

Nosivosti šipova prema EC 7

Granična nosivost šipova prema Evrokodu 7 podrazumeva kontrolu graničnih stanja STR i GEO, pri čemu se projektna dejstva i uticaji od njih, kao i proračunske nosivosti tla određuju prema projektnom pristupu 2 - PP2.

projektni pristup 2 (STR/GEO PP2) - A1 + M1 + R2

parcijalni koeficijenti se primenjuju na dejstva/uticaje i na nosivost tla

Parcijalni koef. sigurnosti za dejstva A1

koef. sigurnosti za stalna dejstva koja povećavaju napone u tlu ispod temelja	$\gamma_{g.p.A1} := 1.35$
koef. sigurnosti za stalna dejstva koja smanjuju napone u tlu ispod temelja	$\gamma_{g.n.A1} := 1.0$
koef. sigurnosti za povremena dejstva koja povećavaju napone u tlu ispod temelja	$\gamma_{p.p.A1} := 1.5$
koef. sigurnosti za povremena dejstva koja smanjuju napone u tlu ispod temelja	$\gamma_{p.n.A1} := 0$

Parcijalni koef. sigurnosti za parametre svojstava tla M1

koef. sigurnosti za zapreminsku težinu tla γ_t	$\gamma_{\gamma.M1} := 1.0$
koef. sigurnosti za tangens ugla unutrašnjeg trenja u tlu ϕ	$\gamma_{\phi.M1} := 1.0$
koef. sigurnosti za koheziju u tlu c	$\gamma_{c.M1} := 1.0$

Parcijalni koef. sigurnosti za otpor u tlu R2

koef. sigurnosti za nosivost baze šipa	$\gamma_{R2.b} := 1.1$
koef. sigurnosti za nosivost po omotaču pritisnutog šipa	$\gamma_{R2.o} := 1.1$
koef. sigurnosti za ukupnu nosivost šipa (otpor)	$\gamma_{R2.s} := 1.1$
koef. sigurnosti za nosivost po omotaču zategnutog šipa	$\gamma_{R2.z} := 1.15$

Postupak proračuna nosivosti šipa

proračunska sila nosivosti šipa

$$S_{s.d} = \frac{S_{s.k}}{\gamma_{R2.s}}$$

zbir proračunskih sila nosivosti baze šipa i omotača šipa

$$S_{s.d} = S_{b.d} + S_{o.d} = \frac{S_{b.k}}{\gamma_{R2.b}} + \frac{S_{o.k}}{\gamma_{R2.o}}$$

karakteristične sile nosivosti šipa, baze i omotača

$$S_{s.k} \quad S_{b.k} \quad S_{o.k}$$

koef. sigurnosti za nosivost (R2)

$$\gamma_{R2.s} = 1.1 \quad \gamma_{R2.b} = 1.1 \quad \gamma_{R2.o} = 1.1$$

sila nosivosti baze šipa

$$S_{b.k} = A_b \cdot \sigma_{b.k}$$

nosivost tla na nivou baze šipa

$$\sigma_{b.k} = c'_b \cdot N'_c + q'_b \cdot N'_q + \gamma'_{t.b} \cdot \frac{d_b}{2} \cdot N'_\gamma$$

sila nosivosti omotača šipa

$$S_{o.k} = \sum_i A_{o,i} \cdot \tau_{o,k,i}$$

trenje po omotaču šipa, u svakom sloju

$$\tau_{o,k,i} = c'_i + k_{0,i} \cdot \sigma_{v.o,i} \cdot \tan(\varphi'_i)$$

zapreminska težina tla

$$\gamma'_{t,i} = \frac{\gamma_{t,i}}{\gamma_{\gamma.M1}}$$

$$\gamma_{\gamma.M1} = 1$$

koef. sigurnosti za zapreminsku težinu (M1)

mobilisana kohezija

$$c'_i = \frac{c_i}{\gamma_{c.M1}}$$

$$\gamma_{c.M1} = 1$$

koef. sigurnosti za koheziju (M1)

mobilisani ugao unutrašnjeg trenja

$$\tan(\varphi'_i) = \frac{\tan(\varphi_i)}{\gamma_{\phi.M1}}$$

$$\gamma_{\phi.M1} = 1$$

koef. sigurnosti za ugao unutrašnjeg trenja (M1)

koef. pritiska tla u miru

$$k_{0,i} = 1 - \sin(\varphi'_i)$$

vert. naponi od težine tla u sredini dužine šipa u sloju i ,
na koti z_i , ($= i$ napon na nivou baze šipa)
 $\gamma'_{t,j} \cdot z_j$ su težine svih slojeva iznad i samog sloja i do z_i

$$\sigma_{v.o.i} = \sum_j \gamma'_{t,j} \cdot z_j \quad (q'_b = \sigma_{v.b})$$

modifikovani faktori nosivosti tla, za φ'_i
(u sebi sadrže faktore nosivosti, oblika i nagiba)

$$N'_q \quad N'_c \quad N'_\gamma$$

faktori nagiba temeljne spojnice (horiz.) -**b**- i
faktori nagiba opterećenja (centrisanje) -**i**-

$$b_q = b_c = b_\gamma = 1$$

$$i_q = i_c = i_\gamma = 1$$

faktori nosivosti -**N**- i faktori oblika temelja (kvadrat/krug) -**s**-

$$N_q = \left(\tan \left(45^\circ + \frac{\varphi'}{2} \right) \right)^2 \cdot \exp(\pi \cdot \tan(\varphi'))$$

$$s_q = 1 + \sin(\varphi')$$

$$N'_q = N_q \cdot s_q$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot(\varphi')$$

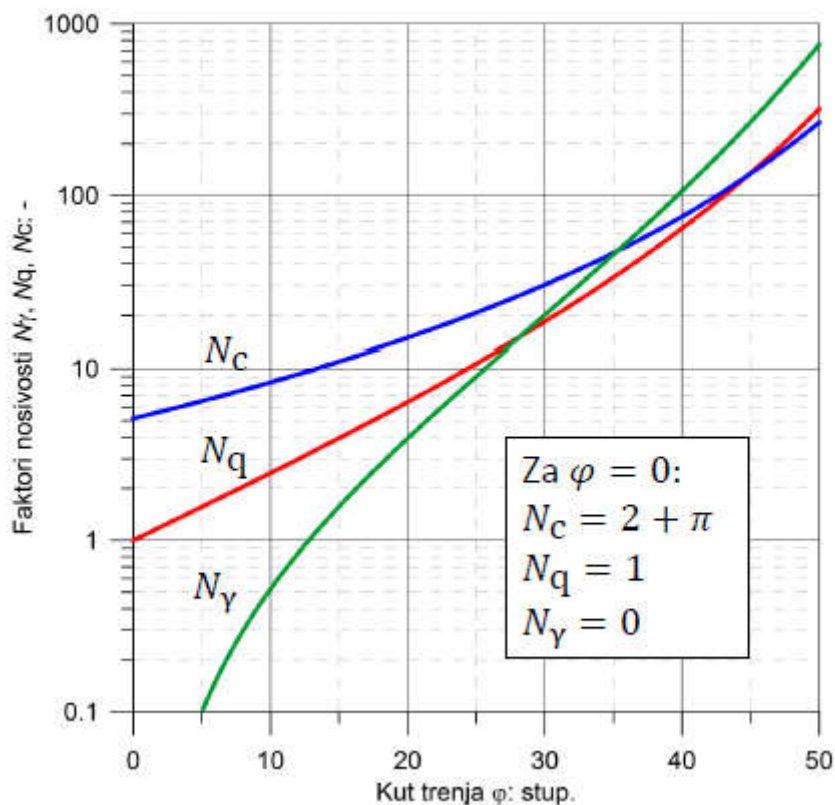
$$s_c = \frac{s_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1}$$

$$N'_c = N_c \cdot s_c$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan(\varphi')$$

$$s_\gamma = 0.7$$

$$N'_\gamma = N_\gamma \cdot s_\gamma$$

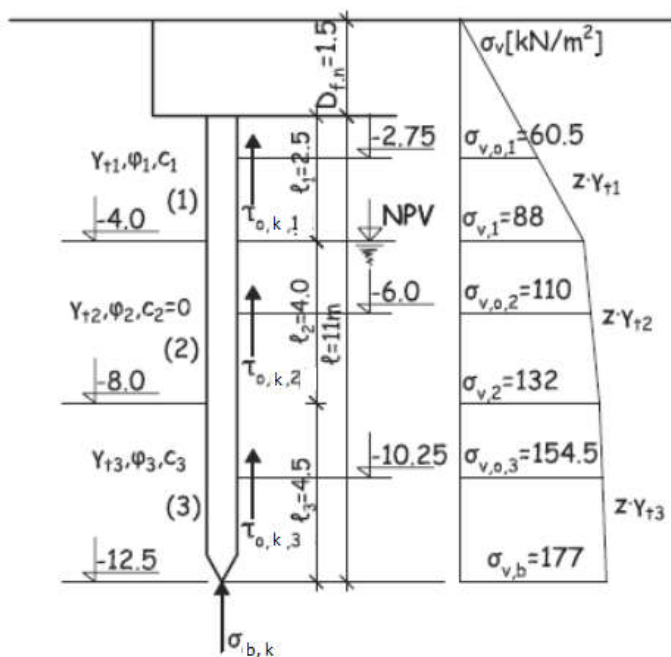


Primer

Za temelj na šipovima, za koji je kota terena $\pm 0,0\text{m}$, a donja ivica naglavnice na $-1,5\text{m}$, sračunati silu nosivosti prema EC 7 jednog gotovog betonskog šipa preseka $0,4 \times 0,4\text{m}$, dužine 11m . Šipovi se izvode u slojevitom tlu. Prvi sloj, sloj 1, je do dubine $-4,0\text{m}$, na kojoj je i NPV, sa zapreminskom težinom tla od 22kN/m^3 , uglom unutrašnjeg trenja 22° i kohezijom 15kN/m^2 . Drugi sloj, sloj 2, je od kote $-4,0\text{m}$ do $-8,0\text{m}$, sa zapreminskom težinom od 11kN/m^3 , uglom unutrašnjeg trenja 30° i bez kohezije. Treći sloj, sloj 3, je ispod kote $-8,0\text{m}$, sa zapreminskom težinom od 10kN/m^3 , uglom unutrašnjeg trenja 25° i kohezijom 30kN/m^2 .

šip	$d := 0.4 \text{ m}$	$l := 11 \text{ m}$	$D_{f.n} := 1.5 \text{ m}$	$NPV := 4 \text{ m}$
tlo - sloj 1	$H_1 := 4 \text{ m}$	$\gamma_{t,1} := 22 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$	$\varphi_1 := 22^\circ$	$c_1 := 15 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
tlo - sloj 2	$H_2 := 8 \text{ m}$	$\gamma_{t,2} := 11 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$	$\varphi_2 := 30^\circ$	$c_2 := 0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
tlo - sloj 3		$\gamma_{t,3} := 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$	$\varphi_3 := 25^\circ$	$c_3 := 30 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Geometrijske karakteristike i opterećenje na šip



ukupna dužina šipa

$$l = 11 \text{ m}$$

dužina šipa u sloju 1

$$l_1 := H_1 - D_{f.n} = 2.5 \text{ m}$$

dužina šipa u sloju 2

$$l_2 := H_2 - H_1 = 4 \text{ m}$$

dužina šipa u sloju 3

$$l_3 := l - l_1 - l_2 = 4.5 \text{ m}$$

gotov betonski šip $d = 0.4 \text{ m}$

baza šipa $d_b := d = 0.4 \text{ m}$

$$A_b := d_b^2 = 0.16 \text{ m}^2$$

omotač šipa u sloju -i- $d_o := d = 0.4 \text{ m}$

$$A_{o,i} = 4 \cdot d_o \cdot l_i$$

U slučaju kada se primenjuju bušeni Franki šipovi nazivnog prečnika \emptyset , tada je:

$$d_b = 1.75 \cdot \emptyset$$

$$A_b = \frac{d_b^2 \cdot \pi}{4}$$

$$d_o = 1.2 \cdot \emptyset$$

$$A_{o,i} = d_o \cdot \pi \cdot l_i$$

Nosivost šipa u sloju 1

zapreminska težina tla	$\gamma_{t.1} = 22 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$	$\gamma'_{t.1} := \frac{\gamma_{t.1}}{\gamma_{\gamma.M1}} = 22 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$
mobilisana kohezija	$c_1 = 15 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$	$c'_1 := \frac{c_1}{\gamma_{c.M1}} = 15 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
mobilisani ugao unutrašnjeg trenja	$\tan(\varphi'_1) := \frac{\tan(\varphi_1)}{\gamma_{\varphi.M1}} = 0.404$	$\varphi'_1 := \text{atan}(\tan(\varphi'_1)) = 22^\circ$
koef. pritiska tla u miru	$\varphi'_1 = 22^\circ$	$k_{0.1} := 1 - \sin(\varphi'_1) = 0.625$
vert. naponi od težine tla u sredini dužine šipa u sloju 1	$z_1 := D_{f.n} + \frac{l_1}{2} = 2.75 \text{ m}$	$\sigma_{v.o.1} := \gamma'_{t.1} \cdot z_1 = 60.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
trenje po omotaču	$\tau_{o.k.1} := c'_1 + k_{0.1} \cdot \sigma_{v.o.1} \cdot \tan(\varphi'_1) = 30.287 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$	
površina omotača šipa	$A_{o.1} := 4 \cdot d_o \cdot l_1 = 4 \text{ m}^2$	
sila nosivosti omotača	$S_{o.k.1} := A_{o.1} \cdot \tau_{o.k.1} = 121.147 \text{ kN}$	

Nosivost šipa u sloju 2

zapreminska težina tla	$\gamma_{t.2} = 11 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$	$\gamma'_{t.2} := \frac{\gamma_{t.2}}{\gamma_{\gamma.M1}} = 11 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$
mobilisana kohezija	$c_2 = 0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$	$c'_2 := \frac{c_2}{\gamma_{c.M1}} = 0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
mobilisani ugao unutrašnjeg trenja	$\tan(\varphi'_2) := \frac{\tan(\varphi_2)}{\gamma_{\varphi.M1}} = 0.577$	$\varphi'_2 := \text{atan}(\tan(\varphi'_2)) = 30^\circ$
koef. pritiska tla u miru	$\varphi'_2 = 30^\circ$	$k_{0.2} := 1 - \sin(\varphi'_2) = 0.5$
vert. naponi od težine tla u sredini dužine šipa u sloju 2	$z_2 := D_{f.n} + l_1 + \frac{l_2}{2} = 6 \text{ m}$	$\sigma_{v.o.2} := \gamma'_{t.1} \cdot (D_{f.n} + l_1) + \gamma'_{t.2} \cdot \frac{l_2}{2} = 110 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
trenje po omotaču	$\tau_{o.k.2} := c'_2 + k_{0.2} \cdot \sigma_{v.o.2} \cdot \tan(\varphi'_2) = 31.754 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$	
površina omotača šipa	$A_{o.2} := 4 \cdot d_o \cdot l_2 = 6.4 \text{ m}^2$	
sila nosivosti omotača	$S_{o.k.2} := A_{o.2} \cdot \tau_{o.k.2} = 203.227 \text{ kN}$	

Nosivost šipa u sloju 3

zapreminska težina tla	$\gamma_{t.3} = 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$	$\gamma'_{t.3} := \frac{\gamma_{t.3}}{\gamma_{\gamma.M1}} = 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$
mobilisana kohezija	$c_3 = 30 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$	$c'_3 := \frac{c_3}{\gamma_{c.M1}} = 30 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
mobilisani ugao unutrašnjeg trenja	$\tan(\varphi'_3) := \frac{\tan(\varphi_3)}{\gamma_{\varphi.M1}} = 0.466$	$\varphi'_3 := \text{atan}(\tan(\varphi'_3)) = 25^\circ$
koef. pritiska tla u miru	$\varphi'_3 = 25^\circ$	$k_{0.3} := 1 - \sin(\varphi'_3) = 0.577$
vert. naponi od težine tla u sredini dužine šipa u sloju 3	$z_3 := D_{f.n} + l_1 + l_2 + \frac{l_3}{2} = 10.25 \text{ m}$	$\sigma_{v.o.3} := \gamma'_{t.1} \cdot (D_{f.n} + l_1) + \gamma'_{t.2} \cdot l_2 + \gamma'_{t.3} \cdot \frac{l_3}{2} = 154.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

trenje po omotaču	$\tau_{o.k.3} := c'_{3} + k_{0.3} \cdot \sigma_{v.o.3} \cdot \tan(\varphi'_{3}) = 71.597 \frac{kN}{m^2}$		
površina omotača šipa	$A_{o.3} := 4 \cdot d_o \cdot l_3 = 7.2 m^2$		
sila nosivosti omotača	$S_{o.k.3} := A_{o.3} \cdot \tau_{o.k.3} = 515.5 kN$		
koef. nosivosti tla ispod baze šipa, za	$\varphi'_{3} = 25^{\circ}$	$\varphi_{3} = 25^{\circ}$	
	$N_q := \left(\tan \left(45^{\circ} + \frac{\varphi'_{3}}{2} \right) \right)^2 \cdot \exp(\pi \cdot \tan(\varphi'_{3})) = 10.662$	$s_q := 1 + \sin(\varphi'_{3}) = 1.423$	$N'_q := N_q \cdot s_q = 15.168$
	$N_c := (N_q - 1) \cdot \cot(\varphi'_{3}) = 20.721$	$s_c := \frac{s_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1} = 1.466$	$N'_c := N_c \cdot s_c = 30.384$
	$N_{\gamma} := 2 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan(\varphi'_{3}) = 9.011$	$s_{\gamma} := 0.7$	$N'_{\gamma} := N_{\gamma} \cdot s_{\gamma} = 6.308$
očitavanjem sa dijagrama (za $\varphi' = 25^{\circ}$) se dobijaju vrednosti: što su prihvatljiviji rezultati, u granicama grafičke tačnosti	$N_q = 11$	$N_c = 20$	$N_{\gamma} = 9$
vert. naponi od težine tla u nivou baze šipa	$z_b := D_{f.n} + l_1 + l_2 + l_3 = 12.5 m$		
	$\sigma_{v.b} := \gamma'_{t.1} \cdot (D_{f.n} + l_1) + \gamma'_{t.2} \cdot l_2 + \gamma'_{t.3} \cdot l_3 = 177 \frac{kN}{m^2}$		
nosivost tla na nivou baze šipa			
	$\sigma_{b.k} := c'_{3} \cdot N'_c + k_{0.3} \cdot \sigma_{v.b} \cdot N'_q + \gamma'_{t.3} \cdot \frac{d_b}{2} \cdot N'_{\gamma} = 2474.261 \frac{kN}{m^2}$		
granična sila nosivosti baze šipa	$S_{b.k} := A_b \cdot \sigma_{b.k} = 395.882 kN$		
proračunska sila nosivosti baze šipa	$S_{b.d} := \frac{S_{b.k}}{\gamma_{R2.b}} = 359.892 kN$		$\gamma_{R2.b} = 1.1$
granična sila nosivosti omotača šipa	$S_{o.k} := S_{o.k.1} + S_{o.k.2} + S_{o.k.3} = 839.875 kN$		
proračunska sila nosivosti omotača šipa	$S_{o.d} := \frac{S_{o.k}}{\gamma_{R2.o}} = 763.522 kN$		$\gamma_{R2.o} = 1.1$
karakteristična sila nosivosti šipa	$S_{s.k} := S_{b.k} + S_{o.k} = 1235.756 kN$		
proračunska sila nosivosti šipa	$S_{s.d.1} := \frac{S_{s.k}}{\gamma_{R2.s}} = 1123.415 kN$		$\gamma_{R2.s} = 1.1$
	$S_{s.d.2} := S_{b.d} + S_{o.d} = 1123.415 kN$		