باسمه تعالی نام دانشجو امتحان پایان ترم مکانیک خاک نیمسال اول- ۲۵ دی‌ماه ۱۴۰۲

وقت: ۱۰۰ دقیقه، جزوه بسته، ماشین حساب مجاز است.

سوال ۱- دو منبع پر از آب به ابعاد ۴*۴*۴ متر مکعب و ۲*۲*۴ متر مکعب به ترتیب بر روی دو شالوده مربعی شکل به اضلاع ۴ (شالوده شماره ۱)و ۲ (شالوده شماره ۲) متر قرار دارند. اگر اضافه تنش ناشی از منبع ها در راستای مرکز دو شالوده ۱ و ۲ در عمقی با هم برابر باشند، این عمق ها z1/z2 چه نسبتی دارند؟ **۱.۲۵ نمره**

الف- ۱ ب- ۲ ج- ۴ د- ۰.۵

سوال ۲- دو شالوده مربعی و نواری به عرض یکسان را در نظر بگیرید. در یک عمق یکسان در زیر شالوده ها، اضافه تنش در خاک ناشی از تنش وارده ..... **۱ نمره**

الف-در شالوده مربعی بیشتر از نواری است. ب-نواری بیشتر است. ج- یکسان است چون دو شالوده عرض یکسان دارند.

د- بسته به طول شالوده نواری دارد که می تواند یکی از سه گزینه باشد.

سوال ۳- میزان تنش مماسی در زیر شالوده انعطاف پذیر چگونه است؟ **۱ نمره**

الف- تقریبا یکنواخت و ثابت است ب-در وسط بیشتر از گوشه است ج- در گوشه بیشتر از وسط است د- بسته به نوع خاک می تواند یکی از سه حالت اتفاق می افتد

سوال ۴- کدام عبارت در مورد نتایج تست سه محوره در فاز برش بر روی ماسه سست صحیح است؟**۱ نمره**

الف- در آزمایش CD حجم کاهش یافته و فشار آب حفره ای ثابت است. ب- در آزمایش CU حجم ثابت و فشار آب حفره ای کاهش یافته است.

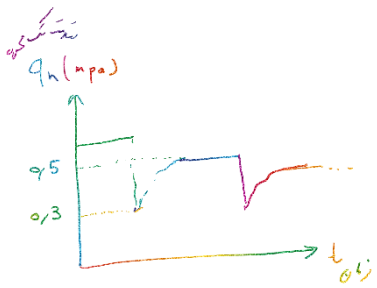
ج- در آزمایش CU حجم ثابت و فشار آب حفره ای پس از کاهش ناچیز، افزایش می یابد.

د- در آزمایش CD فشار آب حفره ای ثابت و حجم نمونه پس از کاهش ناچیز، افزایش می یابد.

سوال ۵- اگر در فاز برش آزمایش سه محوره CD بر روی خاک ماسه‌ای اشباع، تنش انحرافی یا اضافی را با سرعت بیشتری وارد کنیم، فشار آب چگونه تغییر می‌کند؟**۱ نمره**

الف- زیادتر می شود. ب- کمتر می شود. ج- چون شیر زهکش باز است فشاری تولید نمیشود تا بخواهیم تغییرات آنرا بررسی کنیم د- به نوع خاک وابسته است

سوال ۶- در آزمایش تک محوره بر روی نمونه خاک اشباع ، چسبندگی خاک دست نخورده نمونه ۰.۳ مگاپاسکال خوانده شده است. اگر منحنی مقاومت تک محوره بر روی همین خاک بر حسب زمان بصورت زیر باشد مطلوبست تعیین ضریب چسبندگی خاک دست خورده و حساسیت آن درست بعد از اولین دست خوردگی؟ **۱ نمره**



الف- ۰.۱۵ مگاپاسکال و ۲ ب- ۰.۳ مگاپاسکال و ۱.۶۷ ج-۰.۱۵ مگاپاسکال و ۲ د- ۰.۲ مگاپاسکال و ۲
ه- ۰.۲ مگاپاسکال و ۱.۶۷

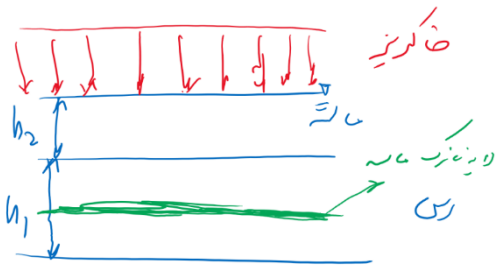
سوال۷- بالا آمدن آب بر اثر خاصیت موئینگی در شیروانیهای نامحدود..... **۱ نمره**

الف- باعث افزایش پایداری شیروانی می شود ب- باعث کاهش پایداری شیروانی می شود ج-تاثیری ندارد د- ممکن است هم موجب افزایش و هم کاهش پایداری گردد

سوال۸- در آزمایش سه محوره بر روی ماسه اشباع با چسبندگی صفر و زاویه اصطکاک ۳۰ درجه، تحت تنش همه جانبه ۱۰۰ کیلو پاسکال تحکیم شد و تحت تنش انحرافی ۱۵۰ کیلو پاسکال گسیخته شد. ضریب اسکمتون A و B خاک به ترتیب چند است؟**۱.۲۵ نمره** جواب: ۰.۱۶۶۷ و ۱

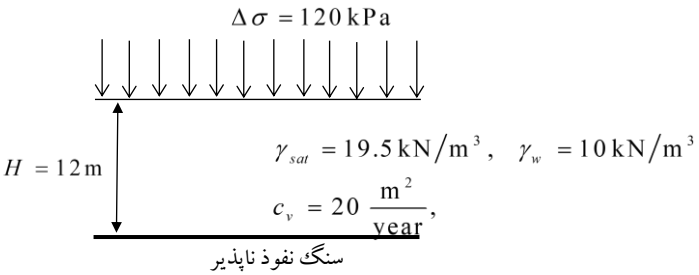
الف- ۰.۵ و ۱ ب- ۰ و ۰.۹ ج- ۰.۲۵ و ۱ د- ۰.۴ و ۱ ه- ۰.۴ و ۰.۹

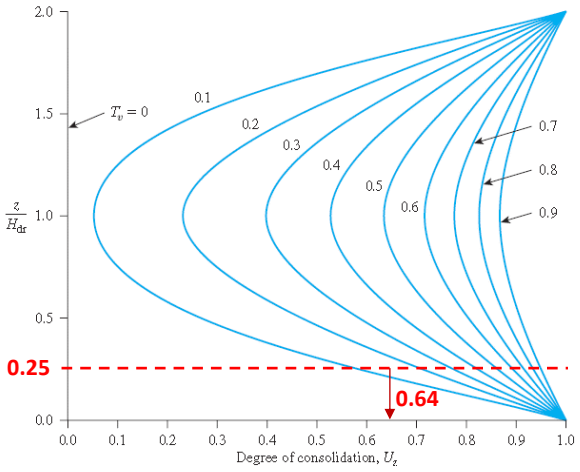
سوال۹-یک لایه رسی به ضخامت h1 متر بر روی یک بستر نفوذناپذیر از پایین و یک لایه ماسه به ضخامت h2 بر روی ان قرار دارد. سطح آب همسطح زمین است. اگر یک خاکریز بر روی زمین اجرا گردد مقدار نشست نهایی برابر با S1 و نشست پس از دوسال d1 می باشد. اگر در وسط لایه رس، یک لایه خیلی نازک ماسه با زهکشی آزاد وجود داشته باشد مقدار نشست نهایی S2 ونشست پس از دو سال d2 می باشد. کدام یک از روابط زیر درست است. **۱ نمره**



الف- d2=d1 و S1=S2 ب- d1>d2 و S1>S2 ج- d1<d2 و S2=S1 د- d2=d1 و S1<S2

سوال ۱۰- شکل زیر را در نظر بگیرید اگر تنش اضافی $\Delta\sigma = 120\,\text{kPa}$ به لایه وارد شود آنگاه: الف) اضافه فشار آب حفره‌ای ناشی از سربار بعد از ۱ سال بارگذاری در عمق ۳ متری از سطح زمین را از دو روش گراف و رابطه زیر تا (m=1) تعیین کنید؟ ب) اضافه فشار آب حفره‌ای متوسط را بعد از یکسال بدست آورید و نسبت به حالت‌های الف مقایسه کنید؟ **۳ نمره**





$$U_z = 1 - \sum_{m=0}^{\infty} \frac{2}{M} \sin\frac{Mz}{H} \exp\left(-M^2 T_v\right),\quad \bar{U}_z = 1 - \sum_{m=0}^{\infty} \frac{2}{M^2} \exp\left(-M^2 T_v\right),\quad M = \frac{(2m+1)\pi}{2},\ T_v = \frac{c_v t}{H^2}$$

حل ۳- الف-

(20 %)

$$\frac{z}{H_{dr}} = \frac{3}{12} = 0.25, \qquad T_v = \frac{c_v t}{H_{dr}^2} = \frac{20\times 1}{12^2} = 0.139 \text{ زمان بی بعد، بعد از یکسال:} \quad \Rightarrow \quad U \approx 0.64 \text{ ضریب تحکیم از گراف}$$

$$U_z = 1 - \sum_{m=0}^{\infty} \frac{2}{M} \sin\frac{Mz}{H_{dr}} \exp\left(-M^2 T_v\right) = 1 - \sum_{m=0}^{\infty} \frac{2\times 2}{(2m+1)\pi} \sin\frac{(2m+1)\pi \times z}{2H_{dr}} \exp\left(-\frac{(2m+1)^2\pi^2}{2^2} T_v\right)$$

$$U_{z=3} \approx 1 - \left\{\frac{4}{\pi}\sin\frac{\pi\times 3}{2\times 12}\exp\left(-\frac{\pi^2}{4}\times 0.139\right) + \frac{4}{3\pi}\sin\frac{3\pi\times 3}{2\times 12}\exp\left(-\frac{9\pi^2}{4}\times 0.139\right)\right\} = 0.6362 = 63.62\%$$ (25 %)

$$U_{z=3} = 1 - \frac{u_t}{u_0} \xrightarrow{u_0 = \Delta\sigma} 0.6362 = 1 - \frac{u_t}{120} \Rightarrow u_t = 43.66\,\text{kPa}$$ اضافه فشار آب حفره ای در عمق ۳متری بعداز یکسال

(15 %)

ب-

$$\bar{U}_z = 1 - \sum_{m=0}^{\infty} \frac{2}{M^2} \exp\left(-M^2 T_v\right) = 1 - \sum_{m=0}^{\infty} \frac{2^2\times 2}{(2m+1)^2\pi^2} \exp\left(-\frac{(2m+1)^2\pi^2}{2^2} T_v\right)$$

$$\bar{U}_z \approx 1 - \left\{\frac{8}{\pi^2}\exp\left(-\frac{\pi^2}{4}\times 0.139\right) + \frac{8}{9\pi^2}\exp\left(-\frac{9\pi^2}{4}\times 0.139\right)\right\} = 0.42049 = 42.05\%$$ (25%)

$$\bar{U}_z = 1 - \frac{\bar{u}_t}{u_0} \xrightarrow{u_0 = \Delta\sigma} 0.4205 = 1 - \frac{\bar{u}_t}{120} \Rightarrow \bar{u}_t = 69.54\,\text{kPa}$$ اضافه فشار آب حفره ای متوسط بعداز یکسال (15%)

اضافه فشار آب حفره‌ای متوسط لایه از اضافه فشار آب حفره‌ای در نقطه ۳ متری بعد از یکسال بیشتر است.

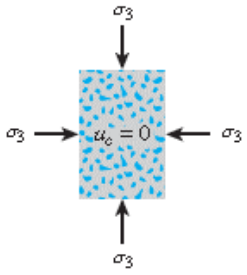
سوال ۱۱- مسیر تنش کل (TSP) و موثر (ESP) در آزمایش CU را با رسم شکل توضیح دهید؟ **۲ نمره**

تحکیم:

$$\sigma_1 = \sigma_3 = \sigma_1' = \sigma_3', \quad u_c = 0$$

$$\begin{cases} p = p' = \dfrac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} = \dfrac{\sigma_1' + \sigma_3'}{2} = \sigma_3, \\ q = 0, \quad q' = 0, \end{cases}$$

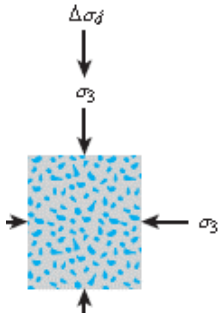
25 %



فاز برش:

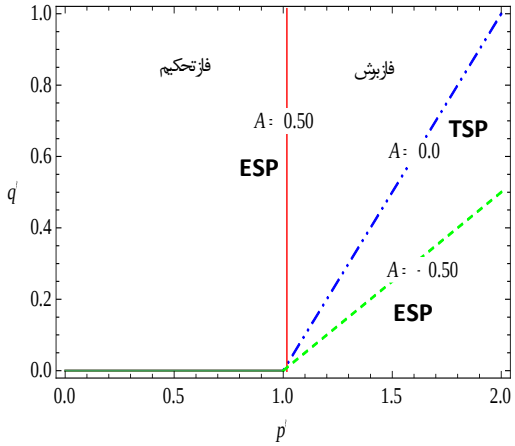
$$\sigma_1 = \sigma_3 + \Delta\sigma_d, \quad \sigma_1' = \sigma_1 - \Delta u_d$$
$$\sigma_3' = \sigma_3 - \Delta u_d, \quad \Delta u_d = A\Delta\sigma_d$$

20 %



$$\begin{cases} p = (\sigma_1 + \sigma_3)/2 \xrightarrow{\sigma_1 = \sigma_3 + \Delta\sigma_d} p = \sigma_3 + \Delta\sigma_d/2 \\ \xrightarrow{\sigma_3' = \sigma_3 - A\Delta\sigma_d} p' = \sigma_3 + \left(\dfrac{1}{2} - A\right)\Delta\sigma_d \\ q = q' = \Delta\sigma_d/2, \end{cases}$$

30 %



25 %

سوال ۱۲- دو مورد از مزایا و دو مورد از معایب آزمایش برش مستقیم را نام ببرید؟ **۱.۵ نمره**

مزایا: ۱- انجام آزمایش سریع و آسان است. 25%

۲- از لحاظ اقتصادی یک روش ارزان و متداول برای تعیین c و ϕ خاک است. 25%

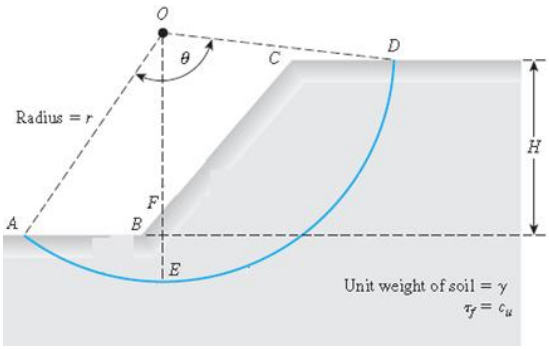
۳- از این آزمایش می توان برای تعیین زاویه اصطکاک و ضریب چسبندگی دو جسم مختلف مثلا بتن و خاک نیز استفاده کرد.

معایب: ۱- سطح شکست کاملا اجباری است(بین دو جعبه) که لزوما ضعیف ترین صفحه برای شکست نیست. 25%

۲-فشار آب منفذی قابل اندازه گیری نیست و ما نمی دانیم که آیا شرایط زهکشی شده برقرار است یا نه. بنابراین سعی شود که این آزمایش برای خاک دانه انجام شود(شرایط CD). 25%

۳- توزیع تنش برشی در سطح گسیختگی یکنواخت و یکسان نیست(در کناره ها بیشتر از وسط نمونه است).

سوال ۱۳- ضریب اطمینان شیب شکل زیر را از روش سوئدی تعیین کنید؟ **۲ نمره**



داده ها: $\gamma = 17\,\text{kN/m}^3,\ c_u = 70\ \text{kN/m}^2,\ \theta = 120^\circ,\ r = 30\ \text{m}$

مساحت $FCDEF$ و فاصله افقی مرکز سطح آن از نقطه E به ترتیب برابر با 540 متر مربع و ۱۴ متر است.

مساحت $ABFEA$ و فاصله افقی مرکز سطح آن از نقطه E به ترتیب برابر با 100 متر مربع و ۳.۵ متر است.

حل:

$$\text{F.S} = \frac{\sum M_R}{\sum M_d} = \frac{\text{مجموع لنگرهای مقاوم}}{\text{مجموع لنگرهای محرک}} \geq 1.5$$ 10 %

$$W_1 = (\text{Area of } FCDEF) \times \gamma = 540 \times 17 = 9180$$ 10 %

$$W_2 = (\text{Area of } ABFEA) \times \gamma = 100 \times 17 = 1700$$ 10 %

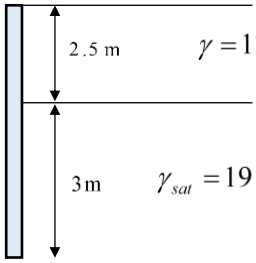
20 %

$$\text{F.S} = \frac{c_u r^2 \theta}{W_1 l_1 - W_2 l_2} = \frac{70 \times 30^2 \times \frac{2}{3}\pi}{9180 \times 14 - 1700 \times 3.5} = \frac{131946.89}{128520 - 5950} = 1.08 \leq 1.5 \quad \text{Not OK} \times$$

20 % 10 %

20 %

سوال ۱۴- دیواری به ارتفاع ۵.۵ متر نشان داده شده است. مطلوبست تعیین فشار محرک رانکین برای واحد طول دیوار قبل و بعد از وقوع ترک و محل اثرشان؟ **۲ نمره**

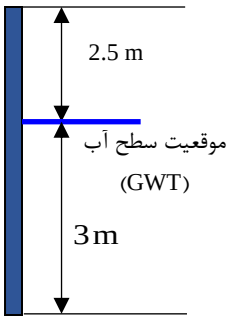


رس $\gamma = 17\,\text{kN/m}^3,\ c_1 = 10\ \text{kN/m}^2,\ \varphi = 30^\circ$

موقعیت سطح آب (GWT)

ماسه $\gamma_{sat} = 19\,\text{kN/m}^3,\ \gamma_w = 10\,\text{kN/m}^3,\ c_2 = 0,\ \varphi_2 = 30^\circ$

$$(k_a)_1 = \tan^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) = \tan^2\left(45^\circ - \frac{30}{2}\right) = \frac{1}{3}, \qquad (k_a)_2 = \tan^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) = \tan^2\left(45^\circ - \frac{30}{2}\right) = 0.33$$ 10



$$z = 0,\quad \sigma_v' = \gamma' h = 0,\quad \sigma_h = (k_a)_1 \sigma_v' - 2c_1\sqrt{(k_a)_1} + u = -2 \times 10\frac{\sqrt{3}}{3} = -11.547\,\text{kPa}$$ 10 %

$$\begin{cases} z = 2.5^-,\ \sigma_v' = \gamma' h = 17 \times 2.5 = 42.5,\ \sigma_h = (k_a)_1 \sigma_v' - 2c_1\sqrt{(k_a)_1} + u = \frac{1}{3} \times 42.5 - 2 \times 10\frac{\sqrt{3}}{3} = 2.62\,\text{kPa} & \text{10 \%} \\ z = 2.5^+,\ \sigma_v' = \gamma' h = 17 \times 2.5 = 42.5,\ \sigma_h = (k_a)_2 \sigma_v' - 2c_2\sqrt{(k_a)_2} + u = \frac{1}{3} \times 42.5 + 0 = 14.667\,\text{kPa} & \text{10 \%} \end{cases}$$

$$z = 5.5,\ \sigma_v' = 17 \times 2.5 + (19 - 10)3 = 69.5,\ \sigma_h = (k_a)_2 \sigma_v' - 2c_2\sqrt{(k_a)_2} + u = 0.33 \times 69.5 + 30 = 53.1667\,\text{kPa}$$ 10 %

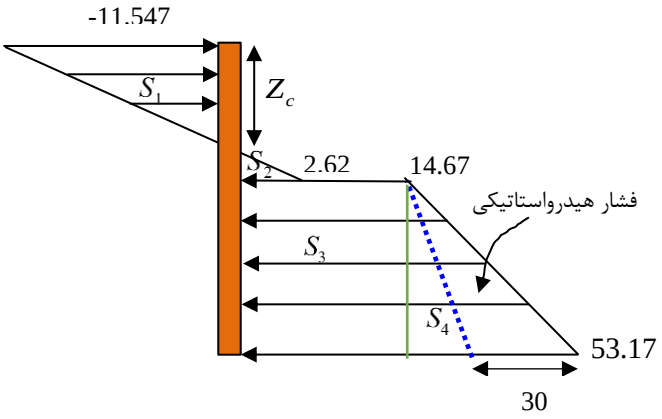
نیروی محرک رانکین قبل از وقوع ترک:

$$P_a = S_4 + S_3 + S_2 - S_1 = \frac{53.17 - 14.67}{2} \times 3 + 14.67 \times 3 + \frac{2.62 \times (2.5 - 2.04)}{2} - \frac{11.547 \times 2.04}{2} =$$

$$57.75 + 44.01 + 0.6026 - 11.78 = 90.58\,\text{kN/m}$$ (10 %)

نیروی محرک رانکین بعد از وقوع ترک:

$P_a = 102.36\,\text{kN/m}$ (10 %)



نکته بسیار مهم: در جایی که خاک تحت تنش کششی قرار دارد، چون خاک نمی تواند کشش تحمل کند در نتیجه ترک می خورد و در قسمت ترک خورده هیچ تنشی به دیوار وارد نمی شود. برای تعیین عمق ترک از رابطه زیر استفاده می کنیم:

طبق قضیه تالس داریم:

$$\frac{Z_c}{2.5 - Z_c} = \frac{11.547}{2.62} \Rightarrow Z_c = 2.04\,\text{m}$$ (10 %)

محل اثر نیروی محرک رانکین قبل از وقوع ترک:

$$\overline{z} = \frac{\sum_{i=1}^{4} S_i z_i}{P_a} = \frac{S_4 \times 1 + S_3 \times 1.5 + S_2 \times \left(3 + \frac{0.46}{3}\right) - S_1 \left(5.5 - \frac{2 \times 2.04}{3}\right)}{90.58} = \frac{57.75 + 66.015 + 1.90 - 48.77}{90.58} = 0.848m$$ (10 %)

محل اثر نیروی محرک رانکین بعد از وقوع ترک:

$$\overline{z} = \frac{\sum_{i=2}^{4} S_i z_i}{P_a} = \frac{S_4 \times 1 + S_3 \times 1.5 + S_2 \times \left(3 + \frac{0.46}{3}\right)}{90.58} = \frac{57.75 + 66.015 + 1.90}{102.36} = \frac{125.7}{102.36} = 1.23m$$ (10 %)

با آرزوی موفقیت روزافزون: **علی عسگری،**

عضو هیات علمی گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی و فناوری، دانشگاه مازندران