مدت زمان پاسخ‌گویی به سوالات **۱۲۰** دقیقه می‌باشد. **بخش اول سوالات: جزوه و کتاب و برگه‌های فرمول ممنوع است!**

سوال ۱- الزامات کلی در طراحی پی ها چیست؟ حداقل به ۵ مورد اشاره شود؟ **۱,۲۵ نمره** (۲۰ %)

حل: ۱- عناصر پی باید متناسب با سطح ایمنی تنش در خاک و محدودیت نشست ها در حد قابل قبول طراحی شوند. اکثر خرابی در سالهای اخیر ناشی از اضافه تنش ایجاد شده در خاک زیرین و به تناسب آن فروریزی جزئی یا گسیختگی موضعی سازه است.

۲- تنوع خاک در ترکیب با بارهای پیش بینی نشده مانند زمین لرزه می تواند باعث بروز مشکلاتی از نظر نشست منجر گردد که طراح باید یک کنترل کمی بر روی آن داشته باشد. (۲۰ %)

۳- بدلیل فرآیند ساخت یا استقرار پی، ممکن است خصوصیات و پارامترهای به کار گرفته شده خاک (قبل از احداث) تغییر کرده باشدکه طراح باید از آن آگاهی کسب کند. (۲۰ %)

۴- ممکن است دو شرکت طراحی در طرح پی یک سازه به نقطه نظر مشترک از نظر ابعاد پی و یا حتی نوع پی برسند. ولی اینطور نیست که شرکت اول نوع پی را نواری و شرکت دوم آنر ا شمع پیشنهاد کرد. (۲۰ %)

۵- پی باید از عمق کافی برخوردار باشد تا از بیرون زدن مصالح زیر پی بصورت جانبی در شالوده ها و پی های گسترده جلوگیری شود. (۲۰ %)

۶-عمق پی باید زیر ناحیه تغییرات حجمی فصلی ناشی از یخبندان، ذوب یخ و رشد گیاهان باشد و معمولا در اکثر آیین نامه ها حداقل عمق پی (بسته به نوع محل) ذکر شده است. همچنین باید سطح آب زیرزمینی (GWT) مورد بررسی قرار گیرد که اگر تا بالای شالوده باشد باعث بالاآمدگی و یا شناوری شالوده می شود.

۷- در طراحی پی های بر روی خاک های مسئله دار مانند خاکهای منبسط شونده، باید ابتدا خاک را اصلاح کرد (دور کردن رطوبت یا ایزوله کردن رطوبتی این نوع خاک ها).

۸- از سیستم پی (مانند پی های اسکله، توربین های بادی، شمع های چوبی و فلزی در دریا) باید در مقابل خوردگی و فساد ناشی از موارد زیان آور موجود در خاک حفاظت کرد.

۹- سیستم پی طراحی شده باید قابلیت تغییر ابعاد بدلیل تغییرات ابعادی و هندسه در زمین مورد احداث را داشته باشد.

۱۰- پی باید قابلیت اجرا را داشته باشد و همچنین اجرا آن از نقطه نظر استانداردهای محلی محیط زیست بلامانع باشد.

سوال۲- انواع روش‌های حفاری و نمونه گیرها را نام ببرید ؟ میزان دست خوردگی نمونه در انواع نمونه گیر را با ذکر دلیل شرح دهید؟ **۱,۷۵ نمره**

حل: انواع روش های گمانه زنی: روش های مختلفی برای گمانه زنی وجود دارد که برخی از آن ها منسوخ شده است:

۱- گمانه زنی با مته مارپیچی و قاشقی ۶,۶۷ %

۲- گمانه زنی دورانی

۳- گمانه زنی تزریقی یا شستشویی

۴- گمانه زنی ضربه ای یا پرکاشن

۵- حفر دستی

۶,۶۷ %

انواع نمونه گیرها: ۱- نمونه‌گیر قاشقی یا قاشقک شکافدار: برای اخذ نمونه های دست خورده است که در آزمایش نفوذ استاندارد SPT بکار می‌رود. ضخامت جدار آن تا حدودی ضخیم است و همان باعث دست خوردگی زیاد نمونه می شود. ۶,۶۷ %

۲- نمونه‌گیر جدارنازک یا شلبی: معمولا نمونه بدست آمده با دست خوردگی کم(بدلیل جدار نازک بودن) است.

۳- نمونه‌گیر پیستونی: وقتی قطر نمونه بزرگ باشد، ممکن است نمونه به واسطه بیرون کشیدن به کف چاه ریزش کند در اینصورت با ایجاد مکش در قسمت فوقانی نمونه مانع ریزش می‌شود. بدلیل مکشی بودن و جدار نازک بودن نمونه‌گیر، نمونه دست‌نخورده تر از نمونه‌گیر شلبی است.

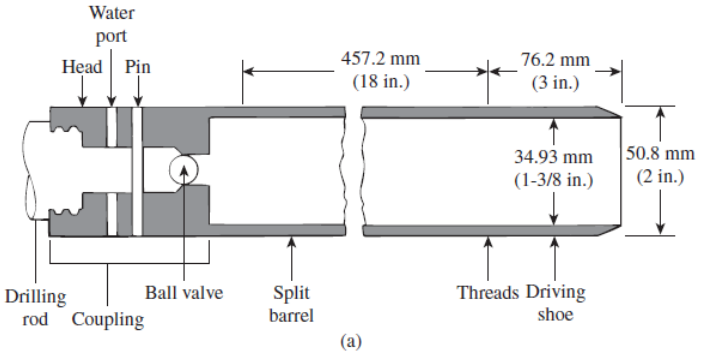
۴- نمونه گیر لفافی: وقتی طول نمونه بزرگ باشد ممکن است اصطکاک جانبی مانع تهیه یک نمونه دست نخورده شود. با نمونه گیر لفافی می توان نمونه ای حتی به طول ۱۰ تا ۲۰ متر با کمترین اصطکاک تهیه کرد. بین نمونه خاک و لوله کاغذهای فیلتر قرار دارند که باعث کاهش اصطکاک و کاهش دست خوردگی می‌شوند.

۵- نمونه‌گیر پیچشی: در بدنه آن شیاری دارد که با چرخاندن نمونه گیر خاک را خراش داده و در محفظه خود می ریزد. بنابراین نمونه های از این نوع نمونه گیردست خورده هستند.

سوال۳- میزان دست خوردگی خاک در نمونه‌گیر زیر چقدر است؟ چطور می‌توان دست‌خوردگی را به حداقل رساند ؟ **۱ نمره**

حل: با کاهش ضخامت جدار نمونه گیر و کم کردن اصطکاک بین جدار نمونه گیر و نمونه، می‌توان دست‌خوردگی را به حداقل رساند.

۵۰ %



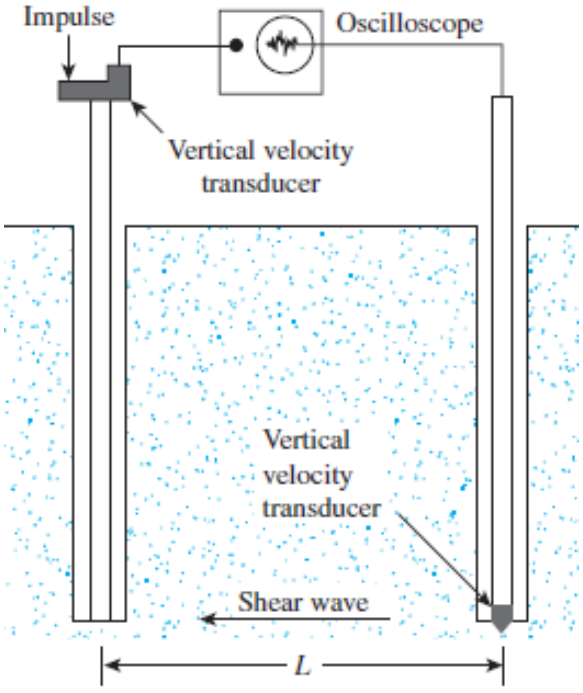
$$A_R\,(\%)=\frac{D_o^2-D_i^2}{D_i^2}\times 100=\frac{(50.8)^2-(34.93)^2}{(34.93)^2}\times 100=111.5\%$$ ۵۰ %

سوال٤- چگونه در شناسایی‌های زیرسطحی ژئوفیزیکی سرعت برشی و مدول برشی خاک تعیین می شود؟ **۱,۵ نمره**

حل: برای تعیین سرعت موج برشی دو چاه به فاصله L از یکدیگر حفر کرده و بوسیله یک میله مطابق با شکل زیر ضربه ی قائمی به میله وارد می کنیم. این ضربه باعث ایجاد موج برشی در ته گمانه می کند. موج برشی فاصله L را در زمان t به گمانه کناری می رسد. در گمانه دیگر یک گیرنده حساس وجود دارد و زمان گرفتن اولین موج برشی را ثبت می کند. موج برشی از رابطه مقابل تعیین می شود:

۴۰ %

$$v_s=\frac{L}{t},$$ ۳۰ %



با داشتن سرعت موج برشی v_S می توان مدول برشی خاک G_S را تعیین کرد:

$$v_s=\frac{G_s}{\rho_s}\Rightarrow G_s=\frac{v_s^2\gamma}{g}$$ ۳۰ %

γ: وزن مخصوص خاک

سوال۵-الف) ضرایب اسکمپتون چگونه تعیین می شوند و چه رابطه با اضافه فشار آب حفره‌ای دارند؟ ب) اثر در نظرگرفتن سه بعدی محیط چه تاثیری بر روی مقدار نشست تحکیم اولیه دارد ؟ با ذکر دلیل توضیح دهید؟ **۲,۲۵ نمره**

$$S_c = \int_0^{H_c} m_v \Delta u dz$$

چگونگی تعیین ضرایب اسکمپتون: در آزمایش سه محوره وقتی شیر بسته است و وقتی تنش σ_3 را از طریق فشار سیال(هیدرواستاتیک)اعمال کرده ایم، می‌توان اضافه فشار آب حفره‌ای ایجاد شده Δu_B در نمونه را از طریق فشارسنج متصل به نمونه قرائت کرد. ضریب اسکمپتون B از رابطه زیر تعیین می‌شود: $B = \frac{\Delta u_B}{\Delta \sigma_3}$ (۲۵%)

هر چقدر B به یک نزدیکتر باشد نشان میدهد که درصد رطوبت خاک به اشباع نزدیکتر است. در آزمایش سه محوری فرض بر این است که خاک اشباع باشد. بنابراین می توان با تعیین ضریب B متوجه شد که خاک اشباع است یا خیر.

به طورمثال در آزمایش CU بعد از یافتن شیر زهکشی را باز می‌کنیم تا تحکیم کامل انجام شود و اضافه فشار آب حفره‌ای (Δu_B) در نمونه برابر با صفر شود. سپس شیر زهکشی را می‌بندیم و $\Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_3$ را توسط اهرم بارگذاری قائم، به نمونه وارد می‌کنیم و اضافه فشار آب حفره‌ای ایجاد شده Δu_A در نمونه را از طریق فشارسنج متصل به نمونه قرائت می‌کنیم. ضریب اسکمپتون A از رابطه زیر تعیین می‌شود: $A = \frac{\Delta u_A}{\Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_3}$ (۲۵%)

رابطه اضافه فشار با ضرایب اسکمپتون: ضرایب اسکمپتون در برآورد اضافه فشار آب حفره‌ای نقش موثری ایفا می کنند بطور مثال در شرایط ابتدای شرایط بارگذاری، اضافه از رابطه زیر تعیین می‌شود که در آن $\Delta\sigma_3$ اضافه تنش هم جانبه یا کمینه است و $\Delta\sigma_1$ تنش قائم و بیشینه است. (۱۰ %)

$$\Delta u = B\Delta\sigma_3 + A(\Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_3)$$

از آنجایی که در زیر سازه اضافه تنش قائم معمولا با اضافه تنش جانبی متفاوت است (بدلیل ضریب جانبی خاک) و همچنین اضافه فشار آب برخلاف اضافه تنش ها یک کمیت اسکالر است بنابراین اصلاح روابط نشست ضروری است. اگر اضافه تنش جانبی با قائم یکی فرض شود نیاز به اصلاح نشست نیست.

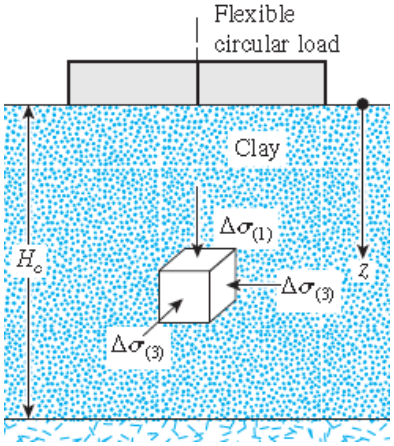
معمولا ضریب اصلاح با توجه به روابط زیر کمتر از یک است و در نتیجه در نظر گرفتن اثر سه بعدی مقدار نشست تحکیمی را کاهش می‌دهد. (۱۵ %)

$$S_{c-oed} = \int_0^{H_c} m_v \Delta\sigma_1 dz,$$ نشست تحکیمی اصلاح نشده

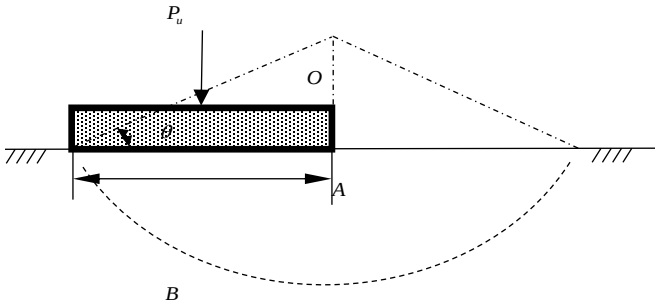
25 %

$$S_c = \int_0^{H_c} m_v \Delta u dz = \int_0^{H_c} m_v \left\{ B\Delta\sigma_3 + A\left(\Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_3\right)\right\} dz$$ نشست تحکیمی اصلاح شده

$$K_{ci} = \frac{S_c}{S_{c-oed}} = \frac{\int_0^{H_c} m_v \left\{ B\Delta\sigma_3 + A\left(\Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_3\right)\right\} dz}{\int_0^{H_c} m_v \Delta\sigma_1 dz} = \frac{\left(B-A\right)\int_0^{H_c} m_v \Delta\sigma_3 dz + A\int_0^{H_c} m_v \Delta\sigma_1 dz}{\int_0^{H_c} m_v \Delta\sigma_1 dz} = A + \left(B-A\right)\frac{\int_0^{H_c} \Delta\sigma_3 dz}{\int_0^{H_c} \Delta\sigma_1 dz}$$



سوال ٦- یک شالوده نواری به عرض B در سطح یک خاک چسبنده رس اشباع و همگن با مقاومت زهکشی نشده S_u مطابق شکل زیر قرار گرفته است. با فرض اینکه گسیختگی حول نقطه O در بالای شالوده باشد و شعاع گسیختگی R باشد، ظرفیت باربری را بدست آورید. **۲,۲۵ نمره**



حل:

مجموع لنگر حول نقطه O را برابر با صفر قرار می‌دهیم:

$$\sum M_O = 0, \qquad q_{ult} \times B \times \frac{B}{2} = S_u \left(\pi - 2\theta\right) R^2 \xrightarrow{B = R\cos\theta} q_{ult} = \frac{2S_u \left(\pi - 2\theta\right)}{\cos^2\theta}$$

۳۳,۳ %

برای اینکه ظرفیت باربری کمینه شوده باید نسبت به θ مشتق می گیریم. بنابراین داریم:

$$\frac{\partial q_{ult}}{\partial \theta} = 0 \quad \Rightarrow \quad \frac{\partial q_{ult}}{\partial \theta} = 2S_u \frac{-2\cos^2\theta + 2\left(\pi - 2\theta\right)\cos\theta\sin\theta}{\cos^4\theta} = 0$$

۴۳,۳ %

$$\Rightarrow \quad \left(\pi - 2\theta\right)\sin\theta - \cos\theta = 0 \quad \Rightarrow \quad \theta = 0.405 \text{ rad} = 23.218^\circ$$

$$q_{ult} = \frac{2S_u \left(\pi - 2\theta\right)}{\cos^2\theta} = 5.28S_u, \quad p_{ult} = 5.28BS_u$$

۲۳,۳ %

سوال ۷- در شالوده‌ها بر روی خاک دانه‌ای کدام ترم ظرفیت باربری غالب است؟ در خاک‌های رسی چطور؟ با ذکر دلیل؟ **۱ نمره**

۲۵ %

حل: در خاک دانه‌ای بدلیل عدم چسبندگی ترم چسبندگی صفر و یا ناچیز است و بدلیل داشتن زاویه اصطکاک داخلی خاک با کوچکترین افزایش در مقدار زاویه داخلی خاک مقدار N_q به طور فزاینده افزایش می یابد بنابراین ترم عمق موثرتر است.

۲۵ %

در خاک های رسی بدلیل ناچیز بودن یا صفر بودن زاویه اصطکاک داخلی ترم های عمق و شکل کوچک هستند بنابراین اثر ترم چسبندگی غالب است.

۲۵ %

۲۵ %

بخش دوم سوالات: دو برگه A4 فرمول + ماشین حساب آزاد می‌باشد.

سوال ۸- نتایج اصطکاک توک یک نفوذ مخروط الکتریکی در یک خاک اشباع با وزن مخصوص اشباع ۱۹ کیلونیوتن بر متر مکعب به‌صورت شکل زیر نمایش داده شده است. اگر اصطکاک جدار در عمق ۱۰ متری برابر با ۴۲ کیلو پاسکال باشد، مطلوبست تعیین الف) نام خاک؟ ب) قطر متوسط D_{50} و c_u بر اساس رابطه $\text{Anagnostopoulos et al.}(2003)$ ج) نسبت پیش تحکیمی OCR از رابطه $\text{Mayne and Kemper}(1988)$ د) ظرفیت باربری نهایی برای شالوده مربعی از روش $\text{Schmertmann,}(1978)$ **۲,۵ نمره**

حل: الف) با توجه به شکل سمت چپ مقدار تنش نوک در عمق ۱۰ متر تقریبا برابر با ۱۶۰۰ کیلوپاسکال است بنابراین داریم:

$$R_f = f_R = \frac{q_s}{q_c}\times 100 = \frac{42}{1600}\times 100 = 2.625$$ (۲۰ %)

نام خاک لای رس دار- رس لای دار است. (۲۰ %)

حل ب)

$\text{Anagnostopoulos et al.}(2003)$

$F_r(\%) = 1.45 - 1.36\log D_{50}(mm)$ electric cone

$2.625 = 1.45 - 1.36\log D_{50} \Rightarrow D_{50} = 0.136\,mm$ (۱۵ %)

$$c_u = \frac{q_c - \sigma_0}{17.2} = \frac{1600 - (19\times 10)}{17.2} = 82\,\text{kPa}$$ (۱۵ %)

حل ج)

$\text{Mayne and Kemper}(1988)$

$$\text{OCR} = 0.37\left(\frac{q_c - \sigma_0}{\sigma_0'}\right)^{1.01} = 0.37\left(\frac{1600 - (19\times 10)}{((19-9.81)\times 10)}\right)^{1.01} = 5.83$$ (۱۵ %)

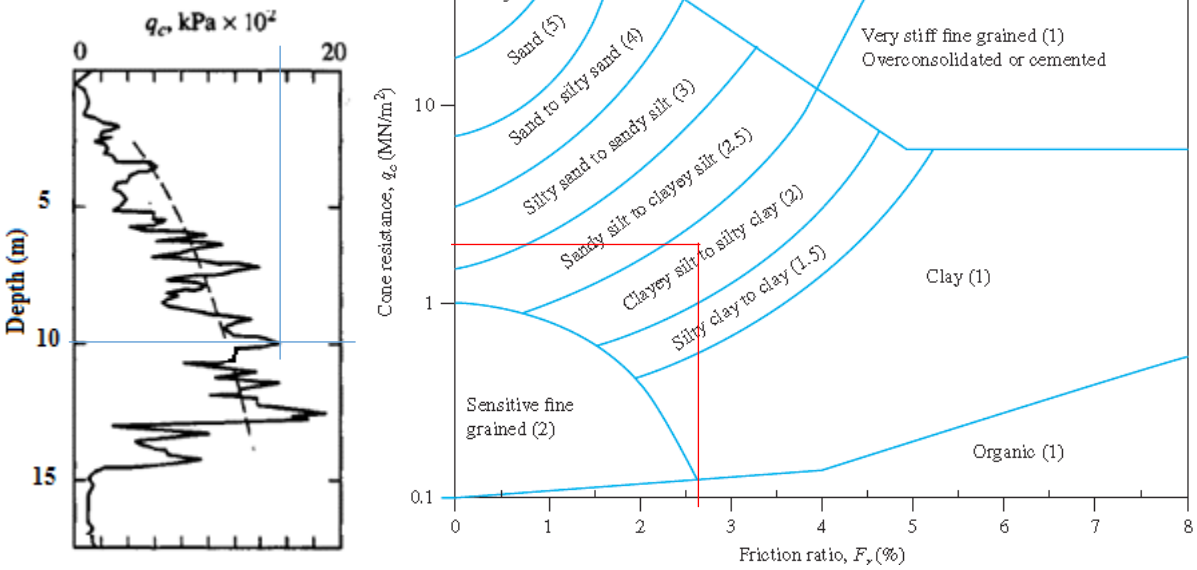
حل د)

$\text{Schmertmann,}(1978)$ for cohesionless soil

$q_{ult}\left(\text{kg/cm}^2\right) = 48 - 0.009(300 - q_c)^{1.5} = 48 - 0.009(300-16)^{1.5} = 4.92\,\text{kg/cm}^2$,

$\text{Schmertmann,}(1978)$ (۱۵ %)

for caly soil $\left\{q_{ult}\left(\text{kg/cm}^2\right) = 5 - 0.34q_c = 5 - 0.34\times 16 = -0.44\,\text{kg/cm}^2\right.$ × N.A.


q_c, kPa × 10^2
0
20
5
10
15
Depth (m)
100
10
1
0.1
Cone resistance, q_c (MN/m^2)
Gravelly sand to sand (6)
Sand (5)
Sand to silty sand (4)
Silty sand to sandy silt (3)
Sandy silt to clayey silt (2.5)
Clayey silt to silty clay (2)
Silty clay to clay (1.5)
Sand to clayey sand (2)
Overconsolidated or cemented
Very stiff fine grained (1)
Overconsolidated or cemented
Clay (1)
Sensitive fine grained (2)
Organic (1)
0
1
2
3
4
5
6
7
8
Friction ratio, F_r (%)

سوال ۹- ظرفیت مجاز کششی شالوده بتنی به وزن مخصوص $24\ kN/m^3$ و ابعاد $1.5 \times 1.5 \times 0.8$m واقع در عمق 2.5 m خاکی با مشخصات $\gamma = 18\ kN/m^3,\ s_u = 25kPa,\ \varphi' = 30°$، را تعیین کنید؟ ضریب اطمینان را ۳ فرض کنید. **۳ نمره**

ϕ =		20°	25°	30°
Limiting	H/B	2.5	3	4
	m	0.05	0.10	0.15
Maximum	s_f	1.12	1.30	1.60

حل: از جدول داریم: $\varphi' = 30^\circ \Leftarrow H/B = 4 \Leftarrow D = 2.5m,\ H = 4\times1.5 = 6m \Leftarrow D < H$ پس شالوده سطحی است. در این صورت H را برابر با D در نظر می گیریم. (۱۵ %)

$$T_u = 2s_u D\left(B+L\right)+\gamma D^2\left(2s_f B+L-B\right)K_u\tan\left(\varphi\right)+W$$

$$s_f = 1+m\,D/B = 1+0.15\times\frac{2.5}{1.5} = 1.25 \le s_{f\,\max} = 1.6 \quad (۱۵\ \%)$$

$$K_u = \tan^2\left(45+\frac{30}{2}\right) = K_p = 3,\quad K_u = \sqrt{K_p} = \sqrt{3},\ K_u = K_a = \frac{1}{K_p} = 0.33,\quad K_u = 0.65+0.5\varphi = 0.912,$$

$$K_u = 1-\sin 30^\circ = 0.5,\quad K_u = \frac{3+\sqrt{3}+0.33+0.912+0.5}{5} = 1.29 \quad (۲۵\ \%)$$

$$W = W_{concrete}+W_{soil} = 1.5(1.5)(0.8)(24)+1.5(1.5)(2.5-0.8)(18) = 112.05kN \quad (۱۰\ \%)$$

$$T_u = 2(25)(2.5)(1.5+1.5)+18(2.5)^2\left(2\times(1.25)\times1.5+1.5-1.5\right)(1.29)\tan\left(30^\circ\right)+112.05 = 801.25kN \quad (۲۵\ \%)$$

$$T_{all} = \frac{T_u}{FS} = \frac{801.25}{3} = 267.08kN \quad (۱۰\ \%)$$

سوال ۱۰- میزان نشست الاستیک را برای شالوده مربعی صلب به ضلع ۱,۵ متر را تحت بار قائم ۱۸۰ کیلو نیوتن و لنگر ۲۷ کیلونیوتن متر تعیین کنید؟ (ظرفیت باربری را از روش وسیک محاسبه کنید). **۳,۵ نمره**

$$D_f = 0.7\,m,\ \gamma = 18\ kN/m^3,\ \phi = 30^{\circ}, c = 0,\ \mu_s = 0.3,\ E_s = 15000\ \text{kPa},\ \alpha_r = 0.82$$

محاسبه ظرفیت باربری شالوده بدون اثر لنگر:

10 %

$$N_q = \mathrm{e}^{\pi\tan\varphi}\tan^2\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\varphi}{2}\right) = 18.401, \qquad N_\gamma = 2\left(N_q+1\right)\tan\varphi = 22.402$$

5 %

$$\begin{cases} d_\gamma = 1 \qquad \text{for all } \varphi \\ d_q = 1+2\tan\varphi\left(1-\sin\varphi\right)^2 k = 1.135 \\ k = \begin{cases} D/B, & D/B \le 1 \\ \tan^{-1} D/B, & D/B \ge 1 \end{cases} = 0.467 \end{cases}$$

10 %

$$\begin{cases} S_\gamma = 1-0.4\dfrac{B}{L} = 0.6 \ge 0.6 \\ S_q = 1+\dfrac{B}{L}\tan\varphi = 1.577 \end{cases}$$

10 %

$$q_{ult} = \bar{q}N_q S_q d_q + \frac{1}{2}\gamma B N_\gamma S_\gamma d_\gamma =$$

$$18\times(0.7)(18.401)(1.577)(1.135)+\frac{1}{2}(18)(1.5)(22.402)(0.6)(1) = 596.44$$

15 %

محاسبه ظرفیت باربری شالوده با اثر لنگر:

$$B' = B - 2e = B - 2\frac{M}{V} = 1.5 - 2\frac{27}{180} = 1.2m$$

5 %

$$q_{ult} = \bar{q}N_q S_q d_q + \frac{1}{2}\gamma B' N_\gamma S_\gamma d_\gamma$$

$$= 18\times(0.7)(18.401)(1.577)(1.135)+\frac{1}{2}(18)(1.2)(22.402)(0.6)(1) = 560.15$$

10 %

$$Q_{(e=0)} = \frac{Q_{(e)}}{Q_{ult(e)}}Q_{ult(e=0)} \Rightarrow\ Q_{(e=0)} = \frac{180}{560.15}\times 596.44 = 191.66$$

10 %

$$S_{e(e=0)} = \frac{Bq_0}{E_s}\left(1-\mu_s^2\right)\alpha_r = \frac{Q_{(e=0)}}{BE_s}\left(1-\mu_s^2\right)\alpha_r = \frac{191.66}{(1.5)15000}\left(1-0.3^2\right)\times 0.82 = 0.00636m = 6.36mm$$

15 %

$$S_e = S_{e(e=0)}\left(1-2\left(\frac{e}{B}\right)\right)^2 = 6.36\left(1-2\left(\frac{0.3}{1.5}\right)\right)^2 = 2.29mm$$

10 %

به امید موفقیت عسگری