průřez

Moment únosnosti oboustranně vyztuženého průřezu:

$$M_{Rd} = A_{s2} \sigma_{s2} z_2 + A_{s1} \sigma_{s1} z_1 + 0.8bx(-f_{cd}) \left(\frac{0.8x}{2} - \frac{h}{2} \right)$$

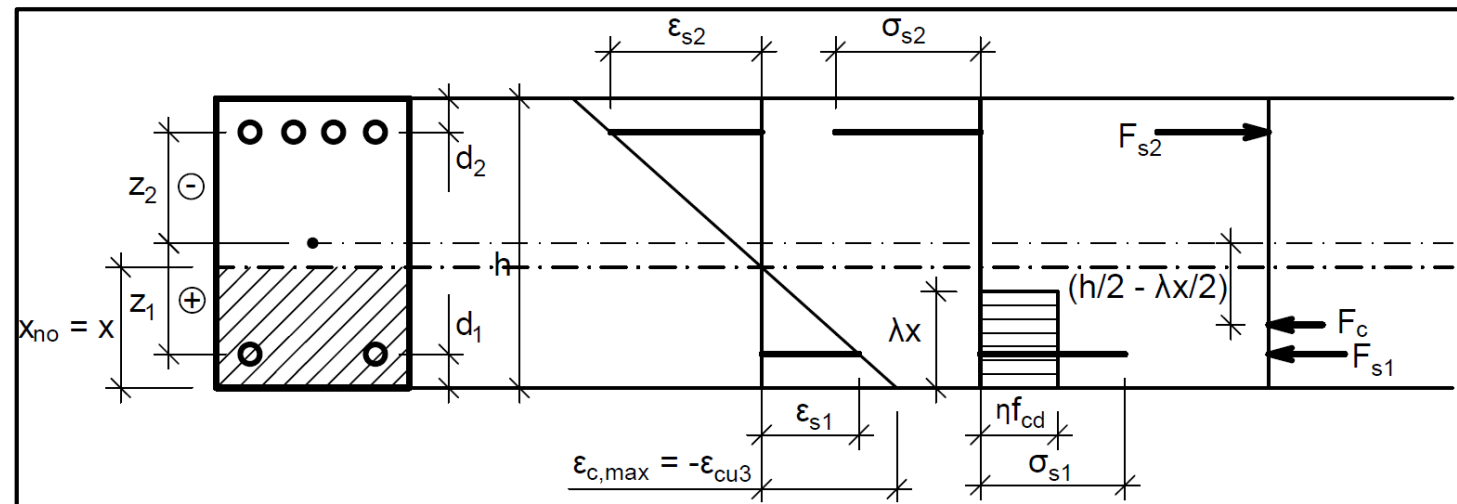


Oboustranně vyztužený průřez

Moment únosnosti oboustranně vyztuženého průřezu:

$$M_{Rd} = A_{s2}f_{yd}z_2 + A_{s1}\sigma_{s1}z_1 + 0.8bx(-f_{cd})\left(\frac{0.8x}{2} - \frac{h}{2}\right)$$

$\sigma_{s2} = f_{yd}$ (později ověříme pomocí $\xi_{bal,1}$)



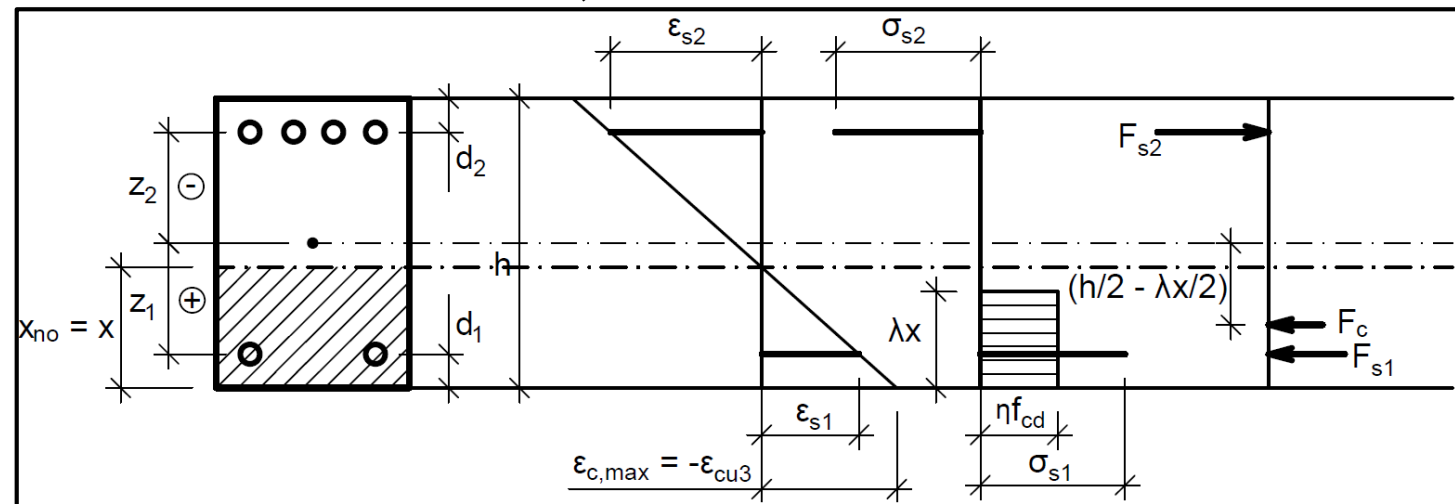
Oboustranně vyztužený průřez

Moment únosnosti oboustranně vyztuženého průřezu:

$$M_{Rd} = A_{s2}f_{yd}z_2 + A_{s1}(-f_{yd})z_1 + 0.8b\lambda(-f_{cd})\left(\frac{0.8x}{2} - \frac{h}{2}\right)$$

$$\sigma_{s2} = f_{yd} \text{ (později ověříme pomocí } \xi_{bal,1}\text{)}$$

$$\sigma_{s1} = -f_{yd} \text{ (později ověříme pomocí } \xi_{bal,2}\text{)}$$



Oboustranně vyztužený průřez

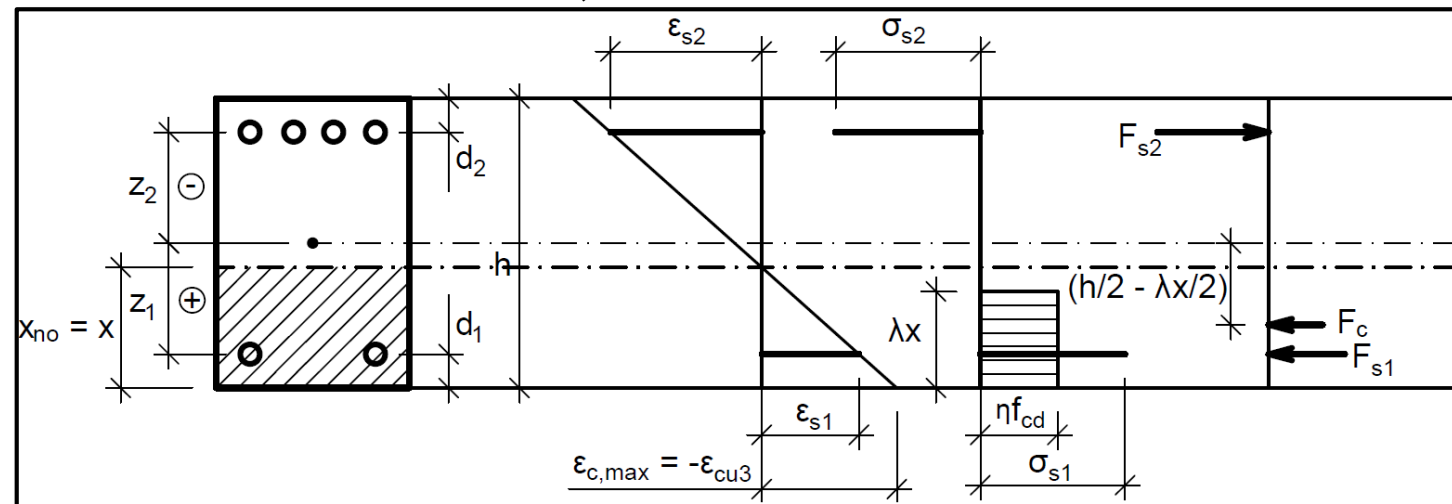
Moment únosnosti oboustranně vyztuženého průřezu:

$$M_{Rd} = A_{s2}f_{yd}z_2 + A_{s1}(-f_{yd})z_1 + 0.8b\mathbf{x}(-f_{cd}) \left(\frac{0.8x}{2} - \frac{h}{2} \right)$$

$$\sigma_{s2} = f_{yd} \text{ (později ověříme pomocí } \xi_{bal,1}\text{)}$$

$$\sigma_{s1} = -f_{yd} \text{ (později ověříme pomocí } \xi_{bal,2}\text{)}$$

x spočteme

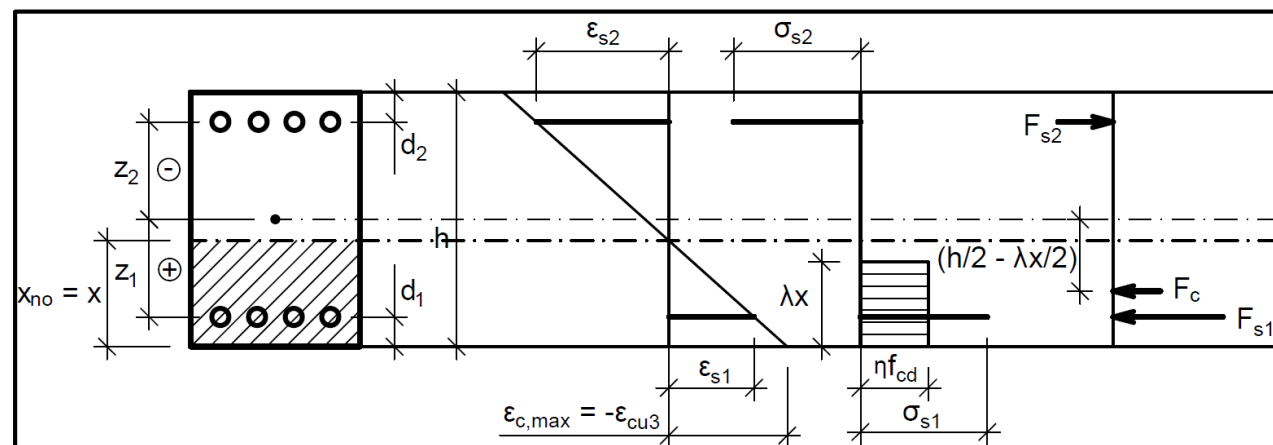


Oboustranně vyztužený průřez

Nyní musíme ověřit původní předpoklady, že obě výztuže jsou za mezí kluzu ($\sigma_{s1} = \sigma_{s1} = f_{yd}$).

Ověření meze kluzu tažené výztuže: $\xi_1 = \frac{x}{d} \leq 0.617 = \xi_{bal,1}$ (viz dříve)

Ověření meze kluzu tlačené výztuže: $\xi_2 = \frac{x}{d_1} \geq 2.642 = \xi_{bal,2}$ (viz dále)



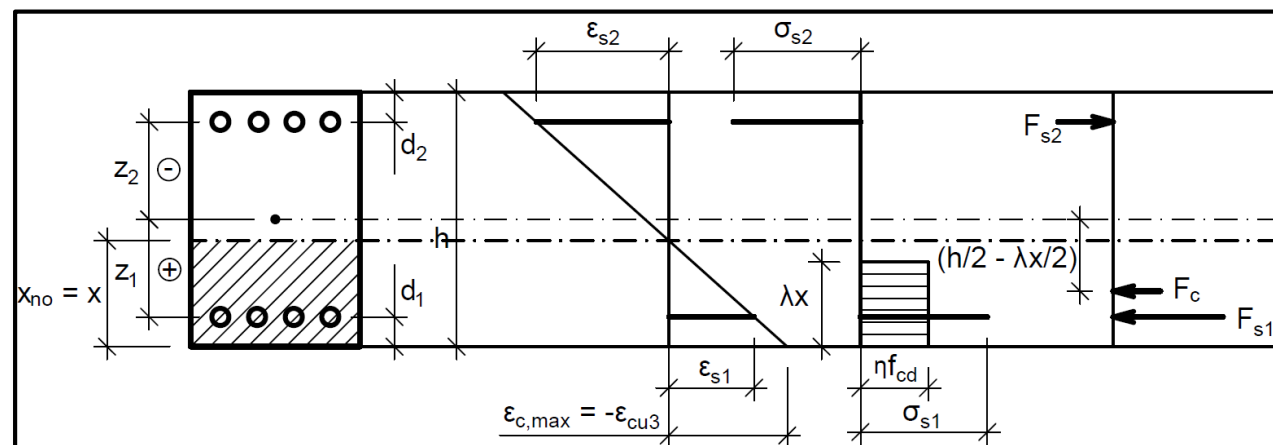
Odvození pro zvládnuté

$\xi_{bal,2}$

Součinitel $\xi_{bal,2}$ je poměr $x_{bal,2}/d$, kde $x_{bal,2}$ je výška tlačené oblasti v případě, kdy $\varepsilon_{s,tlak} = -\varepsilon_{sy} = -f_{yd}/E_s$

Při stanovení $\xi_{bal,2}$ vycházíme z podobnosti trojúhelníků

$$\frac{\varepsilon_{cu}}{x_{bal,2}} = \frac{\varepsilon_{cu} - \varepsilon_{s1}}{d_1}$$



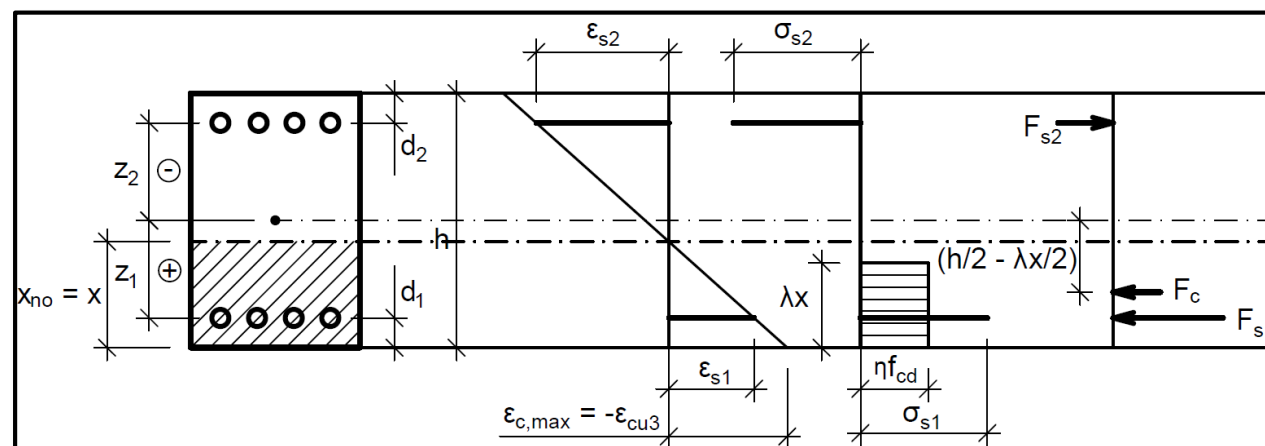
Odvození pro zvládnuté

$$\xi_{bal,2}$$

Součinitel $\xi_{bal,2}$ je poměr $x_{bal,2}/d$, kde $x_{bal,2}$ je výška tlačené oblasti v případě, kdy $\varepsilon_{s,tlak} = -\varepsilon_{sy} = -f_{yd}/E_s$

Při stanovení $\xi_{bal,2}$ vycházíme z podobnosti trojúhelníků

$$\frac{\varepsilon_{cu}}{x_{bal,2}} = \frac{\varepsilon_{cu} - \varepsilon_{sy}}{d_1}$$



Odvození pro zvládnuté

$\xi_{bal,2}$

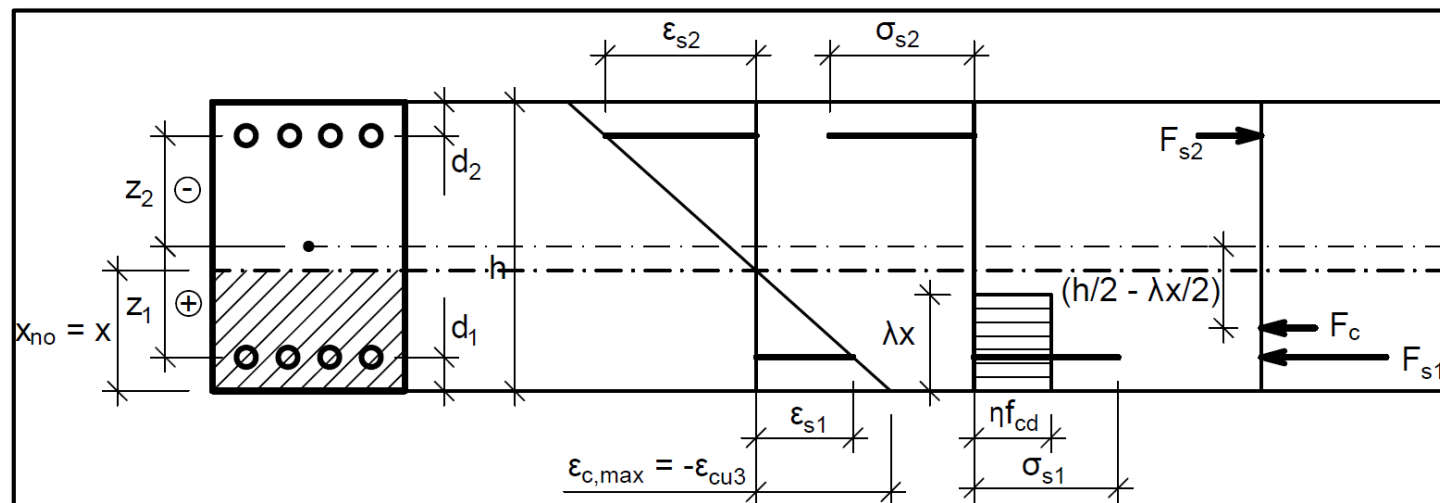
Z podobnosti trojúhelníků

$$\frac{\varepsilon_{cu}}{x_{bal,2}} = \frac{\varepsilon_{cu} - \varepsilon_{sy}}{d_1}$$

Vyjádříme vztah pro $\xi_{bal,2}$

$$\frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} - \varepsilon_{sy}} = \frac{x_{bal,2}}{d_1}$$

$$\frac{0.0035}{0.0035 - 0.02175} = 2.642 = \xi_{bal,2} = \frac{x_{bal,2}}{d_1}$$



Oboustranně vyztužený průřez

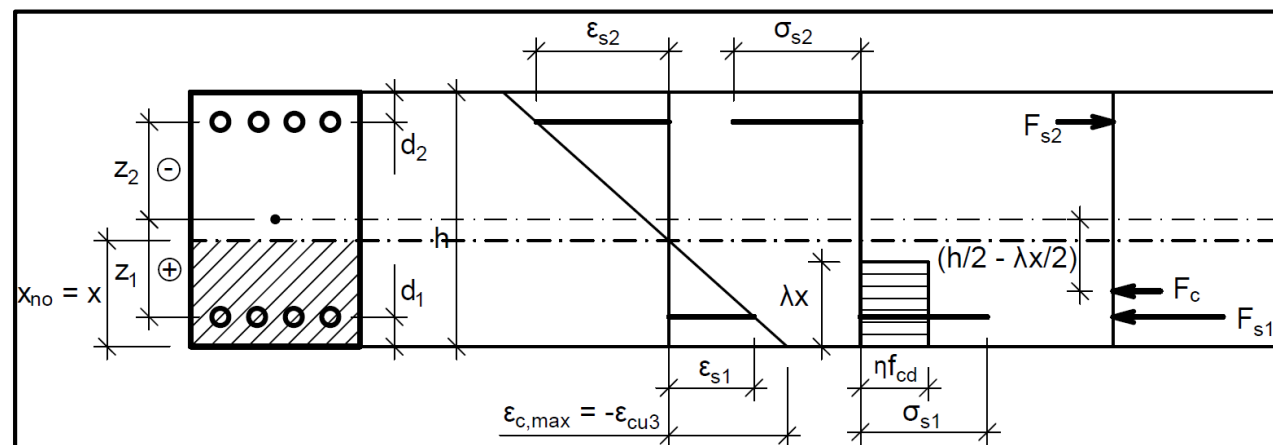
Pokud podmínka $\xi_2 \geq 2.642$ **nevyhoví**, pak tlačená výztuž **není za mezí kluzu** a je nutné výpočet **přepočítat**.

Pokud podmínka **vyhoví**, je možné rovnou **přejít k výpočtu únosnosti** M_{Rd} .

Oboustranně vyztužený průřez – $\sigma_{s1} < f_{yd}$

Když tlačená výztuž není za mezí kluzu, pak neznáme napětí v tlačené výztuži

$$M_{Rd} = A_{s2}f_{yd}z_2 + A_{s1}\sigma_{s1}z_1 + 0.8b\chi(-f_{cd})\left(\frac{0.8x}{2} - \frac{h}{2}\right).$$



Odvození pro zvidavé

Oboustranně vyztužený průřez – $\sigma_{s1} < f_{yd}$

Máme jednu rovnici o dvou neznámých (rovnost vnitřních sil)

$$N = 0 = A_{s2}f_{yd} + A_{s1}\sigma_{s1} + 0.8bx(-f_{cd}),$$

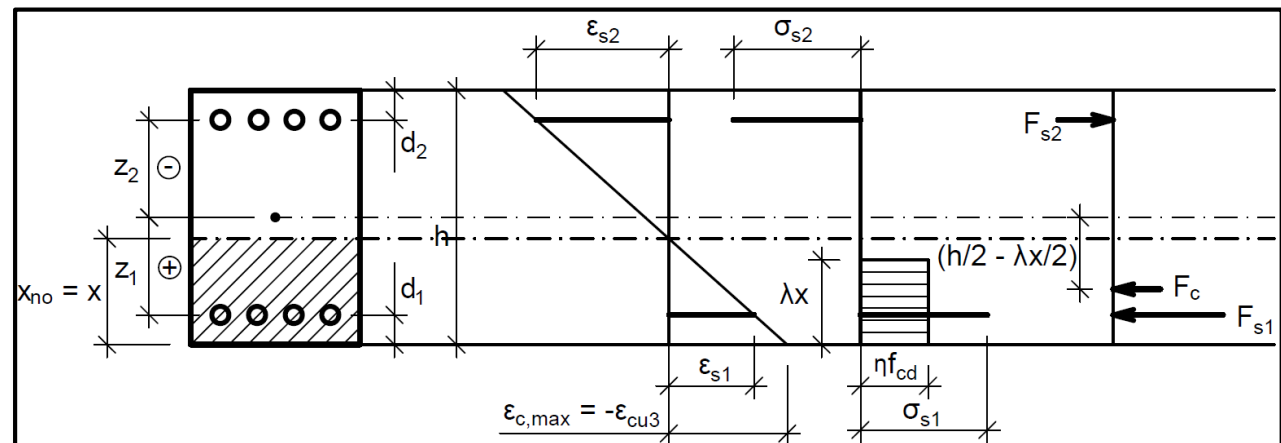
a potřebujeme tedy ještě nějakou jinou rovnici pro získání řešení.

Tou druhou rovnicí podobnost trojúhelníků

$$\frac{\varepsilon_{cu}}{x} = \frac{\varepsilon_{s1}}{x-d_1}$$

Ze které dostaneme vztah pro přetvoření výztuže ε_{s1}

$$\varepsilon_{s1} = \frac{x-d_1}{x} \varepsilon_{cu}$$



Odvození pro zvládnuté

Oboustranně vyztužený průřez – $\sigma_{s1} < f_{yd}$

Máme nyní dvě rovnice o třech neznámých

$$N = 0 = A_{s2}f_{yd} + A_{s1}\sigma_{s1} + 0.8bx(-f_{cd}),$$

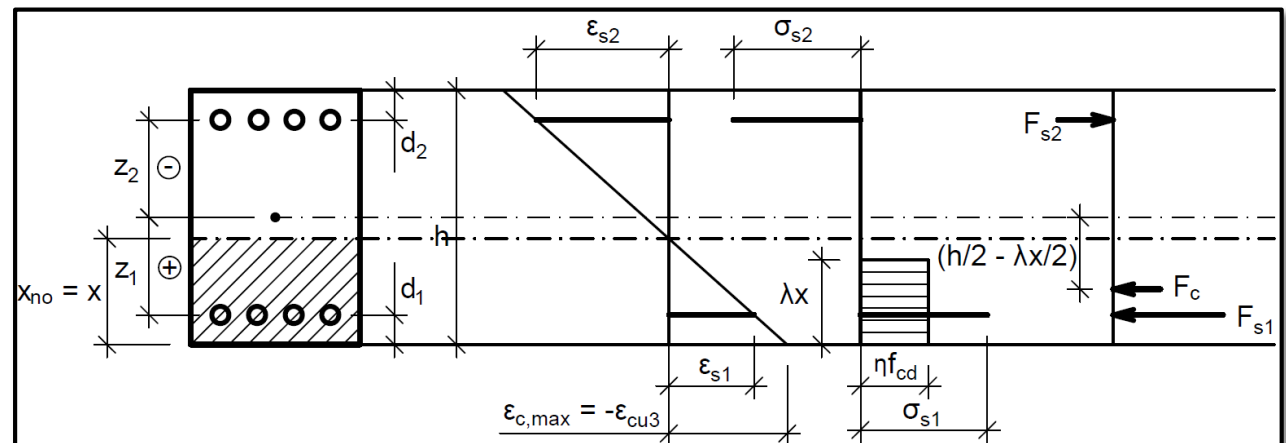
$$\varepsilon_{s1} = \frac{x-d_1}{x} \varepsilon_{cu},$$

kde víme, že výztuž není za mezí kluzu a tedy platí

$$\sigma_{s1} = \varepsilon_{s1} E_s$$

a dosazením získáme

$$\sigma_{s1} = E_s \frac{x-d_1}{x} \varepsilon_{cu}$$



Odvození pro zřídavé

Oboustranně vyztužený průřez – $\sigma_{s1} < f_{yd}$

Máme nyní dvě rovnice o dvou neznámých

$$N = 0 = A_{s2}f_{yd} + A_{s1}\sigma_{s1} + 0.8bx(-f_{cd}),$$

$$\sigma_{s1} = E_s \frac{x-d_1}{x} \varepsilon_{cu},$$

ze kterých získáme kvadratickou rovnici pro výpočet napětí

$$\sigma_{s1}^2 A_{s1} - \sigma_{s1} (A_{s2}f_{yd} + A_{s1}\varepsilon_{cu}E_s) + \varepsilon_{cu}E_s (A_{s2}f_{yd} - 0.8bf_{cd}d_1) = 0$$

Oboustranně vyztužený průřez – $\sigma_{s1} < f_{yd}$

Z kvadratické rovnice

$$\sigma_{s1}^2 A_{s1} - \sigma_{s1} (A_{s2} f_{yd} + A_{s1} \varepsilon_{cu} E_S) + \varepsilon_{cu} E_S (A_{s2} f_{yd} - 0.8 b f_{cd} d_1) = 0$$

dostaneme dvě řešení σ_{s1} , kde jen jedno bude mít fyzikálně smysl (druhé bude přehnaně velké nebo malé).

Pro výpočet dále tedy používáme řešení, které dává smysl, tj.

$$|\sigma_{s1}| \in \langle 0, f_{yd} \rangle$$

Oboustranně vyztužený průřez – $\sigma_{s1} < f_{yd}$

Výšku tlačené oblasti dostaneme z rovnice rovnováhy vnitřních sil

$$N = A_{s2}f_{yd} + A_{s1}\sigma_{s1} + 0.8bx(-f_{cd}) = 0$$

jako

$$x = \frac{A_{s2}f_{yd} + A_{s1}\sigma_{s1}}{0.8bf_{cd}}.$$

záporná hodnota!

Správnost řešení můžeme ověřit vztahem pro výpočet napětí

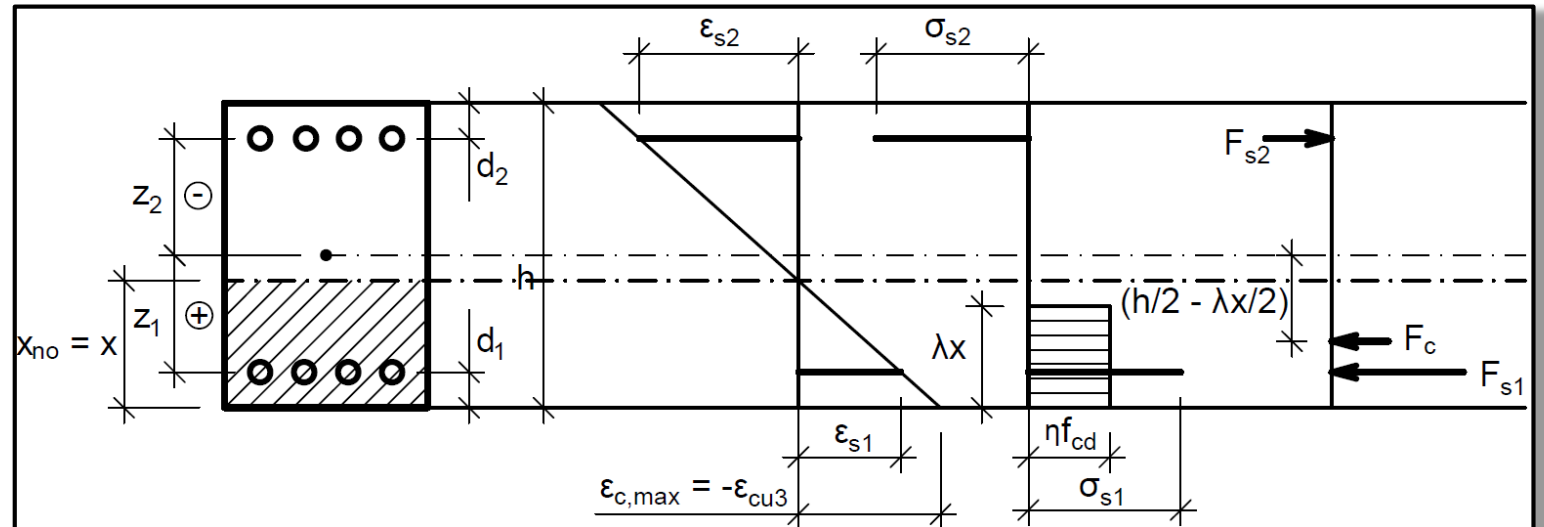
$$\sigma_{s1} = E_s \frac{x - d_1}{x} \varepsilon_{cu}.$$

Oboustranně vyztužený průřez

Moment únosnosti oboustranně vyztuženého průřezu spočteme jako:

$$M_{Rd} = A_{s2}f_{yd}z_2 + A_{s1}\sigma_{s1}z_1 + 0.8bx(-f_{cd})\left(\frac{h}{2} - \frac{0.8x}{2}\right)$$

záporné hodnoty!



Příčel – ohybová výztuž

Posouzení **jednostranně** vyztuženého průřezu **v poli**

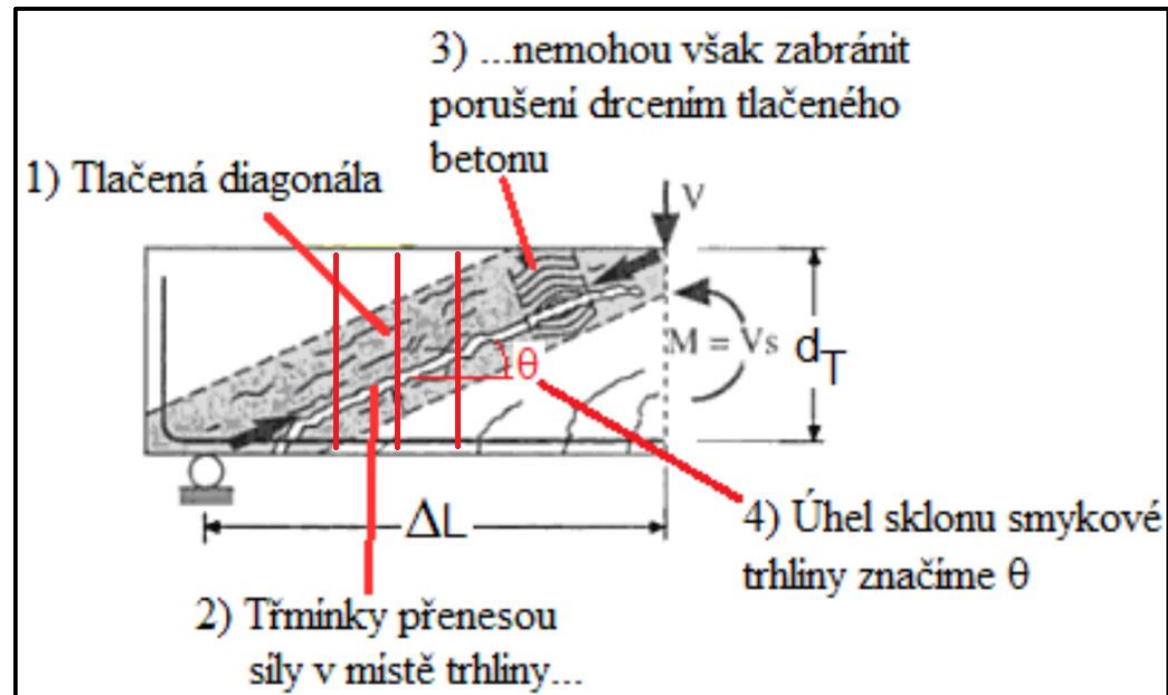
3) Posouzení (v poli)

- Výpočet výšky tlačené oblasti: $x = \frac{A_{s,prov} \cdot f_{yd}}{0.8 \cdot b_{eff} \cdot f_{cd}}$
- Ověření meze kluzu výztuže: $\xi = \frac{x}{d} \leq 0.617 = \xi_{bal,1}$ (viz dříve)
- Ověření rotační kapacity: $\xi = \frac{x}{d} \leq 0.45$
- Ověření výšky tlačené oblasti: $x \leq h_d$
 (uvažovali jsme, že tlačená oblast je na šířce b_{eff} – tedy jen v desce)
- Výpočet momentu únosnosti: $M_{Rd} = A_{s,prov} \cdot f_{yd} \cdot (d - 0.4 \cdot x)$
- Posouzení: $M_{Ed} \leq M_{Rd}$

Příčel – tlačená diagonála (smyk)

Ověření únosnosti tlačené diagonály

V **betonu** vznikají tlačené diagonály a v místě podpory vzniká největší **tlačená diagonála**.



Ověření únosnosti tlačené diagonály

Únosnost tlačené diagonály $V_{Rd,max}$ porovnáme v posouvající silou v teoretické podpoře V_{Ed} .

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,max}$$

Pokud podmínka **nevyhoví**, je nutné změnit geometrii průřezu (nejjednodušší je **změnit šířku**) nebo zvolit jiný sklon tlačené diagonály $\cot\theta$.

Ověření únosnosti tlačené diagonály

Únosnost tlačené diagonály $V_{Rd,max}$ porovnáme v posouvající silou v teoretické podpoře V_{Ed} .

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,max} = v \cdot f_{cd} \cdot b \cdot z \cdot \frac{\cot \theta}{1 + \cot^2 \theta}$$

Pokud podmínka **nevyh** $v = 0,6 \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right)$ geometrii průřezu
(nejjednodušší je **změní** jiný sklon tlačené diagonály
 $\cot \theta$.

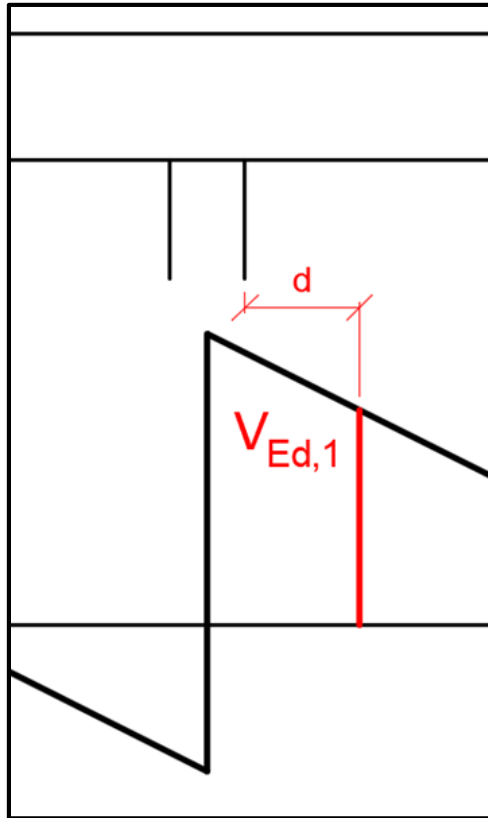
Příčel – smyková výztuž

Smyková výztuž

Postup stejný jako v NNK.

- 1) 1x návrhové třmínky na největší posouvající sílu
- 2) 1x konstrukční třmínky

1) Návrhové třmínky

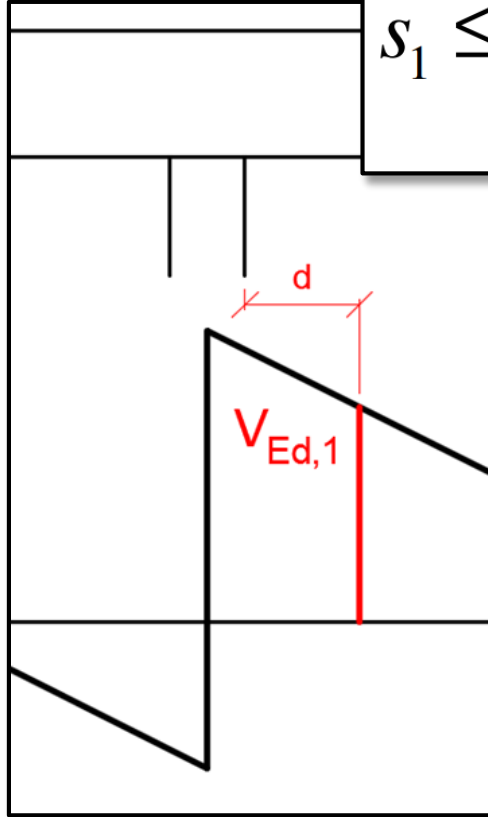


Navrhujeme na sílu V_{Ed1} ve vzdálenosti d od líce přímé podpory.

- 1) Průřezová plocha třmínku
- 2) Potřebná rozteč třmínků s_1
- 3) Konstrukční zásady a stupeň vyztužení
- 4) Posouzení třmínků $V_{Rd,1}$
- 5) Určíme minimální „přesah“ oblasti návrhových třmínků $\Delta l = z \cdot \cot \theta$

$$A_{sw} = \frac{n \pi \phi_t^2}{4}$$

1) Návrhové třmínky



$$s_1 \leq \frac{A_{sw} f_{yd}}{V_{Ed,1}} z \cot \theta$$

na sílu $V_{Ed,1}$ ve vzdálenosti d od líce

$$s_1 \leq s_{max} = \min(0.75d; 400 \text{ mm})$$

1) Prů

$$\rho_{sw,min} \leq \rho_{sw} \leq \rho_{sw,max}$$

2) Pot

$$\frac{0,08\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} \leq \frac{A_{sw}}{bs_1} \leq \frac{0,5v f_{cd}}{f_{yd}}$$

3) Kon

vyztužení

4) Pos

5) Určíme minimální „př

třmínků $\Delta l = z \cdot \cot \theta$

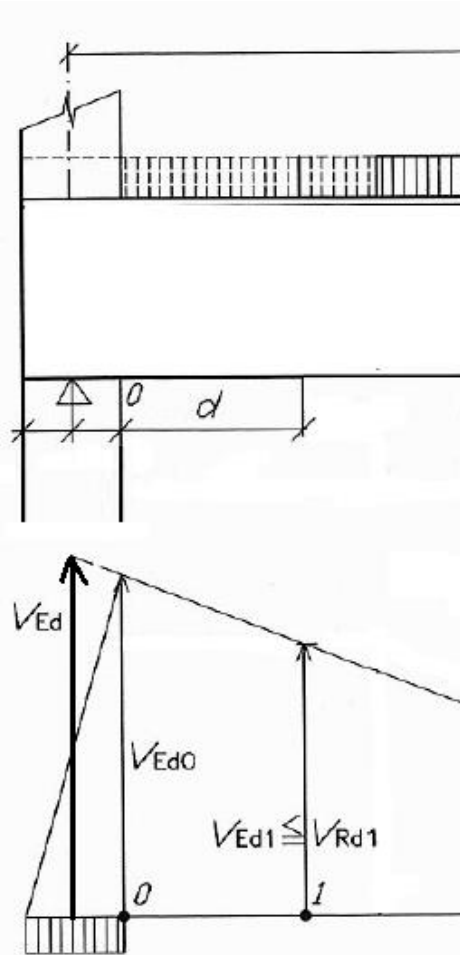
$$V_{Rd,1} = \underbrace{A_{sw} f_{yd}}_{F_{tř}} \underbrace{\frac{z \cot \theta}{s_1}}_{n_{tř}} \geq V_{Ed,1}$$

$$\Delta l = z \cot \theta$$

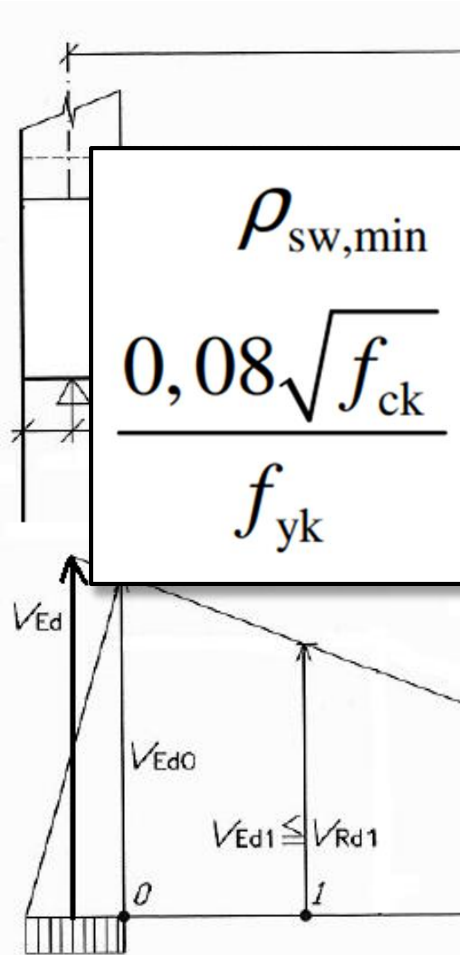
2) Konstrukční třmínky

Volíme rozteč třmínků $s_{kčn\acute{i}}$ podle konstrukčních zásad – tj. $s_{kčn\acute{i}} \leq \min(0.75d; 400 \text{ mm})$.

- 1) Kontrola stupně vyztužení
- 2) Stanovení únosnosti třmínků $V_{Rd,kčn\acute{i}}$
- 3) Určíme maximální „přesah“ oblasti konstrukčních třmínků $\Delta l = z \cdot \cot\theta$



2) Konstrukční třmínky



Volíme rozteč třmínků $s_{kčn\acute{i}}$ podle konstrukčních
 $\min(0.75d; 400 \text{ mm})$.

$$\rho_{sw,min} \leq \rho_{sw} \leq \rho_{sw,max}$$

$$\frac{0,08\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} \leq \frac{A_{sw}}{bs_{kčn\acute{i}}} \leq \frac{0,5v f_{cd}}{f_{yd}}$$

ě vyztužení

snosti třmínků $V_{Rd,kčn\acute{i}}$

ální „přesah“ oblasti konstrukčních

třmínků Δl

$$V_{Rd,kčn\acute{i}} = A_{sw} f_{yd} \frac{z \cot(\theta)}{s_{kčn\acute{i}}}$$

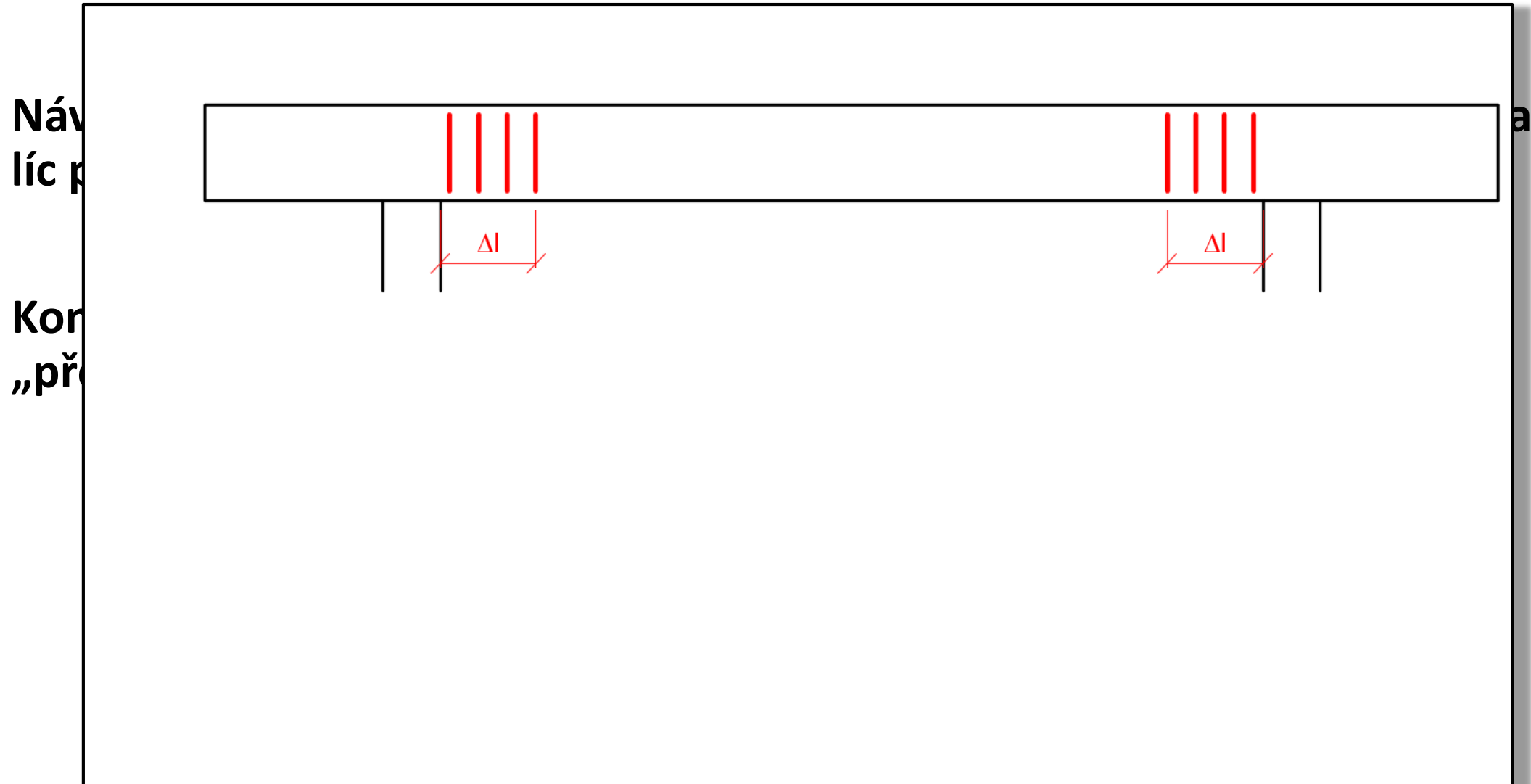
$$\Delta l = z \cot \theta$$

Rozmístění třmínek – návrhové a konstrukční

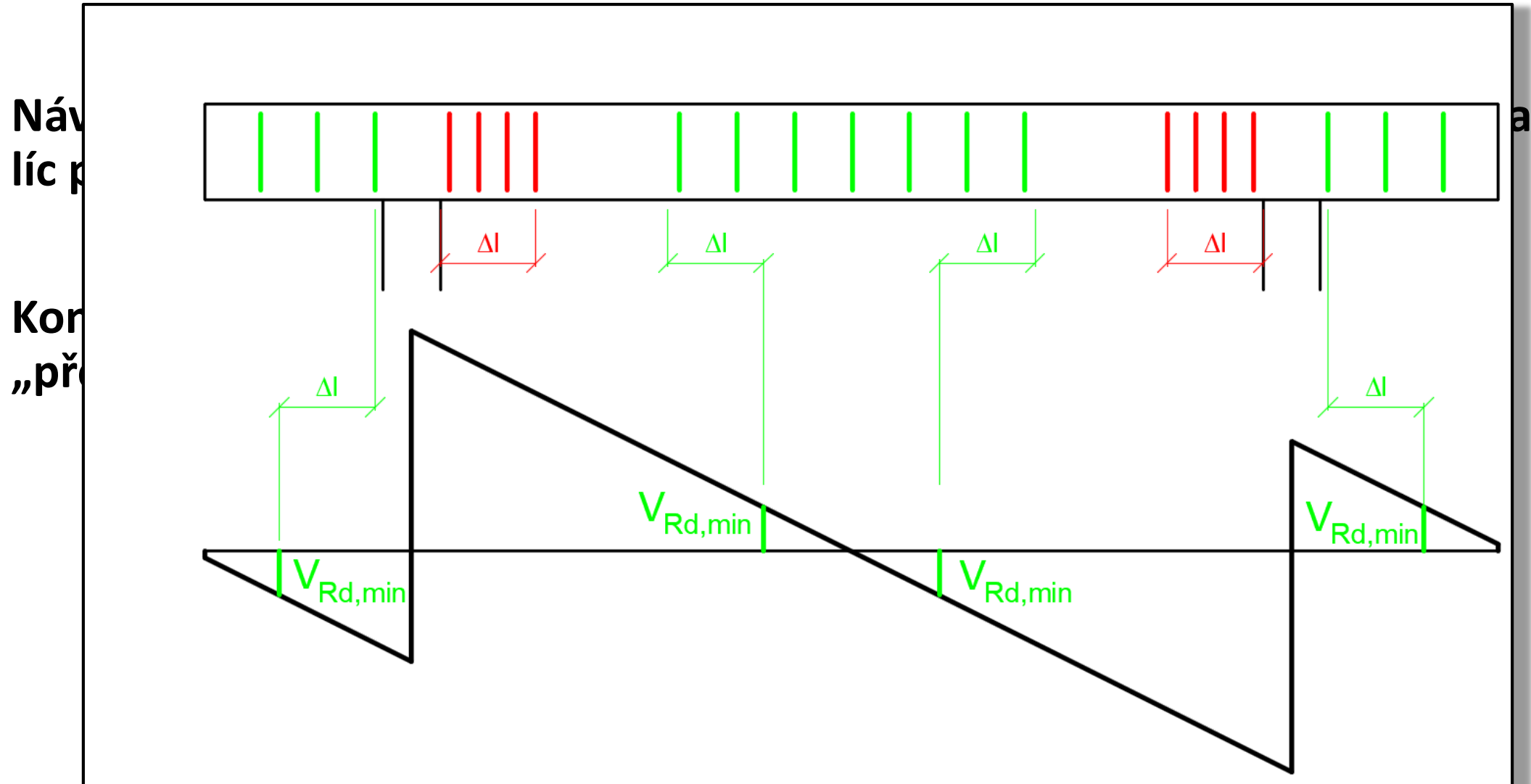
Návrhové třmínky musí zasahovat minimálně do vzdálenosti $\Delta l = z \cdot \cot \theta$ za líc podpory. Návrhové třmínky mohou zasahovat i dále.

Konstrukční třmínky mohou sahát maximálně do vzdálenosti $\Delta l = z \cdot \cot \theta$ „před“ sílu $V_{Rd,min}$.

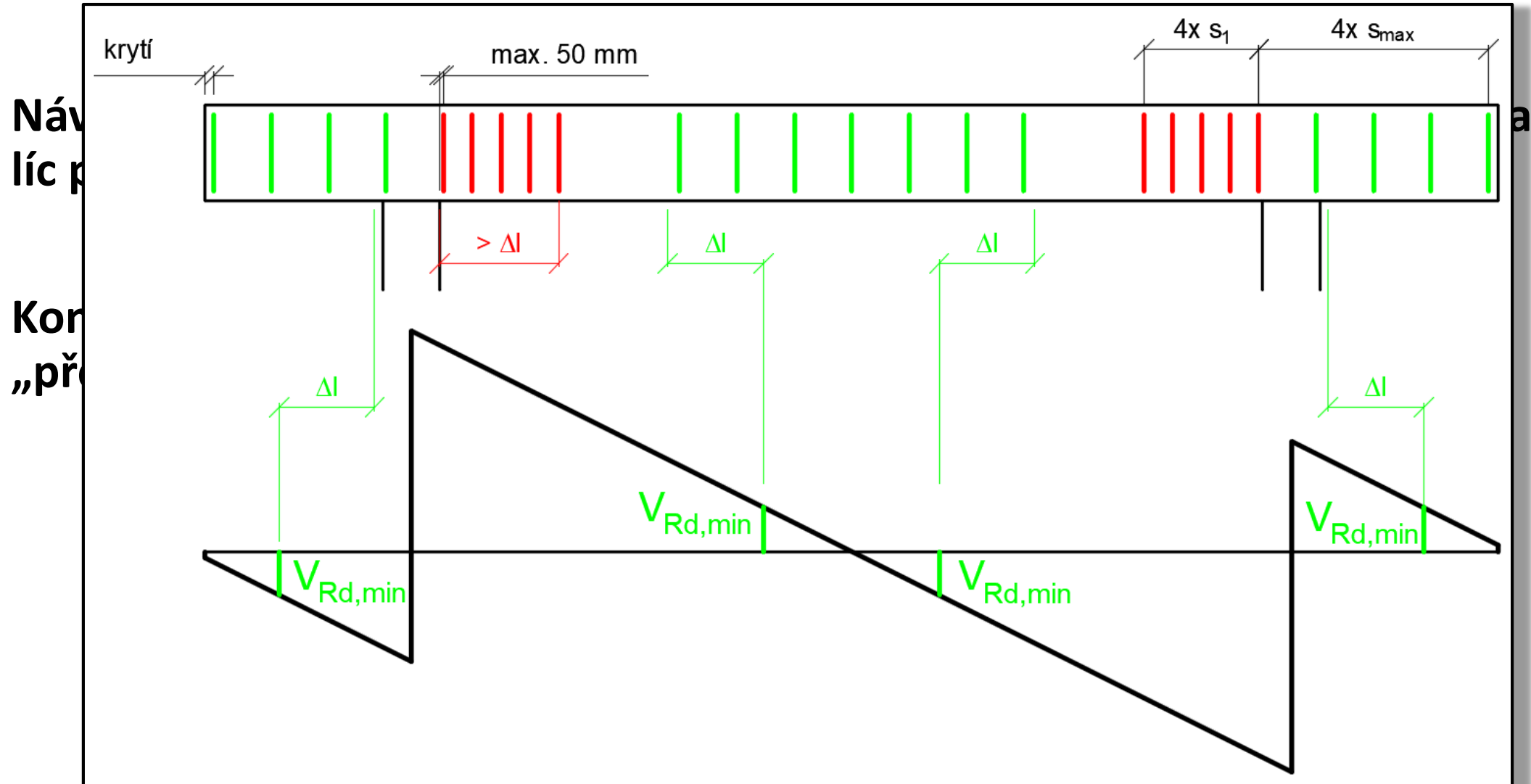
Rozmístění třmínků – návrhové a konstrukční



Rozmístění třmínek – návrhové a konstrukční



Rozmístění třmínek – návrhové a konstrukční



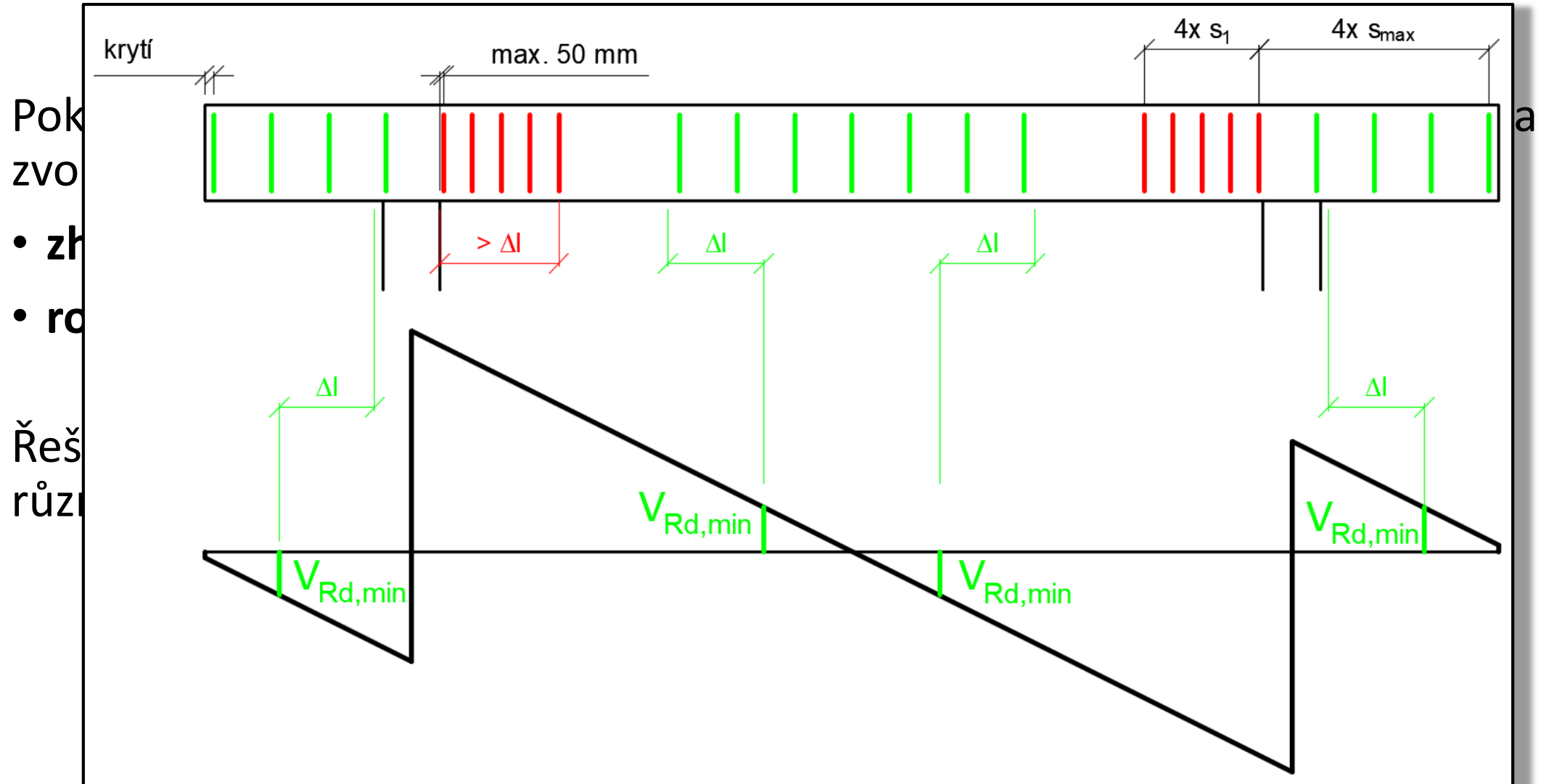
Rozmístění třmínek – mezilehlá oblast

Pokud se oblasti návrhových a konstrukčních třmínek nepřekrývají, je třeba zvolit vhodnou variantu řešení:

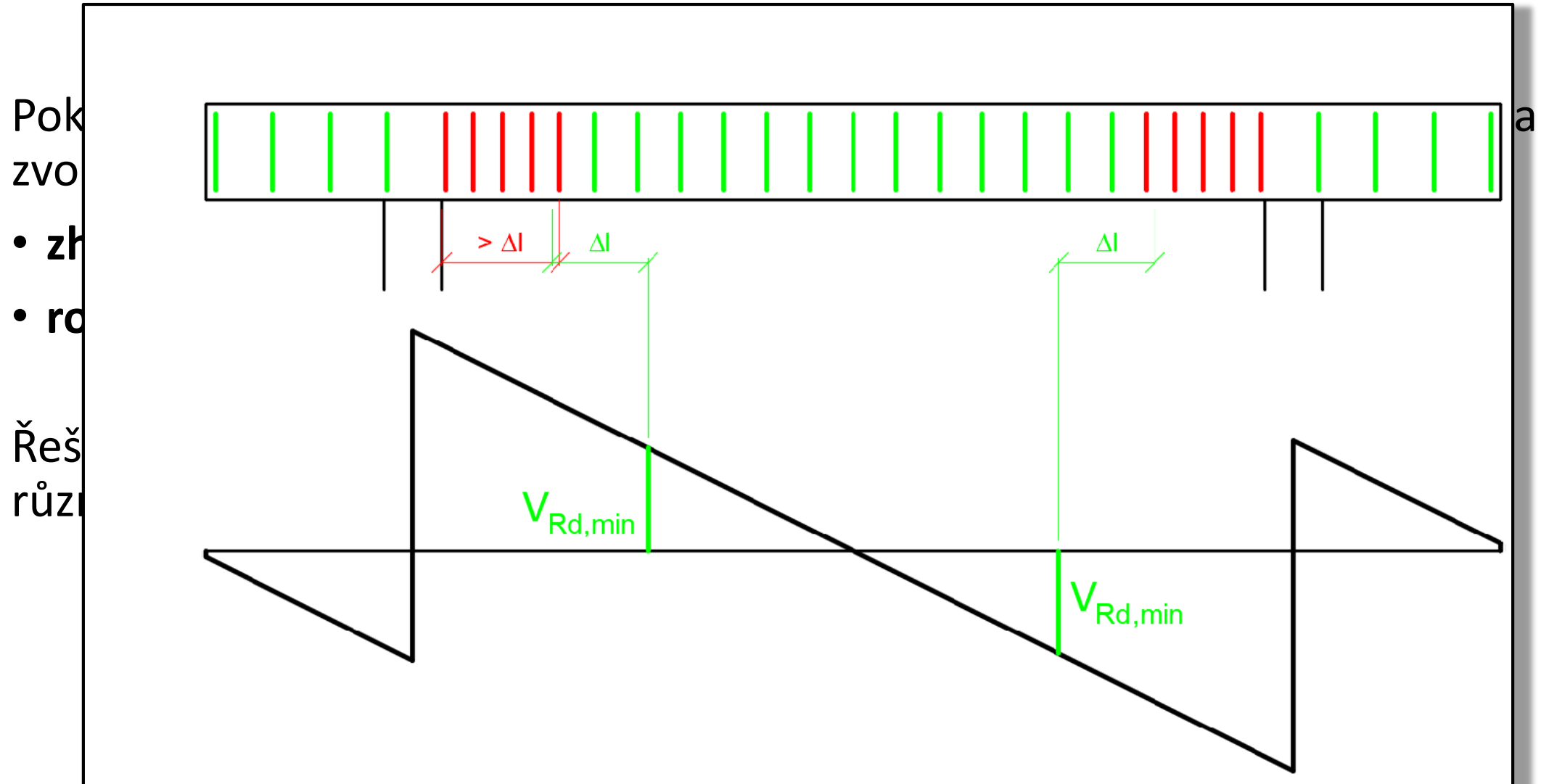
- **zhustit konstrukční** třmínky (vyšší únosnost \rightarrow posune se $V_{Rd,max}$)
- **rozšířit oblast návrhových** třmínek

Řešení musí rozumně odpovídat dané konstrukci – např. nemá smysl v různých oblastech používat rozteče lišící se pouze o pár desítek mm.

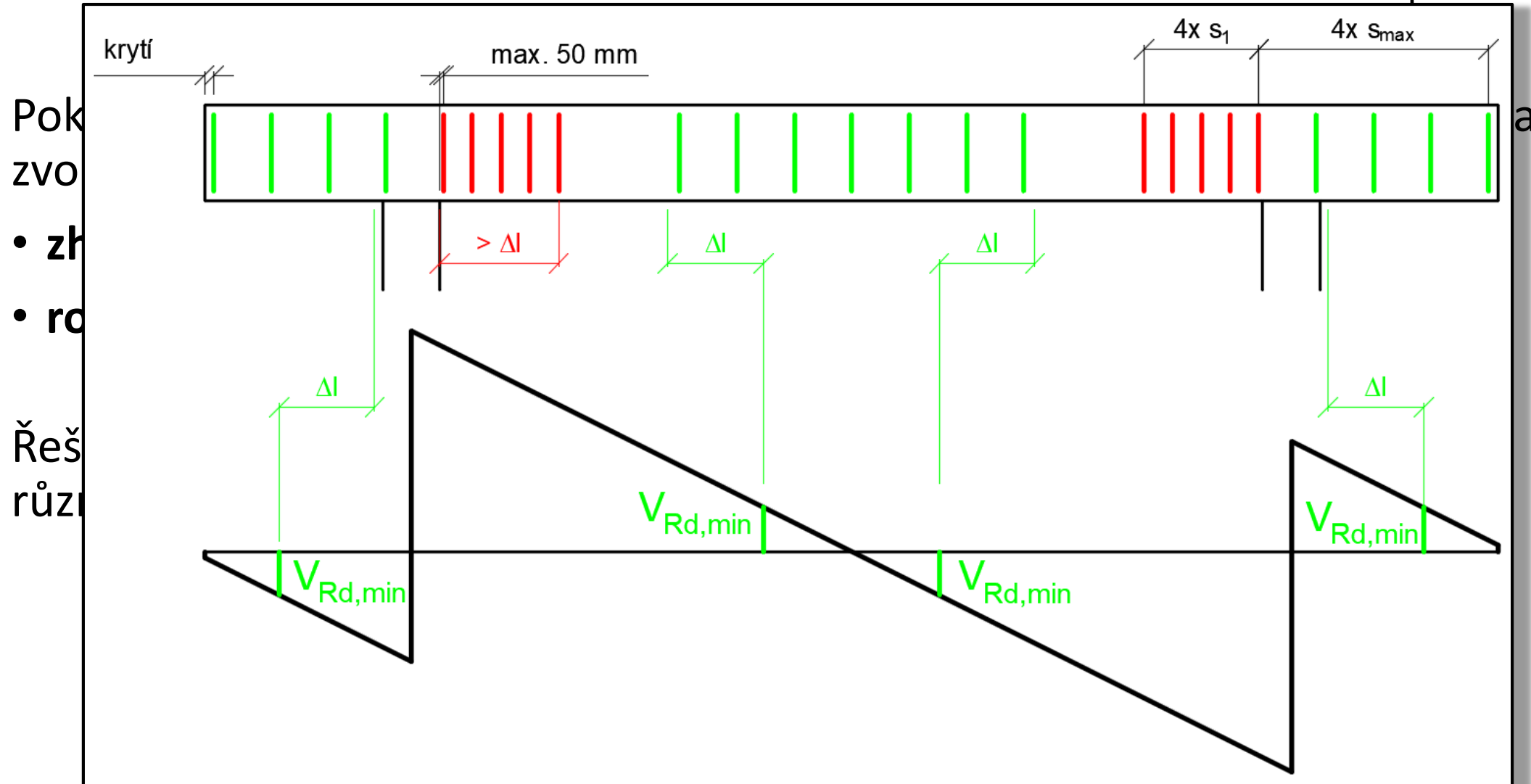
Mezilehlá oblast – zahuštění konstrukčních



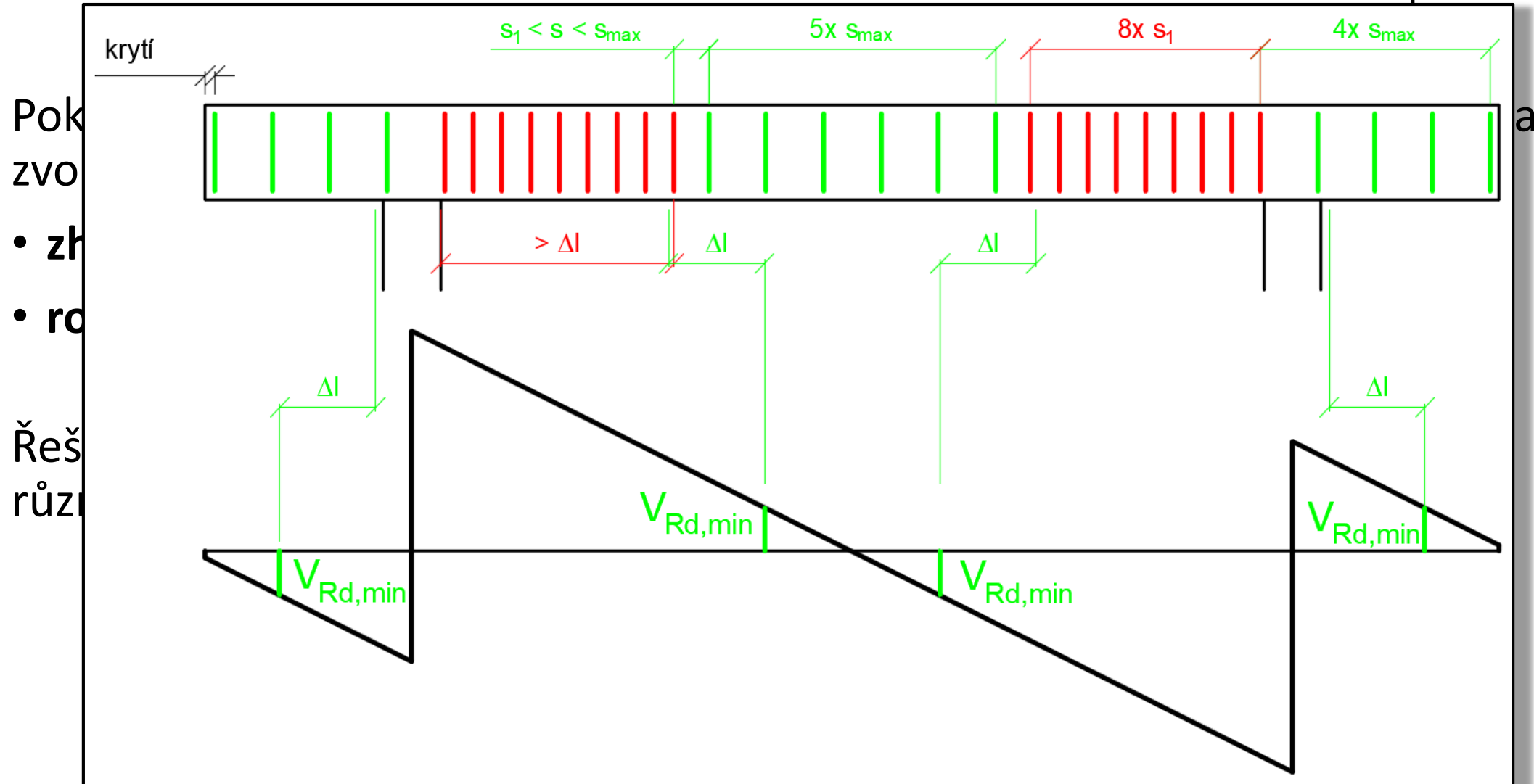
Mezilehlá oblast – zahuštění konstrukčních



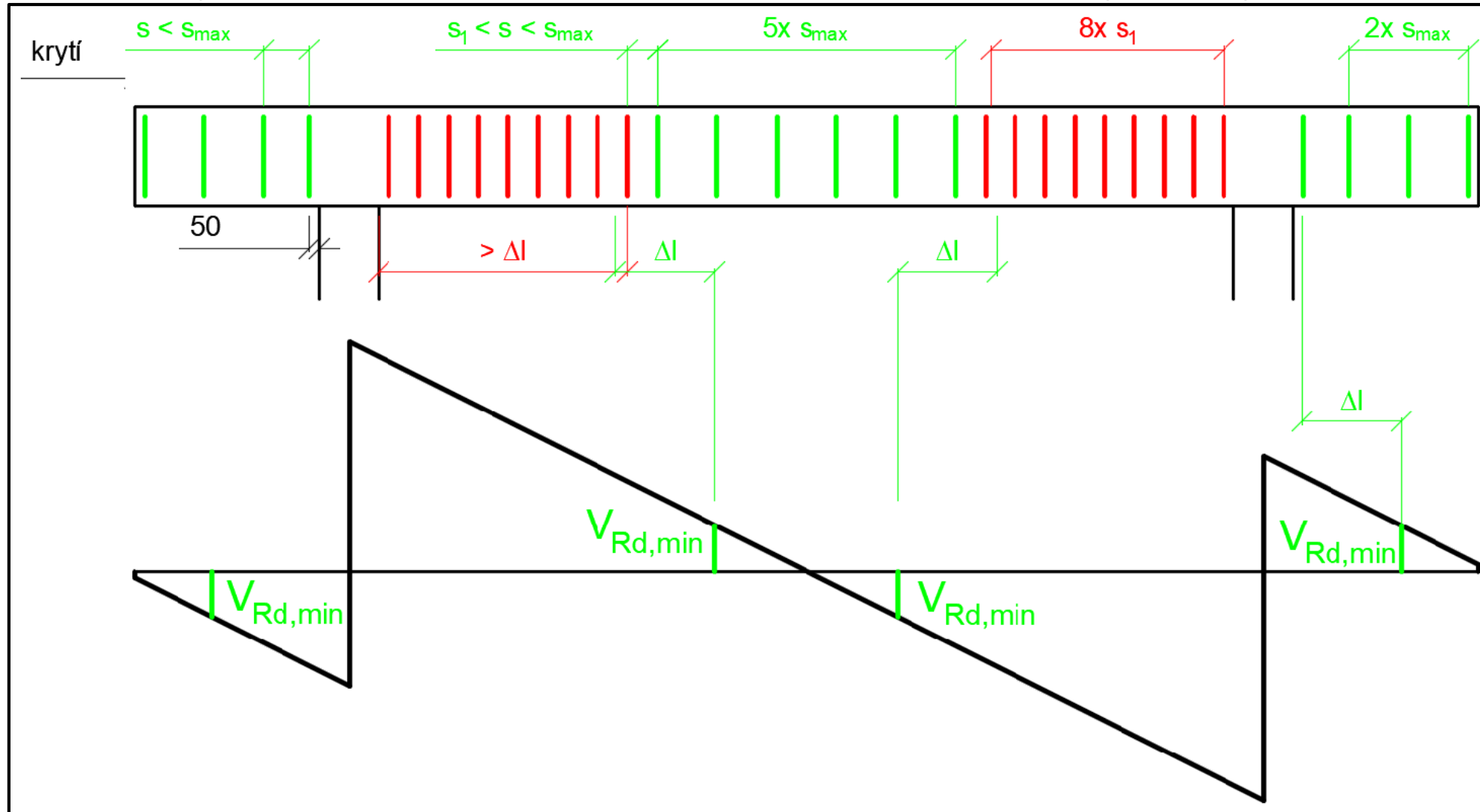
Mezilehlá oblast – rozšíření oblasti s_1



Mezilehlá oblast – rozšíření oblasti s_1



Vynechání třmínek v místě podpor



Konec

BZKQ Část beton – 3. cvičení

Návrh a posouzení průřezu sloupu

Sloup – podélná výztuž

Navrhněte **levý sloup v 1 NP**. Postup podobný jako v NNKB.

- 1) Moment od geometrické imperfekce
- 2) Celkový moment prvního řádu
- 3) Štíhlost sloupu
- 4) Návrh výztuže
- 5) Interakční diagram

Moment od geometrické imperfekce

Moment od geometrické imperfekce

Odchyšky v geometrii konstrukce, tj. výstřednost účinkem imperfekcí e_i , způsobují přídatné ohybové namáhání

$$M_{imp} = N_{Ed}e_i,$$

které pak přičteme k lineárně určenému momentu M_{Ed} .

Výstřednost účinkem imperfekcí

Počet sloupů v příčném řezu:	$m = 3$
Délka sloup:	l
Účinná délka:	$l_0 = 0.8l$ (odhad)
Základní hodnota výstřednosti:	$\theta_0 = 1/200$
Redukční součinitel pro délku:	$\alpha_h = \min\left(\max\left(2/3, \frac{2}{\sqrt{l}}\right), 1\right)$
Redukční součinitel pro počet prvků:	$\alpha_m = \sqrt{0.5(1 + 1/m)}$
Vychýlení vlivem imperfekce:	$\theta_i = \theta_0 \alpha_h \alpha_m$
Geometrická imperfekce:	$e_i = \theta_i l_0 / 2$

Ohybový moment I. řádu

Ohybový moment I. řádu

Celkový ohybový moment I. řádu, který budeme používat pro návrh a posouzení se určí jako součet momentu od zatížení M_{Ed} a momentu od imperfekcí M_{imp} .

$$M_{Ed,I} = M_{Ed} + M_{imp}$$

V našem případě máme 3 kombinace zatěžovacích stavů (KZS) a musíme je všechny řešit.

Ohybový moment I. řádu

Máme celkem 3 KZS a řešíme vždy namáhání v hlavě a patě sloupu. Ze SCIA dostáváme lineárně stanovené momenty od zatížení.

		Hlava	Patá
KZS1	M_{Ed}	7	-17
KZS2	M_{Ed}	15	-9
KZS3	M_{Ed}	17	-25

Pozn.:

hlava = řez pod stropem

1 NP

Ohybový moment I. řádu

V hlavě i patě může navíc působit moment od imperfekcí.

		Hlava	Pata
	$ M_{imp} $	8	10
KZS1	M_{Ed}	7	-17
KZS2	M_{Ed}	15	-9
KZS3	M_{Ed}	17	-25

Ohybový moment I. řádu

Tento moment od imperfekcí může působit jak kladně, tak záporně.

		Hlava	Pata
	$ M_{imp} $	8	10
KZS1	M_{Ed}	7	-17
	$M_{Ed} + M_{imp}$	15	-7
	$M_{Ed} - M_{imp}$	-1	-27
KZS2	M_{Ed}	15	-9
	$M_{Ed} + M_{imp}$	23	1
	$M_{Ed} - M_{imp}$	7	-19
KZS3	M_{Ed}	17	-25
	$M_{Ed} + M_{imp}$	25	-15
	$M_{Ed} - M_{imp}$	9	-35

Ohybový moment I. řádu

Pro návrh a posouzení průřezu nás budou zajímat maximální hodnoty v hlavě a patě.

		Hlava	Pata
	$ M_{imp} $	8	10
KZS1	M_{Ed}	7	-17
	$M_{Ed} + M_{imp}$	15	-7
	$M_{Ed} - M_{imp}$	-1	-27
KZS2	M_{Ed}	15	-9
	$M_{Ed} + M_{imp}$	23	1
	$M_{Ed} - M_{imp}$	7	-19
KZS3	M_{Ed}	17	-25
	$M_{Ed} + M_{imp}$	25	-15
	$M_{Ed} - M_{imp}$	9	-35

Štíhlost sloupu

Štíhlost sloupu

Norma říká, že je sloup štíhlý, musí se při výpočtu uvážit momenty druhého řádu.

Musíme tedy ověřit, zda sloup není štíhlý. Ověření provedeme porovnáním štíhlosti sloupu λ a limitní štíhlosti λ_{lim} .

$$\lambda \leq \lambda_{lim}$$

Štíhlost navrženého sloupu λ

Štíhlost sloupu se určí pomocí vztahu

$$\lambda = \frac{l_0}{\sqrt{I/A_c}},$$

kde l_0 je vzpěrná délka sloupu

I je moment setrvačnosti ve vyšetřovaném směru (v rovině rámu)

A_c je průřezová plocha sloupu

Limitní štíhlost λ_{lim}

Limitní štíhlost se určí pomocí vztahu

$$\lambda_{lim} = \min \left(\frac{20ABC}{\sqrt{n}}, 75 \right),$$

kde $n = N_{Ed}/(A_c f_{cd})$ je poměrná normálová síla

A je vliv **dotvarování** betonu (bezpečně $A = 0.7$)

B je vliv **stupně vyztužení** podélnou výztuží (bezpečně $B = 1.1$)

C je vliv **ohybových momentů** ($C = 1.7 - M_{01}/M_{02}$, viz dále)

Vliv ohybových momentů C

Vliv ohybových momentů je vyjádřen součinitele C .

Pokud jsou **momenty převážně** vyvozeny **imperfekcemi** ($M_{imp} > M_{Ed}$), bereme rovnou nejpřísnější možnost $C = 0.7$.

V případě, kdy momenty nejsou převážně vyvozeny imperfekcemi ($M_{imp} \leq M_{Ed}$) viz další slide.

Vliv ohybových momentů C

V případě, kdy momenty nejsou převážně vyvozeny imperfekcemi ($M_{imp} \leq M_{Ed}$), můžeme pro jednoduchost **nejprve** zvolit **nejnepříznivější variantu $C = 0.7$** a vyzkoušet, zda s touto hodnotou sloup vyhovuje na štíhlost ($\lambda \leq \lambda_{lim}$).

Pokud s **$C = 0.7$** sloup **nevyhoví**, pak je třeba součinitel **C** stanovit **přesněji** pomocí vztahu

$$C = 1.7 - M_{01}/M_{02},$$

kde M_{01} a M_{02} jsou ohybové momenty I. řádu v hlavě a v patě sloupu (z tabulky výše). M_{02} je ten z momentů, který je v absolutní hodnotě větší.

Vliv ohybových momentů C

Pokud stanovujeme součinitel C pomocí vztahu

$$C = 1.7 - M_{01}/M_{02},$$

pak jej musíme stanovit pro všechny kombinace momentů M_{01} a M_{02} a vybereme tu nejnepříznivější hodnotu – tj. co největší hodnotu.

Vliv ohybových momentů C

Pokud stanovujeme

pak jej musíme stanovit
tu nejnepříznivější

		Hlava	Pata
	$ M_{imp} $	8	10
KZS1	M_{Ed}	7	-17
	$M_{Ed} + M_{imp}$	15	-7
	$M_{Ed} - M_{imp}$	-1	-27
KZS2	M_{Ed}	15	-9
	$M_{Ed} + M_{imp}$	23	1
	$M_{Ed} - M_{imp}$	7	-19
KZS3	M_{Ed}	17	-25
	$M_{Ed} + M_{imp}$	25	-15
	$M_{Ed} - M_{imp}$	9	-35

momentů M_{01} a M_{02} a vybereme

Vliv ohybových momentů C

Pokud stanovujeme

pak jej musíme stanovit
tu nejnepříznivější

		Hlava	Pata	M_{01}/M_{02}
$ M_{imp} $		8	10	
KZS1	M_{Ed}	7	-17	-0.412
	$M_{Ed} + M_{imp}$	15	-7	-0.467
	$M_{Ed} - M_{imp}$	-1	-27	0.037
KZS2	M_{Ed}	15	-9	-0.600
	$M_{Ed} + M_{imp}$	23	1	0.043
	$M_{Ed} - M_{imp}$	7	-19	-0.368
KZS3	M_{Ed}	17	-25	-0.680
	$M_{Ed} + M_{imp}$	25	-15	-0.600
	$M_{Ed} - M_{imp}$	9	-35	-0.257

M_{02} a vybereme

Vliv ohybových momentů C

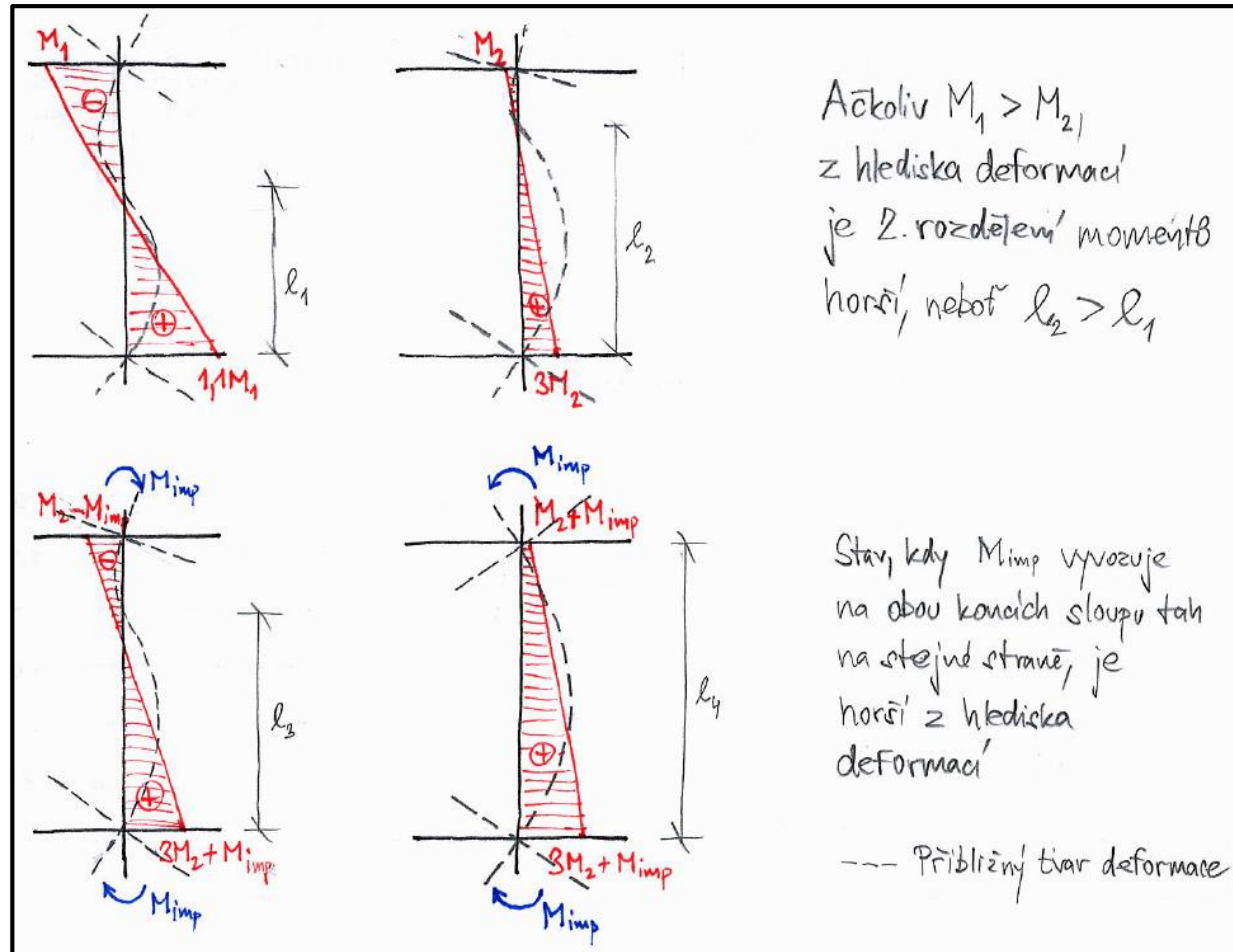
Příklad pro jiné hodnoty M_{Ed} .

		Hlava	Pata	M_{01}/M_{02}
$ M_{imp} $		8	10	
KZS1	M_{Ed}	25	-14	-0.560
	$M_{Ed} + M_{imp}$	33	-4	-0.121
	$M_{Ed} - M_{imp}$	17	-24	-0.708
KZS2	M_{Ed}	20	-17	-0.850
	$M_{Ed} + M_{imp}$	28	-7	-0.250
	$M_{Ed} - M_{imp}$	12	-27	-0.444
KZS3	M_{Ed}	17	-33	-0.515
	$M_{Ed} + M_{imp}$	25	-23	-0.920
	$M_{Ed} - M_{imp}$	9	-43	-0.209

NAVÍC pro zvidané

Vliv ohybových momentů C

Nejnepříznivější rozložení ohybových momentů z hlediska deformace sloupu.



Štíhlost sloupu

Po stanovení součinitele C je možné vypočítat limitní štíhlost pomocí vztahu

$$\lambda_{lim} = \min \left(\frac{20ABC}{\sqrt{n}}, 75 \right),$$

a provést kontrolu štíhlosti sloupu

$$\lambda \leq \lambda_{lim}.$$

Pokud podmínka **vyhoví**, sloup je masivní a můžete **pokračovat** k návrhu a posouzení průřezu.

Pokud podmínka **nevyhoví**, sloup je štíhlý a měl by se dopočítat vliv imperfekcí 2. řádu. To ve cvičení dělat nebudeme. V případě, že vám nevyjde štíhlost, **zvětšete** $M_{Ed,I}$ o **30 %**.

Návrh výztuže

Návrh výztuže

Metodou pokus/omyl pomocí vlastního Excelu pro sestavení interakčního diagramu.

Metodou pokus/omyl pomocí programu.

<http://people.fsv.cvut.cz/~holanjak/software/indion/>

Pomocí nomogramů a předpokladu dostředného tlaku (viz NNKB a návod).

Návrh: $_x \varnothing _$ ($A_{s,prov} = _ \text{ mm}^2$)

Ověření konstrukčních zásad

$$A_{s,\text{prov}} \geq A_{s,\text{min}} = \max \left(0,1 \frac{N_{\text{Ed}}}{f_{\text{yd}}}; 0,002 A_c \right)$$

$$A_{s,\text{prov}} \leq A_{s,\text{max}} = 0,04 A_c$$

$$\varnothing_s \geq 12 \text{ mm}$$

Posouzení průřezu

Posouzení průřezu

Ruční výpočet (nebo vlastní Excel) a sestavení celého bodového interakčního diagramu – viz:

- Podklady na: <http://people.fsv.cvut.cz/~holanjak/vyuka/pomucky/sloup/>
- 3. úkol z NNKB
- Oficiální návod

Pro kontrolu použijte program InDiOn.

<http://people.fsv.cvut.cz/~holanjak/software/indion/>

Konec

Obsah druhé úlohy

- Návrh a posouzení ohybové výztuže
 - Návrh
 - Konstrukční zásady
 - Posouzení
- Návrh a posouzení smykové výztuže
 - Návrhové třmínky
 - Konstrukční třmínky
- Návrh a posouzení podélné výztuže sloupu
 - Imperfekce
 - Štíhlost sloupu
 - Interakční diagram