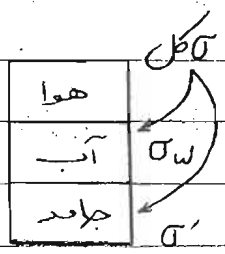
جزوات آموزشی آزمون کارشناسی ارشد عمران

مکانیک خاک – دکتر جسمانی

«به نام خدا»

«یکشنبه ۸۵/۴/۱۸» «مکانیک خاک» «جلسهٔ اول»

فازهای مختلف خاک:

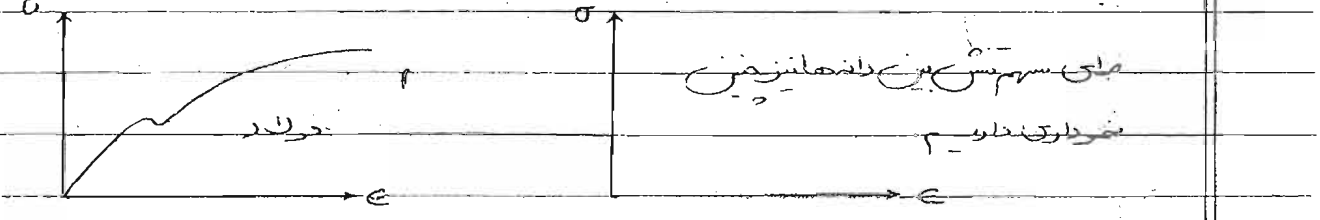


σ' دستیابی قابل شاهده نیست.

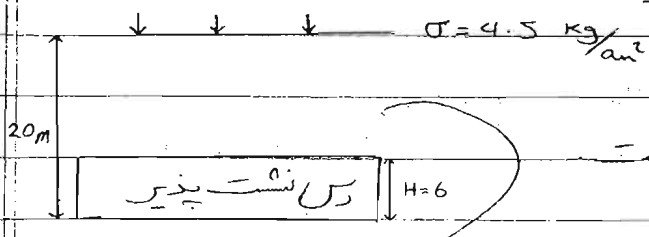
σ کل = σ' سهم تنش دانه‌ها + تنش دوم فشار آب

سهم تنش کل

فقط از تراکم، ورود و خروج هوا است



مثلاً در ساختمان بر سطح زمین را در نظر بگیرید



سهم تنش که در نشست رس ← Δσ

نشست دارد که بسیار کمتر از مقدار اصلی σ است.

I : ضریب تأثیر

توزیع تنش در خاک

تجربی

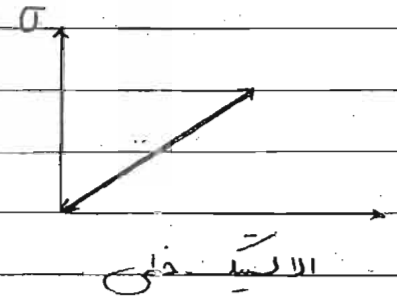
تئوری ماسه‌شیت

خطی

بوسینک

ورتکاد

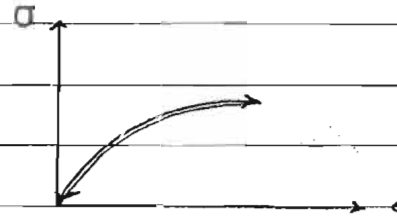
رفتار الاستیک : رفتاری است که در ارتباط با بارگذاری و یا بار برداری چیزی گم نمی‌شود و لزومی ندارد معنی الاستیک بصورت خطی باشد.



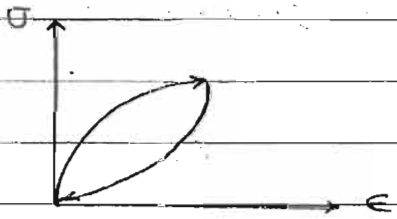
معنی رفت بر گشت منطبق ← الاستیک

در بارخطی ← خطی مثل شیشه

الاستیک خطی



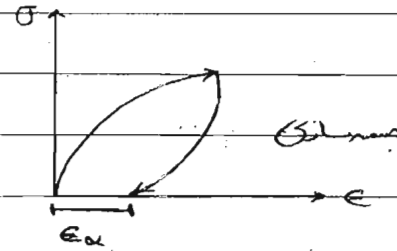
خاک در فشار ← در عمای خیلی کم ← الاستیک غیرخطی



مسیر بارگذاری و بار برداری هم منطبق نیست

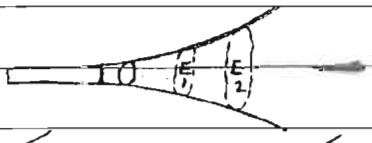
← الاستیک غیرخطی

ابعاد الاستیک هم را پس می‌دهند



غیرالاستیک غیرخطی ← در بار برداری هم را پس نمی‌دهند در اینجا استهلاک داریم است مثل دوم خمیرسازی

استهلاک هندسی: مثل نور چراغ قوه در فواصل دور که $E_1 = E_2$ و نور کم‌تر می‌شود زیرا شدت‌ها افت می‌کنند

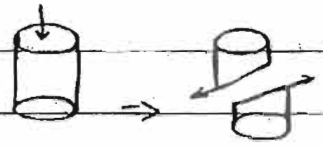


در خاک هم که یک ماده الاستیک می‌باشد تنش در عمق کم می‌شود یعنی استهلاک هندسی دارد. یعنی پخش می‌شود به دلیل زیاد شدن ابعاد، بار کم می‌شود.

نشست ← الاستیک ← آنی

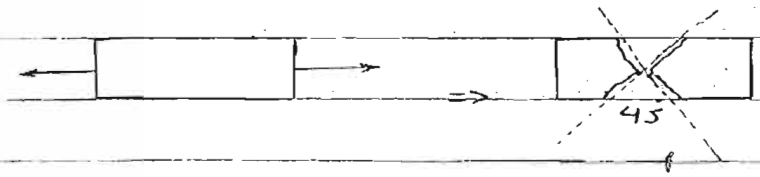
تحکیم ← وابسته به زمان

معمولاً در خاک‌های رسی، نقطه ضعف خاک مقاومت برشی است

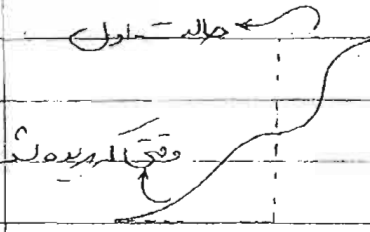


* جسم تردی، نقطه ضعف در کشش دارد ← در خاک در کشش ← مثل گچ

* نقطه ضعف در خاک در برش است ← در خاک در برش ← هر وقت در صفحه‌ای برش حداکثر است، می‌رود در اینجا در صفحه 45° مثل آزمایشگاه

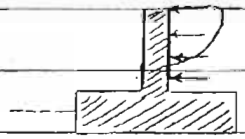


* پایداری شیروانی:



$\sigma_h = K\sigma_v$

K ← برای آبگیری باشد در خاک می‌تواند هر عددی باشد.



$\sigma_h = K\sigma_v$

K ضریب فشار افقی خاک بوده

فشار افقی در خاک ← و نوعی ضریب تبدیل فشار قائم به فشار افقی است.

مراجع:

Test	Text
امین افشاری	Budhu
کتاب عربی	M. Das «ترجمه شده»

«ضعف دارد» * تکمیل + مقاومت برشی

← بهینا + طباطبایی «ایران زلزله قوی است»

* بعضی سؤالات مجبور دیتا آزمایشات طرح می‌شوند ← همدیگر این حالت

* بعضی مسائل غیر متعارف است ← دکتر ناظر

«فصل اول» «نشأه پیدایش و تعریف خاک»

خاک یک ماده طبیعی است با منشاء سنگی و قطعات سنگی دقیق زیر 3 یا 75mm باشد این قطعات خاک تلقی می‌شوند.

طی یک فرآیند تخریب سنگ ← کوچک شدن سایز ← خاک

فرآیند تخریب ← فیزیکی
← شیمیایی

۱) تخریب فیزیکی: فقط کوچک شدن سایز است ← قطعه قطعه شدن ← قبل سنگ صخره‌ای که در اثر هوازدگی و ... به طور طبیعی شکسته می‌شود و به قطعات زیر 3 تبدیل می‌گردد. یادگیری: روند حاکم بر یک قطعه سنگ شروع به حرکت می‌کند، در نتیجه:
۱) زمین بیشتر اثر ساده‌ای دارد.
۲) برخورد با هم دیگر اثر ساییدگی دارد قبل یا شیبدار و باعث کم شدن زاویه می‌کند
۳) برخورد با خود آب سطح سنگ را ساییده می‌دهد.

این سه عامل ← سنگ زیر 3 ← تبدیل به خاک شود.

تخریب فیزیکی ← کوچک شدن سایز ← خاک (مقداری از سنگ) ← خاک درشت دانه
← شن (G)
← ماسه (S)

که اگر فرآیند کوچک شدن سایز ادامه یابد و عموماً نیاز فرآیند تخریب شیمیایی هم می‌شود.

در تخریب شیمیایی: قابل یون ← جسم عوض می‌شود ← ماهیت عوض می‌شود
← هردو واکنش می‌توانند باشند.

قبل لیتیفکاسیون در محیط اسیدی و در اثر آب ← لاتریت

کربنات ← کلسیت ← کلسیت در واکنش شیمیایی

واکنش هاد شیمیایی ← خاک رس دانه ریز
لیمونیت ← لای
رس ← رس

* قطعاً رس حاصل تخریب شیمیایی است.

لای ← بافت سنگین زیاد (پلاستیسیته زیاد) ← وسیله ها الزاماً اینطور نیست.

CH ← تخریب شیمیایی

CL ← عموماً تخریب فیزیکی

لای با بافت سنگین کم (پلاستیسیته کم)

* رس در مقابل عوامل طبیعی پایدارترین خاک است ← زیرا تمامی تخریب ها روی آن اتفاق افتاده است ← در واقع رس یک توده است که تلاش شده است تا آخرین مرحله تخریب پیش رفته است.

طبقه‌بندی خاک در آشتو و یونیفاید (واحد mm):

آشتو	یونیفاید
شن از 2 تا 76.2	شن از 4.75 تا 76.2
ماسه از 0.075 تا 2	ماسه از 0.075 تا 4.75
لای از 0.002 تا 0.075	لای و رس (ذرات ها) کوچکتر از 0.075
رس از 0.002 پتر پایین	

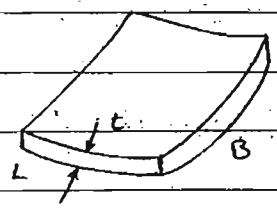
در طبقه‌بندی آشتو ممکن است صرفی از نظر اندازه بین لای و رس وجود دارد (علاوه بر ممکن‌های خمیری) اما در یونیفاید ممکن صرفی بین رس و لای وجود ندارد و به کمک حدود خمیری، رس و لای از هم تفکیک می‌شوند. حتی اگر ممکن خمیری در یونیفاید غالباً ممکن اندازه در آشتو را تأیید

می کند.

* بنظور از اندازه در دکاسیک خاک تقریبا همان دانه است.

سوزنی شکل ⇒ L, d ← اندازه D_{eq}

$$\text{حجم استوانه} = \frac{\pi d^2}{4} L = \frac{4}{3}\pi \left(\frac{D_{eq}}{2}\right)^3$$



پولکی شکل ⇒ $BLt = \frac{4}{3}\pi \left(\frac{D_{eq}}{2}\right)^3$

غبار:

مثلا غبار گرد سنگ ← $\gamma = 2.5\ ton/m^3$ ← چون خیلی ریز است، در اثر ثقل پایین نمی آید

گرد سنگ از نظر اندازه واسه سیل ولای می باشد و فاقد خواص خمیری کل است. بنابراین تنها اندازه دانه کافی نیست و در کنار معیار اندازه به معیار کل، خواص خمیری نیاز است.

صرف اندازه: معیار کاملی برای طبقه بندی انواع خاکها نیست. در کنار معیار اندازه به معیار کل، خواص خمیری برای طبقه بندی دقیق خاک نیاز است.

آشنا و بیگانه ← اندازه
خواص خمیری

براساس اندازه شن و ماسه ← درشت دانه

کل و لای ← ریز دانه

* خواص خمیری در رفتار تأثیر بسزایی دارد.

رفتار دانه‌ای ← بی‌شمار دره‌ی فشک و در کنار یکدیگر داریم ← عکس‌العمل دانه‌ها قابل تفکیک است

رفتار خمیری ← بی‌شمار دره‌ی غیرقابل تفکیک داریم و عکس‌العمل بصورت یک خمیر پیوسته است.

شن درشت دانه‌ای ← رفتار دانه‌ای — گل ← رفتار خمیری

* فن دانه‌بندی در گل‌ها اطلاعات چندانی به ما نمی‌دهد ← چون رفتار دانه‌ای نداریم

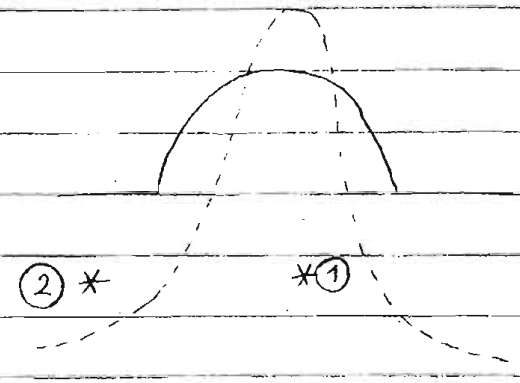
* فن دانه‌بندی در ماسه‌ها اطلاعات خیلی خوبی به ما می‌دهد ← به طور کلی در خاک‌هایی که رفتار دانه‌ای دارند بر پایه ماسه‌ها

طبقه‌بندی خاک از نظر لغزش:

1) فاصله‌ی حل = 0 خاک‌های بدهار ← در گل خودش لغزش می‌شود ← از لغزش‌های بزرگ می‌آیند که در برابر تخریب مقاومت کمی دارند ← مثل خاک‌های آتشفشانی ← عدد تأثیر تیز آلوده و کم ضخامت‌اند ← مقاومت برشی کمی دارند

2) فاصله‌ی حل ≠ 0 (با واسطه) ← خاک‌های دانه‌ای ← خاک‌های دانه‌ای کوهها ← فاصله‌ی حل 2 تا 3 کیلومتر ← مقاومت برشی بسیار و ضخامت بسیار دارد ← لایه‌های قشر ضخیم‌تر مقاومت بیشتری دارند.

خاک قسمت ① و ② یکی نیست چون در اصل حالت اولیه بصورت لایه‌ای چین خورده است



3) فاصله حمل ↑ (زیاد) ← عامل حمل ← آب ← آبرفت
(خاکهای حمل شده) ← باد ← بادرفت
← یخچالها ← خاکهای یخچالی

باد
- شن *
- ماسه (ای) ← رسوبات بادرفت اکثراً از ماسه و لسیلت هستند
- رس *

رس ← clay stone
لای ← Mud stone
ماسه ← Sand stone

باد خاک را بلند می کند و هر چه سرعت باد صفر شود آن خاک سنگین می نشیند باد ذرات لسیلت و ماسه را بلند می کند ← رسوبات باد هم آنقدر نمانند.

آب ← قابلیت فرسایش زیاد دارد ← از شن تا رس را حمل می کند ← هم اندازه ها را دارد ← قدرت حمل خیلی بیشتر از باد است ← تا حدودی لایه بندی هستند ← ابتدا درشت دانه ته نشین می شود و سپس ریز دانه

آبرفت ها آلوده هستند و تخلخل می باشند (لایه ها)

* کانی های اصلی خاکهای دانه ای عمدتاً فلدسپات و کوارتز هستند و کانی های اصلی خاکهای رسی، سیلیکاتهای آلومینیوم می گویند از سیلیس چهار وجهی و آلومینیوم هشت وجهی است.

شن
- ریز
- درشت ← لیل دوم
- ریز
- درشت ← لیل اول

* بادرفت ها ← نسبت دیرتر ← مقاومت بالایی ندارند ← بدلیل تکانه ای خوب متراکم می شوند.

* آبرفت ها ← اگر خیلی ضخیم باشند خاکهایی با مقاومت خیلی بالا هستند.

تنش و فشردگی ↑ ← مقاومت ↑

دل وقتی سن زمین ← دل سنگ ← لای ← گل سنگ ← ماسه ← ماسه سنگ
شنای با گ رود

دل سنگ ← گل سنگ ← ماسه سنگ ← سنگهای رسوبی

«بافت خاک»

خاکهای درشت دانه ← یک واحد آن یک جسم ریزدانه است ← از نظر الکتروشیمیایی بخش بار مثبت و قوی، خنثی است

① ← بافت دانه یا تکدانه ← بافت قدیمی است ← هر دانه به کلی دارهای اطراف احاطه می‌شود ← بطور تصادفی در کنار هم قرار می‌گیرند

$0.3 \leq e \leq 0.9$

② ← تشکیل این بافت فقط به تعدادی شرایط است

- اسکلت یا بدنه اصلی ← ماسه، سیلت ← بافت اصلی دانه
- چسب طبیعی ← رس، سیلت خمیری، آهک، گچ

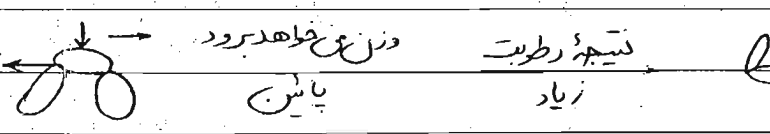
بافت نوع ② همان بافت‌هایی هستند که در سالهای اخیر در ایران هم می‌توانند باشند ← یک عامل طبیعی حل و عامل انسانی نیاز دارند

حالت یک دوری هم می‌نشیند ← به آرامی می‌نشیند و ضربه‌ای خورند ← بافت مخروط ← لانه زنبوری ← توخالی ← خاکهای فرو ریزش ← رفته

این خاکها $e > 0.9$ تا حدود 1.5 دارند

* اثر عوامل تولید بافت نوع ② فعال شود بافت نوع ① می‌تواند به بافت نوع ② تبدیل شود

* مکانیزم تشکیل ② به ① ← عامل اول: آلی بودن ② را داشته باشیم اولین عامل هم تجزیه رطوبت‌های بالا و بیشتر از حد اشباع است. «آب زیاد» در این رطوبت مقاومت جسب را از بین می‌برد.

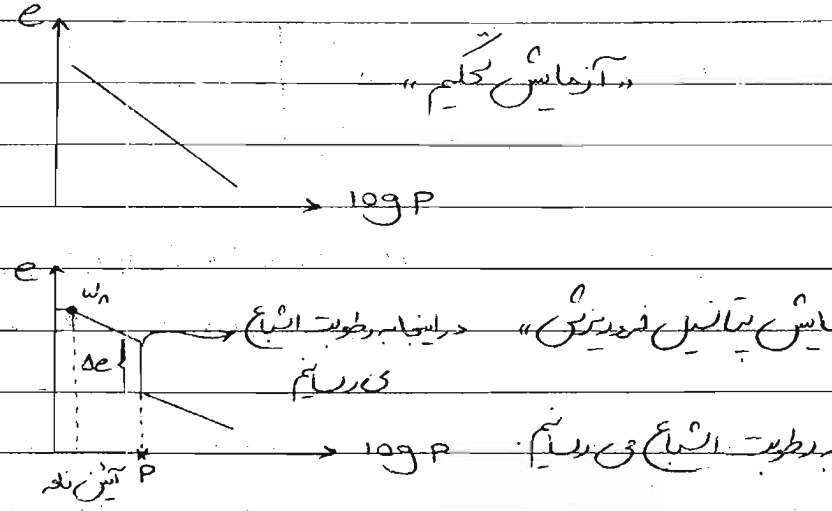


آب زیاد ← جسب از بین می‌رود ← آلی‌ترس دسیلت باشد وای دهند و آلی‌لیم و آهک با لشند حل می‌شوند.

* این نشست‌ها با نشست‌های دیگر (تکلیم ...) از نظر ماهیتی متفاوتند. زیرا نشست در اثر فرو ریزش است ← استقال حفره‌ها.

آزمایش تعیین پتانسیل فرو ریزش:

یک نمونه از خاکها را در دستگاه تکلیم (ادومتر) قرار می‌دهیم. این آزمایش، آزمایش تکلیم نیست و فقط از دستگاه تکلیم استفاده می‌کنیم. در آزمایش تکلیم ابتدا خاک را اشباع می‌کنیم و در اینجا با رطوبت طبیعی قرار می‌دهیم.



در P تنش نقطه رطوبت را به رطوبت اشباع می‌رسانیم.

Δe نشان می‌دهد بافت چقدر قابلیت فرو ریزش دارد.

شاخص برای تعیین قابلیت فرو ریزش:

$$\varepsilon_a = \frac{\Delta H}{H_0} \times 100$$

در تحکیم یک بعدی تنها تغییر ضخامت لایه رس اشباع را داریم. بنابراین تغییر حجم برابر با تغییر ضخامت است.

تغییر ضخامت یک بعدی ← کاهش یا افزایش ضخامت در واحد سطح مقطع ثابت

تحت چنین شرایطی خواهیم داشت:

$$\frac{\Delta H}{H_0} = \frac{\Delta e}{1+e_0}$$

ΔH در اثر انباشت لایه رس یعنی ΔH تغییر Δe

فرمول فوق برای هر نوع کاهش یا افزایش ضخامت با سطح ثابت کاربرد دارد ← اگر نوع بار افزایش ضخامت داریم.

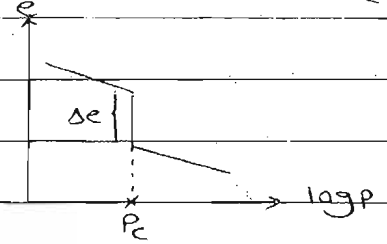
* در رابطه بالا ε_p برابر است با ε_p. $(\varepsilon_p = \varepsilon_a)$

* اگر زیر 2٪ باشد ← مشکل ندارد
* بین 2٪ تا 5٪ باشد ← مشکلات متوسط
* بالای 5٪ باشد ← مشکلات عدیده دارد

عامل دوم تبدیل یافت نوع ② به ①:

تجربه فشارهای بیشتر از حد بحرانی که بر مقاومت چیره غلبه کند. عدد این فشار به نوع خیز بستگی دارد. برای بدست آوردن این فشار:

از اول تا آخر در رطوبت طبیعی ← در حالت خشک تا روستا بالاست



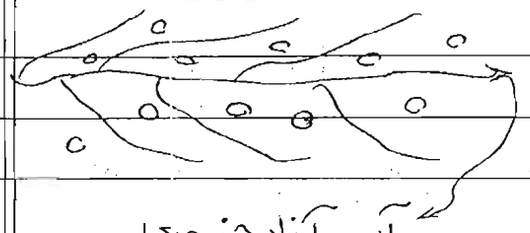
$$\left(\frac{\Delta H}{H_c} = \frac{\Delta e}{1-e_0}\right) \times 100$$

پتانسیل نرم‌پذیری در اثر بارگذاری

حضور آب در فرآیندهای درشت دانه:

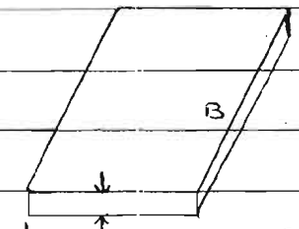
واحد تشکیل دهنده جسم درشت دانه یک جسم خشتی با بخش تصادفی + آب هم دو قطبی ← مولکول خشتی آب فضای خالی را پر می‌کند.

آب یک دوقطبی است و اصولاً بین آب و اجزای خاک درشت دانه اتفاق می‌افتد

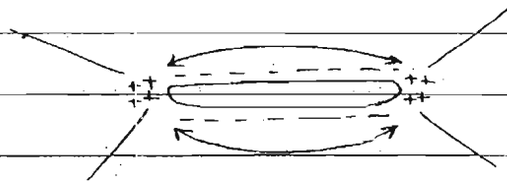


حضور آب در فرآیندهای ریز دانه:

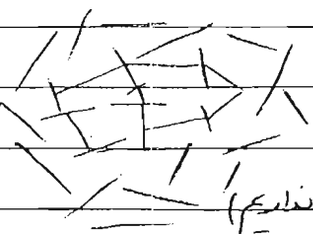
واحد تشکیل دهنده یک جسم دوبعدی ورقه‌ای ← طول و عرض مهم است و ضخامت مهم نیست ← خشتی نیست ← ضخامت خیلی نزدیک ← شعاع اثر خیلی کم است



هم محکم در فضای نیز ← ناپایدار ← در یک کاغذ کل در الکترون در دوی لایه‌های نیز ناپایدار، خود را به صفحه‌ی مرد ← حوضه محکم و بار مثبت بیشتر است ← خشتی نیست



① بافت نوع (I): اگر تعداد بیشماری از ذرات با الصورت دوم در کنار هم قرار بگیرند بافت نوع I را تشکیل می‌دهند ← بافت تشکیل می‌شود ← دوشه شده ← در کنار هم ← بافت دانه‌ای یا فلاکولیت (F) ← بافت شبکه‌ای

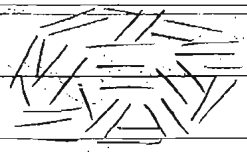


* در آن فضاهای داخل در بافت F، حاوی است.

(در داخل خلاء ← سطح کاری نداریم)

شکل مربوط به بافت نوع II

② بافت نوع (II): بافت پراکنده یا دیرس نامیده می‌شود (D)



* برآیند نیروهای داخلی در بافت D، داخلی است. (I) ← عمق مربوط به بافت نوع

عواملی که بافت نوع I را به II تبدیل می‌کند: ؟

۱) تجربه بارهای فشارهای زیاد، باعث می‌شود، کانی‌های رُس در راستای عمود بر بارگذاری مرتب شوند ← از قانون خواص پیروی می‌کند $\sigma = \frac{F}{A}$

آب‌های ساحلی بر روی رُس دریایی بر روی شن دوباره باشد و خارج شوند ← رُس به دلیل بافت نوع II، تغییر نمی‌کند.

۲) رطوبت‌های زیاد، باعث روغن کاری بافت و غلتیدن ذرات شن و ماسه نسبت به هم می‌شود ← ولی با درصد رطوبت بالا، الزاماً بافت گسترده‌ای ندارد ← در این حالت دانه‌ها از آب خیلی نزدیک‌اند

* اگر هریک از دو عامل بالا از بین بروند بافت گسترده دوباره تشکیل می‌شود.

$$K_{F_v} \simeq K_{F_h} \qquad K_{D_v} \ll K_{D_h}$$

F D

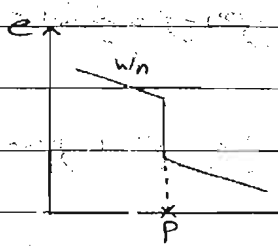
بنابراین: $K_{F_v} \simeq K_{F_h} < K_{D_h}$ ، $K_{F_v} \simeq K_{F_h} > K_{D_v}$

نشت پذیری در اثر بارگذاری:

- فشار کم: نشت پذیری D > نشت پذیری F
- فشار زیاد: ~ <
- که بیشتر بین کانی‌ها خیلی بستگی دارد.

برای تعیین محدودهٔ فشار آزمایش زیر را انجام می‌دهیم:

یک نمونهٔ خاک با بافت مختلف را در نظر می‌گیریم



کمتر از فشار (P^*) ← فشار کم

بیشتر از فشار (P^*) ← فشار زیاد

(فیزیک رطوبت یک خاک نیز برای کوبیده شدن)

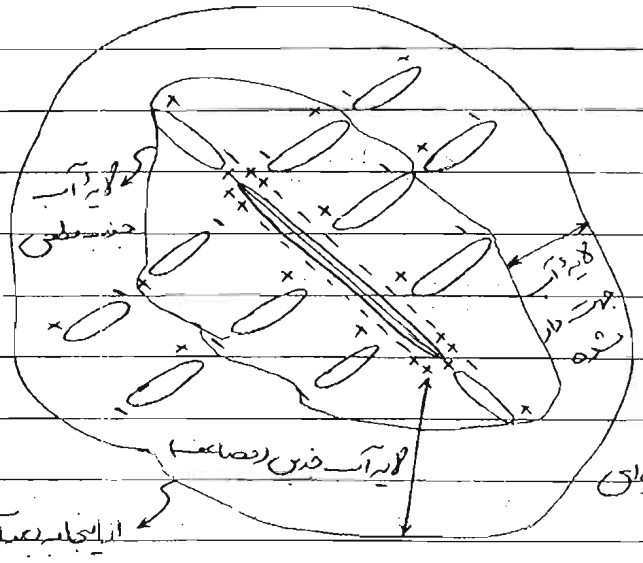
محدودهٔ فشارهای کم ← $w < w_{opt}$

محدودهٔ فشارهای زیاد ← $w > w_{opt}$

آب در خاک دو بافت دارد (عمدتاً در رس‌ها):

در ابتدا آب جذب سطحی می‌شود

× آن فاصله از یک حدی بیشتر شود نیروی جاذبه‌ی وارد نمی‌شود



$F \propto \frac{1}{d^2}$

لایه‌ی آب آزاد حفره‌ای هم فقط تصاویر می‌کند

× آب جذب شده اندکی از آب آزاد حفره‌ای است

× خاصیت شیمیایی آب جذب و آب آزاد حفره‌ای یکسان است

* لزجت آب آزاد حفره‌ای < لزجت آب جذبی

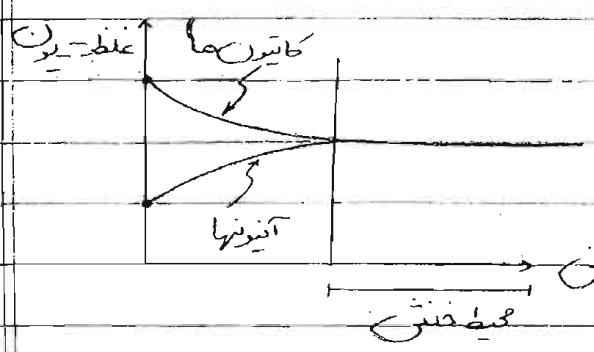
نقطهٔ جوش آب حفره‌ای < نقطهٔ جوش آب جذبی

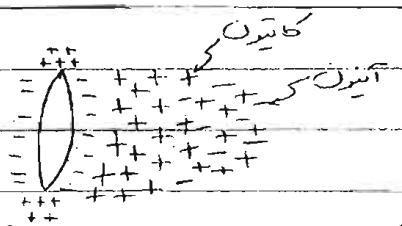
نقطهٔ انجماد آب حفره‌ای < نقطهٔ انجماد آب جذبی

* آب جذبی که لزج‌تر و کم‌تحرک است برای جوشیدن به حرارت بیشتر و برای یخ زدن به سرمای بیشتری نیاز دارد.

حضور یون‌ها در محلول خاک زیاد است:

وقتی کانی خاک رس بار دار باشد ← هر سیستم باردار با آن تبادل انجام می‌دهد ←
در ابتدا بار مثبت را جذب می‌کند ← با دور شدن از سطح بار مثبت کم می‌شود ←
بار منفی افزایش می‌یابد.





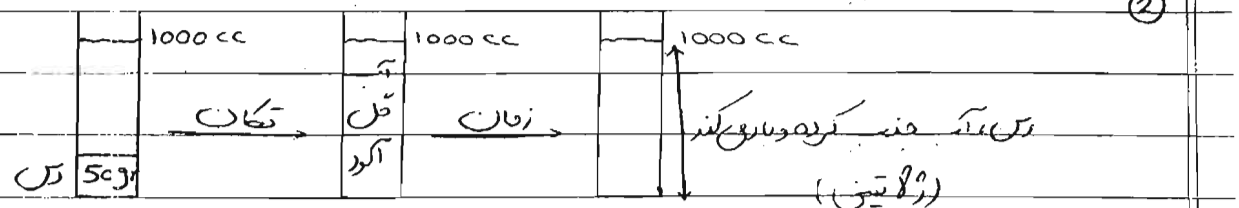
ترکیب آب و یون ← یون‌های شناور

* آب محیط یون + آب اطراف کانی ← تمایل خاصی می‌یابد ← هر دو را در بر می‌گیرند ←
یون‌های شناور

قابلیت جذب آب خاک‌های رس:

①	1000 cc آب	آب متبلور زائل	1000cc	آب	1000 cc آب
رس آب جذب کرده و متورم می‌کند		زمان برای تر شدن	گل آکرد	تکان دادن →	2gr خاک رس

②

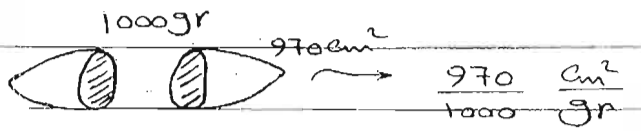


* دل شماره ② قادر است تمام آب را در خود جذب کند. بر روی این دل های توان آزمایش هیدرومتری انجام داد. زیرا قرائت های آخر دل فرصت برای جذب کامل آب را دارد و غلظت سنج در گل آلوده دقیق نیست.

* آب به مساحت دل جذب می شود. بنابراین اگر دو نوع یا انواع دل را داریم، دل شماره ① سطح کمتری را در اختیار آب قرار داده (با وزن مساوی)

* یک جرم مشخص هر چقدر ضخامت کمتری داشته باشد، حجم ثابت، سطح بیشتری دارد.

* سطح واحد جرم جسم = سطح مخصوص ← مشخص کننده برای جذب آب



تیپ خاک‌های رسی (کانی‌های خاک رس):

1) کائولینیت: ابعاد جانبی 1000 تا 20,000 آنگستروم. ضخامت 100 تا 1000 آنگستروم. سطح مخصوص 15 تا 19 $\frac{cm^2}{gr}$ — در جذب آب تمایل است

2) ایلیت: ابعاد جانبی 1000 تا 5000 آنگستروم. ضخامت 50 تا 500 آنگستروم. سطح مخصوص 80 $\frac{cm^2}{gr}$

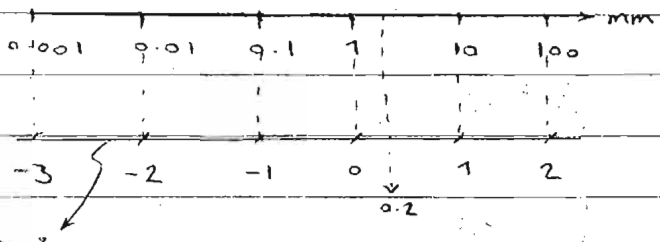
3) مونتموریونیت: ابعاد جانبی 1000 تا 5000 آنگستروم. ضخامت 10 تا 50 آنگستروم. سطح مخصوص 800 $\frac{cm^2}{gr}$ — در جذب آب بی نظیر است

«سه‌شنبه ۸۵/۴/۲۰» «مکانیک خاک» «جلسهٔ دوم»

دانه‌بندی خاک‌ها:

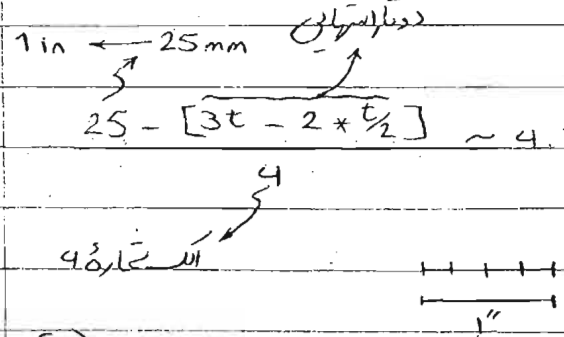
اندازه‌های خاک طبیعتاً فشک نیست. یعنی مثلاً 5mm و 2mm اندازه‌های اعشاری هم هستند. پس برای دانه‌بندی باید نسبت داد مثلاً 2.5

چون طیف اندازه‌ها خیلی زیاد است، محور افقی، نمودار دانه‌بندی را لگاریتمی می‌کنیم.



منحنی دانه‌بندی را بر اساس قطر خاک طبقه‌بندی می‌کنیم بلکه بر اساس روبری الک مرتب می‌کنیم.

* الک ظرفی است توری که دور و جنس دانه‌ها را با اندازهٔ چشمه معرفی می‌کند (یا میله‌های فلزی) و یا با شماره (تعداد روزنه‌های در یک اینچ طول) ← در یک اینچ طول چند قائم و چند افقی تعداد سوراخ‌ها را می‌شماریم.

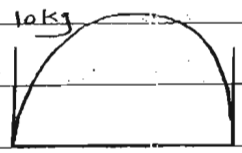


* محور افقی لگاریتمی است. یعنی مثلاً 90 واحد را با 1cm و 9 واحد را هم با 1cm نشان می‌دهیم.

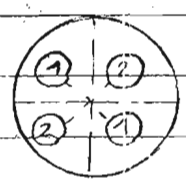
نمودارهایش دارند مثلاً 0.2 ≈ 90 و 2.0 را روی محور لگاریتمی جدا می‌کنیم و بعد به محور بالا عمود می‌کنیم.

دانه بندی با الک :

۱۰kg خاک داریم. به کمک یک تیغه خاک را به چهار قسمت تبدیل می کنیم، هر دو تکه روبرو را می توان برداشت و آزمایش کرد.



* ریزترین الک ← شماره 200 ← 0.075 mm



/R 10/ 1kg اندازه الک (mm) 15

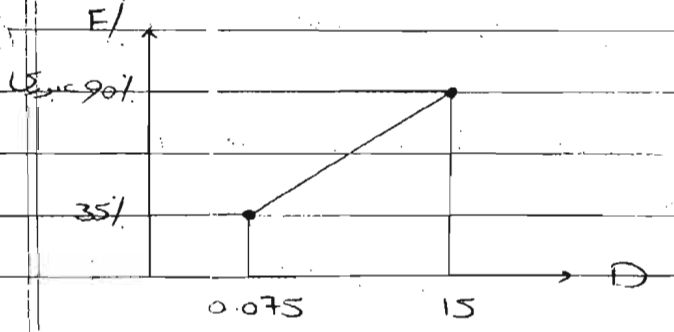
22/ 2kg 10

42/ 3kg 5

12.5/ 0.5kg

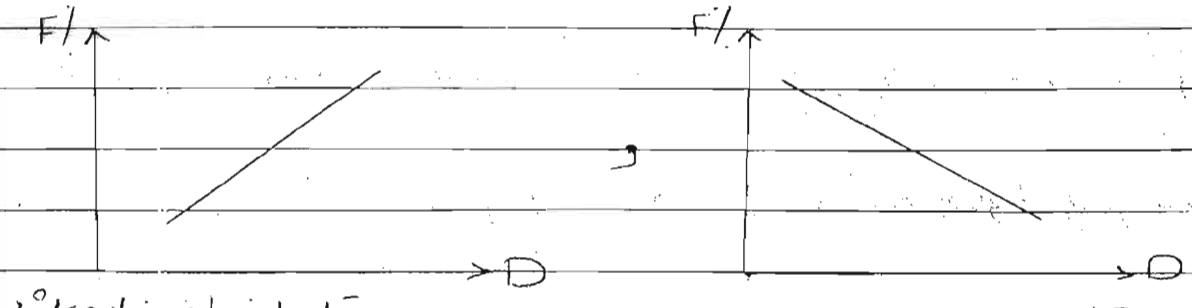
3.5kg

* آیا جرم وزن خاکهای روی تک تک الک ها و ظرف در دسترس از 2/ نسبت به وزن اولیه اختلاف (غالباً افت) داشته باشد، آزمایش باید تکرار شود.



* محور گطاعی صفر ندارد.

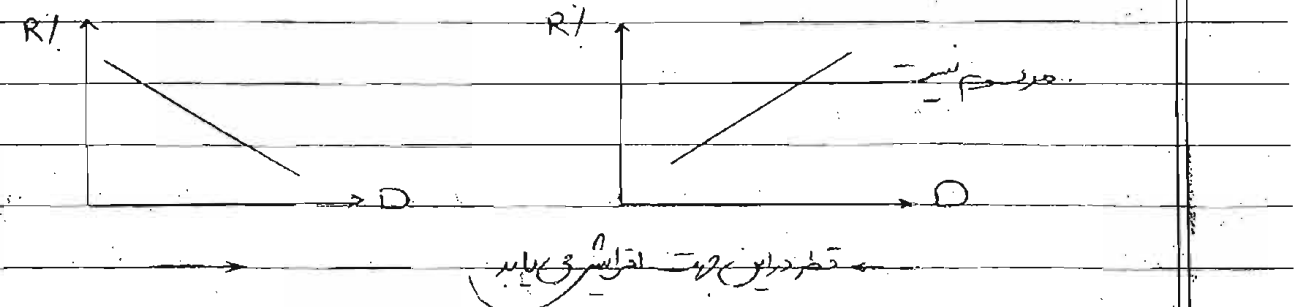
* در نمودار بالایی به تعریف خردها دقت شود.



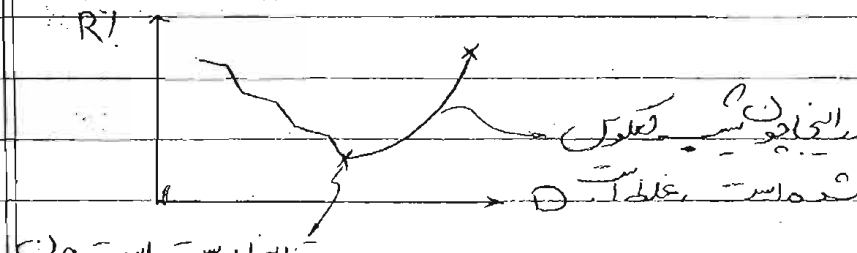
قطر به این طرف زیادی شود

قطر به این طرف زیادی شود

* محور عمودی عکس است R/ باشد R/ = 100 - E/ درصد خاک باقیمانده / درصد خاک عبور کرده ری الک



* معنی دانه بندی در سیستم مخصوص خودش یک رنده و سیر مشخص داشته و ارتفاعات قائم، افقی و یا مایل می توانند تشکیل شود. اعداد همان سیستم مخصوص می توانند شیب معکوس داشته باشند.

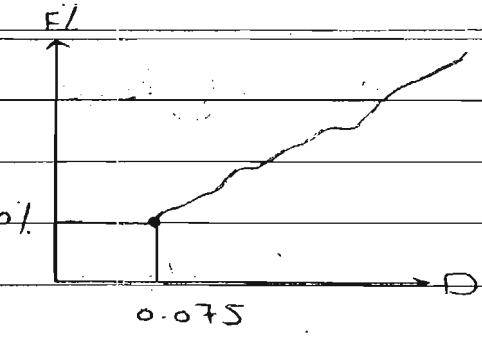


خطاهای آزمایش دانه بندی:

۱) نقص ← اطلاعات دقیق از هندسه دانه ها را نمی دهد (منحنی دانه بندی)

۲) وجود کلوخه های رس و خاک چسبنده در آزمایش دانه بندی ← این نقص را می توان رفع کرد ← استفاده از شستشو خاک را می گیریم ← برای چشم الک های درشت نقص را نمی توان رفع کرد ← ولی در چشم الک های ریز خاک به گلوله ها هم اندازه های واقعی خود الک می شود و نقص وجود خواهد داشت.

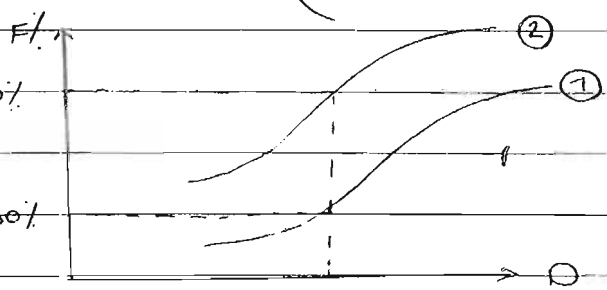
دانه بندی با الک به دو روش تر (شستشو) و خشک انجام می گیرد ← در اینجا وزن آب هم به میان می آید ← در نتیجه در oven می گذاریم تا خشک شود ← خاک را با الک در oven می گذاریم ← خاک آلی ← 24 ساعت در حرارت 55°c
خاک غیر آلی ← 24 ساعت در حرارت 105°c



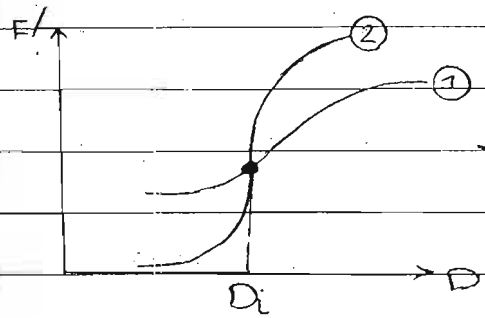
* برای زیر 0.075 نقطه نداریم چون کوچکترین الک شماره 200 است.

* اگر تکانه‌ورزی هم به ما اجازه دهد الک باد و راح، کوچکتر لازم، باز هم شکل دوبعدی آید
→ در قدر آب به دلیل قدرت کشش سطحی چشمه‌ها را می‌بندد و الک آب را نادرست دارد
→ در روش خلا هم بخار حدهای رس این اجازه را به ما نمی‌دهد → برای خاک‌های ریزدانه باید آزمایش هیدرومتری انجام دهیم.

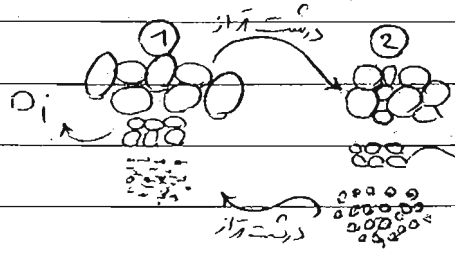
* استاندارد ASTM → عبوری از 40 را می‌توان هیدرومتری زد.



② ریزدانه‌تر از ① است.



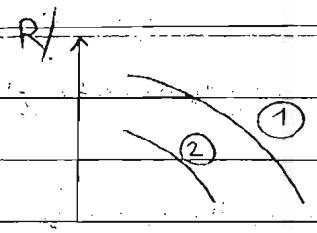
* در اندازه‌های بزرگتر از Di نمودار ② بزرگتر است ← خاک ② ریزدانه‌تر است
تنوع دانه‌بندی 2 کمتر است ← تقریباً یک سایز



در اندازه‌های بزرگتر از Di خاک 2 ریزدانه‌تر است
" " کوچکتر " " 1 "

* معنی دانه‌بندی خاک → هرچقدر قائم‌تر باشد → خاک تک‌سایزتر → بافت محدودتر اندازه‌ها تنگ‌تر

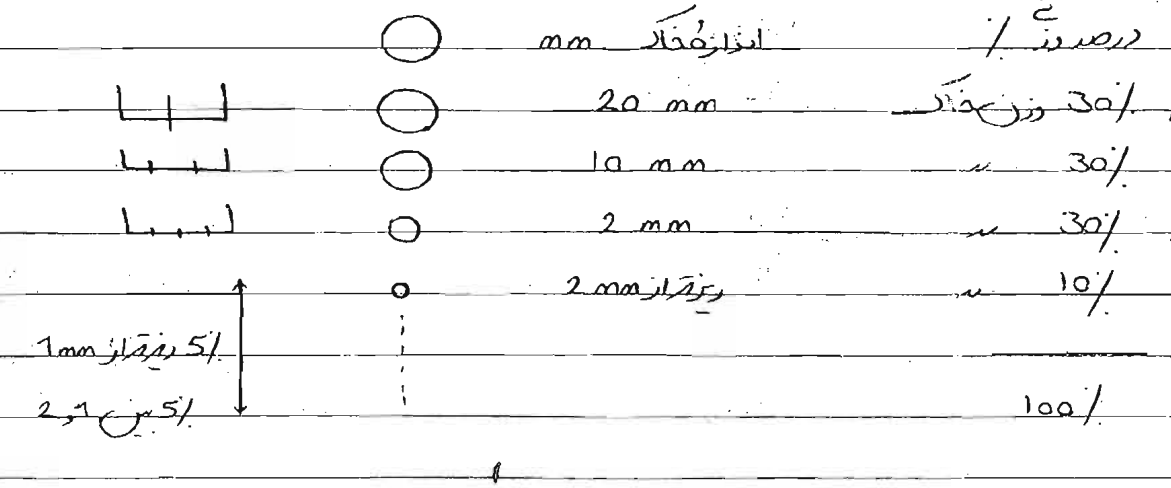
* معنی دانه‌بندی هرچقدر خوابیده‌تر باشد → خاک طیف وسیعی از محدوده‌ها را دارد → می‌تواند از خیلی ریز تا خیلی درشت باشد → خاک‌های رودخانه‌ای



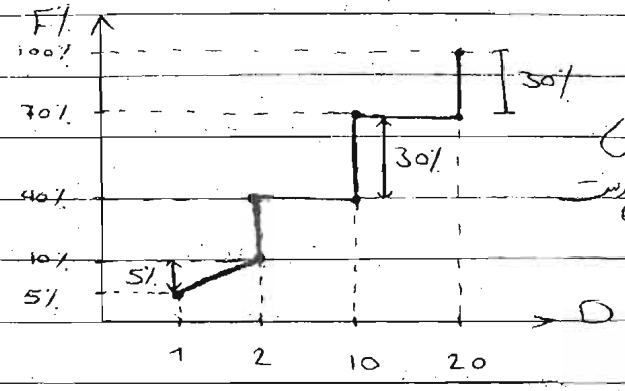
در اندازه دانه‌ها افتراق یا خلاء وجود داشته باشد.

خاک ② ریزدانه است.

* معنای قطعات افقی، قائم و مایل در منحنی دانه‌بندی:



منحنی تصویری است چون از شن 20 خورده خاک با اندازه 20mm هم بصورت محاسباتی رد می‌شود پس 100/ عبوری کند.



تا جائیکه خاک تصویری است منحنی دانه‌بندی قائم و افقی است و از جائیکه خاک طبیعی است منحنی مایل می‌شود.

* معنای قطعات قائم: ارتفاع یا بازه خط قائم برحسب درصدهای هر اندازه‌ای، دقیقاً درصد وزنی آن اندازه از خاک را بر حسب آن اندازه می‌دهد.

* معنای قطعات افقی: وجود یا بازه خط افقی بین دو اندازه نشان می‌دهد در خاک دانه‌ای بین این دو اندازه وجود ندارد ← خلاء در منحنی دانه‌بندی

* معنای قطعات مایل: تصویر قائم خط مایل بین دو اندازه، درصد وزنی دانه‌های خاک بین

این دو اندازه را می دهد.

* رأس منحنی دانه بندی ← حداقل چشمه ایکی است که صد درصد خاک را رد می کند.
برای رسم ابتدا رأس را پیدا می کنیم ← سپس از طریق خطوط قائم و افقی و اندازه های داده شده، منحنی را رسم می کنیم.

ضریب انحنا $C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \cdot D_{10}}$

ضریب یکنواختی $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$

D_i ← اندازه الکی که i درصد وزن خاک را رد می کند (از آن ریزترند)

D_{10} ← قطر مؤثر D_{50} ← قطر میانگین یا متوسط

* اگر در یک منحنی دانه بندی D_i دانه ای درصد قطرش بیشتر است. قبلاً در اصل صفحه قبل $D_{40} = 10$ (بعبارتی اگر در یک جای منحنی خط افقی را کشیم، D_i آن عدد بزرگتری باشد)

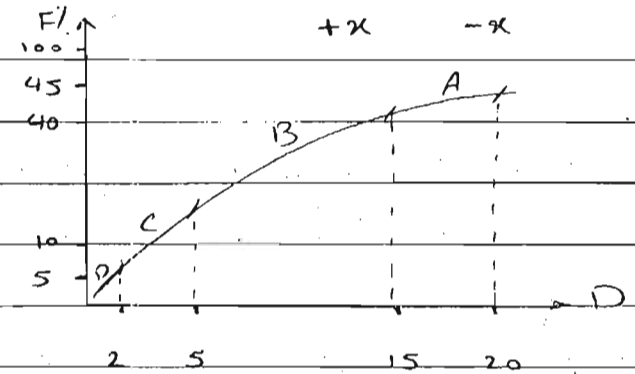
مثال: حداقل چند کیلوگرم از خاک کم کنیم و به همان مقدار به خاک B اضافه کنیم تا $C_u > 4$ شود؟

خاک	A	B	C	D
D(mm)	20~15	15~5	5~2	<2
W (kg)	5	40	45	10
		+x	-x	

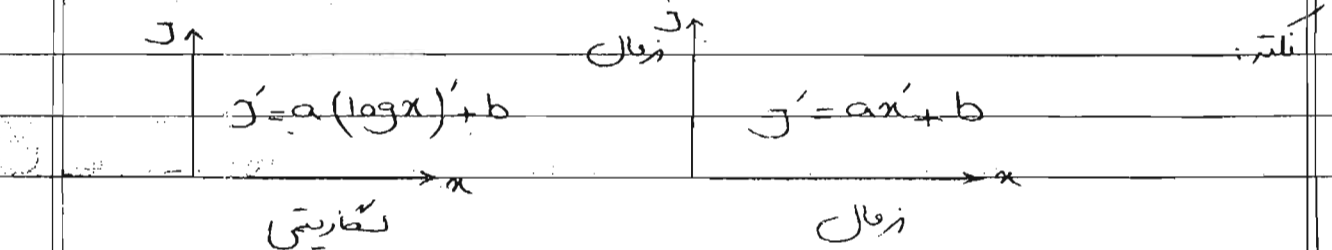
در هر محدوده خطی است.

در سیستم لگاریتمی خطی است.

حل:



نکته:

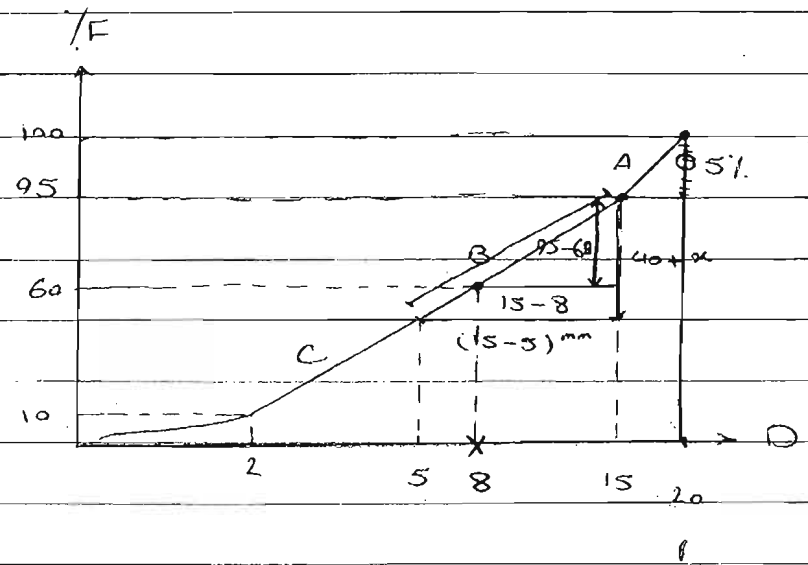


22.5

حل مثال صفحه 22 جزوه

$C_u \geq 4 \Rightarrow D_{60} = 4D_{10} = 4 \times 2'' = 8''$

حداقل



میزان دانه بندی پس از کم و زیاد شدن تغییرات

$$\frac{40+x}{15-5} = \frac{95-60}{15-8} \Rightarrow x = 10\%$$

حل مثال هیدرومتری

$$\gamma' = \frac{G_s - 1}{1+e}\gamma_w$$

$$\gamma_d = \frac{G_s}{1+e}\gamma_w$$

$$\frac{\gamma'}{\gamma_d} = \frac{G_s - 1}{G_s}$$

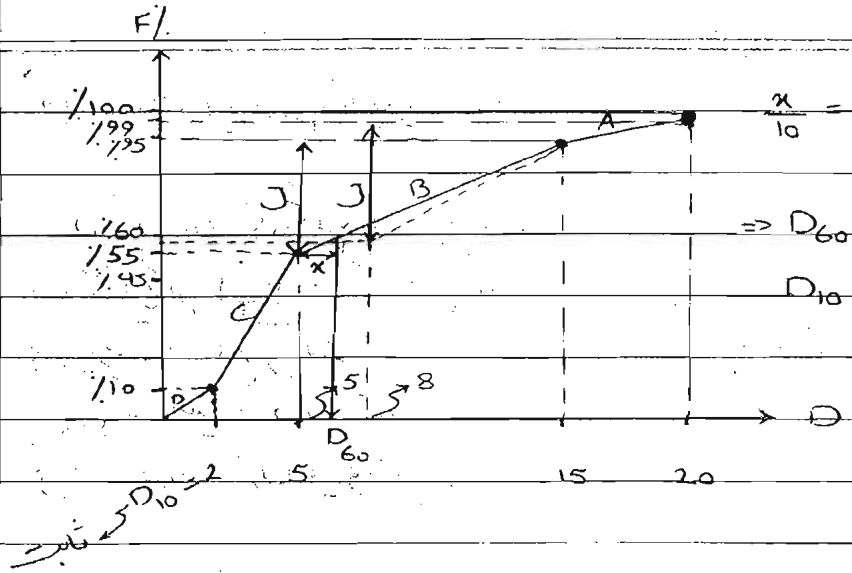
$$\text{بعلاوه} = \frac{w_s^{1h}}{w_{s_0}} = \frac{\frac{w_s^{sh}}{v_0}}{\frac{w_{s_0}}{v_0}} = \frac{\gamma_d^{1h}}{\gamma_{d_0}} = \frac{\gamma'\left(\frac{G_s}{G_{s+1}}\right)}{\gamma'_0\left(\frac{G_s}{G_{s+1}}\right)}$$

$$= \frac{\gamma_{sat}^{1h} - \gamma_w}{\gamma_{sat_0} - \gamma_w} = \frac{1.005 - 1}{1.017 - 1} = 29.4\,\%$$

1.017 اولی

1h 1.005 پس از

23



$\frac{x}{10} = \frac{5}{40} \Rightarrow x = 1.25$

$\Rightarrow D_{60} = 5 + 1.25 = 6.25$

$D_{10} = 2$

$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{6.25}{2} = 3.125$

$C_u = 4 = \frac{D_{60}}{2} \Rightarrow D_{60} = 8 \Rightarrow$

$J = 95 - 60 = 35\%$ ⇐ خاک B در حالت جدید

$\Rightarrow 45 + 5 = 50\%$ ← خاک C

۵ کیلو از خاک B در داخل ۱۰۰ کیلو خاک C ۵ کیلو اضافه کرد.

$x = 8 \rightarrow J = 60$ | $60 = 8a + b$

$x = 15 \rightarrow J = 95$ | $95 = 15a + b$

$7a = 35 \Rightarrow a = 5$

$95 = 75 + b \Rightarrow b = 20$

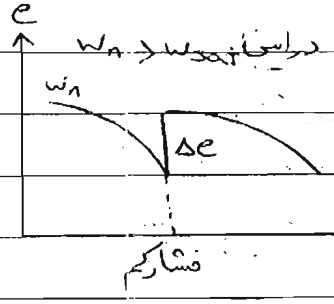
$\Rightarrow J = 5x + 20$

$x = 5 \rightarrow J = 45$ ۵ کیلو از خاک C کم شود

۱۰ کیلو به خاک B اضافه شود

تمام شد

جهت محاسبه پتانسیل تورم خاک‌های ریزدانه:



در پیل در نقطه تعادل داریم.
در فشار خیلی کم ($\frac{kg}{cm^2}$ یا کمتر) آب می‌دهیم و انتظار می‌کنیم.
چون قابلیت جذب آب دارد تورم می‌کند دوباره مقدار اندازی می‌کنیم

$$\text{پتانسیل تورم} = \left(\frac{\Delta H}{H_0} = \frac{\Delta e}{1+e_0} \right) \times 100$$

خاک خوب دانه‌بندی شده ← یک توزیع تقریباً عام اندازه‌ها را داشته باشد.

خاک بد دانه‌بندی شده ← خوب سر کار نمی‌آید ← خوب متراکم نمی‌شود و تک سایز ← یعنی از یک اندازه بیش از اندازه دارند.

خاک خوب دانه‌بندی شده ← روی هر الک مقدار کمی و تقریباً مساوی با الک‌های دیگر خاک را داشته باشیم یعنی تقریباً از هر اندازه‌ای خاک مقدار مساوی در اختیار داشته باشیم ← منحنی دانه‌بندی فولر همین را بیان می‌کند.

فولر پیشنهاد کرد بین منحنی و الک‌ها بین درصد F و D منحنی ایده‌آل را بیابی کند.

$$\% F_i = 2\sqrt{\frac{D_i}{D_{max}}} \times 100$$

منحنی دانه‌بندی استاندارد فولر

ریشه رادیکال می‌تواند اعداد دیگری نیز باشد ولی عدد 2 متداول‌تر است.

Fuller curve

آزمایش هیدرومتری:

این آزمایش روی عبوری از الک شماره ۲۰۰ انجام می‌شود، اساس این آزمایش بر پایه قانون استوکس است:

سرعت سقوط یک ذره در داخل سیال متناسب با توان دوم قطر است ← $V \propto D^2$

خطاها:

۱) فرمول‌ها و معادلات بر اساس استوکس که ذرات کروی است، می‌باشد و ذرات اگر صفحه‌ای باشد رعایت نمی‌شود.

۲) اگر روی ذره‌ی کروی ذرات درشت هم انجام شود ← چون قانون استوکس برای سیالی است که ذره با سرعت کم سقوط می‌کند و اگر ذرات بزرگ وجود نباشد پس ذره درشت این قانون را نقض می‌کند.

۳) اگر ذره خیلی ریز کروی داشته باشیم (آزمایش لته) ← چون خیلی ریز هستند و کلوئیدی آب هستند پایین آمدن ذره به آن ضربه می‌زند ← در استوکس سرعت ذره فقط تحت تأثیر ثقل است بدون ضربه یا چیزهای دیگر (حرکت براونی ذرات آب)

محدوده قابل قبولی برای اندازه ذرات در این آزمایش تعریف باید کنیم:

$$0.0002\ (mm) \leq D \leq 0.2\ (mm)$$

کم اثر حرکت براونی کم می‌شود

مناسب‌ترین شرایط ✓ $0.002\ (mm) \leq D \leq 0.2\ (mm)$

که اثر حرکت براونی حفظ آخرین حرکت

دلیل محدودیت در هیدرومتری برای دانه خاک تقریباً صفر

موارد آزمایش:

۱) خاک به اندازه کافی باشد تا صرف مناسبی از نمونه خاک باشد

۲) در عین حال آب اضافی کمتر باشد تا ته ذرات در آب نشود نیست و خاک لایه پایین

می آید و می تواند آزمایش را انجام دهد. (حداقل ۴۵ دقیقه)

ج) آلی خاک مورد آزمایش را زیاد حدی بیشتر باشد، ذرات در حین استوک بهم می خورند و تولید اغتشاش یا vortex می شود و قانون استوکس نقض می گردد.

خطای دیگر: تشکیل لخته بواسطه کاتی های رس می باشد، چون بار دارند. گل درشت تر دانه بندی می شود.

شاخص های آزمایش:

آلی رس لخته یا کلا لخته تشکیل شود

رس، درشت تر دانه بندی می شود

«یکشنبه ۸۵/۴/۲۵» «مکانیک خاک» «جلسه دوم»

مراحل آزمایش هیدرومتری:

در ابتدا ۵۰gr خاک، ۱۲۵ cc محلول جداکننده هگزافسفات سدیم یا کلسیم با غلظت ۴٪ درست می‌کنیم. سپس با هم زدن یا هم زن به مدت ۱۵ min آن را خوب مخلوط می‌کنیم. پس ظرف را می‌گذاریم کنار. در طی این زمان، محلول به شدت بهم خورده و قبل را کم می‌کند و لخته‌ها را باز می‌کند. تا ۱۰۰۰ cc آب اضافه می‌کنیم.

t	5′ 10″ ---- 24h → 48h
R (عدد غلظت یا بالاطلاعات)	
D	
/F	

$\downarrow P_F = f(t, \square)$ (عمق، زمان، ... نوع خاک)

هرچند زمان بالا برود، سیال سبک‌تر می‌شود.

جدول داده برای استوکس (هیدرومتری)

عمق زیاد ← سیال سنگین می‌شود

غلظت زیاد ← فرو رفتن کمتر می‌شود

در ابتدای هگزافسفات سدیم ۲ نوع است و آن در آب محلول می‌شود تا یک ماه بیشتر باقی می‌ماند.

$V \propto D^2 \rightarrow D \propto \sqrt{\frac{L}{t}}$

R = Reading = قرائت‌های مختلف

$D \propto K_1 \sqrt{\frac{R\pm}{t}} \Rightarrow D = K_1 K_2 \sqrt{\frac{R\pm}{t}}$ ← اصلاحات

$D = K\sqrt{\frac{R\pm}{t}}$ $\quad K = \sqrt{\frac{18\eta}{(G_s-1)\gamma_w}}$ $\quad \eta$: لزجت دینامیکی

$G_s = \frac{\gamma_{soil}}{\gamma_w}$

$/F = \frac{R^{\pm} * \frac{2.65-1}{2.65} * \frac{G_s}{G_s-1}}{W_s \simeq 50gr}$

ادامه: دوزیع رس ① و ②

رس ① خیلی تخت و صفحه ای می باشد و جاذبه و دافعه شدیدتر است

T ← احتمالاً CH

رس ② پیوندهایی دارد که بهتر اجازه ورود آب را باز کند بلکه آب هم می تواند آنها را باز کند.

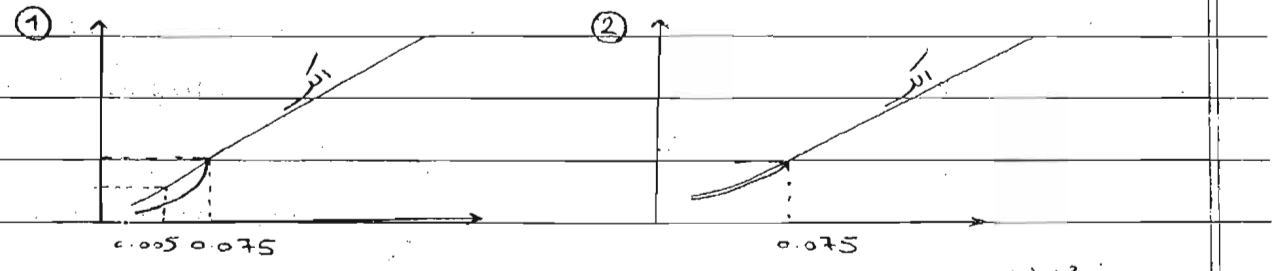
O ← «چسبندگی کمتر» احتمالاً CL

رس ② با آب راحت تر شسته می شود ← برای سدخاکی، رس شماره ② توصیه می شود
جذب آب رس شماره ② بیشتر است

* رس که با آب شسته می شود ← مانند رس ②
* رس که با آب شسته نمی شود ← غیر مانند رس ① ← برای واکنش با آب بهتر است
← پیوندها قوی تر است

$$\text{درصد آلرژی} = \frac{\text{درصد عبوری از 0.005 بدون محلول}}{\text{درصد عبوری از 0.005 با محلول}} \times 100$$

عددی که بدست می آید) نشان دهنده درجه آلرژیدگی به این خصوصیت بدخاک می دهند از دو محلول فوق بدست می آید



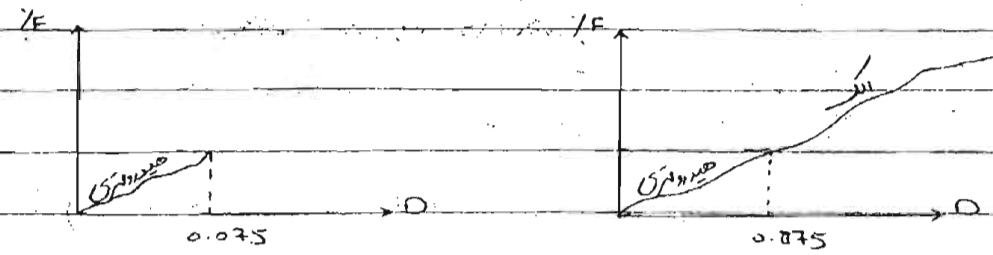
— بدون محلول
— با محلول

نکته: آلرژیش حداقل خاک کمتر از ۱۵٪ وزن کل باشد می تواند آزمایش تطبیر آنرا انجام کرد. حتی آنکه برای ریزدانه استاندارد ۱۲٪ را معرفی می کنیم.

مثال: دو نمونه خاک داریم:

I) خاک 10 kg → الک 9.5 → می‌توانیم هیدرومتری انجام بدهیم
→ الک 0.5 → کسر درشت‌دانه‌ای از الک 200

II) خاک 10 kg → الک 0.5 → کسر درشت
→ الک 9.5 → می‌زنیم



حالت I — حالت II

* طبق استاندارد عبوری از الک 50٪ را درشت‌دانه گوییم، اما در این آزمایش عبوری از 200 را گوییم

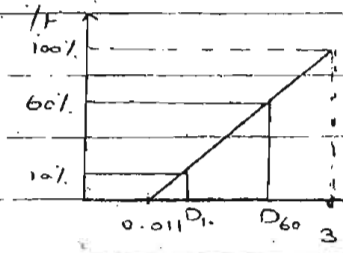
مثال: نمونه خاکی با توزیع دانه‌بندی زیر داده شده است. بزرگترین دانه 3 mm و کوچکترین 0.011 mm است. ضریب یکنواختی خاک فوق را بیابید.

$D_{max} = 3\ mm$

$D_{min} = 0.011\ mm$

$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$

$$\frac{C}{-} = \frac{100-0}{3-0.011} = \frac{60-0}{D_{60}-0.011} = \frac{10-0}{D_{10}-0.011}$$

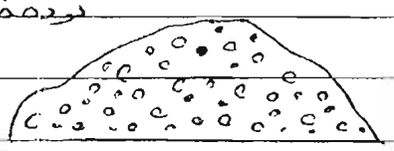


برای بدست آوردن D_{10} و D_{60} چون منحنی به صورت لگاریتمی است، ما لگاریتم می‌گیریم

$$\frac{C}{-} = \frac{100-0}{\log 3 - \log 0.011} = \frac{60-0}{\log D_{60} - \log 0.011} = \frac{10-0}{\log D_{10} - \log 0.011}$$

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 1.67$$

روابط وزنی - حجمی:



- هوا
- جامد
- آب

کل	V_w	آب	W_w	W_w	$W_w = W_w$	کل
	V_a	هوا	$W_a = 0$			
	V_s	V_s	جامد	W_s	W_s	

کل فضاهای خالی، فضای حفرات نویند

$$\gamma_{کل} = \gamma_t = \gamma_{sat} = \gamma_b = \frac{W_{کل}}{V_{کل}} = \frac{W_s + W_w + W_a}{V_s + V_w + V_a}$$

$$\gamma_{sat} = \gamma_{کل} = \frac{W_s + W_w + W_a}{V_s + V_w + V_a} \quad (W_a \text{ که هوا را پر کرده})$$

V_w (شرطی که تمام فضای خالی)

$$\gamma_{soil} = \frac{W_s}{V_s}$$

$\gamma_d = \frac{W_s}{V_{کل}}$ = وزن مخصوص خشک = وزن مخصوص جسم

$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$ ... وزن مخصوص غوطه‌ور = وزن مخصوص دانه‌ها

$$\gamma' < \gamma_d < \gamma_{کل} < \gamma_{sat} < \gamma_{soil}$$

$8.5 < \gamma' < 11.5$

$13 < \gamma_d < 18$

$16 < \gamma_{کل} < 19$

$18.5 < \gamma_{sat} < 21.5$

$23 < \gamma_{soil} < 28$

مثال: $\gamma_w = 10 \frac{KN}{m^3}$

$\gamma_{con.} = 24 \frac{KN}{m^3}$

بتن

* اشباع وضعیت خاک را توصیف می‌کند بلکه آن را توصیف می‌کند یعنی در خصوص خشک خاک همان خاک خشک نیست.

اشباع	مرطوب	خشک
آب	هوا	هوا
خاک	آب	خاک
	خاک	

$$\gamma_d = \gamma_d = \gamma_d$$

$$\gamma_{sat} = \gamma_{sat} = \gamma_{sat}$$

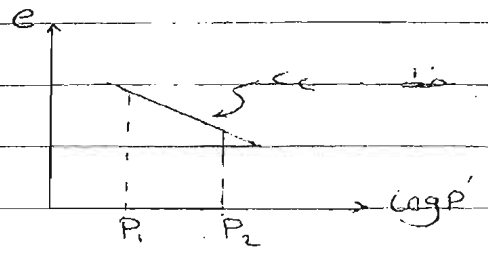
$$\gamma_d = \gamma_{کل} = \gamma_{sat} > \gamma_{کل} > \gamma_{کل} = \gamma_d$$

هر نوع خاک فرق γ_d دارد فقط $\gamma_{کل}$ متفاوت است مقدار خاک در هر سه حالت است و فقط مقدار آب و هوا تغییر می‌کند.

نکته: باقی مانده از آزمایش هیدرومتری صفحه 29 جزوه

فقط در رابطه که به صراحت بیان می‌شود که هر دو خود ذرات هستند در بحث ها وزن نداریم.

مراحل آزمایش تحکیم هم داریم.



$$C_c = \frac{\Delta e}{\log P_2 - \log P_1} = \frac{\Delta e}{\log \frac{P_2}{P_1}}$$

نسبت های وزنی ـ حجمی :

* نسبت ها بدون بعدند.

* نسبت های وزنی ـ حجمی
  - برای بیان "فراوانی" یا درصدی از چیزی مثلاً 25٪
  - برای محاسبه وزن حول بصورت ضارب قسمت مثلاً 0.25

* این کمیت های تواند از 1 تا 100 درصد بیشتر شوند.
چون ممکن است بیشتر از وزن خود آب جذب کند. بطور مثال 425٪

425٪ بیان وزنی برای محاسبه 4.25 یا 4,25

$$w = \frac{w_w}{w_s} \text{ - درصد رطوبت}$$

* ممکن است لوکچر یا بادی 1 تا 100 درصد شود

$$S_r = S = \frac{V_w}{V_v} = \text{درصد اشباع}$$

فوق اشباع	اشباع	مرطوب	خشک
آب	آب	هوا	هوا
آب		آب	
خاک	خاک	خاک	خاک

w ← w_{sat} ← $w+e$ ← $w=e$

$S_r=100$ = $S_r=100$ ← S_r+e ← $S_r=e$

* خاک فوق اشباع خاکی است که علاوه بر آبی که اشباعش کرده بازهم آب جذب کرده درصد اشباعش 100 و وزن آب بیشتری دارد.

* این آب بروی خاک نمی ماند بلکه در بین ذرات است، اصطلاحاً در دل خاک است و کل خاک را پر می کند.

نکته: اگر آب بالای سطح درصد اشباع وجود دارد یعنی اینکه آن خاک درصد رطوبت بالا رفته است. اگر آب درصد اشباع نیز بالا می رود.

مثال

①	②
	هوا
آب	آب
خاک	خاک

$w_1 < w_2$

$S_1 > S_2$

می تواند از ۰ تا (بی نهایت) / بیشتر باشد $e = \frac{V_v}{V_s}$ نسبت تخلخل یا نسبت تخلخل

می تواند از ۰ تا (۱۰۰) / کوچکتر باشد $n = \frac{V_v}{V_{کل}}$ یکی

	$G_s = \frac{\gamma_{soil}}{\gamma_w}$	$A = \frac{V_a}{V_{کل}} = n(1-S) = \frac{e - wG_s}{(1+e)}$ (درجه هوا)
γ_{sat} { $\frac{G_s + e}{1+e}\gamma_w$ * ; $\frac{1+w}{1+wG_s}G_s\gamma_w$	$w_{sat} = \frac{e}{G_s}$	γ_d { $\frac{G_s}{1+e}\gamma_w$ * ; $\frac{\text{کل}}{1+w}$ _ $\frac{\gamma_{wet}}{1+w}$ *
	$S.e = G_s.w$	
$\frac{m_s}{V_{کل}} = \frac{\text{کل}\, m / V_{کل}}{(1+w)}$	$e = \frac{n}{1-n}$	$\gamma_{کل} = \gamma_{wet}$ { $\frac{(1+w)G_s}{1+e}\gamma_w$ * ; $\frac{G_s + S.e}{1+e}\gamma_w$
	$n = \frac{e}{1+e}$	

روابط فوق حتماً حفظ شوند، تعرض آنهایی که استاد داده.

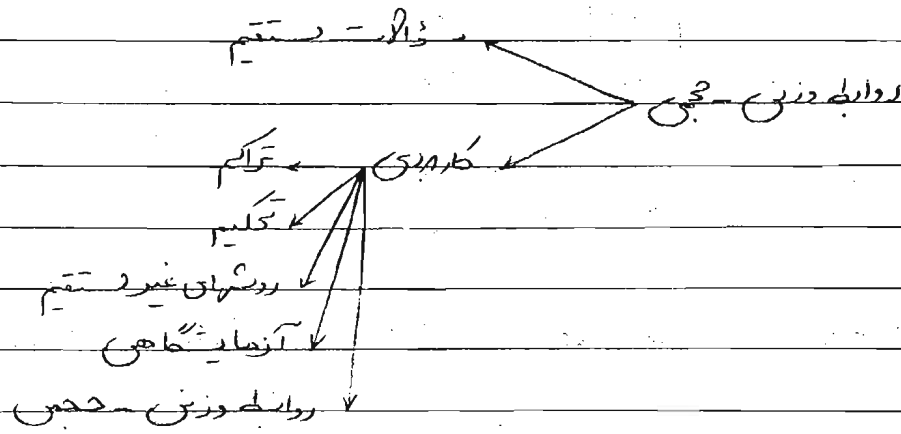
کاربرد درصد رطوبت

یکی از کاربردهای هم درصد رطوبت یکی چند تن آب وارد است.

$$w = \frac{w_w}{w_s} = \frac{m_w}{m_s} \Rightarrow m = m_s + m_w = wm_s + m_s = (1+w)m_s$$

$$n_s = \frac{n_{کل}}{(1+w)}$$

$$n_w = \frac{w \cdot n_{کل}}{(1+w)}$$



روابط کاربردی در تراکم:

$$(1+e)(1-n) = 1$$

نکته: همواره $e > n$

$$\gamma_{d_1} V_1 = \gamma_{d_2} V_2$$

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

$$\gamma_d \, w = \frac{w_w}{V_{کل}}$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{1+e_1}{1+e_2}$$

هوا		هوا
آب	آزمایش در هم (تراکم)	آب
خاک	دهور از آن خارج می‌کنیم	خاک

$$\gamma_d = \frac{w_s}{V_{کل}}$$

$$\gamma_s = \frac{w_s}{V_s}$$

برهم تقسیم می‌کنیم ←

$$\frac{\gamma_d}{\gamma_s} = \frac{V_s}{V_{کل}}$$

$$\rho = \frac{m}{v} \qquad G_s = \frac{\rho_s}{\rho_w} \qquad w = \frac{w_w}{w_s}$$

$$w = \frac{\rho_w v_w}{\rho_s v_s} = \frac{1}{G_s}\frac{v_w}{v_s} \Rightarrow w = \frac{v_w}{G_s v_s}$$

« مقایسهٔ γ' و γ_d »

مثال: در چه نوع خاک‌هایی γ_d احتمالاً از γ' کمتر است؟

در خاک‌های لس یا رس کم تراکم

$$\gamma_d = \frac{G_s}{1+e}\gamma_w$$

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

$$\Rightarrow \gamma' = \frac{G_s - 1}{1+e}\gamma_w < \gamma_d = \frac{G_s}{1+e}\gamma_w$$

همواره

مثال: یک خاک با حجم اولیهٔ $1500\ m^3$ و $e = 0.7$ در اثر تراکم به حجم $1250\ m^3$ رسیده است. آن را چقدر است؟

حل:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{1+e_1}{1+e_2} \Rightarrow \frac{1500}{1250} = \frac{1+0.7}{1+e_2}$$

$$\Rightarrow e_2 = 0.42 \Rightarrow \Delta = \frac{e_2}{1+e_2} = \frac{0.42}{1.42} = 0.3$$

مثال: خاک رس اثر بارهای وارده دچار تکلیس شده و وزن مخصوص آن از 1.85 به 1.95 رسید. $G_s = 2.7$ است. Δe چقدر است؟

حل:

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

وقتی بحث تحکیم را داریم خاک ٪۱۰۰ اشباع است

$$\Rightarrow e: \begin{cases} \dfrac{2.7 * 0.981 - 1.85}{1.85 - 0.981} = e_1 = 0.92 \\ \dfrac{2.7 * 0.981 - 1.95}{1.95 - 0.981} = e_2 = 0.72 \end{cases}$$

$$\Delta e = 0.92 \quad 0.72 = 0.2$$

مثال: اگر ضخامت $H = 4\,m$ آنگاه δ_c چقدر است

$$\frac{\Delta H}{H_0} = \frac{\Delta e}{1+e_0} \qquad \frac{\Delta H}{4} = \frac{0.2}{1+0.92} \longrightarrow \delta_c = \cdots$$

n = تحکیم

بدیهی است از مثال های فوق حل مسائل مربوط به تحکیم با استفاده از روابط وزنی - حجمی است.

خشک	مرطوب	اشباع
	هوا	آب
هوا	آب	
خاک	خاک	خاک

کل $\overset{5}{1.6 \quad 1.8 \quad 2.1}$ (2 و 3)

مسائل مربوط به تراکم ۵ یا ۸

صفحه بعد

«$\Delta\gamma$ یا $\Delta\rho$»

عبارتند از میزان آب لازم در $1\ m^3$ خاک برای تغییر حالت خاک از خشک به مرطوب و اشباع و یا برعکس

مثال 8: برای خاکی به حجم $10\ m^3$ و نمونه‌های زیر $n=0.5$، رطوبت 15٪، $G_s=2.65$، چقدر آب برای اشباع کردن لازم داریم؟

حل: $\Delta\rho = \rho_{sat} - \rho_{wet}$

$V = 10\ m^3$

$n = 0.5$

$w = 15\% = 0.15$

$G_s = 2.65$

$$e = \frac{n}{1-n} = \frac{0.5}{1-0.5} = 1$$

$$\rho_{wet} = \frac{(1+w)\, G_s\, \rho_w}{1+e}$$

$$= \frac{(1+0.15)*2.65*1000}{1+1} = 1523.75\ kg/m^3$$

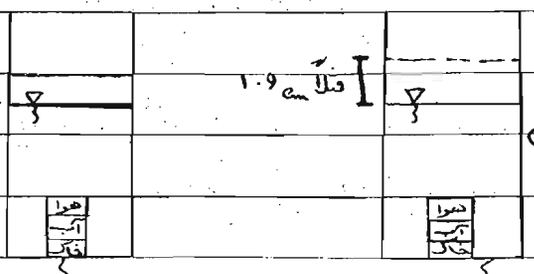
$$\rho_{sat} = \frac{G_s+e}{1+e}\,\rho_w = \frac{2.65+e}{1+e}(1000) = 1825\ kg/m^3$$

$$\Delta\rho = \rho_{sat} - \rho_{wet} =$$

$$V * \Delta\rho = 10 * (1825 - 1523.75) =$$

مثال: $m = 30\ gr \quad \rho_w = 1\ gr/cm^3 \quad G_s = 2.65$

آب کلوخه‌ای در داخل حجم آب و روغن لزج افتد افزایش حجم در آب کل حجم خاک و آب اضافه شده و در روغن از آنجا که روغن به داخل کلوخه نفوذ نمی‌کند و حجم باقی می‌ماند برخلاف حجم خاک + هوا + آب حل نیست.



برای آب: $\Delta V = 1.6 \times 10 = 16\ cc = V_s + V_w$

برای روغن: $\Delta V = 1.9 \times 10 = 19\ cc = V_s + V_w + V_a$

$$A = \frac{V_a}{V_{کل}} = \frac{19-16}{19} = \frac{3}{19} = 15.8\ \%$$

معرفی چند رابطه مربوط به مثال فوق:

$$w = \frac{m_w}{m_s} \qquad \rho = \frac{m}{V}$$

$$V_w + V_s = 16^{cc} = \frac{m_w}{\rho_w} + \frac{m_s}{\rho_s = G_s \rho_w}$$

$$\rightarrow \frac{w\ \overset{35}{m_{کل}}}{(1+w)\rho_w} + \frac{\overset{35}{m_{کل}}}{(1+w)G_s\rho_w} \rightarrow \boxed{w = 14.7\ \%}$$

($\rho_w \rightarrow 1$, $G_s \rightarrow 2.65$, $\rho_w \rightarrow 1$)

خاصیت خمیری خاک:

خاصیت اصلی خمیری خاک آنست که خاکی را به حالتی می‌کند که این خاک از هر اندازه‌ای به بعد کافی و تقریباً مساوی با اندازه‌های دیگر در اختیار فنی قرار دارد

اولین خاصیت خاک خوب دانه‌بندی شده آنست که این خاک را می‌توان خوب متراکم نمود و به مقاومت‌های بالایی رساند.

حدود آتربرگ:

حالت ظاهری و فیزیکی خاک‌های ریزدانه در رطوبت‌های مختلف از بسیار کم تا بسیار زیاد را تحت تأثیر تغییر و تحول شده و از حالت خمیری تردد و شکسته (رطوبت بسیار کم) تا وضعیت‌های بسیار نرم و مایع‌گونه (رطوبت بسیار زیاد) تغییر حالت می‌دهند. مرزهای این تغییر حالت را حدود آتربرگ گویند.

خاک گل و دارای روان Liquid	خمیری شکل پذیر پلاستیک plastic	تقریباً شکل پذیر نیمه جامد Semi solid	تردد و شکسته Solid
خاک نرم بسیار در رطوبت بسیار شکل بتن تازه ساخته شده حالت روانی دارد فاقد قوام و بستن خمیر نان پذیر)	گل لش، دوم گسسته ساز گل لغزنده	گل سفت باغچه	گل خشک شده در آفتاب گل ترک خورده در بیابان
LL	PL	SL	

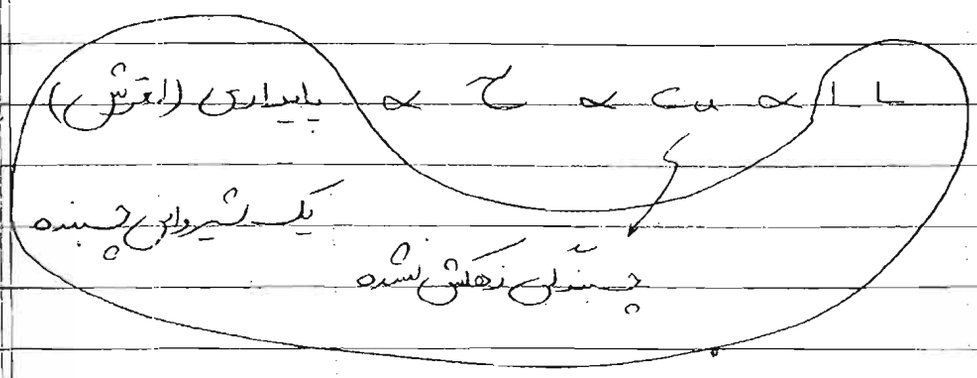
«نکته» در تمام حدود آتربرگ رابطه درصدهوای صفر یا درصد اشباع ۱۰۰ باید دیده شود تا تغییر حالت های گفته شده مشاهده و احساس شود.

تبادل وجود هوا در تغییر حالتهای مختلف و تعویق آنها اخلال ایجاد می کند.

حد روانی. LL. Liquid limit

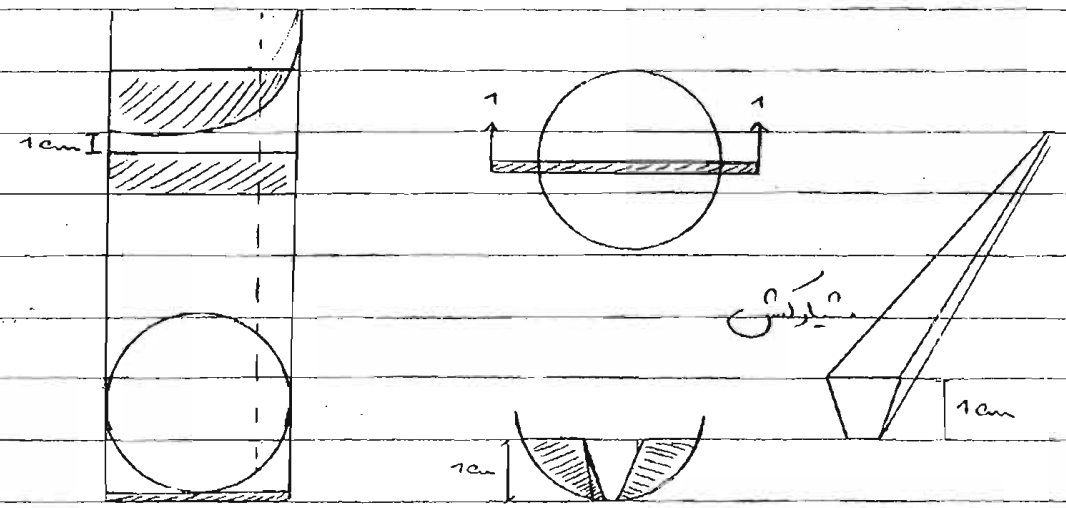
برمبنای پایداری شیروانیهای چسبنده
برمبنای ظرفیت باربری خاکهای چسبنده

طبق آیین نامه مربوط به خاکهای عبدی از لاک ۷۵ می باشد.



«نکته» شیروانی های چسبنده در مقایسه با شیروانی های دانه ای به افزایش ارتفاع حساس تر بوده و بعبارت دیگر با افزایش ارتفاع در شیروانی های چسبنده پایداری آن را بیشتر تحریک می کند تا شیروانی های دانه ای.

بدنه لغزش بالا: شیروانی مصنوعی ساخته شده به ارتفاع ۱۰ cm



* شکاف باید در وسط کاسه تخریب آزمایش دقیق‌تر کاسه است

* دسته‌گلهای با اصطکاک بالا با افزایش ارتفاع تخریب پذیری تخریب و مقاومت برشی باهم بالاتری رفته این مقاومت به ۹۰° بستگی دارد.

* اندازه‌گیری‌های چسبنده چون ۰° دست آخر اصطکاک نداریم در نتیجه مقاومت برشی ندارد و با افزایش ارتفاع شیب عامل تخریب پذیری تخریب بالاتر رود.

* تخریب عمدتاً باید در وسط کاسه شکل گرفته صورت گیرد که آزمایش دقیق‌تر می‌باشد.

در غیر اینصورت آزمایش را دوباره تکرار می‌کنیم.

دوشنبه ۸۵/۴/۲۷ «مکانیک خاک» «جلسه چهارم»

روش آزمایش حدود آتربرگ باید روی عبوری از الک ۴۰ باشد.

خاک عبوری از الک ۴۰ ← ظرف آب ← خوب ورز دهیم ← کاردک ریخ

آب + F_{40+} ← خط هلن

تکنیک آزمایش

کاسه با دو ضربه در ثانیه به داخل تکیه گاه خورد

1cm

12.7

1cm

* خاک در شرایط اللا تخریب می شود (بسته شدن)

$\Phi_{uu} = 0$

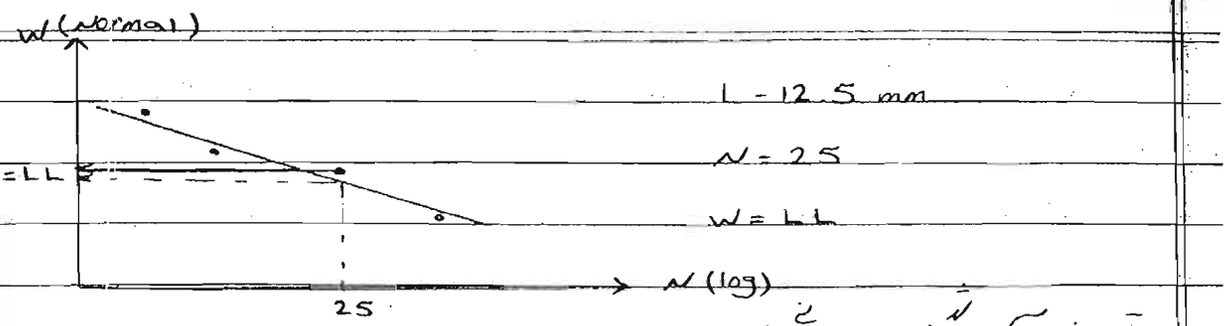
* عمل تخریب باید در کوتاه ترین جای کاسه که در تماس است صورت گیرد، در صورتی که در جای دیگری (بالا، کنار، ...) اتفاق بیافتد آزمایش تکرار می شود.

این آزمایش آزمایش به خوری را اندازه می گیرد.

N	w%
~~42~~	~~16~~
34	27
25	39
20	48
16	59
~~11~~	~~60~~

مثلاً اگر N را تعداد ضربات جریت هم آمد خاک رس را در صد رطوبت تقریبی آنقطه تکرار آزمایش می دراجل مختلف بصورت مقابل است (مثلاً)

تعداد ضربات بین 15 تا 35 ($15 < N < 35$) برای ما ملاک است.



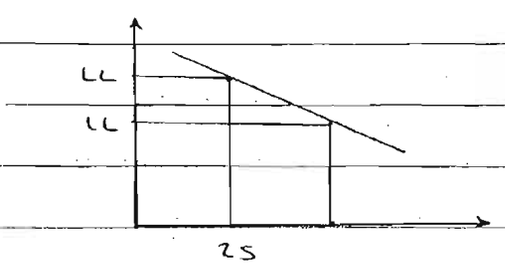
تعریف آزمایشگاهی حد روانی (LL):

رطوبتی که طی ضوابط دران، شکاف در طول کاسه (لوله‌ترین جای کاسه) به طول 12.7 mm در 25 ضربه بهم بیاید، آن رطوبت را حد روانی گویند.

سی ام خط روانی: (Flow Index)

$$I_F = \frac{|w_2\% - w_1\%|}{|\log N_2 - \log N_1|}$$

* آبی رطوبت در اثر عجله زیاد شد، اضافه کردن خاک. بنابراین آبی آن در VCA و ادامه آزمایش غلط است، بنابراین باید آزمایش از اول تکرار شود زیرا بافت خاک بهم خورد.



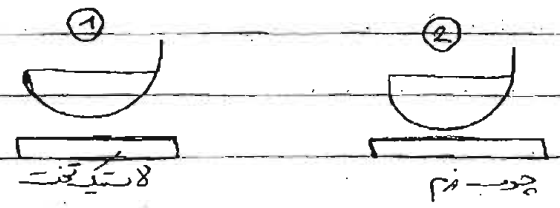
روش نقطه به نقطه:

زوج مرتب های (w و N) را در فرمول زیر می گذاریم، LL بدست می آید.

$$LL = w_N \left(\frac{N}{25}\right)^{0.121}$$

مثلاً $LL = 0.48 \left(\frac{20}{25}\right)^{0.121}$

در آزمایش صفحه قبل (جدول صفحه قبل)



چوب نرم ضربه را خوب پس می دهد، تکیس می خواهد بالا، 25 ضربه، حاک راهم بیارد بنابراین باید رطوبت را بالایی برد بنابراین LL در آزمایش با چوب نرم بیشتر خواهد بود.

باز هم 25 ضربه، رطوبت می آیم و روی رطوبت مالوری دهیم. در شماره ② ضربه خیلی شدید تر است بنابراین خاک ② در 25 ضربه با رطوبت کمتری هم می آید.

چند نکته:

- خاک رس دارای دو نوع آب می باشد ← آب جذبی
  ← آب آزاد حفره ای
- × عامل ماندگی در خاک های رس دار آب آزاد حفره ای است.

× هرقدر درصد رس بالا رود، حد روانی بالایی رود، یا درصدی از آن صرف آب جذبی می شود و هر چه آب به آن بدهیم، به خود جذب می کند.

LL ↑ C/C ↑ رس ↑

مونتموریلونیت — کائولینیت

خاک رس می شود

H ← L ← دیشت دانه

↑ سطح مخصوص

↑ جذب آب

$LL \uparrow$ ✕ آبرسم دوار آکی ↑

خاصیت قلاب انداختن برای

صنه آب ✕ ↑ ($LL \uparrow$) ↑ (ذرات ریزتر از 2 mic)

مثال: مقاومت برشی τ — شرایط اشباع

خاک	LL	$w(S_r=100)$	مقاومت برشی τ
1	39	39	$\tau_1 = 0$
	c		11
2	44	44	τ_2
			13
3	53	53	τ_3
			11
4	69	69	$\tau_4 = 0$

کدام گزینه صحیح است؟

1) $\tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \tau_4$ ✓

چون آب به اندازهٔ حد روانی اضافه کردیم یعنی قبل آن روان می‌شود مقاومت پس آب هم صفر می‌باشد.

2) $\tau_1 < \tau_2 < \tau_3 \simeq \tau_4$

3) $\tau_1 > \tau_2 > \tau_3 > \tau_4$

4) $\tau_1 = \tau_2 > \tau_3 > \tau_4$

حل

✕ در شرایط اشباع تمام خاک‌های ریزدانه در یک طریق برابر با حد روانی خود شان (هرچه که هست) مقاومت یکسان و تقریباً مساوی با هم دارند (تردیک به صفر)

در رطوبت بحرانی روانی ← لغزش رخ میدهد ← SF = 1

عامل محرک = عامل مقاوم

عامل محرک $= 25 \times N = 25 \times 0.1 = 2.5 \ \frac{KN}{m^2}$

$\Rightarrow$ عامل مقاوم $\tau = 2.5 = 0.025 \ \frac{Kg}{cm^2} \sim 0$

$1N = 0.1 \ \frac{KN}{m^2} = C$

اگر صورت تست قبل را بصورت زیر در آوریم

خاک	LL	W_n	C
1	39	15	C_1
2	44	15	C_2
3	53	15	C_3
4	69	15	C_4

نسبگم

دارد $C_4 > C_3 > C_2 > C_1$

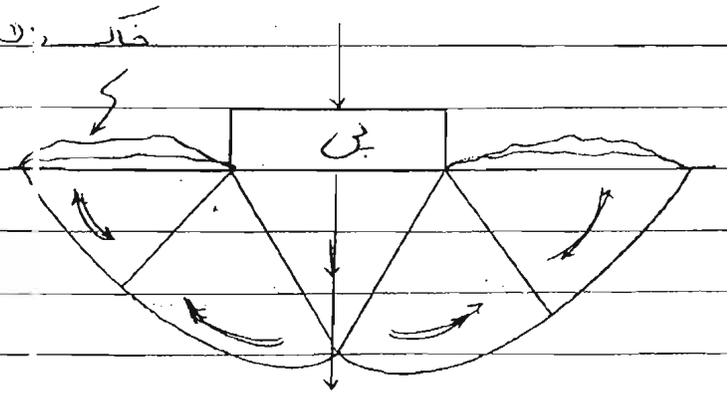
رطوبت حد روانی یعنی بحرانی ترین حالت برای مقاومت برشی ($\tau = 0$) پس هرچقدر خاصله بین رطوبت خاک و رطوبت حد روانی بیشتر باشد مقاومت خاک بیشتر است.

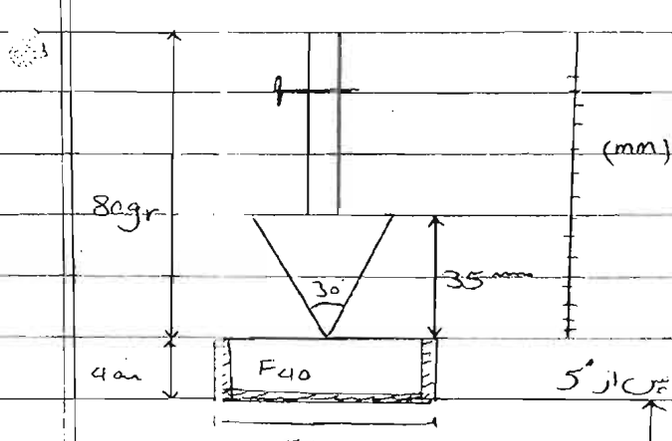
~~رطوبت حد خمیری (Plastic limit) :~~

نکته:

حد روانی	پایداری شیروانی خاکهای چسبنده
	ظرفیت باربری خاکهای چسبنده

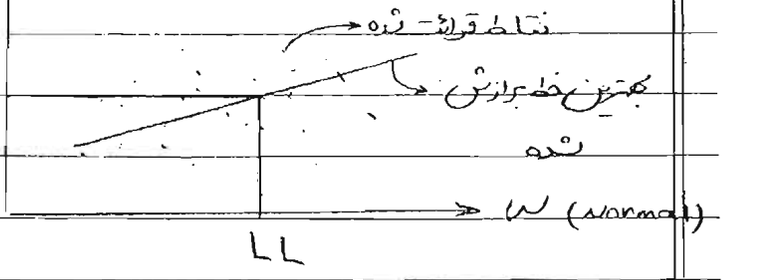
گوه لیخنی ترزاقی





نفوذ پس از یک ثانیه (mm)	w٪
—	—
—	—
—	—
—	—
—	—

نفوذ پس از یک (normal)



روش فوق را روش کاساگرانده برمبنای پایداری شیروانی خاکهای چسبنده است. روش دوم، بیانگر خاصیت باربری خاکهای چسبنده می‌باشد. در اینجا هم حداکثر عبوری از الک ۴۰ است.

رطوبت یا خمیری (plastic limit):

ماده خمیری - پلاستیک یا داکتیل یا شکل پذیر، ماده‌ای است که بتواند تغییر شکل‌های زیاد را بدون بروز ترک یا گسیختگی یا پارگی تحمل کند.

در کشت دیجیتری حدود آستانه :

F_{40} + آب ← دونی دهیم و طوله درست می کنیم ← با 80 بار رفت و برگشت در دقیقه والش می دهیم تا به قیله تبدیل شود

حال اگر آب کم باشد ترک می خورد و خوردی شود ⬭ ⬭

اگر آب را زیاد بزنیم، کشش می آید و ترک می خورد ═══

حال یک آب بینابین انتخاب می کنیم که در قطر 3.2^{mm} ترک ها بعد از یک طوله روز یابند.

رطوبت آنطر این آب بینابین را حد روانی گویند.

$d = 3.2^{mm}$ ← بروز ترک در حدود ← $w = PL$

$$PL_{av} = \frac{\sum_{i=1}^{5} PL_i}{5}$$

PL_1 PL_2 PL_3 PL_4 PL_5

** دلیل انجام آزمایش دونی F_{40} در اصل کنترل عبور ذرات خاک درشت دانه (درصد کمتر از ۴۰ الک) بر روی حدود آستانه است.

چند نکته در مورد PL :

* آبی که در دونی PL تأثیر دارد و آن را فعال می کند آب جذبی است. یعنی دانه های خاک باید خاصیت جذبی خود را از دست داده و با جذب آب حالت خمیری و شکل پذیری بگیرد.

* دونی تراکم ← با رفتن درصد رس I_c ← کم شدن میزان ترک خوردن ← با رفتن درصد آب ← پایین آمدن حد روانی

$\uparrow I_c$ ← $PL \downarrow$ ← $\downarrow I_c$ ← $PL \uparrow$

مثال: کدام گزینه از نظر وضعیت دارد؟ حدود آتربرگ محتمل است؟

$\gamma_{sat} = 22.7$ $\quad G_s = 2.6$ $\quad \gamma_w = 9.8$

	الف	ب	ج	د
LL	28	25	29	27
PL	10	8	7	6.5

حل:

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

$$22.7 = \frac{2.6 + e}{1 + e} \times 9.8$$

$$e = 0.2176$$

$$S e = G_s \cdot w \quad \xrightarrow{S=1,\ w=w_{sat}} \quad w_{sat} = \frac{e = 0.2176}{G_s = 2.6}$$

$$w_{sat} = 8.37\%$$

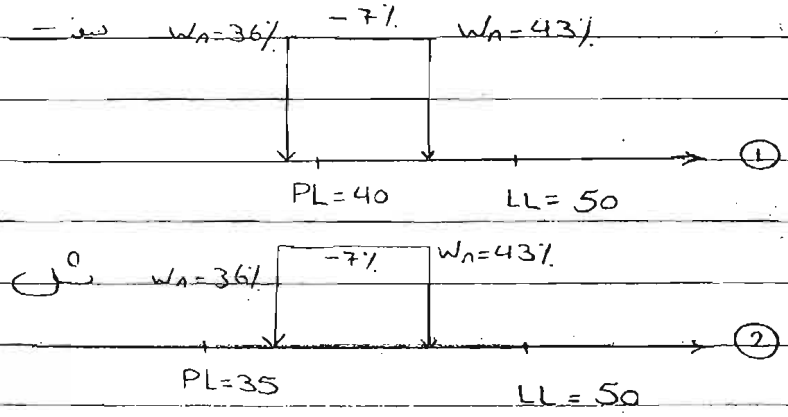
خاک در رطوبت کمتر از 8.37٪ اشباع می‌شود.

بنابراین برای همه‌ی حالت‌ها فقط حد PL الف درست است.

پس خاک (الف) جواب است.

مثال: حدود آزمایش هیدرومتری مربوط به یک خاک پس از گذشت ۱ ساعت، وزن مخصوص اشباع محلول در عمق ۱۵ cm برابر $1.0059 \frac{gr}{cm^3}$ است. اگر در شروع آزمایش وزن مخصوص اشباع محلول $1.017 \frac{gr}{cm^3}$ باشد، درصد وزنی ذرات معلق نسبت به وزن کل اولیه در این عمق چقدر است؟ محیط به صورت یک خاک اشباع فرض می‌شود.

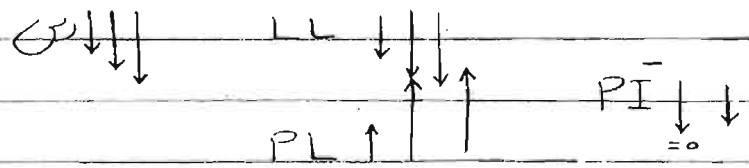
شاخص خمیری (PI) : Plastic Index



* هرچه PI بیشتر باشد، دامنهٔ خمیری خاک بیشتر است و با این در دسر خاک بیشتر است. دیرتر خاک سفت می‌شود یا دوده‌ی مثل بودن خاک را دیرتر از دست می‌دهد.

$$PI = LL - PL$$

رس ← ↑LL ↓PL ↑PI

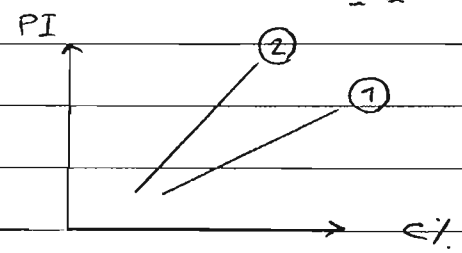


ماسه حتی ریز PL ↑ > LL PI

NP (not Plastic) : $PI \leq 0$ معمولاً دانه‌های درشت دانه کم

اگر خاک رس خالص باشد PI حتی می‌تواند قوی باشد. مثلاً در مخلوط آب و گل SM که این PI ها را در نظر نگیرید دانه‌های SM به رطوبت خیلی زیادی نیاز دارد تا روان شود یعنی حتی گل است با اضافه کردن این رطوبت خاک روان می‌شود پس PL بیشتر از LL و PI قوی می‌شود.

فعالیت ـ یا اکتیویتی:



خاک رس تر ⟵ PI↑

$\Delta PI_2 > \Delta PI_1$ منحنی فعالیت

درنتیجه رس ② در تولید خواص خمیری فعال تر عمل می کند که این فعالیت را برمبنای شیب خط تشخیص می دهیم

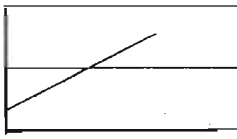
درواقع فعالیت یا اکتیویته برابر شیب خط است که از نظر عددی همواره ۱ است (کمی کمتر یا کمی بیشتر از ۱)

$A < 0.7$	غیرفعال
$0.7 < A < 1.2$	فعالیت متوسط
$A > 1.2$	فعال

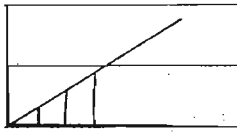
$$A = \frac{PI\ \%}{c\ \%}$$

فعالیت منحنی های مختلف فعالیت براساس خاک:

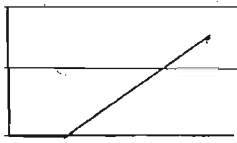
① منحنی ① معمولاً وجود خارجی ندارد زیرا عدد منحنی خاکهایی است که بدون رس، PI می دهد که چنین چیزی امکان ندارد ممکن است بعضی از سیلت ها یا خواص خمیری بالا چنین منحنی داشته باشند



② نمودار ② مربوط به خاکهایی است که فعالیتشان کم نیست

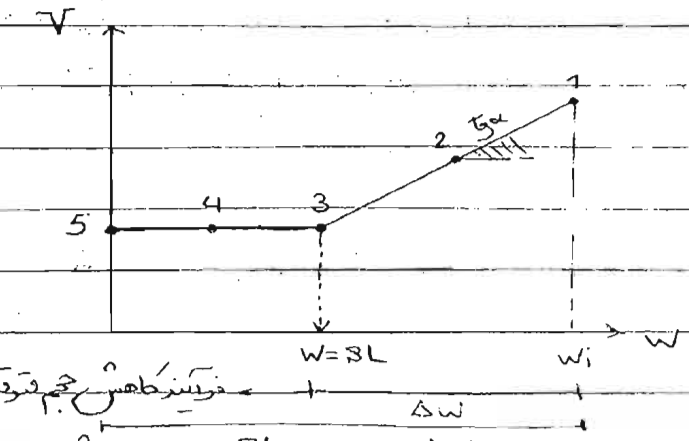


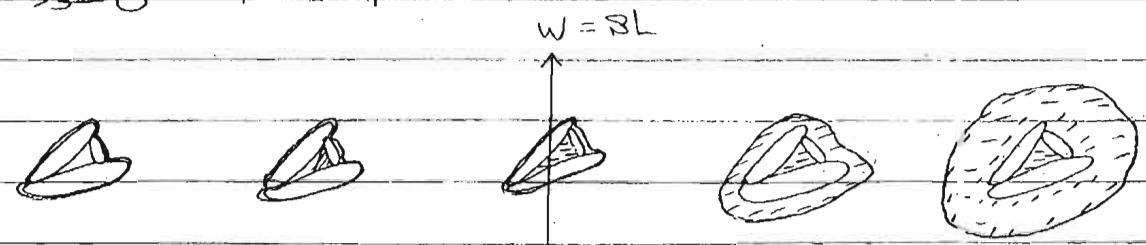
③

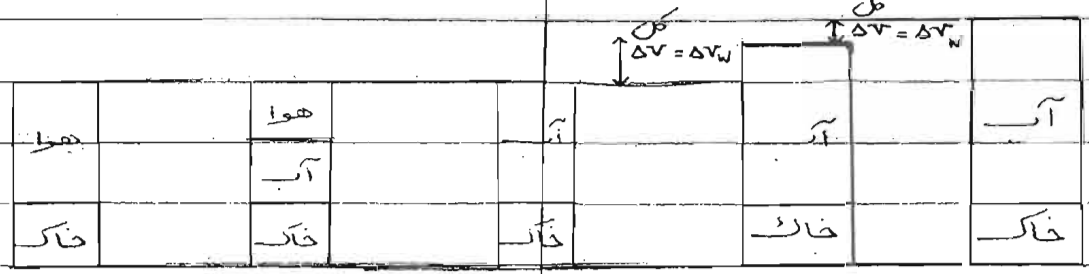


«حد انقباض»

خاکهای ریزدانه بسیار مرطوب، آب دار و اشباع هرچه از دست دادن رطوبت دچار کاهش حجمی بشوند رطوبت کمتری از آن کمتر، این روند کاهش حجم متوقف می شود واحد انقباض ایشند. بعبارتی رطوبتی که قادر است حداقل حجم خاک (در طی فرآیند خشک شدن) را اشباع نماید.







W=0 < W≠0 < W_sat < W < W

Sr=0 < Sr≠0 < Sr=100 = Sr=100 = Sr=100

$W = \frac{W_w}{W_s}$

$S_r = \frac{V_w}{V_v}$

شکل فوق مربوط به تعریف دوم است از حالت 3 به بعد تغییر حجم نداریم

* تفاوت رطوبت اشباع و حد انقباض

$S e = G_s \; w_{sat}$

$S = 1.0$

$w_{sat} = \frac{e}{G_s}$ رابطه قابل قبول همواره درست است

همانطوری که تغییر حجم خاک بدلیل از دست دادن آب باشد و درنتیجه آن می تواند w_{sat} را با S.L یکی گرفت اما تغییر حجم بعد دلیل دیگر غیر از دلیل فوق باشد، $w_{sat} \neq S.L$

$w_{sat} = e/G_s = S.L$

شکل دست می خورد

$\neq S.L$ تغییر شکل در اثر ضربه

$w_i - \Delta w = S.L$

m_i $\quad$ $m = m_s = m_f$

V_i اولیه $\xrightarrow{\text{آون}}$ V_f نهایی

محاسبه حد انقباض:

$S.L = \frac{m_i - m_f}{m_f} \times 100 \quad \frac{(V_i - V_f) \times \rho_w \times 100}{m_f}$

* S.I از نظر واهیت بیشتر به P.I می‌خورد

سفت	گرد

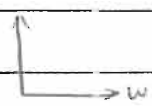
S.I

S.I ↓ ⇒ C/ ↑ بیشتر می‌شود

مثال: خاکی با $\gamma_{sat} = 22.7 \frac{KN}{m^3}$ ، $G_s = 2.65$ ، $m_s = 85gr$ ، $\rho_w = 1 \frac{gr}{cm^3}$

شیب خط دیاگرام انقباض چند است؟

حل:



$$tg\alpha = \frac{\Delta V}{\Delta w} = \frac{\Delta V_w}{\Delta w}$$

کل جرم

$$\frac{\Delta\left(\frac{m_w}{\rho_w}\right)}{\Delta\left(\frac{m_w}{m_s}\right)} = \frac{\frac{1}{\rho_w}\Delta m_w}{\frac{1}{m_s}\Delta m_w} \Rightarrow tg\alpha = \frac{m_s}{\rho_w}$$

$$\Rightarrow tg\alpha = \frac{85}{1} = 85$$

(در حالت بستانده)

مدول‌های مقاومت و سختی خاک : E و G

تراکم «compaction»

تراکم یعنی بهبود کیفیت مقاومت خاک، افزایش ظرفیت باربری، کاهش نشست پذیری، افزایش پایداری شیروانی‌ها، سختی خاک و ... ماشه E و G، کاهش نشست پذیری، افزایش پایداری شیروانی‌ها، خاکی و ... افزایش ظرفیت باربری کم در اثر ورود اجزای به خاک و خروج هوا انجام می‌پذیرد

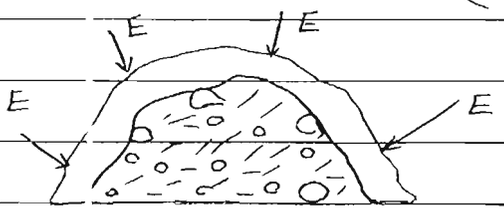
اصل تراکم: ورود اجزای به خاک و خروج هوا

$$\gamma_{d1} = \frac{W_s}{V_{کل}} \begin{cases} \uparrow \gamma_d = \dfrac{W_s}{V_{کل}\downarrow} & ① \\ \uparrow \gamma_d = \dfrac{W_s\uparrow}{V_{کل}-} & ② \end{cases}$$

* تراکم یعنی اعمال انرژی به خاک، ورود اجزای به داخل خاک، کار انجام دادن این انرژی، یعنی حرکت دادن و درهم غلتاندن دانه‌ها به داخل یکدیگر و تراکم کردن آنها هم که به ازای این عمل هوا از تودهٔ خاک خارج می‌شود.

* تراکم یعنی بالا بردن γ_d حال یا با کاهش حجم (حالت 1) و یا با افزایش دانه‌ها (حالت 2)

* تراکم در خاک‌های دانه‌ای (بتن بر درهم غلتیدن) دانه‌ها و حرکت آنها به داخل یکدیگر است.



تراکم در خاک‌های چسبنده (بتن به درهم شکستن اتصالات و پیوندهای الکتروشیمیایی و بعضاً شکستن ورقه‌های رس است.

* خاک‌های دانه‌ای بهتر از خاک‌های چسبنده متراکم می‌شوند زیرا در خاک‌های چسبنده در اثر افزودن صفحات آب بین ذرات دانه‌ها هم تر دیده می‌شوند.

هوا		هوا		هوا		هوا
آب		آب		آب		خاک
خاک		خاک		خاک		

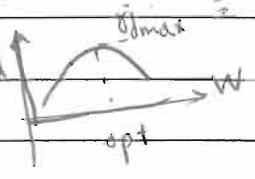
تغییرات کمیت‌های وزنی حجمی در آزمایش تراکم:

$$\uparrow \gamma_d = \frac{G_s - \gamma_w}{1+e\downarrow} \qquad \downarrow e = \frac{V_v \downarrow}{V_s -} \qquad \uparrow \gamma_d = \frac{w_s -}{V_{کل}\downarrow}$$

$$e = \frac{V_v \uparrow}{V_{کل} -} \qquad \uparrow S_r = \frac{V_w -}{V_v \downarrow} \qquad w\downarrow = \frac{w_w -}{w_s -}$$

نمودارهای تراکم:

$$\Rightarrow \downarrow \gamma_d = \frac{W_s \downarrow}{V_{کل} -}$$



نمودار W_{opt} در آزمایش تراکم

برای بهبود خاک‌های الکتروشیمیایی راست کنند

بصورت لیتر آب برحسب وزن خشک را

آسان کنند

حداقل رطوبتی است که در

W_{opt} رطوبت بهینه

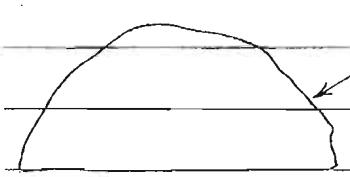
* آب به عنوان یک سیال تراکم ناپذیر که می تواند جذبی انرژی را بالا ببرد

* رطوبت optimam درصد آبی بهینه‌ای است که یک حداقل بیشتر (تا دیگر کاری کند) و از یک حداکثری کمتر (تا مانع انرژی و کار انجام دادنش نشود)

* رطوبت optimam درصد آبی است که بهترین شرایط و مسیر را برای ورود انرژی به داخل خاک و کار انجام دادن آن با حداکثر راندمان را فراهم نماید

واسه همین ما گفتیم درصد رطوبت رایم آب ها بریزیم تا بهتر کار انجام دهیم.

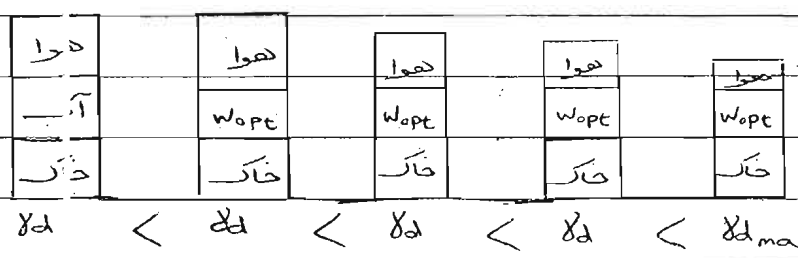
* تا آب جذب انرژی نکند مانع ورود انرژی به خاک و کار انجام دادن آن نشود. w / w_{max}



$$E_{in} = R \times E_{ext}$$

if: $w = w_{opt}$

then: $R = R_{max}$

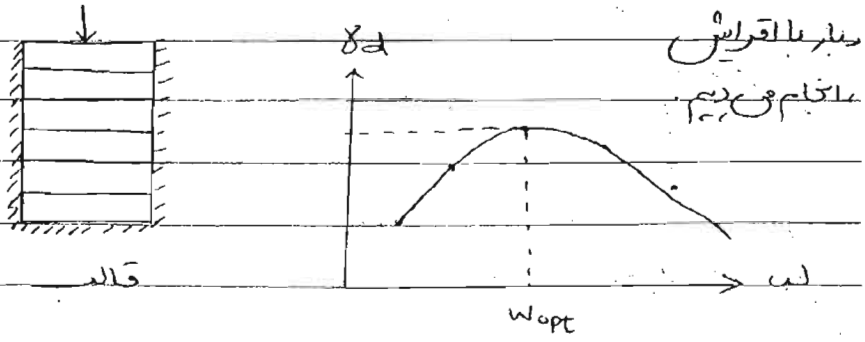


اصلاح شده شکل صفحه قبل که با تبدیل به رطوبت w_{opt} می‌توان به میزان بیشتری تراکم نمود.

هدف اصلی comp. test (آزمایش تراکم): بدست آوردن w_{opt} و در نهایت محاسبه $\gamma_{d\,max}$

طرف آزمایش را طی چند مرحله که خاک را در قالب ریخته، آب می زنیم، با چکش می کوبیم. ← لایه ها را روی هم بهمین صورت می ریزیم تا قالب پر شود ← یک تکه از خاک را بعد از اشتر به داخل oven می گذاریم ← درصد رطوبت تعیین می شود ← یک نقطه روی نمودار γ_d ولی بدست می آید.

این فرآیند تا چند بار با افزایش مرتب رطوبت انجام می دهیم.



تا یک جایی که رطوبت خیلی بالایی رو در جای دانه، آب قالب را پر می کند و با افزایش رطوبت γ_d کاهش می یابد و دیگر متراکم نمی شود، بنابراین این رطوبت را w_{opt} گویند.

$\gamma_d = \frac{W_s}{V_{کل}}$ ↓ ↑

* در خاکهای درشت دانه، آب آزاد تشکیل روغن کاری را انجام می دهد

* در خاکهای ریز دانه، آب جذبی جزئی از دانه است بنابراین تشکیل روغن کاری باز هم بر عهده آب آزاد است.

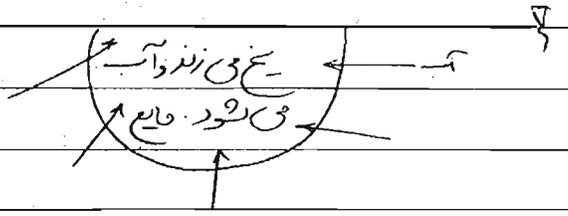
* در کنار این دو، آب آزاد است که در هر دو نوع خاکهای درشت دانه و ریز دانه توان از تردیاد تشکیل دانه ها به هم می شود.

بنابراین تشکیل آب آزاد ضروری تر است

*** مثال تعریفی (مربوط به بخش تراکم می باشد) :

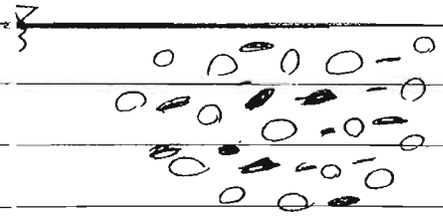
یک خاک اشباع داریم. یک بخش آن یخ می زند و آب می شود. درصد اشباع و رطوبت آن چه تغییری می کند.

$S_r = 100$



همانی که بخشی از خاک یخ می زند، فشار آن قسمت پائین می آید به طوری از اطراف آب می کشد. بنابراین در اول و آخر اشباع است ولی رطوبت آن بالا می رود.

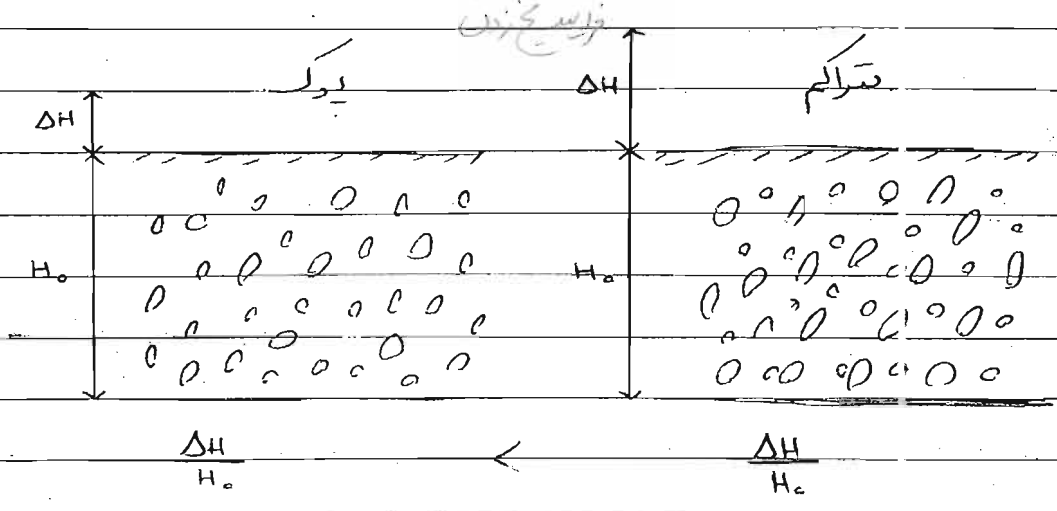
*** مثال (2) تعریفی



آب آزاد زودتر یخ می زند آب آزاد هم در حفره های بزرگتر وجود دارد. بنابراین حفره های بزرگتر زودتر یخ می زند. بنابراین در یک توده خاک اشباع که در حال فریز شدن است آب طی فرآیندی که در مثال قبل توضیح داده شد در حفره های بزرگ تر شروع به یخ زدن می کند و در اثر افت فشار آب از حفره های کوچک نسبت حفره های بزرگتر حرکت می کند.

«یکشنبه ۱۳۹۵/۰۲/۰۵» «فیزیک خاک» «جلسه پنجم»

«معاینه خاک به یک و خاک متراکم»



در خاک متراکم بدلیل درصدهوای کمتر در هنگام تراکم زدن بیشتر باری کند زیرا از خاک بدون این افزایش حجم جای هوا را می‌گیرد اما در خاک متراکم این افزایش حجم بصورت باز کردن (ΔH) بیشتر، سپری کند که وزن خوبی برای خاک نیست.

کلاً کوبش زیاد در خاک برای هر کوبش، وزن خوبی محسوب می‌شود.

درصد تراکم

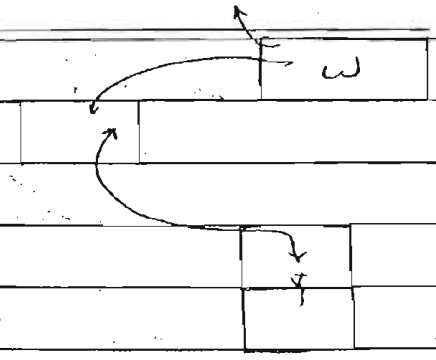
$$R_d = \frac{\gamma_{dp}}{\gamma_{dmax}} \times 100$$

درصد تراکم: کمیتی است که شرایط وجود را با شرایط استاندارد آزمایشگاهی می‌سنجد.

γ_{dmax} γ_{dp} ← Field

صحرا

این کمیت برای انواع خاک‌ها کاربرد دارد



$$\gamma_{wet} = \frac{\text{کل خاک}\ W}{\text{کل گودال}\ V} \qquad \frac{\gamma_{wet}}{1+w} = \gamma_{df}$$

- این کمیت می‌تواند از ۱۰۰٪ بیشتر باشد.

γ_{dmax} ← max ، منظور max ریاضی نیست ← یعنی می‌توان از این max بیشتر هم مقادیری را بدست آورد.

توضیح شکل بعد؟

یک گودال در محل می‌کنیم، یک کیسه در گودال قرار می‌دهیم و با ظرف مدرج داخل آن آب می‌ریزیم تا حجم گودال بدست می‌آید.

$$\gamma_{wet} = \frac{\text{کل خاک}\ W}{\text{کل گودال}\ V} \rightarrow \frac{\gamma_{wet}}{1+w} = \gamma_{df}$$

که در آزمایشگاه بدست می‌آید.

«تراکم نسبی» I_D

$$I_D = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}} \times 100 = \frac{\gamma_d - \gamma_{d\,min}}{\gamma_{dmax} - \gamma_{dmin}} \times \frac{\gamma_{d\,max}}{\gamma_d} \times 100$$

$$\gamma_d = \frac{G_s}{1+e}\gamma_w \rightarrow e = \frac{G_s \gamma_w}{\gamma_d} - 1$$

(بدترین شرایط) $e_{max} \rightarrow \gamma_{d\,min}$

$e_{min} \rightarrow \gamma_{d\,max}$

(محل) $e_f \rightarrow \gamma_{df}$

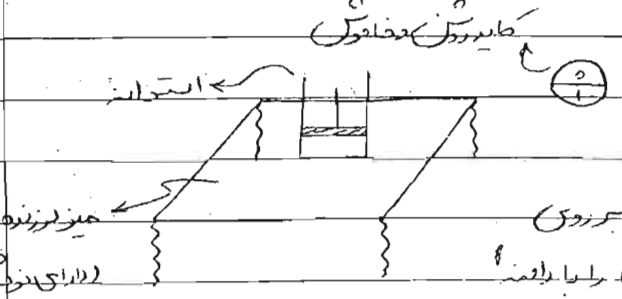
دیتریلی های Dr :

- وضعیت موجود را با بهترین شرایط و در عین حال بدترین شرایط مقایسه می کند

- کمتر از ۰/۵۱ است (کوچکتر مساوی)

بدلیل این کمیت برای خاکهای ریزدانه تعریف دقیق ندارد

طریقه محاسبه γ_d در دیتریل Dr :



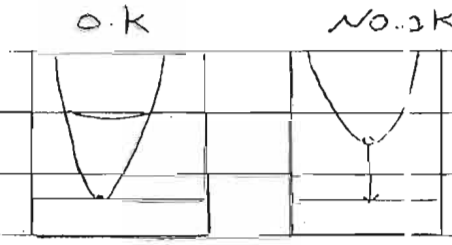
خاک را در داخل استوانه ریخته و آنرا سه بار روی میز لرزنده قرار می دهند، میز لرزان (بالا - پائین) را با دامنه و فرکانس و زمان مشخص تنظیم می کنند تا ظرف پر شود و خاک متراکم شود، پس از طریق فرمول مقابل درست می کنیم بعد از زمان تعیین، نمونه را برداشته، کلیه بعدی خاک را می ریزیم و همین عمل را تکرار می کنیم تا استوانه پر شود.

$$\gamma_{d\max} = \frac{W_{s\max}}{\text{قالب } V}$$

توضیح:

نکته: $\gamma_{d\min}$ برای خاکهای چسبنده تعریف علمی و دقیق ندارد.

$$\gamma_{d\min} = \frac{W_{s\min}}{\text{قالب } V}$$



توضیح: همان دستگاه قبلی را استفاده می کنیم اما این بار برای ریختن خاک در داخل استوانه از قیف استفاده می کنیم، ارتفاع ریزش خاک باید صفر باشد تا هیچ گونه ارتعاشی کسب نکند. در حین وزن هم باید دقت نمائیم ارتعاش ندهیم. در این خاک دیگر دانه غیر چسبنده استفاده می کنیم.

$D_r = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}} \times 100$

کالیبراسیون R_d و D_r:

$R_d = 95\%$ ok $\longrightarrow$ $D_r = (70 \sim 80)\%$

طبق تجربه آن این مقدار باشد ایده آل است

مقدار متناظر D_r با $R_d = 95\%$

$D_r < 40\%$ سست و یوک

$40\% < D_r < 60\%$ تراکم متوسط

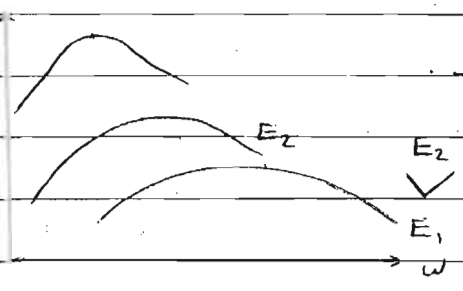
$D_r > 60\%$ متراکم

$D_r > 75\%$ بسیار متراکم

نکته: رطوبت بهینه (w_{opt}) و γ_{dmax} به جنس خاک بستگی دارد و افزودنی مؤثر

$(w_{opt}, \gamma_{dmax}) = f(\text{جنس خاک}, E)$

« منحنی های تراکم برای یک خاک در Eهای مختلف »



تراکم منحنی های تیز تر شدت است.

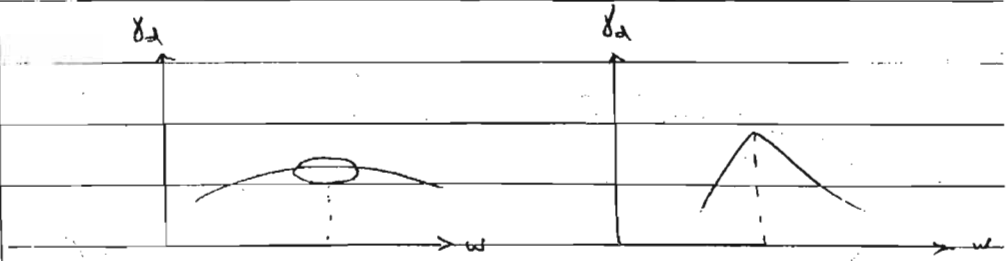
$E \uparrow$ $\rightarrow$ $\gamma_{dmax} \uparrow$ ، $\gamma_d \uparrow$

$w_{opt} \downarrow$ منحنی ها تیزتری شوند

* منحنی تراکم آن E بالاتر رود سمت بالا و چپ متری رود

همچنین منحنی ها تیزتری شوند (شکل بالا)

و انحنای آنها زیادی شود



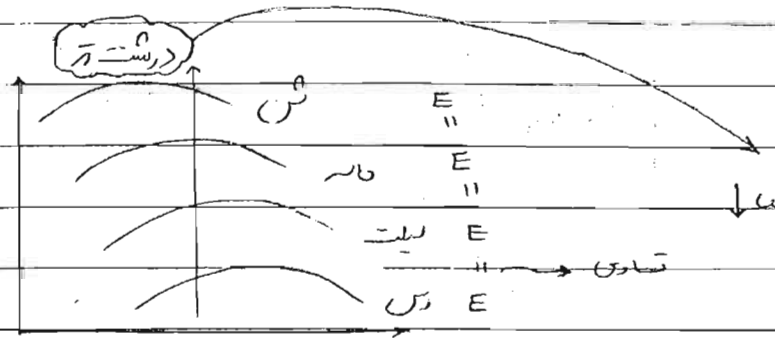
«نکته» خاک‌هایی که منحنی‌های تراکم آنها تیز است، γ_d آنها نسبت به w_{opt} حساس است کمی رطوبتی تراکم خاک را کم می‌کند زیرا مقدار کمی انحراف از γ_d، باعث افت شدید w_{opt} می‌گردد. بنابراین خاک‌های با منحنی نیم تراکم راحت‌تر است.

«منحنی‌های تراکم برای انواع خاک‌ها در یک E ثابت»

انواع خاک: (ریزدانه معمولی تا درشت دانه معمولی)

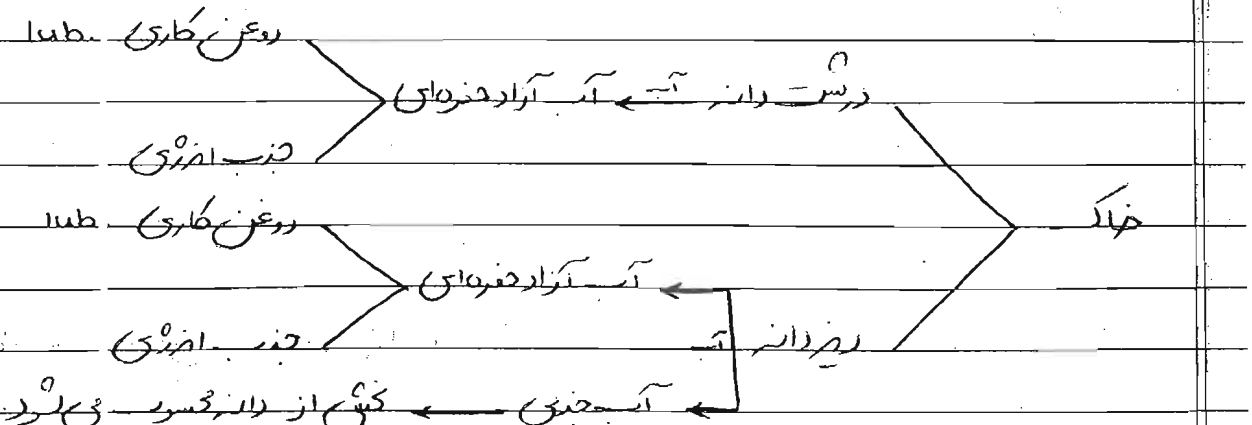
ریزدانه معمولی: ریزدانه‌ای که خواص خمیری خیلی بالا نداشته باشد.

درشت دانه معمولی: درشت دانه‌ای که انواع سایزها را داشته باشد و خاصیت خمیری‌های زیادی نداشته باشد.

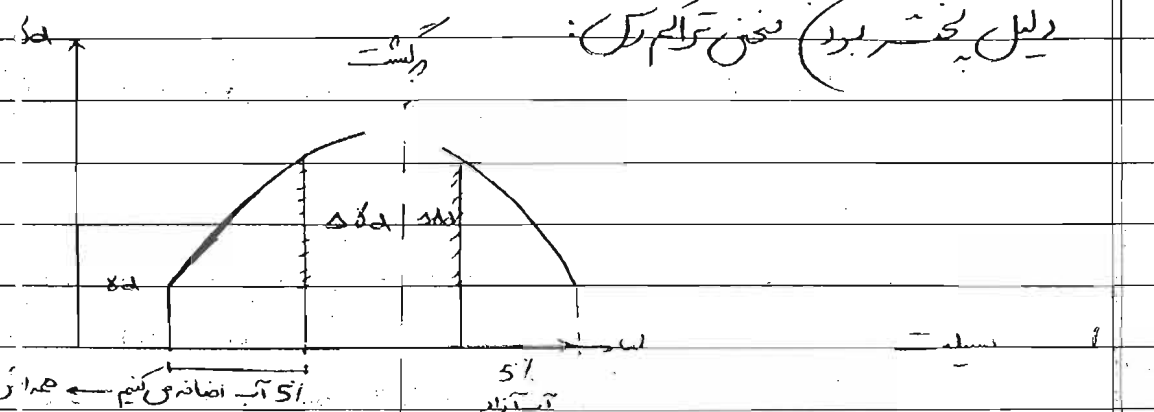


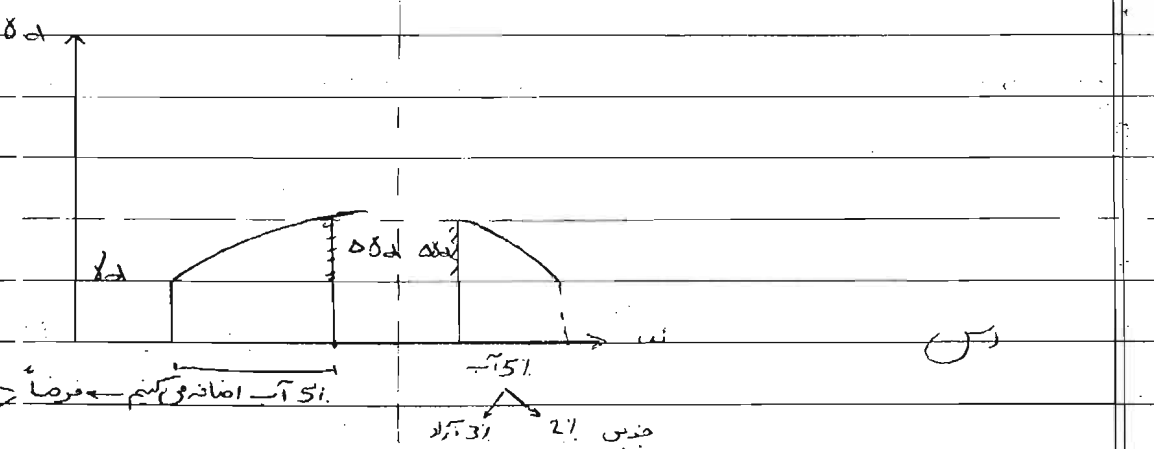
w_{opt} شن ≈ w_{opt} ماسه < w_{opt} لیت < w_{opt} رس

نکته: بیشترین منحنی تراکم را رس‌ها دارند



دلیل بزرگتر بودن نمودار گراد رس:



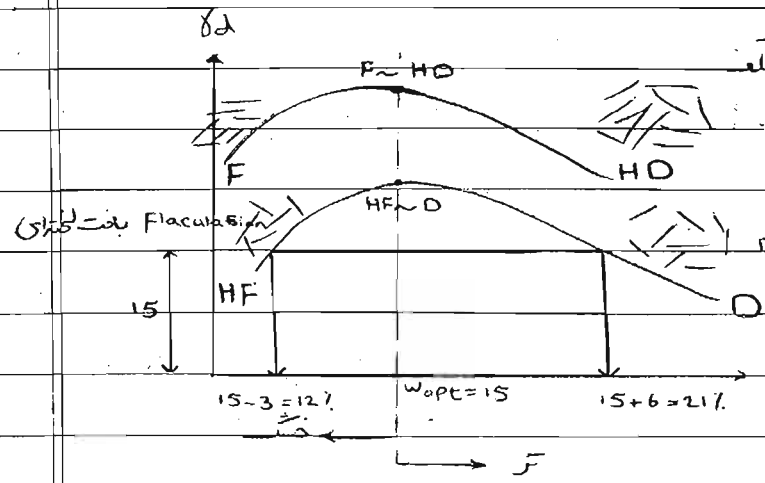


توضیح:

رس‌ها، هرقدر بخ تمایلشان جذب آبشان بیشتر است

* نکته: منحنی تراکم الزاماً قعار نیست

تراکم روی : در رطوبت مختلف
می‌توانیم یک γ_d مثلاً 15 داشته باشیم.

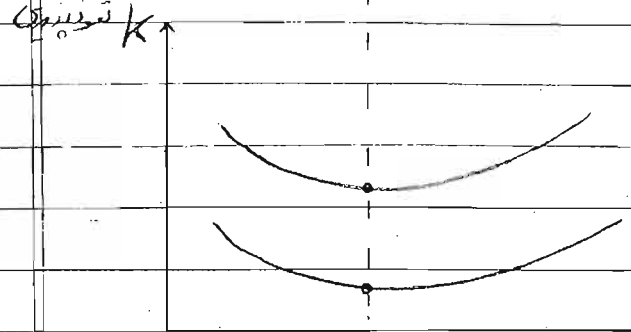


بافت پراکنده Dispersion
بافت کلوخه‌ای Flaculasion

در قسمت خشک بافت کلوخه‌ای داریم
و در قسمت تر بافت پراکنده است

$\uparrow D$ $\downarrow F$ $\uparrow E$ اگر افزایش را داشته باشیم

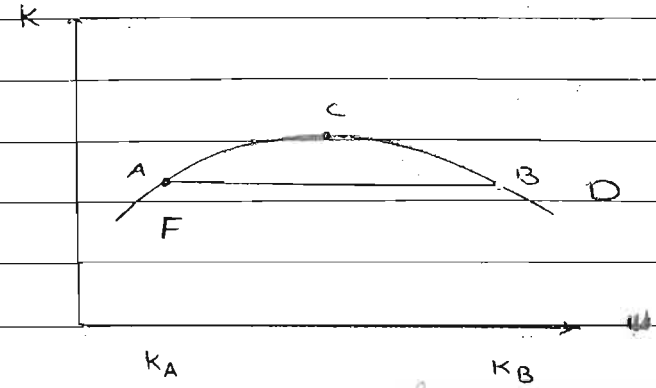
* در نقطه‌ی دوم چیزی بین E و D است که بسته به نحوه‌ی تراکم تغییر می‌کند



$\downarrow K$ $\uparrow \gamma_d$

در بیشترین دانسیته γ_d
کمترین تراوایی را داریم
زیرا وجود دانه‌های تراوایی رطوبت کم است.

دانه ↑ ⇒ تراوایی ↓ ⇒ درصد تراکم ↑



منحنی مقابل آرایش نداشته
باشد، غلط است.

توضیح:

* $k_{F_v} = k_{F_h}$ می‌توان گفت $\rightarrow k_{D_v} < k_{D_h}$

* $\delta_r \uparrow$ (100٪) $\Rightarrow$ $k \uparrow$ (k_{max}) $\qquad k_A < k_B$

* B آب جنبی آن‌را بیشتر دارد: $k_A > k_B$

توضیح بعضی صفحهٔ قبل:

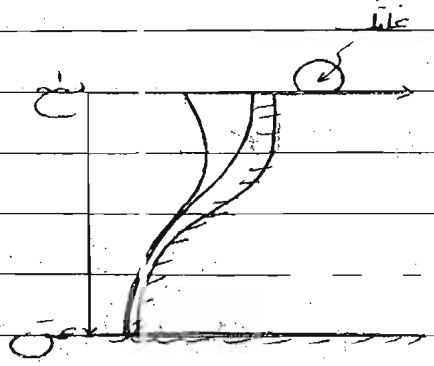
$k_A > k_B$ ← چرا اگر می‌توان تحدیدپذیری را اندازه کرد

← آب جنبی B بیشتر از A می‌باشد ← آب جنبی آن‌را خروجی B بیشتر است

← عکس‌العمل آب متعادل است ← می‌توان حکم کلی داد

← این که دو نقطهٔ A و B در یک سطح باشند یا نه، در تحدیدپذیری دخیل است.

متراکم در کارگاه:

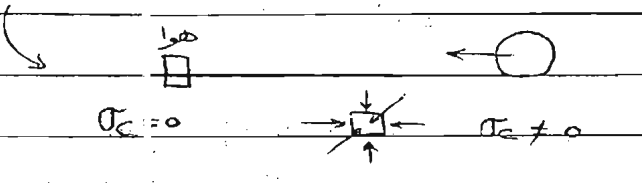


متغیر میزان متراکم است با عمق

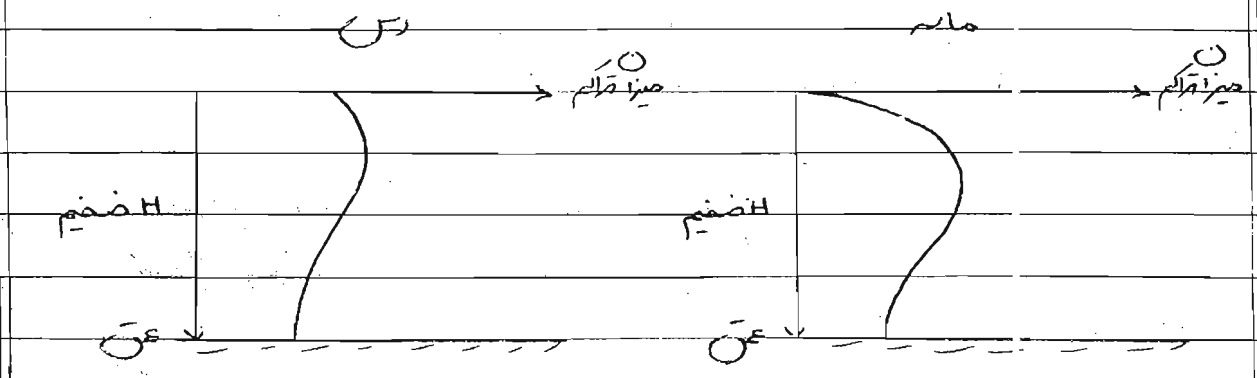
خاک در عمق زیاد خوب متراکم می‌شود

واقعیت این است که خاک سطح هم باید متراکم می‌شود

اینکه تنش جانبی وجود ندارد (تنش تماسی) وی‌توانند اصطلاحاً در بروند لذا خود



مقایسه میزان تراکم در اثر عبور از خاکهای ریزدانه (رس) و خاک درشت دانه (ماسه)



$\sigma = c + \sigma \tan\phi$ $\sigma = c + \sigma \tan\phi$

$= c + \sigma \tan\phi$ $= c + \sigma \tan\phi$

سطح بدون تنش تورفتگی

چسبندگی ندارد $c = c = 0$ $\sigma - c \neq 0$ ✓

بنابراین میزان عدم تراکم بسیار بیشتر از حالت $c \neq 0$ است

راههای جلوگیری از عدم تراکم در عمق و سطح:

در عمق: راه (اسید) تراکم به لایه‌های پایین، کاهش ضخامت خاک می‌باشد.

در سطح: ۱) پخش ۳۰ تا ۱۵ سانتی‌متر خاک اضافی در روی لایه تا اینکه لایه زیرین بتواند لایه بالایی را تراکم کند و بهتر تراکم شود (برای لایه‌ای تا ۲۵ سانتی‌متر)

۲) استفاده از غلتک‌های پاچه بزی جهت تراکم خاک

نقش رطوبت

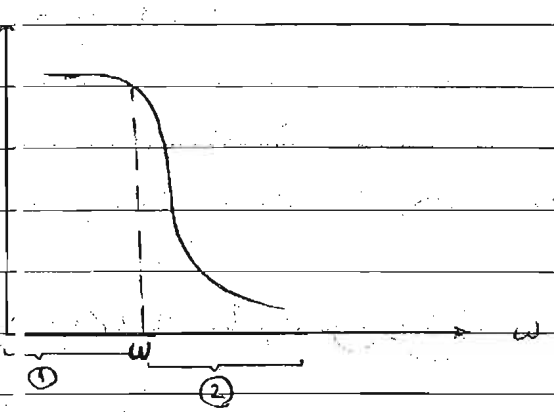
رطوبت زیاد

SL PL LL

q_u

با افزایش رطوبت، مقاومت تک محوری (q_u) کاهش می‌یابد. (نقش کل)

نقش محیط به صورت زیر



1) $w \sim w_{opt}$

2) $w \simeq w_{sat}$

3) $w \ll w_{opt}$

4) $w \gg w_{sat}$

عکس‌العمل و تأثیر آن بر q_u:

① حالت $w < w_{opt}$: $\uparrow w$

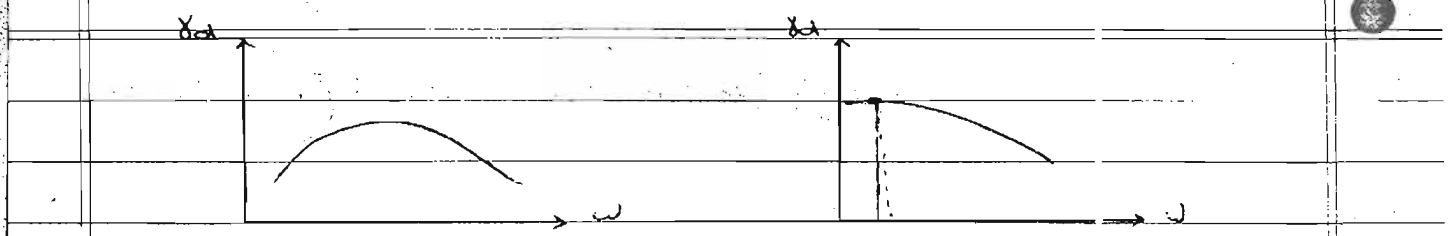
SL PL LL $\downarrow q_u$

$\uparrow w \uparrow \delta d \uparrow q_u$

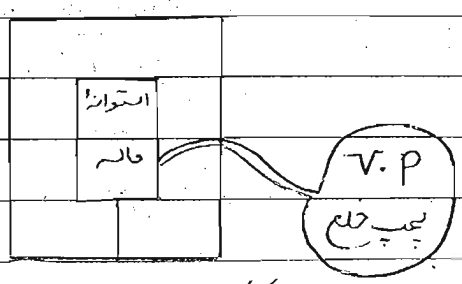
② حالت $w > w_{opt}$: w

SL PL LL $\downarrow q_u$

$\uparrow w \downarrow \delta d \downarrow q_u$



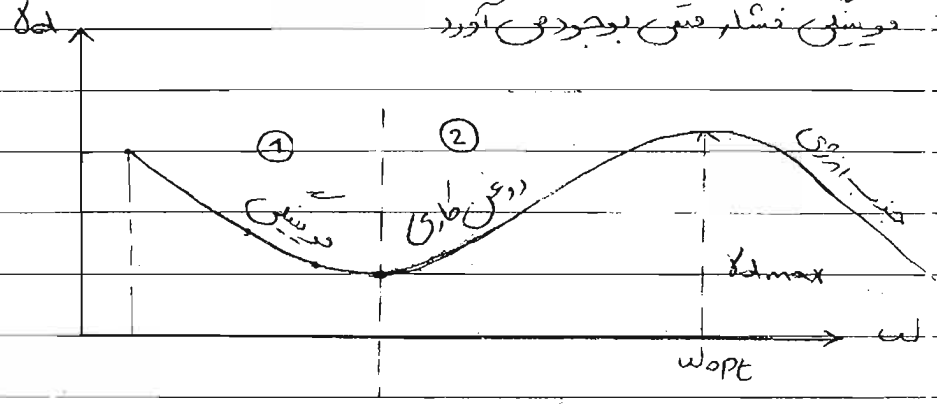
طریقه آزمایش لرخوری جدید ماله:



آلدرمن توانسته است پمپ خلع را وصل کند هوا را خارج کرده و ماله قفل می‌کند، قفل نمونه می‌شود و می‌توان بعدی آن آزمایش را انجام داد.

دیاگرام تراکم با افزودن آب باشد بین دانه‌های آن دوغاب این کار بین دانه‌ها توسط خاصیت دوغاب یکدیگر را جذب می‌کند لذا در هر دو حالت V.P و دوغاب آن خواهیم ماله را متراکم کنیم چون نمونه قفل شده است، عمل تراکم سخت است.

× آب زیاد خاصیت دوغابی را از بین می‌برد.
× خاصیت دوغابی فشار منفی بوجود می‌آورد



LL ≤ 30

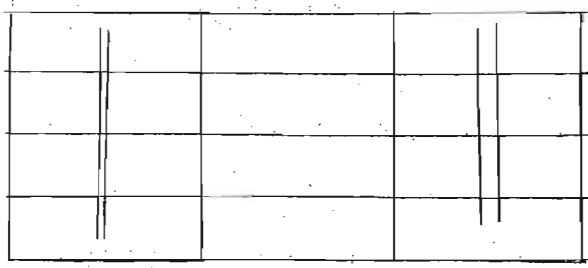
① در این قسمت آب باعث خاصیت لغزنده دوغابی، بین دانه‌های خاک دوغابی ایجاد کرده و باعث می‌شود چسبندگی وجود نباشد.

② در این قسمت بعلت آب زیاد دیگر خاصیت دوغابی از بین رفته، تبدیل به رطوبت خاکی می‌شود

③ بازیابی: تجدد رطوبت دقیق کاری هم تبدیل به جنب اندیسی می‌شود.

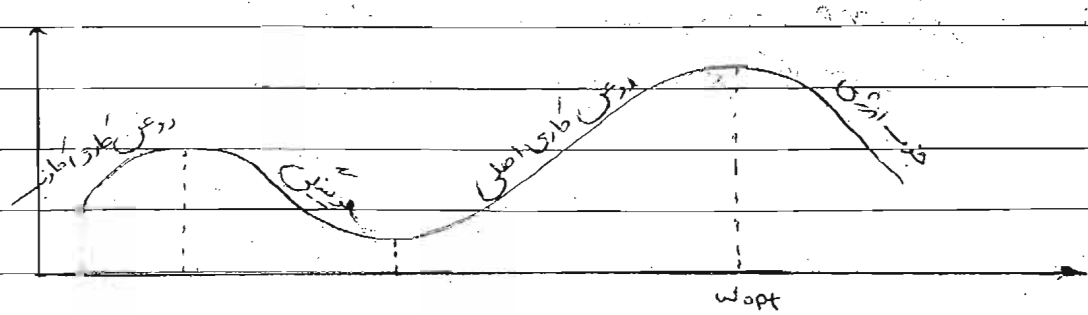
«فشنی‌های دوتایی تراکم»

فرض می‌کنیم خواص دوبیلی می‌تواند در خاک وجود داشته باشد.



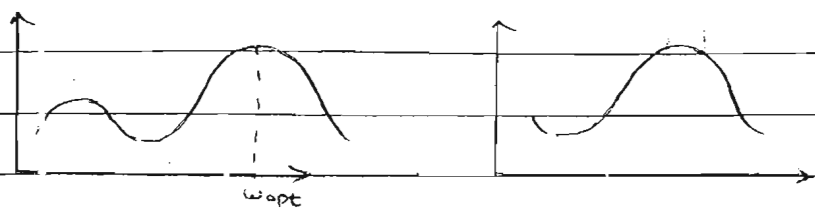
دوبیلی بازتاب — دوبیلی قطره

آقای نجواهیم در خاکهای درشت دانه که لوله‌های دوبیلی در آنها قطور تر است برای مشاهده خواص دوبیلی به آب بیشتری نیاز داریم.



LL ≤ 20

برای خاکهای با LL پایین تر (درشت دانه تر) از رطوبت های کم تست را شروع تا رطوبت های زیاد زیاد تا قله اصلی ωopt را پیدا کنید و تلاش کنید تا قله کناری را دچار اشتباه نکنید.



LL ≤ 20 — LL ≤ 30

LL = 15

تعریف γ_{ZAV} :

هوا = ۰	هوا	هوا	هوا	هوا
آب	آب	آب	آب	آب
جامد	خاک	خاک	خاک	خاک

$$\gamma_d = \gamma_{ZAV} > \gamma_{d_{max}} > \gamma_d > \gamma_d > \gamma_d > \gamma_d$$

$S_r = 100$

$A/ = 0$

اگر در ذهنمان بتوان هوا خاک را کاملاً خارج کرد آنگاه در خصوص خشک این حالت که هوا ندارد را γ_{ZAV} نامند.

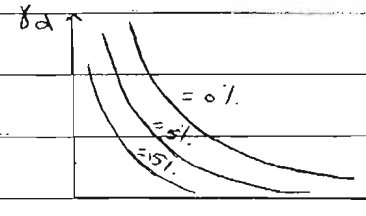
رابطه کلی:

$$\gamma_d = \frac{G_s(1-A)\gamma_w}{1+G_s \cdot w}$$

$$A/ = 0 \longrightarrow \gamma_d = \gamma_{ZAV} = \frac{G_s \gamma_w}{1+G_s w}$$

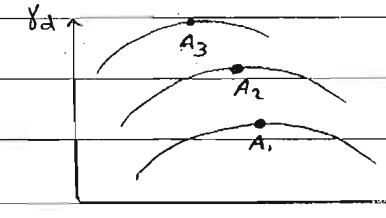
$$A/ = 5/ \longrightarrow \gamma_d = \frac{0.95 G_s \gamma_w}{1+wG_s}$$

$$A/ = 15/ \longrightarrow \gamma_d = \frac{0.85 G_s \gamma_w}{1+wG_s}$$



براساس نحوه ی کوبش:

* در درصدهای ثابت $(A/)$ برای Eهای مختلف

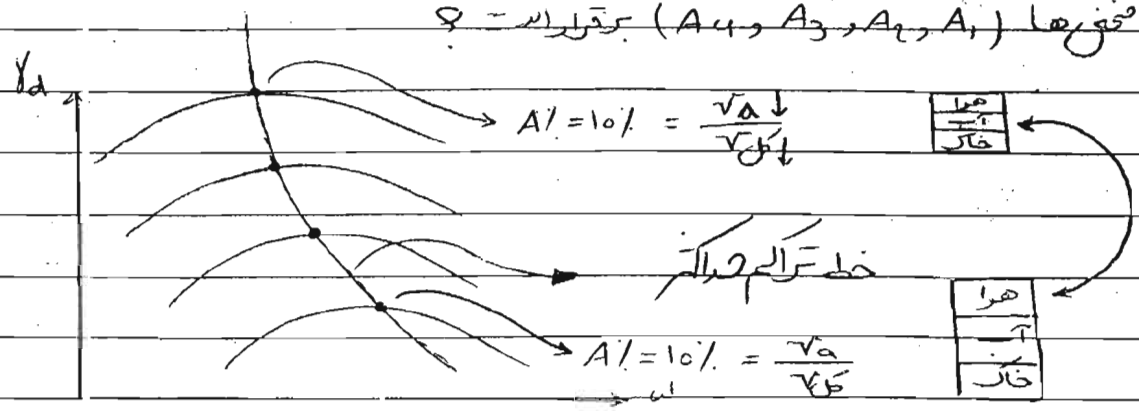


براساس آزمایش تراکم:

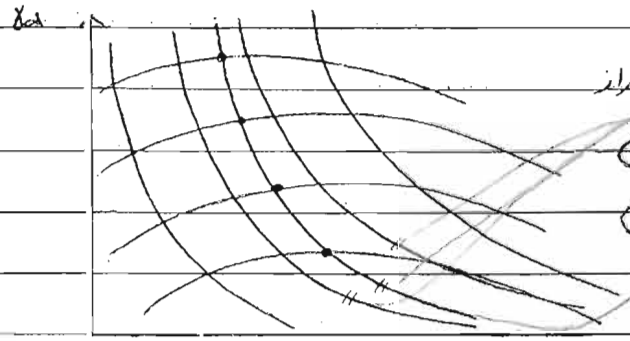
* در درصدهای مختلف $(A/)$ برای یک E ثابت

$A_1, A_2, A_3 \ldots$ درصدهای نقاط پیک منحنی ①، ②، ③، ...

سوال: برای منحنی آزمایش تراکم (بین γ_d و w) چه الگوی بین درصدهای منحنی‌ها (A_1, A_2, A_3, A_4) برقرار است؟



آن منحنی فوق را روی منحنی فرمول کل پیاده کنیم



بر تجربه ثابت شده است که خط تراکم صفر در منحنی همین فرمول کل است و همه این منحنی‌ها هذلولی فرمول کل است و همه این منحنی‌ها در قرار از این منحنی‌های است.

بنابراین درصدها در نقاط پیک منحنی‌ها در منحنی‌های آزمایش تقریباً یکسان است

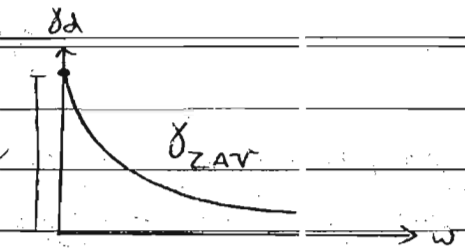
$$A_1 \simeq A_2 \simeq A_3 \simeq A_4$$

$$\gamma_{ZAV} = \frac{G_s \cdot \gamma_w}{1 + w\, G_s} = \gamma_d$$

$$\lim_{w \to \infty} \gamma_{ZAV} = 0$$

آب
آب
آب
خاک

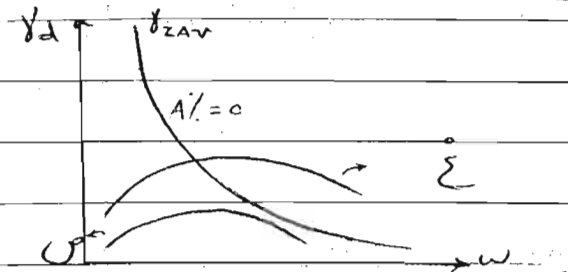
ثابت $\gamma_d = \frac{w_s}{\text{کل ۷}}$ ↑ ↓ ۰



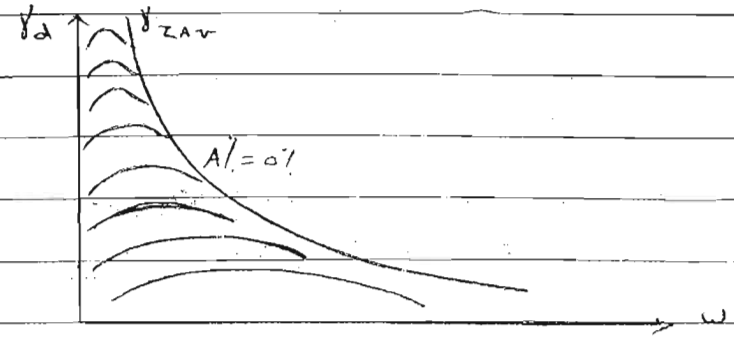
$$\lim_{w \to 0} \gamma_{ZAV} = G_s \gamma_w = \gamma_{soil}$$

خاک خشک: $\gamma_d = \gamma_{ZAV} = \dfrac{w_s}{V_s = V} = \gamma_{soil}$

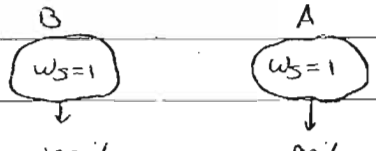
نکته: نمودارهای تراکم آزمایشگاهی همگی خارج از γ_{ZAV} ی اشباع هستند



نکته: هرچه γ_d بالاتری را در نمودارهای تراکم ببینیم وکوچکتری را نوشته نداریم محدوده γ_{ZAV} باشد



تست: در یک ظرف 1kg خاک خشک با تراکم 90٪ و 1kg خاک خشک با تراکم 100٪ داریم. بطور کلی تراکم خاک چند درصد است؟



حل: $R_d = \dfrac{\gamma_d}{\gamma_{d\max}} = \dfrac{\frac{w_s}{V}}{\gamma_{d\max}} = \dfrac{1}{V} \dfrac{w_s}{\gamma_{d\max}}$ (ثابت / ثابت)

$\Rightarrow$ درصد تراکم $\propto \dfrac{1}{V}$ $\Rightarrow$ $V_A = \dfrac{100}{90} V_B = \dfrac{10}{9} V_B$

$$R_d = \frac{\gamma_d}{\gamma_{d\max}} = \frac{\frac{1+1}{V_A + V_B}}{\frac{2}{V_B + V_B}} = \frac{2V_B}{V_A + V_B} = \frac{2V_B}{\frac{10}{9}V_B + V_B} = 94.7\%$$

به شرطی $\gamma_{d\max}$ داریم که حجم‌ها حداقل باشد که V_B در 100٪ تراکم است

«چند نکته کلی»

«نکته»

با افزایش انرژی تراکم درصد هوای خاک روی نقاط رأس منحنی‌ها تراکم ثابت می‌ماند. یعنی نقاط رأس در منحنی‌های تراکم همگی تقریباً یک درصد ثابت هوایی دارند.

«نکته»

هرچقدر دانه‌ها ریزدانه‌تر باشند یا سطح ویژه بیشتری داشته باشند، به آب بیشتری نیاز دارند (دیرتر خشک می‌شوند) و با آب بیشتری روان (دیرتر روان می‌شوند) می‌گردند.

«نکته»

با افزایش PI مقاومت خاک در حالت خشک بیشتر خواهد شد. به عبارت دیگر با افزایش PI در رطوبت‌های نسبتاً کم خاک حساسیت کمتری نسبت به تغییر رطوبت دارد و مقاومت بیشتری خواهد داشت.

«تست» برای خاکی با 20٪ رطوبت و چگالی 2.7 برای دانه‌ها، بیشترین میزان تراکم (حداکثر γ_d) چقدر است؟

حل: $G_s = 2.7 \quad w = 0.2$

$$\gamma_d = \frac{G_s}{1+e}\gamma_w \quad (G_s = 2.7)$$

$$S\%.e = G_s.w \quad (S\% = 1,\ G_s = 2.7,\ w = 0.2)$$

$$\rightarrow e = 2.7 \times 0.2$$

$$\gamma_d = 1.75 \ ton/m^3$$

نکته: برای حل مسائل مربوط و مرتبط با روابط وزنی حجمی، حتماً کل و دل وزنی حجمی را رسم کنید.

مثال: به یک مترمکعب خاک خشک که 1600 kg وزن دارد 400 kg آب اضافه می‌کنیم، حجم 50 lit بالای رو وزن مخصوص اشباع خاک قبل و بعد از اضافه کردن آب چقدر است؟

$\gamma_{sat} = ?$ $\gamma_{sat} = ?$

هوا	+ 400 kg	50 kg
خاک		آب 350 kg
		خاک

$\gamma_{sat} = \frac{50 + 350 + 1600}{1 + \frac{50}{1000}} = 1904.76 \text{ kg/m}^3$

$w_s = 1600 \text{ kg}$ $\gamma_{sat} = \frac{1600 + 350}{1} = 1950 \text{ kg/m}^3$

$\gamma_d = \rho \frac{w_s}{V_{کل}} = \frac{1600}{1} = 1600 \text{ kg/m}^3$

مثال: به 1 مترمکعب خاک که وزن کل آن 1700 kg، رطوبت 5٪ می‌باشد 75 kg آب اضافه می‌کنیم رتا $\gamma_d = 1800$ مترمکعب خاک متراکم شده چقدر است؟

$V_1 = 1 \text{ m}^3$ $\gamma_{d_1} V_1 = \gamma_{d_2} V_2$

$w_{کل} = 1700 \text{ kg}$

$w = 5\%$ $\frac{1700}{1 + 0.05} \times 1 = 1800 \times V_2$

$\gamma_{wet} = 1700$ $\Rightarrow V_2 = 0.9 \text{ m}^3$

خاک طبیعی

«مثال»

data: $G_s = 2.65$ $S_r = 80\%$ $e = 1$

حل:

$$S.e = G_s\, w$$

$$0.8 \times 1 = 2.65\, w$$

$$w = 30.2\% = 0.302$$

$$\gamma_c = \frac{G_s\, \gamma_w}{1+e} = \frac{2.65 \times 1}{1+1} \rightarrow \gamma_d = 1.325\ t/m^3$$

$$\gamma_{wet} = \gamma_d (1+w) = 1.325 (1+0.302) = 1.73\ t/m^3$$

روی این خاک تست تراکم زدیم، نتایج تست بصورت زیر است:

$$\gamma_{dmax} = 1.95\ t/m^3 \qquad w_{opt} = 13\%$$

می خواهیم این خاک را طوری تراکم کنیم $w = w_{opt} = 0.13$ ، $R_d = 98\%$

مثلاً در مثال بالا بعد از آوردن $1\ m^3$ خاک طبیعی به محل تراکم با وزنه‌های فوق، چند تراکم خاک طبیعی نیاز داریم.

ادامه حل:

$$R_c = \frac{\gamma_d \text{ خاک}}{\gamma_{d\,max}} = \frac{98}{100} = \frac{\gamma_d}{1.95}$$

$$\Rightarrow \gamma_d = 1.91\ t/m^3$$ (وزن مخصوص خاک)

$$\gamma_{wet} = \gamma_d (1+w) = 1.91 (1+13) = 2.16\ t/m^3$$

کلیدواژه: (ثابت ماندن) حجم دانه است.

تعادل حجم دانه‌ها: خاک طبیعی $= V = ?$ $1.91\ ton = 1\ m^3$ خاک خشک متراکم

$$\rho_d = 1.325 = \frac{M_s}{V_{کل}} = \frac{1.91}{V_{کل}} \Rightarrow V_{کل} = 1.44\ m^3$$

راه حل دوم:

$$\gamma_{d_1} V_1 = \gamma_{d_2} V_2 \Rightarrow 1.325 \times V_1 = 1.91 \times 1 \Rightarrow V_1 = 1.44\ m^3$$

تعادل حجم آب:

$$\rho_{wet} = 1.73\ t/m^3 = \frac{M_{wet}}{V_{کل} = 1.44} \Rightarrow M_{wet} = 2.49\ ton$$ خاک طبیعی

$$M_w = 2.49 - 1.91 = w \times M_s = 0.302 \times 1.91 = 0.577\ ton$$

استکان از خاک — قرضه

قرضه

$$M_w = w \times M_s = 0.13 \times 1.91 = 0.248\ ton$$

خاک خشک — مورد نیاز در خاک

$$\Delta M_w = 0.577 - 0.248 = 0.329\ ton$$

راه حل دوم

$$\Delta M_w = \Delta (w \times M_s) = M_s \times \Delta w = 1.91 (0.302 - 0.13)$$

$$= 0.329\ ton$$

	$\gamma_{کل}$	γ_d	w	M_s	$V_{کل}$	$M_{کل}$	M_w	
تزریق	1.93 t/m3	1.325 t/m3	30.2%	1.91	1.44 m^3	1.44 * 1.93 = 2.49	0.577 ton	ΔM_w 0.329 ton
خاکریز	2.16 t/m3	1.91 t/m3	13%	1.91	1 m^3	2.16 ton	0.248 ton	

نکته: در این گونه مسائل حتی اگر خواسته نشود w و γ_d را بدست آورید.

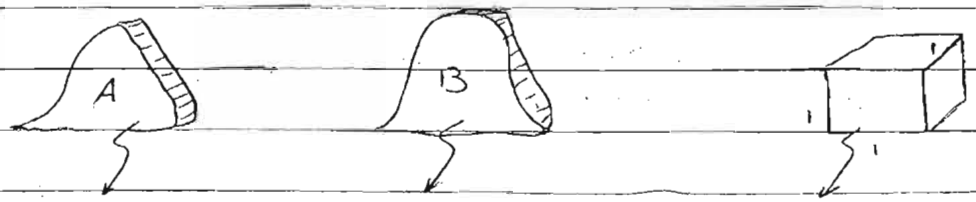
درس: مکانیک خاک — جلسه ششم — ۸۵/۵/۳

در مثال قبل از یک معادله یک مجهول داریم که به صورت زیر است:

1 مجهول : 1 نوع قرضه

1 معادله : تعادل جرم دانه‌ها

حال اگر دو نوع قرضه داشته باشیم: 2 نوع قرضه : 2 مجهول

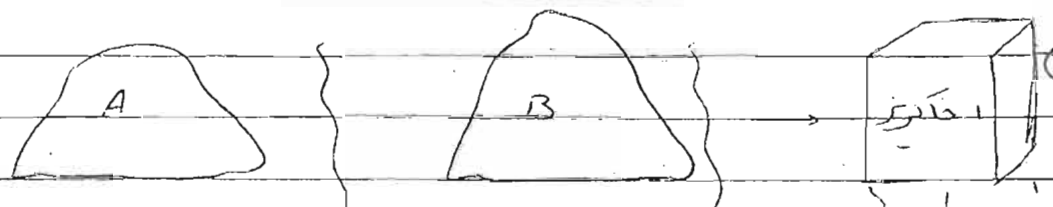


* به ازای هر نوع قرضه اضافی یک معادله اضافی خواهیم

قال:

مشخصات قرضه A : $G_S = 2.65$ ، $S = 80\%$ ، $e = 1.16$

مشخصات قرضه B : رس با همان G_S یعنی $G_S = 2.65$ ، $S = 10\%$ ، $e = 1.08$



$G_S = 2.65$ | $G_S = 2.65$ | comp test

$\gamma_{d\,max} = 2\ \frac{t}{m^3}$

$S_A = 80\%$ | $S_B = 10\%$

$w_{opt} = 10\%$

$e_A = 1.16$ | $e_B = 1.08$ | $R_d = 95\%$

صورت سوال: برای تأمین $1\ m^3$ خاکریز متراکم، چه حجمی از A و چه حجمی از B لازم است؟

قید: نسبت حجمی اختلاط حجمی $\frac{V_A}{V_B}$ برابر $\frac{1}{2}$ است $\left(\frac{V_A}{V_B} = \frac{1}{2}\right)$

حل: V_A به V_B : 1 به 2

برای چنین مسائلی حتی اگر نوزن نداشته باشیم γ_d و ω را بدست می‌آوریم

برای A:

$$\omega = \frac{S.e}{G_s} = \frac{0.8 * 1.16}{2.65} = 35\% = 0.35$$

$$\gamma_d = \frac{G_s \gamma_w}{1+e} = \frac{2.65 * 1}{1+1.16} = 1.22\ t/m^3$$

همین ترتیب برای B:

$$\omega = 4\% = 0.04$$

$$\gamma_d = 1.27\ t/m^3$$

از R_d $\Rightarrow$ $\gamma_d = 0.95 * 2 = 1.9\ t/m^3$

$$\omega = 10\% = 0.1$$

خاکریز $1\ m^3$ $= 1.9\ ton$

$$M_{sA} + M_{sB} = 1.9$$

$$\Rightarrow \rho_{dA} V_A + \rho_{dB} V_B = 1.9$$

$$\Rightarrow \begin{cases} 1.22 V_A + 1.27 V_B = 1.9 & / ① \\ V_B = 2 V_A & / ② \end{cases}$$

از ①، ② ⟹ $V_A = 0.5 \ m^3$ ، $V_B = 1 \ m^3$

* برآورد تقابل جرم دانه

جرم دانه انتقالی از قرضه A $= \rho_{dA} \cdot V_A = 1.22 * 0.5 = 0.61$ ton $= M_{SA}$ ، $V_A = 0.5 \ m^3$

B ″ ″ ″ $= \rho_{dB} \cdot V_B = 1.27 * 1 = 1.27$ ton $= M_{SB}$ ، $V_B = 1 \ m^3$

$M_S = 1.9 \simeq 1.88$ مورد نیاز خاکریز $(1m^3)$ ⊕

* برآورد تقابل جرم آب

جرم آب انتقالی از قرضه A $= w_A M_{SA} = 0.35 * 0.61 = 0.213$ ton $= M_{WA}$ ، $V_A = 0.5 \ m^3$

B ″ ″ ″ $= 0.09 * 1.27 = w_B * M_{SB} = 0.05$ ton $= M_{WB}$ ، $V_B = 1 \ m^3$

$M_W = 0.263$ ton انتقالی از دو قرضه ⊕

جرم آب مورد نیاز $1m^3$ خاکریز

$w * M_S = 0.1 * 1.9 = 0.19$ ton خاکریز

$\Rightarrow \Delta M_W = 0.263 - 0.19 = 0$

اگر n منبع قرضه داشتیم:

M_S خاکریز $= \sum_{i}^{n} V_i \rho_{di}$

مثال: دو محلول نسبت به هم چگونه باشند که جهت اجرای فرایند نیاز به کم و زیاد کردن آب نباشد.

حل:

$$\begin{cases} M_S = 1.9 = M_{SA} + M_{SB} \\ M_W = M_{WA} + M_{WB} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 1.9 = M_{SA} + M_{SB} \\ w * 1.9 = w_A M_{SA} + w_B M_{SB} \end{cases}$$

فاکتور

$$\Rightarrow \begin{cases} 1.9 = M_{SA} + M_{SB} \\ 0.19 = 0.35 M_{SA} + 0.9 M_{SB} \end{cases} \Rightarrow \begin{matrix} M_{SA} = 0.36 \\ M_{SB} = 1.53 \end{matrix}$$

* تعادل جرم املاح

$$\sum M_{SA,B} = 1.89 \simeq 1.9 \quad \text{o.k}$$

× تعادل جرم آب

$$w_A M_{SA} = 0.35 * 0.36 = \dots$$

$$w_B M_{SB} = 0.9 * 1.53 = \dots$$

$$\sum \dots = 0.19 \quad \text{o.k}$$

$$V_A = \frac{M_{SA}}{\rho_{dA}} = \frac{0.36}{1.22} = 0.3\ m^3$$

$$V_B = \frac{M_{SB}}{\rho_{dB}} = \frac{1.53}{1.27} = 1.2\ m^3$$

پس:

$V_B \sim V_A$ است $\quad$ o.k

نکته: اگر محلولی از دو جک با حجم مساوی و درصد تراکم های مختلف، درصد تراکم مخلوط از متوسط درصدهای تراکم بهره کمتر است.

مثلاً

$$\begin{cases} 1\,kg \xrightarrow{\text{تراکم}} 100\% \\ + \\ 1\,kg \xrightarrow{\text{تراکم}} 90\% \end{cases} \longrightarrow 2\,kg \xrightarrow{\text{تراکم}} < 95\%$$

* قاعدهٔ گرد کردن: مثلاً 7.5 — 8.49 — 8.5 — 9.4

7.5 → 8 ، 8.5 → 9

* GI بیانی از جنس PI است و خواص زیر را توجیه می‌کند.

بطور کلی برای خاک‌های درشت‌دانه A-1-a، A-1-b، A-2-4، A-2-5، A-3 نیازی به محاسبهٔ GI نیست و می‌توان آن‌ها را صفر گرفت.

* برای خاک‌های A-2-6، A-2-7، GI را از رابطهٔ زیر بدست می‌آوریم

$$GI = 0.1\,(F-15)(PI-10)$$

* GI معمولاً برای بعضی خاک‌های درشت‌دانه نیز بدست می‌آید.

(3)

* طبقه‌بندی AASHTO دقیق‌تر است (ریز طبقه‌بندی)

فرضاً شن ← A-1

A-1-a: شن درشت‌تر

A-1-b: شن ریزتر

* و یا به صورت طبقه‌بندی درونی طبقه‌بندی می‌کند.

A-2 ای که از نظر خواص به A-4 هم شبیه است مثلاً A-2-4 فرضاً

ترکیب است.

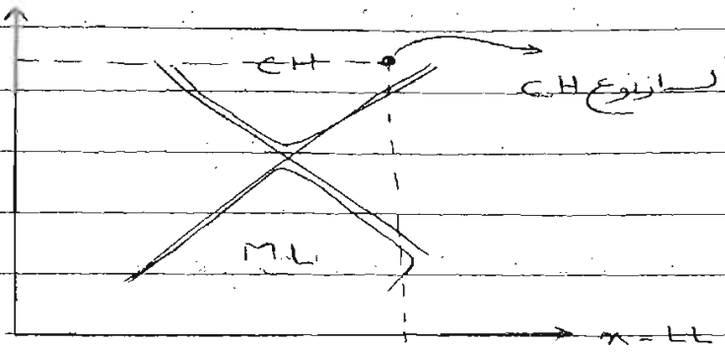
خصوصیات پلاستیسیته:

پلاستیسیته
- دانه بندی
- خمیری: LL, PL ← PI

اساساً خاک عبوری از الک 200 رابه دست می آوریم اگر بیشتر از 50٪ عبور کرد ریزدانه است و بالعکس

کـ نمودار پلاستیسیته، نمودار خمیری یا چارت پلاستیسیته:

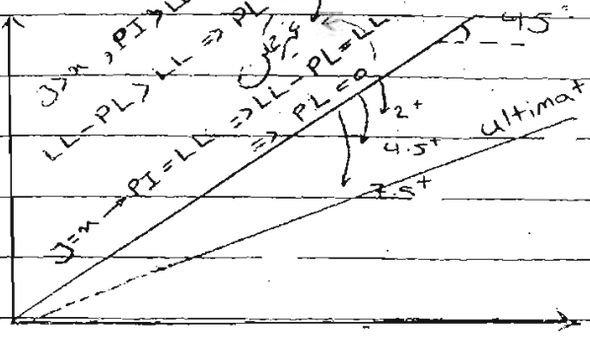
یک سیستم مختصات که به کمک یک تعداد خطوط استاندارد، ناحیه بندی شده و هر ناحیه برای خودش اسمی دارد.



در نمودار فوق ۶ ناحیه وجود دارد (برای ریزدانه):

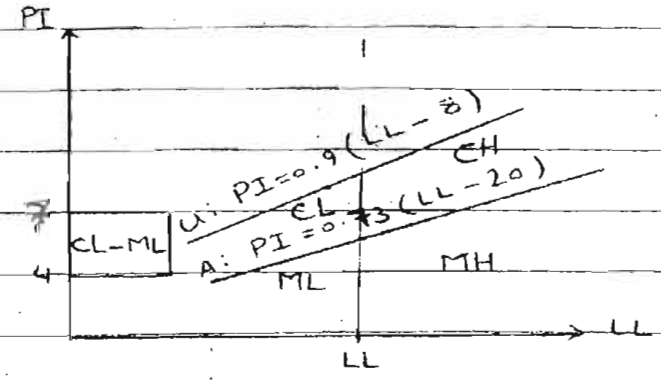
CL - ML ، CH - MH ، CL - CH ، ML

این بار PI خاکی را داشته باشیم و مختصات آنرا روی چارت فوق پیدا کنیم در هر ناحیه ای که افتاد آن ناحیه، نوع خاک مارا مشخص می کند



نکات مربوط به نمودار (PI - LL)

* بالای خط 45° خاکی وجود ندارد * هیچ خاک دانه‌ای با صفر درصد رس خاصیت خمیری ندارد ← روی خط 45° هم خاک نداریم * هرچه از خط 45° به طرف بالا و راست می‌رویم PI زیادی می‌شود * از یک حدی پایین‌تر از خط 45° خاک معنای خود را از دست می‌دهد ← خط A خط تجربی است ← فرمول ثبت و ... است ← روی خط A (روی) ← بالاتر از خط A (روی) و پایین‌تر از خط A (زیر) * اگر LL > 70 شود ← CH ← CHE و MH ← MHE

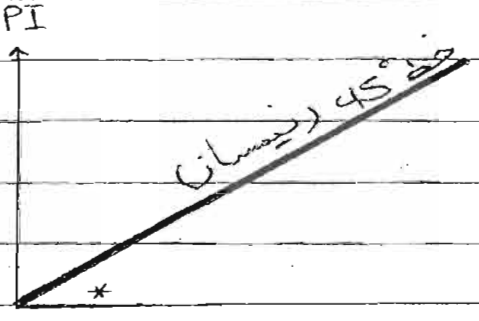


* LL=50 فرض است که زمین بیشتر از آن حد آسان زیاد و کمتر از آن حد آسان کم می‌باشد H L

* اگر درست بر روی LL=50 بیافتد high plasticity می‌شود

* قسمتی از ردیف CL ML هم است و کاربرد دارد که نمی‌دانم Line A است

* نقطه رسم داده شده برای هیچ خاکی وجود ندارد ← خاکی وجود ندارد با درصد رطوبت پایین (...) رسم شود



تست – کدام یک از محدوده‌های زیر به کدام یک از مناسبترین حد انقباض خاک را راهنمایی می‌کند

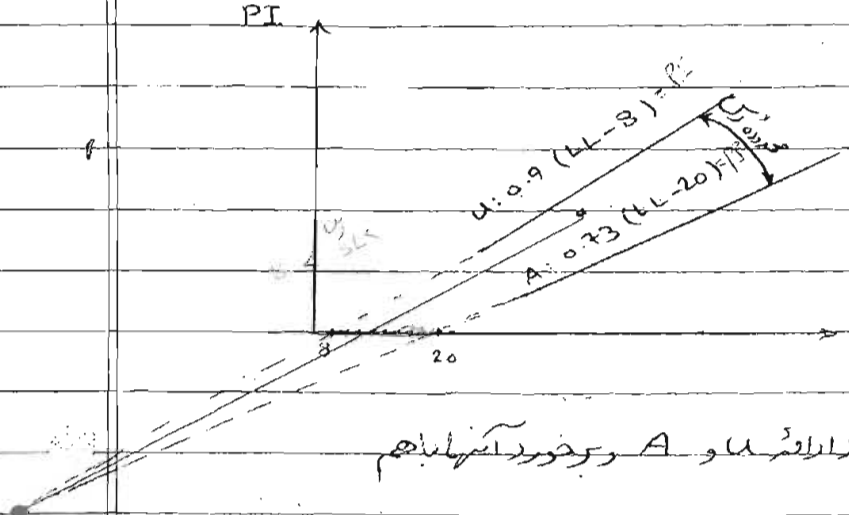
1) $6 \leq SL \leq 25$

2) $8 \leq SL \leq 20$

3) $10 \leq SL \leq 20$

4) $5 \leq SL \leq 15$

(2)



* شیب خط A برابر است با (0.9 = A شیب ، 0.73 = A شیب)

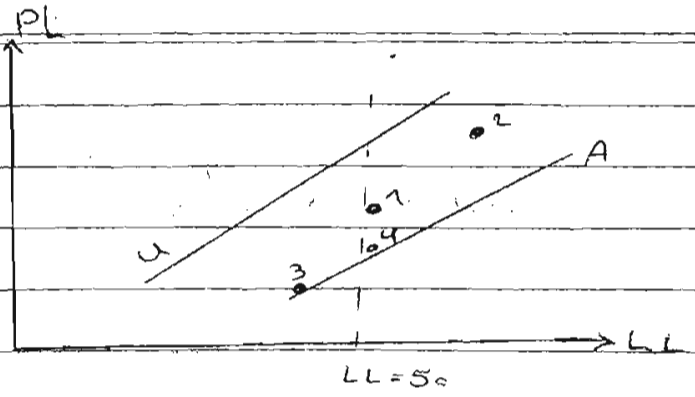
حال همه را در نقطه‌ای قطع می‌کند که نقطه پرنس (R) نامیده می‌شود

* نقطه R ، نقطه‌ای حاصل از ادامه A و برخورد آنها با هم

است از R به مختصات نقطه حاصل از (PI , LL) خط رسم می‌کنیم هرجا خط را قطع کرد نشان‌دهنده SL خاک است.

نکته: $20 \geq SL$ لیت

PL و SL از نظر واحد هم‌سنخ‌اند



① LL = 52 : CH/CL ناحیه‌ای نقاط فوق بصورت مقابل است:

② LL = 65 : CH

③ CL/ML

④ CH/CL یا CH/MH → تعیین بهتری است

* نحوه طبقه‌بندی خاک‌های آلی

چند نکته: اگر خاکی را یک بار در 110° over و یک بار در هوای آزاد خشک کنیم، داریم:

I. اگر نسبت LL خاکی را که در over خشک کنیم (چون دوباره آبی آن می‌رود) به LL خاکی که در هوا خشک می‌شود را بنویسیم داریم:

$$\frac{LL \text{ oven dride}}{LL \text{ air dride}} \leq 1.0$$

High plasticity رُسِ O.H

if LL o.d. ≥ 50

$$\frac{LL \text{ o.d.}}{LL \text{ a.d.}} \leq 0.75$$

if LL o.d. < 50

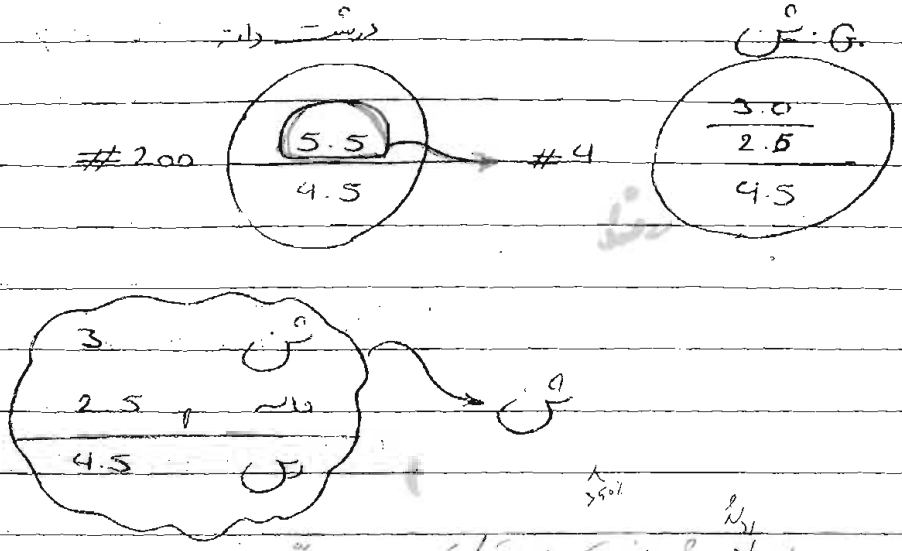
O.L رُسِ light plas

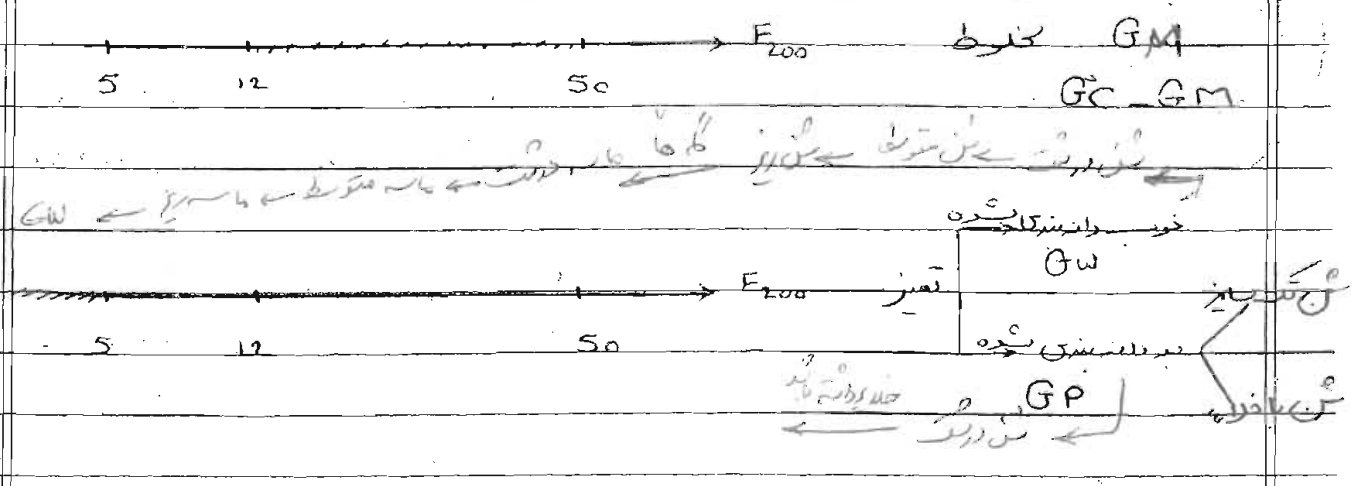
اما همواره بصورت مقابل در نظر می‌گیرند

$$\%C = \frac{\text{افت وزن خاک در اثر حرارت } 110^{\circ}C}{\text{وزن خشک خاک بعد از حرارت } 110^{\circ}C} * 100$$

درصد مواد آلی

«طبقه‌بندی خاک درشت دانه»





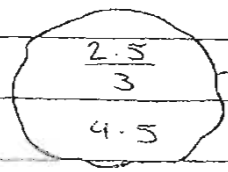
$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} \qquad Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \cdot D_{10}}$$

GW ← شن تمیز ← مقداری ماسه ← $Cu \geq 4$ ، $1 \leq Cc \leq 3$

GP ← تک اندازه ، شن با خلاء ← خلاف هر دو یا هر دو یا فوق ← یکی نباشد بد دانه بندی میشه

طبقه بندی اضافه:

- GW - GC
- GW - GM
- GW - GC - GM
- GP - GC
- GP - GM
- GP - GC - GM



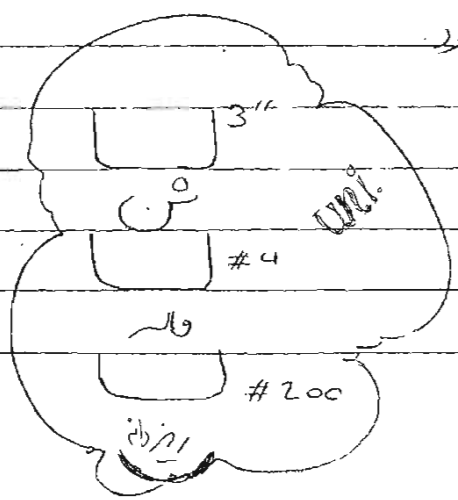
برای ماسه تمیز باشد

* در آزمون ۲۰۰ تمام گلوله‌های فوق تبدیل به گل می‌شود

* مقداری ماسه در GW حذف می‌شود

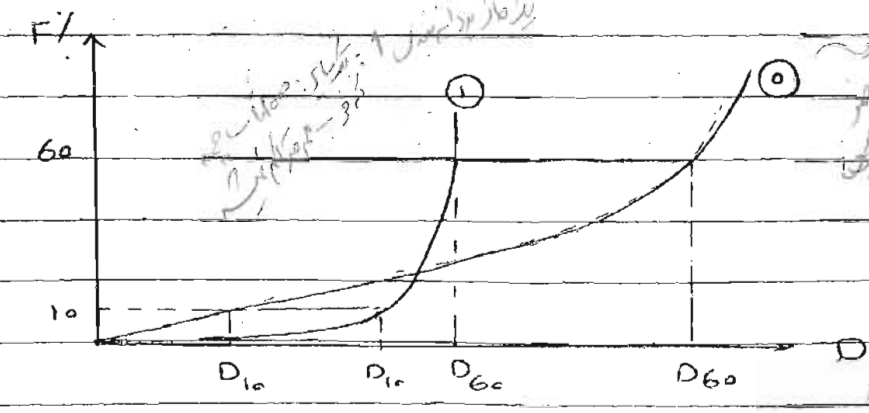
* $Cu \geq 6$ می‌شود

* تمام لغات شن به ماسه تبدیل می‌شود



« نکته » شرط $C_u \geq 4$ یا $C_u \geq 6$ جلوی اتفاق بد را می‌گیرد.

یعنی دانه‌بندی یا تک‌دانه شده را می‌گیرد.



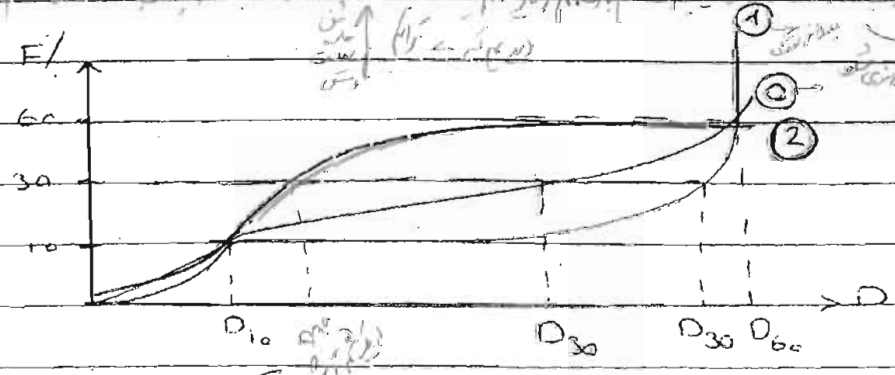
$$C_{u_0} = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad \text{و} \quad C_{u_1} = \frac{D_{60}\downarrow}{D_{10}\uparrow}$$

نمودار ما خوابیده است.

برای آنکه خاک خوب متراکم شود باید:

شن : $C_u \geq 4$: $D_{60} \geq 4 D_{10}$

ماسه : $C_u \geq 6$: $D_{60} \geq 6 D_{10}$



* شرط $C_u \geq 4$ یا 6 برای خوب دانه‌بندی بودن لازم است ولی کافی نیست.

$1 < C_c < 3$

** شرط $C_c < 3$ حاوی اتفاق بد تقعر شدید در منحنی دانه بندی

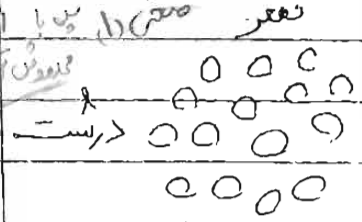
دانه ریزه ی آن لذا دانه های خاک به نفع اندازه های درشت تمایل کند

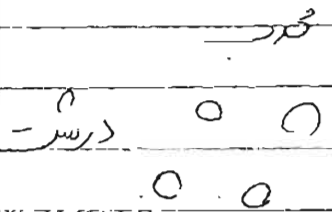
** شرط $C_c > 1$ حاوی اتفاق بد کدی شدید در منحنی دانه بندی

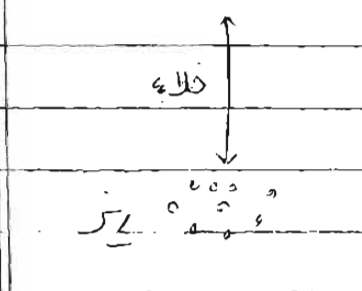
دانه ریزه ی آن لذا دانه ها سمت اندازه های کوچکتر تمایل کند

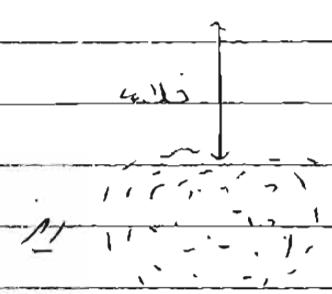
$$C_{u_0} = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad C_{u_1} = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad C_{u_2} = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

$$C_{c_0} = \frac{D_{30}^2}{D_{10} D_{60}} \quad C_{c_1} = \frac{D_{30}^2}{D_{10} D_{60}} \quad C_{c_2} = \frac{D_{30}^2}{D_{10} D_{60}}$$









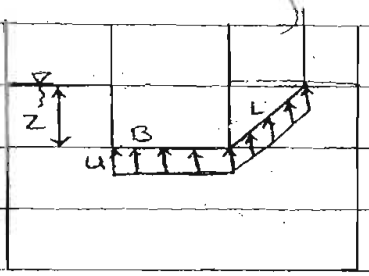
«یکشنبه ۸۵/۵/۸» «مکانیک خاک» «جلسه هفتم»

«تراوش» : آب در حرکت ← $u = ?$

مبحث آب در حرکت :

«آب ساکن خالص»

«آب ساکن خالص» یک سیال ایده‌آل است.



اصلی‌ترین هدف در بحث تراوش تعیین فشار آب است.

$$u = \text{فشار آب} = \gamma_w z = \frac{\text{نیرو}}{\text{طول}} \cdot \frac{kg}{m^2}$$

$$\text{نیرو} = \text{نیرو حجم‌دیاگرام فشار} \quad U = u \times B \times L$$

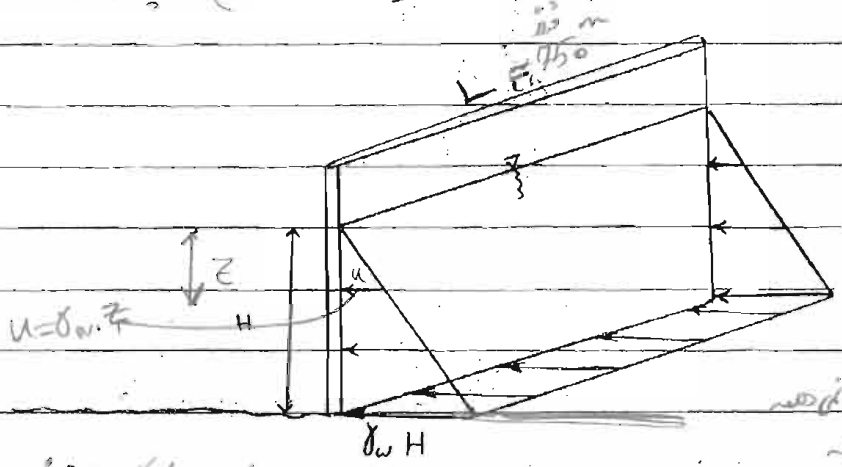
«Uplift» نیروی برکنش ≡ نیرو (kN)

$$\frac{\text{نیرو}}{\text{طول}} = \text{مقطع دیاگرام فشار} = \frac{U = u*B*L}{L} = u \times B = \text{نیروی وارد بر طول}$$

$$u = \gamma_w \cdot z \cdot \text{نیروی برکنش} = \frac{\text{نیرو}}{\text{طول}} = kg/s^2$$

$$U = \text{Uplift} = \text{نیرو} = kN = u \times B \times L = \text{نیروی برکنش}$$

بعنوان مثال برای سازه‌های گفت بارانداری بوسیله آب :

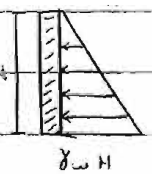


در سازه‌های حائل موضع (دیوار) دو اصطکاک بررسی میشه

سازه ← مصالح ← دیگر طول نگاری نمود.
بارانداری

$$U = \frac{1}{2} \times \gamma_w H \times H \times L$$

نیرو در واحد طول $= \frac{1}{2} \gamma_w H \times H \Rightarrow 2 = D$



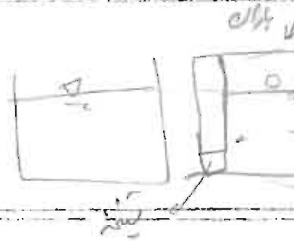
آب ساکن در حال :

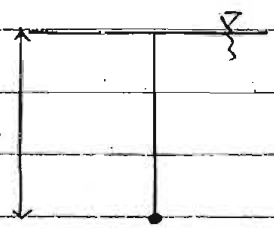
« نکته » اگر آب ساکن در حال باشد به شرطی که حالت خصای محبوس و دست نداشته و خصاها و باشند روابط زیر برقرار است.

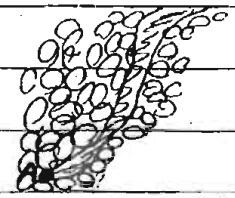
حالی خاک هم و تبط باشند طوری که در تودهٔ خاک تنش روی آب تنش ناشی از وزن آب تا عمق عام

روابط برای آب ساکن خالص برای آب ساکن در خاک هم صادق است. (فقط ظروف

مرتبط عرقراست)

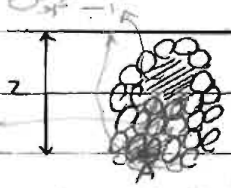






$u_A = \gamma_w z$

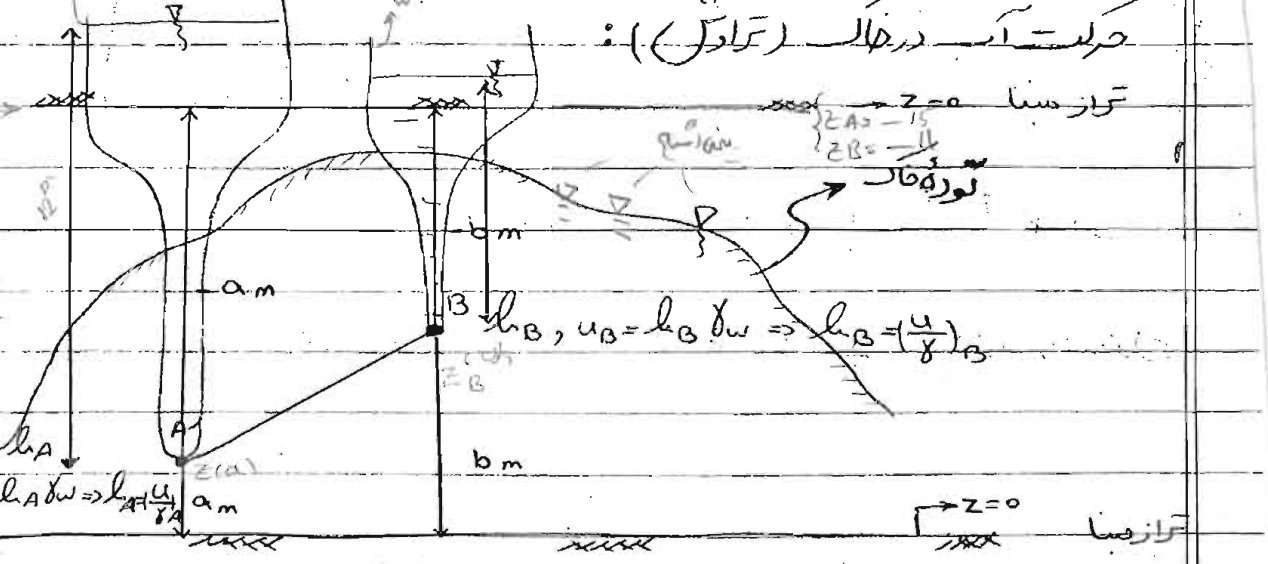
$u_A = \gamma_w z$



$u_A \neq \gamma_w z$

* موارد فوق برای خاک اشباع است

حرکت آب در خاک (تراوش):



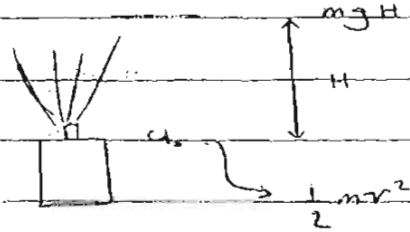
کمیتهایی که حرکت آب از نقطه‌ای به نقطه دیگر به آنها بستگی دارد:

ارتفاع: ارتفاع آب از تراز مبنا ← ارتفاع هر نقطه‌ای بالاتر باشد ← آب از آن نقطه به نقطه‌ای که ارتفاع پایین‌تری دارد حرکت می‌کند ← از جنس طول است

فشار: فشار آب در روی هر نقطه ← فشار بر روی هر نقطه بیشتر باشد ← آب از آن نقطه به نقطه‌ای که فشار کمتری بر آن است حرکت می‌کند ← از جنس طول نیست

برای آنکه انرژی طول شود ← آنرا ارتفاع معادل فشار می‌گیریم ← می‌توانیم با $\frac{u}{\gamma_w}$ جمع کرد (انرژی طول شد)

سرعت: برای حرکت آب در یک نقطه ← می‌توان یک لوله آزمایش گذاشت ← آب از هر نقطه که سرعت بیشتر است به نقطه با سرعت کمتر حرکت می‌کند ← انرژی طول نیست ← به آن ارتفاع سرعت تبدیل می‌کنیم ← انرژی طول می‌شود ← جمع می‌کنیم $\frac{v^2}{2g}$

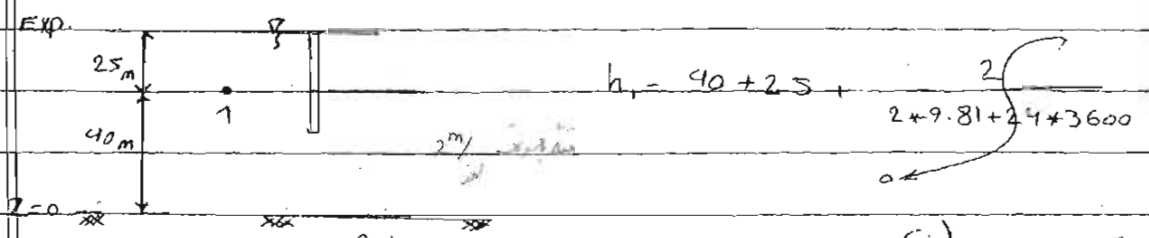


$$\frac{1}{2}mv^2 = mgH$$

$$\therefore \boxed{H = \frac{v^2}{2g}}$$

هر نقطه از مسیر حرکت آب ← $h = z + \frac{u}{\gamma_w} + \frac{v^2}{2g}$ ←

z: هد موقعیت (ارتفاع یک نقطه از مبدأ)، $\frac{u}{\gamma_w}$: هد فشار، $\frac{v^2}{2g}$: هد سرعت



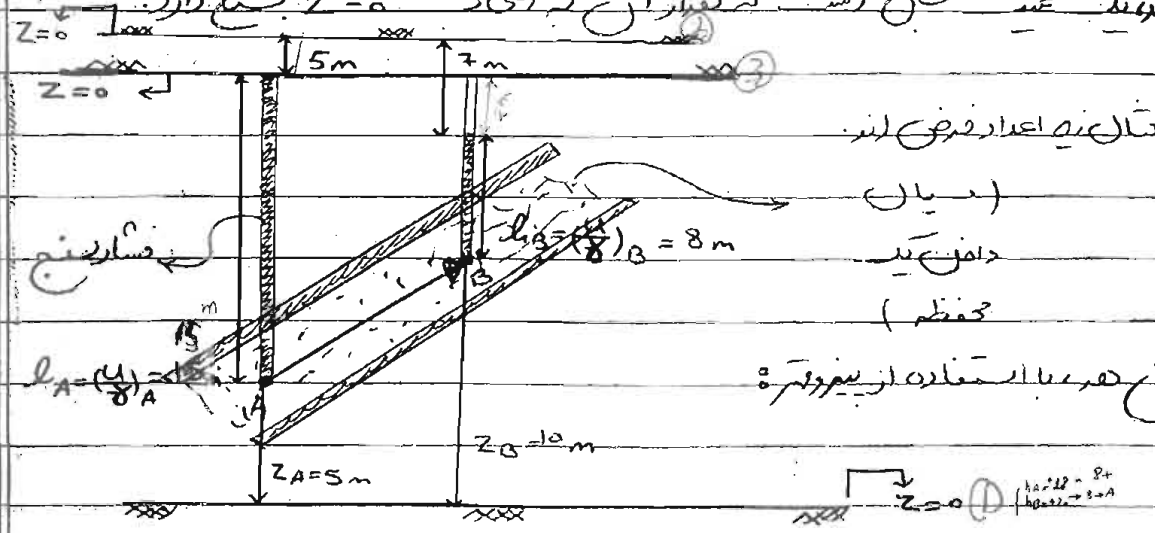
** در حالت کلی می‌توان هر سه را در مقابل هم رقم و هر سه را صرف نظر نمود.

** در نقاط دیگر آب حرکت می‌کند، u را می‌توانیم تقریباً حساب کنیم لذا می‌نویسیم:

$$h = z + \frac{u}{\gamma} \Rightarrow u = (h - z)\gamma_w$$

حال اگر آب ساکن بود $u = \gamma h$ می‌شود همانطور که گفتیم آب

** همونطور که میبینید نقش است که مقدار آن به انتخاب $z=0$ بستگی دارد.



یک مثال به اعداد فرض کنید.

(دریاچه)

داخل سد

(محفظه)

تعیین هد با استفاده از پیزومتر:

$$h_{کل} = \underset{\text{نقطه}}{h} + \underset{\text{فشار}}{h} = z + \frac{u}{\gamma}$$

** پیزومتر ابزاری است ساده برای اندازه‌گیری فشار آب. سنگ نقطه و برآورد ارتفاع معادل فشار آب در آن نقطه

$$h_A = 5+15 = 20\,m > h_B = 10+8 = 18m \qquad z=0$$

$$h_A = -20+15 = -5\,m > h_B = -15+8 = -7\,m \qquad z=0$$

** فاصله سطح آب تا کف در پیزومتر نقطه تراز $z=0$ با رعایت علامت جبری است با هد نقطه.

① برای مثال فوق، اولین گام تعیین سطح مبنا $z=0$ است.

② دومین گام تعیین فشار نقاط مورد نظر با استفاده از پیزومتر است.

"هیدرولیک"

* در کلی ترین حالت، بصورت $K \propto e^2$ (بویژه در ماسه‌ها)

* برای ماسه‌های تمیز و تا متوسط $K_e = 1.4 e^2$ $K_{e(0.85)}$

ماسه‌ای که دانه‌بندی آن کمتر از 5٪

* برای ماسه‌های تمیز یکنواخت $K(cm/sec) = C \times D_{10}^2$ که $1.0 \leq C \leq 1.5$ حدود

D_{10}: قطر دانه‌ای که 10٪ وزنی نمونه از آن ریزتر است

$C_u < 2$ که

* برای ماسه‌های تمیز با تراکم متوسط $K = \alpha \frac{e^{\beta}}{1+e}$ ضریب تخلخل — $\beta \sim 3$ ضریب ثابت

محدوده K برای انواع خاکها برحسب cm/sec

شن تمیز: $1 \sim 20,30$ cm/sec

ماسه درشت: $1 \sim 0.01$ "

ماسه ریز: $0.01 \sim 0.005$ "

لای: $0.001 \sim 0.00001$ "

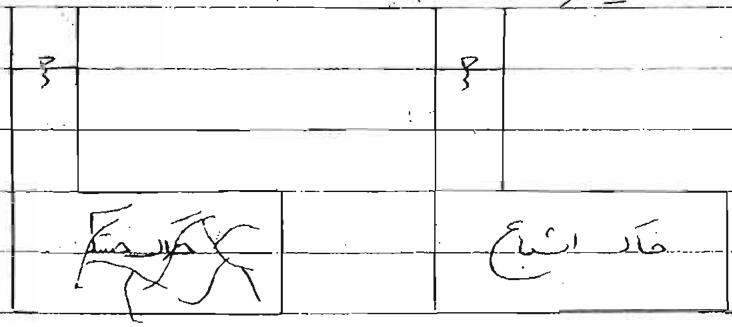
رس: کمتر از 10^{-6} "

K - قابلیت انتقال انرژی آب در محیط پس هم به وزن مخصوص آب بستگی دارد هم به وزن آب بستگی دارد.

- وقتی دبی و دمای محیط بالا رود، K بالا می رود.
- هدایت و K بالا رود، K بالا می رود.
- اندازه ذرات بالا رود، K بالا می رود.
- گرد و خاک بالا رود، تبخیر و تبلور کم می شود، نفوذ کم می شود، K بالا می رود.
- ویسکوزیته سیال بالا رود ↑ (η) ← K پایین می آید.
- درجه حرارت (T) بالا رود، لزجت پایین می آید ← K بالا می رود.
- در شرایط کاملاً یکسان از نظر اختلاف هد، اختلاف فشار، جنس محیط، ویسکوزیته و ... سیال کدام قرار، انرژی حرکتی بیشتری دارد (K بیشتر)

بیشتر

- ک



↑ S_r ↑ K ← آن به کا قابلیت انتقال انرژی

آب در خاک می باشد لذا در خاک اشباع با ورود قطره ای آب به سیستم انرژی انتقال یافته و از طرف دیگر سیستم بصورت Pass می شود اما در خاک خشک با ورود آب به سیستم، بلافاصله آن خاک پر می شود لذا انرژی آب به کل سیستم انتقال

می‌یابد لذا با افزایش γ_w و K با γ_w می‌رود.

که کمیتی است فقط معرف قابلیت نفوذپذیری سیال یک محیط بوده و ضریب تراوایی نامیده می‌شود.

بنابراین داریم:

$$K = \left(\frac{\gamma_w}{\eta}\right)\bar{K}$$

K ← ضریب تراوایی یا ضریب انتقال هیدرولیکی محیط

γ_w ← وزن مخصوص سیال

η ← ضریب تقوینپذیری دینامیکی

واحد K ← طول بر زمان ← L/t

واحد γ_w ← نیروی بر (طول)^3 ← N/L^3

واحد η ← تنش در زمان ← $\frac{N}{L^2} \times t$

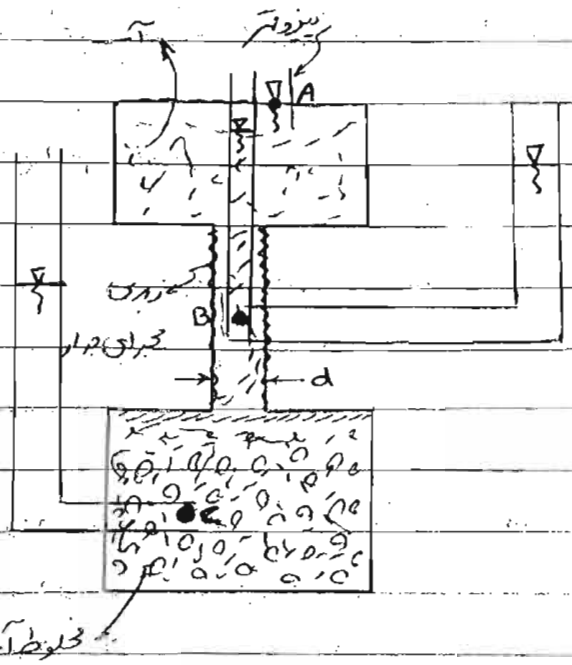
واحد $\bar{K}$ ← طول به توان 2 ← $(L)^2$ ← L^2

K → Hyd. permeability

$\bar{K}$ → Hyd. conductivity

$$\left.\begin{array}{l} \bar{K} \propto e^2 \\ e \propto D \end{array}\right\} \Rightarrow \bar{K} \propto D^2_{(m^2)}$$

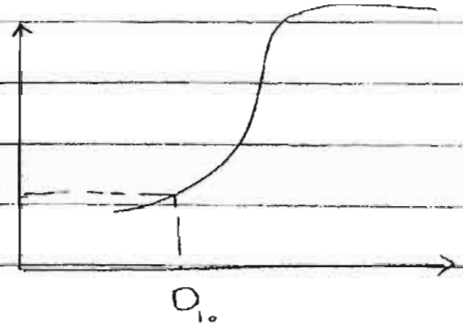
«سه‌شنبه ۱۰/۵/۸۵» «مکانیک خاک» «جلسه هشتم»

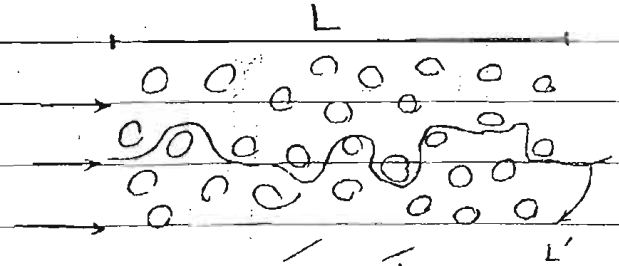


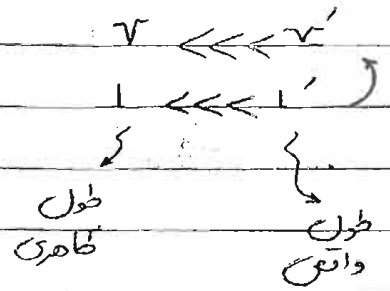
در نقطه A فشار آب کامل است بنابراین آب در پیزومتر تا نقطه A بالا خواهد بود

در نقطه B اگرچه باز هم آب خالص است اما بدلیل تیغ جداره، زیرا لوله‌ها تأثیر ناپذیر است لذا آب خنثی شده و از بین رفته است لذا ارتفاع آب در پیزومتر نسبت به A کمی پائین‌تر است

در نقطه C بدلیل خنثی آب در اثر طی مسافت و همچنین صرف آب از داخل دانه‌ها ارتفاع آب در پیزومتر، ارتفاع آب نسبت به نقطه پائین‌تر است





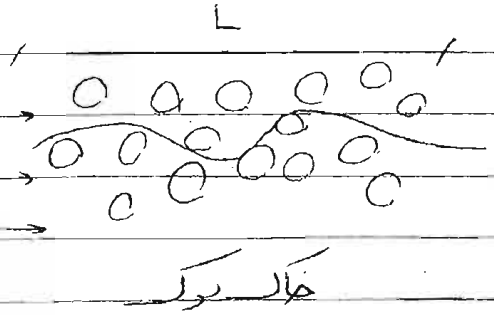


$$v = \frac{L}{t} < v' = \frac{L < L'}{t}$$

$$v' = \frac{v}{n}$$

یونی

$$n > 1 \Rightarrow v' < v$$



$L < L'$

$v < v'$

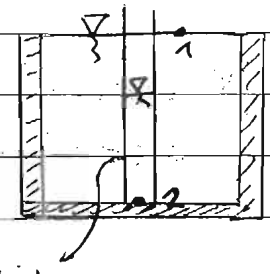
دبی تراوش: حجم آب عبوری در واحد زمان از یک مقطع مشخص آبدهی (مقطع کنترل)

$$Q = \frac{v}{t} = \frac{A \times L}{t} = A \times v = k i A$$

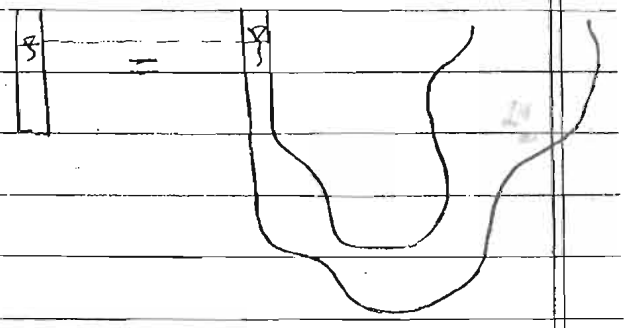
قانون تراوایی دارسی

ظاهری

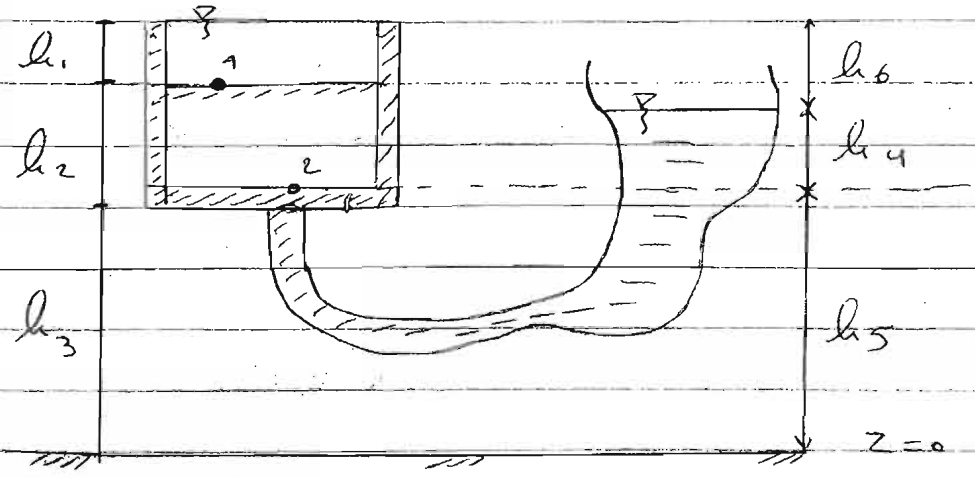
کل $A \rightarrow V$ ظاهری خود $A_v \rightarrow v'$ واقعی



پیزومتر ۵
(تیوب رو باز دارد)
رو باز روی نقطه ②



نشتی پیزومتر تأثیری در عملکرد ندارد

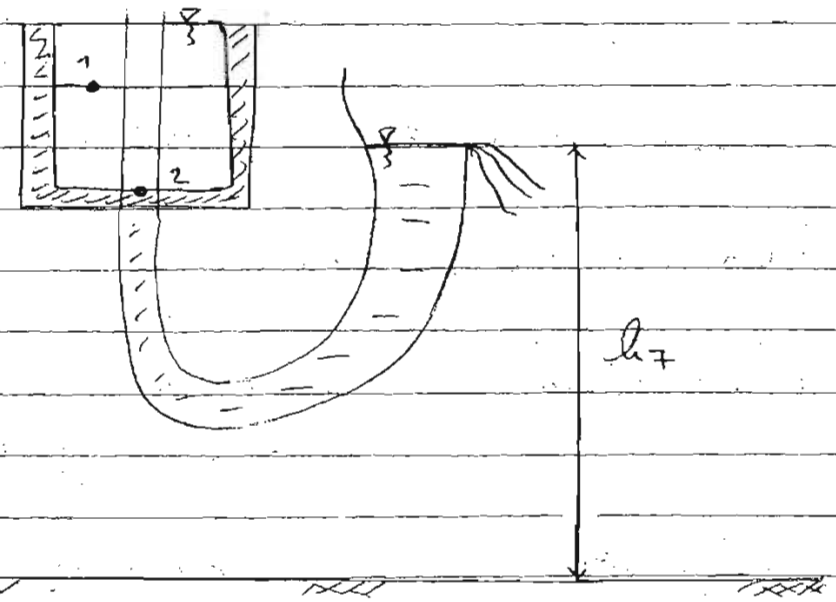


$$h_1 = \underbrace{h_1}_{\text{فشار}} + \underbrace{(h_2 + h_3)}_{\text{ارتفاع}}$$

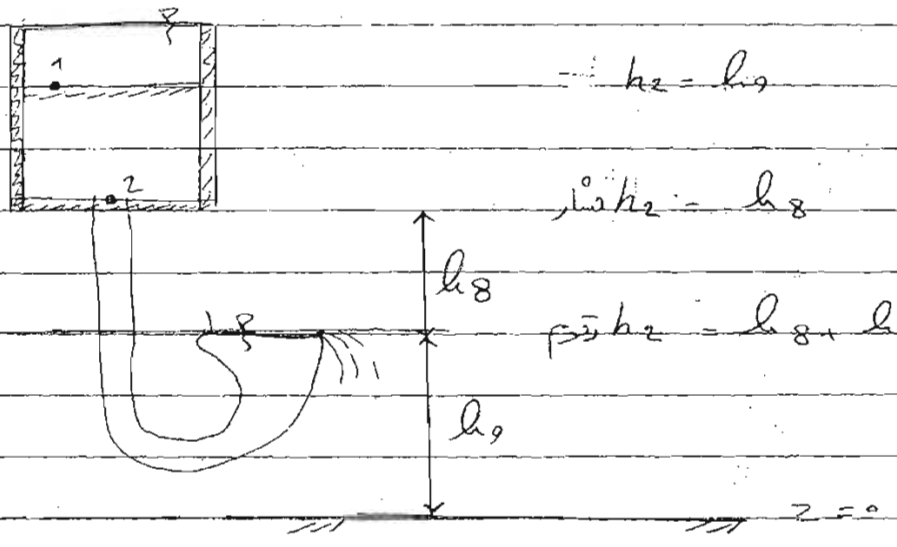
$$h_2 = \underbrace{h_4}_{\text{فشار}} + \underbrace{h_5}_{\text{ارتفاع}}$$

$$\Delta h_{1\to 2} = h_6$$

$$i = \frac{h_6}{h_2}$$



$h_2 - h_7 = z + 0$



$\Rightarrow h_2 = h_9$

$\Rightarrow h_2 = h_8$

$\Rightarrow h_2 = h_8 + h_9$

$h_1 = h_1 + h_2 + h_8$

$h_2 = 0 = + h_8 - h_8$

آزمایش تعیین ضریب تراوایی در آزمایشگاه:

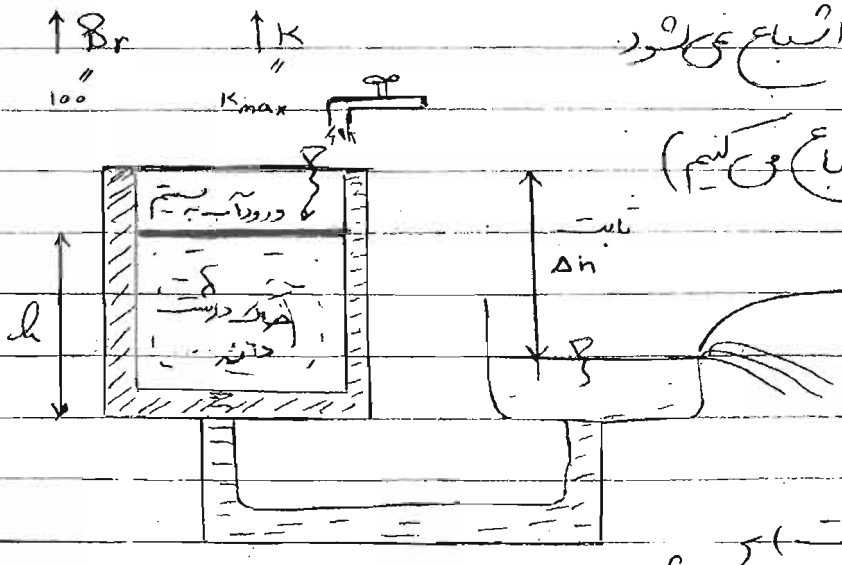
در کلاس قانون رابطه بدست آمده $Q = KiA$ است

$$Q = KiA \Rightarrow K = \frac{Q}{iA} \neq 0$$

* باید حتماً اختلاف هد در خارج وجود داشته باشد تا آنکه آب را بیافتد و بتوان ضریب تراوایی را بدست آورد عود

* این آزمایش می بایست بر روی خاک اشباع صورت گیرد، ضریب تراوایی اعلام شده، ضریب تراوایی اشباع است.

* این آزمایش بر روی خاکهای درشت دانه انجام می شود زیرا خاکهای ریز دانه به این صورت اشباع می شود.



(بصورت ثقلی، اشباع می کنیم)

(آزمایش با هد ثابت)

که خاک درشت دانه:

جریان پایدار $\frac{\partial}{\partial t} = 0$ (فقط های هیدرولیکی) جریان خاک ماندگار

Steady state

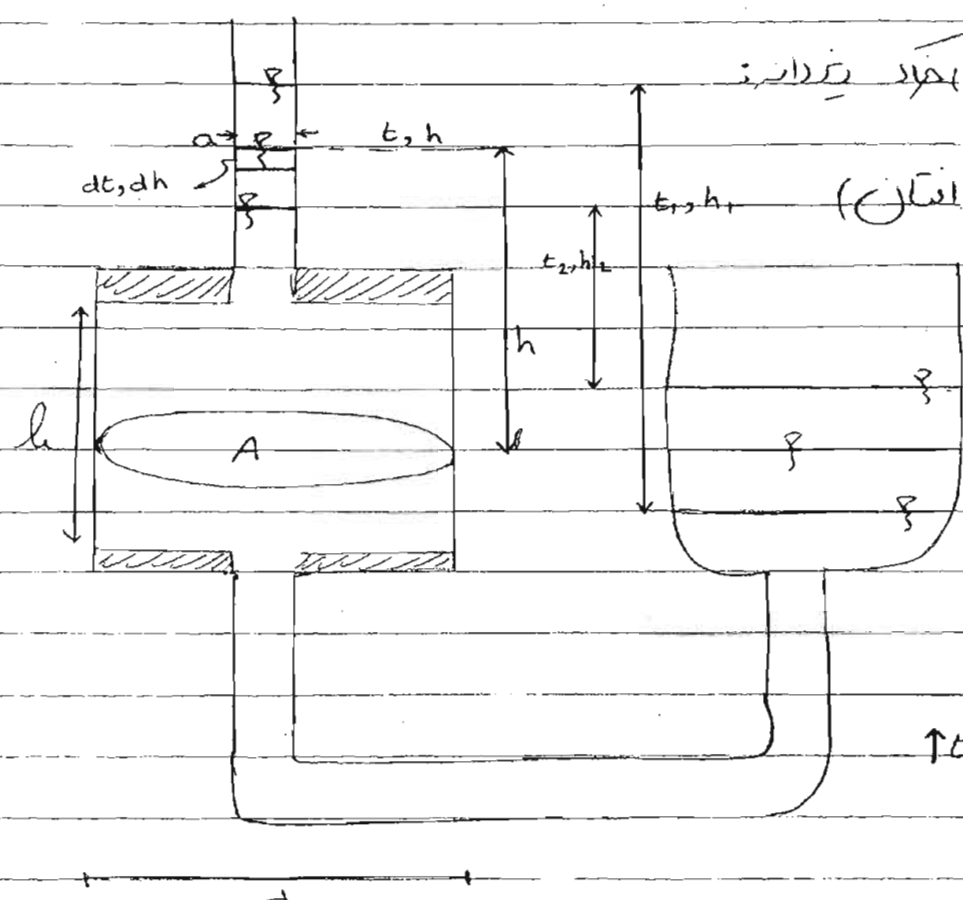
آزمایش بار ثابت انجام می‌گیرد.

$$\frac{V}{\Delta t} = Q \begin{cases} = K i A \\ = K \times \frac{\Delta h}{\Delta l = l} \times \frac{\pi d^2}{4} \end{cases}$$

معلوم — معلوم

معلوم: طول نمونه خاک

برای بدست آوردن K برای خاک ریزدانه



(آزمایش بار افتان)

ریزدانه

دیاگرام سیستم خاک را با پس فشار انتهایی می‌گیریم ← Back Pres

همچنین شیب آب داشتن Δh نیز کار را دقیق‌تر است.

در لحظه t →

- دبی ورودی: $q = V \times a = -\frac{dh}{dt} a$
- دبی خروجی: $= K i A = K \times \frac{h}{l} A$

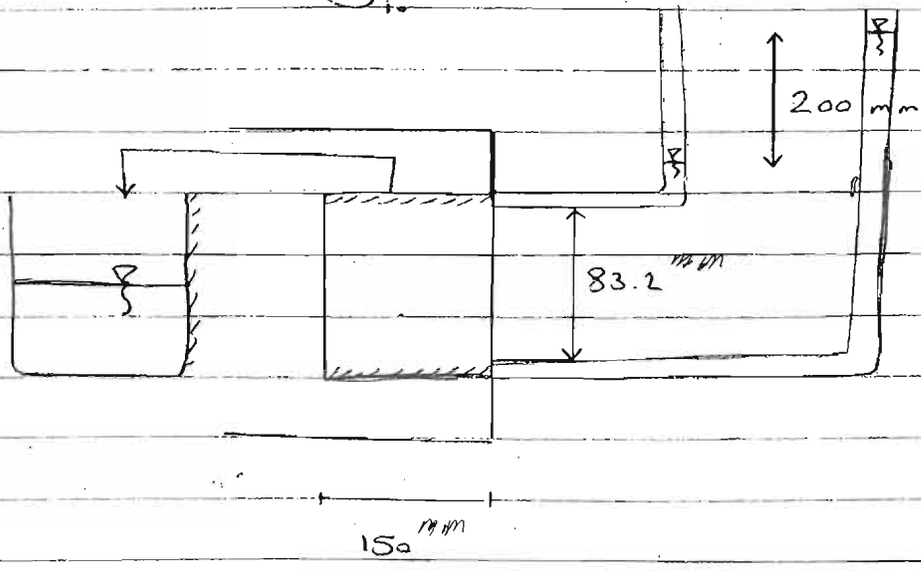
$$a\frac{dh}{dt} = -k\frac{h}{l}A$$

$$\int_{h_1}^{h_2}\frac{dh}{h} = -\frac{kA}{la}\int_{t_1}^{t_2}dt$$

$$-\left[\ln h_2 - \ln h_1\right] = \frac{kA}{la}(t_2 - t_1)$$

$$\ln\frac{h_2}{h_1} = \frac{\log_{10} h_2/h_1}{\log_{10} e}$$

:EXP



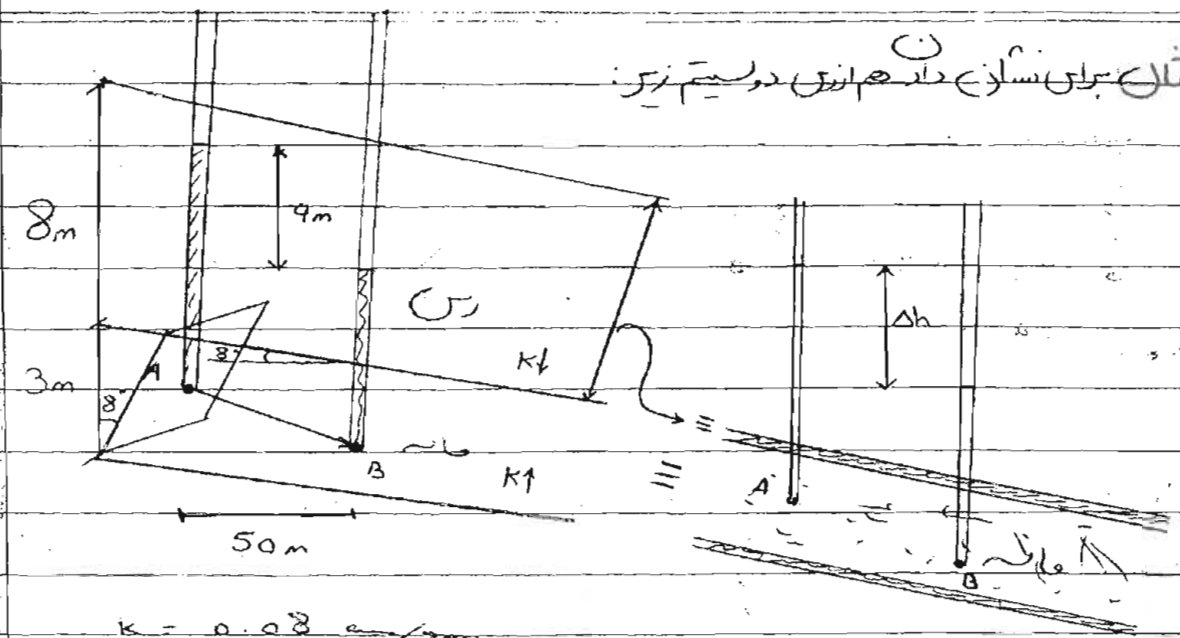
$Q = 66.8$ lit/min

$$Q = k\,i\,A \Rightarrow \frac{66.8\times10^{-3}\times10^{-3}}{60} = k\times\frac{200}{83.2}\times\pi\frac{\left(\frac{150}{1000}\right)^2}{4}$$

$k = 2.62\times10^{-6}$ m/sec

$= 0.0026$ cm/sec

مثال برای نشان دادن اثر دو سیستم زیر:

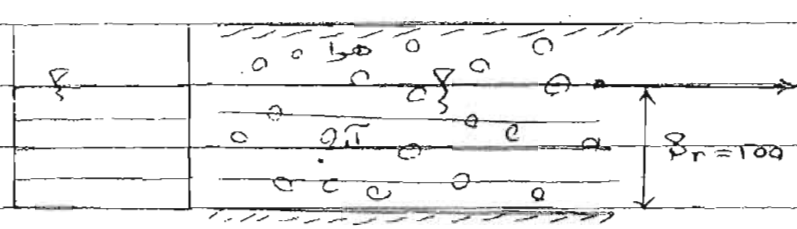


$K = 0.08$ cm/sec

$$Q = KiA = \frac{0.08}{100} \times \frac{4}{\frac{50}{\cos 8}} \times 3\cos 8 \times 1 = 1.88 \times 10^{-4} \ \frac{m^3/Sec}{m}$$

در واحد طول حساب می کنیم

برآورد ضریب تراوایی در صحرا:

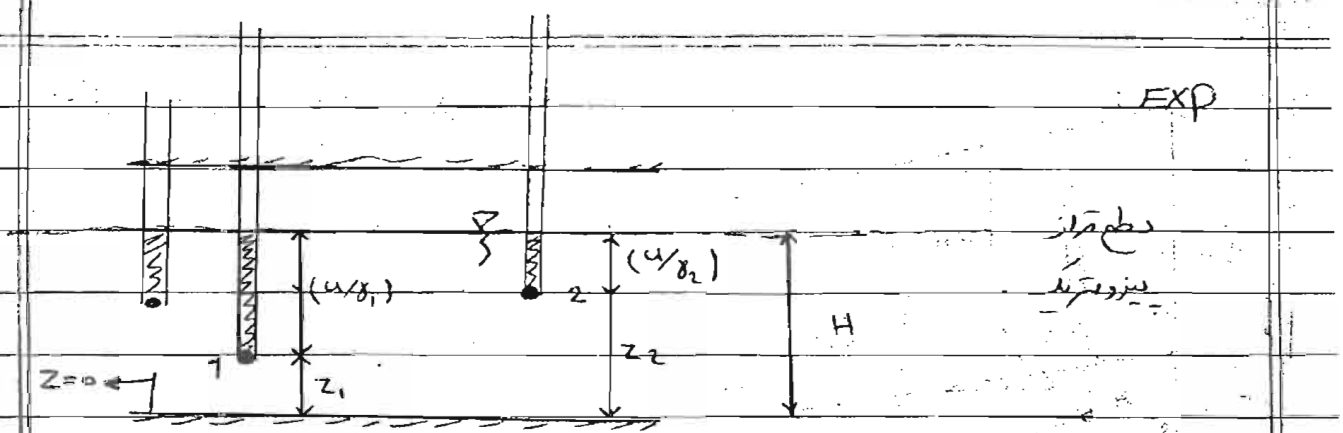


۱) مروری بر اشباع و تقریباً اشباع

۲)

تابع تراوایی آب در زمین

EXP



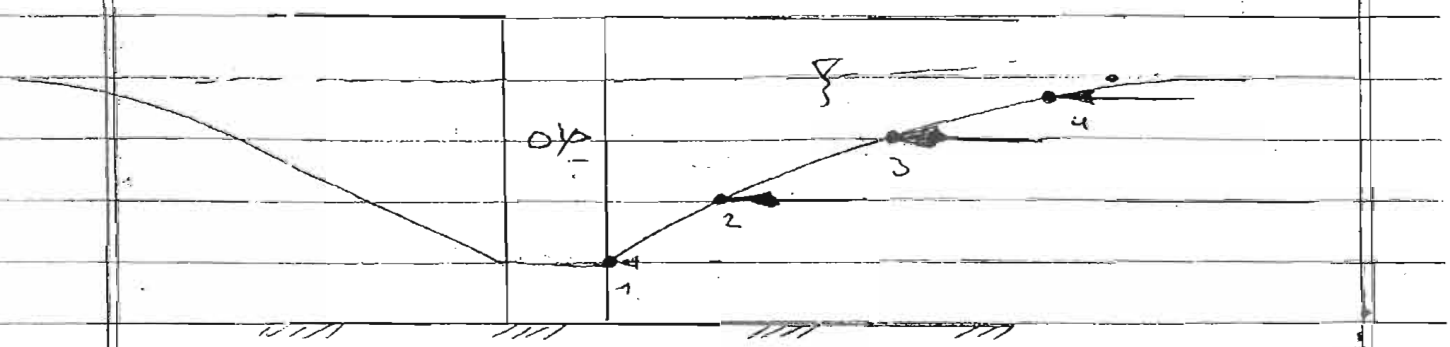
$$h_1=\left(\frac{u}{\gamma}\right)_1+z_1 \quad = \quad h_2=\left(\frac{u}{\gamma}\right)_2+z_2$$

$$\Big\Vert$$

$$H$$

سطح قرار پیزومتریک: اگر در نقاط مختلف خاک پیزومتر گذاشته و سطح آب در هریک از این نقاط را بدست آورده (ارتفاع آب در پیزومتر) و بهم وصل کنیم سطح و منحنی حاصل را، منحنی تراز پیزومتریک گویند.

** در لایه های آبدار آزاد، تراز پیزومتریک (سطح آب در پیزومتر نقاط) و سطح آب زیرزمینی منطبق است بنابراین سطح آب زیرزمینی می توان معرف هم نقاط دانست و حاصلهٔ آن تا $z=0$ عدداً، هر نقطه است. و قتی $z=0$ کف لایه باشد، هم نقاط برابر خواهد بود با H یا ضخامت لایه آزاد آبدار.

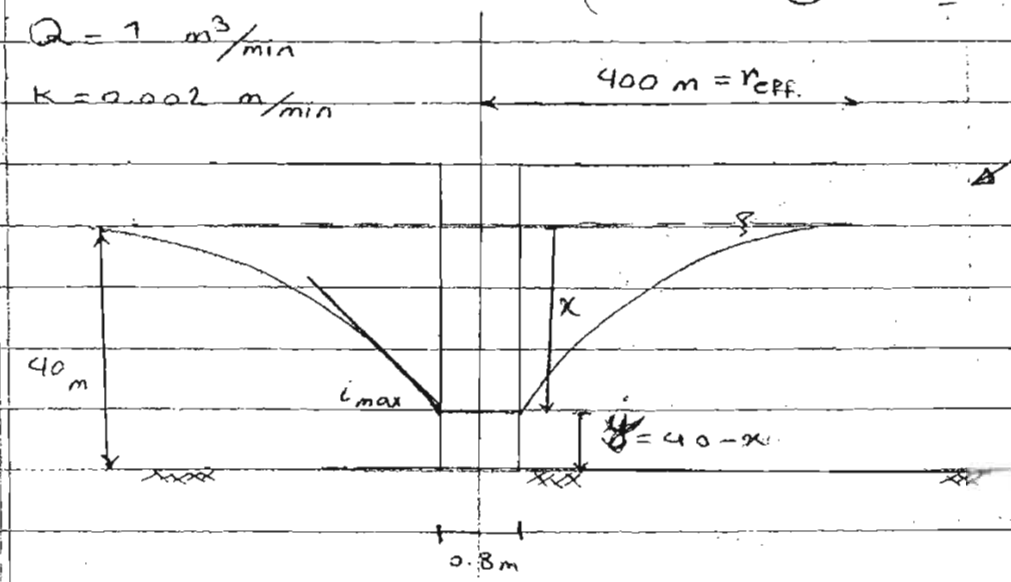


$$h_1=\left(\frac{u}{\gamma_1}\right)+z_1 \quad < \quad h_2=\left(\frac{u}{\gamma}\right)_2+z_2$$

آب از 4 به 3 و ... و 1 جاری است $\leftarrow h_1<h_2<h_3<h_4$

* سطح آب زیرزمینی فاقد مابقی نیست و در 4 بیشتر از 3 و ... خواهد بود *

مثال: دبی چاهی در یک آبخوان آزاد آب بالایی $1\ \frac{m^3}{min}$ پمپاژ می‌شود. شعاع مؤثر در فاصله $400\ m$ از محور چاه، سطح آب است. مثال تا ظرفیت بالقوه نیز پمپاژ شود. سطح آب در چاه چقدر پایین می‌رود؟ ($x=?$)



حل:

$$K = \frac{Q \ln(r_2/r_1)}{\pi (h_2^2 - h_1^2)}$$

$$0.002 = \frac{1 \times \ln\left(\frac{r_2 = 400}{r_1 = 0.4}\right)}{\pi \left[40^2 - y^2\right]}$$

$$\Rightarrow y = 22.39\ m$$

$$x = 40 - 22.39 \Rightarrow x = 17.61\ m$$

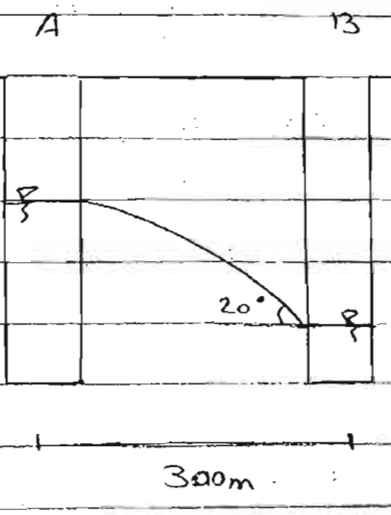
i_{max} چقدر است $= Q$

$$Q = K \cdot i \cdot A$$

$$1 = 0.002 * i_{max} * 2 * \pi * 0.4 * 22.39 \Rightarrow$$

$i =$ .....

مثال: درطی چند روز آبی از چاه A به B می رسد



$K = 10^{-5}$ m/sec

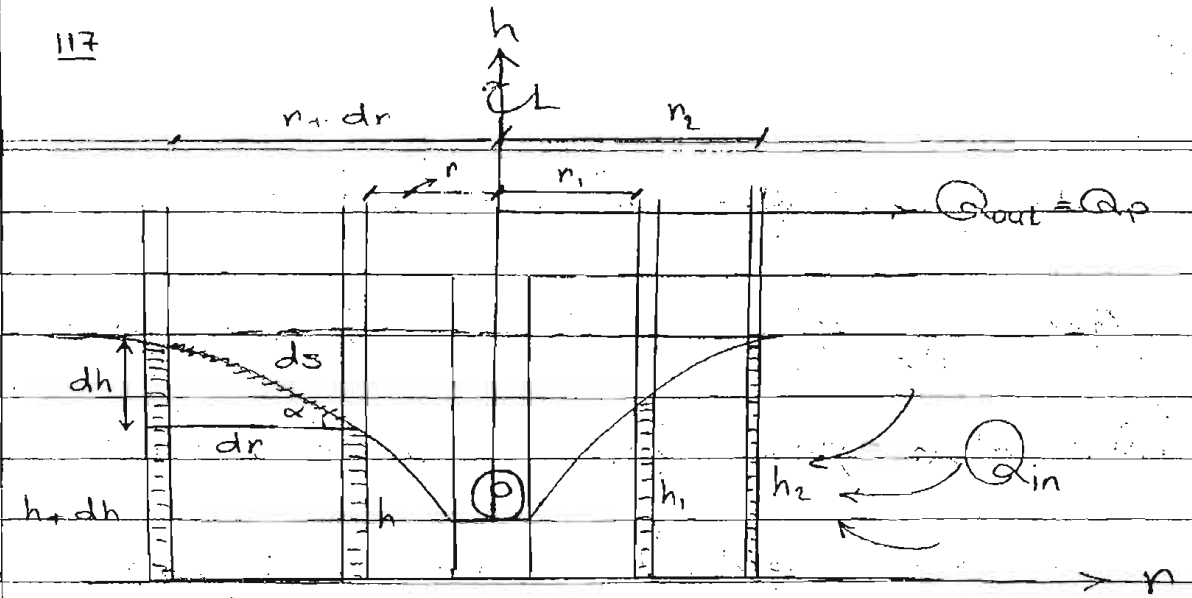
$Q = \underbrace{Ki}_{V} A$

$V = Ki \Rightarrow L/t = Ki$

$\Rightarrow \frac{300/\cos 20}{t} = 10^{-5} * 3600 * 24 * \sin 20$

$t = 1080$ روز

نکته: سرعت آب در چاه در حال (دیدار با؟) نقطه ای است.



$Q_{in} = KiA$ ← با فرض ثابت ماندن سطح آب در چاه ← $Q_p = Q_{out} =$ معلوم $\Rightarrow$

$$Q_p = K \times \frac{dh}{ds} \times 2\pi r h \Rightarrow Q = 2\pi r h K \frac{dh}{dr}$$

$\frac{dh}{ds} = \sin\alpha \approx \tan\alpha = \frac{dh}{dr}$

$$\Rightarrow \int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r} = \int_{h_1}^{h_2} \frac{2\pi K}{Q} h\,dh$$

انتگرال ناصحیح ← $\ln r = \frac{2\pi K}{Q} \times \frac{1}{2} h^2 + c \Rightarrow h = f(r) = \sqrt{\frac{(\ln r - c)Q}{\pi K}}$

انتگرال معین ← $\ln \frac{r_2}{r_1} = \frac{2\pi K}{Q} \left[\frac{1}{2}(h_2^2 - h_1^2)\right]$ ← K تنها مجهول

* در لایه‌های آبدار آزاد شیب سطح آب زیرزمینی نسبت نزدیک و هم‌تراز هیدرولیکی (i) است. $\tan\alpha = \frac{dh}{dr} \approx i$

* i_{max} در تداخل دو مخروط جریان آب به داخل چاه است که امکان دارد قانون دارسی در اینجا صادق نباشد (سرعت زیاد است)

* در لایه‌های آبدار آزاد با دو چاه (از محور چاه تا کمیت حاضر) r و h ثابت می‌مانند.

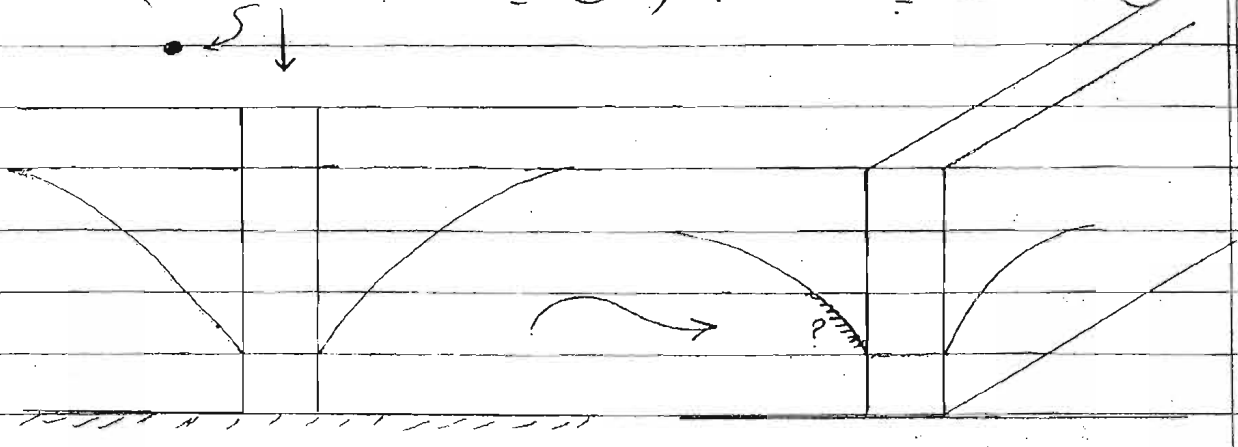
معادله پیوستگی در جریان:

$$Q_1 = Q_2$$
$$K_1 i_1 A_1 = K_2 i_2 A_2$$
$$\Rightarrow \uparrow i_1 A_1 \downarrow = \downarrow i_2 A_2 \uparrow$$

سطح آب زیرزمینی تغییرات عرضی دارد (دهانه کوچک : دهانه بزرگ)

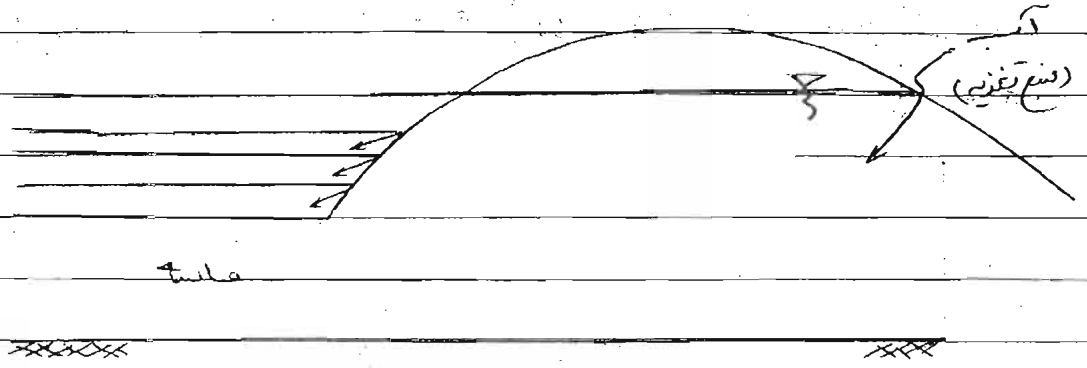
$$i_1 A_1 = i_2 A_2$$
$$i_1 \times 2\pi h_1 r_1 = i_2 \times 2\pi r_2 h_2$$
$$\Rightarrow i_1 r_1 h_1 = i_2 r_2 h_2$$

تمرین) معادله تغییرات سطح آب زیرزمینی در لایه آبدار آزاد برای حالت پایدار (بدون تبخیر) چگونه است؟ (همان لایه آبدار بسته نیز حل شود)



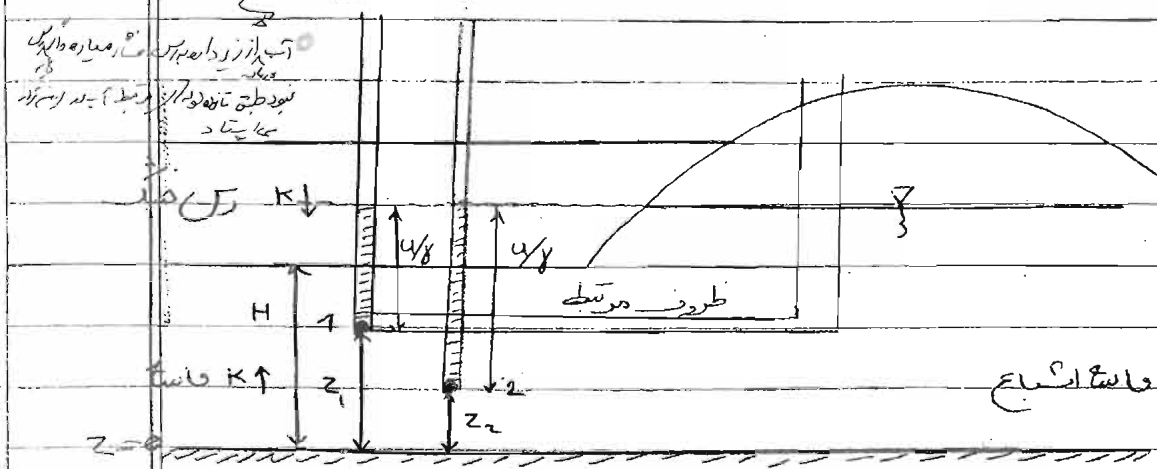
«برآورد k در لایه‌های آبدار سنگ»

(I)

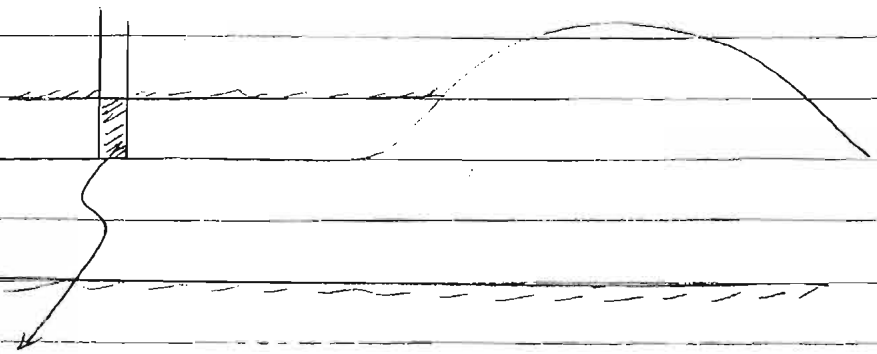


چاه آزمایش گیت فشار

(II)



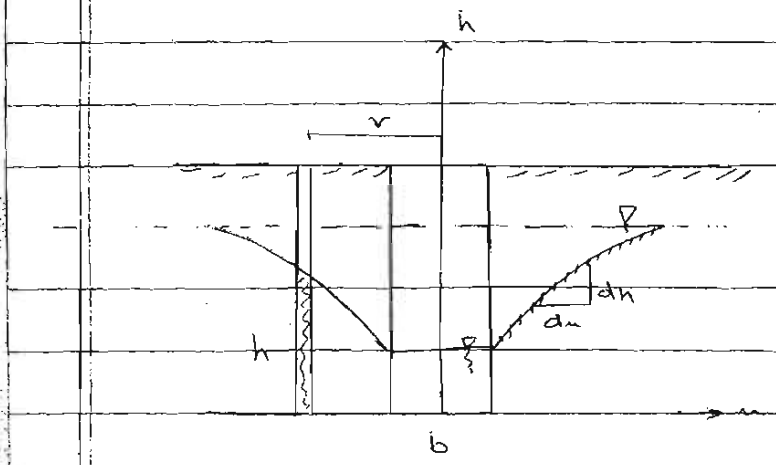
$$h_1 = \left(\frac{u}{\gamma}\right) + z_1 = h_2 = \frac{u}{\gamma} + z_2$$



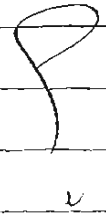
$$u = \gamma_w h \neq 0$$

اگر k کم باشد
که جریان بطئی
که جریان بطئی
اگر k زیاد باشد
که جریان بطئی

119.5

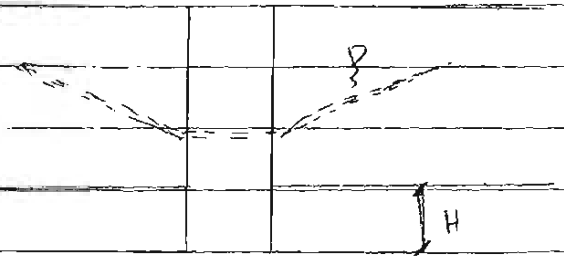


$h = f(r) = ?$



r

حال تابع را بنویسید

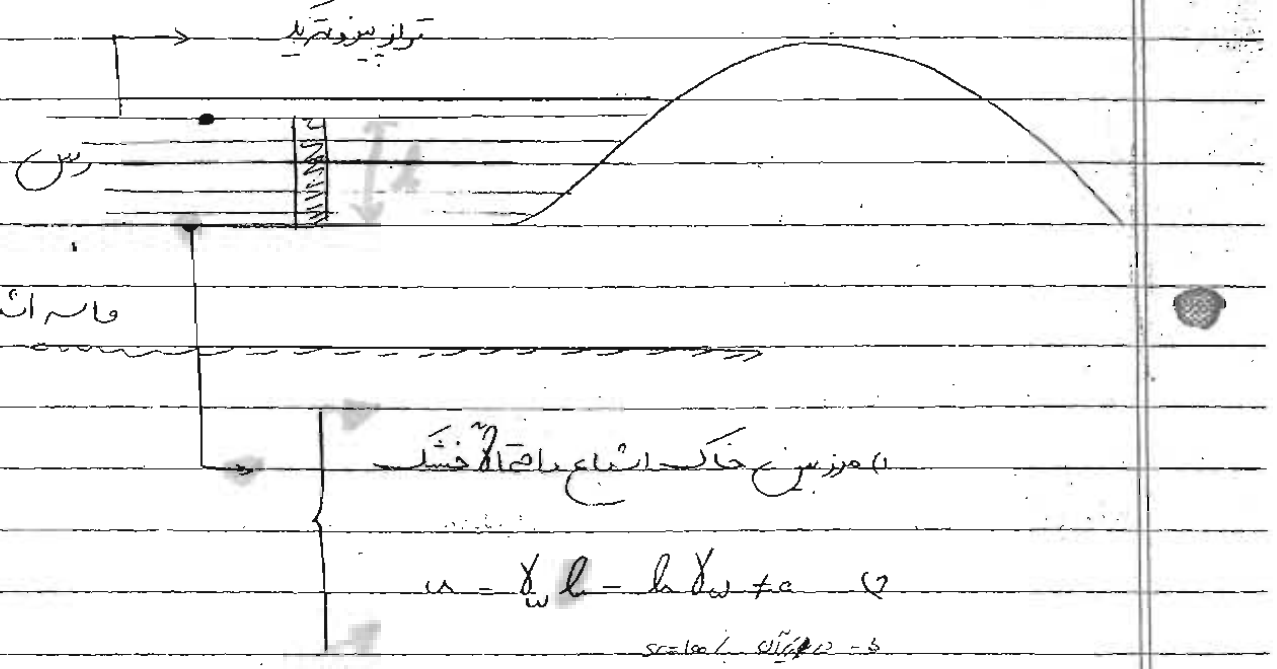


$$Q = kiA = k * \frac{dh}{dr} * H * 1 * ?$$

$$\frac{Q}{2\pi kH} * \int dr = \int dh$$

$$h = \frac{Q}{2\pi kH} \ln r + c$$

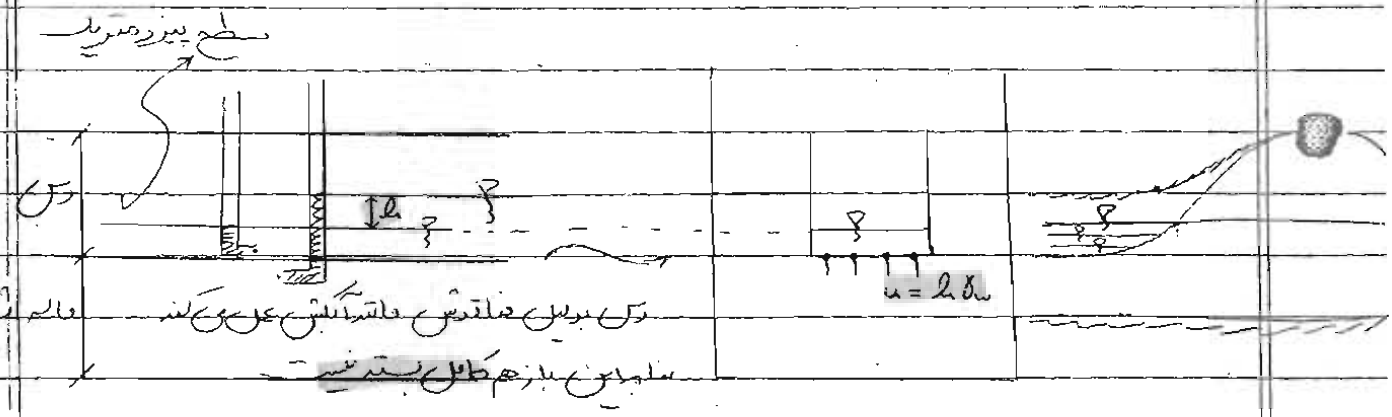
* در لایه‌های آبدار بسته و یا تحت فشار توزیع پیزومتریک بر روی سن خاک خشک و اشباع منطبق نیست.



در مرز سن خاک اشباع با قسمت خشک

$u = \gamma_w l - h\gamma_w + c$

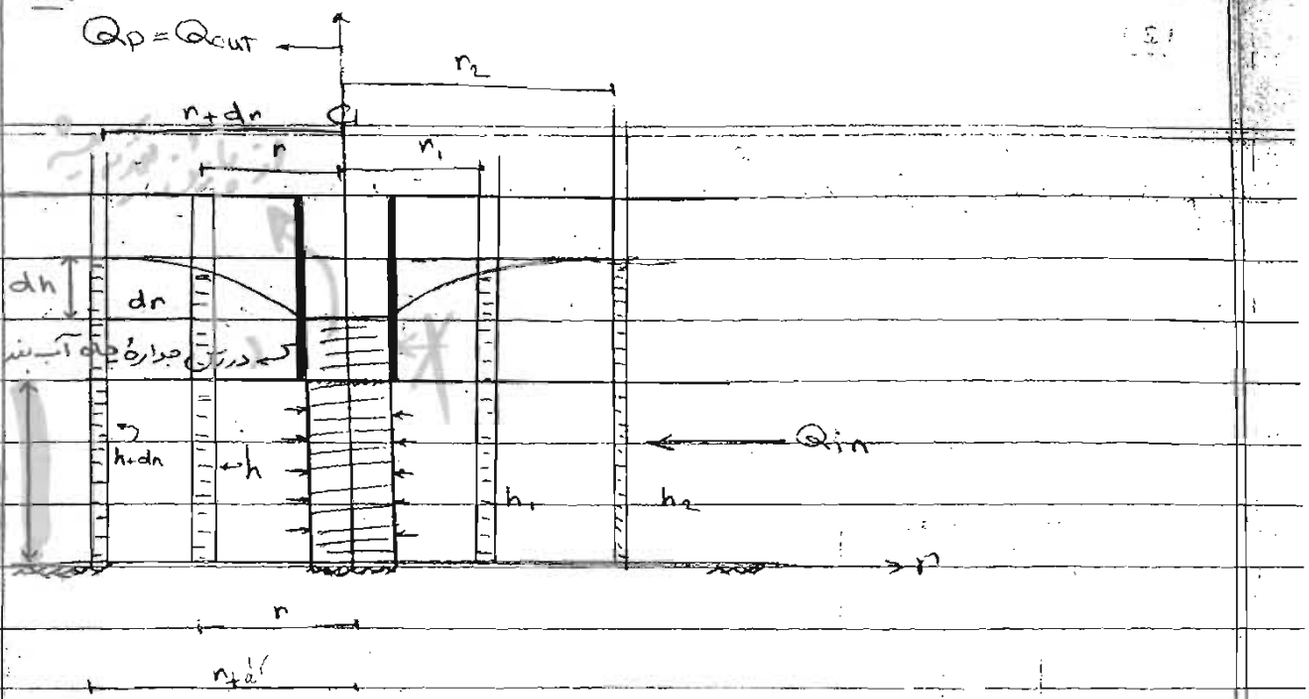
c = مویینگی / capillary



سن برای فشارش هیدرواستاتیک عمل می‌کند

سایر این بار هم کامل بسته نیست

122



* در لایه‌های آب دارای تنش، تراز پیزومتریک تقریبا هر نقاط است که الزاماً سطح آب نیست. (ایستایی) سطح آب نیز دینامیکی نیست. و فاصله این تراز تا $z=0$، هر نقاط ایستایی دهد

$$Q = KiA$$

ارتفاع کاپیلاری
چون آب نیز جدایی مقاومت جریان دارد
وجود لایه‌ای (لایه‌ای) در جداره چاه آب بند است

$$\Rightarrow Q_p = Q_{out} \xrightarrow[\text{تراز آب در چاه}]{\text{شرط ثابت ماندن}} Q_{in} = K \times \frac{dh}{dr} \times 2\pi r H$$

$\alpha \leq 5^\circ$

$$Q = K \frac{dh}{dr} 2\pi r H$$

$$\frac{dr}{r} = \frac{2\pi H K}{Q} dh$$

می‌دانیم مشتق $\ln$ تابع $\frac{1}{x}$ است
لذا در اینجا $\ln$ داریم
$\ln r$ تابع $\frac{1}{r}$ است

انتگرال نامعین $\rightarrow \ln r = \frac{2\pi H K}{Q} h + c \rightarrow h = \frac{(\ln r - c) Q}{2\pi H K}$ غیرخطی

انتگرال معین $\rightarrow \ln r_2/r_1 = \frac{2\pi H K}{Q} (h_2 - h_1)$

$r_1 < r_2$
$h_1 < h_2$

* نشت تراز پیزومتریک است

* i_{max} در دهانهٔ چاه است

* با دورشدن از محور چاه کم می‌شود

$$Q_1 = Q_2 \Rightarrow K_1 i_1 A_1 = K_2 i_2 A_2 \Rightarrow \uparrow i_1 \downarrow A_1 = \downarrow i_2 A_2$$

تغییرات تراز پیزومتریک با دورشدن از محور چاه غیرخطی

(نه خطی، نه سهموی)

$$i_1 A_1 = i_2 A_2 \Rightarrow i_1 \times 2\pi r_1 H = i_2 \times 2\pi r_2 H$$

$$i_1 r_1 = i_2 r_2$$

با دورشدن از محور چاه گرادیان i با r نسبت عکس دارد

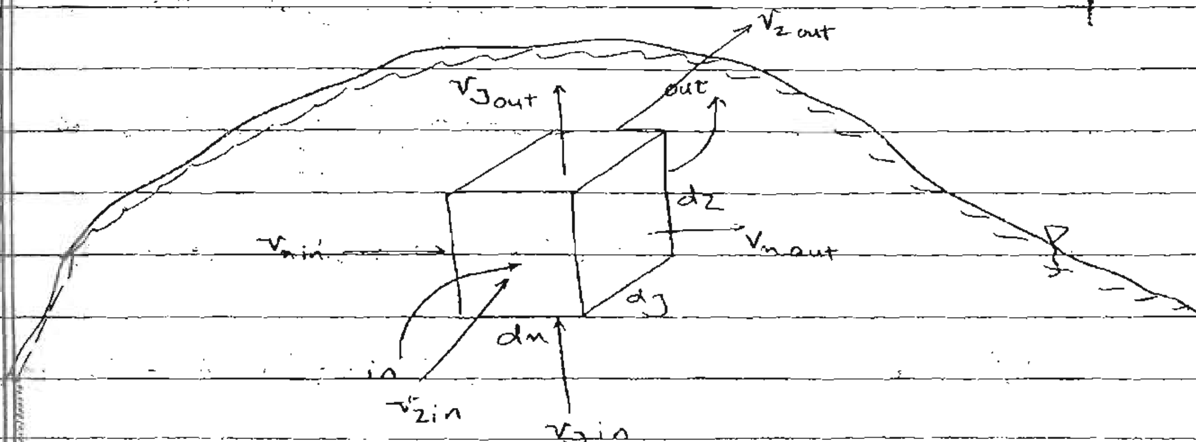
* زاویهٔ تراز پیزومتریک نسبت به افق در فاصلهٔ 23.5 m از محور چاه 9.3 درجه است. این زاویه در فاصلهٔ 38 m چقدر است؟

$$i_1 r_1 = i_2 r_2$$

$$\tan 9.3^\circ \times 23.5 = \tan\alpha_2 \times 38$$

$$\alpha_2 = \tan^{-1}\left(\frac{23.5 \tan 9.3^\circ}{38}\right)$$

«تراوش (حرکت آب در خاک)»



معادله پیوستگی

$$Q_{in} = Q_{out}$$

فرم دیفرانسیلی

گرادیان سرعت = 0

$$\frac{\partial V_x}{\partial x} + \frac{\partial V_y}{\partial y} + \frac{\partial V_z}{\partial z} = 0$$

$$\vec{\nabla} V = 0$$

«تست» در بررسی مؤلفه‌های یک تراوش دوبعدی نتایج زیر بدست آمده:

مؤلفه x حرکت آب به اندازه 15 m خلاف محورها دچار افزایش سرعت به اندازه 3.6 m/day شده. پس از طی چه مسافتی در محور y ها مؤلفه y سرعت به میزان 5 m/day کم می‌شود؟

حل

$\Delta x = -15$ $\qquad$ $\Delta y = ?$

$\Delta V_x = +3.6\ m/day$ $\qquad$ $\Delta V_y = -5\ m/day$

$$\Rightarrow \frac{\Delta v_n}{\Delta n} + \frac{\Delta v_3}{\Delta j} = 0$$

$$\frac{+3.6}{-15} + \frac{-5}{\Delta j} = 0$$

$$\Rightarrow \boxed{\Delta j = \quad}$$

$$Q_{in} = V_{in} \times A_{in} \qquad Q_{out} = V_{out} \times A_{out}$$

معادلهٔ پیوستگی ← فرم دیفرانسیلی معادلهٔ پیوستگی ← سرعت ← معادلهٔ تراوش ← $v = ki$ ← هیدرولیک $k = \frac{dh}{dL}$

فرم برداری: $\vec{v} = k\vec{i}$

فرم مؤلفه‌ای:

$$v_n = k_n \times i_n$$

$$\vdots$$

$$v_j = k_j \times i_j$$

$$i = \frac{\partial h}{\partial L} = \frac{dh}{dL}$$

$$\Rightarrow \frac{\partial}{\partial n}\left[k_n i_n\right] + \frac{\partial}{\partial j}\left[k_j i_j\right] + \frac{\partial}{\partial z}\left[k_z i_z\right] = 0$$

$$k_n \frac{\partial}{\partial n}\left[\frac{\partial h}{\partial n}\right] + k_j \frac{\partial}{\partial j}\left[\frac{\partial h}{\partial j}\right] + k_z \frac{\partial}{\partial z}\left[\frac{\partial h}{\partial z}\right] = 0$$

$$k_n \frac{\partial^2 h}{\partial n^2} + k_j \frac{\partial^2 h}{\partial j^2} + k_z \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = 0$$

معادلهٔ دیفرانسیل تراوش سه‌بعدی 3-D

لقیم هنطوی که آب درخاک حرکت می‌کند را باید از رابطهٔ غیرمستقیم

$w = (h - z)\gamma_w$ بدست آورد. راه بدست آوردن h در معادلهٔ q، حل

معادلهٔ دیفرانسیل تراوش در صفحهٔ قبل است:

$$k_x \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + k_y \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} + k_z \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = 0$$

8:25

جلسه هشتم (فوق العاده)

معادله دیفرانسیل تراوش

$$3D \quad k_x \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + k_y \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} + k_z \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = 0$$

$$h = f(x, y, z) \longrightarrow u = (h - z)\gamma_w$$

$$2D: \text{Seepage} \quad k_y \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} = 0 \quad \cdot \quad k_y \left(\frac{d^2 h}{dy^2}\right) = 0$$

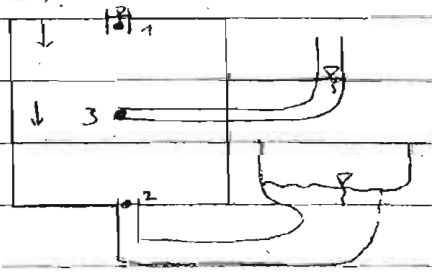
طرفین دو مرتبه انتگرال گیری

$$\Rightarrow \frac{d^2 h}{dy^2} = 0 \longrightarrow \frac{dh}{dy} = c_1 = i$$

$$\longrightarrow h' = c_1 z' + c_2$$

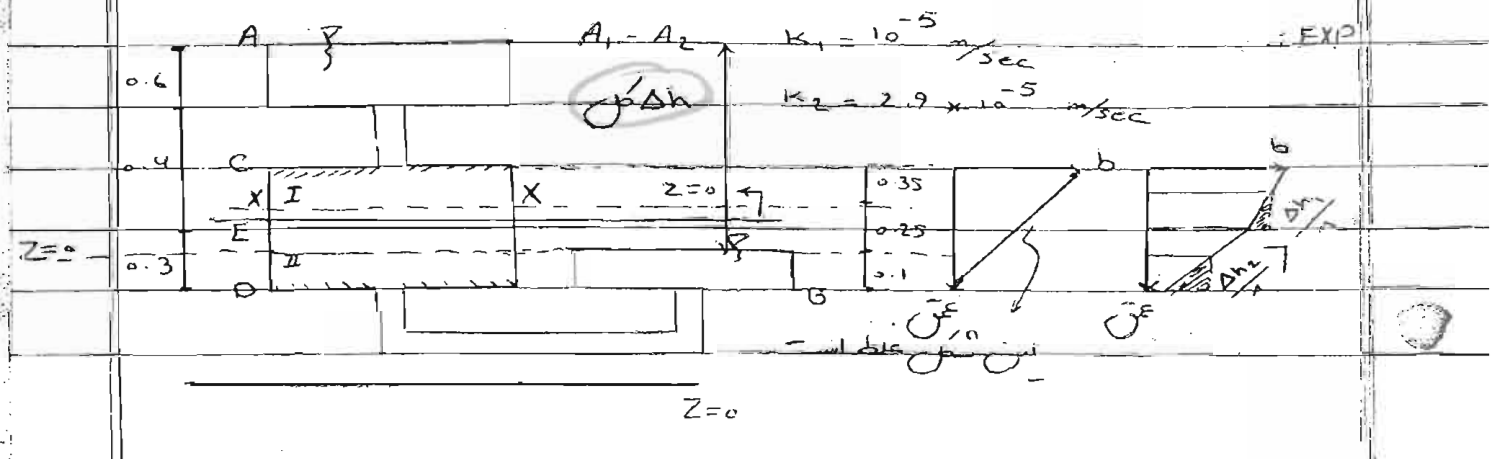
تراوش یک بعدی تغییرات h نسبت به راستای تراوش خطی است.

جهت تراوش آب

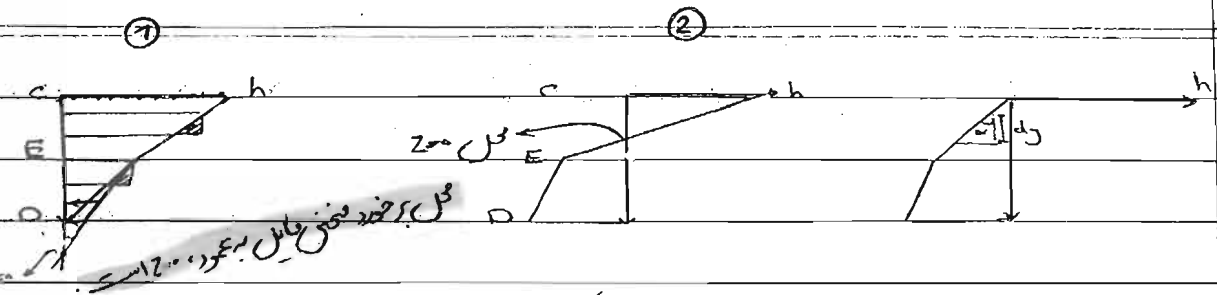


$h_2 < h_3 < h_1$

نقطه 3 دقیقاً وسط نقاط 1 و 2 باشد
h_3 نیز دقیقاً وسط h_1 و h_2 است.



Z=0



* هردو شکل ① و ② می‌توانند صحیح باشند که بستگی به انتخاب سطح مرجع یا $z=0$ دارد. $z=0$ شکل ① آب $z=0$ شکل ② خاک

* نقطه $z=z_c$ را بهتر است جایی بگیریم که هریک از نقاط صفر شود. مثلاً در شکل

هردو را منطبق بر h_D می‌گیریم (یکسان) داریم:

$$h_c = h_I\Big|_{z=z_c} = \underbrace{c_1(0.6) + c_2 = \left(\frac{u}{\gamma}\right) + 7 = 1.2}_{\text{B.C}}$$

0.6 ، $0.35+0.25$

$$h_D = h_{II}\Big|_{z=z_D} = \underbrace{c_3(-0.1) + c_4 = 0 \Rightarrow +0.1 + \left(-(0.1)\right) = 0}_{\text{B.C}}$$

z ، $\frac{u}{\gamma}$

فصول مشترک خاک‌ها:

$$h_{EI} = h_{E\,II} = \Big|_{z=z_E=0.2} = c_1(0.2) + c_2 = c_3(0.2) + c_4$$

$$Q_1 = Q_2$$

$$k_1 i_1 A_1 = k_2 i_2 A_2$$

$$10^{-5} c_1 = 2.5 * 10^{-5} c_3$$

با حل ۴ معادله ۴ مجهول داریم:

$c_1 = 2.3$ $c_2 = 0.18$ $c_3 = 0.92$ $c_4 = 0.092$

$h_1 = 2.32$ 0.18 $h_2 = 0.922$ 0.092

هد نقطه X را بیابید:

$h_{x-x} = h_2 \Big|_{z=z_{x-x}=0.25} = 2.3(0.25) - 0.18 = 0.395\,m = 39.5\,cm$

$z = 0.25\,m$

$\frac{u}{\delta} = 0.395 - 0.25$

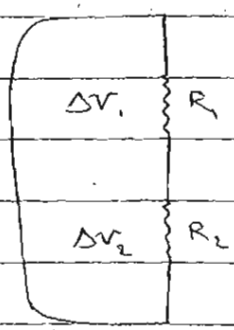
$\frac{u}{\delta_w} = 0.145 \Rightarrow u = 0.145 * \delta_w = 1.45\ kN/m^3$

یعنی $u = (h - z)\delta_w = [0.395 - 0.25] * 10 = 0.145 * 10 = 1.45\ kN/m^2$

معادل‌های قوانین دو معادله

دو مجهول: Δh_2 , Δh_1

قاعده مقاومت‌های الکتریکی که در مدار با هم سری آمده‌اند، این‌ها نیز در همین حالت وجود می‌آیند



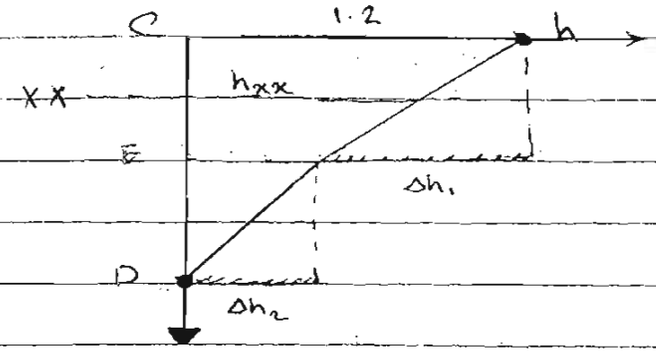
$\Delta h = \sum_i^n \Delta h_i = \Delta h_1 + \Delta h_2$

$$\Delta h_1 + \Delta h_2 = 0.25 + 0.35 + 0.6 = 1.2$$

$$Q_1 = Q_2 \Rightarrow k_1 \frac{\Delta h_1}{\Delta L_1} A'_1 = k_2 \frac{\Delta h_2}{\Delta L_2} A'_2$$

$$10^{-5} \frac{\Delta h_1}{0.4} = 2.5 \times 10^{-5} \frac{\Delta h_2}{0.3}$$

* معادله $Q_1 = Q_2$ هیچ‌طور قابل حذف کردن نیست و برای کم کردن محاسبات نباید آنرا کنار گذاشت. همیشه بعضی از معادلات دست‌کم گرفته می‌شوند.



«راه حل کوتاه‌تر»

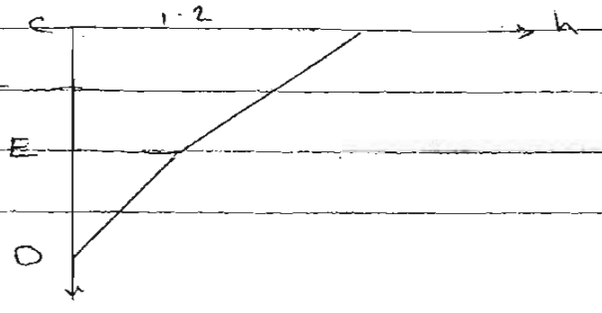
۲ معادله (که باید معادله پیوستگی باشد) ← مجهول

$$Q_1 = Q_2 \quad k_1 i_1 A_1 = k_2 i_2 A_2$$

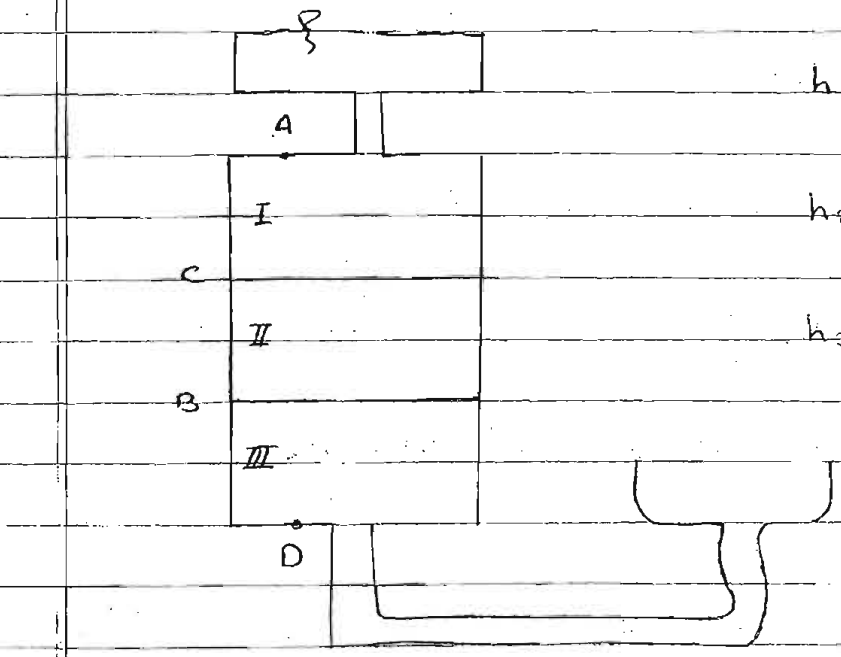
$$10^{-5} \times \frac{h_C - h_E}{\Delta L_1 = 0.4} = 2.5 \times 10^{-5} \times \frac{h_E - h_D}{\Delta L_2 = 0.3}$$

($h_C = 1.2$, $h_D = 0$)

$\Rightarrow h_E =$



هرچه تعداد گره‌های خاک بیشتر باشد،



$h_1 = c_1 z + c_2$

$h_2 = c_3 z + c_4$

$h_3 = c_5 z + c_6$

با حل کل:

② ← h_D ، h_A معلوم

$h_{e\,I} = h_{e\,II}$

$h_{B\,II} = h_{B\,III}$

② ← $Q_1 = Q_2 = Q_3$

$Q_1 = Q_2$
$Q_2 = Q_3$
} این دو معادله

$Q_1 = Q_2$
$Q_1 = Q_3$
} یا این دو معادله

① تعریف: سری مدل

مجهول: $\Delta h_3, \Delta h_2, \Delta h_1$

I) $\sum \Delta h = \sum_1^n \Delta h_i = \Delta h_1 + \Delta h_2 + \Delta h_3$

II) $Q_1 = Q_2 \Rightarrow K_1 i_1 A_1 = K_2 i_2 A_2$

$$K_1 \frac{\Delta h_1}{\Delta L_1} A_1 = K_2 \frac{\Delta h_2}{\Delta L_2} A_2$$

III) $Q_1 = Q_3 \Rightarrow K_1 \frac{\Delta h_1}{\Delta L_1} A_1 = K_3 \frac{\Delta h_3}{\Delta L_3} A_3$

(مجهول: h_2, h_3) دیگر 2 و 3 و 2 (2) بالا

$$Q_1 = Q_2 \Rightarrow K_1 \frac{h_A - h_C}{\Delta L_{AC}} A_1 = K_2 \frac{h_C - h_B}{\Delta L_{BC}} A_2$$

② تعریف:

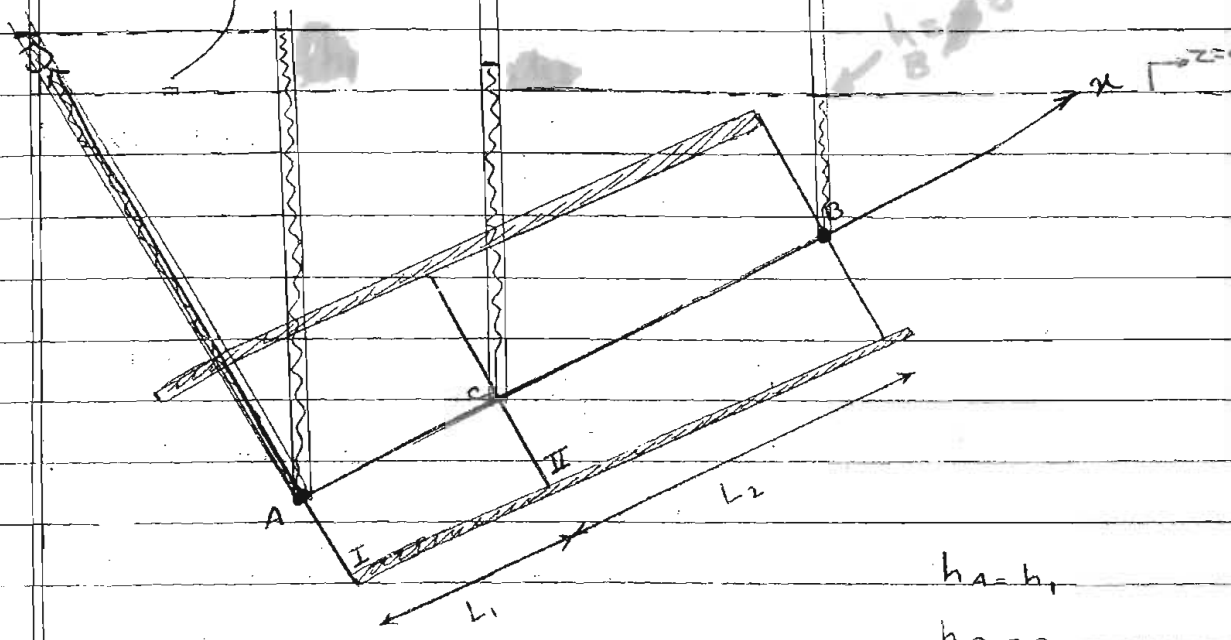
$$Q_2 = Q_3$$

$$K_2 \frac{h_C - h_B}{\Delta L_{BC}} A_2 = K_3 \frac{h_B - h_D}{\Delta L_{BD}} A_3$$

(همین راست A ها در دو قطع یکی نباشند و تنها آنها را از دو طرف زده بلکه قطع هر کدام

را جداگانه داشته باشیم.

یعنی باید در صورت سوال A ها را داده باشد)



$h_A = h_1$

$h_B = 0$

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} = 0 \Rightarrow$$

I: $h_1 = c_1 x + c_2$; $x = 0 \Rightarrow h = h_1$; $x = L_1 \Rightarrow h = h_2$

EXP: $c_1 = \frac{h_2 - h_1}{L_1}$; $c_2 = \frac{h_1}{1}$

II: $h_2 = c_3 x + c_4$; $x = L_1 \Rightarrow h = h_2$; $x = L_1 + L_2 \Rightarrow h = 0$

$c_3 = \frac{h_2}{L_2}$; $c_4 = h_2\left(1 + \frac{L_1}{L_2}\right)$

این حل تحلیلی ناقص است چون از معادله پیوستگی استفاده نشده بنابراین:

$$q_1 = q_2 \rightarrow (KiA)_1 = (KiA)_2$$

$$K_1 \times \frac{h_1 - h_2}{L_1} = K_2 \frac{h_2}{L_2} \Rightarrow h_2 = \frac{K_1 h_1}{L_1\left(\frac{K_1}{L_1} + \frac{K_2}{L_2}\right)}$$

حفظ دود

$$h_2 = \frac{\frac{K_1 h_1}{L_1}}{\frac{K_1}{L_1} + \frac{K_2}{L_2}}$$

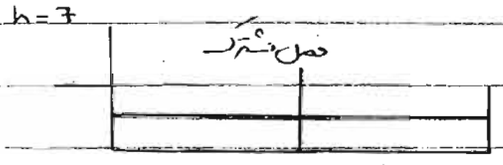
(h_2): مقدار هد در فصل مشترک دو خاک به شکلی که هد آب صفر باشد

$$h_2 = h_{\text{فصل مشترک}} = \frac{h_{t1}}{\frac{L_1}{k_1}\left(\frac{k_1}{k_1}+\frac{k_2}{k_2}\right)}$$

(شکل صفحه قبل)

«چند نکته در مورد هد در فصل مشترک دو خاک»

I)

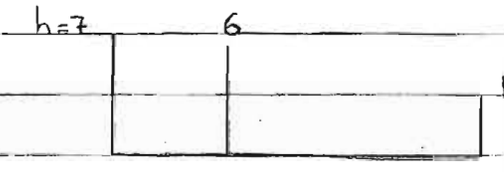


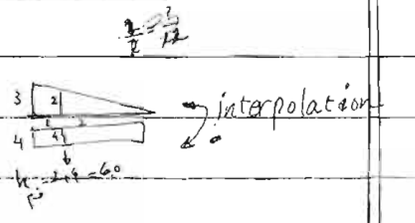
$$\Rightarrow h = \frac{7+4}{2}$$

$L = L$

$k = k \Rightarrow$ یک خاک است

II)

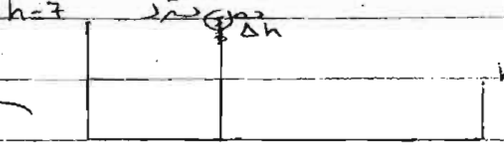




L , $2L$

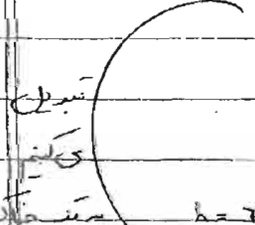
$k = k \Rightarrow$ یک خاک

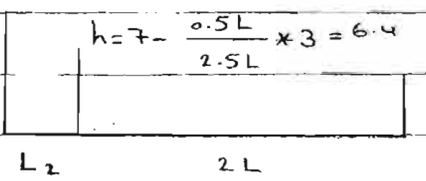
III)



* طول L را باید طوری کم و

زیاد کرد که Δh دست بخورد





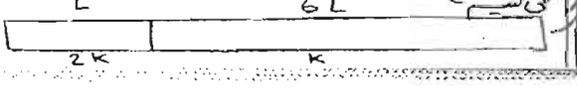
یعنی باید بماند *

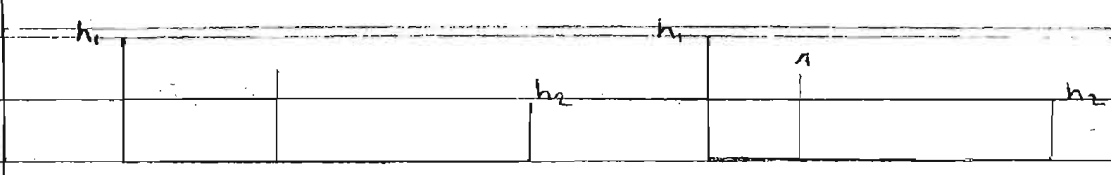
k $\quad$ k

$$\Delta h \propto \frac{L}{k \cdot A}$$

بعد k ها را یکسان می کنیم

آنگاه $A_1 = 3A_2 \Rightarrow$



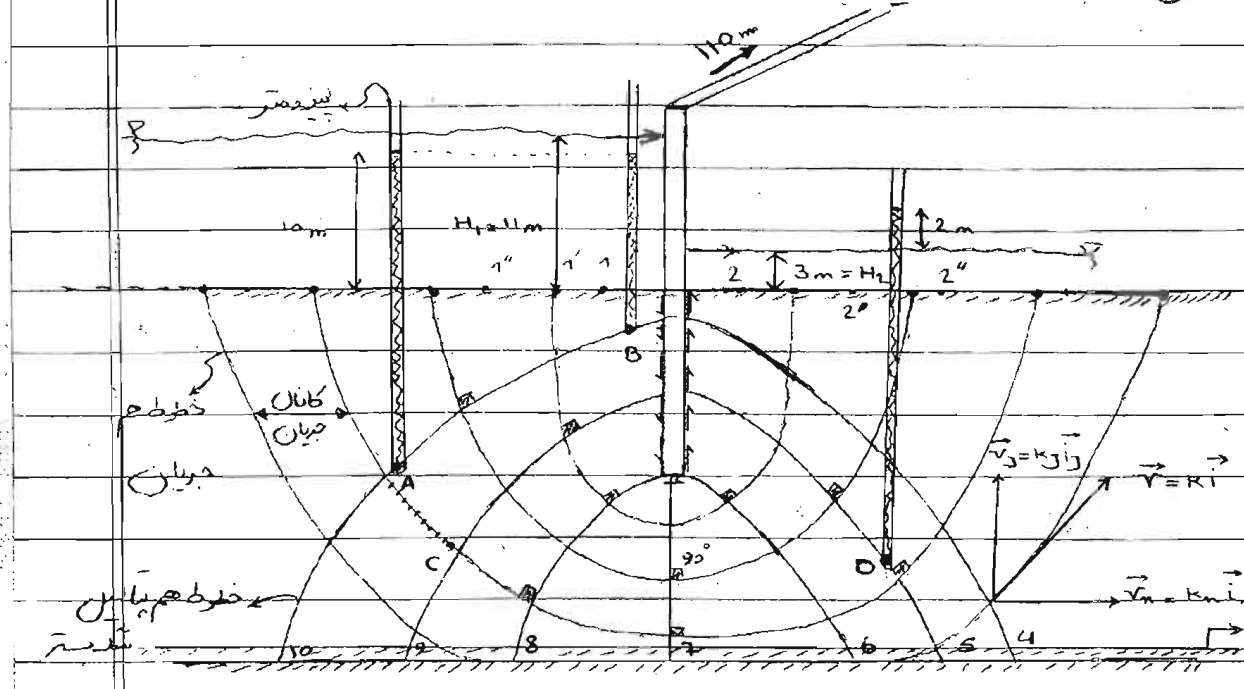


$$h_A = h_1 \frac{L}{L + L_2} (h_1 - h_2)$$

«تراوش دوبعدی» «2D Seepage»

در تراوش یکبعدی آزمایش در همه جا ثابت است. $h = c_1 z + c_2$ (I)

اما در تراوش دوبعدی اینطور نیست.



Flow net

$h_1 = o_1 + H_1 = H_1 = h'_1 - h''_1 = h_{max}$ $\quad N_f = 4$

Number of Flow channel

تعداد کانالهای جریان

$h_2 = h'_2 - h''_2 = o_2 + H_2 - H_2 = h_{min}$

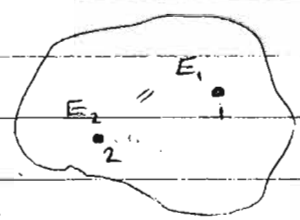
نکته: هر نقطه در زمین یا زیر دست سطح هم‌تابی دارد که اگر $z=0$ سطح زمین در زیر دست سطح باشد، هم‌هم این نقاط، برابر خواهد بود با H یا ارتفاع آب بالای سر.

خطوط هم‌پتانسیل: فکان هندسی مجموعه نقاطی هستند که یک هد دارند و هدهای آنها با هم مساوی است.

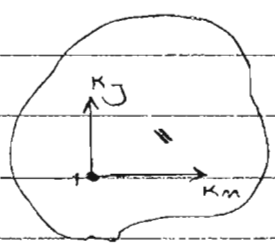
* نکات فوق برای نقاط واقع در سطح زمین یا زیر دست نیز هم صادق است.

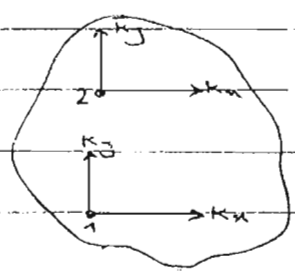
خط جریان: مسیری که یک ذره آب طی می‌کند تا خود را از حد بیشتر به هد کمتر برساند، خط جریان نام دارد.

محیط همگن: محیطی که خصوصیت مورد مطالعه در آن محیط از یک نقطه به نقطه دیگر ثابت و بی‌تغیر بماند.



محیط ایزوتروپ: محیطی که خصوصیت مورد مطالعه در آن، در راستاهای مختلف یکسان باشد.





$$2\text{-}D : K_x \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + K_y \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} = 0$$

$$\text{همسان + ایزوتروپ} : \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} = 0 \Rightarrow \nabla^2 h = 0$$

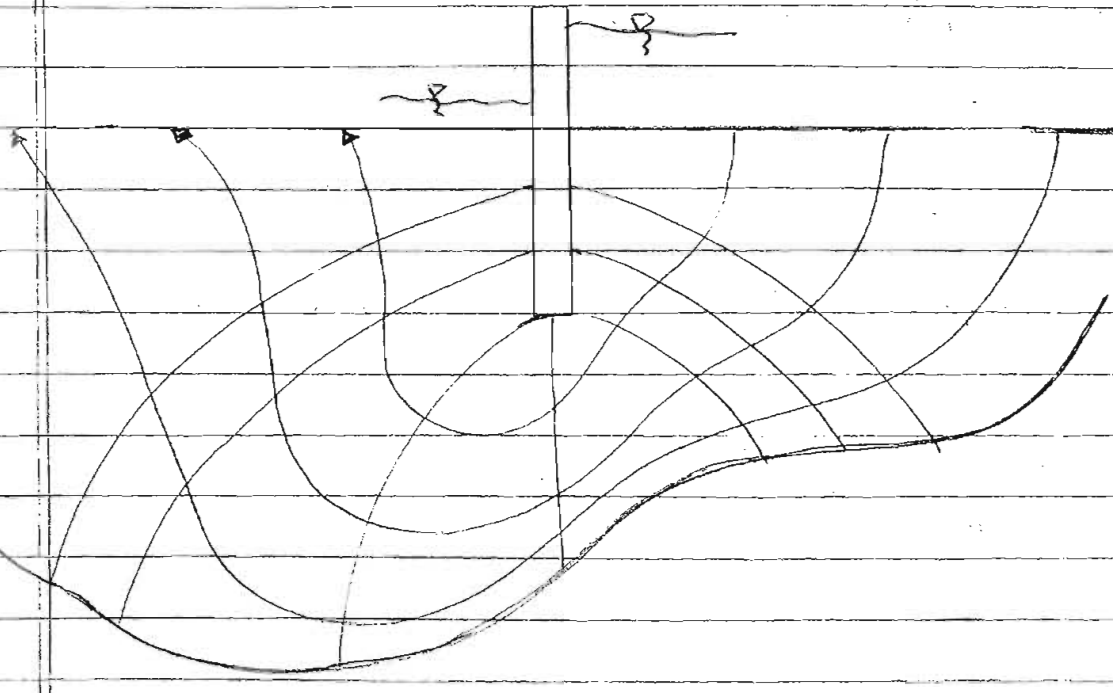
معادله لاپلاس

$$\nabla^2 h = 0 \Rightarrow h = f(x,y)$$

* * مثال) در هر نقطه از خط جریان، اندازه سرعت قطره در آن نقطه را نشان می‌دهد.

* * در محیط ایزوتروپ، بردار خط جریان بر خطوط پتانسیل عمود باشد.

* * بهتر است در رسم شبکه چهارخانه‌ها تقریباً قائم‌زاویه باشند (المثنی) بلکه اضلاع مساوی هم داشته باشند (مربع)



محاسبات آکوئیفر صفحه 135 (شبه دوبعدی)

$N_F = 4$

ΔH کل $= 11 - 3 = 8$ و $N_d = 8$

$$\Delta h = \frac{\Delta H}{N_d} = \frac{8}{8} = 1$$

جنس ...

* فاصله بین هر دو خط پتانسیل یک پله افت نشان می دهد

آکوئیفر صفحه 135

$h_B = \frac{4+5}{2} = 4.5$ (B وسط 4 و 5 است)

$$h_C = 9 + \frac{1}{7}(10-9) = 10 - \frac{6}{7}(10-9) = 4.14$$

$\Rightarrow u_B = (h_B - z_B)\gamma = [4.5 - (-2.5)] * 10 = \ldots$

$\Rightarrow u_C = (h_C - z_C)\gamma = [4.14 - (-23)] * 10 = \ldots$

$$\left[Q = K \frac{N_f}{N_d} \Delta H\right) = 10^{-5} \text{ m/sec} \times \frac{4}{8} \times (11-3) \text{ m}^3/\text{sec/m}\Big] \times 110$$

مثلاً

$= \ldots \text{ m}^3/\text{sec}$

نکته: در محیط های ایزوتروپ ، بردار سرعت و گرادیان هم امتداد اند.

نکته: تعداد کانال جریانی می تواند کسری باشد

* هر کانال جریان دقیق یک واحد کانال اندرشن دارد که شبکه های مربوط به آن ربع باشد.

در شکل صفحه:

برای زبانه ها : $Np = 1 + 1 + 1 + 1$

" " : $Np = 1 + 1 + 1 + \frac{b}{L} \times 1$

* در شبکه های با طول اندرشن کانال جریان نسبت $\frac{b}{L} \times 1$ کم می شود (b: عرض ، L: طول)

در کانال های جریان بی تابع و گرادیان می تواند فرق کند

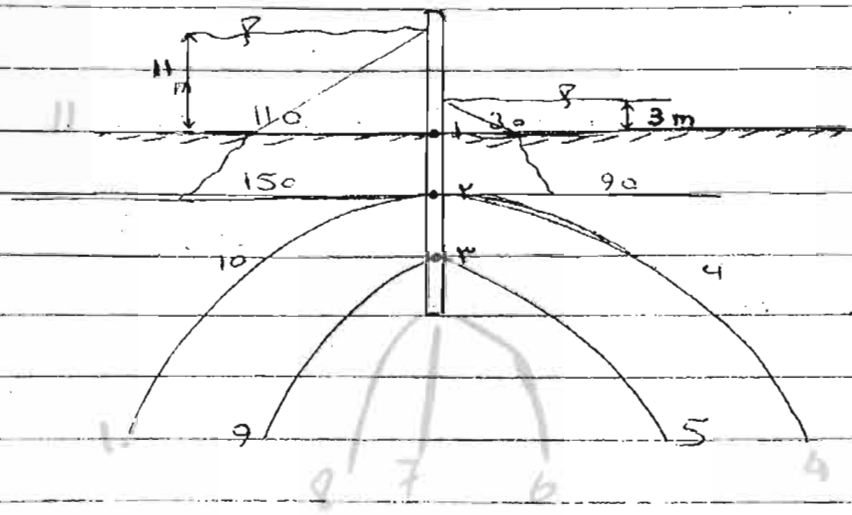
$$Q = \uparrow V \times A \downarrow = cte$$

$$Q = K \downarrow i \uparrow \quad \downarrow A \uparrow = cte$$

بنابراین می شود در کانال جریان با اندرشن های مساوی ، برای است

«توزیع فشار آب در دیواره»

با توجه به شکل صفحه 135:

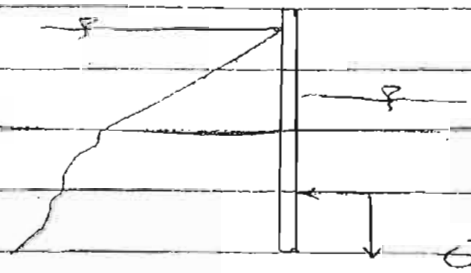


$u = (h-z)\gamma_w$

نقاط	Z	h: چپ	h: راست	u چپ	u راست	u_{net}
1	0	11	3	$[11-(0)]*10 = 110$	$[3-(0)]*10 = 30$	$110-30=80$
2	-5	10	4	$[10-(-5)]*10 = 150$	$[4-(-5)]*10 = 90$	$150-90=60$
3	-10	9	5			

بقدر فوق

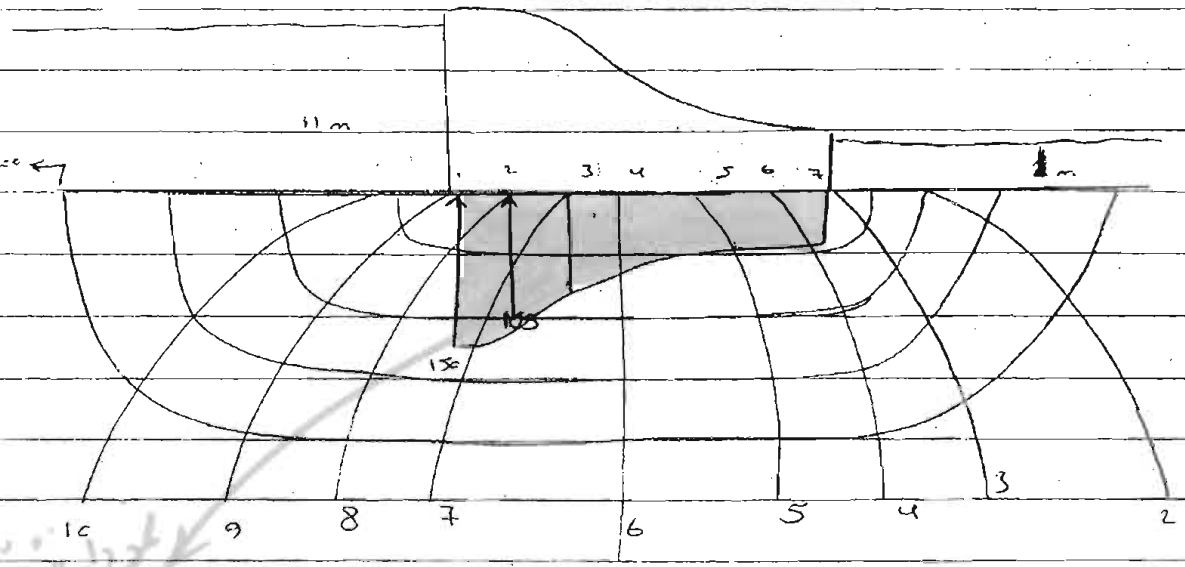
جدول است



فشار باقی

قابل توجه

۱۱ − ۱۰ = ۱ متر هد افت در این نقطه است که از کجا آمده و چرا باید اضافه کنیم به ۹ نشده کم

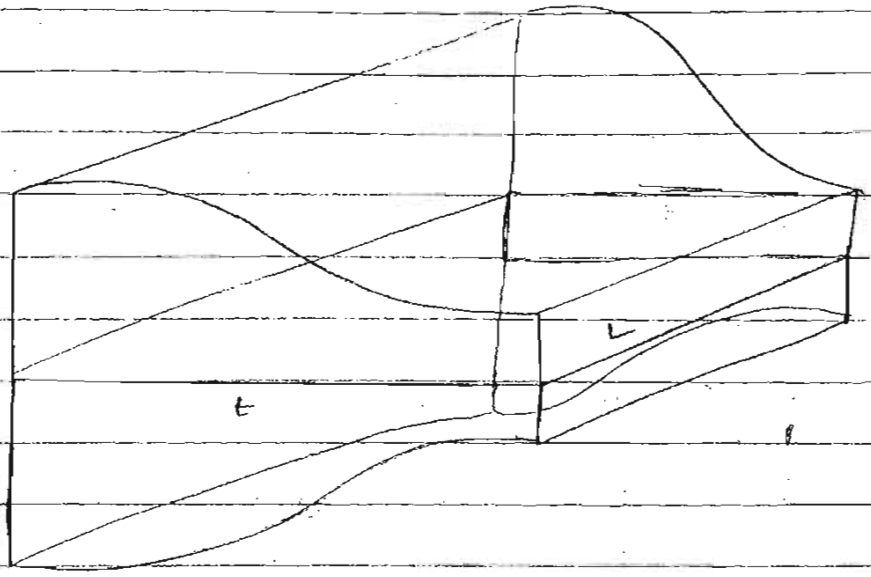


نقاط	Z	h	$u = (h-z)\gamma_w$
1	-1.5	10	$[10-(-1.5)]*10 = 115$
2	1.5	9	$[9-(-1.5)]*10 = 105$
3	1.5	8	
4			
5			
6			

* اگر یک محیط کم تراوا ($K_2 \ll K_1$) در زیر خود یک محیط اشباع تراوا را جس کند

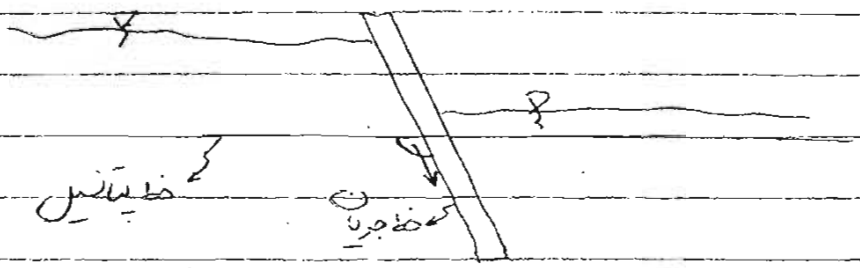
احتمال دارد در اثر فشار آب محیط تراوا بلند شود و ضریب اطمینان در برابر بلند شدن

$$\text{ضریب} = \frac{\text{وزن کل محیط کم تراوا}}{\text{کل نیروی آب رو به بالا}} = \frac{\sigma \text{ کل تنش}}{u \text{ کل فشار آب}}$$



$$S_F = \frac{\omega}{U} \Rightarrow \frac{\frac{\omega}{t \times L}}{\frac{U}{t \times L}} = \frac{\sigma \text{ کل}}{u}$$

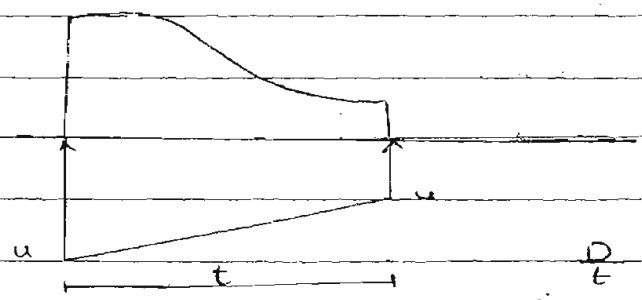
مثال نقطه السنایی



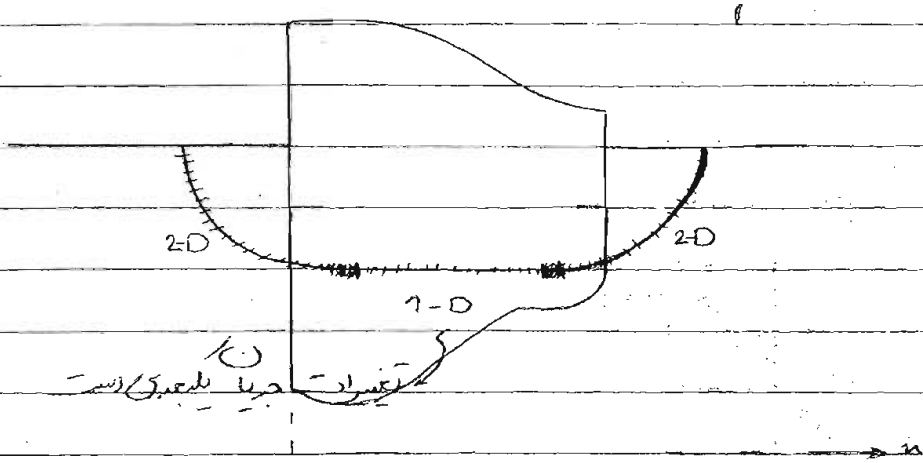
$$\text{ضریب اطمینان} = \frac{\text{شیب خط پتانسیل}}{\text{شیب خط جریان}} * (-1)$$

یکشنبه ۸۶/۵/۱۵ «مکانیک خاک» جلسه نهم

سؤال: فرض کنید برای نشست اول و آخر پی را اندازه گرفته و خطی که این دو نقطه را به هم وصل نماید، دقت این کار چقدر است؟

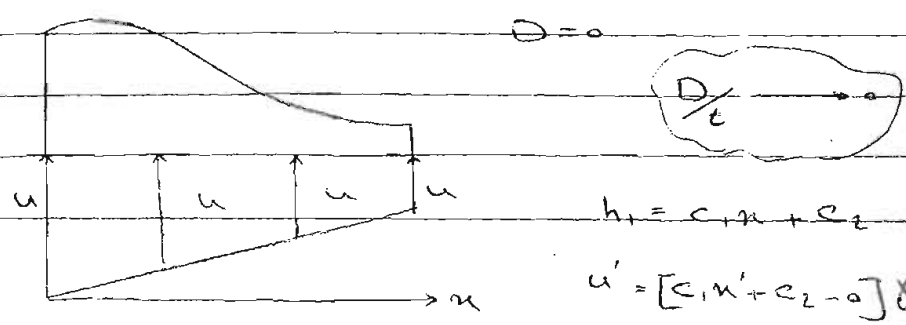


در صورتی که $\frac{D}{t} \to 0$ آنگاه می‌توانیم انتهای انتشار فشار را با خط هم وصل کنیم



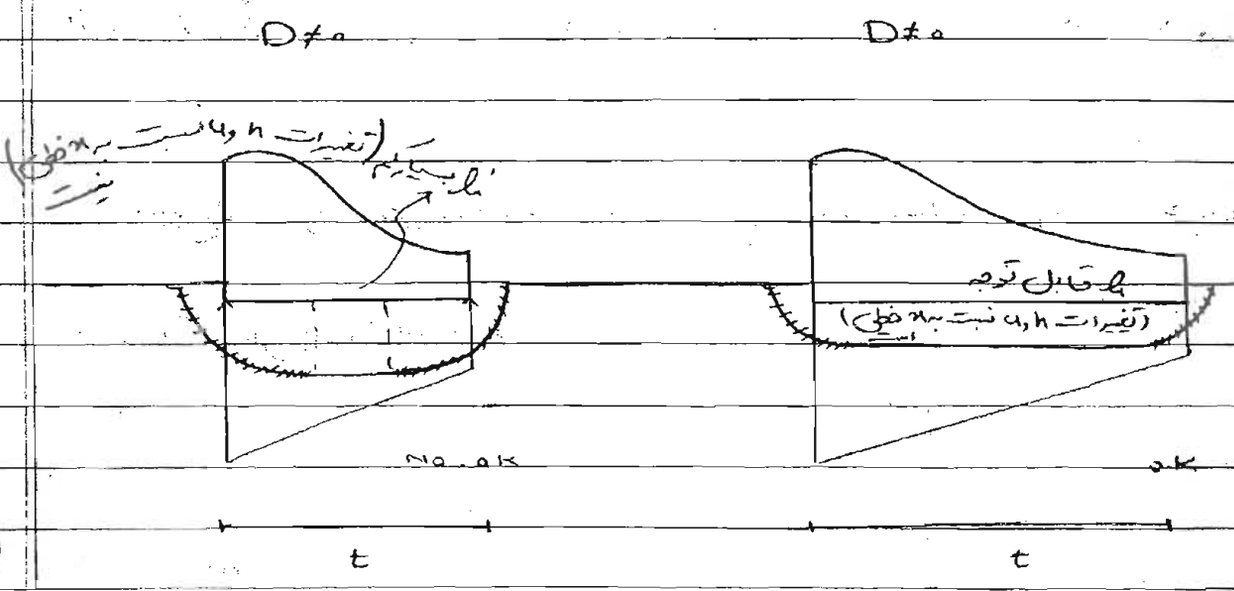
$$h' = c_1 x' + c_2$$

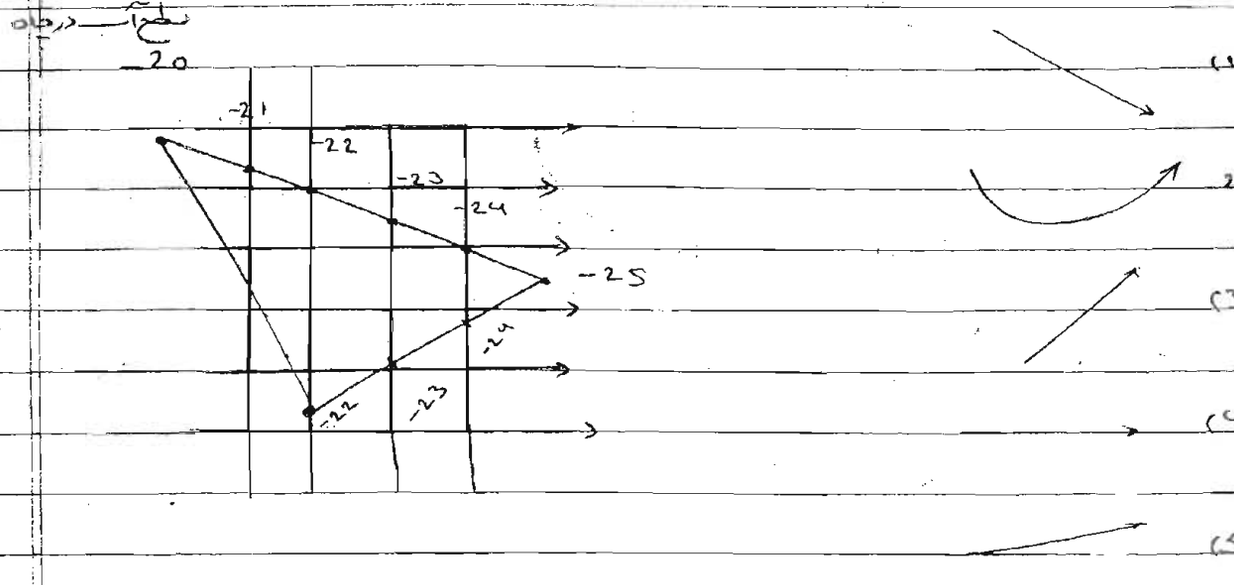
$$u' - (h - z)\gamma_w = [c_1 x' + c_2 - z]\gamma_w$$



$$h_1 = c_1 x + c_2$$

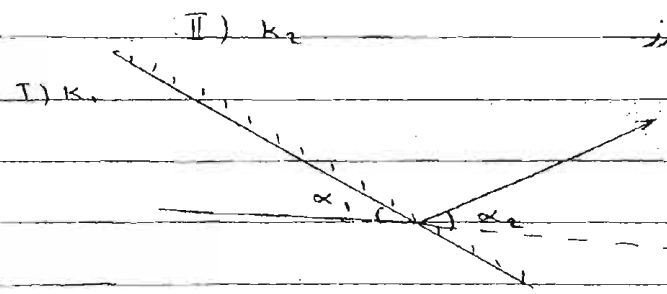
$$u' = [c_1 x' + c_2 - 0]\gamma_w$$


D≠0
D≠0
t
t


-20
-21
-22
-23
-24
-25
-24
-22
-23
1
2
3
4
5

* * خط جریان (ن) آب به سطحی برخورد کند، تمایل دارد در آنها نفوذ پذیری آنها تغییری ایجاد کند

α_1, α_2 : زاویه برخورد با مرز



$k_1 > k_2$

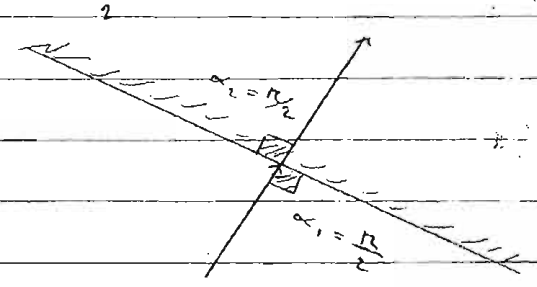
$k_1 \operatorname{tg}\alpha_1 = k_2 \operatorname{tg}\alpha_2$

* در خط جریان (ن) آب از مرزی به بعد

می تواند وجود داشته باشد

$$k_1/k_2 = \frac{\operatorname{tg}\alpha_2}{\operatorname{tg}\alpha_1} > 1$$

* * اگر خط جریان به مرز عمود باشد نسبت بالا را می توان تشخیص داد یا نه؟



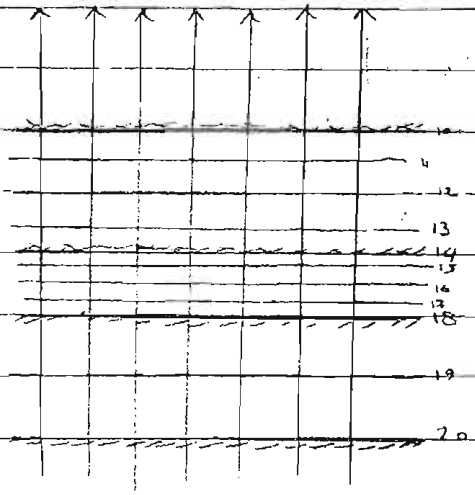
$$\frac{k_1}{k_2} = \frac{\operatorname{tg}\alpha_2}{\operatorname{tg}\alpha_1} = \frac{\infty}{\infty}$$

در یکی از دو حالت $\frac{k_1}{k_2}$ است

چطور است

در مرزی که برای رفع ابهام عبارت فوق باید وجود داشته باشد، شرایط خطوط هم پتانسیل به صورت

$k_2 < k_1 < k_3$

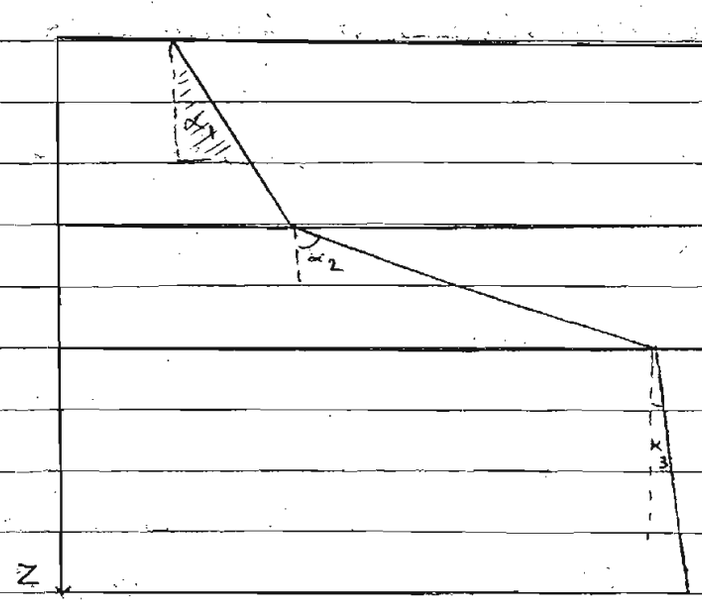


خاک با پیمودن فاصله‌ی بین خطوط پتانسیل خشک می‌شود

خاک با پیمودن فاصله‌ی کمی خشک می‌شود

خاک با پیمودن فاصله‌ی زیادی خشک می‌شود

k زیاد



$$\alpha_3 < \alpha_1 < \alpha_2 \qquad \tan\alpha = -\frac{dh}{dz} = i$$

$$\tan\alpha_3 < \tan\alpha_1 < \tan\alpha_2$$

$$i_3 < i_1 < i_2$$

از طریق رابطه پیوستگی دبی

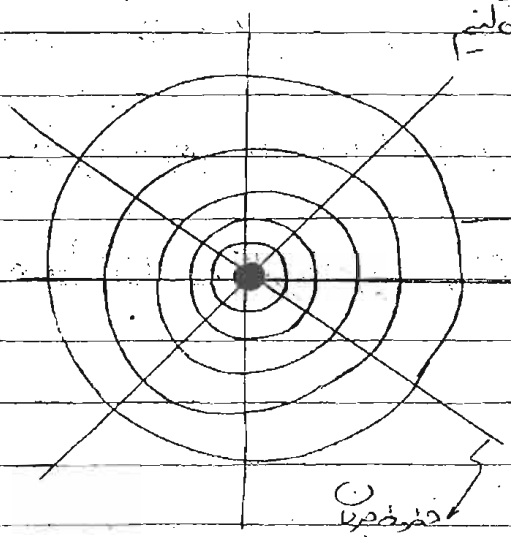
$$Q_1 = Q_2 = Q_3$$

$$K_1 i_1 A_1 = K_2 i_2 A_2 = K_3 i_3 A_3$$

$$K_1 i_1 = \downarrow K_2 \; i_2 \uparrow = \uparrow K_3 \; i_3 \downarrow$$

تصویر خطوط جریان آب را از بالا به چاه منتقل کنیم

خطوط هم پتانسیل

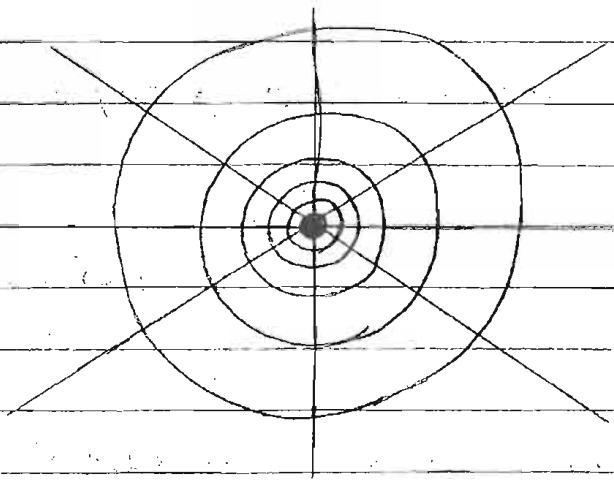


این شکل ایراد دارد زیرا با دور شدن

از چاه، شکل ناصله خطوط

پتانسیل زیادی شود این شکل وقتی صحیح است که سرعت آب در همه جا به صورت

ثابت است در حالی که این چنین نیست. بنابراین این شکل صحیح نمی باشد

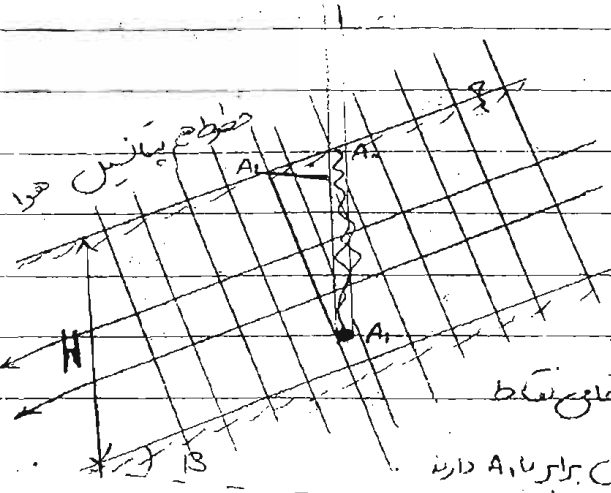


شکل ۵-۱۲

سوال: آب در نقطه A_1

بیشتر تمایل دارد تا کدام یک

بالا بیاید؟



در اینجا هم تمایل یکسانی

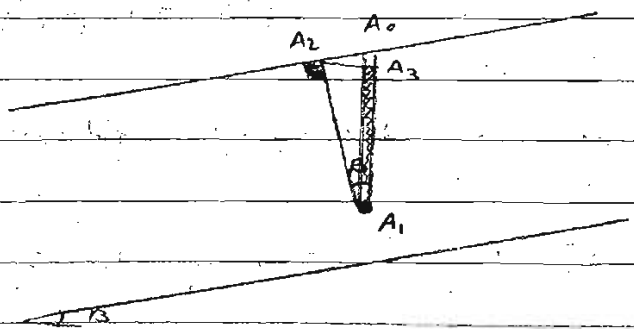
دارند

یک خط پتانسیل از A_1 و یکی هم از نقطه

روی این خط پتانسیل از جمله A_2، هدی برابر با A_1 دارند

جواب: برای بدست آوردن هر نقطه‌ای که بتوان سخت بدست آورد این خط پتانسیل از آن نقطه عبور داده و هر نقطه‌ای را که پتانسیل داده است را بدست آورد کرد.

اصل هر همان نقطه دوم نقطه (هم پتانسیل) است.

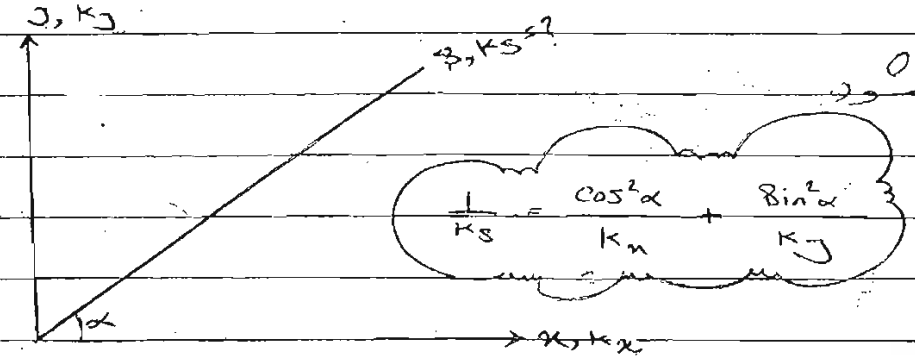


$$u_{A_1} = A_1A_3\gamma_w = A_1A_2\cos\beta\,\gamma_w = A_1A_0\cos\beta\cos\beta\,\gamma_w = z\cos^2\beta\,\gamma_w$$

در شکل بالا اگر:

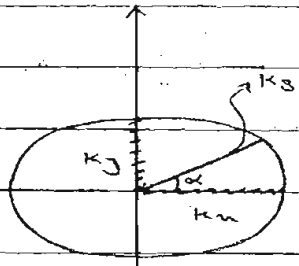
$$\beta = 0 \quad \Rightarrow \quad u_{A_1} = z\gamma_w$$

مثال: در یک محیط غیر ایزوتروپ K در دو امتداد متعامد x و z داده شده $K_x = 2K_z$ در امتداد δ که با محور xها زاویه α می‌سازد چقدر است؟



حل:

$$\frac{1}{K_S} = \frac{\cos^2\alpha}{K_n} + \frac{\sin^2\alpha}{K_J}$$

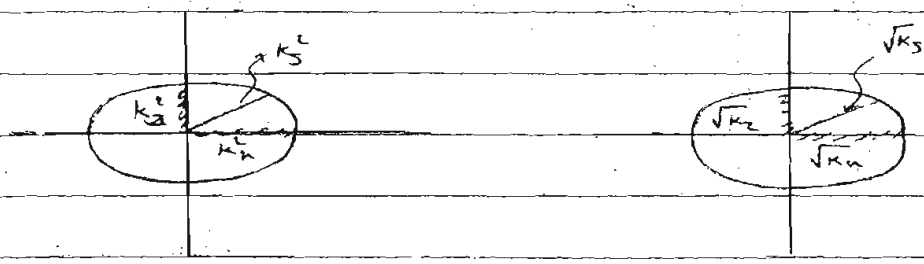


برای تعیین ثوابل ثل

ی بایست فرمول تیم را بصورت

معادله بیضی در آوریم.

$$\left(\frac{1}{\sqrt{k_s}}\right)^2 = \left(\frac{\cos\alpha}{\sqrt{k_m}}\right)^2 + \left(\frac{\sin\alpha}{\sqrt{k_J}}\right)^2$$

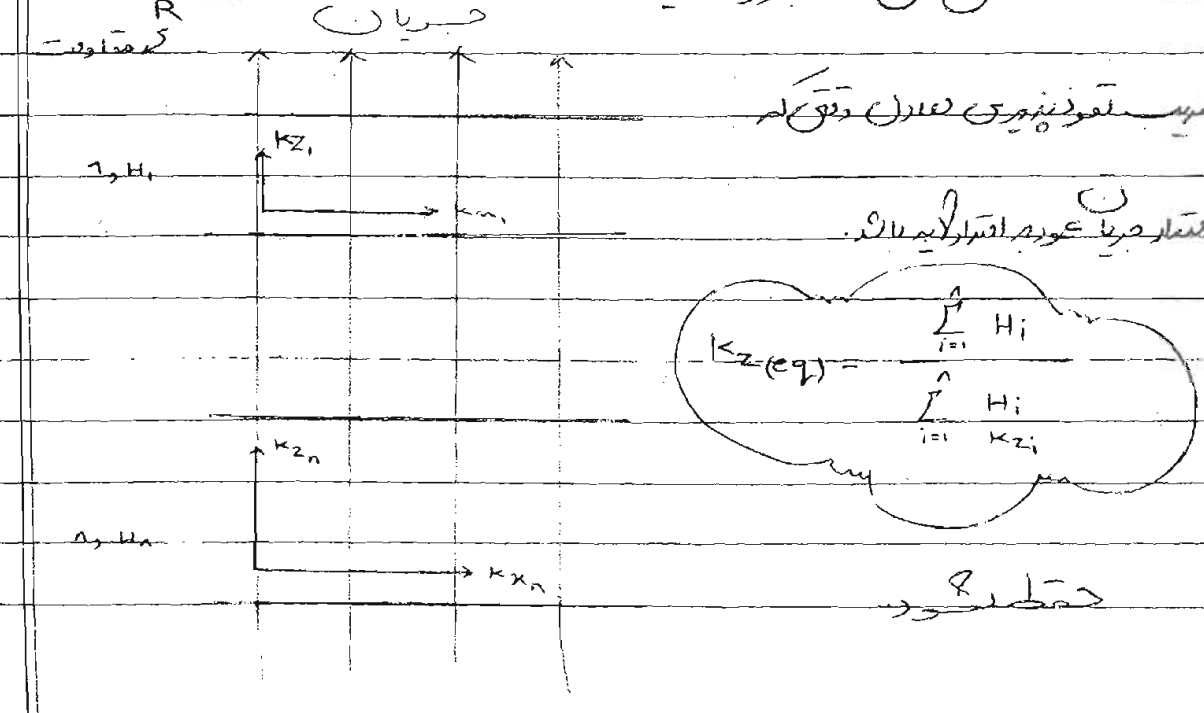


فرض کنید خروجی بصورت لایه لایه (غیرهمگن) و غیرایزوتروپ طبق شکل زیر داریم.

آنگاه k معادل کل خروجی بصورت زیر است.

$k \propto \frac{1}{R}$ کم مقاومت

ضریب تقویت‌پذیری معادل دقیقاً کم



امتداد جریان عمود امتداد لایه‌ها است.

$$k_{z(eq)} = \frac{\sum_{i=1}^{n} H_i}{\sum_{i=1}^{n} \frac{H_i}{k_{z_i}}}$$

خط‌دار

فرضهای اساسی برای اثبات فرمول صفحه قبل عبارتند از:

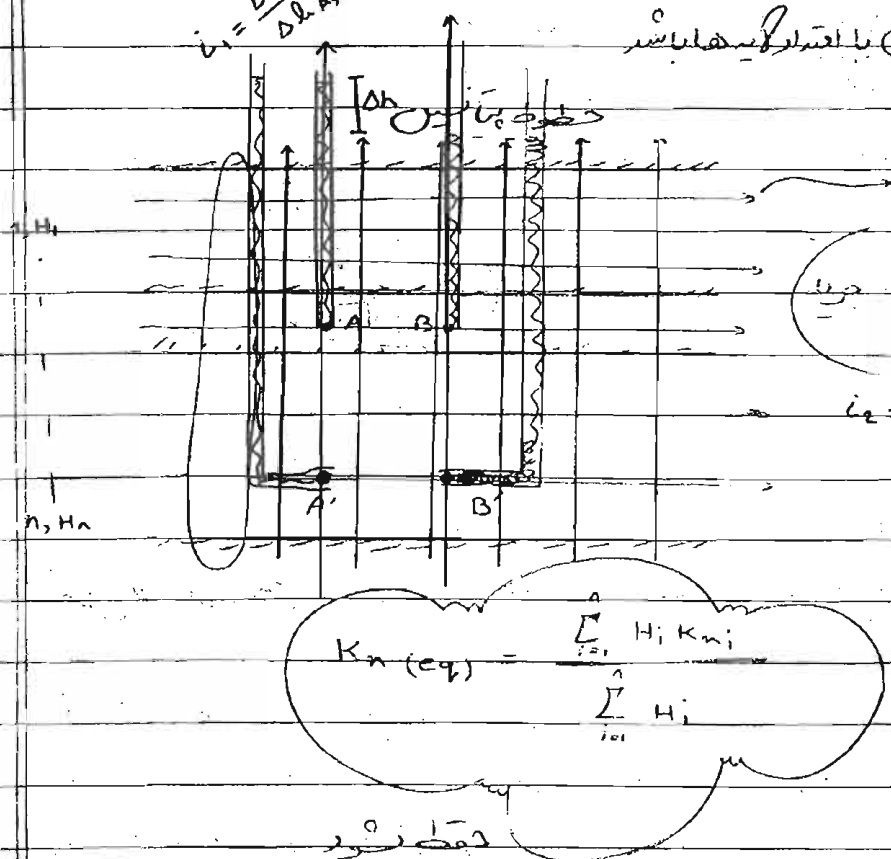
$Q_1 = Q_2 = \dots = Q_n$

$\Delta h = \Delta h_1 + \Delta h_2 + \dots + \Delta h_n$

که

$i_1 = \frac{\Delta h_{A,B}}{\Delta l_{A,B}}$

حالت دوم: جریان موازی با لایه‌بندی‌ها باشد



$i_2 = \frac{\Delta h_{A',B'}}{\Delta l_{A'B'}} = \frac{\Delta h_{A,B}}{\Delta l_{A,B}} = i_1$

$K_{n(eq)} = \frac{\sum_{i=1}^{n} H_i K_{ni}}{\sum_{i=1}^{n} H_i}$

حفظ شود

فرضهای اساسی:

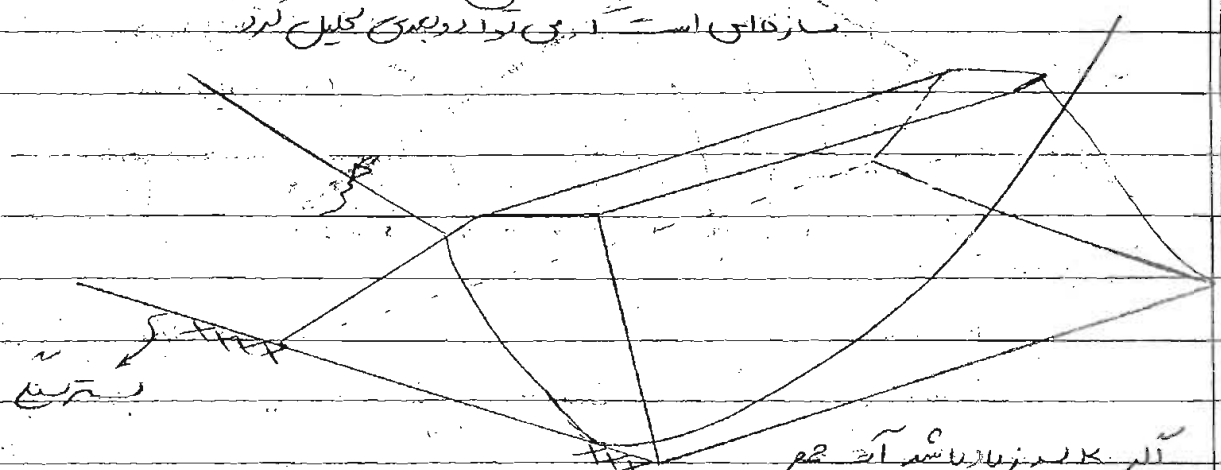
$Q = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n$

$i_1 = i_2 = i_3 = \dots = i_n$

$Q_1 \neq Q_2 \quad K_1 i_1 A_1 \neq K_2 i_2 A_2$

«تراکم در پی سدهای خاکی»

مدرهای است که برای تراکم بهتر تحلیل کرد



بستر سنگ

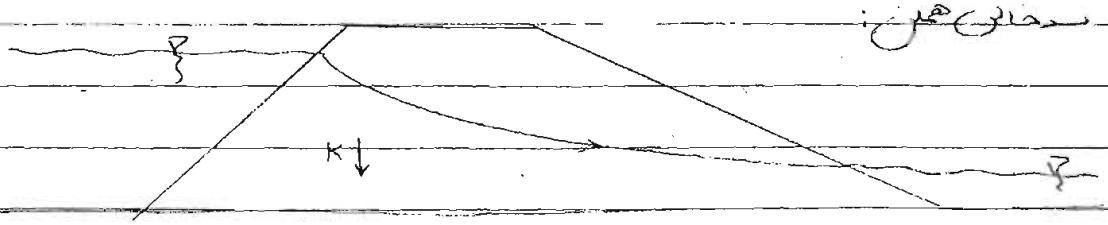
آنقدر K زیاد باشد که آب جمع نشود و نباید K زیاد باشد که آب خیلی زود هدر رود.

بهترین خاکها به ترتیب درجه اولویت برای سدهای خاکی عبارتند از:

GC ← SM - SC - GM - CL

درجه مناسب بعدی مقاوم

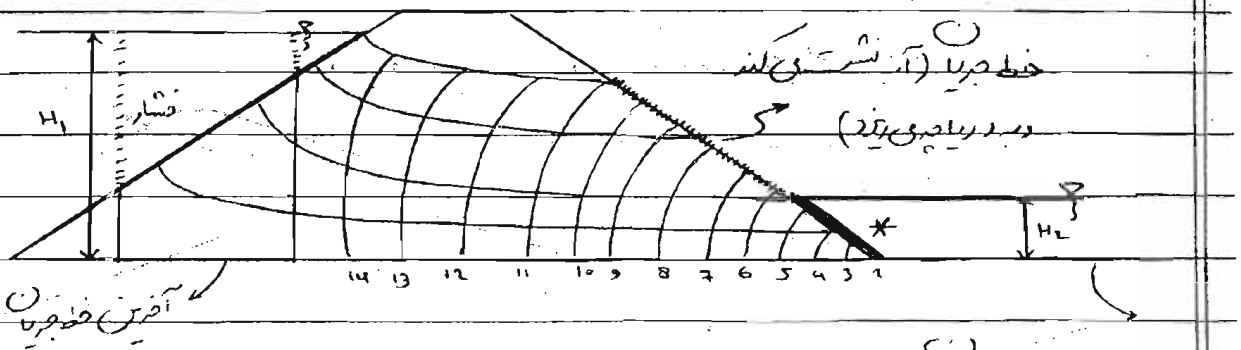
سد خاکی همگن:



شیروانی بالادست یک سد خاکی همگن یک خط پتانسیل است که برای هر خ

سطح زمین در بالادست سد باشد، هدف کنترل دبی این شیروانی برای جلوگیری از خروج بیش از اندازه آب

بالادست سد پایه سد



$N_f = 4$

$N_d = 13$

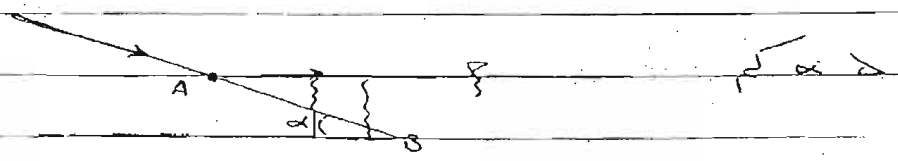
$\Delta H = 15.2$ کل

میزان دبی $Q = k \frac{N_f}{\Delta d} \Delta H$ کل

هستند.

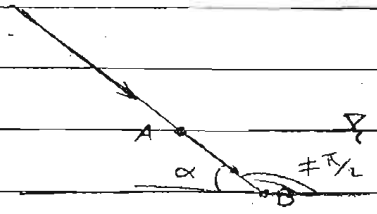
در $z = 0$ سطح زمین پایین دست ناشی هر هد نقاط آن برابر خواهد بود با ارتفاع

آب دریاچه پایین دست.



α کم

آب پس از ورود به سطح دریاچه می‌رود سطح آبی ایستا AB خط پتانسیل

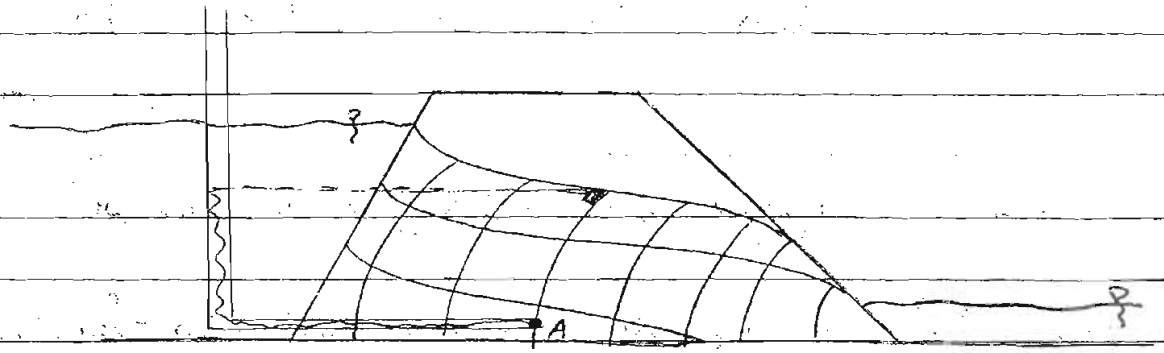


α زیاد

آب پس از ورود به سطح آب به حرکت خود ادامه می‌دهد به دریاچه ادامه می‌یابد AB

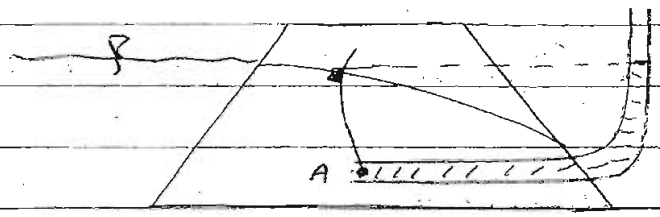
خط جریان

(مثال) فشار آب پیزومتر برای نقطه A که درون یک لایه خاک همگن قرار دارد را بیابید.



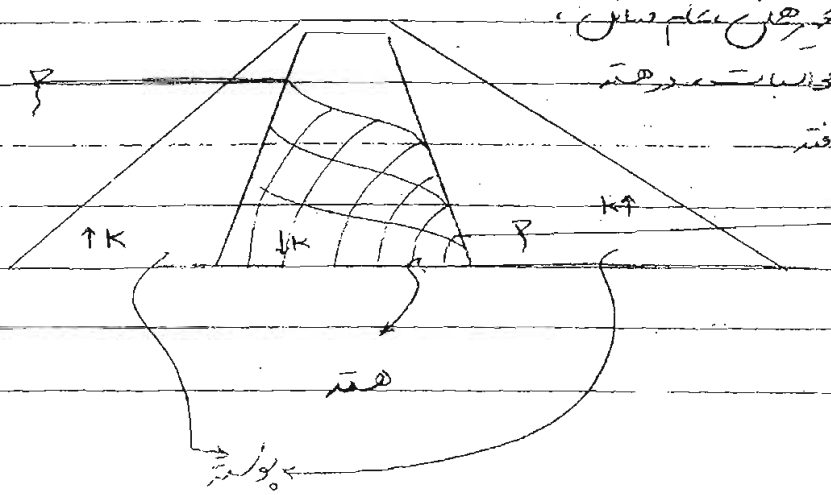
اولین خط جریان را خط تراز آزاد آب سطح آب زیرزمینی

لایه خاک همگن به لایه‌ای گفته می‌شود که تمام بدنه آن از یک جنس است



لایه‌های خاک غیرهمگن از یک جنس نیستند

لایه‌های غیرهمگن معمولاً مانند شکل جریان و فشار آب در هنگام تغییر می‌کند



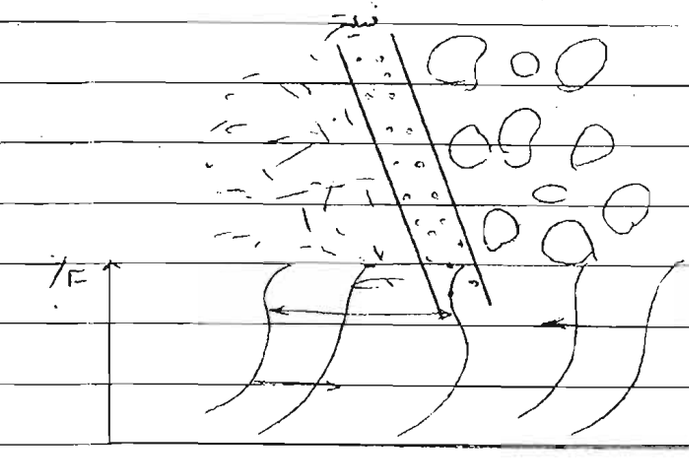
اولویت مصالح برای لایه‌های خاک غیرهمگن زیر هسته:

SM GM CL SC GC

اگر مصالح زیرلایه، بدون واسطه، در مجاورت مصالح درشت دانه قرار گیرد و آب از زیر دانه‌های درشت جریان داشته باشد، در این صورت احتمال دارد حرکت و جریان آب، زیرلایه‌ها را شسته و از میان دانه‌های درشت دانه‌های مجاور را کنده و عبور دهد. این یعنی شسته شدن مصالح آبشدگی، و این یعنی لایه اول معلق است! و هسته سد شسته می‌شود.

مصالح فیلتر باید، از حدی کوچکتر بوده تا هسته در آن شسته نشوند ← یعنی دل در آن شسته نشود و در آن گودی برای آن ایجاد نکند، در عین حال از حدی درشت‌تر نباشد، تا دانه‌های خودش شسته نشود و تا بتواند آب را در خود حبس نکند و نگذارد فشار زیاد بیافتد

$$\sigma' = \sigma - u$$



«معیارهای دهانه فیلتر»

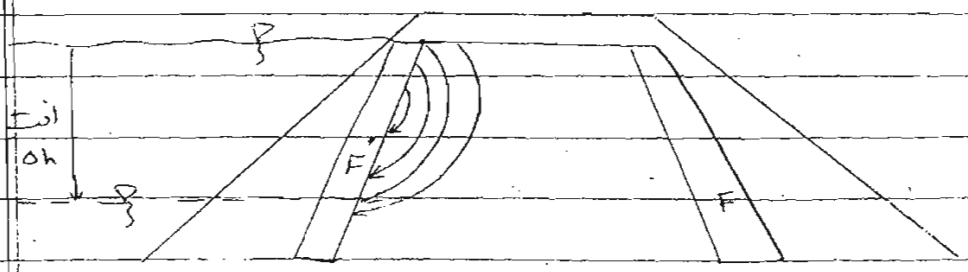
اولین معیار: دانه بندی فیلتر باید واری دانه بندی خاکی که می خواهد از آن محافظت کند باشد.

دومین معیار: برای جلوگیری از عبور آب در خود آنست که عبوری از ۲۵۰ آن، کمتر از ۵ باشد.

ممکن است در دو طرف فیلتر قرار دهند تا در شرایط افت سریع جریان، هسته در حالت پایدار (F) باقی بماند.

زیاد شود قطر دانه $\uparrow$ = آهن $\uparrow \alpha$

هسته $\downarrow \alpha$ = چوب $\downarrow \alpha$

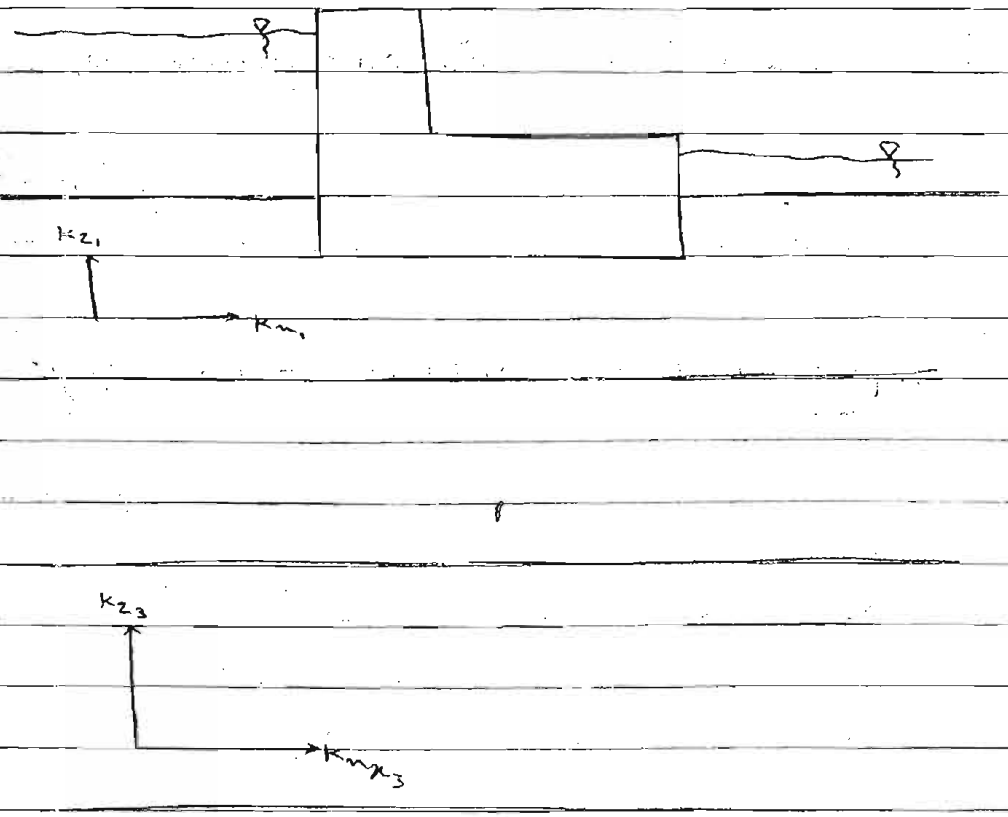


$\frac{\Delta H}{\Delta L} \uparrow = i \uparrow \Rightarrow \bar{v} \uparrow$ در سدهای خاکی

$\frac{\Delta H}{\Delta L} \downarrow = i \downarrow \Rightarrow \bar{v} \downarrow$ در سدهای غیر خاکی

تراوش دوبعدی، محیط غیرهمگن، غیرایزوتروپ

$$K_x \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + K_z \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = 0$$



روش قدم برای ساده کردن مدل فوق ← همگن کردن مدل ← پرتقال

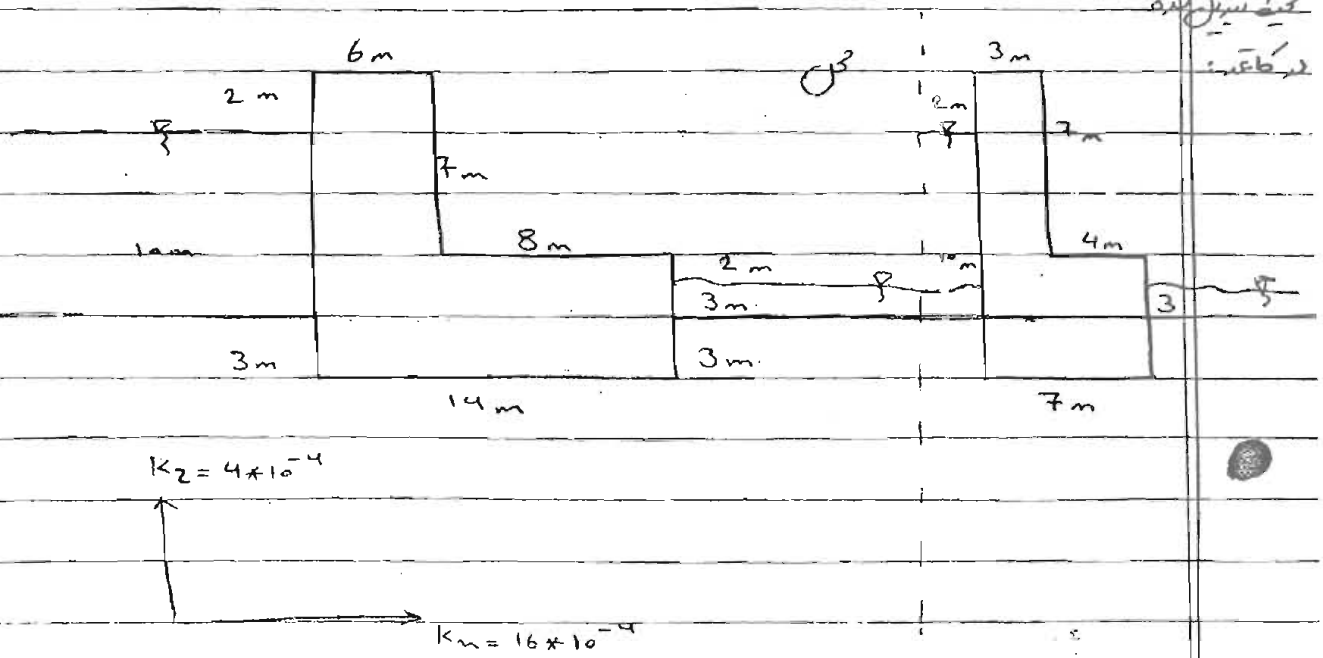
گام‌ها ← بدست آوردن K معادل است.

$$K_{h(eq)} = \frac{\sum_1^n H_i K_{h_i}}{\sum_1^n H_i} = 16 \times 10^{-4} \ m/sec$$

$$K_{v(eq)} = \frac{\sum_1^n H_i}{\sum_1^n \frac{H_i}{K_{v_i}}} = 9 \times 10^{-4} \ "$$

فرض کنید ۲ لایه را متصل کرده‌ایم:

محیط تبدیل شده به صورت:



همگن + غیر ایزوتروپیک

$$x' = \sqrt{\frac{K_z}{K_x}}\, x \quad \Rightarrow \quad \frac{\partial^2 h}{\partial x'^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = 0$$

معادله است در x' و z ایزوتروپ

یا

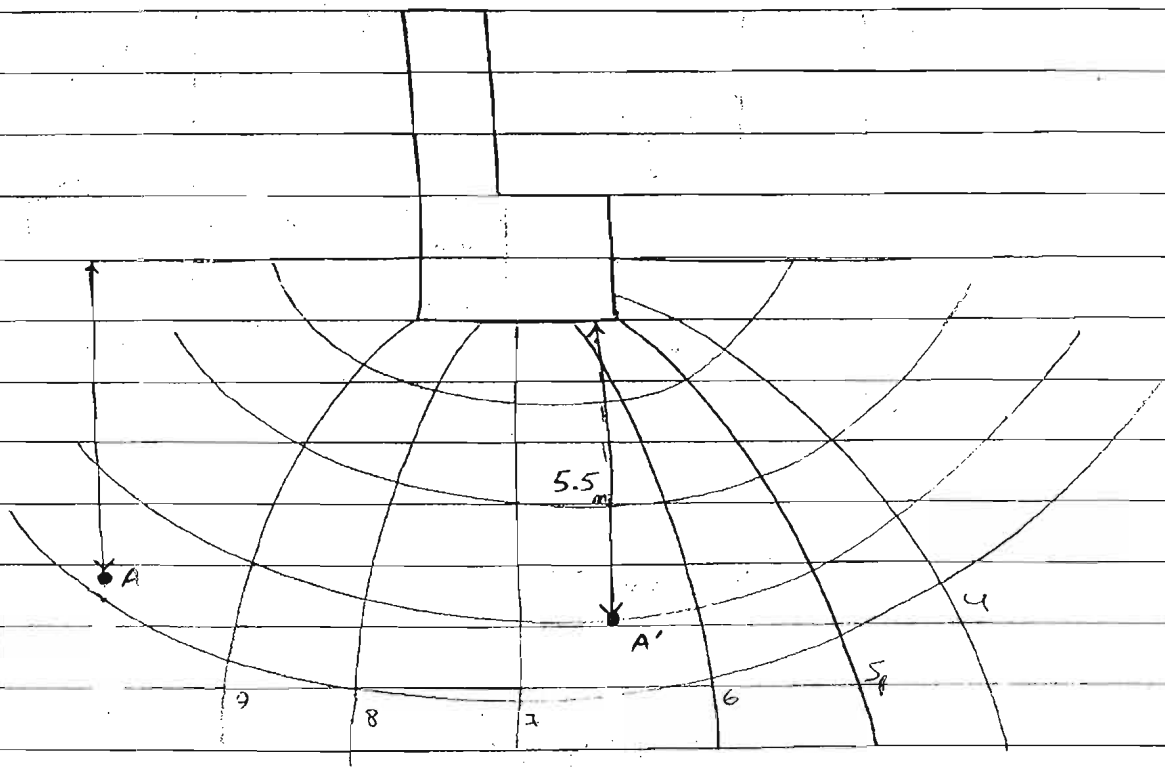
$$z' = \sqrt{\frac{K_x}{K_z}}\, z \quad \Rightarrow \quad \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial z'^2} = 0$$

معادله است در x و z' ایزوتروپ

با این کار محیط همگن لایه‌ای را به لایه‌ی تبدیل می‌کنیم

$$x' = \sqrt{\frac{4*10^{-4}}{16*10^{-4}}}\, x = \frac{1}{2}\, x$$

برای شکل معادل روی طاقه شبکه جریان را رسم می کنیم.



$$K_{(eq)} = \sqrt{K_x \cdot K_z} = \sqrt{4\times10^{-4} \times 16\times10^{-4}} = 8\times10^{-4} \ m/sec$$

$$\Delta H = 10 - 3 - 7 \ m$$

مثال: هد نقطه A چقدر است؟ (هد از کف است یعنی مقدارش ربطی به خود خاک ندارد)

$$h_A = h_{A'} = 6.67 \ m$$

$$u_A = u_{A'} = \left(h_{A'} - z_{A'}\right)\gamma_w = \left[6.67 - (-16)\right]\times10$$

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{V'}{t'} = Q' = K \times \frac{N_f}{N_d} \times \Delta H$$

$$= \left(8 \times 10^{-4} * \frac{5}{7} \ (10-3)\right) \ m^3/sec/m$$

معادل نهایی

$$i_A = 2\,\frac{7-6}{\Delta l'} \qquad i_{A'} = \frac{7-6}{\Delta l}$$

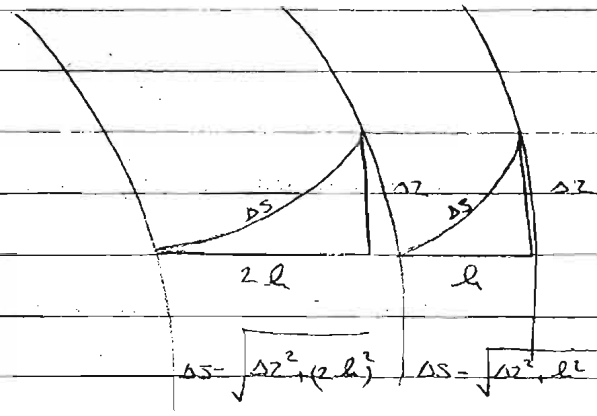
مقدار است

$$i' = \frac{\Delta h}{\Delta l'} \qquad i = \frac{\Delta h}{\Delta l}$$

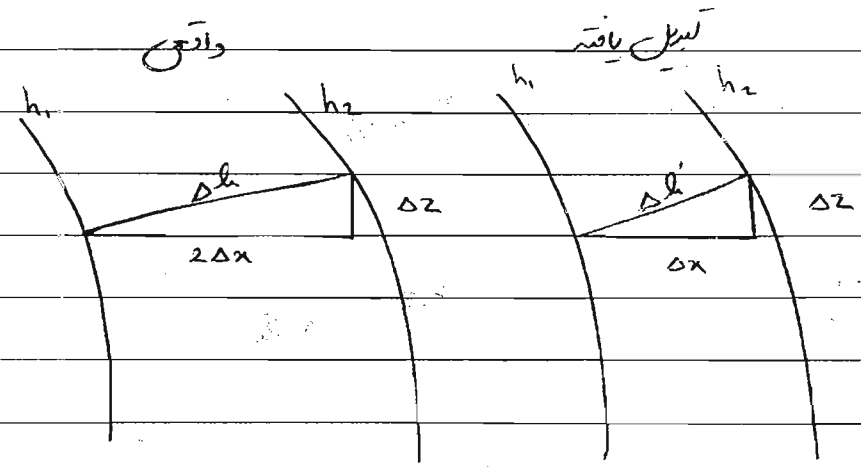
طول قوس برداشته

$\Rightarrow$ تغییری کند و طول Q و h هم تغییر

محاسبه طول قوس



$$\Delta S = \sqrt{\Delta z^2 + (2l)^2} \qquad \Delta S = \sqrt{\Delta z^2 + l^2}$$



$$i = \frac{h_1 - h_2}{\Delta h}$$ واقعی

$$i' = \frac{h_1 - h_2}{(\Delta h)'}$$ تبدیل یافته

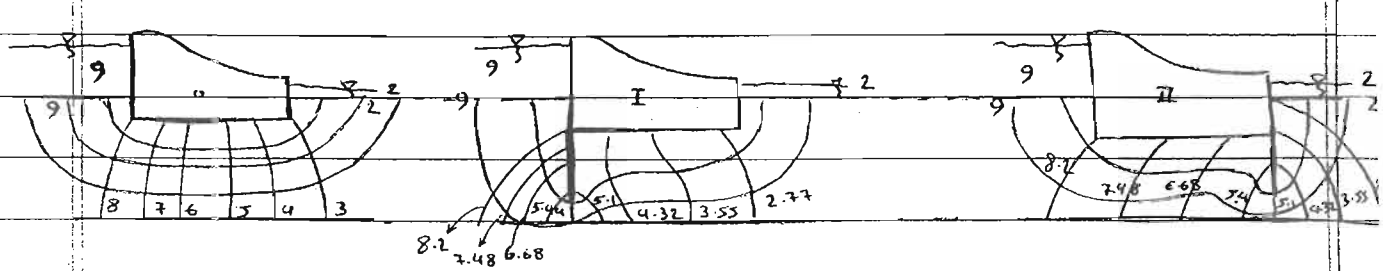
«تست»

برای بند بتنی با هندسه و مصالح و شرایط هیدرولیکی یکسان در سه وضعیت بدون شیرفلکه، شیرفلکه در بالادست و شیرفلکه در پایین دست:

I) کدام گزینه در مورد Q صحیح است

II) کدام گزینه در مورد نیروی آب (uplift) یا نادرست است.

III) کدام گزینه در مورد توزیع هیدرولیکی خروجی صحیح است.



I جواب)

$$Q_0 = \frac{V}{t_0} > Q_I = \frac{V}{t_I}$$

$$Q_0 > Q_I = Q_{II}$$

$$Q = k \frac{\Delta h}{\Delta l} A$$

II جواب)

$$U_I < U_0 < U_{II}$$

$$U = \int u \, dA = \int (h - z) \gamma_w \, dA$$

حالت (0) — حالت I — حالت II

$3 < h < 8$ — $2.77 \leq h \leq 4.7$ — $6.\sim \leq h \leq 8.2$

III جواب)

$$i_0 = \frac{\Delta h = 3-2 = 1}{\Delta l} > i_I = \frac{2.77-2 = 0.77 = \Delta h}{\Delta l} > i_{II} = \frac{\Delta h = 2.77-2 = 0.77}{\Delta l'}$$

$$\Rightarrow i_0 > i_I > i_{II}$$

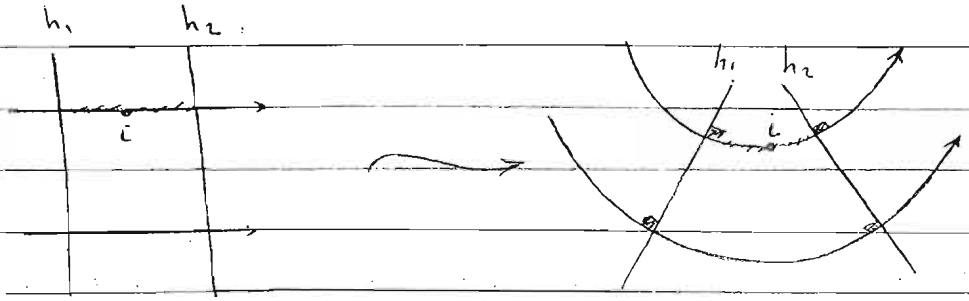
هنگامی که خطوط جریان مجبور باشند واقع یا زاویه آ را دور بزنند، دچار

انحناهای شدید شده و برای اینکه در این حالت خطوط پتانسیل کماکان عمود بر خطوط

جریان باشند، بهم نزدیک شده، تراکم آنها بالا می رود

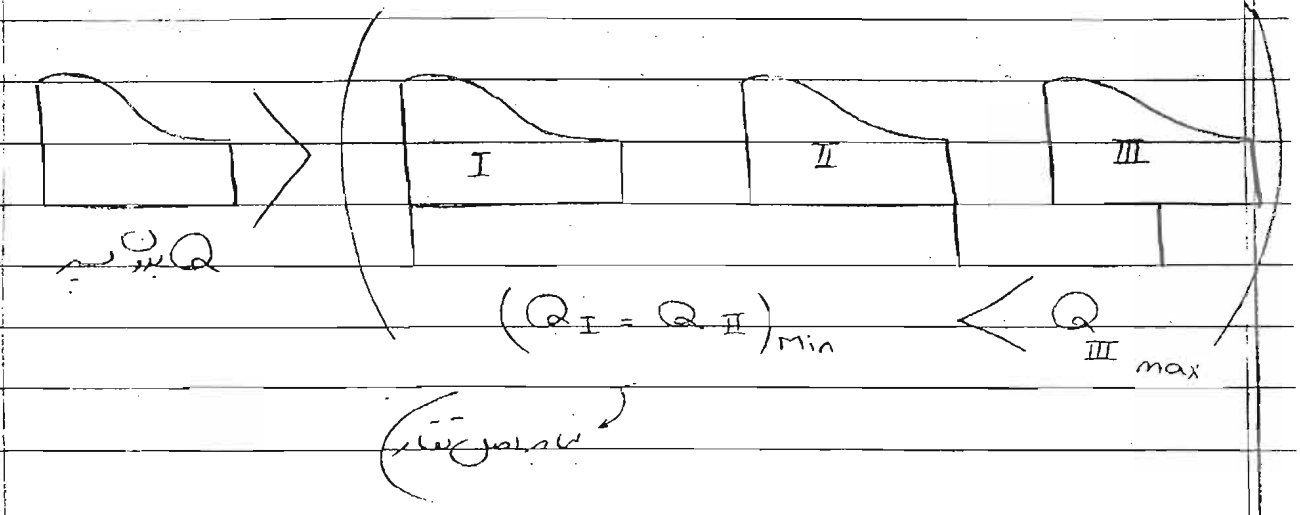
بطوریکه نواحی که باعث می شود انحنای جریان زیاد شود،

در اصل موجب به تنگ شدن لوله و بالا رفتن آن می شود



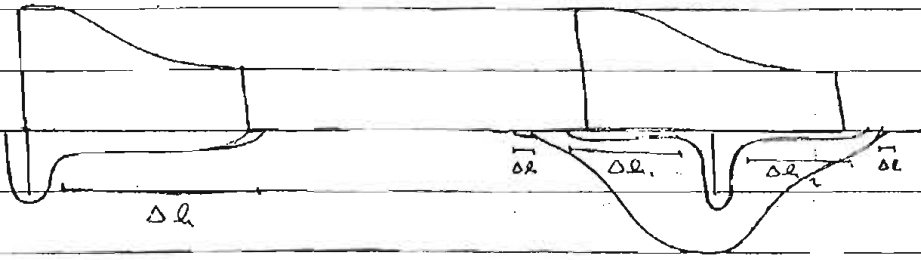
$i = \frac{h_1 - h_2}{\Delta l}$ $\qquad$ $i = \frac{h_1 - h_2}{\Delta l'}$

در هر صورت نمی خواهد باشد، لذا به محل قرارگیری می پردازیم:



سد اصلی

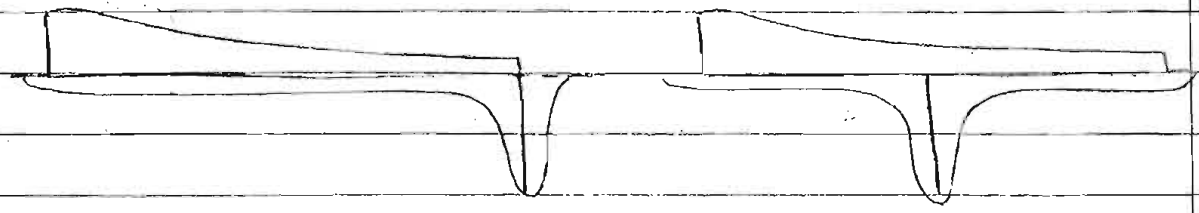
Δl > Δl



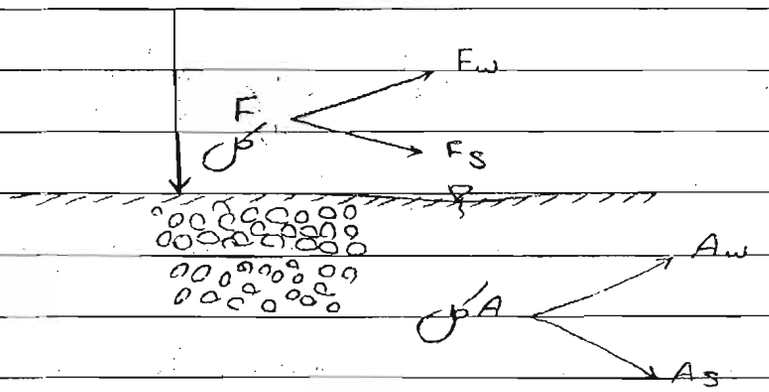
سیم واقع در حالت II بزرگتر است زیرا بدلیل ترک شدن

سیم به سیم قطره و تجمع آب در اطراف آن قطر متوسط سیم بیشتر از اندازه اسمی آن شده

در حالت II تنها در صورتی که طول سیم بیشتر از حد معمول تولید زنگ



Effective Stress (تنش مؤثر)



$$\sigma_{\text{مؤثر}} = \frac{\text{کل } F}{A_s} = \frac{F_s}{A_s} = \sigma_{Soil} = \sigma$$

تنش عامل بین ذرات خاک

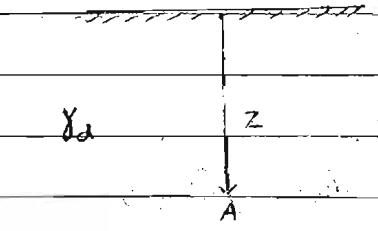
قرارداد: تعریف (تنش فشاری) : $\sigma' = \dfrac{F_s}{A_{\text{کل}}}$

$$\sigma' = \frac{F_s}{A_{\text{کل}}} = \frac{F - F_w}{A_{\text{کل}}} = \frac{F}{A_{\text{کل}}} - \frac{F_w}{A_w + A_s} \sim \sigma - u$$

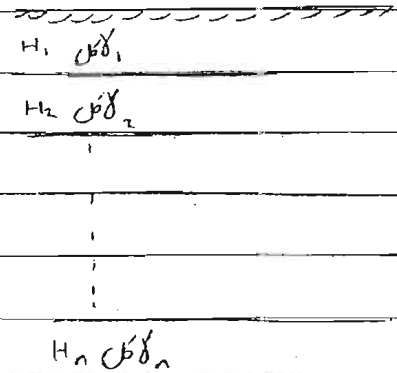
در مقابل A_w اعمال می شود.

$$\Rightarrow \boxed{\sigma' = \sigma - u}$$

خاک خشک

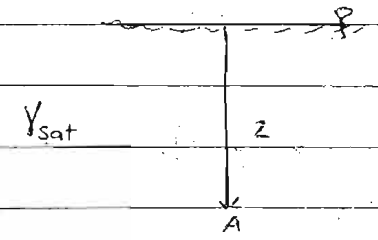


$$\sigma'_A = \sigma - u$$
$$= z\,\gamma_d - 0$$
$$= z\,\gamma_d$$

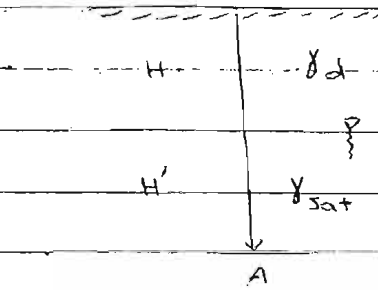


$$\sigma_{\text{لایه}} = \sum_{1}^{n} \gamma_i H_i$$

خاک اشباع

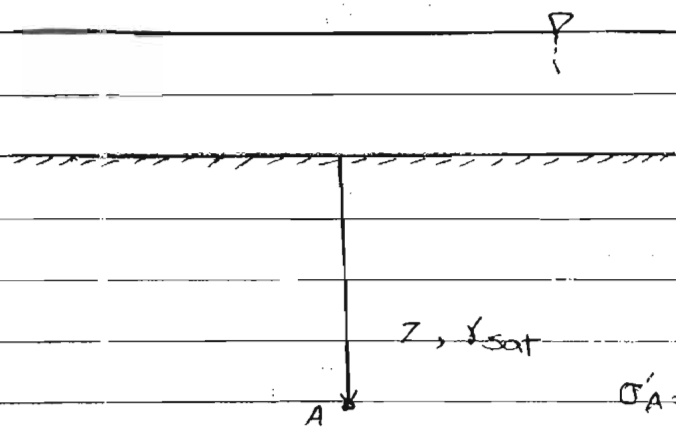


$$\sigma' = \sigma_{\text{لایه}} - u$$
$$= \gamma_{sat} z - \gamma_w z$$
$$= z\,(\gamma_{sat} - \gamma_w)$$
$$= z\,\gamma'$$



$$\sigma'_A = \sigma - u$$
$$= \gamma_d H + H'\gamma_{sat} - H'\gamma_w$$
$$= H\gamma_d + H'\gamma'$$

دوشنبه ۸۵/۵/۱۷ "مکانیک خاک" جلسه دهم



برای این تنش در چه عمقی مد A که داشتیم می‌نویسیم

$$\sigma'_A = \sigma_A - u_A$$

$$\sigma'_A = H\gamma_w + z\gamma_{sat} - (H+z)\gamma_w$$

$$= H\gamma_w + z\gamma_{sat} - H\gamma_w - z\gamma_w$$

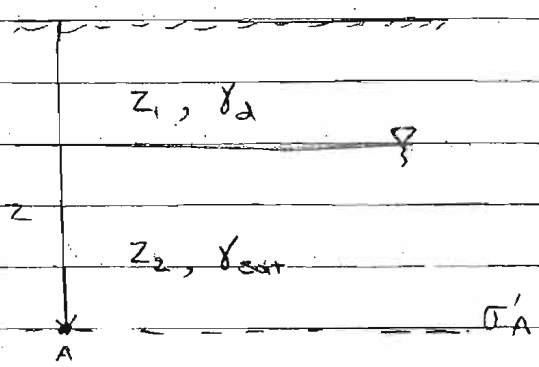
$$= z(\gamma_{sat} - \gamma_w) = z\gamma'$$

* * برای یک توده خاک اشباع وقتی نیرو زیاد شروع به وسا کند تنش فوق درست می‌شود.

* * تنشی که باعث نشست و یا باد کردن خاک می‌شود تنش فوق است.

* * کم و زیاد شدن تنش فوق باعث نشست یا ورم خاک می‌شود.

* * در تنش فوق تنش کل زیاد می‌شود عنصر آب هم زیاد می‌شود و تناسب نهایی تنش فوق است ثابت می‌ماند $\sigma' = \uparrow\sigma_A - u_A\uparrow$



$$\sigma'_A = \sigma - u = z_1\gamma_d + z_2\gamma_{sat}$$

$$z_2\gamma_w = z_1\gamma_1 + z_2(\gamma_{sat} - \gamma_w)$$

$$= z_1\gamma_d + z_2\gamma'$$

تفاوت بین تنش موثر در نقطه فوق و نقطه قبل (تغییرات تنش):

$$z_1\gamma_d + z_2\gamma' - z\gamma' = z_1\gamma_d + z_2\gamma' - (z_1+z_2)\gamma'$$

$$= z_1\gamma_d + z_2\gamma' - z_1\gamma' - z_2\gamma' \Rightarrow$$

$$\Delta\sigma' = z_1\gamma_d - z_1\gamma' = z_1(\gamma_d - \gamma')$$

راه‌حل:

$$\Delta(\text{تنش}) = \Delta(\gamma H) - H \times \Delta\gamma$$

γH ///

در تغییرات تنش خواسته می‌شود باید:

صحبتی که تغییرات ... در آن اتفاق افتاده ضرب شود در تغییرات هایی

که ... که در تنش موثر تاثیر دارد

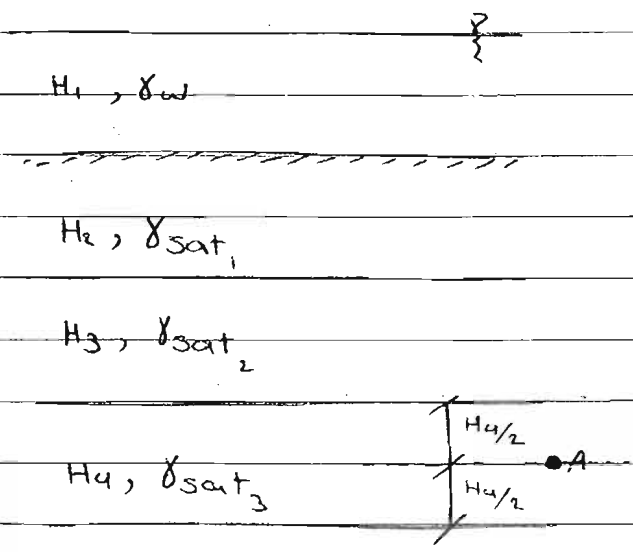
مثلاً در مثال قبل $z_1 \times (\gamma_d - \gamma')$

$$|\Delta\sigma_T| = H(\gamma_w - 0) + z_1(\gamma_{sat} - \gamma_d)$$

ارتفاع آب بالای خاک

در صورتی که در تودهٔ خاک گاهاً فرض کنیم آب روی آن نشار

می آورد، تنش مؤثر را می توان بصورت $\sigma' = \sum_1^n H_i \times \left(\begin{matrix}\text{وزن مخصوص} \\ \text{آب حذف شدهٔ} \\ \text{مصالح}\end{matrix}\right)$ (ضخامت هر لایه ضرب در وزن مخصوص آب حذف شده لایه ها) نوشت :

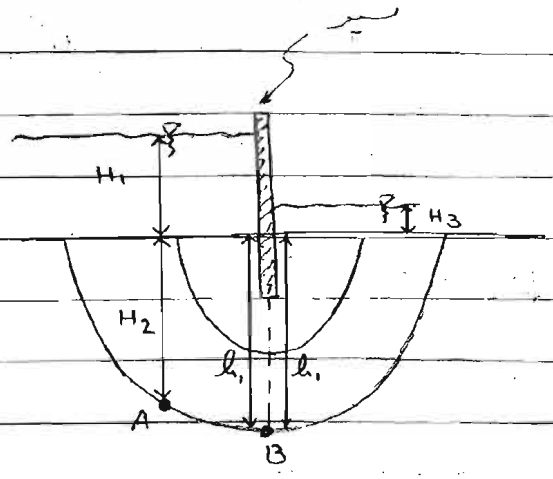


$$\sigma'_A = H_1(\gamma_w - \gamma_w) + H_2(\gamma_{sat_1} - \gamma_w) + H_3(\gamma_{sat_2} - \gamma_w)$$

$$+ H_4(\gamma_{sat_3} - \gamma_w)$$

$$\sigma'_A = H_2\gamma'_1 + H_3\gamma'_2 + H_4\gamma'_3$$

تنش مؤثر همراه با تراوش:



$$\sigma'_A = \sigma - u = \sum_1^{\wedge} \gamma_i H_i \quad - \left[(h-z)\gamma_w\right]$$

$$\sigma'_A = H_1\gamma_w + H_2\gamma_{sat} \quad - \left[(h-z)\gamma_w\right]$$

تنش مؤثر برای نقطه B (در سمت دیگر سپر) به طریق مشابه به صورت زیر عمل می‌کنیم:

$$u_B = \left[h_B - z_B\right]\gamma_w$$

σ_B ← چپ ε_0 : $H_1\gamma_w + l_1\gamma_{sat}$ I

σ_B ← راست ε_0 : $H_3\gamma_w + l_1\gamma_{sat}$ II

$\Rightarrow \sigma'_B =$

$\sigma'_B =$ { چپ ε_0 : $\sigma_B - u_B$ I ; راست ε_0 : $\sigma_B - u_B$ II }

فرمول کلی برای هر نوع تراوش:

$$\sigma' = \sigma - u = \sum \gamma_i H_i - \left[(h-z)\gamma_w\right]$$

فرمول کلی ←
1-D
2-D
3-D

یک فرمول تبدیل برای تراوش 1-D & (اثرات ناشی از تراوش) $\sigma' = \gamma' z \mp$

(+) برای حالتی که تراوش رو به پایین است ، (−) برای حالتی که تراوش رو به بالا

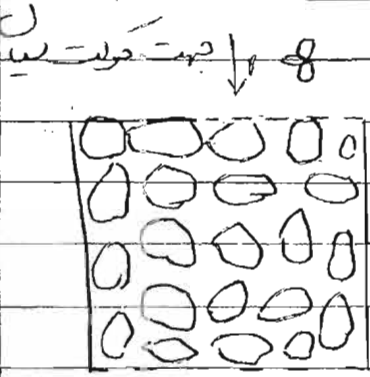
است همچنین ، $\gamma' z$ ، برای حالت بدون تراوش است.

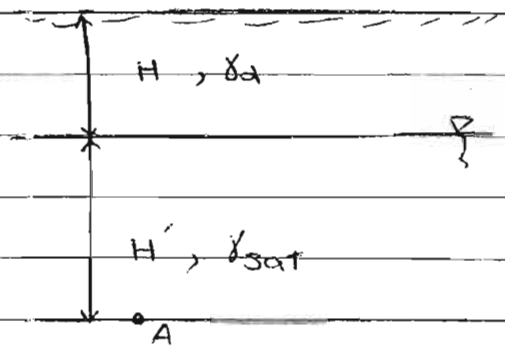
$$\Rightarrow \sigma' = \gamma' z \mp i z \gamma_w$$

این فرمول فقط برای خاک اشباع

است و بالای آن همچنین باید

لحاظ شود فعلاً درنظر نداریم





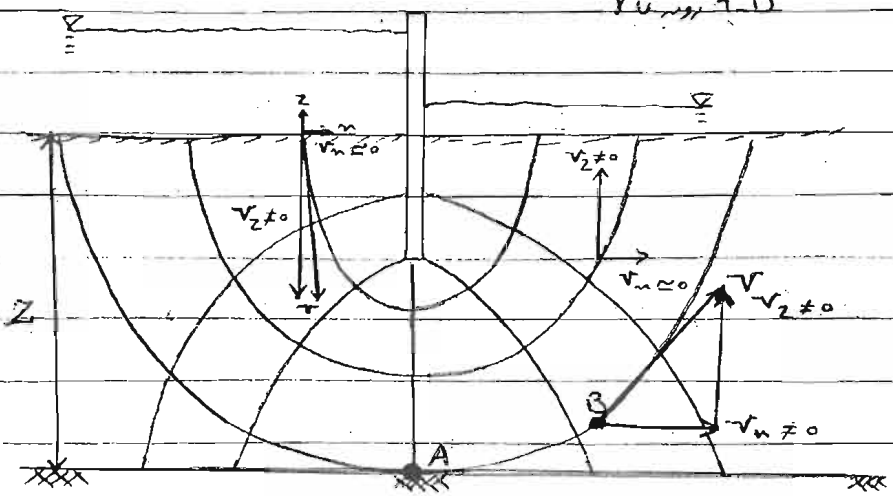
$$\sigma'_A = H'\gamma' \mp i H'\gamma_w + H\gamma_d$$

در تراوش دوبعدی نیز نقاطی وجود دارند که وزن آنها را تنها تراوش یکبعدی از فرمول قبل حل نمود.

۱-D رو به پائین

۱-D رو به بالا

نقل



* $\sigma'_A = \gamma' z + i_z z \gamma_w$

در نقطه A تراوش یکبعدی است $\leftarrow V_z = 0 \leftarrow i = 0 \leftarrow i_z \gamma_w z = 0$

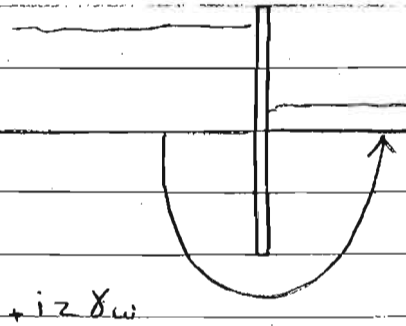
$V_z = 0 \Rightarrow i_z = 0$ تولز z سرعت است که در اریفوس $(\frac{m}{s})$ توده را به زیادی کند

* برای حالت یکبعدی رو به پائین $\sigma' = \gamma' z + i_z Z \gamma_w$

* برای حالتی که یکبعدی رو به بالا است $\sigma' = \gamma' z - i_z Z \gamma_w$

* برای حالتی که تراوش کلا دوبعدی است $\sigma'_B = \gamma' z \mp i_z Z \gamma_w$

$V_z \equiv i_z$



σ' در راستای تراوش ↑ ← ↑ τ ← o.k

σ' در راستای تراوش ↓ ← ↓ τ ← No

$\sigma' = \gamma' z - i z \gamma_w$

$\uparrow \sigma' = \gamma' z + i z \gamma_w$

خطر ؟ $\tau \downarrow$

$\tau \uparrow$ ✓
خوبست

در تراوش 1-D رو به بالا:

i_{cr} : در تراوش یکبعدی رو به بالا، آن مقداری از گرادیان که منجر به صفر شدن تنش مؤثر می‌شود، گرادیان هیدرولیکی بحرانی نام دارد

$\uparrow \sigma' = \gamma' z - \uparrow i z \gamma_w$ ↓

$0 = \gamma' z - i_{cr} z \gamma_w$

خطر ↓

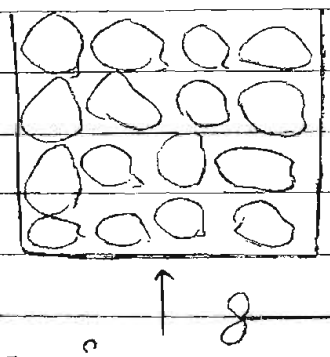
$$\uparrow i_{cr} = \frac{\gamma'}{\gamma_w} = \frac{\gamma_{sat} - \gamma_w}{\gamma_w} \simeq \frac{20-10}{10} = 1$$

$$i_{cr} = \frac{\gamma'}{\gamma_w} = \frac{\gamma_{sat} - \gamma_w}{\gamma_w} = \frac{\frac{G_s + e}{1+e}\gamma_w - \gamma_w}{\gamma_w} = \frac{G_s - e}{1+e}$$

$$\Rightarrow i_{cr} = \frac{G_s - 1}{e+1} \simeq \frac{2.65-1}{0.6+1} \Rightarrow i_{cr} \simeq 1$$

خطرناک

آزمون نفوذ استاندارد چندین ویژگی دارد که باعث می‌شود نتایج آن با یک تنش برشی و صفر شدن تنش برشی خوشش نیاید و صفر شدن تنش برشی در حالتهای چسبنده خطرآفرین است.



درجه اشباع 100 درصد

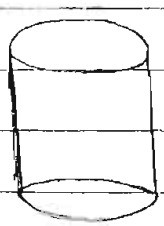
$\tau = \sigma' \tan\phi + c = 0 + c \neq 0$: چسبنده $c \neq 0$

$\tau = \sigma' \tan\phi + c = 0 + 0 = 0$: غیر چسبنده $c = 0$

$\sigma' = 0 \Rightarrow i = 1$:

حالتهایی که استعداد خوش (از دست دادن مقاومت دشاری) آنها بالاست:

SP * SP-SM * SW * SW-SM * ML * SM



$\frac{f'_c = 900\ kg/cm^2}{\sigma_c = 200} = \frac{\text{تنش عامل خرابی}}{\text{تنش موجود}} = SF = 2$

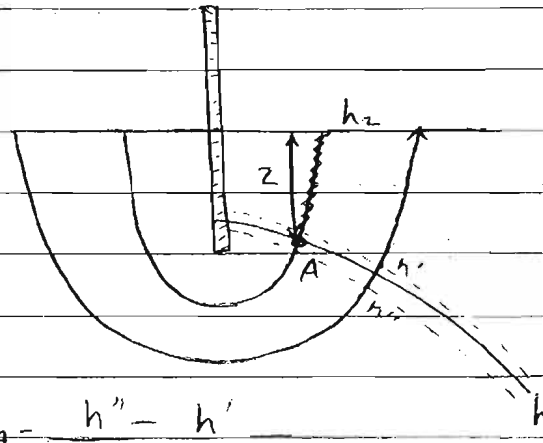
$\frac{\text{تعداد یان عامل خرابی}}{\text{تعداد یان موجود}} = \frac{i_{cr}}{i_A} = \frac{\gamma}{\gamma_{sub} \cdot i_A}$

$\frac{\Delta h}{\Delta l}$

واژه SF، اشباع و کم تراکم ترین حالت برای جوشش است.

جوشش در کدام استعداد جوشش ندارد (بهترین ها لیلت و ماله هستند)

$$\Rightarrow \uparrow SF = \frac{i_{cr} * \Delta h}{\Delta h \downarrow}$$



$$SF_A = \frac{i_{cr}}{i_A} = \frac{\gamma'}{\gamma_w}$$

$$i_A = \frac{h_1 - h_2}{\Delta h \simeq z}$$

$$i_A = \frac{h'' - h'}{dh}$$

تعریف دقیق تنش و کرادیان:

تنش بطور دقیق در نقطه تعریف می شود نه در سطح، کرادیان نیز همینطور است.

$$\sigma = \frac{dF}{dA} = \lim_{\Delta A \to 0} \frac{\Delta F}{\Delta A} \sim \frac{\Delta F}{\Delta A} \simeq \frac{F}{A}$$

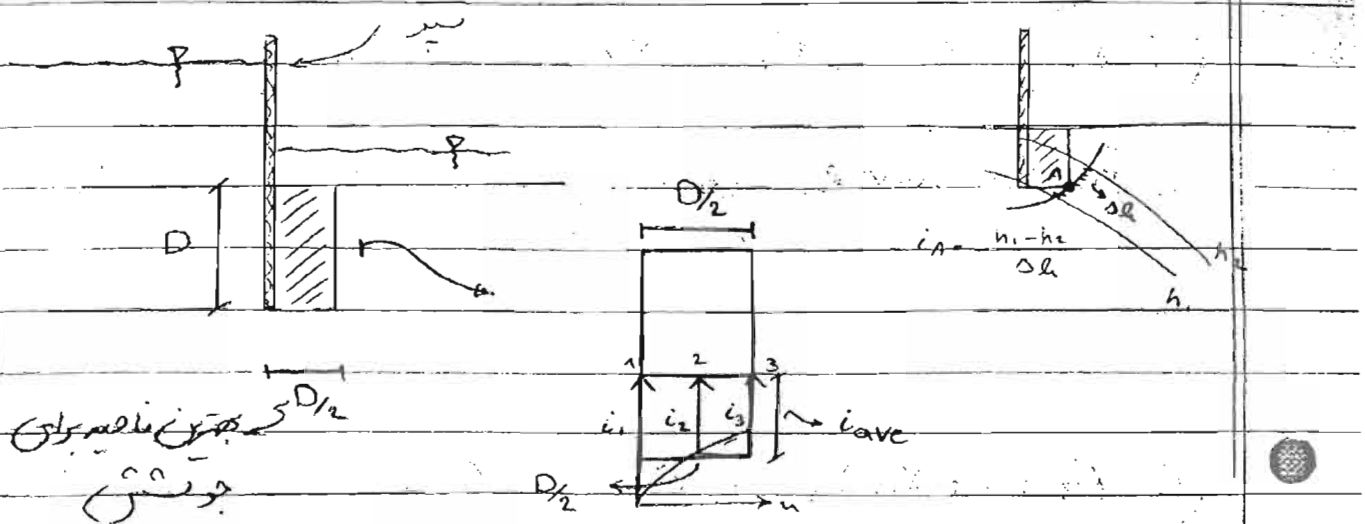
σ_{ave}

$$i = \frac{dh}{dL} = \lim \frac{\Delta h}{\Delta L} \sim \frac{\Delta h}{\Delta L} \simeq \frac{h}{L}$$

i_{ave}

$$\Rightarrow SF_A = \frac{i_{cr}}{i_{ave}}$$

کنترل جوشش و پایداری ناحیه‌ای در پای سپرها و صرایب اطمینان مربوط:

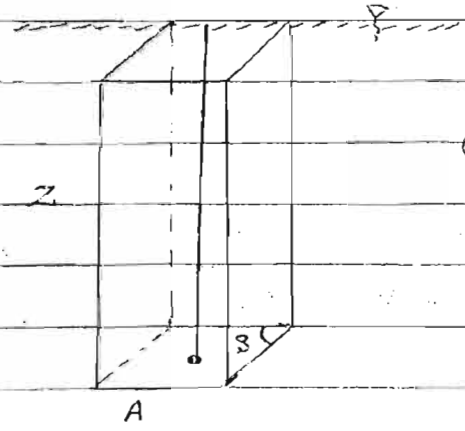


مقدمات:

فشار تراوش:

$$\sigma' = \gamma' z + i z \gamma_w \quad \Rightarrow \quad \text{فشار تراوش} : \left| + i z \gamma_w \right| = i z \gamma_w$$

نیروی تراوش:



برای دو حالت (بدون تراوش و با تراوش)

فرمولها برای بدست آوردن نیروی تراوش

بصورت زیر است:

صفحه بعد

الف) بدون تراوش

$$(\sigma' \ \gamma' z) \times S \longrightarrow \sigma' \times S = \gamma' z S = \gamma' V = \omega' \Rightarrow$$

وزن مخصوص خاک × حجم V = ω' = F = نیروی مؤثر بر حجم V خاک (بدون تراوش)

ب) با تراوش:

$$(\sigma' = \gamma' z \mp i z \gamma_w) \times S \Rightarrow \sigma' \times S = \gamma' z S \mp i z S \gamma_w = \gamma' V \mp i \gamma_w$$

$$= F'$$

نیروی مؤثر بر حجم V خاک (با تراوش) = F' (یعنی نیروی مؤثر بر حجم خاک بدون تراوش) $\mp$ نیروی تراوش

نیروی ناشی حاصل از تراوش روی حجم V خاک $\quad |F_s| = i \gamma_w V$

$|f_s|$ = " $= \dfrac{i \gamma_w V}{V} = i \gamma_w$ واحد حجم خاک

$$\text{(یا حذف)} \ SF = \frac{\omega'}{F_s} = \frac{\cancel{\emptyset} * D/2 * 1 * \gamma'}{i \gamma_w * \cancel{\emptyset} * D/2 * 1} = \frac{\gamma'}{i \gamma_w} = \frac{i_{cr}}{i} \neq SF$$

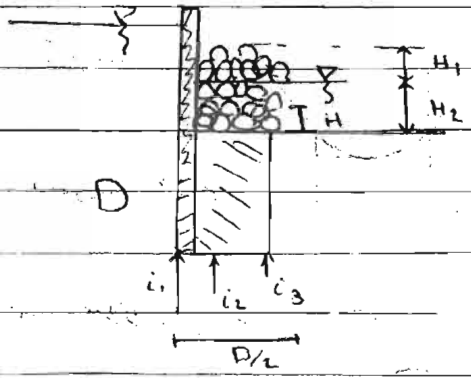
شیب بحرانی

نقطه ای

کسانی توجه بیشتر به حالتی صفحه قائم داریم:

$$\text{کل} = \int_0^{D/2} i \times \frac{\overline{dn}}{d(D)} = i_{av} * D/2$$

حال اگر قسمت پایین دست را از نظر دور کنیم تا جایی که تنگه از آب بیرون زده و سطح بالایی سمت راست تنگه باگی دو صفحه قبل را به دو قسمت تقسیم کند (فاصله



ای) داریم:

(تنگه از سطح آب بالاتر می‌زند)

(برای محدوده تنگه‌های آبی تنگه) H : $SF = \dfrac{D \times D/2 \times 1 \times \gamma' + H \times D/2 \times 1 \times \gamma'_{\text{تنگه}}}{i \gamma_w \times D \times D/2 \times 1}$

(تنگه کل γ) $SF = \dfrac{D \times D/2 \times 1 \times \gamma' + H_2 \times D/2 \times 1 \times \gamma'_{\text{تنگه}} + H_1 \times D/2 \times 1 \times \gamma}{i \gamma_w \times D \times D/2 \times 1}$

(برای محدوده‌ای که تنگه‌های تراوا اضافه می‌شوند)

تنگه‌های باگی آب

$$i_{av} = \frac{\int_0^{D/2} i \, [d(D)]}{D/2}$$

« تنش لوله (فشار آب) فولادی »

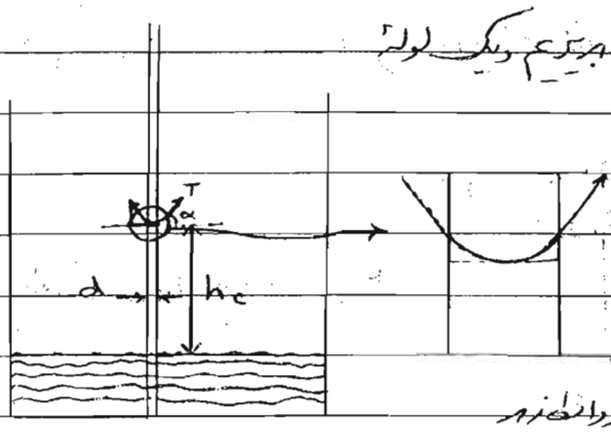
کلاه دریل طرفی آب جریان دیگ لوله

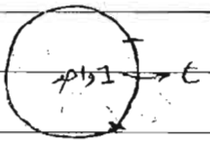
فولادی در آن قرار دهید

آنطه آب بصورت قابل

در لوله فولادی قراری گیرد در رابطه زیر

برقرار است :



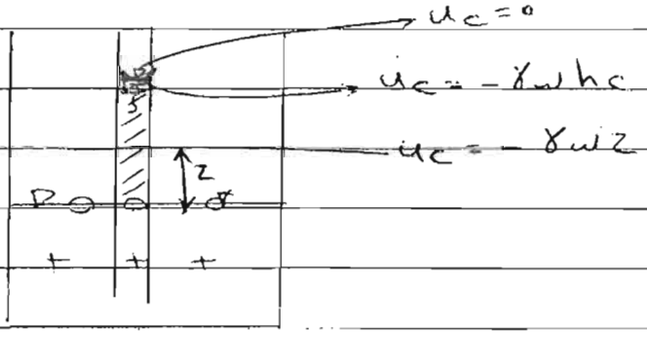


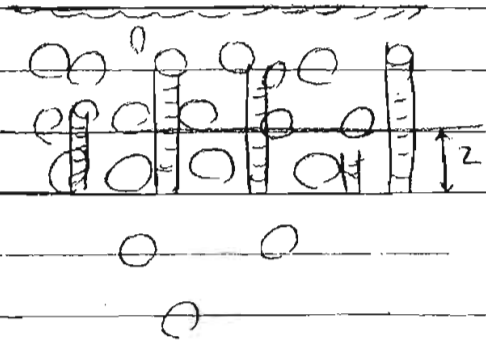
$$\sum T \times \cos\alpha = 0$$

$$\sum T \times \sin\alpha = \frac{\pi d^2}{4} hc \times \gamma_w$$

$$t \times \pi d \sin\alpha = \frac{\pi d^2}{4} hc \times \gamma_w$$

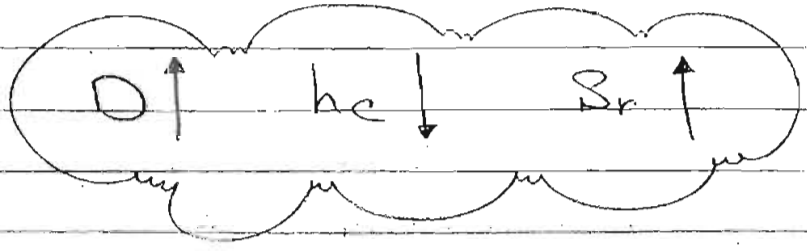
$$\Rightarrow \boxed{\uparrow hc = \frac{4t \sin\alpha}{\downarrow d\, \gamma_w}}$$





$u_c = -\gamma_w z \times S_r$

در ماسه‌ها معمولاً دقت خوب دارد $h_c = \frac{30}{c D_{10}^{mm}}$



که ناحیه‌ای از خاک که در آن درجه اشباع کمتر می‌شود، افزایش تنش موثر پیدا کرده و خاک جمع می‌شود و نشست پیدا می‌کند.

$\sigma' = \sigma - u = \gamma_w z S_r$

تنش موثر در خاک‌های غیر اشباع:

$\sigma' = \sigma - u_a + \chi (u_a - u_w)$

(u_a: فشار هوا)

if $S_r = 0 \rightarrow \chi = 0 \rightarrow \sigma' = \sigma - u_a$

if $0 < S_r < 100 \rightarrow 0 < \chi < 1$ مثلاً: با استفاده از لیوانی $S_r = 75\%$ بیشتر $\chi \simeq 0.75$

if $S_r = 100 \rightarrow \chi = 1 \rightarrow \sigma' = \sigma - u_w$

تقریبی $\sigma' = \sigma - u_w = \sigma$ (در) خاک خشک

دقیق $\sigma' = \sigma$ u_a ← که نشان‌دهنده‌ی فشار هوای منفذی است

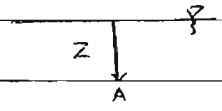
فشار منفذی : در اصل برای خاک خشک $\sigma' + u_a = \sigma$ کل

σ' = کل σ : درصد درس پایه خاک خشک

تنش نقطه با حضور آب :

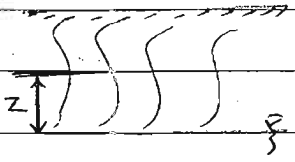
آب ساکن ← هیدرواستاتیک تغییر $\sigma' = \sigma - u = \sum_1^n H_i \gamma_i - \gamma_w . z$

z : فاصله ⊕ از سوی مورد مطالعه تا سطح آب ساکن



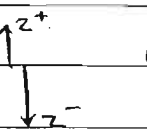
تراوش ← $\sigma' = \sigma - u = \sum_1^n H_i \gamma_i = (\gamma_w z . B_x)$

z : فاصله ⊕ از سوی مورد مطالعه تا سطح آب ساکن

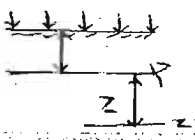


آب در حال تراوش ← حالت کلی : $\sigma' = \sigma - u = \sum_1^n H_i \gamma_i$

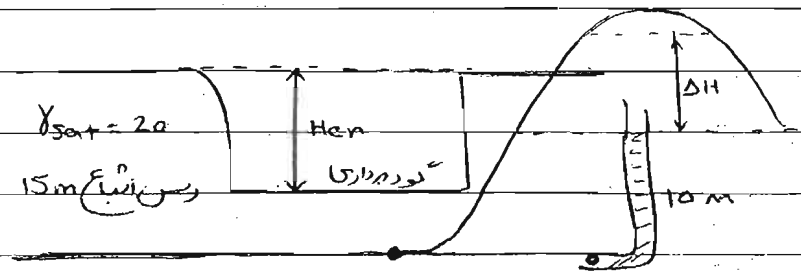
z : عدد ⊕ از سوی مورد مطالعه تا راز صفر $[(h-z)\gamma_w]$



حالت خاص ۱-D : $\sigma' = \gamma' z + i z \gamma_w + h_r$



z : فاصله ⊕ از سوی مورد مطالعه تا سطح خاک خیس شده

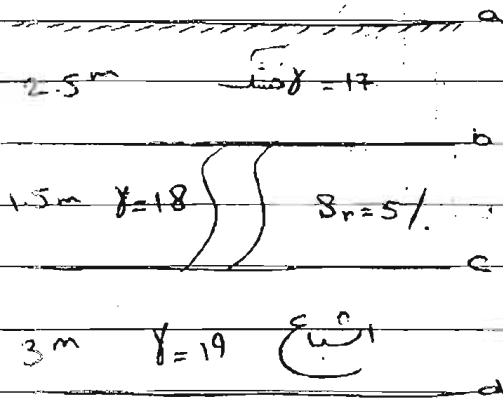


10 m ماسه‌ای , $\gamma_{sat} = 19$

$$SF = \frac{\sigma}{u} = \frac{15 * 20}{10 * 10} = 3$$

$$SF = 1 \rightarrow \frac{\sigma}{u} = 1 = \frac{(15 - Hcr) * 20}{10 * 10} =$$

$SF =$



a عند النقطة:

$\sigma = 0$

$u = 0$

$\sigma' = 0$

d عند النقطة:

$\sigma = 69.5 + 3 * 19 = 126.5$

$u = 3 * 9.81 = 29.43$

$\sigma' = 126.5 - 29.43 = 97.07$

b عند النقطة:

$\sigma = 2.5 * 17 = 42.5$

$u =$ → 0

→ $1.5 * 9.81 * \frac{50}{100} = 7.36$

$\sigma' =$ → $42.5 - 0 = 42.5$

→ $42.5 - (-7.36) = 49.86$

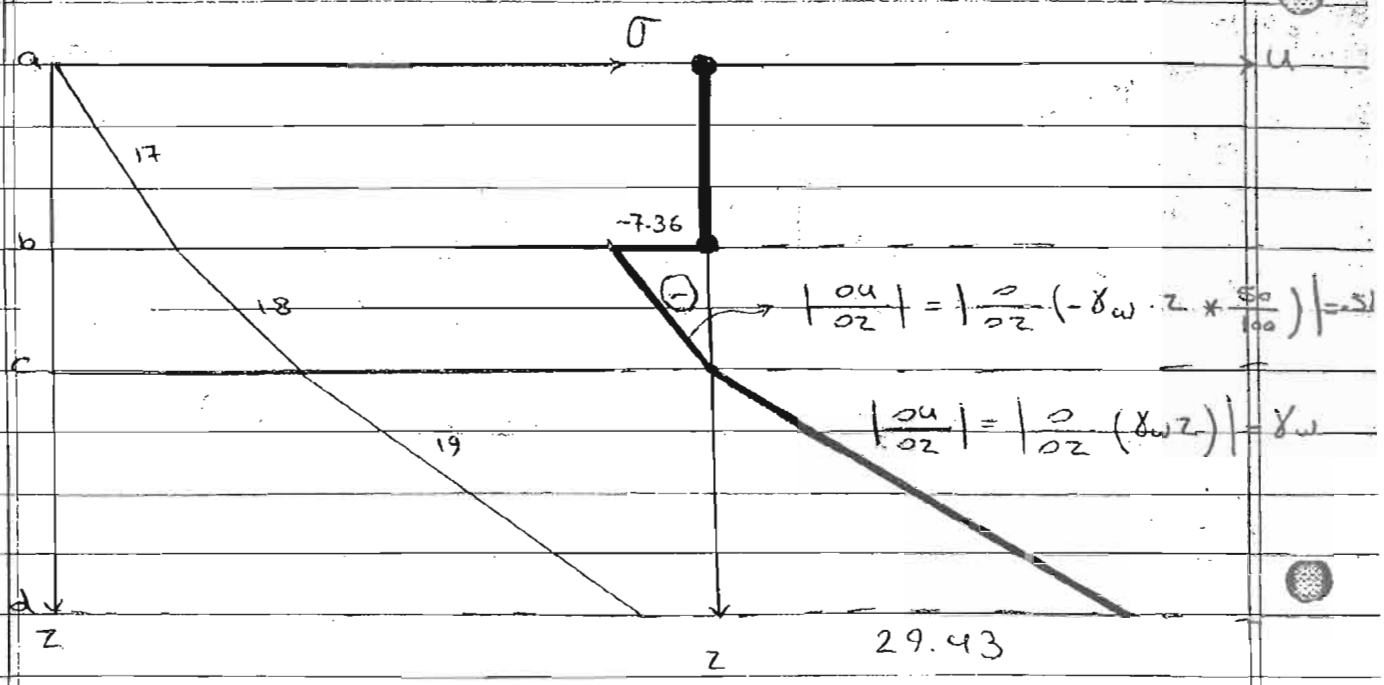
c عند النقطة =

$\sigma = 42.5 + 1.5 * 18 = 69.5$

$u = 0$

$\sigma' = 69.5$

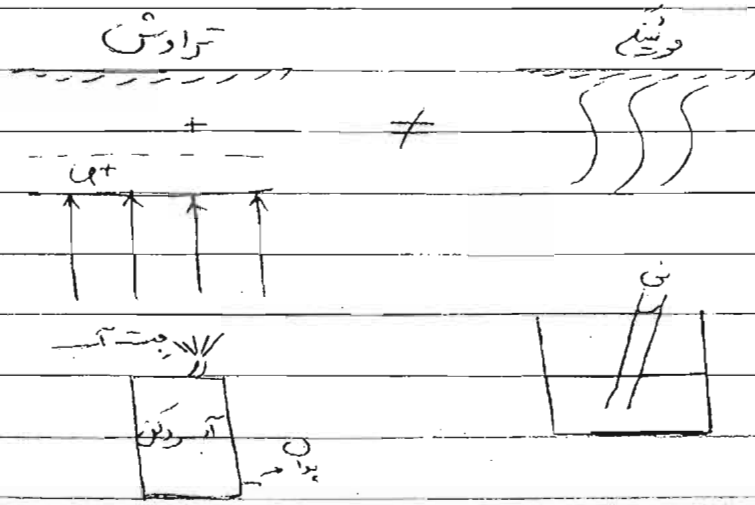
183



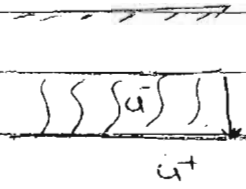
$\sigma' = \gamma z'$, $\frac{\partial \sigma}{\partial z} = \gamma$

کم در فشار روبه‌بالا پدیده فوئیلی و تراوش (روبه‌بالا) ادکان ندارد باهم رخ دهند

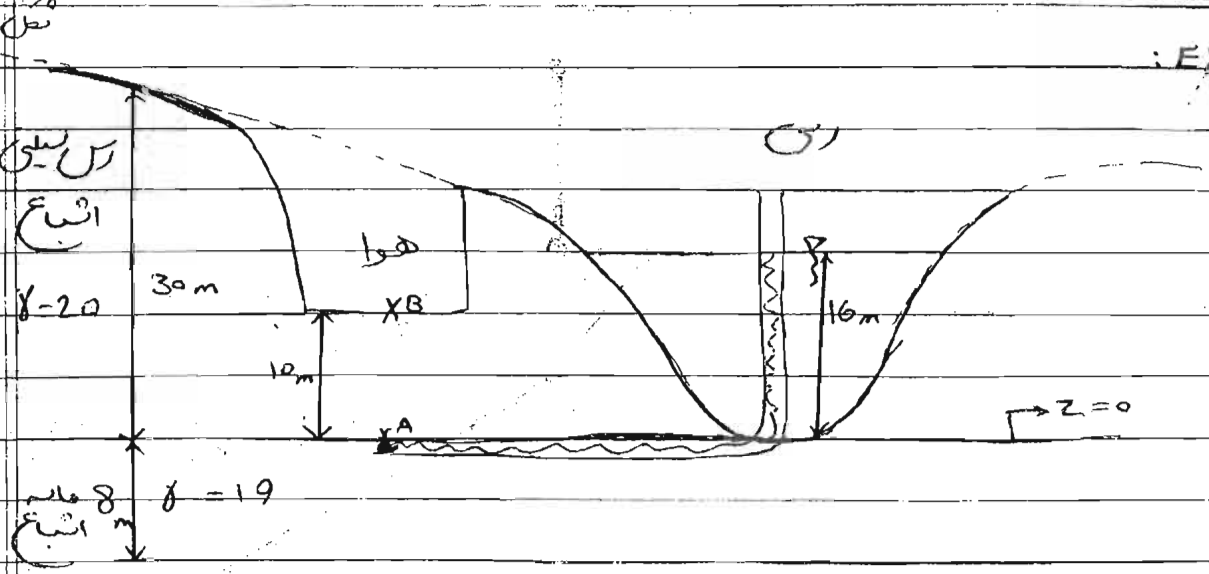
زیرا ماهیت فوئیلی کشش بوده و ماهیت تراوش فشار است



اعمال فشار و تراوش روبه‌پایین ممکن است باهم رخ دهند



Exp :



$$SF = \frac{i_{cr}}{i} =$$

$$i_{cr} = \frac{\gamma'}{\gamma_w} = \frac{20-10}{10} = 1 \quad , \quad i_{AB} = \frac{\Delta h_{AB}}{\Delta l_{AB}} =$$

$$\frac{(u/\gamma + z)_A - (u/\gamma + z)_B}{\Delta l_{AB}} \Rightarrow SF = \frac{1}{0.6} = 1.67$$

$$\frac{(16+0) - (0+10)}{\Delta l_{AB} = 10} = 0.6$$

$$SF = \frac{\sigma}{u} = \frac{10 * 20}{16 * 10} = 1.25$$

$\Delta h = 0 \rightarrow i = 0$ ..... $SF = \frac{+ i_{cr}}{i} \rightarrow \infty$

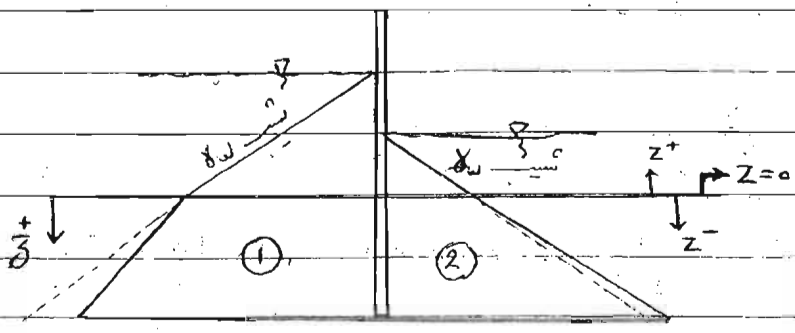
موجود در لایه — موجود

$\frac{f'_c = 400}{\sigma = 200}$ $\frac{i_{cr}}{i}$ $= SF$ ، دیگر فرق و مبنای داده‌های بدنه

اصلاً پدیده جوشش رخ نمی‌دهد بلکه

پدیده بلند شدگی رخ می‌دهد که SF در برابر آن است.

184.5



① $u = (h-z)\gamma_w$

$$\frac{\partial u}{\partial \zeta} = \frac{\partial}{\partial \zeta}\left[(h-z)\gamma_w\right]$$

$$= \gamma_w \times \frac{\partial}{\partial \zeta}(h-z)$$

$$= \gamma_w\left(\frac{\partial h}{\partial \zeta} - \frac{\partial z}{\partial \zeta}\right)$$

$$= \gamma_w\left(\frac{\Delta h^-}{\Delta \zeta^+} - \frac{\Delta z^-}{\Delta \zeta^+}\right) = \gamma_w\left[i - (-1)\right]$$

$= (1+i)\gamma_w$ حمله نزول

② $u = (h-z)\gamma_w \Rightarrow \frac{\partial u}{\partial \zeta} = \gamma_w\left[\frac{\partial h}{\partial \zeta} \; \frac{\partial z}{\partial \zeta}\right]$

$$= \gamma_w\left[\frac{\Delta h^-}{\Delta \zeta^-} + \frac{\Delta z^+}{\Delta \zeta^-}\right] = \gamma_w\left[+i + (-1)\right]$$

$= (1+i)\gamma_w$ حمله نزول

184.75

راه حل دوم مسئله 18 (تنش های تراوش):

$$\sigma_A = z\gamma' - iz\gamma_w$$

$$\gamma' = 20-10 \qquad z = 2.5 \qquad \gamma_w = 10$$

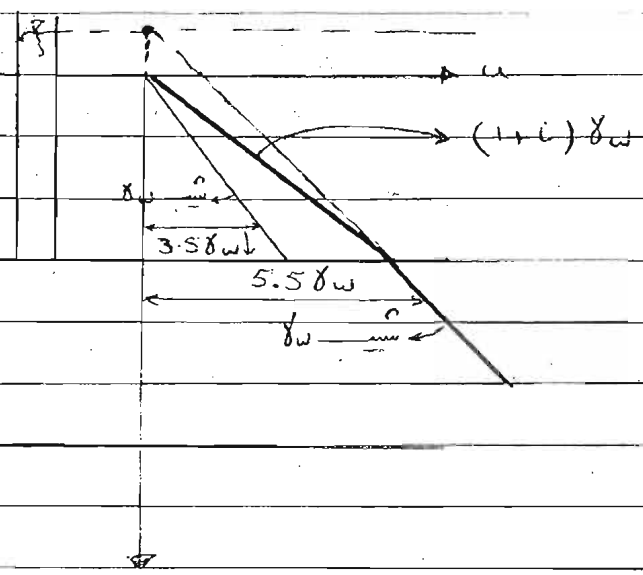
$$i_{MN} = \frac{\Delta h_{MN}}{\Delta l_{MN}} = \frac{2}{3.5} \rightarrow$$

$$\sigma'_A = (20-10)\times 2.5 - \frac{2}{3.5} * 2.5 * 10 + 1 * 16 = 26.7$$

$$\frac{5.5\gamma_w}{3.5} \neq (1+i)\gamma_w$$

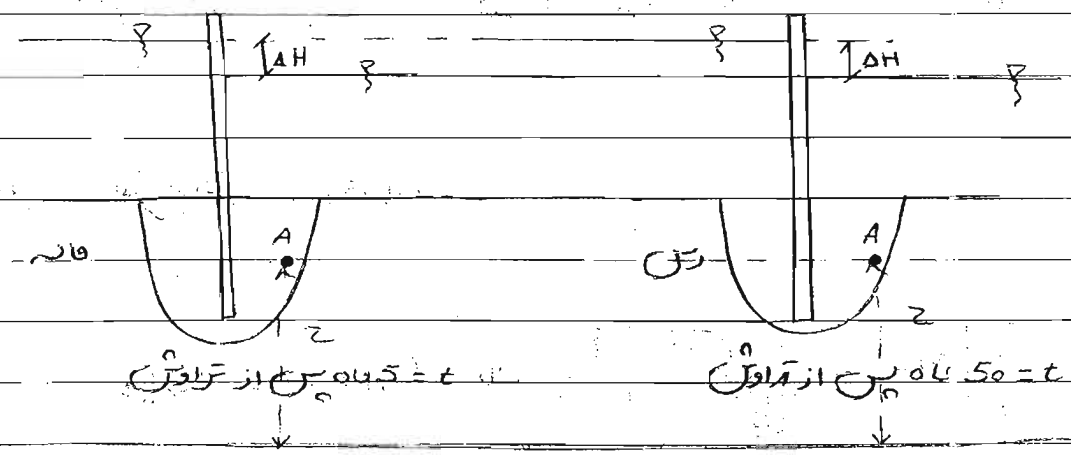
$$1 + \frac{2}{3.5}$$

$$\text{گرادیان} = \frac{\Delta h}{\Delta l} = i$$



$K_{ماسه}$ = $8K_{رس}$

(I



t = 50 ثانیه پس از تراوش — t = تعادل پس از تراوش

فشار تراوش A در رس = فشار تراوش A در ماسه

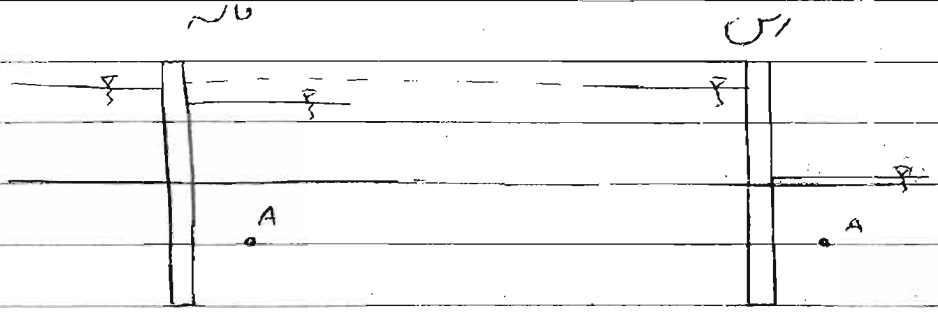
$\sigma' = \gamma' z + z\gamma_w i$

در هر دو برابر است

$\Delta H_{ماسه} = \Delta H_{رس}$

$i_{ماسه} = i_{رس}$

(II



t = 15 ثانیه در رس — t = 15 ثانیه در ماسه

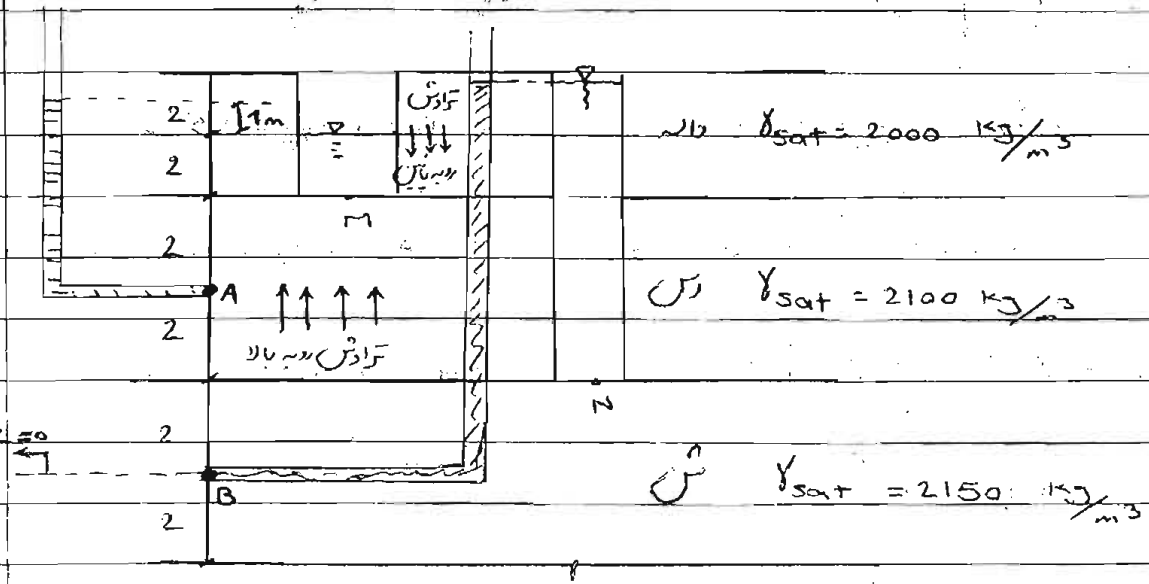
$\Delta H_{ماسه} > \Delta H_{رس}$

$i_{ماسه} > i_{رس}$

فشار تراوش A در رس < فشار تراوش A در ماسه

یکشنبه ۸۵/۵/۲۲ «مکانیک خاک» «جلسه دوازدهم»

مثال) تنش مؤثر در A و B را بیابید



$\sigma'_A = \sigma - u$

$\sigma = 4 * 2000 + 2 * 2100 = 12200$

$u = 5000 \text{ kg/m}^2 = 5 * \gamma_w = 5 * 1000$

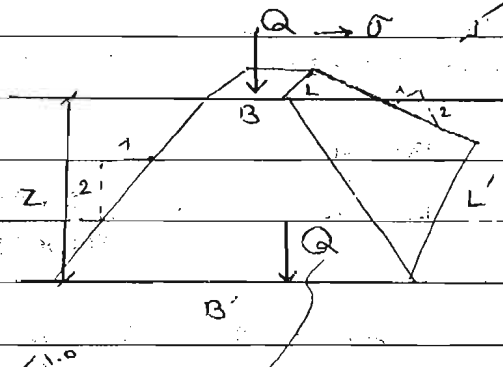
$\sigma'_A = 12200 - 5000 = 7200$

$\sigma_B = 4 * 2000 + 4 * 2100 + 2 * 2150 = 20700$

$u_B = 10 \gamma_w = 10 * 1000 = 10000 \text{ kg/m}^2$

$\sigma'_B = 20700 - 10000 = 10700$

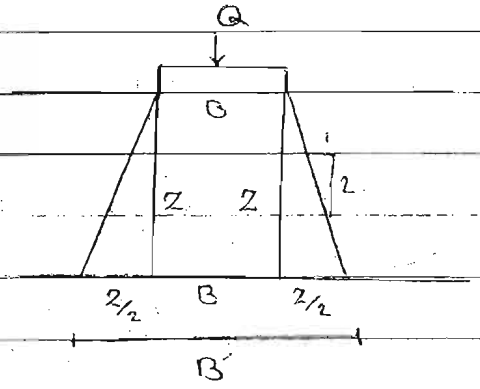
«توزیع تنش در خاک»



$$\sigma = \frac{Q}{B * L}$$

$$\Delta\sigma = I * \sigma \quad (I \leq 1.0) \qquad \Delta\sigma = \frac{Q}{B' * L'}$$

بطور کلی زاویه تنش پخش بار 2 قائم به 1 افقی است. برای اکثر خاکها برابر 2 به 1 و برای خاکهای ماسه‌ای و شنی ۳ به ۱ در نظر گرفته می‌شود.



$$B' = B + 2 \times Z/2 = B + Z$$

$$L' = L + Z$$ همین‌طور

$$\Rightarrow \quad Q = \sigma * B * L = \Delta\sigma * B' * L'$$

$$= \Delta\sigma \times (B + Z)(L + Z)$$

$$\Rightarrow \Delta\sigma = \frac{BL}{B'L'}\sigma = \frac{BL}{(B+Z)(L+Z)}\sigma$$

$$\Rightarrow \boxed{I = \frac{B \times L}{(B+Z)(L+Z)}}$$

1) if : $z=0$ $\Rightarrow I = \frac{B\ L}{(B+z)(L+z)} = 1$

2) if: $L \gg z$ $\Rightarrow$ $B \gg z$ مثلاً $B=45$ $L=90$ $z=2$ $I = \frac{45*90}{47*92} \approx 1$

که در دو حالت $I=1$ است:

الف) $z=0$ ← شرایطی که در خاک اصلاً پاشن نرویم

ب) شرایطی که طول و عرض ناحیهٔ بارگذاری نشده، در حقایق با عمق نقطه طالعه، بسیار زیاد باشد، فاندیشن های گسترده، خاکریزی های بسیار وسیع، بارگذاری های گسترده.

بعبارت دیگر، بارگذاری های گسترده قادرند تنش های خود را به اعماق پایین خاک منتقل کنند و با افزایش عمق از سطح بارگذاری، توزیع تنش در خواهد بود اعماق بیشتری از خاک را تحت تأثیر تنش های خود قرار دهد و عملاً با افزایش عمق از سطح بارگذاری از میزان تنش کاسته می شود.

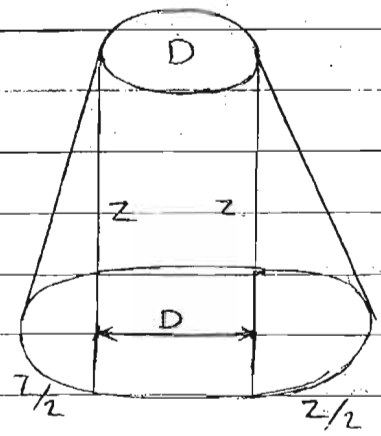
که ضریب تأثیر تنش (I) برای پی نواری بسیار طویل، مستقل از طول آن است و فقط به عرض پی و عمق نقطه مورد نظر آن بستگی دارد.

برای پی نواری داریم: $B \times L$ ∞

$$I = \frac{B \times L}{(B+z)(L+z)} = \frac{B \times L}{(B+z)L + (B+z)z}$$

$$I = \lim_{L \to +\infty} \frac{B \times L}{(B+z)L + (B+z)z} \Rightarrow I = \frac{B}{B+z}$$

«کاهش تنش در سطح تماس دو جسم»



$$\Rightarrow \sigma \times \frac{\pi D^2}{4} =$$

$$\Delta\sigma \times \frac{\pi (D+z)^2}{4} \Rightarrow$$

$$\Delta\sigma = \frac{D^2}{(D+z)^2}\,\sigma$$

$$D' \Rightarrow D' = D + 2 * \frac{z}{2} = D + z \Rightarrow I = \frac{D^2}{(D+z)^2}$$

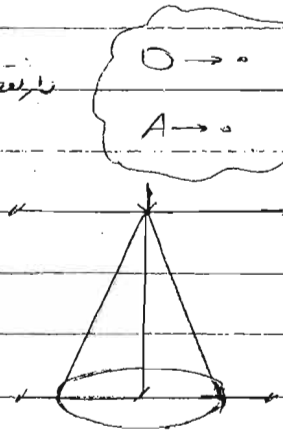
«چند نکته»

۱) بارنقطه‌ای $\Leftarrow D=0 \Leftarrow I=0 \Leftarrow \Delta\sigma = ?$

$$\Delta\sigma = I * \sigma = \frac{D^2}{(D+z)^2} \times \frac{Q}{A}$$

$$R * \infty \neq 0$$

بارنقطه‌ای: $D \to 0$, $A \to 0$



$\Rightarrow$

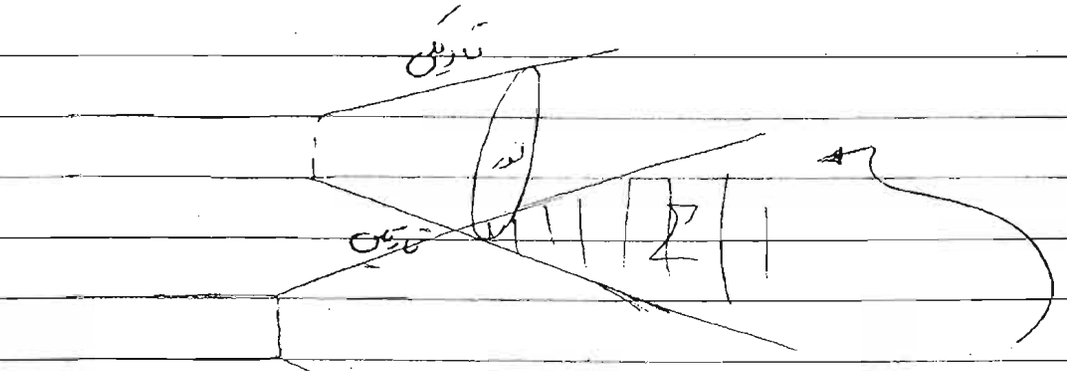
تعریف نوارهای

$L = \infty$

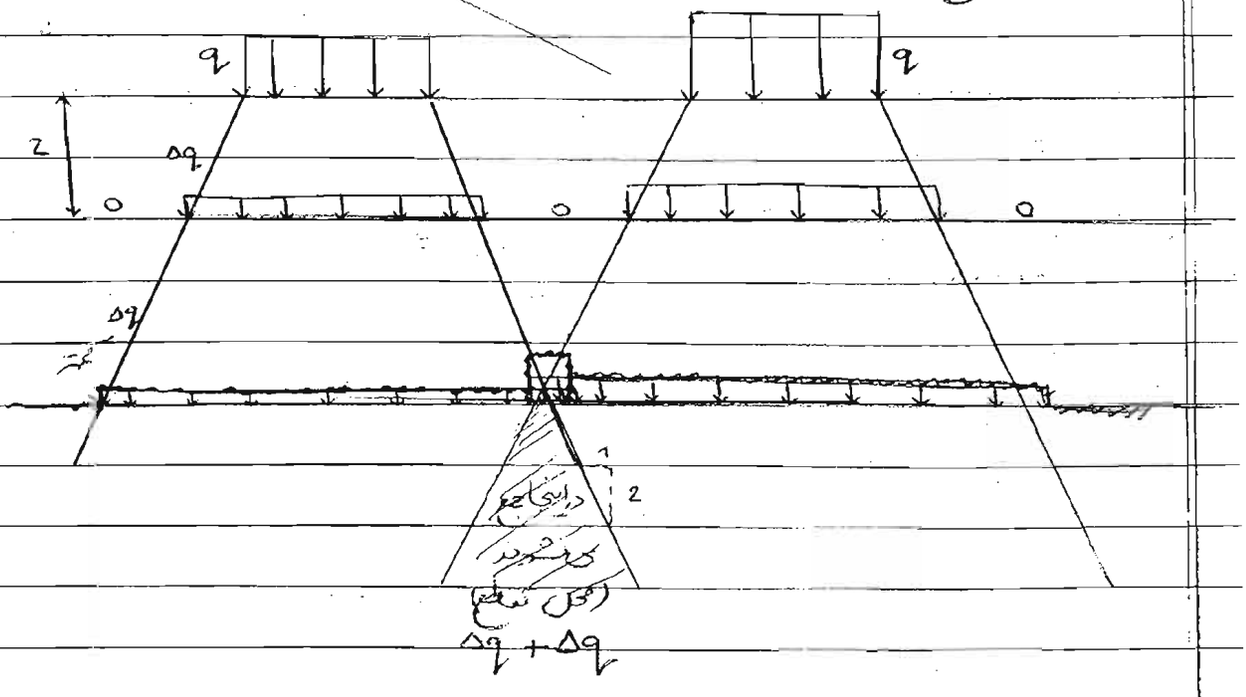
هندسه
مصالح
بارگذاری
} در طول $= \infty$ یکسان تکرار می‌شوند

در عمل $L \geq 5B$

احتیاط $L \geq 10B$



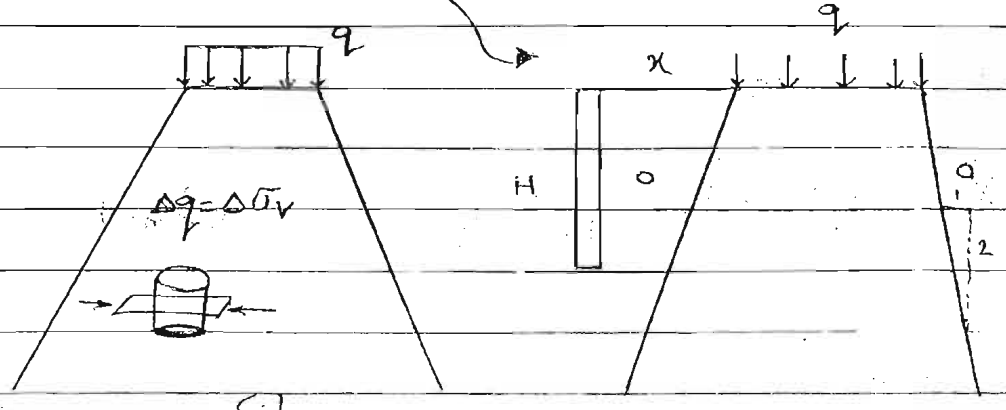
فرض تنش 2 به 1



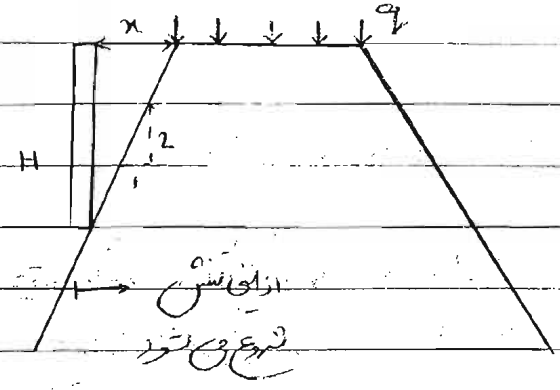
دوشنبه ۲۴/۵/۸۵ «مکانیک خاک» «جلسهٔ سیزدهم»

تنش های افقی در دیوارهای نگهبان وجود دارد. دیوار در داخل خوزهٔ تنش نمیاندازد

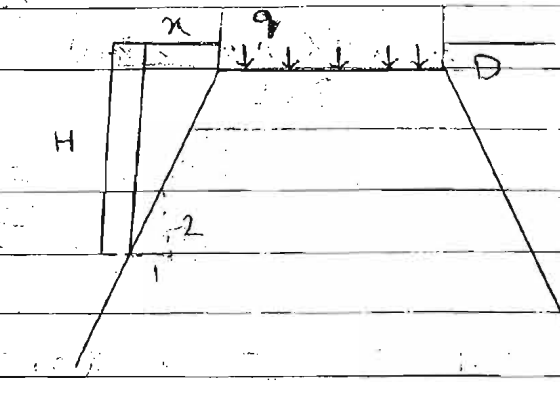
تنش های افقی دقیقاً طبق تنش 2 به 1 صفراست.



$\Delta\sigma_h \Rightarrow \varepsilon_v \Rightarrow$ طبق پواسون $\Rightarrow \varepsilon_h \Rightarrow \Delta\sigma_h$



$$\frac{1}{2} = \frac{x}{H} \Rightarrow x \leq \frac{H}{2}$$



$$\frac{1}{2} = \frac{x}{H-D}$$

$$x \leq \frac{H-D}{2}$$

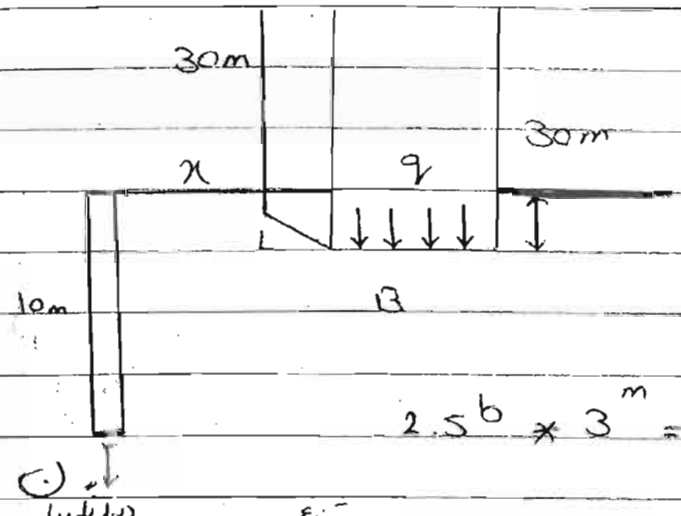
مثال: ارتفاع یک ساختمان 30 m است. آیا ساختمان 10 طبقه بالا می‌رود؟

$\gamma_B = 5\ t/m^3$ ← زیربنا 25 b

خاک خشک	10 m	دیوار به ارتفاع

$e = 0.3 \qquad G_s = 2.6$

$$\gamma_{\text{خاک}} = \frac{G_s}{1+e}\gamma_w = \frac{2.6}{1+0.3} \times 1 = 2\ (t/m^3)$$



این گونه فونداسیون‌ها را فونداسیون‌های نسادی می‌گویند.

$2.5b * 3^m = 7.5\ m = D$

دیوار نگهبان

x چقدر باشد که ساختمان دیوار را خراب نکند؟

$$x > \frac{H - D}{2} \rightarrow x > \frac{10 - 7.5}{2} \Rightarrow x > 1.25\ m$$

ارتفاع دیوار

گزینه ①

باقی از اعداد

$$q = \gamma D + \frac{Q}{A} = 2*7.5 + \frac{B*L*\text{ارتفاع ساختمان}*0.5\ (t/m^3)}{B*L}$$

وزنه

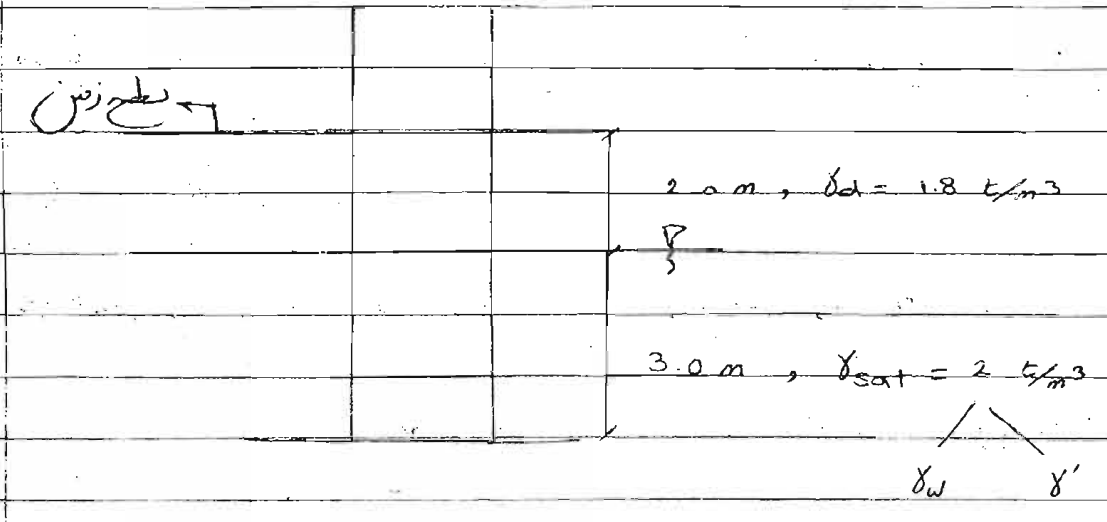
اول این مقدار از

ک - هیچ شرایطی ساختمان دیوار را خراب نکند $\Rightarrow q = -15 + 15\ (t/m^2) = 0$ پاک برداشته شود

گزینه ②

$x > 1.25$ درست است اما گزینه ② صحیح تر است.

مثال: قرار است فونداسیون نشان داده شده حداکثر چه فشار q وارد کند؟



$$Q + \frac{Q}{A} = 2 * 1.8 + 3 * \begin{cases} 2 \\ 1 \end{cases}$$

$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w = 2 - 1 = 1$ خاک

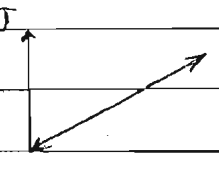
تنش های فوق تنش ازخود بارها

$\frac{Q}{A}$ فقط ناشی از اضافه بار

$$\frac{Q}{A} = 2 * 1.8 + 3 * \begin{cases} 2 \\ 1 \end{cases}$$

q_{net} قدرت خالص

تئوری بخش تنش بوسینسک



فرض اول) محیط الاستیک خطی است

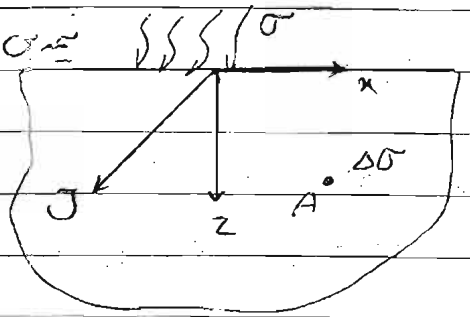
2) همگن 3 ایزوتروپ 4 وزن محیط در مقایسه با بارگذاری قابل اغماض (محیط را تقریباً بی وزن در نظر می گیرد)

5) همچنین برای محیط، محیط نیمه بی نهایت یا نیم فضا تلویحاً یعنی:

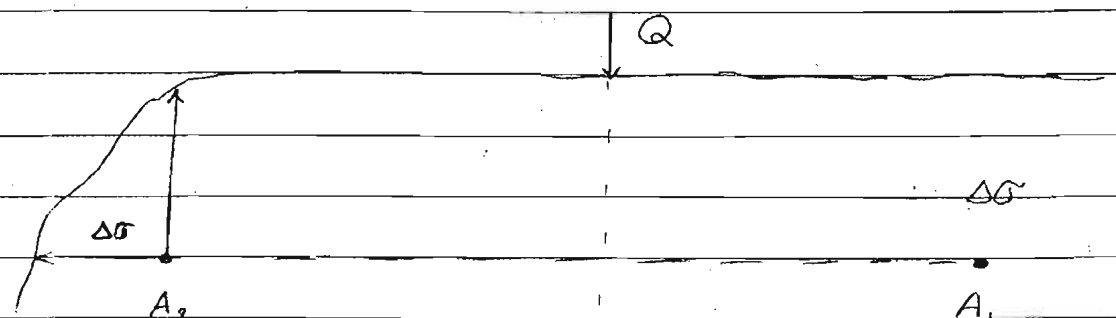
$-\infty < x < +\infty$ نامحدود = بی نهایت

$-\infty < y < +\infty$

$0 \leq z < +\infty$



بطور مثال، طبق فرضیات بوسینسک نقطه A_1 در شکل زیر بهتر توصیف می شود.

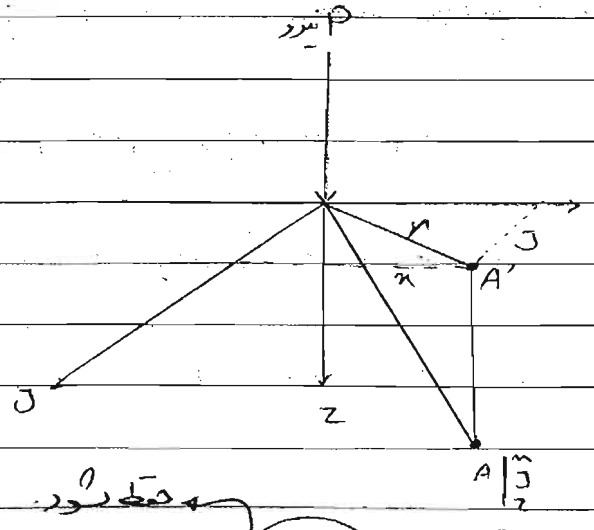


A_1 در مقایسه با A_2 تئوری بوسینسک از دقت بیشتری دارد چون A_2 به دور از تر نیست.

مثال:

P متمرکز نیم‌دقت با واردی باشد.

در A افزایش تنش چه مقدار می‌باشد؟



$$R = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

$$r = \sqrt{x^2 + y^2}$$

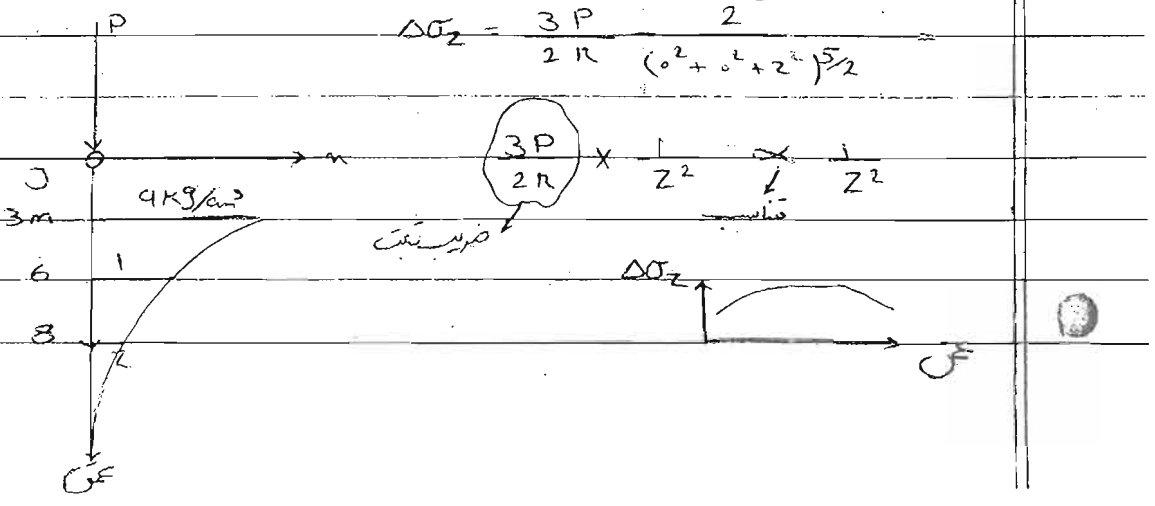
حفظ شود.

$$\Delta\sigma_z = \frac{3P}{2\pi} \frac{z^3}{(x^2+y^2+z^2)^{5/2}} =$$

$$\frac{3P}{2R} \frac{z^3}{(L^2)^{5/2}} = \frac{3P}{2\pi} \frac{z^3}{L^5} =$$

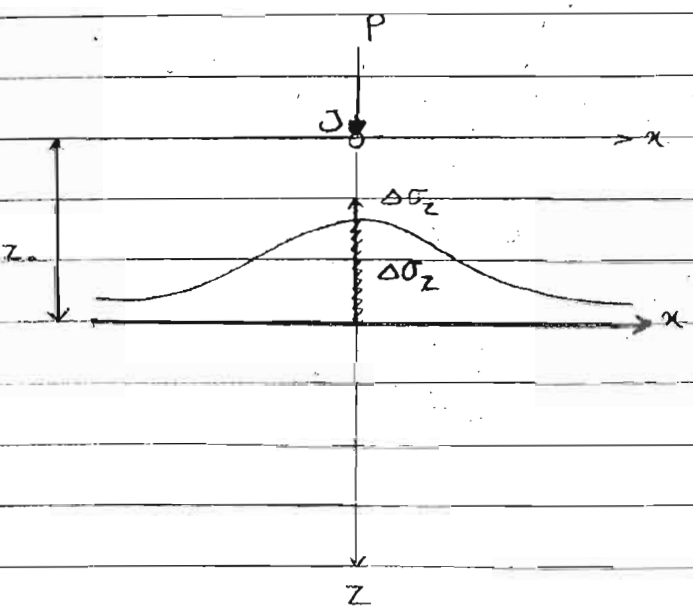
$$\frac{3P}{2\pi} \frac{z^3}{(r^2+z^2)^{5/2}}$$

مقدار افزایش تنش یا $\Delta\sigma$ درست در زیر بار متمرکز



* روش بوسینسک، تنش تنش با افزایش عمق را نشان می دهد و مشخص می کند که با افزایش عمق، تنش در واحد سطح شدتی بسترک می شود. به عبارتی $\frac{1}{Z^2}$ نرخ استهلاک تنش در راستای قائم در واحد سطح را نشان می دهد.

* در این روش استهلاک تنش در واحد سطح در عمق ثابت با دور شدن از افق کم می شود.



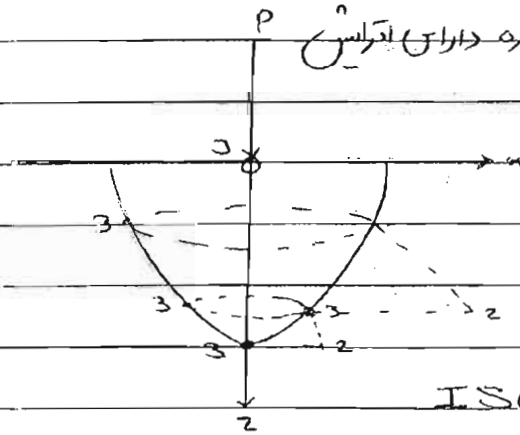
$$\Delta\sigma_z = \frac{3P}{2\pi} \cdot \frac{z_0^3}{(x^2 + o^2 + z_0^2)^{5/2}}$$

درجه استهلاک تنش نسبت به x از جنس $\frac{1}{x^5}$ است که صعودی می شود.

تمام نقاط نشان داده شده روی دایره دارای افزایش تنش یکسان اند = 3

اگر سطح زمین را دوبار دهیم

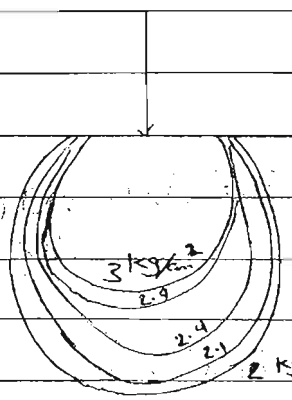
میان نواحی که آیزوبار می آن خط تنش نویسند



ISO Stress

«حباب تنش»

فرض هندسی مجموعه نقاطی از فضا که تحت یک $\Delta\sigma$ دارند یک رویه فضایی تشکیل می دهد که اصطلاحاً به آن حباب تنش گویند.



مرتکز تقابل اصطلاحاً

پیاز تنش نیز گویند

مثال: معادله رویه فضایی را بدست آورید که در آن بار 150 ton اعمالی تنش هم نقاط آن 1.5 kg/cm² باشد.

داده ها: $P = 150\ ton$

$\Delta\sigma = 1.5\ kg/cm^2$

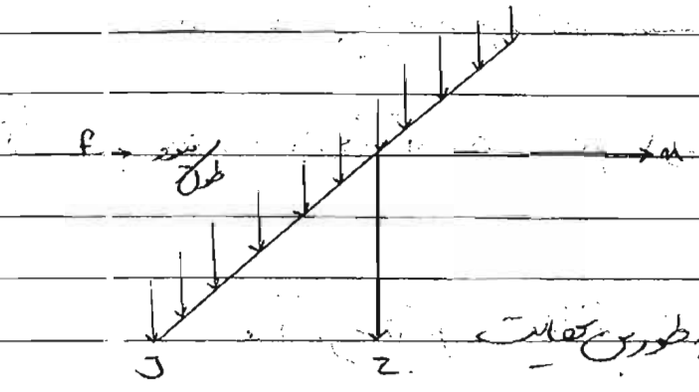
$$\Delta\sigma = 1.5\ kg/cm^2 = \frac{1.5 \times 10^6 \times 10^6}{10^6} = \frac{3}{2\pi} \frac{P^{15}}{} \frac{z^3}{(x^2+y^2+z^2)^{5/2}} \Rightarrow \frac{15}{2} \frac{z^3}{(x^2+y^2+z^2)^{5/2}} = 1$$

$$\Rightarrow \frac{(x^2+y^2+z^2)^{5/2}}{z^3} = 5$$

«نکته» در تئوری بوسینسک اگر $\Delta\sigma_z = f$ (مختصات نقاط و بار) آنگاه داریم:

$\Delta\sigma_h = f$ (مختصات و بار, μ)

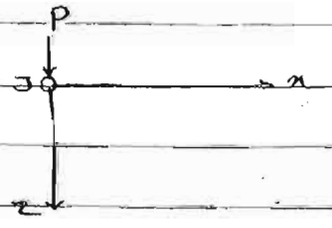
«$\Delta\sigma$ در اثر بار خطی با طول بی نهایت»



تابع J نمی باشد چون در اقدار J به طور بی نهایت بارگذاری نشده

$$\Delta\sigma_z = f(\text{مشخصات و بار}) = (f, x, z)$$

از آنجایکه بار در طول $\infty - J$ بطور ثابت وجود دارد لذا تأثیری در $\Delta\sigma$ ندارد مگر J خود باشد

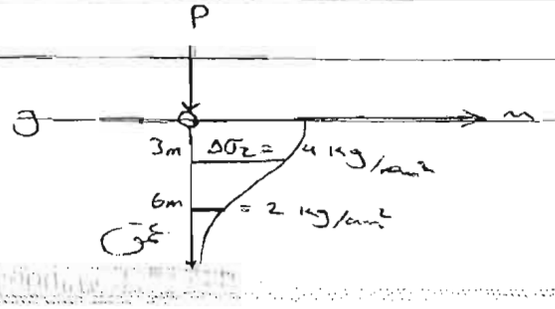


$$\Delta\sigma_z = \frac{2P}{\pi} \frac{z^3}{(x^2+z^2)^2}$$

برای $\Delta\sigma_z$ در ست در زیر بار خطی:

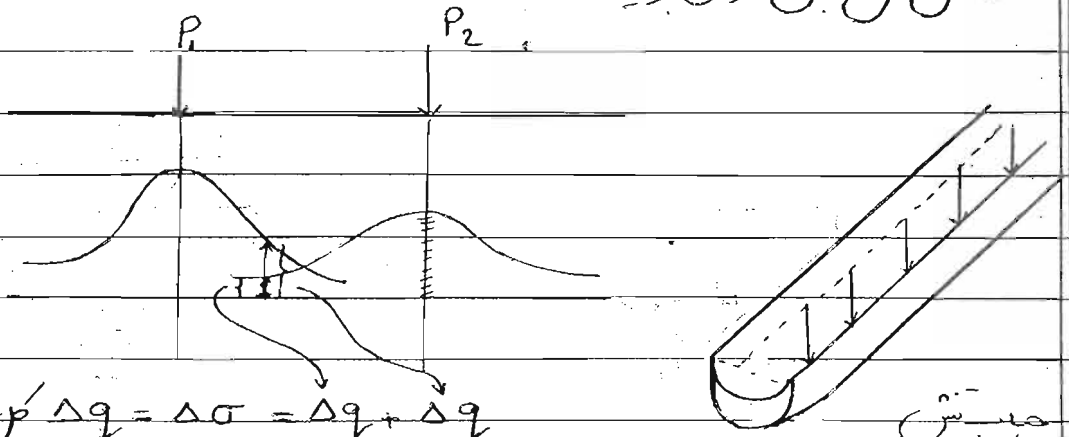
$$\Delta\sigma_z = \frac{2f}{z} \frac{z^3}{(o^2+z^2)^2} \propto \frac{1}{z}$$

در ست در زیر بار خطی $\frac{1}{z}$ معرف نرخ استهلاک تنش است



* استفاده از تنش در زیر بار خطی، بلایم تر از زیر بار نقطه‌ای است.

تداخل تنش طبق تئوری بوسینک:

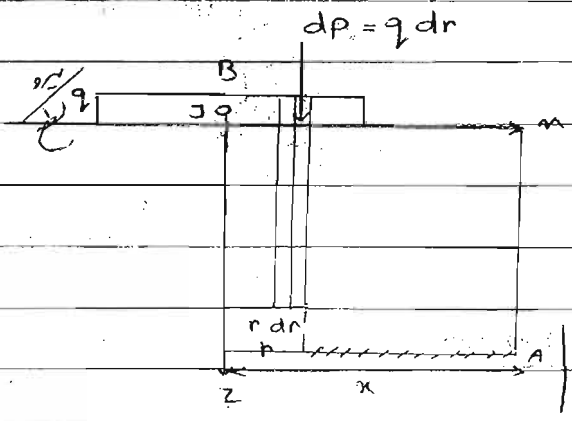


حباب تنش
= ناردانی تنش

که $\Delta q = \Delta\sigma = \Delta q + \Delta q$

$\Delta\sigma$ مجموع جمع $\Delta\sigma$ های حاصل از هردو بارگذاری در هر نقطه است.

«انتشار تنش زیر بار نواری»



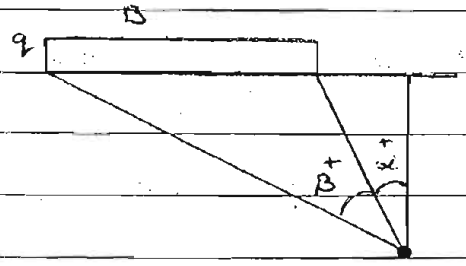
x: فاصله نقطه تا محل اثر بار

$\Delta\sigma$ ، $\int_z^x$

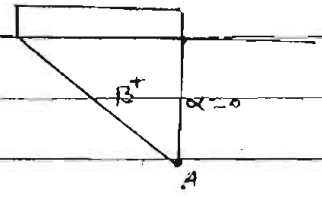
$$\text{جزء بار خطی} \Rightarrow \int d(\Delta\sigma) = \int_{r=-B/2}^{r=+B/2} \frac{2x\,(q\,dr)\,z^3}{R\left[(xr)^2 + z^2\right]^2}$$

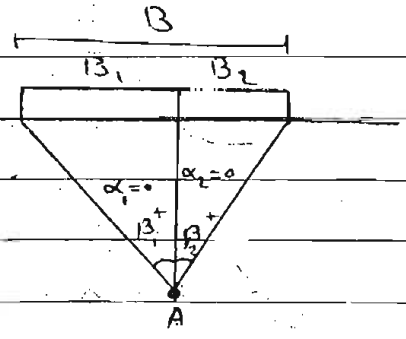
جزء از انتشار تنش

200



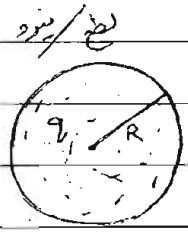
$$\Delta\sigma = \frac{q}{\pi}\left[\beta + \sin\beta \cdot \cos(\beta + 2\alpha)\right]$$

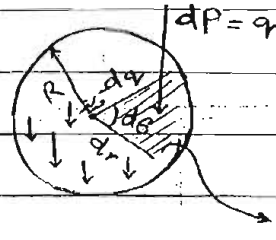




$$\Delta q = \Delta q_1 + \Delta q_2$$

تقارن تنش زیر بار دایره‌ای:



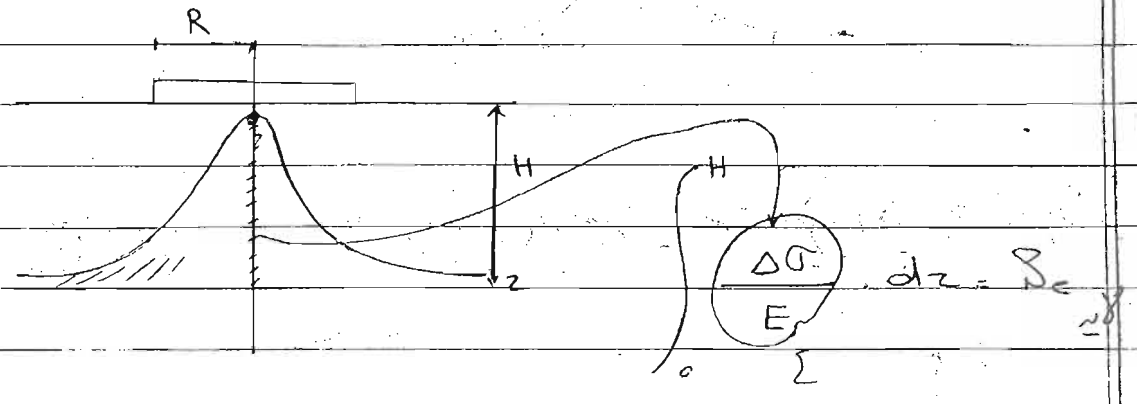


$$dA = dr \times r\,d\theta$$

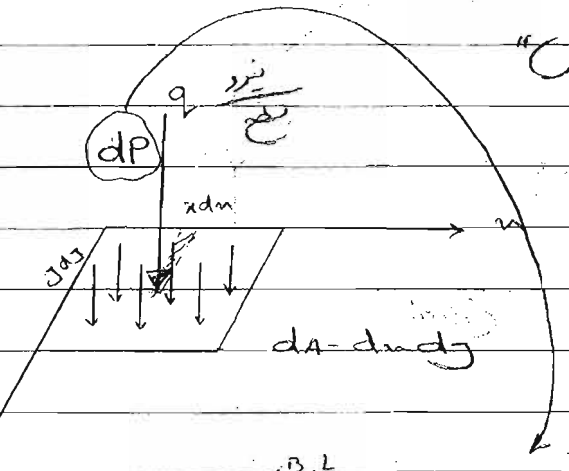
$$\iint d(\Delta\sigma_z) = \int_{\theta=0}^{2\pi}\int_{r=0}^{R} \frac{3(q \times r\,dr\,d\theta)}{2\pi} \cdot \frac{z^3}{(r^2+z^2)^{5/2}}$$

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

چون $\Delta\sigma$ نوشته شده در این فرمول، مقادیر افزایش تنش به عمق z_m در نقطه مرکز زمین دهد، در اصل $\Delta\sigma$ ، مرکزیم بوده و تنش تک نقطه خاک زیر پی دامنه‌ای فقط بایین فرمول قابل محاسبه بوده، به اعداد کمتری برای نشست مجموعی شود.

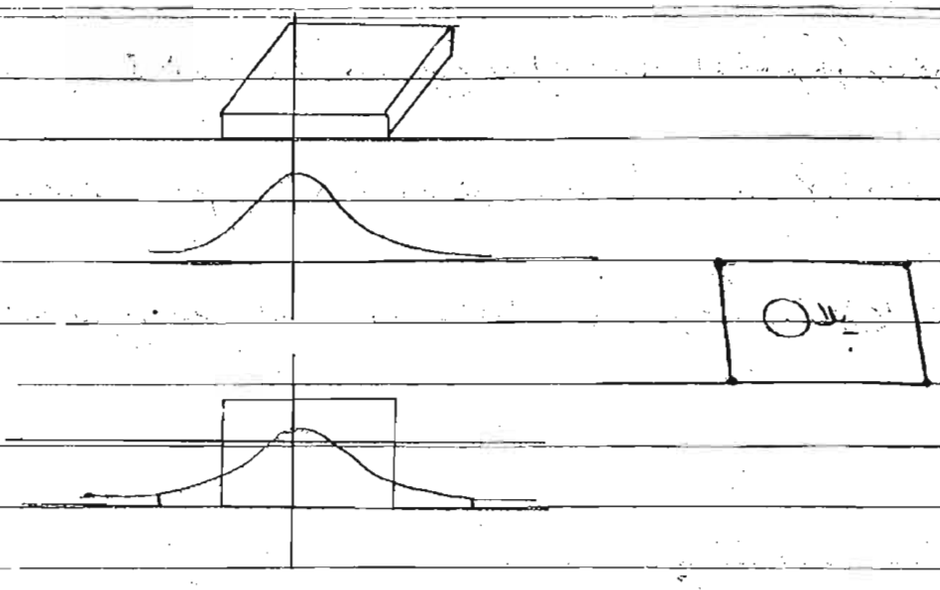


"افزایش تنش در نقطه‌ای در عمق z از سطح"

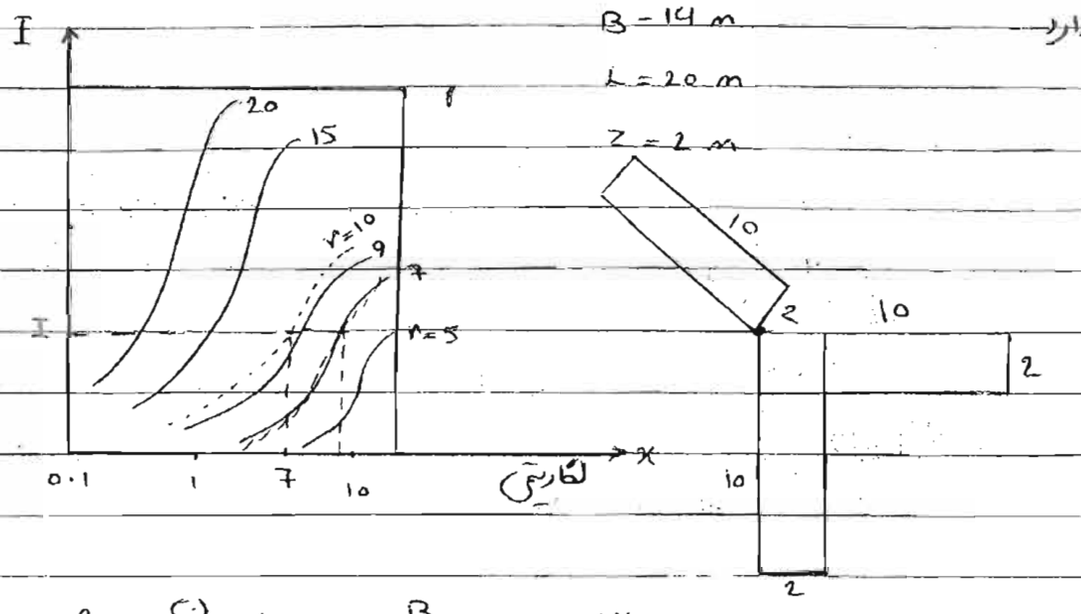


$$\iint d(\Delta\sigma_z) = \int_{y=0}^{B} \int_{m=0}^{L} \frac{3(q\,dm\,dy)}{2\pi} \frac{z^3}{(x^2+y^2+z^2)^{5/2}}$$

$$\Delta\sigma_z = J \times q$$



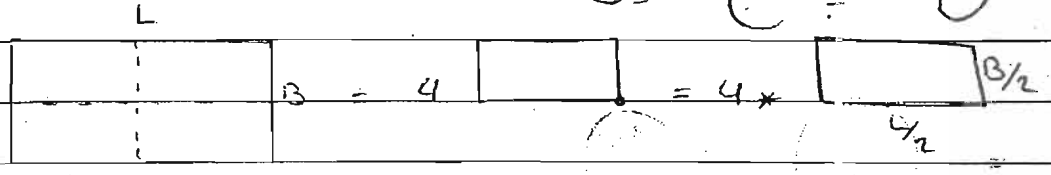
(مثال) یی مربع مستطیلی داریم با اندازه‌های زیر می‌خواهیم بعد 2 m پایین تر چقدر افزایش تنش



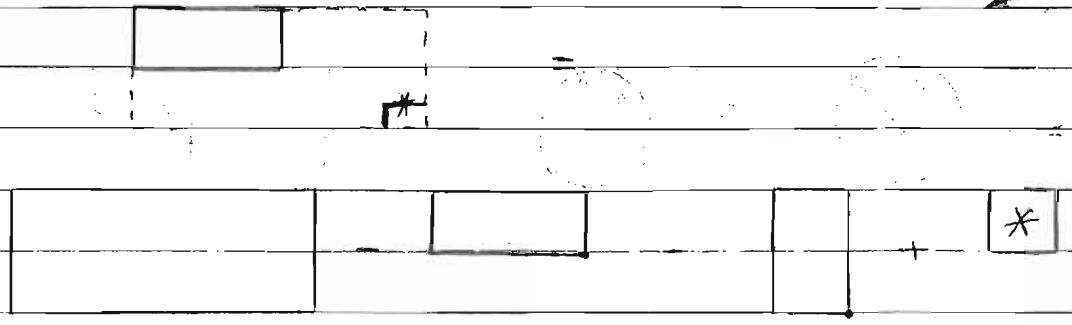
$$m = \text{عرض بی‌بعد شده} = \frac{B}{Z} = \frac{14}{2} = 7$$

$$n = \text{طول بی‌بعد شده} = \frac{L}{Z} = \frac{20}{2} = 10$$

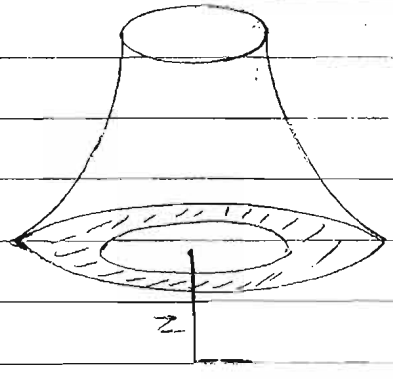
کـ تنش دورانی در یک ورق مستطیل به ابعاد L و B برابر است با تنش دورانی در یک ورق مستطیل ضربدر 4.

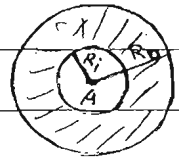


کـ

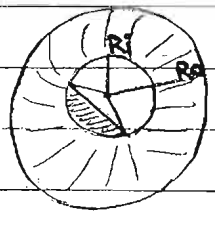


کـ

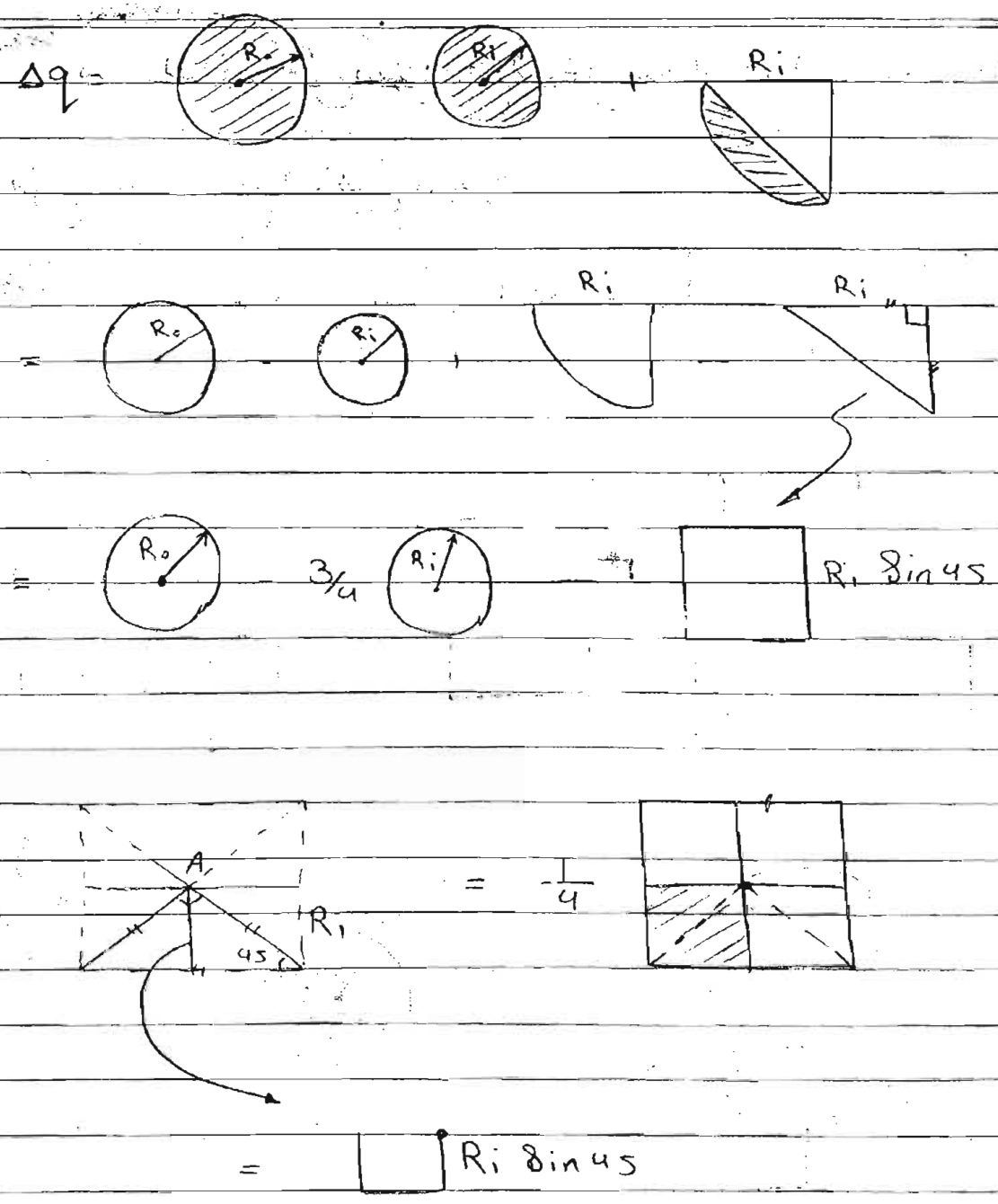




در حلقه:



Dq



که با افزایش تراکم در خاک، استحکام تنش در خاک کم می‌شود زیرا خاک سخت و صلب‌تر می‌شود

تئوری واستر کارد:

✓ اصطکاک بین تماس با بوسیک کامل بودن دست زیرا واستر کارد حالت واقعی

گلبه و غیر کامل فرض می کند.

✓ گلبه ها به تناسب سختی و ضخامت (گلبه هایی که دارند با تیر و کامل می شوند

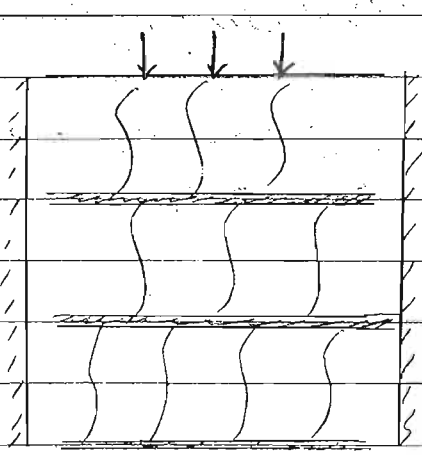
✓ فرورفتن گلبه ها ضخامت صلب می باشد.

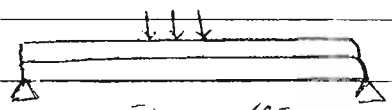
✓ جابجایی جانبی برای گلبه ها وجود ندارد.

✓ لغزش بین گلبه ها هم قابل اغماض، گلبه ها روی هم سری خورند.

✓ در این تئوری صرفنظر کردن از تغییر ضخامتی گلبه ها، مربوط به مقادیری که در این

تغییر ضخامتها بدست می آید مقادیر ۵۵ های البدی می شود





تیر تشکل از دو تکه

بعد از تغییر شکل

$$V = \frac{dM}{dx} \neq 0$$

اگر چسب یا قیچ بین گلبه ها باشد روی هم سری خورند

(تئوری واستر)

بهترین حالتهایی که تئوری واسترگارد برای آنها جواب می دهد حالتهای روبرو است.

دس نفت

شن

لیلیت شل

ماسه زار

دس شل

شن

لیلیت مراکم

در نقاط نزدیک بارگذاری $\Delta\sigma_v$ واسترگارد $< \Delta\sigma_v$ بوسینسک در عمق

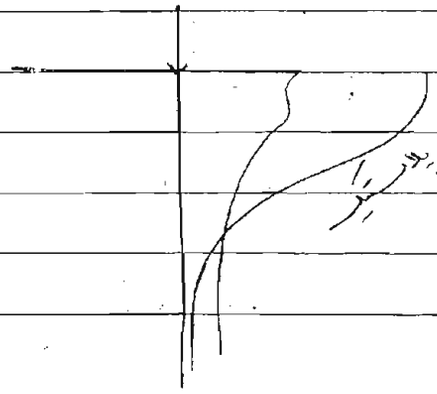
حال وجود فرزهای صلب، عمل انتقال تنش به عمق را با استهلاک کمتری

انجام داده، بنابراین در نقاط دور از بارگذاری $\Delta\sigma_v$ بیشتری میشود به عبارت دیگر

نرخ استهلاک تنش در تئوری واسترگارد کمتر است.

وجود فرزهای صلب در جاهایی

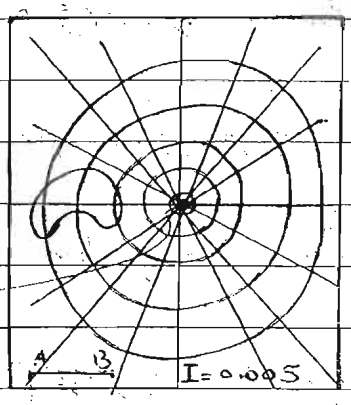
$\delta_h \rightarrow \downarrow \delta_v \Rightarrow h \times \delta_v \Rightarrow \sigma_v \downarrow$

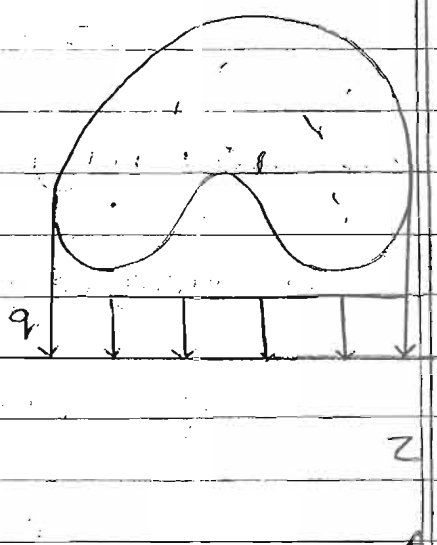


نمودار تأثیر نیومارک

نمودار نیومارک کاملاً شبیه علوی دارد مربوط به تئوری بوسینسک است و آن قسمت که افزایش تنش تغییر داده‌ای را بدست می‌آورد.

افزایش تنش نیم هیلان بارلزاری و در هر نقطه دلخواه را می‌توان بدست آورد.





گام‌های حل:

1) تعریف مقیاس

$2.5^{m} - z \equiv l_{AB} = 2.5\ cm$ $\qquad B_c = \frac{l}{100}$

2) رسم پلان A و نقطه مورد مطالعه با مقیاس گام ⑨

3) انطباق شکل "ط" ② روی نمودار طوری نقطه در مرکز نمودار باشد.

4) شمارش اعشاری خانه‌های اشغال شده توسط لطبی

5) $\uparrow \Delta q = \uparrow N * I * q$

نکات:

- ارزش هر خانه در تولید Δq در مرکز نمودار یکسان و مساوی با خانه‌های دیگر است. (خانه‌های بزرگتر ← دورتر ، خانه‌های کوچکتر ← نزدیکتر)

- قاعده فوق برای ارزش هر ژیلت هم صادق است.

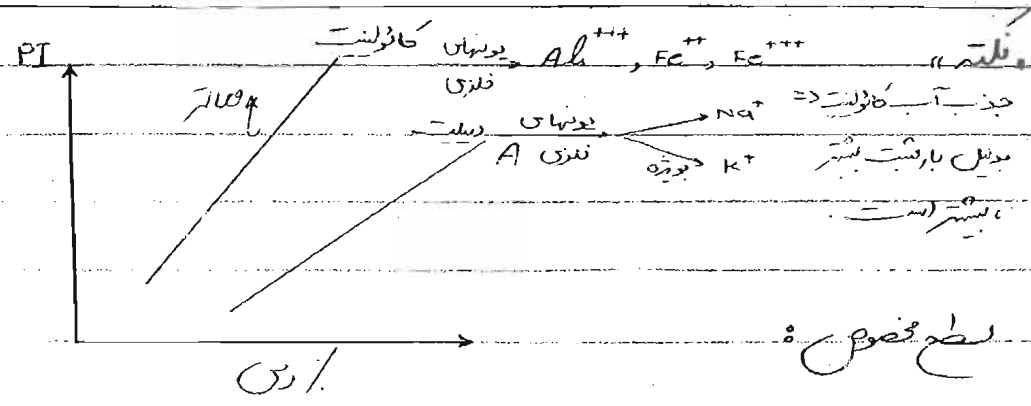
- اگر لطبی بارگذاری طوری بزرگ باشد که پس از اشغال کردن و انطباق بر روی نمودار، لطبی تمام نمودار را بپوشاند، Δq در مرکز نمودارها q خواهد بود.

$$\Delta q = q \times I \times (\text{مقدار کل خانه‌ها}) = \Delta q$$

$$I = \frac{1}{\text{مقدار کل خانه‌ها}}$$

- در نمودارهای متداول سنوکرک 200 خانه داریم پس ارزش هر خانه در تولید Δq در مرکز نمودار $\frac{1}{200} q$ است.

- " " " 10 ژیلت داریم " " ژیلت " " $\frac{1}{10} q$ است.



«نکته» جذب آب کائولینت < مدیل بارشت بیشتر، بیشتر است.

سطح مخصوص:

مونتموریونیت > ایلیت > کائولینت

خواص خمیری در ایلیت بدلیل وجود K^+ می تواند از کائولینت محدود تر شود

«نشست خاک»

نشست خاک
- در اثر عوامل وزنی
  - الاستیک: که آنی اتفاق می افتد
  - خمیری یا پلاستیک (معمولاً بیش از آنی طول می کشد)
- در اثر عوامل دینامیکی
  - زلزله
    - آنی ← جزء الاستیک
    - واسطه عبور امواج
      - تخلیم
      - فشرش
      - که بیش پلاستیک و برگشت ناپذیر هم دارد.

که نشست الاستیک همزمان با بارگذاری اتفاق می افتد.

که الاستیک ← آنی ✗ الاستیک (برگشت پذیر)

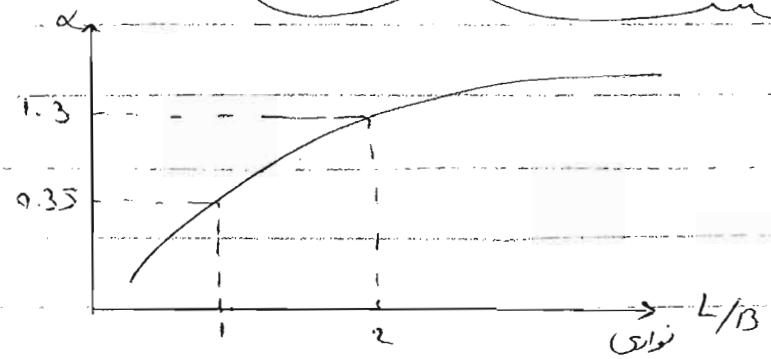
« تست الاستیک »

فرمول کلی: $\int_0^H \varepsilon\, dz = \int_0^H \frac{\sigma}{E}\, dz \overset{\text{دقت}}{=\!=} \int_0^\infty \frac{\Delta\sigma}{E}\, dz$

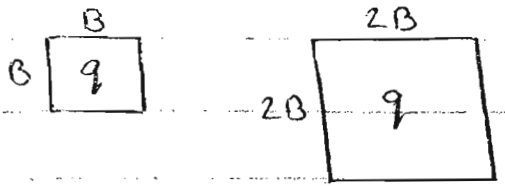
$$\equiv \int_0^\infty \frac{f(B, L, q, \xi, \mu)}{E}\, dz \quad \Rightarrow$$

حفظ شود.

$$S_e = \frac{B\,q}{E}\,(1-\mu^2)\,\alpha \rightarrow f(L,B)$$



تست: درصورتی که ابعاد ناحیهٔ بارگذاری شده (بی بعدی) یا همان شدت بار دوبرابر شود، نشست چند برابر می‌شود.



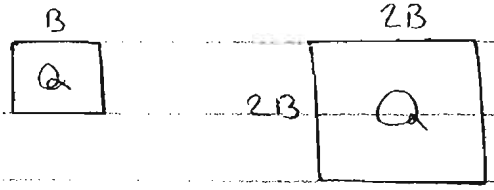
$$S_{e_1} = \frac{B\,q}{E}\,(1-\mu^2)\,\alpha^{f(L/B)=0.95}$$

$$S_{e_2} = \frac{2B\,q}{E}\,(1-\mu^2)\,\alpha^{0.93}$$

$$\frac{S_{e_1}}{S_{e_2}} = \frac{1}{2} \Rightarrow S_{e_2} = 2S_{e_1}$$

تست ① در صورتی که ابعاد ناحیه بارگذاری شده (بی بعدی) با ۲ برابر کل دهانه شود

نشست چه تغییری می کند.



$$\delta e_1 = \frac{BQ}{E}(1-\mu^2)\alpha$$

$$\delta e_1 = \frac{B \times \frac{Q}{B^2}(1-\mu^2)\alpha}{B} = \frac{Q}{BE}(1-\mu^2)\alpha$$

$$\delta e_2 = \frac{2B \times \frac{Q}{4B^2}(1-\mu^2)\alpha}{E} = \frac{Q}{(2BE)}(1-\mu^2)$$

$$\Rightarrow \delta e_2 = \frac{1}{2}\delta e_1 \Rightarrow \delta e_1 = 2\delta e_2$$

سوال فرمول نشست الاستیک، δe رسما را بهتر ارزیابی می کند یا δe قاله را؟

جواب) شکل را - زیرا بستر های قاله، بخشی از آن بدلیل انتقال صلب دانه است

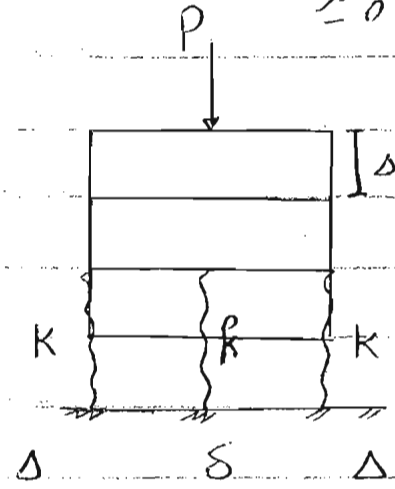
و خوب آنرا ایفا می کند

که این فرمول برای نشست الاستیک رسهای اشباع خوب جواب می دهد

و μ برای رسهای اشباع ..... $\mu = 0.5$ ضریب پواسون

* توضیح نمودارهای لشت و نشارعاتی که انواع پی کردر جزوه درس آورده شده که تاکنون نخوانده ایم!

ابتدا: مقایسهٔ دو سیستم صلب و انعطاف پذیر:



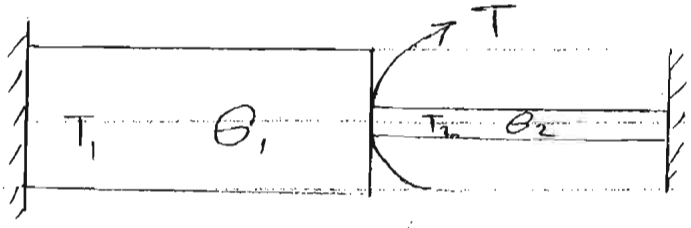
«سیستم صلب»

$k < K$

$F = k\Delta \quad > \quad f = k\delta$

در سیستم‌های صلب: تغییر شکل‌ها تقریباً یکنواخت و بارگذاری به راست

گیرهای است، جزء سخت بار بیشتری برد.



سیستم صلب

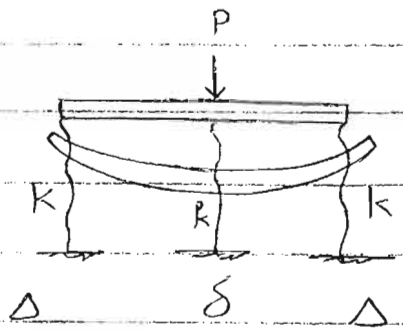
$(GJ)_1 \qquad\qquad (GJ)_2$

$$T_{12} = \frac{(GJ)_{12}}{(GJ)_1 + (GJ)_2} \times T_2$$

سیستم انعطاف پذیر

در سیستم‌های انعطاف پذیر، توزیع بار تقریباً یکنواخت و با توزیع تغییر شکل‌ها برابر

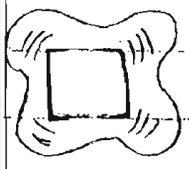
برعکس سختی می‌باشد، جزء در قسمت‌هایی بیشتر



$\Delta < \delta$

$F = \uparrow K \downarrow \Delta \approx f = \downarrow K \uparrow \delta$

- h به نمودار صفحه بعد دقت شود))



ارتعاش پذیر

نشست

فشار آب

رس

$c \neq 0$

نشست

صلب

فشار آب

$$\tau = c + \sigma + g\Phi = c + \gamma z + g\Phi = 0 + 0 = 0$$

نشست

ارتعاش پذیر

فشار آب

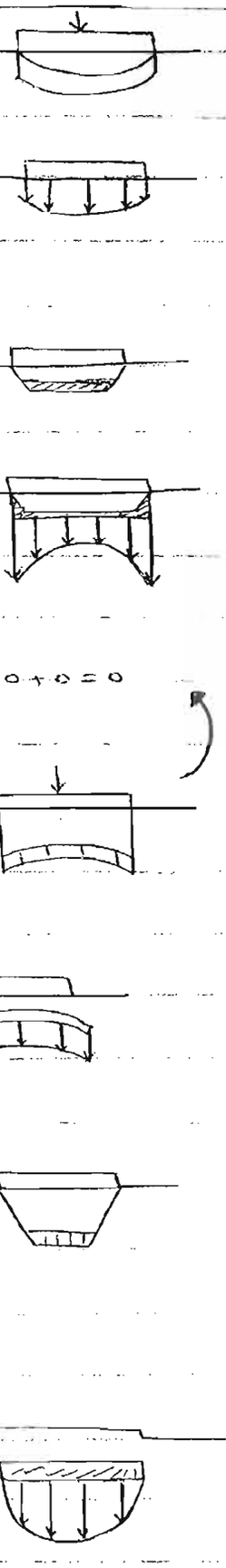
ماسه

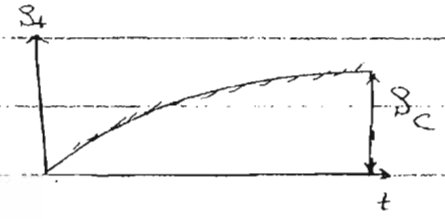
$c = 0$

نشست

صلب

فشار آب





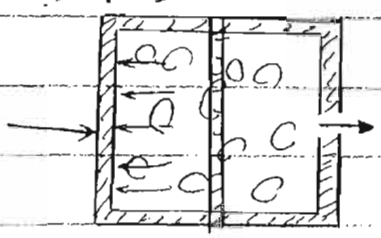
لیست تکمیلی

$\frac{\sigma}{E} = \varepsilon$

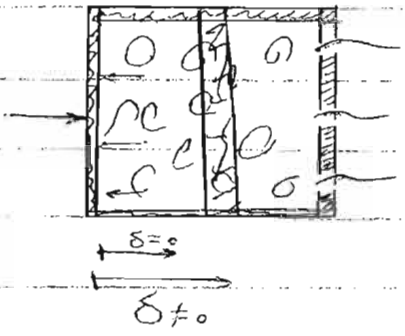
$\Delta\sigma \xrightarrow[\text{مرور زمان}]{\text{بعد از}} \Delta u \longrightarrow \Delta\sigma_{\text{کل}}$

(تنش دانه‌ای)

(تنش خنثی طول می‌کشد)



K ↓ (درجه) قلاب‌سن پایایی



K ↑ (درجه) قلاب‌سن پایایی

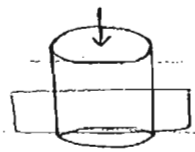
که در صورت بارگذاری بر روی خاک اشباع تحت شرایطی که هنوز آب فرصت خروج پیدا نکند، تمام تنش کل به آب می‌رسد.

با خروج آب به مرور زمان، ذرات آب، زیر فشار کل شانه خالی کرده و تنش کل را به دانه‌ها منتقل می‌کند و دانه‌ها هم آرایش می‌شود

تحکیم: عبارتست از کاهش حجم تدریجی یک خاک اشباع با تراوپذیری کم در اثر زهکشی آب موجود در حفرات که در نهایت منجر به تغییر ضخامت و نشست خاک می گردد.

چهارشنبه ۸۵/۵/۲۸ «تحکیم یک خاک» «جلسه نوزدهم (چهارم)»

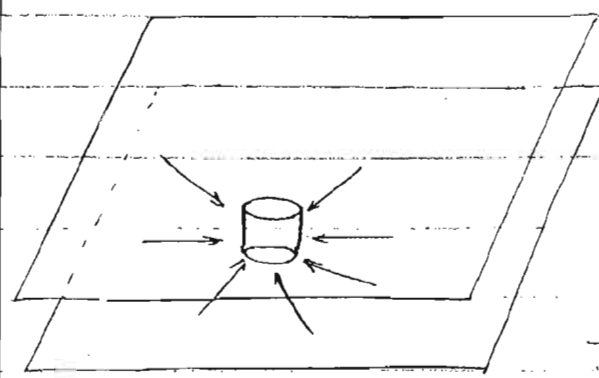
در تحکیم یک بعدی داریم:



3-5

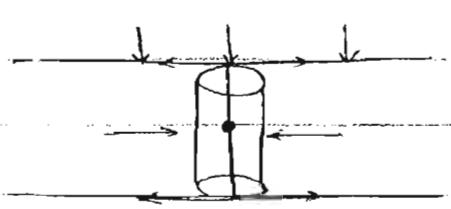
$$\varepsilon_{v_{\text{حجمی}}} = \frac{\Delta V}{V_0} = \frac{\Delta e}{1+e_0} \quad *$$

تحکیم یک بعدی و فرضیات مربوطه:



در شرایطی که لایه رسی بارگذاری گسترده ای در مقایسه با ضخامت رس زیاد باشد معمولاً تحکیم یک بعدی اتفاق می افتد.

جهت حرکت آب در اثر بارگذاری رس

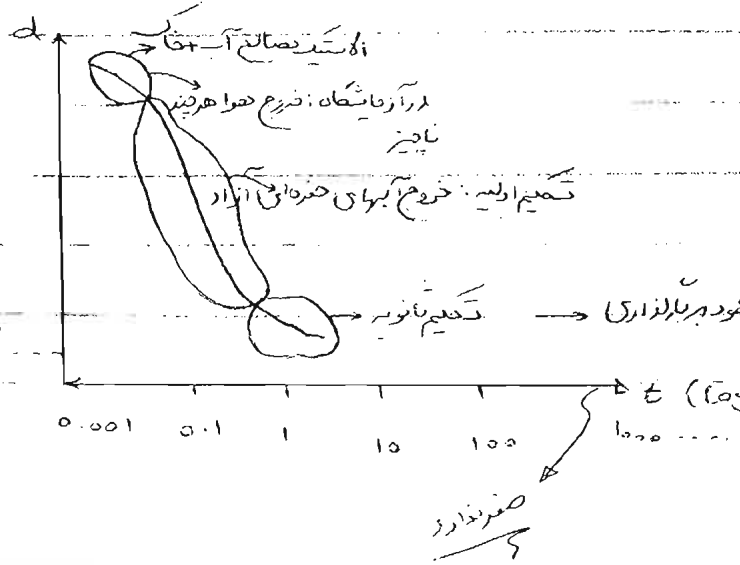


$\varepsilon_v = \frac{\Delta V}{V_0} = \frac{\Delta(A_0 \times H)}{A_0 \times H_0} = \frac{\Delta H}{H_0} = \varepsilon_{oed}$ برای 1D

تحکیم

از $\frac{\Delta H}{H_0} = \frac{\Delta e}{1+e_0}$ $\Rightarrow$ $\Delta H = S_c = \frac{\Delta e}{1+e_0} H_0$

- در تئوری ترزاقی مجموعه آب و خاک ۱۰۰٪ اشباع و تحکیم فرض می‌شود
- دانه‌های خاک تراکم ناپذیر است، آب هم تراکم ناپذیر است
- تحکیم در اثر خروج آب است ← خروج آب یکبعدی و در راستای بارگذاری (عمودی قائم)
- رابطه دارسی در خروج آب برقرار است ($V = Ki$).
- در فرایند تحکیم ضریب تخلخل همواره ثابت فرض می‌شود
- در فرایند تحکیم رابطه بین $\Delta\sigma$ و Δe رابطه‌ی برگشت‌پذیر دارد (برداشت رابطه دارد)
- بطور کلی این تئوری برای رسهای خیلی خیلی ضخیم خوب جواب نمی‌دهد.



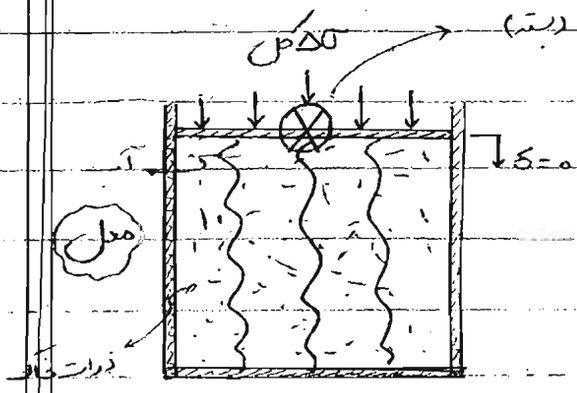
در آزمایشگاه داریم:

2a ---

1.8 ---

خوابیدگی ذرات رس در جهت عمود بر بارگذاری ← روی یکدیگر (آرایش جدید ذرات رس) و خروج مقداری آب جذبی

ابتدای کار:



$F = k\delta = 0$

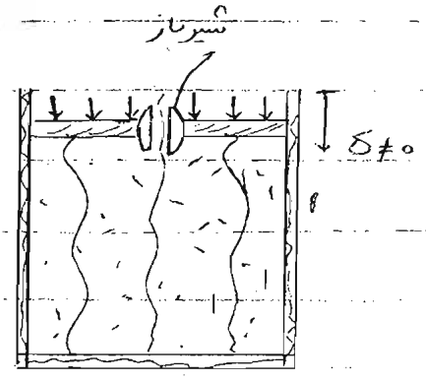
$t = 0$

محیط واقعی $x = v.t = 0$

$\Delta\sigma' = 0 \Rightarrow \Delta\sigma = \Delta u$

↑ فشار آب

بعد از گذشت زمان:



$F = k\delta \neq 0$

محیط واقعی $t \neq 0$

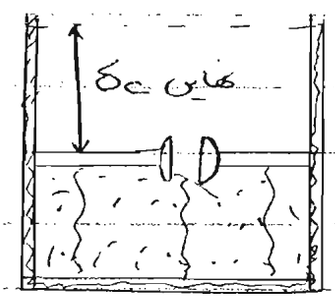
$x = v.t \neq 0$

$\Delta\sigma' \neq 0$

$\Delta\sigma$ ثابت $= \downarrow \Delta u + \uparrow \Delta\sigma' > 0$

$\uparrow t$

انتهای تحکیم = توقف خروج آب



$\uparrow F = k\delta \uparrow$ ثابت

آب از بین تخلخل‌ها خارج می‌شود

هنوز آب وجود دارد ولی

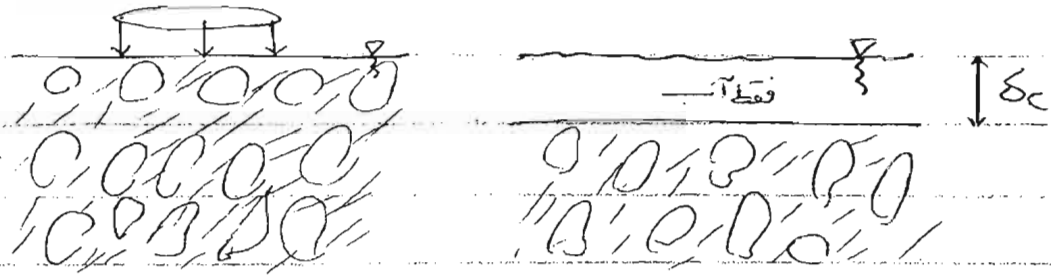
از خاک خارج نمی‌شود.

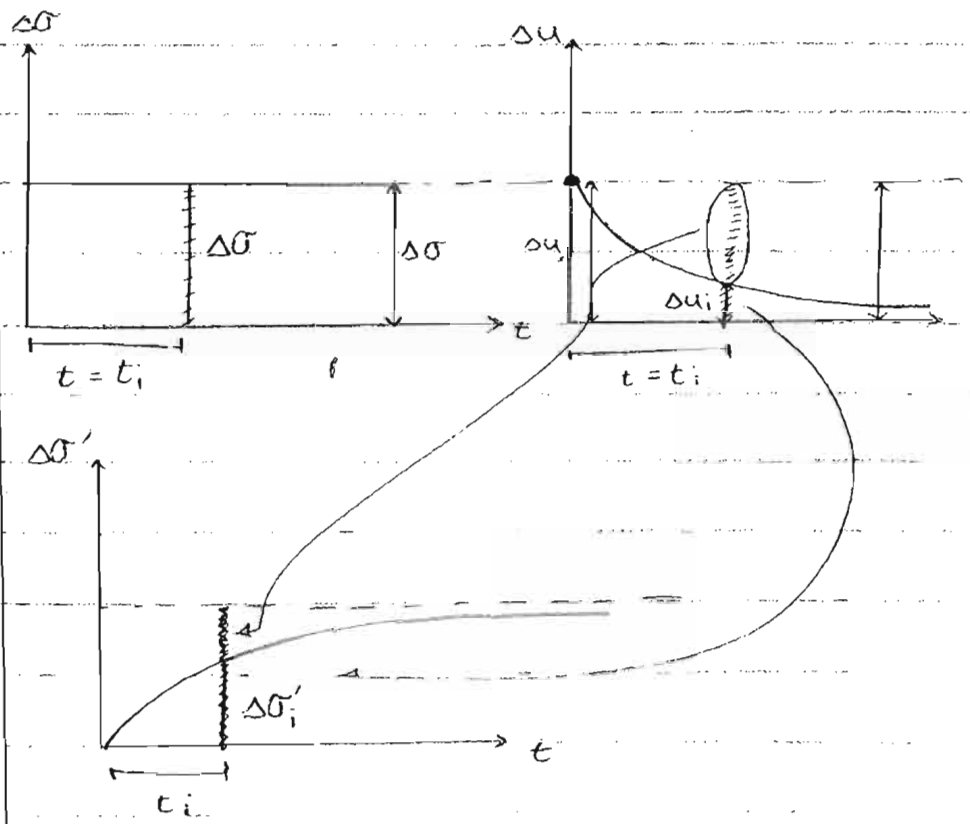
$t = \infty$ محیط

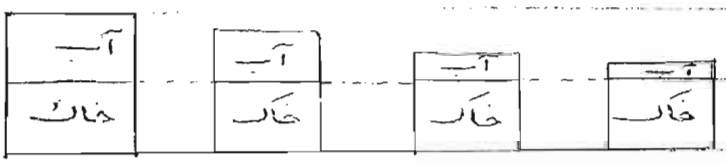
$x = v.t = 0$

$\Delta u = 0$

$\Delta\sigma = \Delta\sigma'$





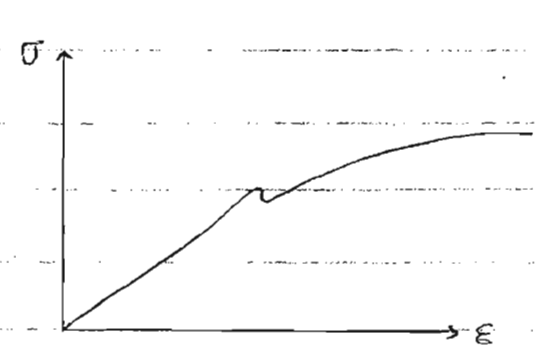


$\downarrow w = \frac{\text{وزن آب}\downarrow}{\text{وزن جامد}}$ ثابت $\quad S_r = \frac{V_w\downarrow}{V_v\downarrow} = 100\%$

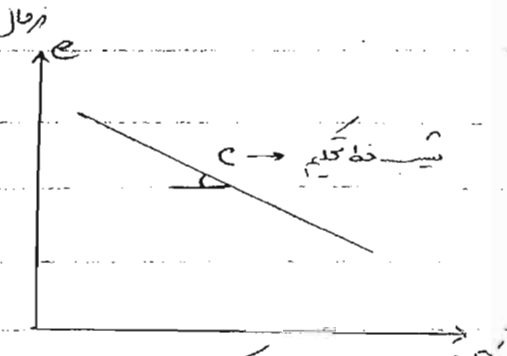
$\downarrow e = \frac{V_v\downarrow}{V_s}$ ثابت $\quad \uparrow \gamma_d = \frac{G_s}{1+e\downarrow}\gamma_w = \frac{\text{وزن جامد ثابت}}{V_{کل}\downarrow} = \gamma_d\uparrow$

تحلیل: رابطه بین تراکم‌پذیری و نشست ← بارگذاری

$\Delta\sigma'$



فولاد $\frac{\Delta e}{1+e_0}$



خاک

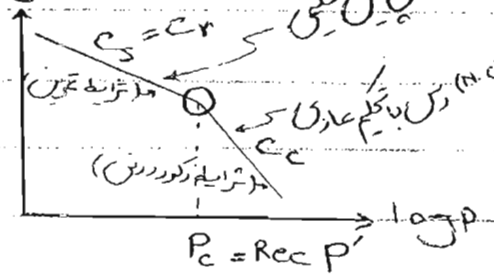
که فشار = تنش مؤثر

$$C_c = \frac{\Delta e}{\Delta \log P} = \frac{\Delta e}{\log P_2 - \log P_1} = \frac{\Delta e}{\log(P_0 + \Delta P) - \log P_0} = \frac{\Delta e}{\log \frac{P_0 + \Delta P}{P_0}}$$

$$\Rightarrow \Delta e = C_c \times \log \frac{P_0 + \Delta P}{P_0}$$

هر تراکم‌پذیری

$$\Delta H = \frac{\Delta e}{1+e_0} H_0 = S_c \Rightarrow S_c = \frac{C_c H_0}{1+e_0} \log \frac{P_0 + \Delta P}{P_0}$$



نکته: شکل دقیق‌تر نمودار $e - \log P$ بصورت (N.C) رس با تحکیم عادی که مقابل است.

P_c: فشار پیش تحکیمی خاک

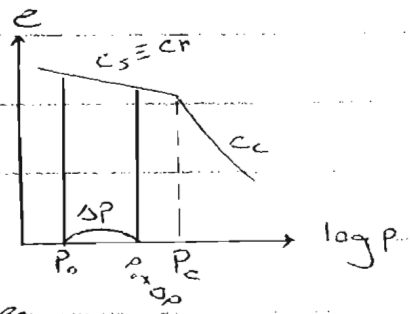
تاریخچه تنش: مهمترین فشار وارده بر خاک در تاریخچه تنشی خود تجربه کرده (رکورد خاک در تجربه تنش های قبلی که این رکورد ممکن است مربوط به شرایط مختلف و متفاوتی باشد)

$$OCR = \frac{P_c = P'_{max}}{P_0}$$

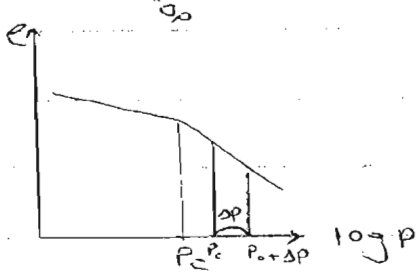
N.C ← OCR = 1

O.C → OCR > 1

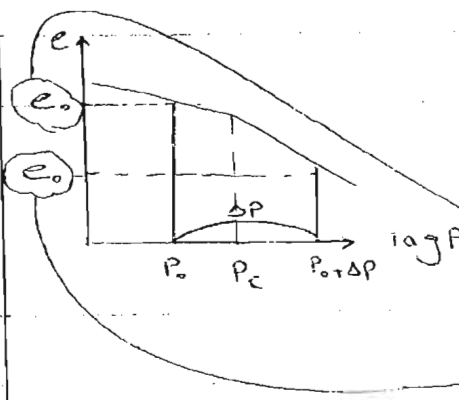
$\Rightarrow$ OCR ≥ 1.0



$$S_c = \frac{C_s H_0}{1+e_0} \log \frac{P_0+\Delta P}{P_0}$$



$$S_c = \frac{C_c H_0}{1+e_0} \log \frac{P_0+\Delta P}{P_0}$$

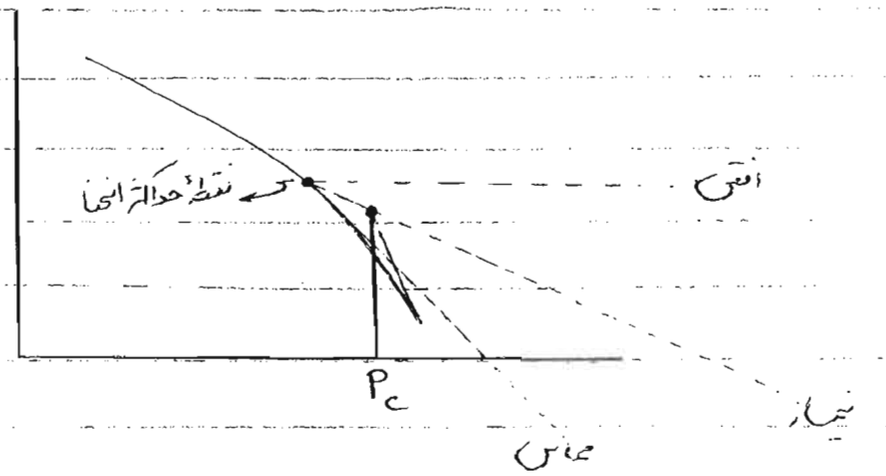


$$S_c = \frac{C_s H_0}{1+e_0} \log \frac{P_c}{P_0} + \frac{C_c H_0}{1+e_0} \log \frac{P_0+\Delta P}{P_0}$$

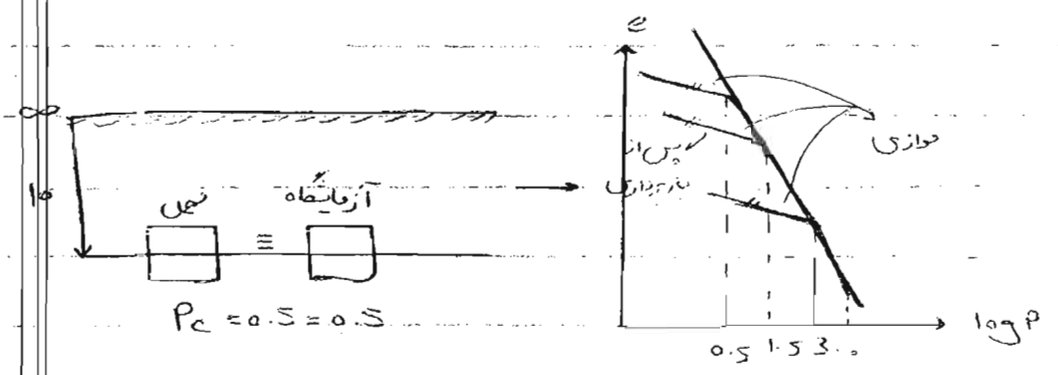
شیب خطوط مربوط به جنس خاک است یعنی هر نوع خاکی (جنس کی)

دوشیب بیشتر ندارد (C_c و C_s) که متکی از حل P_c است

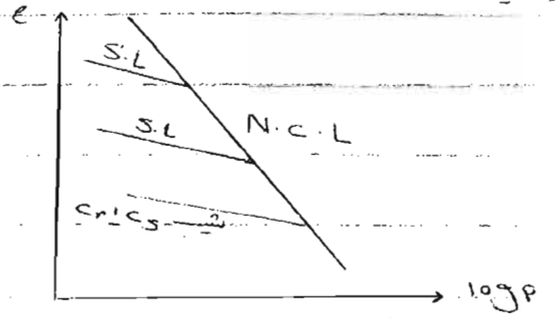
طریقهٔ یافتن P_c (روش کاساگرانده) :



رسم نمودار e-logp :



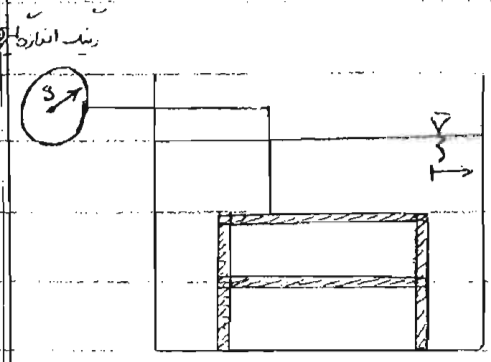
تجدید فشارهای بیشتر در آزمایشگاه



«آزمایش تحکیم»

(ادومتر)

که در تنش‌های مربوط به ادومتر، تغییر ضخامت با یکبعدی است.



ارتفاع حلقه : 2 cm

قطر « : 5 cm

استانداردهای آزمایش :

که دو ظرف غوطه‌ور تخلیه می‌کنیم.

H_0

$w_0 = w_{sat}$

G_s

$S.e = G_s . w_{sat}$

e_0

محدوده‌های بارگذاری : $\rightarrow$ 0.25 - 0.5 - 1 - 2 - 4 - 8

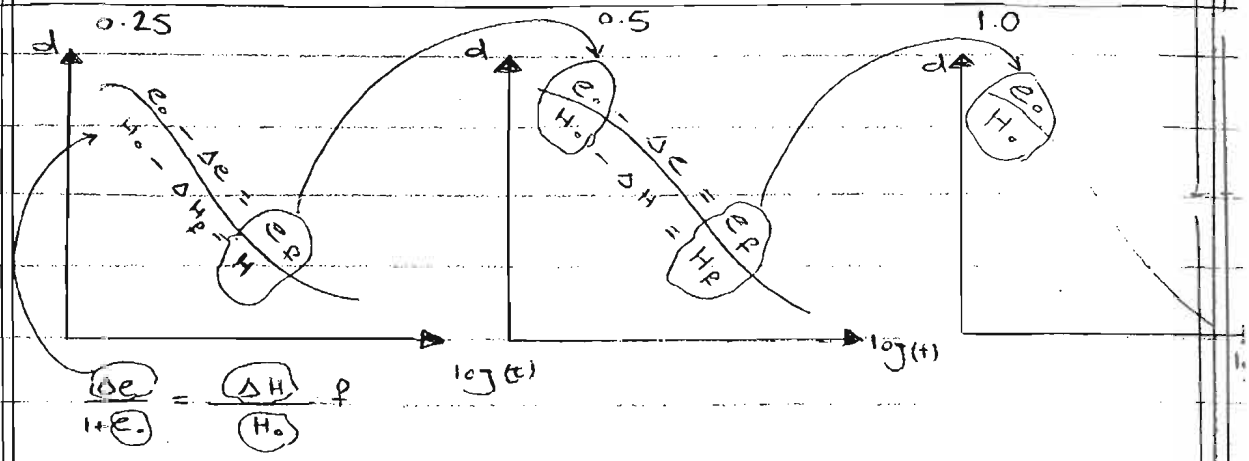
(2 برابر می‌شوند) ... - 16 - 32

طریقهٔ بدست آوردن منحنی $e-\log t$ ، $e-\log p$ در آزمایش تحکیم :

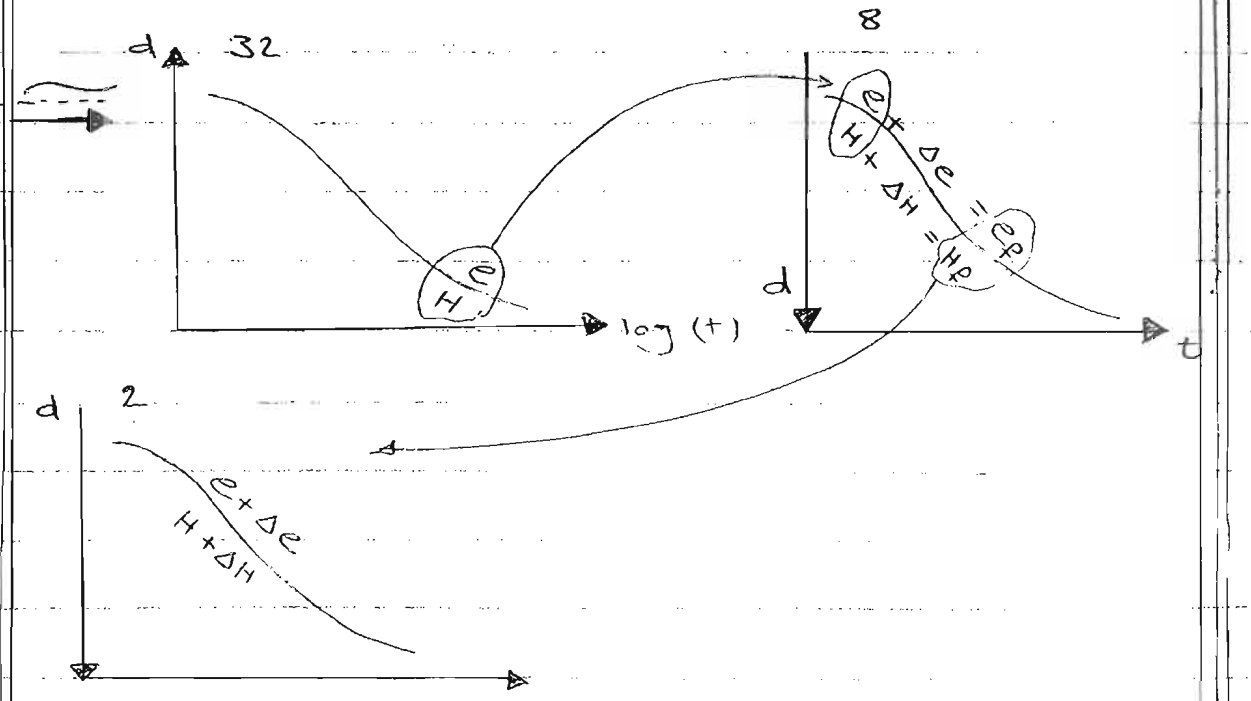
e	e_1 e_2 — — e
p	0.25 0.5 — — — 32

t''	0 5 10 . . . . . 24h
$\delta = \Delta H$	. . — — — —
$d = H_0 - \delta$	- - - — — $\frac{\Delta H_p}{\text{ضامن}}$

$\Rightarrow$ صفحه بعد



$$\frac{\Delta e}{1+e_0} = \frac{\Delta H}{H_0} \quad \text{f}$$

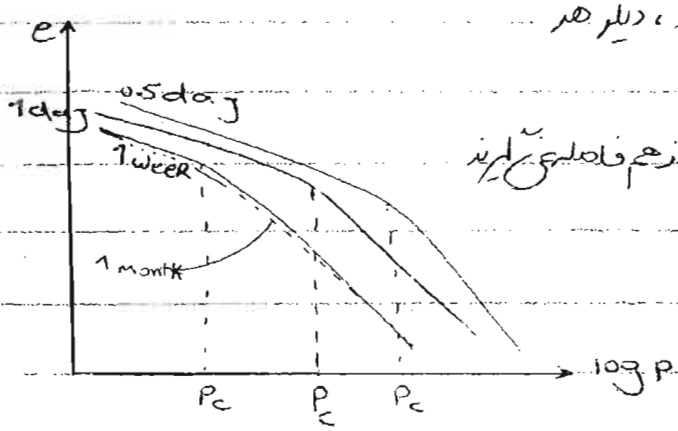


محدودهٔ بارجداری : (پله‌ها می‌شود) 32 – 8 – 2 – 0.5

شرایط عمدتی از است ندارند:

$t = 1\,day$

* زمانی که بار کار خود را انجام داد، دیگر هد



چند زمان را بیشتر کنیم منحنی ها از هم فاصله می گیرند

و تفاوتی نخواهد کرد (بهم می چسبند)

در صورت کاهش زمان توقف بار منحنی e - log p سمت بالا و سمت راست

حرکت می شود بطوریکه e بیشتر و Pc بیشتری را شامل می دهد

Exe:

0.25 0.5 1 2 4 8 16 32

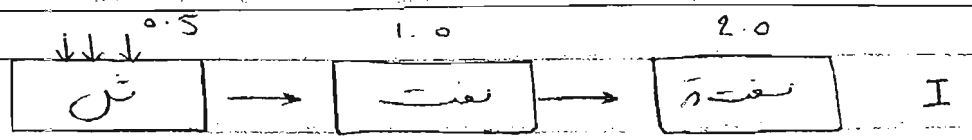
0.25 1 4 16

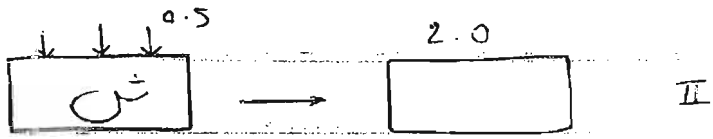
$\Delta P/P = 1 = \frac{2-1}{1} = \frac{16-8}{8}$

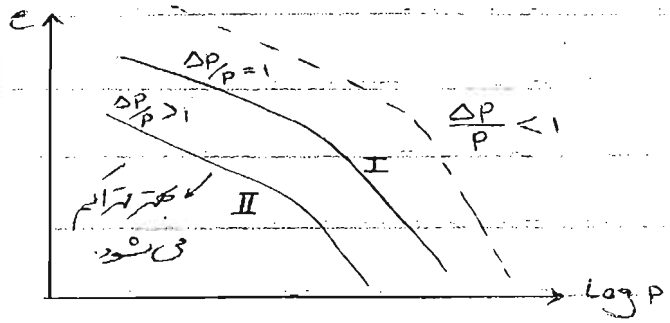
$\Delta P/P = 3 = \frac{16-4}{4} = \frac{1-0.25}{0.25}$

با کاهش نسبت $\frac{\Delta P}{P}$ منحنی تکلیم به سمت بالا و مقدار بار کم و قابل اغماض به

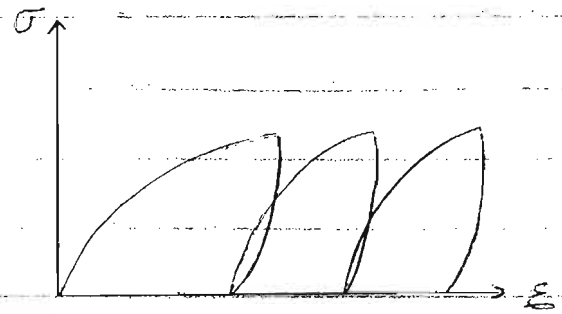
سمت راست تمایل می شود، در این حالت Pc ها خیلی فرق می کند

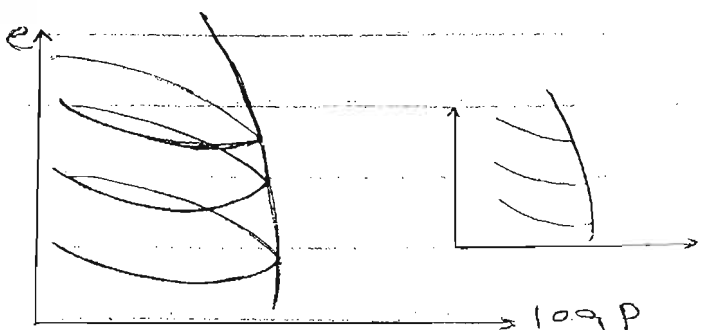


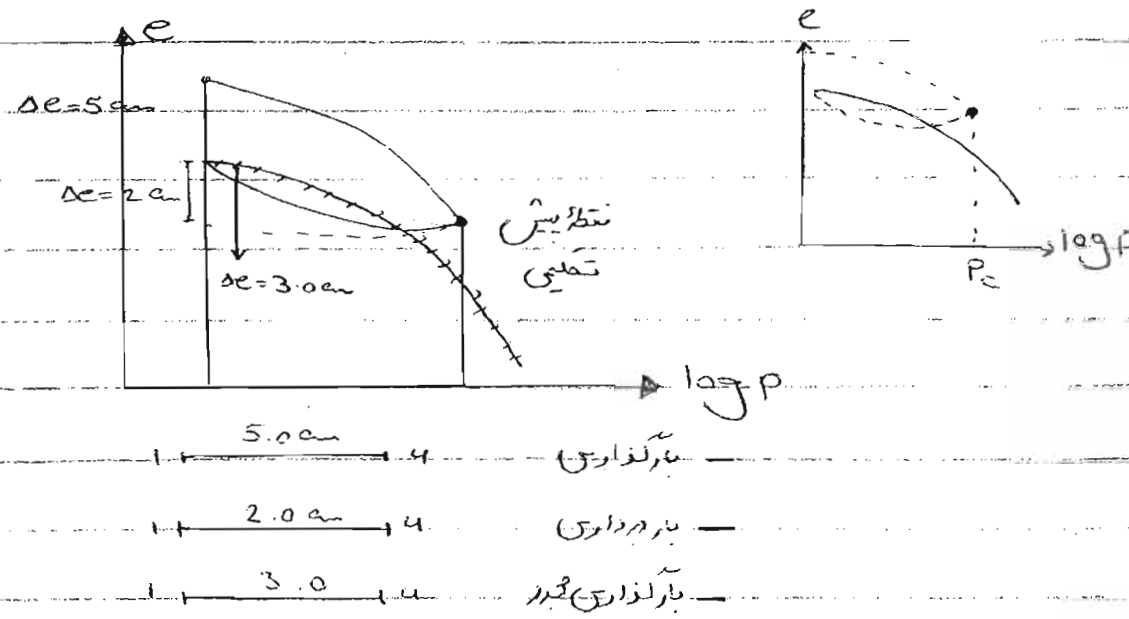




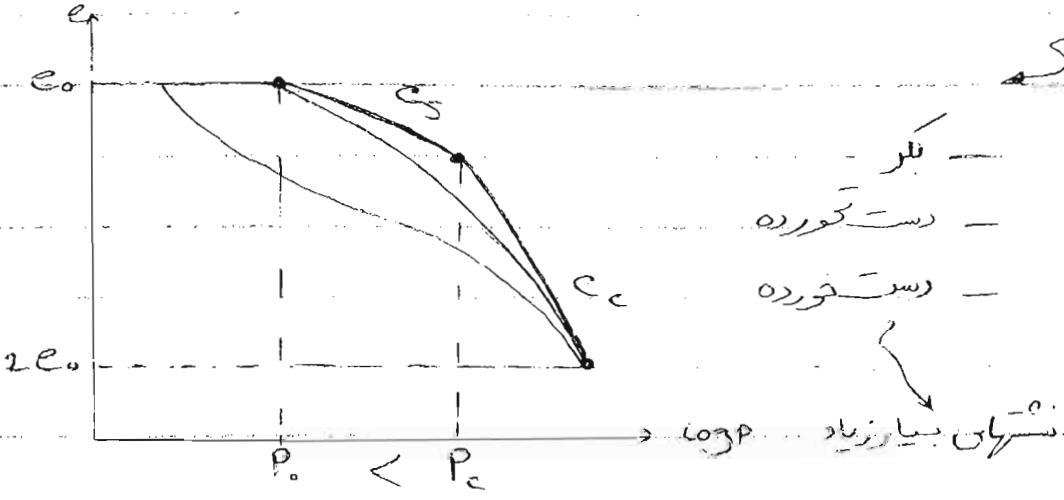
محورهای بارگذاری، باربرداری:





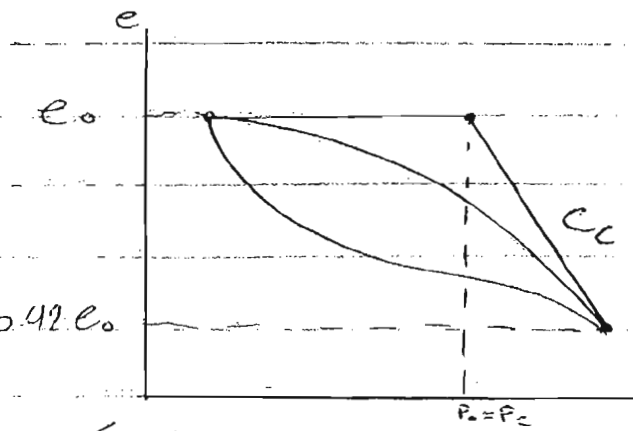


* دلیل آنکه نقطهٔ پیش تحکیمی خارج از منحنی می افتد ← نقطهٔ پیش تحکیمی مربوط به نمونه قبل بارگذاری است



مقاومت دس خورده به دس آن بستگی دارد ← آلوفان ← دس دست نخورده، دس آن

صدری نژاد ← فشار پیش تحکیمی قبلی خود را فراموش می‌کند



روی نمودار «کالک»

که تکلیم ثانوی در رس های آلی یا نباتی و رسهای بسیار حساس خیلی کم جذب

آب بالایی دارند هم بیشتری پیدا کرده و گاهاً هم آن از تکلیم اولیه نیز بیشتری شود

که هم تکلیم ثانوی در رسهای غیر آلی و رس های کم خمیری پائین آمده و هرچقدر

OCR بالا رود، رس لیفت تر و نیخت تر شود تکلیم ثانوی هنوز کمتری شود.

که با لوگاریتم کمترین تغییرات تنش (کاهش $\frac{\Delta P}{P}$) و تدریجی وارد کردن بار، هم

تکلیم ثانوی، زیادی شود.

که با افزایش درجه حرارت هم تکلیم ثانوی بالایی رود

که با کاهش ضخامت لایه رس و نزدیک شدن مرزهای زهکش هم، هم تکلیم

ثانویه بالایی رود

که رسها با LL و P.I بیشتر، تکلیم ثانوی بیشتری داشته و در صورت

باربرداری تودم بیشتری هم خواهد داشت

«چندفرمول»

* $\uparrow\uparrow C_c = 0.009\ (\uparrow LL \uparrow - 10)$

* $\uparrow S_s = \left(\frac{1}{10} \sim \frac{1}{5}\right) \uparrow C_c$

↑ تودم در اثر باربرداری

* $S_c = \frac{C H}{1 + e_0}$

* (3-D) $m_v = \frac{\Delta V}{V_0} \times - \frac{1}{\Delta P'}$ ضریب تغییر حجم - ضریب فشردگی حجمی $= m_v$

* (1-D) $m_v = \left(\frac{\Delta H}{H_0}\right) \times \frac{1}{\Delta P'}$

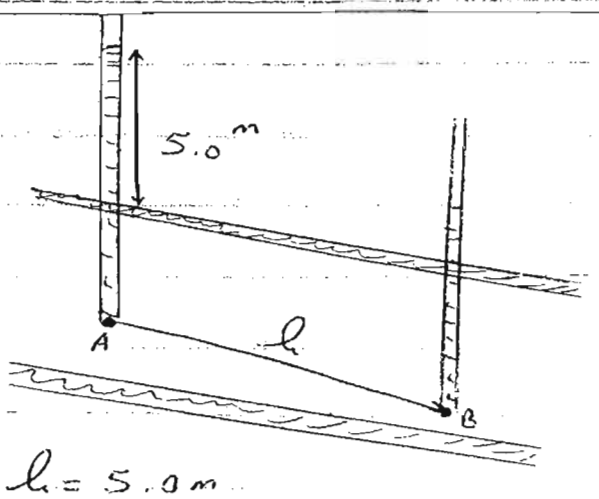
$\frac{\Delta e}{1+e_0}$

$\Rightarrow \Delta H = S_c = H_0\ m_v\ \Delta P'$

K عبارتست از سرعت حرکت آب در خاک، تحت گرادیان هیدرولیکی (i)

واحد: $V = K i$

$\frac{m}{s}$ $\quad 1$



$l = 5.0\,m$

$t = 1\ day$ $\qquad v = ki \Rightarrow 5\,m/day = k \times (i=1)$

$\Rightarrow \boxed{k = 5}$

تا در خاکی داشته باشیم با حجم اولیه واحد و افزایش

m_v عبارتست از کاهش حجم یک خاک به حجم اولیه واحد، وقتی بار

افزایش تنش موثر واحد شود.

$$* \; m_v = \frac{\Delta V}{V_0} \times \frac{1}{\Delta P'_{=1.0}}$$

1.0

$$m_v = 10^{-4} \left(KN/m^2 \right)^{-1}$$

قابلیت فشردگی ← واحد: عکس فشار

$$* \; a_v = \frac{\Delta e}{\Delta p'} = \frac{\Delta e}{\Delta \sigma'} = \frac{\Delta \varepsilon}{-\Delta u}$$

ضریب تحکیم ← واحد: سطح بر زمان

$$* \downarrow \uparrow c_v = \frac{k \downarrow}{\downarrow m_v \cdot \gamma_w} \qquad \text{سطح} / \text{زمان}$$

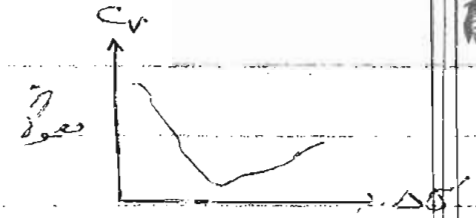
$\uparrow$ درجه تحکیم $\uparrow$ $\Delta \sigma'$

هرچه خاک فشرده‌تر شود خاک سخت‌تر ← قابلیت فشردگی m_v ↓

* $\uparrow \delta_c = \frac{\uparrow C_c + 1}{1 + e_0 \uparrow} \log \frac{P_0 + \Delta P}{P_c}$ ← رابطه با e برحسب C

* C_v ضریب سرعت تحکیم است.

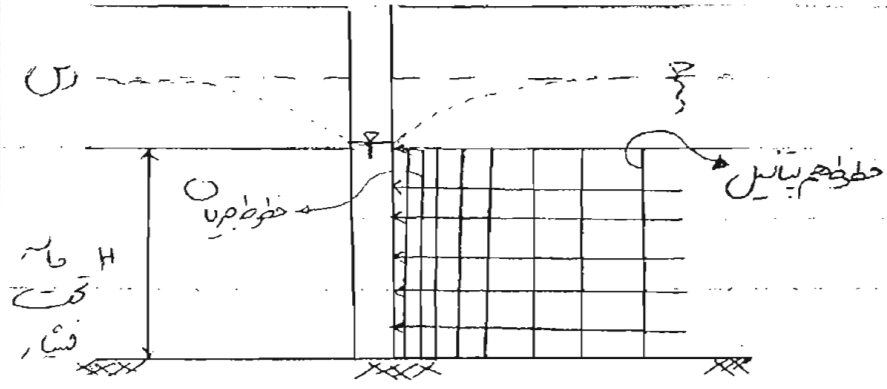
$$C_v = \frac{K}{m_v \cdot \gamma_w} \equiv \frac{\left(\frac{H}{t}\right) \times H}{\text{سرعت}}$$



* $C_v \downarrow$ $LL \uparrow$ $PI \uparrow$

تست مربوط به تراکم

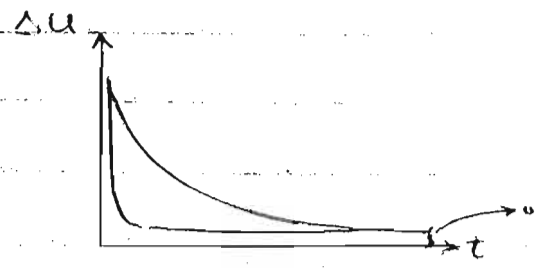
شبکهٔ جریان را برای شکل زیر رسم کنید.

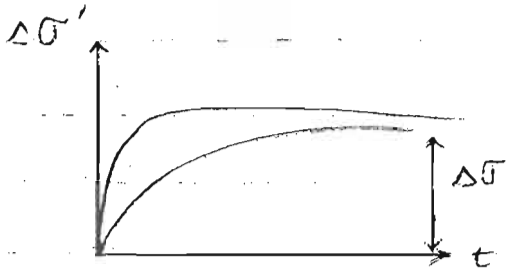


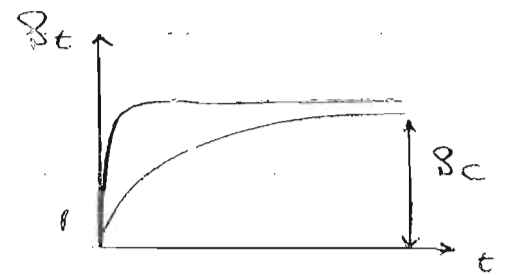
سرعت تحکیم : Rate of consolidation

— روی : تحکیم

— تنش وارده : آنی

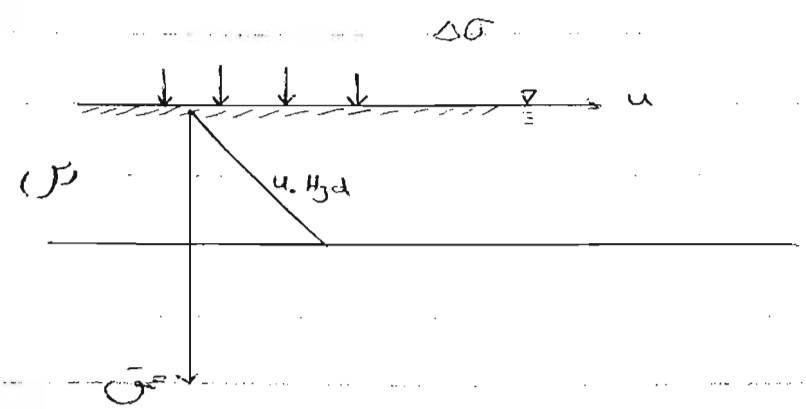






اضافه فشار آب حفره ای

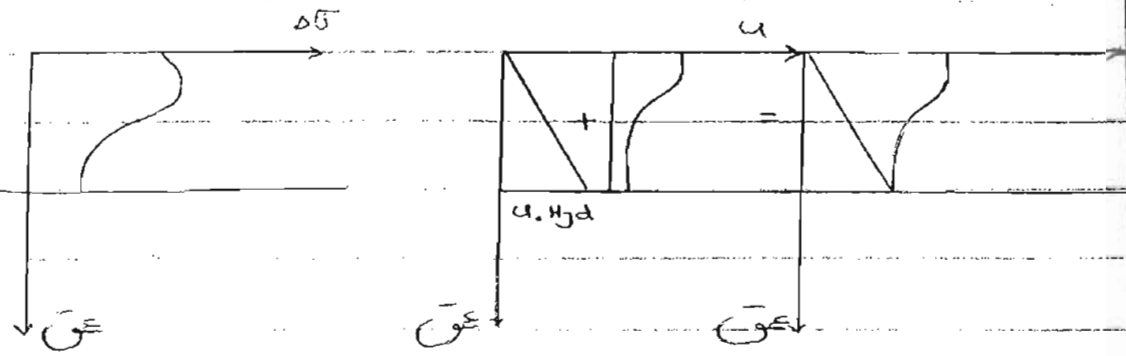
Δu کی ← 0 ← δ



قبل از $\Delta\sigma$ —

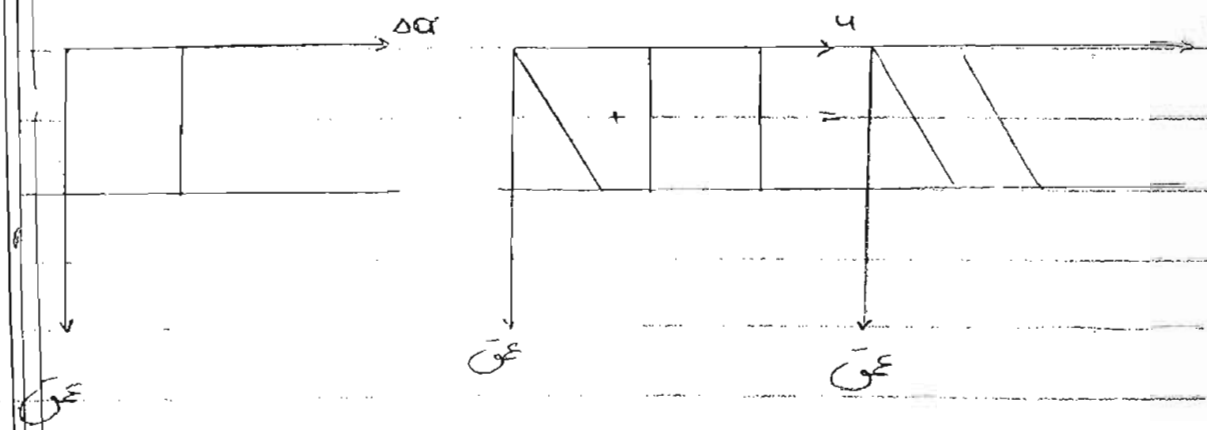
پس از $\Delta\sigma$ --

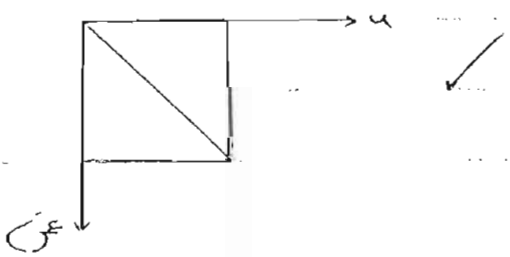
نکته: در گیه‌های ضخیم رس ($\Delta\sigma$ با عمق از بین نمی رود) در ابتدای بارگذاری، تقدار فشار آب زیر تاثیر این ضخامت تقریباً کلیه افزایش می‌شود. (تعادل فشار و تنش)

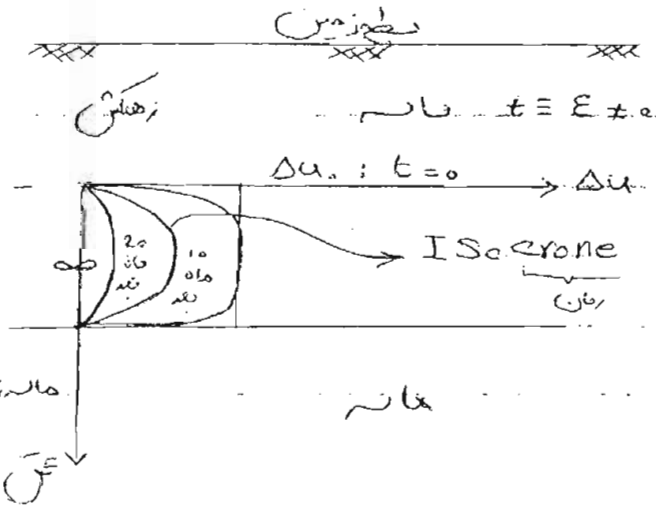


* که وقتی مانع است، ابتدای کلیم توزیع فشار آب بجای استقلیل، زه‌رتفاع

می‌شود.



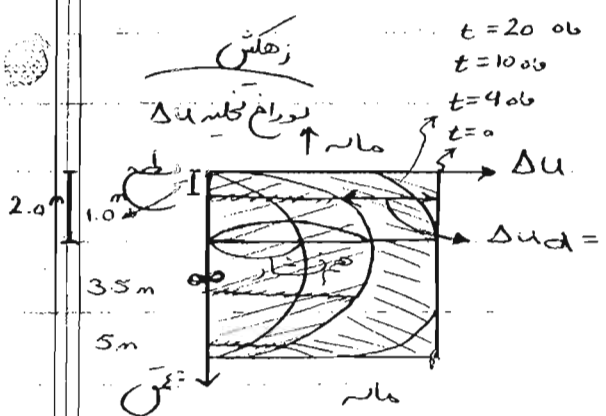




مخن های هم زمان، اضافه فشار وجود در صفحات نرک را در یک زمان مخص نشا

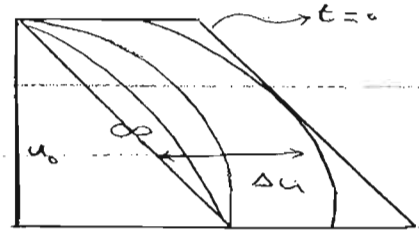
می دهند.

«یکشنبه ۸۵/۵/۲۹» «مکانیک خاک» «جلسهٔ یازدهم»

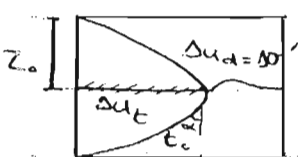


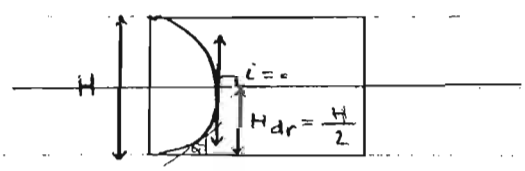
$\Delta u = f(t, z)$

$\Delta u = f(t, z)$



$\Delta\sigma = \Delta u.$





$$\tau_\alpha = \frac{\Delta u}{\Delta z} = \frac{\partial}{\partial z}\left[(h-z)\gamma_w\right]$$

$$= \gamma_w \frac{\partial}{\partial z}(h-z) \equiv i$$

نکات:

✓ منحنی هزینه از جنس Sin است

✓ شیب منحنی سود در اطراف بهینه یا نا است.

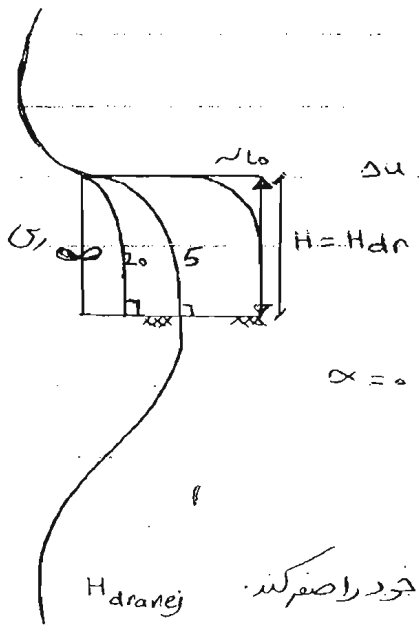
✓ بطور کلی بیشترین نا در مرزهای زهکش است.

✓ Max سرعت تخلیه نیز در مرزهای زهکش است.

✓ اعمال دلو بدلیل بالابودن نا در مرزهای زهکش، رابطهٔ داربن در آنجا برقرار نباشد.

منحنی های هم زمان در مرزهای

بسته عبور میکند چون نا در آنها صفر است. $\Delta u \rightarrow u_0$



$\alpha = 0 \Rightarrow i = 0 \Rightarrow u = ki = 0$

H_{dranej}

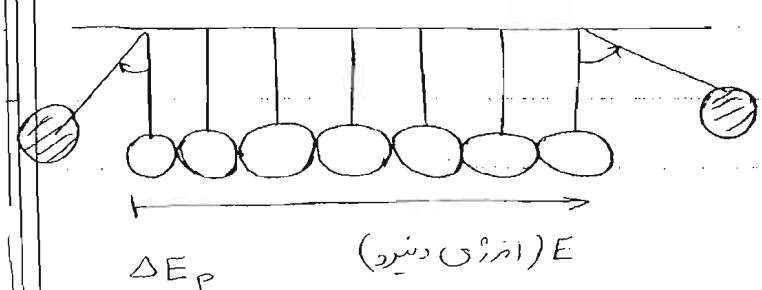
Hdr: لسیری که بحران ترین قطره نیاز دارد تا Δu خود را صفر کند.

Hdr: طولانی ترین لسیری که یک قطره طی می کند تا Δu خود را صفر کند

غلط

که درجات تکلیم زمین به سمت پائین حرکت می کند که آب بالای آن ظاهری شود

آب به آن صورت حرکتی ندارد.



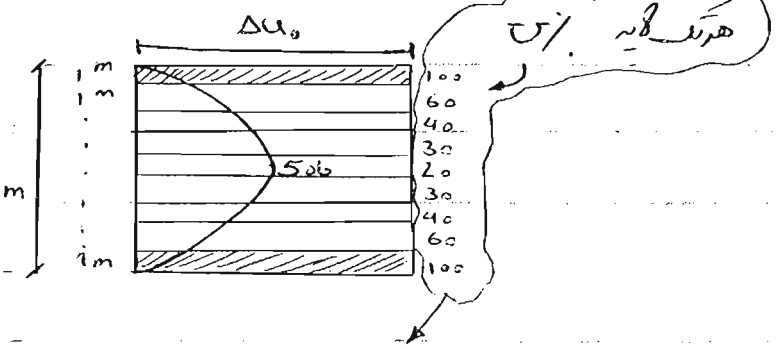
« درصد تکمیل »

« عبارتست از میزان پیشرفت تکمیل »

$$U = \frac{\Delta\sigma'}{\Delta\sigma} \times 100$$

$$U = \frac{\Delta\sigma'}{\Delta\sigma} = \frac{\Delta u_d}{\Delta u} = \frac{\Delta u_0 - \Delta u_t}{\Delta u_0} = 1 - \frac{\Delta u_t}{\Delta u_0}$$

(overpass: Δu_d ; بوجود: $\Delta u_0 - \Delta u_t$)



$$U\% = \left(1 - \frac{\Delta u_t}{\Delta u_0}\right) \times 100$$

$$S_c = \frac{CH}{1+e_0} \log \frac{\sigma_t}{\sigma_0}$$

هرلایه

2.0 → 2.0

2.0 → 1.2

2.0 → 0.8

0.6

0.4

$\sum S_t = 9.6\,cm$

S_c نهایی $= \sum_{1}^{9} S_{ci} = 9 * 2$

$= 18\,cm \equiv t = \infty$

پس از 50 ماه

$$U_{av} \simeq \frac{9.6}{18} \simeq 55\%$$

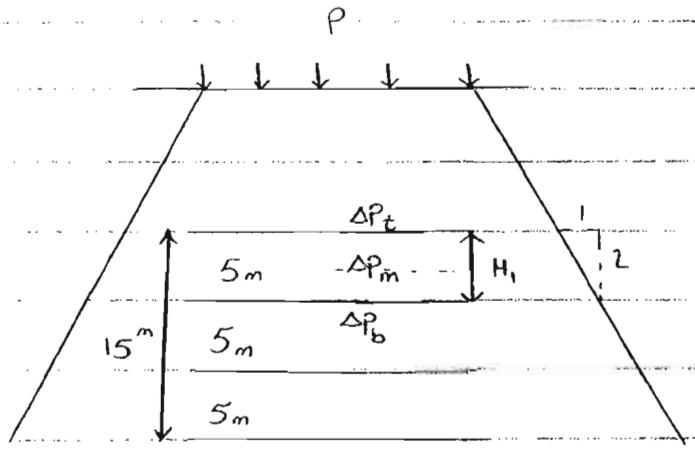
پس از 50 ماه

که کلید حل مسئله دانستن Δu_t و در اینجا قبلاً Δu_5 است.

که مشارکت لایه‌های مختلف در تولید نشست نهایی و تکمیل نهایی متفاوت است قبلاً در اینجا در تولید $U = 55\%$ دو لایه‌ی انتهایی 100% مشارکت کرده‌اند و لایه‌ی میانی با 20% تکمیل کمترین درصد مشارکت را دارد.

کـ اگر $\Delta\sigma$ در عمق استهلاک یابد عی توان از $U/$ تبدیلش کرد و به $U_{av}/$ رسید

کـ اگر $\Delta\sigma$ در عمق استهلاک یابد:



$$S_c = S_{c_1} + S_{c_2} + S_{c_3}$$

مثلاً S_{c_1} :

$$\Delta P_{av} = \frac{\Delta P_t + \Delta P_m + \Delta P_b}{6}$$

مرکز لایه ۱

$$S_{c_1} = \frac{C H_1}{e_0} \log \frac{P_0 + \Delta P_{av}}{P_0}$$

مرکز لایه ۱

کـ $U/$ یعنی چقدر از تنش کل به دانه می رسد $U/ = \frac{\Delta\sigma'}{\Delta\sigma}$

$$U/ = \frac{\Delta\sigma'}{\Delta\sigma} = \frac{\Delta u_d}{\Delta u_i} = \frac{\Delta u_i - \Delta u_t}{\Delta u_i} = 1 - \frac{\Delta u_t}{\Delta u_i}$$

$\Delta\sigma'$: اضافه تنش وارده به دانه
$\Delta\sigma$: اضافه تنش کل
Δu_d: اضافه فشار پس داده شده
Δu_i: اضافه فشار اولیه

$$U_{av}/ = \frac{S_t}{S_c}$$

تذکر: در رابطه $S_c = \frac{CH}{e_0} \log \frac{P_0 + \Delta P_{ave}}{P_0}$ رابطه S_c و ΔP خطی ندارند زیرا اگرچه در فرمول $S_c = m_v \times H \times \Delta P$ بطوری وانمود به تناقض می‌کنیم ولی با توجه به رابطه زیر خواهیم داشت:

$$S_c = \frac{CH}{1+e_0} \log \frac{P_0 + \Delta P}{P_0}$$

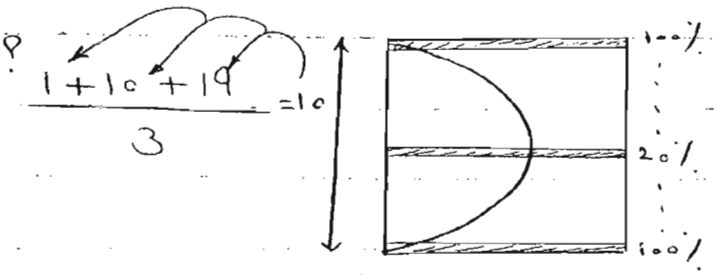
$$m_v = \frac{\Delta V}{V_0} \times \frac{1}{\Delta P'} = \frac{\Delta e}{1+e_0} \times \frac{1}{\Delta P'} =$$

$$\frac{\Delta H}{H_0} \times \frac{1}{\Delta P'} = \frac{C \log \frac{P_0 + \Delta P}{P_0}}{1+e_0} \times \frac{1}{\Delta P'}$$

مشاهده می‌گردد که m_v نیز تابعی از $\log \Delta P$ است بنابراین S_c نیز که تابعی از m_v است با ΔP رابطه خطی ندارد.

← دروس‌های ضخیم

$U\%$ دقیق $= \frac{\Delta \sigma'}{\Delta \sigma} = \dots = 1 - \frac{\Delta u_t}{\Delta u_0}$



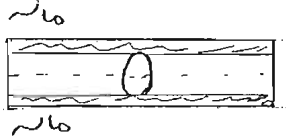
مثلاً $U_{av} = 55\%$

دلیل پراکندگی ۵۰٪ لایه‌ها آنست که لایه‌های نزدیک به لایه‌های زهکش بیشتر درصد تکمیل دارند اما در لایه‌های میان به علت ضخیم بودن لایه‌ها این درصد تکمیل دارند.

رس های نازک:

در رس های نازک با فاصله نسبتاً کم وجا خرزهای زهکش درصد تحکیم دقیق طی

این تعریف تا بالا درجه تحکیم قبول یکسان داشت.



رس نازک $U_{ave}=93\%$ قبلاً

$$\frac{6+9+8}{3}=7.6$$

چگونگی برآورد Δu_t در زمان t در یک عمق مشخص از رس:

$$\bar{U}_{ex.}\% = 1 - \frac{\Delta u_t}{\Delta u_0} = \frac{S_t}{S_c} = \bar{U}_{av}\%$$

Δu_0 : $\Delta\sigma$ در $t=0$

S_c : ΔH در $t=\infty$

$t=$ ---- $\rightarrow S_t$

$t=$ ---- $\rightarrow \Delta u_t \Rightarrow$ قابل برآورد S_t

(در بتوان دیگر را کرد)

$$\Delta u_t = f(t, z)$$

معادله دیفرانسیل تحکیم 1-D:

$$\frac{\partial \Delta u_t}{\partial t} = c_v \frac{\partial^2 \Delta u_t}{\partial z^2}$$

با استفاده از F.E.M بدست آید

یا بعبارت ساده‌تر:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = c_v \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}$$

حل تحلیلی

با استفاده از روش F.D.M بدست آید

$e_{init} =$

P.D.E

$$\frac{\partial u}{\partial t} = c_v \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}$$

O.D.E

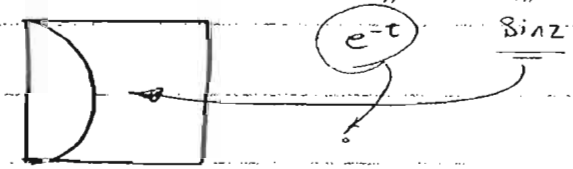
O.D.F

$$U = F(t) \cdot G(z)$$

تابع استهلاک e^{-t} — تابع شکل (Shape Func) ≡ تابع Sin

نقطه ثابت دیریکله:

$$u = F(t,z) = F(t) \cdot G(t)$$



$$u = \Delta u = \Delta u(z,c) = \Delta u_t = \sum_{m=0}^{\infty} \left[\frac{2\Delta u_0}{\frac{\pi}{2}(2m+1)} \sin\left(\frac{\frac{\pi}{2}(2m+1) z_0}{H_{dr}} \right) \right] e^{\left[\frac{\pi}{2}(2m+1)\right]^2 \frac{c_v \cdot t}{H_{dr}}}$$

سؤال: کدوم گزینه درست است؟

رابطه‌ای بین T_v و u بیابید.

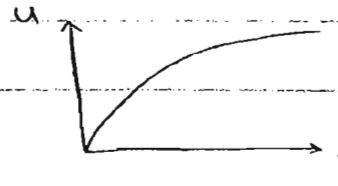
$$\text{بی‌بعد } U = F(t) \quad , \quad \text{بی‌بعد } T_v = \frac{c_v \cdot t}{H_{dr}^2} = F(t)$$

رابطه به صورت:

① جدول

T_v	
u	

② نمودار



③ فرمول: $U = 0 \sim 60\%$ $\quad T_v = \frac{\pi}{4}\left(\frac{U\%}{100}\right)^2$

$U > 60\%$ $\quad T_v = 1.781 - 0.933 \log(100 - U\%)$

می باشد.

روش محاسبه:

$S_c =$ ـــــــ $=$

* عدد t	$T_v = \frac{c_v \cdot t}{H_{dr}^2}$	U%	$S_t = U\% * S_c$ *
5	—	—	—
10	—	—	—
20	—	—	—
30	—	—	—
80	—	25%	—

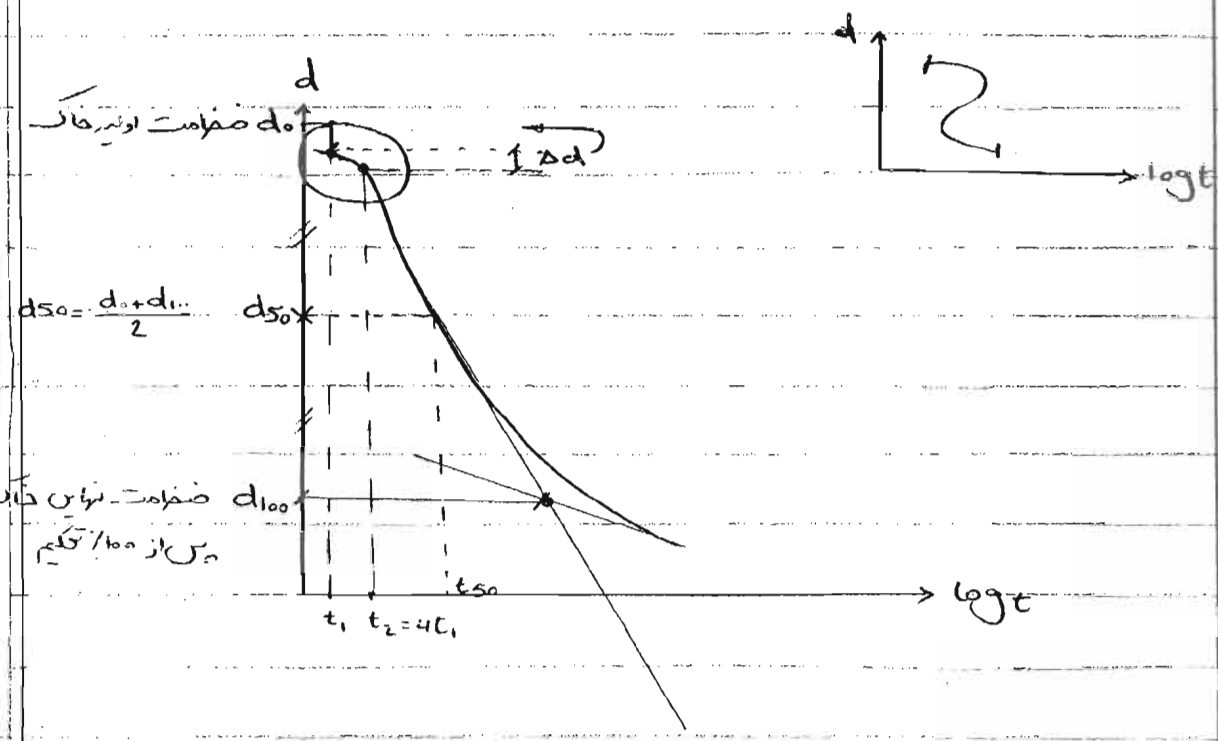
برای افراد با تجربه کمتر جدول به صورت زیر است

* U	$S_t = U\% * S_c$ *	$T_v = \frac{c_v \cdot t}{H_{dr}^2}$	$t = \frac{T_v \cdot H_{dr}^2}{c_v}$ *
5	—	—	—
10	—	—	—
3	—	—	—
50	—	—	—
75	—	—	—
100	—	—	—

دیگر جایی راحت است که 100% تحکیم را در نظر گرفته ایم.

نکات امتحانی کلیم:

- بدست آوردن c_v از روی نمودار $d - \log t$:



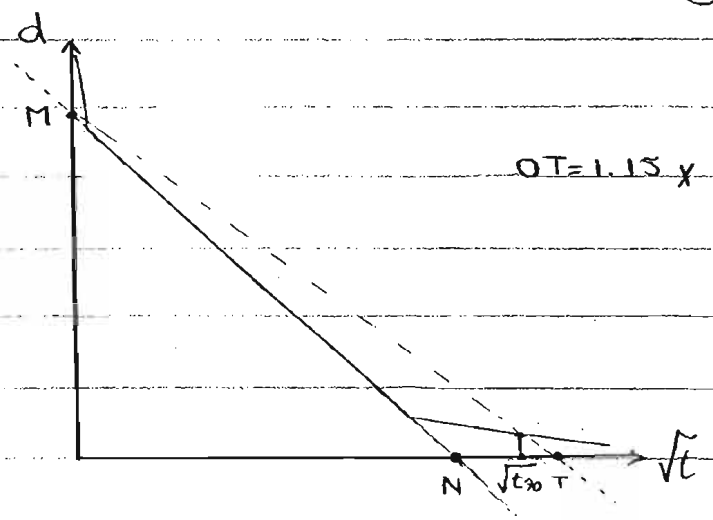
$$U = 50\% \xrightarrow{\text{در اغلب موارد}} T_v = 0.197 = \frac{c_v \cdot t_{50}}{(Hdr)^2} \longrightarrow c_v =$$

Hdr: در اینجا نصف ضخامت نمونه

روش کار: از t_1 و t_2 به نمودار عمودی کنیم اختلاف عمودی بین دو نقطه Δd است. به اندازه Δd از نقطه برخورد t_1 با نمودار بالایی رسیم و به محور d عمود کرده d_{0r} بدست می آید. خط مماس را از دو قسمت نشان داده شده در شکل بر روی نمودار رسم می کنیم نقطه تلاقی را به محور d عمود می کنیم ← d_{100} بدست می آید. d_{50} وسط d_{100} و d_0 است پس از فرمول T_v، c_v را می توان به دست آورد.

آنربدین منظم و یا شکل در زمان نمودار بصورت 8 برعکس (2) یا (1) و یا عدم توانایی در تفکیک نقاط تکیم اولیه و ثانویه، شکل منحنی بصورت فوق نشد آنگاه از روش منحنی $d - \sqrt{t}$ می رسیم.

روش دوم بدست آوردن C_v بکمک منحنی‌های $d - \sqrt{t}$:

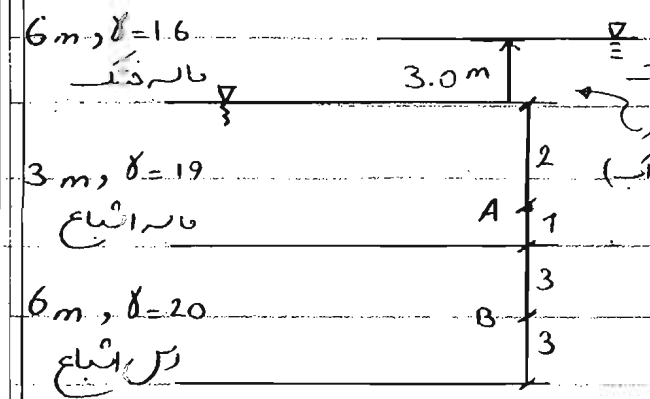


$$U = 90\% \longrightarrow T_v = 0.848 = \frac{C_v \cdot t}{H_{dr}^2} = \frac{C_v \times t_{90}}{H_{dr}^2} = 0.848$$

H_{dr}: نصف ضخامت نمونه در آزمایش (دو طرف تخلیه)

روش کار: خط مماس را از قسمت نشان داده شده رسم می‌کنیم، منحنی، محورهای d و $\sqrt{t}$ را در دو نقطهٔ M و N قطع می‌کند. نقطهٔ t را با ضرب 1.15 در ON می‌یابیم و از نقطهٔ M به T نیز خطی رسم می‌کنیم که منحنی در نقطه‌ای قطع می‌کند که از آن نقطه به محور $\sqrt{t}$ عمود کنیم، $\sqrt{t_{90}}$ است که با استفاده از آن و فرمول U، می‌توان C_v را بدست آورد.

«مثال» «حجم»



پس از عبور سطح آب 3 متر بالا آمده می ایستد (نه بیشتر)
تراوش است نه موئینگی) ← جریان ی زنیم که در
برابر g است (g=19 برای قسمتهای از صعود آب)

$\Delta\sigma = 3\,[19-16] = 9$

$\Delta u = 3\,\gamma_w = 30$

$$A=\begin{cases}\sigma = 6\times16+2\times19 = 134\\ u = 2\times10 = 20\\ \sigma' = 134-20 = 114\end{cases}$$

$$B=\begin{cases}\sigma = 134+1\times19+3\times20 = 213\\ u = (3+3)\times10 = 6\times10 = 60\\ \sigma' = 213-60 = 153\end{cases}$$

بلا فاصله پس از صعود تراز آب :

زمانی که تا مدت زیادی در ماسه رس (فولاد)
فرقی ندارد بنابراین :

$$A:\begin{cases}\sigma = 143 = 134+9\\ u = 50\\ \sigma' = 93\end{cases}$$

وقتی سطح آب 3 متر بالا می رود، $\Delta\sigma$ (اضافه تنش کل)
بوجود می آید که همه آن به آب می رود طریقه بدست آوردن

$$B=\begin{cases}\sigma = 222 = 213+9\\ u = 60+\Delta\sigma = 60+\Delta u_0 = 60+9 = 69\\ \sigma' = 222-69 = 153\end{cases}$$

آن $\Delta\sigma = 3\,[19-16] = 9$ ← $u_0+\Delta\sigma = 69$
" " 60 " 9
قبلی ↓ ↑ اینجا $\Delta\sigma$

در تراس از صفر تا آب:

A: $\sigma = 3\times16 + 3\times19 + 2\times19 = 143 = 134 + 9$

$u = (3+2)\times10 = 50$

$\sigma' = 143 - 50 = 93$

B: $\sigma = 143 + 1\times19 + 3\times20 = 222 = 213 + 9$

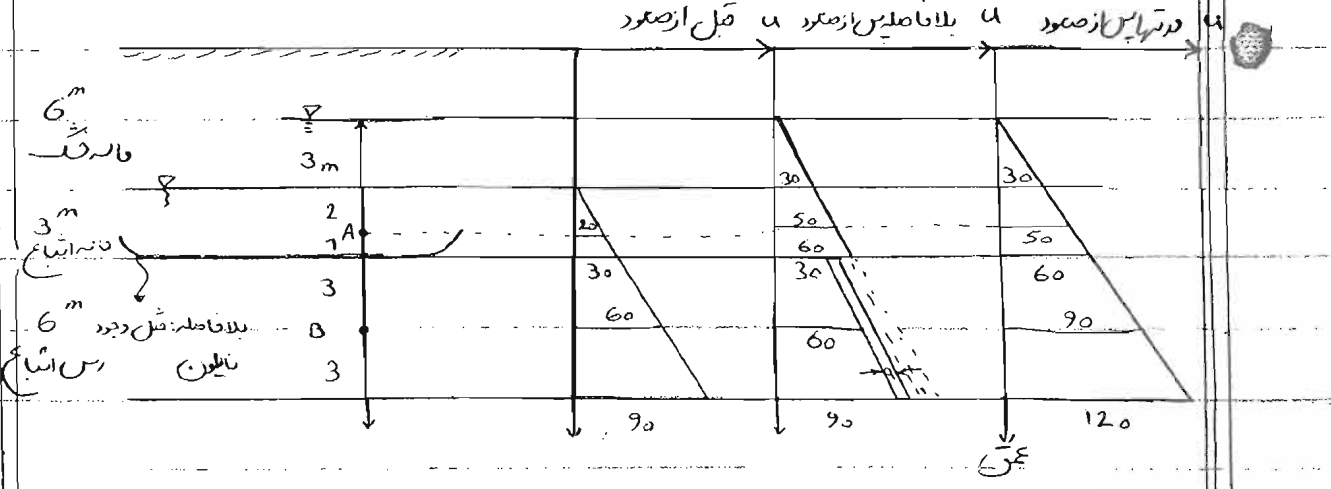
$u = (3+3+3)\times10 = 90$: $u = u_0 + \Delta u = 90 = 69 + 21$

$\sigma' = 222 - 90 = 132 = 153 - 21$ (u_0: 60, Δu: $3*10$ ↙ γ_w)

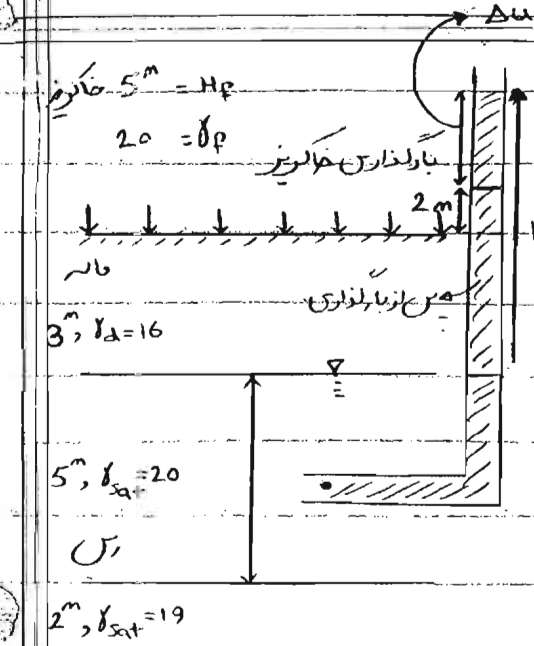
بنابراین 21 واحد اضافه شود:

B: $\sigma' = \boxed{\sigma}$ (ثابت) $- u$

از σ: 21 واحد کم می‌شود



$$S_c = \frac{C_s H_0}{1+e_0} \log \frac{153 + (-21)}{153} = \text{---} \quad \text{تعیین}$$



«مثال» پس از اجرای 5m خاکریز بروی نمونه شکل داده شده، سطح آب در پیزومتر چقدر بالا می رود؟

درصورتی که سطح آب در پیزومتر تصریح کرده در 2m بالاتر از سطح زمین استاده باشد، این فشار چند درصد کل خود را انجام داده؟

الف)

$$\Delta u_0 = \Delta\sigma = 5 \times 20 = 100$$

$$\Rightarrow \Delta u_0 = \Delta(h_0 \gamma_w) = 10$$

$$= 10 \times \Delta h_0 = 100 \Rightarrow \boxed{\Delta h_0 = 10\,m}$$

ب)

$$U\% = \frac{\Delta u_d}{\Delta u_0} = \frac{\Delta(h_d \gamma_w)}{\Delta(h_0 \gamma_w)} = \frac{\Delta h_d}{\Delta h_0}$$

$$= \frac{\Delta h_d}{10} = \frac{5}{10} = 50\%$$

ج) کلاً رس

$$e_0 = 0.7 \quad , \quad LL = 40$$

$$S_c = \frac{C_s H_0}{1+e_0} \log \frac{P_0 + \Delta P}{P_0}$$

$$C_c = 0.009 (LL - 10) = 0.009 (40 - 10) = 0.27$$

$$C_s \overset{\text{نرم}}{\cong} \frac{1}{7} C_c = 0.04, \quad P_0 = (3 \times 16) + \frac{5}{2}(20 - 10) = 73$$

$$\Delta P = 5 * 20 = 100$$

$$S_c = \frac{0.04 \times 500}{1+0.7} \log \frac{73+100}{73} = \text{cm} \quad \times \frac{50}{100} = S_t$$

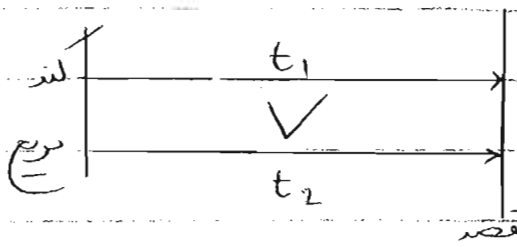
واقعی $U\% > 50\%$ $\Rightarrow$ $\frac{S_t}{S_c} > \frac{50}{100}$ $\Rightarrow$

زیرا فاصله ماندابترین شرایط بود.

$$S_t > \frac{50}{100} \times S_c$$

«مثال»

① متحرک کند	② متحرک تند
ماسه	ماسه
U_1	U_2
$H = H_{dr}$	$H_{dr} = H/2$
t_1	$t_2 = ?$
ماسه	ماسه



$U_1 = U_2$

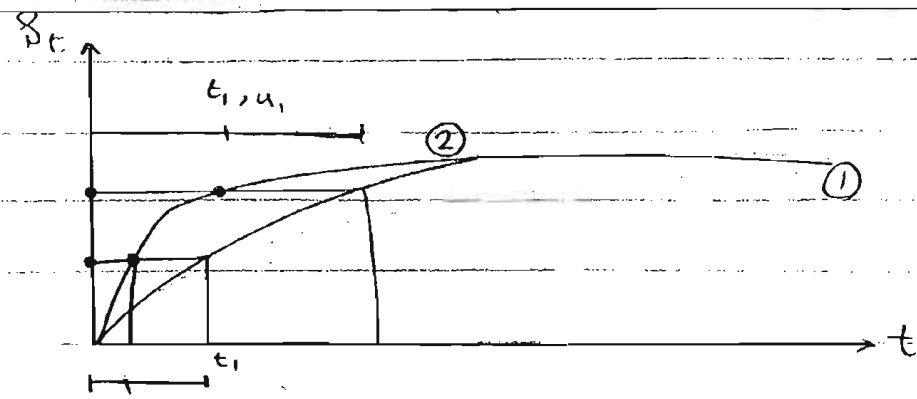
$\Rightarrow T_{v_1} = T_{v_2}$

$\Rightarrow \frac{c_v \cdot t_1}{H_{dr_1}^2} = \frac{c_v \cdot t_2}{H_{dr_2}^2}$

$$\Rightarrow \frac{t_1}{t_2} = \frac{H_{dr_1}^2}{H_{dr_2}^2}$$

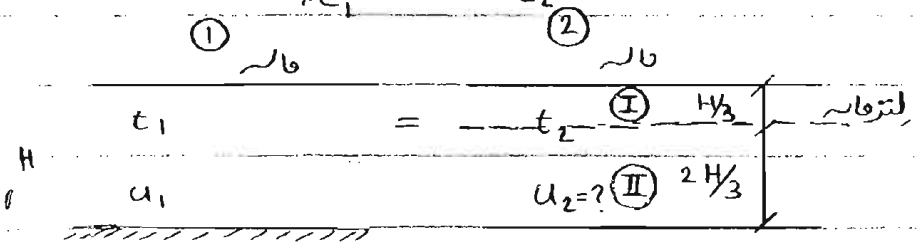
حتماً حفظ شود

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{H^2 \times 4}{H^2} \Rightarrow \frac{t_1}{t_2} = 4 \quad \text{یا} \quad t_1 = 4 t_2 \quad \text{یا} \quad t_2 = \frac{1}{4} t_1$$



حال اگر زمانی باشد با قطعه تقاوت:

$$\Delta p_{c_1} = \Delta p_{c_2}$$



مالـه

t_1 → u_1 = تقصد

t_2 → $u_2 = ?$ تقصد

① : U_1 → $T_{v_1} = \dfrac{c_v \cdot t_1}{H_{dr_1}^2} = \dfrac{c_v \cdot t_1}{H^2}$ ⇒ c_v بدست می‌آید

② : دوی خاک کیت می‌کند

Ⅰ $T_{v_I} = \dfrac{c_v \cdot t_2 \text{ // } t_1}{H_{dr_I}^2} = \dfrac{c_v \cdot t_1}{H^2/36}$ ⇒ T_{v_I} بدست می‌آید

$(H/6)^2$ //

U_I

Ⅱ $T_{v_{II}} = \dfrac{c_v \cdot t_2}{H_{dr_{II}}^2} = \dfrac{c_v \cdot t_1}{H^2/9}$ ⇒ T_{v_I} بدست می‌آید

$(2H/6)^2$ //

U_{II}

$$U_2 = \frac{\sum_1^n H_i U_i}{\sum H_i} = \frac{H/3 \times U_I + 2H/3 \times U_{II}}{H}$$

$$\frac{\delta t}{S_c} = U \longleftrightarrow T_v = \frac{t \cdot C_v}{H_{dr}^2}$$

$$\text{کل } \delta_c = \sum_1^n \delta_{ci} = \sum_1^n m_{vi} H_i \Delta\sigma_i$$

1	C_{v_1}	K_1	m_{v_1}	H_1
⋮				
n	C_{v_n}	K_n	m_{v_n}	H_n

نوع تکلیم : برعت نسبت

$$\sum_1^n H_i = H_{\text{کل}}$$

$$C_{v\text{کل}} = C_{v_{ave}}$$

$$C_{v_{ave}} = H_{\text{کل}}^2 \Big/ \left(\sum_1^n \left[\frac{H_i}{\sqrt{C_{v_i}}} \right]^2 \right) = \frac{(H_1 + \cdots + H_n)^2}{\frac{H_1^2}{C_{v_1}} + \cdots + \frac{H_n^2}{C_{v_n}}}$$

زمانی $\sum$ قائم است زمانی تکلیم در جهت قائم است.

مثال: یک لایه رس به ضخامت H، یک طرف زهکش، شرایط کلم عادی،
پس از 90 روز به نشست $S_t = 11.2\ cm$ نشست کرد معادل با U = 22.5٪ کلم، تعیین
نشست نهایی را بدست آورید.

حل:

Data: $t = 90\ day$

$S_t = 11.2\ cm \equiv U = 22.5\%$ — $H, N_c, U \longleftrightarrow T_v$

$$\frac{S_t}{S_c} = \frac{11.2}{S_c} = \frac{22.5}{100} \Rightarrow S_c = 49.8\ cm$$

$$U \longleftrightarrow T_v = \frac{C_v \cdot t}{H_{dr}^2}$$

$$U = 22.5\% \Rightarrow T_v = 0.055 = \frac{C_v \cdot t}{H_{dr}^2}$$

$$\Rightarrow 0.055 = \frac{C_v \times 90}{H^2} \Rightarrow C_v = 0.055\, H^2/90$$

$$\Rightarrow C_v = 6.11 \times 10^{-4} H^2$$

حال اگر $U = 5\% \longrightarrow T_v = 4 \times 10^{-3} = \frac{C_v \times t}{H_{dr}^2} = \frac{6.11 \times 10^{-4} H^2 \times t}{H^2} \Rightarrow$

$t = 6.5$ روز

$$\frac{5}{100} = \frac{S_t}{S_c = 49.8} \longrightarrow S_t = 2.5\ cm$$

$$U = 15\% \longrightarrow T_v = 0.195 = \frac{C_v \cdot t}{Hdr^2} = \frac{6.11 \times 10^{-4} \cancel{H^2} \times t}{\cancel{H^2}}$$

$t = 31.9$ روز

$$\delta_t = U\% \times \delta_c = \frac{15}{100} \times 49.8 = 7.47 \text{ cm}$$

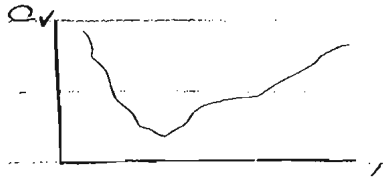
$U \downarrow$: $\delta_t \uparrow$: پس از ۹۰ روز $H \uparrow$: معمولاً

که با این روند تحکیم کامل می‌شود

* رابطه اگرچه ظاهراً به H بستگی ندارد اما H اثر خود را در Data های اولیه گذاشته است.

«چند نکته»

C_v بسیار به بار حساس است و باید منحنی C_v و بار را رسم کرد:



و در کار اجرایی باید C_v دقیق متناسب با بار را بدست آورد، طریقه رسم هم از طریق

همان اعمال بار بین 0.25 تا 32 است.

«سه‌شنبه ۸۵/۵/۳۱» «مکانیک خاک» «جلسه شانزدهم»

«مقاومت برشی»

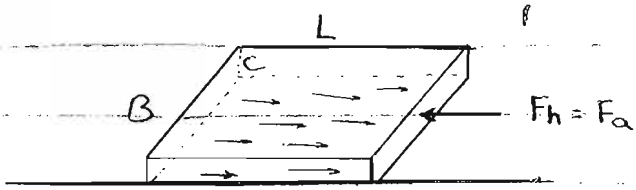
از نظر مکانیک خاک، کلیدی‌ترین مبحث است.

معیار کلیدی دو هر کولمب:

یا

" مقاومتی دو هر کولمب:

که زمانی که تأمین مقاومت گسیختگی است:

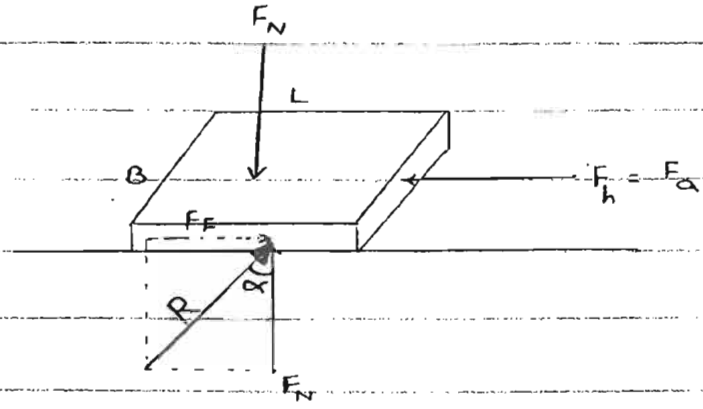


$C \times B \times L \overset{?}{=} F_a$ وارده

$B \times L$

① $C_{مقاوم} = C$ $\overset{?}{=}$ $C_{وارده}$

کمترین تأمین مقاومت برشی اصطکاک باشد:



$\mu F_N = F_F \overset{?}{=} F_a = F_h$ وارده

② $\boxed{\mu\sigma = \text{مقاوم } \tau}$ $\overset{?}{=}$ وارده τ

$\uparrow F_F \quad \uparrow F_N$

$F_F \propto F_N \Rightarrow F'_F = \mu F'_N$

$F_F = \mu F_N \Rightarrow \mu = \frac{F_F}{F_N}$

$\tg\alpha = \frac{F_F}{F_N}$

$\mu = \tg\alpha$

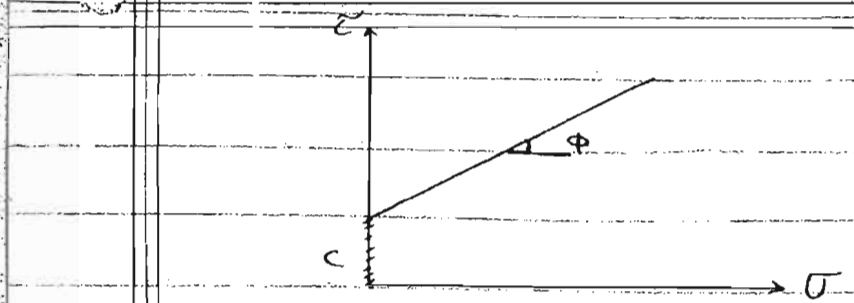
اصطکاک + چسب

مقاومت $\tau = c + \mu\sigma$

① ②

$\tau = c + \sigma \tg\alpha$

برای برش خاک روی خاک: $\tau = c + \sigma \tg\phi$

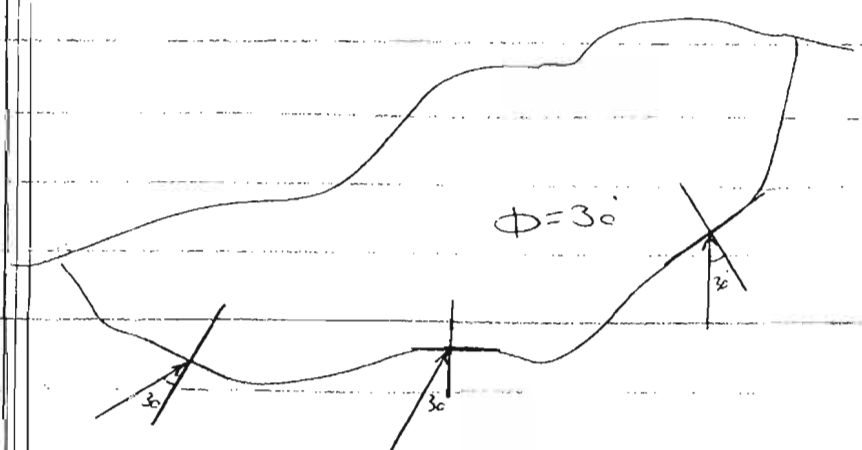


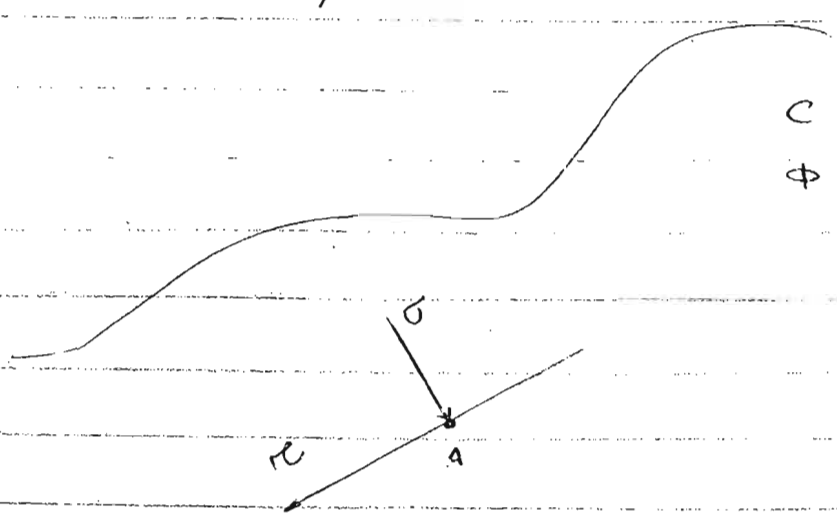
$\tau = c + \sigma' \tan \Phi$

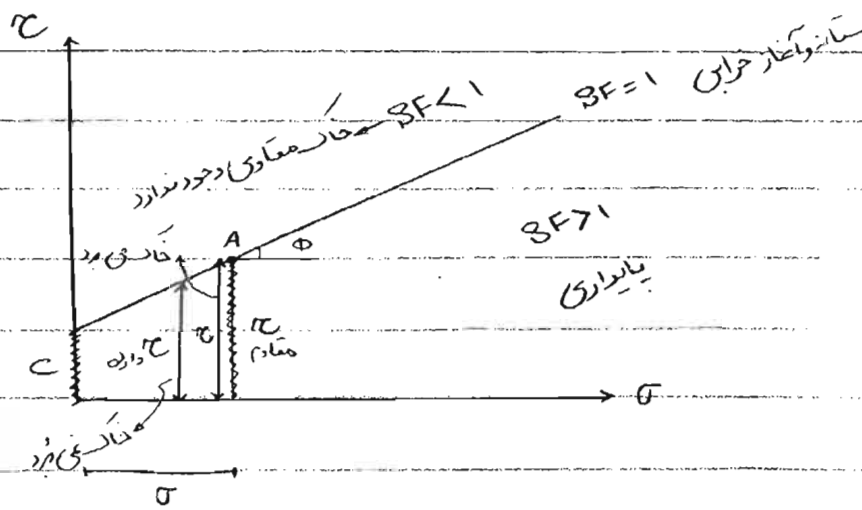
$c = ?$ $\Phi = ?$

c: حسب وجود در خاک. حداکثر مقاومت برشی خاک است بدون کمک اصطکاک.

Φ: در سطح برش داخل خاک یک نیروی عکس العمل بوجود می آید که اندازه آن در راستای عمود بر سطح برش برابر است با Φ.

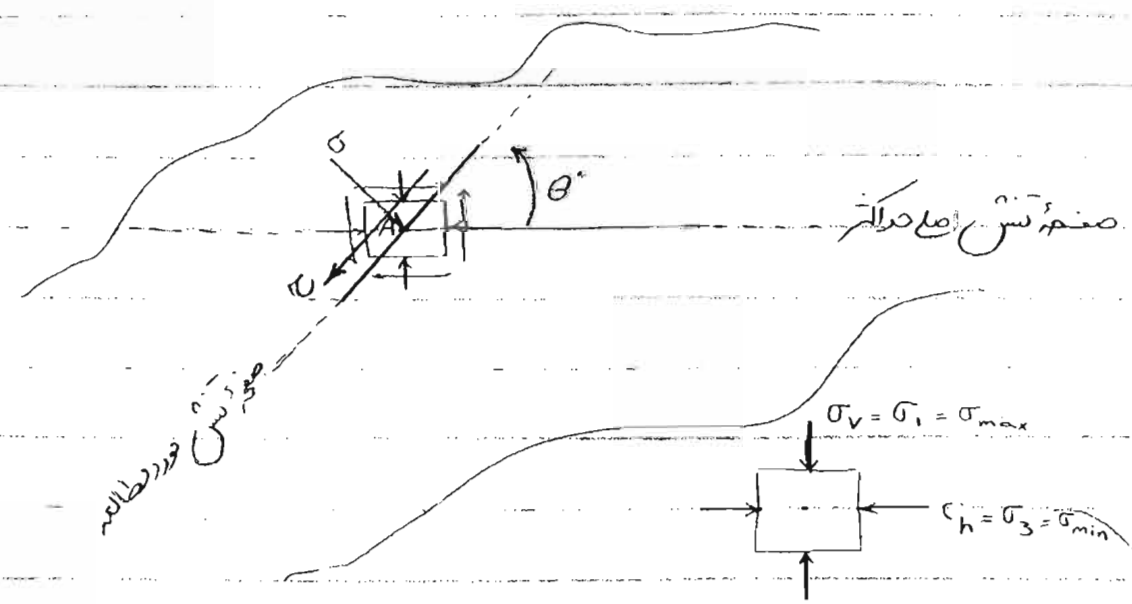






«کنترل کننده برش طبق معیار موهر کولمب»

$\tau = c + \sigma \tan \Phi$: عوامل مقاوم ← فرمول ← عوامل وارده



$$T = \begin{bmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} \\ \tau_{yx} & \sigma_y \end{bmatrix} \xrightarrow{\theta^\circ \text{ دوران}} T' = \begin{bmatrix} \sigma_{x'} & \tau_{x'y'} \\ \tau_{y'x'} & \sigma_{y'} \end{bmatrix}$$

$$T = \begin{bmatrix} \sigma_x & 0 \\ 0 & \sigma_y \end{bmatrix}$$

عوامل مقاوم: $\tau = c + \sigma \operatorname{tg}\Phi$

عوامل وارده: سبب خرابی

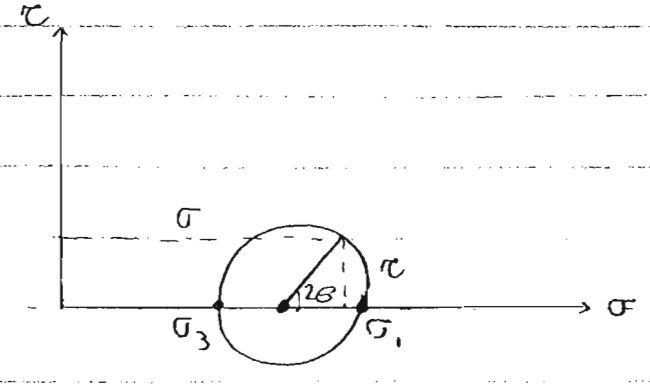
$\tau = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \sin 2\theta = \tau$

$\sigma = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} + \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \cos 2\theta = \sigma$ ← تولید مقاومت

طریقهٔ رسم دایرهٔ موهر:

- σ_1 و σ_3 را از روی شکل اصلی (بدون تنش) بدست می‌آوریم و دایره را رسم می‌کنیم.
- هر زاویه روی شکل اصلی را به اندازهٔ دوبرابر بردن دایرهٔ موهر اعمال می‌کنیم.

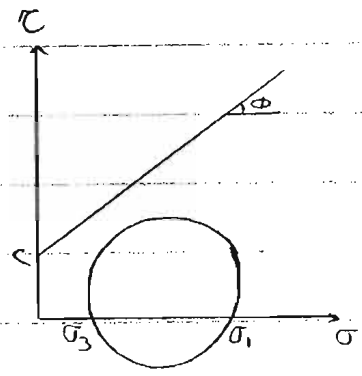
شکل نقطهٔ A در صفحهٔ قبل را در نظر بگیرید.



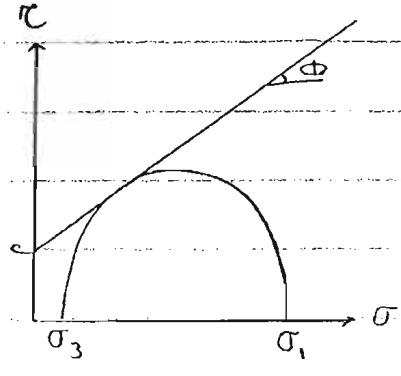
برای بردن خاک بگل دایرهٔ موهر، باید درست داشتن c و Φ خاک، نمودار c و Φ را در دستگاه σ و τ رسم می‌کنیم و بعد با توجه σ_1 و σ_3

دایرهٔ موهر را رسم می‌کنیم اگر به خط رسید و مماس بر آن بود، خاک خراب می‌شود.

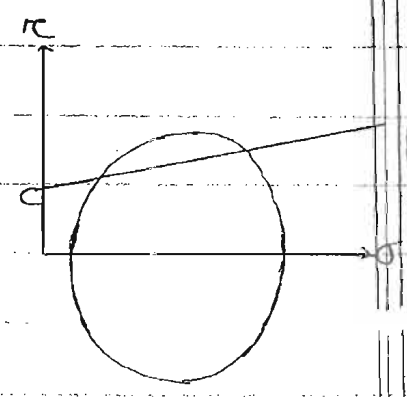
اگر منحنی دایره به خط نرسید، خاک خراب نمی‌شود. هیچ‌گاه دایرهٔ موهر، خط را در دو نقطه قطع می‌کند یعنی بالای خط نمی‌افتد، زیرا بالای خط، خاک نداریم.



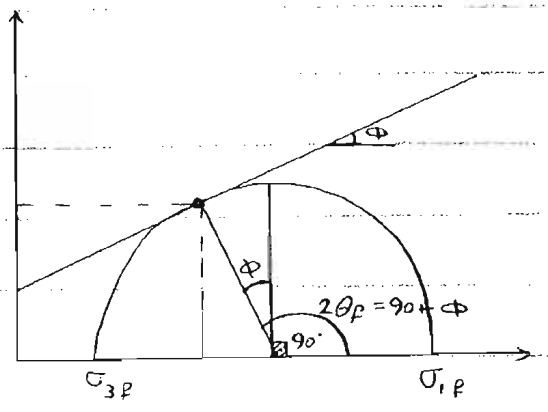
خراب می‌شود



خاک می‌ماند



۱) چنین چیزی وجود ندارد.

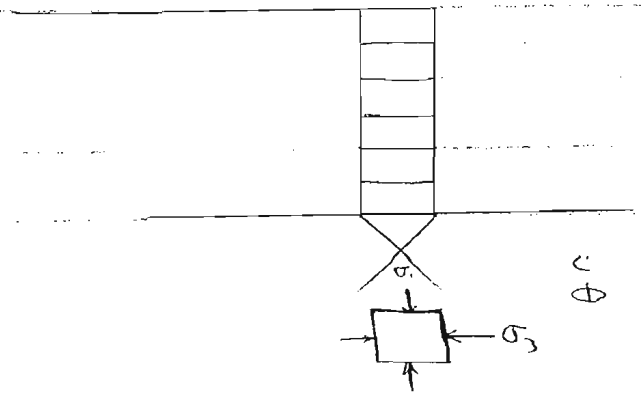


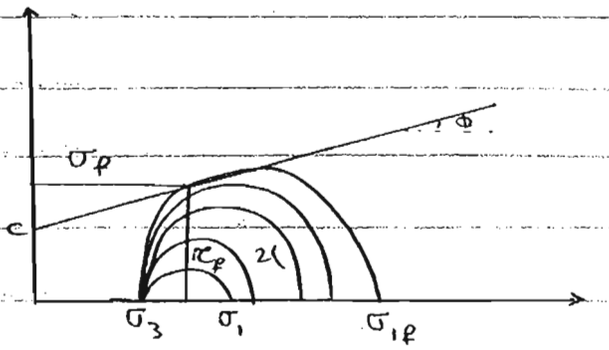
$2\theta_f = 90 + \Phi$

$\theta_f = 45 + \Phi/2$

حقه در نمی‌آید.

کم: تبدیل شدن اختلاف بین σ_1 و σ_3 یعنی قطور شدن دایره موهر، خطرناک است.





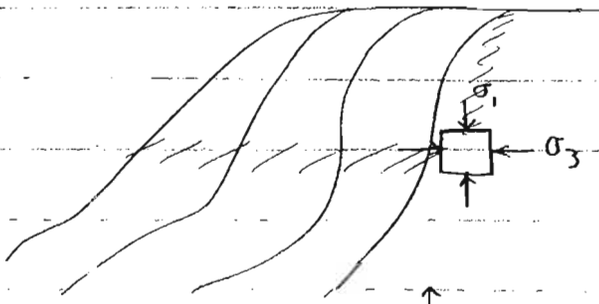
$$\Delta\sigma_3 = K \times \Delta\sigma_1$$

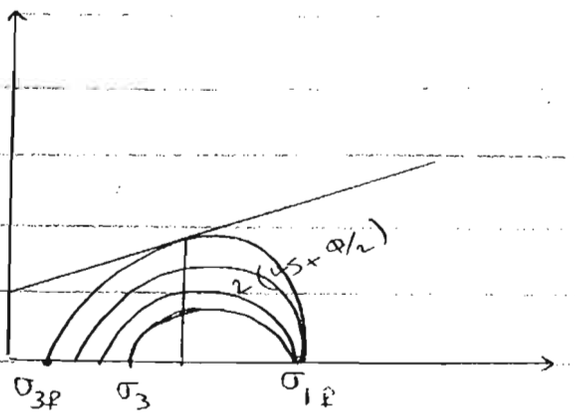
$$K = 0.2$$

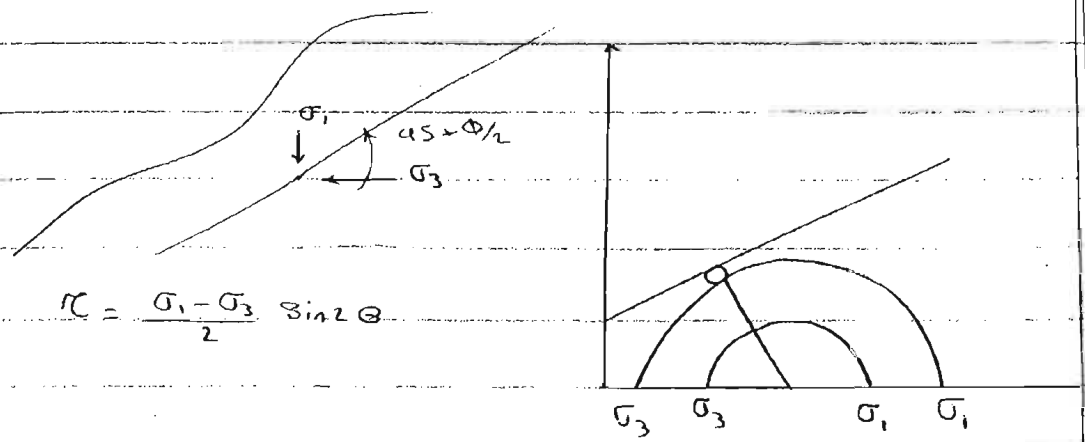
$$2 = 0.2 * 10$$

$$\Delta\sigma = (\sigma_1 - \sigma_3)$$

EXP







$$\tau = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \sin 2\theta$$

$\sigma_1 - \sigma_3$: قطر دایره موهر

مثال: در نقطه ای که خرابی آن مورد مطالعه قرار می گیرد، σ_1 و σ_3 چه رابطه ای وجود داشته باشد تا خاک طبق معیار لنگر موهر کولمب خراب شود.

وارده مقاوم

خرابی $\tau = \tau$

$$c + \sigma \tan\Phi = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \sin 2\left(45 + \frac{\Phi}{2}\right)$$

θ_f

$$\Rightarrow c + \left[\frac{\sigma_{1f} + \sigma_{3f}}{2} + \frac{\sigma_{1f} - \sigma_{3f}}{2} \cos 2\left(45 + \frac{\Phi}{2}\right)\right] \tan\Phi$$

θ_f

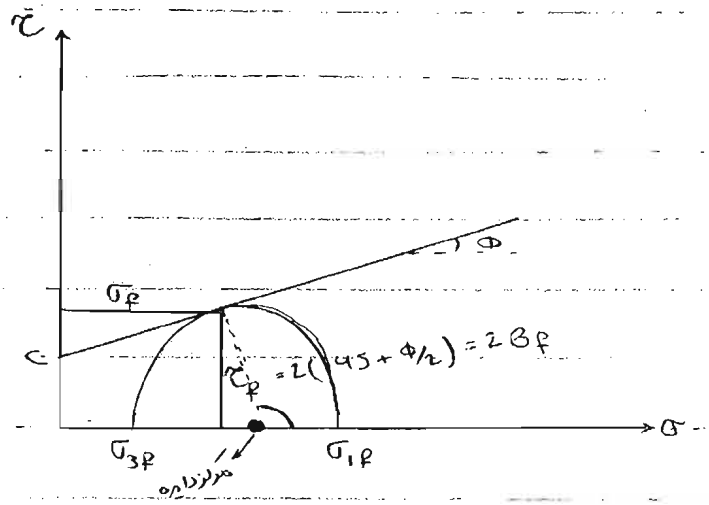
$$= \frac{\sigma_{1f} - \sigma_{3f}}{2} \sin 2\left(45 + \Phi/2\right)$$

$$\sigma_{1f} = \sigma_3 \tan^2\left(45 + \Phi/2\right) + 2c \tan\left(45 + \Phi/2\right) \quad *$$

$$\sigma_{3f} = \sigma_1 \tan^2\left(45 - \Phi/2\right) - 2c \tan\left(45 - \Phi/2\right) \quad **$$

$$\tan^2\left(45+\Phi/2\right)=\frac{1+\sin\Phi}{1-\sin\Phi}$$

$$\tan^2\left(45-\Phi/2\right)=\frac{1-\sin\Phi}{1+\sin\Phi}$$



در خاکی با مشخصه‌های c و Φ (مقاومت‌ها) اگر مقادیر σ_1 و σ_3 به‌گونه‌ای باشند که دایره موهر بدست آمده در آن (وارده‌ها) به خط موهر کولمب برسد و یا از آن بگذرد (خط موهر کولمب = پوش گسیختگی = مقاوم‌ها) آنگاه خرابی در صفحه‌ای که با صفحه تنش اصلی حداکثر زاویه $45+\Phi/2$ می‌سازد، اتفاق می‌افتد و این تنش‌های اصلی نسبت این قضیه هریک از دو رابطه فوق برقرار است (روابط * و **) و مقادیر c و Φ روی صفحه خرابی هم طبق شکل مربوطه مشخص می‌شود.

از مجموعهٔ σ_1 - های تصویر خرابی، حداقل آن مورد پذیرش است

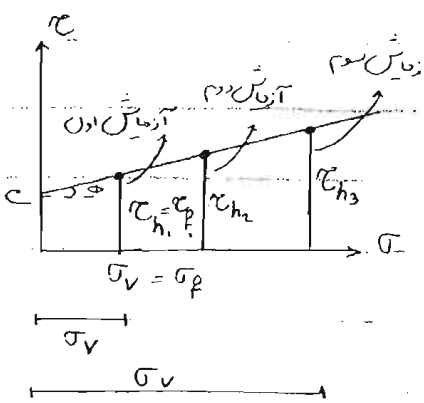
" " " σ_3 " " " حداکثر " " - " " " "

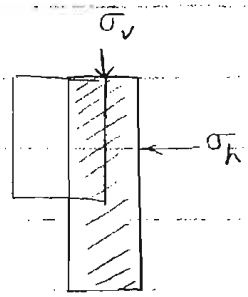
بدست آوردن پارامترهای مقاومت برشی خاک (c و ϕ):

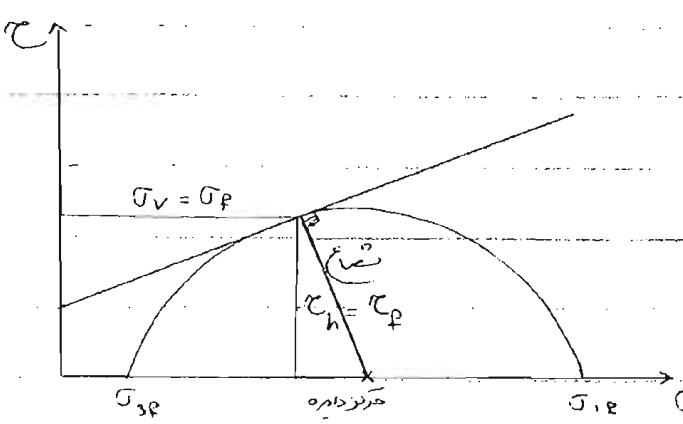
آزمایشگاهی
- برش مستقیم (D.S) — Direct S.
- سه محوری — S. Tr — Triaxial test

برش مستقیم:

- فرمول دل ← بدست آوردن c و ϕ



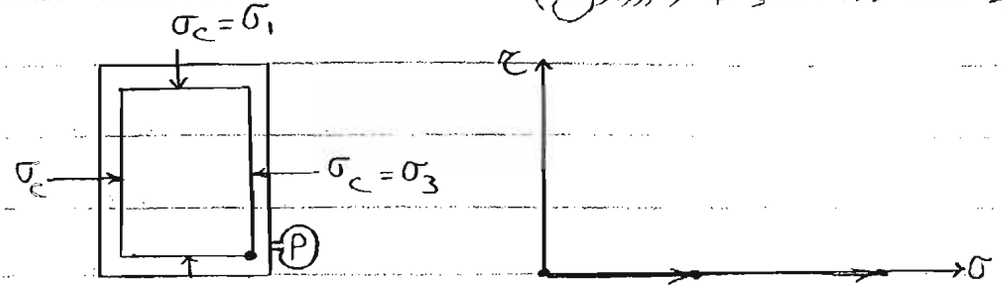


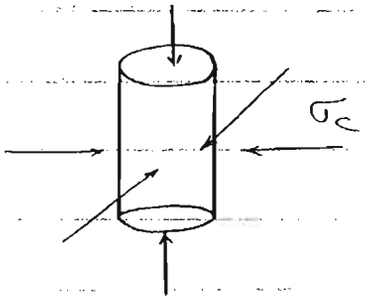


1) σ_f ، τ_f
2) نقاط خرابی
3) خط خرابی
4) c و ϕ
5) دایرهٔ مُهر
6) σ_{1f} ، σ_{3f}

سه محوری:

به دست آوردن c و ϕ (مرور ادل).

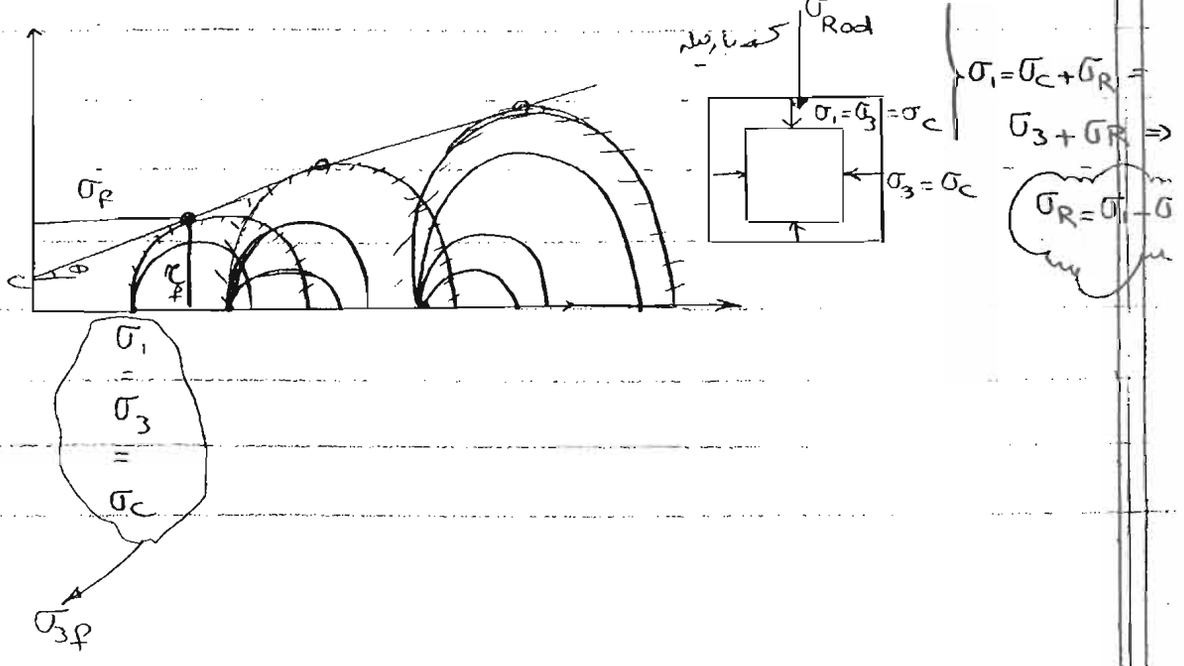




confinement

در حالت نقطه دوم:

حال هیچ چاه در دنیا خراب نمی شود یعنی لیتولوژی برای آن اتفاق نمی افتد یا کمتر است به شود برای حفاری باید نقطه دوم را به دایره دوم تبدیل عالم



1) σ_{1f} و σ_{3f}

2) دایره موهر

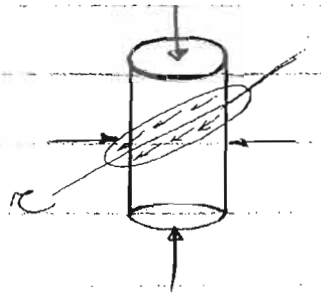
3) Φ و c

4) خط خرابی

5) نقاط خرابی

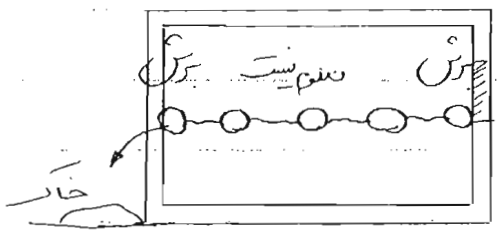
6) σ_f و c_p و σ_p

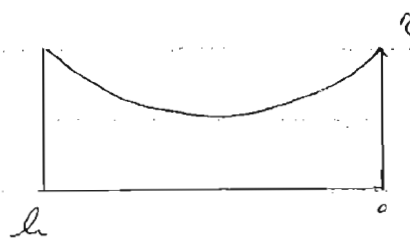
مرور دوم:



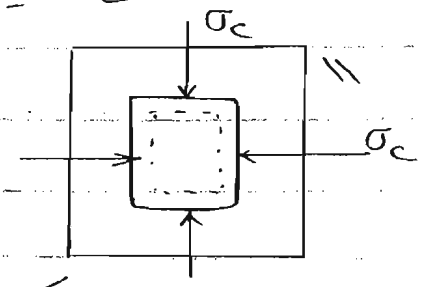
در آزمایش سه محوری کشش تنش برش روی صفحه خرابی یکنواخت است (نقاط قوت)، تمرکز تنش نداریم

که در آزمایش برش مستقیم، برش از لبه‌ها یا مرزهای طرف شروع می‌شود و با به واسطه برش دربین دانه‌ها منتشر می‌شود بنابراین کشش تنش برش روی صفحه خرابی یکنواخت نیست. در لبه‌ها بیشتر و در وسط کمتر (نقاط ضعف)



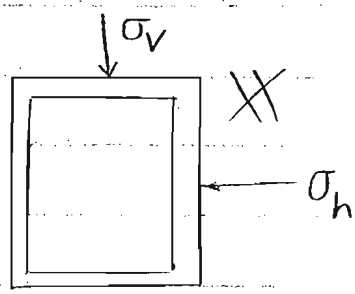


- در آزمایش سه محوری تکیم بصورت با σ_c است یعنی تکیم ایزوتروپ

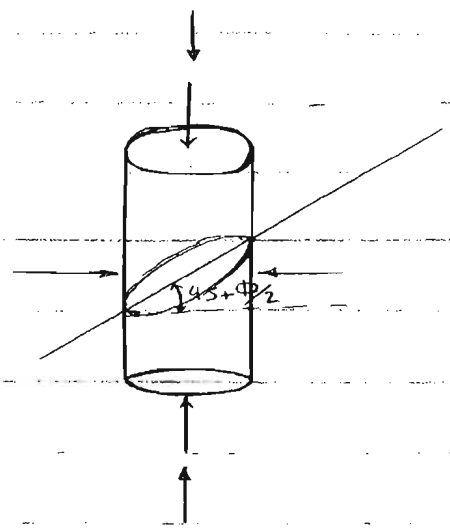


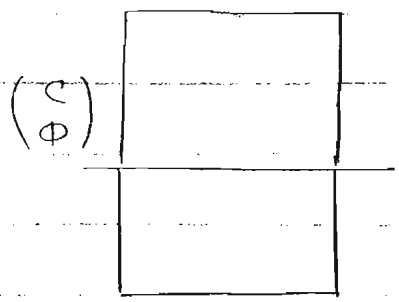
$$\sigma_V = \sigma_h$$

- در آزمایش برش مستقیم تکیم در راستا σ_V و در این آن σ_h که $\sigma_V \neq \sigma_h$ است (تکیم غیر ایزوتروپ)



$$\sigma_h = K\sigma_V$$





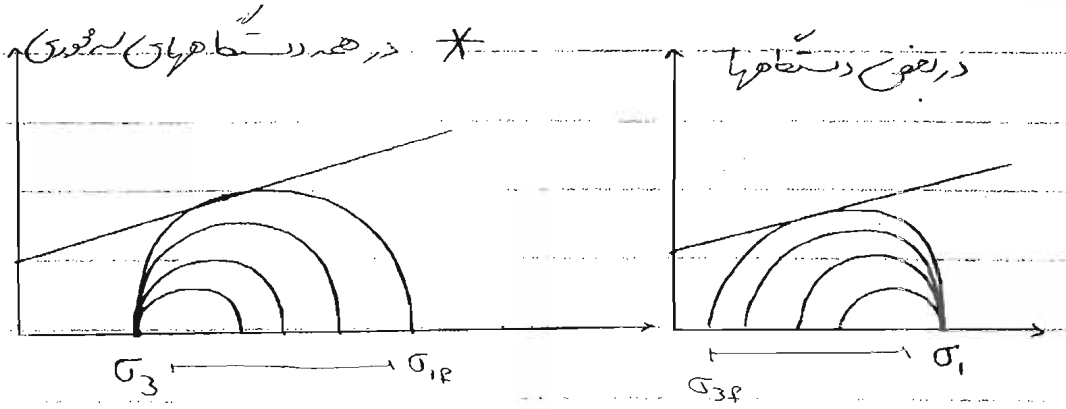
$$\begin{pmatrix} c \\ \Phi \end{pmatrix} \quad < \quad \begin{pmatrix} c \\ \Phi \end{pmatrix}$$

کمترین و در عین حال طبیعی ترین و واقعی ترین

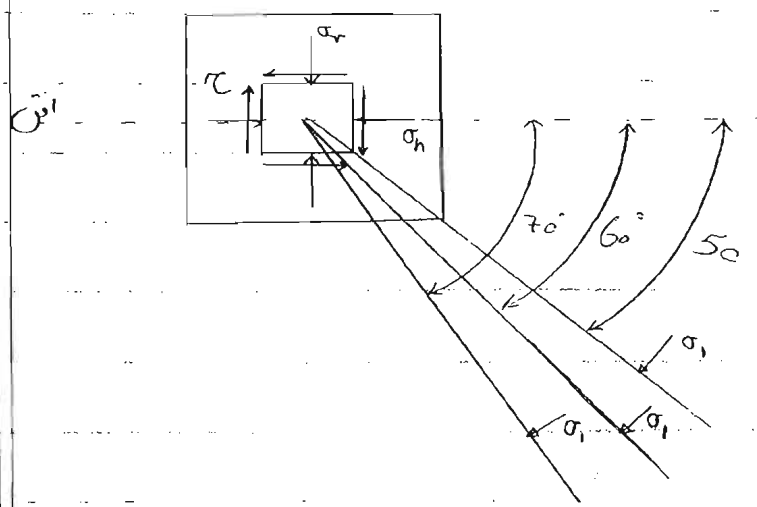
بطور کاذب بالاتر از مقدار واقعی

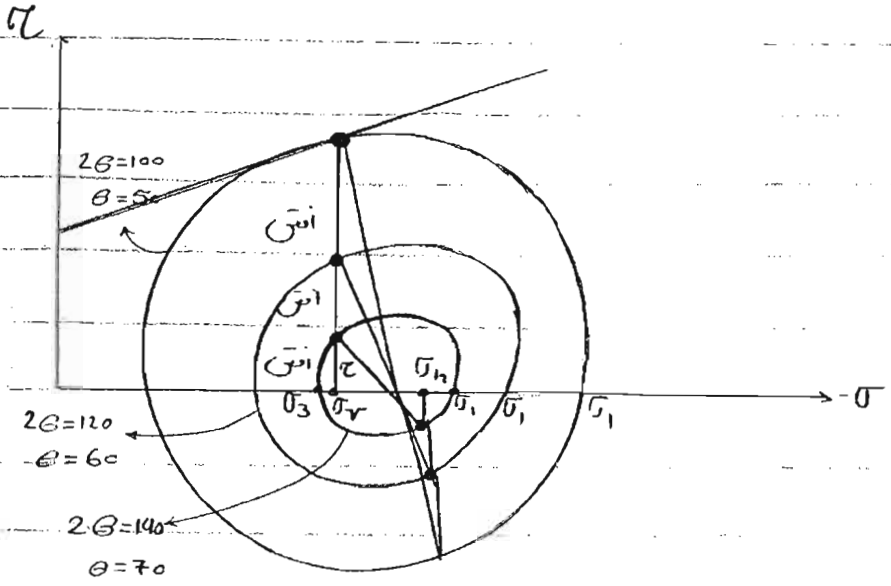
$$(3 \sim 4)^\circ + \phi_{cri} = \phi_{D.S}$$
واقعی

مکانیزم تطور شدن دوایر موهر در آزمایش برش مستقیم و سه محوری (ادامه دوره دوم):



تطور شده دوایر موهر در دستگاه برش مستقیم معمولاً با موارد زیر نقض:





در آزمایش سه محوری از ابتدای کار تا بارگذاری و تا لحظه خرابی و گسیختگی نمونه، جهت تنش‌های اصلی ثابت، محور قطبی با شرایط محیط (نقطه قوت) انطباق دارد.

آزمایش برش مستقیم از ابتدای آزمایش تا بارگذاری و تا گسیختگی نمونه، جهت تنش‌های اصلی عوض می‌شود. (نقطه ضعف)

« چگونگی انواع رفتارهای خاک »

انواع آزمایشات برش خاک (CD , CU , UU)

U	U
C	U
C	D

زهکشی تحکیم

U : «تکلیم نشده» $\Delta u \not\to 0$

C : «تکلیم شده» $\Delta u \to 0$

Δu^+ در اثر اعمال $\Delta \tau$

«تکلیم»

مثل OCR یا OC و NC:

بزرگتر از 2 و تعدد فاصله‌ها: Δu^+ در اثر $\Delta \tau$

پست

: ← $\Delta \tau$:

$\Delta \tau \to \Delta u^+ \Rightarrow$

D زهش شده: $\Delta u^+ \to 0$: فنر ورود-خروج آب باز

$\Delta V \neq 0$ کاهش حجم

U زهش نشده: $\Delta u \not\to 0$: " " بسته

بدون تغییر حجم $\Delta V = 0$

مکانیزم کلیدی

تولید Δu در فرایندهای اشباع

مثل OCR یا OC:

بزرگتر از 2، تعدد فاصله متراکم: $\Delta \bar{u}$ در اثر $\Delta \tau$

$\Delta \tau$ ← :

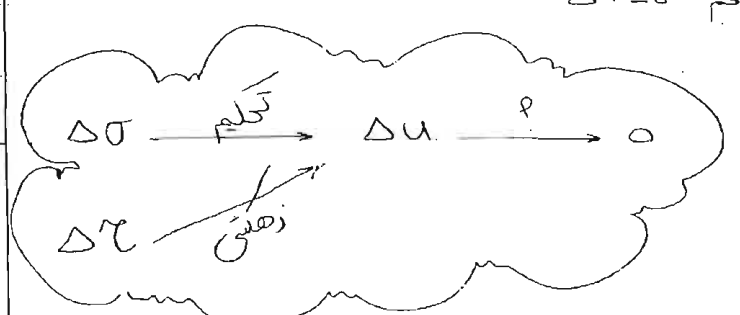
$\Delta \tau \to \Delta \bar{u} \Rightarrow$

فنر ورود-خروج آب باز: $\Delta \bar{u} \to 0$ زهش شده D

افزایش حجم $\Delta V \neq 0$

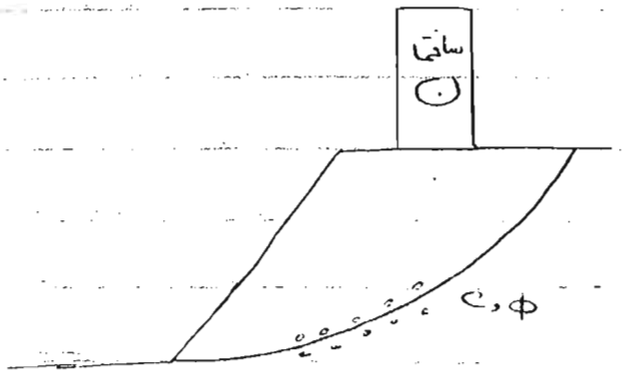
: " " بسته $\Delta \bar{u} \to 0$

زهش نشده U و بدون تغییر حجم $\Delta V = 0$



چند مثال »

1) خاک خشک : c, ϕ → CD

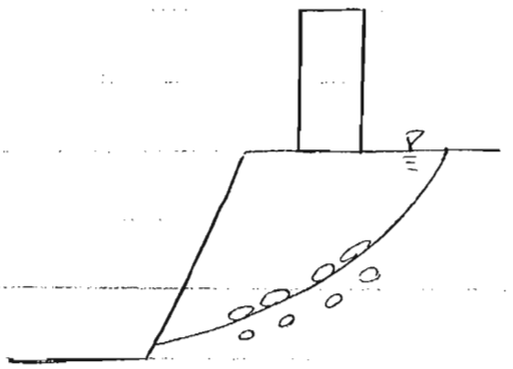


$\Delta u \longrightarrow 0$ تخلیه

$\Delta u \longrightarrow 0$ رهکشی

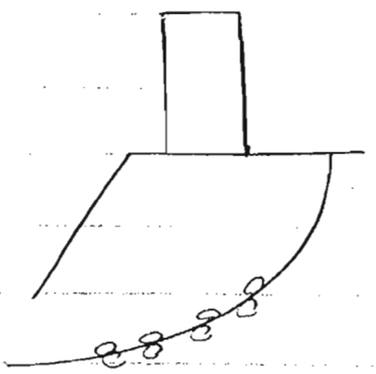
2) فاینه اشباع : بارگذاری استاتیکی : K↑

CD

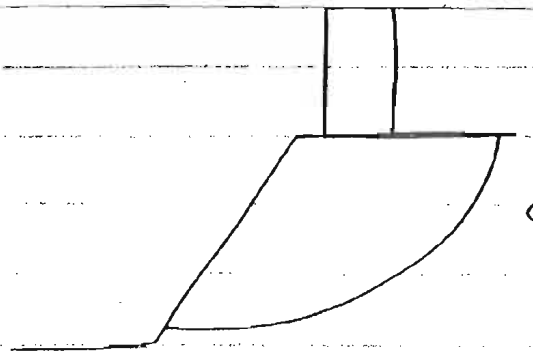


3) فاینه اشباع : در اثر بارگذاری ـ زلزله ـ بخواهد بلغزد.

CU

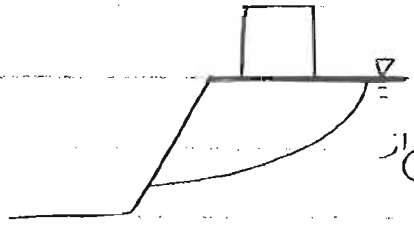


۴) روش اشباع: UU



لغزش ناگهانی شیروانی بلافاصله پس از احداث

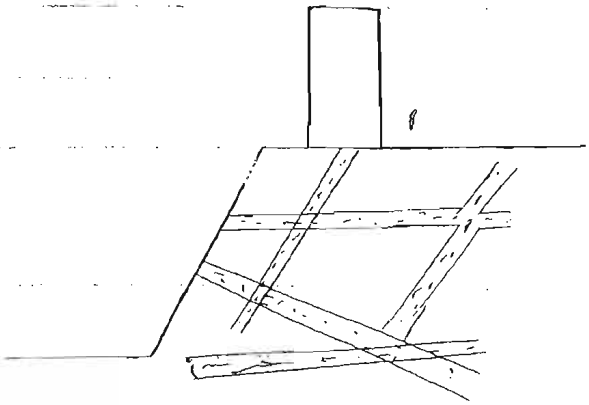
۵) روش:



مطالعه لغزش ناگهانی شیروانی در تراس پس از احداث بنا

CU

۶) روش اشباع با لترهای فاصله

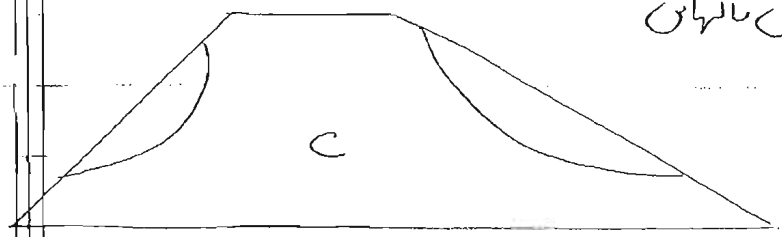


مطالعه لغزش تدریجی شیروانی در تراس

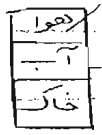
پس از احداث بنا CD

۷) روش خاکریز همگن:

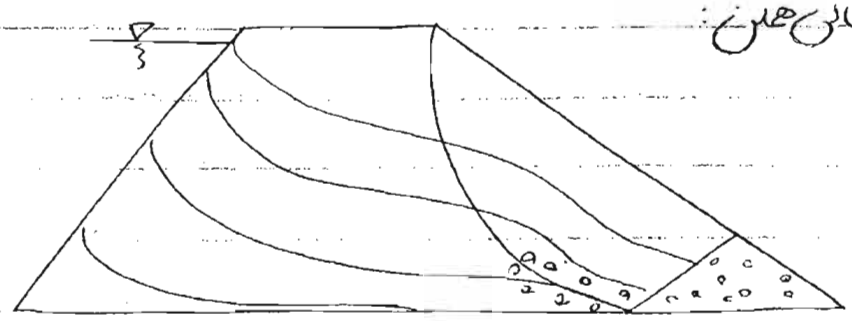
پایداری شیبهای بالادست دیافن در حالت بلافاصله پس از ساخت، لغزش ناگهانی



U U



8) لغزش خاکی همگن:



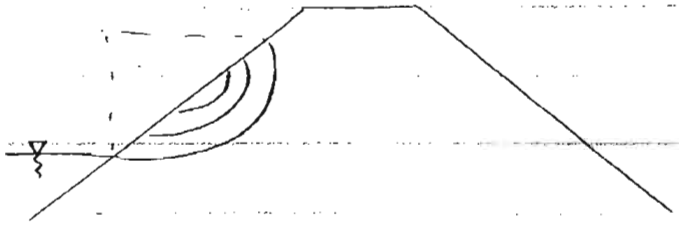
در تراس از بهره برداری که آب در بدنه آن بلگ زهکشی های جریان دارد. شیروانی

پائین دست. CD

9) لغزش خاکی همگن: در تراس در ساخت لغزش نالهای شیروانی بالادست بدلیل

افت سریع تراز در پاچه

CU



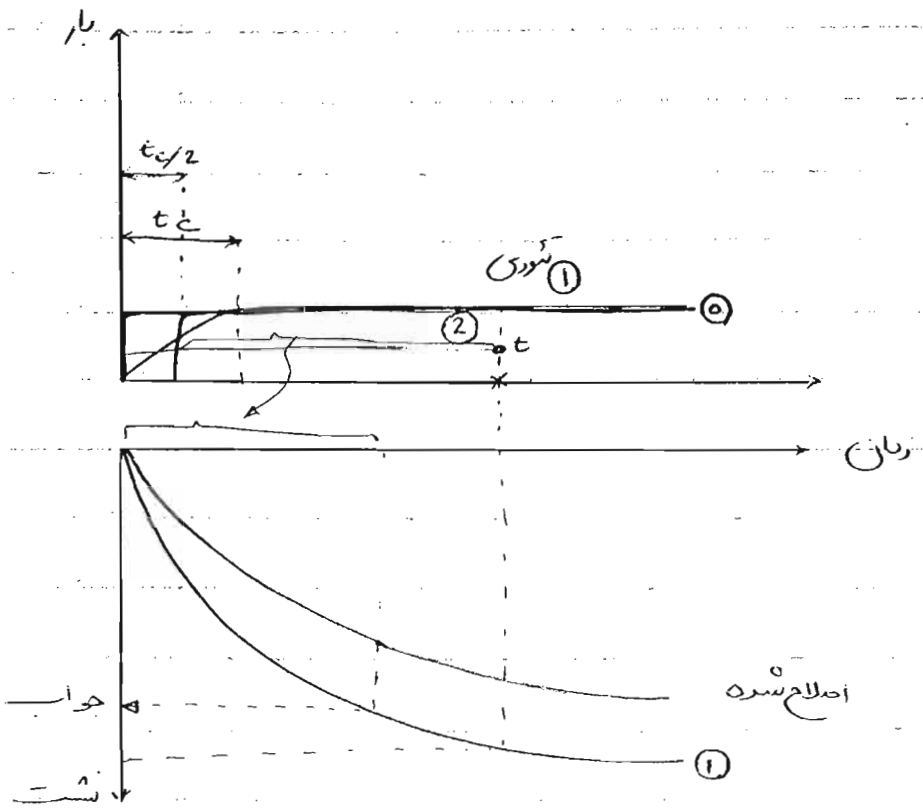
چهارشنبه ۱۳۹۶/۰۸/۰۵ «مکانیک خاک» جلسهٔ هفدهم (فوق العاده)

سؤال: سرعت حرکت آب در خاک نسبت به زمان متغیر بوده و معادلهٔ آن در گام‌های تکلیم بصورت $V = 10\,e^{-2t}$ داده شده است و واحد آن نیز $\frac{cm}{Jear}$ می‌باشد. درصد تکلیم، پس از یکسال را بیابید.

$$V = 10\,e^{-2t} \quad \frac{cm}{Jear}$$

$U/$ پس از یکسال ؟

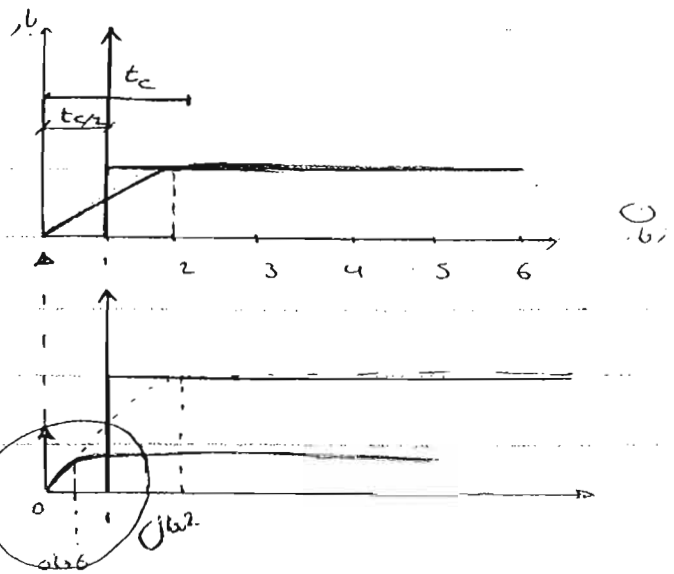
نکته ای در مورد تکلیم:



$$t_{جدید} = t - t_{c/2}$$

ماه	1	2	5	10	20	τ
جواب ← واقعی	—	—	—	—	—	

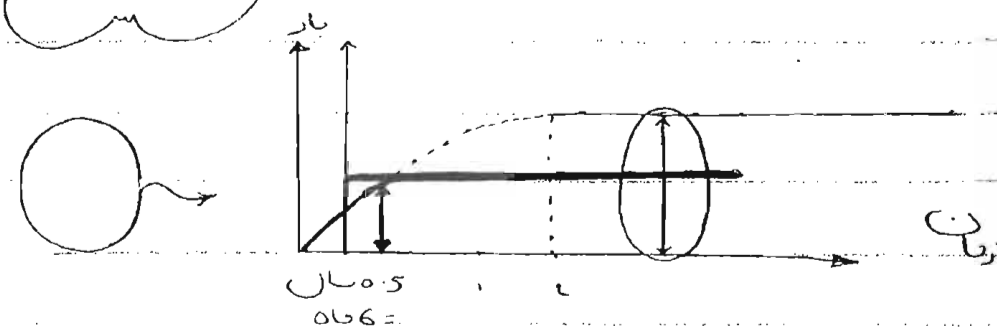
نکته 2)

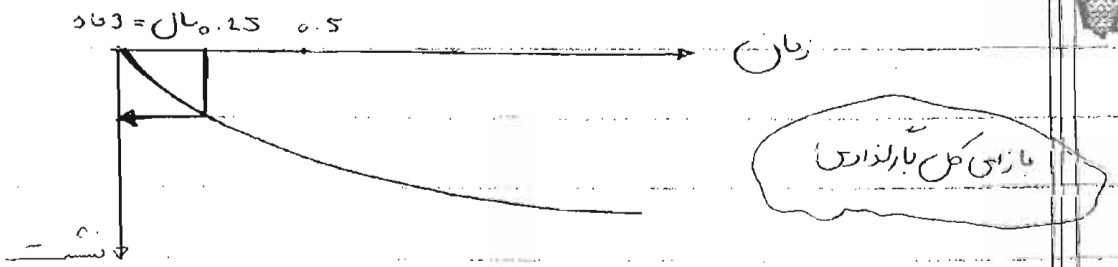


واس کل بارلذاری

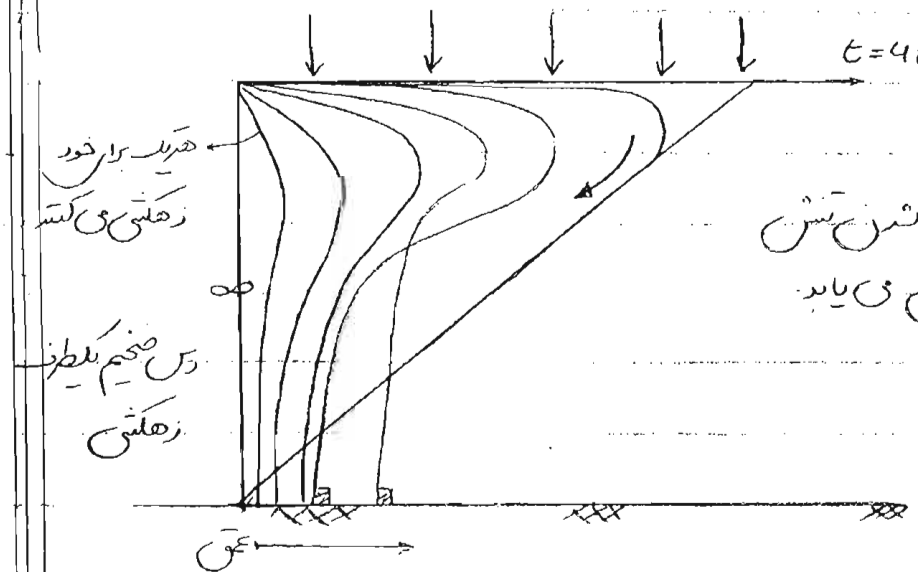
نشست در هر زمان = بار پس از این لحظه / بار کل

نشستی که در نصف این زمان در بارگذاری آنی نظیر بدست می آید.





تلز 3)



با شکل شدن تنش
Δ6 افزایش می یابد.

در لایه‌های ضخیم و یکطرف زهکشی رس امکان دارد در اوایل بارگذاری

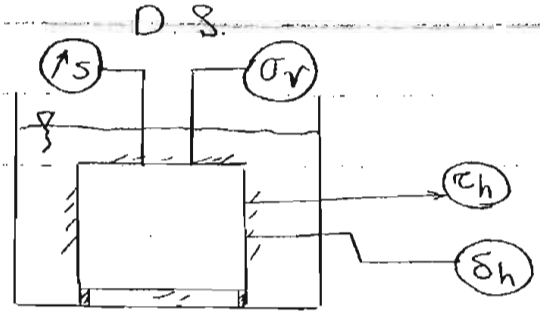
لترهای کتان رس رجحان تورم شود.

۴ ادامه مقاومت برشی

- چگونگی اشباع
  - کنترل
  - تحکیم
  - کنترل تحکیم
  - برش زهکشی
    - کنترل زهکشی
  - خاتمه تست

- برش مستقیم
- سه محوری
  - UU
  - CU
  - CD

توضیح دستگاه در ۴ در جلد اول فراموش است



اول نمونه را اشباع می‌کنیم بگذاریم فشرده کردن نمونه

کنترل اشباع به کمک ابزار خاص انجام می‌شود و تجربی است برای هر جنس نمونه خاک

تحکیم در اثر σ_v و σ_h از قبل است که $\sigma_h \neq \sigma_v$ است.

کنترل تکلیم از کنترل حرکت عقربه نشست صورت می‌گیرد یا خاتمه حرکت عقربه

تکلیم نیز عالم می‌شود.

تکلیم شده
- اعمال $\Delta\sigma$ و مهلت لازم برای خاتمه نشست برای دهیم (نیز دهیم)
- نشده
  - روش کنترل دستگاه برای برش بلا ناصله پس از اعمال σ_3

- برای زهکشی شده سرعت اعمال بار یا حرکت نیم جعبه تقریباً کم قبلاً $0.05\ mm/min$

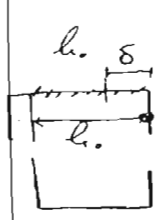
همراه با استفاده از نشانه‌های تحلیل در بالا و پائین نمونه.

برای زهکشی نشده سرعت حرکت نیم جعبه یا دور موتور بیا ربالا قبلاً

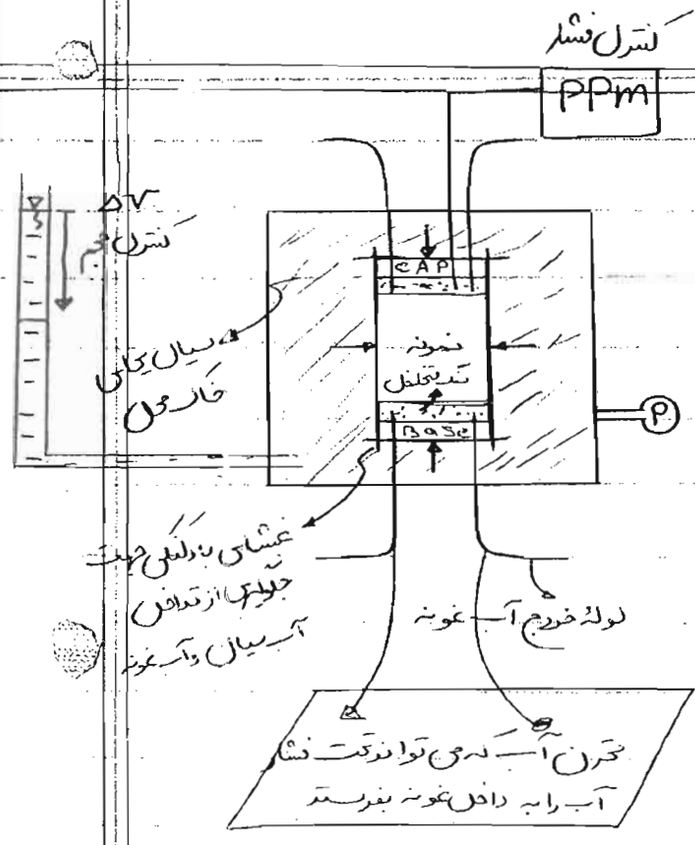
وقتی الاتکان حدود نشانه‌های تحلیل و جابجایی با نشانه‌های نمونه آیند. $5\ mm/min$

خاتمه تست ← خواص
- ① تردد شکسته و آن ← برگشت عقربه بارلنداری
- ② نرم و تدریجی و خمیری
- ثابت ماندن عقربه بارلنداری
- بروز کرنشهای زیاد ← $\frac{\delta}{h_0}$: 15/ 20/

بروز هیار ① یا ②
هرکدام کرنش زودتر پیش آمد.

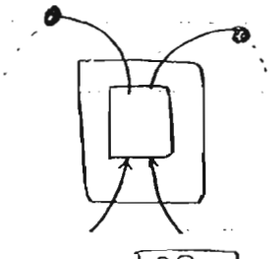


آزمایش سه محوری :

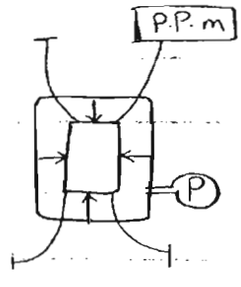


B.P پس فشار

که نحوهٔ اشباع کردن بیگ سیستم Back . Presur صورت می گیرد که آب از پایین با فشار وارد سیستم می شود هنگامی از آنطرف نمونه، شیلنگهای دوقلو خیلی یکدیگر بیرون دیگت، نمونه اشباع می شود.



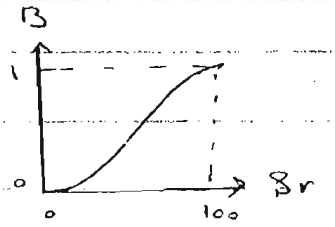
که کنترل اشباع :



$(u_0 + \Delta u)$

$(\sigma_c = \sigma_3) + \Delta\sigma_3$

if $B_r = 100$, $\frac{\Delta u}{\Delta \sigma_3} = B = 1$

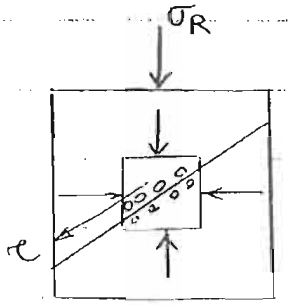


$S_r = 0 \longrightarrow S_r = 100$

$B = 0 \longrightarrow B = 1$

$$B = \frac{\Delta u}{\Delta \sigma_3}$$

فقط نسبت



$\Delta\sigma_R \longrightarrow \Delta(\sigma_1 - \sigma_3) \longrightarrow \Delta\tau \longrightarrow \Delta u^{\pm}$

$$A^{\pm} = \frac{\Delta u^{\pm}}{\Delta\sigma_R = \Delta(\sigma_1 - \sigma_3)} = \frac{\Delta u}{\Delta \sigma_d}$$

بطورکلی:

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

$0 \leq B \leq 1.0$ $\qquad -0.7 \leq A \leq +1.0$

$S_r = 0$ $\qquad$ $S_r = 100$

$B = 0$ اگر $\longrightarrow S_r = 0$

$S_r = 0$ اگر $\longrightarrow A = 0$

$A = 0$ اگر $\longrightarrow S_r = ?$ نمی‌توان گفت زیرا

$A = 0$ فقط اگر $S_r = 0$ ممکن است

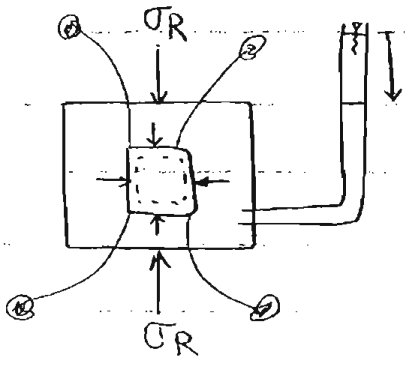
$S_r = 100$: خاک نرم‌شونده $\longrightarrow \Delta u^-$

$\Delta u^+ \longleftarrow$ شن

خاک بیش‌تحکیم $\longrightarrow \Delta u = 0 \longrightarrow A = 0$ ممکن است

کنترل کلیم ← خاتمه یافتن آب از شیرهای زهکشی

← خاتمه روند تغییر حجم یا کاهش حجم در سیستم کنترل حجم نمونه



تحکیم شده (تشدیده) ← اعمال $\sigma_3 = \sigma_c$

و

← مهلت لازم برای کاهش حجم می دهیم

← شیرهای زهکشی باز بسته

← دوش کردن دستگاه برای برش

بلافاصله پس از اعمال σ_c

برش :

حین برش یا اعمال بار قیله، شیرهای زه کشی باز، سرعت اعمال بار قیله ای کم مثلاً

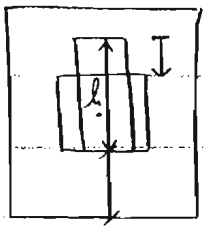
0.05 mm/min

برای زهکشی نشده، شیرهای زهکشی بسته، بار قیله هم تند وارد شود که نیرد، مثلاً

5 mm/min

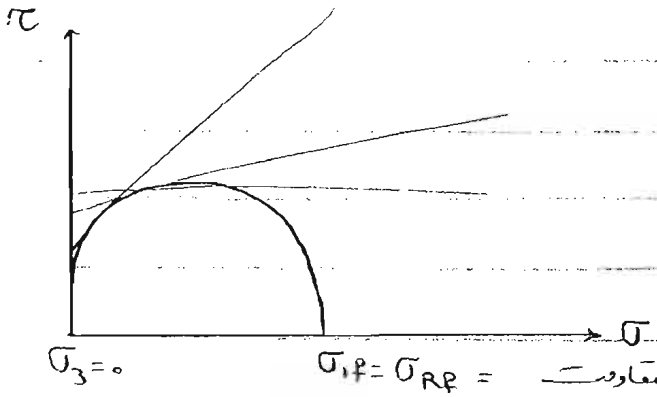
خواص آزمایش: شکسته‌ای σ ε : برگشت σ_R

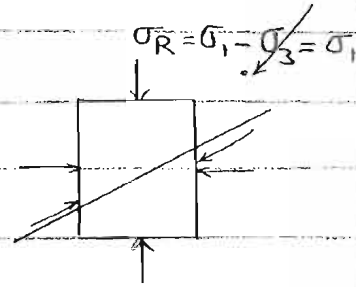
و تدریجی σ ε : ظهری
ثابت ماند σ_R
برود کرنش‌های زیاد



$\delta/l_0 \simeq 20\% \longrightarrow 15\%$

آزمایش تک محوری:





* از بوش نمی‌خواهیم زیرا هیچ یک دایره‌ای نمی‌دهد (مخصوص شده خاک) با سرعت برش بالا
افقط می‌دهد *

در شرایط خاک زیرا دانه‌ای اشباع تست تک محوری تقریباً شبیه با 3 محوری UU است.

$$\frac{\text{مقاومت تک محوری نمونه دست خورده}}{\text{ـ ـ ـ ـ ـ ـ ـ ـ بازسازی شده}} = S \geq 1$$

حساسیت رس به دست خوردگی

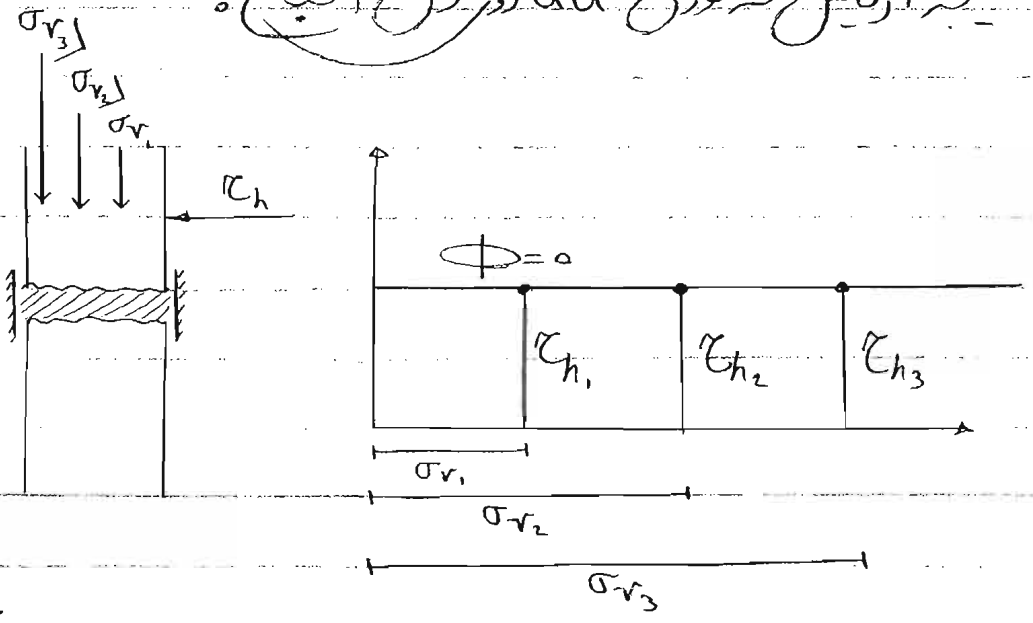
$1 < S < 2$ حالت کم

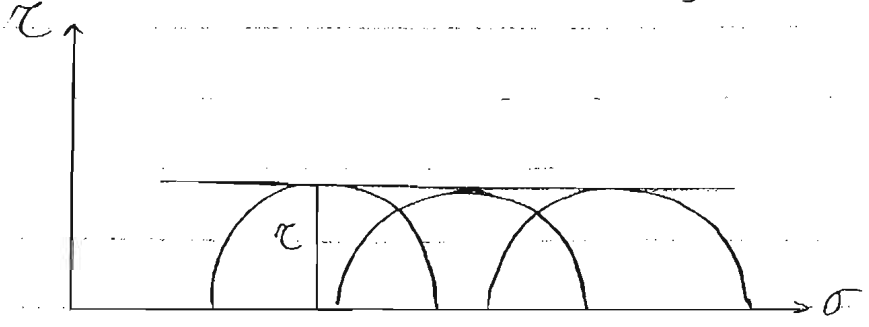
$2 < S < 4$ حال

$4 < S < 8$ خیلی حال

$S > 8$ فوق العاده حال

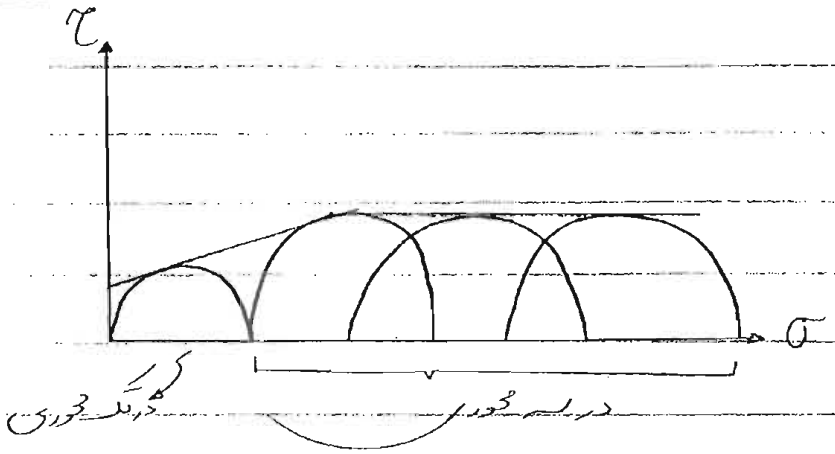
نتیجه آزمایش برشوری سه محوری یک نمونه رس اشباع:





دریسه محوری

در واقعیت:

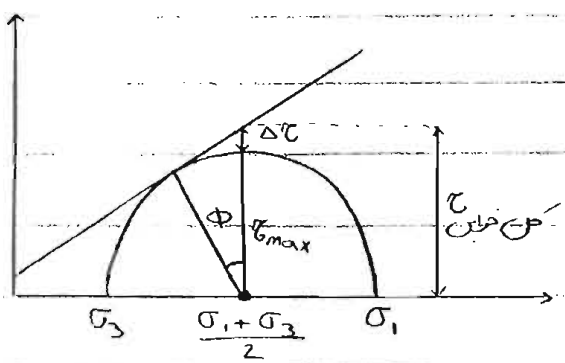


«تست»

خاک طبق معیار گسیختگی موهر کولمب در صفحه‌ای می‌گسلد که بر آن تنش وارد شده

حداکثری باشد. ← این جمله غلط است.

(۱)



✓ در $\Phi/2$ آنطوری دارد. ✓ در شرایط $\Phi=0$ ← در τ_{max} می‌دارد

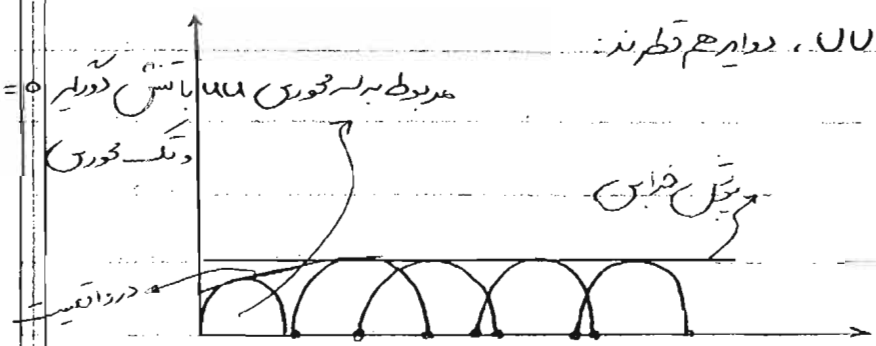
✓ در حداکثر τ به اندازه $\Delta\tau$ نیز می‌تواند تحمل کند تا گسیخته شود.

$$\Delta\tau = C + \left(\frac{\sigma_1+\sigma_3}{2}\right)\tan\Phi \qquad \left(\frac{\sigma_1-\sigma_3}{2}\right)$$

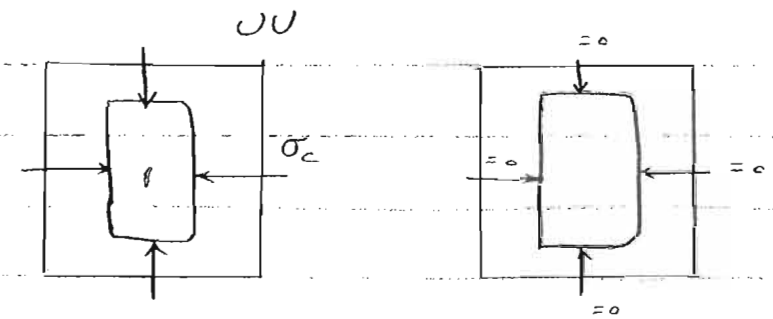
σ'' τ_{max}

«یکشنبه ۸۵/۶/۵» «مکانیک خاک» «جلسه هجدهم»

در آزمایش سه محوری UU ، دو دایره تشکیل می‌شود:



در آزمایش سه محوری فقط از مقاومت برشی فقط در تنش همه‌جانبه صفر، مقاومت خاک کمتر است.

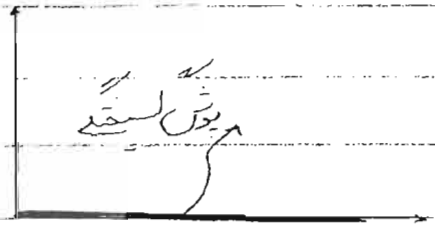


که نسبت به شرایط محل از $\sigma_c = 0$ تا (تنش همه‌جانبه) و یا $\sigma_c \neq 0$ تا استفاده می‌کنیم.

قبلاً برای ساخت یک پی لطمی در هر یکی سطح زمین، از آنجا که تنش همه‌جانبه نداریم $\sigma_c = 0$ تا است اما در عمق خاک $\sigma_c \neq 0$ می‌گیریم.

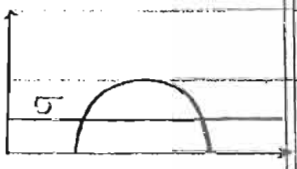
که برای حساسیت خاک و سازه‌ای با بافت لختی‌ای بسیار حساس اند نسبت به دلستخوردگی.

نکته: تست UU روی ماسه اشباع با $\phi = 0$ و $c = 0$ مانند تست بروی آب است و پوش لیفافه آن بصورت زیر در می آید:



نتایج آزمایشات CU و CD

① CU → $\sigma' = \sigma - u$ $\Delta u \neq 0$ $\Delta V = 0$



آزمایش در شرایط تنش کل، دوایر تنش کل

CD → $\Delta u = 0$, $\Delta V \neq 0$ $\sigma' = \sigma - u = \sigma$

آزمایش در شرایط تنش مؤثر، دوایر تنش مؤثر

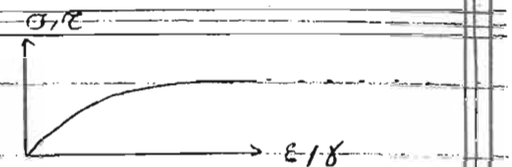
② CU → رس NC یا OC ماسه → $OCR \leq 2.0$

→ رس OC ماسه متراکم → $OCR > 2.0$

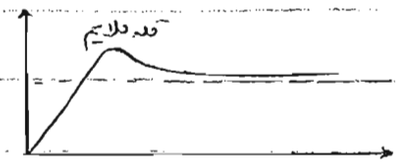
CD → رس NC یا OC ماسه → $OCR \leq 2.0$

→ رس OC ماسه متراکم → $OCR > 2.0$

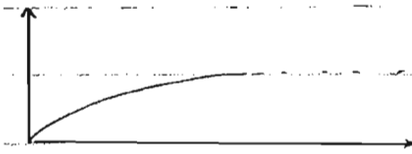
③ C.U → ماسه تمیز یا NC → OC



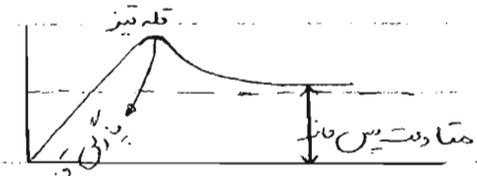
ماسه متراکم یا OC



C.D → ماسه تمیز



ماسه متراکم

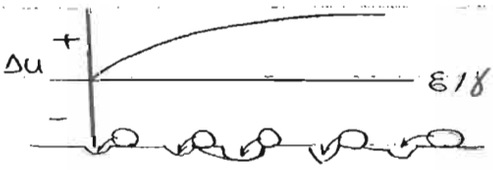


قبل از شروع برش

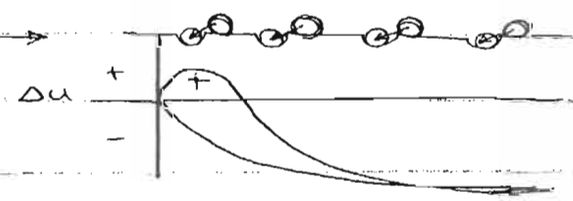
آزمایش در شرایط C کاهش کم تا متوسط صورت گیرد. نمونه 2 و 4 به صورت

نمونه های 1 و 3 دور ریخته (یک آزمایش خواهید)

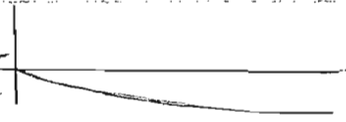
④ C.U → ماسه تمیز



ماسه متراکم

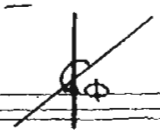


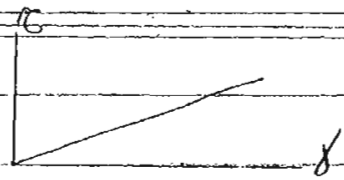
C.D → ماسه تمیز

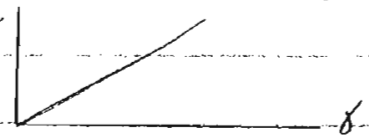


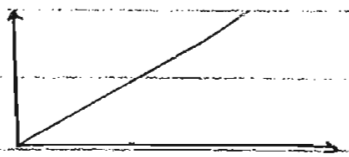
ماسه متراکم

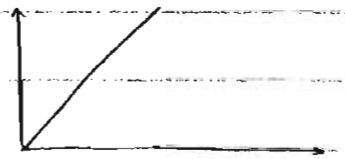
با افزایش تراکم خاک نازک تری شود.

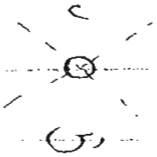


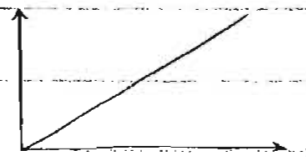
⑤ CU → ماسه تن → 

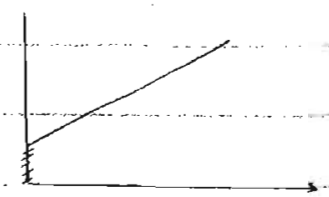
→ ماسه متراکم → 

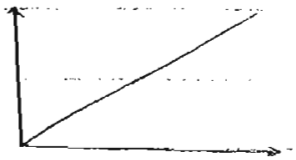
CD → ماسه تن → 

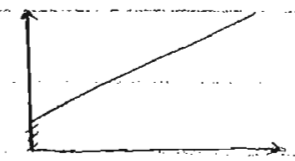
→ ماسه متراکم → 

6) 

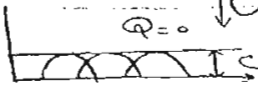
CU → ماسه تن → 

→ ماسه متراکم → 

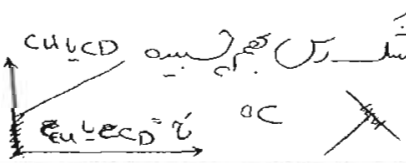
CD → ماسه تن → 

→ ماسه متراکم → 

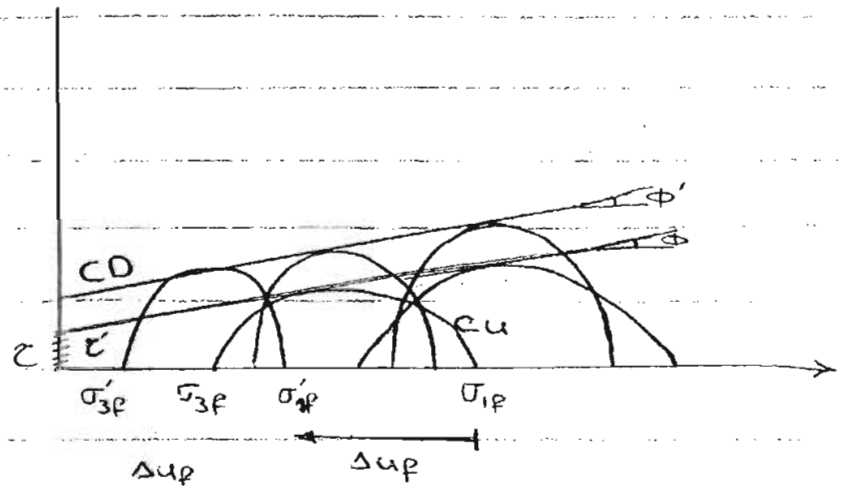
چسبندگی ها: ↓ (حضور آب) ↓ (آب جذب)، PS ↓ خمیری ↓ چسبندگی

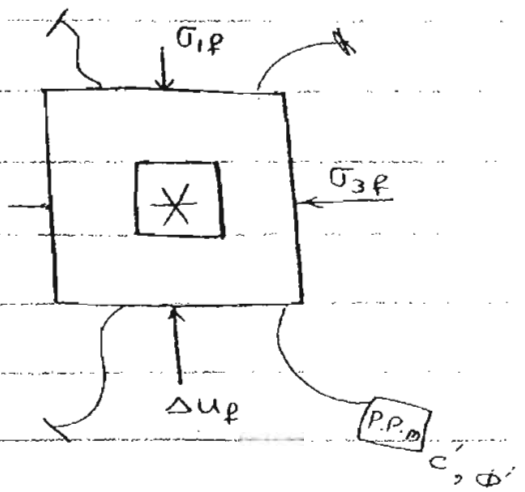


حضور آب ← چسبندگی کوچه های خشک ← رس بهم چسبیده



* چسبندگی رسهای کلیم عادی (N.C) برابر صفر است





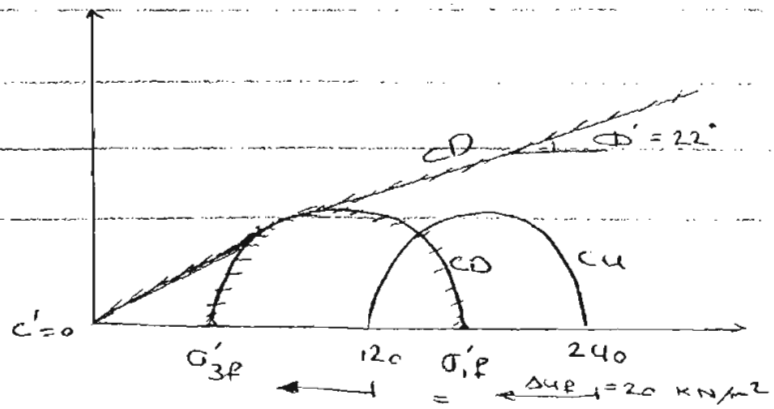
تست 3: مقاومت برش:

معلومات آزمایش

CD { c' = 0 ; Φ' = 22

CU { σ3 = 120 ; Δσ = σ3

Δσf = ?



$\sigma_3 = 120$ $\quad \sigma_1 = \sigma_3 + \Delta\sigma = 120 + 120 = 240$

$$\sigma'_{1f} = \sigma'_{3f} \tan^2\left(45 + \phi'/2\right) + 2c' \tan\left(45 + \phi'/2\right)$$

$$(240 - \Delta u) = (120 - \Delta u) \tan^2\left(45 + 22/2\right)$$

CU (14 تست

$\sigma_c = 60$ $\quad \Delta\sigma = 79$ $\quad \Delta u = 20$

Φ برای پایداری بلندمدت

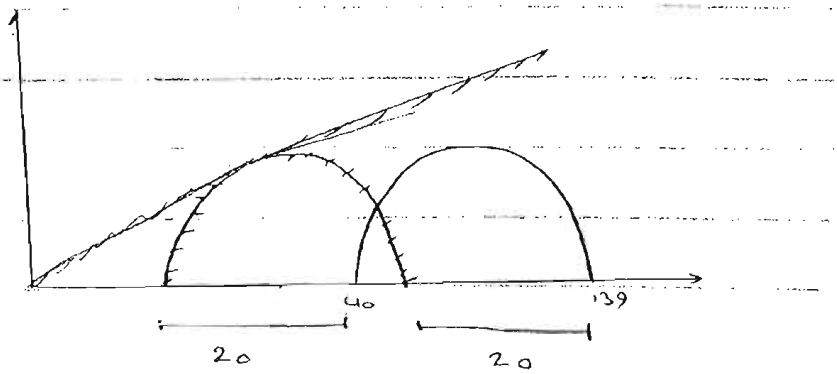
$c' = 0$

$\phi' = ?$

$$\begin{cases} \sigma'_3 = 60 - \Delta u = 60 - 20 = 40 \\ \sigma'_1 = 139 - \Delta u = 139 - 20 = 119 \end{cases}$$

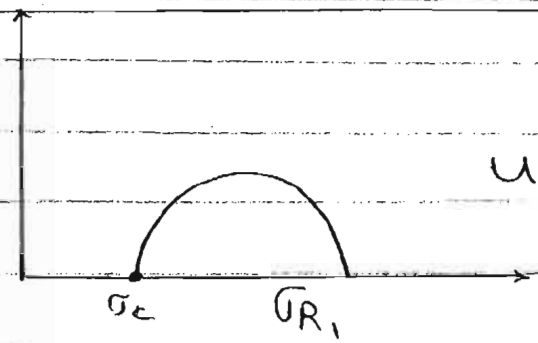
$$\sigma'_1 = \sigma'_3 \tan^2\left(45 + \frac{\phi'}{2}\right) + c \longrightarrow \phi = 29.3^\circ$$

119 ↙ 40 ↙



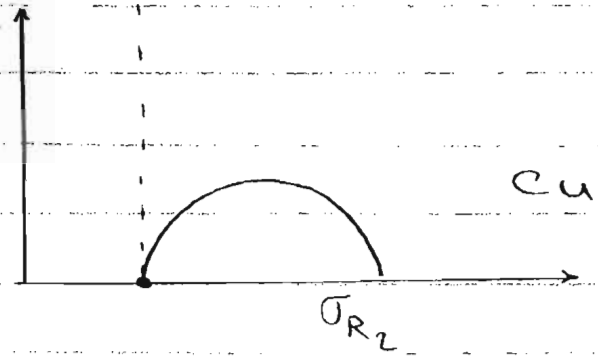
تست)

دس اشباع UU

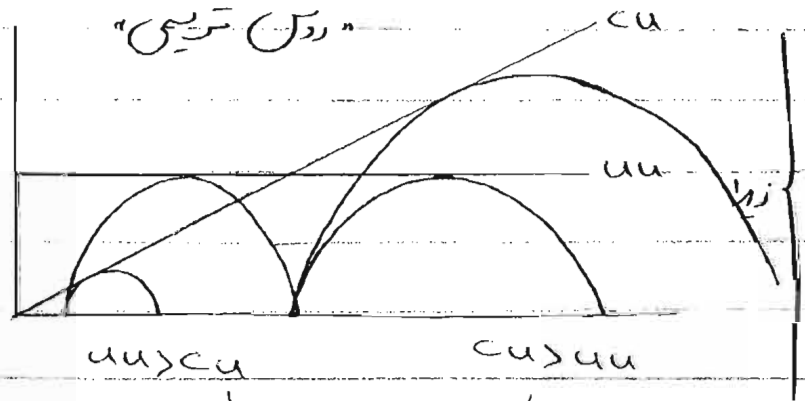


دس اشباع CU

تحکیم می کنیم



"دس ترسیمی"



الف) $\sigma_{R_1} > \sigma_{R_2}$

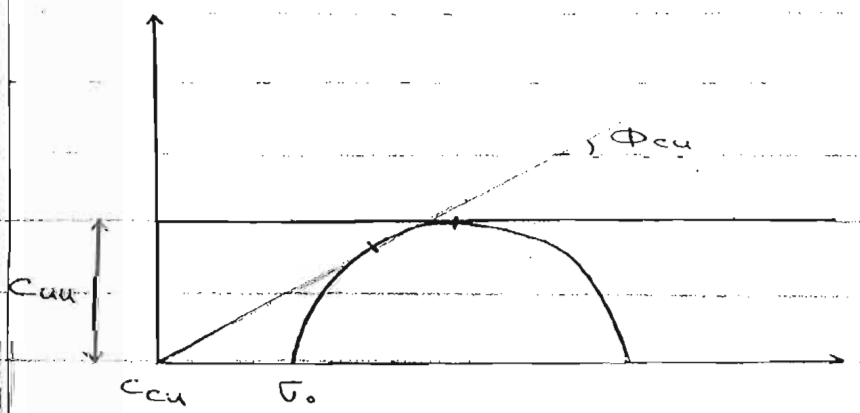
ب) $\sigma_{R_2} > \sigma_{R_1}$

ج) $\sigma_{R_1} = \sigma_{R_2}$

د) معلوم نیست

معلوم نیست

بستگی به جای آن دارد.



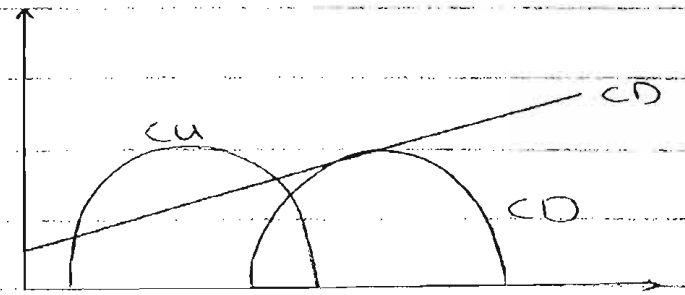
داده‌ها: $\Phi_{uu} = 0$ Φ_{cu} ، C_{cu} و σ_0

$C_{uu} = ?$

$$C_{uu} = \frac{\sin\Phi_{cu}}{1-\sin\Phi_{cu}}\sigma_0 + \frac{\cos\Phi_{cu}}{1-\sin\Phi_{cu}}C_{cu}$$

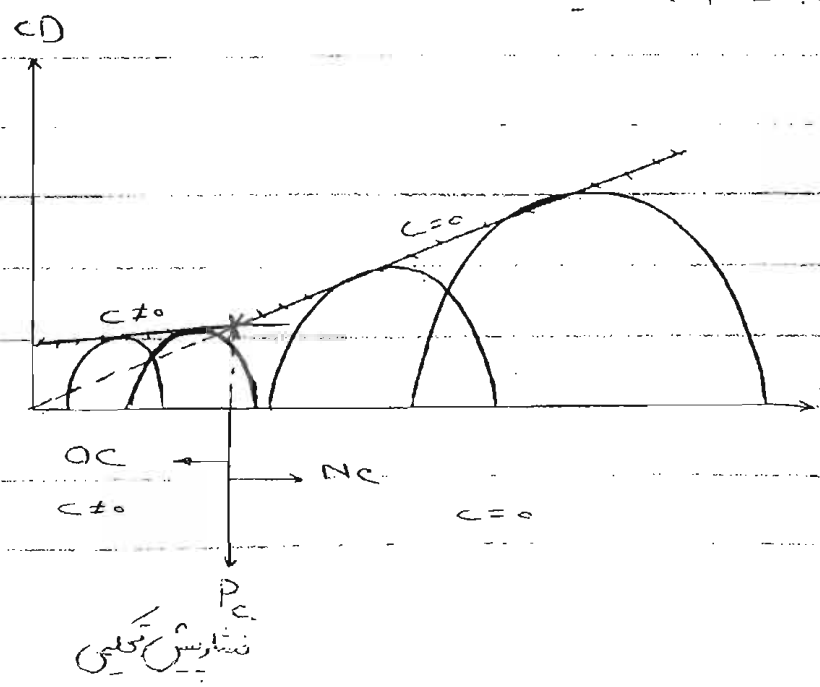
* در تنش‌های روباره زیاد $uu < cu$ و در تنش روباره‌های کم مقاومت

$uu > cu$

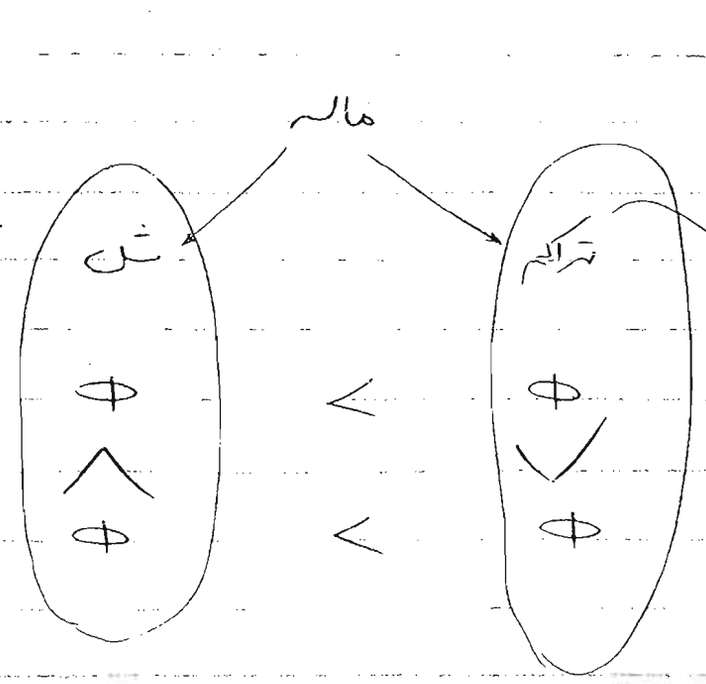


$\sigma \ll \sigma'$

در یکی از حالت‌های بسیار کم تا بسیار زیاد

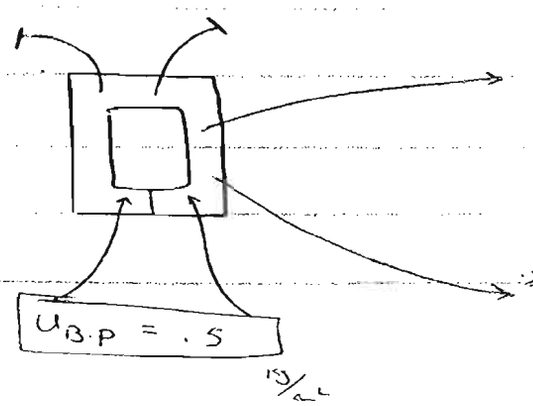


دایره پیش تکیه را کشیده و پوش با چسبندگی را می زنیم، بعد دایره ی دوم تکیه را زده و پوش بدون چسبندگی را می زنیم، محل تقاطع دو پوش فشارش تکیه است. نحنی اصلی پوش با خط چین نشان داده نشده است.

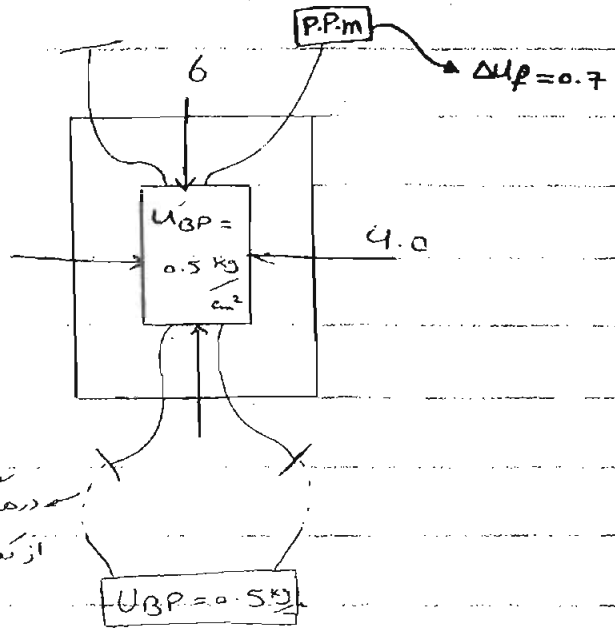


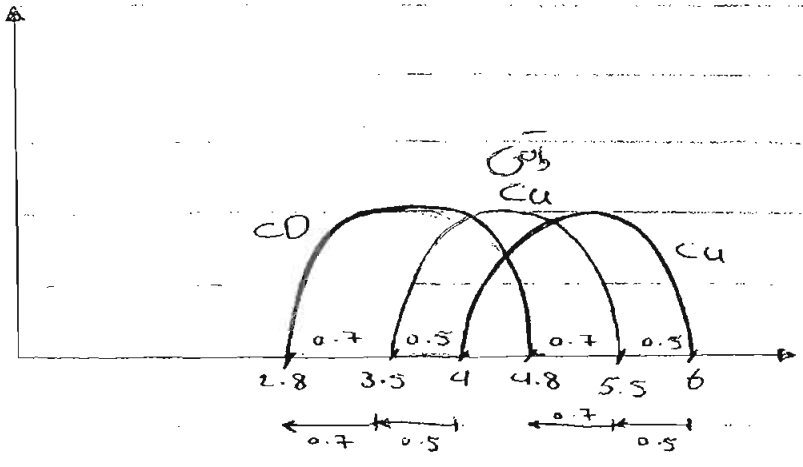
نکته: Back presure

بهتر است پشت آبی که به داخل سیستم رفت در هنگام قطع آب هم B.P وجود داشته باشد، زیرا:

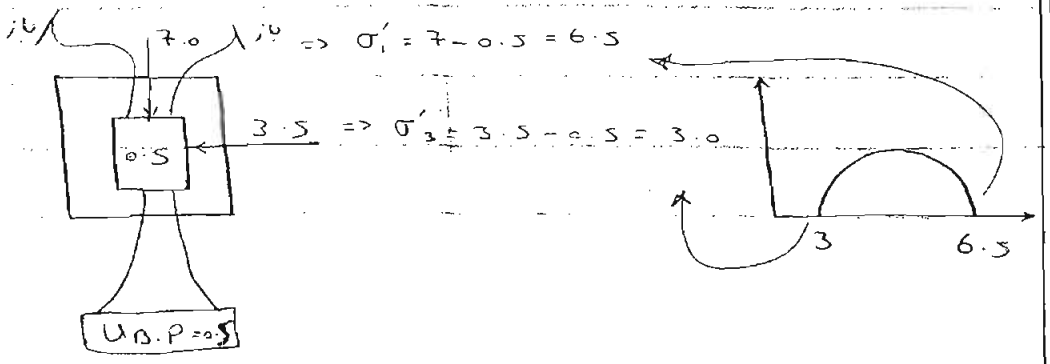


آزمایشات c_u ، c_D تحت Back Pressure:

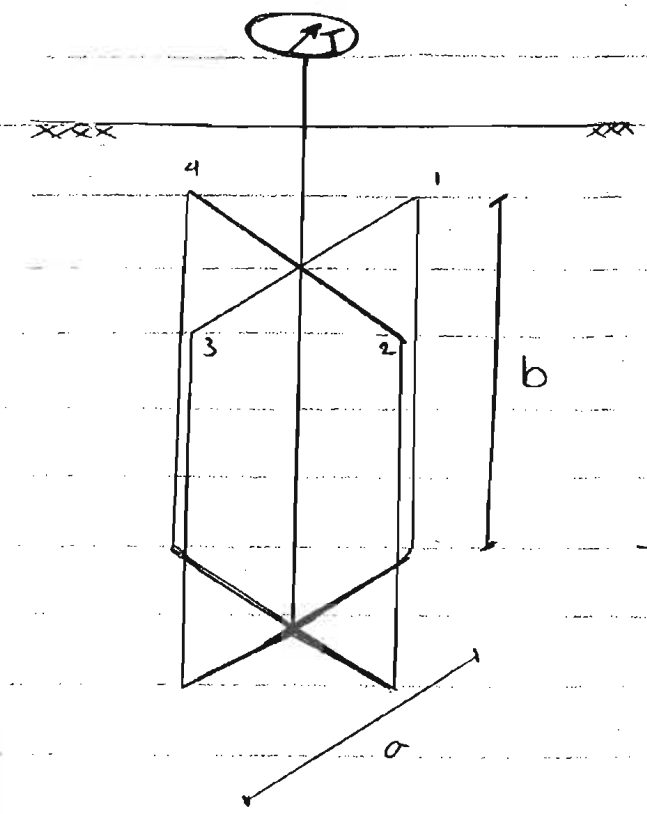


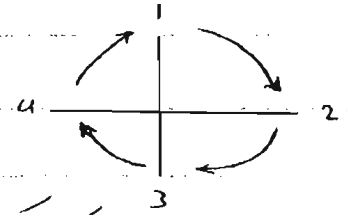


در آزمایش c_D ، چین برش، اتصال Back Presure باز می ماند.



آزمایش برش پره:





برش بر روی محل خاک

90° می چرخانیم.

$$T \text{ تعلوم} = \int c \times dA \times \rho$$

هندسه تعلوم

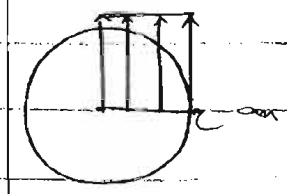
استوانه

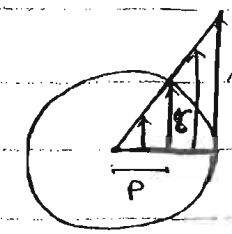
$$\text{مقاومت } c_u = \frac{T}{\pi\left[\frac{a^2 b}{2} + \beta \frac{a^3}{4}\right]}$$

(چسبنگی)

وابسته به توزیع c در سطوح برش

زهکشی نشده تحت اثر تنش





$$T = \int \tau_{-a_n} \times dA \times \rho$$

$$T = \int_0^R \frac{\rho}{R}\tau_{-a_x} \times \tau \times dA \times \rho$$

$$\frac{\tau}{\tau_{-a_x}} = \frac{\rho}{R}$$

با افزایش خواص خمیری خاک یا P.I خاک، C_u، حاصل از این آزمایش

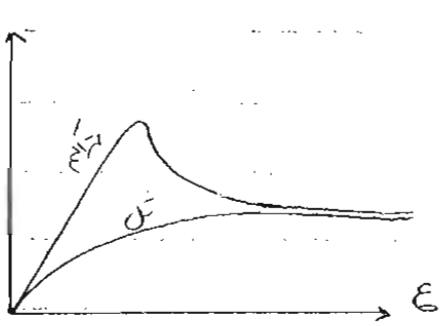
با C_u واقعی خاک، تقاضای بیشتری پیدا کرده و بطور کاذب مقادیر این C_u

از C_u واقعی خاک بزرگتری گیرد.

انواع آزمایشات برش خاک (کنترل کرنش و کنترل تنش):

Stress controled — Strain controled

کنترل کرنش:



شرایط اجرای کنترل کرنش خیلی با محل سازگار نیست (نقطه ضعف) تطابق با محل در کنترل تنش بیشتر است. (دقیقه ای ← 1mm)

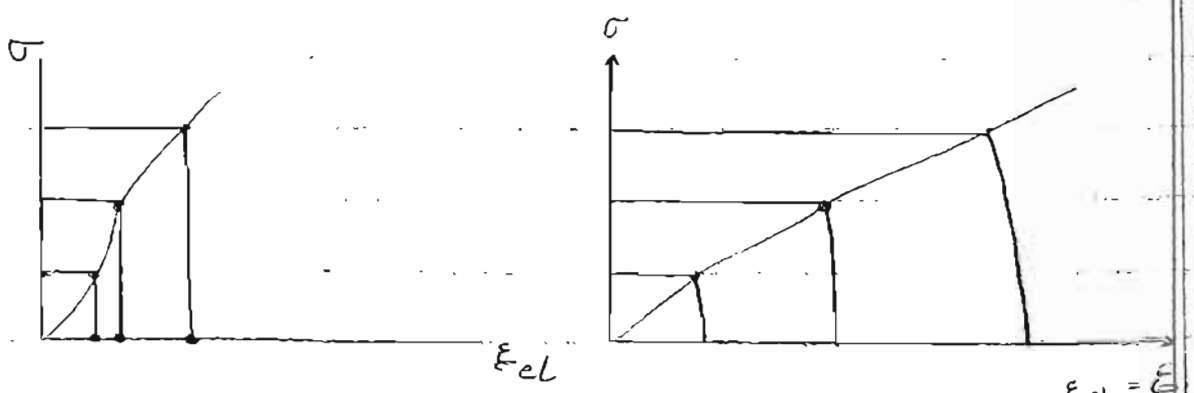
درست کنترل کرنش بیشتر مصالح خیلی خوب احتمال می شود. (نقطه قوت)

در این تست افت مقاومت و مقاومت مصالح، تغییر مقاومت خاک، مقاومت P.i.c و مقاومت پس ماند، جاری شدن، ... خیلی خوب دیده می شود. (نقطه قوت)

کنترل تنش:

که با محل سازگار است (مانی یک طبقه ← دقیقه ای 1kg ←)
(نقطه قوت)

که در کنترل تنش با توجه به توقف کمتر برای بارگذاری می دهیم، می توان انواع کرنش ها را
بدست آورد، بارگذاری سریع ← کرنش الاستیک، بارگذاری آهسته ← انواع کرنش ها



که تست کنترل تنش مقاومت Pic را با دردسر و با کم تر (۷)
بارگذاری می توان بدست داد. (نقطه ضعف)

که در این تست، بارها این طور اقرایش می یابد تا خاک از بین رود و گسیخته
عقربه بارگذاری نمی تواند در تعیین مقاومت پس ماند شکل اسان داریم و می توان
نرا خواند (نقطه ضعف)

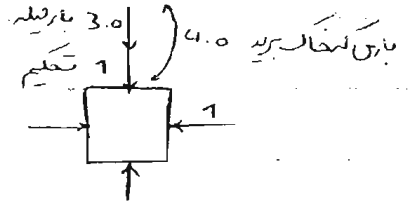
که منحنی بارگذاری واقعیت تطابق بیشتری دارد و با کم و زیاد کردن سرعت اعمال بار می توان تنش را برای انواع کرنش ها (آنی یا وابسته به زمان و غیره) بدست آورد)

که در کنترل کرنش برداشت عقب بارگذاری دیده می شود، یعنی نقطه Pic بارگذاری و مقاومت در کنترل تنش خیر!

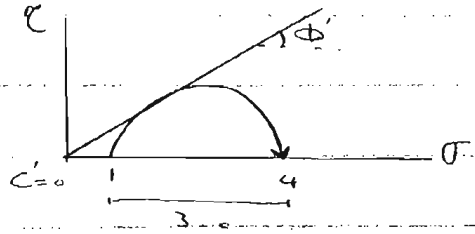
که " " ثابت ماندن " " " یعنی مقاومت پس از

" " " " "

مسیر تنش "Stress path"

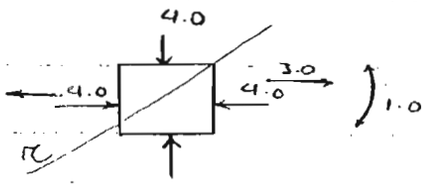


① در NC و CD:

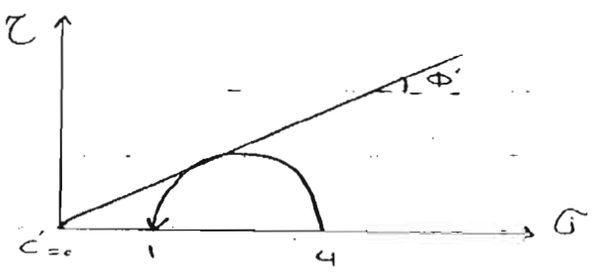


فرایش در اثر احداث بنا

② در NC و CD:

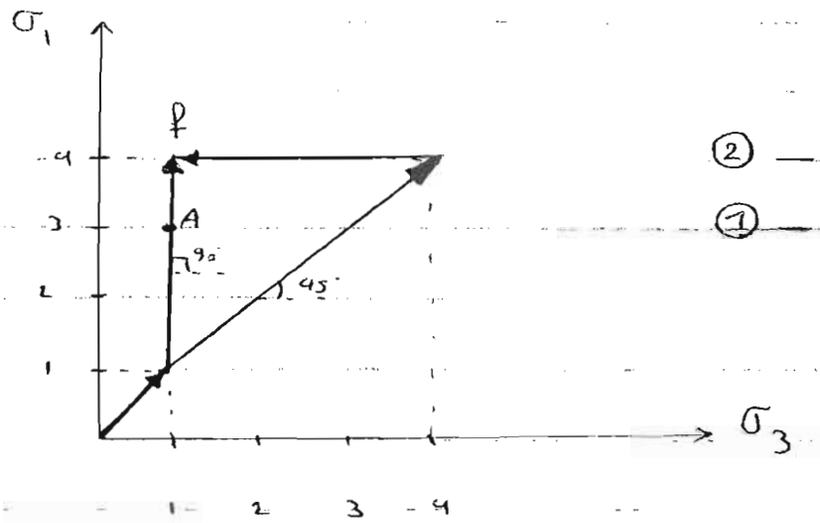


خطی در آمد گودبرداری



دو سیستم ① و ② هم ارزند.

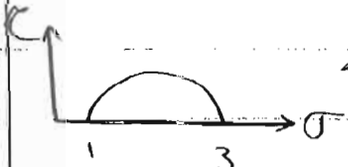
$\sigma_1 \longrightarrow$ ترش $\longrightarrow \tau$



تنش یک سیستم مختصاتی است که هر نقطه در آن نمودِ یک دایره

و هر است. مثلاً نقطهٔ A در مختصات فوق نمودِ

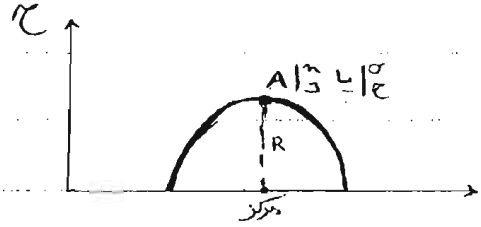
است.

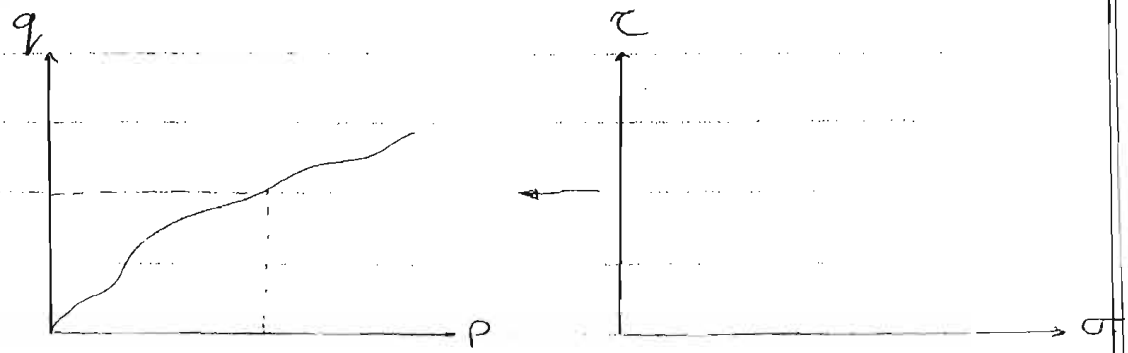


که برای رسم یک دایره با داشتن 3 نقطه بر روی پیرامون آن دایره را رسم کرد

که حداقل تعداد نقاط معلوم برای رسم دایره دو هر، یک نقطه است که همان مختصات

تاج دایره است.

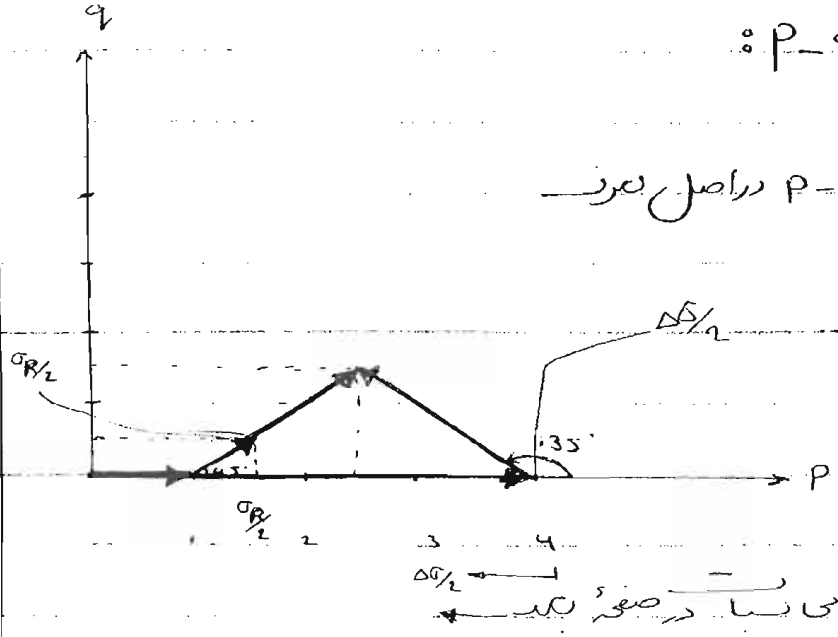




رسم در مختصات q-p:

سیستم مختصات q-p در اصل تغییر

تاج دایره همواره است



می باشد در صفحه بعد

آزمایش ①

$$\begin{cases} \sigma_1 = 0 & p = 0 \\ \sigma_3 = 0 & q = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \sigma_1 = 1 & p = 1 \\ \sigma_3 = 1 & q = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \sigma_1 = 1 + \sigma_R & p = 1 + \frac{\sigma_R}{2} \\ \sigma_3 = 1 & q = \frac{\sigma_R}{2} \end{cases}$$

به محض ایجاد دوتنش اختلاف پیدا کردند، یعنی برش، یعنی اضافه شدن بار دایره، بنابراین با شیب 45° از محور p بلندی شود.

$$\begin{cases} \sigma_1 = 4 & p = 2.5 \\ \sigma_3 = 1 & q = 1.5 \end{cases}$$

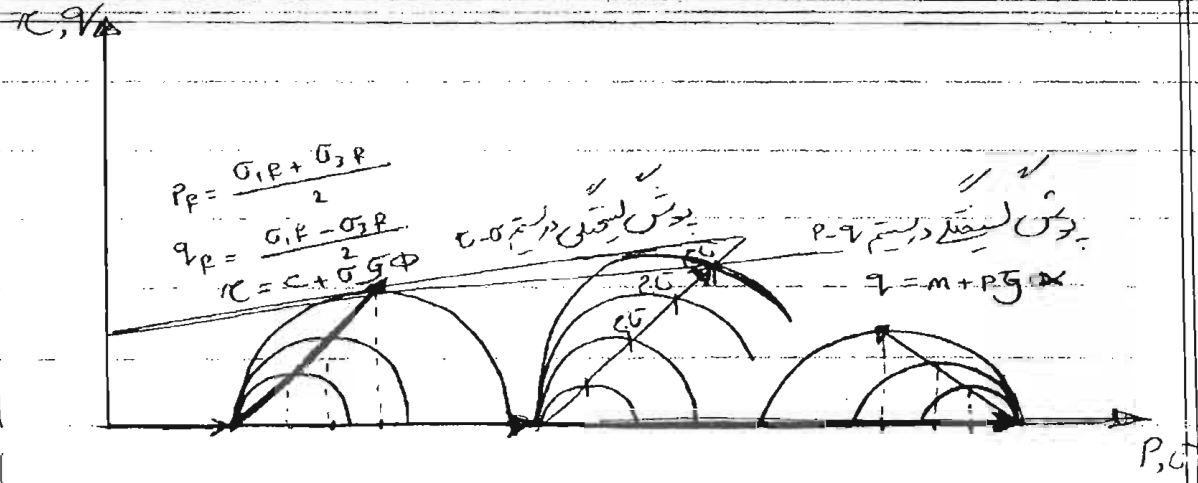
آزمایش ②

$$\begin{cases} \sigma_1 = 0 & p = 0 \\ \sigma_3 = 0 & q = 0 \end{cases} \qquad \begin{cases} \sigma_1 = 4 & p = 4 \\ \sigma_3 = 4 & q = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \sigma_1 = 4 & p = 4 - \frac{\Delta\sigma}{2} \\ \sigma_3 = 4 - \Delta\sigma & q = \frac{\Delta\sigma}{2} \end{cases}$$

$$\frac{dq}{dp} = \frac{\Delta q}{\Delta p} = \frac{\Delta\left(\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}\right)}{\Delta\left(\frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2}\right)} = \frac{\Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_3}{\Delta\sigma_1 + \Delta\sigma_3} = -1 \longrightarrow 135^\circ$$ شیب

$$\begin{cases} \sigma_1 = 4 & p = 2.5 \\ \sigma_3 = & q = 1.5 \end{cases}$$



از آنجا که مختصات q-p نیز تاج دوایر مورهر است، لذا برای تشکیل معادله

سیستم تنش، تاج دوایر مورهر را هدف قرار داده و می گذرد.

$$\left.\begin{matrix} c \\ \Phi \end{matrix}\right\} \longrightarrow \tau = c + \sigma \operatorname{tg}\Phi$$

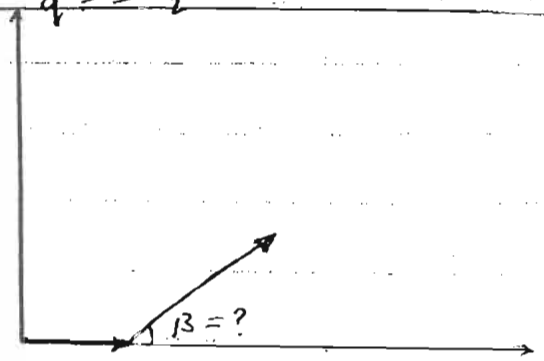
$$\left.\begin{matrix} m \\ \alpha \end{matrix}\right\} \longrightarrow q = m + p \operatorname{tg}\alpha$$

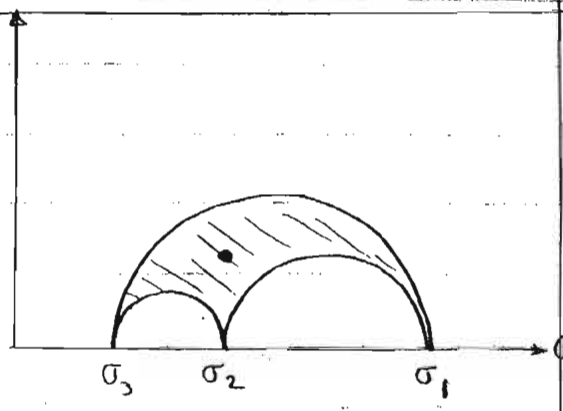
$m = c \cdot \cos\Phi$

$\operatorname{tg}\alpha = \sin\Phi$

حتماً حفظ شود

$q = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} = \tau_{max}$





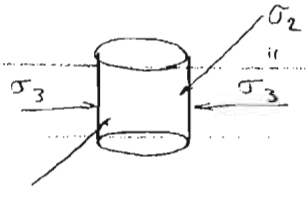
$p = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3}$

$$G,3 = \frac{\Delta q}{\Delta p} = \frac{\Delta\left(\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}\right)}{\Delta\left(\frac{\sigma_1 + 2\sigma_3}{3}\right)} = \frac{3}{2}\,\frac{\Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_3}{\Delta\sigma_1 + 2\Delta\sigma_3}$$

$$= \frac{3}{2} = 1.5$$

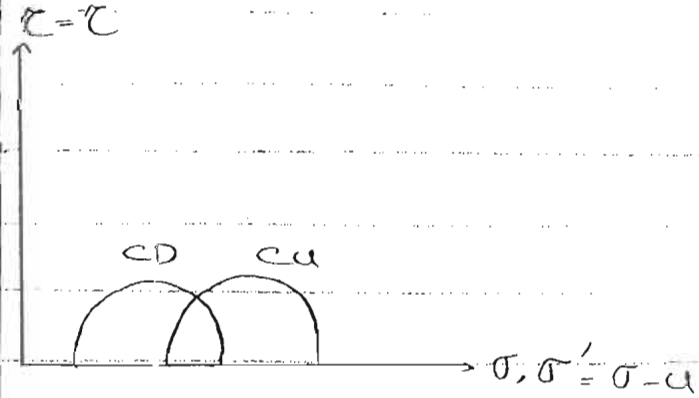
$\beta = G^{-1}\,1.5$

$$\frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3} = \frac{\sigma_1 + 2\sigma_3}{3}$$

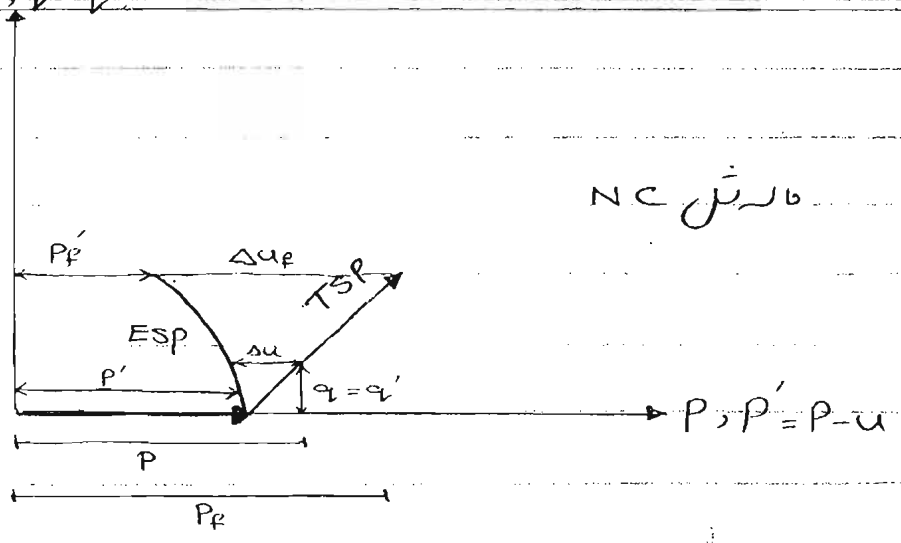


در سه محوری تقریبا ساده می شود

«تنش موثر = تنش کل - تنش آب»



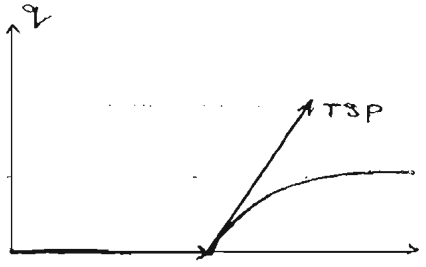
$q, q' = q$



مسیر NC

$$q' = \frac{\sigma_1' - \sigma_3'}{2} = \frac{\sigma_1 - u - \sigma_3 + u}{2} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} = q$$

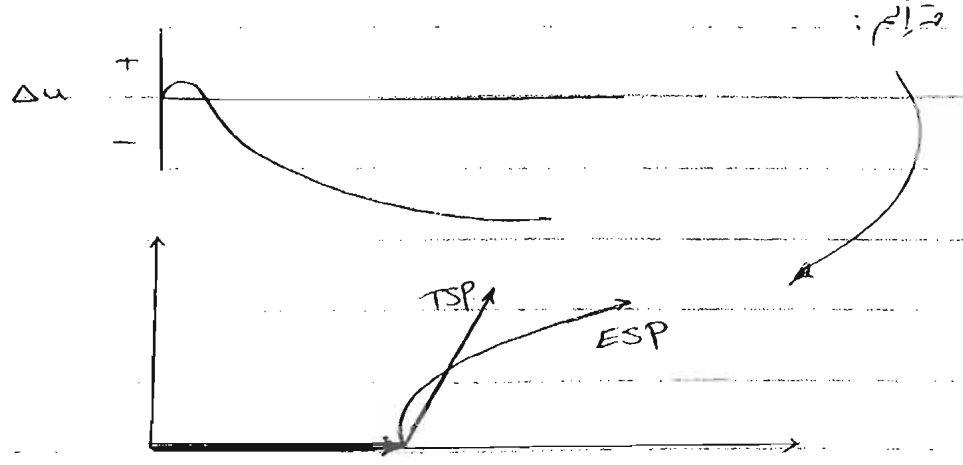
$$p' = \frac{\sigma_1' + \sigma_3'}{2} = \frac{\sigma_1 - u + \sigma_3 - u}{2} = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} - u = p - u$$



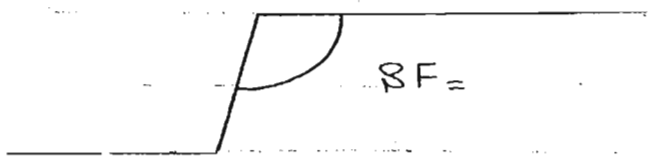
مسیر تراکم

$\sigma' = \sigma - u$

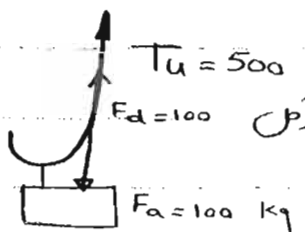
تراکم:



پایداری شیروانی "Slope Stability"



ساده (EXP):



نیروی مقاوم تولید شده از کل قابل تولید

SF = 5

پروسه طی شده برای بدست آوردن SF:

1) مقاومت‌های حدی دهانی تعریف شده: Tu = 500

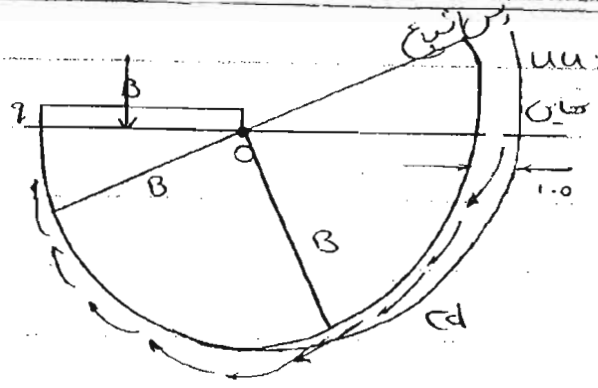
2) بارهای وارده: Fa = 100

3) مکانیزم لیمیتی: پارگی کابل در گیره

4) معادله تعادل براساس مکانیزم لیمیتی: $\Sigma F_y = 0$

5) یافتن مقاومت‌های تولید شده (لیمیت شده): $F_a = F_d \Rightarrow F_d = 100$

6) یافتن SF: $SF = \frac{\text{مقاومت‌های نهایی قابل تولید}}{\text{تولید شده}} = \frac{500}{100} = 5$ ✓



$$q \times B \times 1 \times \frac{B}{2} = c_d \times \frac{2\pi B}{2} \times 1 \times B$$

لنگر وارده — لنگر مقاوم تولیدشده

$$c_d = \frac{q}{2\pi}$$

میزان لازم و تولیدشده برای سالمت از لیستگی در رد

$$SF = \frac{\text{مقاومت خاک}}{\text{مقاومت تولیدشده}} = \frac{c}{c_d = \frac{q}{2\pi}}$$

$$SF = \frac{2\pi c}{q}$$

ظرفیت باربری خاک رس: (اصلاً سیلی ربطی ندارد)

$$SF = 1 \Rightarrow \frac{2\pi c}{q_{ult}} = 1 \Rightarrow q_{ult} = 2\pi c \approx 6c$$

برای خاکهای هم اصطکاکی و هم چسبنده، معمولاً فرض می‌شود، هر دو مؤلفه c و $\sigma \tan\phi$ (چسبندگی و اصطکاک) در تولید مقاومت خاک در برابر برش یکسان و ساوی باهم باشند.

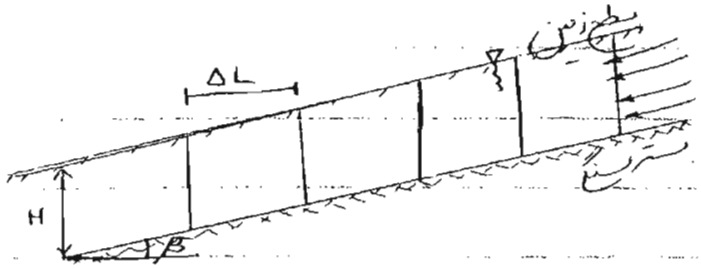
پایداری شیروانی در خاک:

$$SF = \frac{\tau_{\text{نهایی}}}{\tau_d} = \frac{c_{\text{نهایی}} + \sigma \tan\phi_{\text{نهایی}}}{c_d + \sigma \tan\phi_d}$$

فقط چسبنده: $SF = \frac{c_{\text{نهایی}}}{c_d}$

فقط اصطکاکی $= \frac{\tan\phi_{\text{نهایی}}}{\tan\phi_d}$

پایداری شیروانی نامحدود با تراوش :



$L \gg H$

$$SF = \frac{c}{\gamma_{sat} \cdot H \cdot \cos^2\beta \cdot \tan\beta} + \frac{\gamma'}{\gamma_{sat}} * \frac{\tan\phi}{\tan\beta}$$

در فصل قبل هر چه مربوط به خاکی است در فرمول فوق هر چه مربوط به نیروهای مقاوم است در صورت.

شیروانی ← فقط چسبنده : $SF = \frac{c}{\gamma_{sat} \cdot H \cdot \cos^2\beta \cdot \tan\beta}$

شیروانی ← فقط اصطکاکی : $SF = \frac{\gamma'}{\gamma_{sat}} \cdot \frac{\tan\phi}{\tan\beta}$

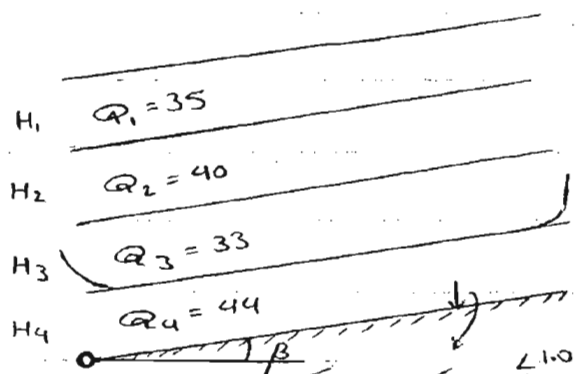
مثال ,, اگر شیروانی طویل فقط اصطکاکی اشباع ناگهان خشک شود، ضریب اطمینان آن چگونه تغییر می‌کند؟

حل: $SF = \frac{\gamma'}{\gamma_{sat}} \tan\phi/\tan\beta = \frac{(\gamma_{sat} - \gamma_w)\tan\phi}{\gamma_{sat} \tan\beta} \simeq \frac{20-10}{20} \frac{\tan\phi}{\tan\beta}$

$= \frac{1}{2} \frac{\tan\phi}{\tan\beta}$

فاله اشباع	فاله خشک
St.	
CD	CD
φ'	φ'

«تست»



از بین خاک‌های گسسته بودند آنهایی که خاک نشسته بودند آنهایی که با توجه به کمترین φ، خاک را تست می‌کند.

فاله‌های خشک:

$$SF_1 = \frac{\tan 35}{\tan \beta} \qquad SF_2 = \frac{\tan 40}{\tan \beta}$$

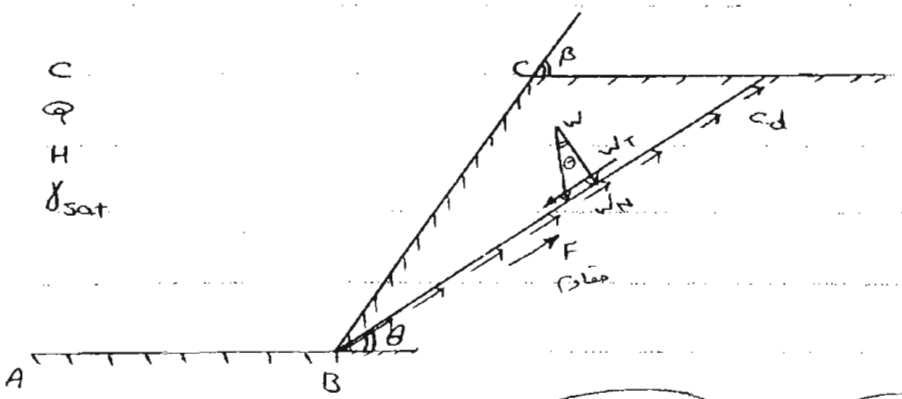
$$SF_3 = \frac{\tan 33}{\tan \beta} \qquad \tan \delta = \underset{\leq 1.0}{K'} \times \tan \varphi_4$$

$$SF_4 = \frac{\tan (44/2)^{22}}{\tan \beta} \longleftarrow \text{دقت} \quad \delta = \tfrac{1}{2}\varphi_4$$

تعریف φ: حداکثر شیب قابل تحمل، توسط یک فاله خشک، کم دانسیته فقط اصطکاکی که روی یک بستر زبر قرار گرفته. (بستر نسبتاً طویل)

$$SF = \frac{\tan \varphi}{\tan \alpha}$$

پایداری شیروانی محدود با فرض سطح لغزش صفحه‌ای:



$$F_{\text{مقاوم}} = C \times \Delta L_{BD} \times 1 + \underbrace{W_N}_{W\cos\theta} \times \tan\varphi$$

$$F_{\text{لغزان}} = W_T = W \sin\theta$$

برای شیروانی‌های عمدتاً چسبنده:

$$\Rightarrow \quad C_d = \frac{1}{2}\gamma H \left[\frac{\sin(\beta-\theta)\cdot(\sin\theta - \cos\theta\tan\varphi)}{\sin\beta}\right]$$

چسب تولید شده جهت حفظ تعادل لوله مورد مطالعه

برای فونداسیون‌های نوار نیازی به ایجاد θهای مختلف نیست بلکه بحرانی‌ترین سطح لغزش را مورد مطالعه قرار می‌دهیم که با یافتن این θ مشخص می‌شود:

$$\theta_{cr} \equiv \theta_{cr} \equiv SF_{min} \equiv \frac{\partial C_d}{\partial \theta} = 0 \Rightarrow \theta_{cr} = \frac{\beta+\theta}{2}$$

بحرانی‌ترین سطح لغزش که حفظ شود.

$C_d = \frac{1}{2}\gamma H \left[\frac{\sin(\beta-\theta_{cr})(\sin\theta_{cr} - \cos\theta_{cr}\tan\varphi)}{\sin\beta}\right]$: جسم تولید شده در کجای زمین سطح لغزش

$$\Rightarrow C_d = \frac{\gamma H_{cr}}{4}\left[\frac{1-\cos(\beta-\varphi)}{\sin\beta\cos\varphi}\right]$$

$$C = \frac{\gamma H_{cr}}{4}\left[\frac{1-\cos(\beta-\varphi)}{\sin\beta\cos\varphi}\right]$$

$$H_{cr} = \frac{4C}{\gamma}\left[\frac{\sin\beta\cos\varphi}{1-\cos(\beta-\varphi)}\right]$$

** زاویه θ_c وقتی خاک فقط چسبنده : $\varphi = 0$

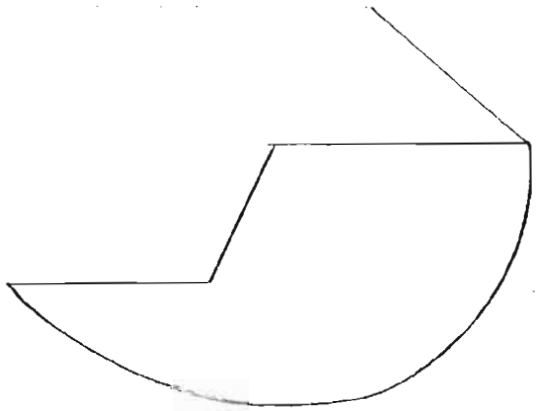
$\beta = 90^\circ$: لودقائم

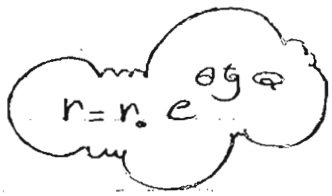
$\theta_{cr} = 45^\circ \Leftarrow$

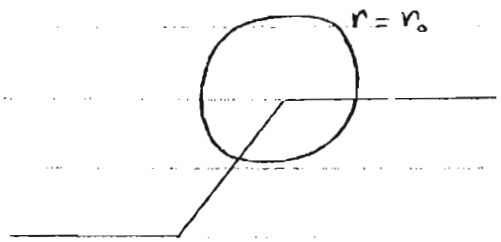
** ارتفاع حدی لودقائم فقط چسبنده $\varphi = 0$, $\beta = 90^\circ$

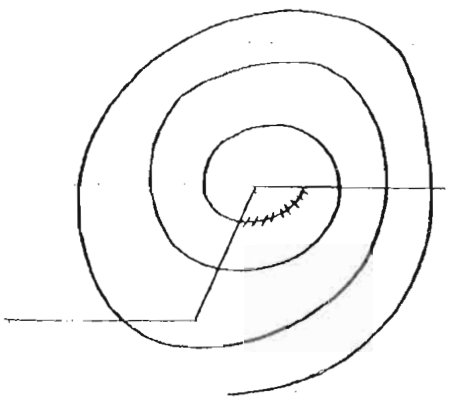
$H_{cr} = \frac{4C}{\gamma} \Leftarrow$

پایداری نمودار محدود با فرض سطح تنش دایره‌ای:









لگاریتم حلزونی مارپیچ

$r_{\text{واحد}}$ / θ	$5 \times \frac{\pi}{180}$	$10 \times \frac{\pi}{180}$	-	-	-
r	-	-	-	-	-

r تابع

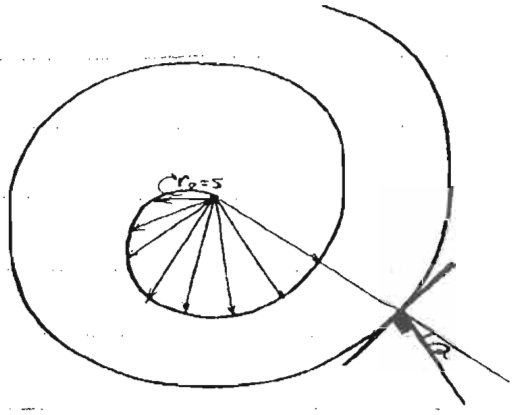
r_0 پارامتر انتهایی : ثابت : 5^m (EXP)

θ تغییر

φ پارامتر زاویه‌ای : ثابت : 45° (EXP)

$$r = r_0 e^{\theta \cot \varphi} \quad \frac{\text{حد دایره}}{\varphi = 0} \quad r = r_0$$

$r = 5e^{\theta \tan 45}$, $r = 5e^{\theta}$, $r = 5e^{\frac{5\pi}{180}}$, $r = 5e^{\frac{101\pi}{180}}$



دس اشباع ← نفوذش تدریجی ← $Q' \neq 0$ ← سطح نفوذش گذاریم جلوتر

دس اشباع ← نفوذش ناگهانی ← $Q = 0$ ← سطح نفوذش دایره‌ای

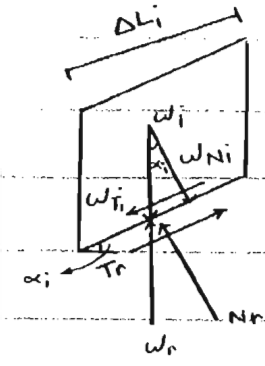
«تست» درچه جور حالتهایی فرض سطح نفوذش دایره‌ای با واقعیت تطبیق است

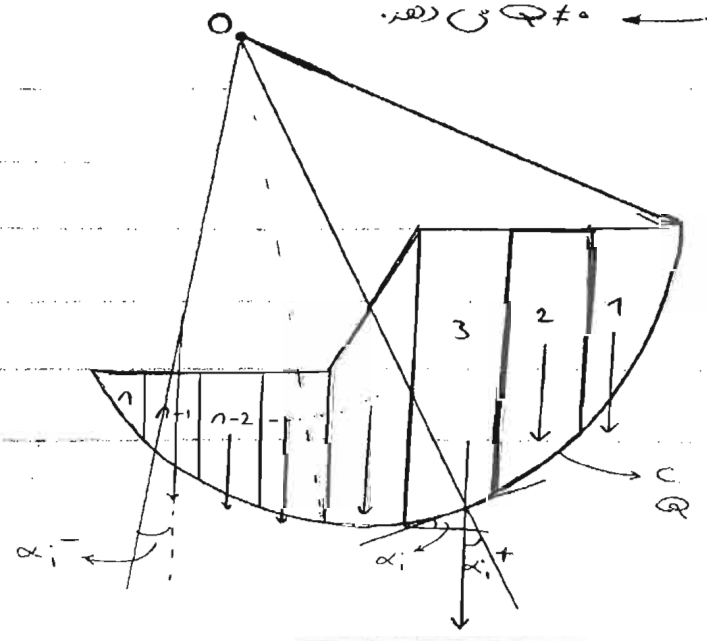
1) ش 2) فاله 3) ش، فاله و دس اشباع 4) حالتهای تقطیع شده

درحالتهای با $Q = 0$ ← آنیزنه 4

دس اشباع ← همیشه نفوذ $Q = 0$ نیست ← الرتست CD یا CL بزنیم

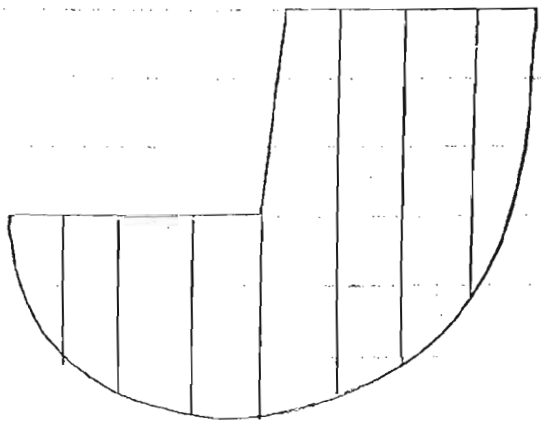
← $Q \neq 0$ ی دهد.





$$SF = \frac{\text{نیروی مقاوم}}{\text{نیروی محرک (خاک)}} = \frac{c \times \Delta L_i \times 1 + W_{Ni} \times \tan\phi}{W_{Ti}}$$

$$= \frac{\sum_1^n c\ \Delta L_i + W_i \cos\alpha_i \tan\phi}{\sum_1^n W_i \sin\alpha_i}$$



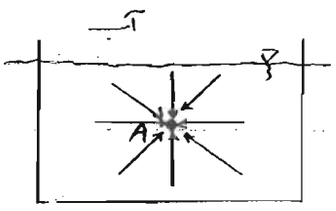
* نکته: برای جلوگیری از خزش، می‌بایست پوش خاک را با افزایش c و یا با افزایش ϕ

ϕ از دایره‌ی موهر، دور نمود.

«فشارهای افقی»

Retaining structure بارگذاری روی بناهای نگهبان

در آب :



$$u_A = u_{vA} = u_{hA} = \dots$$

$$u_h = 1 \times u_v$$

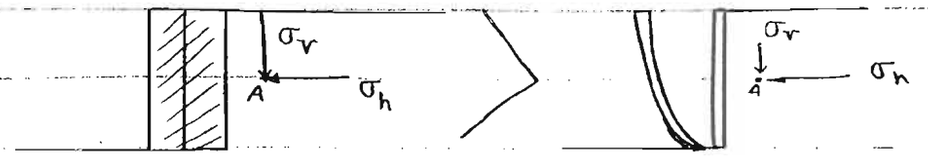
در خاک

$$\sigma_h = K \sigma_v$$

$$1 \leq K$$

or

$$K \leq 1$$

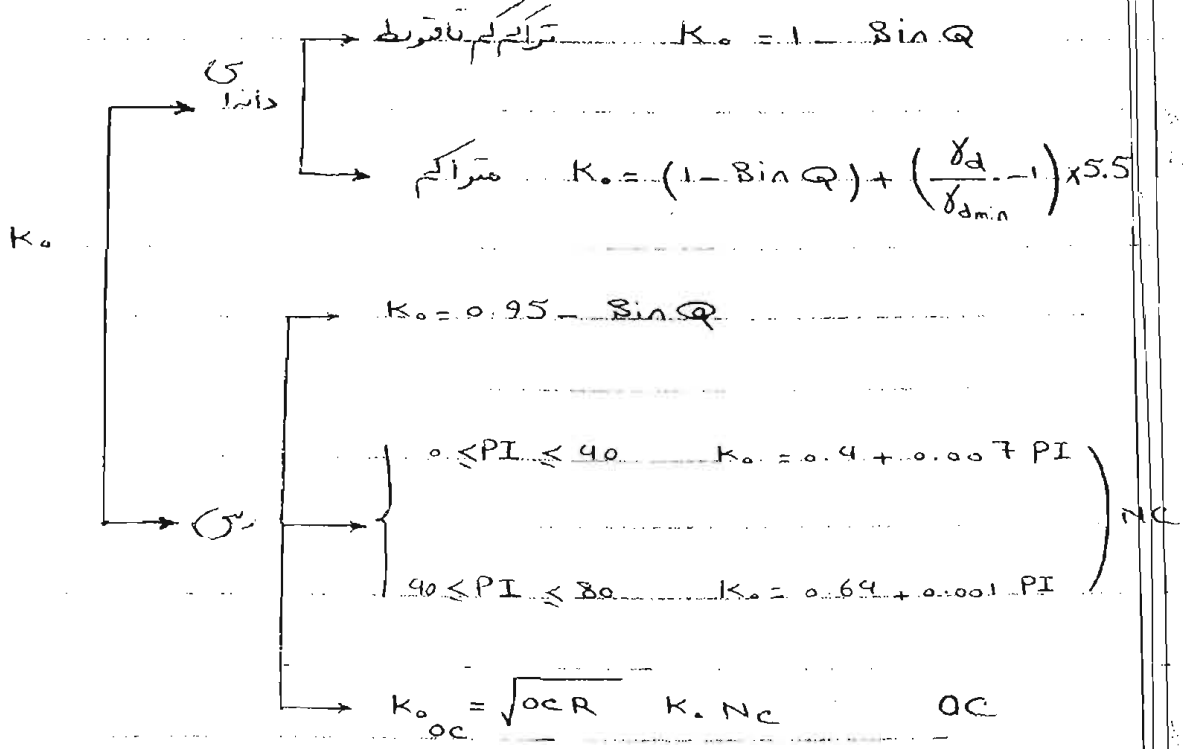


atreat ← دیوار ثابت active به سمت خارج (متحرک)

تنش افقی خاک (حالت سکون)

تعیین $\sigma_h = K_0 \sigma_v$

K_0 : ضریب فشار افقی خاک در حال سکون است.



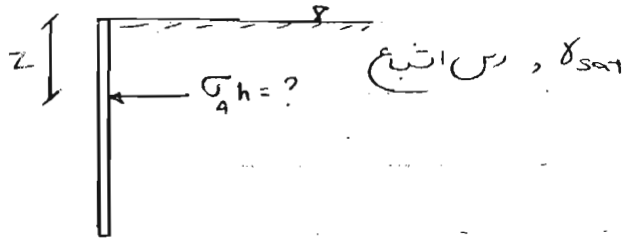
K_0 در ماسه های کم تراکم تا متوسط و رسهای NC، تقریباً کوچکتر از 1 است،

K_0 در ماسه های متراکم و رسهای OC می تواند احتمالاً از 1 بزرگتر باشد.

$\sigma_h = K_0 \sigma_v = K_0 (\gamma_{sat} * z)$ غ

$\sigma_h = K_0 (\sigma'_v + u_v) = K_0 \sigma'_v + K_0 u_v$ غ

$$\sigma_h = \sigma'_h + u_h = K_0 \sigma'_v + u$$

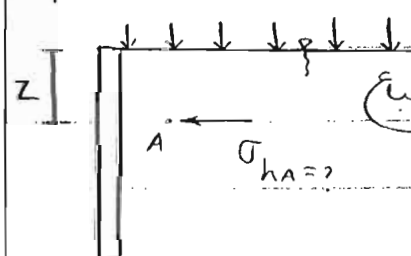


K_0 که مناسب است برای تبدیل فشارهای قائم به افقی باید در تنش مؤثر خاک ضرب شود چون در تنش کل فشار حفره‌ای آب است و K_0 برای آب 1 است.

① رس NC $\rightarrow \phi' = 30^\circ \rightarrow K_{0NC} = 0.95 - \sin 30 = 0.45 < 1$

② رس CC
- $OCR = 2 \rightarrow K_{0OC} = \sqrt{OCR}\ K_{0NC} = \sqrt{2} \times 0.45 = 0.7 < 1$
- $OCR = 9 \rightarrow K_{0OC} = \sqrt{9} \times 0.45 = 1.5 > 1$

چون آب را جداگانه محاسبات در نظر می‌گیریم همواره باید Φ زهکشی شده (ϕ) قرار دهیم.



در حالت کوتاه مدت وزن سربار به آب می‌رسد

و در بلند مدت به دانه‌ها می‌رسد.

$\sigma_{hA} = \sigma'_h + u =$

- کوتاه مدت: $= K_0 \gamma' z + (u+q) \times 1 = K_0 \gamma' z + u + 1 \times q$
- بلند مدت: $= K_0 (\gamma' z + q) + u = K_0 \gamma' z + u + K_0 q$

فاصله چه کوتاه مدت

چه بلند مدت $\quad |\Delta \sigma_h| = |(1 - K_0)| q$

* در رس اشباع کوتاه مدت: UU بحران‌آمیز ← این جمله برای حالت NC صحیح است اما برای OC نمی‌توان گفت (معدوم است)

* بعبارتی در رس های اشباع (OC) نمی‌توان صراحتاً گفت که در حالت کوتاه مدت σ_h بیشتر است و بحران‌زاست چون در حالت OC محل است K_0 از یک بزرگتر شده و وضعیت خاک بحران‌زا شود.

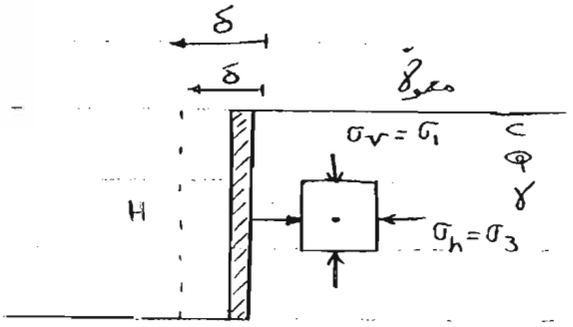
* در رس اشباع کوتاه مدت UU، بحران‌آمیز حالت است، در NC هم کوتاه مدت بحران‌زاست چون K_0 آن از یک کوچکتر است.

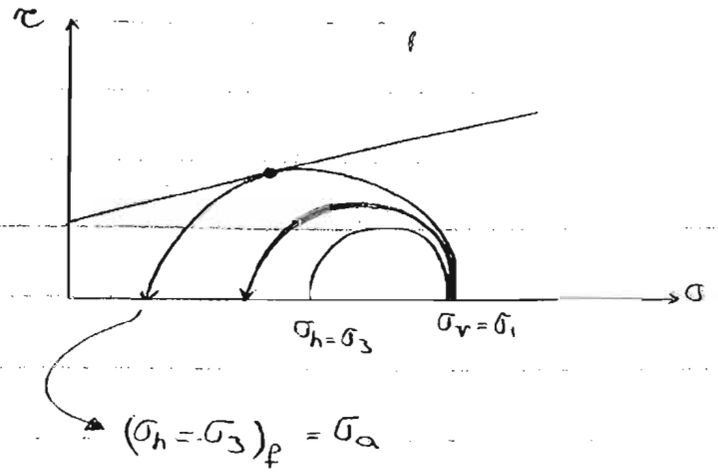
«فشارهای افقی خاک در حالت محرک»

برای این حالت خطالعمل در لحظهٔ خرابی صورت می‌گیرد.

خاک در مقابل فشار آنقدر جا خالی می‌دهد (دیوار در برابر خاک جا خالی می‌دهد) که خاک

خردی رسد.





$$\sigma_h = \sigma_{3f} = \sigma_a = \sigma_{1f}\tan^2\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right) - 2c\tan\left(45 - \frac{\Phi}{2}\right)$$

$$\sigma_a = \gamma Z K_a - 2C\sqrt{K_a} \quad \text{که} \quad K_a = \tan^2\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right)$$

$$K_a = \frac{1 - \sin\Phi}{1 + \sin\Phi}$$

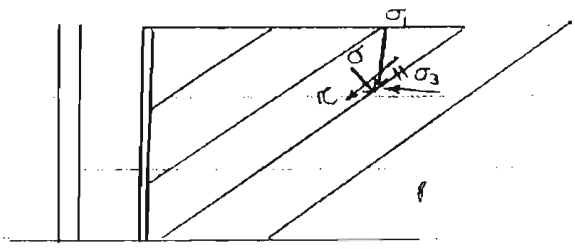
«تئوری رانکین»

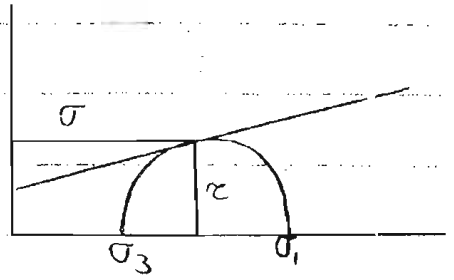
فرضیات:

که وجه پشتی دیوار قائم فرض می‌شود

که در تئوری رانکین اگر قرار باشد خرابی اتفاق بیافتد، همیار خرابی در هر عمق است

و خاک پشت دیوار در صفحات قطع دو بدی بیشماری لیغتدی شود





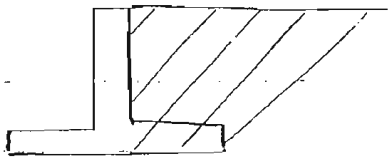
که در تئوری رانکین از نیروی دافق یا اصطکاک بین خاک و دیوار صرفنظر می‌شود

که عوامل خرابی < عوامل خرابی

واقعی P_a رانکین: محافظه‌کارانه P_a

حالت رانکین خرابی راحت‌تری برای خاک متصور است

در نزدیکی دیوار یا شفته بتنی، یا شفته زیر خاک جزیی از خاک محسوب می‌شود

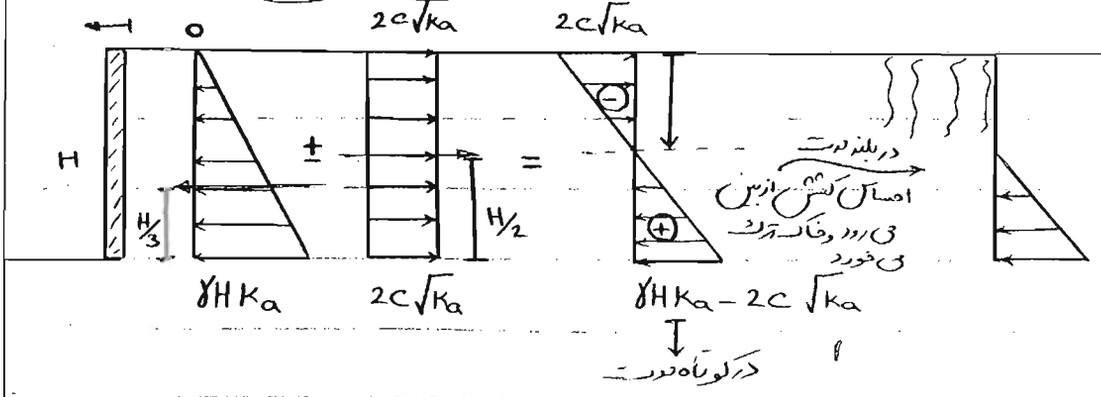


که در خاکریزهای دانه‌ای $0.001h < \delta < 0.004h$

که برای خاکریزهای چسبنده $0.01h < \delta < 0.04h$ است

$h = H$ ... « در دو مورد فوق »

$\sigma_a = \gamma z K_a - 2c\sqrt{K_a}$



$$\gamma Z_{cr} K_a - 2c\sqrt{K_a} = 0 \longrightarrow Z_{cr} = \frac{2c\sqrt{K_a}}{\gamma K_a} \Rightarrow$$

$$Z_{cr} = \frac{2c}{\gamma\sqrt{K_a}}$$

کوتاه مدت ← وجود تنش‌های کشش فوق

بلند مدت ← در ناحیه تنش‌های کشش فوق خاک پاره می‌شود

در کوتاه مدت داریم:

موازی با شیب خاکریز : فرض

P_a کل
- امتداد
- مقدار
- نقطه اثر

$$P_a = \frac{1}{2} \times \gamma H K_a \times H - 2C\sqrt{K_a}\, H \quad \text{kN/m} \ \text{ton/m}$$

$$\bar{Z} = \frac{\frac{1}{2}\gamma H K_a \times H \times H_3 - 2C\sqrt{K_a}\, H \times H/2}{P_a}$$

در بلند مدت داریم:

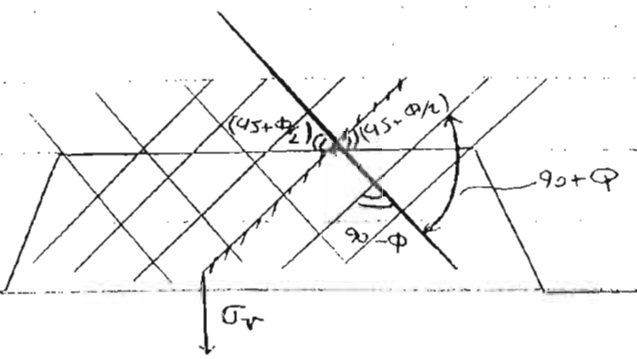
P_a کل
- امتداد
- مقدار
- نقطه اثر

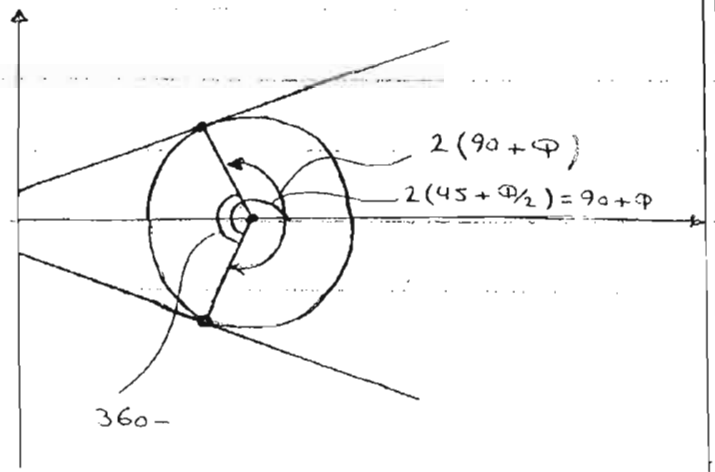
$$P_a = \frac{1}{2}\left[\gamma H K_a - 2C\sqrt{K_a}\right] \times \left[H - Z_{cr}\right]$$

$$\bar{Z} = \frac{H - Z_{cr}}{3}$$

$Z_{cr} = \frac{2C}{\gamma\sqrt{K_a}}$

سطوح و صفحات خرابی:

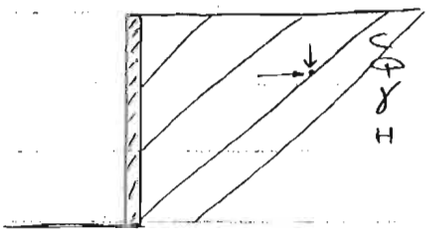


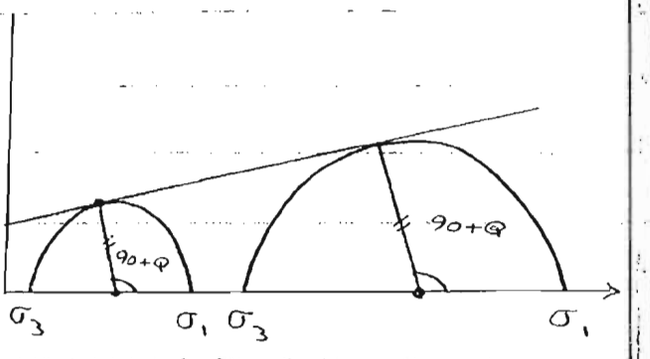


«رنکلند»

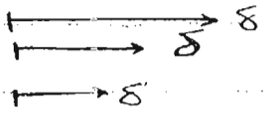
در حالت همان روابط P_a با $c=0$ بکار می‌رود.

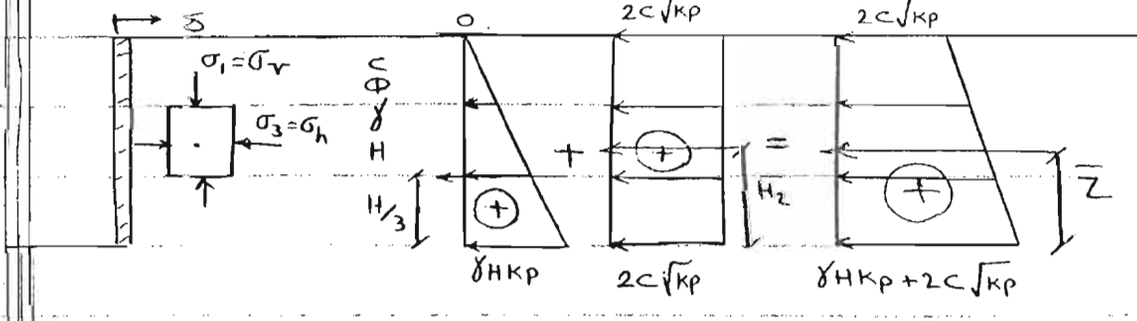
خاکریز در حالت سکون (passive) :

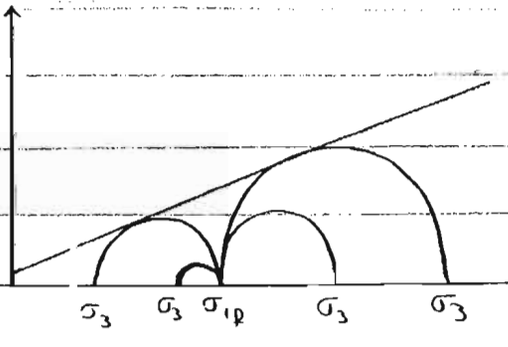




که همیشه بیشتر حالت مقاومت یک حالت گرک وجود دارد، زیرا هیچ‌گاه دیوار به خودی خود حرکت نمی‌کند.







تغییرمکان افقی لازم برای بروز خرابی مقادیر در طول خاک.

در فاصله‌های متراکم ..... 0.005 H

فاصله نرمال ..... 0.01 H

در سست ..... 0.01 H

در نرم ..... 0.05 H

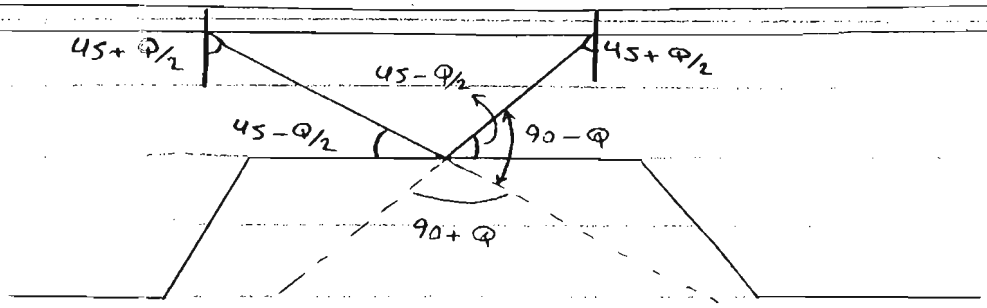
$$\sigma_h = \sigma_p = \sigma_{1p} = \sigma_{3p}\,\tan^2\left(45 + \frac{\varphi}{2}\right) + 2c\tan\left(45 + \frac{\varphi}{2}\right)$$

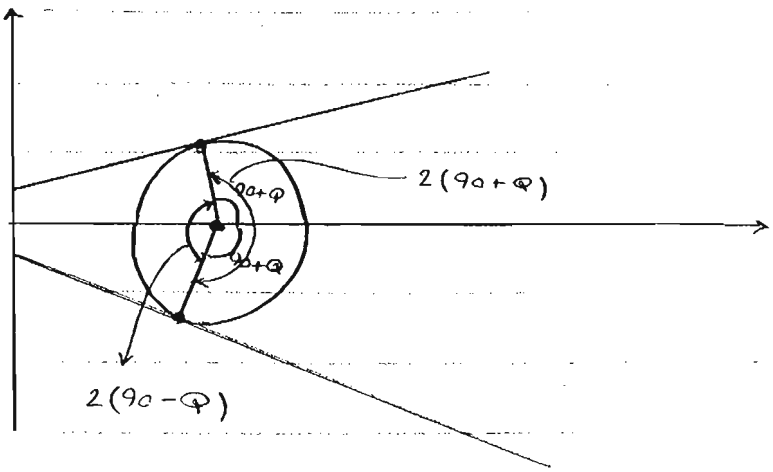
$$\Rightarrow \sigma_p = \gamma z K_p + 2c\sqrt{K_p} \quad \text{که} \quad K_p = \tan^2\left(45 + \frac{\varphi}{2}\right) = \frac{1+\sin\varphi}{1-\sin\varphi}$$

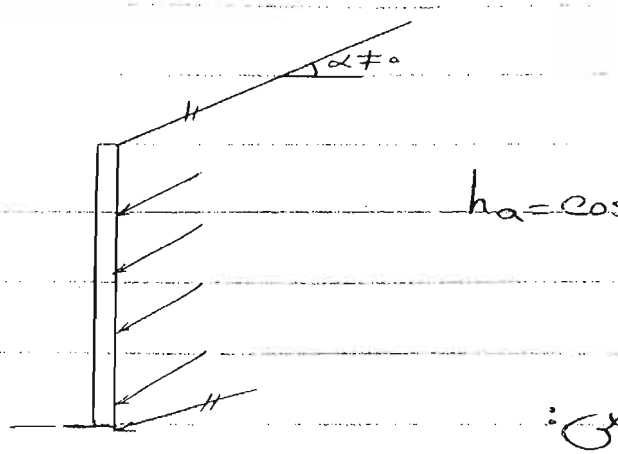
P_p

- امتداد ← موازی با شیب خاکریز فرض
- مقدار ← $P_p = \dfrac{2c\sqrt{K_p} + \gamma H K_p - 2c\sqrt{K_p}}{2} \times H$
- نقطه اثر ← $\bar{Z} = \dfrac{\frac{1}{2}\gamma H K_p \times H \times H/3 + 2c H\sqrt{K_p} \times H/2}{P_p}$

در ماسه ← $c = 0$







$$h_a = \cos\alpha \frac{\cos\alpha - \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\Phi}}{\cos\alpha + \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\Phi}}$$

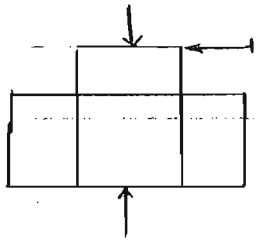
در حالت کلی: $K_a \times K_p = \cos^2\alpha$

اگر $\alpha = 0$ ← $K_a \cdot K_p = 1$

$$K_p = \cos\alpha \frac{\cos\alpha + \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\Phi}}{\cos\alpha - \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\Phi}}$$

$$K_a = \frac{1}{K_p} \leftarrow K_a = \frac{1-\sin\Phi}{1+\sin\Phi} \qquad K_p = \frac{1+\sin\Phi}{1-\sin\Phi}$$

تست: در یک خاک با فرض رفتار الاستیک K_0 چقدر است؟



$$\Sigma_h = \Sigma_z = 0$$

3-D قانون هوک : $\Sigma_x = \frac{\sigma_x}{F_x} - \mu\frac{\sigma_y}{F_y} - \mu\frac{\sigma_z}{F_z} = 0$

$$\Rightarrow \sigma_h - \mu\sigma_h = \mu\sigma_v$$

$$(1-\mu)\sigma_h = \mu\sigma_v \Rightarrow \frac{\sigma_h}{\sigma_v} = \frac{\mu}{1-\mu}$$

K_0

«نکات»

CD، CU، UU : $\sigma_h = \sigma'_h + u$ ، $\varphi = \varphi'$ سکون

UU : $\sigma_d = \gamma z \tan^2(45 - \frac{\varphi_{uu}}{2}) - 2c_{uu}\tan(45 - \frac{\varphi_{uu}}{2})$ گرک

پایداری کوتاه مدت دیوار مقابل خاک اشباع

متادم : $\sigma_d = \gamma' z \tan^2(45 - \frac{\varphi'}{2}) - 2c'\tan(45 - \frac{\varphi'}{2}) + u$

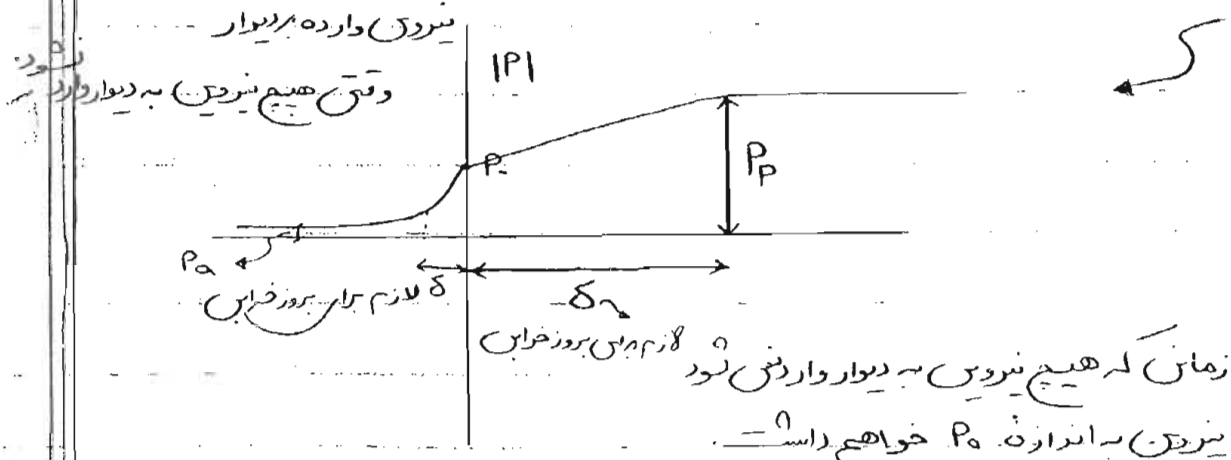
پایدارترین بلندمدت CD (حتی متعادل)

عوامل مقاوم

واقعی P_p < رانکین P_p

محافظه کارانه

* رانکین شرایط راحت تری برای خرابی خاک تصور می شود.



زمانی که هیچ نیرویی به دیوار وارد نشود نیروی به اندازه P_0 خواهیم داشت.

$$K_a = \frac{1-\sin\varphi}{1+\sin\varphi} < K_0 \equiv 1-\sin\varphi < K_p = \frac{1+\sin\varphi}{1-\sin\varphi}$$

چهارشنبه ۸۵/۶/۸ « مکانیک خاک » « جلسهٔ بیستم فوق العاده »

عدد پایداری در حالت کلی توزیع فشار افقی پشت دیوار:

ضریب اطمینان $SF = \frac{\text{عوامل مقاوم}}{\text{عوامل خراب}}$

عوامل مقاوم	عوامل خراب
نیروی	نیروی
لنگر	لنگر
ح مقاوم	ح خراب

صورت و مخرج از یک جنس است مرز آن $SF = 1$

بزرگتر ← عدم خرابی

کوچکتر ← خرابی

عدد پایداری (معمولاً چسبنده) $m = \frac{\text{عوامل مقاوم}}{\text{عوامل خراب}} = \frac{c}{H\gamma}$

صورت و مخرج از یک جنس نیست

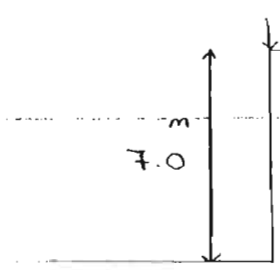
مرز الزاماً $m=1$ نیست

بزرگتر ← عدم خرابی

کوچکتر ← خرابی

$m = ?$

« تست » شیروانی با $m = 0.25$ دارای چه حداکثر ارتفاعی است؟ حال که ارتفاع آن $7.0\,m$ است، چه مقدار بار برداری توانند تحمل کند؟



$\varphi = 0$

$c = 50\ KN/m^2$

$\gamma = 20\ KN/m^3$

$H_{cr} = \frac{4c}{\gamma}$

حل:

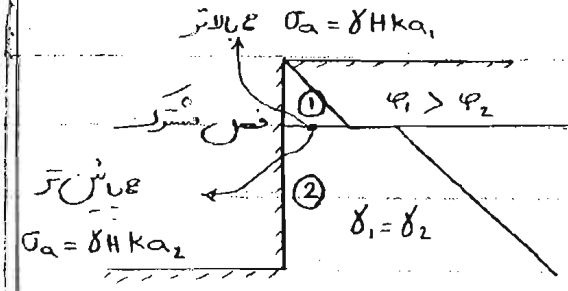
$m = 0.25 = \frac{c}{\gamma H} = \frac{50}{20H} \Rightarrow \boxed{H = 10\ m}$

ب) با $\gamma = 20$ تا حداکثر ارتفاع $H = 10\,m$ را می‌تواند داشته باشد ← حال که ارتفاع 3 متر کمتر است

حاشیهٔ آن بار برداری نداریم ← $60 = 3 \times 20 = 3\gamma$ ← بار $= 60\ KN/m^3$

حال آورد خاک داشته باشیم:

نحوه توزیع فشار:



لایه بالایی بیشتر
در فصل مشترک شکست داریم
لایه پایین تند

$$\frac{\partial \sigma_v}{\partial z} = \gamma \qquad \sigma_v = \gamma z$$

$$\sigma_a = \sigma_h = \gamma_z K_a - 2c\sqrt{K_a} \Rightarrow \sigma_a = \gamma_z K_a$$

$$\sigma_a = \gamma_z \tan^2\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right)$$

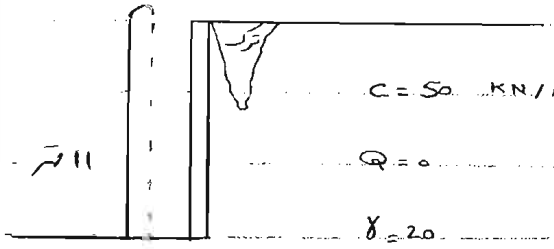
$$\varphi_2 > \varphi_1 \longrightarrow \tan_2 > \tan_1$$

$$\Rightarrow K_{a_1} < K_{a_2} \quad \Rightarrow \quad \sigma_a = \gamma_z K_a$$

$$\frac{\partial \sigma_a}{\partial z} = K_a \gamma$$

$$\left(\frac{\partial \sigma_a}{\partial z}\right)_1 = K_{a_1}\gamma < \left(\frac{\partial \sigma_a}{\partial z}\right)_2 = K_{a_2}\gamma$$

(EXP



$\gamma_z K_a$

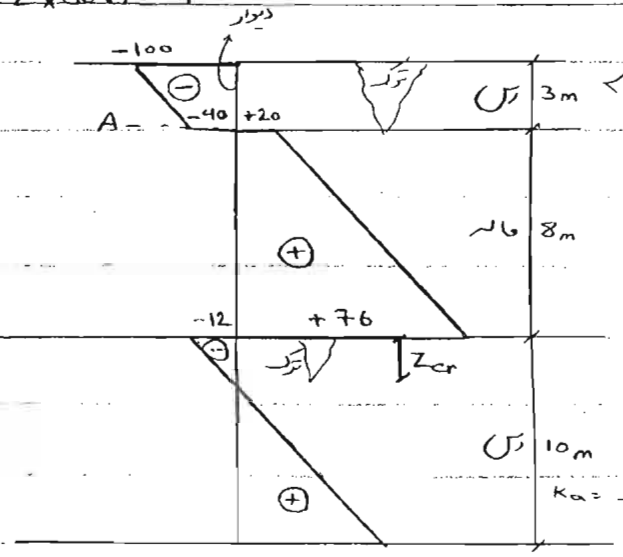
$$Z_c = \frac{2c}{\gamma\sqrt{K_a}}$$

$$\sigma_a = \gamma_z K_a - 2c\sqrt{K_a} \qquad K_a = \frac{1-\sin\varphi}{1+\sin\varphi} = 1$$

$$\Rightarrow Z_c = \frac{2 \times 50}{20\sqrt{1}} = 5\ m$$

عمق ترک

$\sigma_v = 0$, $\sigma_h = 0 - 2 \times 50\sqrt{1} = -100$



(EXP

در تراز A :

تَرَک ی خورد $\sigma_h = 60 \times 1 - 2 \times 50 \times \sqrt{1} = -40$: بالای ε

$\sigma_v = 3 \times 20 = 60$

تَرَک ی خورد $+20$: پائین ε $\sigma_h = 60 \times \frac{1}{3} - 2 \times 0 \times \sqrt{\frac{1}{3}} = +20$

در تراز B : مربوط به یک ε بالاتر در ماسه $\sigma_v = 3 \times 20 + 8 \times 21 = 60 + 168 = 225$

$\sigma_h = 228 \times \frac{1}{3} - 2 \times 0 = +76$

مربوط به ε پائین تراز B در رس $\sigma_h = 228 \times 1 - 2 \times 120 \times \sqrt{1} = 228 - 240 = -12$

$\sigma_a = (228 + 10 \times 22) \times 1 - 2 \times 120\sqrt{1} = 448 - 240 = 208$

تَرَک رس دوم

$\frac{Z_{cr}}{12} = \frac{10 - Z_{cr}}{\sigma_a} \longrightarrow Z_{cr} = \ldots$ تَرَک رس دوم

تَرَک رس دوم

$\sigma_h = \frac{\gamma z}{228 \times 1 - 2 \times 120\sqrt{1}} = -12$ حداقل چقدر سربار روی سطح زمین بگذاریم تا ترک نا حیه پائین رس هم بیاید؟

$\sigma_h = (228 + q) \times 1 - 2 \times 120 \times \sqrt{1} = 0$

q_{min}

«سؤال کلیم»

معادله سرعت خروج آب برحسب زمان در یک رس در حال تکلیم $V = 10e^{-2t}$ m/year

مطلوبست درصد تکلیم پس از یکسال. $U\% = ?$

$$U\% = \frac{S_t}{S_0} \equiv \frac{x = uxt \rightarrow dx = udt \rightarrow x = \int udt = S}{x = uxt} = \frac{\int_0^1 10e^{-2t}\,dt}{\int_0^\infty 10e^{-2t}\,dt}$$

$$= \frac{e^{-2t}\Big|_0^1}{e^{-2t}\Big|_0^\infty} = 1 - \frac{1}{e^2} = 86.5\%$$