وقت: ۱۳۵ دقیقه **سوالات برگه بسته**

سوال ۱- انواع مسئله‌هایی خاک را بنویسید و دو روش از روشهای بهبود هرکدام را نام ببرید؟ **۲ نمره**

پاسخ: روانگرایی: شمع، ستون سنگی، پرتاب وزنه (25 %)

رمبندگی: پیش رطوبت دادن و کوبیدن، اختلاط عمیق (25 %)

تورم‌زایی: کنترل و عایق کردن رطوبت، جایگزینی (25 %)

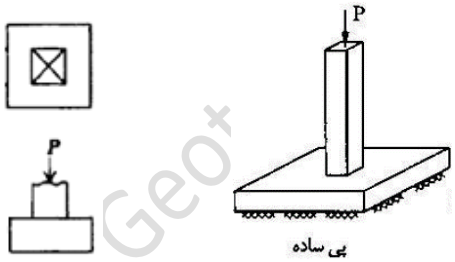
واگرایی: روشهای شیمیایی، تزریق دوغاب سیمان، بهسازی توسط آهک (25 %)

سوال ۲- انواع پی ها را با رسم شکل نام ببرید و بگویید چگونه یک پی را با شکل خاصی انتخاب می‌کنیم؟ **۲ نمره**

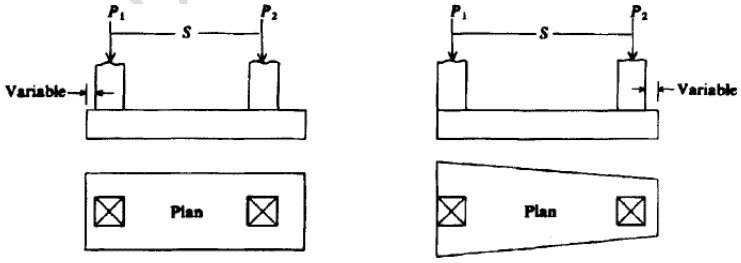
پاسخ: انواع پی ها: (60 %)

۱- شالوده های سطحی نسبت عمق مدفون D_f به عرض شالوده B مطابق با نظر باولز کمتر از ۴ است $\frac{D_f}{B} \le 4$:

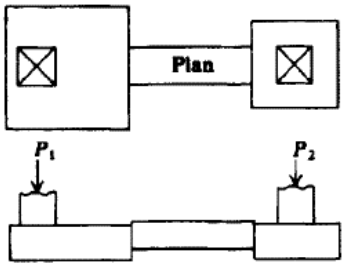
الف) شالوده منفرد(مربعی، مستطیلی و دایره‌ای) و پایه ها



ب) شالوده مرکب یا دوستونی (مستطیلی و ذوزنقه ای)

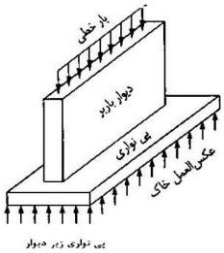


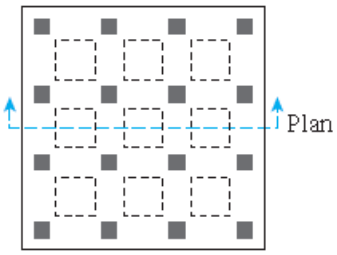
ج) شالوده با تیر رابط



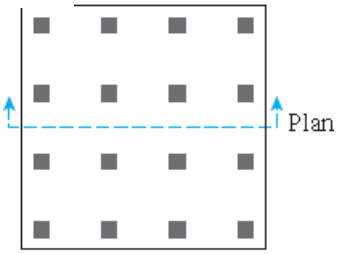
Ali Asgari in Geotechnical Engineering

د) شالوده نواری

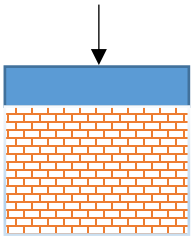




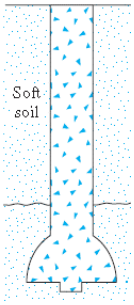
ه) شالوده گسترده یا رادیه

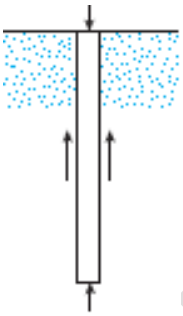


۲- شالوده های نیمه عمیق (پی‌ها با حفر چاهی) $4 \le \frac{D_f}{B} \le 10$



۳- شالوده های عمیق $\frac{D_f}{B} \ge 10$: شمع ها، پایه های عمیق و ستون سنگی: الف) شمع های شناور یا اصطکاکی، ب) شمع اتکائی و ج) پایه های عمیق یا صندوقه‌های عمیق





۴- سایر پی ها: دیوارها حائل و سپرها

در انتخاب پی باید موارد زیر را در نظر گرفت (ذکر چهار مورد ضروری است): 40 %

۱- بسته به نوع کاربری سازه می تواند شالوده متفاوتی داشته باشد، مثلا برای تابلو تبلیغاتی از شالوده های منفرد استفاده می شود. برای دکل های برق از شالوده های عمیق یا نیمه عمیق استفاده می شود.

۲- پی ها باید طوری طراحی شود که تنش وارده از طرف سازه به خاک کمتر از تنش مجاز شود. مثلا برای یک ساختمان ممکن است با انتخاب پی نواری تنش مجاز خاک کمتر ازتنش وارده شود، در نتیجه پی را گسترده در نظر می گیریم. اگر پی گسترده جواب ندهد در نتیجه به طراحی پی های عمیق یا نیمه عمیق و یا اصلاح خاک فکر می کنیم.

۳- جنس خاک و نوع آن می تواند در انتخاب شالوده تاثیر بگذارد.

۴- هندسه زمینی که قرار است سازه احداث شود نیز موثر است.

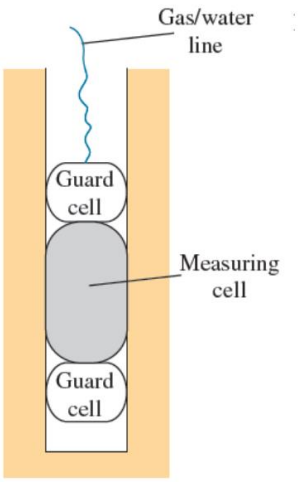
Ali Asgari, PhD in Geotechnical Engineering

سوال ۳- میزان دست خوردگی چگونه تعیین می‌شود و به چه عواملی بستگی دارد؟ **۱ نمره**

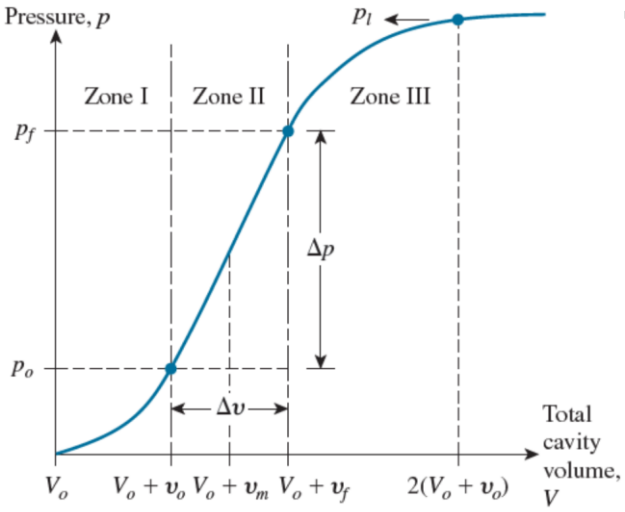
پاسخ: میزان دست خوردگی نمونه از رابطه $A_R(\%)=\frac{D_o^2-D_i^2}{D_i^2}\times 100$ تعیین می‌شود که در آن D_i و D_o به ترتیب قطر داخلی و خارجی نمونه‌گیر است. ضخامت جدار نمونه گیر، قطر داخلی نمونه و اصطکاک بین جدار نمونه گیر و نمونه، می‌تواند بر دست‌خوردگی نمونه تاثیر گذارد.

سوال ۴- آزمایش پرسیومتری را توضیح دهید و چه پارامترهایی مستقیما از آن تعیین می‌شود و از نتایج این آزمایش برای چه مشخصاتی از خاک استفاده می‌شود؟ **۲ نمره**

پاسخ:



آزمایش فشارسنج ASTM D- ۴۷۱۹ یک آزمایش درجا است که در گمانه انجام می‌شود. در ابتدا توسط منارد در ۱۹۵۶ برای اندازه‌گیری مقاومت و تغییر شکل‌پذیری خاک توسعه یافت. نوع PMT منارد اساساً از یک پروب با سه سلول تشکیل شده است . همان‌طور که در شکل روبرو به صورت شماتیک نشان داده شده است، سلول‌های بالا و پایین سلول‌های محافظ هستند و وسط سلول اندازه‌گیری است. سلول‌های کاوشگر را می‌توان با مایع یا گاز منبسط نمود. سلول‌های محافظ برای کاهش اثر وضعیت پایانی که دارای حجم 535 سانتی‌متر مکعب است، منبسط می‌شوند. برای انجام آزمایش کاوشگر به داخل گمانه وارد می‌شود. فشار توسط گاز یا سیال به صورت افزایشی اعمال می‌شود و حجم جدید سلول اندازه‌گیری می‌شود. این روند تا زمانی که خاک از تسلیم شود ادامه می یابد. زمانی که حجم کل حفره منبسط شده V حدود دو برابر حجم حفره اولیه باشد، خاک گسیخته در نظر گرفته می‌شود. پس از اتمام آزمایش، کاوشگر تخلیه می‌شود و برای آزمایش در عمق دیگری مورد استفاده قرار می‌گیرد.



نمودار فشار در برابر حجم کل حفره

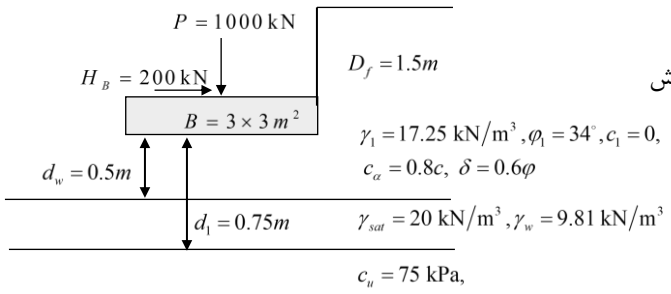
نمودار فشار گاز یا مایع بر حسب تغییرات حجم سل از خروجی مستقیم این نوع آزمایش است.

مشخصات خاک نظیر تنش پیش تحکیم، مقاومت زهکشی نشده خاک رس اشباع، مدول الاستیسیته و فشار جانبی برجای محل از انجام این آزمایش قابل حصول است.

Geotechnical Engineering

سوالات دو برگه A4 فرمول آزاد

سوال ۵- یک شالوده با مشخصات زیر است.



اگر ضریب اطمینان برابر با ۳ باشد مطلوبست ظرفیت باربری به روش هانسن؟ **۵ نمره**

حل:

گام ۱: تعیین عمق موثر :

$$H = 0.5B\tan\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\varphi_1}{2}\right) = 0.5\times 3\times \tan\left(45+\frac{34}{2}\right) = 2.821\text{m} > d_1$$ (۴ %)

پس خاک دو لایه عمل می کند.

گام ۲: تعیین ظرفیت باربری برای خاک لایه بالایی با مشخصات φ_1 و c_1 و با اثر سطح آب محاسبه می کنیم.

چون $c_1 = 0$ برابر با صفر است پس ترم‌های مربوط به چسبندگی را محاسبه نمی‌کنیم.

$$q_{ult1} = \bar{q}N_q S_q d_q i_q + 0.5\gamma_e B N_\gamma S_\gamma d_\gamma i_\gamma$$
$$\bar{q} = \gamma_1 D_f = 17.25\times 1.5 = 25.875\,\text{kPa}$$

(۸ %)

$$\begin{cases} N_q = e^{\pi\tan\varphi}\times\tan^2\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\varphi}{2}\right) = 29.44 \\ N_\gamma = 1.5\left(N_q-1\right)\tan\varphi = 28.774 \end{cases}$$

(۸ %)

$$\begin{cases} i_q = \left(1-\frac{0.5H}{V+A_f C_\alpha\cot\varphi}\right)^{\alpha_1} = \left(1-\frac{0.5\times 200}{1000}\right)^{3.5} = 0.692 \\ i_\gamma = \left(1-\frac{0.7H}{V+A_f C_\alpha\cot\varphi}\right)^{\alpha_2} = \left(1-\frac{0.7\times 200}{1000}\right)^{3.5} = 0.59 \end{cases}$$

$$\begin{cases} S_q = 1+\frac{B}{L}\sin\varphi = 1.559 \\ S_\gamma = 1-0.4\frac{B}{L} = 0.6 \end{cases}$$ (۸ %)

$$\begin{cases} d_\gamma = 1 \\ d_q = 1+2\tan\varphi\left(1-\sin\varphi\right)^2\frac{D}{B} = 1.131 \end{cases}$$ (۴ %)

$$\gamma_e = \left(2H-d_w\right)\left(\frac{d_w}{H^2}\right)\gamma_1 + \frac{\left(\gamma_{sat}-\gamma_w\right)}{H^2}\left(H-d_w\right)^2$$
$$= \left(2\times 2.82-0.5\right)\left(\frac{0.5}{(2.82)^2}\right)17.25 + \frac{(20-9.81)}{(2.82)^2}(2.82-0.5)^2 = 12.471\frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$ (۸ %)

$$q_{ult1} = \bar{q}N_q S_q d_q i_q + 0.5\gamma_e B N_\gamma S_\gamma d_\gamma i_\gamma$$ (۸ %)
$$= 25.875\times 29.44\times 1.559\times 1.131\times 0.692 + 0.5\times 12.471\times 3\times 28.774\times 0.6\times 1\times 0.59 = 929.465+190.544 = 1120\,\text{kPa}$$

Ali Asgari, PhD in Geotechnical Engineering

گام ۳: فرض شود در لایه بالایی یک برش پانچ به ابعاد شالوده رخ دهد که محیط آن برابر است با:

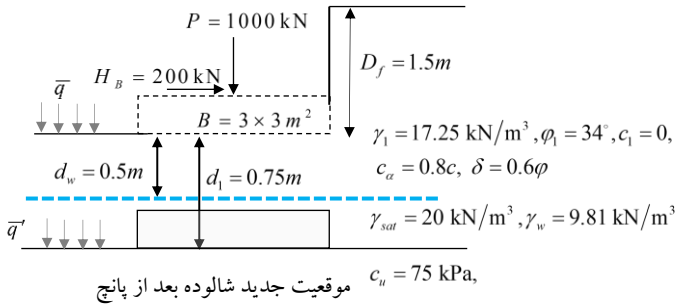
$$p = 4 \times B = 4 \times 3 = 12\,\text{m}$$

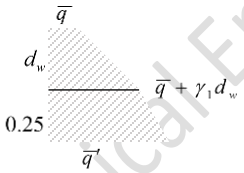
همچنین مقادیر $\bar{q}$ و $\bar{q}'$ برابر است با:

$$\bar{q} = \gamma_1 D_f = 17.25 \times 1.5 = 25.875\,\text{kPa},$$
$$\bar{q}' = \gamma_1 \left(D_f + d_w\right) + \left(\gamma_{sat} - \gamma_w\right)\left(d_1 - d_w\right) = 17.25 \times \left(1.5 + 0.5\right) + \left(20 - 9.81\right) \times \left(0.75 - 0.5\right) = 37.0475\,\text{kPa}$$

4 %

ظرفیت باربری برای خاک لایه بالایی با مشخصات φ_1 و c_1 را با اثر سطح آب محاسبه می‌کنیم.





گام ۴: محاسبه ظرفیت باربری q''_{ult} برای شالوده به عرض B و سربار $\bar{q}'$ بر روی خاک لایه تحتانی با مشخصات $\varphi_2 = 0$ و $c_u = 75$ و با اثر سطح آب (مطابق شکل بالا که شالوده در موقعیت جدید قرار گرفت) :

$$\varphi_2 = 0 \Rightarrow \quad q''_{ult} = 5.14 C_u \left(1 + S'_c + d'_c - i'_c\right) + \bar{q}' = 5.14 \times 75 \times \left(1 + 0.2 + 0.3 - 0.1033\right) + 37.05 = 575.48\,\text{kPa}$$

8 %

$$S'_c = 0.2\frac{B}{L} = 0.2, \quad d'_c = 0.4\frac{D}{B} = 0.4\frac{D_f + d_1}{B} = 0.4\frac{2.25}{3} = 0.3, \quad i'_c = 0.5 - 0.5\sqrt{1 - \frac{H}{A_f \times 0.8 C_u}} = 0.1033$$

4 % 4 % 4 %

گام ۴: محاسبه ظرفیت باربری q'_{ult} با کمک رابطه زیر:

$$q'_{ult} = q''_{ult} + \frac{pP'_v k_s \tan\left(0.6\varphi_1\right)}{A} + \frac{pd_1 \times \left(0.8 \times c_1\right)}{A}, \quad k_0 = 1 - \sin\varphi_1 = 0.441$$

$$k_a = \tan^2\left(45 - \frac{34}{2}\right) = 0.2827, \; k_p = \tan^2\left(45 + \frac{34}{2}\right) = 3.537, \quad k_s = \frac{k_0 + k_a + k_p}{3} = 1.42$$

4 %

که در آن P'_v مساحت قسمت هاشور خورده است:

$$P'_v = \gamma_1 D_f d_w + \frac{\gamma_1 d_w^2}{2} + \gamma_1 \left(D_f + d_w\right)\left(d_1 - d_w\right) + \frac{\left(\gamma_{sat} - \gamma_w\right)\left(d_1 - d_w\right)^2}{2} = 24.034\ \text{kN/m}$$

8 %

$$q'_{ult} = 575.48 + \frac{12 \times 24.034 \times 1.42 \tan\left(0.6 \times 34\right)}{9} + 0 = 592.4,$$

8 %

گام ۵: محاسبه ظرفیت باربری نهایی و مجاز:

Ali Asgari, PhD in Geotechnical Engineering

$$q_{ult} = \min\left\{q_{ult1}, q'_{ult}\right\} = 592.4, \quad q_{\alpha} = \min\left\{\frac{q_{ult1}}{\text{FS}}, \frac{q'_{ult}}{\text{FS}}\right\} = \frac{592.4}{3} \approx 200 \text{ kPa.}$$

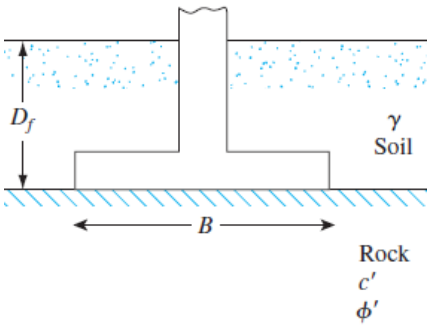
4 %　　4 %

کنترل لغزش: بهتر است همیشه چک شود.

$$H_{act} = 200\,\text{kN}, \qquad H_{\max} = P\tan\left(0.6\times\varphi_1\right) + C_{\alpha}A_f = 1000\times\tan\left(0.6\times34\right) + 0 = 371.9 \text{ kN}$$

$$\text{FS} = \frac{H_{\max}}{H_{act}} = \frac{371.9}{200} = 1.86 > 1.5 \quad \text{OK.}$$

سوال ۶- با رجوع به شکل مقابل، ابعاد شالوده مربعی B بر روی سنگ سیلت را با مشخصات داده شده به کمک رابطه ترزاقی تعیین کنید؟ بار وارده به شالوده برابر با ۱۷۰ مگانیوتن در نظر بگیرید. **۳ نمره**



$$D_f = 1.5m, \quad \gamma_{soil} = 17\,kN/m^3, c' = 20\,MN/m^2$$
$$\varphi' = 35^{\circ}, \ \gamma_{rock} = 24\,kN/m^3, RQD = 55\%,$$
$$q_{all} = 110\,MN/m^2, \quad f'_c = 30\,MN/m^2, \quad FS = 3,$$

حل:

$$q_u = c'S_cN_c + \gamma_{soil}D_fN_q + 0.5\gamma_{rock}BS_{\gamma}N_{\gamma}$$

$$N_c = 5\tan^4\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi'}{2}\right) = 5\tan^4\left(45 + \frac{35}{2}\right) = 68.09$$

25 %

$$N_q = \tan^6\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi'}{2}\right) = \tan^6\left(45 + \frac{31}{2}\right) = 50.25$$

$$N_{\gamma} = N_q + 1 = 51.25$$

5 %

15 %

$$q_u = \left(20\times10^3\,kN/m^2\right)\times1.3\times68.087 + 17\times1.5\times50.25 + 0.5\times24\times B\times0.8\times51.25 = 1771539.726 + 492B\ kN/m^2$$

- روابط اشاره شده برای ظرفیت باربری نهایی سنگ سالم(intact rock) و بدون درز است و برای محاسبه ظرفیت نهایی با توجه به مقدار RQD سنگ اصلاح می شود:

15 %

$$q_{u(\text{modified})} = q_u\left(RQD\right)^2 = \left(1771.54 + 0.492B\right)\left(0.55\right)^2 = 535.891 + 0.149B\,MN/m^2$$

- ظرفیت مجاز باربری سنگ نباید از مقاومت فشاری ۲۸ روزه بتن استفاده شده در شالوده بیشتر فرض شود.

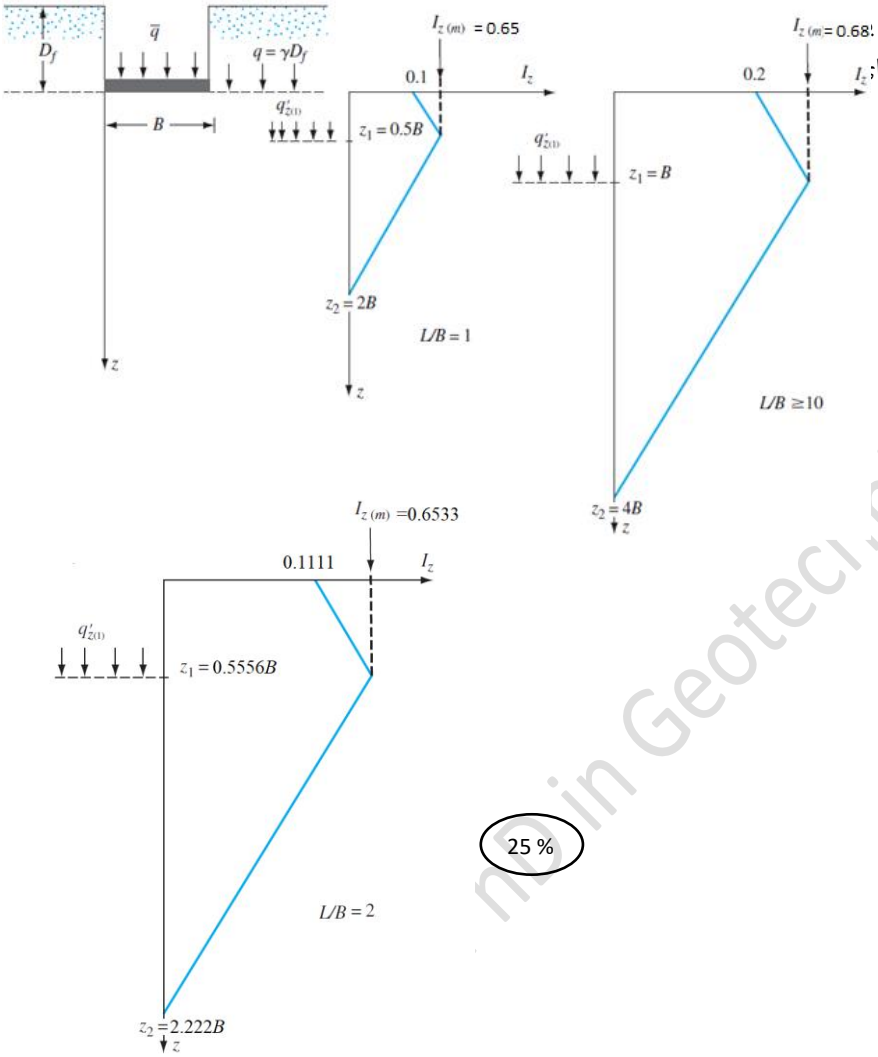
Ali Asgari, PhD in Geotechnical Engineering

$$q_{all}=\frac{q_{u(\text{modified})}}{FS}=\frac{535.891+0.149B}{4}=133.97+0.03723B\,MN/m^2=30\,MN/m^2\Rightarrow B=-3600.66\,m\ \times$$ (10 %) (10 %)

$$q_{all}=\frac{170}{B^2}\geq 30\quad\Rightarrow\quad B=2.38m$$ (20 %)

سوال ۷- نشست الاستیک ماسه در مدت شش سال در $I_{z(m)}=0.68$; I_z (از روش اشمرتمن و هارتمن استفاده کنید).راهنمایی: برا؛

۵ نمره $\gamma=17.5\,\text{kN/m}^3, D_f=1.2m,$



$$E_s=2.5q_c\quad\text{for square foundation}$$
$$E_s=3.5q_c\quad\text{for strip foundation,}$$
$$E_{S(\text{rectangle})}=\left(1+0.4\log\left(\frac{L}{B}\right)\right)E_{S(\text{square})}$$

عمق به متر	مقاومت نوک مخروط کیلو پاسکال
0-0.5	2250
0.5-2.5	3430
2.5-5	2590

حل:

25 %

$$E_{S(\text{rectangle})}=\left(1+0.4\log\left(\frac{L}{B}\right)\right)E_{S(\text{square})}=\left(1+0.4\log\left(\frac{4}{2}\right)\right)2.5q_c=2.801q_c$$

عمق به متر	مقاومت نوک مخروط کیلو پاسکال	$E_{S(\text{rectangle})}=2.801q_c$	$\bar{I}_z$	Δz	$\frac{\bar{I}_z}{E_s}\Delta z$ (15 %)
0-0.5	2250	6302.25	0.233	0.5	1.84934E-05
0.5-1.11	3430	9607.43	0.504	0.61	3.207E-05
1.11-2.5	3430	9607.43	0.517	1.39	7.47679E-05
2.5-4.44	2590	7254.59	0.1905	1.94	5.10713E-05
4.44-5	2590	7254.59	0	0.56	0
		(15 %)	(25 %)		$\sum$=0.000176

Ali Ass in Geotechnical Engineering

$$S_e = C_1 C_2 \left(\bar{q} - q\right) \sum_{i=1}^{z_i} \frac{\bar{I}_{zi}}{E_{si}} \Delta z_i$$

$$q = \gamma D_f = 17.5 \times 1.2 = 21 \text{kPa}, \qquad C_1 = 1 - 0.5\left(\frac{q}{\bar{q} - q}\right) = 1 - \frac{21}{145 - 21} = 0.915,$$

5 %

$$C_2 = 1 + 0.2 \log \frac{t \text{ (year)}}{0.1} = 1 + 0.2 \log \frac{6}{0.1} = 1.35563$$ 5 %

$$S_e = C_1 C_2 \left(\bar{q} - q\right) \sum_{i=1}^{z_i} \frac{\bar{I}_{zi}}{E_{si}} \Delta z_i = 0.915 \times 1.35563 \left(145 - 21\right) \times 0.000176 = 2.71 \times 10^{-2}\ m$$

10 %

Ali Asgari, PhD in Geotechnical Engineering