

P - 2 - Předpjatý beton MSÚ, částečné předpětí

Obsah

- Mezní stav únosnosti v ohybu
- Mezní stav únosnosti ve smyku
- Částečné předpětí

Ohyb MSÚ

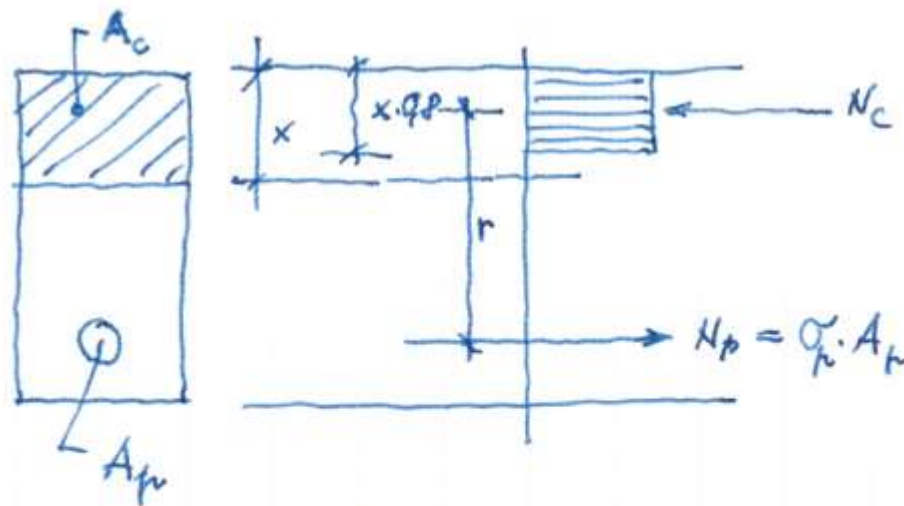
ŽB a PB - MSÚ → Plasticita v betonu a vysoké napětí v oceli

ŽB průřezy – „Metoda mezní rovnováhy (MMR)“, „Metoda mezních přetvoření (MMP)“

MMR předpoklad: napětí v oceli = mez kluzu (t.j. napětí v oceli je známé)

Z rovnováhy $N_c = N_p$ se určí poloha neutrální osy (x)

PB „Metoda mezních přetvoření“



MMR: $\sigma_p = f_{p0.1d}$
Výjimečně PB

MMP: $\sigma_p \neq f_{p0.1d}$
Typické pro PB

Ohyb MSÚ – soudržná výztuž

Pro průřezy PB není MMR aplikovatelná, obecně $\sigma_p \neq f_{p0.1d}$

Obecná metoda: "Metoda mezních přetvoření (MMP)" vhodná pro PB

Napětí ve výztuži je neznámé, jsou **2 neznámé** σ_p a poloha neutrální osy x .

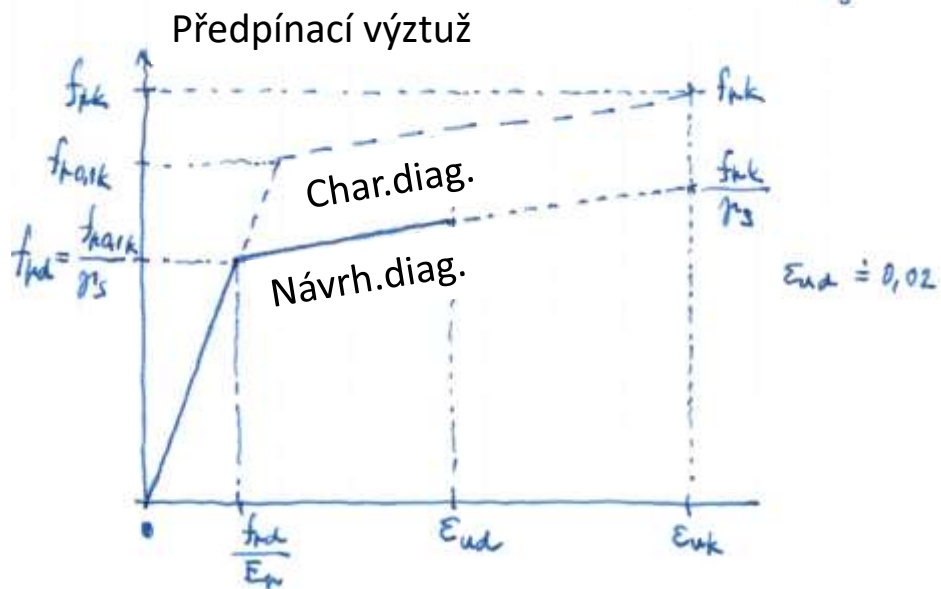
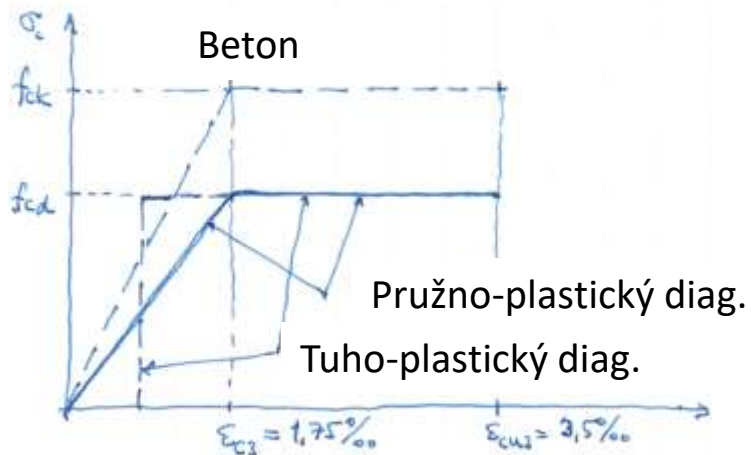
K dispozici je jen jedna rovnice ($N_c = N_p$) - nestačí, **iterační proces** je nutný

Základní předpoklady MMP:

1. Bernoulli-Navier hypotéza (průběh deformace je lineární)
2. Napětí se určí dle deformace z pracovních diagramů materiálů
3. Betonu v tahu nepůsobí
4. MSÚ nastane, pokud napětí/deformace dosáhne limitní hodnoty

Ohyb ULS

Pracovní diagramy



Ohyb MSÚ

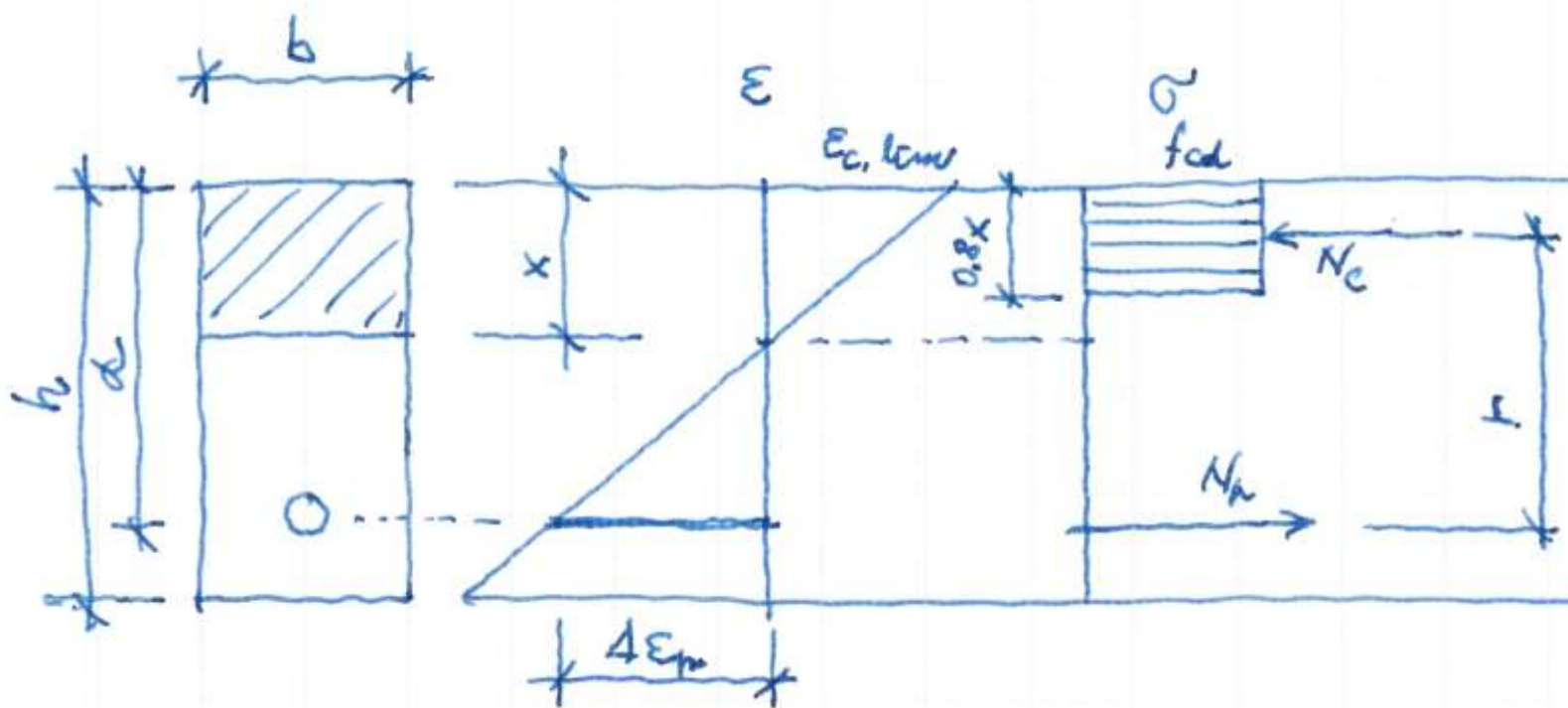
Metoda mezních přetvoření

1. Předpoklad průběhu deformace (předpoklad 1)

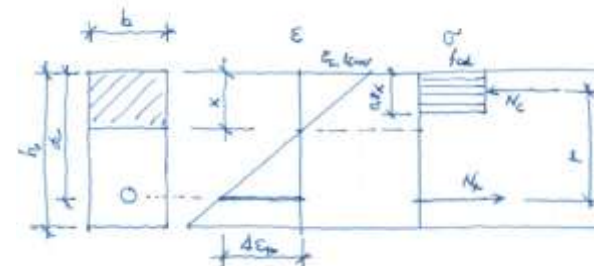
(lineární, max. tlak v betonu, $\varepsilon_{c,lim} = \varepsilon_{cu3}$, x = odhad 1. iterace)

(předpoklad selhání betonu)

2. $N_c = b \cdot 0.8x \cdot f_{cd}$ (předpoklad 2 and 3)



Ohyb MSÚ



3. Výpočet síly v předpínací výztuži N_p :

3a Určit přírůstek deformace předpínací výztuže $\Delta\varepsilon_p = \frac{\varepsilon_{c,lim}(d-x)}{x}$

3b Pokud deformace v betonu = 0, deformace v oceli > 0

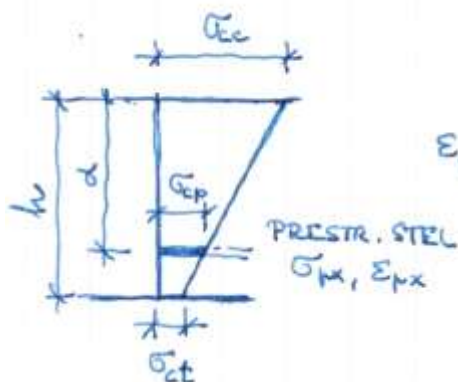
Deformace $\Delta\varepsilon_p$ je pouze přírůstek deformace od stavu, kdy $\varepsilon_c = 0$, (a $\varepsilon_p = \varepsilon_{pz}$)
 ε_{pz} je základní deformace předpínací výztuže (obr. dole).

Definice: Základní deformace předpínací výztuže je její deformace, kdy deformace okolního betonu se rovná nule.

3c $N_p = \sigma_p A_p$

σ_p se určí z pracovního diagramu v závislosti na deformaci

$$\varepsilon_p = \varepsilon_{pz} + \Delta\varepsilon_p$$

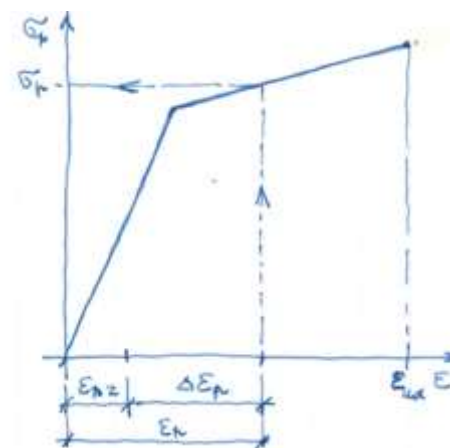


$$\varepsilon_{px} = \frac{\sigma_{px}}{E_p}$$

$$\varepsilon_{cx} = \frac{\sigma_{cx}}{E_c}$$

$$\varepsilon_{pz} = \frac{\sigma_{px}}{E_p} - \frac{\sigma_{cx}}{E_c}$$

($\sigma_{cx} < 0$ -- compression)



Ohyb MSÚ

4. Kontrola rovnováhy $N_p = N_c$ pokud “**ano**” poloha neutrální osy byla odhadnuta správně, pokračuj na 5
pokud “**ne**” další iterace je nutná. Určí se nová poloha N.O. x , a opakují se kroky 2, 3a, 3c and 4 dokud se nedosáhne rovnováhy (krok 3b se dělá pouze jednou)

5. Moment na mezi únosnosti

$$M_{Rd} = N_p r$$

$$r = d - 0.4x \quad (x - z \text{ poslední iterace})$$

Poznámka:

Pokud nelze rovnováhy dosáhnout ($\varepsilon_p > \varepsilon_{ud}$), je málo předpětí, což znamená, že předpínací ocel selže dříve než beton. Pak lze předpokládat, že $\sigma_p = f_{pd}$ a počítat polohu N.O. z rovnováhy (MMR)

$$x = \frac{A_p \sigma_p}{0.8 b f_{cd}}$$

pak pokračuj krokem 5, kde $N_p = A_p f_{pd}$, a spočítej mezní moment

Smyk MSÚ

Postup podobný jako u železobetonu

Metoda příhradové analogie

$V_{Rd,c}$ návrhová únosnost ve smyku prvku bez smykové výztuže

$V_{Rd,s}$ návrhová hodnota posouvající síly, kterou může převzít smyková výztuž na mezi kluzu

$V_{Rd,max}$ návrhová hodnota maximální posouvající síly, kterou prvek může přenést, omezená rozdrčením tlakové diagonály

Prvky nevyžadující návrh smykové výztuže

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}] b_w d$$

– při minimu

$$V_{Rd,c} = (V_{min} + k \sigma_{cp}) b_w d$$

Smyk MSÚ

Předpjaté prvky bez ohybových trhlin – vzorec vychází z pružnosti

$$V_{Rd,c} = \frac{I \cdot b_w}{S} \sqrt{(f_{ctd})^2 + \alpha_1 \sigma_{cp} f_{ctd}}$$

Prvky vyžadující návrh smykové výztuže

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

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

Smyk MSÚ

Únosnost tlakové diagonály

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} b_w z \nu_1 f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta)$$

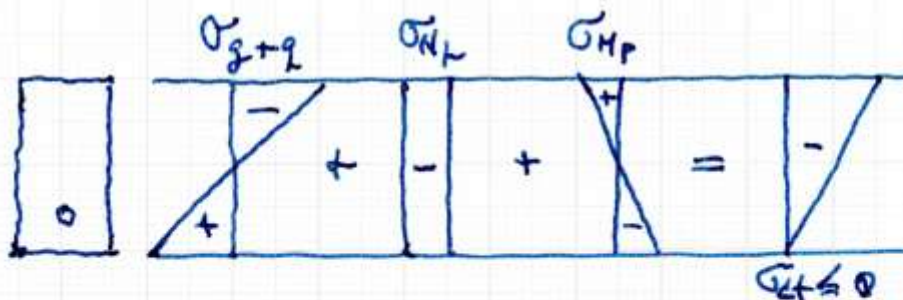
POZNÁMKA 3 Doporučená hodnota α_{cw} je následující:

1,0	pro nepředpjaté konstrukce
$(1 + \sigma_{cp}/f_{cd})$	pro $0 < \sigma_{cp} \leq 0,25 f_{cd}$
1,25	pro $0,25 f_{cd} < \sigma_{cp} \leq 0,5 f_{cd}$
$2,5 (1 - \sigma_{cp}/f_{cd})$	pro $0,5 f_{cd} < \sigma_{cp} < 1,0 f_{cd}$

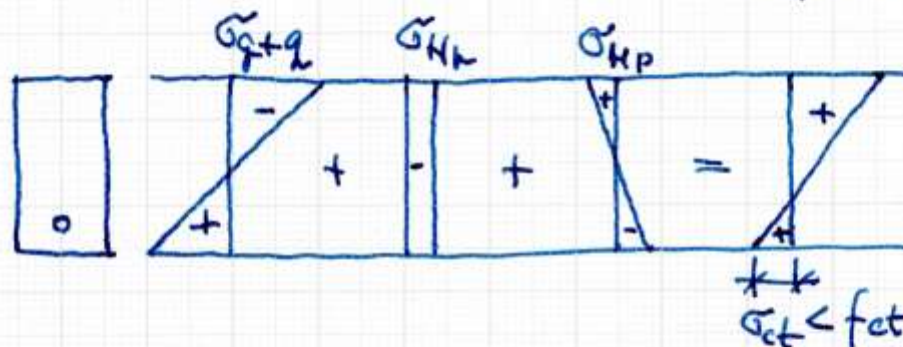
σ_{cp} - kladná hodnota je tlak

Částečné předpětí

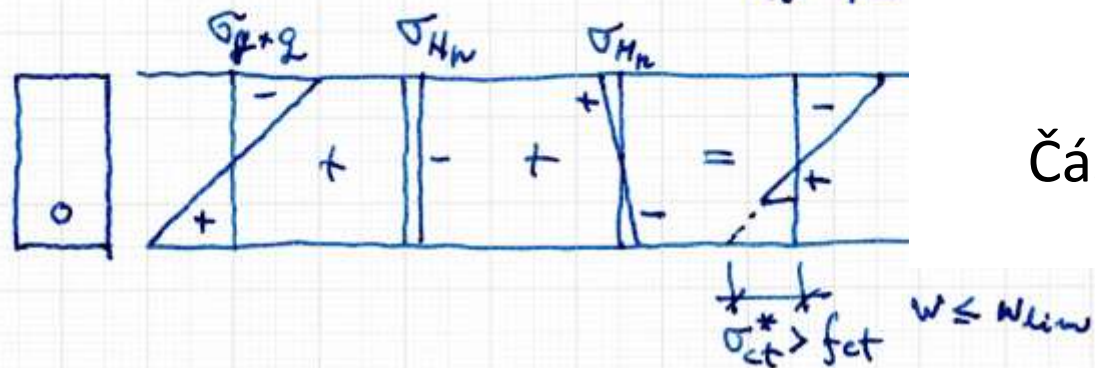
Úroveň předpětí



Plné předpětí



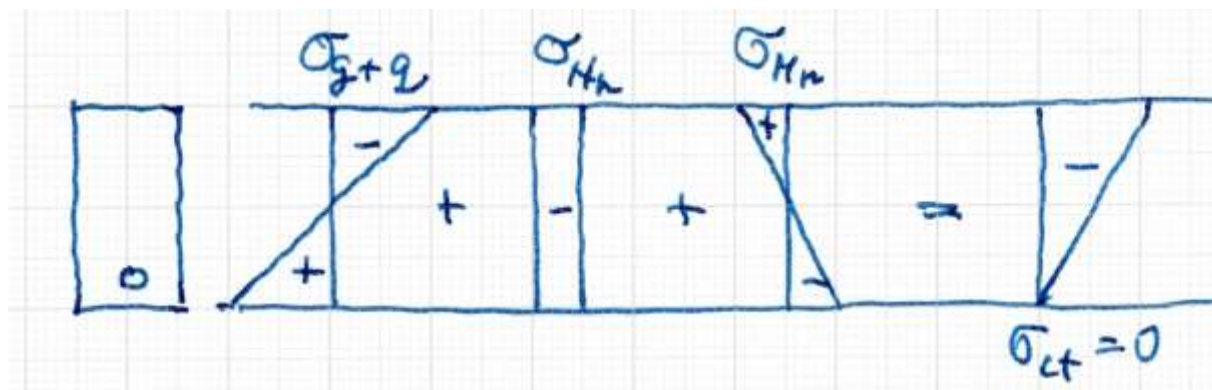
Omezené předpětí



Částečné předpětí

Částečné předpětí

Stupeň předpětí



$$\kappa = \frac{M_D}{M_{g+q}} \quad \kappa = \text{stupeň předpětí}$$

M_D = Moment dekomprese

M_{g+q} = Moment od stálého a užitečného zatížení

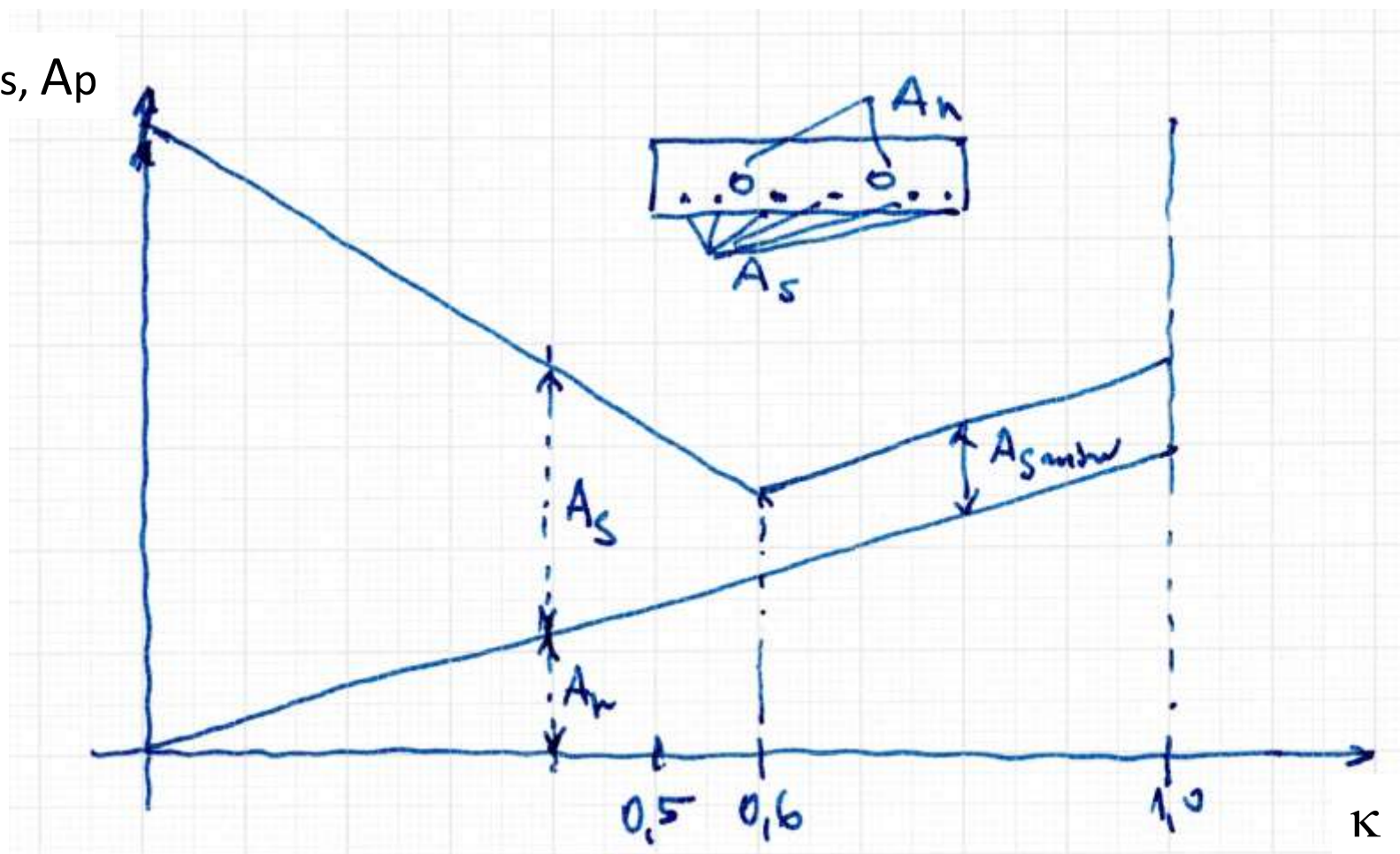
$$M_D \geq M_{g+q} \quad \kappa \geq 1 \quad \text{Plné předpětí}$$

$$M_D < M_{g+q} \quad \kappa < 1 \quad \text{Částečné předpětí}$$

Částečné předpětí

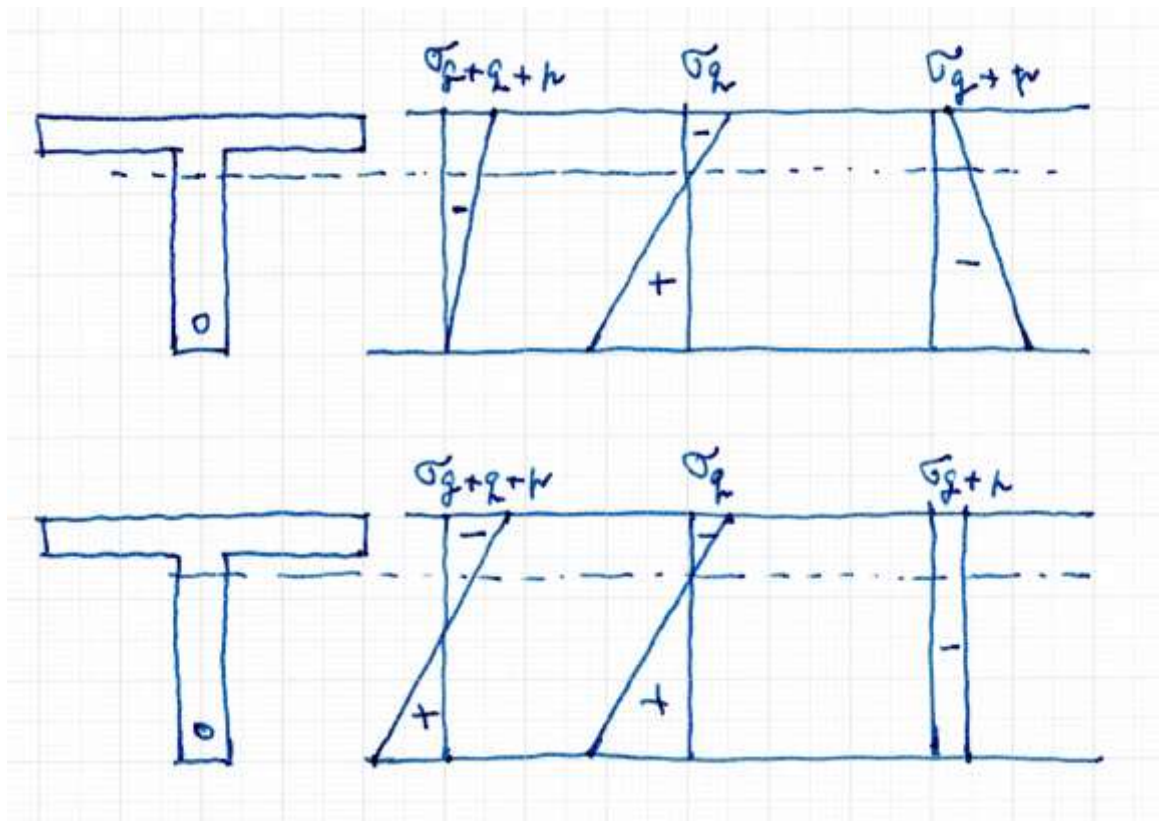
Nutná plocha výztuže

A_s, A_p



Částečné předpětí

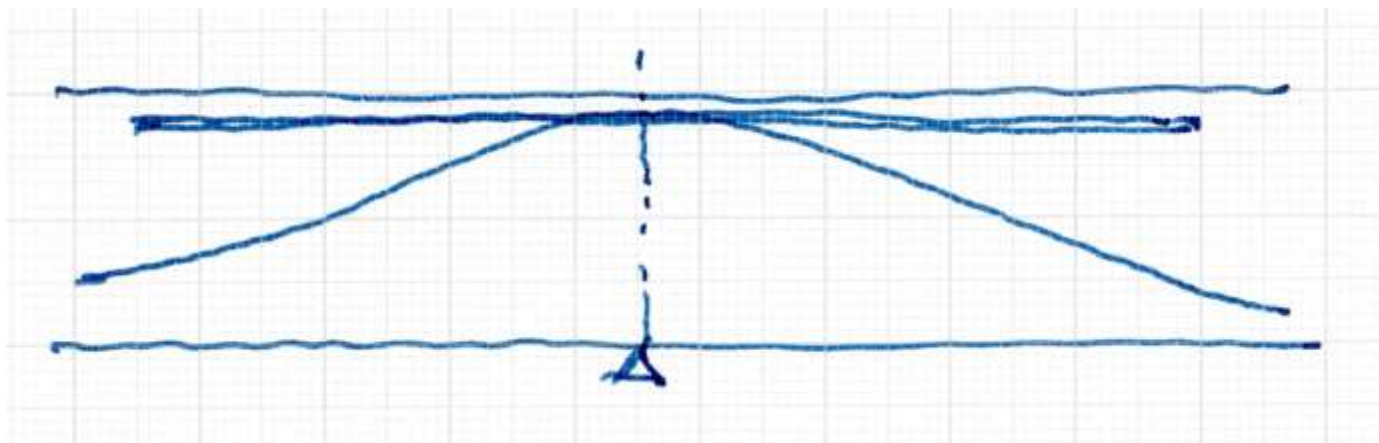
Příklady: Střešní nosník, malé stálé, velké užitné zat. (sníh)



Nižší předpětí → lepší užitné vlastnosti

Částečné předpětí

Příklady: Spojitá konstrukce z prostých nosníků



Nad podporou doplnění betonářské výztuže – technologická výhoda

Výhody částečného předpětí

- Bet. výztuž – zlepšení soudržnosti
- Snížení vlivu dotvarování (nadvýšení)
- Bet. Výztuž – zachycení podružných napětí

Plné předpětí: těsné konstr – nádrže, táhla, segmentové konstrukce

Částečné předpětí

Příznivý vliv na trhliny $\kappa > 0.3$

Příznivý vliv na průhyby $\kappa > 0.6$

Betonářská výztuž zachycuje napětí od teploty, smršťování,
napětí od vynucených deformací

Volba stupně předpětí:

Stálé zatížení a dlouhodobé zatížení – bez tahu, nebo jen malý tah

Stropy: $\kappa = 0.4 - 0.6$

Mosty silniční Stálé + $\frac{1}{2}$ užitného bez tahu ($\kappa = 0.8 - 0.9$)

Mosty železniční $\kappa = 0.9 - 1.0$

Nádrže $\kappa = 1.0$

Segmentové konstr. $\kappa > 1.0$ (nutnost tlakové rezervy)

Sledovat šířku trhlin !!!