

www.SoftCivil.ir

سافت سیویل

مرجع دانلود فایل، پروژه و جزوه مهندسی عمران و معماری
و سایر رشته های دانشگاهی

09393754001

آموزش نرم افزارهای مهندسی عمران
انجام پروژه های دانشگاهی فولاد و بتن
انجام محاسبات سازه

انجام سمینارهای مهندسی عمران در مقطع ارشد



گزارش کار آزمایشگاه

درس آزمایشگاه مکانیک خاک

موسسه آموزش عالی آل طه

استاد مصطفی قاسملو

مبینا یوسف زادی

فهرست:

- * آزمایش اول: تعیین درصد رطوبت خاک..... ۴
- * آزمایش دوم: دانه بندی خاک به روش الک..... ۷
- * آزمایش سوم: تعیین حد روانی خاک..... ۱۱
- * آزمایش چهارم: تعیین حد خمیری خاک..... ۱۴
- * آزمایش پنجم: تعیین حد انقباض خاک..... ۱۷
- * آزمایش ششم: وزن مخصوص خاک..... ۲۰
- * آزمایش هفتم: دانه بندی خاک به روش هیدرومتری..... ۲۴
- * آزمایش هشتم: ارزش ماسه..... ۲۸
- * آزمایش نهم: تعیین وزن مخصوص صحرایی خاک به کمک مخروط ماسه..... ۳۲
- * آزمایش دهم: تراکم خاک..... ۳۵
- * آزمایش یازدهم: نشاشنه باربری کالیفرنیا..... ۳۹
- * آزمایش دوازدهم: فشاری ساده (تک محوری)..... ۴۲

آزمایش اول

تعیین درصد رطوبت خاک



تعیین درصد رطوبت خاک

-هدف آزمایش: آزمایش درصد رطوبت خاک با هدف تعیین درصد وزنی آب در خاک نسبت به دانه های خاک صورت می گیرد ؛ در اکثر آزمایش های مکانیک خاک همچون حدود اتربرگ و تراکم خاک، لازم است درصد رطوبت خاک تعیین گردد.

-وسایل موردنیاز:

۱. ظرف: با اندازه های مختلف
۲. گرمکن با کنترل دما: برای خشک کردن خاک، دمای گرمکن معمولاً بین ۱۰۵ تا ۱۱۰ درجه سانتیگراد نگه داشته می شود. از دمای بالاتر از این باید اجتناب کرد. این کار برای آن است که مصالح آلی موجود در خاک به حالت ذوب در نیایند و نیز امکان تغییر در ترکیب کانیها پیش نیاید.

-روش آزمایش:

۱. ابتدا وزن ظرف و در آن را اندازه میگیریم و روی آن مینویسیم (W_1).
۲. مقداری از خاک مرطوب را داخل ظرف قرار میدهیم و با بستن در ظرف از اتلاف رطوبت آن جلوگیری میکنیم.
۳. سپس وزن ظرف را با خاک درون آن و درب ظرف اندازه گیری میکنیم (W_2).
۴. درب ظرف را برمیداریم و زیر آن قرار میدهیم تا رطوبت خاک خارج شود.
۵. ظرف را داخل گرمکن قرار میدهیم تا وزن خاک ثابت شود و خاک خشک شود. حدوداً ۲۴ ساعت زمان لازم است.
۶. پس از خشک شدن خاک، مجدداً وزن ظرف به همراه درب و نمونه خاک خشک شده را اندازه میگیریم (W_3).
۷. سپس از طریق فرمول زیر درصد رطوبت خاک را محاسبه میکنیم:

$$\%w = \frac{w_2 - w_3}{w_3 - w_1} (100)$$

نکته: البته این آزمایش نمی تواند درصد رطوبت خاک واقعی مصالحی را که دارای مقدار قابل توجهی کانی های هالوزی، مونت موریلونیت و کچ است را بدست آورد. همچنین در مصالحی که آب درون منافذ آن ها دارای مقدار زیادی املاح محلول مثل کلروسدیم (که در رسوبات دریایی وجود دارد) و یا مواد آلی هستند، درصد رطوبت بدست آمده حقیقی نیست.

-مثال:

ظرف ۱

وزن ظرف: ۱۸ گرم
وزن ظرف و وزن خاک مرطوب: ۳۵/۶ گرم
وزن ظرف و وزن خاک خشک: ۲۸/۵۰ گرم

ظرف ۲

وزن ظرف: ۲۴/۳۵ گرم
وزن ظرف و وزن خاک مرطوب: ۲۸ گرم
وزن ظرف و وزن خاک خشک: ۲۶/۴۷ گرم

ظرف ۳

وزن ظرف: ۱۵/۸ گرم
وزن ظرف و وزن خاک مرطوب: ۲۲/۶۷ گرم
وزن ظرف و خاک خشک: ۲۰/۳۳ گرم

شماره ظرف	وزن ظرف W	وزن ظرف+وزن خاک مرطوب W ₂	وزن ظرف+وزن خاک خشک W ₃	$\%W = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} (100)$
۱	۱۸g	۳۵/۶g	۲۸/۵۰g	۶۷/۶۱٪
۲	۲۴/۳۵g	۲۸g	۲۶/۴۷g	۷۲/۱۶٪
۳	۱۵/۸g	۲۲/۶۷g	۲۰/۳۳g	۵۸/۲۲٪

میانگین میگیریم:

$$W = \frac{67.61\% + 72.16\% + 58.22\%}{3} = 65.99\%$$

آزمایش دوم

دانه بندی خاک به روش الک



دانه بندی خاک به روش الک

-هدف آزمایش: آزمایش دانه بندی خاک از آزمایش های مهم خاک می باشد که نحوه توزیع دانه های خاک به دو صورت انجام میگیرد. اگر دانه ها از الک شماره ۲۰۰ بزرگتر باشند با استفاده از روش الک و برای دانه های ریزتر از الک شماره ۲۰۰ با استفاده از روش هیدرومتری انجام میگیرد. دانه بندی خاک با استفاده از الک به صورت درصدی نسبت به کل نمونه برداری اعلام میگردد و جهت تفسیر و نمایش بهتر نتایج از نمودار نیمه لگاریتمی استفاده میگردد.

-وسایل موردنیاز:

۱. الکها، ظرف و یک درپوش (معمولاً از الکهای شماره ۲۰۰، ۱۴۰، ۶۰، ۴۰، ۲۰، ۱۰، ۴ استفاده می شود)
۲. ترازوی حساس تا ۰/۱ گرم
۳. گرمکن
۴. لرزاننده مکانیکی

-روش آزمایش:

۱. یک نمونه از خاکی که در گرمکن خشک شده است را تهیه می کنیم . وزن نمونه های مورد نظر که بزرگترین دانه های آن به اندازه قطر سوراخ الک شماره ۴ (۴/۷۵ میلیمتر) باشند ، حدود ۵۰۰ گرم می باشد.
۲. دانه های به هم چسبیده را با استفاده از هاون و میله لاستیکی از هم جدا می کنیم.
۳. نمونه را به طور دقیق با دقت ۰/۱ گرم وزن می کنیم (W).
۴. الکها را روی هم می گذاریم. پایین ترین الک باید الک شماره ۲۰۰ بوده و یک ظرف زیر الک شماره ۲۰۰ قرار می گیرد. معمولاً الکها به ترتیب شماره های ۴، ۱۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۱۴۰، ۲۰۰ می باشند . اگرچه الکهای بیشتری می توانند بین آنها قرار گیرند.
۵. خاکی که در مرحله ۲ تهیه شده است از بالا بروی این الکها ریخته می شود.
۶. درپوش روی الک ها قرار می گیرد.
۷. این الکها را بروی یک لرزاننده الک به مدت ۱۰ تا ۱۵ دقیقه قرارداده و تکان میدهیم.
۸. سپس لرزاننده را خاموش و الکها را از روی آن برمی داریم.
۹. مقدار خاک باقیمانده روی هر الک و همچنین خاک داخل ظرف را وزن می کنیم.

۱۰. اگر مقدار قابل ملاحظه ای از خاک سیلت دار یا بخشی از رس بر روی الک ۲۰۰ مانده باشد ، باید آن را شست . سپس خاک تمیز باقیمانده روی الک ۲۰۰ را داخل گرمکن قرار داده تا به وزن ثابتی برسد. (این مرحله چنانچه مقدار خاک باقیمانده روی الک ۲۰۰ بسیار کم باشد ، لازم نیست). وزن خاک خشک باقیمانده روی الک ۲۰۰ را تعیین میکنیم . تفاوت این وزن با وزن خاک باقیمانده روی الک ۲۰۰ بدست آمده از مرحله ۹ ، مقدار خاکی است که در اثر شستن با آب از الک ۲۰۰ عبور کرده است. ۱۱. ضریب یکنواختی و انحنا را از فرمول های زیر محاسبه میکنیم:

$$C_c = \frac{D_{75}}{D_{60} \cdot D_{30}}$$

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{30}}$$

-مثال:

(جرم نمونه خاک خشک شده ۵۰۰ گرم)

شماره الک	وزن مانده بر روی الک	درصد مانده روی الک	درصد تجمعی مانده روی الک	درصد عبوری از الک
۴	۱,۱	۰,۲۲	۰	۹۹,۷۸
۱۰	۱,۳۵	۰,۲۷	۰,۴۹	۹۹,۷۳
۲۰	۳	۰,۶	۱,۰۹	۹۹,۴
۴۰	۳,۲	۰,۶۴	۱,۷۳	۹۹,۳۶
۶۰	۴	۰,۸	۲,۵۳	۹۹,۲
۱۴۰	۱۰,۳۲	۲,۰۶۴	۴,۵۹۴	۹۷,۹۳
۲۰۰	۱۱,۲	۲,۲۴	۶,۸۳۴	۹۷,۷۶
جمع	۲۴۵,۸	-	۶,۸۳۴	-

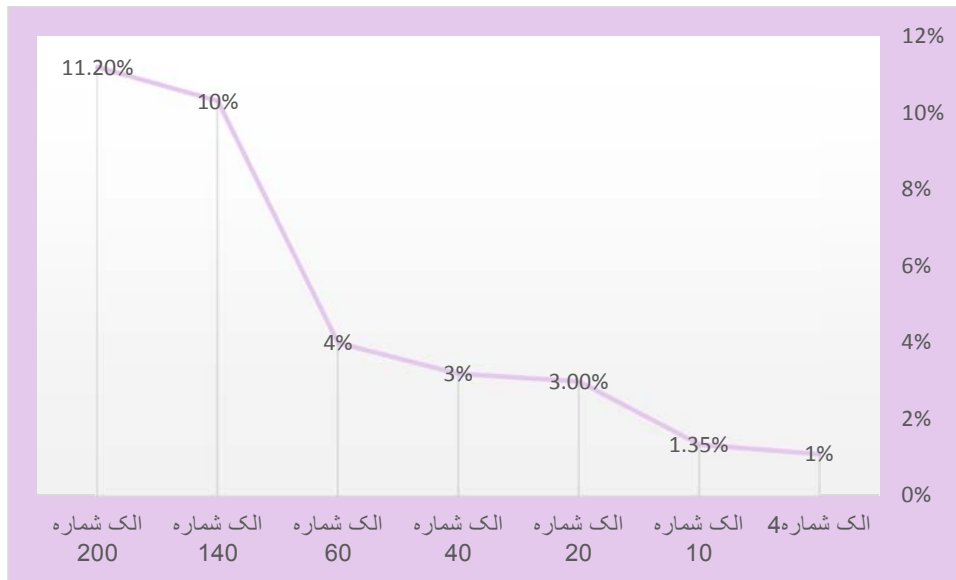
$$C_c = \frac{\text{جرم مانده روی الک}}{\text{جرم کل خاک}} \times 100 = \text{درصد مانده}$$

$$D_{30} = ۰.۶ \mid D_{60} = ۴.۵ \mid D_{75} = ۱.۹۶$$

$$C_c = \frac{۱.۹۶^۲}{۴.۵ \times ۰.۶} = ۱.۴۲$$

$$C_u = \frac{۴.۵}{۰.۶} = ۷.۵$$

نمودار درصد مانده روی الک



-نتیجه گیری و خطا:

به طور کلی در این آزمایش، عوامل متعددی موجب خطا می شود که به طور خلاصه به برخی از آنها اشاره می شود:

- فرایند دانه بندی، اطلاعات مربوط به شکل دانه های خاک مثلاً زاویه دار یا گرد بودن آن را نمی دهد و بیشتر برای پیش بینی خصوصیات فیزیکی به کار می رود.
- در دانه بندی و الک کردن فقط عبور دانه های منطبق بر سوراخ های راست گوشه میسر است و ممکن است یک دانه عبوری از این الک ها از الک با سوراخ مدور عبور نکند.
- در فرایند الک ممکن است ذرات خیلی ریزتر از الک ۲۰۰ به ذرات بزرگ بچسبند و به عنوان گرد و غبار از الک مربوطه نگذرند.
- دانه بندی یک نمونه از یک منطقه نمی تواند معرف خصوصیات کلی آن منطقه یا حتی همان نقطه اما با عمق های متفاوت باشد.

منحنی دانه بندی صرفاً تقریبی است و این به خاطر دلایل متعددی است از جمله محدودیت های فیزیکی در به دست آوردن یک نمونه و نیز محدودیت های عملی در استفاده از مش بندی موجود الک ها برای ذرات خاک با شکل غیر منتظم و محدودیت ها تعداد الک ها در یک مجموعه الک، البته این منحنی برای ماسه و سیلت مقادیر عملی خوبی به دست می دهد.

آزمایش سوم

تعیین حد روانی



تعیین حد روانی خاک

-هدف آزمایش: آزمایش کاساگراند از سری آزمایش های مکانیک خاک، این نام را از این جهت به این انجام می شود. از این دستگاه در این آزمایش نسبت می دهند که با دستگاهی به نام دستگاه کاساگراند آزمایش با هدف ارزیابی رابطه بین درصد رطوبت نمونه خاک و تعداد ضربات لازم برای بسته شدن شیار خاک به کار می رود و نیز برای تعیین این که چه زمانی نمونه خاک از حالت پلاستیک به حالت روانی تغییر حالت می دهد.

-وسایل موردنیاز:

۱. دستگاه کاساگراند

۲. ظرف چینی

۳. شیارزن

۴. کاردک

۵. گرمکن

۶. بطری پلاستیکی

۷. ترازو

-روش آزمایش:

۱. ابتدا مقدار ۱۳۰ گرم خاک را از الک نمره ۴۰ گذرانده و داخل ظرف چینی میریزیم و با اضافه کردن مقداری آب ، کاملاً مخلوط مینماییم
۲. بوسیله کاردک ، مقداری از این خمیر را داخل جام فلزی میریزیم بنحوی که ارتفاع خاک در گودترین نقطه بین ۸ تا ۱۰ میلیمتر باشد.
۳. بوسیله شیارزن ، شیار سرتاسری و به فاصله ۲ میلیمتر در وسط خاک ایجاد مینماییم.
۴. بوسیله دسته چرخاننده و با سرعت ۲ دور در ثانیه ، تعداد ضربات لازم جهت بهم رسیدن ۲۵/۱ سانتیمتر از دو قسمت پایینی خاک را یادداشت مینماییم.
۵. اگر تعداد این ضربات ، کمتر مساوی ۱۵ بود ، رطوبت کافی بوده و آزمایش را ادامه داده و برای هربار ، رطوبت را اندازه میگیریم.
۶. برای ادامه آزمایش ، خاک را داخل ظرف پخش نموده تا رطوبت آن کاسته شود و ضربات بیشتری جهت رسیدن شیار لازم باشد.

-مثال:

شماره ظرف	وزن ظرف W	وزن ظرف+وزن خاک مرطوب W_2	وزن ظرف+وزن خاک خشک W_3	$\%W = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} (100)$	تعداد ضربات N
۱	۱۸g	۳۵/۶g	۲۸/۵۰g	۶۷/۶۱٪	۱۶
۲	۲۴/۳۵g	۲۸g	۲۶/۴۷g	۷۲/۱۶٪	۳۲
۳	۱۵/۸g	۲۲/۶۷g	۲۰/۳۳g	۵۸/۲۲٪	۳۰

$$w = 65.99$$

$$LL = W_n(\%) \left(\frac{N}{25}\right)^{0.121} = 65.99 \times \left(\frac{26}{25}\right)^{0.121} = 66.30$$

آزمایش چهارم

تعیین حد خمیری



تعیین حد خمیری خاک

-هدف آزمایش: هدف از انجام این آزمایش، تعیین درصد رطوبتی است که در آن خاک به صورت خمیری شکل پذیر در می آید.

-وسایل موردنیاز:

۱. الک نمره ۴۰

۲. خاک عبوری از الک نمره ۴۰ حداقل نیم کیلوگرم

۳. آب به مقدار لازم

۴. ظروف چینی

۵. گرمخانه

۶. ترازو با دقت ۰,۱

-روش آزمایش:

۱. مقدار ۲۰ گرم خاک رداشته از الک نمره ۴۰ را با اضافه کردن مقداری آب ، کاملاً مخلوط کرده تا بصورت خمیری درآید.

۲. ۸ گرم از این خمیر را برداشته و روی یک صفحه شیشه ای بوسیله کف دست فتیله میکنیم . این عمل را تا وقتی که قطر فتیله به حدود ۳ میلیمتر برسد و شروع به ترک خوردن نماید ، ادامه می دهیم.

۳. در این موقع درصد رطوبت آنرا تعیین می کنیم که این درصد رطوبت ، حد خمیری میباشد.

-مثال:

شماره ظرف	وزن ظرف W	وزن ظرف+وزن خاک مرطوب W_2	وزن ظرف+وزن خاک خشک W_3	وزن خاک خشک شده	$\%W = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} (100)$	تعداد ضربات N
۱	۱۸g	۳۵/۶g	۲۸/۵۰g	۱۰/۵	۶۷/۶۱٪	۱۶
۲	۲۴/۳۵g	۲۸g	۲۶/۴۷g	۲/۱۲	۷۲/۱۶٪	۲۳
۳	۱۵/۸g	۲۲/۶۷g	۲۰/۳۳g	۴/۵۳	۵۸/۲۲٪	۳۰

$$PL = W = ۶۵/۹۹$$

$$LL = ۶۶/۳۰$$

$$PI = LL - PL = ۶۶.۳۰ - ۶۵.۹۹ = ۰/۳۱$$

آزمایش پنجم

تعیین حد انقباض



تعیین حد انقباض خاک

-هدف آزمایش: هدف از انجام این آزمایش تعیین درصد رطوبتی است که کم تر از آن حد خاک با کاهش درصد رطوبت تغییر حجم ندهد.

-وسایل موردنیاز:

۱. جام های انقباض
۲. صفحه پلاستیکی مجهز به سه نوک سوزن
۳. دستگاه حجم سنج
۴. جیوه
۵. کاردک
۶. ظرف چینی
۷. ترازو

-روش آزمایش:

۱. مقدار ۱۰۰ گرم خاک ردا شده از الک نمره ۴۰ را کاملاً خیس نموده و مدتی ورز میدهم تا رطوبت ، کاملاً با خاک مخلوط شود.
۲. جام های انقباض را وزن می کنیم (P_1).
۳. جامها را از خاک مرطوب پر نموده و سطحشان را با کاردک صاف کرده و آن را وزن میکنیم (P_2).
۴. جامها را به مدت ۴۸ ساعت در هوای آزاد و ۲۴ ساعت در گرمکن گذاشته و پس از گذشت این مدت آنرا وزن می کنیم (P_3).
۵. رطوبت خاک را بدست می آوریم.
۶. دستگاه حجم سنج را پر از جیوه کرده و جیوه اضافی را خالی میکنیم.
۷. خاک خشک جامهای انقباض را داخل دستگاه حجم سنج نموده و با صفحه سوزن دار ، داخل جیوه فروبرده و بعد مقدار جیوه خارج شده را وزن مینماییم. (P_4)
۸. جیوه را داخل جام انقباض ریخته و وزن جیوه را بدست می آوریم. (P_5).

-مثال:

$$P_{\Delta} = 165 | P_f = 145/8 | W = 67.61\% | P_r = 28.50 | P_r = 35.6 | P_l = 18$$

$$V_S = \frac{P_f}{13.6} = \frac{145/8}{13/6} = 10/72$$

$$V_l = \frac{P_{\Delta}}{13.6} = \frac{165}{13.6} = 12/13$$

$$SL = W - \frac{(V_l - V_S) \rho_w}{P_r - P_l} \times 100 = 67.61 - \frac{(12.13 - 10.72) 9.7}{28.50 - 18} \times 100 = 62.67$$

-نتیجه گیری:

با توجه به نسبت LL/SL میبینیم که اگر این نسبت بزرگ باشد خاک در محل ممکن است در اثر تغییر رطوبت، تغییر حجم نامطلوبی پیدا کند و این احتمال وجود دارد که در پی هایی که به تازگی بر روی این خاکها ساخته می شوند به دلیل انقباض یا انبساط (تورم) خاک در اثر تغییرات رطوبت فصلی، ترکهایی دیده شود.

آزمایش ششم

وزن مخصوص خاک



وزن مخصوص خاک

-هدف آزمایش: این آزمایش برای بدست آوردن وزن مخصوص خاک در حالت طبیعی یا یک لایه کوبیده شده با استفاده از ماسه کالیبره شده می باشد.

-وسایل موردنیاز:

۱. بطری حجم سنج
۲. دماسنج
۳. ترازوی حساس تا ۰,۱ گرم
۴. آب مقطر
۵. چراغ شعله با پایه
۶. ظروف تبخیر
۷. کاردک
۸. بطری پلاستیکی
۹. گرمکن

-روش آزمایش:

۱. بطری حجم سنج را با دقت تمیز کرده و آن را خشک می کنیم .
۲. بطری مذکور را با آب مقطر عاری از هوا تا علامت ml 500 به دقت پر میکنیم.
۳. وزن بطری و آب داخل آن را اندازه می گیریم (w_1)
۴. دماسنج را داخل بطری کرده و دمای آب را اندازه می گیریم.
۵. تقریباً ۱۰۰ گرم خاک خشک را داخل ظرف تبخیر قرار می دهیم.
۶. در صورت چسبیده بودن خاک ، آب مقطر را با خاک کاملاً مخلوط کرده تا خمیر نرمی درست شود . سپس خمیر را تا یک ساعت داخل ظرف تبخیر قرار می دهیم تا آب ، جذب خاک شود (این مرحله برای خاکهای دانه ای لازم نیست).
۷. خاک را (چه دانه ای ، چه خمیری شکل) داخل بطری حجم سنج خالی از آب میریزیم.
۸. آب مقطر را داخل بطری حجم سنج اضافه می کنیم تا دو سوم آن را پر کند.
۹. هوای داخل مخلوط آب و خاک را با تکان دادن مستمر بطری و حرارت دادن آن خارج می کنیم (این مرحله بسیار مهم است . غالب خطاها به دلیل عدم خروج هوای محبوس شده رخ میدهد).

۱۰. اجازه می دهیم تا دمای مخلوط خاک و آب درون بطری ، به دمای اتاق (آزمایشگاه) برسد.

۱۱. آب مقطر را به بطری حجم سنج تا ۵۰۰ میلی لیتر اضافه می کنیم.

۱۲. وزن بطری و آب و خاک داخل آن را اندازه می گیریم (w_2)

۱۳. احتیاطا دمای خاک و آب داخل بطری را برای تجاوز نکردن از دمای اتاق کنترل میکنیم.

۱۴. خاک و آب را به داخل ظرف تبخیر میریزیم و با استفاده از بطری پلاستیکی ، داخل بطری حجم سنج را شسته تا مطمئن می شویم خاکی در آن نمانده است.

۱۵. ظرف تبخیر را در گرمکن گذاشته تا خشک شده و وزن آن ثابت بماند.

۱۶. وزن خاک خشک داخل ظرف تبخیر را اندازه می گیریم (w_3)

-مثال:

شماره آزمایش	۱	۲
شماره بطری حجم سنج	۱	۲
وزن بطری+وزن آب $(w_1)g$	۷۴۵	۶۹۵
وزن بطری+وزن آب+وزن خاک $(w_2)g$	۸۶۶	۹۰۲
وزن خاک خشک $(w_3)g$	۱۲۳	۹۹
دمای آزمایش $T_1 ^\circ C$	۲۴	۱۸
$G_s(T_1 ^\circ C)$ در	۶۱,۶	۰,۹۲
A	۰,۹۹۹۱	۱,۰۰۴
G_s در ۲۰ درجه سانتی گراد	۶۱,۴۴۴۶۵	۰,۹۲۳۶۸

محاسبات آزمایش ۱:

$$G_s(T_1 ^\circ C) = \frac{w_3}{(w_1+w_3)-w_2} \quad | \quad G_s(24^\circ C) = \frac{123}{(745+123)-866} = 61.5$$

$$G_s(20^\circ C) = G_s A$$

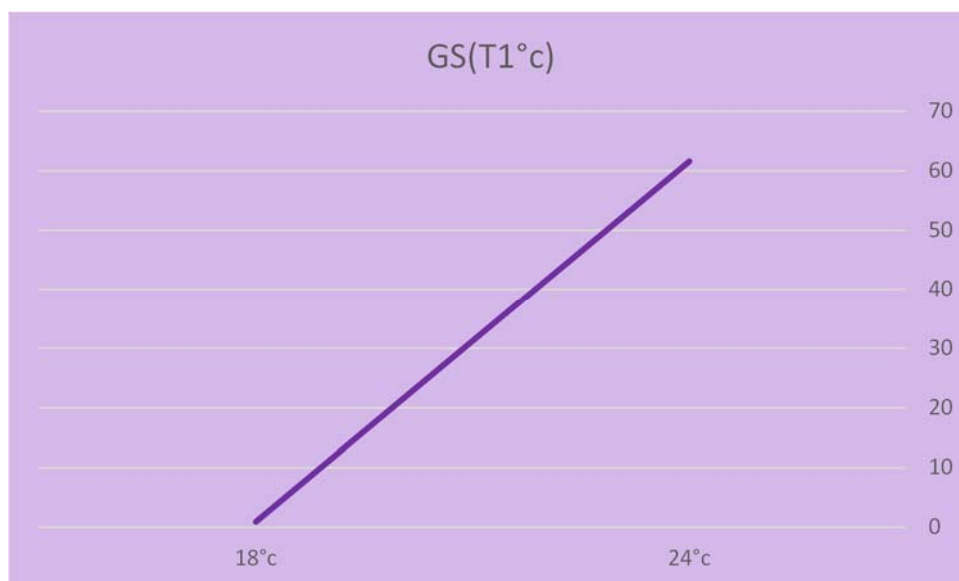
$$G_s(20^\circ C) = 61.5 \times 0.9991 = 61.44465$$

-محاسبات آزمایش ۲:

$$G_s(18^\circ\text{C}) = \frac{99}{(695+99)-902} = 0.92$$

$$G_s(20^\circ\text{C}) = 0.92 \times 1.004 = 0.92368$$

-نمودار:



آزمایش هفتم

دانه بندی خاک به روش هیدرومتری



دانه بندی خاک به روش هیدرومتری

-هدف آزمایش: آزمایش هیدرومتری خاک برای تعیین کیفی توزیع اندازه ذرات بخش ریزدانه خاک ها کاربرد دارد. برای تعیین توزیع اندازه ذرات (دانه بندی) مصالح که کوچکتر از الک نمره ۲۰۰ و بزرگتر از حدود ۰,۲ میکرون هستند از روش رسوب گذاری یا هیدرومتری استفاده می شود.

-وسایل مورد نیاز:

۱. ترازو با دقت ۰,۱ گرم

۲. دستگاه همزن با سرعت ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه

۳. چگالی سنج

۴. دماسنج

۵. کروномتر

۶. محلول جدا کننده

-روش آزمایش:

۱. میزان ۵۰ گرم خاک خشک عبوری از الک نمره ۲۰۰ را برداشته و داخل استوانه ۲۵۰ سانتیمتر مکعبی ریخته و به آن ۱۲۵ سانتیمتر مکعب محلول جداکننده اضافه می نماییم و پس از مخلوط نمودن به مدت ۱۶ ساعت صبر می کنیم.

۲. پس از این مدت آن را داخل همزن می ریزیم و به صورت ۱۰ دقیقه دستگاه را روشن می نماییم تا دانه ها کاملاً از یکدیگر جدا شوند.

۳. سپس محلول را داخل استوانه ۱۰۰۰ CC ریخته و به آن آب اضافه می نماییم تا حجم آن به ۱۰۰۰ CC برسد.

۴. استوانه ۱۰۰۰ CC دیگری انتخاب نموده ابتدا ۱۲۵ سانتیمتر مکعب آن را محلول جدا کننده و بعد به آن آب اضافه مینماییم تا حجمش به ۱۰۰۰ CC برسد.

۵. چگالی سنج و دماسنج را در استوانه قرائت می نماییم و مقادیر را یادداشت مینماییم. قرائت چگالی سنج با cd نمایش می دهیم که همان تصحیح صفر می باشد.

۶. استوانه محتوی آب و خاک و محلول جداکننده را خوب بهم زده تا رسوبی در کف استوانه نچسبیده باشد .
 آنگاه آن را روی میز قرار داده و چگالی سنج را داخل آن نموده و در زمان های ۱/۵ ، ۲ ، ۵ ، ۱۵ ، ۳۰ ، ۶۰ ، ۲۴۰ دقیقه و ۲۴ ساعت قرائت می نمائیم و مقادیر قرائت شده همان Ra است که در جدول یادداشت میگردد.

-مثال:

شماره ستون	۱	۲
زمان	۳	۵
Ra	۳۰	۲۵
وزن خاک	۱۰۰	۲۵۰
Cm	۱	۱٫۵
Cd	۴	۲
T	۱۸	۲۴
G_s	۲٫۵	۲٫۸۰

-محاسبات ستون ۱:

$$R_{C2} = R_a + C_t - C_d = ۳۰ + (-۰٫۵) - ۴ = ۲۵٫۵$$

$$a = \frac{G_s}{G_s - ۱} \left(\frac{۱٫۶۵}{۲٫۶۵} \right) = \frac{۲٫۵}{۲٫۵ - ۱} \left(\frac{۱٫۶۵}{۲٫۶۵} \right) = ۱٫۰۲۱$$

$$\%P = \frac{R_{C2}}{W} (۱۰۰)(a) = \frac{۲۵٫۵}{۱۰۰} (۱۰۰)(۰٫۶۳) = ۱۶٫۰۶$$

$$R_{C1} = R_a + C_m = ۳۰ + ۱ = ۳۱ \rightarrow L = ۱۱٫۲ \rightarrow k = ۰٫۰۴۶۷$$

$$D = K \sqrt{\frac{L}{t}} = ۰٫۰۴۶۷ \times \sqrt{\frac{۱۱٫۲}{۳}} = ۰٫۰۲۱$$

-محاسبات ستون ۲:

$$R_{C2} = ۲۵ + ۱ - ۲ = ۲۴$$

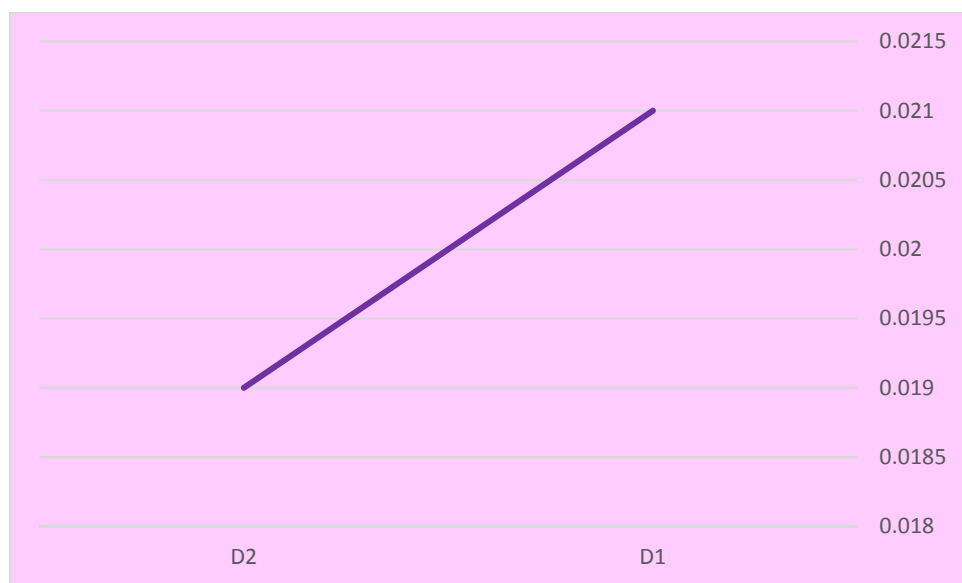
$$a = \frac{۲٫۸۰}{۲٫۸۰ - ۱} \times \frac{۱٫۶۵}{۲٫۶۵} = ۰٫۶۸۱$$

$$\%P = \frac{24}{25} \times 100 \times 0.681 = 6.53$$

$$R_{C1} = 25 + 1.5 = 26.5 \rightarrow L = 12 \rightarrow K = 0.01246$$

$$D = 0.01246 \times \sqrt{\frac{12}{5}} = 0.019$$

–نمودار:



آزمایش هشتم

ارزش ماسه

S.E



ارزش ماسه

-هدف آزمایش: هدف از آزمایش ارزش ماسه تعیین مقدار ذرات ریزتر از ۰,۰۶ میلی متر در ماسه ای که در بتن به کار برده می شود است.

-وسایل موردنیاز:

۱. سه لوله آزمایش به ارتفاع ۱۵ اینچ

۲. چوب پنبه

۳. محلول استوکس

۴. میله وزنه دار (سمبه)

۵. تکان دهنده اتومات

-روش آزمایش:

۱. سه نمونه ۱۱۰ گرمی خاک رد شده از الک ۷۵/۴ میلیمتر را توزین و آماده می نمائیم

۲. سه عدد از لوله های پلاستیکی را روی میز گذاشته و آنها را تا ارتفاع ۴ اینچ از محلول شستشو پر می کنیم

۳. داخل هر لوله بوسیله قیف یکی از سه نمونه ۱۱۰ گرمی خاک را ریخته و چند ضربه با کف دست به ته لوله می زنیم تا محلول کاملاً در نمونه نفوذ کند

۴. در حالت قبل ، ۱۰ دقیقه محلول را به حال خود می گذاریم تا کاملاً خیس بخورد

۵. با چوب پنبه در لوله را بسته و لوله را به صورت افقی ۹۰ بار در مدت ۳۰ ثانیه که دامنه رفت و آمد ۳۰ سانتیمتر باشد ، تکان می دهیم

۶. لوله را روی میز گذاشته چوب پنبه را برداشته و بوسیله لوله متصل به سیفون ، خاک چوب پنبه و جدار لوله را شسته و با جریان کم ، شروع به شستشوی خاک داخل آن مینماییم . با این کار ذرات ، آب جذب کرده و متورم می شوند

۷. عمل شستشو را تا اینکه ارتفاع محلول به ۱۵ اینچ برسد ادامه می دهیم

۸. محلول را بیست دقیقه به حال خود روی میز می گذاریم

۹. آنگاه با چشم سطح ماسه (h_2) و قسمت بالای (لای ورس) h_1 را به دقت قرائت میکنیم.

۱۰. سپس با پیستون آهنی ارتفاع قسمت معادل را قرائت می نمائیم. ($\bar{h}_2$)

مثال:-

نمونه ۳	نمونه ۲	نمونه ۱	
۲۲	۳۰	۲۴	h_1
۱۰	۲۳	۱۵	h_2
۲۸	۳۴	۳۲	$\hat{h}_2$
۴۵,۴۵	۷۶,۶۶	۶۲,۵	S.E
۱۲۷,۲۷	۱۳۳,۳۳	۱۳۳,۳۳	$(S'.E)$

$$S.E = \frac{h_r}{h_l} (100)$$

$$(S'.E) = \frac{\hat{h}_r}{h_l} (100)$$

نمونه ۱:

$$S.E_1 = \frac{15}{24} \times 100 = 62.5$$

$$(S'.E)_1 = \frac{32}{24} \times 100 = 133.33$$

نمونه ۲:

$$S.E_2 = \frac{23}{30} \times 100 = 76.66$$

$$(S'.E)_2 = \frac{34}{30} \times 100 = 133.33$$

نمونه ۳:

$$S.E_3 = \frac{10}{22} \times 100 = 45.45$$

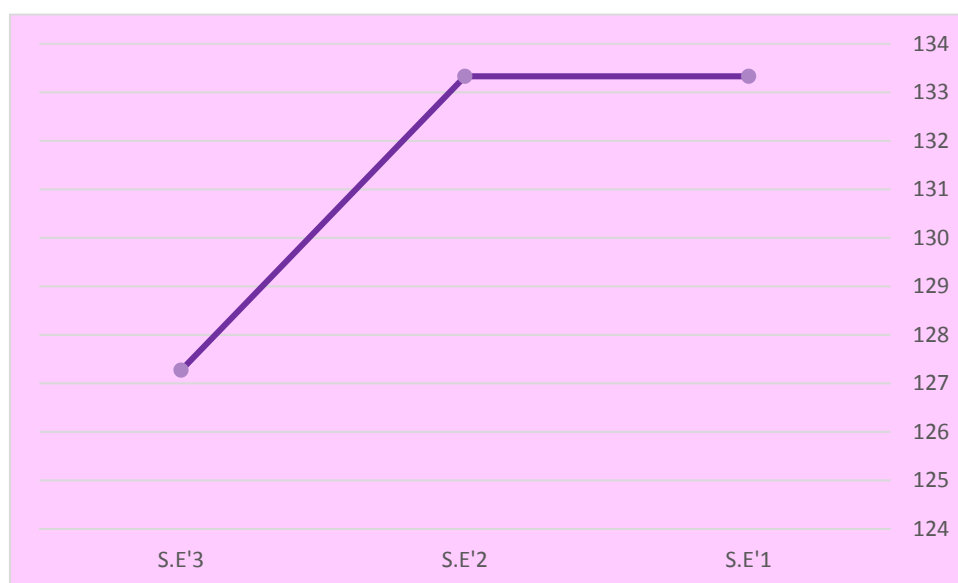
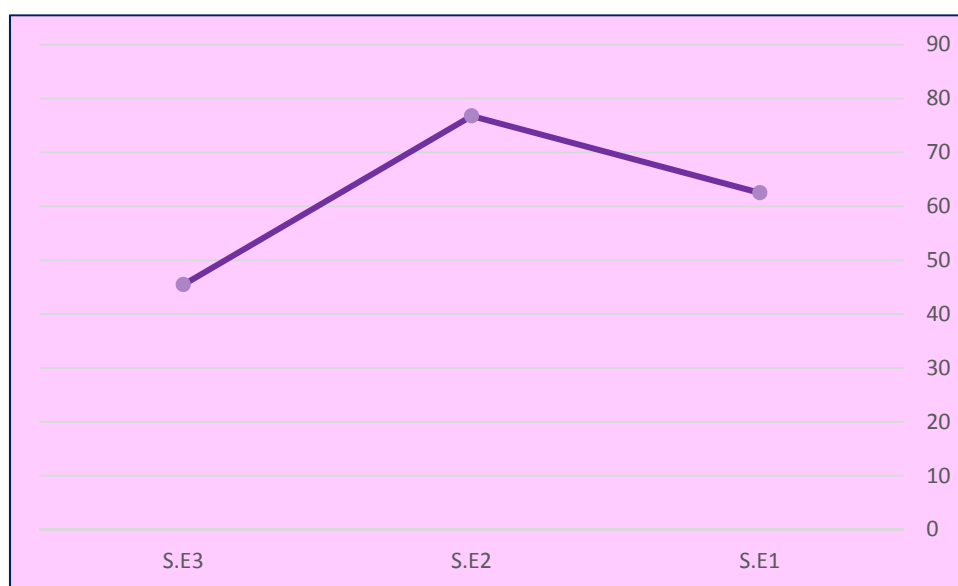
$$(S'.E)_3 = \frac{28}{22} \times 100 = 127.27$$

میانگین:

$$S.E = \frac{62.5+76.66+45.45}{3} = 61.53$$

$$(S'E) = \frac{133.33+133.33+127.27}{3} = 131.31$$

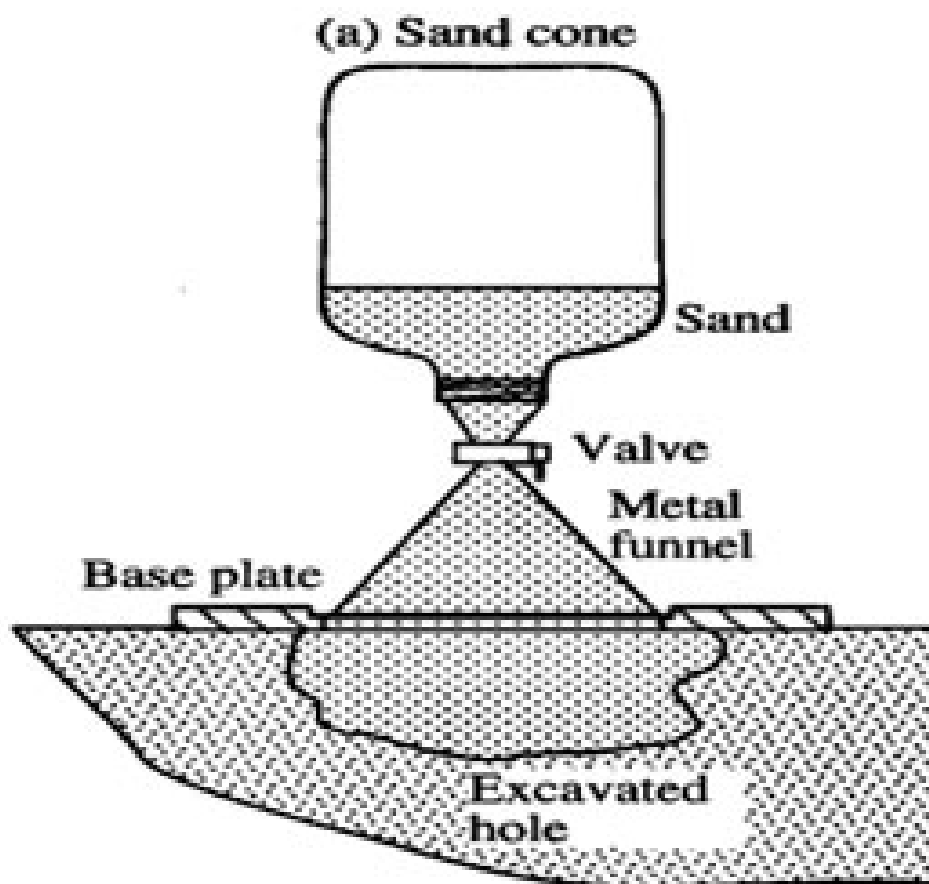
-نمودار:



آزمایش نهم

تعیین وزن مخصوص صحرایی خاک

به کمک مخروط ماسه



تعیین وزن مخصوص صحرایی خاک به کمک مخروط ماسه

-هدف آزمایش:

با استفاده از این آزمایش می توان وزن مخصوص خاک را در محل تعیین نمود. این آزمایش برای خاک هایی استفاده می شود که درصد قابل توجهی سنگ و مصالح درشت دانه بزرگتر از ۳۸ میلی متر نداشته باشند. همچنین خاک باید به اندازه کافی چسبندگی یا در هم قفل شدگی داشته باشد تا در حفر یک گودال کوچک دیواره های گودال پایدار بماند.

-وسایل موردنیاز:

۱. استوانه پر از ماسه تمیز یکنواخت که وزن مخصوص آن کالیبره شده باشد
۲. سینی مخصوص زیر قیف
۳. قلم و چکش
۴. کیسه پلاستیکی
۵. ترازو
۶. بیلچه

-روش آزمایش:

۱. سینی مخصوص را روی نقطه مورد نظر در سطح خاک گذاشته و با قلم و چکش خاک آن قسمت را برداشت می کنیم و مقدار خاک حفاری شده را جمع آوری نموده و داخل کیسه پلاستیکی می ریزیم . نقطه گودال به اندازه قطر دایره موجود در سینی و عمق آن حدود ۱۰cm می باشد.
۲. خاک داخل کیسه را وزن می نمائیم P1.
۳. ظرف استوانه پر از ماسه که وزن کل آن مشخص است W1 از جهت قیف روی گودال گذاشته و پیچ خروج ماسه را باز می کنیم تا ماسه ، داخل گودال بریزد . هر وقت حرکت ماسه متوقف شد یک ضربه آرام به بالای قیف زده آنگاه پیچ خروج ماسه را بسته و ظرف را بلند می کنیم.
۴. وزن استوانه و ماسه باقیمانده داخل آن را اندازه گیری می نمائیم W2 .

-محاسبات:

۱۰۰	P
۲۴	w
۶۲,۵	v
۱,۶	γ_{sat}
۰,۰۶۴	γ_d
۲۰	w_s
۰,۳۲	γ_s

$$V = \frac{W_s}{\gamma_s} = \frac{۲۰}{۰,۳۲} = ۶۲,۵$$

$$\gamma_{sat} = \frac{P_1}{V} = \frac{۱۰۰}{۶۲,۵} = ۱,۶$$

$$\gamma_d = \frac{\gamma_{sat}}{1 + W} = \frac{۱,۶}{1 + ۲۴} = ۰,۰۶۴$$

آزمایش دهم

تراکم خاک



تراکم خاک

-هدف آزمایش: آزمایش تراکم خاک با هدف کاهش میزان تخلخل خاک ، صورت می گیرد. مهندسين ژئوتکنیک دریافته اند که اگر در هنگام متراکم کردن ، به خاک مورد نظر آب اضافه کنند، تراکم خاک راحت تر انجام می شود. چراکه افزودن رطوبت موجب روغنکاری و آسان شدن تراکم خاک می گردد. اما اگر مقدار آب از حدی بیش تر شود، چگالی خاک کاهش می یابد و تراکم به خوبی صورت نمی گیرد. به عبارتی هدف از انجام تست تراکم خاک ، یافتن مقدار رطوبت بهینه است.

-وسایل مورد نیاز:

۱. سه کیلوگرم خاک خشک عبوری از الک نمره ۴

۲. قالب تراکم شامل خود قالب و زیر قالبی و سر قالب

۳. چکش تراکم

۴. خط کش سوزن

۵. ترازو

۶. نمونه گیر جهت تعیین درصد رطوبت

-روش آزمایش:

۱. قالب را با زیر قالبی وزن می کنیم. (W_1)

۲. خاک را داخل سینی ریخته و حدود ۵٪ مرطوب نموده و مخلوط می نمائیم .

۳. مقداری خاک را داخل قالب ریخته به نحوی که پس از کوبیدن ، یک سوم قالب را اشغال کند

۴. بوسیله چکش دستی ۲۵ ضربه به تمام سطح خاک وارد می کنیم

۵. قشر دوم و سوم را ریخته و بطور مشابه عمل می کنیم . برای قشر سوم بایستی سر قالبی را گذاشت و سطح خاک بعد از کوبیدن کمی بالاتر از سطح خود قالب باشد با خط کش سطح آن را صاف می کنیم.

۶. قالب را پاک و وزن می نمائیم. (W_2)

۷. خاک را از قالب خارج نموده و مقداری را جهت تعیین درصد رطوبت در ظرف ریخته تا رطوبت آن را بدست آوریم.

۸. خاک را پخش نموده و ۲٪ وزن اولیه ، به آن آب اضافه می نمائیم و مراتب بالا را تکرار میکنیم . این عمل با افزایش ۲٪ آب ، آنقدر تکرار می گردد تا مجموعاً ، حداقل ، دو دفعه متوالی ، اعداد بدست آمده از توزین W_1 کاهش را نشان دهد.

مثال:-

نمونه ۲	نمونه ۱	
۳۲	۲۶	w_1
۴۱	۳۰	w_2
۵۶	۴۵	V
۰,۱۶	۰,۰۸	γ_{sat}
۲۶	۳۵	w
۱,۲۶	۰,۵۶	$\gamma_{d(max)}$
۰,۲۲	۰,۱۵	$\gamma_{d(min)}$
۰,۱۲	۰,۰۵	γ_{dry}
۵,۷۲	۳,۷۳	R

نمونه ۲:-

$$\gamma_{sat} = \frac{w_2 - w_1}{V} = \frac{41 - 32}{56} = 0.16$$

$$\gamma_{dry} = \frac{\gamma_{sat}}{1 + \frac{w\%}{100}} = \frac{0.16}{1 + \frac{26}{100}} = 0.12$$

$$R = \frac{\gamma_{d(max)}}{\gamma_{d(min)}} = \frac{1.26}{0.22} = 5.72$$

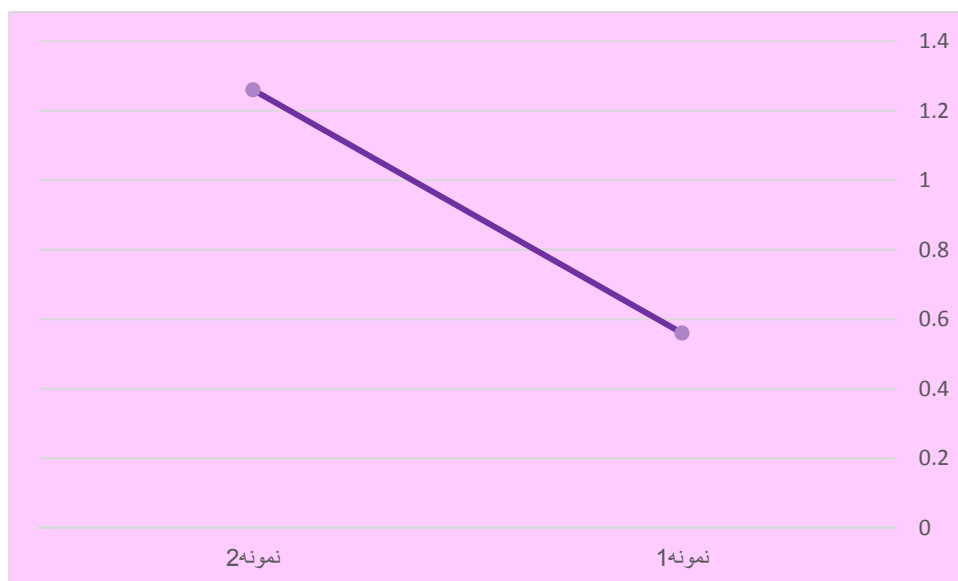
نمونه ۱:-

$$\gamma_{sat} = \frac{30 - 26}{45} = 0.08$$

$$\gamma_{dry} = \frac{0.08}{1 + \frac{35}{100}} = 0.05$$

$$R = \frac{0.56}{0.15} = 3.73$$

—نمودار:



آزمایش یازدهم

نشانه باربری کالیفرنیا



نشانه باربری کالیفرنیا

-هدف آزمایش: آزمایش ظرفیت باربری کالیفرنیا نیز یکی از آزمایشاتی است که بواسطه آن می توان برای خاک یک قرضه یا خاک محل موردنظر، حداکثر فشار قابل اعمال را محاسبه کرد. به طوری که با انجام آزمایش (CBR) ظرفیت باربری کالیفرنیا می توان حداکثر فشار قابل اعمال به خاک زیر پی ساختمان را تعیین نموده و بر اساس آن ابعاد پی ساختمان را طراحی نمود.

-وسایل موردنیاز:

۱. وسیله اعمال فشار
۲. پیستون استوانه ای
۳. قالب استاندارد
۴. حلقه فاصله نگهدار
۵. صفحه سواخ دار
۶. صفحه های سربار

-روش آزمایش:

۱. شش کیلوگرم خاک رد شده از الک نمره $\frac{3}{4}$ تهیه می نمائیم . برای اینکه ضریب اطمینان خیلی زیاد نباشد ، به اندازه درصد مانده روی الک ، از خاک بین الک $\frac{3}{4}$ و الک شماره ۴ اضافه مینمائیم.
۲. خاک را با درصد رطوبت بدست آمده در آزمایش تراکم ، (آشتوی استاندارد و یا اصلاح شده) مخلوط نموده و در داخل قالب C.B.R ریخته و متراکم می کنیم.
۳. قالب محتوی خاک متراکم شده را وزن نموده ، روی زیر قالبی قرار داده و سربارهای بیش از ۴,۵ کیلوگرم را روی آن میگذاریم.
۴. مجموعه را روی دستگاه گذاشته و آنقدر با چرخاندن دسته آن را بالا می آوریم تا با پیستون متصل به رینگ در تماس قرار گیرد و عقربه نیرو منبع حرکت کند.
۵. آنگاه با سرعت ۰,۵ اینچ در دقیقه دستگاه را بالا می آوریم و راس هر دقیقه یعنی هر ۰,۵ اینچ نیروسنج را قرائت میکنیم و این کار را تا ۱۰ دقیقه و نفوذ تقریبی ۰,۵ اینچ ادامه میدهیم.
۶. از قسمت های بالا و پائین آن ، دو نمونه برای تعیین در صد رطوبت انتخاب می کنیم.

-عوامل موثر بر آزمایش CBR

عوامل مختلفی بر روی آزمایش نسبت باربری کالیفرنیا (CBR) موثر می باشند که از جمله این عوامل می توان به جنس خاک ، تراکم خاک ، رطوبت خاک ، وزن مخصوص خاک و ... است.

-محاسبات:

$$CBR_{0.1} = (F_{0.1} * K) / (3 * 1000) * 100$$

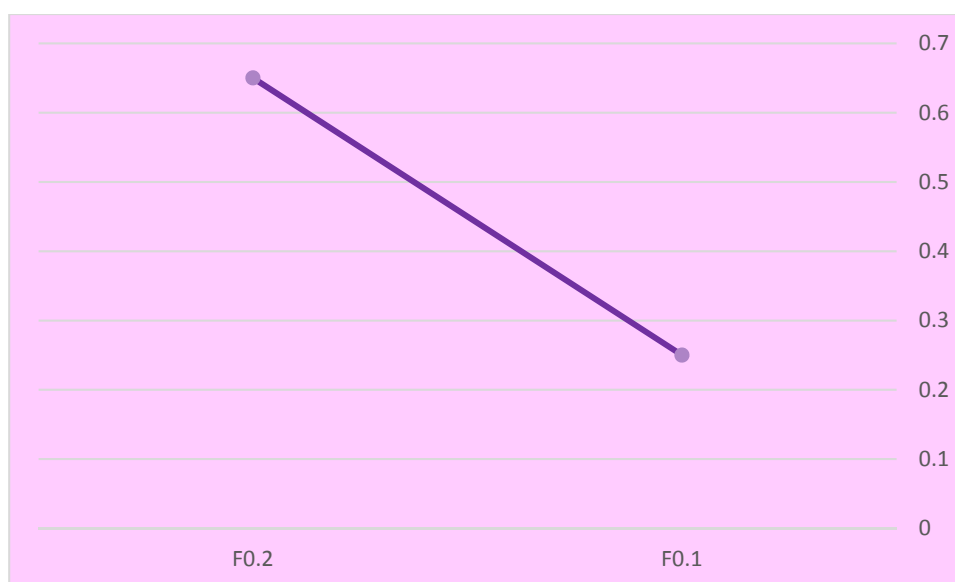
$$CBR_{0.2} = (F_{0.2} * K) / (3 * 1000) * 100$$

۰,۲۵	$F_{0.1}$
۰,۶۵	$F_{0.2}$

$$CBR_{0.1} = \frac{(0.25 \times 5.82)}{3 \times 1000 \times 100} = 4.85 \times 10^{-6}$$

$$CBR_{0.2} = \frac{(0.65 \times 5.82)}{3 \times 1000 \times 100} = 12.61 \times 10^{-6}$$

-نمودار:



آزمایش دوازدهم

تک محوری



تک محوری

-هدف آزمایش: آزمایش تک محوری، برای تعیین مقاومت فشاری محصور نشده خاک چسبنده در حالت دست نخورده بازسازی شده یا اصلاح شده، با استفاده از اعمال بار محوری، تحت شرایط کنترل کرنش کاربرد دارد. در این روش، یک مقدار تقریبی برای مقاومت خاک چسبنده بر حسب تنش های کل حاصل می گردد.

-وسایل موردنیاز:

۱. دستگاه فشار ساده

۲. کرنومتر

۳. نمونه گیر

-روش آزمایش:

۱. قطر نمونه حداقل ۳۳ میلی متر و ارتفاع آن ۲ تا ۳ برابر قطر آن می باشد. البته بایستی قطر بزرگترین دانه آن حداکثر برابر با ۰,۱ قطر نمونه باشد.
۲. خاک را داخل قالب مخصوص متراکم می نمائیم. به طوریکه ابعاد مورد نیاز بدست آید پس از تراکم در قالب، دو انتهای قالب را صاف نموده و زیر دستگاه تک محوری قرار می دهیم.
۳. نمونه را در مرکز صفحه پائین دستگاه بارگذاری قرار داده و دستگاه را به دقت تنظیم مینماییم. به طوریکه صفحه بالایی بدون وارد کردن نیرو با نمونه تماس پیدا کند.
۴. عقربه گیج نیرو و تغییر طول را صفر کرده و سرعت بارگذاری را طوری تنظیم نمائید که در هر دقیقه ۰,۵ تا ۲٪ کرنش در نمونه ایجاد گردد و در هر ۳۰ ثانیه تغییر شکل را یادداشت مینماییم. بارگذاری را تا آنجا ادامه دهید که ۲۰٪ کرنش در نمونه ایجاد گردد.
۵. قرائتها را تا زمانی ادامه داده که بار به نقطه اوج خود برسد و سپس کاهش یابد.

–مثال:

۱۲	$L.$
۸,۵	ΔL
۳۲,۶	q_u

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L.} = \frac{۸.۵}{۱۲} = ۰.۷۰$$

$$C = \frac{q_u}{\gamma} = \frac{۳۲.۶}{۲} = ۱۶.۳$$

پایان