بسم الله الرحمن الرحيم

پردیس خوارزمی

رشته مهندسی عمران گرایش خاک و پی

پایان نامه کارشناسی ارشد

بررسی خاکهای مسئله دار منطقه طرود

نگارنده: **جواد خداداد**

استاد راهنما

دکتر سید مهدی حسینی

شهریور ۱۳۹۵

دانشگاه صنعتی شاهرود

پایان نامه کارشناسی ارشد آقای: جواد خداداد

بررسی خاکهای مسئله دار منطقه طرود

در تاریخ .....۱۳۹۵/۶/۱۵..... توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مـورد ارزیـابی و با درجه ..... مورد پذیرش قرار گرفت.

اساتید راهنما	امضاء	اساتید مشاور	امضاء
دکتر سید مهدی حسینی		نام و نام خانوادگی :	
نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی :	

اساتید داور	امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء
دکتر محسن کرامتی		دکتر علی عباس نژاد	
دکتر ایمان آقایان			
نام و نام خانوادگی :			
نام و نام خانوادگی :			

تقدیم به:

﴿﴿ روح پدر بزرگوارم ﴾﴾

و محضر ارزشمند مادر عزیزم به خاطر همه ی تلاشهای محبت آمیزی که در دوران مختلف زندگی ام انجام داده اند و با مهربانی چگونه زیستن را به من آموخته اند.

. به همسر مهربانم که در تمام طول تحصیل همراه و همگام من بوده است

. به استادان فرزانه و فرهیخته ای که در راه کسب علم و معرفت مرا یاری نمودند

. به آنان که در راه کسب دانش راهنمایم بودند

. به آنان که نفس خیرشان و دعای روح پرورشان بدرقه ی راهم بود

. الهابه من کمک کن تا بتوانم ادای دین کنم و به خواسته ی آنان جامه ی عمل بپوشانم

. پروردگارا حسن عاقبت، سلامت و سعادت را برای آنان مقدر نما

خدایا توفیق خدمتی سرشار از شور و نشاط و همراه و همسو با علم و دانش و پژوهش جهت رشد و شکوفایی ایران کهنسال عنایت بفرما.

سپاس و قدردانی

از استاد گرامیم جناب آقای دکتر سید مهدی حسینی استاد فرهیخته دانشگاه صنعتی شاهرود بسیار سپاسگذارم چرا که بدون راهنماییهای ایشان تامین این پایان نامه بسیار مشکل مینمود همچنین از جناب آقای مهندس عظیمی و سرکار خانم مهندس باقری و سرکار خانم مهندس اکبری به دلیل یاریها و راهنماییهای بی چشم داشتشان که بسیاری از سختیها را برایم آسانتر نمودند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

چکیده

منطقه طرود در ۱۲۰ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان شاهرود و در حاشیهٔ کویر قرار دارد. نشست ناهمگون سازه ها و وجود ترک خوردگی در دیوار و نشست زمین باعث وارد آمدن خسارتهای زیادی به ساختمانها و راههای ارتباطی شده است که زندگی مردم منطقه را تحت تاثیر خود قرار داده است. نظریه های مختلفی راجع به علت بروز اینگونه مشکلات وجود دارد. یکی از نظریات قوی که در این رابطه مطرح می شود وجود خاکهای مسئله دار (تورم پذیر، واگرا و یا رمبنده) در منطقه می باشد. خاکهای مسئله دار، خاکهایی هستند که در پروژه های عمرانی مشکلات فنی و مهندسی زیادی را ایجاد می کنند. در سالهای اخیر، رشد جمعیت و افزایش تقاضا برای تهیهٔ مسکن و توسعه صنعت ساختمان بدون رعایت مسائل زمین شناسی و ژئو تکنیکی، باعث بروز اغلب این مشکلات شده است. درتحقیق حاضر سعی شده است با انجام بررسی های میدانی و انجام چندین و چند آزمایش ژئوتکنیکی بر روی خاک منطقه، به نوع مشکل خاک آن پی برد. بدین منظور با حفر ۶ چاه با عمق تا ۳ متر و برداشت ۱۲ نمونهٔ دستنخورده از خاک منطقه، آزمایشات مربوط به بررسی و شناسایی خاکهای مسئله دار از جمله: آزمایشات شیمیایی، آزمایش دانه بندی، روش استاندارد آزمایش دانه بندی خاک، روش استاندارد ارزیابی واگرایی خاکهای رسی به روش هیدرومتری دوگانه، روش استاندارد تعیین پتانسیل تورم یا نشست یک بعدی خاکهای چسبنده و روش استاندارد شناسایی و رده بندی رسهای واگرا با آزمایش سوراخ سوزنی (پین هول) و همچنین آزمایش کرامپ انجام گردید. در نهایت پس از اتمام تمامی این آزمایشات و بررسی معیارها و نتایج مشخص گردید که پتانسیل تورم پذیری و رمبندگی خاک منطقه پایین است و مشکل ساز نیست، لیکن خاک منطقه پتانسیل واگرایی متوسط رو به بالایی دارد که باعث بروز مشکلات پیش آمده برای ابنیه و راههای ارتباطی گردیده است.

کلمات کلیدی: خاک مسئله دار، ترک خوردگی، نشست، منطقه طرود، پتانسیل واگرایی خاک

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول: کلیات(مبانی نظری و ویژگیهای عمومی) ---------- ۱
۱-۱. مقدمه---------- ۲
۱-۲. طرح مسئله ---------- ۲
۱-۲-۱. هدف ---------- ۳
۱-۲-۲. فرضیه ها---------- ۳
۱-۲-۳. سوالات ---------- ۳
۱-۳. روش شناسی---------- ۴
۱-۴. ساختار پایان نامه---------- ۴
فصل دوم: سابقه تحقیق ---------- ۵
۲-۱. مقدمه---------- ۶
۲-۲. تعریف مفاهیم و واژه های کلیدی---------- ۶
۲-۲-۱. خاک متورم شونده ---------- ۶
۲-۲-۱-۱. شناسایی خاک های متورم شونده ---------- ۷
۲-۲-۱-۲. مکانیسم تورم---------- ۸
۲-۲-۲. خاک واگرا---------- ۸
۲-۲-۲-۱. شناسایی خاک های واگرا---------- ۹
۲-۲-۲-۲. مکانیسم واگرایی در خاکهای رسی---------- ۱۱
۲-۲-۳. خاک رمبنده---------- ۱۱
۲-۲-۳-۱. شناسایی خاک های رمبنده---------- ۱۲
۲-۲-۳-۲. مکانیسم رمبندگی ---------- ۱۲
۲-۳. بررسی عمومی شوری و شورزاری در منطقه ---------- ۱۳
۲-۴. عوامل شورکننده منابع منطقه---------- ۱۷
۲-۴-۱. عوامل شوری طبیعی---------- ۱۷
۲-۴-۲. عوامل شوری ثانویه---------- ۲۰

۲-۵. مطالعات پیشین---------- ۲۲
فصل سوم: روش تحقیق---------- ۲۳
۳-۱. مقدمه ---------- ۲۴
۳-۲. موقعیت وویژگیهای عمومی منطقه---------- ۲۴
۳-۳. زمین شناسی عمومی منطقه---------- ۲۵
۳-۴. لرزه خیزی---------- ۲۵
۳-۵. تکنوتیک ---------- ۲۶
۳-۶. اقلیم---------- ۲۷
۳-۶-۱. بارندگی---------- ۲۷
۳-۶-۲. دما---------- ۲۷
۳-۶-۳. باد ---------- ۲۸
۳-۷. مشاهدات محلی---------- ۲۹
۳-۸. روش حفاری ---------- ۳۲
۳-۹. عمق گمانه---------- ۳۲
۳-۱۰. موقعیت گمانه ها ---------- ۳۳
۳-۱۱. آزمایشات انجام شده---------- ۳۴
۳-۱۱-۱. آزمایش های شیمیایی---------- ۳۴
۳-۱۱-۲. آزمایش دانه بندی (ASTM-C136)---------- ۳۴
۳-۱۱-۳. روش استاندارد آزمایش دانه بندی خاک ها (ASTM-D422) ------ ۳۴
۳-۱۱-۴. روش استاندارد ارزیابی واگرایی خاک های رسی به روش هیدرومتری دو گانه (ASTM-D4221)---------- ۳۵
۳-۱۱-۵. روش های استاندارد تعیین پتانسیل تورم یا نشست یک بندی خاکهای چسبنده (ASTM-D4546)---------- ۳۶
۳-۱۱-۶. روش استاندارد شناسایی و رده بندی رس های واگرا با آزمایش سوراخ سوزنی (ASTM-D4647)---------- ۳۶
فصل چهارم: نتایج و تفسیر آنها---------- ۳۷

۴-۱. مقدمه ---------- ۳۸
۴-۲. ارزیابی میزان واگرایی ---------- ۳۸
۴-۳. ارزیابی میزان تورم پذیری ---------- ۳۹
۴-۴. ارزیابی میزان رمبندگی ---------- ۴۲
فصل پنجم: جمع بندی و پیشنهادها ---------- ۴۵
۵-۱. جمع بندی ---------- ۴۶
۵-۲. پیشنهادها ---------- ۴۶
منابع ---------- ۴۸
ضمیمه الف ---------- ۴۹

مراجع

فهرست جدول ها

عنوان صفحه

جدول ۳-۱. مشخصات گمانه ها---------- ۳۳

فهرست اشکال

عنوان صفحه

شکل ۳-۱. تراوش نمک به سطح زمین ---------- ۳۰
شکل ۳-۲. ترک های ناشی از نشست ساختمان ---------- ۳۱
شکل ۳-۳. خرابی های کف بر اثر نشست---------- ۳۱
شکل ۳-۴. ترک و خرابی دیوارهای خارجی ساختمانها ---------- ۳۲
شکل ۳-۵. موقعیت گمانه ها ---------- ۳۳

فصل اول

کلیات (مبانی نظری وویژگی های عمومی)

۱-۱. مقدمه

خاک های مسئله دار، خاک هایی هستند که در پروژه های عمرانی مشکلات فنی و مهندسی زیادی از قبیل ریزش و یا ترک خوردگی ساختمان ها، نشست ناهمگون ساختمان، بالا آمدن سطح آب زیر زمینی که در نقاط پست می تواند به دلیل ایجاد تورم ساختگاه مشکلاتی برای پی ساختمان ها به وجود آورد را به همراه دارند. مشکلات خاک در هنگام وقوع زلزله و استقرار شهرک ها بر روی خاک های مسأله دار و مشکلات فراوان دیگری از این قبیل اطلاع از خصوصیات زمین شناسی و ژئو تکنیکی محل انجام پروژه را امری اجتناب ناپذیر می سازد. در سال های اخیر، رشد جمعیت و افزایش تقاضا برای تهیه مسکن و توسعه صنعت ساختمان، با توجه به ساخت و ساز شهرهای بزرگ، بدون رعایت مسائل زمین شناسی و ژئو تکنیکی، مشکلات فنی و مهندسی زیادی را به همراه داشته که یکی از مهمترین آنها خاک های مسئله دار می باشد. در منطقه طرود نیز با توجه به مشاهدات صورت گرفته، وجود اینگونه خاکها بسیار واضح می باشد. لذا در تحقیق پیش رو سعی داریم با انجام مطالعات آزمایشگاهی به نوع مشکل خاک این منطقه پی ببریم تا بتوان در جهت رفع آن و همچنین بهسازی خاک منطقه کارهایی را انجام داد.

۱-۲. طرح مسئله

مسئله دار بودن خاک ها مشکلاتی از قبیل ریزش و یا ترک خوردگی ساختمان ها، نشست ناهمگون ساختمان، بالا آمدن سطح آب زیر زمینی که در نقاط پست می تواند به دلیل ایجاد تورم ساختگاه مشکلاتی را برای پی ساختمان ها بوجود آورد را به همراه دارد. بنابراین بررسی و شناخت آنها به منظور کاهش خسارات و افزایش عمر پروژه های عمرانی امری ضروری به شمار می رود.

۱-۲-۱. هدف

- بررسی و شناخت نوع مشکل خاک منطقه
- اثبات عملی و آزمایشگاهی برخی مفاهیم
- تلاش برای شناساندن هر چه بیشتر اینگونه خاک ها
- بررسی تأثیر شوری خاک منطقه با مسئله دار بودن خاک
- بررسی تأثیر مشکل دار بودن خاک منطقه در زندگی مردم

۱-۲-۲. فرضیه

- خاک شور منطقه دارای بیشترین معیارهای خاکهای واگرا و رمبنده می باشد.
- سطح بالای آب های زیر زمینی در منطقه، مشکلی اساسی به حساب می آید.

۱-۲-۳. سوالات

- خاک منطقه دارای چه مشکلی می باشد؟
- خاک مسئله دار چه خطراتی دارد و میزان خسارت چه مقدار است؟
- شوری خاک منطقه چه تأثیری در مشکل دار بودن آن دارد؟

۱-۳. روش شناسی

به منظور بررسی نوع مسئله و مشکل خاک منطقه، پس از بررسی های میدانی، آزمایشات گوناگونی صورت گرفت که از آن جمله می توان به آزمایشات شیمیایی خاک، آزمایش کرامپ، دانه بندی، حدود اتربرگ، هیدرومتری دوگانه، آزمایش تعیین پتانسیل تورم و همچنین آزمایش سوراخ سوزنی(پین هول) اشاره کرد.

۱-۴. ساختار پایان نامه

- فصل ۱: کلیات(مبانی نظری و ویژگیهای عمومی)
- فصل ۲: سابقه تحقیق
- فصل ۳: روش تحقیق
- فصل ۴: نتایج و تفسیر آنها
- فصل ۵: جمع بندی و پیشنهاد ها

فصل دوم

سابقه تحقیق

۲-۱. مقدمه

در مورد خطرات و عوارض خاکهای مسئله دار، تا بحال تحقیقات اندکی به انجام رسیده و بیشتر بصورت گسسته و تک موضوعی (خطر، خسارت، تثبیت) مورد مطالعه قرار گرفته است. از این رو تحقیق در امر شناسایی و بررسی مشکلات اینگونه خاکها، گامی مهم در جهت رفع و یا کمبود خسارات احتمالی است.

۲-۲. تعریف مفاهیم و واژه های کلیدی

۲-۲-۱. خاک متورم شونده[1]

خاکهای متورم شونده، خاکهایی هستند که به دلیل جذب آب، ازدیاد حجم یافته، اصطلاحاً متورم می شوند. تورم در تعریف عبارت است از واکنش فیزیکی ـ شیمیایی خاک و محیط، که مقدار تورم در آن بستگی کامل به شدت نیروهای جاذبه دافعه فیزیکی شیمیایی دارد. مقدار تورم، تابع نوع کانی های رسی و پیوند مولکولی موجود در آن نیز می باشد. در حال حاضر کانی های مونتموریلونیت به عنوان متورم شونده ترین نوع کانی های رسی در مقایسه با ایلیت، کائولینیت و غیره شناخته شده اند. هرچه ذرات خاک انبوه تر و متراکم تر باشند، پتانسیل تورم پذیری آن بیشتر است. فشار ناشی از تورم خاک ها می تواند موجب خرابی کامل ساختمان های سبک نظیر پوشش کانال های آبیاری، کف سازه ها و جاده ها و ... گردد.

خاک های متورم شونده نسبت به تغییرات رطوبتی بسیار حساس می باشند از این رو با جذب رطوبت از آب تحت الارضی و یا آب نشتی و حتی رطوبت ناشی از آبیاری گل و گیاه مجاور سازه و ... سریعاً متورم می شوند. و با توجه به سربار کم سازه های سبک، باعث بالا آمدن پوشش کف و بعضاً جداره کانال ها، پوشش آسفالتی جاده ها و بروز ترک در کف دال ها و دیوارهای ساختمان ها و ... می شود و

[1] . Swelling soils

در مواردی که نیروی تورم خیلی زیاد نباشد باعث بروز ترک و شکستگی می شود که با گذشت زمان و عدم نگهداری و ترمیم صحیح به آسیب دیدگی سیستم ختم می شود.

۲-۲-۱-۱. شناسایی خاکهای متورم شونده:

روش دقیق و مؤثر شناسایی خاکهای متورم اساساً بر مبنای آزمایشهای آزمایشگاهی استوار است. معهذا برخی از مشاهدات صحرائی می تواند در تشخیص سریع این خاکها مؤثر باشد. عمدتاً هر خاکی که علائمی از انقباض و ترک خوردگی در شرایط خشک از خود نشان می دهد، قابلیت تورم در اثر جذب رطوبت را دارد. شناسایی خاکهای متورم شونده عمدتاً به دو روش مستقیم و غیر مستقیم انجام می شود. در روش مستقیم اندازه گیری تورم در آزمایشگاه با استفاده از دستگاه تحکیم انجام می گردد که با روش تورم آزاد، تورم با سربار و تورم با حجم ثابت، (ASTM-D4546) انجام می شود. در روش غیر مستقیم، تورم زایی خاک با استفاده از رابطه های تجربی و سایر خصوصیات خاک بررسی می شود. از این روش ها می توان به روش USBR اشاره نمود.

همچنین اگر کانی های رسی متورم گشته باشند و یا اینکه تورم پذیر باشند، به وسیله یک سری مشاهدات صحرایی قابل شناسایی هستند:

- توپوگرافی: در زمین، بالا رفتگی و فرو رفتگی روی سطح رس های متورم شونده که در معرض هوازدگی در یک شرایط آب و هوایی نسبتاً خشک قرار دارند به صورت از هم گسیخته و ترک خورده می باشند.

- سختی خاک: سختی این خاک ها در حالت خشک بسیار زیاد است.

- عمق آب زیرزمینی: در مناطقی که خاک متورم شونده مسئله ساز است، سطح آب زیرزمینی پایین می باشد و رطوبت بارندگی و نزولات جوی تأمین کننده عدم بروز تورم در رس های تورم پذیر می باشد.

- نبود الگوی زهکش طبیعی: در این خاک ها پس از جذب رطوبت ترک ها بسته می شوند و نفوذ پذیری خاک بسیار کاهش و در نتیجه رواناب به وجود می آید و آب بدون الگوی خاصی به راه می افتد.

۲-۲-۱-۲. مکانیسم تورم

تاکنون برای تورم خاک مکانیسمهای مختلفی از قبیل "مکش اسمزی" یا "تمرکز آب بوسیله جذب قطبی" پیشنهاد شده است. تمام این پیشنهادها احتمالی می باشد و هنوز هم جزئیات این نظریه ها مورد ابهام است. زیرا پدیده ی جذب آن توسط خاک هنوز هم به خوبی کشف نشده است و بررسی تمام این مکانیسمها نیازمند دانستن یکسری اطلاعات در فیزیکی و شیمی می باشد. در یک رس کاملاً خشک کاتیونها به شدت، جذب سطحی لایه های خارجی می شوند و کاتیونهای اضافی که جایی برای نشستن روی لایه خارجی کانی رس ندارند، بصورت نهشته های املاح باقی می مانند. در صورتیکه آب به ذرات رس برسد املاح کاتیونی در آب حل می شوند. این کاتیونها بیشتر تمایل دارند که از سطح ذرات رس دور شوند چون سطح کاتیونهای رس از قبل توسط سایر کاتیونها پوشانده شده است. از سوی دیگر آن دسته از کاتیونها که به سطح ذرات رس چسبیده اند به پیروی از قوانین اسمزی، دوست دارند از سطح دور شده و غلظت کاتیونها را در اطراف ذرات رس یکنواخت نمایند. این پدیده باعث دورشدن ذرات رس از یکدیگر شده و در نتیجه آب جذب شده، حجم کلی خاک را افزایش می دهد. یعنی به طور خلاصه می توان گفت که ورود مولکولهای آب در بین ذرات خاک باعث ازدیاد حجم خاک می شود.

۲-۲-۲. خاکهای واگرا[۲]

واگرایی پدیده‌ای است که طی آن خاک های رسی در مجاورت آب چسبندگی خود را از دست داده و یکدیگر را دفع می کنند. دلیل اصلی فرسایش رس ها بر اثر پدیده واگرایی، فزونی نیروی دافعه بین ذرات بر نیروی جاذبه آنها می باشد. بر اساس مطالعات انجام شده مهمترین عامل مؤثر بر پدیده

[2]. Dispersive soils

واگرائی غلظت یون سدیم در آب منفذی خاک و تک ظرفیتی بودن کاتیون مذکور می باشد. خاکهای حاوی کلسیم، منیزیم و آلومینیوم به دلیل بیشتر بودن ظرفیت کاتیون ها و کاهش نیروی دافعه واگرا نیستند. این پدیده در خاکهای غیر چسبنده ریز نیز به وجود می آید. ولی در ماسه و سیلت در اثر پدیده های مکانیکی می باشد، اما در خاکهای رسی در اثر تغییرات فیزیکی – شیمیایی خاک می باشد.

معمولاً فرم اصلی بروز خسارت در سازه های احداث شده بر روی خاکهای واگرا، فرسایش و مهاجرت شدید ذرات خاک از بستر سازه، خالی شدن پشت پوشش سخت و خرد شدن قطعات بتنی، فنداسیون سازه یا سایر پوشش های سخت به علت عدم وجود تکیه گاه می باشد. که به واسطه ایجاد فضاهای بزرگ ناشی از فرسایش خاک واگرا، و بروز نشست های ناهمسان، سازه دچار ترک خوردگی شدید در جهات مختلف می گردد.

۲-۲-۲-۱. شناسایی خاکهای واگرا

خاکهای واگرا جزء خاکهای رسی می باشند و حداقل مقدار رس در آنها ۱۰ درصد است. این خاکها در طبقه بندی مهندسی خاک به روش یونیفاید در گروه های CL تا CH قرار می گیرند. در مناطقی که سطح زمین دارای شیب نسبتاً تند است شناسایی خاکهای واگرا بسیار آسان است چرا که در این مناطق در اثر بارندگی ها و فرسایش سریع، بریدگی های بسیار عمیق و مشخصی در سطح زمین حاصل می شود که مشخصه اصلی اینگونه خاکهاست. ولی در مناطق مسطح با شیب کم نمی توان به آسانی خاکهای واگرا را شناسایی کرد چون در اثر بارندگی ها وقتی ذرات رس واگرا شسته می شوند لایه ای از ماسه لای دار و یا لای ماسه ای به صورت پوشش محافظی در سطح زمین باقی می ماند و روی لایه های عمیق را می پوشاند و در حقیقت مشخصه اصلی که فرسایش و آب بریدگیهای عمیق می باشد دیده نمی شود و در نتیجه خاک واگرا قابل تشخیص نمی باشد.

از نظر رنگ خاکهای واگرا به رنگهای قرمز، قهوه ای، زرد، خاکستری و یا ترکیبی از این رنگ ها دیده شده است، خاکهای سیاه رنگ عموماً حاوی مواد آلی بوده و واگرا نمی باشند.

با توجه به این مطالب می توان فهمید که شناسایی کامل و دقیق خاکهای واگرا در صحرا منوط به انجام آزمایش های مخصوص می باشد که بدون آنها تشخیص خاکهای واگرا ممکن نیست، به همین دلیل محققین زیادی در این زمینه به تحقیق و بررسی پرداخته اند. لازم به ذکر است که به علت اینکه واگرایی یک پدیده فیزیو شیمیایی است لذا تشخیص خاکهای واگرا با استفاده از نتایج طبقه بندی، دانه بندی و حدود اتربرگ خاک امکان پذیر نبوده و لذا باید آزمایشهای ویژه آن مورد استفاده قرار گیرد. آزمایش هایی که تابحال برای این منظور مورد استفاده قرار گرفته اند عبارتند از:

۱- آزمایش پین هول

۲- آزمایش شیمیایی (تعیین نمک های محلول خاک)

۳- آزمایش هیدرومتری دوگانه

۴- آزمایش کرامپ

علاوه بر روش های آزمایشگاهی گفته شده که می تواند در مقیاس منطقه ای و محدود در مورد نمونه های مورد آزمایش، نتایج واگرایی خاک را در اختیار ما قرار دهد، روش های ساده تری نیز وجود دارد که از روی ماهیت روانگرایی و اطلاعات مربوط به آن می توانند احتمال روانگرا بودن خاک را در مقیاس ناحیه ای نشان دهند. در این روشها نیازی به استفاده از ابزار آزمایشگاهی خاص نیست و از بررسی های زمین شناسی، مورفولوژی و تأثیرات محلی استفاده می گردد که شامل مراحل زیر می گردد:

- شناسایی خاکهای ریزدانه رسی در منطقه
- شناسایی منابع یون سدیم در منطقه
- بررسی وضعیت اقلیمی منطقه
- بررسی مورفولوژی منطقه

۲-۲-۲-۲. مکانیسم واگرایی در خاکهای رسی

مکانیسم واگرایی رس ها بدین صورت است که در مجاورت آب چسبندگی خود را از دست داده و به سرعت شسته می شوند. حتی اگر سرعت جریان آب کم هم باشد باز هم این خاکها به راحتی شسته می شوند و فرسایش می یابند. دلیل اصلی فرسایش رس ها در اثر پدیدهٔ واگرایی، بیشتر شدن نیروی دافعهٔ الکتریکی بین ذرات از نیروی جاذبهٔ واندروالسی در بین آنها می باشد.

این نیروی دافعه از وجود لایهٔ دو گانه در اطراف ذرات کانی های رسی ناشی می شوند. حتی مدت لایهٔ آب تأثیر قابل توجهی در رفتار خاکهای رسی می گذارد. به عنوان مثال، با افزایش ضخامت لایهٔ آب، نیروی جاذبهٔ بین کانی های رسی کاهش یافته و بر اثر یک جریان آرام پراکنده می شوند. حتی عمق لایهٔ آب به عوامل مختلفی از جمله نوع و غلظت کاتیون های جذبی کانی رسی بستگی دارد. در خاکهای حاوی کاتیون های سه ظرفیتی و دو ظرفیتی مثل آلومینیوم، کلسیم و منیزیم لایهٔ آب نسبتاً پایین بوده و نیروی جاذبهٔ کانی های رسی مانع پراکنده شدن آنها می گردد. در خاکهای غیر واگرا، در اثر تماس با آب نیروی جاذبه بین ذرات از بین نمی رود و برای فرسایش و شسته شدن آنها لازم است.

۲-۲-۳. خاک های رمبنده یا فرو ریزشی[۳]

رمبندگی به ریزش ناگهانی خاک در اثر از دست رفتن مقاومت عامل پیوند دهنده ذرات خاک اطلاق می شود و میزان رمبندگی ایجاد شده وابسته به نسبت تخلخل اولیه خاک است. تعدادی از نهشته های سیلتی تشکیل یافته تحت شرایط آب و هوایی خشک مستعد کاهش حجم قابل ملاحظه یا رمبندگی در هنگام اشباع شده (مرطوب شدن) هستند. بنابراین، نفوذ آب سطحی، که به شکل آبیاری، نشت از لوله ها و بالا آمدن سطح آب زیرزمینی ممکن است موجب به وقوع پیوستن نشست های زیاد گردد. ویژگی های اصلی که باعث می شوند خاک ها خصوصیات فروریزشی از خود نشان دهند، عبارتند از:

[3] . Collapsible soils

تخلخل بالا (بیش از ۴۰٪)، درجه اشباع پایین (زیر ۶۰٪)، میزان لای (بیش از ۳۰٪، گاهاً تا ۹۰٪) و نرم شدگی سریع آب ایجاد خسارتی ناشی از رمبندگی در سازه ها، که معمولاً بر اثر جریان یافتن آب و اشباع شدن خاک بستر حادث می شود، عموماً به صورت نشست بستر و ترک خوردگی بی نظم کوشش های بتنی و سخت کف و دیوارها و ... بروز می نماید. نشست ناگهانی و قابل توجه در کف سازه به عنوان نمودهای امکان وجود خاک رمبنده در بستر تلقی می گردد.

۲-۲-۳-۱. شناسایی خاکهای رمبنده

این پدیده در خاکهای با دانه بندی خاص و در شرایط تراکمی معینی حاصل می شود. بنابراین روش تشخیص آن نیز بر مبنای ارزیابی این دو عامل با انجام آزمایشهای زیر استوار است:

الف) ارزیابی دانه بندی خاک

ب) ارزیابی تراکم خاک در جا

و همچنین از آزمایش تعیین قابلیت رمبندگی خاک (ASTM-D5333) جهت تعیین پتانسیل رمبندگی خاک استفاده می شود. اساس این آزمایش بر مبنای آزمایش تحکیم است. همچنین مدل های تعریف شده توسط هولتز و هیلف نیز که بر اساس حد روانی، تخلخل و وزن مخصوص خشک خاک نیز به این منظور استفاده شود.

به طور کلی خاکهای رمبنده دارای دانسیته طبیعی کم تا خیلی کم (بین ۱/۲ تا ۱/۶ گرم بر سانتی متر مکعب) بوده و تشخیص آن با انجام آزمایش های خاص صحرائی و آزمایشگاهی امکان پذیر است. حساسیت شدید این خاکها به افزایش رطوبت و فشار موجب می شود تا تشخیص آنها در آزمایشهایی مانند تحکیم به سهولت و سرعت صورت گیرد. در شرایط صحرائی نیز چنانچه غرقاب کردن سطح زمین موجب نشست قابل توجه سطح خاک گردد، نشانه ای از احتمال وجود خاک رمبنده خواهد بود.

۲-۲-۳-۲. مکانیسم رمبندگی

مکانیسمی که تقریباً در تمام توده های فروریزشی دیده می شود عبارت است: جریان یافتن خرده سنگها، حرکت توده های آبرفتنی و رمبندگی توده ها (ریزش).

مهمترین متغیرهای مؤثر در ارزیابی ریزش عبارتند از: وزن مخصوص خشک(D)آب محتوی اولیه (W_i) فشار آب کاربردی (P_w) درصد رس محتوی(C) درصد ماسه محتوی (S) و ضریب یکنواختی (Cu) بر اساس نتایج آزمایشگاهی، پتانسیل ریزش با افزایش آب محتوی اولیه کاهش و با افزایش وزن مخصوص و فشار در زمان مرطوب شدن خاک، افزایش می یابد. به این ترتیب، چنانچه شناسایی مشخصات تراکم کنترل کیفیت خاک های رمبنده به درستی انجام نگیرد، ممکن است این توده از خاکها به رطوبت حساسیت نشان دهند، بطوریکه، چنانچه تراکم خاک تحت چگالی کم و خشکی متوسط صورت گیرد، بیشترین قابلیت برای چگالش تحت رطوبت ایجاد می شود، اما تقریباً در هر خاک فروریزشی، اگر فشار حدی به اندازهٔ کافی بالا باشد، دچار ریزش می شود.

۲-۳. بررسی عمومی شوری و شورزاری در منطقه

طبق تعریف، خاک شور خاکی است که در لایه یک متری فوقانی آن مقدار نمک های محلول بیشتر از ۳ درصد وزن خاک را تشکیل دهند. این خاک ها بیشتر در مناطق خشک، نیمه خشک و نیمه مرطوب وجود دارند. منشا شور شدن این خاک ها ممکن است مواد اولیه یا سنگ های اصلی شور، آب زیرزمینی شور یا آب جاری شور باشد. در رابطه با خصوصیات شیمیایی خاک های شور می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- املاح محلولی که معمولاً در این نوع خاک ها وجود دارد عبارتند از: کلرید سدیم، کلسیم و منیزیم
- ^{PH} نمونه اشباع آنها کمتر از ۸/۲ است.

- هدایت الکتریکی خاک در نمونه اشباع آن [۴] (EC)، که آزمایش شده است معمولاً بزرگتر از ۴ دسی زیمنس بر متر، در ۲۵ درجه سانتی گراد است.
- در این خاک ها معمولاً رابطه ی خوبی بین نسبت جذبی سدیم[۵] (SAR)، درصد سدیم تبادلی[۶] (ESP) و PH در نمونه اشباع برقرار می باشد.
- همچنین این نوع خاک ها ممکن است کاتیون های کم اهمیتی با مقدار ناچیز گچ (سولفات کلسیم) را دارا باشند.

خصوصیات فیزیکی خاک های شور:

- معمولاً ساختمان رس در آن ها پایدار است.
- نفوذپذیری و تراوایی خاک در برابر آب و هوا و ... معمولاً با خاک های معمولی قابل مقایسه است.

شورزاری در طرود به شدت رایج است. شوری خاک و آب این منطقه به استثناء چند مورد با توجه به استانداردهای تعیین شده بالاست. لذا افزایش شوری در مجموع دائمی است، به طوریکه به موازات بالا رفتن درجه کویری استان سمنان که هم اکنون با شدت رواج دارد، شوری نیز با آهنگ سریعتری پیش می رود.

بیلان کل نمک در فلات مرکزی ایران مثبت و در حال افزایش است، منتهی این افزایش شدت و ضعف متفاوتی را نشان می دهد که در این منطقه با شدت هرچه تمام تر انجام می پذیرد.

در طرود حرکت رطوبت در قشر خاکی به طور دائم از پایین به بالا یعنی عکس جهت نیروی جاذبه می باشد (البته به استثناء نقاط تغذیه منابع آب زیرزمینی). معنی آن این خواهد بود که املاح محلول در هر شرایطی در جهت متمرکز شدن در سطح یا در قشر سطحی زمین در تلاش می باشند که نمونه

4 -Electrical Conductivity
5 - Sodium Adsorption Ratio
6 - Exchangeable Sodium Percent

های ساده از آن در استان سمنان به صورت کویرهای نمک و دشت های پوشیده از نمک ظاهر می گردند.

در هر صورت این بررسی می تواند به سه صورت حرکت، منشا و ترکیب های نمک بطور جداگانه به قرار زیر مورد بحث واقع شود.

۱- حرکت نمک در منطقه: سه نوع حرکت کلی و دائمی نمک در سطح منطقه به وسیله آب و باد در جریان است و مسیر حرکت ها یا در قسمت عمقی زمین و یا سطحی است که بالاخره پایان آن به سطح زمین منتهی می گردد. البته تأثیر شرایط توپوگرافی، جنس لایه های رسوبی، جنس قشر خاکی و وجود لایه های نمک را نباید دور از نظر داشت. حرکت اولی حرکت نمک از قسمت عمقی قشر خاکی به سطح زمین می باشد یعنی حرکتی است عمودی که از طریق کشش کاپیلاری انجام می گیرد و رطوبت پس از نایل شدن به سطح زمین تبخیر و نمک در قشر سطحی خاک انباشته می گردد.

دومین فرم حرکت نمک تقریباً حرکت افقی است. عامل حرکت در اینجا نیز آب می باشد که عبارت از کشیده شدن تدریجی نمک از اطراف برکه به گودترین قسمت آن یعنی باتلاق نمک که از طریق آب های جاری سطحی و زیرزمینی سطحی می باشد.

مرحله سوم از حرکت نمک که باید آن را حمل مستقیم و بدون واسطه از نقطه ای به نقطه ای دیگر نیز نامید، به وسیله ی باد انجام می گیرد. حرکت نمک به وسیله ی باد با شدت هرچه تمام تر در این منطقه در جریان است که تحت عنوان یک فاکتور بسیار مهم شوری منابع خاک می باشد.

۲- منشأ نمک های محلولی که منابع آب و خاک منطقه طرود آلوده با آن می باشد می تواند به ۲ صورت بیان گردد. نمک هایی که از تجزیه و تخریب سنگ های آذرین و رسوبی آزاد می شود، که البته در کوتاه مدت این شکل از منشأ نمک چندان با اهمیت به نظر نمی آیند در حالی که در دراز مدت به عنوان منبع تولید تدریجی نمک در مقیاس نسبتاً بزرگ عمل می

نمایند اما منبع اصلی نمک در این منطقه هم چون فلات مرکزی ایران دارای منشأ رسوبی است. این گنبدهای بزرگ و کوچک نمک در سطح استان کم و بیش وجود داشته و به عنوان رسوب های نئوژن که محتوی گچ و نمک هستند مساحت زیادی از استان را در بر می گیرند.

۳- انواع نمک در این منطقه: مهمترین نمک های محلولی که تاکنون در تجزیه شیمیایی خاک های استان سمنان مورد توجه بوده و در حقیقت نمک های اصلی را نیز تشکیل می دهند، مربوط به ۴ آنیون (CL,SO_4,HCO_3,CO_3) و ۴ کاتیون (Na,Ca,Mg,K) است.

گروه دیگر نمک هایی هستند که دارای درجه حلالیت کمی بوده و از لحاظ شوری مزاحمتی ایجاد نمی کنند. نمک طعام از نظر کمیت در بین سایر نمک های محلول حتی با کاهش غلظت کل املاح هم بزرگترین رقم را تشکیل می دهد. یون سدیم نیز اغلب بالاترین درصد یون ها را شامل می شود. با افزایش غلظت املاح محلول غلظت نمک طعام یعنی Nacl بزرگتر شده به طوریکه در غلظت های بالا درصد اصلی یون ها و در حقیقت قسمت اصلی نمک محلول را در بر می گیرند. مع الذالک در صورت حضور یون سدیم بر روی کلوئید خاک PH خاک می تواند قلیایی بالا باشد.

با توجه به توضیح های داده شده با وجود شوری شدید اراضی استان سمنان PH خاک در حد قلیایی ضعیف تا متوسط قرار دارد. لذا باید توجه داشت که شوری اراضی استان ارتباط چندانی با قلیایی بودن آنها ندارد و جدا از آن است، متأسفانه در منابع فارسی کلمه شور و قلیایی برای هر جایی که غلظت املاح محلول خاک بالاتر از حد معمول باشد با هم به کار برده می شود و بلافاصله هم تجزیه و تحلیل شوری و قلیایی شروع و مورد ارزیابی قرار می گیرد. در حالی که اینطور نیست و تجزیه هزاران نمونه از خاک نشان می دهد که درجه های مختلف شوری اثر چندانی روی قلیایی بودن خاک ندارد.

لازم به یادآوری است که در خاک های شور اصولاً PH قلیایی موقعی مورد نظر خواهد بود که میزان آن از رقم حدود ۸/۳ بزرگتر باشد، در این صورت است که اثر سمی بودن آن با آزاد کردن یون های OH مستقیماً در مقاومت خاک و روی کلوئید خاک ظاهر می شود.

حوزه بندی این از نظر نوع نمک محلول به علت غالب بودن نمک طعام محدود است که مهمترین آن حوزه کلریدی، سولفات – کلریدی و بالاخره کلرید – سولفاتی است که خود نمایانگر غلبه کلرید سدیم بر سایر نمک هاست. البته در مواردی هم بی کربنات ها می توانند در غلظت املاح پایین رقم قابل ملاحظه را دربرگیرند، اما نظر به اهمیت کم آنها در شوری خاک از گنجاندن آن در این ارزیابی صرف نظر می شود.

۲-۴. عوامل شور کننده منابع منطقه

نحوه شور شدن و بروز شوری یا به طور کلی علل شوری خاک در طرود را می توان تحت عنوان فاکتورهای شورکننده خاک در شرایط طبیعی بشرح ذیل مورد بررسی قرار داد.

به علت بسته بودن کامل فلات مرکزی ایران تجمع املاح در مدخل این محیط عظیم دائماً در حال افزایش است که این امر در استان سمنان نیز صدق می کند.

در این رابطه یک مقایسه ی ساده با استان خوزستان به عنوان منطقه ای که با دریای آزاد در ارتباط است، نشان می دهد که با وجود این که شوری در این استان نیز به شدت رایج است، لیکن به دلیل اینکه تخلیه نمک به شدت به خارج جریان دارد، مسلماً روی کل بیلان نمک در دراز مدت اثر مستقیم خواهد داشت.

توضیح های مختصر فوق و در نظر گرفتن این که در عین حال که در استان سمنان شورزاری و عوامل شورکننده فراوان و به طور فعال عمل می نمایند و بر خلاف خوزستان به هیچ وجه تخلیه املاح نمک به خارج انجام نمی گیرد، خود نشان دهنده ی وسعت و شدت عوامل شوری حاکم بر این استان است. در اینجا مهمترین آنها به شرح زیر مورد بررسی قرار می گیرند. به طور کلی عوامل شوری به دو دسته ی عوامل طبیعی و ثانویه تقسیم می شود.

۲-۴-۱. عوامل شوری طبیعی

- رسوب های نئوژن
- باتلاق ها یا کویرهای نمک

- باد و طوفان
- آب های جاری هرچند ناچیز سطحی و باران
- گنبدهای نمک
- لایه های مدفون در اعماق پروفیل
- آب های زیرزمینی عمیق

رسوب های نئوژن:

رسوب های نئوژن محتوی گچ و نمک محلول فراوان می باشند، به همین دلیل حضور این رسوب ها در هر منطقه ای اغلب همراه با زمین های شور یا گچی یا زمین های عقیم است. اصولاً از نظر زمین شناسی وجود رسوب های نئوژن در فلات ایران به عنوان یک عامل اصلی شوری خاک محسوب می شود.

باتلاق ها یا کویرهای نمکی:

دریاچه های کویری یا باتلاق های نمک چون فتیله ای نیرومند هستند که آب های حوضه آبریز منطقه خود را با قدرت به طرف خود کشیده و تبخیر می کنند. به این ترتیب این دریاچه ها به تدریج اما مداوم در حال خشک و به هدر دادن آب کمیاب و نادر کویری این استان می باشد و در عین حال شورزارها و کویرهای عمیق را نیز برجای می گذراند. بنابراین باید گفت که باتلاق های نمک مرکز ثقل تجمع نمک هر برکه به حساب می آیند.

باد و طوفان:

باد یکی دیگر از عوامل مهم حمل و نقل نمک در این منطقه و عامل مهم شورکننده قشر خاکی محسوب می گردد. بادهای شدید که طوفان های سهمگین گرد و خاکی را به راه می اندازد، قادرند املاح محلول سطح زمین را به صورت پوسته و پودر نمک یا خاک های نرم محتوی نمک و همین

طور رسوب های نئوژن واقع در سطح زمین به هر صورت که قابل حمل باشند به نقاط دور دست حتی صدها کیلومتر حمل و نقل و انباشته سازند.

آب های جاری هرچند ناچیز سطحی و باران:

باران های سیل آسا و کمیاب منطقه می توانند با ایجاد سیلاب در حین حمل گل و لای از کوه ها و ارتفاع ها به داخل دشت ها، هم چنین حمل رسوب های نمک دار و گچی مسیر خود را تا انتهای مسیل ادامه دهند، آبهای جاری سطحی با وجود ناچیز بودن قادرند با شستشوی تدریجی سنگ های نمک مربوط به گنبدهای نمک واقع در سطح زمین یا معادن نمک در حال استخراج، مناطق وسیعی را تحت نفوذ خود آلوده به شوری سازند. همچنین ممکن است آب ضمن حرکت خود از محل مواد اولیه شور، نمک های محلول را در خود حل کرده و با گذشت زمان سبب شور شدن خاک های مسیر حرکت خود شود. در مناطقی که آب زیرزمینی شور هست حرکت آب از اعماق به سطح خاک در اثر تبخیر شدید سبب انتقال نمک به سطح خاک و شور شدن آنها می شود. مناطقی مانند دشت لوت، کویر نمک و منطقه ابرکوه و اردکان از این راه شور شده اند.

گنبدهای نمک:

وجود گنبدهای نمک در هر نقطه ای از استان سمنان با شوری و عقیمی منطقه ی وسیعی از قشر خاکی تحت نفوذ خود هراه می باشد. این اثر شورکنندگی مسلماً بستگی به وسعت گنبد نمک و عمق آن نسبت به سطح زمین، شرایط توپوگرافی منطقه و همچنین اثر نزولات جوی و بالاخره دخالت انسان در امر بهره برداری از کوه های نمک، خواهد داشت.

لایه های نمک مدفون در اعماق پروفایل:

لایه های محتوای نمک در این منطقه که به شعه معروف است معمولاً اغلب در برکه ها به خصوص حوالی باتلاق های نمک واقع می گردند.

اینها می توانند به صورت صفحه های قطور به ضخامت ۱۰ تا ۲۰ سانتیمتر و به طور یکپارچه منطقه وسیعی را دربرگیرند.

شعه ها در قشر سطحی تشکیلات خاکی، یعنی چند سانتیمتر تا یک متری و بیشتر واقع می شوند. منشأ اینها اغلب از خود باتلاق های نمک است و گاهی در آنها کلوخه های نمک خالص دیده می شود اما به طور معمول مخلوطی از شن و ریگ و نمک به وسیله ترکیب های آهک و گچ و خاک رس بهم چسبیده می باشند که می توانند به صورت سنگ رسوبی نسبتاً محکم و یا سست تا متوسط درآیند. در هر حال اینها که از بقایای باتلاق های نمک می باشند با پس روی باتلاق ها به تدریج زیر شن و ریگ و خاک و به طور کلی مواد رسوبی حاصل از عملیات فرسایشی مدفون گردیده اند و می توانند به عنوان عامل شور کننده خاک مزاحمت بزرگی در امر بهره برداری از زمین را ایجاد نمایند.

آب زیرزمینی عمیق:

معمولاً غلظت املاح آبهای زیرزمینی در این منطقه بالاست. آب زیرزمینی که منشأ و تغذیه آن از نزولات جوی است می تواند از ابتدا تا انتهای سفره سبب جابجایی میزان عظیمی از نمک گردد. این جابجایی به خصوص با برخورد به منابع نمک زیرزمینی، لایه های مربوط به رسوب های نئوژن یا سفره های آب شور زیرزمینی البته در اعماق زمین انجام می گیرد.

۲-۴-۲. عوامل شوری ثانویه

فاکتورهایی که با آغاز بهره برداری از خاک سبب بروز یا تشدید شوری خاک می شود، در حقیقت جزئی از عوامل اصلی شور کننده طبیعی حاکم بر منطقه به حساب می آیند چگونگی اثر اینها با هم به صورت عوامل شورکننده ثانویه ظاهر می گردد و بستگی مستقیم به عملیات بهره برداری خواهد داشت.

عوامل شور کننده ثانویه به شرح زیر است:

- وجود نمک های محلول در قشر خاکی

- وجود لایه های حامل نمک یا کلوخه های نمک قشر سطحی خاک
- آب های زیرزمینی سطحی
- جنس خاک از نظر نفوذ پذیری و قابلیت زهکشی
- افزایش تبخیر سطحی

وجود نمک های محلول قشر خاکی:

در اکثر موارد قشر خاکی در طرود با شدت و ضعف آلوده به نمک است.

وجود لایه های حامل نمک یا کلوخه های نمک در قشر سطحی خاک:

در داخل برکه ها به خصوص حوالی باتلاق های نمک که معمولاً تشکیلات قشر خاکی از نظر تکاملی مستعدتر برای بهره برداری می باشند، لایه های شعه که محتوی نمک محلول فراوان و حتی به صورت کلوخه های نمک هستند در صورت قرار داشتن در قشر سطحی می توانند در اثر عملیات دگر تکنیکی خرد و با مواد خاکی درهم آمیخته شده و تمام پروفایل خاک را به طور کامل آلوده به شوری سازد به طوری که هر نوع بهره برداری و استفاده از آن زمین را مختل می سازد.

همین طور کلوخه های نمک مربوط به لایه ها با تماس آب در آن حل شده و مجدداً از طریق کشش کاپیلاری به سطح خاک منتقل و با تبخیر رطوبت که بسیار شدید است نمک در سطح جمع می شود.

آب زیرزمینی سطحی: آب زیرزمینی سطحی که اغلب به صورت ثانویه از طریق جمع شدن آب آبیاری در خاک سنگین ایجاد می شود به مرور عامل شوری ثانویه می شود. این حالت به خصوص در سطوه فراوان دیده می شود.

سطح اب زیرزمینی موقعی که به عمق معین (بحرانی) برسد، آب زیرزمینی در اثر کشش کاپیلاری به سطح زمین رسیده و تبخیر می شود و نمک محلول در قشر خاک جمع می گردد. حدس زده می شود عمق بحرانی منطقه سطوه با توجه به جنس خاک و شدت تبخیر – و ناچیز بودن رطوبت ۳ تا ۵ متر باشد. :

جنس خاک از نظر نفوذپذیری و قابلیت زهکشی

احتمال بروز شوری ثانویه از طریق عملیات بهره برداری از اراضی در ارتباط مستقیم با جنس خاک می باشد. یکی از روش های مؤثر جهت مقابله با شوری، بالا بردن قابلیت نفوذپذیری یا قدرت زهکشی قشر خاکی خواهد بود.

افزایش تبخیر سطحی:

منظور عملیاتی است که طی آن در آغاز بهره برداری با تخریب ساخت فیزیکی خاک و تشدید تبخیر سطحی همراه باشد. در این صورت تحت شرایط آب و هوایی استان سمنان یا بالا بودن غلظت کل املاح محلول در آب و خاک، اراضی تحت بهره برداری اندکی بعد از مدت قدرت بهره برداری خود را از دست می دهند و تبدیل به شورزار می گردند.

محقق	سال تحقیق	موضوع تحقیق	نتیجه
• محمودی	۱۳۹۱	شناسایی خاکهای مسئله دار شهر اردکان	پتانسیل بالای تورم پذیری خاک
• راعی	۱۳۸۳	تأثیر تراکم بر روی خصوصیات ژئوتکنیکی خاکهای سست منطقه رستاق یزد	.....
• رحمان نژاد و جهانیان مقدم	۱۳۸۶	بررسی خاکهای مسئله دار شهر کرمان	رمبنده بودن خاک منطقه
• ورکی	۱۳۹۰	بررسی خاکهای مسئله دار	.....
• قبادی و موسوی	۱۳۹۰	بررسی پراکندگی سنگ های مسئله دار	.....
• رضایی	۱۳۸۷	بررسی خصوصیات ژئوتکنیکی خاکهای مسئله دار جهت احداث کانال شبکه آبیاری	.....

فصل سوم

روش تحقیق

۳-۱. مقدمه

در این تحقیق خاک مورد نیاز بصورت دستنخورده از ۶ گمانه به عمق تا ۳ متر تهیه گردید. نمونه گیری توام با حفاری انجام شد. نمونه ها بلافاصله پس از حفاری داخل فویل آلومینیوم پیچیده شدند و اطراف فویل با چسب پوشانده شد تا رطوبت نمونه ها حفظ شود. جهت تعیین خصوصیات شاخص، مکنیکی و شیمیایی، آزمایش های آزمایشگاهی مختلفی شامل تعیین درصد رطوبت خاک، حدود اتربرگ، آزمایش های شیمیایی بر روی نمونه های خاک طبیعی آزمایش کرامپ، آزمایش دانه بندی به همراه روش استاندارد آزمایش دانه بندی خاکها، ترکیب آزمایشات قبل به همرا روش استاندارد ارزیابی واگرایی خاکهای رسی به روش هیدرومتری دوگانه، روش استاندارد تعیین پتانسیل تورم یا نشست یک بعدی خاکهای چسبنده، روش استاندارد شناسایی و رده بندی رسهای واگرا با آزمایش سوراخ سوزنی (پین هول) انجام گردید.

۳-۲. موقعیت و ویژگیهای عمومی منطقه

منطقه طرود در قسمت جنوبی شهرستان شاهرود در حاشیه کویر قرار دارد. این منطقه از نظر تقسیمات سیاسی – اداری در استان سمنان، شهرستان شاهرود، بخش مرکزی، منطقه گردشگری طرود واقع شده است. از نظر موقعیت، این منطقه در طول جغرافیایی ۳۵ درجه و ۲۵ دقیقه و عرض جغرافیایی ۵۵ درجه و ۱ دقیقه و در ارتفاع ۷۸۱ متر از سطح دریا و آب های آزاد قرار گرفته است. به لحاظ موقعیت جغرافیایی از سمت شمال به مرتع دولاب، جنوب به کویر، شرق به رودخانه کال شور (ابتدای پارک وحش توران) و غرب به مراتع بامو واقع شده است. فاصله آن تا شهر شاهرود بیش از ۱۲۰ کیلومتر می باشد.

۳-۳. زمین شناسی عمومی منطقه

منطقه طرود در ۱۲۰ کیلومتری جنوب شهرستان شاهرود واقع گردیده و از نظر موقعیت جغرافیایی دارای عرض جغرافیایی ۰۱ ۵۵ و طول جغرافیایی ۲۵ ۳۵ می باشد. این منطقه در بخش میانی سمت راست نقشه چهارگوش زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ طرود مشخص گردیده است.

نهشته های رسوبی عهد حاضر اطراف منطقه اغلب شامل مخروط افکنه های گراولی و تراسهای آبرفتی جوان (Qt1) بوده و در بخش غربی شامل تراسهای آبرفتی قدیمی (Qt2) نیز می باشد.

کنگلومراهای پلیو- پلیستوسن (Qp1) بخشی از تشکیلات زمین شناسی شمال و شمال شرقی منطقه را تشکیل می دهند. نهشته های الیگوسن – میوسن و برش های ولکانیکی داسیتی (Ev2) متعلق به ائوسن- الیگوسن می باشد.

پهنه وسیعی از بخش غربی و شمال غربی منطقه از نهشته های ولکانیکی تشکیل گردیده است. مهمترین این نهشته ها عبارتند از: برش های ولکانیکی داسیتی (Ev2)، برش های لاوایی (Ev3) و برش های توفی (Ev4) متعلق به ائوسن- الیگوسن. همچنین نهشته های پلوتونیکی از جنس گرانیت و گرانودیوریت (Gd) به طور موضعی و پراکنده در بخش شمال غربی منطقه مشاهده می گردد. علاوه بر نهشته های آذرین، در این بخش از منطقه نهشته های رسوبی شامل آهک نومولیتی (N) و ماسه سنگ کنگلومراهای متعلق به ائوسن- الیگوسن (Ec) نیز به چشم می خورد.

۳-۴. لرزه خیزی

از شمال شرق طرود تا جنوب عباس آباد، در یک روند شمال خاوری جنوب باختری باریکه ای از سنگهای دگرگونه از جنس شیست، گنایس، آمفیبولیت و مرمر برونزد دارد. اگرچه این دگرگونی ها عمدتاً به سن پرکامبرین دانسته شده اند، ولی مقایسه های منطقه ای نشان می دهد که در دگرگونی این سنگ ها رویداد تکتونیکی تریاس بالا (سیمرین پیشین) نقش بیشتری داشته است. سنگ های جوان تر از این ناحیه از نوع گدازه های آتشفشانی و توده های نفوذی به سن ائوسن اولیگوسن

هستند. جای گیری توده های اولیگوسن به درون گدازه ها و پیروکلاستیک های ائوسن بطور عموم همراه با ایجاد هاله دگرگونی به ویژه کان یسازی از نوع سرب، روی و مس گردیده که گاهی طلای همراه آن در حد قابل توجه است.

بخش جنوبی استان سمنان که طرود در آن واقع است بصورت یک حوضه فروافتاده جوان است که با توالی نسبتاً ضخیمی از مارن، سنگ ماسه و کنگلومرا حاوی گچ و یا نمک فراوان پوشیده شده است. داشتن رنگ متمایل به سرخ، مورفولوژی کاملاً فرسوده و دشت گونه از ویژگ یهای این فرونشست جوان است که در جغرافیای ایران به نام "کویر بزرگ" معروف است.

رسوب های قاره ای و قرمز رنگ مورد نظر در حوضچه های بین کوهی کم عمق و در شرابط آب و هوای گرم و تبخیری بر جای گذاشته اند، به همین دلیل حاوی گچ به ویژه سنگ نمک فراوان هستند که بطور عموم به صورت گنبدهای نمکی و گاهی گچی، به ویژه در جنوب سمنان نمایان هستند. در فرونشست جنوب استان سمنان، نهشته های زودفرسای مارنی و سنگ ماسه ای برونزد و ساختار آشکاری ندارند، ولی در روی عکس های هوایی و ماهواره ای نشانگر ساختارهای چین خورده زیبا در یک روند شمال شرق جنوب غرب اند.

یکی از خاصه های فرونشست طرود کفه های زمینی به ویژه پوسته های نمکی است که بخش های فرسوده شده و پست را زیر پوشش دارند. پوسته های نمکی به ویژه شورابه های جاری در این بخش استان سمنان حاوی انباشته ها و یا محلول های حاوی املاح معدنی سولفات و کلرور سدیم و پتاسیم و ... است، که گاهی ارزش اقتصادی در خور توجه دارند. افزون بر املاح گفته شده در این فرونشست تمرکز هیدروکربورهای نفتی می تواند مورد توجه باشد.

۳-۵. تکتونیک

از نظر تکتونیکی تعداد قابل توجهی گسل اصلی و فرعی به ویژه در بخش های شمالی، جنوبی و جنوب غرب منطقه مشاهده می گردد. این گسل ها اغلب دارای روند شمال شرق– جنوب غرب و

شمال غرب – جنوب شرق بوده، گاهی یکدیگر را قطع کرده و هورست و گرانبهایی را در شمال و قلب منطقه تشکیل داده اند.

از گسل های مهم موجود در منطقه می توان به گسل بزرگی در فاصله ۵ کیلومتری طرود اشاره کرد که از شمال شرق منطقه آغاز گردیده و تا جنوب غرب منطقه امتداد یافته است. لازم به ذکر است این گسل یک گسل پوشیده بوده و در بیشتر نواحی از زیر نهشته های آبرفتی منطقه می گذرد.

چین خوردگی یکی دیگر از عوارض تکتونیکی موجود در منطقه می باشد. این عارضه که در بخش جنوبی و جنوب غربی منطقه و به ویژه در نهشته های رسوبی الیگوسن– میوسن (M2) شدت بیشتری داشته به شکل تاقدیس ها و ناودیس های بزرگی رخنمون یافته است.

۳-۶. اقلیم

۳-۶-۱. بارندگی

میانگین بارندگی سالانه منطقه مورد مطالعه در دوره آماری (۱۳۹۳-۱۳۸۵)، ۱۴۰/۳ میلی متر بوده است. به طوری که ملاحظه می‌شود میزان بارندگی در کل عرصه کمتر از ۲۰۰ میلی متر بوده و در فصولی که بارندگی اندک می‌باشد بادهای منطقه نیز شروع به وزیدن کرده اند. با چنین بارندگی، حاکمیت سایر شرایط فرسایش بادی از شدت بالایی برخوردار می‌باشد. ضریب تغییرات بارندگی در این منطقه ۵۴ بوده و این خود نمودی از عدم ثبات شرایط بارانی در اغلب مناطق بیابانی کشور می‌باشد. عمده باران‌های نازل شده منطقه در فصول پاییز و زمستان بوده و قریب ۷۶/۲ درصد بارندگی را شامل می‌شود.

۳-۶-۲. دما

میزان دمای هوا در گرمترین زمان در روز (ماه تیر) به حدود ۵۰ درجه و در شب در حدود ۲۵ تا ۳۰ درجه میرسد. این اختلاف فاحش دما باعث خرد شدن کامل سنگها (گریه سنگ) می شود. در فصول

سرما میزان دما در روز در حدود ۱۳ تا ۱۷ درجه ور در شب در حدود ۰ تا ۷- می باشد. در حاشیه کویر و در نزدیکی ریگزارها دمای هوا به طرز چشمگیری در طول روز افزایش می یابد. میانگین دمای روزانه این منطقه در دوره آماری (۱۳۹۳-۱۳۸۵) در حدود ۲۳.۲ درجه سانتی گراد بوده است. تفاوت دمای میانگین حداکثر گرمترین ماه‌های سال با سردترین ماه ها بالا می باشد. این امر شرایط زیستی خاصی را به خصوص برای گیاهان ایجاد می‌نماید و این امر در محدوده تپه‌های ماسه‌ای به دلیل شرایط خاص، حادتر می‌باشد. بنابراین این عامل تاثیر زیادی در تخریب سنگ مادری و خاک سازی داشته و با خرد شدن کلوخه‌ها شرایط مناسبی برای حرکت ذرات ریزدانه فراهم می‌کند که در شدت فرسایش بادی منطقه تأثیر غیر قابل انکاری خواهد داشت.

۳-۶-۳. باد

باد یک کمیت برداری است که با توجه به دو مشخصه سرعت و جهت مورد بررسی قرار می‌گیرد و یکی از عوامل مهم در افزایش میزان تبخیر و تعرق، بارندگی و همچنین فرسایش خاک در مناطق خشک و بیابانی محسوب می‌گردد که در جابجایی توده‌های هوا و باروری ابرها نقش مهمی را ایفا می‌کند. باد کویر در روزهای بعدازظهر تابستانی می وزد. این باد ملایم بوده ومعمولاً تا سه ساعت ادامه دارد. ولی آن چیزی که در این منطقه بسیار مشهود است بادهای سرد شبانه و نسیم ملایم در ساعات روز و طوفان‌های شن در برخی از اوقات سال است که گاهاً زندگی مردم را تحت تاثیر خود قرار میدهد. تفاوت دما در روز و شب بسیار مشهود بوده و جهت بادها در کویر اغلب غربی – شرقی می باشد که باعث ایجاد شیب های تند در ارتفاعات شرقی می گردد و بر رفت و آمد تأثیر می گذارد. بادهای جنوبی نیز به خصوص در فصول گرم سال در کویر می وزند و از دلایل حرکت شن های روان محسوب می گردند. وجود ترکیبات گوگردی باعث ایجاد خاکی به نام گل زرد گردیده است که می تواند از جاذبه های جذب گردشگر به حساب آید.

۳-۷. مشاهدات محلی

بر اساس مشاهداتی که از این منطقه انجام شد وجود ترک های نسبتاً عمیق روی دیوارها و جاده ها و همچنین نشست های نامتقارن و بعضاً تخریب زمین در کف خانه ها بسیار مشهود بود. در زمین های کف خیابان ها و کوچه ها و حتی جاده های خاکی، خاک به صورت نمکی و سفید رنگ درآمده است که نشان از وجود عنصر سدیم بسیار زیاد در خاک منطقه است. شایان ذکر است رنگ خاک منطقه کمی متمایل به قهوه ای پررنگ و سرخ می باشد. سطح آبهای زیرزمینی در مناطق مختلف نوسان دارد بطوری که در برخی چاهها سطح آب زیرزمینی تا ۳ متر هم می رسد. خاک نمکی و شور منطقه حتی در بستر راههای آسفالتی منتهی به این منطقه نیز تأثیر خود را گذاشته است. بطوریکه این راهها به صورت نامطلوبی دچار ترک خوردگی و اعوجاج گردیده اند که رانندگی را برای افرادی که نزدیک طرود می شوند سخت می کند. طبق مشاهدات، وجود معدن نمک آبی طرود و بیدستان که به صورت کالهای نمکی و در دو منطقه وجود دارند می توانند عامل شوری خاک بستر این منطقه باشند که یکی در ۸ کیلومتری جنوب شرقی بیدستان و دیگری در ۱۱ کیلومتری جنوب غربی طرود واقع شده اند. موقعیت تقریبی آن ۵۴ درجه و ۴ دقیقه طول شمالی و ۳۵ درجه و ۱۸ دقیقه عرض شمالی است. شکل این معدن رسوبی لایه ای بوده و ماده معدنی در دو منطقهٔ طرود و بیدستان بصورت کالهای نمکی به ابعاد مختلف تشکیل می شود. در منطقه طرود تشکیلات رسوبی تقریباً سالم مانده و تپه های کم ارتفاع مارنها، مارنهای گچی، گچ، نمک، باندهای نمک دار و گچ دار را تشکیل داده است. این تپه ها منشأ تشکیل معدن مورد بحث می باشند. در منطقهٔ جنوب بیدستان ارتفاع تپه مانندی مربوط به دوران سوم دیده می شود که جنس آنها مارنهای سبز و قرمز و کنگلومرای سیلسی و ماسه سنگ می باشد. سپس به یک طبقه نمک سنگی با میان لایه هایی از گچ و مارن برخورد می کنیم. بطور کلی می توان گفت این نمک ها حاصل تأثیر آبهای سطحی بر روی طبقات نمکی الیگوسن می باشد. به گفته محلی ها سالانه ۸۰۰ تن نمک از جنوب این منطقه برای مصارف خوراکی و صنعتی استخراج می گردد. بطور کلی می توان این گونه بیان نمود.

که نمک و شوری با زندگی مردم این منطقه عجین شده است. هم برایشان درآمد زاست و هم برایشان مشکلاتی را به وجود آورده است. می توان وجود عنصر سدیم و نمک در خاک را عاملی مهم برای مسأله دار بودن خاک این منطقه لحاظ کرد لذا با انجام یک سری آزمایشات مکانیک خاک بر روی خاک می توان به این موضوع پی برد.

شکل ۳-۱: تراوش نمک به سطح زمین

شکل۳-۲: ترک ناشی از نشست ساختمان

شکل۳-۳: خرابی کف بر اثر بالا آمدگی

شکل ۳-۴: ترک و خرابی دیوار

۳-۸. روش حفاری

به منظور تعیین نوع و ضخامت لایه های خاک عملیات حفاری به روش دستی انجام گردیده است. لازم به یادآوری است در صورت عدم وجود هیچگونه محدودیت برای حفر گمانه از قبیل برخورد به سطح آب زیرزمینی، وجود لایه های سخت و متراکم و یا سنگ بستر، حفاری به شیوه دستی (مقنی) اقتصادی ترین و مناسب ترین روش حفاری است، چرا که می توان ضمن حفر گمانه وضعیت لایه های خاک و تغییرات آنها را مشاهده نمود و شناخت کامل تری از خاک محل به دست آورد. نمونه گیری توأم با حفاری انجام شد. نمونه ها بلافاصله پس از حفاری داخل فویل آلومینیوم پیچیده شدند و اطراف فویل با پارافین پوشانده شد تا رطوبت نمونه ها حفظ گردد.

۳-۹. عمق گمانه

مطالعات و بررسی های انجام شده در منطقه با حفر ۱۲ گمانه تحقیقاتی به عمق ۳ متر صورت گرفته است.

۳-۱۰. موقعیت گمانه ها

محل گمانه ها طوری انتخاب شده است که ۴ گمانه در اطراف منطقه و ۲ گمانه تقریباً در مرکز آن قرار گیرد. مختصات گمانه ها با استفاده از GPS برداشت شد و محل آن روی نقشه طرود مشخص است. فاصله گمانه ۱ به فاصله ۱۵۰۰ متر از گمانه ۲ و گمانه ۲ به فاصله ۱۰۰۰ متر از گمانه سوم قرار دارد.

شکل ۳-۵: موقعیت گمانه ها

جدول۳-۱: مشخصات گمانه ها

گمانه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	محدوده (m^2)
BH_1	55°1’4.44”E	35°25’41.64”N	۲۰۴
BH_2	55°0’57.27”E	35°25’46.56”N	۲۶۶
BH_3	55°0’49.02”E	35°25’40.89”N	۳۰۴
BH_4	55°0’55.97”E	35°25’36.87”N	۴۲۹
BH_5	55°0’51.74”E	35°25’30.25”N	۲۰۸
BH_6	55°0’40.17”E	35°25’42.51”N	۲۷۲

۳-۱۱. آزمایشات انجام شده

۳-۱۱-۱. آزمایشات شیمیایی

از آنجا که اساساً واگرایی خاک های رسی پدیده ای فزیکی و شیمیایی است و خصوصیات شیمیایی خاک به ویژه نوع و میزان کاتیون های مختلف خاک و آب منفذی اطراف آن در ایجاد این پدیده نقش مؤثری دارند.

۳-۱۱-۲. آزمایش دانه بندی(ASTM –C136)

این آزمایش نحوه تعیین توزیع انواع دانه ها در مصالح ریز دانه و درشت دانه را به کمک الک شرح می دهد. نمونه توزین شده از مصلح سنگی و خشک از یک سری الک که به دنبال هم از بزرگ به کوچک مرتب شده اند عبور داده می شود. و توزیع اندازه دانه ها تعیین می گردد.

این روش برای تعیین دانه بندی سنگی به کار می رود. نتایج این آزمایش به منظور تطبیق توزیع اندازه دانه ها با مشخصات لازم برای مصالح سنگی و همچنین تهیه اطلاعات لازم برای کنترل تولید سنگدانه های مختلف ومخلوط هایی که در آنها مصالح سنگی به کار می رود مورد استفاده قرار می گیرد. اطلاعات حاصل از این آزمایش را می توان برای تعمیم رابطه بین تخلخل و تراکم نیز مورد استفاده قرار داد.

۳-۱۱-۳. روش استاندارد آزمایش دانه بندی خاک ها [۷] ASTM D422

این استاندارد ارایه دهنده روشی کمی برای تعیین توزیع دانه های یک خاک است. منحنی دانه بندی مصالح بزرگ تر از $75\mu m$ (مانده روی الک #200) با استفاده از الک و منحنی دانه بندی مصالح کوچک تر از $75\mu m$ به روش رسوب سنجی و با استفاده از هیدرومتر تعیین می شود.

[7] - Standard Test Method For Particle – Size Analysis Of Soils

*توجه: در این استاندارد از الک $\#10(2mm)$ برای تفکیک دانه ها به دو بخش استفاده شده است. به جای الک 10# می توان از الک های دیگری همچون الک $\#40(0.425mm)$، $\#4(4.75mm)$یا $\#200(75\mu m)$ استفاده کرد. شماره الک استفاده شده باید در نتایج گزارش ذکر شود.

*توجه: برای پراکنده کردن خاک در آزمایش هیدرومتری دو وسیله پیش بینی شده است. ۱) همزن مکانیکی با دور تند و ۲) پراکنده سازی با هوا. تحقیقات گسترده نشان داده است که پراکنده سازی ذرات کوچکتر از $20\mu m$ در خاک های خمیری با استفاده از هوا به نحو بهتری انجام می شود. همچنین در خاک های ماسه ای پراکنده سازی با هوا نسبت به همزن مکانیکی کم تر باعث خرد شدن و به هم ریختن دانه بندی طبیعی ذرات می شود. با توجه به جمیع دلایل یاد شده، پراکنده سازی با هوا توصیه می شود. نتایج آزمایش هیدرومتری با دو وسیله یاد شده بر حسب نوع خاک می تواند متفاوت باشد. این موضوع به ویژه در ذرات کوچکتر از $20\mu m$ محسوس تر است.

نتایج آزمایشات فوق در اشکال (۱ تا ۱۲) در ضمیمه الف قابل مشاهده می باشد.

۳-۱۱-۴. روش استاندارد ارزیابی واگرایی خاک های رسی به روش هیدرومتری دو گانه ASTM D4221

از تلفیق نتایج این آزمایش با آزمایش دانه بندی به روش D422 بر روی نمونه های مشابهی از یک خاک، شاخص واگرایی خاک های رسی تعیین می شود. این آزمایش تنها در خاک هایی کاربرد دارد که طبق استاندارد D4318 دارای شاخص خمیری بیش تر از ۴ هستند و طبق استاندارد D422 بیش تر از ۱۲٪ خاک از $5\mu m$ ریزتر است. روش انجام این آزمایش مشابه آزمایش دانه بندی به روش D422 است، با این تفاوت که در این استاندارد برای تعیین درصد ذرات کوچک تر از $5\mu m$ در سوسپانسیون آب و خاک از محلول پراکنده ساز و همزن مکانیکی استفاده نمی شود. نسبت بین درصد ذرات کوچکتر از $5\mu m$ در این آزمایش به درصد ذرات کوچک تر از $5\mu m$ در آزمایش دانه بندی به روش D422 شاخصی از واگرایی خاک است. این آزمایش قابلیت شناسایی همه رس های

واگرا را ندارد. برای ارزیابی واگرایی خاک ها می توان از آزمایش پین هول (D4647)، کرامب یا هر دو یا آنالیز عصاره اشباع خاک استفاده کرد.

نتایج آزمایشات فوق در اشکال(۱۳تا ۱۸) در ضمیمه الف قابل مشاهده است.

۳-۱۱-۵. روش های استاندارد تعیین پتانسیل تورم یا نشست یک بعدی خاک های چسبنده ASTM D4546

این استاندارد ارایه دهنده سه روش آزمایشگاهی برای تعیین مقدار تورم یا نشست نمونه های چسبنده نسبتاً دست نخورده یا متراکم شده است. از این استاندارد برای تعیین (الف) مقدار تورم یا نشست تحت فشار (بار) قائم مشخص یا (ب) مقدار فشار قائم لازم برای ثابت نگه داشتن حجم یک نمونه محصور شده، استفاده می شود.

نتایج آزمایش فوق در جداول(۱ تا ۴) ضمیمهٔ الف قابل مشاهده است.

۳-۱۱-۶. روش استاندارد شناسایی و رده بندی رس های واگرا با آزمایش سوراخ سوزنی ASTM D4647

این آزمایش ارایه دهنده روشی مستقیم و کیفی برای اندازه گیری پتانسیل واگرایی و فرسایش پذیری کلوئیدی خاک های رسی توسط عبور آب از سوراخ کوچک ایجاد شده در میان نمونه است. آزمایش هیدرومتری دوگانه طبق استاندارد (D4221) مکمل این آزمایش است. روش آزمایش و معیارهای ارزیابی داده های آن بر اساس نتایج چندین صد آزمایش بر روی نمونه های مختلف از خاک های رسی مربوط به خاکریز، کانال و ... که دچار فرسایش شده یا نشده اند، تنظیم شده است. رده بندی واگرایی خاک ها به روش A، B و C انجام می شود. در روش A و C خاک ها به شش رده واگرا (D2 و D1) واگرای کم تا متوسط (ND4 و ND3) و غیر واگرا (ND) تقسیم می شوند. در روش B خاک ها به سه رده واگرا (D)، کمی واگرا (SD) و غیر واگرا (ND) تقسیم می شوند.

نتایج آزمایش فوق در جداول(۵ تا ۱۶)ضمیمهٔ الف مشاهده می باشد.

فصل چهارم

نتایج و تفسیر آن

۴-۱. مقدمه

طبق مشاهدهٔ لوگ گمانه ها و همچنین آزمایش های انجام شده، خاکهای مورد مطالعه ریز دانه بوده و اغلب رس یا ترکیبی از رس سیلت است. ضمن اینکه در برخی از نمونه ها رکه های کوچکی از مواد آلی به چشم می خورد. پس از انجام مراحل آزمایشگاهی نتایج به دست آمده را با معیارهای بررسی و شناخت خاکهای مسئله دار مقایسه می کنیم و نتایج را بیان می نماییم.

۴-۲. ارزیابی میزان واگرایی

جهت تعیین میزان واگرایی خاک آزمایش های شیمیایی، کرامب، هیدرومتری دوگانه و سوراخ سوزنی انجام شد.

- در آزمایش کرامب نمونه ها طبق استاندارد آزمایش شدند. نتایج نشان داد در نمونه گرفته شده از گمانه چهارم در عمق ۲/۵ متری ذرات خاک از هم جدا شدند و در ته ظرف نه نشین شدند و رنگ آب تغییری نکرد و خاک غیر روانگرا محسوب گردید. در نمونه های گرفته شده از عمق ۱/۵ متری گمانهٔ اول، عمق ۱/۳ متری گمانه سوم، عمق ۱/۵ متری گمانهٔ چهارم و عمق ۱/۵ متری گمانهٔ ششم، شاهد این بودیم که ضمن ته نشینی ذرات خاک، رنگ آب در مجاورت سطح خاک کمی تغییر کرده است، که مبنی بر واگرایی کم این نمونه ها می باشد. در هر دو نمونه برداشتی از گمانه های دوم و پنجم و همچنین نمونه های گرفته شده از عمق ۱/۵ متری گمانهٔ اول، عمق ۲/۸ متری از گمانه های سوم و ششم، ضمن ته نشینی ذرات خاک، تغییر رنگ آب در تمامی ظرف مشاهده گردید که این امر بیانگر واگرا بودن این نمونه می باشد.
- آزمایش هیدرومتری دوگانه طبق استاندارد ($ASTM(D_{4221})$ انجام شد. نتایج آزمایش ها نشان داد که در نمونه گرفته شده از عمق ۱/۵ متری گمانه اول به میزان ۴۴ درصد واگرایی وجود دارد. همچنین در نمونه های برداشتی از گمانه سوم به مقدار ۴۶ و ۴۳

- درصد واگرایی بود که بیانگر مقدار متوسط واگرایی در نمونه های ذکر شده می باشد. همچنین در نمونه گرفته شده از عمق ۲/۸ متری گمانهٔ اول، عمق ۱/۵ و ۲/۲ متری از گمانهٔ دوم، به میزان ۵۱، ۵۰ و ۵۳ درصد واگرایی داریم که نشانگر میزان بالای واگرایی خاک در این مناطق می باشد.
- از آنجایی که واگرا بودن نمونه های مورد مطالعه در آزمایش کرامب و هیدرومتری دوگانه ثابت گردید، برای تکمیل کار از آزمایش سوراخ سوزنی نیز استفاده شد. آزمایش سوراخ سوزنی طبق استاندارد $ASTM\ D_{4647}$ انجام شد. نتایج نشان دادند که در نمونه های گرفته شده از عمق ۱/۵ متر گمان اول، ۱/۳ و ۲/۸ متری گمانه سوم، ۱/۵ متری گمانه چهارم،.. ۱/۵ متری گمانه ششم، واگرایی متوسط در خاک مشاهده گردید. همچنین در نمونه های برداشتی از عمق ۲/۸ متری از گمانه اول، ۱/۵و۲/۲ متری از گمانهٔ دوم، ۱/۶ و ۲/۸ متری از گمانهٔ پنجم و ۲/۸ متری از گمانهٔ ششم، خاک بصورت واگرا تشخیص داده شد. همچنین در نمونه گرفته شده از عمق ۲/۵ متری گمانه چهارم خاک بصورت غیر واگرا بود.

۴-۳. ارزیابی میزان تورم پذیری

ارزیابی پتانسیل تورم به دو روش مستقیم (آزمایش تحیکم) و غیر مستقیم (با استفاده از پارامتر های فزیکی خاک) انجام شد. روش مستقیم ارزیابی پتانسیل تورم با استفاده از آزمایش تحکیم و طبق استاندارد $ASTM\ D_{4546}$ در دو عمق از هر گمانه انجام شد. همچنین پتانسیل تورم تمام نمونه ها به روش غیر مستقیم و با استفاده از معیار های AASHTO وChen و Vander mer we و همچنین طبقه بندی ساده با نشانهٔ خمیری تخمین زده شد.

در معیار چن از پارامتر های عدد SPT و شاخص خمیری و درصد ذرات عبوری از الک ۲۰۰ در تخمین تورم پذیری استفاده می شود. در معیار آشتو از پارامتر های حد روانی و شاخص خمیری خاک جهت تعیین تورم پذیری استفاده می شود. معیار واندرمرو با استفاده از پارامترهای درصد رس و شاخص پلاسیتیسه تورم پذیری خاک را تعیین می کند. همچنین با بررسی مقدار نشانهٔ خمیری به صورت بسیار ساده به میزان تورم پذیری خاک می توان پی برد.

با توجه به داده های دریافتی از نتایج آزمایشگاهی مشاهده می شود کهمعیار چن و سپس واندرمرو تورم پذیری را بیش از سایر معیارها تخمین می زند. چن در تدوین معیار خرد خاک را از حالت کاملاً خشک در دستگاه تحکیم به حالت اشباع رسانده است ولی در روش استاندارد تعیین پتانسیل تورم یک بعدی خاکهای چسبنده یا استفاده از آزمایش تحکیم ($ASTM\ D_{4546}$) نمونه از حالت رطوبت طبیعی به حالت اشباع رسانده می شود. بنا بر این برای دو نمونه خاک مشابه، روش چن پتانسیل تورم را بیشتر تخمین می زند. همچنین یکی از پارامترهای ارزیابی میزان تورم پذیری خاک در این روش درصد ذرات عبوری از الک ۲۰۰ است، که شامل لای و رس است، لیکن لای خاصیت تورم پذیری ندارد. بنابراین این پارامتر نیز می تواند یکی از دلایلی باشد که روش چن پتانسیل تورم را بیشتر از سایر معیارها تخمین می زند. در روش واندرمرو نیز جهت تعیین تورم پذیری از درصد رس و شاخص خمیری خاک استفاده شده است. ولی تعیین درصد رس به روش هیدرومتری دقت چندان بالایی ندارد. همچنین تعیین حد خمیری خاک نیز نسبت به حد روانی با خطای بیشتری همراه است.

بنابر این با اندک اشتباه در تعیین درصد رس یا نشانهٔ خمیری خاک ممکن است رده بندی خاک از لحاظ تورم پذیری کاملاً تغییر کند.

نتایج حاصل از نمونه های دست خورده و دست نخورده معمولاً متفاوت است ولی این تفاوت بستگی به نوع خاک دارد. در برخی از خاک ها نمونه های دست خورده نتایج مشابه نمونه های دست نخورده می دهد.

تورم نمونه های دست خورده معمولاً بیش از نمونه های دست نخورده است. این افزایش تورم ناشی از دو عامل گسیختگی اتصال و سیمانتاسیون بین ذرات و تغییر بافت خاک است. در واقع نمونه های دست نخورده یا سیمانی شده از مقاومت بالایی در مقابل تغییر شکل برخوردارند. لذا قسمت بزرگی از فشار تورم را تحمل کرده و مانع از تغییر شکل تورمی می شوند. در نتیجه آزمایش ها با نمونه های دست خورده نتایج دست بالا به بار می آورد. همچنین در روش غیر مستقیم ارزیابی پتانسیل تورم با استفاده از حد روانی و شاخص های وابسته به آن و بدون توجه به کانی شناسی رس نمی توان تورم پذیری خاکها را به طور رضایت بخش تعیین نمود زیرا مکانیسم کنترل حد روانی خاکهای کائولینیتی و مونت موریلونیتی کاملاً متفاوت است. حد روانی کائواینیت بوسیله آرایش ذرات و نیروهای جاذبه درون ذره ای کنترل می شود. در حالیکه حد روانی خاکهای مونت موریلونینی بوسیله ضخامت لایه ای دوبل کنترل می شود. از این حد روانی بالاتر الزاماً به معنی خاک مونت موریلونیتی متورم شونده نیست.

پس از توضیحات گفته شده به بررسی نتایج حاصل از تعیین معیارهای تورم پذیری می پردازیم. پس از انجام آزمایش تحکیم و استخراج معیارهای مطابق با دستورالعمل معیار چن مشاهده می گردد که در تمامی نمونه های بدست آمده از ۶ گمانهٔ حاصله، تنها دو عمق ۱/۵ متری از گمانه چهارم و ۲/۸ متری از گمانهٔ پنجم، تورم پذیری متوسطی حاصل شد و در بقیهٔ نمونه ها میزان تورم پذیری خاک در حد پایین بود. در معیار آشتو با بررسی تمامی پارامترهای بدست آمده، میزان تورم پذیری در حد پایین حاصل شد و در معیار واندرمرو نیز با بررسی مقدار نشانهٔ خمیری و درصد ذرات کوچکتر از ۲ میکرون به این نتیجه می رسیدیم

که میزان تورم پذیری پایین می باشد. همچنین در طبقه بندی ساده با نشانهٔ خمیری تنها با بررسی مقدار نشانه خمیری، این نتیجه حاصل گردید که در هر دو عمق از گمانه های اول و چهارم میزان پتانسیل تورم کم می باشد ولی در اعماق ۲/۲ متری از گمانهٔ دوم، ۱/۳ متری از گمانهٔ سوم، ۲/۸ متری از گمانهٔ پنجم و ۱/۵ متری از گمانهٔ ششم مقدار پتانسیل تورم متوسط می باشد.

۴-۴. ارزیابی پتانسیل رمبندگی

برای ارزیابی پتانسیل رمبندگی خاکهای این منطقه معیارهای زیر را بررسی می کنیم.

ترکیب دانه بندی:

توزیع اندازهٔ ذرات برای خاکهای رمبنده نشان می دهد که این گونه خاکها اغلب خاکهای سیلتی می باشند. (درصد سیلت بین ۵۰-۹۰) و مقدار بسیار کمی از ماسه ریز دانه و رس دارند که با توجه به دانه بندی خاکهای این منطقه، رمبندگی دیده نمی شود.

جرم مخصوص:

محدودهٔ جرم مخصوص در خاکهای رمبنده معمولاً بین ۲/۷-۲/۶۵ می باشد و با توجه به اینکه جرم مخصوص خاکهای این منطقه معمولاً بالای ۲/۷ می باشد لذا باز هم فرضیهٔ رمبندگی رد می شود.

خواص خمیری:

در خاکهای رمبنده خاصیت خمیری از کم تا متوسط متغیر است، خاصیت خمیری در این خاکها با افزایش درصد رس افزایش می یابد و از آنجا که حد روانی مشخص برای خاکهای رمبنده بین(۳۵-۲۵) درصد و شاخص خمیری بین (۲۲-۵) درصد می باشد لذا چون حد روانی و شاخص خمیری نمونه های برداشت شده از خاکهای این منطقه در این محدوده معمولاً قرار نگرفتند لذا از نظر خواص خمیری خاک هم رمبندگی دیده نمی شود.

چگالی خشک:

محدودهٔ چگالی خشک از بسیار پایین تا پایین متغیر است. طبق تعریف خاکهای رمبنده حداکثر مقدار چگالی خشک $1/6\ gr/cm^3$ می باشد ولی با توجه به اینکه چگالی خشک در خاکهای منطقهٔ طرود بالاتر از $1/6\ gr/cm^3$ می باشد لذا رمبندگی باز هم دیده نمی شود.

پس بطور کلی با توجه به معیار های ذکر شده می توان به این نتیجه رسید که خاکهای منطقه طرود دارای پتانسیل رمبندگی نمی باشند.

فصل پنجم

جمع بندی و پیشنهادها

۵-۱. جمع بندی

به طور کلی مشاهده می شود که خاک منطقه مورد مطالعه دارای پتانسیل تورم پذیری کم و تنها در چند عمق پتانسیل تورم پذیری متوسط است. نتایج آزمایش ها نشان می دهد که مسئله تورم پذیری خاک را نمی توان به عنوان یکی از علت های اصلی ترک خوردگی سازه ها و راه های ارتباطی منطقه بیان کرد. همچنین پتانسیل رمبندگی خاک منطقه نیز با بررسی معیارهایی نظیر جرم مخصوص، خواص خمیری، ترکیب دانه بندی و چگالی خشک، متوسط رو به پایین بود که نمی توان آن را هم دلیلی برای مشکلات پیش آمده برای خاک منطقه دانست. لیکن واگرایی منطقه متوسط رو به بالا است و با توجه به اینکه ساختمانهای موجود در این منطقه حداکثر دو تا سه طبقه بوده و در رده ساختمانهای سبک محسوب می شود. می توان نتیجه گرفت که واگرایی خاک منطقه می تواند یکی از دلایل ایجاد ترک و نشست در سازه های منطقه باشد.

۵-۲. پیشنهادها

۱- بهسازی خاک گزینه مناسبی است که در اغلب اوقات اقتصادی ترین روش برای حل مسائل ژئوتکنیکی است.

۲- آهنگ کاربرد روش های بهسازی در ایران هماهنگ با کشورهای دیگر نبوده، از روش هایی با تأخیر زمانی و از دیگر روش ها تاکنون استفاده نشده است. با به کار گیری بهسازی در پروژه ها سالیانه میلیاردها تومان صرفه جویی مالی به عمل آمده و زمان اجرا به تناسب کوتاه خواهد شد. در منطقه طرود نیز با توجه ب توریستی بودن آن، لازم است که تمهیدات لازم برای بهسازی خاک منطقه انجام شود.

۳- عدم استفاده از روشهای بهسازی و تثبیت سبب می شود تا بر حسب نیاز و مورد مصالح مناسب از فواصل زیاد حمل شود. در این شرایط هزینهٔ اجرای کار با توجه به حجم زیاد

مصالح منتخب و مسائل مربوط به آن بسیار گران خواهد شد. در این منطقه با توجه به وجود معادن مس و تخریب بخش اعظمی از کوهها، می توان از سنگ لاشه به عنوان مصالحی جهت پیش بار گذاری بر روی خاکهای مسئله دار استفاده کرد.

۴- نقش آهک در تثبیت خاکهای ریز دانه از زمانهای قدیم شناخته شده است. به طور کلی خاکهایی جهت اختلاط با آهک مناسب می باشند که دارای مقدار کافی رس می باشند.واکنش های شیمیایی تبادل یونی بین آهک، آمومین و سیلیس موجود در خاک رس باعث بالا رفتن کارایی، کاهش خصوصیات خمیری خاک و همچنین واکنش های پوزولانی منجر به ایجاد یک جسم سیمنته با مقاومت نسبتاً بالا می شود. لذا توصیه می شود از آهک به عنوان یکی از مصالح تثبیت کنندۀ خاک منطقه بهره برد.

۵- افزودن سیمان به خاک رس و ایجاد مخلوط خاک سیمان نیز یکی از راهکارهای ارزان قیمت و در دسترس تثبیت خاک منطقه است که امتحان خود را قبلاً پس داده است و روشی مناسب به حساب می آید.

منابع

[۱]محمودی خ، (۱۳۹۱)، پایان نامه ارشد: "مطالعه آزمایشگاهی برای شناسایی خاک های مسئله دار شهر اردکان"، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه یزد

[۲] نخعی ع، (۱۳۷۳)، پایان نامه ارشد:" طبقه بندی خاک های تورم پذیر"، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تهران.

[۳] راعی الف، (۱۳۸۳)، پایان نامه ارشد:" بررسی تأثیر تراکم بر روی خصوصیات ژئوتکنیکی خاک های سست منطقه رستاق یزد "، دانشکده مهندسی عمران یزد

[۴]عسگری ف. ا .و فاخذ ع، (۱۳۷۲)"، تورم و وتگرایی خاک ها از دید مهندس ژئوتکنیک "، انتشارات دانشگاه تهران

[۵]محمودی ع، ملوکی ح، رهنما راد ج و نورا م، " بررسی پتانسیل تورم و واگرایی دشت زحمتکشان کرمان ،" هشتمین همایش انجمن زمین شناسی مهندسی و محیط زیست ایران .

[۶]حداد ع و پور ف.ا. ، (۱۳۹۲)،" بررسی آزمایشگاهی تأثیر افزودن سیمان وآهک بر میزان واگرایی خاک منطقه سیمین دشت گرمسار "، اولین کنفرانس ژئوتکنیک

[۷] رحمان نژاد ر ، ابراهیمی م . ع . و جهانیان مقدم، (۱۳۸۶) " معیارهای شناسایی خاک های رمبنده و روش مقابله با پدیده رمبندگی (مطالعه موردی) خاک ساختگاه شهر کرمان "، همایش ملی زلزله و مقاوم سازی ساختمان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بهبهان

[۸] مشکوه ز ، برخورداری ک ، فلاح م ، (۱۳۹۱) " مطالعه پارامترهای مقاومتی و تورم خاک شور در استان یزد "، دومین کنفرانس ملی سازه و ژئوتکنیک، مؤسسه آموزش عالی پردیسان بابلسر

[۹]ASTM, (2000)" test method for particle-size analysic of soil " ,designation : d422.

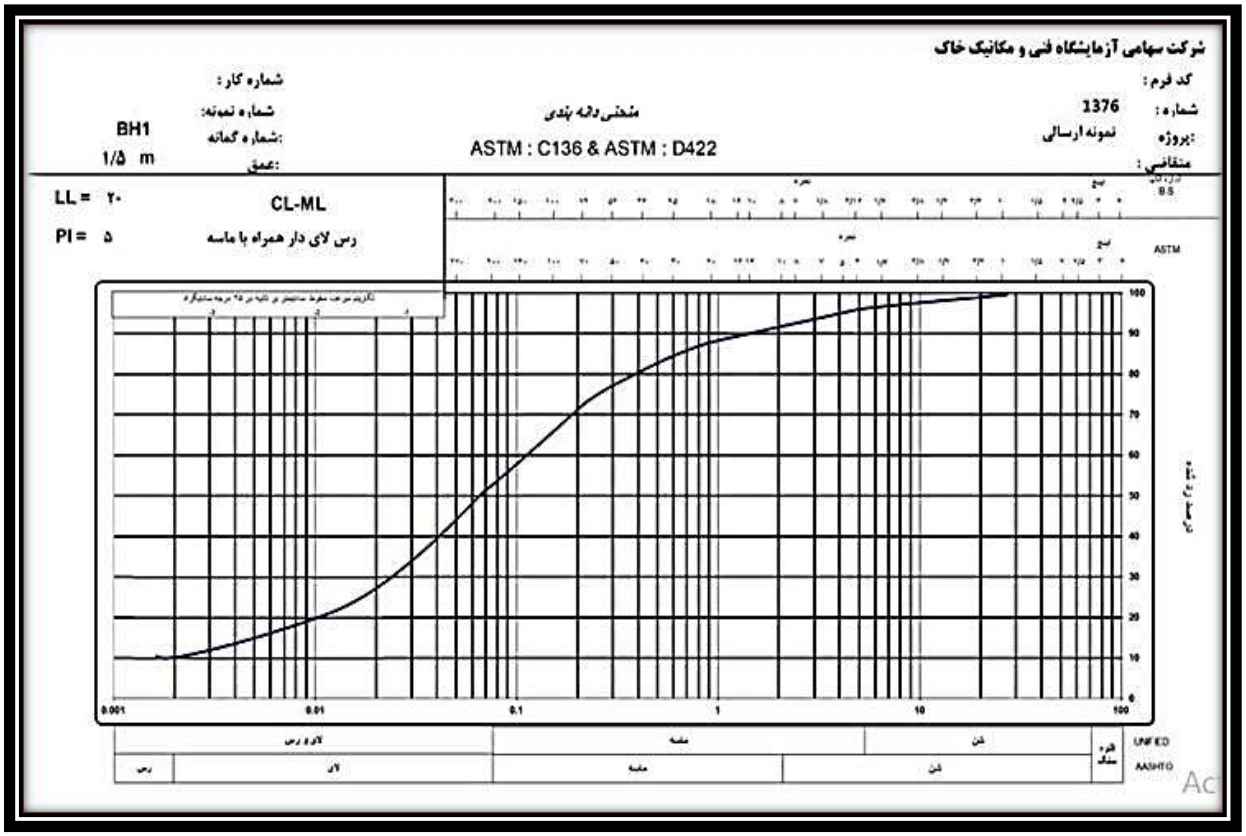
[۱۰]ASTM, (2000) " one-dimensional swell or settlement potential of cohesive soils ",designation : d4546.

[۱۱] " standard test method for identification and classification of dispersive clay soils by the pinhole test ". Designation : d4647 ASTM , (2000)

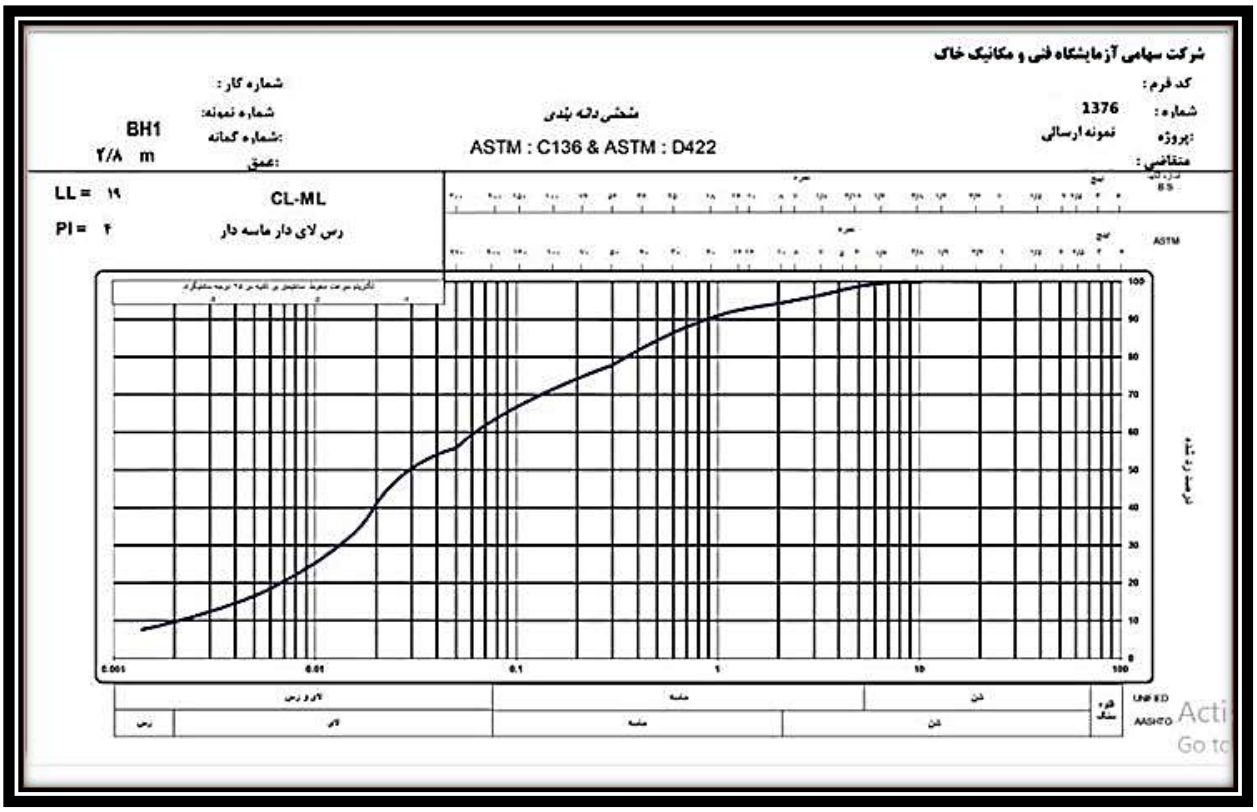
ضميمه

(الف)

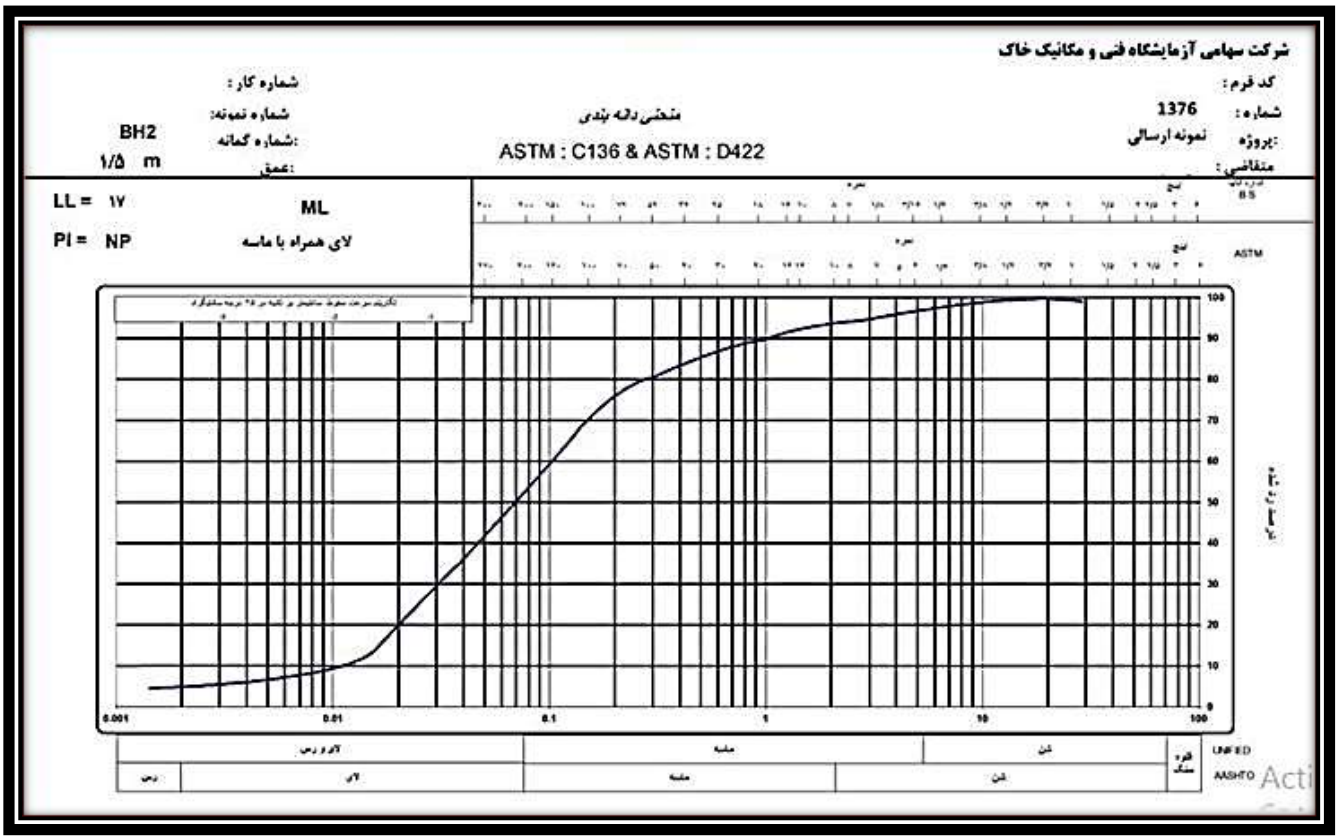
نتایج آزمایشات ۳-۱۱-۳: آزمایش دانه بندی خاک ها ASTM D422



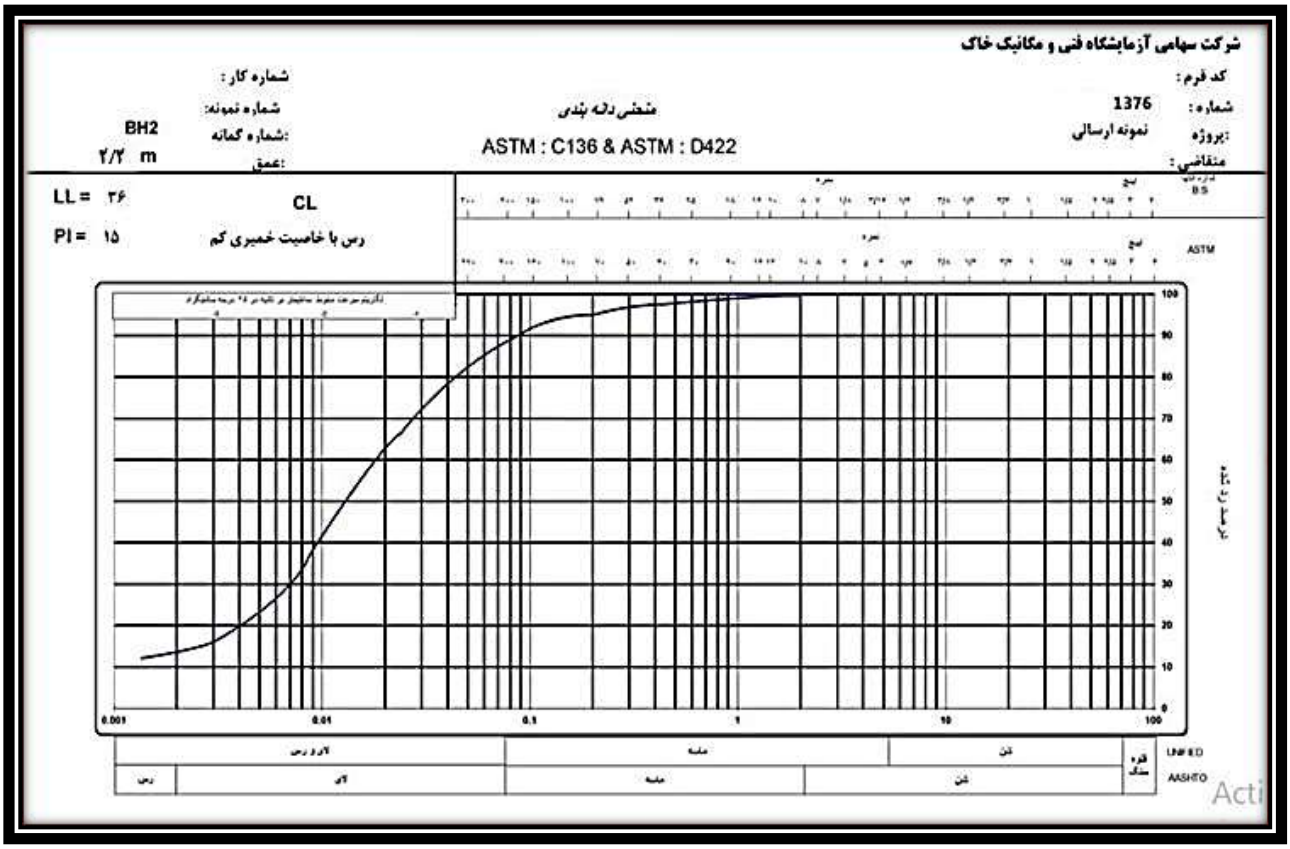
شکل ۱: منحنی دانه بندی گمانهٔ ($\frac{BH_1}{1}$)



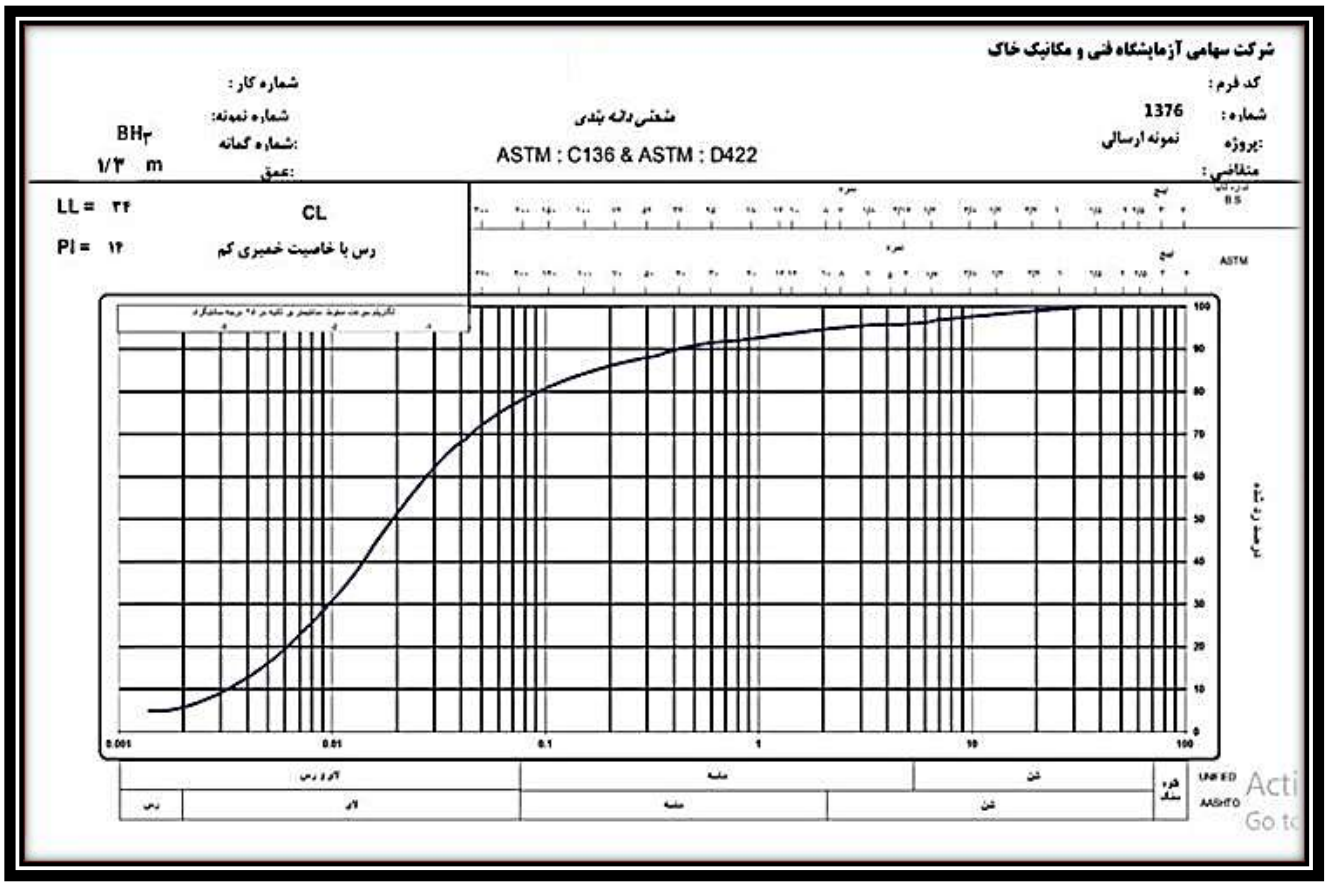
شکل ۲: منحنی دانه بندی گمانهٔ ($\frac{BH_1}{2}$)



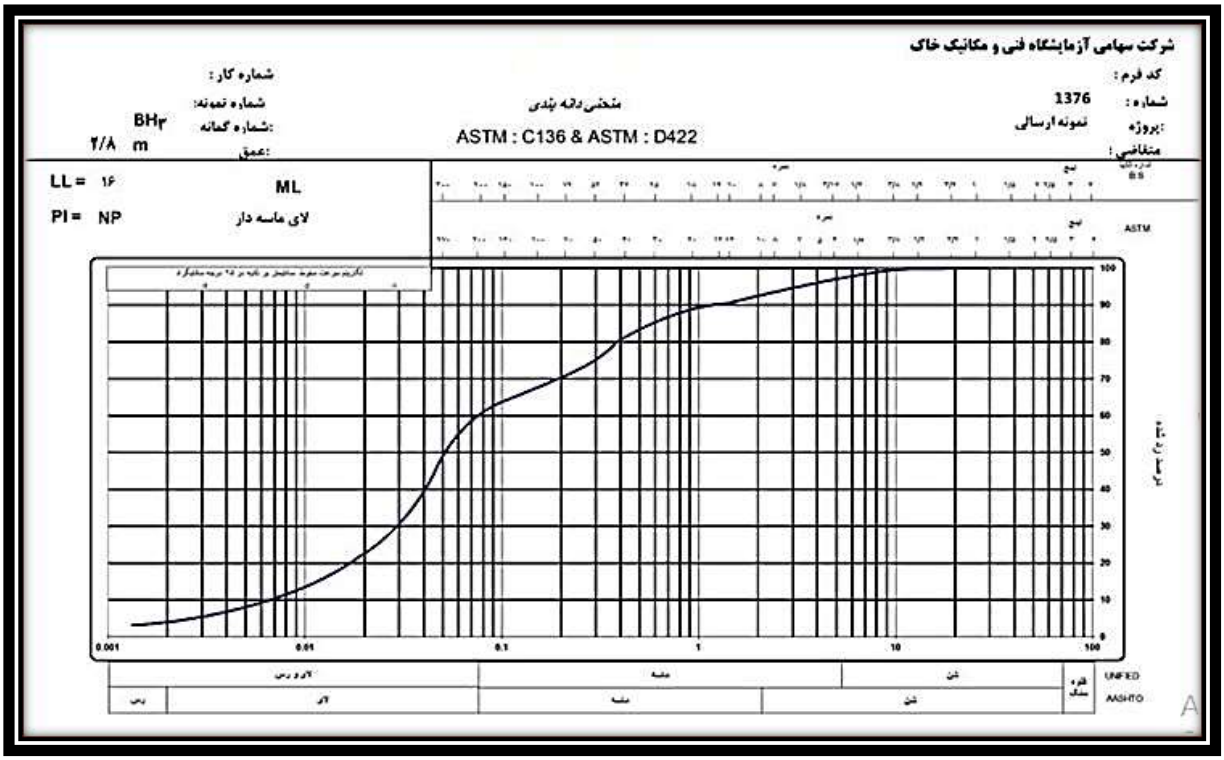
شکل ۳: منحنی دانه بندی گمانهٔ ($\frac{BH_2}{1}$)



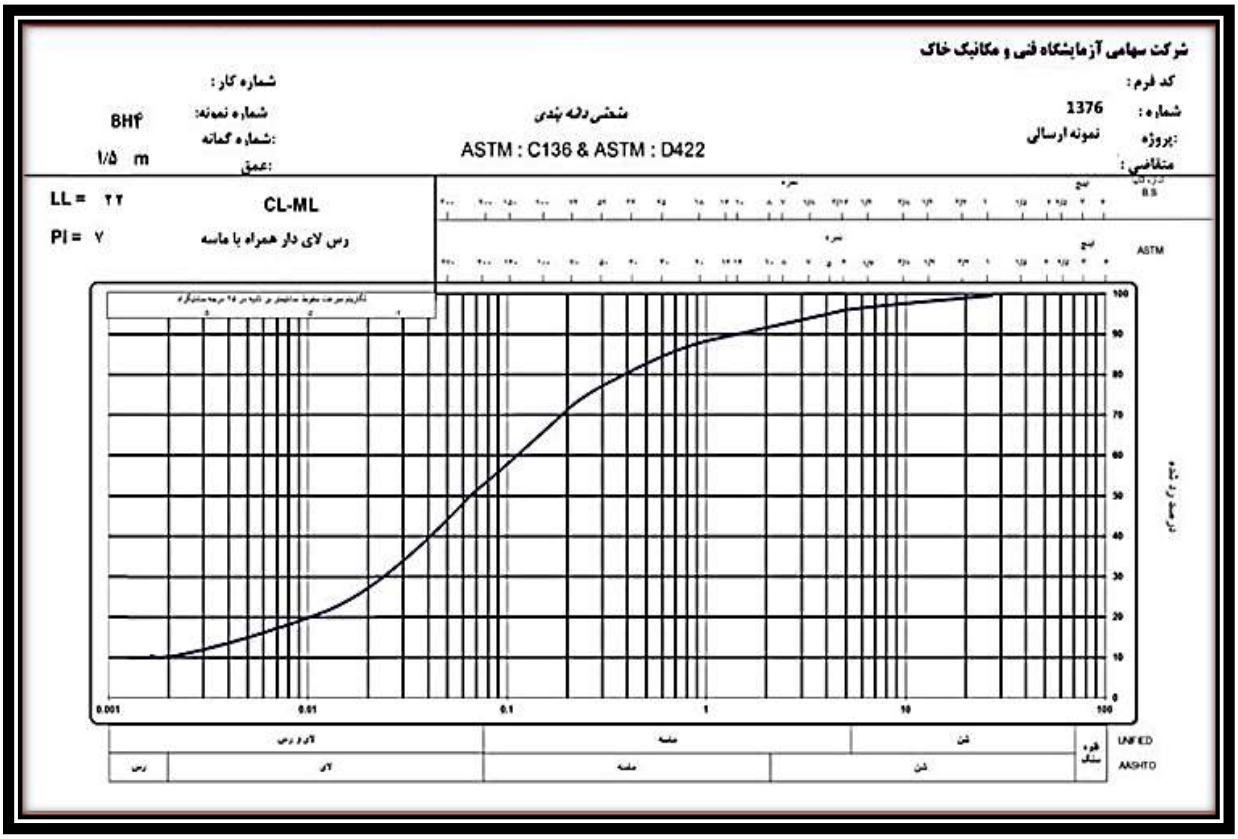
شکل۴: منحنی دانه بندی گمانهٔ $(\frac{BH_2}{2})$



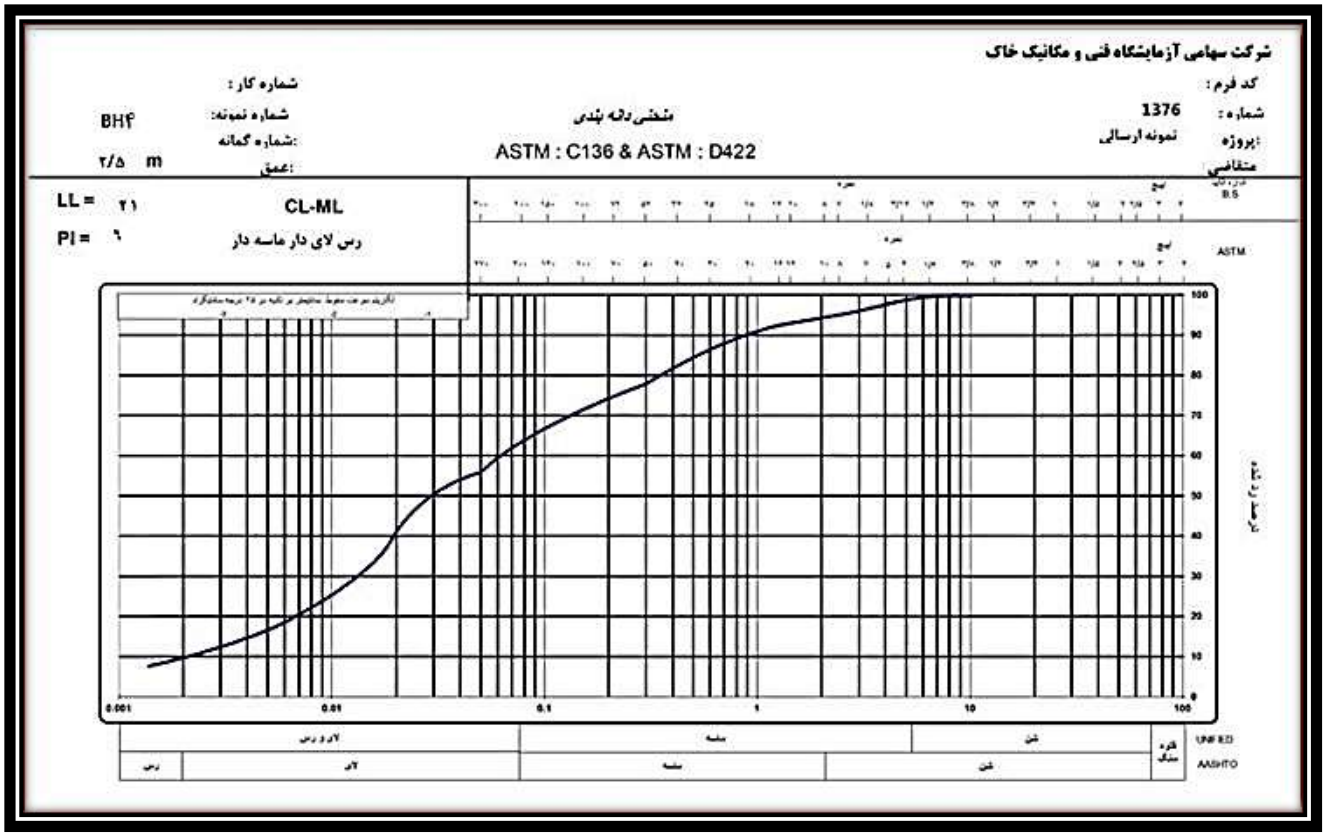
شکل ۵: منحنی دانه بندی گمانهٔ ($\frac{BH_3}{1}$)



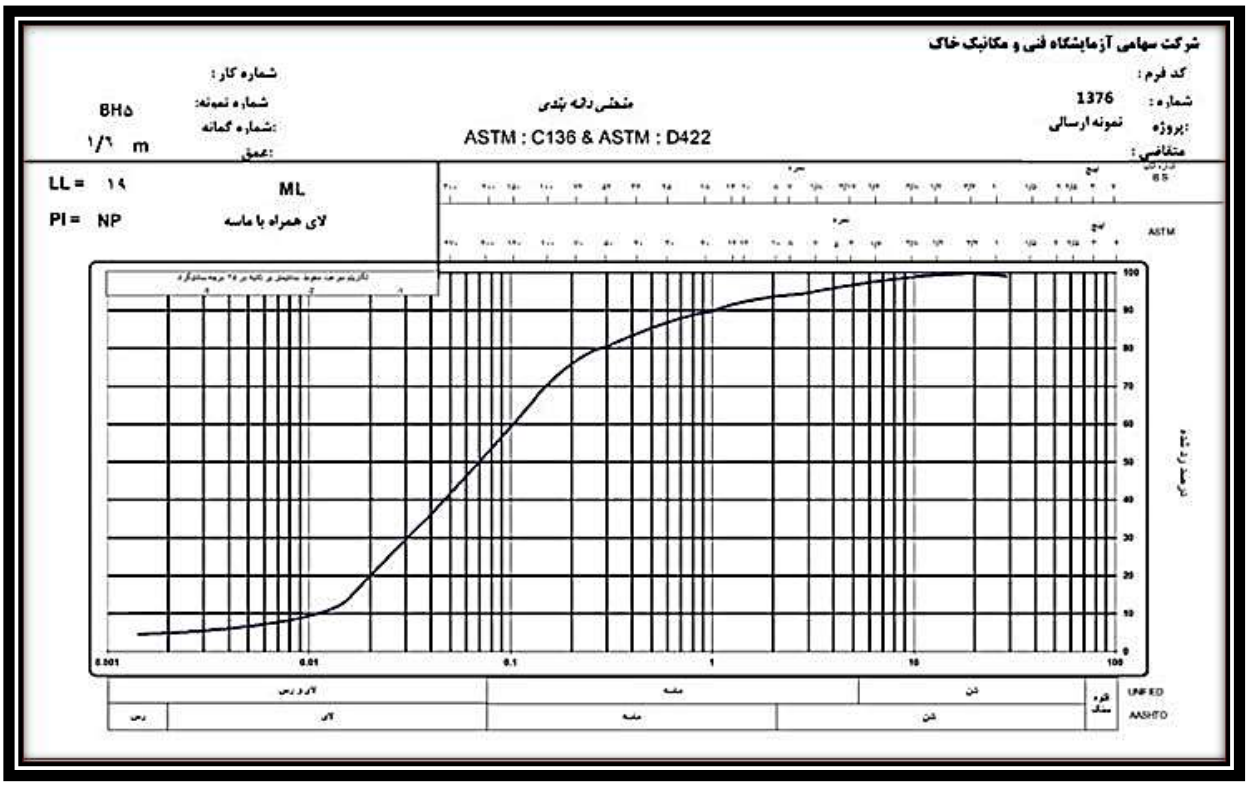
شکل ۶: منحنی دانه بندی گمانهٔ ($\frac{BH_3}{2}$)



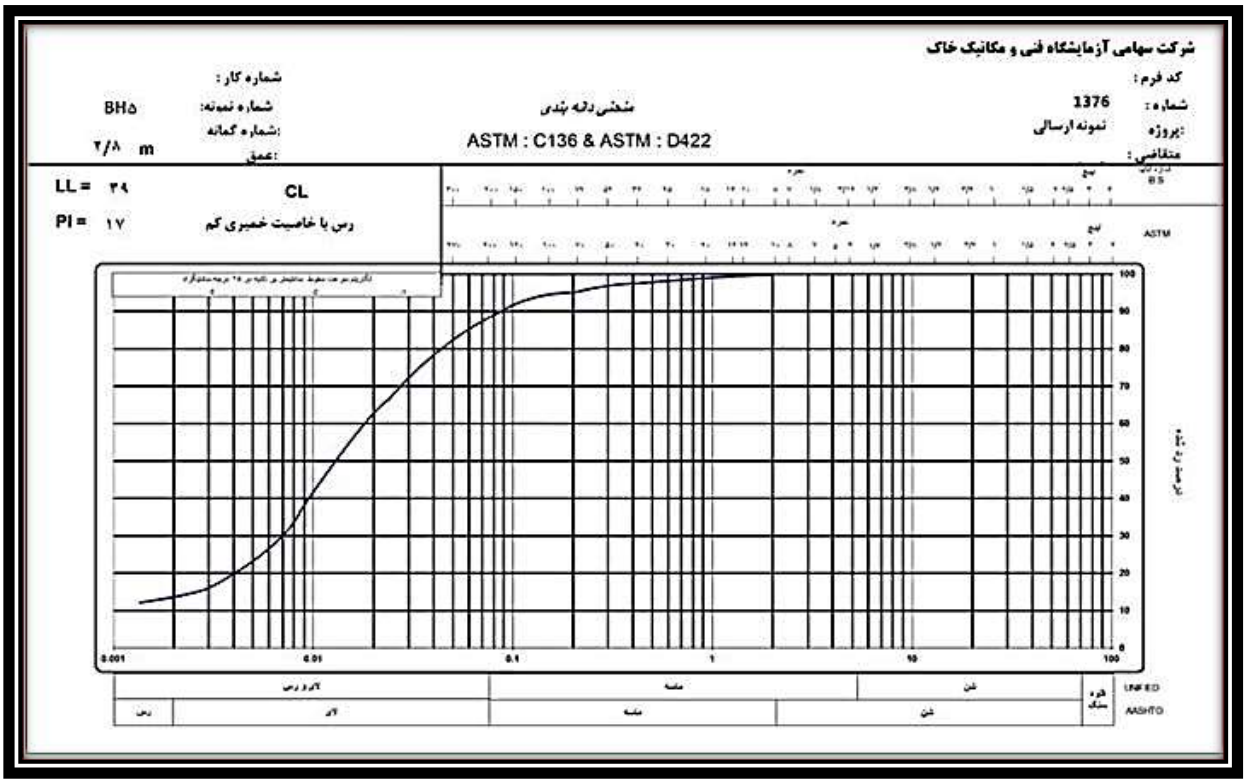
شکل ۷: منحنی دانه بندی گمانهٔ ($\frac{BH_4}{1}$)



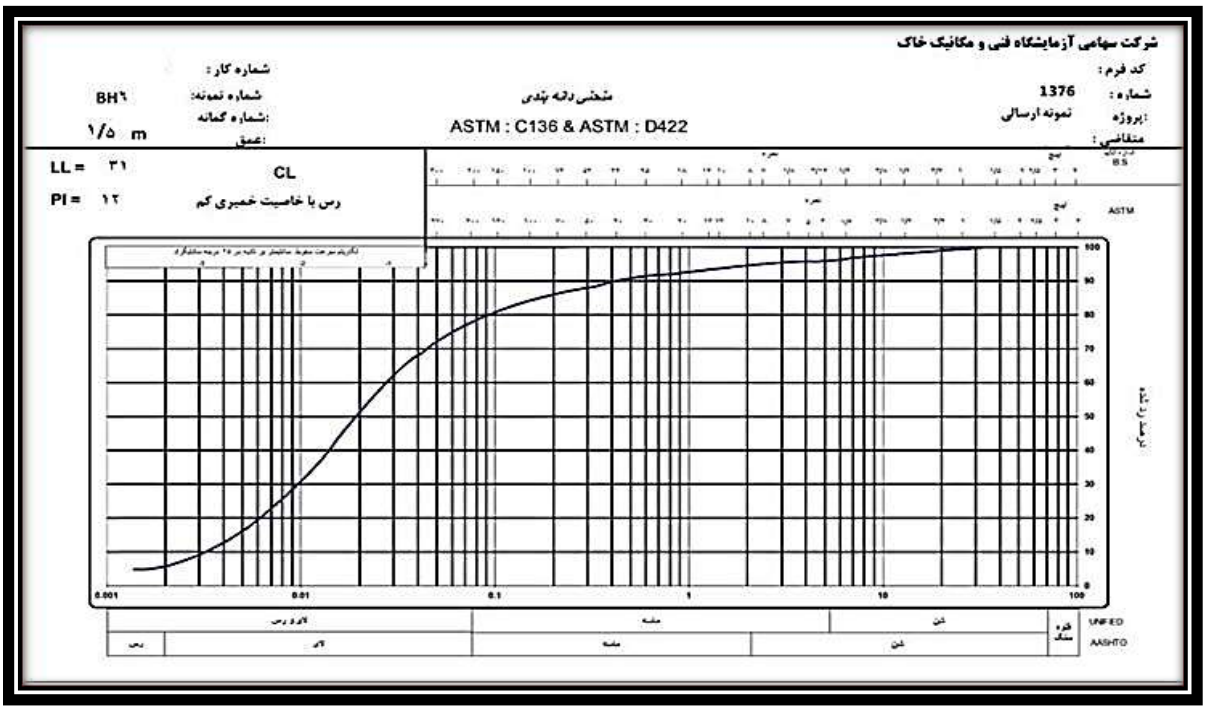
شکل ۸: منحنی دانه بندی گمانهٔ ($\frac{BH_4}{2}$)



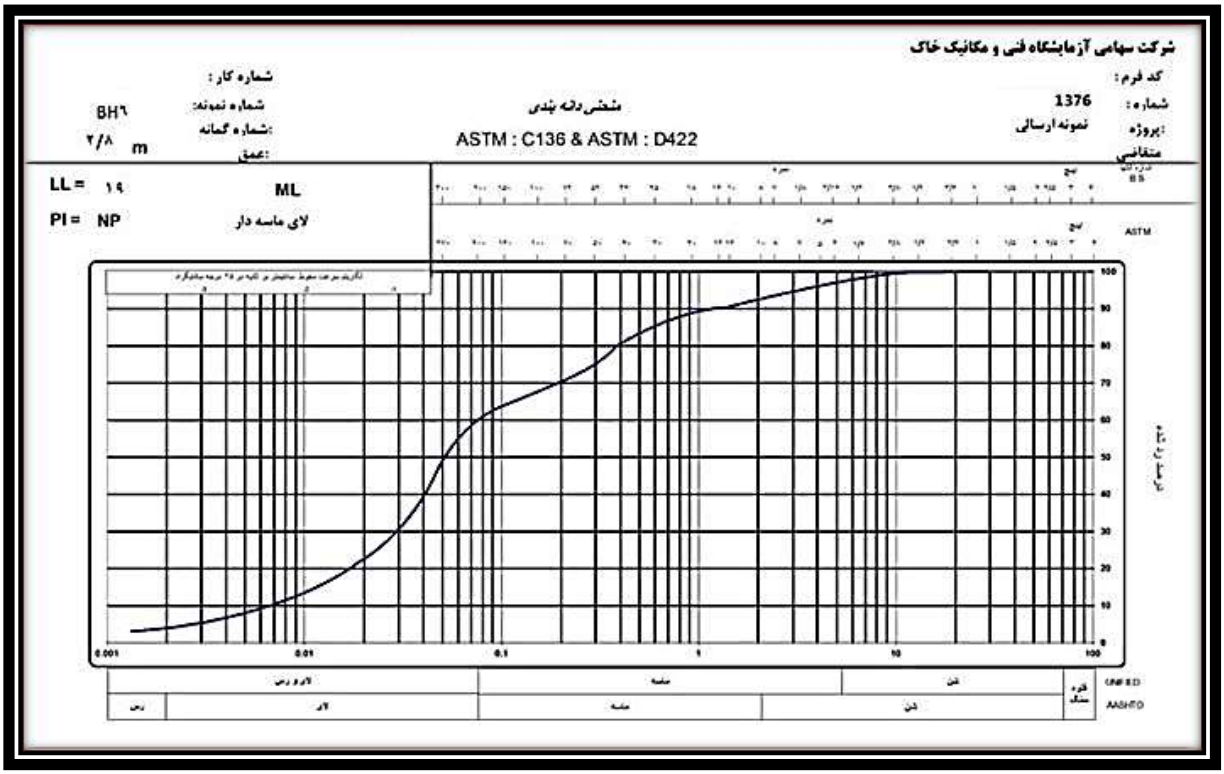
شکل ۹: منحنی دانه بندی گمانهٔ ($\frac{BH_5}{1}$)



شکل ۱۰: منحنی دانه بندی گمانهٔ ($\frac{BH_5}{2}$)

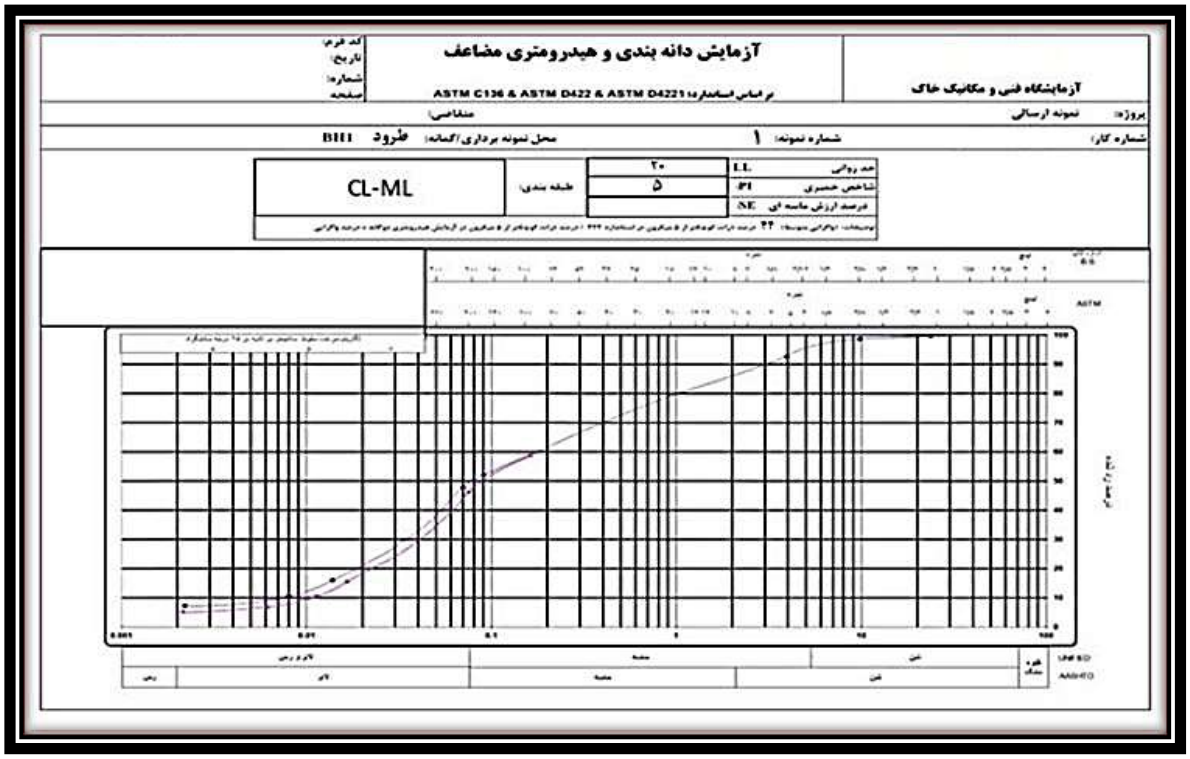


شکل ١١: منحنی دانه بندی گمانهٔ ($\frac{BH_6}{1}$)

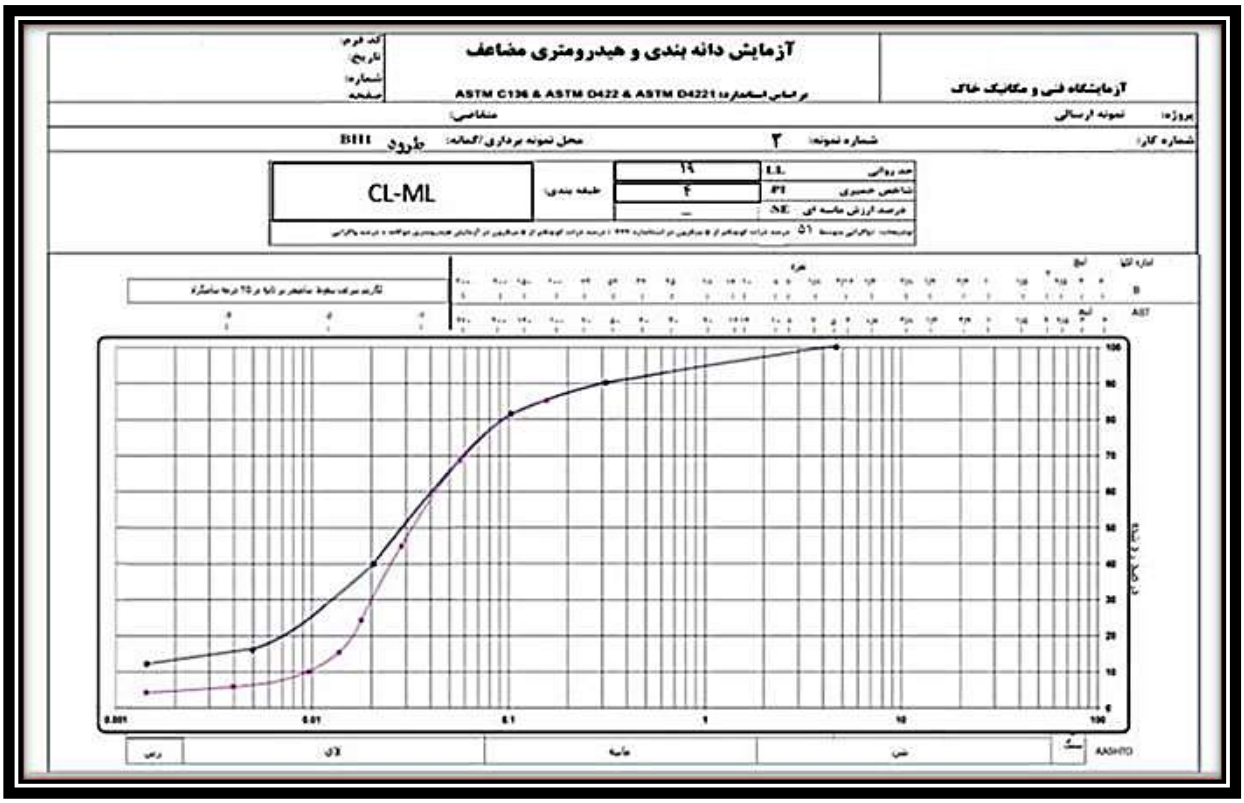


شکل ۱۲: منحنی دانه بندی گمانهٔ ($\frac{BH_6}{2}$)

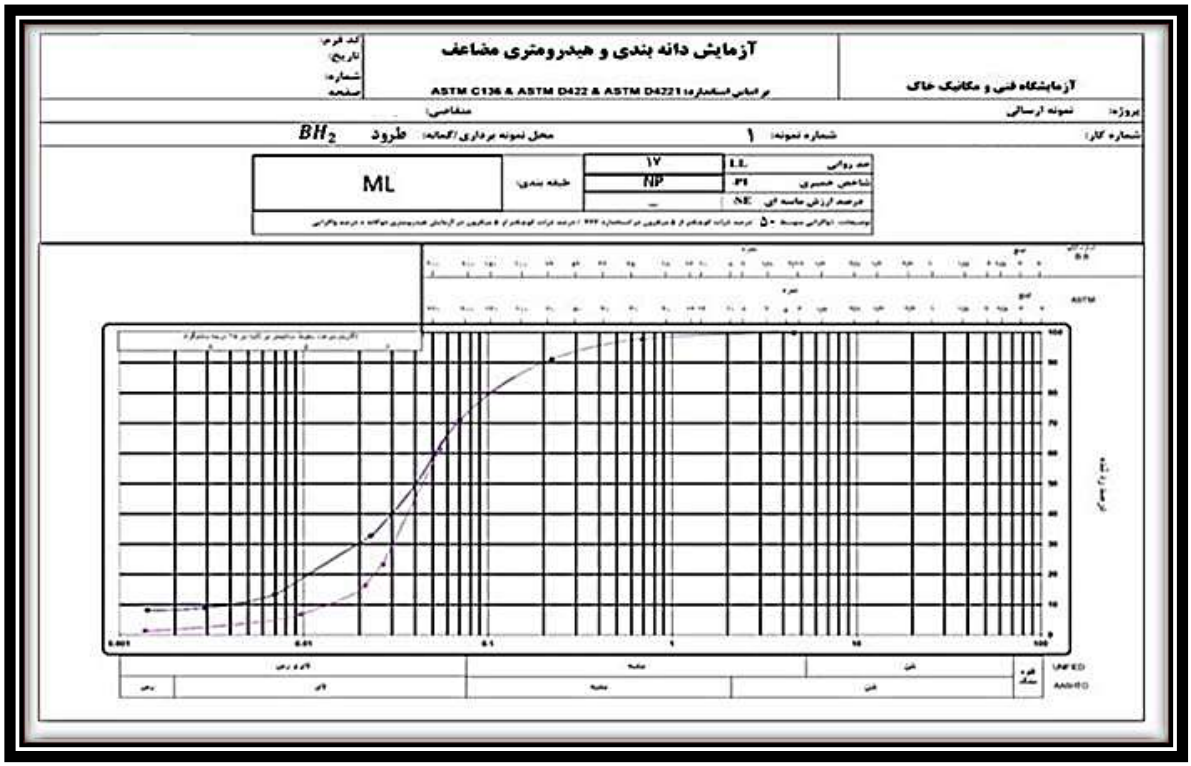
نتایج آزمایشات ۳-۱۱-۴: ارزیابی واگرایی خاک های رسی به روش هیدرومتری دو گانه ASTM D4221



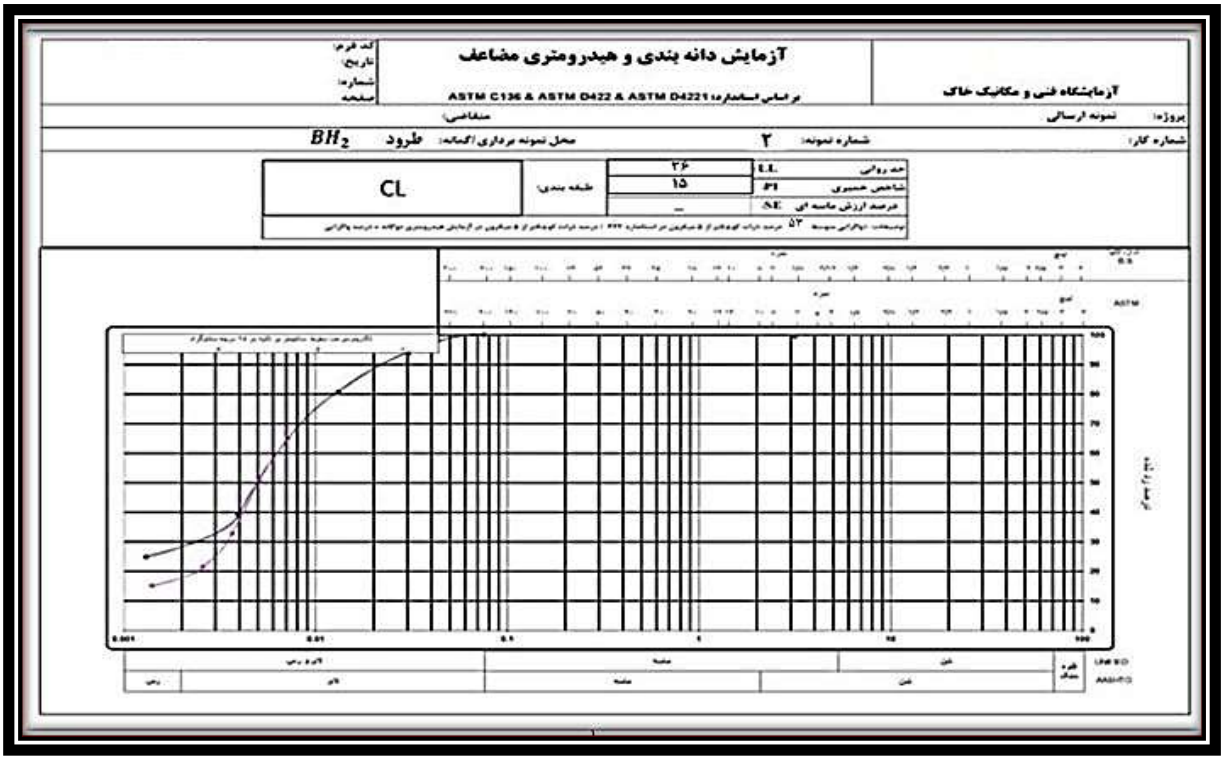
شکل ۱۳: آزمایش دانه بندی و هیدرومتری مضاعف($\frac{BH_2}{1}$)



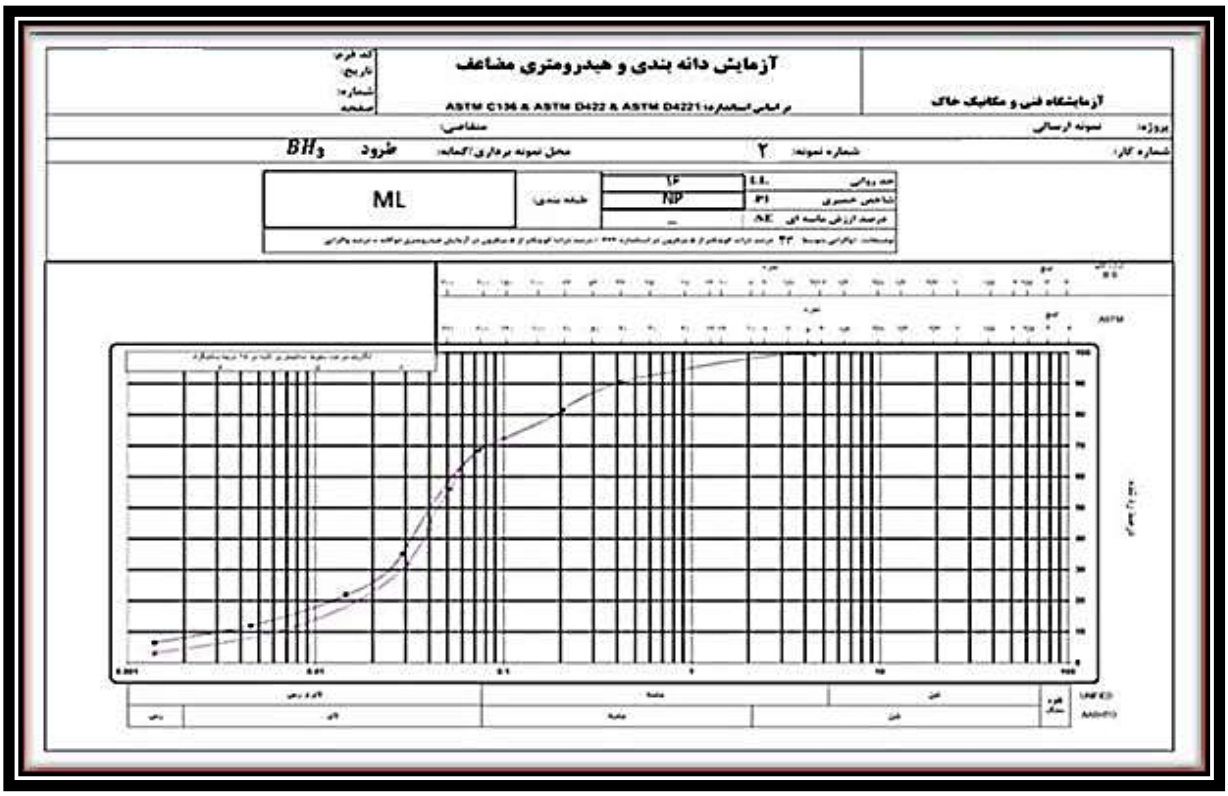
شکل ۱۴: آزمایش دانه بندی و هیدرومتری مضاعف($\frac{BH_1}{2}$)



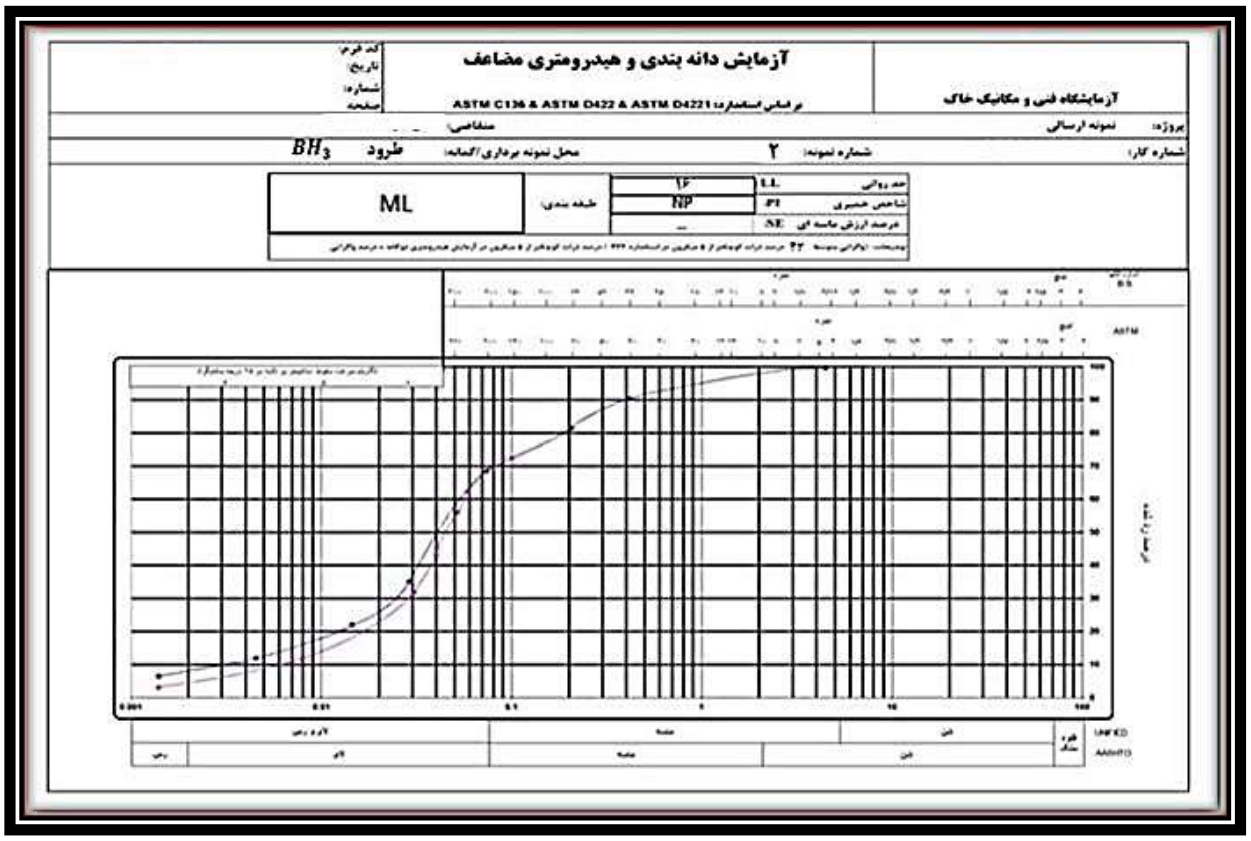
شکل ۱۵: آزمایش دانه بندی و هیدرومتری مضاعف($\frac{BH_2}{1}$)



شکل ۱۶: آزمایش دانه بندی و هیدرومتری مضاعف($\frac{B_2}{2}$)



شکل ۱۷: آزمایش دانه بندی و هیدرومتری مضاعف($\frac{BH_3}{1}$)



نتایج آزمایشات ۳-۱۱-۵: تعیین پتانسیل تورم یا نشست یک بعدی خاک های چسبنده ASTM D4546

جدول ۱: گزارش آزمایش تعیین پتانسیل تورم گمانه های(۳-۲-۱)

آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک	**گزارش آزمایش تعیین پتانسیل تورم ASTM D 4546**	کد فرم: تاریخ: شماره: 1376 صفحه: ۱ از ۴

پروژه: نمونه ارسالی متقاضی: شماره کار:

ابعاد قالب	نوع نمونه	روش آزمایش
ارتفاع:	بازسازی شده☐	روش ☑A روش B☐
قطر:	دستنخورده ☑	روش C☐

شماره نمونه	درصد رطوبت	دانسیته تر gr/cm^3	دانسیته خشک gr/cm^3	درصد تورم	فشار تورمی kg/m^2	چگالی ویژه gr/cm^3	نسبت تخلخل e_0	درجه اشباع %S
1(1)	13.40	1.89	1.67	-	-	2.76	0.741	49
1(2)	37.45	2.29	1.67	23.74	2.64	2.76	-	-

شماره نمونه	درصد رطوبت	دانسیته تر gr/cm^3	دانسیته خشک gr/cm^3	درصد تورم	فشار تورمی kg/m^2	چگالی ویژه gr/cm^3	نسبت تخلخل e_0	درجه اشباع %S
2(1)	12.96	1.79	1.59	-	-	2.71	0.619	57
2(2)	28.64	2.04	1.59	19.69	3.67	2.71	-	-

شماره نمونه	درصد رطوبت	دانسیته تر gr/cm^3	دانسیته خشک gr/cm^3	درصد تورم	فشار تورمی kg/m^2	چگالی ویژه gr/cm^3	نسبت تخلخل e_0	درجه اشباع %S
3(1)	13.75	3.37	2.96	-	-	2.75	0.529	71
3(2)	31.64	3.89	2.96	21.68	4.38	2.75	-	-

جدول ۲: گزارش آزمایش تعیین پتانسیل تورم گمانه های(۶-۵-۴)

آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک	**گزارش آزمایش تعیین پتانسیل تورم ASTM D 4546**	کد فرم: تاریخ: شماره: 1376 صفحه: ۲ از ۴

پروژه: نمونه ارسالی متقاضی: شماره کار:

شماره نمونه	درصد رطوبت	دانسیته تر gr/cm3	دانسیته خشک gr/cm3	درصد تورم	فشار تورمی kg/m2	چگالی ویژه gr/cm3	نسبت تخلخل e0	درجه اشباع %S
4(1)	7.63	4.47	4.15	-	-	2.78	0.417	51
4(2)	21.85	5.06	4.15	9.64	3.23	2.78	-	-

شماره نمونه	درصد رطوبت	دانسیته تر gr/cm3	دانسیته خشک gr/cm3	درصد تورم	فشار تورمی kg/m2	چگالی ویژه gr/cm3	نسبت تخلخل e0	درجه اشباع %S
5(1)	1.6	1.76	1.73	-	-	2.65	0.532	8
5(2)	26.3	2.18	1.73	2.90	0.49	2.65	-	-

شماره نمونه	درصد رطوبت	دانسیته تر gr/cm3	دانسیته خشک gr/cm3	درصد تورم	فشار تورمی kg/m2	چگالی ویژه gr/cm3	نسبت تخلخل e0	درجه اشباع %S
6(1)	3.9	3.63	3.49	-	-	2.70	0.504	21
6(2)	19.87	4.18	3.49	5.69	3.74	2.70	-	-

قبل از آزمایش : (1) **بعد از آزمایش : (2)**

جدول ۳: گزارش آزمایش تعیین پتانسیل تورم گمانه های(۹-۸-۷)

آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک	**گزارش آزمایش تعیین پتانسیل تورم ASTM D 4546**	کد فرم: تاریخ: شماره: 1376 صفحه: ۳ از ۴

پروژه: نمونه ارسالی متقاضی: آقا شماره کار: 70011255

بعاد قالب	نوع نمونه	روش آزمایش
ارتفاع:	بازسازی شده☐	روش ☑A روش ☐B
قطر:	دستنخورده ☑	روش ☐C

شماره نمونه	درصد رطوبت	دانسیته تر gr/cm3	دانسیته خشک gr/cm3	درصد تورم	فشار تورمی kg/m2	چگالی ویژه gr/cm3	نسبت تخلخل e0	درجه اشباع %S
7(1)	17.15	4.53	3.87	-	-	2.65	0.743	61
7(2)	39.44	5.40	3.87	27.65	3.11	2.65	-	-

شماره نمونه	درصد رطوبت	دانسیته تر gr/cm3	دانسیته خشک gr/cm3	درصد تو رم	فشار تورمی kg/m2	چگالی ویژه gr/cm3	نسبت تخلخل e0	درجه اشباع %S
8(1)	27.49	5.27	4.13	-	-	2.73	0.815	92
8(2)	48.64	6.14	4.13	18.42	1.87	2.73	-	-

شماره نمونه	درصد رطوبت	دانسیته تر gr/cm3	دانسیته خشک gr/cm3	درصد تورم	فشار تورمی kg/m2	چگالی ویژه gr/cm3	نسبت تخلخل e0	درجه اشباع %S
9(1)	19.17	2.12	1.78	-	-	2.64	0.985	51
9(2)	38.12	2.46	1.78	23.19	2.94	2.64	-	-

جدول ۴: گزارش آزمایش تعیین پتانسیل تورم گمانه های(۱۲-۱۱-۱۰)

آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک	**گزارش آزمایش تعیین پتانسیل تورم** **ASTM D 4546**	کد فرم: تاریخ: شماره: 1376 صفحه: ۳ از ۴

پروژه: نمونه ارسالی متقاضی: آقا شماره کار: 55

ابعاد قالب	نوع نمونه	روش آزمایش
ارتفاع:	بازسازی شده☐	روش A☑ روش B☐
قطر:	دستنخورده ☑	روش C☐

شماره نمونه	درصد رطوبت	دانسیته تر gr/cm3	دانسیته خشک gr/cm3	درصد تورم	فشار تورمی kg/m2	چگالی ویژه gr/cm3	نسبت تخلخل e0	درجه اشباع %S
10(1)	23.14	8.90	7.23	-	-	2.75	0.884	72
10(2)	54.56	11.17	7.23	31.44	1.95	2.75	-	-

شماره نمونه	درصد رطوبت	دانسیته تر gr/cm3	دانسیته خشک gr/cm3	درصد تورم	فشار تورمی kg/m2	چگالی ویژه gr/cm3	نسبت تخلخل e0	درجه اشباع %S
11(1)	1.5	1.74	1.71	-	-	2.64	0.544	7
11(2)	25.9	2.15	1.71	2.30	0.40	2.64	-	-

شماره نمونه	درصد رطوبت	دانسیته تر gr/cm3	دانسیته خشک gr/cm3	درصد تورم	فشار تورمی kg/m2	چگالی ویژه gr/cm3	نسبت تخلخل e0	درجه اشباع %S
12(1)	9.64	1.85	1.69	-	-	2.65	0.598	43
12(2)	28.75	2.18	1.69	8.75	1.05	2.65	-	-

نتایج آزمایشات ۳-۱۱-۶: روش استاندارد شناسایی و رده بندی رس های واگرا با آزمایش سوراخ سوزنی

ASTM D4647

جدول ۵: گزارش آزمایش پین هول($\frac{pin_1}{1}$)

آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک	**گزارش آزمایش پین هول** **بر اساس استاندارد :** ASTM D4647	کد فرم : تاریخ : شماره : 1376 صفحه :

پروژه : نمونه ارسالی **شماره**

متة **شماره نمونه: 1**

شماره گمانه: BH_1 عمق نمونه برداری:1.5 m	دانستیه خشک نمونه:$1.67\ gr/cm^3$ درصد رطوبت نمونه: 13.40 %	روش و میزان تراکم : ٪ زمان عمل آوری نمونه : ساعت	نمونه دستخورده :☐ نمونه دستنخورده :☑

ملاحظات	کاملا شفاف از بالا	تاری از کنار						دبی جریان mm/sec	جریان		ارتفاع آب (mm)
شکل و قطر سوراخ انتهای آزمایش		کاملا شفاف	اثری از تیرگی	کمی تیره	تیره متوسط	تیره	خیلی تیره		ثانیه	میلیمتر	
d ≤1.5mm				*					60	50	50
رده بندی خاک : ND_4 (واگرایی متوسط)				*					60	54	
				*					60	52	
					*				60	55	
					*				60	49	
					*				60	51	50
					*				60	57	
					*				60	60	
					*				60	59	
					*				60	56	
									60		180
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		380
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		1020
									60		
									60		
									60		
									60		

جدول ۶: گزارش آزمایش پین هول($\frac{BH_1}{2}$)

آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک	**گزارش آزمایش پین هول** **بر اساس استاندارد :**ASTM D4647	کد فرم : تاریخ : شماره : 1376 صفحه :
پروژه : نمونه ارسالی		**شماره کار :**
متقاضی :		**شماره نمونه : 2**

شماره گمانه : BH_1 عمق نمونه برداری :2.8m	دانسیته خشک نمونه :$1.59\ gr/cm^3$ درصد رطوبت نمونه : 12.96 %	روش و میزان تراکم : ٪ زمان عمل آوری نمونه : ساعت	نمونه دستخورده :☐ نمونه دستنخورده: ☑

ملاحظات	کاملا شفاف از بالا	تاری از کنار							دبی جریان mm/sec	جریان		ارتفاع آب (mm)
شکل و قطر سوراخ انتهای آزمایش		کاملا شفاف	اثری از تیرگی	کمی تیره	تیره متوسط	تیره	خیلی تیره			ثانیه	میلیمتر	
$d > 1.5\ mm$					*			1.08		60	65	50
رده بندی خاک D_2 (واگرا)					*			1.03		60	62	
					*			1.02		60	61	
					*			1.05		60	63	
						*		1.22		60	73	
						*		1.12		60	67	50
					*			1.08		60	65	
					*			1.20		60	72	
					*			1.00		60	60	
					*			1.02		60	61	
										60		180
										60		
										60		
										60		
										60		
										60		
										60		
										60		380
										60		
										60		
										60		
										60		
										60		
										60		
										60		1020
										60		
										60		
										60		
										60		

جدول ۷: گزارش آزمایش پین هول($\frac{BH_2}{1}$)

آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک	**گزارش آزمایش پین هول** **بر اساس استاندارد :** ASTM D4647	کد فرم : تاریخ : شماره : 1376 صفحه :

پروژه : نمونه ارسالی **شماره کار :**

متقاضی : **شماره نمونه : 3**

شماره گمانه : BH_2 عمق نمونه برداری :1.5m	دانسیته خشک نمونه :$2.96\ gr/cm^3$ درصد رطوبت نمونه :% 13.75	روش و میزان تراکم : ٪ زمان عمل آوری نمونه : ساعت	نمونه دستخورده :☐ نمونه دستنخورده :☑

ملاحظات	کاملا شفاف از بالا	تاری از کنار						دبی جریان	جریان		ارتفاع آب (mm)
شکل و قطر سوراخ انتهای آزمایش		کاملا شفاف	اثری از تیرگی	کمی تیره	تیره متوسط	تیره	خیلی تیره	mm/sec	ثانیه	میلیمتر	
$d \geq 2mm$						*		1.35	60	81	50
رده بندی خاک: D1 (واگرا)						*		1.40	60	84	
						*		1.15	60	69	
						*		1.27	60	76	
						*		1.35	60	81	
									60		50
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		180
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		380
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		1020
									60		
									60		
									60		
									60		

جدول ۸: گزارش آزمایش پین هول($\frac{BH_2}{2}$)

آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک	**گزارش آزمایش پین هول** **بر اساس استاندارد :** ASTM D4647	کد فرم : تاریخ : شماره : 1376 صفحه :
پروژه: نمونه ارسالی **متقاضی :**	**شماره کار :** **شماره نمونه : ۴**	
شماره گمانه :BH_2 عمق نمونه برداری :2.2m	دانسیته خشک نمونه :$4.15\ gr/cm^3$ درصد رطوبت نمونه :7.63%	روش و میزان تراکم : ٪ زمان عمل آوری نمونه : ساعت	نمونه دستخورده :☐ نمونه دستنخورده :☑

ملاحظات	کاملا شفاف از بالا	تاری از کنار							دبی جریان mm/sec	جریان		ارتفاع آب (mm)
شکل و قطر سوراخ انتهای آزمایش		کاملا شفاف	اثری از تیرگی	کمی تیره	تیره متوسط	تیره	خیلی تیره			ثانیه	میلیمتر	
$d > 1.5\ mm$					*			1.27	60	76	50
رده بندی خاک : D_2 (واگرا)					*			1.15	60	69	
					*			1.03	60	62	
						*		1.08	60	65	
					*			1.00	60	60	
					*			1.05	60	63	50
					*			1.3	60	78	
						*		1.18	60	71	
					*			1.15	60	69	
					*			1.32	60	79	
									60		180
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		380
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		1020
									60		
									60		
									60		
									60		

جدول ۹: گزارش آزمایش پین هول($\frac{BH_3}{1}$)

آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک	**گزارش آزمایش پین هول** **بر اساس استاندارد :** ASTM D4647	کد فرم : تاریخ : شماره : 1376 صفحه :
پروژه : نمونه ارسالی **متقاضی :**	**شماره کار :** **شماره نمونه : ۵**	
شماره گمانه : BH_3 عمق نمونه برداری :1.3m	دانسیته خشک نمونه :$1.73\ gr/cm^3$ درصد رطوبت نمونه: 1.6%	روش و میزان تراکم : ٪ زمان عمل آوری نمونه : ساعت
		نمونه دستخورده :☐ نمونه دستنخورده :☑

ملاحظات	کاملا شفاف از بالا	تاری از کنار						دبی جریان mm/sec	جریان		ارتفاع آب (mm)
شکل و قطر سوراخ انتهای آزمایش		کاملا شفاف	اثری از تیرگی	کمی تیره	تیره متوسط	تیره	خیلی تیره		ثانیه	میلیمتر	
$d > 1.5\ mm$					*			0.98	60	59	50
رده بندی خاک : ND_4 (واگرایی متوسط)					*			0.95	60	57	
					*			1.00	60	60	
					*			0.80	60	48	
						*		0.93	60	56	
					*			0.85	60	51	50
					*			0.97	60	58	
					*			0.98	60	59	
					*			1.00	60	60	
					*			0.82	60	49	
									60		180
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		380
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		1020
									60		
									60		
									60		
									60		

جدول ۱۰: گزارش آزمایش پین هول($\frac{BH_3}{2}$)

آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک	**گزارش آزمایش پین هول** **بر اساس استاندارد :** ASTM D4647	کد فرم : تاریخ : شماره : 1376 صفحه :
پروژه : نمونه ارسالی	**شماره کار :**	
متقاضی :	**شماره نمونه :** ۶	
شماره گمانه : BH_3 عمق نمونه برداری :2.8m	دانسیته خشک نمونه :$3.49\ gr/cm^3$ درصد رطوبت نمونه :3.9%	روش و میزان تراکم : ٪ زمان عمل آوری نمونه : ساعت	نمونه دستخورده :☐ نمونه دستنخورده :☑

ملاحظات	کاملا شفاف از بالا	تاری از کنار						دبی جریان mm/sec	جریان		ارتفاع آب (mm)
شکل و قطر سوراخ انتهای آزمایش		کاملا شفاف	اثری از تیرگی	کمی تیره	تیره متوسط	تیره	خیلی تیره		ثانیه	میلیمتر	
$d \le 1.5\ mm$				*				0.95	60	57	50
رده بندی خاک : ND_4 (واگرایی متوسط)				*				0.92	60	55	
				*				0.82	60	49	
				*				1.00	60	60	
				*				0.88	60	53	
				*				1.00	60	60	50
				*				0.93	60	56	
				*				0.95	60	57	
				*				0.80	60	48	
				*				0.95	60	57	
									60		180
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		380
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		1020
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		

جدول ۱۱: گزارش آزمایش پین هول($\frac{BH_4}{1}$)

آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک	**گزارش آزمایش پین هول** **بر اساس استاندارد :** ASTM D4647	کد فرم : تاریخ : شماره : 1376 صفحه :

پروژه : نمونه ارسالی **شماره کار :**

متقاضی : **شماره نمونه: 7**

شماره گمانهBH_4 عمق نمونه برداری:1.5m	دانستیه خشک نمونه:$3.87\ gr/cm^3$ درصد رطوبت نمونه:17.15%	روش و میزان تراکم : ٪ زمان عمل آوری نمونه : ساعت	نمونه دستخورده :☐ نمونه دستنخورده :☑

ملاحظات	کاملا شفاف از بالا	تاری از کنار						دبی	جریان		ارتفاع آب (mm)
شکل و قطر سوراخ انتهای آزمایش		کاملا شفاف	اثری از تیرگی	کمی تیره	تیره متوسط	تیر ه	خیلی تیره	دبی جریان mm/sec	ثانیه	میلیمتر	
d ≤1.5mm				*				0.98	60	59	50
رده بندی خاک : ND_4 (واگرایی متوسط)				*				0.80	60	48	
				*				0.93	60	56	
					*			0.88	60	53	
					*			0.85	60	51	
				*				0.82	60	49	50
				*				0.88	60	53	
				*				0.92	60	55	
				*				0.80	60	48	
				*				0.97	60	58	
									60		180
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		380
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		1020
									60		
									60		
									60		
									60		

جدول ۱۲: گزارش آزمایش پین هول($\frac{BH_4}{2}$)

آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک	**گزارش آزمایش پین هول** **بر اساس استاندارد :** ASTM D4647	کد فرم : تاریخ : شماره : 1376 صفحه :
پروژه : نمونه ارسالی		**شماره کار :**
متقاضی :		**شماره نمونه : 8**
شماره گمانه : BH_4 عمق نمونه برداری :2.5m	دانسیته خشک نمونه :$4.13\ gr/cm^3$ درصد رطوبت نمونه :27.49 %	روش و میزان تراکم : ٪ زمان عمل آوری نمونه : ساعت
		نمونه دستخورده :☐ نمونه دستنخورده :☑

ملاحظات	کاملا شفاف از بالا	تاری از کنار							دبی جریان mm/sec	جریان		ارتفاع آب (mm)
شکل و قطر سوراخ انتهای آزمایش		کاملا شفاف	اثری از تیرگی	کمی تیره	تیره متوسط	تیره	خیلی تیره			ثانیه	میلیمتر	
$d \geq 2mm$	❊	❊							2.92	60	175	50
رده بندی خاک: ND_1 (غیرواگرا)	❊	❊							2.75	60	167	
	❊	❊							2.60	60	156	
	❊	❊							2.83	60	170	
	❊	❊							2.32	60	139	
										60		50
										60		
										60		
										60		
										60		
										60		180
										60		
										60		
										60		
										60		
										60		
										60		
										60		380
										60		
										60		
										60		
										60		
										60		
										60		
										60		
										60		1020
										60		
										60		
										60		
										60		

جدول ۱۳: گزارش آزمایش پین هول($\frac{BH_5}{1}$)

آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک	**گزارش آزمایش پین هول** **بر اساس استاندارد :** ASTM D4647	کد فرم : تاریخ : شماره : 1376 صفحه :
پروژه : نمونه ارسالی	**شماره کار :**	
متقاضی :	**شماره نمونه : 9**	
شماره گمانه BH_5 عمق نمونه برداری :1.6m	دانسیته خشک نمونه :$1.78\ gr/cm^3$ درصد رطوبت نمونه :% 19.17	روش و میزان تراکم : ٪ زمان عمل آوری نمونه : ساعت	نمونه دستخورده :☐ نمونه دستنخورده :☑

ملاحظات	کاملا شفاف از بالا	تاری از کنار						دبی جریان mm/sec	جریان		ارتفاع آب (mm)
شکل و قطر سوراخ انتهای آزمایش		کاملا شفاف	اثری از تیرگی	کمی تیره	تیره متوسط	تیر ه	خیلی تیره		ثانیه	میلیمتر	
$d > 1.5\ mm$					*			1.25	60	75	50
رده بندی خاک : D_2 (واگرا)					*			1.15	60	69	
						*		1.08	60	65	
					*			1.18	60	71	
					*			1.15	60	69	
					*			1.05	60	63	50
					*			1.00	60	60	
					*			1.22	60	73	
					*			1.10	60	66	
					*			1.15	60	69	
									60		180
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		380
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		1020
									60		
									60		
									60		
									60		

جدول ۱۴: گزارش آزمایش پین هول($\frac{BH_5}{2}$)

آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک	**گزارش آزمایش پین هول** **بر اساس استاندارد :** ASTM D4647	کد فرم : تاریخ : شماره : 1376 صفحه :
پروژه : نمونه ارسالی **متقاضی :**	**شماره کار :** **شماره نمونه : 10**	
شماره گمانه : BH_5 عمق نمونه برداری :2.8m	دانسیته خشک نمونه :$7.23\ gr/cm^3$ درصد رطوبت نمونه: 23.14%	روش و میزان تراکم : ٪ زمان عمل آوری نمونه : ساعت	نمونه دستخورده :☐ نمونه دستنخورده :☑

ملاحظات	کاملا شفاف از بالا	تاری از کنار						دبی جریان	جریان		ارتفاع آب (mm)
شکل و قطر سوراخ انتهای آزمایش		کاملا شفاف	اثری از تیرگی	کمی تیره	تیره متوسط	تیره	خیلی تیره	mm/sec	ثانیه	میلیم تر	
$d \geq 2mm$					*			1.27	60	76	50
رده بندی خاک: D1 (واگرا)					*			1.38	60	83	
					*			1.04	60	84	
					*			1.15	60	69	
					*			1.08	60	65	
									60		50
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		180
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		380
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		1020
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		

جدول ۱۵: گزارش آزمایش پین هول($\frac{BH_6}{1}$)

آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک	**گزارش آزمایش پین هول** **بر اساس استاندارد :** ASTM D4647	کد فرم : تاریخ : شماره : 1376 صفحه :

پروژه : نمونه ارسالی **شماره کار :**

متقاضی : **شماره نمونه : 11**

شماره گمانه : BH_6 عمق نمونه برداری :1.5m	دانسیته خشک نمونه :$1.71\ gr/cm^3$ درصد رطوبت نمونه :1.5%	روش و میزان تراکم : ٪ زمان عمل آوری نمونه : ساعت	نمونه دستخورده :☐ نمونه دستنخورده :☑

ملاحظات	کاملا شفاف از بالا	تاری از کنار						دبی جریان mm/sec	جریان		ارتفاع آب (mm)
شکل و قطر سوراخ انتهای آزمایش		کاملا شفاف	اثری از تیرگی	کمی تیره	تیره متوسط	تیره	خیلی تیره		ثانیه	میلیمتر	
$d \leq 1.5\ mm$				*				0.97	60	58	50
رده بندی خاک : ND_4 (واگرایی متوسط)				*				0.92	60	55	
				*				0.98	60	59	
				*				0.82	60	49	
				*				0.92	60	55	
				*				0.98	60	59	50
				*				0.80	60	48	
				*				0.97	60	58	
				*				0.85	60	51	
				*				1.00	60	60	
									60		180
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		380
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		1020
									60		
									60		
									60		
									60		

جدول ۱۶: گزارش آزمایش پین هول($\frac{BH_6}{2}$)

آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک	**گزارش آزمایش پین هول** **بر اساس استاندارد :** ASTM D4647	کد فرم : 0 تاریخ : شماره : 1376 صفحه :
پروژه : نمونه ارسالی **متقاضی :**	**شماره کار :** **شماره نمونه: 12**	
شماره گمانه: BH_6 عمق نمونه برداری:2.8m	دانستیه خشک نمونه:$1.69\ gr/cm^3$ درصد رطوبت نمونه:9.64%	روش و میزان تراکم : ٪ زمان عمل آوری نمونه : ساعت
		نمونه دستخورده :☐ نمونه دستنخورده :☑

ملاحظات	کاملا شفاف	تاری از کنار						دبی	جریان		ارتفاع
شکل و قطر سوراخ انتهای آزمایش	از بالا	کاملا شفاف	اثری از تیرگی	کمی تیره	تیره متوسط	تیره	خیلی تیره	جریان mm/sec	ثانیه	میلیمتر	آب (mm)
						*		1.38	60	83	50
رده بندی خاک: D_1 (واگرا)						*		1.27	60	76	
						*		1.15	60	69	
						*		1.35	60	81	
						*		1.42	60	85	
									60		50
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		180
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		380
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		
									60		1020
									60		
									60		
									60		
									60		

جدول۱۷: نتایج آزمایش کرامب

BH_3	عمق (متر)	BH_2	عمق (متر)	BH_1	عمق (متر)
ته نشینی ذرات، تغییررنگ آب در مجاورت سطح خاک	۱.۳	ته نشینی ذرات تغییر رنگ آب درتمامی ظرف	۱.۵	ته نشینی ذرات تغییرکم رنگ آب در مجاورت سطح خاک	۱.۵
ته نشینی ذرات تغییر رنگ آب درتمامی ظرف	۲.۸	ته نشینی ذرات تغییر رنگ آب درتمامی ظرف	۲.۲	ته نشینی ذرات تغییررنگ آب درتمامی ظرف	۲.۸
BH_6	عمق (متر)	BH_5	عمق (متر)	BH_4	عمق (متر)
ته نشینی ذرات تغییرکم رنگ آب در مجاورت سطح خاک	۱.۵	ته نشینی ذرات تغییر رنگ آب درتمامی ظرف	۱.۶	ته نشینی ذرات تغییرکم رنگ آب در مجاورت سطح خاک	۱.۵
ته نشینی ذرات تغییرکم رنگ آب درتمامی ظرف	۲.۸	ته نشینی ذرات تغییررنگ آب درتمامی ظرف	۲.۸	جداشدن ذرات از یکدیگر و در ته ظرف ته نشین شدن	۲.۵

جدول۱۸: نتایج آزمایشات هیدرومتری دوگانه

BH_6	عمق (متر)	BH_5	عمق (متر)	BH_4	عمق (متر)	BH_3	عمق (متر)	BH_2	عمق (متر)	BH_1	عمق (متر)
—	۱.۵	—	۱.۶	—	۱.۵	٪۴۶	۱.۳	٪۵۰	۱.۵	٪۴۴	۱.۵
—		—		—	۲.۵	۴۳٪	۲.۸	٪۵۳	۲.۲	٪۵۱	۲.۸

جدول ۱۹: نتایج آزمایش سوراخ سوزنی(بین هول)

BH_6	عمق (متر)	BH_5	عمق (متر)	BH_4	عمق (متر)	BH_3	عمق (متر)	BH_2	عمق (متر)	BH_1	عمق (متر)
ND_4	۱.۵	D_2	۱.۶	ND_4	۱.۵	ND_4	۱.۳	D_1	۱.۵	ND_4	۱.۵
D_1	۲.۸	D_1	۲.۸	ND_1	۲.۵	ND_4	۲.۸	D_2	۲.۲	D_2	۲.۸

ND_1 ,ND_2 :غیر واگرا ND_3 ,ND_4 : کمی تا نسبتی واگرا D_1 ,D_2: واگرا

جدول ۲۰: نتایج ارزیابی مستقیم پتانسیل تورم

تورم پذیری	درصد تورم	فشار تورمی(kpa)	عمق(متر)	گمانه
پایین	۲۳.۷۴	۲.۶۴	۱.۵	BH_1
پایین	۱۹.۶۹	۳.۶۷	۲.۸	
پایین	۲۱.۶۸	۴.۳۸	۱.۵	BH_2
پایین	۹.۶۴	۳.۲۳	۲.۲	
پایین	۲.۹۰	۰.۴۹	۱.۳	BH_3
پایین	۵.۶۹	۳.۷۴	۲.۸	
متوسط	۲۷.۶۵	۳.۱۱	۱.۵	BH_4
پایین	۱۸.۴۲	۱.۸۷	۲.۵	
پایین	۲۳.۱۹	۲.۹۴	۱.۶	BH_5
متوسط	۳۱.۴۴	۱.۹۵	۲.۸	
پایین	۲.۳۰	۰.۴۰	۱.۵	BH_6
پایین	۸.۷۵	۱.۰۵	۲.۸	

جدول ۲۱: طبقه بندی ساده با نشانه خمیری

نمونه	شماره	نشانه خمیری	پتانسیل تورم
pH_1	1	۵	کم
	2	۴	کم
pH_2	1	NP	ـــــــ
	2	15	متوسط
pH_3	1	14	متوسط
	2	NP	ـــــــ
pH_4	1	7	کم
	2	6	کم
pH_5	1	NP	ـــــــ
	2	17	متوسط
pH_6	1	12	متوسط
	2	NP	ـــــــ

جدول ۲۲: تعیین تورم پذیری گمانه ها با استفاده از معیار آشتو

گمانه	عمق(متر)	LL	PI	میزان تورم پذیری با معیار آشتو
BH_1	۱.۵	۲۰	۵	پایین
	۲.۸	۱۹	۴	پایین
BH_2	۱.۵	۱۷	NP	پایین
	۲.۲	۳۶	۱۵	پایین
BH_3	۱.۳	۳۴	۱۴	پایین
	۲.۸	۱۶	NP	پایین
BH_4	۱.۵	۲۲	۷	پایین
	۲.۵	۲۱	۶	پایین
BH_5	۱.۶	۱۹	NP	پایین
	۲.۸	۳۹	۱۷	پایین
BH_6	۱.۵	۳۱	۱۲	پایین
	۲.۸	۱۹	NP	پایین

جدول ۲۳: تعیین تورم پذیری گمانه ها با استفاده از معیار واندرمرو

گمانه	عمق(متر)	درصد ذرات کوچکتر از ۲ میکرون	PI	میزان تورم پذیری با معیار واندرمرو
BH_1	۱.۵	۲۳.۵	۵	پایین
	۲.۸	۱۲.۷	۴	پایین
BH_2	۱.۵	۱۸.۲	NP	پایین
	۲.۲	۷۲	۱۵	پایین
BH_3	۱.۳	۷۰.۳	۱۴	پایین
	۲.۸	۱۸.۷	NP	پایین
BH_4	۱.۵	۱۹.۳	۷	پایین
	۲.۵	۲۵.۲	۶	پایین
BH_5	۱.۶	۹.۲	NP	پایین
	۲.۸	۳۸.۵	۱۷	پایین
BH_6	۱.۵	۲۸.۳	۱۲	پایین
	۲.۸	۱۳.۶	NP	پایین

Abstract:

Taroud region is located in the desert margins, at 120 km south-east side of Shahroud. The heterogonous sinking of structures, fractions in the walls, and ground subsidence caused lots of damages to the buildings and access roads which have influenced local people's lives. There are several viewpoints about reasons of these problems. One of the strongest theories in this regard, considers the problematic soils (swelling, divergent, or liquefaction soils) in the region as the cause. The problematic soils bring about various technical troubles in construction projects. In recent years, the population growth and increasing demand for accommodation as well as development of building industry while neglecting geological and geotechnical issues have often resulted in such problems. The current research tries to realize the soil problem types through field investigations and a number of geotechnical tests on the local soil. For this purpose, six deep wells were dug with the depth up to 3 meters and twelve intact samples were taken from the local soil; then, the relevant tests considering evaluation and determination of problematic soils were carried out; including chemical tests, grading tests, the standard testing procedure of soil grading, the standard testing procedure of clay soil divergence by double hydrometer method, the standard procedure for determination of swelling or one-dimensional sinking of adhesive soils, the standard procedure for determination and grading of divergent clay soils by pinhole testing method, and crump test. Ultimately, after completion of all above-mentioned tests and study of indices and results, it was found out that the local soil has a low swelling and liquefaction potential; thus it is not regarded as problematic. However, it has a moderate to high divergence potential which has led to the existing problems in the buildings and access roads.

Keywords:

Problematic soils, fraction, sinking, Taroud region, soil divergence potential.

Kharazmi Campus

Civil engineering, geotechnical engineering branch

Master degree Thesis

Investigation of problematic soil in Tarood region

By: Javad Khodadad

Advisor:

Dr. Seyyed Mehdi Hoseini

August 2016