

# POSOUZENÍ PŘETVOŘENÍ NOSNÍKU VÝPOČTEM

Průhyb  $\alpha$  lze vypočítat několika způsoby. Zde bude uvedeno přetvoření v závislosti na křivosti prvku ( $1/r$ ), a to pomocí součinitele  $k$  a délky prvku  $L$ .

$$\alpha = k \left( \frac{1}{r} \right) L^2; \quad \dots \quad k \quad \text{viz tabulka}$$

pro vliv smršťování  $k = \frac{1}{8}$  konstantní křivost průhybu;  $k = \frac{1}{16}$  ostatní

Betonový prvek může být bez trhlin (stav I) nebo porušený trhlinami (stav II). Tím se značně mění jeho tuhost, což se projeví na velikosti průhybu. Proto se vliv porušení trhlinami musí zohlednit rozdělovacím součinitelem  $\zeta$ .

$$\zeta = 1 - \beta \left( \frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right) \approx 1 - \beta \left( \frac{M_{cr}}{M} \right) \quad \dots \quad \zeta = 0 \quad \text{pro prvek bez trhlin}$$

Trhlina nevznikne, pokud nebude překročena tahová pevnost betonu  $f_{ctm}$ . Z této úvahy lze vyjádřit moment na mezi porušení trhlinou  $M_{cr}$  pro ideální průřez neporušený trhlinou (stav I).

$$f_{ctm} = \frac{M_{cr}}{I_i} (h - x_i) \rightarrow M_{cr} = \frac{f_{ctm} \cdot I_i}{h - x_i}$$

$$\alpha = \zeta \alpha_{II} + (1 - \zeta) \alpha_I$$

## Přetvoření od působení ohybového namáhání

Pro posouzení průhybu se uvažuje namáhání od kvazistálé kombinace  $M_{E\psi 2}$ . Křivost je vyjádřena jako

$$\left( \frac{1}{r} \right) = \frac{M_{E\psi 2}}{E_{cm} \cdot I_i} \quad \text{pro krátkodobé účinky}; \quad \left( \frac{1}{r} \right) = \frac{M_{E\psi 2}}{E_{c,eff} \cdot I_i} \quad \text{pro dlouhodobé účinky}$$

Krátkodobé účinky se mohou uvažovat při posouzení průhybu v době montáže.

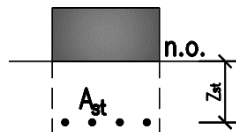
Dlouhodobé účinky se uvažují pro posouzení průhybu na konci životnosti konstrukce. V takovém případě se musí zohlednit reologická vlastnost betonu, a tou je dotvarování. Dotvarování se zohlední snížením tuhosti prvku pomocí součinitele dotvarování  $\varphi(t_\infty, t_0)$ , viz nomogram v jiné pomůcce.

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \varphi(t_\infty, t_0)}$$

## Přetvoření od smršťování betonu

Při působení smrštění neporušené části betonu je vyvoláno tahové napětí v betonářské výztuži  $E_s \cdot \varepsilon_{cs}$ . Jeho integrací získáme působící sílu ve výztuži, která vyvolává ohybový moment na prvku kolem neutrálné osy průřezu. Tím se mění křivost ohýbaného prvku ( $1/r_{cs}$ ), tedy i průhyb.

$$\left( \frac{1}{r_{cs}} \right) = \frac{E_s \cdot \varepsilon_{cs} \cdot A_{st} \cdot z_{st}}{E_{c,eff} \cdot I_i} = \varepsilon_{cs} \cdot \alpha_e \frac{S}{I_i}$$



## Stanovení ideálních průřezových charakteristik

Pojem ideální průřez znamená, že se převádí průřez složený z několika materiálů pouze na jeden materiál pomocí poměru tuhostí. V případě betonových konstrukcí se betonářská (nebo předpínací) výztuž převádí na beton pomocí poměru  $\alpha_e = E_s / E_c$ .

### Průřez bez trhlin – stav I

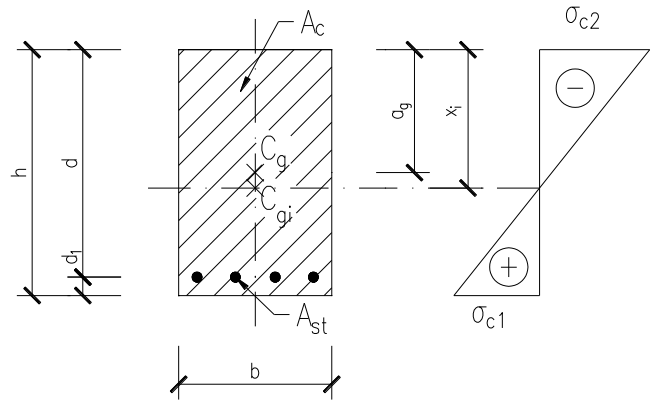
Průřez bez trhlin lze uvažovat, pokud napětí v tažených vláknech betonu nepřekročí jeho tahovou pevnost ( $\sigma_{c1} \leq f_{ctm}$ ).

$$A_i = A_c + \alpha_e A_{st}$$

$$x_i = \frac{A_c \cdot h / 2 + \alpha_e A_{st} \cdot d}{A_i}$$

$$I_i = \underbrace{I_c + A_c (x_i - h / 2)^2}_{\text{příspěvek betonu}} + \underbrace{\alpha_e A_{st} (d - x_i)^2}_{\text{příspěvek výztuže}}$$

$$M_{cr} = \frac{f_{ctm} \cdot I_i}{h - x_i} \quad \dots \quad \text{vznik trhlin?}$$



### Plně porušený průřez – stav II

$$A_{ir} = b \cdot x_{ir} + \alpha_e A_{st}$$

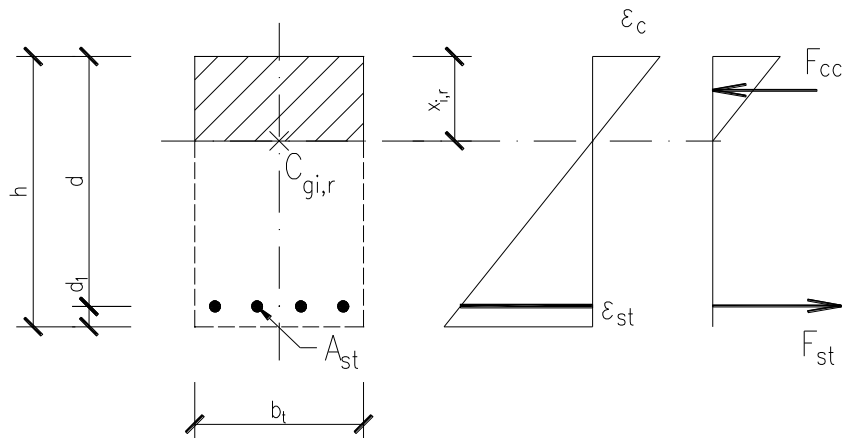
$$b \frac{x_{ir}^2}{2} = \alpha_e A_{st} (d - x_{ir}) = d \alpha_e A_{st} - x_{ir} \cdot \alpha_e A_{st}$$

$$0.5 x_{ir}^2 \cdot b + x_{ir} \cdot \alpha_e A_{st} - d \alpha_e A_{st} = 0$$

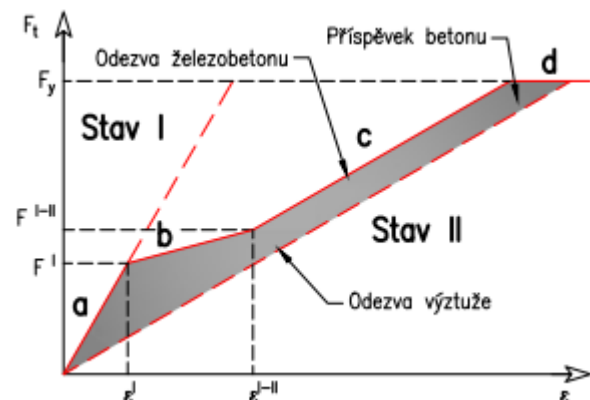
$$x_{ir} = \alpha_e \frac{-A_{st} \pm \sqrt{A_{st}^2 + 2A_{st} \cdot d \cdot b / \alpha_e}}{b}$$

$$I_{ir} = \underbrace{\frac{1}{12} b x_{ir}^3 + b x_{ir} \left( \frac{x_{ir}}{2} \right)^2}_{\text{příspěvek betonu}} + \underbrace{\alpha_e A_{st} (d - x_{ir})^2}_{\text{příspěvek výztuže}}$$

$$I_{ir} = \frac{1}{3} b x_{ir}^3 + \alpha_e A_{st} (d - x_{ir})^2$$



### Aktuální tuhost proku mezi stavem I a stavem II



$$\frac{1}{B} = \frac{\zeta}{B_{II}} + \frac{(1-\zeta)}{B_I}$$

$$B = E_c I_i$$

# Hodnoty „k“ pro výpočet průhybu z křivosti a průhyby „w“

ZATÍŽENÍ A PRŮBĚH OHYBOVÝCH MOMENTŮ	MOMENT & HODNOTA k	ZATÍŽENÍ A PRŮBĚH OHYBOVÝCH MOMENTŮ	MOMENT & HODNOTA k
	$M_a = -PL$ $k_b = \frac{1}{3}$ $w_b = \frac{1}{3EI} PL^3$		$M_{min} = -\frac{3}{16} PL$ $M = \frac{5}{32} PL$ $k_M = \frac{7}{120}$ $w_M = \frac{7}{768EI} PL^3$
	$M_a = -\frac{1}{2} qL^2$ $k_b = \frac{1}{4}$ $w_b = \frac{1}{8EI} qL^4$		$M_{min} = -\frac{1}{8} qL^2$ $M_{max} = \frac{9}{128} qL^2$ $M = \frac{1}{16} qL^2$ $k_M = \frac{1}{12}$ $w_M = \frac{2}{384EI} qL^4$
	$M = \frac{1}{4} PL$ $k_M = \frac{1}{12}$ $w_M = \frac{16}{768EI} PL^3$		$M_{min} = -\frac{1}{8} PL$ $M = \frac{1}{8} PL$ $k_M = \frac{1}{24}$ $w_M = \frac{4}{768EI} PL^3$
	$M = \frac{1}{3} PL$ $k_M = \frac{23}{216}$ $w_M = \frac{23}{648EI} PL^3$		$M_{min} = -\frac{2}{9} PL$ $M = \frac{1}{9} PL$ $k_M = \frac{5}{72}$ $w_M = \frac{5}{648EI} PL^3$
	$M = \frac{1}{2} PL$ $k_M = \frac{19}{192}$ $w_M = \frac{19}{384EI} PL^3$		$M_{min} = -\frac{5}{16} PL$ $M = \frac{3}{16} PL$ $k_M = \frac{1}{18}$ $w_M = \frac{4}{384EI} PL^3$
	$M = \frac{1}{8} qL^2$ $k_M = \frac{5}{48}$ $w_M = \frac{5}{384EI} qL^4$		$M_{min} = -\frac{1}{12} qL^2$ $M = \frac{1}{24} qL^2$ $k_M = \frac{1}{6}$ $w_M = \frac{1}{384EI} qL^4$