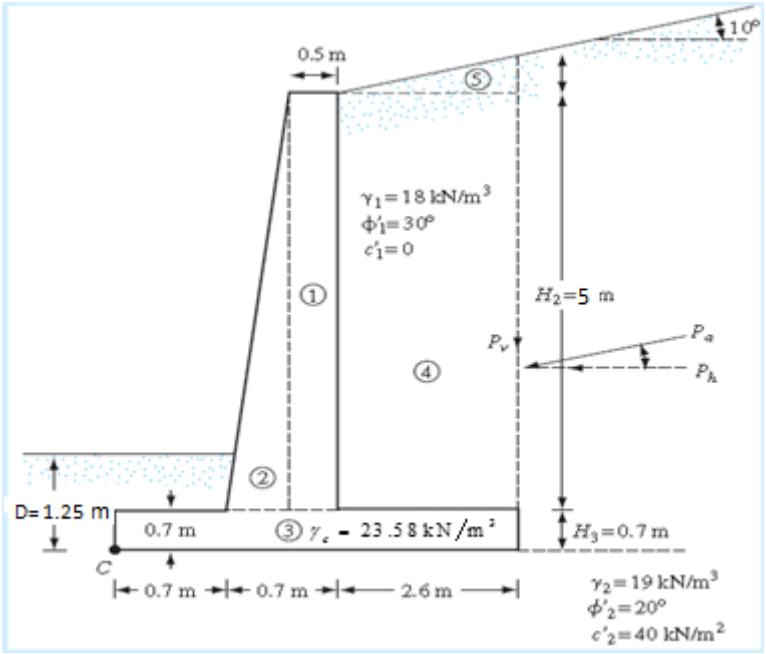
مدت زمان پاسخ‌گویی به سوالات ۱۰۰ دقیقه می‌باشد. دو برگه A4 فرمول + ماشین حساب آزاد می‌باشد.

در صورت نیاز به پارامتری که در داده‌های مسائل نیست می‌توانید از متوسط آنها استفاده کنید یا به صورت منطقی فرض کنید.

سوال ۱- ضریب اطمینان در مقابل واژگونی، لغزش و ظرفیت باربری (هنسن) را تعیین کنید؟ از وزن خاک شماره ۲ جهت برآورد ضریب اطمینان در مقابل واژگونی صرفنظر کنید. **۵ نمره**

$$\gamma_c = 23.58\,\text{kN/m}^3,\ \delta' = \frac{2}{3}\varphi',\ c_\alpha = \frac{2}{3}c$$



$$H' = H_1 + H_2 + H_3 = 2.6\tan 10^\circ \ldots 0.7 = 6.158\text{m}$$ (2 %)

$\alpha = 10^\circ$, γ_1 ...°

$$K_{a1} = \cos\alpha \frac{\cos\alpha - \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\varphi_1'}}{\cos\alpha + \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\varphi_1'}} = 0.3532$$ (4 %)

$$\begin{cases} P_a = \frac{1}{2}K_{a1}\gamma_1 H'^2 = \frac{1}{2}0.3532\times 18\times 6.158^2 = 120.54\,\text{kN/m} \\ P_v = P_a \sin\alpha = 120.54\left(\sin 10^\circ \right. \ldots 0.93\,\text{kN/m} \\ P_h = P_a \cos\alpha = 120.54\left(\cos 10^\circ \right. \ldots 18.71\,\text{kN/m} \end{cases}$$ (2 %) (2 %)

$$\sum M_o = P_h \frac{H'}{3} = 118.71\frac{6.158}{3} = 243.67\,\text{kN-m/m}$$ (2 %)

ضریب اطمینان در مقابل واژگونی:

Section no.	Area $\left(\mathrm{m}^2\right)$	Weight/unit length $\left(\mathrm{kN/m}\right)$	Moment arm from point C(m)	Moment $\left(\mathrm{kN\text{-}m/m}\right)$
1	$5\times0.5=2.5$	58.95	1.15	67.7925
2	$\frac{1}{2}(0.2)5=0.5$	11.79	0.833	9.825
3	$4\times0.7=2.8$	66.024	2.0	132.04
4	$5\times2.6=13$	234	2.7	631.8
5	$\frac{1}{2}(2.6)(0.458)=0.596$	10.73	3.133	33.6
6		$P_v=20.93$	4.0	83.72
		$\sum V=402.404$		$\sum M_R=958.74$

$$\mathrm{FS}_{(\mathrm{Overturing})}=\frac{\sum M_R}{\sum M_o}=\frac{958.74}{243.67}=3.93>2,\ \mathrm{OK}$$

14 %　14 %　4 %

ضریب اطمینان در مقابل لغزش:

$$\mathrm{FS}_{(\mathrm{Sliding})}=\frac{\left(\sum V\right)\tan\delta_2+Bc_{\alpha2}+P_p}{P_a\cos\alpha},$$

$$\delta_2=\frac{2}{3}\varphi_2',\ c_{\alpha2}=\frac{2}{3}c_2'$$

$$K_{p2}=\tan^2\left(45+\frac{\varphi'}{2}\right)=\tan^2\left(45+\frac{20}{2}\right)=2.04$$ 2 %

$$P_p=\frac{1}{2}K_{p2}\gamma_2D^2+2c_2'\sqrt{K_{p2}}D$$

$$=\frac{1}{2}\times2.04\times19\times1.25^2+2\times40\sqrt{2.04}\times1.25=173.11\mathrm{kN/m}$$ 4 %

$$\mathrm{FS}_{(\mathrm{Sliding})}=\frac{(402.404)\tan\left(\frac{2\times20}{3}\right)+4\left(\frac{2}{3}\right)\times40+173.11}{118.71}=\frac{375.15}{118.71}=3.16>1.5,\ \mathrm{OK}$$ 4 %

ضریب اطمینان در مقابل ظرفیت باربری:

$$\sum M_o=243.67\,\mathrm{kN\text{-}m/m},\qquad \sum M_R=958.74\,\mathrm{kN\text{-}m/m}$$
$$\sum V=402.404\,\mathrm{kN\text{-}/m}$$

$$M_{net}=\sum M_R-\sum M_o=958.74-243.67=715.07\,\mathrm{kN\text{-}m/m},$$ 2 %
$$H_B=P_h=P_a\cos(\alpha)=118.71\mathrm{kN\text{-}/m}$$

$$e=\frac{B}{2}-\frac{\sum M_R-\sum M_o}{\sum V}=\frac{4}{2}-\frac{715.07}{402.404}=0.223m<\frac{B}{6}$$ 2 %

$$q_{\max}=q_{\mathrm{toe}}=\frac{\sum V}{B}\left(1+\frac{6e}{B}\right)=\frac{402.404}{4}\left(1+\frac{6\times0.223}{4}\right)=134.25\,\mathrm{kN/m^2\text{-}m}$$ 2 %

$$q_{\min}=q_{\text{heel}}=\frac{\sum V}{B}\left(1-\frac{6e}{B}\right)=\frac{402.404}{4}\left(1-\frac{6\times 0.223}{4}\right)=66.95\,\text{kN/m}^2\text{-m}$$ (2 %)

$$q_{ult}=cN_cS_cd_ci_cg_cb_c+\bar{q}N_qS_qd_qi_qg_qb_q+\frac{1}{2}\gamma B'N_\gamma S_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$$

$$\text{FS}_{(\text{bearing capacity})}=\frac{q_{ult}}{q_{\max}}$$ (2 %) (4%)

$$\varphi=20^\circ \rightarrow N_c=14.835,\ N_q=6.399,\ N_\gamma=2.948$$ (2 %)

$$\bar{q}=19\times 1.25=23.75\,\text{kPa},\qquad S_\gamma=1,\quad S_q=1,\quad S_c=1\quad \text{for strip foundatin}$$ (2 %)

$$b_i=1,\quad g_i=1$$

(1 %)

$$B'=B-2e=4-2\times 0.223=3.554\,\text{m},$$

(1 %) $$A_f=B'\times L=3.585\times 1=3.554\,\text{m}^2$$

$$c_{\alpha 2}=\frac{2}{3}c_2=26.667\,\text{kPa}$$

$$\begin{cases} i_q=\left(1-\dfrac{0.5H_B}{\sum V+A_f c_{\alpha 2}\cot\varphi}\right)^{\alpha_1}=0.720 \\ i_\gamma=\left(1-\dfrac{\left(0.7-\eta^\circ_{\ldots}\right)H_B}{\sum V+A_f c_{\alpha 2}\cot\varphi}\right)^{\alpha_2}=0.626 \\ i_c=i_q-\dfrac{1-i_q}{N_q-1}=0.668 \qquad \varphi>0 \\ 2\le\alpha_1,\ \alpha_2\le 5,\quad \alpha_1,\ \alpha_2\approx 3.5 \end{cases}$$ (12 %)

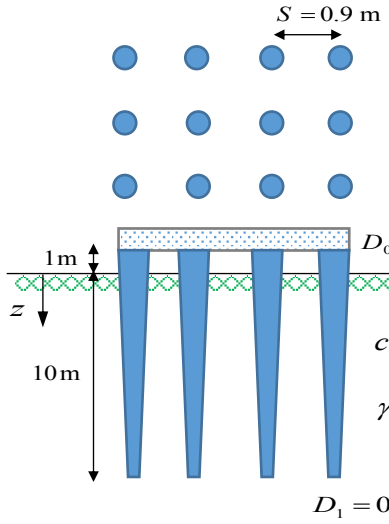
$$\begin{cases} k=\dfrac{D}{B}=\dfrac{1.25}{4}=0.3125 \\ d_\gamma=1 \\ d_c=1+0.4k=1.125 \\ d_q=1+2\tan\varphi\left(1-\sin\varphi\right)^2 k=1.098 \end{cases}$$ (6 %)

$$q_{ult}=cN_cS_cd_ci_cg_cb_c+\bar{q}N_qS_qd_qi_qg_qb_q+\frac{1}{2}\gamma B'N_\gamma S_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$$

$$=446.103+120.223+62.276=628.6\,\text{kPa}$$ (4 %)

$$\text{FS}_{(\text{bearing capacity})}=\frac{q_{ult}}{q_{\max}}=\frac{628.6}{134.25}=4.68$$ (4 %)

سوال ۲- راندمان شمع‌ها با مقطع دایره ای متغیر و فواصل مساوی و برابر با ۹۰ سانتیمتر را تعیین کنید؟ با توجه به داده‌های زیر مقاومت نوک شمع از روش وسیک و جدار را از روش α محاسبه کنید؟(برای محاسبه α از روش اسلادن مطابق با رابطه اشاره شده در زیر استفاده کنید که در $\sigma'_0(z)$ تنش موثر در عمق z باشد.) مکانیسم انتقال بار را برای یک شمع تکی تحت بار نهایی خود شمع تکی را ترسیم و معادله آنرا محاسبه کنید؟ برای محاسبه ظرفیت گروه از قطر متوسط شمع $D_{av}=0.375\,\text{m}$ استفاده کنید. **۵ نمره**



$$c_u=60\ \text{kPa},\ \varphi=0,\quad \gamma_{sat}=18\ \text{kN/m}^3,\quad \alpha=\frac{1}{2}\left(\frac{\sigma'_0(z)}{c_u}\right)^{0.45},$$

$$\gamma_w=10\ \text{kN/m}^3,\ K_0=0.95-\sin\varphi,\ I_{rr}=100$$

$$Q_{g(u)}=Q_{gp}+Q_{gs}=A_g c_u N_c^* + P_g c_u L,\qquad N_c^*=9$$

$$\eta=\frac{Q_{g(u)}}{\sum Q_u}\qquad Q_u=Q_p+Q_s,$$

5 %

$$N_\sigma^*=\frac{3}{3-\sin[\varphi]}\left\{e^{\left(\frac{\pi}{2}-\varphi\right)\tan[\varphi]}\tan\left[\frac{\varphi}{2}+\frac{\pi}{4}\right]^2 I_{rr}^{\frac{4\sin\varphi}{3(1+\sin[\varphi])}}\right\}=\frac{3}{3-\sin[0]}\left\{e^{\left(\frac{\pi}{2}\right)\tan[0]}\tan\left[\frac{\pi}{4}\right]^2 100^{\frac{4\sin 0}{3(1+\sin[0])}}\right\}=1$$

5 %

$$N_q^*=\frac{1+2K_0}{3}N_\sigma^*=\frac{1+2(0.95-\sin 0)}{3}\times 1=0.9667,\qquad N_c^*=\frac{1}{6}\left(14+3\pi+8\ln(I_{rr})\right)=10.044,$$

5 %

$$q'=10\times 8=80\,\text{kPa},\qquad q_p=cN_c^*+q'N_q^*=(60\times 10.044+80\times 0.9667)=680$$

5 %

$$Q_p=q_p A_p=680\times\pi\left(\frac{0.3}{2}\right)^2=48.07\,\text{kN},$$

5 %

$$Q_s=\int_{z=0}^{z=L}P(z)f(z)dz=?$$

$$D(z)=\frac{D_1-D_0}{L}z+D_0=\frac{0.3-0.45}{11}z+0.45=-0.013636z+0.45$$

3 %

$$\bar{D}(z)=-0.013636z+0.4364$$

5 %

$$P(z)=\pi\times\bar{D}(z)=\pi\times(-0.013636z+0.4364)=-0.0428z+1.371,\qquad \sigma'_0(z)=(\gamma_{sat}-\gamma_w)z=8z$$

2 %

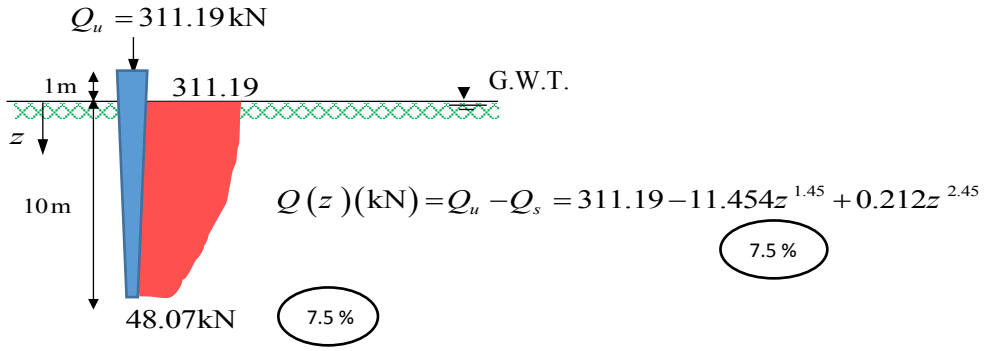
$$f(z)=\alpha c_u=\frac{1}{2}\left(\frac{\sigma'_0(z)}{c_u}\right)^{0.45}c_u=\frac{1}{2}\left(\frac{8z}{60}\right)^{0.45}\times 60=12.1156z^{0.45}$$

5 %

$$Q_s = \int_{z=0}^{z=L} P(z) f(z) dz = \int_{z=0}^{z=10} \{-0.0428z + 1.371\}\left(12.1156z^{0.45}\right) dz = \int_{z=0}^{z=10} \left(16.609z^{0.45} - 0.519z^{1.45}\right) dz$$

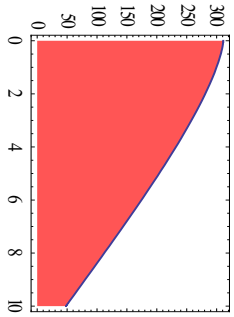
$$= 11.454z^{1.45} - 0.212z^{2.45}\Big|_0^{10} = 263.123\,\text{kN}$$ (10 %)

$$Q_u = Q_p + Q_s = 48.07 + 263.123 = 311.19\,\text{kN}$$ (5 %)



7.5 %

$$Q(z)(\text{kN}) = Q_u - Q_s = 311.19 - 11.454z^{1.45} + 0.212z^{2.45}$$ (7.5 %)



$$L_g = 3\times 0.9 + \frac{0.45+0.3}{2} = 3.075, \quad B_g = 2\times 0.9 + \frac{0.45+0.3}{2} = 2.175,$$

$$A_g = L_g \times B_g = 3.075\times 2.175 = 6.688125\,\text{m}^2, \; P_g = 2\times\left(L_g + B_g\right) = 2\times(3.075+2.175) = 10.5\text{m}$$ (10 %)

$$Q_{g(u)} = Q_{gp} + Q_{gs} = 9c_u A_g + P_g c_u L = 9\times 60\times 6.688125 + 10.5\times 60\times 10 = 3611.5875 + 6300 = 9911.59\,\text{kN}$$ (10 %)

$$\eta = \frac{Q_{g(u)}}{\sum Q_u} = \frac{9911.59}{12\times 311.19} = \frac{9911.59}{3734.28} = 2.65 \geq 1$$ (7.5 %)

$$Q_{g(u)} = 3734.28\,\text{kN}$$ (2.5 %)

با آرزوی موفقیت

علی عسگری استادیار گروه مهندسی عمران،

دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه مازندران.