

Zadání

Navrhněte výztuž stěny na účinky vynuceného přetvoření od smršťování, která byla zhotovena na základovou desku. Ve výpočtu předpokládejte, že řešený úsek stěny je vetknut podél jednoho okraje, tedy na rozhraní se základovou deskou. Vyztužení konstrukce navrhněte s ohledem na mezní šířku trhlin.

Parametry zadání

$w_{k,lim}$ [mm]	Mezní hodnota šířky trhlin
S/N/R	Třída cementu
RH [%]	Relativní vlhkost okolního prostředí
C30/37	Pevnostní třída betonu
h_w [mm]	Tloušťka stěny
t_s [mm]	Doba ošetřování
c [mm]	Nominální hodnota krytí výztuže
h [m]	Výška úseku stěny
l [m]	Šířka úseku stěny

Účinky smršťování

Celkové poměrné smršťování se skládá ze dvou částí: poměrného smršťování vysycháním a poměrného autogenního smršťování. Poměrné smršťování vysycháním se vyvíjí pomalu, protože je funkcí migrace vody ztvrdlým betonem. Poměrné autogenní smršťování vzniká v průběhu tvrdnutí betonu, a proto hlavní část vzniká v počátečních dnech po vybetonování. Poměrné autogenní smršťování je lineární funkcí pevnosti betonu. Zejména má být uvažováno, pokud se nový beton ukládá na ztvrdlý beton. Hodnota celkového poměrného smršťování se určí ze vztahu:

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

ε_{cs}	- celkové poměrné smršťování
ε_{cd}	- poměrného smršťování vysycháním
ε_{ca}	- poměrného autogenního smršťování

A. Smršťování vysycháním

Konečná hodnota poměrného smršťování vysycháním se stanoví podle následujícího vztahu:

$$\varepsilon_{cd,\infty} = k_h * \varepsilon_{cd,0}$$

Vývoj poměrného smršťování vysycháním v čase vyplývá ze vztahu:

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

Součinitel zohledňující časově-závislý vývoj smršťování vysycháním:

$$\beta_{ds}(t, t_s) = \frac{(t - t_s)}{(t - t_s) + 0,04 \sqrt{h_0^3}}$$

t Stáří betonu v uvažovaném okamžiku [dny]

Náhradní tloušťka h_0 se stanoví podle následujícího vztahu:

$$h_0 = 2 * \frac{A_c}{u} \text{ [mm]}$$

A_c Průřezová plocha betonu
 u Obvod části průřezu vystavené vysychání

Základní poměrné přetvoření od smršťování vysycháním $\varepsilon_{cd,0}$ se vypočítá ze vztahu:

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

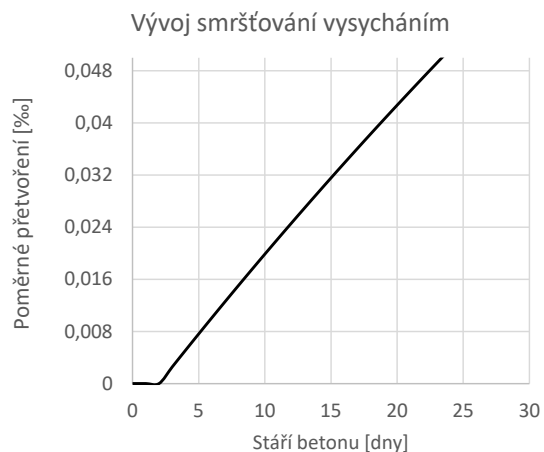
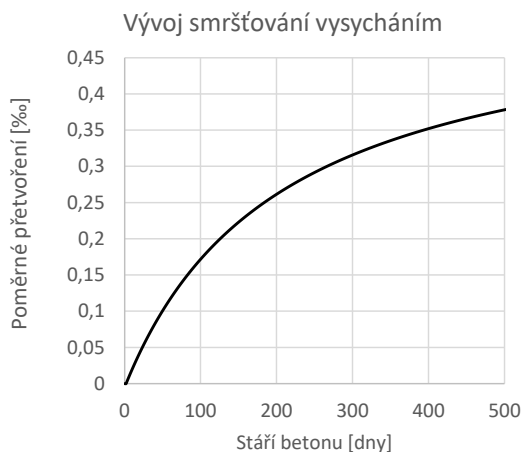
f_{cm} [MPa] Průměrná hodnota pevnosti betonu v tlaku
 $f_{cm0} = 10 \text{ MPa}$
 α_{ds1} [-] Součinitel závisící na druhu cementu
 3 – pro cementy třídy S
 4 – pro cementy třídy N
 6 – pro cementy třídy R
 α_{ds2} [-] Součinitel závisící na druhu cementu
 0,13 – pro cementy třídy S
 0,12 – pro cementy třídy N
 0,11 – pro cementy třídy R
 RH [%] Relativní vlhkost okolního prostředí; $RH_0 = 100\%$

Součinitel zohledňující vlhkost okolního prostředí:

$$\beta_{RH} = 1,55 * \left[1 - \left(\frac{RH}{RH_0} \right)^3 \right]$$

Součinitel k_h zohledňuje velikost náhradní tloušťky h_0 , která se stanoví podle následujícího vztahu:

h_0 [mm]	k_h [-]
100	1,0
200	0,85
300	0,75
≥ 500	0,70



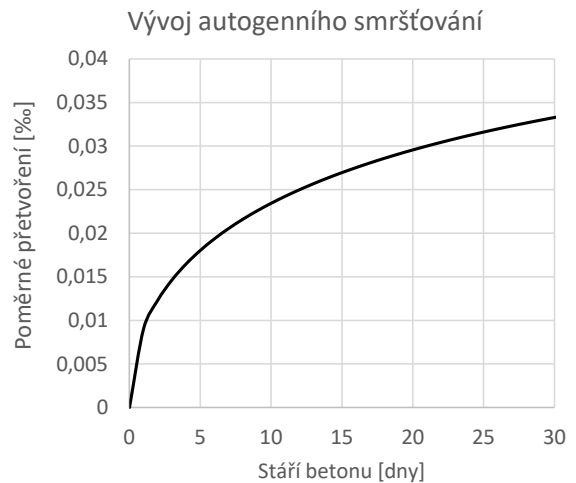
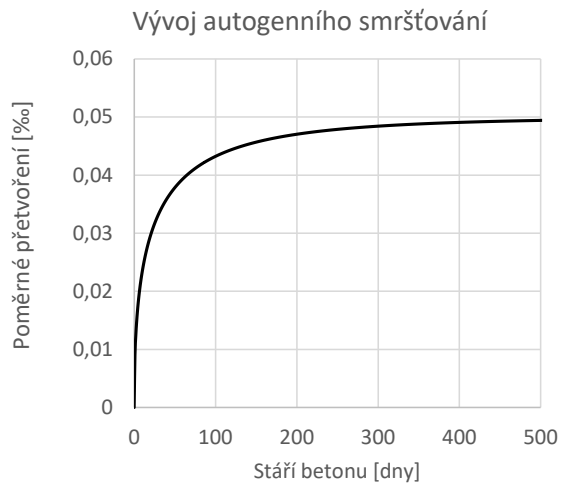
B. Autogenní smršťování

Poměrné autogenní smršťování v závislosti na stáří betonu se stanoví ze vztahu:

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

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

$$\beta_{as}(t) = 1 - e^{-0,2*t^{0,5}}$$



C. Ověření vzniku trhlin

Od účinků smršťování vzniká při omezeném přetvoření stěn tahové napětí ve stěnách, které lze vyjádřit podle vztahu:

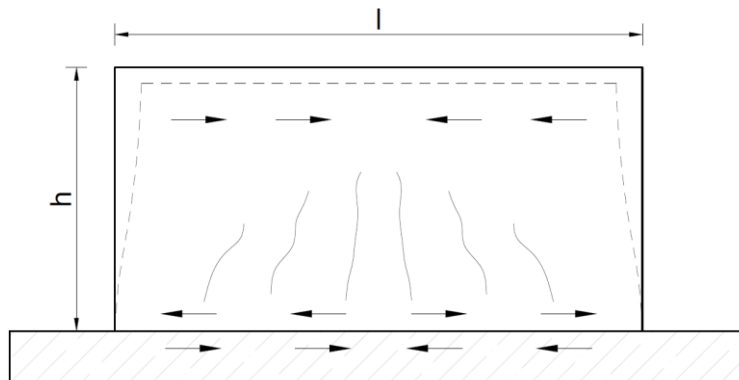
$$\sigma_{ct} = k * E_{c,t} * \varepsilon_{cs,\infty}$$

$E_{c,t}$ Účinný modul pružnosti – E_{cm}

Kde k je součinitel možnosti posunu prvků, pro stěny na základových deskách obvykle 1.

$$\sigma_{ct,d} = k_{ct,d} * \sigma_{ct}$$

Kde součinitel $k_{ct,d}$ zohledňuje geometrii stěny:



$$\begin{aligned}
l/h \leq 1 &\rightarrow k_{ct,d} \approx 0,20 \\
l/h \leq 2 &\rightarrow k_{ct,d} \approx 0,45 \\
l/h \leq 3 &\rightarrow k_{ct,d} \approx 0,65 \\
l/h \leq 4 &\rightarrow k_{ct,d} \approx 0,70 \\
l/h \leq 6 &\rightarrow k_{ct,d} \approx 0,80 \\
l/h \leq 8 &\rightarrow k_{ct,d} \approx 0,85 \\
l/h \leq 10 &\rightarrow k_{ct,d} \approx 1,00 \\
l/h > 10 &\rightarrow k_{ct,d} = 1,00
\end{aligned}$$

$\sigma_{ct,d} < f_{ct,eff} = f_{ctm} \rightarrow$ nepředpokládá se vznik trhlin

$\sigma_{ct,d} > f_{ct,eff} = f_{ctm} \rightarrow$ předpokládá se vznik trhlin

Výpočet šířky trhlin na stěně v důsledku omezení vynucených přetvoření

Maximální šířka trhlin se vypočítá podle následující vztahu s tím, že rozdíl průměrných poměrných přetvoření se stanoví z odlišného vztahu.

$$w_k = s_{r,max} * (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

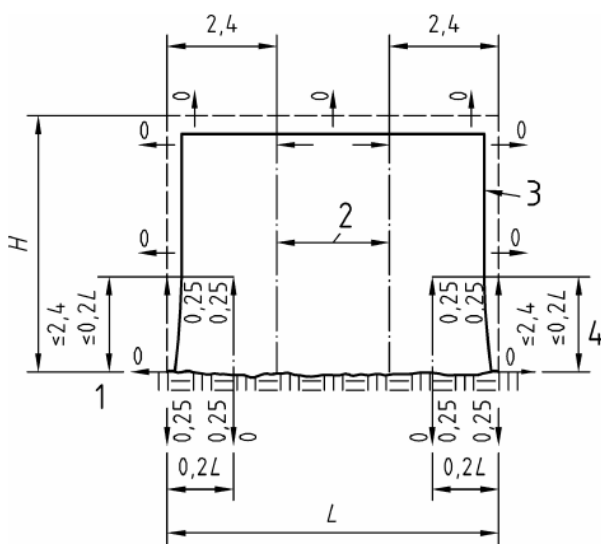
Pro následující omezení prvků lze rozdíl průměrných poměrných přetvoření stanovit:

Vetknutí na koncích: $(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 0,5 * \alpha_e * k_c * k * f_{ct,eff} * (1 + 1)$

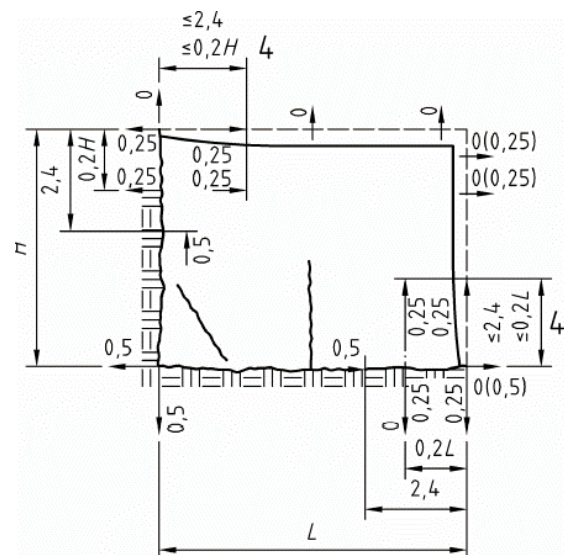
Vetknutí podél jednoho okraje dlouhé stěny: $(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = R_{ax} * \varepsilon_{free}$

R_{ax} Součinitel omezení přetvoření

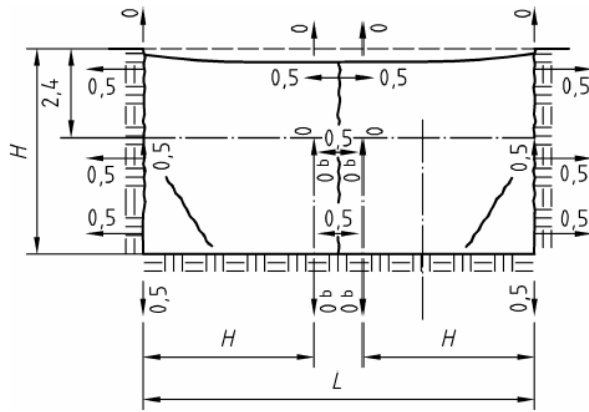
ε_{free} Poměrné přetvoření, které by nastalo, jestliže by vynucené přetvoření bylo bez omezení



Stěna na základu



Krajní pole stěny (s pracovními spárami)



- 1 Součinitel omezení svislých přetvoření
- 2 Součinitel omezení vodorovných přetvoření
- 3 Dilatační nebo volné smršťovací pásy
- 4 Větší z hodnot
- 5 Možné primární trhliny

pokud $L \leq 2H$ součinitele omezení přetvoření mají hodnotu $0,5 \left(1 - \frac{L}{2H}\right)$

POZNÁMKA Hodnota R použitá v návrhu má mít souvislost s praktickým rozdělením výztuže

Pole stěnové konstrukce (s pracovními spárami)

Součinitel omezení přetvoření ve vodorovném směru ve středních oblastech pro stěnu na základu

Poměr stran stěny l/h	1	2	3	4	>8
R_{ax} (u základu)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
R_{ax} (u vrcholu)	0	0,0	0,05	0,3	0,5

Vyztužení lze stanovit z následujícího obecného vztahu:

$$w_{k,lim} = s_{r,max} * (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = \left(k_3 * c + k_1 * k_2 * k_4 * \frac{\phi}{\rho_{p,eff}} \right) * (R_{ax} * \varepsilon_{cs})$$

.....

$$s \leq \left(\frac{w_{k,lim}}{R_{ax} * \varepsilon_{cs}} - k_3 * c \right) * \frac{250 * \pi * \phi}{k_1 * k_2 * k_4 * A_{c,eff}} \quad (\text{dosazovat v mm, mm}^2)$$

- Součinitelem k_1 se zohledňují vlastnosti soudržné výztuže (pro pruty s velkou soudržností 0,8, pro pruty s hladkým povrchem, např. předpínací vložky, 1,6)
- Součinitelem k_2 se zohledňuje rozdělení poměrného přetvoření na průřezu (pro ohyb 0,5, pro prostý tah 1).
- Součinitel $k_3 = 3,4 * \left(\frac{25}{c}\right)^{\frac{2}{3}} \leq 3,4$
- Součinitelem k_4 se má uvažovat 0,425

Účinná plocha betonu obklopující tahovou výztuž (při každém povrchu):

$$A_{c,eff} = h_{c,eff} * b \quad [mm^2]$$

Výška účinné plochy betonu obklopující tahovou výztuž

$$h_{c,eff} = \min \left\{ 2,5 * (h - d); \frac{(h - x)}{3}; \frac{h}{2} \right\} \quad [mm]$$

Účinná výška průřezu

$$d = h - c_{nom} - \frac{\varnothing}{2} \quad [mm]$$