

# Šířka trhlín (MSP) - 1.NP

Lineární výpočet

Kombinace: MSP-Char (auto)

Extrém: Globální

Výběr: S23, S44

Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě

Složky vnitřních sil rovnoběžné se žebrem se zohlední jako nulové uvnitř efektivní šířky žebra.

## Deska S23

**h=350 mm**

ČSN EN 1992-1-1/NA: 2011-07

Uzel 10258/2055 [X= -7,648, Y=1,450, Z=1,750 m]

### Nastavení výpočtu:

Norma	ČSN EN 1992-1-1/NA: 2011-07
Součinitel pro efektní výšku	Coeff <sub>d</sub> = 0.9
Procenta dlouhodobého zatížení	Coeff <sub>long</sub> = 0.7
Efektivní součinitel dotvarování	φ <sub>ef</sub> = 2.26
Pevnost pro výpočet f <sub>ct,eff</sub>	f <sub>ctm</sub>
Pevnost pro výpočet síly na mezi vzniku trhlin	f <sub>cteff</sub>
Modul pružnosti betonu	E <sub>ceff</sub>
Limitní hodnota šířky trhlin	w <sub>max-</sub> = 0.3 mm w <sub>max+</sub> = 0.3 mm

## Materiál

### Beton:

Beton: **C30/37**

Střední pevnost v tahu:

$$f_{ctm} = 2.9 \text{ MPa}$$

Efektivní pevnost betonu:

$$f_{ct,eff} = f_{ctm} = 2.9 \text{ MPa}$$

Modul pružnosti betonu:

$$E_c = \frac{E_{cm}}{1 + \varphi_{ef}} = \frac{32.8 \cdot 10^9}{1 + 2.26} = 10.1 \text{ GPa}$$

(3.23, 5.27)

Pevnost betonu, objevila se trhlina:

$$\sigma_{cr} = f_{ct,eff} = 2.9 \text{ MPa}$$

### Výztuž

Výztuž **B 500B**

Charakteristická mez kluzu:

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

Modul pružnosti výztuže:

$$E_s = 200 \text{ GPa}$$

Charakteristické přetvoření výztuže:

$$\epsilon_{yk} = 2.5 \text{ ‰}$$

## Vnitřní síly

### Základní síly (těžiště), kritické

Tabulka vnitřních sil

Stav	m <sub>x</sub> [kNm/m]	m <sub>y</sub> [kNm/m]	m <sub>xy</sub> [kNm/m]	n <sub>x</sub> [kN/m]	n <sub>y</sub> [kN/m]	n <sub>xy</sub> [kN/m]	v <sub>x</sub> [kN/m]	v <sub>y</sub> [kN/m]
MSP-Char (auto)/1	0,00	-117,99	0,00	0,00	59,29	0,00	0,00	-116,66
MSP-Char (auto)/2	0,00	-131,28	0,00	0,00	64,94	0,00	0,00	-130,12

Tabulka kombinací

Stav	Klíč kombinace
MSP-Char (auto)/1	ZS1+ZS2
MSP-Char (auto)/2	ZS1+ZS2+0.30*ZS3

Studentská verze

## Tabulka 2D výztuže

Typ výztuže: User

ID	Průměr d [mm]	Vzdálenost průřezů s [mm]	úhel α [°]	Svislá poloha z [mm]	Materiál	f <sub>yk</sub> [MPa]	E <sub>s</sub> [GPa]
1	10,0	150,0	0,0	140,0	B 500B	500,0	200,0
2	14,0	220,0	90,0	138,0	B 500B	500,0	200,0
3	16,0	270,0	90,0	137,0	B 500B	500,0	200,0
4	10,0	150,0	90,0	130,0	B 500B	500,0	200,0
5	10,0	150,0	90,0	-130,0	B 500B	500,0	200,0
6	10,0	150,0	0,0	-140,0	B 500B	500,0	200,0

## Posudek šířky trhlin

### Spodní povrch

Směr hlavního napětí (směr pro přepočtené síly):  $\alpha_\sigma = 0^\circ$

Obsah kombinace: ZS1+ZS2

Charakteristické hodnoty:  $n_{char} = 0 \text{ kN/m}$   $m_{char} = 0 \text{ kNm/m}$

Kvazistálé hodnoty:  $n_{qp} = 0 \text{ kN/m}$   $m_y = 0 \text{ kNm/m}$

Typ	Průřez bez trhlin
t <sub>i</sub> [m]	0
A <sub>i</sub> [m <sup>2</sup> ]	0.371
S <sub>i</sub> [m <sup>3</sup> ]	0
I <sub>i</sub> [m <sup>4</sup> ]	$3.98 \cdot 10^{-3}$

## Výpočet síly na mezi vzniku trhlin (neporušený průřez)

Maximální napětí v betonu

$$\sigma_{ct} = 0.0 \text{ MPa}$$

Síly pro vznik trhlin

$$N_{cr} = 0.0 \text{ kN}$$

$$M_{cr} = \frac{f_{ct,eff} \cdot I_i}{0.5 \cdot h + t_i} = \frac{2.9 \cdot 10^6 \cdot 3.98 \cdot 10^{-3}}{0.5 \cdot 0.35 + 0} = 66.0 \text{ kNm}$$

Poznámka: Nedošlo ke vzniku trhlin, protože se vyskytuje pouze tlak.

Limitní hodnota šířky trhlin

$$w_{max} = 0.3 \text{ mm}$$

(§7.3.1(5))

Výpočet jednotkového posouzení

$$UC = \frac{w}{w_{max}} = \frac{0}{0.3} = 0$$

Posouzení šířky trhlin

$$w = 0 \text{ mm} = < w_{max} = 0.3 \text{ mm}$$

Poznámka: Posudek šířky trhlin vyhovuje, protože šířka trhlin je menší než limitní šířka.

## Horní povrch

Směr hlavního napětí (směr pro přepočtené síly):  $\alpha_\sigma = -90^\circ$

Obsah kombinace: ZS1+ZS2+0.30\*ZS3

Charakteristické hodnoty:  $n_{char} = 78.1 \text{ kN/m}$   $m_{char} = -162 \text{ kNm/m}$

Kvazistálé hodnoty:  $n_{qp} = 64.9 \text{ kN/m}$   $m_y = -131 \text{ kNm/m}$

Typ	Průřez bez trhlin	Průřez s trhlinami
$t_i$ [m]	$9.9 \cdot 10^{-3}$	-0.0581
$A_i$ [m <sup>2</sup> ]	0.399	0.16
$S_i$ [m <sup>3</sup> ]	0	0
$I_i$ [m <sup>4</sup> ]	$4.43 \cdot 10^{-3}$	$2.05 \cdot 10^{-3}$

### Výpočet síly na mezi vzniku trhlin (neporušený průřez)

Maximální napětí v betonu

$$\sigma_{ct} = 6.2 \text{ MPa}$$

Síly pro vznik trhlin

$$N_{cr} = \frac{f_{ct,eff}}{\frac{1}{A_i} - \frac{M_{char} \cdot 0.5 \cdot h - t_i}{N_{char} \cdot I_i}} = \frac{2.9 \cdot 10^6}{\frac{1}{0.399} - \frac{-161519 \cdot 0.5 \cdot 0.35 - 9.87 \cdot 10^{-3}}{78127 \cdot 4.43 \cdot 10^{-3}}} = 34.4 \text{ kN}$$

$$M_{cr} = \frac{-N_{cr} \cdot M_{char}}{N_{char}} = \frac{-34433.3 \cdot -161519}{78127} = 71.2 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{ct} = 6.2 \text{ MPa} > \sigma_{cr} = 2.9 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Objevují se trhliny}$$

### Výpočet šířky trhlin (porušený průřez)

Výška průřezu ve směru ohybové výslednice

$$h = 350 \text{ mm}$$

Výpočet efektivní výšky průřezu

$$d = 310 \text{ mm}$$

Výpočet výšky tlačené oblasti

$$x_r = 111 \text{ mm}$$

Hloubka efektivní plochy betonu v tahu

$$h_{c,ef} = \text{Min} \left\{ \begin{array}{l} \frac{2.5 \cdot (h - d)}{3} \\ \frac{h - x_r}{3} \\ \frac{h}{2} \end{array} \right\} = \text{Min} \left\{ \begin{array}{l} \frac{2.5 \cdot (350 - 310)}{3} \\ \frac{350 - 111}{3} \\ \frac{350}{2} \end{array} \right\} = 80 \text{ mm}$$

Efektivní plocha betonu v tahu

$$A_{c,eff} = 0.08 \text{ m}^2$$

Minimální a maximální hodnota protažení betonu

$$\varepsilon_{max} = 1.56 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{min} = -0.724 \text{ ‰}$$

Větší hodnota tahového přetvoření betonu

$$\varepsilon_1 = \max(\varepsilon_{min}; \varepsilon_{max}) = \max(-0.724; 1.56) = 1.56 \text{ ‰}$$

Menší hodnota tahového přetvoření betonu

$$\varepsilon_2 = 0 \text{ ‰}$$

Koeficient, který bere v úvahu rozložení napětí

$$k_2 = \frac{(\varepsilon_1 + \varepsilon_2)}{2 \cdot \varepsilon_1} = \frac{(1.56 + 0)}{2 \cdot 1.56} = 0.5$$

(7.13)

Součinitel trvání zatížení

$$k_t = k_{t,long} + (k_{t,short} - k_{t,long}) \cdot (1 - \text{Coeff}_{long}) = 0.4 + (0.6 - 0.4) \cdot (1 - 0.7) = 0.46$$

(§7.3.4(2))

Ekvivalentní průměr podélné výztuže uvnitř plochy  $A_{c,eff}$

$$\phi_{eq} = 13.2 \text{ mm} \quad (7.12)$$

Maximální hodnota tahového napětí ve výztuži uvnitř plochy  $A_{c,eff}$

$$\sigma_s = 263.1 \text{ MPa}$$

Plocha výztuže uvnitř plochy  $A_{c,eff}$

$$A_s = 1968 \text{ mm}^2$$

Poměr modulů betonu a výztuže

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_c} = \frac{200000}{10074} = 19.9 \quad (§7.3.4(2))$$

Poměr výztuže uvnitř plochy  $A_{c,eff}$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{1968}{79747} = 0.0247 \quad (7.10)$$

Krytí výztuže nejbliž okraji průřezu, ve směru výslednice ohybového momentu

$$c = 30 \text{ mm}$$

Výpočet maximální osové vzdálenosti mezi pruty uvnitř oblasti  $A_{c,eff}$

$$s_{max} = 70 \text{ mm}$$

Součinitel, který zohledňuje soudržnost výztuže s betonem

$$k_1 = 0.8$$

Součinitel pro výpočet maximální vzdálenosti mezi trhlinami

$$k_3 = \min\left(3.4 \cdot \left(\frac{0.025}{c}\right)^{\frac{2}{3}}; 3.4\right) = \min\left(3.4 \cdot \left(\frac{0.025}{0.03}\right)^{\frac{2}{3}}; 3.4\right) = 3.01 \quad k_4 = 0.425 \quad (\text{ČSN } §7.3.4(3))$$

Maximální vzdálenost mezi trhlinami

$$s_{max} = 70 \text{ mm} \leq 5 \cdot (c + 0.5 \cdot \phi_{eq}) = 183 \text{ mm} \text{ or } \rho_{p,eff} = 0, \text{ proto:}$$

$$s_{r,max} = k_3 \cdot c + \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \phi_{eq}}{\rho_{p,eff}} = 3.01 \cdot 0.03 + \frac{0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.425 \cdot 0.01}{0.0247} = 181 \text{ mm} \quad (7.11)$$

Střední přetvoření ve výztuži

$$\begin{aligned} \epsilon_{sm\_E_{cm}} &= \max\left(\frac{\sigma_s - k_t \cdot \left(\frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}}\right) \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s}; \frac{0.6 \cdot \sigma_s}{E_s}\right) \\ &= \max\left(\frac{263.1 - 0.46 \cdot \left(\frac{2.9}{0.0247}\right) \cdot (1 + 19.9 \cdot 0.0247)}{200000}; \frac{0.6 \cdot 263.1}{200000}\right) = 0.913 \text{ ‰} \end{aligned} \quad (7.9)$$

Vypočtená šířka trhliny

$$w_k = s_{r,max} \cdot \epsilon_{sm\_E_{cm}} = 181 \text{ mm} \cdot 0.913 \text{ ‰} = 0.166 \text{ mm} \quad (7.8)$$

Limitní hodnota šířky trhlin

$$w_{max} = 0.3 \text{ mm} \quad (§7.3.1(5))$$

Výpočet jednotkového posouzení

$$UC = \frac{w}{w_{max}} = \frac{0.166}{0.3} = \mathbf{0.552}$$

Posouzení šířky trhlin

$$w = 0.166 \text{ mm} = < w_{max} = 0.3 \text{ mm}$$

Poznámka: Posudek šířky trhlin vyhovuje, protože šířka trhlin je menší než limitní šířka.

## 1. Šířka trhlin (MSP); UC

Hodnoty: UC

Lineární výpočet

Kombinace: MSP-Char (auto)

Extrém: Globální

Výběr: S23, S44

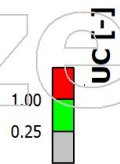
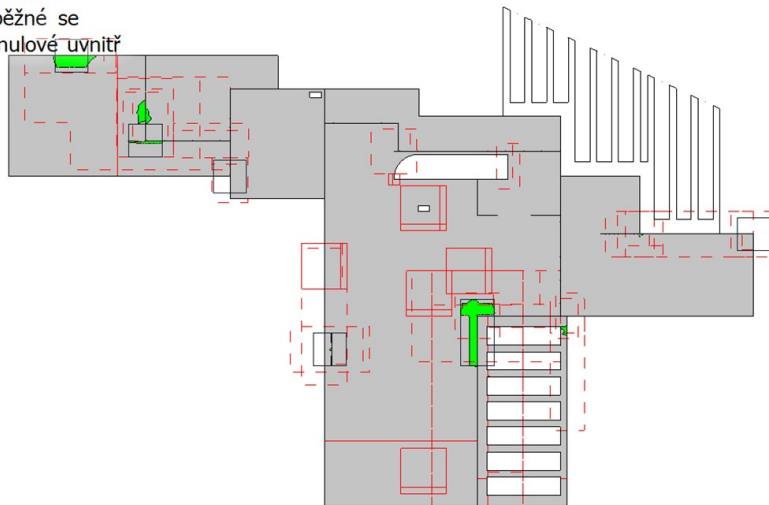
Poloha: V uzlech s průměrováním na

makro. Systém: LSS prvku síť

Složky vnitřních sil rovnoběžné se

žebrem se zohlední jako nulové uvnitř

efektivní šířky žebra.



Studentská verze

Studentská verze