دینامیک خاک

جلسه اول ۱۴۰۲/۰۹/۰۱

* مراجع

1) Soil Behavior In Earthquake Geotechnic ; kenji Ishihara ; pdf ; انتشارات اکسفورد فصل ۱ تا ۳ دینامیک خاک.

2) Geotechnical Earthquake Engineering ( Steven L. Kramer ) فصل ۱ تا ۳ دینامیک خاک

3) Geotechnical Earthquake Engineering Towhata نویسنده ژاپنی

۴) فایل ورد و پاورپوینت ارزیابی TC4 - دستورالعمل کمیته فنی انجمن ژئوتکنیک

۵) راهنمای طراحی ارزیابی اسلایدها

۶) جزوه پی در دینامیک

۷) فایل های پاورپوینت

* ارزیابی

عمل: آیا مساله داشته باشد

میان ترم ۸ نمره - پیش نیاز معنوی است. حضوری است.

پایان ترم ۱۲ نمره - محاسباتی (جداول ۳ تا مسئله) } بیشتر $\frac{۸}{۱۲}$

↳ از هر مبحث یک مساله و زمان هر مساله تا ۱ ساعت می باشد.

تکلیف (پیش پروژه) ۲ تا ۴ نمره ← معمولاً تا میان ترم نمره داده می شود (نمره نهایی از ۲۰ حساب می شود)

نمره تشویقی ۲ نمره پایین تر ← ۱۰ تا ۱۲ نمره در کلاس داده می شود که اگر همه درست حل شود نمره تشویقی کامل داده می شود

↳ وباقی بیشتر $\frac{۸}{۱۲}$

۲ تا ۳ نمره اول هر جلسه - به نمرات تشویقی اضافه می شود.

↳ از قبل تعیین می شود.

حضور در کلاس مهم است.

حجم مطالب زیاد است در طول ترم باید مطالعه شود.

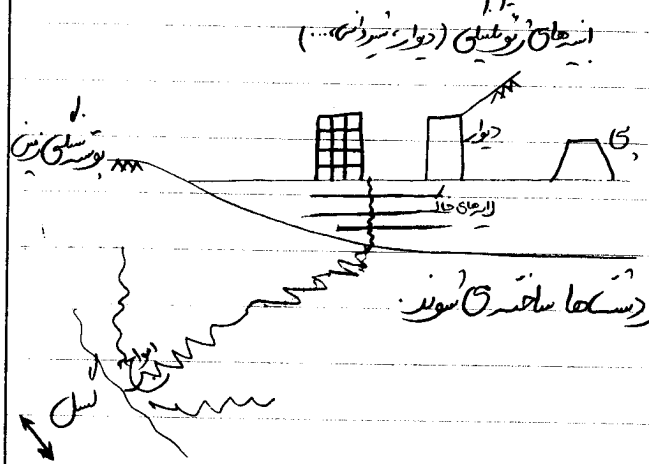
* سرفصل ها

۱- پارامترها و رفتار دینامیکی خاک ها ← از مرجع !

۱-۱- بررسی های دینامیکی خاک / تفاوت بررسی های دینامیکی و استاتیکی
۱-۲- پارامترهای رفتار دینامیکی خاک ها در بررسی های لوجک
۱-۳- پارامترهای رفتار دینامیکی خاک ها در بررسی های متوسط
۱-۴- روش های تعیین و اندازه گیری پارامترهای رفتار دینامیکی خاک ها
۱-۴-۱- روش های آزمایشگاهی
۱-۴-۲- روش های اندازه گیری آزمایشگاهی و میدانی
۱-۴-۳- مدل های ریاضی

* انواع پارامتر رفتار دینامیکی

- زلزله (رفتار لرزه ای)
* زمین بر اثر عبور امواج از خانه لایه های زمین ایجاد می شود.
سازه ها روی بستر زمین ساخته می شوند.
همان خاک که می بینیم.




* منبع ایجاد زلزله = گسل

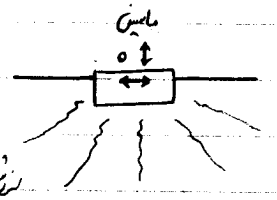
- در اثر جابجایی گسل ها، امواجی منتشر می شوند و به لایه های سطح زمین می رسند. وقتی این امواج به لایه های نرم برخورد می کنند دچار سستی می شوند و باعث لرزش در سازه ها می شوند.
تغییر جهت می دهند

- امواج تحت تأثیر لایه های خاک قرار می گیرند، تأثیر لایه های خاک روی امواج وابسته به خواص دینامیکی خاک (سرعتی، سختی، ...) است.

- برای طراحی لایه های ژئوتکنیکی نیاز به پارامترهای دینامیکی داریم.
مثلاً اگر زلزله بر سد خاکی وارد شود این تنش ها از جنس دینامیکی هستند و پارامترهای استاتیکی برای طراحی لرزه ای به درد ما نمی خورند پارامترهای دینامیکی هم هستند.

Subject: Date:

* بارهای دینامیکی تنها منحصر به زلزله نیستند مثلاً نیروهای ناشی از ماشین آلات روی جزء بارهای دینامیکی است.
* در حالت نظری هر ماشین نیروی ماشین بین تراست و برعکس.




* در اثر نیروی خود ماشین دهار نیروی ی شود این نیروی ناشی از ماشین آلات ی است.

جابجایی معجاز ی ماشین آلات < جابجایی ی

* اولین عامل برای طراحی، میزان ارتعاشات مجاز برای ماشین ی باشد.
* فرکانس طبیعی ماشین و زمین سازه‌ای نباید نزدیک به هم باشد چون پدیده تشدید اتفاق می‌افتد.
معمولاً ضریب اطمینانی حدود ۱,۵ در نظر می‌گیرند $f < \frac{2}{3} f_n$ $f$: فرکانس کاری ماشین، $f_n$: فرکانس طبیعی سیستم
* جدا کردن ماشین از زمین به سازه باشد و حد از ماشین آلات و ... ی باشد نباید با فرکانس‌های دینامیکی داشته باشد.
مثلاً نوع سنگین از پدیده تشدید: فرکانس تقریباً مثل های ایجاد شده در حالت تشدید و فرکانس آن نسبت به مقادیر مجاز ی باشد.

۲- پدیده زلزله (یکی از مهمترین بارگذاری‌های دینامیکی)

۲-۱- علت ی پدیده زلزله و علل ایجاد آن
۲-۲- تعریف پارامترهای ی زلزله
۲-۳- تقسیم و بندی ی پارامترهای زلزله (تحلیل خطر زلزله)
۲-۴- اندازه بزرگی زلزله

۳- معادلات انتشار امواج

۳-۱- معادله امواج بدنی افقی (پیشترین جابجایی را در سازه ایجاد می‌کند و بیشترین انرژی زلزله را حمل می‌کنند)
۳-۲- روش‌های حل معادله موج بدنی (معادله فرانسل) ۱- حل معادله انتشار موج در محیط‌های همسان و همگن دارای سختی خطی
۲- " " " " " " دارای سختی و میرایی
۳- " " " " " " غیرهمسان دارای سختی و میرایی (الاستیک)
۴- " " " " " " غیرهمسان الاستیک دارای سختی غیرخطی و در برابر انتشار موج نامتقارن

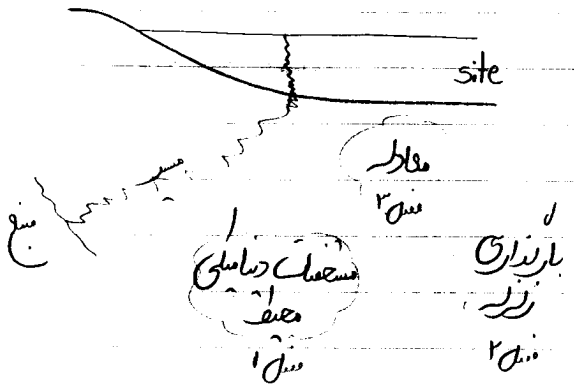
* در محیط‌های الاستیک همگن همسان است.

* ساحلاه = site = زمینی که خاک وجود دارد.
* اثرات ساحلاه = هر اثری که زلزله بر ساحلاه دارد = site Effect

تا آخر فصل ۳ امتحان میان ترم.

۱- الاستیک خطی
الاستیک غیرخطی (الاستوپلاست)

* مقاله انتشار امواج نیاز به بارپذیری و مشخصات دینامیکی محیط دارد.



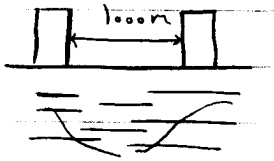

۴- آثرات ساختگاهی

۴-۱- شواهد مشاهداتی و واقعی آثرات ساختگاهی (از فصل ۳ کتاب بررسی)
۴-۲- انواع آثرات ساختگاهی

نوع خاک
تئوری امواج سطحی
تئوری امواج عمقی

بعضی دلیل آثرات زلزله در سازه‌ها یکسان نخواهد بود و می‌تواند خرابی آن‌ها را شدید یا تقلیل دهد.

* جنس و نوع و عوامل لایه‌بندی خاک در نقاط مختلف متفاوت است.
* در ۱۰۰۰ متر اثر زلزله در سنگ مستحکم سطح تغییر زیادی ندارد.




۴-۳- اثر نوع خاک بر آثرات ساختگاهی
۴-۴- اثر توپوگرافی سطحی و عمقی
۴-۵- پهنه‌بندی آثرات ساختگاهی
* مدفونی تنگ افزار
* تمرین

* امواج سطحی ← توپوگرافی سطحی
* امواج بدنه ← توپوگرافی عمقی و سطحی

۵- روانگرایی Liquefaction

۵-۱- روش‌های روانگرایی
۵-۲- ملاک روانگرایی
۵-۳- مرور مقاله تونیک ماسه‌ای اشباع در شرایط زهکشی نشده
۵-۴- بررسی پتانسیل روانگرایی
۵-۵- محاسبات مربوط به عوارض ناشی از روانگرایی (نشست و ساورشدن سازه‌های مدفون)

* در لایه‌های اشباع دانه‌ای، امواج برشی می‌توانند ناپایداری ایجاد کنند. در لایه‌های ماسه‌ای دانه‌بندی یکنواخت زلزله‌ی توانایی لایه‌ها را سست کند تا جای دانه‌ها عوض شود. روانگرایی
* ناپایداری ↔ روانگرایی

Subject: Date:

۶- رفتار لرزه‌ای (دینامیکی) سازه‌ای‌ها

۶-۱- روش تحلیل و طراحی — روش سه استاتیکی، روش دینامیکی ساده (روش نیومارک)، روش دینامیکی کامل

مدل نوع انفراد - تعیین

۷- رفتار لرزه‌ای (دینامیکی) دیوارهای بلوکان

۷-۱- روش سه استاتیکی — دیوار با حائل برشی بدون استاع (۸-۵)
دیوار با حائل برشی استاع (سفت)
اندرکنش خاک - آب و دیوار

۷-۲- روش دینامیکی ساده (روش ریچارد و الر R-E)

۷-۳- روش دینامیکی کامل

۸- پی‌های مرتفس (علن است درس داده شود، بسیلی به زمان دارد)

۸-۱- معادله ارتعاش پی

۸-۲- حل ارتعاش پی با روش‌های مختلف

Subject: _____ Date: _____

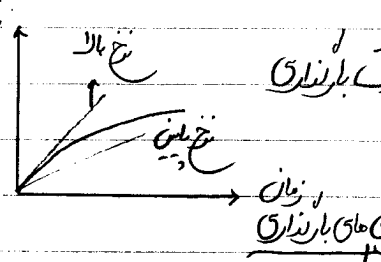
Subject: Date:

جلسه دوم ۹۱/۷/۲

* پدیده‌های دینامیکی

بارنداری: اعمال نیرو و تنش در یک محیط در بستر زمان

نرخ بارنداری: شیب نمودار تنش - زمان = آهنگ یا سرعت بارنداری




ویژگی‌های بارنداری

* تقسیم بارنداری‌ها (پدیده‌های بارنداری طبق فرم، بار، زمان تقسیم‌بندی می‌شوند)

* فرم: ۱- مونوتونیک = با آهنگ ثابت
۲- رفت و برگشتی (منظم، نامنظم)

* بار بارنداری: ۱- دائمی ۲- گذرا

* زمان بارنداری (سرعت): ۱- سریع ۲- کند

* بارنداری مونوتونیک: اگر نرخ بارنداری افزایشی یا کاهشی باشد بارنداری مونوتونیک نام دارد. (با آهنگ ثابت)
مثال: افزایش بی‌رحمانه بار ساختمان در حین ساخت ← مونوتونیک افزایشی
مونوتونیک: بار بارنداری تغییر جهت ندارد ← زمان

* بارنداری دوره‌ای = رفت و برگشتی = cyclic = اگر نرخ بارنداری به صورت دوره‌ای، افزایشی یا کاهشی باشد بارنداری دوره‌ای نام دارد.
بارنداری دوره‌ای پدیده‌های دینامیکی

مثال: بارهای ماشین‌آلات باری منظم با سال‌های مونوتونیک و دائمی ۲ از نوع رفت و برگشتی گذرا

* بارنداری پریودیک: اگر دوره کاهشی یا افزایشی نرخ بارنداری منظم باشد بارنداری پریودیک نام دارد.

* بارنداری غیر پریودیک: اگر دوره کاهشی یا افزایشی نرخ بارنداری نامنظم باشد بارنداری غیر پریودیک نام دارد.

* بارنداری سریع: اگر افزایش دوره‌ای بارنداری به ثانیه باشد، بارنداری سریع نام دارد = بارنداری دینامیکی
مثال: انتخاب، زلزله

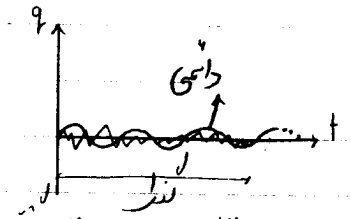
* بارنداری کند: اگر افزایش دوره‌ای بارنداری به دقیقه و ساعت باشد بارنداری کند نام دارد. = بارنداری استاتیکی
مثال: ساخت یک ساختمان

* اگر بارگذاری مونوتونیک باشد ← تند باشد ← دینامیکی (در کسری از ثانیه) ← مثل بارهای ناشی از انفجار

* اگر بارگذاری ... باشد ← کند باشد ← استاتیکی (زیر 1Hz)

* برای تعیین نوع بارگذاری عامل زمان و مدار هم هستند

* بارهای دینامیکی هم می‌تواند مونوتونیک باشد هم دوره‌ای

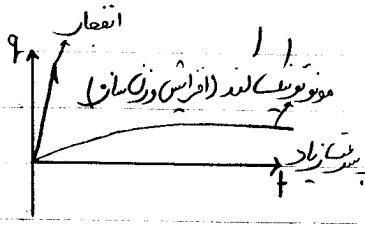



* بارگذاری زلزله به صورت کند، نامنظم، رفت و برگشتی

* بارگذاری ماشین آلات (دنده‌ها، شفت‌ها و ...) به صورت سینوسی و با نوسان زیاد و منظم، دائمی، رفت و برگشتی

* در جاده‌ای تردد ماشین آلات وجود دارد ← رفت و برگشتی، نامنظم، دائمی

* امواج دریا = نامنظم و دائمی و رفت و برگشتی




* ضربه = Impact مقدار زیادی بارهای ضربه‌ای فقط یک بار است

شبیه بارگذاری‌های مونوتونیک است ولی در زمان کوتاه و با شدت زیاد

مثال = بارهای انفجار ← مونوتونیک سریع

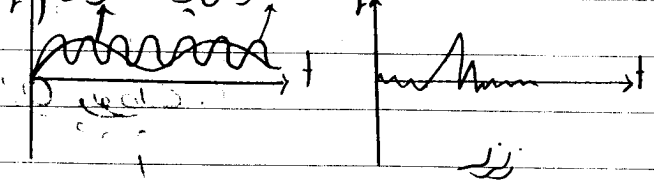
* در یک بارگذاری رفت و برگشتی، اگر فرکانس بارگذاری زیاد باشد بارگذاری حالت دینامیکی دارد. (در حد میلی ثانیه) (شبیه ضربه باشد)

* در یک بارگذاری رفت و برگشتی، اگر فرکانس بارگذاری کم باشد بارگذاری حالت استاتیکی دارد. (در دقیقه باشد)

* در دینامیک خاک خیلی به سرعت بارگذاری (فرکانس) توجه می‌شود اما به طور کلی بارگذاری‌های رفت و برگشتی را دینامیکی محسوب می‌کنیم

① بیشتر رفت و برگشتی‌هامون سیکلیه ← ۱) بارگذاری رفت و برگشتی با فرکانس بالا ← دینامیکی

۲) بارگذاری رفت و برگشتی با فرکانس پایین ← cyclic




* در فنا خاک سرعت رفت و برگشت تأثیر ندارد ولی خود رفت و برگشت تأثیر دارد.

* اگر تعداد بار بارگذاری‌ها - چه منظم چه نامنظم - بیش از یک بار در واحد زمان باشد ← دینامیکی

15Hz = 15 رفت و برگشت در واحد زمان

معمولاً فرکانسی بارگذاری زلزله 15Hz می‌باشد

cyclic ⇒ بارگذاری زیر 1Hz

② شبیه مثل ① ...

clips ITM

Subject: Date:

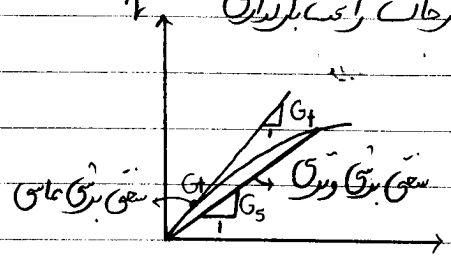
* خاک در معرض امواج دریا ← دینامیک خاک حساب می‌شود.

* پدیده‌های در معرض بارگذاری یک جهته ← دینامیک خاک حساب نمی‌شود
(حتی اگر بارگذاری سیکلی باشد)

* بارگذاری زلزله از کدام دسته است؟
در بارگذاری دینامیکی با امواج برشی سروکار داریم پس هر وقت صحبت از تنش برشی مطرح شد یعنی دینامیک است.

* تنش برشی ($\tau$) و تنش برشی ($\tau_d$) تا تنش برشی از تنش نرمال ($\sigma$) و تنش نرمال ($\sigma_d$) در بارگذاری دینامیکی دارند.

* پارامترهای رفتار دینامیکی ← پارامترهای دینامیکی خاک، پارامترهای هستند که رفتار خاک را تحت بارگذاری رفت و برگشتی توصیف می‌کنند.

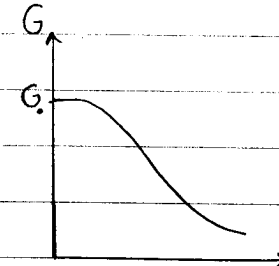



سختی برشی مماسی = $G_t$ = در هر نقطه نسبت تنش به کرنش = سختی برشی مماسی
خط مماس بر منحنی در نقطه برش مورد نظر

سختی برشی ثانویه = سختی برشی وتری = $G_s$ ← معمولاً متداول تر است.
= تنش را به نسبت مختصات وصل کنیم.

* هرچه $\gamma$ ↑ ⇐ $G_t$ ↓

* منحنی رفتار غیرخطی خاک‌ها (منحنی تغییرات سختی برشی)




چون رفتار خاک غیرخطی است با تغییرات کرنش، تغییرات سختی داریم

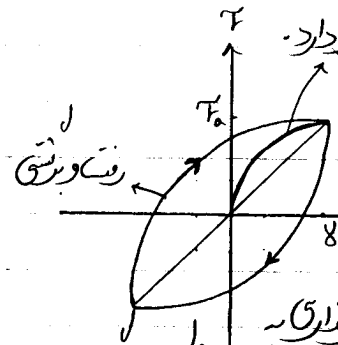
$G_0$ = سختی برشی در کرنش‌های بسیار پایین . G=shear modulus

* در المان خاک‌ها تفاوت E و G دینامیکی و استاتیکی مربوط به سطح کرنش است که خاک تحمل می‌کند به عبارتی E دینامیکی، G دینامیکی مفهوم جدیدی ندارد بلکه بسته به میزان کرنش‌ها (پایین، بزرگ) می‌توانیم سختی‌ها را مربوط به بارگذاری دینامیکی و یا استاتیکی در نظر بگیریم.

* بارگذاری ← ۱) مونوتونیک ← استاتیکی
۲) رفت و برگشتی ← دینامیکی

* در دینامیک خاک، خیلی به سرعت بارگذاری توجه می‌کنیم مثلاً در خاک‌های رسی اشباع با PI بالا.

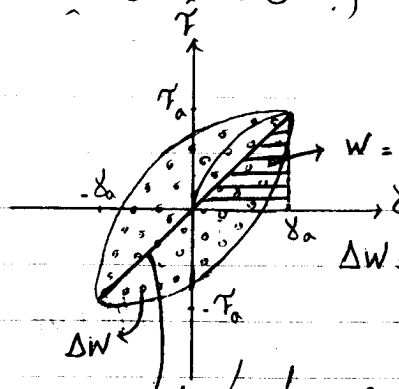
* ویژگی رفتاری خاک ها در منحنی هیسترزیس




روی منحنی مونوتونیک قرار دارد.

رفتار خاک را در بارگذاری های مونوتونیک تا محدوده خطی ($\gamma_0$) در نظر میگیریم و در بارگذاری های رفت و برشی باید Loop در نظر گرفته شود.

* منحنی هیسترزیس: رفتار خاک ها در بارگذاری (افزایش تنش) غیرخطی است با عکس حالت بارگذاری به حالت باربرداری و اعمال تنش در جهت برعکس و بارگذاری مجدد بارگذاری منحنی بسته ای موسوم به منحنی هیسترزیس شکل می گیرد.
* در خاک ها نمودار هیسترزیس متقارن خواهد بود.




انرژی داخلی سنگ المان = مساحت زیر خط منحنی المان = W

سطح محصور Loop = انرژی مستهلک شده خاص = $\Delta W$

$G_s$ = حد فاصل نقطه حداکثر تنش به نقطه حداقل تنش (به ازای یک بار لنگ)

$G_s$ : منحنی بری دینامیکی خاک ها ⇐ $G$ سکانتی = $G$ دینامیکی

$$\tau = G_s \gamma_0$$

Damping Ratio = نسبت میرایی = $D = \frac{1}{4\pi}\frac{\Delta W}{W}$ (استهلاک)

$$\left.\begin{array}{l} D = \frac{1}{4\pi}\frac{\Delta W}{W} \\ \eta = \frac{1}{2\pi}\frac{\Delta W}{W} \end{array}\right\} \quad D = 0.5\eta$$

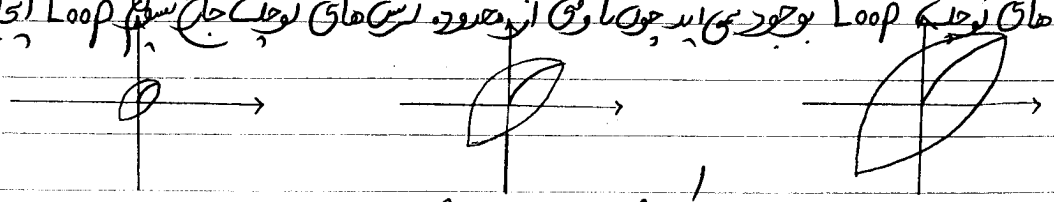
در تنش های بزرگ، چون اصطکاک دانه های خاک ناهش می یابد، استهلاک انرژی بیش تری شود و در نتیجه $D$ بیش تری شود. ↓$G$

رفتار المان در بارگذاری رفت و برشی ⇐ $D = 0$

زیرا در ناحیه خطی رفتار خطی است.

* اگر $\gamma_0$ بزرگ باشد می توان گفت که Loop تشکیل نمی شود ⇐ $D \approx 0$ است.

در بارگذاری های لرزه ای Loop بوجود می آید چون تا حدی از محدوده تنش های لرزه خاج تسلیم Loop ایجاد نمی شود.

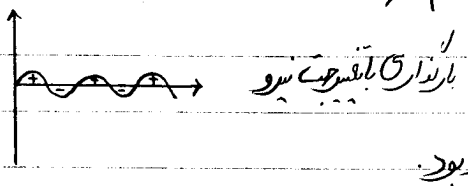


افزایش $\Delta W$، ناهش $G$، افزایش $D$

روند افزایش سطح Loop بیش تر از روند افزایش مماس است. از چپ به راست ⟶

بارنداری بدون تغییر جهت بارنداری (یعنی بار همیشه مثبت است)

* بارنداری Reversal = بار هم منفی است و هم مثبت




اگر بارنداری با تغییر جهت بارنداری همراه باشد رفتار خاک متفاوت خواهد بود.

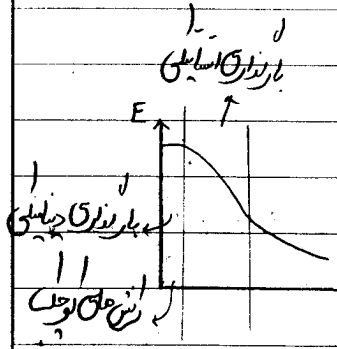
* آیا رفتار استاتیکی و دینامیکی خاک‌ها با هم تفاوت دارند؟
* حدیدها (بارنداری‌ها) استاتیکی و حدیدهای دینامیکی هستند؟

* سرعت مصالحی که سرعت بارنداری در آن‌ها موثر است و سلوژی لوئیع، در واقع وسلوژیته بارامتری است که با سرعت بارنداری روی مصالح وسلوژیه رابطه‌ای دارند. مثلاً رس‌های اشباع با PI بالا از خود رفتار وسلوژی نشان می‌دهند. ← تنها مکانیزمی که در برابر سرعت مقاومت در جسم ایجاد می‌کند خاصیت وسلوژی نام دارد.

* وسلوژیته همواره بسیار کم است.

* اگر آب بین دانه‌های خاک وجود داشته باشد و PI بالا باشد ممکن است که خاک از خود رفتار وسلوژی نشان دهد ولی در خاک‌های خشک وسلوژیته مفهومی ندارد.

* احساس وسلوژی در مقابل افزایش بار، مقاومت بالایی از خود نشان می‌دهد.




* معمولاً رفتار دینامیکی خاک‌ها در محدوده زمان‌های $10^{-5}$ دیده می‌شود.

* در آزمایش دانام رو سرو رفتار خاک خطی است و سختی در این محدوده بیشترین مقدار خود را دارد و رفتار دینامیکی خاک را می‌توان در این محدوده در نظر گرفت.

* بارنداری استاتیکی و دینامیکی در مورد خاک‌ها موجب رفتار متفاوتی نمی‌شوند مگر در خاک‌های اشباع و با PI بالا چون رفتار وسلوژی دارند.

* بارنداری رفت و برگشتی در خاک انرژی مستهلک ایجاد می‌کند ← موضوع دینامیک خاک بیشتر مربوط به بارنداری نوع اول است تا سرعت بارنداری.

* بارنداری رفت و برگشتی در خاک نوعی میرایی ایجاد می‌کند: مقدار زیادی انرژی را مستهلک می‌کند.

*

آیا سرعت بارگذاری می تواند سبب تفاوت بارد دینامیکی و استاتیکی خاک شود؟ ⇒ در هر مورد سختی و مقاومت خاک افزایش می یابد

* در مصالحی که حالت دانه‌ای دارند (رفتار غیر وسکوز دارند)، سرعت بارگذاری روی مقاومت و سختی آن‌ها اثری ندارد ولی در مصالحی که حالت رس دانه دارند چون نیروهای الکترو شیمیایی بین دانه‌ها برقرار است، این مصالح رفتار ویسکوز دارند و سرعت بارگذاری روی مقاومت و سختی آن‌ها اثر دارد. مثلاً رس‌های انباع با PI بالا در سرعت بارگذاری بالا، مقاومت بالایی از خود نشان می دهند.

رس با PI بالا ← سختی کمتر

ماسه (سرعت) بارگذاری می تواند روی خاک‌های دانه‌ای اثر داشته باشد چون خود دانه‌ها جرم دارند و نیروهای اینرسی وارد می‌شوند ولی چون این خاک‌ها رفتار ویسکوز ندارند به طور کلی می توان گفت خاک‌های دانه‌ای روی سرعت بارگذاری حساس نیستند.

* خاک‌های دانه‌ای در بارگذاری ضربه‌ای چون خاک فرصت تغییر حجم ندارد.

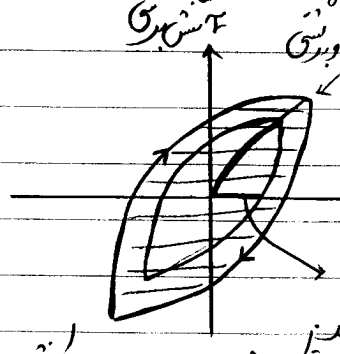
رس‌های اشباع در بارگذاری آنی، مدت در خاک‌های دانه‌ای اتفاق می افتد پس خاک سخت عمل می کند

در بارگذاری استاتیکی رس در مقابل بارگذاری پیش‌تر است و رفتار خاک نرم‌تر است.

* جرم دینامیک خاک محسوب می‌شود.

* بارگذاری‌های رفت و برگشتی در خاک رفتار متفاوتی ایجاد می‌کنند.
* بارگذاری‌های پیش‌تر، در مورد پدیده دینامیک خاک تأثیر دارد.

* بارگذاری دوره‌ای باعث ایجاد میرایی در خاک‌های می‌شوند.




* انرژی مستهلک شده = سطح هاشور خورده

ΔW

* سرعت بارگذاری روی منحنی رو-رو تأثیری از بارگذاری رفت و برگشتی تأثیر زیادی ندارد.

نقش بارگذاری استاتیکی اجزاء هم بارگذاری منجر به تنش پسماند می‌شود.

۱۰ سیم ۱۴

* در رابطه با تنش‌های پسماند به نقشه‌ها دقت کنید.

انرژی کمتری بیرون می‌فرستد

* محیطی که استهلاک انرژی بیشتری دارد انتشار موج سرعت کندتری است. ← خاک‌های درشت‌دانه.

* در مصالح نرم سرعت انتشار موج کندتر است.

* سنگی کمتر ← $D$ ↑

* بین‌ها استهلاک انرژی می‌کنند و حتی تشدید ایجاد می‌کنند.

* دانه خردتر بیشتر با انرژی ثابت

* دی‌ها، سنگ سالمتر و بیش درشت‌دانه‌ی هستند چون در زلزله استهلاک انرژی خوبی از خود نشان می‌دهند و انتشار شدت زلزله به سطح زمین کمتر است.

* خاک‌های درشت‌دانه مقاومت محوری خوبی دارند. $G \downarrow \Rightarrow$ Loop بزرگتر $\Rightarrow$ نشست ↑

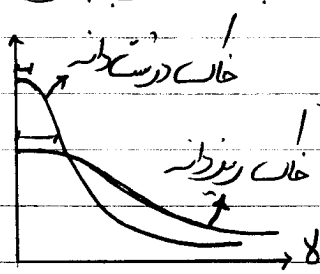
* خاک‌های درشت‌دانه در نهایت حالت غیرخطی می‌رسند.

دانه‌ها اتصال خود را از دست می‌دهند، جابجایی اتفاق می‌افتد $\Rightarrow D_1 = 0$ $\Rightarrow$ مقدار حداکثر $G$

این ملاتع، ملاتع استهلاک انرژی است (جابجایی و استهلاک ایجاد زمانی‌اند)

وارد محدوده غیرخطی می‌شویم $\Rightarrow$ رفتار الاستوپلاستیک $\Rightarrow$ نشست را افزایش دهیم $\Leftarrow$ Loop ایجاد می‌شود.

* در زلزله در محیط‌های دی، زلزله به ساختمان‌ها با شدت بیشتری وارد می‌شود و خرابی بیشتری به بار می‌آورد.




* محدوده خطی رفتار $\gamma$-$G$ در خاک‌های دی بیشتر از ماسه‌ها و در ماسه‌ها هم بزرگتر از شن‌هاست.

محدوده رفتار خطی ماسه‌ها بین شن‌ها و رس‌ها قرار دارد.

* خاک‌های درشت‌دانه محدوده رفتار خطی کوچک دارند.

* خاک‌های درشت‌دانه زودتر به حالت غیرخطی می‌رسند چون دانه‌ها contact خود را از دست می‌دهند و جابجایی بین دانه‌ها رخ می‌دهد و دانه‌ها روی هم سر می‌خورند.

Subject: Date:

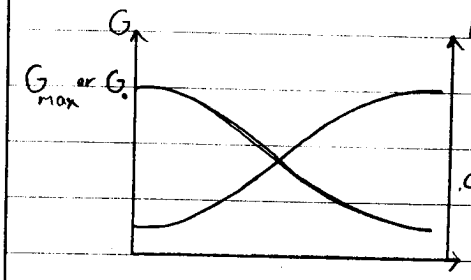
* فولاد در مقابل بار دوره‌ای میرایی از خود نشان می‌دهد.

* بتن در مقابل بار دوره‌ای، به دلیل ریزترک‌ها مقداری از انرژی را مستهلک می‌کند و میرایی از خود نشان می‌دهد.

* خاک به دلیل داشتن آب درون حفره‌ها می‌تواند انرژی را مستهلک کند به همین دلیل میرایی بالاتری است.

* پارامترهای مقاومت دینامیکی خاک‌ها

G و D




G در کرنش‌های خیلی کوچک (۱۰^-۶) اتفاق می‌افتد = سختی برشی خاک‌ها در کرنش‌های کوچک است.

* منحنی هیستریزیس خاک‌های بتنی، ماسه‌ای، رسی یکسان است. منظور از منحنی هیستریزیس (؟) نتیجه ⇐

* استهلاک خاک‌های مختلف یکسان نیست.

* رفتار الاستیک خاک‌های مختلف یکسان نیست.

* استهلاک خاک‌های درشت‌دانه نسبت به خاک‌های ریزدانه بیشتر است چون خاک‌های درشت‌دانه به صورت اصطکاکی درگیرند، هرچند دارند.

* استهلاک خاک‌های رسی کم است، به دلیل چسبندگی به محیط پیوسته بیشتر است. rotation

* خاک‌های رسی وقتی تنش‌شان می‌یابد، محدوده‌ی تنش در ناحیه الاستیک در آن‌ها بیشتر از خاک‌های بتنی و ماسه‌ای می‌باشد.

* خاک درشت‌دانه زودتر (نه از نظر زمان، از نظر کرنش) به حالت رفتار غیرخطی می‌رسند.

Subject: Date:

* در خاک یکسان، خاک زلزله خفیف را شدیدی کند یا زلزله قوی یا زلزله خفیف

زلزله خفیف ← ارتعاش کوچک

زلزله شدید و قوی ← ارتعاش بزرگ ← Damping بیشتر ← انرژی ای که زلزله ایجاد کرده همه به سازه وارد نمی شود.

پس خاک زلزله قوی را بیشتر Damp می کند

$\frac{\text{شدت موج در زمین}}{\text{شدت موج در سنگ}} > 1 \Rightarrow$ تشدید اتفاق افتاده است

* اگر موجی از محیطی عبور دهیم که استهلاک انرژی نداشته باشد، در حال ورودی و خروجی میزان انرژی یکسان است

Subject _____ Date _____

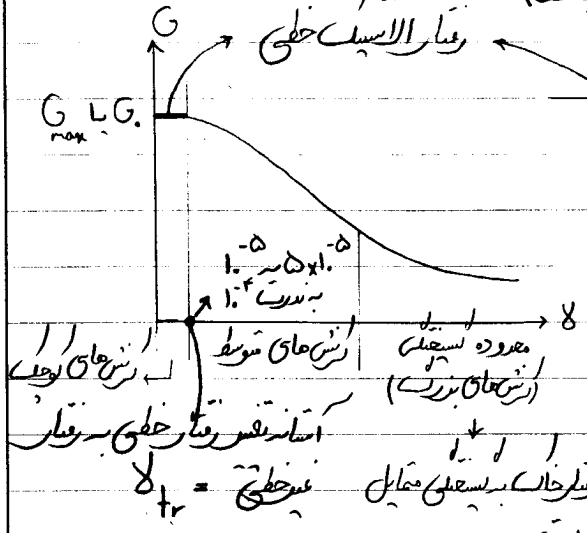
جلسه ۸، ۷، ۹۱ تسلیل شد

Subject: Date:

جلسه سوم ۹، ۷، ۹۱

* پارامترهای دینامیکی برای رفتار سیکلی تعیین می‌شود.

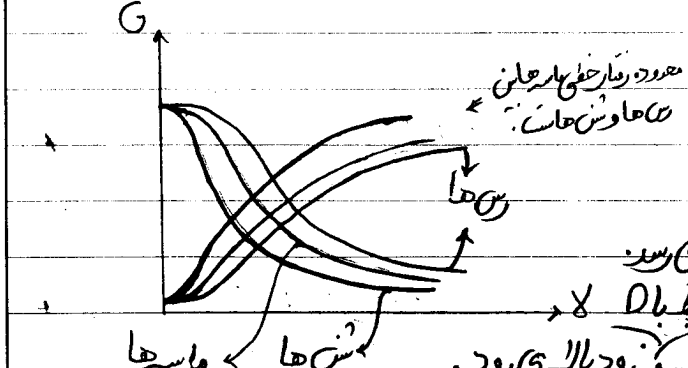
* سیکل رفتار دینامیکی خاک‌ها = منحنی هیسترزیس (رفت و برگشت)




* در حالتی که G ثابت است رفتار الاستیک خطی است نمی‌توان ایجاد کرد.

* G و D با γ، تغییرات غیرخطی دارند.

* γ_tr در خاک‌های مختلف ثابت نمی‌باشد.




* برای درشت دانه‌ها بیشتر است.

* برای ریزدانه‌ها کمتر است.

* رس‌ها محدوده رفتار خطی بزرگ دارند و به $10^{-4}$ می‌رسد.

* نمودار خاک‌های دانه‌ای مرتبط با G زود پایین می‌آید و زود بالا می‌رود.

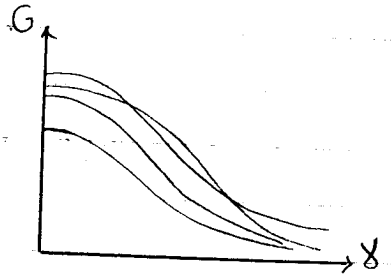
* نمودار رس‌ها مرتبط با G دیر پایین می‌آید و مرتبط با D دیر بالا می‌رود.

* مهم‌ترین اطلاعات دینامیکی:
  1. G
  2. منحنی G - γ
  3. منحنی D - γ

  مدل رفتار خاک در محدوده کرنش‌های کوچک و متوسط تحت بارگذاری رفت و برگشتی دینامیکی

* بسیاری از زمین‌های آبرفتی در محدوده رفتار الاستیک خطی می‌دهند، به همین دلیل G حساب مهم می‌باشد.

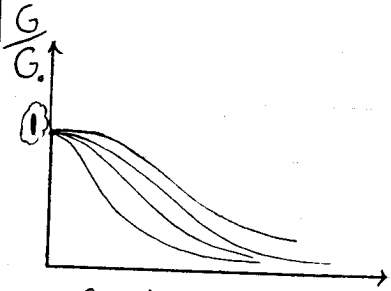
* می‌توان نمودارهای $\frac{G}{G_0}$ - $\lambda$ را بی‌بعد نیم و حس این کار این است که




۱- پراکندگی نمودارها را بهتر می‌دهد.

۲- شروع نمودارها یکسان می‌شود.

۳- شروع نمودارها از یک شروع می‌شود. (نمودارهای خاک‌ها)




۴- امکان استفاده از فرم‌های بی‌بعد و مقایسه با نتایج تحلیلی را فراهم می‌کند.

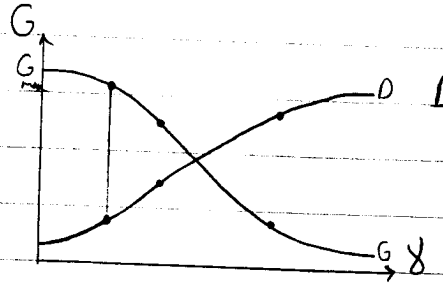
۵- تفاوت فرم منحنی‌ها ناشی از عوامل مختلف در نمودار بی‌بعد شده راحت‌تر است.

نمودار بی‌بعد شده $\frac{G}{G_0}$ - $\lambda$

۶- $G_0$ را از ابتدا بی‌بعد آسان و از آن مقاسه می‌کنیم ولی محاسبه $G_0$ آسان و سخت است پس اگر نمودار بی‌بعد $\frac{G}{G_0}$ - $\lambda$ را داشته باشیم و با محاسبه از آن $G_0$ می‌توان $G$ را محاسبه کنیم.

* هر نقطه روی منحنی $\frac{G}{G_0}$ - $\lambda$ بیانگر یک عدد بارندگی و بارپذیری و بارداری مجدد (یک Loop در منحنی هیستریسیس) است.

آزمایش




* حداقل ۱۰ تا ۲۰ سیکل بارندگی و بارپذیری با داده‌های تاریخچه G و D را بدست آوریم.

* $G_0$ از آزمایش امتداد موج بدست می‌آید.

clips ITM

Subject: Date:

* بین پدیده‌های دینامیکی و رفتار دینامیکی باید تفاوت قائل شویم.

* در پدیده‌های دینامیکی سرعت مهم است.

* پدیده‌های زیر 15 پدیده‌های دینامیکی هستند.

* انفجار یک پدیده دینامیکی است. ← اگر چه پدیده انفجار یک پدیده دینامیکی است ولی رفتار خاک تحت آن استاتیکی خواهد بود چون وقتی برشی نیست

* رفتار دینامیکی به سطح تنش برمی‌گردد نه به سرعت بارگذاری به عبارتی خاک‌هایی که رفتار روسلو دارند به عنوان مثال E و G مقدیر ثابتی سطح تنش دارند (E و G تنش لوجلی، تنش متوسط، تنش بزرگ) نه E استاتیکی و E دینامیکی.

* بین رفتار دینامیکی و استاتیکی تفاوت وجود دارد به عنوان مثال سرعت بارگذاری، بین‌های اشباع با PI بالا رفتار ناشی قرار می‌دهد.

پدیده‌های الاستیک ← تنش‌های زیر $10^{-6}$ تا $10^{-5}$

پدیده‌های الاستوپلاستیک ← تنش‌های $10^{-4}$ تا $10^{-2}$

لیسجلی ← تنش‌های $10^{-1}$ و بالاتر

* تقسیم بندی تنش‌ها

۱) تنش‌های لوجلی تنش‌های لوجلی از $10^{-5}$، رفتار خاک الاستیک خطی، مدل‌های رفتاری مدل‌های الاستیک هستند. یک حجمی در خاک رخ می‌دهد.

۲) تنش‌های متوسط تنش‌های لوجلی از $5\times10^{-3}$ ($< 5\times10^{-3}$)

$5\times10^{-2}$ بدست

۳) تنش‌های بزرگ (لیسجلی) تنش‌های بزرگتر از $10^{-2}$ یا 1% ($> 10^{-2}$)

غیرخطی پلاستیک در خاک رخ می‌دهد.

* در بارگذاری های رفت و برگشتی در خاک های دانه ای در کرنش های $10^{-5}$، هیچ اتفاقی در جابجایی دانه ها رخ نمی دهد.

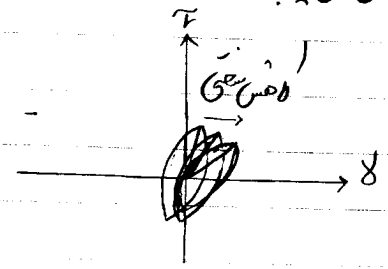
* در حدود کرنش $10^{-3}$ تنش حجمی رخ می دهد.

* در کرنش های بالاتر از $10^{-3}$، degradation شروع می شود. (و اینجا تنش حجمی منفی می شود یعنی ناهش سختی)

* چند degradation داریم؟ ۵ تا تنش حجمی داریم

* تنش حجمی در خاک های اشباع باعث افزایش فشار آب حفره ای می شود.

* Stiffness Degradation: فرایند تنش حجمی منفی به ناهش سختی می شود به ازای Loop بارگذاری رفت و برگشت (ناهش سختی) به سمت محور کرنش ها خم می شود و ناهش می یابد.




قبل از ۱۰ تا ۲۰ سیکل، پدیده ناهش سختی رخ می دهد.

در سیکل آخر (بعد از ۱۰ تا ۲۰ سیکل)، Loop آخر جابجا نمی شود

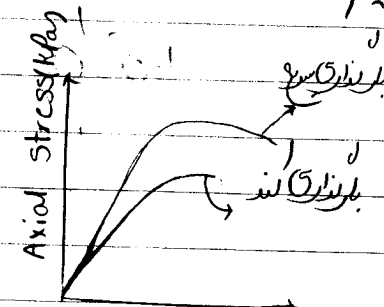
بازروی های لوپ ی افتد چون بعد از ۱۰ تا ۲۰ سیکل دیگر ناهش سختی رخ نمی دهد.

* ~~اثرات بارگذاری کرنش های بیشتر از $10^{-3}$ وجود دارد~~

* در کرنش های زیر $10^{-3}$، اثرات سرعت اعمال در رس های اشباع با PI بالا نداریم. (در کرنش های $10^{-3}$ به بالا داریم.)

* پدیده های دینامیکی را تا مرز کرنش متوسط بحث می کنیم و کاری به لرزه ای ندارم. اثر بارگذاری های دینامیکی کرنش متوسط ایجاد می کند.

* پدیده ناهش سختی در خاک های دانه ای احتمال رخ می دهد تا




* در خاک های دانه ای پدیده ناهش سختی در کرنش $10^{-4}$ رخ می دهد و در خاک های ریزدانه در کرنش $10^{-3}$ رخ می دهد.

Subject: Date:

* تأثیر عوامل مختلف روی G

(1) تنش محصورکننده (تنش همه‌جانبه، Confining Stress)
↳ روی همه خاک‌ها اثر دارد

(2) تراکم ، دانسیته خاک (نسبت تخلخل)
↳ روی همه خاک‌ها اثر دارد

(3) اثر شاخص خمیری ، PI (Plasticity Index)
↳ روی رس‌ها اثر دارد

(4) اثر تنش کلیبی ، OCR (over Consolidation)
↳ روی رس‌ها اثر دارد

(5) اثر سن (مدت زمان بارداری) ← Age Effect (سیمانی شدن Cementation)

(6) اثر دست خوردگی
↳ در خاک‌های دانه‌ای: ماسه‌ها و سیلت‌ها اثر دارد

(7) نوع خاک
↳ روی رس‌ها، ماسه‌ها، سیلت‌ها اثر دارد

(8) نحوه ساخت نمونه

(9) نوع آزمایش

1) تنش محصورکننده (در ماسه‌ها و رس‌ها)

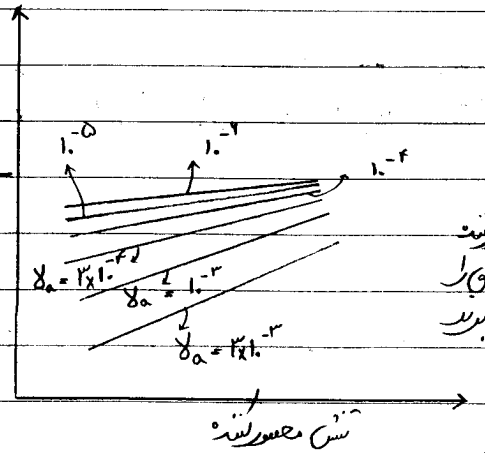
* افزایش تنش محصورکننده باعث افزایش سختی برشی خاک می‌شود

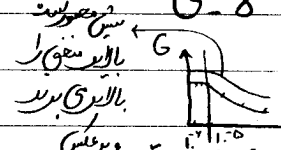
G↑ ↑confining stress

* خاک در سطح زمین تحت تنش محصورکننده کمتری است ← تنش‌های برشی کمتری دارند

* اثر تنش محصورکننده روی هر سطح (تنش) اثر افزاینده روی G دارد

2) وقتی تنش‌ها کوچک و کرنش‌های برشی ناچیز هستند سختی‌ها از هم جدا می‌شوند چون در ناحیه الاستیک نزدیک می‌شوند. خط $10^{-5}$ روی هم می‌افتند




3) اثر تنش محصورکننده در کرنش‌های برشی کم بیشتر است
هرچه تنش محصورکننده بیشتر می‌شود جابجایی دانه‌ها کمتر می‌شود و فشردگی ذرات خاک را بیشتر می‌کند.

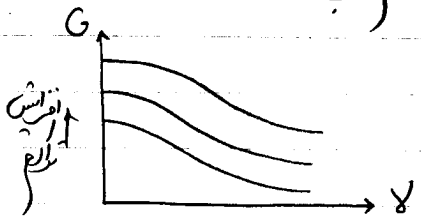
* موج‌های زلزله در نواحی سطح زمین به دلیل تنش محصورکننده کم، تنش‌های زیاد ایجاد می‌کنند

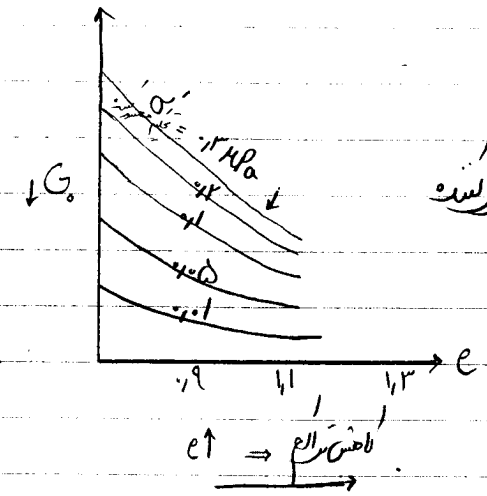
۴) تراکم (در ماسه‌ها و رس‌ها)

برای مقایسه تراکم خاک‌ها، تراکم نسبی ($D_r$) مقیاس مناسب‌تری است. $\uparrow D_r$ تراکم $\uparrow$

تراکم را با $\gamma_d$ و $e$، چگالی نشان می‌دهیم. $\uparrow e$ تراکم $\downarrow$

تراکم $\uparrow \rightarrow$ سختی $\uparrow$




تنش محصورکننده $\downarrow \Rightarrow G_0 \downarrow$

تراکم $\downarrow \Rightarrow G_0 \downarrow$

$e \uparrow \Rightarrow$ تراکم $\downarrow$

* $G_0 = 7000$ برای ماسه اوتاوا e.g. $\frac{(2.17-e)^2}{1+e}\sqrt{\sigma_0'}$

فرمول تجربی برای خاک‌های دانه‌ای $G_0 = AF(e)(\sigma_0')^n$

$A$ = ثابت ← این نوع خاک را نشان می‌دهد.

$F(e)$ = تابع تراکم / تخلخل ← این نوع تخلخل را نشان می‌دهد.

$n$ = این محصورکنندگی را نشان می‌دهد. محصورکنندگی با توان $n$ روی $G_0$ تأثیر دارد

$\sigma_0 = \gamma h$

$\sigma_0^n$ ($n = 0.5$ معمولاً) $\Rightarrow \sqrt{\sigma_0} = \sqrt{\gamma h}$

$G_0$ با جذر تنش‌های عمق، تنش‌ها تغییر می‌یابد (افزایش می‌یابد)

$G_0 \uparrow$ ← عمق $\uparrow$

* لایه‌های پایین در اثر وزن لایه‌های بالا تراکم‌پذیر هستند.

* لایه‌های پایین‌تر هم به دلیل زیاد بودن تنش محصورکننده و هم به دلیل تراکم بیش‌تر، تنش‌های کمتر و سختی بیش‌تری دارند.

افزایش فشار آب حفره‌ای
کرنش‌های برشی
cyclic degradation

بارگذاری تند و سریع ← دینامیکی

" رفت و برگشتی تند ← cyclic

" مونوتونیک کند ← استاتیک

* برای طراحی لرزه‌ای، شناسایی پتانسیل خاص علاوه بر شناسایی‌های رایج به منظور تعیین متغیرهای لازم جهت محاسبات پاسخ زمین، تعیین پتانسیل روانگرایی و تحلیل‌های لرزه‌ای انجام می‌شود.

* متغیرهای ژئوتکنیکی
1) $G_0$
2) $V_S$ = سرعت موج برشی
3) سختی برشی
4) نسبت میرایی
5) نسبت مقاومت برشی خاک‌ها به روانگرایی CRR

مهم‌ترین دینامیکی

cyclic degradation و stiffness degradation

clips TTM

Subject: _____ Date: _____

* مهم‌ترین ویژگی بارهای دینامیکی خصوصاً زلزله: طبیعت رفت و برگشتی و یا به عبارتی دیگر طبیعت تناوبی آن‌هاست.

* تحت بارگذاری‌های دینامیکی از جمله زلزله، خاک تحت تنش‌های رفت و برگشتی به خصوص بدتر قرار می‌گیرد.

* تنش‌های رفت و برگشتی باعث ایجاد تغییر سلول‌ها با اندازه‌های مختلف در خاک‌ها می‌شود.

* رفتار خاک‌ها در اثر اعمال این تنش‌ها متأثر از عوامل زیر است:

ویژگی بارگذاری اعمالی
1- سطح تنش برشی اعمالی به خاک
2- تعداد تکرار بارگذاری
3- سرعت یا فرکانس بارگذاری

* رفتار خاک علاوه بر ویژگی‌های بارگذاری اعمالی به خصوصیات و نوع خاک‌ها هم بستگی دارد.

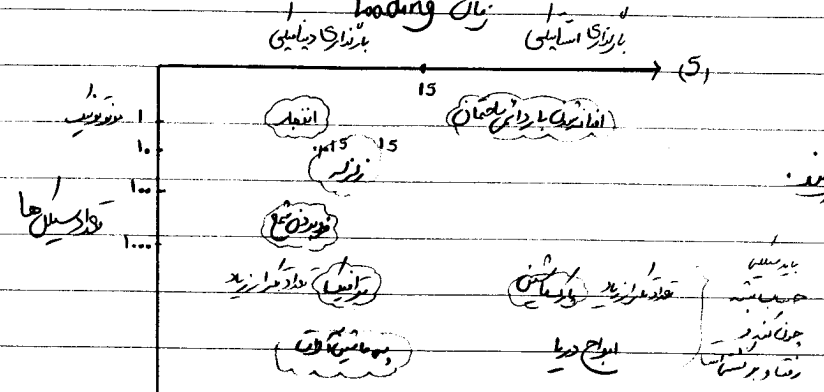
* رفتار خاک در حالت بارگذاری (افزایش تنش) یک رفتار غیرخطی است با تغییر حالت بارگذاری به حالت باربرداری و اعمال تنش در جهت برعکس و تکرار مجدد بارگذاری منحنی بسته‌ای موسوم به منحنی هیسترزیس سلول می‌دهد.

* در منحنی هیسترزیس، در تنش‌های کوچک مقداری بیش‌ترین مقدار و مقدار D حدوداً صفر است این حالت مبین رفتار خطی بدون میرایی است.

* با افزایش سطح تنش برشی (γ) مقداری از انرژی یافته و مقدار D افزایش می‌یابد.

* تقسیم‌بندی پدیده‌های دینامیکی

بارگذاری‌های زیر 15 بارگذاری دینامیکی هستند.



جلسه چهارم ۹۱،۷،۱۵

* اثر تنش محصورکننده در خاک های دانه ای بیش تر از خاک های ریزدانه است ولی در هر دو اثر افزایشی دارند.

* $G_0$ با افزایش $\sigma'_0$ افزایش می یابد.

* اثر افزایش $\sigma'_0$ روی خاک های دانه ای بیش تر از ریزدانه هاست.

* حدود $G_0$ برای اکثر خاک ها بین ۲۰ تا ۳۰۰ مگاپاسکال است.
  ← درشت دانه خیلی متراکم
  خالی نداریم $G_0 = 1500$ داشته باشد.

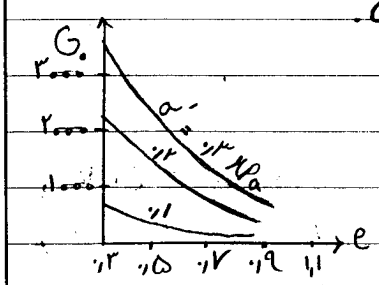
اگر $G_0$ خالی ۵MPa باشد یعنی خاک خیلی سست است، خاک حالت انباع حالت خمیری دارد.

* برای همه خاک ها، ۲ عامل تراکم و تنش محصورکننده بر روی $G_0$ تأثیری دارند.

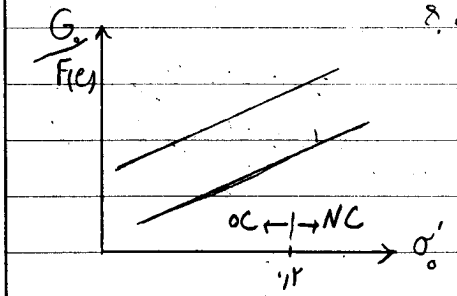
* رس ها دارای بافی های میکروسکوپی هستند که اثر الکتروشیمیایی دارند که می تواند رفتار خاک را تغییر دهد.

* اثر یون ها، بافی ها و پارهای الکتریکی روی اثر بیش کلیی، اثر ساختمان خمیری و اثر تنش تأثیر دارند.

* هرچه اثر تنش محصورکننده بیش تر باشد تأثیر $G_0$ به ازای $e$ بیش تر است.




* مواد ثانوی داده ها در حالت بیش کلیی بیش تر است.
* OCR درجه تحکیم تنش بیش تر است.

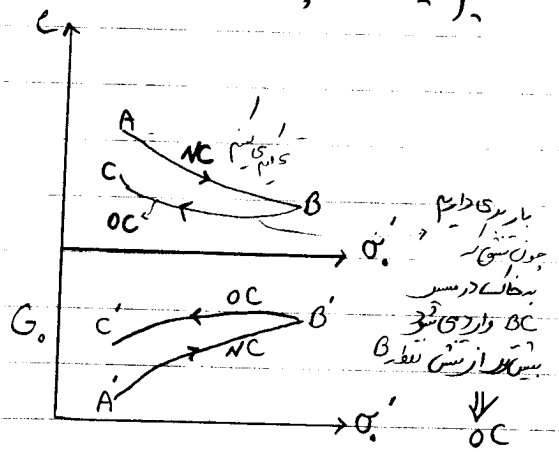



① بیش تحکیم شده
از نمودار

* خاک‌های پیش تحکیم یافته در شرایط محصور یلسان، $G_s$ بیشتری نسبت به خاک های حالت NC دارند.
↳ نه نسبت به خاک های نوع دیگر
↳ $e$ ⇐ پیش تحکیم باعث می‌شود تراکم خاک کم شود.

* در خاک های سن و ماسه، $G_s$ در حالت پیش تحکیم یافته و عادی تحکیم یافته فرق چندانی ندارد.

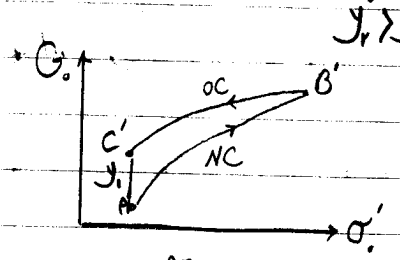
$G_s$ بارگذاری < $G_s$ باربرداری



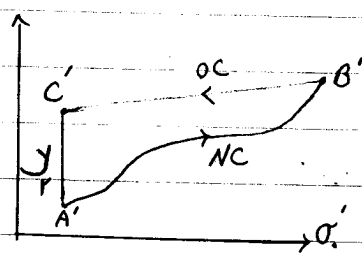

* در ماسه‌ها پیش تحکیم، منحنی‌های همچون رسوبی و ارثی یکسان
در نقطه C پیش‌ترین OCR را داریم
* روند افزایش $G_s$ براساس افزایش $\sigma'_v$ در رس‌ها، چندان خطی نیست در حالی که در ماسه‌ها خطی است.

* افزایش تحکیم یافتگی با PI بالاتر زیادتر می‌شود. خاک با PI بالاتر، OCR افزایش‌تری روی $G_s$ دارد.

$y_2 > y_1$

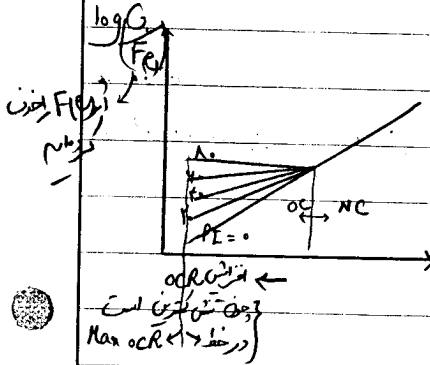



PI = ۲۵




PI = ۶۰

* OCR هیچ وقت بی نهایت نمی‌شود (به دلیل برخورد دانه‌ها)
* اگر PI صفر باشد OCR تاثیر خود را از دست می‌دهد.



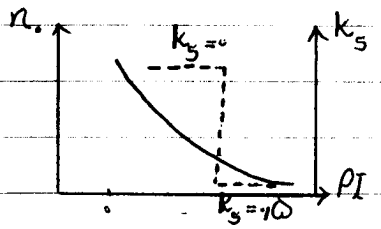

$G_s$ خاک متاثر از OCR است
هرچه قدر PI خاک بیشتر باشد، تاثیر OCR روی آن خاک بیشتر خواهد شد.
افزایش $G_s$
رجحان فاصله بین خطوط زیاد شده است

تغییرات در مقیاس لگاریتمی ⇐ PI = 0 خطی است.
تغییرات غیر خطی PI ≠ 0

* اگر خاکی اصلاً PI نداشته باشد منحنی به صورت خط خواهد بود.

* $G_0 = AF(e)(\sigma_0')^{n}(OCR)^{k_s}$ ⟹ برای لحاظ کردن تاثیر OCR برای رس‌ها  $n$ همان $n$ نیست.

$k_s = 0.5 - n_0$




whatever $PI \uparrow \Rightarrow k_s \to 0.5$

$(k_s)_{max} = 0.5$
$(k_s)_{min} = 0$
$\Rightarrow 0 \leq k_s \leq 0.5$

(none Plastic) $PI = 0 \Rightarrow k_s = 0 \Rightarrow$ خاک OCR اثر خود را از دست می‌دهد.

$OCR = \frac{\text{تنش تحلیلی حداکثر}}{\text{تنش فعلی}}$

* وقتی از خاکی نمونه می‌گیریم در واقع تنش روی خاک و خاک قبلی را حذف کردیم ⇓ خاک پیش تحلیلی می‌یابد ← $\uparrow G_0$

if $OCR > 1 \Rightarrow$ OC

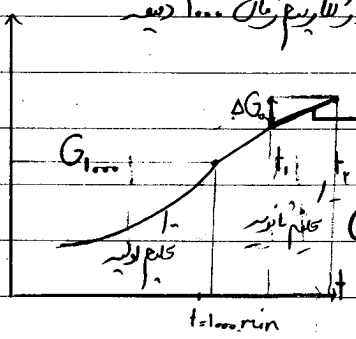
وقتی بارگذاری می‌کنیم خاک مجبور است از مرحله OC رد شود به مرحله NC برسد.

if $OCR < 1 \Rightarrow OCR = 1 \Rightarrow$ NC

* وقتی خاک بارگذاری می‌کنیم، خاصیتی در دل زمین هست وقتی بارگذاری می‌کنیم خاک استحکام وارد مسیر NC می‌شود (چون تنش‌های خاک قبلی را حذف کرده‌ایم).

* با کمتر شدن حجم زیاد همراه نیست وقتی مصالح مایلی OCR را پیدا می‌کنیم. را افزایش می‌دهد.

* در خاک‌هایی که تحت تاثیر تحلیل ثانویه قرار می‌گیرند (بعد از تحلیل اولیه، بار به مدت زمان زیاد روی آن‌ها باقی می‌ماند) $G_0$ افزایش می‌یابد. $G_{1000}$ = مدول برشی در شاخص زمان 1000 دقیقه



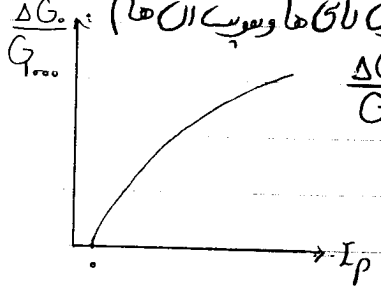

هرچه شیب خط زیادتر شود یعنی زمان روی $G_0$ اثر بیشتری دارد.

* در اثر تحلیل ثانویه که با کمتر شدن حجم همراه نیست ساختار خاک به سوی حالتی می‌رود که $G_0$ خاک افزایش می‌یابد.

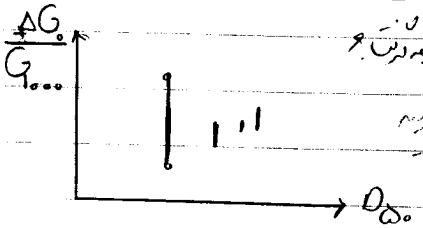
$I_G = \frac{\Delta G_0}{\log \frac{t_2}{t_1}}$ ، $N_G = \frac{I_G}{G_{1000}}$ ⟸ هرچه $N_G$ بیشتر ⟸ اثرات زمان بیشتر.

$I_G$

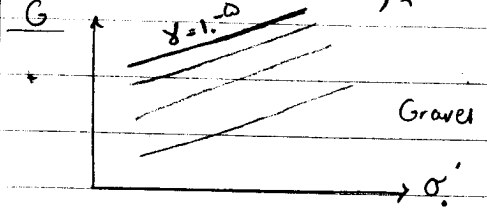
* اثرات خزش در رس‌ها بیشتر از خاک‌های دانه‌ای است. (خزش: درهم‌فشردگی دانه‌ها و تغییر شکل آن‌ها)



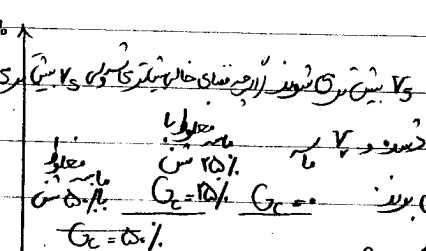

* هرچه PI زیادتر شود اثر خزش و پیش‌تنیدگی بیشتر می‌شود.
* وقتی PI خاک صفر باشد اثر زمان نداریم.
* $N_G$ با PI اثر مستقیم دارد.
* اثر زمان تا حد اثر سیمان شدن خود دانه‌ها می‌دهد که تحت اثر سرو یا زمان ایجاد می‌شود.
* درخاک‌های ریزدانه‌ی اثر خزش نمود بیشتری دارد. ← هرچه $D_{50}$ بیشتر شود، اثر زمان کمتر شده است.




* درخاک‌های دانه‌ای اثر خزش محسوس نیست، اثر افزایندگی است.
* درخاک‌های دانه‌ای درشت‌های پایین‌تر از $10^{-5}$ ($10^{-6}$ تا $10^{-8}$) اثر تنش G ندارند. ($10^{-6}$ تا $10^{-8}$ روی $10^{-5}$ تا $10^{-8}$ افتاده)




* Gravel Content = $G_c$ درصد شن
هرچه $\downarrow G_c \Leftarrow \downarrow G$
هرچه $\downarrow G_c \Leftarrow \uparrow e$
چون خاک‌های درشت‌دانه باعث ایجاد $V_v$ بیشتری می‌شوند (اگرچه فضای خالی بیشتری برای $V_s$ ایجاد می‌شود) ولی در خاک‌های ریزدانه، بین‌دانه‌ها ریزدانه ایجاد شده و $V_v$ بیشتر می‌شود.




e = نسبت تخلخل = void ratio / ایجاد می‌شده و $V_v$ را اشغال می‌کند

e در خاک‌های درشت‌دانه نسبت به خاک‌های ریزدانه کمتر است.

$e = \frac{V_v}{V_s}$

در ریزدانه‌ها اگرچه فضای خالی بیشتر است ولی عمدتاً بیشتر از $V_s$ نیست.

درزش‌ها با افزایش e، $G_0$ کاهش می‌یابد.

clips TTM

Subject: $G_c \uparrow$، e کاهش می‌یابد

* نسبت $\frac{V_v}{V_s}$ در رینزدانه‌ها بیشتر است

$e = \frac{V_v}{V_s}$ = $\frac{\text{حجم خالی}}{\text{حجم پر}}$

* در رینزدانه‌ها e های بزرگتر از ۱ هم می‌توان دید.

رس e ۱ - ۱,۳,۱,۵

ماسه e ۰,۵ - ۰,۹

شن e ۰,۳ - ۰,۵

* هرچه دانه‌های خاک سالمتر (سنگ‌تر) ، $G_0$ بیشتر می‌شود. e.g. Crushed rock

* هرچه خاک درشت‌دانه‌تر، $G_0$ بیشتر می‌شود. } باهم عکس است ماسه داشته باشیم به $G_0$ آن از شن بیشتر باشد و در
هرچه خاک ریزدانه‌تر شود، $G_0$ کاهش می‌یابد. } $G_{0\text{رس}} < G_{0\text{ماسه}} < G_{0\text{شن}}$

* هرچه درصد شن افزایش یابد ( $G_c \uparrow$ ) ، $G_0$ بیشتر می‌شود.

* هرچه خاک دانه‌های گرد و شسته‌تر داشته باشد، $G_0$ کمتر نسبت به خاک با دانه‌های تیز و شسته است.

* اگر بین $G_0$ شن بین ۲۰ تا ۳۰ است، با اشباع‌زدایی شده یا خاک خیلی Loose است.
$G_0 = 300\ MPa$ برای شن‌های تراکم شده

* E عکس است ۱,۵ تا ۲ برابر بیشتر از $G_0$ شود. $2\ MPa < G_0 < 400\ MPa$ $G_0 < 100\ MPa$ ماسه‌ها
$G_0 = 40\ MPa$ رس‌ها

* n درشت‌ها بیشتر از ۰,۵ است ( ۰,۶ ، ۰,۸۵ ) } اثر تنش محصورکننده درشت‌ها بیشتر است.
* n در رس‌ها و ماسه‌ها به ۰,۵ نزدیک است.

* هرچه $U_c$ بیشتر شود ⇐ e کمتر می‌شود. $U_c = \frac{D_{60}}{D_{10}}$

* اثر دست خوردگی

رمنو و حل و آزمایش کردن باعث دست خوردگی می‌شود.
اگر بدون جابجایی خاک ، $G_0$ را اندازه بگیریم ، $G_0$ مطمئن‌تری داریم

* یکی از روش‌های اندازه‌گیری $G_0$ ، آزمایش سرعت موج برشی است. (آشکار موج) اندازه‌گیری صحرایی

$G_0 = \rho V_s^2$ $V_s$ = سرعت آشکار موج برشی

↵ رفع دست خوردگی بوجود می‌آورد.

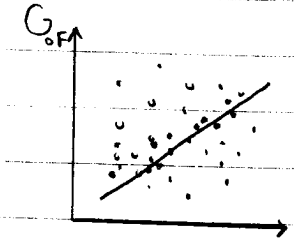
Subject: Date:

clips ITM

هر اشباع روی ← این $C_u$ مقدار بیشتر و دقیق‌تر خواهد بود.

* $C_u = C_{uF}$ با اندازه‌گیری میدانی = $C_{u\,Field}$ — $C_{uF}$ دست‌خوردگی ندارد

* $C_u = C_{uL}$ آزمایشگاهی = $C_{u\,Labrator}$ — $C_{uL}$ تحت دست‌خوردگی است چون خاک نمونه‌برداری شده است.




* Alluvial clay = رسوبات جوانی هستند — $C_{uF} > C_{uL}$ ← پراکندگی در بالای خط نیمساز است.
* وقتی $C_{uL}$ و $C_{uF}$ به هم نزدیک شوند یعنی اثر دست‌خوردگی ناچیز است.
* پراکندگی داده‌ها در بالای خط نیمساز است ← اثر دست‌خوردگی بیشتر است. (۱۳ بیشتر چقدر؟)

* Dill uvial Clays = رسوبات قدیمی

* در رسوبات جوان اثر دست‌خوردگی کم و در رسوبات قدیمی اثر دست‌خوردگی بیشتر است. (۱۴ بیشتر چقدر؟)
پراکندگی به سمت $C_{uF}$ ↓ بیشتر می‌شود است
(۱۵ بیشتر)
* در رس‌ها اثر دست‌خوردگی زیادتر است (مثلاً ۲ داده پایین خط قرار دارد)
* نمونه‌برداری دست‌خورده در رس‌ها آسان‌تر است.
* روش ایجاد روش دقیق و ارزان برای نمونه‌برداری رس است.

از خاک یک‌پارچه‌ای که باشد می‌توان نمونه‌برداری بلوکی block sampling داشته باشیم.

* سمانی شدن: خاک‌های رسوبی هستند اگر تحت مدت زمان زیاد بارگذاری قرار گیرند سمانی شدن بین ذرات آن‌ها اتفاق می‌افتد که موجب افزایش $C_u$ می‌شود. ~~چرا که در روابط تنش مؤثر و روابط تنش کل~~ سمانی شدن ~~به~~ می‌شود.
* هرچه قدر مدت بارگذاری (سن) بیشتر باشد، $C_u$ افزایش خواهد یافت یعنی رسوبات قدیمی‌تر $C_u$ بیشتری خواهند داشت.

* اگر بدون جابجا کردن خاک، $C_u$ را اندازه بگیریم اعتبار بیشتری دارد زیرا اثرات دست‌خوردگی در آن دخیل نبوده.

Subject: Date:

جلسه پنجم ۹۱،۷،۱۶

* مقدار $G_0$ به مقدار زیادی به چسبندگی خاک ها بستگی دارد.

* دست خوردگی تنها باعث کاهش $G_0$ نمی شود:

اگر خاک محل مصالح باشد، نمونه گیری و دست خوردگی مصالح را کاهش می دهد و $G_0$ آزمایشگاهی از $G_0$ محل کمتر بدست می آید. $\Leftarrow$ $G_{0L}$ کمتر از $G_{0F}$ است.

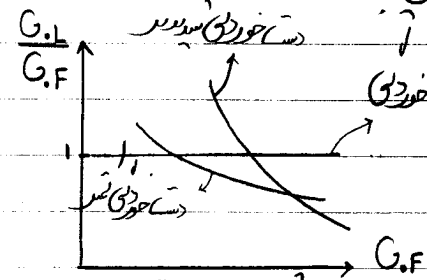
اگر خاک محل سست (loose) باشد، نمونه گیری و دست خوردگی مصالح را افزایش می دهد و $G_0$ آزمایشگاهی از $G_0$ محل بیشتر بدست می آید.

* اگر روش آزمایش پایان باشد و نمونه گیری خوب باشد $\Leftarrow G_{0L} = G_{0F}$ (بهم منطبق هستند)

* هرچه قدر دست خوردگی افزایش یابد نسبت $\frac{G_{0L}}{G_{0F}}$ هم افزایش می یابد.

نمونه گیری بدون دست خوردگی

میزان انحراف از خط ۱ نشان دهنده دست خوردگی است.




$G_0 = \rho v_s^2$ سرعت انتشار موج برشی $= v_s$

$G_0$ را می توان از روابط تجربی و $N_{spt}$ محاسبه کرد.

$v_s \propto N_{spt}$ $\quad 0.2 < v_s < 0.5$

$v_s \rightarrow 0.5$ $\Rightarrow$ اشباع می شود

$v_s \rightarrow 0.3 - 0.35 \Rightarrow$ خاک بایست مصالح بالا $\Leftarrow$ خاک با چسبندگی کم

هرچه خاک سخت تر، سرعت انتشار موج بیشتر است.

" " " میزان کمتر است.

Subject: _____ Date: _____

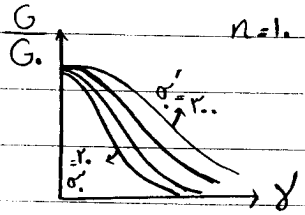
* عوامل موثر بر منحنی های $\frac{G}{G_0}-\gamma$ و $D-\gamma$

۱) نوع خاک
۲) تنش محصورکننده
۳) تراکم
۴) OCR
۵) PI
۶) اثر سیمان شدن
۷) اثر سیمان شدن
۸) اثر دست خوردگی

* با افزایش بارگذاری $G_s$ تقریبی است. ناحیه خطی در اثر بارگذاری دائمی پس از ۲۰-۱۰ سیکل ثابت می ماند.

* تاثیر نوع خاک روی منحنی $\frac{G}{G_0}-\gamma$ و $D-\gamma$

آزمایشات ASTM ← سیکل ۱۲ تا ۲۰ را پیشنهاد کرده اند. مقادیر G در سیکل ۱ تا ۲۰ زیاد می شود. $n=1$




وقتی تنش محصورکننده افزایش می یابد منحنی $\frac{G}{G_0}$ به سمت بالا و راست می رود

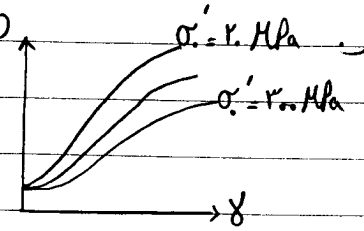
ناحیه خطی در منحنی با $\sigma'=۲۰۰ kPa$ بیش تر از $\sigma'=۲۰ kPa$ است.

وقتی اثر در خاکی تنش محصورکننده کم باشد، خاک زودتر وارد محدوده غیرخطی می شود.
وقتی $\sigma'$ ↑ ، رفتار خاک در محدوده بیش تری الاستیک خطی است.
چرا مقدار G در سیکل ۱ تا ۲۰ تغییر می کند؟

۱) بعد از سیکل ۲۰-۱۰ تا degradation ناشی می یابد و ثابت می شود.

۲) در بارگذاری زلزله تعداد سیکل ها در همین حدود است.

* وقتی تنش محصورکننده افزایش می یابد منحنی $D-\gamma$ به سمت پایین تری آید.




* خاک با افزایش $\sigma'$ ، سخت تر می شود.

* خاکی تنش محصورکننده بیش تری دارد Damp کمتری دارد ← چون حرکت ذرات کمتر شده

Subject: Date:

* لایه‌های سطح زمین دارای $\sigma'$ کمتری هستند پس دارای رفتار غیرخطی‌تر، غیرالاستیک‌تر و میرایی بیشتر هستند.

* الاستیک 1- خطی
recoverable 2- غیرخطی ← در مورد خاک‌ها نداریم.

* خاک‌های loose تر نسبی Damping بیشتری دارند ولی نه شدید.

آبرس‌ها

* میرایی در رس‌ها کمتر از خاک‌های دانه‌ای است. ضرایب میرایی در خاک رسی = 0.16
ضرایب میرایی در خاک ماسه‌ای = 0.25

میرایی در رس‌ها در کرنش‌های $10^{-4}$ و بالاتر به سمت صفر می‌رود.

میرایی در ماسه‌ها در کرنش‌های $10^{-5}$ و بالاتر به سمت صفر می‌رود. نمودار G زود پایین می‌آید و نمودار D زود بالا می‌رود.

* ناحیه خطی الاستیک در ماسه‌ها کمتر از رس‌هاست چون خاک رسی به محیط پیوسته نزدیک‌تر است.

در ماسه‌ها از $10^{-5}$ تا 0.8 رفتار غیرخطی شروع می‌شود و با اندک کرنش افزایش می‌یابد.

در رس‌ها، ناحیه خطی الاستیک 0.15 تا 1 برابر بزرگتر از ناحیه خطی الاستیک ماسه‌هاست.

* تأثیر تنش محصورکننده روی منحنی $\frac{G}{G_0}$ و D

* در رس‌ها، تنش $\sigma'$ موجب تغییر منحنی $\frac{G}{G_0}$ و D نمی‌شود. ← مقدار برانیدگی مربوط با فشار $P_I$ است.

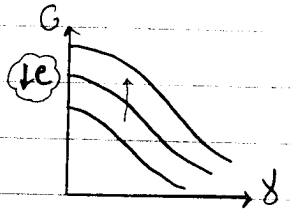
* در ماسه‌ها، تنش برابع موجب تغییر منحنی $\frac{G}{G_0}$ و D نمی‌شود.

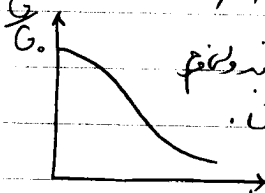
* در رس‌ها وقتی $\sigma' \uparrow$ ← برای مقداری تأثیر می‌یابد می‌توان صرف نظر کرد.

Subject: Date:

* تنش برشی یکی و $\sigma_0$ مختلف ⇐ می‌توان منحنی‌های حالت‌های مختلف $\sigma_0$ را یکسان رسم کرد.
تنش اعمالی

* از یک حالت را با $\sigma_0$ یکسان ولی با های متفاوت بررسی کنیم خواهیم دید که منحنی $\frac{G}{G_0}$ همه‌ی آن‌ها یکسان خواهد شد




اگرچه منحنی $\frac{G}{G_0}$ آن‌ها با هم متفاوت و موازی است.
خالص دارای
با تغییر تنش اعمالی تغییر یابد ولی نوع تغییرات یکسان است.

تنش اعمالی روی منحنی $\frac{G}{G_0}$ تأثیر ندارد یعنی نمودارهای خالص‌ها با تنش متفاوت با هم موازیند. چون موازیند وقتی به نزدیکی می‌رسند بر روی یک نمودار قرار می‌گیرند

* هرچه $D \uparrow$ ← استهلاک انرژی زیاد ↑ ← حالت وارد محدوده رفتار غیرخطی می‌شود

* در نوع ژله، $\sigma_0 \uparrow$ است پس $D$ کم و استهلاک انرژی کم است.

* به علت مسیر زیر ساختمان‌ها از آن‌ها ← مسیر گیری رفت و برگشت < مسیر گیری رفت استفاده می‌کنیم.

*در آزمایشات تأثیر عوامل مختلف روی $G_0$ تأثیر هیستریسی را نمی‌بینیم:

۱- چون آن‌ها به حدی نیستند که اثر این فشارهای خودی باعث ناخالصی شود.

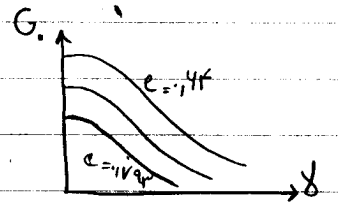
۲- انرژی دانه‌های خالص برای ما مهم نیست از رابطه آن‌ها با آب است.

۳- چون نمی‌خواهند تغییرات حجم باعث تغییر $G_0$ شود آزمایشات را معمولاً به صورت هیستریسی نشده انجام می‌دهند.

۴- در محدوده $10^{-3} - 10^{-2} - 10^{-1}$ اثر این فشارها وجود دارد.

* در تنش‌های نرمال هم تنش‌های برشی استهلاک انرژی داریم.

* تأثیر تداخل روی منحنی $\frac{G}{G_0}-\gamma$ و $D-\gamma$




$\sigma' = 100\ kpa$

$N = 10$

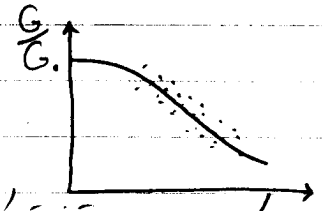
ماسه

حالی متراکم $e = 0.44$

⋮

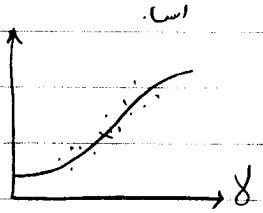
حالی سست $e = 0.792$

منحنی‌هاروی‌هم می‌افتند




تأثیر تداخل تغییری نمی‌کند ولی در فشارهای بیشتر اثر می‌گذارد.

منحنی $\frac{G}{G_0}-\gamma$ خاک‌های دارای کمترین تأثیر تداخل هستند ⇐ دارند

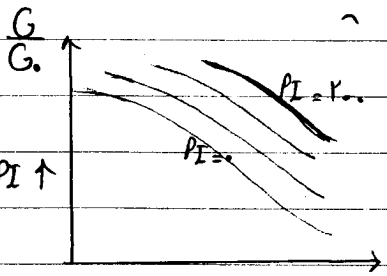



هرچه loose تر ← $D$ ↑

* در خاک‌های دارای آرشن محصورشده، روی آزادی دانه‌ها بیش‌تر از تداخل است.

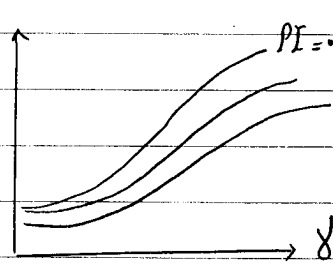
* در رس‌های NC و OC خیلی روی منحنی $\frac{G}{G_0}-\gamma$ و $D-\gamma$ تأثیر ندارد ⇔ $\alpha R$ در منحنی $\frac{G}{G_0}-\gamma$ و $D-\gamma$ تأثیر ندارد.

* در رس‌ها، PI خاک‌ها بیشتر منحنی $\frac{G}{G_0}-\gamma$ و $D-\gamma$ را تحت تأثیر قرار می‌دهد.




۱) خاک‌هایی با PI بالاتر محدوده رفتار خطی بزرگ‌تری دارند.
در محدوده بیش‌تری رفتار الاستیک دارند = الاستیک‌تر رفتار دارند.

۲) در خاک‌هایی با PI بالاتر، تغییرات $\frac{G}{G_0}$ ملایم‌تری می‌شود.




هرچه PI ↑ ← Damping ↓

↓

انرژی بیش‌تری به محیط منتقل می‌شود.

Subject: Date:

* ماسه‌ها خطرناک‌ترین خاک‌ها هستند از اساع باشند

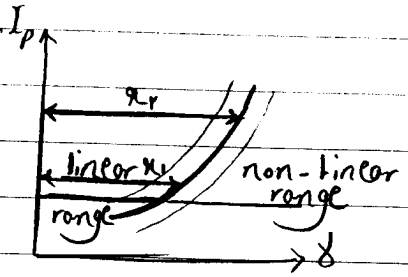
* رس‌ها تحت دوایر لرزه دچار تغییر حجم می‌شوند

* ماسه‌ها تحت دوایر لرزه دچار تغییر حجم می‌شوند و نشست می‌کنند پس از برای Damping استفاده می‌شود باید به اندازه کافی متراکم شوند که دچار نشست نشوند.

* رس‌ترین نمونه را در لایه‌های رس داریم.

* در خاک‌های دانه‌ای، از نقطه‌ای که وارد رفتار غیرخطی می‌شوند میرایی و استهلاک انرژی شروع می‌شود و افزایش می‌یابد.

* در رس‌ها با پلاستیسیته بالا، برش $5\times10^{-2}$ منجر به بدید تاهش سختی degradation می‌شود.
در ماسه‌ها برش $5\times10^{-4}$ و برش منجر به بدید تاهش سختی degradation می‌شود. ← زودتر وارد رفتار غیرخطی می‌شوند




$\gamma_2 > \gamma_1$

هرچه PI ↑ ⇐ شروع آسانه رفتار غیرخطی ↓

برش بیشتری برای degradation نیاز هست.

* رس‌ها

when $\sigma'_0$ ↑ منحنی $\frac{G}{G_0}-\gamma$ به سمت بالا رفته و محدوده رفتار خطی افزایش می‌یابد

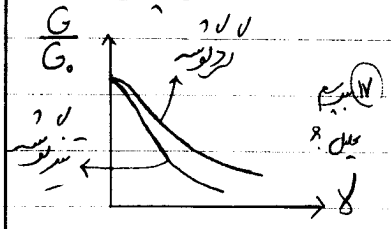
when $\sigma'_0$ ↑ منحنی $D-\gamma$ به سمت پایین آمده و میرایی کمتر شده

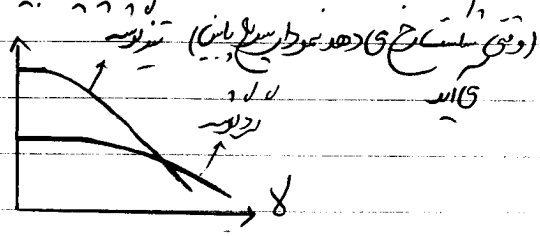
Subject: Date:

* هرچه $G_c$ بیشتر شود دانه‌ها تنها لوسه‌تر: ۱- رفتار غیرخطی بیشتر

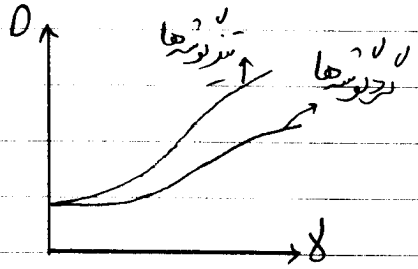
← چون تحت بار تنها لوسه‌های سالمند دانه‌ای را می‌لغزند.

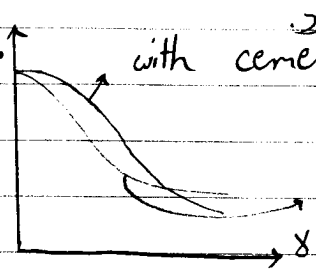
۲- مبدأ بیشتر




(وقتی سلسله‌خی‌ها دهنه‌ی بیشتری را پوشش می‌دهند)




سیمان شدن سبب افزایش محدوده خطی می‌شود.

شکل ۱۸

* سلسله دانه‌ها در محیطی میزان زیادی از انرژی را مستهلک می‌کنند.

Subject: _____ Date: _____

clips™

Subject: Date:

جلسه ششم ۹۱,۷,۲۲

* اثر عوامل مختلف بر روی منحنی $\frac{G}{G_0}$ - $\delta$ و D - $\delta$

۱) نوع خاک
ماسه‌ها
رس‌ها
} محدوده رفتار خطی کوچک ($10^{-5}$)

رس‌ها ← دامنه‌ی رفتار خطی بزرگ‌تر ($10^{-4}$) و میرایی کمتر

۲) تنش محصورکننده
تنش و ماسه هرچه ↑ ⇐ محدوده رفتار خطی ↑
میرایی ↓

یعنی منحنی $\frac{G}{G_0}$ - $\delta$ با تغییر تنش تغییر خواهد کرد ← در رس‌ها تغییرات کم تأثیری روی منحنی $\frac{G}{G_0}$ - $\delta$ و D - $\delta$ ندارد.
منحنی $\frac{G}{G_0}$ - $\delta$ تغییر خواهد کرد یعنی منحنی رس‌ها با تغییر تنش تغییر خواهد کرد ولی نوع تغییرات یکسان خواهد بود.

۳) تراکم
در تنش و ماسه‌ها، تغییرات تراکم تأثیری روی منحنی $\frac{G}{G_0}$ - $\delta$ و D - $\delta$ ندارد.

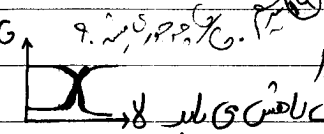
در رس‌ها هرچه تراکم ↑ ⇐ $G_0$ افزایش می‌یابد

۴) OCR
اثر قابل توجهی ندارد.

۵) PI
در رس‌ها هرچه PI ↑ ← رفتار خطی ↑ ، میرایی ↓
اثر PI در رس‌ها مشابه اثر تنش در تنش‌ها و ماسه‌هاست.

۶) اثر سیکل
هرچه تعداد سیکل ↑ ، D ↑ ، رفتار خطی ↓

۷) اثر سیمانی شدن
هرچه سیمانی شدن ↑ محدوده رفتار الاستیک ↑




بعد از این که عوامل سیمانی شدن دچار شکست شوند منحنی رفتار شکست ناهش می‌یابد

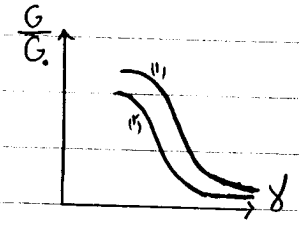
شکست پیوندها میرایی را افزایش می‌دهد.
منحنی $\frac{G}{G_0}$ - $\delta$ به شکست افزایش می‌یابد

۸) اثر دست خوردگی
اثر دست خوردگی روی رس‌ها بحث نمی‌شود.
اثر دست خوردگی در نمونه‌های قدیمی بیشتر است.

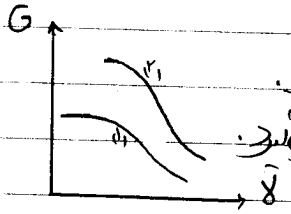
Subject: _____ Date: _____

اثر دست خوردگی بر روی میزان انرژی دارد.

اثر دست خوردگی بر روی منحنی $\frac{G}{G_0}-\gamma$ تأثیر دارد. هرچه دست خوردگی ↑ منحنی $\frac{G}{G_0}-\gamma$ بالاتر می‌رود




(1) Reconstituted samples نمونه‌های بازسازی شده
(2) Intact samples نمونه‌های پارچه
1: نمودار دست خوردگی شده




دست خوردگی بافت شده نمودار $G-\gamma$ حالت افقی بیشتری داشته باشد.
هرچه منحنی $G-\gamma$ افقی‌تر باشد با احتمال بیشتری در منحنی $\frac{G}{G_0}-\gamma$ قرار می‌گیرد.

* بافت: ساختار اولیه که دانه‌های خاک کنار هم قرار می‌گیرند بافت نامیده می‌شود.

* structure: ساختار تنش و نیرو که بر دانه‌های خاک وارد می‌شود.

با توجه به این که structure هم می‌رود چون تنش‌ها را تنش داده‌ایم، اگر باری نباشد که بافت خاک به هم برود، تنش structure را در آزمایشگاه می‌توان به حالت اولیه برگرداند.

دست خوردگی هم بافت هم structure را تغییر می‌دهد.

دست خوردگی در محدوده تنش‌های متوسط بافت تغییر قابل خاک می‌شود.

در تنش‌های بالا، حالت steady (پایدار) داریم صرف نظر از بافت و structure اولیه

* در تنش‌های نزدیک نمودار $\frac{G}{G_0}-\gamma$ منحنی خاک‌های دست خورده و دست نخورده به هم نزدیک می‌شوند

* خاک های دانه ای
  1- بادرفت — در پلاریسوب های لس
  2- آب رفت — در آب رسوب های لس

* در خاک های آب رفتی سال دانه ها، اندازه دانه ها، مسیر آب در بافت خاک تأثیری ندارد.

* وقتی خاک آب رفتی زلزله دهم دانه ها درهم می روند و قفل و بست آن ها افزایش می یابد و stable می شوند

* وقتی خاک بادرفتی زلزله دهم قفل و بست آن ها کاهش می یابد. — در منفی G این کاهش و افزایش را می بینیم

* G به ساختار اولیه خاک ها وابسته است.

* دست خوردگی ← G↓

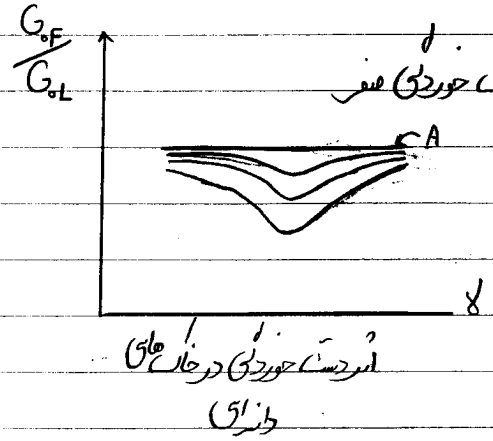
* Damping تا حدی جای دانه ها را خ ندهد خودش را نشان نمی دهد.

* دست خوردگی را در Damping زیاد دخیل نمی کنیم.

* در منفی $\frac{G}{G_0}$ هر نوع دست خوردگی باعث می شود منفی flat تر (افقی تر) شود.

$\frac{G}{G_0}$ (۲۰) (۶۰) (۷۰)

* هرچه دست خوردگی بیشتر ↓




ای انواع خطوط تست به خط A نزدیک می شوند
ولی در برش های بزرگ به هم نزدیک می شوند

Subject: _____ Date: _____

clips TTM

* برآورد، تخمین یا اندازه‌گیری پارامترهای دینامیکی

۲ روش داریم: ۱- روش مستقیم اندازه‌گیری ← دقیق‌ترین روش، پرهزینه‌ترین روش

۲- استفاده از روش‌ها یا روابط تجربی + اندازه‌گیری‌های کم دقت و ارزان

۳- استفاده از مدل‌های ریاضی + اندازه‌گیری‌های کم تعداد ← روش‌های عددی مفید است

مدل‌های ریاضی را بر اساس اندازه‌گیری‌های کم تعداد داشته‌ایم.

* روش انتخابی تخمین پارامترهای دینامیکی باید مناسب با روش تحلیل انتخابی باشد مثال برای تحلیل دقیق‌تر همچون تحلیل‌های دینامیکی در سازه‌های با اهمیت بالا ضروری است باشی از روش‌های دقیق اندازه‌گیری استفاده کرد و برای تحلیل‌های ساده‌تر مثل تحلیل خطی معادل و یا سازه با اهمیت پایین‌تر

* روش‌های اندازه‌گیری

۲ دسته هستند: ۱- آزمایش‌های میدانی از تخمین بر اساس مدل‌ها و روابط تجربی می‌توان استفاده نمود.

۲- آزمایش‌های آزمایشگاهی

هریک از دو روش بالا معایب و مزایای خود را دارند.

مزایای آزمایش‌های میدانی: ۱- این دست خوردگی ناچیز است

۲- روی ایجاد وقفی خارج آزمایش‌ها انجام می‌شود.

۳- روی خارج تغییرسیل‌های ایجادی است با حالات واقعی سیستم در سیل طراحی می‌توانند ارتباط مستقیم دارد.

معایب آزمایش‌های میدانی: ۱- بارگذاری‌های واقعی را نمی‌توان اعمال کرد.

۲- شرایط اندازه‌گیری و نسل مناسب نیستند مثلاً نسل دماندارم چون زمان آزمایش طول است مدت زیادی تداوم داشته باشد نه دما در این مدت زمان متغیر است.

مزایای آزمایش‌های آزمایشگاهی ۱- شرایط اندازه‌گیری و نسل مناسب هستند ← دما و حرارت و چرخش باد نسل هستند

۲- بارگذاری‌های واقعی را می‌توان اعمال کرد

↕

تنش‌های نسل شده بدنی را می‌توان اعمال کرد.

Subject: Date:

* مکانیک آزمایش های آزمایشگاهی ۱- اثر دست خوردگی نمونه است.

۲- روی ابعاد واقعی خاک آزمایش انجام نمی دهیم

↓

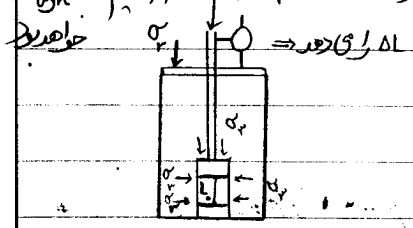
ابعاد محدود است و نمی دانیم چه قدر نمونه نماینده کل خاک است و انجام آزمایش روی نمونه های کوچک است که اثر مقیاس مطرح می شود

* آزمایش ها را به ۲ منظور انجام می دهیم:

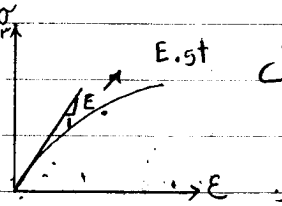
۱- اندازه گیری پارامترها ← در کارهای حرفه ای استفاده می شود.

۲- بررسی رفتار ← در کارهای تحقیقاتی استفاده می شود.

* پیشرفت آزمایش ها به منظور بررسی رفتار بیش تر از پیشرفت آزمایش ها به منظور اندازه گیری پارامترها است. با توجه به تصاویر مربوط به $G_{st}$ و $G_{dyn}$ با هم بدانید: $G_{st}$ در تنش های نزدیک رخ می دهد. بارگذاری استاتیکی را در تنش های کوچک انجام دهیم همان $G_{dyn}$ خواهید داشت. $G_{dyn}$ در تنش های کوچک رخ می دهد.




$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$




$E_{dyn}$ را از آزمایش امواج برشی آمد.

$E_{.st}$ از آزمایش معمولی برشی آمد.

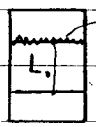
$E_{dyn} \gg E_{.st}$

اوایل با استفاده از دستگاه ها مقدار $E$ را تا ۲ دارید ولی پس از پیشرفت آزمایش ها به منظور بررسی رفتار متوجه شدند که خطا در آزمایش داریم

* خطاها

۱- Bendding Error

بین قاب بارگذاری و نمونه سطح ناهمواری داریم که باعث افزایش خطای شود چون بخشی از جابه جایی ناشی از وارد شدن نیرو به میله و به نمونه بابت سلست ناهمواری های شود.

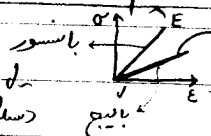


Subject: _____ Date: _____

برای ترس‌های لوجک باید $0.1\mu m$ جابجایی داشته باشیم $\Rightarrow \Delta L = 10^{-4} mm = 0.1\mu m$ $\left\{ \begin{array}{l} L_0 = 100\ mm \\ \varepsilon = 10^{-6} \end{array} \right.$ e.g.

معمولاً ناهواری سطح نمونه و سطح نشیمن از چند میکرون است پس سطح چند میکرون به سمت پایین می‌آید بدون این‌که به نمونه برخورد شود. پس یعنی ترس نشیمن داریم ولی اعمال نشده به نمونه است.

۲) خطای ناشی از لغزش بودن سطح




↓ پارامتر پس دارم لغزش داشته باشد.

سطح یک لغزش دارد، در اندازه‌گیری ترس‌های لوجک این لغزش نباید وجود داشته باشد. پس با نصب سنسور روی نمونه می‌توان ترس را اندازه‌گیری کرد.

back lash

ترس اندازه‌گیری شده (توسط سنسور) < ترس روی نمونه (با استفاده از پیچ)

پس اگر E را درست اندازه بگیریم F با ماشین اسانبرج پلی‌ی شود و در فضای حرفه‌ای توجه چندان خطاهای نمی‌شوند و با اندازه‌گیری ترس دستگاه‌های مقوی اجازه نمی‌دهند در ترس‌های لوجک نمونه را بارگذاری کنیم.

* دستگاه‌های سه‌محوری دینامیکی با ترس دقیق در حد میکرون می‌توانند بارگذاری روی نمونه را انجام دهند.

Subject: Date:

* آزمایش های صحرایی

1- آزمایش غیر مستقیم — آزمایش نفوذ استاندارد SPT (Standard Penetration test) و آزمایش نفوذ مخروط CPT

2- آزمایش های مستقیم

2-1- بارگذاری — مثل پرسیومتر — روی توده خاک بارگذاری انجام می‌دهیم، برای سنگ‌های اساسی مناسب است، بخاطر بالا برای اندازه‌گیری پارامترهای دینامیکی استفاده می‌شود

2-2- ژئوفیزیکی — مثل انتشار امواج (ژئوسایسمیک) ← بافت خوبی برای می‌دهند

* هر دو حالت بارگذاری و ژئوفیزیکی به ۲ دسته تقسیم می‌شوند:

1- سطحی
2- داخل زمینی

دقت آزمایش بارگذاری صحرایی از دقت آزمایش بارگذاری در حوزه آزمایشگاه ضعیف‌تر است.

* آزمایش ژئوفیزیکی

1- مقاومتی — انتشار موج مقاومتی ← معمولاً در ژئوتکنیک استفاده نمی‌شود
2- ژئوالکتریکی — انتشار جریان الکتریکی
3- ژئوسایسمیک — انتشار موج ماشینی ← برای اندازه‌گیری $G_0$ استفاده می‌شود

روش انتشار = روش سنگ‌شناسی

← سرعت انتشار امواج را در داخل توده خاک اندازه‌گیری می‌کنیم (هم به صورت سطحی و هم به صورت داخل زمینی)

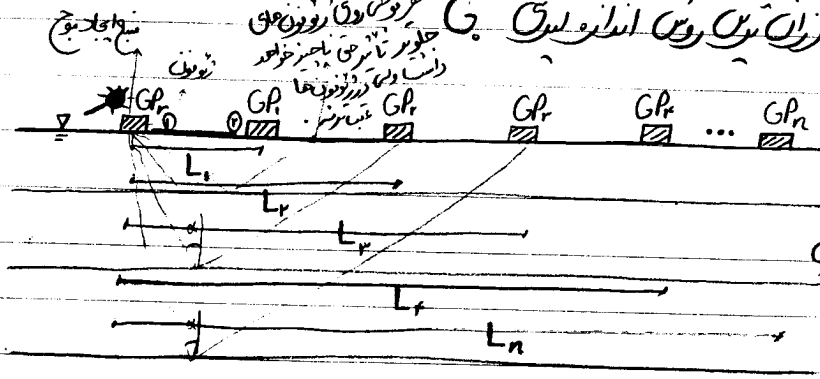
Subject: _____ Date: _____

clips ITM

* روش انعکاسی = روش سلسله لایه موازی

روش انعکاسی از آزمایش‌های ژئوفیزیک است. روشی مفید برای بررسی لایه‌بندی خیلی عمیق یا وسیع می‌باشد.

روشی ساده و ارزان است. ← ارزان‌ترین روش اندازه‌گیری G




بعضی از موج مسیر مستقیم از نقطه ۰ به نقطه ۲ طی کرده و در زمان $t_2$ به نقطه ۲ می‌رسد با اندازه‌گیری $L_2$ و $t_2$، سرعت موج P در لایه بالایی تعیین می‌شود و بعضی دیگر از آن شکسته می‌شود و بعضی دیگر از آن شکسته می‌شود و با زاویه $\alpha$ به لایه اول در سطح مرزی برخورد می‌نماید و بعضی از آن به سطح زمین منعکس می‌گردد

آرایه‌ای از ژئوفون‌ها را در فواصل 5m در روی سطح زمین قرار می‌دهند

آرایه‌های معمولاً ۶ یا ۱۲ یا ۲۴ عدد قرار می‌دهند

با یک در ژئوفون موج ایجاد می‌کنیم که این موج‌ها با موج S هستند یا موج P (موج اولیه یا ثانویه)

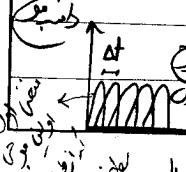
برای ایجاد موج S یک پلیت روی زمین می‌اندازند و ضربه به صورت افقی به آن وارد می‌شود

برای ایجاد موج P ضربه به صورت عمودی وارد می‌شود

ژئوفون‌ها امواجی را که منتشر می‌شوند و به سطح زمین منتقل می‌شوند را ثبت می‌کند و زمان اولین دریافت در هر ژئوفون سنجیده می‌شود.

هر ژئوفون یک دسته موج با فواصل مختلف را می‌بیند.

* ژئوفون اول موج را از طریق سطح زمین دریافت می‌کند چون موج در محیط مادی حرکت کرده یک $\Delta t$ بوجود می‌آید




$V_S = \frac{L_1}{\Delta t}$ ⇐ سرعت موج برشی را اندازه می‌گیریم

فاصله را دادیم

زمان را دادیم

* موج ها در برخورد به لایه جدید دچار انعکاس و انکسار می‌شوند و به ژئوفون های مختلف سطح زمین می رسند
* بعضی از امواج سلسله پیدایی‌شند و انکساری یابند ولی بعضی از امواج عبوری‌شند

$$v_s = \frac{L_1}{\Delta t_1} \Rightarrow G_0 = \rho v_s^2$$

مقایسه روش انکسار

۱- این روش زمانی مناسب است که لایه‌های پایین سخت‌تر باشند. اگر یک لایه نرم زیر لایه سخت باشد ژئوفون نمی‌تواند و دستگاه آن لایه را تشخیص می‌دهد و موج از لایه نرم عبور می‌کند و بازتاب چندانی ندارد.

۲- براساس مقاومت شخص یا دستگاه $\Delta t$ تشخیص داده می‌شود که خطادارد

مزایای روش انکسار

۱- بدون نیاز به حفاری ضخامت لایه‌ها و $v_{s1}$ و $v_{s2}$ و ... را می‌توان اندازه گرفت.

۲- با این روش ضخامت لایه‌ها و $v_{s1}$ و $v_{s2}$ و ... را می‌توان اندازه گرفت.

۳- ساده و ارزان است.

Subject: _____ Date: _____

clips ITM

Subject: Date:

جلسه هفتم ۹۱/۷/۲۳

* موج P = موج فشاری = موج اولیه = در امتداد انتشار موج با امتداد تغییرات حجم یکی باشد موج P نامیده می‌شود.

* موج P سریع‌ترین نوع موج لرزه‌ای می‌شود.

P-wave = Pressure wave = Priliminary wave

* موج P، اولین موجی است که به دستگاه می‌رسد. اولین موجی است که در مجاورت ثبت می‌شود.

* موج S: موج برشی = موج ثانویه = در امتداد انتشار موج عمود بر امتداد تغییرات حجم باشد موج S نامیده می‌شود.

S-wave = shear wave = secondary wave

* موج S دومین موجی است که به دستگاه می‌رسد (از لحاظ سرعت)

* در لرزه‌نگارهای زلزله‌ای از امواج S استفاده می‌شود.

* موج S موجی جهت‌دار و Polarized است.

* امواج حجمی: امواجی هستند که در محیط توده‌ای (بر خلاف سطحی) می‌روند، در نتیجه جسم حرکت می‌کند.
= Body wave : امواج S و P جزء امواج حجمی هستند.

* امواج سطحی امواجی هستند که از برخورد امواج حجمی با سطح ایجاد می‌شوند.
امواج R و L از امواج سطحی هستند.
(رایلی) (لاو)

* سرعت انتشار امواج $P > S > R$

* روش سایزمیک براساس اندازه‌گیری زمان ساخت موج در نقاط مختلف می‌باشد.

Subject: Date:

* سرعت انتشار موج S و P در مصالح مختلف

سرعت انتشار موج برشی در آب صفر است. $V_S = 0$ آب معمولی

بین ۷۰۰ تا ۱۰۰۰ $V_S$

بین ۱۲۰۰ تا ۶۰۰ $V_S$

۲۰۰۰ $m/s$ $V_S$

بین ۲۵۰۰ تا ۹۰۰ $V_S$

بین ۳۵۰۰ تا ۱۵ $V_S$

بین ۲۲۰۰ تا ۳۰۰۰ $V_S$

Freshwater

۱۵۰۰ $m/s$ در آب معمولی $V_P$

بین ۲۴۰۰ تا ۵۰۰ در خاک رسی $V_P$

۴۰۰ $m/s$ سازندها $V_P$

۴۰۰ $m/s$ سرعت انتشار موج فشاری در یخ $V_P$

بیش‌تر از سرعت انتشار موج فشاری در خاک است.

بین ۵۰۰ تا ۲۰۰ سنگ‌های هوازده $V_P$

بین ۷۰۰ تا ۴۵۰۰ سنگ‌های تازه $V_P$

بدون درز و شکاف

بین ۷۲۰۰ تا ۵۶۰۰ فولاد $V_P$

سرعت انتشار موج برشی در فولاد از سرعت انتشار موج برشی در برخی از سنگ‌های تازه بیش‌تر است.

* برای اندازه‌گیری $V_S$ از دستگاه‌های ژئوفیزیکی استفاده می‌شود که براساس آن‌ها اندازه‌گیری یکی از مؤلفه‌های حرکت ژئوتکنیکی است.
* این دستگاه‌ها دارای حسگرهایی هستند.
* معمولاً در دستگاه جابه‌جایی اندازه‌گیری می‌شود.
* معمولاً در زلزله از سرعت بیش‌تر استفاده می‌شود.

$G_0 = \rho V_S^2$ معیط

* روش‌های انتشار موج

۱. CHT
۲. DHT
۳. Suspension logging (داخل چاه انجام می‌شود.)
۴. Seismic Refraction (سطحی انجام می‌شود.)
۵. آنالیز طیفی آنالیز امواج سطحی

* روش‌های انتشار موج مقایسه‌ای

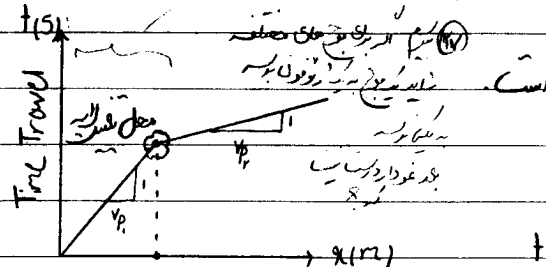
۱. جزء روش‌های غیرمستقیم هستند. (۸۰٪)
۲. در روش‌های انتشار امواج برش‌های توجه، $G_0$ را اندازه‌گیری می‌کنیم.
۳. المان بندر، سختی، مشخصات المان، دستگاه، سرعت و فرکانس محاسبه می‌شوند.
۴. پرتابش موج سطحی را اندازه‌گیری می‌کنیم.
۵. برای امواج S و P، R و L: این روش‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند.

Subject: _____ Date: _____

* روش Refraction (۲۵) برعکس روش انعکاس سطح لایه مرزی نیاز به فرکانس بالا

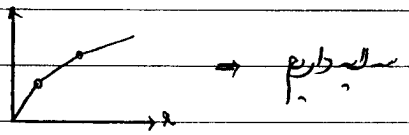
- اگر انرژی ای به گیرنده وارد شود لزوما باید به لایه های پایین تری برسد و به GP ها برگردد تا اطلاعاتی از لایه های پایین به دست خواهد آمد.

(۲۶) برعکس در لایه اول سه جفت زمان برگشت موج داریم.




- شیب نمودار t-x در هر قسمت بیانگر سرعت موج در یک لایه مشخص است.

- شیب (سطح) در نمودار بیانگر عمق لایه در حال است.




دو لایه داریم ⇐ سه لایه داریم

برای سیستم دو لایه ای $Z_c = \text{Depth to Rock} = \frac{x_c}{2}\sqrt{\frac{V_{P_2}-V_{P_1}}{V_{P_2}+V_{P_1}}}$ عمق لایه

* هر موج در یک زاویه خاص به لایه برخورد می کند و برگشت می کند که این زاویه بستگی به عمق لایه بالایی و عمق لایه پایینی دارد.

* از اختلاف بین $V_P$ و $V_S$ وجود آب را می توان تشخیص داد.

* آب سرعت موج برشی را کاهش می دهد و سرعت موج فشاری را افزایش می دهد.

* اگر نسبت $\frac{V_P}{V_S} > \sqrt{2}$ نشان دهنده آن است که در لایه احتمال وجود آب وجود دارد.

* آزمایش های ژئوفیزیکی
۱. Downhole
۲. Crosshole
} انتشار موج درون زمین

۳. انتشار موج سطحی ← SASW (Spectral Analysis, surface wave)

۴. لرزش (Force Vibration)

(۲۸) برعکس روش انعکاس Refraction دیرین دستیابی کمتر می باشد چرا؟

* روش ساسمیک زمان رسیدن موج در نقاط مختلف را اندازه گیری می کند

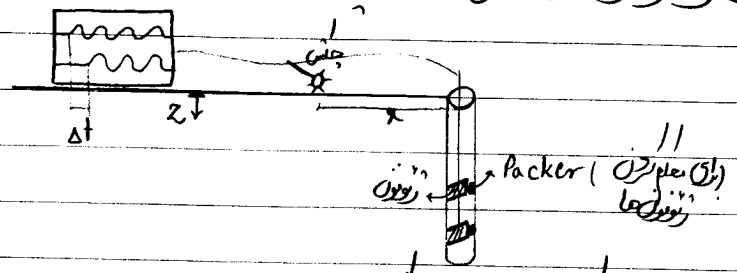
Subject: Date:

* روش Downhole (روش داخل چاهی یا آزمایش امواج صوتی یا برشی)

- در این روش چاه‌ای حفر می‌شود با حفر چاه تعداد لایه‌ها مشخص می‌شود، بنابراین ضخامت لایه‌ها را می‌دانیم.

- در داخل چاه ژئوفون‌هایی قرار داده می‌شوند.

- ضربه در سطح زمین زده می‌شود، موجی که منتشر می‌شود ژئوفون‌های داخل چاه دریافت می‌کنند




$$V_s = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

- دقت روش Downhole بیشتر است زیرا در داخل چاه صورت می‌گیرد. به‌جای موج فشاری در سطح ایجاد می‌شود ولی ژئوفون‌ها موج‌ها را در داخل چاه دریافت می‌کنند، Δt واضح‌تر و دقیق‌تر است زیرا مسیر موج‌ها مستقیم است (از بالا به پایین یا برعکس)

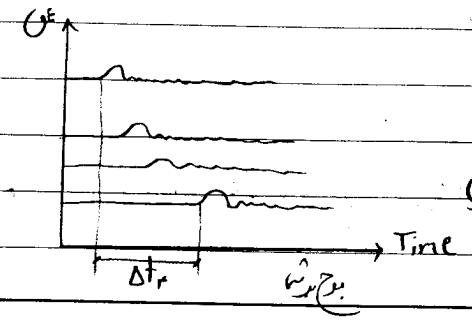
- معایب روش Downhole، سلسله موج در مرز لایه‌ها انجام می‌گیرد و ضخامت لایه‌ها در سلسله موج‌ها تأثیر دارد که باعث ایجاد کمی خطا می‌شود.

* روش سطحی روش کم دقتی است چون دقت آن به‌شدت تحت‌تأثیر زمان‌ها Δt نسبی دارد، خطای قابل توجهی در اینجا وجود خواهد داشت و لایه‌ای در منحنی آن‌ها نقطه سلسله به‌وضوح مشخص نخواهد بود که ضخامت لایه‌ها به‌طور دقیق محاسبه نمی‌شود.

برای ناهش خطا در روش سطحی از چاه استفاده می‌شود که ضخامت لایه‌ها را می‌دهد.

حفر چاه روش زمان‌بری می‌باشد.

* در آزمایش Downhole با افزایش عمق تأخیر زمانی هم بیشتر می‌شود.

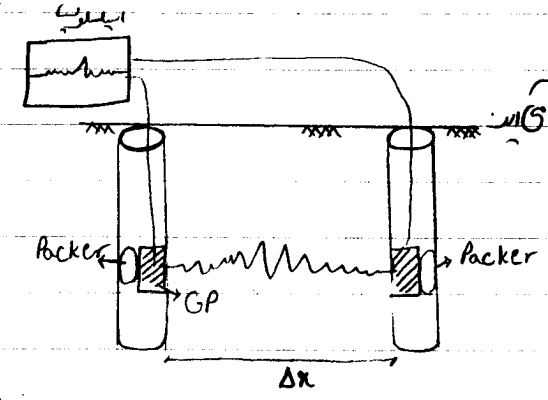



$$\Delta t_1 < \Delta t_2 < \Delta t_3 < \Delta t_4$$

به مطلب دیگر روش Downhole، دست خوردگی خاک در حال حفاری نمونه و جابه‌جایی آن‌ها، اثرات آن حفاری منابع تحریک نامانی یا سایر نویز، اثرات سوء بر روی نتایج.

* روش Crosshole (روش بین گمانه‌ای) یا آزمایش امواج عبوری

در این روش دو گمانه حفر می‌شود در یکی موج ایجاد می‌شود و در دیگری موج دریافت می‌شود. به عبارتی منبع موج و دریافت‌کننده موج در یک امتداد در داخل گمانه قرار می‌گیرند.




امواج فقط در یک لایه طی می‌شوند و به طور مستقیم $V_p$ و $V_s$ بدست می‌آیند.

دقت این روش بیش‌تر از ۲ روش قبلی است.

هزینه آن زیاد است (دو حفر گمانه داریم.)

در اکتشافات عمیق از این روش استفاده می‌شود.

$$V_S = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

در اکتشافات عمیق از انرژی انفجار استفاده می‌شود.

با انجام آزمایش در اعماق مختلف یک پروفیل سرعت بدست خواهد آمد. استفاده از ۳ گمانه یا بیش‌تر برای به حداقل رساندن بی‌دقتی‌های احتمالی

* لرزش ناشی از زلزله، انفجار، ارتعاش چکش، ارتعاش ماشین‌آلات و ... که قابل اندازه‌گیری و ثبت باشد و بتوان ویژگی‌های مصالح مطلوب خواهد بود.

باعث می‌شود سطح زمین لرزش ایجاد می‌شود؛ موج‌های فشاری هند و فرانس‌ای می‌توانند از زمین با زاویه تقریباً عمود و طبیعی به وسیله حرکت از سرعت ثبت می‌شود.

vibration موجب می‌شود، Damping انرژی توان با این روش محاسبه کرد. از این روش برای پاسخ دینامیکی سازه‌ها استفاده می‌شود که فرانس طبیعی سازه را به وسیله ایجاد تشدید محاسبه می‌کنند.

فرانس طبیعی زمین هم با این روش محاسبه می‌شود به طوری که اگر فرانس سیستم با فرانس لایه‌های خاک یکی باشد باعث بیش‌تر شدن موج‌ها ثبت می‌شوند که نشان دهنده تشدید می‌باشد و فرانس زمین محاسبه می‌شود.

حسگرها و دستگاه‌های اندازه‌گیری فرانس موج به گونه‌ای طراحی می‌شوند که فرانس طبیعی آن‌ها با فرانس طبیعی سیستم فاصله داشته باشد. فرانس طبیعی زمین در حدود ۱۲۰ بیت می‌باشد. ← ۲۹ بیت

را سنسور لرزش با سرعت در دستگاه CPT نداشته شود را SCPT نقشه می‌شود.
اگر دستگاه SCPT فشارآب را اندازه بگیرد SCPTU نقشه می‌شود.

Subject: _____ Date: _____

* آزمایش Downhole مشابه حفر بالا نمی باشد از SCPT می توانیم استفاده نمیم و آزمایش Downhole را انجام دهیم.

* آزمایش پرسومتر (فشارسنجی) Pressurment test . PMT

در این روش خاک را به طور مستقیم تحت بارگذاری قرار می دهیم. برای محاسبه E و G از این آزمایش استفاده می شود. ← خاک های درشت دانه
در جایی که احتمال خوردگی وجود ندارد از این آزمایش استفاده می شود معمولاً در شن ها که آب دست خوردگی بر روی نمونه بر روی E و G زیاد است از پرسومتر استفاده می شود.
در پرسومتر E را اندازه می گیریم و با تخمین ν، G را محاسبه می کنیم.

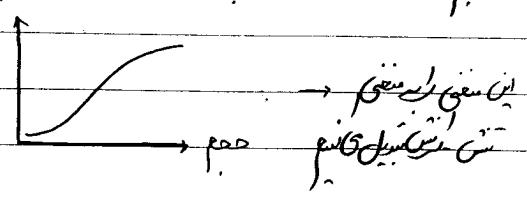
* معایب پرسومتر

۱- بارگذاری به صورت افقی می باشد ← سختی جهت افقی خاک را اندازه می گیریم. سختی قائم را اندازه نمی گیریم.

۲- در شن های لوجل نمی توان از آن استفاده کرد. ← پرسومتر برای سختی در شن های متوسط به بالا کاربرد دارد.

* مهم ترین معایب کاربرد: در خاک های دانه ای است که نمونه دست خورده مشکل می باشد.

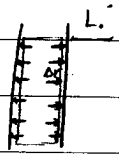
به کمک این آزمایش فشار تنش - کرنش و مقاومت خاک ها را در محل اندازه گیری می کنند.
دستگاه پرسومتر یک سیلندر استوانه ای شکل است که داخل سیستم آب هم کرد و به صورت دیافراگمی می باشد و فشار سنج و شیلنگ استوانه ای شکل که با استفاده از یک پمپ نازک انعطاف پذیر می توان فشار لازم جهت به دیواره های گمانه وارد کند. فشار خاک از روی حجم مایع تزریق شده به داخل محفظه پمپ نازک یا شیلنگ نازک های فشار سنج که از هوای فشرده پر می شوند اندازه گیری می شوند. بعد از سنجیدن فشارها و حجم های اندازه گیری شده براساس قابلیت سیستم، اختلاف تراز ها و اثر نفوذ غشاء نازک به داخل خاک یک منحنی حجم - فشار قابل ترسیم خواهد بود. با استفاده از تئوری انساع حفره از منحنی حجم - فشار جهت محاسبه رفتار تنش - کرنش خاک می توان نمونه رفت.




$\varepsilon = \frac{\Delta r}{L_0}$ کرنش وارد بر خاک

$r_0 + \Delta r \rightarrow \Delta r$

$L_0$ طول نمونه پرسومتر




* میزان تنش به دیواره براساس فشار اعمالی بدست می آید.

* در این جا خطا زیاد است زیرا حجم پمپ بسیار زیاد است و بخش های جلوی قبل پیش می آید.

clips ITM

Subject: _____ Date: _____

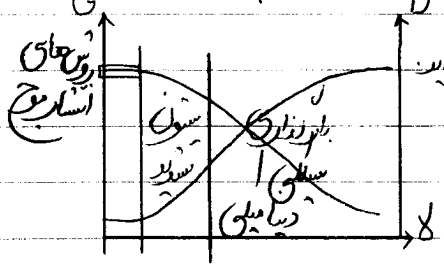
* آزمایش های آزمایشگاهی

۱- آزمایش سه محوری دینامیکی یا سیکلی ← معمولاً بارگذاری سیکلی را روی نمونه اعمال می‌کنیم و منحنی‌های تنش و کرنش سیکلی را بدست می‌آوریم.
روش استارمونج را می‌توان به آزمایش سه محوری اضافه کرد

۲- آزمایش برش ساده Simple shear test ← از این آزمایش منحنی تنش و کرنش سیکلی را بدست می‌آوریم.

۳- آزمایش برش پیچشی استوانه توخالی ← از این آزمایش منحنی تنش و کرنش سیکلی را بدست می‌آوریم.

(۴۲)




۴- تنش تسلیم ← منحنی برون‌داد آزمایش یک نمونه توپر خالی است. در این حالت آزمایش طبیعی بسیم را اندازه‌گیری می‌کنیم و با تعریف روابط پایه، منحنی مشخصه‌ای خاک بدست می‌آید.
این دستگاه ما محدودیت‌هایی دارد.

منحنی $\gamma$-G و $\gamma$-D را می‌توان با یک دستگاه بدست آورد

* محدوده کاربرد با دستگاه تنش تسلیم $(10^{-3}) 5\times10^{-4} < \gamma < (10^{-2}) 5\times10^{-5}$ نقطه ابتدایی بارگذاری استارمونج بدست می‌آید

* محدوده کاربرد دستگاه سیکلی $10^{-1}$ تا $10^{-2} < \gamma < 5\times10^{-4}$ به حالت تعادلی می‌رسیم ← $\gamma > 10^{-1}$

* برای محاسبات لرزه‌ای، از بین این اندازه‌گیری‌ها، اندازه‌گیری G است.

* یکی از مسائل مهم اندازه‌گیری‌ها در دینامیک خاک بدست آوردن منحنی $\gamma$-G و $\gamma$-D می‌باشد

* Stiffness degradation: خاک‌هایی که تمایل به انقباض دارند و انبساط هستند در بارگذاری‌های زلزله‌ای سفتی یا صلبیت خود را از دست می‌دهند.

* Stiffness hardening: از خاک متراکم باشد و بارگذاری سیکلی انجام دهیم تمایل به انبساط می‌یابد و فشار آب منفذی مثبت اضافی ایجاد می‌شود و سیکل‌های پی در پی سبب افزایش سفتی = سفت شوندگی می‌شود.

* در خاک خشک در اثر بارگذاری اثر تراکم بیشتر می‌شود، سفتی افزایش یافته در این صورت سفتی کاهش می‌یابد (خاک‌های

Subject: _____ Date: _____

clips™

Subject: Date:

* برای بدست آوردن $G_0$ و تغییرات $\frac{G}{G_0}$ ، $D$ یک روش اندازه‌گیری واحد نیست نمی‌باشد.

* آزمایش‌ها
  - ۱- آزمایش صحرایی
    - ۱-۱- غیر مستقیم ← نفوذ ← SPT: $N \rightarrow V_S \rightarrow G_0$ (مقاومت نفوذ در آزمایش نفوذ)
    - CPT: $q_c \rightarrow V_S \rightarrow G_0$ (مقاومت نفوذ در آزمایش CPT)
    - ۱-۲- مستقیم ← پرسومتر
      - ۱-۲-۱- بارگذاری
      - ۱-۲-۲- ژئوفیزیکی
        - انتشار موج (لرزه‌ای)
        - الکتریکی
        - مغناطیسی
      - آزمایش‌های ژئوفیزیکی
        - ۲-۱- لرزه‌ای: رزنانس، SASW، Downhole، Crosshole
          - $V_R \rightarrow V_S \rightarrow G_0$ ، $10 < f < 100$ Hz ، $\gamma < 10^{-3}$
          - $V_S \rightarrow G_0$ ، $10 < f < 100$ Hz ، $\gamma < 10^{-3}$
          - $V_S \rightarrow G_0$ ، $10 < f < 100$ Hz ، $\gamma < 10^{-3}$
        - ۲-۲- دینامیکی
  - ۲- آزمایش آزمایشگاهی
    - ۲-۱-۱- سه‌محوری: $q : \varepsilon_0 \rightarrow E \rightarrow G$ ، $0.1 < f < 1$ ، $\gamma > 10^{-2}$
    - ۲-۱-۲- برش ساده: $\tau : \gamma \rightarrow G$ ، $0.1 < f < 1$ ، $\gamma > 10^{-2}$
    - ۲-۱-۳- برش پیچشی: $\tau : \gamma \rightarrow G, G_0$ ، $0.1 < f < 1$ ، $10^{-4} < \gamma < 1$
    - ۲-۲-۱- ستون تشدید: $f_r \rightarrow G_0, G$ ، $f > 10$ ، $10^{-4} < \gamma < 1$
    - ۲-۲-۲- Bender Element: $V_S \rightarrow G_0$ ، $f > 100$ ، $\gamma < 10^{-3}$

* Bender Element: این آزمایش با استفاده از دو قطعه پیزوالکتریک (یکی به‌عنوان فرستنده و دیگری به‌عنوان گیرنده) در سه‌محوری قرار می‌گیرد. انجام می‌شود. موج برشی توسط یکی از قطعات ایجاد و توسط قطعه دیگر در انتهای نمونه دریافت می‌شود. سپس $V_S \rightarrow G_0$ اندازه‌گیری می‌شود.

* انجام نمونه‌های دست‌خورده در خصوص سازه‌های با اهمیت بالا خصوصاً در خاک‌های ریزدانه مستقل و ماسه‌ای با تراکم از این خاک‌ها وجود دارد توصیه می‌شود.

Subject: _____ Date: _____

* برای تعیین مقاومت برشی خاک ها در تنش های بالاتر از ۱۰۰ و تنش های پایین تر از ۲۰۰ انجام آزمایش های سه محوری و سه محوری تحکیم شده زهکشی شده ضروری است.

* انجام آزمایش های پیشنهادی باشی براساس دستورالعمل های ملی انجام شود در غیر این صورت استفاده از استانداردهای از قبیل ASTM , DGS (استاندارد ژاپنی) توصیه می گردد.

Subject: Date:

جلسه ۹۱,۸,۶ و ۹۱,۸,۷ * تکمیل بحث جلسه قبل

جلسه هشتم ۹۱,۷,۲۹

* آزمایش‌های آزمایشگاهی برای مدل‌های دینامیکی ارائه می‌دهند ← به لحاظ پلت‌های آزمایشگاهی: ۱- انتشار موج ۲- ارتعاش و ایجاد تنش و میرایی ۳- بارگذاری
به لحاظ سلت آزمایشگاهی: دارم

۱) انتشار موج: $V_p$ و $V_s$ رابطه‌ی آن‌ها ← $G_0$ و $E_0$ و $\nu$

دستگاه‌های مورد استفاده قراردادی‌ترند: ۱- Bender Element ۲- انتشار با فنر

۲- ارتعاش و ایجاد تنش و میرایی: $G_{\gamma}$ و $D_{\gamma}$ رابطه‌ی آن‌ها

کرنش‌ها در محدوده $5\times10^{-4}$ تا $5\times10^{-3}$ هستند

دستگاه‌های مورد استفاده قراردادی‌ترند: ۱- ستون تشدید Resonant Column (مشکل‌ترین آزمایش از نظر اندازه‌گیری خواص خاک مادر کرنش‌های کم باشد)

۳- بارگذاری: دستگاه‌های مورد استفاده قراردادی‌ترند: ۱- به صورت دینامیکی Simple Shear ۲- برش ساده ۳- برش محض استوانه توخالی

* آزمایش محوری سیکلی آزمایشی جهت اندازه‌گیری خواص خاک در کرنش‌های بزرگ می‌باشد.

* آزمایش سه محوری سیکلی حلزونی است تحت شرایط تقارن استوانه‌ای یا تقارن غیر استوانه‌ای انجام شود. Hollow Cylindrol Torsion shear

تقارن استوانه‌ای: هیچ تنش برشی در صفحات افقی وجود ندارد

دستگاه‌های در بارگذاری به سه دسته استفاده می‌شود:

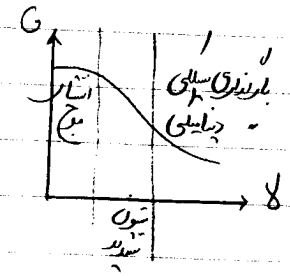
۱- سه محوری مستقل ، سه محوری واقعی (True Triaxial)

۲- برش حلقوی Ring Shear

* در این آزمایش دینامیکی خیلی زیاد انجام نمی‌دهیم ولی مقاومت به صورتی سد و در حال افزایش است.

Subject: _____ Date: _____

* برای بدست آوردن هر یک نقطه از منحنی $\delta - G$ (یک نقطه از نمودار G و یک نقطه از نمودار D) به یک آزمایش مستقل نیاز داریم.




برای محاسبه G, D (۲) (۱)

* ساده‌ترین آزمایش، آزمایش دینامیکی سیکلی (Cyclic Triaxial test) و آزمایش دینامیکی (Dynamic Triaxial Test)

۱) آزمایش دینامیکی سیکلی ← اگر دستگاه فرکانس‌های تا 1HZ را بتواند اعمال کند دستگاه Cyclic است.

۲) آزمایش دینامیکی ← اگر دستگاه فرکانس‌های بالای 1HZ را بتواند اعمال کند دستگاه دینامیکی است.

* دو استاندارد متفاوت برای بارپذیری دینامیکی و دینامیکی سیکلی داریم: جنس سری ۵۵ تا ۵۹ ASTM ... ۹۰

استاندارد ۱: ۱) بار آمپرهای دینامیکی بدست می‌آید و چون بار آمپرهای دینامیکی هم هستند ما هم‌زمان آزمایش را در دستگاه‌های نوحلب و توسط انجام دهیم و چون آزمایش را در دستگاه‌های نوحلب و توسط انجام می‌دهیم باید روی نمونه انجام دهیم و قرار دادن گرنش سنج برای نمونه نیز لازم است. ایراد beling را هم برطرف می‌کند.

استاندارد ۲: ۲) اندازه‌گیری را بیرون نمونه انجام می‌دهیم.

* در بارپذیری دینامیکی سیکلی و دینامیکی را اندازه‌گیری می‌کنیم نه را بیرون نمونه اندازه‌گیری می‌کنیم.

LOT

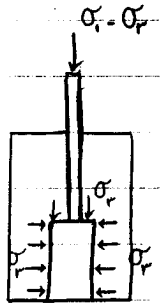
Subject: Date:

* سه محوری ها

* بارگذاری دینامیکی و سیکلی به صورت تنش تنش صورت می گیرد.

هدف: بدست آوردن منحنی $\sigma - \varepsilon$ بارش مقاوم

چون $\sigma_3$ مثلاً از طریق آب وارد می شود $\Rightarrow \sigma_1 - \sigma_3$




$\sigma_3$ = فشار سلول = نمونه بالا

تنش محاط می شود

$\sigma_1 - \sigma_3$

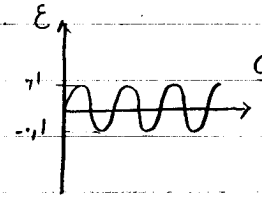
+

$\sigma_3 \Rightarrow \Delta q$ اندازه تنش

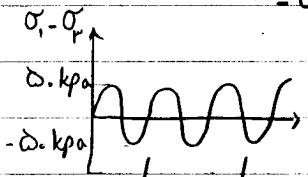
=

$\sigma_1$ توسط جک اعمال می شود

* تنش تنش = المنت را به یک تنش مقاوم برسانیم و بعد بارگذاری انجام دهیم (بارگذاری قائم انجام می دهیم) مثلاً 1mm+ تنش اعمال می نیم و 1mm- دوباره تنش اعمال می نیم (یعنی بارگذاری اعمال می نیم و اعمال بارگذاری را به سمت بیرون می نیم




* تنش تنش المنت و تنش وارده به نمونه را تنش تنش می نیم یعنی مثلاً $\pm 50 kPa$




* استاندارد ASTM ، تنش تنش را پیشنهاد می کند چون دستگاه های متعارف تنش را بهتر تنش می کنند

$$E = \frac{\Delta \sigma_{pp}}{\varepsilon_{a,pp}} \quad , \quad D = \frac{(w_D)_{ساخت\ نمونه}}{(w_S)_{ساخت\ سلول}} \quad , \quad D = 1$$

با استفاده از D و با توجه به فرمول E ، G را می توان محاسبه کرد.

۱) اگر نمونه اشباع نباشد و آزمایش زهکشی نشود باشد بیشتر به اصوات را 5 هر دقیقه تنش می دهیم.

۲) اگر نمونه اشباع نباشد باید تنش سلول جانبی را اندازه بگیریم $\rightarrow$ D را اندازه می گیریم $D = -\frac{\text{تنش جانبی}}{\text{تنش قائم}}$

Subject: _____ Date: _____

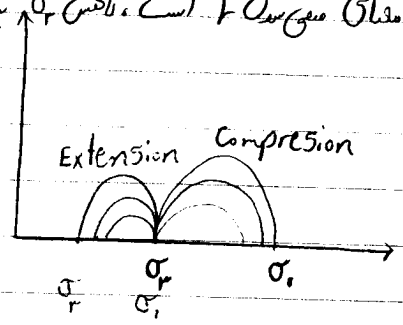
clips TTM

* وقتی اعمال بارگذاری از سمت بیرون می‌شود ($\sigma_1 - \sigma_3 < 0$) از نوع حداکثر $\sigma_3$ را می‌توان $\sigma_3 - \sigma_1$ منفی می‌شود، حداکثر $\sigma_3$ را می‌توان صفر در نظر گرفت اگر بیش از $\sigma_3$ کم شود باعث می‌شود که هسته‌ها از هم جدا شوند پس هسته‌ها $\sigma_3 - \sigma_1$ منفی می‌شود و حداکثر $\sigma_3$ را منفی می‌شود، به Extention (کشش) می‌گویند به tension (کشش) ← اعمال کشش به معنای کشیدن جسم به بیرون است، تا حداکثر $\sigma_3$ باید آن قدر باشد که $\sigma_3 - \sigma_1$ منفی شود.

$\sigma_3 - \sigma_1 = q$

$\sigma_3$ ثابت، کشش قائم را می‌گیرد ← Extension

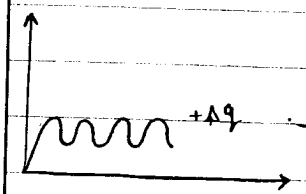
$\sigma_3$ ثابت، کشش قائم را زیاد می‌کند ← Compresion




if $\Delta q > 0$ → Compresion

$\Delta q < 0$ → Extension

* دستگاه سه محوری معمولی Extension را می‌تواند انجام دهد.

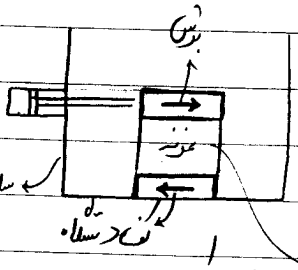



* در دستگاه‌هایی که با contact فشاری وجود دارد نمی‌توانند $q$ مثبت ایجاد کنند.
فقط فشاری Compresion را انجام می‌دهند

* بارگذاری، باربرداری، بارگذاری مجدد باید حتماً $q$ منفی به وجود بیاید تا لوپ ایجاد شود. *

* آزمایش برش ساده

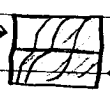
* به نمونه تنها برش یا تنش برشی وارد می‌شود ← تنش‌های برشی اندازه‌گیری می‌شود.
تنش برشی بیشینه می‌آید
$\frac{1}{2}$ اندازه‌گیری می‌شود ← G و v را می‌توان بدست آورد.




* در آزمایش برش ساده، اعمال بارگذاری برش ساده، فقط یک طرفه باشد
می‌توان نمونه را مکعبی در نظر گرفت. (۲۲ cm)

* در آزمایش برش ساده مثل آزمایش سه محوری، تنش دورانی را اعمال کرد.

* در آزمایش برش مستقیم، تنش برشی را نمی‌توان بدست آورد، چون سطح گسیختگی از قبل مشخص است. ←



برش صفحه‌ای
بارگذاری

clips ITM

Subject: _____ Date: _____

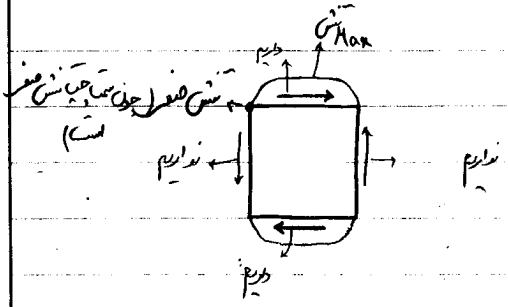
* اشکالات آزمایش برش ساده

۱- نیروی برش به بالای نمونه وارد می‌شود

چه مسائلی پیش می‌آید اگر برش به بالای نمونه وارد شود؟

برای تعادل گشتاور باید کوپل برش وجود داشته باشد.

اگر عناصر المانی اطراف نمونه با آب تماس باشد تنش برشی صفر است.



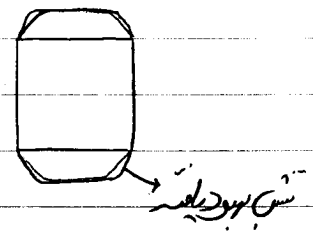

↳ (boundry Effect) تأثیر مرزی

پس تنش روی نمونه در آزمایش برش ساده یکنواخت نیست (تأثیر مرزی)

لذا ای به اندازه می‌دهیم به ازای تنش متوسط اندازه می‌دهیم.

در آزمایش برش ساده

راه حل: نمونه را با پیچ الیه الیه محصور می‌کنند این پیچ به نمونه می‌چسبد و برش را مشکل می‌کند و وضعیت تنش مشابه را بوجود می‌آورد




* در آزمایش برش ساده و دیاسلی خاک را به صورت همسان تحلیل می‌کنیم:

* در برش ساده تنش‌های پیش‌رو نسبت به آزمایش سه محوری داریم:

۹ مولفه تنش داریم (۶ مولفه مستقل تنش داریم.)

در آزمایش سه محوری از ۹ مولفه تنش ۲ تا را تنش می‌کنیم.

در آزمایش برش ساده از ۹ مولفه تنش (۴) تا را تنش می‌کنیم.

۹ مولفه تنش ۴ تا

تنش (اثر، قائم، برشی)

اگر بخواهیم در دو جهت وارد شود ۶ مولفه تنش داریم

Subject: _____ Date: _____

clips ITM

* جهت تنش‌های اصلی روی C و D این طرف است در دوران تنش‌های اصلی روی مقاومت خالص مهم است، چون دوران می‌تواند خالص را روبدا کند و مقاومت خالص را به صفر برساند

* در آزمایش برش ساده جهت تنش اصلی به صورت تدریجی تغییر می‌کند.

* در آزمایش سه‌محوری جهت تنش اصلی یا عوض نمی‌شود یا جهش می‌یابد.

* در آزمایش برش ساده قبل از اعمال برش، جهت تنش‌های اصلی با صفر درجه یا ۹۰° راست، هرچه تنش برشی اعمال شده زاویه تنش اصلی و جهت با اصطلاح تنش‌های اصلی به تدریجی دوران می‌کند. حداکثر دورانی که اتفاق می‌افتد ۴۵° است و دوباره به جای اولیه‌اش برمی‌گردد ← در طبیعت پدیده‌های به این صورت به وفور یافت می‌شود و به واقعیت نزدیک‌تر است.

* در آزمایش سه‌محوری تنش برشی در جایی نداریم، تنش افقی و قائم را تنش اصلی به حساب می‌آوریم پس جهت تنش‌های اصلی یا ۰° یا ۹۰° است در طبیعت پدیده‌های نداریم که ۹۰° جهش داشته باشیم

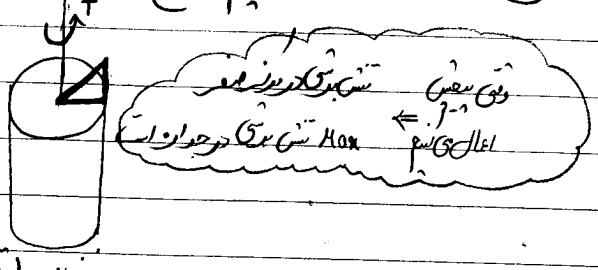
در حالت Compression

* آزمایش برش یعنی استوانه توخالی

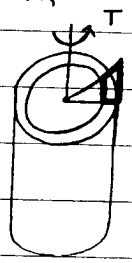
آزمایش برش یعنی اول برای نمونه‌های نوپر اختراع شد.

ایراد آزمایش برش یعنی استوانه توخالی: عدم یکنواخت بودن تنش برشی در جهت شعاعی

اگر نمونه نوپر باشد توزیع تنش نیز یکنواخت برمی‌شود ولی نمونه را توخالی کنیم توزیع تنش یکنواخت‌تر می‌شود.

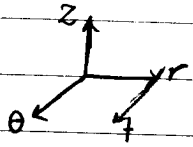



نمونه توپر (توزیع یکنواخت)




وقتی داخل نمونه را خالی می‌کنیم تقاضای تنش برشی را نادیده می‌گیریم

نمونه توخالی (توزیع غیر یکنواخت)



دنباله بحث

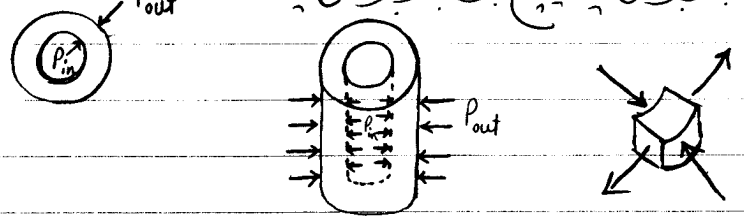
* در آزمایش برش پیچشی فشار داخل نمونه را می‌توان نادیده گرفت چون داخل نمونه فشار اسپلی داریم.

* در آزمایش برش پیچشی هم تنش قائم می‌توان اعمال کرد و هم پیچش

$$\sigma_{zz} = \frac{\text{پیچش}}{\text{سطح}}$$

در سه محوری فقط فشار بیرونی را می‌توان کنترل کرد ⊗ (۲۷) بهم

* با اعمال تنش‌های فشاری متساوی در داخل و بیرون نمونه ($P_{in}$ و $P_{out}$ را مساوی اعمال کنیم) در جهت عامل تنش محوری (تنش فشاری، تنشی) به وجود می‌آید هیچ برشی به وجود نمی‌آید




در آزمایش برش پیچشی استوانه توخالی منفی ۷-۸ بدست می‌آید پس G و D را هم می‌توان بدست آورد.

Subject: _____ Date: _____

* تست تشدید

* در آزمایش تست تشدید برای محاسبه G و D ، نمونه به ارتعاش درمی‌آید نه این که نمونه تحت بارگذاری قرار گیرد.

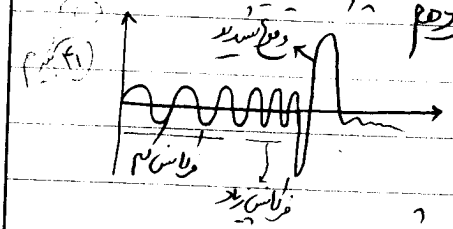
* دستگاه تست تشدید برای رشته‌های $5\times10^{-4}$ - $5\times10^{-5}$ استفاده می‌شود.

بسته به نوع خاک و دستگاه محدوده مشخص می‌شود.

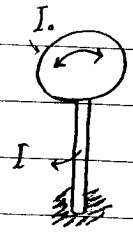
* هر جسم مادی که جرم دارد یک فرکانس طبیعی است با توجه به سایز، جنس و شکل جسم.

* وقتی بر روی فرکانس طبیعی تأثیر دارد. / شکل بر روی فرکانس طبیعی تأثیر دارد.

* جسمی با $m_1$ و سایز مثلاً در آزمایش تست تشدید تحت vibration از نوع ... قرار می‌دهیم وقتی فرکانس دستگاه با فرکانس طبیعی نمونه یکسان شود پدیده تشدید ایجاد می‌شود پس می‌توانیم فرکانس طبیعی جسم را بدست بیاوریم سپس با یک سری روابط G را بدست می‌آوریم و با ایجاد ارتعاش زاویه‌ای می‌توانیم D را پیدا کنیم.




مثالی که فرکانس را زیاد کردیم خاک به ارتعاش تشدید درمی‌آید و پدیده تشدید رخ می‌دهد که دامنه تشدید خیلی زیاد می‌شود




$$\frac{I}{I_0} = F.\tan F$$

$G = \rho V_s^2$ — $I_0, I$: عامل‌های اسپری معلق

$F$: تابع سل

$$V_s = \frac{2\pi f_r L}{F}$$ — $L$: ارتفاع نمونه

$f_r$: فرکانس طبیعی

$$D = \frac{f_2 - f_1}{2f_r}$$ — $f_2, f_1$

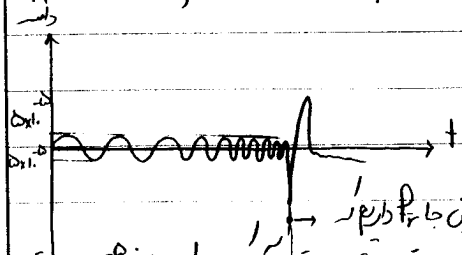
هر دستگاه فرمول‌های خاص خود را دارد با توجه به شرایط مسئله تابعی و ...

Subject: Date:

* چطور G را در رنج‌های مختلف بدست آوریم؟

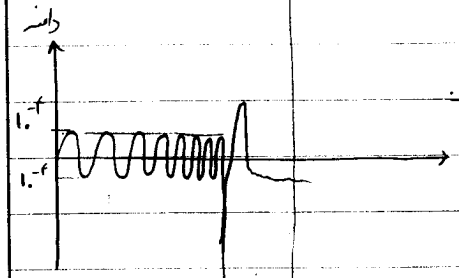
اگر vibration ای به صورت اعمال می‌شود در رنج‌های کوچک باشد ← G مربوط به رنج‌های کوچک بدست می‌آید

مثلاً اگر وسیله‌ای به صورت اعمال می‌شود در رنج $5\times10^{-5}$ باشد G مربوط به $5\times10^{-5}$ بدست می‌آید.

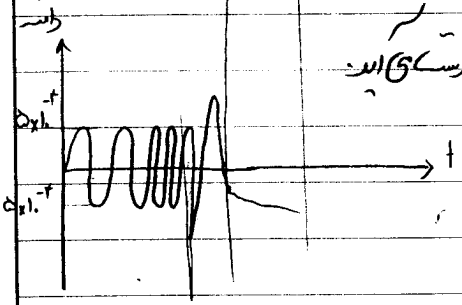


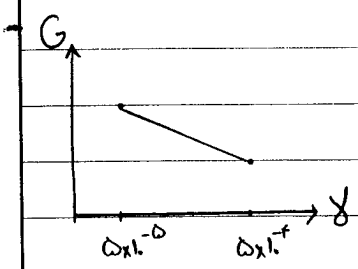

این جا پیک داریم ← این جا $f_r$ داریم که مربوط به دامنه $5\times10^{-5}$ است و G ای بدست می‌آید که مربوط به دامنه $5\times10^{-5}$ است.

اگر وسیله‌ای به صورت اعمال می‌شود در رنج $10^{-4}$ باشد G مربوط به $10^{-4}$ بدست می‌آید.




اگر وسیله‌ای به صورت اعمال می‌شود در رنج $5\times10^{-4}$ باشد G مربوط به $5\times10^{-4}$ بدست می‌آید.




هرچه رنج ↑ ← دامنه ↑
$f_r$ ↓
سفتی ↓

Subject: _____ Date: _____

clips ITM

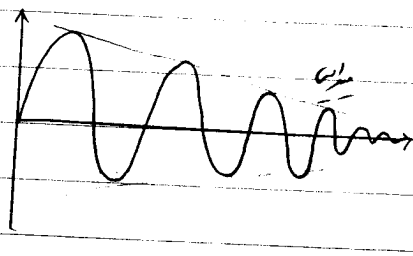
* برای محاسبه Damping ، از منحنی میراشدن و اختلاف دامنه‌ها D را بدست می‌آورند

* اسپرا از آن‌جا که دامنه مقاومی دارد و با فرکانس ثابت و نزدیک به فرکانس تشدید به نوسان فعال می‌شد سپس لرزش‌ها می‌شد و نوسان خودش به لرزش ادامه می‌دهد تا این که می‌ایستد پس از روش منحنی میراشدن و اختلاف دامنه‌ها D را حساب می‌کنیم

دامنه ↑ ← استهلاک سریع‌تر خواهد بود ← D بیش‌تر خواهد بود

* این نمودارها توسط دستگاه ساخته انالیز می‌شود.

* این کار توسط دامنه‌های مختلف صورت می‌گیرد. ⇒ دستگاه بدست می‌آید




* اساس تست تشدید vibration است.

تمرین ۱۱ | نمودارهای G و D دستگاه‌های تست تشدید در حالت‌های مختلف را استخراج کنید

مثلاً یک جرثقیل روی نوار باشد

مثلاً انتهای نوار لبه‌دار باشد و...

* هر مسئله مهندسی ژئوتکنیک که با بارگذاری سریع یا متناوب مرتبط شود به دینامیک خاک مربوط است.

* جذب انرژی از طریق میراها پاسخ دینامیکی سیستم را کاهش می‌دهد.

* در خاک و در بسیاری از مصالح سازه‌ای در اثر جاری شدن پلاستیک و مکانیزم امطلاک نمایش مناسب پدیده‌ها است انرژی مستهلک می‌شود که به این نوع میرایی، میرایی هیسترزیس می‌گویند.

* آزمایشات میدانی که بر روی سطح زمین قابل انجام بوده، غالباً ارزان‌تر بوده و نسبتاً سریع‌تر قابل انجام هستند. این آزمایش‌ها خصوصاً برای مصالحی که حفاری، نمونه‌برداری و یا نفوذ در آن‌ها مشکل است مناسب می‌باشد.

* آزمون‌های میدانی حفاری امکان بدست آوردن اطلاعات را به طور مستقیم دارند که عبارتند از مشاهده سطح آب زیرزمینی و...

* جهت تفسیر کامل نتایج اندازه‌گیری‌های مربوط به آزمایشات ژئوفیزیک لرزه‌ای توجه به شرایط آب زیرزمینی ضروری است.
مسئله آب زیرزمینی با استفاده از امواج S قابل اجتناب است زیرا این امواج صرفاً به وسیله اسلاک خاک منتشر شده و مستقل از آب می‌باشد.
امواج P با سرعتی برابر $5000 \frac{ft}{s}$ البته بسته به درجه حرارت و املاح خاک حرکت می‌کنند. خاک‌های اشباع هم علت است امواج P را با همین سرعت زیاد منتشر کنند. علی‌رغم این که سرعت شاخص از سرعت اسلاک خاک خواهد بود. علیرغم به این آب‌های زیرزمینی موجب بدست آوردن سختی زیاد خاک می‌شود.

* آزمایش‌های اندازه‌گیری بزرگ جهت اندازه‌گیری خواص کشسان بالای خاک‌ها از قبیل مقاومت می‌باشد و نه سختی خاک.

Subject: _____ Date: _____

clips TTM

clips ITM Subject: Date:

آزمایشگاه ← خلاصه درس ۹۱/۷/۳۰

* آزمایش ها به صورت تنش تنش یا تنش انجام می شوند. در آزمایش سه محوری تنش تنش نمونه تحت تنش سلل با سرعت تنش شده انجام می شود.

* در دستگاه سه محوری سیستم بارگذاری از بالا به پایین صورت می گیرد به صورت زیر فشار به سیستم اعمال می کند

۱- موتور، لوبلس، پیچ ← جابجایی با سرعت تنش شده اعمال می کند

۲- سلندر، پیستون ← تنش تنش شده را به نمونه اعمال می کند

* سیستم لوبلس و پیچ به توانایی است که بارگذاری و باربرداری (جابجایی اعمال شود و برگردانده) می تواند با دقت زیادی انجام دهد، مقدار مقاومتی جابجایی اعمال کند و برگردانده ← تنش لود با دقت زیاد را اعمال می کند.

* در بارگذاری سه محوری معمولی فقط تنش فشاری انجام می شود. $\sigma_3 < \sigma_2 < \sigma_1$

* در سه محوری اصلاح شده مسیر بارگذاری به نحوی تعدیل می شود و فعل ایجاد می شود و دستگاه به صورت تنش هم کار می کند $\sigma_1 > 0$ و $\sigma_3 > 0$

* تنش غیر اندرو پرو را می توان با دستگاه اصلاح شده انجام داد ولی با سه محوری نمی شود. مقایسه

* آزمایش برش مخصوص استوانه توخالی

هرچه ضخامت کمتر باشد دقت بیشتر می شود ولی با توجه به اندازه دانه ها باید تعیین شوند:

ضخامت > ۶ برابر بزرگترین اندازه دانه

* دستگاه سیاتل نمونه

مثلاً نمونه را ۱۰۰ برابر لوله می کنیم و آن را به ۱۰۰ تبدیل می کنیم ← شتاب را افزایش می دهد تا تنش ایجاد شده مطابق واقعیت شود.

* مدل سازی عددی ← رفتار کلی سیستم را مشاهده می کنیم. نتایج آن به تحلیل عددی کمک می کند.

Subject: _____ Date: _____

clips TIM

Subject: Date:

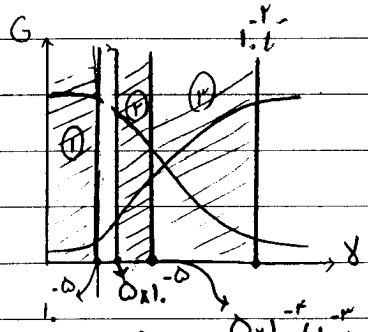
جلسه دهم ۹۱،۸،۱۴

* پارامترهای مقاومتی خاک‌ها
  - ۱- G
  - ۲- G و γ
  - ۳- D و γ

۱- اندازه‌گیری ۱-۱ میدانی ، ۱-۲ آزمایشگاهی } دقت بیشتر
۲- روابط تجربی
۳- مدل‌های ریاضی

روش اندازه‌گیری پرهزینه‌ترین روش

در محدوده ۱ : ۱- روش‌های استاریج ۱- میدانی ۲- آزمایشگاهی
Bender Element ۲




در محدوده ۲ : شوق شدید

در محدوده ۳ : ۱- بارگذاری دینامیکی سیکلی Dynamic Cyclic Triaxial ← برای روانگرایی هم می‌توان انجام داد.
سه محوری مستقیماً E و ع را می‌دهد.
۱- Simple shear
۲- استوانه مجوفی مستقیماً G و γ را می‌دهد

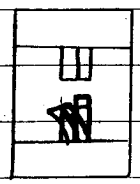
## * Bende Element

یک آزمایش استاریج است

المان کوچکی است که مثلاً از دو سرامیک پیزوالکتریک است. III ← نام‌گذاری جسم‌اند

پیزوالکتریک ← المانی که با اعمال ولتاژ باعث ایجاد جریان الکتریکی از خود ساطع می‌کند.

المانی که جریان الکتریکی را دریافت کند ولتاژ می‌دهد.




یک جفت پیزوالکتریک را پشت سر هم قرار می‌دهند که یکی جریان می‌دهد و دیگری جریان را دریافت می‌کند. جریان‌های مساوی با ولتاژهای مساوی و قرینه‌ای هستند. جریانی از آن‌ها جریان + و جریانی جریان - ایجاد می‌شود. پس یکی عامل به فرکانس طول موج و دیگری عامل به دامنه طول موج هستند. جریان + و - اعمال می‌کند. یکی هم جسم‌اند یکی که پلاریزه می‌شود به سمت پیزوالکتریک فوقانی هم می‌شود و فرق جریان را قوی‌تر می‌کند جهت هم شدن قوی‌تر می‌شود

چون المان ها هم می‌شوند Bender Element نامیده شدند

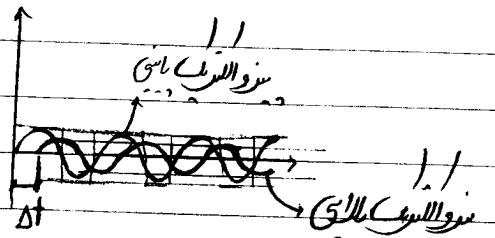
Subject: _____ Date: _____

clips TTM

امواج ها شروع به تغییر می کنند، سرو الاستیک مرتفس می شود و موجی مرتفس می کند به وارد خاک می شود و با عبور از خاک به سرو الاستیک بالایی می رسد، سرو الاستیک بالایی نیز سیگنال می دهد و در نتیجه جریان الاستیکی ایجاد می کند و در داخل اسیلوسکوپ قابل رویت و ثبت می شود Digit می شود و ثبت می شود

چون موج در خاک عبور کرده با اندکی تغییر در سرو الاستیک بالایی دریافت می شود ← $\Delta t$

$\frac{\Delta t}{L} \Rightarrow V_s$ بدست می آید $\Rightarrow$ $G_0$ را می یابیم




این روش در حال توسعه است و اندازه آن بسیار کوچک است. (5mm × 5mm)

هرچه بخواهیم نزدیک شویم از Bender Element نزدیک تر می شویم و ولتاژ ورودی هم بیشتر خواهد شد

* روابط تجربی

$$G_0 = AF(e)(\sigma_0')^n (OCR)^{k_s}$$

برای خاک رسی $A = 1,A$ ، $D_0 = 0,2$ $\Rightarrow$ $G_0$ را می یابیم

بدست آوردن $e$ در نمونه های طبیعی کار سختی است، بنابراین بهتر است دست بکشیم.

از $N_{spt}$ می توان $D_r$ و در نتیجه $e$ را بدست آورد * در روش های نزدیک از $10^{-5}$ تا $10^{-1}$ از ماسه شود

۲) برای تخمین $G_0$ می توان از $N_{spt}$ ، $q_c$ استفاده کرد.

$$G_0 = \alpha (N_{spt})^{\beta}$$

$\alpha$ و $\beta$ برای خاک های مختلف و دانسیته های مختلف می توان حدس زد.

$$V_s = a N_{spt}^{b} \rightarrow G_0 = \rho V_s^2$$

در TC4 رابطه $G_0$ با $N_{spt}$ را می دهد.

$$G_0 = m q_c^{n}$$

$N_{1,0}$ ← مقدار براساس

$N_{spt}$ را به $N$ اصلاح می کنیم

Subject: Date:

* مدل هیپربولیک مدل قوی برای مدل کردن همه خاک‌ها نیست و برای هر نوع خاک مناسب نیست، چون اثر $\frac{G}{G_0}$ در آن ها لحاظ نشده و در $\tau_f$ آن ها تنش پیک است. این مدل امکان هارلیق ندارد ولی الزاماً $\frac{G}{G_0}$ و $D$ آن ها پایین است چون پیک دارد است. (مدل ضعیف است چون فقط به $\tau_f$ و $G_0$ بستگی دارد)

* مدل $C$ و $\phi$ خاک‌ها را در آورد: $\tau_f = \sigma' \tan\phi + C$ ← دقیق مطلق

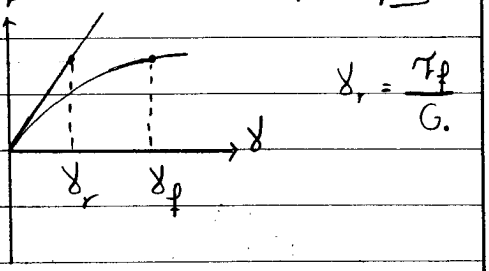
$\gamma_r$ بدست آید: با استفاده از آزمایش استاندارد مثل Downhole، $G_0$ را بدست آورد.

* مدل رامبرگ - اوزگود ۲ پارامتر $\alpha$ و $r$ دارد ←

$$\frac{G}{G_0} = \frac{1}{1+\alpha\left|\frac{G}{G_0}\cdot\frac{\gamma_a}{\gamma_r}\right|^{r-1}}$$

توجه نداشت در مدل رامبرگ - اوزگود در مدت بارگذاری منحنی افزایش نمود هرجا $\gamma_f$ داشته، $\tau_f$ متناظر با $\gamma_f$، $\tau_f$ است. فرق با مدل هیپربولیک

$$D = \frac{2}{\pi}\frac{r-1}{r+1}\alpha\frac{\left|\frac{G}{G_0}\cdot\frac{\gamma_a}{\gamma_r}\right|^{r-1}}{1+\alpha\left|\frac{G}{G_0}\cdot\frac{\gamma_a}{\gamma_r}\right|^{r-1}}$$




$\gamma_r = \frac{\tau_f}{G_0}$

$\tau$ مقدار بدست آمده $= \frac{G\gamma}{1+\alpha\left|\frac{\tau}{\tau_f}\right|^{r-1}}$ $\alpha, r$ ابتدای تنش حرکی مدل های دقیق

منحنی ها متفاوت

$\gamma_r$ در همه جا تقریباً یکسان دارد ← $\gamma_r = \frac{\tau_f}{G_0}$ $\gamma_r$ و $\gamma_a$ دو نقطه

تمرین ۲-۲: نمودار $\frac{G}{G_0}$ و $D$ را برای $\gamma_r$ های مختلف برای رامبرگ - اوزگود رسم کنید.

۱) $\alpha, \gamma_r = cte$ ، $r$ تغییر: $\frac{G}{G_0}$ $\gamma_a$

۲) $r, \gamma_r = cte$ ، $\alpha$ تغییر: $0 < \alpha < 4$ ، $\alpha = 2$

Subject: _____ Date: _____

clips TTM

برای تعیین $\alpha$ به صورت زیر عمل می‌کنیم:

$$\tau = \frac{G.\gamma}{1+\alpha\left|\frac{\tau}{\tau_f}\right|^{r-1}}$$

$$\tau \to \tau_f \Rightarrow \tau_f = \frac{G.\gamma_f}{1+\alpha\left|\frac{\tau_f}{\tau_f}\right|^{r-1}} \Rightarrow \frac{\tau_f}{G.} = \frac{\gamma_f}{1+\alpha}$$

$$\gamma_r = \frac{\gamma_f}{1+\alpha}$$

$$\alpha = \frac{\gamma_f}{\gamma_r} - 1$$

* آزمایش‌های لازم برای مدل انجام می‌دهیم ساده‌تر و کم هزینه‌تر از آزمایش‌های است که برای کل منحنی انجام می‌دهیم

مثال: زیر ۴۰٪ به لبه‌ها می‌رسند $\Rightarrow \gamma_r = 5\% - 4\%$ سپس منحنی تنش و کرنش

$$r = 1, 2, 3, 4, 5$$

در حدود ۰.۵-۰.۴-۰.۳ = $\alpha$ عدد نوعی است

مثال ۳.۲) مدل‌های رفتاری دیگری به غیر از مدل‌های فوق وجود دارد

* برای تالسن رفتن مدل رفتاری پارامترهای ثابت را به گونه‌ای مدل می‌کند که رفتار خاک را بیان کند. با انجام آزمایش‌های ساده می‌توان پارامترهای ثابت را به دست آورد هرچه مدل پیچیده‌تر باشد نیاز به پارامترهای ثابت بیشتری می‌باشد و آزمایش‌های پیچیده‌تری برای محاسبه این پارامترها نیاز می‌باشد

* دو مدل بیان شده مدل‌های الاستوپلاستیک هستند و برای کرنش‌های متوسط به پایین مناسب هستند اما برای بیان رفتار رفت و برگشتی و هیسترزیس مناسب نیستند

Subject: Date:

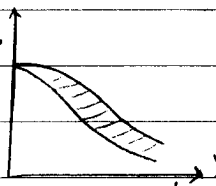
$N_{14.} = C_N C_1 C_2 C_3 C_4 N$ — $N$ براساس بازده انرژی ۱۴.

ضریب تصحیح نوع حفاری — ضریب تصحیح طول نمونه — ضریب تصحیح تنش — ضریب تصحیح بارگذاری — ضریب تصحیح عمق — $N$ اندازه‌گیری شده

$C_0 = m q_c^n$ → بطور تقریبی است

* اندازه‌گیری $V_s$ مستقیماً اندازه‌گیری برای نیست با آزمایش Downhole بدست می‌آید

* محققین منحنی‌هایی را برای $\frac{G}{G_0} = 0.8$ و $0.5$ برای خاک‌های شن و ماسه و رس ارائه داده‌اند. این منحنی‌ها دارای پهنای باند است. برای باند منحنی‌های خیلی زیاد نیست و در داخل آن‌ها برای خاک یک منحنی متوسط قرار می‌گیرد. شرایط درجا، تنش سربار کم - زیاد، دستخوردگی یا دست‌نخوردگی نمونه‌ها باعث پهنای باند متفاوت می‌شود.




* منحنی‌های دوبری Dobry برای رس‌ها
منحنی‌های سید و ادریس برای شن‌ها
} قابل‌ترین منحنی‌های $\frac{G}{G_0} = 0.8$ اندازه‌گیری شده در دنیاست.

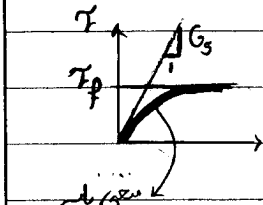
* در محدوده تنش‌های پایین از منحنی‌های خطی استفاده کرد.

* مدل‌های ریاضی Numerical Model

مدل‌ها رابطه‌ای را برای مدل غیرخطی ارائه می‌دهند. رفتار خاک یک رفتار غیرخطی می‌باشد، اساساً روابط ریاضی، یک رابطه ریاضی بین تنش و کرنش برای منحنی غیرخطی بیان می‌کند

۱- مدل هیپربولیک ← منحنی یک دسته تسلیم بخصوص عمل است و در نقطه شروع به خط $G_0$ عمل است.

hyperbolic




۲- مدل رامبرگ - اُزگود Romberg-Osgood

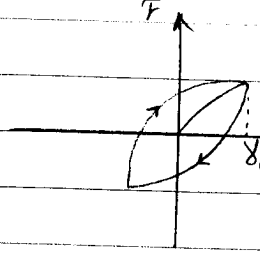
در نقطه تسلیم انرژی نیاز در منحنی یک قسمتی باشد از زیاد در خاک‌های خیلی نرم برای تسلیم خیلی منحنی می‌باشد و حدی به عنوان تنش تسلیم در نظر می‌گیرند.

اگر روابط ریاضی منحنی یک را داشته باشیم با استفاده از قاعده Masing می‌توان منحنی هیسترزیس آن را یافت.

Subject: _____ Date: _____

clips TTM

افزایش $\gamma_a$ را در نظر بگیرید یک مخلوط جدید می‌توان ساخت که ظرفیت باربرداری و باربرداری مجدد ۲ برابر مخلوط پایه است که سبب لوپ هیسترزیس است.




* برای ساخت مدل ریاضی یک رابطه ریاضی برای مخلوط پایه در نظر گرفته می‌شود و با فرض آن یک لوپ هیسترزیس با دو برابر کردن سایز مخلوط و تنش مبدأ مختصات لوپ هیسترزیس محاسبه می‌شود.

$$D = \frac{1}{4\pi}\frac{\Delta W}{W}$$

منحنی مونوتونیک $\xleftarrow[\text{ریاضی}]{\text{رابطه}}$ لوپ هیسترزیس

* مدل هیپربولیک درجه ۲ ← مدل فوق است.

$$\frac{G}{G_0} = \frac{1}{1 + \frac{\gamma_a}{\gamma_r}}$$

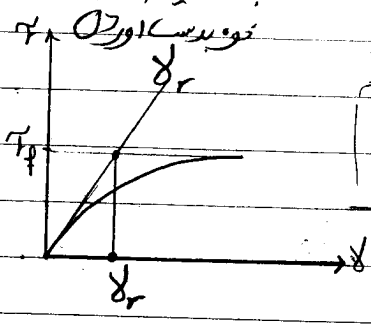
در تنش‌های بزرگ برای این رابطه پیش‌بینی نمی‌کند و ضعیف است.

$$D = \frac{4}{\pi}\left[1 + \frac{1}{\frac{\gamma_a}{\gamma_r}}\right]\left[1 - \frac{\ln\left(1 + \frac{\gamma_a}{\gamma_r}\right)}{\frac{\gamma_a}{\gamma_r}}\right] - \frac{2}{\pi}$$

مقدار اصلی $\gamma_a$ است که با کم و زیاد شدن آن لوپ جدید ایجاد می‌شود.

$\gamma_r$ مقدار ثابتی است و از نوع $\gamma$ می‌باشد.

تنها پارامتر مدل: $\gamma_r$




$$\gamma_r = \frac{\tau_f}{G_0}$$

با انجام آزمایش سه محوری $\tau_f$ بدست می‌آید
با انجام آزمایش انتشار موج $G_0$ بدست می‌آید
$\gamma_r$ بدست می‌آید.

تمرین ۲-۱: منحنی‌های $\frac{G}{G_0}$ و $D$ را بر اساس $\gamma_r$های مختلف بدست آورید.

| $\gamma_r$ = بدهید | |
|---|---|
| $\gamma_a$ | $G/G_0$ |
| | |

| $\gamma_r$ = بدهید | |
|---|---|
| $\gamma_a$ | $G/G_0$ |
| | |

تنش $\gamma_r$ چه قدر منحنی‌ها را تغییر می‌دهد؟

نوع زمین بدست آورد.

منحنی‌ها فقط برای $\gamma_r$های خاص قوی‌اند.

Subject: Date:

جلسه یازدهم ۹۱,۸,۲۰

* معانی و مفاهیم مربوط به زلزله

بی از بلاهای طبیعی مهم، بلای زلزله است.

زلزله یک پدیده طبیعی است.

مهم‌ترین منابع ایجاد زلزله گسل‌ها هستند.

* گسل محل شکستگی‌های پوسته زمین، محل تلاقی قطعات پوسته زمین

* مرکز سطحی زلزله = Hypocenter

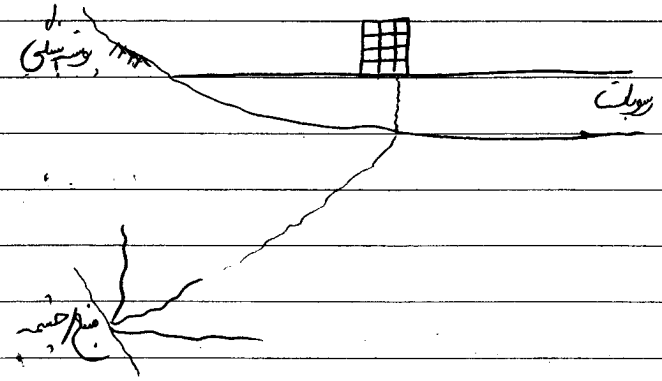
در منبع زلزله مرکز سطح بالایی داریم. زلزله طی آزاد شدن این انرژی با پدیده‌های مختلف است. محلی که شروع آزاد شدن انرژی است در داخله لوچلی معروف است به مرکز زلزله نام دارد. = مرکز و سطحی که اولین موج انرژی یک گسل از آن حاصل می‌شود.

hypocenter = مرکز آزاد شدن انرژی

* مرکز زلزله = Epicenter

تصویر محل آزاد شدن انرژی روی سطح زمین = تصویر hypocenter روی سطح زمین.

* زلزله در این جابه‌جایی گسل‌ها ایجاد می‌شود. جابه‌جایی گسل‌ها باعث آزاد شدن انرژی می‌شود که به صورت امواج منتشر است. این امواج در مسیر پوسته حرکت می‌کنند به دلیل تفاوت سختی دو محیط، این امواج در محل برخورد امواج به لایه‌های مرزی دچار شکست می‌شوند و تغییر جهت می‌دهند و به سازه رسیده و سازه را تحت تأثیر قرار می‌دهند.




(۱) * اثرات منبع: Source Effect

این منبع که زلزله وارد شونده به سازه را اثرات منبع می‌گوییم (عامل ایجاد کننده زلزله)

Subject: _____ Date: _____

* اولین نام در بررسی های لرزه ای یک منطقه ساسایی منابع زلزله است و معمولاً تا شعاع حدود ۲۰۰-۳۰۰km بررسی را انجام می دهیم.

ابعاد منبع تأثیر زیادی بر روی انرژی آزاد شده از زلزله دارد هرچه طول گسل بیشتر باشد انرژی آزاد شده ناشی از آن هم بیشتر خواهد بود. مساحت منبع تأثیری هم دارد چون ممکن است که طول گسل زیاد باشد اما مساحت منبع کمی داشته باشد. (عامل منبع از ابعاد گسل بدست می آید.)

گسل نرمال در واقع ظرفیت تجمع انرژی بیشتری را دارد و انرژی بیشتری را هم آزاد می کند.

مکانیزم حرکتی زمین، زاویه منبع، عمیق یا غیرعمیق بودن گسل هم است.

(۲) اثرات مسیر Path Effect

اثراتی که در اثر عبور زلزله در یک محیط نسبتاً طولانی در پوسته زمین ایجاد می شود را اثرات مسیر گویند.

اثر مسیر یک اثر ناخواسته است.

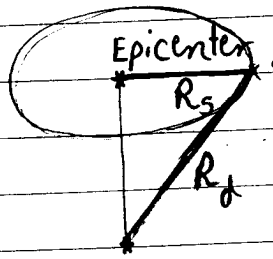
(۳) اثرات ساختگاه Site Effect

اثرات ناشی از سطح خاک بر روی زلزله را اثرات ساختگاه می گویند.

* اثرات site از اثرات منبع و مسیر تأثیر می گیرند.

$R_J$ = فاصله ساختگاه از مرکز سطحی زلزله

$R_S$ = فاصله ساختگاه از مرکز سطحی زلزله



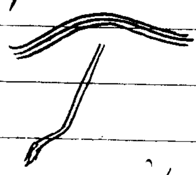

* مختصات زمین با دور شدن از Hypocenter تغییر خواهد کرد. پس فاصله با این دو تا متفاوت می باشد.

فاصله hypocenter ، Epicenter به لوسرهای می رسد.

حرکت hypocenter ، Epicenter با هم برابر نیست چون $\sqrt{R_J^2 - R_S^2}$ در این تفاوت مؤثر است.

* گسل آشکار = بعضی از گسل‌ها که سطح‌شان تا سطح زمین می‌رسد گسل آشکار نام دارد.

* گسل پنهان = blind fault = بعضی از گسل‌ها که سطح‌شان به سطح زمین نمی‌رسد گسل پنهان نام دارد.



عوامل اساسی در میزان انرژی آزاد است

*I) هندسه گسل ① ۱- ابعاد گسل ② ← به طول گسل یا سطح گسل اطلاق می‌شود

Contact زاویه سطح جزء هندسه گسل محسوب می‌شه ④ نرم

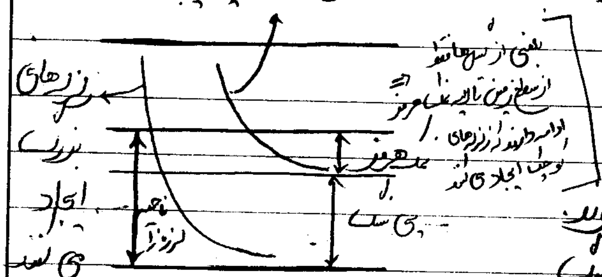
۲- پهنای سطح یا صفحه گسل به عمق گسل

لبه ناحیه لرزه‌زا

* ناحیه لرزه‌زا = sismogenic = می‌گویند

یک ناحیه‌ای در گسل وجود دارد که در این ناحیه آزاد شدن انرژی وجود ندارد ولی این گسیختگی‌ها در این ناحیه اتفاق می‌افتد این ناحیه لرزه‌زا می‌گویند

این ناحیه از اعماق ۴-۵km تا ۸۰-۱۰۰km می‌تواند ادامه داشته باشد. زلزله‌های کوچک ایجاد می‌کند




③ هر چه عمق ناحیه لرزه‌زا ↑ ← پتانسیل تجمع انرژی ↑

زلزله‌ها از مناطقی که ناحیه لرزه‌زای بیشتری دارند ایجاد می‌شوند

* ناحیه لرزه‌زا به ۲ قسمت تقسیم می‌شود ۱) الاستیک هرز ۲- ... می‌گویند

* الاستیک‌های هرز در ایران ← الزامی است که پتانسیل ذخیره انرژی را دارند ولی انعطاف‌پذیرند، دارای زلزله‌های کوچک هستند.

همانطور که گفته شد در مورد مواد انعطاف‌پذیر و کم مقاومت

* زلزله‌هایی که از گسل‌ها رخ می‌دهند بزرگ هستند

* " " " " نمی‌دهند کوچک هستند

گسل‌های بالای ۷ ریشتر عموماً از گسل‌هایی که سطحی ایجاد شده ولی لزوماً چون همیشه هم طول گسل ...

*II) مکانیزم گسل

گسل‌های نرمال انرژی کمی آزاد می‌کنند

گسل‌های امتدادلغز انرژی متوسط آزاد می‌کنند

گسل‌های معکوس یا فشاری انرژی زیاد آزاد می‌کنند ← پتانسیل ایجاد زلزله‌های بزرگ را دارند.

Subject: Date:

* از لحاظ contact های سطحات گسل دارند به ۳ دسته زیر تقسیم می‌شوند ← سه مکانیزم حرکتی گسل

۱. گسل معکوس Reverse : اگر سطحات در جهت فشاری روی هم حرکت کرده باشند = گسل فشاری

۲. گسل نرمال = گسل نرمالی = گسل عادی : اگر سطحات از هم دور شوند

Dip Angle : زاویه $< 90°$

۳. گسل امتداد لغز = strike slip : اگر دو سطح گسل زاویه قائم با هم دارند و در امتداد هم حرکت داشته باشند گسل امتداد لغز نام دارند

* ایران در محل گسل‌های فشاری است.

* برخی گسل‌ها مانند معکوس و نرمال دارای یک مقدار امتداد لغز هم دارند ← عادی برخی از گسل‌ها برخی از مکانیزم‌ها را دارند

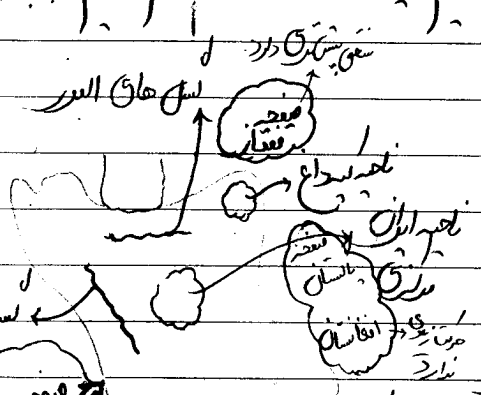
۱. گسل امتداد لغز و نرمال

۲. گسل امتداد لغز و معکوس

ولی نمی‌توانند هم نرمال و هم معکوس باشند.

* صفحه عمان و پاکستان و افغانستان ثابت هستند

صفحه عربستان از ناحیه مشخص شده به ایران فشاری آورد و صفحه ایران هر سال حدود ۱۲-۱۳ به سمت شمال (شمال پاکستان و افغانستان) حرکت می‌کند چون صفحه عمان و پاکستان و افغانستان ثابت هستند پس ایران هر سال حدود ۱۲-۱۳ کوتاه می‌شود




* مکانیزم گسل‌های نواحی مختلف فرق دارد.

* ضخامت پوسته اقیانوسی کم ، ضخامت پوسته قاره‌ای زیاد ← در فلات تبت (بام دنیا) بیشترین ضخامت گسل

* ضخامت پوسته در ایران حدود ۵۵km است.

* تکتونیک شمال غرب ایران متأثر از گسل آناتولی است. (اهر و ورزقان). گسل آناتولی از قسمت شمالی ترکیه عبور کرده است از غرب ترکیه عبور و وارد اروپا می‌شود.

clips

Subject: Date:

* خصوصیات کمی زلزله

۱) ویژگی های ذاتی
- ۱-۱- بزرگا = Magnitude = M ← بیشتر برای مناسب است با میزان انرژی آزاد در کانون زلزله آزاد می شود
- ۱-۲- شدت = Intensity = I ← یک پارامتر حرفی است

به لحاظ مهندسی قابل استفاده نیست.

۲) پارامترهای حرفی زلزله ← پارامترهای مهندسی هستند.

۲-۱- پارامترهای مقدار (عددی)
۲-۲- پارامترهای طیفی ← عموماً این پارامتر استفاده می شود.
۲-۳- پارامترهای زمانی

* منابع ایجاد زلزله

۱- منبع ساخت بشر زلزله ← سازه های روی زمین یا نسل ها هستند ← زلزله های تکتونیکی

۲- زلزله های آتشفشانی ← فشارهای وارده در یک منطقه مثل احداث سد و جمع شدن آب در یک منطقه می تواند حرکت ایجاد کند.

۳- زلزله های ناشی از فعالیت های انسانی ← انفجارهای زیر یا روی زمین مواد مذاب ایجاد می شود

* به لحاظ طراحی، زلزله های تکتونیکی (فعل و انفعال نسل) اهمیت بیشتری دارند و انرژی بیشتری آزاد می کنند.
پس ۲ و ۳ به لحاظ مهندسی قابل توجه نیستند.

* نسل ها محل تلاقی پوسته زمین هستند، در محل سازه ها دارای تجمع انرژی هستیم. (به دلیل حرکت پوسته و سازه)
دلیل حرکت پوسته: اختلاف حرارتی در سطح داخلی زمین

* ضخامت پوسته زمین در نقاط مختلف متفاوت است.
ساختار زمین مشابه از پوسته تشکیل شده است.
۱) زمین ۲) پوسته

به دلیل اختلاف درجه حرارت بین پوسته و هسته زمین، یک اختلاف حرارتی شدید بین این دو باعث شده در قسمت های مرزی حالت مذاب و در قسمت های میانی حالت نیمه جامد و در قسمت های سطحی حالت جامد داشته باشیم. به دلیل نسل بری پوسته ناشی از منجمد شدن مواد مذاب، پوسته حالت یکنواخت ندارد.

Subject: Date:

clips ITM

* mantle = گوشته
* گوشته = mantle
* گوشته زیرین = lower mantle حالت نیمه جامد نیمه مایع دارد.
* گوشته بالایی = upper mantle
* زیر پوسته قاره‌ای در قسمت Upper Mantle وجود دارد که بخش تدریجی پوسته زمین می‌شود و جزئی از گوشته ایجاد می‌شود و این جزئی در قسمت‌های مختلف هم جنس نیست. جزئی دوم در جزء mantle دریاست.
* به دلیل ساختار سنگ پوسته زمین روی Upper Mantle حرکت جزئی به پوسته منتقل می‌شود و قطعات پوسته در حرکت‌های مختلف نسبت به حرکت لایه‌های زیرین حرکت می‌کنند.
جزئی‌ها ابتدا منسجم بودند و بعد از هم جدا شدند. آنچه باعث این جابجایی‌ها حرکت تدریجی پوسته زمین می‌باشد.
* در زیر اقیانوس‌ها پوسته زمین در حال نازک‌تر شدن است که به این نواحی Spreading Ridge گفته می‌شود.
= آتش پوسته
* پوسته: ۱- پوسته قاره‌ای — ضخامت آن‌ها بیش‌تر می‌شود و باعث نشستن پوسته اقیانوسی می‌گردد.
۲- پوسته اقیانوسی — در زیر آب بسیار می‌شوند، ضخامت آن‌ها کم، چگالی آن‌ها بیش‌تر است به این صورت که مانند یک سطح اقیانوس می‌رسد و سرد می‌شود و نشستن می‌یابد و بسیار سنگین می‌شوند.
* پوسته‌های اقیانوسی و قاره‌ای به لحاظ جنس، ضخامت و سختی با هم متفاوتند.
* پوسته قاره‌ای نشستن می‌یابد.
* نوزاد زلزله‌های بیست سال می‌دهد که زلزله‌خیزترین مناطق، محل‌هایی هستند که پوسته قاره‌ای با پوسته اقیانوسی در تماس هستند. در چنین محل‌هایی کوه‌زایی ایجاد می‌شود.
* در محل تماس پوسته‌های قاره‌ای و اقیانوسی، پوسته اقیانوسی به زیر پوسته قاره‌ای حرکت می‌کند و سبب ایجاد فشاری شود و در
* مهم‌ترین مناطق زلزله‌های داخل قاره‌ها ← نمونه‌اش هیمالیا ⊗ مهم محل Subduction ها زلزله‌های بزرگ
از اروپا تا ایران و بالای سه قاره هند نیز به همین دلیل است. ایجاد می‌شود (آمریکای شمالی - جنوبی)
* زلزله‌ها را می‌توان به ۲ بخش تقسیم کرد:
۱- داخل قاره‌ای (میان صفحه‌ای) = intraplate
در پوسته‌های قاره‌ای رخ می‌دهد
۲- مرزی (در حد فاصل قاره‌ها) در محل تلاقی پوسته اقیانوسی با پوسته قاره‌ای رخ می‌دهد (نزدیک در حدود ۸۹)
* میزان انرژی ایجاد شده در محل پوسته اقیانوسی و قاره‌ای بیش‌تر از زلزله‌های میان صفحه‌ای است
* در نواحی شمالی ایران، زلزله‌ها در داخل پوسته سال رخ می‌دهند.
* علت قاره‌ای در اثر حرکت پوسته‌های قاره‌ای ایجاد می‌شود (پوسته ایران و پوسته عربستان سبب ایجاد شدن زلزله‌های زیادی شده است.)

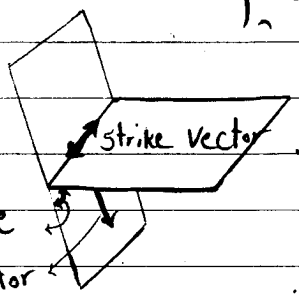
۱- داخل قاره‌ها این سلسله‌ها سبب می‌شود در داخل قاره‌ها هم به دلیل فشار سلسله‌های ایجاد شوند (آمریکای جنوبی در داخل قاره‌ها)

clips TTM

Subject: _____ Date: _____

* علاوه بر طول، ضخامت و نوع ماده لرزه زا یکی از عوامل هندسی گسل است، مثلا شیب گسل در میزان انرژی آزاد شده نقش دارند.

* برای نشان دادن هندسه تماس از زاویه ها و بردارهای مختلف استفاده می کنیم:




Fault

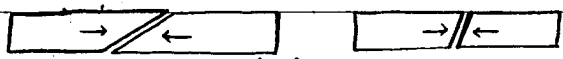
Dip angle زاویه بین صفحه با افق

strike Vector بردار در امتداد افقی صفحه

Dip Vector بردار در امتداد صفحه به سمت پایین

* هرچه زاویه تماس بین دو صفحه گسل بیشتر باشد انرژی کمتری آزاد می شود.

میزان انرژی آزاد شده (۲) > (۱)



* برخی از گسل ها بالاین به طول قابل تأملی دارند در آن ها زلزله های بزرگ رخ می دهد. چرا؟ چون سطح تماس و تجمع انرژی در سطح بالا خواهد بود. پس به دلیل هندسه سطح ناهموار همیشه تمام طول گسل لغزش نمی کند در بعضی نقاط تماس بیش تر است و در نتیجه بعضی نقاط (طول محدودی از گسل) انرژی آزاد می شود و زلزله های بزرگ ایجاد می شود در هر ناحیه ای که تجمع انرژی زیادی دارد زلزله به وجود می آید این به معنای زلزله در همه طول گسل نیست

وقتی انرژی پرتابی ها آزاد می شود در گسل لغزش رخ می دهد و بلافاصله در اثر نیروی بین ورقی گسل بسته و در یک دوره بازگشت طولانی تر زلزله بزرگ تری ایجاد می شود.

در دوره بازگشت کم، زلزله های کوچک ایجاد می کند.

میزان دوره گسل شود.

در اثر آزاد شدن انرژی در بخش های دیگر گسل انرژی بیش تری تجمع می یابد

* گسل های کوتاه طول بالایی دارند و ضخامت بالایی دارند گسل های شاخص هستند

که طول گسل با گسل تجمع شده انرژی تناسبی ندارد. تا زلزله های کوچک سبب می شود که انرژی به دلیل قفل شدن به زلزله های بزرگ تبدیل شود و زمان طولانی در بر خواهد گرفت

* حداکثر انرژی زلزله با توجه به سطح گسل ها و ضخامت پوسته است، پس از یک مقدار مشخص انرژی در آن تجمع می یابد چون پوسته از مصالحی تشکیل شده که دارای مقاومتی مشخص دارند و اگر انرژی بیش از تاب مقاومتی آن ها وارد شود لغزش رخ می دهد.

Subject: Date:

clips TTM

* امواج سطحی

امواج ناشی از برخورد امواج حجمی با سطح زمین و یا برآمدگی‌های حجمی از قبیل دامنه، ساب و ... ایجاد می‌شوند.
هرچه قبر را فاصله طی شده انرژی کمتر می‌شود امواج زلزله هم کمتر خواهد شد.
جنس سطح پوسته زمین، چگالی، سختی پوسته فاصله طی شده از عوامل موثر در امواج سطحی هستند.

① هرچه فاصله افزایش یابد بزرگی یا بزرگی امواج زلزله بیشتر است. میزان انرژی در سطح بالاتر می‌یابد.

② هرچه چگالی و سختی پوسته افزایش یابد امواج بزرگی کمتر است. ← پوسته‌های نوع سر امواج بزرگی بیشتری دارند

هرچه دامنه امواج بزرگی ⇐ هرچه موج بزرگتر می‌شود ⇐ چگالی انرژی بالاتر می‌یابد.
بزرگتر می‌شود

* انرژی مطلق: انرژی خالص که از یک سطح آزاد می‌شود.
انرژی به صورت حرکت ایجاد می‌شود که به صورت امواج حرکت می‌کنند. نرسی مستقل

* حرکت در امتداد سطح L
حرکت در جهت عمود بر امتداد سطح T
حرکت‌های ایجاد شده در سطح می‌شود

↑ انرژی ↑ (انرژی بستگی به سطح تماس و شکل آن بیشتر آزاد می‌شود)

هرچه از site ، hypocenter ، Epicenter دورتر باشد امواج حجمی کمتر می‌شود. شدت کم می‌شود

* سازه‌های تحت تاثیر Epicenter و hipocenter هستند در برابر انرژی بیشتری دارند

* میرایی
۱- میرایی هندسی
۲- میرایی مصالح

وقتی موج در یک محیط منتشر می‌شود به محیط کاملاً الاستیک باشد و هیچ میرایی نداشته باشد به دلیل میرایی مصالح، انرژی امواج حجمی به صورت حرارتی آزاد می‌شود در یک نقطه قوی‌تر و با انسان انرژی در آن محیط (به صورت سطحی) چگالی بالاتر می‌یابد موج به دلیل این دو نوع میرایی هندسی تمام دارد میرا می‌شود.

حالی که زلزله آزادی می‌شود انرژی آن به یک سطح قوی‌تر می‌رسد. انرژی مستقل از انرژی می‌شود برابر است.

Subject: Date:

* $M$ و $R$ دو عامل مؤثر در پارامترهای حرکتی است. بزرگای انرژی = $M$ هرچه بیشتر شود، انرژی و حرکت بیشتر جنس ارتعاشات بیشتر و زیادی و در پاسخ انرژی و حرکت ایجاد می‌شود. $R$ هم ایجاد می‌شود.

* رابطه ناصیبی: رابطه‌ای که تأثیر $M$ و $R$ را روی پارامتر حرکتی نشان دهد رابطه ناصیبی نام دارد.

$y = f(M, R)$ ← پارامتر حرکتی

رابطه ناصیبی

دامنه (مقدار) طیف زمان

path effect

$R$ = فاصله منبع تا پرتو

* رابطه ناصیبی اثر مسیر را منعکس می‌کند.

* رابطه ناصیبی را می‌توان از ۱- تحلیل‌های تئوریک ۲- روابط تجربی بدست آورد. چون مسیر زلزله یک مسیر ناشناخته است استفاده از روابط تجربی بهتر است.

Subject: _____ Date: _____

clips ITM

Subject: Date:

جلسه دوازدهم ۹۱/۸/۲۱

* نسل های امواج لغزی به ۲ دسته طبقه بندی می شوند
  ۱- چپ لغز: اگر در قسمت پایت نسل بایستم، جهت حرکت قسمت متحرک عکس حرکت عقربه های ساعت باشد نسل چپ لغز نام دارد.
  ۲- راست لغز: اگر در قسمت پایت نسل بایستم، جهت حرکت قسمت متحرک، جهت حرکت عقربه های ساعت باشد نسل راست لغز نام دارد.

* پارامترهای ذاتی زلزله
  ۱- بزرگا M: بزرگا مناسب است با میزان انرژی آزاد شده زلزله
  ۲- شدت I: I یک پارامتر حرکتی است و به صورت نقطه ای - اینی تغییر می کند ولی وقت نامی به اندازه پارامترهای حرکتی زمین ندارد.

* پارامترهای حرکتی
  ۱- پارامترهای مقدار
  ۲- پارامترهای طیفی
  ۳- پارامترهای زمانی

* با استفاده از پارامترهای حرکتی می توان اثرات منبع، ساختگاه و مسیر را بررسی کرد.

* چندین نوع بزرگا داریم:

۱- بزرگای محلی: $M_L$ = Local Magnitude
۲- بزرگای امواج سطحی: Surface Magnitude = $M_S$
۳- بزرگای امواج حجمی: Body Magnitude = $M_b$
۴- بزرگای لنگاور زلزله: $M_w$ = Moment Magnitude

هر ۴ تا کاربرد خاصی دارند

$M_L$ و $M_w$ بر اساس جابجایی دستگاه بود - اندرسون در فاصله ۱۰۰ km بیان شده است.

- اولین سی که واحد $M_L$ را تعریف کرده ریشتر بوده پس بزرگای محلی دارای مقیاس ریشتر است.

معمولاً سایر بزرگاها را با واحد ریشتر بیان نمی کنند بلکه به این صورت بیان می شود: زلزله * با بزرگای ۷ در مقیاس امواج سطحی

زلزله * با بزرگای ۷ در مقیاس امواج حجمی

* $M_L = \log_{10} A_{max}$ — $A_{max}$ برحسب میلی‌متر است.

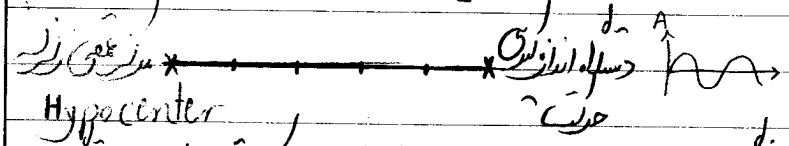
$M_L$ به‌درست واسنجی است به $A_{max}$ در فاصله 100km از مرکز جابه‌جایی اندازه‌گیری شده با دستگاه وود-اندرسون در فاصله 100km از مرکز زلزله.

به دلیل محدودیت در رکورد 100km در حال حاضر $M_L$ مورد استفاده قرار نمی‌گیرد.

* $M_S = \log A + 1.66 \log \Delta + 2$ ⇒ این فرمول زمین‌لرزه‌ها در هر فاصله‌ای می‌تواند قرار بگیرد و فاصله را اندازه‌گیری نشده

A = max جابه‌جایی اندازه‌گیری شده (μm) ← در هر فاصله‌ای می‌تواند باشد ولی برای 100km ثبت شده.

Δ = فاصله اندازه‌گیری شده (زمین‌لرزه) از مرکز زلزله که به صورت درجه نشان داده می‌شود.




محیط کره زمین ۳۶۰ درجه است، هر درجه برابر 1km است پس برای بیان فاصله مرکز سطحی زلزله و دستگاه اندازه‌گیری حرکت برحسب درجه، این فاصله را برحسب کسری از $\frac{1}{360}$ محیط دایره دست می‌آوریم

* $M_b = \log A - \log T + 0.01\Delta + 5.9$

T = پریود غالب موج $= \frac{1}{f}$ معمولاً T=15 است، اگر T به غیر از 15 باشد اصلاحی انجام می‌دهند

* با امواج P هم می‌توان $M_b$ را تعیین کرد.

* از $M_S$ برای تعیین زلزله‌های با عمق کم، کمتر از 70km، استفاده می‌شود.

* از $M_b$ برای تعیین زلزله‌های عمیق‌تر استفاده می‌شود ← دقت بیشتری دارند

* از $M_S$ برای تعیین زلزله‌ها در فواصل دورتر استفاده می‌شود.
نسبت به $M_b$ ها در فواصل دور همبستگی بیشتری دارند

* از $M_b$ برای تعیین زلزله‌ها در فواصل نزدیک استفاده می‌شود

* با توجه به فرمول‌های بالا، $M_S$، $M_b$، $M_L$ براساس max جابه‌جایی زمین، M را محاسبه می‌کنند و از انرژی استفاده نمی‌کنند.

Subject: Date:

* برای هر زلزله ای هم می توان $M_b$ و هم می توان $M_S$ را تعیین کرد.

* $M_S$ در اعداد بالا حالت اشباع دارند

زلزله سیلی (۱۹۹۰) $M_S = 8,2$ $M_w = 9,5$ — یکی از بزرگترین زلزله های درجهان ثبت شده است.

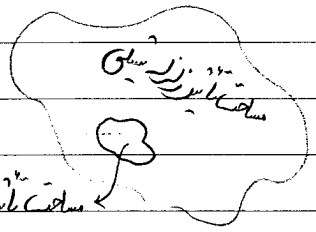
زلزله سانفرانسیسکو $M_S = 8,2$ $M_w = 7,9$

با وجود برابر بودن $M_S$ ها در دو زلزله ولی منطقه تحت تأثیر توسط زلزله سیلی بزرگتر از زلزله سانفرانسیسکو بوده.

اعداد $M_S$ اشباع شده اند و پس نمی توانند بزرگتر باشند به همین دلیل $M_w$ را بیان می کنند که به طور مستقیم با میزان انرژی آزاد شده رابطه دارد.

میزان انرژی آزاد شده سیلی $\Rightarrow$ $M_w$ سانفرانسیسکو $< M_w$ سیلی

پس تر بوده.




$$M_{w_{ork}} = \frac{\log M_0}{1,5} - 10,7$$ *

$M_0 = FAD$ نشاندهنده ای

$F$ = مقاومت لبه های لبل ← $F$ از جنس مقاومت (تنش) است.

$A$ = سطح صفحه لبل

$\bar{D}$ = متوسط جابجایی در لبل

$M_w$ = شوشش مناسب است با انرژی آزاد شده یا کار انجام شده

$FA$ = تنش × مساحت = نیرو

$FAD$ = نیرو × جابجایی = کار

چون احتمال از دست رفتن انرژی می شود

* ترازش $M_S$ در زلزله ها پس تر است. در بسیاری از زلزله ها $M_w$ ، $M_b$ را هم ترازش می دهند.

* در جنوبی عمان با عدد بزرگا سروکار نداریم ولی چون بزرگا با پارامترهای حرکتی در ارتباط است مورد توجه قرار می گیرد.

Subject: Date:

* مقیاس های مختلف شدت

۱- مرکالی اصلاح شده ↔ شناخته ترین مقیاس، به صورت لفظی شدت زلزله را بیان می کند
۲- ریشتر - مگنا
۳- سازمان زمین شناسی آمریکا

* سایر مقیاس های شدت

| | | |
|---|---|---|
| ۱- RF | از آنا ۱۰ تقسیم بندی می شوند | I - X |
| ۲- MSK | | I - XII |
| ۳- MMI | Modified Mercally Intensity | I - XII |
| ۴- JMA | | I - VII |

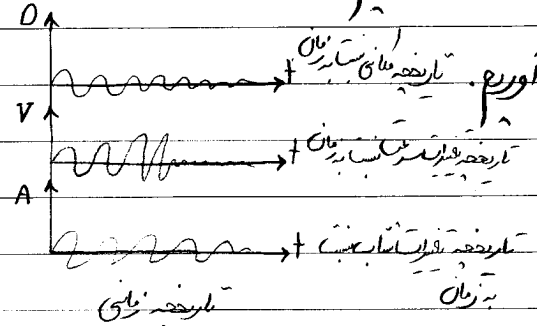
تمام مقیاس های را تا ۱۲ به صورت لفظی شدت زلزله را بیان می کنند.
* شدت یک ویژگی حرکتی است. اما فاقد وحدت لازم برای بیان حرکت می باشد به عنوان یک پارامتر لفظی مورد استفاده قرار می گیرد.
* شدت تابع فاصله از مرکز زلزله است.
* شدت برخلاف بزرگا به هیچ فاصله بستگی ندارد، به فاصله بستگی دارد. (فاصله از مرکز زلزله)
* هرچه از کانون زلزله دور شویم شدت کاهش می یابد.

* با تعیین شدت زلزله می توان کانون زلزله را تعیین کرد
معنی های هم شدت
* از آثار لرزش بر انسان، ساختمان، محیط می توان شدت زلزله را تعیین کرد ↔ شدت یک پارامتر لفظی است.
* شدت حرکت کم زلزله کوچک و در فاصله نزدیک تر عمل است از شدت حرکت در زلزله بزرگ و در فاصله دورتر بیشتر می باشد.

* پارامترهای حرکتی زمین از روی شتاب نگاشت های زلزله می توان تعیین کرد به عنوان مثال در هر نقطه از سطح زمین، حرکت زمین را بر حسب زمان ثبت کرد نه این حرکت به صورت ۱) سرعت ۲) جابه جایی ۳) شتاب است.

Subject: Date:

* تاریخچه زمانی Time History : به هر پاسخ زلزله، یک تاریخچه زمانی می گوییم.

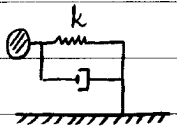



بدون داشتن سه منحنی روبه رو نمی توان پارامترهای حرکتی را بدست آورد.

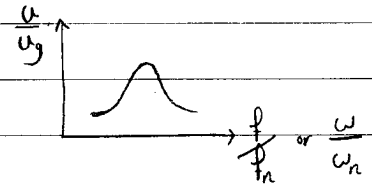
* برای ثبت زلزله نیازمند دستگاه‌های هستیم که ویژگی خاص دارند:

۱- نیاز داریم از یک نقطه ثابت مکان جابجایی جسم را اندازه بگیریم ولی وقتی یک نقطه از زمین حرکت کند ابعاد دیگری از زمین حرکت می‌کند پس دستگاه ثبت زلزله باید نیاز به یک نقطه مرجع برای ثبت نداشته باشد.
(← و نقطه‌ای هم حرکتی می‌کند)

۲- از یک سیستم یک درجه آزادی داریم یک المان فنر به عنوان سخت است و یک المان یک فنر به عنوان میراگر برای دستگاه ثبت زلزله می‌توان استفاده کرد. (به عبارتی دستگاه ثبت زلزله از سیستم SDF ساخته شده است)




if $k \to \infty$ ⇒ حرکت پایه و زمین برابر خواهد شد.




- اگر سختی را تا حدی زیاد کنیم حرکت پایه و دستگاه یکسان خواهد شد.

* تمرین ۳) معادلات مربوط به سیستم یک درجه آزادی هارمونیک را حل کرده و نمودارهای زیر را رسم نمایید.

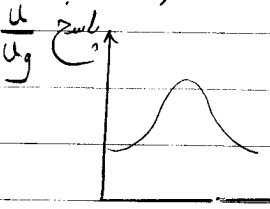
$\frac{v}{v_g} - \beta$ , $\frac{\dot{v}}{v_g} - \beta$ , $\frac{\ddot{v}}{v_g} - \beta$ , $\frac{v}{\ddot{v}_g} - \beta$ , $\frac{\dot{v}}{\ddot{v}_g} - \beta$ , $\frac{\ddot{v}}{\ddot{v}_g} - \beta$ به ازای kهای مختلف

cهای مختلف ، mهای مختلف

$\frac{v}{v_g} = f(c,k,m)$ , $\frac{\dot{v}}{v_g} = g(c,k,m)$ , $\frac{\ddot{v}}{\ddot{v}_g} = k(c,k,m)$

Subject: Date:

* آنتن زمانی باید در فرکانس آن در یک محدوده مشخص باشد با توجه به این که دستگاه‌های ثبت زلزله طوری تنظیم می‌شوند که در یک باند فرکانسی پاسخ flat داشته باشد (یعنی پاسخ برابر یک داشته باشد) پس دستگاه ثبت زلزله هر جزئی را ثبت کند همان حرکت زمین است.




$\frac{u}{u_0}$ = نسبت حرکت جسم به حرکت زمین = پاسخ

$u_0$ با توجه به این فرمول دستگاه ثبت زلزله اندازه‌گیری می‌شود ← $u$ چقدر باشد

if $\frac{u}{u_0} = 1 \Rightarrow$ هر جزئی دستگاه ثبت زلزله ثبت کند برابر $u_0$ است

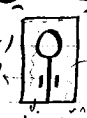
* هرکدام از پدیده‌های طبیعی یک باند فرکانسی مخصوص دارند. * فرکانس زلزله بین ۰.۲۵ تا ۱۰ هرتز است
* دستگاه‌هایی که در یک باند فرکانسی تستر می‌شوند پاسخ flat داشته باشند Broadband pi دارند.
* دستگاه‌هایی که در یک باند فرکانسی متوسطی می‌شوند پاسخ flat داشته باشند Midband pi دارند.
* دستگاه‌هایی که در یک باند فرکانسی کوچکی می‌شوند پاسخ flat داشته باشند Shortband pi دارند.
* اگر خواستیم پدیده‌ای را اندازه بگیریم که تفاوت فرکانس‌ها ۱ باشد از دستگاه‌های Midband یا Shortband می‌توان استفاده کرد ولی تفاوت فرکانس‌ها ۱۰۰ باشد از دستگاه Broadband می‌توان استفاده کرد.
* دستگاه‌های اندازه‌گیری شتاب، سرعت و حرکت یکسان نیستند: دستگاه‌های اندازه‌گیری جابجایی در $\beta$های بزرگ پاسخ flat دارند و دستگاه‌های اندازه‌گیری شتاب در $\beta$های کوچک پاسخ flat دارند.
* دزدزله جابجایی را اندازه می‌گیریم یا سرعت و یا شتاب را اندازه می‌گیریم.
* دستگاه ثبت زلزله سرعت یا شتاب را اندازه می‌گیرند.
* دستگاه‌های ثبت زلزله که سرعت را اندازه می‌گیرند سرعت‌نگار نام دارند.
* دستگاه‌های ثبت زلزله که شتاب را اندازه می‌گیرند شتاب‌نگار نام دارند.

* اندازه‌ی لرزه به صورت نقطه‌ای نبوده بلکه به صورت سلسله‌ای است. برای بدست آوردن موقعیت نقطه شروع لرزش و نام لرزه و دانستن اللوی موج از سلسله‌های لرزه‌نگاری استفاده می‌شود نه نقطه نگارها.

* تفاوت لرزه‌نگارها و شتاب‌نگارها

۱- لرزه‌نگارها حساسیت بالاتری دارند و حرکات خفیف زلزله‌ای می‌تواند اندازه‌گیری شود در حالی که شتاب‌نگارها حساسیت کمتری داشته و در وقوع کمتری زلزله را حس می‌کنند. علیرغم آن که خود سرعت نسبت به شتاب low fev تراکت اما دستگاه اندازه‌گیری آن نسبت به شتاب‌نگار حساس‌تر است.

۲- دستگاه‌های لرزه‌نگار و شتاب‌نگار در سه حرکت به جریان الکتریکی نامه‌ی دارند. برای اندازه‌گیری شتاب از سیستم فنر-جرمی استفاده می‌کنند زیرا با استفاده از کشش‌های فنر-جرمی می‌توان F را بدست آورد و با توجه به وجود بودن جرم و $F=ma$ می‌توان شتاب را محاسبه کرد ولی برای اندازه‌گیری سرعت مدار جریان القایی را مدنظر قرار می‌دهند (اگر سرو در سیم پیچ بیفتد مقدار سرعت است.)




در زیر یک سیم‌پیچ داریم (جریان القایی شود (هسته مغناطیسی داخل سیم‌پیچ) میزان جریان القایی بستگی به سرعت تغییرات جریان دارد ← بستگی به سرعت تغییرات میدان مغناطیسی دارد ← بستگی به سرعت تغییرات شار مغناطیسی دارد ← بستگی به سرعت تغییرات سطح حلقه‌ها دارد ← بستگی به سرعت حرکت سیم‌پیچ دارد

* سلسله‌های سست زلزله در ایران هم به صورت لرزه‌نگاری و هم به صورت شتاب‌نگاری است.

← موزه تحقیقات ساختمان و مسکن

مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران - امیرآباد

سلسله‌های شتاب‌نگار بسته به تعداد ایستگاه و آرایش، منطقه‌وار لرزه‌ای متفاوت هستند.

در ایران هر دو نوع شبکه لرزه‌نگاری و شتاب‌نگاری موجود می‌باشد.

ایران سومین یا چهارمین شبکه شتاب‌نگاری در دنیا است. (به لحاظ دستگاه‌ها)

* سلسله‌ها
۱- محلی
۲- استانی ← در ایران فقط خراسان و آذربایجان شرقی و غربی دارا هستند
۳- منطقه‌ای ← منطقه اروپا یک شبکه دارد هرچند کشورهای مختلف عضو
۴- کشوری ← در ایران داریم
۵- جهانی USGS سازمان لرزه‌نگاری آمریکا (با تونل‌نگاری ثبت می‌کند)

Subject: _____ Date: _____

clips TTM

جلسه بیست و سوم ۹۱/۹/۲۸

* مخاطرات ناشی از روانگرایی

- تاریخچه تحولات در زمینه روانگرایی

در سال ۱۹۶۴ شناخت روانگرایی انجام شد؛ روانگرایی یک پدیده ناشی از زلزله ای تواند خرابی بسیار بیاورد مورد توجه شد. (در زلزله نیگاتا انجام شد)

در سال ۱۹۸۰-۱۹۷۰ توسعه روش های برآورد پتانسیل روانگرایی مطرح شد.

در سال now-۱۹۷۰ ابداع روش های پیش بینی از روانگرایی.

در سال ۲۰۰۰-۱۹۸۳ آگاهی از امکان روانگرایی خاک ها و سازه ها ← ابتدا تصور بر این بود که روانگرایی در ماسه اشباع خ می دهد ولی مشخص شد که خاک های مخلوط با ۵۰-۴۰٪ از رس هم می تواند روانگرا شوند.

در سال now-۱۹۹۵ تعالد مطمئن شد در بروز روانگرایی در روش های پیشرفته مطرح شد.
← اثرات روی سازه های زیرزمینی و لوله های مدفون در این حوزه می باشد.

در سال now-۱۹۹۰ شناسایی سریع وقوع روانگرایی از روی رکوردهای زلزله ← موضوع جدید

* روش های مطالعه روانگرایی

۱- مطالعه موردی خرابی
۲- آزمون های برجا آزمایشگاهی
۳- آزمون های سانتریفوژ
۴- تحلیل عددی

* انواع خرابی های ناشی از روانگرایی

۱- نشست زمین Subsidence ← اگر زمین در محدوده وسیع دچار نشست شود subsidence نامیده می شود. settelment

۲- از دست رفتن ظرفیت باربری پی ها و فرورفت ساختمان ها در زمین

۳- تغییر شکل های بزرگ در سواحی ها (Slumping) ← سواحی ها مثل slump ها ت روانگرایی می رویند.

۴- شناور شدن یا بیرون زدگی (floating of buried structures)
↳ مخازن زیرزمینی به سطح زمین بیرون زده می‌شوند به دلیل نشر uplift ناشی از افزایش فشار آب حفره‌ای

۵- جوشش ماسه‌ای Soil boiling

۶- بخش‌بندی جانبی

۷- فشار جانبی دیوارهای ساحلی
* بارهای موج به علت جوشش ماسه و نشست در اثر کاهش تنش موثر رخ می‌دهند.
* روانگرایی ← فشار آبی بیش‌تر در خاک‌های ماسه‌ای اشباع رخ می‌دهد.
روانگرایی آن است که در خاک‌های غیرچسبنده اشباع (خاک‌های ماسه‌ای ریز و سیلت‌ها) به دلیل نداشتن چسبندگی و عدم خروج سریع آب در هنگام زلزله، خاک مقاومت برشی خود را از دست می‌دهد و روان می‌شود.
← عدم خروج آب باعث افزایش فشار آب منفذی می‌شود.
* روانگرایی در خاک‌های درشت دانه با بیرون زدگی سیل‌های درشت همراه است.
* ویژگی خاک‌ها
برای پدیده روانگرایی باید نکات زیر را در نظر بگیریم: } ویژگی‌های خاک که سبب تغییر روانگرایی می‌شوند.

۱) خاک‌ها خصوصاً خاک‌های دانه‌ای در اثر تنش سیال برشی تنش حجمی می‌دهند. ← ماسه‌ها در اثر لرزش (یا فشار) مسالح نمی‌شوند بلکه در اثر تنش سیال برشی مسالح می‌شوند. [مثل فنرهای داخل فنران با بیرون دادن جای بیش‌تری باز می‌شود]
↔
آب بیرون خارج می‌شود هر چه بیش‌تر
چگالی خاک مسالح‌تر می‌شود
حرکت دهنده مسالح‌پذیری می‌شود
حرکت دهنده دلیل مسالح‌پذیری مقدار مسالح می‌شود
(۶)

۲) اصل تنش موثر

در خاک‌ها تنش موثر در محیط دانه‌ای اشباع (در voidها پر از آب باشد) برابر است با: $\sigma' = \sigma_t - u$
اگر در اثر زلزله تنش سیال برشی به خاک وارد شود اولین واکنش خاک این است که می‌خواهد تنش حجمی (تغییر حجم) دهد. اگر خاک loose باشد خاک می‌خواهد مسالح شود، لازمه مسالح شدن خروج آب است (به دلیل اشباع بودن). به دلیل سرعت تنش سیال‌ها در زلزله‌ها فرصت کافی برای بیرون رفتن آب وجود ندارد (آب منفذی دچار افزایش می‌شود و یک $\Delta u$ ایجاد می‌شود که این $\Delta u$ فشار آب حفره‌ای اضافی نام دارد.
EPWP = Excessive pore water pressure فشار آب حفره‌ای اضافی
وقتی در یک لایه‌ای که آب وجود دارد با افزایش فشار آب حفره‌ای به دلیل این که تنش‌های کل تغییری نمی‌کند افزایش $\Delta u$ سبب کاهش $\sigma'$ می‌شود.
$$\sigma' = \sigma_t - (u + \Delta u) \quad -\Delta u + \sigma'$$

شبیه سازی با حالت احمال بار در خاک رسی، که خاک رسی خواهد تغییر حجم بدهد، ولی برخلاف آن ماسه، در خاک‌های ماسه‌ای تنش اضافه شده است و در خاک‌های ماسه تمایل به تغییر حجم نداره از طریق احمال بارهای که از طریق احمال تغییر شکل‌های برشی رخ می‌دهد. اما بیش خاک



رسی چون می‌خواهد تغییر حجم بدهد

وزن لایه‌ها که $\sigma_v$ برای دهد ثابت است ولی فشار افزایش می‌یابد.

۳) مقاومت خاک‌های دانه‌ای به سطح تنش مؤثر وابسته است. $\tau_f = \sigma' \tan\phi + c$

if $\sigma' = \Delta u \Rightarrow \tau_f = 0$ چون $\sigma' = 0$ (?)

$\uparrow \sigma' \quad \downarrow \tau_f$

$r_u = \frac{\Delta u}{\sigma'}$ نسبت افزایش فشار آب حفره‌ای اضافی

$0 \leq r_u \leq 1 \Rightarrow r_{u_{max}} = 1$

$r_{u_{min}} = 0$

if $r_u = 1 \Rightarrow \tau_f = 0 \Rightarrow$ حالت شدید ⇒ مجموع خاک‌ها مثل سیال عمل می‌کنند ⇒ بدترین نوع روانگرایی

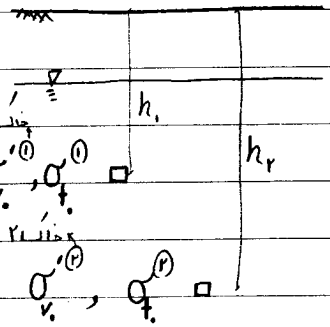
مقاومت برشی صفر می‌شود.

if $r_u > 1 \Rightarrow$ جوشش اتفاق می‌افتد ⇒ باید فشار مستهلک شود.

حالتی است که $r_u = 1$ و $\tau_f = 0$ Initial liquefaction

* علت اصلی روانگرایی کاهش $\tau_f$ است.

* بررسی جوشش ماسه




اگر $r_u$ در هر دو نقطه برابر یک باشد خواهیم داشت:

$r_u^{(1)} = 1 \Rightarrow \Delta u^{(1)} = \sigma_{v_0}'^{(1)}$

$r_u^{(2)} = 1 \Rightarrow \Delta u^{(2)} = \sigma_{v_0}'^{(2)}$

بدلیل وزن بیشتر در لایه ۲، تنش مؤثر بیشتری لایه ۲ داشته پس میزان فشار آب حفره‌ای در لایه ۲ بیشتر از لایه ۱ است.

$\Delta u^{(2)} > \Delta u^{(1)}$

اگر $r_u$ در دو نقطه از خاک با عمق متفاوت برابر با ۱ شود، چون $\sigma'$ در اعماق مختلف متفاوت است، لذا باید فشار آب حفره‌ای اضافی نیز متفاوت باشد.

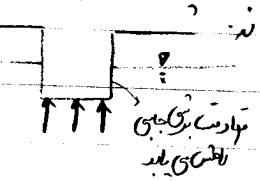
اگر اضافه فشار در نقاط مختلف برابر نباشد چه اتفاقی می افتد؟
۱- این حرف کاملا وجود آرادیان فشار، سبب حرکت آب می شود صحیح نیست، عدم وجود آرادیان فشار اضافی، نیز سبب جریان آب
آرادیان هیدرولیکی (جریان) ایجاد می شود اضافی

فشار پایین > فشار بالا ⇐ جریان به سمت بالا ایجاد می شود و ذرات خاک در بستر دانه های زیرین باشد این جریان دانه ها را به سمت بالا هدایت می کند. ابتدا مقداری آب چون تحت فشار است بیرون می آید و بعد مقداری ماسه بیرون می آید.

⇓ Sand boiling

(۲) (۱)

* جراحی های مدفون بیرون می آیند؟ فشار Uplift قابل توجهی در زیر آن به وجود می آید و مقاومت برشی خاک را کاهش می یابد. ۲ علت فوق همزمان موجب بیرون زدگی می شوند.




* چرا Slumping رخ می دهد؟ به دلیل کاهش مقاومت برشی در اثر بدنه شیروانی پایداری خود را از دست می دهد.

* چرا بخش سدی جانبی رخ می دهد؟ بخش سدی جانبی در زمین های با شیب ملایم رخ می دهد.
اسلایدها را حاضر جای نیست. مقاومت برشی خاک در آب روانابی برابر صفر می شود و لایه های سطحی شروع به حرکت می کنند حال اگر ساختمان مثلا روی یک شیب باشد سیری زیادی به شمع وارد می شود که سبب شکست شمع می شود

چرا نشست زمین رخ می دهد؟ به میزان مقدار آبی که از بین دانه ها خارج می شود، زمین نشست می کند.

سوال: چرا تنش موثر نیز پس از re solidification باید افزایش یابد؟ پاسخ: به علت کاهش e، افزایش γ به وجود می آید، لذا تنش موثر نیز پس از نشست سازی مجدد افزایش می یابد.

clips FTM

Subject: _____ Date: ⑤

* وقتی روانگرایی رخ می دهد $r_u = 1$ تمام فاز های خاک حالت غوطه وری پیدا می کند و هیچ تنش تماسی با هم ندارند بعد از اتمام زلزله دانه ها روی هم نشسته می شوند (از ارتفاع پایین)

وقتی زلزله رخ می دهد و فشار آب بالایی رود از نقطه a به b می رود

تا زمانی که خاک نشسته می شود تا این نقطه به الحاق ! برسد افزایش تنش موثر نداریم وقتی نشستی از الحاق ! بیشتر می شود فشار ایجاد شده (در اثر افزایش وزن لایه های بالایی) و افزایش تنش موثر خواهیم داشت و به دلیل افزایش تنش موثر نشست در زمین ایجاد می شود. $\Delta e$ همان نشست است.

re solidification

در خاک های ماسه ای در اثر زلزله Initial Liquefaction رخ می دهد و خاک حالت Loose خیلی ارتفاع رخ می دهد.

Liquefaction

* در خاک رس های ماسه ای در اثر زلزله ارتفاع رخ می دهد (در اثر تنش منفی موئینگی) در زلزله خاک می خواهد منبسط شود و چون تغییر حجم سریع است امکان ورود آب به محیط وجود ندارد پس مکش ایجاد می شود و $\Delta u$ منفی ایجاد شده و $\Delta u$ منفی سبب افزایش تنش موثر و افزایش مقاومت برشی می شود. این پدیده برعکس روانگرایی بوده و این حالت هیچ خطری ایجاد نمی کند.

* اگر خاک حالت ماسه ای داشته باشد یعنی نمی دانیم چقدر روانگرایی در خاک رخ می دهد و... پس بعضی جاها روانگرایی خواهد پس باید پیش بینی های از رفتار خاک داشته باشیم.

- علت افزایش تنش موثر بعد از نشست سازی مجدد خاک:

چون e کم شده است، لذا γ زیاد می شود و در نتیجه $\sigma'$ زیاد می شود.

احتمال

② آیا در خاکی که یک بار روانگرا شود، آیا روانگرایی مجدد به علت زلزله رخ نمی دهد؟

البته باید ذکر شود که تنش موثر تمایل به کاهش حجم را دارد، ولی اگر علت خارجی را از بین ببریم، آن علت (کاهش e) دیگر تمایل به کاهش حجم مجدد خاک را ندارد.

Subject: _____ Date: ٤/

clips TTM

جلسه بیست و چهارم ۹۱,۱,۲

۱- بررسی روال‌ای به روش سید - ادرس

* دو رویکرد در بحث روال‌ای

۲- بررسی روال‌ای با روش مبتنی بر حالت

- بررسی روال‌ای به روش سید - ادرس

۱) در خصوص خالی‌های اسباع داده‌ای برای تشخیص این که مفهوم خالی روال‌ای شود یا نه.
۲) رابطه‌ها و ارتباط‌های هایی که طور همزمان این روش را مدتی نگه دارند.
۳) روش بحثی برای ارزیابی روال‌ای خالی‌ها است.

- بررسی روال‌ای با روش مبتنی بر حالت

۱) در خصوص خالی‌های ماسه‌ای اسباع برای تشخیص این که مفهوم خالی روال‌ای شود یا نه.
۲) براساس حالت اولیه خالی‌ها و بدون از نیاز سال بحثی خالی مشخص می‌شود که خالی استعداد روال‌ای دارد یا نه.

* روش بررسی روال‌ای با روش مبتنی بر حالت خیلی در ارزیابی پتانسیل روال‌ای کاربرد ندارد. روش بررسی روال‌ای به روش سید - ادرس بکار بردنی است.

* روش بررسی روال‌ای با روش مبتنی بر حالت

این روش حالت اولیه خالی‌ها را مبنای بررسی روال‌ای خالی‌ها قرار می‌دهیم.

حالت اولیه خالی‌ها = { $\sigma'$ ; $e$ } ← این پارامتر قبل از $\sigma'$ مورد توجه قرار گرفت.
Initial State

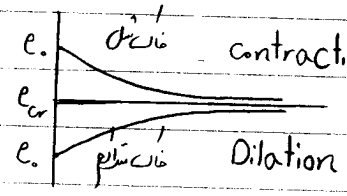
* براساس آزمایش‌های برش مستقیم در حالت خشک و هلشی نشده، با سال‌اند نفر حجم خالی را بدست آورده و مقدار $e_{cr}$ را مطرح کرد.

Subject: Date: ⑧

* تا سال ۱۹۳۶ در آزمایش مستقیم استفاده از آزمایش دیلاتومتر سیل برای خاک ۲ حالت رخ می‌دهد:

۱) اگر خاک سیل باشد $e > e_{cr}$، تنش حجم انبساطی یا Contraction رخ می‌دهد. خاک متراکم می‌شود تا این که در تنش‌های بزرگ به $e_{cr}$ می‌رسد.

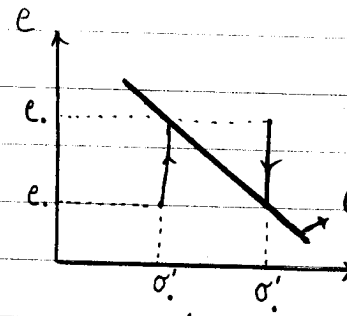
۲) اگر خاک متراکم باشد $e < e_{cr}$، تنش حجم انبساطی یا Dilation رخ می‌دهد. خاک ابتدا انبساط دارد و در تنش‌های بزرگ به $e_{cr}$ همگرا می‌شود.




* اگر $e > e_{cr}$ یا رفتار خاک Contraction باشد خاک تمایل به روانگرایی دارد.

* روش تا سال ۱۹۳۶ روش خوبی نیست چون تنها $e_0$ در روانگرایی مؤثر نبوده.

* تاسیو و یوشیمی معتقدند $\sigma'_0$ روی $e_{cr}$ مؤثر است.




یعنی برای هر $\sigma'_0$ یک $e_{cr}$ داریم.

۱) اگر $\sigma'_0$ و $e_0$ زیر خط $e_{cr}$ قرار گیرد و تحت بارگذاری قرار گیرد، $e$ باید افزایش یابد و خاک باید رفتار Dilative داشته باشد.

۲) اگر $\sigma'_0$ و $e_0$ بالای خط $e_{cr}$ قرار گیرد و تحت بارگذاری قرار گیرد، $e$ باید کاهش یابد و خاک باید رفتار Contractive داشته باشد.

① و ② → شاکر خطوری عمل می‌کند → $e_{cr}$ برش ونه تحکیم

* هرچه $\sigma'_0 \uparrow \Rightarrow e_{cr} \downarrow$

* یوشیمی خط $e_{cr}$ را خط حالت پایا Steady State بیان کرد.

Subject: Date: (9)

* بس به طور کلی اگر برای خاکی خط $e_{cr}$ را تعریف کنیم وضعیت اولیه خاک زیر خط واقع شود خاک تمایل به انبساط خواهد داشت و اگر انبساط یابد نمی تواند روانگرا شود.
و اگر حالت اولیه خاک بالای خط واقع شود خاک تمایل به انقباض خواهد داشت و خاک تمایل به روانگرایی دارد.

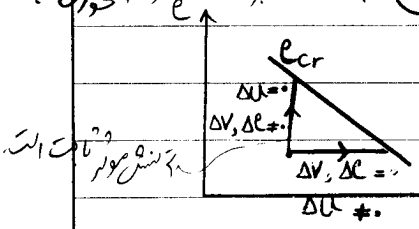
* وقتی صحبت از Dilation و Contraction می آید یعنی تغییر حجم داریم و پوروس و ... :

در حالت زهکشی شده $\Delta V \neq 0$ تغییر حجم و $\Delta U = 0$

در حالت زهکشی نشده $\Delta V = 0$ و $\Delta U \neq 0$

* وقتی نقطه پایین خط $e_{cr}$ باشد:

- در حالت زهکشی شده $\Delta U = 0$ ← چون تنش اولیه تغییر نمی کند و تنش موثر نباید هیچ تغییری کند چرا که با باز کردن شیر زهکشی فشار آب حفره ای باید برسد به صفر و نه محوری.
فقط تغییر حجم داریم $\Delta V \neq 0$

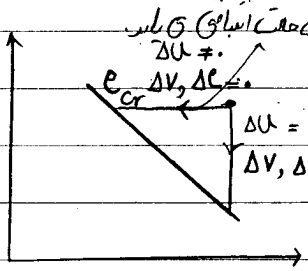



پس حرکت در جهت قائم داریم تا خودش را به $e_{cr}$ برساند

- در حالت زهکشی نشده $\Delta V = 0$ مسیر حرکت باید افقی باشد تا خودش را به $e_{cr}$ برساند پس $\sigma'$ افزایش می یابد یعنی $\Delta U < 0$ و این یعنی ملش ایجاد می شود.
$\Delta U \neq 0$

* در هر دو حالت وقتی نقطه پایین خط $e_{cr}$ باشد رفتار خاک با Dilative با سخت شونده است.

* وقتی نقطه بالای خط $e_{cr}$ باشد:




چرا انبساطی می یابد؟ چون تمایل به انبساط دارد ↑ پس σ' کم می شود.

- در حالت زهکشی شده $\Delta U = 0$ $\Delta V \neq 0$

همین طور در حالت نقطه پایین خط $e_{cr}$ نیز وجود دارد وقتی که e آن را به بالا پرتاب کند

- در حالت زهکشی نشده $\Delta U \neq 0$ ← باعث می شود تنش موثر ↓ یعنی خاک حالت انقباضی می یابد
$\Delta V = 0$

- کارآقای کاساگرانده روی خاک زهکشی شده بود ولی شاگردان وی همین کار را با حالت زهکشی نشده نیز تسری دادند. در واقع ویژگی هایی که خاک در حالت زهکشی شده نیز دارد این است که به همان خطی که خاک طور زهکشی شده به آن می رسد منطبق است.

Subject: — Date: (۱۵)

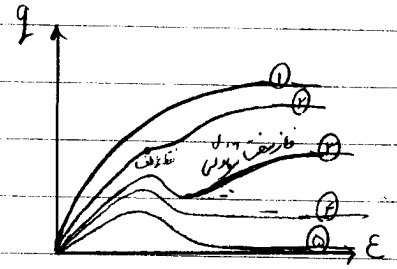
clips ITM

* اسچی هارل روش ها و نظریه بهتری بعد از پیوس ارائه داد.

- اسچی هارل آزمایشی روی ماسه استاندارد (اسچی هارل (تیورا)) انجام داد هم تحت بار مونوتونیک هلشی شده و هم تحت بار مونوتونیک هلشی نشده.

- اسچی هارل نتایج آزمایش را عموماً روی ماسه هلشی نشده تیورا بیان کرد.

* او به حالت دو رفتار Contraction , Dilation چند رفتار از ماسه سری زد




در منحنی ۲ نقطه پیوس ایجاد می شود.
در ۳ یک پیک ... ...
در ۴ به حالت پایدار میرساند می رسد.
در ۵ مقاومت به صفر می رسد.

آزمایش هایی که روی ماسه تیورا انجام شد انواع مختلفی داشت. اسچی هارل ۵ را ثابت فرض کرد و e را از عدد کم به زیاد تغییر داد

e.g. : e = ۰,۶ - ۰,۹۵

منحنی ۱ : خیلی متراکم
منحنی ۲ : متراکم
منحنی ۳ : تراکم متوسط
منحنی ۴ : تراکم کم
منحنی ۵ : تراکم خیلی کم

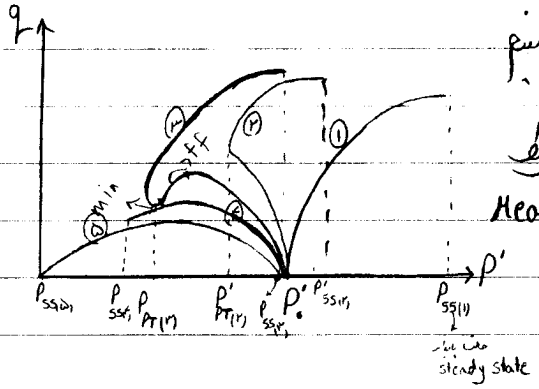
آزمایش و شکل های بعدی را یک P ثابت (فشار سربار) سیلندین محصور کننده ثابت و بعداً در حین بارگذاری با توجه به تغییرات ΔV ، می توانند P نیز تغییر کند) ولی برای ۵ خاک از جنس با e های متفاوت

* منحنی ۵ رفتار کاملاً Contractive و منحنی ۱ رفتار کاملاً Dilative دارد.

* از روی مسیر تنش خاک ها می توان منحنی کرد که رفتار خاک Contractive، Dilative است.

- در واقع اسچی هارل با نظریه اش ثابت کرد که dialatine یا contractine بودن خاک صرفاً به e و P بستگی ندارد بلکه یک خاک در طول بارگذاری دارای تنش انحرافی ممکن است در قسمتی رفتار انقباضی و در قسمتی رفتار انبساطی داشته باشد. و این گونه نیست که در طول بارگذاری همواره تمایل رفتار را داشته باشد.

* در آزمایش سه محوری به جای $\sigma'_0$ از $p'_0$ استفاده می‌کنیم




$$p' = \frac{\sigma'_1 + 2\sigma'_3}{3}$$ تنش موثر متوسط

Mean effective Stress

$$q = \sigma_1 - \sigma_3$$

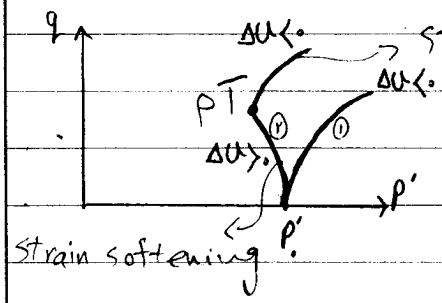
* در حالت رفتار Contractive ← $\Delta U > 0$ ← $p'_0 \downarrow$

$$\downarrow p'_0 = \frac{\sigma'_1 + 2\sigma'_3 - \Delta U > 0}{3}$$

* در حالت رفتار Dilative ← $\Delta U < 0$ ← $p'_0 \uparrow$

* در منحنی ۱ منحنی $p'$ در حال افزایش است پس منحنی در تمام طول خود Dilative رفتار می‌کند.

* در منحنی ۲ در قسمتی از ابتدا رفتار خاک Dilative و در قسمتی از انتها رفتار خاک Contractive است.




* نقطه تغییر فاز رفتاری نمونه Phase Transformation نام دارد.

PT ←

* در منحنی ۳ یک مقاومت پیک، Flow Flouting و نقطه Min و بعد از آن فاز hardening داریم.

* در منحنی ۳ رفتار خاک از حالت Softening گذشته و خاک دچار لغزش شده که به آن Flow Flouting می‌گویند ← تنش سلول‌های نیروی رخ می‌دهد.

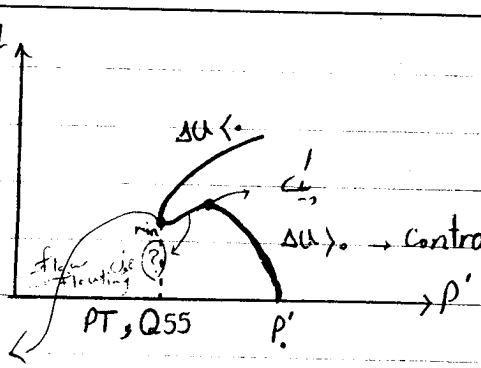
* نقطه آخر منحنی را نقطه Min مجازی یا حالت پایدار مجازی می‌گوییم.

Quasi steady state - QSS ←

- در رفتار ②، q همواره افزایش است، فقط یک نقطه عطف ایجاد شده است که در آن میزان افزایش q تغییر کرده است نه این که حالت افزایش q به کاهش تبدیل شده باشد، لذا فقط بحث Softening، hardening مطرح خواهد شد.

- اما در ③، q کاهش پیدا کرده است، یعنی مقاومت خاک در برابر بارگذاری کاهشی یا به عبارتی خاک دچار تغییر شکل‌های برگشت‌ناپذیر شده است.

* نقطه قرمز منحنی ۲ تعلق دارد به PT ، Q55 هم نامیده می‌شود




* تفاوت رفتار منحنی ۲ و ۳ : در منحنی ۲ ، q در حال افزایش است ولی منحنی در یک لحظه ثابت می‌شود و این Stress Hardening Strain نامیده می‌شود و در نقطه بعد منحنی افزایش می‌یابد Stress Softening Strain نامیده می‌شود.

* قابل ذکر است که رفتار خاک نشان داده شده در منحنی p'-q چون آزمایش drained شده است حجم ثابت است پس نه Dilation و نه Contraction خ می‌دهد پس فقط می‌توانیم رفتار خاک Contractive, Dilative است این یعنی خاک تمایل دارد منبسط شود و تمایل دارد فشار آب منفذی مثبت یا منفی بوجود آورد.

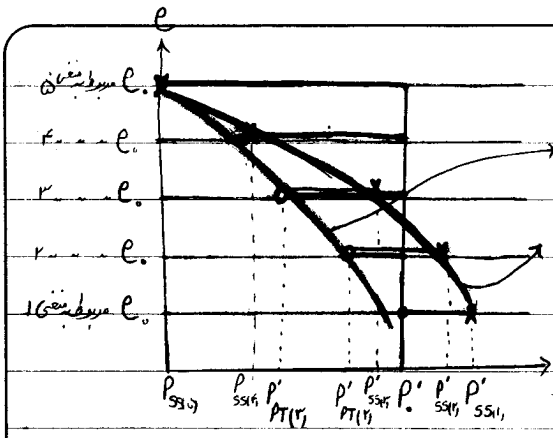
* همه منحنی‌ها در انتها حالت افقی می‌یابند به این حالت Steady State می‌گوئیم.
* در حالت Steady State مقاومت، تنش و سرعت کرنش ثابت می‌ماند با افزایش کرنش. ⇔ چون شکل دارد تا سازه دوری نرود.

* در منحنی ۴ ، p' در حال مسیر ناهش می‌یابد و به نقطه انتهای منحنی می‌رسد.

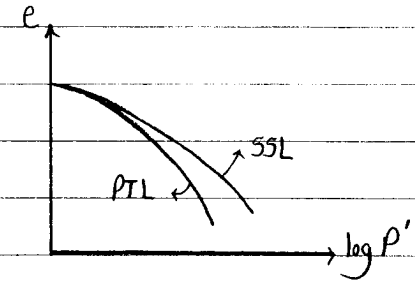
* خاک خیلی Loose در حال مسیر p' ناهش می‌یابد تا یک نقطه‌ای که به آن Steady State می‌گوئیم رسیده و خاک نشکسته می‌شود.
SS

* در منحنی ۵ ، حالت Contraction خ می‌دهد و مقاومت خاک به صفر می‌رسد. خاک در آخر آزمایش بدون بار زلزله و فشار و برشی و تحت بار مونوتونیک خاک مایع می‌شود ، خاک تنش مؤثرش به صفر می‌رسد چون Contraction خیلی شدید است.

* منحنی ۴ و ۵ یک حالت را بیان می‌کنند با این تفاوت که در منحنی ۴ مقاومت همانند غیر صفر و در منحنی ۵ مقاومت همانند صفر است.

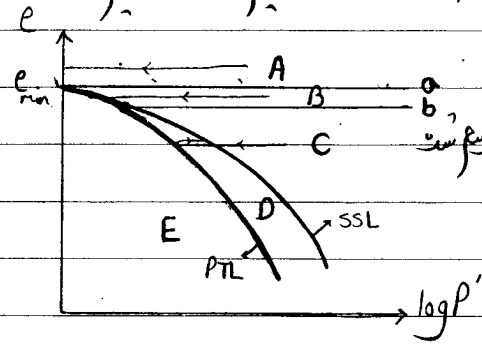



* ها $p'_{ss}$ هستند.
* ها $p'_{PT}$ هستند.
* منحنی مماس را روی SSL ها را ایده دادند.
* در منحنی ۱ در نمودار $p'$ و $q$ - $p'$ زیاد می‌شود.
* $p'$ مربوط به حالت Steady state = $p'_{ss}$
* در منحنی ۱ $p'_{PT}$ نداریم.
* در منحنی ۲، فاز Contraction نسبت به فاز Dilation کمتر است.
* در منحنی ۳، فاز Contraction نسبت به فاز Dilation بیشتر است.




* خط SSL به خط PTL در $p'$ های کوچک مماس است.
* اگر خاکی بخواهد PT را تجربه کند، حتماً این کار را قبل از SS انجام خواهد داد. به همان دلیل در خاک‌هایی که PT دارند، PT حتماً قبل از SS رخ خواهد داد. یعنی ابتدا به PT می‌رسد و سپس به SS.
* اگر خاکی بالای خط SS باشد و از مماس نشده باشد رفتار خاک چگونه است؟

برای پاسخ به سوالاتی همچون سوال بالا نمودار $e-\log p'$ را به ۵ قسمت تقسیم‌بندی می‌کنیم:




ناحیه A: بالای خط $e_{min}$

ناحیه B: بین خط $e_{min}$ و خطی که از نقطه مماس PTL و SSL رسم شده

ناحیه C: بین خط b و SSL

ناحیه D: بین دو خط

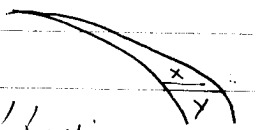
ناحیه E: زیر خط PTL

* اگر حالت اولیه ما در ناحیه A بنشیم رفتار خاک خیلی Loose چون e خیلی بالاست و وقتی که تحت برش قرار می‌گیرد به صورت افقی حرکت خواهد کرد و به حالت SSL می‌رود. پس تمام نقاط ناحیه A رفتار خاک ۵ را خواهند داشت. دراین نقطه، e، e_min بیشترین مقدار ممکن است. به عبارتی اگر e_min < e شود، دیگر e تأثیری نخواهد داشت.
* محل نقطه در بالای خط A هم نیست.

* اگر حالت اولیه ما در ناحیه B بنشیند وقتی که تحت برش قرار می‌گیرد خاک به صورت افقی حرکت خواهد کرد و به حالت SSL و PTL می‌رود. PTL به هم مماس به بالای این نقطه هم نقطه PT و هم نقطه SS است. چون e=e_c پس تمام نقاط ناحیه B رفتار خاک ۴ را خواهند داشت. بنابراین گفتیم که به SSL می‌رود و به آن PT. چون خاک (۴) اصلاً PT ندارد.
* اگر حالت اولیه ما در ناحیه C بنشیند وقتی که تحت برش قرار می‌گیرد و خاک به صورت افقی حرکت خواهد کرد چون

Contraction > Dilation ⇒ پس رفتار خاک در C رفتار خاک ۳ را خواهد داشت.
همواره خط X بزرگتر از Y است، لذا مقدار همواره مثبت است.
اگر خاک در حالت، رخ خواهد داد.

* اگر حالت اولیه ما در ناحیه D بنشیند وقتی که تحت برش قرار می‌گیرد و خاک به صورت افقی حرکت خواهد کرد چون



Contraction < Dilation ⇒ پس رفتار خاک در D مثل رفتار خاک ۲ خواهد بود.
رفتار خاک Dilative است. بنابراین
در خاک های لوز الراع این حالت رخ می‌دهد. همواره طول خط X از خط Y کوچکتر خواهد بود.
اگر حالت اولیه ما در ناحیه D رخ دهد.

* اگر حالت اولیه ما در ناحیه E بنشیند وقتی که تحت برش قرار می‌گیرد و خاک به صورت افقی حرکت خواهد کرد چون می‌خواهد به سمت SSL برود ناخودآگاه از PTL عبور می‌کند پس رفتار خاک در ناحیه E مثل رفتار خاک ۱ است. درست است که در ناحیه E خاک از PTL عبور می‌کند و سپس به SSL می‌رسد، اما عبور، عبوری اجباری بوده است به این معنی که به حجم مصالح PTL رفته تا به (مانند خاک ۳) بلکه به قصد SSL رفته است) لذا اصلاً رفتار PT ندارد.
* در کل هر یک از خاک ها می‌توانند خاک استاتیک رفتارهای دارند.

خاک Contractive با درصد احتمال بالا رفتارش می‌شود.

خاک Dilative با درصد احتمال بالا رفتارش نمی‌شود.

* در حالت بساس نمی‌توان تصمیم گیری کرد؛ زیرا خاک ۲ مقداری فشار آب منفذی به وجود می‌آید و ممکن است برای روانگرایی کافی نباشد و خاک ۳ محتمل روانگرایی می‌باشد و تنش موثر صفر نیست به صفر نرسد.

* لیکوئفکشن تحولی فشار آب حفره‌ای داشته باشیم پدیده Liquefaction است.

* صرفاً در حالتی که فشار آب منفذی به مقدار تنش موثر اولیه یا $\sigma'_0$ اولیه برسد و تنش موثر را صفر کند می‌توانیم روانگرایی کامل داریم یا روانگرایی اولیه ← حالت خاص روانگرایی

* در روانگرایی کامل یا اولیه $r_u = 1$

*

*

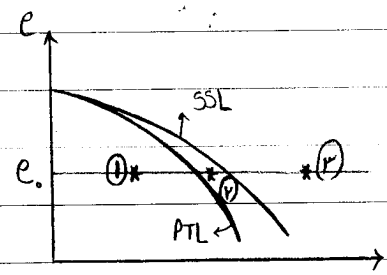
$$\sigma'_0 = \frac{\sigma'_{10} + 2\sigma'_{30}}{3}$$

$$\sigma'_{0\,\text{جدید}} = \frac{(\sigma'_{10} - \Delta u) + 2(\sigma'_{30} - \Delta u)}{3} = \frac{\sigma'_{10} - \Delta u + 2\sigma'_{30} - 2\Delta u}{3} = \frac{\sigma'_{10} + 2\sigma'_{30}}{3} - \frac{3\Delta u}{3}$$

پس مقدار افزایش $\sigma'_0$ در حالت ۱ دقیقاً برابر $\Delta u$ است ⇒ $\sigma'_0 = \sigma'_0 - \Delta u$

* اثر $\sigma'_0$ در روانگرایی‌ها

اثر $\sigma'_0$ در روانگرایی‌ها اثر مهمی است.




* در یک $e_0$ ثابت (e ها همه یکی) ولی تنش موثر اولیه یکی نیستند چند مقدار خاکی می‌توان ارائه داد؟

در نقطه ۱ رفتار کاملاً Dilative

در نقطه ۲ رفتار نیمه Contractive و نیمه Dilative

در نقطه ۳ رفتار کاملاً contractive (البته که یک حرکت dilative دارد ولی چون کم است زیاد محسوس نظر نمی‌کنیم)

- در ادامه‌ای مقایسه لازم است بیان شود که $e_0$ ما در چه وضعیتی نسبت به $e_{min}$ قرار دارد. اگر صرفاً گفته شود که همانند بالا $e_{min} > e_0$ است ولی ذکر نشود که $e_0$ پایین‌تر، e عباس شدن SSL و PTL نیز هست، ممکن است بین خاک ③، ④ و چه ابهام شود.

* رفتار ۱ و ۲ و ۳ را تنش موثر متفاوت می توانند ایجاد کنند.

* مربوط به پاسخ سوال بالا

تراکم ناپذیر

اگر خاکی دارای تراکم ناپذیر باشد (در واقعیت نیست)

۱) $e_0 = 0.75$ □

۲) $e_0 = 0.75$ □

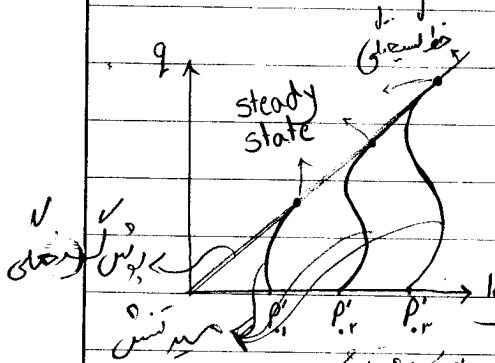
تنش موثر در ۳ از همه بیشتر است.

۳) $e_0 = 0.75$ □ d.

* هرچه تنش سربار کمتر استوکد روانگرایی کمتر است پس الماني که نزدیک سطح زمین است استوکد روانگرایی کمتری دارد.

* آیا می توان گفت رفتار الماس ۳ خاک متراکم‌تر از رفتار الماس ۱ خاک کمتر است؟ بر اساس رفتار مونوتونیک می‌توانیم الماس ۳ رفتار Contractive از خود نشان دهد ولی نمی‌توانیم بگوییم الماس ۳ متراکم‌تر از الماس ۱ است. تنش نرمال معمولاً به Contraction ربط دارد.

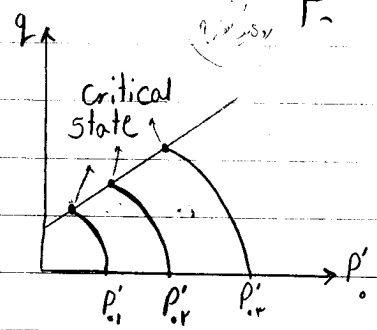
تنش موثر کمتر — تنش موثر بزرگتر

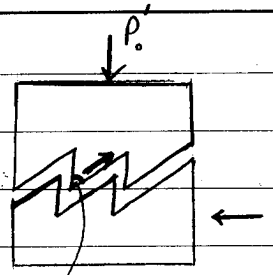



* مسیر تنش خاک‌هایی که تراکم یکسان ولی تنش موثر اولیه متفاوتی دارند

خاکی که تنش موثر بیشتری دارد رفتار Contractive بیشتری دارد.
خاکی که تنش موثر بیشتری دارد مقاومت steady state بیشتری دارد.
خاکی که تنش موثر کمتری دارد مقاومت steady state کمتری دارد.

خط بسیج ماسه‌ها از مبدا رد می‌شود.
خط بسیج رس‌ها از مبدا رد نمی‌شود.
در ماسه‌ها بحث steady state و در رس‌ها بحث Critical state داریم.
رس‌ها






* اگر $P'_0$ کم باشد خاک تمایل در آن بزرگ منبسط می‌شود.

* با افزایش تنش نرمال $P'_0$ ، Contraction افزایش می‌یابد و Dilation کاهش.

زاویه اصطکاک داخلی

* زاویه $\psi$ و $\phi$ با هم متناوبند.

$\psi =$ زاویه Dilation

* هرچه زاویه $\psi$ افزایش یابد، Dilation افزایش می‌یابد و به مقاومت خاک کمک می‌کند.

* با افزایش تنش نرمال مقاومت زیاد می‌شود اما کمک می‌کند که خاک تمایل به انقباض داشته باشد Contractive عمل کند.

(۱۷) مهر (؟) (۱۸) غودار (؟)

- تراکم ($e_0$) و $\zeta$ ($P'_0$) به تنهایی وجداگانه شرایط خاک در رابطه با روانگرایی را نمی‌توانند مشخص کنند، بلکه این ترکیب و تجمیع هردو این هاست که این کار را (مقاومت در مورد روانگرایی) میسر می‌سازد.
- روش اینشی هارا در واقع دنبالهٔ تئوری (نظریه) کارگرانده می‌باشد، که براین دسته از نظریه‌ها، نظریهٔ حالت کمک در این تئوری فرض می‌شود که صرف نظر از نوع بارگذاری انجام شده، همانند صفحات قبل خاک چه رفتاری (انقباضی یا انبساطی) از خود بروز خواهد داد. در واقع بیان می‌کند که بارگذاری‌ها هرچه باشد (مونوتونیک یا سیکلیک) در نوع رفتار خاک اثری ندارد و این شرایط اولیهٔ خاک یعنی ($e_0$ و $P'_0$) خواهد بود که dialatine و contractine بودن خاک را مشخص خواهد کرد.

ایشان ابتدا خود آقای اینشی ها را ثابت کرد که در یک نمونه‌ای که به علت همسانی آن، قبل از اعمال بارگذاری، تنش برشی ندارد، حال اگر در بارگذاری مونوتونیک رفتار این خاک کاملاً ایستاده باشد، با اعمال یک بارگذاری چنین قوی، این رفتاری توانند کاملاً contractine شود. لذا نوع بارگذاری نیز در رفتار خاک موثر خواهد بود.

نظریهٔ حالت چند ایراد دارد:

(I) واکنش پاسخ به نوع بارگذاری، که در این نظریه از آن صرف نظر می‌شود.

(II) یکتا نبودن خطوط رسم شده (که لازمهٔ این تحت اثر (I) نیز می‌توانند باشد)

(III) عدم امکان ترسیم صحیح خط SSL.

توضیح (III) خط SSL، حالتی را نشان می‌دهد که تحت آن، خاک به شرایط پایدار رسیده است. یعنی مقاومت خاک، تغییر شکل خاک، کرنش rate، حجم خاک ثابت هستند. (تغییر حجم خاک صفر است)

اما این حالت در کرنش‌های بسیار بالا پدید می‌آید (مثلاً ۲۰۰ درصد) که چون در اکثر آزمایشگاهی تاکنون به چنین کرنشی دست پیدا نکرده‌اند (قابلیت اندازه‌گیری کرنش‌های بزرگ را ندارند)، لذا خط SSL هنوز به اثبات نرسیده و وجود

نداشته است.

Subject: _____ Date: (۱۸)

جلسه بیست و نهم ۹۱/۱۰/۳

* آیا خطوط SSL , PTL خطوط یونیکی ای باشند؟

Soils & Foundation Journal

آقای Hencses & etall مدعی شدند خطوط SSL , PTL منحصر به فرد نیستند اگر موفقیت خطوط عوض شود مقاومت های ما در مورد خاک ها ناظری شود پس این خطوط باید منحصر به فرد باشند. اما آزمایشات نشان دادند روابط و عوامل وجود دارند که می توانند بر واحد بودن PTL تاثیر بگذارند پس PTL قطعاً یونیک نخواهد بود. یونیک بودن SSL زیر علامت سوال است زیرا SSL در تنش سلول های بزرگ رخ می دهد و ما در آزمایش به تنش سلول های بزرگ نمی رسیم.

* در آزمایش تنش سلول های بزرگ اینی توانیم اندازه بگیریم.

* در تنش سلول های بزرگ خاک به حالت پایداری رسید.

* اولا نظریه مبتنی بر حالت: در این روش خطوط PTL و SSL براساس آزمایشات مونوتونیک به دست آمده اند و پدیده زوال مونوتونیک نیست.

- زمانی که شیروانی داریم، هندسه شیروانی موجب ایجاد تنش برشی جهت حفظ تعادل استاتیکی خواهد شد. لذا اگر در اثر رکورد زلزله در این حالت روانگرایی رخ دهد می گوییم: روانگرایی مونوتونیک یا تحریک سیکلی

- وجود تنش برشی اولیه در رفتار خاک تأثیر خواهد داشت.

به عنوان مثال ۲ المان ① و ② تحت اثر رکورد زلزله اثر حتی یکنواخت یکسانی داشته باشند، به علت وجود تنش برشی اولیه در یکی رفتار کرنش وجود در یکی رفتار انقباضی خواهد داشت.

از نوع ③

① ② از نوع ①

③ monotonic liquefaction by cyclic trigger
cyclic " " monotonic "

* انواع روانگرایی براساس رفتار State (حالت)

1- روانگرایی سیکلی
2- مونوتونیک

در زلزله روانگرایی سیکلی ایجاد می شود

در سدهای باطله (Tailing Dams) - برای سستی مواد معدنی - خرد می شود مواد اضافی ناشی از مواد معدنی روی هم انباشته می شوند و مایعی در آن نگهداری می شود. با اضافه شدن لایه ها، روانگرایی مونوتونیک ایجاد می شود.

بدون این که زلزله بیاید روانگرایی رخ می دهد. هرچه ارتفاع سد زیاد ↑ ⇐ فشار آب حفره ای (معادل با تنش موثر) بعدی ↑ و تنش برشی = ۰ و تنش موثر = ۰ می شود و روانگرایی رخ می دهد.

نیروی نداریم که تنش برشی مقاوم کند بلکه با افزایش اضافه فشار آب حفره ای (معادل با تنش موثر) بعدی که مقاومت برشی خاک از تنش برشی استاتیکی موجود کمتر شود رخ می دهد.

③ روانگرایی بایکلیک سیکلی ⇐ یک تنش برشی اولیه دارم و یک بار سیکلی زلزله وارد می شود

که ۲ نوع است که در بالا با ③ شرح داده ام.

ایرادی شوید بدون آنکه تنش موثر صفر شده باشد

ایرادی دارد

* در روش متی برحالت بارگذاری تودینامیکی لنم و وقفه سازند اولیه مرتبط داریم اما تا نسل دوازدهم افزایش ۵۱۱ می‌توانیم خط‌های مختلفی را بدهند و تونیک نخواهد بود. روش‌های مونوتونیک برای ارزیابی روانگرایی مناسب نیست.

* روش سید-ادریس (سوال امتحان)

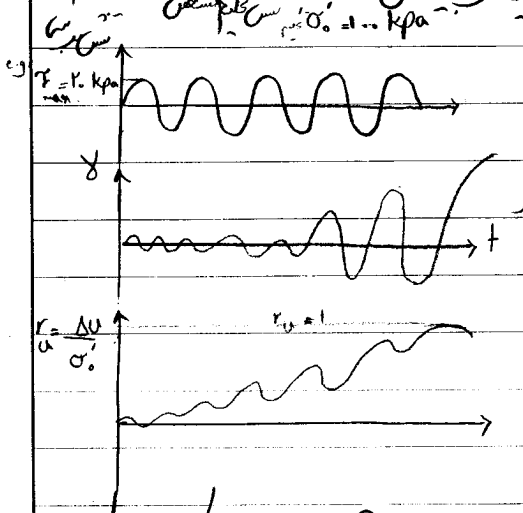
این روش تا نوعی با برجاست.

این روش برای ارائه دستگاه‌های سیلی وجود نداشت که بتوانند رفتار خاک را به صورت سیلی بررسی کنند.

آزمایش سه‌محوری سیلی جهت اثبات نظریه سید-ادریس کوسم یافته است. این روش به لحاظ مهندسی ساده است و رفتار روش را در نظری نمود.

پایه سید-ادریس پایه مهندسی بوده است.

مشاهدات آزمایش سیلی نشان می‌دهد اگر در یک خاک انساع بارگذاری سیلی اعمال کنم و تاریخچه تنش بررسی می‌کنیم نشان دهد که خاک تنش‌های اعمالی می‌شود که در اثر این تنش‌ها مسیر رهگذر و در یک لحظه به شرط افزایش می‌یابند نشان دهنده نقش سیل‌های بزرگ می‌باشد و روانگرایی را نشان می‌دهند.




۱ گرانش کرنش برشی ۳۰٪
کرنش محوری ۱۵٪ در آزمایش سه‌محوری

$r_u = 1 \Rightarrow$ خاک کاملاً روانگرا می‌شود = initial liq

در نظریه سید-ادریس
تعداد سیل‌های که $r_u$ ایجاد می‌کند باعث می‌شود را به یکی از ۲ حالت بالا دوری آورد از تعداد سیل‌های که منجر به روانگرایی می‌شود می‌توان در نظر گرفت.

e.g.: $\sigma' = 100$ kpa
$D_r = 40\%$
$N_L = 7$
$\tau = 20$ kpa

} خاک با مشخصات مثال در سیل ۷ام روانگرا می‌شود

- دقت شود روانگرایی که در این جا در نظر می‌گیریم، چون $r_u = 1$ می‌شود، initial liquefaction است.

Subject: _____ Date: (۲۰)

برای از بین بردن اثر $\sigma'_0$، تنش برشی را بر $\sigma'_0$ تقسیم می‌کنند ← $\frac{\tau}{\sigma'_0}$

Cyclic Stress Ratio = CSR = $\frac{۲۰}{۱۰۰} = ۰.۲$ ← زلزله باید ۲۰ سیکل انجام شود تا خاک با شدت‌های ذکر شده روانگرا شود.

$D_r = ۴۰٪$

$N_L = ۲۰$

* رابطه CSR و $N_L$

* رابطه بین CSR و $N_L$ یک رابطه معکوس است:

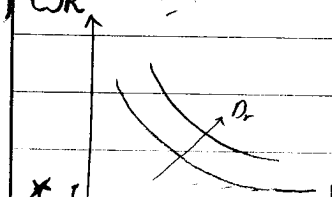
$\downarrow N_L \quad \uparrow CSR$

$\uparrow N_L \quad \downarrow CSR$

* اگر CSR کم شود تعداد سیکل‌های لازم برای روانگرایی باید بیشتر شود، یعنی باید اثر تنش برشی کمتر تعداد N باید بیشتر شود.

* با انجام ۳ یا ۴ تست روی خاک می‌توان منحنی مقاومت سیکلی را بدست آورد. ← مثلاً برای خاکی با $D_r = ۴۰٪$ و CSR های مختلف منحنی مقاومت سیکلی بدست می‌آید.

* در ماسه‌های غیر ۲ شرط کرنش دامنه‌ی قبل همزمان با رسیدن $r_u$ به ۱ (هردو) اتفاق می‌افتد. یعنی N ای که لازم است تا $r_u = ۱$ شود، با N لازم جهت رسیدن به هر ۲ شرط کرنش یکسان است. ← اصلاحیه




* اگر CSR از یک حدی کمتر شود خاک دیگر روانگرا نمی‌شود حتی اگر زلزله سیکل هم بزنیم. لذا منحنی‌های مقاومت سیکلی در یک CSR مشخصی افقی می‌شوند. (*)

که در شکل آن را با * نشان داده‌ایم یعنی اگر CSR < * شود، حتی سیکل هم می‌تواند اجازه روانگرایی کند.

(منحنی مقاومت سیکلی)

* خاک‌های که دارای دانسیته بالا هستند منحنی مقاومت سیکلی به سمت بالا و سمت چپ حرکت می‌کند. به عبارتی یعنی در یک CSR یکسان، به تعداد کم‌تری شدت تا روانگرا شوند. یادآوری: N یکسان، CSR بالاتری دارای روانگرایی بالاتری است.

* در این جا باید فرض کنیم که $D_r$ بالاتر است نمی‌ماند. ← مثلاً اصلاحی در رابطه بدهید.

با این فرض در نمونه‌های مختلف رفتار خاک با یک تنش برشی یکسان برابر است مثلاً ضریبی را قرار دادند تا اصلاح شود.

* برای بررسی این که خاک روانگرا می‌شود یا نه باید منحنی مقاومت سیکلی را بدست آورد.

$\sigma_{tv}$ : $\sigma_{total\ vertical}$

clips ITM

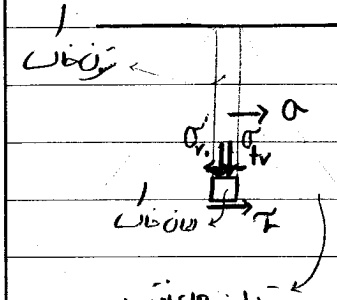
Subject: _____ Date: (۲۱)

* روش‌های روی سطح ـ ادرس (سید وادرس از روی سطح خاک که از آزمایش بدست می‌آید الزام آور نیست)

۱ـ مقدار تنش برشی سیالی ناشی از زلزله را تخمین می‌زنیم.

فرض می‌کنیم که تنش بالای المان به عنوان تنش عمل عمل می‌کند.

نیروی وارد بر زلزله به تنش بالای المان وارد می‌شود که برابر است با a.




نیروهای وارد:

$\tau dA = ma$ (جرم المان)

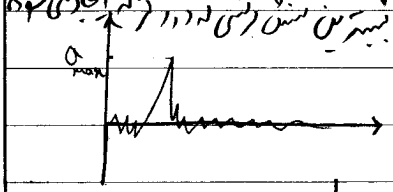
$\tau dA = \frac{\gamma h dA}{g} a$

$hdA$ = حجم تنش

$\gamma h$ = تنش کل

$\tau = \frac{\gamma h}{g} a \Rightarrow \tau_{max} = \frac{\sigma_{tv}}{g} a_{max}$

فرض می‌کنیم زلزله‌ای با تاریخچه زیر داریم:




که $\tau_{max}$ را بخواهیم، یعنی بیشترین تنش برشی که در زلزله ایجاد می‌شود باید $a_{max}$ زلزله را قرار دهیم.

$\tau_{max} = \frac{\sigma_{tv}}{g} a_{max}$

↓ طرفین را به $\sigma'_{v_0}$ تقسیم می‌کنیم

$\frac{\tau_{max}}{\sigma'_{v_0}} = \frac{\sigma_{tv}}{\sigma'_{v_0}} \frac{1}{g} a_{max}$

$CSR = \frac{\sigma_{tv}}{\sigma'_{v_0}} \frac{1}{g} a_{max}$ *

۲ اصلاح به فرمول * اضافه می‌شود:

۱) تنش بالای المان خاک را صلب در نظر گرفتیم در حالی که صلب نیست پس هرچه قدر تنش انطاف پذیرتر باشد مقدار تنشی که به تنش وارد می‌شود در عمق باید کمتر از سطح باشد پس ضریبی به نام $r_d$ اضافه می‌شود که انطاف پذیری تنش را نشان می‌دهد.

$r_d$ : reduction factor

دو نوع مقدمه جهت نگرش به موضوعیت روانگرایی براساس روش سید ادریس وجود دارد که من یکی را در صفحه (۲۲) و دیگری را در صفحه (۲۴) شرح داده ام.

Subject: Date: (۲۲)

* هرچه الحان در عمق کمتری قرار باشد تنش بالای آن ملایم تر خواهد بود و هرچه عمق بیشتر باشد تنش بالای آن افتخاف بیشتر خواهد شد.

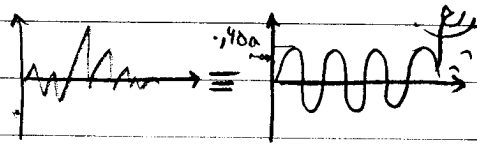
هرچه عمق ↑ $r_d$ ↓ (کمتر از یک خواهد شد)

از ۱ و ۲ را تا بحال از عمق در نظر گرفته ایم.

$$CSR = \frac{\sigma_{tv}}{\sigma'_{v_0}} \frac{1}{g} a_{max} r_d$$

۳) زلزله طبیعت نامنظم دارد و برای این که بتوان از شتاب نگاشت های سد - ادریس استفاده کرد باید داده هایی که بر حسب واردی شوند به پارامترهای معادل هارمونیک تبدیل کرد و دامنه موج هارمونیک را $0.65 a_{max}$ فرض

$$CSR_E = 0.65 \frac{\sigma_{tv}}{\sigma'_{v_0}} \frac{1}{g} a_{max} r_d$$ معادل (زلزله)




زلزله واقعی $M_S = 7.5$ — زلزله معادل

* تعداد سیکل های معادل را چگونه باید انتخاب کرد؟

سید و ادریس جدولی ارائه کرده اند که برای زلزله با بزرگای مختلف $N$ بیان شده است.

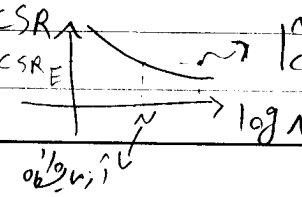
معمولاً $N$ را برای زلزله با $M_S = 7.5$ داده اند و برای بقیه بزرگاها ضرایب اصلاحی ارائه شده است

$N_L$ زلزله با بزرگای بیش از $7.5$ باید از $N_L$ زلزله با بزرگای $7.5$ بیشتر باشد و $N_L$ زلزله با بزرگای کوچکتر از $7.5$ باید از $N_L$ زلزله با بزرگای $7.5$ تشکیل شود

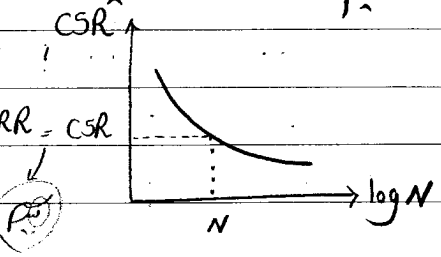
نهایتاً ← در آخر اول $SCR_E$ و $N$ ناشی از زلزله بدست آمد.

یک نکته: شرح چگونگی کاربرد $N$ ناشی از زلزله و التقا (۱) از نمودار صفحه بعد:

(۱) طبق صفحه (۲۱) بعد عمل کنیم، دوازده آزمایشگاه برای هر $CSR$ یک $N$ بدست می آید، که از روی آن منحنی مقاومت سیکلی را ترسیم می کنیم. حال از روی زلزله نیز یک $CSR$ داریم و یک $N$. اگر $CSR_E$، $N$ زلزله را بیشتر $N$ بدست آمده در آزمایشگاه بود، آن گاه خاک روانگرا خواهد شد.



* ۲ یا ۳ نمونه از ماسه‌ها تهیه شده با تراکم و روی آنها سه آزمایش مقاومت برشی انجام داده با تراکم و متفاوت برشی رسم کنید برای بررسی روانگرایی باید N را روی محور افقی بریم و مقاومت خاک را در N برش آوریم.




if $CSR > CSR_E \Rightarrow$ خاک روانگرا می‌شود.

if $CSR < CSR_E \Rightarrow$ خاک روانگرا می‌شود.

factor of safety for liquefaction

$$F_L = \frac{CSR \text{ مقاومت} = CRR}{CSR_{E_{زلزله}}} = \frac{CRR}{CSR}$$

if $F_L > 1 \Rightarrow$ خاک روانگرا نمی‌شود.

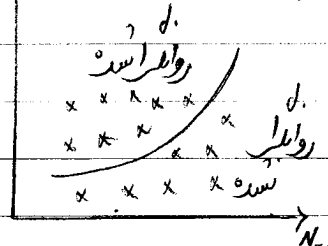
if $F_L < 1 \Rightarrow$ خاک روانگرا می‌شود.

* با توجه به این که از همه خاک‌ها نمی‌توان نمونه دست نخورده گرفت و با انجام آزمایش‌های درجا می‌باشد سعی شده روش‌هایی را ارائه دادند که براساس داده‌های زلزله‌های گذشته انجام شده است. البته در این روش‌ها نیز هزینه‌بری نیز کرده و لی این کار هزینه‌بر است.

* روش‌های سعی ادریس

این روش براساس داده‌های زلزله‌های گذشته ارائه شده است.

براساس تعداد $N_{spt}$ زلزله‌های بوده که دچار روانگرایی شده‌اند یا نشده‌اند خطی را مرز قرار داده‌اند. مرز خطی که در آن‌ها روانگرایی رخ داده یا نداده است. $CSR_E$ تنشی از زلزله نیز با توجه به معلوم بودن $CSR$ و بزرگی زلزله و مشخصات خاک، قابل محاسبه است.




این خط مرز حداقل مقدار CSR را در یک $N_{spT}$ که روانگرایی رخ می‌دهد.

این منحنی‌ها برای زلزله با بزرگای ۷٫۵ بوده و خط مرز ترسیم شده است.

- اگر با $CSR_E$ در یک $N_{spT}$ معلوم، دچار روانگرایی نشده باشیم، یعنی در آن $N_{spT}$، $CRR \geq CSR_E$ بوده است، لذا می‌توانیم CRR را از روی $CSR_E$ محاسبه کنیم.

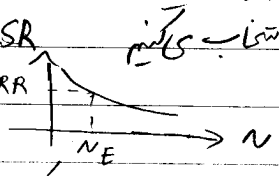
$N_{spT}$ ⇓ منحنی روانگرایی خاک براساس

Subject: _____ Date: (۲۴)

e.g.: if $CSR_E = .۳۲$ } خاک روانگرا می‌شود
$CSR = .۳$

if $CSR_E = .۳۲$ } خاک روانگرا نمی‌شود
$CSR = .۵$

سنه (۱۱) نرمش
براین اساس در معنی مقاومت سیلی
برا اساس به ازاء یک CSR کدام CRR
خواهد بود انتخاب می‌کنیم




سپس آن را با $CSR_E$ مقایسه می‌کنیم و ضریب $F_L$ را محاسبه می‌کنیم.

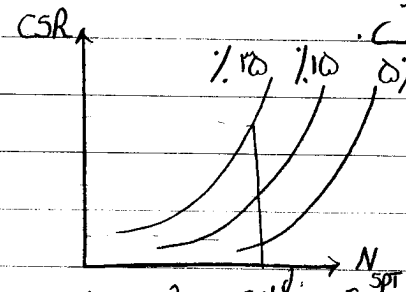
* این نمودارها برای ماسه تمیز می‌باشد اما سایر خاک‌ها هم می‌توانند روانگرا شوند. آئین‌نامه‌های مختلف روی این موضوع کارهای زیادی انجام داده‌اند.

* امروزه در حوزه اجرایی پناه احتمالاتی به روانگرایی می‌شود که سازه مهم باشد و احتمال روانگرایی بالا باشد باید تمهیدات خاصی اندیشید. مثلاً اگر $F_L = ۰.۹۹$ آنگاه می‌گوییم روانگرایی می‌شود و اگر $F_L = ۱.۱$ بود می‌گوییم روانگرا نمی‌شود!
لذا برای راه‌هایی از این کتب‌ها و نگاه احتمالاتی ابراز شده می‌باشد. مثلاً می‌گوییم احتمال روانگرایی ۷۰٪ و بعد بررسی می‌کنیم که آیا این مقدار قابل قبول است یا خیر، تصمیم گیری می‌شود

* در اساس بر این بود که خاک‌های سنی روانگرا نمی‌شوند ولی چون زلزله‌های خیلی داده که این طور نیست سنی که در نسخه ۹۷ پل‌ها و بزرگراه‌های آئین این خاک آورده شده است.

* ماسه‌های حاوی رس هم می‌توانند روانگرا شوند. زلزله آذرج (کارجو دکتر قلمزاده، ماسه حاوی ۵+۱۰٪ رس نیز روانگرا شده است)

* منحنی مقاومت سیلی سید. ادریس برای سه نوع خاک داده شده است.




FC < ۵٪ ← ماسه تمیز (درصد رد شده از الک شماره ۲۰۰)
Fine Content

چرا؟
هرچه FC ↑، در یک $N_{SPT}$ یکسان، CRR افزایش می‌یابد یعنی مقاومت روانگرایی افزایش می‌یابد.

* تناقضی بین داده‌های آزمایشگاهی و اجرایی وجود دارد (مقاله‌های وجود دارد که اثبات کرده‌اند این‌ها را توضیح بدهند)
نتیجه اینکه ٪۳۰ < FC ⇐ خاک روانگرا نمی‌شود ولی بررسی شده حتی اگر FC=٪۴۵ هم بشود خاک روانگرا می‌شود.

از اینجا به آزمایشگاه

(۲) نتیجه: پس اصولاً از این به بعد احتمال روانگرایی برای FC < ۳۵٪

N.C-ER

* $CSR_E$ برای زلزله‌های با بزرگای بیش از ۷٫۵ باشد باید اصلاح انجام دهیم

$CRR$ زلزله بیش از ۷٫۵ $= MSF \times CRR_{۷٫۵}$

ضریب اصلاح بزرگا (magnitude scaling factor)

برای زلزله‌های کوچکتر از ۷٫۵ مقاومت بیشتری می‌شود. $MSF > 1$

برای زلزله‌های بزرگتر از ۷٫۵ مقاومت کمتر خواهد شد. $MSF < 1$

- جهت بدست آوردن $F_L$، برای $CSR_E$ مربوط به یک زلزله با بزرگای مشخص باید از $CRR$ مربوط به همان مقدار بزرگا استفاده کنیم. لذا لازم است تا یک ضریب اصلاح بزرگا در $CRR_{۷٫۵}$ ضرب شود تا به $CRR_M$ با بزرگای $M$ دست پیدا کنیم.

علت: هرچه بزرگای زلزله کمتر شود، در یک $N$ ثابت (یعنی با فرض تعداد سیکل ثابت)، مقدار CSR لازم برای خراب دادن $N$ بار افزایش پیدا می‌کند.

($N$ تعداد $N_{SPT}$ اضافه شود)

Subject: _____ Date: 4/4

clips TTM

جلسه بیست و ششم ۹۱/۱۰/۳

* فصل دوم کتاب راهنمای طراحی لرزه‌ای اسله‌ها - روابط‌ای ← مطالعه شود.

* در عملکرد سیلی خاک‌ها، دامنه تنش برشی (نسبت تنش برشی)، تعداد سیکل‌ها، تراکم خاک می‌تواند روی رفتار خاک اثر داشته باشد.

* $N \uparrow$ $CSR \uparrow$ اگر CSR ثابت باشد، N را می‌شمرد، تعداد واقع یعنی تعداد سیکل‌های کمتری لازم است تا مقاومت خاک کاهش یابد.

* $N \downarrow$ $Dr \downarrow$ ← هرچه N کمتر شود یعنی مقاومت خاک کمتری می‌شود و با تنش برشی کمی خاک روانه‌ای شود.

* دو نوع رفتار سیلی داریم:

۱- نوع اول رفتار سیلی به Initial Liquefaction برای رخ می‌دهد منجر به تنش‌های بزرگ می‌شود و این رفتار خاک رخ می‌دهد به تراکم نسبی کم باشد.
هر سیلی که تراکم می‌شود تنش‌های بزرگی نسبت به حالت قبل رخ می‌دهد [مقدار تنش‌های افزوده شده در هر سیل نسبت به سیل قبلی بیشتر است]

۲- در خاک‌های متراکم و متوسط تحت بارگذاری سیلی قرار می‌گیرند در اثر تولید سیل‌ها، هر سیل نسبت به سیل قبلی تنش برشی ایجاد کرده ولی سرعت افزایش تنش‌ها متفاوت می‌باشد.
تنش‌های خاک سیل به سیل تقریباً یکسان است این پدیده را رفتار سیلی می‌نامند

دو نوع روانه‌ای داریم

* بارگذاری سیلی

۱- با تنش‌های بزرگ همراه است، در خاک‌های سست رخ می‌دهد Initial Liquefaction

۲- با رخ افزایش تدریجی تنش سیل به سیل همراه است. Cyclic mobility

در مقادیر تردیک به صفر تنش برشی صفر می‌شود ولی یک مقدار تنش دارد. در اثر فازهای Dilation دوباره خاک سخت می‌شود.

فازهای Dilation که شدید است می‌شود در مقابل تنش برشی هم Contraction هم Dilation دارد پس خاک سخت‌تر است. ⇒ فازهای Dilation شدید رخ می‌دهد.
در خاک‌های متراکم و نیمه متراکم رخ می‌دهد. [نرخ‌های متراکم]

* در خاک‌های خیلی متراکم به جای فشار آب حفره‌ای منفی اضافی مثبت به وجود می‌آید و فشار آب حفره‌ای منفی ایجاد نمی‌شود.

* انواع روان‌گرایی ۱- مونوتونیک ← ۱-۱) با تحریک مونوتونیکی monotonic trigger

۱-۲) با تحریک سیکلی cyclic trigger

۲- سیکلی ← ۲-۱ Initial Liquefaction

۲-۲ Cyclic mobility

* از زمین‌های همراه با روان‌گرایی می‌توان Flow Liquefaction (Flow Failure) را نام برد.

* Flow Liquefaction = روان‌گرایی همراه با جاری شدن (تفاوت با initial liq؟)

* مقدار لایی در روان‌گرایی افزایش فشار آب حفره‌ای است.

* Flow Failure هم در رفتار مونوتونیک و هم در رفتار سیکلی رخ می‌دهد.

* اگر به طور لحظه‌ای $r_u = 1$ شود روان‌گرایی Cyclic mobility رخ می‌دهد.

* ⎧ در تنش سیکلی یک‌بعدی → $\gamma = 30\%$
  ⎩ در تنش سیکلی سه‌محوری → $\varepsilon = 5\%$
  ⇐ روان‌گرایی رخ داد

* اگر فشار آب حفره‌ای هی نوسان کند [هر بار بالای رودبک فرو افتادی نداشته]. ناهش $r_u$ یعنی Dilation و بالا رفتن $r_u$ یعنی Contraction

* برگشت مسیر تنش به خاطر هم شدن $r_u$ است.

* افزایش تنش یعنی سخت‌تر شدن.

* ناهش فشار آب سبب افزایش $\sigma'$ می‌شود هرچه $\sigma'$ افزایش یافت نمونه سخت‌تر می‌شود

min۲۲

* در روانگرایی اولیه فشار آب منفذی بالا می رود و ذرات مانند و فابریک ناهمسان شدید از بین نمی رود. $r_u$ افزایش می یابد و دراز نمی توان آن را تحلیل کرد.

* در خاک های خیلی Loose فاز ناهمسان فشار آب رخ نمی دهد و خاک بلافاصله روانگرا می شود و خطرناک ترین حالت می باشد.

* تراکم بارندگی سیکلی و مونوتونیکی می تواند $r_u = 1$ و روانگرایی رخ دهد. در ساختمان های روی زمین بارهای ثقلی وجود دارند، بارهای سیکلی هم از زلزله اضافه می شوند پس تلفیق این دو یک تلفیق بار سیکلی و مونوتونیکی است.
در اثر وجود دیواره، چون شعاع دایره بسیار صفر نیست، لذا آنتش برشی در خاک زیر پی فشار ایجاد می کند (مانند یک شیروانی)
* پدیده روانگرایی یا در برابر بارهای صرفاً مونوتونیکی یا صرفاً سیکلی و یا تلفیق این دو رخ می دهد.

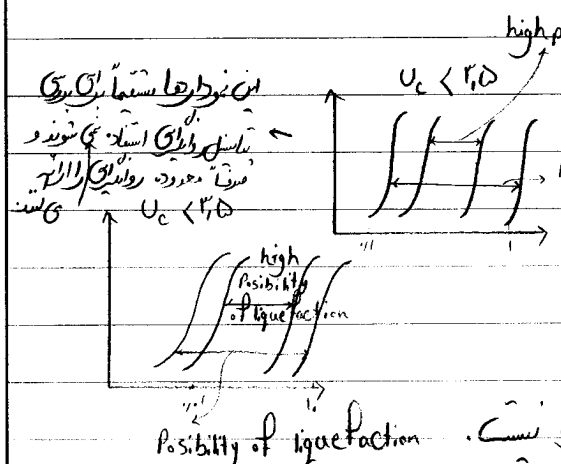
* وجود بارهای استاتیکی روی روانگرایی خاک ها تأثیر دارند. وجود تنش برشی استاتیکی اولیه می تواند روی افتار خاک اثر داشته باشد.

* دانسیتی

دانسیتی یکی از عوامل موثر بر روانگرایی است.

* آئین نامه ها محدوده هایی برای دانسیتی خاک ها ارائه داده است

مناطق توزیع دانسیتی خاک های که در معرض روانگرایی هستند:




الف) خاک های با ضریب یکنواختی بزرگ $U_c > 3$

ب) خاک های با ضریب یکنواختی کوچک $U_c < 3.5$

اگر خاک ها در این محدوده ها نباشند نیاز به بررسی پتانسیل روانگرایی نیست.

رد جزوه فارسی روانگرایی

Subject: _____ Date: ۳۰

clips ITM

* روش‌های ارزیابی پتانسیل روانگرایی

| M | Equivalent number of stress cycles = N |
|---|---|
| ۸٫۵ | ۲۶ |
| ۷٫۵ | ۱۵ |
| ۶٫۷۵ | ۱۰ |
| ۶ | ۵-۶ |
| ۵٫۲۵ | ۲-۳ |

۱- روش سید - ادریس

روش سید - ادریس مبتنی بر نسبت تنش برشی متوسط است.

$$\frac{\tau}{\sigma'_{vc}} = r_d \frac{\sigma_v}{\sigma_{vc}} \frac{A_{max}}{g} \times 0.65$$

این جدول نشان می‌دهد زلزله‌های کمتر از این مقادیر روانگرایی ایجاد نمی‌کنند

با CRR را در ضریب MSF ضرب می‌کنیم یا $CSR_E$ را بر ضریب MSF تقسیم می‌کنیم. [هر دو درست]

* مراحل بررسی مسأله روانگرایی برای ساختگاه مورد استفاده

۱- روش‌های نسبتاً قدیمی ارزیابی پتانسیل روانگرایی براساس SPT

۲- روش سید - ادریس ۱۹۸۵

۳- روش مبتنی بر محاسبات دل‌های نرم‌افزاری این ۱۹۹۸

۴- روش مبتنی بر آئین‌نامه‌های دریایی

۵- ارزیابی پتانسیل روانگرایی براساس منحنی دانه‌بندی و چند نمونه مخروط

۶- ارزیابی پتانسیل روانگرایی براساس نتایج آزمون نمونه مخروط

- به نظری رسد از پارامترهای زلزله تنها روی N در نظر گرفته می‌شود. لذا هرچه M تا پایه، در روش استفاده از $N_{SPT}$، پایه CRR کاهش یابد:

چرا که در CRR با مقدار N را در نظر نمی‌گیرد، هم‌چنین در این روش‌ها مقدار N را در $CSR_E$ نیز در نظر نمی‌گیرد. به همین خاطر تأثیر N را در CRR دیده‌اند.

$N_{SPT}$

روش سید - ادریس

الف) همان طور که گفته شد خاک‌هایی که در مورد روانگرایی هستند معمولاً در رده خاک‌های غیرچسبنده دسته‌بندی می‌شوند. به بررسی قابلیت روانگرایی شامل ماسه‌های تمیز، ماسه‌های سیلتی با خواص خمیری کم، سیلت‌های غیرالاستیک و شن‌ها هستند. خاک‌های چسبنده معمولاً در مورد خطر روانگرایی نیستند. بااین حال در مواردی اگر خاک چسبنده‌ای مستعد روانگرایی باشد یا نباشد همه مثال‌های زیر را شامل می‌شوند به شرط دیگر در صورت عدم ارضا هریک از مثال‌های زیر خاک چسبنده‌ی مستعد روانگرایی نخواهد بود.

سیلت رس ← بوری از الک شماره ۲۰۰ = FC

پس الب در مورد رس خاک رس ۱۵٪ باشد یکی از شرایط زیر

۱- درصد وزنی رس‌اندازه (وزن حسب خاک) کوچکتر از ۰٫۰۰۵mm از ۱۵٪ کمتر باشد

۲- حد روانی LL کمتر از ۳۵ باشد ← LL < ۳۵

۳- درصد رطوبت خاک مورد بررسی بیش‌تر از ۹۰٪ حد روانی خاک مورد بررسی باشد ۹۰٪LL

هر سه شرط باید با هم برقرار باشند

* دقت: اگر در آزمایش در پروفیل خاک رس داده شود و نیاز به بررسی پتانسیل روانگرایی نداشته باشد و بعدی پتانسیل روانگرایی برای انجام دهم نمره کسر خواهد شد.

روش‌های ارائه شده توسط سید - ادریس را می‌توان برای خاک‌های ماسه‌ای تمیز، ماسه سیلتی یا با سیستم کم و سیلت غیرپلاستیک مورد استفاده قرار داد.

ب) نسبت تنش متناوبی ناشی از زلزله از رابطه زیر حساب می‌شود

در این روابط z عمق برحسب متر است. برای اعماق بیش‌تر از ۲۳ متر با توجه به هم نبودن اثر روانگرایی می‌توان برای سادگی از روابط زیر استفاده کرد.

$$CSR = \frac{\tau_{ave}}{\sigma'_{v0}} = \frac{0.65\,\tau_{max}}{\sigma'_{v0}} = 0.65\,\frac{a_{max}}{g}\,\frac{\sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}}\,r_d$$

$a_{max}$ = PGA = بیشینه شتاب افقی زلزله بر روی سطح زمین ساختگاه

$\sigma_{v0}$ تنش سربار

$r_d$ ضریب برای احتساب کاهش تنش برشی پروفیل خاک سربار و حالت علل نازدن آن در محاسبات لحاظ می‌شود

$$r_d = 1 - 0.00765\,z \qquad 0 < z \le 9.15\,m$$

$$r_d = 1.174 - 0.0267\,z \qquad 9.15\,m < z \le 23\,m$$

استفاده از منحنی برای $r_d$ بهتر است.

* اگر عمق خاک بیش تر از ۲۳m بود نیاز به بررسی پتانسیل روانگرایی نیست زیرا:
۱) در این عمق اگر روانگرایی رخ دهد اثرات آن به سطح زمین نمی رسد
۲) در این عمق تنش برشی زیاد است و مقاومت برشی کم است ⇐ ↓CSR

* در استاندارد این حالت z=۲۰m به جای ۲۳m مدنظر قرار می دهند

* دقت: اگر عمق خاک بیش از ۲۳m بود و در امتحان بررسی پتانسیل روانگرایی انجام دادی نمره کسر خواهد شد.

$CSR = \frac{\tau_{max}}{\sigma'_{v_0}}$

* هرچه عمق ↑ ⇐ $r_d$ ↓
هرچه عمق ↑ ⇐ تنش برشی کم می شود

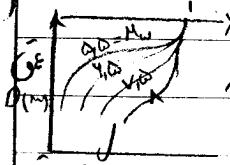
$\sigma_{v_0} = \gamma z$ ⇒ * با افزایش عمق تنش مؤثر به صورت خطی افزایش می یابد

* هرچه اطمینان زلزله ↑ ⇐ $r_d$ ↓

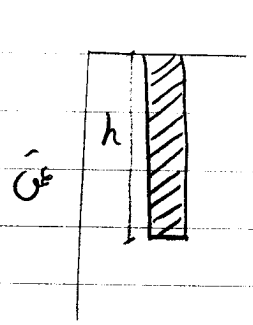
$\tau_{max} = 0.65 \frac{a_{max}}{g} \frac{\sigma_{v_0}}{\sigma'_{v_0}} r_d$ ⇒ چون $r_d$ با افزایش عمق ناهمسو می باشد تنش برشی با افزایش عمق کم می شود (؟)

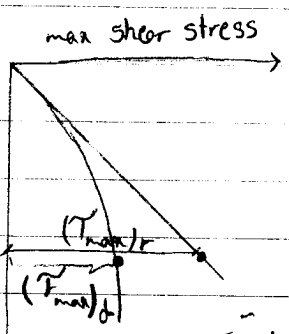
پس با افزایش عمق نسبت $\frac{\tau}{\sigma'_{v_0}}$ ناهمسو می باشد و این یعنی CSR با افزایش عمق ناهمسو می باشد.

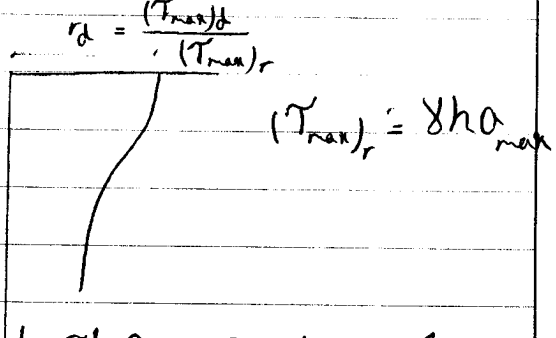
* برای بدست آوردن $r_d$ از منحنی های هم می توان استفاده کرد $r_d = f(z)$




* چرا $r_d$ برای زلزله با بزرگای ۵٫۵ در عمق ۵ متر از $r_d$ زلزله با بزرگای ۸ است؟
چون در زلزله های کوچک $A(w)$ بیش تر است پس روند ناهمسو $a_{max}$ در زلزله های کوچک بیش تر از زلزله های بزرگ است.




* در روش ساده ادریس $a_{max}$ برای سطح زمین است.

* ج) قدم بعدی در بررسی پتانسیل روانگرایی تعیین نسبت مقاومت تناوبی CRR می باشد. برای تعیین آن باید نمونه خاک از زمین توسط استاندارد تا عمق ۶۰٪ بازدهی جهش، تصحیح شده برای فشار سربار ۱۰۰ kpa تعیین گردد. برای تعیین باید از رابطه زیر برای تصحیح عدد نفوذ استاندارد بدست آمده از آزمون‌های برجا استفاده نمود.

$$(N_1)_{60} = N_m C_N C_E C_B C_R C_S$$

$N_m$: عدد اندازه‌گیری شده از دستگاه SPT
$C_N$: ضریب اصلاح برای تنش واحد
$C_E$: ضریب تصحیح های لهمه
$C_B$: ضریب تصحیح قطر حفاری ($C_{borehole}$)
$C_R$: ضریب تصحیح طول میله بارگذاری
$C_S$: ضریب اصلاح نمونه گیر

در این رابطه عدد نفوذ استاندارد بدست آمده از آزمون‌های برجای SPT است، ضریب تصحیح عدد نفوذ استاندارد ۱۰۰ kPa

$$C_N = \left(\frac{P_a}{\sigma'_{v0}}\right)^{0.5} \leq 1.7 \qquad \sigma'_{v0} < 200\ kpa$$

$P_a$: فشار تنش سربار
$\sigma'_{v0}$: تنش موثر سربار برای عمق مورد نظر

$$C_E = \frac{\text{بازده انرژی دستگاه مورد نظر}}{60}$$

$C_E$: ضریب تصحیح انرژی چکش

* از ضرایب بالا زیاد دیده آن‌ها را به طریق زیر بدست می‌آوریم.

$N_{1,60}$ عدد SPT اصلاح شده‌ای برای ضرب بازدهی ۶۰٪ دستگاه SPT

حال $N_{1,60}$ را بدست آوردیم و $N_{1,60}$ را برای محاسبه $C_{RR}$ در نظر می‌گیریم در این صورت از رابطه زیر استفاده می‌کنیم:

$$C_{RR_{7.5}} = \frac{1}{34 - (N_1)_{60,CS}} + \frac{(N_1)_{60,CS}}{135} + \frac{50}{[10(N_1)_{60,CS} + 45]^2} - \frac{1}{200}$$

$C_{RR_{7.5}}$: نسبت تناوبی برای وقوع زلزله ۷.۵ ریشتر

FC < 5%

* این رابطه برای $N = 30$ صحیح است چون برای $N > 30$ خاک مورد بررسی برای وقوع روانگرایی بسیار مقاوم خواهد بود.

* برای استفاده از رابطه بالا برای خاک‌های که درصد ریزدانه آن‌ها بالاتر از ۵٪ است باید نمونه دست آمده برای خاک مورد نظر را تصحیح نمود ($N_{1,60}$) معادل را برای خاک ماسه‌ای تمیز بدست آورد و در رابطه بالا قرار داد. با استفاده از رابطه زیر می‌توان $(N_1)_{60,CS}$ را بدست آورد:

$$(N_1)_{60,CS} = \alpha + \beta (N_1)_{60}$$

CS = clean sand = ماسه تمیز

در این رابطه $\alpha$ و $\beta$ تابع درصد ریزدانه موجود در خاک است و به کمک روابط زیر بدست می‌آید.

Subject: Date: ۳۴

* باید توجه کرد در روش فوق $CRR_{7.5}$ برای زلزله با بزرگای ۷٫۵ انجام می‌شود. حال هر بزرگای زلزله طرح دیگری غیر از ۷٫۵ باشد مقدار $CRR_{7.5}$ باید در یک ضریب تصحیح ضرب شود که از جدول مناسب به دست می‌آید ضرب کرد.

$$\alpha = 0 \qquad FC < 5\%$$
$$\alpha = \exp\left[1.74 - \frac{190}{FC^2}\right] \qquad 5\% < FC < 35\%$$
$$\alpha = 0.5 \qquad FC > 35\%$$

$$\beta = 1 \qquad FC < 5\%$$
$$\beta = 1.2 \qquad 5\% < FC < 35\%$$
$$\beta = 0.99 + \frac{FC^{1.5}}{1000} \qquad FC > 35\%$$

$$F_L = \frac{CRR_{7.5}}{CSR} \Rightarrow$$ ضریب اطمینان روانگرایی

وقوع روانگرایی برای $F_L$ های کمتر از ۱ محتمل است.

* اگر FC بزرگتر از ۵٪ شود مقاومت روانگرایی هم افزایش می‌یابد.

* روش آمریکایی‌ها برای خاک‌های درشت دانه هنوز ارائه نداده‌اند با این که درشت دانه‌ها هم می‌توانند روانگرا شوند.

* جدول مقادیر ضریب مقیاس بزرگای ارائه شده Youd & Noble 1997

| M | روش سید و ایدریس ۱۹۸۲ | ایدریس ۱۹۹۱ | اندرسون و استوارت |
|---|---|---|---|
| ۵٫۵ | ۱٫۴۳ | ۲٫۸۶ | ۲٫۸ |
| ۶ | ۱٫۳۲ | ۲٫۲ | ۲٫۱ |
| ۶٫۵ | ۱٫۱۹ | ۱٫۶۹ | ۱٫۶ |
| ۷ | ۱٫۰۸ | ۱٫۳۰ | ۱٫۲۵ |
| ۷٫۵ | ۱ | ۱ | ۱ |
| ۸ | ۰٫۹۴ | ۰٫۷۷ | ۰٫۸ |
| ۸٫۵ | ۰٫۸۹ | ۰٫۶۴ | ۰٫۶۵ |

جلسه بیست و هفتم ۹۱/۱۰/۹

* روش مبتنی بر مشخصات فنی پل های بزرگراهی آیین ۱۹۹۸

* در این روش پتانسیل روانگرایی با استفاده از نتایج آزمون های صحرایی و آزمایشگاهی بررسی می شود.

* اساس روش مبتنی بر مشخصات فنی پل های بزرگراهی این پایه روش سید و ادریس می باشد.

* در این روش فقط پتانسیل روانگرایی خاک های ریزدانه بررسی می شود

* قبل از سال ۱۹۹۵ فقط استاندارد چینی ها پتانسیل روانگرایی ریزدانه های بالای ٪۳۰.۳۵ را بررسی می کرد.....

* در روش جدید قبل خاک های ریزدانه هم می توانست برای روانگرایی بررسی شود. روی ریزدانه زیر ۰.۰۰۵ mm شرطی است زیر ٪۱۵ ماسه بررسی می کنیم. این ریزدانه می تواند مربوط به رس باشد نه چسبندگی در خاک ایجاد کند و در عمل نه برای آن قائل شدند خیلی کم می باشد

* آیین نامه بزرگراهی آیین ۱۹۹۸ [ در آخر هر دوره این گفته شود - حتماً از هر دو روش نمره حل شود]

در این روش پتانسیل روانگرایی با استفاده از نتایج آزمون های صحرایی و آزمایشگاهی باید بررسی شود.

خاکی که انواع متوسط دانه ها D50 در آن بین ۰.۰۲ تا ۲ میلی متر باشد در روش قدیمی در آیین نامه طراحی پل های بزرگراهی آیین مستعد روانگرایی تشخیص داده شده بود. این امر در ویرایش جدید مشخصات فنی پل های بزرگراهی آیین (۱۹۹۸) با توجه به نتایج تحقیقات صورت گرفته به صورت زیر اصلاح گردید:

الف) خاک های در معرض روانگرایی علاوه بر شرط فوق شامل موارد زیر می باشند: (شروط قبل از هر محاسبه ای باید احراز شود)

۱) سطح آب زیرزمینی کمتر از ۱۰ متر از سطح زمین باشد.

۲) عمق لایه مستعد روانگرایی کمتر از ۲۰ متر از سطح زمین باشد.

۳) درصد ریزدانه کمتر از ٪۳۵ (FC<٪۳۵) و یا اندیس پلاستیسیته ریزدانه خاک کمتر از ٪۱۵ باشد ($I_p$<٪۱۵).

الف) خاکی FC = ۵۰٪ و $I_p = 10$ ⇐ نیاز به بررسی پتانسیل روانگرایی دارد.

ب) خاکی FC = ۳۷٪ و $I_p = 20$ ⇐ نیاز به بررسی پتانسیل روانگرایی ندارد.

$D_{10} \leq 1mm$ و $D_{50} \leq 10mm$ باشد.

$D_{50}$ = قطر متوسط دانه‌ها

$D_{50} \leq 1cm$ ⇐ خاکی که ۵۰٪ دانه‌هایش قطر 1cm داشته باشد ریز است. ⇐ فقط خاک‌های ریزدانه می‌توانند روانگرا شوند.

$D_{10}$ ریز باید دو جلد از 1mm شود.

آزمایش‌ها برای خاک‌های بتنی منحنی‌ای ارائه داده‌اند و وقتی FC درنظر گرفته می‌شود. منحنی‌های این است که تنش را هم در روانگرایی درنظر می‌گیرند.

۵- خاک‌های بتنی با $D_{50}$ بالاتر از 2mm هم می‌توانند روانگرا شوند.

ب) تعیین CSR

$CSR = \frac{\tau_{max}}{\sigma'_{v_0}} = \frac{a_{max}}{g} \frac{\sigma_{v_0}}{\sigma'_{v_0}} r_d$

$a_{max}$ = شتاب بیشینه روی سطح زمین است = PGA

$r_d$ = ضریب کاهش تنشی برای لحاظ کردن اثر انعطاف‌پذیری توده خاک می‌باشد

در این جا $\tau_{max}$ (تنش برشی حداکثر) به جای تنش برشی میانگین $\tau_{ave}$ برای ارزیابی پتانسیل روانگرایی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

ضریب ۰٫۶۵ در فرمول CSR آبی‌ها است. [در این جا تنش برشی حداکثر استفاده می‌شود نه متوسط نه ۰٫۶۵]

$CSR_{\text{آبی‌ها}} > CSR_{\text{امریکایی‌ها}}$ به

پس این هم تعادل در CSR باید در رابطه CRR جبران شده باشد.

ضریب $r_d$ تابع عمق z بوده و از رابطه زیر بدست می‌آید.

$r_d = 1 - 0.015z$

z برحسب متر است.

ج) محاسبه نسبت مقاومت تناوبی CRR که تحت عنوان مقاومت روانگرایی ($R_L$) تعریف می‌شود:

$$CRR_{\text{روانگرایی}} = R_L = \begin{cases} 0.0882\sqrt{\frac{N_a}{1.7}} & N_a < 14 \\ 0.0882\sqrt{\frac{N_a}{1.7}} + 1.6\times10^{-4}\times(N_a-14)^{4.5} & N_a \geq 14 \end{cases}$$

$N_a$ تعداد ضربه‌های $N_{SPT}$ اصلاح شده است.

عدد نفوذ استاندارد پس از اصلاح بر اساس سربار موثر ($1\ \frac{kg}{cm^2}$) مطابق رابطه زیر اصلاح می‌گردد تا عدد اصلاح شده $N_1$ بدست آید:

$$N_a = aN_1 + b$$

* تنش‌ها در این جا $\frac{kg}{cm^2}$ ولی در بررسی آزمایش‌ها kpa بود.

$N_1$ تعداد ضربه‌های اصلاح شده نفوذ $= \frac{1.7N}{\sigma'_v + 0.7}$

سپس ضرایب a و b برای اصلاح عدد نفوذ استاندارد $N_1$ براساس درصد ریزدانه موجود در خاک به کمک روابط زیر تعیین می‌شود:

$$a = \begin{cases} 1 & 0 \leq FC < 10\% \\ \frac{FC+40}{50} & 10\% \leq FC < 60\% \\ \frac{FC}{100} & 60\% \leq FC \end{cases}$$

وقتی که در نمونه خاک ریزدانه باشد باید هم روانگرایی محاسبه شود ⇐ وقتی که در بررسی آزمایش‌ها این امکان وجود ندارد و شرط نداشته بودن ۱۵٪ بیش از ریزدانه‌ها از ۲۰٪ بیشتر باشد تا روانگرایی را حساب نمایی

یعنی خاک سیلتی هم باشد، رس هم باشد چون $I_p > 10$ باید هم

$$b = \begin{cases} 0 & 0 \leq FC < 10\% \\ \frac{FC-10}{18} & FC \geq 10\% \end{cases}$$

پتانسیل روانگرایی بررسی می‌شود.

[سیلت‌ها اساساً مستعد روانگرایی هستند و درصد بیشتری از رس ۲۰۰ بیش از ۵۰٪ است. PI سیلت‌ها نزدیک صفر است.]

$FC < 5\%$ ماسه تمیز $\Rightarrow a=0, b=1$ آزمایش‌ها $5\% \leq FC < 10\%$ ماسه تمیز $\Rightarrow a=1, b=0$ آزمایش‌ها

در آزمایش‌ها FC تا ۱۰٪ ماسه تمیز است در آزمایش‌ها تا ۵٪.

سیلت‌ها ← پلاستیک
nonplastic

در خاک درشت دانه [$D_{10} < 1mm$ , $D_{50} < 10mm$] بررسی تأثیل روانگرایی بلیداخام شود و $N_0$ از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$N_0 = \left[1 - 0.36 \log_{10}\left(\frac{D_{50}}{2}\right)\right] N_1$$

$N_1$ همان روابط بالا

با داشتن مقدار $N_0$، مقدار مقاومت $R_L$ بدست می‌آید.

$R_L$ در ۵ ضریب ضرب می‌شود $\quad R = C_1 C_2 C_3 C_4 C_5 R_L$

* چون محاسبه $C_1$ تا $C_5$ از آسانی بدست و از طرفی اگر همه $C_1$ تا $C_5$ محاسبه شود چون حاصلضرب آن‌ها تقریباً ۱ می‌شود پس استانداردها توصیه می‌کنند که در داشتن بدست آوردن ضریب $C_1$ تا $C_5$ را بدانیم، ضرب آن‌ها را یک بگیریم.

* اگر از آزمایش مخروطی برای بدست آوردن $R_L$ استفاده شود در ضرایب $C_1$ تا $C_5$ ضرب می‌شود ولی اگر از آزمایش SPT برای بدست آوردن ضرایب استفاده شود در ضرایب $C_1$ تا $C_5$ ضرب نمی‌شود بلکه در ضرایب دیگری ضرب می‌شود. ؟ یعنی چه، مثلاً $N_{SPT}$ می‌شود از آزمایش مخروطی بدست آورد؟

روشی که تقسیم روش تنش بیلی نام دارد.

روش تنش بیلی به دلیل سهولت و آسانی در آئین نامه جا باز کرده است.

در مقابل روش تنش بیلی دو روش دیگر هم وجود دارد: روش مبتنی بر تنش بیلی، روش مبتنی بر انرژی

* سه روش بررسی پتانسیل روانگرایی

۱- روش‌های مبتنی بر تنش لرزه‌ای

۲- روش‌های مبتنی بر تنش لرزه‌ای } در امتحان نمی‌آید.

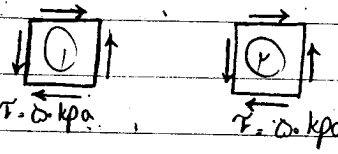
۳- روش‌های مبتنی بر انرژی

* روش مبتنی بر تنش لرزه‌ای

وقتی خاک در طول زلزله قرار می‌گیرد

در اثر تنش‌های لرزه‌ای، تنش برشی در خاک وارد می‌شود و تنش برشی به وجود می‌آید

در خاک نرم در سطح زمین تنش برشی بیشتر و تنش کمتر می‌شود.




$G = 5\ MPa$ $G = 10\ MPa$

$CSR_{①} = CSR_{②}$

در اثر تنش برشی که به دو المان بالا وارد می‌شود خاک نرم‌تر تنش برشی بیشتری می‌بیند.

تنش حجم با تنش رابطه دارد: هرچه تنش برشی بیشتر باشد تنش حجم بیشتر خواهد شد و از طرفی عامل اصلی روانگرایی تغییر حجم (یا به عبارت بهتر تمایل به کاهش حجم) است که در $CSR_E$ آن را در نظر می‌گیریم.

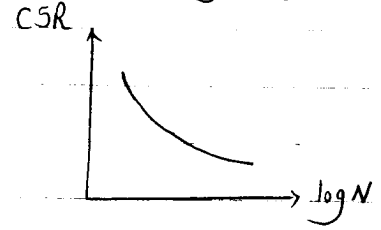
$\gamma = \text{کرنش برشی} \quad \gamma < 10^{-4} \Rightarrow$ تنش حجمی رخ می‌دهد

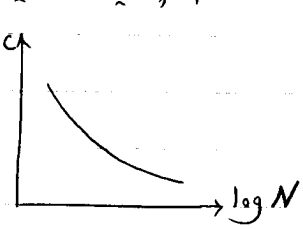
* نقطه ضعف تنش سیکلی: تأثیر سختی خاک در اینجا (کرنش برشی (تغییر حجم)) را که مبنای اصلی روانگرایی است را نادیده می‌گیرد. در خاک نرم نیز تنش سیکلی تنش برشی رخ می‌دهد و استعداد روانگرایی بیشتر خواهد شد اما از لحاظ روش تنش سیکلی این مقدار خاک هم نمی‌باشد

* CSR از جنس تنش است نه کرنش، لذا نمی‌تواند اثرات کرنش را نشان دهد.

ایراد روش کرنش سیکلی: اساساً وقتی خاک ① از ② نرم‌تر است، تنش برشی ایجاد شده ناشی از زلزله نمی‌تواند در هر ۲ المان برابر باشد. چرا که وقتی که ① نرم‌تر از ② است، تنش برشی کمتری در آن ایجاد می‌شود، لذا در نهایت عامل است کرنش برشی کمتری نیز ایجاد کند یا نه باز هم ① کرنش برشی بیشتری ارائه دهد. (نظریه‌ی خام دکتر قلندرزاده: هرچه خاک نرم‌تر ← تنش ↓ ← کرنش ↑)

* در روش تنش بیضی به جای این که CSR مقدار پتانسیل روانگرایی باشد تنش بیضی ($\gamma_{eq}$) مقدار پتانسیل روانگرایی وارد داده اند.




منحنی منطقی $\gamma_{eq}$ - log N یا CSR - log N بیضی است.

هرچه $\gamma_{eq}$ ↓ ← N ↑ ← انرژی لرزه ای را به صورت سیکلی به خاک وارد کنیم تعداد سیکل تنش برای روانگرا شدن خاک کم است.

* در راه روش تنش بیضی مطمئن تر از روش تنش بیضی است.
راه ایراد روش کرنش بیضی:
* آن چه در زمین واقعی هنگام زلزله رخ می دهد نه با تنش نه با کرنش تنها ارتباط دارد بلکه تلفیق تنش و کرنش مقدار است. با توجه به بحث صفحه قبل که مطرح کردیم، بهترین راه تشخیص این نوع است. (در صفحه قبل ایراد فیزیکی را در پایین صفحه شرح داده ایم)
* روش های تنش بر انرژی مقدار از پای پتانسیل روانگرایی را به انرژی وارده به خاک یا انرژی مصرف شده می دانند
* تلفیق تنش و کرنش پاسخ اصلی در خاک را ایجاد می کند.
* حاصل ضرب تنش در کرنش انرژی را بیان می کند. انرژی $\propto \gamma_{eq}\, \tau_{eq}$
* هرچه قدر انرژی مصرف شده در خاک بیشتر باشد $r_u$ بیشتر در خاک ایجاد می شود.
* CSR ↑ (در یک سیکل محدود)، $r_u$ بیشتر به وجود خواهد آمد و می تواند موجب روانگرایی شود.
* در یک سیکل محدود تنش های بیضی بیشتر می توانند $r_u$ بیشتر ایجاد کنند.
* اگر در یک سیکل محدود انرژی مصرف شده مقدار کمتر باشد خاک $r_u$ کمتر ایجاد می کند و اگر انرژی بیشتر مصرف شده باشد $r_u$ بیشتر خواهد شد و خاک روانگرا خواهد شد.

* برآورد تنش وانرژی به سادگی تنش نمی باشد. تنش با یک تحلیل دقیق تنش-کرنش محاسبه می شود و با روش‌های ساده قابل برآورد نیست اما کرنش به آسانی برآورد می شود. به همین دلیل روش‌های مبتنی بر کرنش و انرژی جا افتاده اند. تنش را اگر نه بتوان می دانیم. انرژی کرنش دقیق بیش بدست آوردن کرنش نه با اعتبار است.

* در یک المان خاک ۲ تنش بسان وارد شد. اگر این تنش‌ها پیاپی اند پتانسیل روانگرایی آن بیش تر است ولی روش مبتنی بر تنش این حالت را در نظر نمی گیرد.

* دلیل استفاده از تنش سیکلی در این نامه

لازمه بدست آوردن تنش سیکلی و انرژی مبتنی تنش-کرنش خاک در نقطه‌ای که می خواهیم روانگرایی را بررسی کنیم است. روش تنش سیکلی روش ساده‌ای می باشد. در روش کرنش و انرژی نیازمند تحلیل دقیق می باشیم ولی به دلیل سادگی تنش سیکلی از بقیه آن صرف نظر می شود و از این روش استفاده می شود.

* مقادیر CSR به دو آیین نامه ژاپنی و آمریکایی برای خاک‌های مختلف می دهند متفاوت است چون در محاسبه CSR به روش ژاپنی‌ها $r_d$ در نظر گرفته نمی شود و از طرف دیگر $R_L$ آن‌ها کمتر است پس به طور مستقیم نمی توان گفت که کدام یک از این نامه‌ها محافظه کارانه تر است.

* به طوری که این نامه $FL=1$ را مبنای پتانسیل روانگرایی می دانند $FL=1,2$ را مبنای پتانسیل روانگرایی قرار می دهند در پروژه‌های مهم این کار را انجام می دهند و عدد دقیق‌تری را ارائه می دهند تا ایمنی بیش تر شود.

$FL > 1,2 \Rightarrow$ روانگرایی نمی شود

چون ناحیه یک خاک طبق یک آیین نامه روانگرا می شود و طبق آیین نامه دیگر روانگرا نمی شود

* همه این محاسبات برای زمین مسطح می باشد برای حالتی که تنش سربار اضافی ندارند. CRR بدست آمده از روش آزمایش‌ها و آمپریکی‌ها باید برای دو حالت تصحیح شود:

۱) وقتی تنش برشی اولیه (استاتیکی) بر خاک وارد شود. ← این حالت را با ضریب $k_\alpha$ اصلاح می کنند.

۲) وقتی سربار اضافی بر خاک وارد شود. (اثر عمق) ← این حالت را با ضریب $k_\sigma$ اصلاح می کنند.

$F_L = \frac{CRR}{CSR_E}$ (1) $\qquad \frac{\tau}{\sigma'_{v_0}} = \alpha > 0$ (2)

این دو حالت ۱ و ۲ با CRR یکسان داشته باشیم ولی یکی در شیب و دیگری در افق قرار گرفته باشد. حالتی که در شیب قرار گرفته علاوه بر تنش برشی زلزله تنش برشی اضافی هم دارد.

آیا وجود تنش استاتیکی اولیه روی CRR اثر نمی‌گذارد؟

if $\frac{\tau_0}{\sigma'_{v_0}} = \alpha$

چون در زمین مسطح $\tau$ = تنش برشی = ۰ $\Rightarrow$ $\alpha = 0$ در زمین مسطح

$\alpha > 0$ در زمین شیب‌دار

* اگر $\alpha \neq 0$ ، CRR باید در ضریبی ($k_\alpha$) ضرب شود $\Rightarrow$ $\alpha \neq 0 \Rightarrow CSR \times k_\alpha$

* $k_\alpha$ در حالت‌های بزرگتر از یک و در حالت‌های کوچکتر از یک است.

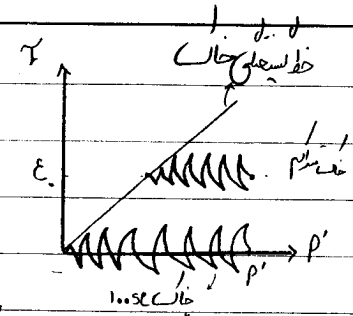
* وجود تنش برشی اولیه در مواردی می‌تواند مقاومت روانگرایی را افزایش دهد و در مواردی مقاومت روانگرایی را کاهش دهد.

if $D_r \sim 50\%$ $\quad k_\alpha \cong 1$

if $D_r < 50\%$ $\quad k_\alpha < 1$

if $D_r > 50\%$ $\quad k_\alpha > 1$

در خاک‌های سست وجود تنش برشی باعث کاهش مقاومت روانگرایی خاک‌ها می‌شود و در خاک‌های متراکم وجود تنش برشی باعث افزایش مقاومت روانگرایی خاک‌ها می‌شود.




* وقتی خاک متراکم باشد وقتی به سمت خط تسلیم حرکت می‌کند مقاومت خاک به سمت صفر می‌رود.

* وقتی خاک تحکیم نرمال باشد وقتی به سمت خط تسلیم حرکت می‌کند مقاومت خاک به سمت صفر می‌رود.

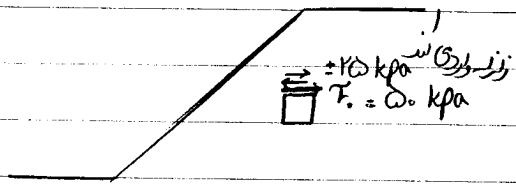
* در آمدن این منحنی را ناصبیتی رد است.

* فاکتورهای دیگری مهمتر از $k_\alpha$ و $k_0$ وجود دارند که در آئین نامه‌ها وارد نشده‌اند. یکی از این فاکتورها Stress Reversal = SR است.

* اگر خاکی را در یک جهت تنش برشی وارد کنیم ($\rightleftarrows$) یک اثر روانگرایی خواهد داشت و اگر خاکی را در جهت برعکس هم تنش برشی وارد کنیم ($\rightleftarrows$) روانگرایی بیشتری رخ می‌دهد. به عبارتی علی رغم تنش برشی یکسان وارد شده

* پتانسیل روانگرایی در مورد خاکی که Stress Reversal رخ می‌دهد بیشتر است.

* اثر Reversal




Reversal رخ نداده ← در این حالت تنش برشی هیچ تنش رخ نمی‌دهد

زیرا تنش برشی صفر شده است.

$\tau_0 = 20$ kpa ±۲۵ kpa

Reversal stress = ۵ رخ داده است

$\tau_0 = 20$ kpa ±۵۰ kpa

در این حالت پتانسیل روانگرایی بیشتر از حالت ۲ است ⇒ Reversal stress = ۲۰ رخ داده است

* میزان برشت تنش = $C_{SR}$ =

$C_{SR} = 0.5 = \frac{50}{100}$

$SR = 0$ ⇐ پتانسیل روانگرایی کمتر، مقاومت روانگرایی بیشتر.

از وجود حالت استاتیکی اولیه، روی بحث reversal بسیار مهمتر از ضریب $k_\alpha$ مربوط به متراکم یا غیر متراکم بودن خاک است.

- در اثر وجود سازه، وقتی که زلزله رخ می‌دهد، تنش برشی در خاک ایجاد می‌شود.

Subject: _____ Date: (۴۲)

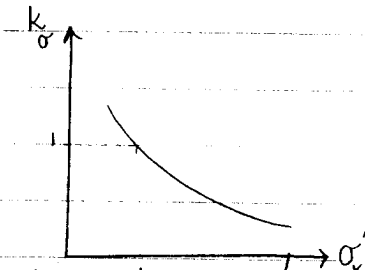
clips TTM

* $k_\sigma$ اثر تنش سربار بالاست.

* اگر روی سطح خاک تنش سربار نداشته باشیم اثر $k_\sigma$ باید در نظر گرفته شود.

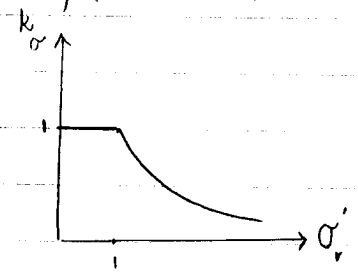
* اگر سربار زیاد شود چون جرم زیادی می‌شود هم تنش برشی وارد می‌کند تأثیر فراوانی دارد و هم مقاومت روانگرایی را کاهش می‌دهد.

* اگر سربار زیاد شود تحلیل انعطاف هم بیشتر می‌شود ← مستعد روانگرایی

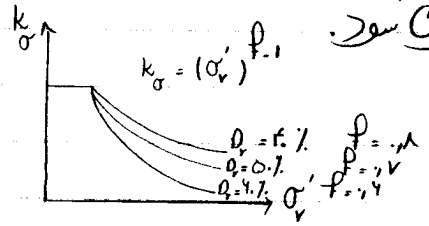



* در منحنی‌های ارائه شده مقدار $k_\sigma > 1$ است.

برای سربار حدود $1 \frac{kg}{cm^2}$ مقدار $k_\sigma = 1$ می‌شود. اثر تنش‌های سربار کمتر از $1 \frac{kg}{cm^2}$ شود $k_\sigma > 1$ شده ولی آیین‌نامه‌ها جهت محافظه‌کاری $k_\sigma > 1$ را اعمال نمی‌کنند و منحنی را در قسمت‌های $\sigma'_v < 1 \frac{kg}{cm^2}$ و $k_\sigma > 1$ در نظر نمی‌گیرند پس خواهیم داشت: (در جهت اطمینان)



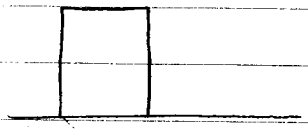

* اگر $D_r$ بیشتر و بیشتر شود تأثیر $k_\sigma$ با افزایش سربار بیشتر می‌شود.




* آخرین مقاله‌ها در زمینه مباحث روانگرایی Boulanger Idriss ۲۰۰۵-۲۰۰۸ در مورد مزایا بالا هم توضیح داده.

* دو ضریب اصلاح $k_d$ و $k_\sigma$ در صورت ضرورت باید ضرب شود.

* اگر ساختمانی روی زمین قرار بگیرد چه تأثیری در پاسخ روابازی خواهد داشت؟ باعث افزایش پاسخ روابازی می‌شود یا کاهش؟




* قبل از ساخت ساختمان، پاسخ روابازی خاک ۱ و ۲ و ۳ و ۴ برابر زیر خون در یک عمق و در یک لایه قرار دارند. ولی بعد از ساخت ساختمان تنش سربار المان‌های خاک زیر ساختمان افزایش می‌یابد. بیشترین افزایش زیر المان وسطی است.

پاسخ روابازی المان ۱ > المان ۲ > المان ۳ > المان ۴ → free field

المان ۳: علی است تحت تأثیر جباب تنش قرار گیرد.

* پس از احداث ساختمان تنش برشی اولیه بوجود می‌آید. اگر $T_0$ بوجود آید $\alpha$ بوجود می‌آید ← $\alpha \neq 0$ بوجود می‌آید و

$$\alpha = \frac{T_0}{\sigma'_0}$$

(پیش) درجه اشباع؟ (بالا)

* در صورت وجود ساختمان هم $T_0 \uparrow > 0$ و هم $\sigma'_0 \uparrow > 0$ ولی در هر صورت $\alpha > 0$

* در المان ۲ تنش سربار اعمال شده نسبت به تنش برشی $\alpha_2 > \alpha_1$

* در لبه‌های ساختمان پاسخ روابازی بیشتری می‌شود min ۱۰ : ۱۱:۵

* در لبه‌های ساختمان تنش برشی علی است برش پانچ ایجاد کند.

* وقتی که $\alpha > 0$ اثرات $k_\alpha$ بوجود می‌آید.

* وقتی خاک متراکم باشد $k_\alpha > 1$

* وقتی خاک شل باشد. $k_\alpha < 1$

* وقتی آب وجود داشته باشد در المان ۱ روانگرایی بیشتر می‌شود زیرا تنش موثر بیشتر کاهش می‌یابد.

*

* وجود سازه در روی زمین باعث بیشتر شدن پتانسیل روانگرایی می‌شود. تنش‌های اضافه علاوه بر تنش زلزله وارد می‌شود در وسطی وضعیت بدتری می‌شود.

* وجود ساختمان باعث برای بیشتر شدن (کاهش مقاومت روانگرایی) در زیر ساختمان می‌شود. در المان خارجی (۳) چون Free field است تنش ندارد و در نواحی دور تنش بر عکس دارد و بهتر می‌کند وضعیت را.

نتیجه‌ها

بقیه از احداث ساختمان ⇐ پتانسیل روانگرایی ↓ کناری، پتانسیل روانگرایی ↑ وسطی

* در کناره‌های بقیه از احداث ساختمان به دلیل وجود $k_\alpha$ مقاومت روانگرایی افزایش می‌یابد. [$k_\alpha$ اثر روانگرایی را افزایش می‌دهد.]

* وقتی $k_\alpha$ افزایش یابد چه اتفاقی می‌افتد؟

وقتی تنش سربار زیاد شود $k_\alpha < 1$ ⇐ مقاومت کاهش می‌یابد

* وقتی تنش سربار زیاد شود تنش برشی ناشی از زلزله تغییر می‌کند یا نه؟

* وقتی تنش سربار زیاد شود تنش برشی ناشی از زلزله افزایش می‌شود. زمانی که یک سازه روی خاک داریم، در اثر زلزله، سازه برای حفظ تعادلش، تنش برشی به خاک وارد می‌کند: همانند میزی که روی آن کتاب قرار داده و وقتی که تحت زلزله قرار می‌گیرد.

* اگر خاک زیر ساختمان loose باشد حتی در کناره‌های هم وضعیت خراب می‌شود ولی چون در زیر خاک متراکم قرار می‌گیرد همان وضعیت توضیح داده شده در بالا رخ می‌دهد.

* در لایه‌های زیر خاک متراکم، مقاومت روانگرایی افزایش می‌یابد. اما در زیر بعضی مقاومت روانگرایی کاهش می‌یابد.

- اگر کتاب باشد، روی سطح میز تنش برشی ایجاد می‌شود، اما اگر کتاب نباشد هیچ تنش برشی روی سطح میز ایجاد نخواهد شد. سطح زمین

در کل افزایش می‌یابد.

clips ITM

Subject: _____ Date: _____

* در حالت سیلتی نمی‌توان تصمیم گیری کرد؛ رفتار خاک ۲ مقداری فشار آب منفذی به وجود می‌آید و ممکن است برای روانگرایی کافی نباشد و خاک ۲ محتمل روانگرایی می‌باشد ولی تنش موثر صفر نشود.

* افزایش تدریجی فشار آب حفره‌ای داشته باشیم پدیده Liquefication است.

* صرفاً در حالتی که فشار آب منفذی به مقدار تنش موثر اولیه یا $\sigma'_0$ اولیه برسد و تنش موثر را صفر کند می‌توانیم روانگرایی کامل داریم یا روانگرایی اولیه ← حالت خاص روانگرایی

* در روانگرایی کامل یا اولیه $r_u = 1$ .....

* (min 49)

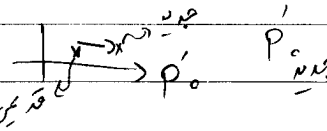
- ممکن است سازه‌هایی که روی خاک سافت آپ و یا پایداری یک شیروانی در $r_u < 1$ دچار مخاطره شود. چرا که در حوالی $r_u$ فوق با فاکتور $\sigma'_0$ به مرحله‌ای می‌رسیم که سفتی بسیار از تنش موثر و برش می‌شود و لذا دچار failure می‌شویم، در حالی که هنوز به $r_u = 1$ نرسیده‌ایم. به عبارت دیگر مرحله failure را زمانی در $r_u = 1$ رخ نمی‌دهد وی توانند در $r_u < 1$ نیز رخ دهد. حالت خاص $r_u = 1$ را روانگرایی کامل یا initial liquefaction گویند که یک حالت بسیار خاص از روانگرایی است.

* طبق روابط تنش موثر مقدار افزایش و یا کاهش $\Delta u$ دقیقاً برابر با افزایش یا کاهش $\sigma'_0$ است. لذا در نمودارهای قبلی مقدار حرکت افقی در راستای $\sigma'_0$ به معنای مقدار تغییر $\Delta u$ است.

$$\sigma'_0 = \frac{\sigma'_{1_0} + 2\sigma'_{3_0}}{3}$$

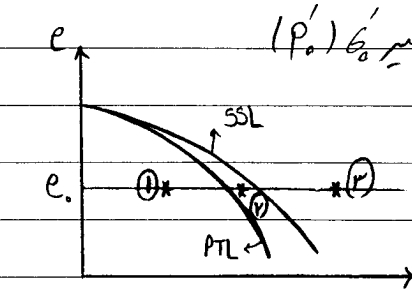
$$\sigma'_{0_{جدید}} = \frac{(\sigma'_{1_0} - \Delta u) + 2(\sigma'_{3_0} - \Delta u)}{3} = \frac{\sigma'_{1_0} - \Delta u + 2\sigma'_{3_0} - 2\Delta u}{3} = \frac{\sigma'_{1_0} + 2\sigma'_{3_0}}{3} - \frac{3\Delta u}{3}$$

پس مقدار افزایش $\sigma'_0$ در حالت ۱ دقیقاً برابر $\Delta u$ است $\Rightarrow \sigma'_{0_{جدید}} = \sigma'_0 - \Delta u$




$\sigma'_{0_{جدید}} - \sigma'_{0_{قدیم}} > 0 \rightarrow \Delta u < 0$

* اثر $\sigma'_0$ در روانگرایی‌ها




اثر $\sigma'_0$ در روانگرایی‌ها اثر مهمی است. در یک تراکم یکسان ($e_0$ یکسان) با تغییر $\sigma'_0$ ($\sigma'_0$) انواع رفتارهایی توانند متفاوت باشد.

* در یک $e_0$ ثابت (e های اولیه یکی) ولی تنش موثر اولیه یکی نیستند چند رفتار خاصی می‌توان ارائه داد.

در نقطه ۱ رفتار کاملاً Contractive

در نقطه ۲ رفتار نیمه Contractive و نیمه Dilative

در نقطه ۳ رفتار کاملاً Dilative

Subject: Date:

* رفتار ۱ و ۲ و ۳ را تنش موثر متفاوت می‌تواند ایجاد کند. ← مبتدا خبر

* موضوع پاراگراف سوال بالا

اگر خاکی دارای تراکم ثابت باشد (که در واقعیت نیست)

(۱) □ $e_0 = 0.75$

(۲) □ $e_0 = 0.75$

تنش موثر در ۳ از همه بیشتر است.

(۳) □ $e_0 = 0.75$

* هرچه تنش سربار کمتر استعداد روانگرایی کمتر است پس لایه‌ای که نزدیک سطح زمین است استعداد روانگرایی کمتری دارد.