

Výpočet křivosti od smršťování (pomůcka ke cvičení BK02)

Nedílnou součástí průhybu je průhyb od smršťování. Podle normy se ve výpočtu rozlišuje smršťování od vysychání a autogenní smršťování.

Poměrné smršťování vysycháním

$$\varepsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t, t_s) \cdot k_h \cdot \varepsilon_{cd,0}$$

- $\beta_{ds}(t, t_s) = \frac{(t-t_s)}{(t-t_s)+0,04\sqrt{(h_0^3)}}$, kde t je stáří betonu v uvažovaném okamžiku, ve dnech (např. pokud je konec životnosti 50 let, pak $t = 18250$ dní) a t_s je čas ukončení ošetřování betonu ode dne výroby prvku (tedy např. $t_s = 3$ dny)
- k_h je součinitel závisící na náhradní tloušťce h_0 , kde $h_0 = \frac{2 \cdot A_c}{u}$ (u je obvod části průřezu vystavené vysychání)

$h_0[\text{mm}]$	k_h
100	1,0
200	0,85
300	0,75
≥ 500	0,70

- Základní poměrné přetvoření vysycháním $\varepsilon_{cd,0}$:

$$\varepsilon_{cd,0} = 0,85 \left[(220 + 110 \cdot \alpha_{ds1}) \exp \left(-\alpha_{ds2} \cdot \frac{f_{cm}}{f_{cm0}} \right) \right] \cdot 10^{-6} \cdot \beta_{RH}$$

kde α_{ds1} a α_{ds2} jsou součinitele závislé na druhu cementu:

$\alpha_{ds1}=3$, $\alpha_{ds2}=0,13$ pro třídu cementu S

$\alpha_{ds1}=4$, $\alpha_{ds2}=0,12$ pro třídu cementu N (hodnotu $\varepsilon_{cd,0}$ lze určit interpolací z tabulky)

$\alpha_{ds1}=6$, $\alpha_{ds2}=0,11$ pro třídu cementu R

f_{cm} je průměrná hodnota pevnosti betonu v tlaku a $f_{cm0} = 10$ MPa

$$\beta_{RH} = 1,55 \left[1 - \left(\frac{RH}{RH_0} \right)^3 \right] \quad RH \text{ relativní vlhkost okolního prostředí v \% a } RH_0=100\%$$

Pozn.: $\exp()$ má stejný význam jako $e^{()}$

Jmenovité hodnoty neomezeného poměrného smršťování vysycháním $\varepsilon_{cd,0}$ (v ‰) betonu s cementem CEM třídy N

$f_{ck}/f_{ck,cube}$ (MPa)	Relativní vlhkost (v ‰)					
	20	40	60	80	90	100
20/25	0,62	0,58	0,49	0,30	0,17	0,00
40/50	0,48	0,46	0,38	0,24	0,13	0,00
60/75	0,38	0,36	0,30	0,19	0,10	0,00
80/95	0,30	0,28	0,24	0,15	0,08	0,00
90/105	0,27	0,25	0,21	0,13	0,07	0,00

Poměrné autogenní smršťování

$$\varepsilon_{ca}(t) = \beta_{as}(t) \cdot \varepsilon_{ca}(\infty)$$

$$\beta_{as}(t) = 1 - \exp(-0,2 \cdot t^{0,5}) \quad t \text{ je dáno ve dnech}$$

$$\varepsilon_{ca}(\infty) = 2,5 \cdot (f_{ck} - 10) \cdot 10^{-6}$$

Celkové poměrné smršťování (součet smršťování od vysychání a autogenního smršťování)

$$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{cd} + \varepsilon_{ca}$$

Při metodicky zcela správném výpočtu bychom následně stanovili:

Křivost od smršťování na prvku bez trhlin:
$$\left(\frac{1}{r}\right)_{csI} = \varepsilon_{cs} \cdot \alpha_{e,lt} \frac{S_{s0} - A_s \cdot a_{gi}}{I_{y,II,lt}}$$

Křivost od smršťování prvku s trhlinami:
$$\left(\frac{1}{r}\right)_{csII} = \varepsilon_{cs} \cdot \alpha_{e,lt} \frac{S_{s0} - A_s \cdot x_{i,II,lt}}{I_{y,II,lt}}$$

Výsledná křivost od smršťování:
$$\left(\frac{1}{r}\right)_{cs} = (1 - \zeta_{lt}) \cdot \left(\frac{1}{r}\right)_{csI} + \zeta_{lt} \cdot \left(\frac{1}{r}\right)_{csII}$$

Charakteristiky ideálního průřezu potřebné pro výpočet křivosti:

Plocha ideálního průřezu:
$$A_i = A_c + \alpha_{e,lt} \cdot A_s$$

Statický moment betonářské výztuže:
$$S_{s0} = A_s \cdot d$$

Statický moment betonového průřezu bez trhlin:
$$S_{c0} = A_c \cdot \frac{h}{2} = b \cdot h \cdot \frac{h}{2}$$

Vzdálenost těžiště ideálního průřezu bez trhlin od horního okraje průřezu:
$$a_{gi} = \frac{S_{c0} + \alpha_{e,lt} \cdot S_{s0}}{A_i}$$

V rámci cvičení BK02 provedeme následující zjednodušení:

- Určíme výslednou křivost od smršťování pouze pro prvek s trhlinami
- Tuto vyneseme do grafu křivosti, který užíváme pro výpočet průhybu
- Výsledná křivost pro sledovaný ohybový moment tak bude vždy součtem křivosti od smršťování a křivosti od zatížení