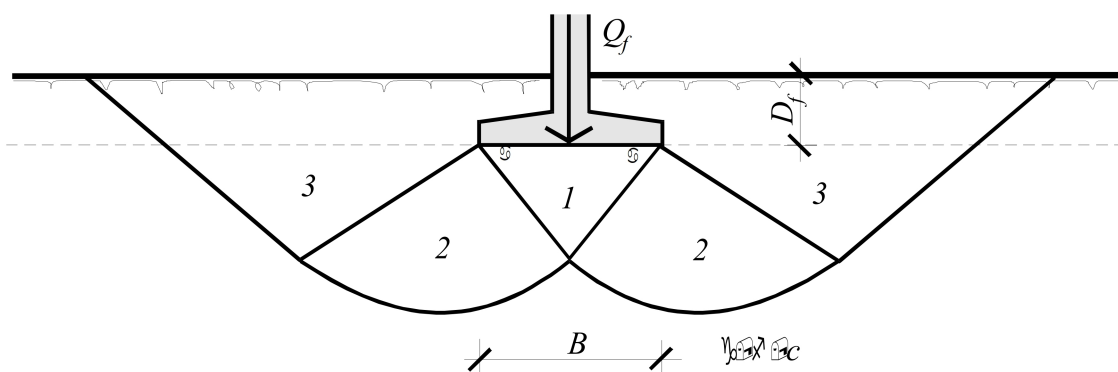


## 8. NOSIVOST TLA

### 8.1 Nosivost temelja

Svaki temelj mora da zadovolji dva uslova:

- sleganje** mora biti u dozvoljenim granicama;  $s_{stv.} \leq s_{dozv.}$ . Preterano sleganje temelja može izazvati pojavu prslina u najopterećenijim elementima konstrukcije tako da u krajnjem slučaju objektat ni funkcionalno neće zadovoljiti.
- faktor sigurnosti** na prolom tla mora biti dovoljno visok;  $F_s = 2 \div 3$ , što znači da se tlo može opteretiti sa  $1/3$  do  $1/2$  graničnog opterećenja koje bi izazvalo prolom temeljnog tla.



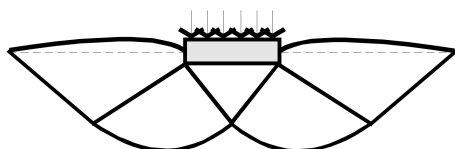
Slika 8.1. Skica proloma temeljnog tla

gde je:

- (1) aktivna Rankinova prizma
- (2) zona radijalnog smicanja
- (3) pasivna Rankinova prizma

Prolom tla nastaje kad opterećenje temeljom dostigne onu veličinu pri kojoj dolazi do smičućeg loma tla ispod temelja. Razlikujemo tri osnovna oblika loma:

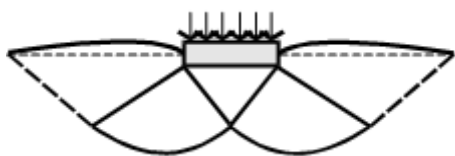
- opšti smičući lom
- lokalni smičući lom, i
- probojni smičući lom



Slika 8.2. Opšti smičući lom

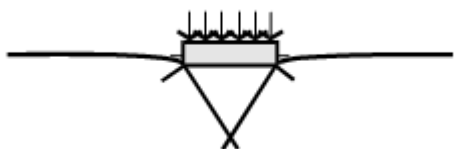
Opšti smičući lom (Slika 8.2) karakteriše jasno definisane klizne površi. Tlo ispod temelja tone a pored se izdiže. Ovakav lom se naziva krto-plastičan lom.

Beleške:



Kod lokalnog smičućeg loma (Slika 8.3) tlo u neposrednoj blizini temelja se takođe izdiže ali se ne formiraju klizne površi na pasivnom delu. Ovaj lom se nalazi negde između opšteg i probojnog smičućeg loma tla.

Slika 8.3. Lokalni smičući lom



I na kraju probojni smičući lom (Slika 8.4) kod kojeg ne dolazi do izdizanja tla u okolini temelja i veoma teško se uočava. Vertikalna sleganja temelja su veoma velika, temelj tone uz vertikalno smicanje po ivicama temelja.

Slika 8.4. Probojni smičući lom

Granično opterećenje koje izaziva lom tla naziva se **granična nosivost tla** i definiše se kao:

$$q_f = \frac{Q_f}{A}$$

gde je:

- $Q_f$  - sila na temelju koja izaziva lom tla
- $A$  - površina temelja

Temelji se moraju tako projektovati da stvarno opterećenje bude manje od dozvoljenog opterećenja koje predstavlja graničnu nosivost tla podeljenu sa odgovarajućim koeficijentom sigurnosti koji pokriva eventualnu promenljivost opterećenja i nosivosti.

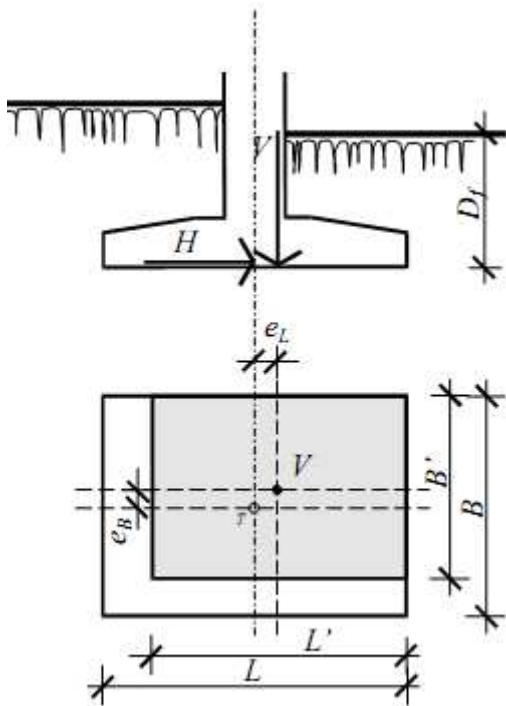
$$q_u \leq q_a = \frac{q_f}{F_s}$$

### 8.1.1 Nosivost temelja prema „Pravilniku„

Svaki temelj ima svoje dozvoljeno opterećenje koje je deo granične nosivosti temeljnog tla umanjeno za odgovarajući koeficijent sigurnosti čiji izbor zavisi od, veličine sleganja pod stvarnim opterećenjem i dovoljne sigurnosti na prolom tla ispod temelja.

Za određivanje granične nosivosti a samim tim i dozvoljenog opterećenja koriste se metodologija granične ravnoteže i razmatra se ravan problem, koji odgovara temeljima oblika trake.

Našim propisima globalni koeficijent sigurnosti  $F_s$  koji predstavlja odnos granične nosivosti i dopuštenog opterećenja zamenjen je parcijalnim faktorima sigurnosti sa kojim smanjujemo parametre smičuće otpornosti tla  $\phi$  i  $c$ . Na taj način imamo uvid o stepenu iskorišćenja smičuće otpornosti tla što nije slučaj sa globalnim koeficijentom sigurnosti.



Dozvoljeno opterećenje pravougaonog temelja sračunava se po obrascu:

$$q_a = \frac{V}{A'} = \frac{\gamma}{2} B' N_\gamma s_\gamma i_\gamma + (c_m + \gamma D_f \tan \phi_m) N_c s_c i_\gamma d_c + \gamma D_f$$

gde je:

V – ukupno vertikalno opterećenje temelja

- korisna površina temelja

$$A' = B' \cdot L'$$

- dozvoljeni mobilisani parametri smičuće otpornosti

tla

$$c_m = \frac{c}{F_c}, \quad \phi_m = \arctan\left(\frac{\tan \phi}{F_\phi}\right)$$

- parcijalni faktori sigurnosti

$$F_\phi = 1.2 \div 1.8, \text{ (prosečno 1.5)}$$

$$F_c = 2 \div 3, \text{ (prosečno 2.5)}$$

- faktori nosivosti:

$$N_q = e^{\pi \cdot \tan \phi_m} \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi_m}{2} \right)$$

$$N_\gamma = 1.8(N_q - 1) \tan \phi_m$$

$$N_c = (N_q - 1) / \tan \phi_m$$

- faktori oblika:

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B'}{L'} \quad s_c = 1 + 0.2 \frac{B'}{L'}$$

- faktor dubine:

$$d_c = 1 + 0.35 \frac{D_f}{B'}$$

- faktori nagiba (inklinacije):

$$\chi = \frac{H}{A' c_m + \Sigma V \tan \phi_m}$$

gde su:

H i V – horizontalna i vertikalna komponenta rezultante sile

- dimenzije temeljne spojnice:

$$B' = B - 2e_B$$

$$L' = L - 2e_L$$

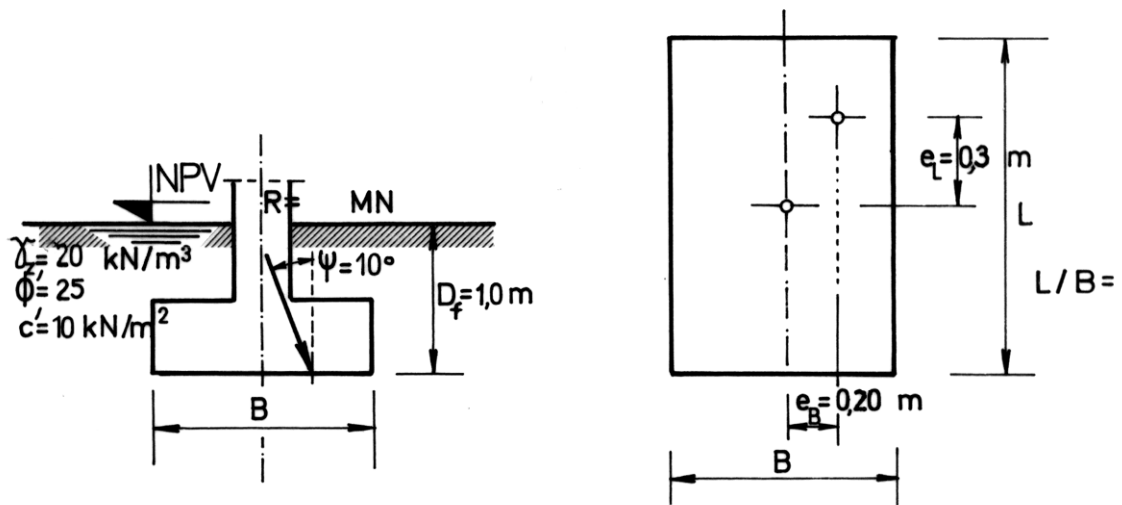
U slučaju da je opterećenje centrično dimenzije temeljne spojnice su:

$$B' = B$$

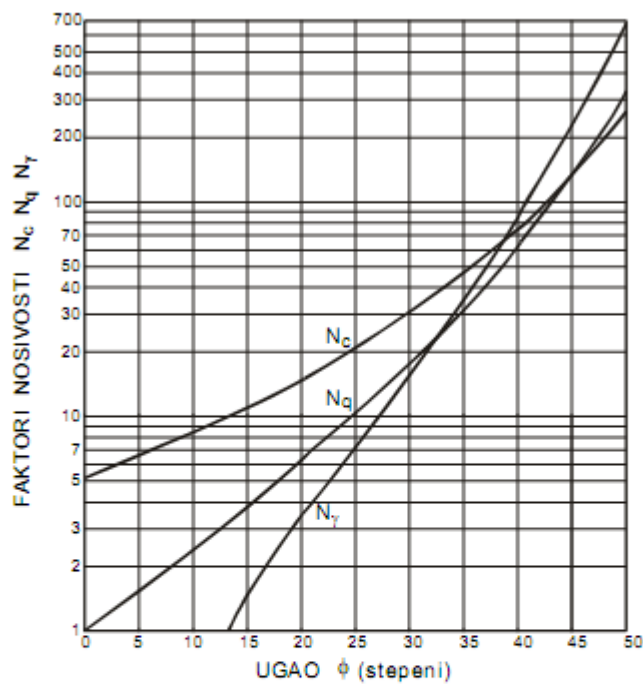
$$L' = L$$

Beleške:

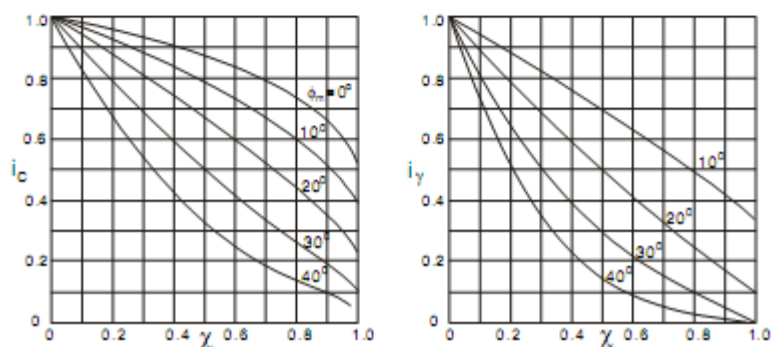
**Zadatak 8.1:** Na osnovu naznačenih karakteristika tla i zadate geometrije temelja, potrebno je sračunati dozvoljeno opterećenje tla tako da ima sigurnost protiv sloma od  $F_\phi=1.5$  i  $F_c=2.5$ . Dozvoljeno opterećenje temeljnog tla odrediti prema važećem „Pravilniku o tehničkim normativima za temeljenje objekata,“. Faktori nosivosti ( $N_c, N_q, N_\gamma$ ) tla i zakošenosti ( $i_c, i_\gamma$ ) opterećenja dati su u prilogu zadatka



DIJAGRAM FAKTORA NOSIVOSTI TLA  
za plitko temeljenje



DIJAGRAM FAKTORA ZAKOŠENOSTI SILE



Beleške:

---

Rešenje zadatka 8.1:

---

*Beleške:*

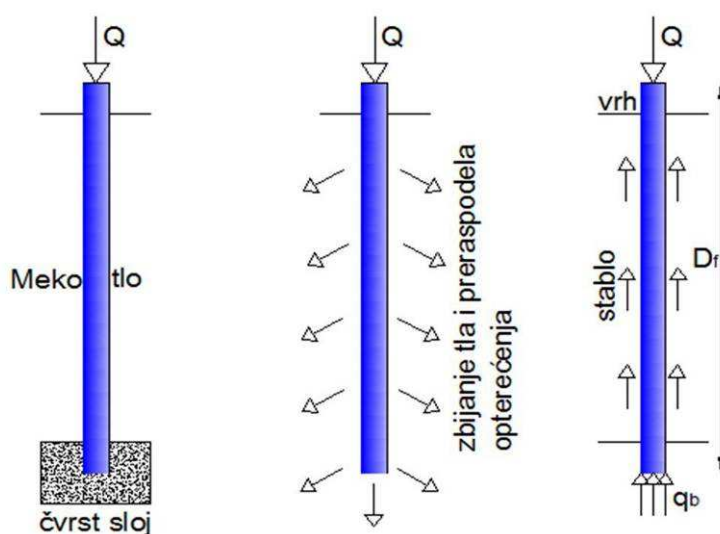
## 8.2 Nosivost šipova

Ako se na zadovoljavajući način na tlo ne mogu preneti opterećenja plitkim temeljima, primenjuje se duboko fundiranje na šipovima, dijafragmama, bunarima ili kesonima, ili se primenjuju mere poboljšanja tla.

Šip je relativno dug i relativno tanak element koji se najčešće ugrađuje u vertikalnom pravcu sa površine terena. Materijal za izradu šipa može biti drvo, armirani ili prednapregnuti beton ili čelik. U pogledu nosivosti šipovi se dela na:

- stojeće
- lebdeće, i
- kombinovane.

Stojeći šipovi su oni šipovi koji opterećenje sa konstrukcije na tlo prenose bazom, dok lebdeći šipovi opterećenje prenose trenjem po omotaču. Kombinovani šipovi su oni koji opterećenje prenose i bazom i trenjem po omotaču.



Slika 8.5. Prenošenje vertikalnog opterećenja

Granična nosivost šipa jednaka je zbiru nosivosti baze  $Q_{b,f}$  i nosivosti stabla  $Q_{s,f}$ , odnosno:

$$Q_f = Q_{b,f} + Q_{s,f}$$

Granična nosivost baze šipa je:

$$Q_{b,f} = A_b \cdot q_{b,f}$$

$$q_{b,f} = cN_c^* + q_o N_q^*$$

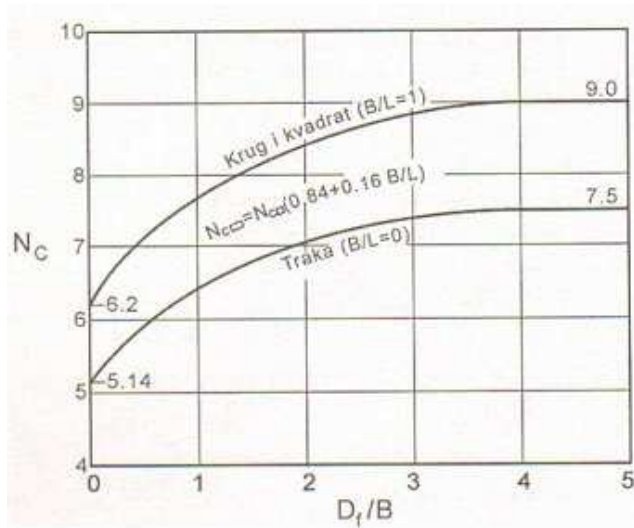
gde je:

- $q_{b,f}$  – granična nosivost tla u području baze šipa
- $A_b$  – površina baze šipa
- $c$  – kohezija u nivou baze šipa

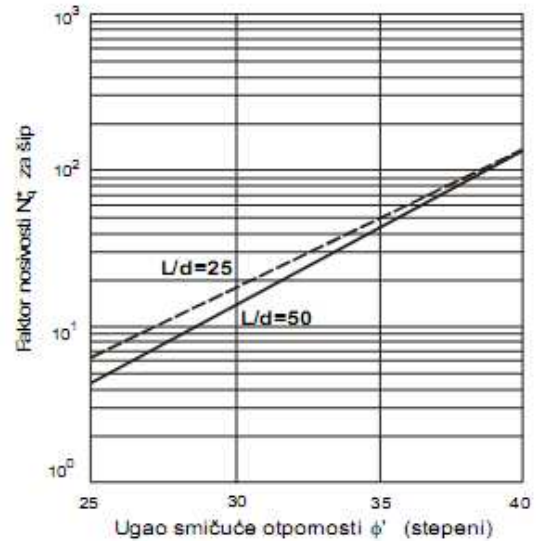
---

Beleške:

- $q_o$  – vertikalni napon u nivou baze šipa usled sopstvene težine tla  
 $N_c^*$  – faktor nosivosti sa faktorima oblika i dubine  
 $N_q^*$  – faktor nosivosti sa faktorima oblika i dubine



Slika 8.6. Faktori nosivosti prema Skempton-u



Slika 8.7. Faktori nosivosti prema Berezancev-u

Granična nosivost omotača šipa je:

$$Q_{s,f} = \Sigma(\Delta L) \alpha_s \tau_{s,f}$$

$$\tau_{s,f} = c_a + \sigma_h \tan \delta$$

gde je:

- $\Delta L$  – dužina dela šipa  
 $\alpha_s$  – površina omotača stabla po jedinici dužine šipa.  
 $\tau_{s,f}$  – smičuća čvrstoća, granični napon smicanja na kontaktu omotača i tla  
 $c_a$  – athezija tj. kohezija između tla i materijala šipa  
 $\delta$  – ugao trenja između tla i omotača šipa

Granična vrednost smičuće otpornosti na kontaktu površine tla i površine omotača u vodom zasićenim glinama, uz pretpostavku da je trenje izraženo uglovima  $\phi_u = \delta_u = 0$ , može se izraziti kao:

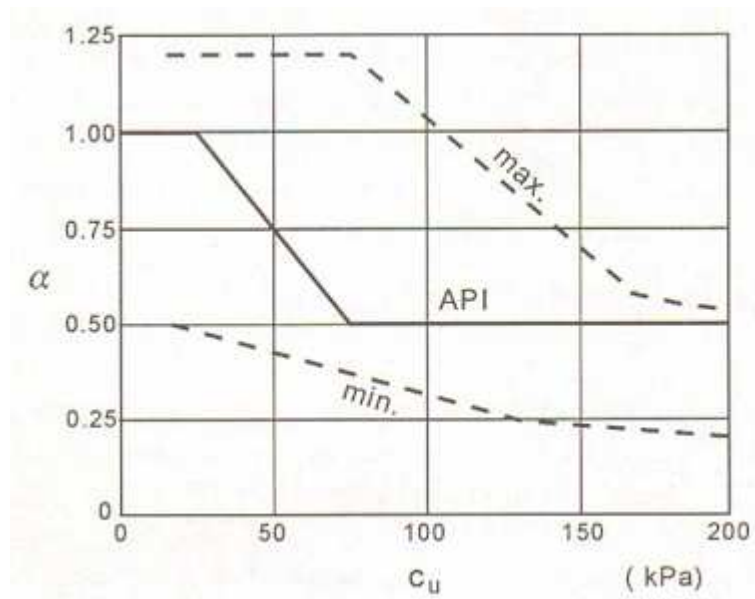
$$\tau_{s,f} = c_a = \alpha \cdot c_u$$

gde je:

- $\alpha$  – koeficijent redukcije nedrenirane smičuće čvrstoće, Slika 8.8.

---

Beleške:



**Slika 8.8.** Redukcija smičućeg otpora duž omotača šipa

Dozvoljena nosivost šipa se definiše kao:

$$Q_a = Q_f / F_s$$

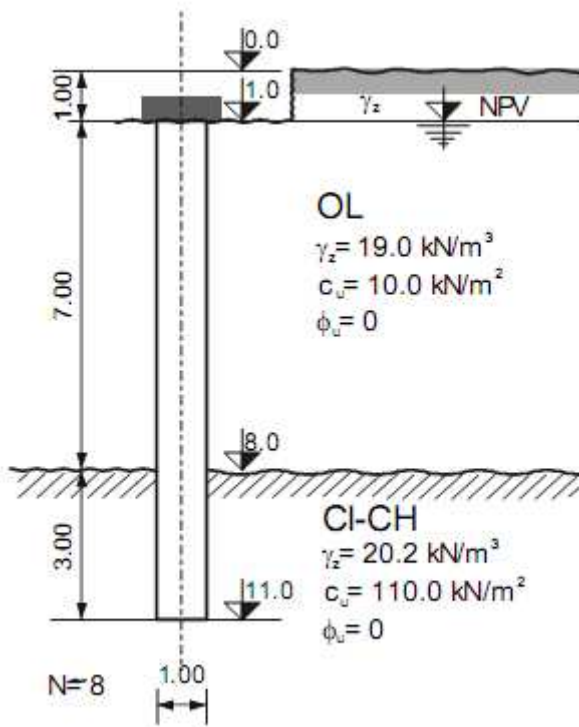
gde je:

$F_s$  – globalni faktor sigurnosti



**Zadatak 8.2:** Na temelj fabričkog dimnjaka na slabo nosivom tlu, predviđeno je duboko fundiranje na čeličnim šipovima prečnika  $D=1.0$  m. Glava šipa je u nivou podzemne vode, na dubini od 1.0 m ispod kote terena. Omotač šipa prolazi kroz sloj vrlo meke muljevite gline a baza je u prekonsolidovanoj glini (debljine 8 m) na dubini od 11.0 m. Profil tla je dat na skici. Potrebno je odrediti:

- Granično opterećenje šipa ( $Q_f$ ) za nedrenirane uslove koristeći parametre čvrstoće ( $\phi \cong 0$ ,  $c_u$ ).  
Proceniti granični napon u bazi šipa na osnovu rezultata SPT-a (standardni penetracioni opit).
- Nosivost šipa ( $Q_d$ ), za globalni faktor sigurnosti  $F_s=2.5$ .



Beleške:

---

*Beleške:*