



بسم الله الرحمن الرحيم

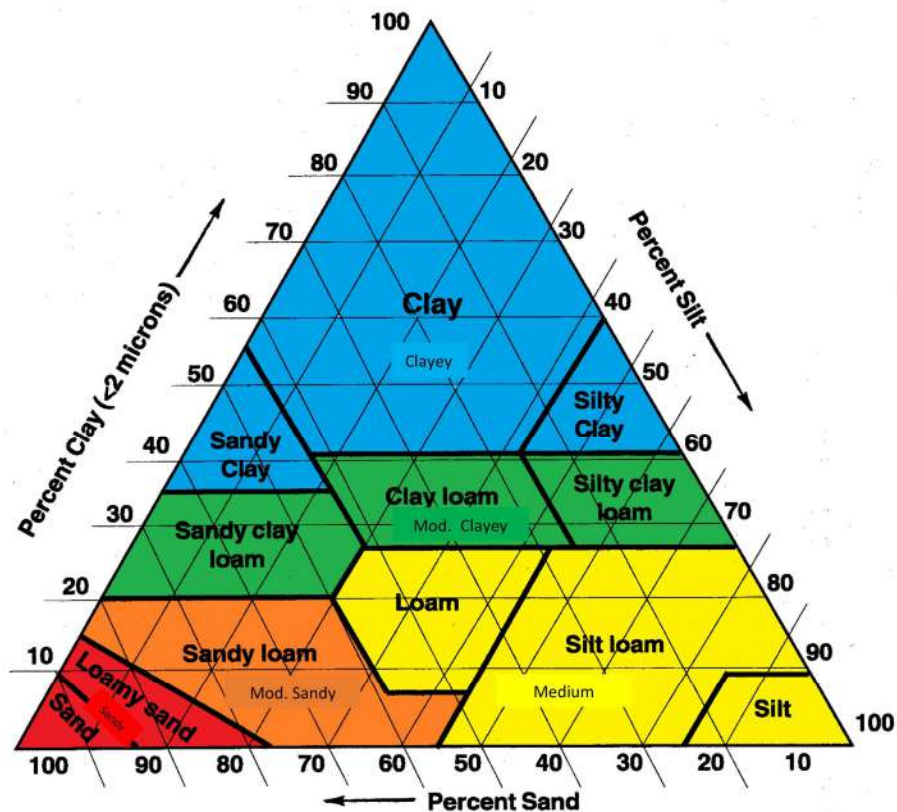


پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران

دانشکده مهندسی عمران

جزوه حل تمرین مکانیک خاک

نام استاد: جناب آقای دکتر میرقاسمی



نویسنده :

1. پویا توکلی
2. مهدی معدنی

موضوع مطالب

۱- خصوصیات خاک ها

۲- سرازش آب در خاک

۳- تنش موثر

۴- مقاومت برشی خاک ها

۵- تئوری تحکیم

۶- پایداری شیب دانی

۷- تنش ها و تغییر شکل ها در خاک

مراجع

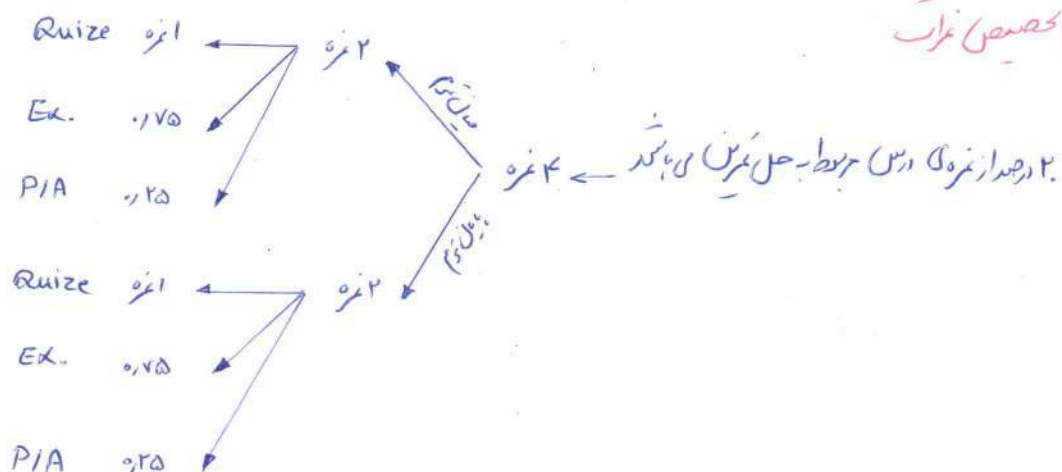
- خورده ای استاد (اسلایدها)

- کتاب مکانیک خاک (دکتر نیل و دکتر فاطمه)

- کتاب مکانیک خاک کریگ (Soil Mechanics R.F. Craig)

و ...

نحوه تخصیص نمرات



- نمره های حضور و غیاب برضای اهل بیت می باشد می شود

- در طول کلاس حل تمرین سعی بر آنست تا مطالب به صورت جامع بیان گردد، اما این امر تلفیقی را از روش دانشجویی دارد و مطالبی را مرجع معرفی شده توصیه می گردد.

امتحانات :

- میان ترم $\xleftarrow{\text{معمولا}}$ فصل اول به صورت کامل + فصل ۲ تا ۴

- پایان ترم $\xleftarrow{\text{تمام}}$ فصل (۷)

- معمولا امتحانات شامل ۲ ای ۳ سوال منووی - حفظی بوده و مابقی سوالات مسأله می باشند (۳ ای ۴ سوال)

- امتحان پایان ترم معمولا سوال منووی ندارد یا کمتر دارد .

- سنگ ها در ضعیف } ازین (استفشاری)
 در بوی
 از غریب درش سنگ ها
 خاک به وجود می آید

- تخریب → به صورت فیزیکی خود شده و ذرات کوچکتر ایجاد می شوند؛ مثال: برخورد سنگ ها با یکدیگر، سقوط، حرکت سنگ در رودخانه و... (زسایش فیزیکی شامل فرسایش انسانی، آبی، بادگام، تخریبی)

شیمیایی : سبب تغییر شیمیایی در ترکیب مواد می شود؛ باعث شدن سنگ و تخریب آن می گردد.

در تخریب شیمیایی امکان تغییر ماهیت گاهی وجود دارد؛ مثال: هوازدگی، تبادل یونی در محلول ها که خورنده بارز آن اسیدریک و...

- اندازه ذرات خاک :

خاک ها از نظر اندازه به دو دسته کلی ریزدانه و درشت دانه تقسیم می شوند

درشت دانه { شن
 ماسه

ریزدانه { سیلت (لای)
 رس

- اندازه ذرات حاصل از تخریب فیزیکی → تخریب شیمیایی می باشد

بنیان → خاک های درشت دانه غیر از تخریب فیزیکی حاصل می شوند
 خاک های ریزدانه غیر از تخریب شیمیایی حاصل می شوند

- استعاره از لغت "رس" → در ادامه جواب داده می شود.

- **رمبار خاک :** ۲ نوع رمبار برای خاک ها در نظر گرفته می شود ۱- رمبار دانه ای ۲- رمبار حسیده و غیره

رمبار دانه → ذرات خاک به صورت مجموعه ای از دانه های مجزا کن هم قرار گرفته اند .

حجم ذرات خاک درشت تر باشد رمبار دانه ای تر خواهد بود .

رمبار حسیده و غیره → برای مشاهده ی این نوع رمبار از خاک { الف) ذرات خاک ریز باشند (ریزدانه باشند)
(ب) کانی رسی نیز وجود داشته باشند .

- **ساختار خاک ها** → خاک های درشت دانه : واحد تشکیل دهنده یک خاک درشت دانه ، دانه های آن می باشند .

خاک های ریز دانه : واحد تشکیل دهنده ی خاک های ریز دانه کانی های (صغیر) (و یا سوزنی) می باشند .

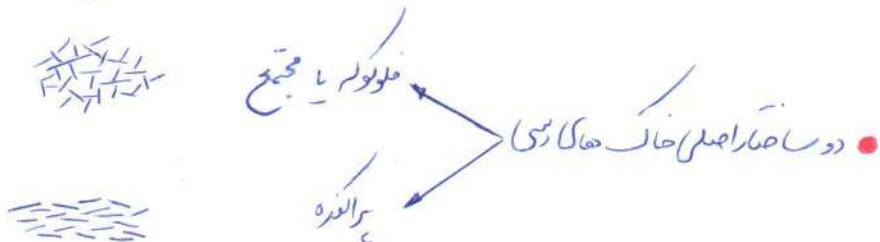
این کانی ها خنثی نبوده و بر روی صغیر خود دارای بار منفی هستند .

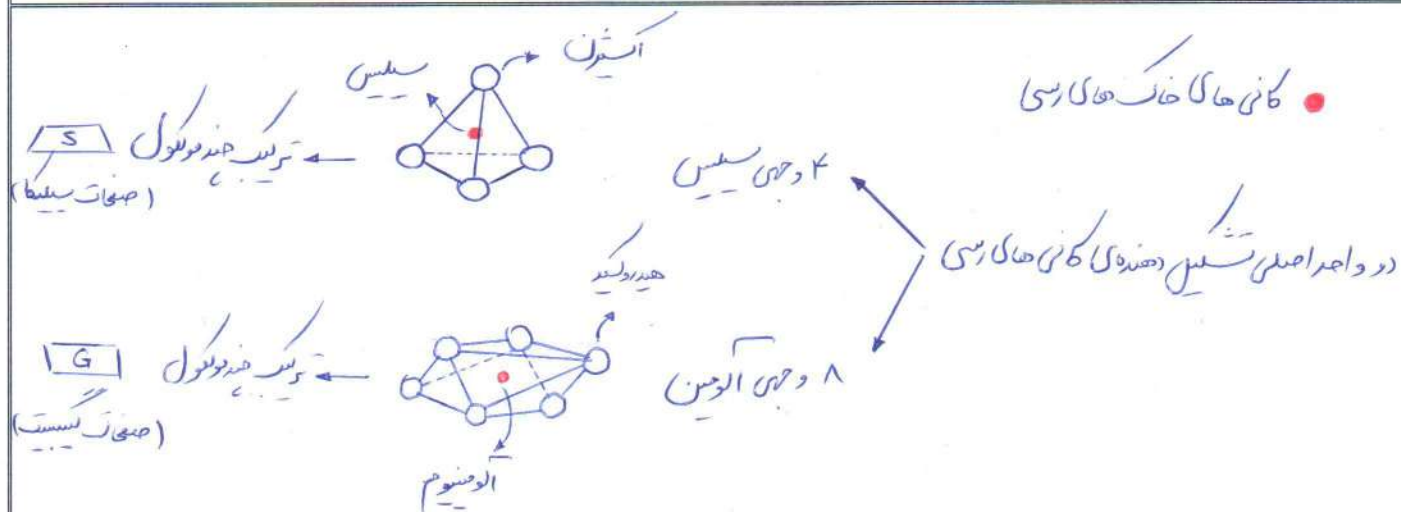
کانی های رسی در گوشه های تر خود دارای قدری بار مثبت نیز می باشند .
+ = - - - - - +

- **خاک های رسی**

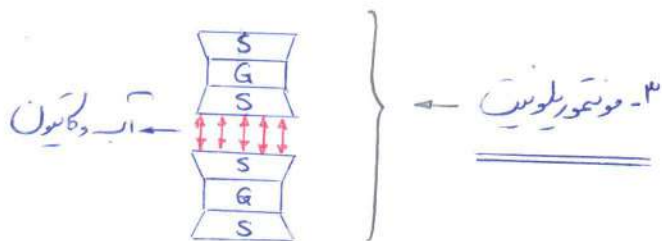
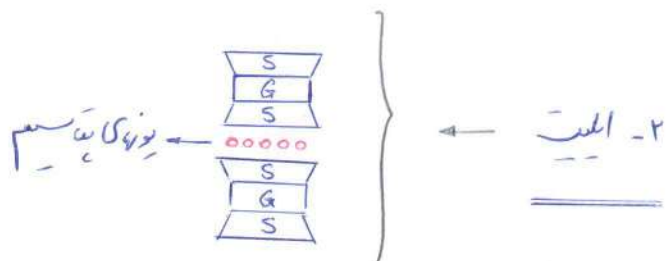
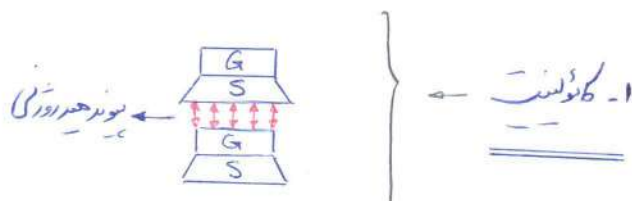
• رس ها ذراتی هستند که اگر با تعداد محدودی آب مخلوط شوند ، خاصیت غیری از خود نشان می دهند .

یک سری خاک های غیر رسی قطعه به قطعه ریز دانه بودن در طبع بندی آنها قرار می گیرند **شکل فاستر** → ذرات با اندازه های رسی





- سه کانی اصلی رس‌ها به صورت زیر حاصل می‌شود

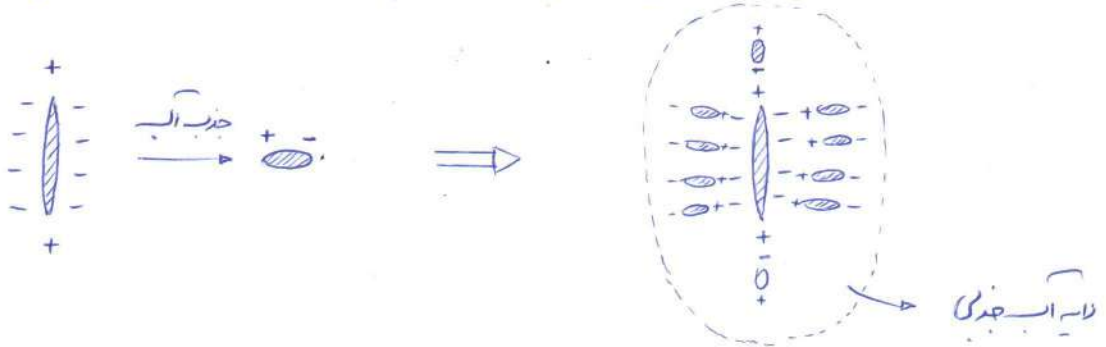


- ۲ ویژگی مهم کانی‌های سی
- صفحه‌ای یا سوزنی بودن
- وجود بار منفی در سطح کانی‌ها
- (الف) آتم‌ها منفی روی سطح اند
- (ب) تقریباً ظرفیت کاتر جانیترین می‌گردد.
- (ج) در محل قطع این صفحه‌ها دیگر استراکچر نیست.

● لایه های آب در اطراف کانی ها می باشد

دو لایه در اطراف کانی ها می باشد قابل تشخیص است.

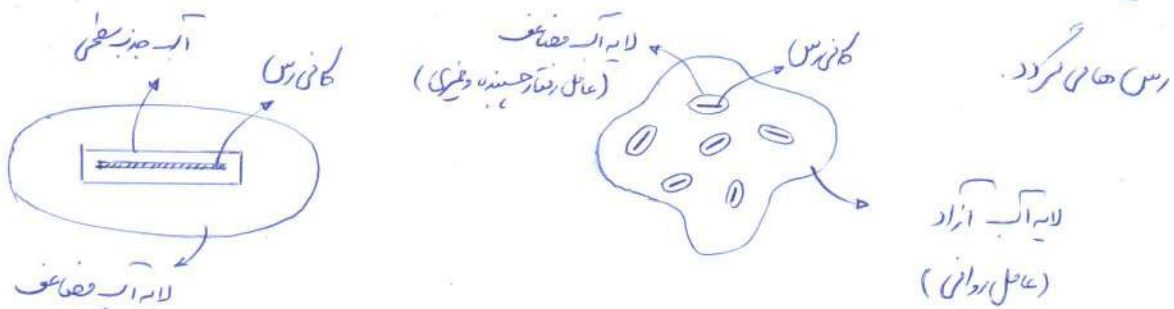
الف) لایه آب جذبی (آب جذب سطحی) : حیدر درون با بار مثبت در حوله آب ، به بار منفی در سطح ذره رس می چسبد



ویرگی ها : لایه ای نازک است ، دارای پیوندی بسیار قوی با ذره رس می باشد ، در بسیاری موارد حتی با جارت نیز جدا نمی شود.

ب) لایه دوگانه یا فضایی : ضخامت از اطراف کانی ها می باشد که چهار دوگانه می باشد و ترکیبی از یون های مثبت و منفی است.

در این لایه که ضخامت آن از لایه آب جذبی بیشتر است ، آب به صورت آزاد ای بوده و باعث بروز خاصیت چسبندگی در

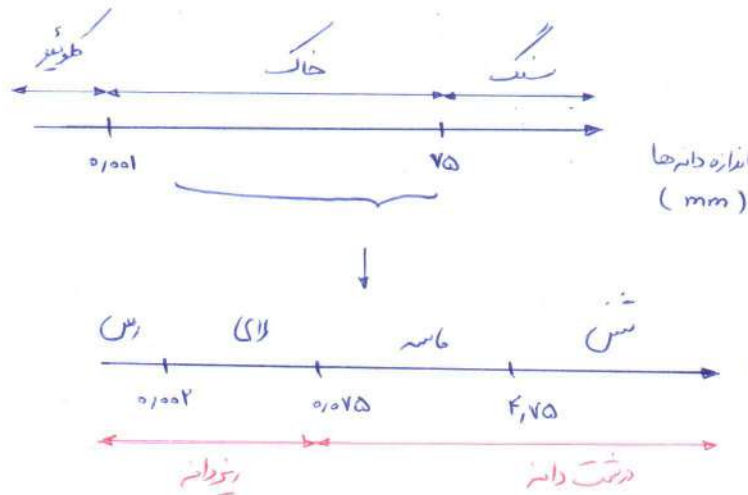


یک ذره رس به صورت منفرد و مستقل

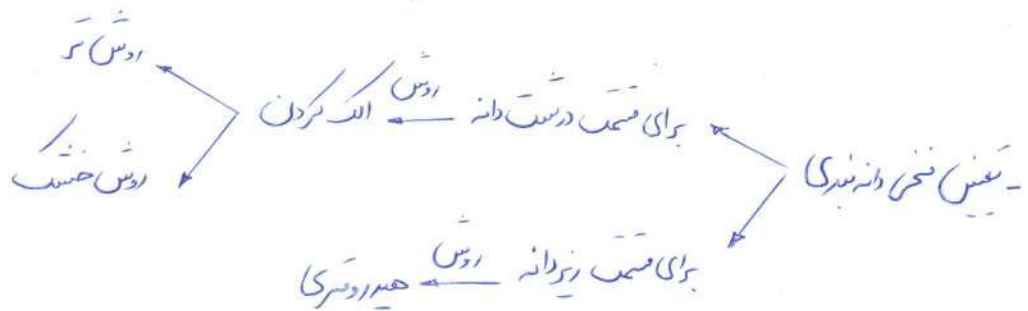
توده خاک رسی

نکته : در حقیقت تمام آب های که به وسیله نیروی جاذبه ، در داخل با ذرات رس می باشد ، آب لایه های فضایی نامیده می شوند ، و داخل ترین لایه آب لایه های فضایی که با جاذبه قوی توسط ذرات رس می باشد ، آب جذب سطحی است.

نکته : خاصیت خمیری خاک، که برسی علاوه بر قشر سطح ذرات رس و سطح مخصوص بزرگ آنها، تابعی از دو قطب بودن مولکول آب نیز می باشد، بدین معنا که اگر ذرات رس در درون یک سیال غیر قطبی مانند تتر هیدرکربن (CCl_4) قرار گیرند، هیچ گونه جذبی صورت نمی گیرد و در آن خاصیت خمیری نخواهد داشت.



- تخمین دانه بندی خاک : یک تخمین اولیه را می توان کرد در آن محور افقی بیانگر اندازه در مقیاس لگاریتمی و محور قائم درجه وزنی ذراتی از خاک (در مقیاس نرمال) است که از اندازه مربوط کوچکترند.



۱- از جدول هند آماره های بدم استفاده می شود

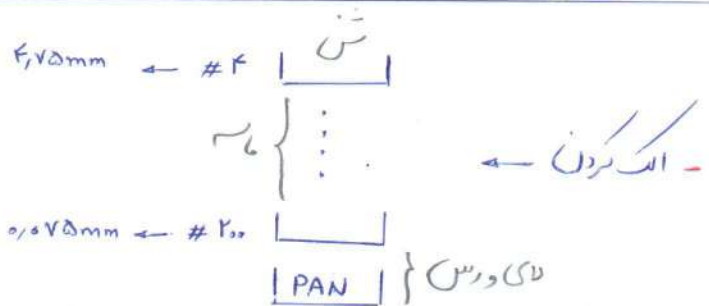
صورتی از کوه شدن

- هیترودمتری

۲- قانون استوکس مخصوص ذرات گردی است

در حالتی که ریز دانه ها دارای کانی های صفتی

هستند - عامل اصلی خطا

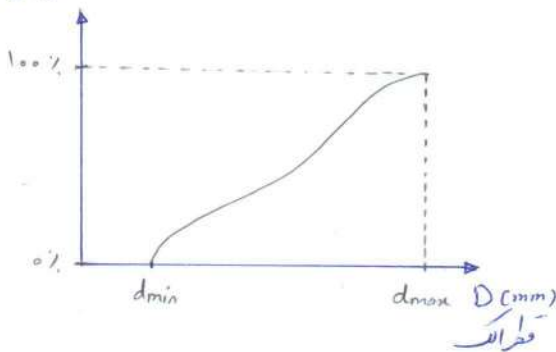


- قانون استوکس $\rightarrow D_p^2 \sim v$ $\rightarrow$ برش سقوط ذرات کروی

- هیدرومتر $\rightarrow$ دارای یک مخزن شیشه‌ای است ، با ته نشین شدن ذرات خاک ، چگالی محلول کم شده ، هیدرومتر درون محلول پائین‌تری رود با یادداشت کردن میزان پائین رفتن هیدرومتر در زمان‌های مختلف و انجام محاسبات ، دانسیته ممتد بر ذرات را بدست می‌آورند .
(بر نوع ، بافت و سازای سقوط هیدرومتر در محلول و سقوط ذرات در محلول ، محاسبات را انجام می‌دهند)

...

$\% F$ درصد عبوری



بررسی ممتد دانسیته :

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}}$$

رابطه فیزی - حجمی :

فازها	
Air	هوا
Water	آب
Solid	جامد

$$V_v \left\{ \begin{array}{l} V_a, W_a \approx 0 \\ V_w, W_w \\ V_s, W_s \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} W = W_T = V_a + W_w + W_s \\ V = V_T = V_a + V_w + V_s \end{array}$$

- پارامترها :

آب $\left\{ \begin{array}{l} w = \frac{W_w}{W_s} \text{ درصد رطوبت} \\ S_r = \frac{V_w}{V_v} \text{ درصد اشباع} \end{array} \right. \rightarrow (0 \leq S_r \leq 1)$

حزرات $\left\{ \begin{array}{l} e = \frac{V}{V_s} \text{ شله خد، تخلخل} \\ n = \frac{V_v}{V} \text{ چگالی} \end{array} \right. \rightarrow n = \frac{e}{1+e} \text{ (ممتد در کشور استفاده می‌شود)}$

هوا $\left\{ \begin{array}{l} A = \frac{V_a}{V} \text{ درصد هوا} \end{array} \right.$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{وزن مخصوص خاک} \quad \gamma = \frac{W}{V} \quad (\text{وزن مخصوص (عادی، فاضول، تر)}) \\ \text{وزن مخصوص خشک} \quad \gamma_d = \frac{W_s}{V} \\ \text{وزن مخصوص اشباع} \quad \gamma_{sat} = \frac{W_{sat}}{V} = \frac{W_s + V_v \times \gamma_w}{V} \end{array} \right.$$

توضیح در مورد γ_w

$$\text{آرپاد وزن مخصوص ها} \rightarrow \gamma_d = \frac{W_s}{V} \leq \gamma = \frac{W_s + S_r \times V_v \times \gamma_w}{V} \leq \gamma_{sat} = \frac{W_s + V_v \times \gamma_w}{V}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{وزن مخصوص دانها} \quad \gamma_s = \frac{W_s}{V_s} \xrightarrow{\text{رابطه جابجایی}} G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} = \frac{\rho_s}{\rho_w} \end{array} \right.$$

- استفاده از فرمول‌های پایه (مانند بالا) در افعال مجاز بوده اما استفاده از روابط محلی منوط به اثبات آنها می باشد.

مثال از روابط محلی :

$$- \gamma_d = \frac{\gamma}{1 + \omega}$$

$$\text{اثبات :} \quad \gamma = \frac{W}{V}, \quad \gamma_d = \frac{W_s}{V} \Rightarrow W \xrightarrow{?} W_s$$

$$\left\{ \begin{array}{l} W = W_s + W_w \\ \omega = \frac{W_w}{W_s} \Rightarrow W_w = \omega \cdot W_s \end{array} \right. \Rightarrow W = W_s + \omega \cdot W_s = W_s (1 + \omega) \Rightarrow W_s = \frac{W}{1 + \omega} \quad \dots$$

$$- G_s \cdot \omega = S_r \cdot e$$

اثبات :

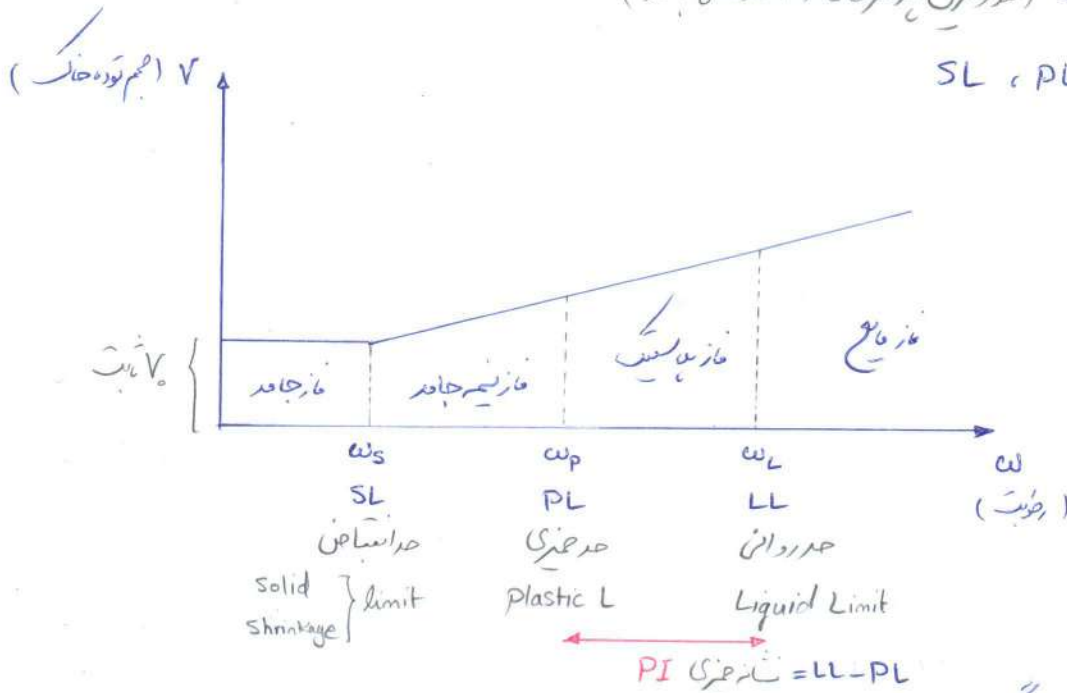
$$\left\{ \begin{array}{l} G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w}, \quad \omega = \frac{W_w}{W_s} \\ S_r = \frac{V_w}{V_v}, \quad e = \frac{V_v}{V_s} \end{array} \right. \Rightarrow \dots$$

خواص غیره خاک (خاکه‌ها سی)

- تفاوت اصلی خاک‌های دانه‌ای با خاک‌های گل‌آلوده ، نه در زردانه بودن آنها ، بلکه در رفتار غیره آنهاست .

- حدود آتربرگ (مقدارترین پارامترهای ارائه شده می باشد)

SL , PL , LL



آرایش خاص حدود آتربرگ :

آرایش خاص حدود آتربرگ



(۱) LL ← آرایش خاص گرانده : رطوبتی که در آن به ازای ۲۵ ضربه ، ناهیه میانی خاک در طول "۵۰" به یکدیگر می‌رسند.

(۲) PL ← آرایش فنیله : عمل غلتاندن به نرمی ادامه داده می‌شود به طوری که قطر آن تقریباً از ۳۲mm

نکته شود ، حتماً یک اثر لایه‌ای رخ دهد ، رطوبت موجود ، رطوبت خمیری است .

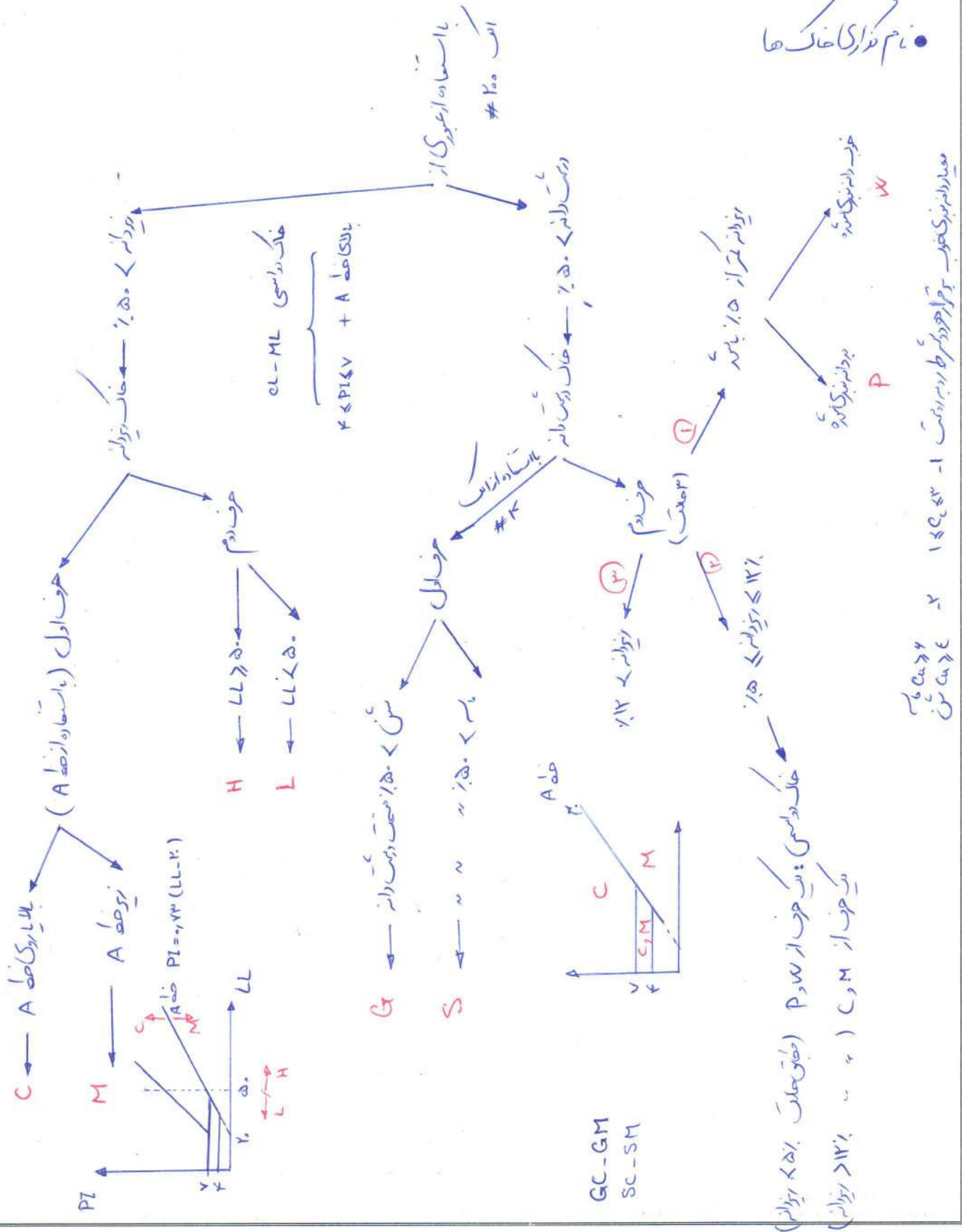
- ۱- بریده بریده شود
- ۲- ترک‌های سوراخی
- ۳- بریده شدن فنیله در اثر غلتاندن آن به اندازه ۱cm (در فنیله)

نام و نام خانوادگی:
شماره دانشجویی:

به نام خدا
حل تمرین مکانیک خاک

مبحث: حفریات خاک ها
کلاسی - شماره: ۳

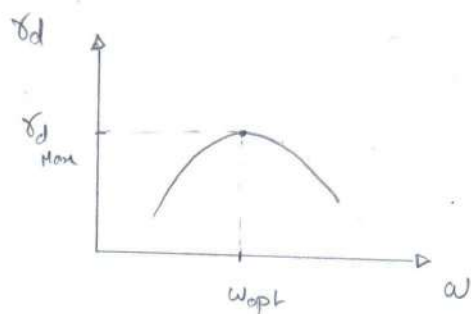
نام گذاری خاک ها



تراکم :
- چه معیاری برای تراکم خاک داریم ؟ چگونه دو خاک با جنس یکسان را از نظر تراکم مقایسه کنیم ؟

↑ تراکم → $(\gamma_d = \frac{W_s}{V})$

بررسی تأثیر رطوبت بر کارایی خاک :



بنابراین، بهترین حالت را با w_{opt} بگیریم.

- افزایش تراکم (پروکتور) —→ آشنوی استاندارد
از نظر تعداد لایه ، وزن چسب ، ارتفاع سوراخ چسب
تفاوت اند.
↑
آشنوی اصنع شده

به ازای هر انرژی ثابت w_{opt} و $\gamma_{d_{max}}$ فواید داشت

$$R_d = \frac{\gamma_{d_{\text{مورد}}}}{\gamma_{d_{\text{Max}}}} \times 100$$

درصد تراکم نسبی :

$$R_d \leq 100\%$$

<
=
>

۱- یک خاک مصنوعی از مقدار برابری کوکاسینه ای به قطر ۱ میلیتر، ۲ میلیتر، ۴ میلیتر تشکیل شده است، فرض کنید که آن را برسم کنید. نوع خاک را از نظر درشت دانه (شش یا ماسه) یا ریزدانه (ریز یا لای) بودن مشخص کنید.

۲- درحالی که با حد اکثر مقدار ۱،۵ mm، درصد ذرات کوچک تر از ۰،۰۷۵ mm، درصد ذرات بزرگ تر از ۰،۰۷۵ mm بوده و درصد ذرات بزرگ تر از ۰،۰۷۵ mm، ۷ برابر ذرات کوچک تر از ۰،۰۷۵ mm می باشد. محدوده ای برای C_u این خاک بیابید.

۳- ۲ گرم از خاکی با درصد رطوبت ۲۵٪ و $G_s = ۲٫۵$ موجود است، صدغیری این خاک در آزمایش متبله ۲٪ بریم آورده و در آزمایش جام کاسه گردانده با دوبارای م از جایش سیاحتی حاصل گردیده است

$$\begin{cases} \omega_1 = 45\% \\ N_1 = 15 \end{cases} \quad \begin{cases} \omega_2 = 30\% \\ N_2 = 35 \end{cases}$$

الف) حدود روانی دانه فیری این خاک را تعیین کنید.
ب) اگر هم این خاک در طبقه حد انقباض $8,33 \text{ cm}^3$ باشد، حد انقباض آن را بیابید.
ج) حجم خاک موجود را بدست آورید.

۴- خاکی از یک دانه بندی کاملاً یکنواخت بین ذرات ۰،۰۷۵ mm تا ۲ mm تشکیل شده است.

الف) ضریب احتكا و ضریب یکنواختی آن را تعیین کنید.
ب) نام این خاک را در سیستم طبقه بندی متحد بیابید.

۵- قدری خاکه صفت در لوله ای استوانه ای شکل به قطر ۲ cm و ارتفاع ۹ cm ریخته شده است، با فرض اینکه وزن مخصوص صفت ماسه 17 kN/m^3 باشد، چه مقدار آب برای اشباع نمودن خاک درون استوانه لازم است.

۶- با انجام آزمایش تراکم بر روی یک خاک عادی در حد رطوبت پهنه و وزن مخصوص صفت حاضر کم به ترتیب ۱.۵ و $2 t/m^3$ بدست آمده اند. مقدار اضافه رطوبت لازم برای اشباع کردن نمونه در حد رطوبت پهنه آن چه میزان می باشد؟ $(G_s = 2.5)$

۷- برای یک کردن خزه ای به حجم $3 m^3$ ، از یک منبع مریضه با مشخصات $G_s = 2.7$ ، $e = 0.6$ ، و $S_r = 45\%$ استفاده می شود. اگر وزن مخصوص خامی یک خاک رخنه شده در حوضه برابر $18 kN/m^3$ باشد. نتایج حجمی از خاک منبع مریضه برای یک کردن گودال نیاز است؟ (هیچ رطوبتی در محل و اسفالت اضافه نمی شود.)

۸- خاکی در حالت طبیعی خود در منبع مریضه دارای ۱۰ درصد رطوبت و وزن مخصوص $15.8 kN/m^3$ می باشد. این خاک به مکان مورد نظر حمل شده و تراکم می گردد. وزن مخصوص خاک در حالت تراکم برابر $19.79 kN/m^3$ و درصد رطوبت آن ۱۴٪ می باشد. برای اتمر فلک خاک کوزه حجمی از خاک طبیعی مورد نیاز است؟

۹- آب لایسی دوگانه یا هضاع چیست؟ و باعث بروز چه خاصیتی در خاک های لایسی می شود؟

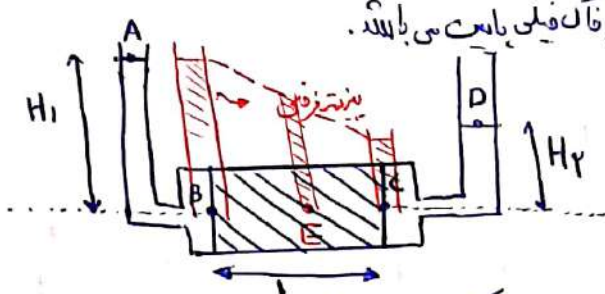
۱- انواع تراکم رجا را نام برده و مختصراً شرح دهید.

رابطه ۲:
نکات تکمیلی فصل ۲:

$$h_t = h_e + h_p + h_r = Z + \frac{p}{\rho g} + \frac{v^2}{2g}$$

h_t : انرژی آب
 h_e : ضایعات انرژی
 h_p : پمپاژ (ارتفاع معادل آب)
 h_r : تلفات انرژی
 Z : ارتفاع
 $\frac{p}{\rho g}$: فشار
 $\frac{v^2}{2g}$: سرعت

(واحد های h_p, h_e, h_r به هم
و واحد طول (مثلاً m) می باشند.)



مثال: چرا؟ $H_1 > H_2$: زرف

گام اول: برای دل میانه ابتدا سطح مبدا (دلفوا) زرف شود ← در این مثال سطح مبدا در وسط مخزن ثان زرف شده است.
 گام ۲: حال با استفاده از قانون برزولی انرژی آب در نقاط A, B, C و D حساب می کنیم.

$$h_{tA} = h_{eA} + h_{pA} = H_1 + 0 = H_1$$

h_{tA} : نامده از فصل مبدا H_1 می باشند.
 h_{eA} : همراه در سطح مایعات هدر فشار وجود ندارد.
 h_{pA} : انرژی مصرفی در نقطه A را هم آب درون لوله بالایی آید.

* دستگاه نیز تر: وسیله ای می باشد که اگر در نقطه قرار گیرد تحت هدر فشار را می تواند نشان دهد.

$$h_{tB} = h_{eB} + h_{pB} = 0 + H_1 = H_1$$

* اگر نقطه B پیشتر از نقطه قرار گیرد با توجه به مانومتر یا سکال (فازن سنج) سطح آب تا ارتفاع H_1 بالا می آید پس مقدار h_{pB} برابر H_1 می شود.

توجه: وقتی از نقطه A به سمت B حرکت می کنیم هدره مقدار h_t ثابت است ولی مقدار h_e کم می شود و به مقدار h_p افزوده می شود اما همچنان ۲ هدره ثابت می باشد چرا؟

به همین ترتیب برای نقاط C و D حساب می کنیم.

$$h_{tC} = h_{eC} + h_{pC} = 0 + H_2 = H_2 \quad h_{tD} = h_{eD} + h_{pD} = H_2 + 0 = H_2$$

* همان طور که مشاهده می شود مقدار H_1 از مقدار H_2 بیشتر می باشد علت کاهش انرژی اصطکاک بین لوله های آب و ذرات فک هنگام عبور آب از فک ایجاد می شود و همچنین بسبب کاهش بالا آمدن آب در سمت راست خواهد بود.

نتیجه گیری: در هنگام قرارش آب مختری از انرژی خود را از دست می دهد.

نیت تراشیدن؟ ← در این مثال تراشیدن از نقطه B به سمت C می‌بایشد چرا؟ ← جهت حرکت از سمت انرژی بیشتر به سمت انرژی کمتر می‌بایشد.
(C) (B)

مطلوبی افتلاف انرژی :

① روشی : $\Delta H_{B-C} = h_{tB} - h_{tC} = H_1 - H_2$

روش ۲ : بدن محاسبه کردن مقدار h_{tC} در هر نقطه می‌توان افتلاف انرژی را بر این صورت مشخص کرد : افتلاف سطح آب در ۲ سمت نمونه مقدار افتلاف انرژی را نشان می‌دهد که همان مقدار $(H_1 - H_2)$ می‌بایشد.

↓
پس هر دو افتلاف سطح راز آب وجود داشت یعنی افتلاف انرژی همسنگ نشده است.

گرادیان هیدرولیکی :

$i = \frac{\Delta H}{L} = \frac{H_1 - H_2}{L}$ → نسبت افتلاف انرژی می‌بایشد.

قانون دارسی : ← از این قانون می‌توان مقدار دبی عبوری از خاک را محاسبه نمود.

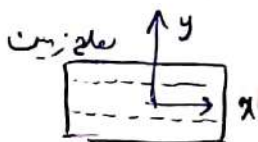
$Q \left(\frac{m^3}{s} \right) = V \times A = \frac{k i A}{L}$
نموده پذیری خاک

* مقدار k تابع نوع خاک، خاموشی دانتهای خاک از هم می‌بایشد.

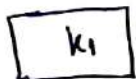
* مقدار k چگونه محاسبه می‌شود؟ ← صدمه ۱۵ جزوه

* روش‌های صغری از هم روش‌ها گران تر ولی دقت بالایی برخوردار است چون تمام جبهه خاک را در محدوده آزمایشی در نظر می‌گیرد.

روش صغری باید در موقعی انجام شود که نزدیک سطح آب زیرزمینی باشد.



* نفوذپذیری در جهات مختلف : نفوذپذیری در جهت x محول فیزیکی بیشتر از جهت y می‌بایشد.



یک طرفه خاک : هگن



چند طرفه خاک : نامکن

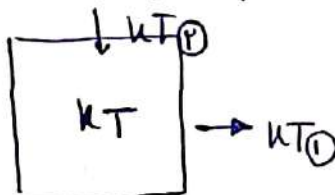
* نفوذپذیری محادل :

تقریب هگن و نامکن : به تعداد نوع خاک بستگی دارد

تقریب هگن، نامکون : اگر در یک نوع خاک با عرض یکسان جهت مقدار k ثابت باشد خاک هگن می‌بایشد.



استثنا از نفوذپذیری محادل



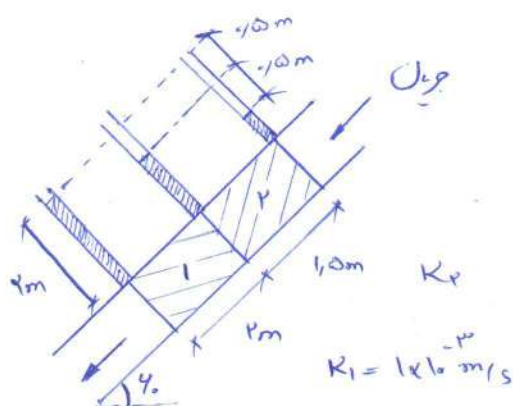
[تبدیل خاک نامکون به خاک هگن در نامکون]

نکته: حرکت آب فقط در یک راستا صورت می گیرد

تراش

دوری: آب عموماً در دو جهت x و y در حال حرکت است

- تراش یک دوری



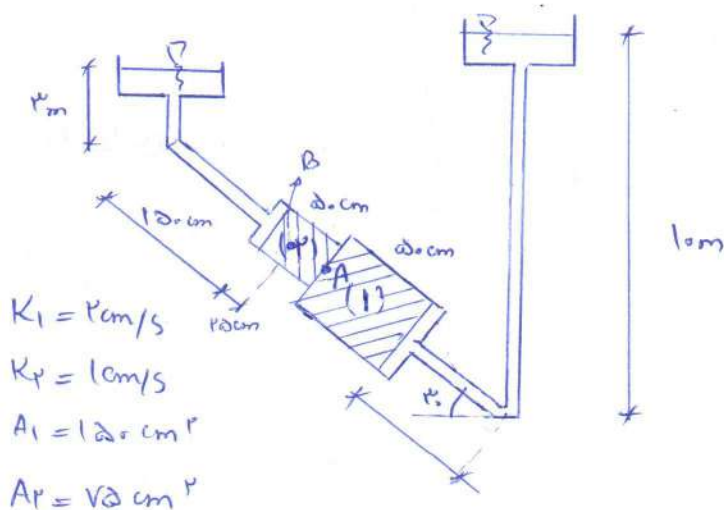
۱- مطلوب است

افت هیس و در هر یک از خاک ها

ب- ا می سدی K_p

۲- در آرایش بارش، آرایش آب دوم از سطح بنا، در نقطه شروع آرایش ۲۰۰cm بوده است. پس از ۱- رصع آرایش به ۲۰cm کاهش می یابد. مدت زمان لازم برای رسیدن آرایش آب به ۱۰cm نسبت به سطح فشار است آوردید.

۳- با توجه به ابعاد داده شده، بار آبی کل در نقطه A و فشار آب در نقطه B را بدست آورید. $\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$



به نام خدا

مبحث: حرکت آب در خاک

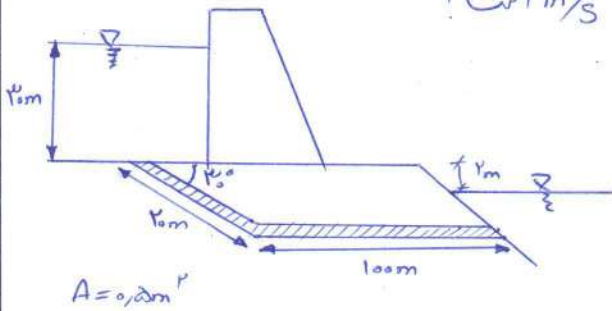
حل تمرین مکانیک خاک

نام و نام خانوادگی:

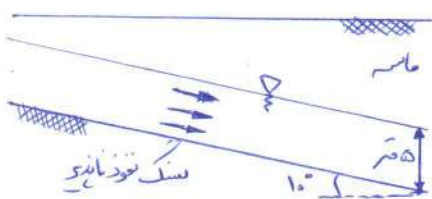
کلاسی - شماره: ۲

شماره دانشجویی:

- ۱- پس از احداث یک سد بتنی، لایه‌ای باتوزنی در زیر تخرن آن شنایی شده است که باعث فرار آب از تخرن می‌گردد. باتوزنی به شکل داده شده، مقدار دبی فرار آب چند m^3/s است؟

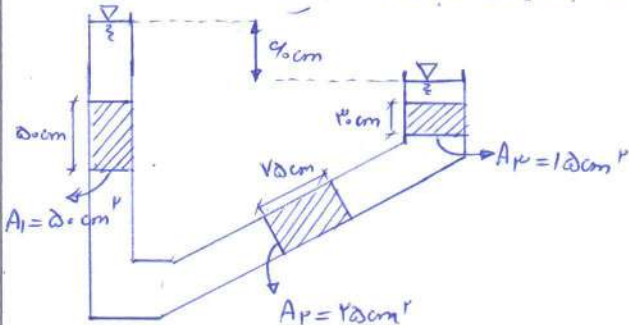


- ۲- میزان گرایش در واحد عرض در شرایط شکل نشان داده شده چه مقدار خواهد بود؟



$$K = 4.10^{-3} \times 10^{-3} m/s$$

- ۳- اگر تودنی در هر سه جانب شکل روبه‌رو $K = 2 \times 10^{-2} cm/s$ باشد، دبی عبوری از مجموع راجی سه تودنی

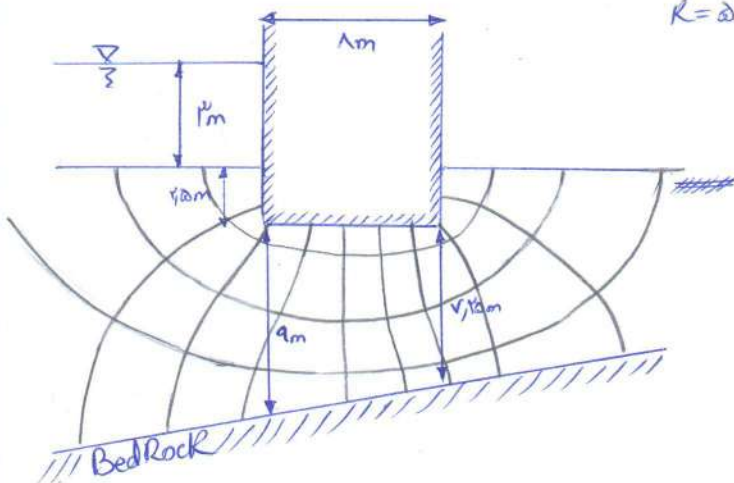


- سراسر دو بعدی

(مختصر)

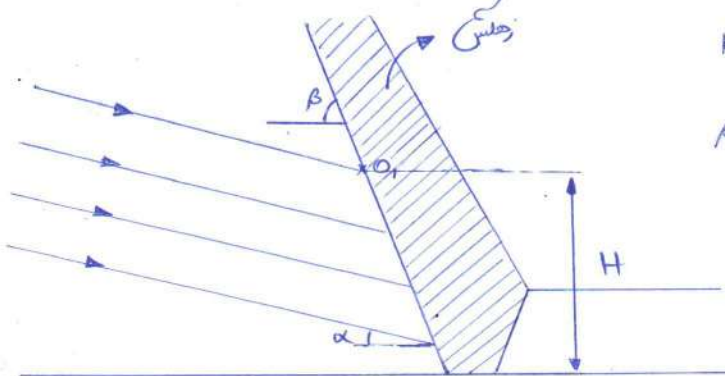
۴- طبق شکل زیر، مطلوب است محاسبه مقدار $\sigma_{\text{کراس}}^{\text{کراس}}$ و نیروی پان بریده دارد در زیر سازه (uplaid).

$$R = \omega \times l \quad \text{m/s}$$



۵- یک شیردانی هگس با طول نامحدود که با این زاویه θ می‌سازد، از خالی با نمودن K شش شده است. اگر از طریق خاک به صورت می‌خواهد، جریان سطحی با زاویه ϕ نسبت به این گردش می‌کند. سطح شیردانی، سطح آزاد آب را در عمق H قطع می‌کند که به ارتفاع H بالای پنجمی شیردانی می‌باشد. یک مستقیم زحلش شامل زحلش در آب و زحلش زیرین در پیچ و مازی با سطح شیردانی واقع شده است.

کرمزیاں ہیرہوں کی آب و سادس سترہ درجہ تک نرودے زھنیں جعدہ است

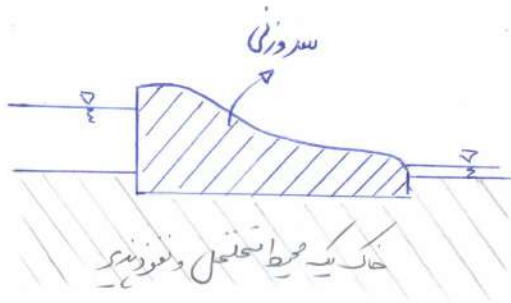


$$K = 2 \times 10^{-6} \text{ cm/sec}$$

$$H = 10^m$$

$$\beta = 136^\circ, \alpha = 2.0^\circ$$

تحلیل انرژی آب در خاک :



مقدار دافعی ←
 ابعاد انرژی
 امکان حرکت
 چاه حرکت؟ شرط
 (در مورد حرکت ما)

بررسی ساده شده



- قبل از اینده بخواهیم حرکت آب را بررسی کنیم
 یک سوال ساده ← اگر خاک به نوع انبساطی می افتاد؟

برای افسر کار ، انرژی را به انرژی واحد وزن تبدیل می کنیم : $(E \rightarrow \frac{E}{w} = h)$

انواع انرژی (جنبشی ، پتانسیل ، کشش ، کشش ...) ، ناشی از فشار (و فشار هر کدام .

مجموعه ای می بینیم h مربوط به هر کدام از انرژی ها ←
 (+ غشای روکش)
 h_t ←
 h_e : فاصله ی ذره ی آب تا خط مبنا
 h_p : ارتفاع آب با لایه ی درینتر

- مفهوم گرادیان هیدرودینامیک $i = \frac{\Delta h}{\Delta L}$ (یا انرژی برای می بینیم h_t در مقابل مختلف)

$$K_x \frac{\delta^2 h}{\delta x^2} + K_y \frac{\delta^2 h}{\delta y^2} = 0 \rightarrow \text{نشان دهنده پایدار بودن جریان می باشد}$$

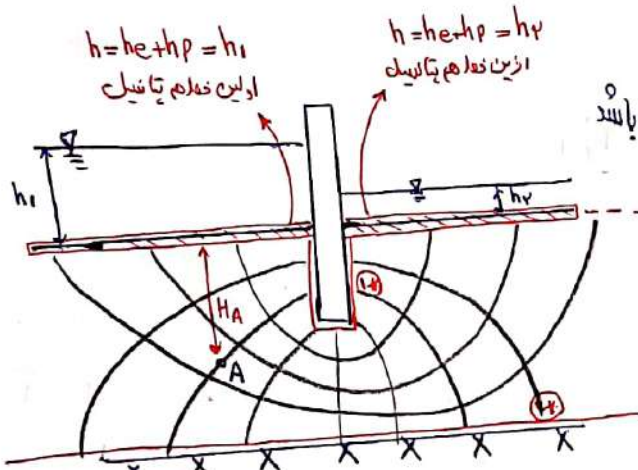
روش ① : حل معادله لاپلاس

این معادله جزء معادلات P.D.E می باشد که متغیر h نسبت به ۲ متغیر x و y جزء دینامیکش در محلول وجود دارد و حل این معادله نیازمند مسئله بودن بر درس ریاضیات مهندسی می باشد ← پس از روش جایگزین استفاده میکنیم

روش ② : رسم خطوط جریان و هم پتانسیل

- ۱- منحنی های مربع الاضلاع ایجاد شود
- ۲- خطوط جریان و هم پتانسیل مورد رسم باشند
- ۳- هیچ خط از یک نوع همپسند را قطع نمی کنند.

- رسم خطوط جریان و هم پتانسیل
① جریان بسته
② جریان باز



① جریان بسته : تعریف : اولین خط جریان (کوچکترین خط) همراه تحت فشار (h_p) باشد

مراد رسم :

۱- رسم اولین و آخرین خط هم پتانسیل

۲- رسم اولین (کوچکترین) و آخرین (بزرگترین) خط جریان

۳- پس از انجام مراحل ۱ و ۲ با رعایت مورد بودن این خطوط برهم در مربع الفلای بودن سایر خطوط جریان و هم پتانسیل را رسم میکنیم

① : اولین خط جریان

② : آخرین خط جریان → از کنار بستر میگذرد و باید عبور کند

* با داشتن مقادیر انرژی در اولین و آخرین خط هم پتانسیل در سایر خطوط هم پتانسیل نیز میتوان مقدار h را محاسبه نمود.

به طور مثال مقدار انرژی در نقطه A را که واقع بر اولین خط هم پتانسیل می باشد را می خواهیم بدست بیاوریم.

$$1) \Delta H = h_1 - h_2 = \text{انرژی اولین خط هم پتانسیل} - \text{مقدار انرژی در نقطه A} = \Delta H$$

$$2) \text{در این مثال} \rightarrow \Delta H = 8 = \text{تعداد کانت های هم پتانسیل}$$

باز پس ثابت بودن انرژی بین هر ۲ خط هم پتانسیل که مجاور هم می باشند :

$$\text{انرژی بین ۲ خط هم پتانسیل مجاور} = \frac{\Delta H}{\Delta n} = \frac{h_1 - h_2}{8}$$

یعنی بین ه ۲ خود هم پتانسیل معادله میزان تفاوت انرژی که برابر $\frac{h_1 - h_2}{\lambda}$ می باشد.

از روی معادله هم پتانسیل که تقاطع A در آن با قرار دارد $= h_1 - 2 \times \left(\frac{h_1 - h_2}{\lambda} \right)$

همان تقاطع بر روی این خط معادله h_1 برابر مقدار غوطه دارند پس

به دست می آید: $h_{PA} = h_1 - 2 \times \left(\frac{h_1 - h_2}{\lambda} \right) = h_{PA} + h_{HA} \Rightarrow h_{PA} = h_{HA}$

توجه: از دیدگی جریان بسته این است که هندسه اولین خود جریان آن مشخص می باشد.

* معادله دبی تراوش در تراوش آبدی:

از ربع افتاد چون رعایت شود این نسبت برابر خواهد شد.

تعداد کانال ها $\frac{N_f}{N_d}$ $\frac{a}{b}$ $\frac{1}{2}$

تعداد افت ها $Q = k_i A = k H \frac{N_f}{N_d}$ $\frac{a}{b}$

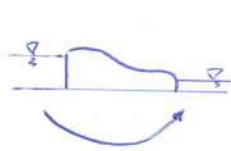
مقدار افت انرژی

در این مثال: $H = h_1 - h_2$ $N_d = \lambda$ $N_f = \frac{3.3}{1.2} \text{ (؟)}$

توجه: دبی عبوری از هر کانال با کانال های دیگر مساوی می باشد.

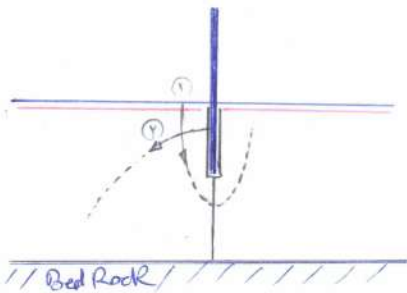
② جریان بازه هندسه ی اولین خود جریان مشخص نیست و h_p در طول این خود هواره منفر می باشد.

مثال: تراوش از هسته ی سد فانی ← مراجع به صفحه ۲۰ جزوه



(الف) از زیر سدها و سازه ها
(ب) از بدنه ها و سدها و سازه ها

تئوری تراش (دو بعدی) : حالت ۲



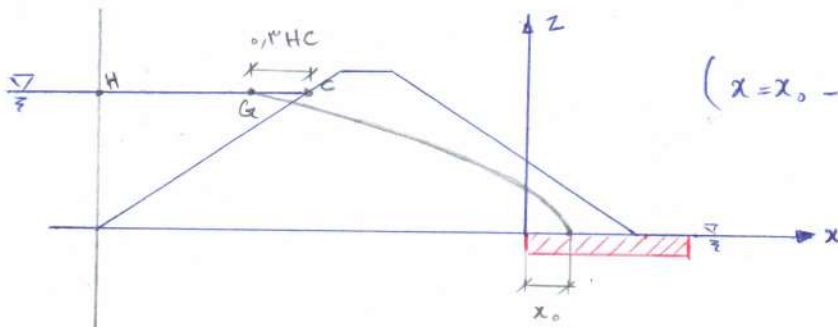
- حل مسئله رسم : (۱) رسم اولین و آخرین خط هم‌بافت

(۲) رسم اولین و آخرین خط جریان

(۳) اظہار رسم با استعاره از تولید نمودار و برش بودن

در مورد سدها و سازه ها :

- با توجه به اینکه در یک صورت نمی‌تواند (بسیار کم است) ، فقط حتماً را رسم کرده و بررسی می‌کنند.



(۱) رسم اولین و آخرین خط هم‌بافت - رسم سه‌مین خط - $(x = x_0 - \frac{z^2}{4x_0})$

(۳) رسم آخرین خط جریان - رسم نهم خط

$$q = KH \frac{N_p}{N_d} , q = 2Kx_0$$

توزینده

محاسب :

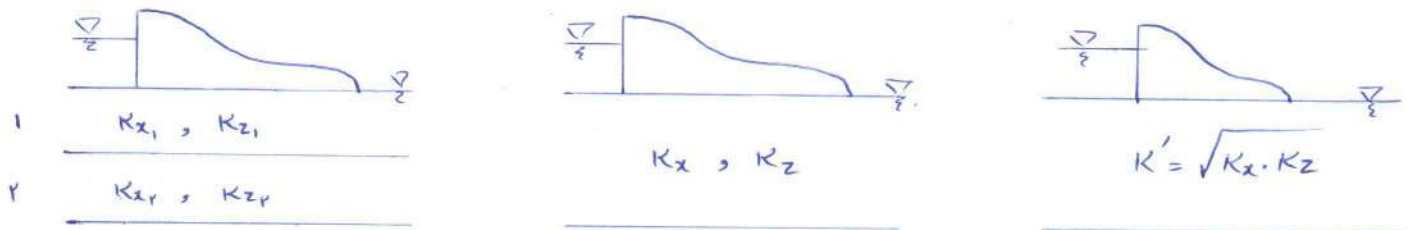
- نیروی بلند کننده uplift

$$q = KH \frac{N_p}{N_d} = \text{در واحد عرض}$$

- h_t, h_e, h_p در نقاط مختلف

- گرانان هیدرولیک برای دانه‌نرم

- غیر همسان و غیر همتی بودن خاک



محسوس نفوذپذیری که معادل درازنای x و z

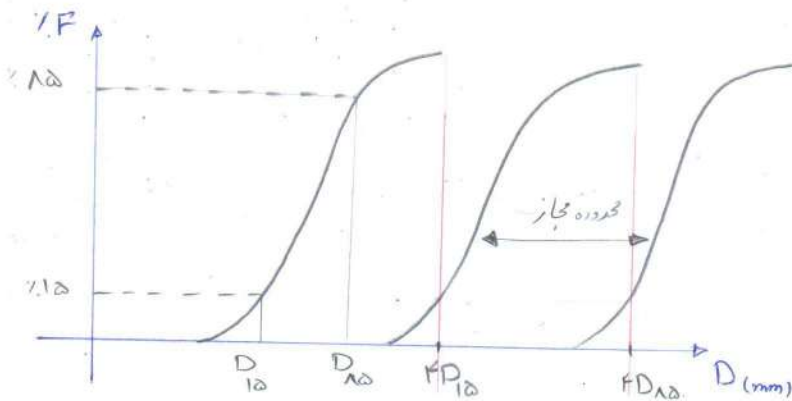
به هم وصل با معیاس جدید و هم شیب جریان $x' = x \sqrt{\frac{K_z}{K_x}}$

- در مورد بدنه های سده ها یا خاک های نثر ، در صورت غیر همسان بودن خاک ، ما به بالا ابتدا معیاس را اصلاح کرده و سپس به هم شیب جریان می پردازیم .

- در صورتی که می توانیم از این جهت ردی در نظر بگیریم ، ابعاد بر مبنای شکل معیاس شده در نظر گرفته می شوند .
 $i = \frac{\Delta h}{L}$ معیاس شده

- صافی (منبر)

معیار طراحی منبر چیست ؟



$$\frac{D_{10} F}{D_{10}} > F \quad \frac{D_{10} F}{D_{10}} < F$$

معیار نفوذپذیری

معیار چسبندگی از کرب

۱- با توجه به شکل رویه و مطلوبیت

$$K = 10^{-5} \text{ cm/s}$$

الف) دبی عبوری آب

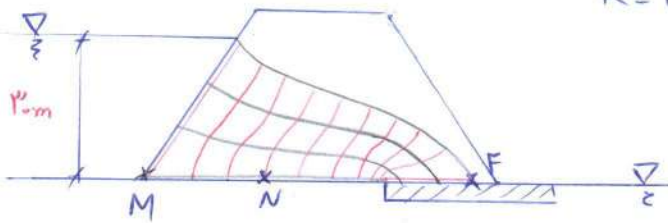
ب) فشار آب در نقاط M، N، F

ج) تغییرات دبی را در اثر تغییرات زیر بررسی کنید

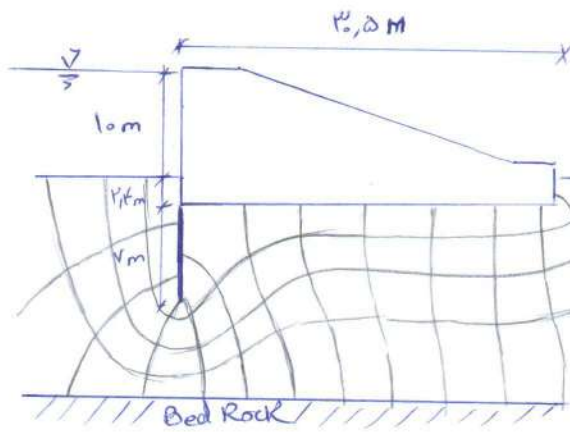
۱) نمودن دبی هسته زیاد شود.

(۲)

(۳)



۲- در شکل مقابل، مقدار دبی تراوش را محاسبه کنید؛ مقدار گرا دیان هیدرومتری حالت نرم را محاسبه کنید؛ مقدار نیروی وارد بر دوسوی سپر را محاسبه کنید؛ اگر نشان محصل در خاک برابر با $e = 0.8$ باشد، بررسی کنید که آیا خاک در سبیل می ماند



فرسایش می یابد یا خیر ($G_s = 2.7$)

در دو حالت زیر، تغییرات نیروی U را بررسی کنید:

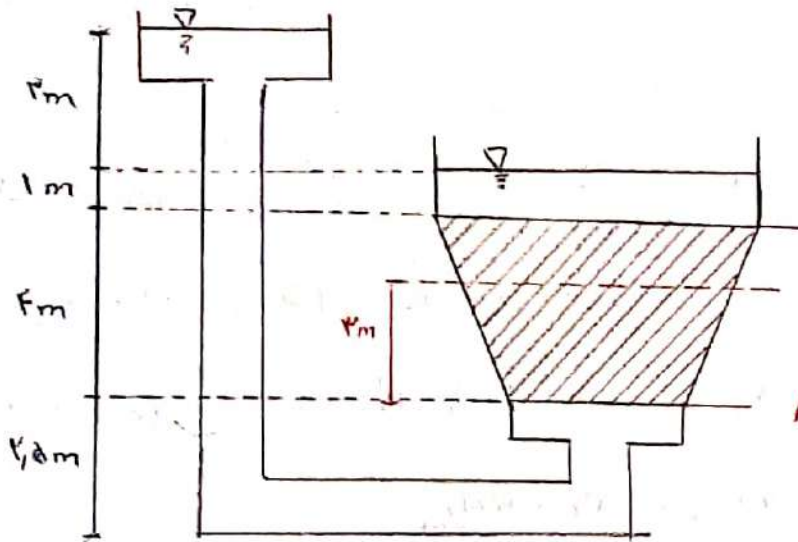
الف) افزایش طول سپر

ب) انتقال مکان سپر از مجاورت بالادست به مجاورت پائین دست

شبه صاف جزه

۲. مطابق شکل خاک با نفوذپذیری $8 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$

بین مصالح A و B قرار گرفته است.



مقطع A دایره‌ای به سطح ۲ متر و مقطع B دایره‌ای به سطح ۴ متر می‌باشد و تغییر مقطع از A تا B به صورت خطی است (بدون نوسان). مقطع A

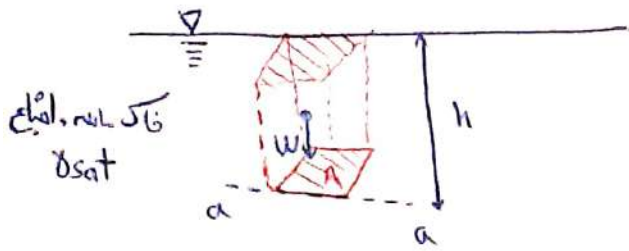
در صورتی که سطح آب در مخازن ۱ و ۲ به وسیلهی انداماتی ثابت نگه داشته شود:

الف) نسبت گریزهای هیدرولیکی در مقطع A به B را بدست آورید.

ب) انرژی کل در مقطع C را محاسبه کنید.

نکات کلی فصل ۳:

تشنه دل، تشنه درز



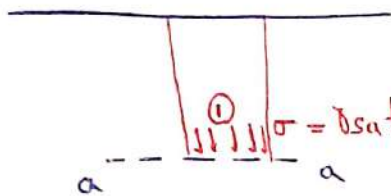
در سطح $a-a$ می خواهیم تشنه های موجود در فاک را حساب کنیم.

سطح دلفواه A را در تراز $a-a$ (در عمق h) انتخاب می کنیم.

وزن حجم یکجبهه مستطیل بالای سطح A تا سطح زمین ایجاد می کند را حساب می کنیم.

$$w_T = \overbrace{\delta_{sat}}^{\text{حجم}} (Ah) \rightarrow \text{تشنه در سطح } A \text{ ناشی از وزن فاک} = \frac{\delta_{sat} Ah}{A} = \delta_{sat} h$$

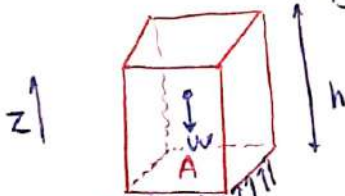
تشنه دل موجود در سطح $(a-a)$



تشنه ناشی از وزن فاک به سطح $a-a$ وارد می شود

حالت نیروی عمود و عمود العمل: اگر این حجم دلفواه انتخاب را مقید رسم کنیم

$$\varepsilon_f z = 0 \rightarrow \text{در اینجا قائم تعادل وجود دارد}$$



تشنه دل از طرف فاک به گونه به سمت بالا وارد می شود

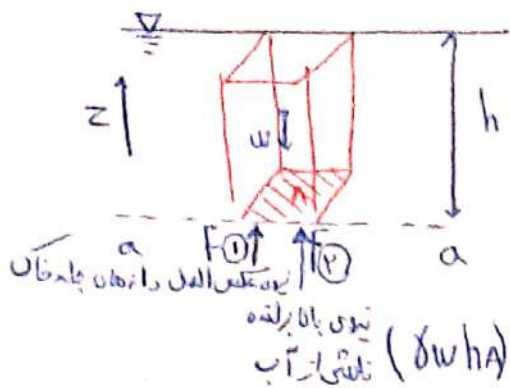
تشنه های ①، ② به ترتیب تشنه های عمود که توده فاک به سطح $a-a$ و سطح $a-a$ به توده فاک وارد می کنند باشند.

حال این تشنه دل را می توان به صورت دیگری بسط داد:

$$\sigma_T = \delta_{sat} h = \underbrace{(\delta_{sat} - \delta_w) h}_{\text{تشنه برز (σ')}} + \underbrace{\delta_w h}_{\text{فش آب فزه ای (u)}}$$

$$\Rightarrow \sigma_t = \sigma' + u$$

تشنه برزق به تشنه گفته می شود که توسط دانه های جامد خاک تحمل می شود.



$$\Sigma F_z = 0 \Rightarrow w = F(1) + F(2)$$

$$\Rightarrow \delta_{sat} A h = F(1) + \underbrace{\delta w h A}_{\text{نیروی بالا برنده از طرف آب}}$$

$$\Rightarrow F(1) = (\delta_{sat} - \delta w) A h \quad \text{زویی که از طرف دانه های جامد خاک وارد می شود.}$$

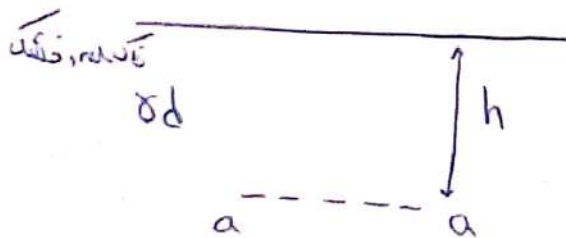
$$\Rightarrow \delta_{sat} A h = (\delta_{sat} - \delta w) A h + \delta w h A$$

تعیین A می کنیم تا بر دوی
کشنه نوشته نشود

$$\Rightarrow \underbrace{\delta_{sat} h}_{\sigma_t} = \underbrace{(\delta_{sat} - \delta w) h}_{\sigma'} + \underbrace{\delta w h}_u$$

* نکته: وجود آب در خاک باعث می شود که تشنه های متری به سمتار جامد خاک وارد نشود

حال اگر خاک فشرده باشد:



$$\left. \begin{array}{l} \sigma_t = \delta_d h \\ u = 0 \end{array} \right\} \Rightarrow \sigma' = \sigma_t = \delta_d h$$

* اگر زویی کنیم در مثال قبل بار کسره q ($\frac{kN}{m^2}$) در سطح زمین اعمال شود تشنه یک، تشنه مور و فشار آب فزه ای این صورت تغییر کردند

$$\sigma_t = \delta_{sat} h + \underline{q}$$

$$\sigma' = (\delta_{sat} - \delta w) h + \underline{q}$$

$$u = \delta w h \quad \text{آیا این را به همراه درست است؟ و فشار آب فزه ای تاثیر از بارگذاری فربه فزه ای؟}$$

تأثیر زبان در تنش صورت و فشار آب فزوده ای 3

= در فاک های درست دانه (مانند یالین) اگر بارگذاری فاربی صورت گیرد هواره این تنش فاربی به تنش موثر تبدیل خواهد شد و فشار آب فزوده ای از این تنش فاربی هیچ بقی نخواهد داشت.

$$\sigma_t = \sigma'_t + u \quad \text{تبدیل بارگذاری}$$

$$\sigma_t + q = (\sigma'_t + q) + u \quad \text{تبدیل بارگذاری}$$

در تمام زبان ها این معادله برقرار است → پس فاک های درست دانه تابع زبان می باشند

- در فاک های ریز دانه (ریز دانه) اگر بارگذاری فاربی صورت گیرد مقدار تنش صورت و فشار آب فزوده ای تابع زبان خواهند بود. بدین صورت که ابتدا کل تنش فاربی به فشار آب فزوده ای تبدیل می شود، تنش صورت از اینش پیمانی کند اما از زبان طرانی بگذرد فشار آب فزوده ای به مقداری کمتر قبل از بارگذاری داشت باز گردد و این تنش فاربی به تنش موثر تبدیل خواهد شد.

$$\sigma_{t1} = \sigma'_1 + u_1 \quad \text{تبدیل بارگذاری}$$

$$t=0 \rightarrow (\sigma_{t1} + q) = \sigma'_1 + (u_1 + q)$$

$\sigma_{t1} + q$ تنش کل به از بارگذاری $u_1 + q$ فشار آب فزوده ای

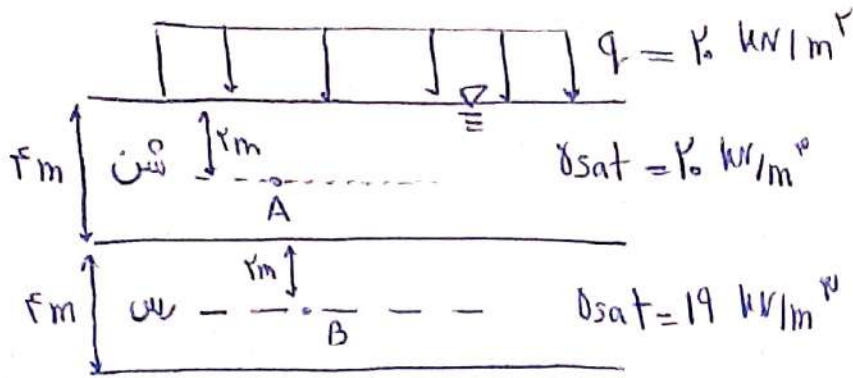
$$t=\infty \rightarrow (\sigma_{t1} + q) = (\sigma'_1 + q) + u_1$$

$\sigma_{t1} + q$ تنش کل به از بارگذاری $\sigma'_1 + q$ تنش صورت

هان طور که می بینید تنش کل (σ_t) هیچ گاه تابع زبان می باشد، فقط تنش صورت و فشار آب فزوده ای در فاک ریز دانه تابع زبان می باشند

* بارگذاری فاربی می تواند 2 دسته باشند 1) بارگذاری فاربی در سطح زمین 2) تغییر سطح آب زیر زمینی

مثال: الف) تنش یک دژ را در تقاطع A, B تعیین کنید (بار خاکی $q = 20 \text{ kN/m}^2$ از ابتدا به سطح وارد شده است)



A: $\sigma_{tA} = 20 \times 2 + 20 = 40 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$ $u_A = \gamma_w \times h = 10 \times 2 = 20 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
 (در نقطه A پیوسته تر از سطح زمین بالا می آید)

$\Rightarrow \sigma' =$
 روش ۱: $\sigma' = \sigma - u = 40 - 20 = 20 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$ (روش غیر مستقیم)
 روش ۲: $\sigma' = (\gamma_{sat} - \gamma_w)h + q = (20 - 10) \times 2 + 20 = 20 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$ (روش مستقیم)

محاسبه تنش در نقطه B: به دلیل این که بار خاکی از قبل وارد شده است افتادن فشار آب خودی آن، تنش پورت تبدیل شده پس در مواقع تنش در نقطه B، در زمان $t = \infty$ بررسی می کنیم.

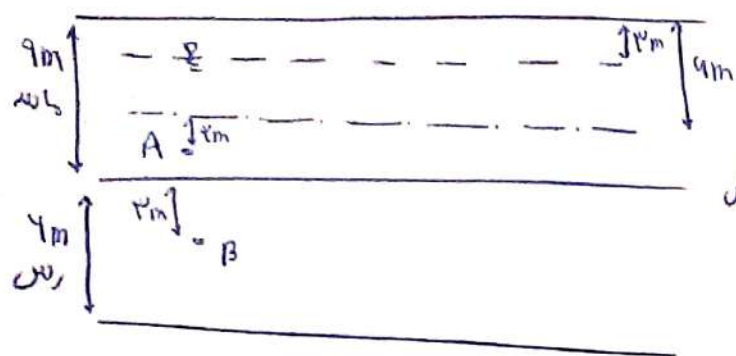
B: $\sigma = 19 \times 2 + 20 \times 2 + 20 = 138$ $u = 10 \times 4 = 40$

$\Rightarrow \sigma' =$
 $138 - 40 = 98 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
 $\sigma' = (19 - 10) \times 2 + (20 - 10) \times 2 + 20 = 98 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

حال اگر به دژ، نالهانی بار خاکی q از 20 به $40 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$ برسد تنش های A و B چه مقدار تغییر می کنند.

تنش A	رس B توا	رس B پایه
$+20$	$+20$	$+20$
$+20$	$-$	$+20$
$-$	$+20$	$-$

مثال: یک توده خاک با ارتفاع ۹م از جنس ماله بر روی یک نمونه از جنس رس به هلول ۹م قرار دارد. سطح آب زیر زمینی در فاصله ۹م از سطح زمین قرار دارد. در مدت زمان کوتاهی سطح آب زیر زمینی ۳م بالا می آید و در آن سطح ثابت می ماند (با گذشت زمان سطح ثابت می ماند) تنش کل و مؤثر در عمق ۸ و ۱۲ متری از سطح زمین در حالت زیر را بررسی کنید.



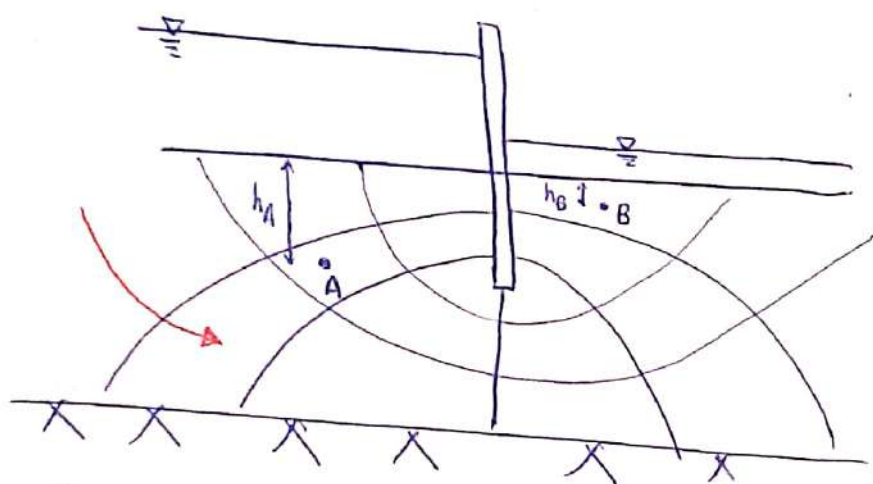
$$\gamma_{sat} = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{sat} = 19 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma = 14 \text{ kN/m}^3$$

- ۱) قبل از بالا آمدن سطح آب
- ۲) بلافاصله بعد از بالا آمدن سطح آب
- ۳) مدت ها بعد از بالا آمدن سطح آب

تنش مؤثر در حالت حرکت آب:



$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma'_A = \gamma' h_A \text{ بازنویسی در استاتیک} \\ \sigma'_A = \gamma' h_A + i \gamma_w h_A \text{ ؟ در حالت وجود جریان} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma'_B = \gamma' h_B \text{ بازنویسی در استاتیک} \\ \sigma'_B = \gamma' h_B - i \gamma_w h_B \text{ در حالت وجود جریان} \end{array} \right. \xrightarrow[\sigma' = 0]{\text{در حالت جوشش}} \gamma' h_B - i \gamma_w h_B = 0 \Rightarrow \frac{\gamma'}{\gamma_w} = i_{cr}$$

$$\gamma_w = 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \quad \gamma = \gamma_{sat} - \gamma_w \approx 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \Rightarrow i_{cr} = 1$$

اگر فریب ادبیات ۴ در نظر بگیریم حداکثر زوایایان هیدرولیکی باید به مقدار $i_{max} = 0.25$ محدود شود.

در سیل بالا برآنی ترین وضعیت برای جوشش کجاست؟

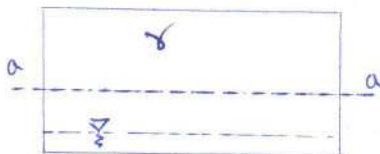
- در خاک‌های اشباع، تنش کل موجود در خاک به دو بخش تقسیم می‌شود
 - تنش در بخش جامد دانه‌های خاک
 - تنش در بخش آب موجود در خاک

۱- تنش مؤثر در حالت آب ساین در خاک

تفسیر: (الف) خاک اشباع

ب) خاک غیر اشباع

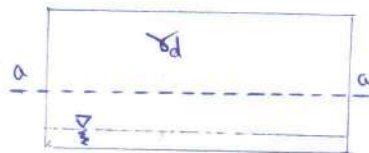
ب) خاک غیر اشباع



$$\sigma_{a-a} = \gamma z$$

$$u_{a-a} = 0 \quad (\text{بالای سطح})$$

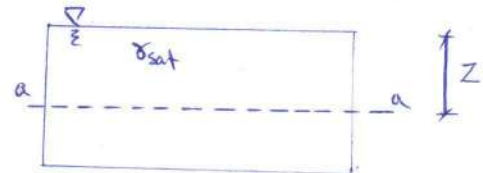
$$\sigma'_{a-a} = \sigma_{a-a} - u_{a-a} = \sigma_{a-a}$$



$$\sigma_{a-a} = \gamma_d z$$

$$u_{a-a} = 0$$

$$\sigma'_{a-a} = \sigma_{a-a} - u_{a-a} = \gamma_d z$$



$$\sigma_{a-a} = \gamma_{sat} z$$

$$u_{a-a} = \gamma_w z$$

$$\sigma' = \sigma_{a-a} - u_{a-a} = (\gamma_{sat} - \gamma_w) \times z = \gamma' z$$

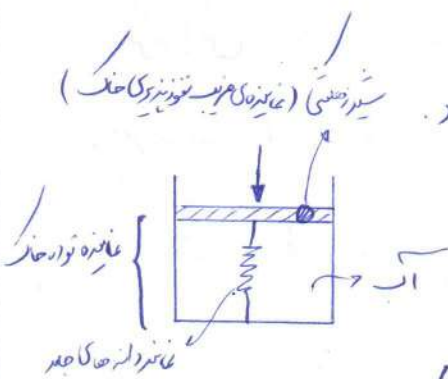
تنش مؤثر در زمان:

در خاک رست دانه - تنش مؤثر تحت تأثیر زمان نمی‌باشد

در خاک پست دانه - تنش مؤثر تحت تأثیر زمان است و باید در نگاه مدت و مدته صفت بررسی شود.

برای دانه پست دانه برش مؤثر می‌توان از مدل مسواح و قرا سنده مرکز

تأثیر تنش مؤثر در زمان در تغییر شرایط خاک باید اعمال شود. (هر نوع تغییر) با بزرگای یا تغییر سطح آب



۲- تنش مؤثر در حالت حرکت آب

در اثر حرکت آب در خاک ذرات آب با دانه‌های جامد برخورد و به آن‌ها نیرو وارد می‌کنند که این نیرو در جهت حرکت آب می‌باشد.

- مقدار نیروی سراسری: $F = i \omega \times V$ ← $F = i \omega \times L$ مقدار فشار سراسری: $f = \frac{F}{A}$

عمق از خاک تا آن نیرو وارد می‌کند. طولی از خاک که آن نیرو وارد می‌شود.

$$\sigma' = \sigma - u, \quad u = \gamma_w h_p = (h_t - h_e)$$

تینس مؤثر در جهت اول (ارتباطی هست) در جهت دوم

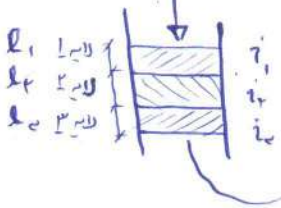
$$\sigma' = \sigma \pm f$$

مقدار تنش عمودی (حالت سکون آب)

اگر فرض کنیم در طول خاک تغییر نباشد، برای سبکی γ_w ، در قسمت را در همان قسمت فرض می‌کنیم.

$$f = (\gamma_1 l_1 + \gamma_2 l_2 + \gamma_3 l_3) \omega$$

این نیرو فشار سراسری را می‌کشد



- جوش در خاک‌های دانه‌ای (رگاب)

در حالت سکون رده بالا باشد، جهت آن با تنش مؤثر دانه‌ها که به صورت تعادل است و رده پایین می‌باشد مخالف خواهد بود و در صورتی که مقدار فشار سراسری با تنش مؤثر وجود بریزد، آن را قش کرده و تنش مؤثر حاصل صفر می‌شود.

$$\sigma' < f$$

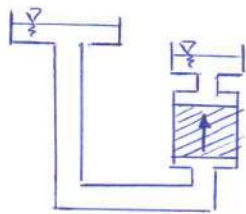
در حالت آب پاش

در جوشش می‌گردد

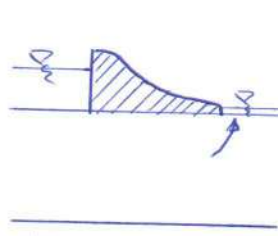
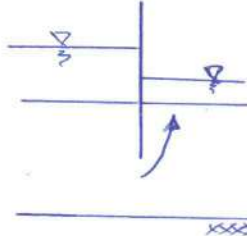
$$\sigma' = f$$

در حالت آب پاش

در آستانه جوشش (بحران)



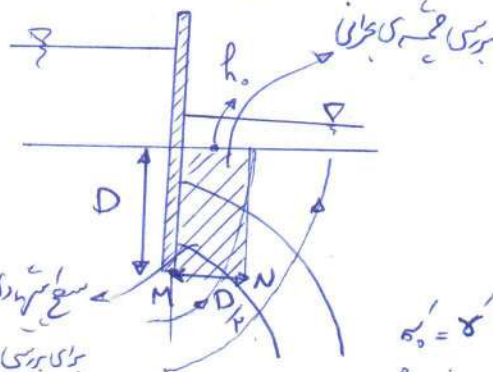
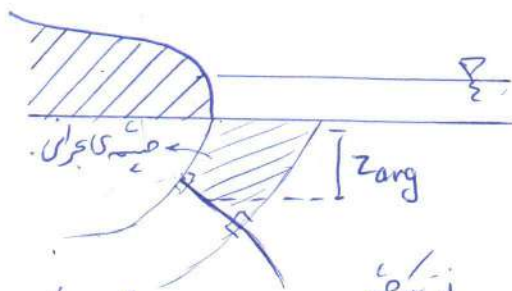
یک بیدی



دو بیدی

- بایدری در برابر جوش

در دو جانب فوق (۲ بیدی)، جریان آب در وضعیت به صورت ۲ بیدی است اما در حالت جوش حرکت را به ترتیب به صورت یک بیدی و رو به بالا در نظر می گیریم.



$$\sigma'_0 = \sigma'_v \times z_{avg}$$

$$f = z_{avg} \times \gamma_w \times z_{avg}, \quad z_{avg} = \frac{\Delta h_t}{z_{avg}}$$

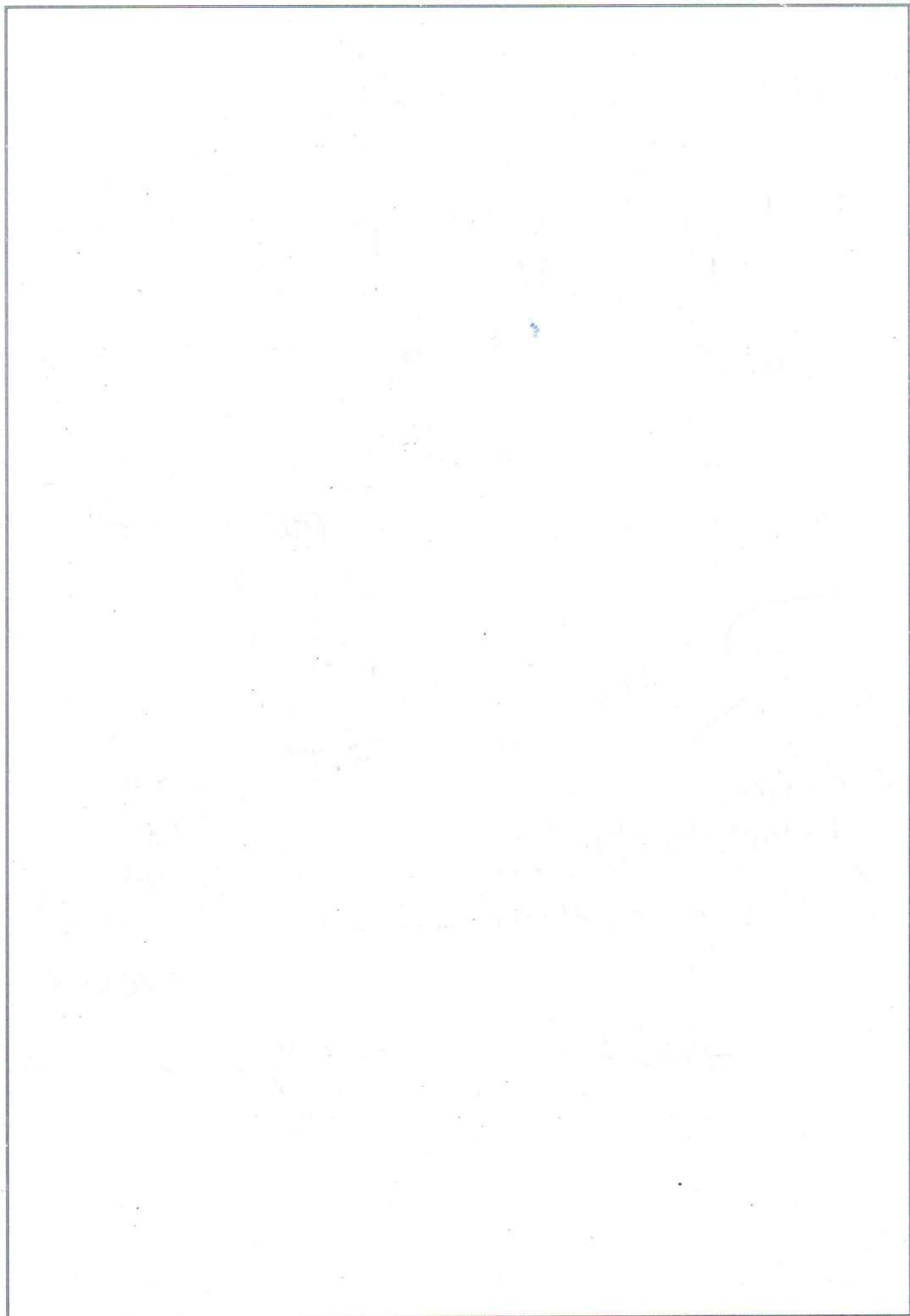
$$\sigma'_0 = \sigma'_v D$$

$$f = z_{avg} \times \gamma_w \times D$$

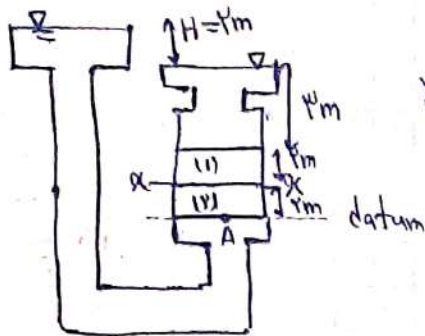
$$z_{avg} = \frac{\Delta h_t}{D} \rightarrow \left(\frac{h_{m,th}}{D} \right) - h_p$$

نمونه: در صورتی که در یک محب از خاک، ثابت باشد، بررسی جوش در هر تراز از خاک می تواند تعیین کننده ای این باشد که جوش رخ دهد یا نه.

در صورت وجود منفرد، به اندازه $\gamma_w \times H$ به σ'_0 اضافه می شود اما در f تغییری ایجاد نمی گردد.



سوال: اندازه برزخاک ۱ در برابر خاک ۲ است معلوم است ۱) تنش برزخساز ۲-۹ (از آرس) ۲) آرسی خردی ۱/۵ باشد
 ۱) و ۲) مشخص کنید ۳) H را بر مبنای مشخص کنید که خاک در حالت ۱ به جوشش میروند.



$$\delta_{sat 1} = 22 \text{ kN/m}^3 \quad \delta_{sat 2} = 20 \text{ kN/m}^3 \quad A = 0.25 \text{ m}^2$$

$$\delta_w = 10 \text{ kN/m}^3$$

به سطح طلب است ۱:

$$h_p = h_t - h_e \quad \leftarrow u: \text{از هرتز پیترز (} h_p \text{)}$$

$$\sigma'_{x-x} = \sigma - u$$

$$\sigma = 2 \times 22 + 3 \times 10 = 74 \text{ kN/m}^2$$

$$u = ?$$

آگر در تراز ۹ نیز مقرر کنیم تا تراز میانی پایین دست، بالا دست را قطع کند. در این تراز ۹

$$h_{t2} = h_A^* - 2 \text{ m} = 9 - 2 \text{ m} \quad i_2 = ?$$

$$\textcircled{1} \text{ افت تراز: } 2i_2 + 2i_1 = 2 \quad \textcircled{2} k_1 i_1 A_1 = k_2 i_2 A_2 \Rightarrow \frac{k_1}{k_2} = \frac{i_2}{i_1} \left\{ \frac{k_1}{k_2} = \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^2 = \frac{i_2}{i_1} \right.$$

$$A_1 = 2 D_1^2 \quad k_1 = 10^{-2} D_1^2 \Rightarrow \boxed{i_2 = 4 i_1}$$

$$\Rightarrow \textcircled{1}, \textcircled{2} \quad i_1 = 0.2 \quad i_2 = 0.8$$

$$\Rightarrow h_{t2-x} = 9 - 2 \times 0.8 = 7.4 \text{ m} = h_e + h_p \Rightarrow h_{p_{x-x}} = 5.4 \text{ m}$$

$$\Rightarrow u_{x-x} = 5.4 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \Rightarrow \sigma'_{x-x} = 74 - 5.4 = 68.6 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma'_{x-x} = \sigma' \pm f \quad \text{با این پایین} \quad \text{کدام L} \rightarrow$$

$$\sigma' = 2(22 - 10) = 24 \quad f = \frac{1}{2} \times 10 \times 2 = 10$$

$$\sigma'_{xx} = 24 - 10 = 14$$

$$Q = k_1 i_1 A_1 = 0.25 \times 10^{-2} \times 0.25 \times k_1 \Rightarrow \boxed{k_1 = 10^{-2} \text{ m/s}} \quad (2)$$

$$Q = k_2 i_2 A_2 \Rightarrow 0.25 \times 10^{-2} = 0.25 \times 0.25 \times k_2 \Rightarrow \boxed{k_2 = 0.25 \times 10^{-2} \text{ m/s}}$$

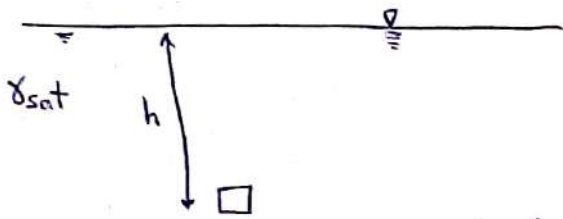
۳) جوشش اگر کدام سطح بررسی کنیم! برای بررسی جوشش چون خاک ۱ هیچ فاکتور بالایی نیست میباید بررسی کنیم

آگر خاک ۲ به جوشش بخواهد میروند ابتدا باید بررسی کنیم که خاک ۱ به جوشش می افتد یا خیر اگر خاک ۱ به جوشش میروند باید در پایین ترین سطح ۲ بررسی کنیم.

$$\sigma' = 24 \quad \sigma' - f = 0 \Rightarrow f = 24 = i_1 \frac{\delta_w L}{10} \Rightarrow \boxed{i_1 = 1.2}$$

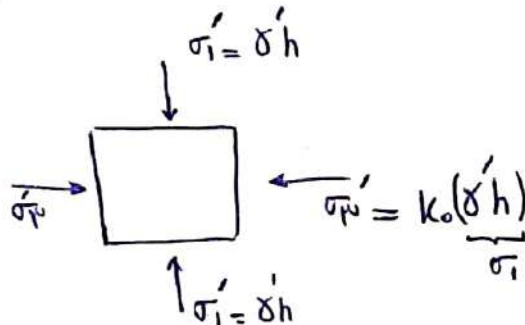
$$\textcircled{1} 2i_1 + 2i_2 = H$$

$$\textcircled{1} Q_1 = Q_2 \Rightarrow k_1 i_1 A_1 = k_2 i_2 A_2 \Rightarrow \frac{i_2}{i_1} = \frac{k_1}{k_2} = 4 \Rightarrow \boxed{i_2 = 4.8} \Rightarrow H = 2(1.2 + 4.8) = 12 \text{ m} = H$$

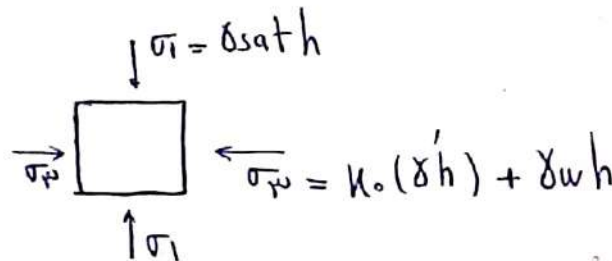


تنش‌های اعمال بر این بریده تنش:

① فضای تنش مرز:



② فضای تنش دل:

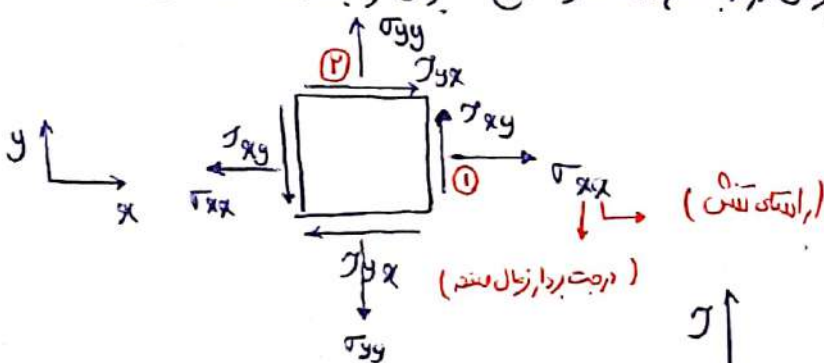


نکته: در این الان ها هیچ تنش برشی وجود ندارد — پس تنش‌های (σ_1, σ_3) یا (σ'_1, σ'_3) تنش‌های اصلی می‌باشند.

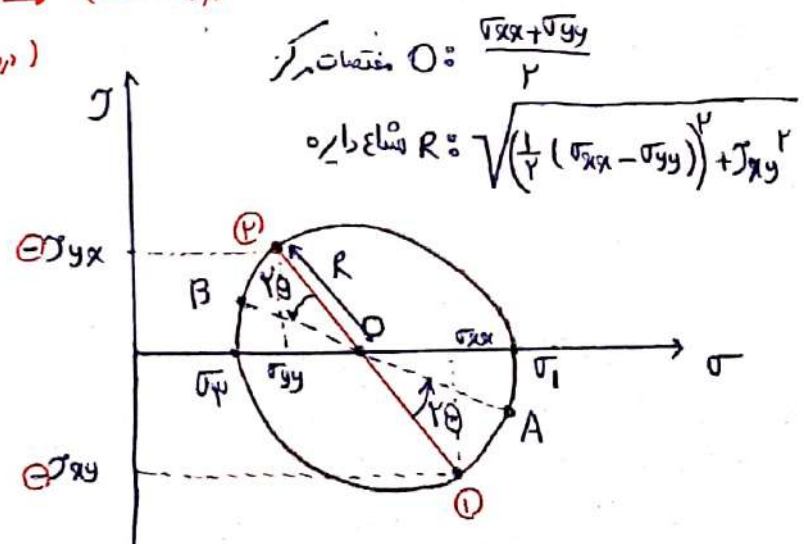
یادآوری: دایره موهر کولمب

الف) در مقاومت مصالح:

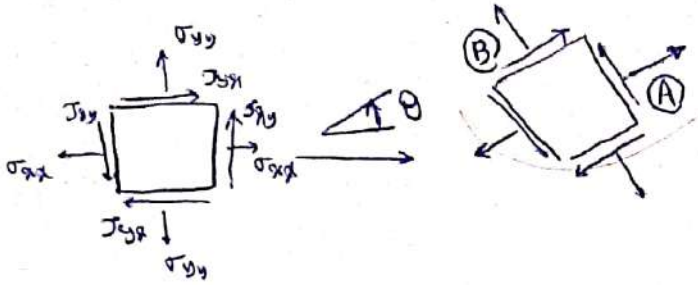
⊕ تنش کششی ⊖ تنش فشاری ⊕ برش در جهت پادساعتگرد ⊖ برش در جهت ساعتگرد



فرض: $\sigma_{xx} > \sigma_{yy}$



اگر المان به اندازه θ در راستای پاراسایت در آن کند مقادیر تنش و برش به صورت زیر می شوند.



مقادیر تنش های اصلی:

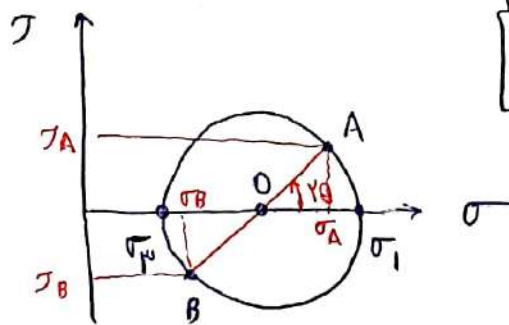
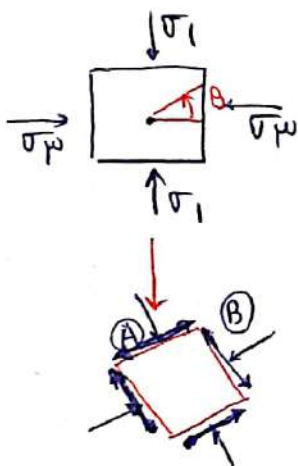
$$\sigma_1 = \frac{\sigma_{xx} + \sigma_{yy}}{2} + R \quad \sigma_3 = \frac{\sigma_{xx} + \sigma_{yy}}{2} - R$$

$$\tan 2\theta_p = \frac{2\tau_{xy}}{\sigma_{xx} - \sigma_{yy}}$$

θ_p : زاویه که اگر المان را در آن جهت به تنش های اصلی برسیم.

(ب) دایره موهر کلب در یکایک فاک:

← تنش فشاری $\oplus$ تنش کششی: نداریم برش درجه پاراسایت کرد $\oplus$ برش درجه سائید $\ominus$



$$\begin{cases} R = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \\ O: \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} \end{cases}$$

تنش در سمت A:

$$\begin{cases} \sigma = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} + \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \cos 2\theta \\ \tau = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \sin 2\theta \end{cases}$$

تنش در سمت B:

$$\begin{cases} \sigma = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} - \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \cos 2\theta \\ \tau = \frac{\sigma_3 - \sigma_1}{2} \sin 2\theta \end{cases}$$

معيار لایسنس مودر کلوب :

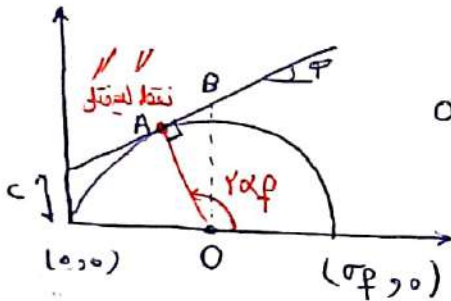
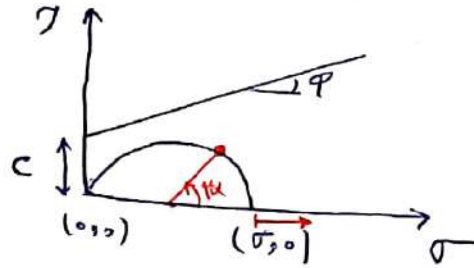
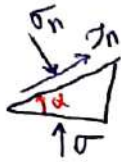
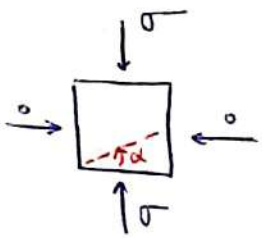
* نحوه بدست آوردن c' و φ' در ادامه مشاهده شود.

$$\begin{cases} \tau = \sigma \tan \varphi + c \\ \tau' = \sigma' \tan \varphi' + c' \end{cases}$$

در فضای تنش دل

در فضای تنش مودر

چون آب برش تحمل نکند $\rightarrow \tau = \tau'$ ولی $\sigma \neq \sigma'$ و $c \neq c'$ و $\varphi \neq \varphi'$



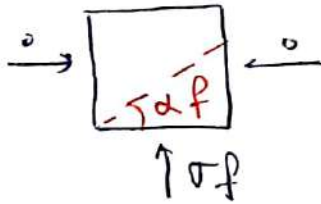
$$\begin{cases} \hat{\sigma} = 2\alpha f - 9_0 \\ \hat{A} = 9_0 \\ \hat{B} = 9_0 - \varphi \end{cases}$$

$$\hat{\sigma} + \hat{B} = 9_0 \Rightarrow 2\alpha f - 9_0 + 9_0 - \varphi = 9_0$$

$$\Rightarrow 2\alpha f = 9_0 + \varphi \Rightarrow \boxed{\alpha f = 45 + \frac{\varphi}{2}}$$

○

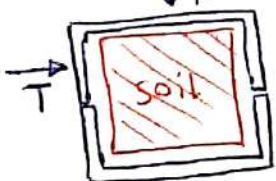
مقدار تنش در فضای مودر لایسنس مودر



اگر در امان لایسنس مودر در زاویه $\alpha f = 45 + \frac{\varphi}{2}$ رخ خواهد داد

* آزمایش های تعیین مقاومت برشی خاک :

① آزمایش برش مستقیم : نمونه خاک بین ۲ نعل قرار می گیرد. نعل پایین ثابت و نعل بالا با نیروی T حرکت می کند و نیروی N از بالا بر آن وارد می شود.

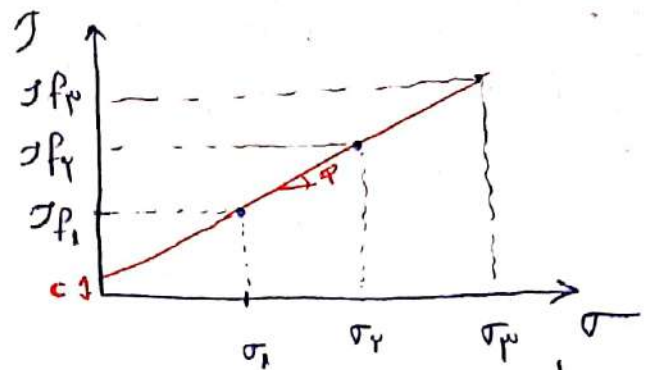
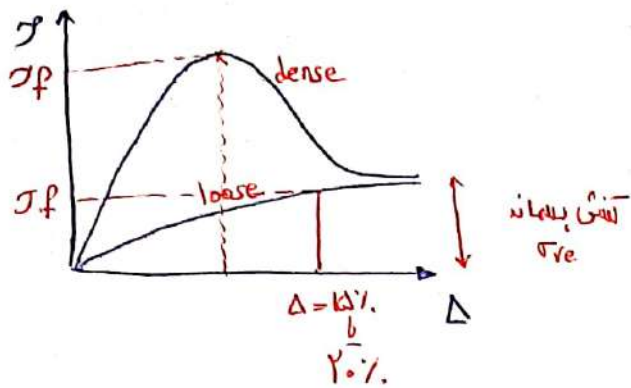


$$\frac{N}{A} = \sigma$$

تنش قائم

$$\frac{T}{A} = \tau$$

تنش برشی



حد اکثر آرایش با N های متفاوت باید انجام شود تا c و q حساب کنند

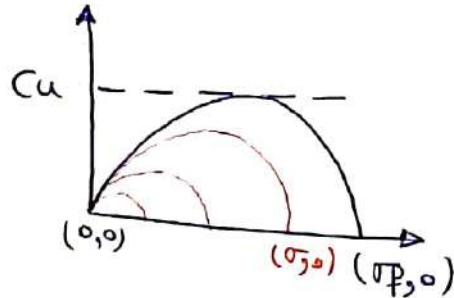
اسئالات این روش :

① سطح مقطع نمونه در طول آرایش کم شود.

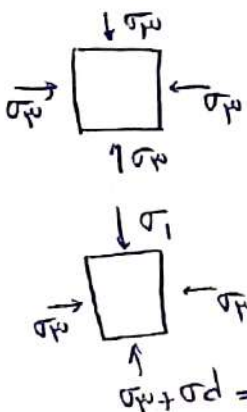
② سطح گسیختگی امنی است.

② **آرایش تک محوری :** در این آرایش فقط نیروی قائم N وارد می شود و آرایش می دهیم تا دایره موهر کلوب پوئن گسیختگی را قطع کند.

* این آرایش مخصوص خاک های چسبناک است ← پایداری نمونه



c_u = مقاومت زهکشی زننده رس انبساط



③ **آرایش سه محوری :** در این آرایش در مرحله اول تنش هم جانبی σ_3 به همان خاک وارد می شود .
در مرحله بعد از طریق تک بالاد پایین تنش اتران آور σ_d بر نمونه به صورت آرایشی وارد می شود تا همان به گسیختگی برسد.

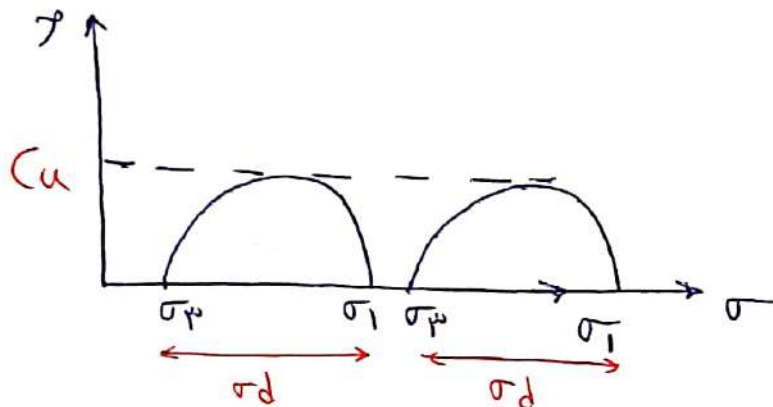
* صلیبی باز بسته بودن σ_3 در مرحله اول، دوم ۳ نوع آرایش داریم :

نوع آرایش	مرحله اول	مرحله دوم
UU	بسته	بسته
CU	باز	بسته
CD	باز	باز

در مرحله اول آزمایش به دلیل انبساط بودن نمونه و همچنین بسته بودن تیر زهکشی (۲) و هشامی که تنش هم جابجایی هم که به همان وارد شود تنش مؤثر آزمایش پیدا کند و فعلاً فشار آب فزه ای به اندازه σ_3 در نمونه آزمایش پیاده کند.

به عبارت دیگر چون تنش مؤثر آزمایش پیدا کند تفاه فالی بین ذات کمتر نشسته و همچنین σ_3 (یا تراکم) خاک آزمایش پیدا می کند.

در مرحله دوم به دلیل این که در مرحله اول نمونه قادر به افزایش تراکم نبود، همواره با σ_3 ثابت (فاز آزمایش که می تواند باشد) گسیخته خواهد شد.



C_u = مقاومت زهکشی نشسته

* این آزمایش مخصوص ریزدانه ها باشد چون ماله و شن قابلیت زهکشی در بارگذاری اریست زمان کوتاه را دارا هستند.

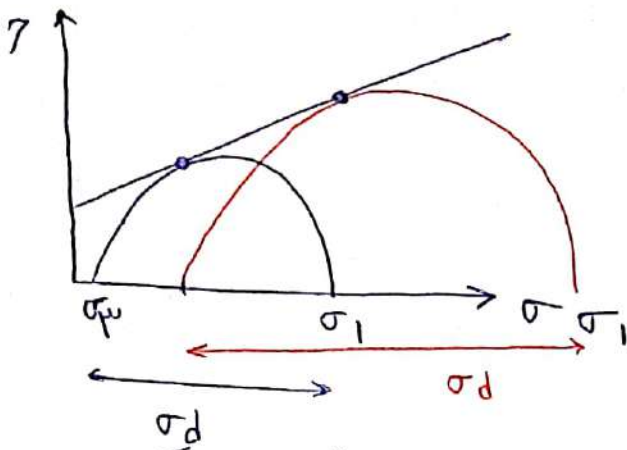
* کاربرد آزمایش UU در کنترل پایدار کوتاه مدت است، می توانی د... می باشد.

آزمایش CU :

در مرحله اول این آزمایش برعکس آزمایش UU وقتی تنش σ_3 وارد می شود مقدار تراکم نمونه آزمایش پیدا می کند (تنش σ_3 اعمالی به تنش مؤثر تبدیل می شود) پس در مرحله دوم بارگذاری انتظاری داریم هر چه مقدار σ_3 بیشتر باشد مقدار

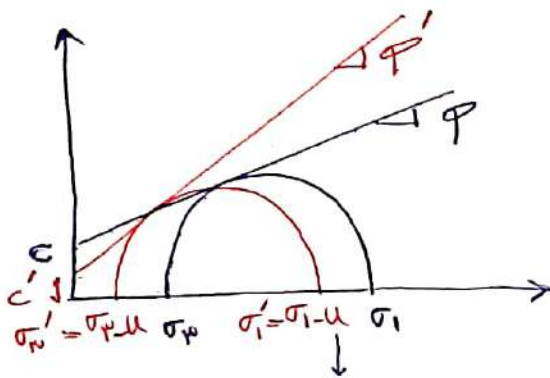
σ_3 لازم برای گسیختگی بیشتر شود.

به این نکته باید توجه کرد که هشامی که σ_3 اعمال می شود به دلیل بسته بودن تیر زهکشی در نمونه افشای فشار آب فزه ای به وجود خواهد آمد.



$$\uparrow \sigma_3 \Rightarrow \uparrow \sigma_d$$

برای چند کمیتات این آزمایش را انجام دهند و سپس بر دایره‌ها رسم شده نقطه‌ها را رسم می‌کنند به گونه‌ای که به تمام دایره‌ها مماس شود سپس ϕ و c پیدا می‌کنند.



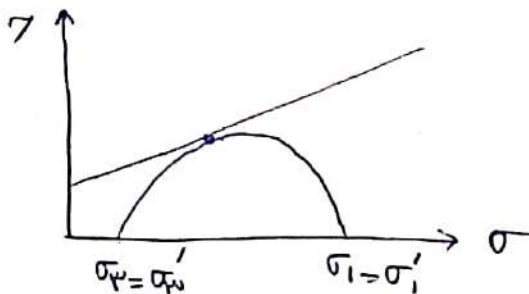
$$\phi' > \phi, c > c'$$

افزایش فشار آب خزان در نقطه‌ها

* بهترین آزمایش آزمایش c می‌باشد که در محاسبه ϕ و c استفاده می‌کنند.

* کاربرد این آزمایش برای بررسی اثر وقوع زلزله در خاک می‌باشد.

آزمایش CD : فقط با استفاده از ϕ' و c' در نقاط تنش مرتباً در واقع چون در محاسبه ۲ آزمایش فشار آب خزان تشکیل نمی‌شود



$$\phi = \phi', c = c'$$

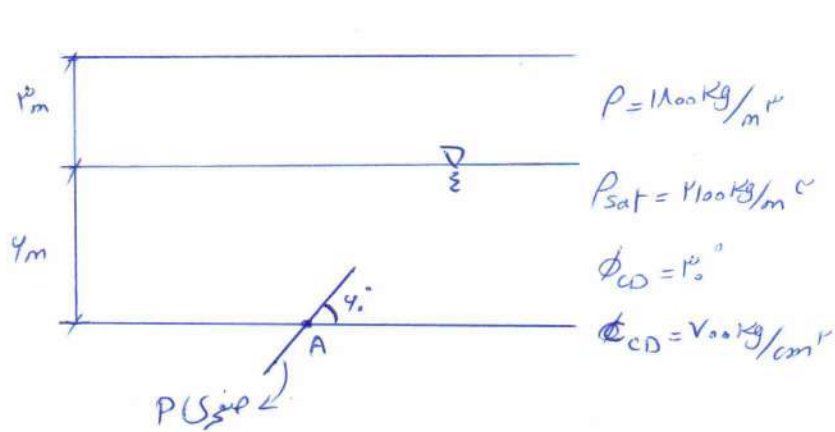
* کاربرد این آزمایش برای پایداری دانه‌هاست می‌باشد.

۱- آزمایش برش مستقیم بر روی ماسه ای ایلم کرنته و نمونه زیر فشار قائم 180 KPa با تنش برشی 121.5 KPa گسیخته شده است. مطلوبیت ϕ و تنش های اصلی در صفحات اصلی تنش P

۲- بر روی خاکی دانه ای آزمایش CD ایلم کرنته و به هم چسبیده فشار هم جانبی 1 kg/cm^2 بوده و نمونه با تنش افرازی 2 kg/cm^2 گسیخته شده است. مطلوبیت

الف) بارهای خاک مقاومت برشی و زاویه گسیختگی از افق
ب) تنش قائم و تنش برشی در صفحه گسیختگی
پ) تنش برشی حد اکثر

۳- اگر زمین به شکل زیر، فشار افقی خاک صاف قائم باشد، مطلوب است مقاومت برشی و تنش برشی در نقطه P.



۴- در آزمایش CU، $\sigma_3 = 4 \text{ kg/cm}^2$ ، $\sigma_{df} = 3 \text{ kg/cm}^2$ و $\Delta u_{df} = 1.8 \text{ kg/cm}^2$ به دست آمده است. اگر خاک آزمایش

شود، داده ای باشد، مطلوب است محاسبه ϕ_{cd} و ϕ_{cu} !

۵- آرایش CD با فشار همی جانبی 2 kg/cm^2 بر روی غرنه ای با پارامترهای مقاومت برشی $c_{cd} = 0.3 \text{ kg/cm}^2$ و $\phi_{cd} = 23^\circ$ انجام می گیرد. تنش انحرافی را برای ضخیم شدن غرنه محاسبه کنید.

۶- جدول زیر، ضرایب (آرایش) c_u را نشان می دهد. مطلوبیت پارامترهای مقاومت برشی زهکش شده و نشده خاک

	$\sigma_p \text{ (kg/cm}^2\text{)}$	$\sigma_d \text{ (kg/cm}^2\text{)}$	$\Delta u_f \text{ (kg/cm}^2\text{)}$
آرایش ۱	۲	۲,۲۷	۰,۶
آرایش ۲	۴	۴,۲۱	۱,۲

پارامتر A_f : $A_f = \frac{\Delta u_f}{\sigma_d}$ $B = \frac{\Delta u}{\sigma_c}$

۷- مقدار چسبندگی و مقاومت یک محوری در آزمایش یک محوری روی یک نمونه خاک عصاره‌ست از $C = 1 \text{ kg/cm}^2$ و $q_u = 27.3 \text{ kg/cm}^2$ اگر یک نمونه از این خاک یک آزمایش سه محوری با تنش هم‌جانبه 1 kg/cm^2 قرار گیرد، تنش انحرافی در لحظه شکست نمونه چقدر kg/cm^2 می‌باشد؟

۸- یک آزمایش سه محوری تک‌محوری با تنش نهاده (CU) روی نمونه پس از استخراج یک تنش هم‌جانبه $\sigma_3 = 900 \text{ Kgf/mm}^2$ انجام شده است. تک‌محوری با تنش فشاری 200 Kgf/mm^2 ایام شده است و نتایج زیر در طول آزمایش به دست آمده است :

مطلوبت رسم منحنی‌های تنش در فضایی p, q و مقدار ضریب فشار آب متدی در لحظه شکست.

$\sigma_1 - \sigma_3$	۰	۸۰	۱۵۸	۲۱۴	۲۷۹	۳۱۹
u	۲۰۰	۲۲۹	۲۷۷	۳۱۸	۳۸۸	۴۳۳

۹- نمونه ای از رسی، به طور همان فشار $p = p' = 400 \text{ kPa}$ حکم کاری یافته است و سپس روی آن آرایش
 سه محوری فشاری زهش زده انجام گرفته است. (σ_1 افزایش و $\sigma_3 = 0$)؛ مداری که برای σ_1
 مشاهده شده برابر 480 بوده و فشار عمودی در هنگام نشست $u_p = 300 \text{ kPa}$ نباشد.
 فشار عمودی در لحظه نشست را برای آرایش سه محوری فشاری زهش زده روی نمونه هایی مشابه نمونه بالا که بر اساس
 شرایط زیر تحت آرایش حرار گرفته اند می باشد.

الف) آرایش فشاری تحت p ثابت ($p_0 = p'_0 = 400 \text{ kPa}$)

ب) آرایش فشاری در حالتی که p ثابت بوده و سه محوری باشد با نشست رخ دهد. ($p_0 = p'_0 = 400 \text{ kPa}$)

پ) آرایش فشاری محوری که در آن p ثابت بوده و σ_1 افزایش یافته با نشست رخ دهد ($p_0 = 700 \text{ kPa}$ و $p'_0 = 400 \text{ kPa}$)

ت) آرایش فشاری که در آن p ثابت ($p_0 = 700 \text{ kPa}$ و $p'_0 = 400 \text{ kPa}$)

ث) آرایش فشاری که در آن p ثابت و σ_1 کاهش یافته با نشست رخ دهد ($p_0 = 700 \text{ kPa}$ و $p'_0 = 400 \text{ kPa}$)

فصل ۵: ① محاسبی تنش اعمال شده به خاک تحت انواع بارگذاری های خارجی

۲ تئوری برای محاسبی تنش خارجی وجود دارد ← وسترگارد ← مناسب برای راهسازی [اشتباه بیشتر در درس روسازی]
 بوئسینسک ← روشی که در ماکل خاک استفاده می شود.

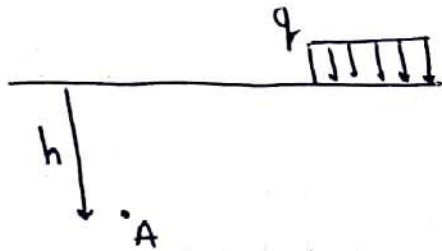
← ناشی از خروج هوا از ساقه (مانند راکت)

② محاسبی تنش در خاک ← آن ← وزن (فصل ۵)
 مایه (فصل ۵)

تعلیم ← رس (فصل ۲) ← اندام تنش آب خفه ای ناشی از بارگذاری (بدیهه تعلیم)
 ← ناشی از خروج

* وقتی بارگذاری خارجی به خاک اعمال می شود تنش در در لایه های نزدیک به سطح زمین افزایش پیدا می کند و این افزایش تنش موجب گسترش غلاف ذرات از هم می شود که پدیده نشست رخ خواهد داد.

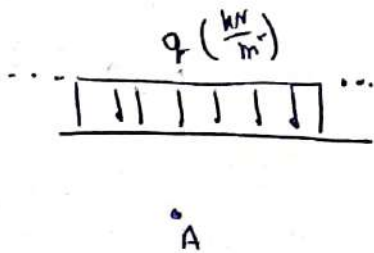
بخش ①: محاسبی تنش ناشی از انواع بارگذاری خارجی:



تنش در نقطه ای A از ۲ عبارت تشکیل شده است
 ①* وزن ناشی از خاک (فصل ۳)
 ②* تنش ناشی از بارگذاری خارجی

$$\sigma'_A = \underbrace{\gamma h}_{①*} + \underbrace{q'}_{②*}$$

پس بر این که تنش (یعنی در فشار دل یا بر) موجود در خاک را حساب کنیم هر ۲ را به صورت جدا حساب کرده و سپس با هم جمع می کنیم
 و ابعادی که در ادامه بیان می شوند تعادل اثر بارگذاری خارجی را در نظر گرفته اند.

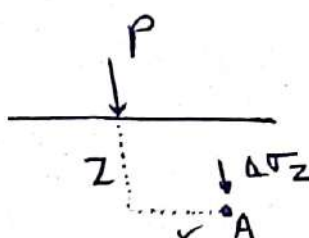


$$\Sigma A = q$$

۱-۱: بار گسترده:

اگر بار گسترده باشد مقدار تنش در تمام نقاط با اندازه q افزایش پیدا می کنند.

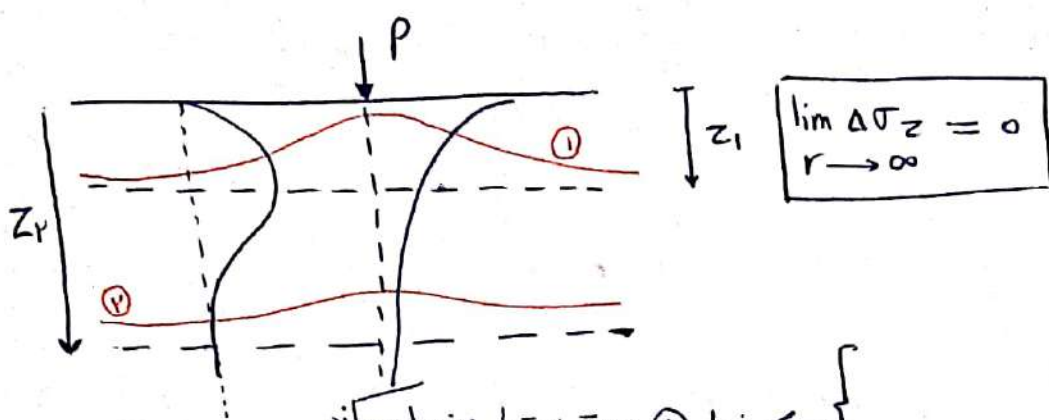
۱-۲: بار نقطه ای: (در عمل بار نقطه ای وجود ندارد)



$$\Delta \sigma_z = \frac{3P}{2\pi z^2} \left(\frac{1}{1 + \left(\frac{r}{z}\right)^2} \right)^{\frac{5}{2}}$$

ازایش تنش قائم ناشی از بار خارجی P

$$\sigma_A = \gamma z + \Delta \sigma_z \quad (\text{تنش موجود در خاک})$$

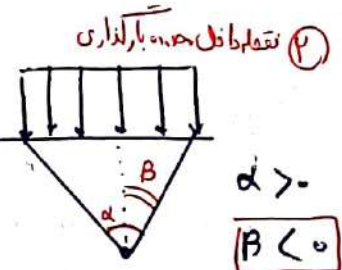
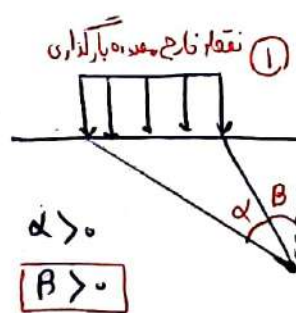
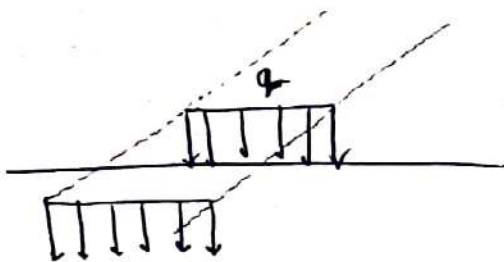


$\star$ نسبت به (۲) کم بزرگتری دارد
 $\star$ مساحت زیر نمودار (۱) و (۲) با هم برابر ρ می باشد
 $\Leftrightarrow$ نمودار (۱) زودتر به مقدار منفرجه می کند.

۳-۱ : بار نقطه :

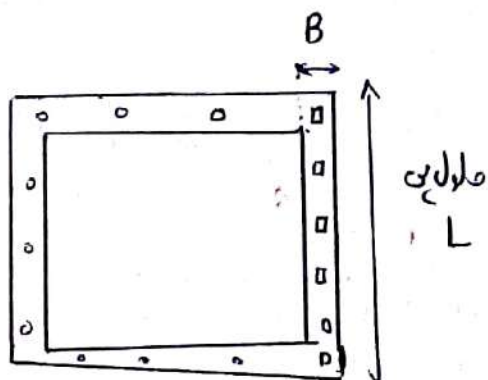
$$\Delta \sigma_z = \frac{2Q}{\pi} \frac{z^3}{(x^2 + z^2)^2}$$

۴-۱ : نوری ناهمرد :



$$\Delta \sigma_z = \frac{q}{\pi} \left(\alpha + \sin \alpha \cos (\alpha + 2\beta) \right)$$

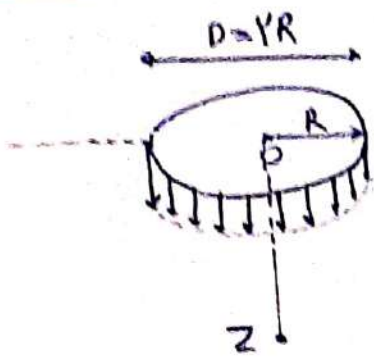
نکته مهم: α و β همواره بر حسب رادیان در جدول قرار گیرند.



مکان عملی بارگذاری نوری ناهمرد : پی نوری

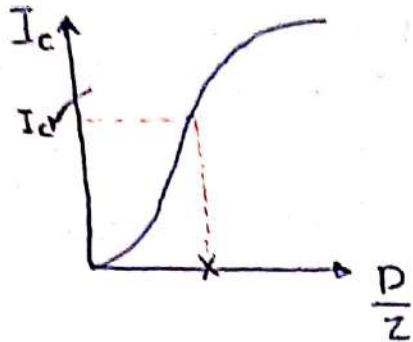
$$\frac{L}{B} \gg 1 \rightarrow \text{نری ناهمرد بودن}$$

۱-۵: بار یکدست دایره‌ای:



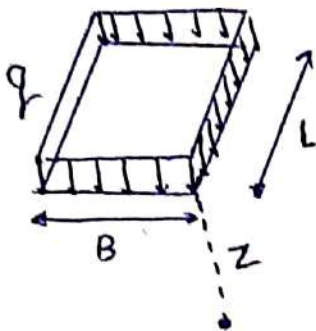
$$\Delta \sigma_z = q \left(1 - \left(\frac{1}{1 + \left(\frac{R}{z} \right)^2} \right)^{\frac{3}{2}} \right) = q I_c$$

رابطه‌ی بدست آمده فقط در راستای مرکز دایره صدق می‌کند ($r=0, z>0$)



$$\Delta \sigma_z = q I_c$$

۱-۴: بار یکدست مستطیلی: مثال عملی: ببینید

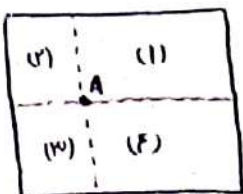
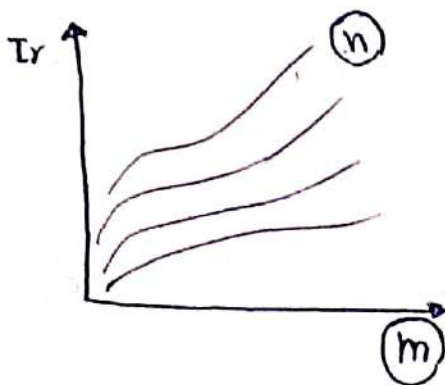


$$\Delta \sigma_z = q \times I_r \rightarrow I_r = f \left(m = \frac{B}{z}, n = \frac{L}{z} \right)$$

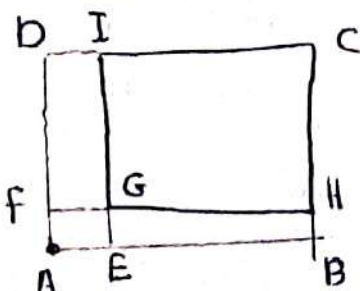
$$\text{نسبت تراکم نیروها} = \frac{\text{نیز}}{\text{مساحت}}$$

این جدول فقط برای تقاطع گوشه‌ی یک جدول معادله‌ی بالایی.

آر بای m, n, l عرفی کنیم باز معادلات درست خواهد بود.



$$\Delta \sigma_{zA} = \Delta \sigma_{z(I)} + \Delta \sigma_{z(II)} + \Delta \sigma_{z(III)} + \Delta \sigma_{z(IV)}$$

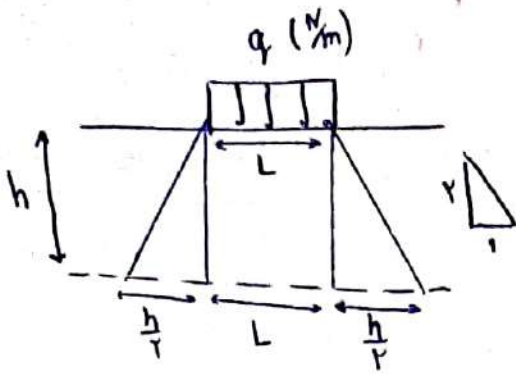


$$\sigma_{zA} = \sigma_{ABCD} - \sigma_{AFHB} - \sigma_{AEID} + \sigma_{AEGF}$$

۷-۱: روش توزیع تنش تقریبی:

* توزیع تنش را به نسبت ۲ به ۱ انجام می‌دهیم.

الف) حالت نوری نامحدود:

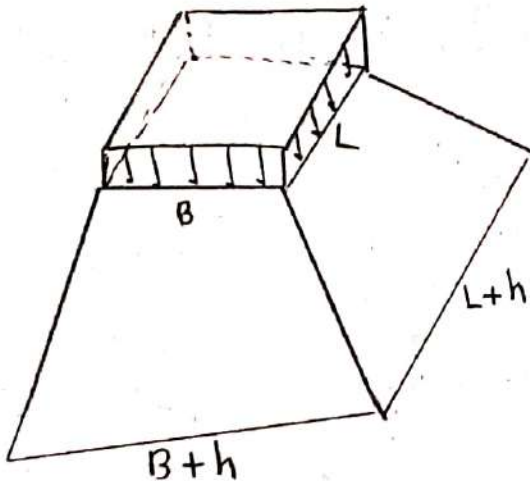


$$q \times L = q' \left(L + \frac{h}{2} + \frac{h}{2} \right) \Rightarrow \text{تبادل در فرم}$$

$$\Rightarrow q' = \frac{qL}{L+h}$$

آیا این تنش معادلی از حالت واقعی بیستری بالشتی چرا؟

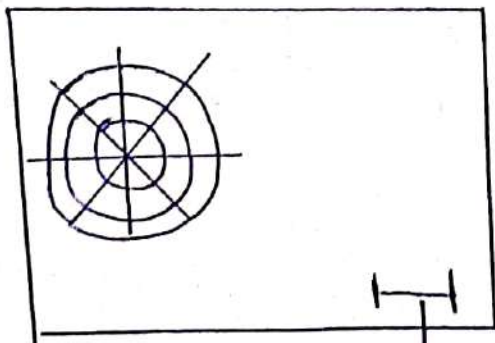
ب) حالت نوری محدود:



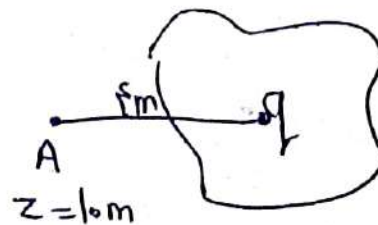
$$q \times B \times L = q' \times (B+h) \times (L+h)$$

$$\Rightarrow q' = \frac{qBL}{(B+h)(L+h)}$$

* منحنی نیروها:



مقیاس برای z



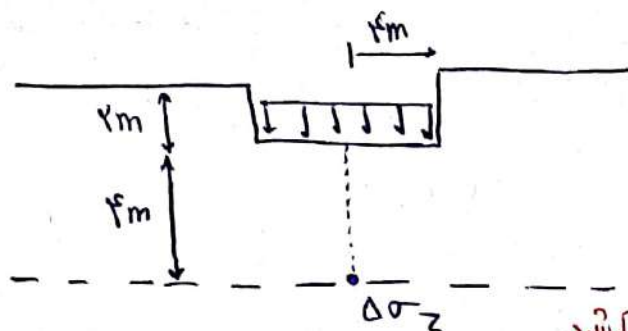
مقیاسی = ۱/۱۰۰
روی نقشه

$$\frac{0.1}{z} = \frac{0.1}{10} = \frac{1}{100}$$

که این با مقیاسی $\frac{1}{100}$ در نقشه رسم شد

$$\Delta \sigma_z = \frac{N_{\text{رشته}}}{N_{\text{کل}} \times 200} \times q$$

مثال ۱: از زمین ابتدا ۲m گودبرداری می‌شود و سپس در آن با معافاتی باری دایره‌ای مسافتی می‌شود. اگر فشار زیرین $2000 \frac{kg}{m^2}$ باشد مطلوب است افزایش تنش قائم در ۴ متری زیرین.

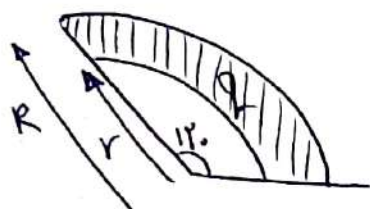


$$\rho = 1750 \frac{kg}{m^3}$$

تنش قائم از بار باری باید از بار خارجی کم شود.

$$\Delta \sigma_z = q \left[1 - \left(\frac{1}{1 + \left(\frac{R}{z} \right)^2} \right)^{\frac{3}{2}} \right] = \underbrace{(2000 - 4 \times 1750)}_{14500} \left[1 - \left(\frac{1}{1 + \left(\frac{4}{4} \right)^2} \right)^{\frac{3}{2}} \right]$$

کمترین: افزایش تنش در $z = 2m$ زیر مرکز دایره



$$R = 2m \quad q = 10 \frac{kN}{m^2}$$

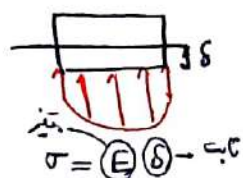
$$r = 1.5m \quad \Delta \sigma_z = ?$$

مثال ۲: مطلوب است رسم نحوه توزیع تنش و تغییر شکل در زیرین هلی ارتفاعی و ملب در خاک‌های دانای و رس.

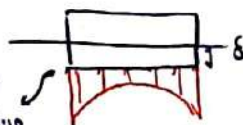
مלב

ارتفاعی

خاک دانای
(E متغیر است)



خاک رس
(E ثابت است)



چسبندگی در گلوله‌ها بیشتر است.

* در خاک‌های دانای E متغیر است. در هر محصور شدن بیشتر باشد E بیشتر می‌شود.

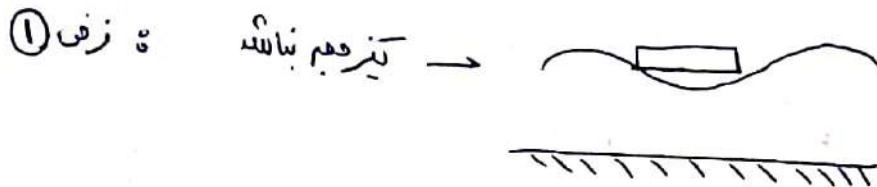
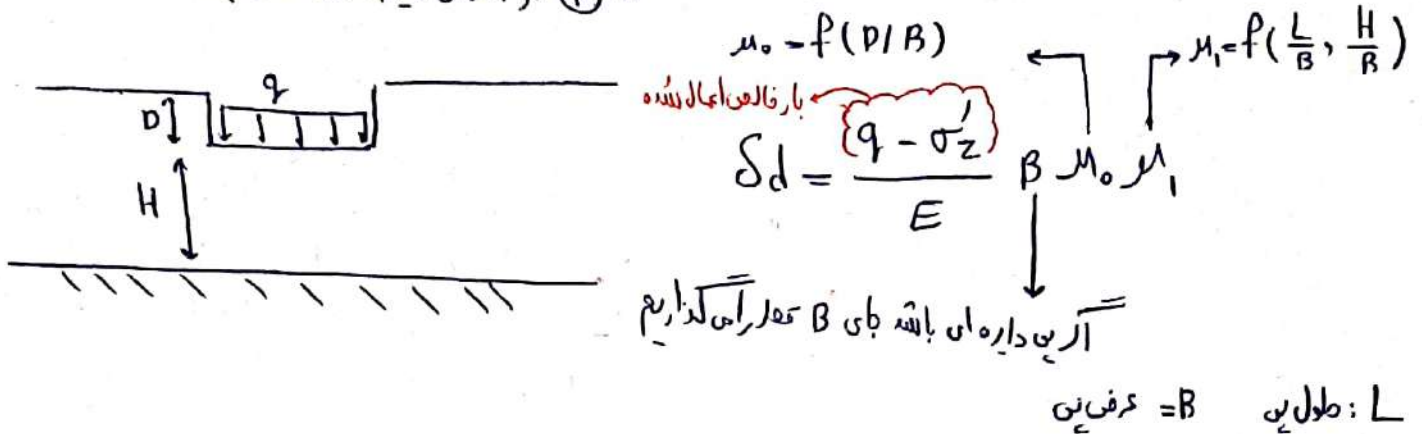
* در پهنای ارتفاعی تغییر شکل می‌دهد که توزیع تنش زیرین یکدست می‌شود.

بفرض (۲) نعل ۵: محاسبه نشست

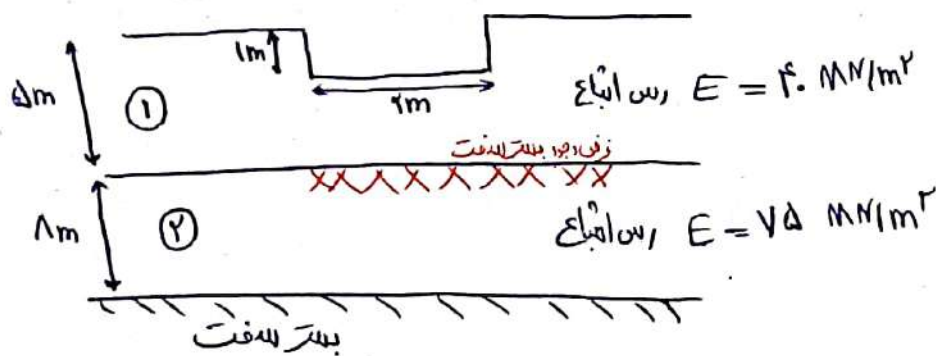
① $q = 95$ ← تغییر حجم نهالته بایسیم

۱-۲: نشست آن رس: فرضیاتی که باید برقرار باشند

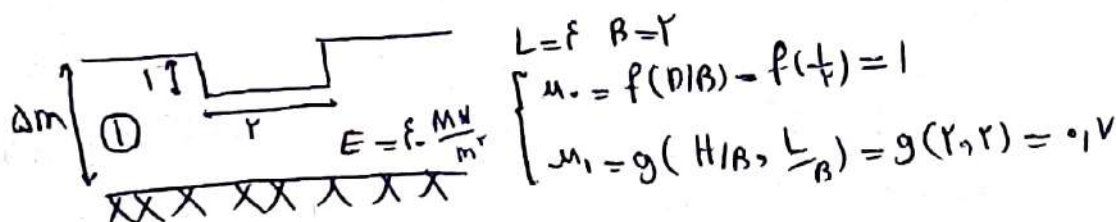
④ در امتداد لایه بستر نشست باشد.



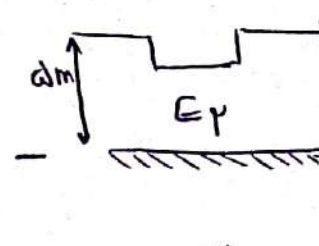
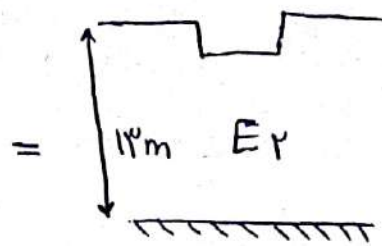
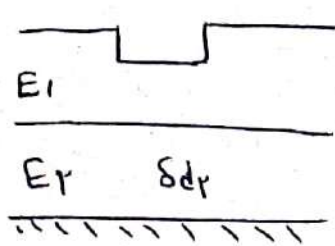
مثال ۳: در شکل زیر نشست آن را در زیرین مستطیل شکل با ابعاد 4×2 m، بار فاعل 150 kPa را بدست آورید.



زحف مکنیز بین ۲ و ۵ بستر نهالته وجود داشته باشد.



$$\delta_{d①} = \frac{150 \times 10^3 \left(\frac{\text{N}}{\text{m}^2}\right)}{40 \times 10^4 \left(\frac{\text{N}}{\text{m}^2}\right)} \times 2 \times 1 \times 0.17 = 5.175 \text{ mm}$$



مقایسه نشست برای ۲ و ۱

$$\delta_{dr} = \delta'_{dr}$$

$$\delta''_{dr}$$

$$\begin{cases} \mu_1 = f(\mu_{12}, f_{12}) = 0.19 \\ \mu_2 = 1 \end{cases}$$

$$\delta'_{dr} = \frac{150 \times 10^3}{75 \times 10^4} \times 2 \times 1 \times 0.19 = 3.4 \text{ mm}$$

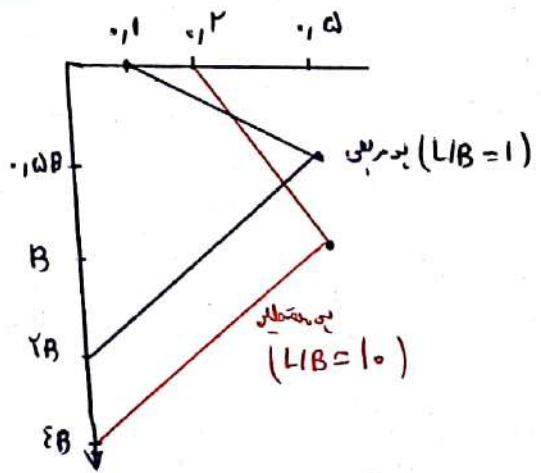
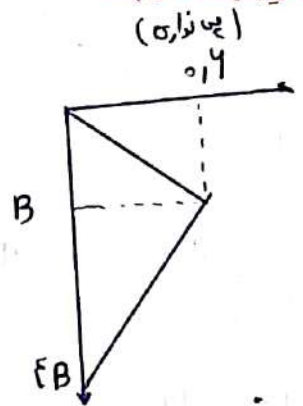
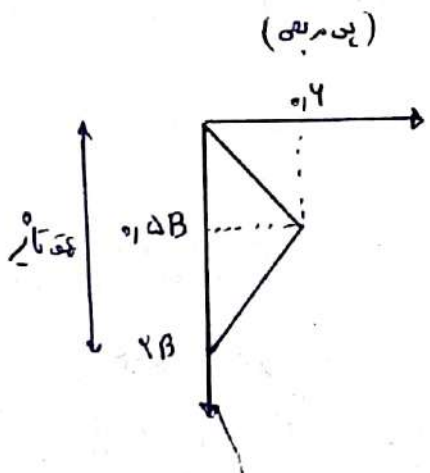
$$\delta''_{dr} = \frac{150 \times 10^3}{75 \times 10^4} \times 2 \times 1 \times 0.17 = 2.18 \text{ mm}$$

$$\delta_{dT} = \delta_{d1} + \delta_{dr} = \delta_{d1} + \delta'_{dr} - \delta''_{dr} = 5.25 + 3.4 - 2.18 = 6.47 \text{ mm}$$

۲-۲: نشست آنی ماله :

مرحله ۱: نمودار فریب تائیر کرنش (I_z') از زیرین رسم بشود

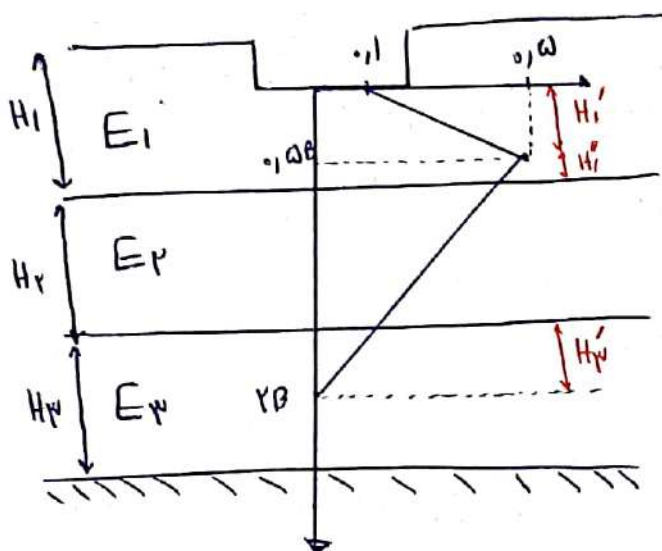
تابع نوع بارگذاری، فریب پوائنت می باشد.



مرحله ۲: مقدار I_z' را در دست لایه ها ماله تعیین می کنیم.

$$\delta d = (q - \sigma'_z) \times \sum \left(\frac{I'_z \times H \text{ (ارتفاع هلالی)}}{E \text{ هلالی}} \right)$$

به طور مثال: اگرچین مرتبی باشد



نکته ۱: معلوم که I'_z در اکثر موارد برابر با ۲ یعنی تقسیم کنیم، در این صورت I'_z را در وسط هلالی حساب کنیم.

نکته ۲: I'_z از ۲ یا بیشتر (در این مثال) منفرجه باشد پس نیاز به جابجایی نشست در لایه ۳ نمی باشد.

$$\delta d = (q - \sigma'_z) \left(\frac{0.15 H_1'}{E_1} + \frac{0.15 \times H_1''}{E_1} + \frac{I_{z2} \times H_2}{E_2} + \frac{I_{z3} \times H_3}{E_3} \right)$$

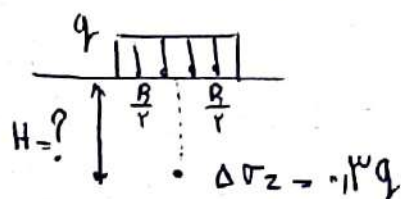
تا به این مرحله، ما طبق نکته ۱: هلالی تقسیم کردیم.

	$E = 15 \text{ MN/m}^2$	$\gamma_{sat} = 20 \text{ kN/m}^3$
رس	$E = 4 \text{ MN/m}^2$	$\gamma_{sat} = 19 \text{ kN/m}^3$
$\gamma_{رس}$	$E = 20 \text{ MN/m}^2$	$\gamma_{sat} = 20 \text{ kN/m}^3$

تمرین ۲: در شکل زیر ضلع و نسبت جابجایی نشست آنی؟

بار فاعلی: 200 kPa
پهنای: $2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$

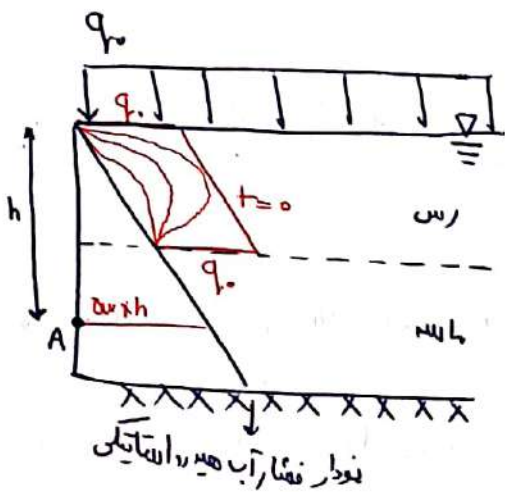
تمرین ۳: (پایان ترم ۹۷): در بارگذاری تباری ناهمبود، عرض B در عمق (برصیب B) درست در وسط هلالی قرار میگیرد. به ۱۳



تغییر در ضلع زمین می باشد.

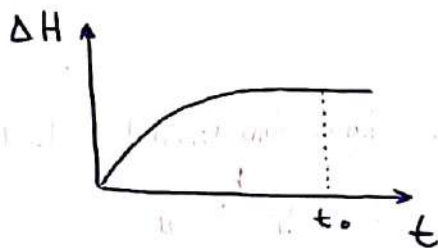
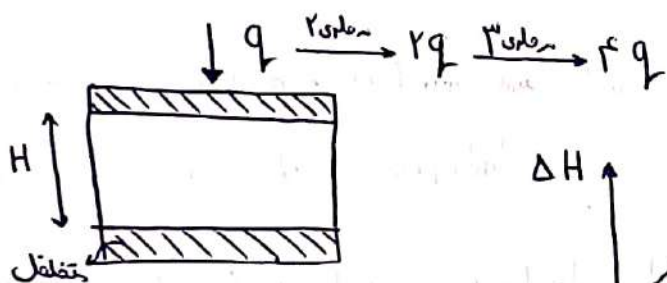
فصل تکمیل:

تکمیل: به خروج افشان فشار آب از ذرات رس اشباع می‌گویند که باعث ایجاد نشست در خاک در طول زمان می‌شود.
 با گذشت زمان فشار آب مزه‌ای به فشار آب مزه‌ای استاتیکی میل می‌کند.



در لحظه $t=0$ آبرازگاری خارجی q_0 اعمال می‌شود فشار آب مزه‌ای در لایه رس به اندازه q_0 ازایش پیدا می‌کند و در $t=\infty$ که این افشان فشار آب مزه‌ای ازین خواهد رفت.

نقشه پیداکردن منحنی تکمیل $(e - \sigma)$:

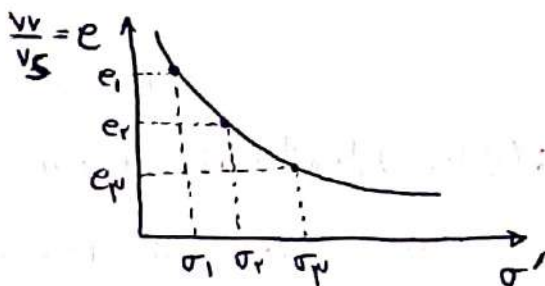


مرحله یک: بار اعمالی q :

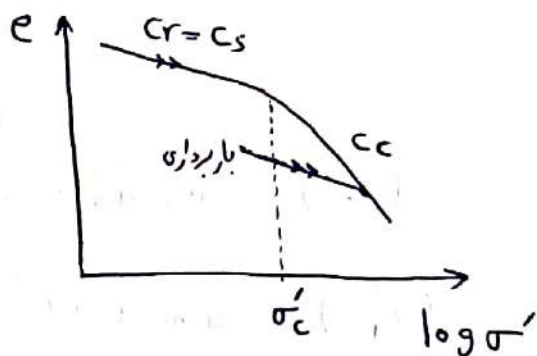
از زمان $t=0$ به بعد شیب نمودار افقی خواهد بود که نشان دهنده افشان فشار مزه به ملد کامل از سافتار خاک خارج شده است.

در این لحظه مقدار e خاک را محاسبه می‌کنیم: $e_1 \rightarrow e_2$ در پایان مرحله اول: $\sigma_1 = \frac{q}{A}$

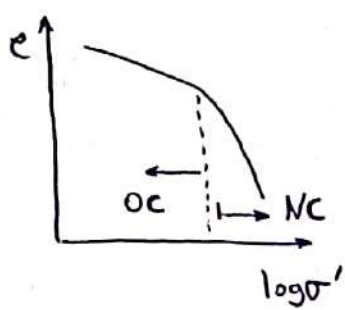
پس از افقی شدن نمودار مقدار q به $2q$ تبدیل می‌کنیم و دوباره تمام موارد بالا را محاسبه می‌کنیم: e_2 و σ_2



رسم نمودار در حین نیمه لاریتی



از این نمودار برای محاسبه نشست تکمیل استفاده می‌کنیم

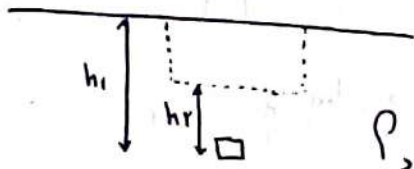


$$\frac{\text{بیشترین تنش موثر}}{\text{تنش موثر فعلی}} = OCR \leftarrow \text{حالتی تنش رس}$$

$$OCR = 1 \rightarrow NC$$

$$OCR > 1 \rightarrow OC$$

* اگر از زمین خاک برداری کنیم خاک زیرین (قبل از امداد همزه) وارد ناپیدی OC می شود



* در طبیعت بدن دفالت انسان در عمق محلی ایکن دارد خاک وارد ناپیدی OC می شود؟

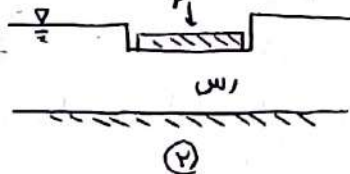
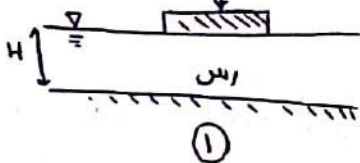
در زیر بستر رود خانه ها به دلیل فرسایش خاک دارد ناپیدی OC خواهد شد.



* هر قدر لایه نمودار $(e - \log \sigma')$ بیشتر باشد مقدار نشست خاک زیر بیشتر خواهد بود پس می توان نتیجه رفت اگر خاک در ناپیدی

OC باقی ماند نشست کمتری خواهیم داشت

سوال: در شرایط 'کاملاً' یکسان به نظر شما کدام یک از این ها نشست بیشتری خواهد داشت؟



نکته مهم: نمودار $(e - \log \sigma')$ نشان دهنده رفتار و نشست خاک در زمان $t = \infty$ می باشد. پس فقط نشست خاک در زمان $t = \infty$ را می توانیم از این نمودار مطالعه کنیم.

مطالعه نشست:

روش ①: استفاده از نمودار $(e - \log \sigma')$:

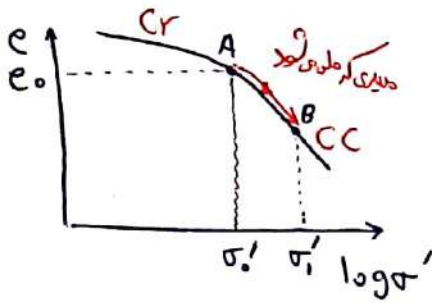
مرحله ۱: ابتدا تنش موثر در رسد لایه رس را قبل از اعمال بارگذاری (یا بار برداری) مطالعه می کنیم (σ'_0)

مرحله ۲: سپس پس از اعمال بارگذاری تنش موثر ثانویه در رسد لایه رس را در زمان $t = \infty$ مطالعه می کنیم (σ'_1)

تنش ناشی از بارگذاری نهایی تنش ناشی از وزن $\sigma'_1 =$

(فصل ۵) روش بوسینسک

مرحله ۳: موقعیت تنش‌های σ'_0 ، σ'_1 در نمودار $(e - \log \sigma')$ مشخص می‌شوند.



به نمودار مثال می‌بینیم σ'_0 ، σ'_1 در ناحیهی باشیب CC قرار گرفته‌اند

مرحله ۴: نشست برابر است با:

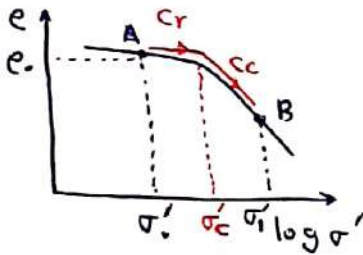
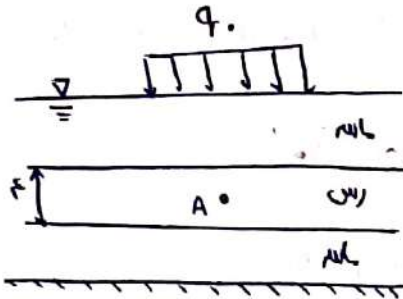
ارتفاع لایه رس

$$\delta H_A = \frac{H}{1+e_0} C_c \log \left(\frac{\sigma'_1}{\sigma'_0} \right)$$

مقدار فاکتور از اعمال بارگذاری

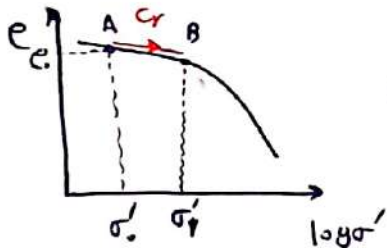
e معادل با e_0 بر روی نمودار

آگر σ'_0 در ناحیهی OC ، σ'_1 در ناحیهی NC باشد:



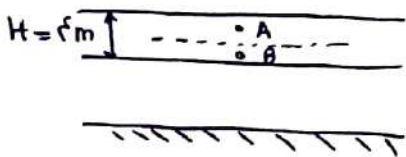
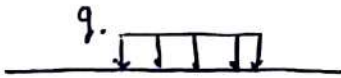
$$\delta H_A = \frac{H}{1+e_0} \left[C_r \log \left(\frac{\sigma'_c}{\sigma'_0} \right) + C_c \log \left(\frac{\sigma'_1}{\sigma'_c} \right) \right]$$

آگر σ'_0 ، σ'_1 هر ۲ در ناحیهی OC باشند:



$$\delta H_A = \frac{H}{1+e_0} C_r \log \left(\frac{\sigma'_1}{\sigma'_0} \right)$$

آگر ضخامت لایه رس از ۲ متر بیشتر باشد به ۲ لایه با ضخامت مساوی تقسیم شود و برای هر لایه در دو لایه لایه معادلی نشست انجام شود.



$$\delta H_T = \delta H_A + \delta H_B$$

یک بار σ'_A ، σ'_B مناسب شود یک بار σ'_B ، σ'_A مناسب شوند و معادلی نشست قرار داده شوند.

روش (۲): استفاده از ضریب که تابع ضریب تغییر حجم (m_v) می‌باشد.

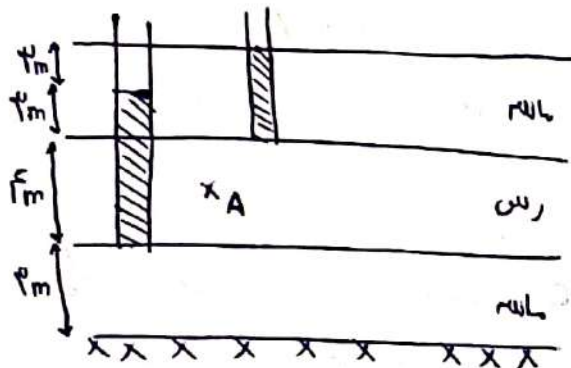
$$\Delta H = H \times m_v \times \Delta \sigma'$$

$$m_v = \frac{1}{1+e_0} \times \frac{\Delta e}{\Delta \sigma'}$$

ردش (۳) : اگر در صورت سوال داده ها به توانی باشد که Δe ، بتوان حساب کرد ولی $\Delta \sigma'$ ، انتوان محاسبه نمود.

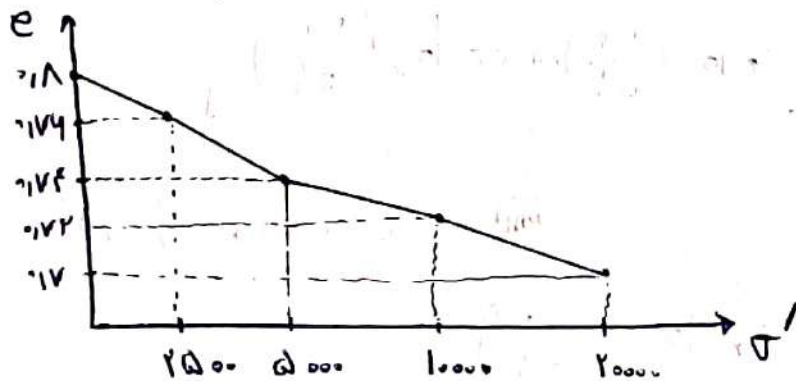
$$\Delta H = H \times \frac{\Delta e}{1+e_0}$$

۱- در زمین به شکل زیر لایه های مختلف خاک قرار دارد که می تواند فشار آب خفوی در دسته لایه رس را به مقدار 3000 kg/m^2 افزایش دهد. اگر در پایان تکمیل، آب هر ۲ پیوسته در عمق ۲ متری قرار گیرد، نشست تکمیل مقدار خواهد بود؟



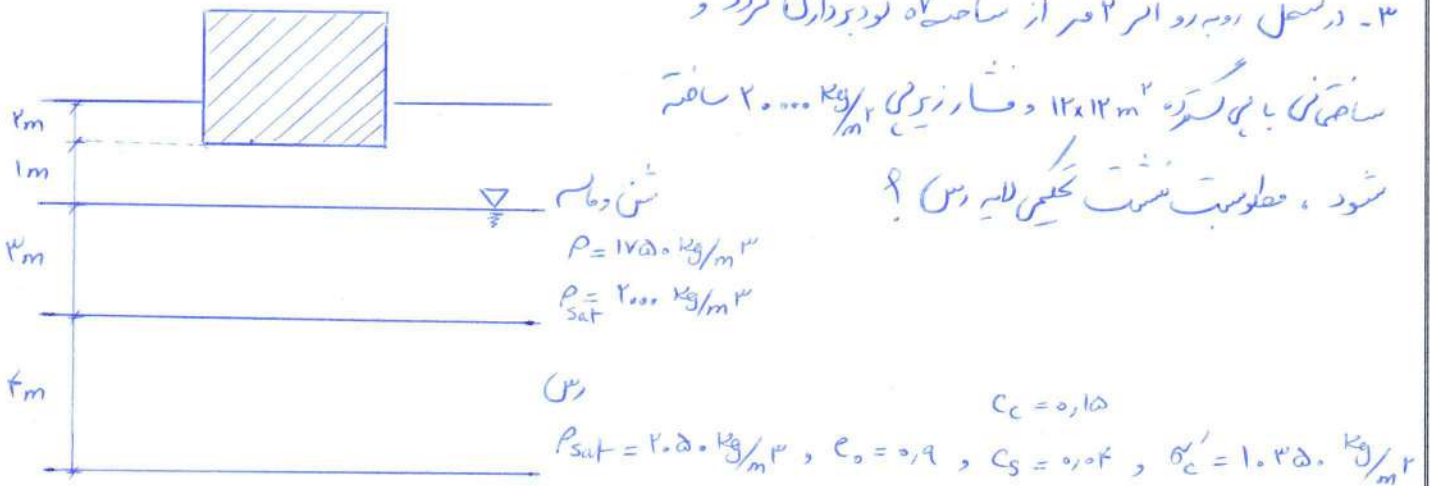
$$p = 1800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \quad p_{sat} = 2100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$p_{sat} = 2100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \quad e_0 = 0.175$$



۲- رطوبت یک لایه خاک پس اشباع به ضخامت 2 m که بر روی سته سنگ قرار گرفته است 1.32 و وزن واحد حجم اشباع آن 19 kN/m^3 می باشد، ضرایب در اثر یک بارگذاری گسترده، تحلیل آن به 1.95 تحلیل اولیه کاهش یابد، ضربه m نشست رخ می دهد؟ ($G_s = 2.78$)

۳- در محل روبه روی اثر ۲ متر از ساختمان بودپرداری گردد و ساختمانی با پایه گستره $12 \times 12 \text{ m}^2$ و فشار زیرین 20000 kg/m^2 ساخته شود، مطلوبیت نشست یکپارچه را بسنجید ؟



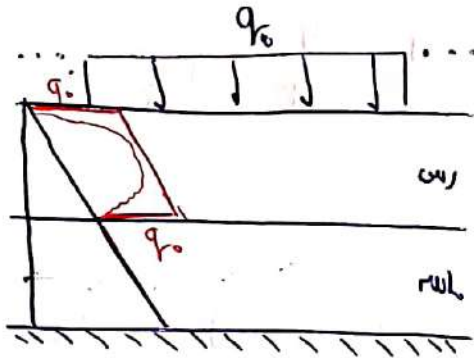
* تاثیر زمان در تکمیل :

درجه تکمیل : پارامتری می باشد که اثر زمان در تکمیل را نشان می دهد.

$$① U_z = \frac{\Delta e t}{\Delta e t_{\infty}}$$

$$② U_z = \frac{\Delta \sigma'_t}{\Delta \sigma'_{t=\infty}}$$

$$③ U_z = \frac{\Delta u t}{\Delta u t_{\infty}}$$



درجه تکمیل هم تابع عمق (z) و هم تابع زمان (t) می باشد.

تغیلات تابع زمان می باشد

$$④ \bar{U}_z = \frac{\Delta H t}{\Delta H t_{\infty}}$$

درجه تکمیل متوسط

از بخشی تکمیل به دلتا می آید

طبق رابطه ④ اگر در یک زمان مشخص $\bar{U}_z$ را داشته باشیم مقادیر $\Delta H t$ برابر است با $\bar{U}_z \times \Delta H t_{\infty}$ پس از رابطه ④ برای محاسبه نسبت در هر زمان استفاده می شود.

* روش های حل معادله تکمیل

$$C_v = \frac{K}{m \gamma \alpha \delta w}$$

ضریب تکمیل واحد : $\frac{cm^2}{min}$

$$u \in (z, t) \Leftrightarrow C_T \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = \frac{\partial u}{\partial t}$$

از آنجایی که در هر زمان دگرگونی زمان محاسبه می شود.

① معادله دیناردسی تکمیل :

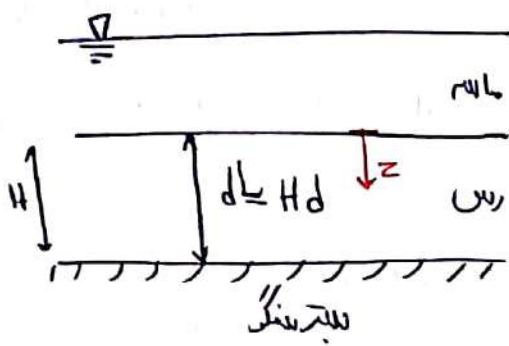
② استفاده از بارهای بی بعد :

$$Z = \frac{z}{(H/2)d} \quad \text{تایریتی (ان)}$$

$$T_v = C_v \frac{t}{d^2} \quad \text{ب) تایریتان}$$

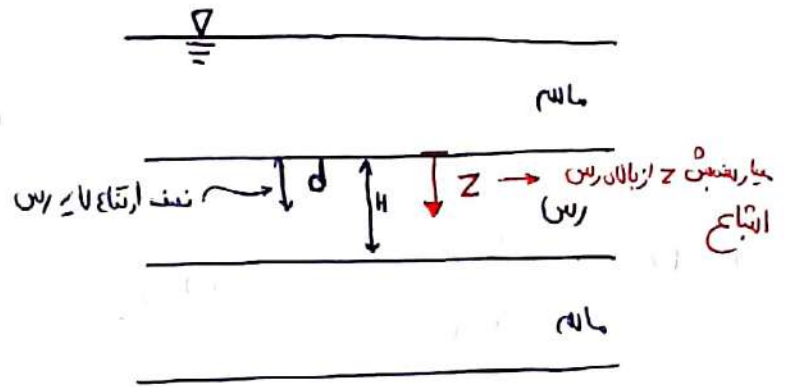
$d =$ → بلندترین میرز هالسی
→ از بالای ریس انتخاب در زمان t

* داده ها را بر مبنای انتخاب کنید که ضریب T_v از Z بی بدینترند.

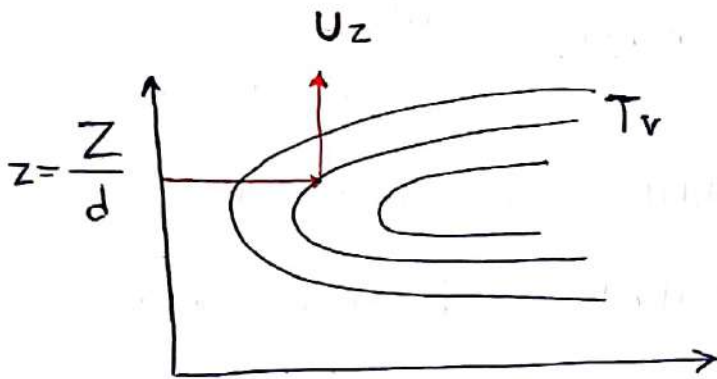


$d =$ بلندترین میرزه‌گشتی

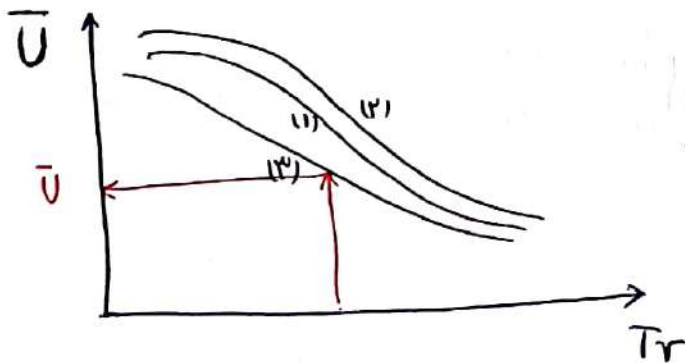
$$z_{\max} = \frac{H}{H} = 1$$



$$z_{\max} = \frac{H}{d} = \frac{H}{\frac{H}{2}} = 2$$



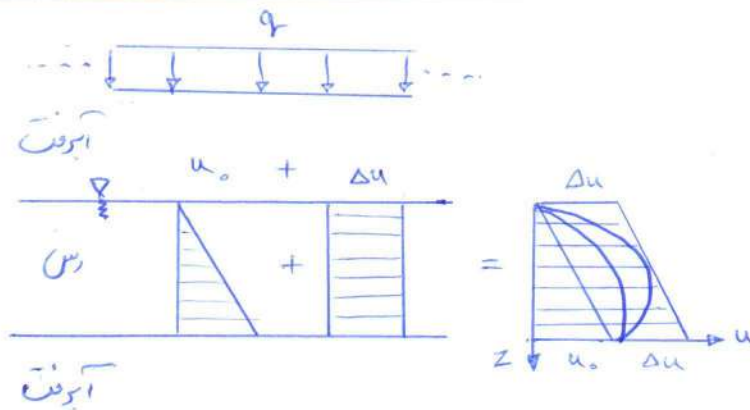
درجه تعلیم شماره ①، ②، ③ که تابع زمان، ارتفاع بودند



درجه تعلیم متوسط : شماره ④ که مقول تابع زمان بود

* نمودار استاندارد شده در حال تابع یک دایره زده‌گشتی یا دایره زده‌گشتی
لا رس می‌باشد

محاسبه‌ی نشست در زمان‌های مختلف :



میدرسد از لحاظ صورت گرفته است ؟

$$S(t) = S_p \times U(t)$$

مورد محاسبه‌ی $S(t)$

m_v (ضریب تغییرات)

$$C_v = \frac{k}{m_v \times \gamma_w} \quad (\text{ضریب تخلیه})$$

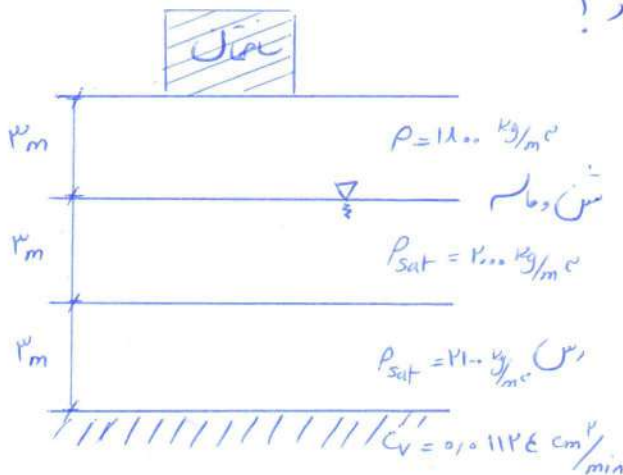
$$T_v = \frac{c_v \times t}{H_d^2} \quad (\text{ضریب زمان})$$

u_{avg} (درجه تخلیه)

علاوه بر درجه تخلیه متوسط (u_{avg}) ، درجه تخلیه در هر عمق نیز محاسبه می‌شود که به پارامترهای دیگر که هم وابسته است :

$$U_z(e, \rho, u)$$

۴. سطحی ساخته شده است که فشار آب خزه‌ای را در دریا لایه‌ی رس 3000 kg/m^3 افزایش می‌دهد. سه سال پس از افزایش فشار آب، سنسور در دریا لایه‌ی رس حفره‌ای قرار داده می‌شود ؟



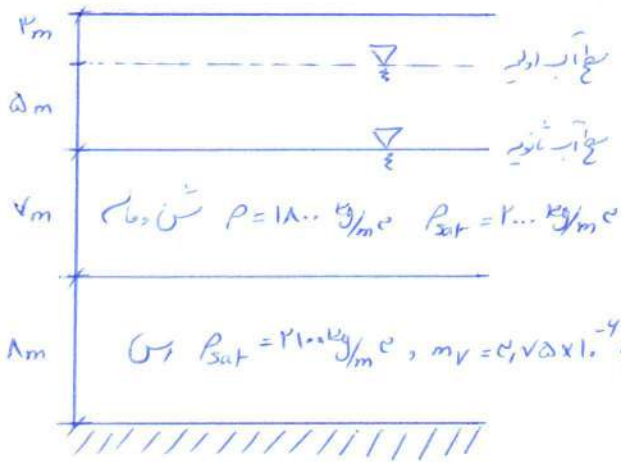
۵- در زمینی سطح آب ایستای در ۴ ماه، ۵ متر پایین برده می شود، مطلوب است :

الف) نشست حجمی (نسبت) در زمان

ب) نشست حجمی (نسبت) در ۳ ماه پس از پایان آبشش

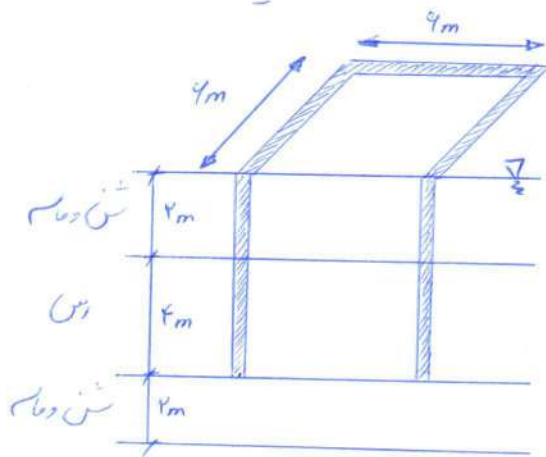
ج) شانه پوک در پایان حجمی (نسبت) محض (ع)

د) شانه پوک در ۳ ماه پس از پایان آبشش



$$\gamma_{\text{sat}} = 20\text{ kN/m}^3, m_v = 0.75 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^2}{\text{kg}}, e_0 = 0.9, C_v = 0.2487 \text{ m}^2/\text{day}$$

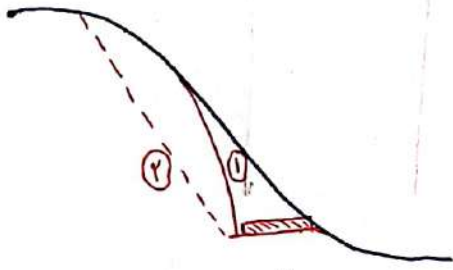
۶- در زمین سبیلری، شیبی $4m \times 4m$ کنده شده و با شن درآمده است. اگر بر روی زمین بار سبیلری اثر کند،



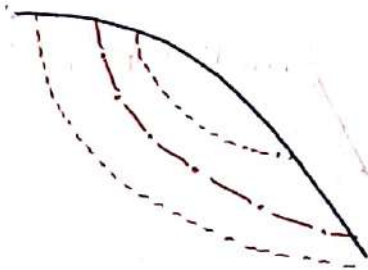
پس از ۲ سال فیلدها در یک لحظه فروغردار. $(C_v = 0.04 \frac{cm^2}{min})$

$$C_{vx} = C_{vy} = C_{vz}$$

* در هنگام امداد می‌دهای که سازه را یک بند متصل می‌کنند (بخصوص میله‌های کوتاه‌تر) نیاز به انجام فاک برداری می‌باشد با انجام فاک برداری شکل منبسطی توپوگرافی به هم خورده و هم‌ا "باید" تیردانی‌های امداد میله متصل شوند تا از گسیختگی یک توده فاک در میله‌ها به اجتناب شود.



* باید بهترین میله برای فاک بردار انتخاب شود که هم فاک برداری را کمینه و پایداری تیردانی را $\max$ کند.



برای تحلیل پایداری تیردانی

① میله زنی به عنوان میله گسیختگی انتخاب شود ← ② فرب اولینان در این میله محاسبه شود

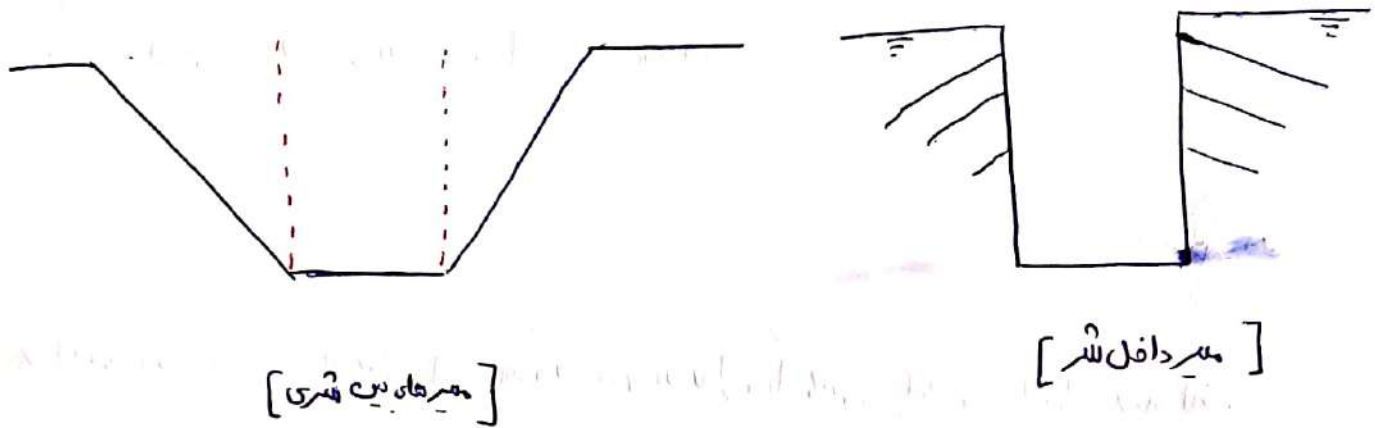
$$Fe = \frac{\text{نیروی کششی (گسیختگی)}}{\text{کشش برشی موجود}} = \frac{\text{لنگر مدام}}{\text{لنگر موک}} = \frac{\text{نیروی مدام}}{\text{نیروی موک}}$$

برای محاسبی Fe باید در سطح میله زنی شده کشش برشی موجود و کشش برشی مدام اگر محاسبه شود.

③ مقدار Fe محاسبه شده در مقدار Fe زیاد میله پیدا شود و کمترین Fe مکان‌های خواهد بود.

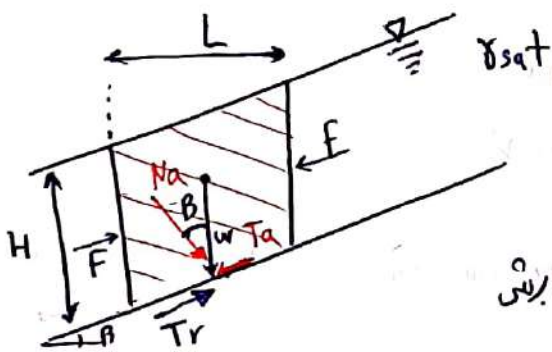
④ کمترین مقدار Fe با مقدار حداقل مجاز در این‌ها یک می‌شود. (مثلاً $Fe = 1.15$ یا $Fe = 1.3$ یا ...)

تقسیم سه گانه: ۱- فصل ۲- قطاع دایره ۳- نمای
 تیروان نامحدود
 دقت محاسبات بیشتر شود.



۱- میردافل شر: تیروان نامحدود.
 (الف) وجود آب زیرین: F_e در جزو وجود است
 (ب) در حالت وجود آب زیرین

مثال: (بایان تر خرداد ۹۴) در حالتی که سطح آب جاری سطح زمین باشد و F_e را محاسب کنید.



$$W = \gamma_{sat} H L \begin{cases} T_a = \gamma_{sat} H L \sin \beta \\ N_a = \gamma_{sat} H L \cos \beta \end{cases}$$

$$\text{تنش برشی} = \frac{\text{وزن}}{\text{سطح}} = \frac{\gamma_{sat} H L \sin \beta}{\frac{L}{\cos \beta}} = \gamma_{sat} H \sin \beta \cos \beta$$

$$\sigma_n' = \gamma_{sat} H \cos^2 \beta \rightarrow \sigma_n' = (\gamma_{sat} - \gamma_w) H \cos^2 \beta$$

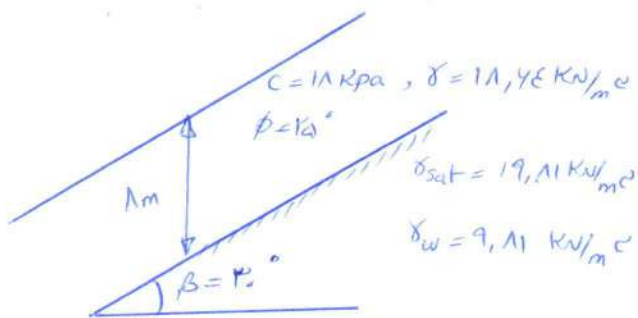
تنش قائم (دفعات تنش بر)

$$\tau_{r \max} = c' + \sigma_n' \tan \varphi' \Rightarrow c' + \gamma' H \cos^2 \beta \tan \varphi'$$

دفعات تنش بر

$$F_e = \frac{\tau_{r \max}}{\text{اترک}} = \frac{c' + \gamma' H \cos^2 \beta \tan \varphi'}{\gamma_{sat} H \sin \beta \cos \beta} = \left[\frac{c'}{\gamma_{sat} H \sin \beta \cos \beta} + \frac{\gamma' \tan \varphi'}{\gamma_{sat} \tan \beta} \right]$$

وجود آب از حالتی که F_e شود ۱- ازایش حموک ۲- کاهش $\tau_{r \max}$ ازوای کم کرن σ_n' (تنش قائم بر)

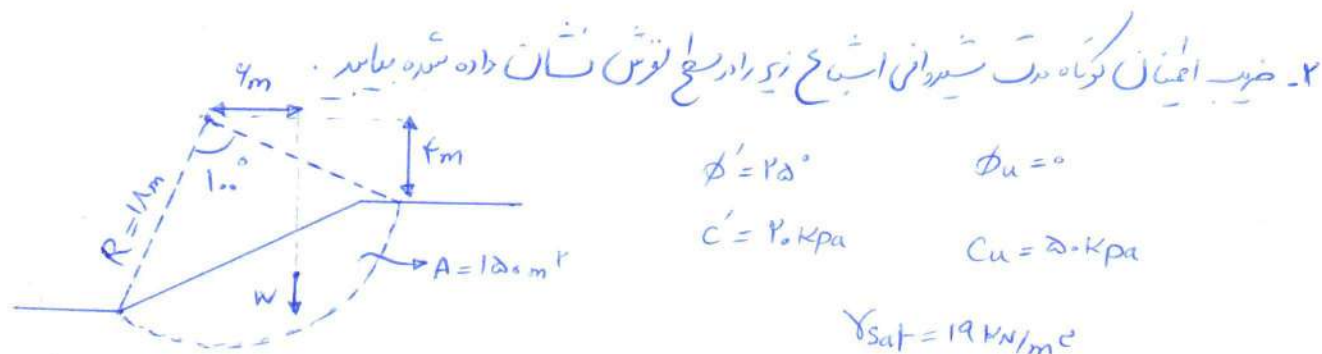


۱- در شیبانی با محدودری، مطلوبست:

الف) ضریب ایمنی در مقابل لغزش؟

ب) ارتفاع بحرانی؟

پ) منایک سطح آب زیر زمینی منطبق بر سطح لغزش باشد، ضریب ایمنی مقدر خواهد بود.



- در صورتی که ۲ متر بادامی سطح لغزش ترک خورده و با آب پر شود، هم چنین زلزله ای با شتاب $0.2g$ در راستای افقی صورت نگیرد، مطلوبست ضریب ایمنی در مقابل لغزش در آن داده شده.



۱- درصد رطوبت یکسایز ۱۴٪ و چگالی رانه ها ۲٫۷ می باشد. معلوم است چگالی γ_{sat} و γ ؟

۲- خاک A از الک #۴ و ۵٪ آن از الک شماره ۲۰۰ می گذرد.

خاک B از الک #۴ و ۱۰٪ آن از الک شماره ۲۰۰ می گذرد.

اگر سه صفت ذری از خاک A را با دو صفت ذری از خاک B مخلوط کنیم، چند درصد از الک شماره ۴ و چند درصد از الک شماره ۲۰۰ عبور خواهد کرد. در صورت امکان خاک را در طبقه بندی مهندسی بگذارید.

۳- مشخصات فرضی A به صورت $e_A = 1.14$ ، $Sr_A = 0.80$ و $G_s = 2.65$ و مشخصات فرضی B به صورت

$e_B = 1.08$ ، $Sr_B = 0.80$ و $G_s = 2.65$ می باشد. می خواهیم مخلوطی از این دو فرضه را در شرایط رطوبت حوزی فراهم

کنیم که $\rho = 1.00 \frac{kg}{m^3}$ شود. در صورتی که نسبت حجمی خاک A به B یک به دو باشد، برای تأمین $1 m^3$ خاک

فرازم شده، از هر خاک چه مقدار نیاز خواهد بود $\rho (m^3)$ در این حالت چه مقدار باید از خاک مخلوط آب بخر شود یا به آن

آب اضافه شود؟ (ح) اگر بخواهیم نیازی به افزایش یا کاهش آب نباشد، خاک دو فرضه باید نسبت حجمی باید با هم مخلوط کردند؟ $(g = 1.0 \frac{m}{s^2})$

۴- اگر ما شش متر مکعب مقدار چگالی صلب ماگنیم را برابر $\rho_d = 1.8 \frac{ton}{m^3}$ نشان می دهیم. می خواهیم این خاک را با تراکم مجاز ۱٫۹۵

در کارگاه فراهم کنیم. جهت اجرای یک متر مکعب خاک در محل، چه مقدار فرازم $\rho = 1.48 \frac{ton}{m^3}$ و ۱۵٪ رطوبت

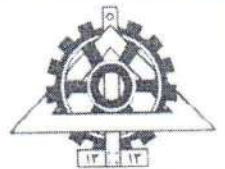
لازم است؟

موسی باشد

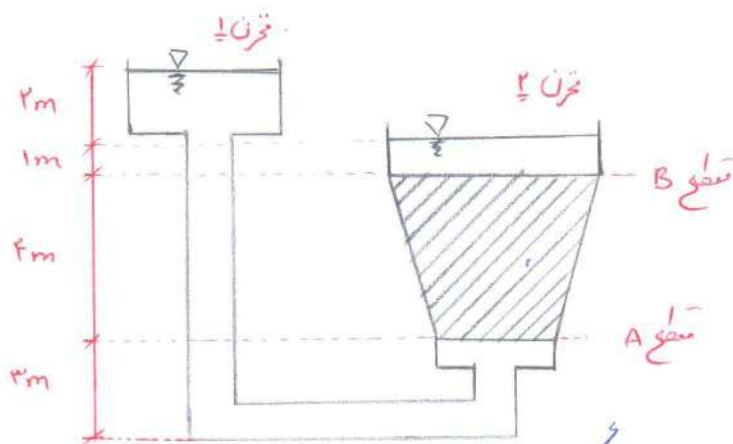
مدنی



به نام خدا



تمرین مکانیک خاک
مبحث: فصل ۲



۱. مقاطع شکل خالی با نموداری $8 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$ / /
بین مقاطع A و B قرار گرفته است.
مقطع A دایره‌ای به شعاع 1m و مقطع B دایره‌ای
به شعاع 2m می‌باشد و تغییر مقطع از A به صورت
خطی می‌باشد (یک مخروط ناقص).

در صورتی که سطح آب در مخازن ۱ و ۲ به وسیله اعدادمانی ثابت نگهداشته شود:

الف) مطلوب است جهت و مقدار جریان در مقطع A - مقطع B.

حوض با سید

معدنی



نام خانوادگی
شماره دانشجویی

به نام خدا
تمرین مکانیک خاک

به عزین تبدیل شده

#1

لوسر



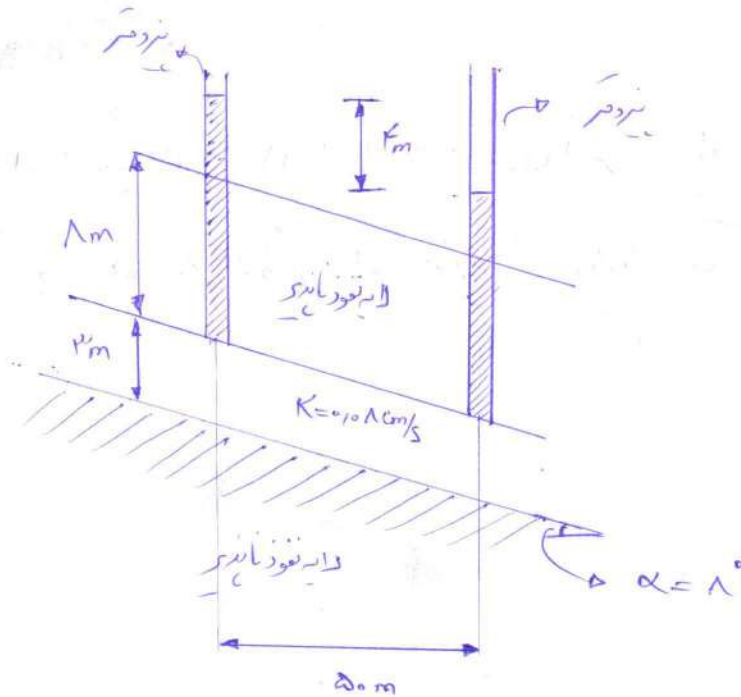
۱- سه نوع بوی شسته ای ۱، ۲، ۳ میلیتری (مقر) به مقدار n ، $0.7n$ و $1.2n$ و با وزن مخصوص 1.74 و 1.54 و 1.34 با هم مخلوط گردیده اند. مطلوبیت نمودار دانه بندی آن (0.3) است.

۲- به یک متر مکعب خاک که وزن آن 1700 kg و رطوبت 5% است، 75 kg آب اضافه می شود و با رسیدن به جرم مخصوص نسبت به 1800 kg/m^3 تراکم می گردد. جرم خاک تراکم شده چند خواهد بود. (0.5)

۳- مطلوبست محاسبه جریان آب از میان خاک شال دانه کدره در محل (۵،۲)

$$\sin 8^\circ = 0,139$$

$$\cos 8^\circ = 0,990$$



موسس باسید
مورفی

میان ترم مکانیک خاک اردیبهشت 99

سوال 1: الف) یک کیلوگرم ماسه به قطر 2mm با یک کیلوگرم ماسه به قطر 4mm مخلوط شده اند. منحنی دانه بندی مخلوط را رسم و ضرایب یکنواختی و خمیدگی مخلوط را محاسبه کنید.

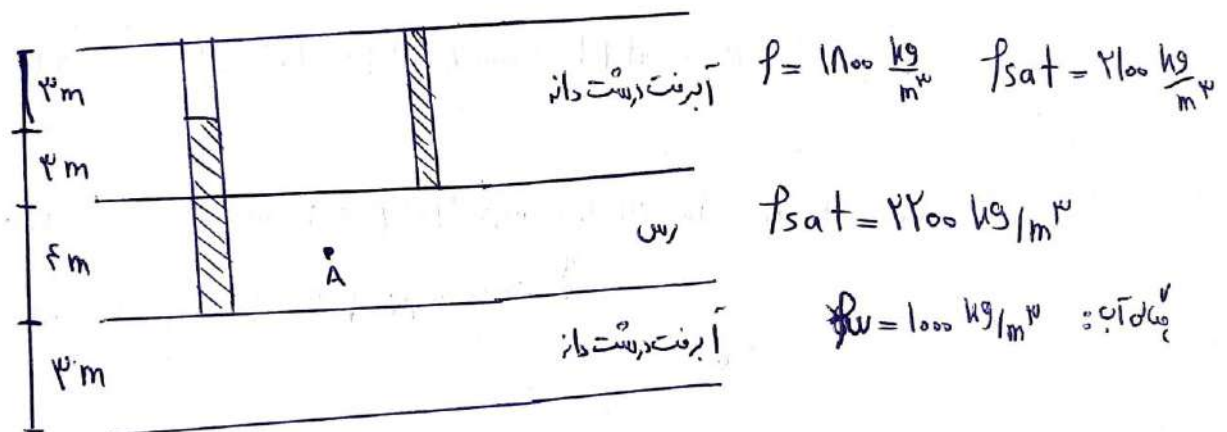
ب) خاکی با شرایط زیر را نام گذاری کنید

در صد عبوری از الک 4: 65 در صد، در صد عبوری از الک 200: 10 در صد، $PI =$ ، $LL = 50\%$ ، $cc = 1.5$ ، $c_u = 5$ 20%

سوال 2: زمینی مطابق شکل زیر موجود است بدین صورت که لایه ای از رس به ضخامت 4 متر در بین دو لایه خاک از جنس ابرفت درشت دانه قرار دارد. دو عدد پیزومتر در مرز بالایی و پایینی لایه رس قرار گرفته اند. ارتفاع آب در پیزومتری که در وجه بالایی قرار دارد تا سطح زمین بالا آمده است. همچنین پیزومتری که در وجه پایینی لایه رس قرار گرفته است به میزان 3 متر با پیزومتر دیگر اختلاف سطح دارند. مطلوب است:

الف) محاسبه تنش موثر در وسط لایه رس از هر دو روش 1- از روش در نظر گرفتن فشار آب حفره ای 2- از روش فشار تراوش.

ب) پس از گذشت زمان بسیار زیاد آب در هر 2 پیزومتر در فاصله ی 1 متری سطح زمین قرار میگیرد. تنش موثر و فشار آب حفره ای در وسط لایه رس در این حالت چقدر خواهد بود ؟



سوال 3 : آزمایش CD بر روی نمونه ای با پارامترهای مقاومت برشی $c = 0.2 \text{ kg/cm}^2$ و زاویه اصطکاک داخلی 27° درجه انجام می شود. در مرحله اول آزمایش سه محوری نمونه تحت تنش همه جانبه ی 5 kg/cm^2 تحکیم می یابد. در مرحله دوم آزمایش، تنش قائم با نرخ 1 kg/cm^2 در هر ثانیه افزایش می یابد. همچنین تنش جانبی با نرخ 0.5 kg/cm^2 در هر ثانیه کاهش می یابد. مطلوبست:

الف) چند ثانیه پس از شروع مرحله دوم آزمایش گسیختگی در نمونه ایجاد می شود؟

ب) تنش های اصلی در لحظه گسیختگی

پ) مقادیر تنش قائم و برشی که به ازای آن گسیختگی رخ داده است (مختصات نقطه گسیخته شده)؟

ت) اگر بار دیگر آزمایش بر روی این نمونه انجام شود با این تفاوت که در مرحله دوم آزمایش تنش همه جانبه در طول آزمایش ثابت بماند و فقط تنش قائم با نرخ 1 kg/cm^2 در هر ثانیه افزایش پیدا کند (همانند آزمایش سه محوری عادی که تنش همه جانبه ثابت و تنش قائم افزایش می یابد). قطر دایره مورکلمب در لحظه گسیختگی در کدام آزمایش بزرگ تر خواهد بود ؟ علت چیست ؟ (نیاز به انجام محاسبه نمی باشد)

سوالات تکمیلی مکانیک خاک :

- ۱- چرخه تبدیل سنگ و خاک را به اختصار توضیح دهید (۵٪).
- ۲- تراکم نسبی را تعریف کرده و حدود آن را برای خاکهای خیلی سست و خیلی متراکم ذکر نمایید (۵٪).
- ۳- خاک عادی تحکیم یافته، خاک پیش تحکیم یافته و نسبت پیش تحکیمی را تعریف کنید (۵٪).
- ۴- رفتار ماسه‌های سست و متراکم در آزمایش سه محوری زهکشی نشده را مقایسه کنید. برای این منظور نمودارهای تنش انحرافی- کرنش محوری، تغییر حجم- کرنش محوری و فشار آب حفره‌ای- کرنش محوری را ترسیم نمایید (۵٪).

- ۶- علت وجود رطوبت بهینه برای تراکم خاکهای دانه‌ای را توضیح دهید (۵٪).
- ۷- قرار است خاکریز یک بزرگراه از خاک متراکم با وزن مخصوص خشک ۱۸ کیلونیوتن بر متر مکعب احداث شود. اگر برای تامین خاک از منبع قرضه‌ای با وزن مخصوص کل ۱۷ کیلونیوتن بر متر مکعب و رطوبت طبیعی ۵٪ استفاده گردد، برای احداث هر مترمکعب از این خاکریز چه حجمی از مصالح قرضه مورد نیاز است؟ (۱۰٪) ($G_s=2.7$)
- ۸- یک نمونه خاک برای آزمایش نفوذپذیری با هد ثابت دارای ارتفاع ۲۵ و قطر ۱۲/۵ سانتیمتر است. در حین انجام آزمایش با اختلاف هد ۷۵ سانتیمتر، آب جمع شده در سه دقیقه برابر ۶۵۰ سانتیمتر مکعب اندازه گیری شده است. مطلوبست تعیین ضریب نفوذپذیری خاک (۱۰٪).

- ۱۰- زاویه اصطکاک تحکیم یافته زهکشی نشده (ϕ_{cu}) یک نمونه ماسه برابر ۲۲ درجه و زاویه اصطکاک زهکشی شده (ϕ^*) آن برابر ۳۲ درجه می‌باشد. اگر یک آزمایش تحکیم یافته زهکشی نشده بر روی چنین خاکی با فشار همه جانبه ۹۰ کیلونیوتن بر متر مربع انجام شود، مطلوبست: (۲۰٪)

الف) تنش اصلی حداکثر و حداقل کل در لحظه گسیختگی.

ب) فشار آب حفره‌ای در لحظه گسیختگی.

ج) تنشهای اصلی حداکثر و حداقل موثر در لحظه گسیختگی.

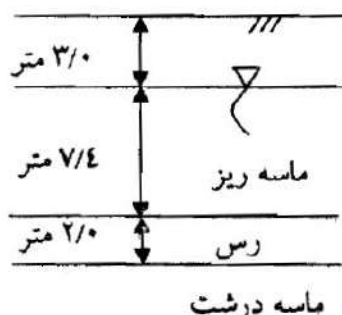
۱۱- پروفیل خاک در محلی که قرار است در آن ساختمانی اداری احداث شود، مطابق شکل است. احداث ساختمان باعث افزایش تنش قائم به میزان متوسط ۱۴۰ کیلو پاسکال در لایه رسی خواهد شد. نسبت تخلخل ماسه برابر ۰/۷۸ و درصد رطوبت رس برابر ۳۸٪ می باشد. با فرض اینکه ماسه در بالای سطح آب نیز اشباع بوده و نسبت پیش تحکیمی لایه رس برابر ۲/۵ باشد، مطلوبست: (۲۰٪)

الف) محاسبه تنش موثر در وسط لایه رسی.

ب) محاسبه فشار پیش تحکیمی لایه رسی.

ج) محاسبه نشست تحکیمی لایه رسی.

فرض کنید G_s برای ماسه و رس برابر ۲/۷ بوده و C_c و C_s برای لایه رسی به ترتیب برابر ۰/۳ و ۰/۰۵ باشد.



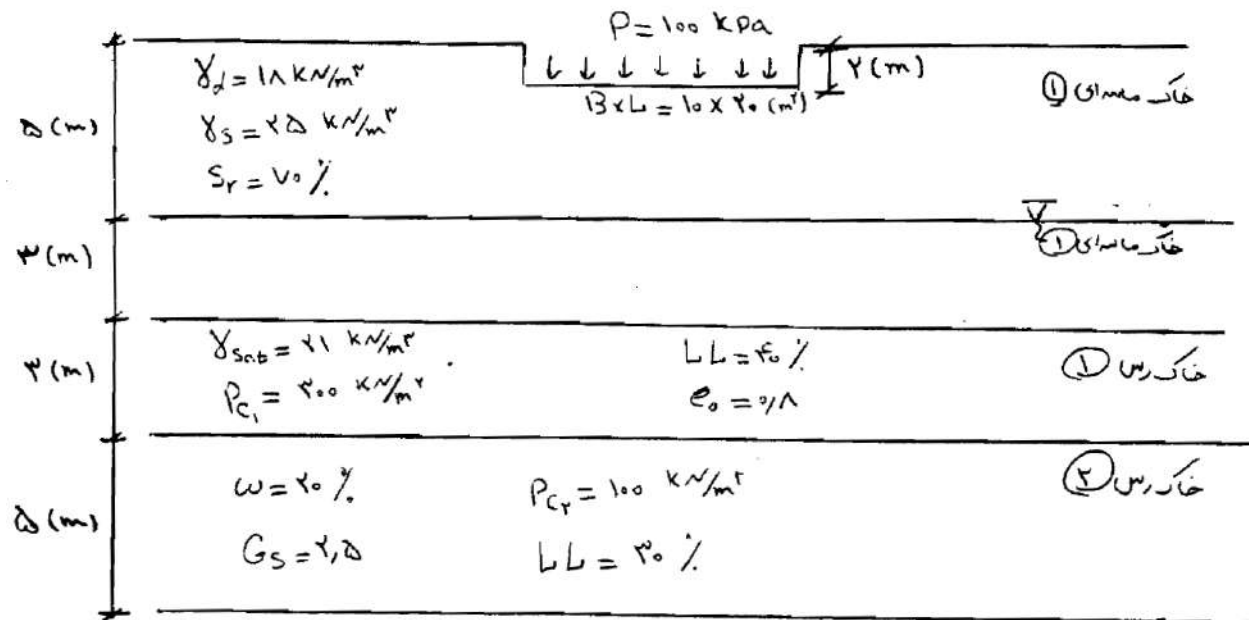
۱- علل جذب آب توسط کانی های رسی را بیان کنید. (۱ نمره)

سوال (میان ترم 94 دکتر میرقاسمی):

در آزمایش cu بر روی یک نمونه خاک، بارگذاری به گونه ای خاص انجام شده است که همواره مقدار $p = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2}$ یک مقدار ثابت می باشد. اگر $ocr > 2$ باشد. در این نمونه خاک مسیر تنش کل و موثر را به صورت شماتیک رسم کنید.

۷- مقدار نشست تحکیم را محاسبه نمایید (میزان Δp در روابط نشست معادل افزایش تنش در وسط هر لایه می باشد)

$$(\Delta p_{av} = \Delta p_m) \text{ (۶/۵ نمره)}$$



سوال (میان ترم 94 دکتر میرقاسمی):

الف) رفتار خاک رس اشباع و نیمه اشباع را در آزمایش UU توضیح دهید.

ب) این آزمایش بر روی این نوع خاک چه پارامتری را به ما می دهد؟ توضیح دهید.

پ) به جز آزمایش UU بر روی این خاک چه آزمایش دیگری (شامل روش آزمایشگاهی یا درجا) وجود دارد که همین پارامتر را بدهد؟

سوالات امتیازی:

1- فرمول زیر را اثبات کنید.

$$\delta d = \frac{Gs \delta w}{1 + w \frac{Gs}{sr}}$$

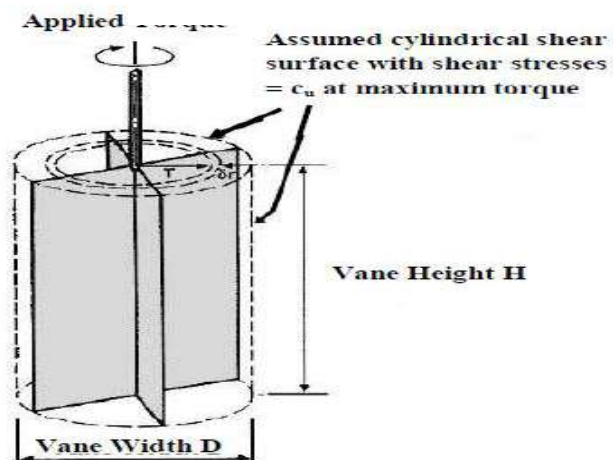
2- فرمول زیر را اثبات کنید.

$$\frac{1}{K_s} = \frac{\cos^2 \alpha}{K_x} + \frac{\sin^2 \alpha}{K_z}$$

3- فرمول زیر را اثبات کنید.

$$i_{cr} = \frac{\delta'}{\delta w} = \frac{Gs - 1}{1 + e}$$

4- فرمول $c_u = \frac{T}{\pi \left[\left(\frac{d^2 h}{2} \right) + \left(\frac{d^3}{6} \right) \right]}$ برش پره را اثبات کنید.



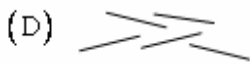


مکانیک خاک



بافت خاک:

نمونه‌ای از بافت خاک



دانه درشت { بافت تک دانه‌ای (کوهی)
(بافت مجوف) (لانه زنبوری) (بافت رمبنده، فرو ریزشی)

ریز دانه { بافت لخته‌ای، مجتمع، فلاکولیت (F) برآیند نیروهای داخلی جاذبه
(بافت پراکنده) (D) برآیند نیروهای داخلی دافعه

نکته: فشار و رطوبت بافت مجوف رابه تک دانه‌ای و بافت لخته‌ای (F) را به بافت پراکنده (D) تبدیل می‌کند

روابط وزنی- حجمی:

روابط زیر را به خاطر داشته باشید.

$$V_v = V_a + V_w, \quad \gamma_s = G_s \gamma_w, \quad S_r e = G_s w$$

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \text{نسبت تخلخل} \quad n = \frac{V_v}{V_t} < 1 \quad \text{پوکی تخلخل} \quad (e > n)$$

$$\omega = \frac{m_w}{m_s}$$

$$n = \frac{e}{1+e}$$

$$e = \frac{n}{1-n}$$

$$\gamma_s = \frac{\gamma_t}{1+\omega} = \frac{\gamma_s}{1+e}$$

$$\gamma_{sat} = \frac{G_s + e}{1+e} \gamma_w$$

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$$

$$\frac{V_r}{V_1} = \frac{1+e_r}{1+e_1}$$

نکته: اگر در اثر تراکم یک خاک با حجم V_1 و نسبت تخلخل e_1 به حجم V_r تبدیل شود.



نسبت تخلخل خاک متراکم شده e_r است که در رابطه زیر صادق است.

$$S.L. = \frac{e}{G_s} = \frac{\gamma_d}{\gamma_w} - \frac{1}{G_s}, \quad \gamma_d = \frac{G_s(1-A)\gamma_w}{1+G_s w}, \quad A = \frac{V_a}{V_t} = n(1-s_r)$$

γ_{sat} : وزن مخصوص اشباع

W : درصد رطوبت خاک

γ_s : وزن مخصوص دانه ها

S_r : درجه اشباع خاک

γ_d : وزن مخصوص خشک

G_s : چگالی دانه ها (بدون بعد)

V_s : حجم دانه های خاک

γ_t : وزن مخصوص مرطوب

V_v : حجم حفرات مجموع حجم هوا و حجم آب

γ' : وزن مخصوص مستغرق

مقدار وزن آبی که واحد حجم خاک خشک را اشباع می کند. $\gamma_{sat} - \gamma_d = n\gamma_w =$

آزمایش تراکم:

تراکم عملی است که طی آن هوای خاک بیرون رانده می‌شود. تراکم یا فشردگی خاک باعث افزایش مقاومت برشی شده و نشست خاک را کاهش می‌دهد.

آزمایش تراکم استاندارد (پروکتور):

در این آزمایش، میزان رطوبتی که خاک بهترین تراکم را تحت مقدار انرژی معین به دست می‌آورد، به دست می‌آید. این رطوبت را رطوبت بهینه می‌نامند.

$$\gamma = \frac{W}{V}$$

وزن مخصوص طبیعی نمونه متراکم شده از رابطه ذیل به دست می‌آید:

W : وزن خاک متراکم شده در قالب

V : حجم قالب

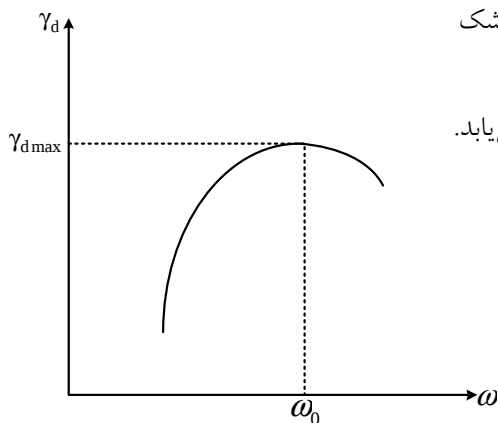
$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1 + \omega}$$

وزن مخصوص خشک خاک نیز از رابطه مقابل حساب می‌شود.

با استفاده از γ_d و ω منحنی زیر رسم می‌گردد که از روی آن حداکثر وزن مخصوص خشک

(γ_{dmax}) و میزان رطوبت بهینه (ω_0) به دست می‌آید.

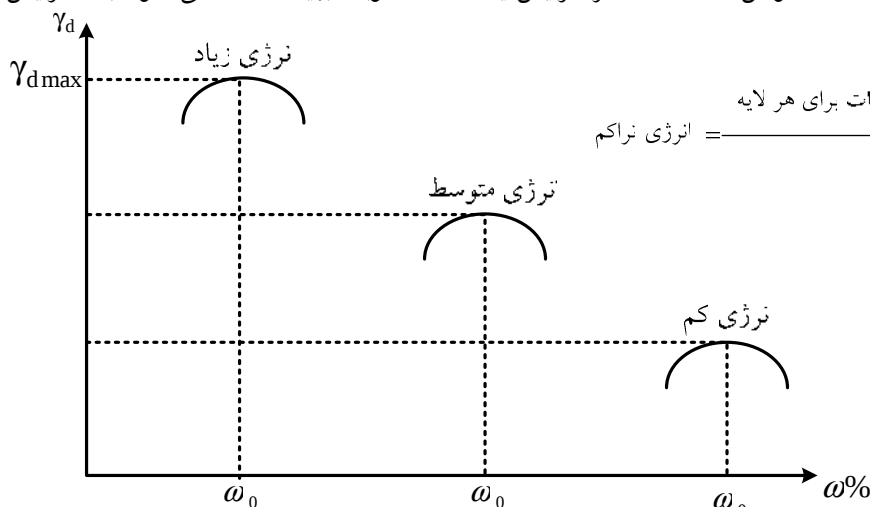
با توجه به شکل با افزایش رطوبت ابتدا وزن مخصوص خشک افزایش و سپس کاهش می‌یابد.



$$\text{درجه تراکم} = \frac{\text{وزن مخصوص خشک خاک متراکم شده در کارگاه}}{\gamma_{dmax}}$$

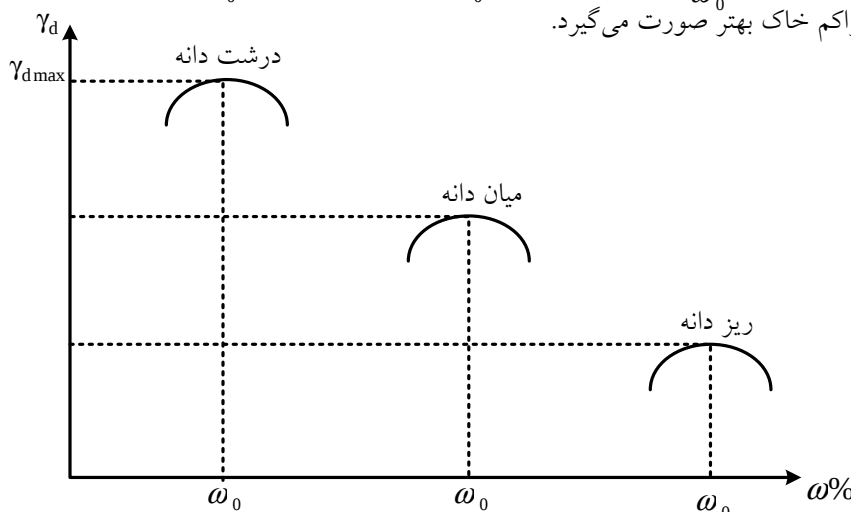
عوامل موثر در تراکم خاک:

۱- انرژی تراکم: هرچه انرژی تراکم افزایش یابد، وزن مخصوص خشک حداکثر افزایش یافته و از رطوبت بهینه کاسته می‌شود. با افزایش انرژی تراکم، تراکم بهتری به دست می‌آید.



$$\text{انرژی تراکم} = \frac{\text{'ارتفاع سقوط چکش'} \times \text{وزن چکش} \times \text{تعداد لایه‌ها} \times \text{ضریبات برای هر لایه}}{\text{حجم قالب}}$$

۲- نوع خاک: هر چه خاک درشت دانه‌تر باشد، تراکم خاک بهتر صورت می‌گیرد.



وزن مخصوص خشک حداکثر، زمانی به دست می آید که هیچ هوایی در حفرات خاک نباشد. یعنی خاک دارای درجه اشباع یک باشد. این وزن مخصوص از رابطه ذیل محاسبه می شود:

$$\gamma_{Zav} = \frac{G_s \cdot \gamma_w}{1 + G_s \cdot \omega} = \gamma_{d \max}$$

$$\gamma_d = \frac{G_s \cdot \gamma_w}{1 + \frac{G_s \cdot \omega}{S_r}}$$

اگر نمونه خاک صد در صد اشباع نباشد رابطه فوق به صورت زیر در می آید:

نمونه سوال:

۱- وزن مخصوص خشک یک نمونه خاک در آزمایش پروکتور $20 \frac{kN}{m^3}$ به دست آمده است. این خاک در محل کارگاه با رطوبت ۱۳ درصد و انرژی ۹۵ درصد آزمایش پروکتور متراکم می شود. اگر چگالی ذرات جامد خاک $2/68$ و وزن مخصوص آب $10 \frac{kN}{m^3}$ باشد، تخلخل آن برابر است با:

(۴) ۴۷ درصد

(۳) ۴۱ درصد

(۲) ۳۴ درصد

(۱) ۲۹ درصد

گزینه ۱ صحیح است.

$$\text{درجه تراکم} = \frac{\gamma_d}{\gamma_{d \max}} \rightarrow 0/95 = \frac{\gamma_d}{20} \rightarrow \gamma_d = 19 \frac{kN}{m^3}$$

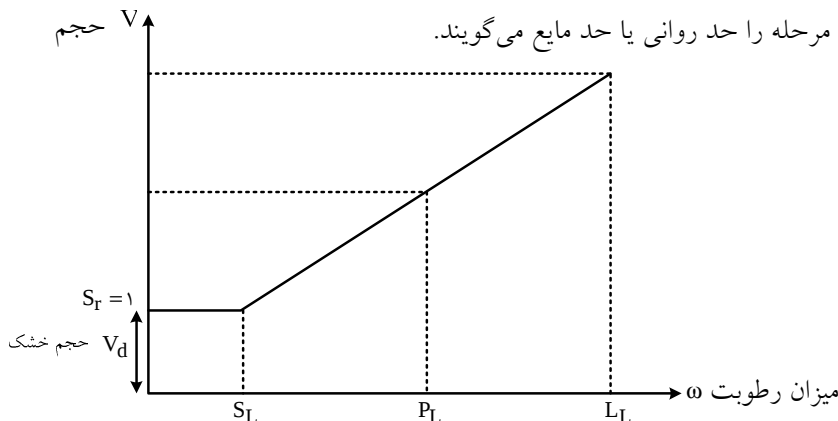
$$\gamma_d = \frac{G_s}{1+e} \cdot \gamma_w \rightarrow 19 = \frac{2/68}{1+e} \times 10 \rightarrow e = 0/41$$

$$n = \frac{e}{1+e} \rightarrow n = \frac{0/41}{1+0/41} = 0/29$$

مدود اتربرگ:

وقتی یک نمونه خشک خاک را مرطوب می کنیم، رطوبت در فضای خالی و حفرات آن پر شده ولی حجم آن افزایش نمی یابد، تا مرحله ای که خاک اشباع می گردد. از این مرحله به بعد، با افزایش رطوبت، حجم خاک نیز افزایش می یابد.

میزان رطوبت در لحظه اشباع یعنی $S_r = 1$ را حد انقباض می گویند. در این مرحله خاک از حالت جامد به نیمه جامد تبدیل می گردد. با افزایش رطوبت، خاک به حالت مایع روان می گردد. رطوبت این مرحله را حد روانی یا حد مایع می گویند.



وجود کانی های رس در ریزدانه سبب جذب آب توسط آنها می گردد و باعث می شود خاک حالت خمیری و چسبندگی پیدا کند.

$$PI = LL - PL \quad \text{نشانه خمیری}$$

$$A = \frac{PI}{\text{درصد وزنی ذرات رسی}}$$

A: فعالیت خاک می باشد.

$$LI = \frac{\omega - PL}{PI}$$

LI: نشانه مایع می باشد که سفتی نسبی یک خاک چسبنده در وضعیت طبیعی می باشد.



مکانیک خاک



حرکت آب در خاک:

بار آبی کل یک نقطه آب در حال جریان، نسبت به یک سطح مبنا، از رابطه زیر به دست می آید.

$$h = \frac{P}{\gamma_w} + \frac{V^2}{2g} + Z$$

$\frac{P}{\gamma_w}$: بار فشار

V : سرعت جریان در نقطه مورد نظر

g : شتاب ثقل

Z : فاصله قائم نقطه مورد نظر تا سطح مبنا

$$i = \frac{\Delta h}{L}$$

گرادیان (شیب) هیدرولیکی بین دو نقطه از رابطه روبرو تعریف می شود:

i : گرادیان هیدرولیکی

Δh : اختلاف بار آبی یا افت بار بین دو نقطه

L : فاصله بین دو نقطه

$$Q = \frac{V_{\text{حجم}}}{t_{\text{(زمان)}}} = \frac{A \times L}{t} = A \times V$$

دبی جریان: مقدار آب گذرنده از یک مقطع در واحد زمان

V : سرعت متوسط جریان آب

A : سطح مقطع

سرعت آب در خاک:

$$V_s = \frac{V}{n} = V \times \frac{1+e}{e}$$

برای سرعت آب در خاک، دو نوع سرعت جریان در نظر گرفته می شود:

۱- سرعت متوسط یا سرعت جریان: بر اساس سطح مقطع کلی خاک می باشد (V)

۲- سرعت واقعی آب یا سرعت تراوش جریان، بر اساس فضای خالی خاک می باشد (V_s) و همچنین $V_s > V$ می باشد. سرعت جریان را

$$V = k \cdot i$$

می توان از رابطه زیر نیز محاسبه نمود:

$$V = \text{سرعت متوسط جریان} \frac{m}{s}$$

i : گرادیان هیدرولیکی

$$k = \frac{\gamma_w}{\eta} \cdot \bar{k}$$

k : ضریب نفوذپذیری خاک $\frac{m}{s}$

$\bar{k}$: نفوذپذیری مطلق خاک

γ_w : وزن مخصوص آب

η : ویسکوزیته دینامیکی آب



نکات:

۱- هر چه ویسکوزیته دینامیکی بیشتر باشد نفوذپذیری خاک کمتر می باشد.

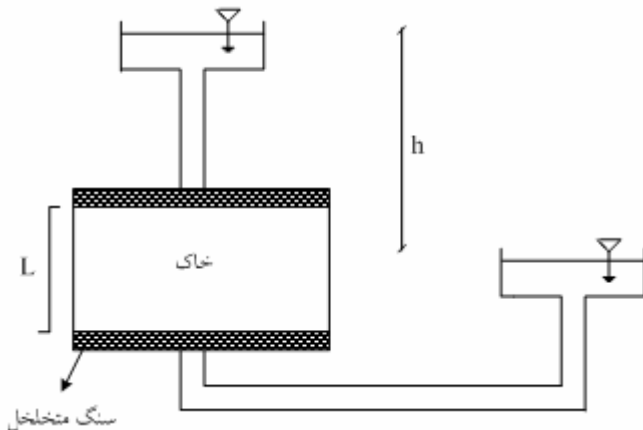


۲- ضریب نفوذپذیری خاک‌های غیر اشباع کمتر از خاک‌های اشباع است و با افزایش درجه حرارت به سرعت افزایش می‌یابد.

$$k \propto \frac{e^3}{1+e}$$

$$k \propto D_p^2$$

۳- روابط تجربی تعیین نفوذپذیری خاک به صورت زیر می‌باشد.



آزمایش‌های تعیین نفوذپذیری:

۱- آزمایش با بار آبی ثابت در آزمایشگاه.

بر روی نمونه دست نخورده خاک درشت دانه انجام می‌شود.

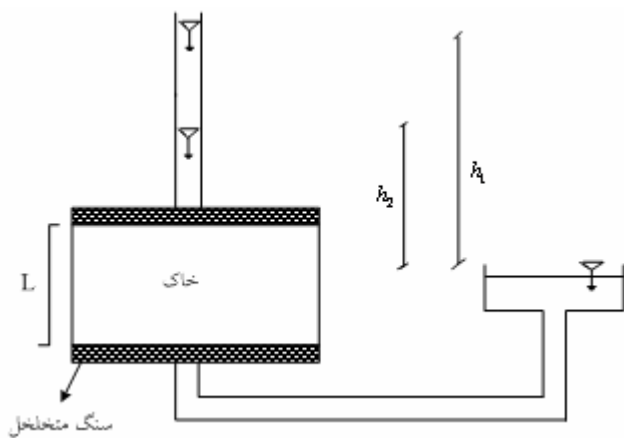
V = حجم آب جمع شده در ظرف

h = اختلاف بار آبی

L = طول نمونه خاک

$$k = \frac{VL}{Aht} = \frac{Q}{iA} \quad t = \text{مدت زمان جمع آوری آب}$$

A = مساحت مقطع خاک



۲- آزمایش با بار آبی متغیر در آزمایشگاه

بر روی نمونه دست نخورده از خاک ریزدانه انجام می‌شود.

a = سطح مقطع لوله قائم

L = طول خاک

A = سطح مقطع خاک

$$K = \frac{a.L}{A.t} \times \ln\left(\frac{h_1}{h_2}\right) \quad t = \text{زمان آزمایش}$$

h_1 = اختلاف بار ابتدا و انتهای نمونه در لحظه $t = 0$

h_2 = اختلاف بار ابتدا و انتهای نمونه در لحظه t

۳- آزمایش پمپاژ برای تعیین ضریب نفوذپذیری یک لایه آبدار در صحرا.

روابط نفوذپذیری برای دو حالت لایه آبدار آزاد و لایه آبدار تحت فشار به صورت زیر می‌باشد.

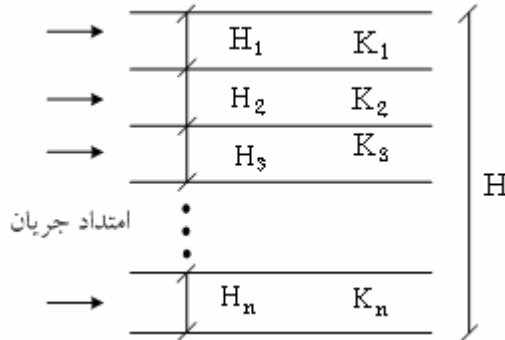
$$k = \frac{q \cdot \ln\left(\frac{r_1}{r_2}\right)}{2\pi H(h_1 - h_2)} \quad \text{لایه آبدار تحت فشار:}$$

$$k = \frac{q \cdot \ln\left(\frac{r_1}{r_2}\right)}{\pi(h_1^2 - h_2^2)} \quad \text{لایه آبدار آزاد:}$$

q: دبی پمپاژ

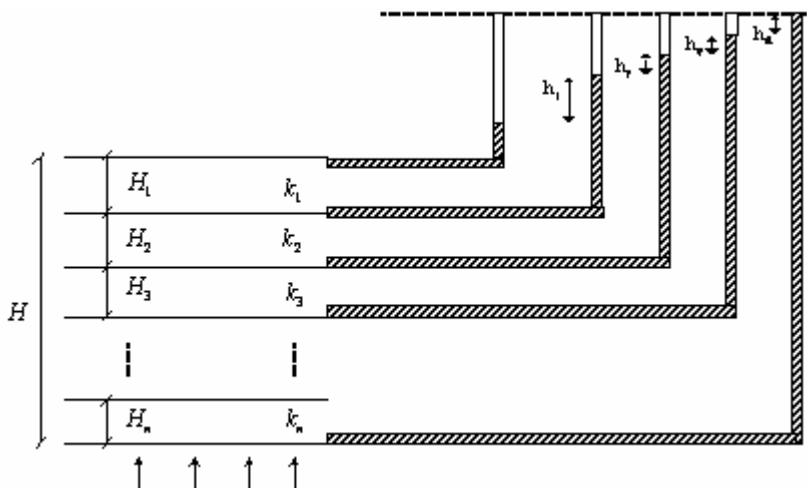
نفوذپذیری معادل در خاک‌های لایه‌بندی شده:

۱- امتداد جریان افقی.



$$\begin{aligned} q &= q_1 + q_2 + \dots + q_n \\ q &= v \cdot H \quad v = k i \\ i &= i_1 = i_2 = \dots = i_n \\ k &= \frac{H_1 k_1 + H_2 k_2 + \dots + H_n k_n}{H} \end{aligned}$$

۲- امتداد جریان قائم.



$$\begin{aligned} q &= q_1 = q_2 = q_3 = \dots = q_n \\ h &= h_1 + h_2 + h_3 + \dots + h_n \\ k &= \frac{H}{\frac{H_1}{k_1} + \frac{H_2}{k_2} + \frac{H_3}{k_3} + \dots + \frac{H_n}{k_n}} \end{aligned}$$

اگر ضریب نفوذپذیری در راستای x برابر k_x و در راستای y برابر k_y باشد، در این صورت ضریب نفوذپذیری در راستای s که با محور xها

$$\frac{1}{k_s} = \frac{\cos^2 \alpha}{k_x} + \frac{\sin^2 \alpha}{k_y}$$

زاویه α می‌سازد از رابطه زیر حساب می‌شود:

شبکه جریان:

نشان دهنده دو دسته خطوط متعامد می‌باشد که یکی خطوط جریان و دیگری خطوط هم پتانسیل می‌باشد.

$$q = \frac{k \cdot H \cdot N_f}{N_d}$$

q = دبی کل جریان در واحد طول سد H = افت کلی بار آبی

معادل $k = \sqrt{k_x \cdot k_y}$

k = ضریب نفوذپذیری N_d = تعداد افت پتانسیل

$$u_A = \gamma \omega (h_A - z_A)$$

N_f = تعداد مجاری جریان

u_A = فشار آب حفره‌ای در نقطه‌ای مانند A

تنش مؤثر:



روابط ذیل برای محاسبه تنش کل، تنش موثر و فشار حفره‌ای به کار می‌رود:

$$\sigma_A = \frac{w}{S} = \frac{\text{وزن توده خاک بالای نقطه A}}{\text{سطح مقطع خاک در تراز A}}$$

$$\sigma_A = \frac{\gamma_\omega V_\omega + \gamma_1 V_1 + \gamma_2 V_2}{S} = \frac{\gamma_\omega H_\omega S + \gamma_1 H_1 S + \gamma_2 H_2 S}{S} = \gamma_\omega H_\omega + \gamma_1 H_1 + \gamma_2 H_2$$

$\gamma' = \text{وزن مخصوص غوطه‌ور}$

$$\sigma_A = \underbrace{\gamma_\omega (H_\omega + H_1 + H_2)}_{\text{فشار آب حفره‌ای } u_A} + \underbrace{\gamma'_1 H_1 + \gamma'_2 H_2}_{\text{تنش موثر } \sigma'_A} \quad \gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_\omega$$

فشار تراوش:

اگر آب در یک توده خاک حرکت داشته باشد، تنش موثر در نقاط مختلف تغییر خواهد کرد. فشار نفوذ یا فشار تراوش از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$p = i \cdot z \cdot \gamma_\omega$$

اگر حرکت آب در خاک به سمت بالا باشد. از مقدار تنش موثر کاسته شده و اگر حرکت آب به سمت پایین باشد، به مقدار تنش موثر افزوده می‌شود.

جوشش:

در صورتی که بر اثر حرکت رو به بالای آب تنش موثر آنقدر کاهش یابد که به صفر برسد، پدیده جوشش رخ خواهد داد و داریم:

$$i_{cr} = \text{گرادیان هیدرولیکی بحرانی}$$

$$\sigma'_A = 0 \quad \gamma' \cdot z - i z \gamma_\omega = 0 \rightarrow i_{cr} = \frac{\gamma'}{\gamma_\omega}$$

$$F.S = \frac{\sigma'_A}{p} \quad \text{ضریب اطمینان در برابر جوشش}$$

$$F.S = \frac{\gamma'}{i \cdot \gamma_\omega}$$

$$F.S = \frac{\sigma_A}{u_A}$$

جوشش در پای سپر:

$$F.S = \frac{\omega'}{U} \quad F.S = \frac{\gamma'}{i_{av} \cdot \gamma_\omega}$$

$$\omega' = \text{وزن غوطه‌ور ناحیه بالای سپر}$$

$$U = \frac{1}{\gamma} D^2 i_{av} \gamma_\omega$$

$$U = \text{نیروی بالا برنده}$$

$D = \text{ارتفاع سپر که در خاک فرو رفته است.}$

برای افزایش ضریب اطمینان در برابر جوشش می‌توان از مصالح فیلتر در پایین دست سپر استفاده کرد. اگر D_1 ضخامت لایه فیلتر باشد

$$F.S = \frac{\gamma' + \gamma'_F \left(\frac{D_1}{D} \right)}{i_{av} \cdot \gamma_\omega}$$

ضریب اطمینان از رابطه روبرو حساب می‌شود: (γ'_F وزن مخصوص غوطه‌وری فیلتر)

$$\text{مشخصات فیلتر} \quad \begin{cases} \frac{D_{15}(F)}{D_{85}(B)} < 5 \\ \frac{D_{15}(F)}{D_{15}(B)} > 5 \end{cases}$$

$D_{15}(B)$ و $D_{85}(B)$ به ترتیب قطری که ۱۵ درصد مصالح فیلتر و مصالح پایه از آن ریزتر می‌باشند.
 $D_{85}(B)$ قطری که ۸۵ درصد مصالح پایه از آن ریزتر می‌باشند.



مکانیک خاک



تنش در خاک:

با قرار گرفتن سربار روی خاک، به مقدار تنش موجود در خاک افزوده می شود و هرچه در جهت افقی و قائم از محل اثر بار فاصله بگیریم از تاثیر سربار و تنش کاسته می شود.

فرضیات بوسینسک برای محاسبه تنش در توده خاک:

۱- خاک بدون وزن است.

۲- تغییر حجم خاک قابل اغماض است.

۳- قبل از اعمال سربار، خاک تحت تنش دیگری قرار نداشته باشد.

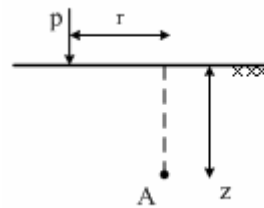
۴- خاک الاستیک، نیمه محدود، همگن و ایزوتروپیک بوده و تابع قانون هوک باشد.

۵- توزیع تنش نسبت به محور قائم تقارن دارد.

۶- تنش ممتد و پیوسته است.

روابط بوسینسک در محاسبه تنش:

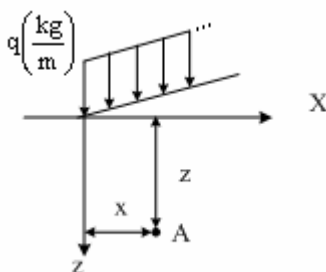
۱- تنش قائم تحت اثر بار متمرکز:



$$\Delta\sigma_z = \frac{rp}{\pi z^2} \left(\frac{1}{1 + \left(\frac{r}{z}\right)^2} \right)^{\frac{5}{2}}$$

$$r = 0 \rightarrow \Delta\sigma_z = \frac{rp}{\pi z^2}$$

در خاک های غیر همگن برای محاسبه تنش از رابطه وسترگارد استفاده می شود. رابطه وسترگارد نسبت به رابطه بوسینسک مقدار تنش را در نزدیکی سطح بارگذاری شده کمتر و در نقاط دور از سطح بارگذاری، بیشتر نشان می دهد.

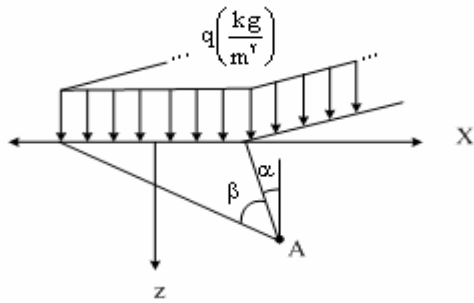


$$\Delta\sigma_z = \frac{2qz^3}{\pi(x^2 + z^2)^2}$$

$$x = 0 \rightarrow \Delta\sigma_z = \frac{2q}{\pi z}$$

۲- تنش قائم تحت اثر بار خطی به طول نامحدود:

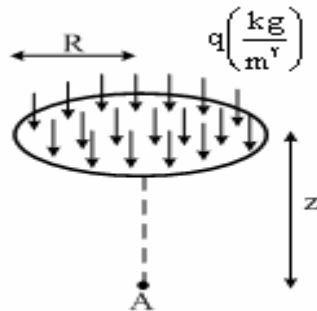
۳- تنش قائم تحت بار نواری مستطیلی



$$\Delta\sigma_z = \frac{q}{\pi} (\beta + \sin\beta \cdot \cos(\beta + 2\alpha))$$

β برحسب رادیان می‌باشند.

۴- تنش قائم در زیر مرکز سطح بارگذاری شده دایروی:

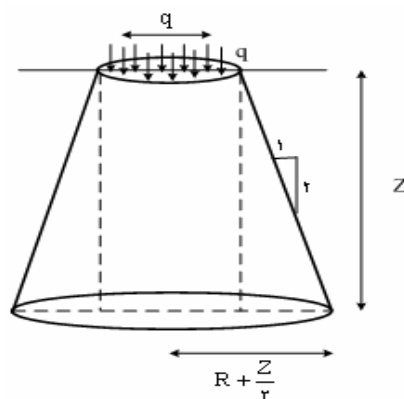
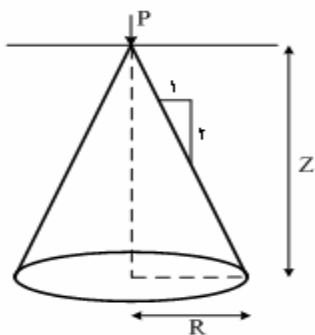


$$\Delta\sigma_z = q \left[1 - \frac{1}{\left(1 + \left(\frac{R}{z} \right)^2 \right)^{\frac{3}{2}}} \right]$$

روش تقریبی دو به یک در محاسبه تنش:

۱- تنش قائم ناشی از بار متمرکز:

$$\frac{R}{z} = \frac{1}{2} \quad \Delta\sigma_z = \frac{P}{\pi R^2} = \frac{4P}{\pi z^2}$$



۲- تنش قائم ناشی از بار دایروی:

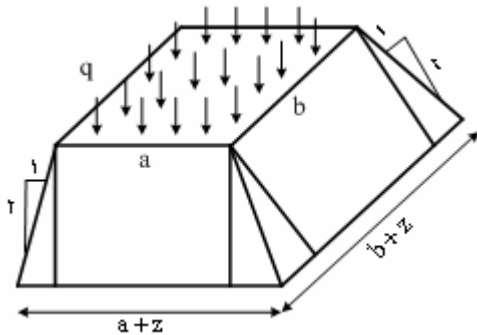
$$P = q\pi R^2$$

$$\Delta\sigma_z = \frac{P}{\pi \left(R + \frac{z}{2}\right)^2} \quad \Delta\sigma_z = \frac{qR^2}{\left(R + \frac{z}{2}\right)^2}$$

۲- تنش قائم ناشی از بار مستطیلی:

$$P = qab$$

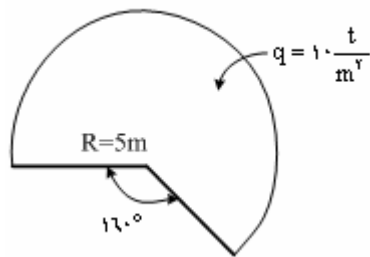
$$\Delta\sigma_z = \frac{P}{(a+z)(b+z)} \quad \Delta\sigma_z = \frac{qab}{(a+z)(b+z)}$$



طبق رابطه بوسینسک اضافه تنش قائم در عمق ۵ متری نقطه O برابر است با:

$$۵/۶۷ \frac{t}{m^2} \quad (۲)$$

$$۶/۴۶ \frac{t}{m^2} \quad (۱)$$



$$۲/۳۴ \frac{t}{m^2} \quad (۴)$$

$$۳/۵۹ \frac{t}{m^2} \quad (۳)$$

گزینه ۳ صحیح است.

$$\Delta\sigma_z = q \left[1 - \frac{1}{\left(1 + \left(\frac{R}{z}\right)^2\right)^{\frac{3}{2}}} \right] \quad \Delta\sigma_z = 10 \cdot \left[1 - \frac{1}{\left(1 + \left(\frac{5}{5}\right)^2\right)^{\frac{3}{2}}} \right] = ۶/۴۶ \frac{t}{m^2}$$

$$\Delta\sigma_z = ۶/۴۶ \times \frac{۳۶۰ - ۱۶۰}{۳۶۰} = ۳/۵۹ \frac{t}{m^2}$$

نشست خاک:

نشست‌های خاک به دو گروه تقسیم می‌شوند:

- ۱- نشست تحکیم که ناشی از تغییر حجم خاک اشباع به علت رانده شدن آبهای موجود در حفرات است و در خاک‌های ریزدانه نظیر رس مورد توجه قرار می‌گیرد.
- ۲- نشست آبی که ناشی از تغییر شکل الاستیک خاک خشک و یا خاک‌های مرطوب و اشباع، بدون تغییر در میزان آب می‌باشد.

نشست تحکیم:

تحکیم اولیه: نشست تحکیم، تغییر حجم خاک اشباع به علت خروج آب حفره‌ای از خاک می‌باشد. در خاک‌های درشت دانه مانند ماسه به علت نفوذپذیری بالا، خروج آب به سرعت انجام می‌پذیرد و نشست تحکیم و آبی همزمان رخ می‌دهند. لذا در اینگونه خاک‌ها تحکیم چندان مورد توجه قرار نمی‌گیرد. در ریزدانه‌ها مانند رس به علت نفوذپذیری پایین و جاذب آب بودن کانی‌های رس، خروج آب از خاک در مدت زمان طولانی انجام می‌شود.

تبدیل اضافه فشار آب حفره‌ای به اضافه تنش موثر خاک را مرحله تحکیم اولیه می‌گویند.

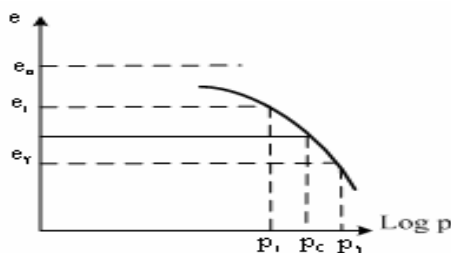
آزمایش تحکیم یک بعدی (ادئومتری):

براساس این آزمایش نمودار تخلخل - لگاریتم فشار (منحنی تراکم) به صورت زیر رسم می‌شود:

$$e_o = \frac{v_{vo}}{v_s} \quad v_s = \frac{w_s}{\gamma_w \cdot G_s}$$

$$v_{vo} = v_o - v_s \quad \Delta e = e_o - e_i$$

$$\frac{\Delta e}{1 + e_o} = \frac{\Delta H}{H_o}$$



G_s = چگالی دانه‌ها

Δe = کاهش نسبت تخلخل نمونه

ΔH = نشست نمونه تا پایان روز i ام

H_o = ارتفاع اولیه نمونه خاک

e_o = تخلخل اولیه نمونه

v_{vo} = حجم حفرات در ابتدای آزمایش

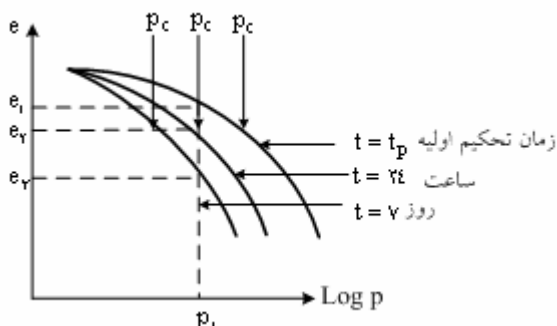
v_s = حجم دانه‌های جامد

w_s = وزن خشک نمونه در مرحله آخر

اگر در آزمایش تحکیم، مدت زمان بارگذاری را بدون تغییر در نسبت افزایش

بارگذاری $\left(\frac{\Delta P}{P}\right)$ ، کاهش دهیم، منحنی به سمت راست حرکت می‌کند، ولی اگر

مدت زمان بارگذاری را افزایش دهیم، حرکت منحنی به سمت چپ خواهد بود.

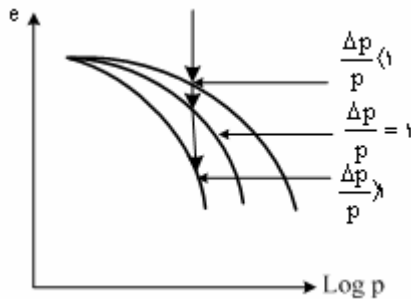




اگر در آزمایش تحکیم، بدون تغییر در مدت زمان بارگذاری نسبت افزایش بارگذاری را تغییر دهیم، منحنی به صورت زیر حرکت می‌کند:

منحنی به سمت پایین حرکت می‌کند $\frac{\Delta p}{p} > 1$

منحنی به سمت بالا حرکت می‌کند $\frac{\Delta p}{p} < 1$



رس عادی تحکیم یافته و رس پیش تحکیم یافته:

۱- رس عادی تحکیم یافته، اگر فشار سربار موجود در هنگام نمونه گیری (P_o) با حداکثر فشار موثری که نمونه در گذشته تحت تاثیر آن

تحکیم یافته است (P_c) برابر باشد، رس عادی تحکیم یافته است. $P_o = P_c$

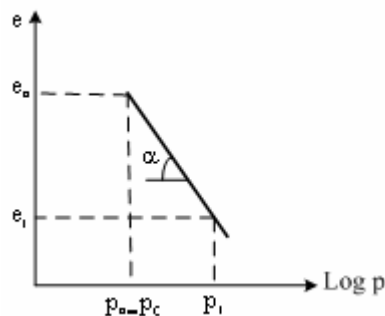
۲- رس پیش تحکیم یافته، اگر فشار سربار موجود (P_o)، از حداکثر فشار موثر گذشته (P_c) کمتر باشد، رس پیش تحکیم یافته می‌باشد.

$$P_o < P_c$$

$$\text{نسبت پیش تحکیم} = \text{OCR} = \frac{P_c}{P_o}$$

محاسبه نشست تحکیم اولیه یک بعدی:

۱- رس عادی تحکیم یافته



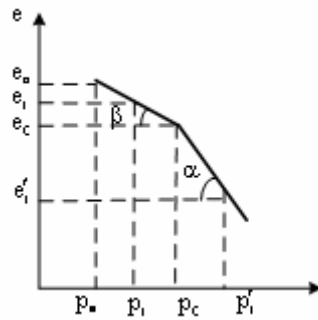
$$C_c = \tan \alpha = \frac{\Delta e}{\log P_1 - \log P_o}$$

$$\Delta e = \frac{(1 + e_o) \Delta H}{H_o}$$

$$\Delta H = \frac{H_o \cdot C_c}{1 + e_o} \log \left(\frac{P_1}{P_o} \right)$$

۲- رس پیش تحکیم یافته،

$$\text{الف) } P_1 > P_c$$



$$C_s = \tan B = \frac{\Delta e}{\log P_1 - \log P_o}$$

$$\Delta e = \frac{(1 + e_o) \Delta H}{H_o}$$

$$\Delta H = \frac{C_s H_o}{1 + e_o} \log \left(\frac{P_1}{P_o} \right)$$

ب) $P_1 < P_c$

$$C_s = \frac{e_o - e_c}{\log \left(\frac{P_c}{P_o} \right)} \quad C_c = \frac{e_c - e'_1}{\log \left(\frac{P'_1}{P_c} \right)}$$

$$\Delta H = \frac{H_o}{1 + e_o} \left[C_s \cdot \log \left(\frac{P_c}{P_o} \right) + C_c \cdot \log \left(\frac{P'_1}{P_c} \right) \right]$$

ترزاقی و پک روابط تجربی زیر را برای به دست آوردن نشانه فشردگی ارائه کرده‌اند:

$$C_c = 0.009(LL - 10)$$

$$C_c = 0.007(LL - 10)$$

$$C_s = \left(\frac{1}{5} \quad \frac{1}{10} \right) C_c$$

برای رس‌های دست نخورده

برای رس‌های دست خورده

ضریب قابلیت فشردگی - ضریب قابلیت فشردگی حجمی:

ضریب قابلیت فشردگی: تغییرات نسبت تخلخل به ازای واحد افزایش تنش موثر

$$a_v = \frac{\Delta e}{\Delta \sigma'}$$

$$\frac{\Delta e}{\Delta H} = \frac{1 + e_o}{H_o}$$

$$\Delta e = a_v \Delta \sigma'$$

$$\Delta H = \frac{a_v H_o \Delta \sigma'}{1 + e_o}$$

ضریب قابلیت فشردگی حجمی: تغییر نسبی حجم خاک به ازای واحد افزایش تنش موثر

$$m_v = \frac{\Delta v}{v_o \Delta \sigma'} = \frac{\Delta H}{H_o \Delta \sigma'}$$

$$\Delta H = m_v H_o \Delta \sigma'$$

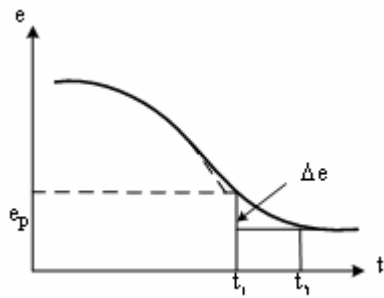
$$m_v H_o \Delta \sigma' = \frac{a_v H_o \Delta \sigma'}{1 + e_o} \rightarrow m_v = \frac{a_v}{1 + e_o}$$

تحکیم ثانویه:

در پایان تحکیم اولیه و پس از محو اضافه فشار آب حفره‌ای به علت تغییر شکل پلاستیک خاک، که ناشی از لغزش کانی‌های صفحه‌ای رس بر روی یکدیگر است، مقداری نشست در لایه رس اتفاق می‌افتد، که تحکیم ثانویه می‌باشد.

$$C_\alpha = \frac{\Delta e}{\log \left(\frac{t_r}{t_1} \right)} \quad \Delta e = e_p - e$$

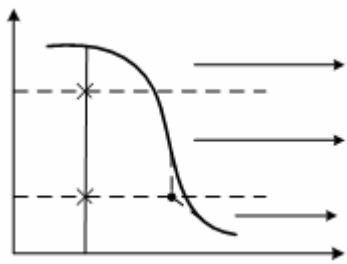
نشانه تحکیم ثانویه



$$\frac{\Delta H_s}{H_o} = \frac{\Delta e}{1 + e_p}$$

$$\Delta H_s = \frac{H_o C_\alpha}{1 + e_p} \cdot \log \left(\frac{t_2}{t_1} \right)$$

e_p = نسبت تخلخل نمونه در انتهای تحکیم اولیه



تغییر شکل

مرحله ۱: فشرده‌گی اولیه (اکثراً به علت پیش بارگذاری)

مرحله ۲: تحکیم اولیه

مرحله ۳: تحکیم ثانویه لگاریتم زمان

نکات:



- نشست ناشی از تحکیم ثانویه در خاک‌های آلی و غیرآلی با قابلیت فشرده‌گی زیاد مهمتر است، به طوری که در رس‌های غیر آلی پیش تحکیم یافته، نشانه تحکیم ثانویه بسیار کوچک است.

- نسبت تحکیم ثانویه به تحکیم اولیه برای یک لایه خاک، بستگی به نسبت افزایش بارگذاری $\left(\frac{\Delta P}{P} \right)$ دارد و برای نسبت‌های کوچک $\left(\frac{\Delta P}{P} \right)$ نسبت تحکیم ثانویه به اولیه بزرگتر است.

درجه تحکیم:

درجه تحکیم متوسط یک لایه را می‌توان با استفاده روابط زیر تعیین نمود:

$$\bar{U} = \frac{e_o - e}{e_o - e_1}$$

e_o = نسبت تخلخل اولیه

e_1 = نسبت تخلخل نمونه در پایان تحکیم

e = نسبت تخلخل نمونه در لحظه t

$$\bar{U} = \frac{\Delta H_t}{\Delta H_\infty}$$

ΔH_t = نشست لایه در زمان t

ΔH_∞ = نشست انتهای تحکیم

$\Delta \sigma'_t$ = اضافه تنش موثر در زمان t

$$\bar{U} = \frac{\Delta \sigma'_t}{\Delta \sigma'_\infty}$$

$\Delta \sigma'_\infty$ = اضافه تنش موثر در انتهای تحکیم

u_t = اضافه فشار آب حفره‌ای در لحظه t

U_o = اضافه فشار حفره‌ای در ابتدای تحکیم

T_v = عامل زمان

H_d = حداکثر مسافت زهکشی

t = مدت زمان تحکیم

C_v = ضریب تحکیم

اگر لایه از دو طرف زهکشی شده باشد H_d نصف ضخامت لایه می‌شود ولی اگر از یک طرف زهکشی شده باشد، H_d برابر ضخامت لایه می‌باشد.

C_v ضریب تحکیم به جنس خاک بستگی دارد و با افزایش حد مایع کاهش می‌یابد.

$$C_v = \frac{k}{\gamma_w \cdot m_v} = \frac{k}{\gamma_w \left(\frac{a_v}{1 + e_o} \right)}$$

k = ضریب نفوذپذیری خاک

m_v = قابلیت فشردگی حجمی γ_w = وزن مخصوص آب e_o = تخلخل اولیه نمونه a_v = قابلیت فشردگی

اگر ۲ نمونه از یک نوع خاک دارای درجه تحکیم برابری باشند، ولی مسافت زهکشی آنها برابر نباشد داریم:

$$\bar{u}_1 = \bar{u}_2 \rightarrow T_{v1} = T_{v2} \rightarrow \frac{t_1}{t_2} = \left(\frac{H_{d1}}{H_{d2}} \right)^2$$

$$\bar{u}_t = 1 - (1 - \bar{u}_{x,t}) (1 - \bar{u}_{y,t}) (1 - \bar{u}_{z,t})$$

اگر زهکشی در سه راستای x و y و z انجام شود، داریم:

$$\Delta\sigma_{av} = \frac{\Delta\sigma_t + 4\Delta\sigma_m + \Delta\sigma_b}{6}$$

محاسبه نشست تحکیم زیر یک شالوده:

$\Delta\sigma_t$ = اضافه تنش در بالای لایه

$\Delta\sigma_{av}$ = اضافه تنش متوسط لایه

$\Delta\sigma_b$ = اضافه تنش در پایین لایه

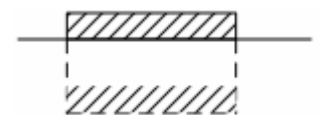
$\Delta\sigma_m$ = اضافه تنش در وسط لایه

نشست آبی:

نشست آبی یا الاستیک بلافاصله بعد از بارگذاری رخ می‌دهد و مقدار آن بستگی به انعطاف‌پذیری شالوده و نوع مصالح پی دارد.

نشست پی:

۱- شالوده صلب بر روی خاک دانه‌ای و چسبنده



۲- شالوده منعطف بر روی خاک دانه‌ای

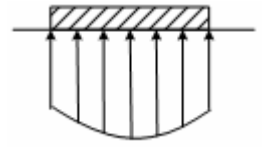


۳- شالوده منعطف بر روی خاک چسبنده

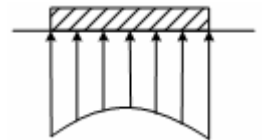


فشار در زیر شالوده:

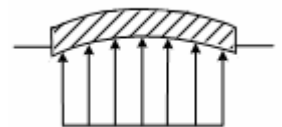
۱- شالوده صلب بر روی خاک دانه‌ای،



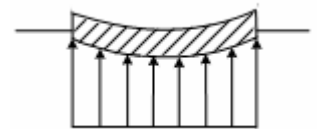
۲- شالوده صلب بر روی خاک چسبنده



۳- شالوده منعطف بر روی خاک دانه‌ای



۴- شالوده منعطف بر روی خاک چسبنده



محاسبه نشست آبی:

$$\Delta H_i = \text{نشست آبی}$$

$$B = \text{عرض شالوده}$$

$$E = \text{ضریب ارتجاعی خاک}$$

$$\Delta H_i = q \cdot B \cdot \frac{1-\mu^2}{E} \cdot I_p$$

$$q = \text{فشار موثر}$$

$$\mu = \text{ضریب پواسون}$$

$$I_p = \text{ضریب تاثیر که بستگی به نسبت طول به عرض شالوده دارد}$$



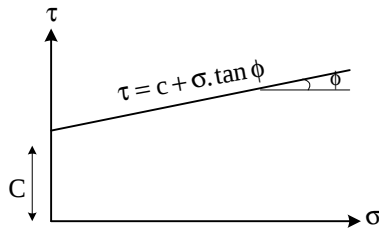
مکانیک خاک



مقاومت برشی خاک

طبق نظریه مور-کولمب، ترکیبی بحرانی از تنش قائم و برشی حداکثر باعث گسیختگی خاک می شود.

$$\tau = C + \sigma \tan \phi$$



τ : تنش برشی

σ : تنش قائم در صفحه گسیختگی

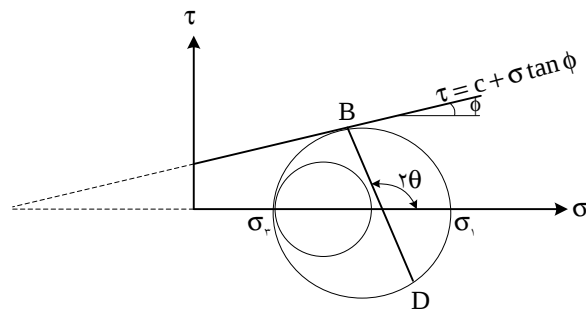
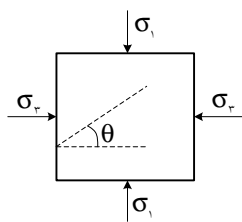
ϕ : زاویه اصطکاک داخلی

C : چسبندگی

C زهکشی شده برای ماسه، لای غیر آلی و رس عادی تحکیم یافته برابر صفر و برای رس پیش تحکیم یافته بزرگتر از صفر است.

ϕ زهکشی شده برای خاک های رسی معمولاً با افزایش نشانه خمیری کاهش می یابد.

تنش های اصلی و گسیختگی خاک:



$$\theta = 45^\circ + \frac{\phi}{2} \quad \sigma = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} + \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \cdot \cos 2\theta \quad \tau = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \cdot \sin 2\theta$$

$$\sigma_1 = \sigma_3 \tan^2 \theta + 2c \cdot \tan \theta \quad \sigma_1 = \sigma_3 \cdot \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) + 2c \cdot \tan \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right)$$

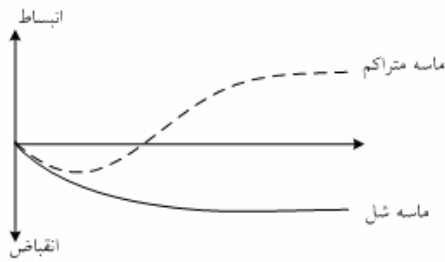
آزمایش مقاومت برشی:

۱- آزمایش برش مستقیم: این آزمایش در دو حالت زهکشی شده (کند) و زهکشی نشده (تند) انجام می گیرد. تنش قائم و تنش برشی در صفحه گسیختگی (صفحه افقی در امتداد شکاف بین دو جعبه برشی) به صورت زیر محاسبه می شود.

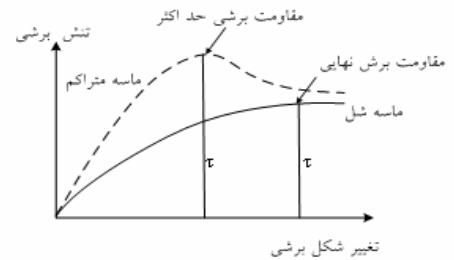
$$\sigma = \frac{P}{A} \quad \tau = \frac{T}{A}$$

A : سطح مقطع نمونه

آزمایش برشی مستقیم می تواند با کنترل تنش و یا کنترل تغییر شکل باشد. در آزمایش با کنترل تغییر شکل بر روی ماسه متراکم، هم مقاومت برشی حداکثر و هم مقاومت برشی نهایی را می توان اندازه گیری کرد. ولی در آزمایش کنترل تنش، تنها مقاومت برشی حداکثر را می توان اندازه گیری نمود.



تغییرات ارتفاع نمونه



۲- آزمایش برش سه محوری: این آزمایش برای تعیین مقاومت برشی خاک به کار می‌رود.

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \frac{F_d}{A} = \sigma_3 + \Delta\sigma_d$$

F_d : نیروی محوری

A : سطح مقطع نمونه

آزمایش سه محوری به سه صورت قابل اجراست.

۱- آزمایش سه محوری تحکیم یافته زهکشی شده (آزمایش CD)

۲- آزمایش سه محوری تحکیم یافته زهکشی نشده (آزمایش CU)

۳- آزمایش سه محوری تحکیم نیافته زهکشی نشده (آزمایش UU)

آزمایش تحکیم یافته زهکشی شده (CD):

در ابتدای آزمایش:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_3 = U_c \text{ اگر خاک اشباع باشد} \\ \sigma_3 = U_c + U_a \rightarrow \sigma_3 > U_c \text{ اگر خاک اشباع نباشد} \end{array} \right.$$

$$\frac{U_c}{\sigma_3} = B$$

B : فشار آب حفره‌ای اسکمپتون

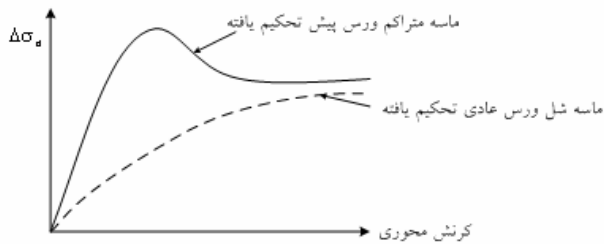
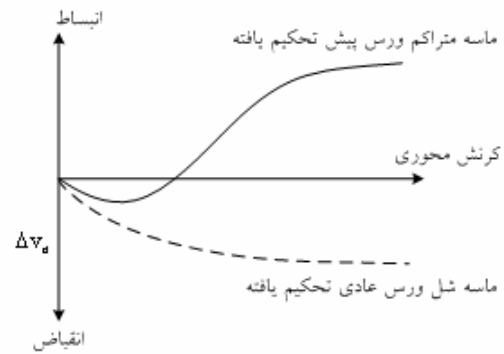
در پایان تحکیم $U_c = 0$ شود و تنش انحرافی $\Delta\sigma_d$ به نمونه وارد می‌شود تا تمام اضافه فشار آب حفره‌ای در پایان آزمایش به تنش موثر

تبدیل شود. اضافه فشار آب حفره‌ای در اثر اعمال $\Delta\sigma_d$

$$\Delta\sigma_d = \Delta\sigma'_d$$

در پایان آزمایش:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma'_3 = \sigma_3 - u_c - \Delta u_d \\ \sigma'_1 = (\sigma_3 + \Delta\sigma_d) - (u_c + \Delta u_d) \end{array} \right.$$



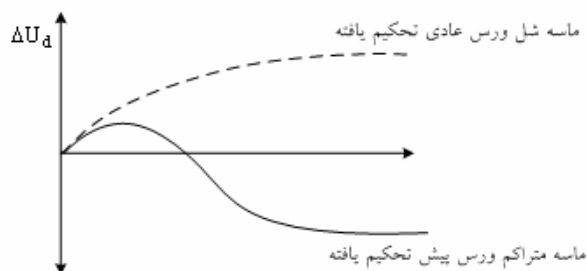
آزمایش تحکیم یافته زهکشی نشده (CU):

$$A = \frac{\Delta u_d}{\Delta \sigma_d} \quad \sigma'_1 = \sigma_1 - \Delta u_d \rightarrow \sigma_1 > \sigma'_1$$

$$\sigma'_3 = \sigma_3 - \Delta u_d \rightarrow \sigma_3 > \sigma'_3$$

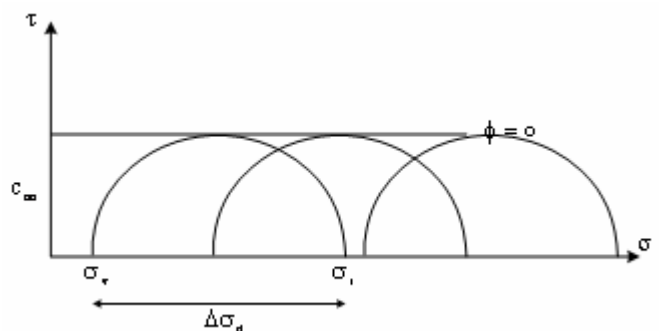
A: فشار حفره‌ای اسکمپتون

نمودار تغییرات تنش انحرافی $\Delta \sigma_d$ در برابر کرنش محوری در آزمایش CU شبیه آزمایش CD است.



آزمایش تحکیم نیافته زهکشی شده (UU):

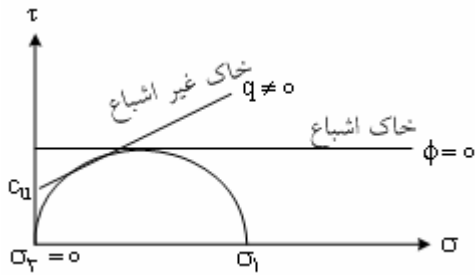
$$u = u_C + \Delta u_d \quad , \quad \Delta u = B\sigma_3 + A\Delta \sigma_d$$



$$R = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} = \frac{\Delta \sigma_d}{2} = C_{uu}$$

C_{uu} مقاومت برشی زهکشی نشده

اگر در آزمایش uu بدون وارد کردن فشار محدود کننده σ_3 ، تنش انحرافی $\Delta \sigma_d$ را به نمونه وارد کنیم، به آن آزمایش فشاری محدود نشده می‌گوییم.



q_u : مقاومت فشاری محدود نشده

$$\tau = \frac{\sigma_1}{2} = \frac{q_u}{2} = C_u$$

C_u : مقاومت برشی زهکشی نشده

دقت شود در آزمایش uu اگر خاک غیر اشباع باشد $\phi = 0$ است.

در آزمایش فشاری محدود نشده C_u به دست آمده برای خاک رس اشباع، قدری کمتر از C_u به دست آمده از آزمایش uu است، علت این امر فشار جانبی است که باعث بسته ماندن ترکها و افزایش مقدار C_u می شود.

در خاکهای رسی عادی تحکیم یافته، مقاومت برشی زهکشی نشده (C_u)، با افزایش فشار موثر سربار، افزایش می یابد و با وجود نشانه خمیری (PI) و فشار موثر سربار (p) به صورت زیر تعیین می گردد.

PI (بر حسب درصد می باشد)

$$\frac{C_u}{p} = 0.11 + 0.0037PI$$

$$\frac{C_u}{p} = \frac{\text{بیش تحکیم یافته}}{\text{عادی تحکیم یافته}} = \frac{C_u}{p} \quad \text{نسبت پیش تحکیم (OCR)}$$

$$S_t = \frac{\text{دست نخورده}}{\text{دست خورده}} \quad \text{درجه حساسیت}$$

سرعت آزمایش در ریزدانه ها $UU > CU > CD$

پایداری شیروانی ها:

پایداری یک شیروانی خاکی به عوامل متعددی مانند لایه بندی خاک، حرکت آب در خاک، مقاومت برشی خاک و ... بستگی دارد. برای تعریف پایداری شیروانی خاکی از ضریب اطمینان استفاده می شود.

$$F_s = \frac{\tau_f}{\tau_d} \quad 1- \text{ضریب اطمینان کلی } (F_s):$$

$$\tau_f = C + \sigma \cdot \tan \phi \quad \tau_f: \text{مقاومت برشی متوسط خاک}$$

$$\tau_d = C_d + \sigma \cdot \tan \phi_d \quad \tau_d: \text{مقاومت برشی بسیج شده خاک که درصدی از } \tau_f \text{ می باشد.}$$

$$F_s = \frac{C + \sigma \cdot \tan \phi}{C_d + \sigma \tan \phi_d}$$

$$F_C = \frac{C}{C_d} \quad 2- \text{ضریب اطمینان جزئی نسبت به چسبندگی } (F_C):$$

$$F_d = \frac{\tan \phi}{\tan \phi_d} \quad 3- \text{ضریب اطمینان جزئی نسبت به اصطکاک } (F_\phi):$$

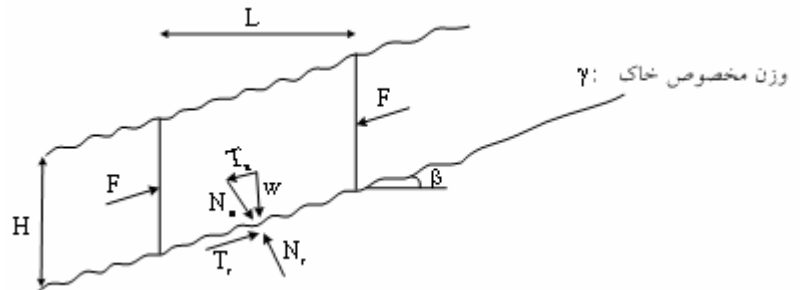
$$F_C = F_\phi \rightarrow \frac{C}{C_d} = \frac{\tan \phi}{\tan \phi_d} \rightarrow \frac{C + \sigma \tan \phi}{C_d + \sigma \tan \phi_d} = \frac{C}{C_d} = \frac{\tan \phi}{\tan \phi_d} \rightarrow F_s = F_\phi = F_C$$

تحلیل پایداری شیروانی ها:

۱- پایداری شیروانی نامحدود:

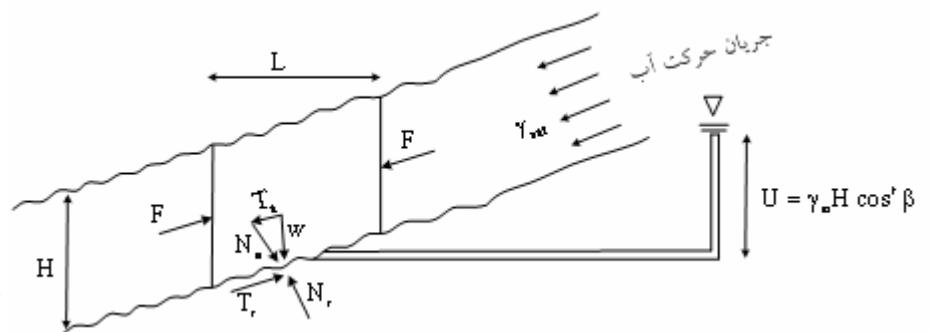
الف- سطح لغزش به موازات سطح شیبدار است و آب زیرزمینی در آن جریان ندارد.

$$w = \gamma L H \quad \begin{aligned} T_a &= W \sin \beta = \gamma L H \sin \beta \\ N_a &= W \cos \beta = \gamma L H \cos \beta \end{aligned} \rightarrow \tau = \frac{T_a}{L} = \gamma H \sin \beta \cos \beta, \quad \sigma = \frac{N_a}{L} = \gamma H \cos^2 \beta$$



ب- آب در خاک جریان دارد.

H_{cr} : ارتفاع بحرانی



$$\frac{H \cos^2 \beta \cdot \tan \phi + c}{\gamma H \sin \beta \cos \beta} \rightarrow F_s = \frac{\tan \phi}{\tan \beta} + \frac{c}{\gamma H \sin \beta \cos \beta}$$

$$\rightarrow H_{cr} = \frac{c}{\gamma \cos^2 \beta (\tan \beta - \tan \phi)}$$

$$\tau = \sigma' \tan \phi' + c' \quad F_s = \frac{\gamma' H \cos^2 \beta \cdot \tan \phi' + c'}{\gamma_{sat} H \sin \beta \cos \beta} \quad F_s = \frac{\gamma' \tan \phi'}{\gamma_{sat} \tan \beta} + \frac{c'}{\gamma_{sat} H \sin \beta \cos \beta}$$

$$F_s = 1 \rightarrow H_{cr} = \frac{c'}{\cos^2 \beta (\gamma_{sat} \tan \beta - \gamma' \tan \phi')}$$

۲- ضریب اطمینان شیروانی خاکی محدود:

$$M_d = \sum \omega_i L_i = \omega_1 L_1 - \omega_2 L_2$$

$$M_R = \tau_d \times R \theta \times R = \tau_d R^2 \theta$$

$$F_s = \frac{\tau_f R^2 \theta}{\omega_1 L_1 - \omega_2 L_2}$$

