

1. NELINEARNI PRORAČUN

1.1. Parcijalni koeficijenti sigurnosti na strani materijala za nelinearni proračun

Parcijalni koeficijenti sigurnosti na strani materijala uzeti su prema DIN 1045-1, kako su prikazani u slijedećoj tablici:

	Proračunska situacija	1	2	3
		Parcijalni faktori sigurnosti za nelinearni proračun:		
		beton $\gamma_c^{a,b}$	čelik za armiranje ili prednapinjanje γ_s ili $\gamma_{s,fat}$	otpornost sustava γ_R
1	Trajna ili privremena	1.5	1.15	1.3
2	Izvanredna	1.3	1.0	1.1
3	Analiza zamora	1.5	1.15	1.3

a,b paziti ako je beton C55/67 ili veći, te ako se analiziraju nearmirani elementi

1.2. Nelinearni proračun po teoriji drugog reda za provjeru stabilnosti

Proračun po teoriji drugog reda za provjeru stabilnosti napravljen je prema DIN FACHBERICHT 102 i prema DIN 1045-1.

Prema din 1045-4:2008-08, prilikom nelinearnog proračuna potrebno je koristiti srednje vrijednosti za karakteristike materijala kako slijedi:

čelik za armaturu:

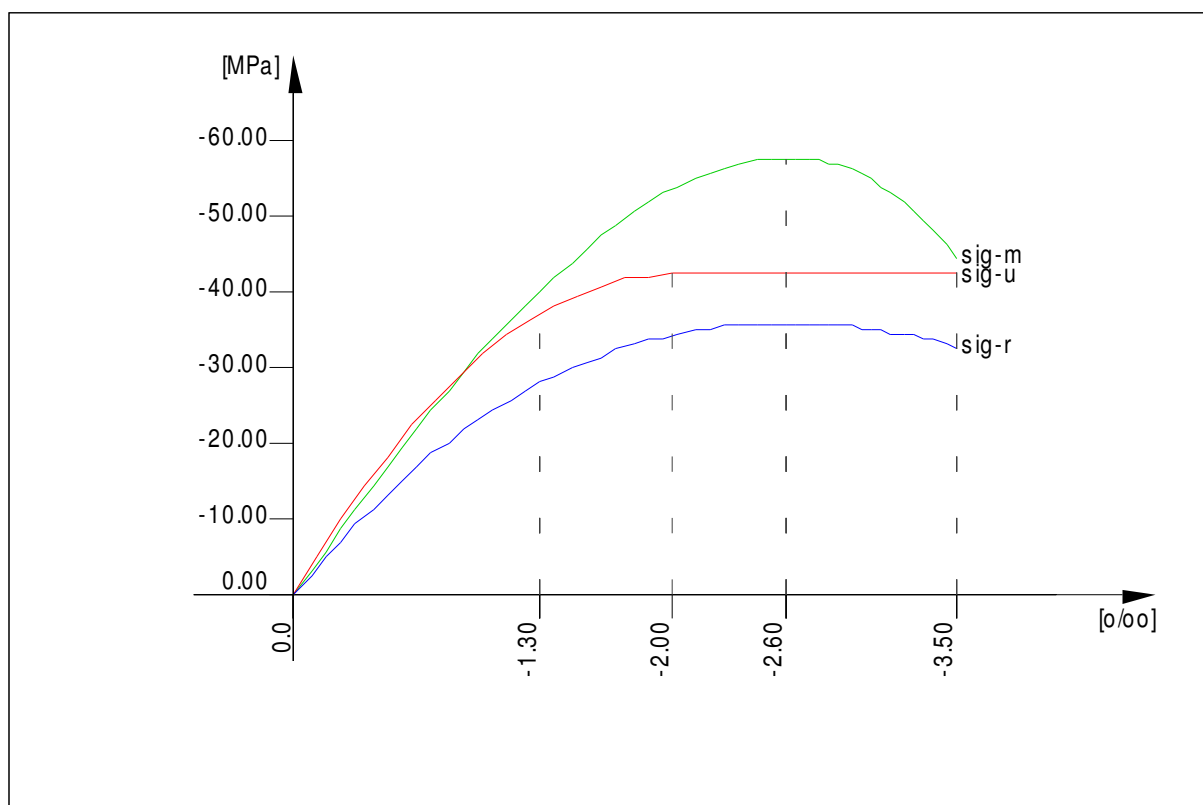
$$f_{yR}=1,1 f_{yk}$$

$$f_{tR}=1,08 f_{yR} \text{ za čelik visoke duktilnosti}$$

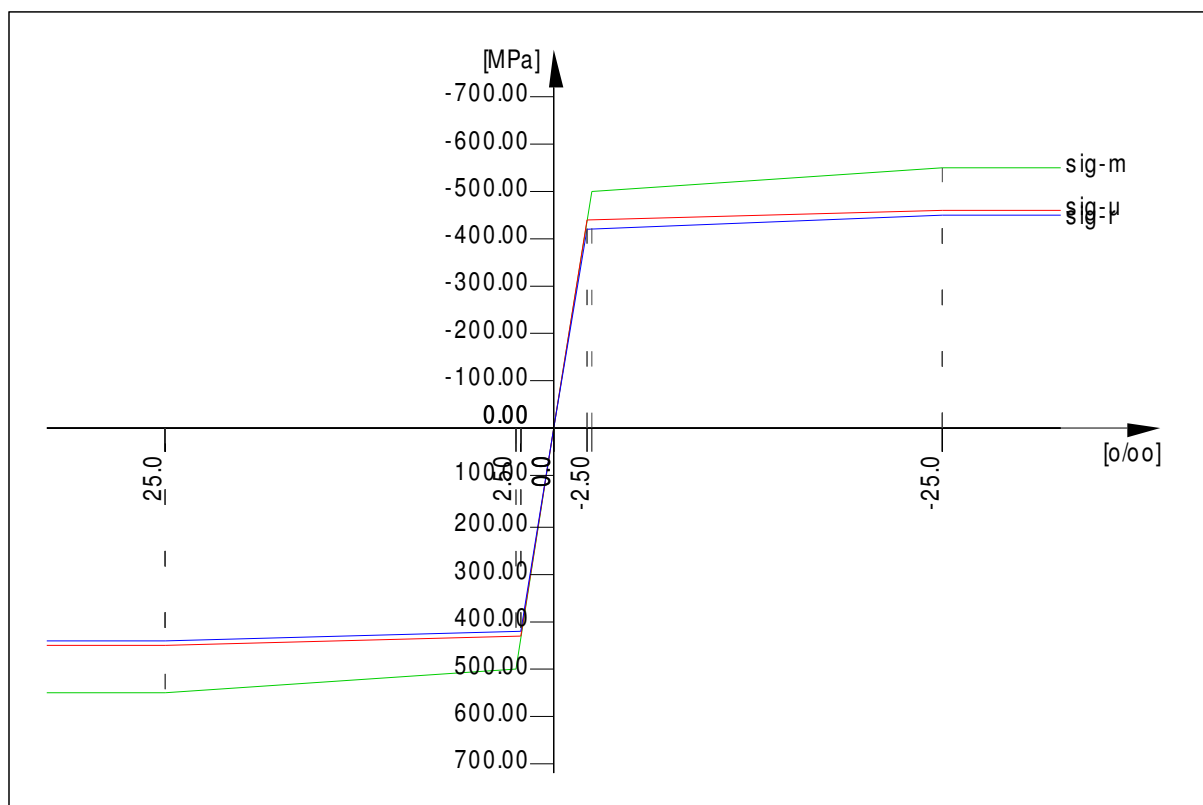
$$f_{tR}=1,05 f_{yR} \text{ za čelik normalne duktilnosti}$$

$$f_{cR}=0,85 \alpha f_{ck} \text{ za beton razreda čvrstoće do C50/60}$$

Radni dijagram za beton:



Radni dijagram za armaturu:



Za korištene materijale te vrijednosti su:

$$\begin{aligned}f_{yR} &= 1,1 \cdot f_{yk} = 1,1 \cdot 500 = 550 \text{ N/mm}^2 \\f_{tR} &= 1,08 \cdot f_{yR} = 1,08 \cdot 550 = 594 \text{ N/mm}^2 \text{ za čelik visoke duktilnosti} \\f_{cR} &= 0,85 \cdot \alpha \cdot f_{ck} = 0,85 \cdot 0,85 \cdot 50 = 36,125 \text{ N/mm}^2.\end{aligned}$$

Granične vrijednosti deformacija koje mogu biti dosegnute iznose $\varepsilon_{su}=0,025$ za čelik uz maksimalnu tlačnu deformaciju betona 0,0035 (za betone do C50/60).

Doprinos betona na vlak između pukotina može se uzeti u obzir.

Smatra se da je granično stanje dosegnuto ukoliko su dosegnute granične deformacije u armaturi ili u betonu ili ukoliko nije postignuta ravnoteža sustava.

Izraz za granično stanje je:

$$F_m / \gamma_R \geq \gamma_G G + \gamma_Q Q_k ,$$

pri čemu γ_R mora iznositi najmanje 1,3 za stalna i promjenjiva djelovanja, odnosno 1,1 za izvanredna djelovanja.

1.3. Nelinearni proračun za ULS i SLS

Nelinearni proračun za ULS i SLS provodi se sa gore navedenim karakteristikama materijala i pripadnim parcijalnim koeficijentima.

MODEL
POPRECNI PRESJEK

Default design code is DIN 1045-1 (2001) (Germany) V 25.0

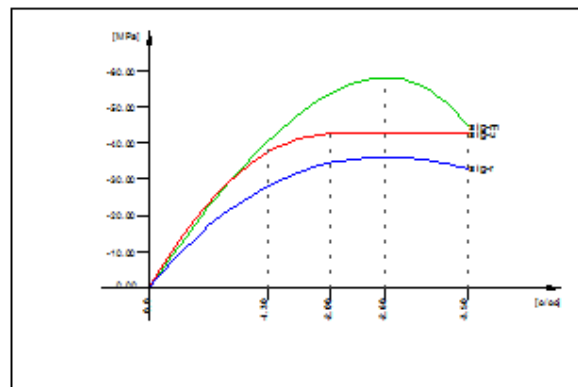
Klasse(Tab.18): C

Wind zone : 2 cat. B (Binnenland)

Snow load zone : 1a

No. 1 C 50/60 (DIN 1045-1)

Youngs-modulus	E	34266 [MPa]	Safetyfactor	1.50 [-]
Poisson-Ratio	mu	0.20 [-]	Strength	fc 42.50 [MPa]
Shear-modulus	G	14278 [MPa]	Nomin. strength	fck 50.00 [MPa]
Compression modulus		19037 [MPa]	Tens. strength	fctm 4.07 [MPa]
Weight		25.0 [kN/m3]	5 % t. strength	fct 2.85 [MPa]
Weight buoyancy		25.0 [kN/m3]	95 % t. strength	fctk 5.29 [MPa]
Temp.elongat.coeff.		1.00E-05 [1/°K]	Bond strength	fbd 4.28 [MPa]
			Service strength	58.00 [MPa]
			Fatigue strength	22.67 [MPa]
Stress-Strain for serviceability	eps[o/oo]	sig-m[MPa]	E-t[MPa]	
Is only valid within the defined stress range	0.000	0.00	36773	
	-1.300	-40.41	24179	
	-2.600	-58.00	0	
	-3.500	-44.81	-32704	
Stress-Strain for ultimate load	eps[o/oo]	sig-u[MPa]	E-t[MPa]	
Is only valid within the defined stress range	0.000	0.00	42500	
	-2.000	-42.50	0	
	-3.500	-42.50	0	
Stress-Strain of calc. mean values	eps[o/oo]	sig-r[MPa]	E-t[MPa]	
Is only valid within the defined stress range	0.000	0.00	31257	
	-1.300	-28.10	13038	
	-2.600	-36.13	0	
	-3.500	-32.89	-6967	
		Safetyfactor	1.30	



C 50/60 (DIN 1045-1)

No. 11 BSt 500 SA (DIN 1045-1)

Youngs-modulus	E	200000 [MPa]	Safetyfactor	1.15 [-]
Poisson-Ratio	mu	0.30 [-]	Yield stress	fy 500.00 [MPa]
Shear-modulus	G	76923 [MPa]	Compr.yield val.	fyc 500.00 [MPa]
Compression modulus		166667 [MPa]	Tens. strength	ft 550.00 [MPa]
Weight		78.5 [kN/m3]	Compr. strength	fc 550.00 [MPa]
Weight buoyancy		78.5 [kN/m3]	Ultim. plast. strain	25.00 [o/oo]
Temp.elongat.coeff.		1.20E-05 [1/°K]	relative bond coeff.	1.00 [-]
max. thickness		32.00 [mm]	EC2 bondcoeff. K1	0.80 [-]
			Hardening modulus	0.00 [MPa]
			Proportional limit	500.00 [MPa]
			Dynamic stress range	169.57 [MPa]
Stress-Strain for serviceability	eps[o/oo]	sig-m[MPa]	E-t[MPa]	
Is also extended beyond the	1000.000	550.00	0	

MODEL
POPRECNI PRESJEK

No. 11 BSt 500 SA (DIN 1045-1)
defined stress range

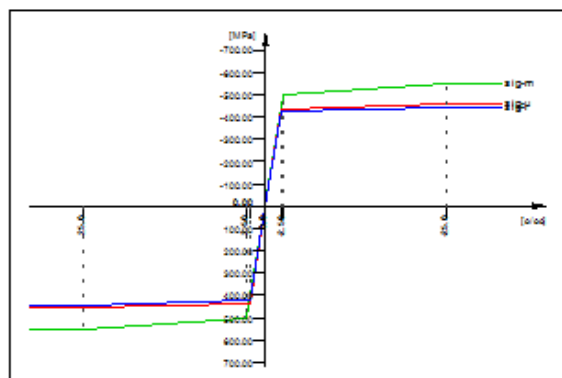
25.000	550.00	0
2.500	500.00	2222
0.000	0.00	200000
-2.500	-500.00	200000
-25.000	-550.00	2222
-1000.000	-550.00	0

Stress-Strain for ultimate load
Is also extended beyond the
defined stress range

Safetyfactor		1.15
eps[o/oo]	sig-u[MPa]	E-t[MPa]
1000.000	456.52	0
25.000	456.52	0
2.174	434.78	952
0.000	0.00	200000
-2.174	-434.78	200000
-25.000	-456.52	952
-1000.000	-456.52	0

Stress-Strain of calc. mean values
Is also extended beyond the
defined stress range

Safetyfactor	(1.15)	
eps[o/oo]	sig-r[MPa]	E-t[MPa]
1000.000	444.23	0
25.000	444.23	0
2.115	423.08	924
0.000	0.00	200000
-2.115	-423.08	200000
-25.000	-444.23	924
-1000.000	-444.23	0
Safetyfactor	(1.30)	



BSt 500 SA (DIN 1045-1)

Cross-sections static properties

No.	Mat	A[m2]	Ay/Az/Ayz	Iy/Iz/Iyz	ys/zs	y/z-sc	modules	gam
	NoR	It[m4]	[m2]	[m4]	[m]	[m]	[MPa]	[kN/m]
1	1	6.9881E+00		1.770E+01	0.000	0.000	34266	174.70
	11	3.536E+01		1.770E+01	0.000	0.000	14278	

Summary of all beam elements

Cross sections

No.	TotLength	Max.Length	TotWeight	Surface	Title
	[m]	[m]	[t]	[m2]	
1	120.000	1.000	2096.439	1879.581	
Sum	120.000		2096.439	1879.581	

----- New Page -----