



# Analiza fisurii

Tutorial SectionPro — Deschiderea fisurii  $w_k$  și distanța maximă între fisuri  $s_{r, \max}$  la starea limită de serviciu conform Eurocode 2

BridgeKernel · 2026

## Introducere

Betonul armat fisurează sub sarcini de serviciu. Fisurile nu compromit siguranța, dar deschiderile excesive expun armătura la apă, cloruri și  $\text{CO}_2$ , provocând coroziune. Normele limitează astfel  $w_k$  la SLS.

SectionPro aplică metoda de calcul direct din Eurocode 2. Deschiderea fisurii este produsul distanței maxime între fisuri și deformației diferențiale medii oțel-beton:

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

Distanța între fisuri depinde de acoperire  $c$ , diametrul  $\varphi_s$ , factorul de aderență  $k_1$  și procentul efectiv de armare  $\rho_{p, \text{eff}}$ :

$$s_{r, \max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\varphi_s}{\rho_{p, \text{eff}}}$$

Deformația diferențială medie include tension stiffening (betonul între fisuri preia o parte din tracțiune):

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct, \text{eff}}}{\rho_{p, \text{eff}}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p, \text{eff}})}{E_s} \geq 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

Adâncimea zonei efective  $h_{c, \text{eff}}$  este calculată automat:  $h_{c, \text{eff}} = \min(2.5(h - d), (h - x)/3, h/2)$ .

## Rezultate calculate

SectionPro furnizează pentru fiecare analiză de fisurare:

### Rezultate per caz

$w_k$ : deschiderea fisurii  
 $s_{r, \max}$ : distanța maximă  
 $\sigma_s$ : tensiunea în oțel

### Mărimi intermediare

$h_{c, \text{eff}}$ ,  $A_{c, \text{eff}}$ ,  $A_{s, \text{eff}}$ ,  $\rho_{p, \text{eff}}$   
 $k_2$ ,  $\varphi_s$ ,  $\Delta\varepsilon$   
 $d$ ,  $x$ ,  $c$

### Exporturi

PDF, Excel (.xlsx), Text  
Combinății defavorabile, valori intermediare

# Placă dreptunghiulară

## Date de intrare

### Beton

- Secțiune dreptunghiulară
- Lățime  $b = 1.00$  m
- Înălțime  $h = 0.30$  m

### Armătură

- 14 bare  $\varnothing 14$  ( $\varphi_s = 14$  mm)
- 7 jos + 7 sus, distanță 157 mm
- Acoperire 30 mm, 1 strat per față
- $A_s = 14 \times 1.539 = 21.55$  cm<sup>2</sup>

### Legi de material (EC2)

- Beton C30/37:  $f_{ck} = 30$  MPa
- Oțel B500B:  $f_{yk} = 500$  MPa

Figura 1: Placă dreptunghiulară.

## Rezultate

Deschiderea fisurii este evaluată pentru două stări: încovoiere pură și tracțiune dominantă. Parametrii de fisurare au valori recomandate:  $k_t = 0.6$  (termen lung),  $k_1 = 0.8$  (bare cu aderență ridicată),  $k_3 = 3.4$ ,  $k_4 = 0.425$ ,  $f_{ct,eff} = 3.2$  MPa.

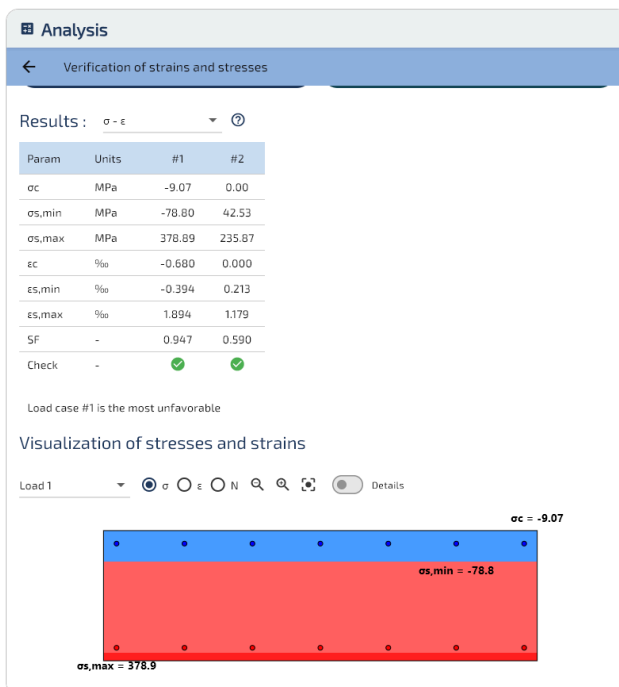


Figura 2: Placă: stare tensiune-deformație (stânga) și tabel de fisurare (dreapta).

Sub încovoiere pură ( $M_z = 100$  kN·m), axa neutră se află la  $x = 71$  mm, lăsând  $h - x = 229$  mm din secțiune în tracțiune. Cu  $k_2 = 0.5$ , formula distanței dă  $s_{r,max} = 267.7$  mm. Deschiderea  $w_k = 0.315$  mm depășește limita uzuală de 0.3 mm: ar fi necesară o placă mai groasă sau bare mai apropiate.

Sub tracțiune ( $N = -300 \text{ kN}$ ,  $M_z = 25 \text{ kN} \cdot \text{m}$ ), secțiunea este complet fisurată ( $x = 0$ ). Deși fisurarea e totală,  $w_k = 0.198 \text{ mm}$  este mai mică decât la încovoiere, deoarece toate cele 14 bare preiau sarcina, reducând  $\sigma_s$  de la 379 la 236 MPa. Factorul  $k_2 = 0.535$  reflectă distribuția ușor neuniformă a deformațiilor cauzată de momentul rezidual.

## Grindă I: încovoiere pură

### Date de intrare

#### Beton

- Secțiune în I cu vute
- Talpa inferioară:  $b = 0.75 \text{ m}$
- Inimă:  $b_w = 0.25 \text{ m}$
- Talpa superioară:  $b_f = 1.60 \text{ m}$
- Înălțime totală  $h = 1.80 \text{ m}$

#### Armătură (oțel pasiv)

- 70 bare total (HA16 + HA20)
- 6 HA20 ca armătură inferioară
- 64 HA16 pe conturul secțiunii

#### Legi de material (EC2)

- Beton C30/37:  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$
- Oțel B500B:  $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

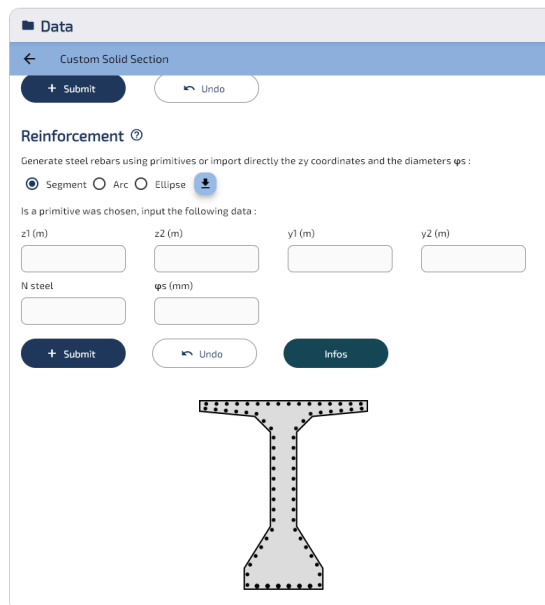


Figura 3: Grindă I.

### Rezultate

Grinda I este solicitată la încovoiere pură la trei nivele crescătoare ( $M_z = 1000, 2000$  și  $2500 \text{ kN} \cdot \text{m}$ ). Parametrii de fisurare:  $k_t = 0.6$ ,  $k_1 = 0.8$ ,  $k_3 = 3.4$ ,  $k_4 = 0.425$ ,  $f_{ct,eff} = 2.9 \text{ MPa}$ .

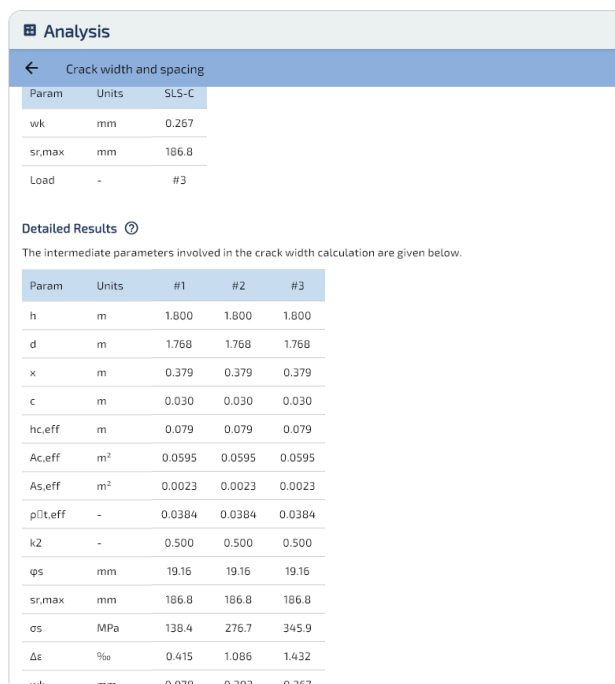
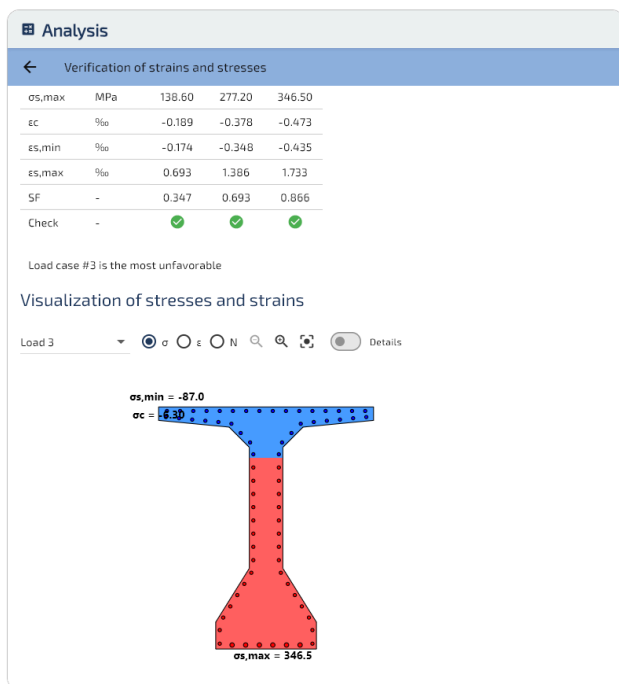


Figura 4: Grindă I: stare tensiune-deformație (stânga) și tabel de fisurare (dreapta).

Deschiderea fisurii crește cu momentul aplicat:  $w_k = 0.078$  mm la  $M_z = 1000$  kN · m, 0.203 mm la 2000 kN · m și 0.267 mm la 2500 kN · m, toate sub limita de 0.3 mm. Distanța  $s_{r, \max} = 186.8$  mm rămâne constantă la toate nivelele, depinzând doar de geometrie și dispunerea armăturii.

## Performanță

Calculul deschiderii fisurii este instantaneu: sub 10 ms pentru proiecte curente (până la 1 000 de cazuri SLS) și sub o jumătate de secundă chiar și pentru 100 000 de cazuri.

## Export

SectionPro exportă analiza de fisurare în trei formate: **PDF**, **text** (coloane cu lățime fixă) și **Excel** (.xlsx). Datele exportate includ toate rezultatele per caz ( $w_k$ ,  $s_{r, \max}$ ,  $\sigma_s$ ,  $h_{c, \text{eff}}$ ,  $\rho_{p, \text{eff}}$  etc.) sortate descrescător după  $w_k$ .

### Crack width and spacing

GENERATED BY THE SECTIONPRO SOFTWARE ON : 2026-05-21 17:33

**Main results**

Param	Units	SLS-C
wk	mm	0.267
sr,max	mm	186.8
Load	-	#3

Below are the crack openings wk and their maximum spacing sr,max for the most unfavorable loads of each limit state. The obtained values can then be compared with the limits prescribed by the normative context.

**Detailed Results**

Below are the intermediate parameters involved in the EN-1992 calculation methodology:

Param	Units	#3	#2	#1
h	m	1.800	1.800	1.800
d	m	1.768	1.768	1.768
x	m	0.379	0.379	0.379
c	m	0.030	0.030	0.030
hc,eff	m	0.079	0.079	0.079
Ac,eff	m <sup>2</sup>	0.0595	0.0595	0.0595
As,eff	m <sup>2</sup>	0.0023	0.0023	0.0023
pt,eff	-	0.0384	0.0384	0.0384
k2	-	0.500	0.500	0.500
φs	mm	19.16	19.16	19.16
sr,max	mm	186.8	186.8	186.8
σs	MPa	345.9	276.7	138.4
Δε	‰	1.432	1.086	0.415
wk	mm	0.267	0.203	0.078

GENERATED BY THE SECTIONPRO SOFTWARE

Figura 5: Export PDF: rezultatele analizei de fisurare.

## Concluzie

Calculul direct al deschiderii fisurii conform EC2 §7.3.4 oferă o evaluare riguroasă a stării de fisurare la starea limită de serviciu. SectionPro automatizează întreaga procedură: de la analiza tensiune-deformație la determinarea zonei efective de tracțiune  $h_{c, \text{eff}}$ , a distanței între fisuri  $s_{r, \max}$  și a deschiderii finale  $w_k$ .

Cele două exemple ilustrează scenarii contrastante: o placă dreptunghiulară sub încovoiere și tracțiune, și o grindă I sub momente crescătoare.

Calculul se aplică secțiunilor de formă arbitrară: zona efectivă de tracțiune și detectarea armăturii sunt calculate din geometria generală a secțiunii, fără a se limita la ipoteze dreptunghiulare. Metoda este aplicabilă și altor contexte normative prin adaptarea parametrilor de fisurare ( $k_t$ ,  $k_1$ ,  $k_3$ ,  $k_4$ ,  $f_{ct,eff}$ ) la valorile prescrise de norma relevantă.