www.icivil.ir

پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

ارائه کتابها و جزوات رایگان مهندسی عمران

بهترین و برترین مقالات روز عمران

انجمن های تخصصی مهندسی عمران

فروشگاه تخصصی مهندسی عمران

بنام خدا

مکانیک خاک

عزیز رنجبری

کارشناس ارشد مکانیک خاک و مهندسی پی

هیئت علمی دانشکده راه و ساختمان دانشگاه تبریز

تیر ماه ۱۳۹۲

Azərbaycanın Qaraman Oğlu

Şəhid Bakirinin Adına

Ğəmün Qurbanı Təbriz , Elli Təbriz

Alovlı , Ildırımlı , Selli Təbriz

Nə Qanlar Qaynayıb Səndən Olub Daş

Beləki Eynalundan Bəlli Təbriz

(Məftun)

بخش ها

بخش یکم) پیدایش خاک الف) ۱-۱ تا الف) ۸-۱

پرسش ها ب) ۱-۱ تا ب) ۴-۱

بخش دوم) پیوندهای میان وزن و حجم خاک الف) ۱-۲ تا الف ۸-۲

پرسش ها ب) ۱-۲) تا ب) ۲۴-۲

بخش سوم) دانه بندی خاک دانه ها الف) ۱-۳ تا الف) ۱۴-۳

پرسش ها ب) ۱-۳ تا ب) ۱۰-۳

بخش چهارم) ویژگی های خمیری ریزدانه های خاک الف) ۱-۴ تا الف) ۸-۴

پرسش ها ب) ۱-۴ تا ب) ۸-۴

بخش پنجم) رده بندی خاک الف) ۱-۵ تا الف) ۶-۵

پرسش ها ب) ۱-۵ تا ب) ۶-۵

بخش ششم) تراکم فشردن خاک الف) ۱-۶ تا الف) ۱۲-۶

پرسش ها ب) ۱-۶ تا ب) ۱۰-۶

بخش هفتم) گذر آب از خاک الف) ۱-۷ تا الف) ۳۰-۷

پرسش ها ب) ۱-۷ تا ب) ۳۸-۷

بخش هشتم) تنش در خاک الف) ۱-۸ تا الف) ۱۰-۸

پرسش ها ب) ۱-۸ تا ب) ۶-۸

بخش نهم) نشست خاک الف) ۱-۹ تا الف) ۳۴-۹

پرسش ها ب) ۱-۹ تا ب) ۳۴-۹

پرسش ها ب) ۱-۹ تا ب) ۱۰-۹

بخش دهم) تراکم برسی خاک الف) ۱-۱۰ تا الف) ۲۶-۱۰

پرسش ها ب) ۱-۱۰ تا ب) ۳۸-۱۰

بخش یازدهم) پایداری سیروانی ها الف) ۱-۱۱ تا الف) ۲۰-۱۱

پرسش ها ب) ۱-۱۱ تا ب) ۱۲-۱۱

بخش دوازدهم) فشار پهلوی خاک الف) ۱-۱۲ تا الف) ۲۰-۱۲

پرسش ها ب) ۱-۱۲ تا ب) ۲۸-۱۲

مکانیک خاک

تعداد واحد : ۳
نوع واحد : نظری
پیشنیاز : مقاومت مصالح، دینامیک، زمین‌شناسی مهندسی

هدف : آشنایی با اصول پایه، مبانی و مفاهیم مقدماتی رفتار خاکها با تکیه بر خواص فیزیکی ـ مکانیکی آنها و توجه به زمینه‌های کاربردی در مسائل مهندسی

سرفصل درس : (۴۸ ساعت)

۱ ـ کلیات و تعاریف نحوه شکل‌گیری و ساختار خاکها ـ پارامترهای وزنی ـ حجمی و روابط آنها در خاک

۲ ـ شناسایی و طبقه‌بندی خاکها، بررسی معیارهای طبقه‌بندی، معرفی روشهای متداول طبقه‌بندی و تشریح مسائل مربوط به کاربرد این روشها در پروژه‌های مهندسی

۳ ـ تراکم خاکها : اصول و ضوابط حاکم بر تراکم خاکها، نقش انرژی مصرفی در تراکم، منحنی تئوریک تراکم، نحوه کنترل در عملیات خاکی

۴ ـ زه خاک : تعریف جریان در خاک، قانون دارسی، ضریب نفوذپذیری خاکها و روشهای اندازه‌گیری آن، معادله ریاضی جریان آب در خاک، شبکه جریان، محاسبه جریان عبوری از خاک و بررسی جریان در سدهای خاکی

۵ ـ تنشهای مؤثر، تنش کل و فشار آب در خاکهای اشباع، نیروی زه در خاک، بررسی نیروی رانش (شناوری) آب در حالت جریان بر سازه‌های مدفون

۶ ـ قانون مقاومت برشی خاکها، بررسی پایداری در خاکها، مسیر تنش تعیین شبکه گسیختگی در حالات حدی، نحوه اندازه‌گیری پارامترهای مقاومت برشی خاکها، تشریح آزمایشات برش مستقیم و فشار سه محوری در حالات مختلف

۷ ـ گسترش ارتجاعی تنش داخل خاک، توزیع فشار در زیر پی‌های مختلف، منحنی‌های همفشار توزیع تقریبی فشار و بررسی نمودارهای نیومارک در تعیین فشار زیر پی‌های با شکل غیر منظم هندسی

۸ ـ تحکیم خاکها : تشریح مدل تحکیم و مکانیزم نشست در اثر تحکیم فرضیه تحکیم ترزاقی، معادلات ریاضی تحکیم خاکها، روابط زمانی تحکیم، فشار پیش تحکیمی، اثر زمان ساخت بر نشست تحکیم، نشست سریع، تحکیم مرکزی توأم با تحکیم عمودی، آزمایشات تحکیم و نحوه اندازه‌گیری پارامترهای تحکیم مورد نیاز در محاسبات نشست

۹ ـ پایداری شیروانیها و خاکریزها : پایداری شیبهای ماسه‌ای در حالات خشک و اشباع، پایداری شیبهای رسی، روشهای مختلف بررسی پایداری شیروانیهای مختلط در حالات اشباع و جریان

۱۰ ـ رانش خاکها : بررسی رانش (فشار) خاک در حالات سکون، فعال و مقاوم، اثر تغییر شکلها در حالات حدی رانش، نحوه تعیین رانش فعال و مقاوم خاک با استفاده از مبانی رانکین و کولمب

پیام خدا
پیشگفتار

ساختمان‌های آپارتمان برروی زمین جای می‌گیرند و بایستی از رسوبهائی همانند نشست، لغزش، رانش و ریزش زمین دور باشند. ازاین‌روی این ارجمندان بایستی با رفتارهای زمین آشنائی بسنده‌ای داشته باشند و مکانیک خاک یکی از آموزه‌هائی است که می‌تواند این آشنائی را پدید آورد. این نوشته با بهره‌مندی از پیشینه ۲۵ سال آموزگاری در دانشکده راه و ساختمان دانشگاه تبریز، به‌گونه‌ای سامان یافته است که همگام با پوشش سرفصل‌های آموزه، نوآموزان مکانیک خاک را گام به گام و همگام با پاسخ به پرسش‌ها، با این آموزه آشنا نماید.

در به سامان درآوردن این نوشته از نوشته‌های اختران فروزان دانشگاه تبریز، استاد دکتر ارسطو ارمغانی و استاد دکتر میکائیل یوسف‌زاده بهره‌ها برده‌ام و از هردو بزرگوار سپاسگزارم.

برای گویائی، روانی و رسائی این نوشته، ساده و سره‌نویسی برگزیده شده و از واژگان سره فارسی بهره برده شده است. این کار ریشه باستان‌گرایانه و پان‌آریائی ندارد و مردمان دیگر و زبان آنها را خوار نمی‌دارد. نویسنده که از ترک‌های ایران است، خود را آریائی نمی‌داند و به زبان آذینی و زبان مادری خود که همانا عربی و ترکی باشند، بسیار دلبستگی دارد و هردو را سرآمد زبان‌های توانا و رسای گیتی می‌داند.

آموختن به زبان مادری «حق مسلم» همگان است و در قانون اساسی کشورمان هم پیش‌بینی شده است و هزاران افسوس که با سنگ‌اندازی‌های ماجاودانمن شادکن، به سرانجام نرسیده است. نویسنده باور دارد، همان‌گونه که در کشورمان چندده هزار مسیحی و کلیمی با زبان و نگارش خود می‌خوانند و می‌نویسند، چندده میلیون مسلمان ترک ایران نیز خواهند توانست با زبان و نگارش سازگار با زبان خود بخوانند و بنویسند. امید که همگان آموزه را پیش از آنکه روزگار بیاموزد، بیاموزند.

چرا در هنگامه‌ای که انگلیسی زبانان، عرب زبانان و اسپانیولی زبانان گیتی، شبانه‌روز از سیکل‌های صدا و سیمای کشورمان بهره می‌برند، چندده میلیون ترک آذربایجان، خراسان ترکمن صحرا، تهران، مازندران، گیلان، خوزستان، قم، اراک، ساوه، کرمان، شیراز، اصفهان و بیشتر از سیکل شبانه‌روزی ترکی برخوردار نیستند، تا زبان و فرهنگ خود را پاس بدارند؟ این روند با برادری و برابری ناسازگار است و بی‌دادی بر آزادی انسانهاست.

عزیز رنجبری

تیر ۱۳۹۲

Azərbaycan Türkcəsinə uygulanmış latın alfabesi

الفبای لاتین مورد استفاده در آذربایجان.

Aa-آ

Bb-ب

Cc-ج

Çç-چ

Dd-د

Əə-اَ

Ee-اِ

Ff-ف

Gg-گ

Qq-ق

Ğğ-غ

Hh-ه، ح

Xx-خ

Ii-ی

İi-ای

Jj-ژ

Kk-ک

Ll-ل

Mm-م

Nn-ن

Oo-اُ

Öö-اؤ

Pp-پ

Rr-ر

Ss-س، ص، ث

Şş-ش

Tt-ت، ط

Uu-او

Üü-او

Vv-و

Yy-ی

Zz-ز، ذ، ظ، ض

« او » با تلفظ ترکی

ocaq اجاق

otaq اتاق

oğlan پسر

« او » با تلفظ فارسی

öküz گاو نر

ölçü اندازه

ölüm مرگ

uçmaq پرواز کردن

ucuz ارزان

ulduz ستاره

üç (۳) سه

ürək قلب

üst بالا

yağış باران

yara زخم

işıq نور

ildırım صاعقه

içəri درون

igid جوانمرد

iki (۲) دو

Yaşasın Anadili

Bir ovuc qızılun olunca,
Bir ovuc torpaqun olsun.
Bir ovuc torpaq, ovuclar qızıl verər.

(به جای آنکه) مشتی زر داشته باشی، (بهتر است) مشتی خاک داشته باشی.
مشتی خاک، مشت ها زر می دهد.

بخش یکم - پیدایش خاک

با گذر زمان، لایه های سنگی خُرد و فرسوده شده و خاکدانه ها را پدید آورده اند و با شناخت خاکدانه ها، خاک پدید آمده است. خاک افزون بر خاکدانه، آب و یا هوا را نیز در میان دانه ها دارد.

علت های خرد و فرسوده شدن سنگ

۱- نیروهای زمین ساختی — این نیروها که نیروهای تکتونیکی نیز نامیده می شوند، در لایه های سنگی فشار، کشش، برش، پیچش و خمش پدید می آورند و آنها را خرد می کنند.

۲- نیروی گرانش زمین — این نیرو پاره سنگ های دامنه کوه را، دچار لغزش و ریزش و غلتش می کند و خرد و خردتر می نماید.

۳- نیروی روان آب — این نیرو خرده سنگ ها را در بستر دره ها می غلتاند و می فرساید.

۴- یخبندان — آماس (۹٪) ناشی از یخبندان، پهنای ترک را در سنگ می افزاید و سنگ خردو خردتر می شود.

۵- نفوذ ریشه گیاهان در ترک ها

۶- کوچک و بزرگ شدن های نابرابر کانی های سنگ در اثر ناهمسانی دمای روز و شب

۷- خشک و تر شدن پی در پی سنگ

۸- آماس پدید آمده از آبگیری کانی ها

$$CaSO_4 + 2H_2O \longrightarrow CaSO_4, 2H_2O$$

۹- واکنش با آب و وارفتن (حل شدن) کانی ها

$$CuSO_4 + 2H_2O \longrightarrow Cu(OH)_2 + H_2SO_4$$

۱۰- واکنش با اکسیژن و فرسوده شدن کانی ها

$$2Fe_2SiO_4 + O_2 + 2H_2O \longrightarrow 4FeO(OH) + 2SiO_2$$

۱۱- وارفتن کربنات ها، با گذر آب باران

$$CaCO_3 + H_2O + CO_2 \rightleftarrows Ca(HCO_3)_2$$ (بی کربنات کلسیم)

گونه های خاک (از نگر پیدایش)

۱- خاک برجا
- در جاهای کم شیب، کم بارش و کم باد پدید می آید.
- با افزایش ژرفا (عمق) درشت دانه می شوند.
- خاکدانه ها با سنگ بستر هم جنس هستند.

۲- خاک دامنه کوه
- در دامنه کوه به جا می مانند.
- خاکدانه های درشت و تیزگوشه دارند.
- در بهار پربارش، روانه گل پدید می آورند.

۳- یخرفت
- خاکدانه های تیزگوشه دارند.
- خاکدانه های ریز و درشت را با هم دارند.
- بار بزنند

۴- آبرفت
- خاکدانه های گرد گوشه دارند.
- لایه لایه هستند.

۵- بادرفت
- ماسه بادی (Dune sand) — بی لایه اند
- خاک بادی (Loess) — ریزدانه اند
- پوک هستند.
- فروریزشی هستند (collapsible)

۶- خاک دریاچه ای — از ته نشین شدن گل و لای دریا پدید می آیند.
— ریزدانه و پوک هستند.
— پس از تبخیر یا پس روی آب دریا، به علت بازماندن نمک های آب دریا، یکپارچه و پرتاب می شوند و چنانکه در آینده دوباره سیراب شوند، باز کم تاب می گردند.

۷- خاک کرانه دریا
— ماسه ریزدانه یکنواختی است که برخورد های پی در پی خیز آب (موج) در کرانه دریا پدید می آورد.
— با نمک های آب دریا، آلوده شده اند.

۸- خاک لجن زار (یا تراق) — برساخته از مواد آلی گیاهی و جانوری است.
— پوک، لیز، خورنده و بسیار کم تاب هستند.

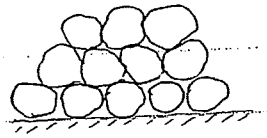
خاکدانه ها

خاکدانه های درشت دانه

این خاکدانه ها از جدایش و فرسایش فیزیکی لایه های سنگ پدید می آیند و باروی راست به اندازه شان به قلوه سنگ، سنگ، ماسه و لای رده بندی می شوند. این ها به هم گرانی چسبند، مگر این که در میانشان رس یا تک هائی همانند اکسید آهن، کربنات کلسیم، سولفات کلسیم و... ته نشین شود.

لای ها خیلی ریزند و رویه ویژه بیشتری دارند و از این رو اگر نم بندی داشته باشند، ذرات در میان خود کتروان کرده و به همدیگر می چسبند. این چسبندگی ناپایدار است و با خشکیدن لای از میان می رود.

قلوه سنگ و سنگ و ماسه به هنگام ته نشین شدن، ساختار دانه ای پیدا می کنند. در این ساختار، خاکدانه ها در کنار هم جای می گیرند و پوکی خاک کم می گردد. این ساختار پس از لرزش و سیراب شدن تویرتر می گردد و پوکی آن باز هم کم می شود.



ساختار دانه ای (تک دانه ای)

لای ها به هنگام ته نشین شدن، ساختار لانه زنبوری پیدا می کنند. در این ساختار، لای ها، که در آب های آرام ته نشین می شوند، به گونه کمان های درهم برهم در کنار هم جای می گیرند و پوکی چشمگیری دارند. این ساختار بارهای ایستا را برمی تابد ولی در بارهای چنبا، ناگهان درهم می ریزد و نشست چشمگیری از خود نشان می دهد. (فروریزش)
پس از فروریزش (collapse) ساختار لانه زنبوری، پوکی خاک کم می شود و ساختار خاک به ساختار دانه ای دگرسان می یابد.

ساختار لانه زنبوری

خاکدانه های به هم چسبیده
این خاکدانه ها از دگرسانی شیمیایی خاکدانه های دانه دانه پدید می آیند. این خاکدانه ها پوکی (برگ برگ) هستند و به هم می چسبند و دیگر دانه ها را نیز به هم می چسبانند.
خاکدانه های به هم چسبیده رس نامیده می شوند.

Torpaq ovuclayan, qızıl ovuclar.

آنکه خاک را مشت می کند، زر (طلا) مشت خواهد کرد.

Torpağın qarası, üz ağardar.

خاک تیره، رو سفید می کند.

kül təpəcik olmaz.

خاکستر تپه مانند نمی شود.

Eli olmıyanın, dilida olmaz.

آنکه ابزار ندارد، زبان نیز نخواهد داشت.
(آنکه همیشه نیست، نمی تواند سخت بگوید)

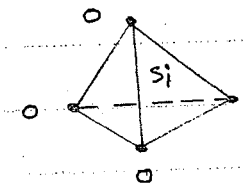
رس ها پولکی (برگ برگ) هستند و ریزترین خاکدانه خاک می باشند. پولک های رس از 0.002mm (20,000 A°) کوچکترند و بسیار نازک هستند. (7.2 ~ 10A°) پولک های رس در رویه خود بار منفی و در بخش هائی از لبه شان، بار مثبت دارند و از این رو همگام با رطوبت مولکول قطبی آب و یون های مثبت Ca^{++}، Mg^{++}، Na^{+} و K^{+}، همدیگر را نیز می رباینند و به هم می چسبند.

رس سره (خالص) در طبیعت کم یاب است ولی آمیخته با دیگر خاکدانه ها یافت می شود. خاک های رس دار، خاک چسبنده نیز نامیده می شوند.

کانی های رسی را در سه دسته بزرگ می توان جای داد، که هر سه پولکی هستند. پولک های رس را برگه های نازک سلیکا و گیبسیت پدید می آورند.

برگه سلیکا:

برگه سلیکا از به هم پیوستن چهار وجهی های سلیس پدید می آید.

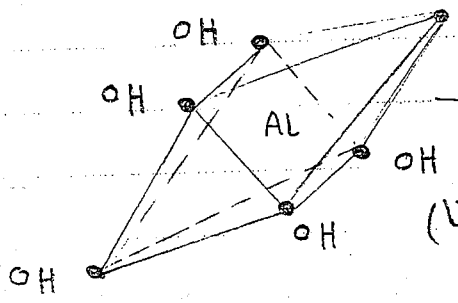


(نماد ▭) برگه سلیکا ← به هم می پیوندند

چهار وجهی سلیس (سیلیکا)

برگه گیبسیت:

برگه گیبسیت از به هم پیوستن هشت وجهی های آلومین پدید می آید.

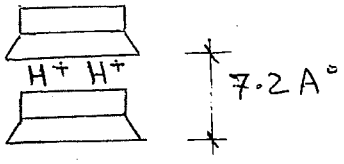


(نماد ▭) برگه گیبسیت ← به هم می پیوندند

هشت وجهی آلومین (آلومینا)

۱- کائولینیت ها

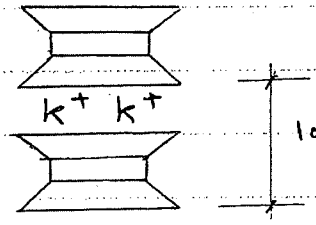
این کانی ها از به هم پیوستن یک برگه سلیکا و یک برگه گیبسیت، پدید می آیند و با پیوند پرتاب هیدروژنی به هم می پیوندند و از این رو پایداری مکانیکی و شیمیائی بیشتری دارند و در آب وا نمی روند.



- پولک کائولینیت نازک تر از دیگر رس هاست.
- پولک کائولینیت بزرگ تر از دیگر رس هاست.
- رویه ویژه 15 m^2/gr
- $G_s = 2.6$ (چگالی دانه ها)

۲- ایلیت ها

این کانی ها از به هم پیوستن دو برگه سیلیکا و یک برگه گیبسیت، پدید می‌آیند و با یون K^+ یا Na^+ به هم می پیوندند.

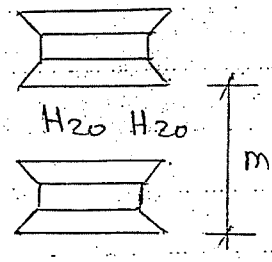


- خمیری تر از کائولینیت ها هستند.
- آب مکنده تر از کائولینیت ها هستند.
- پایداری مکانیکی و شیمیائی کمتر از کائولینیت ها دارند.
- رویه ویژه $90\ m^2/gr$
- $Gs = 2.8$

۳- مونت موریلونیت ها (بنتونیت ها)

این کانی ها همانند ایلیت ها از به هم پیوستن دو برگه سیلیکا و یک برگه گیبسیت، پدید می‌آیند و با مولکول قطبی آب به هم می پیوندند. (ستبرا 9.6A°)

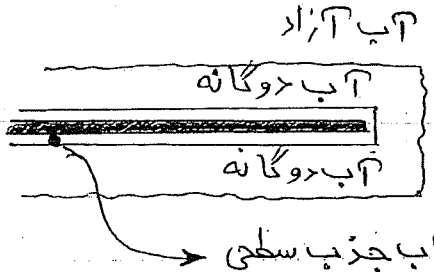
- بسیار خمیری هستند.
- بسیار آب مکنده و آماس کننده هستند.
- پایداری کمتری دارند.
- رویه ویژه $800\ m^2/gr$
- $Gs = 2.65 \sim 2.8$



کانی های رس هرچه ریزتر باشند، رویه ویژه بیشتری خواهند داشت و بار منفی روی آن ها بیشتر خواهد بود. در رس های خشک، بارهای منفی روی کانی ها، با کاتیون های Ca^{++}، Mg^{++}، Na^+ و K^+ خنثی می گردند.

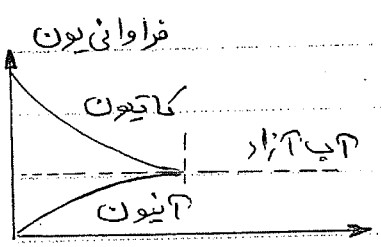
با افزوده شدن آب به رس، آب به کانی های رسی می چسبد (قطب مثبت مولکول آب به رویه منفی رس) و کاتیون ها در آب پیرامون رس (آب لایه دوگانه (مضاعف)) پراکنده و شناور می شوند. با دور شدن از کانی رس، شمار کاتیون های پیرامون آن کم می شود و به شمار آنیون ها افزوده می شود.

با رایش کانی های رسی، بخش درونی آب دوگانه، به کانی ها می چسبد و کندروان می گردد که به آن «آب جذب سطحی» می گویند.



(برای کانی مونت موریلونیت) 200A°

- آب دوگانه ژله مانند است.
- آب دوگانه رفتار خمیری رس را پدید می‌آورد.
- آب آزاد، رس را روان می‌کند.
- در آب آزاد، یون‌های مثبت و منفی همدیگر را خنثی می‌کنند.



فاصله از رویه رس

در رس‌هائی که آب آزاد ندارند، بارهای همنام از هم دور می‌شوند و بارهای ناهمنام همدیگر را می‌ربایند. اگر برآیند نیروهای درونی یا نیروهای ربایندده باشد، رویه منفی کانی‌ها به گوشه مثبت کانی‌های دیگر می‌چسبد و بدین گونه پولک‌های رس ساختار لخته‌ای پیدا می‌کنند.

اگر نیروهای دورکننده چیره شوند، پولک‌های رس از هم دور می‌شوند و به موازات هم در می‌آیند و آب میان پولک‌های رس، آن‌ها را در کنار هم نگه می‌دارد و رس رفتاری همانند خمیر شل از خود نشان می‌دهد. چنین ساختار رس، ساختار پراکنده نامیده می‌شود.

آب دوگانه (نه آب آزاد)

flocculated — dispersed

ساختار (بافت) پراکنده — ساختار (بافت) مجتمع

لخته ای (Laxta)

کُرکی (kürk)

- تاب برشی ساختار لخته‌ای بیشتر است.
- ساختار لخته‌ای زیر فشارهای بیشتر درهم فشرده می‌شود.
- ساختار پراکنده زیر فشارهای کمتر درهم فشرده می‌شود و نشست بیشتری پدید می‌آورد.
- رس‌ها پیش از روان شدن به هم چسبیده‌اند و همانند خمیری یکنواخت هستند.
- رس مولکول قطبی آب را می‌رباید و خمیری می‌شود، ولی نمی‌تواند نسیال غیر قطبی (چیوه) را برباید و خمیر گردد.
- بیشتر رس‌ها پولکی و برخی از آن‌ها سوزنی هستند (کانی آتاپولگیت)
- کروبیت پولک‌های رس نزدیک به ۰.۰۱ است.
- هرچه در خاک رس Na^+، K^+، بیشتر از Mg^{++} و Ca^{++} باشد، خاک رس واگرا (dispersive) خواهد بود و با گذر آب از ترک‌ها یا با بارش باران به روی آن، شسته شده و آب را گل آلود خواهد کرد.

$D_e = \sqrt[3]{\frac{6V}{\pi}}$ قطر معادل

$S = \frac{D_e}{L_p}$ کروبیت / کم درازای پولک

نکات بخش یکم

- هرچه کانی رس نازک تر باشد، روبه ویژه بیشتر خواهد بود و از آنجا که روبه بیشتر، بار الکتروستاتیک منفی بیشتری خواهد داشت، کاتیون بیشتری برروی رس ها انباشته می شود و لایه آب دوگانه کلفت تر می گردد و رس رفتار خمیری بیشتری نشان می دهد.

- رس هایی که در آب های شور ته نشسته اند، ساختار مجتمع دارند.

- رس های حساس خیلی مجتمع هستند و درنم های بیشتر از نم روانی، روان می شوند. این رس ها پس از دست خوردگی، ناگهان ساختار پراکنده پیدا می کنند.

- اگر به رس های واگرا که آبکی چشمگیری نیز دارند و پس از آبکی آماس می کنند، آهک پاشیده شود، Ca^{++} آهک جایگزین Na^{+} رس می شود و آبکی و آماس آن کاهش می یابد.

- ساختار مجتمع پرتاب تر از ساختار پراکنده است.

- ساختار مجتمع تراواتر از ساختار پراکنده است.

Yurddan çıxsanda, eldən çıxma.

اگر از سرزمین بیرون رفتی، از ایل بیرون نرو (همیشه با مردمانت بمان)

Yalan cücəri, ama bitmaz.

دروغ جوانه می زند، اما نمی بالد.

Bela gəlmaz, bela getməz.

هیچی نمی ماند، هیچی هم نمی گذرد.

۱- کدامیک درشت دانه چشمگیری دارد؟
الف) خاک باری ب) خاک دامنه کوه ✓ پ) خاک دریاچه‌ای ت) خاک کرانه دریا

۲- در کدامیک، دانه‌ها تیز گوشه است؟
الف) خاک آبرفتی و خاک دامنه کوه ب) خاک دامنه کوه و خاک دریاچه‌ای
پ) خاک آبرفتی و خاک یخرفتی ت) خاک یخرفتی و خاک دامنه کوه ✓

۳- در کدامیک، خاکدانه‌ها با سنگ بستر هم جنس است؟
الف) خاک به جا مانده ✓ ب) خاک لجن زار (یا تراق)
پ) خاک دریاچه‌ای ت) خاک آبرفتی

۴- کدامیک به هنگام خشک شدن، سفت و پرتاب است؟
الف) خاک باری ب) خاک دریاچه‌ای ✓ پ) خاک کرانه دریا ت) هر سه

۵- ساختار دانه‌ها در کدامیک می‌تواند لانه زنبوری باشد؟
الف) سنگ ب) لای ✓ پ) ماسه ت) رس

۶- ریشه‌دوانی گیاهان، در کدامیک آسان انجام می‌گیرد؟
الف) خاک باری ✓ ب) خاک دریاچه‌ای پ) خاک دامنه کوه ت) خاک یخرفتی

۷- در کدام ساختار، فروریزش (Collapse) رخ می‌دهد؟
الف) ساختار دانه‌ای ب) ساختار لانه زنبوری ✓ پ) ساختار پراکنده ت) هر سه

۸- کدام کانی رس نازک‌تر است؟
الف) کائولینیت ✓ ب) ایلیت پ) بنتونیت ت) موسکویت

۹- ساختار لخته‌ای (مجتمع - فولکوله) ، ---
الف) ویژه رس‌هاست و هنگامی پدید می‌آید که لبه کانی‌های رسی دارای بار مثبت به بدنه کانی‌های رسی دارای بار منفی می‌چسبند. ✓ ب) ویژه ماسه‌های سست است.
پ) ویژه رس‌هاست و هنگامی پدید می‌آید که کانی‌های رس به موازات هم درآیند.
ت) همان ساختار تک دانه‌ای ماسه‌هاست. ب) ۱-۱

۱۰ـ کدامیک رویه ویژه بیشتری دارد؟ (ک آ)

الف) مونت موریلونیت ✓ ب) کائولینیت پ) ایلیت ت) کلریت

۱۱ـ کدام گزینه در پیوند با ویژگی مومسانی (خمیری) رس درست است؟ (ک آ)

الف) ویژگی مومسانی مونت موریلونیت از کائولینیت بیشتر است چون نسبت ستبرای لایه آب دوستانه به ستبرای کانی رس در مونت موریلونیت از کائولینیت بیشتر است. ✓

ب) ــــــــ کمتر است ــــــــ بیشتر است.

پ) ــــــــ بیشتر است ــــــــ کمتر است.

ت) ــــــــ کمتر است ــــــــ کمتر است.

۱۲ـ کدام گزینه از شوندهای (علل) رفتار مومسانی رس ها به شمار نمی رود. (ک آ)

الف) بودن بار منفی در رویه کانی های رسی و پتوه تعادل الکتریکی

ب) پولکی و سوزنی بودن رس ها و راستار رویه ویژه بیشتر

پ) قطبی بودن مولکول آب و پدیدآمدن لایه آب دوستانه

ت) ساختار چهار وجهی و هشت وجهی بلورهای سیلیکاته گیبسیت ✓

Nəğmə dolu bir ürəyəm,
Gah coşğunam, gah kövrəkəm
Bir ümidli gələcəkəm
Yora bilməz yollar məni (gülgün)

دلی پر نغمه ام
گاه خروشانم، گاه گریانم
یک آینده پر امیدم
راهها نمی توانند مرا خسته کنند (مدینه گول گون)

Düşmənə yan deyən,
Anam Azərbaycan deyən,
Dilini sevdim (kəsəmənli)

زبانت را دوست دارم که
به دشمن گم شو و
به آذربایجان «مادرم» می گوید. (نصرت کسمنلی)

ب) ۲-۱

۱۳- چسبندگی خاک های رسی را بارهای ..... پدید می آورد.
الف) الکترو اسمزی ب) الکترو استاتیکی پ) الکترو مغناطیسی ت) هیدرو استاتیکس

۱۴- در رس ایلیت، پیوند میان صفحه های سیلیکا و آلومینا را کدام گزینه پدید می آورد؟
الف) پیوند با H^+ ب) پیوند با K^+ پ) پیوند با هیدروکسل منفی ت) پیوند با مولکول آب

۱۵- کدام گزینه در پیوند با ویژگی خمیری رس ها درست است؟
الف) ویژگی خمیری رس را، بیشتر بودن رویه ویژه پولک های رس و قطبی بودن مولکول آب پدید می آورد.
ب) " " " ، کمتر " " " " " "
پ) " " " ، بیشتر " " " و ایستادگی یون های مثبت در روی پولک ها پدید می آورد.
ت) " " " ، کمتر " " " " " "

۱۶- در پیوند با رس ها، کدام عبارت درست است؟
الف) پولکی (صفحه ای) بودن رس ها، پدید آورنده آب جذب سطحی است.
ب) آب جذب سطحی به رویه پولک ها می چسبد و پدید آورنده روانی در رس هاست.
پ) دو قطبی بودن مولکول آب، پدید آورنده آب جذب سطحی است.
ت) آب آزادی که در میان پولک هاست، پدید آورنده ویژگی خمیری است.
۱) پ ۲) ب و ت ۳) الف و ت ۴) الف، ب و پ
★ ماسه کرانه دریا، پولکی نیست ولی آب جذب سطحی دارد.

۱۷- کدام یک درست است؟
الف) خاک های رانه ای از تخریب شیمیائی سنگ ها پدید آمده اند.
ب) خاک های ریزدانه رسی از تخریب مکانیکی سنگ های دگرگون پدید آمده اند.
پ) رس ها را تخریب فیزیکی خاک پدید می آورد و صفحه ای شکل هستند.
ت) رس ها (ریزدانه ها) را تخریب شیمیائی خاک پدید می آورد و ترکیبات شیمیائی گوناگون دارند.

۱۸- ..... رفتار خمیری رس ها و ..... خاصیت روانی آنها را پدید می آورد.
الف) آب جذب سطحی - قطبی بودن مولکول آب ب) آب جذب سطحی - آب آزاد
پ) قطبی بودن مولکول آب - وجود یون های K^+، Ca^{++} و Na^+
ت) جایگزینی اتم های با ظرفیت بیشتر - جایگزینی فلزهای با ظرفیت بیشتر

ب) ۳-۱

۱۹- کدام یک درست است؟ (ک ۸۲)

الف) خاک های رانه ای را وارفتن شیمیائی سنگ ها پدید می آورد.

ب) رس ها را جدایش فیزیکی و مکانیکی سنگ های دگرگون پدید می آورد.

پ) رس ها از جدایش فیزیکی و مکانیکی خاک پدید می آیند و برگ برگ هستند.

ت) رس ها از گرش شیمیائی سنگدانه ها پدید می آیند و می توانند ساختار شیمیائی گوناگونی داشته باشند. ✓

۲۰- کدام گزینه در پیوند با رس درست است؟ (ک ۸۳)

الف) برگ برگ بودن کانی های رسی، آب جذب سطحی را پدید می آورد.

ب) آب جذب سطحی، رس را روان می کند.

پ) دو قطبی بودن مولکول آب، در پیرامون کانی های رسی، آب جذب سطحی پدید می آورد. ✓

ت) آب آزاد میان کانی ها، رفتار رس را مومسان (خمیری) می کند.

۲۱- در پیوند با رفتار خمیری رس ها، کدام گزینه درست است؟ (ک ۸۴)

الف) رفتار خمیری را، بیشتر بودن رویه ویژه رس و قطبی بودن مولکول آب پدید می آورد. ✓

ب) کمتر

پ) رفتار خمیری را بیشتر بودن رویه ویژه رس و اینباشت یون های مثبت رویه کانی پدید می آورد.

ت) رفتار خمیری را کمتر بودن رویه ویژه رس و

۲۲- در رس ایلیت، کانی ها چگونه به هم پیوسته اند؟ (ک ۸۶)

الف) با H^+ ب) با K^+ ✓ پ) با هیدروکسل ت) با مولکول آب

۲۳- تاب کدامیک به هنگام خشک بودن، بیشتر است؟ رس ✓ لای

۲۴- کدامیک در آب گل آلود، زودتر ته نشین می شود؟ رس لای ✓

۲۵- کدام خاکدانه ویژگی های سنگ مادر را دارد؟ شن، ماسه، لای، رس ✓

۲۶- کدام خاکدانه هوازده نمی شود یا در برابر هوازدگی پرتاب است؟ رس

ب) ۴-۱

Yatan aparmaz, yetən aparar.

خفته نمی برد، رسنده می برد.

Adı biçindədi, oraği qirağda.

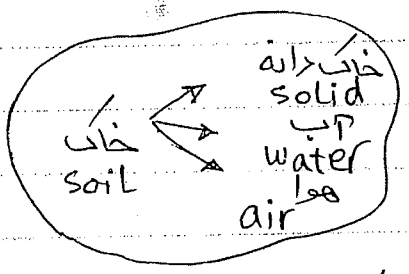
اسمش در درو هست، داسش در کنار.

İynəni axtaran, dəvəni itirər.

آنکه پر نیال سوزن می گردد، شتر را گم می کند.

بخش دوم – پیوندهای میان وزن و حجم خاک

خاک دارنده خاکدانه ها، آب و هوا است.



$$W = W_s + W_w \quad (W_a = 0)$$

$$V = V_s + V_w + V_a = V_s + V_v$$

V_v: حجم میان خاکدانه ها (Voids Volume)

شناسه ها: (تعریف ها)

۱- رزینه نم (درجه رطوبت moisture content):

$$m = w = \frac{W_w}{W_s} \qquad 0 \leq w$$

۲- رزینه سیرآبی (درجه اشباع degree of saturation):

$$S_r = \frac{V_w}{V_v} \qquad 0 \leq S_r \leq 1$$

۳- نشانه پوکی (نسبت تخلخل Void Ratio):

$$e = \frac{V_v}{V_s} \qquad 0 < e$$

۴- پوکی (تخلخل Porosity)

$$n = \frac{V_v}{V} \qquad 0 < n < 1$$

۵- رزینه هوا (درجه هوا air content)

$$A = \frac{V_a}{V} \qquad 0 \leq A < n$$

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{V_v}{V - V_v} = \frac{\frac{V_v}{V}}{\frac{V}{V} - \frac{V_v}{V}} = \frac{n}{1-n} \rightarrow \boxed{e = \frac{n}{1-n}}$$

$$n = \frac{V_v}{V} = \frac{V_v}{V_s + V_v} = \frac{V_v/V_s}{\frac{V_s}{V_s} + \frac{V_v}{V_s}} = \frac{e}{1+e} \rightarrow \boxed{n = \frac{e}{1+e}}$$

۶- سنگینی ویژه خاکدانه‌ها (وزن مخصوص خاکدانه‌ها):
solids unit weight

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

۷- چگالی خاکدانه‌ها (specific gravity of solids)

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w}$$

۸- سنگینی ویژه (وزن مخصوص) (unit weight):

نام‌های دیگر:
- وزن واحد حجم
- وزن مخصوص تر (γ_{wet})
- وزن مخصوص ظاهری
- وزن مخصوص طبیعی

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

★ با کم و بیش شدن نم خاک، W دگرسان می‌یابد و در γ دگرسانی پدید می‌آورد.
★ با کندن یا درهم فشردن خاک، V دگرسان می‌یابد و در γ دگرسانی پدید می‌آورد.
★ یک خاک (حجم ثابت) در یک زمان، یک γ دارد.
★ یک خاک (حجم ثابت) در گذر زمان می‌تواند بی‌شمار γ داشته باشد.

$$\gamma_d \leq \gamma \leq \gamma_{sat} \longrightarrow \frac{W_s}{V} \leq \frac{W}{V} \leq \frac{W_{sat}}{V} \longrightarrow$$

$$\longrightarrow \frac{W_s}{V} \leq \frac{W_s + V_w \cdot \gamma_w}{V} \leq \frac{W_s + V_v \cdot \gamma_w}{V}$$

خاک خشک:
- $W_w = 0 \longrightarrow w = 0$
- $V_w = 0 \longrightarrow Sr = 0$
- $V_v = V_a \longrightarrow \frac{V_v}{V} = \frac{V_a}{V} \longrightarrow n = A$
- $\gamma = \gamma_d$

خاک سیرآب:
- $W_w \longrightarrow W_w = V_v \cdot \gamma_w \longrightarrow w = \frac{V_v \cdot \gamma_w}{V_s \cdot \gamma_s} = \frac{e}{G_s}$
- $V_w = V_v \longrightarrow Sr = 1 = 100\%$
- $V_a = 0 \longrightarrow A = 0$
- $\gamma = \gamma_{sat}$

γ_w: $1\ gr/cm^3$, $1000\ kg/m^3$, $9810\ N/m^3$, $9.81\ kN/m^3 \simeq 10$

$62.4\ Lb/ft^3$, $1\ ton/m^3$

$$S_r = \frac{V_w}{V_v} = \frac{\frac{V_w}{V_s}}{\frac{V_v}{V_s}} = \frac{w_w/\gamma_w}{w_s/\gamma_s} = \frac{w_w}{w_s} \times \frac{\gamma_s}{\gamma_w} = \frac{w \cdot G_s}{e}$$

$$\boxed{S_r = \frac{w \cdot G_s}{e}} \rightarrow \boxed{S_r \cdot e = w \cdot G_s} \rightarrow \boxed{w_{sat} = \frac{e}{G_s}}$$

$$\underset{①}{\boxed{A = \frac{V_a}{V}}} = \frac{V_v - V_w}{V_s + V_v} = \frac{\frac{V_v}{V_s} - \frac{V_w}{V_s}}{\frac{V_s}{V_s} + \frac{V_v}{V_s}} = \underset{②}{\boxed{\frac{e - w \cdot G_s}{1+e}}} = \frac{e - e \cdot S_r}{1+e} =$$

$$\underset{③}{\boxed{= \frac{e}{1+e}(1 - S_r)}} = \underset{④}{\boxed{n(1 - S_r)}}$$

$$\underset{①}{\boxed{\gamma = \frac{W}{V}}} = \frac{W_s + W_w}{V_s + V_v} = \frac{\frac{W_s}{V_s} + \frac{W_w}{V_s}}{\frac{V_s}{V_s} + \frac{V_v}{V_s}} = \frac{\gamma_s + \frac{W_w}{W_s/\gamma_s}}{1+e} = \frac{\gamma_s + w \cdot \gamma_s}{1+e}$$

$$= \frac{\gamma_s(1+w)}{1+e} = \underset{②}{\boxed{\frac{G_s(1+w)}{1+e} \cdot \gamma_w}} = \frac{G_s + G_s \cdot w}{1+e} \cdot \gamma_w = \underset{③}{\boxed{\frac{G_s + S_r \cdot e}{1+e} \cdot \gamma_w}}$$

در خاک بسیار نرم $\gamma = \gamma_{sat}$ و $S_r = 1$ است، پس:

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

در خاک خشک $\gamma = \gamma_d$ و $S_r = 0$ و $w = 0$ است، پس:

$$\underset{②}{\boxed{\gamma_d = \frac{G_s \cdot \gamma_w}{1+e}}}$$

$$\underset{①}{\boxed{\gamma_d = \frac{W_s}{V}}} \rightarrow \boxed{W_s = \gamma_d \cdot V}$$

$$w = \frac{W_w}{W_s} = \frac{W_w}{\gamma_d \cdot V}$$

$$\boxed{W_w = w \cdot \gamma_d \cdot V}$$

$$W = W_s + W_w$$

$$W = W_s\left(1 + \frac{W_w}{W_s}\right)$$

$$\boxed{W = W_s(1+w)}$$

$$\frac{W}{V} = \frac{W_s}{V}(1+w)$$

$$\gamma = \gamma_d(1+w)$$

$$\underset{③}{\boxed{\gamma_d = \frac{\gamma}{1+w}}}$$

- خواسته می‌شود پیوند میان γ_d و A:

$$\begin{cases} A=\frac{V_a}{V} \rightarrow V_a = A\cdot V \\ V_a = V - V_w - V_s \end{cases} \rightarrow A\cdot V = V - V_s - V_w \rightarrow V = \frac{V_s+V_w}{1-A}$$

$$\rightarrow V = \frac{\frac{W_s}{\gamma_s}+\frac{W_w}{\gamma_w}}{1-A} = \frac{\frac{W_s}{\gamma_w \cdot G_s}+\frac{w\cdot W_s}{\gamma_w}}{1-A} = \frac{\frac{W_s}{\gamma_w}\left(\frac{1}{G_s}+w\right)}{1-A}$$

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} = \frac{W_s}{\frac{\frac{W_s}{\gamma_w}\left(\frac{1+G_s\cdot w}{G_s}\right)}{1-A}} = \frac{G_s(1-A)}{1+w\cdot G_s}\cdot\gamma_w \quad ④$$

- خواسته می‌شود γ_d خاکی سیرآب:

$$A=0 \rightarrow \gamma_d = \frac{G_s(1-0)}{1+w\cdot G_s}\gamma_w \rightarrow \boxed{\gamma_d = \frac{G_s\cdot\gamma_w}{1+w\cdot G_s}}$$

که معادله خم هوا صفر (بخش ششم)

- خواسته می‌شود پیوند میان γ_d و γ_{sat}

$$\gamma_{sat} = \frac{G_s+e}{1+e}\cdot\gamma_w = \frac{G_s\cdot\gamma_w}{1+e}+\frac{e}{1+e}\cdot\gamma_w = \gamma_d + n\cdot\gamma_w \quad ②$$

- خواسته می‌شود پیوند میان γ و γ_{sat}

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

$$= \left(\frac{G_s+Sr\cdot e}{1+e}\cdot\gamma_w\right)+\left(\frac{e(1-Sr)}{1+e}\cdot\gamma_w\right) = \gamma + A\cdot\gamma_w \quad ③$$

- خواسته می‌شود، اثبات $\gamma = \gamma_d + Sr(\gamma_{sat}-\gamma_d)$

$$\gamma = \frac{G_s+e\cdot Sr}{1+e}\cdot\gamma_w = \left(\frac{G_s}{1+e}\cdot\gamma_w\right)+Sr\left(\frac{e}{1+e}\cdot\gamma_w\right)$$

$$\boxed{\gamma = \gamma_d + Sr(\gamma_{sat}-\gamma_d)_④}$$

- برای یک خاک (حجم ثابت):

$$\gamma_d = \frac{\gamma_i}{1+w_i} = \frac{\gamma_{sat}}{1+w_{sat}}$$

الف) ۴-۲

۹- سنگینی ویژه خاک در درون آب (وزن مخصوص غوطه ور در آب)
sub merged unit weight

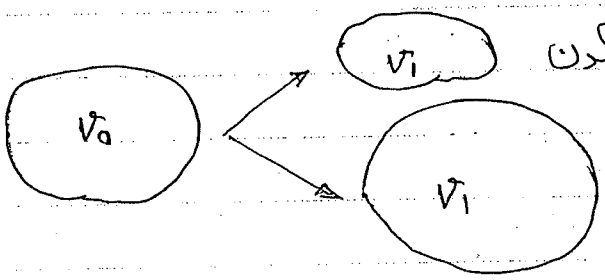
$$\gamma_{sub} = \gamma' = \frac{W'\ (\text{وزن خاک در درون آب})}{V\ (\text{حجم خاک})} = \frac{W_s - V_s \cdot \gamma_w}{V_s + V_v} = \frac{\frac{W_s}{V_s} - \gamma_w}{\frac{V_s}{V_s} + \frac{V_v}{V_s}}$$

$$= \frac{\gamma_s - \gamma_w}{1+e} = \frac{G_s \cdot \gamma_w - \gamma_w}{1+e} = \frac{G_s - 1}{1+e} \cdot \gamma_w$$

$$\boxed{\gamma' = \frac{G_s - 1}{1+e} \cdot \gamma_w} \quad (1) = \frac{G_s + e - e - 1}{1+e} \cdot \gamma_w = \left(\frac{G_s + e}{1+e} \cdot \gamma_w\right) - \left(\frac{1+e}{1+e}\gamma_w\right)$$

$$\rightarrow \boxed{\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w} \quad (2)$$

دگرش (تغییر) حجم خاک:
خاک با کنده شدن یا در هم فشرده شدن، دگرش حجم می یابد ولی G_s و W_s، V_s خاک دگرش نمی یابد.



$$V_0 = V_s + V_{v0}$$
$$V_1 = V_s + V_{v1}$$

$$\frac{V_0}{V_1} = \frac{\frac{V_s}{V_s} + \frac{V_{v0}}{V_s}}{\frac{V_s}{V_s} + \frac{V_{v1}}{V_s}} = \frac{1+e_0}{1+e_1} = \frac{\frac{G_s \cdot \gamma_w}{\gamma_{d0}}}{\frac{G_s \cdot \gamma_w}{\gamma_{d1}}}$$

$$\rightarrow \boxed{\frac{V_0}{V_1} = \frac{1+e_0}{1+e_1} = \frac{\gamma_{d1}}{\gamma_{d2}}} \quad (1,2)$$

$$\frac{\Delta V}{V_0} = \frac{V_0 - V_1}{V_0} = \frac{(V_s + V_{v0}) - (V_s + V_{v1})}{V_s + V_{v0}} = \frac{V_{v0} - V_{v1}}{V_s + V_{v0}} = \frac{\Delta V_v}{V_s + V_{v0}}$$

$$\rightarrow \frac{\frac{\Delta V_v}{V_s}}{\frac{V_s}{V_s} + \frac{V_{v0}}{V_s}} = \frac{\Delta e}{1+e_0} \rightarrow \boxed{\frac{\Delta V}{V_0} = \frac{\Delta e}{1+e_0}}$$

اگر به هنگام دگرش حجم خاک، مساحت آن دگرش نیابد:

$$\frac{\Delta V}{V_0} = \frac{A \cdot \Delta H}{A \cdot H_0}$$

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

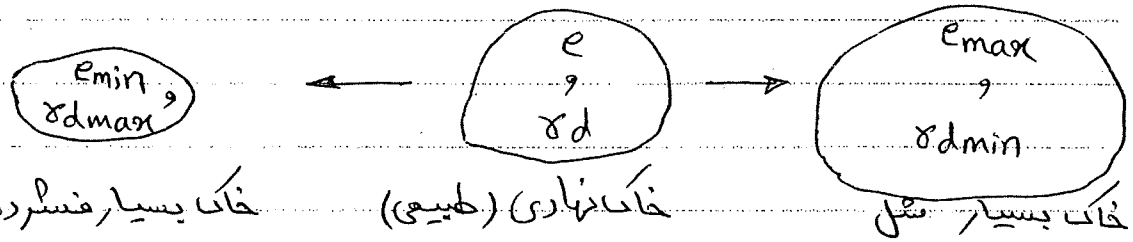
- خاکی بی‌آنکه نم آن دگرش یابد، از (V_0 , A_0) به (V_1 , A_1) دگرش حجم می‌یابد، خواسته می‌شود پیوند میان V_0 و V_1

$$\gamma_{d0} = \frac{G_s(1-A_0)}{1+W_0 \times G_s}\gamma_w \qquad \gamma_{d1} = \frac{G_s(1-A_1)}{1+W_0 \times G_s}\gamma_w$$

$$\frac{\gamma_{d0}}{\gamma_{d1}} = \frac{1-A_0}{1-A_1} \rightarrow \boxed{\frac{V_0}{V_1} = \frac{1-A_0}{1-A_1}}$$

۱۰- فشردگی سنجشی (تراکم نسبی - دانسیته نسبی - Relative density)

فشردگی سنجشی، درهم فشردگی خاک را در سنجش با شل‌ترین حالت خاک نشان می‌دهد.



خاک بسیار فشرده — خاک نهادی (طبیعی) — خاک بسیار شل

$$D_r = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}} \quad ① \qquad 0 \leq D_r \leq 1 = 100\%$$

بسیار فشرده $\rightarrow D_r = 1$

بسیار شل $\rightarrow D_r = 0$

$$D_r = \frac{\left(\frac{G_s \cdot \gamma_w}{\gamma_{dmin}} - 1\right) - \left(\frac{G_s \cdot \gamma_w}{\gamma_d} - 1\right)}{\left(\frac{G_s \cdot \gamma_w}{\gamma_{dmin}} - 1\right) - \left(\frac{G_s \cdot \gamma_w}{\gamma_{dmax}} - 1\right)} = \frac{\frac{1}{\gamma_{dmin}} - \frac{1}{\gamma_d}}{\frac{1}{\gamma_{dmin}} - \frac{1}{\gamma_{dmax}}} \quad ②$$

$$D_r = \frac{\gamma_d - \gamma_{dmin}}{\gamma_{dmax} - \gamma_{dmin}} \times \frac{\gamma_{dmax}}{\gamma_d} \quad ③$$

درهم فشردگی خاک دانه‌ای	خیلی سست	سست	میانه	درهم فشرده	خیلی درهم فشرده
$D_r\%$	0~15%	15~50	50~70	70~85	85~100

- رساندن D_r خاک درهم فشرده به بیشتر از 85% دشوار است.
- خاک‌های سست نهادی (طبیعی) D_r کمتر از 20% ندارند.
- فشردگی سنجشی برای خاک‌های چسبنده کاربرد ندارد.
- e_{max} ، e_{min} یک خاک دانه‌ای، با آزمایش بدست می‌آید.

- خواسته می‌شود e_{max} و e_{min} یک خاک دانه‌ای یکنواخت

در شل‌ترین حالت $n \times n \times n$ دانه کروی همانند، در مکعبی با اندازه‌های nD جای گرفته‌اند

$$V = (nD)^3 = n^3 D^3$$

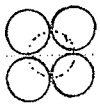
$$V_s = n \times n \times n \times \frac{\pi D^3}{6} = \frac{\pi}{6} n^3 D^3$$

تا از پهلوی دانه‌های شل:

$$e_{max} = \frac{V_v}{V_s} = \frac{V - V_s}{V_s} = \frac{1 - \frac{\pi}{6}}{\frac{\pi}{6}} = 0.91$$

در حالت فشرده‌ترین حالت مکعب به یک متوازی السطوح با زاویه‌های 60° و 120° دگرسان می‌یابد، که اثبات روابط آن با دستخط آقای دکتر ارمغانی، استاد علامه دانشگاه تبریز، آورده شده است. (ص ۸-۲)

تا از بالای دانه‌های در هم فشرده:



- نمونه خاکی سیرآب $w = 160\%$ و چگالی دانه‌های آن 2.7 است. خواسته می‌شود γ و γ_{sat}

$$e = \frac{G_s \cdot w}{S_r} = \frac{2.7 \times 1.60}{1} = 4.32$$

$$\gamma_{sat} = \frac{G_s + e}{1 + e} \gamma_w = \frac{2.7 + 4.32}{1 + 4.32} \times \cdots \times 1000 = 1319 \ kg/m^3$$

برابر

$$\gamma = \frac{G_s(1+w)}{1+e} \times \gamma_w = \frac{2.7(1+1.60)}{1+4.32} \times 1000 = 1319 \ kg/m^3$$

- به یک مترمکعب خاک خشک که $1600\ kg$ سنگینی دارد، $400\ kg$ ($400\ lit$) آب افزوده شده و حجم آنرا $50\ lit$ افزوده است. خواسته می‌شود γ_{sat} پیش و پس از افزودن آب

$$\gamma_{sat1} = \frac{W}{V} = \frac{1600 + 350}{1} = 1950 \ kg/m^3$$

$$\gamma_{sat2} = \frac{1600 + 400}{1.050} = 1904 \ kg/m^3$$

- در خاکی $e = 0.82$، $G_s = 2.68$ و $w = 10\%$ است. به هر مترمکعب خاک چه اندازه آب افزوده شود تا سیرآب گردد.

$$\gamma = \frac{G_s(1+w)}{1+e} \gamma_w = \frac{2.68(1+0.10)}{1+0.82} \times 1000 = 1620 \ kg/m^3$$

$$\gamma_{sat} = \frac{G_s + e}{1+e} \gamma_w = \frac{2.68 + 0.82}{1+0.82} \times 1000 = 1923 \ kg/m^3$$

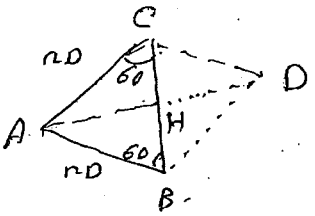
$$\Delta w_w = (\gamma_{sat} - \gamma) V = (1923 - 1620) \times 1 = 303 \ kg \equiv 330 \ lit$$

- در خاکی $\gamma = 1700 \ kg/m^3$، $A = 10\%$ است. خواسته می‌شود γ_{sat}

$$\gamma_{sat} = \gamma + A \cdot \gamma_w = 1700 + 0.10 \times 1000 = 1800 \ kg/m^3$$

مکعبی انتخاب شده که از $n \times n \times n$ مکعب به ضلع D پر شده است. هر یک از این مکعب‌ها n^3 تا است. چون حجم هر یک از مکعب‌ها D^3 است حجم کل مکعب‌ها برابر $n^3 D^3$ خواهد بود که آن را با V_S نشان می‌دهیم. $V_S = n^3 D^3$

حال مکعب طوری تقسیم شکل پیدا می‌کند که تعدادی به شکل چهار وجهی که هر یک از زوایای آن 60° و 120° هستند وجود دارد. این چهار وجهی‌ها را متوازی السطوح می‌گیریم. چون اضلاع متوازی السطوح برابر nD است هر یک از این‌ها یک لوزی با ضلع nD خواهد شد. چون لوزی‌ها دارای دو زاویه 60° و دو زاویه 120° هستند، اضلاع متوازی السطوح nD تشکیل یافته است که یکی از آن‌ها را شکل زیر نشان داده شده است. ABCD یکی از وجوه متوازی السطوح می‌باشد. آن را جدا کرده و آن متوازی السطوح را تکمیل می‌کنیم تا حجم آن را بدست آوریم:



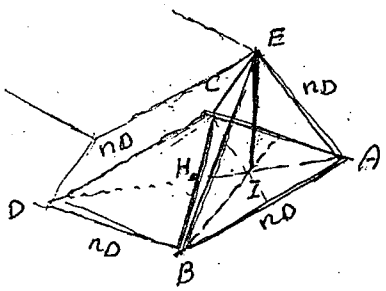
$$AH = AB \sin 60^\circ$$

$$\boxed{AH = \frac{\sqrt{3}}{2} nD}$$

مساحت هر یک از وجوه متوازی السطوح مثلاً وجه ABCD برابر است با:

$$S = AH \times BC \Rightarrow \boxed{S = \frac{\sqrt{3}}{2}(nD)\cdot(nD)}$$

اگر یکی از رئوس این چهار وجهی‌ها را به مرکز متوازی السطوح وصل کنیم حجم متوازی السطوح به شش هرم تقسیم می‌شود که قاعده هر یک از آن‌ها یکی از وجوه متوازی السطوح و ارتفاع آن‌ها برابر است با فاصله مرکز متوازی السطوح از وجوه آن. اگر یکی از این هرم‌ها را در نظر بگیریم حجم آن برابر است با:



$V = \frac{1}{3} \times S \times EI$ که S مساحت قاعده و EI ارتفاع هرم است.

حال EI را بدست می‌آوریم. I مرکز متوازی السطوح است و $AI = \frac{2}{3} AH$ است. AH را قبلاً بدست آوردیم $AH = \frac{\sqrt{3}}{2} nD$ پس $AI = \frac{\sqrt{3}}{3} nD$ خواهد شد. از مثلث قائم‌الزاویه AIE داریم:

$$AE^2 = AI^2 + EI^2 \Rightarrow EI^2 = (nD)^2 - \frac{1}{3}(nD)^2$$

پس $\boxed{EI = \sqrt{\frac{2}{3}} nD}$ است. چون EI ارتفاع متوازی السطوح است حجم آن برابر $V = S \times EI$ و برابر

$$V = \frac{\sqrt{3}}{2}(nD)\cdot(nD)\cdot\sqrt{\frac{2}{3}}(nD) \Rightarrow \boxed{V = \frac{\sqrt{2}}{2}(nD)^3}$$

حجم متوازی السطوح‌ها و حجم مکعب‌ها داخل مکعب بزرگ است و $V_S = \frac{a}{6}(nD)^3$ است فضای خالی بین آن‌ها برابر است با:

$$V_V = V - V_S \Rightarrow V_V = \frac{\sqrt{2}}{2}(nD)^3 - \frac{a}{6}(nD)^3 \Rightarrow V_V = (\frac{\sqrt{2}}{2} - \frac{a}{6})(nD)^3$$

پس:

$$e = \frac{V_V}{V_S} \Rightarrow e = \frac{\frac{\sqrt{2}}{2} - \frac{a}{6}}{\frac{\pi}{6}} \Rightarrow e = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} - 1 \Rightarrow e = \frac{3 \times 1.41}{3.14} - 1$$

$$1.41 \times 3 = 4.23 \Rightarrow e = \frac{4.23}{3.14} - 1 \Rightarrow e = 1.34 - 1 \Rightarrow \boxed{e = 0.34}$$

۱- در کلوخه خاکی که جلوی آفتاب جای گرفته است، کدامیک حتماً مثبت است؟
الف) γ_d ✓ب) w_s پ) e ت) هرسه

۲- کلوخه‌ای از خاک رس، سه روز بر روی میز آزمایشگاه بوده است، کدامیک دگرسان نخواهد کرد؟ الف) S_r ب) n ✓پ) G_s ت) A

۳- کلوخه خاکی، چند روزی پشت پنجره بوده است. این خاک چند γ_d داشته؟
الف) سه ب) یک ✓پ) بی‌شمار ت) به‌شمار روزها

۴- خاک پرسش سوم چند γ_d داشته؟ $(e=c+e)$
الف) سه ✓ب) یک پ) بی‌شمار ت) به‌شمار روزها

۵- نمونه خاکی در هم فشرده می‌شود و جلوی آفتاب جای می‌گیرد. کدامیک دگرسان نمی‌یابد.
الف) w_s ب) γ_d پ) G_s ✓ت) هرسه

۶- در خاک پرسش پنجم کدامیک دگرسان نمی‌یابد؟ $(e=c+e)$
الف) γ_d ب) γ_{sat} پ) γ_s ✓ت) هرسه

۷- در کدامیک $\gamma_s = \gamma$ است؟
الف) خاک ب) خاک سیرآب ✓پ) شیشه ت) سنگ‌پا

۸- در کدامیک $\gamma_d = \gamma$ است؟
الف) خاک ✓ب) خاک خشک پ) خاک سیرآب ت) هیچکدام

۹- در دو نقطه از زیرآب رودخانه‌ای دو خاک ماسه‌ای یاران‌بندی یکسان جای گرفته‌اند. S_r کدام نقطه بیشتر است؟ (G_s در هر دو نقطه برابرند)
الف) نقطه بالادست ب) نقطه پایین‌دست ت) هر دو برابرند ✓ت) هیچی نمی‌توان گفت

۱۰- در پرسش نهم، w در کدام نقطه بیشتر است؟
الف) هر دو برابرند ب) در نقطه‌ای که ماسه آن در هم فشرده است.
✓پ) در نقطه‌ای که ماسه آن سُست است ت) هیچی نمی‌توان گفت

۱۱- در پرسش نهم کدامیک برابرند؟
الف) γ_d ب) γ_{sat} ✓پ) γ_s ت) هرسه

۱۲- در خاکی $w=120\%$ است.
الف) نمی‌شود ب) خاک سیرآب است. ✓پ) شاید خاک پوک است ت) هیچکدام

۱۳- کدامیک می‌تواند بیشتر از یک هم بشود؟
الف) A ✓ب) e پ) n ت) S_r

۱۴- کدامیک سنگینی خاک خشک را نشان می‌دهد؟
الف) W ✓ب) W_s پ) W_w ت) هیچکدام

ب) ۱-۲

۱۵- خاکی پس از آنکه تمام آن کم و بیش شود، کنده می شود. کدامیک دگرسان نمی یابد؟
الف) γ_d ب) W پ) A ت) هر سه

۱۶- با افزوده شدن به ع یک خاک، کدامیک کاهش می یابد؟
الف) γ_d ب) γ_{sat} پ) γ' ت) هر سه

۱۷- کدامیک درست است؟
الف) $w>1$ ب) $w>0$ پ) $0.25<w<\infty$ ت) $0<w<1$

۱۸- در خاکی $Sr=70\%$ است، A چه اندازه است؟
الف) 30% ب) $n(1-0.70)$ پ) $e(1-0.70)$ ت) هیچکدام

۱۹- در خاک سیر آبی $n=0.30$ است. در هر متر مکعب خاک چند لیتر آب است؟
الف) 500 ب) 333 پ) 300 ت) نمی توان حساب کرد.

۲۰- در خاکی $A=0.12$ و $Sr=0.70$ است، خواسته می شود e
الف) 0.3 ب) $\frac{1}{3}$ پ) $\frac{2}{3}$ ت) $\frac{4}{3}$

۲۱- کدامیک درست است؟
الف) $w>0$ ب) $0<Sr<1$ پ) $1<Sr<0$ ت) $0<w<1$

۲۲- کدامیک صحیح است؟
الف) $1<n$ ب) $0<n<1$ پ) $0.5<n<1$ ت) $n>1$

۲۳) در خاکی $\gamma_d=17$ است، خواسته می شود n
الف) 0.5 ب) 1 پ) $\frac{1}{3}$ ت) نمی توان حساب کرد.

۲۴- در خاکی سیر $w=Sr$ است. خواسته می شود e
الف) $e>G_s$ ب) $e=G_s$ پ) $e<G_s$ ت) نمی تواند اینچنین شود.

۲۵- در خاکی $w=100\%$ است. خواسته می شود Sr
الف) 100% ب) 50% پ) نمی توان حساب کرد ت) نمی تواند رخ دهد.

۲۶- در خاکی $Sr=100\%$ است. خواسته می شود w
الف) 100% ب) 50% پ) نمی توان حساب کرد ت) نمی تواند رخ دهد.

۲۷- خاک نمکی با $W=40.2gr$ و $V=23\,cm^3$ درون ظرف آبی انداخته شده و $21\,cm^3$ افزایش حجم پدید آورده است. خواسته می شود A
الف) $\frac{21}{23}$ ب) $\frac{2}{23}$ پ) $\frac{2}{40.2}$ ت) $\frac{21}{40.2}$

۲۸- اگر در پرسش ۲۷، $G_s=2.65$ باشد، نم خاک چند درصد خواهد بود؟
الف) 40 ب) 20 پ) 30 ت) 50

۲۹- ۱۰۰ لیتر خاک درشت دانه و ۵۰ لیتر خاک ریز دانه با هم آمیخته می شوند. خواسته می شود حجم خاک بدست آمده الف) بیشتر از 150lit ب) کمتر از 150lit پ) 150lit

ب) ۲-۲

۳۰- کدامیک درست است؟

الف) $0 \leqslant e < 1$ ب) $0 < e$

ب) $0 < n < 1$ ✓ ت) $0 < n \leqslant 1$

در خاک e و n نمی‌توانند برابر صفر شوند و n نمی‌تواند برابر 1 گردد.

۳۱- کدامیک درست‌تر است؟

الف) $\gamma_s < \gamma_d < \gamma < \gamma_{sat}$ ب) $\gamma_s > \gamma_{sat} > \gamma > \gamma_d$ ✓

ج) $\gamma_s \geqslant \gamma_{sat} \geqslant \gamma \geqslant \gamma_d$ ت) $\gamma_d < \gamma < \gamma_{sat} < \gamma'$

در خاک خشک $\gamma_d = \gamma$ و در خاک سیرآب $\gamma = \gamma_{sat}$ است و در بیشتر خاکها $G_s > 1$ است و از این رو $\gamma_s > \gamma_{sat}$ خواهد بود.

۳۲- از لایه خاکی که در زیر آب رودخانه جای گرفته است، نمونه برداری می‌شود. کدام گزینه برای نمونه برداشته شده درست است؟

الف) $w = 100\%$ ، $S_r = 100\%$ ، $A = 0$ ب) $S_r = 100\%$ ، $A = 0$ ، $\gamma = \gamma_{sat}$ ✓

ج) $w = 100\%$ ، $A = 0$ ، $\gamma = \gamma_{sat}$ ت) $\gamma = \gamma_{sat}$ ، $S_r = 100\%$ ، $w = 100\%$ ، $A = 0$

با روی راست به شانه دوکی خاک می‌تواند کمتر یا بیشتر از 100% باشد یا 100% شود.

۳۳- کدام گزینه برای خاک خشک درست است؟

الف) $w = 0$ ، $S_r = 0$ ، $A = 0$ ب) $e = 0$ ، $\gamma = \gamma_d$ ، $w = 0$

ج) $w = 0$ ، $S_r = 0$ ، $\gamma_d = \gamma$ ✓ ت) $e = 0$ ، $\gamma = \gamma_d$ ، $S_r = 0$

در هیچ خاکی $e = 0$ نیست و در خاک خشک $A \neq 0$ است.

۳۴- کدام گزینه برای خاکی که تخلخل آن 100% است، درست می‌باشد؟

الف) $\gamma = \gamma_{sat}$ ب) $S_r = 100\%$ ج) $S_r \cdot e = G_s$ ✓

ت) $A = 0$

$w \cdot G_s = S_r \cdot e \rightarrow 1 \times G_s = S_r \cdot e \rightarrow G_s = S_r \cdot e$

خاکی که تخلخل آن 100% است، الزاماً سیرآب نیست و می‌تواند سیرآب نباشد.

ب) ۳-۲

۳۵ـ کدام یک درست است؟

الف) $\Delta D_r \propto \frac{1}{\Delta e}$ ب) $\Delta D_r = \frac{1}{\Delta e}$

پ) ✓ $\Delta D_r \propto \Delta e$ ت) $\Delta D_r = \Delta e$

$$D_{r1} = \frac{e_{max} - e_1}{e_{max} - e_{min}} \times 100$$

$$D_{r2} = \frac{e_{max} - e_2}{e_{max} - e_{min}} \times 100$$

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

۳۶ـ در بیشتر خاک‌ها $\gamma_s < \gamma_{sat}$ است. خاکدانه‌های خاک بایستی چه ویژگی داشته باشند تا $\gamma_s < \gamma_{sat}$ شود.

الف) خاکدانه‌ها ریز باشند ب) خاکدانه‌ها گرد گوشه باشند

پ) ✓ $G_s < 1$ ت) $G_s > 1$

۳۷ـ خاک چه ویژگی بایستی داشته باشد تا $\gamma_d = \gamma_s$ شود؟

الف) $w = 0$ ب) ✓ $e = 0$ پ) $S_r = 0$ ت) $A = 0$

۳۸ـ به $1300\,cm^3$ خاک که نم آن 15٪ و چگالی دانه‌ها یکی 2.5 است، $100\,cm^3$ آب اضافه می‌شود و $S_r = 80\%$ می‌گردد. خواسته می‌شود e خاک

الف) $\frac{8}{13}$ ب) $\frac{8}{5}$ پ) ✓ $\frac{5}{8}$ ت) $\frac{5}{13}$

$$S_r = \frac{V_w}{V_v} = \frac{V_{w_1} + 100}{V_v} = 0.80 \rightarrow V_{w_1} = 0.8 V_v - 100$$

$$w_1 = \frac{w_{w_1}}{w_s} = \frac{V_{w_1} \times \gamma_w}{V_s \times G_s \times \gamma_w} = \frac{(0.8 V_v - 100)}{(V - V_v) G_s}$$

$$0.15 = \frac{0.8 V_v - 100}{(1300 - V_v) \times 2.5} \rightarrow V_v = 500\,cm^3,\ V_s = 1300 - 500 = 800\,cm^3$$

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{500}{800} = \frac{5}{8}$$

ب) ۲۰۴

۳۹- در خاکی سیرآب $w=0.30$ و $G_s=2.7$ است. اگر $1200\,cm^3$ از این خاک بخشکد، چند گرم سنگینی خواهد داشت. (پاسخ $W_s=1790\,gr$)

$$e=\frac{w\cdot G_s}{S_r}=\frac{0.30\times 2.7}{1}=0.81$$

$$\left.\begin{aligned}\gamma_d&=\frac{W_s}{V}\\ \gamma_d&=\frac{G_s\cdot\gamma_w}{1+e}\end{aligned}\right\}\quad \frac{W_s}{1200}=\frac{2.7\times 1}{1+0.8}\rightarrow W_s=1790\,gr$$

۴۰- کامیونی 15 تن خاک بانم ۷٪ را بر روی زمین ریخته است. اگر بر آن یک مترمکعب آب بیافزاییم، نم خاک چند درصد خواهد شد. (پاسخ ۱۴٪)

$$W_s=\frac{W}{1+w}=\frac{15}{1+0.07}=14.0187\ ton$$

$$w_2=\frac{Ww_2}{W_s}=\frac{Ww_1+\Delta W_w}{W_s}=\frac{w_1\times W_s+\Delta W_w}{W_s}=\frac{(0.07\times 14.0187)+1}{14.0187}=0.14$$

۴۱- در خاک خشکی $G_s=2.7$ و $e=0.9$ است. خواسته می‌شود وزن آبی که بایستی به هر مترمکعب خاک افزود، تا سیرآب گردد. (پاسخ 473.7 kg)

$$\Delta W_w=\gamma_2-\gamma_1=\gamma_{sat}-\gamma_d=\frac{G_s+e}{1+e}\cdot\gamma_w-\frac{G_s}{1+e}\gamma_w=\frac{e\cdot\gamma_w}{1+e}$$

$$=\frac{0.9\times 1000}{1+0.9}=473.7\,kg$$

۴۲- در خاکی ۵٪ $w=$، $\gamma_d=1600$، $\gamma_{sat}=2000\ kg/m^3$ است. به هر مترمکعب آن چند کیلوگرم بایستی آب افزوده شود، تا سیرآب گردد؟ (پاسخ 320kg)

$$\gamma=\gamma_d(1+w)=1600\,(1+0.05)=1680\ kg/m^3$$

$$\Delta W_w=\gamma_2-\gamma_1=\gamma_{sat}-\gamma=2000-1680=320\ kg/m^3$$

۴۳- در 18ton خاک که نم آن ۱۰٪ است، چند تن خاکدانه هست؟ (پاسخ 16.36 ton)

$$W_s=\frac{W}{1+w}=\frac{18}{1+0.10}=16.36\ ton$$

۴۴- در خاک سیرآبی $w=0.25$ و $\gamma_d=16\ kN/m^3$ است. خواسته می‌شود G_s ($\gamma_w=10$)

(پاسخ $G_s=2.66$)

$$\gamma_d=\frac{G_s\cdot\gamma_w}{1+e}=\frac{G_s\cdot\gamma_w}{1+\frac{w\cdot G_s}{S_r}}\rightarrow 16=\frac{G_s\times 10}{1+\frac{0.25\times G_s}{1}}\rightarrow G_s=2.66$$

۴۵- می‌خواهیم خاکی با نم ۱۰٪ را به گونه‌ای در درون قالب یک لیتری جای دهیم که $A=5\%$ شود. خواسته می‌شود وزن خاک درون قالب ($G_s=2.7$)

$$A=\frac{V_a}{V}\rightarrow 0.05=\frac{V_a}{1000\ cm^3}\rightarrow V_a=50\ cm^3$$ (پاسخ 2222 gr)

$$V_s+V_w=V-V_a=1000-50=950\rightarrow \frac{W_s}{\gamma_s}+\frac{W_w}{\gamma_w}=950\rightarrow \frac{W_s}{G_s\cdot\gamma_w}+\frac{W_w}{\gamma_w}=950$$

$$\frac{W_s}{2.7\times 1}+\frac{0.10W_s}{1}=950\rightarrow W_s=2019.7\ gr$$

$$W=W_s(1+w)=2019.7(1+0.10)=2222\ gr$$

۴۶- در خاکی درشت دانه و نمناک $\gamma=1800\ kg/m^3$ و $A=5\%$ است. خواسته می‌شود γ_{sat} (پاسخ $1850\ kg/m^3$)

$$\gamma_{sat}=\gamma+A\cdot\gamma_w=1800+0.05\times 1000=1850\ kg/m^3$$

۴۷- یک مترمکعب خاک، پس از نم خود را از دست بدهد، D چنان در هم فشرده شده که $A_1=10\%$ به $A_2=5\%$ کاهش یافته است. خواسته می‌شود V_2

(پاسخ $V_2=0.947\ m^3$)

$$\frac{V_1}{V_2}=\frac{1-A_2}{1-A_1}\rightarrow\frac{1}{V_2}=\frac{1-0.05}{1-0.10}\rightarrow V_2=0.947\ m^3$$

۴۸- یک مترمکعب خاک خشک $1700\ kg$ سنگینی دارد. به درون این خاک $150\ kg$ قلوه سنگ‌های بزرگ با $\gamma_s=3000\ kg/m^3$ افزوده می‌شود. خواسته می‌شود γ_d خاک

$$\gamma_{d_2}=\frac{W_{s2}}{V_2}=\frac{W_{s1}+W_{s2}}{V_1+\frac{W_{s2}}{\gamma_{s2}}}$$ (پاسخ $1762\ kg/m^3$)

$$\gamma_{d_2}=\frac{1700+150}{1+\frac{150}{3000}}=1762\ kg/m^3$$

۴۹- از خاکی که حجم آن $2245\ cm^3$ و وزنش $4176\ gr$ است، نمونه کوچکی به وزن $200\ gr$ برداشته شده و وزن آن پس از خشک کردن $168\ gr$ شده است. اگر $G_s=2.7$ باشد خواسته می‌شود γ، γ_d، e و وزن آبی که بایستی برای سیرآب شدن خاک به آن افزوده شود.

$$\gamma=\frac{W}{V}=\frac{4176}{2245}=1.860\ gr/cm^3$$

$$w=\frac{200-168}{168}=0.19$$

$$\gamma_d=\frac{\gamma}{1+w}=\frac{1.860}{1+0.19}=1.563\ gr/cm^3$$

$$\gamma_d=\frac{G_s\cdot\gamma_w}{1+e}\Rightarrow e=0.728$$

$$\gamma_{sat}=\frac{G_s+e}{1+e}\gamma_w=\frac{2.7+0.728}{1+0.728}\times 1=1.983\ gr/cm^3$$

$$\Delta w_w=(1.983-1.860)\times 2245=276\ gr$$

۵۰- خاکی $\Leftarrow$ $n=0.28$، $G_s=2.65$ است. خواسته می‌شود γ_d، $\gamma_{sr=56\%}$، γ_{sat}، γ_{sub}

$$e=\frac{n}{1-n}=\frac{0.28}{1-0.28}=0.389$$

$$\gamma_d=\frac{G_s\times\gamma_w}{1+e}=\frac{2.65\times 1000}{1+0.389}=1908\ kg/m^3$$

$$\gamma_{sr=56}=\frac{G_s+S_r\cdot e}{1+e}\gamma_w=\frac{2.65+0.56\times 0.389}{1+0.389}\times 1000=2064.7\ kg/m^3$$

$$\gamma_{sat}=\frac{G_s+e}{1+e}\gamma_w=\frac{2.65+0.389}{1+0.389}\times 1000=2188\ kg/m^3$$

$$\gamma'=\gamma_{sub}=\frac{G_s-1}{1+e}\gamma_w=\frac{2.65-1}{1+0.389}\times 1000=1188\ kg/m^3$$

۵۱- استوانه‌ای به قطر $15\ cm$ و بلندی $80\ cm$ با ماسه خشک پر شده است و با $5000\ cm^3$ آب سیرآب می‌شود. اگر $G_s=2.7$ باشد، خواسته می‌شود γ_d

$$V=\frac{3.14\times 15^2}{4}\times 80=14137.17\ cm^3 \quad ,\quad V_v=5000\ cm^3$$

$$\gamma_d=\frac{W_s}{V}=\frac{V_s\cdot\gamma_s}{V}=\frac{(V-V_v)G_s\gamma_w}{V}=1.745\ gr/cm^3$$

(ب) (۲-۷)

$$=\frac{(14137.17-5000)2.7\times 1}{14137.17}$$

۵۲- در خاکی $S_r=60\%$ ، $G_s=2.7$ و $\gamma=1800\ kg/m^3$ است. به هر متر مکعب این خاک، چند لیتر باید آب افزوده شود تا 80% سیرآب شود.

$$\gamma=\frac{G_s+S_r\cdot e}{1+e}\times\gamma_w=\frac{2.7+0.6\times e}{1+e}\times 1000=1800 \Rightarrow e=0.75$$

$$\gamma_{Sr=80\%}=\frac{2.7+0.80\times 0.75}{1+0.75}\times 1000=1885.7\ kg/m^3$$

$$\Delta W_w=1885.7-1800=85.7\ kg=85.7\ lit$$

۵۳- در خاکی $\frac{\gamma}{\gamma_d}=2$ است. خواسته می‌شود w

$$\gamma_d=\frac{\gamma}{1+w} \Rightarrow 1+w=2 \Rightarrow w=1=100\%$$

۵۰- در خاکی $e=0.4$ است. خواسته می‌شود V_v و V_s هر متر مکعب خاک

$$e=\frac{V_v}{V_s}=0.4 \quad , \quad V_v+V_s=1 \Rightarrow V_s=\frac{10}{14}m^3 \quad , \quad V_v=\frac{4}{14}m^3$$

۵۴- در خاکی $V_s=V_v$ است. خواسته می‌شود e و n

$$e=\frac{V_v}{V_s}=1 \qquad n=\frac{e}{1+e}=\frac{1}{2}$$

۵۵- در خاکی سیرآب، نم 100% است. اگر $G_s=2.65$ باشد، خواسته می‌شود e

$$e=\frac{w\cdot G_s}{S_r}=\frac{1\times 2.65}{1}=2.65$$

۵۶- در خاکی $A=10\%$ ، $w=15\%$ و $G_s=2.65$ است. خواسته می‌شود γ_d

$$\gamma_d=\frac{G_s(1-A)}{1+w\cdot G_s}\gamma_w=\frac{2.65(1-0.10)}{1+0.15\times 2.65}\times 1000=1707\ kg/m^3$$

۵۷- اگر در خاکی $e_{min}=0.4$ ، $e_{max}=0.98$ و $D_r=50\%$ باشد، خواسته می‌شود e

$$D_r=\frac{e_{max}-e}{e_{max}-e_{min}} \Rightarrow 0.50=\frac{0.98-e}{0.98-0.40} \Rightarrow e=0.69$$

۵۸- اگر شاری گوی شیشه‌ای به گونه‌ای بر روی هم جای گیرند که در توده آنها همسان

$e=\frac{V_v}{V_s}=0.60$ شود، خواسته می‌شود D_r

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

$$D_r=\frac{0.91-0.60}{0.91-0.35}=0.55=55\% \quad \text{(ب) (۲-۸)}$$

۳۹- اگر وزن (یا حجم) آب خاکی را سه برابر کنیم، .... (ک)

الف) نم خاک سه برابر می شود ب) اگر $S_{r_1} < 33.3\%$ باشد، S_{r_2} سه برابر می شود.

پ) اگر $S_{r_1} = 100\%$ باشد، $S_{r_2} = 100\%$ می شود ت) هر سه ✓

۴۰- در خاکی که $S_r = 100\%$ است، $A = 0\%$ خواهد بود. اگر $S_r = 98\%$ شود، خواسته می شود A (ک)

$A = n(1 - S_r)$

تا n داده نشود، نمی توان A را بدست آورد.

۴۱- در خاکی $\gamma_{sat} = 2050\ kg/m^3$ و $\gamma_d = 1760\ kg/m^3$ است. خواسته می شود $\gamma_{Sr=80\%}$

$\gamma = \gamma_d + S_r(\gamma_{sat} - \gamma_d)$

$\gamma = 1760 + 0.80(2050 - 1760) = 1992\ kg/m^3$

۴۲- در خاکی $n = 45\%$ و $\gamma_d = 1.6\ gr/cm^3$ است. خواسته می شود γ_{sat} و $\gamma_{Sr=50}$

$\gamma_{sat} = \gamma_d + n\gamma_w = 1.6 + 0.45 \times 1 = 2.05\ gr/cm^3$

$\gamma = \gamma_d + S_r(\gamma_{sat} - \gamma_d) = 1.6 + 0.5(2.05 - 1.6) = 1.803\ gr/cm^3$

۴۳- نمونه های سیرآب و خشک یک خاک را چگونه بایستی به هم آمیخت تا نم آن 10٪ شود (که $\gamma_{sat} = 20$ و $\gamma_d = 16\ kN/m^3$) ک

$\frac{\gamma_{sat}}{\gamma_d} = 1 + w_{sat} \Rightarrow w_{sat} = 0.25$

$w_{wc} = w_{wA} + w_{wB} \Rightarrow w_{wc} = w_{wA}$

$\frac{w_{wc}}{w_{sc}} = 0.10 \longrightarrow 0.10\, w_{sc} = 0.25\, w_{sA}$

$\frac{w_{wA}}{w_{sA}} = 0.25 \longrightarrow \frac{w_{sA}}{w_{sc}} = \frac{0.10}{0.25} = 0.40$

یک گونه خاک

$\frac{\gamma_{dA} \times V_A}{\gamma_{dc} \times V_c} = 0.40$

$\gamma_d = \frac{w_s}{V}$

40٪ حجم از خاک سیرآب

60٪ حجم از خاک خشک

ب) (۹-۳)

۴۴- خاک خشکی با ۱۶٪ وزنش آب، آمیخته شده و در قالبی یک لیتری درهم فشرده می شود. اگر وزن خاک درون قالب ۱.۶kg و $G_s = 2.68$ باشد، خواسته می شود γ_d ، e

$$w = \frac{w_w}{w_s} = \frac{0.16 w_s}{w_s} = 0.16 \qquad \gamma = \frac{W}{V} = \frac{1.6}{0.001} = 1600 \ kg/m^3$$

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1+w} = \frac{1600}{1+0.16} = 1380 \ kg/m^3 \quad , \quad \gamma_d = \frac{G_s \gamma_w}{1+e} \Rightarrow e = 0.94$$

۴۵- خاکی، P٪ شن با G_{s1} ، q٪ ماسه با G_{s2} و t٪ رس زرانه با G_{s3} است. خواسته می شود G_s خاک

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} = \frac{\frac{w_s}{v_s}}{\gamma_w} = \frac{w_s}{\gamma_w (v_{s1} + v_{s2} + v_{s3})} = \frac{w_s}{\gamma_w \left(\frac{w_{s1}}{\gamma_{s1}} + \cdots + \cdots \right)}$$

$$= \frac{w_s}{\left(\frac{w_{s1}}{G_{s1}} + \cdots + \cdots \right)} = \frac{\frac{w_s}{w_s} \times 100}{\left(\frac{\frac{w_{s1}}{w_s} \times 100}{G_{s1}} + \cdots + \cdots \right)} = \frac{100}{\frac{P\%}{G_{s1}} + \frac{q\%}{G_{s2}} + \frac{t\%}{G_{s3}}}$$

۴۶- در خاکی $\gamma = 1750 \ kg/m^3$ و $A = 5\%$ است. اگر با فشردن درهم خاک $A = 0$ شود، γ جدید خاک را بدست آورید.

$$\gamma_2 = \frac{W}{V_2} = \frac{1750 \ kg}{0.95 \ m^3} = 1842 \ kg/m^3$$

۴۷- در خاکی $\gamma_1 = 1650 \ kg/m^3$ و $A = 8\%$ است. اگر با خشکاندن خاک $A = 18\%$ شود، γ_d جدید خاک را بدست آورید.

$$\gamma_{d2} = \frac{W_s}{V} = \gamma_{d1}$$

اگر با خیساندن خاک، $A = 3\%$ شود، γ_d چه دگرسی خواهد یافت؟

$$\gamma_{d3} = \frac{W_s}{V} = \gamma_{d1}$$

۴۸- در خاکی $\gamma = 1750 \ kg/m^3$ و $A = 8\%$ است، اگر با خیساندن این خاک $A = 3\%$ شود، γ جدید خاک را بدست آورید.

$$\gamma = \frac{1750 + (0.08 - 0.03) \times 1000}{1} = 1800 \ kg/m^3$$

---

۶۹ - خواسته می‌شود، پوکی خاک رانه‌ای یکنواخت، در سست‌ترین حالت خود

$e_{max} = 0.91 \longrightarrow n = \frac{e}{1+e} = \frac{0.91}{1+0.91} = 0.476$

---

۷۰ - در خاکی $w = 0.12$ و $Sr = 0.20$ است. اگر بخواهیم با پاشش آب، Sr را به 0.70 برسانیم، w چقدر خواهد شد.

$\frac{G_s}{e} = \frac{Sr_1}{w_1} = \frac{Sr_2}{w_2}$

$\frac{0.20}{0.12} = \frac{0.70}{w_2} \Rightarrow w_2 = 0.42$

---

۷۱ - خاک خشکی که $400\,cm^3$ حجم دارد، با $150\,cm^3$ آب سیرآب می‌شود. اگر $G_s = 2.7$ باشد، خواسته می‌شود نم خاک

$w = \frac{w_w}{w_s} = \frac{V_w \times \gamma_w}{V_s \times \gamma_s} = \frac{V_w \times \gamma_w}{(V - V_w) G_s \times \gamma_w} = \frac{150 \times 1}{(400 - 150) \times 2.7 \times 1} = 0.22$

---

۷۲ در خاک‌های رانه‌ای با رانه‌بندی یکنواخت، e به جاگیری رانه‌ها وابسته است یا به قطر رانه‌ها؟ جاگیری رانه‌ها

---

۷۳ - لایه‌ای از شن و ماسه که خوب متراکم شده و لرزانده می‌شود، D_r آن از 60% به 80% می‌رسد. اگر $e_{max} = 1.1$ و $e_{min} = 0.6$ باشد، خواسته می‌شود نشست لایه.

$0.60 = \frac{1.1 - e_1}{1.1 - 0.6} \Rightarrow e_1 = 0.8$

$0.80 = \frac{1.1 - e_2}{1.1 - 0.6} \Rightarrow e_2 = 0.7$

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

$\frac{\Delta H}{200\,cm} = \frac{0.8 - 0.7}{1 + 0.8}$

$\Delta H = 11.1\,cm$

---

۷۴ - در خاکی $w = 20\%$ و $\gamma = 2160\,kg/m^3$ است. اگر بخشی از نم خاک بی‌آنکه حجم پدیدآورد کاسته شود و $\gamma = 2000\,kg/m^3$ گردد، نم خاک چقدر خواهد شد.

$\gamma_{d_1} = \gamma_{d_2} \Rightarrow \frac{\gamma_1}{1+w_1} = \frac{\gamma_2}{1+w_2} \Rightarrow \frac{2160}{1+0.20} = \frac{2000}{1+w_2}$

$w_2 = 0.111 = 11.1\%$

---

۷۵ – در خاکی سیرآب، $w=16\%$ و $G_s=2.7$ است. خواسته می‌شود γ، γ_{sat}.

$$e=\frac{w.G_s}{sr}=\frac{2.7\times1.6}{1}=4.32$$

$$\gamma_{sat}=\frac{G_s+e}{1+e}\gamma_w=\frac{2.7+4.32}{1+4.32}\times1000=1319\ kg/m^3$$

$$\gamma=\frac{G_s(1+w)}{1+e}\gamma_w=\frac{2.7(1+1.60)}{1+4.32}=1319\ kg/m^3$$

می‌دانستیم که در خاک سیرآب $\gamma=\gamma_{sat}$ است.

---

۷۶ – به یک مترمکعب خاک خشک که 1600 kg سنگینی دارد، (400 lit) 400 kg آب افزوده شده و حجم آنرا 50 lit افزایش داده است. خواسته می‌شود γ_{sat} خاک، پیش و پس از افزودن آب

در این پرسش یک خاک را با دو ساختار داریم: $(e_1$ و $e_2)$

۱– این خاک یک مترمکعب است و افزون بر 1600 kg دانه، برای 350 kg آب جای خالی دارد و چنانکه سیرآب شود:

$$\gamma_{sat\,1}=\frac{W}{V}=\frac{W_s+W_w}{V}=\frac{1600+350}{1}=1950\ kg/m^3$$

۲– این خاک آماس (ورم) کرده و فضای میان دانه‌های آن با آب بیشتری پر شده است:

$$\gamma_{sat\,2}=\frac{W}{V}=\frac{1600+400}{1.050}=1904\ kg/m^3$$

---

۷۷ – در خاکی $e=0.82$، $G_s=2.68$، $w=10\%$ است. به هر مترمکعب این خاک، چقدر باید آب افزوده شود، تا سیرآب گردد.

در یک خاک $(e=cte)$ داریم:

$$\Delta W_w=W_2-W_1=(\gamma_2-\gamma_1)V \xrightarrow{\text{در این پرسش}} \Delta W_w=(\gamma_{sat}-\gamma)V$$

$$\gamma_{sat}=\frac{G_s+e}{1+e}\gamma_w=\frac{2.68+0.82}{1+0.82}\times1000=1923\ kg/m^3$$

$$\gamma=\frac{G_s(1+w)}{1+e}\gamma_w=\frac{2.68(1+0.10)}{1+0.82}\times1000=1620\ kg/m^3$$

$$\Delta W_w=(\gamma_{sat}-\gamma)V=(1923-1620)1=303\ kg\equiv303\ lit$$

ب) ۲–۱۲

۷۸- خاک که نم آن ۱۱٪ است، قالبی با گنجایش $902.75\,cm^3$ و $1625\,gr$ را پر کرده است. اگر چگالی دانه‌ها 2.75 باشد، خواسته می‌شود Sr خاک درون قالب.

$$\left(\gamma=\frac{W}{V}\ ,\ \gamma=\frac{G_s(1+w)}{1+e}\cdot\gamma_w\right)\longrightarrow \frac{W}{V}=\frac{G_s(1+w)}{1+e}\gamma_w$$

$$\frac{1625}{902.75}=\frac{2.75(1+0.11)}{1+e}\times 1 \longrightarrow e=0.6958$$

$$S_r=\frac{G_s\cdot w}{e}=\frac{2.75\times 0.11}{0.6958}=0.434$$

از همان خاک، چند گرم باید به درون قالب افزوده و فشرده شود تا $S_r=60\%$ شود.

$$e_2=\frac{w\cdot G_s}{S_{r_2}}=\frac{0.11\times 2.75}{0.60}=0.504$$

$$\gamma_2=\frac{G_s(1+w)}{1+e_2}\gamma_w=\frac{2.75(1+0.11)}{1+0.504}\times 1=2.029\ gr/cm^3$$

$$\gamma_2=\frac{W_2}{V}\longrightarrow W_2=\gamma_2\cdot V=2.029\times 902.75=1832.2\,gr$$

$$\Delta w=W_2-W_1=1832.2-1625=207.2\,gr$$

۷۹- در کلوخه‌ای از خاک خشک $W=265\,gr$، $V=140\,cm^3$ بوده و به هنگامی که کلوخه در درون ظرفی پر از آب انداخته شده است، $100\,cm^3$ آب از ظرف بیرون ریخته است. خواسته می‌شود γ_{sat} نمونه

$$\gamma_s=\frac{W_s}{V_s}=\frac{265}{100}=2.65\ gr/cm^3\longrightarrow G_s=\frac{\gamma_s}{\gamma_w}=\frac{2.65}{1}=2.65$$

$$\left(\gamma_d=\frac{W_s}{V}\ ,\ \gamma_d=\frac{G_s\cdot\gamma_w}{1+e}\right)\longrightarrow \frac{265}{140}=\frac{2.65\times 1}{1+e}\longrightarrow e=0.4$$

$$\gamma_{sat}=\frac{G_s+e}{1+e}\gamma_w=\frac{2.65+0.4}{1+0.4}\times 1=2.18\ gr/cm^3$$

۸۰- خاکی $\gamma=1700\ kg/m^3$ و $A=10\%$ است. خواسته می‌شود γ_{sat}.

$$\gamma_{sat}=\gamma+A\cdot\gamma_w=1700+0.10\times 1000=1800\ kg/m^3$$

ب) ۲-۱۳

۸۱ – ۱۵۰۰gr خاک خشک، پس از نمناک شدن در قالبی در هم فشرده شده است. اگر گنجایش قالب $900\,cm^3$ و چگالی دانه‌ها 2.7 باشد، خواسته می‌شود درشانه پوکی خاک درون قالب

$$\left(\gamma_d = \frac{W_s}{V} \;,\; \gamma_d = \frac{G_s \cdot \gamma_w}{1+e}\right) \rightarrow \frac{1500}{900} = \frac{2.7 \times 1}{1+e} \rightarrow e = 0.62$$

---

۸۲ – از خاکی سیرآب نمونه‌ای با $V = 400\,cm^3$ ، $W = 850\,gr$ فراهم شده و چگالی دانه‌های آن 2.7 بدست آمده است. خواسته می‌شود γ_d

$$\left.\begin{array}{l} \gamma = \dfrac{W}{V} \\ \gamma = \gamma_{sat} \text{ خاک سیرآب} \rightarrow \\ \gamma_{sat} = \dfrac{G_s + e}{1+e}\gamma_w \end{array}\right\} \quad \frac{850}{400} = \frac{2.7+e}{1+e} \times 1 \Rightarrow e = 0.51$$

$$\gamma_d = \frac{G_s \cdot \gamma_w}{1+e} = \frac{2.7 \times 1}{1+0.51} = 1.787\ gr/cm^3$$

---

۸۳ – خاکی $\gamma_{d_1} = 1600\ kg/m^3$ ، $w_1 = 20\%$ و خاکی دیگر $\gamma_{d_2} = 1650\ kg/m^3$ و $w_2 = 8\%$ است. می‌خواهیم آمیخته‌ای از این دو خاک را، در حالی که 15% حجم را از خاک 1 تأمین کند، به $\gamma_d = 1800\ kg/m^3$ در هم فشرده کنیم.

برای هر مترمکعب خاک درهم فشرده، از هر خاک چند مترمکعب برداشته شود تا نیازی به کاهش یا افزایش آب نباشد.

$$\begin{cases} W_s = W_{s1} + W_{s2} \\ W_w = W_{w1} + W_{w2} \end{cases}$$

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} \rightarrow W_s = \underline{\gamma_d \cdot V}$$

$$w = \frac{W_w}{W_s} \rightarrow W_w = w \cdot W_s = \underline{w \cdot \gamma_d \cdot V}$$

$$\begin{cases} \gamma_d \cdot V = \gamma_{d_1} \cdot V_1 + \gamma_{d_2} \cdot V_2 \\ w \cdot \gamma_d \cdot V = w_1 \cdot \gamma_{d_1} \cdot V_1 + w_2 \cdot \gamma_{d_2} \cdot V_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 1800 \times 1 = 1600 \times V_1 + 1650 \times V_2 \\ 0.15 \times 1800 \times 1 = 0.20 \times 1600 \times V_1 + 0.08 \times 1650 \times V_2 \end{cases}$$

$$V_1 = 0.65\ m^3 \;,\; V_2 = 0.45\ m^3$$

۸۴- خاک A ($e=1.16$ ، $S_r=0.80$ ، $G_s=2.65$) و خاک B ($G_s=2.65$) است. می‌خواهیم آمیخته‌ای از این دو خاک را با تمپ ۱۰٪ فراهم کرده و تا رسیدن به $\gamma_d=1900\ kg/m^3$ تراکم بفشاریم.
اگر بخواهیم $V_B=2V_A$ باشد، برای هر مترمکعب خاک متراکم شده، بایستی از هرکدام چند مترمکعب برداشت شود؟ چقدر به کاهش یا افزایش آب نیاز خواهد بود.

$$w_A=\frac{e\cdot S_r}{G_s}=\frac{1.16\times 0.80}{2.65}=0.35 \quad ,\quad \gamma_{d_A}=\frac{G_s\cdot\gamma_w}{1+e}=\frac{2.65\times 1000}{1+1.16}=1227\ kg/m^3$$

$$w_B=\frac{e\cdot S_r}{G_s}=\frac{1.08\times 0.10}{2.65}=0.04 \quad ,\quad \gamma_{d_B}=\frac{G_s\cdot\gamma_w}{1+e}=\frac{2.65\times 1000}{1+1.08}=1274\ kg/m^3$$

$$W_{SC}=W_{SA}+W_{SB} \rightarrow V_C\times\gamma_{d_C}=V_A\times\gamma_{d_A}+V_B\times\gamma_{d_B}$$

$$\left.\begin{array}{l} 1\times 1900=V_A\times 1227+V_B\times 1274 \\ V_B=2V_A \ (\text{خاصیت پرسش}) \end{array}\right\} \Rightarrow \begin{array}{l} V_A=0.5\,m^3 \\ V_B=1\,m^3 \end{array}$$

$$W_w=w\cdot W_s=w\cdot V\cdot\gamma_d$$

$$\left.\begin{array}{l} W_{w_C}=0.10\times 1\times 1900=190\,kg \\ W_{w_A}=0.35\times 0.5\times 1227=215\,kg \\ W_{w_B}=0.04\times 1\times 1274=51\,kg \end{array}\right\} (215+51)-190=76\,kg$$

۷۶ کیلوگرم از مخلوط بایستی کاسته شود.

۸۵- اگر بخواهیم در پرسش پیشین نیازی به کاهش یا افزایش آب نباشد، بایستی خاک‌ها با چه نسبتی با هم آمیخته شوند؟

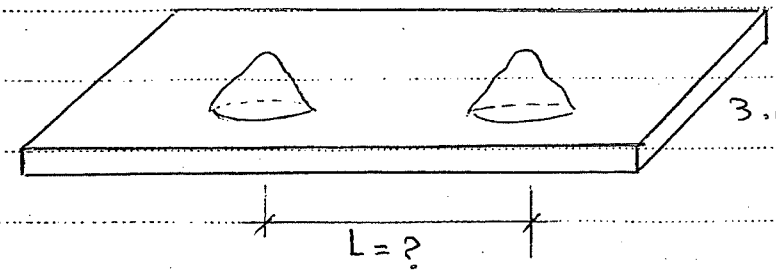
$$\left\{\begin{array}{l} W_{SC}=W_{SA}+W_{SB} \\ W_{WC}=W_{WA}+W_{WB} \end{array}\right. \rightarrow \left\{\begin{array}{l} V_C\cdot\gamma_{d_C}=V_A\cdot\gamma_{d_A}+V_B\cdot\gamma_{d_B} \\ w_C\cdot V_C\cdot\gamma_{d_C}=w_A\cdot V_A\cdot\gamma_{d_A}+w_B\cdot V_B\cdot\gamma_{d_B} \end{array}\right.$$

$$\left\{\begin{array}{l} 1\times 1900=V_A\times 1227+V_B\times 1274 \\ 0.10\times 1\times 1900=0.35\times V_A\times 1227+0.04\times V_B\times 1274 \end{array}\right.$$

$$V_A=0.30\,m^3$$
$$V_B=1.20\,m^3 \qquad \frac{V_B}{V_A}=\frac{1.20}{0.30}=4$$

ب) ۲-۱۵

۱۶- در کارگاه راهسازی، جاده‌ای به پهنای 3.65 متر با 15cm خاک تو پر شده ($\gamma_d = 1800 kg/m^3 = 1.8 t/m^3$) زیرسازی خواهد شد. کامیون‌هایی که 10ton خاک را حمل می‌کنند، به کارگاه می‌آیند، کپه‌های خاک را با چه فاصله‌ای از هم باید بر روی زمین بریزند.



$$W = W_s + W_w$$
$$W = W_s\left(1 + \frac{W_w}{W_s}\right)$$
$$W = W_s(1+w)$$

$$10 = W_s(1+0.05)$$

$W_s = 9.524$ ton سنگینی دانه‌ها در بار هر کامیون

حجم خاک تو پر در هر متر باز $= 3.65 \times 1 \times 0.15 = 0.5475\ m^3$

سنگینی دانه‌ها در هر متر باز $= 0.5475 \times 1800 = 0.9855$ ton

$W_s = V \cdot \gamma_d$

$$L = \frac{\text{سنگینی دانه‌های هر کامیون}}{\text{سنگینی دانه‌ها در هر متر باز}} = \frac{9.524}{0.9855} = 9.66\ m$$

اگر بخواهیم، نم خاک را به هنگام تو پر کردن به 10٪ برسانیم، کامیون آبپاشی که در پهنای لوله آب‌پاش آن 3.65 متر است و در هر دقیقه 300lit آب می‌پاشد، با چه سرعتی بر روی لایه خاک حرکت کند، تا پس از چهار بار گذر، نم خاک برسیده (مناسب) گردد.

سنگینی آب بایسته (لازم) برای هر متر باز $= W_s(w_2 - w_1) = 0.9855(0.10 - 0.05) = 0.049t$
$= 49kg \equiv 49\ lit$

حجم آبی که در هر گذر به هر متر بایستی پاشیده شود $= \frac{49}{4} = 12.25\ lit$

زمان پیمایش یک متر باز $= \frac{12.25}{300} = 0.0408\ min$

سرعت پیمایش $= \frac{L}{t} = \frac{1}{0.0408} = 24.5\ m/min$

ب) ۱۶-۲

۸۷- یک متر مکعب خاک رسی خشک، 1600kg سنگینی و 0.35 تخلخل دارد. به این خاک 400kg آب افزوده می شود، خواسته می شود γ_{d1} و γ_{d2}

$$n=\frac{V_v}{V} \rightarrow 0.35=\frac{V_v}{1000\,lit} \rightarrow V_v=350\,lit$$

با افزوده شدن 400lit آب به خاک، نخست 350lit فضای خالی پر می شود و سپس خاک 50lit آماس (ورم) می کند.

$$\gamma_{d_1}=\frac{W_s}{V_1}=\frac{1600}{1}=1600\ kg/m^3$$

$$\gamma_{d_2}=\frac{W_s}{V_2}=\frac{1600}{1.050}=1523.8\ kg/m^3$$

۸۸- یک لیتر خاک نمناک 1700gr سنگینی دارد و به هنگامی که درون ظرف مدرجی انداخته می شود، 700cm³ افزایش حجم نشان می دهد. خواسته می شود γ و γ_{sat} خاک

$$V_a=V-(V_s+V_w)=1000-(700)=300\ cm^3$$

$$\gamma=\frac{W}{V}=\frac{1700}{1000}=1.7\ gr/cm^3$$

$$\gamma_{sat}=\frac{W+V_a\times\gamma_w}{V}=\frac{1700+(300\times1)}{1000}=2\ gr/cm^3$$

۸۹- به خاکی که 1.8kg سنگینی و 20٪ نم دارد، خاک دیگری با سنگینی 2.1kg و نم 40٪ افزوده می شود و 0.6kg آب به آمیخته آنها پاشیده می شود. خواسته می شود نم خاک بدست آمده.

$$W_{s1}=\frac{W_1}{1+w_1}=\frac{1.8}{1+0.20}=1.5\ kg \rightarrow W_{w1}=W_1-W_{s1}=1.8-1.5=0.3\ kg$$

$$W_{s2}=\frac{W_2}{1+w_2}=\frac{2.1}{1+0.40}=1.5\ kg \rightarrow W_{w2}=W_2-W_{s2}=2.1-1.5=0.6\ kg$$

$$w_3=\frac{W_{w3}}{W_{s3}}=\frac{0.30+0.6+0.6}{1.5+1.5}=0.50=50\%$$

۹۰- خاکی درشت دانه، بخشی از نم خود را از دست می دهد. کدامیک از پارامترهای e، n، G_s، γ_{sat}، γ و γ_d دگرش (تغییر) می یابد. هیچکدام تغییر نمی یابد.

ب) ۲-۷

۹۱- به 1500gr خاک خشک، 300gr آب افزوده می‌شود و در درون قالبی یک لیتری درهم فشرده می‌شود. خواسته می‌شود γ، γ_d خاک درون قالب

$$\gamma = \frac{W}{V} = \frac{W_s + W_w}{V} = \frac{1500+300}{1000} = 1.8 \ gr/cm^3$$

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} = \frac{1500}{1000} = 1.5 \ gr/cm^3$$

۹۲- در خاکی $e_{خشک} = 0.9$ است. به هر مترمکعب این خاک چند لیتر آب افزوده شود تا سیر آب گردد.

$$\gamma_{sat} - \gamma_d = \frac{e}{1+e} \cdot \gamma_w = \frac{0.9}{1+0.9} \times 1000 = 473.4 kg = 473.4 \ lit$$

۹۳- در خاکی درشت دانه $\gamma_{sat} = 2000 kg/m^3$ است. این خاک کمی آب از دست می‌دهد و به $\gamma = 1900 kg/m^3$ می‌رسد. خواسته می‌شود A

$$A = \frac{V_a}{V} = \frac{100 lit}{1000 lit} = 0.10$$

100kg کاهش آب، 100lit حجم هوا پدید می‌آورد.

۹۴- در خاکی درشت دانه $\gamma_{sat} = 2000 kg/m^3$، $\gamma_d = 1700 kg/m^3$ است. اگر 50٪ فضاهای خالی خاک پر آب باشد، خواسته می‌شود γ

$$\gamma = \frac{W}{V} = \frac{W_s + W_w}{V} = \frac{1700 + ((2000-1700)/2)}{1} = 1850 kg/m^3$$

۹۵- در خاکی درشت دانه، نم خاک از $w_1 = 25\%$ به $w_2 = 50\%$ می‌رسد. Sr چند برابر می‌شود؟

در خاک درشت دانه، افزایش نم، آماس (ورم) پدید نمی‌آورد. ($e = cte$)

$$w \times G_s = e \cdot Sr$$

cte cte

پیوند بالا نشان می‌دهد که با دوبرابر شدن نم، Sr نیز دوبرابر می‌شود.

۹۶- به یک لیتر آب، 135gr خاک رس خشک که چگالی دانه‌های آن 2.7 است، افزوده می‌شود. خواسته می‌شود γ گل آب بدست آمده

$$\gamma = \frac{W}{V} = \frac{W_w + W_s}{V_w + V_s} = \frac{W_w + W_s}{V_w + \frac{W_s}{G_s \cdot \gamma_w}} = \frac{1000+135}{1000 + \frac{135}{2.7 \times 1}} = 1.08 \ gr/cm^3$$

ب) ۲-۱۸

۹۷- در خاکی $G_s = 2.6$ ، $w = 20\%$ و $S_r = 25\%$ است. اگر آب این خاک دوبرابر شود، تم آن چند درصد خواهد شد؟

$$w = \frac{W_w}{W_s} \rightarrow cte$$

در یک خاک W_s ثابت است و با دوبرابر شدن W_w، تم نیز دوبرابر خواهد شد. ($w_2 = 40\%$)

۹۸- در خاکی $e = 0.9$ ، $G_s = 2.6$ و $w = 25\%$ است. به ازای مترمکعب این خاک چند لیتر باید آب پاشیده شود تا $S_r = 92\%$ شود؟

$$\gamma = \frac{G_s(1+w)}{1+e}\gamma_w = \frac{2.6(1+0.25)}{1+0.9} \times 1000 = 1710\ kg/m^3$$

$$\gamma_{S_r=0.92} = \frac{G_s + S_r \cdot e}{1+e}\gamma_w = \frac{2.6 + 0.92 \times 0.9}{1+0.9} \times 1000 = 1804\ kg/m^3$$

$$\Delta W_w = 1804 - 1710 = 94\ kg \equiv 94\ lit$$

۱۰۰- در نمونه‌ای از خاک رس دار، $V_0 = 2150\ cm^3$ ، $w_0 = 10\%$ و $G_s = 2.7$ است. با افزودن $450\ cm^3$ آب، حجم نمونه به $2400\ cm^3$ افزایش می‌یابد. خواسته می‌شود γ_0

$$2400 - 2150 = 250\ cm^3$$

از آنجا که با افزودن $450\ cm^3$ آب، نمونه $250\ cm^3$ آماس (ورم) می‌کند، پس حجم هوای نمونه $200\ cm^3$ بوده است.

الف) $V_s + V_w = V - V_a \rightarrow V_s + V_w = 2150 - 200 = 1950\ cm^3$

ب) $w = \frac{W_w}{W_s} = \frac{V_w \times \gamma_w}{V_s \times G_s \times \gamma_w} \rightarrow 0.10 = \frac{V_w \times 1}{V_s \times 2.7 \times 1}$

از دو معادله الف و ب، دو مجهول V_w و V_s بدست می‌آید.

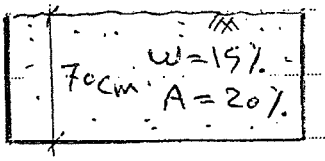
$$V_w = 414.6\ cm^3 \ ,\ V_s = 1535.4\ cm^3$$

$$\gamma_0 = \frac{W_0}{V_0} = \frac{W_s + W_w}{V_0} = \frac{V_s \gamma_w G_s + V_w \gamma_w}{V_0}$$

$$\gamma_0 = \frac{1535 \times 1 \times 2.7 + 414.6 \times 1}{2150} = 2.12\ gr/cm^3$$

ب) ۲-۱۹

۱۰۱ – اگر ایم شکاره زیر، زیر بارش باران جای می‌گیرد. پس از چند سانتی متر بارش، ماسه خروجی آن سیراب می‌گردد.

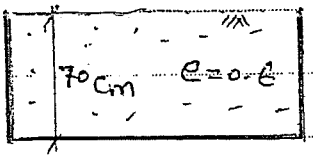


$$A=\frac{V_a}{V}=\frac{\text{حجم باران}}{\text{حجم خاک}}=\frac{\text{بلندی بارش} \times \text{مساحت قاعده}}{\text{بلندی ماسه} \times \text{مساحت قاعده}}$$

$$0.20=\frac{\text{بلندی بارش}}{70} \rightarrow \text{بلندی بارش}=14\,cm$$

---

۱۰۲ – ماسه خشک درون آکوارم، پس از چند سانتی متر بارش باران، سیراب می‌گردد.



$$n=\frac{e}{1+e}=\frac{0.6}{1+0.6}=0.375$$

$$n=\frac{V_v}{V}=\frac{\text{حجم باران}}{\text{حجم خاک}}=\frac{\text{بلندی بارش} \times \text{مساحت قاعده}}{\text{بلندی ماسه} \times \text{مساحت قاعده}}$$

$$0.375=\frac{\text{بلندی بارش}}{70} \rightarrow \text{بلندی بارش}=26.25\,cm$$

---

۱۰۳ – از یک خاک، دو نمونه خشک و سیراب در دسترس است. این دو نمونه را چگونه بایستی درهم آمیخت تا نمونه خاک بدست آمده $\gamma_{sat}=22\,kN/m^3$، $\gamma_d=16\,kN/m^3$ و $w=20\%$ شود؟

(ک ۸۴)

$$\gamma_d=\frac{\gamma_{sat}}{1+w_{sat}}$$

$$16=\frac{22}{1+w_{sat}} \rightarrow w_{sat}=0.375$$

(هم حجم سیراب)

الف) ۲۷٪ خشک، ۷۳٪ سیراب

ب) ۴۷٪ خشک، ۵۳٪ سیراب ✓

پ) ۵۳٪ خشک، ۴۷٪ خشک

ت) ۷۳٪ خشک، ۲۷٪ سیراب

$$0.373 \times x=0.20 \rightarrow x=0.53$$

---

۱۰۴ – اگر بخواهیم سه بخش وزنی از خاک A با یک بخش وزنی خاک B آمیخته شود، بایستی برای یک بخش حجمی خاک B، چند بخش حجمی خاک A افزوده شود.

$\gamma_A=1440\,kg/m^3$, $w_A=20\%$ $\rightarrow$ $\gamma_{dA}=1200\,kg/m^3$

$\gamma_B=1500\,kg/m^3$, $w_B=50\%$ $\rightarrow$ $\gamma_{dB}=1000\,kg/m^3$

$$\frac{W_{SA}}{W_{SB}}=3 \Rightarrow \frac{V_A \cdot \gamma_{dA}}{V_B \cdot \gamma_{dB}}=3 \Rightarrow \frac{V_A \times 1200}{1 \times 1000}=3 \Rightarrow 2.5\,m^3$$

ب) ۲-۲۰

۱۰۵- بررسی نمونه خشک و تر خاکی آزمایش تعیین G_s و w انجام گرفته و دست آورد آن این چنین است؛ خواسته می شود G_s و w

سنگینی پیکنومتر تهی $W_1 = 620\ gr$

و خاک خشک درونش $W_2 = 1600\ gr$

خاک دار و آب چکیده پرکننده آن $W_3 = 2112\ gr$

و آب چکیده پرکننده آن $W_4 = 1495\ gr$

$$G_s = \frac{W_s/V_s}{\gamma_w} = \frac{W_s}{V_s \cdot \gamma_w} \quad \begin{matrix} \text{وزن دانه ها} \\ \text{وزن آب هم حجم دانه ها} \end{matrix}$$

$$G_s = \frac{W_2 - W_1}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)} = \frac{1600 - 620}{(1495 - 620) - (2112 - 1600)}$$

وزن آب پرکننده پیکنومتر خالی — وزن آب پرکننده پیکنومتر دارای خاک خشک

$$G_s = 2.7$$

سنگینی پیکنومتر و خاک نمناک درونش $W_5 = 1610\ gr$

و خاک دار و آب چکیده پرکننده آن $W_6 = 2062\ gr$

$$W_6 - W_4 = \text{سنگینی آب هم حجم دانه ها} - \text{سنگینی دانه ها}$$

$$= W_s - V_s \cdot \gamma_w = W_s - \frac{W_s}{\gamma_s} \cdot \gamma_w = W_s - \frac{W_s}{G_s}$$

$$W_6 - W_4 = W_s \left(1 - \frac{1}{G_s}\right) = W_s \frac{G_s - 1}{G_s}$$

$$W_s = (W_6 - W_4) \frac{G_s}{G_s - 1}$$

$$w = \frac{W_w}{W_s} = \frac{W - W_s}{W_s} = \frac{(W_5 - W_1) - W_s}{W_s} = \frac{W_5 - W_1}{W_s} - 1$$

$$w = \frac{(W_5 - W_1)(G_s - 1)}{(W_6 - W_4) G_s} - 1 \quad \rightarrow w = \frac{(1610 - 620)(2.7 - 1)}{(2062 - 1495)\, 2.7} - 1$$

$$w = 0.0993 \simeq 0.10 = 10\%$$

۱۰۶- در خاکی $G_s = 2.7$ ، $w = 20\%$ و $S_r = 40\%$ است. اگر این خاک تا رسیدن به $S_r = 80\%$ در هم فشرده شود، خواسته می شود نم خاک؟

$$w = \frac{W_w \to cte}{W_s \to cte} = 0.20$$

۱۰۷- در خاکی $\gamma_1 = 1.6\ gr/cm^3$ است که با ۱۰٪ برابر شدن تم، به ازای حجم خاک افزوده شود $\gamma_2 = 1.7\ gr/cm^3$ می شود. خواسته می شود تم نخستین خاک (ک ۸۷)

الف) ۱۰٪

ب) ۱۶٪

ج) ۱۴٪ ✓

ت) ۱۲٪

$$\frac{\gamma_2}{\gamma_1} = \frac{\frac{G_s(1+w_2)\gamma_w}{1+e}}{\frac{G_s(1+w_1)\gamma_w}{1+e}} = \frac{1+w_2}{1+w_1}$$

$$\frac{1.7}{1.6} = \frac{1+1.5w_1}{1+w_1} \rightarrow w_1 = 0.14$$

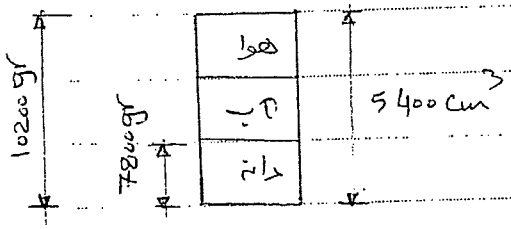
۱۰۸- باروی راست به شکاره خواسته می شود e و S_r (ک ۸۹) $(G_s = 2.6)$

الف) ۰.۸ و ۱۰۰٪ ✓

ب) ۰.۸ و ۹۰٪

ج) ۰.۹ و ۹۰٪

ت) ۰.۹ و ۸۰٪



$$V_s = \frac{W_s}{\gamma_s} = \frac{W_s}{G_s \cdot \gamma_w} = \frac{7800}{2.6 \times 1} = 3000\ cm^3 \rightarrow V_v = V - V_s = 5400 - 3000 = 2400\ cm^3$$

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{2400}{3000} = 0.8 \qquad V_w = \frac{W_w}{\gamma_w} = \frac{W - W_s}{\gamma_w} = \frac{10200 - 7800}{1} = 2400\ cm^3$$

$$S_r = \frac{V_w}{V_v} = \frac{2400}{2400} = 1 = 100\%$$

۱۰۹- در خاکی $V_v = V_s$ است و نیمی از V_v با آب پر شده است. خواسته می شود A (ک ۸۳)

الف) ۵۰٪

ب) ۲۵٪ ✓

ج) ۷۵٪

ت) ۱۰۰٪

$$A = \frac{V_a}{V} = \frac{0.5V_v}{V_s + V_v} = \frac{0.5V_v}{V_v + V_v} = \frac{0.5}{2} = 0.25$$

۱۱۰- در لایه‌ای با ستبرای 4 متر، $e_0 = 0.60$ بوده و پس از در هم فشرده شدن به $e_1 = 0.57$ کاهش یافته است. خواسته می شود نشست لایه (ک ۸۳)

الف) ۱۰cm

ب) ۱۲.۵cm

ج) 5cm

ت) 7.5cm ✓

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

$$\frac{\Delta H}{400\ cm} = \frac{0.60 - 0.57}{1 + 0.60} \rightarrow \Delta H = 7.5\ cm$$

۲-۲۲ ب

۱۱۱- در ظرفی با گنجایش $4712.4\,cm^3$ ماسه خشک ریخته شده و برای آن $\gamma_d = 17\,kN/m^3$ ، $\gamma_s = 27\,kN/m^3$ برآورد شده است. خواسته می‌شود حجم آبی که برای سیرآب شدن ماسه بایسته است. (ک

$$\begin{cases} \gamma_d = \dfrac{W_s}{V} \rightarrow W_s = \gamma_d \cdot V \\ \gamma_s = \dfrac{W_s}{V_s} \rightarrow W_s = \gamma_s \cdot V_s \end{cases} \rightarrow \frac{\gamma_d}{\gamma_s} = \frac{V_s}{V}$$

$$\frac{17\ kN/m^3}{27\ kN/m^3} = \frac{V_s}{4712.4\ cm^3} \rightarrow V_s = 2967\ cm^3$$

$$V_v = V - V_s = 4712.4 - 2967 = 1745.4\ cm^3$$

۱۱۲- خاکی با $w_1 = 10\%$ و $\gamma_1 = 15.8\,kN/m^3$ در آبایستگی در هم فشرده می‌شود و $w_2 = 14\%$ ، $\gamma_2 = 19.79\,kN/m^3$ می‌گردد. برای هر متر مکعب خاک در هم فشرده بایستی چند متر مکعب خاکبرداری شود. (ک ۸۲)

الف) $1.21\,m^3$

ب) $1.09\,m^3$

پ) $1.33\,m^3$

ت) $1.46\,m^3$

$$\gamma_{d_1} = \frac{\gamma_1}{1+w_1} = \frac{15.8}{1+0.10} = 14.36\ kN/m^3$$

$$\gamma_{d_2} = \frac{\gamma_2}{1+w_2} = \frac{19.79}{1+0.14} = 17.36\ kN/m^3$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{\gamma_{d_2}}{\gamma_{d_1}} \rightarrow \frac{V_1}{1} = \frac{17.36}{14.36} \rightarrow V_1 = 1.21\,m^3$$

۱۱۳- خاکی با $w = 8\%$ و $\gamma = 1.62\,t/m^3$ در آبایستگی در هم فشرده شدن، $\gamma_{dmax} = 1.8\,t/m^3$ از خود نشان داده است. اگر بخواهیم این خاک را تا رسیدن به درصد در هم فشردگی 95% در هم فشرده کنیم. برای هر متر مکعب خاک در هم فشرده بایستی چند متر مکعب خاکبرداری شود. (ک ۸۲)

الف) $1.13\,m^3$

ب) $1.14\,m^3$ ✓

پ) $1.15\,m^3$

ت) $1.16\,m^3$

$$\gamma_{d_1} = \frac{\gamma_1}{1+w_1} = \frac{1.62}{1+0.08} = 1.5\ t/m^3$$

$$\gamma_{d_2} = 0.95\,\gamma_{dmax} = 0.95 \times 1.8 = 1.71\ t/m^3$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{\gamma_{d_2}}{\gamma_{d_1}} \rightarrow \frac{V_1}{1} = \frac{1.71}{1.5} \rightarrow V_1 = 1.14$$

۱۱۴- با $1200m^3$ خاک با $e=0.8$، چند مترمکعب خاکریز با $e=0.5$ می‌توان ساخت (ک ۹۰)

الف) $1000m^3$ ب) $1240m^3$

پ) $1620m^3$ ت) $1440m^3$

$$\frac{V_1}{V_2}=\frac{1+e_1}{1+e_2} \rightarrow \frac{1200}{V_2}=\frac{1+0.8}{1+0.5} \rightarrow V_2=1000m^3$$

فردوسی در بخشی از داستان های شاهنامه می سراید:

به یک ماه در آذر آبادگان ... بپوشند شاهان و آزادگان

راستی اگر بر پایه این داستان، آذربایجان را آذرآبادگان بنامیم، آبادی هائی همانند، ارزنجان، زنجان، استجان، ارسنجان، یسفرجان، سیسجان خلخالیجان، رامجان، بیگ جان، انزجان، استجان، سینجان، بارجان جرجان، لارجان، کوزجان، اوجان، اورجان، سرجان، لای جان رواسجان، ارجان، گرجان را که در جغرافیای ترک ها از ترکستان گرفته تا خراسان و آذربایجان و آناطولی پراکنده اند، چه بنامیم؟

شعوبیه ایران که از یک هزار سال پیش گوشه چشمی به انتقام یزدگرد دارد و یگونه سازمان یافته بدنبال تکمیل و ترویج یکسان سازی نیاسانی و هخامنشی است، همسو با اقلیت هائی که پس از سه هزار سال زندگی در ایران هنوز تک سازمی زنند، می خواهد با تغییر نام های جغرافیائی برای نوادگان خیالی خود، جغرافیای پهناوری دست و پا کند و با بازی رنگ یافته کودکانه بر روی نقشه جغرافیا، اثری از ترک و عرب در محدوده گذر و نفوذ هخامنشیان، از چین تا مدیترانه، به جا بگذارد. نمونه ها:

دریای خزر ← دریای مازندران ... آبخوره ← Avqara

دریای کهان ← دریای عجم (همزگان) ... قیاسیه ← Qiyisa

آجی چای ← تلخه رود ... باقرآباد ← Bulqavar

ماوراء النهر ← آن سوی رود ... زیگ آباد ← Ziganov

بین النهرین ← میان رودان ... گسایسگ ← gösayiş

آذربایجان ← سمال غرب، آران، آذرستراپ ... سنگدل ← Sigindil

قره داغ ← ارسباران ... بیرق ← Bera

قره باغ ← (روسان اگر توانستند نام گذاری می کنند) ب) ۲۲-۲

yüz vur deyəndən, bir vuran yaxşıdır.

از صد تا بزن بگو، یک بزن بهتر است.

بخش سوم – دانه بندی خاک دانه ها

دانه بندی خاک دانه ها، بر روی رفتار خاک اثر گذار است.

- خاک های درشت دانه در برابر فشار، لغزش و رانش پایداری بیشتری دارند.
- خاک های درشت دانه آبگذری بیشتری دارند.
- خاک های درشت دانه یکنواخت، پس از درهم فشرده شدن، نا تراوا نمی شوند.
- خاک های درشت دانه‌ای که به اندازه میان درشت دانه ها، میان دانه و به اندازه میانِ میان دانه‌ها، ریزدانه داشته باشند، خوب درهم فشرده می شوند و بسیار کم تراوا می گردند.

با بهره مندی از پرویزن (الک sələk) می توان به دانه بندی خاک دانه ها دست یافت. الک هائی که بیشترین کاربرد را دارند، اینهایند:

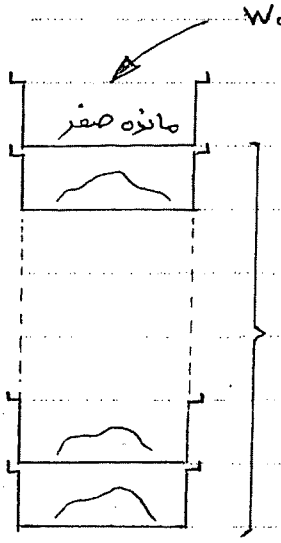
الک های درشت چشمه	4″	3″	2″	1½″	1″	¾″	½″	⅜″	¼″
اندازه چشمه mm (kesmə)	101.6	76.1	50.8	38.1	25.4	19	12.7	9.5	6.35

الک های ریز چشمه	No4	No8	No10	No20	No40	No50	No100	No200
اندازه چشمه mm	4.75	2.36	2	0.85	0.425	0.3	0.15	0.075

که 75 میکرون (75μm)

- در الک های درشت چشمه، شماره الک، اندازه ضلع مربع چشمه را برحسب اینچ نشان می دهد.
- در الک های ریز چشمه، شماره الک، شمار چشمه های الک را در هر اینچ تور، نشان می دهد.

برای رسیدن به دانه بندی خاکدانه های خاک، نمونه ای از آن را خشکانده وکلوخه هایش را خرد می کنند و پس از بدست آوردن سنگینی نمونه، آنرا درروی دسته ای الک که از ریز به درشت بروی هم چیده شده اند می ریزند و پس از چندی تکان دادن الک ها، سنگینی دانه های مانده بروی هرالک را بدست می آورند.



W_0 - سنگینی نمونه

W_1 - سنگینی خاکدانه های مانده برروی الک ها وزیرالک

- نخستین الک بایستی درشت چشمه تر از D_{max} خاکدانه های خاک آزمایش شونده باشد، تا در آن خاکدانه ای نماند.

$$\text{درصد خطا} = \left|\frac{W_0 - W_1}{W_0}\right| \times 100 < 2\%$$

آرایه زیر درست آورد یک آزمایش دانه بندی را نشان می دهد. خواسته می شود نمودار دانه بندی ($W_0 = 1012\ gr$)

شماره الک	مانده در الک gr	مانده انباشتی gr	گذرنده انباشتی gr	درصد وزنی گذرنده $= \frac{\text{وزن گذرنده انباشتی}}{W_1} \times 100$
1"	0	0	1000	$P.P_{1"} \equiv F_{1"} = \frac{1000}{1000} \times 100 = 100\%$
3/4"	30	30	970	$P.P_{3/4"} \equiv F_{3/4"} = \frac{970}{1000} \times 100 = 97\%$
3/8"	30	60	940	$P.P_{3/8"} = 94\%$
No4	50	110	890	$P.P_{No4} = 89\%$
No8	200	310	690	$P.P_{No8} = 69\%$
No12	160	470	530	$P.P_{No12} = 53\%$
No25	200	670	330	$P.P_{No25} = 33\%$
No40	130	800	200	$P.P_{No40} = 20\%$
No50	60	860	140	$P.P_{No50} = 14\%$
No100	65	925	75	$P.P_{No100} = 7.5\%$
No200	15	940	60	$P.P_{No200} = 6\%$
Pan	60	1000	0	

$1000\ gr = W_1$

$$\text{درصد خطا} = \frac{1012 - 1000}{1012} \times 100 = 1.2 \checkmark$$

الف) ۲-۳

از نمودار دانه بندی می توان D_{100} (Dmax)، D_{85}، D_{75}، D_{60}، D_{50}، D_{30}، D_{15} و D_{10} را بدست آورد و از روی آنها ضریب یکنواختی (C_u) و ضریب خمیدگی (C_c) حساب کرد.

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

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

- این اندازه ها در رده بندی خاک و طراحی صافی (فیلتر) کاربرد دارند.
- D_{50} (قطر میانگین) — D_{10} (قطر موثر)
- D_{60} اندازه ای که 60٪ وزنی خاکدانه ها از آن کوچکترند.

نمودار دانه بندی خاک پرسش پیشین چه نموری داشته باشد تا بتوان آنرا تو پر (fuller) نامید؟

روشنگری (توضیح): در خاک های خوب دانه بندی شده میان دانه ها، میان درشت دانه ها و ریزدانه ها میان میان دانه ها را پر می کنند. این خاکها با کوبیدن و لرزاندن تو پر (fuller) می شوند. پیوند $P.P_{di} = \sqrt{\frac{di}{D_{max}}} \times 100$ نمودار دانه بندی چنین خاکهائی را نشان می دهد. برای خاک آزمایش شونده، می توان نوشت:

$D_{max} = 1'' = 25.4$ mm $\quad P.P_{1''} = \sqrt{\frac{25.4}{25.4}} \times 100 = 100\%$

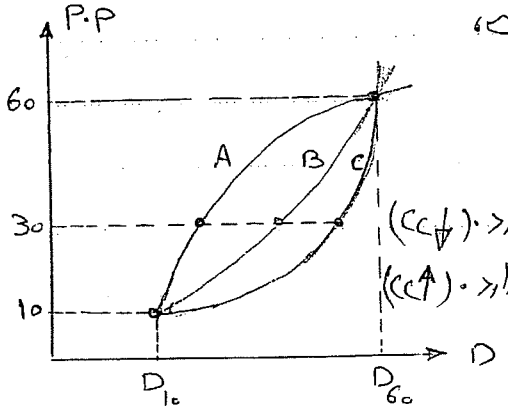
$P.P_{3/4''} = \sqrt{\frac{19}{25.4}} \times 100 = 86.5\%$ $\quad P.P_{3/8''} = \sqrt{\frac{9.5}{25.4}} \times 100 = 61\%$

$P.P_{No4} = \sqrt{\frac{4.75}{25.4}} \times 100 = 43.2\%$ $\quad P.P_{No8} = \sqrt{\frac{2.36}{25.4}} \times 100 = 30.5\%$

$P.P_{No12} = \sqrt{\frac{1.68}{25.4}} \times 100 = 25.7\%$ $\quad P.P_{No25} = \sqrt{\frac{0.71}{25.4}} \times 100 = 16.7\%$

$P.P_{No40} = \sqrt{\frac{0.425}{25.4}} \times 100 = 13\%$ $\quad P.P_{No50} = \sqrt{\frac{0.30}{25.4}} \times 100 = 10.9\%$

$P.P_{No100} = \sqrt{\frac{0.15}{25.4}} \times 100 = 7.7\%$ $\quad P.P_{No200} = \sqrt{\frac{0.075}{25.4}} \times 100 = 5.4\%$

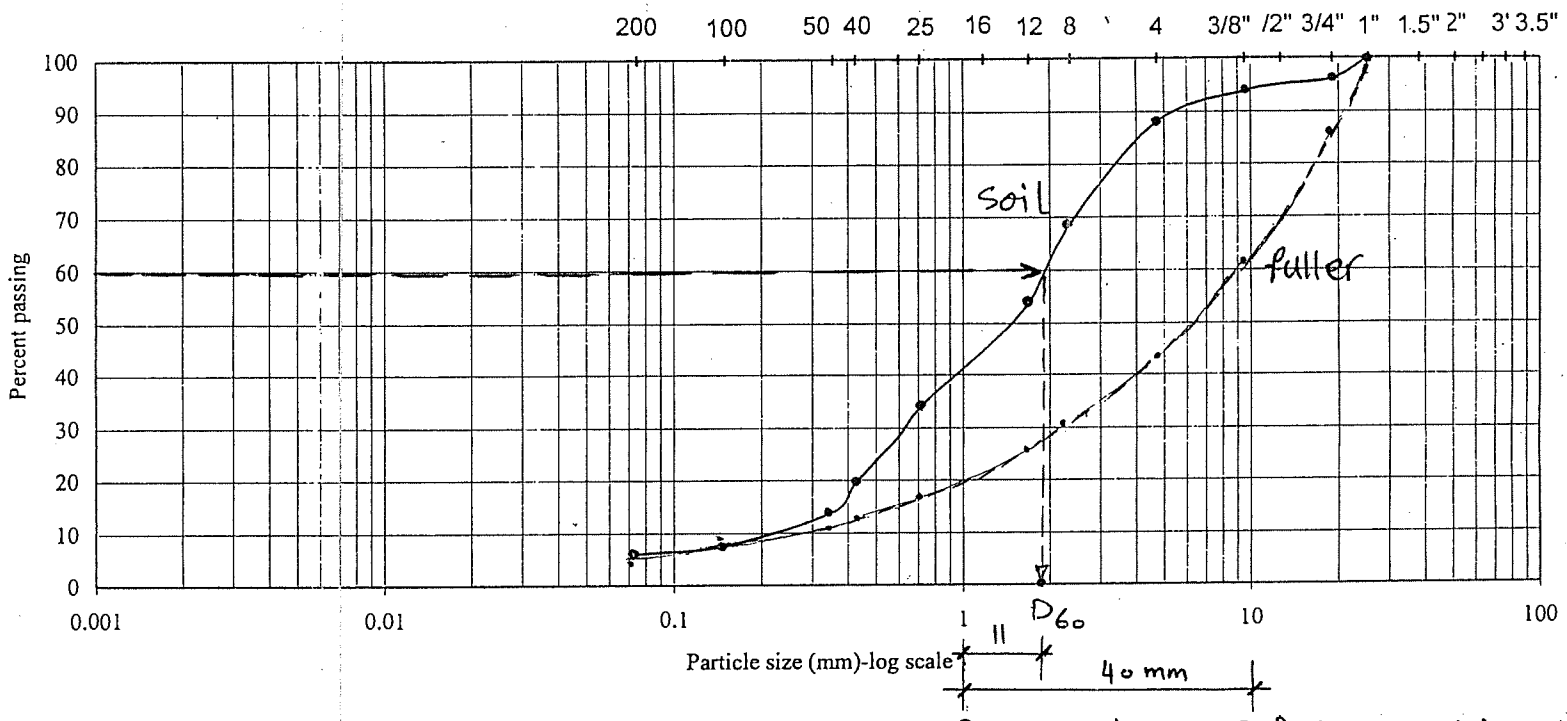


در سه خاک A، B و C، D_{60} و D_{10} برای هر سه یکی است، پس ضریب یکنواختی هر سه خاک مساوی خواهد شد.

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

- D_{30} خاک A کوچک است و از این رو A ریزدانه بیشتری دارد. ($C_c \downarrow$)
- D_{30} خاک C بزرگ است و از این رو C درشت دانه بیشتری دارد. ($C_c \uparrow$)
- خاک B، fuller است. $(1 < C_c < 3)$
- نمودار fuller خیلی گوشه یا کاو (مقعر) یا محدب نیست.

نمودار دانه بندی خاک و fuller آن



برای نمونه، D_{60} با روش ترسیم و تحلیل بدست می‌آید:

$$\frac{40}{11} = \frac{\log 10 - \log 1}{\log D_{60} - \log 1} \Rightarrow D_{60} = 1.9\ mm$$

P.P : Percent Passing

F : Percent finer

- نمودار دانه بندی خاک آزمایش شونده، بالاتر از fuller جای گرفته است و از این رو ریزدانه تر از fuller است. پس خوب دانه بندی شده (well graded) نیست و بد دانه بندی شده (Poorly graded) ارزیابی می شود.

شن ⌊ ⌋ ماسه ⌊ ⌋ لای و رس

No4 (4.75 mm)

No200 (0.075 mm)

- الک No4 و No200 بایستی در میان رسته الک ها باشند
- رس ها از 0.002 میلی متر (2μm) کوچکترند.

۳٫۴ (ع)

از روی نمودار دانه‌بندی، D_{10} (قطر مؤثر)، D_{30}، D_{50} (قطر میانگین) و D_{60} بدست آورده شده و از روی آنها ضریب یکنواختی و ضریب خمیدگی نمودار دانه‌بندی حساب می‌شود.

- ضریب یکنواختی (Coefficient of uniformity)

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

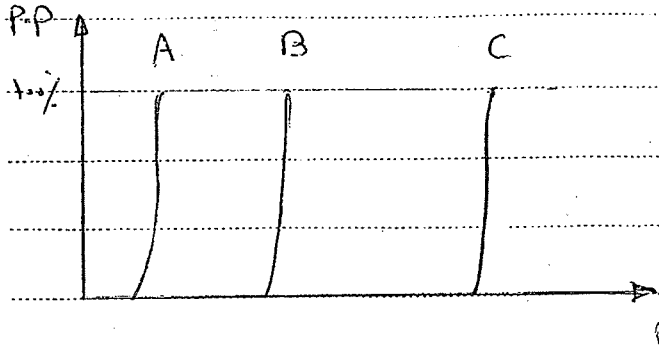
- ضریب خمیدگی یا ضریب دانه‌بندی

Coefficient of gradation — Coefficient of curvature

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

C_u و C_c تنها برای خاک‌های درشت‌دانه (سنگ و ماسه) بکار برده می‌شوند.

شناخت نمودار دانه‌بندی:

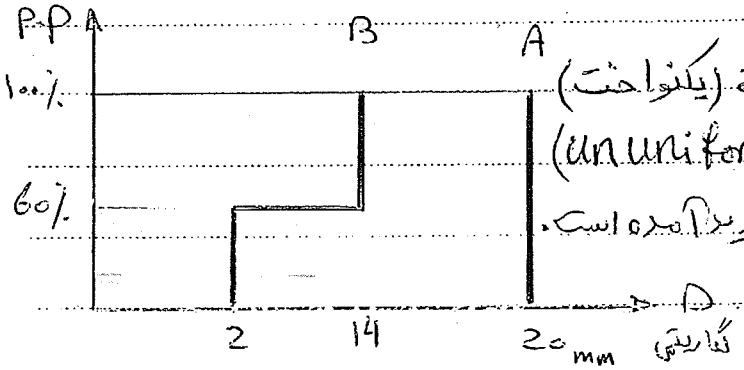


A: خاک یکنواخت ریزدانه

B: " " میان‌دانه

C: " " درشت‌دانه

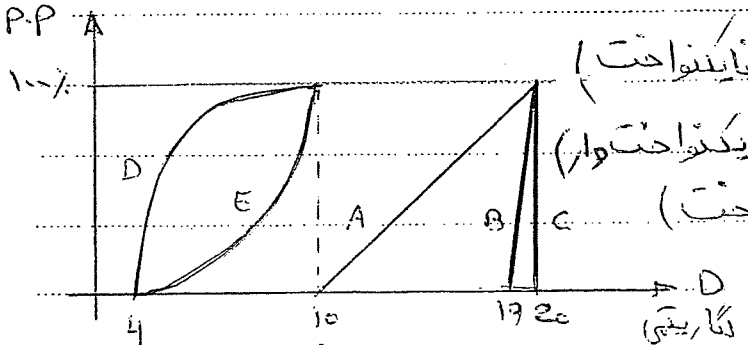
یکنواخت: (uniform)



A: همه دانه‌ها به قطر 20mm (یکنواخت)

B: خاک ناپکنواخت (ununiform)

که از دو خاک یکنواخت پدید آمده است.



A: همه دانه‌ها 10 تا 20mm (ناپکنواخت)

B: همه دانه‌ها 19 تا 20mm (یکنواخت‌تر)

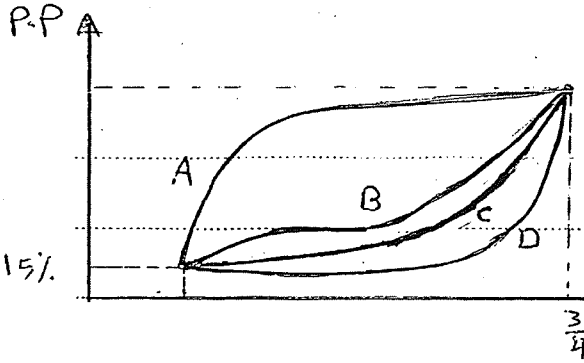
C: همه دانه‌ها 20mm (یکنواخت)

D و E: همه دانه‌ها 4 تا 10 mm

(ناپکنواخت) الف) ۳-۵

D: ریزدانه بیشتری دارد.

E: درشت‌دانه بیشتری دارد.

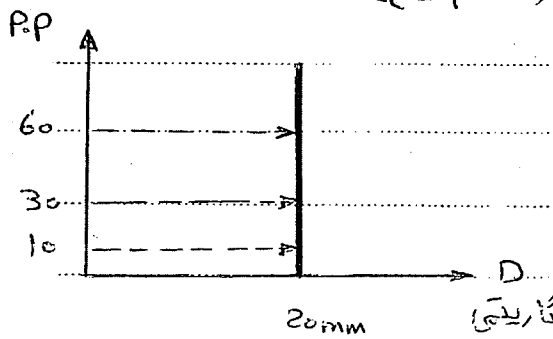


- هر چهار تا یکنواخت
- A ، B ، D بدرانه بندی شده
Poorly graded
- C خوب دانه بندی شده
well graded
- A ریزدانه بیشتری دارد.
- B میان دانه ندارد.
Gap graded
- D درشت دانه بیشتری دارد.
- C درشت دانه ، میان دانه و ریزدانه را باهم دارد ، به گونه‌ای که ریزدانه ها ، میان میان دانه‌ها و میان دانه ها ، میان درشت دانه‌ها را پر می‌کنند و خاک پس از لرزاندن و درهم فشردن ، تو پر تر می‌شود.
well graded = fuller

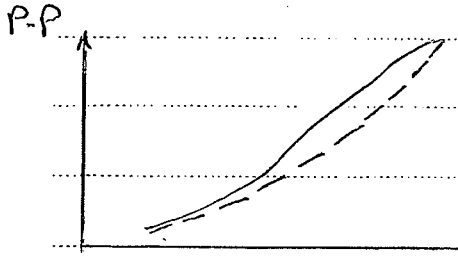
درشت خوب دانه بندی شده ، $C_u > 4$ و $1 < C_c < 3$

درماسه خوب دانه بندی شده ، $C_u > 6$ و $1 < C_c < 3$

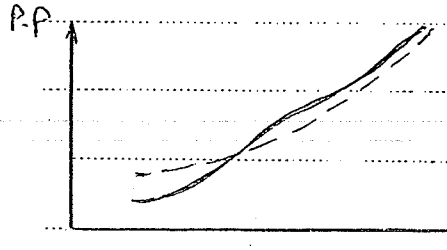
در خاک با دانه بندی یکنواخت $C_u = 1$ و $C_c = 1$



$D_{60} = D_{30} = D_{10} = 20mm \Rightarrow C_c = 1 \, , \, C_u = 1$



بخش درشت دانه خاک ، درشتدانه تر است.
با نمودار fuller



با افزودن به بخش ریزدانه خاک ،
می‌توان آنرا به نمودار fuller نزدیک کرد.

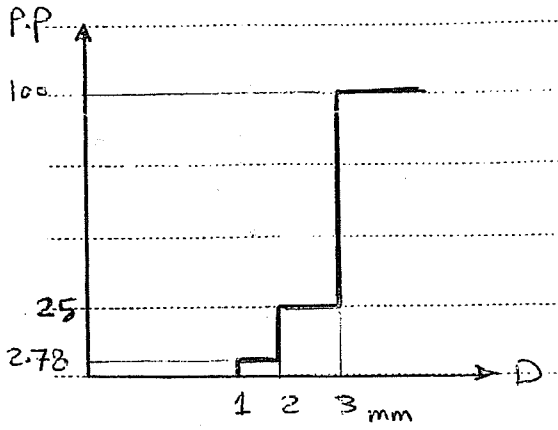
شمار یکسانی گوی شیشه‌ای ۱، ۲، ۳ میلی‌متری با هم آمیخته شده‌اند. خواسته می‌شود نمودار رانه‌بندی این رانه‌ها

$$W_{1mm} = n \times \frac{\pi \times 1^3}{6} \times \gamma_{glass} = B \longrightarrow \frac{B}{36B} \times 100 = 2.78\%$$

$$W_{2mm} = n \times \frac{\pi \times 2^3}{6} \times \gamma_{glass} = 8B \longrightarrow \frac{8B}{36B} \times 100 = 22.22\%$$

$$W_{3mm} = n \times \frac{\pi \times 3^3}{6} \times \gamma_{glass} = 27B \longrightarrow \frac{27B}{36B} \times 100 = 75\%$$

$$\frac{}{36B}$$

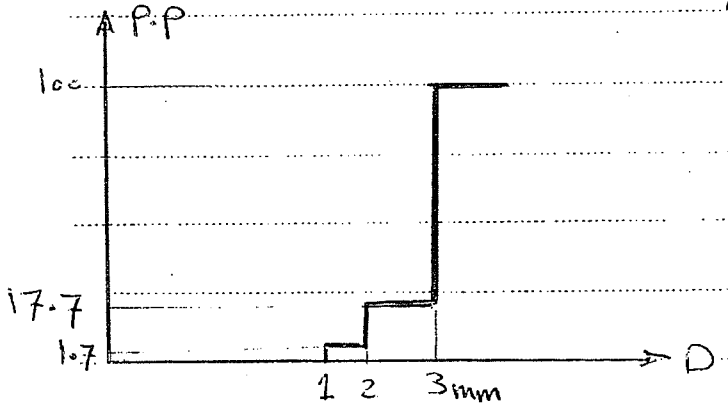


سه گونه گوی ۱، ۲، ۳ میلی‌متری با شمارگان n و $0.7n$ و $1.2n$ و با سنگینی ویژه γ، 1.7γ، 1.5γ با هم آمیخته شده‌اند. خواسته می‌شود نمودار رانه‌بندی

$$W_{1mm} = n \times \frac{\pi \times 1^3}{6} \times \gamma = B \longrightarrow \frac{B}{59.12B} \times 100 = 1.7\%$$

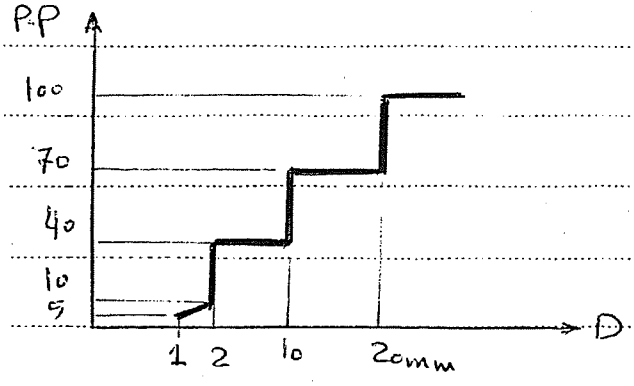
$$W_{2mm} = 0.7n \times \frac{\pi \times 2^3}{6} \times 1.7\gamma = 9.52B \longrightarrow \frac{9.52B}{59.12B} \times 100 = 16\%$$

$$W_{3mm} = 1.2n \times \frac{\pi \times 3^3}{6} \times 1.5\gamma = \frac{48.6B}{59.12B} \longrightarrow \frac{48.6B}{59.12B} \times 100 = 82.3\%$$

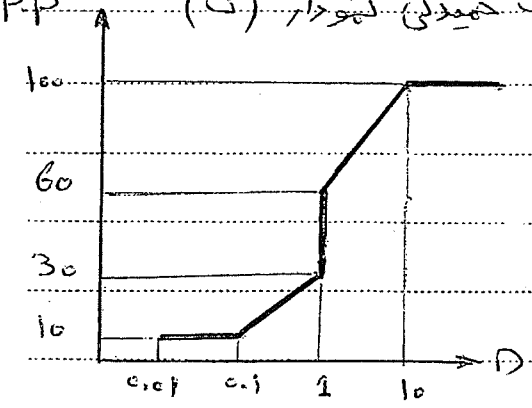


الف) ۳-۷

در خاکی 30٪ وزنی دانه ها به قطر 20mm و 30٪ به قطر 10mm و 30٪ به قطر 2mm است. اگر 5٪ وزنی دانه ها کمتر از 1mm قطر داشته باشند، خواسته می شود، نمودار دانه بندی خاک (ک)



خواسته می شود، ضریب یکنواختی و ضریب خمیدگی نمودار (ک)



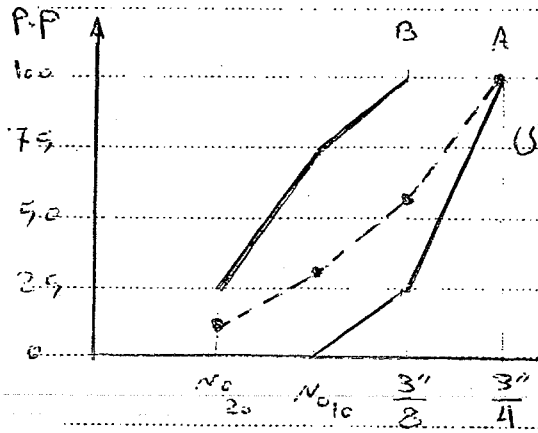
$D_{60} = 1$ $\quad C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 10$

$D_{30} = 1$

$D_{10} = 0.1$ $\quad C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}} = 10$

آمیختن خاک

با آمیختن چند خاک، می توان به خاک دلخواه رسید. می دانیم نه شن و ماسه به تنهائی برای ساخت بتن بهینه نیستند ولی می توان با آمیختن آنها، به دانه بندی روی بتن رسید. همین کار را می توان برای خاک بدنه بندهای خاکی و راه و راه آهن انجام داد.



— سه بخش وزنی از A، با دو بخش وزنی B آمیخته می شود. خواسته می شود نمودار دانه بندی

$P.P_{3/4"} = \frac{3 \times 100 + 2 \times 100}{3+2} = 100\%$

$P.P_{3/8"} = \frac{3 \times 25 + 2 \times 100}{3+2} = 55\%$

$P.P_{No10} = \frac{3 \times 0 + 2 \times 75}{3+2} = 30\%$

۳-۸ الف) $P.P_{No20} = \frac{3 \times 0 + 2 \times 25}{3+2} = 10\%$

دانه بندی با روش هیدرومتری

این روش برای دانه بندی دانه های گذرنده از ریزترین الک، بکار برده می شود.
برای شناخت دانه های گذرنده از ریزترین الک (No 200)، به آبگی و ویژگی های
مومسانی (خمیری) آنها می توان بسنده کرد. اگر چنانکه بخواهیم قطر و درصد وزنی
دانه ها را هم بدانیم، دانه بندی با روش هیدرومتری نیز بایسته خواهد بود.
با انجام این آزمایش، می توان دانست که چند درصد گذرندگان از الک No200
لای (0.002 < Silt < 0.07) و چند درصد رس (Clay < 0.002mm) است.
این آزمایش بر پایه قانون استوکس که برای ریزه های (ذرات) کوچکتر از
0.2mm و بزرگتر از 0.0002mm روا است، انجام می گیرد. آزمایش دانه بندی
با روش هیدرومتری، برای دانه های کوچکتر از 0.0005mm روا نیست.

قانون استوکس:

نیروی اثر کننده به یک ریزه ته نشین شونده در یک شاره (سیال) برابر
است با:

$F = 6\pi\eta \cdot R \cdot V$

نیروی ارشمیدس ↑
نیروی وزن ↓

$\frac{\pi D^3}{6}(\gamma_s - \gamma_w) = 6\pi\eta \frac{D}{2} \cdot \frac{L}{t}$

V: سرعت ته نشینی $\frac{cm}{sec}$
R: شعاع ریزه cm
η: ویسکوزیته دینامیکی شاره $\frac{grf.sec}{cm^2}$

$D = \sqrt{\frac{18\eta}{\gamma_w(G_s-1)}} \times \sqrt{\frac{L}{t}} \quad \frac{cm}{cm} \quad \frac{cm}{sec}$

$D_{mm} = \sqrt{\frac{30\eta}{\gamma_w(G_s-1)}} \times \sqrt{\frac{L}{t}} \quad \frac{cm}{min} \Rightarrow D_{mm} = k\sqrt{\frac{L}{t}} \quad \frac{cm}{min}$

k به G_s و ویسکوزیته دینامیکی شاره وابسته است و در آزمایش
هیدرومتری بر پایه G_s خاک و دمای آب از آرایه ای (جدولی) بدست
می آید.

قانون استوکس برای ریزه های کروی است، از این رو برای پولک های رسی خطا دارد.

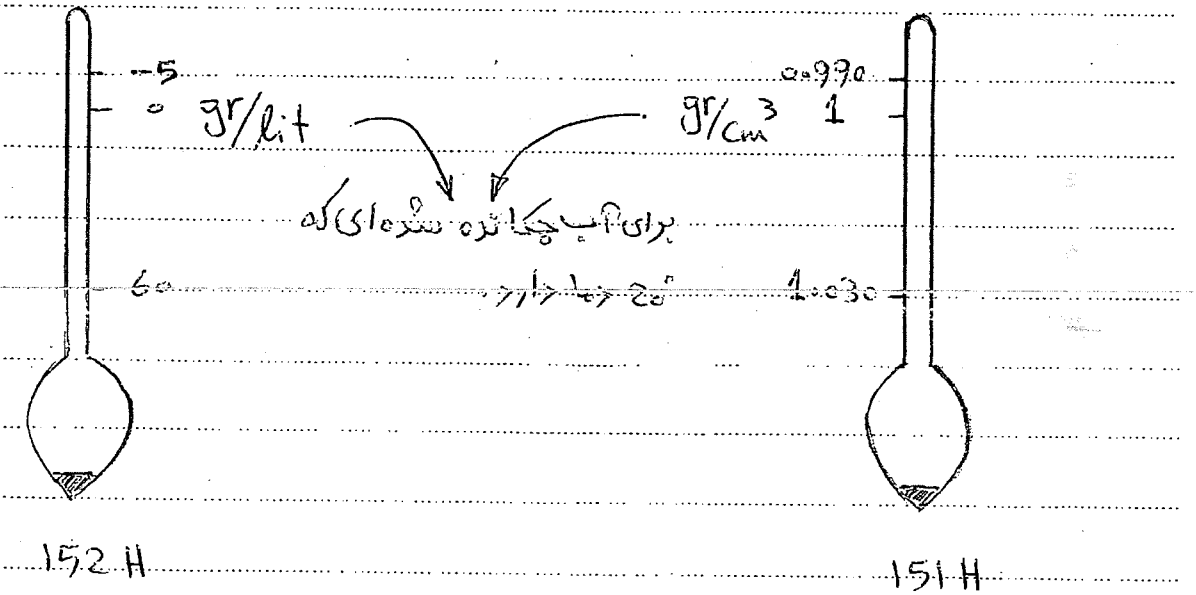
شیوه انجام آزمایش:

۱- 50gr خاک خشک گذشته از الک No200 با 125 cm^3 محلول هگزا متافسفات 4٪، ۶ ساعت‌ها تکان داده می‌شود تا دانه‌ها از هم جدا شوند.

۲- نمونه چند دقیقه به هم زده شده و در استوانه یک لیتری ریخته می‌شود و مانده حجم استوانه با آب چکانده شده (مقطر) پر می‌گردد.

۳- اگر در یک استوانه دیگر 125 cm^3 محلول هگزا و 875 cm^3 آب چکانده شده ریخته شود و همگام با اندازه‌گیری چگالی آب استوانه حاوی خاک، چگالی آن هم اندازه‌گیری شود، کار آسان خواهد شد و دیگر نیازی به تصحیح اثر حرارت نخواهد بود.

۴- استوانه حاوی خاک، یک دقیقه سر و ته می‌شود و سپس بر روی رویه‌ای صاف که لرزش هم ندارد، جای می‌گیرد و در زمان‌های 15"، 30"، 1'، 2'، 4'، 8'، 15'، 30'، 1h، 2h، 4h، 8h و 24h و هنگام نیاز در 48h، چگالی آب گل آلود ته‌نشین شونده، اندازه‌گیری می‌شود. برای اندازه‌گیری چگالی آب گل آلود از یکی از دو هیدرومتر 151H و 152H به نمره برده می‌شود.



این چگالی سنج (هیدرومتر) سنگینی ویژه آب گل آلود را نشان می‌دهد.

این چگالی سنج سنگینی ناسره‌های (ناخالصی‌های) همراه آب گل آلود را نشان می‌دهد.

در هر دو چگالی سنج، با گذر زمان و ته‌نشین شدن دانه‌ها، چگالی کم می‌شود.

آب گل آلود

۵- چگالی یادداشت شده برای هرکدام از زمانها، دوگونه تصحیح می‌شود و در سرانجام کار، برای هرزمان، قطر ریزه‌ای که در آن زمان در حال ته‌نشین شدن است و درصد وزنی ریزه‌های کوچکتر از آن قطر که هنوز ته‌نشین نشده‌اند، حساب می‌شود.

$t \rightarrow R_a$

$R_{c1} = R_a + C_m$

$R_{c2} = R_a + C_t - C_d$

چگالی یادداشت شده

چگالی سرراست شده به ترکیبندگی (هلالی)

سرراست کردن به چگالی (تصحیح صفر)

سرراست کردن به دما

چگالی سرراست شده به دما و چگالی

t (min) $\rightarrow R_{c1} \rightarrow L_{cm} \rightarrow D_{mm} = k\sqrt{\frac{L}{t}}$ $\frac{cm}{min}$

t (min) $\rightarrow R_{c2} \rightarrow P.P_{D_{mm}} = \frac{R_{c2}}{W_s} \times a \times 100$ 152H

$W_s \rightarrow$ 50gr سنگینی نمونه

$P.P_{D_{mm}} = \frac{1606(R_{c2}-1)}{W_s} \times a \times 100$ 151H

هیدرومترها برای خاک با $G_s = 2.65$ درجه بندی شده‌اند. برای خاکهای که G_s دیگری داشته باشند، ضریب a حساب می‌شود.

$$a = \frac{2.65 - 1}{2.65} \times \frac{G_s}{G_s - 1}$$

θ°	C_t	θ°	C_t	θ°	C_t
15	-1.1	21	+0.2	26	+1.65
16	-0.9	22	+0.4	27	+2
17	-0.7	23	+0.7	28	+2.5
18	-0.5	24	+1	29	+3.05
19	-0.3	25	+1.3	30	+3.8
20	0				

آرایه برای بدست آوردن k از روی G_s و θ°

C_u

درجهٔ حرارت °C	2.45	2.50	2.55	2.60	2.65	2.70	2.75	2.80
16	0.01510	0.01505	0.01481	0.01457	0.01435	0.01414	0.01394	0.01374
17	0.01511	0.01486	0.01462	0.01439	0.01417	0.01396	0.01376	0.01356
18	0.01492	0.01467	0.01443	0.01421	0.01399	0.01378	0.01359	0.01339
19	0.01474	0.01449	0.01425	0.01403	0.01382	0.01361	0.01342	0.01323
20	0.01456	0.01431	0.01408	0.01386	0.01365	0.01344	0.01325	0.01307
21	0.01438	0.01414	0.01391	0.01369	0.01348	0.01328	0.01309	0.01291
22	0.01421	0.01397	0.01374	0.01353	0.01332	0.01312	0.01294	0.01276
23	0.01404	0.01381	0.01358	0.01337	0.01317	0.01297	0.01279	0.01261
24	0.01388	0.01365	0.01342	0.01321	0.01301	0.01282	0.01264	0.01246
25	0.01372	0.01349	0.01327	0.01306	0.01286	0.01267	0.01249	0.01232
26	0.01357	0.01334	0.01312	0.01291	0.01272	0.01253	0.01235	0.01218
27	0.01342	0.01319	0.01297	0.01277	0.01258	0.01239	0.01221	0.01204
28	0.01327	0.01304	0.01283	0.01264	0.01244	0.01225	0.01208	0.01191
29	0.01312	0.01290	0.01269	0.01249	0.01230	0.01212	0.01195	0.01178
30	0.01298	0.01276	0.01256	0.01236	0.01217	0.01199	0.01182	0.01169

$D_{mm} = k\sqrt{\frac{L \to cm}{t \to min}}$

آرایه برای بدست آوردن L از روی R_{c1} برای هیدرومترهای 151H و 152H

چگالی‌سنج 151H		چگالی‌سنج 152H			
قرائت اصلاح‌شده R_{c1}	طول‌افرورفتگی L_e cm به	قرائت اصلاح‌شده R_{c1}	طول‌افرورفتگی L_e cm به	قرائت اصلاح‌شده R_{c1}	طول‌افرورفتگی L, cm به
1.0000	16.3	0	16.3	31	11.2
1.0001	16.0	1	16.1	32	11.1
1.0002	15.8	2	16.0	33	10.9
1.0003	15.5	3	15.8	34	10.7
1.0004	15.3	4	15.6	35	10.6
1.0005	15.0	5	15.5	36	10.4
1.0006	14.7	6	15.3	37	10.2
1.0007	14.5	7	15.2	38	10.1
1.0008	14.2	8	15.0	39	9.9
1.0009	13.9	9	14.8	40	9.7
1.0010	13.7	10	14.7	41	9.6
1.0011	13.4	11	14.5	42	9.4
1.0012	13.1	12	14.3	43	9.2
1.0013	12.9	13	14.2	44	9.1
1.0014	12.6	14	14.0	45	8.9
1.0015	12.3	15	13.8	46	8.7
1.0016	12.1	16	13.7	47	8.6
1.0017	11.8	17	13.5	48	8.4
1.0018	11.5	18	13.3	49	8.3
1.0019	11.3	19	13.2	50	8.1
1.0020	11.0	20	13.0	51	7.9
1.0021	10.7	21	12.9	52	7.8
1.0022	10.5	22	12.7	53	7.6
1.0023	10.2	23	12.5	54	7.4
1.0024	10.0	24	12.4	55	7.3
1.0025	9.7	25	12.2	56	7.1
1.0026	9.4	26	12.1	57	7.0
1.0027	9.2	27	11.9	58	6.8
1.0028	8.9	28	11.7	59	6.6
1.0029	8.6	29	11.5	60	6.5
1.0030	8.4	30	11.4		
1.0031	8.1				
1.0032	7.8				
1.0033	7.6				
1.0034	7.3				
1.0035	7.0				
1.0036	6.8				
1.0037	6.5				
1.0038	6.3				

- داده‌ها و دست آورد یک آزمایش هیدرومتری (152H):

$W_s = 50gr$ $\quad C_m = 1\ gr/lit$ $\quad C_d = 7\ gr/lit$

$\theta^\circ = 24^\circ \longrightarrow C_t = 1\ gr/lit \quad a = \frac{2.65-1}{2.65} \times \frac{2.7}{2.7-1}$

$G_s = 2.7 \longrightarrow K = 0.01282 \quad a = 0.99$

t min	R_a	R_{c1}	L cm	D mm	R_{c2}	$P.P = \frac{R_{c2}}{W_s} \times a \times 100$
0.25	51	52	7.8	0.071	45	89.1
0.5	48	49	8.3	0.052	42	83.1
1	47	48	8.4	0.037	41	81.2
2	46	47	8.6	0.026	40	79.2
4	45	46	8.8	0.019	39	77.2
8	44	45	8.9	0.013	38	75.24
15	43	44	9.1	0.010	37	73.26
30	42	43	9.2	0.007	36	71.3
60	40	41	9.6	0.005	34	67.3
120	38	39	9.9	0.0037	32	63.4
240	34	35	10.6	0.0027	28	55.4
480	32	33	10.9	0.002	26	51.5
1440	29	30	11.4	0.001	23	45.5
2880	27	28	11.7	0.0008	21	41.6

آرایه بالا نشان‌گر این است که 67.3% وزنی نمونه (50gr) کمتر از 0.005mm قطر دارد. اگر دانه بندی با یک نشانگر این باشد که 22% وزنی خاک آزمایش شونده از الک شماره 200 می گذرد آنگاه 14.8% وزنی خاک آزمایش شونده کمتر از 0.005mm قطر خواهد داشت.

$67.3 \times 0.22 = 14.8\%$ در ترسیم منحنی دانه بندی کار خواهد رفت.

الف ۳-۱۳

داده‌ها و دست آورد یک آزمایش هیدرومتری (151H):

$W_s = 50\,gr$ $C_m = 0.001\ gr/cm^3$ $C_d = 0.005\ gr/cm^3$

$\theta = 20^\circ$ $C_t = 0$ $a = 1$

$G_s = 2.65$ $K = 0.01365$

t_{min}	R_a gr/cm^3	R_{c1}	L cm	D_{mm}	R_{c2}	$PP = \frac{1606(R_{c2}-1)}{W_s} \times a \times 100$
0.5	1.028	1.029	8.6	0.057	1.023	74%
1	1.025	1.026	9.4	0.042	1.020	64%
2	1.024	1.025	9.7	0.030	1.019	61%
3	1.023	1.024	10	0.025	1.018	58%
4	1.022	1.023	10.2	0.022	1.017	55%
5	1.021	1.022	10.5	0.020	1.016	51%
15	1.020	1.021	10.7	0.011	1.015	48%
30	1.019	1.020	11	0.008	1.014	45%
60	1.017	1.018	11.5	0.006	1.012	38.5%
250	1.014	1.015	12.3	0.003	1.009	29%
1440	1.011	1.012	13.1	0.001	1.006	19%

برای شناخت رفتار مهندسی خاک‌ها، دانستن بزی و رشته خاکدانه‌های گذرنده از الک ۲۰۰ چندان بایسته نیست و از این رو آزمایش هیدرومتری کمتر انجام می‌گیرد. برای شناخت رفتار ورز و بزی کردن خاک‌ها، پی بردن به ویژگی‌های خمیری بخش ریز دانه خاک بایسته (ضروری) است.

Meşiya giran ayıdan gorxmaz.

آنکه به بیشه در آمده، از خرس نمی‌ترسد.

Ayı yuvasında goz axtarmazlar.

در خانه خرس به دنبال گردو نمی‌گردند.

الفبا ۱۴-۳

۱- در دانه بندی خوب، ...

الف) دانه های ریز درصد وزنی بیشتری دارند. ب) دانه‌های ریز و درشت برابرند.

پ) دانه های درشت درصد وزنی بیشتری دارند و $C_u = 7$ است.

ت) دانه‌های درشت درصد وزنی بیشتری دارند، میان دانه‌ها، میان درشت دانه ها و ریز دانه ها میان میان دانه ها را به هنگام درهم فشردن خاک پر می کنند. ✓

۲- در آزمایش دانه بندی، ...

الف) الک ها تکان داده نمی شود ب) الک ها در راستای قائم تکان داده می شود.

پ) الک ها به گونه‌ای تکان داده می شود که در دانه‌ها لرزش افقی و قائم پدید آید. ✓

ت) تنها تکان دادن الک ها بسنده است.

۳- برای این که بدانیم چند درصد وزنی خاک گذرنده از الک ۲۰۰ ، لای است، ...

الف) بایستی دانه‌بندی تر انجام گیرد ب) بایستی هیدرومتری انجام گیرد. ✓

پ) بایستی آزمایش های اتربرگ انجام گیرد ت) بایستی نفوذ مخروط انجام گیرد.

۴- در آزمایش هیدرومتری چرا هگزامتافسفات سدیم بکار برده می شود.

الف) تا دانه‌ها از هم جدا شوند ب) تا پولک های رس، کروی گردند.

پ) تا بارهای الکتریکی روی پولک های رس خنثی شود و دانه‌ها از هم جدا شوند. ✓

ت) تا واکنش میان خاک و آب به تندی انجام گیرد.

۵- در آزمایش هیدرومتری، ...

الف) تصحیح ترکندگی (تصحیح هالی، تصحیح منیسک) به قرائت لحظه‌ای t افزوده می شود.

ب) تصحیح غلظت (تصحیح عامل جداکننده) از قرائت لحظه‌ای t کاسته می شود.

پ) اگر از استوانه شاهد بهره ببریم، تصحیح دما انجام نمی گیرد. ت) هر سه ✓

۶- بزرگ بودن کدام یک دستانگر بزرگ بوده بازه اندازه دانه هاست؟

الف) D_{10} ب) C_u ✓ پ) C_c ت) D_{50}

۷- کدام یک درست است؟

الف) هرچه C_u بزرگتر باشد، خاک خوب دانه بندی شده است.

ب) هرچه C_u و C_c به یک نزدیک تر شوند، خاک خوب دانه بندی شده می شود.

پ) هرچه دانه های خاک هم اندازه و درشت دانه باشند، خاک خوب دانه بندی شده است

ت) هیچکدام ✓

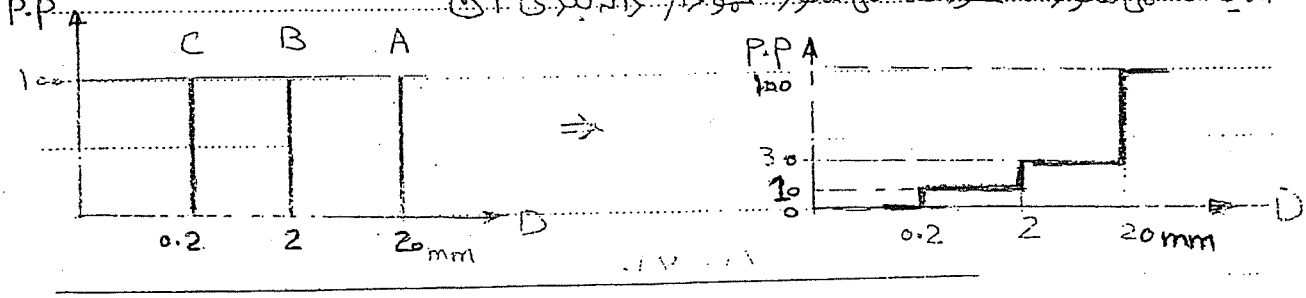
۱۰- بهره مندی از قانون استوک،

الف) برای دانه های 0.0002 تا 0.2mm رواست. ب) به علت پولکی (غیرکروی) بودن رس ها خطا دارد.

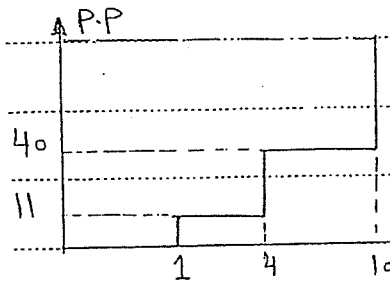
پ) در مکانیک خاک برای دانه های 0.0005 تا 0.2mm رواست ت) هر سه ✓

ب) ۱-۳

۱۱- ۷ بخش وزنی از خاک A با ۲ بخش وزنی خاک B و ۱ بخش وزنی خاک C باهم آمیخته می‌شود. خواسته می‌شود نمودار دانه‌بندی آن.



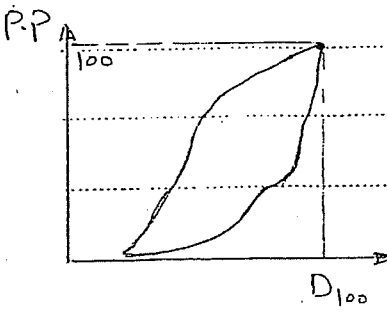
۱۲- آیا این نمودار دانه‌بندی می‌تواند متناظر GW باشد؟ چیز، چون نمودی همانند نمودار fuller یا نزدیک به آن را دارد. هرچند که در آن $C_u = 10$ و $C_c = 1.06$ است.



$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{10}{1} = 10$$

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{4^2}{1 \times 10} = 1.6$$

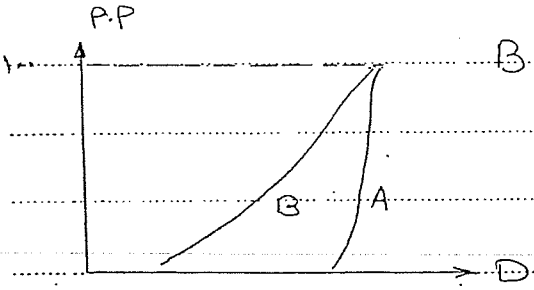
۱۳- نگاره زیر بازه روای خاک زیرسازی راه را نشان می‌دهد.
- اگر راه در سرزمین پرباران ساخته شود، بهتر خواهد بود نمودار دانه‌بندی خاک زیرسازی در کجای بازه روا جای گیرد؟ گرانه پایین
- برای این که خاک زیرسازی تاب برشی بیشتری داشته باشد، بهتر خواهد بود، نمودار در کجای بازه روا جای گیرد؟ میانه بازه



۱۴- در خاکی که دانه‌بندی fuller دارد، $D_{max} = 25\,mm$ است. خواسته می‌شود D_{10}

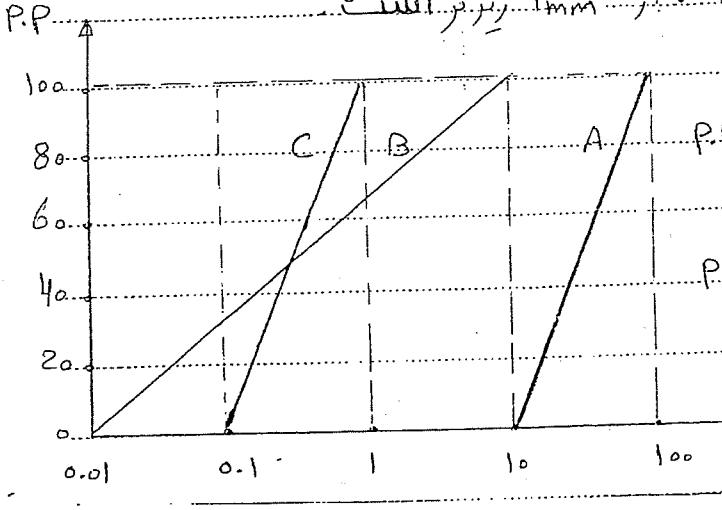
$$P.P_d = \sqrt{\frac{d}{D_{max}}} \times 100 \rightarrow 10 = \sqrt{\frac{D_{10}}{25}} \times 100 \rightarrow D_{10} = 0.25\,mm$$

۱۵- ضریب یکنواختی کدامیک بزرگتر است؟ B



ب) ۲-۳

۱۶- سه خاک A و B و C با نسبت های وزنی 1 و 2 و 3 باهم آمیخته شده اند. چند درصد خاک آمیخته از 1mm ریزتر است.



$$P.P_{1mm} = \frac{(1\times 0.01) + (2\times \frac{2}{3}\times 100) + (3\times 100)}{1+2+3}$$

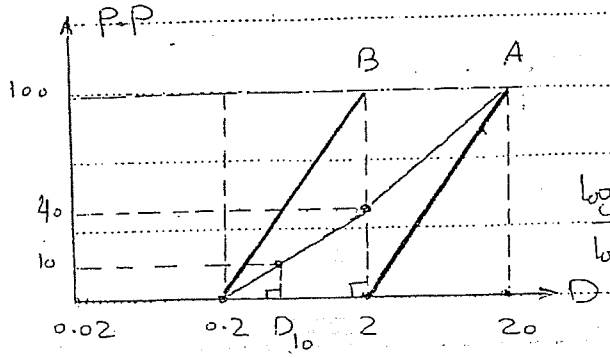
$$P.P_{1mm} = 72.22\ \%$$

۱۷- در خاکی که ضریب یکنواختی آن Cu است، $D_{60}=16mm$ می باشد. خواسته می شود بیشترین اندازه قطر مؤثر

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \geq 4$$

$$\frac{16}{D_{10}} \geq 4 \Rightarrow D_{10} \leq 4\,mm \Rightarrow D_{10(max)} = 4mm$$

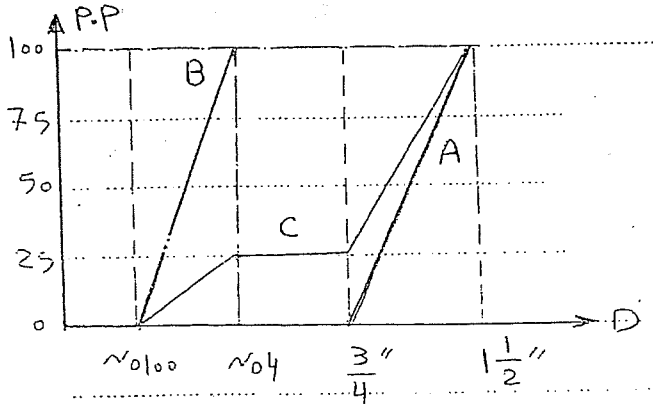
۱۸- اگر سه بخش وزنی از خاک A یا دو بخش وزنی از خاک B، آمیخته شود، خواسته می شود D_{10} خاک بدست آمده



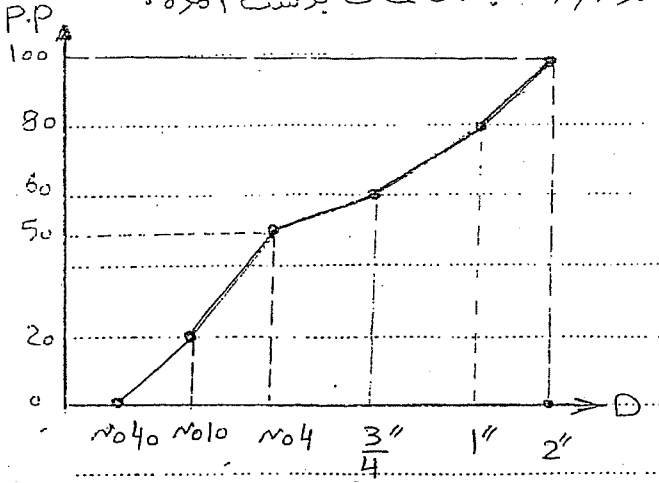
$$P.P_{2mm} = \frac{(3\times 0) + (2\times 100)}{3+2} = 40\ \%$$

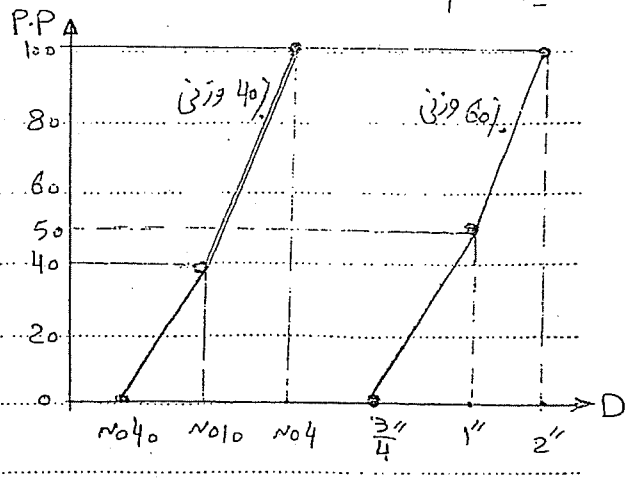
$$\frac{\log 2 - \log 0.2}{\log D_{10} - \log 0.2} \;\Big|\; \frac{40\ \%}{10\ \%} \Rightarrow D_{10} = 0.355\,mm$$

۱۹- سه بخش وزنی خاک A با یک بخش وزنی خاک B، آمیخته می شود. خواسته می شود نمودار رانه بندی خاک.



۳۰- 60kg از سنگدانه‌های درشت‌تر از الک $\frac{3}{4}''$ با 40kg از سنگدانه‌های ریزتر از الک No4، خاک زیر با هم آمیخته می‌شوند. خواسته می‌شود نمودار دانه‌بندی خاک بدست آمده.





$$P.P_{2''} = \frac{(60\times100)+(40\times100)}{60+40} = 100$$

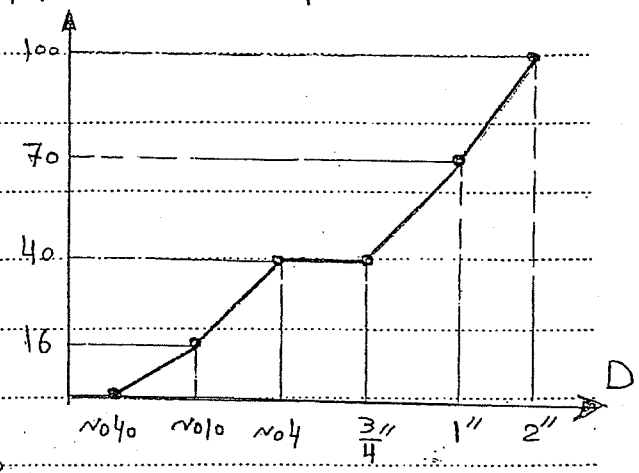
$$P.P_{1''} = \frac{(60\times50)+(40\times100)}{60+40} = 70$$

$$P.P_{\frac{3}{4}''} = \frac{(60\times0)+(40\times100)}{60+40} = 40$$

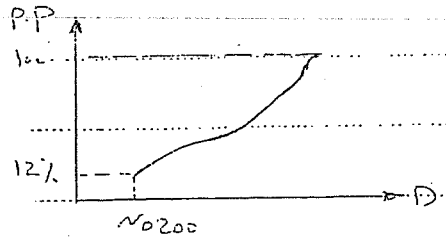
$$P.P_{No4} = \frac{(60\times0)+(40\times100)}{60+40} = 40$$

$$P.P_{No10} = \frac{(60\times0)+(40\times40)}{60+40} = 16$$

$$P.P_{No40} = \frac{(60\times0)+(40\times0)}{60+40} = 0$$



۳۱- برای بدست آوردن D_{10} این خاک، انجام کدام آزمایش بایسته است؟



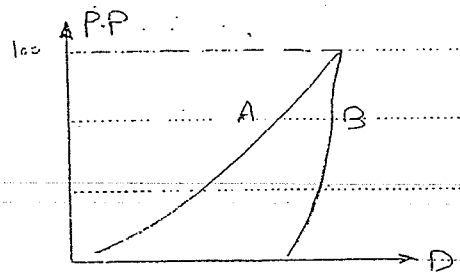
آزمایش هیدرومتری

۳۲- کدام خاک بهتر دانه‌بندی شده می‌شود؟ A

کدام خاک درگیری درونی بیشتری دارد؟ A

کدام خاک تراوا تر است؟ B

از کدام خاک می‌توان در زهکش‌ها بهره برد؟ B



۲۳- در خاکی fuller ، چند درصد وزنی خاکدانه‌ها از قطر متوسط ریزتر هستند؟

الف) 70٪ ب) 50٪ ✓ ج) 30٪ د) نمی‌توان حساب کرد

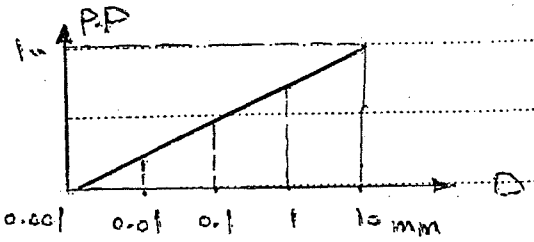
قطر متوسط (D_{50}) نشانگر اندازه‌ای است که 50٪ وزنی دانه‌ها از آن ریزترند.

۲۴- در خاک fuller ، قطر متوسط چقدر است؟

الف) $0.25D_{max}$ ✓ ب) $0.50D_{max}$ ج) $0.70D_{max}$ د) $0.30D_{max}$

$$\text{fuller: } PP_i = \sqrt{\frac{d_i}{D_{max}}} \times 100 \rightarrow 50 = \sqrt{\frac{D_{50}}{D_{max}}} \times 100 \rightarrow D_{50} = 0.25 D_{max}$$

۲۵- خواسته می‌شود D_{50} خاکی که نمودار دانه‌بندی آن داده شده است.

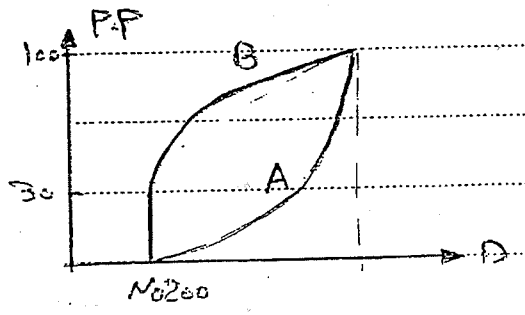


الف) 1mm ب) 5mm

ج) 0.50mm د) ✓ 0.1mm

با روی راست به چپ خط عمود بر محور افقی ۵۰٪ $D_{50} = 0.1mm$

۲۶- کدام درست است؟



الف- خاک A از خاک B ریزدانه‌تر است.

ب- خاک B از خاک A یکنواخت‌تر است.

ب- خاک B از خاک A ریزدانه‌تر است. ✓

ت- خاک B دانه‌بندی گسسته دارد.

۲۷- در پیوند با آزمایش هیدرومتری، کدام گزینه درست است؟

الف) هیدرومتر برای خاک با $G_s = 2.65$ درجه‌بندی شده است.

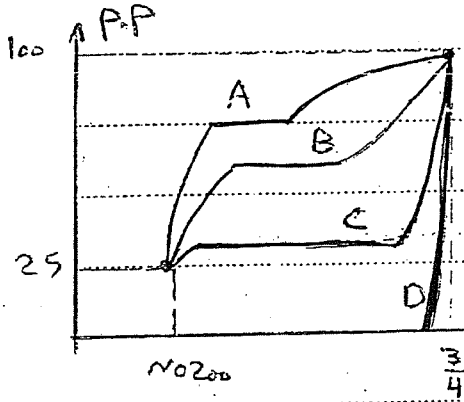
ب) دمای به سانتی‌گراد، 20° است.

ب) با گذر زمان، هیدرومتر در آب گل‌آلود بیشتر فرو می‌رود.

ت) هرسه ✓

ب) ۳-۵

۲۸- کدامیک درشت دانه ترین خاک با دانه بندی گسسته است؟ C و B دانه بندی گسسته دارد و C درشت دانه تر از B است.



۲۹- کدامیک درشت دانه ترین خاک با دانه بندی یکنواخت است؟ D

۳۰- کدامیک در رده بندی USCS درشت دانه ارزیابی می شود؟ هر چهار تا درشت دانه است.

۳۱- کدامیک نشانه پوکی بیشتری می تواند داشته باشد. D

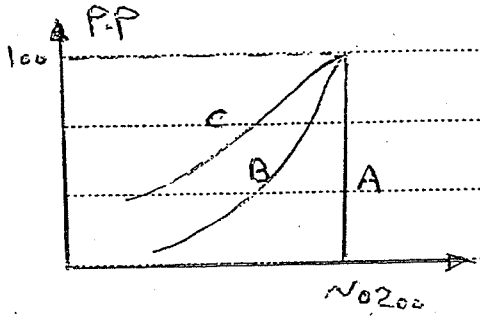
۳۲- اگر جنس و γ_d هر چهار خاک یکسان باشد، کدامیک نشانه پوکی بیشتری خواهد داشت. هر چهار تا برابر خواهد بود.

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

۳۳- کدامیک آبگذری بیشتری خواهد داشت؟ D

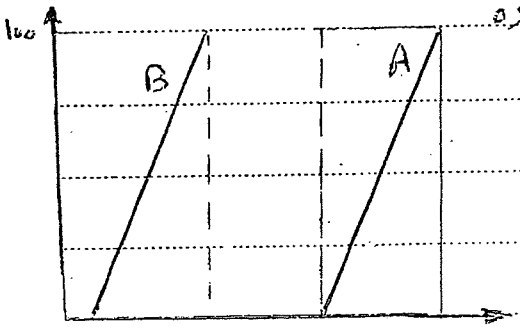
۳۴- بررسی یک خاک رس، آزمایش هیدرومتری یک بار با افزایش محلول هگزامتافسفات و بار دیگر بی افزایش محلول انجام گرفته است. کدام نمودار دانه بندی افزایش محلول هگزا را نشان می دهد؟

الف) A ب) B ج) C د) هیچکدام ✓

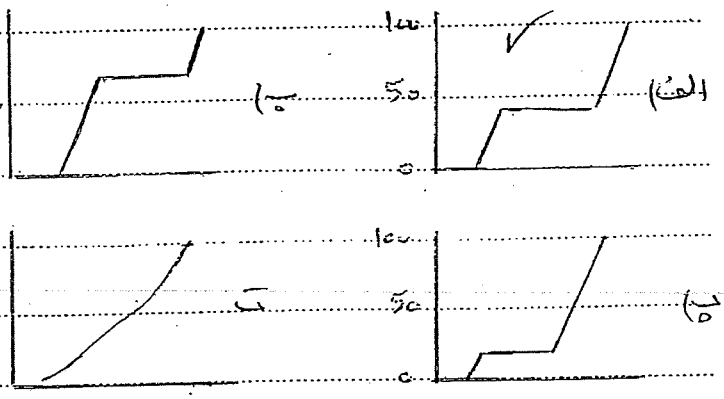


محلول هگزامتافسفات، دانه های بهم چسبیده رس را پراکنده می کند و از این رو خاک ریزدانه جلوه می کند.

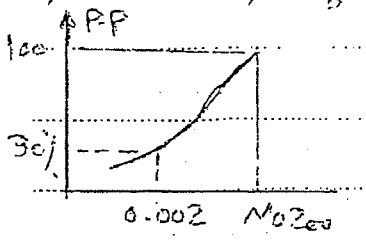
۳۵- خاک A و B را با نسبت وزنی 3 به 2 با هم آمیخته می کنیم. خواسته می شود نمودار دانه بندی خاک بدست آمده



$$\frac{3}{2} = \frac{60}{40}$$



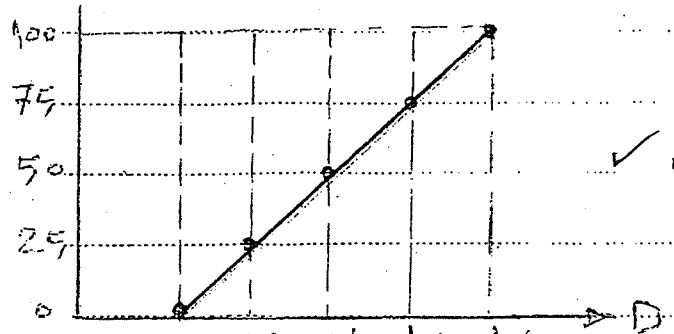
۳۶- ۱۵٪ خاکی از الک ۲۰۰ گذشته است و برروی ۵۰ گرم از آن آزمایش هیدرومتری انجام گرفته و نمودار آن در نگاره رسم شده است. چند درصد خاک از ۰.۰۰۲ mm کوچکتر است.



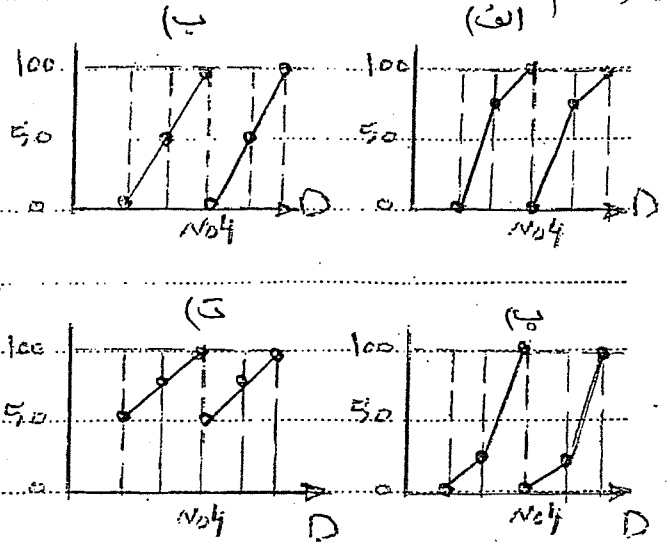
الف) ۳۰٪ ب) ۱۵٪ ج) ۷.۵٪ د) ۴.۵٪ ✓

$30 \times 0.15 = 4.5\%$

۳۷- خاکی را که نمودار دانه بندی آن رسم شده است، با الک No4 به دو خاک جداگانه بخش می کنیم. خواسته می شود رسم نمودار دانه بندی هریک از آنها.

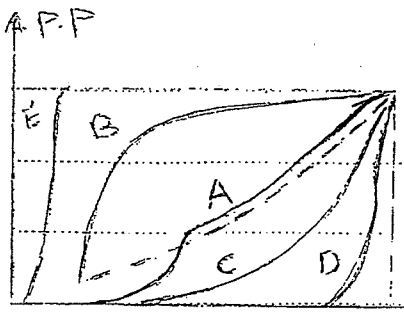


✓



۳۸- خاک A را با افزودن از کدام خاک می توان graded well کرد؟

الف) B ب) D ج) C د) C

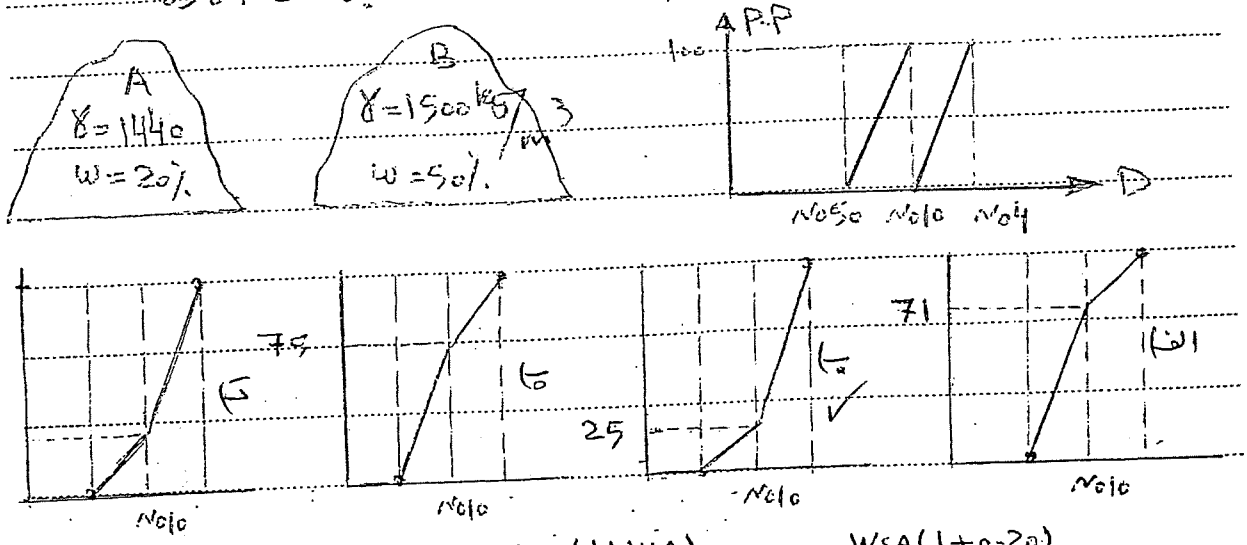


✓

۳۹- خواسته می شود پیوند میان زبان ته نشینی شن، ماسه، لای و رس، در آب گل آلود.

ب) $t_{clay} > t_{silt} > t_{sand} > t_{gravel}$ ۳-۷

۳۸- یک‌سوم حجمی از خاک کلاس A با دو برابر حجمی خاک کلاس B آمیخته می‌شود. خواسته می‌شود مقدار تقریبی خاک پوست آمده

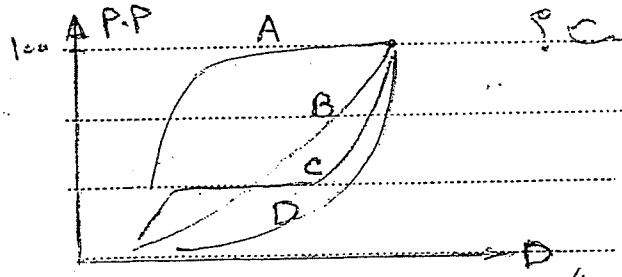


$$\frac{5}{2} = \frac{V_A}{V_B} = \frac{\frac{W_A}{\gamma_A}}{\frac{W_B}{\gamma_B}} = \frac{\frac{W_{SA}(1+W_A)}{\gamma_A}}{\frac{W_{SB}(1+W_B)}{\gamma_B}} = \frac{\frac{W_{SA}(1+0.20)}{1440}}{\frac{W_{SB}(1+0.05)}{1500}}$$

$$\frac{W_{SA}}{W_{SB}} = 3 \rightarrow (75\%\ A,\ 25\%\ B)$$

۳۹- کدام یک برای زیرسازی راه بهتر است؟

الف) A ب) B ✓ پ) C ت) D



خاک B به خاک well graded مانندی بیشتری دارد و پس از درهم فشرده شدن Fuller می‌گردد.

۴۰- خواسته می‌شود C_u و C_c خاک Fuller

$$P.P_{d_i} = \sqrt{\frac{d_i}{D_{max}}} \times 100$$

$$60 = \sqrt{\frac{D_{60}}{D_{max}}} \times 100 \rightarrow D_{60} = 0.36\, D_{max}$$

$$30 = \sqrt{\frac{D_{30}}{D_{max}}} \times 100 \rightarrow D_{30} = 0.09\, D_{max}$$

$$10 = \sqrt{\frac{D_{10}}{D_{max}}} \times 100 \rightarrow D_{10} = 0.01\, D_{max}$$

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 36 \quad , \quad C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}} = 2.25$$

۴-۸ (ب

۴۱- در خاکی $D_{10}=0.6mm$ و $D_{60}=5mm$ برآورد شده است. خواسته می شود بازه D_{30} تا این خاک دانه بندی خوبی داشته باشد. (ک ۸۸)

الف) $1.7mm < D_{30} < 3mm$ ✓ ب) $3mm < D_{30} < 9mm$

پ) $5.6mm < D_{30} < 16.8mm$ ت) $2.4mm < D_{30} < 4.1mm$

اندازه های داده شده برای D_{10} و D_{60} نشانگر این است که بیشتر دانه های این خاک ماسه هستند. در ماسه های خوب دانه بندی شده:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{5}{0.6} = 8.33 > 6 \quad \text{ok}$$

$$1 < C_c < 3 \rightarrow 1 < \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}} < 3 \rightarrow 1 < \frac{D_{30}^2}{0.6 \times 5} < 3$$

$$3 < D_{30}^2 < 9 \rightarrow 1.7 < D_{30} < 3$$

۴۲- خاک A و B با نسبت وزنی برابر آمیخته می شوند. خاک بدست آمده (MC) ...

الف) خاک حاصل با دانه بندی خوب است.

ب) خاک حاصل با دانه بندی بد است.

پ) خاک درشت دانه با دانه بندی خوب است.

ت) خاک درشت دانه با دانه بندی بد است.

اندازه الک mm	P.P$_A$	P.P$_B$	P.P$_C$
0.1	6	2	4
0.2	12	8	10
0.3	26	14	20
0.6	40	20	30
1	48	32	40
2	65	55	60
3	100	100	100

$$P.P_{0.3mm} = \frac{\%50 \times P.P_A + \%50 \times P.P_B}{\%50 + \%50}$$

$$P.P_{0.3mm} = \frac{50 \times 26 + 50 \times 14}{50 + 50} = 20\%$$

زیره می شود که در خاک $D_{10}=0.2mm$ ، $D_{30}=0.6mm$ ، $D_{60}=2mm$ است.

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{2}{0.2} = 10$$

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{0.6^2}{0.2 \times 2} = 0.9 < 1$$

← بدرانه بندی شده

ب) ۹-۳

۴۳ - در خاکی $\frac{C_u}{C_c}=9$ است. کدام گزینه درست است. (ک ۲)

الف) $\frac{D_{60}}{D_{10}}=9$ ب) $\frac{D_{60}}{D_{30}}=3$ پ) $\frac{D_{60}}{D_{30}}=9$ ت) $\frac{D_{30}}{D_{10}}=3$

$$\frac{C_u}{C_c}=\frac{\frac{D_{60}}{D_{10}}}{\frac{D_{30}^2}{D_{10}\times D_{60}}}=\frac{D_{60}^2}{D_{30}^2}=9 \rightarrow \frac{D_{60}}{D_{30}}=3$$

در سالهای گذشته که یک جریان سیاسی مطرود با سوء استفاده از واژگان مقدس «اسلام» و «ایران»، اسلام ایرانی را رنگ و لعاب شعوبیه رنگ باخته کرد، هفته نامه طرح نو یا سوسید دولتی و پرتکرار آگهی های نهادهای دولتی و شبه دولتی تبریز چاپ می شد.

این نشریه با اختصاص دادن چند صفحه استکار کننده به نوشته های مذهبی و تکیه کلام بزرگان، در بخش اعظم صفحات خود ترک ستیزی علنی و واشکاف مابانه داشته و خاطرات برخوردهای نشریات دوران رضا شاه با ترک ها را زنده کرده و گاهی مقالات همان دوران را مجدد چاپ نمود.

در سکوت مماداری که در برابر عملکرد کلی جریان سیاسی اسلام ایرانی انجام گرفت، این نشریه این چنین نوشت و ماهیت شعوبیه را که هزار سال است، با شعار «کتم شر ایران ز ترکان تهی» در تراش بی ثمری است، این چنین نشان داد:

۱- ضمن دم زدن از تمدن و اتحاد، ترک های مسلمان را که نزدیک به نصف مردم ایران نیز هستند، اینچنین وصف کرد.

چادان ترک - چادان آسیای میانه - ترک بیابان گرد - یأجوج و مأجوج وحشی صفتان شرور و غارتگر - ترکان که خوی و حشیگری آنها و ...

و در پیوند با زبان تاخر ترکی چنین نوشت:

- زبان مردم آن سوی مرزها - زبان ساختگی
- زبان واردای و تاخوانده - زبان ترکی به ضرب شمشیر...

۲- تلاش برای تغییر نامهای جغرافیائی

آذربایجان ← آذرپادگان ایروان ← یروان (تلفظ ارمنی ها)

دریای خزر ← دریای مازندران باکو ← باکوان

قره داغ ← ارسباران قلات ارمنستان؟! مروی رود؟!

(ادامه در ب ۱-۵) ب) ۱۰-۳ خوشخوارگان رود؟!

Başmaqımı geya bilarsan,
yerişimi yeriya bilmazsan.

می‌توانی کفشم را بپوشی ولی نمی‌توانی جای روشم راه بروی

بخش چهارم – ویژگی های خمیری رُس‌دانه های خاک

خاکدانه هائی مانند شن وماسه و لای، هرچند که خرد و خردتر نیز شده باشند، ساختاری سنگی دارند و آب فراوانی نمی مکند، آماس نمی کنند و خمیر (شکل پذیر) نمی شوند ولی رس ها که ساختاری سنگی ندارند، آب فراوانی می مکند، آماس می کنند و خمیر می شوند. رس ها پس از آبمکی بیشتر آنچنان نسنگین می شوند که نمی‌توانند خود شان را برتابند و روان می گردند.

در رس ها افزایش نم هرچند که پولک های رس را از هم دور می کند و در گیری میان آنها را از میان می برد، ولی نمی تواند آنها را به آسانی روان کند، چون بارهای الکتریکی روی پولک های رس، آب میان پولک ها را کند روان کرده و آنرا چسب گونه می کند. آب کند روان شده پولک ها را در کنار هم نگه می دارد و به آنها ویژگی خمیری می بخشد.

شوند های رفتار خمیری رس:

۱- پولکی بودن رس

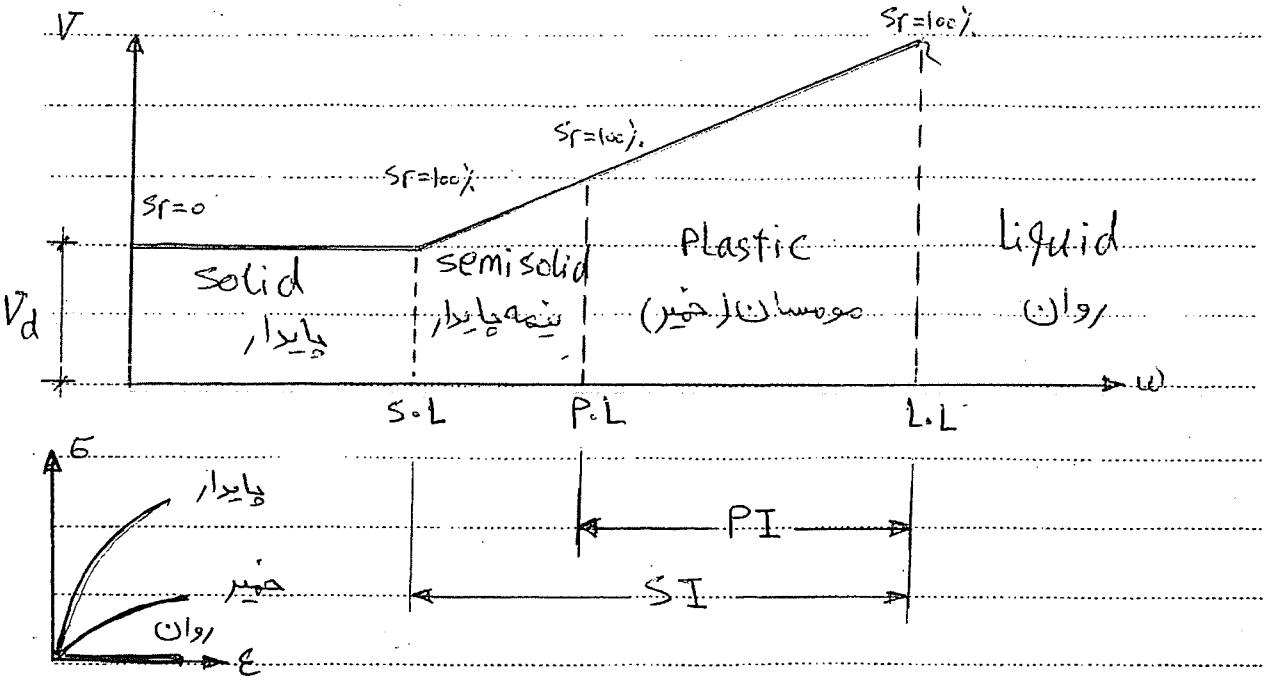
۲- ریز بودن رس

۳- بارهای الکتریکی روی پولک های رس که مولکول قطبی آب را می ربایند و آنرا کند روان (چسب گونه) می نمایند.

خاک هائی که در آنها P.P.No200 > 5٪ باشد، رس همراه ریزدانه ها، برروی رفتار خاک اثر گذار خواهد بود و بایستی رفتار خاک را به هنگام آبکی بررسی کرد. در سال 1911 اتربرگ (Atterberg) پایداری، شکل پذیری و روانی رس را به هنگام آبمکی بررسی کرد و سه کرانه برای رفتار آن شناساند.

کرانه‌های اتربرگ (حدود اتربرگ)

اتربرگ در بررسی رفتار خاک های رسی به سه کرانه پی برد. این سه کرانه، دگرشکل رفتار و افزایش حجم رس را، در پیوند با نم خاک نشان می دهند.



S.L : کرانه ترنجیدگی (انقباض) shrinkage limit

P.L : کرانه مومسانی (خمیری) Plastic limit

L.L : کرانه روانی (مایع) liquid limit

P.I : دامنه مومسانی = نشانه مومسانی Plasticity index

S.I : دامنه ترنجیدگی = نشانه ترنجیدگی shrinkage index

A : پویایی (فعالیت) - کنش وری Activity

$$PI = L.L - P.L$$

$$A = \frac{PI\%}{\text{درصد وزنی رس}}$$

هرچه A بیشتر باشد:
- آبکی و شکل پذیری بیشتر
- آماس و ترنجیدگی بیشتر
- چسبندگی رس بیشتر و نمونه خشک سخت و پرتاب
- پایداری شیمیایی کمتر

$$SI = L.L - S.L$$

SA : پویایی آماس swelling Activity

$$SA = \frac{SA\%}{\text{درصد وزنی رس}}$$

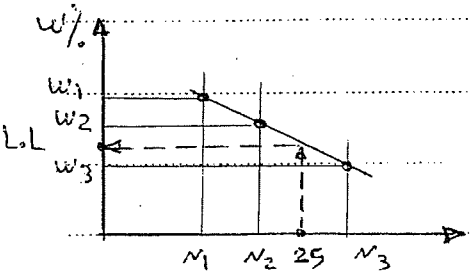
هرچه SA بیشتر، آبکی و آماس بیشتر

آزمایش های اتربرگ

خاک آزمایش شونده را از الک شماره 40 گذرانده و نزدیک به 250gr از آن برمی داریم و با افزودن آب، آنرا گل مومسان می کنیم.

۱- آزمایش کرانه روانی

گل در پیاله آزمایش مالیده می شود و از میانه آن شیاری کشیده شده و با چرخاندن دستگیره پیاله، پیاله به بستر خود کوبیده می شود. با ازدیاد های پیاپی آمده از کوبش، گل از دو سوی شیار سُر می خورد تا 12.7mm از شیار بسته شود. اگر شمار کوبه ها میان 15 و 35 باشد، از گل درون پیاله نمونه ای، برای بدست آوردن نم خاک، برداشته می شود. این کار، کمینه دو بار دیگر نیز انجام می گیرد و در سر انجام کار، با رسم نمودار، نمی که در پیوند با 25 کوبه است، بدست می آید. به این نم، نم کرانه روانی (L.L) گفته می شود.

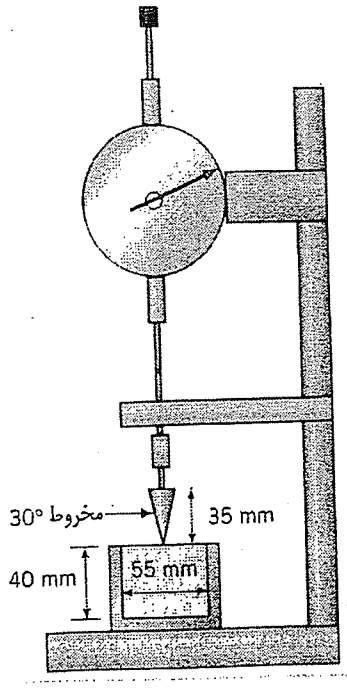


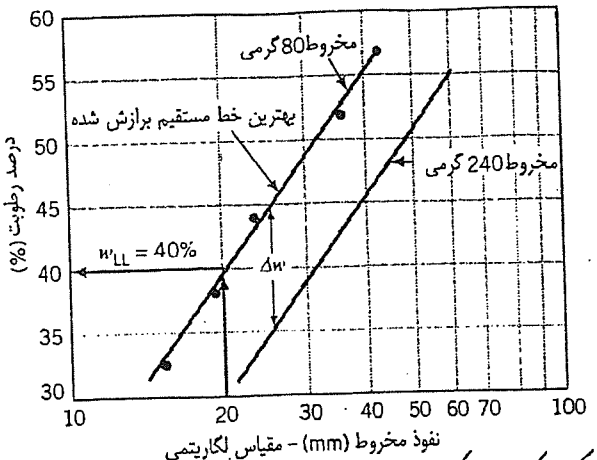
$15 < N < 35$ $\quad I_F = \dfrac{w_1 - w_3}{\log \frac{N_3}{N_1}}$

Flow index

و چه I_F بزرگتر باشد، نشانگر این است که خاک در برابر روان شدن پایدار است.

در شیوه ای دیگر (فرو رفتن محروط) استوانه ای به قطر 9.55mm و بلندی 40mm با گل مومسان فراهم شده پُر می شود و نوک محروطی که با جبانه خود 80gr سنگینی دارد، بر روی آن جای می گیرد و پس از 5 ثانیه فرو رفتن محروط اندازه گیری می شود. با افزودن به گل درون استوانه، آزمایش چند بار تکرار می شود تا اندازه فرو رفتن محروط، با خطای اندک ±1 میلی متر، یکسان گردد. این آزمایش با کم و بیش کردن نم خاک، سه بار دیگر نیز انجام می گیرد و سرانجام با رسم نمودار، نمی که با 20mm فرو رفتن محروط، در پیوند است بدست آورده می شود. به این نم، نم کرانه روانی گفته می شود. (L.L)





برگرفته از مکانیک خاک و پی
برگردان استاد علامه دکتر یوسف زاده

۲- آزمایش کرانه مومسانی

در این آزمایش تکه‌ای از گل خاک آزمایش شونده، با نم های گوناگون بر روی شیشه‌ای ورز داده می شود تا درست در قطر 3.2 میلی متر ترک بخورد. نم گل ترک خورده، نم کرانه مومسانی (P.L) است.

نمونه‌ای دارای نمونه رس دارای است.

اگر آزمایش فرورفتن مخروط، با مخروطی با سنگینی 240 گرم انجام گیرد، می‌توان کرانه مومسانی را نیز بدست آورد.

$$P.L = L.L - 4.2\Delta W$$

با بدست آمدن L.L و P.L، می‌توان PI و A را بدست آورد.

مقادیر نمونه حد روانی، حد خمیری و فعالیت برخی از کانی‌های رس

کانی	حد روانی، LL	حد خمیری، PL	فعالیت، A
کائولینیت	۳۵-۱۰۰	۲۰-۴۰	۰٫۳-۰٫۵
ایلیت	۶۰-۱۲۰	۳۵-۶۰	۰٫۵-۱٫۲
مونت‌موریلونیت	۱۰۰-۹۰۰	۵۰-۱۰۰	۱٫۵-۷٫۰
هالویسیت(هیدراته)	۵۰-۷۰	۴۰-۶۰	۰٫۱-۰٫۲
هالویسیت(غیرهیدراته)	۴۰-۵	۳۰-۴۵	۰٫۴-۰٫۶
اتاپولگیت	۱۵۰-۲۵۰	۱۰۰-۱۲۵	۰٫۴-۱٫۳
الوفین	۲۰۰-۲۵۰	۱۲۰-۱۵۰	۰٫۴-۱٫۳

برگرفته از اصول مهندسی و روش تکنیک
برگردان ارسیرا طیابی

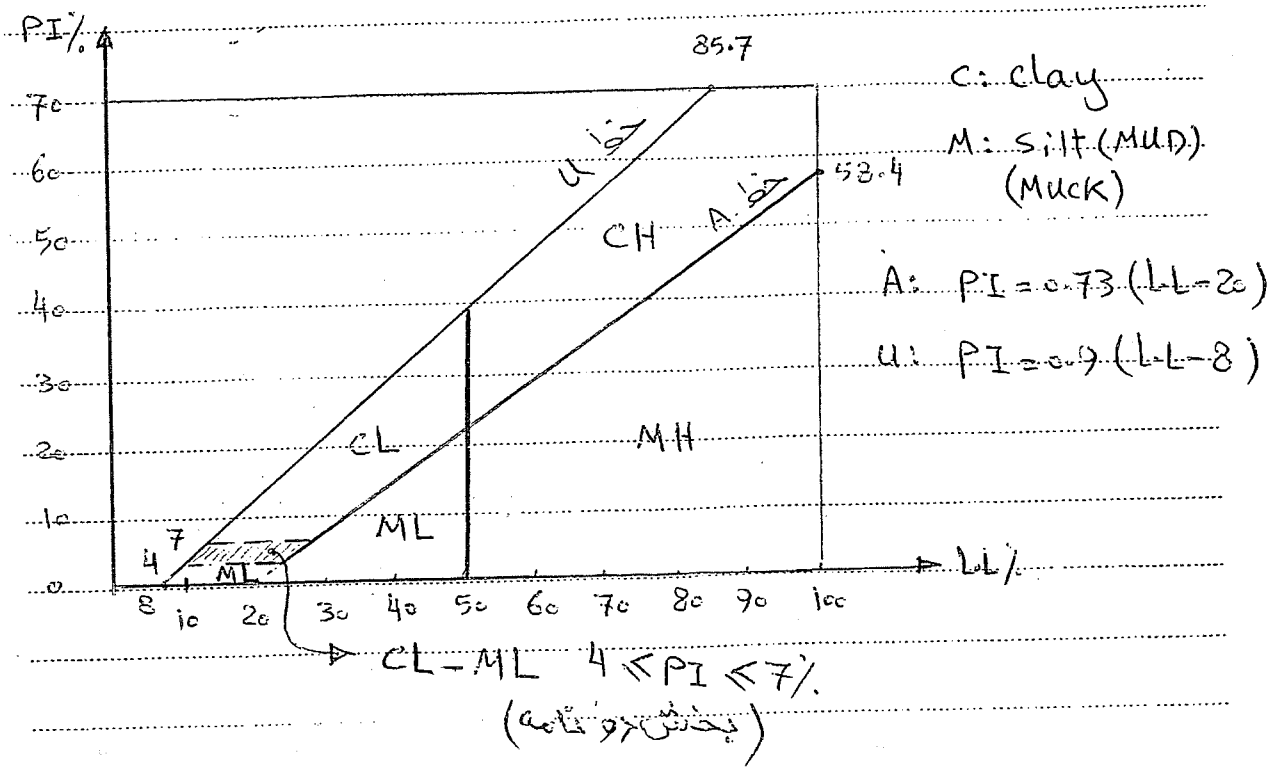
شرح	PI
غیر خمیری	۰
کمی خمیری	۱-۵
خاصیت خمیری کم	۵-۱۰
خاصیت خمیری متوسط	۱۰-۲۰
خاصیت خمیری بالا	۲۰-۴۰
خاصیت خمیری بسیار بالا	> ۴۰

در سال 1932 کاساگرانده پیوند میان L.L و PI را برای خاک‌های بسیاری بررسی کرد و نمودار خمیری زیر را پیشنهاد نمود. بر پایه این نمودار می‌توان رس و لای را از هم باز شناخت و از آن در رده بندی USCS بهره برده خواهد شد.

L.L < 50% ⟶ low plasticity

L.L ≥ 50% ⟶ High plasticity

L.L not oven dry / L.L oven dry < 0.75 ⟶ organic soil ⟵ OL / OH



CH : رس با شکل پذیری بیشتر (رس چاق)

CL : رس با شکل پذیری کمتر (رس لاغر)

MH : لای با شکل پذیری بیشتر (لای الاستیک)

ML : لای با شکل پذیری کمتر

هرچه درصد رس در خاک بیشتر ⇒ P.L ↓ و L.L ↑ ⇒ PI ↑

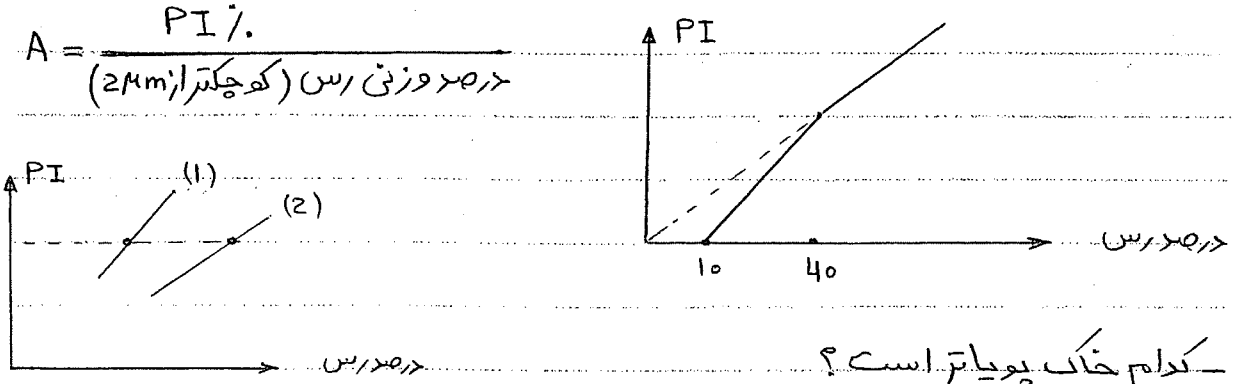
هرچه درصد رس در خاک کمتر ⇒ P.L ↑ , L.L ↓ ⇒ PI ↓

(خاک گذرنده از الک 40)

الف) ۵-۴

شیب نمودار زیر، پویائی (فعالیت، Activity) خاک های رس دار را نشان می دهد.

$$A = \frac{PI\ \%}{\text{درصد وزنی رس (کوچکتر از 2μm)}}$$



- کدام خاک پویاتر است؟

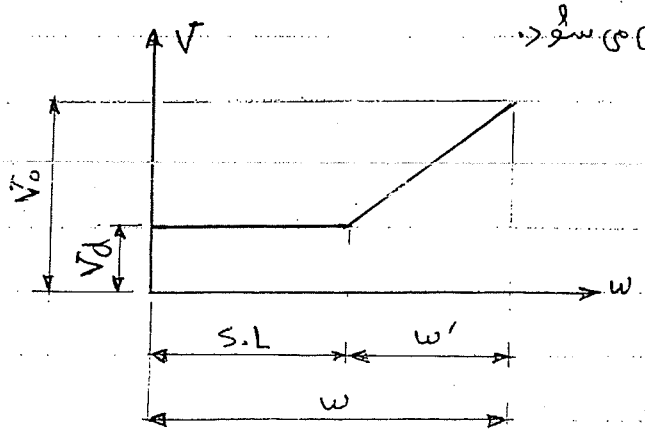
خاک یکم، چون با درصد رس کمتر، PI برابر با PI خاک دوم دارد.

(رس غیرفعال)	پویائی کم	$A < 0.7$
(رس معمولی)	پویائی میانه	$0.7 < A < 1.2$
(رس فعال)	پویائی بیش	$1.2 < A$

- هرچه Ca^{++}، Mg^{++} در رس بیشتر باشد، پویائی آن کمتر خواهد بود.
- Na^{+} و K^{+} پویائی رس را بیشتر می کند (Na^{+} پویائی را خیلی بیشتر می کند)

۳- آزمایش کرانه ترنجیدگی

ظرف ویژه آزمایش که اندکی هم چرب شده است با گل خاک آزمایش شونده، پر می شود و سنگینی آن یادداشت می گردد. گل پس از ساعتی ماندن در سایه، در گرمخانه خشکانده می شود و سنگینی و حجم آن اندازه گیری می شود.



$$S.L = w - w'$$

$$S.L = \frac{w_w}{w_s} - \frac{w'_w}{w_s} = \frac{w_w - w'_w}{w_s}$$

w_w: وزن آب گل

w'_w: وزن آب وابسته به کاهش حجم گل

V_0: حجم گل درون ظرف (حجم ظرف)

V_d: حجم گل خشکیده

w_s: وزن دانه ها (وزن گل خشکیده)

$$S.L = \frac{\left(\boxed{\text{تر}} - \boxed{\text{خشک}}\right) - (V_0 - V_d)\gamma_w}{\left(\boxed{\text{خاک}} - \boxed{\text{خشک}}\right)}$$

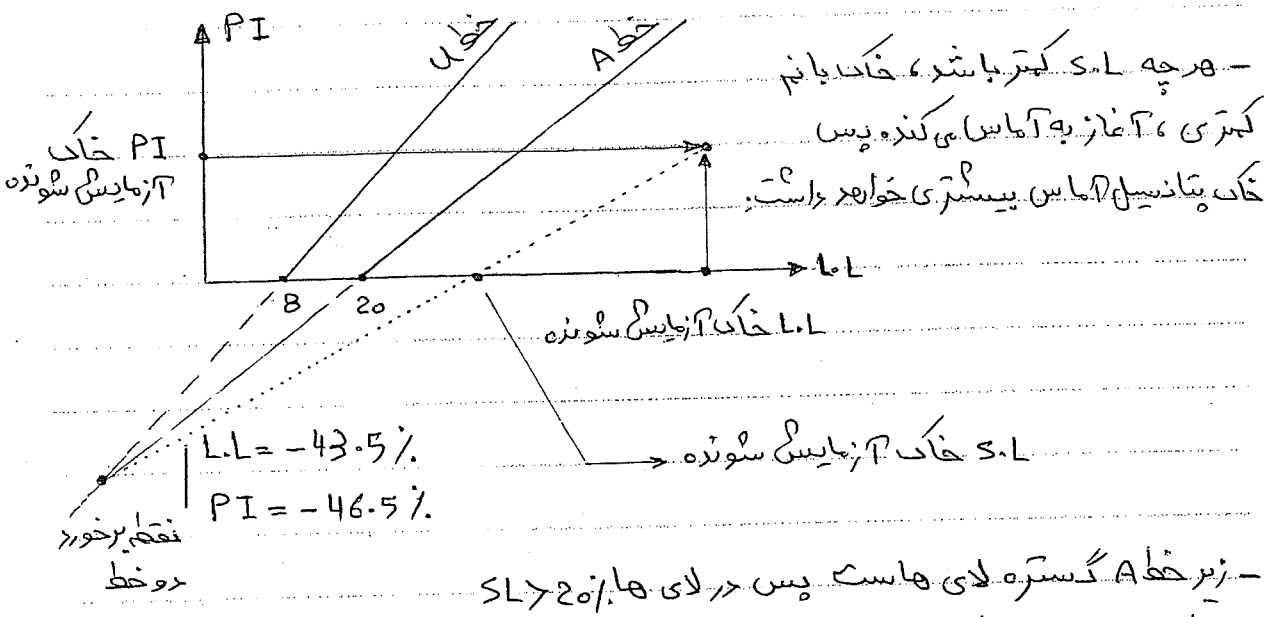
کرانه ترنجیدگی خاک را می‌توان با بهره‌مندی از پیوند زیر نیز بدست آورد.

$$S.L = \frac{V_V \cdot \gamma_w}{W_S} = \frac{V_d - V_S}{W_S}\gamma_w = \frac{\gamma_w}{\frac{W_S}{V_d}} - \frac{\gamma_w}{\frac{W_S}{V_S}} = \frac{\gamma_w}{\gamma_d} - \frac{\gamma_w}{\gamma_S}$$

در این پیوند، γ_d سنگینی ویژه نمونه خشکیده است، نه نمونه‌ای که به آزمایشگاه آورده شده است.

$$S.L = \frac{\gamma_w}{\gamma_d} - \frac{1}{G_S}$$

کاساگرانده روش ترسیمی زیر را برای بدست آوردن کرانه ترنجیدگی پیشنهاد کرد.

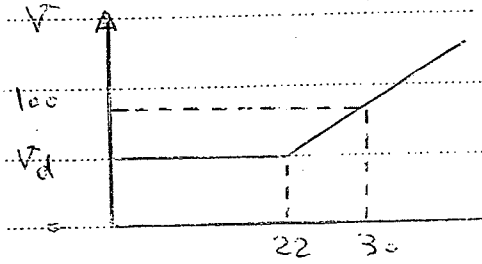


- هرچه S.L کمتر باشد، خاک بانم کمتری، آغاز به آماس می‌کند پس خاک پتانسیل آماس بیشتری خواهد داشت.

- زیر خط A گستره لای هاست پس در لای ها $S.L > 20\%$

- خط A و بالای آن گستره رس هاست پس در رس ها $8\% < S.L < 20\%$

بر روی خاک گذرنده از الک No.40 آزمایش‌های اتربرگ انجام گرفته و $L.L = 60\%$، $P.I = 40\%$، $S.L = 22\%$ بدست آمده است. اگر $100\,cm^3$ از این خاک با $w = 30\%$ در گرمخانه جای بگیرد و پس از خشکیدن $150\,gr$ شود، حجمش چقدر خواهد شد؟



$$w' = \frac{(V - V_d)\times\gamma_w}{W_S}$$

$$0.30 - 0.22 = \frac{(100 - V_d)\times 1}{150}$$

$$V_d = 88\ cm^3$$

- با افزودن آهک (آهک زنده CaO یا آهک شکفته $Ca(OH)_2$) یون Ca^{++} جایگزین Na^+ می‌شود و پویائی (Activity) رس کاهش می‌یابد ($L.L \downarrow$ و $P.I \downarrow$)

- دنشانه روانی و دنشانه سفتی، پیوند میان نم نهادی (رطوبت طبیعی) و کرانه‌های اتربرگ را نشان می‌دهند: الف) ۴-۷

Liquidity Index ≡ شاخص روانی: $I_L = \frac{w\% - P.L\%}{PI\%}$

w: تم زمینه‌ی (طبیعی) خاک

$I_L < 0$ خاک پایدار

$0 < I_L < 1$ خاک موسان

$1 < I_L$ خاک روان یا Potentially liquid یا sensitive

Consistency Index ≡ شاخص سفتی (قوام) $I_c = \frac{L.L\% - w\%}{PI\%}$

$I_c > 1$ ⟵ خاک سفت و پایدار

$0 \leq I_c < 1$ ⟵ خاک موسان

$I_c < 0$ ⟵ خاک روان

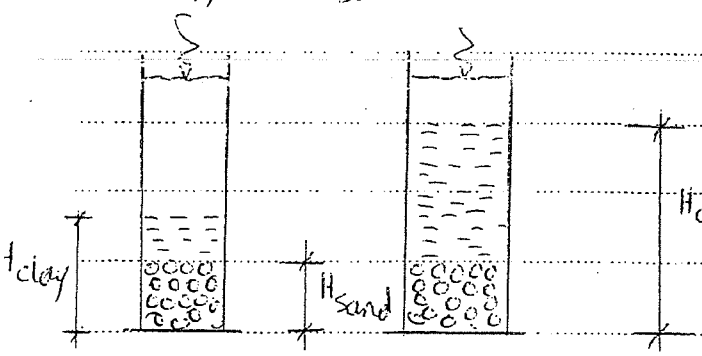
در آزمایش کرانه روانی، تم نمونه 60٪ و شمار کوبه‌ها 22 بدست آمده است. خواسته می‌شود کرانه روانی.

با انجام یک آزمایش، کرانه روانی بدست می‌آید، ولی چنانکه آزمایشگر دستمزد زحمت و تجربه خوبی داشته باشد، می‌توان از پیوند زیر بهره برد.

$$L.L\% = w\% \times \left(\frac{N}{25}\right)^{0.121} = 60 \times \left(\frac{22}{25}\right)^{0.121} = 59\%$$

$20 \leq N \leq 30$ بازه روا

دو نمونه 100 گرمی از یک ماسه بسیار پالوده (تمیز) داریم. یکی با 10 گرم رس کائولین و دومی با 10 گرم رس بنتونیت آلوده می‌شود. در پیوند با ارزش ماسه (SE) آنها چه می‌توان گفت؟



کائولین — بنتونیت

از آنجاکه 10 گرم بنتونیت در سنجش با 10 گرم کائولین آب بیشتری می‌مکد، پس H_{clay} برای بنتونیت بیشتر خواهد بود و ماسه‌ای که با بنتونیت آلوده شده است برای بتن و ملات خوب نخواهد بود.

SE ⟵ SE

$\frac{H_{sand}}{H_{clay}}$ ⟵ $\frac{H_{sand}}{H_{clay}}$

الف) ۴-۸

۱- کدامیک درست است؟

الف) با چند بار کوبیده شدن تکه‌ای از لای سیرآب، رویه‌آن درخشان می‌شود.

ب) " " " رس سیرآب، " "

پ) با چرخاندن تکه‌ای از لای سیرآب، رویه‌آن درخشان می‌شود.

ت) الف و پ ✓

۲- کدامیک درست است؟

الف) با افزایش PI خاک رس، تاب خشکی حالت خشک خاک افزایش می‌یابد.

ب) " " " " " تراوایی خاک کاهش می‌یابد.

پ) " " " " خاک در نم کرانه مومسانی (PL) سفت‌تر است.

ت) هر سه ✓

۳- کدامیک زیر دندان احساس نمی‌شود.

الف) رس لای دار ب) رس ✓ پ) رس و لای همراه با ماسه ت) هیچکدام

۴- کدامیک در نم بیشتری روان می‌شود؟

الف) ماسه ریزدانه ب) ماسه ریزدانه لای‌دار پ) رس درشت‌دانه ✓ ت) ماسه رس‌دار

۵- در کدام نم، خاکهای رس دار آماس (ورم) می‌کنند؟

الف) در نم‌های کمتر از SL ب) در نم‌های بیشتر از SL ✓

پ) در نم‌های بیشتر از P.L ت) در نم‌های کمتر از P.L

۵- در کدام گزینه، خاک رفتار خمیری میانه‌ای (متوسطی) دارد؟

الف) PI < ٪۷ ب) ۷ < PI < ۱۷ ✓ پ) ۱۷ < PI < ۲۷ ت) PI > ٪۲۷

۶- PI کدامیک صفر است؟

الف) ماسه ✓ ب) لای پ) رس ت) لای رس‌دار

۷- اگر به خاک رس، ماسه و لای افزوده شود، ...

الف) L.L کاهش و PI افزایش می‌یابد ب) L.L کاهش و PI ثابت می‌ماند.

پ) L.L و PI کاهش می‌یابد ✓ ت) L.L و PI افزایش می‌یابد.

Qonşu payı qarın doyurmaz.

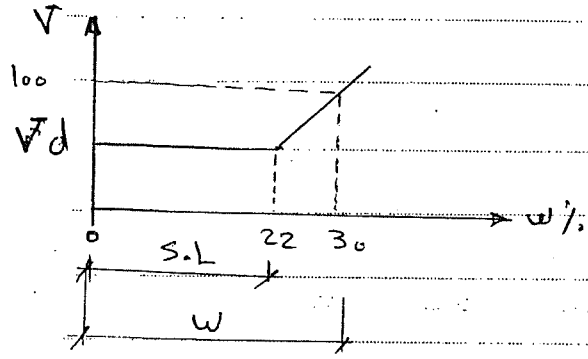
داده همسایه، شکم سیر نمی‌کند.

kölgədə olanın kölgəsi olmaz.

آنکه در سایه است، نمی‌تواند سایه داشته باشد.

ب) ۶-۴

۸ — بر روی خاک گذرنده از الک ۴۰ ، آزمایش‌های اتربرگ انجام گرفته و L.L=60٪ ، P.L=40٪ و S.L=22٪ بدست آمده است. اگر $100\,cm^3$ از این خاک با W=30٪ در گرمخانه جای گیرد و سنگینی آن پس از خشکیدن 150gr شود، حجمش چقدر خواهد شد؟



$$w - S.L = \frac{(V - V_d)\times \gamma_w}{W_s}$$

$$0.30 - 0.22 = \frac{(100 - V_d)\times 1}{150}$$

$$V_d = 88\,cm^3$$

۹ — در یک آزمایش برآورد کرانه روانی، تم نمونه 60٪ و شمار کوبه‌ها 22 بدست آمده است. خواسته می‌شود کرانه روانی خاک

با انجام سه آزمایش، می‌توان کرانه روانی را بدست آورد، ولی چنانکه آزمایش کننده دقت و تجربه خوبی داشته باشد، می‌توان برای بازه روی $20 \le N \le 30$ از پیوند زیر برای برآورد کرانه روانی بهره برد.

$$L.L = w \times \left(\frac{N}{25}\right)^{0.121} = 60 \times \left(\frac{22}{25}\right)^{0.121} = 59\,\%$$

۱۰ — تم خو خاک A و B، 20٪ است. اگر در خاک A، S.L=20٪ و در خاک B، P.L=20٪ باشد. کدامیک رفتار خوبی در برابر بار خواهد داشت؟

خاک A در آغاز رفتار نیمه خمیری و خاک B در آغاز رفتار خمیری است. پس خاک A بارپذیرتر خواهد بود.

اگر تم خاک A دوبرابر شود، e_A چند برابر خواهد شد؟

$$w_A = S.L \longrightarrow S_{rA} = 1$$

با دوبرابر شدن w، e دوبرابر خواهد شد.

$$w \times G_s = S_r \times e$$

cte ↓ cte ↓

Dayağı dağ olanın, başı göylərdə olar.

آنکه کوه تکیه‌گاهش است، سرش در آسمان‌ها خواهد بود.

ب) ۲-۴

۱۱- در خاکی خشانه روانی $I_L=0.60$ ، $S.L=2\%$ ، $P.L=30\%$ ، $L.L=80\%$ است.
اگر در نمونه‌ای از این خاک $W_s=100\,gr$ باشد، نمونه پس از رسیدن به $w=25\%$ چه اندازه کاهش حجم می‌یابد.

$$I_L=\frac{w-P.L}{PI}=\frac{w-P.L}{L.L-P.L}\longrightarrow 0.60=\frac{w-0.30}{0.80-0.30}\longrightarrow w=0.60$$

نم نمونه 60% است و با کاسته شدن به 25%، نمونه آب و به همان اندازه حجم از دست می‌دهد.

$$\Delta w_w=w_s\cdot\Delta w$$

$$\Delta w_w=100(0.60-0.25)=35\,gr=35\,cm^3$$

و کاهش وزن

نمونه پس از رسیدن به $w=15\%$ چه اندازه کاهش حجم می‌یابد؟
کاهش حجم پس از رسیدن نم به $S.L=20\%$، پایان می‌یابد.

$$\Delta w_w=100(0.60-0.20)=40\,gr=40\,cm^3 \quad (\text{کاهش حجم})$$

$$\Delta w_w=100(0.60-0.15)=45\,gr \quad (\text{کاهش وزن})$$

۱۲- در آزمایش برآورد کرانه تر نجیدگی (S.L)، خشانه‌پوکی (e) نمونه خشکیده 0.6 بدست آمده است. اگر چگالی دانه‌ها 2.7 باشد، خواسته می‌شود S.L

$$Sr.e=w.G_s\longrightarrow 1\times 0.6=S.L\times 2.7\longrightarrow S.L=0.22=22\%$$

۱۳- 150 گرم از خاک گذرنده از الک 40، که 50% هم نم دارد، خشکانده می‌شود.
اگر کرانه تر نجیدگی خاک 22% باشد، خواسته می‌شود کاهش حجم نمونه

$$W=W_s+W_w$$

$$W=W_s\left(1+\frac{w_w}{w_s}\right)$$

$$W=W_s(1+w)$$

$$150=W_s(1+0.50)$$

$$W_s=100\,gr$$

$$w-S.L=\frac{(V-V_d)\times\gamma_w}{W_s}$$

$$0.50-0.22=\frac{\Delta V\times 1}{100}$$

$$\Delta V=28\,cm^3$$

۱۴- کدام یک از موارد زیر برای پرتاب کردن رس نمناک است؟

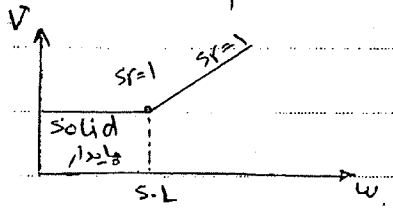
الف) آهک زنده ب) آهک سیمان ت) گچ

گچ و سیمان یا آهک با سازگانزولی یون Ca^{++} آهک یا جایگزین شدن با یون Na^+ دوغاب پویایی (Activity) رس را می‌کاهد و آهک زنده بخشی از نم خاک را نیز می‌گیرد.

$$CaO+H_2O\longrightarrow Ca(OH)_2$$

ب ۳-۴

۱۵ - خاک رسی ۴۰gr آب از دست می‌دهد و $40cm^3$ کاهش حجم می‌یابد. خواسته می‌شود S_r خاک در پایان کاهش حجم. الف) ۰.۵ ب) صفر ج) ۱ ت) هیچکدام



چون به اندازه کاهش حجم آب، کاهش حجم خاک رخ داده است، پس خاک از S.L بیشتر است. ج

---

۱۶ - خاک رسی ۸۰gr آب دارد و با از دست دادن ۴۰gr آن، $30cm^3$ کاهش حجم می‌یابد. خواسته می‌شود S_r خاک در پایان کاهش حجم.

الف) ۷۵٪ ب) ۸۰٪ ج) ۵۰٪ ت) ۳۸٪

$$w_{w_2} = 80 - 40 = 40gr \rightarrow V_{w_2} = 40cm^3$$
$$V_{v_2} = 80 - 30 = 50cm^3$$
$$\rightarrow S_{r_2} = \frac{V_{w_2}}{V_{v_2}} = \frac{40}{50} = 0.80$$

---

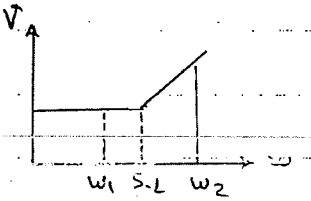
۱۷ - خاک رسی ۸۰gr آب دارد و با افزایش ۴۰gr آب، حجم آن $40cm^3$ افزوده می‌شود. e خاک چند برابر می‌شود؟ الف) ۱.۵ ب) ۲ ج) ۰.۵ ت) خاک از ابتدا سیراب بوده

چون با افزودن $40cm^3$ آب، $40cm^3$ افزایش حجم رخ داده است، پس تا S.L برابر شدن نیم خاک، e نیز ۱.۵ برابر می‌شود.

$$w_1 = \frac{w_{w1}}{w_s} = \frac{80}{w_s}$$
$$w_2 = \frac{80+40}{w_s} = \frac{120}{w_s} \rightarrow w_2 = 1.5 w_1$$
$$\underbrace{G_s . w}_{cte} = \underbrace{e . S_r}_{cte}$$

---

۱۸ - خاک رسی ۸۰gr آب دارد و با ۵۵gr افزایش آب، حجم آن $45cm^3$ افزوده می‌شود. e خاک چند برابر می‌شود. الف) ۱.۵ ب) ۲ ج) ۰.۵ ت) ۱



$$e_1 = \frac{V_{v_1}}{V_s} = \frac{V_{w_1} + V_a}{V_s} = \frac{80+10}{V_s} = \frac{90}{V_s}$$
$$e_2 = \frac{V_{v_2}}{V_s} = \frac{V_{w_2}}{V_s} = \frac{80+55}{V_s} = \frac{135}{V_s}$$
$$\rightarrow e_2 = 1.5 e_1$$

Basla ƣarğanı gözünü oysın.

کلاغ را ببوران تا چشمک را درآورد.

ƣarğa, ƣarğanın gözünü çıxatmaz.

کلاغ چشم کلاغ را در نمی‌آورد.

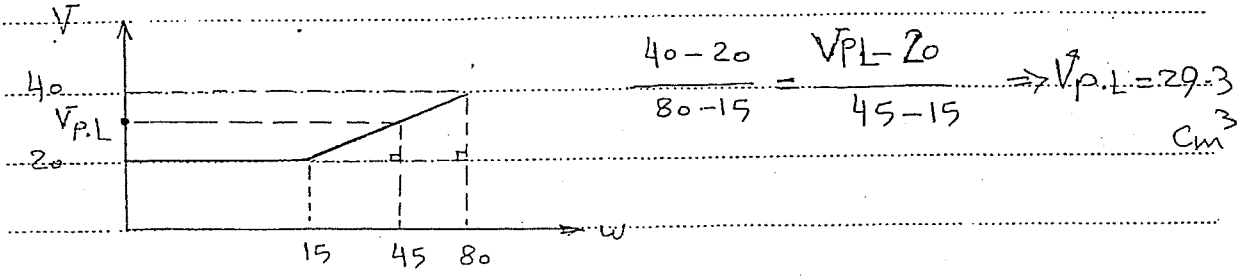
ب / ۴-۴

۱۹- در خاک A، P.L=25 و L.L=60 و در خاک B، P.L=25 و L.L=50 است.
- کدام یک در نم کرانه روانی پرتاب است؟ در نم کرانه روانی هر دو هم تاب هستند و با 25 کوبه پیاله آزمایشی سیار به هم می‌رسند.
$25 \times 1 = 25\,gr/cm^2 = 0.025\,kg/cm^2$
- کدام یک در $w=50\%$ پرتاب است؟ A
- کدام چسبندگی بیشتری دارد؟ A
$P_{I_A} = 60 - 25 = 35$

۲۰- کرانه ترنجیدگی یک نمونه آزمایشی $S.L=9\%$ شده است. خواسته می‌شود پوکی آن.
$e = \frac{G_s \cdot w}{S_r} = \frac{2.7 \times 0.09}{1} = 0.243 \rightarrow n = \frac{0.243}{1+0.243} = 0.195$ $(G_s = 2.7)$

۲۱- در آزمایش کرانه ترنجیدگی (S.L) حجم گل $18cm^3$ و وزن آن 36gr بوده و پس از خشکیدن به $14cm^3$ و 28gr کاسته شده است. خواسته می‌شود S.L.
$S.L = \frac{(W - W_s) - (V - V_d)\gamma_w}{W_s} = \frac{(36-28) - (18-14)\times 1}{28} = 0.143$

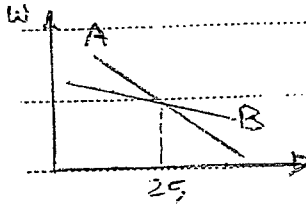
۲۲- حجم نمونه‌ای در کرانه روانی $40cm^3$ و پس از خشکیدن $20cm^3$ بوده است. اگر $S.L=15\%$، $L.L=80\%$ و $P.I=35\%$ باشد، خواسته می‌شود حجم نمونه در نم کرانه مومسیانی.



$\frac{40-20}{80-15} = \frac{V_{P.L}-20}{45-15} \Rightarrow V_{P.L} = 29.3\ cm^3$

۲۳- بر پایه داده‌های زیر، خواسته می‌شود دسته‌بندی نمونه خاک گذرنده از الک شماره 40
$w = 16\%$ $\quad G_s = 2.7$ $\quad S.L = 18\%$
$e = \frac{G_s \cdot w}{S_r} = \frac{2.7 \times 0.18}{1} = 0.486$
اگر $w=20\%$ باشد، دسته‌بندی چقدر خواهد شد؟
$e = \frac{2.7 \times 0.20}{1} = 0.54$

۲۴- کرانه روانی خاک A و B یکی است. کدامیک در برابر روان شدن پایدارتر است؟ الف) A ✓ ب) B ج) هردو د) هیچکدام



۲۵- کدامیک در هم کرانه روانی پرتاب است؟
الف) A ب) B ج) هردو د) هیچکدام ✓

در هم کرانه روانی، هردو با ۲۵ ضربه انرژی روان می‌شوند و پرتاب نیستند.

۲۶- از دو خاک رس که PI برابر دارند، کدامیک بیشتر آسان می‌کند.
الف) آنکه L.L بیشتر دارد ب) آنکه L.L کمتر دارد ج) آنکه P.L بیشتر دارد
د) آنکه S.I بیشتر دارد ✓

۲۷- در کدامیک L.L = L.L است؟ کائولین - گورسنگ - گرزبین - خاک گیاهی
الف) ب) ✓ ج) د)

۲۸- PI خاک به کدامیک وابستگی ندارد؟
الف) ریزی و درشتی دانه‌های رس ب) نیم نهادی (رطوبت طبیعی) ✓
ج) گونه (نوع) رس د) پیوندیان (یون‌ها)

۲۹- نمونه گذرنده از الک ۴۰ ، ۲۰٪ = L.L از خود نشان داده است. به هنگامی که نمونه ۱۰٪ است، Sr چند درصد خواهد بود.
الف) ۵۰ ب) ۱۵ ج) ۲۵ ✓ د) ۵

میان نم صفر تا L.L ، Sr به گونه خطی دگرسان می‌یابد.
ب) $0 \longrightarrow L.L$
Sr) $0 \longrightarrow 100\%$

۳۰- آزمایش‌های یک خاک رس، PI = ۱۸٪ و درصد ریزه‌های کوچکتر از 0.002mm = ۱۶٪ نشان داده است. خواسته می‌شود کانی احتمالی این خاک رس (رک ۸۵)
الف) ایلیت ب) کائولینیت پ) مونت موریلونیت ت) هالوزیت
رس فعال (مونت موریلونیت) $\Rightarrow A = \frac{PI\%}{\text{درصد رس}} = \frac{28}{16} = 1.75 > 1.2$

۳۱- در خاکی $L.L=40$ و $P.L=30$ است. اگر $G_s=2.7$ و $S.L=2PI$ باشد خواسته می‌شود که خاک آزمایش شونده در نم کرانه ترنجیدگی ($S.L$) (ک ۸۵)

الف) 18 ..... ب) 19 ..... پ) 20 ..... ت) $21\ kN/m^3$

$S.L=2PI=2(40-30)=20$ ، $\gamma=\frac{G_s(1+w)}{1+e}\times\gamma_w$

$e=\frac{w.G_s}{S_r}=\frac{0.20\times2.7}{1}=0.54$

$\gamma=\frac{2.7(1+0.20)}{1+0.54}\times10=21\ kN/m^3$

۳۲- برای خاکی که در آن $P.L=10$، $PI=5$، $G_s=2.5$، $\gamma_{sat}=2\ gr/cm^3$ است کدام گزینه درست است؟ (ک ۸۴)

الف) این خاک در w_{sat} (نم سیرآب شدن) پایدار است.

ب) این خاک پس از سیرآب شدن ناپایدار می‌گردد.

پ) ..... و با سیرآب شدن دوباره پایدار می‌گردد.

ت) داده‌ها برای گفتگو در این زمینه بسنده (کافی) نیستند.

$\gamma_{sat}=\frac{G_s+e}{1+e}\times\gamma_w \rightarrow 2=\frac{2.5+e}{1+e}\times\gamma_w \rightarrow e=0.5$

$w_{sat}=\frac{S_r.e}{G_s}=\frac{1\times0.5}{2.5}=0.20 \rightarrow L.L=10+5=15$

۳۳- نشانه روانی (I_L) برای دوگونه رس، 0.81، صفر، بدست آمده است. رس نخست در حالت .... و رس دوم در کرانه .... است.

الف) روانی - $L.L$

ب) روانی - $P.L$

پ) موسان - $P.L$

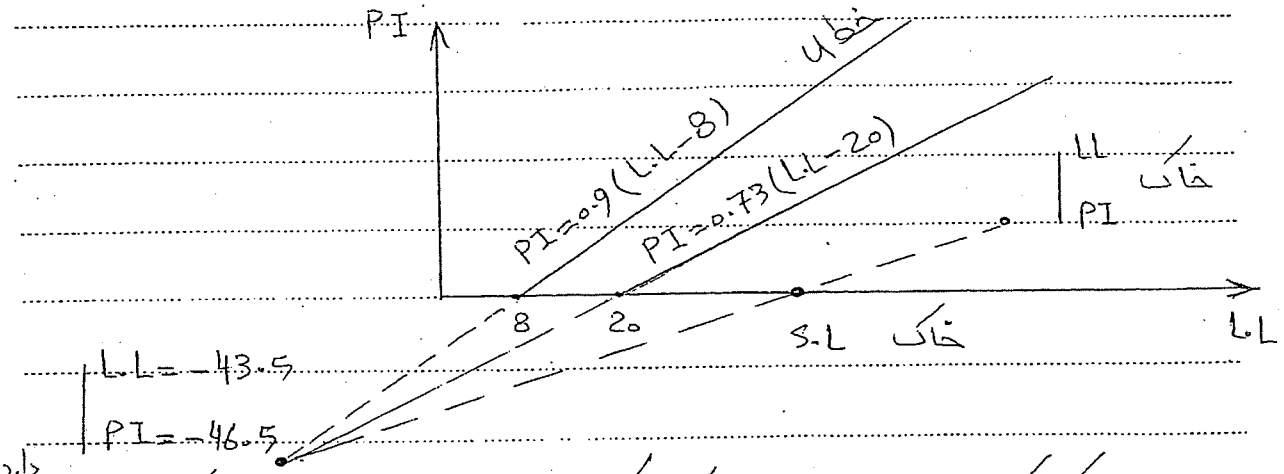
ت) موسان - $L.L$

$I_L=\frac{w-P.L}{PI} \rightarrow 0=\frac{w-P.L}{PI} \rightarrow w=P.L$

$0 < I_L \leq 1 \Rightarrow$ رفتار خاک موسان

ب) ۴-۷

۳۴- روش پیشنهادی کاساگرانده برای بدست آوردن کرانه تر بیدگی (S.L)



- از دو خاک که PI برابری دارند، کدامیک S.L بیشتری دارد؟ آنکه L.L بیشتری دارد.
- از دو خاک که L.L برابری دارند، کدامیک S.L بیشتری دارد؟ آنکه PI کمتری دارد.

۳۵- خاکی سیرآب با $w=40\%$ و $\gamma=1.81 gr/cm^3$ است. اگر پس از خشک کردن $\gamma_d=1.6$ گردد، خواسته می‌شود S.L (خاک سیرآب نمونه‌ای گذرنده از الک ۴۰ است).

$$\gamma=\frac{G_s(1+w)}{1+\frac{w.G_s}{S_r}}\gamma_w \Rightarrow 1.81=\frac{G_s(1+0.40)}{1+0.40G_s}\times 1 \Rightarrow G_s=2.7$$

$$S.L=\frac{\gamma_w}{\gamma_d}\left(\frac{1}{G_s}\right)=\frac{1}{1.6}-\frac{1}{2.7}=0.254=25.4\%$$

۳۶- خاکی که همه آن رس است، Activity = 0.85 و P.L = 45٪ است. اگر خواسته شود این خاک را به شکل کرانه روانی برسانیم، چه مقدار آب باید به نمونه خاک افزوده شود؟

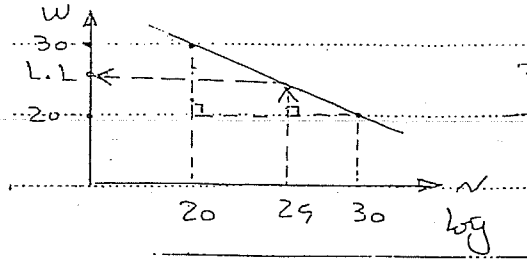
$$A=\frac{L.L-P.L}{100}=0.85 \Rightarrow L.L=110\%$$

$$w=\frac{w_w}{w_s} \Rightarrow 1.10=\frac{w_w}{150}$$

$$w_w=165 gr$$

۳۷- داده‌های زیر دست آورد حد آزمایش کرانه روانی هستند. خواسته می‌شود کرانه روانی (L.L).

$N_1=20$ و $w_1=30\%$ ..... $N_2=30$, $w_2=20\%$



$$\frac{30-20}{\log 30-\log 20}=\frac{LL-20}{\log 30-\log 25} \Rightarrow L.L=24.5\%$$

Ağlayanın bir derdi var,

gülenin iki

گریان یک درد دارد ، خندان دو تا

بخش پنجم - رده بندی خاک

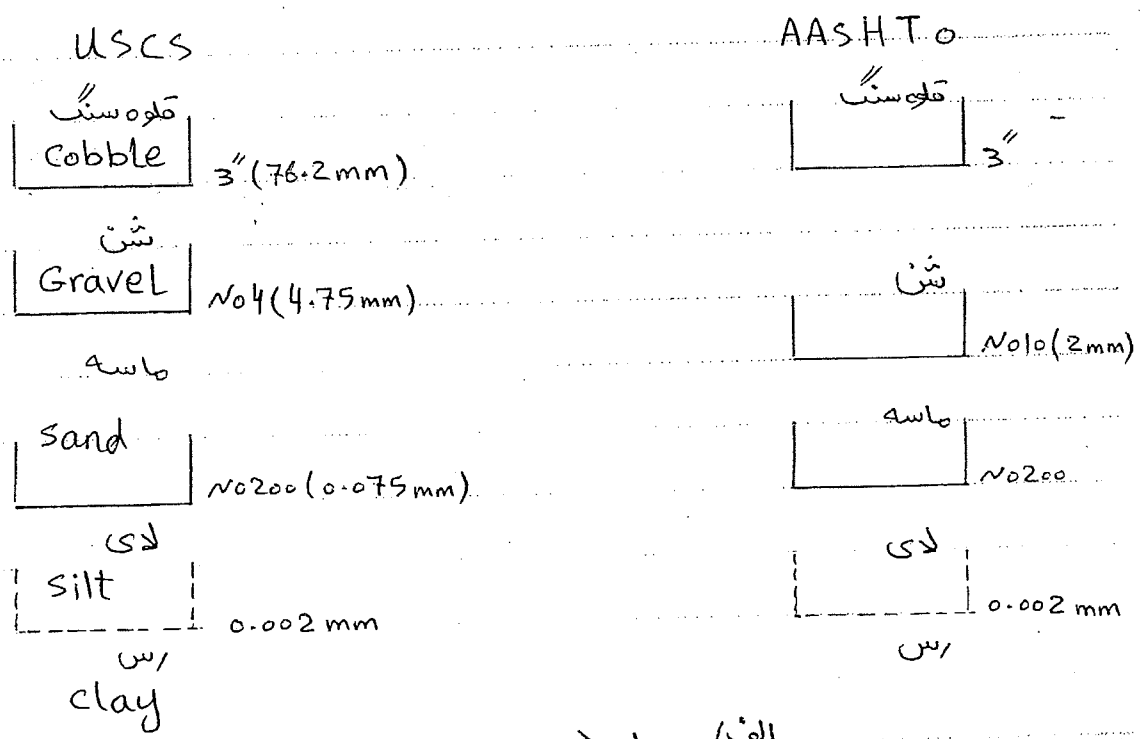
بر پایه دست آورد آزمایش های دانه بندی و اتربرگ ، خاکهای گوناگون که برخی از ویژگی-های آنها همانند است ، در یک گروه رده بندی می شوند . در رده بندی از نمادهائی که نشانگر گزیده ای از ویژگی های خاک است ، بهره برده می شود .

در مکانیک خاک ، بهره مندی از دو رده بندی USCS و AASHTO همه گیر است .

در این رده بندی ها ، آن بخش از خاک که از الک 3" می گذرد ، رده بندی می شود .

USCS : unified soil classification system

AASHTO: American Association of state Highway and Transportation officials



الف) ۱-۵

۱- رده بندی یکسان شده (متحد - Unified) : USCS

(زیر 3" رده بندی می شود) $P+Q+R=100\%$

3" ——
سنگ ← P٪
No4 ——
ماسه ← Q٪
No200 ——
لای و رس ← R٪

$R = P\text{-}P_{No200}$

خاک
- درشت دانه ($R < 50\%$)
  - سنگ ($Q < P$) Gravel
  - ماسه ($Q \geq P$) Sand
- ریز دانه ($50\% \leq R$)

با بهره مندی از C_u و C_c و نمودار خمیری، سنگ و ماسه هریک به ۹ زیر گروه بخش می شوند:

سنگ
- $R < 5\%$
  - سنگ خوب دانه بندی شده (GW) $1 \leq C_c \leq 3$ ، $C_u \geq 4$
  - سنگ بد دانه بندی (GP) $C_c > 3$ یا $C_c < 1$ یا $C_u < 4$
- $5\% < R \leq 12\%$ → GW-GM-GC / GP-GM-GC
  - GW-GM سنگ خوب دانه بندی شده لای دار
  - GW-GC سنگ خوب دانه بندی شده رس دار
  - GP-GM سنگ بد دانه بندی شده لای دار
  - GP-GC سنگ بد دانه بندی شده رس دار
- $12\% < R$ (P_{No200})
  - GM سنگ لای دار
  - GC سنگ رس دار
  - GM-GC سنگ لای و رس دار

W: well graded P: poorly graded C: clay
M: Silt = Mulck = MUD O: organic silt or clay H: High plasticity
L: low plasticity Pt: Peat and highly organic soil

(1 ≤ Cc ≤ 3 و Cu > 6) SW

(Cc > 3 یا Cc < 1 یا Cu < 6) SP

SW-SM

SW-SC

SP-SM

SP-SC

SM

SC

SM-SC

ML

MH

CL

CH

OL

OH

organic

Peat P_t

F < 5%

5% ≤ F ≤ 12%

F > 12%

ماسه

(Silt) لای

(Clay) رس

ریزدانه

خاک زیستی (آلی)

خاک برگ

$\frac{\text{L.L not oven dry}}{\text{L.L oven dry}} < 0.75 \Rightarrow$ organic soil

OL (L.L < 50%)

OH (L.L ≥ 50%)

۲- رده بندی آشتو

A-1-a

A-1-b

A-1

A-3

A-2-4

A-2-5

A-2-6

A-2-7

A-2

P.P No.200 ≤ 35

خاک درشت دانه

خاک

A-4

A-5

A-6

A-7

خاک ریزدانه

(P.P No.200 > 35)

(PI ≤ LL-30) A-7-5

(PI > LL-30) A-7-6

الف) ۳-۵

آرایه برای رده بندی خرسنگ دانه ها

رده خاک		P.P No200	P.P No40	P.P No10	LL%	PI%	نام خاک
A-1-a	خوب	max15	max30	max50		max6	شن وماسه همراه قلوه سنگ
A-1-b	خوب	max25	max50			max6	〃 〃 〃 〃 〃
A-3		max10	min51			NP	ماسه ریز
A-2-4		max35			max40	max10	شن و ماسه لای دار
A-2-5	ضعیف	max35			min41	max10	〃 〃 〃 〃 〃
A-2-6	ضعیف	max35			max40	min11	شن وماسه رس دار
A-2-7		max35			min41	min11	〃 〃 〃 〃

Group Index : $GI = 0.01(P.P_{No200} - 15\%)(PI\% - 10\%)$

- تنها برای دو رده A-2-6 و A-2-7 دنباله گروه (GI) حساب می شود. برای دیگر رده ها اگر هم حساب شود، صفر یا منفی خواهد شد، که گزارش نمی گردد. در ریزدانه ها برای همه رده ها GI حساب می شود.
- هرچه دنباله گروه عدد بزرگتری شود، دانه ها بیشتر به ریزدانه ها شبیه و چنین خاکی در راهسازی کم ارزش است.
- خاکی که نتوان L.L و P.L آنرا با انجام آزمایش بدست آورد، NP گزارش می شود. (غیر خمیری) نامتوسان Nonplastic

آرایه برای رده بندی ریزدانه ها

رده خاک		P.P No200	LL%	PI%	نام خاک
A-4	خوب	min36	max40	max10	لای
A-5	ضعیف	〃	min41	max10	لای
A-6		〃	max40	min11	رس
A-7-5	ضعیف	〃	min41	〃	رس PI ≤ LL-30
A-7-6	خوب	〃	min41	〃	رس PI > LL-30

$$GI = (P.P_{No200} - 35)[0.2 + 0.005(LL - 40)] + 0.01(P.P_{No200} - 15)(PI - 10)$$

الف ۴-۵

برگرفته از مکانیک خاک و پی

برگردان استاد علامه دکتر یوسف زاده نمودار کاربرد مهندسی (بعد از واگنر ۱۹۵۷)

خواص مهم				
نام تیپ برای گروه‌های خاک	علائم گروه	نفوذپذیری بعد از تراکم	مقاومت برشی بعد از تراکم و در حال اشباع	قابلیت فشردگی بعداز تراکم و در حال اشباع	کارآیی به عنوان مصالح ساختمانی
شن‌های با دانه‌بندی خوب، مخلوط شن و ماسه با ریز دانه کم یا بدون ریز دانه	GW	نفوذپذیر	عالی	قابل اغماض	عالی
شن با دانه‌بندی بد، مخلوط شن و ماسه، با ریز دانه کم یا بدون ریز دانه	GP	خیلی نفوذپذیر	خوب	قابل اغماض	خوب
شن‌های سیلت‌دار مخلوط شن – ماسه – سیلت با دانه‌بندی بد	GM	نیمه نفوذپذیر تا نفوذ ناپذیر	خوب	قابل اغماض	خوب
شن‌های رس‌دار، مخلوط شن – ماسه – رس با دانه‌بندی بد	GC	نفوذناپذیر	خوب تا مناسب	خیلی کم	خوب
ماسه‌های با دانه‌بندی خوب، ماسه‌های شن‌دار با ریزدانه کم یا بدون ریز دانه	SW	نفوذپذیر	عالی	قابل اغماض	عالی
ماسه‌های با دانه‌بندی بد، ماسه‌های شن‌دار با ریز دانه کم یا بدون ریز دانه	SP	نفوذپذیر	خوب	خیلی کم	مناسب
ماسه‌های سیلت‌دار، مخلوط ماسه و سیلت با دانه‌بندی بد	SM	نیمه نفوذپذیر تا نفوذناپذیر	خوب	کم	مناسب
ماسه‌های رس‌دار، مخلوط ماسه و رس با دانه‌بندی بد	SC	غیر قابل نفوذ	خوب تا مناسب	کم	خوب
سیلت‌های غیرآلی و ماسه‌های خیلی ریز، پودر سنگ ماسه‌های ریزدانه سیلت‌دار یا رس‌دار با خمیری کم	ML	نیمه نفوذپذیر تا نفوذناپذیر	مناسب	متوسط	مناسب
رس‌های غیرآلی با خمیری کم تا متوسط، رس‌های شن‌دار رس‌های ماسه‌دار، رس‌های سیلتی، رس‌های لاغر	CL	نفوذناپذیر	مناسب	متوسط	خوب تا مناسب
سیلت‌های آلی و سیلت رس‌های آلی با خمیری کم	OL	نیمه نفوذپذیر تا نفوذناپذیر	ضعیف	متوسط	مناسب
سیلت غیر آلی و خاک‌های با ماسه‌های ریز یا سیلت‌دار طلقی یا دو اتمی، سیلت‌های الاستیک	MH	نیمه نفوذپذیر تا نفوذناپذیر	مناسب تا ضعیف	زیاد	ضعیف
رس‌های غیر آلی با خمیری زیاد، رس‌های چاق	CH	نفوذناپذیر	ضعیف	زیاد	ضعیف
رس‌های آلی با خمیری متوسط تا زیاد	OH	نفوذناپذیر	ضعیف	زیاد	ضعیف
خاک برگ یا سایر خاک‌های خیلی آلی	Pt	—	—	—	—

Yaşı at bazarında sorarlar.

سن را در بازار اسب می‌پرسند.

الف) ۵-۵

مطلوبیت نسبی برای مصارف مختلف									
رده خاک	سدهای خاکی غلتکی			کانال‌ها		پی سازی		جاده‌ها - خاکریز	
	خاکریز همگن	هسته	پوسته	مقاومت در برابر فرسایش	خاک متراکم به عنوان روسازی	تراوش مهم	تراوش غیر مهم	تورم یخبندان ممکن نیست	تورم یخبندان ممکن است	رویه
GW	—	—	۱	۱	—	—	۱	۱	۱	۳
GP	—	—	۲	۲	—	—	۳	۳	۳	—
GM	۲	۴	—	۴	۴	۱	۴	۴	۹	۵
GC	۱	۱	—	۳	۱	۲	۶	۵	۵	۱
SW	—	—	۳، اگر شندار باشد	۶	—	—	۲	۲	۲	۴
SP	—	—	۴، اگر شندار باشد	۷، اگر شندار باشد	—	—	۵	۶	۴	—
SM	۴	۵	—	۸، اگر شندار باشد	۵، فرسایش تعیین کننده	۳	۷	۸	۱۰	۶
SC	۳	۲	—	۵	۲	۴	۸	۷	۶	۲
ML	۶	۶	—	—	۶، فرسایش تعیین کننده	۶	۹	۱۰	۱۱	—
CL	۵	۳	—	۹	۳	۵	۱۰	۹	۷	۷
OL	۸	۸	—	—	۷، فرسایش تعیین کننده	۷	۱۱	۱۱	۱۲	—
MH	۹	۹	—	—	—	۸	۱۲	۱۲	۱۳	—
CH	۷	۷	—	۱۰	۸، تغییر حجم تعیین کننده	۹	۱۳	۱۳	۸	—
OH	۱۰	۱۰	—	—	—	۱۰	۱۴	۱۴	۱۴	—
Pt	—		—	—	—	—	—	—	—	—

Baş sağ olsun, Papağ tapılar.

سر سلامت باشد، کلاه پیدا می‌شود.

it dəvəyə hürər, dəvə eşitməz.

سگ به شتر پارس می‌کند ولی شتر نمی‌شنود.

۱ - در رده بندی USCS کدام خاک ها با نشانه دوگانه، شناسانده می شوند؟
الف) خاک هائی که در نمودار (P.I-L.L) بالای خط A جای می گیرند و در آنها $4\% < PI < 7\%$ است. ✓
ب) خاک هائی که در آنها $P.P_{No200} < 12\%$ است.
پ) الف و ب ت) هیچکدام

۲ - در رده بندی USCS، خاک OL، ...
الف) شناسانده نشده است ب) ماسه لای دار است.
پ) می تواند لای آلی باشد ✓ ت) خاک برگ است.

۳ - در رده بندی خاکدانه ها، دانه های گذرنده از الک 4" و مانده بر الک 3" چه نامیده می شوند.
الف) gravels ب) boulders پ) ✓ Cobbles ت) peat

۴ - کدام رده بندی تنها بر پایه قطر خاکدانه هاست؟
الف) USCS ب) AASHTO پ) ✓ ASTM ت) هرسه

ادامه از صفحه پ) ۱۰-۳

۳ - از پیوند دیرپای فرهنگ ارمنی و ایران می نویسد ولی از کشت کشتارهای خونین سالهای ۱۹۰۵ تا ۱۹۱۸ که بخشی از آن در خوی و ارومیه انجام گرفت می گذرد و بی آنکه ارمنستان و گرجستان را هم ایران شمالی بنامد، آذربایجان را ایران شمالی می نامد.

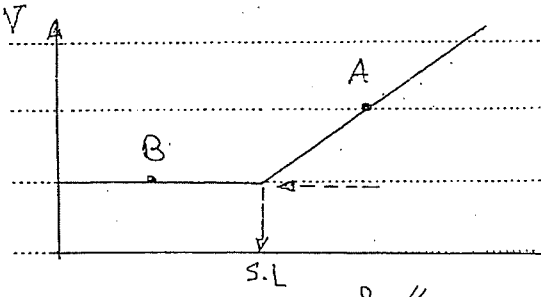
۴ - ضمن در رنگرفتن کشتارهای خوجالی و تره باغ از کشتارهای خونین سال ۱۹۹۲ ماشینیست های ترک تبار و متحدان عرب و افغانی شان بر علیه ارمنی ها می نویسد.

۵ - در جهت ایران مداری خود خواسته، شعرهای شو بینیستی چند شاعر شعوبی را این چنین چاشنی نوشته هایش می کند.

وفا ناید از ترک هرگز پدید — وز ایرانیان جز وفا کس ندید
چو یابم ز کاووس شاه آگهی — کنم شهر ایران ز ترکان تهی (san olasan)

۶ - در جهت اعزاز و اکرام مسلمانان می نویسد: «ترکان که اسلام را پذیرفته بودند و به میان مسلمانان راه یافته بودند، جنگ و جهاد را برای غارت و یغماهای دائمی خود، بهانه مشروعی یافته بودند.» !! (ادامه در ب ۳۸-۷)

۵ - با کاهش حجم آب (Vw) ، .....



★ - در نمونه A ، γ و γd افزوده می‌شود و e و n کاهش می‌یابد. (تا رسیدن به S.L = w)

★ - در نمونه B ، γ کاهش می‌یابد و γd و e و n دگرسان نمی‌یابند.

۶ - در یک خاک خوب دانه‌بندی شده ۳۵٪ وزنی دانه‌ها از الک No4 و ۴٪ وزنی از الک شماره ۲۰۰ عبور کرده است. خاک در رده‌بندی USCS الف) SW ب) GW یا SW ج) SW-SC د) SW-ML

ماسه > شن
خاک خوب دانه‌بندی شده
} ⇒ GW

65٪ شن
No4
31٪ ماسه
No200
4٪ ریزدانه

۷ - کدام یک در رشت دانه‌ای دار است؟

الف) A-1-a ب) A-2-5 پ) A-4 ت) A-2-7

۸ - کدام خاک خوبی برای هسته‌ی سدهای خاکی است؟

الف) GW ب) CH پ) GC ت) GP

سرو رامنتان سفید است ای کوهها
وجودتان سلامت است کوهها؟
چشمه‌هایتان گریانند
گریانندهٔ داغ (سینه‌تان) است کوهها؟
(جمشید سیبانی)

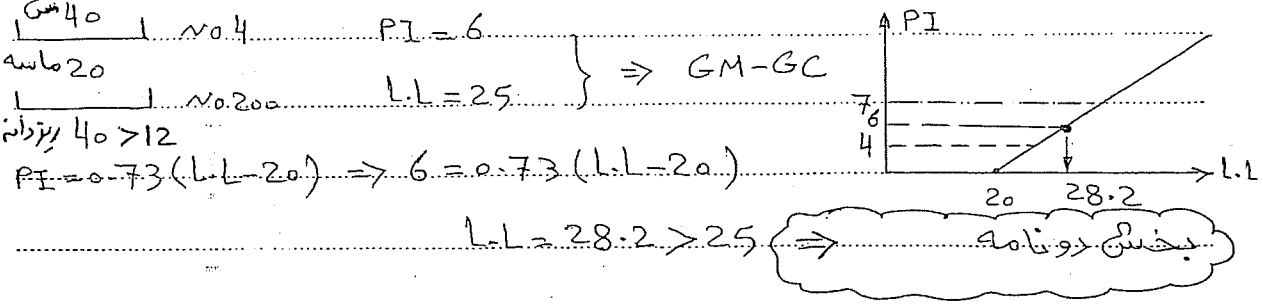
Baş Döşüz Ağdı Dağlar
Vcuduz sağdı Dağlar?
Ağlaşır bulaqlaruz
Ağladan Dağdı Dağlar?
(seybani)

۹- در آزمایش ارزش ماسه ، SE نمونه برای رس سره (خالص) .... و برای ماسه سره .... می شود. صفر و ۱۰۰٪

۱۰- در کدام یک ۵ < P.P No200 < ۱۲ است؟

GW-GC ✓ GC-GM GP GW

۱۱- باروی راست به داده ها، خواسته می شود رده خاک در روش دو بنمایید (USCS)



۱۲- ٪35 خاکی، شن ٪30 ماسه، ٪30 لای و ٪5 آن رس است. خواسته می شود رده آن در روش USCS (ک) GM ← 35 > 12 رده ریزدانه

۱۳- در خاکی ٪F200 = 70، P.L = 40٪، L.L = 61٪ و است، خواسته می شود رده خاک در روش USCS

30٪ شن No 200 PI = 61 − 40 = 21

70٪ ریزدانه

PI = 0.73 (61 − 20) = 30 > 21 ⇒ زیر خط A

MH

۱۴- در خاکی ٪F200 = 16، ٪F4 = 77، P.L = 12٪، L.L = 30٪ است، خواسته می شود رده خاک در روش USCS (ک)

23٪ شن No 4

61٪ ماسه No 200 PI = 0.73 (30 − 20) = 7.3 < (30 − 12)

16٪ < 12 ریزدانه

بالای خط A ← SC

۱۵- ٪59 خاکی، شن ٪38 ماسه و ٪3 آن لای است. اگر $C_u = 10$ و $C_c = 2$ باشد، خواسته می شود رده خاک در روش USCS

GP GW ✓ GM GW-GM

۱۶- بازوی راست به داده ها خواسته می شود، رده خاک در روش USCS و

شن 40% ← No4 (4.75 mm)

ماسه 30% ← No10 (2 mm)

ماسه 20% ← No100 (0.150 mm)

ماسه 6% ← No200

ریزدانه 4% < 5%

$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{4.75}{0.150} = 31.6$

$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{2^2}{0.150 \times 4.75} = 5.1$

شن > ماسه و ← SP

۱۷- بر پایه داده های زیر، خواسته می شود رده خاک با روش USCS

P.P No4 = 65%

P.P No200 = 10%

$C_u = 5 < 6$

$C_c = 1.5$ → Poorly graded

شن 35 ← No4

ماسه 55 ← No200

5 < ریزدانه < 12 → SP-SM

L.L = 50% → PI = 0.73 (50 − 20) = 21.9 > 20 → (M) A زیر خط

PI = 20%

۱۸- در خاک ریزدانه چسبنده و خاکستری، L.L = 60 و P.L = 30 است و در آن نمونه هائی از ریشه و برگ گیاه نیز دیده می شود. خواسته می شود رده آن در روش USCS

Pt (Peat) ... OL ... ✓OH ... CH ...

۱۹- کدام خاک برای هسته سدهای (سدهای) خاکی بهتر است؟ GC

کدام خاک برای بدنه بندهای خاکی همگن بهتر است؟ GC

کدام خاک برای زیرسازی راه بهتر است؟ GW

۲۰- در رده بندی USCS، ریزدانه ها با روی داشت به ... رده بندی می شوند.

الف) دست آورد آزمایش هیدرومتری ب) ویژگی های مومسانی (خمیری) ✓

۲۱- در رفتار مهندسی کدام خاک، اندازه، شکل و دانه بندی خاک دانه ها اثرگذار است.

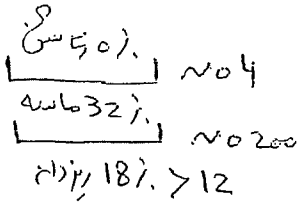
الف) خاکهای دانه ای ✓ ب) خاکهای چسبنده

ب) ۴-۵

۲۲- براوی خواسته های مسئوله خاک در روش USCS

الف) SM ـــ GM ـــ L.L = 60٪ ـــ P.P No4 = 50٪

ب) SC ـــ GC ـــ P.I = 35٪ ـــ P.P No200 = 18٪



ماسه > سیلت ⇒ GM

$PI = 0.73(L.L - 20) = 0.73(60 - 20) = 29.2$

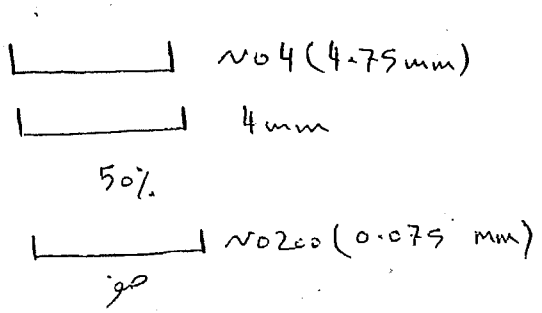
$PI = L.L - P.L = 60 - 35 = 25$

$25 < 29.2 \longrightarrow$ زیر خط A (لای دار)

۲۳- خاکی $D_0 = 4\,mm$ است. خاک $D_{50} = 4\,mm$ و $D_{100} = 12\,mm$

چه دانه ای دارد؟

الف) سنگ ـــ ب) ماسه ✓ ـــ ج) لای ـــ د) ماکروسنگ



گذرنده از الک No4 بیشتر از 50٪ خواهد شد.

۲۴- براوی خواسته های مسئوله خاک در روش USCS

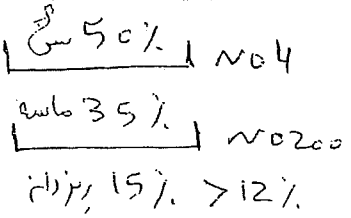
P.P No4 = 50٪

P.P No200 = 15٪

L.L = 20٪

PI = 6٪

الف) SC - SM ـــ ب) ✓ GC - GM ـــ ج) GC ـــ د) SC



$PI = 0.73(L.L - 20) = 0.73(20 - 20) = 0$

$PI = 6\%$ $\quad (4 \leq 6 \leq 7)$

بالای خط A و بخش دوتایی

ب) O-O

۲۵- ۹۰ درصد خاکی از الک ۴ و ۱۴ درصد از الک ۲۰۰ می گذرد، اگر $C_c=2$ و $C_u=7$ و $LL=20$ و $PI=17$ باشد، رده این خاک کدام گزینه است؟ (ک ۸۱)

الف) SM ب) GP ج) CH د) SW-SP

۱۰ سنگ
No4
ماسه 76
No200 → SM
رس 14 > 12٪

۲۶- بازروی داشته داده ها، خواسته می شود رده خاک (ک ۸۲)

الف) GM ✓ — ۴۰ سنگ — No4
ب) SC — ۱۵ ماسه — No200
ج) SW — ۴۵ رس
د) MH یا OH

$P.P_{No200}=45\%$
$P.P_{No4}=60\%$
$PI=10\%$
$LL=40\%$

۲۷- در خاکی ماندہ روی الک ۴، ۴۵٪ و گذرنده از الک ۲۰۰، ۵٪ است. خواسته می شود رده خاک (ک ۸۴)

الف) SC ب) SM ج) GW د) SW ✓

۴۵ سنگ
No4
ماسه 50
No200
رس 5 < 12٪

۲۸- در خاکی ریزدانه، $LL=60\%$ و $P.I=50\%$ است. خواسته می شود رده خاک در روش یونیفاید (ک ۸۵)

الف) CH ب) CL پ) ML ت) MH ✓

$P.I=60-50=10$

$P.I=0.73(LL-20) \rightarrow P.I=0.73(60-20)=29.2>10$

زیر خط A ← لای

۲۹- ۱۵ درصد وزنی خاکدانه های خاکی از ۰.۰۷۴mm و نیمی از خاکدانه های آن کوچکتر از ۴.۷۶mm است. چنانکه حیره بخش ریزدانه خاک، ورزیزی خوبی با آب داشته باشد، خواسته می شود رده خاک در روش USCS (ک ۸۹)

۱- GC ✓ ۲- GM
۳- SC ۴- SM

۵۰ سنگ
No4
ماسه 35
No200
رس 15 > 12٪

سازمان سنجش گزینه ۳ را برگزیده که درست نمی نماید.

ب ۴-۵

Man kimdan dema, Mandan kim de.

من از کیم، نگو ، از من «که» بگو

بخش ششم - درهم فشردن خاک

با درهم فشردن خاک ، خاکدانه ها به هم نزدیک می شوند و خاک توپر می شود. از خاک درهم فشرده شده ، در کارهای ساختمانی زیر ، بهره برده می شود.

۱- بندهای خاکی

۲- زیرسازی راه ، راه آهن ، فرودگاه ، زمین های بازی و ...

۳- دیوارهای خاک مسلح

با درهم فشردن خاک ، برخی از ویژگی های آن بهبود می یابد.

- تاب برشی و تاب فشاری افزوده می شود و لغزش و نشست کم می گردد.
- تراوائی (نفوذ پذیری - آبگذری) کم می شود.
- در خاک های رس دار ، ترنجیدگی (انقباض) پیش آمده از کاهش نم ، کم می شود.
- درگیری (اصطکاک) میان دانه ها و جوش های فلزی خاک مسلح افزوده می شود.

خاک های ریزدانه و خاک های درشت دانه ای که ریزدانه فراوان دارند ، (GM, GC, SM, SC) پس از درهم فشردن ، به هنگام یخبندان بیشتر آماس می کنند.

(بویژه در خاکهای رس) آماس بیشتر ← آبمکی یا یخبندان ← درهم فشردگی بیشتر

از ابزارها و شیوه های زیر ، برای درهم فشردن خاک ، بهره برده می شود.

الف) درهم فشردن لایه نازک خاک

در بیشتر کارهای ساختمانی ، لایه های نازک خاک (۸ تا ۲۰cm در راهسازی ، تا ۶۰cm در بندهای خاکی) با غلتک درهم فشرده می شوند و لایه لایه بر روی هم آمده و ستبر می گردند.

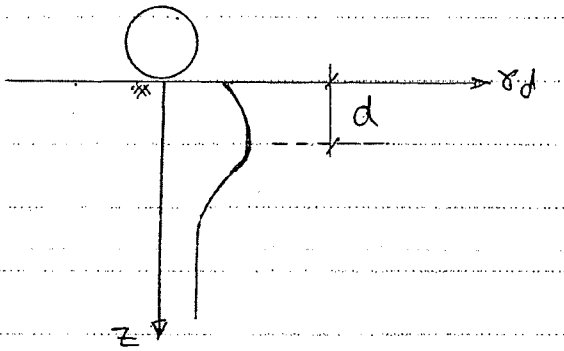
غلتک چرخ فولادی :

برای همه خاکها ، بجز CH ، CL ، SC ، GC می توان از غلتک چرخ فولادی بهره برد.

غلتک های چرخ فولادی لرزنده کارائی خوبی دارند و بویژه برای درشت دانه‌هائی که ریزدانه کمتری دارند، بهتر هستند.

غلتک چرخ لاستیکی

برای همه خاکهائی که غلتک چرخ فولادی بکار می‌رود، غلتک چرخ لاستیکی هم کاربرد دارد. چرخ های لاستیکی این غلتک، در خاکهای با خاکدانه های سست، دانه ها را خرد نمی‌کنند و آنها را نیز فرسایند ولی در خاکهای با خاکدانه های درشت و تیز گوشه زود فرسوده می شوند.



غلتک های چرخ فولادی و چرخ لاستیکی در لایه های ستبر کارائی ندارند. چون درگیری میان دانه ها و پخش فشار زیر چرخ غلتک، تأثیر انرژی غلتک را با افزایش ستبرای لایه، کاهش می دهد.

- d ستبرای بهینه برای درهم فشرده شدن است.
- در بخش بالای d تأثیر انرژی غلتک بیشتر است ولی از آنجا که فشار پیرامونی در آنجا کمتر است، خاکدانه ها اندکی در می‌روند و خوب درهم فشرده نمی شوند.

غلتک پاچه بزی

برای رده های CL، CH، SC، GC کارائی دارند. از این خاک ها در هسته رسی بندهای خاکی و پوشش نا تراوای دریاچه ها و آب انبارهای ساختگی بهره می برند.

ب) درهم فشردن لایه ستبر خاک

در این لایه‌ها غلتک کارائی ندارد و از شیوه های زیر بهره می برند.

۱- Vibroflotation (لرزه شناوری) ← برای درشت دانه ها بویژه اگر سیرآب نباشند.
۲- Dynamic compaction ← برای درشت دانه ها، بویژه اگر سیرآب باشند.
۳- Blasting ← برای درشت دانه ها و لجن
۴- Preloading ← برای ریزدانه های سیرآب (بویژه رس)
۵- Dewatering ← برای ریزدانه های سیرآب (بویژه رس)

آزمایش درهم فشرده شدن خاک (آزمایش تراکم)

خاکها در برابر درهم فشرده شدن، رفتارهای گوناگونی از خود نشان می دهند. برای دریافت چندوچون این رفتارها، آزمایش درهم فشرده شدن، انجام می گیرد. این آزمایش با روی راست به کاربرد و دانه بندی خاک هست چور انجام می گیرد.

این هشت آزمایش همانند هم انجام می‌گیرند و تنها تفاوت میان آن‌ها، بزرگی و کوچکی قالب، سبکی و سنگینی کوبه، ریزی و درشتی چشمه الک و ... است. آرایه زیر این تفاوت‌ها را نشان می‌دهد.

ویژگی های ابزار آزمایش	روش آشتو (کم انرژی)				روش آشتو بازنگری شده (پرانرژی)			
	A	B	C	D	A	B	C	D
قطر درونی قالب cm	10	15	10	15	10	15	10	15
شمار لایه های پرکننده قالب	3	3	3	3	5	5	5	5
خاک آزمایش گذرنده از الک	No4	No4	$\frac{3}{4}$"	$\frac{3}{4}$"	No4	No4	$\frac{3}{4}$"	$\frac{3}{4}$"
سنگینی کوبه kg	2.5	2.5	2.5	2.5	4.5	4.5	4.5	4.5
بلندی که کوبه از آن می افتد cm	30	30	30	30	45	45	45	45
شمار کوبش کوبه در هر لایه	25	56	25	56	25	56	25	56

- بلندی هر دو قالب یکی است (4.584 in = 11.5 cm)
- گنجایش قالب کوچک $943.9\ cm^3$ گنجایش قالب بزرگ $2124.3\ cm^3$

$$\text{انرژی بکار رونده در واحد حجم} = \frac{\text{بلندی کوبه} \times \text{سنگینی کوبه} \times \text{شمار لایه‌ها} \times \text{شمار کوبش}}{\text{حجم قالب}}$$

$$\text{انرژی در روش A آشتو} = \frac{25 \times 3 \times (2.5 \times 9.81) \times 0.30}{943.9 \times 10^{-6}\ m^3} = 584610\ j/m^3 = 585\ kj/m^3$$

$$\text{انرژی در روش A آشتو بازنگری شده} = \frac{25 \times 5 \times (4.5 \times 9.81) \times 0.45}{943.9 \times 10^{-6}} = 2630740\ j/m^3 = 2630\ kj/m^3$$

$$\text{نسبت} \frac{\text{انرژی روش D بازنگری شده}}{\text{انرژی روش D}} = \frac{56 \times 5 \times 4.5 \times 9.81 \times 0.45}{56 \times 3 \times 2.5 \times 9.81 \times 0.30} = 4.5$$

$$\frac{\text{انرژی روش D بازنگری شده}}{\text{انرژی روش A}} = \frac{\frac{56 \times 5 \times 4.5 \times 9.81 \times 0.45}{2124.3 \times 10^{-6}}}{\frac{25 \times 3 \times 2.5 \times 9.81 \times 0.30}{943.9 \times 10^{-6}}} = 4.5$$

دیده می‌شود که انرژی بکار رفته در روش بازنگری شده بیشتر است و از این رو از این روش برای آزمایش خاک هائی که در زیرسازی راههای پرآمد و شد بکار می‌روند، بهره برده می‌شود.

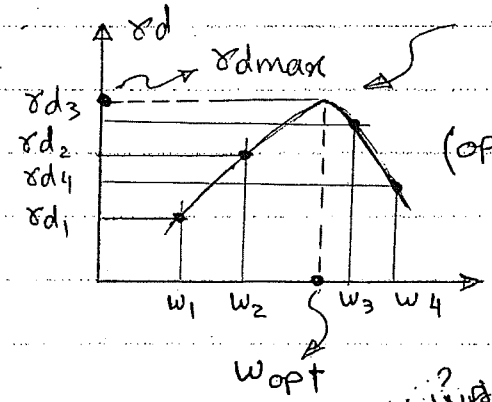
الف) ۳-۴

شیوه انجام آزمایش آشتو A (آزمایش پروکتر استاندارد)

نزدیک به 3kg از خاک آزمایش شونده از الک No4 گذرانده شده و اندکی نمناک می‌گردد. این خاک در سه لایه و هر لایه با 25 کوبش در قالب کوچک جای می‌گیرد و سنگینی خاک جاگرفته در قالب یادداشت می‌گردد. در سرانجام کار، خاک از قالب درآورده شده و از میانه آن نمونه کوچکی برای برآورد نم خاک برداشته می‌شود.

$$\gamma_1 = \frac{W}{V} \quad \text{وزن خاک درون قالب / حجم قالب} \qquad \gamma_{d_1} = \frac{\gamma_1}{1+w_1}$$ برای خاک درون قالب

چند بار دیگر آزمایش با افزایش گام به گام نم باز انجام می‌گیرد، به گونه‌ای که سنگینی خاک درون قالب سرانجام رو به کاهش گذارد.

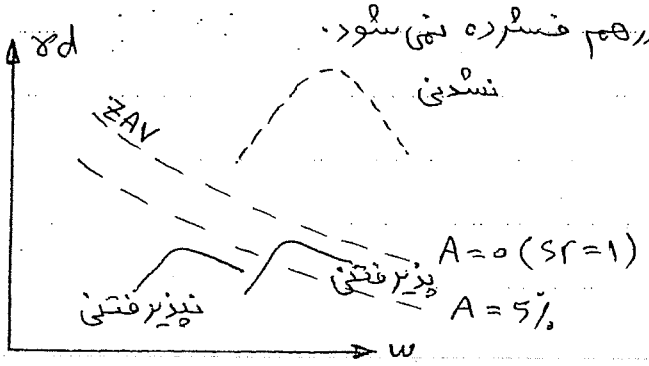


- نمودار نشانگر این است که اگر به جای w_1، w_2، w_3 و w_4، w_{opt} (نم بهینه - optimum moisture) به خاک زده می‌شد، درهم فشردگی خاک بیشتر (γ_{dmax}) می‌شد.

- نم‌های کمتر از نم بهینه، میان خاکدانه‌ها را کاهش می‌دهد و در نم بهینه دانه‌ها خوب درهم فشرده می‌شوند. در نم‌های بیشتر از نم بهینه، آب میان دانه‌ها بخش چشمگیری از انرژی را می‌گیرد و انرژی رسنده به دانه‌ها کم می‌گردد و درهم فشردگی خاک رو به کاهش می‌گذارد.

اوج نمودار بالا نشان دهنده درهم فشردگی بیشتر در نم بهینه است. دست آورد این آزمایش وقتی پذیرفتنی خواهد بود که نقطه اوج نشان دهنده بیشترین درهم‌فشردگی در نم بهینه باشد. هنگامی می‌توان درهم فشردگی را بیشترین دانست که در نم بهینه همه هوای خاک بیرون شود ($A=0$) و نم بهینه خاک را سیراب کند ($S_r=1$).

پس از افزایش انرژی، خاک دیگر درهم فشرده نمی‌شود.



ZAV: zero air voids curve

رسیدن به هوای صفر

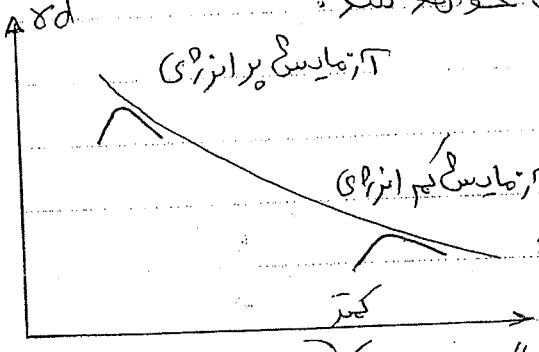
$$\gamma_d = \frac{G_s(1-A)}{1+w.G_s}.\gamma_w$$

$$\gamma_{d_{A=5\%}} = \frac{0.95\,G_s\gamma_w}{1+w.G_s}$$

$$\gamma_{d_{A=0}} = \gamma_{dmax} = \frac{G_s.\gamma_w}{1+w.G_s}$$

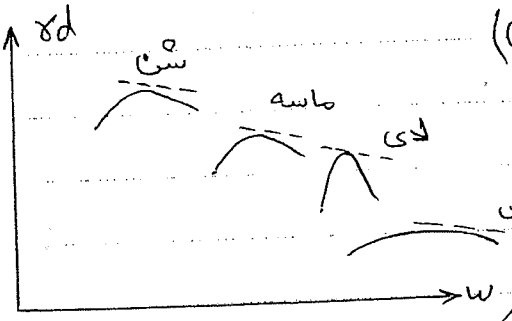
پیوند $\gamma_{dmax} = \frac{G_s \cdot \gamma_w}{1 + w \cdot G_s}$ برای یک خاک ($G_s = cte$) خشک‌نگر خم (منحنی) هواصفر یا خم سیرآبی است. این خم برای یک خاک یکی است و به هنگام آزمایش، با شیوه نقطه‌یابی رسم می‌گردد و درست از روی آزمایش با آن سنجیده می‌شود.

اگر آزمایش پروکتر با شیوه‌های گوناگون (انرژی‌های گوناگون) بر روی یک خاک انجام گیرد، دست‌آورد آنها این چنین خواهد شد.



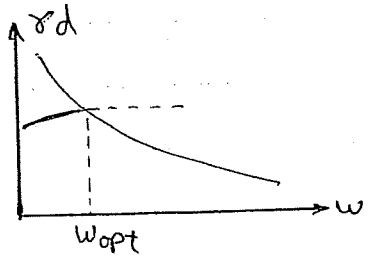
- در آزمایش کم‌انرژی، برای چیره شدن به درگیری میان دانه‌ها، به نم بهینه بیشتری نیاز است و با افزایش نم، سهم انرژی برای دانه‌ها باز هم کم می‌شود و γ_{dmax} کم می‌گردد. در آزمایش پرانرژی به کاهش درگیری میان دانه‌ها نیاز است پس نم کم می‌شود و سهم انرژی برای دانه‌ها افزایش می‌یابد و γ_{dmax} افزایش می‌یابد.

اگر آزمایش پروکتر با انرژی یکسان (روش آزمایش یکسان) بر روی خاکهای گوناگون انجام گیرد، دست‌آورد آزمایش این چنین خواهد شد.



- چهار خاک گوناگون (با چهار G_s گوناگون) چهار خم هواصفر خواهد داشت.
- ریزدانه‌ها رویه ویژه بیشتری دارند و برای کاهش درگیری درونی آنها، نم فراوانی بایسته است. با افزایش نم، سهم انرژی برای دانه‌ها کم می‌شود و γ_{dmax} (در ریزدانه‌ها) کم می‌گردد.
- درشت‌دانه‌ها رویه ویژه کمتری دارند و از این رو برای کاهش درگیری درونی دانه‌ها نم کمی بایسته است. نم کم، سهم انرژی را برای دانه‌ها بیشتر می‌کند و γ_{dmax} بیشتر می‌شود.

- در شن و قلوه سنگ‌های با دانه‌بندی یکنواخت نم بیشتر از نم بهینه، می‌تواند از درهم فشرده شدن دانه‌ها جلوگیری کند و انرژی از میان ببرد، چون آب بیشتر از نیاز، می‌تواند میان دانه‌ها را پر کند.



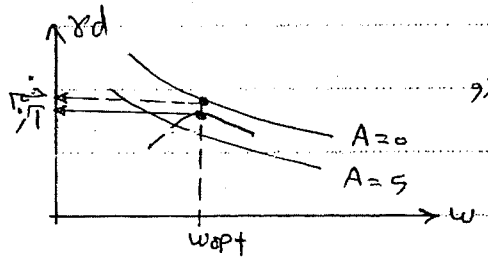
الف) 5-6

درصد درهم فشردگی

برای سنجش عملکرد آزمایشگاه و کارگاه (به هنگام درهم فشردن خاک) دو سنجه شناسانده شده است.

$$\text{درصد درهم فشردگی مطلق} = \frac{\gamma d_{max}\ \text{آزمایش}}{\gamma d_{max}\ \text{هم هوا صفر}} \times 100 = \frac{\frac{G_s(1-A)}{1+w.G_s}\gamma_w}{\frac{G_s\gamma_w}{1+w.G_s}} \times 100$$

$$\text{Absolute compaction} = (1-A)\times 100$$



درصد درهم فشردگی مطلق نمی‌تواند بیشتر از ۱۰۰ شود و هرچه به ۱۰۰ نزدیک‌تر باشد، نشانگر عملکرد بهتر آزمایش کننده است.

$$\text{درصد درهم فشردگی نسبی (R.C)} = \frac{\gamma d\ \text{خاک درهم فشرده در کارگاه}}{\gamma d_{max}\ \text{آزمایش}} \times 100$$

Relative compaction

اگر خاک در کارگاه، بهتر و بیشتر از آزمایشگاه، درهم فشرده شود، R.C بیشتر از ۱۰۰ و اگر بدتر و کمتر درهم فشرده شود، کمتر از ۱۰۰ خواهد بود.

$R.C < 105\%$ و $90\% <$ (مجاز) را

هرچه R.C بیشتر باشد، نشانگر عملکرد بهتر کارگاه خواهد بود. کار در کارگاه گسترده‌تر از آزمایشگاه است و از این رو اندکی خطای کارگاه پذیرفته خواهد بود. در بخش‌های کم ارج زیرسازی راه (زیر اساس)، در راههای کم ارج و در خاکهای ریزدانه‌تر، R.C کمتری از پیمانکار خواسته می‌شود. نه همه آن، از آنجا که خاک آزمایش شده، بخشی از خاک کارگاه است (بخش گذرنده از الک $\frac{3}{4}''$ یا No4) پس سنجش این دو با هم چندان درست نمی‌باید. از این رو در برآورد R.C یک بازنگری ویژه‌ای نیاز است.

$$R.C = \frac{\gamma d\ \text{خاک درهم فشرده شده در کارگاه}}{\gamma d\ total} \times 100$$

$$\gamma d\ total = \frac{\gamma d_{max} \times \gamma_s}{(1-F)\gamma d_{max} + F\gamma_s}$$

F: بخشی از خاک کارگاه (Fine) که از الک $\frac{3}{4}''$ یا No4 (حسب مورد) می‌گذرد.

γ_s: $G_s.\gamma_w$ (سنگدانه‌ها) ویژه خاکدانه‌ها

که آزمایش

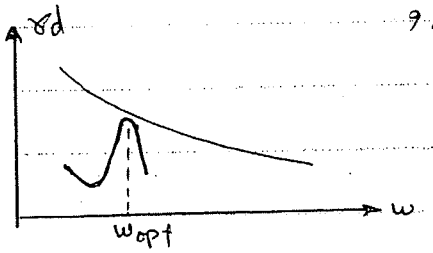
در خاک های دانه‌ای، گاهی بررسی عملکرد کارگاه، با برآورد D_r خاک در هم فشرده شده، انجام می‌گیرد. در این شیوه بررسی، γ_d خاک در هم فشرده شده در کارگاه برآورد می‌شود و بر پایه آن D_r (فشردگی سنجشی، دانسیته نسبی) بدست می‌آید.

$$D_r = \frac{\gamma_d - \gamma_{dmin}}{\gamma_{dmax} - \gamma_{dmin}} \times \frac{\gamma_{dmax}}{\gamma_d}$$ ص ۲-۴

بابدست آمدن D_r می‌توان با بهره مندی از پیشنهاد تجربی زیر، درصد درهم فشردگی نسبی را بدست آورد.

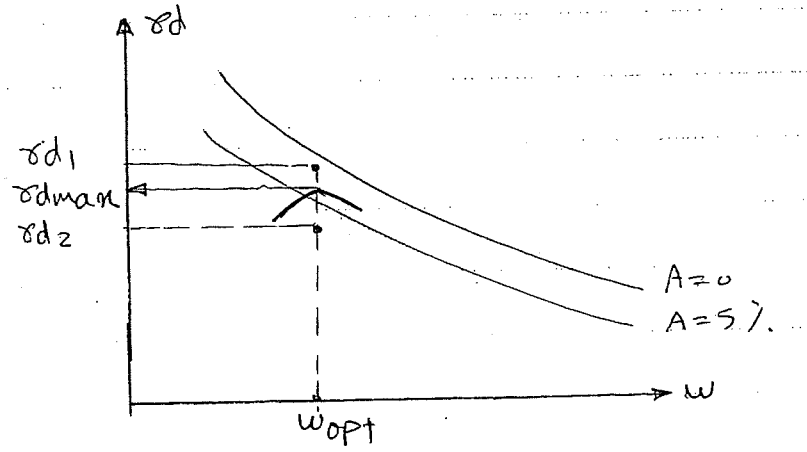
$$R.C\% = 80\% + 0.2D_r\%$$

- خاکهائی همانند ماسه ریز، لای و ماسه هائی که اندکی لای به همراه دارند، (<30 الک) اندک آب پاشیده شده گام نخست را کند روان کرده و چسبگونه می‌کنند. از این رو این خاکها در نم های کم روغنکاری که نمی‌شوند، بلکه در برابر درهم فشرده شدن از خود پایداری نشان می‌دهند. از آنجا که این خاکها رس ندارند، در نم کم مومسان نیستند و در نم بیشتر روان می‌روند.

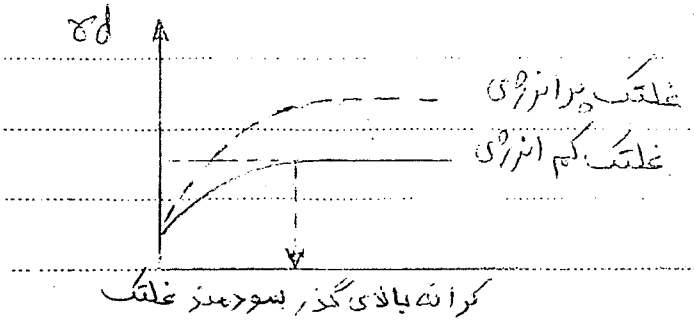


- نمودار تیز (شاخ بزی) است و اندکی دگرسانی در w_{opt}، γ_d را خیلی کم و پیش می‌کند.

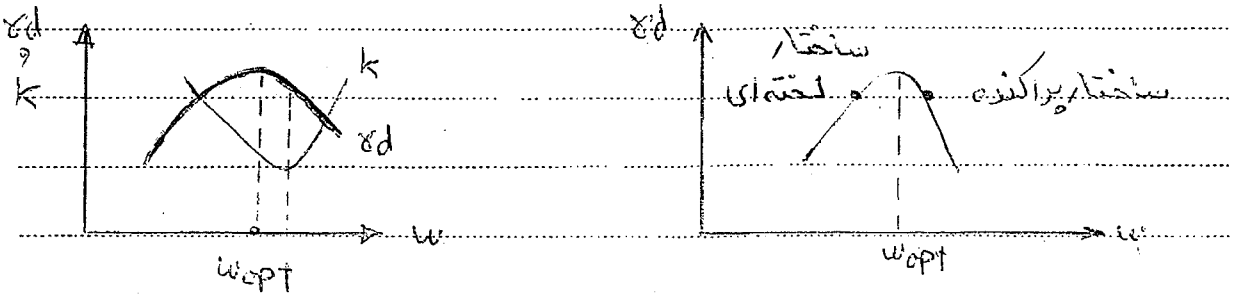
- خنگاره دشانگر این است که دست آورد آزمایش پذیرفتنی است. اگر با نم بهینه، کارگاه به γ_{d1} برسد، R.C اندکی بیشتر از ۱۰۰ و اگر به γ_{d2} برسد R.C کمتر از ۱۰۰ خواهد شد.



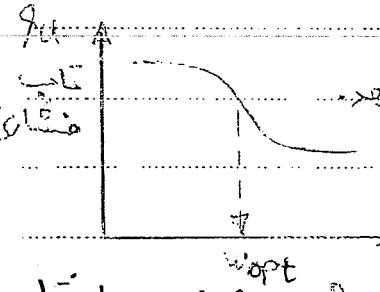
اگر بر روی لایه‌ای خاک، غلتک غلتانده شود، افزایش γ_d خاک، چنین روندی خواهد داشت.



اگر رس‌ها و درشت دانه‌های پرس را با حداکثر درصد نم بیشتر از نم بهینه، در هم بفشریم، پولک‌های رس به موازات هم درآمده و خاک ساختار پراکنده پیدا می‌کند و متراکم‌تر می‌گردد. از این شیوه در درهم فشردن هسته‌ی بندهای خاکی بهره برده می‌شود. (متراکم سوی تر)



اگر رس‌ها و درشت دانه‌های پرس، در سوی تر درهم فشرده شوند، هنگام خشک‌شدن، خاک متراکم‌تر می‌گردد و به هنگام زمین‌لرزه هسته‌ی رسی ترک نمی‌خورد و آسیب‌پذیر نمی‌گردد. خاکهایی که این چنین درهم فشرده می‌شوند، تاب فشاری انرژی دارند.

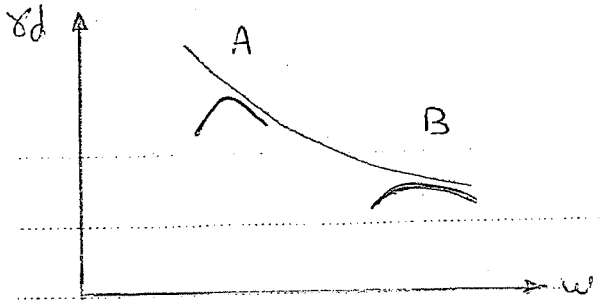


- افت چشمگیر تاب فشاری در پیرامون نم بهینه رخ می‌دهد.
- در روزهای بادی و گرم حداکثر درصد نم را بیشتر از نم بهینه می‌کنند که باید به حساب سوی تر گذاشت.

اگر رس‌ها و درشت دانه‌های پرس در سوی خشک درهم فشرده شوند، ساختار لخته‌ای (نولکوله = مجتمع) پیدا می‌کنند. چنین خاکهایی اگر آب بخورند، ساختارشان به ساختار پراکنده دگرگون می‌شود و آماس کرده و کم تاب می‌شوند.

- درهمه خاکها با افزایش انرژی درهم فشردن، نمودار تیزتر می‌شود. هر خاک با کاهش و افزایش نم بهینه، خیلی کاهش می‌یابد. (الف) ۸-۶ شکنندگی

- خرنوبه از یک رس با انرژی های تراکم در هم فشرده شده اند. کدامیک از پکی بیشتری دارد و بیشتر آماس می کند؟



A با نم کمتری در هم فشرده شده است و ساختار لخته ای دارد. آب فراوان می مکد و آماس می کند.

- خاکهایی که بیش از ۱۰٪ مواد زیستی (آلی) داشته باشند، خوب در هم فشرده نمی شوند.

$$OC = \frac{\text{کاهش وزن نمونه پس از ماندن در دمای } 105^\circ \text{ تا } 400^\circ}{\text{وزن نمونه پس از خشکیدن در } 105^\circ} \times 100$$

organic material content

در یک انرژی ثابت، با افزایش OC، γ_d کاهش و w_{opt} افزایش می یابد.

در خاکی $G_s = 2.67$ است و آزمایش کننده می گوید که با نم ٪12 به $\gamma_d = 20\ kN/m^3$ رسیده است. آیا بپذیریم $\gamma_w = 9.81\ kN/m^3$

$$\gamma_{dmax\ ZAV} = \frac{2.67 \times 9.81}{1 + 0.12 \times 2.67} = 19.83 < 20\ kN/m^3$$

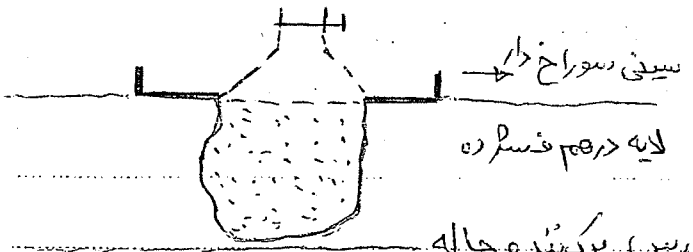
این کار شدنی نیست مگر این که G_s خطا داشته باشد.

بررسی در هم فشردگی (کنترل تراکم)

لایه خاکی که با w_{opt} در کارگاه، در هم فشرده شده، آزمایش می شود تا آشکار شود که به γ_{dmax} آزمایشگاه یا در صدی از آن (٪90 تا ٪100) رسیده است.

در این آزمایش، نخست چاله ای در لایه در هم فشرده کنده می شود و سپس با ریزش دادن ماسه خشک بین، حجم چاله بدست می آید و سرانجام با بهره مندی از چند روش زیر، در هم فشردگی نسبی حساب می شود و چنانکه در بازه روا باشد یا با پیمان نامه کار سازگاری نشان دهد، پذیرفته می شود.

بلندی چاله باید کمتر یا بیشتر از ستبرای لایه در هم فشرده شده باشد و چاله آن اندازه بزرگ باشد که بزرگترین سنگدانه (D_{max}) بتواند از آن بیرون آید.



W : وزن خاک درآمده از چاله

w : نم خاک درآمده از چاله

W_{sand} : وزن ماسه ریزدانه خشک و بی‌رس پرکننده چاله

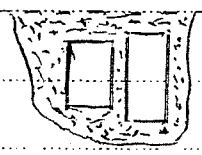
γ_{sand} : وزن مخصوص " "

حجم چاله : $V = \frac{W_{sand}}{\gamma_{sand}} \rightarrow \gamma = \frac{W}{V} \rightarrow \gamma_{d\,\text{کارگاه}} = \frac{\gamma}{1+w}$

$Rc\% = \frac{\gamma d\,\text{کارگاه}}{\gamma d_{max}\,\text{آزمایشگاه}} \times 100$

در بررسی درهم فشردگی پوسته بندهای خاکی، چاله های بزرگتری کنده می‌شود که پر کردن آنها با ماسه دشوار و زمان بر است. برای اندازه‌گیری حجم این چاله ها، در درون آنها مکعب های چوبی یا بتنی جای داده می‌شود و مانده حجم آنها با ماسه یا شن ریز پر می‌گردد.

حجم شن ریز + حجم مکعب ها = حجم چاله



آزمایش C.B.R California Bearing Ratio

در این آزمایش خستگی پذیری خاکی (درهم فشرده شده یا دیواری (طبیعی)) نسبت به خاکی پایه سنجیده می‌شود. خاکدانه های خاک پایه از سنگ شکسته سختی برگزیده شده و دانه بندی آن Fuller بوده و خوب درهم فشرده شده است.

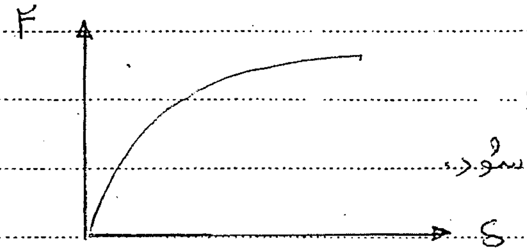
از آزمایش C.B.R بیشتر در زیرسازی راه و راه آهن بهره برده می‌شود.

در این آزمایش، نخست بر روی نمونه‌ای که در زیرسازی بکار برده خواهد شد، یکی از آزمایش B و D آشتو یا B و D آشتو بازنگری شده انجام می‌گیرد تا w_{opt} بدست آید. سپس نمونه خاک با w_{opt} نمناک شده و در هالب 6" این آزمایش، درهم فشرده می‌شود. (یا یکی از چهار روش)

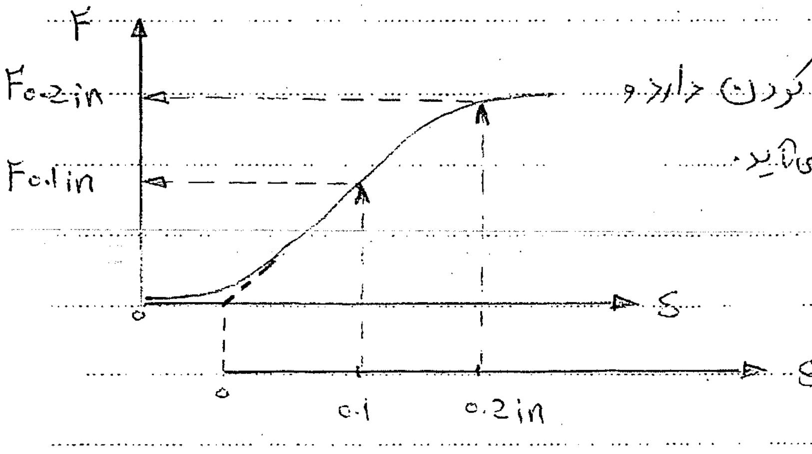
قالب همراه با خاک درونش و در حالی که بر روی آن وزنه‌های سربار گذاشته شده است، 96 ساعت در درون آب جای می‌گیرد تا بخش ریزدانه خاک، آب بمکند و آماس نماید. با اندازه‌گیری آماس خاک، درصد آماس حساب می‌شود.

$$\text{درصد آماس} = \frac{\text{آماس نمونه درون قالب}}{\text{بلندی خاک درون قالب}\ (4.584\ in)} \times 100 < 0.2\%$$

پس از این گام، نمونه از آب بیرون درآورده شده و پس از 15min، در حالی که هنوز در درون قالب است، زیر سنبه جک جای می‌گیرد و سنبه با سرعت $1.25\ mm/min$ در خاک فرو برده می‌شود و در ″0.025، ″0.050، ″0.075، ″0.1، ″0.15، ″0.2 و ″0.3 فرو رفتن سنبه، نیروی جک یادداشت می‌شود و سپس نمودار نیروی جک - فرورفتن سنبه رسم می‌گردد.



- این نمودار نیاز به سرراست کردن ندارد و $F_{0.1in}$ و $F_{0.2in}$ از یادداشت‌ها برداشته می‌شود.



- این نمودار نیاز به سرراست کردن دارد و $F_{0.1in}$ و $F_{0.2in}$ از نمودار بدست می‌آید.

آسه نوین (محور جدید)

در پایان، C.B.R برای خاک آزمایش شونده حساب می‌شود.

$$C.B.R_{0.1in} = \frac{\text{نیرویی که 0.1in سنبه را در خاک آزمایش شونده فرو می‌برد}}{\text{〃 〃 پایه 〃 〃 〃 〃}} \times 100$$

$$C.B.R_{0.1in} = \frac{F_{0.1in}}{1362\ kgf} \times 100 \quad و \quad C.B.R_{0.2in} = \frac{F_{0.2in}}{2040\ kgf} \times 100$$

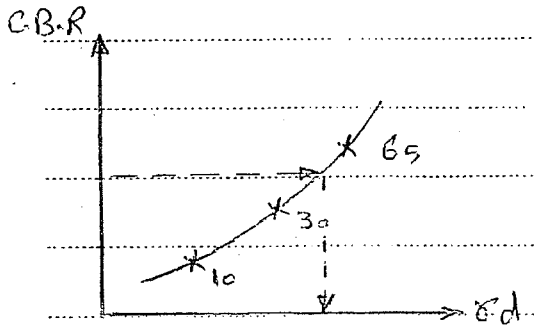
4-11 الف

در بیشتر آزمایش‌ها $C.B.R_{0.1in}$ بیشتر از $C.B.R_{0.2in}$ است و همان گزارش می‌شود. اگر $C.B.R_{0.2in}$ بیشتر باشد، پایستی آزمایش از نو انجام گیرد و چنانکه باز هم همان دست آورد پیشین بدست آمد، آنگاه $C.B.R_{0.2in}$ گزارش می‌گردد.

هرچه C.B.R خاک بیشتر باشد تاب آن بیشتر خواهد بود و زیرسازی با آن هزینه روسازی را کمتر خواهد کرد.

آزمایش C.B.R را می‌توان با تکیه دادن جک به یک کامیون سنگین و فشردن سنبه به لایه خاک نیز انجام داد. (C.B.R درجا)

اگر بررسی خاک برداشتگاهی (قرضه‌ای)، آزمایش C.B.R با انرژی‌های ناهمسانی انجام گیرد و مانند نمودار زیر نمودارش رسم گردد، می‌توان با انجام آزمایش C.B.R درجا، γ_d کارگاه را بدست آورد و درصد درهم فشردگی نسبی را حساب کرد. این راه‌کار زود بازده است و نیازی به چاله کندن ندارد.



شمار کوبش هر لایه

بسیار سست ← $2 < C.B.R \leq 5$

سست ← $6 < C.B.R \leq 10$

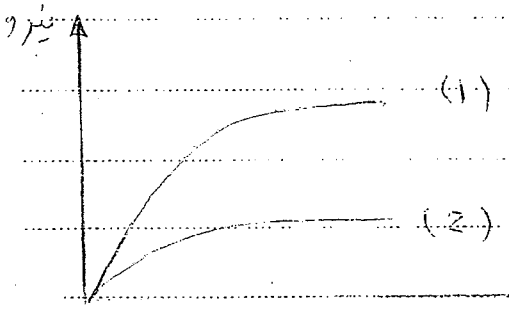
میانه ← $11 < C.B.R \leq 20$

پرتاب ← $21 < C.B.R \leq 40$

بسیار پرتاب ← $41 < C.B.R \leq 70$

بسیار بسیار پرتاب ← $71 < C.B.R \leq 100$

- نگاره زیر دست آورد دو آزمایش C.B.R را نشان می‌دهد. روشنگری کنید. (توضیح دهید)



خاک سیلتی (2) رس چسبندگی دارد و نمودار نشانگر کم تابی و ناهمسانی آن است.

۱- غلتک چرخ فولادی برای درهم فشردن کدامیک بهینه است؟
الف) رس سیرآب ب) خاک ریزدانه خشک
پ) آمیخته شن و ماسه و قلوه سنگ ✓ ت) تنها ماسه ها

۲- آزمایش C.B.R کدامیک را برآورد می کند؟
الف) تراوائی ب) درگیری درونی پ) باربری ✓ ت) چسبندگی

۳- غلتک پاچه بزی برای .....
الف) برای درهم فشردن آمیخته شن و ماسه و قلوه سنگ بهینه نیست.
ب) برای درهم فشردن آمیخته شن و ماسه پررس و رس ولای بهینه است.
پ) لایه خاک را از پایین به بالا، درهم فشرده می کند ت) هرسه ✓

۴- کدام روش برای برآورد درجای ✓ خاک بهتر است؟
الف) بادکنک ب) ریزش کاب پ) ریزش ماسه ✓ ت) پرتو سنج اتمی

۵- برای تحت کردن (اتوکشی) لایه هائی که با غلتک پاچه بزی درهم فشرده شده اند، ..... بهینه است.
الف) غلتک دستی ب) غلتک چرخ فولادی ✓ پ) غلتک چرخ لاستیکی ت) کوبه (تفاق)

۶- غلتک های ارتعاشنده برای درهم فشردن ..... بهینه هستند.
الف) رس ولای نمناک ب) رس ولای سیرآب
پ) شن و ماسه پررس ت) آمیخته شن و ماسه و قلوه سنگ ✓

۷- درجه گی های برابر .....
الف) C.B.R خاک های درشت دانه بیشتر است.
ب) C.B.R خاک های درهم فشرده بیشتر است.
پ) C.B.R خاک های خشک بیشتر است ت) هرسه ✓

ای کوهای کوهپای ما
در شما روی دارم، کوهها
هنگام آمدن به دیدار (شما)
راه نوادم فرو ریخته است.
(جمشید سلیمانی)

A dağlar bizim dağlar
sizda var izim dağlar
gələndə ziyarətə
göründü dizim dağlar

ب) ۱-۴

۸- خاکهای دانه شده به یک اندازه خرهم فشرده شده اند، کدامیک پس از یخ زدگی آماس می کند؟ الف) GC ✓ ب) GW ج) GP د) هر سه

۹- برای خرهم فشردن یک لایه صافی (فیلتر) ماسه‌ای، کدام غلتک مناسب‌تر است؟
الف) پاچه بزی ب) چرخ فلزی لرزنده ج) چرخ فلزی د) چرخ لاستیکی ✓

۱۰- برای خرهم فشردن خاک GC و SC کدام غلتک خوب است؟
الف) پاچه بزی ✓ ب) چرخ فلزی لرزنده ج) چرخ فلزی د) چرخ لاستیکی

۱۱- برای خرهم فشردن لایه سست و درشت دانه سیر آب، کدام روش مناسب‌تر است؟
الف) پیش بارگذاری ب) لرزه شناوری ج) ابر تراکم ✓ د) هر سه

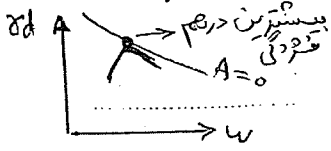
۱۲- برای خاک های درشت دانه تر، کدام روش آزمایش، درست‌تر است؟ الف) A ب) B و A ج) C د) D و C ✓
در آزمایش های C و D خاک از الک درشت‌تر ($\frac{3}{4}$) می‌گذرد.

۱۳- در کدام آزمایش، خاک خرهم فشردگی بیشتری خواهد داشت؟
الف) D استاندارد ب) D بازنگری شده ج) B بازنگری شده ✓ د) هیچکدام
درشت دانه بهتر از ریزدانه خرهم فشرده می‌شود.

۱۴- کدام خاک در نم های بیشتر از نم بهینه هم، بهتر خرهم فشرده می‌شود؟
الف) ماسه رسدار ب) سنگ یکنواخت ✓ ج) سنگ رسدار د) سنگ و ماسه رسدار

۱۵- نمودار، خرهم فشردگی چه خاکی را نشان می دهد؟
الف) خاک خوب دانه بندی شده ب) خاک بد دانه بندی شده
ج) درشت دانه یکنواخت ✓ د) ریز یکنواخت

۱۶ - خاکی که در آزمایشگاه بیشترین درصد فشردگی را بدست آورده است، چقدر درصد فشردگی مطلق دارد؟



الف) ٪۱۰۵ ب) ٪۱۰۰ ✓ پ) ٪۹۵ ت) ٪۹۵ ~ ٪۱۰۵

---

۱۷ - خاکی در کارگاه با w_{opt} خیلی درصد فشرده شده است. درصد فشردگی نسبی آن،

الف) همیشه کمتر از ٪۱۰۰ است. ب) می‌تواند بیشتر از ٪۱۰۰ شود. ✓

پ) برابر ٪۱۰۰ است. ت) هیچکدام

---

۱۸ - خاکی که در کارهای ساختمانی درصد فشرده می‌شود، چند تا w_{opt} دارد؟

الف) برابر شمار سطوح‌های آزمایش، w_{opt} دارد. ✓ ب) یک w_{opt} دارد.

پ) با روی راست به آب و هوای روزهای کار، w_{opt} کم و بیش می‌شود و بی‌شمار است.

ت) با روی راست به انرژی غلتک w_{opt} کم و بیش می‌شود و بی‌شمار است.

---

۱۹ - در دو خاک هم جنس $(w_1=20\%, \gamma_1=1800\ kg/m^3)$ و $(w_2=35\%, \gamma_2=2000\ kg/m^3)$ است، کدامیک درصد فشرده و تراوا تر است؟

الف) آنکه γ_d بیشتری دارد ب) آنکه w بیشتری دارد

پ) آنکه γ_d بیشتری دارد ✓ ت) آنکه well graded است.

---

۲۰ - در خاکی $(G_{s,1}=2.6, w_1=20\%, \gamma_1=1800\ kg/m^3)$ و در خاکی دیگر $(G_{s,2}=2.7, w_2=25\%, \gamma_2=1075\ kg/m^3)$ است. کدامیک درصد فشرده‌تر است.

الف) آنکه γ_d بیشتری دارد ب) آنکه w بیشتری دارد

پ) آنکه γ_d بیشتری دارد ✓ ت) آنکه G_s کمتری دارد

چون γ_d هردو یکی است، پس آنکه G_s کمتری دارد، درصد فشرده‌تر است.

---

۲۱ - کدامیک سنجه خوبی برای سنجیدن درصد فشردگی خاک است؟

الف) γ_d ب) γ_d پ) G_s ت) $\frac{V_s}{V}$ ✓

هرچه در خاکی $\frac{V_s}{V}$ بیشتر باشد، آن خاک درصد فشرده‌تر است.

پ) ۴-۳

۲۲- خاک با $\gamma = 1800 kg/m^3$ و ۲۰٪ نم بر روی زمین پخش شده و تا رسیدن به $\gamma_d = 1900 kg/m^3$ در هم فشرده شده است. خواسته می‌شود ستبرای لایه در هم فشرده شده.

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{\gamma_{d2}}{\gamma_{d1}} \rightarrow \frac{H_1}{H_2} = \frac{\gamma_{d2}}{\gamma_{d1}} \rightarrow \frac{20}{H_2} = \frac{1900}{1500} \rightarrow H_2 = 15.8 cm$$

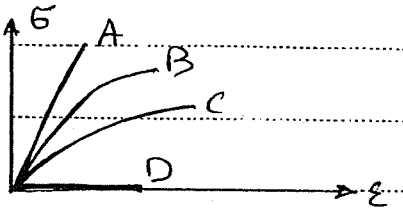
الف) 18.9 cm ب) 18 cm ✓ ج) 15.8 cm د) 15 cm

۲۳- در خاکی $\gamma = 1800 kg/m^3$ ، $e = 0.733$ و $G_s = 2.6$ است. خواسته می‌شود γ_{dmax} خاک پس از در هم فشرده شدن

$$\gamma_{dmax} = \frac{G_s \cdot \gamma_w}{1 + w \cdot G_s}$$

الف) ✓ $1710 kg/m^3$ ب) $2000 kg/m^3$ ج) $1520 kg/m^3$ د) $1930 kg/m^3$

۲۴- کدام منحنی رفتار خاک روان را نشان می‌دهد



الف) D ✓ ب) C ج) B د) A

۲۵- لایه‌ای با نم بهینه پیشنهادی و با ۸ بار گذر غلتک به جای ۹۵٪ در هم فشردگی، ۹۰٪ در هم فشرده شده است. چه روشی برای رسیدن به ۹۵٪ در هم فشردگی، برای لایه‌های بعدی پیشنهاد می‌کنید.

الف- کاهش ستبرای لایه ✓ ب- افزایش نم

ج- افزایش گذر غلتک د- کاهش نم

اگر شمار گذر غلتک کمتر می‌بود، می‌شد با افزودن به شمار گذر غلتک، در هم فشردگی را افزود.

۲۶- در پیوند با غلتک پاچه بزی، کدام گزینه درست است؟ می‌گفتند.

الف- در هم فشرده شدن لایه از پایین لایه آغاز می‌شود ب- پاچه‌های تیز بهتر در هم فشرده

ج- ستبرای لایه نباید از بلندی پاچه‌ها بیشتر باشد. د- هر سه ✓

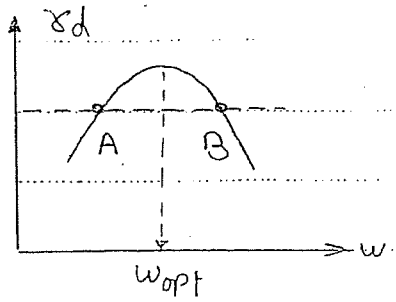
۲۷- کدام روش برای در هم فشردن لایه زیر سیر آب، خوب است؟

الف- ابزار تراکم ب- پیش بارگذاری ✓ ج- لرزه‌شناوری د) غرق آب کردن

۲۸- کدام روش برای در هم فشردن لایه‌ای سنگریز، خوب است؟

الف) غلتک لاستیکی ب) ابزار تراکم ج) غرق آب کردن ✓ د) آبکشی

۲۹- دولایه از یک گونه خاک رس، بانم ها و انرژی‌های گوناگون در هم فشرده نشده‌اند و به γ_d یکسان رسیده‌اند. کدامیک پرتاب، تراوا و آماس کننده است؟



۳۰- نمونه خاکی در آزمایش در هم فشرده شدن، دست آوردهای زیر را داشته است:

$w_{opt}=12\%$ ، $\gamma_{d\,max}=2050\ kg/m^3$ ، $S_r=98\%$

اگر این خاک با همان نم، تا رسیدن به $S_r=95\%$ در هم فشرده شود، γ_d آن چقدر خواهد شد.

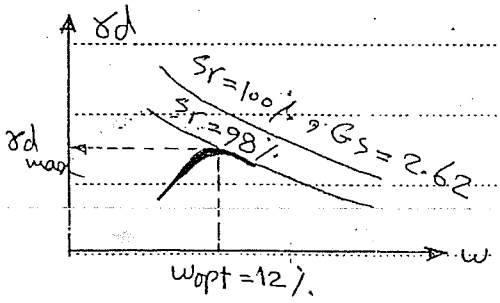
$$\gamma_d=\frac{G_s.\gamma_w}{1+e}=\frac{G_s.\gamma_w}{1+\frac{w.G_s}{S_r}} \qquad 2050=\frac{G_s\times 1000}{1+\frac{0.12\times G_s}{0.98}} \Rightarrow G_s=2.737$$

$$e_1=\frac{0.12\times 2.737}{0.98}=0.335$$

$$w.G_s=e_1.S_{r1}=e_2.S_{r2} \Rightarrow e_2=0.346$$

$$\gamma_{d_2}=\frac{2.737\times 1000}{1+0.346}=2033.5\ kg/m^3$$

۳۱- نگاره زیر دست آورد آزمایش در هم فشرده شدن خاکی را نشان می‌دهد، γ_{dmax} خواسته می‌شود.



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

$$\gamma_d=\frac{2.62\times 1000}{1+\frac{2.62\times 0.12}{0.98}}=1983.6\ kg/m^3$$

۳۲- برای بررسی در هم فشردگی لایه‌ای خاک، در آن چاله‌ای کنده شده است:

خاک درآمده از چاله: $W=4.2kg$ ، $w=25\%$ ، $G_s=2.68$

ماسه پر شده در چاله: $W_{sand}=3.15kg$ ، $\gamma_{sand}=1.5\ gr/cm^3$

$$\text{حجم چاله}=\frac{\text{وزن ماسه پر کننده چاله}}{\text{وزن مخصوص ماسه}}=\frac{3150}{1.5}=2100\ cm^3$$

خواسته می‌شود، S_r خاک در هم فشرده شده

$V_{\text{چاله}}=2100\ cm^3 \rightarrow \gamma=2000 \rightarrow \gamma_d=1600\ kg/m^3 \rightarrow S_r=0.9926$

ب (۴-۵)

۳۳- خاکی به دو بخش تقسیم می‌شود و بیشه بخست آن از ۱۰۰ و بیشه دوم ۸۰٪ وزن خشک‌رده می‌شود. خواسته می‌شود میانگین وزن خشک‌رده وزن خشک‌رده خاک در سنجش با دست آورد آزمایش وزن خشک‌رده (ک ۸۳)

الف) ۸۹٪ ب) ۹۰٪ پ) ۹۱٪ ت) هیچ‌کدام

$$\gamma_{d1} = \frac{W_s}{V} = \gamma_{dmax} \quad , \quad \gamma_{d2} = \frac{W_s}{1.25V} = 0.80\gamma_{dmax}$$

$$\gamma_d = \frac{W_s + W_s}{V + 1.25V} = \frac{2W_s}{2.25V} = 0.89\gamma_{d1} = 0.89\gamma_{dmax}$$

۳۴- خاکی در آزمایش وزن خشک‌رده $\gamma_{dmax} = 2\frac{gr}{cm^3}$ وزن خشک‌رده شده است و در کارگاه تا رسیدن به درصد وزن خشک‌رده ۹۰٪ وزن خشک‌رده خواهد شد (ک ۸۵) برای خاکریزی به پهنای ۵ متر و ستیرای ۰.۲۰ متر، کامیون‌هایی که ۱۹.۸ تن خاک جابه‌جا می‌کنند، کپه‌های خاک را با چه فاصله‌ای از هم باید بر روی زمین بریزند؟ الف) ۹ متر ب) ۵.۹ متر پ) ۱۰ متر ت) ۱۱ متر (ک ۸۵)

حجم خاک در هر کپه $= 5 \times 0.20 \times 1 = 1\ m^3$

γ_d کارگاه $= 0.90 \times 2 = 1.8\ gr/cm^3 = 1.8\ ton/m^3$

وزن خاک‌ها در هر کپه $\Rightarrow W_s = \gamma_d \times V = 1.8 \times 1 = 1.8\ ton$

وزن خاک‌ها در هر کامیون $W_s = \frac{W}{1+w} = \frac{19.8}{1+0.10} = 18\ ton$

فاصله کپه‌های خاک $= \frac{18}{1.8} = 10\ m$

۳۵- در آزمایش وزن مخصوص خشک خاکی، $\gamma_{dmax} = 20\ kN/m^3$ شده است. برای وزن مخصوص خشک $1000\ m^3$ خاک با درصد وزن مخصوص خشک ۹۰٪، چقدر باید از برداشتگاهی (قرضه) که نم آن ۱۲.۵٪ و سنگینی ویژه آن $18\ kN/m^3$ است، خاکبرداری شود (ک ۸۶)

الف) $880\ m^3$ ب) $1000\ m^3$ پ) $1125\ m^3$ ت) $1250\ m^3$

در برداشتگاه: $\gamma_{d1} = \frac{18}{1+0.125} = 16\ kN/m^3$

در کارگاه: $\gamma_{d2} = 0.90 \times 20 = 18\ kN/m^3$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{\gamma_{d2}}{\gamma_{d1}} \Rightarrow \frac{V_1}{1000} = \frac{18}{16} \Rightarrow V_1 = 1125\ m^3$$

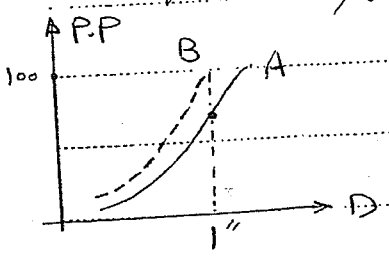
۳۶- نمودار دانه‌بندی خاک A داده شده است. اگر بخش گذرنده از الک یک اینچ را خاک B بپنداریم، در پیوند با این دو خاک چه می‌توان گفت؟ (ک ۸۶)

الف) w_{opt} و γ_{dmax} خاک B از خاک A کمتر و k_B بیشتر است.

ب) w_{opt} و k خاک B از خاک A بیشتر و γ_{dmax} آن کمتر است.

پ) w_{opt} و γ_{dmax} و k خاک B از خاک A بیشتر است.

ت) w_{opt} خاک B از خاک A بیشتر و k و γ_{dmax} آن کمتر است. ✓



چون خاک B ریزدانه‌تر از خاک A خواهد بود، پس w_{opt} بیشتر، γ_{dmax} و k کمتر خواهد شد.

۳۷- راهی به پهنای 8 متر، با لایه‌های 12.5 سانتی‌متری خاکی که 10٪ نم دارد و تا رسیدن به درهم فشردگی 98٪ درهم فشرده می‌شود، زیرسازی می‌گردد. اگر $\gamma_{dmax} = 2.041\ t/m^3$ و گنجایش وزنی کامیون‌های آورنده خاک 33 ton باشد، خواسته می‌شود فاصله میان کپه‌های خاک ریخته شده پرروی راه. (ک ۸۷)

الف) 15 m ✓ ب) 15.5 m پ) 16 m ت) 16.5 m

$$W_s = \frac{w}{1+w} = \frac{33}{1+0.10} = 30\ ton$$ بستگی به وزن‌های هر کامیون

$$\gamma_d \text{ کارگاه} = 0.98 \times 2.041 = 2\ t/m^3$$

$$8 \times 0.125 \times L = \frac{30}{2} \Rightarrow L = 15\ m$$

۳۸- کدام روش برای درهم فشردن لایه ماسه‌ای خشک و بسیار سست، بهترین است؟ (ک ۸۷)

الف) پیش‌بارگذاری ب) پدید آوردن لرزش ✓ پ) غلتک ساده

ت) سرآب کردن لایه

برای ماسه‌های درشت دانه روش لرزه‌شناوری خوب است.

۳۹- برای رسیدن به درهم فشردگی بیشتری برای خاک، کدام شیوه ناپسند است؟

۱- افزودن شمار لایه‌ها (کاستن از ستبرای لایه‌ها) (ک ۸۹)

۲- افزودن به نم خاک ✓

۳- افزودن به سنگینی غلتک

۴- افزودن لرزه غلتک

نم بیشتر از بهینه، از درهم فشرده شدن جلوگیری می‌کند. با افزودن به انرژی، می‌توان نم را کاهش داد.

ب) ۲ - ۴

۴۰- در خاکی $G_s=2.76$ ، $w=12\%$ ، $A=5\%$ است. خواسته می‌شود γ_d

$$\gamma_d=\frac{G_s(1-A)}{1+w.G_s}\gamma_w=\frac{2.76(1-0.05)}{1+0.12\times2.76}\times1000=1970\ kg/m^3$$

۴۱- در خاکی $w=0.08$ و $\gamma=15\ kN/m^3$ است. اگر این خاک با $w=0.12$ تا رسیدن به $\gamma=18\ kN/m^3$ در هم فشرده شود، برای هر متر مکعب خاک در هم فشرده، چند متر مکعب بایستی خاکبرداری شود؟

$$\frac{V_1}{V_2}=\frac{\gamma_{d_2}}{\gamma_{d_1}}=\frac{\frac{\gamma_2}{1+w_2}}{\frac{\gamma_1}{1+w_1}}\Rightarrow\frac{V_1}{1}=\frac{18/(1+0.12)}{15/(1+0.08)}\Rightarrow V_1=1.16\ m^3$$

۴۲- در یک آزمایش C.B.R، نمونه در هم فشرده شده خاک، پس از ۹۶ ساعت ماندن در درون قالب، $7.2\times10^{-2}\ in$ آماس از خود نشان داده است. خواسته می‌شود، درصد آماس

$$\text{درصد آماس}=\frac{7.2\times10^{-2}\ in}{\text{(بلندی خاک درون قالب) } 4.584\ in}\times100=1.6\%$$

۴۴- در خاکی $e=0.7$ ، $G_s=2.65$ و $S_r=35\%$ است. می‌خواهیم این خاک را با ۱۴٪ نم تا رسیدن به $\gamma_d=1700\ kg/m^3$ در هم بفشریم. برای هر متر مکعب خاک در هم فشرده شده، چند لیتر بایستی به آن آب افزوده شود.

$$w_1=\frac{e.S_r}{G_s}=\frac{0.7\times0.35}{2.65}=0.092$$

$$\gamma_d=\frac{W_s}{V}\Rightarrow W_s=1700\times1=1700\ kg$$

$$\Delta W_w=1700\times(0.14-0.092)=81.6\ kg\equiv81.6\ lit$$

$w=\frac{W_w}{W_s}$ ، $\Delta W_w=W_s.\Delta w$

۴۵- در نمونه کوبیده کدامیک بیشینه است؟ γ ، γ_d ، هر دو

w	0.09	0.10	0.11
γ	1800	1850	1860 (max)
γ_d	1651	1682 (max)	1671

۴۶- خاکی که در آن $w=15\%$ و $G_s=2.6$ است تا رسیدن به $\gamma_d=1620\ kg/m^3$ در هم فشرده شده است. آیا می‌توان بیشتر از این در هم فشرده شود؟ آری

$$\gamma_{d\max}=\frac{2.6\times1000}{1+0.15\times2.6}=1870\ kg/m^3$$

ب) ۴-۸

۴۷- در آزمایش تراکم شدن خاکی، گنجایش قالب $943.3\times10^{-6}\ m^3$ جرم کوبه 2.5kg، بلندی کوبش 0.30m، شمار لایه‌ها 3 و شمار کوبش هر لایه 25 است. خواسته می‌شود، انرژی بکار رفته برای تراکم شدن هر مترمکعب خاک

$$\text{انرژی برای واحد حجم خاک} = \frac{3\times25\times2.5\times9.81\times0.30}{943.3\times10^{-6}} = 584981\ j/m^3 = 585\ kj/m^3$$

۴۸- خاکی با $G_s=2.67$ و $w=14\%$ تا رسیدن به $\gamma=20.58\ kN/m^3$ در تراکم فشرده شده است. اگر با پاشیدن آب، خاک را سیرآب کنیم، γ_{sat} آن چقدر خواهد شد.

$$\gamma=\frac{G_s(1+w)}{1+e}\gamma_w \Rightarrow 20.58=\frac{2.67(1+0.14)}{1+e}\times9.81$$

$$e=0.45$$

$$\gamma_{sat}=\frac{G_s+e}{1+e}\times\gamma_w=\frac{2.67+0.45}{1+0.45}\times9.81=21.01\ kN/m^3$$

۴۹- کدامیک دستگاه مناسبی برای تراکم فشرده سازی خاک است؟

الف) γ ب) γ_d ✓ ج) γ_{sat} د) γ'

۵۰- از دو خاک که γ_d آنها با هم برابر است، کدامیک در تراکم فشرده‌تر است؟ آنکه G_s کمتری دارد.

الف- آنکه در آن $\frac{V_s}{V}$ بیشتر است.

ب- آنکه γ کمتری دارد.

ج- هر سه ✓

$$\frac{G_{s1}\times\gamma_w}{1+e_1}=\gamma_d=\frac{G_{s2}\times\gamma_w}{1+e_2}$$

$$\gamma_d=\frac{W_s}{V}=\frac{V_s\times G_s\times\gamma_w}{V}$$

۵۱- برای تراکم خشک ماسه سیرآب، کدام روش سودمند است.

پیش بارگذاری ✓ خشک کردن ✓ ایجاد ارتعاش ✓ فشردن دوغاب سیمان

۵۲- در خاکی $\gamma_d=16.5\ kN/m^3$ است. نمونه این خاک در آزمایش تراکم فشرده شدن $\gamma_{dmax}=21\ kN/m^3$ از خود نشان داده است و در کارگاه تا رسیدن به تراکم فشردگی نسبی 98%، تراکم فشرده خواهد شد. با هر مترمکعب خاک، به چند مترمکعب خاک تراکم فشرده می‌توان دست یافت؟

$$\frac{1}{V_2}=\frac{0.98\times21}{16.5} \Rightarrow V_2=0.80\ m^3$$

ب) ۹-۶

۵۳- در خاکی $G_s=2.7$ و $e=0.72$ و $w=0.18$ است. اگر با درهم فشردن خاک هوای آنرا به صفر کاهش دهیم، γ خاک چقدر خواهد شد؟

$$\gamma = \gamma_{sat} = \frac{G_s(1+w)}{1+e_2}\times\gamma_w$$

$$\gamma_{sat} = \frac{2.7(1+0.18)}{1+0.18\times 2.7}\times 1000 = 2144\ kg/m^3$$

۵۴- خاکی که در آن $V_1=120cm^3$ و $W_s=180gr$ و $G_s=2.6$ است. اگر پس از درهم فشرده شدن حجم آن به $V_2=100cm^3$ کاهش یابد، خواسته می شود γ_{sat1} و γ_{sat2}

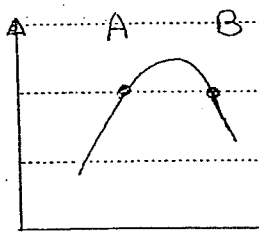
$$\gamma_{d1} = \frac{W_s}{V_1} = \frac{G_s\cdot\gamma_w}{1+e_1} \Rightarrow \frac{180}{120} = \frac{2.6\times 1}{1+e_1} \Rightarrow e_1 = 0.733$$

$$\gamma_{d2} = \frac{180}{100} = \frac{2.6\times 1}{1+e_2} \Rightarrow e_2 = 0.444$$

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

$$\gamma_{sat1} = \frac{2.6+0.733}{1+0.733}\times 1 = 1.93\ gr/cm^3 \qquad \gamma_{sat2} = \frac{2.6+0.444}{1+0.444}\times 1 = 2.11\ gr/cm^3$$

۵۵- در خاکی رابطه‌ای و بی درنگ پس از پایان درهم فشردن، γ_d بر حسب w



$\gamma_{dA} = \gamma_{dB}$ $\quad e_A = e_B$ $\quad k_A < k_B$

$w_A < w_B$ $\quad S_{rA} < S_{rB}$

۵۷- انرژی اثر کننده بر $1000cm^3$ خاک در آزمایش Proctor بازنگری شده ---- برابر آزمایش Proctor است.

الف) ۱.۵ $\quad$ ب) ۱.۷ $\quad$ پ) ۴.۵ $\quad$ ت) ۲.۷

$$\frac{N\times 5\times 4.5\times 9.81\times 0.45}{N\times 3\times 2.5\times 9.81\times 0.30} = 4.5$$

it nadirki yunı na ola.

سگ چیه که پسمس بی باشه.

ب) ۱۰-۶

Hamı ata bilər, ama vura bilməz.

همه می‌توانند پرتاب کنند ولی (همه) نمی‌توانند بزنند.

بخش هفتم - گذر آب از خاک

اگر انرژی (انرژی پتانسیل + انرژی جنبشی) دو نقطه از خاکی سیر آب، برابر هم باشد، آب روان نخواهد شد و چنانکه انرژی دو نقطه برابر نباشد، آب از نقطه پرانرژی به نقطه کم انرژی روان خواهد شد.

$E_A > E_B \Rightarrow A \rightarrow B$

انرژی واحد وزن آب در هر نقطه‌ای، بار آبی آن نقطه نامیده شده است.

بار آبی هر نقطه، از تراز نقطه (نسبت به تراز پایه) و از فشار و سرعت آب در آن نقطه متأثر می‌شود.

$E_A \propto h_A \quad , \quad h_A = f(z_A, P_A, V_A)$

پیوند برنولی

$$h_A = z_A + \frac{P_A}{\gamma_w} + \frac{V_A^2}{2g}$$

h_A - بار آبی نقطه A نسبت به تراز پایه (انرژی واحد وزن آب در نقطه A)

z_A - تراز نقطه A نسبت به تراز پایه (انرژی پتانسیل ارتفاعی برای واحد وزن آب، در نقطه A)

$\frac{P_A}{\gamma_w}$ - انرژی پتانسیل فشاری واحد وزن آب در نقطه A (P_A فشار آب در نقطه A)

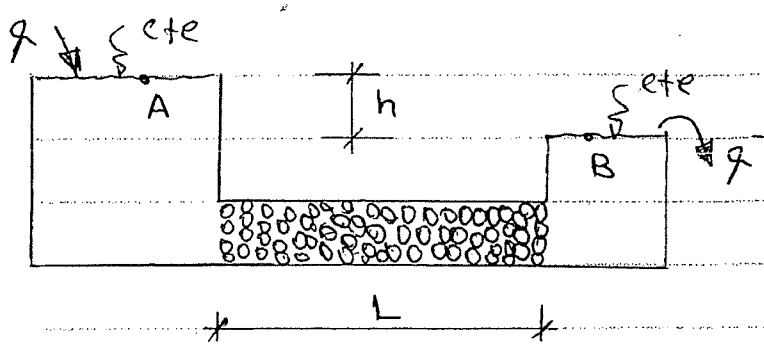
$V_A^2/2g$ - انرژی جنبشی سرعت برای واحد وزن آب در نقطه A (V_A سرعت آب در نقطه A)

از آنجاکه سرعت گذر آب از میان دانه‌های خاک ناچیز است و این مقدار ناچیز در پیوند برنولی به توان دو می‌رسد و ناچیزتر می‌گردد، پس می‌توان از جمله سوم چشم‌پوشی کرد.

پیوند برنولی برای گذر آب از خاک

$$h_A = z_A + \frac{P_A}{\gamma_w}$$

$\left(z_A + \frac{P_A}{\gamma_w}\right)$ ارتفاع منظر انرژی پتانسیل نیز نامیده می‌شود و فشانگر تراز پیزومتریک (ارتفاع) نسبت به تراز پایه است.



- روی A و B هوا آزاد است.

فشار مطلق $P_A = P_B = 1\,AT$

فشار نسبی $P_A = P_B = 0$

در نگاره بالا آب از A به B روان است، چون:

$$h_A = z_A + \frac{P_A}{\gamma_w} = h + \frac{0}{\gamma_w} = h$$

$$h_B = 0 + \frac{0}{\gamma_w} = 0$$

$$h_A > h_B \quad (A \to B)$$

$$\Delta h_{A \to B} = h - 0 = h$$

- h اختلاف بار آبی میان دو نقطه A و B است.

$$h \uparrow \Rightarrow q \uparrow \text{ (بده آب (دبی))} \quad \text{و} \quad v \uparrow \text{ (سرعت)}$$

$$L \downarrow \Rightarrow q \uparrow \quad , \quad v \uparrow$$

- دیده می‌شود که سرعت و بده به اختلاف بار آبی و درازای گذر (طول مسیر) وابسته است.

- i شیب آبی (گرادیان هیدرولیکی)

$$i = \frac{h}{L} \quad , \quad v \propto \frac{h}{L}$$

اگر در نگاره بالا h و L درشتی نداشته باشند ولی لوله یک‌بار باشن و بار دیگر با ماسه پر شود، v و q درشتی بیشتر خواهند بود. پس آبگذری یا تراوائی (نفوذ پذیری) خاک نیز در گذر آب اثرگذار است.

$$q \propto i \to v \cdot A \propto i \xrightarrow{(A = cte)} v \propto i$$

- k ضریب تراوائی خاک (هم واحد با سرعت)

$$v \propto i \quad , \quad v = k \cdot i = k \frac{h}{L}$$

پیشنهاد دارسی برای ماسه‌های سیراب (1856)

ضریب تراوائی خاک (k)، به ریزی و درشتی و تیزگوشه و گردگوشه بودن دانه‌ها، پوکی و توپری میان دانه‌ها و به ویژگی‌های شاره (سیال) گذرنده از خاک، بستگی دارد.

- k ضریب تراوائی خاک m/sec

$$k = \frac{\gamma_w}{\eta} \cdot \bar{k}$$ (بستگی دارد)

- $\bar{k}$ تراوائی مطلق m^2 (به توپری و پوکی خاک و ریزی و درشتی دانه‌ها)

- γ_w سنگینی ویژه آب (شاره) kgf/m^3

- η گرانروی دینامیکی آب (شاره) $kgf \cdot sec/m^2$

خاک هرچه درشت دانه و دانه‌ها هرچه گردگوشه و میان دانه‌ها هرچه تهی باشد، $k \uparrow$ و $\bar{k} \uparrow$

- برای یک خاک ($\bar{K}=cte$) در دو دمای θ_1 و θ_2:

$$\frac{k_{\theta_1}}{k_{\theta_2}} = \frac{\frac{\gamma_{w\theta_1}}{\eta_{\theta_1}}\cdot\bar{k}}{\frac{\gamma_{w\theta_2}}{\eta_{\theta_2}}\cdot\bar{k}} = \frac{\gamma_{w\theta_1}\times\eta_{\theta_2}}{\gamma_{w\theta_2}\times\eta_{\theta_1}}$$

- پیشنهاد Hazen برای ماسه های یکنواخت تر:

k (cm/sec)، D_{10} (mm) و C 1 تا 1.5

$$k = CD_{10}^2$$

- پیشنهاد Kozeny ، Carman برای خاک های دانه ای:

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

برای یک خاک دانه ای (دانه بندی ثابت)

$$\frac{k_1}{k_2} = \frac{\frac{e_1^3}{1+e_1}}{\frac{e_2^3}{1+e_2}}$$

گونه خاک	شن	ماسه درشت	ماسه ریز	لای	رس
تراوائی $\frac{cm}{sec}$	1 ~ 100	0.01 ~ 1	$10^{-2} \sim 10^{-3}$	$10^{-3} \sim 10^{-5}$	کوچکتر از 10^{-5}

از بررسی های مکانیک سیالات و هیدرولیک می دانیم که:

$$q = \frac{V}{t} = \frac{A\times L}{t} = A\times v$$

و از پیوند پیشنهادی در رسی داریم، $v = k\cdot i$

دیده می شود که v حجم آب گذرنده از واحد سطح خاک در واحد زمان است ولی از آنجا که آب از همه واحد سطح خاک نمی گذرد (بلکه از میان خاکدانه ها می تواند گذر داشته باشد) پس v نمی تواند نمود داشته باشد و میانگین سرعت را نشان می دهد. سرعتی که نمود هم داشته باشد سرعت تراوش (v_s) نامیده می شود.

discharge velocity

$$q = v\cdot A = v_{seepage}\times A_v$$

$$v_{seepage}\,(v_s) = \frac{v}{\frac{A_v}{A}} = \frac{v}{\frac{V_v}{V}} = \frac{v}{\eta} = v\,\frac{1+e}{e} \Rightarrow v_s > v$$

seepage velocity

- در خاک های لایه لایه $k_x > k_z$ — هرچه خاک دانه ای یکنواخت تر، آنگاه $k \uparrow$

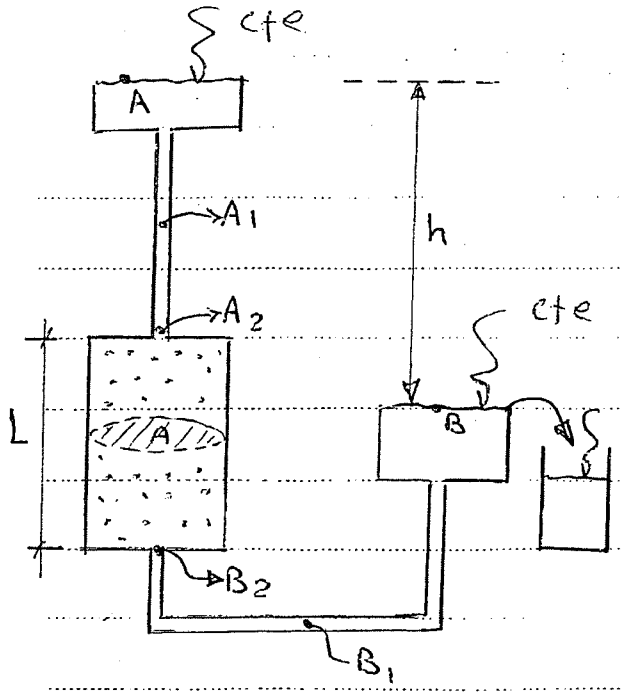
- در یک خاک

$$k_{sr<100\%} < k_{sr=100\%}$$

- پیشنهاد درسی برای رس ها (سرعت های کم) و برای شن و قلوه سنگ (سرعت های بیشتر) چندان پذیرفته نیست.

برای بدست آوردن k (ضریب تراوائی) از آزمایش های آزمایشگاهی و درجا بهره می برند.

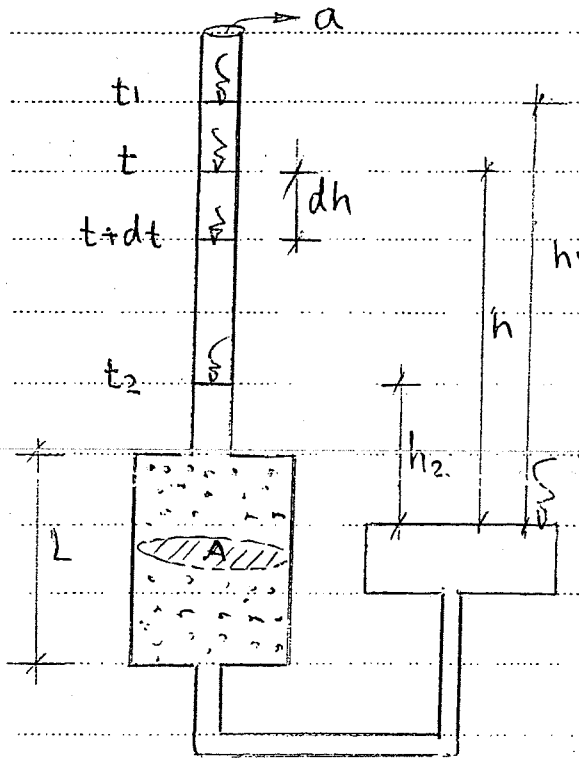
۱- آزمایش بار آبی پایا (ثابت)
- برای خاکهای درشت دانه



$$\Delta h_{A,B} = h$$
$$\Delta h_{A_1,B_1} \simeq h$$
$$\Delta h_{A_2,B_2} \simeq h$$

$$h_A > h_{A_1} \;,\; h_A \simeq h_{A_1}$$
$$\Delta h_{A,A_1} \simeq 0$$

$$q = \frac{V}{T}$$
$$q = v \cdot A = k \cdot i \cdot A = k \frac{h}{L} \cdot A \Rightarrow \boxed{k = \frac{V \cdot L}{T \cdot h \cdot A}}$$



۲- آزمایش بار آبی افتان
- برای خاکهای ریزدانه

$$\begin{cases} q_t = v_t \cdot A = k \cdot i_t \cdot A = k \frac{h}{L} A \\ q_t = \frac{dV}{dt} = \frac{a \cdot dh}{dt} = -a \frac{dh}{dt} \end{cases}$$

$$\Rightarrow -a \frac{dh}{dt} = Ak \frac{h}{L}$$

$$\int_{t_1}^{t_2} dt = \frac{a \cdot L}{A \cdot k} \int_{h_1}^{h_2} -\frac{dh}{h}$$

$$(t_2 - t_1) = \frac{a \cdot L}{A \cdot k} \left[-(h_2 h_2 - h_1 h_1) \right]$$

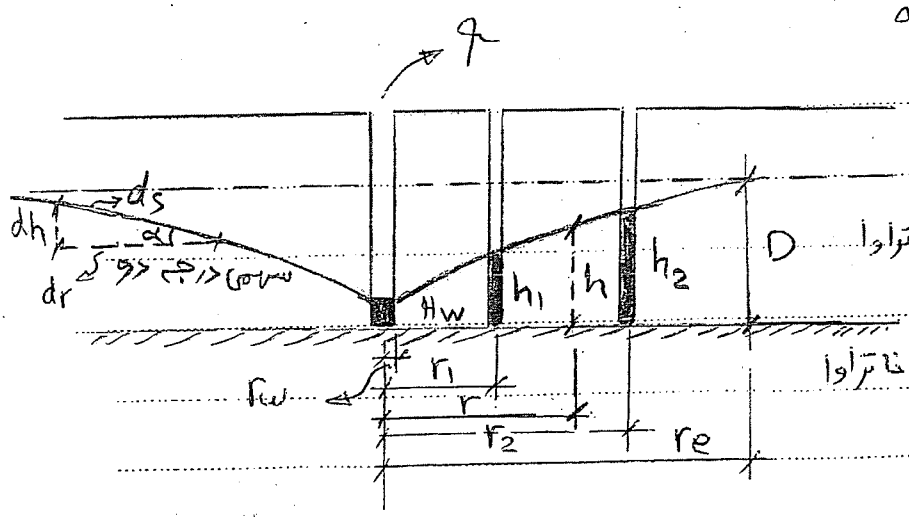
$$T = \frac{a \cdot L}{A \cdot k} \ln \frac{h_1}{h_2}$$

(الف)
$$V-۴ \quad \boxed{k = \frac{a \cdot L}{A \cdot T} \ln \frac{h_1}{h_2}}$$

۳-۲ آزمایش پمپاژ

- برای لایه آبدار درشت دانه

۳-۲-۱) سفره آب آزاد



$$i = \frac{dh}{ds} = \sin\alpha$$

$$i \simeq \frac{dh}{dr} = \tan\alpha$$

پندار دوپوئی

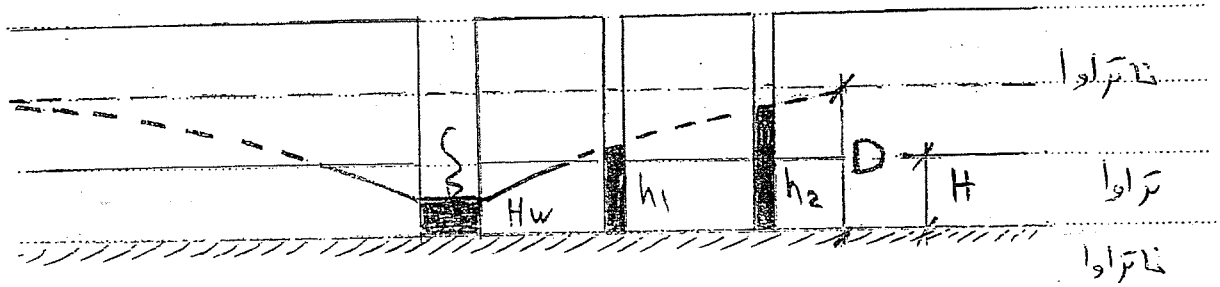
$$q = v \cdot A = k \cdot i \cdot A = k \frac{dh}{dr} \cdot 2\pi r h$$

$$\int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r} = \frac{\pi k}{q} \int_{h_1}^{h_2} 2h\,dh \Rightarrow \ln\frac{r_2}{r_1} = \frac{\pi k}{q}\left(h_2^2 - h_1^2\right)$$

$$k = \frac{q \cdot \ln\frac{r_2}{r_1}}{\pi\left(h_2^2 - h_1^2\right)}$$

$$k = \frac{q \cdot \ln\frac{r_e}{r_w}}{\pi\left(D^2 - H_w^2\right)}$$

۳-۲-۲) سفره آب زیر فشار



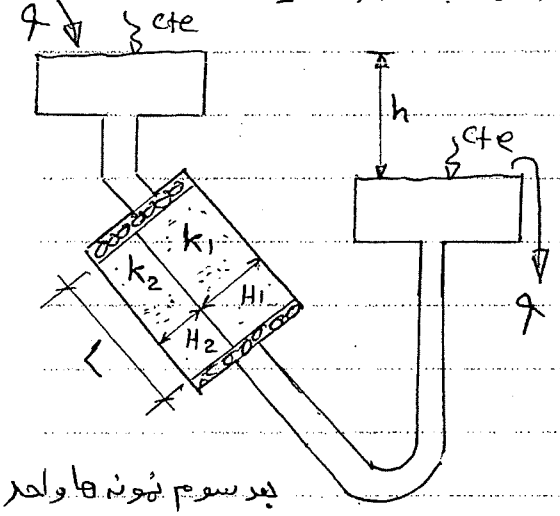
$$q = \text{----} = k \frac{dh}{dr} \cdot 2\pi r H$$

$$\int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r} = \frac{2\pi k H}{q} \int_{h_1}^{h_2} dh \Rightarrow k = \frac{q \cdot \ln\frac{r_2}{r_1}}{2\pi H\left(h_2 - h_1\right)}$$

$$k = \frac{q \cdot \ln\frac{r_e}{r_w}}{2\pi H\left(D - H_w\right)}$$

- در آزمایش پمپاژ هر چه فشار سنج‌ها دورتر از چاه برداشت آب باشند، خطای پندار (فرض) دوپوئی کمتر خواهد بود. الف) ۵-۷

ضریب تراوائی هم ارز چند لایه، برای هنگامی که گذر آب : موازی لایه هاست



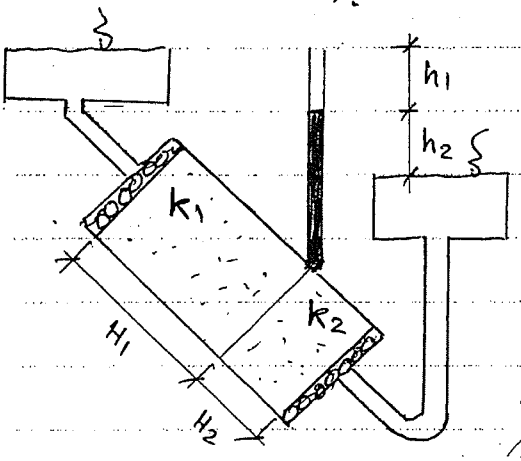
بعد سوم نمونه ها واحد

$$q = q_1 + q_2 \rightarrow V \cdot A = v_1 A_1 + v_2 A_2$$

$$\bar{k}\frac{h}{L}(H_1+H_2)\times 1 = k_1\frac{h}{L}H_1\times 1 + k_2\frac{h}{L}H_2\times 1$$

$$\bar{k} = \frac{k_1H_1 + k_2H_2}{H_1+H_2} \rightarrow \bar{k} = \frac{\sum_{i=1}^{n} k_i H_i}{\sum_{i=1}^{n} H_i}$$

ضریب تراوائی هم ارز چند لایه، برای هنگامی که گذر آب عمود بر لایه هاست



بعد سوم نمونه ها واحد

$$q = q_1 = q_2 \rightarrow v = v_1 = v_2$$

$$\bar{k}\cdot\bar{i} = k_1\cdot i_1 = k_2 i_2$$

$$i_1 = \frac{\bar{k}}{k_1}\cdot\bar{i} \;,\; i_2 = \frac{\bar{k}}{k_2}\cdot\bar{i}$$

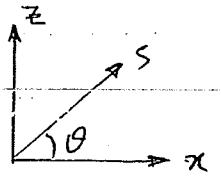
$$h = h_1 + h_2$$

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

$$\bar{i}(H_1+H_2) = i_1H_1 + i_2H_2$$

$$\bar{i}(H_1+H_2) = \frac{\bar{k}}{k_1}\cdot\bar{i}\cdot H_1 + \frac{\bar{k}}{k_2}\cdot\bar{i}\cdot H_2$$

$$\bar{k} = \frac{H_1+H_2}{\frac{H_1}{k_1}+\frac{H_2}{k_2}} \rightarrow \bar{k} = \frac{\sum_{i=1}^{n} H_i}{\sum_{i=1}^{n}\frac{H_i}{k_i}}$$



ضریب تراوائی خاک ناهمسان ($k_x \neq k_z$) در جهت s

$$\vec{v_x} = k_x\cdot\vec{i_x} \;,\; \vec{v_z} = k_z\cdot\vec{i_z} \;,\; \vec{v_s} = k_s\cdot\vec{i_s}$$

$$i_s = i_x\times\cos\theta + i_z\times\sin\theta$$

$$\frac{v_s}{k_s} = \frac{v_x}{k_x}\times\cos\theta + \frac{v_z}{k_z}\times\sin\theta$$

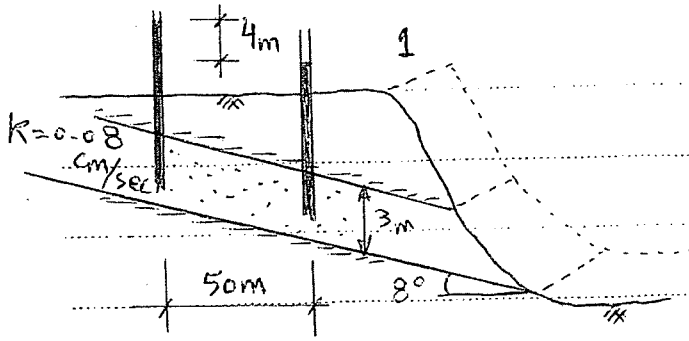
$$\frac{v_s}{k_s} = \frac{v_s\cos\theta}{k_x}\cdot\cos\theta + \frac{v_s\sin\theta}{k_z}\sin\theta$$

$$\frac{1}{k_s} = \frac{\cos^2\theta}{k_x} + \frac{\sin^2\theta}{k_z}$$

معادل بیضی

الف) ۷-۴

- باروی راست به نگاره، خواسته می‌شود میزان آب تراوش یافته به زه

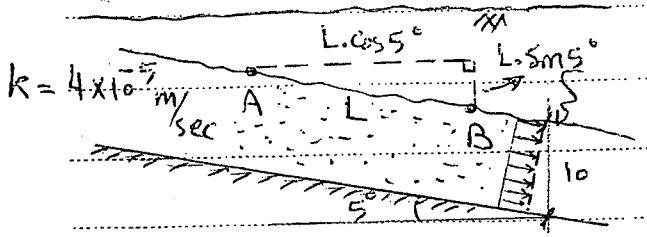


$$q = v \cdot A = k \cdot i \cdot A = k \frac{h}{L} \cdot A$$

$$q = \frac{0.08}{100} \times \frac{4}{\frac{50}{\cos 8^\circ}} \times (3 \times \cos 8^\circ \times 1)$$

$$q = 1.9 \times 10^{-4} \ \frac{m^3}{sec \times m}$$

- باروی راست به نگاره، خواسته می‌شود میزان آب گذرنده

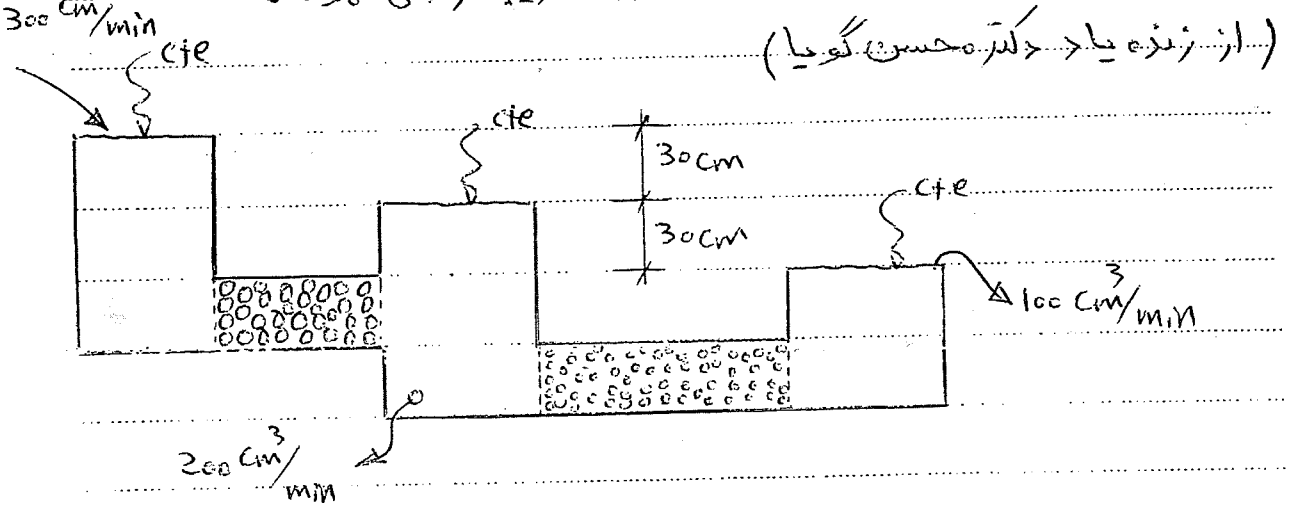


$$q = k \frac{h}{L} A$$

$$q = 4 \times 10^{-5} \frac{L \sin 5^\circ}{L} \times (10 \times \cos 5^\circ \times 1)$$

$$q = 3.5 \times 10^{-5} \ \frac{m^3}{sec \times m}$$

- باروی راست به نگاره، خواسته می‌شود ضریب تراوایی نمونه‌ها. (از زنده یاد دکتر محسن گویا)



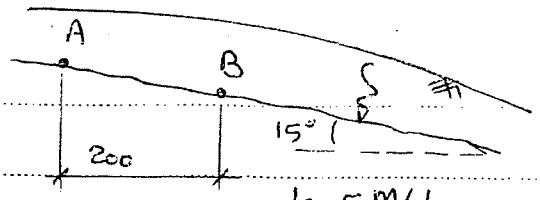
$L_1 = 50cm$ $\quad L_2 = 75cm$

$A_1 = 100 cm^2$ $\quad A_2 = 100 cm^2$

$$q_1 = k_1 \cdot i_1 \cdot A_1 \Rightarrow 300 = k_1 \frac{30}{50} \times 100 \Rightarrow k_1 = 5 \ \frac{cm}{min}$$

$$q_2 = k_2 \cdot i_2 \cdot A_2 \Rightarrow 100 = k_2 \frac{30}{75} \times 100 \Rightarrow k_2 = 2.5 \ \frac{cm}{min}$$

- در شکل زیر، آب پس از چند روز از نقطه A به B می رسد.

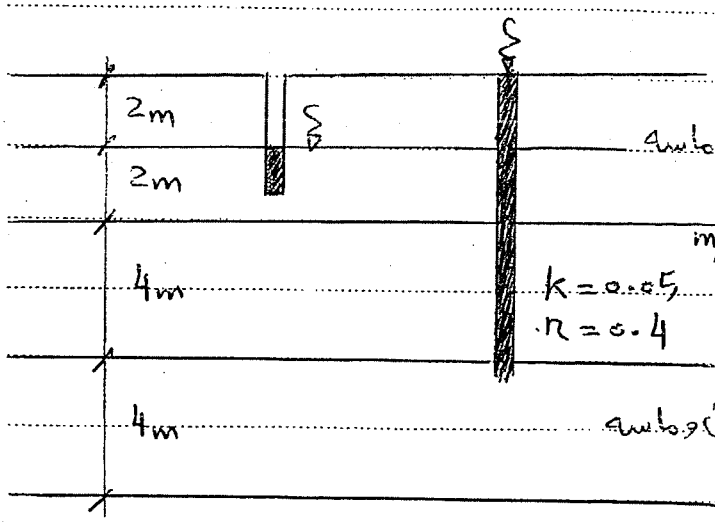


$k = 5\ m/day$

$$v = k \cdot i = 5 \times \sin 15^\circ = 1.294\ m/day$$

$$t = \frac{L}{V} = \frac{\frac{200}{\cos 15^\circ}}{1.294} = 160\ day$$

- از لایه نخست آبکشی می شود. خواسته می شود سرعت تراوش آب از لایه سوم به بالا.



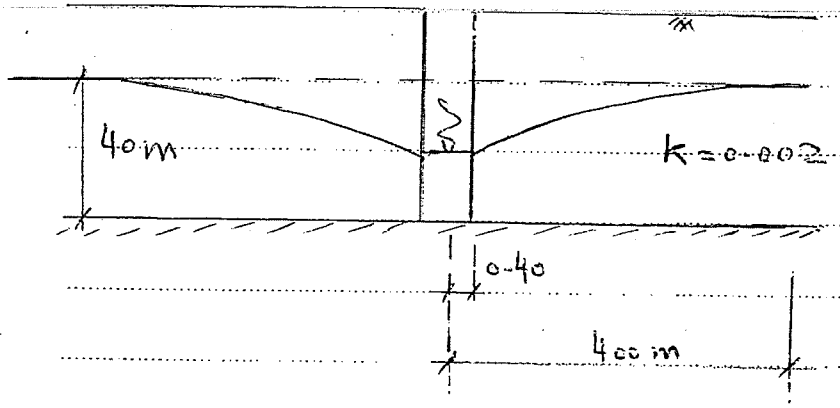
$$v = k \cdot i$$

$$v = 0.05 \frac{2}{4} = 0.025\ m/day$$

$$v_{seepage} = \frac{v}{n} = \frac{0.025}{0.4}$$

$$= 0.0625\ m/day$$

- از چاه زیر، پابره $1\ m^3/min$ آبکشی می شود و در دورتر از 400 متری چاه، رویه آب پایین نمی رود. خواسته می شود افت رویه آب در چاه.



$$k = \frac{q \cdot \ln \frac{Re}{r_w}}{\pi (D^2 - h_w^2)}$$

$$0.002 = \frac{1 \times \ln \frac{400}{0.40}}{3.14 (40^2 - h_w^2)}$$

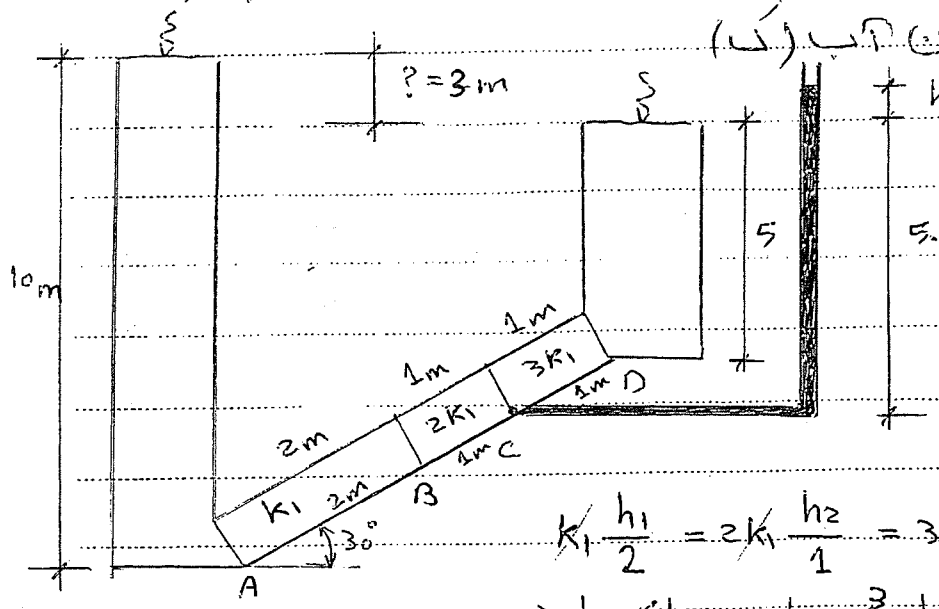
$$h_w = 22.4\ m$$

$$\Delta h_w = 40 - 22.4 = 17.6\ m$$

- اگر در پرسش پیشین، پس از ۱۰ سال، دیگر رویه آب چاه پایین نرود، خواسته می شود شعاع تأثیر چاه

$$0.002 = \frac{1 \times h \frac{r_e}{0.40}}{3.14\left(40^2 - 30^2\right)} \Rightarrow r_e = 32.5\ m$$

- جاروی راست به نگاره و داده ها، خواسته می شود فشار آب در نقطه E برحسب بلندی ستون آب (بر)



$$q_1 = q_2 = q_3$$

$$v_1 = v_2 = v_3$$

$$K_1 \frac{h_1}{2} = 2K_1 \frac{h_2}{1} = 3K_1 \frac{h_3}{1}$$

$$\Rightarrow h_1 = 6h_3 \ , \ h_2 = \frac{3}{2} h_3$$

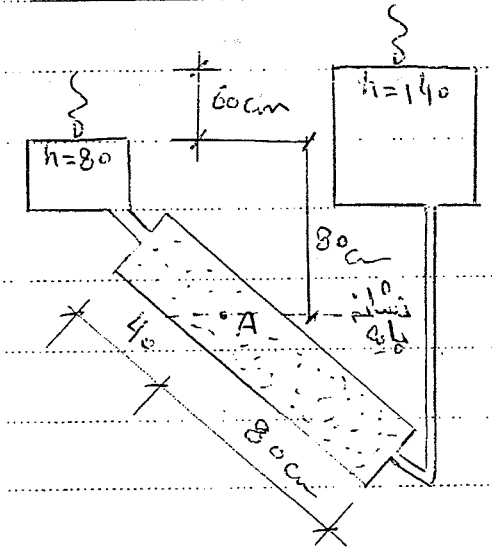
$$h_1 + h_2 + h_3 = 3$$

$$6h_3 + \frac{3}{2}h_3 + h_3 = 3 \Rightarrow h_3 = \frac{3}{8.5} = 0.35\ m$$

$$h_p = 5.5 + 0.35 = 5.85\ m$$

$$u = 5.85 \times 10 = 58.5\ kN/m^2$$

- خواسته می شود فشار آب در نقطه A

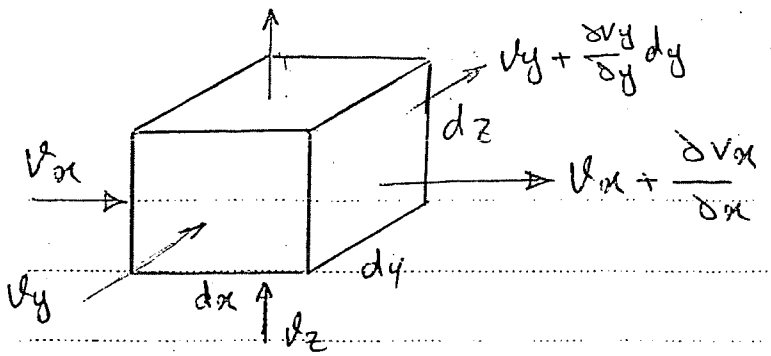


$$u_A = \gamma_w (h_A - z_A)$$

$$u_A = 1\ gf/cm^3 \left[\left(140 - 80 \frac{140-80}{120}\right) - \right]$$

$$u_A = 100\ gf/cm^2$$

- شبکه جریان آب در خاک



(جریان ورودی) : حجم آب عبوری در واحد زمان در راستای x : $v_x \cdot dy \cdot dz$

(جریان خروجی) : حجم آب عبوری در واحد زمان در راستای x : $\left(v_x + \frac{\partial v_x}{\partial x} \cdot dx\right) dy \cdot dz$

کاهش (تغییر) حجم آب در راستای x : $\frac{\partial v_x}{\partial x} . dx . dy . dz$

کاهش حجم آب در همه راستاها : $\left(\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z}\right) dx . dy . dz$

از آنجایی که آب و ذرات خاک نمی‌توانند فشرده شوند، اگرچنانکه هنگام باران، آب در خاک فشرده نشود یا آماس ننماید، بایستی حجم آب ورودی و خروجی باهم برابر باشند، پس:

$$\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z} = 0$$

در جریان دو بعدی:

$$\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_z}{\partial z} = 0$$

$$v_x = k_x \cdot i_x \Rightarrow v_x = -k_x \frac{\partial h}{\partial x} \Rightarrow \frac{\partial v_x}{\partial x} = -k_x \frac{\partial^2 h}{\partial x^2}$$

$$v_z = k_z \cdot i_z \Rightarrow v_z = -k_z \frac{\partial h}{\partial z} \Rightarrow \frac{\partial v_z}{\partial z} = -k_z \frac{\partial^2 h}{\partial z^2}$$

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

در خاک همسان $k_x = k_z = k$ $\Leftarrow$ $\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = 0$

الف) ۷-۱۰

تابع $\varphi(x,z)$ را آن‌چنان می‌یابیم که:

$$\begin{cases} \frac{\partial \varphi}{\partial x} = v_x = -k\frac{\partial h}{\partial x} \\ \frac{\partial \varphi}{\partial z} = v_z = -k\frac{\partial h}{\partial z} \end{cases} \Rightarrow \boxed{\varphi(x,z) = -k \times h(x,z) + C}$$

پیوند بالا بدین معنا نگریسته می‌شود که اگر در صفحه xz بر روی یک خم (منحنی) تابع φ اندازه ثابتی داشته باشد، در همه جای آن h ثابت خواهد بود. پس آن خم یک خم هم‌پتانسیل خواهد بود که در آن $d\varphi = 0$ است.

$$\begin{cases} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} = -k\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} \\ \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} = -k\frac{\partial^2 h}{\partial z^2} \end{cases} \Downarrow \boxed{\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} = 0}$$

$$d\varphi = \frac{\partial \varphi}{\partial x}\cdot dx + \frac{\partial \varphi}{\partial z}\cdot dz = 0$$

$$v_x \cdot dx + v_z \cdot dz = 0$$

$$\frac{dz}{dx} = -\frac{v_x}{v_z}$$

$$\boxed{m = -\frac{v_x}{v_z}}$$

تابع $\psi(x,z)$ را آن‌چنان می‌یابیم که:

$$\begin{cases} \frac{\partial \psi}{\partial x} = -v_z = k\frac{\partial h}{\partial z} \\ \frac{\partial \psi}{\partial z} = v_x = -k\frac{\partial h}{\partial x} \end{cases} \Downarrow \begin{cases} \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} = k\frac{\partial^2 h}{\partial z \cdot \partial x} \\ \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} = -k\frac{\partial^2 h}{\partial x \cdot \partial z} \end{cases} \Downarrow \boxed{\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} = 0}$$

اگر در صفحه xz بر روی یک خم تابع ψ اندازه ثابتی داشته باشد، در آن $d\psi = 0$ خواهد بود.

$$d\psi = \frac{\partial \psi}{\partial x}\cdot dx + \frac{\partial \psi}{\partial z}\cdot dz = 0$$

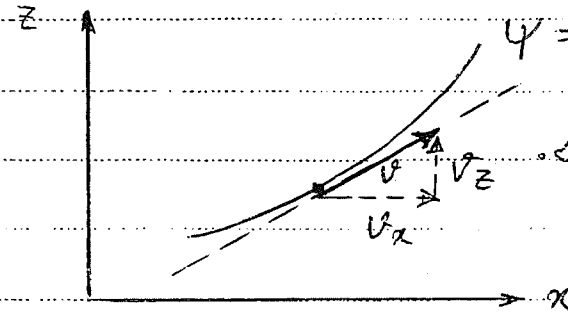
$$-v_z \cdot dx + v_x \cdot dz = 0$$

$$\frac{dz}{dx} = \frac{v_z}{v_x}$$

$$\boxed{m' = \frac{v_z}{v_x}}$$

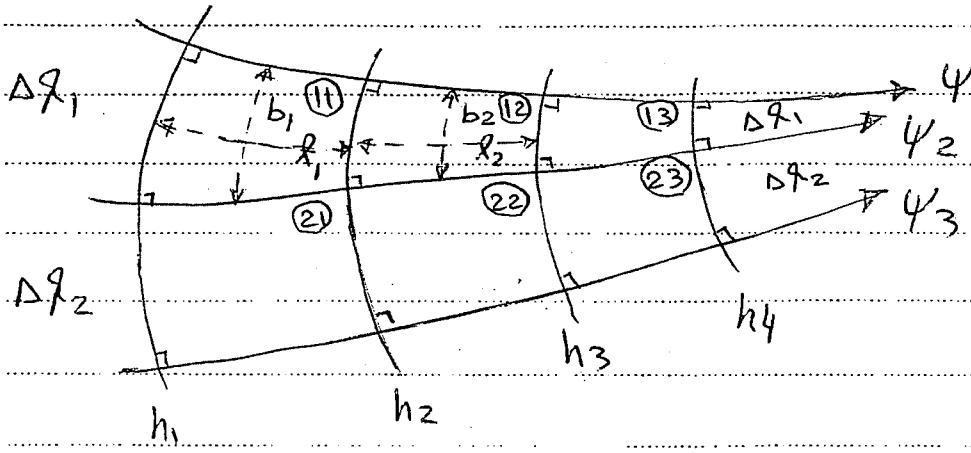
الف) ۱۱-۷

از آنجا که $m \times m' = -1$ است، پس در صفحه xz، خم هایی که بر روی آنها $\psi = cte$ است، بر خم های با $\psi = cte$، عمود هستند.
بر پایه نگاره زیر، خط مماس بر خم هایی که در آنها $\psi = cte$ است، منطبق بر بردار سرعت است. یعنی خم هایی که در آنها $\psi = cte$ است، همانگر خط های جریان هستند.



از فیزیک مکانیک: حرکت بردار سرعت همیشه بر مسیر مماس است.

محاسبه دبی آب تراوش یافته:



$$\Delta q_1 = \Delta q_{11} = \Delta q_{12} = \Delta q_{13} = \cdots$$

اگر $(h_1 - h_2 = h_2 - h_3 = \cdots = \Delta h)$ باشد، بهره مندی از شبکه جریان آسان خواهد شد:

$$\Delta q_1 = v_1 \cdot A_1 = v_2 \cdot A_2 = \cdots$$

$$\Delta q_1 = k i_1 \cdot A_1 = k i_2 \cdot A_2 = \cdots$$

$$\Delta q_1 = k \frac{h_1 - h_2}{l_1}(b_1 \times 1) = k \frac{h_2 - h_3}{l_2}(b_2 \times 1) = \cdots$$

$$\Delta q_1 = k \cdot \Delta h_1 \frac{b_1}{l_1} = k \Delta h_2 \frac{b_2}{l_2} = \cdots$$

اگر در گذرگاه (۱) مستطیل ها را مشابه هم رسم کنیم $\left(a = \frac{b_1}{l_1} = \frac{b_2}{l_2} = \cdots\right)$ افت بار میان خط های هم با، با هم برابر خواهد بود. $(\Delta q_1 = k \cdot \Delta h \cdot a)$

$$h_1 - h_2 = h_2 - h_3 = \cdots = \Delta h = \frac{h}{N_d} \longrightarrow \text{شمار پله های افت}$$

الف) ۷-۱۲

در گذرگاه (۲) افت بار میان خط‌های هم بار با هم و با افت‌های گذرگاه (۱) برابرند و از این رو بایستی در گذرگاه (۲) نیز مستطیل‌ها مشابه هم باشند ولی اگر نسبت تشابه مستطیل‌های دو گذرگاه برابر هم نباشد، آنگاه $\Delta h_1 \neq \Delta h_2$ خواهد شد.

اگر در همه گذرگاه‌ها مستطیل‌ها مشابه هم باشند $\Delta h_1 = \Delta h_2 = \cdots$

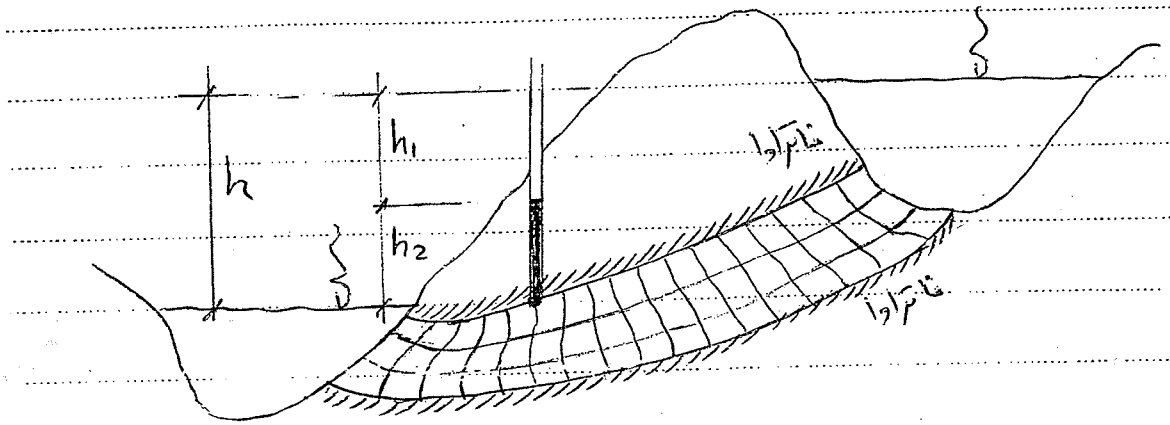
$$q = \Delta h \times N_f = k \cdot \Delta h \cdot a \cdot N_f = k \frac{h}{N_d} \cdot a \cdot N_f$$

که شمار گذرگاه‌ها

بده آب تراوش یابنده از بند سوم واحد: $q = kh \frac{N_f}{N_d} a$

از آنجا که رسم مستطیل‌های مشابه دشوار است، بهتر خواهد بود که همه مربع رسم شوند که همیشه مشابه هم هستند. $(a=1)$

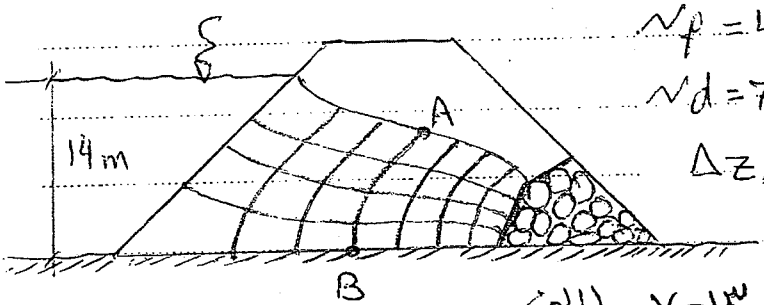
$q = q \cdot L$ (بده آب برای همه بند سوم)



$N_f = 3$

$N_d = 17$

$h_1 = \frac{12}{17} h$ ، $h_2 = \frac{5}{17} h$



$N_f = 4$

$N_d = 7 \rightarrow \Delta h = \frac{14}{7} = 2\,m$ (افت هر پله)

$\Delta z_{A,B} = (14 - 3 \times 2) = 8\,m$

$u_B = 8 \times 1000 = 8000\,kg/m^2$

$u_A = 0$ (روی A هوا تراوا است) ۱۳-۷ (الف)

- شبکه جریان در خاک ناهمسان ($k_x \neq k_z$)

شبکه جریان عمود برهم مستطیلی یا مربعی را ، تنها برای خاک همسان می‌توان بکار برد. در خاکهای ناهمسان ، می‌توان با تغییر متغیر x ، مدلی از خاک همسان برای خاک ناهمسان پیدا کرد و شبکه جریان عمود برهم را برای مدل رسم نمود.

تغییر متغیر : $X = \sqrt{\frac{k_z}{k_x}} \cdot x \Rightarrow \frac{\partial X}{\partial x} = \sqrt{\frac{k_z}{k_x}}$

$$\frac{\partial h}{\partial x} = \frac{\partial h}{\partial X} \cdot \frac{\partial X}{\partial x} = \frac{\partial h}{\partial X} \cdot \sqrt{\frac{k_z}{k_x}}$$

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 h}{\partial x \cdot \partial x} \times \sqrt{\frac{k_z}{k_x}} = \frac{\partial^2 h}{\partial X^2} \cdot \frac{\partial X}{\partial x} \times \sqrt{\frac{k_z}{k_x}}$$

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 h}{\partial X^2} \times \sqrt{\frac{k_z}{k_x}} \times \sqrt{\frac{k_z}{k_x}} = \frac{\partial^2 h}{\partial X^2} \times \frac{k_z}{k_x}$$

$$\frac{k_x}{k_z} \cdot \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 h}{\partial X^2}$$

در خاک ناهمسان :

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

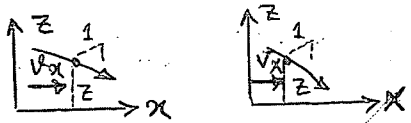
$$\Rightarrow \frac{\partial^2 h}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = 0$$

محیط دو بعدی (x, z) خاک ناهمسان ، پایستی به محیط دو بعدی (X, z) دگرسانی داده شود و در این محیط شبکه جریان عمود برهم رسم گردد. در این دگرسانی اندازه قائم پایا می‌ماند و اندازه افقی (x) به ضریب $\sqrt{\frac{k_z}{k_x}}$ (که اغلب کمتر از یک است) ضرب می‌شود و اغلب کوچکتر می‌گردد.

با بهره مندی از N_f و N_d شبکه رسم شده در مدل همسان شده ، می‌توان دبی را حساب کرد. الف ۱۴-۷

$$q = \bar{k} \cdot h \cdot \frac{N_f}{N_d}$$

محاسبه $\bar{k}$:



$q_x = q_x$

$v_x \cdot A_x = v_x \cdot A_x \Rightarrow v_x (z \times 1) = v_x (z \times 1) \Rightarrow v_x = v_x$

$k_x \cdot i_x = \bar{k} \cdot \bar{i} \Rightarrow -k_x \frac{\partial h}{\partial x} = -\bar{k} \frac{\partial h}{\partial x}$

$k_x \frac{\partial h}{\partial x} \cdot \frac{\partial x}{\partial x} = \bar{k} \cdot \frac{\partial h}{\partial x}$

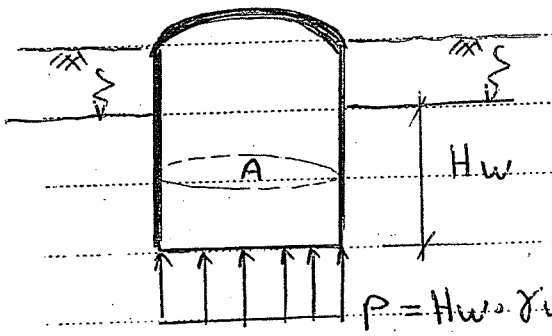
$\bar{k}$ - ضریب تراوایی هم ارز خاک ناهمسان

$k_x \sqrt{\frac{k_z}{k_x}} = \bar{k} \Rightarrow \boxed{\bar{k} = \sqrt{k_x \cdot k_z}}$

فشار برکنش آب (uplift pressure) (فشار بالابرنده)

الف) آب ایستا (ساکن)

$u = p = \gamma_w \cdot H_w$

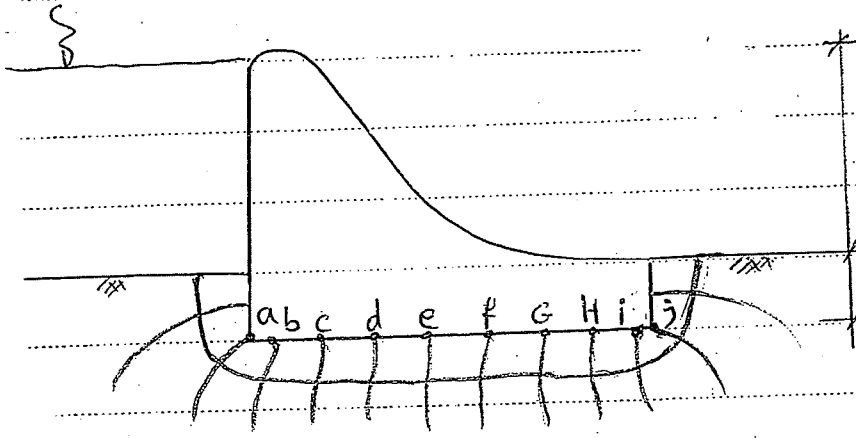


$p = \frac{\text{نیروی برکنش}}{\text{مساحت}} = \frac{A \cdot H_w \cdot \gamma_w}{A} = H_w \cdot \gamma_w$

ب) آب روان

$p = u = \gamma_w (h_A - z_A)$ ← $h_A = z_A + \frac{u_A}{\gamma_w}$

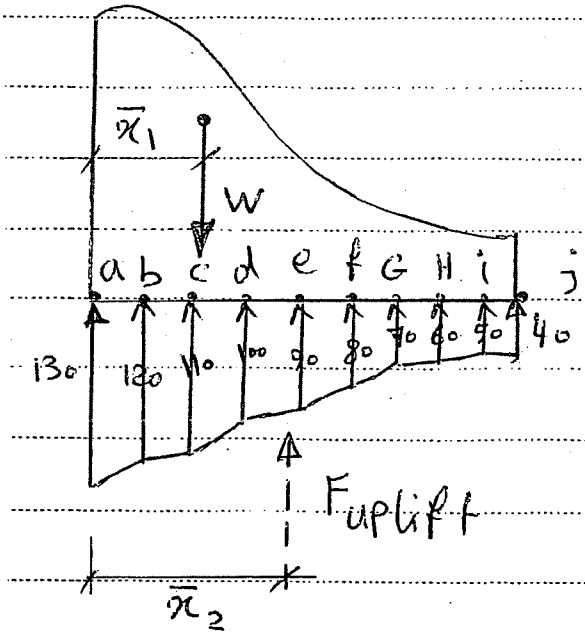
- خواسته ی سؤال: نمودار فشار برکنش



$u_a = \gamma_w (h_a - z_a) = 10\left[\left(13 - 2\times\frac{13}{13}\right) - (-2)\right] = 130\ kN/m^2$

$u_b = 120\ kN/m^2$ و ...

$u_j = 10\left[\left(13 - 11\times\frac{13}{13}\right) - (-2)\right] = 40\ kN/m^2$



$F_{uplift} = \left(\frac{130+120}{2}\right)(\overline{ab}\times 1) + \ldots$

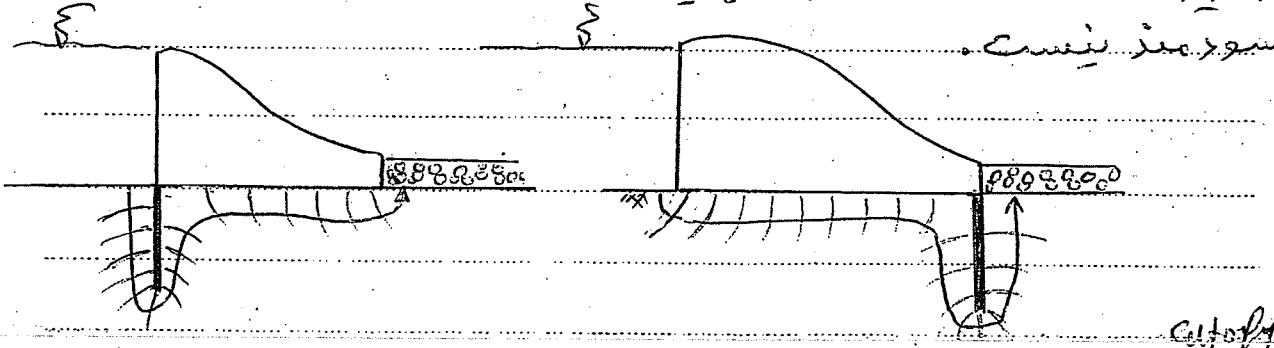
$\left(\frac{50+40}{2}\right)(\overline{ij}\times 1)$

پایداری:

$F_{uplift} < W$ (بدون واحد)

$\bar{x}_1 \simeq \bar{x}_2$ (جلوگیری از پیچش)

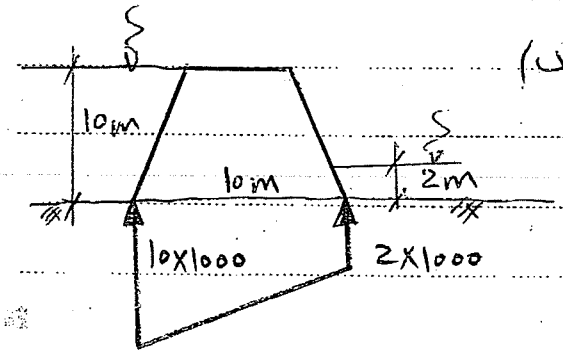
ساختن آب‌بند (cutoff) در بالادست سد، فشار برکنش را در زیر سد می‌کاهد. آب‌بند پایین‌دست در کاهش فشار برکنش سودمند نیست.



cutoff

✓ پایین‌دست فشار بالابرنده را نمی‌کاهد

- هردو خطر جوشش را کم می‌کنند.
- هردو پده آب تراوش یافته را کم می‌کنند.



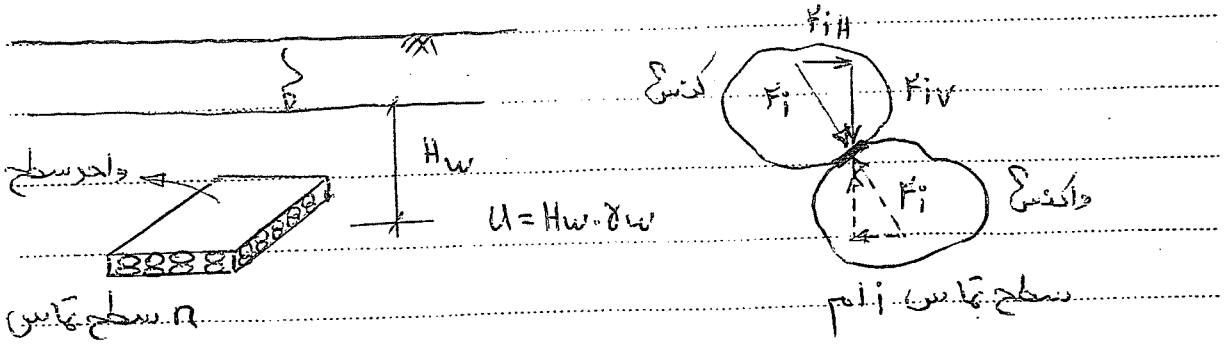
خواسته می‌شود، نیروی uplift (ک)

$F_{uplift} = \frac{10{,}000+2000}{2}(10\times 1) = 60000\ kg/m$

الف) ۷-۱۶

تنش مؤثر

مجموع مؤلفه های قائم نیروهای مؤثر در نقاط تماس دانه‌های واحد سطح خاک، تنش مؤثر نامیده می‌شود و نمی‌توان آنرا اندازه گرفت.



$$a_s = \sum_{i=1}^{n} a_i \quad , \quad F_v = \sum_{i=1}^{n} F_{iv}$$

تنش کلی (نیرو در واحد سطح): $\sigma = F_v + \gamma_w \cdot H_w (1 - a_s)$

$$F_v = \sigma - u + u \cdot a_s$$

تنش مؤثر (مجموع ...): $\sigma' = \sum_{i=1}^{n} \left[\left(\frac{F_{iv}}{a_i} - u \right) a_i \right]$

فشار قائم در سطح تماس ام

فشار موثر قائم "

نیروی "

$$\sigma' = \sum_{i=1}^{n} F_{iv} - u \sum_{i=1}^{n} a_i = F_v - u \cdot a_s$$

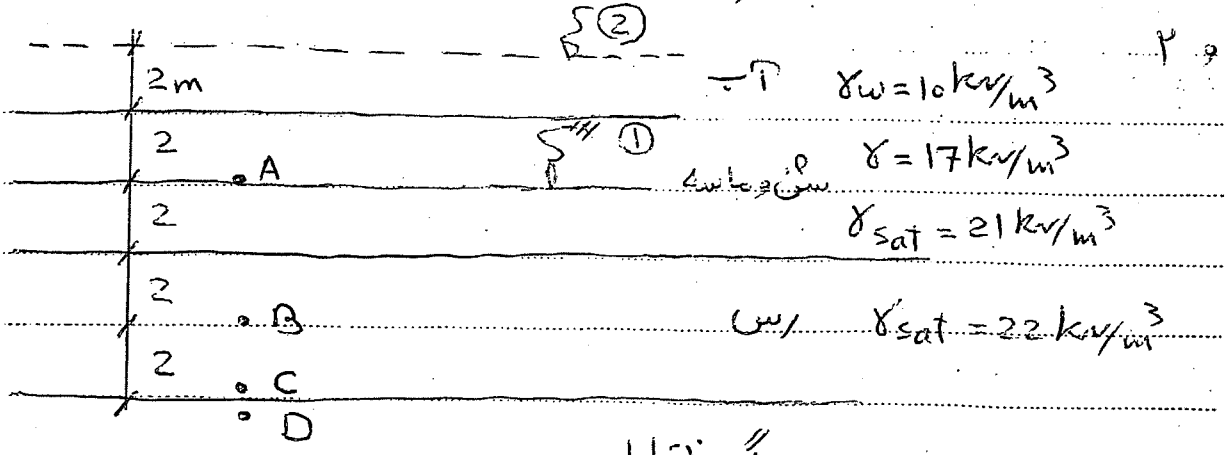
$$\sigma' = (\sigma - u + u \cdot a_s) - u \cdot a_s \Rightarrow \boxed{\sigma' = \sigma - u}$$

u در آب ایستا: $u = \gamma_w \cdot H_w$ یا آنچه فشارسنج نشان می‌دهد.

u در آب روان: $u_A = \gamma_w (h_A - z_A)$

تنش موثری که از پیوند، $\sigma'_A = \sigma_A - u_A$ بدست می‌آید می‌تواند از σ'_A راستین کمتر یا بیشتر باشد. (در نقطه برخورد دانه‌ها کمتر از راستین و در میان دانه‌ها بیشتر از راستین)

- خواسته می شود تنش موثر در نقطه های A و B و C و D در دو حالت ۱ و ۲



سنگ ماسه ای

حالت یکم)

$\sigma_A = 2 \times 17 = 34$ ، $u_A = 0$ $\Rightarrow \sigma'_A = 34 - 0 = 34 \ kN/m^2$

$\sigma_B = (2 \times 17) + (2 \times 21) + (2 \times 22) = 120 \ kN/m^2$

$u_B = 4 \times 10 = 40$ $\sigma'_B = 120 - 40 = 80 \ kN/m^2$

$\sigma_C = \sigma_D = (2 \times 17) + (2 \times 21) + (4 \times 22) = 164 \ kN/m^2$

$u_C = 6 \times 10 = 60$ $\sigma'_C = 164 - 60 = 104 \ kN/m^2$

$u_D = 0$ $\sigma'_D = 164 - 0 = 164 \ kN/m^2$

حالت دوم)

$\sigma_A = (2 \times 10) + (2 \times 21) = 62 \ kN/m^2$

$u_A = 4 \times 10 = 40$ کم شده $\sigma'_A = 62 - 40 = 22 \ kN/m^2$

$\sigma_B = (2 \times 10) + (4 \times 21) + (2 \times 22) = 148 \ kN/m^2$

$u_B = 8 \times 10 = 80$ کم شده $\sigma'_B = 148 - 80 = 68 \ kN/m^2$

$\sigma_C = \sigma_D = (2 \times 10) + (4 \times 21) + (4 \times 22) = 192 \ kN/m^2$

$u_C = 10 \times 10 = 100$ کم شده $\sigma'_C = 192 - 100 = 92 \ kN/m^2$

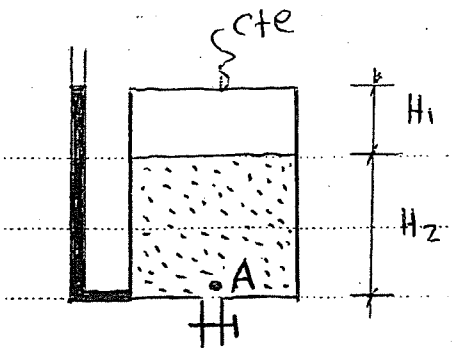
$u_D = 0$ بیشتر نشده $\sigma'_D = 192 - 0 = 192 \ kN/m^2$

- تنش موثر در آب و دیگر سیالات (سیالات) صفر است.
- با افزایش ارتفاع از سطح ایستابی، تنش موثر نقاط درون خاک کم می کند و هر چه آب از سطح زمین بالاتر رود، تنش موثر ثابت می ماند. سراب

العلم ۱۸-۷

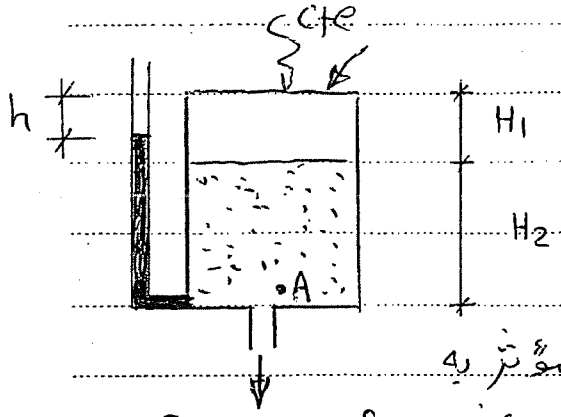
دگرش تنش مؤثر با گذر آب:

الف) آب ایستا



$$\sigma_A = H_1 \cdot \gamma_w + H_2 \cdot \gamma_{sat}$$
$$u_A = (H_1 + H_2)\gamma_w$$
$$\sigma'_A = H_2(\gamma_{sat} - \gamma_w) = H_2 \cdot \gamma'$$

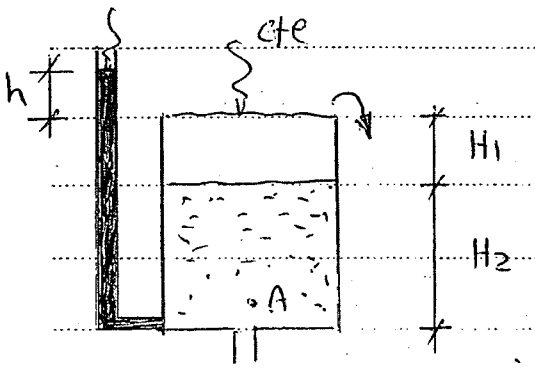
ب) گذر رو به پایین آب



$$\sigma_A = H_1 \cdot \gamma_w + H_2 \cdot \gamma_{sat}$$
$$u_A = (H_1 + H_2 - h)\gamma_w$$
$$\sigma'_A = H_2 \cdot \gamma' + h \cdot \gamma_w \quad \text{افزوده شد}$$

دیده می‌شود که با گذر رو به پایین آب، تنش مؤثر به اندازه $h\gamma_w$ افزوده می‌شود. افزایش تنش مؤثر، خسست پدید می‌آورد.

پ) گذر رو به بالای آب



$$\sigma_A = H_1 \cdot \gamma_w + H_2 \cdot \gamma_{sat}$$
$$u_A = (H_1 + H_2 + h)\gamma_w$$
$$\sigma'_A = H_2 \cdot \gamma' - h \cdot \gamma_w \quad \text{کاسته شد}$$

دیده می‌شود که با گذر رو به بالای آب، تنش مؤثر به اندازه $h\gamma_w$ (فشار تراوش) کاسته می‌شود. کاهش تنش مؤثر و سرانجام صفر شدن آن، دانه‌ها را بی‌وزن کرده و پدیده جوشش را پدید می‌آورد. در خاکی که تنش مؤثر در آن صفر است، دانه‌ها همراه با آب گذرنده از میان دانه‌ها، به جنبش در آمده و از خاک بیرون می‌ریزند. (پدیده جوشش boiling) با پیشرفت جوشش، فضای میان دانه‌ها بزرگتر می‌شود و از هم پیوستن فضای میان دانه‌ها پدیده Piping پدید می‌آید و همگام با آن پایداری خاک به هم می‌خورد.

boiling و به دنبال آن Piping در گذر رو به بالای آب و بویژه در خاکهای دانه‌ای پیش می‌آید. در خاکهای چسبنده، پس از صفرشدن تنش مؤثر، boiling و Piping رخ نمی‌دهد، چون چسبندگی، دانه‌ها را در کنار هم نگه می‌دارد. در این خاکها، پس از صفر شدن تنش مؤثر، خاک آماس می‌کند و سرانجام پاره می‌شود و ترک می‌خورد و آب از پارگی و ترک گذر می‌کند و گل آلود می‌گردد. در مدل پیشین:

$$\sigma' = H_2 \cdot \gamma' - h \cdot \gamma_w$$

فشار تراوش رو به بالای آب

فشار مؤثر (در غیاب تراوش) (تنش مؤثر خاص از وزن)

فشار مؤثر (در بود تراوش)

ضریب اطمینان در برابر جوشش: F_s = نیروی پایدار کننده (در برابر تراوش) برای واحد سطح / نیروی پدید آورنده تراوش برای واحد سطح

$$F_s \gg 1 : \quad F_s = \frac{\text{فشار مؤثر خاص از وزن}}{\text{فشار تراوش آب}}$$

در مدل تک لایه‌ای:

$$F_s \gg 1 : \quad F_s = \frac{H_2 \gamma'}{h \cdot \gamma_w} = \frac{\frac{\gamma'}{\gamma_w}}{\frac{h}{H_2}} = \frac{i_{cr}}{i}$$

آستانگی (بحران) در خاک، هنگامی رخ می‌دهد که $\sigma' = 0$ شود:

$$0 = H_2 \cdot \gamma' - h \cdot \gamma_w \Rightarrow \frac{h}{H_2} = \frac{\gamma'}{\gamma_w} \Rightarrow i_{cr} = \frac{\gamma'}{\gamma_w}$$

(برای تک لایه)

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

برای هنگامی که جوشش رخ می‌دهد ضریب اطمینان در برابر جوشش کمتر از یک است، نمی‌توان از پیوندهای بالا بهره برد. (چنانکه از پیوندهای بالا بهره برده شود، پاسخ متفاوت ولی همچنان کوچکتر از یک خواهد بود)

$$F_s < 1 : \quad F_s = \frac{\sigma \text{ (تنش کل)}}{u \text{ (فشار آب در میان دانه‌ها)}}$$

فشار تراوش را بار آبی (اختلاف بار آبی نقطه مورد نظر و پایین دست) پدید می‌آورد.

$$\text{seepage pressure} = h \cdot \gamma_w$$

برای هنگامی که آب از یک لایه می‌تراود، می‌توان فشار تراوش را به گونه زیر نیز نوشت.

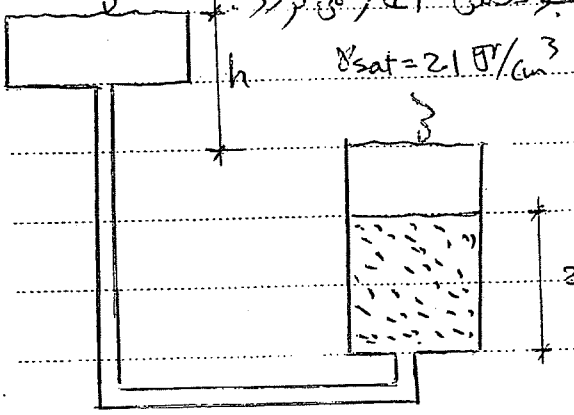
$$\text{seepage pressure} = \frac{h}{H} \times H \cdot \gamma_w = i \times H \times \gamma_w$$

- نیروی تراوش وارده به واحد حجم خاک:

$$\text{seepage force} = \frac{i \cdot H \cdot \gamma_w \cdot A}{A \cdot H} = \gamma_w \cdot i \quad \rightarrow$$

نیروی تراوش با بردار شیب آبی هم سو است.

- در شکاره زیر، با چه اندازه بار آبی، جوشش آغاز می‌گردد. (ک)



$$\text{ضریب اطمینان در برابر جوشش} = F_s = \frac{\text{فشار بیرون‌گرایی از وزن}}{\text{فشار تراوش}}$$

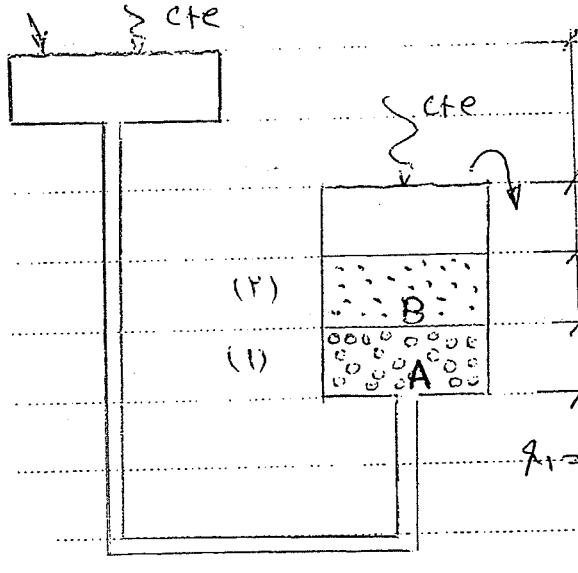
الف) $1 = \frac{20(2.1-1)}{h \times 1} \rightarrow h = 22\ cm$

$F_s = \frac{i_{cr}}{i} \rightarrow 1 = \frac{i_{cr}}{i}$

ب) $i = i_{cr}$

$\frac{h}{20} = \frac{2.1-1}{1} \rightarrow h = 22\ cm$

- خواسته می‌شود، ضریب اطمینان در برابر جوشش، برای نقاط A و B



$\gamma_1 = \gamma_2 \rightarrow v_1 = v_2 \rightarrow k_1 \frac{h_1}{L_1} = k_2 \frac{h_2}{L_2}$

$5k \frac{h_1}{30} = k \frac{h_2}{30}$

$$\begin{cases} h_1+h_2=60 \\ 5k\frac{h_1}{30}=k\frac{h_2}{30} \end{cases} \quad \begin{cases} h_1+h_2=60 \\ 5h_1=h_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{matrix} h_1=10\,c \\ h_2=50\,c \end{matrix}$$

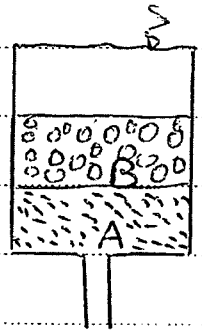
$$F_{SA}=\frac{\text{تنش مؤثر خاکی از وزن در نقطه A}}{\text{فشار تراوش در نقطه A}}=\frac{30(2.1-1)+30(2-1)}{60\times 1}=\frac{63}{60}=1.05$$

$$F_{SB}=\frac{\text{تنش مؤثر خاکی از وزن در نقطه B}}{\text{فشار تراوش در نقطه B}}=\frac{30(2.1-1)}{(60-10)\times 1}=\frac{33}{50}=0.66<1$$ (جوشش ماسه)

ضریب اطمینان راستین برای نقطه B :

$$F_{S(B)}=\frac{\sigma}{u}=\frac{(30\times 1)+(30\times 2.1)}{(30+30+50)\times 1}=0.84$$

- اگر در پرسش پیشین، جای خاک (۱) و (۲) جابه‌جا شوند، ...؟



$h_1=50\,c$

$h_2=10\,c$

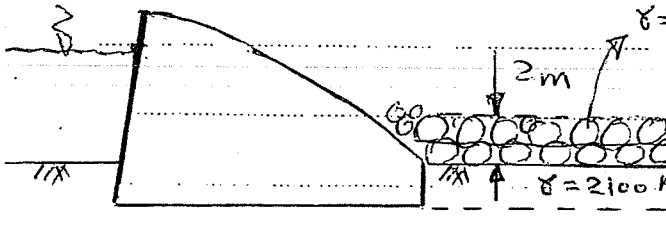
$$F_{S(A)}=\frac{30(2-1)+30(2.1-1)}{60\times 1}=1.05$$

$$F_{S(B)}=\frac{30(2-1)}{(60-50)\times 1}=3$$

دیده می‌شود که این مدل با ضریب ایمنی ۱.۰۵ پایدار است و لایه درشت‌دانه همانند سرریز کار می‌کند.

درست آن‌ورد این دو پرسش این است که جوشش در پایین لایه ریزدانه بایستی بررسی شود. چون افت بار آبی در ریزدانه‌ها بیشتر است. به‌گفته دیگر ریزدانه‌ها بخش چشمگیری از فشار تراوش آب را می‌گیرند.

باروی راست به نگاره خواسته می‌شود ضریب اطمینان در برابر جوشش برای پایین دست



$$F_S=\frac{(1\times 2500)+(1\times 1500)+(2\times 1000)}{2\times 1000}$$

$2100-1000$

$2500-1000$

$F_S=3.1$

الف ۲۲-۷

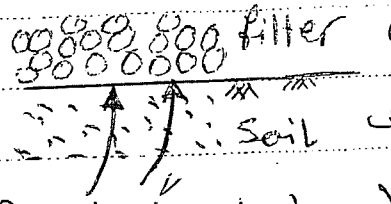
سرباری که برای افزودن به تنش مؤثر، بر روی خاک ریخته می‌شود، باید سه ویژگی صافی (فیلتر) را داشته باشد.

۱- آب از آن بگذرد و در آن زیر فشار، پدید نیاورد. (Uplift)

۲- آن چنان درشت دانه باشد که ریزدانه‌های خاک به سوی آن بروند و با گذر زمان آن را پر و ناتراوا کنند.

۳- همواره دانه‌بندی صافی و خاک باهم هماهنگی داشته باشند.

ویژگی‌های صافی: (شباهت)

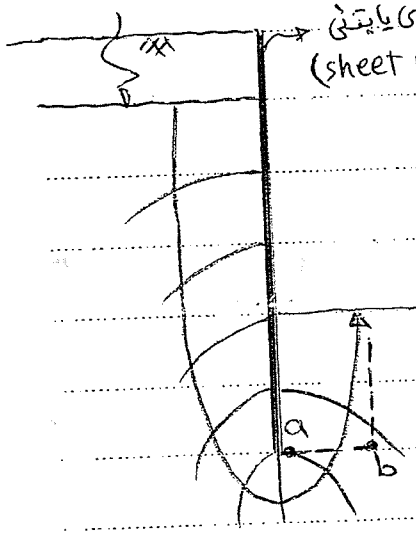


الف) $\frac{D_{15f}}{D_{85s}} \leq 5$

ب) $40 > \frac{D_{15f}}{D_{15s}} \geq 5$

پ) $\frac{D_{50f}}{D_{50s}} < 25$ ت) $P.P_{No200} \neq < 5\%$

- خواسته می‌شود ضریب اطمینان در برابر جوشش



$h_a = 4.5 - 7 \times \frac{4.5}{9} = 1\,m$

$h_b = 4.5 - 7.8 \times \frac{4.5}{9} = 0.6\,m$

$h_{av(ab)} = \frac{1+0.6}{2} = 0.8\,m$

① $F_s = \frac{i_{cr}}{i} = \frac{\frac{21-10}{10}}{\frac{0.8}{3}} = 4.125$

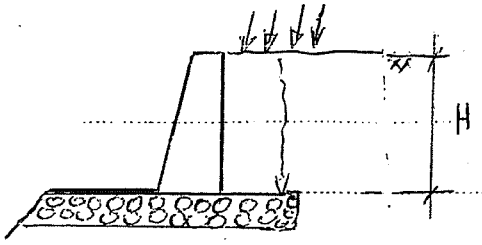
$\gamma_{sat} = 21\,kN/m^3$

$ab = \frac{D}{2}$

(روش دوم) $F_s = \frac{\text{تنش مؤثر ناشی از وزن در تراز ab}}{\text{فشار تراوشی در تراز ab}} = \frac{3(21-10)}{0.8 \times 10} = 4.125$

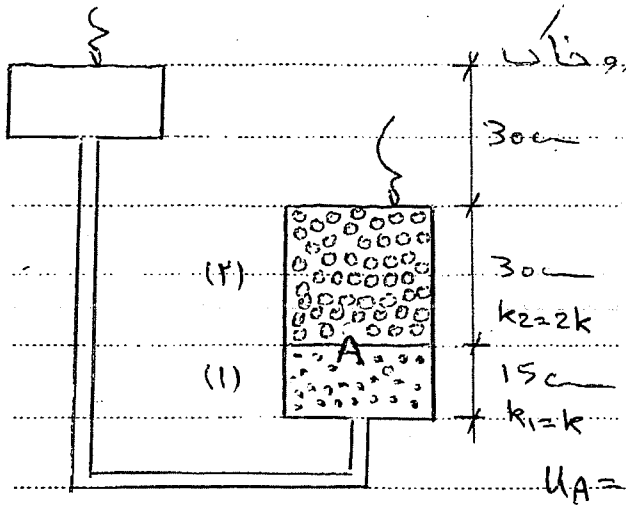
الف) ۲۳-۷

- آب باران به گونه‌ای پیوسته از روی زمین به زهکش روان است. خواسته می‌شود شیب آبی (ک)



$$i = \frac{\Delta h}{\Delta L} = \frac{H}{H} = 1$$

- خواسته می‌شود فشار آب در مرز دو خاک



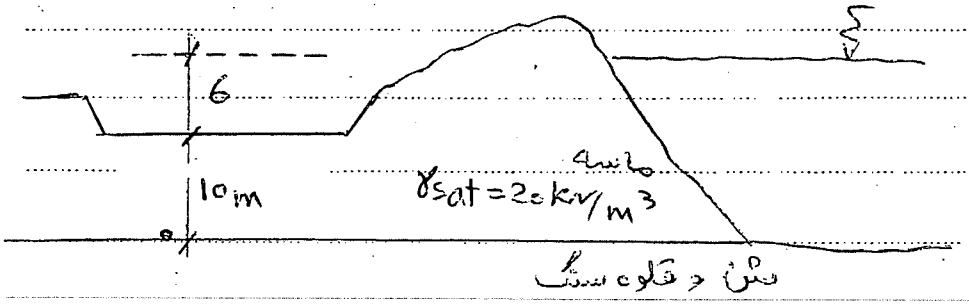
$$\begin{cases} h_1 + h_2 = 30 \\ q_1 = q_2 \rightarrow v_1 = v_2 \rightarrow k_1 \frac{h_1}{L_1} = k_2 \frac{h_2}{L_1} \end{cases}$$

$$\begin{cases} h_1 + h_2 = 30 \\ k\frac{h_1}{15} = 2k\frac{h_2}{15} \end{cases} \Rightarrow \begin{matrix} h_1 = 15\,cm \\ h_2 = 15\,cm \end{matrix}$$

$$u_A = \gamma_w (h_A - z_A)$$

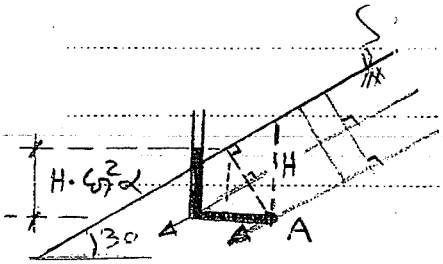
$$u_A = 1 \times (15 - (-30)) = 45\ gr/cm^2$$

- خواسته می‌شود ضریب اطمینان در برابر جوشش (ک)



$$F_s = \frac{i_{cr}}{i} = \frac{\frac{20-10}{10}}{\frac{6}{10}} = 1.67$$

- در سیلوانی زیر خطوط جریان به موازات شیب هستند. خواسته می‌شود فشار آب در نقاط دو متری (ک)



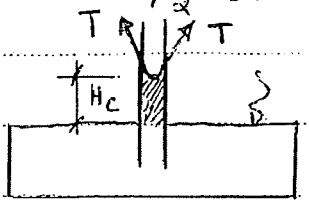
$$u_A = u_P = H \cdot \sin^2\alpha \cdot \gamma_w$$

$$= 2 \times \sin^2 30 \times 10 = 15\ kN/m^2$$

الف) ۲۴-V (پیزومتر)

بلندی مویینگی (Capillary) در خاک

همچنانکه آب به‌علت کشش سطحی در لوله مویین بالا می‌رود، در فضای ریز و به‌هم پیوسته میان دانه‌های ریز خاک نیز بالا می‌رود، که به‌آن بلندی مویینگی گفته می‌شود. بلندی مویینگی در رس‌ها زیاد بیشتر است.

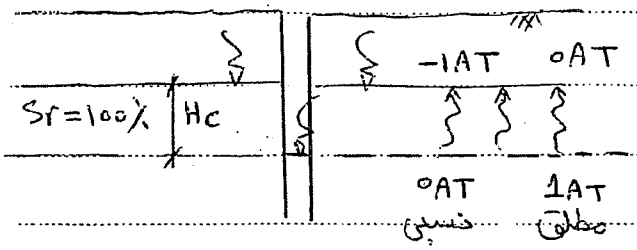


وزن آب مکیده شده = نیروی کشش سطحی

$$T\cos\alpha \cdot \pi D = \frac{\pi D^2}{4} \times H_c \times \gamma_w$$

$$H_c = \frac{4T\cos\alpha}{D\cdot\gamma_w} \Rightarrow H_c \propto \frac{1}{D}$$

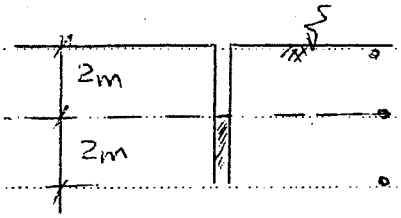
$$H_c \propto \frac{1}{e\cdot D_{10}}$$



از آنجا که فشار آب در روی آب صفر انگاشته می‌شود (نسبی) پس فشار آب در بخش مویینگی منفی خواهد بود.

- در خاک سیر آب $(Sr=1)$ $u = -\gamma_w \cdot z_c$
- در خاکی که همه فضاهای آن پر آب نشده $(Sr<1)$ $u = -Sr\cdot\gamma_w \cdot z_c$

- باروی راست به نگاره، خواسته می‌شود فشار آب در نقطه‌های A، B و C



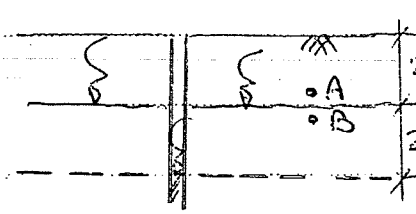
$u_A = -2\times10 = -20\ kN/m^2$

$u_B = 0$

$u_C = 2\times10 = 20\ kN/m^2$

- باروی راست به نگاره خواسته می‌شود تنش مؤثر در نقطه‌های A و B

$\sigma'_A = \sigma_A - u_A$



$\sigma'_A = (2\times17) - 0 = 34\ kN/m^2$

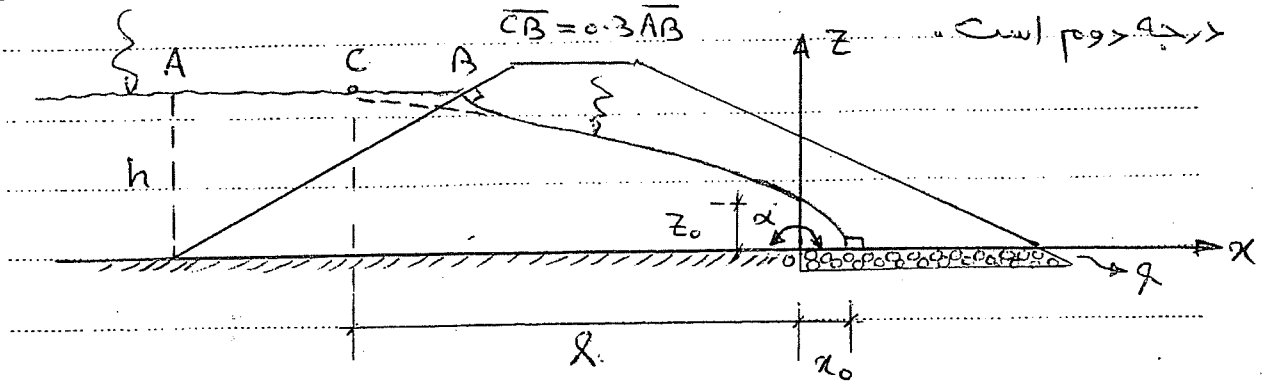
$\sigma'_B = \sigma_B - u_B$

$\sigma'_B = (2\times17) - (-2\times10) = 54\ kN/m^2$

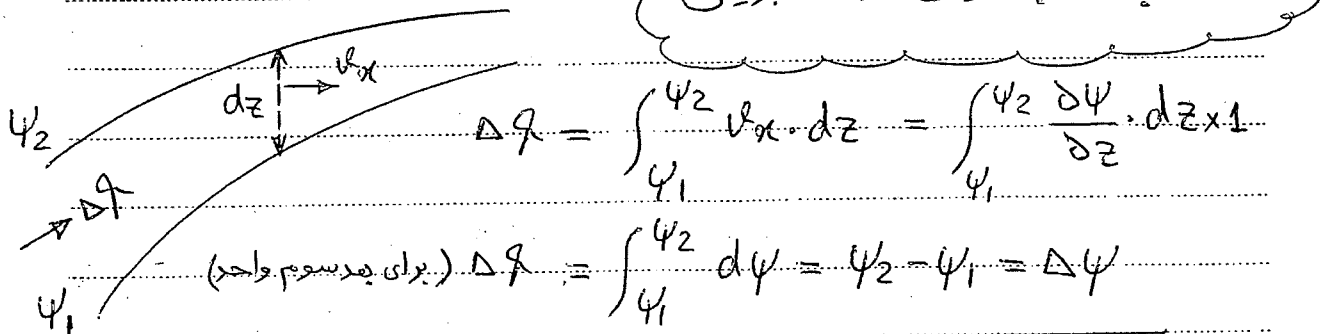
تراوش آب از بدنه بند خاکی

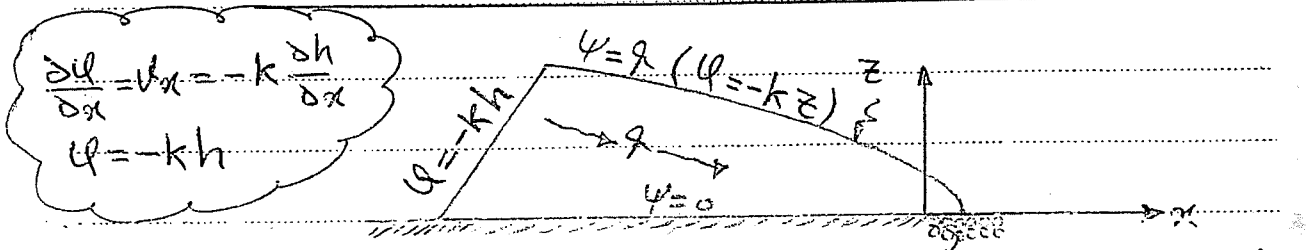
برای بررسی تراوش آب، بایستی شبکه جریان رسم شود و گام نخست آن، رسم بالاترین خط‌جریان (Top flow line) یا به گفته دیگر سطح آزاد جریان (phreatic surface) است.

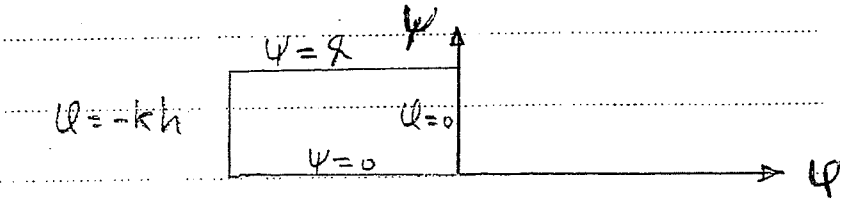
دست آورد پژوهش‌ها نشان‌گر این است که، بالاترین خط جریان، یک سهمی درجه دوم است.



پژوهش‌ها بیانگر آب میان دو خط جریان







با تبدیل $T = cW^2$ (تبدیل توابع موهومی) که در آن x و z آسه‌های (محورهای) صفحه T و φ و ψ آسه‌های صفحه W هستند، خواهیم داشت: ۲۶-۷

الف)

$$(x+iz) = c(\varphi+i\psi)^2$$

$$x+iz = c(\varphi^2-\psi^2+2i\varphi\psi)$$

$$\begin{cases} x = c(\varphi^2-\psi^2) \\ z = 2c\varphi\psi \end{cases} \qquad \varphi=-kz \;,\; \psi=q$$

در روی سطح آزاد جریان، است، پس خواهیم داشت:

$$z = 2c(-kz)q = -2ckzq \Rightarrow c = -\frac{1}{2kq}$$

$$x = -\frac{1}{2kq}(k^2z^2-q^2) \longrightarrow \text{معادله منحنی سطح آزاد جریان}$$

$$x = \frac{1}{2}\left(\frac{q}{k}-\frac{k}{q}z^2\right)$$

معادله سهمی پایه Kozeny

با جایگذاری $z=0$ می‌توان x_0 را بدست آورد.

$$x_0 = \frac{q}{2k}$$

اگر x_0 با سطوه‌ای دیگر بدست آورده شود، می‌توان از پیوند بالا، بده آب تراوش یا پتوه را بدست آورد.

$$q = 2kx_0$$

برای پدرسوم واجر

با جایگذاری $x=0$ می‌توان z_0 را بدست آورد.

$$0 = \frac{1}{2}\left(\frac{q}{k}-\frac{k}{q}z_0^2\right) \Rightarrow z_0 = \frac{q}{k} = 2x_0$$

اگر در معادله سهمی پایه به جای $\frac{q}{k}$ مساویش $2x_0$ جایگذاری شود، خواهیم داشت:

$$x = x_0 - \frac{z^2}{4x_0}$$

صورت دیگری از سهمی پایه

با بدست آوردن x_0 می‌توان سهمی پایه را که پایه‌ای برای رسم بالاترین خط جریان است، رسم کرد. برای بدست آوردن x_0، می‌توان مختصات نقطه c را که بر پایه پاره‌خط‌های casagrande سر آغاز سهمی پایه است، در معادله سهمی جایگذاری کرد.

$$c(-\delta, h) \Rightarrow -\delta = x_0 - \frac{h^2}{4x_0}$$

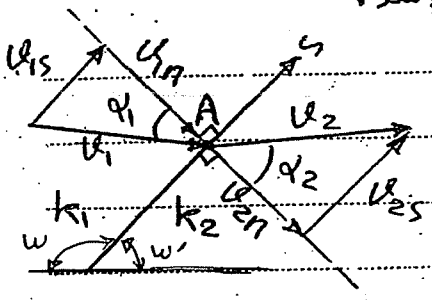
$$4x_0^2 + 4lx_0 - h^2 = 0$$

با روی راست به نگارش، اندازه مثبت x_0 پذیرفتنی خواهد بود.

$$x_0 = \frac{-l + \sqrt{l^2 + h^2}}{2} \quad \Rightarrow \quad q = 2kx_0$$

شکست خط‌های جریان

در نقطه A: $h_1 = h_2$ است و می‌دانیم $q = kh$ می‌باشد:



$$\frac{v_1}{k_1} = \frac{v_2}{k_2} \Rightarrow \frac{1}{k_1}\cdot\frac{\partial l_1}{\partial s} = \frac{1}{k_2}\cdot\frac{\partial l_2}{\partial s}$$

$$\frac{1}{k_1}\cdot v_{1s} = \frac{1}{k_2}\cdot v_{2s} \xrightarrow{v_{1n} = v_{2n}}$$

$$\frac{1}{k_1}\times\frac{v_{1s}}{v_{1n}} = \frac{1}{k_2}\times\frac{v_{2s}}{v_{2n}} \Rightarrow \frac{1}{k_1}\operatorname{tg}\alpha_1 = \frac{1}{k_2}\operatorname{tg}\alpha_2$$

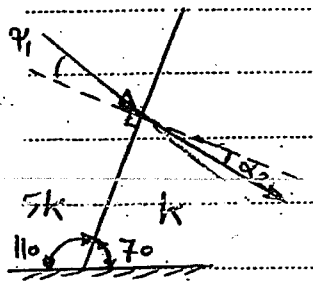
رابطه:

$$\boxed{\frac{\operatorname{tg}\alpha_1}{\operatorname{tg}\alpha_2} = \frac{k_1}{k_2}} \quad \text{(الف)}$$

$$\alpha_2 = 270 + w - \alpha_1$$

رابطه ب (اثبات نکردیم)

- باز روی راست به نگارش، خواسته می‌شود α_1 و α_2



$$\alpha_2 = 270 + w - \alpha_1 = 270 + 110 - \alpha_1 = 380 - \alpha_1$$

$$\alpha_2 = 20 - \alpha_1$$

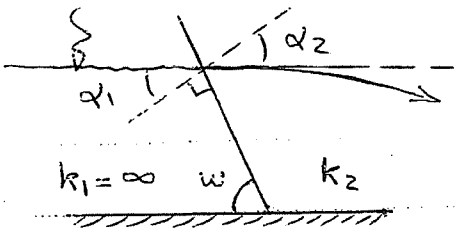
$$\frac{\operatorname{tg}\alpha_1}{\operatorname{tg}\alpha_2} = \frac{5}{1} \Rightarrow \operatorname{tg}\alpha_1 = 5\operatorname{tg}\alpha_2 \Rightarrow \operatorname{tg}\alpha_1 = 5\operatorname{tg}(20 - \alpha_1)$$

$\alpha_1 = 17^\circ$	$\operatorname{tg}17^\circ$	$> 5\operatorname{tg}(20-17)$	$\alpha_1 = 16.5^\circ$
$\alpha_1 = 16^\circ$	$\operatorname{tg}16$	$< 5\operatorname{tg}(20-16)$	$\alpha_2 = 3.5^\circ$
$\alpha_1 = 16.5$	$\operatorname{tg}16.5$	$= 5\operatorname{tg}(20-16.5)$	

Su axar çuxur tapar.

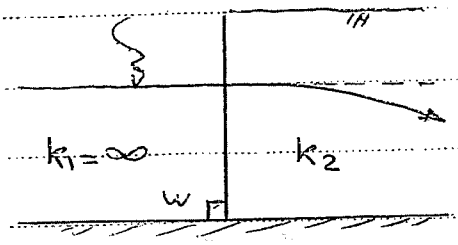
آب روان می‌شود و گودی می‌یابد.

حالت های ویژه شکست خط جریان:



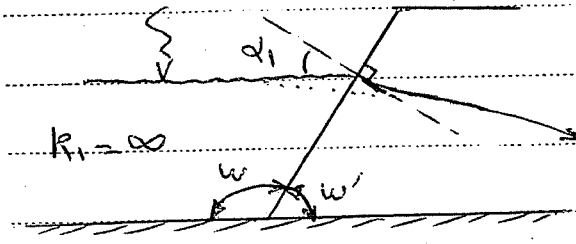
۱- $\alpha_1=\alpha_2=\frac{\pi}{2}-w$

۲-



$\alpha_1=\alpha_2=0$

۳-

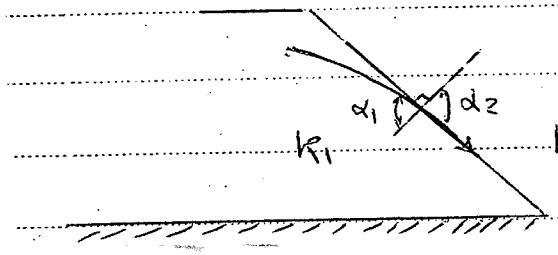


$\infty \leftarrow \frac{k_1}{k_2}=\frac{tg\alpha_1}{tg\alpha_2}\to 0$

$\alpha_2=0$

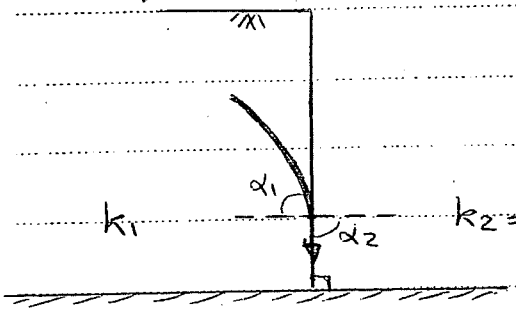
$\alpha_2=\frac{\pi}{2}-\alpha_1-w' \Rightarrow \alpha_1=\frac{\pi}{2}-w'$

۴-



$\alpha_1=\alpha_2=90^\circ$

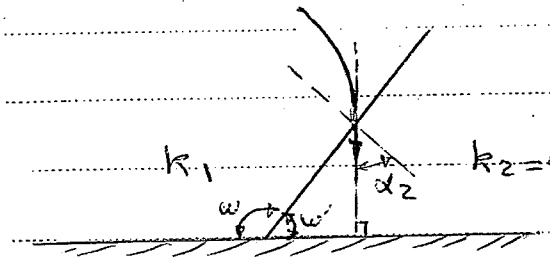
۵-

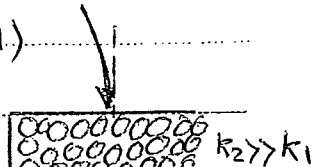


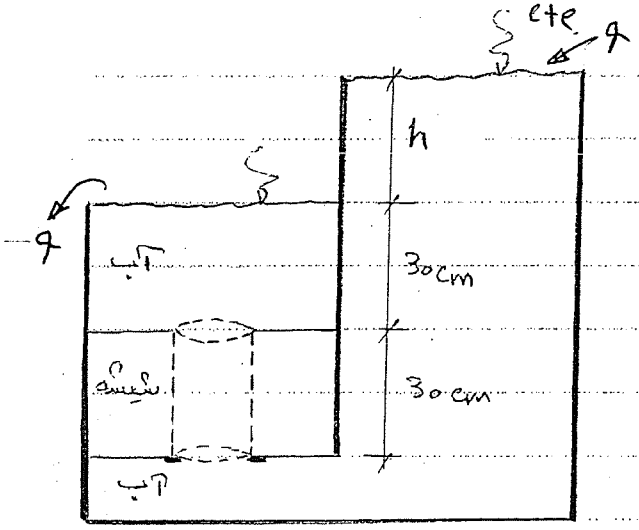
$\alpha_1=\alpha_2=90^\circ$

۶- $\alpha_1=\alpha_2=w'$

(افتادن شاغولی)







در این مدل، شیشه از خط چین برش داده شده و استوانه شیشه‌ای با جسمی که چسبانندگی آن نزدیک به صفر است، دوباره جسبانده شده است.
خواسته می‌شود h، تا ضریب اطمینان استوانه در برابر بالا رفتن (Uplift) دو شود.
الف) جسم ناتراوا است و تراوش رخ نمی‌دهد.
ب) جسم تراوا است و تراوش رخ می‌دهد.

الف — $F_s = \frac{\sigma}{u} = \frac{30\times1 + 30\times4}{(h+30+30)\times1} = 2$

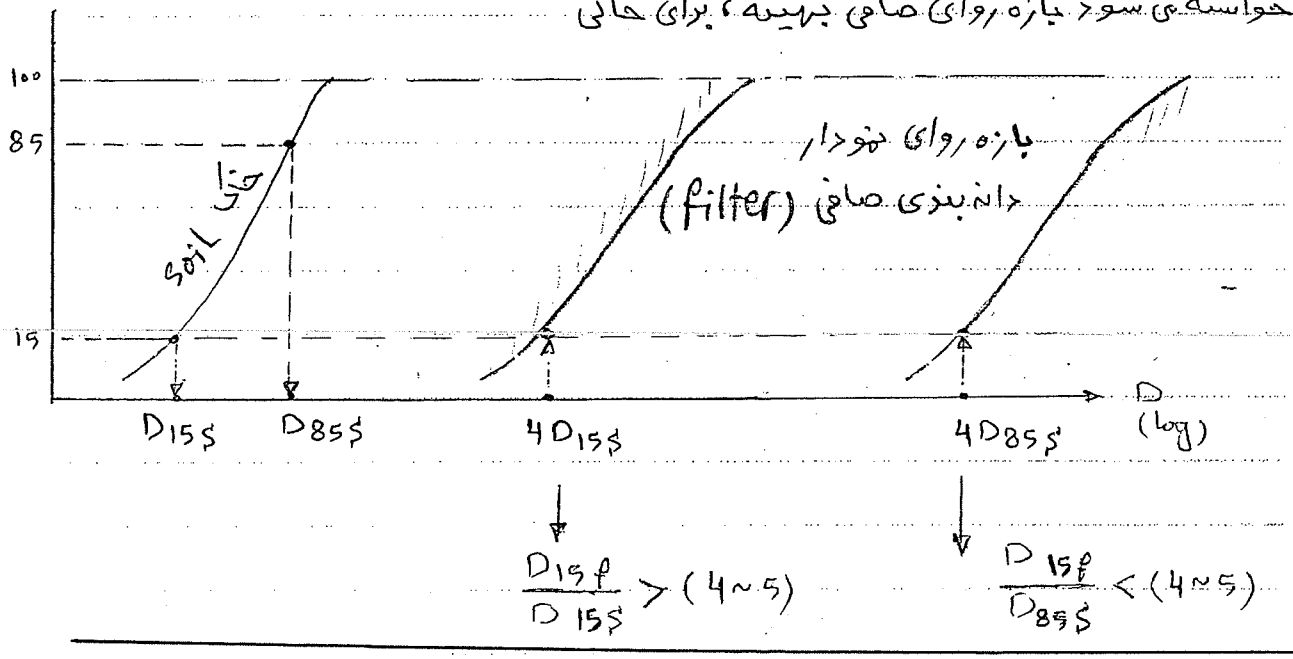
$\gamma_{glass} = 4\gamma_w$

$h = 15\ cm$

ب — $F_s = \frac{\gamma' z}{h\cdot\gamma_w} = \frac{(4-1)\times30}{h\times1} = 2 \Rightarrow h = 45\ cm$

بهره مندی از پیوند $F_s = \frac{\sigma}{u}$ برای بالارفتگی (بالاراندگی - Uplift) رس‌ها به هنگامی که ضریب اطمینان بیشتر از یک است، درست نمی‌باید. چون رس‌ها سیر آبند و در آنها $k=0$ نیست.

خواسته می‌شود بازه روای صافی بهینه، برای خاکی



Aydan ary, sudan duru.

از ماه پیراسته‌تر، از آب زلال‌تر

الف) ۳۰-۷

۱- کدامیک درست است؟

الف) در خاکهای دانه دانه، هرچه e بزرگتر باشد، آبگذری بیشتر می‌شود. ✓

ب) در خاکهای چسبنده، هرچه e بزرگتر باشد، آبگذری بیشتر می‌شود.

پ) هر دو ت) هیچکدام

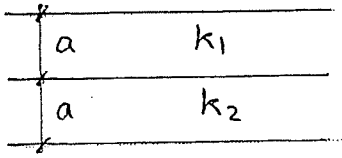
۲- در یک لایه خاک ناهمسان $k_x = 4k_y$ است. اگر این خاک به یک خاک همسان مدل شود، تراوائی خاک همسان چقدر خواهد شد؟

الف) $\bar{k} = \sqrt{k_x \cdot k_y}$ ب) $\bar{k} = 2k_y$

پ) $\bar{k} = \frac{k_x}{2}$ ت) هر سه ✓

$$\bar{k} = \sqrt{k_x \cdot k_y} \begin{cases} \rightarrow \bar{k} = \sqrt{4k_y \cdot k_y} = 2k_y \\ \rightarrow \bar{k} = \sqrt{k_x \cdot \frac{k_x}{4}} = \frac{k_x}{2} \end{cases}$$

۳- لایه‌های همسان شکل زیر، به یک لایه خاک پنداری مدل می‌شود. آیا لایه مدل همسان خواهد بود؟ نه



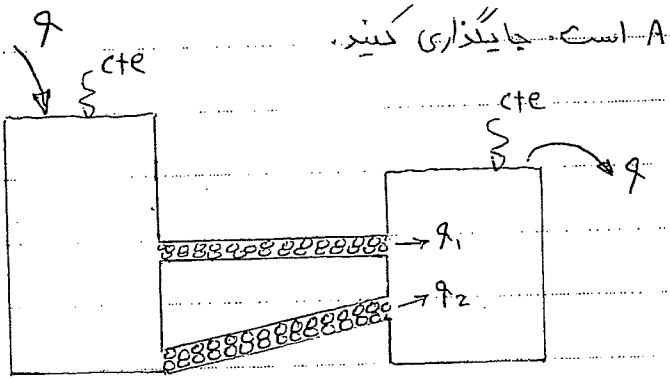
$\equiv$ لایه مدل $2a$

$$\bar{k}_x = \frac{ak_1 + ak_2}{a+a} = \frac{k_1 + k_2}{2}$$

$$\bar{k}_z = \frac{a+a}{\frac{a}{k_1} + \frac{a}{k_2}} = \frac{2k_1k_2}{k_1+k_2}$$

ناهمسان

۴- در شکل زیر، $k_1 = k_2$ و $A_1 = A_2$ است. جایگذاری کنید.



$q \boxed{=} q_1 + q_2$

$h_1 \boxed{=} h_2$

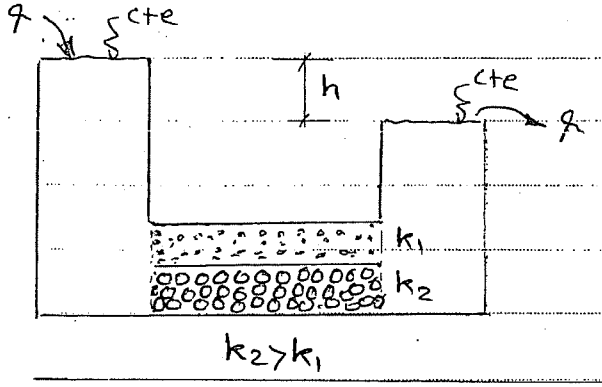
$q_1 \boxed{>} q_2$

$i_1 \boxed{>} i_2$

$V_1 \boxed{>} V_2$

ب) ۱- ۷

۵- باروی راست به دیواره، جایگذاری کنید.

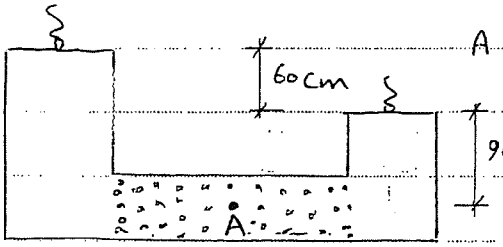


$h_1 = h_2 = h$

$i_1 = i_2$

$v_1 < v_2$

۶- خواسته می‌شود فشار آب و فشار تراوش آب در نقطه A



از آنجایی که نقطه A در میانه نیوتنه است، پس بنوی یا آبی تا نقطه A از میان می‌رود و اگر در نقطه A فشارسنجی جایگذاری شود، آب آن 30cm بالاتر از پایین دست می‌ایستد.

فشار تراوش آب $= 30 \times 1 = 30 \ gr/cm^2$

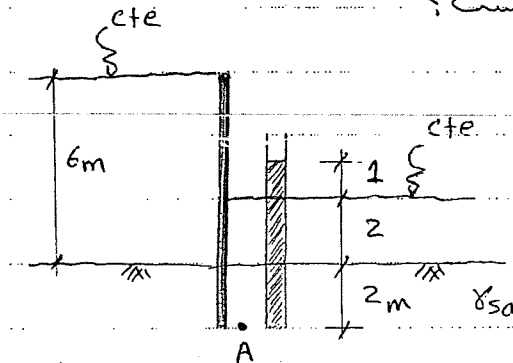
فشار آب $= (30+90) \times 1 = 120 \ gr/cm^2$

۷- در خاک همسان، تراوایی در راستای α از راستای آسه x، چقدر خواهد شد؟

در خاک همسان، تراوایی در همه آسه‌ها و راستاها با هم برابر است.

$$\frac{1}{k_s} = \frac{\cos^2\alpha}{k_x} + \frac{\sin^2\alpha}{k_z} \rightarrow \frac{1}{k_s} = \frac{\cos^2\alpha}{k} + \frac{\sin^2\alpha}{k} = \frac{1}{k} \rightarrow k_s = k$$

۸- باروی راست به دیواره و راده‌ها، خواسته می‌شود ضریب ایمنی و فشار تراوش در نقطه A. با افزایش تراوایی (k) خاک این دو چه دگرشی خواهند داشت؟



$\gamma_{sat} = 2000 \ kg/m^3$

$$F_s = \frac{i_{cr}}{i} = \frac{\frac{2000-1000}{1000}}{\frac{1}{2}} = 2$$

فشار تراوش آب در نقطه A $= 1 \times 1000 = 1000 \ kg/m^2$

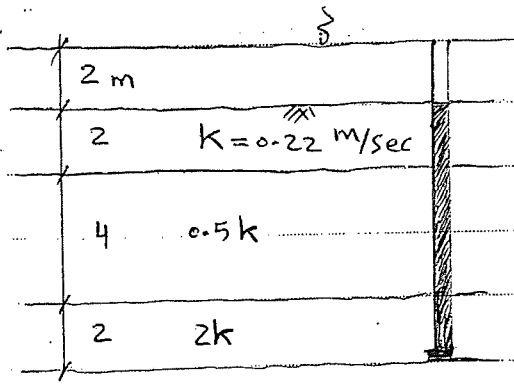
فشار آب در نقطه A $= 5 \times 1000 = 5000 \ kg/m^2$

اگر تراز آب دو سوی سپر دگرش نداشته باشد، با افزایش تراوایی خاک، تنها آب گذرنده از زیر سپر افزایش خواهد یافت.

$k \uparrow \Rightarrow v \uparrow \Rightarrow q \uparrow$

ب) ۲-۷

۹- باروی راست به دیواره و لایه ها خواسته می شود، سرعت گذر آب از لایه میانی



باروی راست به دو متر آب بالایی، آب از هر سه لایه با سرعت ثابت یکسان رو به پایین گذر خواهد داشت:

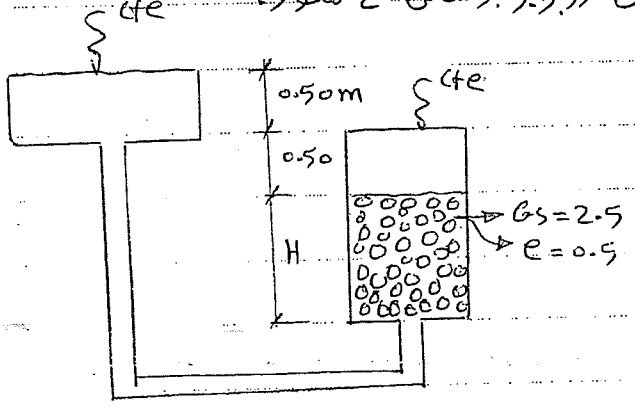
$$V = \bar{k} \cdot \bar{i} = \left(\frac{2+4+2}{\frac{2}{k}+\frac{4}{0.5k}+\frac{2}{2k}}\right) \times \frac{2}{8} = \frac{4k}{22} = \frac{4 \times 0.22}{22} = 0.04 \text{ m/sec}$$

۱۰- از لایه خاکی آب زیرزمینی گذر دارد. اگر با افزایش دمای آب، گرانروی (ویسکوزیته) آب به ۶۰٪ اندازه پیشین و سنگینی ویژه آب به ۹۰٪ اندازه پیشین کاهش یابد، تراوایی خاک چه دگرشی می یابد؟

$$\frac{k_{\theta_1}}{k_{\theta_2}} = \frac{\gamma_{w\theta_1} \times \eta_{\theta_2}}{\gamma_{w\theta_2} \times \eta_{\theta_1}} = \frac{\gamma_{w\theta_1} \times 0.60 \eta_{\theta_1}}{0.90 \gamma_{w\theta_1} \times \eta_{\theta_1}} = \frac{2}{3}$$

$$k_{\theta_2} = 1.5\, k_{\theta_1}$$

۱۱- خواسته می شود بالندی خاک تا ضریب ایمنی ۲ برابر جوشش ۲ شود.

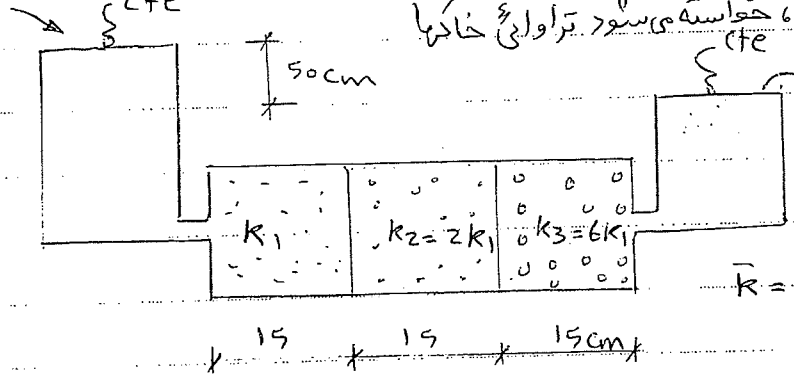


$$\gamma' = \frac{G_s - 1}{1+e}\gamma_w = \frac{2.5-1}{1+0.5} \times 1000 = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$F_s = \frac{i_{cr}}{i} = \frac{\frac{\gamma'}{\gamma_w}}{\frac{h}{H}} = \frac{\frac{1000}{1000}}{\frac{0.50}{H}} = 2$$

$$H = 1 \text{ m}$$

۱۲- باروی راست به دیواره و داده ها، خواسته می شود تراوایی خاکها

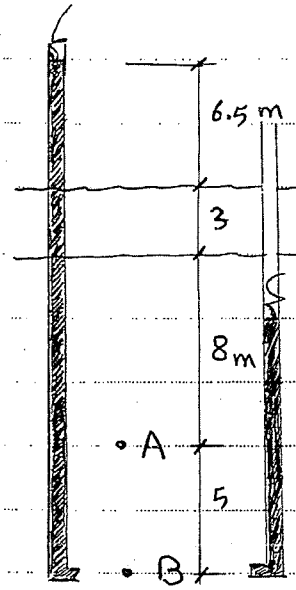


$$\bar{k} = \frac{15+15+15}{\frac{15}{k_1}+\frac{15}{2k_1}+\frac{15}{6k_1}} = \frac{27}{15}k_1$$

$$q = \bar{k}\frac{h}{L}A \rightarrow 900 = \frac{27}{15}k_1 \times \frac{50}{45} \times 100 \rightarrow k_1 = 4.5 \text{ cm/min} \rightarrow k_2 = 9 \text{ cm/min} \rightarrow k_3 = 27 \text{ cm/min}$$

ب) ۳-۷

۱۳- جریان رو به بالا و نگار، خواسته می‌شود تنش موثر نقطه A برای هر دو حالت.



در حالت یکم، آب با 13 متر گذر، رو به بالا، 6.5 متر بار آبی از دست می‌دهد. ($i=\frac{6.5}{13}=0.5$)

در حالت دوم، آب با 13 متر گذر، رو به پایین، 6.5 متر بار آبی از دست می‌دهد. ($i=\frac{6.5}{13}=0.5$)

حالت یکم

حالت دوم

برای رسیدن به پاسخ این پرسش، دو راهکار می‌توان پی گرفت:

$\gamma_{sat}=20\,kn/m^3$

$\gamma_w=10\,kn/m^3$

راهکار نخست:

حالت یکم)

$$\sigma'_A=\sigma'_{gravity}-\sigma'_{seepage}$$

$$\sigma'_A=\gamma' z-i\gamma_w z$$

$$\sigma'_A=(20-10)\times 8-0.5\times 10\times 8=80-40=40\,kn/m^2$$

حالت دوم)

$$\sigma'_A=\gamma' z+i\gamma_w z$$

$$\sigma'_A=(20-10)\times 8+0.5\times 10\times 8=80+40=120\,kn/m^2$$

راهکار دوم:

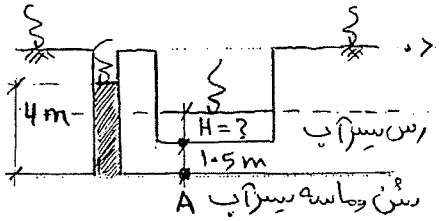
حالت یکم) گذر آب رو به بالاست و آب در میانه A و B، 2.5 متر بار آبی از دست می‌دهد و اگر در نقطه A فشار سنج جایگذاری شود، 4 متر بالاتر از مرداب می‌ایستد. ($u_A\equiv 15\,m$)

$$\sigma'_A=\sigma_A-u_A=[(3\times 10)+(8\times 20)]-(15\times 10)=40\,kn/m^2$$

حالت دوم) گذر آب رو به پایین است و آب تا رسیدن به نقطه A، 4 متر بار آبی از دست می‌دهد و اگر در نقطه A فشار سنج جایگذاری شود، 4 متر پایین‌تر از مرداب می‌ایستد. ($u_A\equiv 7m$)

$$\sigma'_A=\sigma_A-u_A=[(3\times 10)+(8\times 20)]-(7\times 10)=120\,kn/m^2$$

۱۴- خواسته می‌شود بلندی آب کنک، تا رس زیر آن بلند نشود.



راهکار یکم)

$\gamma_{sat}=2000\,kg/m^3$

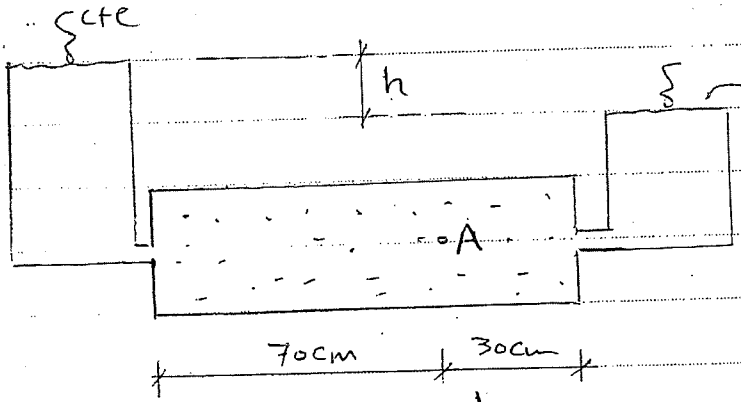
$$F_S=\frac{i_{cr}}{i}$$

$$F_S=\frac{1}{\frac{4-(1.5+H)}{1.5}}=1\Rightarrow H=1\,m$$

راهکار دوم)

$$F_S=\frac{\sigma'_A}{u_A}=\frac{(H\times 1000)+(1.5\times 2000)}{4\times 1000}=1\Rightarrow H=1\,m$$

۱۵- اگر فشار تراوش آب در نقطه A ... kN/m^2 باشد، خواسته می‌شود ... ؟ h



(راه‌کار یکم)

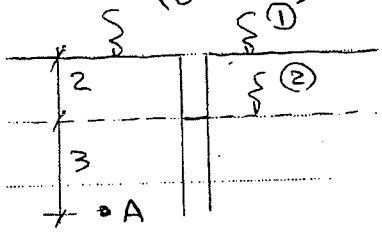
$P_s = i\gamma_w l \rightarrow 3 = \frac{h}{1.00} \times 10 \times 0.30 \rightarrow h = 1m$

(راه‌کار دوم)

اگر در نقطه A فشار سنج جای‌گذاری شود، آب در آن 0.30m بالاتر از تراز آب پایین دست می‌ایستد، ($\frac{P_s}{\gamma_w} = \frac{3}{10} = 0.30m$) که در پیوند با 30cm خاک پس از نقطه A است.

$\frac{30}{100} \mid \frac{0.30m}{h=?=1}$

۱۶- در زمینی رویه آزاد آب زیر زمینی دو متر است می‌کند ولی خاک به علت مویینگی سیراب می‌ماند، خواسته می‌شود دگرسانی تنش مؤثر در نقطه A (کنکور زمین‌شناسی)

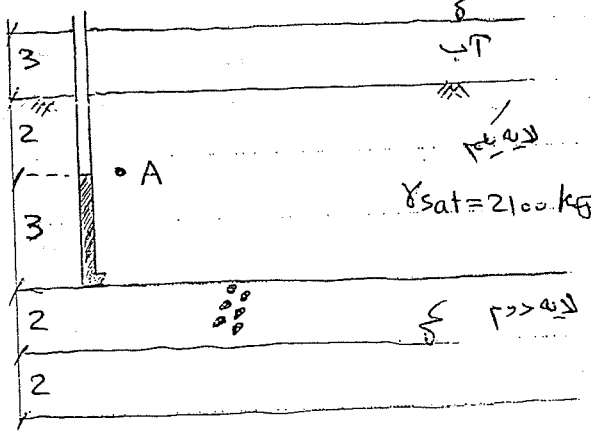


$\sigma'_{A_1} = (5 \times \gamma_{sat}) - (5 \times \gamma_w) = 5\gamma'$

$\sigma'_{A_2} = (5 \times \gamma_{sat}) - ((5-2)\gamma_w) = 5\gamma' + 2\gamma_w$

$\Delta\sigma' = 2\gamma_w$

۱۷- از لایه یکم آب به لایه دوم می‌چکد. خواسته می‌شود تنش مؤثر در نقطه A



میان آب‌مرداب و آب فشارسنج 5 متر است پارهست که در 5 متر لایه نخست رخ می‌دهد.

$\sigma_A = (3 \times 1000) + (2 \times 2100) = 7200\ kg/m^2$

$u_A = \gamma_w (h_A - z_A)$

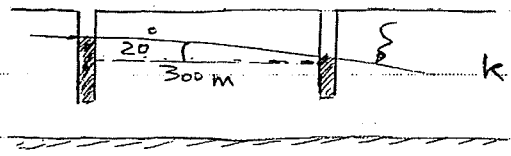
$u_A = 1000 \left[(5 - 2 \times \frac{5}{5}) - 0 \right] = 3000\ kg/m^2$

$\sigma'_A = \sigma_A - u_A$

$\sigma'_A = 7200 - 3000 = 4200\ kg/m^2$

ب) ۷-۶

۱۸- آبی که در چاه A ذخیره شده است، پس از چه زمانی به چاه B می رسد؟

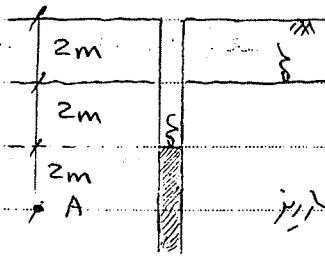


$$t = \frac{L}{V} = \frac{L}{ki} = \frac{L}{k\sin\alpha}$$

$$t = \frac{\frac{300}{\cos 20^\circ}}{10^{-5} \times \sin 20^\circ} = 93343427 \text{ sec}$$

$$t = 1080 \text{ day}$$

۱۹- خواسته می شود σ'_{zA} ؟

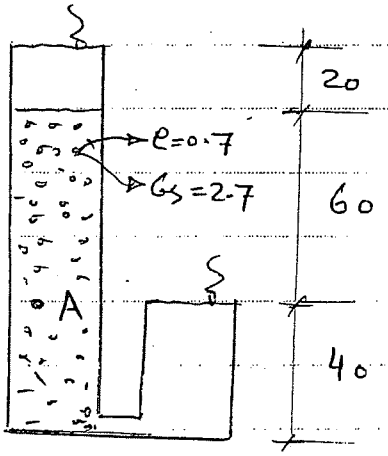


$$\sigma'_A = \sigma_A - u_A$$

$$\sigma'_A = [(2\times 1800) + (4\times 2200)] - (2\times 1000)$$

$$\sigma'_A = 10400 \text{ kg/m}^2$$

۲۰- خواسته می شود σ'_{zA} ؟



$$\gamma_{sat} = \frac{G_s + e}{1+e} \times \gamma_w = \frac{2.7+0.7}{1+0.7} \times 1 = 2 \text{ gr/cm}^3$$

(روش اول)

$$\sigma'_A = \sigma'_{gravity} + \sigma'_{seepage}$$

$$\sigma'_A = [60(2-1)] + [\tfrac{80}{100} \times 1 \times 60] = 108 \text{ gr/cm}^2$$

$$\sigma'_A = (z \times \gamma') + (i \cdot \gamma_w \cdot z)$$

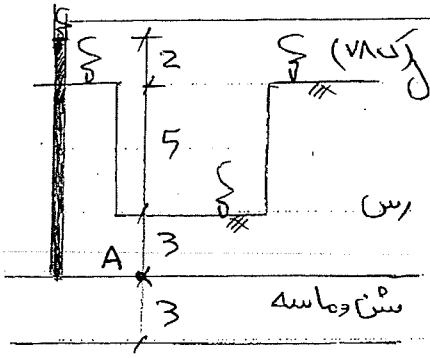
(روش دوم)

$$\sigma_A = (20\times 1) + (60\times 2) = 140 \text{ gr/cm}^2$$

$$u_A = \gamma_w (h_A - z_A) = 1 \left[\left(80 - 60 \times \tfrac{80}{100}\right) - 0 \right] = 32 \text{ gr/cm}^2$$

$$\sigma'_A = \sigma_A - u_A = 140 - 32 = 108 \text{ gr/cm}^2$$

۲۱- خواسته می شود ضریب ایمنی در برابر بلند شدن ته گودال (کف) زیر



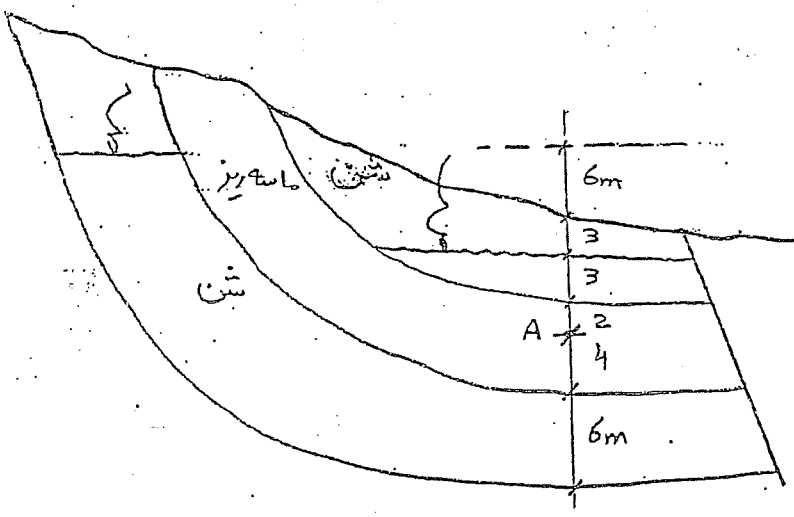
$$F_s = \frac{\sigma_A}{u_A} \quad (\text{باشرط } F_s < 1)$$

$$\gamma_{sat} = 19.81 \text{ kn/m}^3$$

$$\gamma_w = 9.81 \text{ kn/m}^3$$

$$F_s = \frac{3 \times 19.81}{10 \times 9.81} = 0.6$$

۲۲- خواسته می‌شود σ'_{zA} ؟



$\gamma_{Gravel} = 1800\ kg/m^3$

$\gamma_{sat-Gravel} = 2000\ //$

$\gamma_{sat-sand} = 2100\ //$

نکته: آب

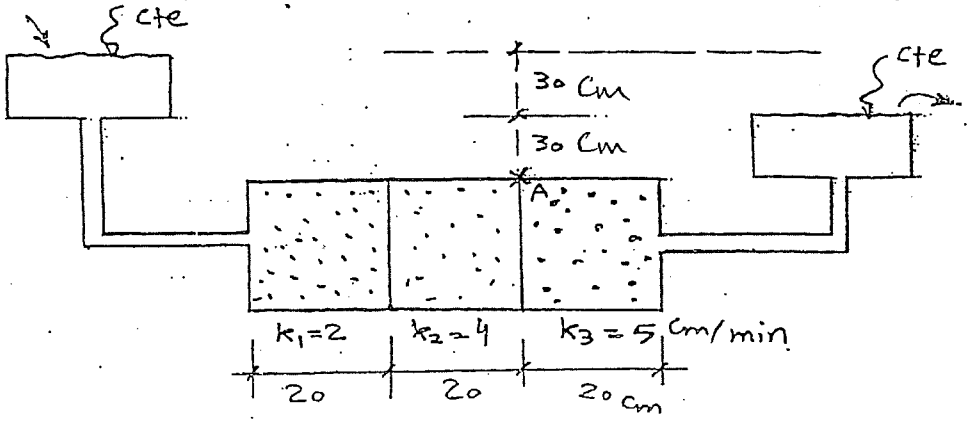
آب به علت وسعت بالا، آبی حدود ۶ متر ماسه ریز را از پایین به بالا، گذرانده.

$$\sigma_A = (3\times1800) + (3\times2000) + (2\times2100) = 15600\ kg/m^2$$

$$u_A = \gamma_w (h_A - z_A) = 1000\left[\left(9 - 4\times\frac{9}{6}\right) - (-5)\right] = 8000\ kg/m^2$$

$$\sigma'_A = \sigma_A - u_A = 15600 - 8000 = 7600\ kg/m^2$$

۲۳- اگر در نقطه A فشارسنجی جایگذاری شود، آب در آن چه اندازه بالا می‌آید.



$$h_1 + h_2 + h_3 = 30$$

$$2.5h_3 + 1.25h_3 + h_3 = 30$$

$$h_3 = \frac{30}{4.75} = 6.316\ cm$$

آب در فشارسنج نقطه A به $30+h_3$ بالا می‌رود.

$$h_p = 30 + 6.316 = 36.316\ cm$$

$$q_1 = q_2 = q_3$$

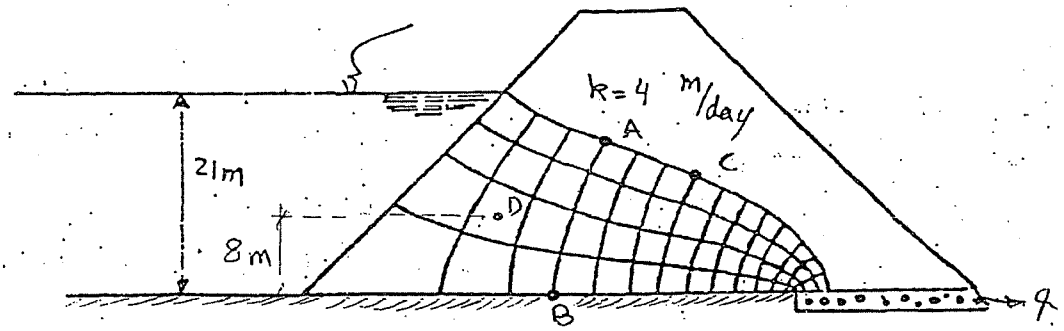
$$k_1\frac{h_1}{L_1} = k_2\frac{h_2}{L_2} = k_3\frac{h_3}{L_3}$$

$$2\frac{h_1}{20} = 4\frac{h_2}{20} = 5\frac{h_3}{20}$$

$$\boxed{h_1 = 2.5h_3}$$

$$\boxed{h_2 = 1.25h_3}$$

۲۴- با روی راست به نگاره و راده ها، خواسته می شود:



۱- پده آب گزرنده از هر متر جرسوم برنه پذ؟

$$q = kh\frac{n_f}{n_d} = 4 \times 21 \times \frac{4}{14} = 24\ m^3/day \times m$$

۲- اگر در دو نقط A و B، فشار سنج جای گذاری شود، آب در لوله های فشار سنج چقدر بالا می رود؟

آب پیزومتر A، در A می ایستد و بالا نمی رود ولی آب پیزومتر B تا تراز نقط A (که با B هم پتانسیل است) بالا می رود و برابر ارزش سه پله افت ($3 \times \frac{21}{14} = 4.5m$) از تراز دریاچه پایین تر می ایستد.

بلندی آب در فشار سنج A $= 21 - 4.5 = 16.5\ m$

۳- خواسته می شود $\Delta P_{A,B}$

فشار آب در نقط A و C برابر صفر نسبی (فشار هوای میان خاکدانه ها) است و از این رو $\Delta P_{A,B} = 0$ خواهد بود.

۴- خواسته می شود $\Delta Z_{A,C}$

میان A و C سه پله افت هست و در هر دو نقط فشار آب صفر است و از این رو:

$$\Delta Z_{A,C} = 3 \times \frac{21}{14} = 4.5\ m$$

۵- خواسته می شود فشار آب در نقط D

$$u_C = \gamma_w (h_A - Z_A)$$

$$u_C = 1000 \left[\left(21 - 1.5 \times \frac{21}{14}\right) - (+8) \right] = 10750\ kg/m^2$$

۶- خواسته می شود نسبت فشار تراوش A به C

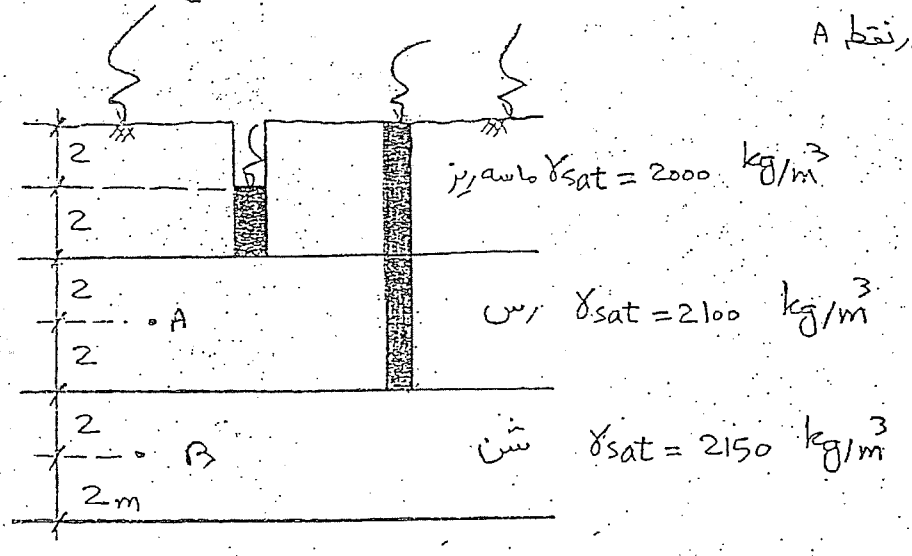
$$\frac{h_A \gamma_w}{h_C \gamma_w} = \frac{21 - 3 \times \frac{21}{14}}{21 - 6 \times \frac{21}{14}} = \frac{16.5}{12} = \frac{33}{24} = \frac{11}{8}$$

در نقط A ۳ پله افت رخ داده و ۱۱ پله بار آبی می ماند.

در نقط B ۶ پله افت رخ داده و ۸ پله بار آبی می ماند.

ارزش افت هر پله $\Delta h = \frac{21}{14} = 1.5\ m$ (ب ۸-۷

۲۵- آب زیرزمینی تا روی زمین بالا آمده است، باروی داشت به فشار سنج ها، خواسته می شود تنش موثر در نقطه A



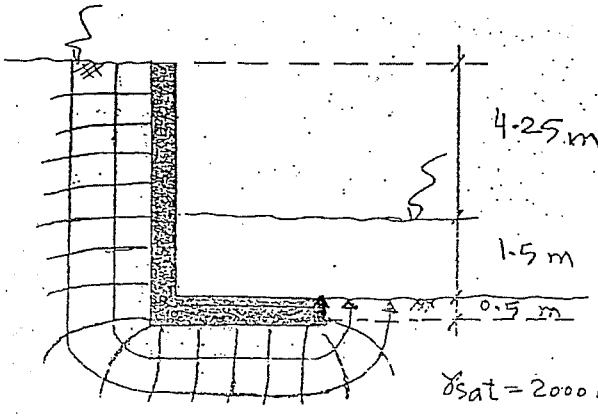
نگاره نشانگر این است که لایه نخست دو متر موئینگی دارد و آب لایه سوم، دو متر پرفشارتر از لایه نخست است. از این رو آب از پایین رس به بالای آن گذر دارد و در میانه آن (A)، نصف بار آبی پدید آورنده گذر آب، از میان رفته است.

$$\sigma_A = (4 \times 2000) + (2 \times 2100) = 12200\ kg/m^2$$

$$u_A = (2 + 2 + \frac{2}{2}) \times 1000 = 5000\ kg/m^2$$

$$\sigma'_A = \sigma_A - u_A = 12200 - 5000 = 7200\ kg/m^2$$

۲۶- نخست ضریب ایمنی پای دیوار را در برابر جوشش بدست آورید. سپس روشن نمائید که در ته گودبرداری تا چه بلندی تکه های بتن با سنگینی ویژه $2500\ kg/m^3$ باید چیده شود تا ضریب ایمنی به 4 افزایش یابد.



در این نگاره جوشش در پله پایانی بایستی بررسی شود. برای این که در پله پایانی، آب گذر رو به بالا دارد و می تواند جوشش پدید آورد.

$$\text{ارزش افت هر پله} = \Delta h = \frac{4.25}{17} = 0.25\ m$$

$$F_S = \frac{\text{تنش موثر ناشی از وزن}}{\text{فشار تراوش } (\gamma_w \cdot h)} \rightarrow F_{S_1} = \frac{0.5\,(2000 - 1000)}{1000 \times 0.25} = 2$$

$$F_{S_2} = \frac{H(2500 - 1000) + 0.5\,(2000 - 1000)}{1000 \times 0.25} = 4 \rightarrow H = \frac{1}{3}\ m$$

۲۷- کدام گزینه درست است؟

الف) تراوائی خاک خوب دانه‌بندی شده بیشتر است.

ب) تراوائی خاک به ژرمای (عمق) نمونه بستگی دارد.

پ) تراوائی خاک‌های بد دانه‌بندی شده درشت دانه بیشتر است. ✓

ت) تراوائی به دانه‌بندی بستگی ندارد.

۲۸- پرده آب‌بند (cut off) جلوی پی سدها ساخته می‌شود.

الف) برای کاستن از سرعت گذر آب ✓ ب) برای کاهش k

پ) برای افزودن به سرعت گذر آب ت) برای افزایش k

۲۹- برای برآورد تراوائی خاک‌های ریزدانه، کدام آزمایش‌ها سودمند هستند.

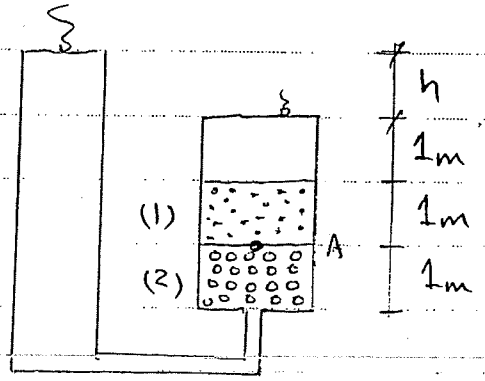
الف) آزمایش بار آبی پایا (ثابت) و آزمایش با بار آبی افتان (متغیر)

ب) آزمایش با بار آبی پایا و آزمایش تحکیم

پ) آزمایش با بار آبی افتان و آزمایش تحکیم ✓

ت) آزمایش با بار آبی افتان و آزمایش آبکشی (پمپاژ)

۳۰- h چقدر باشد تا جوشش آغاز گردد؟



$\gamma_{sat1} = \gamma_{sat2} = 2000\ kg/m^3$

$k_2 = 2k_1$

چون بلندی لایه‌ها یکسان است و $k_2 = 2k_1$ می‌باشد، پس افت در لایه دوم نصف افت لایه یکم خواهد شد.

$h_1 + h_2 = h \rightarrow h_1 + \frac{h_1}{2} = h \rightarrow h_1 = \frac{2}{3}h$

بحرانی‌ترین نقطه برای آغاز جوشش، پایین لایه زیرین است.

$F_S = \frac{\text{تنش مؤثر قائم از وزن در نقطه A}}{\text{فشار تراوش نقطه A}} = \frac{H(\gamma_{sat} - \gamma_w)}{h_A \times \gamma_w} = \frac{1(2000-1000)}{\frac{2}{3}h \times 1000} = 1$

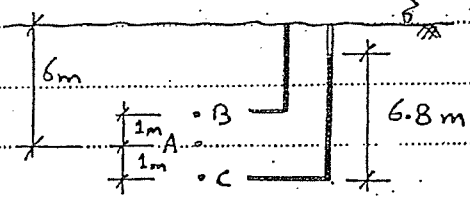
$h = 1.5\ m$

۳۱- پرسش پیشین را برای هنگامی که دو لایه جابه‌جا شده‌اند، بررسی نمایید.

$F_S = \frac{(1+1)(2000-1000)}{h \times 1000} = 1 \rightarrow h = 2\ m$

ب) ۷-۱۰

۳۲- نگاره، نشانگر این است که آب از B به C گذر دارد. خواسته می‌شود تنش مؤثر در نقطه



الف) A 54.22 ب) 55.20 پ) 56.18 ت) 65 kN/m²

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

$\gamma_w = 9.8$ //

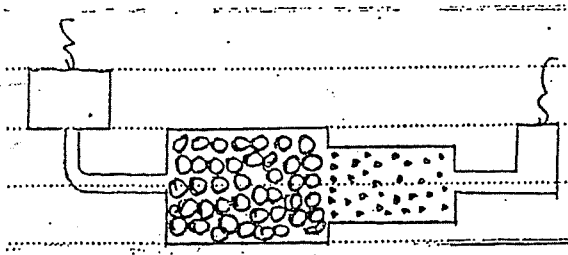
$\sigma_A = 6 \times 19 = 114\ kN/m^2$

$u_A = 5.9 \times 9.8 = 57.82$

$\sigma'_A = 114 - 57.82 = 56.18\ kN/m^2$

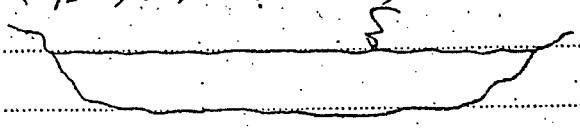
اگر در نقطه A، فشارسنج جایگذاری شود، آب در آن 5.9 متر بالا می‌رود.

۳۳- کدام گزینه در مورد خاک یکسان است.



الف) ب) V پ) Δh ت) q

۳۴- اگر روی آب دریاچه به تندی، 8 متر بالا رود، تنش مؤثر نقطه A چه دگرشی (تغییری) از خود نشان می‌دهد.



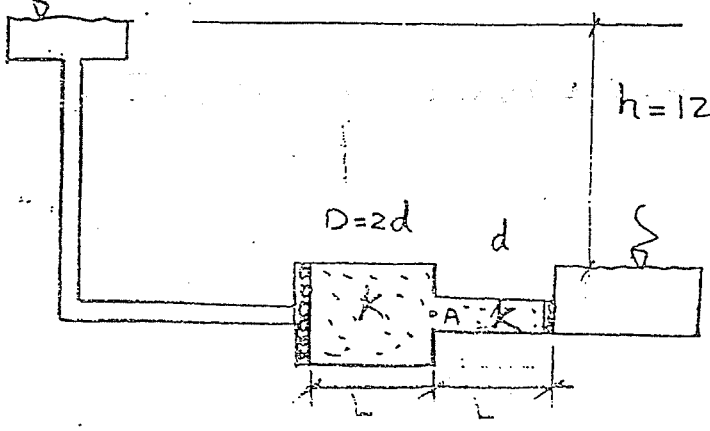
الف) داده پرسش کم است و نمی‌توان پاسخ داد.

ب) $8000\ kg/m^2$ افزوده می‌شود.

پ) دگرشی پیدا نمی‌کند ت) نخست $8000\ kg/m^2$ افزوده می‌شود و با گذر زمان 8000 کاسته می‌شود.

پ درست است. با بالا رفتن آب دریاچه به σ_A و u_A ، $8000\ kg/m^2$ افزوده می‌شود و σ'_A دگرشی پیدا نمی‌کند.

۳۵- خواسته می‌شود h_A ؟



$q_1 = q_2$

$k \frac{h_1}{L} \times \frac{\pi (2d)^2}{4} = k \frac{h_2}{L} \times \frac{\pi d^2}{4}$

$4h_1 = h_2$

$\begin{cases} h_1 + h_2 = 120 \\ 4h_1 = h_2 \end{cases} \rightarrow h_1 = 24\ cm,\ h_2 = 96\ cm$

$h_A = 120 - 24 = 96\ cm$

بارسیدن آب به نقطه A، 24cm از بار آبی کاسته می‌شود.

ب) V-11

۳۶ـ بالاترین خط جریان در درون بدنه بند خاکی، نزدیک به ..... است.

الف) خط راست ب) کمان دایره پ) بیضی ت) سهمی درجه دو ✓

۳۷ـ تنش مؤثر، .....

الف) در خاک های کم نم برابر تنش کل است.

پ) در خاک های سیرآب کمتر از تنش کل است. (درون سفره آب و آب ماندگار)

ب) در خاک های سیرآب بخش مؤثر، بیشتر از تنش کل است.

ت) هر سه ✓

۳۸ـ پدیده روانگونگی (روانگرایی ـ میعان ـ Liquefaction) در چه خاکهائی رخ می دهد.

الف) در رس های سیرآب زمین های شیب دار

ب) در ماسه های بزرانه سست و سیرآب به هنگام زمین لرزه ✓

پ) در سنگ های بدرانه بندی شده به هنگام بارندگی

ت) در ماسه های بدرانه بندی شده به هنگام ساخت و سازهای سنگین

۳۹ـ کدام گزینه برای هنگامه روانگونگی درست است؟

الف) $u = \sigma'$ و $\sigma = 0$ ب) $\sigma = \sigma'$ و $u = 0$

پ) $u = \sigma$ و $\sigma' = 0$ ✓ ت) $\sigma = \sigma' = 0$

۴۰ـ فشار آب در روی بالاترین خط جریان درون بدنه بند خاکی، ..... است.

الف) بیشتر از فشار اتمسفر پ) کمتر از فشار اتمسفر

پ) برابر فشار اتمسفر ✓ ت) بایستی بازوی راست به پله های افت برآورد شود.

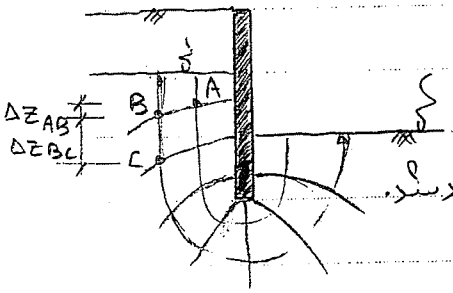
۴۱ـ اگر آب زیرزمینی به روی زمین نزدیک باشد، فشار و آماس پس آمده از یخبندان، در کدامیک بیشتر خواهد بود.

الف) سنگ ب) ماسه پ) لای ✓ ت) رس

رس آب بیشتری می مکد و به هنگام یخبندان بیشتر آماس می کند ولی به علت ناتراوائی نمی تواند آب بیشتری به سوی خود بکشد. در لای ها، آماس پس از یخبندان مکش پدید می آورد و آب از سفره بالا کشیده شده و تا پایان زمستان، پیوسته به اندازه یخ افزوده می شود.

---

۴۲ – با روی راست به شکل، فشار آب در کدام نقطه بیشتر است؟



A و B بر روی یک خط هم پتانسیل هستند و میان آنها $\Delta h_{A,B}=0$ است و از آنجا که میان آنها به اندازه $\Delta Z_{A,B}$ اختلاف تراز هست پس فشار آب در نقطه B بیشتر از فشار آب نقطه A خواهد شد.

B و C بر روی یک خط هم پتانسیل نیستند و میان آنها $\Delta h_{A,B}$ ، $\Delta Z_{A,B}$ هست.

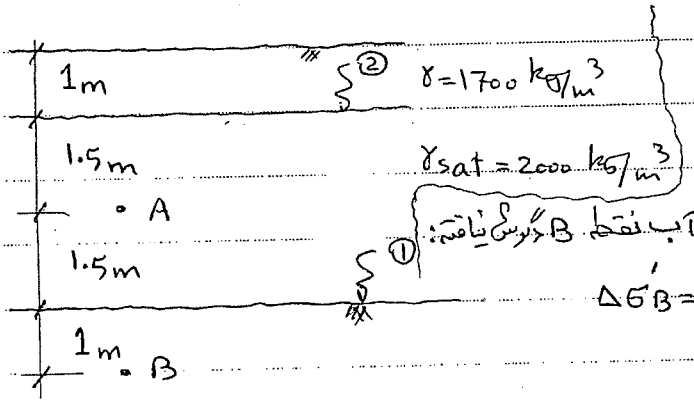
اگر $\Delta h_{A,B}=\Delta Z_{A,B}$ باشد، $P_B=P_C$ خواهد شد.

اگر $\Delta h_{A,B}>\Delta Z_{A,B}$ باشد، $P_B>P_C$ خواهد شد.

اگر $\Delta h_{A,B}<\Delta Z_{A,B}$ باشد، $P_B<P_C$ خواهد شد.

---

۴۳ – بر روی زمین نگاه زیر چهار متر خاک ریزدانه ریخته شده و سه متر آن در اثر موئینگی سیر آب شده است. خواسته می‌شود σ'_{zA} و $\Delta\sigma'_B$



$\sigma'_A=\sigma_A-u_A$

$\sigma'_A=[(1\times1700)+(1.5\times2000)]-(-1.5\times1000)$

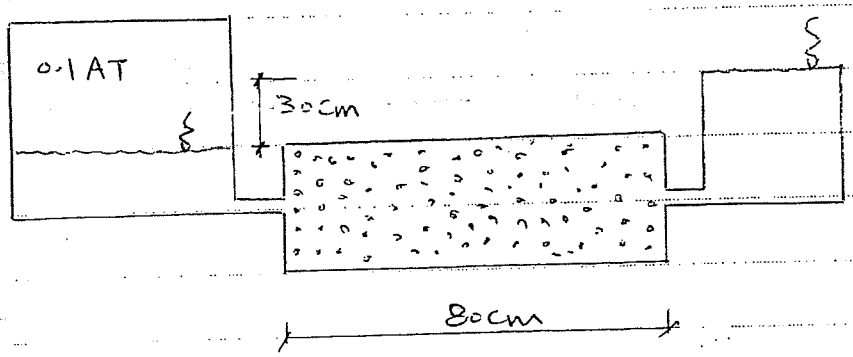
$\sigma'_A=6200\ kg/m^2$

رخ دادن موئینگی σ_B را افزوده ولی فشار آب نقطه B را برش یافته:

$\Delta\sigma'_B=(1\times1700)+(3\times2000)=7700\ kg/m^2$

---

۴۴ – در مخزن سربسته سمت چپ، فشار نسبی هوا 0.1AT است. خواسته می‌شود شیب آبی و سمت آن

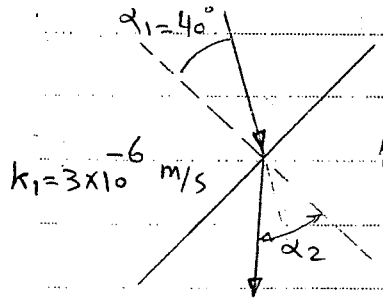


$0.1\ AT=0.1\ kg/cm^2\equiv100\ cm$

مخزن راست 30cm بالاتر و مخزن چپ معادل 100cm فشار آب، پرفشارتر است، پس مخزن چپ $100-30=70\ cm$ بار آبی بیشتری دارد و آب از چپ به راست گذر دارد.

$$i=\frac{\Delta h}{\Delta L}=\frac{70}{80}$$

۴۵ – خواسته می شود α_2



$$\frac{k_1}{k_2}=\frac{tg\alpha_1}{tg\alpha_2}$$

$$\frac{3\times10^{-6}}{4.5\times10^{-6}}=\frac{tg40}{tg\alpha_2} \rightarrow \alpha_2=51.5^\circ$$

---

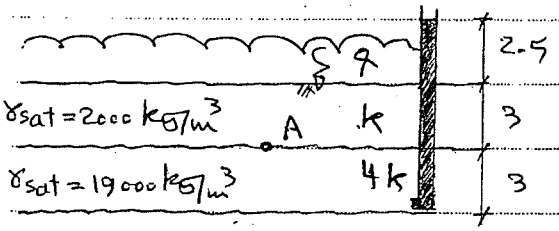
۴۶ – کدامیک تراوائی خاک را نمی افزاید؟

الف) افزایش D_{10} ب) افزایش e پ) افزایش ویسکوزیته آب ✓

ت) افزایش S_r افزایش تراوائی با کاهش ویسکوزیته آب رخ می دهد.

---

۴۷ – خواسته می شود q تا ضریب ایمنی در برابر جوشش 2 شود.



آب به علت 2.5 متر بار آبی از لایه پایین رو به بالا نفوذ می کند. اگر افت در لایه پایین x باشد، افت در لایه بالا $4x$ خواهد شد.

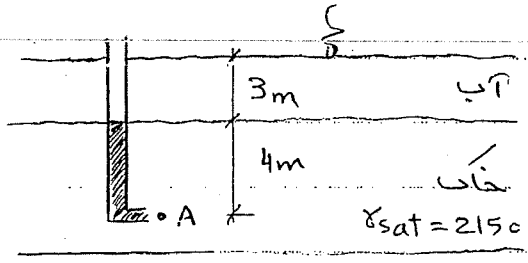
$$4x+x=2.5 \rightarrow x=0.5$$

جوشش در پایین لایه ریزدانه (نقطه A) زمانی احتمال است و آب تا رسیدن به نقطه A، 0.5 متر بار آبی از دست می دهد. ($h_A=2$ m)

$$F_S=\frac{\text{تنش موثر خاک از وزن}}{\text{فشار تراوشی}(h_A\cdot\gamma_w)A} \rightarrow 2=\frac{q+3(2000-1000)}{2\times1000} \rightarrow q=1000\ kg/m^2$$

---

۴۸ – باروی راست به نکته خواسته می شود σ'_{zA}



$$\sigma_A=(3\times1000)+(4\times2150)=11600\ kg/m^2$$

$$u_A=4\times1000=4000\ kg/m^2$$

$$\sigma'_A=11600-4000=7600\ kg/m^2$$

---

۴۹ – شبکه جریانی با 4 خط جریان (سه مسیر جریان) و 13 خط هم پتانسیل (دوازده پله افت) رسم شده است. خواسته می شود ضریب شکل شبکه جریان (یک آبیاری)

$$\text{ضریب شکل شبکه}=\frac{N_f}{N_d}=\frac{4-1}{13-1}=0.25$$

ب) ۱۴-۷

۵۰- اگر آب به موازات لایه ها گذر داشته باشد،

ضریب تراوایی هم ارز به ضریب تراوایی کدام لایه نزدیک خواهد بود؟ k_3

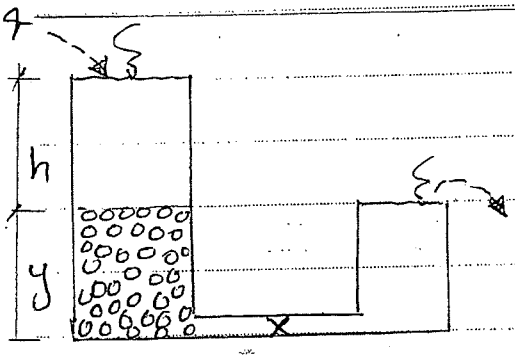
a $k_1 = 10^{-5}$ cm/s

a $k_2 = 10^{-8}$ cm/s

a $k_3 = 10^{-1}$ cm/s

گذر عمود بر لایه ها چطور؟ k_2

۵۱- خواسته می شود گزینه نادرست (ک ۷۷)



الف) $\sigma'_A = \gamma' y$ (پس از باز شدن شیر)

ب) $\sigma'_A = \gamma' y + h\gamma_w$ (پی رفت پس از باز شدن شیر)

پ) $\sigma'_A = \gamma' y + h\gamma_w$ (زمان بیشتری پس از باز شدن شیر)

ت) $\sigma'_A = \gamma' y$ (زمان بیشتری پس از باز شدن شیر)

اگر پده آب در آینده و در روزنه با هم برابر باشند، گزینه (ت) نادرست خواهد بود.
اگر به مخزن سمت چپ آب شیرین، پس از زمانی گذر آب به پایان می رسد و گزینه (ب) نادرست خواهد شد.

۵۲- Quicksand (رم رمه‌ای جوشش) کی رخ می دهد. (ک ۸۳)

الف) گذر رو به بالای آب از خاک $i = i_{cr} \simeq 1$ ✓

ب) گذر رو به پایین آب از خاک و $i \simeq 1$

پ) گذر رو به پایین آب از خاک و $i = 0.5$

ت) گذر رو به بالای آب از خاک و $i = 0.5$

در بیشتر خاکها: $i_{cr} = (0.9 \sim 1.1)$

۵۳- کدام گزینه درست است؟

الف) تنش مؤثر در راه‌های ج از تنش مؤثر میان دانه‌های جای گرفته در آن راه‌ها کمتر است. ✓

ب) تنش مؤثر در راه‌های ج از تنش مؤثر میان دانه‌های جای گرفته در آن راه‌ها بیشتر است.

پ) تنش مؤثر در راه‌های ج برابر تنش مؤثر میان دانه‌های جای گرفته در آن راه‌ها است.

ت) تنش مؤثر در راه‌های ج به تنش مؤثر میان دانه‌های جای گرفته در آن راه‌ها وابسته نیست.

yolu ölçməzlər, gedərlər.

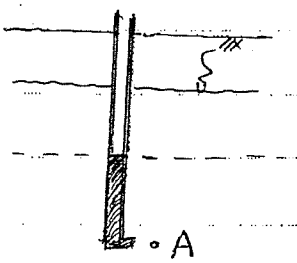
راه را اندازه نمی گیرند، می روند.

ب) ۱۵-۷

۵۴- اگر در زمین شکاره زیر بلندی مؤینگی یک متر افزوده شود، تنش مؤثر نقطه A ..... و اگر وزن پیزومتر یک، یک متر پایین رود، تنش مؤثر نقطه A ..... می یابد.

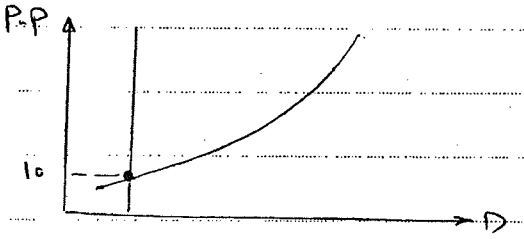
الف) افزایش - کاهش ب) کاهش - افزایش

ج) افزایش - افزایش ✓ ت) کاهش - کاهش



۵۵- ضریب تراوایی ماسه‌ای k است. ضریب تراوایی ماسه با اندازه‌ی یکنواختی نیز k است. خواسته می‌شود قطر دانه‌های ماسه یکنواخت.

$k_1 \propto D_{10(1)}^2$ ، $k_2 \propto D_{10(2)}^2$ $\Rightarrow$ $D_{10(1)} = D_{10(2)}$



۵۶- همانندی های گذر الکتریسیته از رسانا و گذر آب از خاک

تراوایی (k) - سرعت - بار آبی : گذر آب از خاک

ضریب مقاومت الکتریکی $\frac{1}{\rho}$ - شدت جریان - پتانسیل الکتریکی : گذر الکتریسیته از رسانا

۵۷- آیا شیب آبی بحرانی جهت دارد؟ واحد چطور؟

شیب آبی ($i = \frac{\Delta h}{\Delta L}$) واحد ندارد ولی هم جهت با بردار سرعت است و در جهت عامل (رو به پایین) بحران پدید می‌آورد. $\vec{v} = k \cdot \vec{i}$

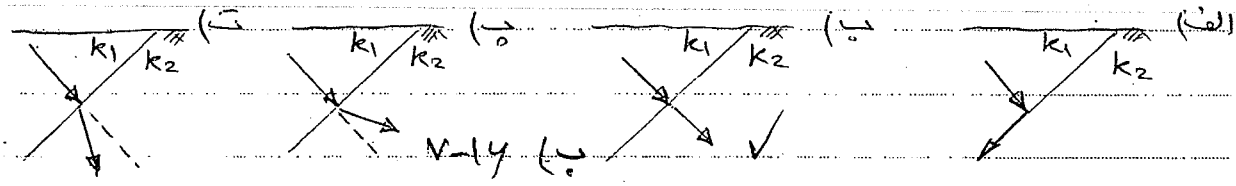
۵۸- کدامیک از رخدادن جوشش جلوگیری می‌کند.

الف) کاهش فشار تراوش و افزایش فشار مؤثر ✓ ب) افزایش فشار تراوش و افزایش فشار مؤثر

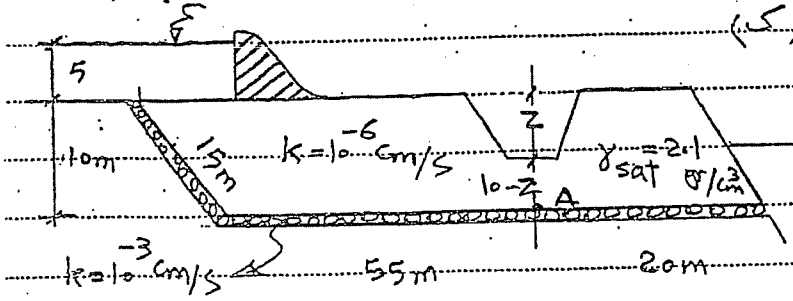
ج) افزایش فشار تراوش و کاهش فشار مؤثر ت) کاهش فشار تراوش و کاهش فشار مؤثر

۵۹- کدامیک درست است؟

الف) ب) ✓ ج) د) ت)



۴۰ — با روی دیواره زیر، خطوط هم پتانسیل و خطوط جریان رسم شده است. دبی آب عبوری از زیر دیواره به ازای واحد طول دیواره چقدر است؟



الف) 5.1 m

ب) 7.4 m

پ) 8.9 m

ت) 6.6 m

$$h_A = 10 - 70 \times \frac{10}{90} = 2.22\ m$$

بلندی آب در پیزومتر نقطه A = $5 + 2.22 = 7.22\ m$

بلندی آب پیزومتر نقطه A نسبت به کف کانال = $7.22 - (10-z)$

$$i = i_{cr} \Rightarrow \frac{7.22-(10-z)}{10-z} = \frac{2.1-1}{1} \Rightarrow z = 6.6\ m$$

---

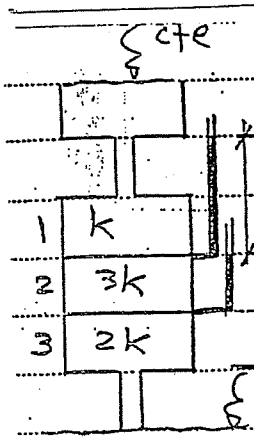
۴۱ — در نگاره زیر اگر جای خاک (۱) و (۲) جابجا شود:

۱ — k چه دگرشی (تغییر) می‌کند ... هیچ دگرشی نمی‌یابد

۲ — بده آب چه دگرشی می‌کند ... هیچ دگرشی نمی‌یابد

۳ — h_2 چه دگرشی می‌کند

لایه دوم کل تراوایی سیستم را بیشتر می‌سوزد و افت در آن نسبت برابر بیشتر می‌سوزد. $(h_2 = 3h_1)$



---

۴۲ — تراوایی بدنه یک بند خاکی $3\times10^{-3}\ \frac{m}{min}$ است. اگر معادله خط جریان پائینی، $z=3-\frac{z^2}{12}$ باشد، دبی آب عبوری از یک متر بند چقدر است؟

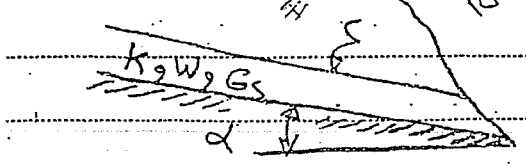
$z=0 \Rightarrow x_0 = 3\ m \Rightarrow q = 2x_0 k = 2\times3\times3\times10^{-3} = 0.018\ \frac{m^3}{min}$

معادله خط جریان بالائی:

$$x = x_0 - \frac{z^2}{4x_0}$$

---

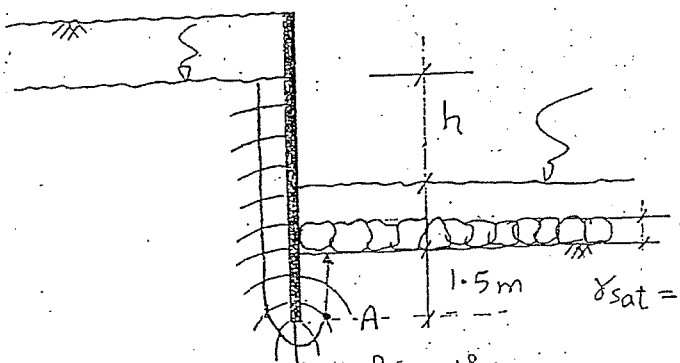
۴۳ — خواسته می‌شود سرعت تراوش (سرعت واقعی) آب در خاک



$$e = \frac{w\cdot G_s}{S_r} \Rightarrow n = \frac{e}{1+e}$$

$$V_{seepage} = \frac{v}{n} = \frac{k\cdot i}{n} = \frac{k\cdot \sin\alpha}{n}$$

۴۴- برای این‌که ضریب ایمنی نقطه A، در برابر جوشش دو سو، h چقدر باید باشد.

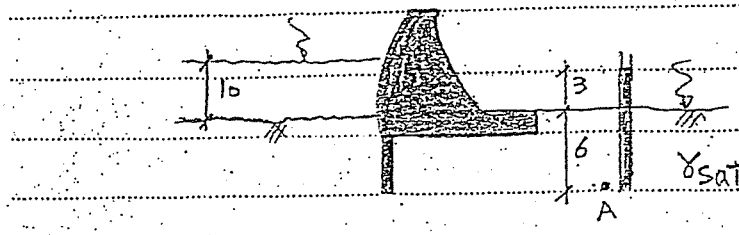


پاسخ:

$$F_S = \frac{\text{فشار بیرون گرانشی از وزن}}{\text{فشار تراوش آب}}$$

$$2 = \frac{0.5(2500-1000)+1.5(2000-1000)}{\frac{2}{14}h \times 1000} \Rightarrow h = 7.87\,m$$

۴۵- آب چند سد چه اندازه بالا رود تا در نقطه A جوشش آغاز گردد.



$i_{cr} = \frac{2000-1000}{1000} = 1$

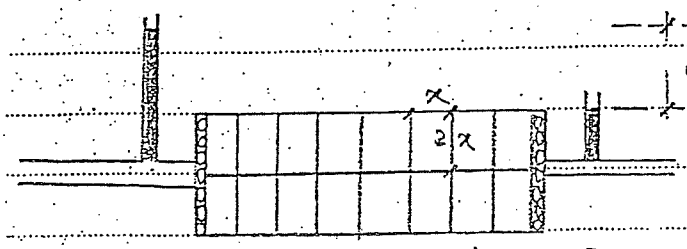
$i = \frac{3}{6} = 0.5$

بلندی آب دو برابر سو، (20m)

تا $i_{cr} = 1$ سود.

$\gamma_{sat} = 2000 kg/m^3$

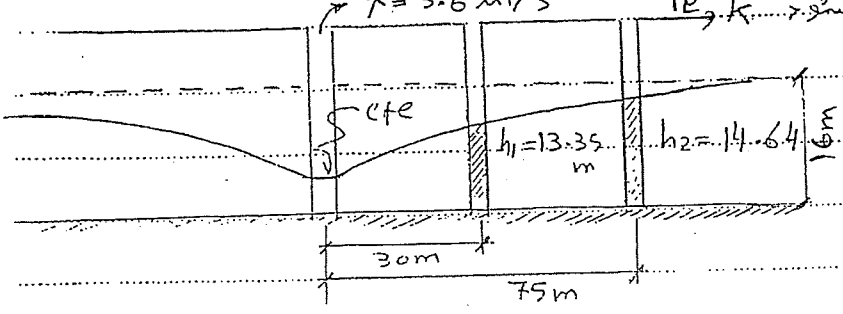
۴۶- خواسته می‌شود، به آب تراوش یافته از یک متر بدنه‌ی سد.



$k = 10^{-4}\ m/min$

$$q = k\,h\,\frac{n_f}{n_d} \times a = 10^{-4} \times 6 \times \frac{2}{8} \times \frac{2x}{x} = 3 \times 10^{-4}\ \frac{m^3}{min \times m}$$

۴۷- در زمین دشت زیر، 24 ساعت پس از آزمایش پمپاژ، تراز آب چاه مانند شکل است. خواسته می‌شود، re و k.



$$k = \frac{q \ln \frac{r_2}{r_1}}{\pi(h_2^2 - h_1^2)}$$

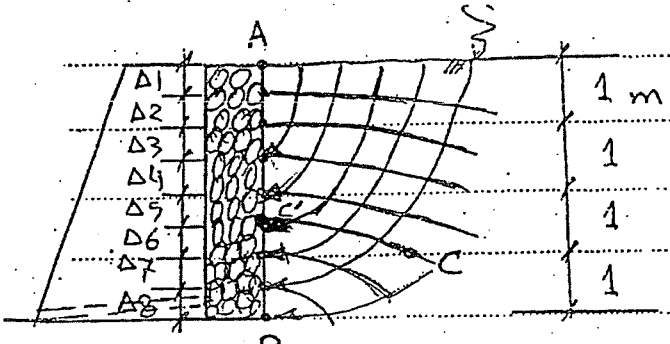
$$k = \frac{\frac{3.6}{1000} \ln \frac{75}{30}}{3.14(14.64^2 - 13.35^2)}$$

$$k = 2.91 \times 10^{-5}\ m/s$$

$$2.91 \times 10^{-5} = \frac{\frac{3.6}{1000} \ln \frac{re}{75}}{3.14(16^2 - 14.64^2)} \rightarrow re = 216\,m$$

ب) ۷-۱۸

۹۸- جاروی خاست به شکل روبه‌رو:



۱- آیا خط AB، خط جریان است؟ خط هم پتانسیل چطور؟

خط AB نه خط جریان است و نه خط هم پتانسیل. این خط کرانه زهکش پشت دیواراست.

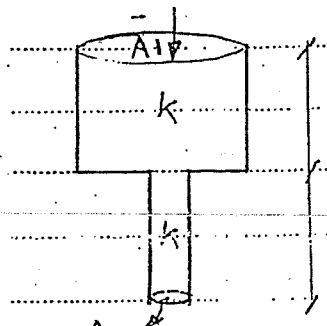
۲- آیا Δ1 تا Δ8 با هم برابرند؟ بلی، در سیکل جریان بایستی افت میان خطوط هم پتانسیل با هم برابر باشند.

$$\Delta_1 = \Delta_2 = \cdots = \Delta_8 = \frac{4}{8} = 0.5\,m$$

۳- فشار آب در نقطه C چقدر خواهد بود؟ C و C' بر روی یک خط هم پتانسیل هستند و تراز بالای پیزومتر آنها، هم ترازی ایستد و از آنجا که C' در کرانه زهکش است، آب در آنجا فشاری برابر فشار اتمسفر (صفر نسبی) خواهد داشت و از این روی آب پیزومتر نقطه C می‌تواند از C' بالاتر رود و پیزومتر نقطه C به اندازه $\Delta_6 = 0.5m$ بالا می‌رود و هم تراز C' می‌ایستد.

$$u_C = 0.5 \times 1000 = 500\ kg/m^2$$

۹۹- لوله زیر با خاکی پرشده و آب به گونه پیوسته از آن می‌گذرد. خواسته می‌شود پیوند میان h_1 و h_2



$$q_1 = q_2$$

$$k\frac{h_1}{L}A_1 = k\frac{h_2}{L}A_2$$

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{A_2}{A_1} \iff \frac{h_2}{h_1} = \frac{A_1}{A_2}$$

۱- اگر A_2 صفر شود، $h_1 = 0$ خواهد شد، یعنی آب گذر نخواهد کرد.

۲- اگر $A_1 = 3A_2$ باشد، افت بار آبی در لوله یا رنگ سه برابر افت بار آبی لوله کلفت خواهد شد. ($h_2 = 3h_1$)

۳- اگر $d_1 = 3d_2$ باشد، افت بار آبی در لوله باریک ۹ برابر افت بار آبی لوله کلفت خواهد شد. ($h_2 = 9h_1$)

$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{A_1}{A_2} = \frac{\frac{\pi d_1^2}{4}}{\frac{\pi d_2^2}{4}} = \frac{(3d_2)^2}{d_2^2} = 9$$

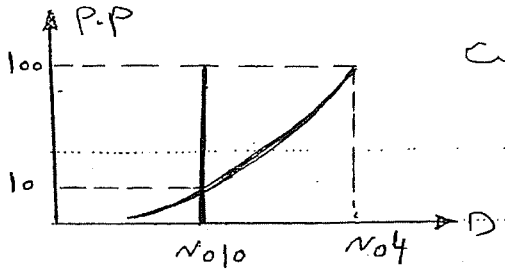
ب) ۱۹-۷

۷۰- کدام گزینه درست است؟

الف) هردو خاک ماسه هستند. ب) D_{10} هردو یکی است

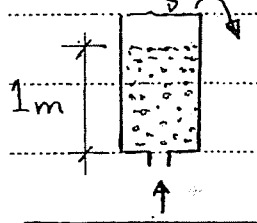
ج) تراوایی هردو یکی است د) هر سه √

حرما سه ها ..... $k \propto D_{10}^2$



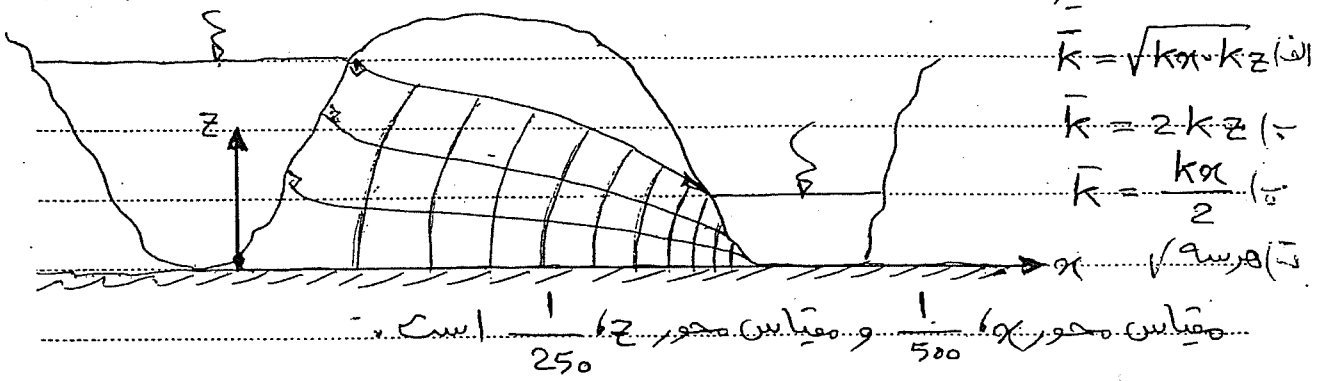
۷۱- ماسه درون استوانه یک لیتر است و در آستانه جوشش، نیروی تراوش 11N به آن اثر می‌کند. خواسته‌ی سؤال i_{cr} است. ($\gamma_w = 10 \frac{kN}{m^3}$)

الف) 0.95 ب) 1.01 ج) 1.05 د) 1



$F = i \gamma_w V \rightarrow 11 = i_{cr} \times 10000 \frac{N}{m^3} \times \frac{1}{1000} m^3 \rightarrow i_{cr} = 1.1$

۷۲- نگاره زیر مدل همسان شده خاک ناهمسانی است، خواسته‌ی سؤال $\bar{k}$



الف) $\bar{k} = \sqrt{k_x \cdot k_z}$

ب) $\bar{k} = 2 k_z$

ج) $\bar{k} = \frac{k_x}{2}$

د) هر سه √

مقیاس محور x، $\frac{1}{500}$ و مقیاس محور z، $\frac{1}{250}$ است.

محور x دو برابر محور z کوچک شده است:

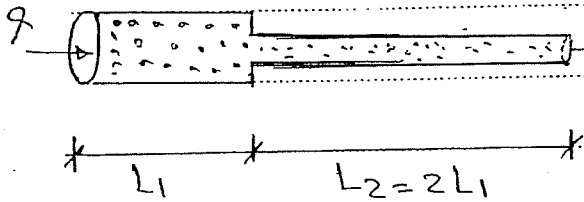
$X = \sqrt{\frac{k_z}{k_x}} \cdot x \rightarrow \frac{X}{x} = \sqrt{\frac{k_z}{k_x}} = \frac{1}{2}$

$\frac{k_z}{k_x} = \frac{1}{4}$ ، $\bar{k} = \sqrt{k_x \cdot k_z}$

$\bar{k} = \sqrt{4 k_z \cdot k_z} = 2 k_z$

$\bar{k} = \sqrt{k_x \cdot \frac{k_x}{4}} = \frac{k_x}{2}$

۷۳- پاروی راست به نگاره وارده‌ها، خواسته‌ی سؤال $\frac{h_2}{h_1}$



الف) $A_2 = \frac{A_1}{2}$

ب) $k_2 = \frac{k_1}{2}$

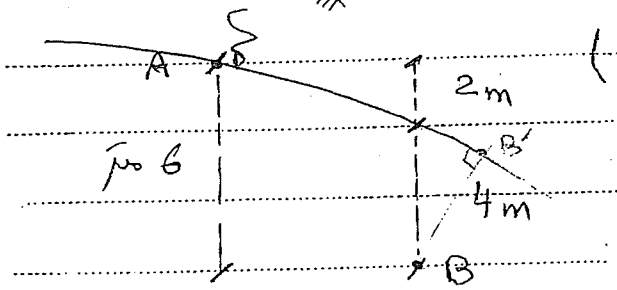
ج) 6

د) 8 √

$q_1 = q_2 \rightarrow k_1 \frac{h_1}{L_1} A_1 = \frac{k_1}{2} \times \frac{h_2}{2L_1} \times \frac{A_1}{2} \rightarrow \frac{h_2}{h_1} = 8$

ب) ۷-۲۰

۷۶ - خواسته می‌شود ΔP در میان A و B



الف) $20\ kN/m^2$ (خط هم پتانسیل BB')

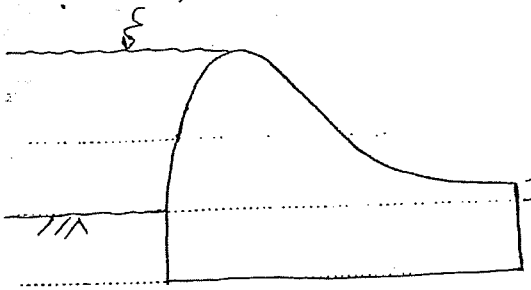
ب) $40\ kN/m^2$

پ) $60\ kN/m^2$

ت) $40 kN/m^2$ ✓ کمتر از

فشار آب در نقطه A صفر است و آب پیزومتر نقطه B تا B' بالا می‌رود.

۷۸- تنش مؤثر در نقطه A $18\ kN/m^2$ است. خواسته می‌شود فشار تراوش آب



الف) $25\ kN/m^2$

ب) 31

پ) 6 ✓

ت) 30

$\sigma'_A = \sigma'_{gravity} - seepage\ pressure$

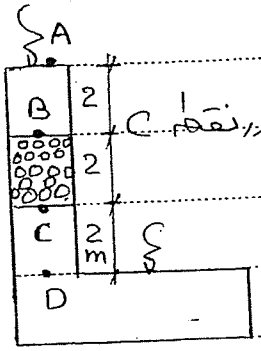
$18 = [2(22-10)] - seepage\ pressure \longrightarrow seepage\ pressure = 6\ kN/m^2$

۷۷- اگر در پرسش پیشین، اختلاف تراز آب بالادست و پایین‌دست ۱.۵ برابر شود، تنش مؤثر نقطه A چقدر خواهد شد.

$12\ kN/m^2$ ✓ $15\ kN/m^2$ $16.5\ kN/m^2$ 18

$\sigma'_A = [2(22-10)] - (1.5 \times 6) = 15\ kN/m^2$

۷۸- آیا در آزمایش زیر گذر آب پیوسته خواهد بود؟ چنین جایی پیدا کنید که گذر آب پیوسته است، خواسته می‌شود فشار آب در نقطه C



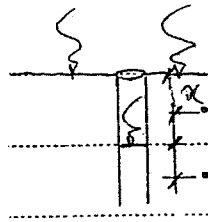
الف) $10\ kN/m^2$

ب) $-20\ kN/m^2$ ✓ $20\ kN/m^2$

$u_c = \gamma_w (h_c - z_c) = 10(0-2) = -20\ kN/m^2$

ب) ۷-۲۱

۷۹- با روی داشتن به شکل و داده ها، کدام گزینه درست است.

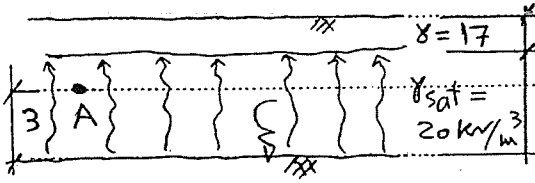


$\gamma_{sat} = 20\ kN/m^3$ $\quad \gamma_w = 10\ kN/m^3$

الف) $\sigma'_A > \sigma'_B$ $\quad$ ب) $\sigma'_A = \sigma'_B$ $\quad$ ج) $\Delta\sigma'_{A,B} = 20\ kN/m^2$ $\quad$ ✓ د) $\Delta\sigma'_{A,B} = 10\ kN/m^2$

$$\Delta\sigma' = \sigma'_B - \sigma'_A = \left[(x+1)\times 20 - (0.5\times 10)\right] - \left[(x\times 20) - (-0.5\times 10)\right]$$
$$= (20x + 15) - (20x + 5) = 10\ kN/m^2$$

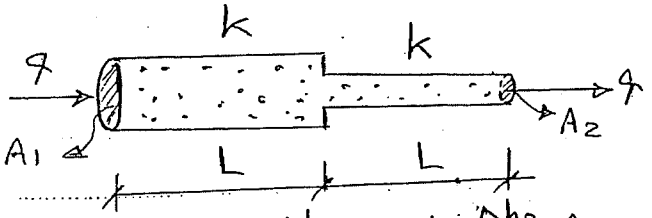
۸۰- بر روی زمین خاک رس زیر $6\ m$ خاک ریخته شده است و 4 متر آن در اثر معدن‌کنی سیر آب شده است. خواسته می‌شود تنش موثر در نقطه A



الف) $54\ kN/m^2$ $\quad$ ب) $24\ kN/m^2$ $\quad$ ✓ ج) 84 $\quad$ د) 44

$$\sigma'_A = \sigma_A - u_A = \left[(2\times 17) + (1\times 20)\right] - (-3\times 10) = 84\ kN/m^2$$

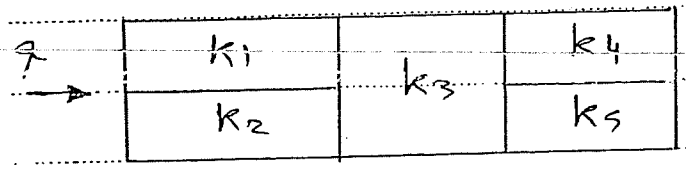
۸۱- کدام گزینه درست است؟



الف) $\Delta h_1 = \Delta h_2$ $\quad$ ✓ ب) $\dfrac{\Delta h_1}{\Delta h_2} = \dfrac{A_2}{A_1}$ $\quad$ ج) $\Delta h_1 > \Delta h_2$ $\quad$ د) $\dfrac{\Delta h_1}{\Delta h_2} = \dfrac{A_1}{A_2}$

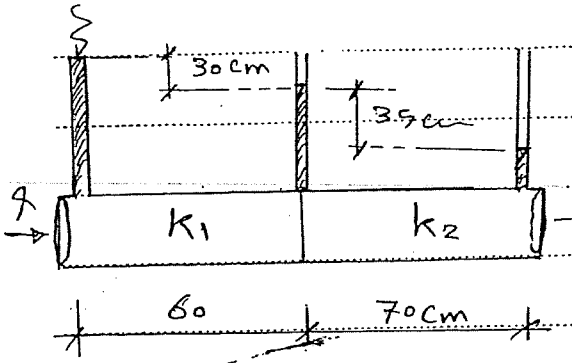
$$q_1 = q_2 \rightarrow k\,\frac{\Delta h_1}{L} A_1 = k\,\frac{\Delta h_2}{L} A_2$$
$$\frac{\Delta h_1}{\Delta h_2} = \frac{A_2}{A_1}$$

۸۲- کدام گزینه درست است؟



الف) $q_1 = q_4$ ، $q_2 = q_5$ $\quad$ ✓ ب) $q_1 + q_2 = q_4 + q_5$ $\quad$ ج) $q_3 > q_1 + q_5$ $\quad$ د) $q_1 = q_5$ ، $q_2 = q_4$

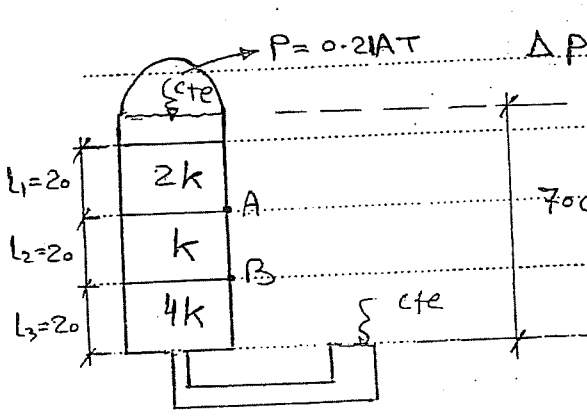
۸۳- کدام گزینه درست است؟



الف) $k_1 > k_2$ $\quad$ ب) $k_2 > k_1$ $\quad$ ✓ ج) $k_1 = k_2$ $\quad$ د) نمی‌توان بررسی کرد.

$$q_1 = q_2 \rightarrow v_1 = v_2$$
$$k_1\,\frac{30}{60} = k_2\,\frac{35}{70} \Rightarrow k_1 = k_2$$ ✓ ۸۳ (ب

۸۳- جاروی راست به رابطه‌ها و نگار، خواسته می‌شود ΔP میان A و B.



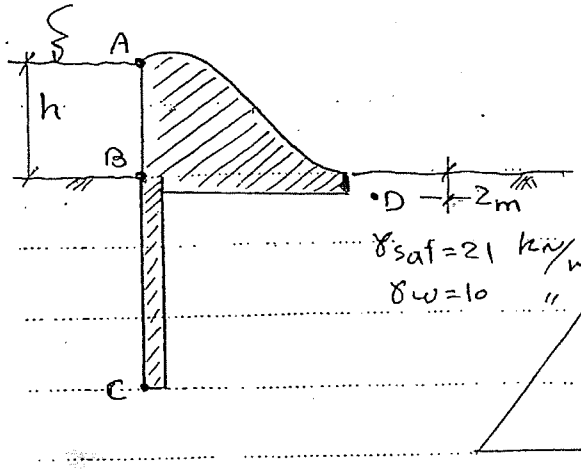
الف) 160 gf/cm² ب) 140 gf/cm² ✓ ج) 20 gf/cm² د) 40 gf/cm²

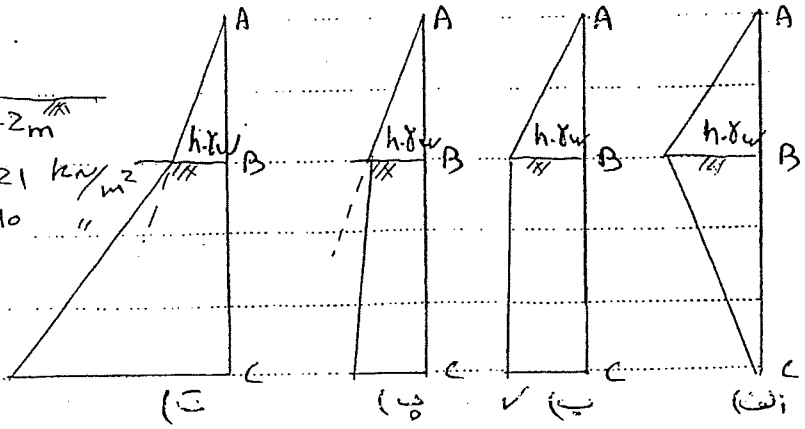
$h_1+h_2+h_3 = 70 + (0.21\times 1000\,cm) = 280\,cm$

$\frac{x}{2} + x + \frac{x}{4} = 280\,cm \rightarrow x = 160\,cm$

آب پیزومتر B، 160cm پایین‌تر از آب پیزومتر A می‌ایستد و از آنجا که نقطهٔ B، 20cm پایین‌تر (بر فشار تر) است، پس فشار نقطهٔ B، هم‌ارز با $160-20=140\,cm$، کمتر از فشار نقطهٔ A خواهد شد.

۸۵- اگر آب در هر متر از خاک پشت آب‌بند یک متر باز آبی از دست بدهد، کدام نمودار، فشار آب بالادست را درست نشان می‌دهد.





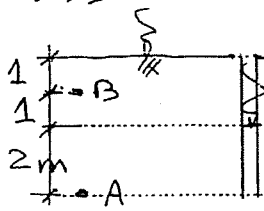
۸۴- اگر در نگار بالا، فشار تراوش آب در نقطهٔ D، 10 kN/m² باشد، فشار آب در نقطهٔ D چقدر خواهد شد

32 kN/m² ✓30 kN/m² 52 kN/m² 20 kN/m²

فشار 10kN/m² برابر فشار یک متر آب است. پس اگر در نقطهٔ D فشارسنجی جایگذاری شود، آب در آن 2+1 متر بالا خواهد رفت.

$3\times\gamma_w = 3\times 10 = 30\,kN/m^2$

۸۷- در زمین نگاره زیر آبی نبوده و پس از یک بارش نارگهانی، زمین مانند نگاره سیراب شده است.



الف- تنش موثر نقطه B افزوده شده است $14\ kN/m^2$

ب- " " " " کم شده است $4\ kN/m^2$

ج- " " " " کم شده است $6\ kN/m^2$

د- " " " " برش (تغییر) یافته است

$\gamma = 18\ kN/m^3$ ✓

$\gamma_{sat} = 22\ kN/m^3$ ✓

$\sigma'_{1B} = 1\times18 = 18\ kN/m^2$

$\sigma'_{2B} = (1\times22) - (-1\times10) = 32$

$\Delta\sigma' = +14\ kN/m^2$

۸۸- برسش بالا: الف) σ'_A افزوده شده $4\ kN/m^2$ ب) σ'_A کم شده $4\ kN/m^2$ ✓

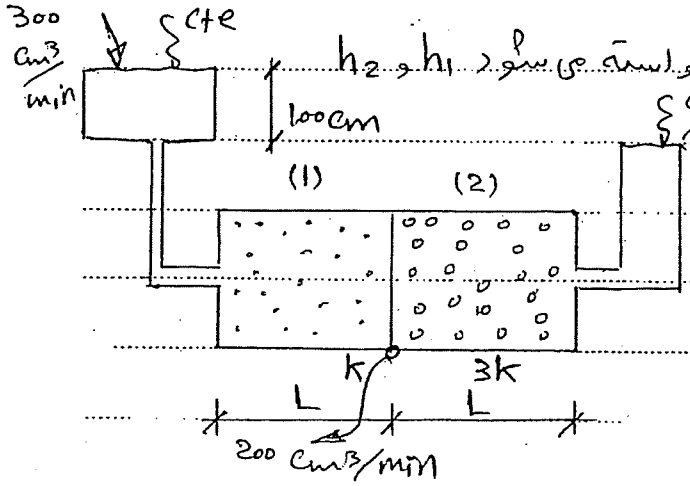
ج) σ'_A برش یافته است د) σ'_A کم شده $24\ kN/m^2$

$\sigma'_{1A} = 4\times18 = 72\ kN/m^2$

$\sigma'_{2A} = (4\times22) - (2\times10) = 68\ kN/m^2$

$\Delta\sigma' = -4\ kN/m^2$

۸۹- با روی دانست به نگاره و داده ها خواسته می شود h_1 و h_2



الف- $h_1 = h_2 = 50\ cm$

ب- $h_1 = 90\ cm$ ، $h_2 = 10\ cm$ ✓

پ- $h_1 = 10\ cm$ ، $h_2 = 90\ cm$

ت- $h_1 = 75\ cm$ ، $h_2 = 25\ cm$

$$q_1 = k\frac{h_1}{L}A \rightarrow 300 = k\frac{h_1}{L}A \rightarrow \frac{Ak}{L} = \frac{300}{h_1}$$

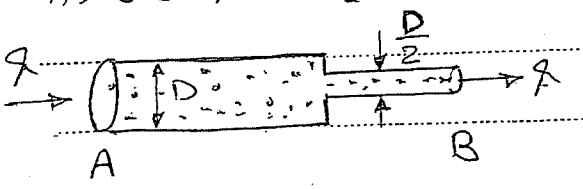
$$q_2 = k\frac{h_2}{L}A \rightarrow 100 = 3k\frac{h_2}{L}A \rightarrow \frac{Ak}{L} = \frac{100}{3h_2}$$

$$\frac{300}{h_1} = \frac{100}{3h_2}$$

$$\rightarrow \begin{cases} h_1 = 9h_2 \\ h_1 + h_2 = 100 \end{cases} \rightarrow h_1 = 90\ cm\ ,\ h_2 = 10\ cm$$

ب) ۲۴-۷

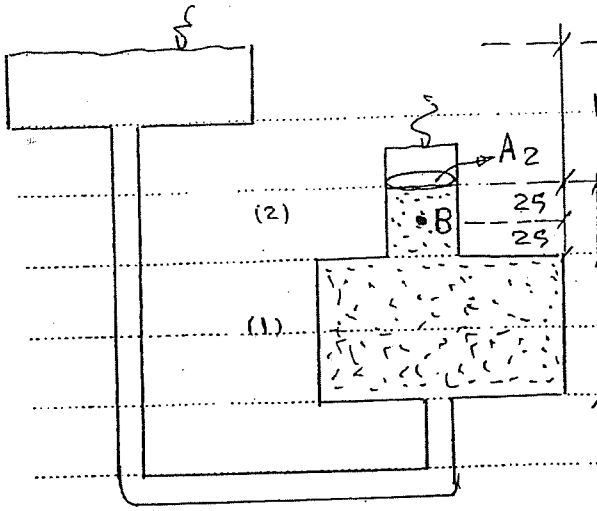
۹۰- این لوله با یک گونه خاک پرشده است و آب به گونه پیوسته از آن می‌گذرد. $\frac{i_B}{i_A}$ خواسته می‌شود.



الف) 2 ب) 1 ج) ✓4 د) 8

$$q_1 = q_2 \rightarrow k i_A \times \frac{\pi D^2}{4} = k i_B \frac{\pi (\frac{D}{2})^2}{4} \rightarrow \frac{i_B}{i_A} = 4$$

۹۱- در آزمایش زیر، درون لوله‌ها با یک گونه ماسه پرشده است. A_2 چه اندازه باشد، تا جوشش آغاز گردد.



الف) $A_2 = \frac{1}{4} A_1$

ب) $A_2 = \frac{1}{8} A_1$

ج) $A_2 = \frac{1}{3} A_1$

ت) ✓ $A_2 = \frac{1}{2} A_1$

در آغاز جوشش: $\frac{h_2}{50} = i_{cr} = 2 - 1 \rightarrow h_2 = 50_{cm} \rightarrow h_1 = 50cm$

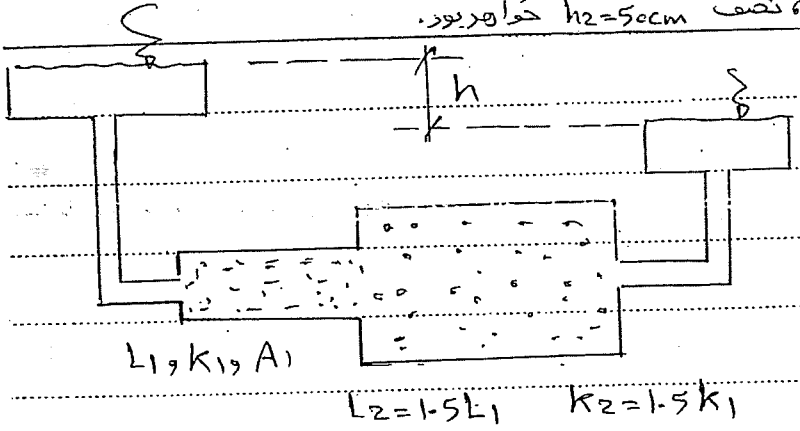
$q_1 = q_2$

$$k \frac{50}{100} A_1 = k \frac{50}{50} A_2 \Rightarrow A_2 = \frac{1}{2} A_1$$

۹۲- در شکل روبه‌رو، به هنگام جوشش فشار تراوش آب در نقطه B چقدر خواهد بود؟ الف) 50 gr/cm² ب) ✓25 gr/cm² ج) 12.5 gr/cm² د) 37.5 gr/cm²

به هنگام جوشش، با آبی نقطه B، نصف $h_2 = 50cm$ خواهد بود.

۹۳- کدام گزینه درست است؟



الف) $h_2 = 1.5 h_1$

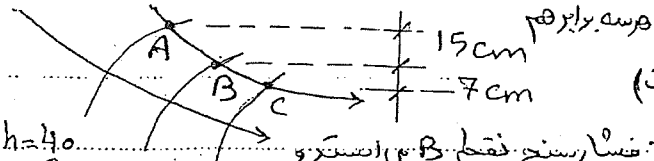
ب) ✓ $h_1 = 1.5 h_2$

ج) $h_1 = h_2$

د) $h_1 > h_2$

$$q_1 = q_2 \rightarrow k_1 \frac{h_1}{L_1} A_1 = (1.5k_1) \frac{h_2}{1.5L_1} \times (1.5A_1) \rightarrow h_1 = 1.5 h_2$$

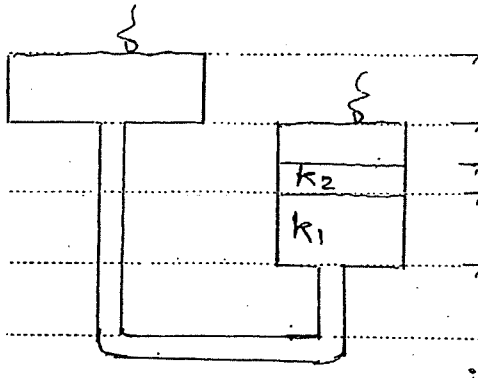
۹۴- نگاره زیر بخشی از یک شبکه جریان را نشان می دهد. فشار آب در کدام نقطه بیشتر است؟



الف- C ب- B ✓ پ- A ت- هر سه برابرند

فشار سنج نقطه A به اندازه $\Delta h = 10cm$ بالاتر از فشار سنج نقطه B می ایستد و نقطه B به اندازه $\Delta z = 15cm$ پایین تر است پس: $P_A < P_B$

۹۵- خاک پایین چه ویژگی (k_1) داشته باشد تا خاک بالا در پرستانه جوشش نباشد.



$\gamma_{sat1} = \gamma_{sat2} = 2.1 gr/cm^3$

الف- $k_1 = k_2$

ب- $k_1 = 2k_2$

پ- ✓ $k_1 < 2k_2$

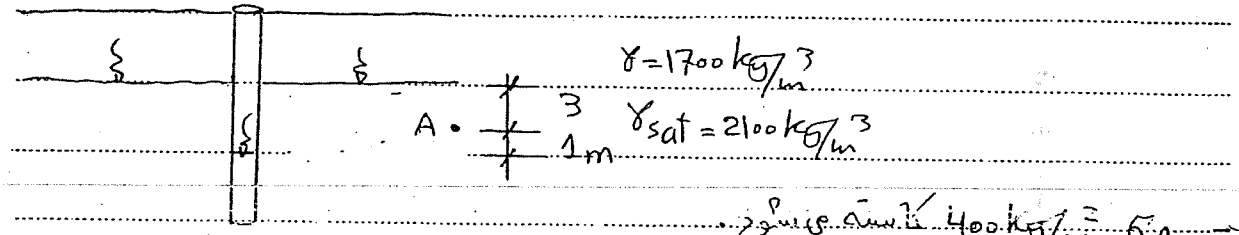
ت- $k_1 > 2k_2$

برای رخ دادن جوشش در لایه دوم:

$$\frac{h_2}{50} = i_{cr} = 2.1 - 1 \rightarrow h_2 = 55\,cm \rightarrow h_1 = 55\,cm \Rightarrow k_1 = 2k_2$$

برای این که در لایه دوم جوشش رخ ندهد بایستی $h_2 < 55_{cm}$ ، $h_1 > 55_{cm}$ شود. از این رو بایستی $k_1 < 2k_2$ شود.

۹۶- اگر در زمین نگاره زیر بلندی مؤینگی یک متر کاسته شود،



الف- $\bar{\sigma}_A$ 400 kg/m^2 کاسته می شود.

ب- $\bar{\sigma}_A$ ثابت می ماند

$1 \times 2100 \rightarrow 1 \times 1700 \rightarrow \Delta\sigma = \Delta\bar{\sigma} = -400\,kg/m^2$

پ- فشار آب در نقطه A ثابت می ماند ✓ ت- هر سه

۹۷- اگر در نگاره بالا، بلندی مؤینگی یک متر افزوده شود،

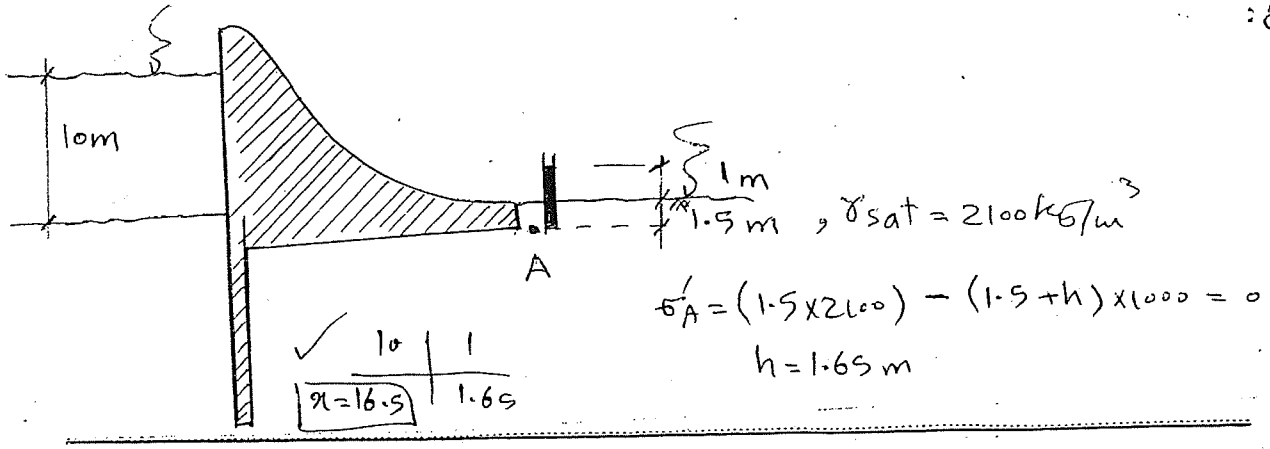
- $\bar{\sigma}_A$ ، 400 kg/m^2 کاسته می شود. — $\bar{\sigma}_A$ ، 400 kg/m^2 افزوده می شود. ✓
- u_A — 1000 kg/m^2 کاسته می شود — u_A — 1000 kg/m^2 افزوده می شود.

$(1 \times 1700 \rightarrow 1 \times 2100)$ و $(u = cte) \Rightarrow \Delta\bar{\sigma} = +400 kg/m^2$

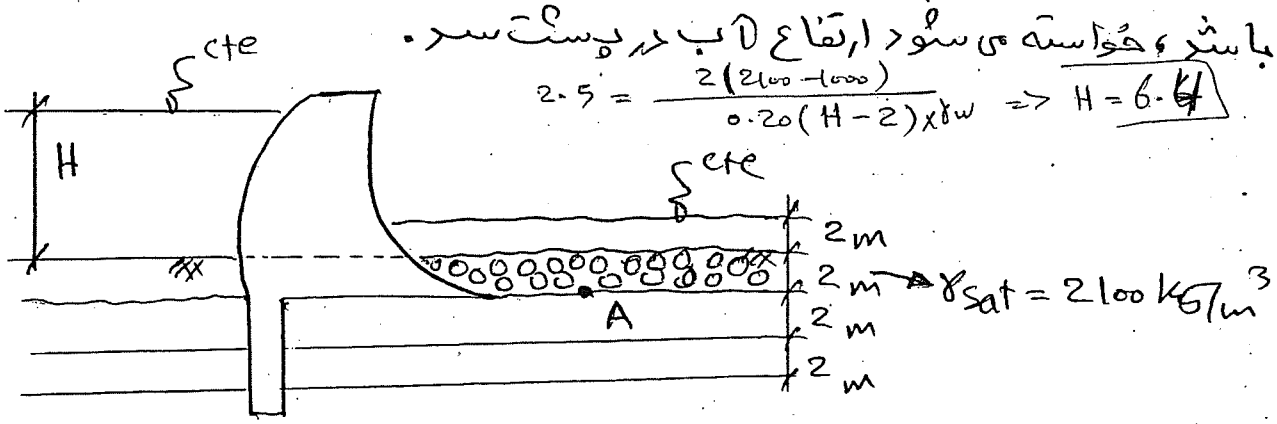
پ) ۴-۷

۹۸- باچه اندازه بالارفتن تراز آب دریاچه، خاک در نقطه A دچار جوشش می‌گردد.

پاسخ:

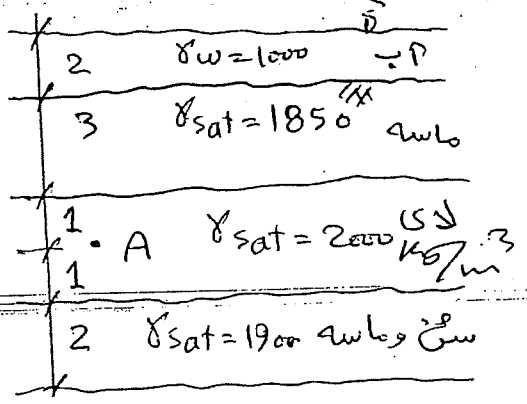


۹۹- در سد زیر، آب پس از آنکه ۸۰٪ بار آبی خود را از دست می‌دهد، به نقطه A می‌رسد. اگر بخواهیم نقطه A در برابر جوشش ضریب اطمینان ۲.۵ داشته باشد، حداکثر ارتفاع آب در پشت سد چقدر می‌تواند باشد؟



$$2.5 = \frac{2(2100-1000)}{0.20(H-2)\gamma_w} \Rightarrow H = 6.4$$

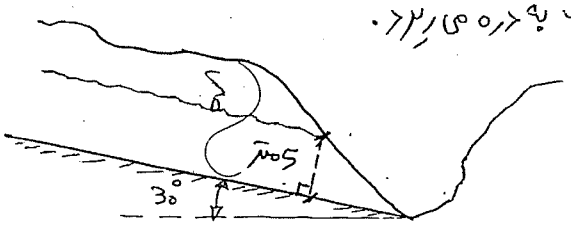
۱۰۰- جاروی راست به دیگارد، حداکثر تنش موثر در نقطه A



$$\sigma_A = (2 \times 1000) + (3 \times 1850) + (1 \times 2000)$$
$$= 9550$$
$$U_A = 6 \times 1000$$
$$\sigma'_A = 9550 - 6000 = 3550$$

ب) ۲۷-۷

۱۰۱- از هر متر بعد سوم لایه آبدار، روزانه $5m^3$ آب به دره می‌ریزد. خواسته می‌شود ضریب تراوائی خاک (k) برحسب m/day



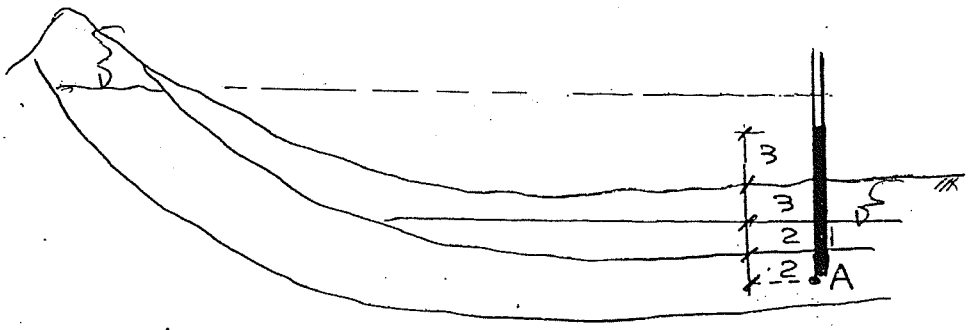
پاسخ:

$$q = kiA$$

$$5 = k \sin 30^\circ (5 \times 1)$$

$$k = 2 \ m/day$$

۱۰۲- باروی راست به خاکریز، خواسته می‌شود تنش موثر در نقطه A



$\gamma = 1600 \ kg/m^3$

$\gamma_{sat} = 1800$ "

$\gamma_{sat} = 2000$ "

پاسخ:

$$\sigma_A = (3 \times 1600) + (2 \times 1800) + (2 \times 2000) = 12400$$

$$u_A = (2+2+3+3) \times 1000 = 10{,}000$$

$$\sigma'_A = 2400 \ kg/m^2$$

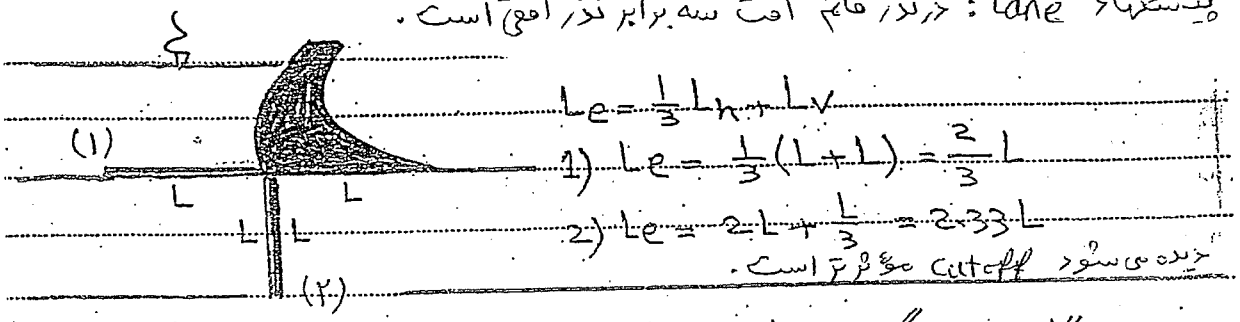
۱۰۳- یک بند خاکی دره‌ای به پهنای 400 متر را بند آورده است. اگر معادله سهمی پایه آن $x = 5 - \frac{z^2}{20}$ باشد، خواسته می‌شود دبی آب گذرنده از بدنه سد (بدنه از خاکی یکدست با ضریب تراوائی 10^{-5} m/sec ساخته شده است)

در یک شبانه‌روز

$$q = 2 \times 0 \times k = 2 \times 5 \times 10^{-5} = 10^{-4} \ \frac{m^3}{sec.m}$$

۱۰۴ – نیروی uplift زیر سد، با بهره‌مندی از cutoff (۲) کمتر خواهد بود یا با بهره‌مندی از Blanket (۱)؟

پیشنهاد lane: درگذر قائم افت سه برابر گذر افقی است.



$L_e = \frac{1}{3}L_h + L_v$

۱) $L_e = \frac{1}{3}(L+L) = \frac{2}{3}L$

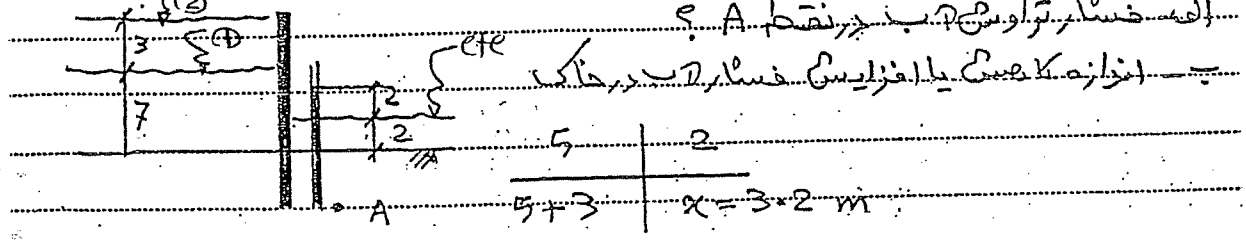
۲) $L_e = 2L + \frac{L}{3} = 2.33L$

گزینه ی ۲ سود cutoff مؤثرتر است.

۱۰۵ – در شکاره زیر، اگر تراب بالادست ۳ متر بالا بیاید، خواسته می‌شود:

الف- فشار تراوش در نقطه A؟

ب- اندازه کاهش یا افزایش فشار آب در خاک



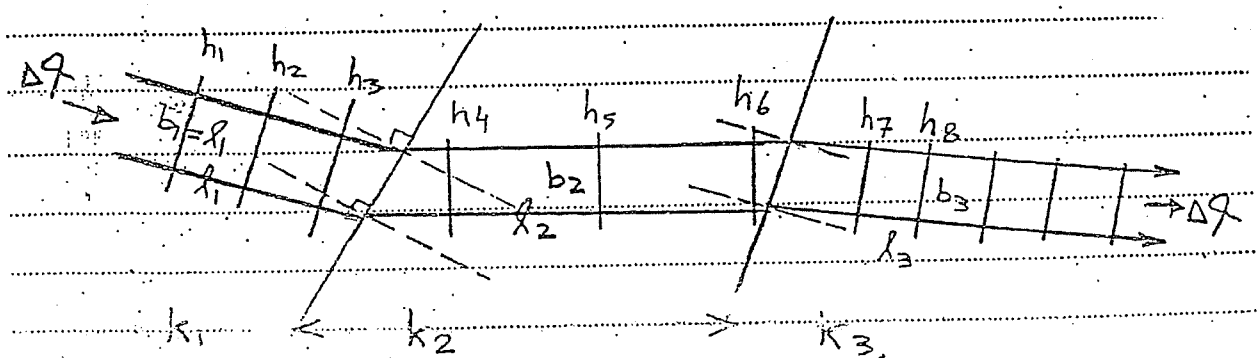
فشار تراوش در حالت یکم $= 2 \times 1000 = 2000 \ kg/m^2$

فشار تراوش در حالت دوم $= 3.2 \times 1000 = 3200 \ kg/m^2$

افزایش فشار تراوش $= 3200 - 2000 = 1200 \ kg/m^2$

---

۱۰۶ – باروی راست به شکاره خواسته می‌شود نسبت افتاد چهار ضلعی های سکیک جریان آب.



$\Delta q_1 = \Delta q_2 = \Delta q_3$ (در ماسه‌های) $\Delta h = cte$

$$k_1 \frac{\Delta h}{l_1} \times l_1 \times 1 = k_2 \frac{\Delta h}{l_2} \times b_2 \times 1 = k_3 \frac{\Delta h}{l_3} \times b_3 \times 1$$

$$k_1 = k_2 \frac{b_2}{l_2} = k_3 \frac{b_3}{l_3}$$

برای هندسه‌ی نخستین سکیک مستطیلی می‌بود

$$\frac{b_2}{l_2} = \frac{k_1}{k_2} \times \frac{b_1}{l_1}$$

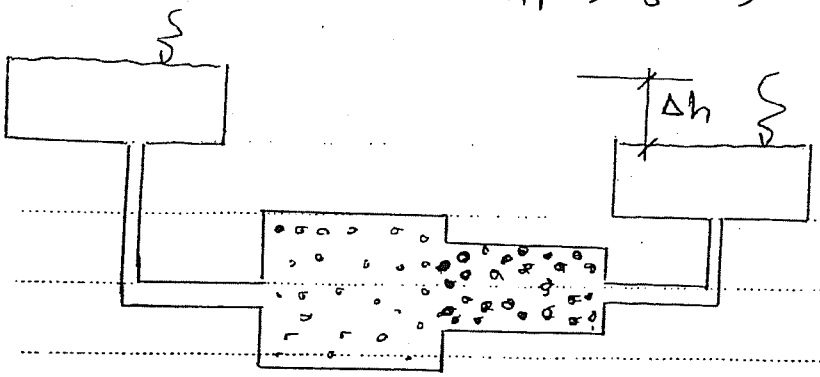
اگر نخستین سکیک مستطیلی می‌بود

برای هندسه‌ی سکیک‌های است

$$\frac{b_2}{l_2} = \frac{k_1}{k_2}$$

$$\frac{b_3}{l_3} = \frac{k_1}{k_3}$$

۱۰۷- باروی راست به نگاره و داده ها خواسته می‌شود Δh_1



$$q_1 = q_2$$

$$A_1 \cdot v_1 = v_2 \cdot A_2$$

$$A_1 k_1 \frac{\Delta h_1}{L_1} = A_2 k_2 \frac{\Delta h_2}{L_2}$$

$$\Delta h_1 + \Delta h_2 = \Delta h$$

$$\Delta h_1 + \frac{A_1 k_1 \Delta h_1}{A_2 k_2} \frac{L_2}{L_1} = \Delta h \Rightarrow \Delta h_1 \left(\frac{A_2 k_2 L_1 + A_1 k_1 L_2}{A_2 k_2 L_1} \right) = \Delta h$$

$$\Delta h_1 = \left(\frac{A_2 k_2 L_1}{A_2 k_2 L_1 + A_1 k_1 L_2} \right) \Delta h \Rightarrow \Delta h_1 = \left(\frac{L_1}{L_1 + \frac{A_1 k_1 L_2}{A_2 k_2}} \right) \Delta h$$

$$\Delta h_1 = \left(\frac{\frac{L_1}{A_1 k_1}}{\frac{L_1}{A_1 k_1} + \frac{L_2}{A_2 k_2}} \right) \Delta h$$

تعمیم: (فراگیر کردن)

$$\Delta h_i = \frac{\frac{L_i}{A_i k_i}}{\sum_{j=1}^{n} \frac{L_j}{A_j k_j}} \times \Delta h$$

در نگاره بالا با چه شرطی $\Delta h_1 = \Delta h_2$ خواهد شد؟

$$\frac{L_1}{A_1 k_1} = \frac{L_2}{A_2 k_2}$$

اگر در نگاره بالا L_1 افزایش یابد، سهم Δh_1 از Δh افزایش می‌یابد. (Δh_2 کم می‌شود)
اگر در نگاره بالا k_2 کاهش یابد سهم Δh_2 از Δh افزایش می‌یابد و Δh_1 کم می‌شود
و فشار آب در مرز دو لایه افزایش می‌یابد.

Qilinc borc vermezlar.

شمشیر را عاریه نمی‌دهند.

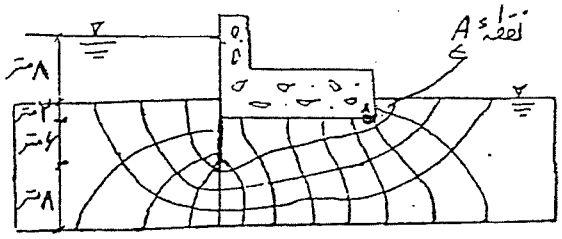
۱۰۸- برای پی آب خنکاره زیر، بده آب تراوشی از پی را حساب کنید و فشار آب را برای نقطه A بدست آورید. (ک ۸۱)

الف) 12.27 lit/s و 26.6 kPa

ب) 0.012 lit/s و 33 kPa

پ) 122.7 lit/s و 266 kPa

ت) 1.23 lit/s و 33 kPa ✓



$K = 4.6 \times 10^{-4} \frac{cm}{sec}$

$L = 100\ m$

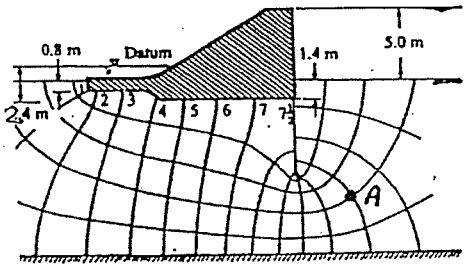
$Q = k h \frac{N_f}{N_d} L$

$Q = 4.6 \times 10^{-4} \times 800\ cm \times \frac{4}{12} \times 10000\ cm$

$= 1226\ cm^3/sec = 1.23\ lit/sec$

$u_A = \gamma_w (h_A - z_A) = 10 \left[\left(8 - 10 \times \frac{8}{12} \right) - (-2) \right] = 33.3\ kPa$

۱۰۹- در نقطه A فشار سنجی جایگذاری خواهد شد و تراوایی خاک $2.5 \times 10^{-5}\ m/s$ است. کدام گزینه درست است؟ (ک ۸۲)



الف) بده آب گذرنده $3.1 \times 10^{-5} \frac{m^3}{m \times sec}$ است. ✓

ب) " " 4×10^{-5} " "

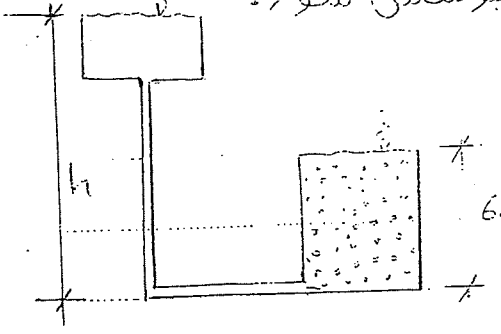
پ) روی پیزومتریک فشار سنج A، هم تراز با آب بالادست است.

ت) روی پیزومتریک فشار سنج A، 1.20 متر پایین تر از آب بالادست است.

$q = k h \frac{N_f}{N_d} = 2.5 \times 10^{-5} \times (5 + 1.4 - 2.4) \frac{5}{10} = 3.3 \times 10^{-5} \frac{m^3}{m \times sec}$

$N_f \simeq 4.7$

۱۱۰- در این مدل، h چقدر باشد تا خاک در حال جوشش شود؟ (ک ۸۲)



الف) 231 cm

ب) 213 cm

پ) 132 cm ✓

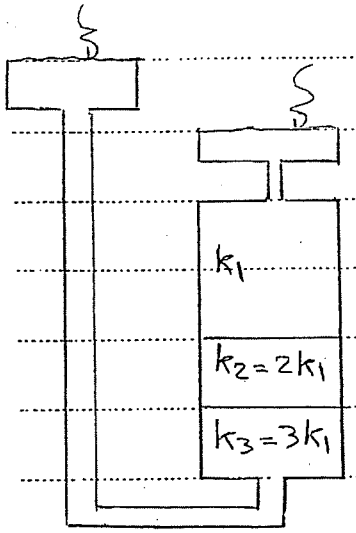
ت) 123 cm

آغاز جوشش $i = i_{cr}$

$\frac{h - 60}{60} = \frac{2.2 - 1}{1} \Rightarrow h = 132\ cm$

---

۱۱۱) در پروفیل خاک (ک ۸۲) $\gamma_{sat}=20\ kN/m^3$ است. سوم
خواسته می‌شود تنش مؤثر در مرز لایه دوم و
الف) $30\ kN/m^2$ ب) $15\ kN/m^2$
پ) 12.35 " ت) 10.5 "



$q_1=q_2=q_3 \rightarrow \Delta h_1=\Delta h_2=\Delta h_3$

$$\frac{k_1 h_1}{L_1}=\frac{k_2 h_2}{L_2}=\frac{k_3 h_3}{L_3}$$

$$\frac{k_1 h_1}{2}=\frac{2k_1 h_2}{1}=\frac{3k_1 h_3}{1} \rightarrow h_1=4h_2=6h_3 \quad (A)$$

$$h_1+h_2+h_3=2m \quad (B) \xrightarrow{A,B} 6h_3+\frac{6}{4}h_3+h_3=2m$$

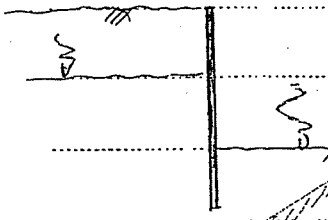
$$h_3=\frac{2}{8.5}=0.235\ m$$

$$\sigma=(1\times 10)+(2+1)\times 20=70\ kN/m^2$$

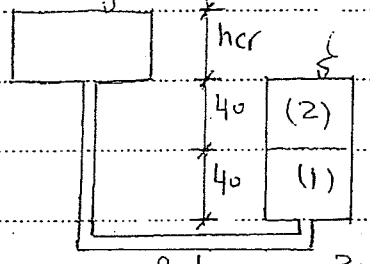
$$u=(6-0.235)\times 10=57.65\ kN/m^2$$

$$\sigma'=70-57.65=12.35\ kN/m^2$$

۱۱۲- در رسم شبکه جریان دوسوی یک سپر، کدام گزینه اگر گذار است؟ (ک ۸۳)
الف) تراوایی خاک ب) اختلاف تراز دوسوی سپر
پ) زاویه ستگ بستر نا تراوای کم ژرفا ت) هر سه



۱۱۳- اگر زمینه یارانه‌ای در لایه یکم و ۸۰٪ در لایه دوم نادیده گرفته شود، خواسته می‌شود کمینه مقدار h_{cr} تا خاک دوم ناپایدار نشود.
(ک ۸۳)



$\gamma_{sat}=20\ kN/m^3$
$\gamma_w=10\ kN/m^3$

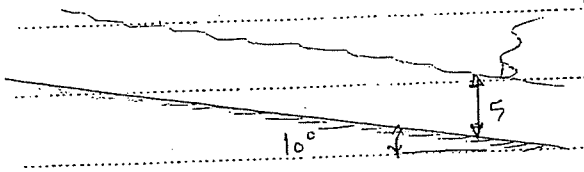
الف) 40cm
ب) 50cm
پ) 53.3
ت) 66.6

$$i=i_{cr} \rightarrow \frac{0.80 h_{cr}}{40}=\frac{20-10}{10} \rightarrow h_{cr}=50\ cm$$

پ) ۳۳-۷

۱۱۴- خواسته می‌شود دبی آب تراوش یافته از یک متر بعد سوم (ک ۸۳)

الف) 2 lit/s ب) 2.5 lit/s پ) 3 lit/s ت) 3.5 lit/s



$q = kiA = 4.03\times10^{-3} \times \sin 10^\circ \times 5.6\times10\times1$

$= 3.44\times10^{-3} \frac{m^3}{m\times sec} = 3.44 \frac{lt}{m\times sec}$

۱۱۵- اگر در اثر مویینگی آب زیرزمینی از رویه A-A به رویه B-B می‌رود سطح آب در رویه X-X ..... (ک ۸۴)

الف) فشار آب میان راهنمای کاسته می‌شود. B

ب) فشار آب میان راهنمای افزوده می‌شود. A

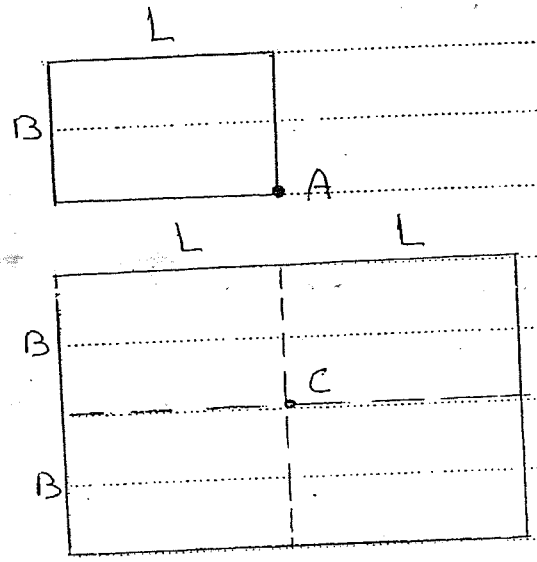
پ) تنش مؤثر کاسته می‌شود. X

ت) تنش مؤثر افزوده می‌شود. ✓

افزایش به اندازه $H(\gamma_{sat}-\gamma)$ خواهد بود.

۱۱۶- حوضچه‌ی نگاه‌دارنده زیر بار قائم P هستند، خواسته می‌شود $\frac{\Delta\sigma_{zA}}{\Delta\sigma_{zC}}$ برای ژرفای z زیر پی‌ها (ک ۸۴)

الف) 0.25 ب) 1 پ) 2 ت) 4



$\Delta\sigma_{zA} = q_1 I_1 = \frac{P}{L\times B} I_1$

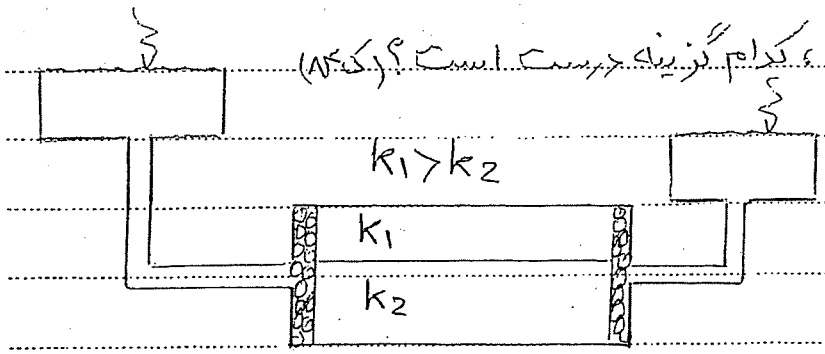
$\Delta\sigma_{zC} = q_2 I_2$

$\Delta\sigma_{zC} = \frac{P}{2L\times 2B} \times 4 I_1 = \frac{P}{L\times B} I_1$

$\frac{\Delta\sigma_{zA}}{\Delta\sigma_{zC}} = 1$

ب)

۱۱۷- برای نگاره داده شده، کدام گزینه درست است؟ (ک ۸۴)



الف) $i_2 > i_1$ و $\gamma_{w_1} > \gamma_{w_2}$

ب) $i_2 > i_1$ و $\gamma_{w_2} > \gamma_{w_1}$

ج) $i_1 = i_2$ $\gamma_{w_2} > \gamma_{w_1}$

ت) $i_1 = i_2$ ✓ $\gamma_{w_1} > \gamma_{w_2}$

۱۱۸- Quicksand در کدام یک رخ می دهد؟ (ک ۸۵)

الف) گذر رو به پایین آب در ماسه سیرآب و $i > 1$

ب) گذر رو به بالای آب در ماسه سیرآب و $i = 1$ ✓

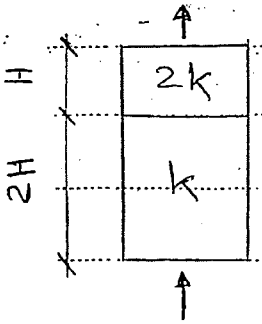
ج) گذر رو به بالای آب در ماسه سیرآب و $i < 1$

ت) گذر رو به بالای آب در ماسه سیرآب و $i > 1$ $i_{cr} \simeq 1$

$i = i_{cr}$ Quicksand $\longrightarrow i > i_{cr}$ boiling $\longrightarrow i \gg i_{cr}$ piping

---

۱۱۹- باروی راست به نگاره خواسته می شود، درصد افت بار آبی در لایه کلفت (ک ۸۵)



الف) 20٪ ب) 50٪ ج) 75٪ ت) 80٪ ✓

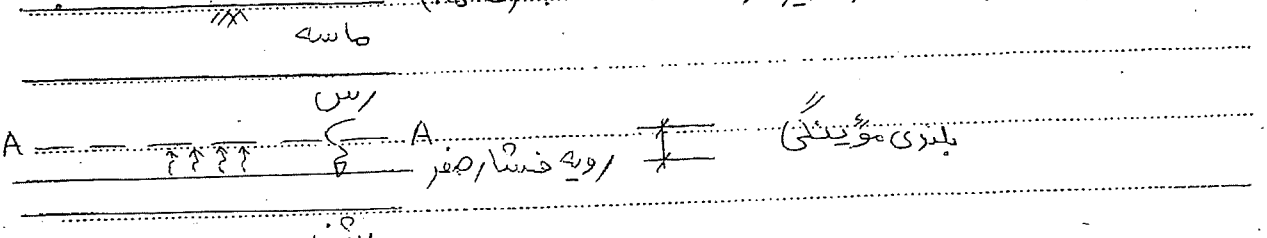
لایه پایین دو برابر ستبرتر و دو برابر تراواتر است، پس

افت آن 4 برابر لایه بالایی است (20٪ به 80٪)

جانم قربان میهن
و هرچه در آن می باشد، قربانش
هرچه از گل و خار
در آن می روید، قربانش
(جمشید شیبانی)

canım vətənə qurban
onda yetənə qurban
onda güldən, tikandan
Hər nə bitənə qurban
(Şeybani)

۱۲۰ - کدام گزینه برای نگاره زیر درست است؟ (ک ۸۵)



الف) پدیدآمدن مؤینگی، تنش مؤثر لایه شن را می‌افزاید.

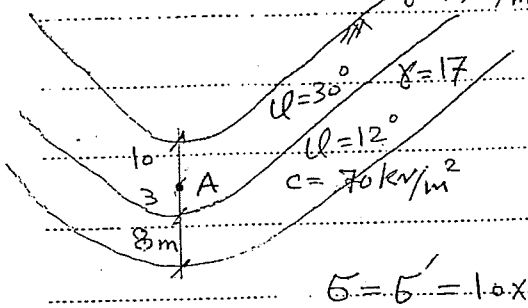
ب) " " " " ، اثری بر تنش مؤثر لایه‌های زیر رویه فشار صفر ندارد.

پ) " " " " ، تنش مؤثر همه لایه‌های زیر A-A را می‌کاهد.

ت) " " " " ، رس را می‌کاهد و شن را می‌افزاید.

خیز آب مؤینگی در شن را می‌افزاید ولی در رس آن ثابت می‌ماند، پس می‌یابد کاهش

۱۲۱ - کدام گزینه برای نگاره زیر درست است؟ (ک ۸۵)



الف) $\sigma_h \geq 75\ kN/m^2$ ✓ ب) $\sigma_h < 75\ kN/m^2$

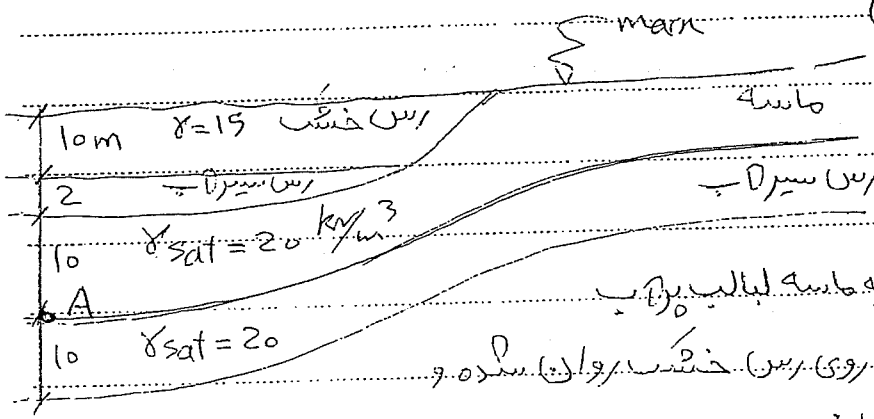
پ) $\sigma_h = 75\ kN/m^2$ ت) نمی‌توان چیزی گفت

$\sigma = \sigma' = 10 \times 15 = 150\ kN/m^2$ ، $k_0 = 1 - \sin 30^\circ = 0.50$

$\sigma_h = 150 \times 0.50 = 75\ kN/m^2$ باروی دانشگاه به سمت دامنه‌ها

σ_h بزرگتر از $75\ kN/m^2$ خواهد شد.

۱۲۲ - در زمین نگاره زیر بارندگی بیشتر است، خواسته می‌شود کمینه تنش مؤثر در نقطه A (ک ۸۸)



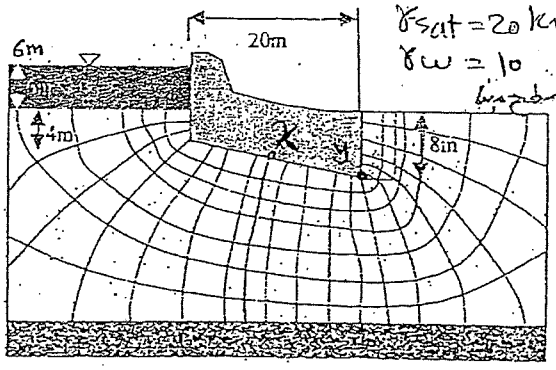
★ به هنگام بارندگی، لایه ماسه لبالب از آب می‌شود و اگر پذیریم که از روی رس خشک روان شده و از آن جدا می‌شود، می‌توانیم بنویسیم:

$\sigma_A = (10 \times 15) + (2 \times 20) + (10 \times 20) = 390\ kN/m^2$

$u_{A\,max} = (10 + 2 + 10) \times 10 = 220\ kN/m^2$

$\sigma'_{A\,min} = 390 - 220 = 170\ kN/m^2$ ۷-۳۵ ب)

۱۲۳- پاروی راست به نگاره خواسته می‌شود، فشار آب در نقطه x و ضریب ایمنی در برابر جوشش برای نقطه y (ک ۸۶)



$\gamma_{sat} = 20\ kN/m^3$
$\gamma_w = 10$ "

الف) $F=4$ ، $u = 96.70\ kN/m^2$ ✓

ب) $F=8$ ، $u = 83.30$ "

پ) $F=4$ ، $u = 83.30$ "

ت) $F=8$ ، $u = 96.70$ "

اگر چهارضلعی‌ها را مربع بپذیریم:

$$u_x = 10\left[\left(6 - 7\times\frac{6}{18}\right) - (-6)\right] = 96.7\ kN/m^2$$

$$F_{s_y} = \frac{i_{cr}}{i} = \frac{\frac{20-10}{10}}{\left(\frac{6}{18}\times 6\right)\div 8} = 4$$

۱۲۴- خاکدانه‌های دوگونه ماسه سره (خالص) مانند گوی (کره وار) هستند. اگر در خاک A، $D_{10} = 0.01$ و در خاک B، $D_{10} = 0.002\ cm$ باشد، کدام گزینه درست خواهد بود. (ک ۸۷)

الف) خاک A نزدیک به ۵ برابر خاک B تراوایی دارد.

ب) چون خاکدانه‌ها مانند گوی هستند، پس در هر دو خاک n (پوکی) برابر هم هستند و تراوایی خاک‌ها برابر هم خواهد بود.

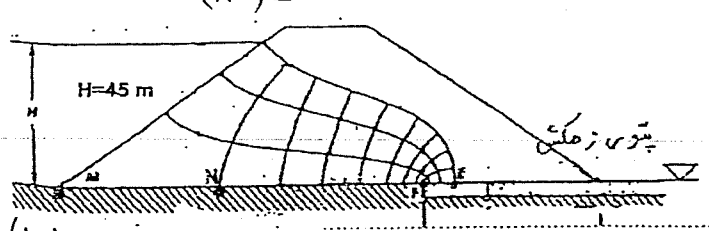
پ) چون از درهم فشردگی خاکها، آگاهی در دست نیست، پس نمی‌توان در پیوند با تراوایی آن‌ها سخن گفت.

ت) خاک A نزدیک به 25 برابر خاک B تراوایی دارد. ✓

بر پایه دیدگاه هازن برای ماسه‌های نزدیک به یکنواخت می‌توان نوشت:

$$k = c D_{10}^2 \longrightarrow \frac{k_A}{k_B} = \frac{c\times D_{10A}^2}{c\times D_{10B}^2} = \frac{(0.01)^2}{(0.002)^2} = 5^2 = 25$$

۱۲۵- پاروی راست به نگاره، خواسته می‌شود فشار آب در نقطه N. اگر تراوایی پدنه بند خاکی افزایش یابد، فشار آب نقطه N چه دگرشی خواهد داشت؟ ($\gamma_w = 10\ \frac{kN}{m^3}$) (ک ۸۷)



الف) 405 kpa — دگرشی نمی‌یابد

ب) 400 kpa — دگرشی نمی‌یابد ✓

پ) 405 kpa — افزایش می‌یابد

ت) 400 kpa — افزایش می‌یابد

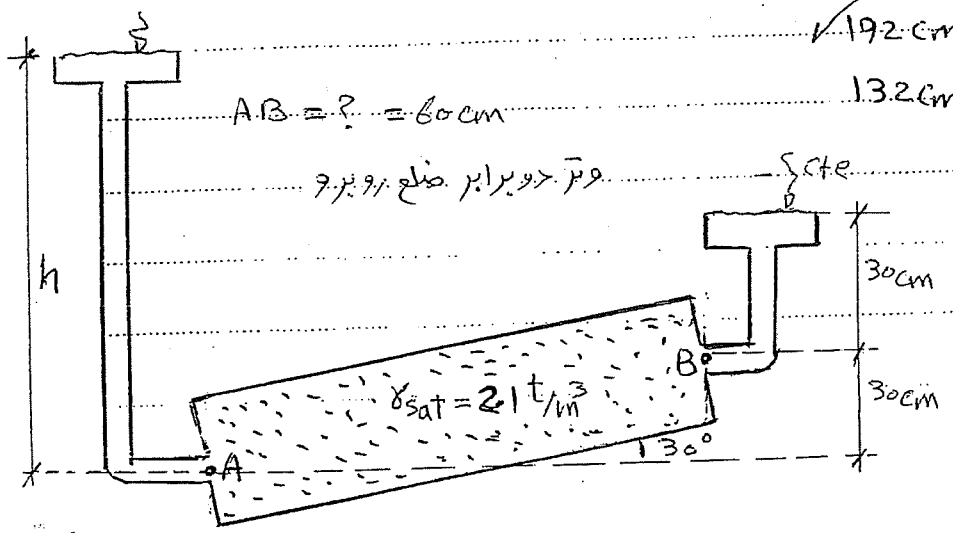
محاسبه با تراوایی پیوندی ندارد $u_N = 10\left[(4.5 - 1\times\frac{4.5}{9}) - 0\right] = 400\ kpa$

ب) ۳۶-۷

ب) ۳۶-۷

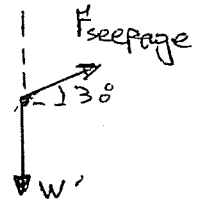
۲۶- باروی راست به دیواره و خاکریز خواسته می‌شود اندازه h تا ماسه روان گونه گردد. (ک ۸۷)

الف) 126 cm ب) 192 cm ✓ پ) 186 cm ت) 132 cm



وتر دو برابر ضلع روبرو ... $\gamma_{sat} = 2.1\ t/m^3 = 2.1\ gr/cm^3$ ... {cte

اگر مؤلفه قائم نیروی تراوش به وزن غوطه‌ور خاک درون لوله خنثی شود، ماسه روان گونه خواهد شد:



$$W' = F_{seepage} \times \sin 30^\circ$$

$$\therefore V \times \gamma' = i \gamma_w V \sin 30^\circ$$

$$\gamma' = \frac{h-60}{60} \gamma_w \sin 30^\circ$$

$$2.1 - 1 = \frac{h-60}{60} \times 1 \times \frac{1}{2} \rightarrow h = 192\ cm$$

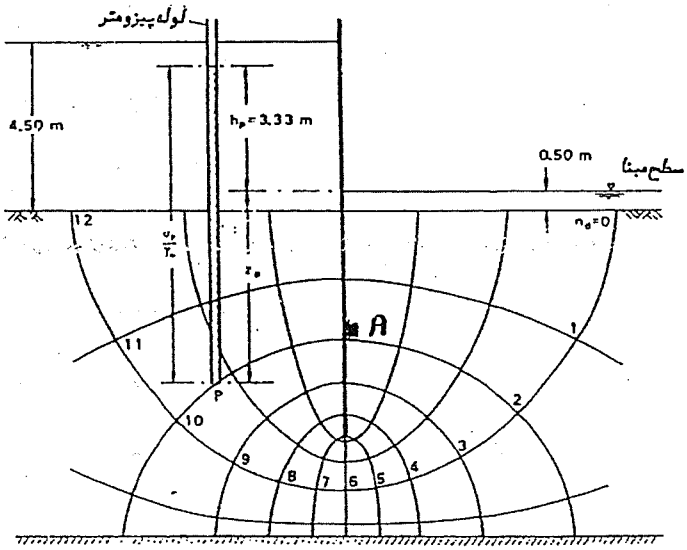
۲۷- در زمین خاکریز زیر، A در رسی 3.4 متری زمین است. روی آب پشت سپر، چه اندازه بایستی بالا برود تا $\sigma'_A = 0$ شود؟ $\gamma_w = 10$ و $\gamma_{sat} = 20\ kN/m^3$ (ک ۸۸)

الف) 36.8 متر

ب) 12.4 متر

پ) 16.4 متر

ت) 8.6 متر



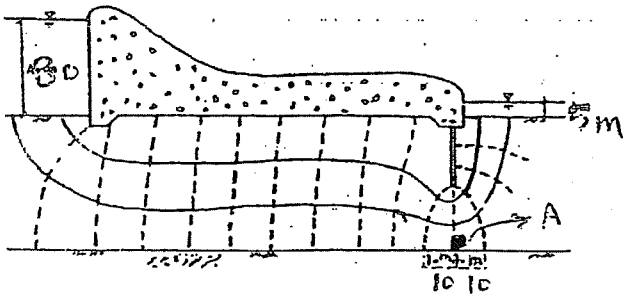
$$\sigma_A = (0.5 \times 10) + (3.4 \times 20) = 73\ kN/m^2$$

$$u_A = 10\left[\left(h - \frac{10}{12}h\right) - \left(-(3.4+0.5)\right)\right] = 39 + \frac{10}{6}h$$

$$\sigma'_A = 0 \Rightarrow 39 + \frac{10}{6}h = 73 \Rightarrow h = 20.4\ m \Rightarrow \Delta h = 20.4 - 4 = 16.4\ m$$

ب ۲۷-۷

۲۸- در زمین نگاره زیر، $k = 8\times10^{-4}$ m/sec و $n = 50\%$ است. خواسته می‌شود سرعت جریان آب در نقطه A



۱) 0.02 cm/sec

۲) 0.04 "

۳) 0.06 "

۴) 0.08 " ✓

$\Delta h = \frac{80-5}{15} = 5m \rightarrow i = \frac{\Delta h}{\Delta L} = \frac{5}{10} = 0.50$

$V = ki = 8\times10^{-4} \times 0.50 = 4\times10^{-4}$ m/sec $= 4\times10^{-2}$ cm/sec

$V_s = \frac{v}{n} = \frac{4\times10^{-2}}{0.5} = 8\times10^{-2}$ cm/sec

اگر منظور طراح از «سرعت جریان» discharge velocity باشد، گزینه دوم و اگر منظور seepage velocity باشد، (سرعت تراوش) گزینه چهارم درست است!

ادامه از صفحه ب) ۱-۵

۷- پس از داستان بافی در رابطه با شاهزاده ساسانی (شهربانو) و ازدواج او با امام حسین، نتیجه می‌گیرد که «بدون تردید اعتقاد اصالت خون و نژاد ایرانیان قبل از اسلام، در پذیرش مولای متقیان و امامان شیعه به عنوان جانشینان پیامبر (ص) نقش مؤثری داشته است»!! یعنی شیعه نژادپرست همسو با راسیستها نه شیعه عدالت‌خواه و ظلم‌ستیز

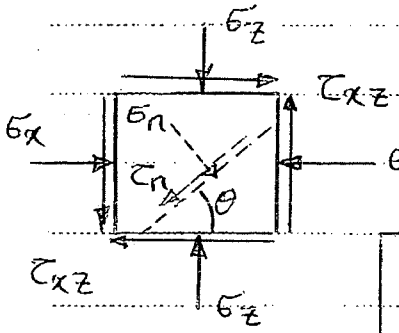
۸- در شماره ۷۵، با عکس روی جلد معنی دار، از کشتار ۱/۵ میلیون ارمنی می‌نویسد، بی آنکه از همکاری نظامی دسته‌های ارمنی با سپاه فرانسه و روسیه در اشغال عثمانی و فجایع آنها چیزی گفته شود.

۹- در شماره ۷۶، از عزاداری در مسجد کبود! ایروان (مثل ۹۵۷ مسجد تبریز که مسجد کبود شده) می‌نویسد. بی آنکه اشاره کند، یکصد سال پیش این شهر با ۷۵ درصد مردم مسلمان یک شهر پر از مساجد بوده و امروزه یک نفر مسلمان بومی در این شهر وجود ندارد و آن مسجد تاریخی را دولت ایران بازسازی کرده است. مردم مسلمان شهر در جهت منافع کلی روسیه و اشغالگری ارمنستان توسط راسیستها کشته شده اند و در بدر گردیده اند.

(بقیه در الف) ۳۴-۹)

تنش در خاک

اگر خاک را همگن بپذیریم و نیروهای وارده به آن خیلی از نیروهای گسیختگی کوچکتر باشند، آنگاه خواهیم توانست رفتار آنرا کشسان پنداشته و از روابط تئوری الاستیسیته و قانون هوک (افزایش) برای برآورد تنش در خاک بهره ببریم. بایستی دانست که خاک به راستی همگن و همسان و کشسان نیست و بهره مندی از پیشنهادهای این بخش با ±2٪ خطا می تواند داشته باشد.



حالت کلی:

در المانی دو بعدی (بدون واحد) داریم:

$$\sigma_z > \sigma_x$$

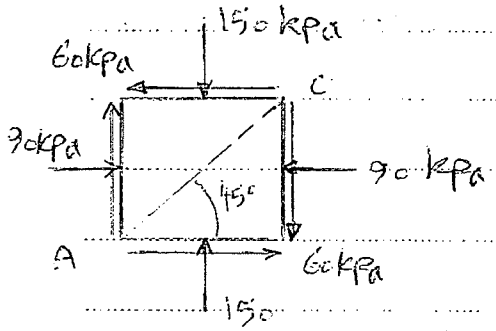
$$\sigma_n = \sigma_x \sin^2\theta + \sigma_z \cos^2\theta + \tau_{xz} \sin 2\theta$$

$$\sigma_n = \frac{\sigma_z + \sigma_x}{2} + \frac{\sigma_z - \sigma_x}{2} \cos 2\theta + \tau_{xz} \sin 2\theta$$

$$\tau_n = \sigma_z \sin\theta \cos\theta - \sigma_x \sin\theta \cos\theta - \tau_{xz}(\cos^2\theta - \sin^2\theta)$$

$$\tau_n = \frac{\sigma_z - \sigma_x}{2} \sin 2\theta - \tau_{xz} \cos 2\theta$$

- باروی راست به شکل، خواسته می شود σ_n و τ_n در صفحه AC



$$\sigma_n = 30 \sin^2 45^\circ + 150 \cos^2 45^\circ + (-60 \sin(2 \times 45^\circ))$$

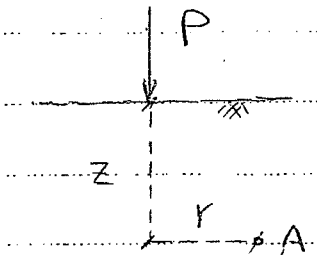
$$\sigma_n = 60 \text{ kpa}$$

$$\tau_n = \left(\frac{150 - 90}{2}\right) \sin 90^\circ - (-60 \cos 90^\circ) = 30 \text{ kpa}$$

افزایش تنش در خاک زیر اثر بار نقطه‌ای

الف) روش بوسینسک

بوسینسک با بهره‌مندی از تئوری الاستیسیته و با پذیرش خاک به‌سان توده‌ای همگن، همسان و گسسته، افزایش تنش در خاک را برای بار نقطه‌ای حساب کرد.



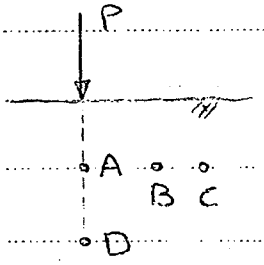
$$\Delta\sigma_{zA} = \frac{3P}{2\pi} \times \frac{z^3}{(r^2+z^2)^{2.5}}$$

$$\Delta\sigma_{zA} = \frac{P}{z^2}\left[\frac{3}{2\pi\left[\left(\frac{r}{z}\right)^2+1\right]^{2.5}}\right] = \frac{P}{z^2}\cdot I$$

$r=0 \Rightarrow \Delta\sigma_{zA} = \frac{3P}{2\pi z^2}$

$\frac{r_1}{z_1} = \frac{r_2}{z_2} \Downarrow I_1 = I_2$

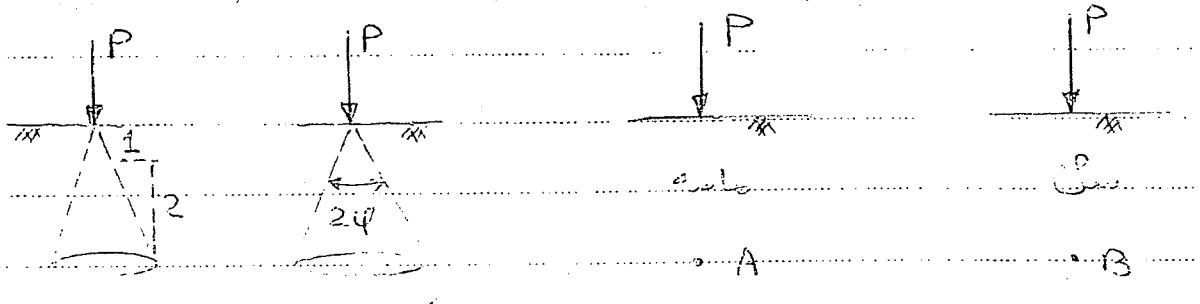
- با افزایش z، از افزایش تنش ... کاسته می‌شود.
- با افزایش r، از افزایش تنش کاسته می‌شود.



به تندی

$\sigma_{zA} = \sigma_{zB} = \sigma_{zC}$ ، $\sigma_{zD} < \sigma_{zA}$

$\Delta\sigma_{zA} > \Delta\sigma_{zB} > \Delta\sigma_{zC}$ ، $\Delta\sigma_{zA} \geq \Delta\sigma_{zD}$



محاسبه بوسینسک بر پایه پندارهای زیر انجام گرفته است.

۱- خاک وزن ندارد.

۲- خاک بینهٔ بی‌کران، گسسته، همسان و همگن است.

۳- پیش از بار P، خاک هیچ باری را برنتافته است.

۴- دگرسانی حجم خاک ناچیز است و دانه‌های خاک درهم فشرده می‌شوند.

۵- خاک می‌تواند کرنش پیرامونی داشته باشد.

هرگاه خاک را توده‌ای گسسته بانگاریم، بایستی برای آن E و μ در نظر بگیریم که این E و μ با E و μ خاکدانه‌ها یکسان نخواهد بود. برای بدست آوردن E و μ توده خاک می‌توان از آزمایش سه آسه‌ای (سه‌محوری) و آزمایش بارگذاری صفحه (P.L.T) بهره برد.

خاک درهم فشرده E ⊲ خاک سست E خاک ماسه‌ای E ⊲ خاک رسی E

ماسه درهم فشرده μ ⊲ ماسه شل μ رس سیرابی $\mu \simeq 0.5$

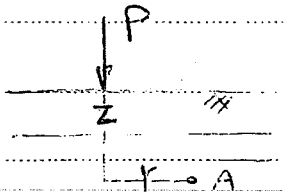
رس نیمه‌اشباع μ ⊲ رس تنک μ خاک بی‌رس μ ⊲ خاک رس‌دار μ

در خاکی که پس از بارگذاری، $\Delta V = 0$ باشد (مثلاً بارگذاری در حالت زهکشی نشده) $\mu = 0.5$ خواهد شد.

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{1-2\mu}{E}(\sigma_1+\sigma_2+\sigma_3)$$

ب) روش بوسینسک

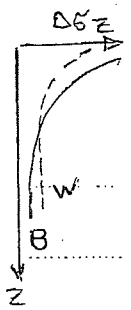
روش بوسینسک در زمین‌های لایه لایه، دست‌آورد پذیرفتنی ندارد، چون این گونه زمین‌ها همگن نیستند. دستگاره با چشم‌پوشی از تغییر شکل پیرامونی خاک و با بهره‌مندی از مدل ریاضی، برای زمین‌های لایه لایه‌ای که زیر بار نقطه‌ای هستند، پیوند زیر را نشان داد.



$$\Delta\sigma_{zA} = \frac{P}{z^2} \times \frac{1}{\pi\left[1+2\left(\frac{r}{z}\right)^2\right]^{1.5}} = \frac{P}{\pi z^2}\cdot I$$

$$r=0 \Rightarrow \Delta\sigma_{zA} = \frac{P}{\pi z^2}$$

$\frac{r_1}{z_1} = \frac{r_2}{z_2} \Downarrow I_1 = I_2$

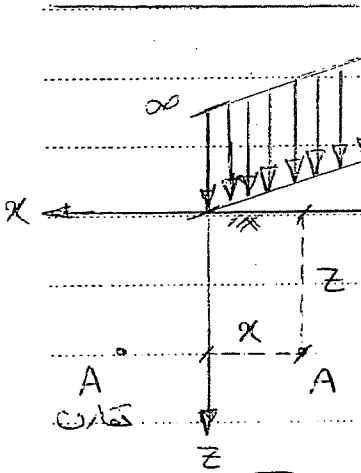


$\frac{r}{z} < 1.8 \Rightarrow \Delta\sigma_{zA}$ (بوسینسک) $> \Delta\sigma_{zA}$ (وسترگارد)

$\frac{r}{z} > 1.8 \Rightarrow$ " $<$ "

- رفتار راستین خاک، میانه روش‌های بوسینسک و وسترگارد است.
- بوسینسک و وسترگارد، هر دو خاک را کشسان پنداشته اند.
- در هر دو روش، با افزایش ج، از افزایش تنش به تدریج کاسته می‌شود و به گستره دیگر، خم‌های هم فشار، در نزدیکی بار به هم نزدیکتر هستند و با دور شدن از بار، از هم دور می‌شوند.
- در نقاط زیر بار ($r=0$) روش بوسینسک 1.5 بار بیشتر از روش وسترگارد، افزایش تنش نشان می‌دهد.

افزایش تنش در خاک زیر اثر بار خطی:

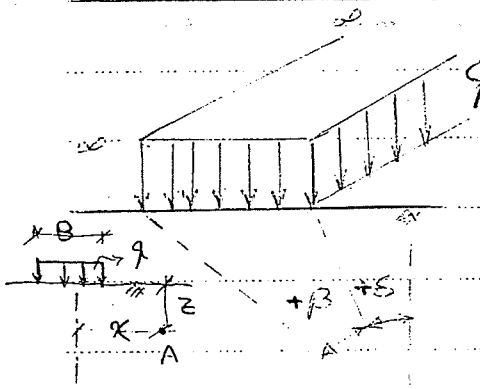


$$\Delta\sigma_{zA} = \frac{2q}{\pi z\left[\left(\frac{x}{z}\right)^2+1\right]^2} = \frac{q}{z}\cdot I$$

- بارنواری کم پهنا و دراز را می‌توان خطی انگاشت.
- بارنواری کم پهنا و کم درازا را می‌توان چند بار نقطه‌ای پخش کرد و یا بهره‌مندی از جمع آثار، افزایش تنش در خاک را حساب کرد.

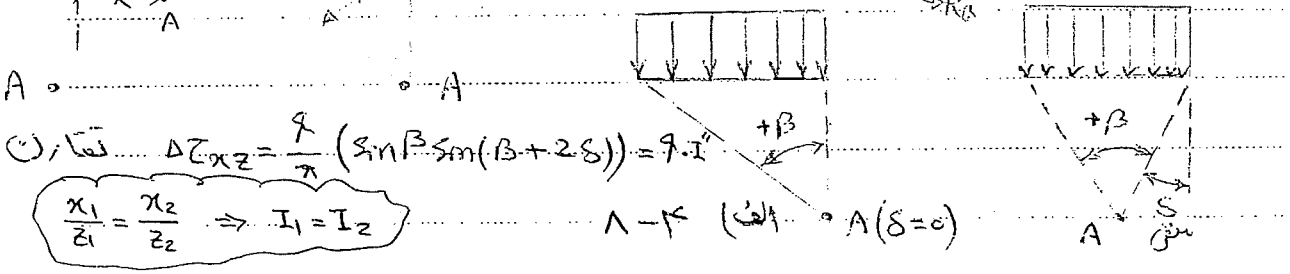
$\frac{x_1}{z_1} = \frac{x_2}{z_2} \Rightarrow I_1 = I_2$

افزایش تنش در خاک زیر اثر بار نواری



$$\Delta\sigma_{zA} = \frac{q}{\pi}\left[\beta + \sin\beta\cos(\beta+2\delta)\right] = q\cdot I$$

$$\Delta\sigma_{xA} = \frac{q}{\pi}\left[\beta - \sin\beta\cos(\beta+2\delta)\right] = q\cdot I'$$

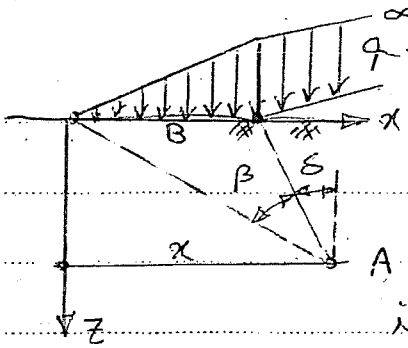


الف) ۸-۴

ب) تقارن $\Delta\sigma_{xz} = \frac{q}{\pi}\left(\sin\beta\sin(\beta+2\delta)\right) = q\cdot I''$

$\frac{x_1}{z_1} = \frac{x_2}{z_2} \Rightarrow I_1 = I_2$

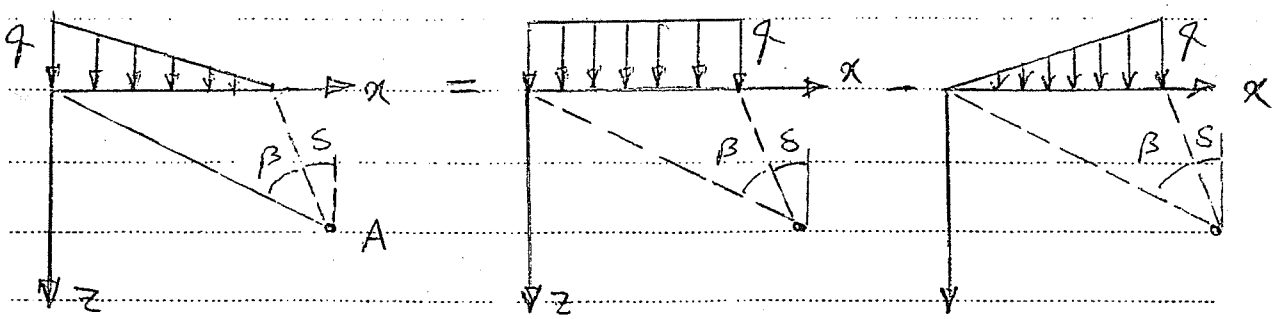
افزایش تنش در خاک، زیر اثر بار نواری مثلثی



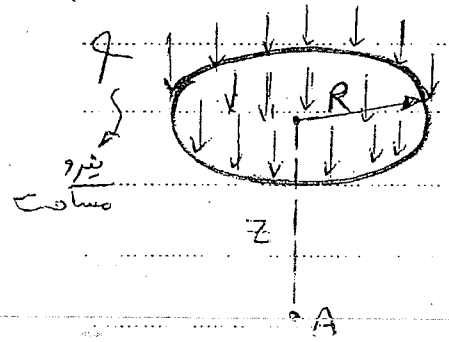
$$\Delta\sigma_{zA} = \frac{q}{\pi}\left(\frac{x}{B}\cdot\beta - \frac{1}{2}\sin 2\delta\right)$$

R_a

- میتوری داشت به نگاره‌های صفحه گذشته می‌تواند صفر یا منفی هم باشد.



افزایش تنش در خاک، زیر لبهٔ بارگسترده دایره‌ای (در راستای z مرکز دایره)

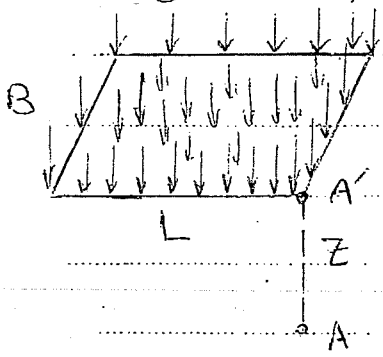


$$\Delta\sigma_{zA} = q\left[1 - \frac{1}{\left[\left(\frac{R}{z}\right)^2+1\right]^{1.5}}\right] = q\cdot I$$

$$R=\infty \Rightarrow \Delta\sigma_{zA} = q$$

$$\frac{R_1}{z_1} = \frac{R_2}{z_2} \Rightarrow I_1 = I_2$$

افزایش تنش در خاک، زیر یکی از گوشه‌های بارگسترده مستطیلی



$$\left(\frac{B_1}{z_1} = \frac{B_2}{z_2}\right), \left(\frac{L_1}{z_1} = \frac{L_2}{z_2}\right) \Rightarrow I_1 = I_2$$

$$\Delta\sigma_{zA} = q\cdot I$$

$$I = \frac{1}{4\pi}\left[\frac{2mn\sqrt{m^2+n^2+1}}{m^2+n^2+m^2n^2+1}\left(\frac{m^2+n^2+2}{m^2+n^2+1}\right) + \operatorname{Arctg}\left(\frac{2mn\sqrt{m^2+n^2+1}}{m^2+n^2-m^2n^2+1}\right)\right]$$

R_a (الف) ۵-۸

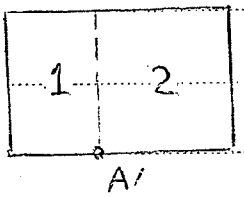
$m = \frac{B}{z}$ یا $\frac{L}{z}$

$n = \frac{L}{z}$ یا $\frac{B}{z}$

- به هنگام محاسبه I ، اگر در درون گروشه Arctg ، عددی شد بایستی عدد π (3.14) نیز به درون گروشه افزوده شود.

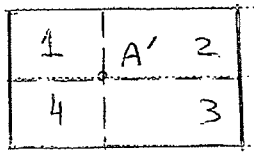
- I را می‌توان از آرایه‌ای (جدولی) که بر پایه همین پیوندها سامان یافته است، بدست آورد.

- اگر نقطه A در زیر یکی از گوشه‌های مستطیل جای نگیرد، می‌توان مستطیل را به چند مستطیل دیگر برش داد و به گونه‌ای کار را سامان داد که نقطه A در زیر گوشه چند مستطیل جای گیرد و سپس با بهره‌مندی از اصل جمع آثار، I را حساب کرد.



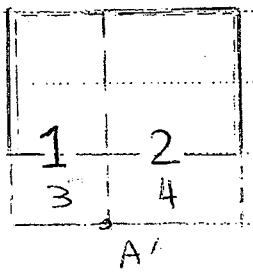
$\Delta\sigma_{zA} = \Delta\sigma_{zA1} + \Delta\sigma_{zA2}$

$\Delta\sigma_{zA} = q(I_1 + I_2)$ q- شدت بار یکنواخت



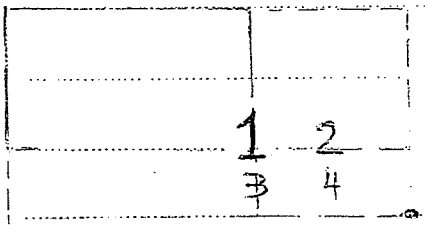
$\Delta\sigma_{zA} = \Delta\sigma_{zA1} + \dots + \Delta\sigma_{zA4}$

$\Delta\sigma_{zA} = q(I_1 + \dots + I_4)$ شدت بار یکنواخت



$\Delta\sigma_{zA} = \Delta\sigma_{zA1} + \Delta\sigma_{zA2} - \Delta\sigma_{zA3} - \Delta\sigma_{zA4}$

$\Delta\sigma_{zA} = q(I_1 + I_2 - I_3 - I_4)$ q- شدت بار یکنواخت



$\Delta\sigma_{zA} = \Delta\sigma_{zA1} - \Delta\sigma_{zA2} - \Delta\sigma_{zA3} + \Delta\sigma_{zA4}$

$\Delta\sigma_{zA} = q(I_1 - I_2 - I_3 + I_4)$

q- شدت بار یکنواخت

I camputing for rectangular loading in elastic soil

n=L/Z \ m=B/Z	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8	4.0	4.2	4.4	4.6	4.8	5.0
0.1	0.0092	0.0168	0.0222	0.0258	0.0279	0.0293	0.0301	0.0306	0.0309	0.0311	0.0312	0.0313	0.0314	0.0315	0.0315	0.0315	0.0315	0.0316	0.0316	0.0316	0.0316	0.0316	0.0316	0.0316	0.0316
0.2	0.0179	0.0328	0.0435	0.0504	0.0547	0.0573	0.0589	0.0599	0.0606	0.0610	0.0613	0.0615	0.0616	0.0617	0.0618	0.0618	0.0619	0.0619	0.0619	0.0619	0.0620	0.0620	0.0620	0.0620	0.0620
0.3	0.0259	0.0474	0.0629	0.0731	0.0794	0.0832	0.0856	0.0871	0.0880	0.0887	0.0891	0.0894	0.0896	0.0897	0.0898	0.0899	0.0900	0.0900	0.0900	0.0901	0.0901	0.0901	0.0901	0.0901	0.0901
0.4	0.0328	0.0602	0.0801	0.0931	0.1013	0.1063	0.1094	0.1114	0.1126	0.1134	0.1140	0.1144	0.1146	0.1148	0.1150	0.1151	0.1151	0.1152	0.1152	0.1153	0.1153	0.1153	0.1153	0.1154	0.1154
0.5	0.0387	0.0711	0.0947	0.1103	0.1202	0.1263	0.1300	0.1324	0.1339	0.1350	0.1356	0.1361	0.1364	0.1367	0.1368	0.1370	0.1371	0.1371	0.1372	0.1372	0.1373	0.1373	0.1373	0.1373	0.1374
0.6	0.0436	0.0801	0.1069	0.1247	0.1360	0.1431	0.1475	0.1503	0.1521	0.1533	0.1541	0.1546	0.1550	0.1553	0.1555	0.1557	0.1558	0.1559	0.1559	0.1560	0.1560	0.1561	0.1561	0.1561	0.1561
0.7	0.0473	0.0873	0.1166	0.1365	0.1491	0.1570	0.1620	0.1652	0.1672	0.1686	0.1695	0.1701	0.1706	0.1709	0.1711	0.1713	0.1714	0.1715	0.1716	0.1717	0.1717	0.1718	0.1718	0.1718	0.1718
0.8	0.0504	0.0931	0.1247	0.1461	0.1598	0.1684	0.1739	0.1774	0.1797	0.1812	0.1822	0.1829	0.1834	0.1838	0.1841	0.1843	0.1844	0.1845	0.1846	0.1847	0.1848	0.1848	0.1848	0.1849	0.1849
0.9	0.0526	0.0977	0.1311	0.1537	0.1684	0.1777	0.1836	0.1874	0.1899	0.1916	0.1927	0.1934	0.1940	0.1944	0.1947	0.1949	0.1951	0.1952	0.1953	0.1954	0.1955	0.1956	0.1956	0.1956	0.1956
1.0	0.0547	0.1013	0.1360	0.1598	0.1752	0.1851	0.1914	0.1955	0.1981	0.1999	0.2012	0.2020	0.2026	0.2031	0.2034	0.2036	0.2038	0.2040	0.2041	0.2042	0.2042	0.2043	0.2043	0.2044	0.2044
1.1	0.0562	0.1041	0.1400	0.1646	0.1807	0.1911	0.1977	0.2020	0.2049	0.2068	0.2081	0.2090	0.2097	0.2102	0.2106	0.2108	0.2110	0.2111	0.2113	0.2113	0.2114	0.2115	0.2115	0.2116	0.2116
1.2	0.0573	0.1063	0.1431	0.1684	0.1851	0.1958	0.2028	0.2073	0.2103	0.2124	0.2138	0.2147	0.2154	0.2159	0.2163	0.2166	0.2168	0.2170	0.2171	0.2172	0.2173	0.2174	0.2174	0.2175	0.2175
1.3	0.0582	0.1080	0.1456	0.1715	0.1886	0.1997	0.2069	0.2116	0.2148	0.2169	0.2184	0.2194	0.2201	0.2207	0.2211	0.2214	0.2216	0.2218	0.2219	0.2220	0.2221	0.2222	0.2222	0.2223	0.2223
1.4	0.0589	0.1094	0.1475	0.1739	0.1914	0.2028	0.2102	0.2151	0.2184	0.2206	0.2221	0.2232	0.2240	0.2246	0.2250	0.2253	0.2256	0.2257	0.2259	0.2260	0.2261	0.2262	0.2262	0.2263	0.2263
1.5	0.0595	0.1105	0.1490	0.1758	0.1936	0.2053	0.2129	0.2179	0.2213	0.2236	0.2252	0.2264	0.2272	0.2278	0.2282	0.2286	0.2288	0.2290	0.2292	0.2293	0.2294	0.2295	0.2295	0.2296	0.2296
1.6	0.0599	0.1114	0.1503	0.1774	0.1955	0.2073	0.2151	0.2202	0.2237	0.2261	0.2278	0.2289	0.2298	0.2304	0.2309	0.2312	0.2315	0.2317	0.2319	0.2320	0.2321	0.2322	0.2323	0.2323	0.2324
1.7	0.0603	0.1120	0.1513	0.1786	0.1969	0.2090	0.2169	0.2222	0.2257	0.2282	0.2299	0.2311	0.2320	0.2326	0.2331	0.2335	0.2337	0.2340	0.2341	0.2343	0.2344	0.2345	0.2345	0.2346	0.2346
1.8	0.0606	0.1126	0.1521	0.1797	0.1981	0.2103	0.2184	0.2237	0.2274	0.2299	0.2318	0.2329	0.2338	0.2345	0.2350	0.2353	0.2356	0.2359	0.2360	0.2362	0.2363	0.2364	0.2364	0.2365	0.2366
1.9	0.0608	0.1131	0.1527	0.1805	0.1991	0.2114	0.2196	0.2250	0.2287	0.2313	0.2331	0.2344	0.2353	0.2360	0.2365	0.2369	0.2372	0.2374	0.2376	0.2378	0.2379	0.2380	0.2381	0.2381	0.2382
2.0	0.0610	0.1134	0.1533	0.1812	0.1999	0.2124	0.2206	0.2261	0.2299	0.2325	0.2343	0.2356	0.2366	0.2373	0.2378	0.2382	0.2385	0.2388	0.2390	0.2391	0.2392	0.2393	0.2394	0.2395	0.2395
2.1	0.0612	0.1137	0.1537	0.1817	0.2006	0.2131	0.2214	0.2270	0.2308	0.2335	0.2353	0.2367	0.2377	0.2384	0.2389	0.2393	0.2397	0.2399	0.2401	0.2403	0.2404	0.2405	0.2406	0.2406	0.2407
2.2	0.0613	0.1140	0.1541	0.1822	0.2012	0.2138	0.2221	0.2278	0.2316	0.2343	0.2362	0.2376	0.2386	0.2393	0.2399	0.2403	0.2406	0.2409	0.2411	0.2412	0.2414	0.2415	0.2416	0.2416	0.2417
2.3	0.0614	0.1142	0.1544	0.1826	0.2016	0.2143	0.2227	0.2284	0.2323	0.2350	0.2369	0.2383	0.2393	0.2401	0.2407	0.2411	0.2415	0.2417	0.2419	0.2421	0.2422	0.2423	0.2424	0.2425	0.2426
2.4	0.0615	0.1144	0.1546	0.1829	0.2020	0.2147	0.2232	0.2289	0.2328	0.2356	0.2376	0.2390	0.2400	0.2408	0.2414	0.2418	0.2422	0.2424	0.2426	0.2428	0.2429	0.2431	0.2432	0.2432	0.2433
2.5	0.0615	0.1145	0.1548	0.1832	0.2024	0.2151	0.2236	0.2294	0.2334	0.2361	0.2381	0.2395	0.2406	0.2414	0.2420	0.2424	0.2428	0.2430	0.2433	0.2434	0.2436	0.2437	0.2438	0.2439	0.2439
2.6	0.0616	0.1146	0.1550	0.1834	0.2026	0.2154	0.2240	0.2298	0.2338	0.2366	0.2386	0.2400	0.2411	0.2419	0.2425	0.2429	0.2433	0.2436	0.2438	0.2440	0.2441	0.2442	0.2443	0.2444	0.2445
2.7	0.0617	0.1147	0.1552	0.1836	0.2029	0.2157	0.2243	0.2301	0.2341	0.2370	0.2390	0.2404	0.2415	0.2423	0.2429	0.2434	0.2438	0.2440	0.2443	0.2444	0.2446	0.2447	0.2448	0.2449	0.2450
2.8	0.0617	0.1148	0.1553	0.1838	0.2031	0.2159	0.2246	0.2304	0.2345	0.2373	0.2393	0.2408	0.2419	0.2427	0.2433	0.2438	0.2442	0.2444	0.2447	0.2449	0.2450	0.2451	0.2452	0.2453	0.2454
2.9	0.0617	0.1149	0.1554	0.1839	0.2033	0.2162	0.2248	0.2307	0.2347	0.2378	0.2396	0.2411	0.2422	0.2430	0.2436	0.2441	0.2445	0.2448	0.2450	0.2452	0.2454	0.2455	0.2456	0.2457	0.2458
3.0	0.0618	0.1150	0.1556	0.1841	0.2034	0.2163	0.2250	0.2309	0.2350	0.2378	0.2399	0.2414	0.2425	0.2433	0.2439	0.2444	0.2448	0.2451	0.2453	0.2455	0.2457	0.2458	0.2459	0.2460	0.2461
3.1	0.0618	0.1150	0.1556	0.1842	0.2035	0.2165	0.2252	0.2311	0.2352	0.2380	0.2401	0.2416	0.2427	0.2436	0.2442	0.2447	0.2451	0.2454	0.2456	0.2458	0.2460	0.2461	0.2462	0.2463	0.2464
3.2	0.0618	0.1151	0.1557	0.1843	0.2036	0.2166	0.2253	0.2312	0.2353	0.2382	0.2403	0.2418	0.2429	0.2438	0.2444	0.2449	0.2453	0.2456	0.2459	0.2461	0.2462	0.2464	0.2465	0.2466	0.2466
3.3	0.0618	0.1151	0.1557	0.1843	0.2037	0.2167	0.2254	0.2314	0.2355	0.2384	0.2405	0.2420	0.2431	0.2440	0.2446	0.2451	0.2455	0.2458	0.2461	0.2463	0.2464	0.2466	0.2467	0.2468	0.2469
3.4	0.0619	0.1151	0.1558	0.1844	0.2038	0.2168	0.2256	0.2315	0.2356	0.2385	0.2406	0.2422	0.2433	0.2442	0.2448	0.2453	0.2457	0.2460	0.2463	0.2465	0.2466	0.2468	0.2469	0.2470	0.2471
3.5	0.0619	0.1152	0.1558	0.1845	0.2039	0.2169	0.2257	0.2316	0.2357	0.2387	0.2408	0.2423	0.2434	0.2443	0.2450	0.2455	0.2459	0.2462	0.2465	0.2467	0.2468	0.2470	0.2471	0.2472	0.2472
3.6	0.0619	0.1152	0.1559	0.1845	0.2040	0.2170	0.2257	0.2317	0.2359	0.2388	0.2409	0.2424	0.2436	0.2444	0.2451	0.2456	0.2460	0.2463	0.2466	0.2468	0.2470	0.2471	0.2472	0.2473	0.2474
3.7	0.0619	0.1152	0.1559	0.1846	0.2040	0.2171	0.2258	0.2318	0.2359	0.2389	0.2410	0.2426	0.2437	0.2446	0.2452	0.2458	0.2462	0.2465	0.2467	0.2470	0.2471	0.2473	0.2474	0.2475	0.2476
3.8	0.0619	0.1152	0.1559	0.1846	0.2041	0.2171	0.2259	0.2319	0.2360	0.2390	0.2411	0.2426	0.2438	0.2447	0.2453	0.2459	0.2463	0.2466	0.2469	0.2471	0.2472	0.2474	0.2475	0.2476	0.2477
3.9	0.0619	0.1153	0.1560	0.1847	0.2041	0.2172	0.2260	0.2319	0.2361	0.2390	0.2412	0.2427	0.2439	0.2448	0.2454	0.2460	0.2464	0.2467	0.2470	0.2472	0.2474	0.2475	0.2476	0.2477	0.2478
4.0	0.0619	0.1153	0.1560	0.1847	0.2042	0.2172	0.2260	0.2320	0.2362	0.2391	0.2412	0.2428	0.2440	0.2449	0.2456	0.2461	0.2465	0.2468	0.2471	0.2473	0.2474	0.2476	0.2476	0.2477	0.2479
4.1	0.0619	0.1153	0.1560	0.1847	0.2042	0.2173	0.2261	0.2321	0.2362	0.2392	0.2413	0.2429	0.2441	0.2449	0.2456	0.2462	0.2466	0.2469	0.2472	0.2474	0.2476	0.2476	0.2479	0.2480	0.2481
4.2	0.0620	0.1153	0.1560	0.1848	0.2042	0.2173	0.2261	0.2321	0.2363	0.2392	0.2414	0.2429	0.2441	0.2450	0.2457	0.2462	0.2466	0.2470	0.2472	0.2475	0.2476	0.2478	0.2479	0.2480	0.2481
4.3	0.0620	0.1153	0.1560	0.1848	0.2043	0.2173	0.2261	0.2321	0.2363	0.2393	0.2414	0.2430	0.2442	0.2451	0.2458	0.2463	0.2467	0.2471	0.2473	0.2475	0.2477	0.2479	0.2480	0.2481	0.2482
4.4	0.0620	0.1153	0.1561	0.1848	0.2043	0.2174	0.2262	0.2322	0.2364	0.2393	0.2415	0.2431	0.2442	0.2451	0.2458	0.2464	0.2468	0.2471	0.2474	0.2476	0.2478	0.2479	0.2481	0.2482	0.2482
4.5	0.0620	0.1153	0.1561	0.1848	0.2043	0.2174	0.2262	0.2322	0.2364	0.2394	0.2415	0.2431	0.2443	0.2452	0.2459	0.2464	0.2468	0.2472	0.2474	0.2477	0.2479	0.2480	0.2481	0.2482	0.2483
4.6	0.0620	0.1153	0.1561	0.1848	0.2043	0.2174	0.2262	0.2323	0.2364	0.2394	0.2416	0.2432	0.2443	0.2452	0.2459	0.2465	0.2469	0.2472	0.2476	0.2477	0.2479	0.2481	0.2482	0.2483	0.2484
4.7	0.0620	0.1153	0.1561	0.1848	0.2044	0.2174	0.2263	0.2323	0.2365	0.2395	0.2416	0.2432	0.2444	0.2453	0.2460	0.2466	0.2470	0.2473	0.2476	0.2478	0.2480	0.2482	0.2483	0.2484	0.2485
4.8	0.0620	0.1154	0.1561	0.1849	0.2044	0.2175	0.2263	0.2323	0.2365	0.2395	0.2416	0.2432	0.2444	0.2453	0.2460	0.2466	0.2470	0.2474	0.2476	0.2479	0.2481	0.2482	0.2483	0.2484	0.2485
4.9	0.0620	0.1154	0.1561	0.1849	0.2044	0.2175	0.2263	0.2323	0.2365	0.2395	0.2417	0.2433	0.2444	0.2454	0.2460	0.2466	0.2470	0.2474	0.2477	0.2479	0.2481	0.2482	0.2484	0.2485	0.2486
5.0	0.0620	0.1154	0.1561	0.1849	0.2044	0.2175	0.2263	0.2324	0.2366	0.2395	0.2417	0.2433	0.2445	0.2454	0.2461	0.2466	0.2471	0.2474	0.2477	0.2479	0.2481	0.2482	0.2484	0.2485	0.2486

Prepared by Farzin Paknya 97/1/31

افزایش تنش در خاک، زیر اثر بار نا بسامان (نامنظم)

برای برآورد افزایش تنش بار نابسامان از نمودار نیومارک بهره برده می‌شود. این نمودار نگاره‌ای از دایره های هم مرکز است که با زاویه‌های مرکزی برابر با هم بخش بخش شده اند و شعاع دایره ها به گونه‌ای برگزیده شده است که هر بخش بارگذاری شده، افزایش تنشی برابر با دیگر بخش‌ها، در ژرفای z مرکز دایره‌ها پدید آورد. برپایه $\frac{R}{z}$ پرسش و z نمودار، میانی محاسبه می‌شود و بر پایه آن بار نابسامان بروی نمودار نیومارک به گونه‌ای رسم می‌گردد که نقطه پرسش شونده، در مرکز دایره ها جای گیرد و سپس با برآورد شمار بخش های پوشش یافته، افزایش تنش بدست می‌آید.

برای نقطه ای در زیر مرکز دایره ای با بار یکنواخت داشتیم:

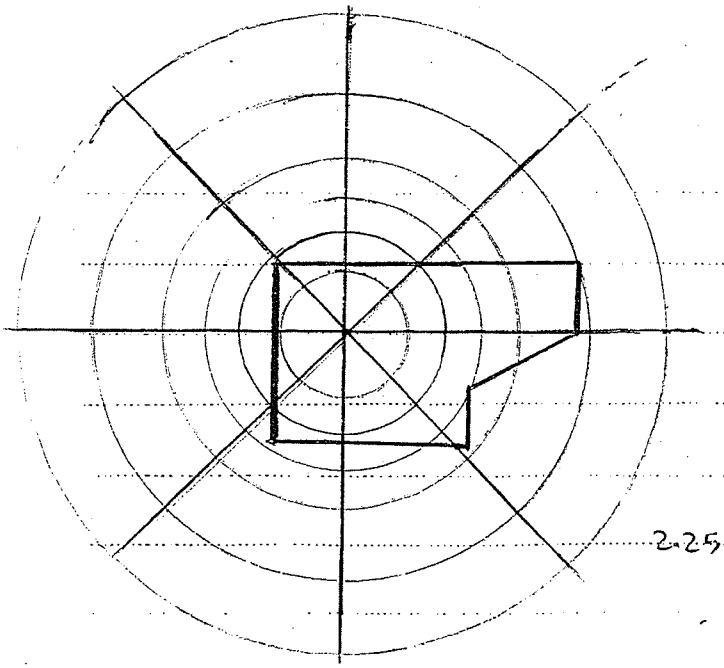
$$\Delta\sigma_{zA} = q\left(1 - \frac{1}{\left[\left(\frac{R}{z}\right)^2 + 1\right]^{\frac{3}{2}}}\right) \Rightarrow \frac{R}{z} = \sqrt{\frac{1}{\left(1 - \frac{\Delta\sigma_{zA}}{q}\right)^{\frac{2}{3}}} - 1}$$

- نمودار تأثیری (نمودار نیومارک) رسم کنید که ضریب تأثیر آن 0.0129 و ژرفای تأثیرش $4\,cm$ باشد و هرکدام از دایره ها را به 8 بخش، بخش کنید.

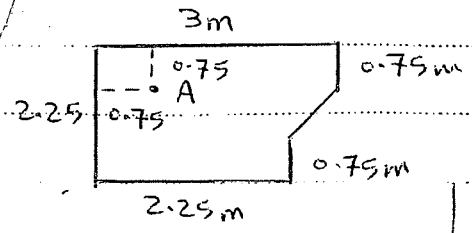
$$8 \times 0.0129 = 0.1$$

شعاع دایره ها بایستی به گونه‌ای حساب شود که اگر دایره ها با بار گسترده q بارگذاری گردد، افزایش تنش در ژرفای z مرکز دایره ها 0.1، 0.2، 0.3، ... گردد تا اثر حلقه های میانی دایره ها همواره 0.1 بیانزد و با بخش شدن به 8 بخش، اثر هر بخش 0.0129 شود.

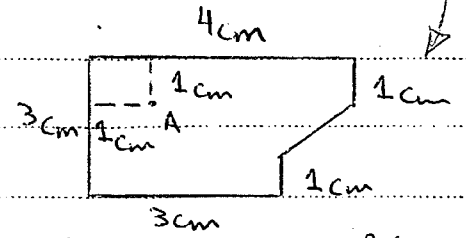
$\frac{\Delta\sigma_{zA}}{q}$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
$\frac{R}{z}$	0.27	0.4	0.52	0.64	0.76	0.92	1.1	1.4	1.9	∞
$R = 4\,cm \times \frac{R}{z}$	1.1 cm	1.6	2	2.4	3	3.7	4.4	5.5	7.6	∞



- شکل زیر پی را نشان می دهد که فشار یکنواخت زیر آن $10000 kg/m^2$ است. خواسته می شود، افزایش تنش خاک در ژرفای 3 متری نقطه A.



$$\text{مقیاس} = \frac{4cm}{300cm} = \frac{1}{75}$$

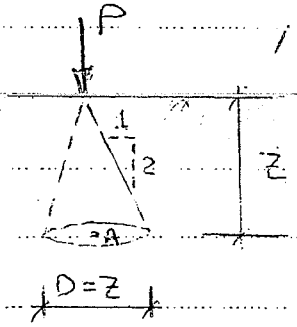


$\Delta\sigma_{zA}$ = فشار بخش‌های پوشش یافته با I_ρ × ضریب تنش بخش

$\Delta\sigma_{zA} = 17.15 \times 0.0125 \times 10000 = 2144\ kg/m^2$ مثلاً

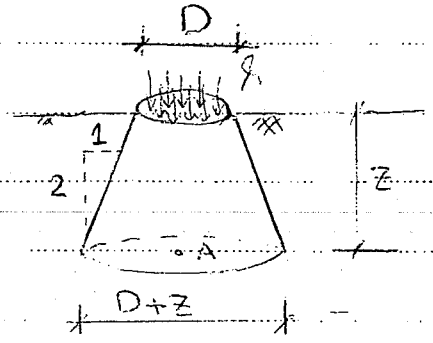
روش‌های تقریبی برای برآورد بخش بار

- بار نقطه‌ای:



$$\Delta\sigma_{zA} = \frac{P}{\frac{\pi D^2}{4}} = \frac{4P}{\pi z^2}$$

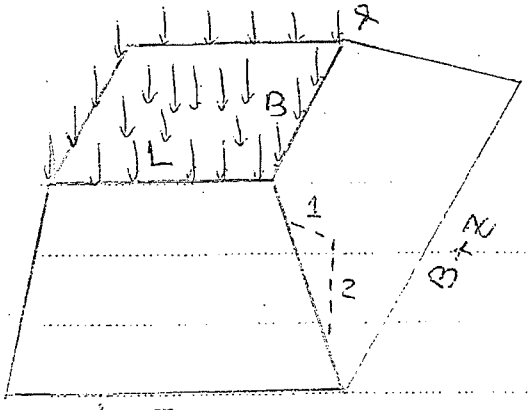
- بار دایره‌ای:



$$\Delta\sigma_{zA} = \frac{q \times \frac{\pi D^2}{4}}{\frac{\pi (D+z)^2}{4}} = \frac{q \cdot D^2}{(D+z)^2}$$

$D \to \infty \Rightarrow \Delta\sigma_{zA} = q$

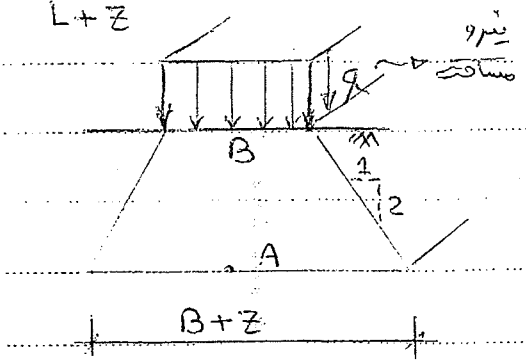
- پی مستطیلی:



$$\Delta\sigma_{zA} = \frac{q \cdot L \cdot B}{(L+z)(B+z)}$$

$L \to \infty$ ، $B \to \infty$ $\Rightarrow \Delta\sigma_{zA} = q$

- پی نواری:

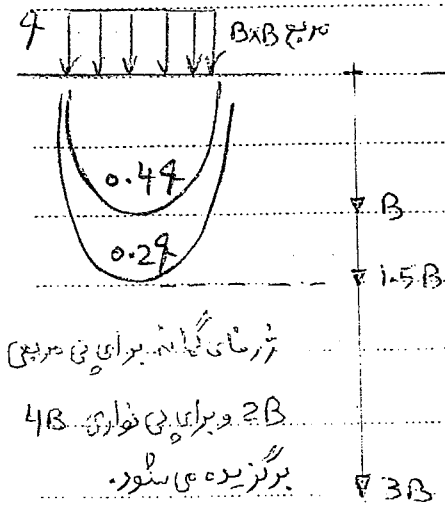


$$\Delta\sigma_{zA} = \frac{q \times B \times 1}{(B+z) \times 1}$$

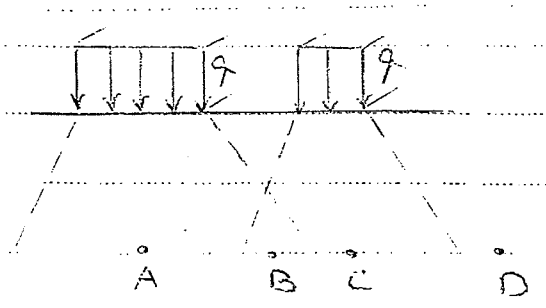
که بعد سوم واحد

- در خاکهای دانه‌ای σ با افزایش فشار پیرامونی، E بیشتر می‌شود.
- در رس‌ها با پیرآب افزایش فشار پیرامونی، E کمتر می‌شود و شدن

- پی نواری تنشهای تأثیر بیشتری در سنجش پایی تکی دارد.
- هرچه پهنای پی بیشتر شود، تنشهای تأثیر (تنشهای پذیرفتنی) بیشتر می‌شود.



- بر پایه روش 1 به 2:

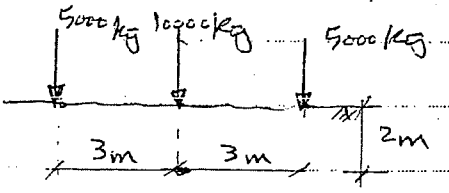


$\Delta\sigma_{zD} < \Delta\sigma_{zC} < \Delta\sigma_{zA} < \Delta\sigma_{zB}$

که هردو بر B اثر می‌گذارد

الف) ۸-۱۰

۱ـ باروی راست به شکاره، خواسته می شود افزایش تنش قائم نقطه A (روش بوسینسک)

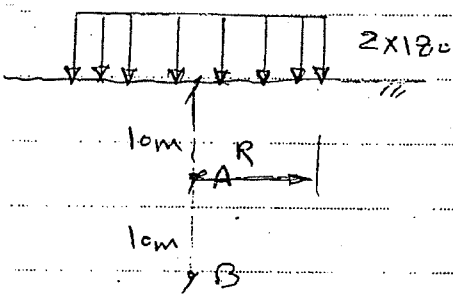


با بهره مندی از روش جمع آثار می توان به خواسته پرسش رسید.

$$\Delta\sigma_{zA} = \frac{3P}{2\pi z^2\left[\left(\frac{r}{z}\right)^2+1\right]^{2.5}}$$

$$\Delta\sigma_{zA} = \frac{3}{2\times3.14\times2^2}\left[\frac{10{,}000}{\left(\left(\frac{0}{2}\right)^2+1\right)^{2.5}} + \frac{2\times5000}{\left(\left(\frac{3}{2}\right)^2+1\right)^{2.5}}\right] = 1257\ kg/m^2$$

۲ـ خاکریزی با پهنای دایره و به بلندی دو متر، با خاکی که سنگینی ویژه آن $1800\ kg/m^3$ است، پدید آورده شده است. خواسته می شود افزایش تنش قائم نقطه A و B برای چهار حالت



$R = 10, 100, 200, 500\ m$

$$\Delta\sigma_{zA} = q\left[1 - \frac{1}{\left(\left(\frac{R}{z}\right)^2+1\right)^{1.5}}\right]$$

$$R=10\ m \rightarrow \Delta\sigma_{zA} = 3600\left[1 - \frac{1}{\left(\left(\frac{10}{10}\right)^2+1\right)^{1.5}}\right] = 2372\ kg/m^2$$

$R=100\ m \rightarrow \Delta\sigma_{zA} = 3596\ kg/m^2$

$R=200\ m \rightarrow \Delta\sigma_{zA} = 3599\ kg/m^2$

$R=500\ m \rightarrow \Delta\sigma_{zA} = 3600\ kg/m^2$

$$R=10\ m \rightarrow \Delta\sigma_{zB} = 3600\left[1 - \frac{1}{\left(\left(\frac{10}{20}\right)^2+1\right)^{1.5}}\right] = 1024\ kg/m^2$$

$R=100\ m \rightarrow \Delta\sigma_{zB} = 3572\ kg/m^2$

$R=200\ m \rightarrow \Delta\sigma_{zB} = 3594\ kg/m^2$

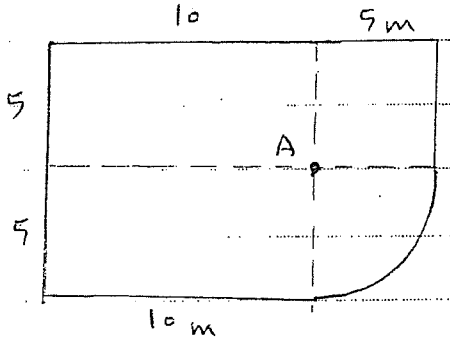
$R=500\ m \rightarrow \Delta\sigma_{zB} = 3600\ kg/m^2$

برخاک افزایش

دیده می شود که با افزایش تنش قائم کاسته می شود و این کاهش در بارهای گسترده تر، ناچیز است. به گفته دیگر با گسترده تر شدن بار یکنواخت، افزایش تنش قائم در نقاط زیر بار، مستقل از برخای نقاط است.

ب) A=1

۳- فشار خنثی زیر پی گسترده است که فشار در زیر آن $20000\ kg/m^2$ می باشد، خواسته می شود افزایش تنش قائم در عمق زیر نقطه A



با جمع اثر دو مستطیل $5\times10m$ و یک مربع $5\times5m$ و یک چارک دایره می توان به خواسته پرسش رسید.

مستطیل 5×10 $\rightarrow \left(m=\frac{L}{z}=\frac{10}{5}=2\ ,\ n=\frac{B}{z}=\frac{5}{5}=1\right)\rightarrow I_1=0.2$

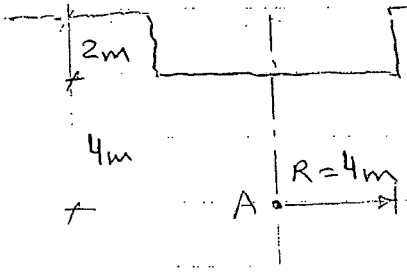
مربع 5×5 $\rightarrow \left(m=\frac{5}{5}=1\ ,\ n=\frac{5}{5}=1\right)\rightarrow I_2=0.175$

$$\Delta\sigma_{zA}=q\left(2\times I_1+I_2\right)+\frac{1}{4}q\left[1-\frac{1}{\left(1+\left(\frac{R}{z}\right)^2\right)^{1.5}}\right]$$

$$\Delta\sigma_{zA}=20000\left(2\times0.2+0.175\right)+\frac{1}{4}\times20000\left[1-\frac{1}{\left(1+\left(\frac{5}{5}\right)^2\right)^{1.5}}\right]$$

$$\Delta\sigma_{zA}=14732\ kg/m^2$$

۴- از زمینی دو متر خاکبرداری می شود و در گودال خاکبرداری شده، ساختمانی با پی دایره ای ساخته می شود. اگر فشار زیر پی $20000\ kg/m^2$ باشد، خواسته می شود افزایش تنش در نقطه A



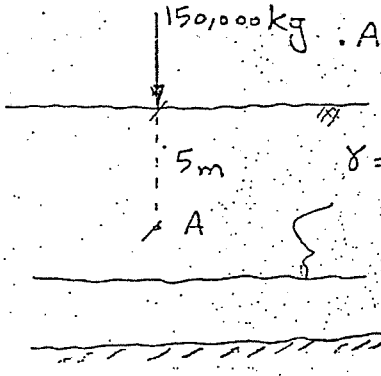
$\gamma=1750\ kg/m^3$

با دو متر گودبرداری، متناسب با 2×1750 از σ_A کاسته می شود و با ساختمان سازی σ_A به مقدار نخست خود (σ_{oA}) افزوده می شود و در پایان ساختمان سازی به اندازه $\Delta\sigma_{zA}$ به تنش قائم نقطه A افزوده می شود.

$$q=20000-(2\times1750)=16500\ kg/m^2$$

$$\Delta\sigma_{zA}=q\left[1-\frac{1}{\left(1+\left(\frac{R}{z}\right)^2\right)^{1.5}}\right]=16500\left[1-\frac{1}{\left(1+\left(\frac{4}{4}\right)^2\right)^{1.5}}\right]=10666\ kg/m^2$$

۵- باروی راست به نگاره خواسته می شود تنش مؤثر نقطه A.



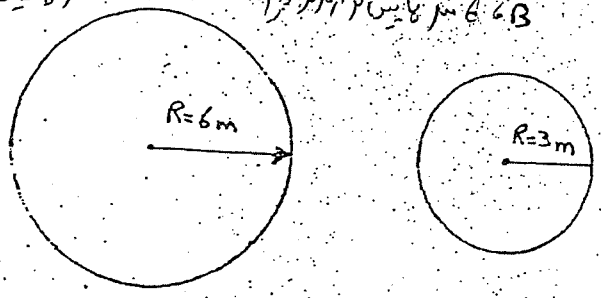
$$\sigma'_A = \sigma_{oA} + \Delta\sigma_{zA}$$

$$\sigma'_A = \gamma h + \frac{3P}{2\pi z^2} \qquad \gamma = 1800\ kg/m^3$$

$$\sigma'_A = (5\times1800) + \frac{3\times150{,}000}{2\times3.14\times5^2} = 11866\ kg/m^2$$

۶- خواسته می شود $\frac{\Delta\sigma_{zA}}{\Delta\sigma_{zB}}$

A ۶ متر پایین تر از مرکز دایره — B ۳ متر پایین تر از مرکز دایره

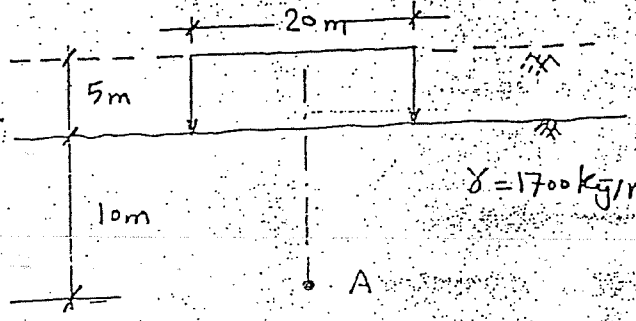


$$q = q$$

$$z = z = 6\ m$$

$$\frac{\Delta\sigma_{zA}}{\Delta\sigma_{zB}} = \frac{q\left[1-\frac{1}{\left[\left(\frac{6}{6}\right)^2+1\right]^{1.5}}\right]}{q\left[1-\frac{1}{\left[\left(\frac{3}{6}\right)^2+1\right]^{1.5}}\right]} = 2.27$$

۷- از زمینی، مانند نگاره زیر، به گونه‌ای گسترده خاکبرداری می شود و تنها مربعی $20\times20\ m$ در میانه زمین به جای می ماند. خواسته می شود σ'_{1A} ، σ_{oA}



$$\sigma_{oA} = 15\times1700 = 25500\ kg/m^2$$

نقطه A در گوشه‌ی ۱۰ متری چاه مربع 10×10 جای گرفته است.

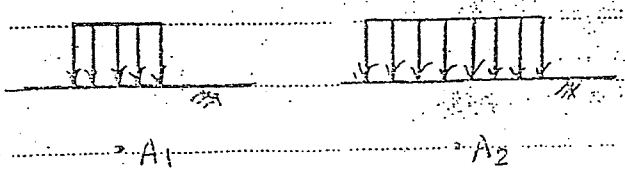
$$n = \frac{B}{z} = \frac{10}{10} = 1 \Rightarrow I_r = 0.175$$

$$m = \frac{L}{z} = \frac{10}{10} = 1$$

$$\gamma = 1700\ kg/m^3$$

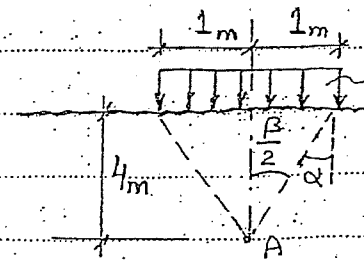
$$\sigma'_{1A} = (10\times1700) + (4\times0.175\times5\times1700) = 22950\ kg/m^2$$

۸- شدت بارها با هم برابر و دو نقطه A_1 و A_2 هم از بارها هستند. اضافه فشار قائم در A_1 و A_2 کدام نقطه بیشتر خواهد بود؟ A_2 ، هرچه زمان می گذرد فشار بیشتر می شود و در سرانجام کار برابر شدت بار می گردد.



جواب ۸-۳

۹- خواسته می شود افزایش تنش برشی در نقطه A



الف) 0.06 kN/m² (بارنواری)

ب) 3.06 "

پ) 0.56 "

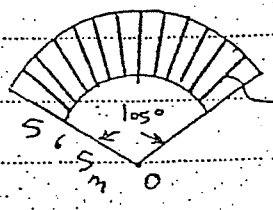
ت) 0 ✓

$\alpha = \text{Arctg}\frac{1}{4} = 14°$

$\beta = 28°$ ، $\alpha = -14°$

$$\Delta\tau_{xz} = \frac{q}{\pi}\left[\sin 28° \sin(28 + (-14 \times 2))\right] = 0$$

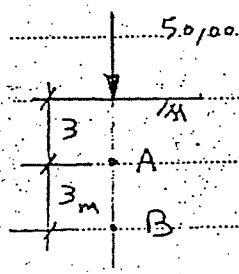
۱۰- ساختمانی با پلان زیر، روی زمین ساخته می شود، خواسته می شود اضافه تنش قائم در ژرفای ۶ متری نقطه o



$q = 20{,}000\ kg/m^2$

$$\Delta\sigma_{zA} = \frac{105°}{360°} \times 20{,}000 \left\{\left[1 - \frac{1}{\left(1+\left(\frac{10}{6}\right)^2\right)^{1.5}}\right] - \left[1 - \frac{1}{\left(1+\left(\frac{5}{6}\right)^2\right)^{1.5}}\right]\right\}$$

۱۱- خواسته می شود $\frac{\Delta\sigma_{zA}}{\Delta\sigma_{zB}}$



$$\frac{\Delta\sigma_{zA}}{\Delta\sigma_{zB}} = \frac{\frac{3P}{2\pi z_A^2}}{\frac{3P}{2\pi z_B^2}} = \frac{z_B^2}{z_A^2} = \frac{6^2}{3^2} = 4$$

۱۲- افزایش تنش یک بار خطی $100\ kN/m$ در ژرفای ۳ متر برای یک پی نواری به پهنای دو متر چه اندازه می شود. (رابطه ۱ به ۲) ضریب های نواری پخش بار در سویه نیست.

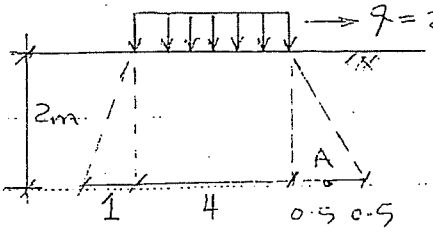
الف) 75 kpa ب) 100 kpa پ) 50 kpa ت) 20 kpa ✓

$$\Delta\sigma_z = \frac{100 \times 1}{(2+3) \times 1} = 20\ kpa$$

۱۳- (۱) بر پی مستطیلی 3×4 فشار $15\ t/m^2$ وارد می شود، ابعاد سطح گسترش یافته و مقدار اضافه فشار گسترش یافته در عمق ۲ متری به ترتیب برابر خواهد بود با: (روش ۱ به ۲)

الف) 5×6 و $6\ t/m^2$ ب) 6×5 و $8\ t/m^2$ ج) 6×9 و $10\ t/m^2$ د) 5×6 و $8.5\ t/m^2$ ✓

۱۴- با چشم‌پوشی از روش ۱ به 2 ، خواسته‌ی سؤال $\Delta\sigma_{zA}$ برای پی نواری (ک ۸۲)



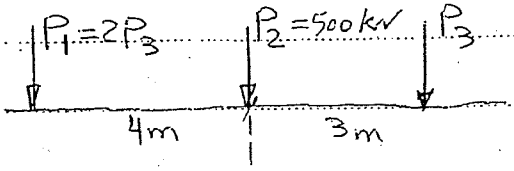
الف) $3.2\ kg/cm^2$ ب) $2.4\ kg/cm^2$

پ) 1.6 ✓ ت) 0.8 "

$$\Delta\sigma_{zA} = \frac{q \times B \times 1}{(B+z)\times 1} = \frac{2.4 \times 4 \times 1}{6 \times 1}$$

$$= 1.6\ kg/cm^2$$

۱۵- P_1 چقدر باشد تا اثر همزمان P_1 و P_3 برابر اثر P_2 شود. (در نقطه A) (ک ۸۲)



الف) $40.5\ kN$ ب) $56.2\ kN$

پ) $72.1\ kN$ ت) $96.1\ kN$ ✓

5m

A

$$\frac{3 \times P_1}{2\pi 5^2}\left(\frac{1}{1+(\frac{4}{5})^2}\right)^{2.5} + \frac{3 \times \frac{P_1}{2}}{2\pi 5^2}\left(\frac{1}{1+(\frac{3}{5})^2}\right)^{2.5} =$$

$$\frac{3 \times 500}{2\pi 5^2}\left(\frac{1}{1+(\frac{0}{5})^2}\right)^{2.5} \Rightarrow P_1 = 96.1\ kN$$

۱۶- اگر در زمین نگاره زیر $\Delta\sigma_{zA} = 2\ kN/m^2$ باشد و پاره برابر شدن تنش‌های نقطه A در اعماق یکسان نواری و $\Delta\sigma_{zA}$ چقدر خواهد شد. (ک ۸۲)

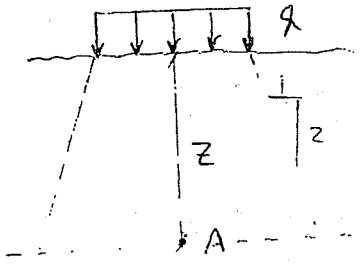
$$\Delta\sigma_{zA1} = \frac{q \times B \times 1}{(B+z)\times 1}$$

$$\Delta\sigma_{zA2} = \frac{q \times 2B \times 1}{(2B+2z)\times 1}$$

$\Delta\sigma_{zA1} = \Delta\sigma_{zA2}$

الف) $2\ kN/m^2$ ✓ ب) $1\ kN/m^2$

پ) 1 " ت) 1.41 "

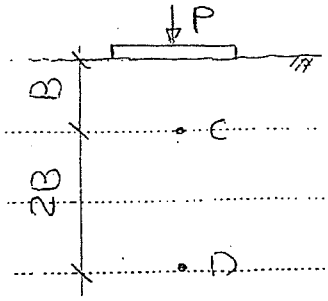


Hər hürənə daş atsan,

Daş, daş üstə durmaz.

اگر به هر پارس کننده‌ای سنگ بیاندازی، سنگ روی سنگ بند نمی‌آید.

۱۷- یک پی با اندازه‌های $B \times 2B$ بر روی زمین هگن و کشسان، جا گرفته است. خواسته می‌شود افزایش تنش نقطه c به افزایش تنش نقطه D، با بهره‌مندی از روش پخش ۲ به ۱ (ک ۸۵)



$$\frac{\Delta\sigma_{zc}}{\Delta\sigma_{zD}} = \frac{\frac{P}{A_c}}{\frac{P}{A_D}} = \frac{A_D}{A_c} = \frac{(B+3B)(2B+3B)}{(B+B)(2B+B)}$$

$$= \frac{4B \times 5B}{2B \times 3B} = \frac{20}{6} = \frac{10}{3}$$

الف) $\frac{5}{3}$ ب) 2 پ) $\frac{10}{3}$ ت) $\frac{20}{3}$

۱۸- پی‌های سخت (Rigid) (1) و (2) بارهای قائم 25 و 180 ton را در میانه خود دارند. اگر افزایش تنش قائم در ژرفای یک متری گوشه پی یکم، $2.5\ t/m^2$ باشد، افزایش تنش قائم در ژرفای ۱/۵ متری میانه پی دوم چقدر خواهد شد. (ک ۸۶)

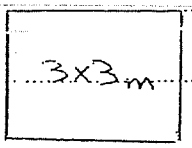
الف) $2\ t/m^2$ ب) $2.5\ t/m^2$ پ) $4\ t/m^2$ ت) $8\ t/m^2$

$$2.5 = \frac{25}{1 \times 1} \times I \Rightarrow I_1 = 0.1 \quad \left(m = \frac{1}{1},\ n = \frac{1}{1} = 1\right)$$

در پی دوم:

$$\left(m = \frac{1.5}{1.5} = 1,\ n = \frac{1.5}{1.5} = 1\right) \Rightarrow I_2 = 4 \times I_1 = 4 \times 0.1 = 0.4$$

$$\Delta\sigma_{z2} = \frac{180}{3 \times 3} \times 0.4 = 8\ t/m^2$$



Bir Gilpağı, yüz cübali soya bilmaz.

یک لخت را صد صاحب منصب نمی‌تواند لخت کند.

Göy ağlamayınca, yer gülmaz.

تا آسمان گریه نکند، زمین نمی خندد.

بخش دهم - نشست خاک

با بارگذاری خاک، به تنش برشی میان خاکدانه‌ها افزوده می شود و چنانکه این افزایش را، خاک نتواند با تاب برشی خود برتابد، خاکدانه‌ها برروی هم سُر می خورند و خاک نشست می‌کند. با نشست خاک، به درگیری میان خاکدانه‌ها افزوده می شود و تاب برشی خاک افزایش می‌یابد. هنگامی که تاب برشی برابر تنش برشی شد، نشست پایان می‌یابد.

در همه خاکها، به جز CL، CH، ML، MH، CL-ML، GC، GM، SC، SM، سیرآب، بی‌رنگ پس از بارگذاری، نشست رخ می‌دهد که به نشست ناگهانی (آنی) شناخته شده است.

در خاکهای یادشده، چنانکه سیرآب باشند، نشست پس از بارگذاری نمی‌تواند ناگهان رخ دهد، چون این خاکها نمی‌توانند آب میان دانه‌ای خود را که پس از بارگذاری، پرفشار شده است، به آسانی از خود گذر دهند. نشست این گونه خاکها، گام به گام و با گذر زمان رخ خواهد داد، که به نشست تحکیم شناخته شده است.

در خاکهای درشت دانه سیرآبی همانند GW، GP، SW، SP و... آب میان دانه‌ای پرفشار، به آسانی از میان دانه‌ها می‌گذرد و از این رو نشست در این خاکها، ناگهان رخ می‌دهد.

خاک‌های درشت دانه‌ای که ریزدانه چسبگیری ندارند، اگر چگی بیشتری داشته باشند، به هنگام لرزش از خود نشست ناگهانی نشان می‌دهند که باید آنرا نشست پس از بارگذاری دانست. این پدیده، درهم فشردگی (تراکم) است که در بخش‌های پیشین به آن روی داشتی (توجهی) شده است.

اگر خاکهای ریزدانه یا درشت دانه‌های با ریزدانه چسبگیر (SM، SC، GM، GC) نیز بیشتری داشته باشند، پس از بارگذاری، کمی نشست ناگهانی می‌کنند و سیرآب

می‌گردند و پس از آن نشست آنها وابسته به زمان می‌گردد. (نشست تحکیم)
نشست تحکیم، به نشست تحکیم اولیه و ثانویه بخش می‌شود، که در پایان این بخش در پیوند با آنها روشنگری خواهد شد.

$$S = S_e + S_c + S_s$$

S_e: immediate settlement (elastic settlement) نشست ناگهانی
S_c: Primary consolidation settlement نشست تحکیم اولیه
S_s: secondary consolidation settlement نشست تحکیم ثانویه

نشست پی افزون بر ریزی و درشتی خاک زیر پی و سیراب بودن یا نبودن آن به نرمی و سختی پی نیز وابسته است.

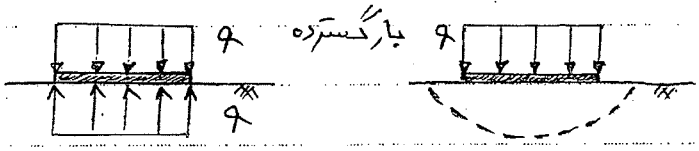
$L > \sqrt[4]{\frac{4E_cI}{B \cdot k_s}}$ ← پی نرم (شکل‌پذیر) ← flexible

$L < \sqrt[4]{\frac{4E_cI}{B \cdot k_s}}$ ← پی سخت (صلب) ← rigid

E_c – ضریب گسستان (ضریب ارتجاعی) بتن پی
I – گشتاور اینرسی سطح مقطع پی
B – پهنای پی
L – درازای پی یا فاصله میان ستونهای پی نواری
k_s – ضریب واکنش خاک زیر پی

★ – در پی‌های نرم نشست گوشه و لبه پی با نشست میانه پی یکسان نیست.
★ – در پی‌های سخت، اگر فشار زیر پی یکنواخت باشد، نشست پی در لبه و میانه یکسان خواهد بود.

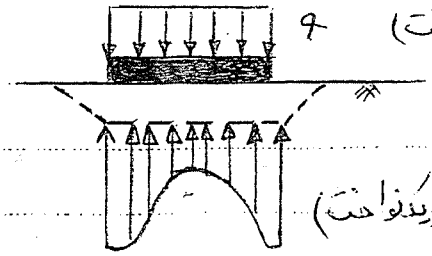
الف) پی نرم با بار یکنواخت و برروی رس:



نمودار فشار زیر پی — نمودار نشست خاک زیر پی

الف) ۲-۹

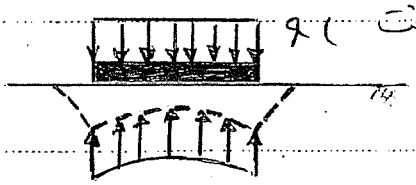
ب) نمودار فشار و نشست برای پی سخت (rigid) جای گرفته بر روی رس



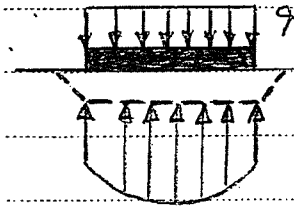
پی سخت $\Leftarrow L < 4\sqrt{\frac{4E_c I}{B \cdot k_s}}$

در پی سخت نشست یکنواخت است. (برای بار یکنواخت)

پ) نمودار فشار و نشست برای پی نرم جای گرفته بر روی ماسه



ت) نمودار فشار و نشست برای پی سخت جای گرفته بر روی ماسه

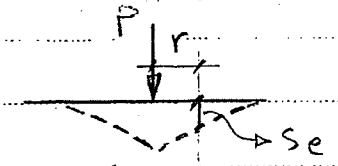


نشست ناگهانی (immediate settlement)

نشست ناگهانی به نشست کشسان (elastic settlement) نیز شناخته شده است.

۱) نشست ناگهانی زیر بار نقطه‌ای P در نقطه‌ای به فاصله r در روی زمین

$$S_e = \frac{P}{\pi E r}(1-\mu^2)$$



۲) نشست ناگهانی زیر بار دایره‌ای یکنواخت در روی زمین

برای پی سخت

$$S_e = q \cdot D \frac{1-\mu^2}{E} \times \frac{\pi}{4}$$

برای پی نرم الف) ۹-۳

$$S_e = q \cdot D \frac{1-\mu^2}{E} \times I$$

۳) نشست ناگهانی زیر یک مستطیل در روی زمین ($z=0$)

$$Se = q \cdot B \frac{1-\mu^2}{E} \times I$$

R : شعاع پی دایره‌ای

q : فشار زیر پی

B : پهنای پی یا قطر پی دایره‌ای

L : طول پی

E : ضریب کشسانی خاک

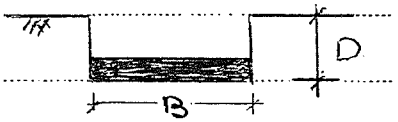
μ : ضریب پواسون خاک

I : ضریب شکل پی

شکل پی	پی نرم		پی سخت
	مرکز پی	لبه پی	
دایره	1	0.64	0.79
مربع	1.12	0.56	0.88
مستطیل $\frac{L}{B}=1.5$	1.36	0.68	1.07
مستطیل $\frac{L}{B}=2$	1.53	0.77	1.21
مستطیل $\frac{L}{B}=3$	1.78	0.89	1.42
مستطیل $\frac{L}{B}=5$	2.10	1.05	1.70

هرچه پی در ژرفای زمین جای گیرد، نشست کمتر خواهد شد و نشست محاسبه شده برای روی زمین به ضریب کاهنده‌ای ضرب می‌شود (I_D)

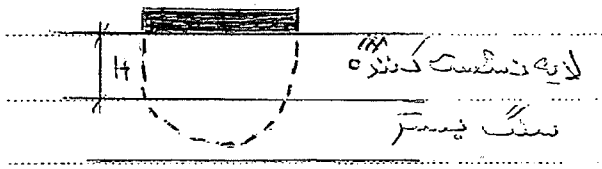
D/B \ L/B	1	2	5
0.1	1	1	1
0.5	0.85	0.9	0.94
1	0.73	0.78	0.86
5	0.55	0.58	0.64



D : ژرفای جای گیری پی

بهره مندی از ۴

پیوندهایی که برای برآورد نشست ناگهانی پی‌ها در نظر گرفته می‌شود هنگامی رواست که لایه زیر پی یکدست باشد یا به گفته دیگر ژرفای تأثیر پی در یک لایه جای گیرد. هنگامی که ستبرای (ضخامت) لایه نشست کننده کمتر از ژرفای تأثیر باشد، بهره مندی از پیوندهای پیشنهاد شده روا نخواهد بود و یا بستی از روش زیر بهره برده شود.



الف ۴-۹

$$Se = q \cdot B' \frac{1-\mu^2}{E} \left(I_1 + \frac{1-2\mu}{1-\mu} I_2 \right)$$

چنانکه پی در ژرفای زمین جای گیرد، پیوند بالا نیز به ضریب کاهنده I_D ضرب می‌شود

$$I_1 = \frac{1}{\pi}\left[M \ln \frac{(1+\sqrt{1+M^2})(\sqrt{M^2+N^2})}{M(1+\sqrt{M^2+N^2+1})} + \ln \frac{(M+\sqrt{1+M^2})\sqrt{1+N^2}}{M+\sqrt{M^2+N^2+1}}\right]$$

$$I_2 = \frac{N}{2\pi} \text{Aretg}\left(\frac{M}{N\times\sqrt{M^2+N^2+1}}\right)$$

(Ra)

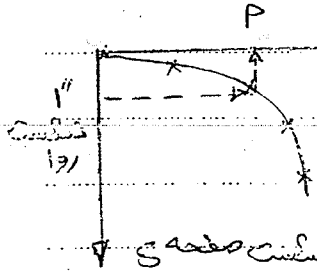
برای مرکز:
$M = \frac{L'}{B'}$, $B' = \frac{B}{2}$
$N = \frac{H}{B'}$, $L' = \frac{L}{2}$

برای لبه‌ها:
$M = \frac{L}{B}$, $B' = B$
$N = \frac{H}{B}$, $L' = L$

زیرسازی از جمله آزمایش P.L.T برای برآورد نشست ناگهانی

آزمایش P.L.T (Plate Loading test)

- گودال با اندازه‌های 120 × 120 cm تا لایه‌ی جای‌گیری پی کنده می‌شود.
- صفحه‌ی فلزی ستبری که قطر آن 30 cm است در میانه‌ی گودال بر روی خاک گذاشته می‌شود.
- با بارگذاری صفحه، نشست آن اندازه‌گیری می‌شود.
- نمودار نشست ـ نیرو رسم می‌شود و نیرویی که در پی نرم یا نشست روا است، از این نمودار بدست می‌آید.



- ضریب واکنش خاک (بستر پی) حساب می‌شود.

(subgrad reaction)

$$K_s = \frac{q}{\delta} = \frac{P}{A\cdot\delta}$$

(q: فشار زیر صفحه)

- از آنجا که ضریب واکنش به اندازه‌ی پی هم وابسته است، به K_s Plate، K_s foundation گردش می‌یابد.
- در هر نقطه‌ای از پی که فشار زیر پی درست باشد، نشست ناگهانی حساب می‌شود. الف) 9-5

$$\delta_{foundation} = \frac{q}{K_s\ foundation}$$

خاک‌دانه‌ای:
$$K_{sf} = K_{sp} \times \left(\frac{B+0.3}{2B}\right)^2$$

خاک رس:
$$K_{sf} = K_{sp} \times \frac{0.3}{B} \times \frac{2\times L}{3}$$

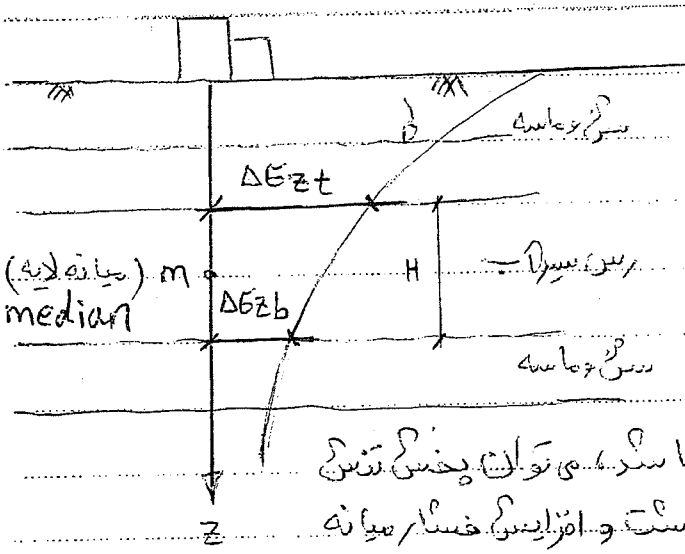
B و L برحسب متر

نشست تحکیم

در خاکهای سیرآبی مانند CH ، CL ، MH ، ML ، ML-CL ، GC ، GM ، SC و SM ، بی درنگ پس از بارگذاری ، آب میان دانه ها ، همه یا بخشی از افزایش تنش خاک را دریافت می کند و پرفشارتر از آب میان دانه ای لایه های پیرامونی می گردد . آب پرفشار با گذر زمان به سوی لایه های پیرامونی تراوش می یابد و با این کار لایه آب از دست می دهد و تحکیم می یابد و نشست می کند .

اگر از این لایه ها ، بارداری انجام گیرد ، فشار آب میان دانه ای آنها به اندازه کاهش تنش خاک کاهش می یابد و از این رو از لایه های پیرامونی آب می مکند و آماس (تورم) می کنند . هرچه تراوائی این خاکها کمتر باشد ، زمان تحکیم و تورم آنها بیشتر خواهد بود .

به هنگام تحکیم لایه ، $w \downarrow$ ، $e \downarrow$ ، $Sr = cte$ ، $\gamma_d \uparrow$ و $\gamma_{sat} \uparrow$ و در تورم وارون



— اگر لایه رس ستبرای کمی داشته باشد ، می توان پخش تنش را در آن خطی (خوزقه ای) پنداشت و افزایش فشار میانه لایه را ، برای همه آن بکار برد .

$$\Delta u_m = \Delta u_{av} = \frac{\Delta u_t + \Delta u_b}{2}$$

— اگر لایه ستبرای بیشتری داشته باشد ، می توان از پیوند زیر میانگین افزایش فشار لایه را حساب کرد .

$$\Delta u_{av} = \frac{\Delta u_t + 4\Delta u_m + \Delta u_b}{6}$$

پیش از بارگذاری ←

$$\sigma_m = \sigma'_m + u_m$$

بی درنگ پس از بارگذاری ← $t=0$

$$(\sigma_m + \Delta\sigma_m) = \sigma'_m + (u_m + \Delta u_m)$$

برابرهم

زمان چشمگیری پس از بارگذاری ← $t=\infty$

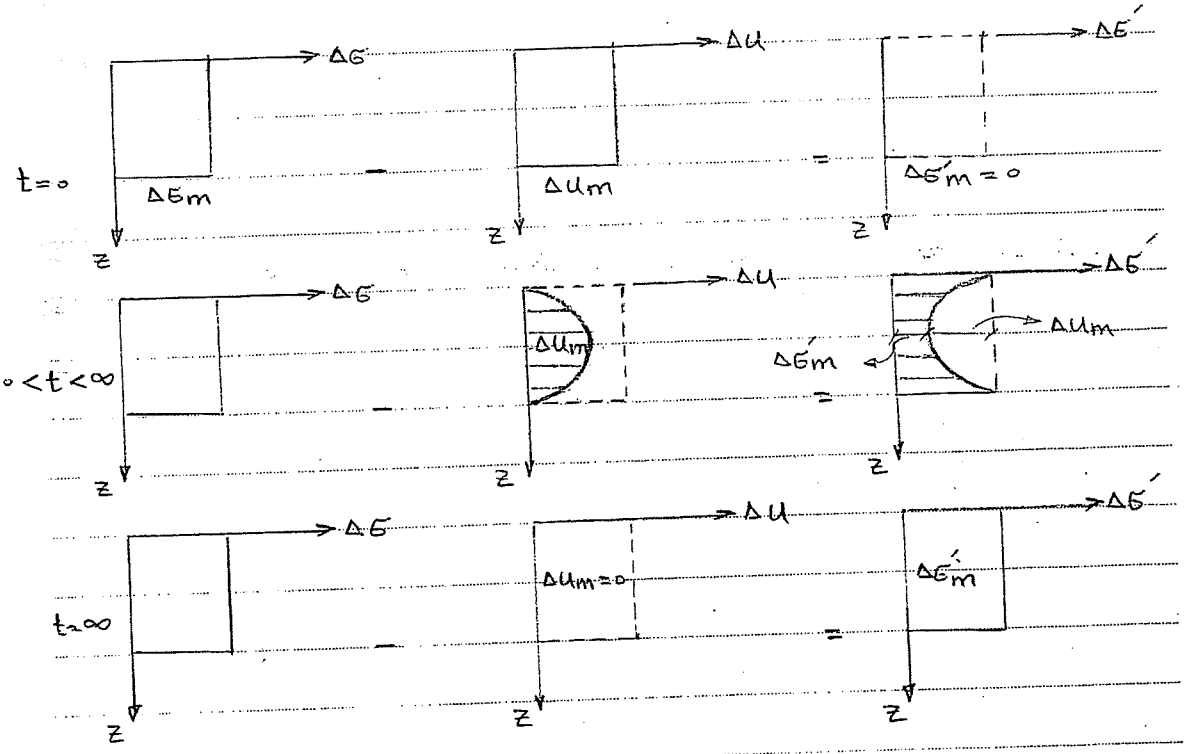
$$(\sigma_m + \Delta\sigma_m) = (\sigma'_m + \Delta\sigma'_m) + u_m$$

برابرهم

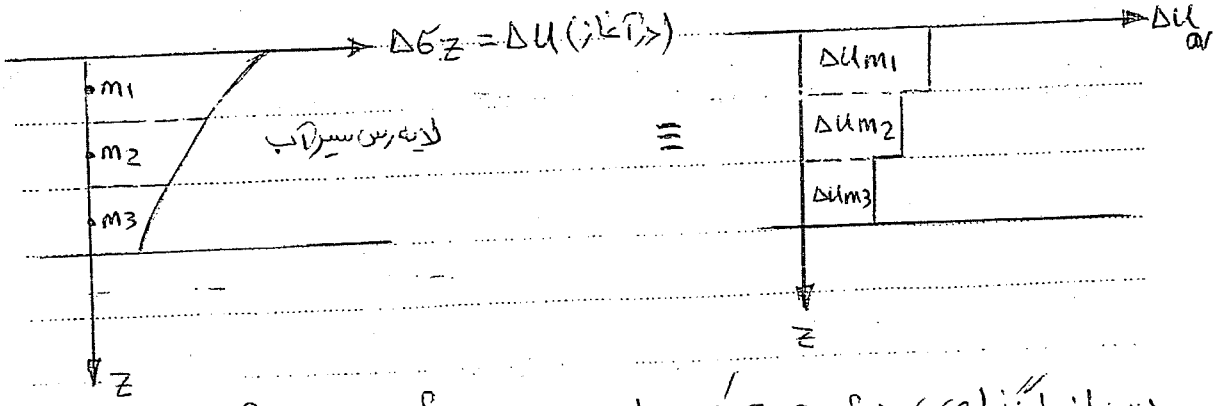
الف) ۹-۴

در کنار صفحه پیش، اگر بار یکنواخت و خیلی گسترده باشد، یا لایه را کم ستبرا بپذیریم، خواهیم داشت:

$$\Delta\sigma \quad - \quad \Delta u \quad = \quad \Delta\sigma'$$



- لایه های ستبر را می توان به چندین لایه کم ستبرا، بخش کرد و نشست تحکیم هرکدام را جداگانه حساب نمود و سرانجام آنها را با هم جمع زد.

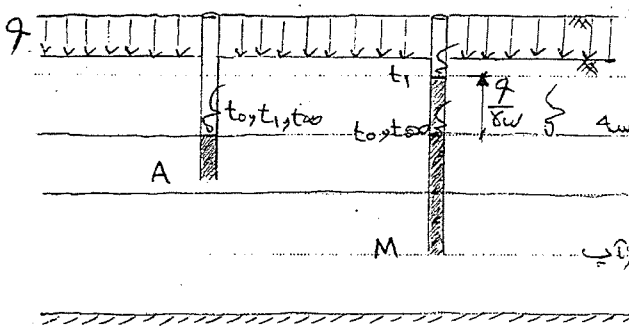


پس از بارگذاری، نشست تحکیم $\frac{1}{3}$ بالای لایه بیشتر خواهد شد یا $\frac{1}{3}$ پایین لایه؟

$\frac{1}{3}$ بالای لایه چون از بار بیشتر متأثر می شود، پس بیشتر نشست می کند.

الف) ۹-۷

- بارگذاری :



پیش از بارگذاری : $\sigma_A = \sigma'_A + u_A$

پس از بارگذاری : $(\sigma_A + q) = (\sigma'_A + q) + u_A$

★ — u_A دگرسنگ ندارد .

پیش از بارگذاری ← $\sigma_M = \sigma'_M + u_M$

بی درنگ پس از بارگذاری ← $(\sigma_M + q) = \sigma'_M + (u_M + q)$

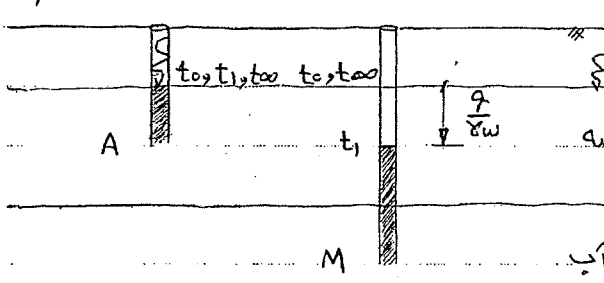
زمان چسمگیری پس از بارگذاری ← $(\sigma_M + q) = (\sigma'_M + q) + u_M$

★ — آب در فشارسنج نقطه M به اندازه $\frac{q}{\gamma_w}$ بالا می رود و در نقطه M به اندازه ؛

$\Delta u = \frac{q}{\gamma_w} \times \gamma_w = q$ افزایش فشار پدید می آورد . بار آبی نقطه M به اندازه $\frac{q}{\gamma_w}$ از بار آبی نقطه A بیشتر است ، پس بخشی از آب رس سیراب بیرون می رود و رس نشست می کند و تحکیم می یابد .

$\sigma_M \uparrow \longrightarrow \sigma'_M \uparrow \longrightarrow$ نشست

- باربرداری :



پیش از باربرداری : $\sigma_A = \sigma'_A + u_A$

پس از باربرداری : $(\sigma_A - q) = (\sigma'_A - q) + u_A$

★ — u_A دگرسنگ ندارد .

پیش از باربرداری ← $\sigma_M = \sigma'_M + u_M$

بی درنگ پس از باربرداری ← $(\sigma_M - q) = \sigma'_M + (u_M - q)$

زمان چسمگیری پس از باربرداری ← $(\sigma_M - q) = (\sigma'_M - q) + u_M$

★ — آب در فشارسنج نقطه M به اندازه $\frac{q}{\gamma_w}$ پایین می رود و در نقطه M به اندازه ؛

$\Delta u = \frac{q}{\gamma_w} \times \gamma_w = q$ کاهش فشار پدید می آورد . بار آبی نقطه A به اندازه $\frac{q}{\gamma_w}$ از بار آبی نقطه M بیشتر است ، پس آب از لایه یا لایه های پیرامونی به لایه رس نفوذ می کند و رس آماس می کند .

$\sigma_M \downarrow \longrightarrow \sigma'_M \downarrow \longrightarrow$ آماس (تورم)

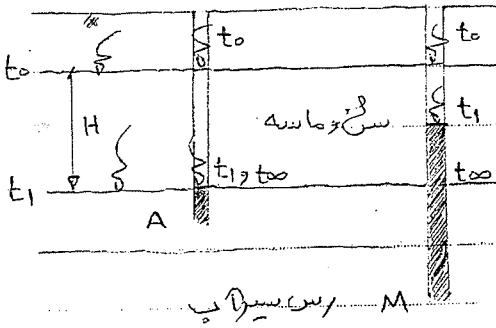
- پایین رفتن رویه آب زیر زمینی :

فشار سنج های جاسوز خورده

فشار آب میان دانه ای را ، بی درنگ

پس از پایین رفتن رویه آب زیر زمینی

نشان می دهند.



پس از پایین رفتن :

رس سیلابی M

$$\sigma_A = \sigma'_A + u_A$$

پس از پایین رفتن :

$$\left[\sigma_A - (H(\gamma_{sat}-\gamma))\right] = \left[\sigma'_A + H(\gamma-\gamma')\right] + \left[u_A - H\cdot\gamma_w\right]$$

پس از پایین رفتن ←

$$\sigma_M = \sigma'_M + u_M$$

بی درنگ پس از پایین رفتن ← $\left[\sigma_M - (H(\gamma_{sat}-\gamma))\right] = \sigma'_M + \left[u_A - (H(\gamma_{sat}-\gamma))\right]$

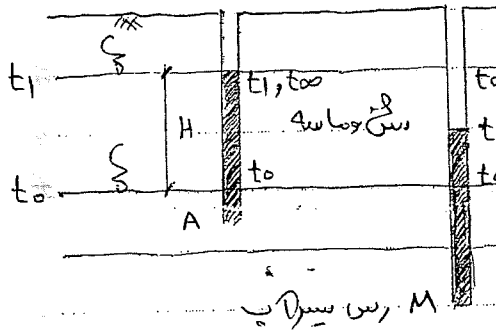
زمان چسبگیری پس از پایین رفتن :

$$\left[\sigma_M - (H(\gamma_{sat}-\gamma))\right] = \left[\sigma'_M + H(\gamma-\gamma')\right] + \left[u_M - H\cdot\gamma_w\right]$$

بی درنگ پس از پایین رفتن آب زیر زمینی، هرچند آب هردو فشار سنج پایین رفته است، ولی هنوز آب پیزومتر نقطه M به اندازه $\frac{H(\gamma-\gamma')}{\gamma_w}$ بالاتر است. پس آب از لایه رس به لایه های پیرامونی تراوش خواهد کرد و رس آب از دست خواهد داد و نشست خواهد کرد.

$\sigma_M \downarrow \rightarrow \sigma'_M \uparrow \rightarrow$ نشست

- بالا رفتن رویه آب زیر زمینی :



بی درنگ پس از بالا رفتن رویه آب

هنوز فشار سنج نقطه A به اندازه

$\frac{H(\gamma-\gamma')}{\gamma_w}$ بار آبی بیشتری در سنجش با فشار سنج M

رس سیلابی M

دارد. پس آب از لایه های پیرامونی به لایه رس تراوش می کند و رس آماس می نماید. آماس

$\sigma_M \uparrow \rightarrow \sigma'_M \downarrow \rightarrow$

پس از بالا رفتن رویه آب ←

$$\sigma_M = \sigma'_M + u_M$$

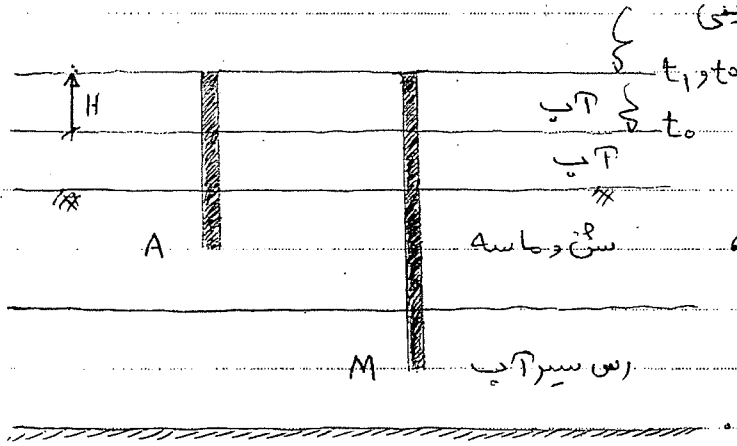
بی درنگ پس از بالا رفتن ... ← $\left[\sigma_M + H(\gamma_{sat}-\gamma)\right] = \sigma'_M + \left[u_M + H(\gamma_{sat}-\gamma)\right]$

زمان چسبگیری پس از بالا رفتن رویه آب :

$$\left[\sigma_M + H(\gamma_{sat}-\gamma)\right] = \left[\sigma'_M - H(\gamma-\gamma')\right] + \left[u_M + H\times\gamma_w\right]$$

الف) ۹-۹

- بالا رفتن روبه آب روزمینی



آب هردو فشارسنج به اندازه H بالا می‌رود و از آنجا که میان آنها اختلاف بار آبی وجود ندارد، نه به رس آبی نفوذ می‌کند و نه از آن آبی بیرون می‌آید، پس رس تنشست می‌کند و نه آماس.

سنگ و ماسه

رس سیر آب

$\sigma_A = \sigma'_A + u_A$

$\sigma_M = \sigma'_M + u_M$

پیش از بالا رفتن روبه آب

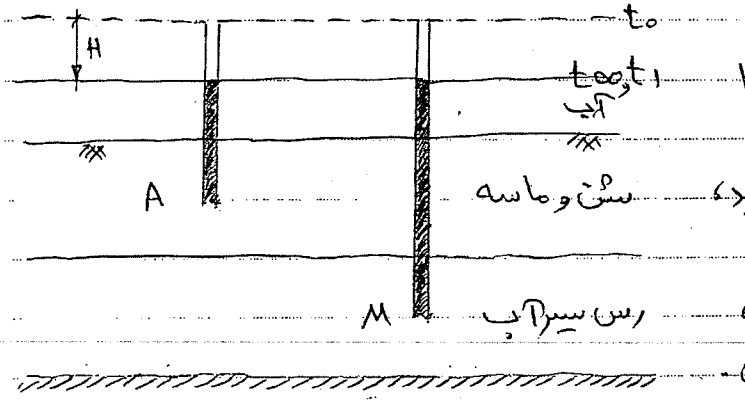
پس از بالا رفتن روبه آب

$(\sigma_A + H\gamma_w) = \sigma'_A + (u_A + H\gamma_w)$

$(\sigma_M + H\gamma_w) = \sigma'_M + (u_M + H\gamma_w)$

$\sigma_M \uparrow \longrightarrow \sigma'_M = cte \longrightarrow$ رس تنشست می‌کند و نه آماس

- پایین رفتن روبه آب روزمینی



آب هردو فشارسنج به اندازه H پایین می‌رود و از آنجا که میان آنها اختلاف بار آبی پدید نمی‌آید، نه آبی به رس نفوذ می‌کند و نه آبی از آن بیرون می‌آید و از این رو، رس تنشست می‌کند و نه آماس.

سنگ و ماسه

رس سیر آب

$\sigma_A = \sigma'_A + u_A$

$\sigma_M = \sigma'_M + u_M$

پیش از پایین رفتن روبه آب

پس از پایین رفتن روبه آب

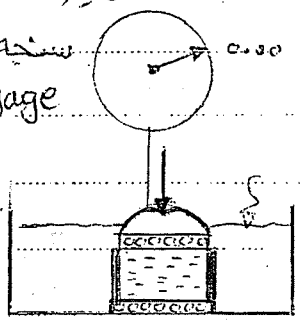
$(\sigma_A - H\gamma_w) = \sigma'_A + (u_A - H\gamma_w)$

$(\sigma_M - H\gamma_w) = \sigma'_M + (u_M - H\gamma_w)$

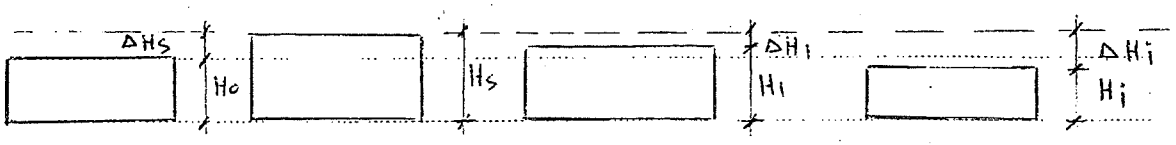
آزمایش تحکیم

این آزمایش بر روی نمونه دست خورده ای از لایه تحکیم پذیر، برای برآورد ویژگی های تحکیم انجام می گیرد. نمونه در درون حلقه ای هم اندازه، در حالی که در زیر و روی آن، سنگ آبکش جای گرفته است، در درون جایگاه ویژه ای جای می گیرد و در پیرامون آن آب ریخته می شود تا آب پکد و سیر آب گردد. نمونه 24 ساعت در درون آب به حال خود رها می شود و سپس آماس (تورم) آن اندازه گیری می گردد. در گام دیگر، فشار $0.25\ kg/cm^2$ به نمونه اثر داده می شود و در زمان های 0.01، 0.02، 0.05، 0.1، 0.2، 0.4، 0.8، 1، 2، 4، 8، 15، 30 دقیقه و 1، 2، 4، 8، 16 و 24 ساعت، نشست نمونه اندازه گیری می شود. در 24 ساعت های دیگر، فشار اثر کننده به نمونه به 0.5، 1، 2، 4، 8، 16، $32\ kg/cm^2$ رسانده می شود و در هر گام بارگذاری بازهم نشست نمونه اندازه گیری می گردد. افزایش فشار، تا فشاری که لایه تحکیم پذیر اثر خواهد کمر دچار گرفته می شود و این چنین است که این آزمایش چندین روز زمان می برد.

پس از پایان بارگذاری، گام به گام، از نمونه باربرداری انجام می گیرد و در پایان نمونه از حلقه درآورده شده و پس از وزن کشی در درون گرمخانه جای می گیرد تا نم (w) و سنگینی دانه های آن (W_s) بدست آید.



- وزن نمونه در آغاز آزمایش W_0 ← w_0
- وزن نمونه در پایان آزمایش W_1 ← w_1
- وزن نمونه خشکیده W_s
- بلندی نمونه در آغاز آزمایش H_0
- سطح مقطع نمونه A
- نشانه پوکی در آغاز آزمایش γ_{d_0} ⇒ $\gamma_{d_0} = \frac{G_s \cdot \gamma_w}{1+e_0}$ ، $\gamma_{d_0} = \frac{W_s}{A \cdot H_0}$



نمونه در آغاز | نمونه پس از آماس | نمونه 24 ساعت | نمونه (x24) ساعت

پس از بارگذاری | پس از بارگذاری

۹-۱۱ الف (swelling)

از آنجا که سطح مقطع حلقه ثابت است و تنها بلندی نمونه دگرش دارد، می‌توان از صفحه ۵-۳ الف نوشت:

$$\Delta H_i = \frac{H_0}{1+e_0} \times \Delta e_i$$

$$H_s = \frac{H_0}{1+e_0} = \frac{H_{swelling}}{1+e_s} = \frac{H_1}{1+e_1} = \dots = \frac{H_i}{1+e_i}$$

(solid)

$$H_s = \frac{W_s}{G_s \cdot \rho_w \cdot A}$$

بلندی بخش جامد

swelling

$$\Delta H_s = \frac{H_0}{1+e_0}(e_s - e_0) \Rightarrow e_s$$

$$\Delta H_1 = \frac{H_0}{1+e_0}(e_s - e_1) \Rightarrow e_1$$

$$\Delta H_i = \frac{H_0}{1+e_0}(e_s - e_i) \Rightarrow e_i$$

$H = H_s + H_{wi}$

$H_i = H_s(1+e_i)$

$H_s = \frac{H_i}{1+e_i}$ ← $A = c+e$

$H_s = \frac{H_i}{1+e_i}$ solid

می‌توان

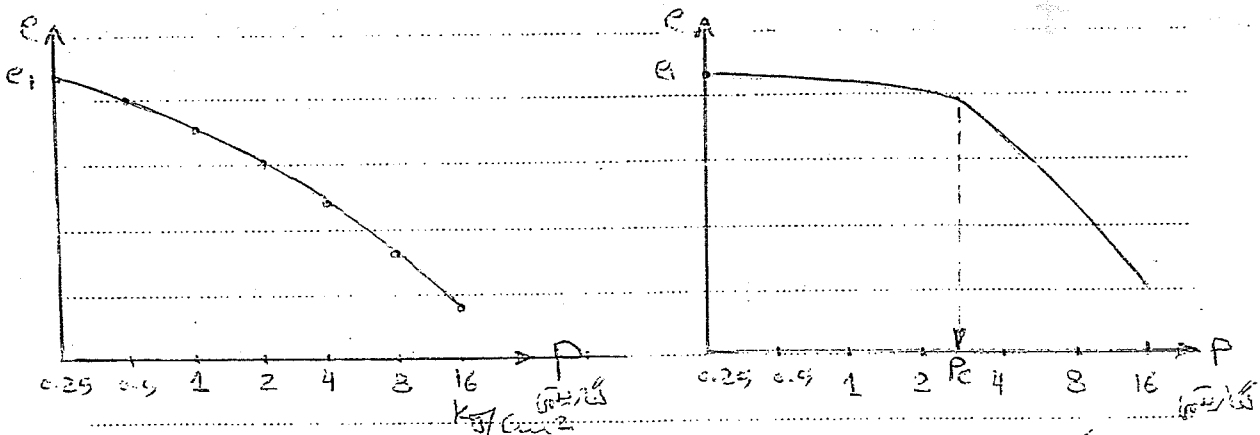
و این چنین است که تنها ۱۰ گرم نمونه را در پایان هر کدام از ۲۴ ساعت‌های بارگذاری بدست آورد.

در هر کدام از

گام‌های آزمایش، افزایش تنشی که در آغاز افزایش فشار آب میان راه‌های است به تنش مؤثر افزوده می‌شود و یا افزایش تنش مؤثر، نمونه نشست می‌کند.

در پایان آزمایش نمودار e و P رسم می‌گردد. P نشان‌دهنده برنمونه است که با گذر زمان به تنش مؤثر دگرسان یافته است. ($P = \sigma'$)

این نمودار دو گونه می‌تواند داشته باشد:

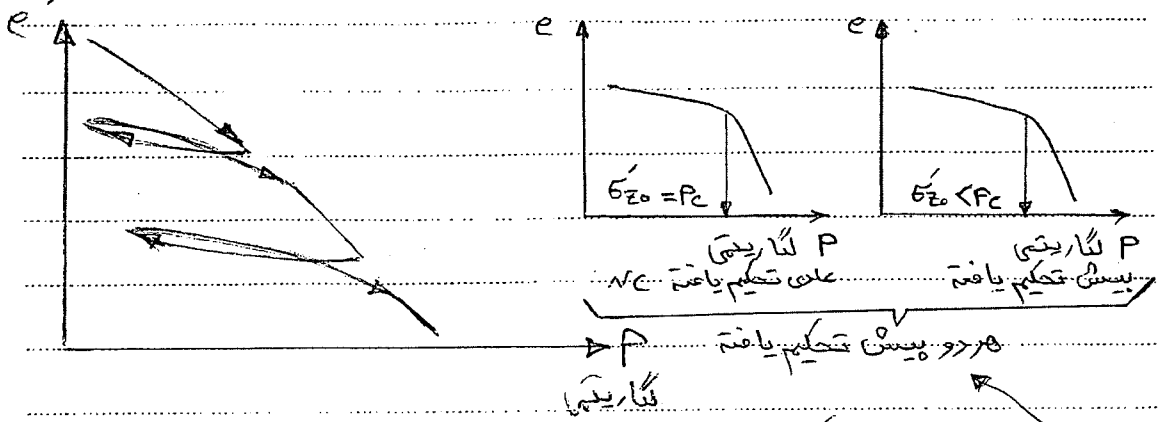


در خاک پیش تحکیم یافته الف) ۱۲-۹ در خاک تحکیم نیافته

خاک تحکیم نیافته ، خاکی است که پیش از آغاز آزمایش تحکیم بیرونی بر آن اثر نکرده و بیرونی وزن خود لایه هم ، نتوانسته به تنش مؤثر دگرسانی یابد. به گفته دیگر این گونه خاک، هنوز خود را تحمل نکرده است . خاک رسی که پس از فروکش کردن تنش آب (سیل) بر روی زمین می ماند ، چنین رفتاری از خود نشان می دهد.

هرگاه در کارهای ساختمانی ، لایه های رس به تندی و در کوتاه مدت بر روی هم ریخته شوند و نم آنها نزدیک به Wsat باشد ، خاک رس رفتار تحکیم نیافته از خود نشان خواهد داشت .

اگر به هنگام آزمایش تحکیم (بر روی نمونه تحکیم نیافته) بار برداری و بارگذاری ، در چند گام پی گرفته شود ، نمودار e و P این چنین خواهد شد .



نمودار e و P در خاک پیش تحکیم یافته (Preconsolidated) ، دو بخش کم شیب و پر شیب دارد . نمودار نشانگر این است که خاک آزمایش شونده ، پیش از این فشار Pc (Preconsolidation pressure) را تحمل کرده است .

اگر فشار پیش تحکیم نمونه آزمایش شونده برابر ، تنش مؤثر نقطه نمونه برداری از لایه تحکیم پذیر باشد ($P_c = \sigma'_{z0}$) نشانگر این خواهد بود که لایه خاک پیش از این ، بیشتر از وضعیت کنونی خود ، تنش مؤثر تحمل نکرده است . چنین خاکی را عادی تحکیم یافته می گویند . (NC)

NC : Normally consolidated

اگر $\sigma'_{z0} < P_c$ باشد ، نشانگر این خواهد بود که ، لایه تحکیم پذیر ، پیش از این پیشتر از وضعیت کنونی خود تنش مؤثر تحمل می کرده است .

چنین خاکی را پیش تحکیم یافته می نامند. (oc)

oc: overconsolidated

لایه های ستبر برف روی هم رفته شده یا لایه های ستبر خاک رسوب شده می توانند عامل پیش تحکیم یافتگی باشند.

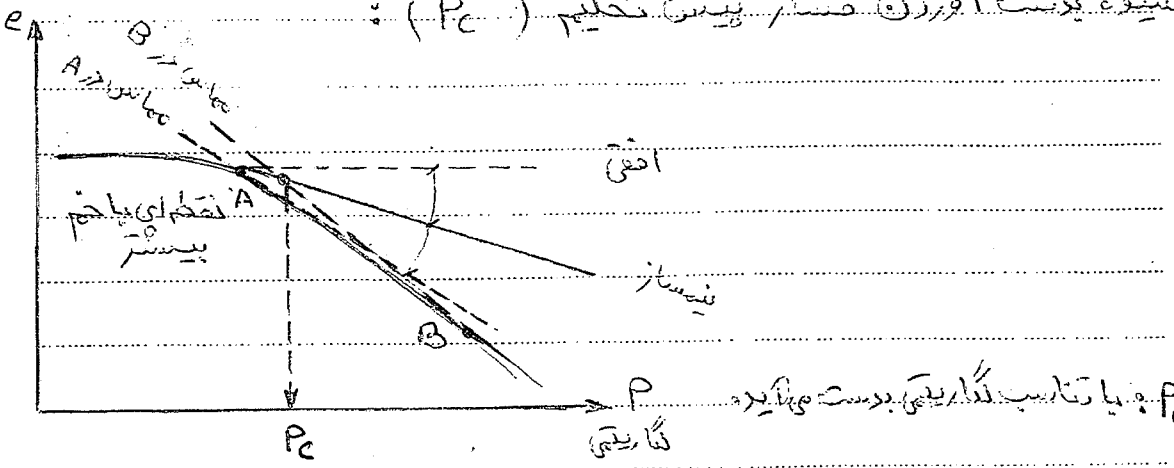
$$O.C.R = \frac{P_c}{\sigma'_{z_0}}$$ over consolidation Ratio

نسبت پیش تحکیم یافتگی

$O.C.R = 1 \Rightarrow$ nc

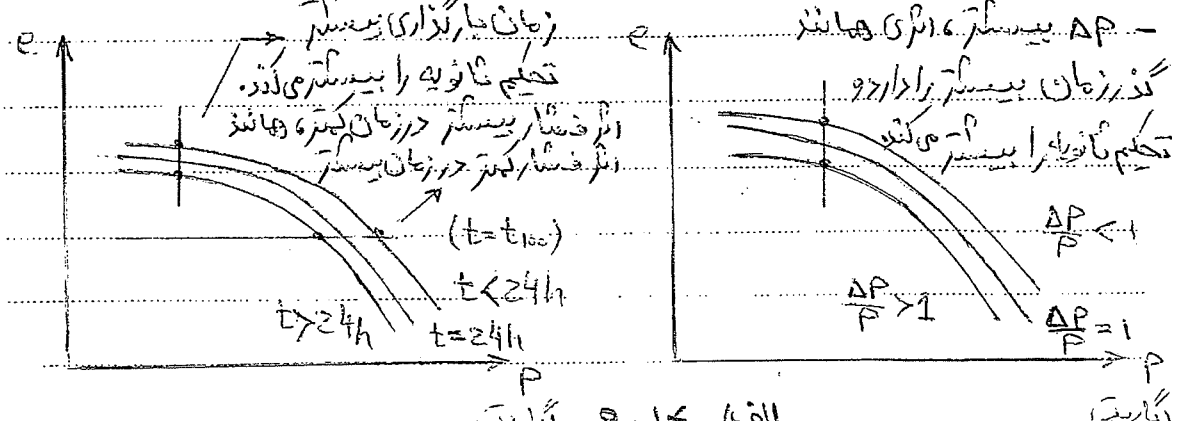
$O.C.R > 1 \Rightarrow$ oc ← پیش تحکیم یافتگی کم $1 < O.C.R < 4$ ، پیش تحکیم یافتگی زیاد $O.C.R > 4$

شیوه بدست آوردن فشار پیش تحکیم (P_c):



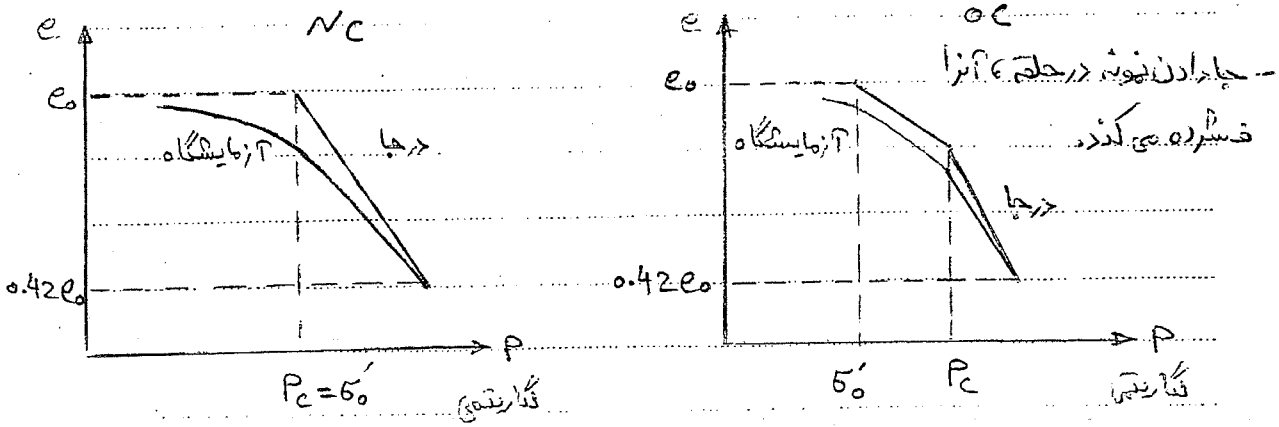
P_c با تناسب لگاریتمی بدست می آید.

- در آزمایش استاندارد تحکیم، زمان بارگذاری در هر گام آزمایش 24 ساعت است و در هر گام افزایش بار (ΔP) برابر بار گام پیشین است ($\frac{\Delta P}{P} = 1$). اگر در آزمایشی این دو پیشفرض بکار برده نشود، دست آورد آزمایش دگرشی با دست آورد آزمایش استاندارد خواهد داشت.



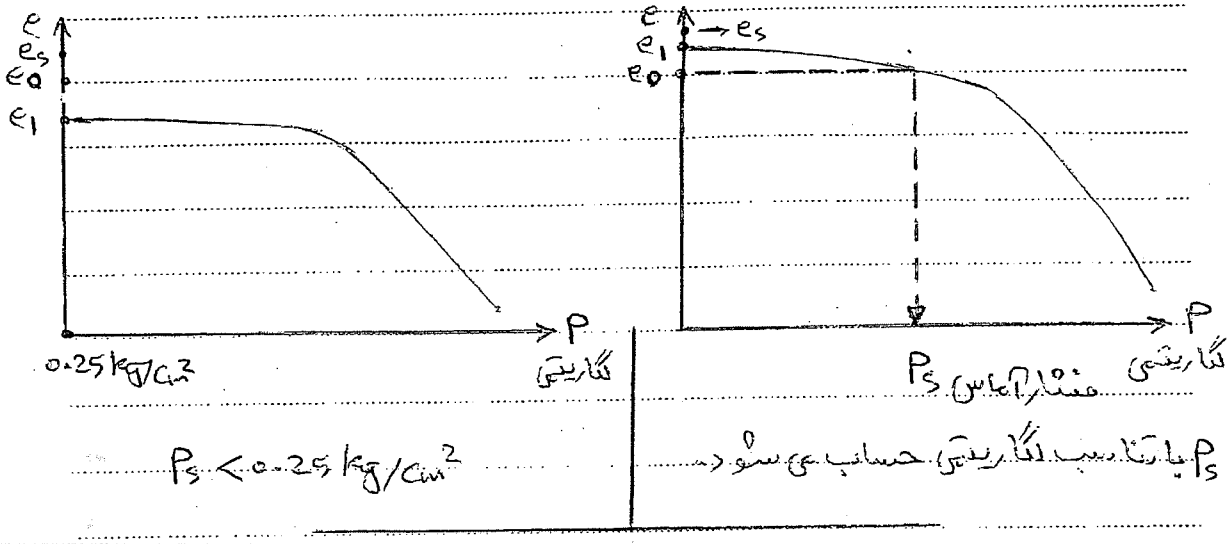
الف) ۹-۱۴

- اگر آزمایش تحکیم به‌گونه درجا (in situ) بر روی لایه زمانی (طبیعی) انجام گیرد، دست‌خورده آن با آزمایش بر روی نمونه دست‌خورده یکی نخواهد بود.



- چادادن نمونه در حلقه، آنرا فشرده می‌کند.

- پس از رسم نمودار e - P می‌توان فشار آماس (swelling pressure) را از نمودار بدست آورد. (نمودار هرگونه نمی‌تواند راست باشد)



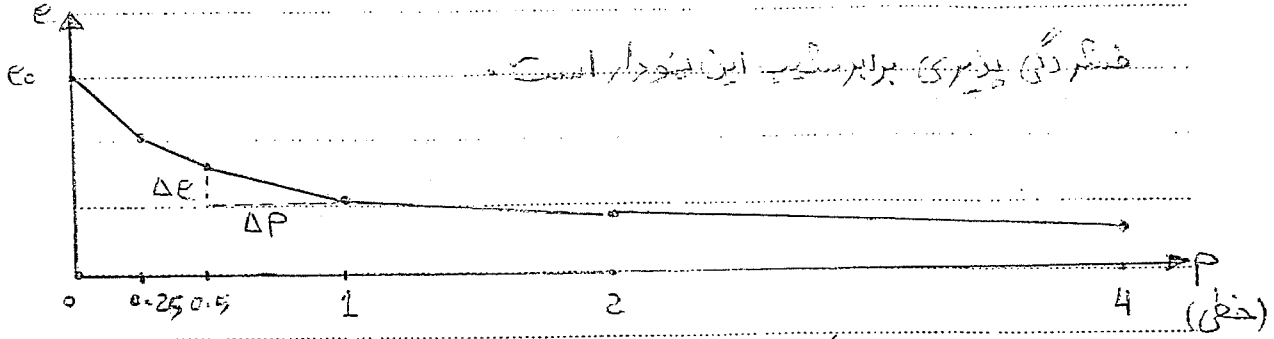
اگر فشار انگیزنده بر روی رس (σ'_z) کمتر از فشار آماس (P_s) باشد، لایه رس پس از آبگیری آماس می‌کند و به سازه و لایه‌های بالای خود فشار می‌آورد.

در هسته سدهای خاکی نباید از رس آماس کننده بهره برده شود. PI روا برای هسته رسی کمتر از ۱۵٪ و برای رس تماسی (نخستین لایه‌ای که بر روی سنگ بستر ریخته می‌شود) کمتر از ۲۵٪ است.

در هرکدام از 24 ساعت های بارگذاری، نمونه در اثر افزایش فشار ΔP که در سرانجام کار، برابر خودش $\Delta\bar{\sigma}$ پدید می آورد، به اندازه Δe نشانه‌پوکی خود را از دست می دهد. نسبت $\frac{\Delta e}{\Delta\bar{\sigma}}$، ضریب تراکم پذیری، نشان داده شده است.

$$a_v = \left|\frac{\Delta e}{\Delta\bar{\sigma}}\right|$$ coefficient of compressibility

ضریب تراکم پذیری = خشکی پذیری



خشکی پذیری برابر شیب این نمودار است.

- پس در یک آزمایش تحکیم، شمار a_v برابر شمار گام های بارگذاری خواهد بود.
- با افزایش فشار، a_v کاهش می یابد.
- برای هر بازه فشار، a_v یک اندازه خواهد داشت.

در هرکدام از 24 ساعت های بارگذاری (هر گام بارگذاری) نمونه به اندازه ΔV کاهش حجم می یابد. نسبت $\frac{\frac{\Delta V}{V_0}}{\Delta\bar{\sigma}_z}$، ضریب تراکم پذیری حجمی نشان داده شده است.

ضریب تراکم پذیری حجمی، تغییر حجم نسبی برای افزایش تنش مؤثر واحد است.

$$M_v = \frac{\frac{\Delta V}{V_0}}{\Delta\bar{\sigma}_z} \overset{\text{اف}}{=\!=} \frac{\frac{\Delta e}{1+e_0}}{\Delta\bar{\sigma}_z} = \frac{\Delta e}{(1+e_0)\Delta\bar{\sigma}_z} = \frac{a_v}{1+e_0}$$

M_v: coefficient of volume compressibility

$A = ab$ به سر ↓

$$M_v = \frac{\frac{\Delta H}{H_0}}{\Delta\bar{\sigma}_z} \Rightarrow \Delta H = H_0 \cdot M_v \cdot \Delta\bar{\sigma}_z$$

لایه‌ها را به لایه های نازک بخش کرد و نشست هرکدام را جداگانه حساب کرد و جمع زد.

- شمار M_v نیز برابر شمار a_v و همرده برابر شمار گام های 24 ساعته بارگذاری خواهد بود.

از پیوندهای صفحه پیش داریم:

$$M_V \cdot \Delta\sigma'_z = \frac{\Delta V}{V_0} = \varepsilon_V = \frac{\Delta\sigma'_z}{E} \times \frac{(1+\mu)(1-2\mu)}{1-\mu} \Rightarrow M_V = \frac{1}{E} \times \frac{(1+\mu)(1-2\mu)}{1-\mu}$$

در پیوند بالا، E ضریب کشسان راستین لایه خاک است. برای خاک درون حلقه دستگاه آزمایش $\mu = 0$ و $A = cte$ است:

$$M_V \cdot \Delta\sigma'_z = \frac{\Delta H}{H_0} = \varepsilon_H = \frac{\Delta\sigma'_z}{E'} \Rightarrow M_V = \frac{1}{E'}$$

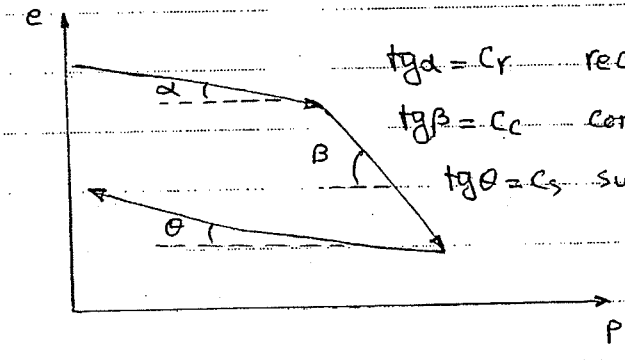
E' می‌تواند ضریب کشسان راستین لایه خاک باشد و به ضریب oedometer (E_{od}) شناخته شده است.

$$E = \left(\frac{2}{3} \sim \frac{3}{4}\right) E'$$

از آنجا که M_V و $\Delta\sigma'_z$ در رُس‌های گوناگون (بویژه در لایه‌های ستبر) ثابت نیست:

$$\Delta H = \sum_{i=1}^{m} mv_i \times \Delta\sigma'_{zi} \times H_i \xrightarrow{\text{اگر بار گسترده باشد}} \Delta H = q \sum_{i=1}^{m} mv_i \times H_i$$

اگر پروی نمونه برداشته شده از رُس‌های زمین (پیش بارگذاری شده) آزمایش تحکیم با گام‌های بارگذاری و سرانجام بارپرداری انجام گیرد، خواهیم داشت:



شاخص تراکم مجدد $tg\alpha = C_r$ recompression index

شاخص تراکم $tg\beta = C_c$ compression index

شاخص تورم $tg\theta = C_s$ swelling index

C_r ← نشانه خشکیدگی دوباره

C_c ← نشانه خشکیدگی

C_s ← نشانه آماس

$C_s \simeq C_r$ پیشنهادهای تجربی:

برای رس دست‌خورده $C_c = 0.009\,(L.L\% - 10\%)$

برای رس دست‌خورده $C_c = 0.007\,(L.L\% - 10\%)$

$w\uparrow \Rightarrow C_c\uparrow \Rightarrow \Delta H\uparrow$ $\quad e_0\uparrow \Rightarrow C_c\uparrow \Rightarrow \Delta H\uparrow$ $\quad L.L\uparrow \Rightarrow C_c\uparrow \Rightarrow \Delta H\uparrow$

- در آزمایش تحکیم، به شمار گام‌های بارگذاری، a_V، M_V، E'، k بدست می‌آید ولی C_c و $C_r = C_s$، در یک آزمایش، یک مقدار بیشتر نیستند.
- نشست تحکیم راستین لایه رس، از نشست محاسبه شده بر پایه آزمایش تحکیم بیشتر است، چون نمونه آزمایشی نمی‌تواند کرنش پیرامونی داشته باشد، ولی لایه کرنش پیرامونی دارد.

محاسبه نشست تحکیم

همچنانکه پیش از این آموزش داده شد، می‌توان با روش داشت به میزان تنش موثر لایه تحکیم پذیر، M_v را از میان M_v های بدست آمده از آزمایش تحکیم برگزیده و بر پایه آن نشست را حساب کرد.

تحکیم

$$\Delta H = M_v \cdot \Delta \bar{\sigma} \cdot H_0$$

برای محاسبه نشست تحکیم می‌توان از شیب‌های نمودار $e - P$ بهره برد و Δe را محاسبه کرد. سپس با بهره‌گیری از رابطه زیر، نشست را حساب نمود.

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

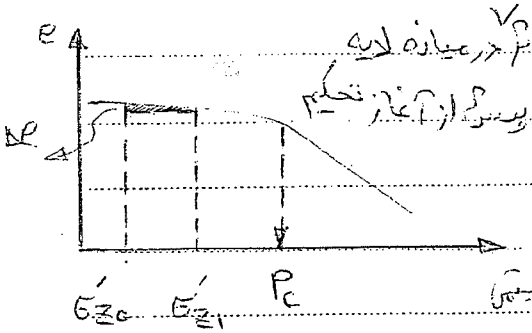
الف) $\bar{\sigma}_{z0} < \bar{\sigma}_{z1} \leq P_c$

تحکیم پیش‌تحکیم‌یافته

تنش موثر در میانه لایه قائم

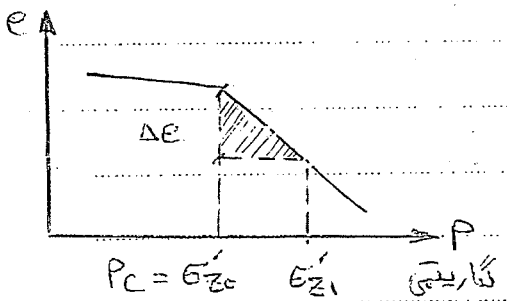
تحکیم پذیر پس از پایان تحکیم

$\bar{\sigma}_{z1} = \bar{\sigma}_{z0} + \Delta\bar{\sigma}_{zA}$



$$C_r = \frac{\Delta e}{\log \frac{\bar{\sigma}_{z1}}{\bar{\sigma}_{z0}}} \quad ; \quad \Delta H = \frac{H_0}{1+e_0} \times \Delta e \Rightarrow \Delta H = \frac{H_0}{1+e_0} \times C_r \times \log \frac{\bar{\sigma}_{z1}}{\bar{\sigma}_{z0}}$$

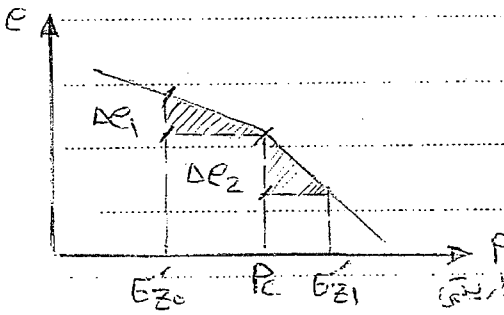
ب) $P_c = \bar{\sigma}_{z0} < \bar{\sigma}_{z1}$



$$C_c = \frac{\Delta e}{\log \frac{\bar{\sigma}_{z1}}{\bar{\sigma}_{z0}}} \quad ; \quad \Delta H = \frac{H_0}{1+e_0} \cdot \Delta e$$

$$\Delta H = \frac{H_0}{1+e_0} \times C_c \times \log \frac{\bar{\sigma}_{z1}}{\bar{\sigma}_{z0}}$$

ج) $\bar{\sigma}_{z0} < P_c < \bar{\sigma}_{z1}$



$$\Delta e = \Delta e_1 + \Delta e_2 = C_r \log \frac{P_c}{\bar{\sigma}_{z0}} + C_c \log \frac{\bar{\sigma}_{z1}}{P_c}$$

$$\Delta H = \frac{H_0}{1+e_0} \left(C_r \log \frac{P_c}{\bar{\sigma}_{z0}} + C_c \log \frac{\bar{\sigma}_{z1}}{P_c} \right)$$

الف) ۹-۱۸

درجه تحکیم (Degree of consolidation)

درجه تحکیم یک نقطه از یک لایه تحکیم پذیر، برابر است با:

e_0: نشانه پوکی در آغاز تحکیم در آن نقطه

e_t: ″ ″ در زمان t

e_1: ″ ″ در پایان تحکیم

$$\bar{U}_{z,t} = \frac{e_0 - e_t}{e_0 - e_1} = \frac{\Delta e_t}{\Delta e_{t=\infty}} \quad (1)$$

$t=0 \quad e_t = e_0 \Rightarrow \bar{U}_{z,t} = 0$

$t=\infty \quad e_t = e_1 \Rightarrow \bar{U}_{z,t} = 1$

برپایه پیوند: $\Delta H_t = \frac{H_0}{1+e_0} \times \Delta e_t$ می‌توان نوشت: (برای یک لایه)

$$\bar{U}_{z,t} = \frac{\Delta H_t}{\Delta H_{t=\infty}} \quad (2)$$

$t=0 \Rightarrow \Delta H_t = 0 \Rightarrow \bar{U}_{z,t} = 0$

$t=\infty \Rightarrow \Delta H_t = \Delta H_{t=\infty} \Rightarrow \bar{U}_{z,t} = 1$

برپایه پیوند: $\Delta H_t = H_0 \cdot M_v \cdot \Delta \sigma'_t$ می‌توان نوشت:

$$\bar{U}_{z,t} = \frac{\Delta \sigma'_t}{\Delta \sigma'_{t=\infty}} = \frac{\sigma'_t - \sigma'_0}{\sigma'_1 - \sigma'_0} \quad (3)$$

$t=0 \Rightarrow \sigma'_t = \sigma'_0 \Rightarrow \bar{U}_{z,t} = 0$

$t=\infty \Rightarrow \sigma'_t = \sigma'_1 \Rightarrow \bar{U}_{z,t} = 1$

برپایه پیوندهای: $\sigma'_t = \sigma'_1 - \Delta u_t$ ، $\sigma'_0 = \sigma'_1 - \Delta u_0$ می‌توان نوشت:

$$\bar{U}_{z,t} = \frac{(\sigma'_1 - \Delta u_t) - (\sigma'_1 - \Delta u_0)}{\sigma'_1 - (\sigma'_1 - \Delta u_0)} = \frac{\Delta u_0 - \Delta u_t}{\Delta u_0} = 1 - \frac{\Delta u_t}{\Delta u_0} \quad (4)$$

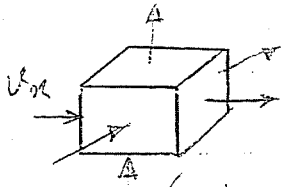
Δu_0: افزایش فشار آب میان دانه‌ای در آغاز تحکیم (اختلاف بار آبی بین بالایه‌های هیدرواستاتیکی)

Δu_t: مانده افزایش فشار آب میان دانه‌ای پس از سپری شدن زمان t

هنگامی از پیوندهای شماره 1 و 3 و 4 برای بدست آوردن درجه تحکیم بهره برداری می‌شود که میانگین Δe ، $\Delta \sigma'$ یا Δu لایه بکار برده شود. همانگونه که پیش از این نیز گفته شد، می‌توان برای لایه‌های نازک تحکیم پذیر، نقطه میانی لایه را نماینده همه لایه پنداشت و σ'_0 ، Δu_0 و σ'_1 میانه را برای همه لایه بکار برد.

- درجه تحکیم میانگین لایه با گذر زمان افزوده می‌شود و هرچه لایه از زهکش‌های بیشتری زهکشی شود، درجه تحکیم بیشتر افزوده می‌شود. نمی‌توان با افزودن به بار، درجه تحکیم را افزود، بلکه تنها می‌توان فشار پیش تحکیم را افزود.

تئوری تحکیم



جریانش بسیار کوچکی از یک لایه تحکیم پذیر :

بر پایه آموزه های صفحه ۷-۱۰ الف ، اگر لایه تحکیم پذیر در حال تحکیم باشد ، بیشتر از آب در آن بیرون خواهد شد و به گفته دیگر لایه دگرگونی حجم خواهد داشت .

$$\left(\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z}\right) \underbrace{dx \cdot dy \cdot dz}_{dV} = \frac{d(dV)}{dt}$$

$$\left(\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z}\right) \cdot V_s = \frac{dV}{dt}$$

$$\left(\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z}\right) V_s(1+e_0) = V_s \frac{de}{dt}$$

$$\left(\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z}\right)(1+e_0) = \frac{de}{dt}$$

$$\left(\frac{k_x}{\gamma_w}\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{k_y}{\gamma_w}\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{k_z}{\gamma_w}\frac{\partial^2 u}{\partial z^2}\right)(1+e) = \frac{de}{dt}$$

$$\left(\quad " \quad + \quad // \quad + \quad // \quad \right)(1+e_0) = -a_v \frac{d\sigma'}{dt}$$

در بخش بسیار کوچک ، در حال تحکیم σ ثابت است و وابسته به u و σ' است .

$$\sigma = \sigma' + u \qquad \left(\frac{d\sigma}{dt} = 0\right) \text{ چون ثابت است}$$

$$0 = \frac{d\sigma'}{dt} + \frac{du}{dt} \Rightarrow -\frac{d\sigma'}{dt} = \frac{du}{dt}$$

$$\left(\frac{k_x}{\gamma_w}\frac{a_v}{1+e_0}\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{k_y}{\gamma_w}\frac{a_v}{1+e_0}\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{k_z}{\gamma_w}\frac{a_v}{1+e_0}\frac{\partial^2 u}{\partial z^2}\right) = \frac{\partial u}{\partial t}$$

$$c_{vx}\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + c_{vy}\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + c_{vz}\frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = \frac{\partial u}{\partial t}$$

معادله دیفرانسیل تحکیم سه بعدی

$$V = V_s + V_v = V_s(1+e)$$

$$\frac{dV}{dt} = V_s \frac{de}{dt}$$

در بخش بسیار کوچک :

$$h = z + \frac{u}{\gamma_w} \quad \hookrightarrow \simeq c+e$$

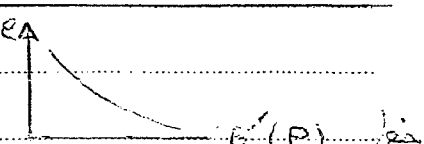
$$v_z = k_z \cdot \frac{\partial h}{\partial z} = \frac{k_z}{\gamma_w} \cdot \frac{\partial u}{\partial z}$$

$$\frac{\partial v_z}{\partial z} = \frac{k_z}{\gamma_w} \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}$$

و همچنین :

$$\frac{\partial v_x}{\partial x} = \frac{k_x}{\gamma_w} \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$$

$$\frac{\partial v_y}{\partial y} = \frac{k_y}{\gamma_w} \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}$$



$$\frac{de}{d\sigma'} = -a_v$$

$$de = -a_v \cdot d\sigma'$$

$$\frac{de}{dt} = -a_v \cdot \frac{d\sigma'}{dt}$$

الف) ۹-۲۰

برای هر سه جهت x و y و z می‌توان نوشت: $C_{vz} = \frac{k_z}{\gamma_w \frac{a_v}{1+e_0}} = \frac{k_z}{\gamma_w \cdot M_v}$

$C_{vy} = ---$

$C_{vx} = ---$

C_{vz}: ضریب تحکیم برای جهت z

در خاک هم‌سان، $k_x = k_y = k_z = k$ و از این رو:

$C_{vx} = C_{vy} = C_{vz} = C_v \longrightarrow$ (Coefficient of consolidation)

از روی منحنی آزمایش تحکیم می‌توان ضریب تراوایی را بدست آورد: $k = C_v \cdot \gamma_w \cdot M_v$

- از آنجا که در آزمایش تحکیم به هر بار گام‌های بارگذاری a_v و M_v بدست می‌آید، پس C_v نیز همان بار را خواهد داشت و از میان آنها، آنکه در پیوند با بازه تنش بزرگتر میانه لایه تحکیم پذیر باشد، بکار برده می‌شود.
- برای رسیدن به C_{vx} یا ... باید سی پلنتی نمونه خاک هم سو با x یا ... باشد.
از نمونه آزمایش به گونه‌ای نمونه برداری شود که ... محور
- از آنجا که گسترندگی لایه تحکیم پذیر در سنجش با پلنتی آن بیشتر است، پس آب میان دانه‌ای، بیشتر در جهت z از نمونه بیرون خواهد رفت و از این رو، می‌توان تحکیم را یک بعدی پنداشت:

$$C_{vz}\frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = \frac{\partial u}{\partial t}$$

در پیوند بالا u فشار آب میان دانه‌هاست که به z و t وابسته است. از آنجا که:

$u = u_0 + \Delta u$ (ثابت) $\Rightarrow \frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial(\Delta u)}{\partial t}$ ، $\frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = \frac{\partial^2(\Delta u)}{\partial z^2}$

پس می‌توان در پیوند بالا u را افزایش فشار آب میان دانه‌ها دانست و پس از این این چنین پنداشته خواهد شد.

تراوایی (پدرمکانیک خاک) با پنداشته‌های زیر، شیوه‌ی تحکیم یک بعدی را پیش کشیده و برای آن راهکار داده است.

- خاک همگن است.
- خاک سیرآب است. (هرچند که خاک سیرآب، حباب‌های هوا نیز در بر دارد)
- دانه‌ها و آب شایندگی فشرده شدن (قابلیت تراکم) ندارند.
- فشردگی خاک در جهت z انجام می‌گیرد.
- تغییر شکل‌ها کوچک است. الف) ۹-۲۱
- قانون دارسی روا است. (هرچند که در شیب‌های آبی بسیار کوچک روا نیست)

- هگام با پیشرفت تحکیم k، M_v ثابت هستند. (هرچند که کاهش می‌یابند)
- میان e، σ' و زمان وابسته نیست. (هرچند که وابستگی دارد)
- تغییر شکل پیرامونی صفر است. (هرچند که ناچیز است)

$$C_v \frac{\partial^2(\Delta u)}{\partial z^2} = \frac{\partial(\Delta u)}{\partial t} \qquad \Delta u = f(z,t)$$

$$\Delta u(z,t) = \sum_{m=0}^{\infty} \frac{2(\Delta u_0)}{M} \left(\sin \frac{M \cdot z}{d}\right) \times e^{-M^2 \cdot T_v}$$

- Δu_0 : افزایش فشار آب میان دانه‌ای بی‌درنگ پس از بارگذاری
- $\Delta u(z,t)$: مانده افزایش فشار آب میان دانه‌ای در نقطه z و در زمان t

$$M = \frac{\pi}{2}(2m+1)$$

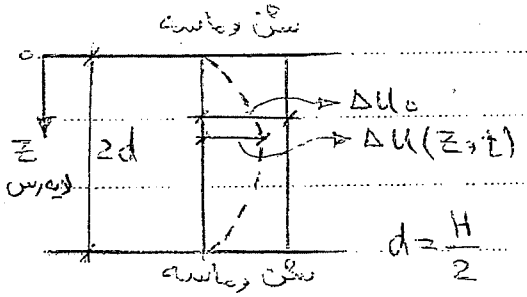
- T_v : عامل زمان

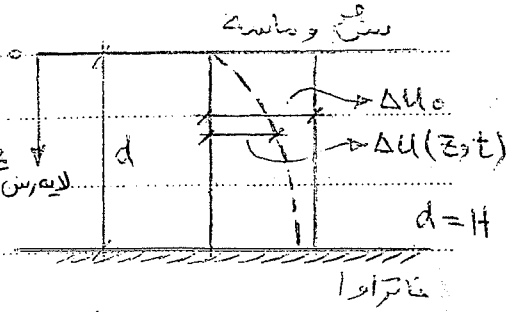
$$T_v = \frac{C_v \cdot t}{d^2} \to \min \quad \text{(Time factor)}$$

$$[T_v] \quad \frac{cm^2}{min} \quad cm$$

درجه تحکیم در نقطه z و زمان t:

$$\bar{U}(z,t) = 1 - \frac{\Delta u(z,t)}{\Delta u_0} = 1 - \sum_{m=0}^{\infty} \frac{2}{M} \left(\sin \frac{M \cdot z}{d}\right) \times e^{-M^2 \cdot T_v}$$





(همانند نیمه سمت راست شکل چپ)

$\Delta u = 0 \quad (z = 2d \to z = 0 \text{ یا } z = 0)$

درجه تحکیم یک نقطه از یک لایه تحکیم پذیر، کاربرد ندارد و بایستی درجه تحکیم میانگین را حساب کرد.

$$\Delta u_{av}(t) = \frac{\int_0^{2d} \Delta u(z,t) \cdot dz}{2d}$$

$$\bar{U}_{av}(t) = 1 - \frac{\Delta u_{av}(t)}{\Delta u_0} = 1 - \sum_{m=0}^{\infty} \frac{2}{M^2} e^{-M^2 \cdot T_v}$$

الف) ۹-۲۲

در پیوند پیشین همه پارامترها بی بعد هستند و می توان با بهره مندی از آن درجه تحکیم میانگین را برای زمانی حساب کرد.
$t \rightarrow Tv \rightarrow \bar{U}_{av}(t)$
برای این کار می توان از دو پیشنهاد ترزاقی نیز بهره برد:

— برای $\bar{U}_{av}(t) < 60\%$ $\quad T_v = \frac{\pi}{4}\left(\frac{\bar{U}_{av(t)}\%}{100}\right)^2$

— برای $\bar{U}_{av}(t) > 60\%$ $\quad T_v = 1.78 - 0.933 \log(100 - \bar{U}_{av}(t)\%)$

آرایه زیر بر پایه درجه تحکیم میانگین لایه، عامل زمان را می دهد. (برای بارگذاری مستطیلی)

$\bar{U}_{av}(t)$	T_v	$\bar{U}_{av}(t)$	T_v
0.0	0.0000	60.0	0.2864
2.5	0.0005	62.5	0.3125
5.0	0.0020	65.0	0.3404
7.5	0.0044	67.5	0.3704
10.0	0.0079	70.0	0.4029
12.5	0.0123	72.5	0.4381
15.0	0.0178	75.0	0.4767
17.5	0.0241	77.5	0.5194
20.0	0.0314	80.0	0.5671
22.5	0.0398	82.5	0.6212
25.0	0.0491	85.0	0.6837
27.5	0.0594	87.5	0.7576
30.0	0.0707	90.0	0.8481
32.5	0.0830	91.0	0.8908
35.0	0.0962	92.0	0.9385
37.5	0.1105	93.0	0.9926
40.0	0.1257	94.0	1.0551
42.5	0.1419	95.0	1.1291
45.0	0.1591	96.0	1.2194
47.5	0.1774	97.0	1.3360
50.0	0.1967	98.0	1.5004
52.5	0.2172	99.0	1.7813
55.0	0.2389	99.5	2.0623
57.5	0.2619	100.0	∞

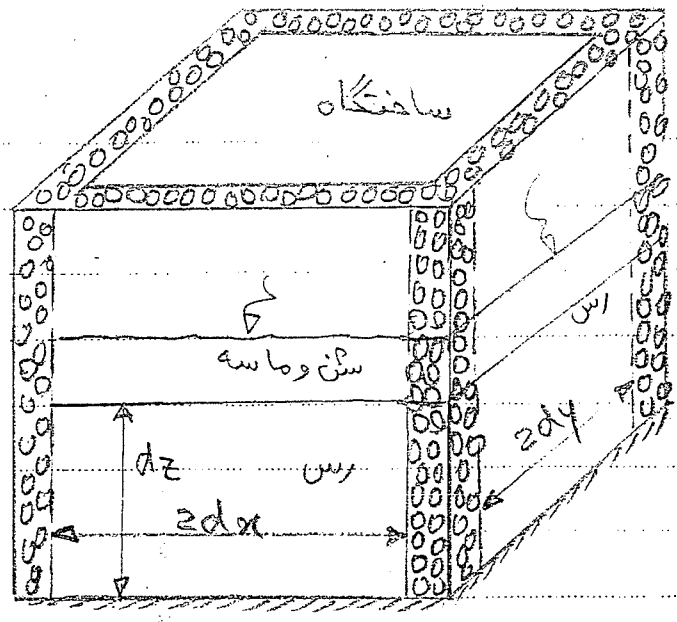
از دکتر فرزین پاک نیا

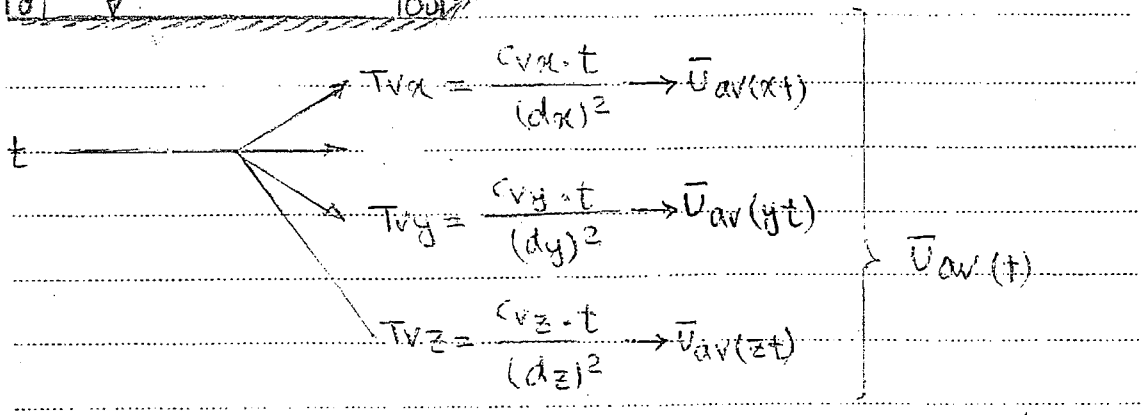
99.8% $\quad T_v = 2.0$

همانگونه که پیش از این گفته شد، در لایه های تحکیم پذیر از نزدیک به همه آب میان دانه ای در جهت قائم زهکشی می گردد. اگر بخواهیم زمان تحکیم را کوتاهتر کنیم، بایستی در یک یا دو جهت افقی نیز زهکش هایی از شن و ماسه بسازیم تا در رفتن آب آسان و زمان تحکیم کم گردد. این زهکش های ساختگی می توانند، اندازه خدمت را کم یا بیش نمایند. با انجام چنین کاری درجه تحکیم میانگین لایه به درجه تحکیم متوسط تک تک جهت ها وابسته خواهد شد.

$$\left(1 - \bar{U}_{av(t)}\right) = \left(1 - \bar{U}_{av(xt)}\right)\left(1 - \bar{U}_{av(yt)}\right)\left(1 - \bar{U}_{av(zt)}\right)$$

اگر لایه تحکیم پذیر نزدیک به روی زمین باشد، می توان در پیرامون ساختگاه گمانه هایی کند. آب درون این گمانه ها تا سطح ایستابی بالا می آید و در لایه تحکیم پذیر فشار آب حفره ای ایجاد می شود.





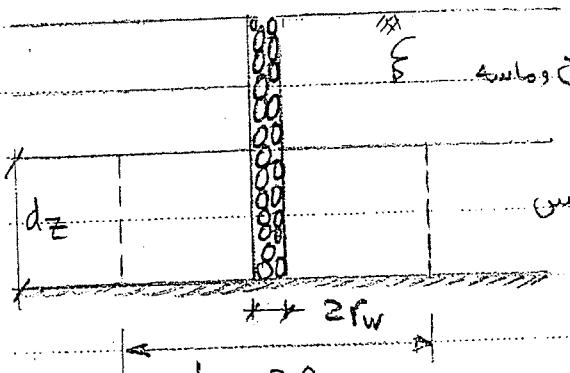
اگر لایه تحکیم پذیر دور از روی زمین باشد و کندن گمانه های پیرامونی تا سنگ بی سوراخ و بی هوده (بی نتیجه) خواهد شد. برای زهکشی چنین لایه هایی کندن سه چاه و پر کردن آن با شن و ماسه سودمند خواهد بود. بابهره مندی از چاه زهکش و گذر افق آب حالت شعاعی خواهد داشت و بایستی معادله دیفرانسیل تحکیم در مختصات استوانه ای بررسی گردد.

$$c_r \left(\frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial u}{\partial r} \right) + c_{vz} \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = \frac{\partial u}{\partial t}$$

c_r: ضریب تحکیم شعاعی

در این راه کار نیز درجه تحکیم متوسط لایه به درجه تحکیم شعاعی و تحکیم قائمه بسته خواهد بود.

$$(1-\bar{U}_{av(t)}) = (1-\bar{U}_{av(rt)})(1-\bar{U}_{av(zt)})$$



$d_e = 2R$ قطر تأثیر چاه

$$T_r = \frac{c_{r.}t}{(d_e)^2} = \frac{c_{r.}t}{4R^2} = \frac{c_{r.}t}{4n^2r_w^2} \xrightarrow{\text{۹-۲۵ و شکل ۹-۱۲}} \bar{U}_{av(rt)}$$

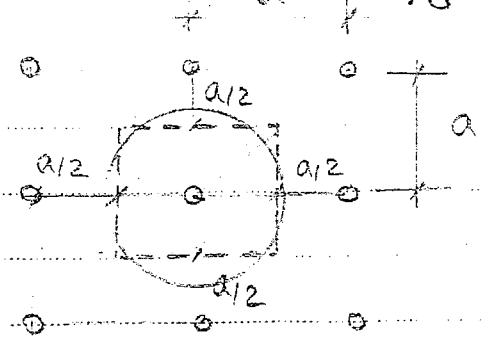
t

$$T_{vz} = \frac{c_{vz.}t}{(d_z)^2} \xrightarrow{\text{۹-۲۳ و شکل ۹-۱۲}} \bar{U}_{av(rz)}$$

Average Degree of consolidation $\bar{U}(t)_r$ (%)	Time Factor T_r $n=\frac{R}{r_w}=5$	10	15	20	25	30	40	50	60	80	100
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0.006	0.010	0.013	0.014	0.016	0.017	0.019	0.020	0.021	0.023	0.026
10	0.012	0.021	0.026	0.030	0.032	0.035	0.039	0.042	0.044	0.048	0.051
15	0.019	0.032	0.040	0.046	0.050	0.054	0.060	0.064	0.068	0.074	0.079
20	0.026	0.044	0.055	0.063	0.069	0.074	0.082	0.088	0.092	0.101	0.107
25	0.034	0.057	0.071	0.081	0.089	0.096	0.106	0.114	0.120	0.131	0.139
30	0.042	0.070	0.088	0.101	0.110	0.118	0.131	0.141	0.149	0.162	0.172
35	0.050	0.085	0.106	0.121	0.133	0.143	0.158	0.170	0.180	0.196	0.208
40	0.060	0.101	0.125	0.144	0.158	0.170	0.188	0.202	0.214	0.232	0.246
45	0.070	0.118	0.147	0.169	0.185	0.198	0.220	0.236	0.250	0.291	0.288
50	0.081	0.137	0.170	0.195	0.214	0.230	0.255	0.274	0.290	0.315	0.334
55	0.094	0.157	0.197	0.225	0.247	0.265	0.294	0.318	0.334	0.363	0.386
60	0.107	0.180	0.226	0.258	0.283	0.304	0.337	0.362	0.383	0.416	0.441
65	0.123	0.207	0.259	0.296	0.325	0.348	0.386	0.415	0.439	0.477	0.506
70	0.137	0.231	0.289	0.330	0.362	0.389	0.431	0.463	0.490	0.532	0.564
75	0.162	0.273	0.342	0.391	0.429	0.460	0.510	0.548	0.579	0.629	0.668
80	0.188	0.317	0.397	0.453	0.498	0.534	0.592	0.636	0.673	0.730	0.775
85	0.222	0.373	0.467	0.534	0.587	0.629	0.697	0.750	0.793	0.861	0.914
90	0.270	0.455	0.567	0.649	0.712	0.764	0.847	0.911	0.963	1.046	1.110
95	0.351	0.590	0.738	0.844	0.926	0.994	1.102	1.185	1.253	1.360	1.444
99	0.539	0.907	1.135	1.298	1.423	1.528	1.693	1.821	1.925	2.091	2.219
100	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞

چاههای زهکش می توانند در پلان به آرایش مربعی یا مثلثی داشته باشند و شعاع تأثیر آنها به روی راست به نکاره ها حساب می شود.

آرایش مردمی چاههای زهکش برای تحکیم شعاعی:

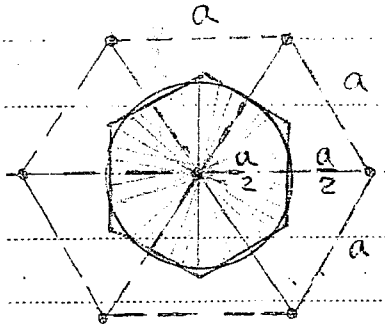


هرکدام از چاههای زهکش باید سطحی مساحت مربعی axa را به گونه دایره‌ای زهکشی نماید.

$$a \times a = \pi R^2$$

$$R = \frac{a}{\sqrt{\pi}} = 0.564a$$

آرایش مثلثی چاههای زهکش برای تحکیم شعاعی:



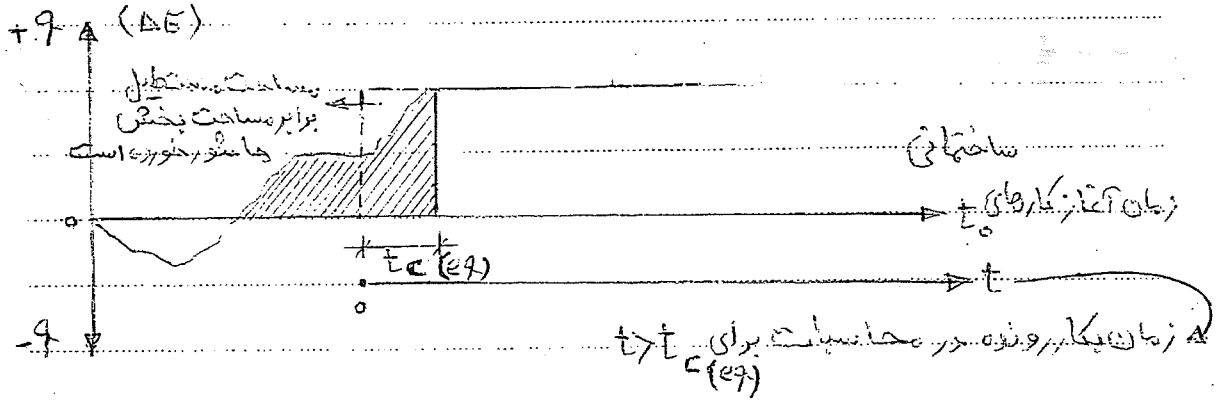
هرکدام از چاههای زهکش باید سطحی مساحت یک شش ضلعی (داشته خورده) را به گونه دایره‌ای زهکشی نمایند.

مساحت دایره = مساحت شش ضلعی

$$6 \times \frac{a}{2} \times \frac{a \operatorname{tg} 30}{2} = \pi R^2 \Rightarrow R = 0.525a$$

زمان تحکیم

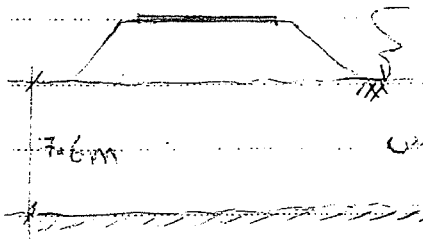
در بیشتر کارهای ساختمانی، با کندن گودال ساختگاه، از زمین باربرداری می‌شود و سپس با آغاز ساختمان سازی، بار برداشته شده جبران می‌گردد. در پی آن با افزایش بار وارده به زمین، نشست تحکیم رخ می‌دهد.



A زمان یکسان شونده در محاسبات برای $t > t_{c(eq)}$

با ساختن راه، تنش مؤثر در میانه لایه رس از 0.8 به $1.9\ kg/cm^2$ خواهد رسید. اگر ساختن راه 4 ماه به طول انجامد، خواسته می‌شود:

- نشست تحکیم لایه رس



$C_v = 0.04\ cm^2/min$

$C_r = 0.05\ cm^2/min$

$M_v = 0.025\ cm^2/kg$

$\Delta H = M_v \cdot \Delta\sigma \cdot H_c = 0.025\,(1.9-0.8) \times 760\,cm = 20.9\,cm$

اگر نشست روی روبه آسمان‌ای $2.6\,cm$ باشد، پس از چه مدتی می‌توان راه را بهره‌برداری کرد.

$$\bar{U}_{av(t)} = \frac{\Delta H_t}{\Delta H_{t=\infty}} = \frac{20.9-2.6}{20.9} = 0.875 \longrightarrow T_v = 0.7576$$

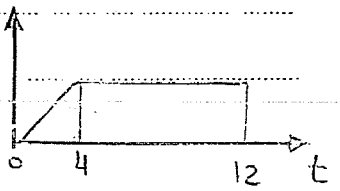
$$T_v = \frac{C_v \cdot t}{d^2} \longrightarrow 0.7576 = \frac{0.04 \times (n \times 365 \times 24 \times 60)}{(760)^2}$$

$$\Rightarrow n = 20.8\ year$$

اگر بخواهیم یک سال پس از آغاز خاکریزی، بهره‌برداری کنیم، برای رسیدن به درجه تحکیم روی، خاصله میان زهکش‌های ماسه‌ای با شعاع $20cm$، در آرایش مربعی چقدر باید باشد.

$$T_v = \frac{C_v \cdot t}{d^2}$$

$$T_v = \frac{0.04 \times (1 \times 30 \times 24 \times 60)}{(760)^2} = 0.03$$



$\Rightarrow \bar{U}_{av(2t)} = 20\%$

$$(1-\bar{U}_{av(1t)}) = (1-\bar{U}_{av(2t)})(1-\bar{U}_{av(2t)})$$

$$(1-0.875) = (1-\bar{U}_{av(2t)})(1-0.20)$$

$$\bar{U}_{av(2t)} = 0.85$$

الف) ۹-۲۷

$$T_r = \frac{C_r \cdot t}{4\pi^2 r_w^2} = \frac{0.05 \times (10 \times 30 \times 24 \times 60)}{4\pi^2 (20)^2} \Rightarrow n\sqrt{T_r} = 3.67$$

$(n=15 \;,\; \bar{U}_{av(rt)} = 85\%) \xrightarrow{\text{جدول}} T_r = 0.467$

$(n=15 \;,\; n\sqrt{T_r} = 3.67) \longrightarrow T_r = 0.060$ ← نابرابر

$(n=10 \;,\; \bar{U}_{av(rt)} = 85\%) \xrightarrow{\text{جدول}} T_r = 0.373$

$(n=10 \;,\; n\sqrt{T_r} = 3.67) \longrightarrow T_r = 0.136$ ← نابرابر

$(n=5 \;,\; \bar{U}_{av(rt)} = 85\%) \xrightarrow{\text{جدول}} T_r = 0.222$

$(n=5 \;,\; n\sqrt{T_r} = 3.67) \longrightarrow T_r = 0.538$ ← نابرابر

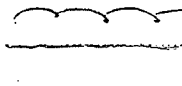
$(n=7 \;,\; \bar{U}_{av(rt)} = 85\%) \longrightarrow T_r = 0.282$

$(n=7 \;,\; n\sqrt{T_r} = 3.67) \longrightarrow T_r = 0.275$ ← نزدیک به هم

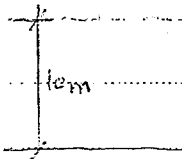
$n = \frac{R}{r_w} \Rightarrow R = 7 \times 20 = 140\,cm$

$R = 0.564\,a \Rightarrow a = \frac{140}{0.564} = 243\,cm$

خروجی مربوط به: a: فاصله میان زهکش‌ها



پس از بارگذاری، تنش موثر میانه لایه رس از ۰.۶ به ۱.۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع خواهد رسید.



اگر بخواهیم پس از یک سال پس از بارگذاری، تنها ۰.۲ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع افزایش فشار آب میان‌دانه‌ای در لایه رس باقی بماند، چه مقدار از این افزایش باید خارج شود؟

مثلاً چاه‌های ماسه‌ای با شعاع 15cm

$\bar{U}_{av(t)} = 1 - \frac{\Delta u_t}{\Delta u_{t=0}} = 1 - \frac{0.2}{(1.8-0.6)} = 0.833$

۹-۲۸ الف) درجه تحکیم تقریبی پس از یک سال:

$$T_v = \frac{c_v \cdot t}{d^2} = \frac{0.04(1\times365\times24\times60)}{(\frac{1000}{2}\,cm)^2} = 0.084 \longrightarrow \bar{U}_{av(Zt)} = 0.327$$

$$(1-\bar{U}) = (1-\bar{U}_r)(1-\bar{U}_z) \longrightarrow (1-0.833) = (1-\bar{U}_r)(1-0.327)$$

$$\bar{U}_{av(r,t)} = 0.75 \qquad T_r = \frac{0.04\times1\times365\times24\times60}{4n^2\times15^2} \Rightarrow n\sqrt{T_r} = 4.83$$

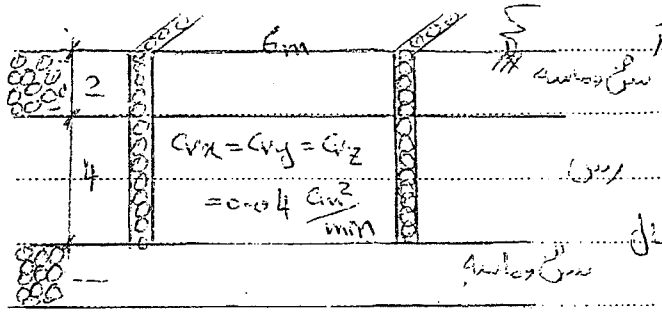
$(n=10 \;,\; \bar{U}_r = 75\%) \xrightarrow{\text{جدول}} T_r = 0.273$

$(n=10 \;,\; n\sqrt{T_r} = 4.83) \longrightarrow T_r = 0.233$ ← نادرست

$(n=9.5 \;,\; \bar{U}_r = 75\%) \xrightarrow{\text{جدول}} T_r = 0.262$

$(n=9.5 \;,\; n\sqrt{T_r} = 4.83) \longrightarrow T_r = 0.258$ ← نزدیک‌تر هم

$R = 9.5\times15 = 142.5\,cm \qquad a = \frac{R}{0.525} = \frac{142.5}{0.525} = 271\,cm$



در زمین شکل روبرو سیلوی 6×6 متر کنار کندوی سنگی و پایین ماسه‌ای بنا شده است. اگر بر روی زمین بارگستردهٔ ای اثر کند، پس از دو سال چند درصد تحکیم رخ خواهد داد.

$$T_{vx} = T_{vy} = \frac{c_{vx}\cdot t}{(d_x)^2} = \frac{0.04\times(2\times365\times24\times60)}{(300\,cm)^2} = 0.467$$

$$\bar{U}_{xt} = 74.5\%$$

$$T_{vz} = \frac{0.04\times(2\times365\times24\times60)}{(200\,cm)^2} = 1.051 \longrightarrow \bar{U}_{zt} = 94\%$$

$$(1-\bar{U}) = (1-\bar{U}_x)(1-\bar{U}_y)(1-\bar{U}_z)$$

$$(1-\bar{U}) = (1-0.745)(1-0.745)(1-0.94) \Rightarrow \bar{U}_{av} = 0.996 = 99.6\%$$

- زهکش‌های ماسه‌ای هنگامی سودمندترند که $c_{vh} > c_{vz}$ (یکنواخت‌تر) تراوایی افقی لایه تحکیم‌پذیر بیشتر از تراوایی قائم یا بیشتر) الف) ۹-۲۰۹

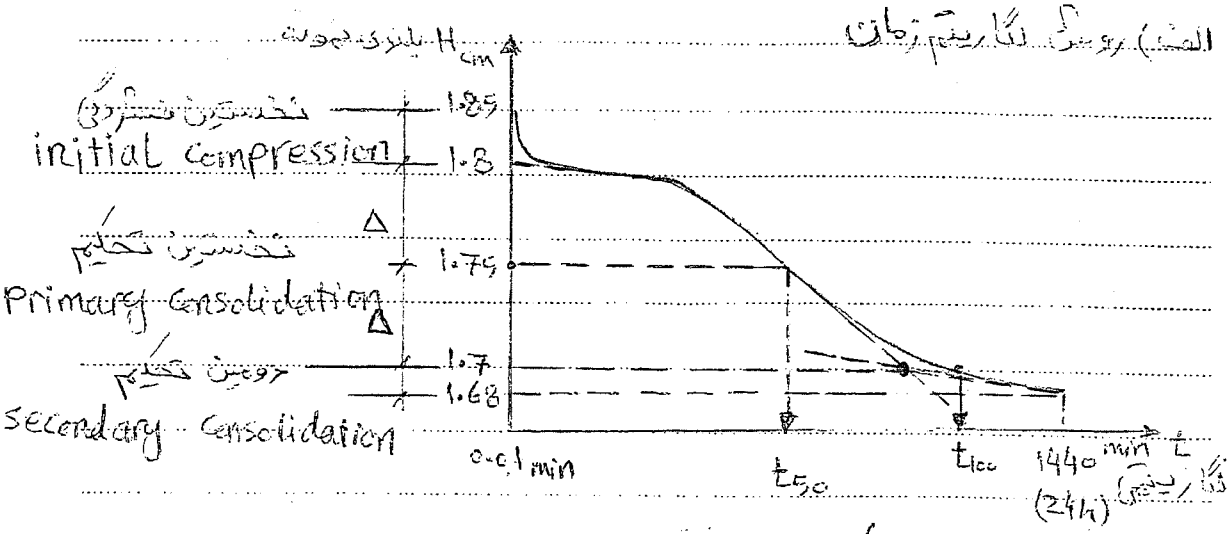
- زهکش‌های ماسه‌ای هنگامی سودمندترند که بستر لایه بیشتر از ماسه تراوا باشد.

- بدست آوردن ضریب تحکیم

در آزمایش تحکیم، نمونه تقریبا به یک هفته زمان نیاز است و هر دو روز یا دو برابر یا برابر برداشتن می شود. هر چه کدام از گامهای بارگذاری که 24 ساعت یا بیشتر یا کمتر طول می کشد، کاهش یا افزایش نمونه در زمانهای 0.1، 1، 10، 100 دقیقه ... تا 24 ساعت اندازه گیری می شود و بر پایه آنها نمودار رسم و از روی آن ضریب تحکیم برای بازه فشار آیین 24 ساعت محاسبه می گردد.

برای نمونه ما اگر هر 24 ساعتی که فشار افزوده بر نمونه از 4 به $8 kg/cm^2$ می رسد، بلندی نمونه از $1.85 cm$ به $1.68 cm$ کاهش پیدا کند خواهیم داشت:

الف) رسم نگارش زمان



t_{100} - زمان رسیدن به 100٪ تحکیم نخستین (اولیه) و از میان رفتن Δu_0

t_{50} - زمان رسیدن به 50٪ تحکیم نخستین ($\Delta u_{ar t_{50}} = \frac{\Delta u_0}{2}$) و نصف نشست t_{50} را گذرانده است.

$$\bar{U}_{ar} = \frac{\Delta H_{t_{50}}}{\Delta H_{t_{\infty}}} = \frac{\Delta}{2\Delta} = \frac{1}{2} = 0.50 \longrightarrow T_v = 0.197$$

$$T_v = \frac{c_v \times t}{d^2} \longrightarrow 0.197 = \frac{c_v \times t_{50}}{d_{50}^2} \Rightarrow c_v$$

d_{50} - نصف ستبرای نمونه در زمان t_{50}:

(برای نمونه پنداری) $$d_{50} = \frac{H_{50}}{2} = \frac{(1.8+1.7)/2}{2} = 0.875 \longrightarrow$$

در این نمونه پنداری، تنش تنگر از 4 به $8 kg/cm^2$ افزوده شده است و از این رو c_v بدست آمده، برای همان بازه تنش، بکار برده می شود.

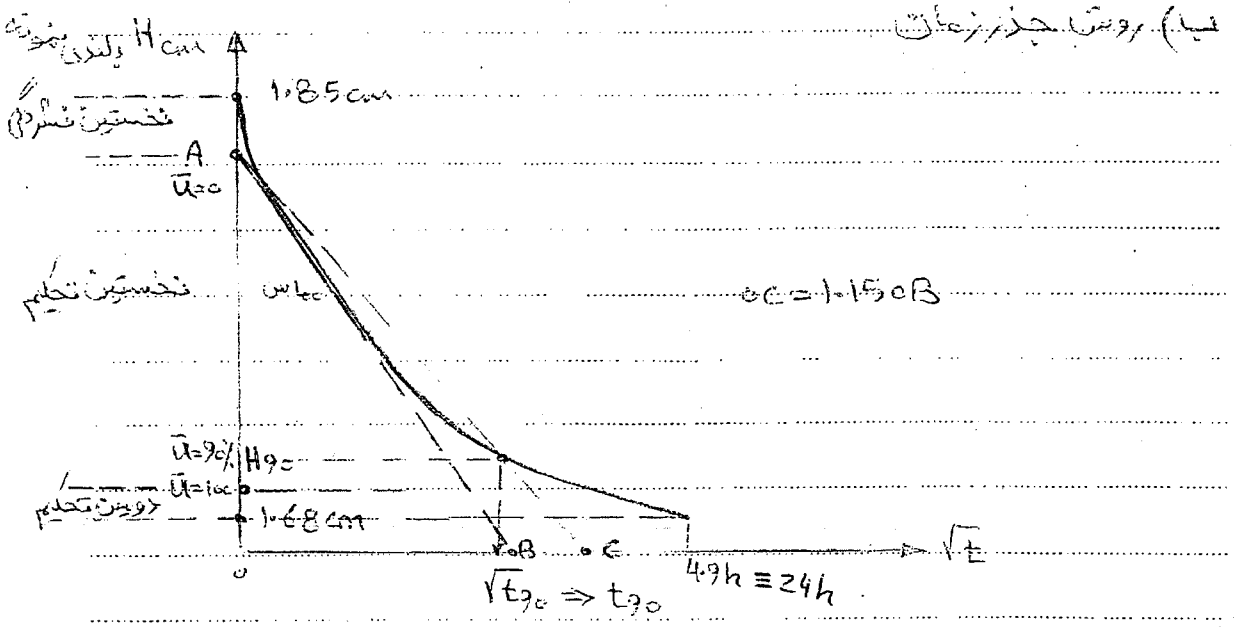
- هر چه در خاک رسی تراوایی (k) بیشتر باشد، t_{50} کمتر و c_v بیشتر خواهد شد.

$$T_v = \frac{\uparrow c_v \times t_{50} \downarrow}{d_{50}^2 \rightarrow \simeq cte}$$

c_v رس < c_v ماسه رس دار

ب) 9-30.

- ب) روش جذر زمان



$C_c = 1.150B$

$\bar{U}_{av} = 0.90 \Rightarrow T_v = 0.848 \Rightarrow 0.848 = \frac{C_v \times t_{90}}{d_{90}^2} \Rightarrow C_v = \dots$

$d_{90} = \frac{H_{90}}{2}$

- نخستین فشردگی

رس هرچندکه سیرآب بوده باشد، بی درنگ پس از بارگذاری اندکی نشست می کند و سپس در آن Δu_0 پدید می آید و در پی خود نشست تابع زمان (نشست تحکیم نخستین) را پدید می آورد. شوندهای (علت های) این پدیده می تواند یک یا چندتا از بندهای زیر باشد.

- حباب های ریز هوای محبوس در آب، پس از بارگذاری کوچک می شوند یا می ترکند.
- کاملاً سیرآب نبودن خاک (بویژه خاک های رسی که کم تراوا هستند)
- سُر بودن نمونه در درون قالب (هم اندازه نبودن نمونه و قالب)
- امکان کرنش پیرامونی در لایه ها (در درون قالب امکان کرنش پیرامونی نیست)

- تحکیم نخستین (تحکیم اولیه)

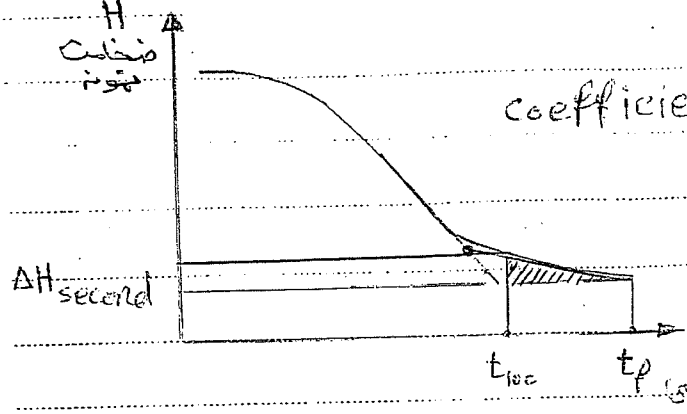
پس از پدیدآمدن Δu_0، با گذر زمان، بخشی از آب رس درمی رود و Δu کاهش می یابد و نمونه نشست می کند. این نشست به نشست تحکیم نخستین شناخته شده است و با صفرشدن Δu پایان می یابد. هرچه Δu_0 بیشتر و لایه رس ستبر و نشانه پوکی (e) خاک بیشتر باشد، نشست تحکیم نخستین بیشتر خواهد بود. هرچه لایه تراوا باشد و از کرانه های بیشتری زهکش شود، زمان تحکیم نخستین کوتاهتر خواهد شد. الف) ۹-۳۱

تحکیم ثانویه (دومین تحکیم)

پس از صفر شدن Δu_0، هرچند که دیگر تنش مؤثر لایه رسی افزایش نمی‌یابد، ولی نشست پایان نمی‌پذیرد. به نشست ادامه‌ای که پس از پایان تحکیم نخستین رخ می‌دهد، دومین تحکیم گفته می‌شود.

سوند (علت) نشست دومین تحکیم، خزش و لغزش کند کانی‌های پولکی رس پرروی هم است، که در سرانجام کار با کندروان تر شدن آب میان پولک‌ها، پولک‌ها پایدار می‌شوند و نشست پایان می‌یابد.

- نشست دومین تحکیم در رس‌های پوک، رس‌های با نشانه مومسانی (PI) بالا و رس‌های آلی (باموا) بیشتر است.
- در رس‌های بیش تحکیم یافته، نشست دومین تحکیم کم است.
- با کاهش ستبرای نمونه و یا افزایش زمان، نشست دومین تحکیم افزایش می‌یابد و از این رو شایسته نیست ویژگی‌های دومین تحکیم نمونه برای لایه بکار رود.
- در رس‌های حساس (LL بالا) نشست دومین تحکیم می‌تواند چشمگیر باشد.



ضریب دومین تحکیم:
coefficient of secondary consolidation

$$C_a = \frac{\frac{\Delta H_{seconal}}{H_e}}{\log \frac{t_p}{t_{100}}} = \frac{\frac{\Delta e_{seconal}}{1+e_0}}{\log \frac{t_p}{t_{100}}}$$

t_{100}: زمان پایان نخستین تحکیم
t_p: زمان پایان دومین تحکیم (144 min)
H_e: ستبرای نمونه در آغاز دومین تحکیم
e_0: نسبت تخلخل نمونه در آغاز دومین تحکیم

بکار بردن C_a نمونه برای لایه چندان پیشرفته و سازگار نشده است و چنانکه این را پذیرفتیم:

$\Delta H_{seconal}$: نشست دومین تحکیم تا لحظه t
H_e: ستبرای لایه
t_p: زمان پایان نخستین تحکیم (Primary consolidation)
t: زمان

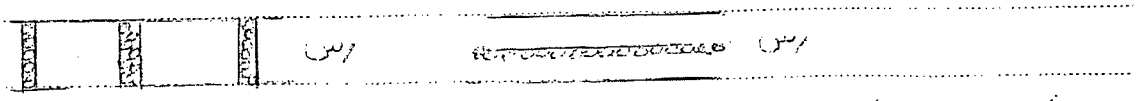
$$\Delta H_{seconal} = H_e \times C_a \times \log \frac{t}{t_p}$$

الف) ۹-۳۲

- پذیرفتن زهکش های قائم و افقی در لایه تحکیم پذیر، زمان تحکیم را کوتاهتر می کند ولی اندازه نشست پایانی فرقی نمی کند. اندازه نشست پایانی تنها به ویژگی های لایه تحکیم پذیر و بار اثر کننده وابسته است.

- هرچه $\frac{k_h}{k_v}$ بیشتر باشد، بهره مندی از زهکش های قائم، بیشتر از زهکش های افقی خواهد شد.

زهکش افقی زهکش قائم:

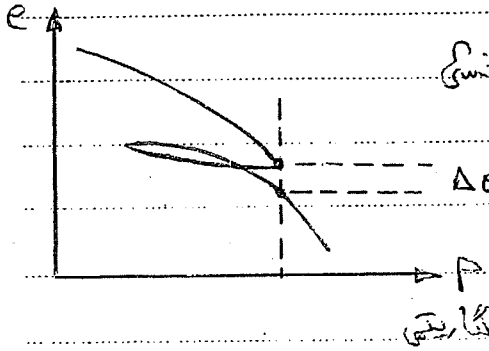


- خاکهای آماس کننده PI بزرگتر از ۲۵ دارند و C_c و C_s آنها بیشتر است.

- در بارگذاری گسترده کرنش پیرامونی صفر خواهد شد.

- خاک رس در بخش کاپیلاری، تنش موثر بیشتری دارد و بیشتر تحکیم می یابد، با بالا رفتن آب، کاپیلاری از میان می رود و تنش موثر کم می شود و لایه آماس می کند.

- به هنگام باربرداری و بارگذاری دوباره، نمودار $(e, \log p)$ همانند نگاره زیر خواهد بود و در آن $\Delta e \neq 0$ است.



چون در زمان باربرداری و بارگذاری دوباره، بخشی از فرآیند تحکیم در حال انجام است و نشانه پوکی (e) را می کاهد.

- سرعت پیشرفت تحکیم، با گذر زمان کم می شود.

- با افزودن یه بار، نمی توان سرعت تحکیم را افزود ولی می توان تنش موثر (یا فشار پیش تحکیم) را افزود.

- کامل زمان با تراوایی خاک نسبت مستقیم دارد. $k \uparrow \Rightarrow t \downarrow \Rightarrow c_v \uparrow \Rightarrow T_v \uparrow$

$k = c_v \cdot \gamma_w \cdot m_v$

- با افزایش L.L، c_v کاهش می یابد.

$L.L \uparrow \Rightarrow k \downarrow \Rightarrow t \uparrow \Rightarrow c_v \downarrow$

- با پیشرفت تحکیم، سرعت بیرون رفتن آب از نمونه کاهش می‌یابد. ($k \downarrow$)
- با افزایش c_v، سرعت تحکیم افزایش می‌یابد.
- با افزایش تنش مؤثر اثر کننده بر نمونه، $a_v \downarrow$، $M_v \downarrow$، $k \downarrow$، $E \uparrow$، $c_v \downarrow$
- به‌سایر گام‌های بارگذاری آزمایش تحکیم، برای نمونه آزمایش شونده a_v، M_v، k، c_v و ... بدست می‌آید.
- در رس‌های پیش تحکیم یافته (n_c و o_c) با افزایش γ_d، $\sigma \uparrow$، $\gamma_d \uparrow$، $e \downarrow$، $w \downarrow$
- در رس‌های تحکیم نیافته (unconsolidated) با افزایش γ_d، σ، γ_d، e، w وجود ندارد.
- در یک سازند رسی چندین لایه‌ای:

$$c_{ve} = \frac{\sum_{i=1}^{m} H_i^2}{\left[\sum_{i=1}^{m} \frac{H_i}{\sqrt{c_{vi}}}\right]^2} \quad \text{و} \quad T_{ve} = \frac{c_{ve} \times t}{d^2}$$

c_{ve}: ضریب تحکیم معادل — T_{ve}: عامل زمان معادل

- در لایه‌رس ناهمسان:

راندمان زهکش‌های ماسه‌ای افزایش می‌یابد. $\Rightarrow \frac{c_h}{c_v} \uparrow$

- تحکیم سه بعدی (تحکیم شعاعی، زهکش‌های ماسه‌ای) در رس‌های سفت و رس‌هائی که تحکیم ثانویه چشمگیری دارند، سودمند نیست.

ادامه از صفحه ب) ۳۸-۷

۱۰- می‌نویسد: ارتباط مستقیمی میان افزایش بارش در فلات ارمنستان؟!
(حتماً آذربایجان غربی را می‌گوید که در سالهای ۱۹۱۸، دسته‌های جنایتکار اندرانیک ارمنی برای ارمنستان کردنش جنگیدند و ۱۵۰،۰۰۰ نفر از مردم خوی و ارومیه را کشتار کردند. این واقعه جائی در کتاب‌های رسمی تاریخ ایران ندارد ولی بازدید از موزه کلیسای وانک اصفهان آزاد است)
و افزایش آب دریاچه ارومیه وجود دارد.
۱۱- می‌نویسد: یکی از زیانبارترین اقوام ... همانا قوم ترک است.
۱۲- در رابطه با چوک می‌نویسد: آلبنه مزموده، اند که اگر حالت تمسخر داشته باشد، نه حالتی که هرف خنواندن مردم است.
۱۳- در سرزمین‌های مسیحی نشین آنادولی امکان جهاد فراهم بود و از راه جهاد می‌شد، زمین، چراگاه، ثروت و زن و دختر حاصل کرد!!
۱۴- زبان سوم و پلیدی که گریبانگیرشان شده ... بقیه در ب) ۱۱-۹

— در یک لایه در حال تحکیم، کدامیک ثابت می‌ماند؟

γ_{sat} γ_d S_r w

در روند تحکیم، لایه رس همیشه سیرآب است ($S_r=1$) ولی w، e و n کاهش می‌یابد و γ_{sat}، γ_d و γ افزوده می‌شود.

— در آزمایش تحکیم:

ستبرای نخستین نمونه $H_0=2\,cm$

ستبرای نمونه 24 ساعت پس از آبکی $H_s=2.1\,cm$

ستبرای نمونه 24 ساعت پس از اثر کردن فشار $0.5\,kg/cm^2$ $H_1=2.06\,cm$

ستبرای نمونه 24 ساعت پس از اثر کردن فشار $1\,kg/cm^2$ $H_2=2\,cm$

شده است. خواسته می‌شود فشار آماس (P_s) نمونه آزمایش شونده

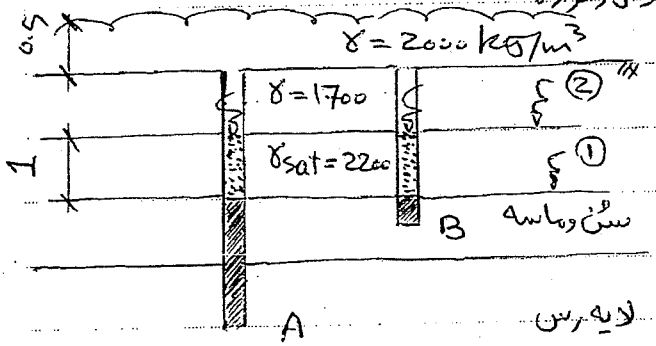
نمونه آماس داشته و آنرا به هنگامی که فشار مؤثر بر رس به $1\,kg/cm^2$ رسیده از دست داده است. پس فشار تورم $P_s=1\,kg/cm^2$ است. به گفته دیگر اگر این نمونه زیر فشارهای کمتر از $1\,kg/cm^2$ باشد و سیرآب گردد، آبکی و آماس خواهد داشت ولی زیر فشارهای بیشتر از $1\,kg/cm^2$ چنین رفتاری از خود نشان نخواهد داد.

— در لایه رس سیرآب، تحکیم به پایان رسیده است.

(الف) فشار آب میان رانه‌ای صفر است. ب) نم رس ٪۱۰۰ است.

پ) $S_r=100\%$ است ✓ ت) $\gamma_{t=0}=\gamma_{t=\infty}$

— اگر در زمین شکاره زیر، همزمان با دومتر بالا رفتن آب زیرزمینی، نیم متر بر روی زمین خاکریزی شود، لایه رس چقدر نشست خواهد کرد.



با بالا رفتن آب در زمین، آب فشار سنج B دومتر بالا می‌رود و به اندازه:

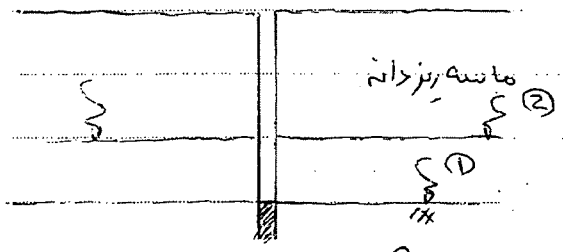
$\Delta\sigma_A=\Delta\sigma_B=(0.5\times2000)+(1\times(2200-1700))$

$=2000\,kg/m^2$

به تنش کل نقطه A، B افزوده می‌شود و لایه رس این افزایش به فشار آب نقطه A افزوده

می‌شود و به گفته دیگر آب فشار سنج A هم دومتر بالا می‌رود و از آنجا که باز تراز آب فشار سنج یکی می‌شود، لایه رس آب بیرون نمی‌دهد و پس نشست نمی‌کند.

— برروی زمین نگاره زیر ۶ سه‌متر ماسه ریزدانه ریخته شده است و یک متر از آن با مکیدن آب و متراکم گردیده است. پس از گذر زمانی چشمگیر، چه رخ می‌دهد.



$\gamma = 18\ kN/m^3$

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

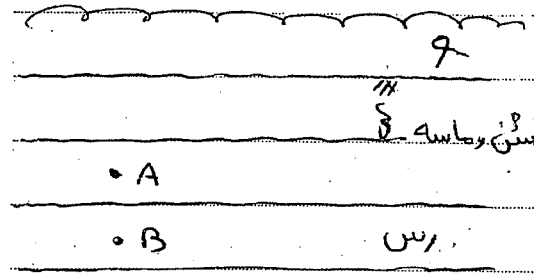
$\Delta\sigma'_{zA} = (2\times18) + (1\times20) = 56\ kN/m^2$

تنش مؤثر لایه رس $56\ \frac{kN}{m^2}$ افزوده می‌شود و نشست تحکیم رخ می‌دهد.

اگر یک متر سیرآب شدن ماسه در اثر مکش و متراکم نمی‌بود و آنرا بالاتر از آب زیرزمینی در اثر بارندگی پیدا می‌آورد؛

$\Delta\sigma'_{zA} = (2\times18) + (1\times(20-10)) = 46\ kN/m^2$

— بار گسترده q برروی زمین اثر می‌کند، خواسته می‌شود افزایش تنش مؤثر نقاط A و B



در کوتاه مدت ← $\Delta\sigma'_{zA} > \Delta\sigma'_{zB}$

در دراز مدت ← $\Delta\sigma'_{zA} = \Delta\sigma'_{zB}$

در کوتاه مدت و دراز مدت $\Delta\sigma'_{zA} = q$ و در کوتاه مدت $\Delta\sigma'_{zB} < q$ و در دراز مدت $\Delta\sigma'_{zB} = q$ خواهد شد.

— در لایه‌ای از رس سیرآب نشست پایان تحکیم $10\ cm$ شده است. باروی راست به داده‌ها خواسته می‌شود γ_{sat} رس در پایان تحکیم

داده‌ها:

$H_0 = 6\ m$

$G_s = 2.65$

$\gamma_{sat0} = 20\ kN/m^3$

$\gamma_w = 10\ kN/m^3$

$\gamma_{sat0} = \frac{G_s+e_0}{1+e_0}\times\gamma_w \rightarrow 20 = \frac{2.65+e_0}{1+e_0}\times10$

$e_0 = 0.65$

$\frac{\Delta H}{H_0} = \frac{e_0-e_1}{e_0} \rightarrow \frac{10}{600} = \frac{0.65-e_1}{0.65}$

$e_1 = 0.639$

$\gamma_{sat1} = \frac{G_s+e_1}{1+e_1}\times\gamma_w = \frac{2.65+0.639}{1+0.639}\times10 = 20.07\ kN/m^3$

۹-۲ (ب)

- در گام پایانی آزمایش تحکیم، بلندی نمونه از 1.85cm به 1.7cm کاهش و پس از باربرداری به 1.75cm افزایش یافته است. اگر تم نمونه پس از باربرداری 25٪ باشد، خواسته می‌شود نشانه پوکی (e) در آغاز و پایان بارگذاری و پایان باربرداری ($G_s=2.7$)

چون نمونه در هر سه حالت سیرآب و سطح مقطع نمونه برابر سطح مقطع حلقه و مقدار آن ثابت است، می‌توان نوشت:

$$V_i = V_s + V_{wi}$$

$$H_i \times A = \frac{W_s}{\gamma_s} + \frac{W_{wi}}{\gamma_w} = \frac{W_s}{G_s.\gamma_w} + \frac{W_s \times w_i}{\gamma_w} = \frac{W_s}{\gamma_w}\left(\frac{1}{G_s} + w_i\right)$$

$$H_i = \frac{W_s}{A \times \gamma_w}\left(\frac{1}{G_s} + w_i\right)$$

$$1.75 = \frac{W_s}{A \times 1}\left(\frac{1}{2.7} + 0.25\right) \longrightarrow \frac{W_s}{A} = 2.821 \ gr/cm^2 \ (cte)$$

$$\gamma_{di} = \frac{G_s.\gamma_w}{1+e_i} \longrightarrow \frac{W_s}{A \times H_i} = \frac{G_s.\gamma_w}{1+e_i} \longrightarrow \boxed{\frac{2.821}{H_i} = \frac{G_s.\gamma_w}{1+e_i}}$$

$$\frac{2.821}{1.85} = \frac{2.7 \times 1}{1+e_0} \longrightarrow e_0 = 0.77$$

$$\frac{2.821}{1.7} = \frac{2.7 \times 1}{1+e_1} \longrightarrow e_1 = 0.627$$

$$\frac{2.821}{1.75} = \frac{2.7 \times 1}{1+e_s} \longrightarrow e_s = 0.675$$

- در لایه‌ای از رس سیرآب، $G_s=2.7$، $w_0=40\%$ و $H_0=5m$ است. در روند یک بارگذاری، لایه تحکیم می‌یابد و تم آن به 30٪ کاسته می‌شود. خواسته می‌شود نشست تحکیم لایه رس

$$e_0 = \frac{G_s.w_0}{S_r} = \frac{2.7 \times 0.40}{1} = 1.08$$

$$e_1 = \frac{G_s.w_1}{S_r} = \frac{2.7 \times 0.30}{1} = 0.81$$

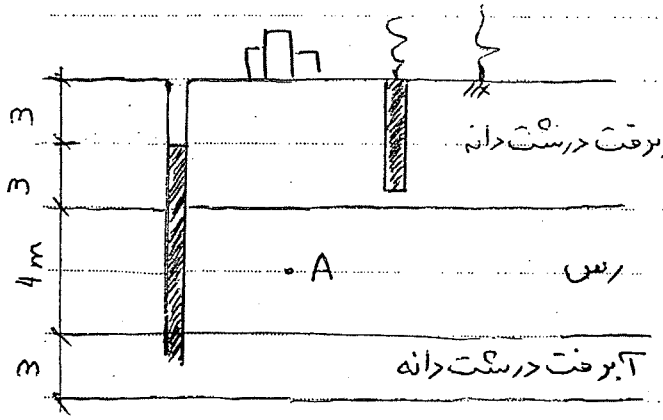
$$\frac{\Delta H}{H_0} = \frac{\Delta e}{1+e_0}$$

$$\Delta H = \frac{H_0}{1+e_0}(e_0 - e_1)$$

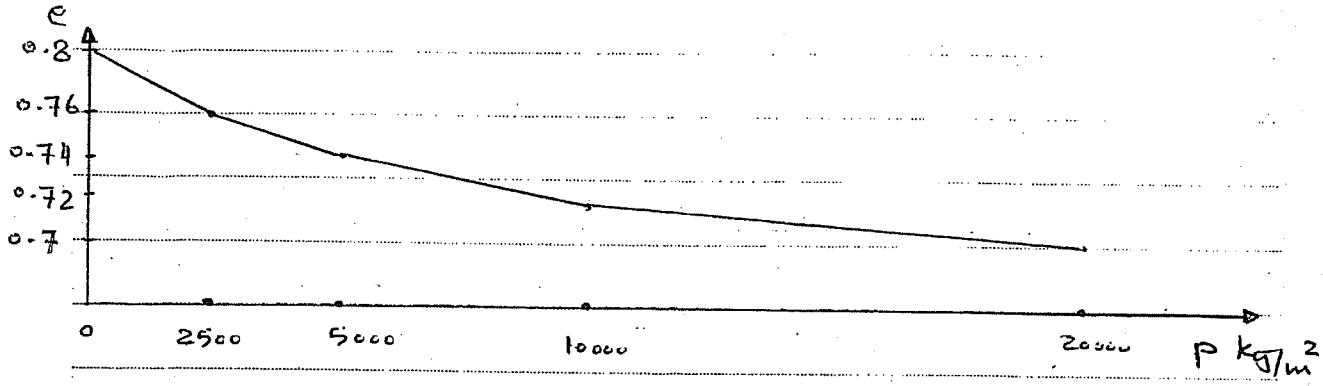
$$\Delta H = \frac{500 cm}{1+1.08}(1.08 - 0.81) = 65 cm$$

ب) ۹-۳

- ساختمان سازی در زمین خاکریز، در میانه لایه رس، فشار آب را $3000\ kg/m^2$ افزایش می‌دهد. اگر پس از گذر زمان چشمگیری، آب هردو پیزومتر در ژرفای دوسوی جای گیرد، با روی راست به داده های آزمایش تحکیم، خواسته می‌شود نشست تحکیم لایه رس



$\gamma = 1800\ kg/m^3$
$\gamma_{sat} = 2100\ kg/m^3$
$\gamma_{sat} = 2100\ kg/m^3$
$e_0 = 0.75$



نکته - پیش از ساختمان سازی آب از لایه یکم به لایه سوم می تراود و از این روی اگر در میانه رس فشار سنجی جای گیرد، آب در آن تا 5 متری زمین بالا می آید و بلندی آب در فشار سنج 6.5 متری می شود.

$$\bar{\sigma}_{oA} = \sigma_{oA} - u_{oA} = (6\times2100 + 2\times2100) - (6.5\times1000) = 10300\ kg/m^2$$

پی در رنگ پس از ساختمان سازی $3000\ kg/m^2$ افزایش فشار آب، به تنش کل نقطه A نیز افزوده می شود و افزون بر این در تراز آب فشار سنج ها دگرسانی نیز رخ می دهد.

$$\bar{\sigma}_{iA} = \sigma_{iA} - u_{iA} = (2\times1800 + 4\times2100 + 2\times2100 + 3000) - (6\times1000) = 13200\ kg/m^2$$

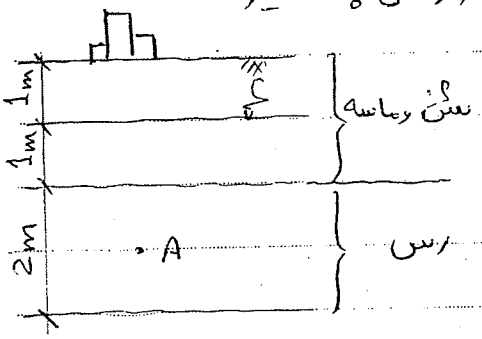
افزایش تنش مؤثر از 10300 به 13200 در بازه 10,000 به 20,000 جای می‌گیرد.

$$a_v = \frac{\Delta e}{\Delta p} = \frac{0.72-0.7}{20000-10000} = 2\times10^{-6}\ m^2/kg$$

$$a_v = \frac{\Delta e}{\Delta \bar{\sigma}} \rightarrow \Delta e = 2\times10^{-6}\times(13200-10300) = 0.0058$$

$$\frac{\Delta H}{H_0} = \frac{\Delta e}{1+e_0} \rightarrow \Delta H = \frac{400\ cm}{1+0.75}\times0.0058 = 1.3\ cm$$

- ساختمان سازی ، تنش قائم را در میانه لایه رس ، $4000\ kg/m^2$ می افزاید. خواسته می شود نشست تحکیم لایه رس ، پس از گذر زمانی چشمگیر



$\gamma = 1700\ kg/m^3$
$\gamma_{sat} = 1900\ kg/m^3$
$\gamma_{sat} = 2000\ kg/m^3$
$C_c = 0.3$
$C_s = 0.07$
$e_0 = 0.75$
$P_c = 15000\ kg/m^2$

$$\sigma'_{0A} = \sigma_{0A} - u_{0A} = (1\times1700 + 1\times1900 + 1\times2000) - (2\times1000) = 3600\ kg/m^2$$

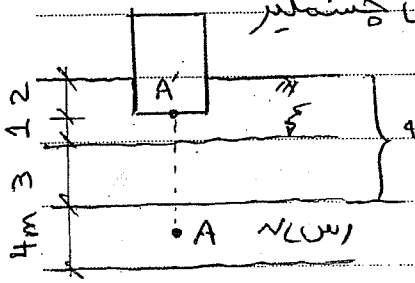
$$\sigma'_{1A} = \sigma'_{0A} + \Delta\sigma'_{zA} = 3600 + 4000 = 7600\ kg/m^2$$

$$\sigma'_{0A} < \sigma'_{1A} < P_c = 15000\ kg/m^2$$

چون تنش مؤثر رس افزایش یافته است ، پس نشست تحکیم رخ خواهد داد و از آنجا که خاک پیش از این فشار بیشتر از σ'_{1A} را تحمل کرده است ، نشست با ضریب کوچکتر (C_s) رخ خواهد داد.

$$\Delta H = \frac{H_0}{1+e_0} \times C_s \times \log\frac{\sigma'_1}{\sigma'_0} = \frac{200\ cm}{1+0.75} \times 0.07 \times \log\frac{7600}{3600} = 2.6\ cm$$

- در زمین کناره زیر ، گودبرداری و ساختمان سازی انجام می گیرد. اگر پی ساختمان گسترده (رادیه) و با اندازه های 12×12 متر و فشار زیر آن $20000\ kg/m^2$ باشد ، خواسته می شود نشست تحکیم لایه رس ، پس از گذر زمانی چشمگیر



$\gamma = 1750\ kg/m^3$
$\gamma_{sat} = 2000\ kg/m^3$
$\gamma_{sat} = 2050\ kg/m^3$
$C_c = 0.15$
$C_s = 0.04$
$e_0 = 0.9$

$$\sigma'_{0A} = \sigma_{0A} - u_{0A} = (3\times1750 + 3\times2000 + 2\times2050) - (5\times1000) = 10350\ kg/m^2$$

$$q = 20{,}000 - (2\times1750) = 16500\ kg/m^2$$

$$\Delta\sigma'_{zA} = q(4I)$$

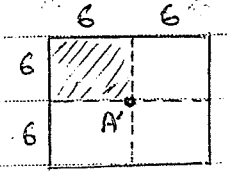
$$\Delta\sigma_{zA} = 16500\,(4\times0.175) = 11550\ kg/m^2$$

$$\Delta H = \frac{H_0}{1+e_0} \times C_c \times \log\frac{\sigma'_1}{\sigma'_0}$$

$$\Delta H = \frac{400\ cm}{1+0.9} \times 0.15 \times \log\frac{10350+11550}{10350}$$

$$\Delta H = 10.3\ cm$$

پلان پی:



$AA' = 6\ m$
$L = 6\ m$
$B = 6\ m$

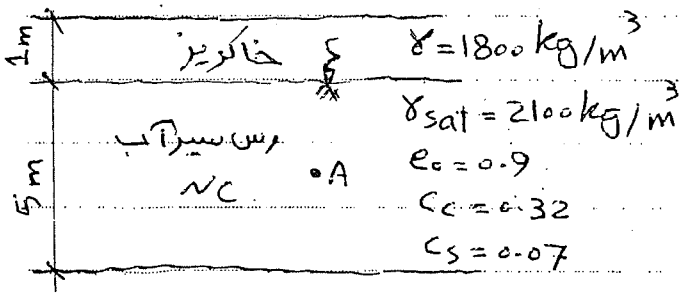
$$m = \frac{L}{z} = \frac{6}{6} = 1$$

$$n = \frac{B}{z} = \frac{6}{6} = 1$$

$\rightarrow I = 0.175$

ب) 9-8

— برروی لایه رس سیرآب ، به‌گونه گسترده‌ای یک متر خاکریزی می شود.
خواسته می شود نشست تحکیم لایه رس ، پس از گذر زمانی چشمگیر



تنش مؤثر در میانه لایه رس ، پیش از بارگذاری

$$\sigma'_{0A} = \sigma_{0A} - u_{0A} = (2.5 \times 2100) - (2.5 \times 1000) = 2750\ kg/m^2$$

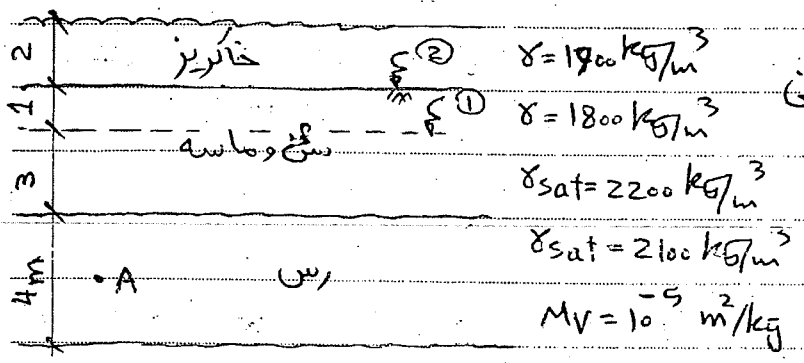
خاکریز گسترده به اندازه $1 \times 1800 = 1800\ kg/m^2$ ، به تنش نقطه A می افزاید.
این افزایش ، نخست به فشار آب نقطه A افزوده می شود و با گذر زمان از فشار آب کاسته شده به تنش مؤثر نقطه A افزوده می شود.

$$\sigma'_{1A} = \sigma'_{0A} + \Delta\sigma'_{zA} = 2750 + 1800 = 4550\ kg/m^2$$

چون لایه رس سیرآب NC است پس همه $1800\ kg/m^2$ افزایش تنش مؤثر برای آن تازگی خواهد داشت و نشست با ضریب بیشتر (C_c) رخ خواهد داد.

$$\Delta H = \frac{H_0}{1+e_0} \times C_c \times \log \frac{\sigma'_{1A}}{\sigma'_{0A}} = \frac{5 \times 100}{1+0.9} \times 0.32 \times \log \frac{4550}{2750} = 18.4\ cm$$

— در این زمین ، همزمان با دو متر خاکریزی ، آب زیرزمینی یک متر بالا می آید.
خواسته می شود نشست تحکیم لایه رس ، پس از گذر زمانی چشمگیر



$$\sigma'_{0A} = \sigma_{0A} - u_{0A} = (1 \times 1800 + 3 \times 2200 + 2 \times 2100) - (5 \times 1000) = 7600\ kg/m^2$$

$$\sigma'_{1A} = \sigma_{1A} - u_{1A} = (2 \times 1900 + 4 \times 2200 + 2 \times 2100) - (6 \times 1000) = 10800\ kg/m^2$$

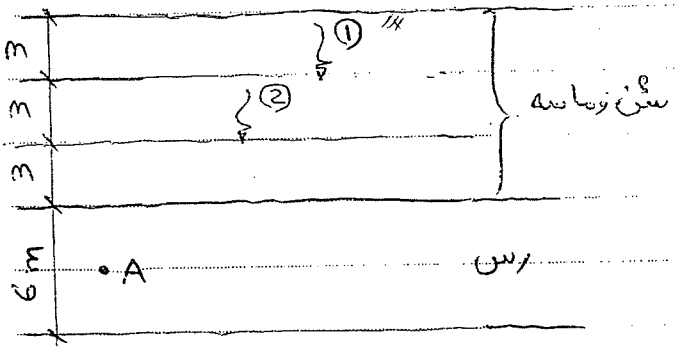
$$\Delta\sigma'_{zA} = 10800 - 7600 = 3200\ kg/m^2$$

$$\Delta H = M_V \cdot \Delta\sigma' \cdot H_0 = 10^{-5} \times 3200 \times 4 = 0.128\ m = 12.8\ cm$$

- در زمین نگاره زیر، آب زیرزمینی 3 متر پایین برده می شود. خواسته می شود:

الف) نشست تحکیم لایه رس، پس از گذر زمانی چشمگیر

ب) با پایان نشست تحکیم، از هر مترمکعب رس، چقدر آب بیرون می رود.



$\gamma = 1800\ kg/m^3$

$\gamma_{sat} = 2100\ kg/m^3$

$\gamma_{sat} = 2200\ kg/m^3$

$M_V = 6\times10^{-6}\ m^2/kg$

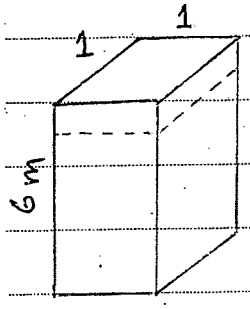
$$\sigma'_{oA} = \sigma_{oA} - u_{oA} = (3\times1800 + 6\times2100 + 3\times2200) - (9\times1000) = 15600\ kg/m^2$$

$$\sigma'_{1A} = \sigma_{1A} - u_{1A} = (6\times1800 + 3\times2100 + 3\times2200) - (6\times1000) = 17700\ kg/m^2$$

$$\Delta\sigma'_{zA} = 17700 - 15600 = 2100\ kg/m^2$$

در این پرسش هرچند که از زمین آبکشی شده است، $2100\ kg/m^2$ به تنش مؤثر لایه رس افزوده می شود و از این رو رس به جای آماس، نشست خواهد کرد.

$$\Delta H = M_V \cdot \Delta\sigma' \cdot H_o = 6\times10^{-6} \times 2100 \times 6 = 0.0756\ m = 7.56\ cm$$



حجم آب بیرون رونده از هر مترمکعب $= \dfrac{1\times1\times0.0756}{6} = 0.013\ m^3 = 13\ lit$

- نمونه ای از رس سیرآب، با ستبرای نخستین $H_o = 2\ cm$، در روند آزمایش تحکیم با افزایش تنش مؤثر از $8\ kg/cm^2$ به $4\ kg/cm^2$، $0.15\ cm$ نشست می کند. خواسته می شود، ضریب تراکم پذیری حجمی (M_V) برای بازه تنش $8\ kg/cm^2$ به 4

$$M_V = \frac{\frac{\Delta V}{V_o}}{\Delta\sigma'} = \frac{\frac{\Delta H}{H_o}}{\Delta\sigma'} = \frac{\frac{0.15}{2}}{8-4} = 0.01875\ cm^2/kg$$

- در لایه ای از رس N_c، پس از آنکه تنش مؤثر از 0.2 به $2\ kg/cm^2$ افزایش می یابد، $5\ cm$ نشست رخ می دهد. به هنگام رسیدن به کدام تنش مؤثر نشست $10\ cm$ خواهد شد؟

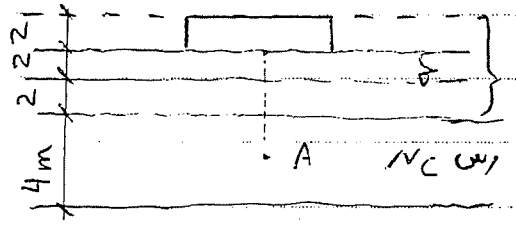
$$\Delta H = \frac{H_o}{1+e_o} \times C_c \times \log\frac{\sigma'_1}{\sigma'_o}$$

برای دوبرابر شدن تنش باید لگاریتم دوبرابر شود.

$$\log\frac{2}{0.2} = 1 \qquad \log\frac{\boxed{20}}{0.2} = 2$$

۹-۷ ب)

ـ از زمینی پوشانه گسترده، دومتر خاکبرداری می‌شود و از آن بخش گردی با شعاع ۱۰ متر به جا می‌ماند. خواسته می‌شود نشست یا آماس لایه رس، پس از گذر زمان چسبگیر



$\gamma = 1750\ kg/m^3$

$\gamma_{sat} = 2000\ kg/m^3$

$\gamma_{sat} = 2250\ kg/m^3$

$C_c = 0.30$

$C_s = 0.06$

$e_0 = 0.9$

$$\sigma'_{oA} = \sigma_{oA} - u_{oA} = (4\times1750 + 2\times2000 + 2\times2250) - (4\times1000) = 11500\ kg/m^2$$

فشار بار دایره‌ای در زیرش $q = 2\times1750 = 3500\ kg/m^2$

اثر بار دایره‌ای در نقطه A:

$$\Delta\sigma_{zA} = q\left[1 - \frac{1}{\left(\left(\frac{R}{z}\right)^2+1\right)^{1.5}}\right] = 3500\left[1 - \frac{1}{\left(\left(\frac{10}{6}\right)^2+1\right)^{1.5}}\right]$$

$$\Delta\sigma_{zA} = 3023\ kg/m^2$$

$$\sigma'_{1A} = \sigma_{1A} - u_{1A} = (2\times1750 + 2\times2000 + 2\times2250 + 3023) - (4\times1000)$$

$$\sigma'_{1A} = 11023\ kg/m^2$$

دیده می‌شود که تنش مؤثر میانه لایه رس از $\sigma'_{oA} = 11500\ kg/m^2$ به $\sigma'_{1A} = 11023\ kg/m^2$ کاهش یافته است، پس آماس رخ خواهد داد.

$$\Delta H = \frac{H_o}{1+e_o} \times C_s \times \log\frac{\sigma'_{1A}}{\sigma'_{oA}} = \frac{400\,cm}{1+0.9} \times 0.06 \times \log\frac{11023.3}{11500} = -0.23\ cm$$

ـ بر روی نمونه‌ای از رس $H_o = 2cm$، $w_o = 18\%$، $G_s = 2.65$ و سیر آب که در آن است، آزمایش تحکیم انجام گرفته و با افزایش تنش مؤثر از $0.5\ kg/cm^2$ به $1\ kg/cm^2$ نمونه $0.05\ cm$ کاهش بلندی از خود نشان داده است. خواسته می‌شود C_c

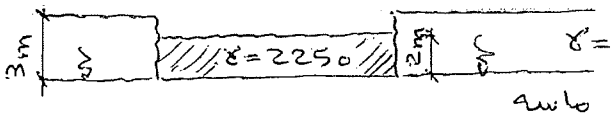
$$e_o = \frac{G_s \times w_o}{S_r} = \frac{2.65\times0.18}{1} = 0.477$$

$$\frac{\Delta H}{H_o} = \frac{\Delta e}{1+e_o} \rightarrow \frac{0.05}{2} = \frac{\Delta e}{1+0.477} \rightarrow \Delta e = 0.123$$

$$C_c = \frac{\Delta e}{\log\frac{\sigma'_1}{\sigma'_o}} = \frac{0.123}{\log\frac{1}{0.5}} = 0.123$$

ب) ۸-۹

— در زمین شکاره زیر، در چهار ماه سه متر گودبرداری می شود و در شش ماه به جای آن ۲ متر خاکریزی می شود. پس از گذر زمانی چشمگیر، ستبرای لایه رس چه تغییری می کند؟

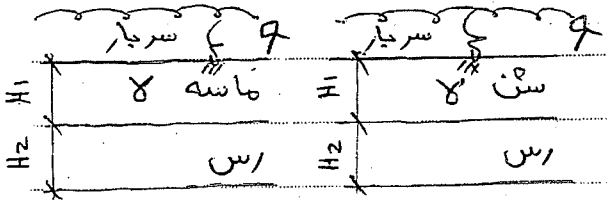


فشار کم شده $= 3 \times 1500 = 4500 \ kg/m^2$

فشار افزوده شده $= 2 \times 2250 = 4500 \ kg/m^2$

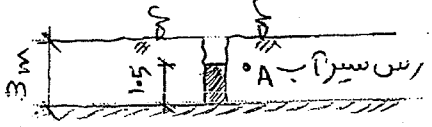
با کاهش فشار، لایه رس با ضریب c_s آغاز به آماس می کند و با افزایش همان اندازه فشار، با ضریب c_c، به اندازه آماس رخ داده، نشست می کند و از این رو ستبرای رس ثابت می ماند.

— در زمین این دو شکاره لایه های رس همانند هستند. نشست تحکیم کدامیک بیشتر خواهد بود.



چون در هر دو شکاره $H_1 \times \gamma$ یکی است پس در میانه رس ها σ'_0 یکسان خواهد بود. اگر هر دو سربار خیلی گسترده باشند، در هر دو لایه رس، افزایش تنش مؤثر برابر q خواهد شد و هر دو یکسان نشست می کنند ولی اگر سربارها محدود باشند به علت زاویه پخش بار بیشتری که در لایه سنگ است، رس زیر سنگ کمتر متأثر خواهد شد و کمتر نشست خواهد کرد.

— بر روی زمین شکاره زیر 8 متر خاک رسی تراکم با $\gamma = 18 kN/m^3$، به گونه گسترده ای ریخته خواهد شد. خواسته می شود نشست تحکیم رس، پس از گذر زمان چشمگیر



$e_0 = 1.1$ $\quad$ $O.C.R = 3$

$c_s = 0.04$ $\quad$ $\gamma_{sat} = 18 \ kN/m^3$

$c_c = 0.25$ $\quad$ $\gamma_w = 10 \ kN/m^3$

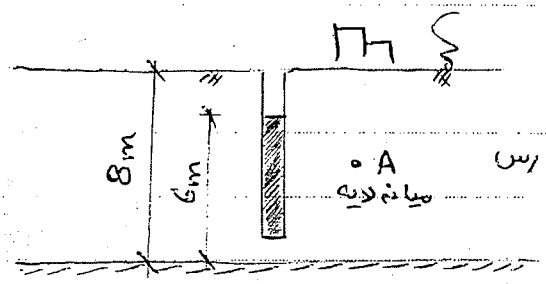
$\sigma'_{0A} = \sigma_{0A} - u_{0A} = (1.5 \times 18) - 0 = 27 \ kN/m^3$

$O.C.R = \frac{P_c}{\sigma'_{0A}} \rightarrow P_c = 3 \times 27 = 81 \ kN/m^3$

$\sigma'_{1A} = \sigma'_{0A} + q = 27 + (8 \times 18) = 171 \ kN/m^3$ $\quad$ 9-9(ب

$\Delta H = \frac{H_0}{1+e_0} \left(c_s \log \frac{P_c}{\sigma'_0} + c_c \log \frac{\sigma'_1}{P_c} \right) = \frac{300 \ cm}{1+1.1} \left(0.04 \log \frac{81}{27} + 0.25 \log \frac{171}{81} \right) = 14.3 \ cm$

- بر روی زمین نگاره زیر ساختمان سازی می‌شود و در میانه لایه رس $5000\ kg/m^2$ افزایش تنش پدید می‌آورد. خواسته می‌شود نشست تحکیم لایه رس، پس از گذر زمانی چشمگیر



$\gamma_{sat} = 2000\ kg/m^3$
$e_0 = 0.85$
$P_c = 12000\ kg/m^2$
$C_c = 0.25$
$C_s = 0.05$

نگاره گویای پدیده مؤینگی است.

$$\sigma'_{0A} = \sigma_{0A} - u_{0A} = (4 \times 2000) - (2 \times 1000) = 6000\ kg/m^2$$

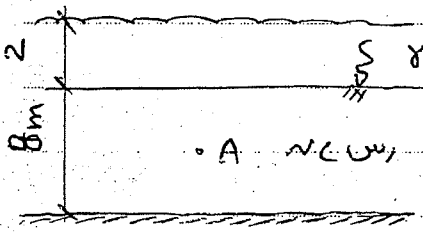
$$\sigma'_{1A} = \sigma'_{0A} + \Delta\sigma_{zA} = 6000 + 5000 = 11000\ kg/m^2$$

$$\sigma'_{0A} < \sigma'_{1A} < P_c = 12000\ kg/m^2 \longrightarrow$$ بهره‌مندی از ضریب C_s

$$\Delta H = \frac{H_0}{1+e_0} \times C_s \times \log\frac{\sigma'_1}{\sigma'_0} = \frac{800\,cm}{1+0.85} \times 0.05 \times \log\frac{11000}{6000} = 5.7\ cm$$

- بر روی زمین نگاره زیر، در 6 ماه خاکریز گسترده‌ای ساخته می‌شود و پس از گذر زمان چشمگیری 4 ماه پس از آن در 4 ماه برداشته می‌شود. خواسته می‌شود:

۱- تنش مؤثر در میانه لایه رس، پس از خاکریزی؟



$\gamma = 1650\ kg/m^3$
$\gamma_{sat} = 2000\ kg/m^3$

$$\sigma'_{0A} = \sigma_{0A} - u_{0A}$$
$$\sigma'_{0A} = (4 \times 2000) - (4 \times 1000)$$
$$\sigma'_{0A} = 4000\ kg/m^2$$

۲- تنش مؤثر در میانه لایه رس، زمان چشمگیری پس از خاکبرداری؟

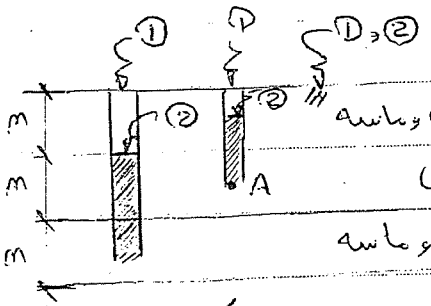
افزایش تنش $2 \times 1650 = 3300\ kg/m^2$، نخست به فشار آب میان دانه‌ها افزوده شده و با گذر زمان چشمگیری پس از خاکریزی به تنش مؤثر خاک افزوده شده است و با خاکبرداری، نخست از فشار آب میان دانه‌ها $3300\ kg/m^2$ کاسته شده و با گذر زمان چشمگیری پس از خاکبرداری تنش مؤثر $3300\ kg/m^2$ کاسته شده و برابر $4000\ kg/m^2$ شده است. به گفته دیگر تنش مؤثر به مقدار پیشین برمی‌گردد.

$$u_0 = 4000 \longrightarrow u = 7300 \longrightarrow u = 4000 \longrightarrow u = 700 \longrightarrow u = 4000$$
$$\sigma'_0 = 4000 \longrightarrow \sigma' = 4000 \longrightarrow \sigma' = 7300 \longrightarrow \sigma' = 7300 \longrightarrow \sigma' = 4000$$

۳- فشار پیش تحکیم، پیش از خاکریزی و زمان چشمگیری پس از خاکبرداری؟

$$P_{c0} = 4000\ kg/m^2 \longrightarrow P_{c1} = 7300\ kg/m^2$$

— اگر با برداشت آب از لایه سوم، رویه پیزومتریک آن برای همیشه سه متر پایین برده شود، ستبرای لایه رس چه تغییری پیدا خواهد کرد؟



با پایین رفتن رویه پیزومتریک لایه سوم، پی آنکه تنش کل در میانه رس کم شود، به علت حرکت آب از لایه یکم به سوم، فشار آب در میانه رس کم می‌شود و همان اندازه تنش مؤثر افزایش می‌یابد.

$$\Delta\sigma' = 1.5 \times \gamma_w = 1.5 \times 10 = 15\ kN/m^2$$

$$\Delta H = M_v \cdot \Delta\sigma' \cdot H_0 = 0.00035 \times 15 \times 300\ cm = 1.6\ cm$$

— در آزمایش تحکیم (oedometer)، نخستین درجه‌بندی نمونه $e_0 = 1.25$ بوده و پس از برداشتن 25kPa به $e = 0.95$ و پس از برداشتن 50kPa به $e = 0.75$ رسیده است. خواسته می‌شود a_v، M_v و C_c (کار آن).

$$a_v = \frac{\Delta e}{\Delta\sigma'} = \frac{0.95 - 0.75}{50 - 25} = 0.008\ \frac{m^2}{kN}$$

$$M_v = \frac{a_v}{1 + e_0} = \frac{0.008}{1 + 1.25} = 0.0035\ \frac{m^2}{kN}$$

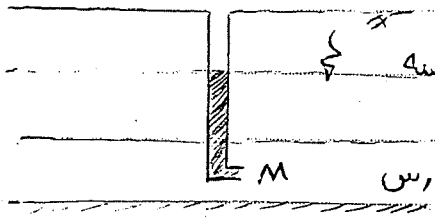
$$C_c = \frac{\Delta e}{\log \frac{\sigma_2}{\sigma_1}} = \frac{0.95 - 0.75}{\log \frac{50}{25}} = 0.66$$

ادامه از صفحه الف) ۹-۳۴

هدف از این نوشته و درددل با جوانان هوشمند این است که بدانیم چه کسانی و با چه کسانی و برای چه اهدافی، اتحاد میان مردم خاورمیانه را به هم زده و مرتب آفرینی ها کرده و تخم نفاق افکنده اند. این نفاق و تفرقه عمدی، در سال های ۱۵۰۰ تا ۱۹۰۰ میلادی جنگ ها یی پدید آورد و جهل و فقر و واپس ستیزی را گسترش داد. انسانهای منطقه را زمین گیر و سرزمین ها را بی بهره ساخت و از این رو اروپا از ما جلو زد و بر اریکه قدرت نشست و نفاق افکن ها ضمن برداشت سودی در معادلات سیاسی جهان حضور یافتند و در اوائل قرن ۲۰، با رنگ و لعاب نوین صهیونیزم و راسیونالیزم برای فعالیت های پیشتر، و تصاحب کشور برای خود دست و پا کردند و به کارهای خود ادامه می دهند.

و اما ما، متأسفانه تا همین سالهای ۱۹۰۰ به جهل و واپس ستیزی خود ادامه دادیم و مدرسه سازها و نوآوری ها را تبعید کردیم یا در حوض های یخ زده کُتک زده و کشتیم و حسابی نخبه کُشی راه انداختیم ... و هنوز هم در کوهپایه های طالقان فرقه ای را داریم که بر پایه آموخته هایشان، شناسنامه گرفتن و بهره مندی از برق، ماشین، آب لوله کشی، درمانگاه، تلویزیون، ... را حرام می دانند و نمونه ای از ... ب) ۹-۱۱ ... غفلت ۴۰۰ ساله ما از جهان هستند.

- پس از یک بارگذاری، آب فشارسنج سه متر بالای رود و پس از گذر زمان t، 0.75m پایین می‌آید. اگر نشست پایانی تحکیم 16cm باشد، خواسته می‌شود نشست تحکیم رخ داده در زمان t



$$\bar{U}_{Mt} = 1 - \frac{\Delta u_{Mt}}{\Delta u_0} = 1 - \frac{(3-0.75)\times 1000}{3\times 1000}$$

$$\bar{U}_{Mt} = 0.25 = 25\%$$

درجه تحکیم میانه لایه 25٪ است و از آنجا که درجه تحکیم میانگین بیشتر از 25٪ خواهد بود، پس نشست رخ داده از $0.25\times 16 = 4\,cm$ بیشتر خواهد شد. اگر بخواهیم مانده افزایش فشار را سهمی درجه دوم بپذیریم، درجه تحکیم میانگین لایه رس چقدر خواهد شد.

$$\Delta u_{Mt} = 1.125\,\Delta u_{avt}$$

$$(3-0.75)\times 1000 = 1.125\times \Delta u_{avt} \rightarrow \Delta u_{avt} = 2000\ kg/m^2$$

$$\bar{U}_{avt} = 1 - \frac{\Delta u_{avt}}{\Delta u_0} = 1 - \frac{2000}{3000} = 0.333$$

$$\bar{U}_{avt} = \frac{\Delta H_t}{\Delta H_{t=\infty}} \rightarrow 0.333 = \frac{\Delta H_t}{16} \rightarrow \Delta H_t = 5.3\ cm$$

- نشست پایانی یک لایه رس سیرآب که بر روی آن بار گسترده $q = 40\ kN/m^2$ اثر می‌کند، 4cm برآورد شده است. هنگامی که نشست تحکیم 2cm شده است، تنش مؤثر در میانه لایه چقدر افزوده شده است.

الف) $20\ kN/m^2$

ب) بیشتر از $20\ kN/m^2$

پ) کمتر از $20\ kN/m^2$ ✓

ت) $30\ kN/m^2$

$$\bar{U}_{avt} = \frac{\Delta H_t}{\Delta H_{t=\infty}} = \frac{2}{4} = 0.50$$

درصد تحکیم میانه لایه رس کمتر از 50٪ خواهد بود و از این رو کمتر از 50٪ بار گسترده به خاک اثر می‌کند.

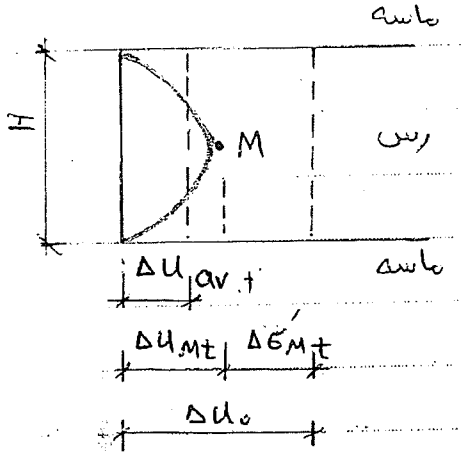
- پس از یک سال، در میانه لایه رس، $\Delta u_{Mt} = 0.5\,\Delta u_0$ شده است.

الف) درجه تحکیم در میانه لایه 50٪ است. ب) بیشتر از 50٪ نشست تحکیم رخ داده است.

پ) میانگین درصد تحکیم بیشتر از 50٪ است. — هر سه

ب) ۹-۱۲

تحکیم لایه رس به پایان نرسیده است و نمودار مانده افزایش فشار آب میان دانه‌ای را نشان می‌دهد. اگر نمودار را سهمی درجه دو بپذیریم و میانگین درجه تحکیم $\bar{U}_{avt}$ باشد، دست آوردهای زیر را خواهیم داشت:



$$\bar{U}_{avt} = \frac{\Delta u_{avt}}{\Delta u_0} \rightarrow \Delta u_{avt} = \bar{U}_{avt} \cdot \Delta u_0$$

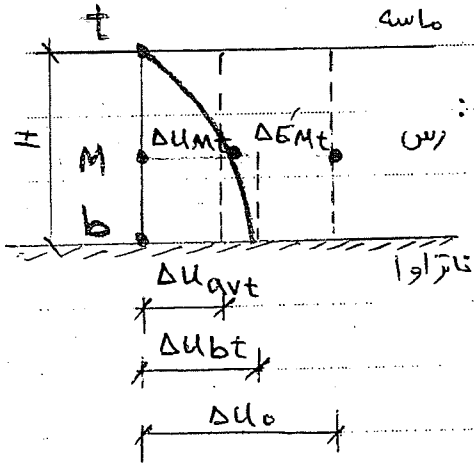
بایستی مساحت سهمی برابر مساحت مستطیل معادل شود:

$$\frac{2}{3} \times \Delta u_{Mt} \times H = H \times \Delta u_{avt}$$

$$\Delta u_{Mt} = 1.5\, \Delta u_{avt}$$

یعنی در لحظه t، مانده افزایش فشار آب در میانه لایه بیشتر از میانگین است. به گفته دیگر هنوز میانه لایه به درجه تحکیم $\bar{U}_{avt}$ نرسیده است.

تحکیم لایه رس به پایان نرسیده است و نمودار مانده افزایش فشار آب میان دانه‌ای را نشان می‌دهد. اگر نمودار را سهمی درجه دو بپذیریم و میانگین درجه تحکیم $\bar{U}_{avt}$ باشد، دست آوردهای زیر را خواهیم داشت:



بایستی مساحت سهمی برابر مساحت مستطیل معادل شود:

$$\frac{2}{3} \times \Delta u_{bt} \times H = \Delta u_{avt} \times H$$

$$\Delta u_{bt} = 1.5\, \Delta u_{avt}$$

از آنجا که در سهمی درجه دوم داریم:

$$\Delta u_{bt} - \Delta u_{Mt} = \frac{1}{4} \Delta u_{bt}$$

پس خواهیم داشت:

$$\Delta u_{Mt} = \frac{3}{4} \Delta u_{bt} = \frac{3}{4} \times 1.5\, \Delta u_{avt} = 1.125\, \Delta u_{avt}$$

دیده می‌شود که در این حالت نیز، مانده افزایش فشار آب در میانه لایه بیشتر از میانگین است. به گفته دیگر هنوز میانه لایه به درجه تحکیم $\bar{U}_{avt}$ نرسیده است.
در این حالت نیمه بالای لایه تحکیم یافته‌تر از نیمه پایین است. چون آب را به آسانی از دست داده است.

ب) ۹-۱۳

- لایه نخست در 6 ماه به 50٪ تحکیم می‌رسد. لایه دوم در چندماه به همان درصد تحکیم می‌رسد.

$$\bar{U}_{av1} = \bar{U}_{av2} \rightarrow T_{v1} = T_{v2}$$

$$\frac{c_{v1} \times t_1}{d_1^2} = \frac{c_{v2} \times t_2}{d_2^2}$$

$$\frac{c_{v1} \times 6}{(H)^2} = \frac{\frac{c_{v1}}{2} \times t_2}{(\frac{H}{2})^2} \rightarrow t_2 = 3 \text{ month}$$

$c_{v2} = \frac{c_{v1}}{2}$ رس ماسه = c_{v1} رس ناتراوا ماسه

- تا 50٪ تحکیم، نشست نسبی با ....

الف) جذر زمان رابطه مستقیم و با ستبرای لایه رابطه معکوس دارد. ✓

ب) زمان رابطه معکوس و با ستبرای لایه رابطه مستقیم دارد.

ج) زمان رابطه معکوس و با مربع ستبرای لایه رابطه مستقیم دارد.

د) زمان رابطه مستقیم و با ستبرای لایه رابطه معکوس دارد.

$$\bar{U} < 0.60 \rightarrow T_v = \frac{\pi}{4}\bar{U}^2 \rightarrow \frac{c_v \cdot t}{d^2} = \frac{\pi}{4}\left(\frac{\Delta H_t}{\Delta H_{t=\infty}}\right)^2$$

$$\frac{\Delta H_t}{\Delta H_{t=\infty}} \propto \frac{\sqrt{t}}{H} \qquad \left(d = H \text{ یا } d = \frac{H}{2}\right)$$

- در دو لایه رس H_0، e_0، c_c، σ'_0 و Δu_0 یکسان است. یکی از لایه‌ها از دوسو و دیگری از یک سو زهکشی می‌شود. در پیوند با این دو لایه کدام گزینه درست است.

الف) نشست پایانی تحکیم در هر دو یک مقدار است.

ب) نسبت زمان تحکیم آنها برای رسیدن به 99.5٪ تحکیم 1 به 4 است.

ج) در پایان تحکیم، تراوائی آنها برابر هم است.

د) هر سه ✓

از آنجا که همه ویژگی‌ها یکی است، نشست آنها برابر خواهد شد و از این رو در پایان تحکیم، به گونه یکسان درهم فشرده می‌شوند و تراوائی برابر خواهند داشت.

لایه‌ای که از دوسو زهکشی می‌شود، زودتر به تحکیم می‌رسد. $\bar{U}_1 = \bar{U}_2 \rightarrow T_{v1} = T_{v2}$

$$\frac{c_v \times t_1}{(H_1)^2} = \frac{c_v \times t_2}{(\frac{H_0}{2})^2} \rightarrow t_1 = 4t_2$$

ب) ۹-۱۲

- بروی لایه‌ای از رس تشبع آب، دومتر خاکریز گسترده با $\gamma' = 1700 kg/m^2$ ساخته می‌شود و پس از رخ دادن 50٪ تحکیم، همه خاکهای خاکریز برداشته می‌شود. پس از گذر زمان چشمگیری، ...

الف) فشار آب میان دانه‌ها $1700 kg/m^2$ افزوده می‌شود.

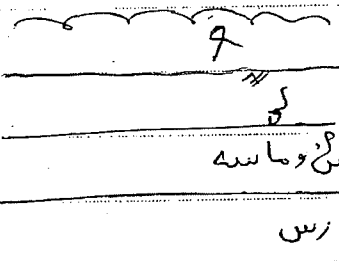
ب) تنش موثر لایه رس $1700 kg/m^2$ افزوده می‌شود.

ج) فشار پیش تحکیم $1700 kg/m^2$ افزوده می‌شود. ✓

د) هرسه

زمان چشمگیری پس از خاکبرداری، افزایش فشار آب و تنش موثر، از میان می‌رود ولی از آنجا که لایه رس زیر 50٪ بار خاکریز درهم فشرده شده است، $0.50 \times 2 \times 1700 = 1700 kg/m^2$ به فشاری که خاک پیش از این تحمل کرده بود، افزوده می‌شود.

- در زمین دنگاره زیر، در پیوند با نشست تحکیم لایه رس $\Delta H_{t=\infty}$ و $\Delta H_{t=2year}$ را می‌یابیم. اگر در میانه لایه رس رگه بسیار نازکی از ماسه نیز وجود داشته باشد، خواسته می‌شود:

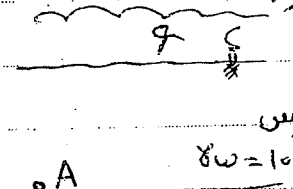


$\Delta H_{t=\infty} = \Delta H'_{t=\infty}$

$\Delta H_{t=2year} < \Delta H'_{t=2year}$

در حالت دوم لایه رس در دوسال آب بیشتری از دست می‌دهد و بیشتر نشست می‌کند.

- بروی زمین دنگاره زیر $20 kN/m^2$ سربار گسترده اثر می‌کند و تراز آب در فشارسنج نقطه A بالا می‌رود. به هنگامی که تراز آب 0.5 متر پایین آمد، درصد تحکیم نقطه A چقدر خواهد شد؟ درصد تحکیم متوسط لایه را با این پندار که نمودار مانده افزایش فشار آب سهمی درجه دوم است بدست آورید.



$\bar{U}_A = 1 - \frac{\Delta u_t}{\Delta u_0} = 1 - \frac{20 - (0.5 \times 10)}{20} = 0.25$

$\Delta u_{bt} = 1.5 \Delta u_{avt}$

$20 - (0.5 \times 10) = 1.5 \Delta u_{avt} \rightarrow \Delta u_{avt} = 10 kN/m^2$

$\bar{U}_{av} = 1 - \frac{\Delta u_{avt}}{\Delta u_0} = 1 - \frac{10}{20} = 0.50$ — ۹-۱۵ ب)

بر یک بارگذاری بر روی رس سیرآب، نشست پایانی 15cm برآورد شده است. اگر دوسال پس از بارگذاری 5cm نشست رخ دهد، چند سال پس از بارگذاری نشست 9cm خواهد شد.

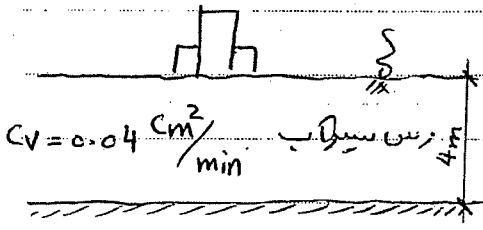
$$\bar{U}_{avt_1} = \frac{\Delta H_1}{\Delta H_{t=\infty}} = \frac{5}{15} < 0.60$$

$$\bar{U}_{avt_2} = \frac{\Delta H_2}{\Delta H_{t=\infty}} = \frac{9}{15} < 0.60$$

$$\frac{\bar{U}_{t_1}^2}{\bar{U}_{t_2}^2} = \frac{t_1}{t_2} \quad (\bar{U}_{t_1}, \bar{U}_{t_2} < 0.60 \text{ به شرط})$$

$$\frac{\left(\frac{5}{15}\right)^2}{\left(\frac{9}{15}\right)^2} = \frac{2}{t_2} \rightarrow \frac{25}{81} = \frac{2}{t_2} \rightarrow t_2 = 6.5 \text{ year}$$

اگر ساختمان سازی، در میانه لایه رس $3 kg/cm^2$ افزایش فشار پدید آورد پس از چند سال 99.5٪ تحکیم رخ خواهد داد.



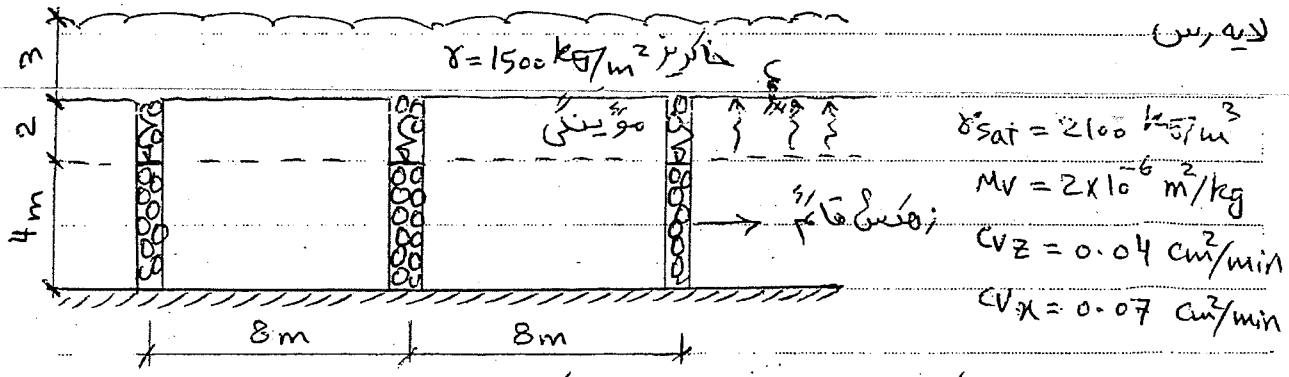
$$\bar{U}_{av} = 99.5\% \rightarrow T_v = 2.06$$

$$T_v = \frac{c_v \cdot t}{d^2} \rightarrow 2.06 = \frac{0.04 \times (n \times 365 \times 24 \times 60)}{(400)^2}$$

$n = 15.67$ year

اگر سنگینی ساختمان بیشتر شود، چند سال؟ فرق نمی‌کند.

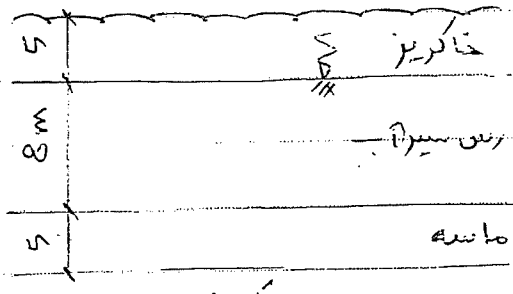
بر روی زمین نگاره زیر سه متر خاکریزی می‌شود، خواسته می‌شود نشست تحکیم



زهکشها سرعت تحکیم را می افزایند و زمان تحکیم را کاهش می دهند ولی تغییری در مقدار نشست پدید نمی آورند.

$$\Delta H = M_v \cdot \Delta\bar{\sigma} \cdot H_0 = 2 \times 10^{-6} \times (3 \times 1500) \times 600 cm = 5.4 cm$$

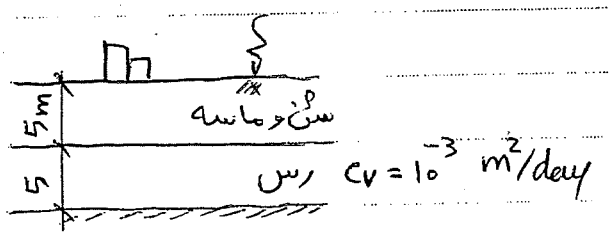
بر روی زمین نگاره زیر، به گونه گسترده خاکریزی می شود، پس از چه مدتی تنش مؤثر میانگین رس $5400\ kg/m^2$ افزایش می یابد

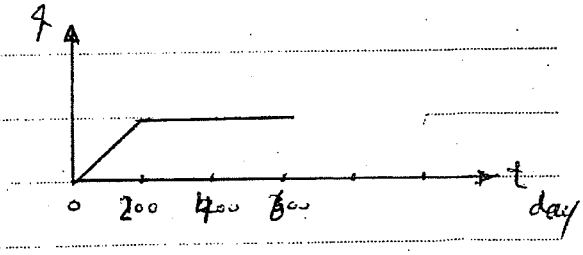


$$\bar{U}_{avt} = \frac{\Delta\sigma'_{avt}}{\Delta\sigma'_{t=\infty}} = \frac{5400}{5\times1800} = 0.60 \rightarrow T_v = 0.2864$$

$$T_v = \frac{c_v \times t}{d^2} \rightarrow 0.2864 = \frac{0.04 \times t}{\left(\frac{800}{2}\right)^2} \rightarrow t = 1145600\ min = 795\ day$$

در زمین نگاره زیر، در 200 روز ساختمانی ساخته می شود که نشست تحکیم آن پس از زمان چشمگیری 20cm خواهد شد، خواسته می شود نشست تحکیم لایه رس، 400 روز پس از پایان کارهای ساختمانی





$$t_{eq} = \frac{200}{2} + 400 = 500\ day \qquad T_v = \frac{c_v \cdot t}{d^2} = \frac{10^{-3} \times 500}{5^2} = 0.02$$

$$T_v = \frac{\pi}{4}\bar{U}^2 \rightarrow 0.02 = \frac{\pi}{4}\bar{U}^2 \rightarrow \bar{U} = 0.16 < 0.60\ \checkmark$$

$$\bar{U} = \frac{\Delta H_t}{\Delta H_{t=\infty}} \rightarrow 0.16 = \frac{\Delta H_t}{20} \rightarrow \Delta H_t = 3.2\ cm$$

در پرسش بالا، اگر نشست در پایان ساخت 2cm اندازه گیری شود، خواسته می شود نشست تحکیم لایه رس، 400 روز پس از پایان کارهای ساختمانی

به شرط درصد تحکیم کمتر از 60٪ می توان نوشت:

$$\frac{T_{v2}}{T_{v1}} = \frac{t_2}{t_1} = \frac{\bar{U}_2^2}{\bar{U}_1^2} = \frac{\Delta H_2^2}{\Delta H_1^2}$$

$$\frac{500}{100} = \frac{\Delta H_2^2}{2^2} \rightarrow \Delta H_2 = 4.5\ cm$$

ب) ۹-۱۷

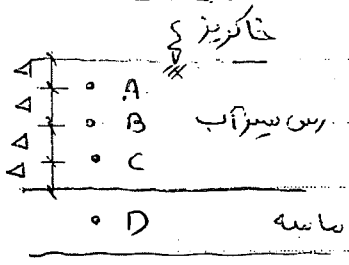
- بروی زمین تگاره زیر، بار گسترده q اثر می‌کند، پس از گذر زمانی:

الف) مانده افزایش فشار آب میان دانه‌ای در A و C برابرند.

ب) مانده افزایش فشار آب میان دانه‌ای در B بیشترین است.

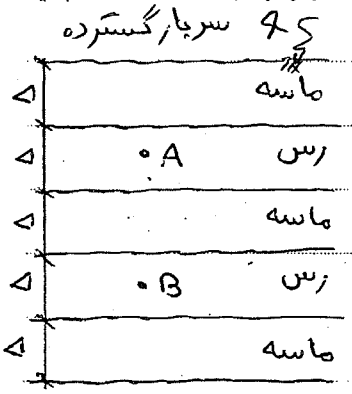
پ) مانده افزایش فشار آب میان دانه‌ای در D صفر است.

ت) هر سه ✓



- افزایش فشار آب ماسه در لحظه‌ای صفر می‌شود
- نقطه A و C متحاربن هستند و یکسان آب از دست می‌دهند.
- نقطه B (میانه لایه) دیرتر از دیگر نقطه‌ها آب از دست می‌دهد.

- دو لایه رس همسان و همانند هستند و بار گسترده q بروی زمین پخش شده است. پس از گذر زمان t،



۱- شیست تحکیم کدام رس بیشتر خواهد بود؟

لایه بالائی، چون $\sigma'_{0A} < \sigma'_{0B}$ است.

$$\sigma' = \sigma'_0 + \Delta\sigma' \qquad \Delta H = \frac{H_0}{1+e_0} C_c \log \frac{\sigma'}{\sigma'_0}$$

$$\Delta H = \frac{H_0}{1+e_0} C_c \log \left(1 + \frac{\Delta\sigma'}{\sigma'_0}\right)$$

۲- افزایش فشار آب میان دانه‌ای در کدام لایه بیشتر خواهد بود؟

برابر خواهند بود، چون سربار گسترده است.

۳- درجه تحکیم کدام لایه رس بیشتر خواهد بود؟

برابر خواهند بود، چون یکسان هم زهکشی می‌شوند.

۴- اگر لایه رس پایینی از یک سو زهکشی شود، چه خواهد شد؟

رس پایینی آب کمی از دست خواهد داد و مانده فشار آب میان دانه‌ای افزوده شده، بیشتر خواهد بود. به گفته دیگر درجه تحکیم رس پایین کمتر خواهد بود.

Tülkünin meydanda na işi var,
Dari sina dayar oynasunlar.

روباه در میدان چکار دارد تا برای پوستش قیمت گذارند.

ب) ۱۸-۹

ـ بر روی زمینی تحکیم پذیر، بارگسترده $q=30\ kN/m^2$ اثر می‌کند و پس از گذر زمانی درجه تحکیم متوسط لایه 60٪ می‌شود. خواسته می‌شود اضافه فشار آب میان دانه‌ای در میانه لایه تحکیم پذیر

$$\bar{U}_{av}=1-\frac{\Delta u_{avt}}{\Delta u_0} \rightarrow 0.60=1-\frac{\Delta u_{avt}}{30} \rightarrow \Delta u_{avt}=12\ kN/m^2$$

$$\Delta u_{mt}=1.5\,\Delta u_{avt} = 1.5\times 12 = 18\ kN/m^2$$

ـ از لایه رس زمین نگاره زیر نمونه برداری شده و بر روی نمونه‌ای از آن ($H_0=2.5\ cm$) آزمایش تحکیم انجام گرفته است. در گامی از آزمایش که فشار اثر کننده به نمونه، از $2\ kg/cm^2$ به $4\ kg/cm^2$ رسیده است، ستبرای نمونه از $2.43\ cm$ به $2.35\ cm$ کاهش یافته است. اگر $t_{50}=1.8\ hour$ باشد خواسته می‌شود:

۱ـ ضریب تحکیم (c_v)

۲ـ لایه رس پس از چه مدتی، به طور میانگین ۹۰٪ افزایش فشار آب میان دانه‌ای را از دست می‌دهد؟

$q=15000\ kg/m^2$ ـ خاکریز درست دانه

ماسه

$\sigma'_{0A}=20500\ kg/m^2$

H — ε — A — رس

ماسه

$$\bar{U}=50\% \rightarrow T_v=0.197 \qquad T_v=\frac{c_v\,t}{d^2} \rightarrow 0.197=\frac{c_v\times 1.8}{\left(\frac{2.43+2.35}{2\times 2}\right)^2}$$

$$c_v=0.156\ cm^2/hr$$

$$\sigma'_0=20500\ kg/m^2=2.05\ kg/cm^2$$

$$\sigma'_1=20500+15000=35500\ kg/m^2=3.55\ kg/cm^2$$

دیده می‌شود که بازه فشار لایه با نمونه یکی است و از این رو از c_v بدست آمده می‌توان در بند دوم بهره برد.

$$\bar{U}=90\% \rightarrow T_v=0.848$$

$$T_v=\frac{c_v\,t}{d^2} \rightarrow 0.848=\frac{0.156\times t}{\left(\frac{400}{2}\right)^2}$$

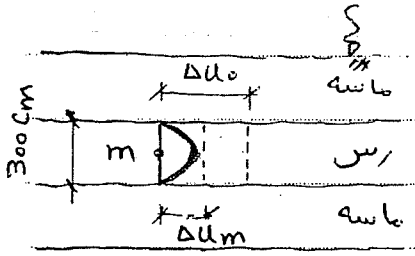
$$t=21743.6\ hr=9060\ day$$

در آزمایش تحکیم، نمونه زیر فشار P جای می‌گیرد و در سرانجام کار 3mm نشست می‌کند. خواسته می‌شود نشست نمونه در t_{50}

$t_{50} \rightarrow \bar{U}_{av} = 50\%$

$$\bar{U}_{av} = \frac{\Delta H_t}{\Delta H_{t=\infty}} \rightarrow 0.50 = \frac{\Delta H_t}{3\,mm} \rightarrow \Delta H_t = 1.5\,mm$$

بر روی زمین نگاره زیر خاکریزی ساخته می‌شود و فشار آب میان دانه‌ای $4\,kg/cm^2$ افزایش می‌یابد. اگر پس از گذر دو سال، مانده افزایش فشار آب $2\,kg/cm^2$ شود و همواره مانده افزایش فشار، سهمی درجه دو باشد، ضریب تحکیم لایه رس چقدر خواهد شد.



$$\Delta u_{mt} = 1.5\,\Delta u_{avt}$$

$$\bar{U}_{avt} = 1 - \frac{\Delta u_{avt}}{\Delta u_0} = 1 - \frac{\frac{2}{3}\Delta u_{mt}}{\Delta u_0} = 1 - \frac{\frac{2}{3}\times 2}{4} = \frac{2}{3} = 66.6\% \rightarrow$$

$$T_V = 0.355 \qquad T_V = \frac{c_v \cdot t}{d^2} \rightarrow 0.355 = \frac{c_v \times (2\times 365\times 24\times 60)}{(\frac{300}{2})^2}$$

$$c_v = 0.0076\ \frac{cm^2}{min}$$

در آزمایش تحکیم بر روی رسی که دو سانتی متر ستبرا دارد، انجام گرفته و در 5 min، 64٪ تحکیم رخ داده است. برای این که لایه 3.8 متری همان رس، به همان درصد تحکیم برسد، چند روز باید سپری شود. لایه از دو سو زهکشی می‌شود و دانه فشارها برابرند.

$$\bar{U}_{av\,t_1} = \bar{U}_{av\,t_2} = 64\% \rightarrow T_{V_1} = T_{V_2} \rightarrow \frac{c_v t_1}{d_1^2} = \frac{c_v t_2}{d_2^2} \rightarrow$$

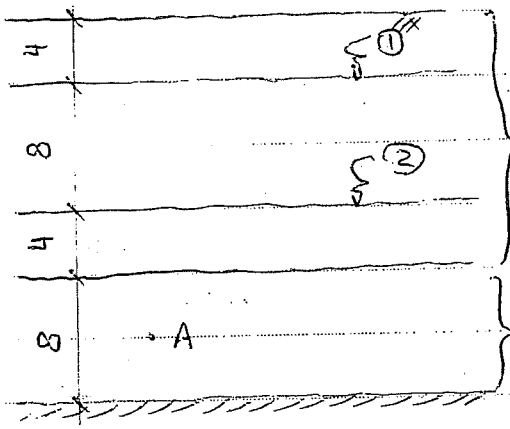
$$\frac{t_1}{d_1^2} = \frac{t_2}{d_2^2} \rightarrow \frac{5}{(\frac{2}{2})^2} = \frac{t_2}{(\frac{380}{2})^2} \rightarrow t_2 = 180500\,min = 125\,day$$

it qorxdığı yera hürar.

سگ به جایی که می‌ترسد، پارس می‌کند.

ب) ۹-۲۰

ب) در زمین خنگا، زیر، پس از چهار ماه آبکشی، روی ایستابی 8 متر پایین برده شده و مانند در آن تراز نگهداشته می‌شود. سپس در دو ماه به جایگاه پیشین خود برمی‌گردد. چه رخ می‌دهد؟



سنگ ریاسه: $\gamma = 1750\ kg/m^3$, $\gamma_{sat} = 2100\ kg/m^3$

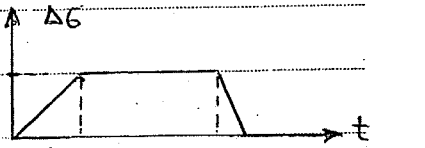
$\gamma_{sat} = 2050\ kg/m^3$

NC رس: $e_0 = 0.70$, $C_s = 0.08$, $C_c = 0.30$, $C_v = 0.6188\ m^2/month$

$$\sigma'_{0A} = (4\times1750 + 12\times2100 + 4\times2050) - (16\times1000) = 24400\ kg/m^2$$

$$\sigma'_{1A} = (12\times1750 + 4\times2100 + 4\times2050) - (8\times1000) = 29600\ kg/m^2$$

$$\Delta\sigma'_{t=\infty} = 29600 - 24400 = 5200\ kg/m^2$$



$$T_v = \frac{C_v \cdot t}{d^2} = \frac{0.6188\times13}{8^2} = 0.1257 \rightarrow \bar{U}_{avt} = 0.40$$

$$\bar{U}_{avt} = \frac{\Delta\sigma'_{avt}}{\Delta\sigma'_{t=\infty}} \rightarrow \Delta\sigma'_{avt} = 0.40\times5200 = 2080\ kg/m^2$$

$$\Delta H_c = \frac{H_0}{1+e_0} C_c \log\frac{\sigma'_{0A} + \Delta\sigma'_{avt}}{\sigma'_{0A}} = \frac{800}{1+0.7}\times0.30\times\log\frac{24400+2080}{24400} = 5\ cm$$

$$\Delta H_s = \frac{H_0}{1+e_0} C_s \log\frac{(\sigma'_{0A} + \Delta\sigma'_{avt}) - \Delta\sigma'_{avt}}{(\sigma'_{0A} + \Delta\sigma'_{avt})}$$

$$\Delta H_s = \frac{800}{1+0.7}\times0.08\times\log\frac{24400}{24400+2080} = -1.3\ cm$$

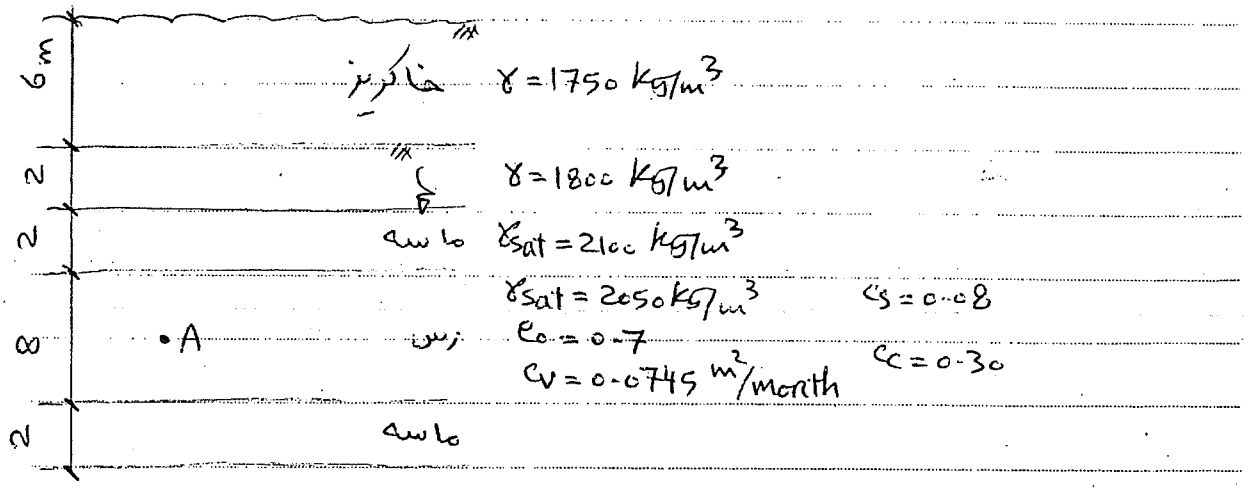
$$\Delta H = 5 + (-1.3) = 3.7\ cm \quad \text{(نشست می‌کند)}$$

Tikan olub ayaqa batinca,
Gül ol yaxaya sancil.

به‌جای این‌که خار شوی و در پا فرو روی، گل باش و در یقه جای گیر.

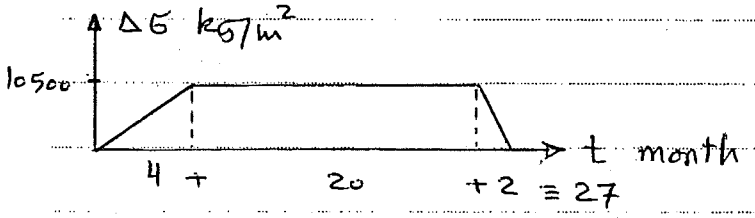
ب) 9-21

ـ بروی زمین خاکریز زیر ۶ در چهار ماه به گونه گسترده و باستبرای ۶ متر خاکریزی می شود و پس از گذر دو سال همه خاکها در رو ماه برداشته شده و در کوتاه زمانی بروی زمین ساختمانی ساخته می شود که در میانه لایه رس، تنش ۵۰۰۰ kg/m² را افزاید. خواسته می شود نشست تحکیم لایه رس برای بازه زمانی پس از ساختمان سازی تا پایان تحکیم



$$\sigma'_{0A} = \sigma_{0A} - u_{0A} = (2\times1800 + 2\times2100 + 4\times2050) - (6\times1000) = 10{,}000 \ kg/m^2$$

$$\Delta\sigma' = 6\times1750 = 10500 \ kg/m^2$$



$$T_v = \frac{C_v \times t}{d^2} = \frac{0.0745 \times 27}{(\frac{8}{2})^2} = 0.125 \longrightarrow \bar{U}_{av} = 0.40$$

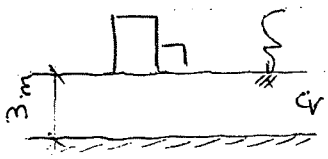
$$\bar{U}_{av} = \frac{\Delta\sigma'_{avt}}{\Delta\sigma'_{t=\infty}} \longrightarrow \Delta\sigma'_{avt} = 0.40\times10500 = 4200 \ kg/m^2$$

$$P_c = 10{,}000 + 4200 = 14200 \ kg/m^2$$

$$\Delta H = \frac{H_0}{1+e_0}\left(C_s \log\frac{P_c}{\sigma'_{0A}} + C_c \log\frac{\sigma'_{1A}}{P_c}\right)$$

$$\Delta H = \frac{800}{1+0.7}\left(0.08 \log\frac{14200}{10000} + 0.30 \log\frac{10000+5000}{14200}\right) = 9.1 \ cm$$

ساختمان سازی ، فشار آب میان دانه‌ای را در میانه رس $3000\ kg/m^2$ می افزاید.
پس از سه سال خواسته می شود :



۱- میانگین افزایش تنش مؤثر لایه
۲- افزایش تنش مؤثر در میانه لایه

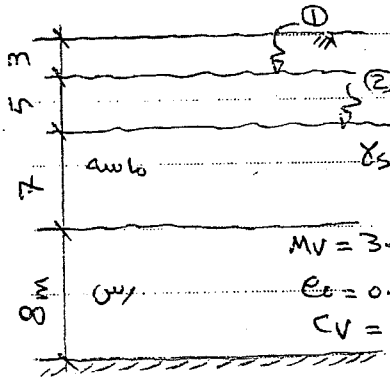
$$T_v = \frac{C_v \cdot t}{d^2} = \frac{0.01124 \times (3 \times 365 \times 24 \times 60)}{(300)^2} = 0.197 \longrightarrow \bar{U}_{avt} = 0.50$$

$$\bar{U}_{avt} = \frac{\Delta\bar{\sigma}'_{avt}}{\Delta\sigma'_{t=\infty}} \qquad 0.50 = \frac{\Delta\bar{\sigma}'_{avt}}{3000} \longrightarrow \Delta\bar{\sigma}'_{avt} = 1500\ kg/m^2 \longrightarrow$$

$$\Delta u_{avt} = 1500\ kg/m^2$$

$$\Delta u_{Mt} = 1.125\ \Delta u_{avt} = 1.125 \times 1500 = 1687.5\ kg/m^2$$

در زمین شکل زیر، روی ایستابی در چهار ماه پنج متر پایین برده می شود.
خواسته می شود :

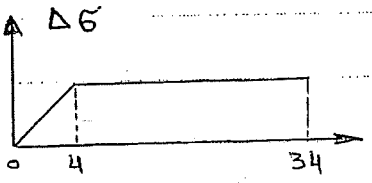


۱- نشست تحکیم پس از گذر زمانی چشمگیر
۲- نشست تحکیم ۳۰ ماه پس از پایان آبکشی
۳- نشان دهی لایه رس، در پایان تحکیم

$$\sigma'_{0A} = \sigma_{0A} - u_{0A} = (3 \times 1800 + 12 \times 2000 + 4 \times 2100) - (16 \times 1000) = 21800\ kg/m^2$$

$$\sigma'_{1A} = \sigma_{1A} - u_{1A} = (8 \times 1800 + 7 \times 2000 + 4 \times 2100) - (11 \times 1000) = 25800\ kg/m^2$$

$$\Delta H = m_v \cdot \Delta\sigma' \cdot H_0 = 3.7 \times 10^{-6} (25800 - 21800) \times 800 = 12\ cm$$



$$T_v = \frac{C_v \cdot t}{d^2} = \frac{0.02687 \times (32 \times 30)}{8^2} = 0.408 \longrightarrow$$

$$\bar{U}_{av} = 70\%$$

$$\bar{U}_{avt} = \frac{\Delta H_t}{\Delta H_{t=\infty}} \qquad 0.70 = \frac{\Delta H_t}{12} \longrightarrow \Delta H_t = 8.4\ cm$$

$$\frac{\Delta H_t}{H_0} = \frac{\Delta e_t}{1+e_0} = \frac{e_0 - e_t}{1+e_0} \longrightarrow \frac{12}{800} = \frac{0.9 - e_t}{1+0.9} \longrightarrow e_{t=\infty} = 0.87$$

ب) ۹-۲۳

- با ... زمان و ... مسیر زهکشی، درجه تحکیم خاکهای ریزدانه افزایش می یابد.

الف) کاهش - کاهش ب) افزایش - کاهش ✓

پ) افزایش - افزایش ت) کاهش - افزایش

$$\frac{c_v \cdot t}{d^2} = T_v \uparrow \Rightarrow \bar{U} \uparrow$$ (ک-آ)

- در آزمایش تحکیم، برای نمونه آزمایش، $e_0 = 0.6$ بدست آمده است. اگر تراوایی خاک $k = 1\times10^{-7}$ cm/sec باشد، خواسته می شود ضریب تحکیم آن (ک-آ)

الف) 32×10^{-9} m²/sec ✓

ب) 32×10^{-7} m²/sec

پ) 20×10^{-5} m²/sec

ت) 20×10^{-7} m/sec

$\sigma'_{v1} = 30$ kpa $\rightarrow e_1 = 0.55$

$\sigma'_{v2} = 50$ kpa $\rightarrow e_2 = 0.45$

$$M_v = \frac{a_v}{1+e_0} = \frac{\frac{\Delta e}{\Delta \sigma'}}{1+e_0} = \frac{\frac{0.55-0.45}{50-30}}{1+0.6}$$

$$M_v = \frac{1}{320}\ \frac{m^2}{kN}$$

$$c_v = \frac{k}{\gamma_w \times m_v} = \frac{1\times10^{-9}\ \frac{m}{sec}}{10\ \frac{kN}{m^3} \times \frac{1}{320}\ \frac{m^2}{kN}} = 32\times10^{-9}\ \frac{m^2}{sec}$$

- در آزمایش تحکیم، یک دوره باربرداری و بارگذاری دوباره در حال انجام است. کدام گزینه درست نیست؟ ک-آ

الف) شیب نمودار باربرداری و بارگذاری دوباره 5 تا 10 درصد C_c است.

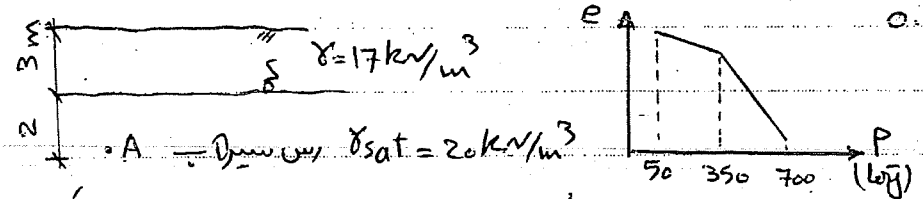
ب) نمودار باربرداری و بارگذاری دوباره در مختصات ($e - \log\sigma'_v$) تقریباً خطی است.

پ) شیب نمودار باربرداری و بارگذاری دوباره، با شیب نخستین نمودار تقریباً مساوی است.

ت) خاک OC (تحکیم عادی) است. ✓

نمونه‌ای که از آن باربرداری شده و بارگذاری دوباره آن در حال انجام است، OC (اضافه تحکیم یافته) خواهد بود.

- بر روی نمونه‌ای از نقطه A، آزمایش تحکیم انجام گرفته است. باروی راست به داده‌ها خواسته می شود O.C.R



الف) 5 ✓

ب) 4

پ) 10

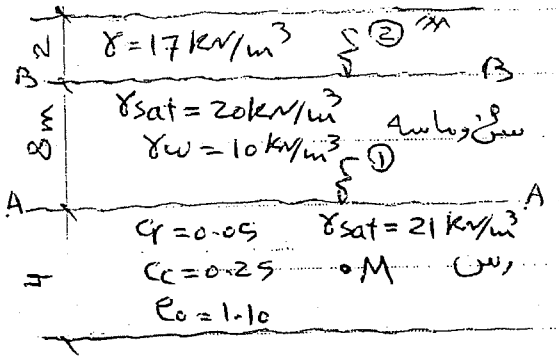
ت) 1

$\sigma'_{0A} = 3\times17 + 2(20-10) = 71$ kpa

$O.C.R = \frac{P_c}{\sigma'_{0A}} = \frac{350}{71} \simeq 5$

ب) ۹-۲۴

- در زمان پیدایش لایه‌های نگاره زیر، رویه ایستابی زمان چشمگیری در تراز A-A بوده و سپس به تراز B-B رسیده و زمان چشمگیری است که در تراز B-B مانده است. اگر بر روی زمین خاکریز گسترده‌ای به بلندی 5 متر و با $\gamma = 20 kN/m^3$ پدید آورده شود، نشست تحکیم نهایی لایه خاکریز چقدر خواهد شد. (ک بهمن ۸۲)



الف) 23 mm

ب) ✓ 57 mm

پ) 109 mm

ت) 114 mm

$$\sigma'_{M(A-A)} = \sigma_M - u_M = (10\times17 + 2\times21) - (2\times10) = 192 \ kN/m^2 = P_c$$

$$\sigma'_{M(B-B)} = \sigma_M - u_M = (2\times17 + 8\times20 + 2\times21) - (10\times19) = 136 \ kN/m^2 = \sigma'_0$$

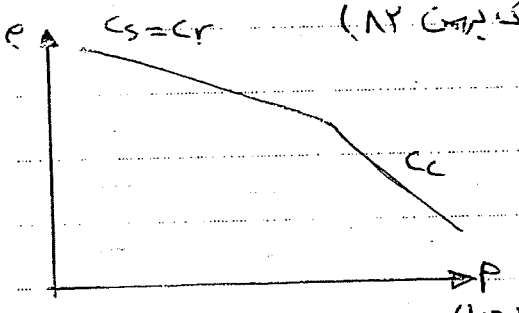
$$\sigma'_1 = \sigma'_0 + \Delta\sigma' = 136 + (5\times20) = 236 \ kN/m^2$$

$$\sigma'_0 < P_c < \sigma'_1$$

$$\Delta H = \frac{H_0}{1+e_0}\left(C_r \log\frac{P_c}{\sigma'_0} + C_c \log\frac{\sigma'_1}{P_c}\right)$$

$$\Delta H = \frac{4000 mm}{1+1.10}\left(0.05 \log\frac{192}{136} + 0.25 \log\frac{236}{192}\right) = 57 mm$$

- برای رس نرمه کدام گزینه درست است؟ (ک بهمن ۸۲)



الف) MV تنها به گونه رس وابسته است.

ب) MV برای یک رس رسی یکی است.

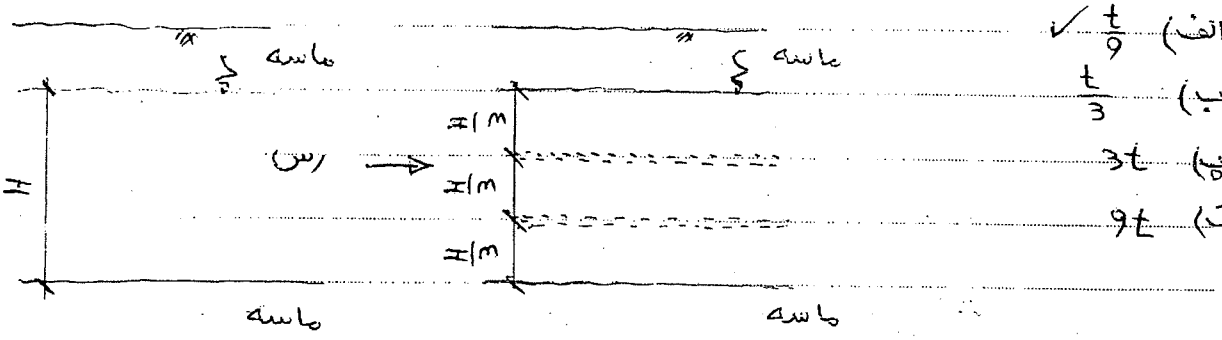
پ) C_c بزرگتر از $C_r = C_s$ است. ✓

ت) MV و k در آزمایش تحکیم دگرسان نمی‌یابد.

MV و k افزون بر گونه (نوع) رس به بار وارده بر نمونه نیز وابسته است و در گامهای آزمایش تحکیم دگرسان می‌یابد. (پ) برای همه رس‌ها درست است

ب) ۹-۲۵

۸۴ ـ لایه‌ی سیر آب از دو سو زهکشی می‌شود و پس از گذر زمان t به $\bar{U}_{avt}$ می‌رسد. اگر در درون لایه‌ی رس، دو رگه ماسه در ترازهای $\frac{H}{3}$ و $\frac{2H}{3}$ پنداشته شود و رگه‌ها بتوانند آب رس را زهکشی کنند، پس از چه مدتی لایه‌ی رس به همان درجه تحکیم می‌رسد. (ک بهمن ۸۴)



الف) $\frac{t}{9}$ ✓

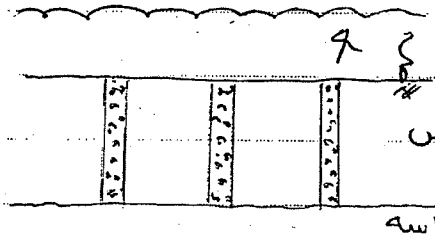
ب) $\frac{t}{3}$

پ) $3t$

ت) $9t$

$$\bar{U}_{1av} = \bar{U}_{2av} \rightarrow T_{v_1} = T_{v_2} \rightarrow \frac{c_v \times t_1}{\left(\frac{H}{2}\right)^2} = \frac{c_v \times t_2}{\left(\frac{H}{3\times 2}\right)^2} \rightarrow t_2 = \frac{t_1}{9}$$

ـ در زمین نگاره زیر، از چاههای ماسه‌ای برای افزودن به سرعت تحکیم، بهره برده شده است. اگر $c_{v_2} = 10 c_{v_1}$ (تراوائی افقی بیشتر از تراوائی قائم) باشد، کدام گزینه درست خواهد بود. (ک بهمن ۸۳)



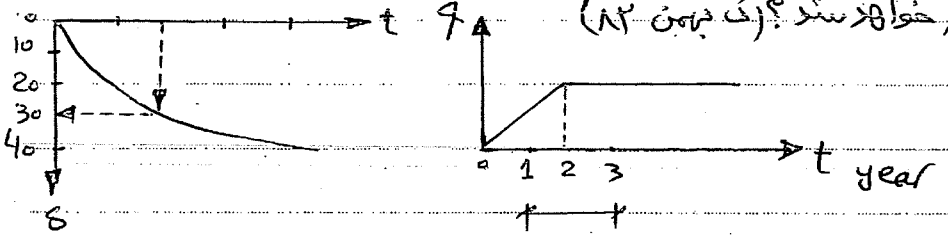
الف) چاههای ماسه‌ای برای خاک‌های بسیار درهم فشرده کارائی دارند.

ب) چاههای ماسه‌ای در رس‌هائی که تحکیم ثانویه بیشتری دارند، بکار برده می‌شوند.

پ) اگر فاصله‌ی میان چاههای ماسه‌ای برابر یا کمتر از ستبرای لایه‌ی رس، برگزیده شود، سرعت تحکیم افزایش می‌یابد. ✓ (سرعت چشمگیر می‌شود و صرفه سودمند می‌گردد)

ت) اگر فاصله‌ی میان چاههای ماسه‌ای بیشتر از ستبرای لایه برگزیده شود، سرعت تحکیم افزایش نمی‌یابد. (سرعت افزایش می‌یابد ولی چشمگیر و سودمند نخواهد بود.)

ـ نمودار زیر نشست تحکیم لایه‌ی رس را برای یک بار ناگهانی نشان می‌دهد. اگر همان بار در دو سال و گام به گام به اندازه‌ی پایانی خود برسد، سه سال پس از آغاز بارگذاری، نشست تحکیم چقدر خواهد شد؟ (ک بهمن ۸۲)



الف) 20mm

ب) 30mm ✓

پ) 40mm

ت) نمی‌توان حساب کرد

ب) $t_{eq} = 2\,year$ 9-24

— در یک لایه رس سیرآب، $e_0=0.8$ و $\sigma'_0=160\ kN/m^2$ است که پس از بارگذاری و پایان تحکیم به $e_1=0.7$ و $\sigma'_1=360\ kN/m^2$ دگرشکل می‌یابد. اگر برای این بازه بارگذاری، $C_v=0.18\ \frac{(mm)^2}{s}$ باشد، خواسته‌ی سؤال ضریب تراوایی خاک ($\gamma_w=10\ kN/m^3$) (ک بهمن ۸۵)

الف) $5\times10^{-10}\ m/s$ ✓

ب) $5\times10^{-10}\ cm/s$

پ) $6.5\times10^{-3}\ m/s$

ت) $6.5\times10^{-3}\ cm/s$

$$M_v=\frac{\Delta e}{(1+e_0)\Delta\sigma'}=\frac{0.8-0.7}{(1+0.8)(360-160)}$$

$$M_v=2.777\times10^{-4}\ \frac{m^2}{kN}$$

$$C_v=0.18\ \frac{(mm)^2}{s}\times\frac{1\ m^2}{10^6\ (mm)^2}=0.18\times10^{-6}\ \frac{m^2}{s}$$

$$k=C_v\cdot\gamma_w\cdot M_v=\left(0.18\times10^{-6}\ \frac{m^2}{s}\right)\times10\ \frac{kN}{m^3}\times2.777\times10^{-4}\ \frac{m^2}{kN}=5\times10^{-10}\ \frac{m}{s}$$

— در پیوندهایی که نشست تحکیم را برآورد می‌کنند، H_0 نشانگر ... (مانند $\Delta H=\frac{H_0}{1+e_0}\Delta e$ یا $\Delta H=\frac{H_0}{1+e_0}C_c\log\frac{\sigma'_1}{\sigma'_0}$ یا ... ک بهمن ۸۵)

الف) ستبرای لایه (بی‌روی راست به شیوه زهکشی) می‌باشد. ✓

ب) ستبرای لایه رس، برای زهکشی یک‌سویه می‌باشد.

پ) ستبرای لایه رس، برای زهکشی دوسویه می‌باشد.

ت) ستبرای لایه رس برای زهکشی یک‌سویه و نیم برابر ستبرای لایه رس برای زهکشی دوسویه می‌باشد.

— در لایه‌ای رسی، $\sigma'_0=100\ kN/m^2$، $P_c=200\ kN/m^2$ بوده و پس از بارگذاری و پایان تحکیم، تنش مؤثر آن به $\sigma'_1=150\ kN/m^2$ رسیده است. اگر C_c نشانه فشردگی (Compression) و C_r نشانه بازفشردگی (recompression) باشد، از کدام پیوند می‌توان برای برآورد نشست بهره برد. (ک بهمن ۸۴)

الف) $\Delta H=\frac{H_0}{1+e_0}C_r\log\frac{\sigma'_1}{\sigma'_0}$ ✓

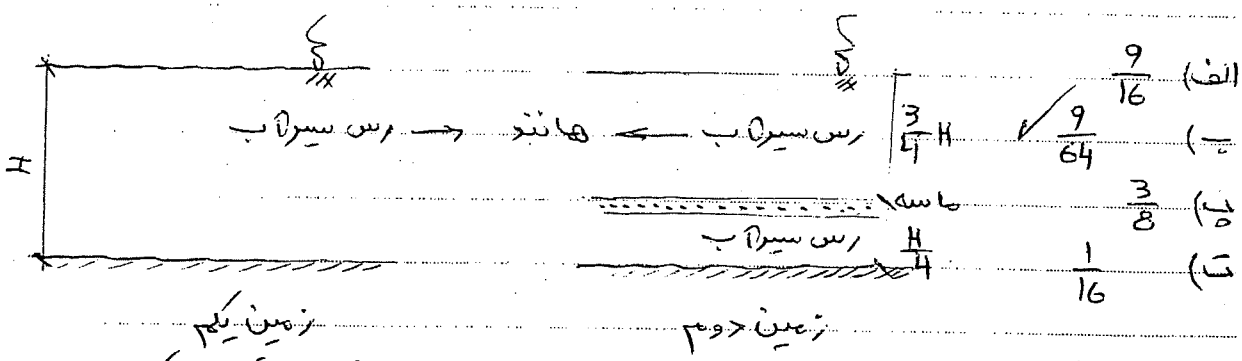
ب) $\Delta H=\frac{H_0}{1+e_0}C_c\log\frac{\sigma'_1}{\sigma'_0}$

پ) $\Delta H=\frac{H_0}{1+e_0}\left(C_r\frac{P_c}{\sigma'_0}+C_c\frac{\sigma'_1}{P_c}\right)$

ت) $\Delta H=\frac{H_0}{1+e_0}\left(C_c\frac{P_c}{\sigma'_0}+C_r\frac{\sigma'_1}{P_c}\right)$

چون $\sigma'_0<\sigma'_1<P_c$ است پس گزینه الف درست می‌باشد. ب) ۹-۲۷

ـ باروی راسخ به نگاره ها، خواسته می شود بیشترین نسبت میان زمانهای رسیدن به 50٪ تحکیم، میان زمین نگاره دوم به یکم (ک بهمن ۸۵)



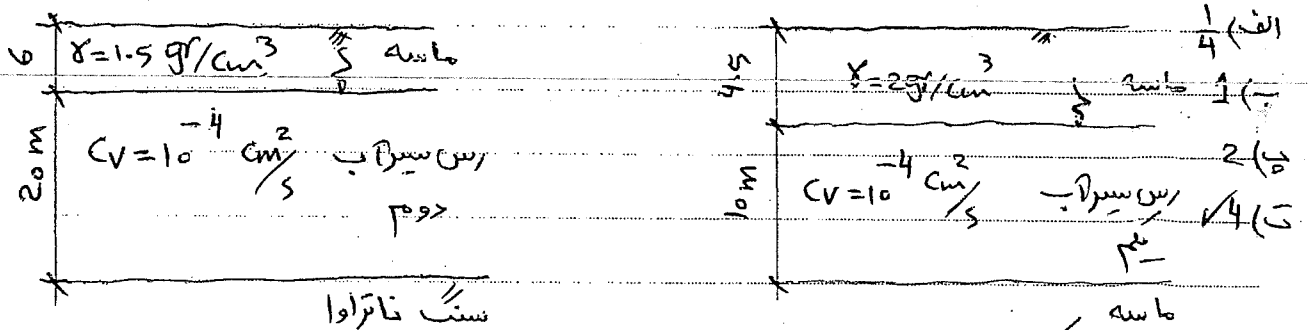
★ هنگامی که در زمین دوم $\bar{U}_{av} = 50\%$ است، در بخش بالائی $\bar{U}$ کمتر از 50٪ و در بخش پائین بیشتر از 50٪ خواهد شد. ($\frac{3}{4}H/2$ ☒ $\frac{1}{4}H$)

★ بخش بالائی دیرتر از بخش پائینی به 50٪ تحکیم می رسد، و از این رو بیشترین نسبت زمان را پدید می آورد.

$$\bar{U}_1 = \bar{U}_2 = 50\% \rightarrow T_{v1} = T_{v2} \rightarrow \frac{c_v t_1}{d_1^2} = \frac{c_v t_2}{d_2^2}$$

$$\frac{t_2}{t_1} = \frac{d_2^2}{d_1^2} = \frac{\left(\frac{\frac{3}{4}H}{2}\right)^2}{H^2} = \frac{9}{64}$$

ـ باروی راسخ به نگاره ها و داده ها، اگر زمین نگاره یکم، یکسال پس از بارگذاری به 40٪ تحکیم برسد، زمین نگاره دوم چندسال پس از بارگذاری به 20٪ تحکیم خواهد رسید؟ (ک بهمن ۸۵)



c_v هر دو رس یکی است: $\bar{U}_1, \bar{U}_2 < 60\%$

$$T_{v1} = \frac{c_v \cdot t_1}{d_1^2}, \quad T_{v2} = \frac{c_v \cdot t_2}{d_2^2} \rightarrow \frac{T_{v1} \times d_1^2}{t_1} = \frac{T_{v2} \times d_2^2}{t_2}$$

$$\frac{\frac{\pi \bar{U}_1^2}{4} \times d_1^2}{t_1} = \frac{\frac{\pi \bar{U}_2^2}{4} \times d_2^2}{t_2} \rightarrow \frac{(0.40)^2 \times (\frac{10}{2})^2}{1} = \frac{(0.20)^2 \times 20^2}{t_2}$$

$t_2 = 4$ year ب) ۹-۲۸

— یک لایه رس سیر آب با ویژگی های $H_0=10m$ ، $\gamma=2t/m^3$ ، $G_s=2.5$ و پس از بارگذاری و گذر ۶۰ سال ، ۱۰cm نشست از خود نشان داده است . خواسته می شود نشانه پوکی خاک در پایان تحکیم (ک بهمن ۸۶)

$$\gamma_{sat}=\frac{G_s+e_0}{1+e_0}\gamma_w \rightarrow 2=\frac{2.5+e_0}{1+e_0}\times 1 \rightarrow e_0=0.50$$

$$\frac{\Delta H}{H_0}=\frac{e_0-e_1}{1+e_0}$$

$$\frac{10\ cm}{1000\ cm}=\frac{0.50-e_1}{1+0.50} \rightarrow e_1=0.485$$

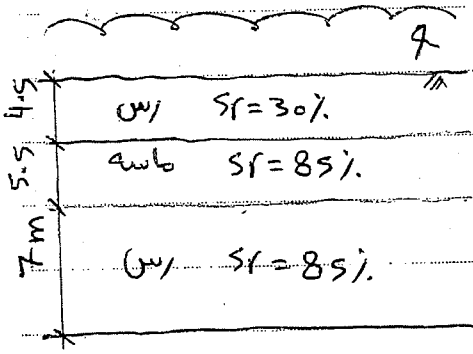
الف) ✓ 0.485

ب) 0.35

پ) 0.45

ت) 0.375

— در لایه های زمین نگاره زیر ، نشست چگونه رخ می دهد ؟ (ک بهمن ۸۶)



الف) رس بالایی نشست آنی ، ماسه نشست آنی و رس پایینی نشست تحکیم

ب) رس بالایی و لایه ماسه نشست تحکیم و رس پایینی نشست آنی و تحکیم

پ) رس بالایی نشست آنی و لایه ماسه و رس پایینی نشست تحکیم

ت) رس بالایی نشست آنی ، لایه ماسه نشست آنی و رس پایینی نشست آنی و تحکیم ✓

$Sr=30\%$ برای رخ دادن نشست آنی سازگار است ، در ماسه نشست آنی رخ می دهد و در رس با $Sr=85\%$ نخست اندکی نشست آنی رخ می دهد تا $Sr=100\%$ شود و سپس نشست تحکیم آغاز می گردد .

از حدود ۱۱۰۰ سال پیش که فارسی با خط عربی نوشته شده است ، در سروده ای آذربایجان آخر آبادگان آورده شده و در چند کتاب تاریخی از شهری بنام تبریز سخن رفته است . پیران روستاهای آذربایجان و کردستان که فارسی می دانند ، این شهر را Tarbiz و Toris می گویند و احتمال که نام این شهر با واژگان زیر در پیوند بوده باشد ،

Torus (نام ایل و کوه) - Tovuz (تاووس) - Tomris (ملکه قاتل کوروش)

Tabriz (سوره زار) - Taburiz (محل جمعیت - محل فوج)

ب) ۹-۲۹ ادامه در پ) ۱۰۷

- کدام پیوند برای محاسبه تنش پیرامونی (σ_h) نمونه رسی سیرآبی که بر روی آن آزمایش تحکیم (oedometer) در حال انجام است، درست می‌باشد (ک بهمن ۸۷)

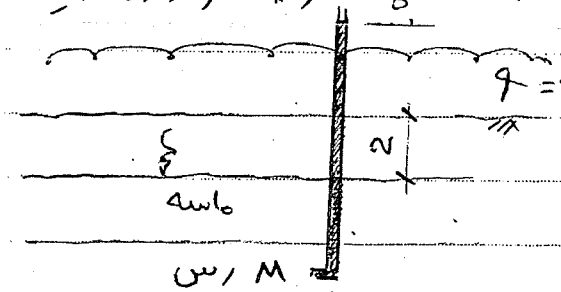
الف) $\sigma_h = k_a \cdot \sigma'_v + u$ ★ - نمونه در درون حلقه فلزی نمی‌تواند کرنش پیرامونی داشته باشد (Rest)

ب) $\sigma_h = k_0 \cdot \sigma_v$

پ) ✓ $\sigma_h = k_0 \cdot \sigma'_v + u$ ★ - فشار آب ضریب k_p ، k_a ، k_0 ندارد.

ت) $\sigma_h = k_a \sigma_v$

- پس از بارگذاری و گذر زمان، درجه تحکیم لایه رس ۰.۶۰ شده است. اگر در میانه لایه رس فشارسنج جایگذاری شود، آب آن چندمتر بالاتر از روی زمین می‌ایستد. (ک بهمن ۸۷)



الف) ✓ 6m

ب) 8m

پ) 10m

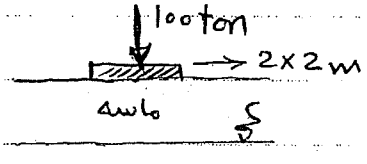
ت) 12m

$$\bar{U}_{Mt} = 1 - \frac{\Delta u_{Mt}}{\Delta u_0} \rightarrow 0.60 = 1 - \frac{\Delta u_{Mt}}{200} \rightarrow \Delta u_{Mt} = 80\,kpa = 8m$$

آب فشارسنج ۸ متر بالاتر از تراز آب زیرزمینی ماسه می‌ایستد و به گفته دیگر ۶ متر بالاتر از روی زمین جای می‌گیرد.

$$8 - 2 = 6\,m$$

- بی نگاره زیر، در لایه ماسه 1cm نشست و پس از یک سال در لایه رس، 2cm نشست تحکیم پیدا می‌کند. اگر نشست نهایی لایه رس 10cm باشد، خواسته می‌شود نشست پی پس از گذر چهار سال ($\bar{U}_{t=4\,year} < 60\%$) (ک بهمن ۸۷)



$$\bar{U}_{t=1year} = \frac{2}{10} < 0.60$$

$$T_v = \frac{\pi}{4}\bar{U}^2 \,,\; T_v = \frac{c_v \cdot t}{d^2}$$

الف) 3cm

ب) 4cm

پ) ✓ 5cm

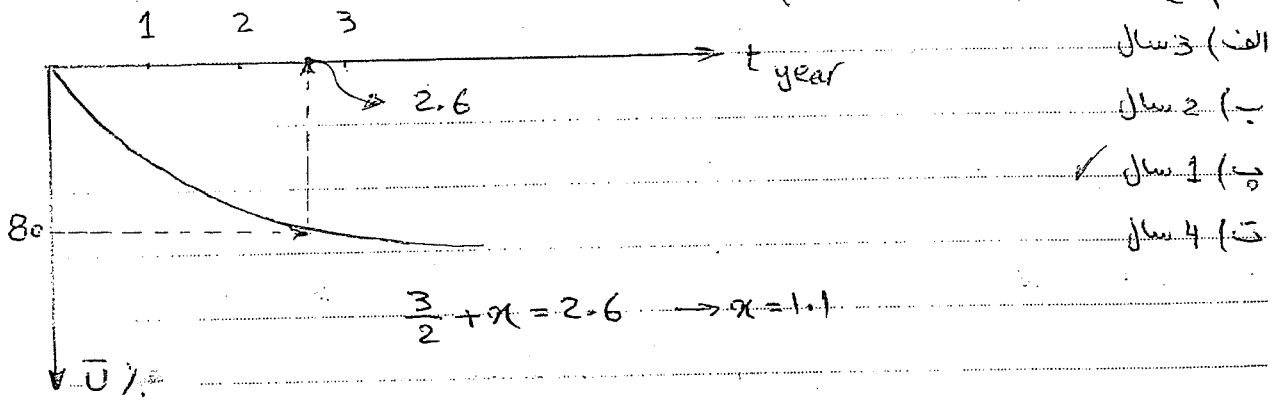
ت) 6cm

$$\frac{\pi}{4}(0.20)^2 = \frac{c_v \times 1}{d^2} \rightarrow c_v = \frac{\pi d^2}{100}$$

$$\frac{\pi}{4}(\bar{U}_{t=4})^2 = \frac{\frac{\pi d^2}{100} \times 4}{d^2} \rightarrow \bar{U}_{t=4} = 0.40 \rightarrow \Delta H_{t=4} = 0.40 \times 10 = 4cm$$

$4 + 1 = 5\,cm$

- نمودار زیر، پیوند میان زمان و درصد تحکیم را برای لایه‌ای رس که بار ناگهانی دریافت کرده است، نشان می‌دهد. اگر در بخشی دیگر از این لایه، در مدت سه سال ساختمانی ساخته شود، تقریباً چند سال پس از پایان ساختمان‌سازی، 80٪ نشست تحکیم رخ می‌دهد. (ک بهمن ۸۸)



الف) 3 سال

ب) 2 سال

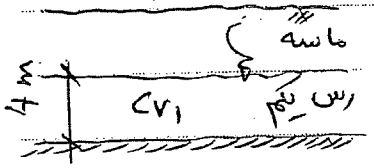
پ) 1 سال ✓

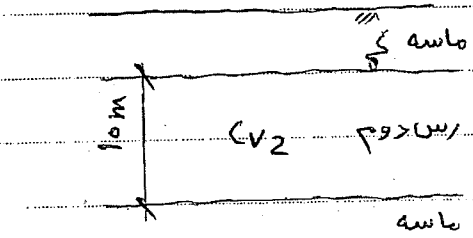
ت) 4 سال

$$\frac{3}{2}+x=2.6 \rightarrow x=1.1$$

- زمین هرده و خاره بارگذاری می‌شود. لایه یکم در 20 سال 50٪ و لایه دوم در 10 سال، 40٪ تحکیم می‌یابد. ضریب تحکیم لایه یکم چندبرابر ضریب تحکیم لایه دوم است. (ک بهمن ۸۸)

الف) 0.5 ✓





ب) 2

پ) 8

ت) $\frac{1}{8}$

$$\bar{U}_1=50\% < 60\% \rightarrow T_{v_1}=\frac{0.50^2}{4}\pi=\frac{C_{v_1}\times 20}{4^2} \rightarrow C_{v_1}=\frac{\pi}{20}$$

$$\bar{U}_2=40\% < 60\% \rightarrow T_{v_2}=\frac{0.40^2}{4}\pi=\frac{C_{v_2}\times 10}{5^2} \rightarrow C_{v_2}=\frac{\pi}{10}$$

$$\frac{C_{v_1}}{C_{v_2}}=0.5$$

- در پایان آزمایش تحکیم، نم نمونه 20٪ و کرنش بلندای آن نیز 20٪ شده است. اگر $G_s=2.5$ باشد، خواسته می‌شود e_0 (ک بهمن ۸۷)

الف) 0.55

ب) 0.88 ✓

پ) 0.77

ت) 0.66

$$e_1=\frac{G_s.w_1}{S_r}=\frac{2.5\times 0.20}{1}=0.5$$

$$\frac{\Delta H}{H_0}=\frac{e_0-e_1}{1+e_0}$$

$$0.20=\frac{e_0-0.5}{1+e_0} \rightarrow e_0=0.88$$

ب) 9-31

کرنش بلندا (تغییر ارتفاع نسبی) $\frac{\Delta H}{H_0}$:

۱۸- اختلاف نشست تحکیم این دو پی چند میلی‌متر است؟ (توزیع فشار $\frac{h}{V}=\frac{1}{2}$)

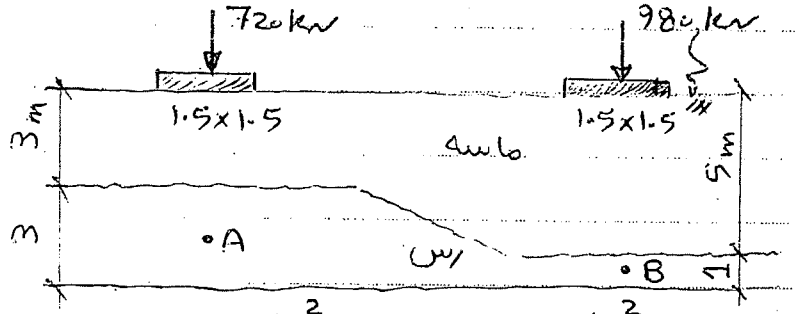
(ک- بهمن ۸۹)

الف) 10 mm

ب) ✓ 20 mm

پ) 30 mm

ت) 40 mm



$M_V = 0.5 \frac{m^2}{MN} = 0.0005 \frac{m^2}{kN}$ $\quad \Delta H = M_V \cdot \Delta\sigma \cdot H_0$

$\Delta\sigma_{zA} = \frac{720}{(1.5+4.5)^2} = 20 \frac{kN}{m^2}$ ، $\Delta H_A = 0.0005 \times 20 \times 3 = 0.030m$

$\Delta\sigma_{zB} = \frac{980}{(1.5+5.5)^2} = 20 \frac{kN}{m^2}$ ، $\Delta H_B = 0.0005 \times 20 \times 1 = 0.010m$

$S = 0.030 - 0.010 = 0.020m = 20mm$

۱۹- پی نگارهٔ زیر، در لایهٔ ماسه 1 cm نشست الاستیک و پس از یک سال در لایهٔ رس 2cm نشست پدید می‌آورد. اگر نشست تحکیم پایانی لایهٔ رس 10 cm باشد، نشست پی پس از 4 سال چند سانتی‌متر خواهد شد. (تحکیم پس از چهار سال کمتر از 60٪ است)

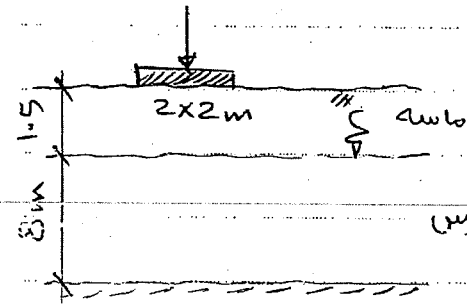
(ک بهمن ۸۹)

الف) 4cm

ب) ✓ 5cm

پ) 6cm

ت) 7cm



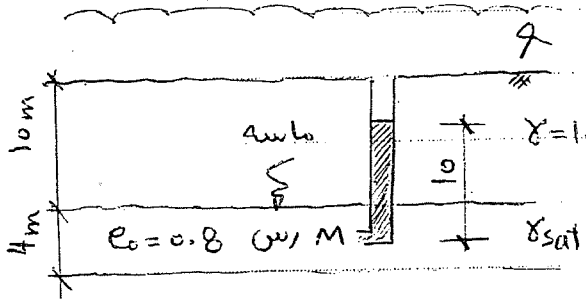
$\bar{U}_1 < \bar{U}_2 < 60\% \longrightarrow \left(\frac{\Delta H_1}{\Delta H_2}\right)^2 = \frac{t_1}{t_2}$

$\left(\frac{2}{\Delta H_2}\right)^2 = \frac{1}{4} \longrightarrow \Delta H_2 = 4cm$ (نشست تحکیم پس از چهار سال)

$\Delta H = 4+1 = 5cm$ (نشست کلی پس از چهار سال)

— بارگذاری گسترده بلندی آب فشار سنج میانه لایه رس را ۵ متر می‌کند. اگر سه سال پس از بارگذاری 40cm نشست تحکیم رخ بدهد و بلندی آب فشار سنج به چهار متر کاهش یابد، خواسته می‌شود: فشانه پوکی و تنش موثر در میانه لایه رس

(ک - بهمن ۸۹)



الف) 0.18 ، $25\ t/m^2$

ب) 0.62 ، $23\ t/m^2$

پ) ✓ 0.62 ، $25\ t/m^2$

ت) 0.18 ، $23\ t/m^2$

$$\Delta u_{t=0} \equiv 10 - 2 = 8\ m \rightarrow \Delta u_{t=0} = 8 \times 1\ ton/m^3 = 8\ t/m^2 = \Delta\sigma'_{t=\infty}$$

$$\Delta u_{t=3year} \equiv 4 - 2 = 2\ m \rightarrow \Delta u_{t=3year} = 2 \times 1 = 2\ t/m^2$$

$$\bar{U}_{Mt=3year} = 1 - \frac{\Delta u_{Mt}}{\Delta u_0} = 1 - \frac{2}{8} = 0.75$$

$$\bar{U}_{Mt} = \frac{\Delta\sigma'_{Mt}}{\Delta\sigma'_{t=\infty}} \rightarrow 0.75 = \frac{\Delta\sigma'_{Mt}}{8} \rightarrow \Delta\sigma'_{Mt} = 6\ t/m^2$$

$$\sigma'_{0M} = \sigma_{0M} - u_{0M} = (10 \times 1.7 + 2 \times 2) - (2 \times 1) = 19\ t/m^2$$

$$\sigma'_{Mt} = \sigma'_{0M} + \Delta\sigma'_{Mt} = 19 + 6 = 25\ t/m^2$$

$$\frac{\Delta H_t}{H_0} = \frac{\Delta e_t}{1+e_0} = \frac{e_0 - e_t}{1+e_0}$$

$$\frac{40}{400} = \frac{0.8 - e_t}{1+0.8} \rightarrow e_t = 0.62$$

— لایه رس سیرآبی که 10 متر ستبرا و 0.6 فشانه پوکی دارد، زیر بارگسترده q، یک متر نشست می‌کند. اگر $MV = 0.004 \frac{1}{kPa}$ باشد، خواسته می‌شود: فشانه پوکی لایه در پایان تحکیم و مقدار q (ک - بهمن ۸۹)

$$\frac{\Delta H}{H_0} = \frac{e_0 - e_1}{1+e_0} \rightarrow \frac{1}{10} = \frac{0.6 - e_1}{1+0.6} \rightarrow e_1 = 0.44$$

$$\Delta H = MV \cdot \Delta\sigma' \cdot H_0$$

$$1 = 0.004 \times q \times 10$$

$$q = 25\ kPa$$

الف) $q = 30\ kPa$ ، $e = 0.38$

ب) $q = 40\ kPa$ ، $e = 0.38$

پ) ✓ $q = 25\ kPa$ ، $e = 0.44$

ت) $q = 30\ kPa$ ، $e = 0.44$

ب) ۹-۳۳

ـ برای نخستین تحکیم لایه رسی با ستبرای 20 متر، دو سال سپری شده است. اگر ضریب دومین تحکیم، $C_a = 0.05$ باشد، خواسته می‌شود، نشست دومین تحکیم، 20 سال پس از آغاز بارگذاری ($e_0 = 1$) ک - بهمن ۹۰

الف) 12.5 cm

ب) 25 cm

پ) ✓ 100 cm

ت) 50 cm

$$\Delta H = H_0 C_a \log \frac{t}{t_p}$$

$$\Delta H = 2000\,cm \times 0.05 \log \frac{20}{2} = 100\,cm$$

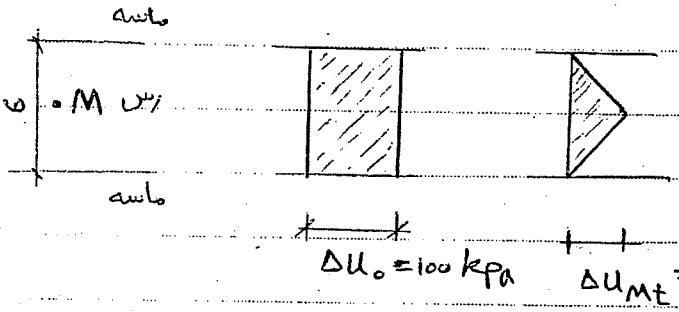
ـ منحنی‌های زیر افزایش فشار آب میان دانه‌ای را در آغاز بارگذاری و یکصد روز پس از آن را نشان می‌دهند. خواسته می‌شود درصد تحکیم لایه در روز صدم (ک - بهمن ۹۰)

الف) 20٪

ب) 40٪

پ) 80٪

ت) ✓ 60٪



$$\bar{U}_{avt} = 1 - \frac{\Delta u_{avt}}{\Delta u_0} = 1 - \frac{\frac{80}{2}}{100} = 0.60$$

ـ ضریب تراکم پذیری نمونه‌ای رسی، در یکی از گامهای آزمایش تحکیم، $a_v = 0.015\ m^2/kN$، بدست آمده است. اگر $e_0 = 2$ باشد، خواسته می‌شود مدول سختی محصور شده (E') اگر لایه‌ای از همین رس و با همان مدول سختی، 16 متر ستبرا داشته باشد و در اثر بارگذاری 0.80 متر نشست یابد، خواسته می‌شود افزایش تنش مؤثر در لایه رس (ک - بهمن ۹۰)

الف) 3.3 kpa ، 66 kpa

ب) 6.6 kpa ، 133 kpa

ج) ✓ 10 kpa ، 200 kpa

ت) 5 kpa ، 100 kpa

$$M_v = \frac{a_v}{1+e_0} = \frac{0.015}{1+2} = 0.005\ \frac{1}{kpa}$$

$$E' = \frac{1}{M_v} = \frac{1}{0.005} = 200\ kpa$$

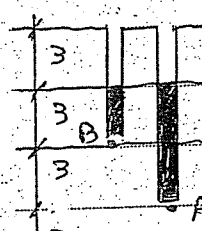
$$\Delta H = H_0 \times M_v \times \Delta\sigma'$$

$$0.80 = 16 \times 0.005 \times \Delta\sigma'$$

$$\Delta\sigma' = 10\ kpa$$

ب) ۹-۳۴

۱- از این زمین، به تندی ۵ متر خاکبرداری می‌شود. خواسته می‌شود فشار آب در A و B بی‌درنگ پس از خاکبرداری.



الف) $U_A = 6000$ ، $U_B = 1500$

ب) $U_A = 3750$ ، $U_B = 3000$ ✓

پ) $U_A = 4500$ ، $U_B = 3000$

ت) $U_A = 6000$ ، $U_B = 3000$

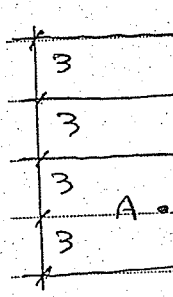
۲- در نگاره پرسش (۱)، بی‌درنگ پس از بارگذاری، تنش مؤثر کدام نقطه، برابر تنش (تنش) می‌باید

الف) A ب) B ✓ پ) A و B ت) هیچ‌کدام

۳- در نگاره پرسش (۱)، پس از سپری شدن زمان چشمگیر، فشار آب در نقطه A چقدر می‌شود؟

الف) 6000 ✓ ب) 3750 پ) 8250 ت) 1500

۴- آب زیرزمینی به تندی، 3 متر پایین



برده می‌شود. خواسته می‌شود U_A (بی‌درنگ) سنگ و ماسه

الف) 9000 ب) 6000

پ) 3000 ت) 7500 ✓

۵- در نگاره پرسش (۴)، بی‌درنگ پس از آبکشی، کدام لایه بار بیشتری دارد و اندازه آن چقدر است. الف) رس 3000 ب) سنگ و ماسه 1500 ✓ پ) رس 1500 ت) هیچ

۶- در نگاره پرسش (۴)، زمان چشمگیری پس از آبکشی، تنش مؤثر نقطه A چه دگرشی خواهد کرد؟ ✓

الف) $1500\ kg/m^2$ افزوده می‌شود ب) 1500 کاسته می‌شود

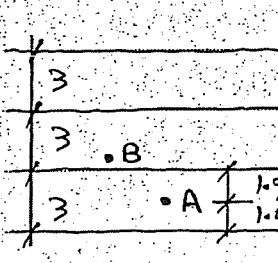
پ) 3000 افزوده می‌شود ت) 3000 کاسته می‌شود

۷- در نگاره پرسش (۴)، بی‌درنگ پس از آبکشی، کدام یک از گرس‌ها می‌باید؟ (در نقطه A)

الف) S_r ✓ ب) α پ) K_0 ت) K_0 و α

۸- دومتر از سه متر آب مرداب تا گهان برداشته می‌شود. $\gamma_w = 10\ kN/m^3$ خواسته می‌شود u_A بی‌درنگ پس از آبکشی

الف) $7500\ kg/m^2$ ب) 6000 پ) 5500 ت) 4000



۹- در نگاره پرسش (۸) کدام ویژگی دگرش ندارد؟

الف) $\Delta h_{A,B}$ ب) σ_A پ) σ_B ت) u_B

۱۰- کدام ویژگی رس با گذر زمان دگرش نخواهد داشت؟ (پرسش ۸ / لایه)

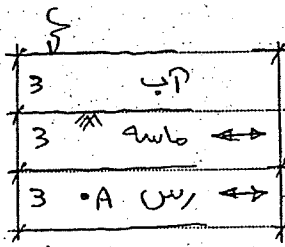
الف) S_r ب) σ_A پ) w ت) هر سه

۱۱- از هرکدام از زمین‌ها دومتر آبکشی می‌شود. زمان چشمگیری سپری می‌گردد.

الف) هردو لایه رس نشست می‌کنند

ب) لایه B بیشتر از A نشست می‌کند.

پ) تنها لایه B نشست می‌کند ت) لایه A بیشتر از لایه B نشست می‌کند.



۱۲- در زمین پرسش (۱۱) بی‌درنگ پس از آبکشی:

الف) $u_A = u_B$ ب) $u_A < u_B$ پ) $u_A > u_B$ ت) $\sigma_A > \sigma_B$

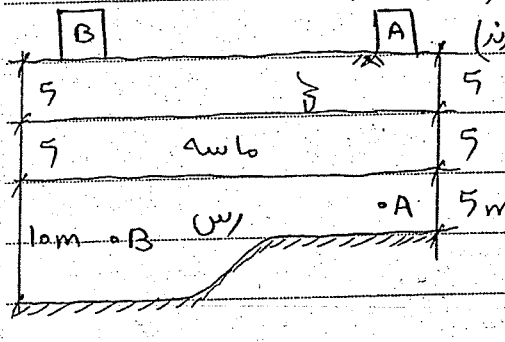
۱۳- زمان چشمگیری پس از آبکشی:

الف) $u_A = u_B$ ب) $u_A < u_B$ پ) $u_A > u_B$ ت) $\sigma_A > \sigma_B$

۱۴- بروی این زمین دو ساختمان همانند ساخته می‌شود. اگر نشست ساختمان A در t_{90} برابر 4cm باشد، نشست ساختمان B در t_{90} چقدر خواهد شد.

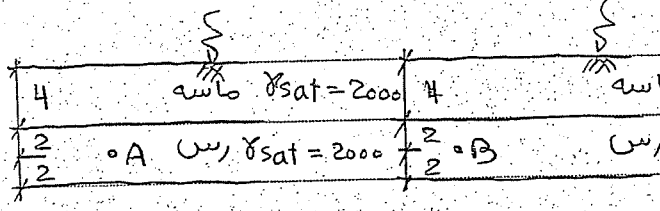
(هردو ساختمان تقریباً به یک اندازه $\Delta\sigma_z$ پدید می‌آورند) $(M_{vA} \simeq M_{vB})$

الف) 8cm ب) 7.2cm پ) 14.4cm ت) 3.6cm



(۹۰۲) ب

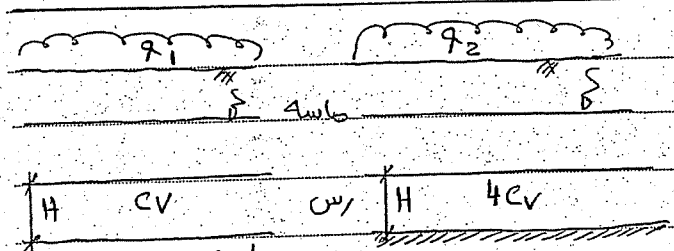
۱۵) به منظور برآورد تحکیم برای لایه رس اشباع (مطابق شکل) با افزایش فشار $\Delta\sigma = 0.5$ به $1 \frac{kg}{cm^2}$ مدول تراکم حجمی M_v هر دو لایه رس یکسان شده است. اگر زمین A با $q_A = 2000 \frac{kg}{m^2}$ و زمین B با $q_B = 4000 \frac{kg}{m^2}$ به گونه گسترده بارگذاری شوند، خواسته می‌شود:



$\frac{\Delta H_B}{\Delta H_A} t_{75}$

الف) $\frac{1}{3}$ ب) $\frac{3}{1}$ ✓ پ) $\frac{3}{2}$ ت) $\frac{2}{3}$

۱۶) زمین یکم در زمان $t_{75\%}$ تحکیم یافته است. در همان زمان زمین دوم چه اندازه تحکیم می‌یابد.

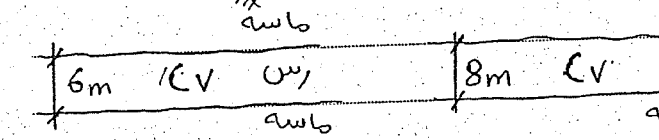


الف) بیشتر از 75٪ ب) کمتر از 75٪ ✓ پ) 75٪ ت) نمی‌توان برآورد کرد.

۱۷) اگر در پرسش (۱۶) زمین یکم پس از ۵ ماه ۵۰٪ تحکیم بیابد، زمین دوم پس از چند ماه ۹۰٪ تحکیم می‌یابد.

✓ الف) 21.5 ب) 20 پ) 10 ت) 10.75

۱۸) هر دو زمین به گونه گسترده نابرابر بارگذاری می‌شوند. اگر در زمین یکم $t_{50} = 9$ ماه باشد، در زمین دوم t_{50} چقدر خواهد شد.



الف) 9 ماه ب) 4 ماه ✓ پ) 16 ماه ت) 8 ماه

۱۹) اگر در پرسش (۱۶) زمین یکم پس از 3 ماه ۳۰٪ تحکیم بیابد، زمین دوم پس از چند ماه ۵۵٪ تحکیم خواهد یافت.

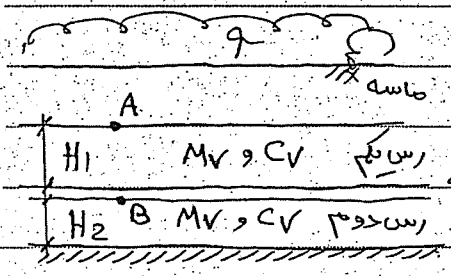
الف) 5.5 ماه ب) 40.3 ماه ✓ پ) 100 ماه ت) 11 ماه

۲۰) اگر در پرسش (16) $t_{50} = 5$ ماه باشد، لایه دوم چقدر ستبرا داشته باشد تا t_{50} هم 5 ماه گردد.

✓ الف) $10\sqrt{c_v}$ ب) $5\sqrt{c_v}$ پ) $2.5\sqrt{c_v}$ ت) $20\sqrt{c_v}$

پ (۹-۳)

۲۱- در زمین این نگاره H_2 چقدر باشد تا در زمانی که لایه‌ی یکم ۵۰٪ نشست می‌کند، لایه‌ی دوم ۹۰٪ نشست نماید.



الف) $H_2=0.5H_1$ ب) ✓ $H_2=0.25H_1$ پ) $H_2=0.7H_1$ ت) $H_2=0.35H_1$

۲۲- اگر در نگاره‌ی پرسش (۲۱)، $H_1=H_2$ باشد، در t_{50} لایه‌ی نخست، لایه‌ی دوم چند درصد تحکیم می‌یابد.

الف) 25 ب) کمتر از 25 پ) بیشتر از 25 ت) نمی‌توان حساب کرد ✓

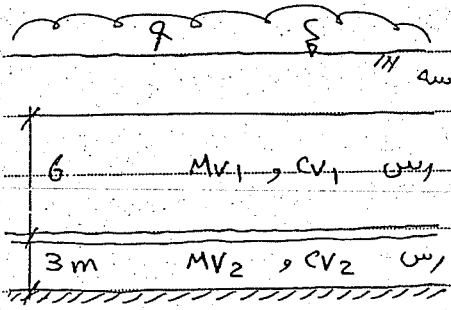
۲۳- اگر در نگاره‌ی پرسش (۲۱) $H_1=H_2$ باشد، خواسته می‌شود نسبت شکست‌های وارده در نقطه‌ی A و B ($\frac{\delta A}{\delta B}$) پس از سپری شدن زمان چسبندگی

الف) 1 ب) ✓ 2 پ) 0.25 ت) 4

۲۴- در نگاره‌ی پرسش (۲۱) C_{V_2} چقدر باشد، تا در صد تحکیم هر دو لایه هم‌زمان با هم افزوده شود. ($H_1=H_2$)

الف) $C_{V_2}=\frac{C_{V_1}}{4}$ ب) $C_{V_2}=\frac{C_{V_1}}{2}$ پ) $C_{V_2}=2C_{V_1}$ ت) ✓ $C_{V_2}=4C_{V_1}$

۲۵- برای این‌که t_{50} هر دو لایه برابر باشند، بایستی رابطه‌ی ... باشیم:



الف) $C_{V_1}=2C_{V_2}$ ب) ✓ $C_{V_2}=C_{V_1}$ پ) $C_{V_1}=0.5C_{V_2}$ ت) $C_{V_1}=4C_{V_2}$

۲۶- اگر در نگاره‌ی پرسش (۲۵) $M_{V_1}=M_{V_2}$ باشد، خواسته می‌شود $\frac{\Delta H_1\, t=\infty}{\Delta H_2\, t=\infty}$

الف) ✓ 3 ب) 1 پ) 4 ت) 16

۲۷- اگر در نگاره‌ی پرسش (۲۵) $C_{V_1}=C_{V_2}$ باشد، به هنگام t_{90} لایه‌ی پایین، درمیانه لایه بالا Δu چقدر خواهد بود. الف) $\Delta u=0.1q$ ب) ✓ $\Delta u>0.1q$

پ) $\Delta u=0.9q$ ت) $\Delta u=0.5q$ (۹۰ ۴)

۲۸- کدام گزینه درست است؟ (برای زمینی که لایه رس سیرآب دارد)

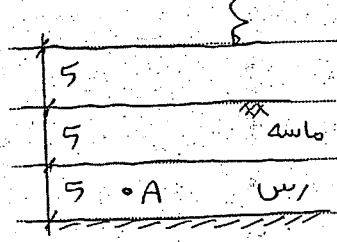
الف) با افزایش تنش کلی (σ) لایه رس، حتماً نشست تحکیم رخ می‌دهد.

ب) با کاهش σ " " " " " " "

پ) نشست تحکیم با افزایش یا کاهش σ، حتماً رخ می‌دهد.

ت) " " " " " " می‌تواند رخ دهد. ✓

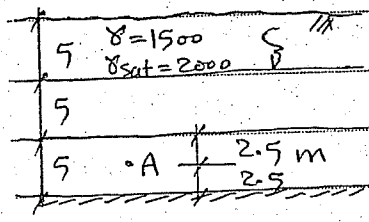
۲۹- اگر در زمین این نگاره، تراز آب ۱ متر بالاتر رود،



الف) σ_A افزوده می‌شود ب) u_A افزوده می‌شود

پ) لایه رس نشست می‌کند ت) هر سه ✓

۳۰- اگر در زمین این نگاره، تراز آب ۵ متر بالاتر رود، کدام گزینه نادرست خواهد شد.



الف) σ_A افزوده می‌شود ب) لایه رس آماس می‌کند

پ) تنش افزوده می‌شود ت) فشار کم و بیش می‌ماند ✓

۳۱- در پرسش (۳۰):

الف) فشار آب در نقطه A، پیش از بالا رفتن تراز آب، $7500\ kg/m^2$ است.

ب) " " " " بی درنگ پس از " " " $10000\ kg/m^2$ است.

پ) " " " زمان چیرگیری پس از " " " $12500\ kg/m^2$ است.

ت) هر سه ✓

۳۲- در پرسش (۳۰)، کدام گزینه درست است.

الف) بی درنگ پس از بالا رفتن تراز آب، σ_A افزوده می‌شود.

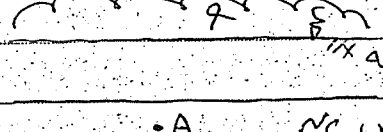
ب) " " " " " " σ_A و u_A افزوده می‌شود.

پ) با گذر زمان u_A و σ_A افزوده می‌شود ت) با گذر زمان u_A افزوده می‌شود. ✓

۳۳- اگر در زمین نگاره پرسش (۳۰) بار سنگینی بر روی زمین گذاشته شود و پس از مدتی همه آن برداشته شود، کدام یا مقدار پیش‌ین خود برابر خواهد بود. (بی درنگ پس از برداری)

الف) u_A ب) σ_A ✓ پ) σ_A ت) هر سه

۳۴- بر روی زمین این ناحیه، به گونه گسترده بارگذاری می‌شود و به هنگامی که $\Delta u_A = \frac{q}{2}$ شده، همه آن به یکباره برداشته می‌شود.



خواسته می‌شود تنش مؤثر نقطه A بی درنگ پس از بارگذاری

الف) σ'_{0A} ✓ ب) $\sigma'_{0A}+\frac{q}{2}$ پ) $\sigma'_{0A}-\frac{q}{2}$ ت) $\sigma'_{0A}+q$

۳۵- در نگاره پرسش (۳۴) خواسته می‌شود فشار پیش تحکیم (P_c)

الف) σ'_{0A} ✓ ب) $\sigma'_{0A}+\frac{q}{2}$ پ) $\sigma'_{0A}-\frac{q}{2}$ ت) $\sigma'_{0A}+q$

۳۶- در نگاره پرسش (۳۴) خواسته می‌شود، تنش مؤثر نقطه A زمان چسبندگی پس از بارگذاری

الف) σ'_{0A} ✓ ب) $\sigma'_{0A}+\frac{q}{2}$ پ) $\sigma'_{0A}-\frac{q}{2}$ ت) $\sigma'_{0A}+q$

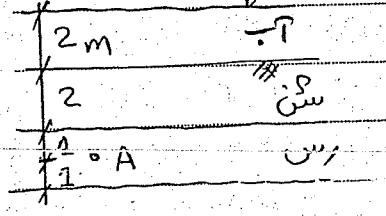
۳۷- برای پرسش (۳۶) کدام درست است.

الف) لایه رس در بارگذاری نشست و در بارپرداری همان اندازه تاس می‌کند.

ب) نشست بیشتر و تاس کمتر خواهد بود.

پ) لایه رس تنها نشست می‌کند. ت) نشست کمتر و تاس بیشتر خواهد بود.

۳۸- از زمین این ناحیه، در کوتاه زمانی دو متر یکسی می‌شود و به جای آن یک متر ماسه ریز ریخته می‌شود که آن هم در اثر پدیده مویینگی سرانجام به سطح می‌گردد. ($\gamma_{sat}=2000$) کدام گزینه دگرشن نخواهد داشت؟ (بی درنگ)



الف) σ'_A ب) u_A

پ) σ'_A ✓ ت) هر سه

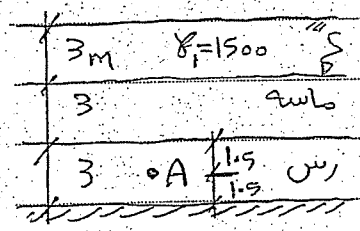
۳۹- کدامیک از گزینه‌ها (در پرسش ۳۸) زمان چسبندگی پس از پایان کارهای دگرشی (تغییر) نخواهد داشت؟

الف) σ'_A ✓ ب) u_A پ) σ'_A ت) هر سه

۴۰- در پرسش ۳۸، کدامیک $2000 kg/m^2$ افزایش می‌یابد. (مدتی پس)

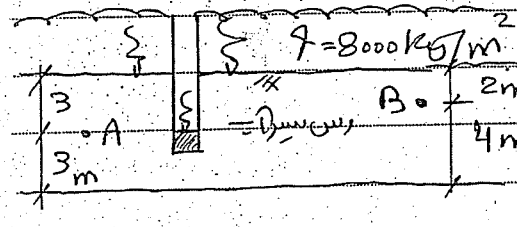
الف) σ'_A ب) u_A ✓ پ) σ'_A ت) هیچکدام

۴۱- از زمین این نگاره، در ۴۰ ماه 3 متر خاک با $\gamma_1 = 1500$ خاکبرداری می‌شود و بی رفت در ۲ ماه 2 متر خاک با $\gamma_2 = 2250 \frac{kg}{m^3}$ به گونه گسترده بر روی آن ریخته می‌شود. بی رفت پس از پایان خاکریزی، ...



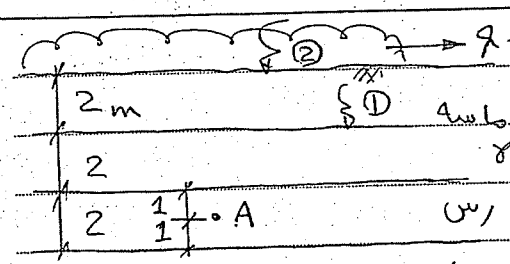
الف) UA می‌تواند کمتر از $4500 \frac{kg}{m^2}$ باشد ب) UA = 4500 است.
پ) UA > 4500 خواهد بود ت) هر سه

۴۲- در زمین نگاره زیر، بی رفت پس از بارگذاری، فشار آب در نقطه B چقدر خواهد شد.



الف) $8000 \frac{kg}{m^2}$ ب) $7000 \frac{kg}{m^2}$
پ) $-1000 \frac{kg}{m^2}$ ت) $6000 \frac{kg}{m^2}$

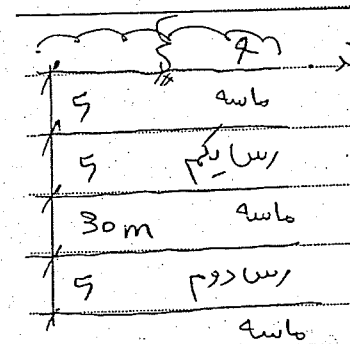
۴۳- در زمین این نگاره، به یکباره تراز آب 2 متر بالا می‌رود و سرزمان بارگسترده q بر روی زمین اثر می‌کند. بی رفت پس از این رخدادها، ...



الف) S_A و UA افزوده می‌شوند ب) S_A'، S_r و رس ثابت می‌مانند.
پ) ستبرای لایه رس ثابت می‌ماند ت) هر سه

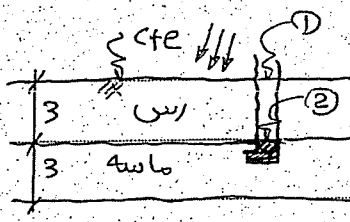
۴۴- در زمین نگاره پرسش (۴۳) بی رفت پس از بارگذاری و بالا رفتن آب زیرزمینی، UA چقدر خواهد شد. الف) 3000 ب) 4000 پ) 5000 ت) $6000 \frac{kg}{m^2}$

۴۵- در زمین این نگاره لایه‌های رس همسان و هم ستبرا هستند. در جایی که لایه یکم بزمان تحکیم یافته است، لایه دوم چند درصد تحکیم می‌یابد.



الف) بیشتر از ۵۰٪ ب) برابر ۵۰٪
پ) کمتر از ۵۰٪ ت) بزمان
یا C_{V_2} این دو لایه رس یکسان خواهند بود؟

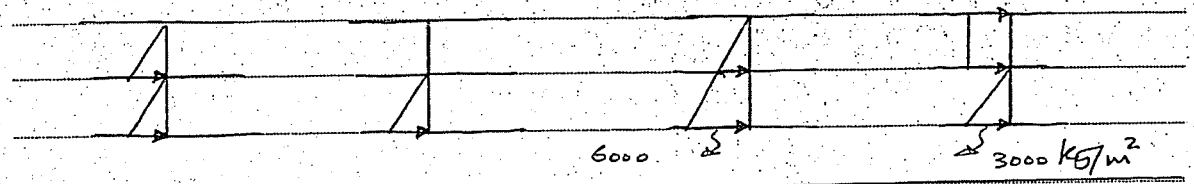
۴۶ـ در زمین این نگاره تراز پیزومتریک رس و ماسه یکی است. اگر از لایه ماسه آبکشی شود و تراز پیزومتریک آن سه متر پایین برود و آب برای همیشه از رس به ماسه روان گردد، ...



الف) لایه رس آماس می‌کند ✓ ب) لایه رس نشست می‌کند

پ) لایه رس آماس و نشست نمی‌کند ت) K رس بیشتر می‌شود.

۴۷ـ خواسته می‌شود نمودار فشار آب برای لایه‌های نگاره پرسش ۴۶ بی‌درنگ پس از آبکشی... الف) ب) پ) ت) ✓



۴۸ـ کدام گزینه پرسش ۴۷ برای هنگامی که زمان چشمگیری سپری شده، درست است.

(پ)

۴۹ـ اگر در زمین نگاره ۴۶، پس از آبکشی از لایه ماسه، لایه رس از بیرون آب دریافت نکند و آب در آن برای همیشه روان نگردد چه رخ می‌دهد. (بلندی چینگی رس را ۴ متر بپندارید)

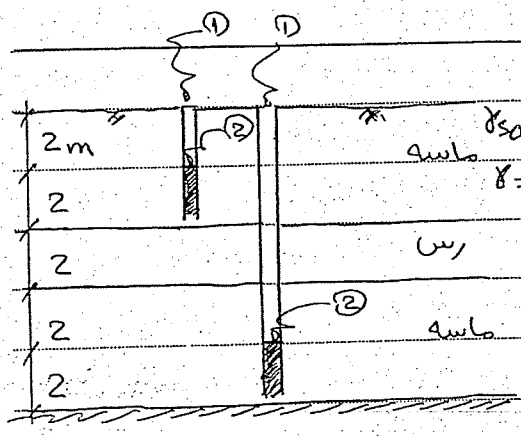
الف) لایه رس آماس می‌کند. ✓ ب) لایه رس بیشتر از پرسش ۴۷ نشست می‌کند.

پ) لایه رس آماس و نشست نمی‌کند. ت) لایه رس کمتر از پرسش ۴۷ نشست می‌کند.

۵۰ـ در پرسش ۴۶، زمان چشمگیری پس از آبکشی، تنش مؤثر کدام نقطه بیشتر افزوده می‌شود A B ✓ C هر سه

۵۱ـ در پرسش ۴۹ چطور؟ هر سه

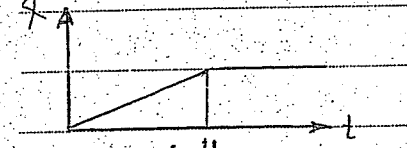
۵۲ـ در این زمین تراز پیزومتریک هر سه لایه یکی است. بی‌درنگ پس از آبکشی از لایه‌های ماسه، فشار آب در میان رس چقدر خواهد بود؟ 6000 ـ 0 ـ 4000 ـ 5000 ✓



۵۳ـ آب میانه لایه رس به کدام لایه رس بیشتر هکسع ماسه می‌شود. پایین ـ بالا ـ هیچکدام ✓

ب (۸ـ۹)

۵۳- بر روی زمین این ذکاره در روز ۱۰cm خاکریزی گسترده‌ای با $\gamma = 2000 \frac{kg}{m^3}$ انجام می‌گیرد. وزن چسبندگی پس از پایان کار، نشست پایانی 10cm می‌گردد.



خواسته می‌شود، نشست تحکیم پس ۳۰ روز پس از آغاز خاکریزی

الف) 5mm ب) 3.75 پ) 10 ت) 7.5mm

۵۴- لایه رس سیرآبی که 4m ستبرا دارد، پس از دریافت $5000 \frac{kg}{m^2}$ سربار گسترده، در زمان t_{50} نشست می‌کند. خواسته می‌شود M_v

الف) $2\times10^{-8} \frac{m^2}{kg}$ ب) $2\times10^{-4} \frac{m^2}{kg}$ پ) ✓ ت) داده کم است.

۵۵- بر روی زمین این ذکاره دو برابر تنش موثر میانگین، سربار گسترده گذاشته شده و نشست آن در زمان t_{50} 2cm شده است. اگر سربار، ۶ برابر تنش موثر شود، نشست چقدر خواهد شد.

$C_s = \frac{1}{5} C_c$

OC ، O.C.R = 4

الف) 3.8cm ب) 6cm پ) ✓ 7.6cm ت) داده کم است.

۵۶- لایه رس سیرآب ۲۵٪ نشست خود را پس از ۶ ماه نشان می‌دهد. برای رخ دادن ۵۰٪ نشست چقدر زمان لازم است. 12ماه ✓ 24ماه 48ماه 36ماه

۵۷- لایه رس سیرآب ۲۰٪ نشست خود را که 4cm است، پس از ۸ ماه نشان می‌دهد. خواسته می‌شود t_{50} لایه رس ✓ 50ماه 20ماه 40ماه 80ماه

۵۸- در پرسش ۵۷، به هنگام t_{50} چند سانتی‌متر نشست رخ می‌دهد.

الف) 8cm ب) 6 پ) ✓ 10cm ت) 12cm

۵۹- در پرسش ۵۷، t_{90} را حساب کنید.

الف) 35ماه ✓ ب) 215ماه پ) 350ماه ت) 550ماه

۶۰- در پرسش ۵۷، به هنگام t_{90}، چند سانتی‌متر نشست رخ می‌دهد.

الف) 9 ب) ✓ 18 پ) 27 ت) 36 پ) (۹-۹)

۶۱- H_{50} ستبرای لایه تحکیم پذیر به هنگام t_{50} است. کدام عبارت بزرگتر است؟

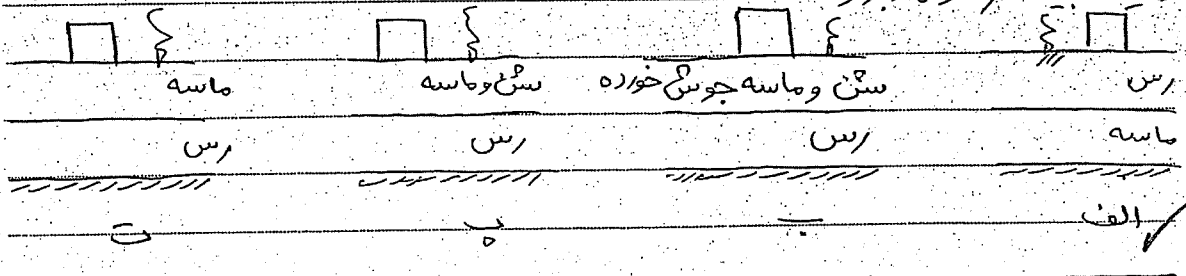
الف) شماره یک بزرگتر است. (۱ $\frac{H_{50}}{1+e_{50}}$

ب) " دو " " .

پ) " سه " " . (۲ $\frac{H_{90}}{1+e_{90}}$

ت) هر سه مساوی هستند. ✓ (۳ $\frac{H_{100}}{1+e_{100}}$

۶۲- شکل پی، فشار زیر پی و ویژگی ها و ستبرای لایه های رس باهم برابر، نشست کدامیک بیشتر خواهد بود.



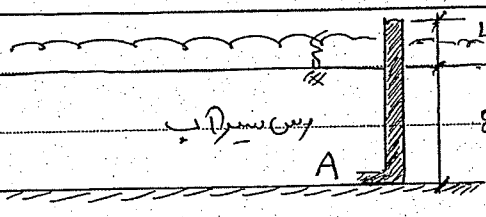
✓ الف

۶۳- ویژگی های لایه و فشار زیر پی ها باهم یکی است. خاک در زیر کدام پی ضریب واکنش بستر (k_s) کمتری خواهد داشت.

الف) آنکه پهنای کمتری دارد. ✓ ب) آنکه پهنای بیشتری دارد.

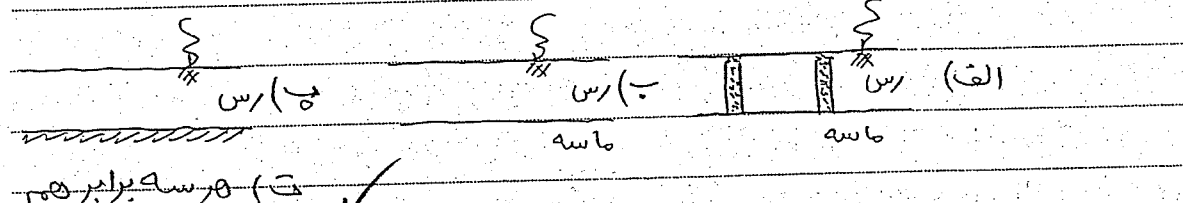
پ) آنکه مربعی است. ت) آنکه دایره ای است.

۶۴- بر روی لایه رس به گونه گسترده ای بارگذاری می شود و آب در یک متر نقطه A ۴ متر بالا می رود. اگر t_{50} تحکیم لایه رس از آب یک متر چند متر پایین می آید.



الف) 2 ✓ ب) 1 پ) 0.5 ت) نمی توان حساب کرد.

۶۵- ستبرا، سربار و ویژگی های لایه رس، باهم یکی است. کدامیک بیشتر نشست می کند.



ت) هر سه برابر هم نشست می کنند. ✓

ب (۹-۱۰)

Dənizə daş atmaqla su bulanmaz.

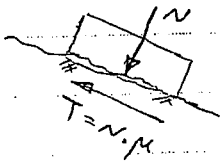
با پرتاب سنگ به دریا، آبش گل آلود نمی‌شود.

بخش دهم - تاب برشی خاک shear strength

خاکدانه‌های خاک، ریز و درشت و رویه ناصاف دارند و از این رو با هم درگیر هستند، که به درگیری درونی خاک شناخته شده است. در برخی خاک‌ها، رس یا دیگر چسباننده‌های طبیعی، خاکدانه‌ها را به هم می‌چسباند که به چسبندگی درونی خاک شناخته شده است.

درگیری و چسبندگی درونی خاک، خاک را در برابر لغزش، غلتش و سُر خوردن پایداری کند، که تاب برشی خاک نامیده شده است.

هرچه خاکدانه‌های خاکی درشت، ناهموار و درهم فشرده باشند، تاب برشی خاک افزوده می‌شود. تاب برشی خاک افزون بر ویژگی میان خاکدانه‌ها به تنش مؤثر میان دانه‌ها هم وابسته است.



با سیرآب شدن خاک، از تنش مؤثر میان دانه‌ها کاسته می‌شود و تاب برشی خاک کاهش می‌یابد.

کولمب پیوند خطی زیر را برای برآورد تاب برشی خاک پیشنهاد کرده است. این پیوند برای بازه کوچکی از تنش مؤثر خطی است ولی در کل خطی نخواهد بود.

$$\tau = \sigma' \cdot tg\varphi + c = (\sigma - u)\, tg\varphi + c$$

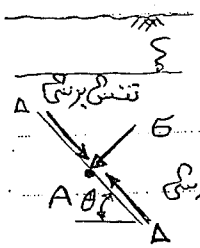
τ - تاب (مقاومت) برشی خاک در صفحه‌ای (kN/m^2)

σ - تنش قائم بر صفحه مورد نظر در نقطه A (kN/m^2)

u - فشار آب میان دانه‌ها در نقطه A (kN/m^2)

c - چسبندگی درونی خاک (kN/m^2)

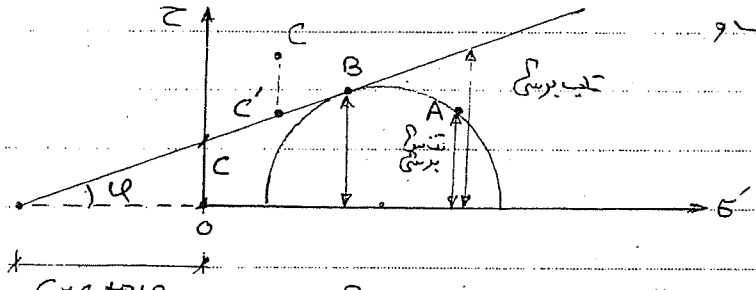
φ - زاویه درگیری درونی میان خاکدانه‌ها (زاویه اصطکاک داخلی)



$tg\varphi$ ارزش فیزیکی دارد و نشان دهنده ضریب اصطکاک میان دانه‌هاست. $\mu = tg\varphi$

تنش برشی در صفحه مورد نظر در نقطه A (kN/m^2) $\tau = \frac{\sigma'_v - \sigma'_h}{2} \sin(2\theta)$ [°]

از ترکیب معیار گسیختگی کولمب و دایره مور:



- در صفحه‌ای که نقطهٔ A نمودار، نشانگر آن است، تاب برشی از تنش برشی بیشتر است. پس در این صفحه گسیختگی برشی رخ نمی‌دهد.
- در صفحه‌ای که نقطهٔ B نمودار، نشانگر آن است، تاب برشی برابر تنش برشی است و از این روی خاک در آستانهٔ گسیختگی است. (ذرات ها بر روی هم می لغزند و تغییر شکلهای بزرگی رخ می دهد)
- هیچ صفحه‌ای نمی‌تواند نشانگر نقطهٔ C باشد، چون تنش برشی نمی‌تواند در صفحه‌ای بزرگتر از تاب برشی باشد. چنین صفحه‌ای در وضعیت نقطهٔ C' به گسیختگی می‌رسد و نمی‌تواند وضعیت نقطهٔ C را تجربه نماید.

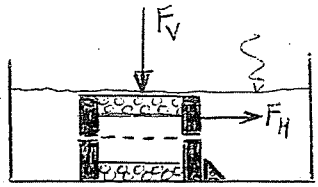
c و φ پارامترهای تاب برشی نامیده می‌شوند و با آزمایش‌های زیر بدست می‌آیند

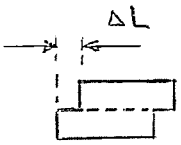
۱- آزمایش برشی یک سره (برش مستقیم) Direct shear test

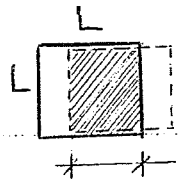
برای انجام این آزمایش، نمونه مکعب مستطیلی با قاعده 7×7cm یا 10×10cm و ... ، از خاک دست‌خورده تراشیده می‌شود یا از خاک دست خورده بازسازی می‌گردد. ۲ و یا ۳ نمونه بازسازی شده یا بیشتر برابر ۲ و یا ۳ خاک درجا باشد. نمونه خاک همراه با زهکش‌های بالا و پایین در جایگاهی دوتکه‌جای می‌گیرد و به دستگاه آزمایش سوار می‌گردد. و در گام دیگر با ریخته شدن آب در پیرامون نمونه و سیراب شدن آن، تاب برشی خاک به کمترین اندازه خود می‌رسد.

پس از سیراب شدن نمونه نیروی قائم F_V به آن اثر داده می‌شود، تا نشست کند. پس از پایان نشست نمونه، نیروی افقی F_H به آهستگی و یا افزایش گام به گام به نمونه اثر می‌کند، تا نمونه از میان جایگاه دوتکه گسیخته شود. نیروی افقی به موازات صفحه گسیختگی است و به گونه یک سره (مستقیم) در نمونه خاک گسیختگی برشی پدید می‌آورد.

نیروی افقی یا دو شیوه ۱- افزایش تنش های برابرهم ۲- افزایش کرنش های برابرهم به نمونه اثر می‌کند. در شیوه «افزایش تنش های برابرهم» نیروی افقی به گونه‌ای افزایش می‌یابد که افزایش‌های تنش برشی در واحد زمان، با هم برابر شود. و در شیوه «افزایش کرنش های برابرهم» نیروی افقی به گونه‌ای افزایش می‌یابد که افزایش های کرنش برشی در واحد زمان، برابر هم شود. با ابزارهای امروزی «کرنش های برابرهم» کاربرد دارد ولی روش «تنش های برابرهم» به واقعیت نزدیک است.







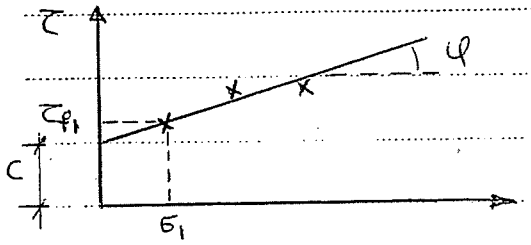
پلان نمونه به هنگام گسیختگی (failure)

$$A_f = L(L-\Delta L) = L \times L\left(1-\frac{\Delta L}{L}\right) = A_0(1-\varepsilon)$$

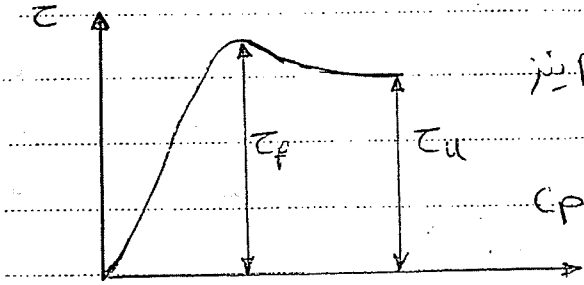
$$\sigma = \frac{F_V}{A_f} \quad , \quad \tau_f = \frac{F_H}{A_f}$$

τ_f تنش برشی هنگام گسیختگی است که با $\tau = \sigma \cdot tg\varphi + c$ برابر است.
ضابطه برشی

این آزمایش برروی دو نمونه دیگر از همان خاک، با F_V های گوناگون انجام می‌گیرد و از روی دست آورد سه نمونه گسیخته شده، خط گسیختگی کولمب رسم می‌گردد و c و φ بدست می‌آید.



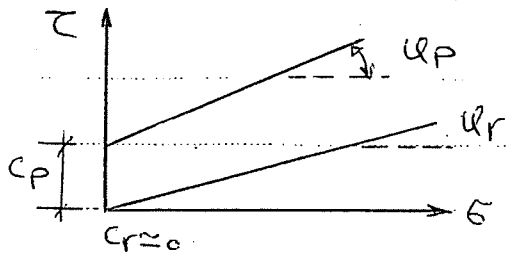
اگر این آزمایش برروی خاک دانه‌ای تمیز یا خاک رسی بیش تحکیم یافته انجام گیرد، نمودار ΔL و τ این گونه خواهد بود.



$\tau_{failure}$ به Peak shear resistance نیز شناخته شده است و اگر از آن برای رسم خط گسیختگی کولمب بهره برده شود، c_p و φ_p بدست می‌آیند.

$\tau_{Ultimate}$ به تاب برشی پایانی شناخته شده است و به آن تاب برشی باز مانده (Residual shear strength) نیز می‌گویند و $c_r \approx 0$ و φ_r را می‌دهد.

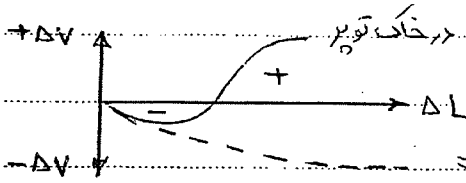
برای رسیدن به τ_u جابجایی افقی (ΔL) بیشتری بایسته است.



$\varphi_p > \varphi_r$

بهره‌مندی از φ_p و c_p در جابجایی‌های کم و بهره‌مندی از φ_r در جابجایی‌های بیشتر رواست.

در خاکهای تو‌پر، پندوبست میان دانه‌ها (interlocking) در برابر تنش برشی پایداری می‌کند و پس از گسیختگی خاک، در رویه گسیختگی، دانه‌ها بر روی هم سوار می‌شوند و نمونه ورم می‌آید و درگیری میان دانه‌ها کم می‌گردد و خاک با تنش برشی کمتر از تنش برشی اوج (Peak) جابجا می‌گردد.



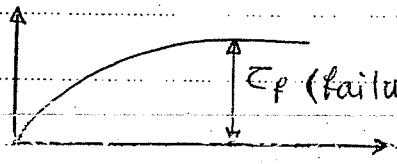
ورآمدن (Dilation)

در خاکهای تو‌پر و بیش تحکیم یافته هرچه اختلاف میان τ_p و τ_r بیشتر باشد، نشانگر شکنندگی بیشتر خاک خواهد بود.

نشانه شکنندگی (Brittleness Index)

$$I_D = \frac{\tau_p - \tau_r}{\tau_r}$$

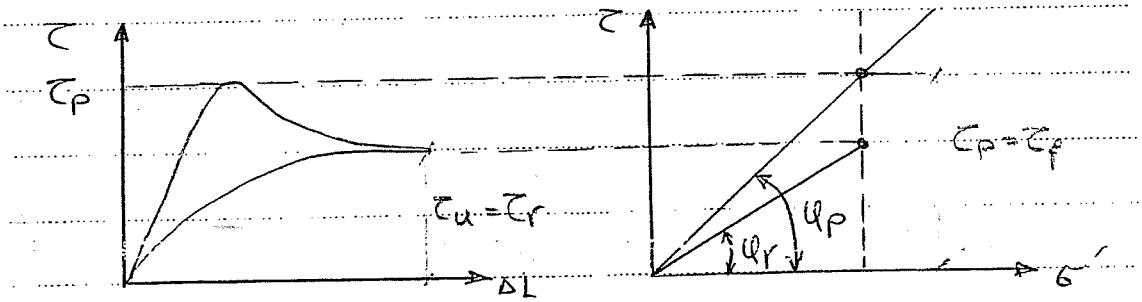
اگر آزمایش برش بر روی ماسه سست یا رس عادی تحکیم یافته انجام گیرد، نمودار ΔL و τ چنین گونه خواهد بود.



در خاک سست پندوبست چشمگیری میان دانه‌ها نیست و با افزایش ΔL، حجم نمونه کاهش می‌یابد و نمونه تو‌پرتر شده و به تاب برشی آن افزوده می‌شود. در این خاکها پس از جابجایی چشمگیری نمودار افقی می‌گردد و تنش برشی رو به افزایش، به تاب برشی ثابت شده، چیره می‌شود و گسیختگی رخ می‌دهد.

اگر در خاکی افقی شدن نمودار در تنیش (کرنش) بیشتر از $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} = 0.10$ رخ دهد، تنش برشی در پیوندها $\varepsilon = 0.10$، τ_f پنداشته می‌شود.

در نمونه‌های رسی، با اعمال کرنش برشی به نمونه، از آنجا که نمونه نمی‌تواند به تندی زهکشی شود، فشار آب در آن بالا می‌رود و تنش مؤثر در صفحه گسیختگی کاهش می‌یابد.
برای از میان بردن این پدیده بایستی نیروی افقی را بسیار آهسته به نمونه اثر داد و آنرا بسیار آهسته افزود، به گفته دیگر بایستی آزمایش را کند انجام داد و سرعت جابجایی افقی را $0.02\ in/min$ برگزید. در روشی دیگر، سرعت جابجایی به گونه‌ای برگزیده می‌شود که نمونه پس از $50\ t_{50}$ به گسیختگی برسد. (برش کند)
بررسی‌های پیش تحکیم یافته (OC) نیز کاهش حجم آغاز آزمایش، کند کردن سرعت برش را بایسته (ضروری) می‌کند.
در خاکهای دانه‌ای، زهکشی به‌تندی انجام می‌گیرد و می‌توان سرعت برش را به $0.1\ in/min$ رساند. (برش تند)
از آنجا که در آزمایش برش یک سره، هرچند که کند هم انجام گیرد، نمی‌توان زهکشی شدن کامل نمونه را بررسی کرد، بهتر است این آزمایش بر روی رس‌ها انجام نگیرد چون وقت بسنده‌ای (کافی) نخواهد داشت.
اگر دو نمونه سست و متوسط از ماسه‌ای زیر فشار قائم و پیرامونی یکسانی آزمایش شوند، تاب برشی پایانی (نهائی) یکسانی خواهند داشت و نشانه پوکی آنها نیز نزدیک به هم خواهد شد ولی زاویه درگیری درونی برابر هم نمی‌شوند.



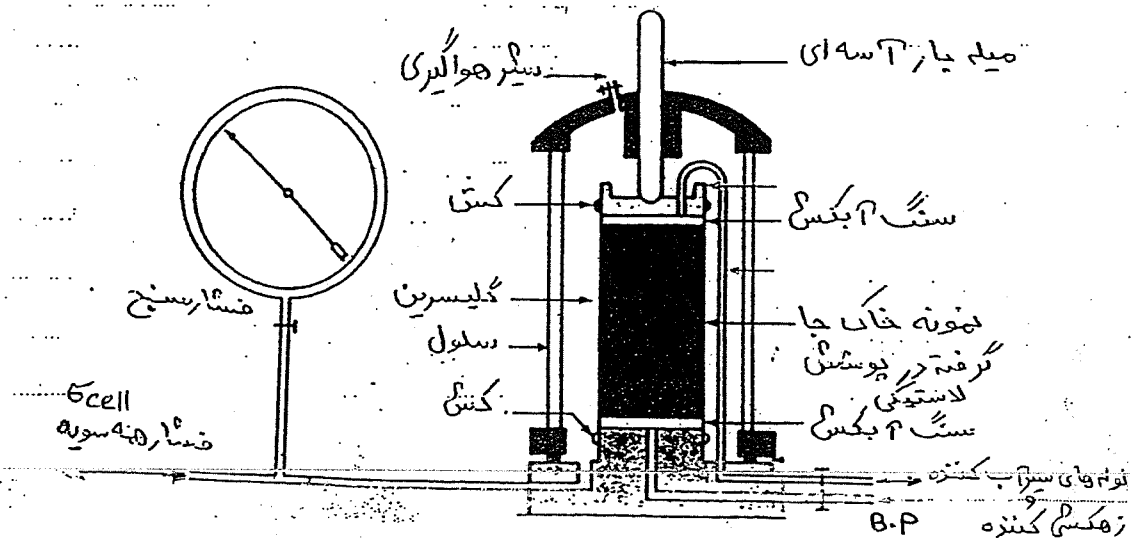
کاستی‌های آزمایش برش یک سره:
۱- خاک نمی‌تواند از کم‌تاب‌ترین صفحه بگسلد، بلکه به‌ناچار از میان جایگاه دو تکه می‌گسلد و از این رو، تاب برشی را بیشتر از اندازه راستین نشان می‌دهد. ($\varphi_{direct\ shear} > \varphi_{triaxial}$)
۲- پخش تنش برشی در صفحه گسیختگی یکنواخت نیست.
۳- فشار آب میان دانه‌ای را نمی‌توان اندازه گرفت و به زهکشی شدن کامل نمونه پی برد. از این رو برای خاک‌های رسی مناسب نیست.

۲- آزمایش برش سه آسه‌ای (سه‌محوری) ..... Triaxial shear test

این آزمایش به‌راستی آزمایش تاب فشاری سه آسه‌ای است و تاب فشاری ($\sigma_v = \sigma_2 = \sigma_1$) خاک را به هنگامی که فشار پیرامونی ($\sigma_h = \sigma_x = \sigma_r = \sigma_3$) آنرا در بر گرفته است، نشان می‌دهد. این آزمایش به‌گونه غیر مستقیم تاب برشی خاک را نیز برآورد می‌کند. اگر بر روی دو نمونه از یک خاک، دو آزمایش سه آسه‌ای با فشارهای پیرامونی متفاوت انجام گیرد، c و ϕ خاک بدست می‌آید.

در این آزمایش نمونه‌ای استوانه‌ای از خاک دست نخورده تراشیده می‌شود یا از خاک دست خورده بازسازی می‌گردد و در حالی که در بالا و پایین آن سنگ آبگش جای گرفته است، در درون غشاء لاستیکی جای می‌گیرد و در درون سلول دستگاه آزمایش جا گیر می‌گردد.

درون سلول نمونه را شاره‌ای (سیالی) همانند گلیسرین یا آب در بر می‌گیرد و می‌فشارد و از سوئی با گذراندن آب (پس فشار — back pressure) از پایین نمونه به بالای آن، نمونه سیراب می‌گردد. بر روی نمونه سیراب سه گونه آزمایش سه آسه‌ای می‌تواند انجام گیرد.



۱- آزمایش تحکیم یافته و زهکشی شده (C.D) ..... Consolidated and Drained

این آزمایش بر روی خاک‌های دانه‌ای انجام می‌گیرد و اگر بر روی خاک‌های رسی انجام گیرد، بایستی سرعت انجام کمی داشته باشد تا نمونه فرصت تحکیم و زهکشی بیابد. (آزمایش کند) ..... slow

۲- آزمایش تحکیم یافته و زهکشی نشده (C.U) ..... Consolidated and undrained

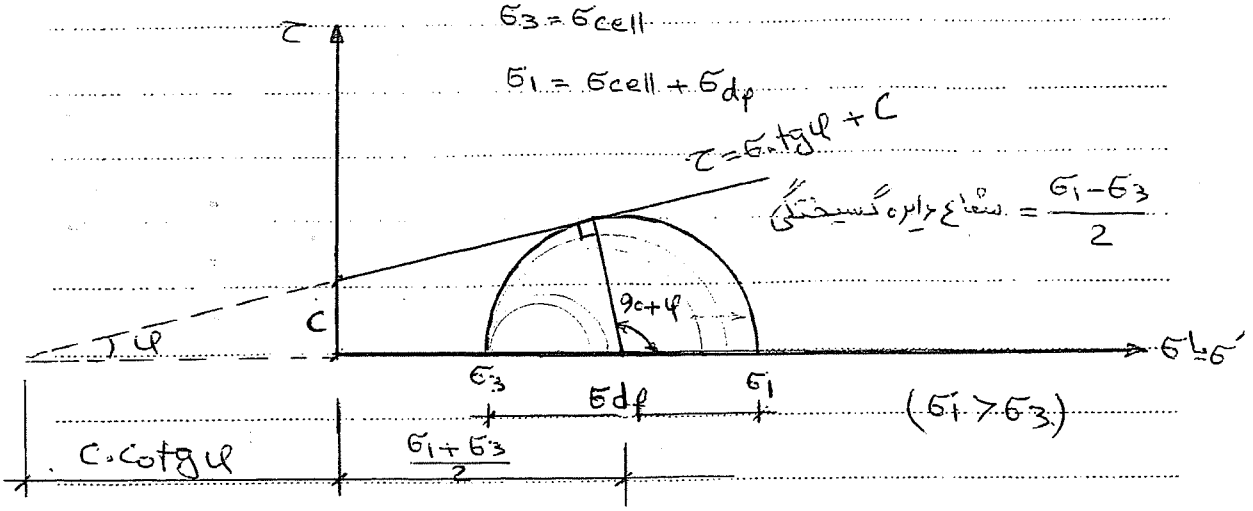
این آزمایش بر روی خاک‌های رسی و بویژه رس‌های OC انجام می‌گیرد. (آزمایش نیمه تند)

۳- آزمایش تحکیم نیافته و زهکشی نشده (U.U) ..... Unconsolidated and undrained

این آزمایش بر روی خاک‌های رسی و بویژه رس‌های NC انجام می‌گیرد. (آزمایش تند) ..... Quick

گسیختگی پویا (محرک - Active)

اگر در آزمایش سه‌آسه‌ای، هنگام با اثر کردن فشار همه سویه، تنش انحرافی فشاری ($+\sigma_d$) بر نمونه اثر کند و گام به گام افزوده شود، در سرانجام کار، نمونه می‌گسلد و به هنگام گسیختگی $\sigma_1 > \sigma_3$ می‌شود. به این گسیختگی گسیختگی پویا گفته می‌شود. (آزمایش Axial compression فشار محوری)



$$\sin\varphi = \frac{\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}}{C \cdot cotg\varphi + \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2}} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2C \cdot cotg\varphi + \sigma_1 + \sigma_3}$$

$$\sigma_1 - \sigma_3 = 2C \cdot \cos\varphi + \sigma_1 \cdot \sin\varphi + \sigma_3 \cdot \sin\varphi$$

$$\sigma_1(1 - \sin\varphi) - 2C\cos\varphi = \sigma_3(1 + \sin\varphi)$$

$$\sigma_3 = \frac{1 - \sin\varphi}{1 + \sin\varphi} \cdot \sigma_1 - 2C\frac{\cos\varphi}{1 + \sin\varphi} \longrightarrow \sigma_3 = \sigma_1 \cdot k_a - 2C\sqrt{k_a}$$

$$k_a = \frac{1 - \sin\varphi}{1 + \sin\varphi} = tg^2\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right)$$

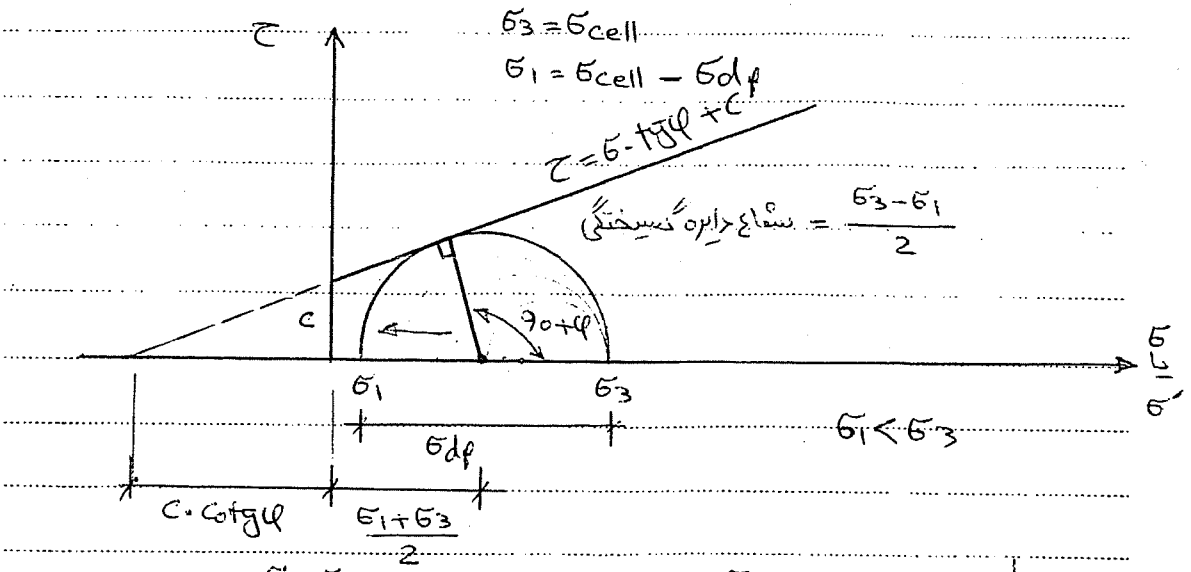
$$\sigma_3 = \sigma_1 tg^2\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right) - 2C\,tg\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right)$$

$$\sigma_1 = \sigma_3 tg^2\left(45 + \frac{\varphi}{2}\right) + 2C\,tg\left(45 + \frac{\varphi}{2}\right)$$

در شکاره بالا زاویه صفحه گسیختگی از صفحه تنش اصلی بیشینه (σ_1) که به موازات صفحه افق هم است، $90^\circ + \varphi^\circ$ است. پس در نمونه، $\theta_f = 45^\circ + \frac{\varphi^\circ}{2}$ (از افق) خواهد شد.

گسیختگی پایا (مقاوم - Passive)

اگر در آزمایش سه‌محوری، هنگام با اثر کردن فشار همه سویه، تنش انحرافی کششی ($-\sigma_d$) بر نمونه اثر کند و گام به گام افزایش یابد، در سرانجام کار، نمونه می‌گسلد و به هنگام گسیختگی $\sigma_1 < \sigma_3$ می‌شود. به این گسیختگی، گسیختگی پایا گفته می‌شود. (آزمایش Axial extension کشش محوری)



$$\sin\varphi = \frac{\frac{\sigma_3-\sigma_1}{2}}{c\cdot cotg\varphi + \frac{\sigma_1+\sigma_3}{2}} = \frac{\sigma_3-\sigma_1}{2c\cdot cotg\varphi + \sigma_1 + \sigma_3}$$

$$\sigma_3 - \sigma_1 = 2c\cdot\cos\varphi + \sigma_1\cdot\sin\varphi + \sigma_3\cdot\sin\varphi$$

$$\sigma_3(1-\sin\varphi) = \sigma_1(1+\sin\varphi) + 2c\cdot\cos\varphi$$

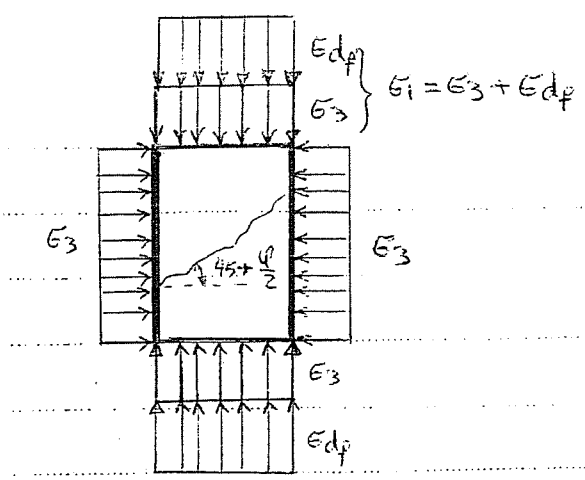
$$\sigma_3 = \frac{1+\sin\varphi}{1-\sin\varphi}\sigma_1 + 2c\frac{\cos\varphi}{1-\sin\varphi} \longrightarrow \sigma_3 = \sigma_1\cdot k_p + 2c\sqrt{k_p}$$

$$\sigma_3 = \sigma_1\cdot tg^2\left(45+\frac{\varphi}{2}\right) + 2c\,tg\left(45+\frac{\varphi}{2}\right)$$

$$k_p = \frac{1+\sin\varphi}{1-\sin\varphi} = tg^2\left(45+\frac{\varphi}{2}\right)$$

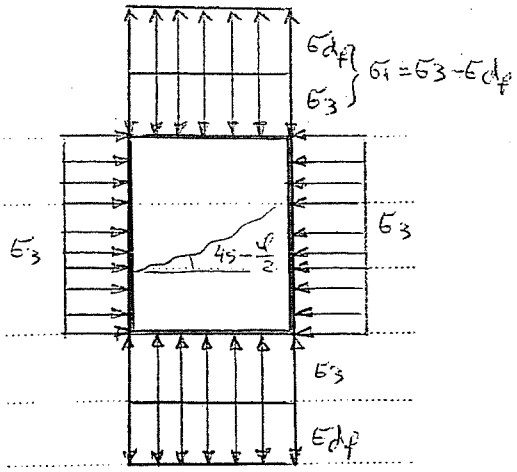
$$k_p = \frac{1}{k_a}$$

در نگاره بالا، زاویه صفحه گسیختگی از صفحه تنش اصلی بیشینه (σ_3) یا موازات صفحه قائم است، $90^\circ+\varphi$ است. پس در نمونه، زاویه صفحه گسیختگی از افق، نصف مکمل آن، یعنی $\theta_f = 45^\circ - \frac{\varphi^\circ}{2}$ (از افق) خواهد شد.



گسیختگی چربا (Active)

$\sigma_1 > \sigma_3$



گسیختگی پایا (Passive)

$\sigma_1 < \sigma_3$

σ_3: فشار همه سویه ـ فشار پیرامونی Confining pressare

σ_{df}: تنش انحرافی به‌هنگام گسیختگی failure deviator stress

همانند آزمایش برش یک سره، تنش انحرافی با گام‌های برابر تنش یا کرنش به‌نمونه اثر می‌کند.

$$\sigma_{df} = \frac{F_{df}\ (\text{نیروی فشاری یا کشش چک})}{A_f}$$

در آزمایش سه محوری، اگر پس از اثر کردن فشار همه سویه و پیش از اثر کردن تنش انحرافی، نمونه زهکشی شود و افزایش فشار آب میان دانه‌ای را از دست بدهد، به اندازه ΔV_c کوچکتر می‌شود و با اثر کردن تنش انحرافی، بلندی آن در اثر فشار، به اندازه ΔL_d کوچکتر و سطح مقطع آن بزرگتر می‌شود و در آزمایش CD به اندازه ΔV_d کاهش حجم می‌یابد و آب از دست می‌دهد.

$$V_o = A_o \times L_o$$

$$V_f = A_f(L_o - \Delta L) = V_o - \Delta V \qquad (\Delta V = \Delta V_c + \Delta V_d)$$

$$(\Delta L = \Delta L_c + \Delta L_d)$$

$$A_f = \frac{V_o - \Delta V}{L_o - \Delta L} = \frac{V_o\left(1 - \frac{\Delta V}{V_o}\right)}{L_o\left(1 - \frac{\Delta L}{L_o}\right)} = A_o \frac{1 - \frac{\Delta V}{V_o}}{1 - \frac{\Delta L}{L_o}} = A_o \frac{1 - \varepsilon_v}{1 - \varepsilon_L}$$

★: اگر به‌جای ΔV، ΔV_d و به‌جای ΔL، ΔL_d بکار برده شود، خطای چشمگیری پدید نمی‌آید.

آزمایش‌های سه‌محوری افزون بر آزمایش‌های فشار محوری و کشش محوری می‌توانند به‌گونه فشار پیرامونی و کشش پیرامونی نیز انجام بگیرند.

آزمایش فشار پیرامونی (Lateral Compression)

در این آزمایش راندش منجر به گسیختگی Passive، مانند سازی می‌گردد و در آن، هنگام با افزودن فشار همه‌سویه سلول، به همان اندازه، کشش آسه‌ای (محوری) پدید آورده می‌شود تا فشار قائم ثابت بماند.

گام یکم: $\sigma_h = \sigma_{cell}$ ، $\sigma_v = \sigma_{cell}$

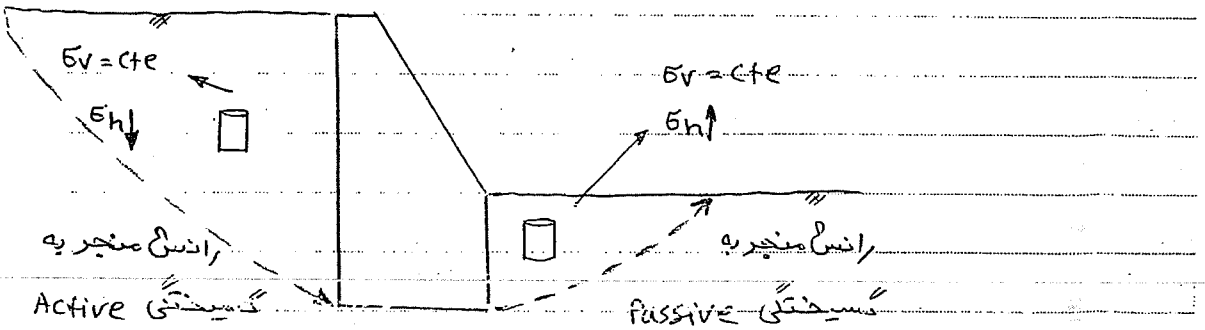
گام دوم: $\sigma_h = \sigma_{cell} + \Delta$ ، $\sigma_v = (\sigma_{cell} + \Delta) - \Delta = cte$

آزمایش کشش پیرامونی (Lateral extension)

در این آزمایش راندش منجر به گسیختگی Active، مانند سازی می‌گردد و در آن، هنگام با کاستن از فشار همه‌سویه سلول، به همان اندازه فشار آسه‌ای (محوری) پدید آورده می‌شود تا فشار قائم ثابت بماند.

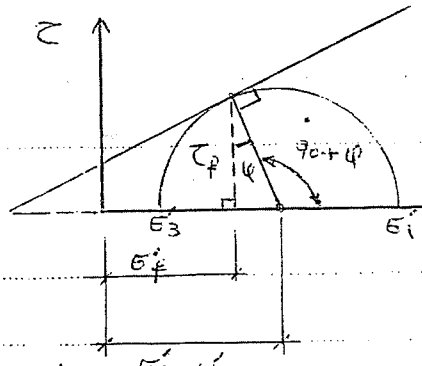
گام یکم: $\sigma_h = \sigma_{cell}$ ، $\sigma_v = \sigma_{cell}$

گام دوم: $\sigma_h = \sigma_{cell} - \Delta$ ، $\sigma_v = (\sigma_{cell} - \Delta) + \Delta = cte$



- اگر بررسی خاک دانه‌ای بارگذاری یا راندش انجام بگیرد، پارامترهای آزمایش CD بکار می‌رود.
- اگر بررسی خاک رسی بارگذاری یا راندش انجام بگیرد و زمان چشمگیری سپری گردد، پارامترهای آزمایش CD بکار می‌رود.
- اگر بررسی خاک رسی بیش تحکیم یافته بارگذاری یا راندش انجام بگیرد و زمان چشمگیری سپری نگردد، پارامترهای آزمایش CU بکار می‌رود.
- اگر بررسی خاک رس عادی تحکیم یافته بارگذاری یا راندش انجام بگیرد و زمان چشمگیری سپری نگردد، پارامترهای آزمایش UU بکار می‌رود. (الف) ۱۰-۱۰

- برآورد تاب برشی و تنش مؤثر قائم در صفحه گسیختگی Active:



شعاع دایره $= \frac{\sigma'_1-\sigma'_3}{2}$

تنش برشی در صفحه گسیختگی برابر تاب برشی در آن صفحه است.

از ص الف ۱-۸:

$$\tau_f = \frac{\sigma'_1-\sigma'_3}{2}\sin 2\theta_f = \frac{\sigma'_1-\sigma'_3}{2}\sin 2(45+\frac{\varphi}{2}) = \frac{\sigma'_1-\sigma'_3}{2}\cos\varphi$$

$$\sigma'_f = \frac{\sigma'_1+\sigma'_3}{2} + \frac{\sigma'_1-\sigma'_3}{2}\cos 2\theta_f = \frac{\sigma'_1+\sigma'_3}{2} + \frac{\sigma'_1-\sigma'_3}{2}\cos 2(45+\frac{\varphi}{2})$$

$$\sigma'_f = \frac{\sigma'_1+\sigma'_3}{2} - \frac{\sigma'_1-\sigma'_3}{2}\sin\varphi$$

- برآورد تاب برشی و تنش مؤثر قائم در صفحه گسیختگی Passive:

$$\tau_f = \frac{\sigma'_3-\sigma'_1}{2}\cos\varphi \quad \text{و} \quad \sigma'_f = \frac{\sigma'_1+\sigma'_3}{2} - \frac{\sigma'_3-\sigma'_1}{2}\sin\varphi$$

آزمایش برش یک سره بر روی ماسه ای انجام گرفته و نمونه زیر فشار قائم 180kPa با تنش برشی 121.5kPa گسیخته شده است. خواسته می شود: زاویه درگیری درونی خاک و تنش های اصلی در صفحه های اصلی تنش (ک)

$$\tau_f = \sigma_f \tan\varphi + c \Rightarrow 121.5 = 180\tan\varphi + 0 \Rightarrow \varphi = 34^\circ$$

$$\tau_f = \frac{\sigma_1-\sigma_3}{2}\cos\varphi \Rightarrow 121.5 = \frac{\sigma_1-\sigma_3}{2}\cos 34^\circ$$

$$\sigma_f = \frac{\sigma_1+\sigma_3}{2} - \frac{\sigma_1-\sigma_3}{2}\sin\varphi \Rightarrow 180 = \frac{\sigma_1+\sigma_3}{2} - \frac{\sigma_1-\sigma_3}{2}\sin 34^\circ$$

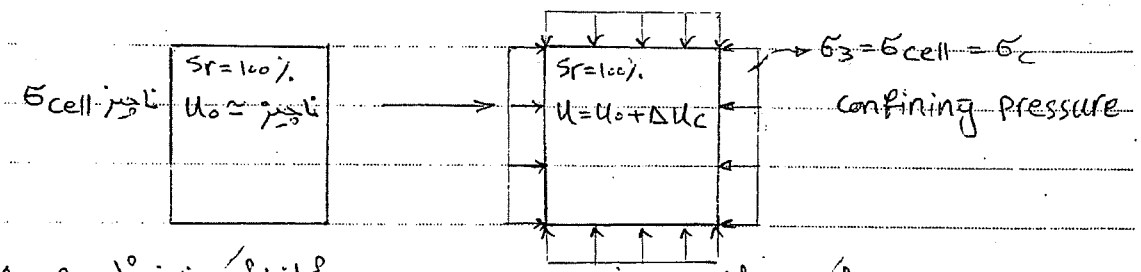
الف)۱۱-۱۰ $\sigma_1 = 408.5$ ، $\sigma_3 = 115.4\,kPa$

۱-۲) آزمایش سه آسه‌ای CD

در این آزمایش، پس از آنکه نمونه در درون سلول جای گرفت، از آن آب را با فشاری که پس فشار (back pressure) نامیده می‌شود، می‌گذرانند تا نمونه سیرآب گردد و تاب برشی آن کمینه شود.

برای بررسی سیرآب شدن نمونه، شیر زهکشی نمونه بسته می‌شود و فشار ساره درون سلول (پیرامون نمونه) به $\sigma_3 = \sigma_{cell}$ رسانده می‌شود. اگر در اثر این کار فشار آب میان دانه‌ای خاک به اندازه $\Delta u_c = \Delta\sigma_3$ افزایش یابد، نمونه سیرآب شده است.

پارامتر B اسکمپتون: $B = \frac{\Delta u_c}{\Delta \sigma_3}$ (در خاک سیرآب $B=1$ است)



پیش از اثر کردن فشار همه‌سویه — پس از اثر کردن فشار همه‌سویه

★ این بخش از آزمایش می‌تواند با بودن پس فشار هم انجام گیرد:

$u_0 =$ ناچیز $+ B\cdot P \longrightarrow u =$ ناچیز $+ B\cdot P + \Delta u_c$

پس از آنکه سیرآب شدن نمونه آشکار گردید، شیر زهکشی نمونه باز می‌شود تا بخشی از آب درون نمونه بچکد (ΔV_c) و Δu_c صفر گردد. به گفته دیگر نمونه در اثر فشار همه‌سویه σ_3 تحکیم بیابد. این گام آزمایش در خاک‌های رسی زمان‌بر خواهد بود.

$u =$ ناچیز $+ B\cdot P + \Delta u_c$ ↕ صفر

در گام دیگر آزمایش، در حالی که شیر زهکشی نمونه باز است، نیروی فشاری جک در جهت قائم به نمونه اثر داده می‌شود تا تنش انحرافی (deviator stress) در نمونه پدید آید. تنش انحرافی فشار آب میان دانه‌ای نمونه را به اندازه Δu_d می‌افزاید. در این گام (بویژه در خاک‌های رسی) تنش انحرافی آنچنان آهسته افزایش داده می‌شود تا نمونه بتواند فرصت زهکشی داشته باشد و با چکیدن آب از نمونه (ΔV_d)، Δu_d همواره ناچیز بماند.

با افزایش تنش انحرافی، سرانجام گامی فرا می‌رسد که نمونه می‌گسلد و تنش انحرافی منجر به گسیختگی (σ_{dp}) یاد داشت می‌گردد. در سراسر انجام این آزمایش Δu_c و Δu_d صفر و ناچیز هستند و داریم: $(u = u_0 =$ ناچیز $+ B\cdot P)$ یا $(u = u_0 =$ ناچیز$)$

$\Delta V = \Delta V_c + \Delta V_d$

$\Delta U = \Delta U_c + \Delta U_d = 0$

$\sigma_f = \sigma_3 + \sigma_{df}$

$\sigma_{df} = \frac{\text{نیروی جک به هنگام گسیختگی}}{A_f}$

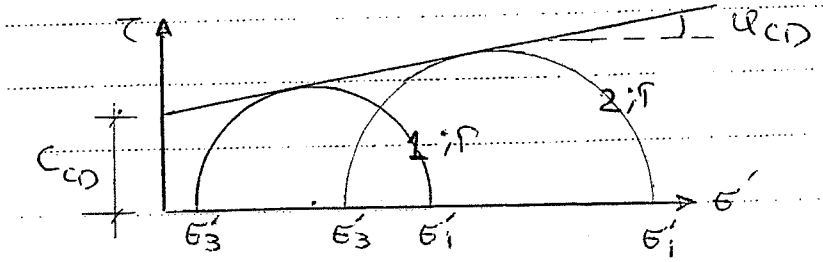
اگر پس از سیراب شدن نمونه، back pressure از میان برده شود، فشار آب میان راه‌ای هم از با بلندی نمونه خواهد بود، که می‌توان از آن چشم پوشی کرد. ($u_0 \simeq 0$)

$\sigma' = \sigma - B.P$

$\sigma'_3 = \sigma_3 - B.P$:یا

و از این رو در این آزمایش، $\sigma'_f = \sigma_f$ و $\sigma'_3 = \sigma_3$ خواهد بود.

اگر این آزمایش کمینه دو بار، بر روی دو نمونه از یک خاک انجام پذیرد، می‌توان با رسم دایره‌های گسیختگی و مماس مشترک آنها، C_{cD} و φ_{cD} را بدست آورد. در این آزمایش‌ها بایستی σ_3 ها متفاوت از هم باشند و هرچه σ_3 افزوده شود، σ_{df} نیز افزوده خواهد شد و دایره گسیختگی بزرگتر خواهد گردید.



نکات:

- اگر در آزمایش سه‌محوری، σ_3، σ_d یکگونه همزمان، آنچنان افزوده شوند که نمونه گسترش پهلوئی (انبساط عرضی) نداشته باشد (حالت $\mu = 0$)، هنگامی گسیختگی رخ Active خواهد داد که $\Delta\sigma_d > \Delta\sigma_3$ باشد و وارون آن، هنگامی گسیختگی رخ Passive خواهد داد که $\Delta\sigma_d < \Delta\sigma_3$ شود.

- تاب برشی خاک‌های دانه‌ای (در هر دو حالت کوتاه مدت و درازمدت) و تاب برشی خاک‌های چسبنده (تنها در حالت درازمدت) از پیوند زیر بدست می‌آید.

$\tau_{cD} = \sigma' \tan\varphi_{cD} + C_{cD}$

- ویژگی‌های فشار پهلوئی نمونه خاک آزمایش شونده با ویژگی‌های فشار پهلوئی درجا سازگار نیست.

در آزمایش سه‌محوری $\rightarrow \sigma_3 = \sigma_2 = \sigma_{cell}$

درجا $\rightarrow \sigma_3 < \sigma_2$

- با افزایش PI خاک‌های چسبنده، C افزایش و φ کاهش می‌یابد.

الف) ۱۳-۱۰

با دست آوردن دو آزمایش سه آسه‌ای، دو معادله دو مجهولی پدید می‌آید که با حل آنها می‌توان C_{CD} و φ_{CD} را بدست آورد.

گسیختگی Active:

آزمایش یکم: $\sigma'_3 = \sigma'_1 \tan^2(45 - \frac{\varphi_{CD}}{2}) - 2C_{CD}\tan(45 - \frac{\varphi_{CD}}{2})$

آزمایش دوم: $\sigma'_3 = \sigma'_1 \tan^2(45 - \frac{\varphi_{CD}}{2}) - 2C_{CD}\tan(45 - \frac{\varphi_{CD}}{2})$

گسیختگی Passive:

آزمایش یکم: $\sigma'_3 = \sigma'_1 \tan^2(45 + \frac{\varphi_{CD}}{2}) + 2C\tan(45 + \frac{\varphi_{CD}}{2})$

آزمایش دوم: $\sigma'_3 = \sigma'_1 \tan^2(45 + \frac{\varphi_{CD}}{2}) + 2C\tan(45 + \frac{\varphi_{CD}}{2})$

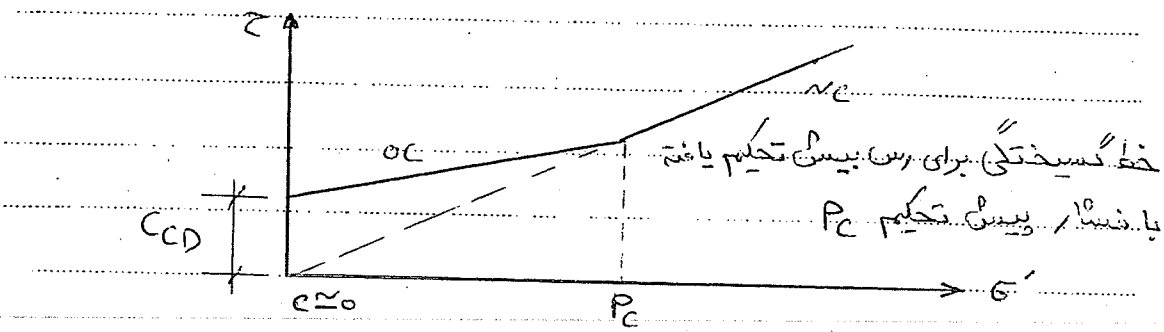
- می‌توان یکی از گسیختگی‌ها Active و دیگری Passive یا بتر. در لایه‌های درشت دانه گسیختگی برشی، C_D است ولی $u_0 \neq 0$ است و از این رو:

$\sigma'_3 = \sigma_3 - u_0$

$\sigma'_1 = \sigma_1 - u_0$

C_{CD} و φ_{CD} پارامترهای تاب برشی خاک در حالت تحکیم یافته و زهکشی شده هستند و با (C_D, φ_D)، (C', φ')، $(\bar{C}, \bar{\varphi})$ و (C, φ) نشان داده می‌شوند.

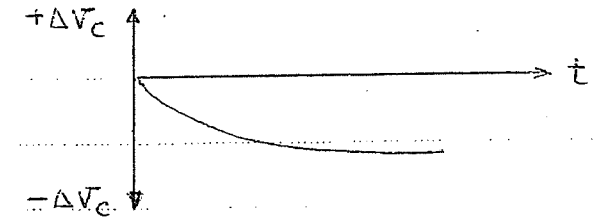
C در رس و ماسه صفر و در رس عادی تحکیم یافته (n_c) نزدیک به صفر است ولی در رس‌های بیش تحکیم یافته صفر نیست. نمونه رسی که در زمین، تنش موثر σ'_A را تحمل کرده یا با فشار همه سویه P_c تحکیم یافته است، اگر با فشارهای کمتر از P_c آزمایش شود، رفتار OC و اگر با فشارهای بیشتر از P_c آزمایش گردد، رفتار n_c از خود نشان خواهد داد.

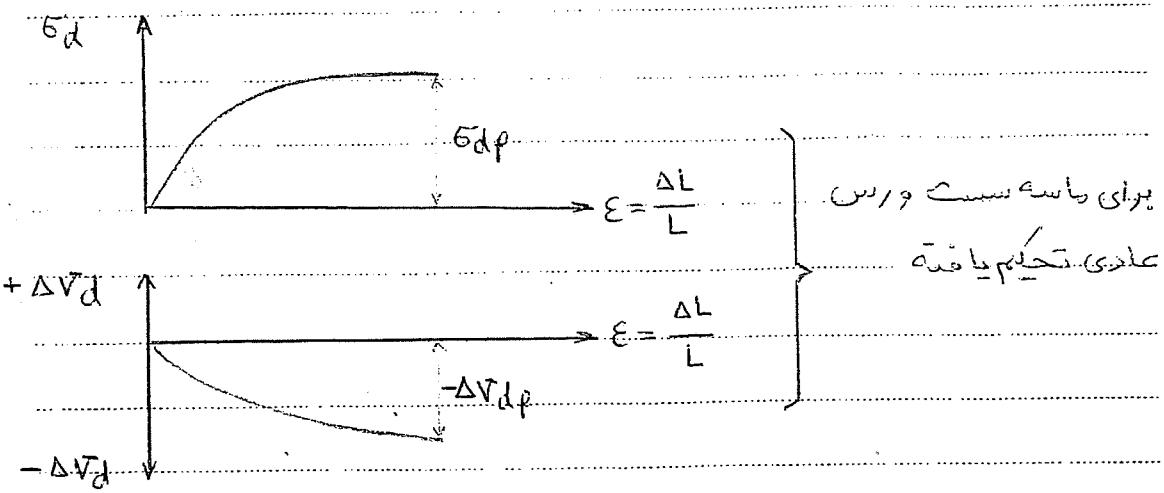


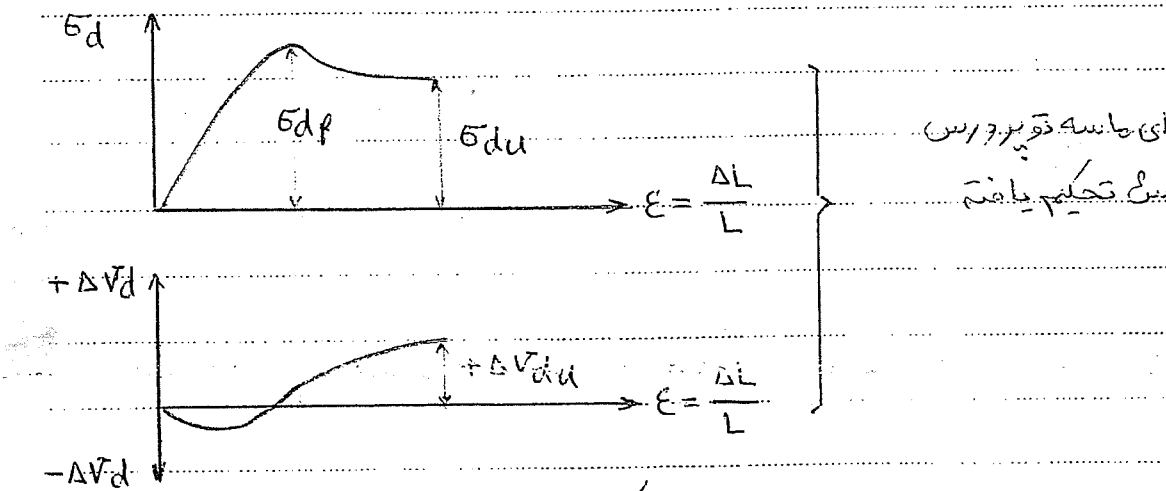
خط گسیختگی برای رس بیش تحکیم یافته با فشار پیش تحکیم P_c

الف) ۱۰-۱۴

نمودار هائی برای آزمایش تحکیم یافته و زهکشی شده (CD)







اگر در آزمایش CD ، فشار همه سویه اثر کننده بر نمونه ، برابر تنش مؤثر افقی در جا برگزیده شود ، می توان ضریب کشسان خاک را بدست آورد.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{\sigma'_1 - \sigma'_3}{\frac{\Delta L}{L_0}} = \frac{(\sigma'_1 - \sigma'_3) L_0}{\Delta L}$$

در چنین آزمایشی ، σ'_3 تاب فشاری سه آسه‌ای را نشان خواهد داد.

۲-۲) آزمایش سه آسه‌ای تحکیم یافته و زهکشی نشده (Consolidated and undrained) CU

بخش نخست این آزمایش، همانند آزمایش CD است، که پس از گام‌های زیر به بخش دوم می‌رسد: جایگیری نمونه در سلول، سیراب شدن نمونه، اثر دادن فشار همه‌سویه σ_3، اندازه‌گیری Δu_c، محاسبه پارامتر B $\left(B=\frac{\Delta u_c}{\Delta \sigma_3}\right)$، باز کردن شیر زهکش و اندازه‌گیری ΔV_c به هنگامی که $\Delta u_c = 0$ شد.

در بخش دوم آزمایش، شیر زهکش بسته می‌شود و تنش انحرافی σ_d به نمونه وارد می‌شود و تا گسیخته شدن نمونه، افزایش می‌یابد و به هنگام گسیختگی σ_{df} و Δu_{df} اندازه‌گیری می‌شود. $\Delta V_d = 0$

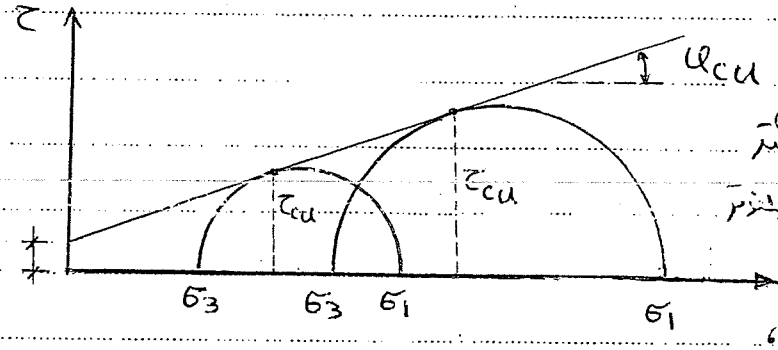
$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{df} \qquad \sigma'_1 = \sigma_1 - (\Delta u_{df} + u_0 + B\cdot P)$$

$$\sigma_3 = \sigma_{cell} \qquad \sigma'_3 = \sigma_3 - (\Delta u_{df} + u_0 + B\cdot P)$$

اگر به هنگام اثر دادن تنش انحرافی به نمونه back pressure اثر داده نشود، $u_0 \simeq 0$ خواهد بود.

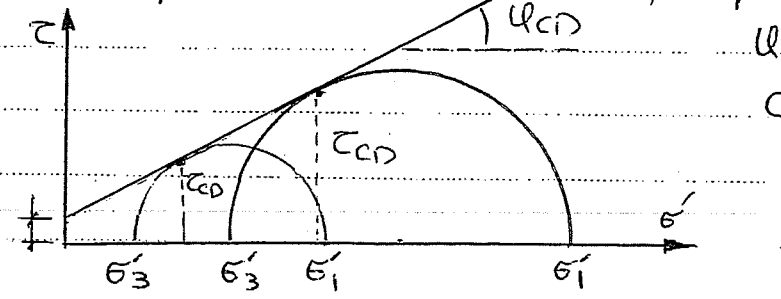
$$A_f = \frac{\Delta u_{df}}{\Delta \sigma_{df}}$$

این آزمایش بر روی بیشتر خاک‌ها و بویژه بر روی خاک‌های پُرس انجام می‌گیرد و اگر دو نمونه از یک خاک با فشارهای همه‌سویه متفاوت، آزمایش و گسیخته شوند، می‌توان با رسم دایره‌های مور یا محاسبه، ϕ_{cu}، c_{cu} و همچنین ϕ_{cd}، c_{cd} را بدست آورد.



هرچه فشارهای همه‌سویه (σ_3) بیشتر یا سُست، نیمدایره‌ها بزرگتر خواهند بود و τ_{cu} بزرگتر خواهد شد.

پس، برای هنگامی که Δu_{df} (افزایش فشار آب میان دانه‌ای نمونه در اثر σ_{df}) مثبت باشد:



$\phi_{cd} > \phi_{cu}$

$c_{cd} < c_{cu}$

الف) ۱۰-۱۴

گسیختگی Active

از سه آزمایش: $\sigma_3 = \sigma_1 \tan^2(45 - \frac{\varphi_{cu}}{2}) - 2c_{cu}\tan(45 - \frac{\varphi_{cu}}{2})$ ← φ_{cu}, c_{cu}

از دوم: " = " u_f " − " u_f

$\sigma_3 = \sigma_3 - (\Delta u_{df} + u_0 + B\cdot P)$ $\sigma_1 = \sigma_1 - (\Delta u_{df} + u_0 + B\cdot P)$

گسیختگی Active

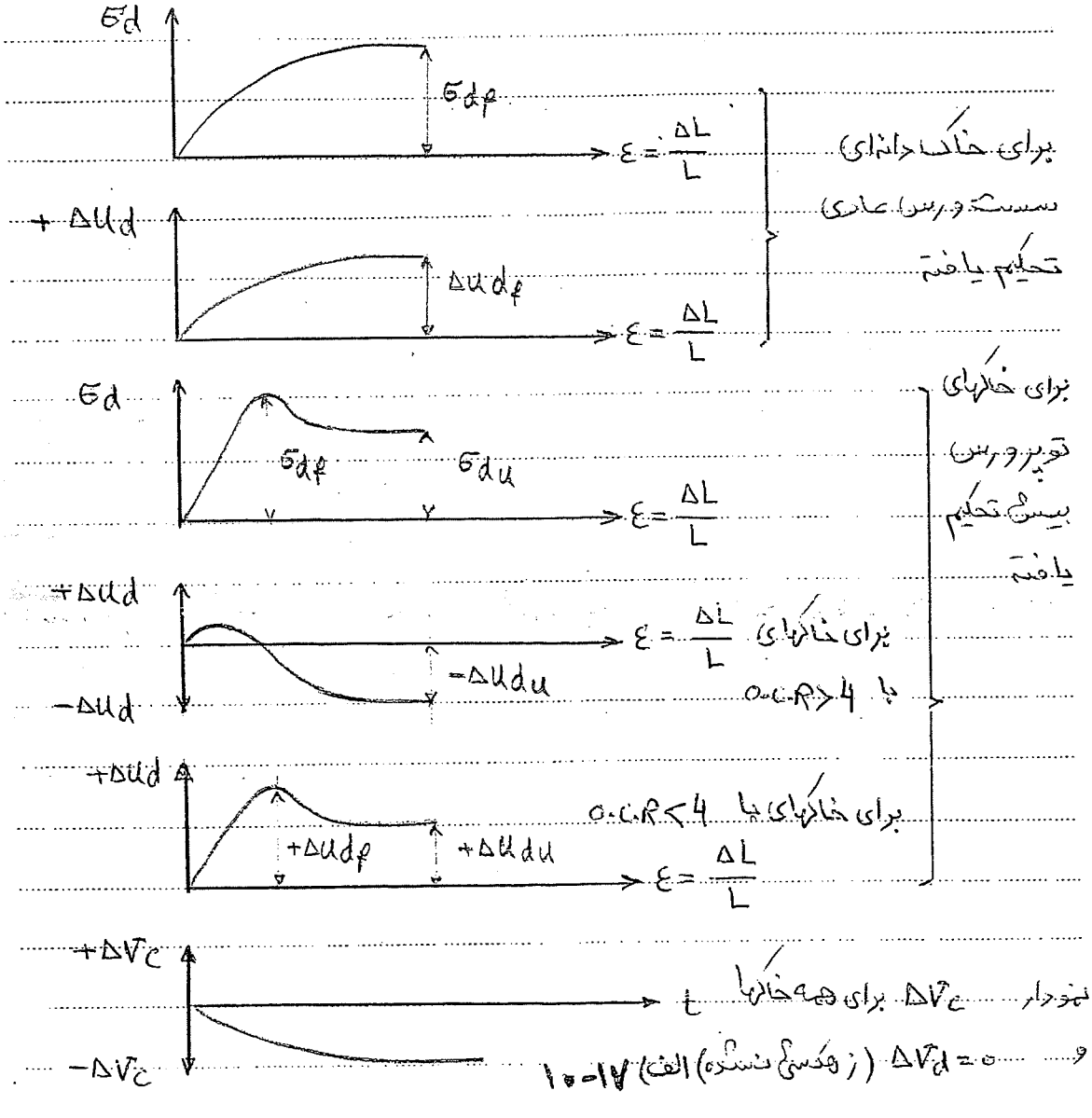
از سه آزمایش: $\sigma_3 - \Delta u_{df} = (\sigma_1 - \Delta u_{df})\tan^2(45 - \frac{\varphi_{CD}}{2}) - 2c_{CD}\tan(45 - \frac{\varphi_{CD}}{2})$

از دو آزمایش: " = " " − "

← φ_{CD}, c_{CD}

برای گسیختگی Passive نیز می‌توان از پیوندهای خود چهره برد.

نمودارهایی برای آزمایش تحکیم یافته زهکشی نشده (C_u)



در آزمایش سه‌محوری تحکیم‌یافته زهکشی نشده cu ، پارامترهای A و B اسکمپتون ، این‌ها هستند.

$$A_f = \frac{\Delta u_{df}}{\Delta \sigma_{df}} \quad , \quad B = \frac{\Delta u_c}{\Delta \sigma_3} \qquad 0 < B \leq 1 \qquad B=1 \text{ در خاک سیر}$$

$0.5 < A_f < 1$ خاک بسیار فشردگی پذیر

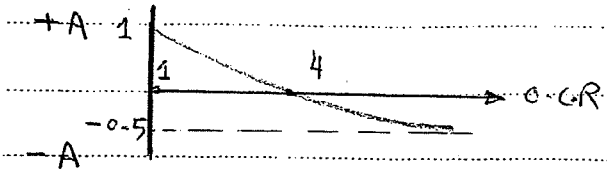
$0 < A_f < 0.5$ خاک کمی فشردگی پذیر

$-0.5 < A_f < 0$ خاک خیلی کم فشردگی پذیر (تورب یا بیش تحکیم یافته)

$A_f < 1$ در برخی از رس های بسیار حساس

چنانکه خاک زهکشی نشود و جابجائی پیرامونی نداشته باشد ، $A_f = 1$ خواهد شد.

پارامتر A اسکمپتون با افزایش بیش تحکیم ، سیرابی ، جابجائی پیرامونی و فشار پیرامونی وابسته است.



- تاب برشی زهکشی نشده خاک ، با بهره مندی از تنش های کل محاسبه می شود.

$$\tau_{cu} = \sigma \cdot \tan\varphi_{cu} + c_{cu}$$

- در رس های با $OCR > 4$ ، هنگام یا افزایش σ_d ، نمونه در آستانه گسیختگی (σ_{df}) در می آید (Dilation) و میل به آبمکی از خود نشان می دهد ، ولی از آنجا که نمونه زهکشی نمی شود ، فشار آب میان دانه‌ای منفی می گردد و σ' را بزرگتر از σ می نماید. در اثر این پدیده ، دایره مور به اندازه Δu_{df} از میدان دور می گردد و $\varphi_{cu} > \varphi_{cd}$ ، $c_{cu} < c_{cd}$ می گردد.

- در آزمایش cu ، می توان نمونه را تا رسیدن به e دلخواه تحکیم داد و سپس تاب زهکشی نشده آنرا بدست آورد. پس تاب زهکشی نشده وابسته به فشار پیرامونی خواهد بود.

- در آزمایش cu ، معمولاً فشار همه سویه ، برابر با فشار مؤثر قائم در جا برگزیده می شود ، تا نمونه تحکیم یابد. ولی از آنجا که تحکیم در جا با σ'_v و σ'_h انجام می گیرد ، تحکیم نمونه بیشتر خواهد بود و e نمونه کمتر از e در جا خواهد شد و از تاب زهکشی نشده نمونه بیشتر از تاب زهکشی نشده در جا است. در رس های حساس ، برای از میان بردن این خطا ، بایستی نمونه به گونه ناهمسان با تنش های در جا (σ'_v ، σ'_h) تحکیم یابد و سپس گسیخته شود. الف) ۱۸ - ۱۰

پس فشار (Back pressure) B.P

پس فشار ، فشاری است که به آب درون نمونه افزوده می شود و آماج های زیر را می تواند دنبال کند.

۱- سیرآب کردن نمونه ، B.P با گذراندن آب از کوچکترین منافذ خاک، آنرا سیرآب می کند و همچنین با حل کردن حباب‌های هوای درون آب و خاک به سیرآب شدن خاک کمک کند.

۲- جلوگیری از پدیده مکش (فشار آب میان دانه‌ای منفی در خاکهای تورم رس های با پیش تحکیم یافتگی بیشتر از 4) در آزمایش CU

۳- همانند سازی فشارهای نمونه با فشارهای درجا

در همانند سازی فشارها ، کار به‌گونه‌ای پیش برده می شود که نمونه با فشار B.P=u₀ سیرآب شود و پس از اثر کردن σ_3 و پدید آمدن Δu_c ، تنها Δu_c در اثر تحکیم به صفر برسد. با این شیوه کار ، خواهیم داشت:

الف) آزمایش CD

$$\sigma'_3 = \sigma_3 - B.P$$

$$\sigma'_1 = \sigma_1 - B.P$$

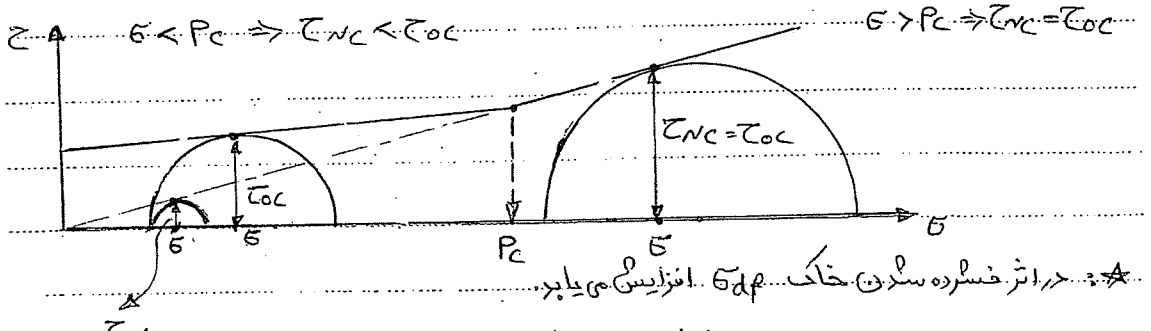
ب) آزمایش CU

$$\sigma'_3 = \sigma_3 - (B.P + \Delta u_{df})$$

$$\sigma'_1 = \sigma_1 - (B.P + \Delta u_{df})$$

— هنگام با افزایش پس فشار ، بایستی فشار پیرامونی نیز افزوده شود تا تنش مؤثر خاک کم نشود و خاک راغان نگردد.

نکته: اگر خاک رس دار با فشار P_c تحکیم یابد و بررویان آزمایش CU انجام گیرد:



★: در اثر فشرده شدن خاک σ_{df} افزایش می یابد.

الف) ۱۹-۱۰

۳-۲) آزمایش سه آسه ای تحکیم نیافته و زهکشی نشده (U.U)

unconsolidated and undrained – Quick shear

این آزمایش بروی خاکهای رسی بی ترک، انجام می گیرد. این خاکها نمی توانند زود زهکشی شوند و تاب برشی کوتاه مدت و درازمدت آنها یکسان نیست. در این آزمایش پس از جایگیری نمونه و سیراب شدن آن، فشار همه سویه σ_3 به آن اثر داده می شود و Δu_c اندازه گیری شده و پارامتر B محاسبه می گردد.

$$B = \frac{\Delta u_c}{\Delta \sigma_3}$$ (سنگ زهکش از آغاز آزمایش بسته است)

درگام دیگر، همچنان سنگ بسته نگه داشته شده و تنش انحرافی σ_d به نمونه وارد می شود و گام به گام افزایش می یابد تا نمونه گسیخته شود. به هنگام گسیختگی Δu_f و σ_{df} اندازه گیری می شود.

$$\Delta V_c = 0 \quad , \quad \Delta V_d = 0 \Rightarrow \Delta V = 0$$

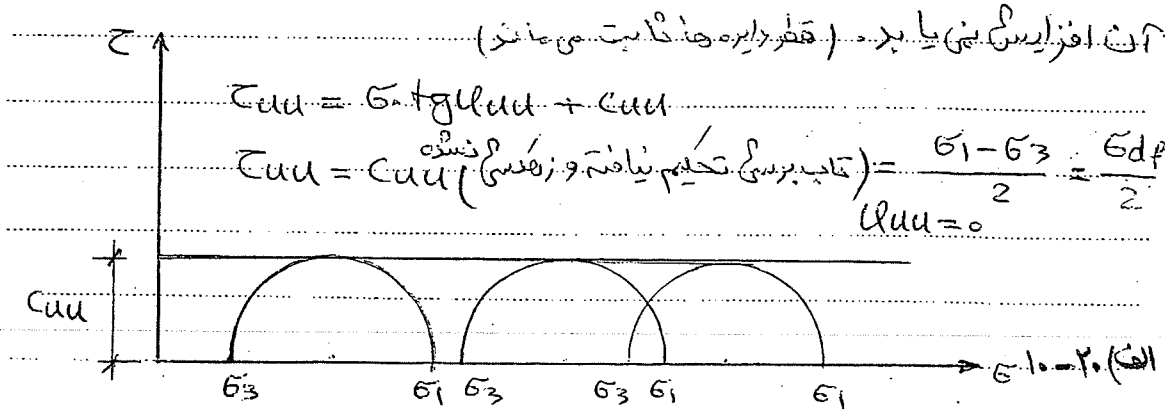
$$\Delta u_f = \Delta u_c + \Delta u_{df} \qquad A_f = \frac{\Delta u_{df}}{\Delta \sigma_{df}}$$

$$\Delta u_f = B \Delta \sigma_3 + A_f \Delta \sigma_{df} \quad \longleftrightarrow \quad \Delta u_f = B \cdot \Delta \sigma_3 + A_f (\Delta \sigma_1 - \Delta \sigma_3)$$

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{df} \qquad \sigma'_1 = \sigma_1 - \Delta u_f$$

$$\sigma_3 = \sigma_{cell} \qquad \sigma'_3 = \sigma_3 - \Delta u_f$$

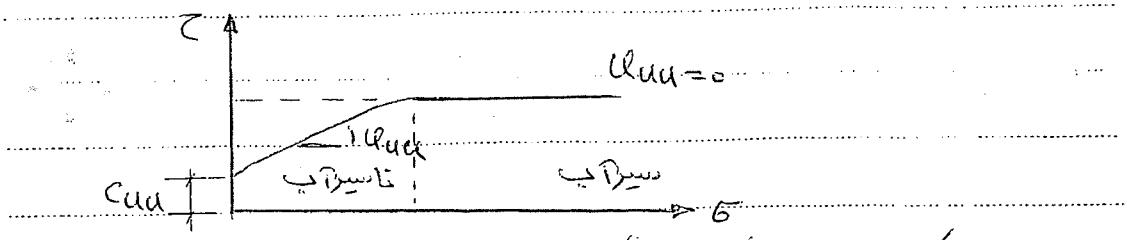
اگر این آزمایش بروی نمونه دیگری از همان خاک، با فشار همه سویه دیگر، باز هم انجام گیرد، σ_3 و σ_1 افزایش خواهند یافت و Δu_f افزوده خواهد شد، ولی $(\sigma_1 - \sigma_3)$ و σ'_1 و σ'_3 دگرش نخواهند داشت. چون با افزایش σ_3 و برپی آن با افزایش σ_1، نمونه تنش موثر بیشتری از پیش را دریافت نمی کند و همه افزایش فشار آب میان دانه ها اثر می کند و از این رو نمونه فشرده نمی شود و تاب برشی آن افزایش نمی یابد. (قطر دایره ها ثابت می ماند)



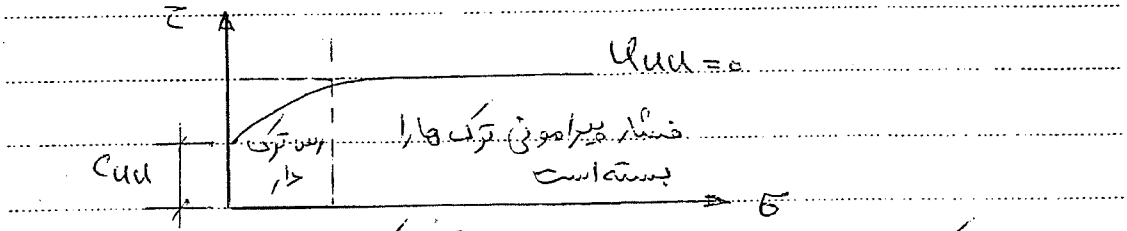
الف) ۲۰-۱۰

در نگاره پیشین همه دایره ها هم اندازه اند و افزایش σ_1 و σ_3 ، هیچ دگرشی در اندازه آنها پدید نمی آورد . به گفته دیگر ، نمونه خاک از افزایش σ_1 و σ_3 اثر نمی پذیرد . اگر تنشهای کلی به تنش موثر تبدیل شوند ، همه دایره ها به یک دایره تبدیل خواهند شد .

اگر این آزمایش بر روی نمونه ناسیراب (غیر اشباع) انجام گیرد ، تا هنگامی که نمونه دراثر افزایش فشار پیرامونی و حل شدن حباب های هوا در آب ، سیر آب نشده است ، خط گسیختگی افقی نخواهد شد .



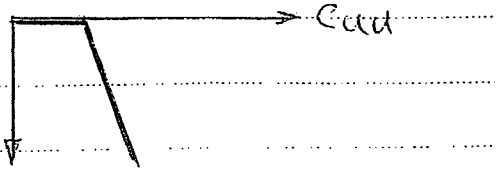
در رس های ترک دار ، خط گسیختگی از آغاز خط افقی نیست .



در رس های ترک خورده ، پایستی نمونه از آزمایش خاک بزرگ باشد تا رفتار آن نسبتا نگر رفتار توده خاک شود . برای نمونه های کوچک ، تاب برشی $(U+U)$ بیشتر از تاب برشی توده خاک خواهد شد .

اگر نمونه خاکی با فشار همه سویه $\sigma_3 = \sigma_3$ (در آزمایشگاه یا در جا) تحکیم یابد و سپس با فشار همه سویه $\sigma_3 + \Delta\sigma_3$ ، بررسی آن آزمایش $U+U$ انجام گیرد ، σ_{dp} (همراه دایره گسیختگی) به σ_3 وابسته خواهد بود . با افزایش $U+U$ ، افزایش می یابد به گفته دیگر C_{uu} به تنش موثر در جای رس وابسته خواهد بود . برای رس های عادی تحکیم یافته :

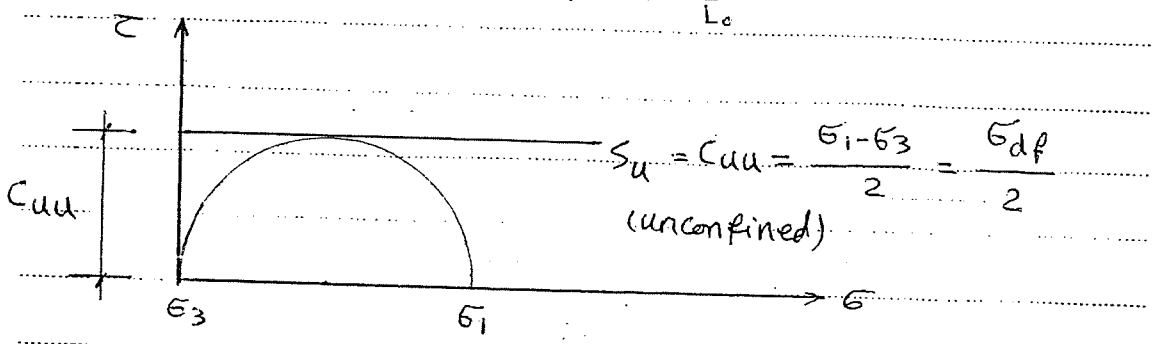
$$\frac{C_{uu}}{\sigma_z} = 0.11 + 0.0037 (PI\%)$$ (پیشنهاد اسکمپتون)



الف) ۲۱-۱۰

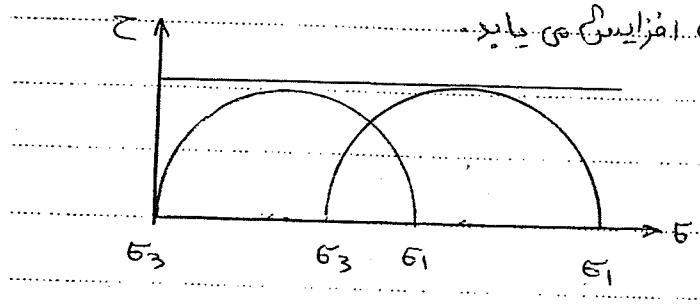
۳) آزمایش تاب فشاری تک آسه‌ای unconfined compression strength
این آزمایش گونه‌ای آزمایش سه‌آسه‌ای U.U است؛ که در آن فشار پیرامونی صفر است و بر روی خاکهای رسی پی ترک انجام می‌گیرد. در این آزمایش نمونه‌ها مانند آزمایش U.U زهکشی نمی‌شود و در آن $\Delta V=0$ است.

$\sigma_3=0$ ، $\sigma_1=\sigma_{df}$ ، $A_f=\frac{A_0}{1-\frac{\Delta L}{L_0}}$



$S_u=C_{uu}=\frac{\sigma_1-\sigma_3}{2}=\frac{\sigma_{df}}{2}$ (unconfined)

چنین به نظر می‌رسد که برای نمونه‌های یک رس سیرآب، بایستی دست آورد آزمایش U.U و آزمایش تک آسه‌ای یکسان باشند ولی به راستی چنین نیست و C_{uu} آزمایش تک آسه‌ای کمتر است. چون در آزمایش سه‌آسه‌ای، فشار پیرامونی ترک‌ها را بسته نگه می‌دارد و C_{uu} افزایش می‌یابد.



در آزمایش تک آسه‌ای، پیرامون نمونه بسته نیست و زهکشی می‌شود، ولی درون نمونه زهکشی نمی‌شود، چون آزمایش به تندی انجام می‌گیرد. اگر نمونه در درون پوششی لاستیکی جا بگیرد، این پدیده از میان می‌رود و نمونه اصلاً زهکشی نمی‌شود.

در آزمایش تک آسه‌ای، نمونه‌ای به قطر 5cm و بلندی 10cm نیروی 35kg را قادر است کوچک شده و گسیختگی سازد. C_{uu} خواسته می‌شود.

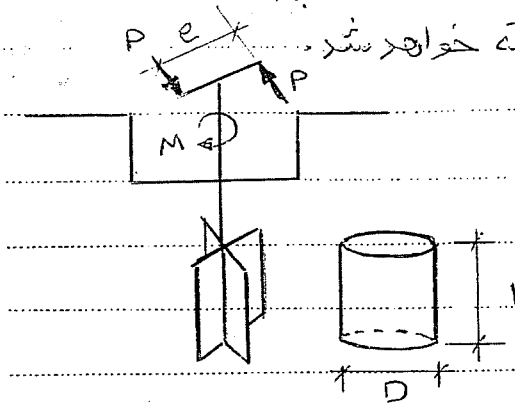
$A_f=\frac{A_0}{1-\frac{\Delta L}{L_0}}=\frac{(\pi\times5^2)/4}{1-\frac{0.5}{10}}=20.65\ cm^2$

$\sigma_d=\frac{35}{20.65}=1.7\ kg/cm^2 \longrightarrow C_{uu}=\frac{\sigma_d}{2}=\frac{1.7}{2}=0.85\ kg/cm^2$

الف/۲۲-۱۰

۴) آزمایش برش پره Vane shear Test

این آزمایش بر روی لایه رسی (طبیعی) یا کلوخه‌ای دست‌خورده از خاک ریزدانه انجام می‌گیرد و از آنجا که آزمایش به تندی پایان می‌پذیرد، خاک نمی‌تواند زهکشی گردد. ابزار این آزمایش پره‌ای سخت و نیز و چلیپا گونه (صلیب مانند) است که با فشار در خاک ریزدانه فرو برده می‌شود و با پیچاندن دستگیره، در درون خاک به دوران می‌آید و استوانه‌ای از خاک را برش می‌دهد. هرچه خاک آزمایش شونده سفت و پرتاب باشد، گشتاور پیچشی بیشتری، برای دوران پره بایسته خواهد شد.

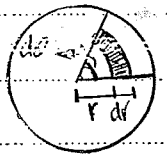


$$M = M_s + 2M_e = P \cdot e$$

$$M_s = \pi D H \times c_{uu} \times \frac{D}{2}$$

$$M_s = \pi D^3 c_{uu}$$

اگر رفتار خاک را کشسان بپذیریم و تنش برشی پیش آمده از پیچش، در پیرامون استوانه بیشتر و در میانه آن صفر خواهد شد. (پخش مثلثی) ولی از آنجا که خاک رس سیرآب رفتار **موسان** دارد، بهتر است تنش برشی در پیرامون و میانه استوانه برابر هم و برابر با تاب برشی پنداشته شود. (پخش مستطیلی)



$$dM_e = r \cdot d\theta \cdot dr \cdot c_{uu} \cdot r = c_{uu} \cdot r^2 dr d\theta$$

$$M_e = c_{uu} \int_0^{\frac{D}{2}} r^2 dr \int_0^{2\pi} d\theta = c_{uu} \frac{(\frac{D}{2})^3}{3} \times 2\pi$$

$$M = \pi D^3 c_{uu} + 2 \times \left(c_{uu} \frac{D^3}{8 \times 3} \times 2\pi \right) = \pi D^3 c_{uu} \left(1 + \frac{1}{6}\right)$$

$$c_{uu} = \frac{M}{\pi D^3} \times \frac{6}{7}$$

برای پخش مستطیلی

- اگر رفتار خاک خیلی موسان نباشد، بهتر خواهد بود که پخش سهمی پنداشته شود. (ASTM D2573-01)

پره های آزمایشگاهی **بادپرنای** $\frac{1}{2}$" و به ارتفاع 1" هستند و پره های آزمایش درجا، به پهناهای 2"، 3"، 4" و به ارتفاع دو برابر پهنا هستند.

$$Cuu = \frac{M}{\pi\left(\frac{D^2 H}{2} + \beta \frac{D^3}{4}\right)} \quad , H = 2D \quad , \begin{cases} \beta = \frac{1}{2} & \text{پخش مثلثی} \\ \beta = \frac{2}{3} & \text{مستطیلی} \\ \beta = \frac{3}{5} & \text{سهمی} \end{cases}$$

- برش پره در رس های سیرآب کاربرد دارد و در لایه های درشت دانه خرد نمی شود و در لایه های لای عملکرد درستی ندارد.
- پره کمینه سه برابر حفر گیانه، در خاک زمینه (کف) گیانه فرو برده می شود و سپس دوران داده می شود. سرعت دوران پره $\frac{6° \sim 12°}{min}$ برگزیده می شود.
- پژوهنده ای بنام جروم دنسان دار که با افزایش PI، Cuu بدست آمده از آزمایش برش پره، نیازبه بررسی و بازنگری دارد.

$$Cuu_{(\text{طراحی})} = (1.07 - 0.54 \log(PI\%)) \times Cuu_{(\text{برش پره})}$$

حساسیت (sensitivity)

برخی از خاک های رس دار با از دست دادن بافت و ساختار خود، افت تاب ازخود نشان می دهند، هرچند که با نم زدایی (w) تا رسیدن به w زدایی بازسازی شده باشند. به این گونه رس ها، خاک حساس گفته می شود.

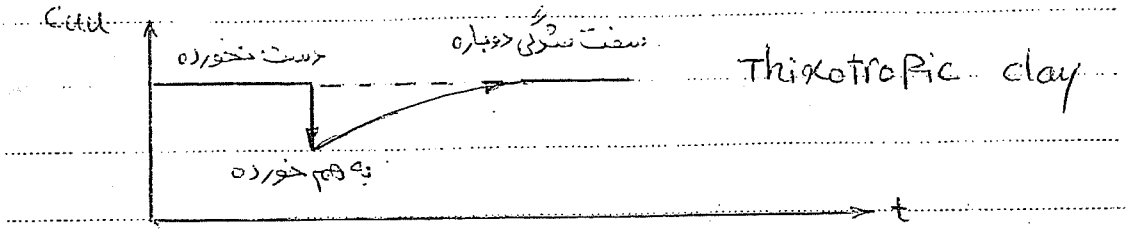
$$\text{حساسیت} = \frac{\text{تاب برشی } (Cuu) \text{ نمونه دست نخورده (undisturbed)}}{\text{تاب برشی } (Cuu) \text{ نمونه بازسازی شده با } w \text{ زدایی (remolded)}}$$

$$\text{حساسیت} = \frac{\text{تاب فشاری (تک آسه ای) نمونه دست نخورده}}{\text{تاب فشاری نمونه بازسازی شده با } w \text{ زدایی}}$$

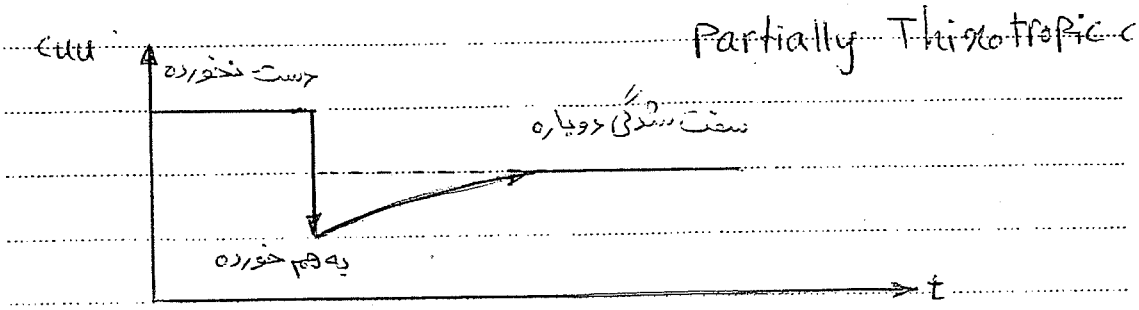
- در خاکهای درشت دانه، اگر در میان دانه ها چسباننده های زدایی مانند رُهک، سیلیس و ... خرد شده باشند، تاب فشاری نمونه بازسازی شده کمتر از نمونه دست نخورده خواهد شد. الف ۲۴-۱۰

- حساسیت بیشتر رس ها ۱ تا ۸ است و در برخی از رس ها که فرسنده دریایی هستند، حساسیت به ۸۰ هم می رسد. این رس ها لخته شدگی بیشتری دارند و به هنگام زمین لرزه، بافت و ساختار خود را از دست می دهند و آبگونه می شوند و فرونشست پدیدی آورند. در این رس ها ماسه است.

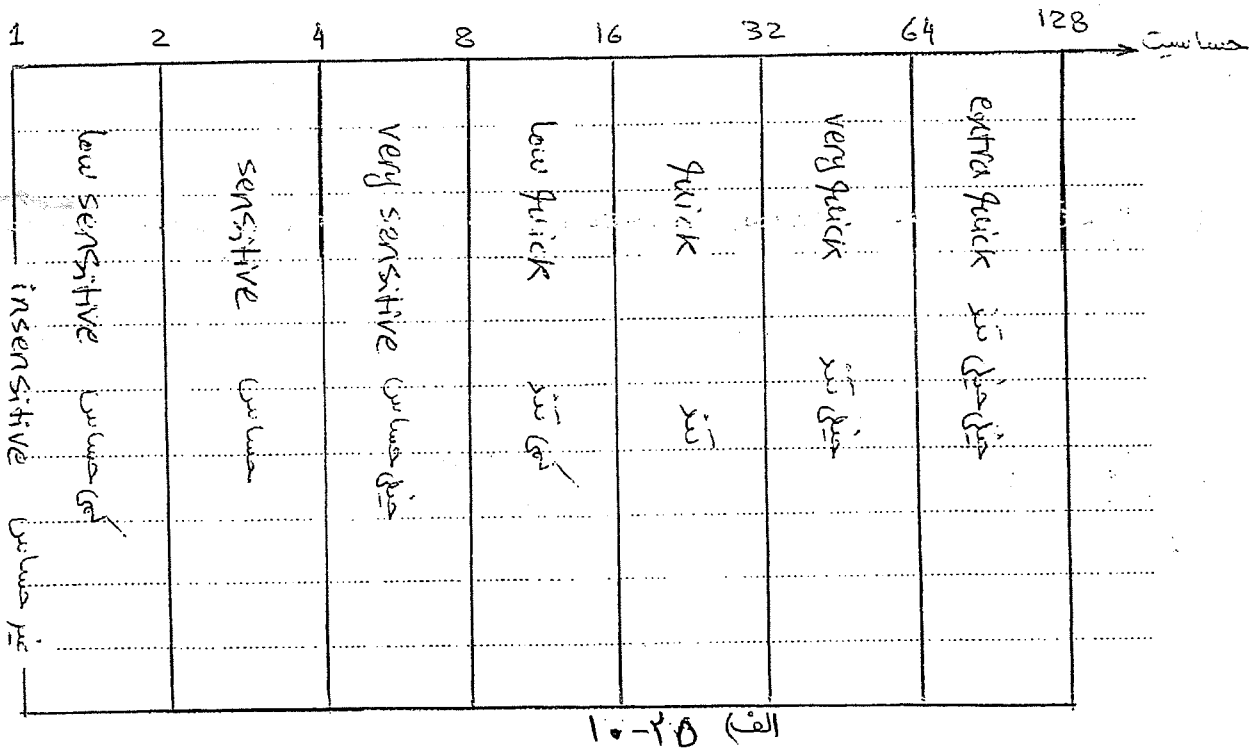
- رس های حساس که پس از به هم خوردن بافت و ساختارشان، کم تاب شده اند، با گذر زمان تاب خود را بدست می آورند که به این ویژگی بندش (Thixotropy) گفته می شود.



Thixotropic clay

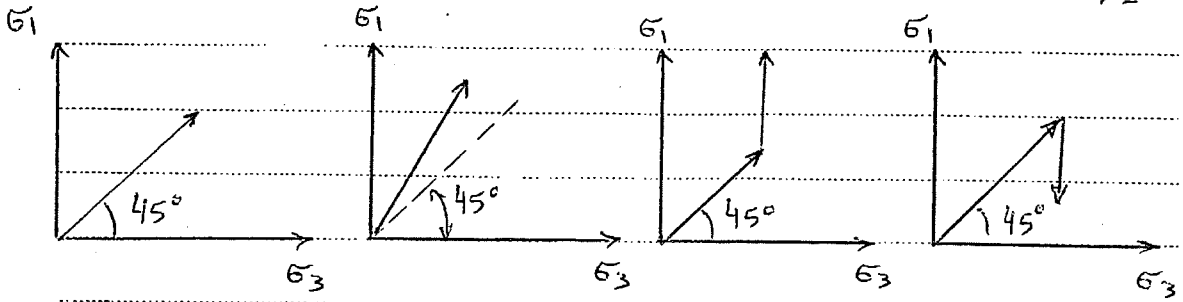


Partially Thixotropic clay



الف ۲۵-۱۰

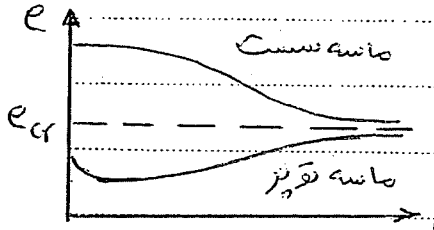
- انجام آزمایش U.U بر روی ماسه، بی دست آورد است و نمونه با اندکی افزایش σ_d وارد روند روان می‌گردد. ($C_{uu}=0$)
- C و φ نمی‌توانند منفی باشند.
- در آزمایش برش یک سره (مستقیم)، به هنگام اثر کردن نیروی افقی، $\varepsilon_z=0$ است. (کرنش مسطح)
- نمونه های آزمایش های برش، هرچندکه از لایه سیرآب، نمونه برداری شوند، در اثر آماس از حالت سیرآب درمی آیند و باید به هنگام آزمایش سیرآب شوند.
- برای $\varphi>30^\circ$ ، $\varphi_{ds}\simeq 1.1\varphi_{tr}$
- مسیرهای تنش در آزمایش های سه آسه ای:



سه آسه ای کشسانی — سه آسه ای خشاری — سه آسه ای خشاری — خشاری، همه سویه
($M=0$) — (اندازه گیری $\frac{\Delta V}{V}$)

- خشانه پوکی بحرانی (e_{cr}) : Critical Void Ratio

گفته شد که، در آزمایش های برش یک سره و سه آسه ای (CD)، حجم ماسه های سست کم و حجم ماسه های تویر، بیشتر می شود. اگر حجم نمونه ای ماسه ای، در آزمایش برش دگرسان نداشته باشد، به خشانه پوکی آن، خشانه پوکی بحرانی گفته می شود.



- خر ماسه های سیرآبی که در آنها $e>e_{cr}$ است، پس از لرزش پیش آمده از زمین لرزه، حجم ماسه کاهش می یابد و آب میان دانه ای افزوده می شود، این پدیده به جدال خود، روانگونگی پدید می آورد.

(با نشانه همه سویه یکسان)

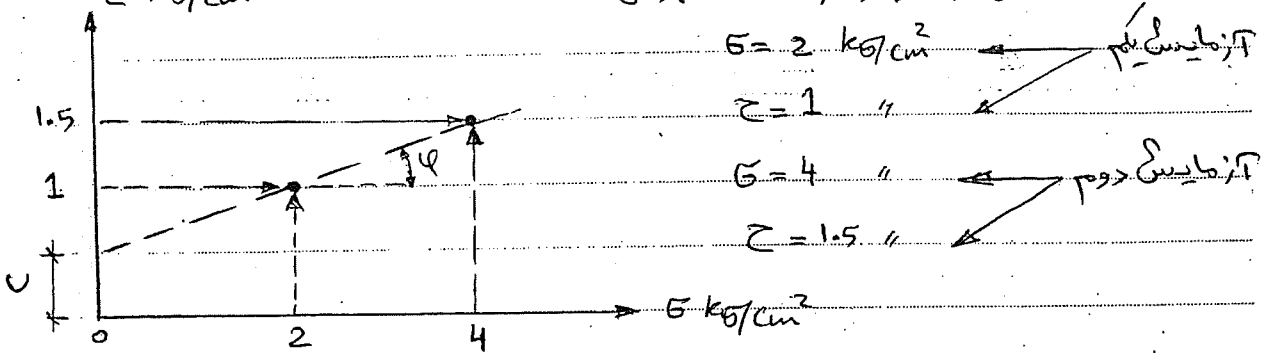
- اگر آزمایش برش، بر روی دو نمونه تویر و سست یک ماسه انجام گیرد، تنش برشی و خشانه پوکی پایانی هردو با هم برابر خواهند شد. الف ۲۶-۱۰

- در خاکی دانه دانه ($c=0$) آزمایش برش مستقیم انجام گرفته و به هنگام گسیختگی برشی، $\sigma = 3\ kg/cm^2$ ، $\tau = \sqrt{3}\ kg/cm^2$ شده است. خواسته می‌شود، زاویه درگیری درونی خاک

$$\tau = \sigma \cdot tg\varphi + c$$

$$tg\varphi = \frac{\tau}{\sigma} = \frac{\sqrt{3}}{3} \rightarrow \varphi = 30^\circ$$

- برروی دو نمونه از خاکی آزمایش برش مستقیم انجام گرفته است. باروی راست به داده ها، خواسته می‌شود پارامترهای تاب برشی خاک



آزمایش یکم: $\sigma = 2\ kg/cm^2$ ، $\tau = 1$ "

آزمایش دوم: $\sigma = 4$ " ، $\tau = 1.5$ "

$$\tau_1 = \sigma_1 tg\varphi + c$$

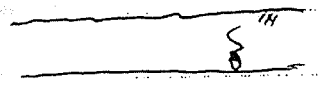
$$\tau_2 = \sigma_2 tg\varphi + c$$

$$tg\varphi = \frac{\tau_2 - \tau_1}{\sigma_2 - \sigma_1} = \frac{1.5-1}{4-2} = 0.25$$

$$\varphi = Arctg\ 0.25 = 14^\circ$$

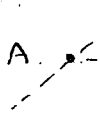
$$1.5 = 4 \times 0.25 + c \Rightarrow c = 0.5\ kg/cm^2$$

- در کدام صفحه گذرنده از نقطه A، تنش برشی بیشینه است؟

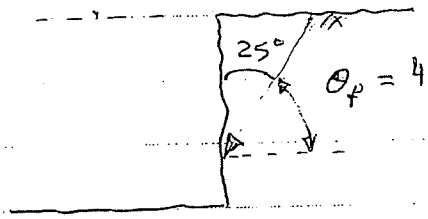


$$\tau = \frac{\sigma_z - \sigma_x}{2} \sin 2\theta$$

در نقطه A، σ_z و σ_x مقادیر ثابتی دارند و رابطه به ازای $\theta = 45^\circ$ بیشینه می‌شود.



- کناره گودال، همانند نگاره ریزش کرده است. خواسته می‌شود زاویه درگیری درونی خاک



$$\theta_f = 45 + \frac{\varphi}{2} = 90 - 25 \rightarrow \varphi = 40^\circ$$

- اگر تنش قائم در رویه‌ای از خاک دانه‌ای ($c=0$) دو برابر شود، تاب برشی در آن رویه چند برابر خواهد شد؟ دو برابر

$\tau = \sigma \cdot tg\varphi + c$

$2\tau = 2\sigma \cdot tg\varphi + 0$

- تاب برشی خاک،

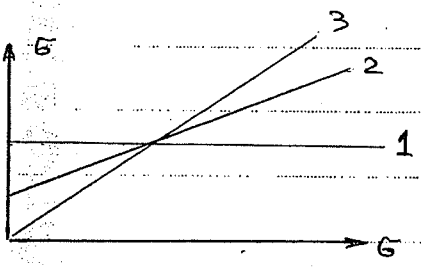
الف) با افزایش σ کاسته می‌شود. ب) با کاهش σ کاسته می‌شود. ✓

پ) نسبت معکوس با φ دارد. ت) نسبت مستقیم با φ دارد.

★ - نسبت مستقیم با $tg\varphi$ دارد نه با φ

★ - $tg\varphi$، مفهوم فیزیکی ضریب اصطکاک خاک با خاک را دارد.

- کدام گزینه درست است.



الف) ۱- SM SP-2 SW-3

ب) ۱- GC ML-2 GP-3

پ) ۱- SC CL-2 SM-3

ت) ✓ ۱- CH SM-2 SP-3

★ - در سن سره، درگیری درونی صفر است.

★ - در SP، ریزدانه خاک ناچیز است و از این رو چسبندگی درونی صفر است.

★ - در SM، لای فراوان میان ماسه‌ها، درگیری میان ماسه‌ها را می‌کاهد.

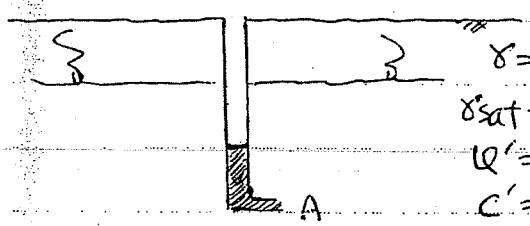
- در رسی سره (۱۰۰٪ دانه‌ها رس) $\varphi'=0$ و $c'=50kpa$ است. بر روی این رس آزمایش سه آکسه‌ای CD انجام می‌گیرد، خواسته می‌شود زاویه رویه گسیختگی و تنش برشی در روی آن

$\theta_f = 45 + \frac{\varphi'}{2} = 45 + \frac{0}{2} = 45^\circ$

تنش برشی در رویه گسیختگی برابر تاب برشی است:

$\tau = \sigma \cdot tg\varphi + c \longrightarrow \tau = 60 \times 0 + 50 \longrightarrow \tau = 50kpa$

- خواسته می‌شود تاب برشی در صفحه افقی گذرنده از نقطه A



$\gamma = 1750 kg/m^3$

$\gamma_{sat} = 2000 kg/m^3$

$\varphi' = 20^\circ$

$c' = 1000 kg/m^2$

$\tau = \sigma'_{zA} \cdot tg\varphi' + c'$

$\sigma'_{zA} = \sigma_{zA} - u_A$

$\sigma'_{zA} = [(2 \times 1750) + (2 \times 2000)] - (2 \times 1000) = 9500 kg/m^2$

$\tau = 9500 \times tg20^\circ + 1000 = 4457$

ب) ۲-۱۰

- بررسی دو نمونه از خاکی آزمایش سه آسه‌ای CD انجام گرفته است. نمونه یکم در $\sigma_3=40kpa$ ، $\sigma_1=120kpa$ و نمونه دوم در $\sigma_3=60kpa$ ، $\sigma_1=180kpa$ گسیخته شده است. خواسته می‌شود C_{CD} ، φ_{CD}

$$CD \rightarrow \begin{cases} \Delta u_c = 0 \\ \Delta u_d = 0 \\ B.P = 0 \quad (\text{زداده}) \\ u_c = 0 \quad (\text{ناچیز}) \end{cases} \rightarrow (\sigma'_3=\sigma_3)\ ,\ (\sigma'_1=\sigma_1)$$

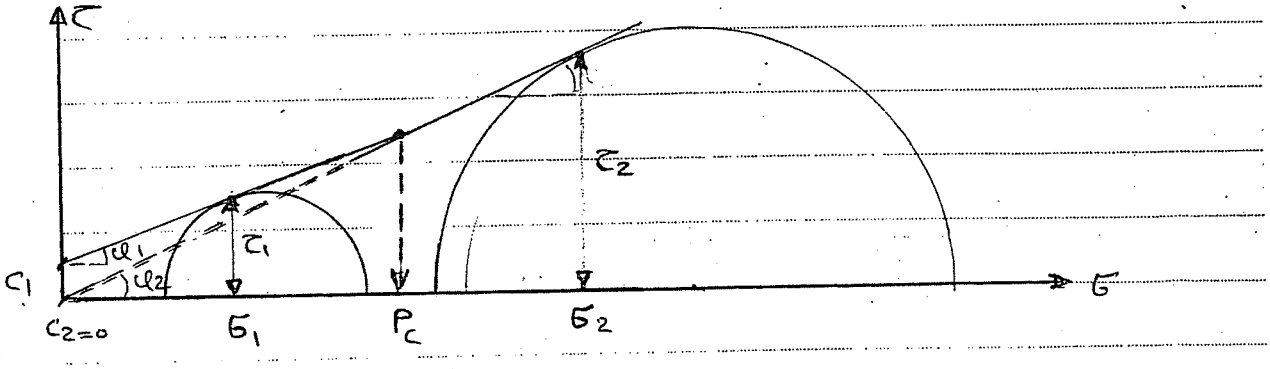
گسیختگی Active $\rightarrow \sigma'_3 = \sigma'_1 tg^2(45-\frac{\varphi_{CD}}{2}) - 2c_{CD} tg(45-\frac{\varphi_{CD}}{2})$

$$\begin{cases} 40 = 120\, tg^2(45-\frac{\varphi}{2}) - 2c\, tg(45-\frac{\varphi}{2}) \\ 60 = 180\, tg^2(45-\frac{\varphi}{2}) - 2c\, tg(45-\frac{\varphi}{2}) \end{cases}$$

دو معادله، دو مجهول:

$$C_{CD}=0\ ,\ \varphi_{CD}=30^\circ$$

- نمونه‌هایی از خاک رس را، با فشار همه‌سویه P_c تحکیم یافته‌اند. بررسی برخی از نمونه‌ها با کاهش فشار همه‌سویه و بررسی برخی دیگر با افزایش فشار همه‌سویه از آزمایش سه‌آسه‌ای CD یا CU انجام گرفته است. خواسته می‌شود P_c



$\sigma_1 < P_c \rightarrow$ OC رفتار ، $\sigma_2 > P_c \rightarrow$ NC رفتار

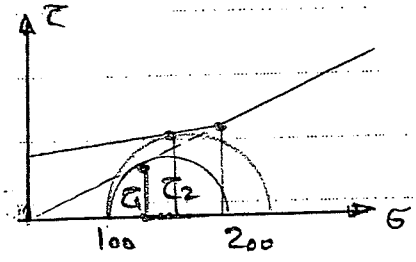
P_c ← خواهد بود: $\tau_1 = \tau_2$

$$\tau_1 = \tau_2$$

$$P_c \times tg\varphi_1 + c_1 = P_c tg\varphi_2 + 0 \rightarrow \boxed{P_c = \frac{c_1}{tg\varphi_2 - tg\varphi_1}}$$

بررسی

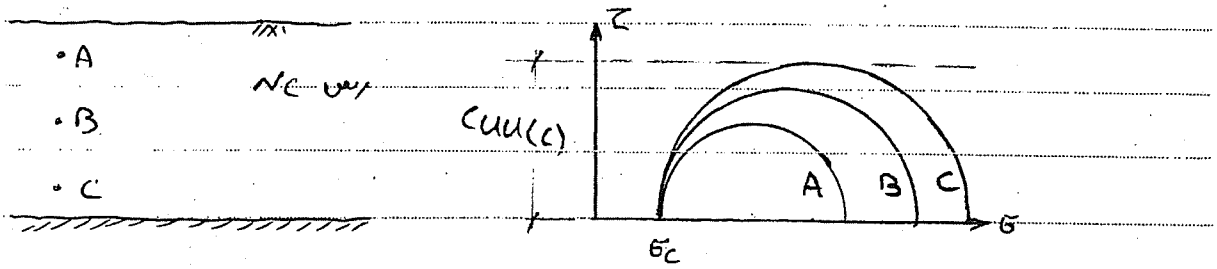
- دو نمونه از یک خاک با فشار همه‌سویه 100kpa، آزمایش CU یا CD انجام می‌گیرد، اگر نمونه دوم پیش از آزمایش با فشار همه‌سویه 200kpa تحکیم یافته باشد، تاب برسی نمونه‌ها چه فرقی با هم خواهد داشت.



τ_1 (NC) < τ_2 (OC)

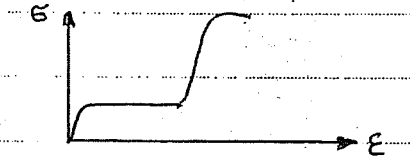
ب) ۱۰-۳

- بررسی نمونه‌های نقاط A، B و C آزمایش سه‌محوری سه‌آسه‌ای U.U با فشار همه‌سویه σ_c برابر با σ_{zA} انجام می‌گیرد. دست‌آورد آزمایش‌ها این‌گونه خواهد بود:



*: اگر $\sigma_{zA} = \sigma_c$ باشد، هر سه دایره به بزرگی دایره C خواهد بود و دایره‌ها بررسی هم می‌افتند.
*: اگر لایه رس OC باشد، دایره‌ها بزرگتر می‌شوند.

- اگر بررسی خاک رس‌داری که سیراب نیست، آزمایش سه‌محوری سه‌آسه‌ای U.U انجام گیرد، نمودار ε و σ این‌گونه خواهد بود.



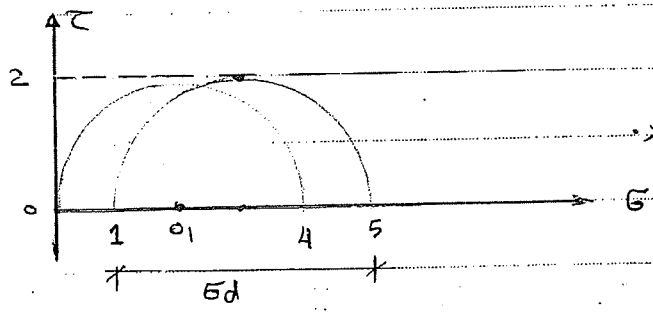
- در بررسی پایداری سیلوانی‌های بندهای خاکی، برای هنگام پایان ساخت، از دست‌آورد کدام آزمایش برای برآورد پارامترهای تاب برشی هسته رسی، بهره می‌برند؟
آزمایش سه‌محوری سه‌آسه‌ای U.U

- تاب فشاری تک‌محوری سه‌آسه‌ای نمونه‌ای دست‌نخورده از خاکی $8\ kg/cm^2$ و پس از دست‌خوردگی $0.6\ kg/cm^2$ شده است. خواسته می‌شود حساسیت خاک

$$\text{حساسیت} = \frac{\text{تاب فشاری تک‌محوری سه‌آسه‌ای نمونه دست‌نخورده}}{\text{تاب فشاری تک‌محوری سه‌آسه‌ای نمونه دست‌خورده}} = 13.3$$

- خاکی $\varphi' = 20^\circ$ و $c' = 50\ kPa$ است. بر روی صفحه‌ای از این خاک، تنش مؤثر قائم بر صفحه $150\ kPa$ و تنش برشی $90\ kPa$ است. آیا در این صفحه گسیختگی رخ می‌دهد.
$\tau = \sigma' \tan\varphi' + c' = 150 \times \tan 20^\circ + 50 = 104.6\ kPa > 90\ kPa$: تاب برشی
دیده می‌شود که تاب برشی از تنش برشی بیشتر است، پس گسیختگی رخ نمی‌دهد.

- بر روی نمونه‌ای رس‌دار، آزمایش تابِ فشاری تک‌محوری انجام گرفته است و تاب فشاری $4\,kg/cm^2$ برآورد گردیده است. اگر بر روی نمونه‌ای دیگر از همان خاک، آزمایش سه‌محوری U.U با فشار پیرامونی $1\,kg/cm^2$ انجام گیرد، به هنگام گسیختگی نمونه، σ_d چه اندازه خواهد شد؟



فشار پیرامونی ترک‌های بسیار ریز درون نمونه را می‌بندد و σ_d اندکی بیشتر از $4\,kg/cm^2$ می‌شود.

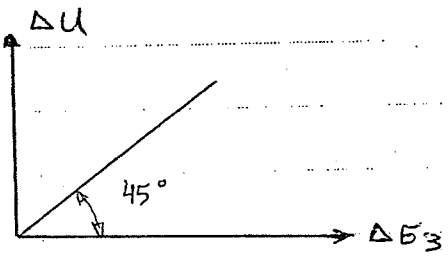
- اگر در خاکی $c' = 20\,kpa$ و $\varphi' = 20^\circ$ باشد و بر روی آن آزمایش سه محوری U.U با $\sigma_3 = 300$ انجام گیرد و با $\sigma_d = 200$ به سرانجام برسد، خواسته می‌شود Δu به هنگام گسیختگی

$$CD: \quad \sigma'_3 = \sigma'_1 \tan^2\left(45 - \frac{\varphi'}{2}\right) - 2c' \tan\left(45 - \frac{\varphi'}{2}\right)$$

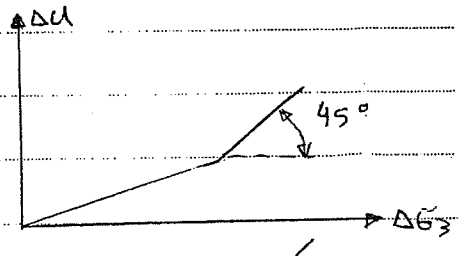
$$(300 - \Delta u) = (300 + 200 - \Delta u)\tan^2\left(45 - \frac{20}{2}\right) - 2 \times 20 \times \tan\left(45 - \frac{20}{2}\right)$$

$$\Delta u = 162\ kpa$$

- در آزمایش سه محوری U.U:



در خاک سیرآب



در خاک نیمه سیرآب

- آزمایش سه محوری U.U بر روی خاک رس‌دار سیرآب انجام گرفته و نمونه با $\sigma_3 = 100$ و $\sigma_1 = 200$ گسیخته شده است. خواسته می‌شود تنش برشی در صفحه گسیختگی.

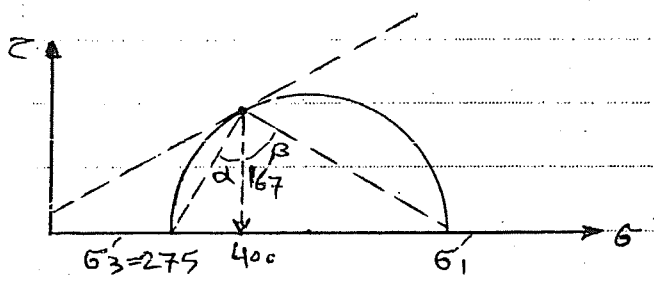
★: تنش برشی در صفحه گسیختگی برابر تاب برشی است.

$$\tau_{uu} = \sigma \cdot \tan\varphi_{uu} + c_{uu} = \sigma \times 0 + c_{uu} \rightarrow \tau_{uu} = c_{uu} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} = \frac{200 - 100}{2} = 50$$

تنش برشی: $\tau = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \sin 2\theta_f = \frac{200 - 100}{2} \sin 90 = 50\ kpa$

$\theta_f = 45 + \frac{\circ}{2} = 45^\circ$ ب) ۵-۱۰

- در آزمایش سه آسه‌ای CD و فشار همه‌سویه 275kpa بوده و در صفحه گسیختگی $\sigma' = 400kpa$ ، $\tau = 167kpa$ شده است. خواسته می‌شود σ_d



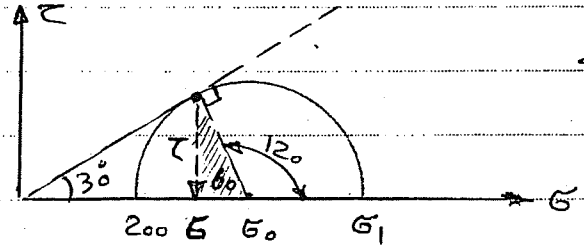
$$tg\alpha = \frac{400-275}{167} = \frac{125}{167} = \frac{1}{tg\beta}$$

$$tg\beta = \frac{\sigma'_1 - 400}{167}$$

$$\frac{167}{125} = \frac{\sigma'_1 - 400}{167} \Rightarrow \sigma'_1 = 623.1$$

$$\sigma_d = \sigma'_1 - \sigma'_3 = 623.1 - 275 = 348.1$$

- بر روی یک نمونه ماسه خشک ($C=0$) آزمایش سه آسه‌ای با $\sigma_3 = 200kpa$ انجام گرفته و گسیختگی در $60°$ از افق رخ داده است. خواسته می‌شود σ و τ در صفحه گسیختگی



$$\sin 30° = \frac{R}{\sigma_0} = \frac{(\sigma_1 - 200)/2}{(\sigma_1 + 200)/2} \rightarrow \sigma_1 = 600$$

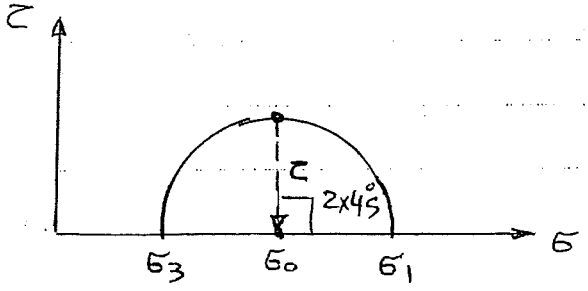
در مثلث هاشور خورده:

$$\tau = R \times \sin 60° \quad , \quad \sigma_0 - \sigma = R \times \cos 60°$$

$$\tau = \frac{600-200}{2} \times \sin 60° = 173.2kpa \quad , \quad \sigma_0 - R\cos 60° = \sigma$$

$$\sigma = \frac{600+200}{2} - \frac{600-200}{2} \times \cos 60° = 300kpa$$

- در نمونه‌ای که زیر آزمایش سه آسه‌ای است (مدتی از زمین یکدست و نخست) خواسته می‌شود تنش برشی و تنش قائم در صفحه $45°$



$$\sigma_0 = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2}$$

$$\tau = R = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$$

- در آزمایش تاب فشاری تک‌آسه‌ای، $\varepsilon_L = 3\varepsilon_d$ شده است. خواسته می‌شود ضریب پواسون نمونه

$$\mu = \frac{\varepsilon_d}{\varepsilon_L} = \frac{1}{3} = 0.33$$

- بررسی خاکی دانه‌ای ($c=0$) آزمایش سه‌محوری CD انجام گرفته و به هنگامی که فشار همه‌سویه $1\,kg/cm^2$ بوده، نمونه با تنش انحرافی $2\,kg/cm^2$ گسیخته شده است. خواسته می‌شود: (DAS)

الف) پارامترهای تاب برشی؟

$$\sigma_3' = \sigma_1' \tan^2\left(45-\frac{\varphi'}{2}\right) - 2c' \tan\left(45-\frac{\varphi'}{2}\right)$$

$$1 = (1+2)\tan\left(45-\frac{\varphi'}{2}\right) - 2\times 0 \rightarrow \varphi' = 30^\circ$$

ب) زاویه صفحه گسیختگی از افق؟

$$\theta_f = 45 + \frac{\varphi'}{2} = 45 + \frac{30}{2} = 60^\circ$$

پ) تنش قائم و تنش برشی در صفحه گسیختگی؟

$$\sigma_f' = \frac{\sigma_1'+\sigma_3'}{2} + \frac{\sigma_1'-\sigma_3'}{2}\cos(2\theta_f)$$

$$\sigma_f' = \frac{3+1}{2} + \frac{3-1}{2}\cos(2\times 60) = 1.5\ kg/cm^2$$

$$\tau_f = \frac{\sigma_1'-\sigma_3'}{2}\sin(2\theta_f) = \frac{3-1}{2}\sin(2\times 60^\circ) = 0.866\ kg/cm^2$$

ت) بیشینه تنش برشی در نمونه؟

$$\tau = \frac{\sigma_1'-\sigma_3'}{2}\sin(2\theta) \qquad \theta = 45^\circ \rightarrow \tau_{max} = \frac{3-1}{1} = 1\ kg/cm^2$$

ث) چرا در حالی که تنش برشی در صفحه 45° بیشترین است، گسیختگی در صفحه 60° رخ می‌دهد؟

$$\sigma'_{45^\circ} = \frac{3+1}{2} + \frac{3-1}{2}\cos(2\times 45^\circ) = 2\ kg/cm^2$$

$$\tau_{45^\circ} = \sigma' \tan\varphi' + c' = 2\tan 30^\circ + 0 = 1.15 > \tau_{max} = 1\ kg/cm^2$$

$$\tau_{60^\circ} = 1.5\tan 30^\circ + 0 = 0.866 \Leftrightarrow \tau_f = 0.866$$

در صفحه گسیختگی (60°) تنش برشی برابر تاب برشی است.

در صفحه (45°) تنش برشی بیشینه کمتر از تاب برشی است.

از صفحه ب) ۹-۲۹

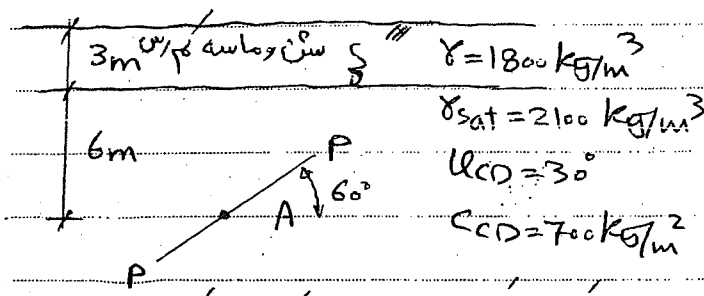
اگر تلفظ کنونی، Tarbiz (نورس برپا) را مبنا بگیریم، واژگان هم‌آوا با آن هنوز در زبان ترکی کاربرد دارند. kabiz (زیرانداز) - yelbiz (زلف)

ilbiz (حلزون) - Bimbiz (سیخ سیخ) - Dinbiz (هیولا)

yanbiz (پهلو برجسته) و Titiz، sağız، yağız، daniz، maniz

samiz نیز قرابت دارند. پ) ۷-۱۰

- اگر در زمین خاکریز، فشار موثر افقی $\frac{1}{2}$ فشار موثر قائم باشد، خواسته می‌شود تاب برشی و تنش برشی در صفحه P



$\sigma'_{zA} = (3\times1800) + (6\times2100) = 18000$

$u_A = 6\times1000 = 6000\ kg/m^2$

$\sigma'_{zA} = 18000 - 6000 = 12000\ kg/m^2$

$\sigma'_{xA} = \frac{1}{2}\times12000 = 6000\ kg/m^2$

تنش نرمال بر صفحه P ←

$$\sigma'_\theta = \frac{\sigma'_z + \sigma'_x}{2} + \frac{\sigma'_z - \sigma'_x}{2}\cos(2\theta)$$

$$\sigma'_{\theta=60^\circ} = \frac{12000+6000}{2} + \frac{12000-6000}{2}\cos(2\times60) = 7500\ kg/m^2$$

تنش برشی در صفحه P ←

$$\tau_\theta = \frac{\sigma'_z - \sigma'_x}{2}\sin(2\theta)$$

$$\tau_{\theta=60} = \frac{12000-6000}{2}\sin(2\times60) = 2598\ kg/m^2$$

تاب برشی در صفحه P ←

$$\tau = \sigma' \cdot tg\varphi' + c'$$

$$\tau_{\theta=60} = 7500\times tg30^\circ + 700 = 5030$$

- آزمایش سه محوری CD با فشار همه سویه $4\ kg/cm^2$ بر روی نمونه‌ای که در آن، $C_{CD} = 0.3\ kg/cm^2$ و $\varphi_{CD} = 23^\circ$ است، انجام می‌گیرد. با چه اندازه کاهش یا افزایش تنش قائم نمونه می‌گسلد؟

کاهش تنش قائم $\Rightarrow \sigma_v < \sigma_h \Rightarrow$ Passive:

$$4 = (4 - \sigma_{dp})\,tg^2\left(45 + \frac{23}{2}\right) + 2\times0.3\,tg\left(45 + \frac{23}{2}\right)$$

$$\sigma_{dp} = 2.65\ kg/cm^2$$

افزایش تنش قائم $\Rightarrow \sigma_v > \sigma_h \Rightarrow$ Active:

$$4 = (4 + \sigma_{dp})\,tg^2\left(45 - \frac{23}{2}\right) - 2\times0.3\times tg\left(45 - \frac{23}{2}\right)$$

$$\sigma_{dp} = 6.04\ kg/cm^2$$

- خاکی $\varphi_{cu}=20^\circ$ و $\varphi_{cd}=25^\circ$ است. بر روی نمونه‌ای از این خاک، زیر فشار همه‌سویه $200kPa$، آزمایش CU انجام گرفته است. خواسته می‌شود A_f

$$\sigma_3=\sigma_1 tg^2(45-\frac{\varphi_{cu}}{2})-2c_{cu}tg(45-\frac{\varphi_{cu}}{2})$$

$$200=\sigma_1 tg^2(45-\frac{20}{2})-0 \longrightarrow \sigma_1=408\ kpa$$

$$\sigma_3'=\sigma_1' tg^2(45-\frac{\varphi_{cd}}{2})-2c_{cd}tg(45-\frac{\varphi_{cd}}{2})$$

$$(200-\Delta u_{df})=(408-\Delta u_{df})tg^2(45-\frac{25}{2})-0 \longrightarrow \Delta u_{df}=58\ kpa$$

$$A_f=\frac{\Delta u_{df}}{\sigma_d}=\frac{58}{408-200}=0.28$$

- نمونه‌ای از خاک پرسس بالا، با فشار پیرامونی $350kpa$ حالی که پس فشار $150kpa$ نیز به آن اثر می‌کند، تحکیم می‌یابد و بر روی آن آزمایش سه‌آسه‌ای CU انجام می‌گیرد. خواسته می‌شود σ_{df}.

$$A_f=\frac{\Delta u_{df}}{\sigma_d} \longrightarrow 0.28=\frac{\Delta u_{df}}{\sigma_d} \longrightarrow \Delta u_{df}=0.28\sigma_d$$

$$\sigma_3'=\sigma_1' tg^2(45-\frac{\varphi_{cd}}{2})-2c_{cd}tg(45-\frac{\varphi_{cd}}{2})$$

$$(350-(150+\Delta u_{df}))=(350+\sigma_d-(150+\Delta u_{df}))tg^2(45-\frac{25}{2})-0$$

$$(350-150-0.28\sigma_d)=(350+\sigma_d-150-0.28\sigma_d)tg^2(45-\frac{25}{2})-0$$

$$\sigma_d=208\ kpa$$

- نمونه‌ای با فشار پیرامونی $350\frac{kN}{m^2}$ و پس فشار $150\frac{kN}{m^2}$ تحکیم می‌یابد و پس از بسته شدن شیر زهکش، فشار پیرامونی آن به $400\frac{kN}{m^2}$ رسانده می‌شود و فشار آب درون نمونه $185\frac{kN}{m^2}$ یا راست می‌گردد. در گام دیگر، نمونه با اثر کردن $\sigma_d=208\frac{kN}{m^2}$ به گسیختگی می‌رسد و به هنگام گسیختگی فشار آب درون نمونه $243.2\frac{kN}{m^2}$ یا راست می‌شود. خواسته می‌شود پارامترهای A_f و B.

$$B=\frac{\Delta u_c}{\Delta \sigma_c}=\frac{185-150}{400-350}=0.70$$

$$A=\frac{\Delta u_d}{\sigma_d}=\frac{243-185}{208}=0.28$$

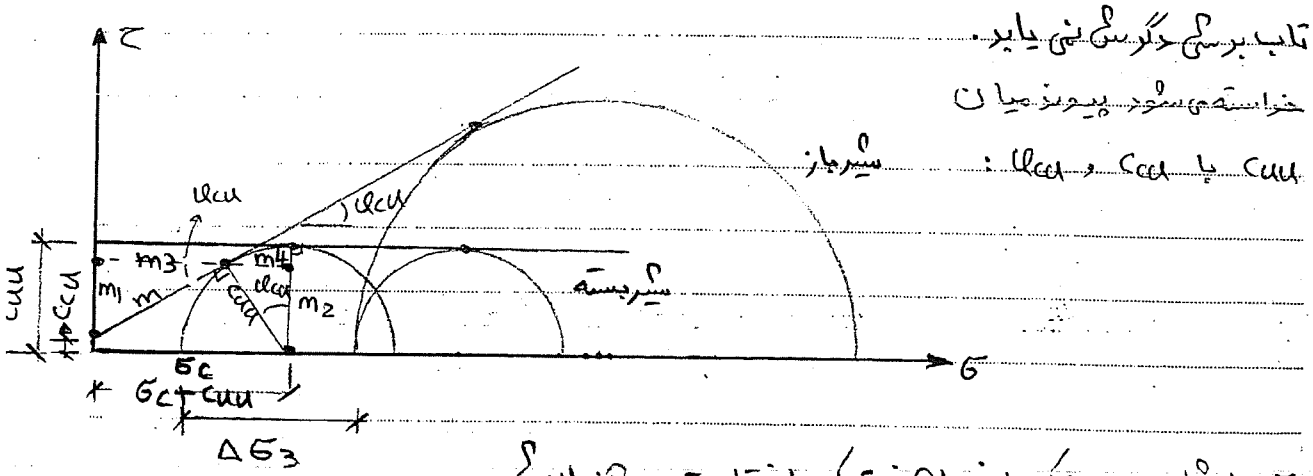
- در آزمایش تک‌آسه‌ای، نمونه‌ای به قطر $5cm$ و بلندی $10cm$ زیر بیرونی $35kgf$، $0.5cm$ کوچک شده و گسیخته شده است. خواسته می‌شود C_{uu}

$$A_p=\frac{A_0}{1-\frac{\Delta L}{L_0}}=\frac{\pi 5^2/4}{1-\frac{0.5}{10}}=20.65cm^2 \qquad \sigma_d=\frac{F_v}{A_f}=\frac{35}{20.65}=1.7\ kg/cm^2 \longrightarrow c_{uu}=\frac{\sigma_d}{2}=\frac{1.7}{2}=0.85\ kg/cm^2$$

ب) ۱۰۰۹

در آزمایش سه محوری تحکیم یافته زهکشی شده، اگر پس از تحکیم (صفر شدن Δu_c)، شیر زهکشی بسته شود و فشار همه‌سویه افزایش داده شود، تا لب برشی چه اتفاقی می‌یابد؟

از آنجا که افزایش فشار همه‌سویه Δu را افزایش و به $\Delta\sigma'$ افزوده نمی‌شود، پس تا لب برشی دگرسانی نمی‌یابد.



خواسته می‌شود پیوند میان c_{uu} با c_{cu} و ϕ_{cu}: شیربسته

σ_c: فشار همه‌سویه‌ای که نمونه با آن تحکیم یافته است. در آزمایش تک‌محوری $\sigma_c = 0$ خواهد بود.

$$m_3 + m_4 = \sigma_c + c_{uu} \Rightarrow m\cos\phi_{cu} + c_{uu}\times\sin\phi_{cu} = \sigma_c + c_{uu}$$

$$m = \frac{\sigma_c + c_{uu}(1-\sin\phi_{cu})}{\cos\phi_{cu}}$$

$$m_2 = c_{cu} + m_1$$

$$c_{uu}\times\cos\phi_{cu} = c_{cu} + m\times\sin\phi_{cu}$$

$$c_{uu}\times\cos\phi_{cu} = c_{cu} + \frac{\sigma_c + c_{uu}(1-\sin\phi_{cu})}{\cos\phi_{cu}}\times\sin\phi_{cu}$$

$$c_{uu}\times\cos^2\phi_{cu} = c_{cu}\times\cos\phi_{cu} + \sigma_c\times\sin\phi_{cu} + c_{uu}(\sin\phi_{cu} - \sin^2\phi_{cu})$$

$$c_{uu}(\cos^2\phi_{cu} + \sin^2\phi_{cu} - \sin\phi_{cu}) = c_{cu}\times\cos\phi_{cu} + \sigma_c\times\sin\phi_{cu}$$

$$c_{uu}(1-\sin\phi_{cu}) = c_{cu}\times\cos\phi_{cu} + \sigma_c\times\sin\phi_{cu}$$

$$\boxed{c_{uu} = c_{cu}\frac{\cos\phi_{cu}}{1-\sin\phi_{cu}} + \sigma_c\frac{\sin\phi_{cu}}{1-\sin\phi_{cu}}}$$

در خاکی $\phi_{cu}=20°$ و $c_{cu}=50\ kpa$ است. نمونه‌ای از این خاک با فشار همه‌سویه σ_c تحکیم یافته، سپس در آزمایش U.U با تنش انحرافی $\sigma_d = 200\ kpa$ گسیخته شده است. خواسته می‌شود σ_c

$$c_{uu} = \frac{\sigma_d}{2} = \frac{200}{2} = 100\ kpa$$

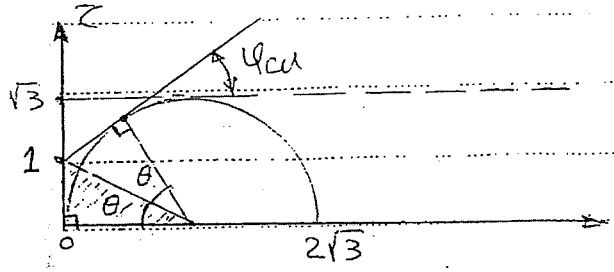
$$100 = 50\frac{\sin 20°}{1-\sin 20°} + \sigma_c\frac{\sin 20°}{1-\sin 20°} \rightarrow \sigma_c = 55\ kpa$$

ب) ۱۰-۱۰

• چسبندگی خاکی $C_{cu}=1\ kg/cm^2$ و زاویه‌ی اصطکاکی تک آسه‌ای آن $\varphi_u=2\sqrt{3}\ kg/cm^2$ است. اگر نمونه‌ای از این خاک در آزمایش سه آسه‌ای C_u با فشار پیرامونی $1\ kg/cm^2$ فشرده شود، با چقدر تنش انحرافی به گسیختگی خواهد رسید. (ک ۸۵)

الف) $3+2\sqrt{3}$ ب) $2(1+\sqrt{3})$ ✓ ج) $1+\sqrt{3}$ د) $2(\sqrt{3}-1)$

دو مثلث مشابه:



$$tg\,\theta=\frac{1}{\sqrt{3}}\rightarrow\theta=30^\circ\rightarrow\varphi_{cu}=30^\circ$$

$$\sigma_3=\sigma_1 tg^2\left(45-\frac{\varphi_{cu}}{2}\right)-2c$$

$$\sigma_3=\sigma_1\cdot k_a-2c\sqrt{k_a}$$

$$1=(1+\sigma_d)\times\frac{1}{3}-2\times1\times\sqrt{\frac{1}{3}}$$

$$\sigma_d=2(1+\sqrt{3})$$

راه‌کار دوم:

$$c_{uu}=\frac{q_u}{2}=\frac{2\sqrt{3}}{2}=\sqrt{3}$$

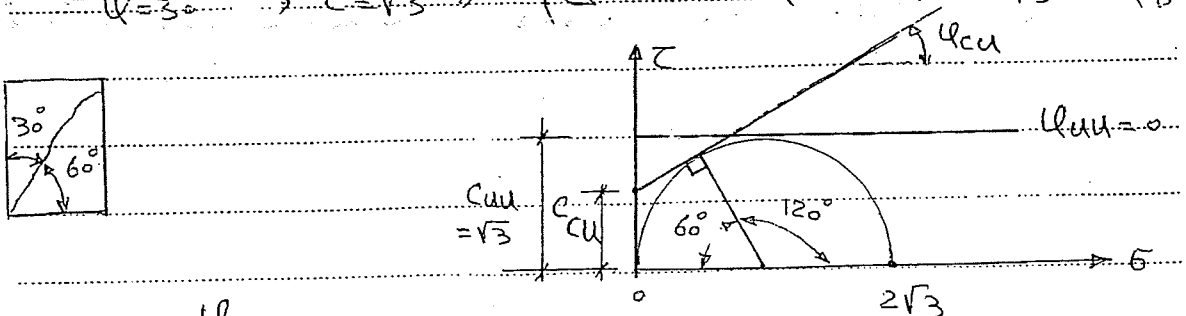
$$c_{uu}=c_u\frac{\cos\varphi_{cu}}{1-\sin\varphi_{cu}}+\sigma_0\frac{\sin\varphi_{cu}}{1-\sin\varphi_{cu}}$$

$$\sqrt{3}=1\ \frac{\cos\varphi_{cu}}{1-\sin\varphi_{cu}}+0\rightarrow\varphi_{cu}=30^\circ$$

• نمونه‌ای در آزمایش تک آسه‌ای با $\sigma_v=2\sqrt{3}$ گسیخته شده است. اگر زاویه رویه گسیخته شده از راستای قائم 30° باشد، خواسته می‌شود φ و C (ک ۸۶)

الف) $\varphi=0$ ، $c=1\ kg/cm^2$ ب) $\varphi=0$ ، $c=\sqrt{3}$ ✓

ج) $\varphi=30^\circ$ ، $c=1\ kg/cm^2$ د) $\varphi=30^\circ$ ، $c=\sqrt{3}$



$$\theta_p=45+\frac{\varphi}{2}=60\Rightarrow\varphi=30^\circ\Rightarrow c_{cu}=1\qquad(c_{uu}>c_{cu})$$

$$c_{uu}=c_{cu}\frac{\cos\varphi_{cu}}{1-\sin\varphi_{cu}}+\sigma_0\frac{\sin\varphi_{cu}}{1-\sin\varphi_{cu}}\Rightarrow\sqrt{3}=c_{cu}\frac{\cos30^\circ}{1-\sin30^\circ}+0\times\frac{\sin\varphi}{1-\sin\varphi}$$

$c_{cu}=1\ kg/cm^2$ ب) 1.11

- در خاکی $C_{cu}=18\ kN/m^2$ و $\varphi_{cu}=20^\circ$ است. اگر بر روی نمونه‌ای از این خاک، آزمایش تاب فشاری تک‌محوری انجام گیرد، تاب فشاری تک‌محوری چه اندازه خواهد شد؟

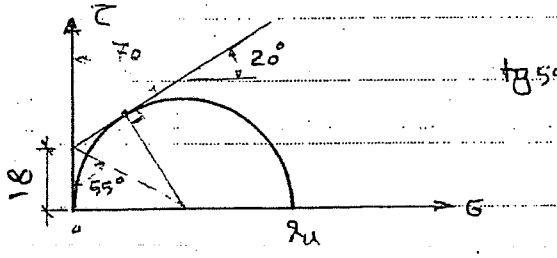
روش اول:

$$C_{uu}=C_{cu}\frac{\cos\varphi_{cu}}{1-\sin\varphi_{cu}}+\sigma_0\frac{\sin\varphi_{cu}}{1-\sin\varphi_{cu}}$$

$$C_{uu}=18\frac{\cos 20^\circ}{1-\sin 20^\circ}+0\frac{\sin 20}{1-\sin 20}\rightarrow C_{uu}=25.7\ kN/m^2$$

$$q_u=2C_{uu}=51.4\ kN/m^2$$

روش دوم:

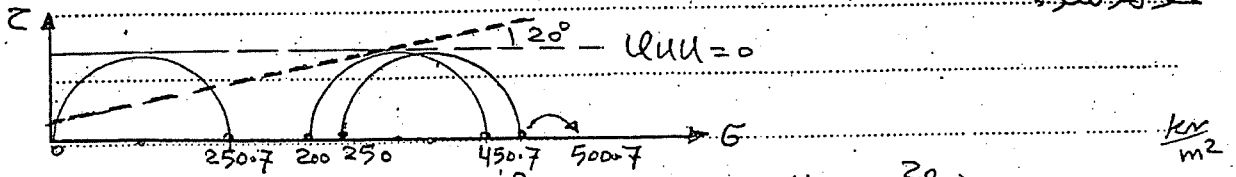


$$tg55=\frac{18}{R}=\frac{18}{C_{uu}}\rightarrow C_{uu}=25.7\ kN/m^2$$

$$q_u=2R=2C_{uu}=51.4\ kN/m^2$$

- نمونه‌ای که در آن $C_{cu}=15\ kN/m^2$، $\varphi_{cu}=20^\circ$ است، با فشار همه‌سویه $200\ kN/m^2$ تحکیم می‌یابد و پس از بسته شدن شیر زهکش، فشار همه‌سویه آن به $250\ kN/m^2$ رسانده می‌شود و با اثر دادن $\Delta\sigma_d$ به گسیختگی می‌رسد. خواسته می‌شود $\Delta\sigma_d$؟

اگر بر روی این نمونه آزمایش تاب فشاری تک‌محوری انجام گیرد، $\Delta\sigma_d$ چقدر خواهد شد.



$$200=(200+\Delta\sigma_d)\,tg^2\left(45-\frac{20}{2}\right)-2\times15\times tg\left(45-\frac{20}{2}\right)\Rightarrow\Delta\sigma_d=250.7$$

راه‌حل دوم:

$$C_{uu}=C_{cu}\frac{\cos\varphi_{cu}}{1-\sin\varphi_{cu}}+\sigma_0\frac{\sin\varphi_{cu}}{1-\sin\varphi_{cu}}$$

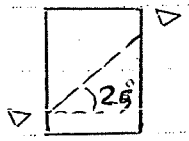
$$C_{uu}=15\frac{\cos 20}{1-\sin 20}+200\frac{\sin 20}{1-\sin 20}\rightarrow C_{uu}=125.35\ kN/m^2$$

$$\Delta\sigma_d=2\times C_{uu}=2\times125.35=250.7\ kN/m^2$$

فقط هر سه حرارت باهم برابر خواهد بود (حالت U.U)

- بر روی نمونه‌ای ماسه‌ای و خشک ($c=0$) آزمایش سه‌آسه‌ای با $\sigma_3 = 1\ kg/cm^2$ و $\sigma_d = 2\ kg/cm^2$ به گسیختگی رسیده است. خواسته می‌شود تعاب برشی خاک

در صفحه Δ



$$\sigma_3 = \sigma_1 tg^2(45 - \frac{\varphi}{2}) - 2c\,tg(45 - \frac{\varphi}{2})$$

$$1 = (1+2)\,tg^2(45 - \frac{\varphi}{2}) - 0 \rightarrow \varphi = 30^\circ$$

$\theta_f = 45 + \frac{\varphi}{2} = 45 + \frac{30}{2} = 60^\circ$ ← پس صفحه Δ نمی‌لغزد.

$$\sigma_n = \frac{\sigma_1+\sigma_3}{2} + \frac{\sigma_1-\sigma_3}{2}\cos(2\theta) = \frac{3+1}{2} + \frac{3-1}{2}\cos(2\times 25^\circ) = 2.64$$

$$\tau = \frac{\sigma_1-\sigma_3}{2}\sin(2\theta) = \frac{3-1}{2}\sin(2\times 25^\circ) = 0.76\ kg/cm^2 \quad \text{(تنش برشی)}$$

$$\tau = \sigma_n \cdot tg\varphi + c = 2.64 \times tg30^\circ + 0 = 1.52\ kg/cm^2 \quad \text{(تعاب برشی)}$$

- خاکی دانه‌دانه، $\varphi_{CD} = 27^\circ$ است. اگر نمونه‌ای از این خاک در آزمایش CD، زیر فشار همه‌سویه $100\ kN/m^2$ باشد، با چه اندازه کاهش فشار افقی و همان اندازه افزایش فشار قائم، نمونه گسیخته خواهد شد.

$$\sigma_3' = \sigma_1 tg^2(45 - \frac{\varphi_{CD}}{2}) - 2c_{CD}\,tg(45 - \frac{\varphi_{CD}}{2})$$

$$(100 - \Delta\sigma) = (100 + \Delta\sigma)\,tg(45 - \frac{27}{2}) - 0 \rightarrow \Delta\sigma = 45.4\ kN/m^2$$

- خاکی $\varphi_{CD} = 25^\circ$ و $c_{CD} = 0.1\ kg/cm^2$ است. اگر نمونه‌ای از این خاک در آزمایش سه‌آسه‌ای CD، با فشار همه‌سویه $2.5\ kg/cm^2$ تحکیم یابد و همگام با ثابت ماندن فشار افقی، فشار قائم آن کاهش یابد، نمونه زیر چه فشار قائمی گسیخته خواهد شد.

$\sigma_1 < \sigma_3 \rightarrow$ Passive $\rightarrow$

$$\sigma_3' = \sigma_1 tg^2(45 + \frac{\varphi_{CD}}{2}) + 2c_{CD}\,tg(45 + \frac{\varphi_{CD}}{2})$$

$$2.5 = \sigma_1 tg^2(45 + \frac{25}{2}) + 2\times 0.1\,tg(45 + \frac{25}{2})$$

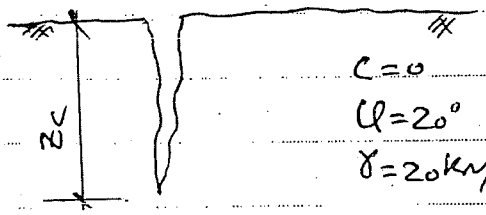
- خاکی $\varphi_{CD} = 25^\circ$ و $c_{CD} = 0.1\ kg/cm^2$ است. نمونه‌ای از این خاک در آزمایش تک آسه‌ای زیر فشار قائم $1.5\ kg/cm^2$ گسیخته شده است. خواسته می‌شود فشار آب میان دانه‌ای به هنگام گسیختگی

$$\sigma_3' = \sigma_1 tg^2(45 - \frac{\varphi_{CD}}{2}) - 2c_{CD}\,tg(45 - \frac{\varphi_{CD}}{2})$$

$$(0 - \Delta u) = (1.5 - \Delta u)\,tg^2(45 - \frac{25}{2}) - 2\times 0.1 \times tg(45 - \frac{25}{2})$$

$$\Delta u = -0.81\ kg/cm^2$$

- در زمین خاکریزی، زمین لرزه‌ای تنش برشی $100\ kN/m^2$ پدید می‌آورد، خواسته می‌شود ژرفای ترک.



در ژرفایی که تاب برشی بیشتر از تنش برشی زمین لرزه باشد، ترک و جابجایی رخ می‌دهد.

$$\tau = \sigma_z \cdot tg\varphi + c = (z_c \times \gamma) \times tg\varphi + c = z_c \times 20 \times tg20^\circ + c = 100$$

$$z_c = 13.74\ m$$

- بررسی یک نمونه از خاک دانه‌دانه ($c=0$) که در آن $\varphi' = 30^\circ$ است، آزمایش سه‌محوری CD انجام گرفته و به هنگام گسیختگی $\sigma_1 + \sigma_3 = 120$ شده است. خواسته می‌شود تنش برشی در صفحه گسیختگی

$$\begin{cases} \sigma'_3 = \sigma'_1 tg^2(45 - \frac{30^\circ}{2}) - 2 \times 0 \times tg(45 - \frac{30^\circ}{2}) \\ \sigma_1 + \sigma_3 = 120 \quad (\sigma'_1 + \sigma'_3 = 120) \end{cases} \rightarrow \sigma'_1 = 90,\ \sigma'_3 = 30\ kPa$$

$$\theta_f = 45 + \frac{\varphi}{2} = 45 + \frac{30}{2} = 60^\circ$$

$$\tau = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \sin(2\theta_f) = \frac{90 - 30}{2} \sin(2 \times 60^\circ) = 26\ kPa$$

- در آزمایشگاه مکانیک سنگ، بررسی نمونه‌ای از سنگ آهک آزمایش تاب فشاری سه‌محوری با $\sigma_1 = 25\ kg/cm^2$ و $\sigma_3 = 5\ kg/cm^2$ انجام می‌شود. خواسته می‌شود تنش برشی بیشینه (τ_{max}) در نمونه؟

★: تنش برشی در صفحه $\theta = 45^\circ$ بیشینه است.

$$\tau_{max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \sin(2\theta) = \frac{25 - 5}{2} \sin(2 \times 45^\circ) = 10\ kg/cm^2$$

- در خاک کاملاً چسبنده ($\varphi' = 0$ و ۱۰۰٪ رس)، $c' = 50\ kPa$ است. نمونه‌ای از این خاک با $\sigma'_1 = 120\ kPa$ گسیخته شده است، خواسته می‌شود σ'_3

$$\sigma'_3 = \sigma'_1 tg^2(45 - \frac{\varphi'}{2}) - 2c' tg(45 - \frac{\varphi'}{2})$$

$$\sigma'_3 = 120\, tg^2(45 - \frac{0}{2}) - 2 \times 50\, tg(45 - \frac{0}{2})$$

$$\sigma'_3 = 20\ kPa$$

★: به نظر می‌رسد که اگر $\sigma'_3 = 40\ kPa$ شود یا بیشتر $\sigma'_1 = 140\ kPa$ گردد تا σ_d ثابت بماند، در حالی که عملاً این چنین نخواهد بود، $\sigma_d = \sigma'_1 - \sigma'_3 = 140 - 40 = 100 = cte$

در آزمایش CD با افزایش σ_3، نمونه بیشتر تحکیم می‌یابد و c' افزوده می‌شود و ---

- بررسی دو نمونه از خاکی، دو آزمایش سه آسوای CU انجام گرفته است، خواسته می شود C_{cu}، φ_{cu} و C_{CD}، φ_{CD}

آزمایش اول: $\sigma_3 = 1\ kg/cm^2$، $\sigma_d = 2\ kg/cm^2$، $\Delta u_{dp} = 0.5\ kg/cm^2$

آزمایش دوم: $\sigma_3 = 2\ kg/cm^2$، $\sigma_d = 4\ kg/cm^2$، $\Delta u_{dp} = 1\ kg/c^2$

$$CU:\quad \sigma_3 = \sigma_1 tg^2(45 - \frac{\varphi_{cu}}{2}) - 2C_{cu} tg(45 - \frac{\varphi_{cu}}{2})$$

$$\begin{cases} 1 = (1+2) tg^2(45 - \frac{\varphi_{cu}}{2}) - 2C_{cu} tg(45 - \frac{\varphi_{cu}}{2}) \\ 2 = (2+4) tg^2(45 - \frac{\varphi_{cu}}{2}) - 2C_{cu} tg(45 - \frac{\varphi_{cu}}{2}) \end{cases} \rightarrow \varphi_{cu} = 30^\circ,\ C_{cu} = 0$$

$$CD:\quad \sigma'_3 = \sigma'_1 tg^2(45 - \frac{\varphi_{CD}}{2}) - 2C_{CD} tg(45 - \frac{\varphi_{CD}}{2})$$

$$\begin{cases} (1-0.5) = (1+2-0.5) tg^2(45 - \frac{\varphi_{CD}}{2}) - 2C_{CD} tg(45 - \frac{\varphi_{CD}}{2}) \\ (2-1) = (2+4-1) tg^2(45 - \frac{\varphi_{CD}}{2}) - 2C_{CD} tg(45 - \frac{\varphi_{CD}}{2}) \end{cases} \rightarrow \varphi_{CD} = 41.8^\circ,\ C_{CD} = 0$$

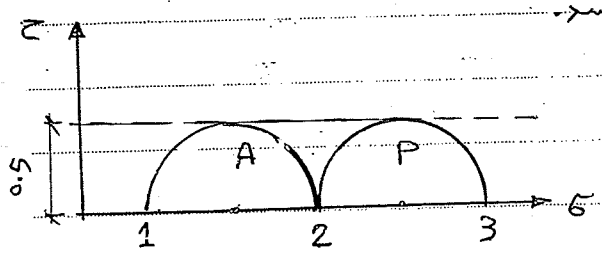
- در خاک رس داری $C_{uu} = 0.5\ kg/cm^2$ برآورد شده است. بررسی نمونه‌ای از این خاک آزمایش U.U انجام می‌گیرد. اگر فشار جانبی $2\ kg/cm^2$ باشد، این نمونه چه بازه‌ای از فشار افقی را می‌تواند برتابد.

$$U.U \rightarrow \varphi_{uu} = 0 \rightarrow \begin{cases} k_a = 1 \\ k_p = 1 \end{cases}$$

$$\text{Active}:\quad \sigma_3 = \sigma_1 k_a - 2c\sqrt{k_a} \rightarrow \sigma_3 = 2\times 1 - 2\times 0.5\times\sqrt{1} = 1\ kg/cm^2$$

$$\text{Passive}:\quad \sigma_3 = \sigma_1 k_p + 2c\sqrt{k_p} \rightarrow \sigma_3 = 2\times 1 + 2\times 0.5\times\sqrt{1} = 3\ kg/cm^2$$

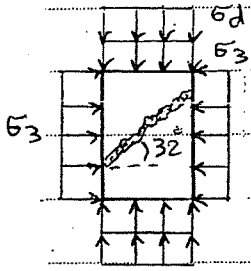
هیچ نقطه در بازه فشار افقی 1 تا 3 پایدار است. در فشار $1\ kg/cm^2$ به گسیختگی Active، در فشار $3\ kg/cm^2$ به گسیختگی Passive می‌رسد.



- دامنه کوهستانی خاک CC است. به هنگام زمین لرزه، پایداری دامنه با کدام پارامترهای تاب برشی بررسی می‌شود؟ ($\tau_{cu} = \sigma \cdot tg\varphi_{cu} + C_{cu}$) C_{cu}، φ_{cu}

ب) ۱۸-۱۰

- بررسی نمونه‌ای که دارای رگه ناتوان است، آزمایش سه‌آسه‌ای CD انجام می‌گیرد. با چه مقدار σ_d نمونه گسیخته خواهد شد؟ زاویه صفحه گسیختگی از افق چه اندازه خواهد شد؟



- خاک بالا $\varphi' = 30^\circ$ ، $c' = 0.2 kg/cm^2$
- رگه $\varphi' = 28^\circ$ ، $c' = 0$
- خاک پایین $\varphi = 22^\circ$ ، $c' = 0.4 kg/cm^2$

- برای گسیختگی خاک بالا:

$$\sigma_3 = \sigma_1' \tan^2(45 - \frac{\varphi'}{2}) - 2c' \tan(45 - \frac{\varphi'}{2})$$

$$3 = \sigma_1' \tan^2(45 - \frac{30}{2}) - 2 \times 0.2 \tan(45 - \frac{30}{2}) \rightarrow \sigma_1' = 9.69 kg/cm^2$$

- برای گسیختگی رگه:

تنش برشی = تاب برشی

$$\frac{\sigma_1' - \sigma_3'}{2} \times \sin(2\theta) = \left[\frac{\sigma_1' + \sigma_3'}{2} + \frac{\sigma_1' - \sigma_3'}{2} \cos(2\theta)\right] \times \tan\varphi' + c'$$

$$\frac{\sigma_1' - 3}{2} \times \sin(2 \times 32^\circ) = \left[\frac{\sigma_1' + 3}{2} + \frac{\sigma_1' - 3}{2} \cos(2 \times 32)\right] \tan 28^\circ + 0 \rightarrow \sigma_1' = 26.80$$

- برای گسیختگی خاک پایین:

$$\sigma_3 = \sigma_1' \tan^2(45 - \frac{\varphi'}{2}) - 2c' \tan(45 - \frac{\varphi'}{2})$$

$$3 = \sigma_1' \tan^2(45 - \frac{22}{2}) - 2 \times 0.4 \tan(45 - \frac{22}{2}) \rightarrow \sigma_1' = 7.78 kg/cm^2$$

کمترین σ_1'، نخستین گسیختگی را پدید می‌آورد.

$$\sigma_d = \sigma_1' - \sigma_3' = 7.78 - 3 = 4.78 kg/cm^2$$

$$\theta_f = 45 + \frac{\varphi'}{2} = 45 + \frac{22}{2} = 56^\circ$$

- خاکی $\varphi' = 20^\circ$ ، $c' = 100 kPa$ است. بررسی نمونه‌ای از این خاک، با فشار همه‌سویه 150kPa آزمایش سه‌آسه‌ای CD انجام می‌گیرد، خواسته می‌شود تاب برشی نمونه؟

$$\sigma_3 = \sigma_1' \tan^2(45 - \frac{\varphi'}{2}) - 2c' \tan(45 - \frac{\varphi'}{2})$$

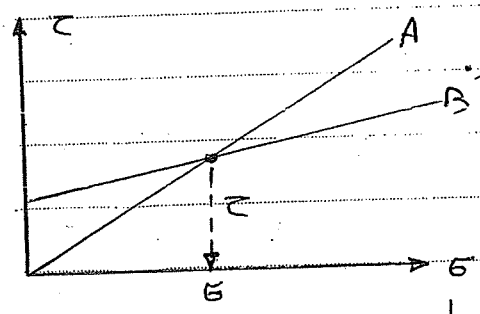
$$150 = \sigma_1' \tan^2(45 - \frac{20}{2}) - 2 \times 100 \times \tan(45 - \frac{20}{2}) \rightarrow \sigma_1' = 591.6 kPa$$

$$\theta_f = 45 + \frac{\varphi'}{2} = 45 + \frac{20}{2} = 55^\circ$$

در صفحه گسیختگی تاب برشی برابر تنش برشی است:

$$\tau = \frac{\sigma_1' - \sigma_3'}{2} \sin(2\theta_f) = \frac{591.6 - 150}{2} \sin(2 \times 55^\circ) = 207.5 kPa$$

- در خاک A ($c=0$ ، $\varphi=30^\circ$) و در خاک B ($c=0.5\ kg/cm^2$ ، $\varphi=20^\circ$) است. در دو آزمایش سه‌محوری، هر دو خاک به یک اندازه تاب برشی از خود نشان داده است.
آیا σ_3 و σ_1 آزمایش‌ها باهم برابر خواهند بود؟



خیر، یک دایره نمی‌تواند در یک نقطه به دو خط مماس شود.

$$\tau = \tau$$

$$\sigma \tan 30^\circ + 0 = \sigma \tan 20^\circ + 0.5$$

$$\sigma = 2.34\ kg/cm^2 \ ,\ \tau = 1.35\ kg/cm^2$$

با σ و τ بدست آمده، می‌توان σ_3 و σ_1 دایره‌های مور را برای هرکدام از خاک‌ها، محاسبه کرد. آغاز و پایان نیم دایره‌ها برابر نخواهد بود، چون زاویه صفحه گسیختگی در این دو خاک برابر نیستند.

★: اگر در صفحه‌ای از نمونه خاک، تنش قائم بر صفحه از $2.34\ kg/cm^2$ بیشتر باشد، در آن صفحه تاب برشی خاک A بیشتر از تاب برشی خاک B خواهد بود و برعکس.

- دست‌آورد آزمایش برش مستقیم کند برای خاکی $\varphi'=20^\circ$ و $c'=100\ kpa$ شده است. بررسی نمونه‌ای از این خاک آزمایش سه‌محوری CD با فشار همه‌سویه $150\ kpa$ انجام می‌گیرد. خواسته می‌شود σ_{df}

$$\sigma'_3 = \sigma'_1 \tan^2\left(45-\frac{\varphi'}{2}\right) - 2c' \tan\left(45-\frac{\varphi'}{2}\right)$$

$$150 = (150+\sigma_{df}) \tan^2\left(45-\frac{20}{2}\right) - 2\times 100 \times \tan\left(45-\frac{20}{2}\right)$$

$$\sigma_{df} = 441.6\ kpa$$

عملاً σ_{df} اندکی از $441.6\ kpa$ کمتر خواهد شد، چون $\varphi_{ds} > \varphi_{tr}$

- در خاکی $\varphi'=20^\circ$ و $c'=50\ kpa$ است. نمونه‌ای از این خاک با فشار همه‌سویه $250\ kpa$ تحکیم می‌یابد و پس آنگاه فشار قائم آن کاسته شود، فشار افقی آن بدون کاهش داده می‌شود تا نمونه در آزمایش سه‌محوری CD بگسلد. خواسته می‌شود تاب برشی نمونه

Active ($\sigma_h < \sigma_v$):

$$\sigma'_h = \sigma'_v \tan^2\left(45-\frac{\varphi'}{2}\right) - 2c' \tan\left(45-\frac{\varphi'}{2}\right)$$

$$\sigma'_h = 250 \tan^2\left(45-\frac{20}{2}\right) - 2\times 50 \times \tan\left(45-\frac{20}{2}\right)$$

$$\sigma'_h = 52.5\ kpa$$

تاب برشی برابر تنش برشی صفحه گسیختگی است.

$$\tau = \frac{\sigma'_v - \sigma'_h}{2} \sin(2\theta_f) = \frac{250-52.5}{2} \sin\left(2\left(45+\frac{\varphi}{2}\right)\right) = \frac{250-52.5}{2} \cos 20^\circ$$

$$\tau = 92.8\ kpa$$

- در خاکی $\varphi'=20^\circ$ ، $c'=50kpa$ است. برروی نمونه‌ای از این خاک در آزمایش سه آسه‌ای U.U با فشار همه‌سویه 150kpa انجام می‌گیرد و فشار آب میان دانه‌ای به هنگام گسیختگی -30kpa اندازه گرفته می‌شود. خواسته می‌شود c_{uu}

$$\sigma'_3=\sigma'_1 ka-2c\sqrt{ka} \rightarrow (\sigma_3-\Delta u_f)=(\sigma_1-\Delta u_f)ka-2c\sqrt{ka}$$

$$(150-(-30))=(\sigma_1-(-30))tg^2(45-\frac{20}{2})-2\times50\times tg(45-\frac{20}{2})$$

$$\sigma_1=480\,kpa$$

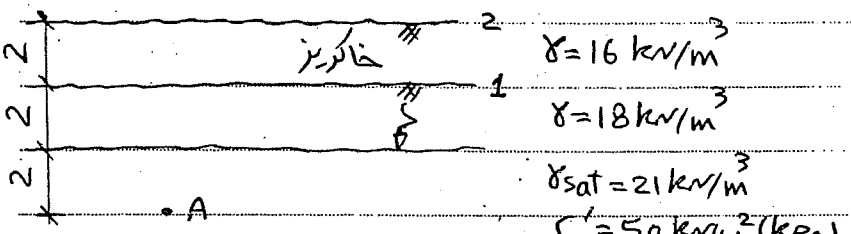
$$c_{uu}=\frac{\sigma_1-\sigma_3}{2}=\frac{480-150}{2}=165\,kpa$$

- در خاکی $\varphi'=20^\circ$ ، $c'=50kpa$ است. برای این‌که نمونه‌ای از این خاک تاب فشاری 250kpa در آزمایش سه آسه‌ای CD نشان دهد، با چقدر فشار افقی بایستی فشرده شود.

$$\sigma'_h=\sigma'_v ka-2c'\sqrt{ka}$$

$$\sigma'_h=250tg^2(45-\frac{20}{2})-2\times50\times tg(45-\frac{20}{2}) \Rightarrow \sigma'_h=52.5\,kpa$$

- خواسته می‌شود افزایش تاب برشی خاک در صفحه افقی گذرنده از نقطه A، پس از پایان ساخت لایه خاکریز



$$\sigma'_{z1}=\sigma_{z1}-u=[(2\times18)+(2\times21)]-(2\times10)=58\,kpa$$

$$\tau_1=\sigma'_{z1}tg\varphi'+c'=58\times tg20^\circ+50=71.1\,kpa$$

$$\tau_2=\sigma'_{z2}tg\varphi'+c'=(58+(2\times16))tg20^\circ+50=82.7$$

$$\Delta\tau=82.7-71.1=11.6\,kpa$$

- نمونه از خاک رس به‌جامانده از تنزآب (سیل)، با فشار همه‌سویه 50kpa تحکیم یافته و فشار همه‌سویه آن حذف شده است. اگر در آزمایش سه‌آسه‌ای دیگر، برروی این نمونه آزمایش CD انجام گیرد و در صفحه گسیختگی $\sigma=80kpa$ ، $\tau=42kpa$ شود، خواسته می‌شود c' ، φ'

unconsolidated (رس تنزآب) → consolidated → overconsolidated (باخشکیدن)

$\sigma=80kpa > P_c=50kpa \rightarrow$ normally consolidated $\Rightarrow c'=0$

$\tau=\sigma'.tg\varphi'+c' \Rightarrow 42=80tg\varphi'+0 \rightarrow \varphi'=27.7^\circ$

ب) ۱۰-۱۸

- نمونه ای ماسه‌ای ($c=0$) در آزمایش سه محوری CD، با زاویه 60° از افق گسیخته شده است. اگر تنش قائم بر صفحه گسیختگی 30 kpa و σ_3 و σ_1 خواسته می‌شود

$$\theta_f = 45 + \frac{\varphi'}{2} = 60^\circ \rightarrow \varphi' = 30^\circ$$

$$\tau = \sigma' \tan\varphi' + c' = (30-0)\tan 30^\circ + 0 = 17.3 \text{ kpa}$$

$$\begin{cases} \sigma = \dfrac{\sigma_1+\sigma_3}{2} + \dfrac{\sigma_1-\sigma_3}{2}\cos(2\times\theta_f) \\ \tau = \dfrac{\sigma_1-\sigma_3}{2}\sin(2\times\theta_f) \end{cases}$$

$$\begin{cases} 30 = \dfrac{\sigma_1+\sigma_3}{2} + \dfrac{\sigma_1-\sigma_3}{2}\cos(2\times 60^\circ) \\ 17.3 = \dfrac{\sigma_1-\sigma_3}{2}\sin(2\times 60^\circ) \end{cases} \rightarrow \sigma_1 = 60 \text{ kpa}, \sigma_3 = 20 \text{ kpa}$$

- نمونه ای به قطر 38mm و بلندی 76mm در آزمایش CU پس از آنکه با فشار همه سویه σ_3 تحکیم یافته) با نیروی قائم 200N به گسیختگی می‌رسد. خواسته می‌شود σ_1 و با 3mm کاهش بلندی

$$A_f = A_0 \frac{1-\frac{\Delta V}{V_0}}{1-\frac{\Delta L}{H_0}}$$

$$A_f = \left(\frac{\pi\times 38^2}{4}\right)\frac{1-\frac{0}{V_0}}{1-\frac{3}{76}} = 1180 \text{ (mm)}^2 = 1180\times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$\sigma_{d_f} = \frac{F}{A_f} = \frac{0.200 \text{ kN}}{1180\times 10^{-6}} = 170 \text{ kpa} \qquad \sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{df} = 150 + 170 = 320 \text{ kpa}$$

★: از آنجا که در بخش نخست آزمایش CU به اندازه ΔV_c از حجم نمونه کاسته شده است، پس اصولاً می‌توان ΔV را صفر در نظر گرفت.

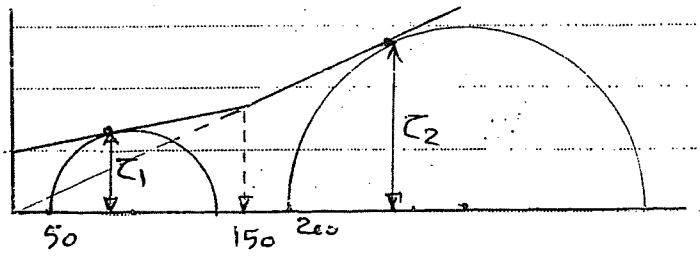
- در کدام خاکها $\varphi_{CD} > \varphi_{CU}$ است؟

در خاکهای با $O.C.R < 4$، به هنگام گسیختگی نمونه در آزمایش سه محوری CU، فشار آب میان دانه‌ای مثبت است. این پدیده دایره موری (σ_3, σ_1) را به هنگام تبدیل به دایره موری (σ_3, σ_1) به سوی میداء مختصات سوق می‌دهد و $\varphi_{CD} > \varphi_{CU}$ می‌گردد.

در خاکهای با $O.C.R > 4$، فشار آب میان دانه‌ای منفی می‌شود و دایره از میداء دور می‌گردد و $\varphi_{CD} < \varphi_{CU}$ می‌گردد.

ب) ۱۹ ص ۱

- دو نمونه از یک خاک، زیر فشار 150kpa تحکیم می یابند و سپس برروی یکی از آنها با فشار پیرامونی 50kpa و برروی دیگری با 200kpa آزمایش سه آسه‌ای CD یا CU انجام می گیرد. کدام نمونه تاب برشی بیشتری از خود نشان خواهد داد.



$\tau_1 < \tau_2$

- در خاکی $\phi' = 20^\circ$ و $c' = 50kpa$ است. نمونه‌ای از این خاک در آزمایش سه آسه‌ای U.U با فشار همه سویه 150kpa فشرده شده و در گام‌های دیگر آزمایش به هنگامی که $\Delta u_f = 30kpa$ بوده، گسیخته شده است. خواسته می شود c_{uu}

$$\sigma'_3 = \sigma'_1 \cdot ka - 2c\sqrt{ka}$$

$$(150-30) = (150+\sigma_d-30)\,tg^2(45-\frac{20}{2}) - 2\times 50\times tg(45-\frac{20}{2})$$

$$\sigma_d = 267.5\ kpa$$

$$c_{uu} = \frac{\sigma_d}{2} = \frac{267.5}{2} = 133.75\ kpa$$

- در خاکی $\phi' = 20^\circ$، $c' = 50kpa$ است. نمونه‌ای از این خاک در آزمایش سه آسه‌ای CU با $\sigma_3 = 150kpa$، $\sigma_1 = 460kpa$ گسیخته شده است. در پیوند با تحکیم یافتگی خاک، چه می توان گفت.

$$\sigma'_3 = \sigma'_1 ka - 2c\sqrt{ka}$$

$$(150-\Delta u_f) = (460-\Delta u_f)\,tg^2(45-\frac{20}{2}) - 2\times 50\times tg(45-\frac{20}{2})$$

$\Delta u_f = -10.6\ kpa < 0 \longrightarrow$ در نمونه مکش پدید آمده است. $\longrightarrow$ O.C.R > 4

- در خاک رسواری $\phi'_{CD} = 25^\circ$، $c_{CD} = 0$ (NC) است. اگر برروی این خاک آزمایش سه آسه‌ای CU با فشار پیرامونی 150kpa انجام گیرد، σ_{df} چه اندازه خواهد شد؟

برای محاسبه خواسته پرسش بایستی ϕ_{cu} داده می شد، از آنجا که خاک NC است پس به هنگام گسیختگی $\Delta u_f > 0$ خواهد شد، و $\phi_{cu} < \phi_{CD}$ خواهد گردید.

$$\sigma'_3 = \sigma_1 \cdot ka - 2c\sqrt{ka} = \sigma_1\,tg^2(45-\frac{\phi_{cu}}{2}) - 2c_{cu}\,tg(45-\frac{\phi_{cu}}{2})$$

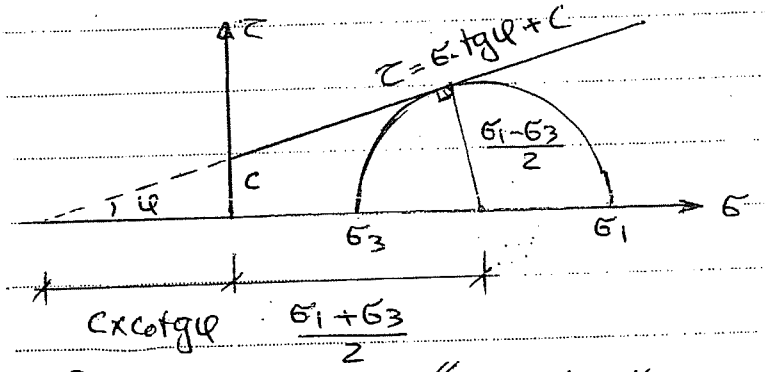
$$150 = (150+\sigma_{df})\,tg^2(45-\frac{20}{2}) - 2\times 0$$

$$\sigma_{df} = 156.1\ kpa$$

به علت تفاوت ϕ_{CD} و ϕ_{cu}، σ_{df} کمتر از 156.1kpa خواهد شد. ب) ۱۰ - ۲۰

مسیر تنش

خط گسیختگی کولمب:



با روی راست به مثلث قائم الزاویه برای هنگام گسیختگی (Active) می‌توان نوشت:

$$\sin\varphi = \frac{\frac{\sigma_1-\sigma_3}{2}}{C\times\cot g\varphi + \frac{\sigma_1+\sigma_3}{2}}$$

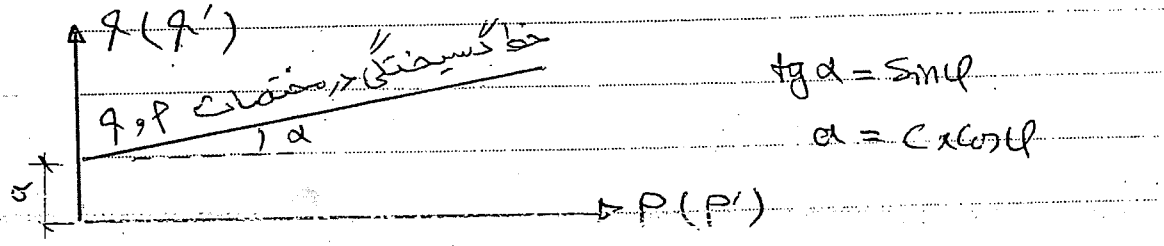
با پندار:

$$p = \frac{\sigma_1+\sigma_3}{2} \quad \left(p' = \frac{\sigma'_1+\sigma'_3}{2}\right)$$

$$q = \frac{\sigma_1-\sigma_3}{2} \quad \left(q' = \frac{\sigma'_1-\sigma'_3}{2}\right)$$

$$\sin\varphi = \frac{q}{C\times\frac{\cos\varphi}{\sin\varphi} + p} \Rightarrow q = p\cdot\sin\varphi + C\cdot\cos\varphi$$

دیده می‌شود که پیوند میان p و q خطی است:



$$\operatorname{tg}\alpha = \sin\varphi$$

$$d = C\times\cos\varphi$$

- در یک آزمایش سه محوری CD، نمونه با فشار همه سویه تحکیم می‌یابد و با ثابت نگه داشتن فشار افقی، فشار قائم آن گام به گام افزوده می‌شود. خواسته می‌شود مسیر تنش در نمودار q', p'

گام یکم (فشار همه سویه):

$$p' = \frac{\sigma'_1+\sigma'_3}{2} = \frac{\sigma_c+\sigma_c}{2} = \sigma_c$$

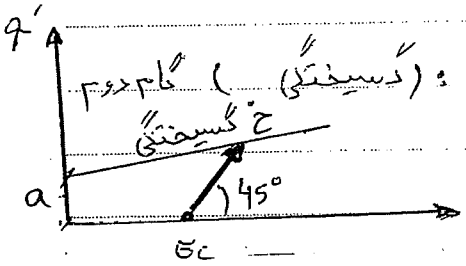
$$q' = \frac{\sigma'_1-\sigma'_3}{2} = \frac{\sigma_c-\sigma_c}{2} = 0$$

گام دوم (گسیختگی):

$$p' = \frac{(\sigma_c+\sigma_{df})+\sigma_c}{2} = \sigma_c + \frac{\sigma_{df}}{2}$$

$$q' = \frac{(\sigma_c+\sigma_{df})-\sigma_c}{2} = \frac{\sigma_{df}}{2}$$

نمودها برابرهم



ب) ۱۰-۲۱

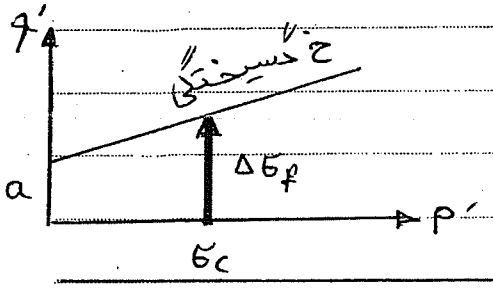
- در یک آزمایش سه‌محوری CD، نمونه با فشار همه‌سویه (σ_c) تحکیم می‌یابد. در گام دیگر با کاهش گام به گام فشار افقی، همان اندازه به فشار قائم افزوده می‌شود تا نمونه به گسیختگی برسد. خواسته‌ی شود مسیر تنش در نمودار p' و q'

گام یکم (فشار همه‌سویه): $\longrightarrow p' = \frac{\sigma'_1+\sigma'_3}{2} = \frac{\sigma_c+\sigma_c}{2} = \sigma_c$

$\longrightarrow q' = \frac{\sigma'_1-\sigma'_3}{2} = \frac{\sigma_c-\sigma_c}{2} = 0$

گام دوم (گسیختگی): $\longrightarrow p' = \frac{(\sigma_c+\Delta\sigma_f)+(\sigma_c-\Delta\sigma_f)}{2} = \sigma_c$

$\longrightarrow q' = \frac{(\sigma_c+\Delta\sigma_f)-(\sigma_c-\Delta\sigma_f)}{2} = \Delta\sigma_f$



- نمونه‌ای از خاک رانه‌ای ($c=0$) با فشار پیرامونی 250 kpa تحکیم می‌یابد و در گام دیگر، هنگام پایا ماندن فشار قائم، فشار افقی آن گام به گام کاهش داده می‌شود تا در فشار افقی 50 kpa، گسیختگی رخ دهد. خواسته‌ی شود مسیر تنش در نمودار p' و q'

گام یکم (فشار همه‌سویه): $\longrightarrow p' = \frac{\sigma'_1+\sigma'_3}{2} = \frac{250+250}{2} = 250\ kpa$

$\longrightarrow q = \frac{\sigma'_1-\sigma'_3}{2} = \frac{250-250}{2} = 0$

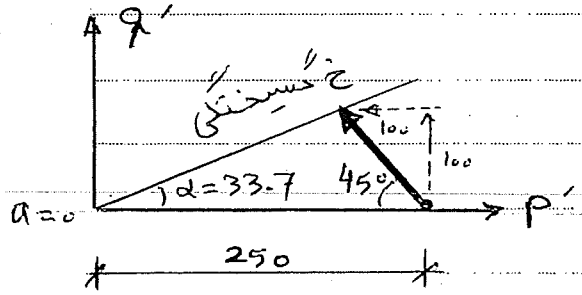
گام دوم (گسیختگی): $\longrightarrow p' = \frac{250+50}{2} = 150\ kpa$ (100 کاهش)

$\longrightarrow q = \frac{250-50}{2} = 100\ kpa$ (100 افزایش)

$\sigma'_3 = \sigma'_1 k_a - 2c\sqrt{k_a} \rightarrow 50 = 250\,tg^2(45-\frac{\varphi'}{2}) - 0 \rightarrow \varphi' = 41.8^\circ$

$a = c\cdot\cos\varphi' = 0$

$tg\alpha = \sin\varphi' \rightarrow \alpha = Arctg(\sin 41.8^\circ) = 33.7^\circ$



ب) ۱۰-۲۲

- در آزمایش سه‌محوری CU، فشار افقی ثابت نگهداشته می‌شود و با افزایش فشار قائم، نمونه به گسیختگی می‌رسد، خواسته می‌شود، مسیر تنش در نمودار $p-q$ و $p'-q'$

نمودار $p-q$: (فشار همه‌سویه) گام اول

$$p=\frac{\sigma_1+\sigma_3}{2}=\frac{\sigma_c+\sigma_c}{2}=\sigma_c$$

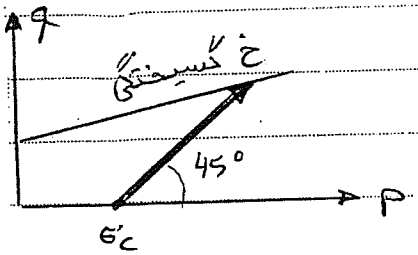
$$q=\frac{\sigma_1-\sigma_3}{2}=\frac{\sigma_c-\sigma_c}{2}=0$$

(گسیختگی) گام دوم:

$$p=\frac{(\sigma_c+\sigma_{df})+\sigma_c}{2}=\sigma_c+\frac{\sigma_{df}}{2}$$

$$q=\frac{(\sigma_c+\sigma_{df})-\sigma_c}{2}=\frac{\sigma_{df}}{2}$$

نمودارها برابرهم



نمودار $p'-q'$: (فشار همه‌سویه) گام اول

$$p'=\frac{\sigma'_1+\sigma'_3}{2}=\frac{\sigma_c+\sigma_c}{2}=\sigma_c$$

$$q'=\frac{\sigma'_1-\sigma'_3}{2}=\frac{\sigma_c-\sigma_c}{2}=0$$

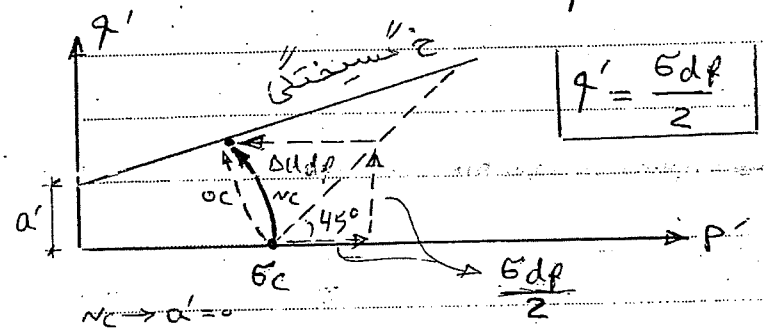
(گسیختگی) گام دوم:

$$p'=\frac{(\sigma_c+\sigma_{df}-\Delta u_{df})+(\sigma_c-\Delta u_{df})}{2}$$

$$p'=\sigma_c-\Delta u_{df}+\frac{\sigma_{df}}{2}$$

$$q'=\frac{(\sigma_c+\sigma_{df}-\Delta u_{df})-(\sigma_c-\Delta u_{df})}{2}$$

$$q'=\frac{\sigma_{df}}{2}$$



- بررسی مسیر تنش (Stress Path): ک ـ آ

الف) با انجام آزمایش برش مستقیم و رسم دست‌آوردهای آن در فضای $\sigma - \tau$ انجام می‌گیرد.

ب) " " سه‌محوری " " $q-p$ "

پ) " " سه‌محوری " " $\sigma - \tau$ "

ت) " " برش مستقیم " " $p-q$ "

- در آزمایش سه محوری CD، فشار همه‌سویه σ_c نمونه را تحکیم داده و با ثابت نگه داشتن فشار افقی، فشار قائم گام به گام افزوده شده است، تا نمونه بگسلد. خواسته می‌شود مسیر تنش در نمودار σ'_1 و σ'_3 خواسته می‌شود.

در گسیختگی Active داریم:

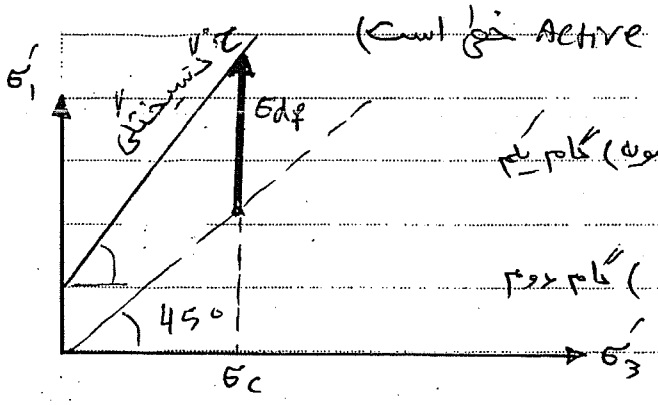
$$\sigma'_3 = \sigma'_1 tg^2(45 - \frac{\varphi'}{2}) - 2c' tg(45 - \frac{\varphi'}{2})$$

$$\frac{\sigma'_3}{tg^2(45-\frac{\varphi'}{2})} + 2c' \frac{tg(45-\frac{\varphi'}{2})}{tg^2(45-\frac{\varphi'}{2})} = \sigma'_1$$

$$\sigma'_3 tg^2(45+\frac{\varphi'}{2}) + 2c' tg(45+\frac{\varphi'}{2}) = \sigma'_1 \quad \rightarrow \sigma'_1 = \sigma_3 \cdot kp + 2c\sqrt{kp}$$

$$\rightarrow x \cdot m + b = y$$

(پیوندیان σ'_1، σ'_3 به هنگام گسیختگی Active خط است)



گام یکم (فشار همه‌سویه) $\rightarrow \sigma'_3 = \sigma_c$, $\sigma'_1 = \sigma_c$

گام دوم (گسیختگی) $\rightarrow \sigma'_3 = \sigma_c$, $\sigma'_1 = \sigma_c + \sigma_{df}$

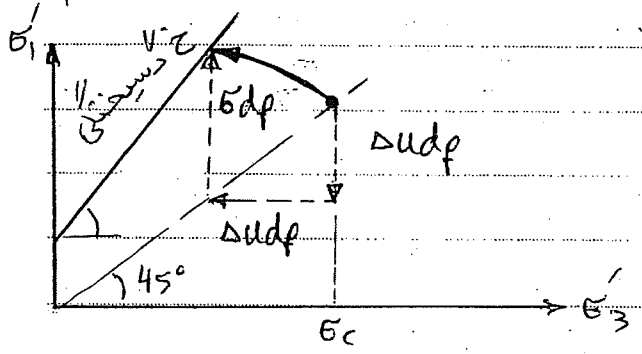
اگر آزمایش CU می‌بود و مسیر تنش در نمودار σ_1، σ_3 خواسته می‌شد، مسیر تنش مانند نگاره بالا خط قائم رو به بالا می‌شد.

اگر در آزمایش CU، مسیر تنش در نمودار σ'_1، σ'_3 خواسته شود:

گام یکم (فشار همه‌سویه) $\rightarrow \sigma'_3 = \sigma_3 = \sigma_c$, $\sigma'_1 = \sigma_1 = \sigma_c$

گام دوم (گسیختگی) $\rightarrow \sigma'_3 = \sigma_3 - \Delta u_{df} = \sigma_c - \Delta u_{df}$

$\rightarrow \sigma'_1 = \sigma_1 - \Delta u_{df} = (\sigma_c + \sigma_d) - \Delta u_{df}$



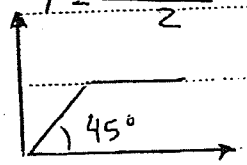
— مسیر تنش خاکی با خط 45° آغاز شده و سپس افقی گشته است.
در پیوند با روند بارگذاری چه می‌توان گفت؟ (ک ۸۷)

الف) بارگذاری نخستین تک آسه‌ای بوده و سپس بارگذاری سه آسه‌ای با نمونه‌های یکسان فشارهای اصلی انجام گرفته است.

ب) بارگذاری سه آسه‌ای با نمونه‌های یکسان کرنش های اصلی انجام گرفته و یا بارگذاری تک آسه‌ای پی‌گرفته شده است.

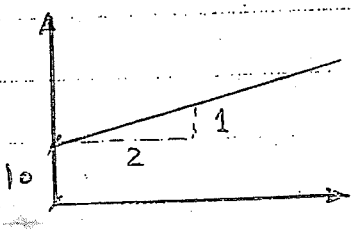
پ) بارگذاری نخستین تک آسه‌ای بوده و سپس بارگذاری سه آسه‌ای با نمونه‌های یکسان کرنش های اصلی انجام گرفته است.

ت) بارگذاری سه آسه‌ای با نمونه‌های یکسان فشارهای اصلی انجام گرفته و یا بارگذاری تک آسه‌ای پی‌گرفته شده است.



— نتایج یک سری آزمایش سه محوری زهکشی شده انجام شده است. خواسته می‌شود φ و c تقریبی (ک ۸۹)

$q=\sigma_1-\sigma_3$



۱) 11.5 kpa ، 30°
۲) 10 kpa ، 30°
۳) 11.5 kpa ، 35°
۴) 10 kpa ، 35°

معادله خط: $y=0.5x+10 \rightarrow \sigma_1-\sigma_3=0.5\left(\frac{\sigma_1+2\sigma_3}{3}\right)+10$

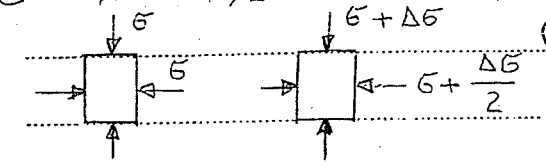
$\sigma_3=\frac{5}{8}\sigma_1-\frac{60}{8}$ $\left|(\sigma_3=\sigma_1 k_a-2c\sqrt{k_a})\right.$

$tg^2(45-\frac{\varphi}{2})=\frac{5}{8} \rightarrow \varphi=13.34^\circ$

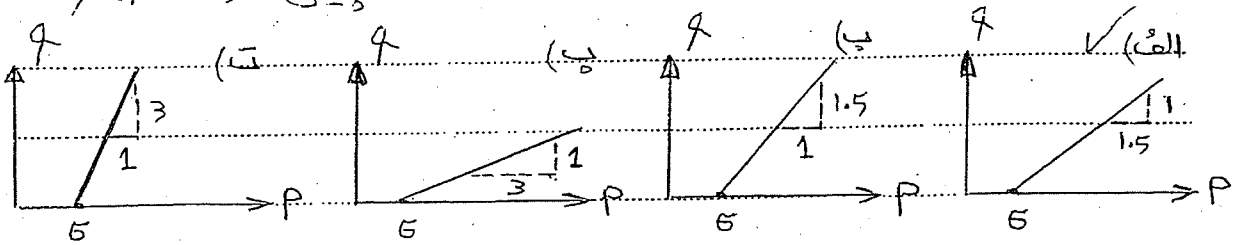
$2c\,tg(45-\frac{\varphi}{2})=\frac{60}{8} \rightarrow c=4.74\ (kpa)$

ب) ۲۵-۱۰

- جاروی راست به تنش روی المان، خواسته می‌شود مسیر تنش در فضای



$p = \frac{\sigma_v + \sigma_h}{2}$ (رابطه ۸۵) و $q = \sigma_v - \sigma_h$



$$\sin\varphi = \frac{\frac{\sigma_v - \sigma_h}{2}}{\frac{\sigma_v + \sigma_h}{2} + c\cot g\varphi} = \frac{\frac{q}{2}}{p + c\cot g\varphi} \Rightarrow q = 2\sin\varphi \times p + 2c\cos\varphi$$

پیوند خطی بین q و p

آغاز: $\begin{cases} x = p = \frac{\sigma+\sigma}{2} = \sigma \\ y = q = \sigma - \sigma = 0 \end{cases}$

پایان: $\begin{cases} x = p = \frac{\sigma + \Delta\sigma + \sigma + \frac{\Delta\sigma}{2}}{2} = \sigma + \frac{3}{4}\Delta\sigma \\ y = q = (\sigma + \Delta\sigma) - (\sigma + \frac{\Delta\sigma}{2}) = 0 + \frac{1}{2}\Delta\sigma \end{cases}$

شیب خط $\frac{3}{4}\Delta\sigma$ و در x برابر $\frac{1}{2}\Delta\sigma$ است (1 به 1.5)

- بر روی یک نمونه رس نرمال‌تحکیم‌یافته سه آزمایش CD با فشار همه‌سویه 100kPa انجام می‌گیرد و با فشار $\sigma_f = 50$kPa نمونه می‌گسلد. خواسته می‌شود مسیر تنش در فضای p', q'

$$\sigma_3' = \sigma_1' \tan^2(45 - \frac{\varphi'}{2}) - 2c' \tan(45 - \frac{\varphi'}{2})$$

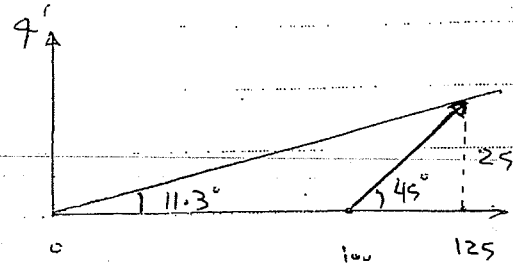
$$100 = (100 + 50)\tan^2(45 - \frac{\varphi'}{2}) - 0 \rightarrow \varphi' = 11.5^\circ$$

$$a' = c' \times \cos\varphi' \rightarrow a' = 0$$

$$\alpha' = \text{Arctg}\sin(11.5^\circ) = 11.3^\circ$$

گام اول (فشار همه‌سویه):
$$p' = \frac{\sigma_1' + \sigma_3'}{2} = \frac{100 + 100}{2} = 100\ \text{kPa}$$
$$q' = \frac{\sigma_1' - \sigma_3'}{2} = \frac{100 - 100}{2} = 0$$

گام دوم (گسیختگی):
$$p' = \frac{150 + 100}{2} = 125\ \text{kPa}$$
$$q' = \frac{150 - 100}{2} = 25\ \text{kPa}$$



حل ۱۰-۲۴

- در خاکی $\phi' = 25^\circ$ و $c' = 38\,kPa$ است. بر روی نمونه‌ای از این خاک با فشار همه‌سویه 120kPa، آزمایش سه‌محوری CD انجام گرفته و با ثابت نگه داشتن σ_1، فشار پهلوئی به‌آرامی کاهش داده شده است. خواسته می‌شود فشار پهلوئی (σ_3) به‌هنگام گسیختگی؟ (ک ۸۱)

الف) ✓ 0.3kPa

ب) اگر σ_3 هم شود، نمونه گسیخته می‌شود.

ج) 97.1 kPa

ت) 120 kPa

$\sigma_1 > \sigma_3 \rightarrow$ Active

$\sigma_3 = \sigma_1 \cdot ka - 2c\sqrt{ka}$

$\sigma_3 = 120\,tg^2(45 - \frac{25}{2}) - 2\times 38\times tg(45 - \frac{25}{2}) = 0.285\,kPa$

- کدام گزینه برای گسیختگی موهر کولمب درست است؟ (ک ۸۱)

الف) گسیختگی در یک صفحه اصلی رخ می‌دهد.

ب) گسیختگی در صفحه‌ای با زاویه 45° رخ می‌دهد.

پ) گسیختگی در صفحه‌ای که تاب برشی آن برابر تنش برشی است، رخ می‌دهد. ✓

ت) گسیختگی در صفحه‌ای که تنش برشی آن بیشینه است، رخ می‌دهد.

- در ماسه‌ای $\phi' = 25^\circ$ است. بر روی آن آزمایش سه‌محوری CU با $\sigma_3 = 100\,kPa$ انجام گرفته و نمونه با $\sigma_{df} = 100$ گسیخته شده است، خواسته می‌شود Δu_{df} (ک ۸۲)

الف) 26 kPa

ب) ✓ 32 kPa

ج) 37 kPa

ت) 43 kPa

$\sigma_3 = \sigma_1 \cdot ka - 2c\sqrt{ka}$

$(100 - \Delta u_{df}) = (100 + 100 - \Delta u_{df})\,tg^2(45 - \frac{25}{2}) - 2\times 0$

$\Delta u_{df} = 32\,kPa$

- ضریب B فشار آب میان دانه‌ای (پارامتر B اسکمپتون) با افزایش درجه سیرابی (Sr)؟ (ک ۸۲)

الف) افزایش می‌یابد ✓ ب) دگرسان نمی‌یابد پ) کاهش می‌یابد

ت) با افزایش درجه پیش تحکیمی، کاهش می‌یابد.

$B = \frac{\Delta u_c}{\sigma_c}$

- در خاکی $\phi_{cu} = 20^\circ$ و $c_{cu} = 20\,kPa$ است. بر روی این خاک آزمایش CU با فشار همه‌سویه 300kPa انجام گرفته و نمونه با $\sigma_1 = 475\,kPa$ گسیخته شده است. خواسته می‌شود Δu_{df} (ک)

$\sigma_3 = \sigma_1\,tg^2(45 - \frac{\phi_{cu}}{2}) - 2c\,tg(45 - \frac{\phi_{cu}}{2})$

$(300 - \Delta u_{df}) = (475 - \Delta u_{df})\,tg^2(45 - \frac{20}{2}) - 2\times 20\,tg(45 - \frac{20}{2})$

$\Delta u_{df} = 186\,kPa$

ب) ۱۰-۲۷

- نتایج دو آزمایش برش مستقیم که برروی دو نمونه از خاکی انجام گرفته ارائه شده است. خواسته می‌شود چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی تنش مؤثر خاک (ک ۸۳)

$$\begin{cases}\sigma = 1\ kg/cm^2 \\ \tau = 0.77\ kg/cm^2\end{cases} \rightarrow \tau = \sigma \cdot tg\varphi + c \rightarrow 0.77 = 1 \times tg\varphi_{cu} + c_{cu}$$

$$\begin{cases}\sigma = 1.5\ kg/cm^2 \\ \tau = 1.06\ kg/cm^2\end{cases} \rightarrow 1.06 = 1.5\, tg\varphi_{cu} + c_{cu}$$

$$\Rightarrow c_{cu} = 0.2\ kg/cm^2 \quad , \quad \varphi_{cu} = 30^\circ$$

روش یکم:

Active) تنش سه‌محوری

$$\sigma_3 = \sigma_1 tg^2\left(45 - \frac{\varphi_{cu}}{2}\right) - 2c_{cu}\, tg\left(45 - \frac{\varphi_{cu}}{2}\right)$$

$$0 = \sigma_1 tg^2\left(45 - \frac{30}{2}\right) - 2 \times 0.2 \times tg\left(45 - \frac{30}{2}\right)$$

$$\sigma_1 = 0.69\ kg/cm^2$$

روش دوم:

$$c_{uu} = c_{cu}\frac{\cos\varphi_{cu}}{1-\sin\varphi_{cu}} + \sigma_0\frac{\sin\varphi_{cu}}{1-\sin\varphi_{cu}}$$

$$c_{uu} = 0.2\frac{\cos 30^\circ}{1-\sin 30^\circ} + 0 \rightarrow c_{uu} = 0.346\ kg/cm^2 \rightarrow q_u = 2c_{uu} = 0.69$$

★: φ_{cu} بدست آمده از برش مستقیم با φ_{uu} بدست آمده از سه‌محوری سازگار نیست.

- برروی دو نمونه از یک خاک رسی آزمایش سه‌محوری c_u انجام گرفته است و به‌هنگام گسیختگی فشار آب میان رسی برابر هم شده‌اند. خواسته می‌شود φ_{CD} (ک ۸۳)

$$\sigma'_3 = \sigma'_1 tg^2\left(45 - \frac{\varphi_{CD}}{2}\right) - 2c_{CD}\, tg\left(45 - \frac{\varphi_{CD}}{2}\right)$$

1
$$\begin{cases}\sigma_3 = 100\ kpa \\ \sigma_1 = 300\ kpa\end{cases} \rightarrow (100-u) = (300-u)\, tg^2\left(45 - \frac{\varphi_{CD}}{2}\right)$$

2
$$\begin{cases}\sigma_3 = 150\ kpa \\ \sigma_1 = 550\ kpa\end{cases} \rightarrow (150-u) = (550-u)\, tg^2\left(45 - \frac{\varphi_{CD}}{2}\right)$$

$$100 - 300ka = u(1-ka)$$

$$150 - 550ka = u(1-ka)$$

$$ka = 0.2 \rightarrow \varphi_{CD} = 41.8^\circ$$

- در رسی O.C.R = 1 است و برروی آن آزمایش سه‌محوری c_u انجام گرفته و نمونه با $\sigma_3 = 60$ و $\sigma_d = 79$ گسیخته شده است. خواسته می‌شود c' و φ' (ک ۸۳)، $\Delta u_f = 20kpa$

$$O.C.R = 1 \Rightarrow N_c \Rightarrow c' = 0 \qquad \sigma'_3 = \sigma'_1 \cdot ka - 2c'\sqrt{ka}$$

$$(60-20) = (60+79-20)\, tg^2\left(45 - \frac{\varphi'}{2}\right) - 2 \times 0 \rightarrow \varphi' = 30^\circ$$

ب) ۱۰-۲۸

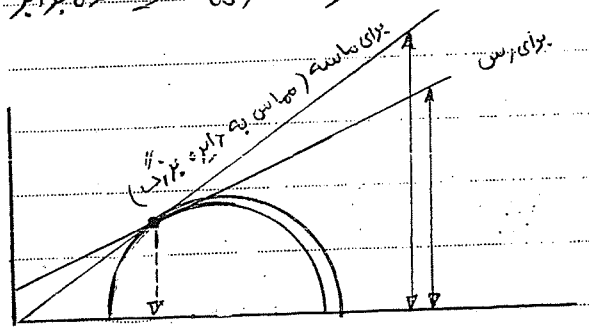
- دو نمونه رس و ماسه‌ای در آزمایش سه‌محوری CD، زیر فشار 100kPa به هنگام گسیختگی تاب برشی یکسانی از خود نشان داده اند. اگر فشار 400 kPa به هر دو برابر شود، تاب برشی ---- (ک۸۳)

الف) هر دو یکسان می‌شود.

ب) ماسه بیشتر می‌شود. ✓

پ) رس بیشتر می‌شود.

ت) نمی‌توان داوری کرد



- بر روی نمونه‌ای از خاک رس بیش تحکیم یافته (OCR=4) آزمایش سه‌محوری CD انجام می‌گیرد. این نمونه به هنگام اثر کردن تنش انحرافی (σ_d) چه رفتاری از خود نشان می‌دهد. (ک۸۴)

الف) نخست افزایش حجم و سپس کاهش حجم

ب) نخست کاهش حجم و سپس افزایش حجم ✓

پ) نخست افزایش فشار آب و سپس کاهش آن

ت) نخست کاهش فشار آب و سپس افزایش آن

★: در آزمایش CD افزایش و کاهش فشار آب پیش می‌آید.

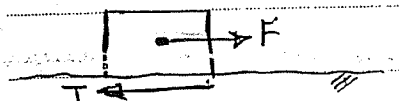
- یک مکعب بتنی با اندازه‌های $1\times1\times1\ m$، $\gamma=2.5\ t/m^3$، بر روی رسی سیراب که تاب فشاری تک‌محوری آن $0.3\ kg/cm^2$ است، جای گرفته است. اگر زمین لرزه‌ای با شتاب افقی $0.2g$ رخ دهد، خواسته می‌شود ضریب اطمینان مکعب در برابر لغزش.

الف) 3 ✓ (ک۸۴) $g=10\ m/s^2$

ب) 6

پ) 0.3

ت) 0.6



- نیروی افقی اثر کننده به مرکز جرم مکعب در اثر شتاب افقی زمین لرزه:

$$F=m\cdot a=(\rho\cdot V)\times0.2g=0.2\gamma V=0.2\,(2500\times10)\times1$$
$$=5000\ N$$

$$c_{uu}=\frac{q_u}{2}=\frac{0.3}{2}=0.15\ kg/cm^2=1500\ kg/m^2=15000\ N/m^2$$

- تاب برشی در بستر مکعب:

$$T=c_{uu}\times A=15000\times(1\times1)=15000\ N$$

$$F_s=\frac{\text{تاب برشی}}{\text{نیروی افقی}}=\frac{15000}{5000}=3$$

★- چسبندگی خاک و بتن برابر چسبندگی خاک و خاک پنداشته شد.

ب) ۲۹-۱۰

- نمونه ای از رس NC در آزمایش سه محوری CD با $\sigma_3 = 150$ و $\sigma_d = 300 kpa$ به گسیختگی رسیده است. اگر نمونه دیگری از همان رس با $\sigma_3 = 250 kpa$ در هم فشرده شود، σ_{df} و θ_f چقدر خواهد شد؟ (ک ۸۴)

NC $\rightarrow c = 0$

$\sigma_3 = \sigma_1 \cdot k_a - 2c\sqrt{k_a}$

$150 = (150 + 300)\tan^2(45 - \frac{\varphi_{CD}}{2})$

$\varphi_{CD} = 30^\circ \rightarrow \theta_f = 45 + \frac{\varphi_{CD}}{2} = 45 + \frac{30}{2} = 60^\circ$

$250 = (250 + \sigma_{df})\tan^2(45 - \frac{30}{2}) \rightarrow \sigma_{df} = 500 kpa$

الف) 60° ، $450 kpa$

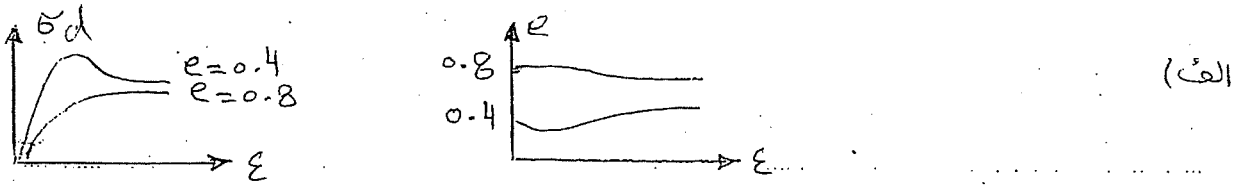
ب) 75° ، $450 kpa$

ج) ✓ 60° ، $500 kpa$

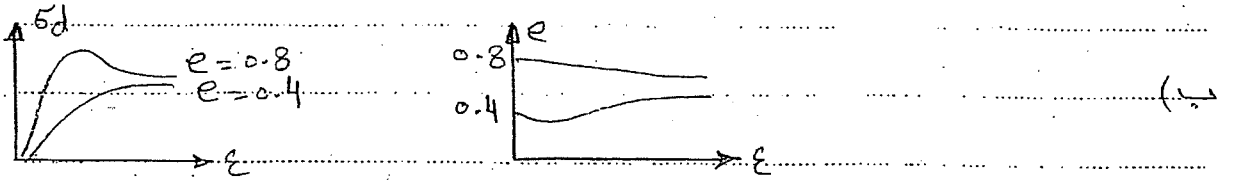
د) 75° ، $500 kpa$

- بر روی دو نمونه از ماسه ای خشک با $e_1 = 0.4$ و $e_2 = 0.8$ آزمایش سه محوری انجام گرفته است. کدام نمودارها دست آورد آزمایش را نشان می دهد؟ (ک ۸۴)

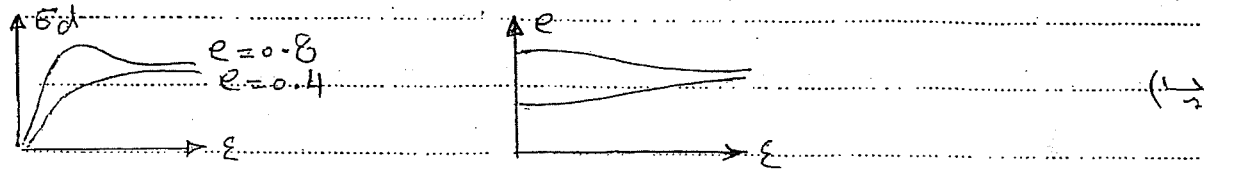
الف)



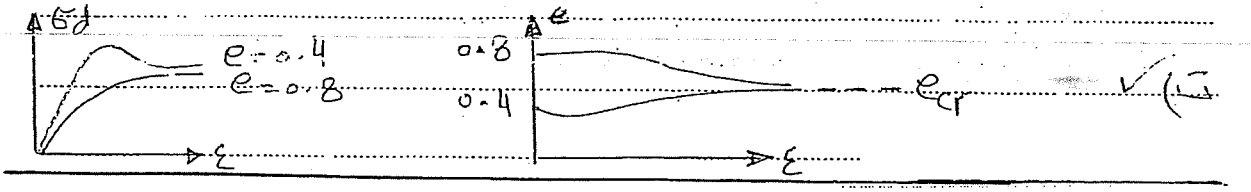
ب)



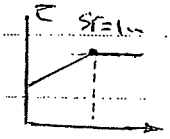
ج)



د) ✓



- بر روی نمونه هائی از رس نا اشباع در آزمایش سه محوری UU انجام گرفته و $\varphi = 20^\circ$ و $c = 0.25 kg/cm^2$ بدست آمده است. اگر آزمایش UU بر روی نمونه سیرشده انجام گیرد، دست آورد آزمایش به کدام گزینه نزدیک خواهد بود. (ک ۸۴)



الف) $\varphi = 10^\circ$ ، $c = 0.45 kg/cm^2$

ب) $c = 0.45 kg/cm^2$ ، $\varphi = 10^\circ$

ج) ✓ $c = 0.45 kg/cm^2$ ، $\varphi = 0$

د) $c = 0.15 kg/cm^2$ ، $\varphi = 0$

- در نقطه‌ای از لایه‌ی سیر آب، $\sigma_1 = 240\ kN/m^2$ و $\sigma_3 = 160\ kN/m^2$ و $u_0 = 60\ kN/m^2$ است. اگر نمونه‌ای از همان نقطه به روی زمین آورده شود، فشار آب میان دانه‌ای، چقدر خواهد شد: $(A = 0.75)$ (ک ۸۹)

الف) $280\ kN/m^2$

ب) 160 "

پ) -280 "

ت) 160 "

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

جا به روی زمین آمدن نمونه: $\sigma_1 = \sigma_3 = 0$

$\Delta u = 1(0-160) + 0.75[(0-240)-(0-160)]$

$\Delta u = -220\ kN/m^2$

$u_1 = u_0 + \Delta u = 60 - 220 = -160\ kN/m^2$ (برابر ۱۶ متر مکش آب!)

- به نمونه‌ای ماسه‌ای که در آن $\varphi = 30^\circ$ است، فشار قائم $3\ kg/cm^2$ اثر می‌کند. خواسته می‌شود زاویه صفحه گسیختگی از افق و پیشینه فشار افقی که نمونه می‌تواند برتابد. (ک ۸۷) در گسیختگی Active، فشار افقی کمینه و در گسیختگی Passive فشار افقی بیشینه است.

الف) 30°، $9\ kg/cm^2$

ب) 60°، 1 "

پ) 30°، 1 "

ت) 60°، 9 "

$\theta_f = 45 - \frac{\varphi}{2}$

$\theta_f = 45 - \frac{30}{2}$

$\theta_f = 30^\circ$

Passive: $\sigma_3 = \sigma_1 \cdot k_p$

$\sigma_3 = 3 \times 3$

$\sigma_3 = 9\ kg/cm^2$

- در آزمایش سه‌محوری، در یکی از گام‌های بررسی پارامتر B اسکمپتون و بی‌رنگ پس از افزایش فشار پیرامونی، $B > 1$ شده است. کدام گزینه درست است. (سامانه اندازه‌گیری فشار، بررسی شده است و درست کار می‌کند) (ک ۸۷)

الف) بودن حباب هوا این پدیده را پدید آورده است.

ب) یافت خاک به گونه‌ای بوده که این پدیده را پدید آورده است و می‌توان آزمایش را پی گرفت.

پ) در محاسبات اشتباه شده است و این پدیده شدنی نیست.

ت) فشار لاستیکی نمونه سوراخ شده است.

- یک بند خاکی در گستره‌ای (منطقه‌ای) لرزه خیز ساخته شده است. اگر بخواهیم ۵۰ سال پس از بهره برداری، پایداری سازه‌ای را برای بارهای زمین لرزه بررسی نماییم، پارامترهای تابع برشی خاک (c و ϕ) را بایستی بر پایه کدام آزمایش برگزینیم. الف) سه آسه‌ای CU ✓ ب) سه آسه‌ای UU
پ) سه آسه‌ای بروی نمونه ناسیرآب ت) سه آسه‌ای CD (ک ۸۷)

- در آزمایش سه آسه‌ای که بر روی ماسه سیرآب انجام گرفته است، σ_d برابر $2\sigma_3$ شده است. اگر در آزمایش دیگر بر روی همان ماسه، فشار پیرامونی دو برابر شود، تنش انحراف آزمایش دوم به هنگام گسیختگی چند برابر تنش انحراف آزمایش یکم خواهد شد. (ک ۸۸)

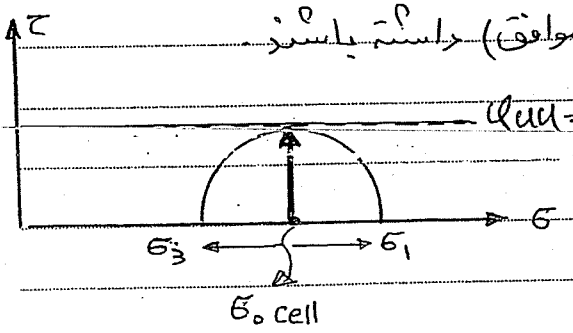
الف) سه برابر
ب) دو برابر ✓
پ) یک برابر
ت) چهار برابر

1) $\sigma_3 = (\sigma_3 + \Delta\sigma_1)k_a = (\sigma_3 + \sigma_3)k_a \rightarrow k_a = 0.5$

2) $2\sigma_3 = (2\sigma_3 + \Delta\sigma_2)k_a \rightarrow \Delta\sigma_2 = 2\sigma_3 = 2\Delta\sigma_1$

- در آزمایش سه آسه‌ای، پارگذاری چگونه انجام گیرد تا در نمودار σ و τ، مسیر تنش، خطی قائم گردد. (ک ۸۸)

الف) σ_1 و σ_3 دگرسانی‌های برابر و ناهم سو (مخالف) داشته باشند. ✓
ب) σ_3 دگرسانی نیابد و σ_1 افزوده شود.
پ) σ_1 دگرسانی نیابد و σ_3 افزوده شود.
ت) σ_1 و σ_3 دگرسانی‌های برابر و هم سو (موافق) داشته باشند.



★ - در آزمایش UU می‌توان به خواسته پرسش رسید.

- آزمایش برش پره در درون نمونه‌ای در ژرفای ۱۵ متری زیر سیرآب انجام می‌گیرد. این آزمایش در جا با کدام آزمایشگاهی همانندی (شباهت) دارد.
الف) سه آسه‌ای CU ب) سه آسه‌ای CD
(ک ۸۸) پ) سه آسه‌ای UU ✓ ت) تک آسه‌ای (UC)

★ - برش پره تند انجام می‌گیرد. unconfined compression test

۴۴- نگاره زیر، تنش‌های اصلی المان تنش را پس از بارگذاری و آرایه زیر دست‌آورد آزمایش برشی یک سره (مستقیم) را برای خاک المان نشان می‌دهنده خواسته می‌شود، ضریب اطمینان در برابر گسیختگی برشی در صفحه‌ای که با زاویه 45° از نقطه A می‌گذرد.

(کنکور ۸۸)

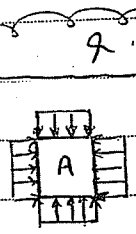
الف) 1.8

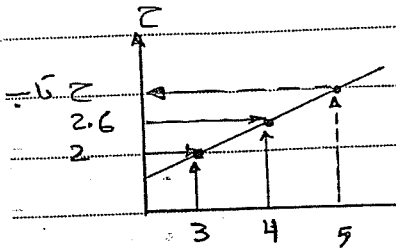
ب) ✓1.6

پ) 1.7

ت) 1.5

τ kg/cm²	2	2.6
σ kg/cm²	3	4





τ_{max} (تنش) $_{\theta=45^\circ} = \frac{7-3}{2} = 2$ kg/cm²

$\sigma_{\theta=45^\circ} = \frac{7+3}{2} = 5$ kg/cm²

τ (تاب برشی) $_{\theta=45^\circ} = 2.6 + 0.6 = 3.2$ kg/cm² $\rightarrow F_s = \frac{3.2}{2} = 1.6$

- آرایه زیر دست‌آورد دو آزمایش cu را نشان می‌دهد. خواسته می‌شود پارامترهای تاب برشی زهکشی شده و زهکشی نشده خاک و پارامتر A_f

Active: $\sigma_3 = \sigma_1 k_a - 2c\sqrt{k_a}$

	σ_3 kg/cm²	σ_d kg/cm²	Δu_f kg/cm²
آزمایش یکم	2	2.27	0.60
آزمایش دوم	4	4.21	1.20

cu:

$2 = (2+2.27)\tan^2(45 - \frac{\varphi_{cu}}{2}) - 2c_{cu}\tan(45 - \frac{\varphi_{cu}}{2})$

$4 = (4+4.21)$ // — //

$\varphi_{cu} = 19.06^\circ \rightarrow c_{cu} = 0.12$ kg/cm²

cD:

$(2-0.6) = (4.27-0.6)\tan^2(45 - \frac{\varphi_{cD}}{2}) - 2c_{cD}\tan(45 - \frac{\varphi_{cD}}{2})$

$(4-1.20) = (8.21-1.20)$ // — //

$\varphi_{cD} = 24.16^\circ \rightarrow c_{cD} = 0.10$

آزمایش یکم $A_f = \frac{\Delta u_f}{\sigma_{df}} = \frac{0.60}{2.27} = 0.264$ ، آزمایش دوم $A_f = \frac{1.2}{4.21} = 0.285$

$A_{fav} = \frac{0.264+0.285}{2} = 0.275$

ب) ۳۳-۱۰

- برروی دونمونه از خاکی آزمایش سه‌آسه‌ای انجام گرفته و نتایج زیر بدست آمده است:

آزمایش اول $\begin{cases}\sigma_3 = 5 \\ \sigma_{df} = 5\end{cases}$ آزمایش دوم $\begin{cases}\sigma_3 = 25 \\ \sigma_{df} = 5\end{cases}$

خواسته می‌شود، نوع خاک و نوع آزمایش (ک ۹۰)

الف) رس سیرآب - زهکشی نشده ✓

ب) رس سیرآب - زهکشی شده

ج) ماسه سیرآب - زهکشی شده

ت) ماسه سیرآب - زهکشی نشده

★: از آنجا که σ_{df} افزوده نشده است، پس آزمایش U.U برروی رس سیرآب انجام گرفته است.

- درگام نخست آزمایش سه‌آسه‌ای U.U، فشارآب سویه 200kpa، فشارآب میان دانه‌ای را تا 190kpa می‌افزاید. درگام دوم و با افزایش σ_d، به هنگامی که فشارآب به 400kpa می‌رسد، فشارآب میان دانه‌ای به 152kpa کاهش می‌یابد. خواسته می‌شود نوع خاک و ضرایب فشارآب میان دانه‌ای (ک ۹۰)

الف) رس عادی تحکیم یافته - $A=-0.20$ ، $B=0.95$

ب) رس بسیار پیش تحکیم یافته - $A=-0.20$ ، $B=0.95$ ✓

پ) رس با حساسیت بیشتر - $A=-0.24$ ، $B=0.95$

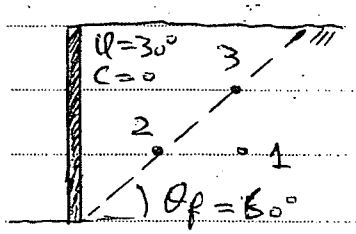
ت) رس با حساسیت کم - $A=-0.24$ ، $B=0.95$

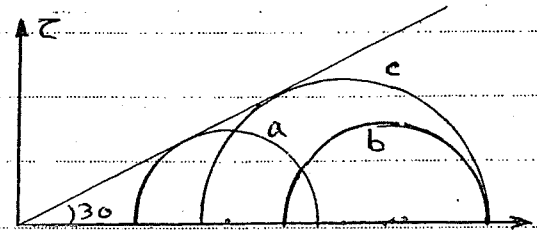
$$B=\frac{\Delta u_c}{\sigma_3}=\frac{190}{200}=0.95$$

★: در رس‌های با A، O.C.R>4 منفی می‌شود.

$$A_f=\frac{\Delta u_d}{\sigma_{df}}=\frac{152-190}{400-200}=-0.19$$

- شرایط تنش در نقطه‌های 1، 2 و 3، با دایره‌های a، b و c نشان داده شده است. دایره‌های نقطه‌های 1، 2، 3 (از راست به چپ) عبارتند از: (ک ۹۰)





الف) b - c - a

ب) a - c - b ✓

پ) a - b - c

ت) b - a - c

- فشارآب در نقطه 3 کم است.

- فشارآب در نقطه 1 و 2 برابر است.

- در نقطه 1 گسیختگی رخ نمی‌دهد.

Active:

$$\theta_f=45+\frac{\varphi}{2}=45+\frac{30}{2}=60^\circ$$

ب) ۱۰-۳۴

- یک بند آب بتنی با سنگینی $10,000\ ton/m$ بر روی یک بستر ماسه‌ای ساخته شده است. زاویه درگیری بند با خاک زیرش 42° و چسبندگی میان آنها صفر می‌باشد. در آزمایش برش مستقیم تند (زهکشی نشده) که بر روی خاک بستر انجام گرفته است، داده شده است.

اگر در ساختگاه بند احتمال رخداد زمین‌لرزه‌ای با شتاب $0.3g$ وجود داشته باشد، بیشینه بلندی آب پشت بند چقدر باشد تا ضریب اطمینان در برابر لغزش کمتر از 2 نشود. (ک 90)

الف) 50 متر ★: از اثر زمین‌لرزه بر آب پشت بند چشم پوشی شود.

ب) 75 متر ★: $tg42^\circ = 0.9$

ج) 100 متر

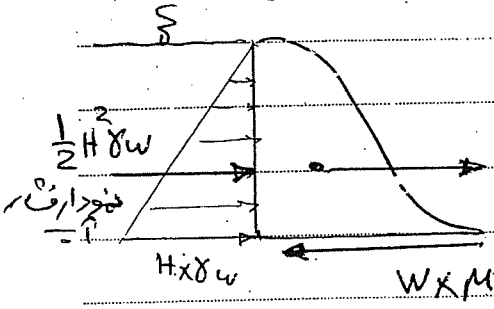
د) 125 متر

تنش برشی ($2\ kg/cm^2$)	5.1	3.4
تنش قائم ($6\ kg/cm^2$)	6	4
فشار آب ($2\ kg/cm^2$)	2	1

$$\tau = \sigma \cdot tg\varphi_{cu} + c_{cu}$$

$$\begin{cases} 3.4 = 4\ tg\varphi_{cu} + c_{cu} \\ 5.1 = 6\ tg\varphi_{cu} + c_{cu} \end{cases} \longrightarrow c_{cu} = 0,\ tg\varphi_{cu} = 0.85 < tg42 = 0.9$$

لغزش در خاک رخ خواهد داد نه در میان بند و خاک



$$F = m\cdot a = 10,000,000 \times (0.3g) = 3,000,000g$$

$$W\times\mu = (10,000,000\ g)\times 0.85 \quad (\text{ضریب برشی})$$

$$\frac{1}{2}H^2\gamma_w = \frac{1}{2}H^2(g\cdot\rho) = \frac{1}{2}H^2(g\times 1000) = 500H^2 g$$

$$FS = \frac{\text{نیروی پایدار کننده}}{\text{نیروهای پیش‌راننده}} \Rightarrow 2 = \frac{10,000,000 \times g \times 0.85}{500H^2 g + 3,000,000g}$$

$$H = 50\ m$$

- خاکی رانه‌ای در آزمایش سه‌محوری CD زیر فشار همه‌سویه $4\ kg/cm^2$ تحکیم یافته و در گام‌های دیگر آزمایش با زاویه 35° از افق گسیخته شده است. خواسته می‌شود که به هنگام گسیختگی

$\theta_p = 35^\circ = 45 - \frac{\varphi'}{2} \rightarrow \varphi' = 20^\circ$ (Passive) $\rightarrow \sigma'_3 = \sigma'_1 tg^2(45 + \frac{\varphi}{2}) + 0$

$4 = \sigma'_1 tg^2(45 + \frac{20}{2}) \rightarrow \sigma'_1 = 1.96\ kg/cm^2$

ب) 1.036

- بر روی رسی NC آزمایش CU انجام گرفته است. اگر در این آزمایش $\sigma_3 = 300\ kPa$ بوده، $\sigma_{1f} = 326\ kPa$، $\Delta U_f = 146$، $B.P = 100 kPa$ باشد، خواسته می‌شود زاویه صفحه گسیختگی از افق

۱- اگر B.P تنها برای سیراب کردن نمونه بوده باشد و به هنگام آزمایش اثر نکند:

$$\sigma'_3 = \sigma'_1 \tan^2(45 - \frac{\varphi_{CD}}{2}) - 2c_{CD}\tan(45 - \frac{\varphi_{CD}}{2})$$

$$(300 - 146) = (300 + 326 - 146)\tan^2(45 - \frac{\varphi_{CD}}{2}) - 2\times 0 \times \tan(45 - \frac{\varphi_{CD}}{2})$$

$$\varphi_{CD} = 31^\circ \rightarrow \theta_f = 45 + \frac{\varphi_{CD}}{2} = 45 + \frac{31}{2} = 60.5^\circ$$

۲- اگر B.P برای مدل کردن فشار آب زیرزمینی، تا پایان آزمایش اثر کند:

$$(300 - 100 - 146) = (300 + 326 - 100 - 146)\tan^2(45 - \frac{\varphi_{CD}}{2}) - 2\times 0$$

$$\varphi_{CD} = 48.7^\circ \qquad \theta_f = 45 + \frac{48.7}{2} = 69.3^\circ$$

- در خاکی $\varphi_{CD} = 20^\circ$ است. در آزمایشی بر روی این خاک $\sigma'_1 = 300\ kN/m^2$ و $\sigma'_3 = 100\ kN/m^2$ شده است. خواسته می‌شود تاب برشی خاک در صفحه گسیختگی.

تاب برشی در صفحه گسیختگی، برابر تنش برشی در همان صفحه است:

$$\tau = \frac{\sigma'_1 - \sigma'_3}{2}\sin 2\theta_f \quad , \quad \theta_f = 45 + \frac{\varphi_{CD}}{2} = 45 + \frac{20}{2} = 55^\circ$$

$$\tau = \frac{300 - 100}{2}\sin(2\times 55) = 93.9\ kN/m^2$$

- در آزمایش سه‌آسه‌ای CD، تنش مؤثر تمایل در کدام صفحه بیشترین خواهد بود؟

الف) $\theta = 15^\circ$ ✓ ب) $\theta = 30^\circ$ پ) $\theta = 45^\circ$ ت) $\theta = 60^\circ$

$$\sigma' = \frac{\sigma'_1 + \sigma'_3}{2} + \frac{\sigma'_1 - \sigma'_3}{2}\cos\theta$$

σ' (σ و) در صفحه افقی ($\theta = 0$) بیشترین خواهد بود و از میان گزینه‌ها $\theta = 15^\circ$ بیشترین تنش تمایل را خواهد داشت.

- افزایش σ_3 در آزمایش سه‌آسه‌ای CD، ---

الف) تاب برشی را می‌افزاید. ✓ ب) ΔU هنگام گسیختگی را می‌افزاید.

پ) تاب برشی را می‌کاهد. ت) ΔU هنگام گسیختگی را می‌کاهد.

- آزمایش سه آسه‌ای CU بر روی رس NC انجام گرفته است. با روی راست به داده‌ها خواسته می‌شود φ' ... ک ۸۲

الف) 21.7° ... (فشار آب میان دانه‌ای به هنگام گسیختگی) $u_f = 112\ kPa$

ب) 23° ... $\sigma_3 = 250\ kPa$

پ) 26.6° ... $B.P = 75\ kPa$

ت) ✓ 30.2° ... $\sigma_{df} = 279\ kPa$

★: $B.P = 75\ kPa$ بخشی از فشار آب میان دانه‌ای به هنگام گسیختگی است.

$\sigma'_3 = \sigma'_{ka} - 2c\sqrt{K_a}$

$(250 - 112) = (250 + 279 - 112)\tan^2(45 - \frac{\varphi'}{2}) - 0 \rightarrow \varphi' = 30.2$

- برخی از رس‌های دست خورده (در حالی که نم خود را از دست نمی‌دهند) با گذر زمان بخشی از تاب برشی از دست رفته خود را بدست می‌آورند، که به آن ... گفته می‌شود. (افت تاب برشی پس از دست خوردگی حساسیت نامیده می‌شود) ک ۲

الف) حساسیت ... ب) ایزومورفی ... پ) تیکسوتراپی ✓ ... ت) فعالیت

- کدام گزینه درست است؟ ک ۲

الف) آزمایش سه آسه‌ای نمی‌تواند بر روی خاک‌های نیمه سیراب انجام گیرد.

ب) در آزمایش سه آسه‌ای CU نمونه به هنگام تأثیر σ_d زهکشی می‌شود.

پ) در آزمایش سه آسه‌ای UU نمونه سیراب اصطکاک میان دانه‌ها را بروز نمی‌دهد. ✓

ت) در آزمایش سه آسه‌ای UU نمونه سیراب $c_{uu} = 0$ ، $u_{uu} \neq 0$ نشان می‌دهد.

- ضرایب فشار آب میان دانه‌ای (پارامتر A و B) برای یک خاک سیراب در آستانه گسیختگی ... ک ۲

الف) تغییر فشار آب میان دانه‌ای را در اثر تغییرات تنش مؤثر نشان می‌دهد.

ب) ... ... تنش کل ...

پ) الف و ($B = 1$ و $-0.5 \leq A \leq 1$)

ت) ب و ($B = 1$ و $-0.5 \leq A \leq 1$) ✓

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

ب) ۳۷-۱۰

- نمونه‌ای از خاک SC در آزمایش سه آسه‌ای CU، $\phi = 38^\circ$ از خود نشان داده است. اگر بر روی نمونه دیگری از این خاک، آزمایش برش مستقیم تند انجام گیرد، ϕ ... کدام است؟

الف) نزدیک به 35° خواهد شد ب) نزدیک به 40° خواهد شد ✓

پ) به گونه آزمایش وابستگی نشان نمی‌دهد ت) به چسبندگی خاک وابسته است.

$\phi_{ds} = 1.1\,\phi_{tr} = 1.1 \times 38 \simeq 40^\circ$ ، $\phi_{ds} > \phi_{tr}$

- آزمایش سه آسه‌ای UU بر روی نمونه‌ای رسی انجام گرفته و $c_{uu} = 10\ kPa$ ، $\phi_{uu} = 15^\circ$ بدست آمده است. در پیوند با دست آورد آزمایش چه می‌توان گفت؟

الف) خاک دارای چسبندگی و درگیری درونی است.

ب) نمونه سیرآب نبوده است. ✓

پ) اگر آزمایش CU انجام بگیرد، ϕ کمتر خواهد شد.

ت) آزمایش UU برای این خاک شایسته نیست.

- اگر در آزمایش سه آسه‌ای، σ_3 افزایش یابد، ...

الف) σ_1 افزوده می‌شود و نمونه شکل‌پذیرتر می‌شود. ✓ ★: افزایش σ_3 همانند دور پیچ کردن ستونهای بتن آرمه، شکل‌پذیری را بیشتر می‌کند

ب) σ_1 افزوده می‌شود و نمونه ترد می‌شود.

پ) σ_1 کاسته می‌شود و نمونه شکل‌پذیرتر می‌شود.

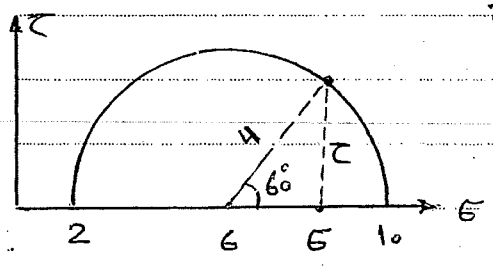
ت) σ_1 کاسته می‌شود و نمونه ترد می‌شود.

- برای خاکهای رسی بسیار بیش تحکیم یافته، A_p (پارامتر فشار آب میان‌دانه‌ای به هنگام گسیختگی) برابر است با:

الف) $-0.5 < A_p < 0$ ✓ ب) $A_p < -1$

پ) $0.5 < A_p < 1$ ت) $0 < A_p < 0.5$

- تنش‌های اصلی بیشینه و کمینه، در المانی از خاک 10 و 2 کیلوپاسکال است. خواسته می‌شود تنش خمشی و برشی در صفحه‌ای که با صفحه تنش اصلی بیشینه، 30° زاویه دارد.



$\tau = 4 \times \sin 60^\circ = 2\sqrt{3}\ kPa$

$\sigma = 6 + (4 \times \cos 60^\circ) = 8\ kPa$

ب) ۳۸-۱۰

At min ad qazan,

Atdan düşəndə, addan düşmə.

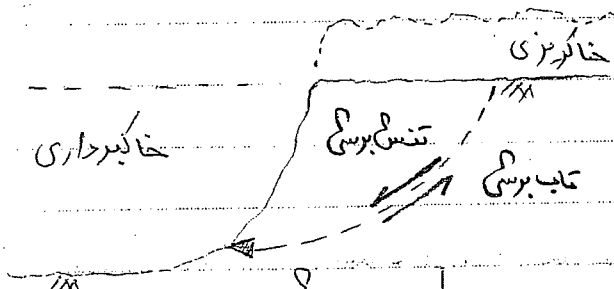
سوار اسب شو، نامی بدست آر،
تا هنگامی که از اسب افتادی، از نام نیافتی (نامدار بمانی)

بخش یازدهم - پایداری شیروانی ها (Stability of slopes)

دامنه کوه ها، دیواره دره ها، دیواره گودبرداری ها و رویه زمین های پرشیب، شیروانی نهادی (طبیعی) هستند بالادست و پایین دست پندهای (سدهای) خاکی، رویه خاکریزها و وارینه ها و دوسوی زیرسازی راهها، شیروانی ساختگی (مصنوعی) می باشند.

در همه شیروانی ها، نیروی رانشی وابسته به سنگینی شیروانی، درون شیروانی تنش برشی پدید می آورد و برابر با تنش برشی پدید آمده، بخشی از تاب برشی خاک بسیج می گردد (developed) چنانکه تنش برشی خاک آن چنان افزایش یابد که برابر تاب برشی خاک گردد، شیروانی به آستانه ناپایداری می رسد و دچار خزش، لغزش و ریزش می گردد.

در نگاره زیر، پارفتر شدن گودال یا سنگین شدن شیروانی، شیروانی به سوی ناپایداری می رود.



$$F_s = \frac{\text{تاب برشی}}{\text{تنش برشی}} \quad \frac{\tau_r}{\tau_s}$$

شیروانی در آستانه ناپایداری ⟵ $F_s = 1$ ⟵ تاب برشی = تنش برشی

شیروانی با ضریب F_s ⟵ $\tau_d = \frac{\text{تاب برشی}}{F_s}$ = تاب برشی بسیج شده = تنش برشی

اطمینان F_s پایدار است.

تاب برشی: $\tau_r = \sigma' tg\varphi' + c'$

تاب برشی بسیج شده: $\tau_d = \sigma' tg\varphi'_d + c'_d$

$\varphi'_d < \varphi'$ ، $c'_d < c'$

$$F_\varphi = \frac{tg\varphi'}{tg\varphi'_d} \rightarrow F_c = \frac{c'}{tgc'_d}$$

از آنجا که در میان پارامترهای تاب برشی خاک (c' و φ')، به φ' بیشتر از c' می‌توان اعتماد کرد، پس بهتر خواهد بود که F_φ کوچکتر از F_c برگزیده شود. ($F_\varphi < F_c$)

برای این که خاک شلغزد و در برابر گسیختگی ضریب اطمینان داشته باشد:

$$(\tau_s) \text{ تنش برشی} = (\tau_d) \text{ تاب برشی بسیج شده} = \sigma' tg\varphi'_d + c'_d = \sigma \frac{tg\varphi'}{F_\varphi} + \frac{c'}{F_c}$$

اگر برای آسانی محاسبه، F_φ برابر F_c برگزیده شود:

$$\tau_s \text{ تنش برشی} = \frac{1}{F_s}(\sigma tg\varphi' + c') = \frac{1}{F_s}(\tau_r) \text{ (تاب برشی)}$$

$$F_s = \frac{\tau_r}{\tau_s} \longrightarrow F_s = \frac{\text{تاب برشی}}{\text{تنش برشی}}$$

IF: (اگر) $F_\varphi = F_c \longrightarrow F_\varphi = F_c = F_s$

Elin ocağın düzla get (کانون) اجاق را بگیر (سر راست کن) و برو

Elin izini izla get پی اِل را بگیر و برو

Ayaqlarun yorulsa اگر پاهایت خسته شد

Dirsakla get, Dizla get با آرنج و زانو برو

جمشید سلیمانی

شورش‌های (علت های) زمین لغزش

۱- نیروهای زمین ساختی (تکتونیکی)
۲- زمین لرزه
۳- بالا آمدن آب زیر زمینی
۴- روان شدن آب روزمینی
۵- ریزش برهن
۶- ساخت و ساز در سیروانی
۷- فرسایش پای سیروانی
۸- سستی های درون سیروانی (مانند لایه های لغزنده)
۹- کاستی های درون سیروانی (ترک، شکاف)
۱۰- کندن پای سیروانی

گونه های زمین لغزش

۱- خزش (creep)، این لغزش بسیار کند است و سرانجام آن می تواند گسیختگی یا جابجایی باشد. گاهی با خزش سیروانی، دانه ها درهم فرو می روند و به هم نزدیک می شوند و تاب برشی افزایش می یابد. خزش در رس و مارن، بیشتر رخ می دهد.

۲- لغزش، لغزش تند است و سرانجام آن گسیختگی و ریزش سیروانی است و در این بخش بیشتر بررسی خواهد شد.

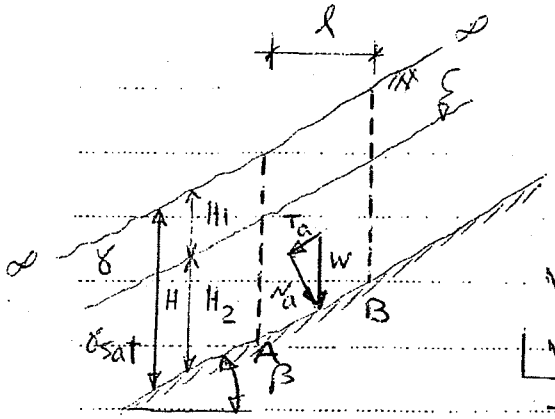
۳- افتادن، این پدیده در سیروانی های سنگی یا پرسنگ رخ می دهد و سنگها در اثر نیروی رانش وزن خود، غلتیده و به پایین سیروانی می افتند.

۴- روان شدن، این پدیده در رس های بسیار حساسی که در رویه شیب دار هستند و زمین لرزه آنها را لرزانده است، رخ می دهد. این رس ها هم پیشتر از نم کرانه روانی دارند و به هنگام زمین لرزه شُنله می شوند و روانه گل پدید می آورند. واریزه های درشت دانه های کوه ریز، پس از زمستان پر برف در آغاز بهار زود رس و پرباران، می توانند روانه گل پدید آورند.

شیوه های جلوگیری از لغزش

بتن پاشی، جای گذاری پیچ سنگ، میخ کوبی، کاستن از شیب، کاستن از بلندی، کاستن از خلیدن آب، ساختن دیوار نگهدارنده، پر کردن پای سیروانی

الف) بررسی پایداری سیلوانی های بی کران (نامحدود)



در سیلوانی بی کران، لایه بررسی شونده، به گونه‌ای خیلی گسترده بر روی رویه‌ای شیب‌دار جای گرفته است.

$$W = (H_1 \times l \times 1 \times \gamma) + (H_2 \times l \times 1 \times \gamma_{sat})$$

$$\boxed{W = l\,(H_1\gamma + H_2\gamma_{sat})}$$

$$T_a = W \cdot \sin\beta$$

$$N_a = W \cdot \cos\beta$$

تنش برشی: $\tau_s = \dfrac{T_a}{\overline{AB}\times 1} = \dfrac{W\cdot\sin\beta}{\frac{l}{\cos\beta}\times 1} = \boxed{(H_1\gamma + H_2\gamma_{sat})\cdot\sin\beta\cdot\cos\beta}$

$$\sigma = \frac{N_a}{\overline{AB}\times 1} = \frac{W\cdot\cos\beta}{\frac{l}{\cos\beta}\times 1} = \boxed{(H_1\gamma + H_2\gamma_{sat})\cos^2\beta}$$

تنش برشی: $\tau_R = \sigma' \cdot \tan\varphi' + c' = (\sigma - u)\tan\varphi' + c'$

ص ۲۴-۷

$$\tau_R = \left[(H_1\gamma + H_2\gamma_{sat})\cos^2\beta - (H_2\cos^2\beta\cdot\gamma_w)\right]\tan\varphi' + c'$$

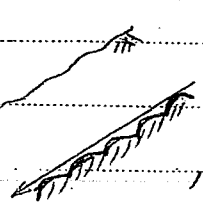
$$\boxed{\tau_R = (H_1\gamma + H_2\gamma')\cos^2\beta\tan\varphi' + c'}$$

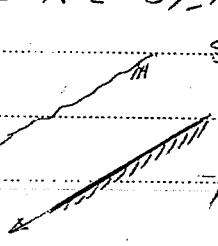
$$\boxed{F_s = \frac{\tau_R}{\tau_s} = \frac{(H_1\gamma + H_2\gamma')\cos^2\beta\tan\varphi' + c'}{(H_1\gamma + H_2\gamma_{sat})\sin\beta\cdot\cos\beta}}$$

در پیوند بالا، $\tan\varphi'$، ضریب درگیری (اصطکاک) دانه های لایه بررسی شونده یا ضریب درگیری لایه بررسی شونده و بستر سنگ می تواند باشد (هرکدام که کوچک‌تر باشد)

φ: زاویه درگیری درونی خاک $\varphi < \delta$

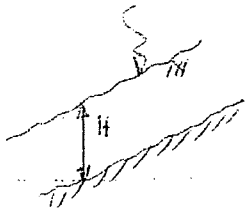
δ: زاویه درگیری خاک و بستر $\delta < \varphi$





الف ۴-۱۱

۱ - الف) شیروانی سیراب



در شیروانی سیراب $H_1 = 0$ ، $H_2 = H$ خواهد بود:

$$F_s = \frac{tg\varphi'}{tg\beta} \times \frac{\gamma'}{\gamma_{sat}} + \frac{c'}{H \cdot \gamma_{sat} \cdot \sin\beta \cdot \cos\beta}$$

دیده می‌شود که با افزایش چسبندگی خاک (c')، ضریب اطمینان افزوده می‌شود. اگر در لایه چسبنده، با افزایش H، ضریب اطمینان به یک کاهش یابد، در آن هنگام ناپایداری رخ می‌دهد (H_{cr})

$$1 = \frac{tg\varphi'}{tg\beta} \times \frac{\gamma'}{\gamma_{sat}} + \frac{c'}{H_{cr} \cdot \gamma_{sat} \cdot \sin\beta \cdot \cos\beta}$$

$$H_{cr} = \frac{c'}{\cos^2\beta \left[tg\beta \cdot \gamma_{sat} - tg\varphi' \cdot \gamma' \right]}$$

از این پیوند هنگامی می‌توان دریافت که، چون کرانه منفی نباشد یا به گفته دیگر H_{cr} منفی نشود، یا $\left(\frac{tg\varphi'}{tg\beta} \times \frac{\gamma'}{\gamma_{sat}}\right) < 1$ باشد، وگرنه $H_{cr} \leq 0$ باشد، شیروانی با هر ستبرای خاک پایدار خواهد بود و چنانکه $H_{cr} > 0$ شود، لایه بررسی شونده هر ستبرای بیشتر از H_{cr}، نخواهد توانست خودش را برتابد.

اگر در لایه بررسی شونده، $c' = 0$ باشد، پایداری لایه به ستبرای آن وابسته نخواهد شد.

$$F_s = \frac{tg\varphi'}{tg\beta} \times \frac{\gamma'}{\gamma_{sat}}$$

با روی راست به خوشه‌ای که در صفحه پیش رو آورده شده است، آشکار می‌شود که، سیراب شدن شیروانی ضریب اطمینان آنرا نزدیک به ٪۵۰ کاهش می‌دهد $\left(\frac{\gamma'}{\gamma_{sat}} \approx 0.5\right)$

الف) ۵-۱۱

۲-الف) سیلروانی ناسیراب

در سیلروانی ناسیراب $H_1 = H$ ، $H_2 = 0$ خواهد بود.

$$F_s = \frac{tg\varphi'}{tg\beta} + \frac{c'}{H \cdot \gamma \cdot \sin\beta \cdot \cos\beta}$$

برچاپه روشنگری های صفحه گذشته برای $F_s = 1$ خواهیم داشت:

$$H_{cr} = \frac{c'}{\gamma \cdot \cos^2\beta (tg\beta - tg\varphi')}$$

ازاین رابطه، هنگامی می توان بهره برد که درون پرانتز مثبت باشد یا به گفته دیگر H_{cr} مثبت شود، یا $\frac{tg\varphi'}{tg\beta} < 1$ باشد. وگرنه ..... (مانند صفحه ۵-۱۱)

اگر در لایه بررسی شونده $c' = 0$ باشد، پایداری لایه به بستبرای آن وابسته نخواهد شد.

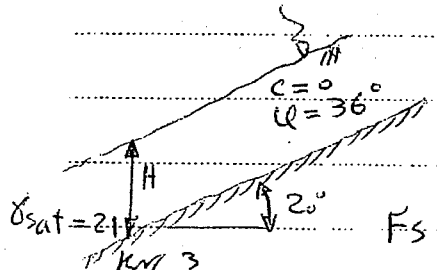
- هرگاه زاویه شیب (β) کوچکتر از زاویه درگیری درونی (φ) لایه خاک باشد، $F_s > 1$ و سیلروانی پایدار خواهد شد.

$$F_s = \frac{tg\varphi'}{tg\beta}$$

- در حالت c_u، نمی توان از رابطه $\tau_R = \sigma' \cdot tg\varphi' + c'$ بهره برد.

در این هنگام باید از رابطه $\tau_R = \sigma \cdot tg\varphi_{cu} + c_{cu}$ بهره برد (ص الف ۷-۱۱)

- باروی راست به نگاره و راه ها، خواسته می شود، ضریب اطمینان در برابر لغزش



(زاویه درگیری درمیان لایه و بستر سنگ) $\delta = 32°$

$$F_s = \frac{tg32°}{tg2°} \times \frac{21-10}{21} = 0.9$$

سیلروانی با هر بستبرائی (H) ناپایدار است.

- اگر لایه سیراب نباشد با هر γ و H پایدار،

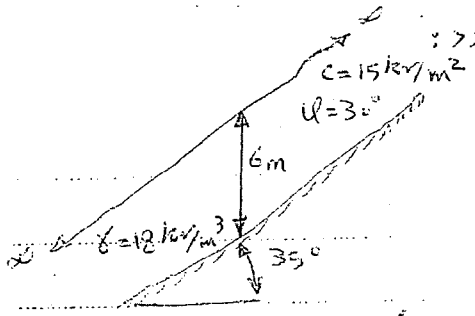
$$F_s = \frac{tg32}{tg2°} = 1.71$$

خواهد بود. الف) ۶-۱۱

— با روی دامنه به شکل روبرو، خواسته می شود:

الف) ضریب اطمینان در برابر لغزش

ب) لایه بررسی شده تا چه ستبرائی، خودش، خودش را بری دارد.



$$F_S = \frac{tg\varphi'}{tg\beta} + \frac{c'}{H\cdot\gamma\cdot\sin\beta\cdot\cos\beta} = \frac{tg30}{tg35} + \frac{15}{6\times18\times\sin35\times\cos35} = 1.12$$

$$H_{cr} = \frac{c'}{\gamma\cdot\cos^2\beta\,(tg\beta - tg\varphi')} = \frac{15}{18\cos^2 35\,(tg35 - tg30)} = 10.11\ m$$

— پرسش بالا را با این پیش فرض که لایه بررسی شونده سیراب است، پاسخ دهید.

($\gamma_{sat}=20$)

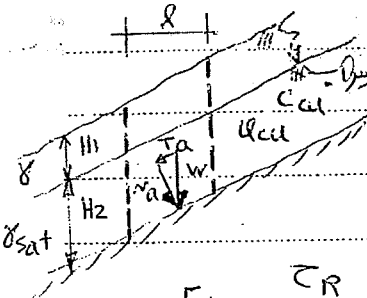
$$F_S = \frac{tg\varphi'}{tg\beta}\times\frac{\gamma'}{\gamma_{sat}} + \frac{c'}{H\cdot\gamma_{sat}\cdot\sin\beta\cdot\cos\beta}$$

$$F_S = \frac{tg30}{tg35}\times\frac{10}{20} + \frac{15}{6\times20\times\sin35\times\cos35} = 0.678 < 1$$ ناپایدار

$$H_{cr} = \frac{c'}{\cos^2\beta\,[tg\beta\cdot\gamma_{sat} - tg\varphi'\cdot\gamma']}$$

$$H_{cr} = \frac{15}{\cos^2 35\,[tg35\times20 - tg30\times10]} = 2.71\ m$$

— اگر در زمین دامنه زیر سرپا، پایستگی برای H_1 به شدت بر روی زمین ریخته شود، خواسته می شود، ضریب ایمنی برای کوتاه مدت (زهکشی نشده).



ضابطه برشی زهکشی نشده: $\tau_R = \sigma\cdot tg\varphi_{cu} + c_{cu}$

$$\tau_R = (H_1\cdot\gamma + H_2\gamma_{sat})\cos^2\beta\cdot tg\varphi_{cu} + c_{cu}$$

$$F_S = \frac{\tau_R}{\tau_S} = \frac{(H_1\cdot\gamma + H_2\gamma_{sat})\cos^2\beta\cdot tg\varphi_{cu} + c_{cu}}{(H_1\gamma + H_2\gamma_{sat})\sin\beta\cdot\cos\beta}$$

برای کوتاه مدت

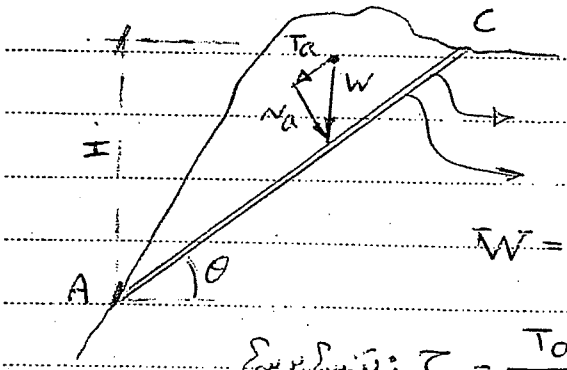
الف) ۷-۱۱

ب) بررسی پایداری سیرواني های باکران (محدود)

در این سیرواني ها، لغزش بر روی یک صفحه تخت یا بر روی یک صفحه خمیده می تواند رخ دهد. لغزش تخت را یک لایه لیز و سُر خورنده یا یک رگه و ترک می تواند پدید آورد ولی لغزش بر قوره های بی رگه و بی ترک، بیشتر بر روی کمانی از دایره (رویه استوانه ای) رخ می دهد. (روش دایره سوئدی)

۱- ب) سیرواني باکران (محدود) با کاستی های درونی یا بستی های درونی

کاستی درون سیرواني، می تواند لایه ای سست یا یک ترک باشد و بودن آب، کاستی درون سیرواني را بیشتر می کند.



(روش کولمان)

لایه سست و سُر خورنده ← $c=0, \varphi$

ترک لغزنده ← $c=0, \varphi$

$W = S' \times 1 \times \gamma$

تنش برشی: $\tau_s = \frac{T_a}{\overline{AC} \times 1} = \frac{W \cdot \sin\theta}{\overline{AC}}$

$\sigma = \frac{N_a}{\overline{AC} \times 1} = \frac{W \cdot \cos\theta}{\overline{AC}}$

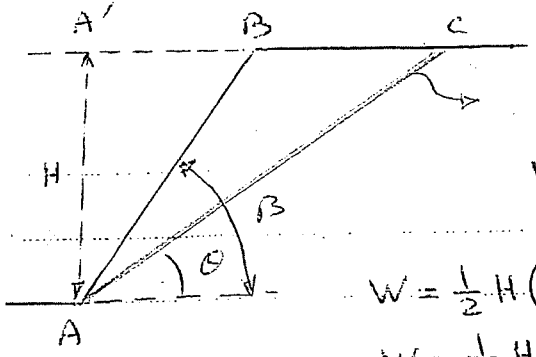
تاب برشی: $\tau_R = \sigma \cdot \tan\varphi + c = \frac{W \cdot \cos\theta}{\overline{AC}} \tan\varphi + c$

$$F_s = \frac{\tau_R}{\tau_s} = \frac{W \cdot \cos\theta \tan\varphi + c \times \overline{AC}}{W \cdot \sin\theta} = \frac{\tan\varphi}{\tan\theta} + \frac{c \times \overline{AC}}{W \cdot \sin\theta}$$

$$F_s = \frac{\tan\varphi}{\tan\theta} + \frac{c \times H}{W \sin^2\theta}$$

$c = 0 \Rightarrow F_s = \frac{\tan\varphi}{\tan\theta}$

اگر بالای سیرواني تخت باشد، می توان پیوند بالا را ساده تر هم کرد.



لایه ست

$$W = \frac{1}{2} H \times \overline{BC} \times 1 \times \gamma$$

$$W = \frac{1}{2} H (A'C - A'B) \times 1 \times \gamma$$

$$W = \frac{1}{2} H (H \cdot \cot g\theta - H \cdot \cot g\beta) \times 1 \times \gamma$$

$$W = \frac{1}{2} H^2 \gamma (\cot g\theta - \cot g\beta)$$

$$W = \frac{1}{2} H^2 \gamma \left(\frac{\sin(\beta-\theta)}{\sin\theta \cdot \sin\beta}\right)$$

$$AC = \frac{H}{\sin\theta}$$

$$F_s = \frac{tg\varphi}{tg\theta} + \frac{c \times \frac{H}{\sin\theta}}{\frac{1}{2} H^2 \gamma \left(\frac{\sin(\beta-\theta)}{\sin\theta \cdot \sin\beta}\right) \cdot \sin\theta} = \frac{tg\varphi}{tg\theta} + \frac{c}{\frac{1}{2}\gamma H \left(\frac{\sin(\beta-\theta)}{\sin\theta \cdot \sin\beta}\right) \sin^2\theta}$$

اگر در نگاره بالا، زمین یک دست بوده و کاستی درونی نداشته باشد، گسیختگی در یک کمان دایره رخ خواهد داد و به بررسی آن نیز پرداخته خواهد شد. چنانکه بخواهیم چنین لغزشی را ساده بررسی نماییم، می توان گسیختگی را برروی خط AC پنداشت:

$$F_s = \frac{tg\varphi}{tg\theta} + \frac{c}{\frac{1}{2}\gamma H \left(\frac{\sin(\beta-\theta)}{\sin\theta \cdot \sin\beta}\right) \times \sin^2\theta}$$

از آنجایه خط گسیختگی AC جایی سازگار زاویه θ می تواند رسم شود، می توان از پیوند بالا، نسبت به متغیر θ مشتق گرفت و آنرا برابر صفر قرار داد تا θ_{cr} که ضریب اطمینان را کمترین می کند، بدست آید.

$$\theta_{cr} = \frac{\beta + \varphi}{2}$$

IF: $\beta = 90^\circ \Rightarrow \theta_{cr} = 45 + \frac{\varphi}{2}$ Active

اگر در پیوند بالا به جای θ، $\frac{\beta+\varphi}{2}$ جایگزاری شود، کمترین ضریب اطمینان بدست می آید و چنانکه $F_s = 1$ پنداشته شود، H_{cr} بدست می آید.

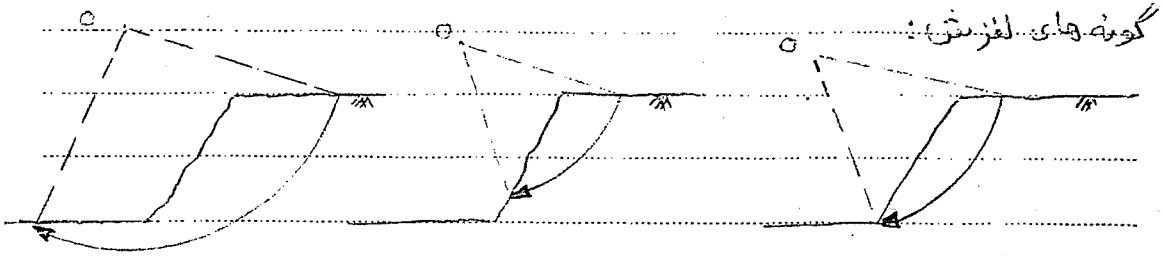
$$H_{cr} = \frac{4c}{\gamma} \left[\frac{\sin\beta \cos\varphi}{1 - \cos(\beta-\varphi)}\right]$$

الف) 11-9

2-ج) سیروانی های با کران (محدود) یکدست

این سیروانی ها کاستی درونی ندارند و تنها با افزایش یکنواخت سیروانی، به جایی می رسند که خودشان نمی توانند خودشان را برتابند و دچار لغزش ورزش می گردند. رویه لغزش در این سیروانی ها، رویه ای استوانه ای است که گرد یک مرکز دوران می گردد و خاک سیروانی را می زند.

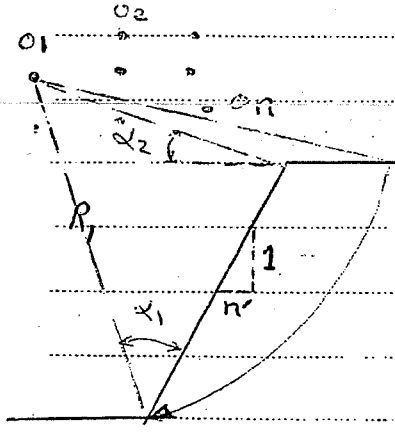
گونه های لغزش:



لغزش پای سیروانی | لغزش دامنه | لغزش ژرف

برای هر سیروانی یکدست، می توان شماری (n) مرکز دوران برگزید و برای هر مرکز دوران شماری (m) کران دایره رسم کرد و سپس پایداری سیروانی را nxm بار بررسی نمود و برای هر بار بررسی، ضریب اطمینان حساب کرد. کمترین ضریب اطمینان بدست آمده، ضریب اطمینان سیروانی خواهد بود و نباید از 1.3 در سیروانی های ناسیرآب، 1.05 در سیروانی های سیرآب کمتر باشد. (برای بارهای همیشگی)

در این شیوه کار، اگر نخستین مرکز دوران سنجیده برگزیده شود، با تکرار کمتری می توان به پاسخ درست یافت.

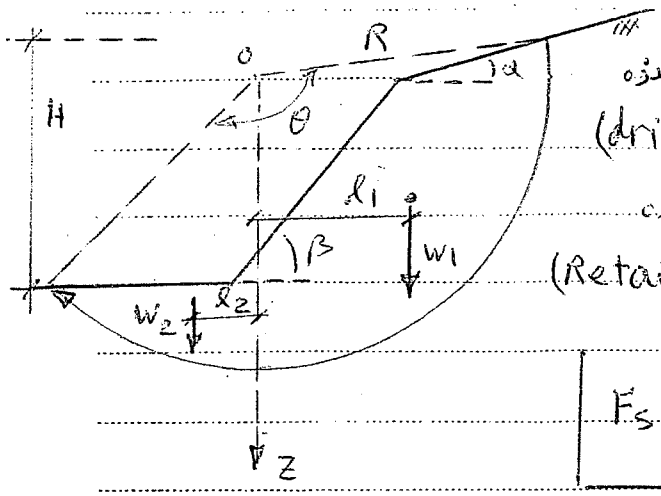


n'	α_1	α_2
1	28	37
1.5	26	35
2	25	35
3	25	35
5	25	37

الف) ۱۰-۱۱

۱-۲-پ) سیروانی با کران (محدود) در خاک رس

اگر سیروانی رسی در کوتاه زمانی ساخته شود، در آن $\varphi_{uu}=0$ خواهد بود و تنها c_{uu}، تاب برشی را پدید خواهد آورد. برای محاسبه ضریب اطمینان در مرکز دوران و در شعاع لغزش چنین راهکاری پیشنهاد شده است.



گشتاور رانده = $M_d = W_1 \cdot l_1 - W_2 \cdot l_2$ (driving)

گشتاور پاینده = $(R \cdot \theta_{Ra} \times 1 \times c_{uu}) \times R$

(Retaining) $M_R = c_{uu} \times R^2 \times \theta_{Ra}$

$$F_s = \frac{c_{uu} \cdot R^2 \cdot \theta_{Ra}}{W_1 l_1 - W_2 l_2} \Leftarrow F_s = \frac{M_R}{M_d}$$

فلنیوس و تیلور راهکار میان بری را برای چنین سیروانی های پیشنهاد کرده اند که دقت روش بالا را ندارد.

stability number (S.N) یا $m \longrightarrow m = f(\alpha, \beta, \theta, \varphi)$

m از نمودارهای پیشنهادی بدست می آید.

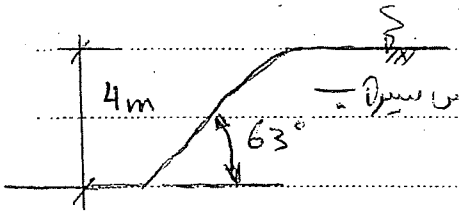
تعریف عدد پایداری:

$$m = \frac{c_d}{\gamma \cdot H} \Rightarrow c_d = m \gamma H \Rightarrow \frac{c_{uu}}{F_s} = m \cdot \gamma \cdot H \Rightarrow m = \frac{c_{uu}}{F_s \cdot \gamma \cdot H}$$

(developed)

$$F_s = \frac{c_{uu}}{c_d} = \frac{c_{uu}}{m \gamma H} \qquad F_s = 1 \Rightarrow H_{cr} = \frac{c_{uu}}{m \cdot \gamma}$$

- با روی براست به رابطه ها و نگار، خواسته می شود F_s و H_{cr}



$c_{uu} = 30\ kN/m^2$

$\gamma = 20\ kN/m^3$

$\varphi_{uu} = 0$

نمودار برای رس نرمگیری نشده: $\beta = 63° \Rightarrow m = 0.2$

$$m = \frac{c_d}{\gamma \cdot H} \Rightarrow 0.2 = \frac{c_d}{20 \times 4} \Rightarrow c_d = 16\ kN/m^2 \Rightarrow F_s = \frac{30}{16} = 1.87$$

$$H_{cr} = \frac{c_{uu}}{m \cdot \gamma} = \frac{30}{0.2 \times 20} = 7.5\ m$$

الف) ۱۱-۱۱

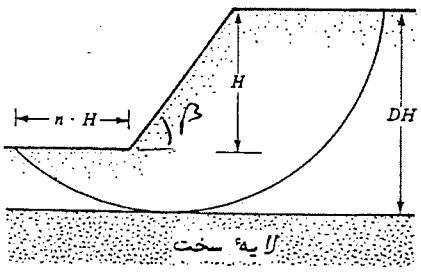
$\beta > 53°$: تمام دوایر ، دوایر پای شیروانی هستند :

$\beta < 53°$:

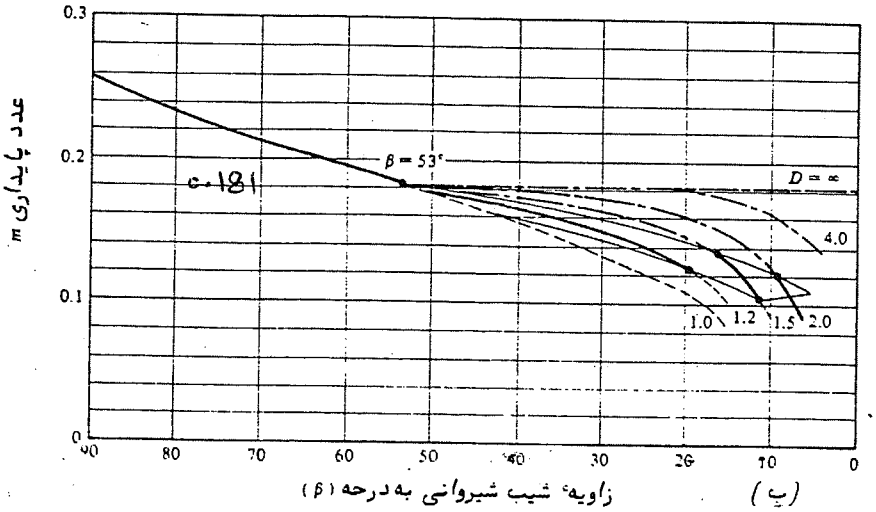
دایرهٔ پای شیروانی

دایرهٔ عمیق

دایرهٔ دامنه (دایرهٔ کمرکش)



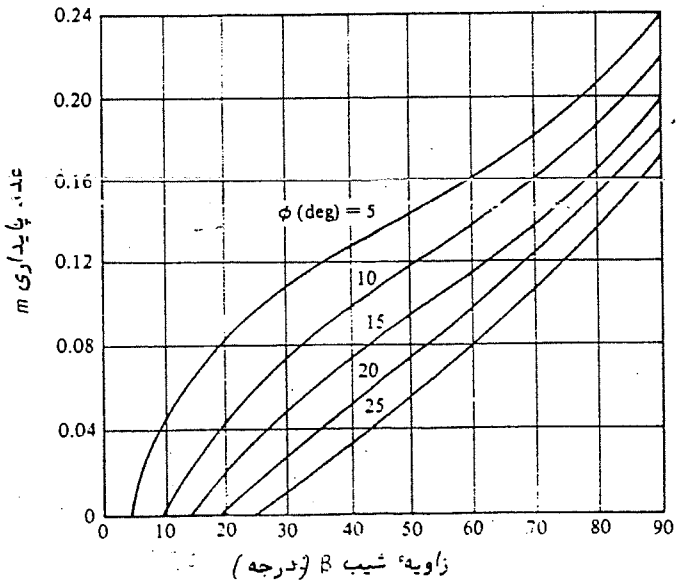
(الف)



(ب)

c=181

برای رس ها ، به هنگام زهکشی نشدن (UU) $\phi_{UU} = 0$



برای خاکهای با $\phi > 0$ الف ۱۲-۱۱

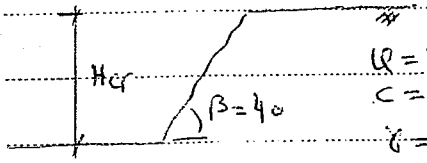
برگرفته از کتاب اصول مهندسی ژئوتکنیک
نوشته: Das
برگردان: آقای شاپور طاحونی

2-2-ب) سیلروانی یا کران (محدود) در خاکهای درجه‌ای و رس‌های زودرس شده:

در این خاکها $\varphi = 0$ است و باز برش دو پهلو خواهد بود که شعاع مرکز دوران و شعاع کمان دایره‌ای پیش‌بینی شده و پس از $m \times n$ بار بررسی پایداری، کمترین ضریب اطمینان بدست آید.

در این خاکها نیز می‌توان از روابط روبان بر تیلور بهره برد.

- چارت‌های ارزیابی تیلور (Taylor) بیشترین پایداری سیلروانی را محاسبه کرده

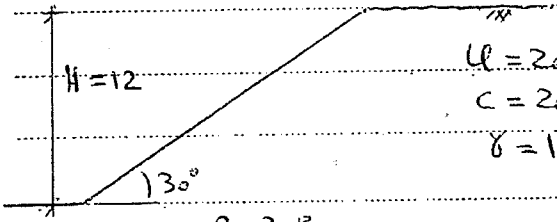


$\varphi = 15^\circ$
$c = 18\ kN/m^2$
$\gamma = 17\ kN/m^3$

$\beta = 40^\circ$
$\varphi = 15^\circ \Rightarrow m = 0.07$

$$H_{cr} = \frac{c}{\gamma . m} = \frac{18}{17 \times 0.07} = 15.12\ m$$

- چارت‌های است به شکل داده‌ها خواسته می‌شود ضریب اطمینان در برابر لغزش، چارت تیلور



$\varphi = 20^\circ$
$c = 20\ kN/m^2$
$\gamma = 16\ kN/m^3$

مورد اول: شیب $\begin{cases} \beta = 30^\circ \\ \varphi_d = 20 \end{cases} \Rightarrow m = 0.025 \Rightarrow c_d = m . \gamma . H = 0.025 \times 16 \times 12 = 4.8\ kN/m^2$

$F_\varphi = \frac{tg20}{tg20} = 1$

$F_c = \frac{20}{4.8} = 4.17$ → نابرابر

مورد دوم: شیب $\begin{cases} \beta = 30^\circ \\ \varphi_d = 15 \end{cases} \rightarrow m = 0.046 \Rightarrow c_d = 0.046 \times 16 \times 12 = 8.83\ kN/m^2$

$F_\varphi = \frac{tg20}{tg15} = 1.36$

$F_c = \frac{20}{8.83} = 2.26$ → نابرابر

مورد سوم: شیب $\begin{cases} \beta = 30^\circ \\ \varphi_d = 10^\circ \end{cases} \Rightarrow m = 0.075 \Rightarrow c_d = 0.075 \times 16 \times 12 = 14.14\ kN/m^2$

11-13 (الف)

$$F_\varphi = \frac{\tan 20}{\tan 10} = 2.07$$

$$F_c = \frac{20}{14.14} = 1.39$$

نابرابر

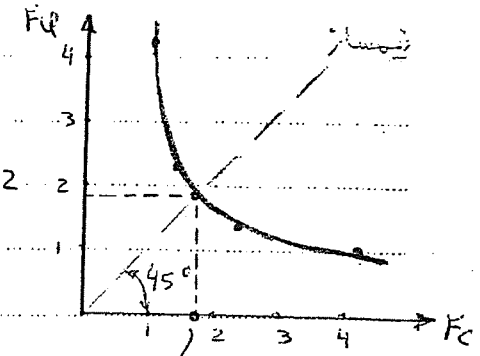
پایدار: $\beta = 30^\circ$, $\varphi = 5^\circ \rightarrow m = 0.11 \Rightarrow Cd = 21.12$

$$F_\varphi = \frac{\tan 20}{\tan 5} = 4.16$$

$$F_c = \frac{20}{21.12} = 0.95$$

ناپایدار

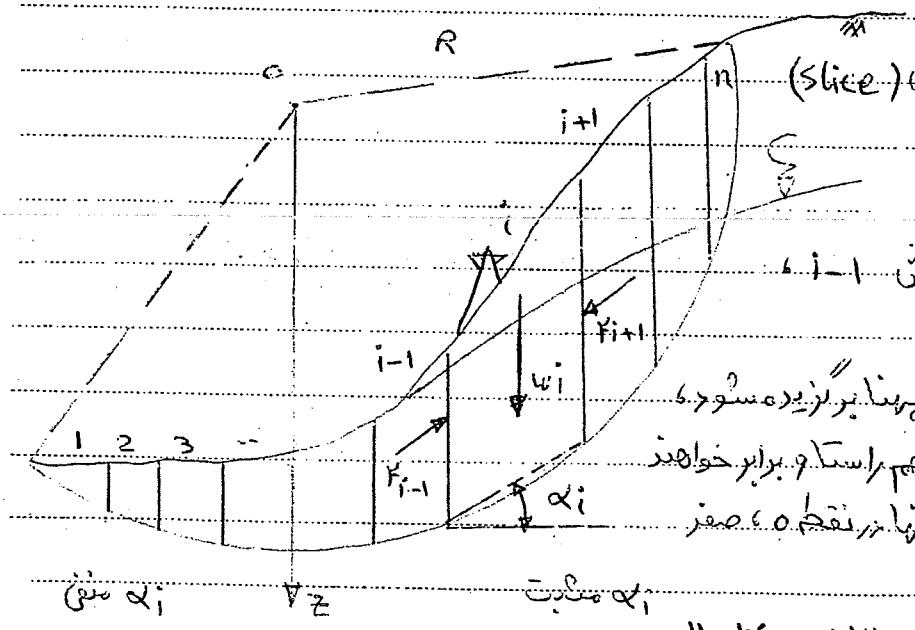
نابرابر



$F_c = F_\varphi \simeq 1.73$

ب) روش بی شاپ (Bishop) برای سیروانی های باکران (محدود)

در این روش نیز با برگزیدن n مرکز دوران و m رویه لغزش دایره‌ای، پایداری سیروانی $n \times m$ بار بررسی می گردد و کمترین ضریب اطمینان بدست آمده، ضریب اطمینان سیروانی شناخته می شود. در این روش توده لغزنده به برش های چندی بخش شده و پایداری همه آنها باهم، بررسی می گردد.

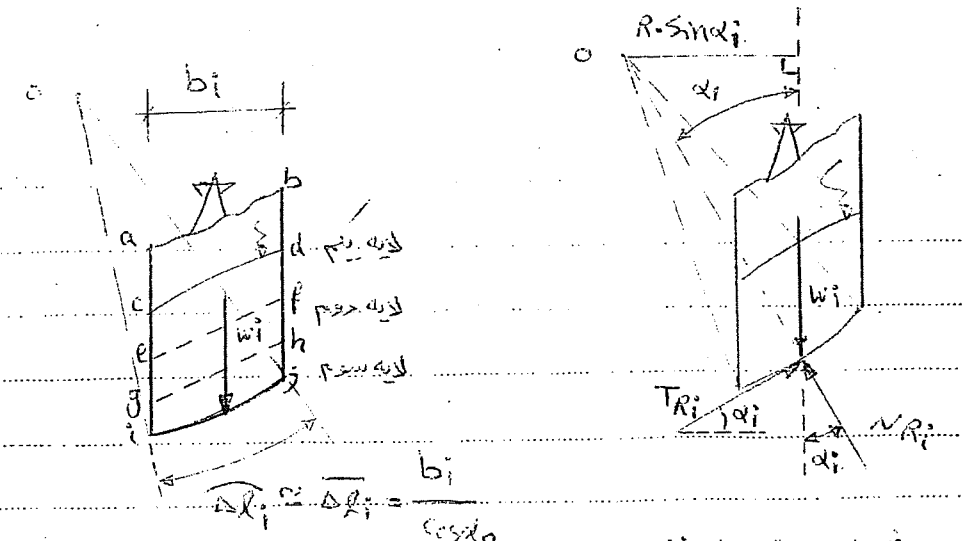


F_{i+1}: کنش برش (slice) $i+1$ بر روی برش i

F_{i-1}: واکنش برش $i-1$، بر روی برش i

اگر برش i، کم پرتاب برگزیده شود، F_{i+1} و F_{i-1} هم راستا و برابر خواهند بود و گشتاور آنها در نقطه O، صفر خواهد بود.

الف ۱۱-۱۴



برش ام i (slice)

ضریب برشی $= \frac{1}{F_s}$ = تنش برشی = ضریب برشی بسیج شده

$$T_{R_i} = \frac{1}{F_s}\left(\sigma_i' \operatorname{tg}\varphi_i' + c_i'\right) \times \left(\widehat{\Delta l_i} \times 1\right)$$

$$T_{R_i} = \frac{1}{F_s}\left[\left(\sigma_i - u_i\right) \operatorname{tg}\varphi_i' + c_i'\right] \times \left(\widehat{\Delta l_i} \times 1\right)$$

(الف)

(ب) $\sigma_i = \dfrac{N_{R_i}}{\widehat{\Delta l_i} \times 1} = \dfrac{w_i \cos\alpha_i}{\widehat{\Delta l_i} \times 1}$ (ج)

اگر سه نیروی اثر کننده بر بوش ام i به راستای N_{R_i} تصویر شوند:

$N_{R_i} = w_i \times \cos\alpha_i$

ولی اگر سه نیرو به راستای w_i تصویر شوند:

$w_i = N_{R_i} \cdot \cos\alpha_i + T_{R_i} \cdot \sin\alpha_i$

در پیوند با روش بی شاپ بازنگری شده است.

$\widehat{\Delta l_i} \simeq \overline{\Delta l_i} = \dfrac{b_i}{\cos\alpha_n}$

$w_i =$ سنگینی خاک $+ \left(S_{abcd} \overset{\times 1}{\times} \gamma_i\right) +$ برای یک متر بعد سوم

$\left(S_{cdef} \times \gamma_{sat1}\right) + \left(S_{efgh} \times \gamma_{sat2}\right) +$

$\left(S_{ghij} \times \gamma_{sat3}\right)$

- از آنجا که لغزش در لایه سوم و بررسی کمان $\widehat{ij}$ پایه سی در برآورد ضریب برشی از c' و φ' لایه سوم بهره برده.
- c' و φ' هرکدام از برش ها می توانند در پیوند با لایه ای باشند که در دیگر کمان حاصله ای بررسی شونده سیروان c' و φ' های دیگر این را می توانند داشته باشند.
- u_i فشار آب میان حلقه ای است که برای آب ایستا از پیوند $u = H_w \times \gamma_w$ و برای آب روان از پیوند $u = \gamma_w (h - z)$ (پس از رسم شبکه جریان) بدست می آید.

$$T_{Ri} = \frac{1}{F_s}\left[(W_i \cos\alpha_i - U_i \times \widehat{\Delta l_i}) \operatorname{tg}\varphi_i + C_i \times \widehat{\Delta l_i}\right]$$

(از پیوندهای الف و ب صفحه پیش)

$\sum M_O = 0$ (برای همه برش‌ها) $\Rightarrow$ پایداری

$$\sum_{i=1}^{n} W_i \times R \times \sin\alpha_i = \sum_{i=1}^{n} T_{Ri} \times R$$

$$F_s = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left[(W_i \cos\alpha_i - U_i \times \widehat{\Delta l_i}) \operatorname{tg}\varphi_i + C_i \times \widehat{\Delta l_i}\right]}{\sum_{i=1}^{n} W_i \times \sin\alpha_i}$$

- در سیروانی های ماسیر آب $U_i = 0$ خواهد شد. در سیروانی های سیر آب اگر برخی از برش ها سیر آب نباشند، برای آن برش ها $U_i = 0$ خواهد شد.

- از آنجاکه سنگینی برش های سوی چپ آسه ج (صفحه ۱۴) به پایداری سیروانی کمک می کنند، بایستی α_i برای آنها منفی باشد تا گشتاور نگراننده سیروانی کم شود.

ت) روش بی شاپ بازنگری شده

در این روش سه نیروی اثر کننده به برش ام، به جای تصویر شدن به راستای N_{Ri} به راستای W_i تصویر می شوند و با این کار دقت محاسبه افزوده می شود.

$$W_i = N_{Ri} \times \cos\alpha_i + T_{Ri} \times \sin\alpha_i$$

α_i در جای جای گمان لغزش، گرش دارد. از آنجاکه α_i زاویه و ترکیان لغزش پنداشته می شود، خطائی به محاسبه وارد می گردد. برای کم کردن این خطا، بکار بستن روش بی شاپ بازنگری شده، سودمند خواهد بود، چون $\sin\alpha_i$ و $\cos\alpha_i$ نمودهای وارون هم دارند و از اینباشت خطا جلوگیری می کنند.

از پیوندهای (در صفحه پیش) به پیوند بالای همین صفحه رسیدیم. با بازمعادی دوباره از آنها می توان نوشت: ($N_{Ri} = W_i \cos\alpha_i$) (از پیوندهای الف و ب صفحه پیش)

الف) ۱۱-۱۶

$$T_{Ri} = \frac{1}{F_s}\left[N_{Ri} \operatorname{tg}\varphi_i - U_i \cdot \widehat{\Delta l_i} \cdot \operatorname{tg}\varphi_i + C_i \widehat{\Delta l_i}\right]$$

$$W_i = N_{Ri} \times \cos\alpha_i + \underbrace{\frac{1}{F_s}\left[N_{Ri}\tan\varphi_i - u_i \cdot \widehat{\Delta l_i} \cdot \tan\varphi_i + c_i \widehat{\Delta l_i}\right]}_{T_{Ri}} \times \sin\alpha_i$$

$$N_{Ri} = \frac{W_i + \frac{1}{F_s} u_i \cdot \widehat{\Delta l_i} \cdot \tan\varphi_i \cdot \sin\alpha_i - \frac{1}{F_s} c_i \times \widehat{\Delta l_i} \times \sin\alpha_i}{\cos\alpha_i + \frac{\tan\varphi_i}{F_s}\sin\alpha_i}$$

$\sum M_o = 0$ (برای همه برش ها) $\Rightarrow$ پایداری

$$\sum_{i=1}^{n} W_i \times R \times \sin\alpha_i = \sum_{i=1}^{n} T_{Ri} \times R$$

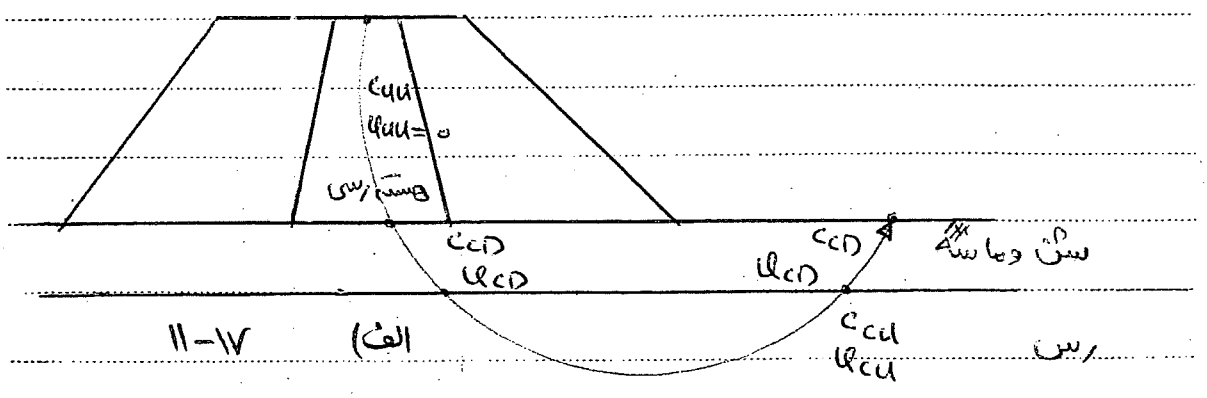
از پایین صفحه پیش:

$$\sum_{i=1}^{n} W_i \times \sin\alpha_i = \frac{1}{F_s}\left[N_{Ri}\tan\varphi_i - u_i \widehat{\Delta l_i}\tan\varphi_i + c_i \widehat{\Delta l_i}\right]$$

اگر در این پیوند به جای N_{Ri} برابرش را جایگذاری کنیم:

$$F_s = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left[\left(\frac{W_i - u_i \cdot \widehat{\Delta l_i} \cdot \cos\alpha_i - \frac{1}{F_s} c_i \times \widehat{\Delta l_i} \times \sin\alpha_i}{\cos\alpha_i + \frac{\tan\varphi_i}{F_s}\times\sin\alpha_i}\right)\tan\varphi_i + c_i \widehat{\Delta l_i}\right]}{\sum_{i=1}^{n} W_i \times \sin\alpha_i}$$

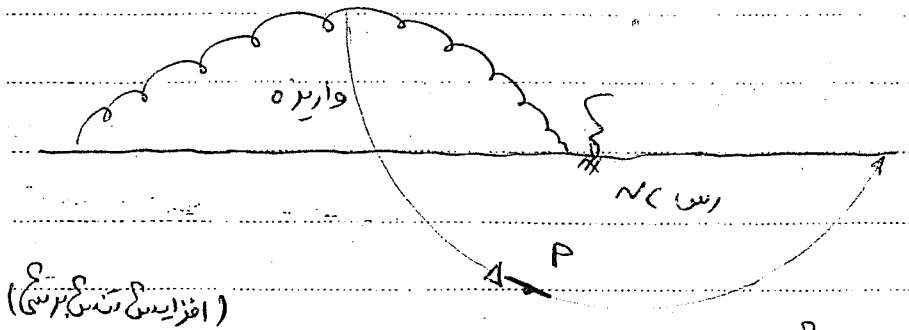
- در سیلوانی های ناسیرآب $u_i = 0$
- برای بدست آوردن F_s، بایستی نخست آن را پنداشت و با آزمون خطا به اندازه راستین آن دست یافت.
- در سیلوانی زیر، از کدام پارامترهای تابع برشی (c_D، φ_D، c_u، φ_u) بایستی برای برآورد تاب برشی کمان لغزش بهره برد؟ (بتن خاکی به تندی ساخته شده است)



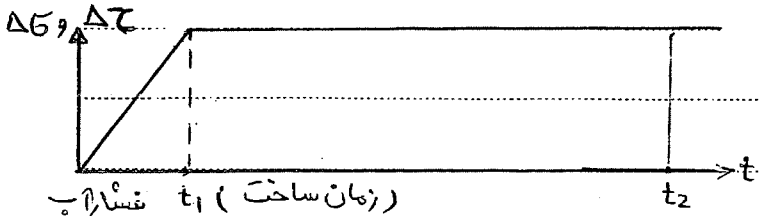
الف) ۱۱-۱۷

- برروی لایه‌ای از رس NC ، در کوتاه زمانی خاکریزی می‌شود ، خواسته می‌شود ، نمودار $\Delta\sigma$ ، u ، تاب برشی و ضریب اطمینان در صفحه(Δ)گذرنده از نقطه P

(برگرفته از اصول مهندسی ژئوتکنیک - برگردان آقای شاپور طاحونی)

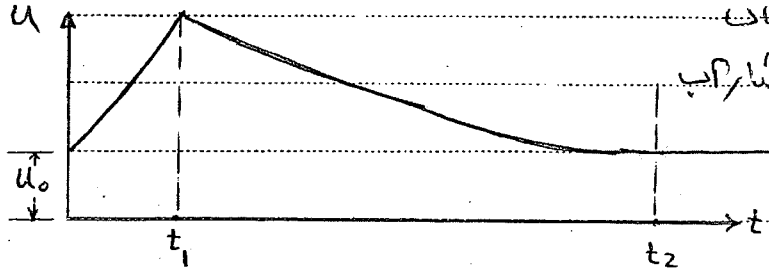


(افزایش تنش برشی)

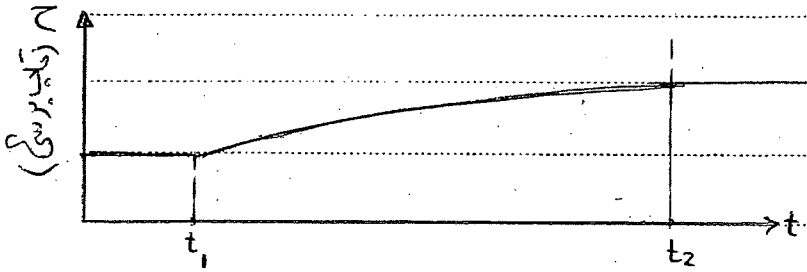


با بارگذاری σ افزوده می‌شود و تنش برشی را هم می‌افزاید

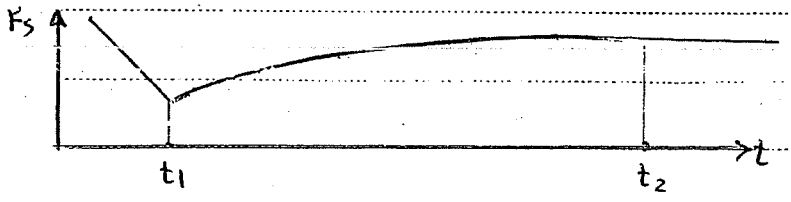
فشار آب



با بارگذاری σ افزوده می‌شود و خاک رس تمایل به نشست می‌کند و فشار آب میان دانه‌ها افزایش می‌یابد.



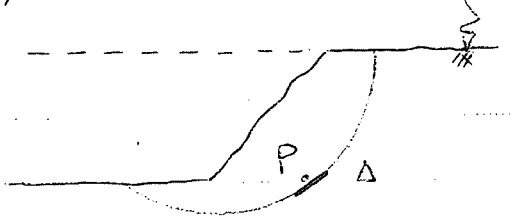
با گذشت زمان فشار آب میان دانه‌ها کاهش می‌یابد و σ افزوده می‌شود و با افزایش آن تاب برشی بالا می‌رود و ضریب اطمینان افزوده می‌شود.

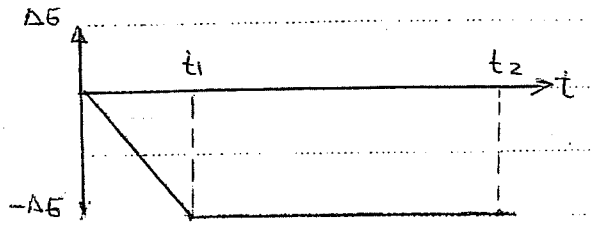


کمترین ضریب اطمینان در پایان ساخت است

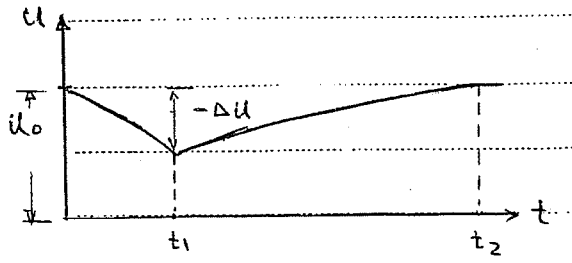
- در خاکریز رسی (همانند هسته رسی) که به تندی ساخته می‌شود ، $C_{uu}=C_e$ و $\phi_{uu}=0$ است. در چنین خاکریزی ، با افزایش ستبرای خاکریز ، تنش برشی به گونه خطی در صفحه‌ای از آن افزایش می‌یابد ولی تاب برشی در آن صفحه ثابت است ($\tau_{uu}=C_{uu}$) پس با افزایش ستبرای خاکریز ، ضریب اطمینان کاهش می‌یابد و لغزش می‌تواند رخ دهد. در چنین خاکهایی گسیختگی از صفحه‌های پایینی آغاز می‌شود ، چون تنش برشی در آنها بیشتر است.

- از لایه رس σ_c در کوتاه زمانی، بغل بُری می شود. خواسته می شود نمودار $\Delta\sigma$، u، تنش برشی، تاب برشی و ضریب اطمینان در صفحه(Δ)گذرنده از نقطه P

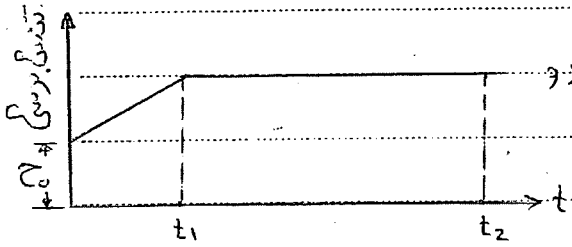




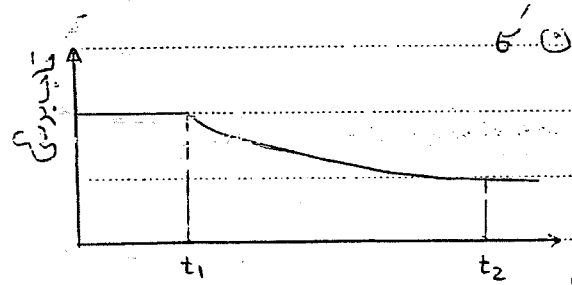
با بارپذیری، σ کاهش می یابد
($\Delta\sigma$ منفی است)



با بارپذیری σ کاهش می یابد و خاک میل به آماس می کند و فشار آب میان دانه ای کم می شود.
(Δu منفی) با گذشت زمان فشار آب میان دانه ای به اندازه نخستین خود برمی گردد.



با آغاز بغل بری، تنش برشی افزایش می یابد و با پایان آن، به اندازه ثابتی می رسد.

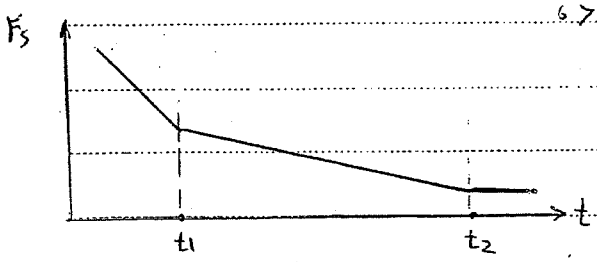


پس از بغل بری σ کاهش می یابد و با گذر زمان σ' نیز کاسته می شود و تاب برشی را می کاهد.

$t=t_1 \Rightarrow \sigma' = \sigma'_0 - \Delta\sigma - (-\Delta u)$

$t=t_2 \Rightarrow \sigma' = \sigma'_0 - \Delta\sigma$

درخاصله زمانی t_1، t_2، σ' (تنش موثر) کاهش می یابد و در پی آن تاب برشی نیز کاسته می شود، (در حالی که تنش برشی ثابت است) و از این رو ضریب اطمینان کاهش می یابد.



- در بالای سپرهای خاک دانه‌ای، فشار منفذی کم است و از این رو خاک در بالای سپر، تاب برشی کمتری دارد و گسیختگی، بیشتر از بالای سپر آغاز می‌شود (هرچند که در بالای سپر، تنش برشی هم کم است)

با گسیخته شدن بالای سپر، تاب برشی خاک از $\tau_p = \sigma' \tan\phi_p + c_p$ به $\tau_r = \sigma' \tan\phi_r$ کاهش می‌یابد و از این رو به تنش برشی بخش‌های پایین‌تر افزوده می‌شود و این پدیده می‌تواند سرآغازی برای گسیختگی پیش‌رونده (Progressive failure) باشد.

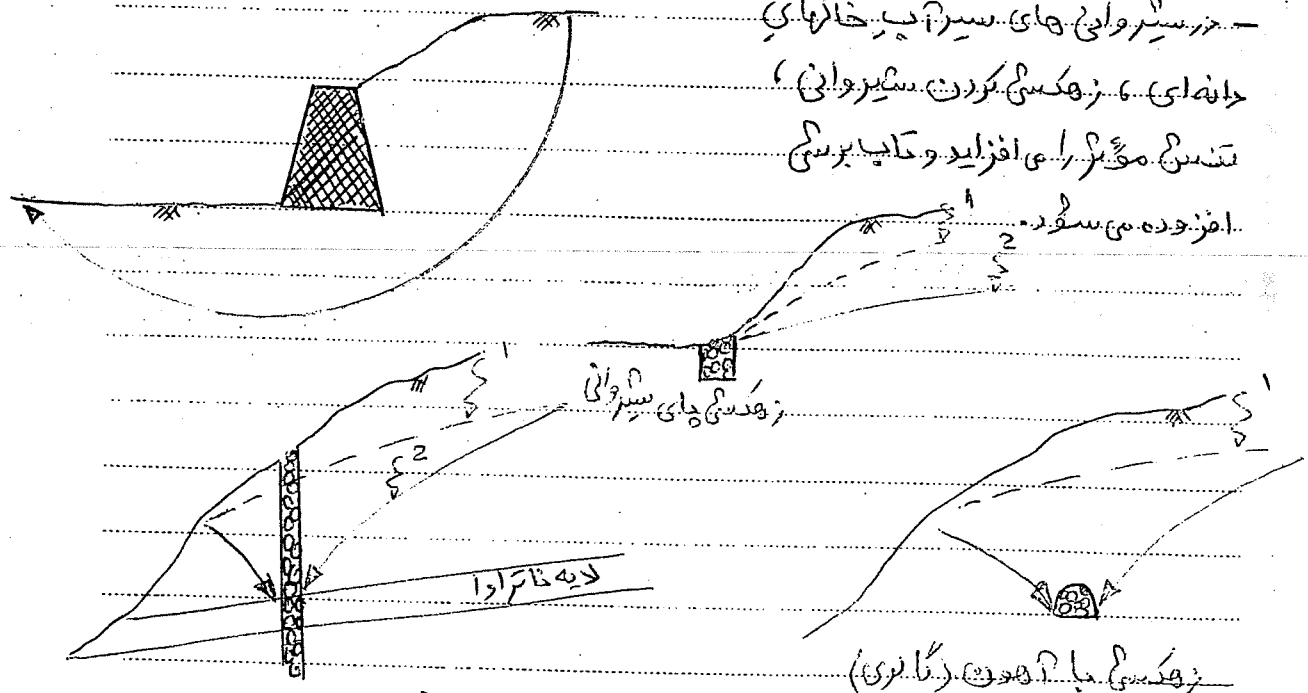
- در سپرهای رس اشباع، از $\tau_{uu} = c_{uu}$ و در سپرهای رس نهادی (طبیعی) از $\tau_{cu} = \sigma' \tan\phi_{cu} + c_{cu}$ برای برآورد تاب برشی کوتاه مدت (در بررسی پایداری سپر) بهره برده می‌شود. برای بررسی پایداری درازمدت، تاب برشی از پیوند $\tau_{cd} = \sigma' \tan\phi_{cd} + c_{cd}$ حساب می‌شود.

- در سپرهای رس (سیرآب) بررسی پایداری به کوتاه مدت، تعیین کننده‌تر است. در برخی از رس‌های حساس، درازمدت تعیین کننده می‌شود.

- در محاسبه پایداری سپرهای ها، حاشیه دوبعدی، محافظه کارانه است. چون از تاب برشی رویه‌های گسیختگی دوسوی سپر، چشم پوشی می‌شود.

- در لغزش‌های ژرف، دیوار نگهدارنده، نمی‌تواند از لغزش جلوگیری نماید.

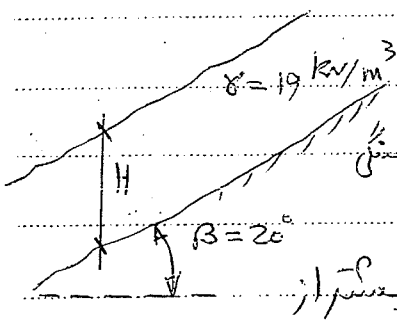
- در سپرهای سیرآب خاکهای دانه‌ای، زهکشی کردن سپر، تنش موثر را افزاید و تاب برشی افزوده می‌شود.



زهکشی با آهن (گابیونی)

زهکشی با چاه و آرون

— ستبرای لایه نخست و بیشینه چه اندازه می‌توانند باشد تا لایه دچار لغزش نشود. (DAS)



$\varphi = 25^\circ$

$\delta = 27^\circ \rightarrow$ (زاویه درگیری میان بستر سنگی و لایه نخست)

$C = 18\ kN/m^2$

★ با این شیروانی ریزش می‌کند، چون درگیری درونی و بیشتر از زاویه شیب است. ($25^\circ > 20^\circ$)

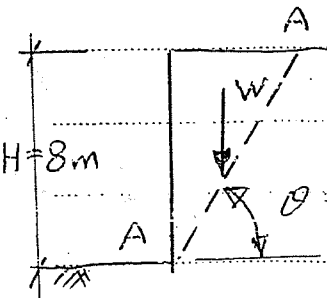
پایدار برای هر ستبرا $\Rightarrow H_{cr} = \dfrac{C}{\gamma} \times \dfrac{1}{\cos^2\beta(\tan\beta - \tan\varphi)} < 0$

— بررسی نیاز به ریزش بالا را برای خاک سیرآب ($\gamma_{sat} = 22\ kN/m^3$) بیابید.

$$H_{cr} = \frac{C}{\cos^2\beta\,[\tan\beta \cdot \gamma_{sat} - \tan\varphi \cdot \gamma']} = \frac{18}{\cos^2 20\,[\tan 20^\circ \times 22 - \tan 25 (22-10)]}$$

$$= 8.45\ m$$

— در نگاره زیر، هنگامی که آبفای گودال به 8 متری رسد و روی رویه A-A لغزش رخ می‌دهد، خواسته می‌شود چسبندگی خاک.



$\gamma = 18\ kN/m^3$

$W = \frac{8}{2} \times 8 \times \tan 30 \times 1 \times 18$

$W = 332.5\ kN/m$

$\theta = 60 = 45 + \frac{\varphi}{2} \Rightarrow \varphi = 30^\circ$

نیروی لغزاننده $= W \cdot \sin\theta$

نیروی نگهدارنده $= W \cdot \cos\theta \cdot \tan\varphi + C \dfrac{H}{\sin\theta} \times 1$

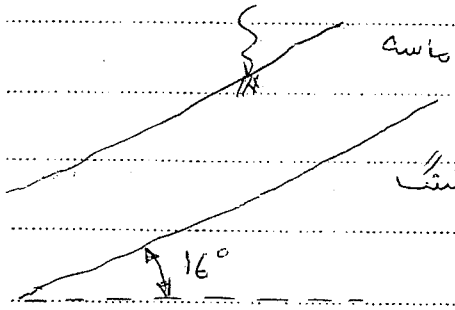
$$F_s = \frac{\text{نیروی نگهدارنده}}{\text{نیروی لغزاننده}} = \frac{\tan\varphi}{\tan\theta} + \frac{C \times H}{W \cdot \sin^2\theta}$$

$$1 = \frac{\tan 30^\circ}{\tan 60} + \frac{C \times 8}{332.5 \times \sin^2 60} \Rightarrow C = 20.8\ kN/m^2$$

ب) 11-1

- با روی داشت به نگاره و داده ها، خواسته می شود، ضریب اطمینان در برابر لغزش

(ک)



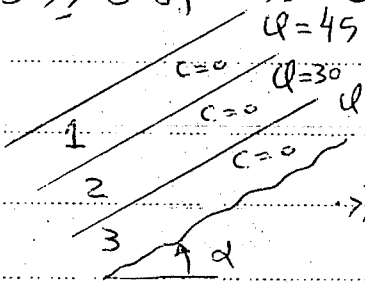
$\gamma_{sat} = 22\ kN/m^3$

$\varphi' = 36°$

$\delta = 34°$ (درگیری میان ماسه و سنگ)

$$F_s = \frac{\gamma' \cdot tg\varphi'}{\gamma_{sat} \cdot tg\beta} = \frac{(22-10)\,tg34°}{22\,tg16} = 1.28$$

- زاویه α رفته رفته افزوده می شود، خواسته می شود گام های ریزش



گام یکم: لایه دوم و یکم همراهش $\delta = 45°$ و $c = 0$

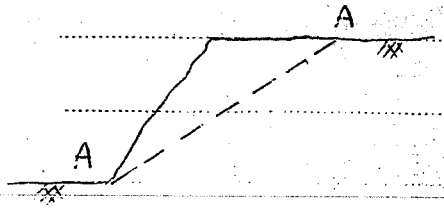
گام دوم: لایه سوم بر روی خورش سری خورده و می ریزد.

گام سوم: باز مانده لایه سوم پس از $\alpha = 45°$

- از دو پارامتر تاب برشی خاک (c و φ) به کدامیک بیشتر می توان اعتماد کرد؟ φ

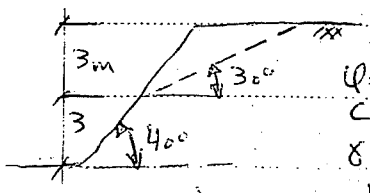
پس: $F_\varphi < F_c$

- در رویه A-A تنش برشی $\frac{1}{3}$ تاب برشی برآورد شده است. خواسته می شود ضریب اطمینان



$$F_s = \frac{\text{تاب برشی}}{\text{تنش برشی}} = \frac{1}{\frac{1}{3}} = 3$$

- خواسته می شود ضریب اطمینان در رویه A-A



$\varphi = 35°$

$c = 0$

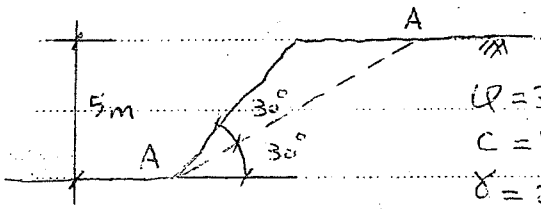
$\gamma = 17\ kN/m^3$

$$F_s = \frac{\frac{1}{2}\times 17\times 3\left[\frac{\sin(40-30)}{\sin 40 \sin 30}\right]\sin 30 \cos 30 \, tg35 + 0}{\frac{1}{2}\times 17\times 3\left[\frac{\sin(40-30)}{\sin 40 \sin 30}\right]\sin^2 30} = \frac{tg35}{tg30} = 1.21$$

- آیا این سیلروانی پایدار است؟ خیر، چون $40° > 35°$ است.

ب) ۲-۱۱

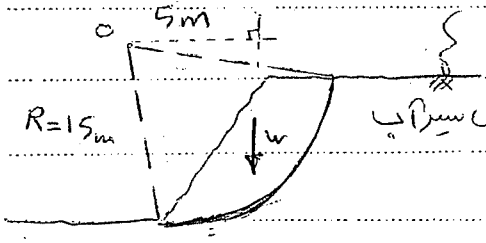
- خواسته می شود ضریب اطمینان برای رویه A-A (ب)



$\varphi = 35°$
$C = 10\ kN/m^2$
$\gamma = 20\ kN/m^3$

$$F_s = \frac{\frac{1}{2}\times 20\times 5\left[\frac{\sin(60-30)}{\sin 60\sin 30}\right]\sin 30\cos 30\tan 35 + 10}{\frac{1}{2}\times 20\times 5\left[\frac{\sin(60-30)}{\sin 60\sin 30}\right]\times \sin^2 30} = 1.9$$

- پس از یک گودبرداری تند، خواسته می شود ضریب اطمینان در برابر لغزش (ک)

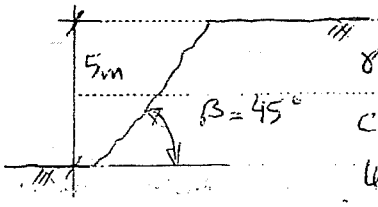


رس سیلتی $\gamma_{sat} = 20\ kN/m^3$
$C_{uu} = 60\ kN/m^2$
$\varphi_{uu} = 0$

$A = 100\ m^2$
$\bar{x} = 20\ m$
$F_s = \frac{\text{گشتاور نگهدارنده}}{\text{گشتاور لغزاننده}}$

$$F_s = \frac{\bar{x}\times 1\times C_{uu}\times R}{A\times 1\times \gamma\times \bar{x}} = \frac{20\times 1\times 60\times 15}{100\times 1\times 20\times 5} = 1.8$$

- گودالی مانند شکل زیر کنده خواهد شد، خواسته می شود ارتفاع ایمنی شیب گودال (عمق بحرانی) (DAS)



$\gamma = 16.8\ kN/m^3$
$C = 29.3\ kN/m^2$
$\varphi = 15°$

- در چه ارتفاعی ضریب اطمینان ۳ می شود؟

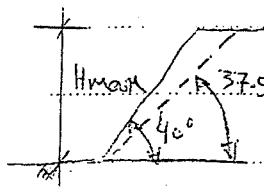
$$H_{cr} = \frac{4C}{\gamma}\left[\frac{\sin\beta\cos\varphi}{1-\cos(\beta-\varphi)}\right] = \frac{4\times 29.3}{16.8}\left[\frac{\sin 45\cos 15}{1-\cos(45-15)}\right] = 35.6\ m$$

$$C_d = \frac{29.3}{3} = 9.77\ kN/m^2 \qquad \varphi_d = \text{Arctg}\left(\frac{\text{tg}15}{3}\right) = 5.1°$$

$$H_{Fs=3} = \frac{4\times 9.77}{16.8}\left[\frac{\sin 45\cos 5.1}{1-\cos(45-5.1)}\right] = 7.04\ m$$

اگر $\beta = 15°$ شود، گودال با هر ارتفاعی پایدار خواهد شد.

- خواسته می‌شود بیشترین ارتفاع گودبرداری؟



$\varphi = 35°$
$c = 10\ kN/m^2$
$\gamma = 17\ kN/m^3$

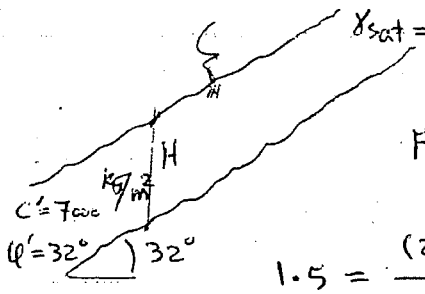
$$H_{max} = H_{cr} = \frac{4 \times 10}{17}\left[\frac{\sin 40 \cos 35}{1-\cos(40-35)}\right] = 325.5\ m$$

پس از ... 325.5 m گودبرداری، لغزش با چه زاویه‌ای رخ می‌دهد؟

$$\theta_{cr} = \frac{\beta + \varphi}{2} = \frac{40+35}{2} = 37.5°$$

★ زیاد می‌شود، چسبندگی ناچیز $(0.1\ kgf/cm^2)\ 10\ kN/m^2$، روی پایداری بسیار اثرگذار است. برای $c=0$ این سیروانی یا هر گزینه‌ای ناپایدار است.

- خواسته می‌شود، بیشینه بتوان لایه‌روبی، تا ضریب ایمنی در برابر لغزش کمتر از 1.5 نشود.

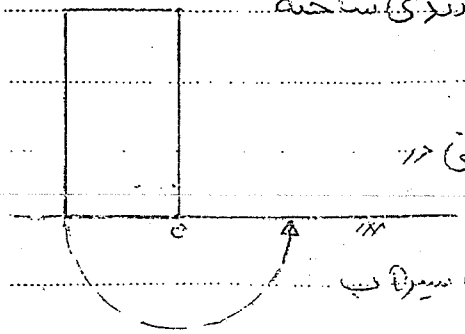


$$F_s = \frac{\gamma' \cdot tg\varphi}{\gamma_{sat} \cdot tg\beta} + \frac{C}{H \cdot \gamma_{sat} \cdot \sin\beta \cdot \cos\beta}$$

$$1.5 = \frac{(2000-1000)\,tg32}{2000\,tg32} + \frac{700}{H \times 2000 \times \sin 32 \times \cos 32}$$

$$H = 7.8\ m$$

- بررسی رس سیر آب، ساختمان بلندی به تندی ساخته می‌شود.



تا پایان ساخت، تاب برشی تقریباً ثابت است ولی تنش برشی افزوده می‌شود و از این رو ضریب ایمنی کاهش می‌یابد.

پس از پایان ساخت، در اثر تحکیم تاب برشی افزایش می‌یابد و تنش برشی ثابت می‌ماند و از این رو ضریب ایمنی افزایش می‌یابد.

- در روش کولمان برای بررسی پایداری سیروانی ها، رویه لغزش ..... پنداشته می شود.
الف) استوانه‌ای ب) صفحه تخت ✓ پ) سهموی ت) لگاریتمی (ک-آ)

- کدام گزینه درست است؟ (ک-آ)

الف) با گودبرداری در رس های سیرآب، بی درنگ پس از گودبرداری، ضریب اطمینان بیشینه است و با گذر زمان کاسته می شود. ✓

ب) بی درنگ پس از گودبرداری در رس های سیرآب، ضریب اطمینان کمینه است و با گذر زمان افزوده می شود.

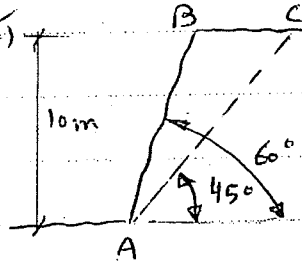
پ) بی درنگ پس از خاکریزی برروی رس های سیرآب، ضریب اطمینان بیشینه است و با گذر زمان کاسته می شود.

ت) با خاکریزی و خاکبرداری در رس های سیرآب، ضریب ایمنی دگرسان نمی یابد.

- با روی داشت به نگاره و داده ها، خواسته می شود ضریب ایمنی رویه AC، دربرابر لغزش

الف) 1
ب) 1.8 ✓
پ) 0.5
ت) 4

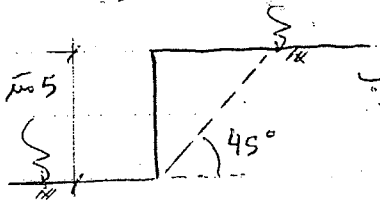
(ک-آ)



رس سیرآب
$S_{\Delta ABC} = 21.13\ m^2$
$\gamma_{sat} = 20\ kN/m^3$
$C_{uu} = 40\ kN/m^2 \rightarrow \varphi_{uu} = 0$

$$F_s = \frac{tg\varphi}{tg\theta} + \frac{C \times H}{W \times \sin^2\theta} \rightarrow F_s = \frac{0}{tg45} + \frac{40 \times 10}{(21.13 \times 1 \times 20)\sin^2 45^\circ} = 1.88$$

- پس از 5 متر گودبرداری تند، دیواره گودال ریزش می کند، خواسته می شود C_{uu} (ک)

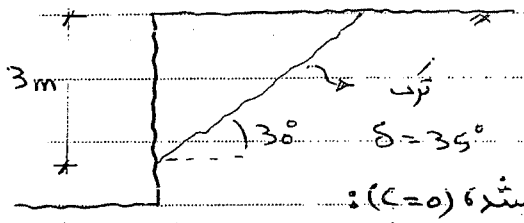


رس سیرآب
$\gamma_{sat} = 20\ kN/m^3$

$$W = \frac{5 \times 5}{2} \times 1 \times 20 = 250\ kN/m$$

$$F_s = \frac{tg\varphi}{tg\theta} + \frac{C \times H}{W \times \sin^2\theta} \rightarrow 1 = \frac{0}{tg45} + \frac{C_{uu} \times 5}{250 \times \sin^2 45} \rightarrow C_{uu} = 25\ kN/m^2$$

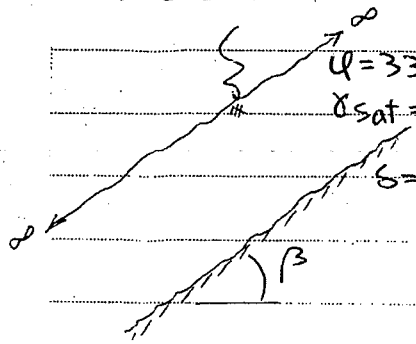
- خواسته می شود، ضریب ایمنی سیروانی در برابر لغزش



*: اگر ترک با چسباننده های نهادی پر نشده باشد، ($C=0$):

$$F_s = \frac{tg\varphi}{tg\theta} + \frac{C \times H}{W \times \sin^2\theta} \rightarrow F_s = \frac{tg35^\circ}{tg30} + 0 = 1.2$$

- در سیروانی بی کران شکل زیر، زاویه سیروانی چقدر باشد تا ضریب ایمنی 1.5 شود.

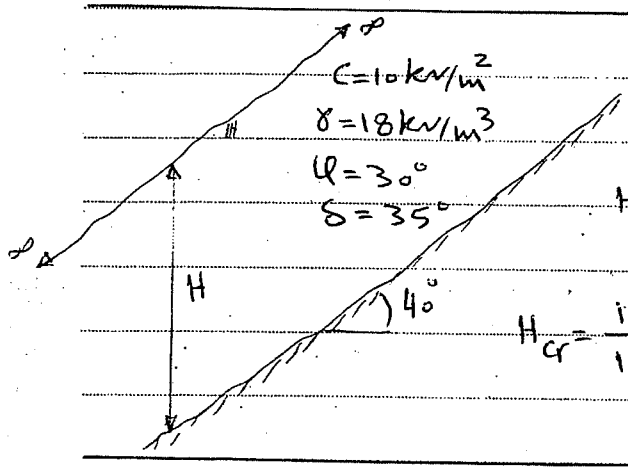


$$F_s = \frac{\gamma'}{\gamma_{sat}} \times \frac{tg\varphi}{tg\beta}$$

$$1.5 = \frac{2000-1000}{2000} \times \frac{tg30}{tg\beta}$$

$$\beta = 10.9^\circ$$

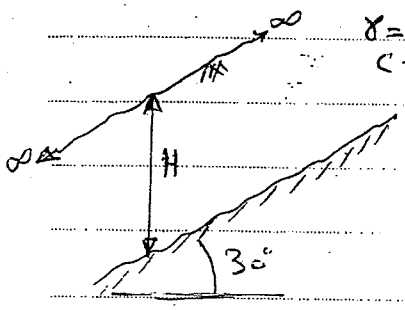
- لایه روی پس از چه ستبرایی می لغزد.



$$H_{cr} = \frac{C}{\gamma} \times \frac{1}{\cos^2\beta\,(tg\beta - tg\varphi)}$$

$$H_{cr} = \frac{10}{18} \times \frac{1}{\cos^2 40\,(tg40 - tg30)} = 3.62\ m$$

- در زمین شکل زیر، H چقدر باشد تا ضریب ایمنی در برابر لغزش 2 شود.

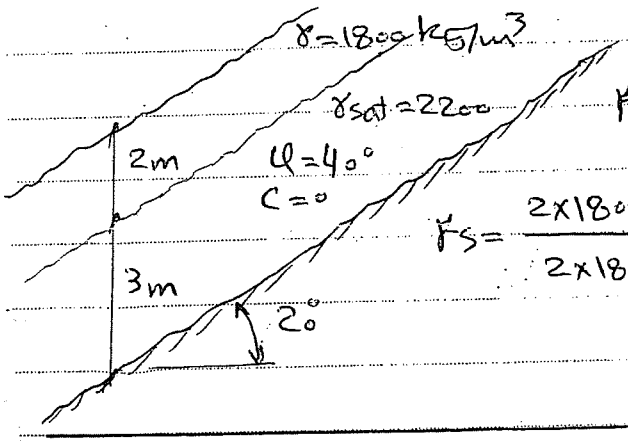


$$F_s = \frac{tg\varphi}{tg\beta} + \frac{C}{\gamma H \sin\beta \cos\beta}$$

$$2 = \frac{tg30}{tg30} + \frac{2000}{2000 \times H \sin 30 \cos 30}$$

$$H = 2.31\ m$$

- برای این سیروانی بی کران، ضریب ایمنی را بیابید.

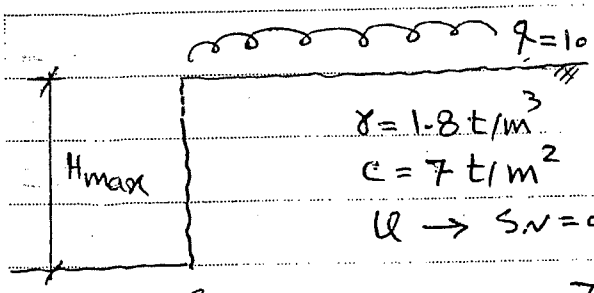


(c=0):

$$F_S = \frac{H_1\gamma + H_2\gamma'}{H_1\gamma + H_2\gamma_{sat}} \times \frac{tg\varphi}{tg\beta}$$

$$F_S = \frac{2\times1800 + 3\times(2200-1000)}{2\times1800 + 3\times2200} \times \frac{tg40}{tg20} = 1.6$$

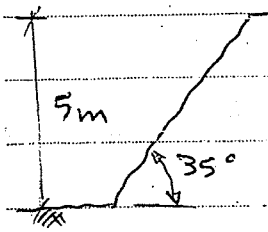
- خواسته ی سؤال H_{max}



$$H = \frac{c}{F_S \cdot \gamma \cdot S_N} \rightarrow H_{cr} = \frac{7}{1\times1.8\times0.3} = 12.96\ m$$

$$H_{max} = H_{cr} - \frac{q}{\gamma} = 7.77 - \frac{10}{1.8} = 7.40\ m$$

- خواسته ی سؤال چسبندگی خاک تا ضریب اطمینان در برابر لغزش 2 شود.



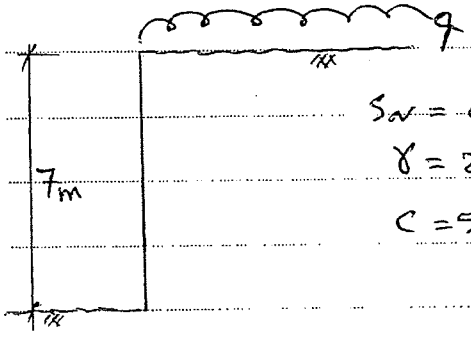
$$H = \frac{c}{F_S \cdot \gamma \cdot S_N}$$

$S_N = 0.07$

$\gamma = 17\ kN/m^3$

$$F_S = \frac{c}{2\times17\times0.07} \rightarrow c = 11.9\ kN/m^2$$

- خواسته ی سؤال بیشینه سربار در کرانه گودال



$$H = \frac{c}{F_S \cdot \gamma \cdot S_N}$$

$S_N = 0.25$

$\gamma = 20\ kN/m^3$

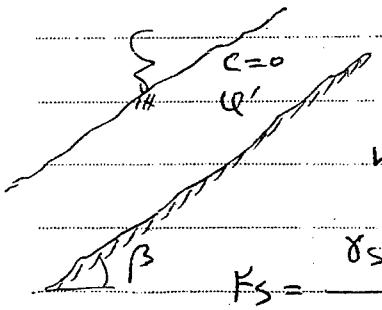
$c = 50\ kN/m^2$

$$H_{cr} = \frac{50}{1\times20\times0.25} = 10\ m$$

$$H = H_{cr} - \frac{q}{\gamma} \rightarrow 7 = 10 - \frac{q}{20}$$

$q = 60\ kN/m^2$

- باروی داشت به تکاره، خواسته می شود ضریب اطمینان در برابر لغزش (ک ۸۴)

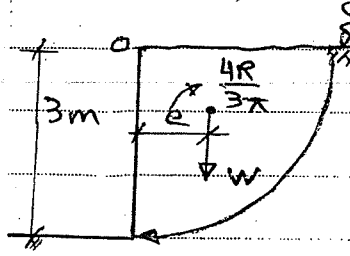


الف) $F_S \simeq 2\frac{\tan\varphi'}{\tan\beta}$ ب) $F_S \simeq 2\frac{\tan\beta}{\tan\varphi'}$

پ) $F_S \simeq 0.5\frac{\tan\beta}{\tan\varphi'}$ ت) ✓ $F_S \simeq 0.5\frac{\tan\varphi'}{\tan\beta}$

$$F_S = \frac{\gamma_{sat}-\gamma_w}{\gamma_{sat}} \times \frac{\tan\varphi'}{\tan\beta} \simeq 0.5\frac{\tan\varphi'}{\tan\beta}$$

- خواسته می شود ضریب اطمینان در برابر لغزش (ک ۸۵) (درکوتاه مدت)



الف) $\frac{1}{\pi}$ ب) $\frac{\pi}{2}$ پ) ۰ ت) $\frac{2}{\pi}$ ث) ✓ π

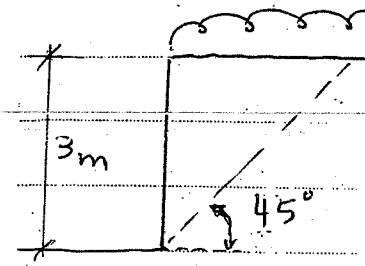
$$W = \frac{1}{4}\times\pi\times3^2\times1\times2 = \frac{9\pi}{2}\ t/m$$

$$\text{گشتاور لغزاننده} = W\cdot e = \frac{9\pi}{2}\times\frac{4\times3}{3\times\pi} = 18\ \frac{t\cdot m}{m}$$

$$\text{گشتاور نگهدارنده} = \frac{1}{4}\times\pi\times(2\times3)\times1\times2\times3 = 9\pi\ \frac{t\cdot m}{m}$$

$$F_S = \frac{\text{گشتاور نگهدارنده}}{\text{گشتاور لغزاننده}} = \frac{9\pi}{18} = \frac{\pi}{2}$$

- خواسته می شود ضریب اطمینان برای خط لغزش (ک ۸۹)



الف) $2+\sqrt{3}$ ب) $4+\sqrt{3}$ پ) $\frac{2+\sqrt{3}}{3}$ ت) $\sqrt{\frac{4+\sqrt{3}}{3}}$

$$W = \left(\frac{3\times3}{2}\times1\times2\right)+(3\times1\times4.5) = 22.5\ t/m$$

$$F_S = \frac{\tan\varphi}{\tan\theta} + \frac{c\times H}{W\times\sin^2\theta} = \frac{\tan30}{\tan45} + \frac{5\times3}{22.5\times\sin^2 45} = \tan30 + \frac{30}{22.5}$$

$$F_S = \frac{\sqrt{3}}{3} + \frac{4}{3} = \frac{\sqrt{3}+4}{3}$$

ب) ۸-۱۱

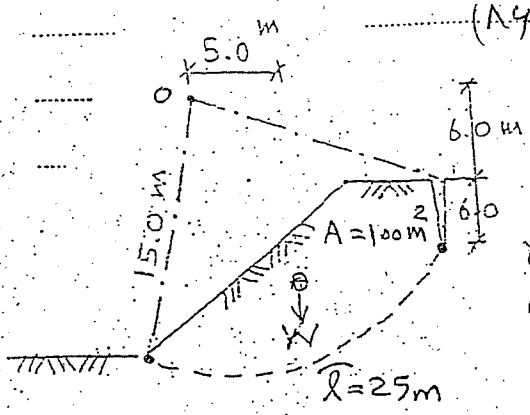
- از یک لایه ریز سیر آب، مانند شکاره زیر گود برداری می شود. اگر ترک کشش پدید آمده پر از آب باشد، ضریب ایمنی در برابر لغزش، کوتاه زمانی پس از گود برداری چقدر خواهد شد. (ک ۸۶)

الف) 1.01

ب) 0.95

✓ پ) 1.25

ت) 1.45

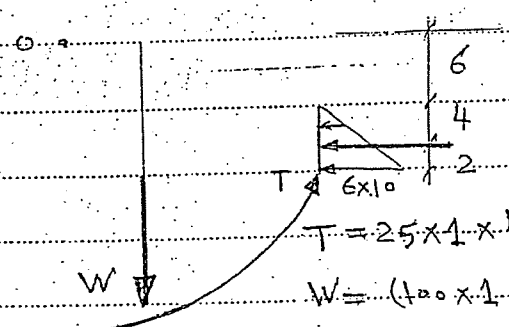


$\gamma_{sat} = 20\ kN/m^3$

$C_{uu} = 40\ kN/m^2$

$\varphi_{uu} = 0$

$\gamma_w = 10\ kN/m^3$



$P = (6\times10)\times\frac{6}{2} = 180\ t/m$

$T = 25\times1\times40 = 1000\ t/m$

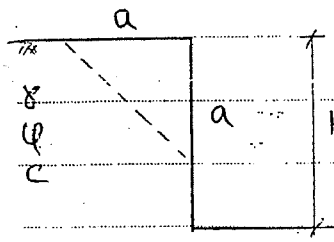
$W = (100\times1\times20) = 2000\ t/m$

گشتاور پویا (محرک) $= (180\times10) + (2000\times5) = 11800\ \frac{t.m}{m}$

پایا (مقاوم) $= 1000\times15 = 15000\ \frac{t.m}{m}$

$F_S = \frac{15000}{11800} = 1.27$

- خواسته می شود، ضریب اطمینان برای رویه لغزش (ک ۸۸)



الف) ✓ $tg\varphi + \frac{4c}{\gamma.a}$

ب) $\sin\varphi + \frac{4c}{\gamma.a}$

پ) $\cot g\varphi + \frac{\gamma.a}{4c}$

ت) $\sin\varphi + \frac{\gamma.a}{4c}$

$W = \frac{a\times a}{2}\times1\times\gamma = \frac{a^2\gamma}{2}$ ، $F_S = \frac{tg\varphi}{tg\beta} + \frac{cxH}{W\sin^2\beta}$

$F_S = \frac{tg\varphi}{tg45} + \frac{cxa}{\frac{a^2\gamma}{2}\times\sin^2 45} = tg\varphi + \frac{4c}{\gamma.a}$

ب) 11.9

ـ کدام گزینه، در پیوند با پایداری سیروانی هائی که با خاکریزی یا خاکبرداری در خاکهای رسی سیرآب، پدید آورده شده اند، برای زمان های پس از ساخت درست است؟ ک ۹۰

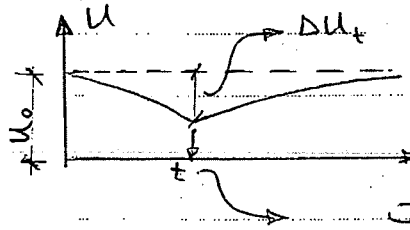
الف) در گودبرداری ها، با گذر زمان ضریب اطمینان افزایش می یابد، چون U گام به گام بیشتر می شود.

ج) " " کاهش " " " " " ✓

ب) " خاکریزی ها " کاهش " " " " "

ت) " " افزایش " " " " "

ـ ب) در گودبرداری، فشار آب میان دانه ای (U) کاهش می یابد و با گذر زمان افزوده می شود تا به اندازه نخستین خود برسد.



ـ از یک سیروانی ماسه ای که زاویه شیب آن 2° است، نمونه برداری شده و نمونه در آزمایش برش یک سره با $\sigma_v = 2\ kg/cm^2$ گسیخته شده است. اگر چگالی دانه ها 2.6 و پوکی ماسه 0.6 باشد و سیروانی پس از یک بارندگی سیرآب گردد، ضریب اطمینان در برابر لغزش، چقدر خواهد شد. (ک ۸۷)

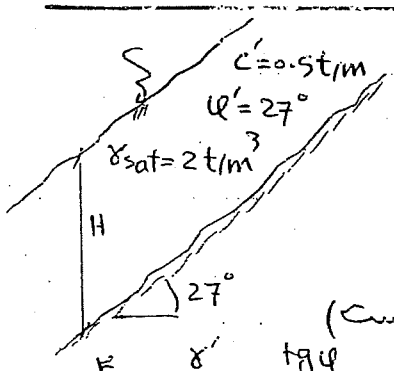
الف) 1.10 $\quad c = \sigma \cdot tg\varphi \rightarrow tg\varphi = \frac{c}{\sigma} = \frac{2.4}{2} = 1.2\ kg/cm^2$

ب) ✓1.25 $\quad e = \frac{n}{1-n} = \frac{0.6}{1-0.6} = 1.5$ ، $\gamma_{sat} = \frac{2.6+1.5}{1+1.5} \times 1 = 1.64\ gr/cm^3$

پ) 1.20 $\quad F_s = \frac{\gamma'}{\gamma_{sat}} \times \frac{tg\varphi}{tg\beta} = \frac{0.64}{1.64} \times \frac{1.2}{tg2^\circ} = 1.28$

ت) 1.15

ـ سیروانی نگاره زیر، ... ک ۷۹



الف) پایدار است.

ب) ناپایدار است.

پ) با یک درجه کاهش زاویه شیب پایداری می شود.

ت) تا ستبرای H_{cr} پایدار است (پایداری به ستبرای لایه وابسته است)

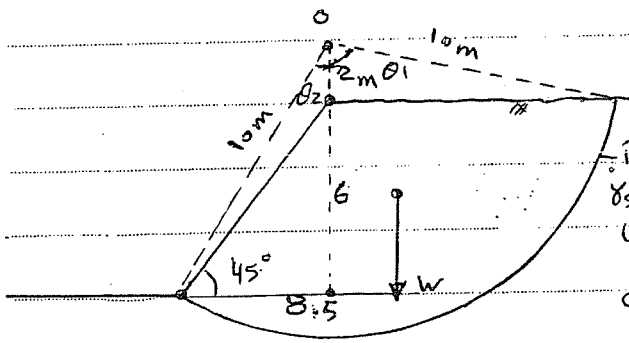
$$F_s = \frac{\gamma'}{\gamma_{sat}} \times \frac{tg\varphi}{tg\beta} + \frac{c}{\gamma_{sat} \times H \times \sin\beta \times \cos\beta} \rightarrow 1 = \frac{1}{2} \times \frac{tg27^\circ}{tg27} + \frac{0.5}{2 \times H_{cr} \sin 27 \cos 27}$$

$H_{cr} = 1.23\ m$

- باروی راست به نگاره و داده ها خواسته می شود ضریب اطمینان در برابر لغزش برای هنگام ساخت ک ۷۲

الف) صفر ب) 2.4 ✓

ت) 0.7 ث) هیچکدام ✓



مساحت توده لغزنده 94 مترمربع

خاک رس سیرآب
$\gamma_{sat} = 18\ kN/m^3$
$\varphi' = 30$
$c' = 0$
$c_{uu} = 50\ kN/m^2$

☆: در کوتاه مدت رفتار خاک U.U است.

$$\text{زاویه مرکزی} = \theta_1 + \theta_2 = \arccos\frac{2}{10} + \arccos\frac{2+6}{10} = 115.3^\circ$$

$$\bar{l} = \theta_{rad} \times R = \frac{115.3}{180}\pi \times 10 = 20.12\ m$$

$$\text{گشتاور لغزاننده} = W \times e = (94 \times 1 \times 18)(8.5-6) = 4230 \quad \frac{kN.m}{m}$$

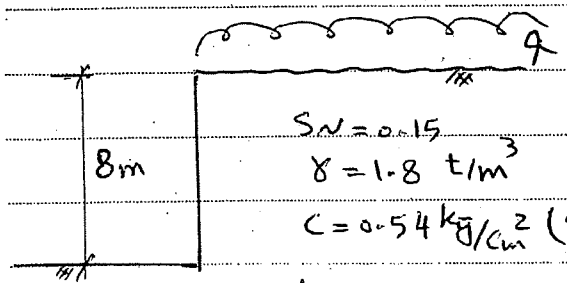
$$\text{گشتاور نگهدارنده} = \bar{l} \times 1 \times c_{uu} \times R = 20.12 \times 1 \times 50 \times 10 = 10060 \quad "$$

$$F_s = \frac{10060}{4230} = 2.38$$

- خواسته می شود بیشینه سربار کناره گودال تا ضریب اطمینان کمتر از 2 نشود. ک ۷۸

الف) $3.2\ t/m^2$ ب) $3.4\ t/m^2$

ت) $3.6\ t/m^2$ ✓ ث) $3.8\ t/m^2$



$S_N = 0.15$
$\gamma = 1.8\ t/m^3$
$c = 0.54\ kg/cm^2\ (5.4\ t/m^2)$

$$H = \frac{c}{F_s \cdot \gamma \cdot S_N}$$

$$H = \frac{5.4}{2 \times 1.8 \times 0.15} = 10\ m \qquad q = (10-8) \times \gamma = 2 \times 1.8 = 3.6\ t/m^2$$

- ضریب اطمینان یک شیروانی بی کران از ماسه سیرآب 1.3 است. اگر شیروانی از حالت سیرآب درآید ضریب اطمینان چقدر می شود؟ ک آ

الف) 2.6 ✓ ب) 0.65 پ) دگر سنگی نمی یابد ت) داده پرسش کم است.

(c=0) در شیروانی سیرآب $\rightarrow F_s = \frac{\gamma'}{\gamma_{sat}} \frac{tg\varphi}{tg\beta} \simeq 0.5 \frac{tg\varphi}{tg\beta}$

(c=0) در شیروانی ناسیرآب $\rightarrow F_s = \frac{tg\varphi}{tg\beta}$

ب) 11-11

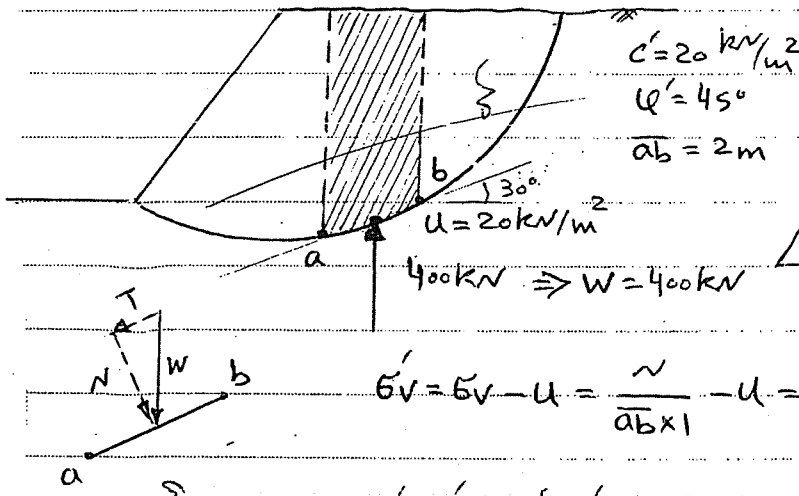
- خواسته می شود، ضریب اطمینان بخش ماشور خورده در برابر لغزش (ک)

الف) 1.2

ب) 1.6

پ) ✓ 1.8

ت) 2.1



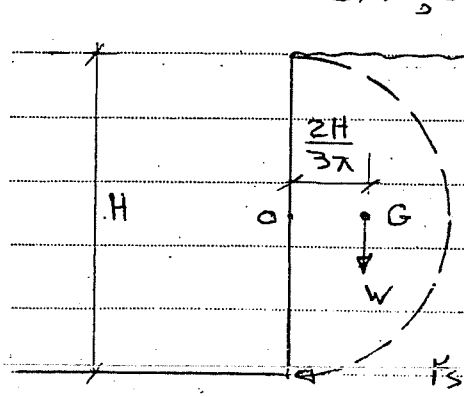
$$\bar{\sigma}_v = \sigma_v - u = \frac{N}{\overline{ab}\times 1} - u = \frac{400\cos 30}{2\times 1} - 20 = 153.2 \ kN/m^2$$

تاب برشی: $\tau = \bar{\sigma}\cdot \tan\varphi' + c' = 153.2 \tan 45 + 20 = 173.2 \ kN/m^2$

تنش برشی: $\tau = \frac{T}{\overline{ab}\times 1} = \frac{400\sin 30}{2\times 1} = 100 \ kN/m^2$

$$F_s = \frac{\text{تاب برشی}}{\text{تنش برشی}} = \frac{173.2}{100} = 1.73$$

- خواسته می شود ضریب اطمینان برای سطح لغزش پنداری



الف) رس سرد ب $F_s = 4\pi \frac{C_{uu}}{H\cdot\gamma_{sat}}$

ب) ✓ $F_s = 3\pi \frac{C_{uu}}{H\cdot\gamma_{sat}}$ — C_{uu}, γ_{sat}

پ) $F_s = \frac{6C_{uu}}{H\cdot\gamma_{sat}}$

ت) $F_s = \frac{3\pi}{2}\times\frac{C_{uu}}{H\cdot\gamma_{sat}}$

گشتاور لغزاننده $= W\cdot e = \left(\frac{\pi H^2}{8}\times\gamma_{sat}\times 1\right)\times\frac{2H}{3\pi} = \frac{\gamma_{sat}H^3}{12}$

گشتاور نگهدارنده $= \overline{l}\times 1\times C_{uu}\times R = \frac{\pi\cdot H}{2}\times 1\times C_{uu}\times\frac{H}{2} = \frac{\pi H^2 C_{uu}}{4}$

$$F_s = \frac{\text{گشتاور نگهدارنده}}{\text{گشتاور لغزاننده}} = \frac{\frac{\pi H^2 C_{uu}}{4}}{\frac{\gamma_{sat}H^3}{12}} = 3\pi\frac{C_{uu}}{\gamma_{sat}\cdot H}$$

ب) ۱۱-۱۲

Verdin doyur ، virdin yix.

دادی سیرش کن ، زدی واژگونش کن

بخش دوازدهم - فشار پهلوئی خاک

Lateral Earth Pressure

در شاره ها (سیالات - آب و هوا) فشار پهلوئی برابر فشار بالائی است، ($\sigma_v = \sigma_h$) ولی در خاکها اینچنین نیست. در درون خاکها ، خاکدانه ها باهم درگیر هستند و در برخی خاکها ، هنگام باردهی ، خاکدانه ها به همدیگر چسبیده اند. درگیری و چسبندگی میان خاکدانه ها از لغزش آنها جلوگیری می کند و فشار پهلوئی را می کاهد.

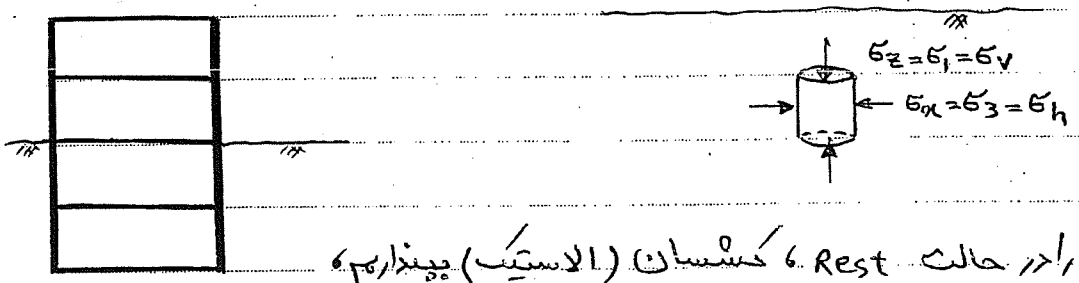
فشار پهلوئی خاک ، به سوی جابجائی خاک وابسته است و از ریزی و درشتی خاکدانه ها و چسبندگی میان آنها اثر می پذیرد. (فشارهای پهلوئی آرام ، چیره و پایا)

- در سیلوی فلزی همانند برای نگهداری سنگ و ماسه در کنار هم ساخته خواهند شد. آیا پی و پایه های آنها ، همانند هم خواهند بود؟ آری

ستبرای فلز بدنه سیلوها نیز همانند هم خواهند بود؟ خیر ، چون درگیری میان سنگها بیشتر است ، از این رو فشار پهلوئی سنگ کمتر از فشار پهلوئی ماسه خواهد بود و سیلوی سنگ نازکتر از سیلوی ماسه خواهد شد.

الف) فشار پهلوئی آرام (سکون) Rest

در زمین های همانند نگاره های زیر ، دانه های خاک جابجائی ندارند یا در برابر جابجائی از خود پایداری نشان می دهند. فشار پهلوئی این حالت خاک ، فشار پهلوئی آرام (Rest) نامیده شده است ، در این حالت کرنش پهلوئی (ε_h) صفر است و در خاک گسیختگی برشی رخ نمی دهد.



اگر رفتار خاک را در حالت Rest کشسان (الاستیک) بپنداریم، می‌توان با بهره‌مندی از تعمیم‌یافته‌ی الاستیسیته نوشت:

$$\varepsilon_h=-\frac{\sigma_h}{E}+\frac{\mu}{E}(\sigma_v+\sigma_h) \longrightarrow 0=-\frac{\sigma_h}{E}+\frac{\mu}{E}(\sigma_v+\sigma_h)$$

$$\sigma_h=\frac{\mu}{1-\mu}\sigma_v \longrightarrow \begin{cases}\sigma_h=k_0\sigma_v & \text{(برای خاکهای ناسیرآب)}\\ \sigma'_h=k_0\sigma'_v & \text{(برای خاکهای سیرآب)}\end{cases}$$

$$\sigma_h=\sigma'_h+u \Rightarrow \sigma_h=k_0\sigma'_v+u \longrightarrow \sigma_h=k_0(\sigma_v-u)+u$$

k_0 - ضریب فشار حالت Rest (در شاره‌ها: $\mu=0.5 \rightarrow k_0=1$)

σ_h - فشار پهلوئی خاک در حالت Rest (در خاک سیرآب، فشار پهلوئی آب و خاک)

از آنجاکه رفتار خاک به راستی کشسان نیست، پژوهشگران پیوندهای تجربی زیر را برای k_0 پیشنهاد کرده‌اند.

برای ماسه‌ها $k_0=1-\sin\varphi'$

برای سنگ‌ها $k_0=\frac{1-\sin\varphi'}{\cos\varphi'}$

برای رس‌های NC $k_0=0.9-\sin\varphi'$

برای رس‌های OC $k_0=(0.9-\sin\varphi')\sqrt{O.C.R}$

برای خاک‌های رسی دارا $PI<40\%$ $k_0=0.4+0.007(PI\%)$

برای خاک‌های رسی دارا $40\%<PI<80\%$ $k_0=0.68+0.001(PI\%)$

خاک درشت‌دانه $\rightarrow \varphi\uparrow \rightarrow k_0\downarrow$

$O.C.R\uparrow \rightarrow k_0\uparrow$ (می‌تواند بیشتر از یک نیز شود.)

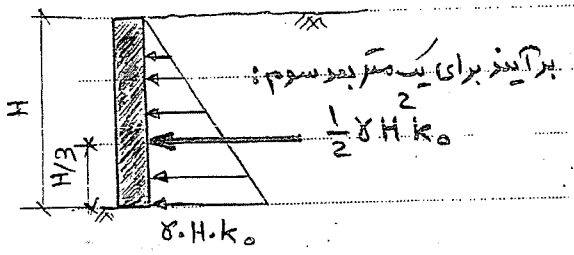
$PI\uparrow \rightarrow k_0\uparrow$

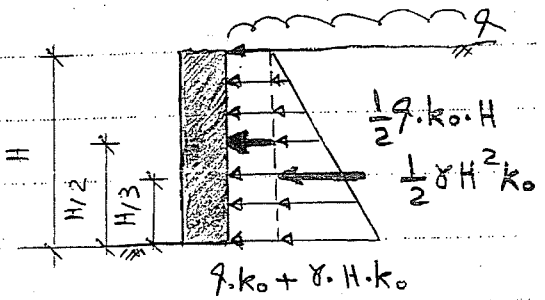
$\mu\uparrow \rightarrow k_0\uparrow$

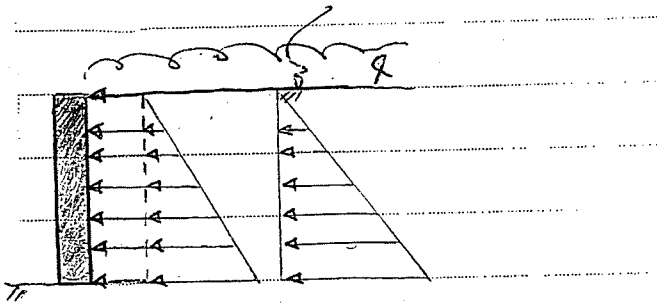
شوندهای زمین ساختی (عوامل رُخ تکتونیکی)، همانند جابجائی خشکی‌ها می‌تواند فشار پهلوئی را آنچنان افزایش دهد که $k_0>1$ گردد.

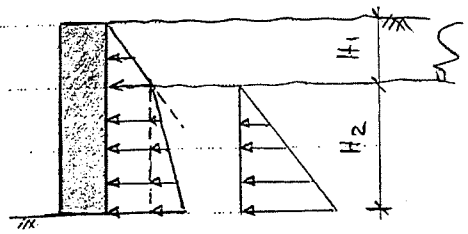
$\sigma'_h>\sigma_v \longrightarrow k_0>1$

با پذیرفتن این که دیوارها نمی‌توانند جابجایی پهلوئی داشته باشند، خواسته می‌شود، تنوع فشار حالت Rest

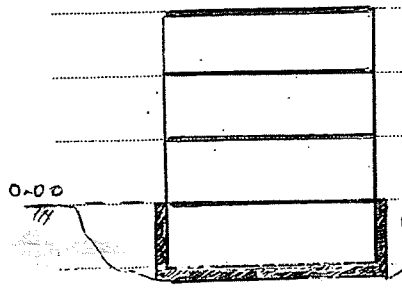








در درون گودال خاکبرداری شده، ساختمانی ساخته شده است و پشت دیوارهای پیرامونی زیرزمین با خاک پر خواهد شد. فشار پهلوئی خاک بایستی چگونه برآورد شود؟



با پرشدن دیوار پشت زیرزمین، دیوار زیرزمین به‌علت تکیه بر پی و آسانه (سقف) و همچنین به‌علت لختی (اینرسی) چشمگیر ساختمان، نمی‌تواند جابجا شود و از این رو دانه‌های پشت دیوار نیز نمی‌توانند جابجا گردند و محاسبه بر پایه فشار پهلوئی Rest انجام می‌گیرد.

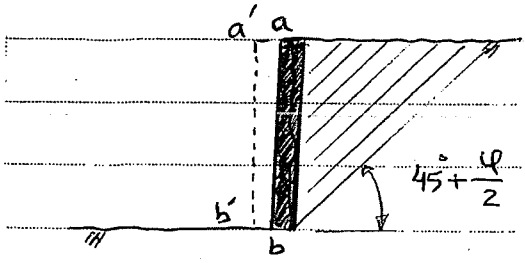
- از دو گونه خاک پشت دیوار، آنکه k_o را بیشترین می‌کند، برای برآورد k_o محاسبه برگزیده می‌شود.
- خاک پشت دیوار برای آنکه آب و نم را از دیوار دور کند، درشت دانه (ماده‌ستگ) است و k_o کمتری دارد.

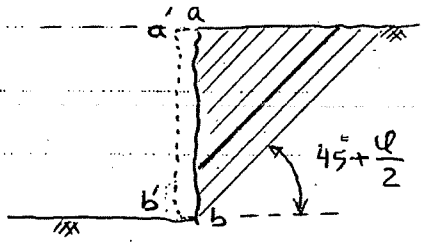
Yemişsiz ağaca daş atmazlar.

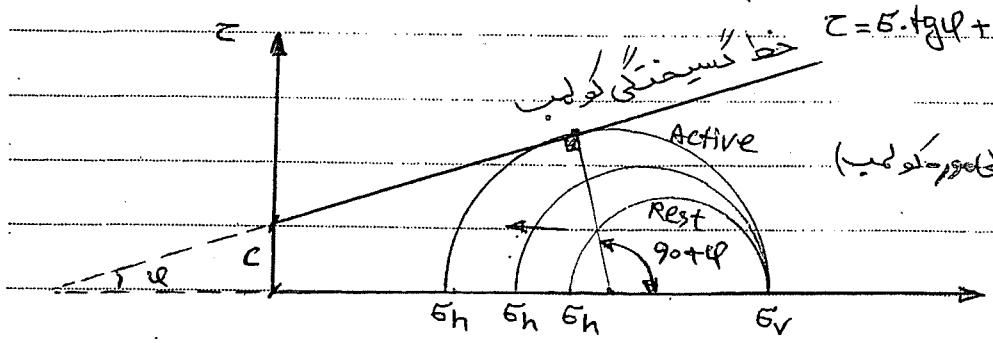
به درخت بی بر سنگ پرتاب نمی‌کنند.

ب) فشار پهلوئ خاک (مثال - محرک) Active

در دیوارهای زیر، دیوار نگهدارنده یا دیواره گودال، به سوی گودال جابجا می‌شود و خاکدانه‌ها با تاب برشی میان خود، در برابر جابجائی پایداری می‌کنند. با افزایش جابجائی دیوار، به تنش برشی خاک افزوده می‌شود و در سرانجام کار، گامی فرا می‌رسد که در آن تنش برشی برابر تاب برشی می‌گردد و خاک گسیخته می‌شود. به این گسیختگی، گسیختگی Active گفته می‌شود. گسیختگی Active در همه صفحه‌های بازاویه $45+\frac{\varphi}{2}$ از افق، همزمان رخ می‌دهد.







مماس به خط گسیختگی ← بزرگ شدن دایره ← σ_h ↓ ← افزایش جابجائی

در گسیختگی Active، $\sigma_h<\sigma_v$ است و همانگونه که در درس آزمایش سه آسه‌ای اثبات شد:

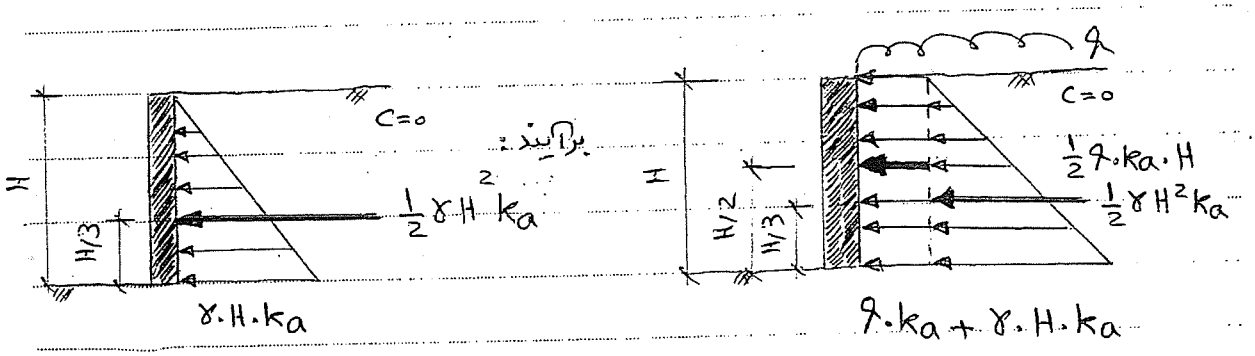
$\sigma_h=\sigma_v\cdot k_a-2c\sqrt{k_a}$ (در خاک ناسیرآب)

$\sigma'_h=\sigma'_v\cdot k_a-2c\sqrt{k_a}$ (در خاک سیرآب)

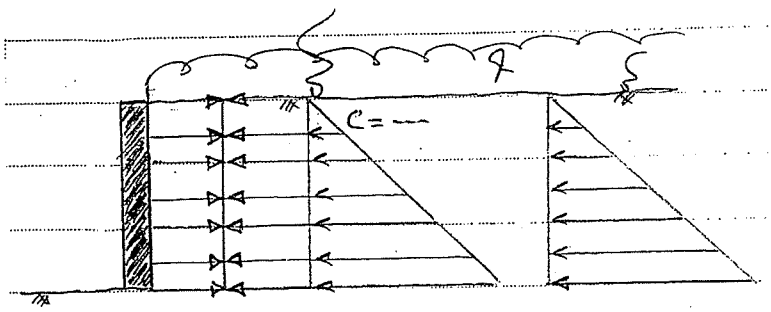
$\sigma_h=\sigma'_h+u$

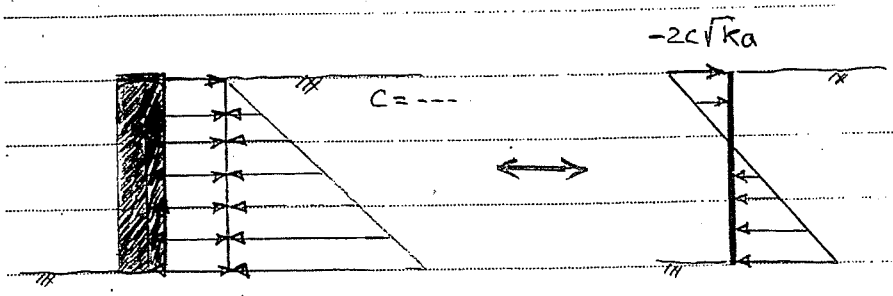
σ_h - فشار پهلوئ خاک در حالت گسیختگی Active
(در خاک سیرآب، فشار پهلوئ آب و خاک)

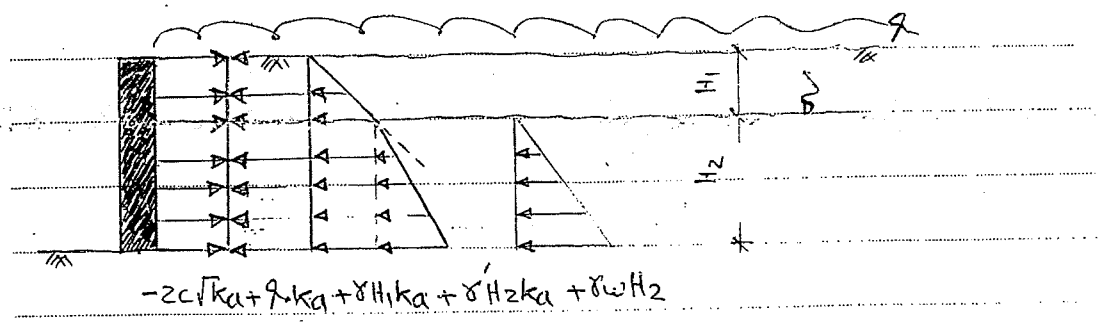
با این پیزار که دیوارها می‌توانند تا رسیدن به گسیختگی Active جابجا شوند، خواسته می‌شود نمودار فشار جهلوئی خاک پشت دیوار



برآیند:







جابجائی پایسته برای رخ دادن گسیختگی Active: (DAS)

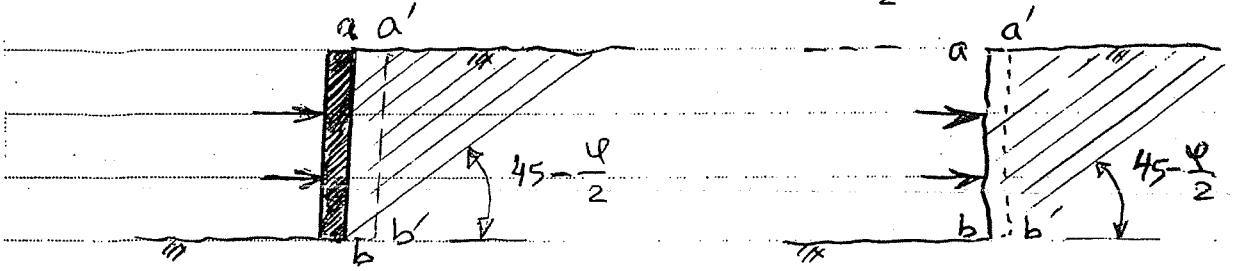
گونه خاک	δ_a
ماسه شل	$(0.001 \sim 0.002)H$
ماسه متوسط	$(0.0005 \sim 0.001)H$
رس نرم	$0.02H$
رس سفت	0.01

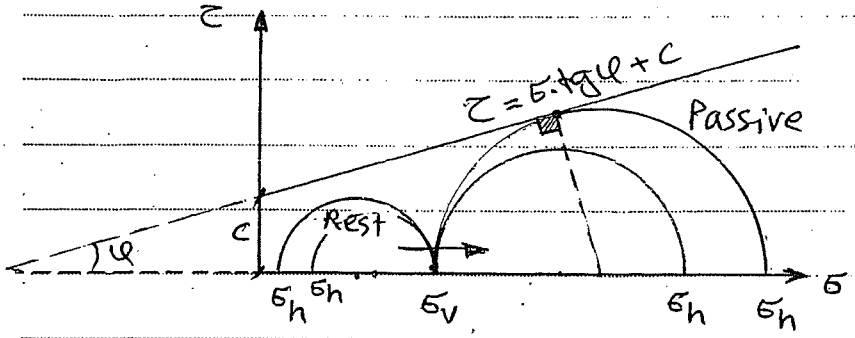
- با افزایش درهم فشردگی خاک δ_a کاهش می‌یابد.
- δ_a در رس‌ها بیشتر از ماسه‌هاست.
- δ_a به گونه خاک، درهم فشردگی خاک و بلندی دیوار وابسته است.
- پیشنهاد ترازامق $\delta_a = 0.001H$

(الف) ۱۲-۵

پ) فشار پهلوئی پایا (منفعل - مقاوم) Passive

در دیوارهای زیر، دیوار نگهدارنده یا دیواره گودال، با یاری یک عامل بیرونی (مانند مهار، جک، ...) به سوی خاک درهم فشرده می‌شود و در خاک پشت دیوار جابجائی پدید می‌آید. با افزایش جابجائی، به تنش برشی میان ذره‌ها افزوده می‌شود و هنگامی که تنش برشی برابر تاب برشی شد، گسیختگی Passive رخ می‌دهد. گسیختگی Passive در همه صفحه‌های با زاویه $45-\frac{\varphi}{2}$ از افق، همزمان رخ می‌دهد.





(معیار گسیختگی مور-کولمب)

مماس به خط گسیختگی ← کوچک و سپس بزرگ شدن دایره ← $\sigma_h \uparrow$ ← افزایش جابجائی

در گسیختگی Passive، $\sigma_h > \sigma_v$ است و همانگونه که در درس آزمایش سه آسه‌ای اثبات شد:

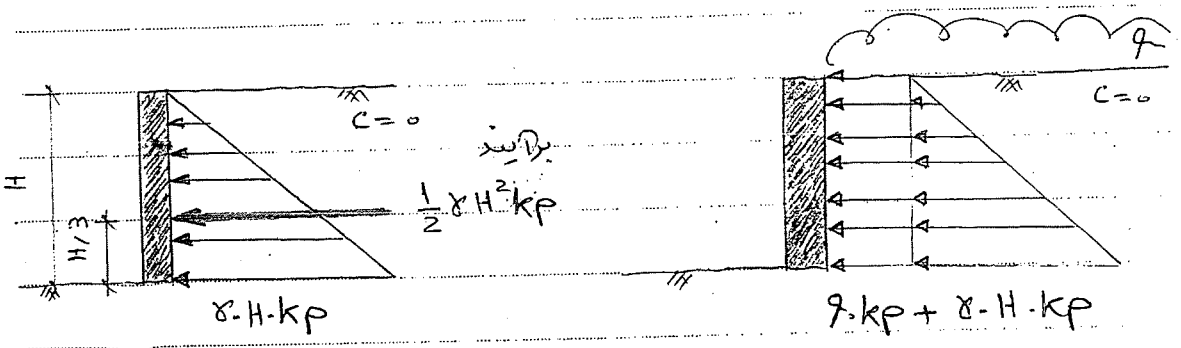
$$\sigma_h = \sigma_v \cdot k_p + 2c\sqrt{k_p} \qquad \text{(در خاک ناسیرآب)}$$

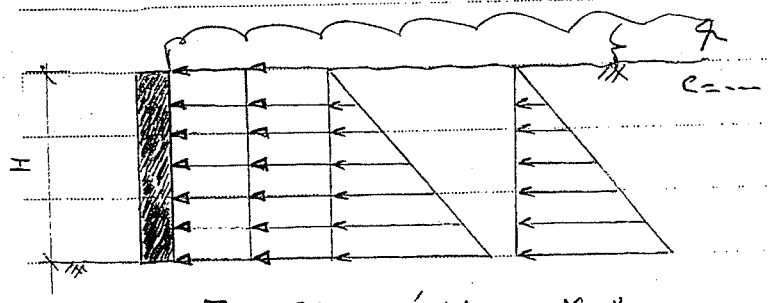
$$\sigma'_h = \sigma'_v \cdot k_p + 2c\sqrt{k_p} \qquad \text{(در خاک سیرآب)}$$

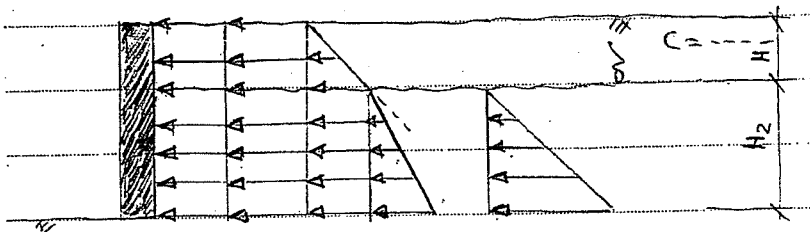
$$\sigma_h = \sigma'_h + u$$

σ_h - فشار پهلوئی خاک در حالت گسیختگی Passive
(در خاک سیرآب، فشار پهلوئی آب و خاک)

با این پندار که دیوارها بایاری یک عامل بیرونی، تا رسیدن به گسیختگی Passive به سوی خاک پشت دیوار جابجایی میشوند، خواسته می شود نمودار فشار پهلوئی خاک پشت دیوار







جابجائی بایسته برای رخ دادن گسیختگی Passive : (پیشنهاد DAS)

گونه خاک	Sp
ماسه شل	0.01 H
ماسه تودر	0.005 H
رس نرم	0.04 H
رس سفت	0.02 H

- با افزایش درهم فشردگی خاک، Sp بایسته برای رخ دادن گسیختگی Passive، کاهش می یابد.
- Sp خرس ها بیشتر از ماسه هاست.
- Sp به گونه خاک، درهم فشردگی خاک و بلندی دیوار وابسته است.
- برای رخ دادن گسیختگی Passive، جابجائی بیشتری در سنجش با گسیختگی Active بایسته است.

پیشنهاد ترزاقی $Sp = 0.01H$

روش های برآورد فشار پهلوئی خاک

از میان روش های ارجدار برآورد فشار پهلوئی خاک، می توان از روش های رانکین، بوسینسک و کولمب یاد کرد.

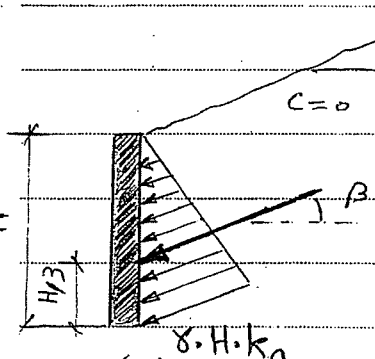
۱- روش رانکین

رانکین برپایه پنداره‌های زیر، پیشنهاد خود را برای برآورد فشار پهلوئی، پیشنهاد کرده است.

- خاک پشت دیوار همگن و همسان است.
- دیواره گودال یا پشت دیوار نگهدارنده قائم است.
- از درگیری دیوار با خاک پشتش چشم پوشی شده است.
- در آستانه گسیختگی، خاک پشت دیوار برروی صفحه‌های بیشماری به گسیختگی نزدیک می‌شود و گسیختگی برروی کم تاب‌ترین صفحه رخ می‌دهد.

به پایداری ناپایداری که در آستانه گسیختگی هست، تعادل حدی یا تعادل حیری می‌گویند.

روش رانکین برای زمین شیب دار:



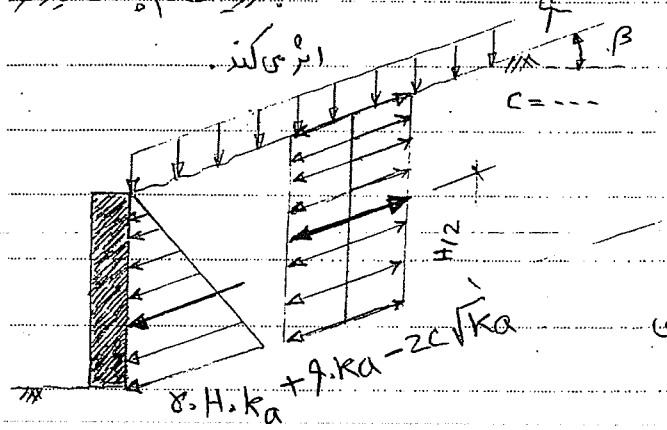
$$P_a = \frac{1}{2}\gamma H^2 k_a$$

برآیند نیروی رانشی برای یک متر بعد سوم

فشار رانشی خاک که با زاویه β به رویه قائم پشت دیوار اثر می‌کند.

$$k_a = \cos\beta \frac{\cos\beta - \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\varphi'}}{\cos\beta + \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\varphi'}}$$

به شرط $\beta < \varphi'$



$$\beta = \varphi \Rightarrow k_{a_{max}} = \cos\beta$$

به هنگام گسیختگی به جای Passive، k_a، k_p بکار برده می‌شود.

$$k_p = \cos\beta \frac{\cos\beta + \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\varphi'}}{\cos\beta - \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\varphi'}}$$

$\beta < \varphi'$

$$\beta = \varphi \Rightarrow k_{p_{max}} = \cos\beta$$

در زمین شیب دار ←

$$k_a \times k_p = \cos^2\beta$$

روش رانکین برای زمین افقی ($\beta = 0$)

$$k_a = \cos(0)\frac{\cos(0) - \sqrt{\cos^2(0) - \cos^2\varphi'}}{\cos(0) + \sqrt{\cos^2(0) - \cos^2\varphi'}} = \frac{1-\sin\varphi'}{1+\sin\varphi'} = tg^2\left(45 - \frac{\varphi'}{2}\right)$$

$$k_p = \frac{1+\sin\varphi'}{1-\sin\varphi'} = tg^2\left(45 + \frac{\varphi'}{2}\right) \qquad k_a \times k_p = 1$$

k_p ، k_a زمین افقی هستند که در بررسی آزمایش سه محوره می شود ، آنها پرداختیم.

برای حالت Active :

$$\sigma_h = \sigma'_v \cdot k_a - 2c\sqrt{k_a} + u = (\sigma_v - u)k_a - 2c\sqrt{k_a} + u$$

برای حالت Passive :

$$\sigma_h = \sigma'_v \cdot k_p + 2c\sqrt{k_p} + u = (\sigma_v - u)k_p + 2c\sqrt{k_p} + u$$

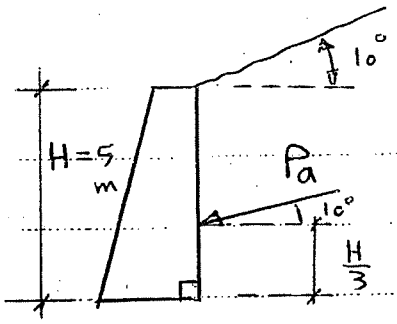
در صفحه های 5 و 7 نمونه هایی از نمودارهای فشار جانبی پیشنهادی رانکین برای زمین افقی ارائه شده است.

- در زمین های شیب دار افزایش β ، k_a را می افزاید و فشار رانشی خاک افزایش می یابد
- در زمین های شیب دار افزایش β ، k_p را می کاهد و فشار رانشی خاک کاهش می یابد.

(خاک پشت دیوار در برابر جابجایی دیوار پایداری کمتری نشان می دهد و زود به گسیختگی می رسد)

روش رانکین برای دیوارهایی که دیواره پشت آنها قائم است ، بکار برده می شود. برای دیوارهایی که دیواره پشت آنها غیر قائم است ، یا اندکی دگرسان (تغییر) ، باز می توان از روش رانکین بهره برد. (ص ۱۰ - پرسش دوم)

- با بهره مندی از پیشنهاد رانکین، خواسته می شود P_a



$c = 0$

$\varphi = 30^\circ$

$\gamma = 17\ kN/m^3$

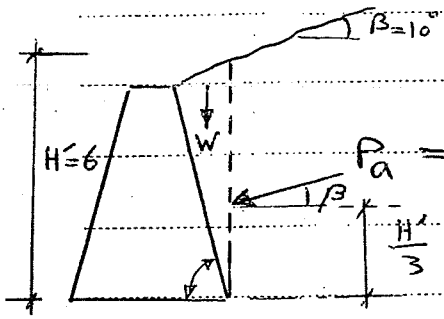
$$k_a = \cos 10 \frac{\cos 10 - \sqrt{\cos^2 10 - \cos^2 30}}{\cos 10 + \sqrt{\cos^2 10 - \cos^2 30}} = 0.3495$$

$$P_a = \frac{1}{2}\gamma H^2 k_a$$

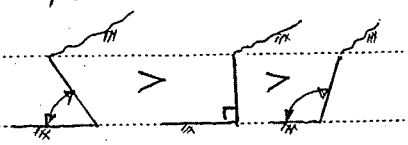
$$P_a = \frac{1}{2} \times 17 \times 5^2 \times 0.3495 = 74.3\ kN/m$$

- با بهره مندی از پیشنهاد رانکین، خواسته می شود P_a

برای دیوار دیگری به بلندی دیوار پرسش بالائی (برای همان خاک)



$$P_a = \frac{1}{2} \times 17 \times 6^2 \times 0.3495 = 107\ kN/m$$



---

k_a : (روش رانکین)

β	ϕ = 26	28	30	32	34	36	38	40	42
0	0.3905	0.3610	0.3333	0.3073	0.2827	0.2596	0.2379	0.2174	0.1982
5	0.3959	0.3656	0.3372	0.3105	0.2855	0.2620	0.2399	0.2192	0.1997
10	0.4134	0.3802	0.3495	0.3210	0.2944	0.2696	0.2464	0.2247	0.2044
15	0.4480	0.4086	0.3729	0.3405	0.3108	0.2834	0.2581	0.2346	0.2129
20	0.5152	0.4605	0.4142	0.3739	0.3381	0.3060	0.2769	0.2504	0.2262
25	0.6999	0.5727	0.4936	0.4336	0.3847	0.3431	0.3070	0.2750	0.2465
30	—	—	0.8660	0.5741	0.4776	0.4105	0.3582	0.3151	0.2784
35	—	—	—	—	—	0.5971	0.4677	0.3906	0.3340
40	—	—	—	—	—	—	—	0.7660	0.4668

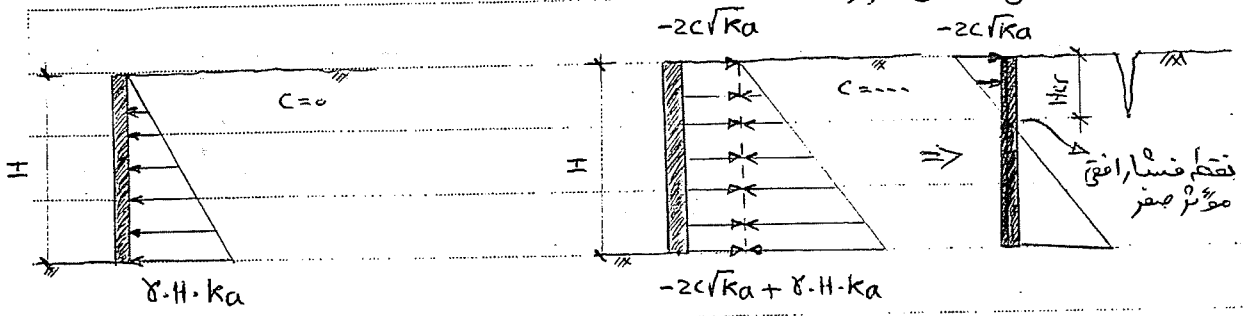
k_p : (روش رانکین)

β	ϕ = 26	28	30	32	34	36	38	40	42
0	2.5611	2.7698	3.0000	3.2546	3.5371	3.8518	4.2037	4.5989	5.0447
5	2.5070	2.7145	2.9431	3.1957	3.4757	3.7875	4.1360	4.5272	4.9684
10	2.3463	2.5507	2.7748	3.0216	3.2946	3.5980	3.9365	4.3161	4.7437
15	2.0826	2.2836	2.5017	2.7401	3.0024	3.2926	3.6154	3.9766	4.3827
20	1.7141	1.9176	2.1318	2.3618	2.6116	2.8857	3.1888	3.5262	3.9044
25	1.1736	1.4343	1.6641	1.8942	2.1352	2.3938	2.6758	2.9867	3.3328
30	—	—	0.8660	1.3064	1.5705	1.8269	2.0937	2.3802	2.6940
35	—	—	—	—	—	1.1239	1.4347	1.7177	2.0088
40	—	—	—	—	—	—	—	0.7660	1.2570

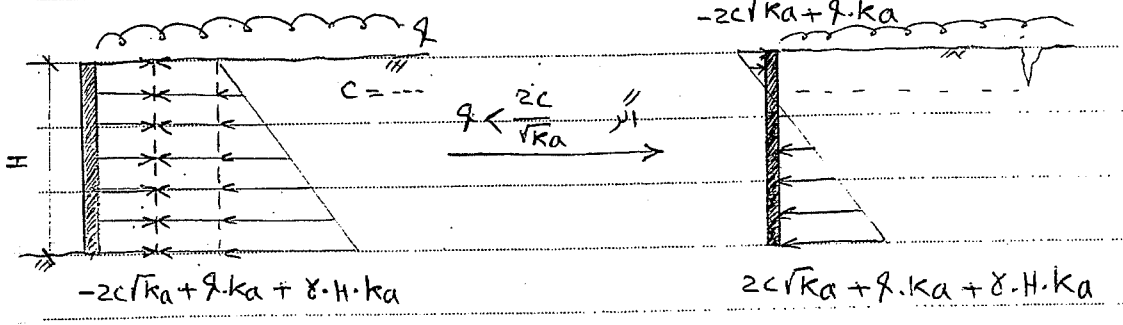
ژرفای ترک کششی

اگر پشت دیوار نگهدارنده با خاک دانه‌ای ($c=0$) پرشده باشد، خاکدانه‌ها هیچ‌گونه فشاری در سرانجام کار، تودهٔ خاکدانه‌ها دیوار را می‌فشارند که به فشار حالت Active شناخته شده است. در این حالت ترک کششی رخ نمی‌دهد.

اگر خاک پشت دیوار چسبندگی داشته باشد، یا جابجائی دیوار، خاکدانه‌های پشت آن جابجائی آسانی نخواهند داشت و تا ژرفائی در خاک پشت دیوار کشش پدید می‌آید و از آنجا که خاک نمی‌تواند کشش را همانند فشار برتابد، تا آن ژرفا خاک ترک می‌خورد، که به آن ژرفای ترک کششی گفته می‌شود.



ژرفای ترک کششی را برای خاک پشت دیوار بدست آورید.



نقطهٔ فشار افقی مؤثر صفر:

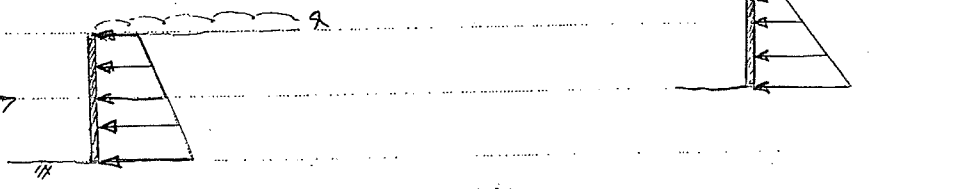
$$-2c\sqrt{k_a} + q\cdot k_a + \gamma\cdot H_{cr}\cdot k_a = 0$$

$$H_{cr} = \frac{2c\sqrt{k_a} - q\cdot k_a}{\gamma\cdot k_a}$$

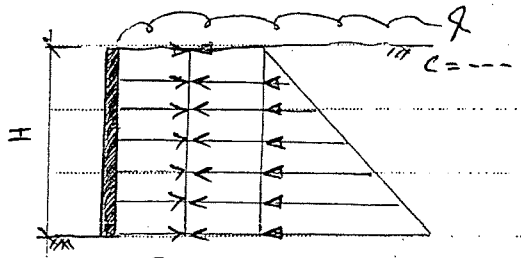
$$q=0 \longrightarrow H_{cr} = \frac{2c}{\gamma\cdot\sqrt{k_a}}$$

با افزایش q، ژرفای ترک کششی کم می‌شود و سرانجام صفر می‌گردد.

$$H_{cr}=0 \longrightarrow 2c\sqrt{k_a} - q\cdot k_a = 0 \longrightarrow q = \frac{2c}{\sqrt{k_a}}$$



خواسته می شود، ژرفای پایداری خاک ناسیرآب



$-2c\sqrt{k_a} + q \cdot k_a + \gamma \cdot H \cdot k_a$

در ژرفای پایداری، نیروهای پایدارکننده برابر با نیروهای لغزاننده خواهد بود. (آستانه لغزش)

$$2c\sqrt{k_a} \times H_s = q \cdot k_a \cdot H_s + \frac{1}{2} H_s (\gamma H_s k_a)$$

$$H_s = \frac{4c\sqrt{k_a} - 2qk_a}{\gamma \cdot k_a} = 2H_{cr} \qquad \xrightarrow{q=0} \quad H_s = \frac{4c}{\gamma\sqrt{k_a}} = 2Hcr$$

اگر ژرفای گودال کوچکتر از H_s باشد، گودال با ضریب ایمنی F_s پایدار خواهد بود.

$$F_s = \frac{\text{نیروهای پایدارکننده}}{\text{نیروهای لغزاننده}} = \frac{2c\sqrt{k_a} \times H}{q \cdot k_a \cdot H + \frac{1}{2} H(\gamma H k_a)} = \frac{4c\sqrt{k_a}}{2qk_a + \gamma H \cdot k_a}$$

$$q = 0 \longrightarrow F_s = \frac{4c}{\gamma \cdot H \cdot k_a}$$

در حالت $q=0$، گودال را با ضریب اطمینان F_s، تا چه ژرفایی می توان کند؟

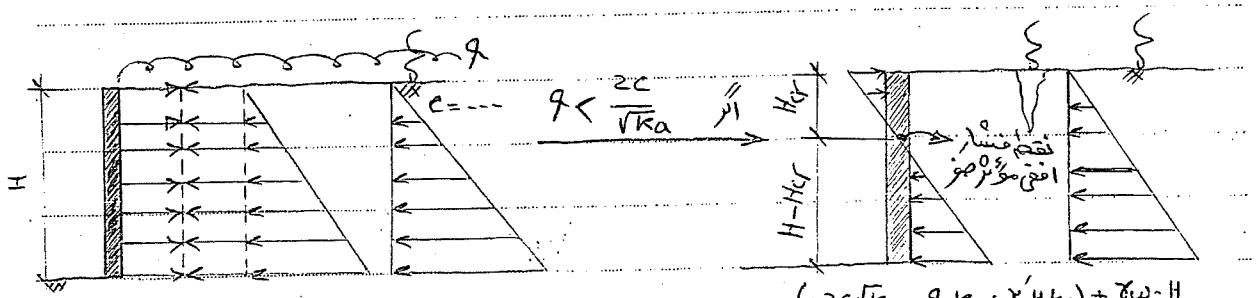
$$H_{max} = \frac{4c}{\gamma \cdot F_s \cdot k_a} \qquad \longrightarrow H_{max} = \frac{c}{\gamma \cdot F_s \frac{k_a}{4}} = \frac{c}{\gamma \cdot F_s \cdot N_s}$$

N_s عدد پایداری است که تیلور و فلنیوس در راهکاری آنرا پیشنهاد کرده اند.

اگر ژرفای گودال کمتر از H_{max} (محاسبه شده از پیوند بالا) باشد، چه رخ می دهد؟
ضریب اطمینان گودال از F_s بیشتر می گردد و گودال پایدارتر می گردد. در این حالت می توان در کرانه گودال سربازی برابر q، بارگذاشت تا ضریب اطمینان به اندازه روال F_s کاهش یابد.

$$q = (H_{max} - H)\,\gamma \quad \text{(خاک کرانه گودال)}$$

ژرفای ترک کششی را برای خاک سیرآب پشت دیوار بدست آورید.



نقطه فشار افقی مؤثر صفر:

$$\sigma'_h = \sigma_h - u = -2c\sqrt{k_a} + q \cdot k_a + \gamma' \cdot H_{cr} \cdot k_a = 0$$

$$H_{cr} = \frac{2c\sqrt{k_a} - q \cdot k_a}{\gamma' \cdot k_a} \xrightarrow{q=0} H_{cr} = \frac{2c}{\gamma'\sqrt{k_a}}$$

بهره مندی از پیوندهای بالا، برای هنگامی درست است که دیوار ناتراوا یا گودال کنده شده، همتراز خاک سیرآب پشت دیوار، پر از آب باشد.
در حالتی که خاک پشت دیوار سیرآب باشد و آب از راه زهکش پشت دیوار تراوش نیابد، بایستی تأثیر فشار تراوش آب را هم به حساب آورد.

خواسته می شود، ژرفای پایداری خاک سیرآب

در ژرفای پایداری، نیروهای پایدارکننده، برابر با نیروهای لغزاننده خواهد بود. (آستانه لغزش)

$$2c\sqrt{k_a} \times H_s = q \cdot k_a \cdot H_s + \frac{1}{2} H_s (\gamma' H_s k_a) + \frac{1}{2} H_s (\gamma_w H_s)$$

$$H_s = \frac{4c\sqrt{k_a} - 2q k_a}{\gamma' k_a + \gamma_w} \neq 2H_{cr}$$

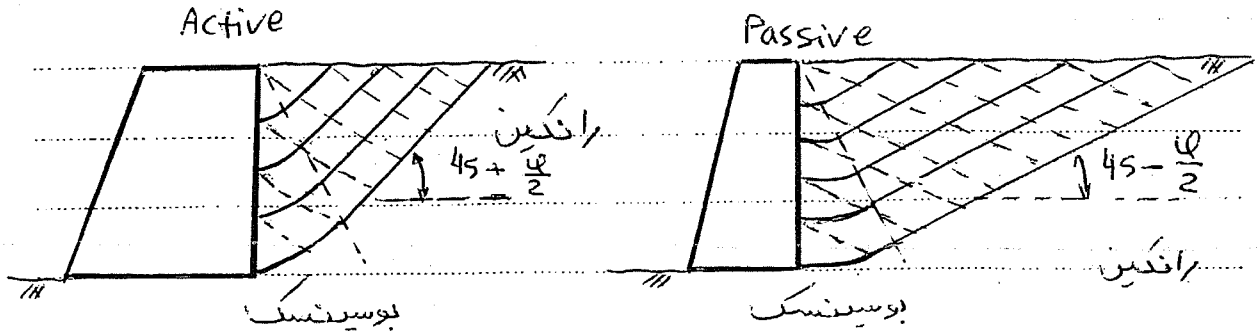
★ در خاکهای چسبنده بخش کششی نمودار تنش افقی، هنگامی در بررسی پایداری دیوار به حساب آورده خواهد شد که ترک کششی رخ نداده باشد. با رخ دادن ترک کششی، بخش کششی نمودار حذف می شود.
خواسته می شود برآیند نیروهای پیرامونی اثرکننده بر دیوار شکل بالا، پس از رخ دادن ترک کششی:

$$P_a = \frac{1}{2}(H - H_{cr})(-2c\sqrt{k_a} + q k_a + \gamma' \cdot H \cdot k_a) + \frac{1}{2} H^2 \gamma_w$$

۲- روش بوسینسک

روش بوسینسک همانندی بسیاری با روش رانکین دارد. در این روش نیز دیواره گودبرداری یا دیوار حائل است ولی از زبری پشت دیوار چشم پوشی نمی شود. به گفته دیگر در گیری میان خاکدانه ها و پشت دیوار، در برآورد نیروهای پهلوئی به حساب آورده می شود.

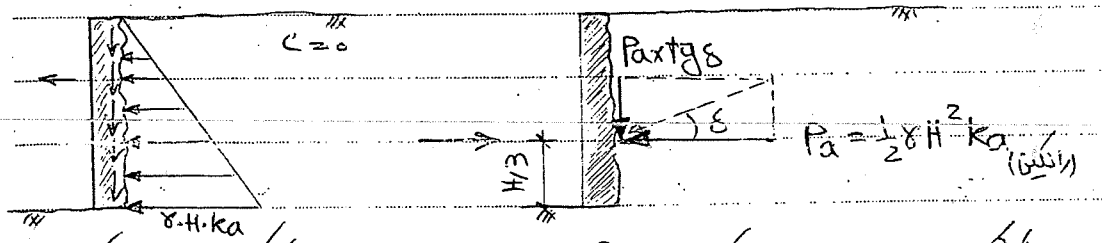
هرچه از پشت دیوار، دور شویم، اثر زبری دیوار کم می شود و از این رو در نقاط دور از دیوار تعادل حدی بوسینسک و رانکین، همانند هم می شوند.



در روش بوسینسک نیز، همانند روش رانکین، خاک پشت دیوار برروی صفحه‌های بی شماری به گسیختگی می رسد و زبری دیوار، خطوط گسیختگی را در نزدیکی دیوار منحنی می‌کند. در این روش برای برآورد نیروهای پهلوئی می توان از ترکیب روش رانکین و قوانین فیزیک مکانیک بهره برد.

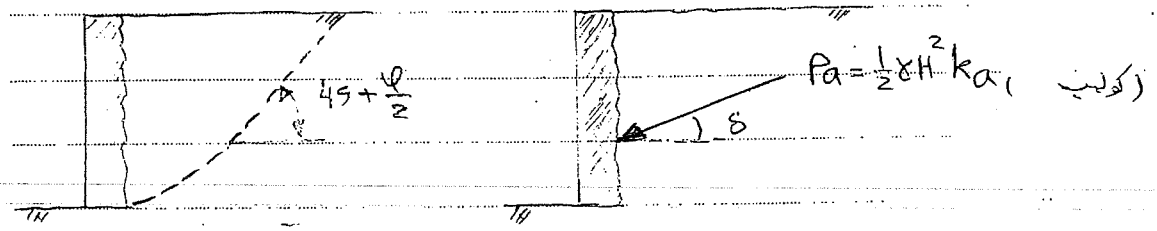
گسیختگی Active با اصطکاک مثبت:

با دور شدن دیوار از خاک پشتش، خاک پشت دیوار رو به پایین، جابجا می گردد و از آنجا که با دیوار درگیر است، نیروی رو به پایینی را به دیوار وارد می‌کند.



$tg\delta$: ضریب اصطکاک میان دیوار و خاک پشتش δ : زاویه اصطکاک میان خاک و دیوار

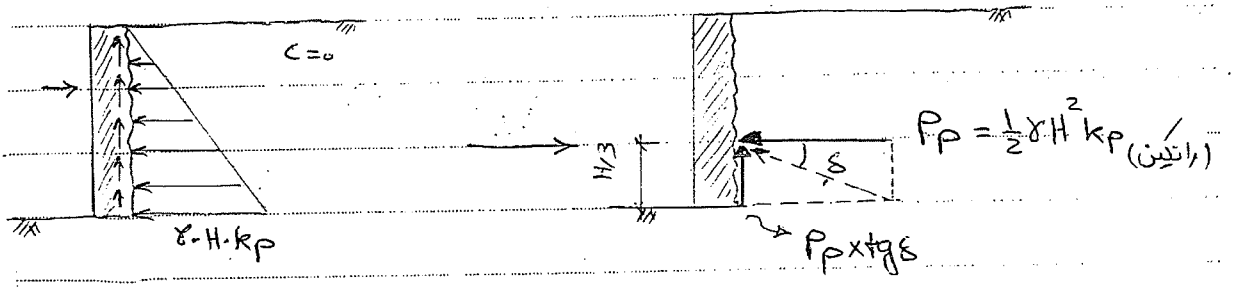
$\left(\frac{\varphi}{2} < \delta < \frac{2}{3}\varphi\right)$: اغلب

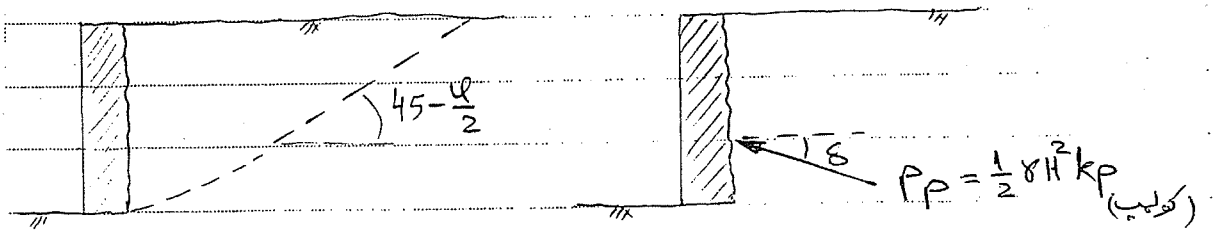


هرچه پشت دیوار ناهموار باشد، δ افزایش می یابد ولی نمی تواند بیشتر از φ شود.

گسیختگی Passive یا اصطکاک مثبت:

با فشرده شدن دیوار به خاک پشتش، خاک پشت دیوار رو به بالا حرکت می‌کند و از آنجا که با دیوار درگیر است، نیروی مماسی رو به بالا به دیوار وارد می‌کند.



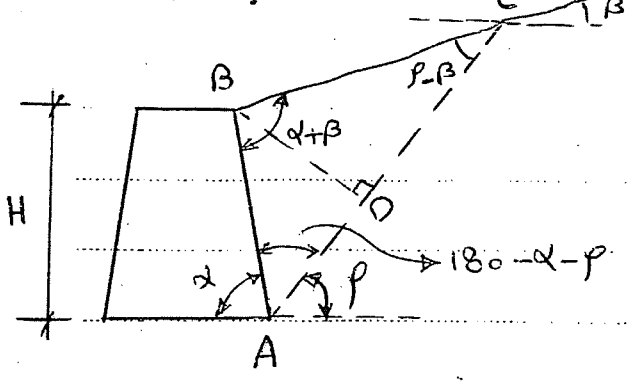


گسیختگی Active و Passive با اصطکاک منفی نیز می‌تواند رخ دهد. این گونه گسیختگی در عمل کمتر رخ می‌دهد و می‌توان از کتاب پایه «اصول مهندسی ژئوتکنیک، جلد یکم، برگردان آقای شاپور طاحونی ص ۳۹۸ و ۳۹۹» بهره برد.

۳- روش کولمب

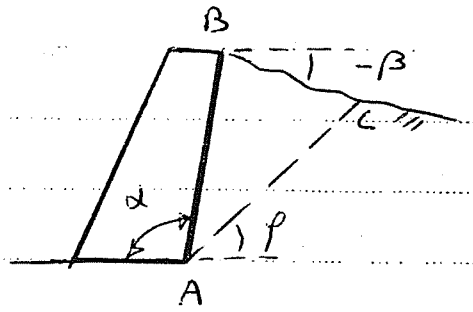
در روش کولمب، وارون روش‌های رانکین و بوسینسک، همه خاک پشت دیوار در آستانه گسیختگی نیست و گسیختگی با معیار مور-کولمب تنها بر روی یک خط راست از خاک پشت دیوار رخ می‌دهد. روش کولمب محدودیت قائم بودن پشت دیوار را ندارد و دیوار می‌تواند در دو سوی خط قائم شیب داشته باشد. در این روش روی زمین نیز می‌تواند شیب مثبت یا منفی داشته باشد. بهره مندی از پیشنهاد کولمب برای خاک های دانه‌ای (c=0) رواست. در خاک های چسبنده می‌توان با روشی ابتکاری از این شیوه بهره برد. (ص ۴۱۴ و ۴۱۵ اصول مهندسی ژئوتکنیک) روش کولمب به واقعیت نزدیک‌تر است. با چشم پوشی از زبری دیوار، فشار حالت Active رانکین بیشتر از واقعیت می‌شود (طرح over design) و فشار حالت Passive رانکین کمتر از واقعیت می‌گردد (باز طرح overdesign)

برآورد نیروی پویای (Active) کولمب: از کتاب پی Bowels



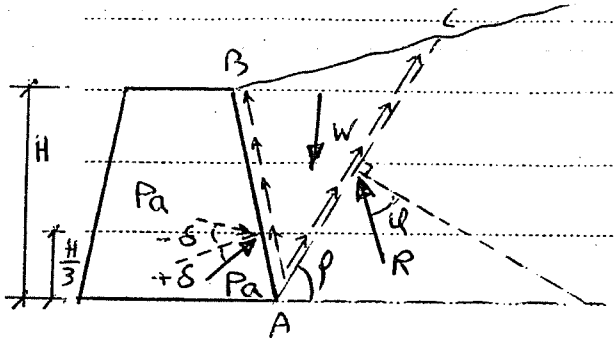
$+\beta$

$\alpha < 90°$



$-\beta$

$90° < \alpha < 180°$



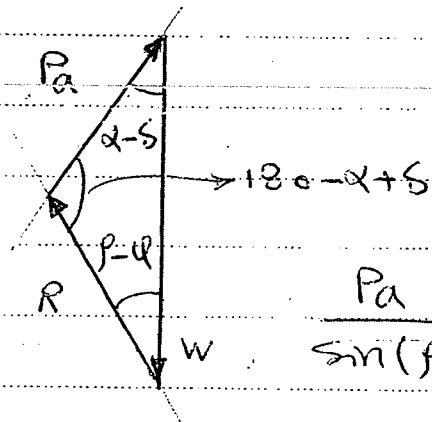
$$W = \frac{1}{2}\overline{BD} \times \overline{AC} \times 1 \times \gamma$$

$$W = \frac{1}{2}\left[\overline{AB} \times \sin(180-\alpha-\rho)\right] \times \overline{AB} \times \left[\frac{\sin(\alpha+\beta)}{\sin(\rho-\beta)}\right] \times 1 \times \gamma$$

$$W = \frac{1}{2} \times \frac{H}{\sin\alpha} \times \sin(\alpha+\rho) \times \frac{H}{\sin\alpha}\left[\frac{\sin(\alpha+\beta)}{\sin(\rho-\beta)}\right] \times \gamma$$

$$W = \frac{\gamma H^2}{2\sin^2\alpha}\left[\sin(\alpha+\rho)\frac{\sin(\alpha+\beta)}{\sin(\rho-\beta)}\right]$$

$$\frac{\overline{AC}}{\sin(\alpha+\beta)} = \frac{AB}{\sin(\rho-\beta)}$$



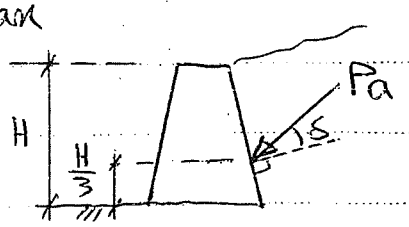
$$\frac{Pa}{\sin(\rho-\varphi)} = \frac{W}{\sin(180-\alpha+\delta-\rho+\varphi)}$$

جایگزاری W:

$$Pa = \frac{\gamma H^2}{2\sin^2\alpha}\left[\sin(\alpha+\rho)\frac{\sin(\alpha+\beta)}{\sin(\rho-\beta)}\right] \times \frac{\sin(\rho-\varphi)}{\sin(\alpha-\delta+\rho-\varphi)}$$

در پدیده پیشین، ρ متغیر است و بحرانی‌ترین اندازه آن، اندازه‌ای است که P_a را بیشینه می‌کند.

$$\frac{d(P_a)}{d\rho} = 0 \Rightarrow \rho_{cr} \Rightarrow P_{a\max}$$



$$P_{a\max} = \frac{1}{2}\gamma H^2 \cdot k_a$$

$$k_a = \frac{\sin^2(\alpha+\varphi)}{\sin^2\alpha \sin(\alpha-\delta)\left[1+\sqrt{\frac{\sin(\varphi+\delta)\sin(\varphi-\beta)}{\sin(\alpha-\delta)\sin(\alpha+\beta)}}\right]^2}$$

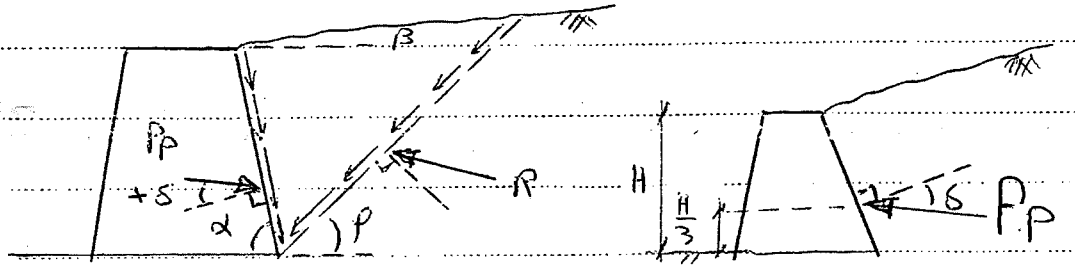
اگر در پدیده بالا $\alpha = 90^\circ$ ، $\delta = 0$ ، $\beta = 0$ شود:

$$k_a = \frac{\sin^2(90+\varphi)}{(1+\sin\varphi)^2} = \frac{\cos^2\varphi}{(1+\sin\varphi)^2} = \frac{1-\sin^2\varphi}{(1+\sin\varphi)^2} = \frac{(1-\sin\varphi)(1+\sin\varphi)}{(1+\sin\varphi)^2}$$

$$= \frac{1-\sin\varphi}{1+\sin\varphi}$$

همان k_a رانکین است

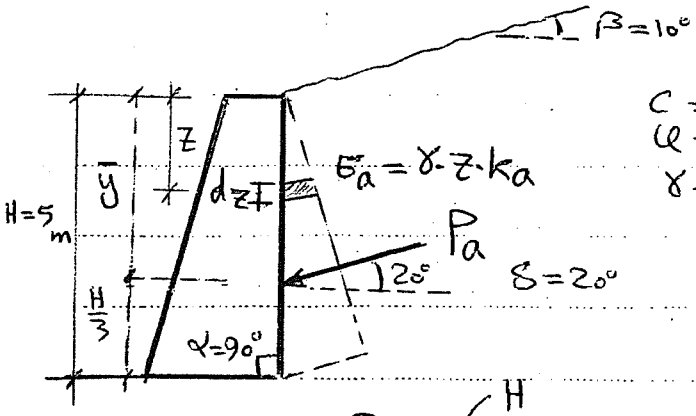
برای حرکت نیروی جانبی (Passive) کولمب



$$P_{p\min} = \frac{1}{2}\gamma H^2 \cdot k_p$$

$$k_p = \frac{\sin^2(\alpha-\varphi)}{\sin^2\alpha \sin(\alpha+\delta)\left[1-\sqrt{\frac{\sin(\varphi+\delta)\sin(\varphi+\beta)}{\sin(\alpha+\delta)\sin(\alpha+\beta)}}\right]^2}$$

- خواسته می‌شود P_a و محل اثر آن (با روش کولمب):



$\sigma_a = \gamma \cdot z \cdot k_a$

P_a

$c = 0$
$\varphi = 30°$
$\gamma = 17\ kN/m^3$

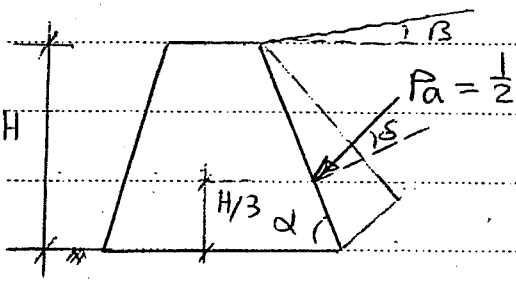
$\alpha, \beta, \delta, \varphi \Rightarrow k_a = 0.34$

$$P_a = \int_0^H \gamma z k_a \cdot dz \times 1 = \frac{1}{2}\gamma H^2 k_a$$

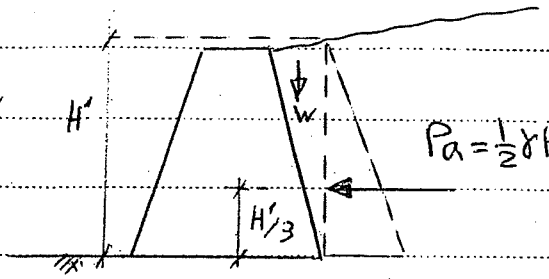
$$= \frac{1}{2} \times 17 \times 5^2 \times 0.34 = 72.25\ kN/m$$

$$P_a \times \bar{y} = \int_0^H \gamma \cdot z \cdot k_a \cdot z \cdot dz = \frac{\gamma H^3}{3} k_a$$

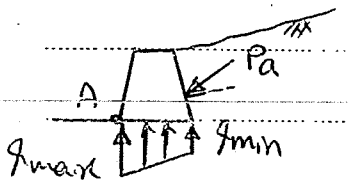
$$\frac{1}{2}\gamma H^2 k_a \times \bar{y} = \frac{\gamma H^3}{3} k_a \Rightarrow \bar{y} = \frac{2}{3}H$$



$P_a = \frac{1}{2}\gamma H^2 k_a$ کولمب



$P_a = \frac{1}{2}\gamma H'^2 k_a$ رانکین



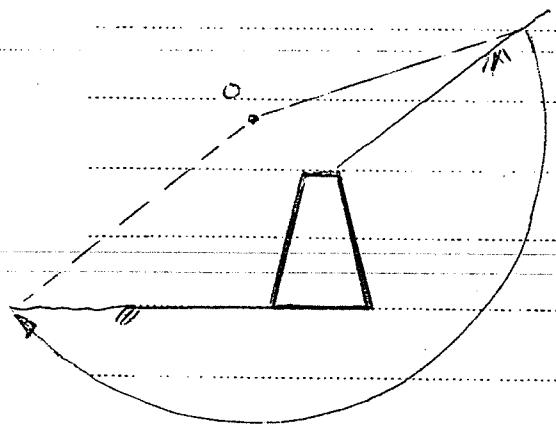
بررسی پایداری دیوار نگهبان: (می‌سازی)

۱- بررسی واژگونی در گوه پنجه (نقطه A) $F_s > 2.25$

۲- بررسی لغزش در پی ..... $F_s > (1.5 \sim 2)$

۳- بررسی فشار زیر پی $q_{max} < q_a$

۴- بررسی لغزش کلی



توان باربری روی خاک زیر پی

ka (روش کولمب)

ALPHA = 90 BETA = −10

δ	ϕ = 26	28	30	32	34	36	38	40	42
0	0.354	0.328	0.304	0.281	0.259	0.239	0.220	0.201	0.184
16	0.311	0.290	0.270	0.252	0.234	0.216	0.200	0.184	0.170
17	0.309	0.289	0.269	0.251	0.233	0.216	0.200	0.184	0.169
20	0.306	0.286	0.267	0.249	0.231	0.214	0.198	0.183	0.169
22	0.304	0.285	0.266	0.248	0.230	0.214	0.198	0.183	0.168

ALPHA = 90 BETA = −5

δ	ϕ = 26	28	30	32	34	36	38	40	42
0	0.371	0.343	0.318	0.293	0.270	0.249	0.228	0.209	0.191
16	0.328	0.306	0.284	0.264	0.245	0.226	0.209	0.192	0.176
17	0.327	0.305	0.283	0.263	0.244	0.226	0.208	0.192	0.176
20	0.324	0.302	0.281	0.261	0.242	0.224	0.207	0.191	0.175
22	0.322	0.301	0.280	0.260	0.242	0.224	0.207	0.191	0.175

ALPHA = 90 BETA = 0

δ	ϕ = 26	28	30	32	34	36	38	40	42
0	0.390	0.361	0.333	0.307	0.283	0.260	0.238	0.217	0.198
16	0.349	0.324	0.300	0.278	0.257	0.237	0.218	0.201	0.184
17	0.348	0.323	0.299	0.277	0.256	0.237	0.218	0.200	0.183
20	0.345	0.320	0.297	0.276	0.255	0.235	0.217	0.199	0.183
22	0.343	0.319	0.296	0.275	0.254	0.235	0.217	0.199	0.183

ALPHA = 90 BETA = 5

δ	ϕ = 26	28	30	32	34	36	38	40	42
0	0.414	0.382	0.352	0.323	0.297	0.272	0.249	0.227	0.206
16	0.373	0.345	0.319	0.295	0.272	0.250	0.229	0.210	0.192
17	0.372	0.344	0.318	0.294	0.271	0.249	0.229	0.210	0.192
20	0.370	0.342	0.316	0.292	0.270	0.248	0.228	0.209	0.191
22	0.369	0.341	0.316	0.292	0.269	0.248	0.228	0.209	0.191

ALPHA = 90 BETA = 10

δ	ϕ = 26	28	30	32	34	36	38	40	42
0	0.443	0.407	0.374	0.343	0.314	0.286	0.261	0.238	0.216
16	0.404	0.372	0.342	0.315	0.289	0.265	0.242	0.221	0.201
17	0.404	0.371	0.342	0.314	0.288	0.264	0.242	0.221	0.201
20	0.402	0.370	0.340	0.313	0.287	0.263	0.241	0.220	0.201
22	0.401	0.369	0.340	0.312	0.287	0.263	0.241	0.220	0.201

ALPHA = 90 BETA = 15

δ	ϕ = 26	28	30	32	34	36	38	40	42
0	0.482	0.440	0.402	0.367	0.334	0.304	0.276	0.251	0.227
16	0.447	0.408	0.372	0.340	0.310	0.283	0.258	0.234	0.213
17	0.447	0.407	0.372	0.339	0.310	0.282	0.257	0.234	0.212
20	0.446	0.406	0.371	0.338	0.309	0.282	0.257	0.234	0.212
22	0.446	0.406	0.371	0.338	0.309	0.282	0.257	0.234	0.212

k_p (روش کولمب)

ALPHA = 90 BETA = −10

δ	ϕ = 26	28	30	32	34	36	38	40	42
0	1.914	2.053	2.204	2.369	2.547	2.743	2.957	3.193	3.452
16	2.693	2.956	3.247	3.571	3.934	4.344	4.807	5.335	5.940
17	2.760	3.034	3.339	3.679	4.062	4.493	4.983	5.543	6.187
20	2.980	3.294	3.645	4.041	4.488	4.997	5.581	6.255	7.039
22	3.145	3.490	3.878	4.317	4.816	5.389	6.050	6.819	7.720

ALPHA = 90 BETA = −5

δ	ϕ = 26	28	30	32	34	36	38	40	42
0	2.223	2.392	2.577	2.781	3.004	3.250	3.523	3.826	4.163
16	3.367	3.709	4.094	4.529	5.024	5.591	6.243	7.000	7.883
17	3.469	3.828	4.234	4.694	5.218	5.820	6.516	7.326	8.277
20	3.806	4.226	4.704	5.250	5.879	6.609	7.462	8.468	9.665
22	4.064	4.532	5.067	5.684	6.399	7.236	8.222	9.397	10.809

ALPHA = 90 BETA = 0

δ	ϕ = 26	28	30	32	34	36	38	40	42
0	2.561	2.770	3.000	3.255	3.537	3.852	4.204	4.599	5.045
16	4.195	4.652	5.174	5.775	6.469	7.279	8.229	9.356	10.704
17	4.346	4.830	5.385	6.025	6.767	7.636	8.661	9.882	11.351
20	4.857	5.436	6.105	6.886	7.804	8.892	10.194	11.771	13.705
22	5.253	5.910	6.675	7.574	8.641	9.919	11.466	13.364	15.726

ALPHA = 90 BETA = 5

δ	ϕ = 26	28	30	32	34	36	38	40	42
0	2.943	3.203	3.492	3.815	4.177	4.585	5.046	5.572	6.173
16	5.250	5.878	6.609	7.464	8.474	9.678	11.128	12.894	15.076
17	5.475	6.146	6.929	7.850	8.942	10.251	11.836	13.781	16.201
20	6.249	7.074	8.049	9.212	10.613	12.321	14.433	17.083	20.468
22	6.864	7.820	8.960	10.334	12.011	14.083	16.685	20.011	24.352

ALPHA = 90 BETA = 10

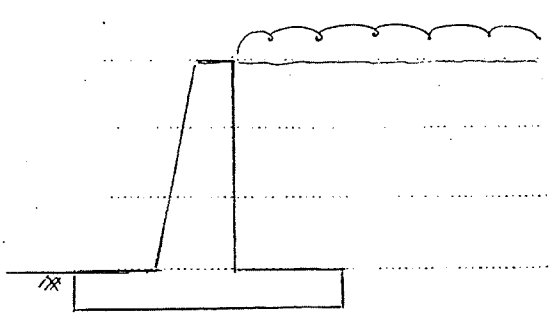
δ	ϕ = 26	28	30	32	34	36	38	40	42
0	3.385	3.712	4.080	4.496	4.968	5.507	6.125	6.840	7.673
16	6.652	7.345	8.605	9.876	11.417	13.309	15.665	18.647	22.407
17	6.992	7.956	9.105	10.492	12.183	14.274	16.899	20.254	24.633
20	8.186	9.414	10.903	12.733	15.014	17.903	21.636	26.569	33.270
22	9.164	10.625	12.421	14.659	17.497	21.164	26.012	32.601	41.863

ALPHA = 90 BETA = 15

δ	ϕ = 26	28	30	32	34	36	38	40	42
0	3.913	4.331	4.807	5.352	5.980	6.710	7.563	8.570	9.768
16	8.611	9.936	11.555	13.557	16.073	19.291	23.494	29.123	36.894
17	9.139	10.590	12.373	14.595	17.413	21.054	25.867	32.409	41.603
20	11.049	12.986	15.422	18.541	22.617	28.080	35.629	46.458	62.759
22	12.676	15.067	18.130	22.136	27.506	34.930	45.584	61.626	87.354

ـ باروی راست به نگاره و جاده ها ، ترک کششی تا چه ژرفایی می تواند رخ دهد.

(ک)



$q = 50\ kN/m^2$

$\gamma = 20\ kN/m^3$

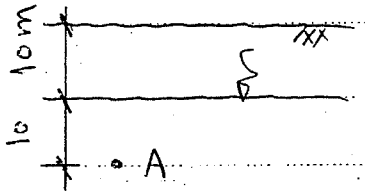
$\varphi' = 30^\circ \longrightarrow k_a = \frac{1}{3}$

$c' = 20\ kN/m^2$

★ : ترک باگذر زمان رخ می دهد.

$$H_c = \frac{2c\sqrt{k_a} - q \cdot k_a}{\gamma \cdot k_a} = \frac{2 \times 20 \times \sqrt{\frac{1}{3}} - 50 \times \frac{1}{3}}{20 \times \frac{1}{3}} = 0.97m$$

ـ باروی راست به نگاره و جاده ها ، خواسته می شود σ_v و σ_h در نقطه A. (ک)



$\gamma = 19\ kN/m^3$

$\varphi = 30^\circ \longrightarrow k_0 = 1 - \sin 30^\circ = 0.50$

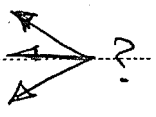
$\gamma_{sat} = 21\ kN/m^3$

$\gamma_w = 10\ kN/m^3$

Active بویا

Passive پایا

Rest ایستا



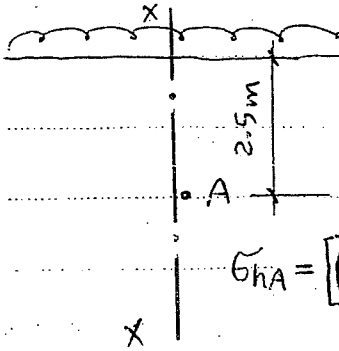
$$\sigma_v = (10 \times 19) + (10 \times 21) = 400\ kN/m^3$$

$$\sigma_h = \sigma_h' + u = k_0 \cdot \sigma_v' + u = k_0(\sigma_v - u) + u$$

$$= 0.5[400 - (10 \times 10)] + (10 \times 10) = 250\ kN/m^3$$

ـ باروی راست به نگاره و جاده ها ، خواسته می شود σ_{hA} ؟ اگر کرانه چپ خط برش A-A ، گودبرداری شود و در آنجا دیواره ای ساخته شود که نمی تواند لغزش و جنبش راستا باشد ، σ_{hA} چه دگرشی از خود نشان خواهد داد؟

★ : زمین در حالت خاک ایستا (Rest) است.



$q = 100\ kN/m^2$

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

$\varphi = 30^\circ \longrightarrow k_0 = 0.5$

2.5m

A

$$\sigma_{hA} = \sigma_{hA}' + u_A = \sigma_{vA}' \cdot k_0 + u_A$$

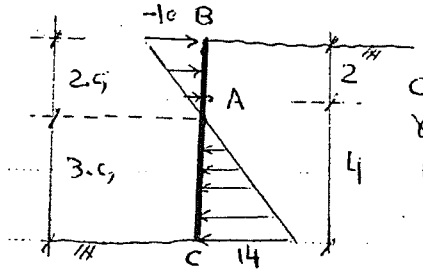
$$\sigma_{hA} = [(100 + (2.5 \times 20)) - (2.5 \times 10)] \times 0.5 + (2.5 \times 10) = 87.5\ kN/m^2$$

ب) ۱۲-۱

- پاروی راست به دیواره وارد می شود:

۱- تنش افقی وارده بر دیوار در نقطه A

۲- نیروی افقی وارده بر دیوار



$C = 10\ kN/m^2$

$\gamma = 16\ kN/m^3$

$k_a = 0.25$

الف) ترک کششی پدید نیامده است:

$$Z_c = \frac{2C}{\gamma\sqrt{k_a}} = \frac{2\times10}{16\times\sqrt{0.25}} = 2.5\ m$$

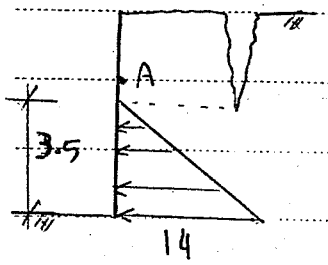
$$\sigma_{hA} = (2\times16)\times0.25 - 2\times10\times\sqrt{0.25} = -2\ kN/m^2$$

$$\sigma_{hB} = 0 - 2\times10\times\sqrt{0.25} = -10\ kN/m^2$$

$$\sigma_{hC} = (6\times16)\times0.25 - 2\times10\times\sqrt{0.25} = 14\ kN/m^2$$

$$P_a = \frac{14\times3.5}{2} - \frac{10\times2.5}{2} = 24.5 - 12.5 = 12\ kN/m$$

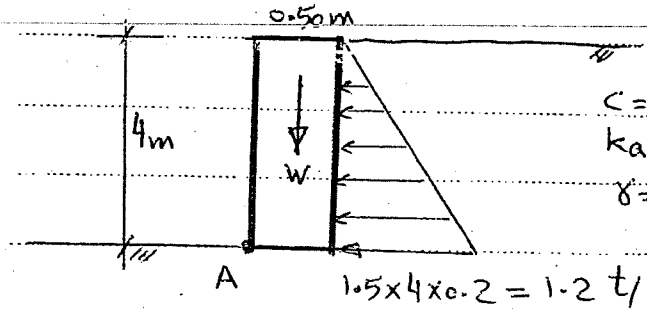
ب) ترک کششی پدید آمده است:



$$\sigma_{hA} = 0$$

$$P_a = \frac{14\times3.5}{2} = 24.5\ kN/m$$

- خواسته می شود ضریب اطمینان در برابر واژگونی (ب)



$C = 0$

$k_a = 0.2$

$\gamma = 1.5\ t/m^3$

$\gamma_{concrete} = 2.4\ t/m^3$

$W = 4\times0.5\times1\times2.4 = 4.8\ t/m$

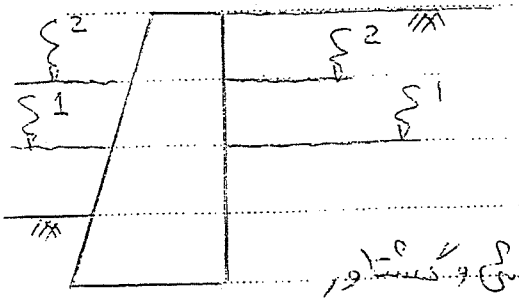
retaining

$$F_s = \frac{M_R}{M_o} = \frac{4.8\times0.25}{\frac{1.2\times4}{2}\times\frac{4}{3}} = 0.375 < 1$$ ناپایدار

overturning

ب) ۱۲-۲

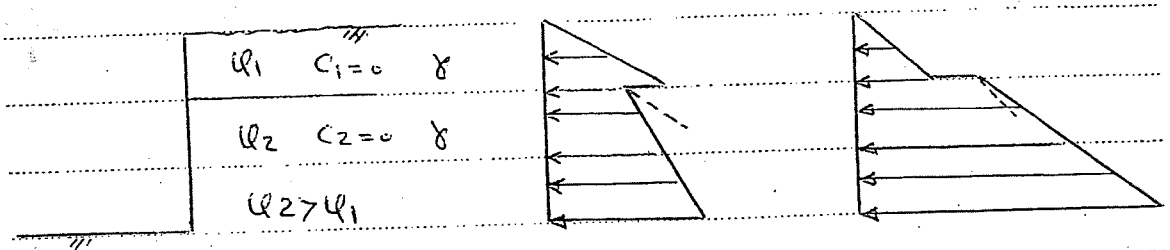
- در نگاره زیر اگر آب روسوی دیوار همگام با هم یا لاروند، نیروی رانشی اثر کننده بر دیوار، چه دگرشی از خود نشان خواهد داد؟



نیروی رانشی و گشتاور واژگونی کاهش می یابد و نمی توان گفت دیوار پایدارتر شده است، چون...

اگر آب تنها در سوی راست با لاروند، نیروی رانشی و گشتاور واژگونی افزایش می یابد و از پایداری دیوار کاسته می شود.

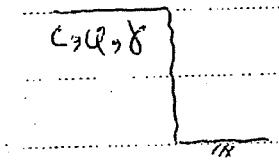
- خواسته می شود، نمودار فشار افقی وارده بر دیوار به هنگام گسیختگی پویا و پایا



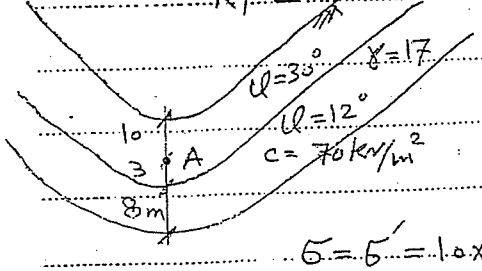
پایا (Passive) پویا (Active)

- خواسته می شود، پیشینه ژرفای گودبرداری، چنانکه ژرفای ترک کششی 3 متر باشد.

اگر ترک کششی رخ نداده باشد، 6 متر



ب- کدام گزینه برای نگاره زیر درست است؟ $\gamma=15\ kN/m^3$ ، رس



الف) $\sigma_h > 75\ kN/m^2$ ✓ ب) $\sigma_h < 75\ kN/m^2$

ج) $\sigma_h = 75\ kN/m^2$ د) نمی توان چیزی گفت

$\sigma = \sigma' = 10 \times 15 = 150\ kN/m^2$ ، $k_0 = 1 - \sin 30^\circ = 0.50$

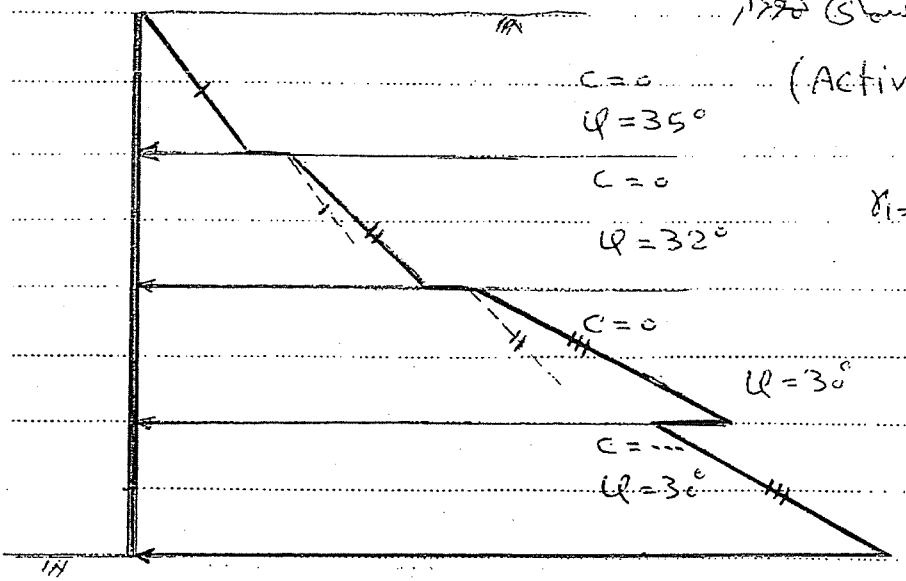
بارودی است به شیب دامنه ها

$\sigma_h = 150 \times 0.50 = 75\ kN/m^2$

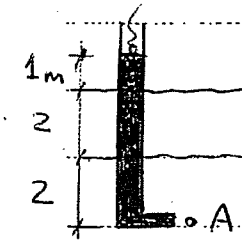
σ_h بزرگتر از $75\ kN/m^2$ خواهد شد.

ب) ۱۲-۳

- خواسته‌ی سؤال، شمای توزیع فشار پویا (Active) است.



- خواسته‌ی سؤال، فشار افقی آب و خاک در نقطه A است.



$\gamma_{sat} = 2100 \frac{kg}{m^3}$

$\varphi = 30^\circ$

$\sigma_A = (2 \times 1000) + (2 \times 2100) = 6200 \frac{kg}{m^2}$

$u_A = 5 \times 1000 = 5000 \frac{kg}{m^2}$

$\sigma'_{zA} = 6200 - 5000 = 1200 \frac{kg}{m^2}$

$k_o = 1 - \sin 30^\circ = 0.5$

$\sigma'_{xA} = k_o \cdot \sigma'_{zA} = 0.5 \times 1200 = 600 \frac{kg}{m^2}$

$\sigma_{xA} = \sigma'_{xA} + u_A = 600 + 5000 = 5600 \frac{kg}{m^2}$

- در خاکی $\mu = 0.27$ است، خواسته‌ی سؤال k_o است.

$$k_o = \frac{\mu}{1-\mu} = \frac{0.27}{1-0.27} = 0.37$$

- کدام گزینه در پیوند با k_o نادرست است؟ (ک)

الف) برای حالت کرنش پیرامونی صفر بکار می‌رود.

ب) برای همه خاک‌ها از $k_o = 1 - \sin\varphi$ بدست می‌آید. ✓

پ) k_o با افزایش O.C.R رس‌ها، افزایش می‌یابد.

ت) $k_a < k_o < k_p$ است.

ب) ۴-۱۲

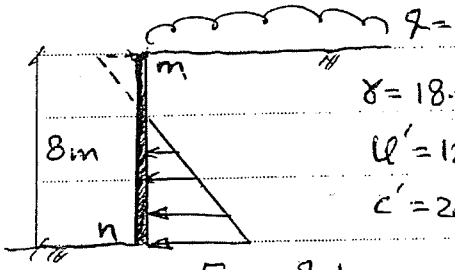
- با روی داشت به نگاره و راه ها، خواسته می شود نیروی رانشی اثر کننده بر دیوار، (پس از پدیدآمدن ترک کششی) ک

الف) 120.8

ب) ✓ 270.7

ج) 303.6

د) 172.4

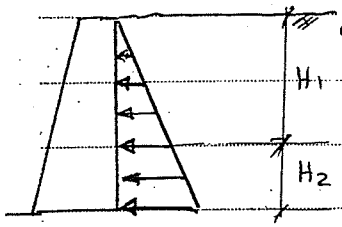


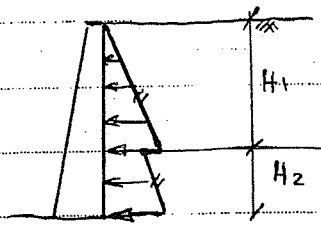
$$z_c = \frac{2c\sqrt{k_a} - q\cdot k_a}{\gamma\cdot k_a} = \frac{2\times20\times\sqrt{0.656} - 25\times0.656}{18.5\times0.656} = 1.32\ m$$

$$\sigma_{hn} = \sigma_{vn}\cdot k_a - 2c\sqrt{k_a} = (25 + (8\times18.5))\times0.656 - 2\times20\times\sqrt{0.656}$$
$$= 81.1\ kN/m^2$$

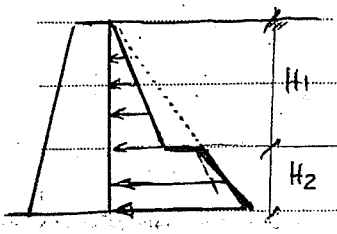
$$P_a = \frac{(8-1.32)\times81.1}{2} = 270.8\ kN/m$$

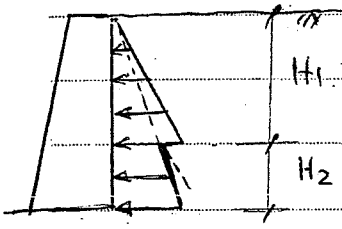
- خواسته می شود نوع فشار برای حالت Active:

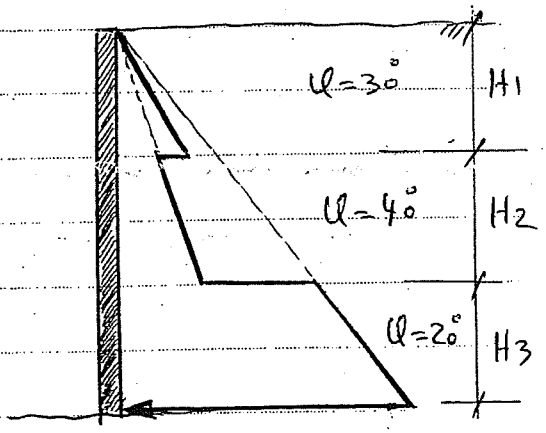




نکته: $\gamma_1\cdot k_{a1} = \gamma_2\cdot k_{a2}$



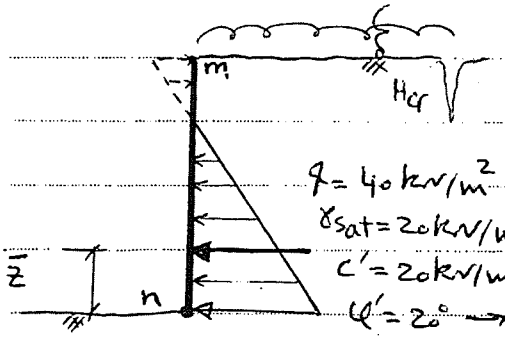




$c_1 = c_2 = c_3 = 0$

$\gamma_1 = \gamma_2 = \gamma_3$

- دیوار نگهدارنده شکاره زیر دارای زهکشی است، خواسته می شود محل برآیند نیروهای (فشار) Active ؟ (پس از رخدادن ترک کششی) ک



★ : زهکشی آب پشت دیوار را بیرون می برد و از این رو فشار پهلوئی آب بر دیوار اثر نمی کند. البته بایستی به فشار تراوشی آب بها داده شود.

الف) 2.76 m

ب) 3.33 m

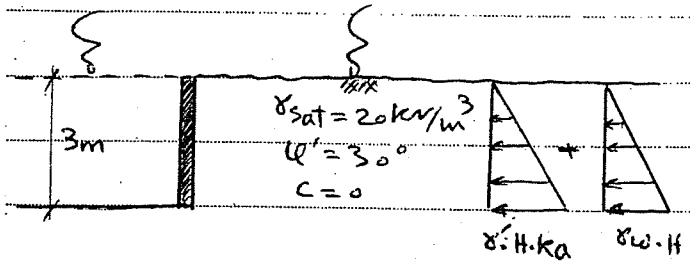
پ) 4.29 m

ت) 7.33

$$H_{cr} = \frac{2c\sqrt{k_a} - q\cdot k_a}{\gamma' k_a} = \frac{2\times 20\sqrt{0.49} - 40\times 0.49}{(20-10)\times 0.49} = 1.714\ m$$

$$\bar{z} = \frac{10 - 1.714}{3} = 2.76\ m$$

- اگر گودال جلوی دیوار نگهدارنده با آب پر شود، نیروی (فشار) اثر کننده به دیوار، چه دگرسانی می یابد (پارسه)



الف) 4 برابری شود.

ب) دو برابری شود.

پ) $\frac{1}{2}$ می شود.

ت) $\frac{1}{4}$ می شود. ✓

پیش از پر شدن: $P_a = \frac{1}{2}H^2\gamma' k_a + \frac{1}{2}H^2\gamma_w$

$$P_a = \frac{1}{2}\times 3^2 (20-10)\times\frac{1}{3} + \frac{1}{2}\times 3^2\times 10 = \frac{36}{15}$$

پس از پر شدن: $P_a = \frac{1}{2}H^2\gamma' k_a = \frac{1}{2}\times 3^2 (20-10)\frac{1}{3} = \frac{9}{15}$

$$\frac{\frac{9}{15}}{\frac{36}{15}} = \frac{1}{4}$$

(فشار آب دوسوی دیوار، اثر همدیگر را از میان می برند)

- در هم فشرده شدن خاک پشت دیوار، نیروی (فشار) ک آ

الف) P_a را می افزاید

ب) P_a را می کاهد. ✓

پ) P_p را می کاهد

ت) را دگرسان نمی دهد.

در هم فشرده شدن → $\varphi\uparrow$ → $k_a\downarrow$ → $P_a\downarrow$; → $k_p\uparrow$ → $P_p\uparrow$

ب) ۱۲-۶

- دیوار نگهدارنده‌ای با بلندی 5 متر، در جلوی خاک ماسه‌ای ساخته شده است. برای رخدادن گسیختگی Active و Passive، کمینه اندازه جابجائی افقی چقدر بایستی باشد. (از پیشنهاد های ترازاقی بهره برده شود) ک

الف) 0.5cm برای هردو حالت
ب) 0.5cm ، 5cm ✓
پ) 2.5cm برای هردو حالت
ت) 1cm ، 2.5cm

$$S_{min(Active)} = \frac{H}{1000} = \frac{5\times100}{1000} = 0.5\,cm$$

$$S_{min(Passive)} = \frac{H}{100} = \frac{5\times100}{100} = 5\,cm$$

- بیشینه ژرفای گودبرداری در خاک رسی سیرآب با ضریب اطمینان 1.33 ($\frac{4}{3}$) چقدر است؟ ک

الف) $\frac{1.5C}{\gamma\sqrt{K_a}}$
ب) $\frac{2C}{\gamma\sqrt{K_a}}$
پ) $\frac{3C}{\gamma\sqrt{K_a}}$ ✓
ت) $\frac{4C}{\gamma\sqrt{K_a}}$

$$H_s = \frac{4C}{\gamma\sqrt{K_a}},\quad C_d = \frac{C}{1.33}$$

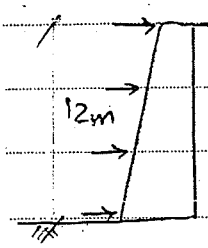
$$H_a = \frac{4\times\frac{C}{1.33}}{\gamma\sqrt{K_a}} = \frac{3C}{\gamma\sqrt{K_a}}$$

- اگر از تئوری رانکین برای برآورد فشار پهلوئی خاک بهره برده شود، ... (ک)

الف) P_a و P_p هردو از اندازه راستین کمتر برآورد می شود.
ب) P_a و P_p هردو بیشتر از اندازه راستین برآورد می شود.
پ) P_p بیشتر و P_a کمتر از اندازه راستین برآورد می شود.
ت) P_a بیشتر و P_p کمتر از اندازه راستین برآورد می شود. ✓

★: تئوری رانکین برای طراحی، ملاحظه کار است.

- دیوار شکاره زیر به سوی خاک پشتی فشرده می شود، خواسته می شود ژرفای ترک کششی (ک آ)



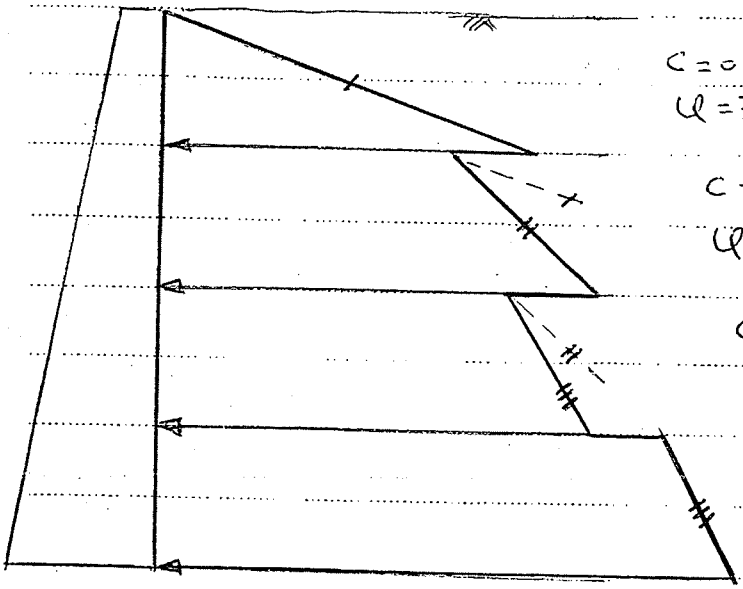
$\gamma = 20\,kN/m^3$
$C_{ud} = 30\,kN/m^2$

الف) 3m
ب) 6m
پ) صفر ✓
ت) 1.5m

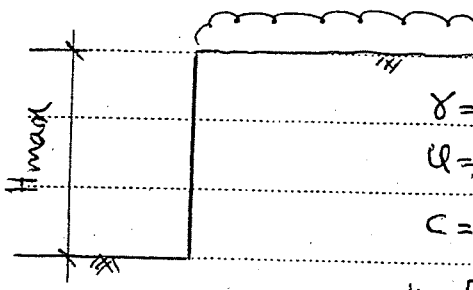
در حالت Passive ترک کششی رخ نمی دهد.

ب) ۷-۱۲

- با پذیرفتن این که، دیوار به سوی خاک پشتش فشرده می شود، خواسته می شود نمودار فشار پایای (Passive) خاک.

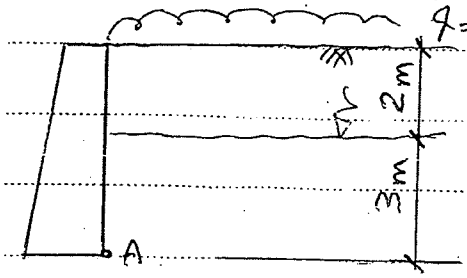


- خواسته می شود، بیشینه ژرفای گودبرداری تا پایداری دیوار گودال به هم نخورد.



$$H_{max} = H_{stability} = \frac{4c\sqrt{k_a} - 2qk_a}{\gamma \cdot k_a} = \frac{4\times50\times\sqrt{\frac{1}{3}} - 2\times30\times\frac{1}{3}}{18\times\frac{1}{3}} = 15.9\ m$$

- خواسته می شود؟ σ_{hA} (پویا) Active



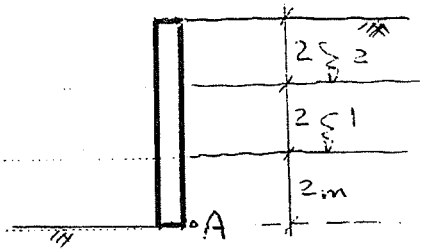
$$\sigma_{hA} = \sigma'_{hA} + u_A$$

$$\sigma_{hA} = \left[\left(50+(2\times19)+(3\times20)\right) - (3\times10)\right]\times\frac{1}{3} + (3\times10)$$

$$\sigma_{hA} = 69.3\ kN/m^2$$

ب) ۸-۱۲

- خواسته می شود، فشار افقی نقطه A، بیش و پس از بالا آمدن تراز آب.



$\gamma = 1700 KG/m^3$

$\gamma_{sat} = 2000 KG/m^3$

$C = 0$

$k_a = 0.25$

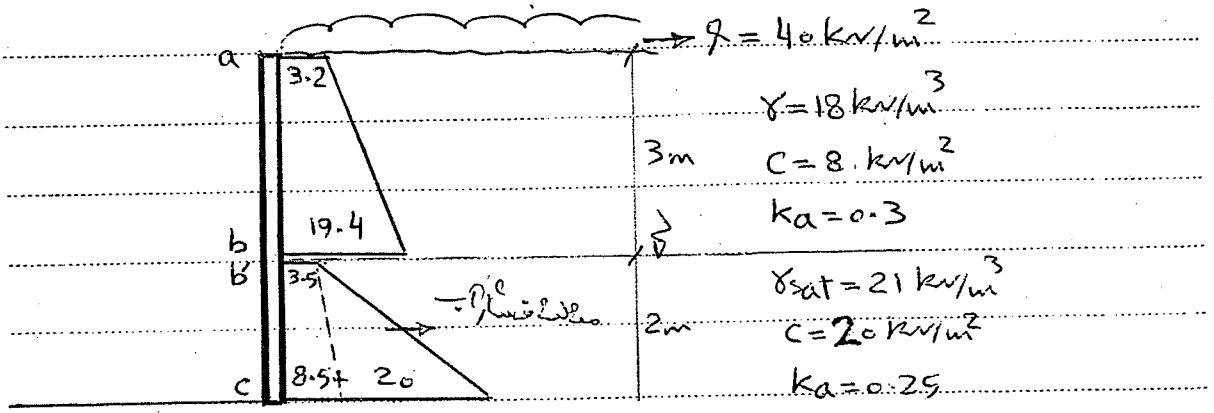
$\sigma_{hA} = \sigma'_{hA} + u$

$\sigma_{h1A} = \left[\left((4\times1700)+(2\times2000)\right) - (2\times1000)\right] \times 0.25 + (2\times1000) = 4200 \ kN/m^2$

$\sigma_{h2A} = \left[\left((2\times1700)+(4\times2000)\right) - (4\times1000)\right] \times 0.25 + (4\times1000) = 5850 \ kN/m^2$

با بالا رفتن آب، فشار افقی خاک کاهش و فشار افقی آب و خاک افزایش می یابد.

- خواسته می شود، نیروی افقی وارده بر دیوار



$q = 40 \ kN/m^2$

$\gamma = 18 \ kN/m^3$

$C = 8 \ kN/m^2$

$k_a = 0.3$

$\gamma_{sat} = 21 \ kN/m^3$

$C = 20 \ kN/m^2$

$k_a = 0.25$

$\sigma_h = \sigma'_h + u = (\sigma'_v \cdot k_a - 2c\sqrt{k_a}) + u$

$\sigma_{ha} = (40\times0.3) - 2\times8\times\sqrt{0.3} = 3.2 \ kN/m^2$

$\sigma_{hb} = \left[40+(3\times18)\right]\times0.3 - 2\times8\times\sqrt{0.3} = 19.4 \ kN/m^2$

$\sigma_{hb'} = \left[40+(3\times18)\right]\times0.25 - 2\times20\times\sqrt{0.25} = 3.5 \ kN/m^2$

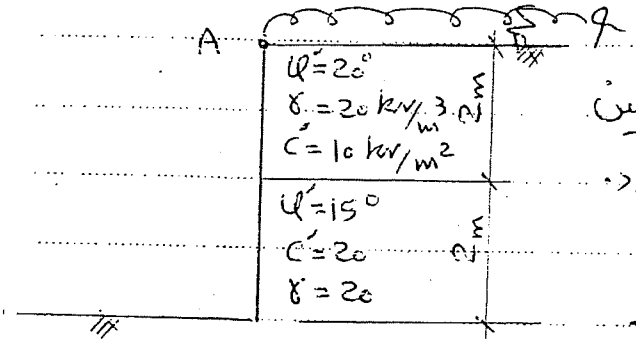
$\sigma_{hc} = \left[\left(40+(3\times18)+(2\times20)\right) - (2\times10)\right]\times0.25 - 2\times20\times\sqrt{0.25} + (2\times10)$

$= 28.5 \ kN/m^2$

$P_a = \left(\frac{3.2+19.4}{2}\times3\right) + \left(\frac{3.5+28.5}{2}\times2\right) = 65.9 \ kN/m$

— باروی راست به دیوار حائل و مرده ها ، خواسته می شود ، کمترین اندازه q تا در خاک پشت دیوار ترک پدید بیاید. کف

★ برای پدید آمدن ترک ، بایستی در روی زمین کشش پدید بیاید و خاک به دیوار فشرده شود.

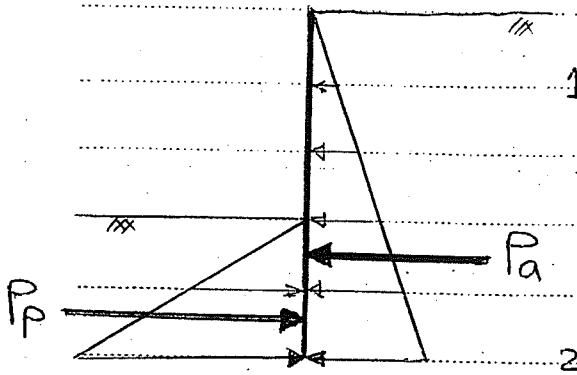


$$\sigma_{hA} = 0$$

$$-2c\sqrt{k_a} + q \cdot k_a = 0 \Rightarrow q = \frac{2c}{\sqrt{k_a}}$$

$$q = \frac{2 \times 10}{\tan(45 - \frac{20}{2})} = 28.5 \text{ kN/m}^2$$

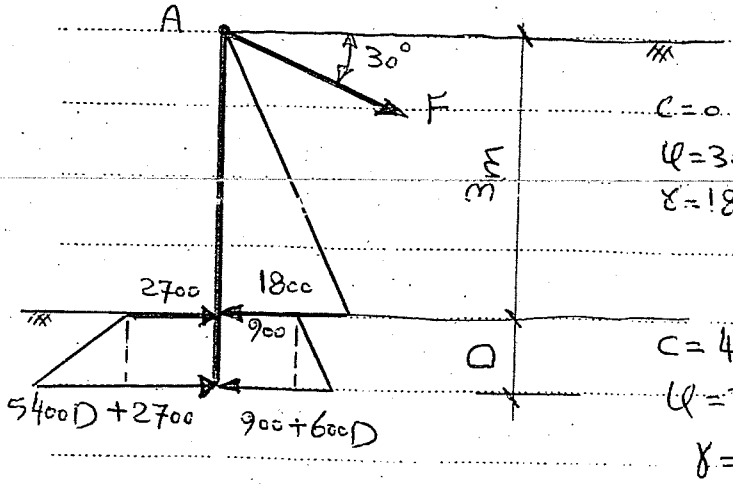
— در نگاره زیر اگر $H_1 = 2H_2$ باشد ، آنگاه $P_a = P_p$ است. اگر $H_1 = 3H_2$ باشد ، آنگاه خواسته می شود ، (کسر) $\frac{P_p}{P_a}$



$$1) \quad P_a = P_p \Rightarrow \frac{1}{2}\gamma H_1^2 \cdot k_a = \frac{1}{2}\gamma H_2^2 \cdot k_p$$

$$\frac{H_1^2}{H_2^2} = \frac{k_p}{k_a} \Rightarrow \frac{(2H_2)^2}{H_2^2} = \frac{k_p}{k_a} = 4$$

$$2) \quad \frac{P_p}{P_a} = \frac{H_2^2 \cdot k_p}{H_1^2 \cdot k_a} = \frac{H_2^2 \cdot k_p}{(3H_2)^2 \cdot k_a} = \frac{4}{9} = 0.44$$



خواسته می شود D و F

$c = 0$

$\varphi = 30°$

$\gamma = 1800 \text{ kgf/m}^3$

$c = 450 \text{ kgf/m}^2$

$\varphi = 30°$

$k_a = \frac{1}{3}$

$k_p = 3$

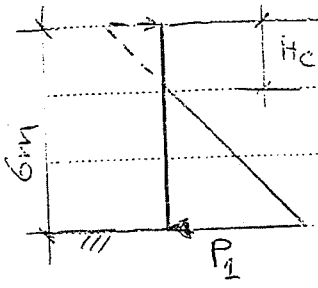
$\gamma = 1800 \text{ kgf/m}^3$

$$\sum M_A = 0 \Rightarrow D = 0.535 \text{ m}$$

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow F_H = 1050 \text{ kgf/m} \Rightarrow F = \frac{1050}{\cos 30°} = 1212.5 \text{ kgf/m}$$

ب) ۱۲-۱۰

— بارروی راست به نگاه و داده ها ، پس از پیدا آمدن ترک کششی ،
تنش های ترک و برآیند تنش های پویا (Active) را بدست آورید . (ک)



$\gamma = 20\ kN/m^3$

$c = 10\ kN/m^2$

$\varphi = 25^\circ \longrightarrow k_a = \frac{1-\sin 25^\circ}{1+\sin 25^\circ} = 0.4058$

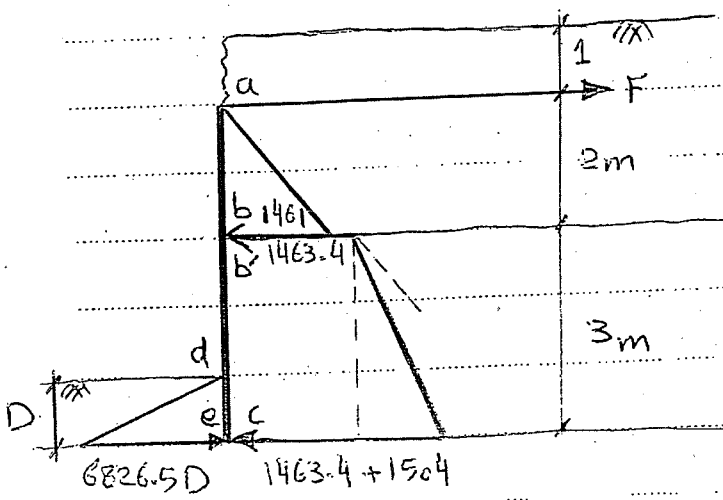
$$H_c = \frac{2c\sqrt{k_a} - q \times k_a}{\gamma \cdot k_a} = \frac{2\times 10 \times \sqrt{0.4058} - 0}{20 \times 0.4058}$$

$$H_c = 1.57\ m$$

$$P_1 = 6 \times 20 \times 0.4058 - 2 \times 10 \times \sqrt{0.4058} = 35.95\ kN/m^2$$

$$P_a = \frac{6-1.57}{2} \times 35.95 = 79.6\ kN/m$$

— خواسته می شود : D و F



$c = 573.257\ kgf/m^2$

$\varphi = 25^\circ \longrightarrow k_a = 0.4058$

$\gamma = 1800\ kgf/m^3$

$c = 0 \longrightarrow k_a = 0.271$

$\varphi = 35^\circ \longrightarrow k_p = 3.69$

$\gamma' = 1850\ kgf/m^3$

$$\sigma_{ha} = (1 \times 1800 \times 0.4058) - 2 \times 573.257 \times \sqrt{0.4058} \simeq 0$$

$$\sigma_{hb} = (3 \times 1800 \times 0.4058) - 2 \times 573.257 \times \sqrt{0.4058} = 1461\ kgf/m^2$$

$$\sigma_{hb'} = (3 \times 1800 \times 0.271) - 2 \times 0 \times \sqrt{0.271} = 1463.4\ "$$

$$\sigma_{hc} = \left[(3 \times 1800) + (3 \times 1850)\right] \times 0.271 - 2 \times 0 \times \sqrt{0.271} = 2967.4\ "$$

$$\sigma_{hd} = (0 \times 3.69) + 2 \times 0 \times \sqrt{3.69} = 0$$

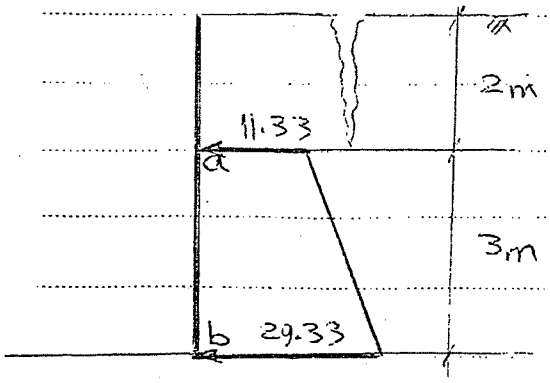
$$\sigma_{he} = (1850 \times D \times 3.69) + 2 \times 0 \times \sqrt{3.69} = 6826.5D\ kgf/m^2$$

$$\sum M_a = 0 \Rightarrow D = 1.31\ m$$

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow F = 1284.5\ kgf/m$$

۱۲-۱۱ (ب)

— خواسته می شود ژرفای ترک کششی و نیروی فشار پویا (Active) پس از رخ دادن ترک.



$c = 15\ kv/m^2$
$\gamma = 17\ kv/m^3$
$\varphi = 30^\circ$

$H_c = \frac{2c}{\gamma \cdot \sqrt{k_a}}$

$c = 0$
$\gamma = 18\ kv/m^3$
$\varphi = 30^\circ$

$H_c = \frac{2 \times 15}{17 \times \sqrt{\frac{1}{3}}} = 3.05\ m$

لایه دوم چسبندگی ندارد و نمی تواند در آن کششی رخ دهد و از این رو ژرفای ترک کششی بیشینه ۲ متر خواهد شد.

$\sigma_{ha} = 2 \times 17 \times \frac{1}{3} = 11.33\ kv/m^2$

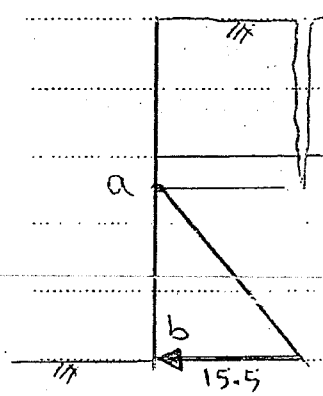
$\sigma_{hb} = [(2 \times 17) + (3 \times 18)] \times \frac{1}{3} = 29.33\ kv/m^2$

— اگر در لایه دوم $c = 12\ kv/m^2$ باشد:

در این حالت بخشی از ترک در لایه دوم رخ خواهد داد و ژرفای ترک نمی تواند 3.05 m باشد و بایستی حساب شود.

$\sigma_{ha} = 0 \Rightarrow [(2 \times 17) + (z \times 18)] \times \frac{1}{3} - 2 \times 12 \times \sqrt{\frac{1}{3}} = 0$

$z = 0.42\ m$ ژرفای ترک: $H_c = 2 + 0.42 = 2.42\ m$



$\sigma_{hb} = \sigma_v \cdot k_a - 2c\sqrt{k_a}$

$\sigma_{hb} = [(2 \times 17) + (3 \times 18)] \times \frac{1}{3} - 2 \times 12 \times \sqrt{\frac{1}{3}}$

$\sigma_{hb} = 15.5\ kv/m^2$

— برای رخ دادن گسیختگی Active، کدام دیوار بایستی جابجایی پیرامونی بیشتری داشته باشد؟

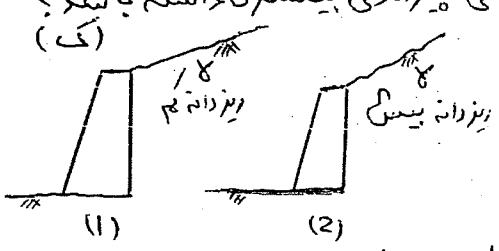
الف) بایستی جابجایی یکسانی داشته باشند.

ب) دیوار یکم بایستی بیشتر جابجا شود.

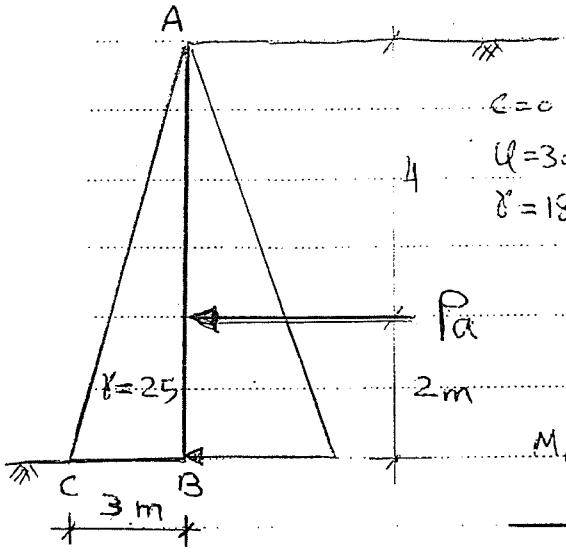
ج) دیوار دوم بایستی بیشتر جابجا شود. ✓

د) نمی توان جابجایی ها را با هم سنجید.

(ک)



A: بررسی جابجایی بایسته برای گسیختگی Active، بیشتر از ماسه هاست.



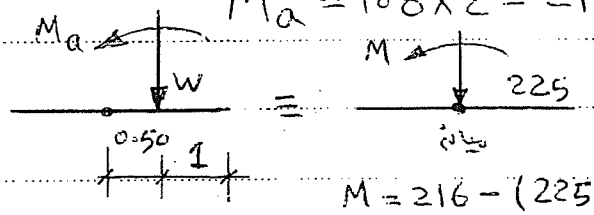
- خواسته می شود فشار زیر پی دیوار در نقطه B و C

$W = \frac{6\times 3}{2}\times 25 = 225\ kN/m$

$\sigma_{hB} = (6\times 18)\times\frac{1}{3} = 36\ kN/m^2$

$P_a = \frac{6\times 36}{2} = 108\ kN/m$

$M_a = 108\times 2 = 216\ \frac{kN.m}{m}$



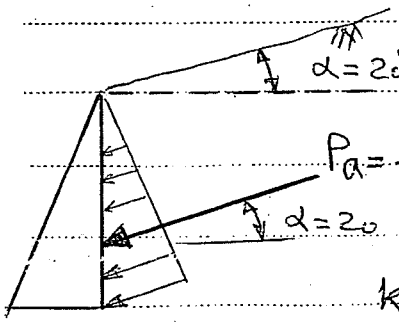
$M = 216 - (225\times 0.5) = 103.5$

$e = 103.5/225 = 0.46m$

$q_C = \frac{225}{3\times 1}\left(1+\frac{6\times 0.46}{3}\right) = 144\ kN/m^2$

$q_B = \frac{225}{3\times 1}\left(1-\frac{6\times 0.46}{3}\right) = 6\ kN/m^2$

- در پرسش پیشین اگر روی زمین 20° شیب رو به بالا باشد، نیروی فشاری حالت Active رانکین چه گونه خواهد شد.



$P_a = \frac{1}{2}\gamma H^2 k_a$

$k_a = \cos 20^\circ \frac{\cos 20^\circ - \sqrt{\cos^2 20 - \cos^2 30}}{\cos 20^\circ + \sqrt{\cos^2 20 - \cos^2 30}} = 0.414$

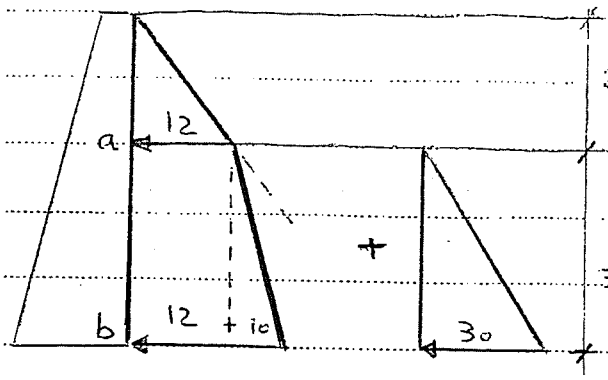
$P_a = \frac{1}{2}\times 18\times 6^2\times 0.414 = 134.136\ kN/m > 108$

$P_{aH} = 134.136\times\cos 20^\circ = 126 > 108$

دیده می شود که با شیب دار شدن زمین k_a و P_a افزوده می شود و به گفته دیگر نیروی فشاری و گشتاور واژگونی دیوار افزایش می یابد. (برای Active)

ب) ۱۲-۱۳

- با بهره مندی از روش رانکین، خواسته می شود نیروی جویایی (Active) اثر کننده بر دیوار.



$c = 0$

$\varphi = 30^\circ \longrightarrow k_a = \frac{1}{3}$

$\gamma = 18\ kN/m^3$

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

$\gamma_w = 10\ kN/m^3$

$\sigma'_{ha} = (2 \times 18) \times \frac{1}{3} = 12\ kN/m^2$

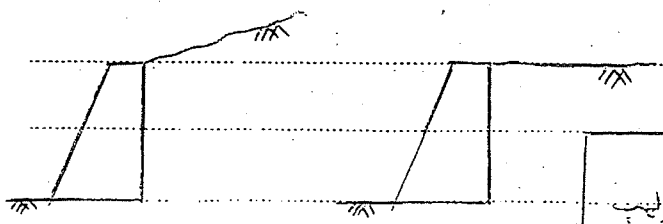
$\sigma'_{hb} = \left[(2 \times 18) + (3 \times (20 - 10))\right] \times \frac{1}{3} = 22\ kN/m^2 \quad (12 + 10)$

$u_b = 3 \times 10 = 30\ kN/m^2$

$$P_{Active} = \left(\frac{12 \times 2}{2}\right) + (12 \times 3) + \left(\frac{3 \times 10}{2}\right) + \left(\frac{3 \times 30}{2}\right)$$

$$= 108\ kN/m$$

- در روش رانکین:



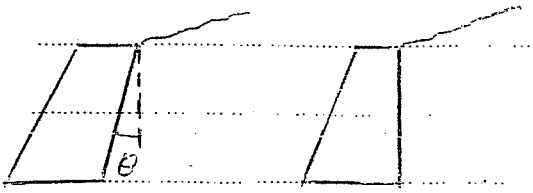
k_a ☐ k_a

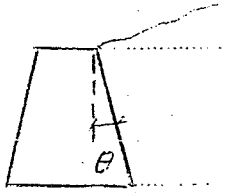
k_p ☐ k_p

k_a رانکین / k_a کولمب ☐

k_p رانکین / k_p کولمب ☐

- در روش کولمب:





k_a ☐ k_a ☐ k_a

ب) ۱۲-۱۴

- کدام گزینه از پنداره‌های کولمب برای برآورد فشار پهلوئی نیست؟ (ک ۲)

الف) مقاومت اصطکاکی به گونه یکنواخت (برروی رویه گسیختگی) خود را نشان می‌دهد.

ب) میان گوه گسیختگی و دیوار، درگیری و چسبندگی وجود ندارد. ✓

ج) رویه گسیختگی در خاک پشت دیوار یک رویه تخت است.

ت) گوه گسیختگی همانند یک جسم صلب لغزش می‌کند.

- کدام گزینه درست نیست؟ (ک)

الف) در روش رانکین وزن توده خاک در نظر گرفته می‌شود.

ب) در روش رانکین خطوط لغزش خط مستقیم در نظر گرفته می‌شود.

ج) در روش رانکین زبری جدار در نظر گرفته می‌شود. ✓

ت) در روش رانکین همه توده خاک پشت دیوار در حالت تقابل خمیری در نظر گرفته می‌شود.

- کدام گزینه درست نیست؟ (ک ۲)

الف) برای رسیدن به فشار Active، 0.01H و برای رسیدن به فشار Passive 0.05H جابجائی افقی دیوار بایسته است. ✓

ب) در روش رانکین از درگیری دیوار و خاک پشتش چشم پوشی می‌شود.

ج) در روش کولمب نوع دار فشار برگشته به دیوار، درست نمی‌آید.

ت) در روش کولمب از درگیری دیوار و خاک پشتش، چشم پوشی نمی‌شود.

★: در حالت Passive جابجائی بایسته بیشتر از حالت Active است.

- آزمایشگاه مکانیک خاک برای خاک محل گودبرداری، $\gamma = 18.5\ kN/m^3$، $\varphi = 36^\circ$، $c = 0$ برآورد کرده است. اگر در این خاک گودالی با دیواره قائم و ارتفاع 16 متر، دو سال پایدار مانده باشد، ... (ک)

الف) خاک سیرآب یوده و چسبندگی گزارش نشده است.

ب) پدیده‌ای شانسی رخ داده است.

ج) گودبرداری خوب انجام گرفته است.

ت) آزمایش‌ها برروی نمونه درست خورده انجام گرفته است.

- با افزایش φ خاک پشت دیوار ... ک ۲

$k_a \downarrow$

$\varphi \uparrow \rightarrow k_p \uparrow$

ب) ۱۲-۱۵

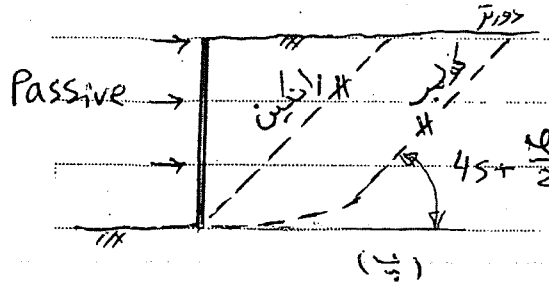
- کدام گزینه نادرست است. (ک ۲)

الف) اگر دیوار نتواند جابجا گردد، از k_0 بهره برده می‌شود.

ب) روش رانکین نمودار فشار پهلوئی را نشان می‌دهد.

ت) در دیوارهای با پشته زبر، رویه شکست در حالت Passive دورتر از بنداز شکست صفحه‌ای است.

ت) در دیوارهای با پشته زبر، روش کولمب بحرانی‌تر از روش رانکین است.



(ب)

k_a کولمب $< k_a$ رانکین

(ت)

- سیرآب شدن خاک پشت دیوار نگهدارنده‌ای که زهکش ندارد،

الف) فشار پهلوئی را می‌کاهد و فشار آب را می‌افزاید. (نظام مهندسی)

ب) در رویه دیوار کرنش‌های برشی چشمگیری پدید می‌آورد.

پ) فشار پهلوئی را می‌افزاید. ت) هیچکدام

- کدام خاک فشار پهلوئی کمتری دارد و برای ریختن در پشت دیوار خوب است؟ ک

الف) $\gamma=20 kN/m^3$ ، $\varphi=30^\circ$ ، $c=0$

ب) " ، $\varphi=45^\circ$ ، $c=0$ ✓

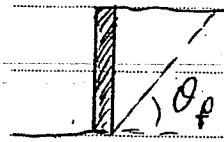
پ) " ، $\varphi=15^\circ$ ، $c=1 kN/m^2$

ت) " ، $\varphi=30^\circ$ ، $c=1 kN/m^2$

★: افزایش c ($\sigma_h=\sigma_v \cdot k_a - 2c\sqrt{k_a}$) فشار پهلوئی را می‌کاهد ولی $c=1 kN/m^2$ بسیار ناچیز و در حد صفر است. ($c=0.01 kg/cm^2$)

★: افزایش φ، ضریب فشار پهلوئی حالت Active را می‌کاهد.

- خواسته می‌شود زاویه رویه گسیختگی برای رانش Active (ک ۲)



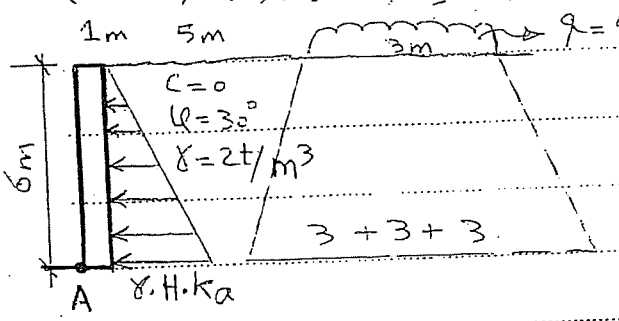
الف) 45° ب) 61° ✓

پ) 32° ت) 29

$\theta_{f(A)}=45+\frac{\varphi}{2}$

ب) ۱۲-۱۴

ـ خواسته می شود، گشتاور واژگون کننده این دیوار نگهدارنده (ک ۸۵)



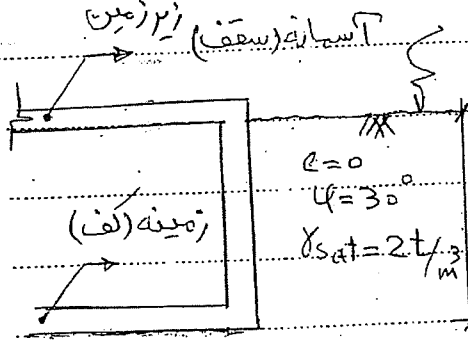
الف) $36 \frac{t.m}{m}$ ب) $30 \frac{t.m}{m}$ پ) $24 \frac{t.m}{m}$ ت) $18 \frac{t.m}{m}$

$$P_a = \frac{H}{2} \times \gamma \cdot H \cdot k_a = \frac{1}{2} \times 6^2 \times 2 \times \frac{1}{3}$$

$$P_a = 12\ t/m$$

$$M_o = P_a \times \frac{H}{3} = 12 \times \frac{6}{3} = 24\ \frac{t.m}{m}$$

ـ نگاره، دیوار نگهدارنده یکپارچه ای را که در بالای خود درگیر است، نشان می دهد، خواسته می شود، نیروی پیرامونی اثر کننده به دیوار (ک ۸۴)



الف) 8 t/m ب) 10.67 t/m پ) ✓ 12 t/m ت) 32 t/m

$$P_a = \frac{1}{2} H \cdot \sigma_h = \frac{1}{2} H (\sigma'_h + u)$$

$$= \frac{1}{2} H [k_o \sigma'_v + u]$$

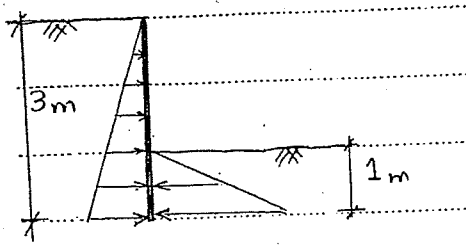
$$= \frac{1}{2} \times 4 [0.5 \times 4 \times 1 + 4 \times 1] = 12\ t/m$$

$$k_o = 1 - \sin\varphi = 1 - \sin 30^\circ = 0.5$$

★ با این پندار که دیوار و آسمانه ساخته شده از سبین پشت دیوار با خاک پر شده است و دیوار نمی تواند جابجا شود. (Rest)

ـ در زمین نگاره زیر، سپر برای نگهداری تاسه ساخته شده است. برای این که همه نیروی پایداری کننده بسیج شود، φ چقدر بایستی باشد؟ (ک ۸۱)

الف) 53° ب) 38° پ) 45° ت) 30°



$$\Sigma F_x = 0 \Rightarrow P_a = P_p \Rightarrow \frac{1}{2} H_1^2 \gamma k_a = \frac{1}{2} H_2^2 \gamma k_p$$

$$9 k_a = k_p \Rightarrow k_p^2 = 9 \Rightarrow k_p = 3$$

$$\tan^2\left(45 + \frac{\varphi}{2}\right) = 3 \Rightarrow \varphi = 30^\circ$$

- اگر روی یک لایه شن و ماسه خرهم فشرده، فرسایش بیابر، در آزمای لایه، k_0 چه دگرشی خواهد داشت؟ (ک ۸۷)

الف) می‌تواند باروی داشت به دگرشکلی‌های خاک کاهش یا افزایش بیابد.

ب) باروی داشت به‌رانای بودن خاک دگرشکل نمی‌یابد. ✓

پ) افزایش می‌یابد.

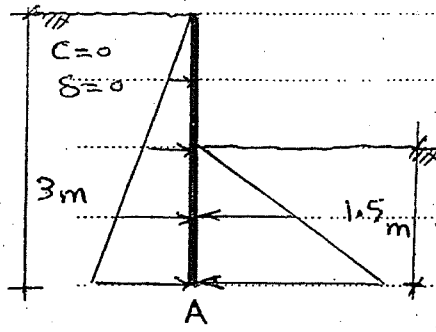
ت) کاهش می‌یابد.

فرسایش

شن و ماسه خرهم فشرده

- با این پندار که همه فشار پایای (Passive) خاک بسیج شده است، نسبت $\frac{ka}{kp}$ چقدر بایستی باشد تا دیواره حول نقطه A گردش نکند. (ک ۸۹)

الف) ۰.۵۰ ب) ۰.۲۵ پ) ✓ ۰.۱۲۵ ت) ۰.۳۷۵



$$\sum M_A = 0$$

$$\frac{1}{2}\gamma \times 3^2 \times ka \times 1 = \frac{1}{2}\gamma \times 1.5^2 \times kp \times 0.5$$

$$\frac{ka}{kp} = 0.125$$

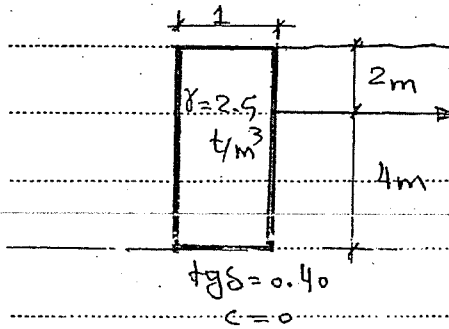
- برای دیوار نگهدارنده زیر، از هر سه متر یک مهار جای‌گذاری شده است. مهاری، کمینه چقدر بایستی نیروی کششی را برتابد تا دیوار لغزش نکند. ک ۸۹

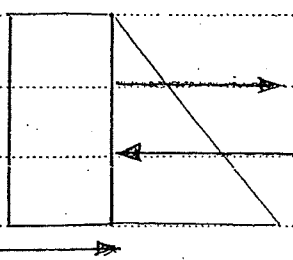
الف) صفر

ب) 6 ton

پ) ✓ 18 ton

ت) 30 ton





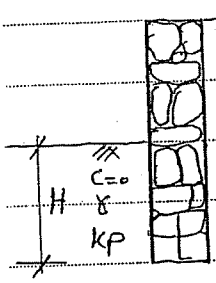
$$P_a = 3\left(\frac{1}{2} \times 2 \times 6^2 \times \frac{1}{3}\right) = 36 \text{ ton}$$

$$(6 \times 1 \times 3 \times 2.5) \times 0.40 = 18 \text{ ton} \qquad F = 36 - 18 = 18 \text{ ton}$$

ب) ۱۲-۱۸

در دیوار نگهدارنده نگاره زیر، نیروهای پویا و پایای خاک با هم برابرند. (ΣFx=0) اگر بلندی خاک کرانه چپ به 1.5H افزوده شود، نسبت گشتاور نیروهای پایا به پویا در پایین دیوار چقدر خواهد شد. (ک ۸۸)

الف) $\frac{27}{16}$ ب) $\frac{28}{8}$ پ) $\frac{21}{4}$ ت) $\frac{9}{4}$



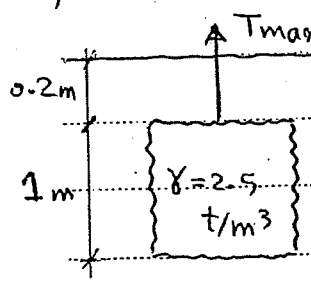
$\Sigma Fx=0: \quad \frac{1}{2}\gamma(2H)^2 Ka = \frac{1}{2}\gamma H^2 Kp$

$4Ka = Kp$

نسبت خواسته شده $= \frac{\frac{1}{2}\gamma(1.5H)^2 \times Kp \times \frac{1.5H}{3}}{\frac{1}{2}\gamma(2H)^2 \times Ka \times \frac{2H}{3}} = \frac{(\frac{3}{2})^3}{2} = \frac{3\times3\times3}{2\times2\times2\times2} = \frac{27}{16}$

یک بلوک بتنی ناصاف با اندازه‌های 1×1×1 m، مانند نگاره زیر، بر روی ماسه خشک جای گرفته است. خواسته می‌شود بیشینه نیروی لازم برای بیرون کشیدن آن. (ک ۸۷)

الف) 10.3 ton ب) 3.63 ton پ) 4.05 ton ت) 7.15 ton



$\varphi = 30^\circ$

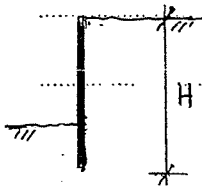
$\gamma = 1.5\ t/m^3$

T_{max} = سنگینی خاک بالای بلوک + سنگینی بلوک بتنی + تاب لغزشی خاک پیرامون بلوک که از نیروی مقاوم Rest خاک پدید می‌آید

$T_{max} = (1\times1\times1\times2.5) + (1\times1\times0.2\times1.5) + 4\left[(1.2\times1.5\times(1-\sin30^\circ)\times\frac{1.2}{2})\times\tan30^\circ\right] = 4.05\ ton$

اگر در زمین نگاره زیر بلندی سپر و خاک پشتش 30٪ افزایش یابد، نیروی رانشی خاک، چند درصد افزوده خواهد شد. (ک ۸۷)

الف) 69 ب) 9 پ) 30 ت) 50



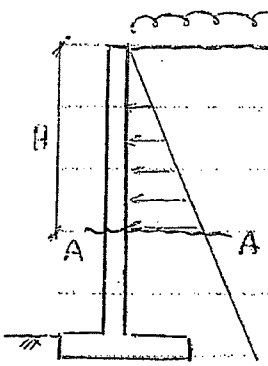
$P_{a1} = \frac{1}{2}\gamma H^2 Ka$

$P_{a2} = \frac{1}{2}\gamma(H+0.3H)^2 Ka$

$P_{a2} = 1.69\left(\frac{1}{2}\gamma H^2 Ka\right)$

پ) 19-12

ـ برای دیوار نگهدارنده کمینه سربار چقدر باشد تا ترک کششی رخ ندهد و در این حالت گشتاور در روبه برش A-A چقدر خواهد شد. (ک ۸۹)



۱) $M_{A-A} = \frac{\gamma H^3}{6} k_a$ ، $q_{min} = \frac{2c}{\sqrt{k_a}}$ ✓

۲) $M_{A-A} = \frac{\gamma H^3}{6} k_a$ ، $q_{min} = \frac{2c\sqrt{k_a}}{\gamma}$

۳) $M_{A-A} = \frac{\gamma H^3}{6} k_a - cH^2\sqrt{k_a}$ ، $q_{min} = \frac{2c}{\sqrt{k_a}}$

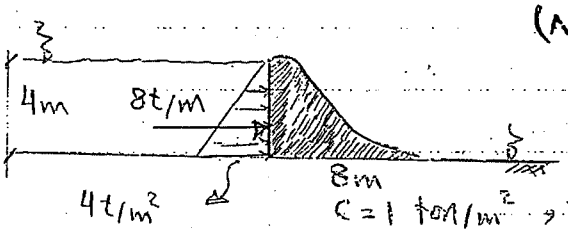
۴) $M_{A-A} = \frac{\gamma H^3}{6} k_a - cH^2\sqrt{k_a}$ ، $q_{min} = \frac{2c\sqrt{k_a}}{\gamma}$

$$H_c = \frac{2c\sqrt{k_a} - q \cdot k_a}{\gamma \cdot k_a} = 0 \Rightarrow q_{min} = \frac{2c}{\sqrt{k_a}}$$

$$\sigma h_{A-A} = \underbrace{(q + H\cdot\gamma)}_{\sigma v} \cdot k_a - 2c\sqrt{k_a} = H \cdot \gamma \cdot k_a$$

$$M_{AA} = \frac{1}{2} H (H\gamma k_a) \times \frac{H}{3} = \frac{1}{6} H^3 \gamma k_a$$

ـ آب‌بند نگاره زیر، در یک متر پیرامون سنگینی برابر 40ton سنگینی دارد، ضریب اطمینان درازمدت در برابر لغزش چقدر است. (ک ۸۹)



$C = 1\ ton/m^2$ ، $tg\varphi = 0.60$

۱) برابر ۳

۲) کمتر از ۴ ✓

۳) برابر ۴

۴) بیشتر از ۴

نیروی مقاوم $= 40 \times 0.60 + (8 \times 1 \times 1) = 32\ t/m$

$F_s = \frac{\text{مقاوم}}{\text{محرک}} = \frac{32}{8} = 4$ (اصطکاک خاک و بتن کمتر از اصطکاک خاک با خاک)

ـ کدام پیوند برای محاسبه σ_h نمونه سیراب رسی که زیر آزمایش تحکیم (oedometer) است، درست می‌باشد. (ک ۸۷)

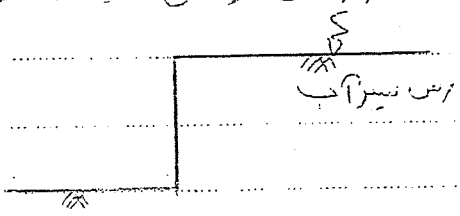
الف) $\sigma_h = k_a \sigma'_v + u$ ب) $\sigma_h = k_o \sigma_v$

پ) $\sigma_h = k_o \sigma'_v + u$ ✓ ت) $\sigma_h = k_a \sigma_v$

خاک درون حلقه کرنش پیرامونی ندارد. Rest

ب) ۱۲-۲۰

— در یک گودبرداری تند، خواسته می‌شود بیشینه ژرفای گودال، به‌گونه‌ای که ضریب اطمینان ۲ شود. (ک)



$\gamma_{sat} = 18\ kN/m^3$ رس سیرآب

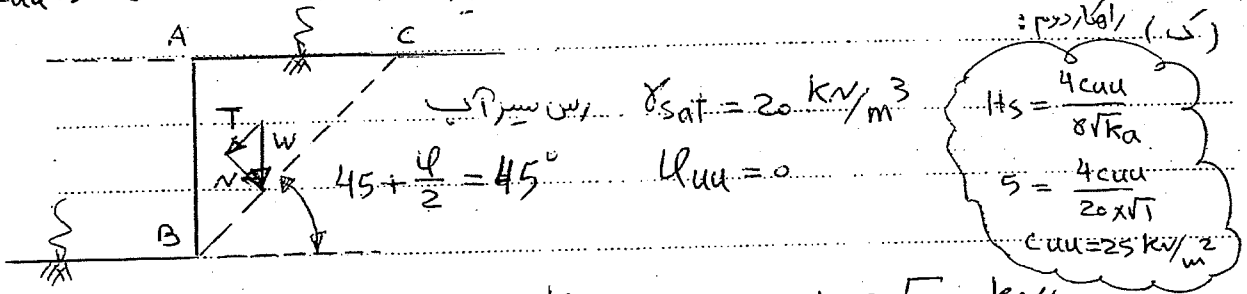
$C_{uu} = 50\ kN/m^2 \longrightarrow \varphi_{uu} = 0$ $\longrightarrow C_d = \frac{C}{F_s} = \frac{50}{2} = 25$

$$H_s = \frac{4c\sqrt{k_a} - 2\gamma k_a}{\gamma' k_a + \gamma_w} \quad (F_s = 1 \text{ با } stability)$$

$$H_s = \frac{4\times 50\times\sqrt{1} - 2\times 0\times 1}{8\times 1 + 10} = 11.11\ m$$

$$H_s = \frac{4\times 25\times\sqrt{1} - 2\times 0\times 1}{8\times 1 + 10} = 5.56\ m \quad (F_s = 2 \text{ با } stability)$$

— پس از ۵ متر گودبرداری تند، دیواره گودال ریزش می‌کند، خواسته می‌شود C_{uu} (ک.) راه‌کار دوم:

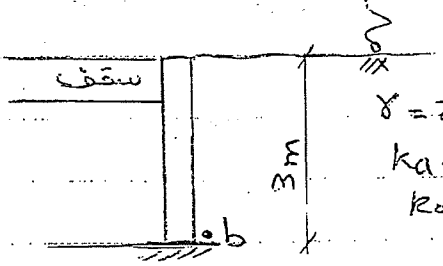


$W = \frac{5\times 5}{2}\times 1\times 20 = 250\ kN/m \Rightarrow T = 125\sqrt{2}\ kN/m$

تنش برشی: $\tau = T/(\overline{BC}\times 1) = \frac{125\sqrt{2}}{5\sqrt{2}} = 25\ kN/m^2$

تاب برشی: $\tau_{uu} = C_{uu} \Rightarrow C_{uu} = 25\ kN/m^2$

— دیوار حائل زیر در زیر زمین یک بنا استفاده شده است. بالای دیوار به سقف تکیه دارد، فشار جانبی در پای دیوار چقدر است؟ (نظام مهندسی)



$\gamma = 2.9\ gf/cm^3$

$k_a = 0.33$

$k_0 = 0.5$

(الف) ✓ $0.45\ kg/cm^2$

(ب) 0.60 //

(ج) 0.40 //

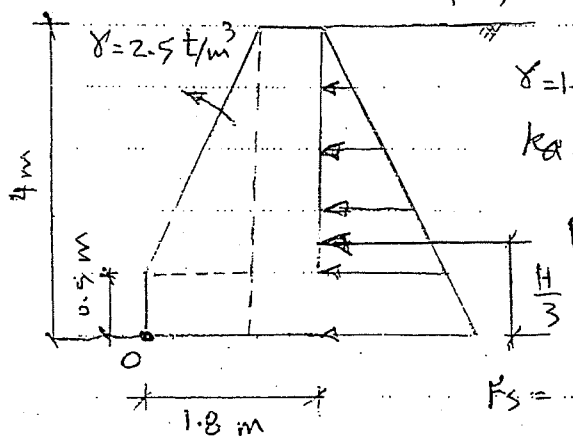
(د) 0.20 //

چون دیوار حرکت جانبی ندارد، حالت Rest:

$\sigma_{hb} = \sigma'_{vb}\cdot k_0 + u = H\cdot\gamma'\cdot k_0 + H\cdot\gamma_w = 300\ cm(2-1)\times 0.5 + 300\times 1$

$= 456\ gf/cm^2 = 0.450\ kg/cm^2$ ← فشار آب

- خواسته می‌شود ضریب اطمینان در برابر واژگونی؟ (نظام مهندسی)



1) 1.5
2) ✓ 1.6
3) 1.7
4) 1.8

$Pa = \frac{1}{2}\gamma z^2 Ka$

$F_S = \frac{\text{گشتاور مقاوم}}{\text{گشتاور محرک}}$ → برای یک متر عرض

$$F_S = \frac{(0.3\times4\times1\times2.5)\times1.65 + (0.5\times1.5\times1\times2.5)\times0.75 + (\frac{1}{2}\times1.5\times3.5\times1\times2.5)\times\frac{1}{2}}{\frac{1}{2}\times1.8\times4^2\times0.42\times\frac{4}{3}}$$

$F_S = 1.6$

- تا چه عمقی می‌توان در یک خاک چسبنده گودبرداری موقت نمود، بدون این که ریزش رخ دهد؟ $c = 20\,kPa$ ، $\gamma = 20\,kN/m^3$ (نظام مهندسی)

خاک چسبنده → $\varphi = 0$ → $Ka = 1$ (رس)

$$H_S = \frac{4c}{\gamma\sqrt{Ka}} = \frac{4\times20}{20\times\sqrt{1}} = 4\,m = 400\,cm$$ (ارتفاع پایداری)

1) 100 cm
2) 250 cm
3) 330 cm
4) ✓ 400 cm

- در خاکی که زاویه اصطکاک داخلی آن $\varphi = 30°$ است، خواسته می‌شود نسبت ضریب فشار فعال به ضریب فشار غیرفعال (نظام مهندسی)

$$\frac{Ka}{Kp} = \frac{\frac{1}{3}}{3} = \frac{1}{9}$$

1) $\frac{1}{3}$
2) ✓ $\frac{1}{9}$
3) $\frac{1}{16}$
4) $\frac{1}{25}$

- در حفاری یک ترانشه در رس نرم ($\varphi_u = 0$) زمانی که عمق ترانشه قائم به 6 متر رسید، دیواره به درون ترانشه متورم گردید. اگر $\gamma = 2\,t/m^3$ باشد خواسته می‌شود چسبندگی رس (c_u) (نظام مهندسی)

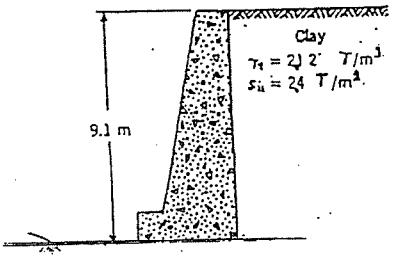
1) $3\,t/m^2$ ✓
2) $5\,t/m^2$
3) $6\,t/m^2$
4) $5.5\,t/m^2$

$\varphi_u = 0 \rightarrow Ka = tg^2(45 - \frac{\varphi}{2}) = 1$

$H_S = \frac{4c_u}{\gamma\sqrt{Ka}} \rightarrow 6 = \frac{4c_u}{2\times\sqrt{1}} \rightarrow c_u = 3\,t/m^2$

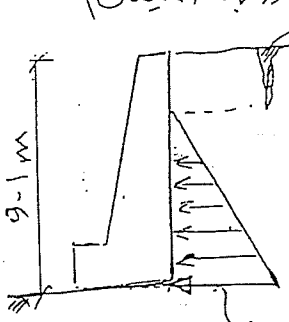
ب ۱۲-۲۲

یک دیوار حائل وزنی مطابق شکل، جهت نگهداری از یک توده خاک رسی احداث شده است. میزان کل رانش محرک وارد بر دیوار چقدر است؟ (نظام مهندسی)



۱) $Pa = 49/6\ T$ ✓
۲) $Pa = 66/0\ T$
۳) $Pa = 14.5\ T$
۴) $Pa = 64.9\ T$

طراح پرسش بی‌دقت گفته باشد، خاک پشت دیوار ترک خورده در نظر گرفته است. (درجه اطمینان)



$$H_c = \frac{2s_u}{\gamma\sqrt{k_a}} = \frac{2\times 2.4}{2.12\times 1} = 2.26$$

Clay $\rightarrow \varphi = 0 \rightarrow k_a = 1$

$C_{uu} = s_u = 2.4\ t/m^2$

$$\sigma_h = \sigma_v \cdot k_a - 2c\sqrt{k_a}$$

$$\sigma_h = (9.1\times 2.12)\times 1 - 2\times 2.4 = 14.492\ t/m^2$$

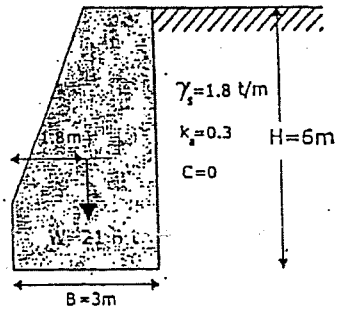
$$P_a = \frac{1}{2}(H - H_c)\times \sigma_h$$

$$= \frac{1}{2}(9.1 - 2.26)\times 14.492 = 49.6\ t/m$$

وزن یک دیوار حایل وزنی بر واحد طول برابر 21.6t می‌باشد و در مرکز ثقل آن که در شکل نشان داده شده وارد می‌شود. ضریب اطمینان این دیوار در مقابل واژگونی برابر است با:

(نظام مهندسی)

الف) ۱/۵
ب) ۱/۷۵
ج) ۲/۰ ✓
د) ۲/۲۵

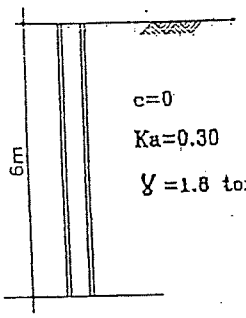


$$F_s = \frac{\text{گشتاور مقاوم}}{\text{گشتاور محرک}} = \frac{W\times L}{P_a\times \frac{H}{3}} = \frac{W\times L}{\frac{1}{2}\gamma H^2 k_a\times \frac{H}{3}} =$$

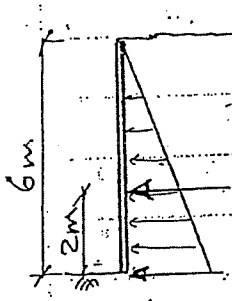
$$= \frac{21.6\times 1.8}{\frac{1}{2}\times 1.8\times 6^2\times 0.3\times \frac{6}{3}} = 2$$

۱۲-۲۳ (ب

— جهت نگهداری خاک محل گودبرداری یک ساختمان از ستونهای فلزی به عنوان سازه نگهبان استفاده شده است. در صورتیکه ارتفاع گودبرداری 6 متر بوده و لنگر مجاز خمشی ستون فلزی برابر $58.32\ t.m$ و نیروی مجاز برشی آن 38.88 تن باشد، فاصله بین ستونهای سازه نگهبان حدوداً چه مقدار می‌باشد؟ (نظام مهندسی)



۱) $S=6m$
۲) $S=5m$
۳) $S=4m$
۴) $S=3m$ ✓



$6\times1.8\times0.3=3.24\ t/m^2$

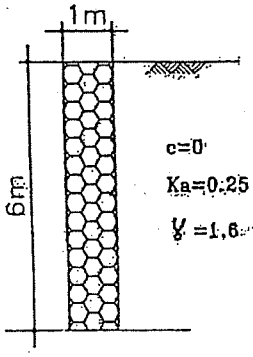
$Pa=\frac{6\times3.24}{2}=9.72\ t/m$

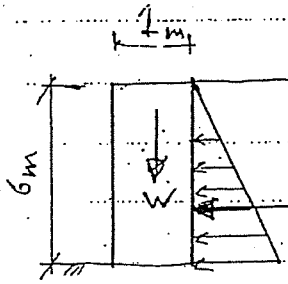
$\Sigma F_x=0 \quad 38.88=L\times9.72 \rightarrow L=4\ m$

$\Sigma M=0 \quad 58.32=9.72\times\frac{6}{3}\times L \rightarrow L=3\ m$ فاصله میان ستون‌ها

— دیوار سنگی نشان داده شده دارای وزن مخصوص $2.4\ ton/m^3$ می‌باشد. ضریب اطمینان پایداری دیوار در مقابل واژگونی کدامیک از مقادیر زیر است؟ نظام مهندسی

۱) 0.5 ✓
۲) 1
۳) 1.2
۴) 2.4





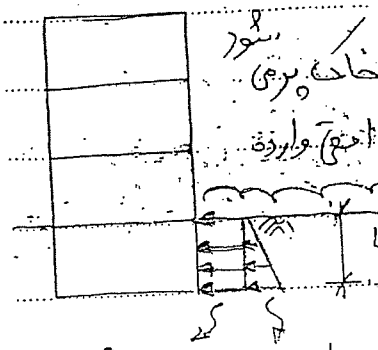
$6\times1.6\times0.25=2.4\ t/m^2$

$Pa=\frac{2.4\times6}{2}=7.2\ t/m$

$W=6\times1\times1\times2.4=14.4\ t/m$

$F.S=\frac{\text{گشتاور مقاوم}}{\text{گشتاور محرک}}=\frac{14.4\times\frac{1}{2}}{7.2\times\frac{6}{3}}=0.5$ (ب ۱۲-۲۴)

- پس از ساخته شدن ساختمان پشت دیوار زیرزمین با خاک برمی‌شود اگر سربار ترافیک $0.5\ t/m^2$ باشد، خواسته‌ی بیشتر نیروی جانبی وارده به هر متر طول دیوار زیرزمین



الف) 6 t/m (نظام مهندسی)

ب) ✓ 9 t/m

پ) 5.3 t/m

ت) 6.3 t/m

راه حل:

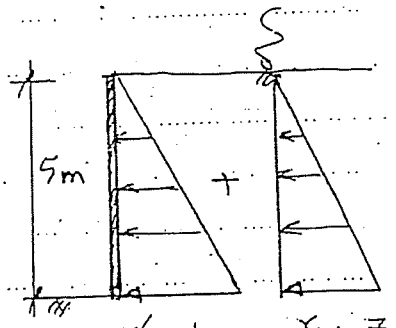
$k_0 = 1 - \sin 30^\circ = 0.50$

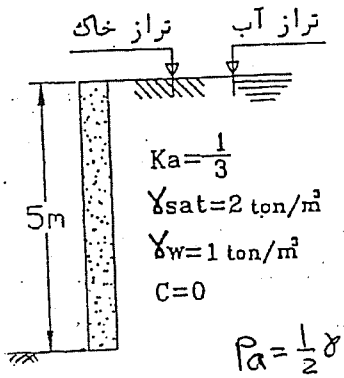
$P_h = (0.50 \times 0.50 \times 4) + \left(2 \times 4 \times 0.50 \times \frac{4}{2}\right)$

$= 1 + 8 = 9\ t/m$

- نیروی رانش محرک کل وارد بر یک متر طول دیوار نشان داده شده به کدامیک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟ (نظام مهندسی)

۱) ۸/۳۳ تن
۲) ۲۰/۸۴ تن
✓ ۳) ۱۶/۶۷ تن
۴) ۱۲/۶۷ تن





$P_a = \frac{1}{2}\gamma' H^2 k_a + \frac{1}{2}\gamma_w H^2$

$P_a = \left[\frac{1}{2}(2-1)\times 5^2 \times \frac{1}{3}\right] + \left[\frac{1}{2}\times 1 \times 5^2\right] = 16.67\ t/m$

- براساس گزارش مکانیک خاک، ضریب فشار فعال خاک Ka= 0.30 و وزن مخصوص آن $\gamma = 20 \frac{kN}{m^3}$ می‌باشد. برای طراحی دیوارهای حائل طره ای یک ساختمان، حداقل وزن مخصوص مایع معادل این خاک (برحسب kN/m^3) چقدر باید درنظر گرفته شود؟ (نظام مهندسی)

3 - 6 - 5 - 4 ✓

$\gamma_e = k_a \cdot \gamma = 0.3 \times 20 = 6\ kN/m^3$

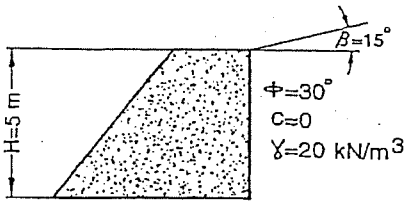
- دیوار نگهدارنده ای به بلندی 20 متر، با بیشینه چند میلی‌متر جابجایی پرهلوی، در حالت Rest می‌ماند. (نظام مهندسی)

بند ۲-۵-۶-۷ (آیین نامه ایران - مبحث هفتم)

$5 \times 10^{-5} \times H = 5 \times 10^{-5} \times (20{,}000\ mm) = 1\ mm$

پ) ۱۲-۲۵

— جاروی راست به نگاره خواسته می‌شود ، برآورد نیروی رانشی اثرکننده بردیوار



(نظام مهندسی)

۱) 83
۲) 93
۳) 63
۴) 226

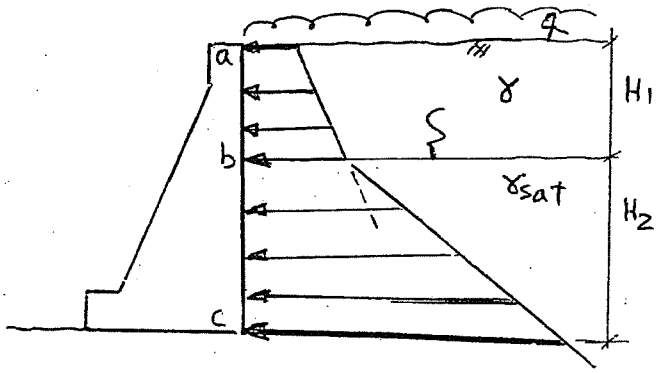
اگر زمین پشت دیوار افقی باشد ($\beta = 0$) نیروی رانشی وارده به دیوار برابر خواهد بود با:

$\varphi = 30^\circ \rightarrow k_a = \frac{1}{3}$

$P_a = \frac{1}{2}\gamma H^2 k_a = \frac{1}{2} \times 20 \times 5^2 \times \frac{1}{3} = 83 \ kN/m$

افزایش β از صفر به 15° ، P_a را اندکی می‌افزاید ، $93 \ kN/m$ به واقعیت نزدیک است.

— خواسته می‌شود ، نمودار فشار رانشی اثرکننده بردیوار (نظام مهندسی)



$P_h = k_a \cdot \sigma'_v + u$

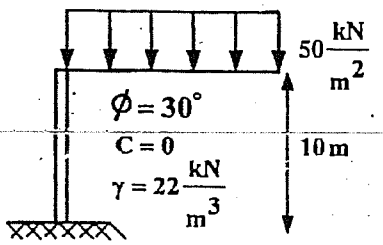
$P_{h_a} = k_a \cdot q + 0$

$P_{h_b} = k_a(q + \gamma H_1) + 0$

$P_{h_c} = k_a(q + \gamma H_1 + \gamma' H_2) + H_2 \gamma_w$

— دیوار حائل روبه‌رو، در برابر حرکت جانبی کاملاً مقید شده است. فشار افقی وارد بر دیوار در عمق ۵ متری چند $\frac{kN}{m^2}$ است؟

۱) ۴۰
۲) ۸۰
۳) ۱۲۰
۴) ۱۶۰



از آنجا که دیوار در برابر حرکت جانبی مقید شده است، بایستی از ضریب فشار Rest (حالت سکون) بهره برد.

$K_0 = 1 - \sin\varphi = 1 - \sin 30^\circ = 0.5$

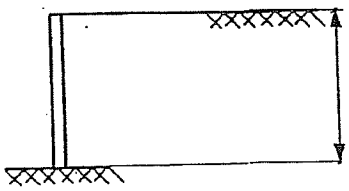
$\sigma_h = \sigma'_v \times K + u = (50 + (5 \times 22)) \times 0.5 + 0 = 80 \ kN/m^2$

گزینه ۲

۱۲-۲۴ ب

— در اثر وقوع ترک کششی، نیروی وارد بر دیوار روبه‌رو، چگونه تغییر می‌کند؟ (نظام مهندسی)

۱) ۲۵٪ کاهش می‌یابد.
۲) ۲۵٪ افزایش می‌یابد.
۳) ۳۳٪ کاهش می‌یابد.
۴) ۳۳٪ افزایش می‌یابد.



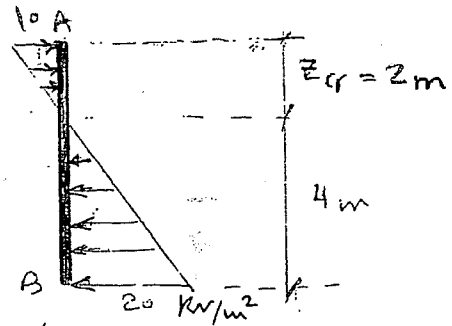
$K_a = 0.25$

$C = 10 \frac{kN}{m^2}$

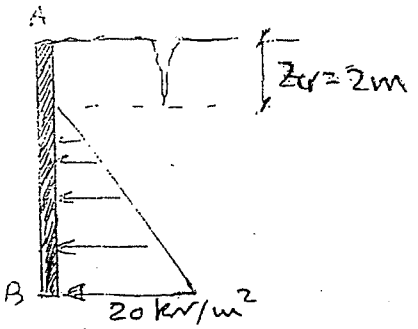
$\gamma = 20 \frac{kN}{m^3}$

* با رخدادن ترک کششی، به اندازه نیروی کششی ازمیان رفته، به نیروی فشاری اثرکننده بردیوار افزوده می‌شود.

$$z_{cr} = \frac{2c}{\gamma\sqrt{k_a}} = \frac{2\times10}{20\sqrt{0.25}} = 2m$$



نمودار فشار پس از ترک



نمودار فشار پس از ترک

$$\sigma_{hA} = \sigma'_v \cdot k_a - 2c\sqrt{k_a} + u = 0 - 2\times10\times\sqrt{0.25} = -10\ kN/m^2$$

$$\sigma_{hB} = 6\times20\times0.25 - 2\times10\times\sqrt{0.25} = 20\ kN/m^2$$

$$P_a = \frac{20\times4}{2} - \frac{10\times2}{2} = 30\ kN/m$$

نیروی وارده پس از ترک

$$P_a = \frac{20\times4}{2} = 40\ kN/m$$

نیروی وارده قبل از ترک

33٪ افزایش یافته

— چسبندگی خاک چه تأثیری بر روی نیروی رانش (Pa) Active و (Pp) Passive می‌گذارد.

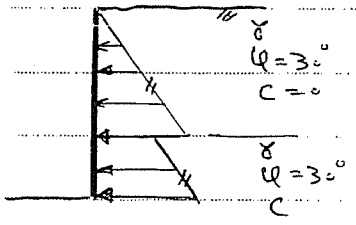
الف) با افزایش c، Pa و Pp کاهش می‌یابد.
ب) با افزایش c، Pa افزایش و Pp کاهش می‌یابد.
پ) با افزایش c، هردو کاهش می‌یابد.
ت) با افزایش c، Pa کاهش و Pp کاهش می‌یابد. ✓

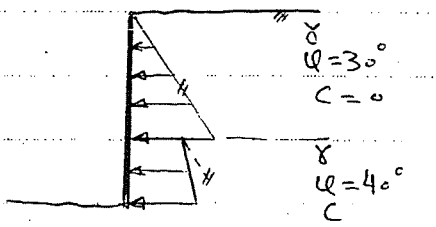
Active: $\sigma_a = \gamma \cdot H \cdot k_a - 2c\sqrt{k_a} \rightarrow P_a \downarrow$

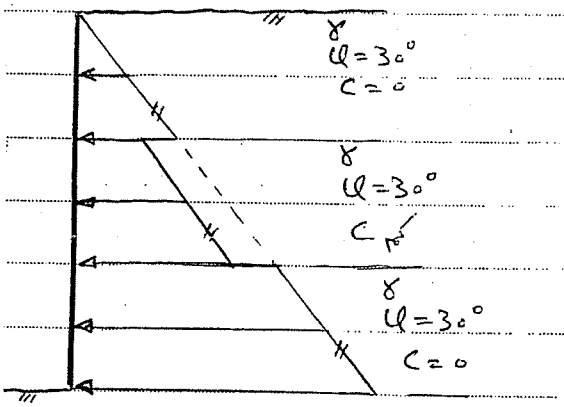
Passive: $\sigma_p = \gamma \cdot H \cdot k_p + 2c\sqrt{k_p} \rightarrow P_p \uparrow$

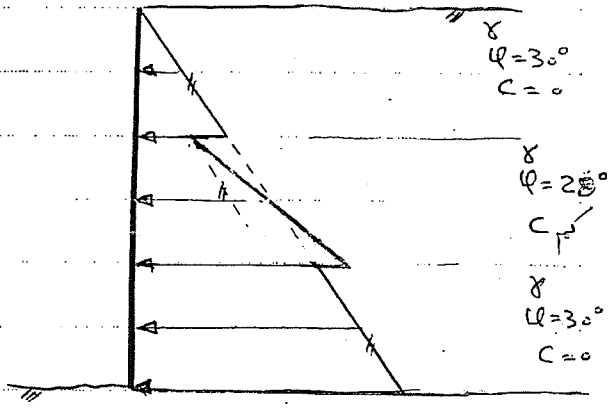
پ) ۲۷-۱۲

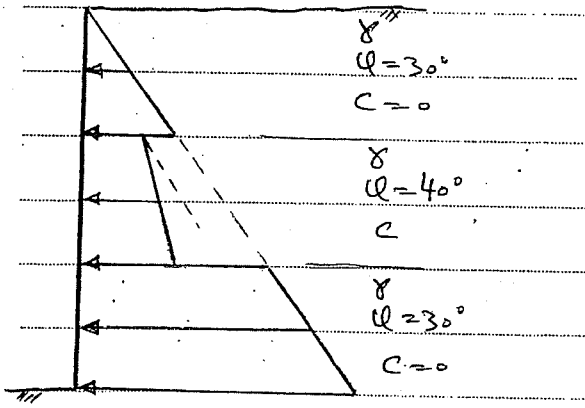
- خواسته می شود نمودار فشار افقی حالت Active :

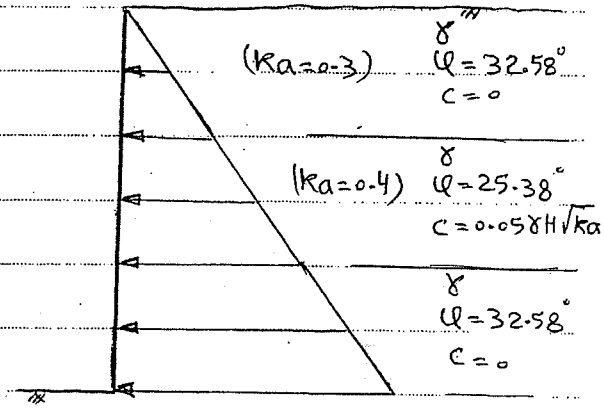


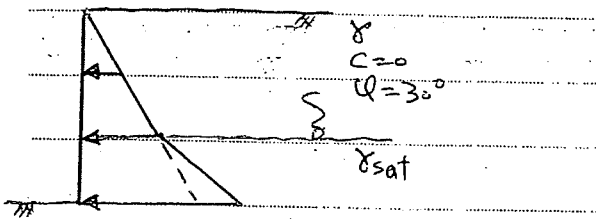


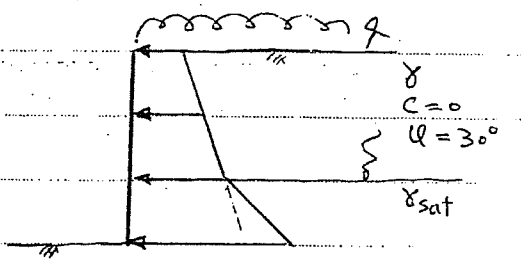


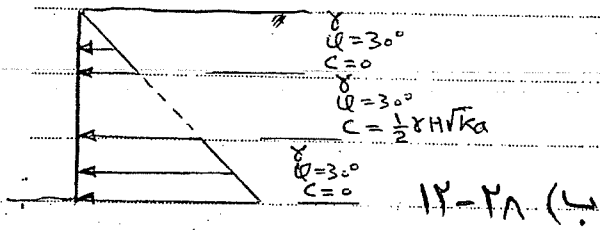


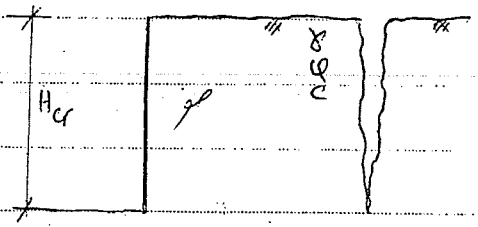












۱۲-۲۸ (ب

در کتاب باستانی دده قورقود، از دریاچه گؤیچه (göyçə) نام برده شده است.
این دریاچه که در ایالت ایروان آذربایجان است، از سوی ده ها میلیون ترک مسلمان آذربایجانی گؤیچه گؤلی (göyçə göli) نامیده می شود.
در جنایت ها و کشتارهای سال های ۱۹۱۸، نژادپرستان ارمنی، ایالت ایروان را با پشتگرمی به روس، فرانسه و... اشغال کردند و با تخریب آثار فرهنگ و تغییر نام های جغرافیائی، در پی اشغال فرهنگی آنجا برآمدند و در این میان نام دریاچه را به سئوان تغییر دادند.
وزارت آموزش و پرورش در کتاب درسی پنجم ابتدائی، این دریاچه را برای خردسالان کشورمان سئوان می آموزاند!

کوهی در خاور ترکیه است که ۶۵ میلیون ترک مسلمان، آنرا کوه آغری (Ağrı) می نامند، ولی کتاب درسی وزارت آموزش و پرورش که نمی خواهد آنرا همانند صاحبانش کوه آغری بنامد، آنرا به خردسالان کشورمان آرارات می آموزاند! چرا هردو نامگذاری، سه میلیون ارمنی مسیحی را راضی می کند؟ جمهوری اسلامی که به حق به جای نام یهودی «اورشلیم» نام اسلامی آن «بیت المقدس» را بکار می برد و از جنایتکاران صهیونیست بیزار است، چرا در برابر خطای وزارت آموزش و پرورش خود خاموش مانده است؟ چرا برخی ها ترک های مسلمان را دور می زنند؟ نکند برادران آریائی عزیزتر از برادران مسلمان هستند؟

در کشورمان کلیسای ارمنی اصفهان با درز گرفتن جنایاتی که نژادپرستان ارمنی در سال های ۱۹۰۵ تا ۱۹۱۸ و سپس در سال های ۱۹۸۸ تا ۱۹۹۲ در آذربایجان، آناتولی و ایران انجام داده اند، نمایشگاهی همیشگی برای قربانیان جنگی که خودشان آغازگرش بودند، برپا کرده است. در برابر این تبلیغات یک سویه و حتماً مجاز! کلیسا، کتاب های تاریخ وزارت آموزش و پرورش در برابر کشتارهای سال ۱۹۱۸ شهرهای ارومیه و سلماس، که کمینه ۱۵۰۰۰ تن طی حملات ارمنی ها و آسوری ها، کشته داشته، ساکت است.
چرا نسل جوان ایران از کشتار ۲۸ دسامبر ۱۲۹۶ ارومیه، که در آن روز کمینه ده هزار تن در چهارشنبه پایان سال پرست جنایتکارانی همانند آندرانیک، مارشیمون و چطروین کشته شدند، خبر ندارد؟ چرا باید مردم ایران تنها به جعلیات کلیسای ارمنی اصفهان دسترسی داشته باشند؟

۳۱ مارس (۱۲ فروردین) روز نسل کشی آذربایجانی ها

Azərbaycana xor baxan gözlər kor olsun.
کور باد چشمانی که به آذربایجان، خوار نگاه می کنند.