

RAČUN KOEFICIENTA NELINEARNEGA LEZENJA BETONA [SIST EN 1992-1-1]

Razred cementa: CEM 42,5 N (razred N)

Efektiven elastičen modul betona:

Kvaliteta betona: C 25/30

☒ Nelinearno lezenje

☒ Parjenje betona

$$E_{c,eff} = \frac{E_c}{(1 + \varphi(t, t_0))}$$

- (1*) Kadar tlačna napetost betona pri starosti t_0 preseže $0,45 f_{ck}(t_0)$, je treba upoštevati nelinearnost lezenja. Tako visoke napetosti se lahko pojavijo zaradi prednapetja, na primer v montažnih betonskih elementih v višini kablov. V takšnih primerih je treba nazivni koeficient nelinearnega lezenja določiti z izrazom:

$$\varphi_K(t, t_0) = \varphi(t, t_0) \cdot e^{1,5(k_\sigma - 0,45)}$$

$$\varphi_K(t, t_0) = 3,126$$

$\varphi_K(t, t_0)$ nazivni koeficient nelinearnega lezenja, ki nadomesti $\varphi(t, t_0)$

k_σ razmerje napetosti in trdnosti $\sigma_c / f_{cm}(t_0)$, kjer je σ_c tlačna napetost, $f_{cm}(t_0)$ pa srednja tlačna trdnost betona v času obremenitve

$$k_\sigma = \frac{\sigma_c(t_0)}{f_{cm}(t_0)}$$

$$f_{cm}(t_0) = \beta_{cc}(t_0) \cdot f_{cm}$$

$$\beta_{cc}(t_0) = e^{s \left(1 - \left(\frac{28}{t_0} \right)^{\frac{1}{2}} \right)}$$

$$f_{ck}(t_0) = f_{cm}(t_0) - 8 [\text{MPa}]$$

$$\begin{aligned} k_\sigma &= 0,758 \\ \sigma_c(t_0) [\text{MPa}] &= 25,000 \\ t_0 [\text{dni}] &= 28,000 \\ f_{cm}(t_0) [\text{MPa}] &= 33,000 \\ s &= 0,25 \\ \beta_{cc}(t_0) &= 1,000 \\ f_{ck}(t_0) [\text{MPa}] &= 25,000 \end{aligned}$$

- (1) Koeficient lezenja $\varphi(t, t_0)$ se lahko izračuna z izrazom:

$$\varphi(t, t_0) = \varphi_0 \cdot \beta_c(t, t_0)$$

$$\varphi(t, t_0) = 1,971$$

φ_0 nazivni koeficient lezenja, ki se lahko oceni z izrazom:

$$\varphi_0 = \varphi_{RH} \cdot \beta(f_{cm}) \cdot \beta(t_0)$$

$$\varphi_0 = 1,997$$

φ_{RH} faktor za upoštevanje učinka relativne vlažnosti zraka na nazivni koeficient lezenja

$$\varphi_{RH} = 1 + \frac{1 - RH/100}{0,1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} \text{ za } f_{cm} \leq 35 \text{ MPa}$$

$$\varphi_{RH} = 1,422$$

$$\varphi_{RH} = \left[1 + \frac{1 - RH/100}{0,1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} \cdot \alpha_1 \right] \cdot \alpha_2 \text{ za } f_{cm} > 35 \text{ MPa}$$

RH relativna vlažnost okolja v %

h_0 nazivna velikost elementa v mm

$$h_0 = \frac{2A_c}{u}$$

A_c ploščina prečnega prereza

u obseg elementa v stiku z ozračjem

$$h_0 [\text{mm}] = 360$$

$$A_c [\text{mm}^2] = 180000$$

$$u [\text{mm}] = 1000$$

$\beta(f_{cm})$ faktor za upoštevanje učinka trdnosti betona na nazivni koeficient lezenja

$$\beta(f_{cm}) = \frac{16,8}{\sqrt{f_{cm}}}$$

$$\beta(f_{cm}) = 2,925$$

f_{cm} srednja tlačna trdnost betona pri starosti 28 dni v MPa

$$f_{cm} [\text{MPa}] = 33$$

$\beta(t_0)$ faktor za upoštevanje učinka starosti betona ob obremenitvi na nazivni koeficient lezenja

$$\beta(t_0) = \frac{1}{0,1 + t_0^{0,2}}$$

$$\beta(t_0) = 0,480$$

$\beta_c(t, t_0)$ koeficient za opisovanje časovnega razvoja lezenja po nanosu obtežbe, ki se lahko oceni z naslednjim izrazom:

$$\beta_c(t, t_0) = \left[\frac{(t - t_0)}{(\beta_H + t - t_0)} \right]^{0,3}$$

$$\beta_c(t, t_0) = 0,987$$

t starost betona v obravnavanem časovnem trenutku v dnevih

t_0 starost betona ob nanosu obtežbe v dnevih

$t - t_0$ nekorrigirano trajanje obtežbe v dnevih

$$t [\text{dni}] = 18250$$

$$t_0 [\text{dni}] = 28$$

β_H koeficient, ki je odvisen od relativne vlažnosti okolja (RH v %) in nazivne velikosti elementa (h_0 v mm).

Oceni se lahko z izrazoma:

$$\beta_H = 1,5[1 + (0,012RH)^{18}]h_0 + 250 \leq 1500 \text{ za } f_{cm} \leq 35 \text{ MPa}$$

$$\beta_H = 813,411$$

$$\beta_H = 1,5[1 + (0,012RH)^{18}]h_0 + 250\alpha_3 \leq 1500\alpha_3 \text{ za } f_{cm} > 35 \text{ MPa}$$

$\alpha_{1/2/3}$ koeficienti za upoštevanje vpliva trdnosti betona

$$\alpha_1 = \left[\frac{35}{f_{cm}} \right]^{0,7}$$

$$\alpha_2 = \left[\frac{35}{f_{cm}} \right]^{0,2}$$

$$\alpha_3 = \left[\frac{35}{f_{cm}} \right]^{0,5}$$

$$\alpha_1 = 1,042$$

$$\alpha_2 = 1,012$$

$$\alpha_3 = 1,030$$

- (2) Učinke vrste cementa na koeficient lezenja se lahko upošteva s korigirano starostjo betona ob nanosu obtežbe t_0 v izrazu za izračun $\beta(t_0)$. Pri tem se korigirana starost t_0 lahko določi z naslednjim izrazom:

$$t_0 = t_{0,T} \cdot \left(\frac{9}{2 + t_{0,T}^{1,2}} + 1 \right)^\alpha \geq 0,5$$

$$t_0 \text{ [dni]} = 30,612$$

$t_{0,T}$ glede na temperaturo spremenjena starost betona ob nanosu obtežbe v dnevih

α potenca, ki je odvisna od vrste cementa

$$\alpha = 0$$

= -1 za cement razreda S

= 0 za cement razreda N

= 1 za cement razreda R

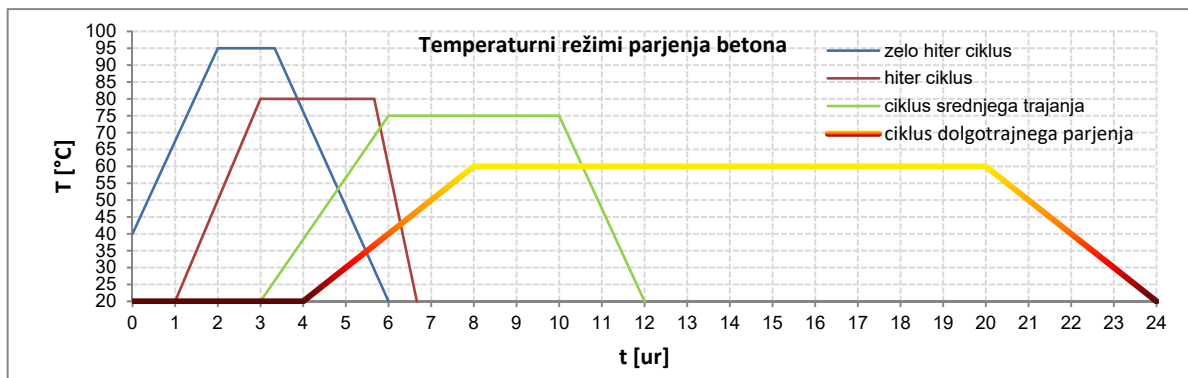
- (3) Učinek povišanih ali znižanih temperatur znotraj območja 0 °C do 80 °C na zrelost betona se lahko upošteva s prilagoditvijo starosti betona po naslednjem izrazu:

$$t_T = \sum_{i=1}^n e^{-\left(\frac{4000}{273+T(\Delta t_i)}\right)^{-13,65}} \cdot \Delta t_i$$

t_T glede na temperaturo korigirana starost betona, ki nadomesti t v ustreznih enačbah

$T(\Delta t_i)$ temperatura v °C znotraj časovnega intervala Δt_i

Δt_i število dni, v katerih prevladuje temperatura T



Temperaturni režim		
	t_p [h]	T [°C]
→	0,00	20
→	4,00	20
→	8,00	60
→	20,00	60
→	24,00	20

	Δt [h]	T [°C]
→	Δt_1 [h] = 4,00	T_1 [°C] = 20,00
→	Δt_2 [h] = 1,00	T_2 [°C] = 25,00
→	Δt_3 [h] = 1,00	T_3 [°C] = 35,00
→	Δt_4 [h] = 1,00	T_4 [°C] = 45,00
→	Δt_5 [h] = 1,00	T_5 [°C] = 55,00
→	Δt_6 [h] = 12,00	T_6 [°C] = 60,00
→	Δt_7 [h] = 1,00	T_7 [°C] = 55,00
→	Δt_8 [h] = 1,00	T_8 [°C] = 45,00
→	Δt_9 [h] = 1,00	T_9 [°C] = 35,00
→	Δt_{10} [h] = 1,00	T_{10} [°C] = 25,00

t_{T1} [dni] =	0,167
t_{T2} [dni] =	0,052
t_{T3} [dni] =	0,081
t_{T4} [dni] =	0,122
t_{T5} [dni] =	0,179
t_{T6} [dni] =	2,577
t_{T7} [dni] =	0,179
t_{T8} [dni] =	0,122
t_{T9} [dni] =	0,081
t_{T10} [dni] =	0,052

t_T [dni] =	3,612
t_p [dni] =	1,000
$t_{0,T}$ [dni] =	30,612
s =	0,25
$\beta_{cc}(t_p)$ =	0,342

$$\beta_{cc}(t_p) = e^{s \left(1 - \left(\frac{28}{t_p}\right)^{\frac{1}{2}}\right)}$$

$$\beta_{cc}(t_T) = e^{s \left(1 - \left(\frac{28}{t_T}\right)^{\frac{1}{2}}\right)}$$

$$f_{cm}(t_p) = \beta_{cc}(t_p) \cdot f_{cm}$$

$$f_{cm}(t_T) = \beta_{cc}(t_T) \cdot f_{cm}$$

$$\beta_{cc}(t_T) = 0,640$$

$$f_{cm}(t_p) [\text{MPa}] = 11,287$$

$$f_{cm}(t_T) [\text{MPa}] = 21,125$$

$$f_{cm}(t) = f_{cmp} + \frac{f_{cm} - f_{cmp}}{\log(28 - t_p + 1)} \cdot \log(t - t_p + 1)$$

$$f_{cm}(t) [\text{MPa}] = 33,000$$

$f_{cm}(t)$ povprečna tlačna trdnost betona po procesu parjenja pri času t

f_{cmp} povprečna tlačna trdnost betona takoj po parjenju (pri času t_p)

