

یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

بررسی مقاوم سازی بیولوژیکی ماسه رس دار به کمک گیاه وتیور (مطالعه آزمایشگاهی)

محمد جواد مقصودی^۱، ایمان واعظی^۲، محمد رضا شاکری^۳

^۱ شرکت مهندسی مشاور پی آب آزما، تهران، moh.magsoudi.eng@iauctb.ac.ir

^۲ شرکت مهندسی مشاور پی آب آزما، تهران، iman.vaezi@gmail.com

^۳ شرکت مهندسی مشاور پی آب آزما، تهران، reza.shakeri@gmail.com

چکیده

در بسیاری از مناطق در سراسر جهان پیدایش روش های جدید و سازگار با محیط زیست برای بهسازی خاک ها در حال افزایش است. استفاده از ریشه گیاه وتیور در محیط زیست برای بهبود خصوصیات مکانیکی خاک های ضعیف، روشی بیولوژیکی است که از طریق آزمایش برش مستقیم، پارامترهای مقاومتی خاک (سی و فی) را اندازه گیری کردیم. در این تحقیق عملی از دو نوع خاک ماسه ۱۶۱ فیروزکوه و بنتونیت دانشگاه شریف به عنوان رس در ۳۰ ست آزمایش برش مستقیم کوچک مقیاس استفاده شد. این تحقیق سه پارامتر متغیر، درصد های نسبت وزنی ریشه ۰،۱۰،۲۰ / درصد رطوبت در دو حالت خشک و بهینه / همچنین بنتونیت با درصد های ۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۱۰۰ را مورد آزمایش برش مستقیم قرار دادیم طوری که پارامترهای ثابت شامل سرعت ۳ میلیمتر بر دقیقه و وزن های ۳، ۵ و ۷ کیلو گرم بود.

در این پژوهش ضمن بهسازی خاک مخلوط ماسه رس دار (با درصد های ریزدانه بنتونیت ۲۵،۳۰،۳۵) به انجام آزمایش های شناسایی خاک روی ماسه و رس بنتونیت خالص نیز پرداختیم در نهایت علاوه بر انجام آزمایش های شناسایی خاک مانند الک، هیدرومتری، اتربرگ و تراکم با روش پراکتور استاندارد به بررسی تاثیر افزایش نسبت وزنی ریشه، درصد بنتونیت و درصد رطوبت با کمک آزمایش برش مستقیم کوچک مقیاس ۶*۶ نیز پرداختیم.

بعد از انجام آزمایش های شناسایی و مقاومتی خاک (برش مستقیم کوچک مقیاس) با تنش های برشی ۰،۸۳، ۱،۳۸ و ۱،۹۴ کیلوگرم بر سانتی متر مربع به اضافه نمودن متغیرها به خاک پرداختیم که مشاهده گردید هرچه درصد وزنی ریشه، درصد بنتونیت و درصد رطوبت افزایش یابد غالباً پارامترهای مقاومتی خاک مانند چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی به ترتیب افزایش و کاهش می یابد، بدین صورت که طبق آزمایشات صورت گرفته افزایش درصدهای مختلف بنتونیت از ۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۱۰۰ درصد باعث شد به طور میانگین، چسبندگی به میزان ۲۰، ۵۳، ۵، ۷۲، ۷۴ و ۱۰۵، ۵ کیلو پاسگال تغییر یابد و همچنین زاویه اصطکاک داخلی را به ترتیب ۲۰، ۳۶، ۵، ۳۳، ۵ و ۳۱ و ۲۰، ۵ درجه تغییر کرد. در مورد نسبت وزنی ریشه که بین درصد های ۰، ۱۰ و ۲۰ تغییر ایجاد شد که این تغییرات باعث شد چسبندگی به طور میانگین بین ۴۲، ۳، ۶۹، ۷ و ۸۴ کیلو پاسگال تغییر کند ضمن اینکه زاویه اصطکاک داخلی به طور میانگین به ترتیب از ۳۴، ۸ به ۳۱، ۴ و ۳۰، ۸ کاهش یافت. در نهایت در مورد تغییرات درصد رطوبت برای ۵ نوع مختلف خاک (ماسه، ماسه با ۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۱۰۰ درصد بنتونیت) اینگونه بدست آمد

یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

که افزودن درصد رطوبت از حالت خشک به حالت بهینه خاک با در صد رطوبت بهینه باعث تغییر چسبندگی به میزان ۶۲،۷۳، ۲۲،۲۳، ۴۹،۳۳ و ۷۹، ۷۶،۶۶ و ۱۱۲،۳۳ کیلوپاسگال گردید و برای زاویه اصطکاک داخلی نیز به ترتیب مقادیر ۳۰،۳۸، ۳۷،۳، ۳۳،۳۱،۳ و ۳۲،۸ بدست آمد.

در نهایت از اعداد بدست آمده این نتیجه استنباط شد که روند تغییرات متغیر های نسبت وزنی ریشه، درصد بنتونیت برای انواع خاک به ترتیب برای چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی افزایشی و کاهش می بود، در حالی که این روند برای متغیر درصد رطوبت قبل از رطوبت بهینه از نظم خاصی برخوردار نبود.

کلمات کلیدی: آزمایش برش مستقیم، تنش برشی، نسبت وزنی ریشه گیاه، درصد رطوبت، ضریب اطمینان

مقدمه

استفاده از گیاهان در اهداف مختلف از جمله ادامه حیات بشر با تاریخ زندگانی انسان برابری می کند. پایداری شیب نیز یکی از مهمترین جنبه های محیط زیست و جهت ساختن راه ها، راه آهن ها، جاده ها و... است. مطالعه عملی انجام شده روی ریشه گیاه و تیور در خاک ماسه رس دار نشان داد که از ریشه ی این گیاه می توان در شیب ها و شیروانی ها کنار بزرگراه ها و جاده ها نیز استفاده کرد همچنین از نتایج بدست آمده به نظر می رسد که افزودن بر ریشه گیاه می توان از ژئوسنتتیک و ژئوتکتستایل جهت بهسازی خاک نیز در شیروانی ها استفاده نمود (شکل ۱).

پیشینه تحقیق

در رابطه با شکست ها ذکر این نکته ضروری است که شکست انتقالی نزدیک به سطح شیب اتفاق می افتد و به عنوان یک حرکت خطی در امتداد بستر دو سنگ (لایه های مرزی و سطحی که دو لایه سنگ از هم جدا می شوند) تعریف می گردد. این حرکات معمولاً به طور منصفانه ای کم عمق و موازی سطح هستند بنابراین درک کردن راه های مقابله و اثر متقابل خاک و گیاه به منظور تعیین ایمنی شیب برای جلوگیری از تلفات انسانی و اقتصادی بسیار مهم می باشد. (۱)

به عنوان مثال در مقاله آقای میچ دلبیو جی و همکاران در سال ۱۹۹۸^۱ بیان می شود که زلزله و شکست های انتقالی زمین در شیب ها غالباً هزینه های مالی و جانی زیادی را باعث می شوند و محافظت از شیب ها و جلوگیری کردن از این شکست ها یکی از مهمترین جنبه های مهندسی عمران و محیط زیست است و به همین جهت یکی از راه های آن، کمک گرفتن از گیاهان در راستای افزایش مقاومت خاک و پایدار سازی شیب ها می باشد و استفاده از گیاهان اخیراً یک روش اکولوژیک در این راستا بوده است. از این فرم پایداری شیب به عنوان مهندسی شناخت محیط زیست (اکولوژی) یاد شده است و می توان اینگونه تعریف کرد: " طراحی بهینه و سودمند جهت دوام و پایداری جامعه انسانی و محیط زیست "

همچنین در مطالعه آقای مارستون و همکاران در سال ۲۰۰۹ ثابت شد که شکل و شمایل و روند تپه شیب ها به شدت به توزیع گیاهان وابسته است همچنین طبق مطالعات دو نوع شیب وجود دارد: طبیعی^۱ و مصنوعی^۲

^۱ natural

^۲ artificial

یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

شیب های طبیعی: به مرور زمان شکل گرفته اند و در حین شکل گیری زمین ایجاد شده اند مانند کوه ها، فعالیت های رود ها، یخبندان ها و فعالیت های جزر و مدی و ... این شیب ها فقط در حالتی پایدار هستند که خاکی که آنها رویش بنا شده اند مقاومت کافی را برای مقابله با نیروی های محرک ناشی از جاذبه اعمال شده روی پتانسیل توده لغزنده را داشته باشند.

شیب های مصنوعی: بر اثر برش در زمین یا به وسیله ساختن تپه های از بین رفته و یا سرآزیری ها و خاکریز های بدرد نخور را به وجود آورده است. این شیب های برشی جهت فراهم ساختن زیر ساخت ها و دسترسی به جاده ها، کانال ها، خط آهن ها و ... به وجود آمده اند.

در ادامه مطالعات تحقیقی آقایان چیریکو و همکاران در سال ۲۰۱۳ دو تاثیر مثبت گیاهان در پایداری شیب ها مورد بحث واقع شده است:

-تاثیر مکانیکی-خاکی زمین: تقویت خاک به وسیله گیاهان

-تاثیر هیدرولوژیکی خاکی: نظام و رژیم مکشی جذب آب توسط ریشه گیاه در خاک

مناطق و نواحی زیادی در دنیا در معرض آغاز جریان های سریع مخرب به واسطه زمین لغزش های کم عمق در شیب های تند بعد از سیلاب های حجیم هستند، این شیب ها در دامنه کوه ها و یا تشکیل شده از آتشفشان ها، اغلب دارای چسبندگی ضعیف و زهکشی خوبی هستند، که با یک زاویه شیب بزرگتر از زاویه اصطکاک داخلی خاک، به وسیله جنگل انبوهی پوشش داده شده اند. شرایط پایداری این شیب ها بسته به مقاومت مکانیکی ریشه گیاهان موجود در خاک و رژیم مکشی خاک اشباع نشده که تحت تاثیر بالازدگی آب^۲ و جذب این آب به وسیله ریشه است، فراهم می شود. افزایش پایداری به واسطه گیاهان یکی از مهمترین جنبه هایی است که به جهت ارزیابی فواصل توزیع موقت و خطرات زمین لغزش های سطحی مورد استفاده قرار می گیرد، به طوری که یک ارزیابی مناسب از بهترین استراتژی مدیریت جنگل ها برای کاهش خطرات، لازم و ضروری به نظر می رسد.

درچندین دهه گذشته مطالعات زمین شناسی ثابت کرده اند که شیب تپه ها و روند پیشرفت آنها به شدت تحت تاثیر توزیع گیاهان قرار دارد. به طور عمومی به دو دلیل، گیاهان اثر مثبتی در پایداری خاک سطوح شیب دار همراه با حوزه های آبی را دارند:

تاثیر ژئومکانیکی: مربوط به پایدار سازی ایجاد شده توسط شبکه ریشه است، که خاک را در حوزه های آبی، جهت به حداکثر رساندن تاثیرات جذب بالا زدگی آب و ایجاد ضمانتی برای پایداری سازی سایبان بالای زمین تقویت می نماید.

تاثیر هیدرولوژیکی خاک: با افزایش فرکانس و فشار مکشی زیاد در نتیجه بالازدگی آب و جذب آن توسط ریشه می تواند مورد مطالعه قرار گیرد.

این دو تاثیر همچنین به صورت زیادی دارای وجوه مشترک هستند، از سوی دیگر توزیع ریشه تحت تاثیر شرایط آب و هوایی و خواص هیدرولوژیکی خاک، به خصوص در شرایطی که رشد گیاه با شرایط محدود آبی مواجه می شود همراه است. از طرف دیگر خواص مکانیکی سیستم (خاک-ریشه)، تحت تاثیر مقاومت حقیقی خاک، مقاومت تنه های ریشه، اندرکنش مقاومتی بین خاک و ریشه و ساختمان و توزیع فواصل ریشه ها قرار دارد.(۳)

^۲ Water uptake

یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

اگر رسوبات حذف نشوند گیاه وتیور به رشد خود ادامه خواهد داد و خودش را در تراس جدید وفق می دهد، که تراس های جدید با جمع شدن رسوبات و خاک پشت مانع، افزایش پیدا می کنند. بنابراین تبدیل شیب های قابل فرسایش به تراس های نسبتا پایدار، قابلیت پشتیبانی از کشاورزی وابسته به خود یا حتی جنگلداری متکی به خود را فراهم می کنند. برای کنترل فرسایش خاک این روش یک روش طبیعی و کم هزینه است و همچنین این روش دوستدار محیط زیست می باشد، کارآمدی این مانع های فاصله دار برای حفاظت از آب و خاک در کتاب ترالیا نوشته میشرا و همکاران و همچنین در مقاله هلین و هاگ^۴ مورد مطالعه قرار گرفته است.(۵)

طبق مطالعات نیلاورا و نوتالایا^۵ در سال ۱۹۹۹ نقش گیاهان در ایجاد پایداری شیب می تواند به دو پارامتر خلاصه شود: مکانیکی و هیدرولوژیکی، از دیدگاه مکانیکی، ریشه ها از طریق مقاومت کششی و خاصیت چسبندگی و اصطکاکی خود می توانند کمک کنند به پایدارسازی خاک، مقاومت و توزیع های اولیه ریشه در خاک متغیر های اصلی هستند که جهت تعیین تقویت خاک ناشی از ریشه در نظر گرفته می شوند. در نتیجه تاثیرات هیدرولوژیکی ریشه ها، کمک شایانی به کاهش رطوبت خاک و پراکندگی فشار آب حفره ای از طریق تبخیر و تعرق و جذب آب از طریق ریشه های نرم می شود. ریشه ها همچنین در خاک کانالی جهت حرکت آب ایجاد می کنند که به صورت حفره های لوله مانند در خاک وجود دارند این لوله های خاکی به تصفیه و نفوذ و گسترش رطوبت در طی زمان کمک می کند. این حفرات و لوله های خاکی می توانند فرسایش پیدا کنند و در نهایت جلوی جریان آب را بگیرند در نتیجه یک طغیان آب، شکل می گیرد و در نهایت منجر به شکست شیب می گردد. نقش ریشه ها در پایدارسازی شیب به شدت موضوع مهمی می باشد، به خصوص زمانی که زیرساخت و شالوده زندگی انسان، در معرض خطر باشد. با تمرکز روی تحقیقات و تلاش جهت فهمیدن مکانیزم ریشه ها در پایدارسازی شیب، می توان از مزایای بهره گرفتن از درختان و مابقی گیاهان جهت پایدارسازی شیب به عنوان یک روش جایگزین کم هزینه و دوستدار محیط زیست استفاده کرد.

شکل ۱. گیاه علفی وتیور

^۴ Ter alia by Mishra et al. (1997) and hellin and haig (2002)

^۵ Nilaweera & Nutalaya, 1999

یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senacnf.ir



متدلوژی و کار آزمایشگاهی

تصمیم گیری در استفاده از تجهیزات آزمایش برش مستقیم به این دلیل بود که در دسترس ترین آزمایش موجود جهت ارزیابی پارامترهای مقاومتی خاک و سریع ترین انتخاب، جهت بدست آوردن پارامترهای مقاومتی خاک با بازسازی شرایط آزمایشگاهی بود چرا که استفاده از آزمایش های CBR، تحکیم تک محوری و سه محوری بسیار زمان بر و هزینه بر است و نیازمند کرگیری در محل هست همچنین به دلیل کمبود تجهیزات و کاهش هزینه ها و صرفه جویی در زمان تصمیم به استفاده از آزمایش برش مستقیم کوچک مقیاس و بازسازی شرایط آزمایشگاهی گردید.

نحوه کار به این شکل بود که ابتدا جهت تهیه گیاه وتیور به کناره بزرگراه همت نرسیده به خروجی چمران، مراجعه گردید و پس از کندن گیاه اقدام به خیساندن و قرار دادن ریشه در آب جهت کاهش گل و لای همراه با گیاه نمودیم بعد از انجام این کار اقدام به جدا سازی ریشه گیاه از ساقه گیاه وتیور گردید به نحوی که بعد از جداسازی ریشه ها با رعایت محدودیت های طولی و قطری اقدام به قطعه قطعه کردن ریشه ها کردیم در ادامه بعد از اندازه گیری قطری ریشه ها با کولیس، به جای استفاده از نسبت قطری ریشه به استفاده از نسبت طولی ریشه پرداختیم، چرا که تصمیم بر آن شد که در وقت و هزینه اندازه گیری قطر و طول صرفه جویی شود بنابراین، علاوه بر پر هزینه بودن اندازه گیری نسبت قطری ریشه، زمان اندازه گیری نسبت قطری ریشه نیز طولانی بود، بنابراین به جای استفاده از پارامتر نسبت وزنی ریشه از پارامتر نسبت قطری ریشه استفاده نمودیم، در نهایت با اضافه کردن این ریشه ها به خاک ماسه رس دار توانستیم مخلوط همگنی را جهت اضافه نمودن آب بدست بیاوریم آزمایش های برش مستقیم به تعداد ۳۰ ست انجام گردید که هر ست شامل ۳ وزن مختلف ۳، ۵ و ۷ کیلو گرم بود.

یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senacnf.ir

بعد از انتخاب نحوه انجام کار آزمایش برش مستقیم به این نتیجه رسیدیم که ابتدا نمونه ی ۶ در ۶ در ۲,۵ را وزن کنیم و سپس بعد از اندازه گیری وزن نمونه اقدام به ریختن خاک داخل قالب نمودیم. بنابراین اختلاف وزن نمونه ی با خاک و خاک همگن به ما وزن خاک مخلوط همگن خالص را نشان داد. در نهایت، با داشتن وزن خاک همگن مخلوط خالص، اقدام به انجام آزمایش های برش مستقیم با نسبت های وزنی ریشه ۰، ۱۰، ۲۰ کردیم در ادامه به دلیل زمان بر بودن به استفاده از درصد های رطوبت خشک و بهینه بسنده کردیم و با توجه به اینکه نوع خاک در پروپزال ماسه رس دار انتخاب گردیده بود از ۵ نوع مختلف خاک ماسه خالص، ماسه با ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۱۰۰ درصد رس استفاده گردید. روش کار به این صورت بود که با مقایسه دو روش کر گیری در محل و بازسازی شرایط آزمایشگاهی تصمیم به استفاده از روش دوم گردید چرا که کم هزینه تر و زمان بری کمتری را داشت. در حالی که اگر از روش اول استفاده می شد نتایج دقیق تری بدست می آمد.

بعد از انتخاب متغیر های نسبت وزنی ریشه، درصد رطوبت و درصد بنتونیت تصمیم به بازسازی شرایط آزمایشگاهی و انتخاب سرعت بین ۰,۰۵ تا ۱۰ میلی متر بر دقیقه گردید وزن مخصوص خشک خاک: حدود ۶۰ درصد وزن مخصوص خشک حداکثر انتخاب گردید.

این تحقیق شامل دو بخش اساسی بود که بخش اول این مطالعه مربوط به شناسایی و فهمیدن خواص فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش بود که شامل آزمایش های الک، هیدرومتری و حدود اتربرگ بود و بخش دوم مربوط به آزمایش های مقاوم سازی که شامل تراکم و برش مستقیم می شد. در بخش اول نتیجه شناسایی خاک به شرح زیر بود که ابتدا بین حدود شش مدل مختلف خاک تصمیم به استفاده از ریزدانه ترین نوع ماسه در دسترس، ماسه ۱۶۱ فیروزکوه به عنوان خاک پایه و بین سه مدل مختلف خاک بنتونیت به عنوان افزودنی به جای رس، به توصیه بیشتر محققان در سالهای اخیر و به دلیل داشتن خاصیت پلاستیستگی انتخاب گردید. پس از انتخاب خاک ها، نوبت به انتخاب درصد های اختلاط رسید که با توجه به مقایسه کارهای دیگران و مقایسه درصد های اختلاط گوناگون و اینکه هدف بدست آوردن ماسه-رس دار بود، تصمیم به انتخاب درصدهای اختلاط ۲۵-۳۰-۳۵ گرفته شد، در نهایت جمع بندی نتایج بدست آمده برای شناسایی خاک های انتخابی به شرح زیر بدست آمد.

یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

نتایج بدست آمده و بحث ها :

در نهایت نتایج آزمایش های دانه بندی و اتربرگ به شرح زیر بدست آمد.

جدول 1. خلاصه نتایج بدست آمده از آزمایش های دانه بندی و اتربرگ

D10	0.18	D10	0.1	D10	۰,۱
D30	0.25	D30	0.025	D30	۰,۱۱
D60	0.39	D60	0.04	D60	۰,۲۵
Cc	0.92	Cc	0.15	Cc	۰,۴۶
Cu	2.23	Cu	1.6	Cu	۲,۴۸
LL	-	LL	123	LL	۳۷
PL	-	PL	52	PL	۲۵
PI	-	PI	71	PI	۱۲
ماسه ۱۶۱ فیروزکوه	SP-NP	بنتونیت جایگزین رس شده	MH-CH	خاک مخلوط ماسه با ۲۵ درصد بنتونیت	SM-ML-CL
D10	0.1	D10	۰,۱		
D30	0.08	D30	0.2		
D60	0.25	D60	0.24		

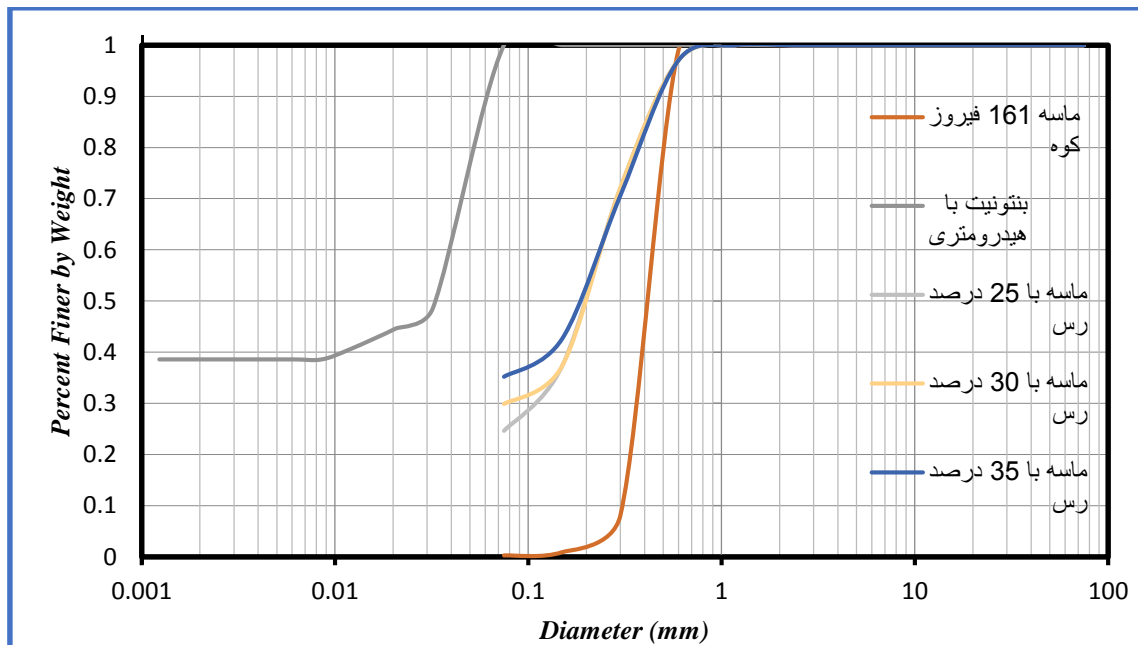
یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

Cc	0.24	Cc	0.02
Cu	2.48	Cu	2.43
LL	38	LL	39.5
PL	23	PL	22
PI	15	PI	17.5
خاک مخلوط ماسه با ۳۰ درصد بنتونیت	SC-CL	خاک مخلوط ماسه با ۳۵ درصد بنتونیت	SC-CL

نتایج دانه بندی ۵ نوع مختلف خاک که در آزمایشگاه دانشگاه تهران مرکزی شکل گرفت به شرح زیر بدست آمد :



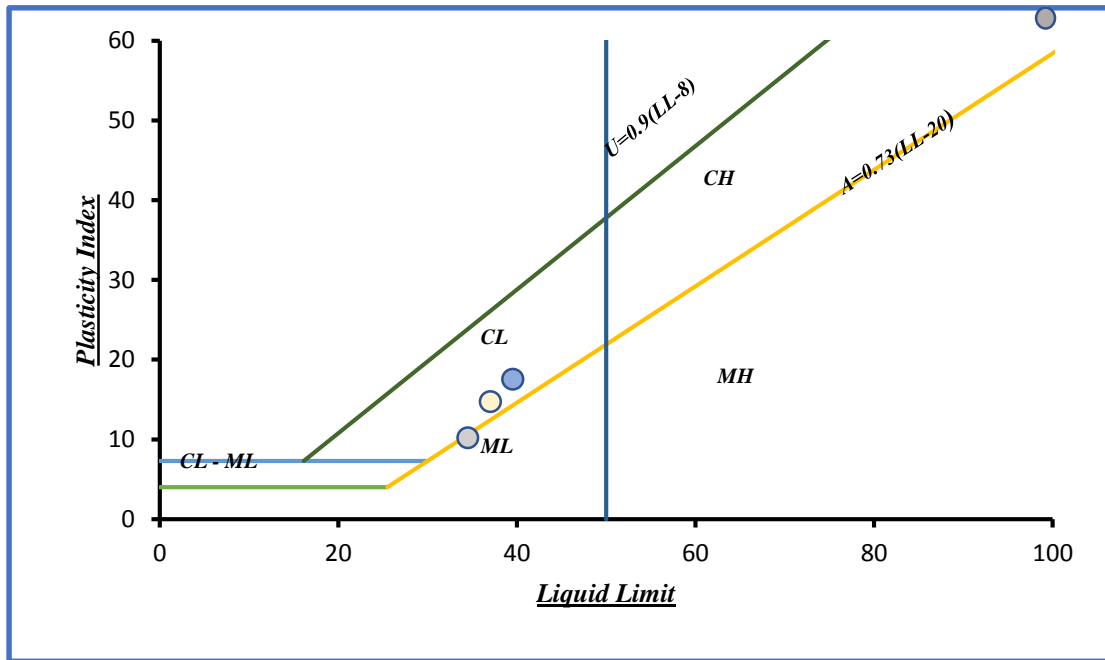
نمودار 1. نتایج دانه بندی خاک های مختلف (۵ نمونه خاک)

لازم به ذکر است که آزمایش اتربرگ روی ماسه ۱۶۱ فیروز کوه انجام شد ولی از آنجاییکه این خاک به اندازه کافی ریز نبود حتی با درصدهای رطوبت حداقل ۲۰ درصد در این خاک خاصیت پلاستیستگی به وجود نیامد، و به دلیل درشت دانه بودن خاک از ارائه جمع بندی نتایج برای این خاک صرف نظر گردید در نهایت نتایج بدست آمده برای حد روانی را با برازش خطی انجام شده برای چهار نوع مختلف خاک ماسه، خاک های مخلوط ماسه با ۲۵ درصد بنتونیت، ماسه با ۳۰ درصد بنتونیت و ماسه با ۳۵ درصد بنتونیت مشاهده می فرمایید:

یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

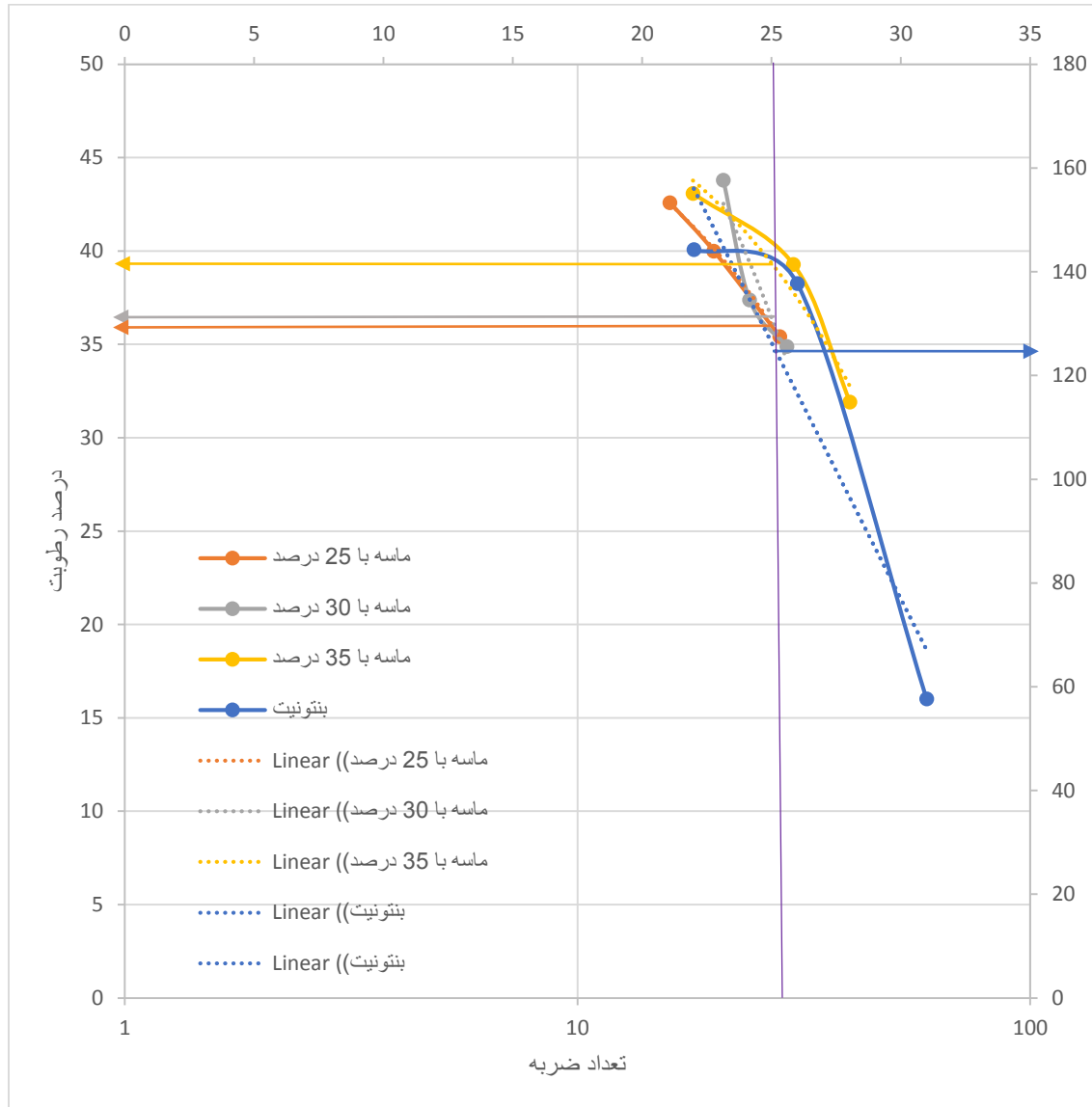


نمودار 2. نتایج نمودار اتربرگ برای ۵ نوع خاک

یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senacnf.ir

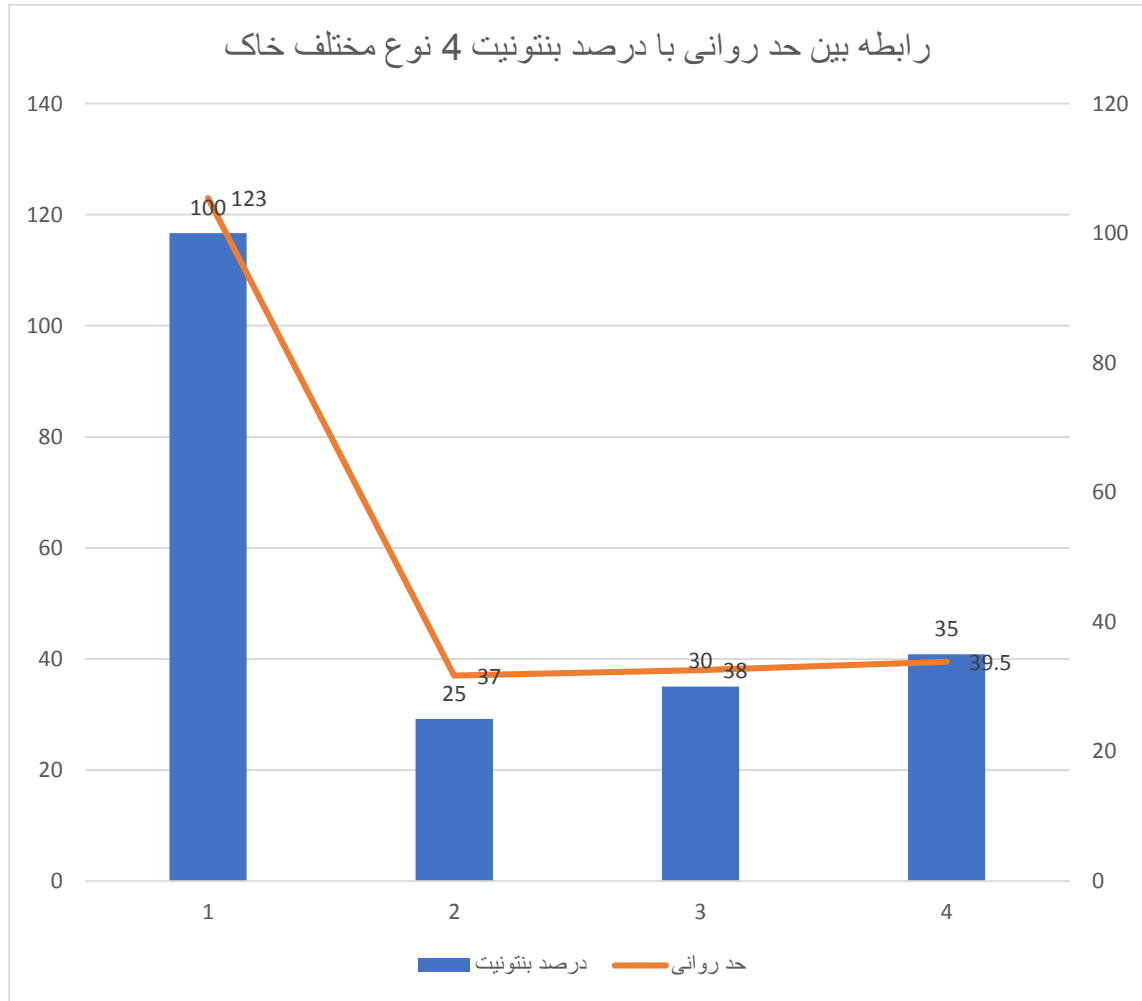


نمودار 3. نتایج حدود اتربرگ برای 4 نوع مختلف خاک

یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senacnf.ir



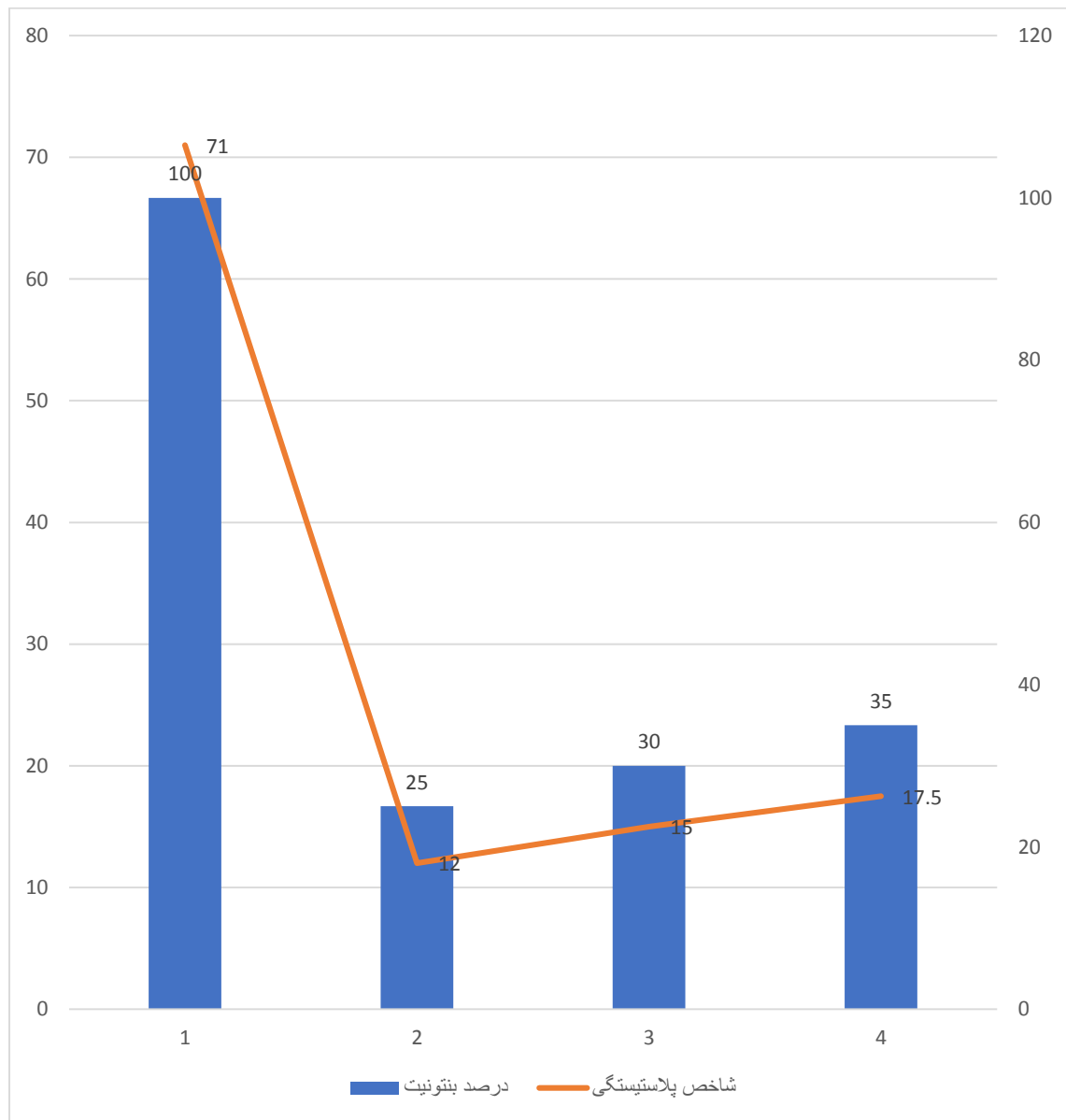
نمودار ۴. رابطه بین حد روانی با درصد بنتونیت ۴ نوع مختلف خاک

یک نتیجه دیگر که از انجام آزمایش اتربرگ در این تحقیق بدست آمد، این بود که با افزایش بنتونیت، حد روانی انواع ۳ نوع خاک مخلوط افزایش پیدا کرد به عبارتی بین درصد بنتونیت و حد روانی یک رابطه مستقیم در خاک های مخلوط با خاک پایه ماسه، برقرار گردید به نحوی که حد روانی خاک از ۳۷ به ۳۹٫۵ برای خاک های مخلوط با درصد های ۲۵ تا ۳۵ رسید که این خود بیانگر افزایش ۶٫۷ درصدی حد روانی به ازای افزایش ۱۰ درصدی بنتونیت در خاک پایه بود. همچنین می توان رابطه بین درصد بنتونیت و شاخص پلاستیسته خاک را نیز اینگونه رسم کرد.

یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senacnf.ir



نمودار ۵. رابطه بین درصد بنتونیت با شاخص پلاستیسیته

نتیجه که از نمودار بالا می توان مشابه نمودار قبل گرفت این است که بین درصد بنتونیت و شاخص پلاستیسیته نیز یک رابطه مستقیم وجود دارد و به نحوی که شاخص پلاستیسیته خاک از ۱۲ به ۱۷٫۵ رسید که این خود بیانگر افزایش ۴۵٫۸ درصدی به ازای افزایش ۱۰ درصدی بنتونیت است. بنابراین بعد از پایان یافتن نتایج بدست آمده در راستای شناسایی خاک اکنون به خلاصه نتایج آزمایش های مقاوم سازی خاک می پردازیم.

یازدهمین کنگره ملی سراسری
فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senacnf.ir

یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

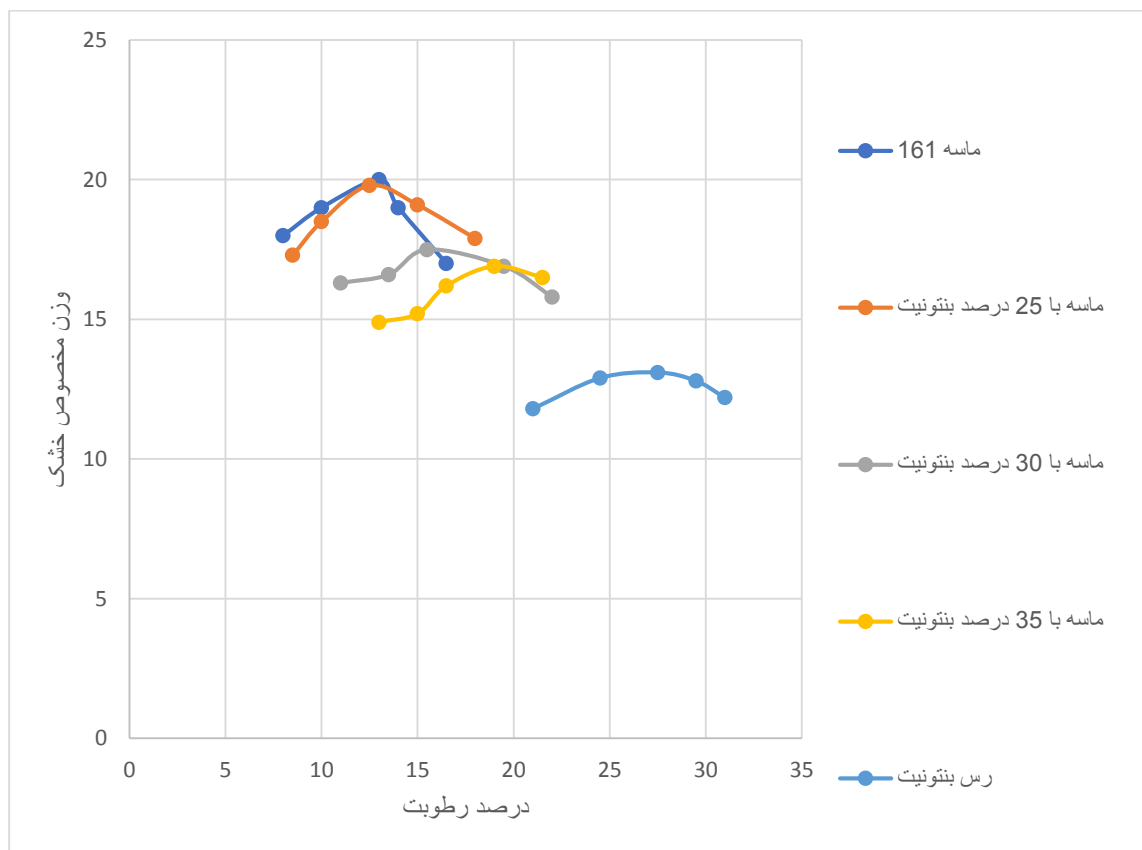
senacnf.ir

ابتدا به رسم جدولی از نتایج بدست آمده برای انواع خاک در آزمایش تراکم می پردازیم.

جدول ۲. نتایج به دست آمده برای انواع خاک در آزمایش تراکم

نوع خاک	درصد رطوبت بیهنه	وزن مخصوص خشک ماکزیمم
ماسه ۱۶۱ فیروزکوه	۱۱,۵	۲,۰۳
ماسه با ۲۵ درصد بنتونیت	۱۲,۵	۱۹,۸
ماسه با ۳۰ درصد بنتونیت	۱۷	۱۷,۷
ماسه با ۳۵ درصد بنتونیت	۱۹	۱۶,۹
بنتونیت	۲۷,۵	۱۳,۱

خروجی بدست آمده از آزمایش تراکم را در غالب نمودار زیر برای ۵ نوع مختلف خاک ارائه می دهیم.



یازدهمین کنگره ملی سراسری
فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senacnf.ir

نمودار ۶. نتایج آزمایش تراکم برای ۵ نوع مختلف خاک

یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

در نهایت نتایج آزمایش برش به صورت جدول به صورت زیر بدست آمد:

جدول ۳. نتایج آزمایش برش

شماره نمونه	درصد ماسه	درصد بنتونیت	نسبت وزنی ریشه (درصد)	وزن مخصوص خشک ماکزیمم (gr/cm ³)	درصد رطوبت	چسبندگی بر حسب کیلونیوتن بر متر مربع	زاویه اصطکاک داخلی بر حسب درجه
set 1	100	0	0	2.03	0	2	44
set 2	100	0	0	2.03	11.5	11	43
set 3	100	0	10	2.03	0	23	42
set 4	100	0	10	2.03	11.5	24	37
set 5	100	0	20	2.03	0	27	37
set 6	100	0	20	2.03	11.5	32	36
set 7	75	25	0	1.98	0	31	40
set 8	75	25	0	1.98	12.5	21	42
set 9	75	25	10	1.98	0	63	34
set 10	75	25	10	1.98	12.5	60	36
set 11	75	25	20	1.98	0	78	34
set 12	75	25	20	1.98	12.5	67	34
set 13	70	30	0	1.77	0	38	39
set 14	70	30	0	1.77	17	57	39
set 15	70	30	10	1.77	0	75	32
set 16	70	30	10	1.77	17	80	30
set 17	70	30	20	1.77	0	89	32
set 18	70	30	20	1.77	17	93	30

یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senacnf.ir

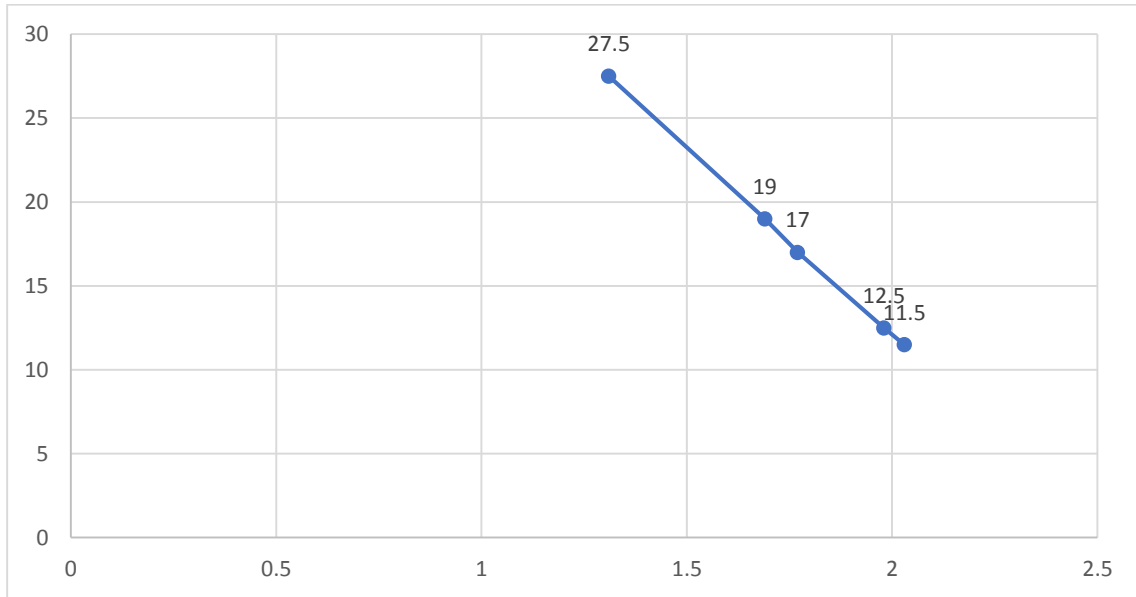
set 19	65	35	0	1.69	0	39	35
set 20	65	35	0	1.69	19	63	34
set 21	65	35	10	1.69	0	78	32
set 22	65	35	10	1.69	19	83	31
set 23	65	35	20	1.69	0	90	26
set 24	65	35	20	1.69	19	91	29
set 25	0	100	0	1.31	0	76	17
set 26	0	100	0	1.31	27.5	85	15
set 27	0	100	10	1.31	0	101	22
set 28	0	100	10	1.31	27.5	110	18
set 29	0	100	20	1.31	0	131	26
set 30	0	100	20	1.31	27.5	142	24

از آنجاییکه در فصل چهارم به طور مفصل این نتایج استدلال و تشریح گردیده است در این فصل فقط به جمع آوری نتایج کلی و جمع بندی اکتفا می گردد:

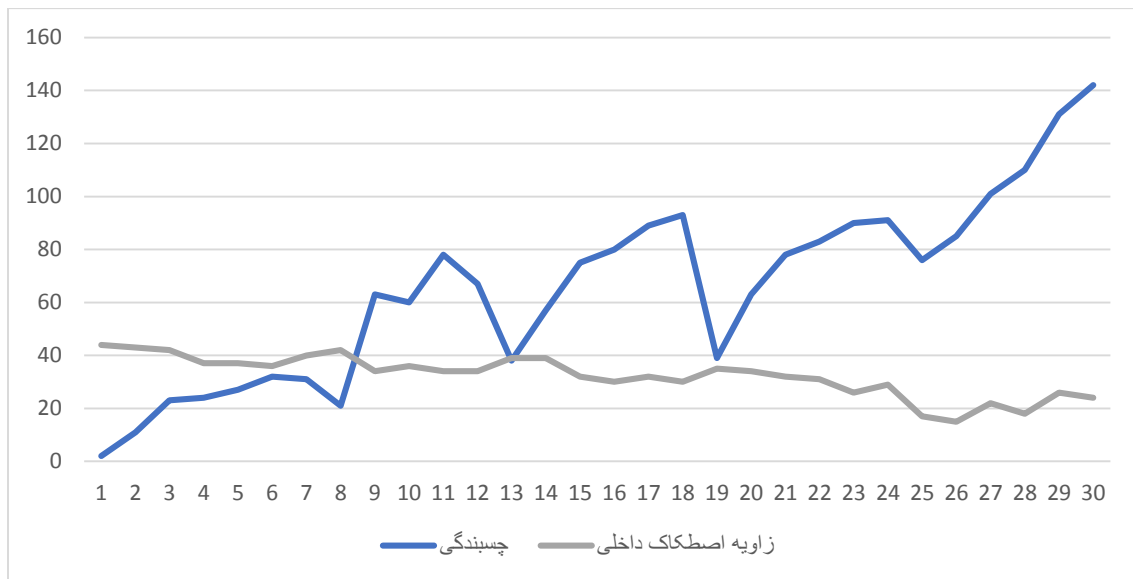
یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senacnf.ir



نمودار ۷. رابطه بین درصد رطوبت بهینه با وزن مخصوص خشک ماکزیمم



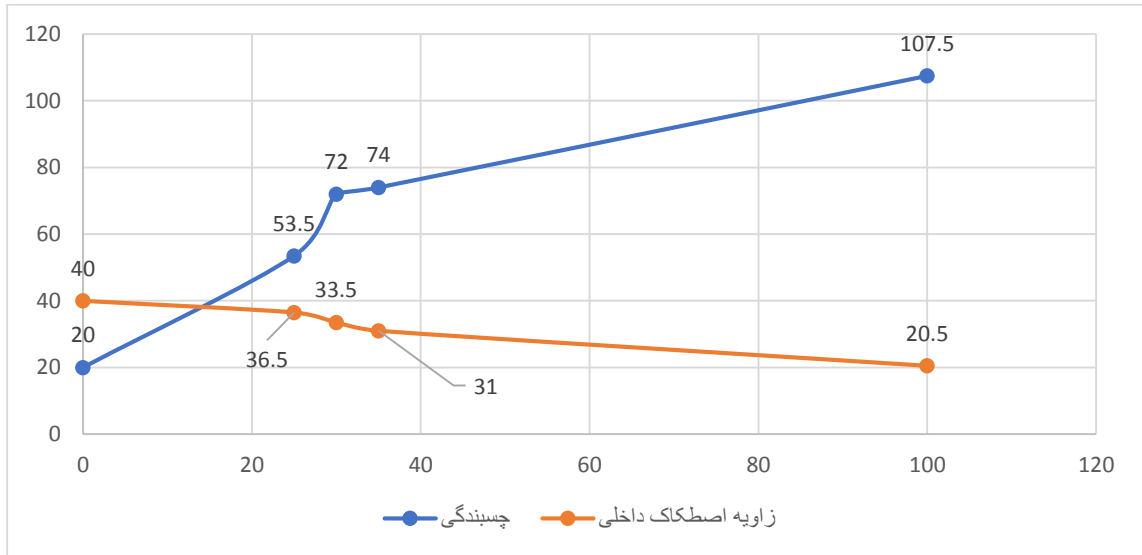
نمودار ۸. رابطه بین چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی

در ادامه به روند تاثیرگذاری ۳ پارامتر اصلی این پایان نامه روی پارامترهای مقاومتی خاک (چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی) می پردازیم:

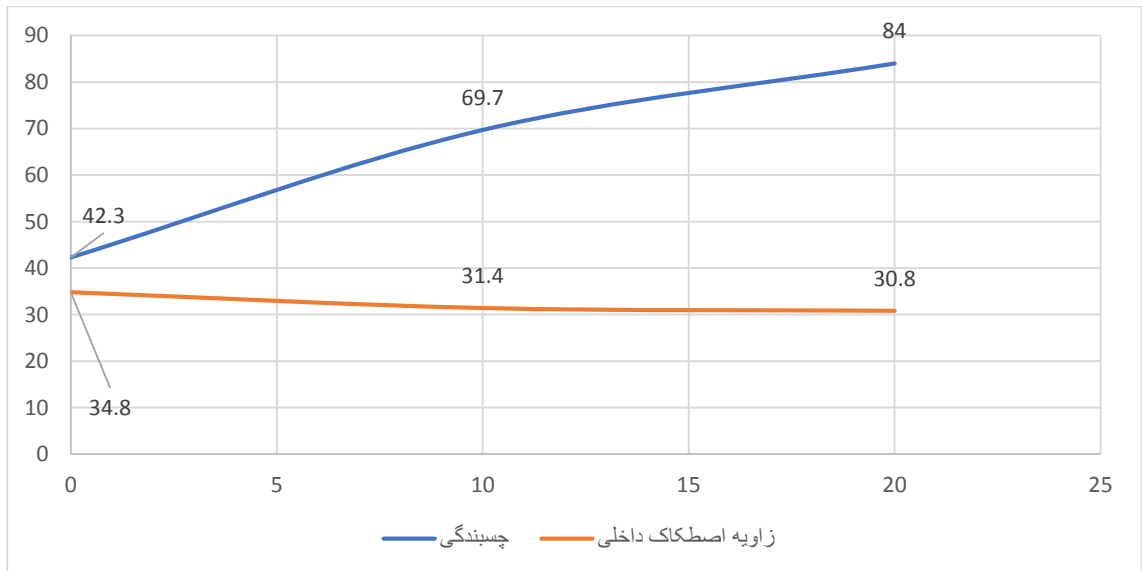
یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir



نمودار ۹. رابطه بین درصد بنتونیت با پارامترهای مقاومتی خاک

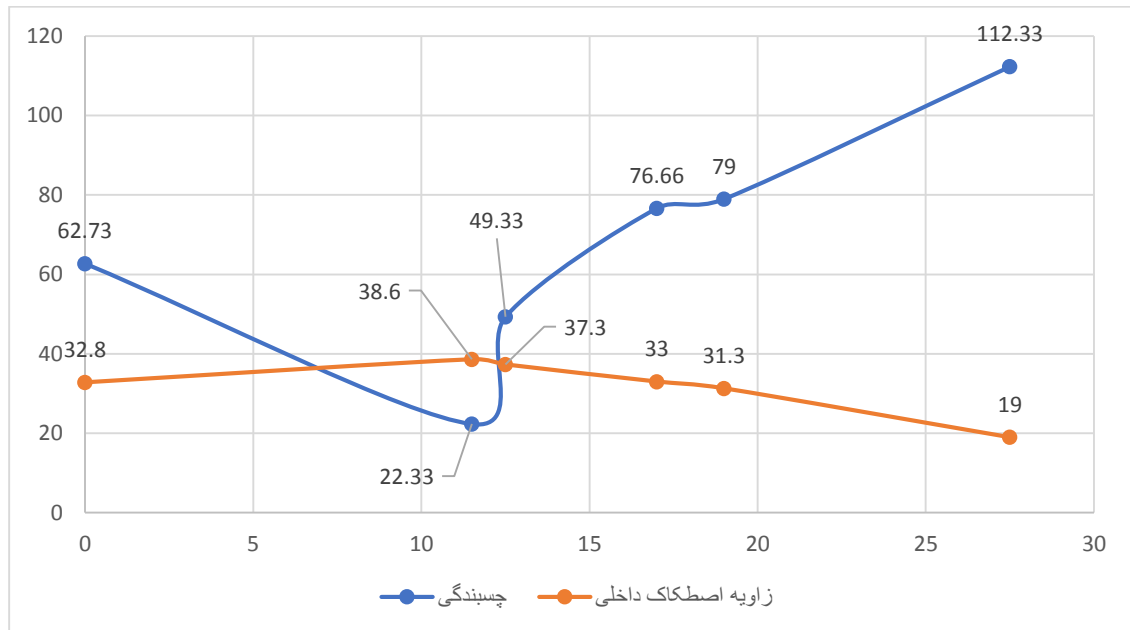


نمودار ۱۰. رابطه بین نسبت وزنی ریشه با پارامترهای مقاومتی خاک

یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

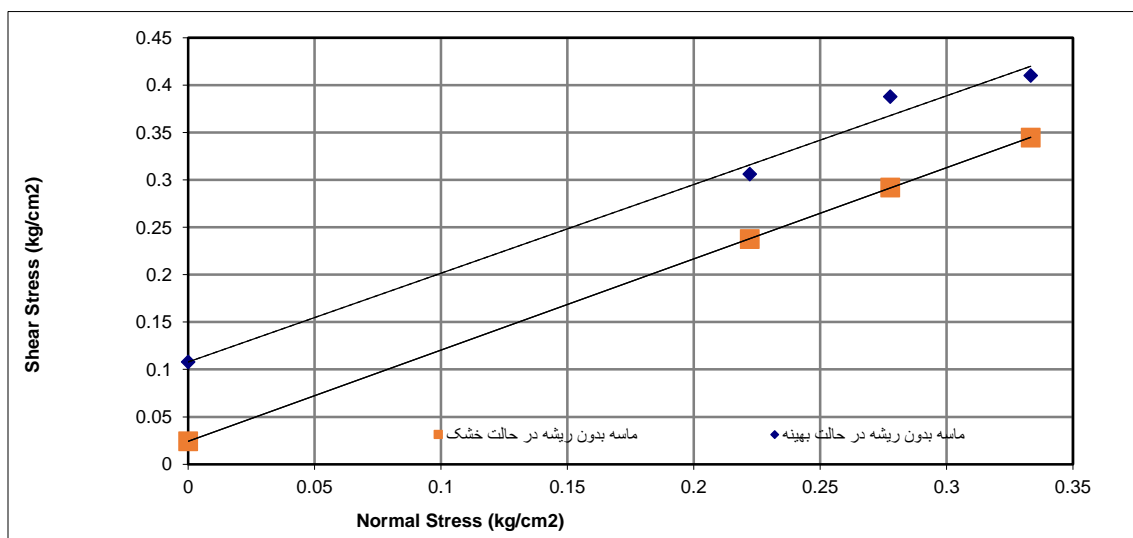
senacnf.ir



نمودار ۱۱. رابطه بین درصد رطوبت با پارامترهای مقاومتی خاک

لازم به ذکر است در تهیه گراف های بالا از میانگین چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی استفاده گردیده است، همانطوری که مشاهده گردید تقریباً هر سه پارامتر درصد بنتونیت، نسبت وزنی ریشه و درصد رطوبت باعث تقویت چسبندگی و کاهش زاویه اصطکاک داخلی خاک می گردد. در نهایت به بررسی نتایج برش به طور جزئی تر می پردازیم.

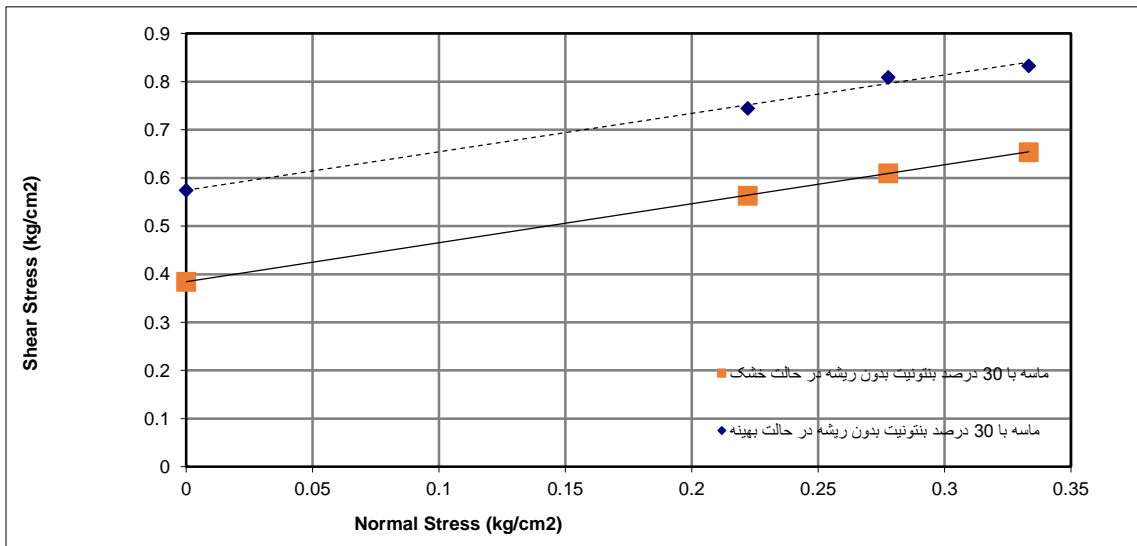
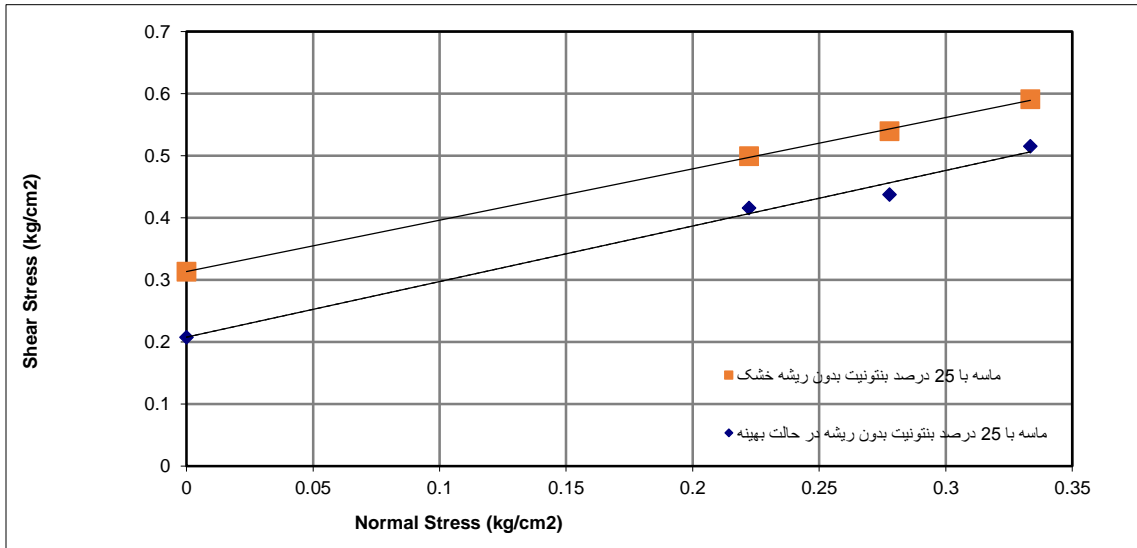
برای ست اول که شامل انواع خاک با نسبت وزنی ریشه صفر درصد بود و درصد رطوبت خشک و بهینه داشت نتایج به شرح زیر بدست آمد.



یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

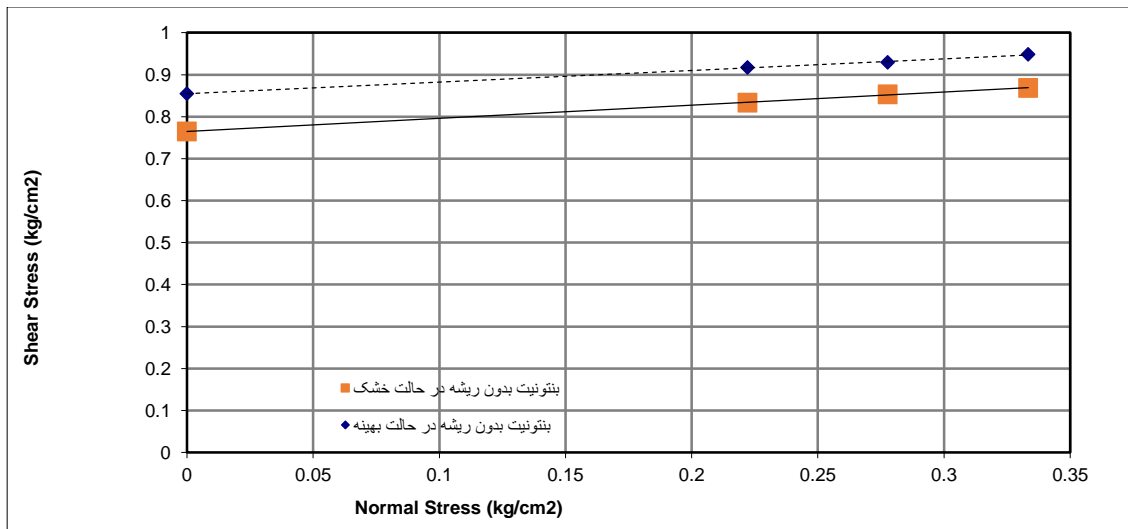
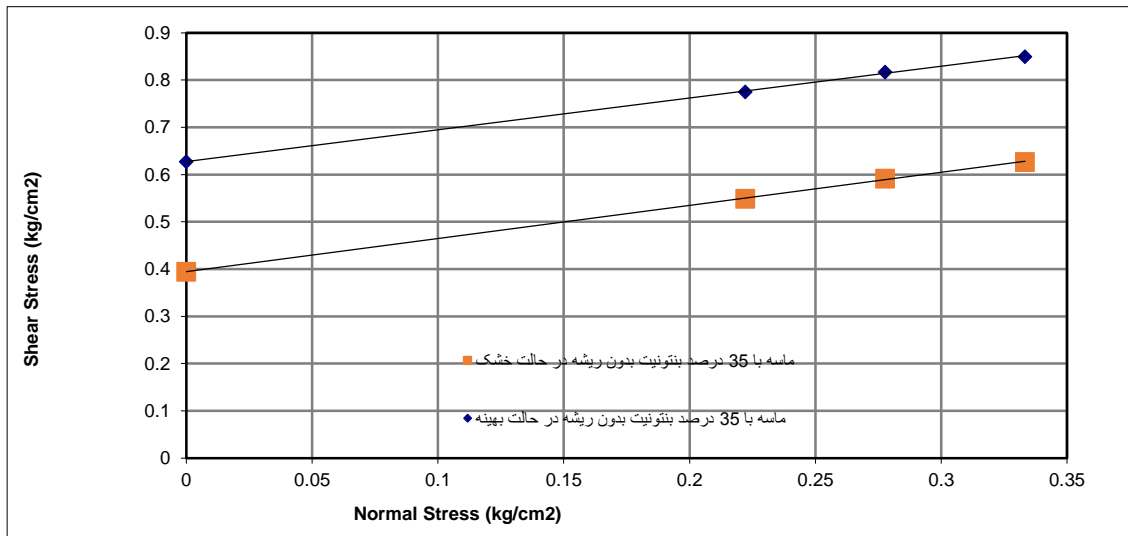
senaconf.ir



یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir



نمودار ۱۲. بررسی نتایج ست اول

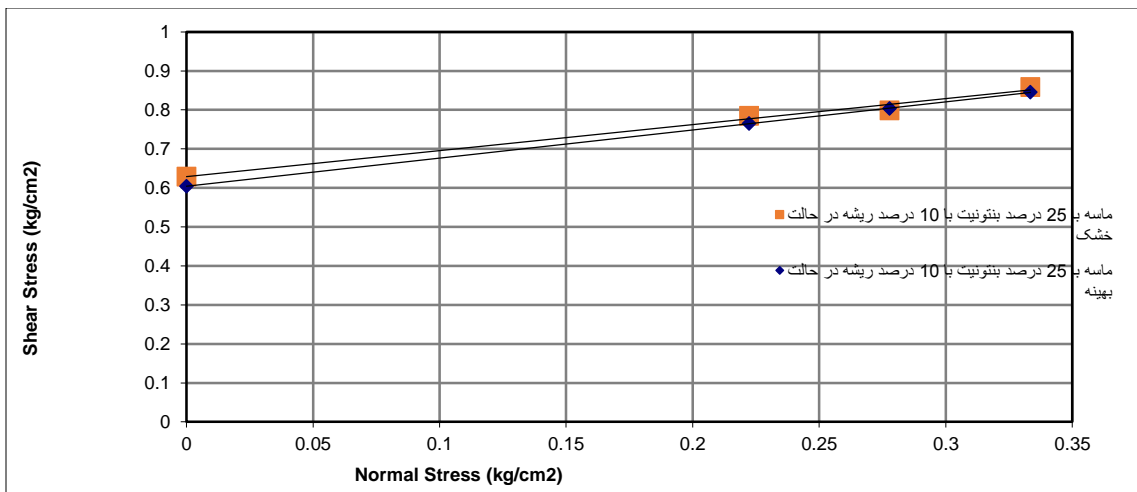
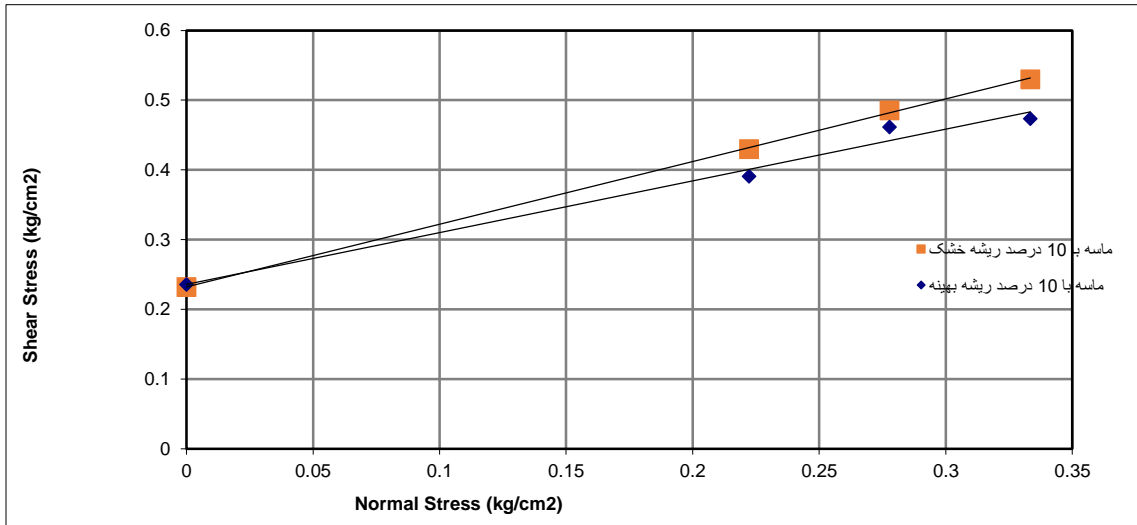
همانطور که در نمودارهای بالا مشاهده می شود در ست اول برای ۴ نوع خاک (ماسه، ماسه با ۳۰ درصد، ماسه با ۳۵ درصد و بنتونیت هر چه میزان رطوبت افزایش پیدا می کند چسبندگی نیز به تابع آن افزایش می یابد) تنها خاکی که از این قضیه در حالت بدون ریشه مستثنی بود خاک ماسه با درصد رطوبت ۲۵ درصد بود.

در ادامه به تشریح نتایج استخراج شده از ست دوم می پردازیم:

یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

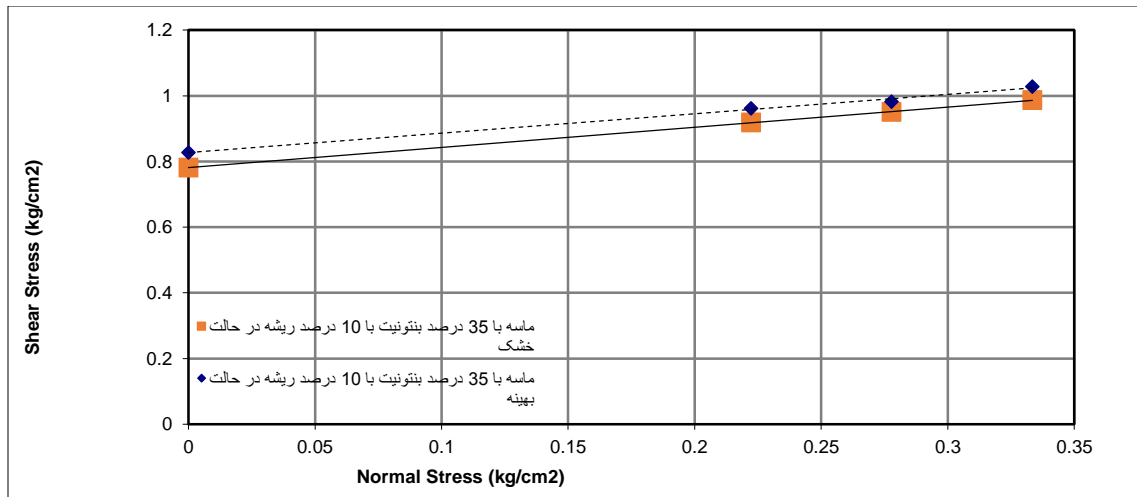
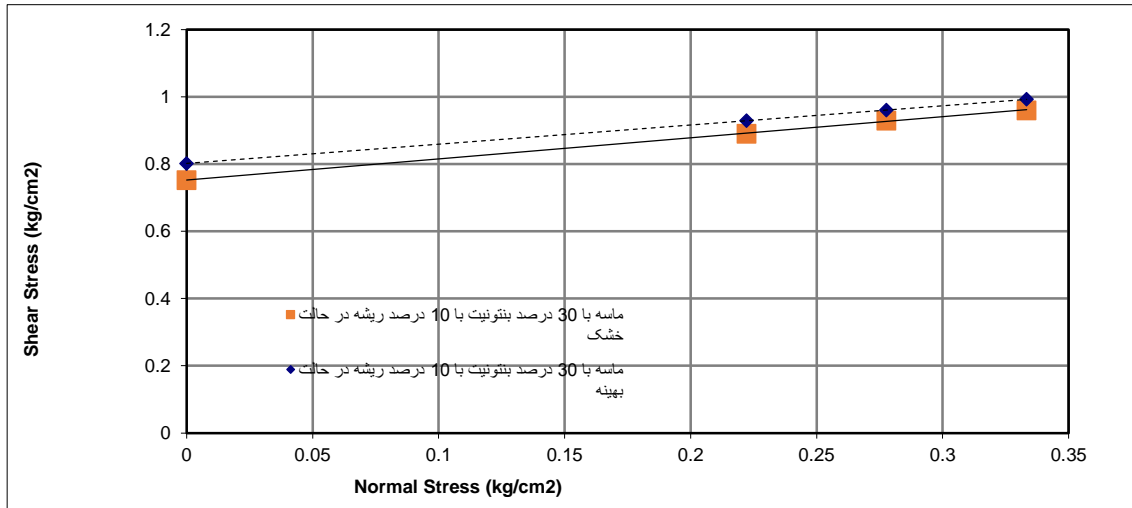
senacnf.ir



یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

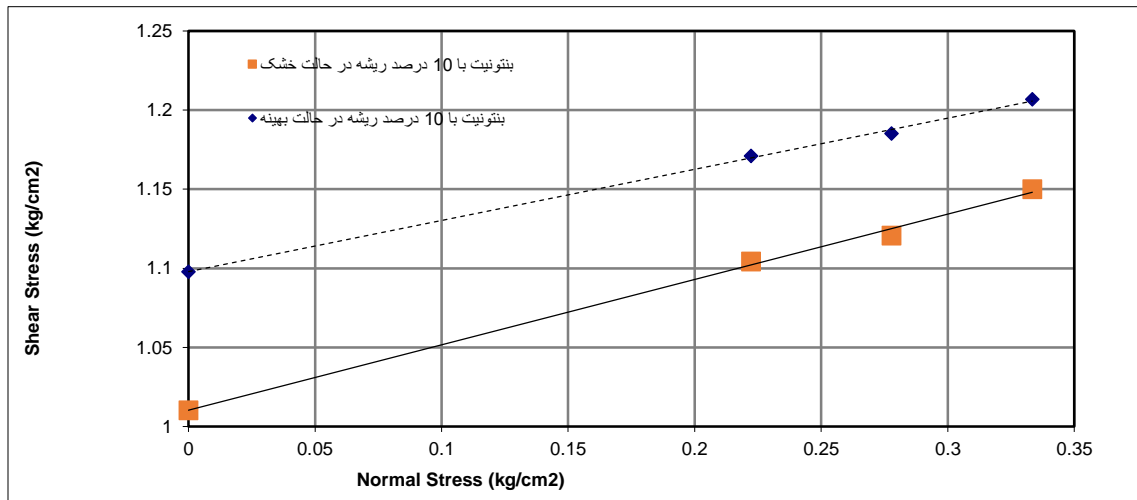
senacnf.ir



یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

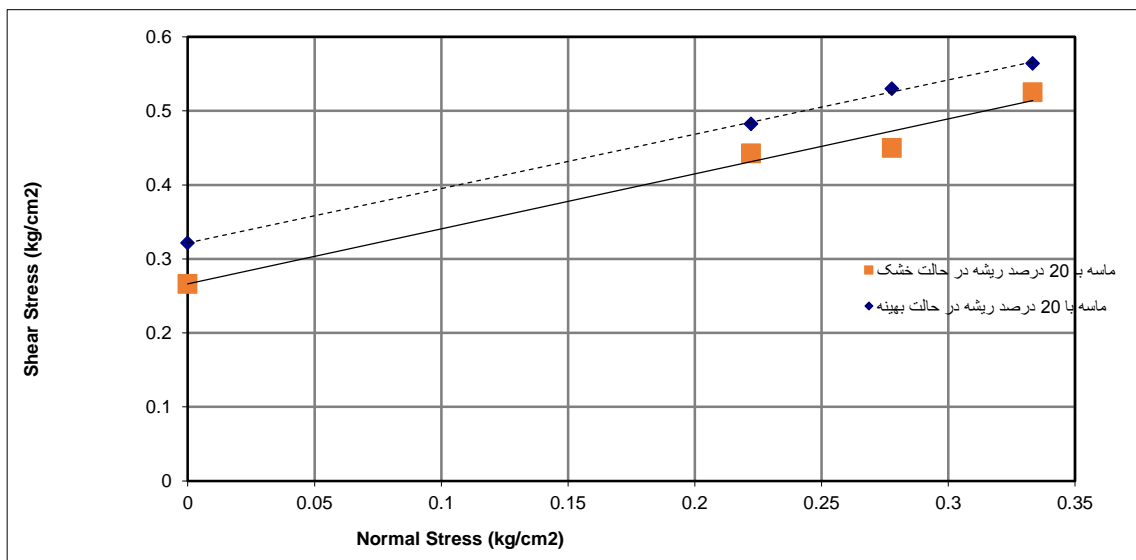
senacnf.ir



نمودار ۱۳. بررسی نتایج ست دوم

درست دوم نیز همان نتایج ست اول تکرار گردید و بنابراین نشان می دهد که نسبت وزنی ریشه تاثیر در درصد رطوبت خاک ندارد و این دو، دو پارامتر مستقل از هم می باشند.

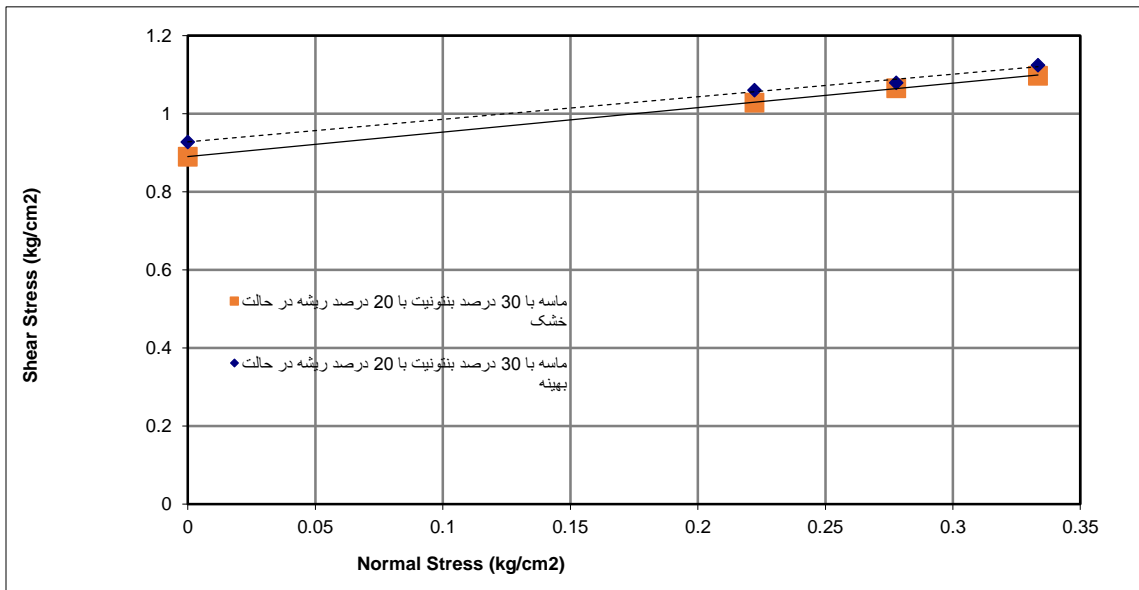
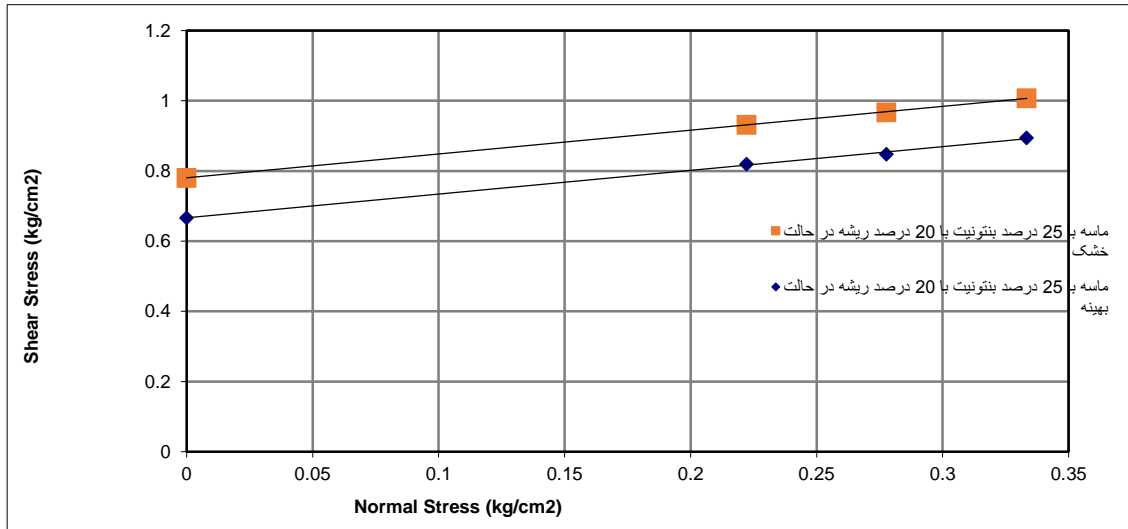
در ادامه به بررسی نتایج ست سوم می پردازیم:



یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

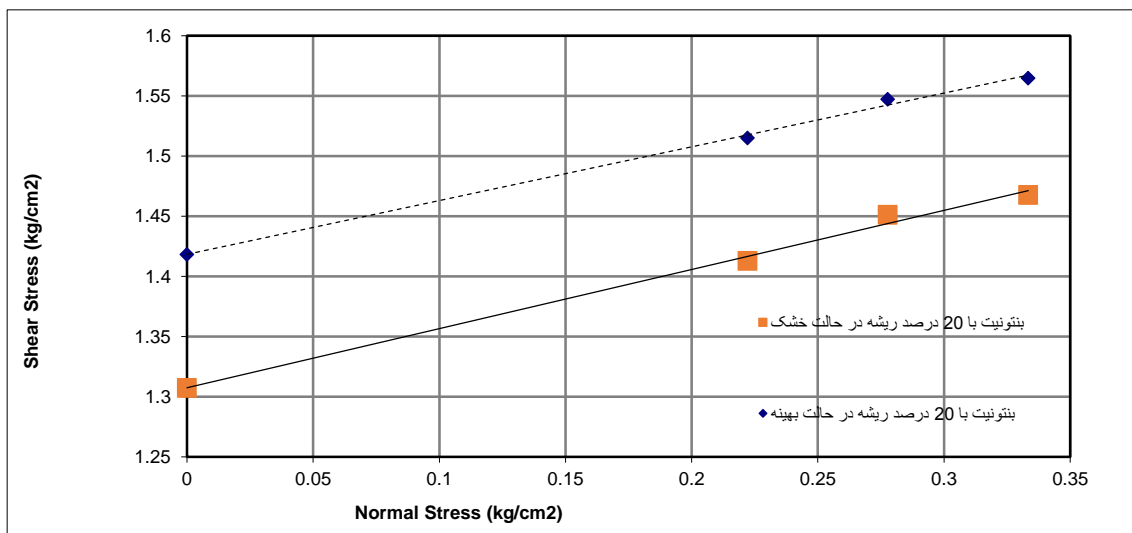
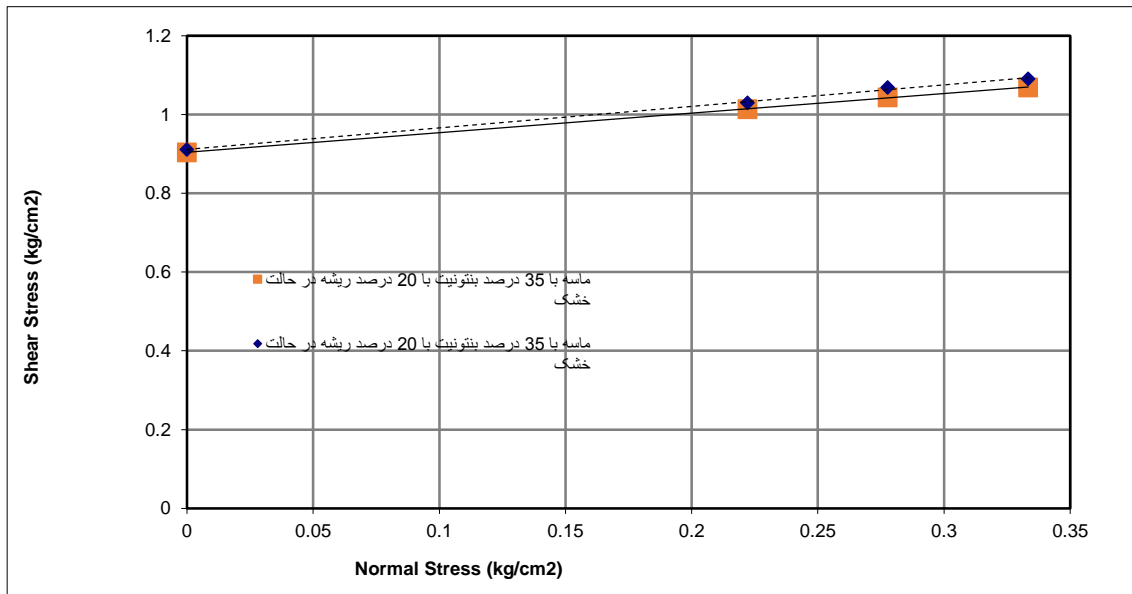
senacnf.ir



یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senacnf.ir



نمودار ۱۴. بررسی نتایج ست سوم

از نتایج ست سوم نیز تاثیر درصد رطوبت همانند دو ست اول تکرار گردید که این نتیجه خود اثبات کننده مستقل بودن رابطه درصد رطوبت با نسبت وزنی ریشه است، اگرچه که از این حقیقت نمی توان گذر کرد که هر سه پارامتر درصد بنتونیت، نسبت وزنی ریشه و درصد رطوبت در واقعیت و کار عملی روی یکدیگر در محل تاثیر گذارند به این ترتیب که هر چه ریشه در خاک بیشتر باشد به دلیل وجود خاصیت جذب آب هم در بنتونیت و هم در ریشه، رطوبت موجود در خاک را کاهش می دهد علاوه بر این بنتونیت خاصیت جذب آب بالایی دارد، ذکر این نکته که یک رابطه غیر مستقیم بین چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی در طول بررسی نتایج وجود داشت نیز خالی از لطف نیست.

یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senacnf.ir

۵-۲ نتیجه گیری نهایی :

با بررسی نتایج آزمایش های شناسایی و مقاومتی خاک نتایج مهم زیر استخراج می شود:

- ۱- درصد اختلاط بهینه به منظور بدست آوردن ماسه-رس دار و ایجاد یک خاصیت پلاستیسته در خاک ماسه ۱۶۱ فیروزکوه، درصدهای اختلاط ۲۵-۳۰-۳۵ درصد بنتونیت است.
- ۲- افزودن بنتونیت به خاک پایه ماسه باعث ایجاد توزیع دانه بندی گسترده تر، افزایش حدود روانی، شاخص پلاستیک، چسبندگی، زمان ۵۰ درصد تحکیم، شاخص تورم می شود.
- ۳- افزودن بنتونیت به خاک پایه ماسه همچنین باعث کاهش ضریب نفوذپذیری، ضریب تحکیم، دانسیته خشک حداکثر، ظرفیت باربری و زاویه اصطکاک داخلی خاک می گردد.
- ۴- افزودن مقادیر مختلف بنتونیت ۰-۲۵-۳۰-۳۵ درصد به خاک پایه ماسه به طور میانگین باعث بدست آمدن نتایج چسبندگی به ترتیب به میزان ۲۰-۵۳-۵۳-۷۲-۷۴-۱۰۷ کیلوپاسگال و زاویه اصطکاک داخلی به اندازه ۲۰-۳۶-۳۳-۳۱-۳۰٫۵ درجه گردید.
- ۵- افزودن نسبت های مختلف وزنی ریشه از ۰-۱۰-۲۰ درصد به خاک پایه ماسه به طور میانگین باعث افزایش چسبندگی به میزان ۳-۴۲-۶۹-۸۴ کیلوپاسگال و کاهش زاویه اصطکاک داخلی ۸-۳۱-۴-۳۴-۳۰٫۸ درجه گردید.
- ۶- افزودن درصدهای رطوبت بهینه برای انواع خاک ماسه، ماسه با ۲۵ درصد بنتونیت، ماسه با ۳۰ درصد بنتونیت، ماسه با ۳۵ درصد بنتونیت و بنتونیت به ترتیب باعث بدست آمدن مقادیر ۶۲-۷۳-۲۲-۳۳-۲۲-۴۹-۳۳-۷۶-۷۹-۱۱۲ کیلوپاسگال برای چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی به اندازه های ۸-۳۲-۳۸-۳۷-۳۳-۳۱-۱۹ درجه تغییر یافت.
- ۷- بهینه ترین حالت بین ۳۰ ست آزمایش برش مستقیم از نظر داشتن چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی خوب، درصد اختلاط ۶۵-۳۵ ماس-بنتونیت با نسبت وزنی ریشه ۱۰ درصد و در حالت خشک بود که چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی آن به ترتیب ۷۸ کیلوپاسگال و ۳۲ درجه بدست آمد.
- ۸- تاثیرگذارترین پارامتر بین سه پارامتر متغیر در این پایان نامه برای چسبندگی به ترتیب درصد بنتونیت، درصد رطوبت و نسبت وزنی ریشه بوده است و برای زاویه اصطکاک داخلی به ترتیب درصد بنتونیت، درصد رطوبت و نسبت وزنی ریشه بدست آمد.
- ۹- پارامتر های درصد بنتونیت و نسبت وزنی ریشه، چسبندگی را افزایش دادند و در مورد درصد رطوبت این نتیجه بدست آمد که ابتدا چسبندگی کاهش یافت و سپس مجدد بعد از درصد اختلاط ۲۵ درصد افزایش یافت.
- ۱۰- پارامتر درصد بنتونیت، زاویه اصطکاک داخلی را ابتدا تا ۲۵ درصد اختلاط افزایش داد و سپس کاهش داد در مورد افزایش نسبت وزنی ریشه زاویه اصطکاک داخلی کاهش پیدا کرد و در نهایت بین رطوبت با زاویه اصطکاک داخلی یک رابطه غیر مستقیم بدست آمد.
- ۱۱- در غالب آزمایشات صورت گرفته رابطه بین چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی یک رابطه غیر مستقیم بود.

یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

۱۲- در غالب آزمایشات، رابطه بین درصد رطوبت بهینه و وزن مخصوص خشک ماکزیمم نیز یک رابطه غیر مستقیم بدست آمد.

منابع

1. Hytiris, N.; Fraser, M.; Mickovski SB. Enhancing slope stability with vegetation. 2015, Int. J. of GEOMATE, Vol. 9, No. 2, pp: 1477- 1482.
2. Nicholas Hytiris MFaSBM. ENHANCING SLOPE STABILITY WITH VEGETATION. 2015;9:1477-82.
3. Bláhová, K.; Ševelová, L.; Pilařová, P. Influence of water content on the shear strength parameters of clayey soil in relation to stability analysis of a hillside in Brno region. 2013, Acta Universitatis Agriculturae Et Silviculturae Mendelianae Brunensis, 61(6):1583-8.
4. Dafalla M.A. Effects of Clay and Moisture Content on Direct Shear Tests for Clay-Sand Mixtures. 2013, Advances in Materials Science and Engineering.
5. Schmidt, K.; Roering, J.; Stock, J.; Dietrich, W.; Montgomery D.R.; Schaub, T. The variability of root cohesion as an influence on shallow landslide susceptibility in the Oregon Coast Range, 2001, Canadian Geotechnical Journal, 38(5):995-1024.
6. Roy, S.; Dass G. Statistical models for the prediction of shear strength parameters at Sirsa, India, 2014, International Journal of Civil and Structural Engineering, 4(4):483-98.
7. Maffra, Ch.; Sousa, R.; Sutili, F.; Pinheiro, R. The Effect of Roots on the Shear Strength of Texturally Distinct Soils, 2019, Floresta e Ambiente. [online]. 26(3).
8. Foster, M.; Fell, R.; Spannagle M. The statistics of embankment dam failures and accidents, 2000, Canadian Geotechnical Journal, 37(5):1000-24.
9. Sima N, Harsulescu A. The use of bentonites for sealing earth dams, 1979, L'emploi de la bentonite pour le colmatage des barrages de terre, 20(1):222-6.
10. Mishra, A.K.; Ohtsubo, M.; Li, L.Y.; Higashi, T. Evaporites. Influence of the Bentonite on the Consolidation Behaviour of Soil- Bentonite Mixtures, 2010, Bioproduction Environmental Sciences, 25(1): 43-9.
11. Ameta, N.; Wayal, A.S. Effect of bentonite on permeability of dune sand, 2008, EJGE, Vol. 13: 1-7.
12. Gueddouda, M.K.; Lamara, Md.; Aboubaker, N.; Taibi, S. Hydraulic conductivity and shear strength of dune sand-bentonite mixtures, 2008, EJGE, Vol. 13: 1-15.

یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senacnf.ir

13. Culshaw, M.; Duncan, S.; Sutarto, NR. Engineering geological mapping of the Banda Aceh alluvial basin, Northern Sumatra, Indonesia, 1979, Bulletin of the International Association of Engineering Geology, 19(1): 40-7.
14. Cazzuffi, D.; Corneo, A.; Crippa, E. Engineering G. Slope stabilisation by perennial “gramineae” in Southern Italy: plant growth and temporal performance, 2006, Geotechnical and Geological Engineering, 24(3): 429-47.
15. Chirico, G.B.; Borga, M.; Tarolli, P.; Rigon, R.; Preti, F. Role of vegetation on slope stability under transient unsaturated conditions, 2013, Procedia Environmental Sciences, 19: 932-41.
16. Nicholas Hytiris MFaSBM. ENHANCING SLOPE STABILITY WITH VEGETATION. 2015;9:1477-82.
17. Mickovski, S.B.; Van Beek, L.P.H.; Salin, F. Uprooting of vetiver uprooting resistance of vetiver grass (*Vetiveria zizanioides*), 2005, Plant and Soil, 278(1-2): 33-41.
18. Hytiris N, Fraser M, Mickovski SBJJoG. Enhancing slope stability with vegetation. 2015;9(18):1477-82.
۱۹. غلامی، لیلا؛ کریمی، نبیه؛ کاویان، عطا... . روش‌های مهندسی زیستی خاک استفاده شده در مدیریت آب و تثبیت شیب‌های تند، ۱۳۹۶، ۴(۱): ۱۴۹ - ۶۲.
20. Chirico GB, Borga M, Tarolli P, Rigon R, Preti FJPES. Role of vegetation on slope stability under transient unsaturated conditions. 2013;19:932-41.
21. Mickovski S, van Beek LH, Salin FJP, Soil. Uprooting of vetiver uprooting resistance of vetiver grass (*Vetiveria zizanioides*). 2005;278(1-2):33-41.
22. Ip, J. The Role of Roots in Slope Stability. 2011.
23. Budhu, M. soil mechanics and foundations, (With CD): John Wiley & Sons; 2008.
24. Schmidt, KM.; Roering, J.J.; Stock, J.D.; Dietrich, W.E.; Montgomery, D.R.; Schaub, T. The variability of root cohesion as an influence on shallow landslide susceptibility in the Oregon Coast Range, 2001, Canadian Geotechnical Journal, 38(5): 995-1024.
25. Schwarz, K.; Filipiak, W.; Amann, A. Determining concentration patterns of volatile compounds in exhaled breath by PTR-MS, 2009, Journal of Breath Research, 3(2): 027002.
26. Greenwood JR, Norris J, Wint JJPotIoCE-GE. Assessing the contribution of vegetation to slope stability. 2004;157(4):199-207.
27. Sambasivarao KV. Quantifying The Role of Vegetation in Slope Stability 2015.
28. Cazzuffi D, Corneo A, Crippa E, Engineering G. Slope stabilisation by perennial “gramineae” in Southern Italy: plant growth and temporal performance. 2006;24(3):429-47.

ⁱ Mitsch W.J., 1998. Ecological Engineering – The 7-year itch. Ecological Engineering. 10, pp119-130