



Analiza zarysowania

Poradnik SectionPro — Szerokość rysy w_k i maks. rozstaw rys $s_{r, \max}$
w stanie granicznym użyteczności wg Eurokodu 2

BridgeKernel · 2026

Wprowadzenie

Żelbet zarysowuje się pod obciążeniami użytkowymi. Rysy nie zagrażają bezpieczeństwu, ale nadmierne otwarcie ekspozuje zbrojenie na wodę, chlorki i CO₂, powodując korozję. Normy ograniczają zatem w_k w SGU.

SectionPro stosuje metodę obliczeń bezpośrednich wg Eurokodu 2. Szerokość rysy jest iloczynem maks. rozstawu rys i średniej różnicy odkształceń stal–beton:

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

Rozstaw rys zależy od otuliny c , średnicy pręta φ_s , współczynnika przyczepności k_1 i efektywnego stopnia zbrojenia $\rho_{p, \text{eff}}$:

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

Średnia różnica odkształceń uwzględnia tension stiffening (beton między rysami przenosi część rozciągania):

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

Wysokość efektywnej strefy rozciąganej $h_{c, \text{eff}}$ jest obliczana automatycznie: $h_{c, \text{eff}} = \min(2.5(h - d), (h - x)/3, h/2)$.

Obliczane wyniki

SectionPro podaje dla każdej analizy szerokości rysy:

Wyniki na obciążenie

w_k : szerokość rysy
 $s_{r, \max}$: maks. rozstaw rys
 σ_s : naprężenie w stali

Wielkości pośrednie

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

Eksport

PDF, Excel (.xlsx), tekst
Kombinacje miarodajne, wartości pośrednie

Płyta prostokątna

Dane wejściowe

Beton

- Przekrój prostokątny
- Szerokość $b = 1.00$ m
- Wysokość $h = 0.30$ m

Zbrojenie

- 14 prętów $\varnothing 14$ ($\varphi_s = 14$ mm)
- 7 dolnych + 7 górnych, rozstaw 157 mm
- Otulina 30 mm, 1 warstwa na stronę
- $A_s = 14 \times 1.539 = 21.55$ cm²

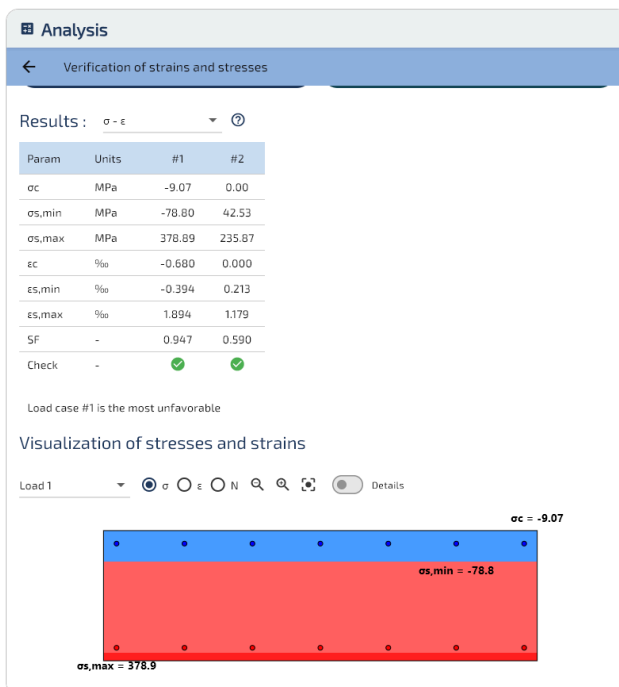
Prawa materiałowe (EC2)

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

Rysunek 1: Płyta prostokątna.

Wyniki

Szerokość rysy wyznaczono dla dwóch stanów obciążenia: czystego zginania i dominującego rozciągania. Parametry zarysowania przyjęto wg wartości zalecanych: $k_t = 0.6$ (długotrwałe), $k_1 = 0.8$ (pręty żebrowane), $k_3 = 3.4$, $k_4 = 0.425$, $f_{ct,eff} = 3.2$ MPa.



Param	Units	SLS-C
wk	mm	0.315
sr,max	mm	279.4
Load	-	#1

Detailed Results

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
Ac,eff	m ²	0.0750	0.0750
As,eff	m ²	0.0011	0.0011
ρlt,eff	-	0.0144	0.0144
k2	-	0.500	0.535
φs	mm	14.00	14.00
sr,max	mm	267.7	279.4
os	MPa	378.9	235.9

Rysunek 2: Płyta: stan naprężeń (po lewej) i tabela wyników (po prawej).

Przy czystym zginaniu ($M_z = 100$ kN · m) oś obojętna leży na $x = 71$ mm, pozostawiając $h - x = 229$ mm przekroju w strefie rozciąganej. Przy $k_2 = 0.5$ wzór na rozstaw rys daje $s_{r,max} = 267.7$ mm. Szerokość rysy $w_k = 0.315$ mm przekracza typowy limit 0,3 mm: w praktyce wymagana byłaby grubsza płyta lub mniejszy rozstaw prętów.

Przy rozciąganiu ($N = -300 \text{ kN}$, $M_z = 25 \text{ kN} \cdot \text{m}$) cały przekrój jest zarysowany ($x = 0$). Mimo pełnego zarysowania, $w_k = 0.198 \text{ mm}$ jest mniejsze niż przy zginaniu, ponieważ wszystkie 14 prętów przenosi obciążenie, obniżając σ_s z 379 do 236 MPa. Współczynnik $k_2 = 0.535$ odzwierciedla nieznacznie nierównomierny rozkład odkształceń wywołany reszkowym momentem zginającym.

Belka dwuteowa: czyste zginanie

Dane wejściowe

Beton

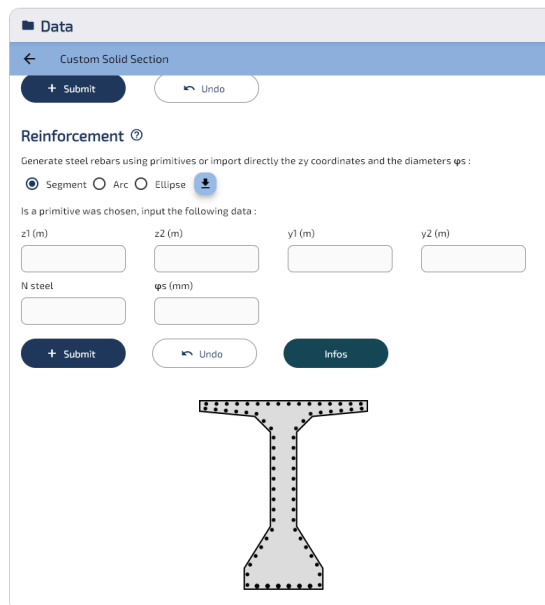
- Przekrój dwuteowy z naddatkami
- Półka dolna: $b = 0.75 \text{ m}$
- Środek: $b_w = 0.25 \text{ m}$
- Półka górna: $b_f = 1.60 \text{ m}$
- Wysokość całkowita $h = 1.80 \text{ m}$

Zbrojenie (tylko stal bierna)

- 70 prętów łącznie (HA16 + HA20)
- 6 HA20 jako zbrojenie dolne
- 64 HA16 rozmieszczone wzdłuż obrysu

Prawa materiałowe (EC2)

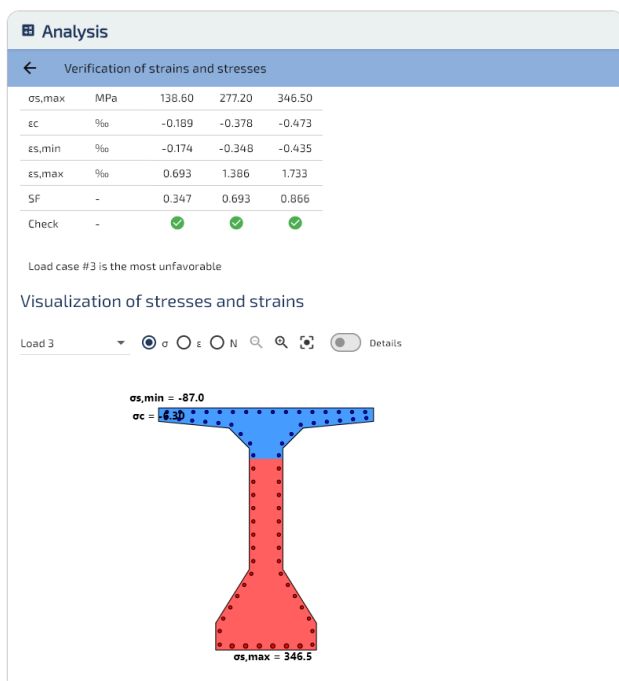
- Beton C30/37: $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$
- Stal B500B: $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$



Rysunek 3: Belka dwuteowa.

Wyniki

Belka dwuteowa obciążona jest czystym zginaniem przy trzech rosnących poziomach momentu ($M_z = 1000, 2000$ i $2500 \text{ kN} \cdot \text{m}$). Parametry zarysowania: $k_t = 0.6$, $k_1 = 0.8$, $k_3 = 3.4$, $k_4 = 0.425$, $f_{ct,eff} = 2.9 \text{ MPa}$.



The screenshot shows the 'Analysis' window with the sub-header 'Crack width and spacing'. It contains a table with the following data:

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

Below this table, it states 'Detailed Results'. The intermediate parameters involved in the crack width calculation are given below:

Param	Units	#1	#2	#3
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 ²	0.0595	0.0595	0.0595
As,eff	m ²	0.0023	0.0023	0.0023
ρlt,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	138.4	276.7	345.9
Δε	‰	0.415	1.086	1.432
wk	mm	0.078	0.203	0.267

Rysunek 4: Belka dwuteowa: stan naprężeń (po lewej) i tabela wyników (po prawej).

Szerokość rysy rośnie z momentem: $w_k = 0.078$ mm przy $M_z = 1000$ kN·m, 0.203 mm przy 2000 kN·m i 0.267 mm przy 2500 kN·m — wszystkie poniżej limitu 0,3 mm. Rozstaw rys $s_{r, \max} = 186.8$ mm jest stały dla wszystkich poziomów obciążenia, ponieważ zależy wyłącznie od geometrii i rozmieszczenia zbrojenia.

Test wydajności

Obliczanie szerokości rysy jest natychmiastowe: poniżej 10 ms dla typowych projektów (do 1 000 kombinacji SGU) i poniżej pół sekundy nawet dla 100 000 kombinacji.

Eksport

SectionPro eksportuje analizę szerokości rysy w trzech formatach: **PDF**, **tekst** (kolumny o stałej szerokości) i **Excel** (.xlsx). Eksportowane dane obejmują wszystkie wyniki na obciążenie (w_k , $s_{r, \max}$, σ_s , $h_{c, \text{eff}}$, $\rho_{p, \text{eff}}$ itp.) posortowane malejąco wg 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 ²	0.0595	0.0595	0.0595
As,eff	m ²	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

Rysunek 5: Eksport PDF: wyniki szerokości rysy.

Podsumowanie

Bezpośrednie obliczanie szerokości rys wg EC2 §7.3.4 zapewnia rygorystyczną ocenę stanu zarysowania w stanie granicznym użyteczności. SectionPro automatyzuje całą procedurę: od analizy

naprężeń i odkształceń po wyznaczeniu efektywnej strefy rozciąganej $h_{c,eff}$, rozstawu rys $s_{r,max}$ i końcowej szerokości rysy w_k .

Dwa przykłady ilustrują kontrastujące scenariusze: płytę prostokątną pod zginaniem i rozciąganiem oraz belkę dwuteową pod rosnącymi momentami zginającymi.

Obliczenia dotyczą przekrojów o dowolnym kształcie: efektywna strefa rozciągana i wykrywanie zbrojenia są obliczane na podstawie ogólnej geometrii przekroju, bez ograniczenia do założeń prostokątnych. Metoda jest również stosowalna w innych kontekstach normatywnych poprzez dostosowanie parametrów zarysowania ($k_t, k_1, k_3, k_4, f_{ct,eff}$) do wartości wymaganych przez odpowiednią normę.