

7. KONSOLIDACIJA, SLEGANJE TLA

7.1 Geostatički naponi u tlu

Kako gravitacija deluje upravno na površinu terena to će vertikalni naponi po dubini u slučaju ravnog horizontalnog i homogenog terena biti, (slika 7.1):

$$\sigma_z = \gamma \cdot z$$

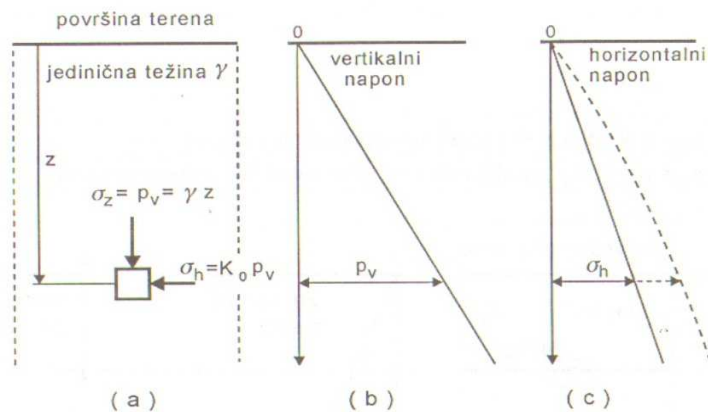
Horizontalni naponi su tada:

$$\sigma_h = k_o \cdot \gamma \cdot z$$

$$k_o = (1 - \sin \phi') \sqrt{OCR}$$

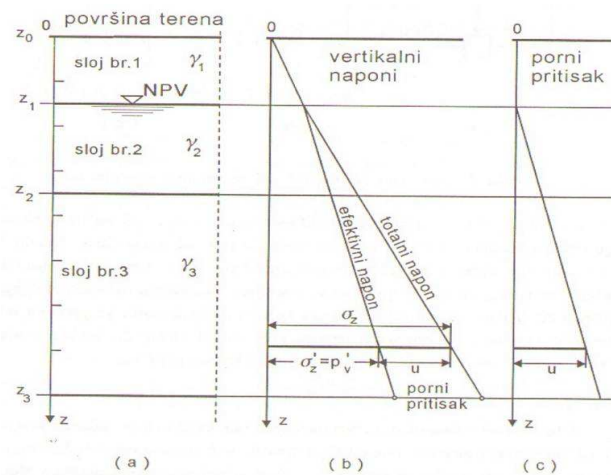
gde je:

k_o – koeficijent bočnog pritiska tla „u miru,,



Slika 7.1 Geostatički naponi u homogenom tlu

Ovaj jednostavan odnos služi i za proračun napona u uslojenom tlu, slika 7.2.



Slika 7.2 Geostatički naponi u uslojenom tlu

Beleške:

Zadatak 7.1: Geomehaničkim istražnim radovima utvrđen je sastav tla dat u tabeli 1. Potrebno je nacrtati dijagram vertikalnih totalnih napona (σ_z), porenih pritisaka (u) i efektivnih napona (σ'_z) usled sopstvene težine tla.

Tabela 1

Sloj	Kota		AC simbol	Opis sloja	Zapreminska težina	Visina kapilarnog penjanja vode
	početak	kraj				
1	0.00	-1.50	GP	Šljunak	$\gamma = 17.0 \text{ kN/m}^3$	-
2	-1.50	-7.00	CH	Glina	$\gamma_z = 19.8 \text{ kN/m}^3$	$h_c = 5 \text{ m}$

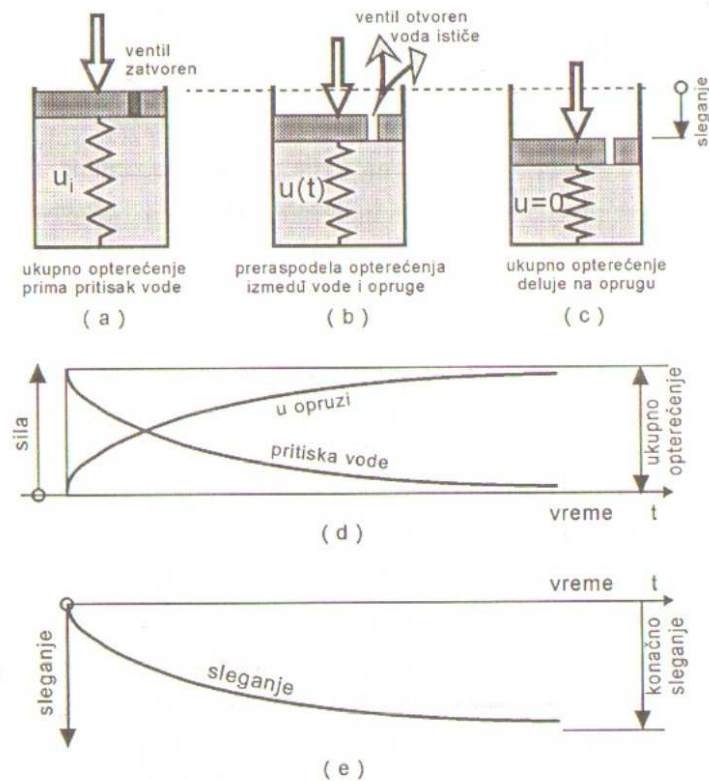
Nivo podzemne vode $NPV = -4.50 \text{ m}$

Rešenje zadatka 7.1

Beleške:

7.2 Konsolidacija

Promenom napona u tlu izazvanih promenom opterećenja, npr. gradnjom objekta, počinje proces promene zapremine tla koji se manifestuje kao sleganje tla. Ova promena zapremine odnosno sleganje obavlja se u dužem vremenskom periodu i zavisi od vrste tla, koeficijenta vodopropusnosti odnosno od vremena potrebnog za evakuaciju vode iz pora. Kod vodopropusnog krupnozrnog tla vreme potrebno za istiskivanje vode iz pora je praktično zanemarljivo dok kod sitnozrnog tla ovaj proces može trajati godinama. Ovaj proces opadanja poreznih pritisaka i povećanja efektivnih napona uz promenu zapremine naziva se **konsolidacija**, (slika 7.3).



Slika 7.3 Mehanički model konsolidacije

Beleške:

Zadatak 7.2: Na sloj potopljene gline ujednačene debljine $H=3.0\text{ m}$, koja leži na vodopropusnoj podlozi linearno je tokom $t=8$ meseci nasipanjem naneto opterećenje $q=70\text{ kPa}$. Koeficijent vodopopusnosti je $k=2.6 \times 10^{-8}\text{ m/s}$, a koeficijent konsolidacije $c_v=8.9 \times 10^{-4}\text{ cm}^2/\text{s}$.

Izračunati konsolidaciono sleganje (s_c) i nacrtati vremenski tok sleganja.

$$M_v = \frac{c_v \cdot \gamma_w}{k} \quad s_c = \frac{\Delta\sigma_z H}{M_v} \quad t = \frac{T_v H_d^2}{c_v}$$

$$s_c(t) = U(t) \cdot s_c$$

Odnos između prosečnog stepena konsolidacije (U) i vremenskog faktora (T_v):

$U(\%)$	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
T_v	0.008	0.031	0.071	0.126	0.197	0.287	0.403	0.567	0.848	1.127
t										
$S_c(t)$										

$$\text{za } U < 0.6 \Rightarrow T_v = \frac{\pi \cdot U^2}{4}$$

$$\text{za } U > 0.6 \Rightarrow T_v = -0.933 \cdot \log(1 - U) - 0.085$$

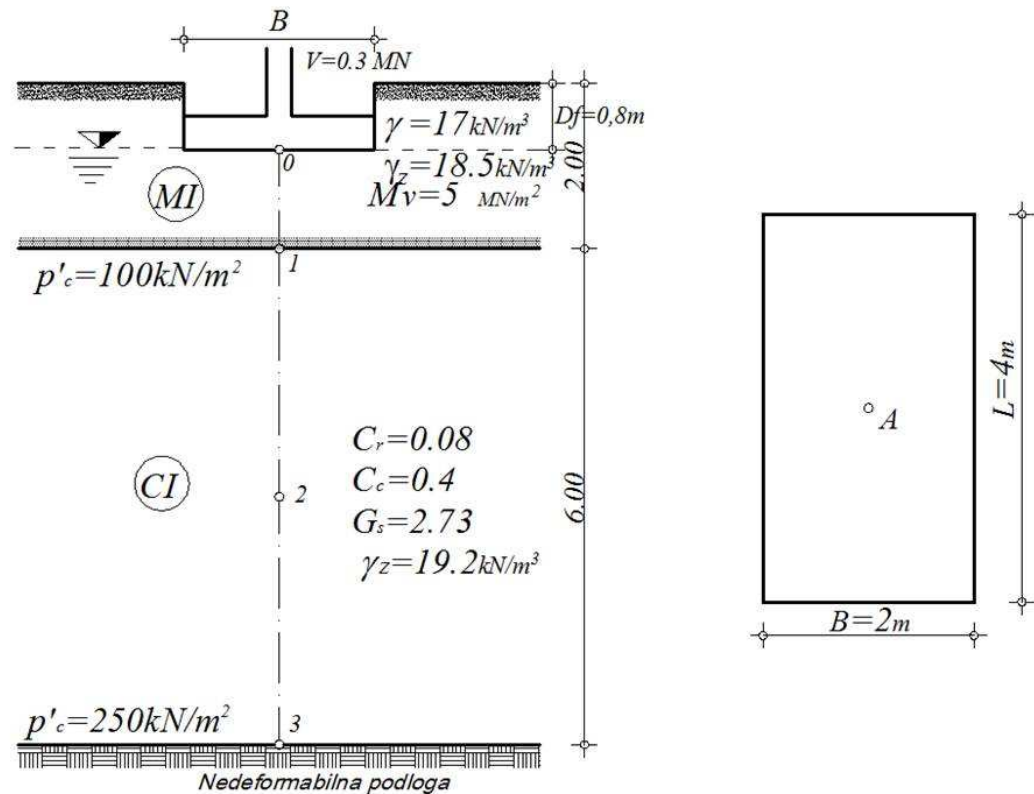
Rešenje zadatka 7.2

7.3 Sleganje sitnozrnog tla

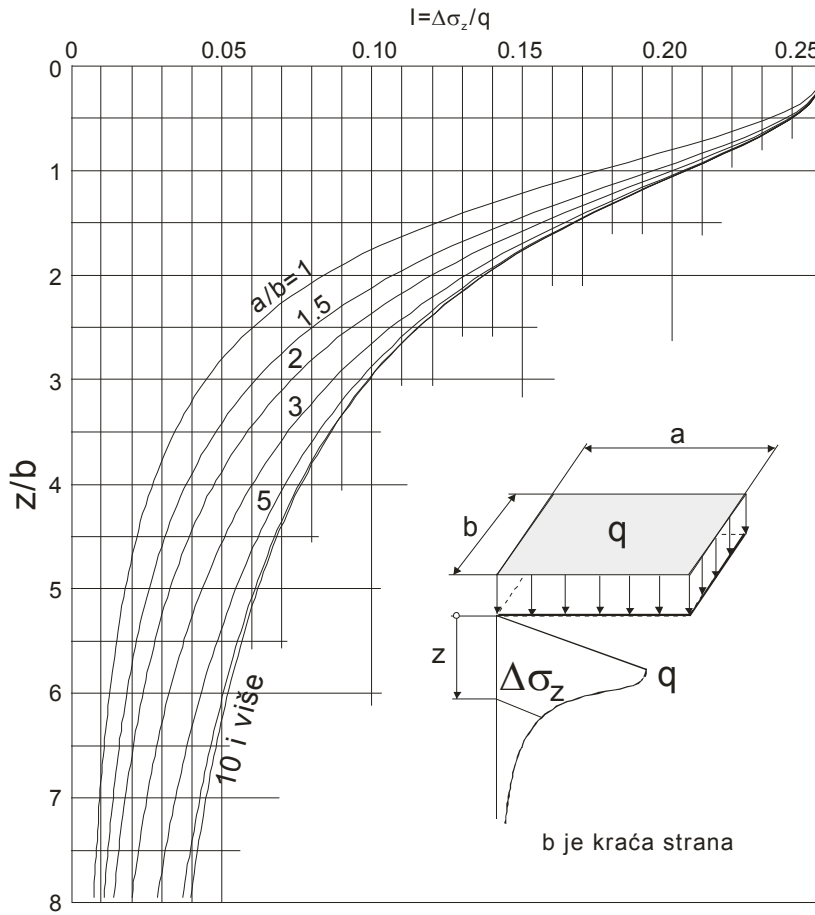
Zadatak 7.3: Pravougaoni temelj dimenzija prema skici, fundiran je u nivou podzemne vode, u sloju normalno konsolidovano prašinstog tla (*MI*). Ispod tog sloja nalazi se prekonsolidovana glina (*CI*) na praktično nedeformabilnoj podlozi. Temelj je opterećen vertikalnom i centričnom silom (V). Koristeći priložene podatke, na vertikali kroz središnju tačku temelja (A), u tačkama 0 , 1 , 2 i 3 , treba izračunati i nacrtati:

- sopstvene vertikalne napone (σ'_{vo})
- dodatne vertikalne napone ($\Delta\sigma_z$) po *Steinbrenner*-u i
- vertikalne deformacije (ε_z)

Smatrajući temelj idealno savitljivim, izračunati sleganje središnje tačke temelja približnom integracijom dijagrama deformacija ($z-\varepsilon_z$).



Beleške:



Beleške:

7.4 Sleganje krupnozrnog tla

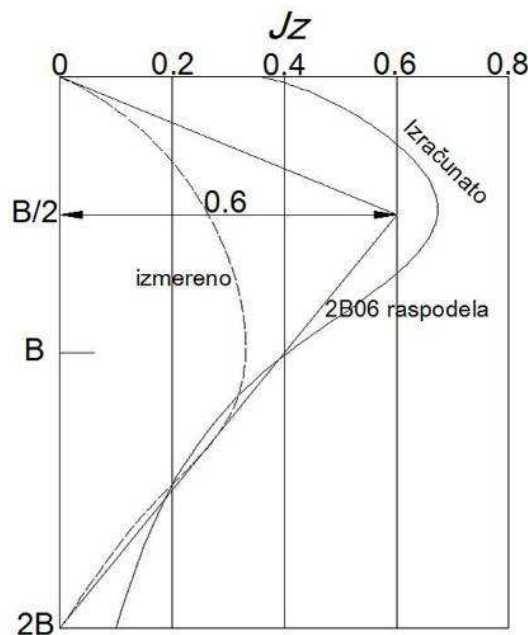
Kod krupnozrnih materijala kao što su peskovi i šljunkovi nije moguće uzimanje neporemećenih uzoraka iz terena pa ni njihovo ispitivanje u laboratoriji. Stoga se parametri deformabilnosti određuju empirijskim putem korišćenjem standardnih ili statičkih penetracionih ispitivanja. Za proračun sleganja na peskovima *Schmertmann* je predložio jedan postupak sa primenom rezultata ispitivanja statičkom penetracijom.

Vertikalna deformacija ε_z u tački na vertikali kroz centar temeljne stope opterećene neto kontaktnim naponom q_n može se napisati u obliku:

$$\varepsilon_z = \frac{q_n}{E_s} \cdot I_z$$

gde je:

- $q_n = q_b - \gamma \cdot D_f$ - neto kontaktni napon
 I_z - funkcija raspodele vertikalnih deformacija (slika 7.4)



Slika 7.4 Funkcija raspodele vertikalnih deformacija

Korelaciju između otpora vrha statičkog penetrometra l_{jc} i modula deformacije E_s , *Schmertmann* je dao u obliku:

$$E_s = \alpha \cdot q_c; \quad \alpha = 2$$

Sleganje temeljne stope predstavlja integral vertikalnih deformacija ε_z po dubini $2B$:

$$s = \int_0^{2B} \varepsilon_z dz$$

Beleške:

Za praktičnu primenu proračuna sleganja može se primeniti približan izraz:

$$s = C_1 \cdot C_2 \cdot q_n \cdot \sum \frac{l_z}{E_s} \Delta z$$

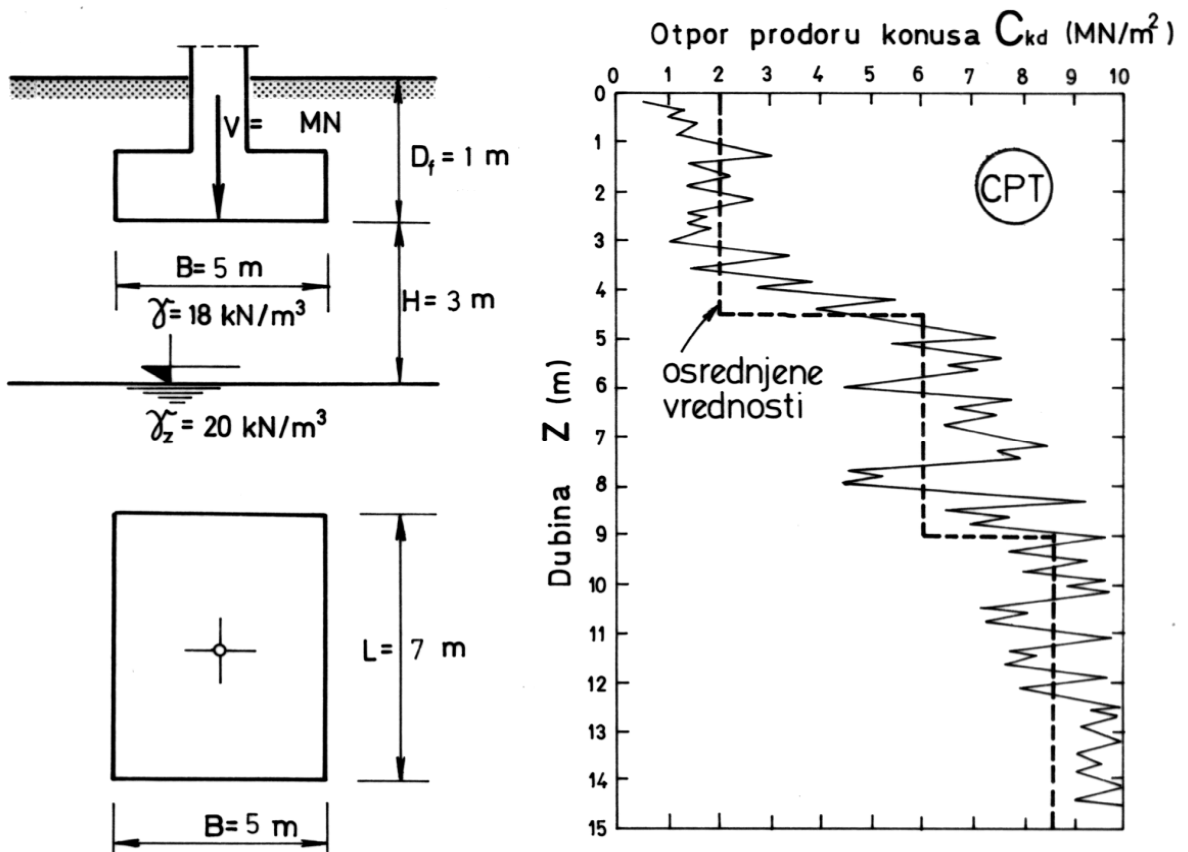
gde je:

Δz - debljina posmatranog sloja

$C_1 = 1 - 0.5 \cdot \left(\frac{\gamma \cdot D_f}{q_n} \right)$ - faktor dubine

$C_2 = 1 + 0.2 \cdot \log \left(\frac{t}{0.1} \right)$ - faktor puzanja (t – vreme izraženo u godinama)

Zadatak 7.3: Na lokaciji budućeg objekta, opitom statičke penetracije (CPT) su utvrđeni slojevi peska različite zbijenosti. Koristeći dijagram CPT i metodu Schmertmann-a, izračunati inicijalno sleganje središnje tačke temelja (s_i) i dodatno sekundarno sleganje (s_s) nakon $t=10$ godina.



Beleške:

Δz (m)	q_c (C_{kd}) (MN/m ²)	$E_s = 2 \cdot q_c$ (MN/m ²)	I_z	$\frac{I_z}{E_s} \Delta z$

 $\Sigma =$ (m³/kN)

$$q =$$

$$q_n =$$

$$C_1 =$$

$$C_2 =$$

$$s_i = q_n \cdot \sum \frac{I_z}{E_s} \Delta z =$$

$$s_s = C_1 \cdot C_2 \cdot q_n \cdot \sum \frac{I_z}{E_s} \Delta z =$$

Beleške: