

Analyse de Fissuration

Tutoriel SectionPro — Ouverture de fissure w_k et espacement maximal $s_{r, \max}$ à l'état limite de service selon l'Eurocode 2

BridgeKernel · 2026

Introduction

Le béton armé fissure sous charges de service. Les fissures ne menacent pas la sécurité, mais des ouvertures excessives exposent les armatures à l'eau, aux chlorures et au CO_2 , causant la corrosion. Les codes limitent donc w_k à l'ELS.

SectionPro applique le calcul direct de l'Eurocode 2. L'ouverture de fissure est le produit de l'espacement maximal et de la déformation différentielle moyenne acier-béton :

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

L'espacement dépend de l'enrobage c , du diamètre φ_s , du coefficient d'adhérence k_1 et du taux effectif $\rho_{p, \text{eff}}$:

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

La déformation différentielle moyenne inclut le tension stiffening (le béton entre fissures reprend une partie de la traction) :

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

La hauteur de la zone de traction efficace $h_{c, \text{eff}}$ est calculée automatiquement : $h_{c, \text{eff}} = \min(2.5(h - d), (h - x)/3, h/2)$.

Résultats calculés

SectionPro fournit pour chaque analyse de fissuration :

Résultats par cas

w_k : ouverture de fissure
 $s_{r, \max}$: espacement maximal
 σ_s : contrainte acier

Valeurs intermédiaires

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

Exports

PDF, Excel (.xlsx), Texte
Combinaisons défavorables, valeurs intermédiaires

Dalle rectangulaire

Données d'entrée

Béton

- Section rectangulaire
- Largeur $b = 1.00$ m
- Hauteur $h = 0.30$ m

Armatures

- 14 barres $\varnothing 14$ ($\varphi_s = 14$ mm)
- 7 inf. + 7 sup., espacement 157 mm
- Enrobage 30 mm, 1 nappe par face
- $A_s = 14 \times 1.539 = 21.55$ cm²

Lois matériaux (EC2)

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

Data

← Solid Rectangular Section

Concrete

Width (m) 1 Height (m) 0.3

Reinforcement ⓘ

Mode: count on each side

Define one or multiple layers of reinforcement :

Layer position: Top

Number of rebars 7 Bar diameter (mm) 14.0 Concrete cover (mm) 30.0 Layers (1 or 2) 1

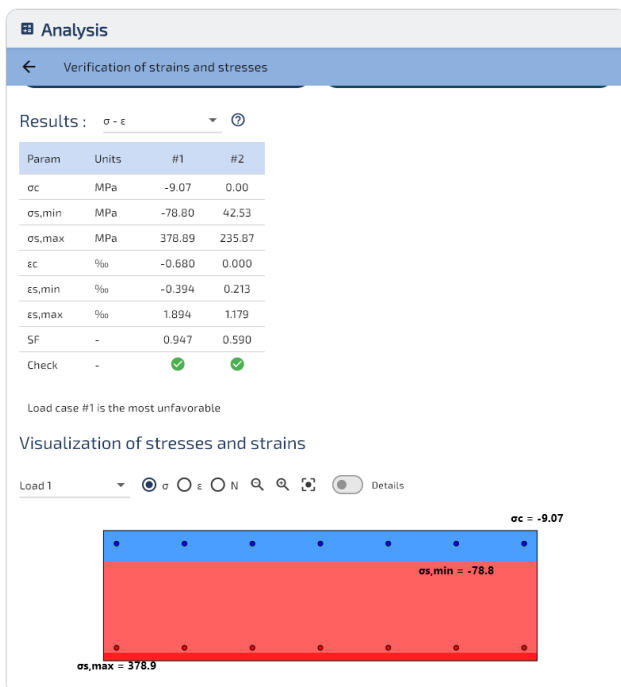
Submit Infos

Visualization of reinforcement layout: A rectangular section with 7 bars on each side, represented by dots.

Fig. 1. – Dalle rectangulaire.

Résultats

L'ouverture de fissure est évaluée pour deux états de chargement : flexion pure et traction dominante. Les paramètres de fissuration sont à leurs valeurs recommandées : $k_t = 0.6$ (long terme), $k_1 = 0.8$ (barres HA), $k_3 = 3.4$, $k_4 = 0.425$, $f_{ct,eff} = 3.2$ MPa.



Analysis

← Crack width and spacing

The maximum crack opening for each limit state is given below, along with the corresponding maximum spacing $s_{r,max}$:

Param	Units	SLS-C
wk	mm	0.315
$s_{r,max}$	mm	279.4
Load	-	#1

Detailed Results ⓘ

The intermediate parameters involved in the crack width calculation are given below.

Param	Units	#1	#2
h	m	0.300	0.300
d	m	0.270	0.270
x	m	0.071	0.000
c	m	0.030	0.030
hc,eff	m	0.075	0.075
$A_{c,eff}$	m ²	0.0750	0.0750
$A_{s,eff}$	m ²	0.0011	0.0011
$\rho_{lt,eff}$	-	0.0144	0.0144
k_2	-	0.500	0.535
φ_s	mm	14.00	14.00
$s_{r,max}$	mm	267.7	279.4
σ_s	MPa	378.9	235.9

Fig. 2. – Dalle : état contrainte-déformation (gauche) et tableau des résultats (droite).

En flexion pure ($M_z = 100$ kN · m), l'axe neutre se situe à $x = 71$ mm, laissant $h - x = 229$ mm de la section en traction. Avec $k_2 = 0.5$, la formule d'espacement donne $s_{r,max} = 267.7$ mm. L'ouverture $w_k = 0.315$ mm dépasse la limite usuelle de 0,3 mm : une dalle plus épaisse ou un espacement de barres réduit serait nécessaire en pratique.

I Poutre en I : flexion pure

Fig. 4. – Poutre en I : état contrainte-déformation (gauche) et tableau des résultats (droite).

L'ouverture de fissure croît avec le moment appliqué : $w_k = 0.078$ mm pour $M_z = 1000 \text{ kN} \cdot \text{m}$, 0.203 mm pour $2000 \text{ kN} \cdot \text{m}$ et 0.267 mm pour $2500 \text{ kN} \cdot \text{m}$, toutes en dessous de la limite de 0,3 mm. L'espacement $s_{r,\max} = 186.8$ mm reste constant quel que soit le niveau de charge, car il ne dépend que de la géométrie et de la disposition des armatures.

Benchmark

Le calcul de fissuration est instantané : moins de 10 ms pour des projets courants (jusqu'à 1 000 cas ELS) et moins d'une demi-seconde même pour 100 000 cas.

Export

SectionPro exporte l'analyse de fissuration en trois formats : **PDF**, **texte** (colonnes à largeur fixe) et **Excel** (.xlsx). Les données exportées incluent tous les résultats par cas de charge (w_k , $s_{r,\max}$, σ_s , $h_{c,\text{eff}}$, $\rho_{p,\text{eff}}$, etc.) triés par w_k décroissant.

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	m²	0.0595	0.0595	0.0595
As,eff	m²	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

Fig. 5. – Export PDF : résultats de fissuration.

Conclusion

Le calcul direct d'ouverture de fissure selon l'EC2 §7.3.4 fournit une évaluation rigoureuse de l'état de fissuration à l'état limite de service. SectionPro automatise l'ensemble de la procédure : de l'analyse

contrainte-déformation à la détermination de la zone de traction efficace $h_{c,\text{eff}}$, de l'espacement $s_{r,\text{max}}$ et de l'ouverture finale w_k .

Les deux exemples illustrent des cas contrastés : une dalle rectangulaire en flexion et traction, et une poutre en I sous moments de flexion croissants.

Le calcul s'applique à des sections de forme quelconque : la zone de traction efficace et la détection des armatures sont calculées à partir de la géométrie générale, sans se limiter à des hypothèses rectangulaires. La méthode est également applicable à d'autres contextes normatifs en adaptant les paramètres de fissuration (k_t , k_1 , k_3 , k_4 , $f_{ct,\text{eff}}$) aux valeurs prescrites par le code concerné.