

تاریخ: ۱۴۰۳/۱۱/۱۴
شماره: ۸۲۲۲-۳۰
پیوست: دارد (۲۴۴ صفحه)

شرکت آریا نیروی جم

مدیریت ارشد محترم مطالعات و انرژی های نو

جناب آقای مهندس ولایتی

موضوع: گزارش ژئوتکنیک

باسلام و احترام

پیرو موافقتنامه فی مابین به شماره ۰۳/۵۰۰۱۱۱۰/۲۴۲۸ مورخ ۱۴۰۳/۰۹/۲۸ با موضوع انجام خدمات مشاوره ژئوتکنیک و مقاومت مصالح پروژه نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان، به پیوست دفترچه گزارش مطالعات ژئوتکنیک در ۲۴۴ صفحه به حضورتان ارسال می گردد. خواهشمند است پس از بررسی نتیجه را به این شرکت اعلام نمایید.

در ضمن پیرو نامه شماره ۰۳-۸۱۰۲ مورخ ۱۴۰۳/۰۹/۲۱ و تبصره بند ۱-۲ پیوست شماره ۲ موافقتنامه، به استحضار می رساند این شرکت منتظر تامین پایه ها توسط کارفرمای محترم جهت انجام آزمایش رینگ و پول اوت می باشد تا در اسرع وقت نسبت به انجام آزمایشات مربوطه اقدام نماید.

از طرف ایمان ملکی
مدیرعامل شرکت
آزمون
جوش کرمان
شماره ثبت ۱۰۵۳۳۳۳۳

روگرفت:

- ریاست محترم هیات مدیره و مدیرعامل محترم شرکت آریا نیروی جم جهت استحضار



مهندسین مشاور آزمون جوش
واحد ژئوتکنیک

گزارش مطالعات ژئوتکنیک

پروژه:

نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان

آدرس:

سیرجان - کیلومتر ۵۰ محور سیرجان - شیراز

کارفرما:

شرکت گهر انرژی سیرجان

دی ۱۴۰۳

آدرس دفتر مرکزی و واحد آزمایشگاه ها: کرمان، شهرک صنعتی شماره یک - نبش افرا هشتم

تلفن: ۰۳۴-۳۳۲۴۴۲۶۴

پست الکترونیکی: Azmoonjooshh@gmail.com

وبسایت: www.ajk.co.ir



گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز						
نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳	
شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 1 of 129	Jan 2025	

پیشگفتار

مطالعه ژئوتکنیک حاضر به منظور شناخت بافت تحت الارضی خاک و تعیین پارامترهای ژئوتکنیکی مورد نیاز طراحی نیروگاه واقع در " سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز" انجام گردیده است که به درخواست کارفرمای محترم این پروژه توسط این شرکت انجام گردیده است.

لازم به ذکر است که این گزارش با توجه به اطلاعات داده شده در مورد محل سایت و نوع کاربری مورد استفاده جمع آوری گردیده است. لذا استفاده از این گزارش به جز در موارد ذکر شده مجاز نبوده و به هیچ عنوان توصیه نمی شود. بنابراین استفاده از اطلاعات، آمار، داده ها و تحلیل های این گزارش در موارد مشابه و علاوه بر کاربری های تعیین شده سایت مجاز نمی باشد. در صورتی که اطلاعات سایت به نحوی مورد تغییر قرار گرفته و یا کاربری آن تغییر یابد، بایستی کتبا به مشاور اعلام گردد، تا پس از بازبینی محل و گزارش ارائه شده نسبت به ارسال گزارش جدید اقدامات لازم صورت گیرد.

شرایط زیرسطحی مانند سطح آب زیرزمینی در طول زمان می تواند تغییر یابد، لذا این موارد مخصوصا زمانی که از گزارش پس از مدتی وقفه استفاده می شود بایستی مد نظر قرار گیرد. با توجه به اینکه محل شالوده ها قبل از انجام حفاری های مطالعات حاضر به طور مشخص تعیین نگردیده بود و با عنایت به اینکه قضاوت مهندسی در مورد این ساختگاه براساس گمانه های حفاری شده و اطلاعات زمین شناسی می باشد، لازم است پیمانکار پس از شروع مراحل اجرایی نسبت به انجام مطالعات ژئوتکنیک به صورت دقیق در شالوده ها اقدام نماید و در صورتی که مغایرتی با آنچه در گزارش آمده مشاهده کرد، در اسرع وقت با اطلاع مشاور برساند تا اقدامات لازم جهت بازدید و تغییرات احتمالی در گزارش صورت پذیرد، بدیهی است مسئولیت هر گونه تغییر در نتایج بدست آمده در اثر تغییرات در لایه های زمین زیر شالوده ها در حین اجرا در صورت عدم هماهنگی با این مشاور و انجام مطالعات دقیق تر بر عهده این مشاور نمی باشد.

توصیه می شود که در صورتی که هرگونه ابهامی در این گزارش موجود باشد، به مشاور ابلاغ گردد تا نسبت به رفع ابهام و روشن شدن مسائل اقدامات لازم در اسرع وقت صورت پذیرد.

با تشکر

مهندسین مشاور آزمون جوش کرمان

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 2 of 129	Jan 2025

۵..... مشخصات کلی طرح

۵..... فصل اول

۶..... ۱-۱- مقدمه

۶..... ۱-۲- هدف

۶..... ۱-۳- مشخصات کلی پروژه و موقعیت آن

۷..... ۱-۴- موقعیت جغرافیایی

۷..... ۱-۴- تشریح زمین شناسی منطقه و محدوده پروژه

۱۴..... ۱-۸- لرزه خیزی منطقه

۱۴..... ۱-۸-۱- الف- تفکیک و شناسایی فعال از غیر فعال

۱۹..... ۱-۸-۲- زلزله های گذشته در استان کرمان

۲۰..... ۱-۹- بررسی وجود قنات در محل پروژه

۲۱..... ۱-۱۰- بررسی مخاطرات ساختگاهی و خاک های مسئله دار

۲۳..... عملیات صحرایی و آزمایشهای آزمایشگاهی

۲۳..... فصل دوم

۲۵..... ۲-۲- آزمایش های آزمایشگاهی و مراجع مورد استفاده

۲۵..... ۱-۲-۲- آزمایش دانه بندی و هیدرومتری

۲۵..... ۲-۲-۲- آزمایش تعیین حدود اتربرگ

۲۶..... ۳-۲-۲- تعیین درصد رطوبت و وزن مخصوص

۲۶..... ۴-۲-۲- آزمایش برش مستقیم

۲۷..... ۶-۲-۲- آزمایش تحکیم

۲۷..... ۲-۲-۲- آزمایش پتانسیل رمبندگی

۲۸..... ۲-۲-۲- آزمایش نفوذ پذیری

۲۹..... ۷-۲-۲- آزمایش های شیمیایی خاک

۳۱..... ۳-۲- آزمایش های صحرایی

۳۱..... ۱-۳-۲- آزمایش نفوذ استاندارد SPT

۳۴..... ۲-۳-۲- آزمایش تعیین مقاومت الکتریکی (خوردگی)

۳۵..... -تئوری روش مقاومت الکتریکی

۳۶..... - حدود مقاومت الکتریکی لایه های مختلف

۳۷..... -نتایج مطالعات مقاومت سنجی

۴۴..... ۲-۳-۲- آزمایش بار گذاری صفحه (PLT)

۵۲..... ۲-۳-۲- آزمایش نسبت باربری (CBR)

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 3 of 129	Jan 2025

۵۲	۳-۲-آزمایش لوفران
۵۳	۵-۲-تجزیه و تحلیل نتایج آزمایش ها
۵۳	۵-۲-۱-توصیف و طبقه بندی خاک
۵۹	۵-۲-۲-ارزیابی پتانسیل روانگرایی
۶۲	پارامترهای طراحی ژئوتکنیکی
۶۲	فصل سوم
۶۳	۳-۱-مقدمه
۶۳	۳-۲-محاسبات مدول عکس العمل بستر
۷۰	۳-۳-تعیین ظرفیت باربری مجاز شالوده ها
۷۰	۳-۳-۱-تعیین فشار مجاز پی ها
۸۸	۳-۴-فشار های جانبی خاک
۸۹	۳-۴-۱-تعیین ضرائب فشار جانبی خاک در حالت استاتیکی
۹۰	۳-۴-۲-تعیین ضرائب فشار جانبی خاک در حالت دینامیکی (هنگام وقوع زلزله)
۹۱	۳-۵-ارزیابی خطر گود پروژه
۹۳	۳-۶-ارزیابی خطر زمین لرزه
۹۵	۳-۷-پی های شمعی
۹۵	۳-۷-۱-تعیین ظرفیت باربری تک شمع
۹۶	۳-۷-۲-تخمین محدوده نشست تک شمع
۹۹	جمع بندی، نتیجه گیری و توصیه های فنی
۹۹	فصل چهارم
۱۰۰	۴-۱-مقدمه
۱۰۰	۴-۲-۱-ظرفیت باربری مجاز
۱۰۰	۴-۳-توصیه های فنی و اجرایی
۱۰۳	۴-۴-نتیجه گیری نهایی و پیشنهاد روشهای فنی برای طراحی سازهای شالوده با لحاظ مسائل اقتصادی
۱۰۶	منابع و مراجع
۱۰۷	پیوست
۱۰۷	فصل پنجم
۱۰۸	نیمرخ(لاک) چاهک های حفاری
۱۰۸	پیوست شماره ۱
۱۰۹	نتایج آزمایش دانه بندی، هیدرومتری و اتربرگ

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 4 of 129	Jan 2025

پیوست شماره ۲.....	۱۰۹
نتایج آزمایش برش، تک محوری و تحکیم.....	۱۱۰
پیوست شماره ۳.....	۱۱۰
نتایج آزمایش SPT و پتانسیل روانگرایی.....	۱۱۳
پیوست شماره ۴.....	۱۱۳
جدول ۹-پ-۱-۱.....	۱۱۴
پیوست شماره ۵.....	۱۱۴
جدول خلاصه نتایج و عکس های پروژه.....	۱۱۸
پیوست شماره ۶.....	۱۱۸



مشخصات کلی طرح

فصل اول



اهداف فصل:

- مشخصات کلی طرح
- وضعیت زمین شناسی عمومی
- مهندسی منطقه
- وضعیت کلی لرزه خیزی ساختگاه

گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز						
نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳	
شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 6 of 129	Jan 2025	

۱-۱- مقدمه

بر اساس شرح خدمات ارائه شده توسط نماینده محترم کارفرما شرکت گهر انرژی سیرجان اقدام به حفاری ۳ حلقه گمانه ماشینی به عمق ۱۲ متر و شش حلقه گمانه ماشینی به عمق ۵ متری و ۶ حلقه گمانه دستی تا عمق ۵ متری از سطح زمین طبیعی شده است. در حین حفاری گمانه های ماشینی و دستی علاوه بر نمونه برداری، آزمایش نفوذ استاندارد (SPT) نیز انجام گرفته است.

گزارش حاضر در ۴ فصل تهیه و ارائه شده است که به طور خلاصه به شرح زیر می باشد:

- فصل اول شامل مشخصات کلی طرح، وضعیت زمین شناسی عمومی و مهندسی منطقه و وضعیت کلی لرزه خیزی ساختگاه
- فصل دوم شامل شرح عملیات میدانی و نیز آزمایش های آزمایشگاهی انجام شده، تجزیه و تحلیل، جمع بندی نتایج حاصل و ارائه لایه بندی ژئوتکنیکی زمین در محدوده مورد مطالعه.
- فصل سوم تعیین پارامترهای طراحی از قبیل ظرفیت باربری مجاز برای انواع پی ها، ارائه ضرایب فشار جانبی خاک در حالات مختلف، ظرفیت باربری شمع، تعیین نوع زمین و پارامترهای لرزه ای.
- فصل چهارم شامل جمع بندی نهایی و نتیجه گیری از عملیات میدانی و آزمایشگاهی و ارائه توصیه های فنی و اجرایی.

۱-۲- هدف

مطالعات ژئوتکنیکی انجام شده در زمین محل احداث پروژه، شامل عملیات حفاری گمانه های اکتشافی، نمونه گیری از لایه های مختلف خاک، انجام آزمایش های آزمایشگاهی و صحرایی جمع بندی و نتیجه گیری از مجموع بررسی ها و آزمایش های انجام شده، به منظور نیل به اهداف اصلی زیر بوده است:

- تعیین وضعیت ژئوتکنیکی لایه های تحت الارضی
- بررسی خصوصیات فیزیکی و مکانیکی لایه های مختلف خاک و ارائه پارامترهای مقاومتی و نشست پذیری
- مطالعه در مورد مناسب ترین نوع پی، ارائه باربری مجاز خاک و برآورد نشست شالوده ها
- تعیین عمق سطح آب زیر زمینی
- تعیین ضرایب فشار جانبی خاک در شرایط استاتیکی و هنگام وقوع زلزله
- تعیین خصوصیات شیمیایی خاک و نوع سیمان مصرفی در بتن
- ارائه رده بندی زمین و شتاب مبنای طرح
- ارائه توصیه ها و پیشنهادهای فنی در رابطه با گودبرداری و عملیات اجرایی

۱-۳- مشخصات کلی پروژه و موقعیت آن

ساختگاه مورد نظر در سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز واقع شده و کاربری آن نیروگاه است.

❖ تعداد طبقات این سازه: -

❖ نوع اسکلت: پنل های نیروگاه خورشیدی

گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز						
نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳	
شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 7 of 129	Jan 2025	

۴-۱- موقعیت جغرافیایی

سایت مورد نظر در مختصات جغرافیایی تقریبی **351054.00** متر شرقی و **3219422.00** متر شمالی واقع شده است. در ادامه موقعیت جغرافیایی و مکانی محل پروژه در تصاویر آورده شده است.



شکل ۱-۱: نقشه هوایی محل پروژه در سال ۲۰۲۴

قابل توجه اینکه در متن این گزارش، هنگام صحبت از لایه بندی زمین در محل گمانه، تراز صفر همان تراز سطح زمین طبیعی در نظر گرفته شده است. این فصل در بر گیرنده مشخصات کلی طرح، وضعیت زمین شناسی عمومی منطقه و وضعیت لرزه خیزی ساختگاه بر اساس بازدیدهای محلی، مدارک و نقشه های مربوط به منطقه مورد نظر و آیین نامه های مرتبط با لرزه خیزی است که در ادامه به شرح آنها پرداخته می شود.

۴-۱- تشریح زمین شناسی منطقه و محدوده پروژه

سیرجان شهری در جنوب غربی استان کرمان و مرکز شهرستان سیرجان است. این شهر در ۹۶۰ کیلومتری تهران و ۱۷۵ کیلومتری کرمان قرار دارد و با توجه به قرار گرفتن در تقاطع محورهای مواصلاتی یزد - بندرعباس و کرمان - شیراز از دیرباز مورد توجه بوده است. جمعیت شهر سیرجان بر پایه سرشماری سال ۹۵ برابر ۱۹۹۷۰۴ نفر بوده است. شهر سیرجان به دو منطقه شهرداری تقسیم شده است. سیرجان یکی مهم ترین از شهرهای صنعتی و اقتصادی کشور به شمار می رود و منطقه ویژه اقتصادی محسوب می شود. شهر سیرجان سرانه فضای سبز خوبی دارد. ارتفاع شهر سیرجان از سطح دریا ۱۷۶۶ متر است و این شهر نسبت به شهرهای نیمه کویری دیگر ایران هوایی معتدل تر و ملایم تر دارد و یکی از تولیدکنندگان اصلی پسته در استان کرمان است. منطقه مورد مطالعه در پهنه برشی - دگرگونی سنندج - سیرجان، در استان کرمان و در جنوب باختر شهرستان بافت قرار دارد و از سه کمپلکس دگرگونی اصلی گل گهر، روتشون و خبر تشکیل شده است. کمپلکس دگرگونی گل گهر با تن رنگی چیره تیره،

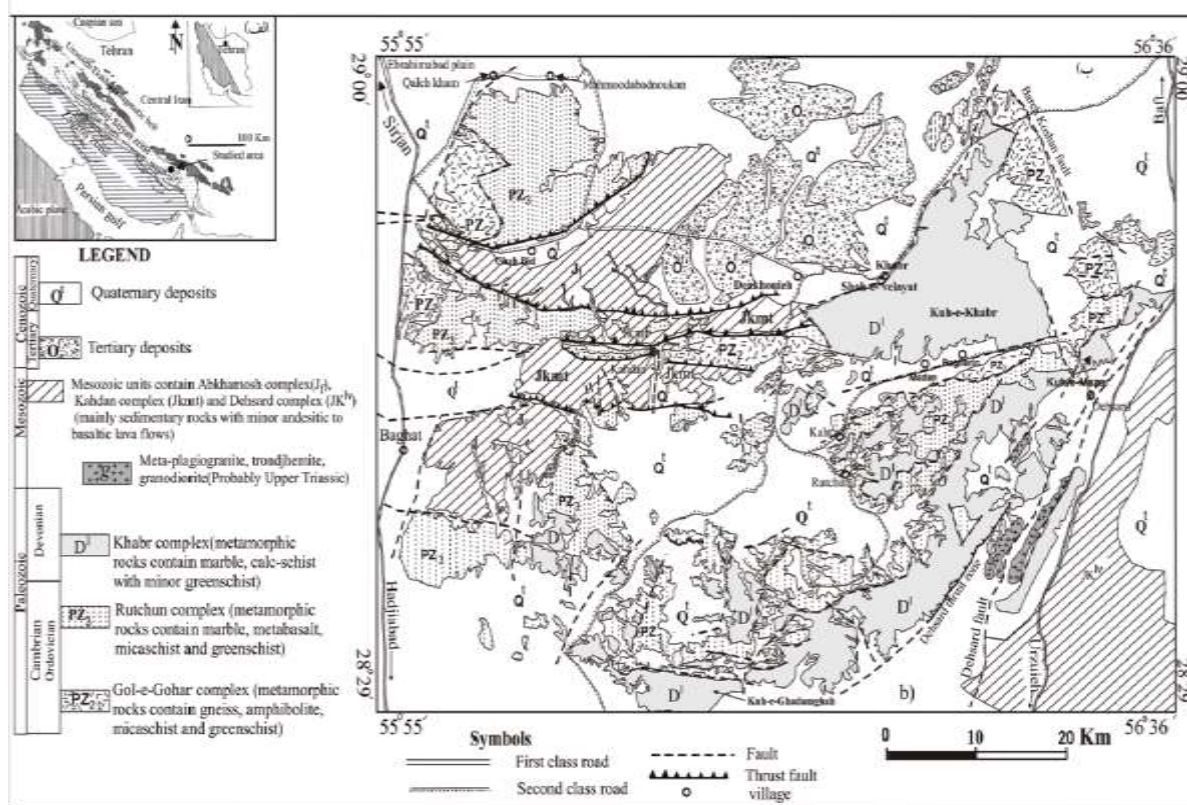
گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز						
نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳	
شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 8 of 129	Jan 2025	

نسبت به دیگر کمپلکس ها، توپوگرافی پست تری دارد. روی این واحدها، کمپلکس روتشون با تن رنگی چیره سرخ قهوه ای قرار گرفته است. کمپلکس دگرگونی خبر با تن رنگی چیره خاکستری روشن تا سفید، روی دو کمپلکس پیشین، جای دارد و بیشتر بخش هایی مرتفع را به خود اختصاص می دهد (سبز هئ، ۱۳۷۶). همچنین در این منطقه، مجموعه های سنگی رسوبی و آذرین مربوط به مزوزو و یک شامل کمپلکس های آب و سنگ های رسوبی سنوزویک و د هسرد کاهدان، خاموش نیز رخنمون دارند. کمپلکس دگرگونی گل گهر شامل تناوبی از سنگ های پلیتی، مافیکی و آهکی دگرگون شده است که توسط توده های نفوذی اسیدی دگرگون شده (متاگرانیتویدها) قطع شده اند. کمپلکس دگرگونی روتشون شامل تناوبی از سنگ های پلیتی، آهکی- دولومیتی و مافیکی دگرگون شده است. کمپلکس دگرگونی خبر از آهک های ناز کلايه همراه با میان لایه هایی از سنگ های رسوبی ریزدانه دگرگون شده، تشکیل شده است. سنگ های پلیتی و کربناتی دگرگون شده شامل اسلیت، فیلیت، میکا شیست و مرمر هستند؛ در حالی که سنگ های مافیک منطقه، بیشتر از متابازالت تشکیل شده اند. در این سنگ ها، رخ اسلیتی به روشنی و اشکال کینک باند و چین خوردگی دیده م میشود. فیلیت های منطقه درش تتر هستند؛ فولیاسیون واضح تری دارند؛ در سطح فولیاسیون، جلای براق نشان می دهند و دارای کان یهای ریز بیوتیت و مسکوویت هستند. همچنین ریزبلورهای از گارنت به صورت تاول مانند روی سطح صاف سنگ دیده میشود. شیست ها به صورت لایه هایی با رنگ خاکستری روشن تا سبز روشن، بیشتر در بخش های باختری منطقه برونزد دارند. این سنگ ها دارای پورفیروبلاست های گارنت، بیوتیت و مسکوویت و شامل انواع بیوتیت شیست، مسکووی تشیست و بیوتیت گارنت شیست هستند. در برخی نمونه ها اندازه پورفیروبلاست های گارنت سانتی متر می رسد. سنگ های مافیک دگرگون شده با رنگ خاکستری تیره متمایل به سیاه و سبز روشن تا تیره دیده می شوند. سنگ هایی که در پایین ترین درجات دگرگونی قرار دارند، ریز دانه هستند، شیسستوزیته در آنها کمتر گسترش پیدا کرده و آثار کانی شناسی سنگ مادر تا حدودی قابل تشخیص است؛ اما با پیشرفت درجه دگرگونی، سنگ ها درشت دانه تر می شوند و شیسستوزیته را به خوبی نشان می دهند.

نوع سنگ دگرگونی، بازتابی از ترکیب شیمیایی- کانی شناسی سنگ مادر و درجات دگرگونی است. بنابراین تغییرات سنگ شناسی یک مجموعه دگرگونی، افزون بر اینکه تغییرات ترکیب شیمیایی و کانی شناسی سنگ مادر را به نمایش می گذارد؛ نشان دهنده محیطی است که این سنگ ها در آن نهشته و سپس در اثر فرایندهای زمی شناسی متفاوت، دگرگون شده اند. چنانچه این مطالعات، با بررسی دقیق ستون های چینه شناسی مجموعه های دگرگونی و تطابق آن ستون ها در نقاط مختلف مجموعه و مطالعات ژئوشیمیایی همراه باشند؛ می توانند در بازسازی محیط تشکیل سنگ های اولیه، به خوبی مورد استفاده قرار گیرند. منطقه مورد مطالعه در این مقاله، بخشی از انتهای جنوب خاور پهنه دگرگونی سندنجد- سیرجان است که در جنوب استان کرمان جای گرفته است. از جمله مطالعات انجام شده روی بخش جنوبی پهنه سندنجد- سیرجان می توان به مطالعات سبزه اشاره کرد. وی سنگ های دگرگونی منطقه مورد مطالعه را اجزای یک محیط رسوبی دانسته که در دوره زمانی پالئوزو و یک زیرین تا اوایل مزوزو و یک تشکیل شده اند. به طوری که این محی طها، هم زمان دارای یکسری فعالیت های ماگمایی نیز بوده اند. سپس تحت تأثیر یک دگرگونی ایستایی قرار گرفته اند و در پی آن در طی فاز سیمین پیشین دگرگونی اصلی رخ داده است. شفیعی بافتی نیز به بررسی تکوین ساختاری و زمین ساختی سنگ های پالئوزو و یک کمر بند سندنجد- سیرجان در منطقه خبر پرداخته است. وی دگرگونی نهشته های پالئوزو و یک را مربوط به سیمین آغازی می داند و بیان می کند که تأثیر رژیم زمی نساختی کششی در سیمین میانی و عملکرد کوهزایی لارامید به عنوان شروع رژیم فشارشی همگی در این منطقه دیده م میشود. هدف از این پژوهش، بازسازی محیط تشکیل سنگ های اولیه سه مجموعه دگرگونی گل گهر، روتشون و خبر است. برای دست یابی به این

گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز						
نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳	
شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 9 of 129	Jan 2025	

هدف، اطلاعات سنگ شناسی در صحرا و مقاطع نازک، با اطلاعات چینه شناسی حاصل از مطالعه دقیق ستون های چینه شناسی مجموعه های مورد نظر و اطلاعات ژئوشیمیایی سنگ ها، تلفیق شد تا در پایان تصویر روشن تری از وضعیت ابتدایی سنگ های دگرگونی این مجموعه ها به دست آید.



شکل ۱-۲: وضعیت ابتدایی سنگ های دگرگونی

۶-۱- رسوب شناسی در محدوده مطالعاتی

محدوده مطالعاتی در شهرستان سیرجان در استان کرمان واقع در جنوب شرقی ایران قرار دارد و دارای ویژگی های زمین شناسی و رسوب شناسی خاص خود است. این منطقه از نظر زمین شناسی و رسوب شناسی به دلیل موقعیت جغرافیایی خاص، تاریخچه زمین شناسی و تغییرات محیطی، بسیار جالب توجه است. در ادامه، به بررسی ویژگی های رسوب شناسی محدوده مطالعاتی و توضیحات مربوط به رسوبات موجود در این منطقه پرداخته خواهد شد.

۱-۶-۱- موقعیت جغرافیایی و زمین شناسی محدوده مطالعاتی

محدوده مطالعاتی به طور کلی در شمال غربی استان کرمان قرار دارد و از نظر جغرافیایی با شهرستان های زرنده، کرمان، بافت و رودبار هم مرز است. این شهرستان از نظر طبیعی و جغرافیایی به دو بخش کوهستانی و دشت های وسیع تقسیم می شود.

- **منطقه کوهستانی:** در بخش های شمالی شهرستان، رشته کوه های متعددی وجود دارند که در آن ها سنگ های رسوبی، آذرین و دگرگونی مشاهده می شود.

گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز						
نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳	
شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 10 of 129	Jan 2025	

- **دشت‌ها و حوضه‌های رسوبی:** در بخش‌های جنوبی و مرکزی شهرستان سیرجان، دشت‌های وسیع و حوضه‌های رسوبی بزرگی وجود دارند که در آن‌ها انواع رسوبات آبرفتی و دریاچه‌ای تشکیل شده است. این ترکیب زمین‌شناسی باعث تنوع در نوع رسوبات و فرآیندهای رسوب‌گذاری در منطقه شده است.

۲-۶-۱- رسوبات و فرآیندهای رسوب‌گذاری در محدوده مطالعاتی

رسوبات محدوده مطالعاتی بیشتر از نوع آبرفتی و دریاچه‌ای بوده و در شرایط خشک و نیمه‌خشک منطقه، فرآیندهای رسوب‌گذاری به‌طور عمده تحت تأثیر عوامل مختلف آب و هوایی، آبی و باد قرار دارند.

الف) رسوبات آبرفتی

در دشت‌های اطراف محدوده مطالعاتی، رسوبات آبرفتی به‌ویژه در حوضه‌های رودخانه‌ای و نواحی پایین‌دست کوه‌ها مشاهده می‌شود. این رسوبات به‌طور عمده شامل:

- **رسوبات سیلت و رسی:** در مناطق کم‌عمق و در معرض رودخانه‌ها، این نوع رسوبات به‌ویژه در نواحی پست و پایاب‌ها تشکیل می‌شود.
- **رسوبات شن و ماسه:** این رسوبات در نواحی با جریان‌های سریع آب یا در مناطق دلتایی و پادگانه‌ها دیده می‌شوند.

ب) رسوبات دریاچه‌ای

محدوده مطالعاتی در گذشته‌های دور و به‌ویژه در دوران‌های زمین‌شناسی قدیم (نظیر دوران میانه و نئوژن) شاهد حضور دریاچه‌های بزرگ و وسیع بوده است که در اثر تبخیر آب‌های این دریاچه‌ها، رسوبات تبخیری مانند گچ، نمک و کلسیت در این منطقه تشکیل شده است. این رسوبات در برخی مناطق به‌ویژه در جنوب شهرستان یافت می‌شوند و منبع مهمی برای استخراج نمک و گچ به شمار می‌آیند.

ج) رسوبات آتشفشانی

در نواحی شمالی شهرستان و در نزدیکی کوه‌ها، برخی رسوبات آتشفشانی دیده می‌شوند که ناشی از فعالیت‌های آتشفشانی و انفجارهای گذشته در منطقه هستند. این رسوبات شامل مواد آتشفشانی مانند خاکستر آتشفشانی، لاوا و گدازه‌های آتشفشانی هستند که در نتیجه فعالیت‌های آتشفشانی در دوران‌های گذشته به وجود آمده‌اند.

۳-۶-۱- ویژگی‌های رسوبات محدوده مطالعاتی

رسوبات محدوده مطالعاتی از ویژگی‌های خاصی برخوردارند که شامل موارد زیر می‌شوند:

- **تنوع مواد معدنی:** رسوبات محدوده مطالعاتی شامل مواد معدنی مختلفی مانند کلسیت، گچ، نمک، کوارتز، فلدسپات و انواع مواد معدنی آتشفشانی هستند که شرایط زمین‌شناسی خاص این منطقه را نشان می‌دهند.
- **رسوبات تبخیری:** وجود رسوبات تبخیری مانند نمک و گچ در نواحی خشک و نیمه‌خشک این منطقه نشانه‌ای از شرایط آب و هوایی گرم و خشک گذشته است. دریاچه‌های گذشته که در این منطقه وجود داشتند، به‌ویژه در دوره‌های خشک‌تر، باعث انباشته شدن این نوع رسوبات شده‌اند.

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 11 of 129	Jan 2025

- **رسوبات آبرفتی:** این رسوبات به‌ویژه در نزدیکی رودخانه‌ها و نواحی دلتایی به‌وفور مشاهده می‌شوند. رسوبات آبرفتی به‌دلیل فرسایش و حمل مواد توسط آب‌های سطحی و رودخانه‌ها تشکیل شده‌اند.

۴-۶-۱- تغییرات محیطی و اثرات آن بر رسوبات

در طی میلیون‌ها سال، تغییرات اقلیمی و زمین‌شناسی بر روی ترکیب و نوع رسوبات محدوده مطالعاتی تأثیرگذار بوده است. برخی از مهم‌ترین تغییرات محیطی شامل:

- **تغییرات اقلیمی:** با تغییرات اقلیمی و تغییر در میزان بارش‌ها، نوع و ترکیب رسوبات در محدوده مطالعاتی تغییر کرده است. در دوره‌هایی که آب و هوا مرطوب‌تر بوده، رسوبات آبرفتی غنی‌تر و عمیق‌تر شده‌اند، اما در دوره‌های خشک‌تر، رسوبات تبخیری مانند نمک و گچ غالب شده‌اند.

- **حرکت‌های زمین‌شناسی:** حرکات تکتونیکی و تغییرات ساختاری در منطقه نیز باعث ایجاد تنوع در نوع رسوبات شده‌اند. برای مثال، در مناطق کوهستانی، رسوبات آتشفشانی و سنگ‌های دگرگونی از فرآیندهای زمین‌شناسی شدیدتر ناشی شده‌اند

۵-۶-۱- منابع اقتصادی ناشی از رسوبات

رسوبات موجود در محدوده مطالعاتی باعث شده‌اند که این منطقه به منابع اقتصادی مهمی تبدیل شود. برخی از این منابع شامل:

- **نمک و گچ:** وجود رسوبات نمک و گچ در منطقه به‌ویژه در نواحی خشک و تبخیری، منبع عمده‌ای برای استخراج این مواد معدنی است.
- **ماسه و شن:** رسوبات آبرفتی مانند شن و ماسه در ساخت‌وسازها و صنعت مصالح ساختمانی استفاده می‌شوند.
- **ذخایر معدنی دیگر:** رسوبات آتشفشانی و مواد معدنی دیگر مانند کلسیت و کوارتز می‌توانند به‌عنوان منابع معدنی استخراج شوند.

محدوده مطالعاتی با ویژگی‌های جغرافیایی و زمین‌شناسی خاص خود، دارای تنوع بالایی در انواع رسوبات است. این تنوع شامل رسوبات آبرفتی، دریاچه‌ای، آتشفشانی و تبخیری می‌شود که هریک بر اساس شرایط اقلیمی و زمین‌شناسی منطقه شکل گرفته‌اند. رسوبات موجود در این منطقه نه تنها نقش مهمی در شکل‌گیری زمین‌شناسی و اکولوژی منطقه دارند، بلکه به‌عنوان منابع اقتصادی نیز حائز اهمیت هستند.

۷-۱- هیدروژئولوژی محدوده مطالعاتی

۱-۷-۱- وضعیت هیدروژئولوژی منطقه

جهت بررسی وضعیت اقلیمی منطقه داده‌های ایستگاه هواشناسی موجود در محل معدن گل گهر مورد استفاده قرار گرفت. با توجه به اینکه این ایستگاه جدید تأسیس بوده آماربرداری در این ایستگاه از سال ۷۱ انجام گردیده است. در این منطقه معمولاً ماه‌های تیر و مرداد گرم‌ترین و دی ماه سردترین ماه سال می‌باشد. حداکثر درجه حرارت روزانه مربوط به تیرماه سالهای ۷۴ و ۷۶ و مرداد ماه سال ۷۳ و برابر ۴۰/۲ درجه سانتیگراد گزارش شده است. حداقل درجه حرارت مربوط به دی ماه سال ۷۶ و برابر ۱۰/۴- درجه سانتیگراد می‌باشد. بیشترین میزان تغییرات درجه حرارت مطلق سالیانه مربوط به سال ۱۳۷۶ به میزان ۵۰/۶ درجه سانتیگراد و کمترین آن مربوط به سال ۱۳۷۱ به میزان ۴۴/۶ درجه سانتیگراد می‌باشد. هم چنین ماههای تیر و مرداد با میانگین

گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز						
نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳	
شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 12 of 129	Jan 2025	

۳۸/۵ درجه سانتیگراد گرمترین و ماه دی با میانگین درجه حرارت ۶/۰۲۴ درجه سانتیگراد سردترین ماه محسوب می گردد. مقدار رطوبت هوا نیز از پارامترهای مهم می باشد. همواره ماه های فروردین، اردیبهشت، دی بهمن و اسفند بالاترین و تیر ماه پائین ترین درصد رطوبت نسبی را داشته است. بررسی نتایج مربوط به میزان رطوبت نسبی هوا در دوره آماری نشان می دهد که رطوبت نسبی هوا از فروردین ماء تا تیرماء کاهش یافته و سپس تا پایان سال افزایش می یابد. متوسط بارندگی سالیانه این منطقه در دوره آماری موجود ۲۴۶/۶۶ میلی متر بوده که در مقایسه با میانگین بارندگی ایستگاه سیرجان که حدود ۱۴۰ میلی متر می باشد زیاد بنظر می رسد. علت آن را می توان کوتاه بودن طول دوره آماری موجود ذکر نمود. حداکثر بارندگی سالیانه در این منطقه برابر ۴۲۳/۷ میلی متر مربوط به سال ۱۳۷۱ و کمترین آن برابر ۳۹/۹ میلیمتر مربوط به سال ۱۳۷۲ می باشد. پرباران ترین ماه این منطقه اسفند با میانگین ۵۴/۶۶ میلیمتر و کم باران ترین ماه شهریور با بارندگی صفر میلی متر می باشد. با توجه به وضعیت تغییرات درجه حرارت و درصد رطوبت و میزان بارندگی اقلیم منطقه گل گهر تیمه خشک و نیمه بیابانی به حساب می آید و با استفاده از کلیماتوگرام آمپورژه منطقه گل گهر در اقلیم خشک و سرد قرار دارد. هم چنین با توجه به اینکه ضریب گزروترمیک منطقه بین ۲۰۰ تا ۲۵۰ می باشد بر این اساس اقلیم منطقه نیمه بیابانی می باشد.

در ناحیه معدنی گل گهر چهار حوزه آبی شناخته شده است که به نام منطقه چاه دراز نامگذاری شده است. طول این حوزه حدود ۴۰ کیلومتر و عرض آن ۲۰ کیلومتر می باشد که محور آن دارای جهت شمال غربی - جنوب شرقی است. جهت جریان آب سطحی از کوه های اطراف حوزه به طرف شمال غرب و به سوی کویر نمک سیرجان است. عمق آب زیرزمینی کمتر از ۱۰ متر در شمال غرب (نزدیک و کویر نمک سیرجان) تا ۱۴۵ متر در جنوب شرق متغیر می باشد و ضخامت آن بین ۴۵ تا ۸۵ متر تغییر می کند. منابع تغذیه کننده آب این حوزه ارتفاعات جنوب شرقی و شمال شرقی بوده و سبب جریان یافتن آب های زیرزمینی به سمت شمال غرب می شود. نتایج حاصل از حفاری ها، مقاومت سنجی و تفسیرهای زمین شناسی مربوطه نشان داده که نسبت های تغذیه، قابلیت نفوذپذیری و نیز ذخیره آب زیرزمینی این حوزه ناچیز می باشد. حوزه دیگر بنام حوزه قطار بنه معروف است. طول آن حدود ۶۰ کیلومتر و عرض آن ۳۵ کیلومتر بوده و زهکشی آن در جهت جنوب قرب بطرف میدان گیل می باشد. ضخامت رسوبات حوزه بین ۵۲ تا ۲۰۶ متر در حفاری های انجام شده متغیر است. فاصله سطح ایستایی آب تا سطح مین از ۸/۵ تا ۸۸ متر متغیر می باشد. ضخامت لایه آبدار از ۳۰ تا ۵۰ متر تغییر می کند. حوزه دیگر بنام حوزه خیرآباد نامیده می شود. ضخامت رسوبات این حوزه از ۸۹ تا ۱۲۲ متر متغیر می باشد. ضخامت لایه آبدار در این حوزه حدود ۷۵ متر، حداقل فاصله سطح ایستایی از سطح زمین ۱۵ متر و حداکثر آن ۴۶ متر است. باتوجه به نتایج حاصل از بررسی های بعمل آمده در زمینه های اقلیمی، هیدرولوژی و نفوذپذیری در منطقه می توان نتیجه گرفت که تخلیه آب های سطحی و زیرزمینی منطقه به سمت جنوب و جنوب غربی است. هم چنین نفوذ آب های سطحی و حرکت آنها در جهت قائم در لایه های رسوبی از سمت غرب و شرق منطقه معدنی بیشتر می باشد. حرکت و انتقال آب به منطقه از طریق آبرفت ها و از درون گسلها صورت می گیرد و در جهت گسل های جوان و پرسیب منطقه در جهت شرقی - غربی، شمال غربی - جنوب شرقی می باشد. قابلیت انتقال آب در جهت شمال شرقی شمال و شمال غرب بیشتر است.

محدوده مطالعاتی در منطقه سیرجان در استان کرمان، در جنوب شرق ایران واقع شده و از نظر هیدرولوژیکی دارای ویژگی های خاصی است. این منطقه که در یک اقلیم نیمه خشک و گرم قرار دارد، به دلیل شرایط آب و هوایی و خصوصیات زمین شناسی، با چالش ها و مسائل خاصی در زمینه منابع آب مواجه است. در ادامه هیدرولوژی محدوده مطالعاتی را به طور مرتب بررسی می کنیم.

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 13 of 129	Jan 2025

۲-۷-۱- ویژگی‌های اقلیمی منطقه

- **اقلیم:** محدوده مطالعاتی به‌طور کلی دارای اقلیم نیمه‌خشک است، با تابستان‌های بسیار گرم و خشک و زمستان‌های معتدل. میزان بارندگی سالانه در این منطقه بسیار کم و معمولاً بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ میلی‌متر در سال متغیر است.
- **رطوبت نسبی:** رطوبت نسبی هوا به‌طور متوسط در محدوده مطالعاتی پایین است، که این امر به تبخیر بالای منابع آب و کاهش ذخایر آبی منجر می‌شود.

۳-۷-۱- جریان‌های سطحی و رودخانه‌ها

- **رودخانه‌ها:** در این منطقه چندین رودخانه فصلی و دائمی وجود دارند که از کوه‌های اطراف سرچشمه می‌گیرند. مهم‌ترین رودخانه‌های محدوده مطالعاتی شامل رودخانه‌های فصلی چون رودخانه کوثر و رودخانه‌ها و جویبارهای دیگر هستند.
- **رودخانه‌های فصلی:** به دلیل بارندگی کم و اقلیم خشک منطقه، بیشتر رودخانه‌ها در فصل‌های خشک به‌طور کامل خشک می‌شوند، اما در فصل‌های بارندگی (مخصوصاً در بهار و پاییز)، جریان آب در این رودخانه‌ها شدت می‌گیرد و سیلاب‌های فصلی به‌وجود می‌آید.

۴-۷-۱- منابع آب زیرزمینی

- **آب‌های زیرزمینی:** محدوده مطالعاتی از نظر منابع آب زیرزمینی به دلیل استفاده زیاد از این منابع دچار افت شدید سطح آب‌های زیرزمینی شده است. در این منطقه آب‌های زیرزمینی از طریق چاه‌ها و قنات‌ها تأمین می‌شود.
- **فرسایش آب‌های زیرزمینی:** برداشت بی‌رویه آب از منابع زیرزمینی باعث کاهش سطح سفره‌های آب زیرزمینی در برخی نقاط شده است. همچنین، استفاده نادرست از آب‌های زیرزمینی در بخش کشاورزی و صنعتی منطقه، موجب کاهش کیفیت منابع آبی شده است.
- **چاه‌ها و قنات‌ها:** استفاده از قنات‌ها در این منطقه تاریخ طولانی دارد و در حال حاضر هنوز در بسیاری از نقاط برای تأمین آب شرب و کشاورزی از این منابع استفاده می‌شود.

۵-۷-۱- کیفیت منابع آب

- **آب‌های سطحی:** آب‌های سطحی در این منطقه معمولاً کیفیت مناسبی ندارند، زیرا جریان‌های رودخانه‌ای غالباً از آب‌های آلوده و ناشی از فرسایش خاک و رسوبات مختلف هستند.
- **آب‌های زیرزمینی:** کیفیت آب‌های زیرزمینی در برخی نقاط به دلیل وجود نمک‌های حل‌شده، بالا بودن غلظت املاح و سختی زیاد، به خصوص در دشت‌های خشک، پایین است. در برخی از مناطق نیز وجود نیتریت و نیترات در آب‌های زیرزمینی نگران‌کننده است.

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 14 of 129	Jan 2025

۶-۷-۱- سیلاب ها و مسائل آب و هوایی

- **سیلاب ها:** با توجه به بارندگی های فصلی و ناگهانی در محدوده مطالعاتی، در برخی سال ها سیلاب های شدیدی رخ می دهد که ممکن است موجب آسیب به زیرساخت ها و کشاورزی شود.
- **بحران آب:** در سال های اخیر به دلیل کاهش میزان بارندگی و افزایش دما، بحران آب در این منطقه به شدت محسوس شده است. برداشت بی رویه از منابع آب زیرزمینی و عدم مدیریت صحیح منابع آب، مشکلاتی نظیر کاهش کیفیت و کمبود آب را در منطقه ایجاد کرده است.

۷-۷-۱- برنامه ریزی و مدیریت منابع آب

- **مدیریت منابع آب:** برای مقابله با مشکلات منابع آب در محدوده مطالعاتی، لازم است که برنامه های مدیریت منابع آب به طور جدی اجرایی شوند. این برنامه ها می توانند شامل کنترل و نظارت بر برداشت های آب زیرزمینی، بهبود تکنیک های آبیاری کشاورزی، استفاده از فناوری های نوین برای حفظ و ذخیره آب و همچنین استفاده از منابع آب غیرمتعارف (مانند آب شیرین کن ها) باشند.
- **پروژه های آبیاری:** در سال های اخیر، پروژه های آبیاری قطره ای و استفاده از روش های نوین آبیاری در کشاورزی محدوده مطالعاتی به منظور کاهش هدررفت آب و افزایش بهره وری آب به اجرا درآمده است.

۸-۷-۱- اثر تغییرات اقلیمی بر منابع آب

- **تغییرات اقلیمی:** باعث کاهش میزان بارندگی و افزایش دما در محدوده مطالعاتی شده است. این تغییرات می تواند تأثیرات منفی زیادی بر منابع آب منطقه بگذارد و موجب کاهش جریان های سطحی، افت سطح آب های زیرزمینی و تشدید خشکسالی های منطقه شود.
- محدوده مطالعاتی به دلیل اقلیم نیمه خشک و کم بارش خود، با چالش های زیادی در زمینه منابع آب مواجه است. مدیریت صحیح منابع آب، بهبود کیفیت آب های زیرزمینی، استفاده از تکنولوژی های نوین در کشاورزی و اتخاذ تدابیر مناسب در مدیریت منابع آبی از جمله راهکارهایی است که می تواند به بهبود وضعیت هیدرولوژیکی این منطقه کمک کند.

۸-۱-۱- لرزه خیزی منطقه

۱-۸-۱- الف- تفکیک و شناسایی فعال از غیر فعال

در این مطالعه، جهت تهیه نقشه ی لرزه زمین ساختی ابتدا با تهیه و بررسی عکس های ماهواره ای، هوایی و نقشه های زمین شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ (سبزه ای و همکاران ۱۳۷۳) و یا در مناطقی که نقشه ها در این مقیاس وجود نداشته از نقشه های ۱:۲۵۰۰۰۰ تا شعاع ۱۵۰ کیلومتری شهر سیرجان استفاده شده و تمامی گسل های موجود در این شعاع شناسایی و رقومی شده است (تصویر ۱-۵). در ادامه، گسل هایی که طول آن ها کم بوده (ترجیحاً کمتر از ۱۰ کیلومتر) و اهمیت چندانی نداشته اند، حذف گردیده اند نقشه ی که این گسل ها را شامل می شود تهیه گردیده است. بر این اساس داده های زمین لرزه ای از

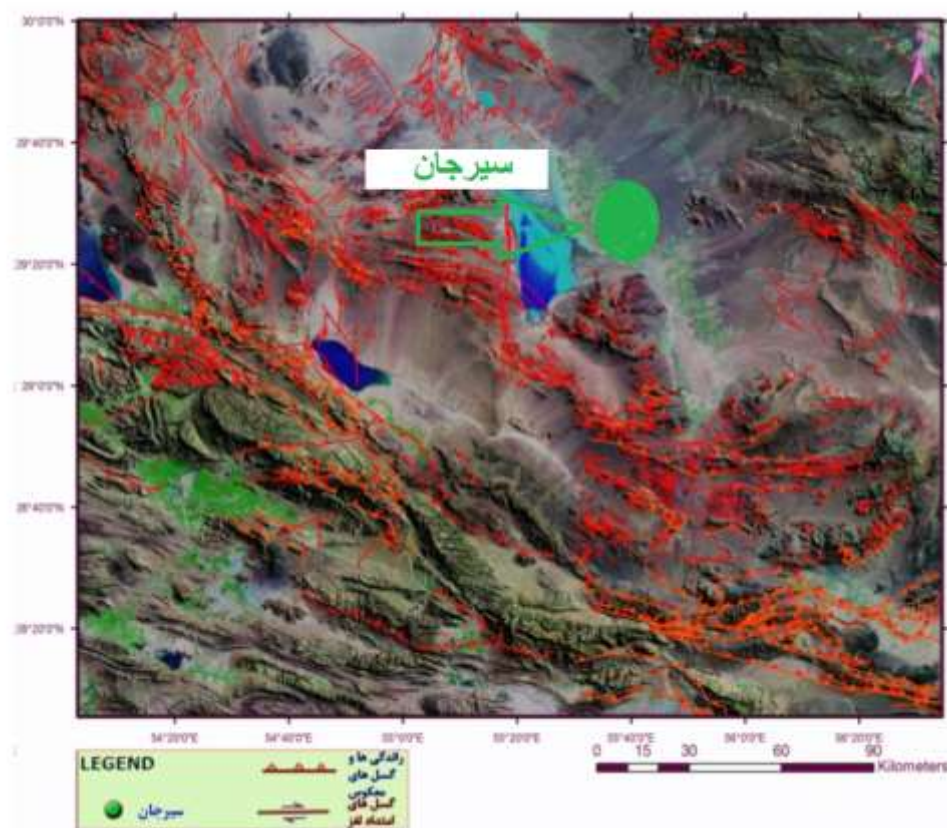
	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 15 of 129	Jan 2025

طریق شبکه‌ی جهانی اینترنت، از مهم‌ترین و معتبرترین مراکز زمین‌لرزه‌ای بین‌المللی همچون سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده ی آمریکا مرکز (USGS. U.S. Geological Survey)، مرکز اطلاعات ملی زلزله، کاتالوگ زمین‌لرزه‌های سده‌ی بیستم میلادی در این شعاع تهیه گردیده است. قابل ذکر است، هیچ‌گونه زمین‌لرزه‌ی تاریخی در این محدوده گزارش نشده است. سپس با رقوم‌ی کردن و پیاده نمودن مراکز زمین سده لرزه‌های سده‌ی اخیر بر روی نقشه‌ی تهیه‌شده از گسل‌ها، با توجه به طول، نوع و شیب و جهت شیب گسل‌ها و عمق کانونی زلزله‌ها و سازوکار کانونی آن‌ها محاسبه شدند. بعضی از زمین‌لرزه به یکی از گسل‌ها ارتباط داده شد. در ادامه به کمک تصاویر ماهواره‌ای برای گسل‌هایی که هیچ مرکز زمین‌لرزه‌ای در محدوده‌ی آن‌ها وجود نداشت، عوارض نو زمین ساختی و ریخت زمین ساختی آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت. درنهایت گسل‌های دارای ارزش لرزه زمین ساختی از گسل‌های فاقد این ارزش جدا شدند و نقشه‌ی لرزه زمین ساختی برای محدوده‌ی موردنظر تهیه شد.

۱-۸-۱-ب-راندگی گل گهر - باغات

این راندگی از دو کیلومتری غرب معدن سنگ‌آهن گل گهر شروع شده و تا نزدیکی باغات ادامه دارد. راندگی گل گهر - باغات دارای طول ۵۰ کیلومتر و امتداد شمال غرب - جنوب شرق، همچنین جهت شیب آن به سمت شمال شرق می‌باشد (آقانباتی ۱۳۸۳). معدن سنگ‌آهن گل گهر در فرادیواره این راندگی واقع گردیده است. این راندگی در بخش‌های شمال غربی روند خود، در جنوب غرب معدن گل گهر در جهت عقربه حرکت‌های ساعت دچار چرخش شده است که این می‌تواند به علت عملکرد گسل امتدادلغز راست گرد گل گهر - خیرآباد باشد (Ambrose's 1975). این راندگی همچنان فعال و دارای یک مؤلفه راستا لغز چپ گرد نیز می‌باشد. پرتگاه‌های پرشیب و فرسایش نیافته و حد کوه و دشت مستقیم و واضح، وجود دگر ریختی‌های کواترنری در فرادیواره این راندگی که ناشی از تداوم نیروها در این دوره است، به‌علاوه ثبت ۴ رومرکز زمین‌لرزه در سال ۲۰۰۶، نشان‌دهنده‌ی فعال بودن این راندگی مهم می‌باشند. منطقه معدنی گل گهر در محل تلاقی این راندگی و گسل گل گهر - خیرآباد قرار گرفته است. بنابراین از لحاظ زمین‌لرزه‌ای و خطر زلزله بسیار حائز اهمیت است. البته باید توجه داشت که دوره‌ی بازگشت زلزله‌ها در راندگی‌ها نسبت به گسل‌های امتدادلغز و عادی بسیار بیشتر است و درنتیجه زلزله‌های ایجادشده نیز بسیار بزرگ‌تر خواهد بود. داده‌های زمین‌لرزه مربوط به سال‌های اخیر راندگی گل گهر - باغات، حاکی از فعال شدن این راندگی می‌باشند.

گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز						
نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳	
شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 16 of 129	Jan 2025	



شکل ۱-۴: نقشه تمامی گسل‌های موجود در شعاع ۱۵۰ کیلومتری سیرجان.

۱-۸-۱-ج-گسل گل گهر - خیرآباد

گسل گل گهر - خیرآباد، گسل امتدادلغز با مؤلفه‌ی راست‌گرد فراوان است. این گسل شامل مجموعه‌ای از گسل‌های امتدادلغز راست‌گرد با روند کلی شمالی - جنوبی و طول تقریبی ۱۱۵ کیلومتر است. در قسمت‌های شمالی گسل، تراس‌های آبرفتی جوان است که در اثر فعالیت این گسل ایجاد شده‌اند. در ادامه این گسل در قسمت‌های جنوبی‌تر روند خود، سبب برش آبرفت‌های کواترنری و همچنین ایجاد حوضه‌های فرونشست کوچک و در غرب و جنوب روستای خیرآباد سبب چرخش ساعت‌گرد شده است. باز در قسمت‌های جنوبی‌تر سبب جابه‌جایی و جدایش ارتفاعات چاه میل از باغ چوبی به شکل راست‌گرد و نسبتاً قابل ملاحظه شده است (مطیعی ۱۳۷۲). همچنین در پایانه‌ی جنوبی، خود این گسل سبب چرخش و جدایش ساعت‌گرد راندگی گل گهر - باغات یعنی چرخش ساعت‌گرد ارتفاعات چاه بره نسبت به عین البقر به میزان حدود ۲۵ درجه شده است. به‌علاوه این گسل تمامی راندگی‌های موجود در مسیر خود را به‌صورت یک گسل عرضی - برشی (Tear fault) قطع کرده است. عوارض نوزمین ساختی شامل پادگانه‌های آبرفتی، برش‌های کواترنری، جابه‌جایی آبراهه‌ها، ایجاد حوضه‌های فرونشست کوچک و بزرگ همچون کفه نمکی خیرآباد سیرجان در دوره‌ی می کواترنری می‌باشد (Chevron 1986). علاوه بر همه‌ی این موارد وجود دو رومرکز زلزله در مجاورت این گسل در سال ۲۰۰۶ و ۱۹۹۴ فعال بودن این گسل را نشان می‌دهد. بنابراین گسل گل گهر - خیرآباد می‌تواند بسیار مهم و خطرناک بوده و به‌احتمال زیاد منشأ زلزله‌های نسبتاً بزرگ در آینده باشد. کمبود داده‌های زمین‌لرزه بر روی این

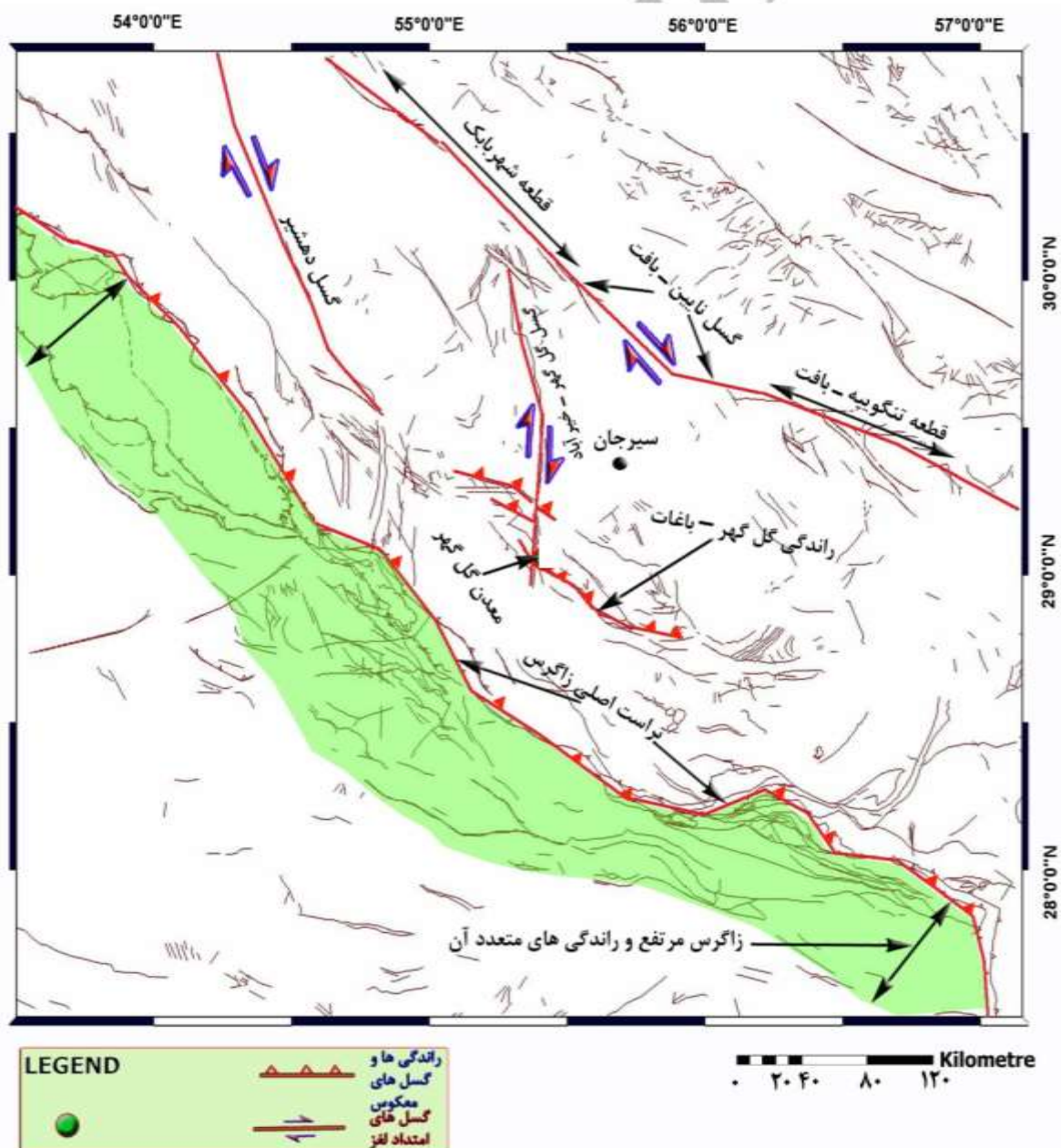
	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 17 of 129	Jan 2025

گسل نشان‌دهنده‌ی غیرفعال بودن این گسل نیست، بلکه نبود ایستگاه‌های لرزه‌نگاری تا فواصل چند صد کیلومتری از این منطقه تا سال‌های اخیر که بتواند که لرزه‌های رخ داده روی این گسل را ثبت کند و یا دوره‌ی بازگشت طولانی فعالیت این گسل که از خصوصیات گسل‌های امتدادلغز ایران مرکزی می‌باشد و به احتمال دیگر خزش دائمی بر سطح این گسل که سبب آزاد شدن تدریجی انرژی در سطح آن می‌شود، را می‌توان عنوان کرد.

۱-۸-۵-راندگی اصلی زاگرس

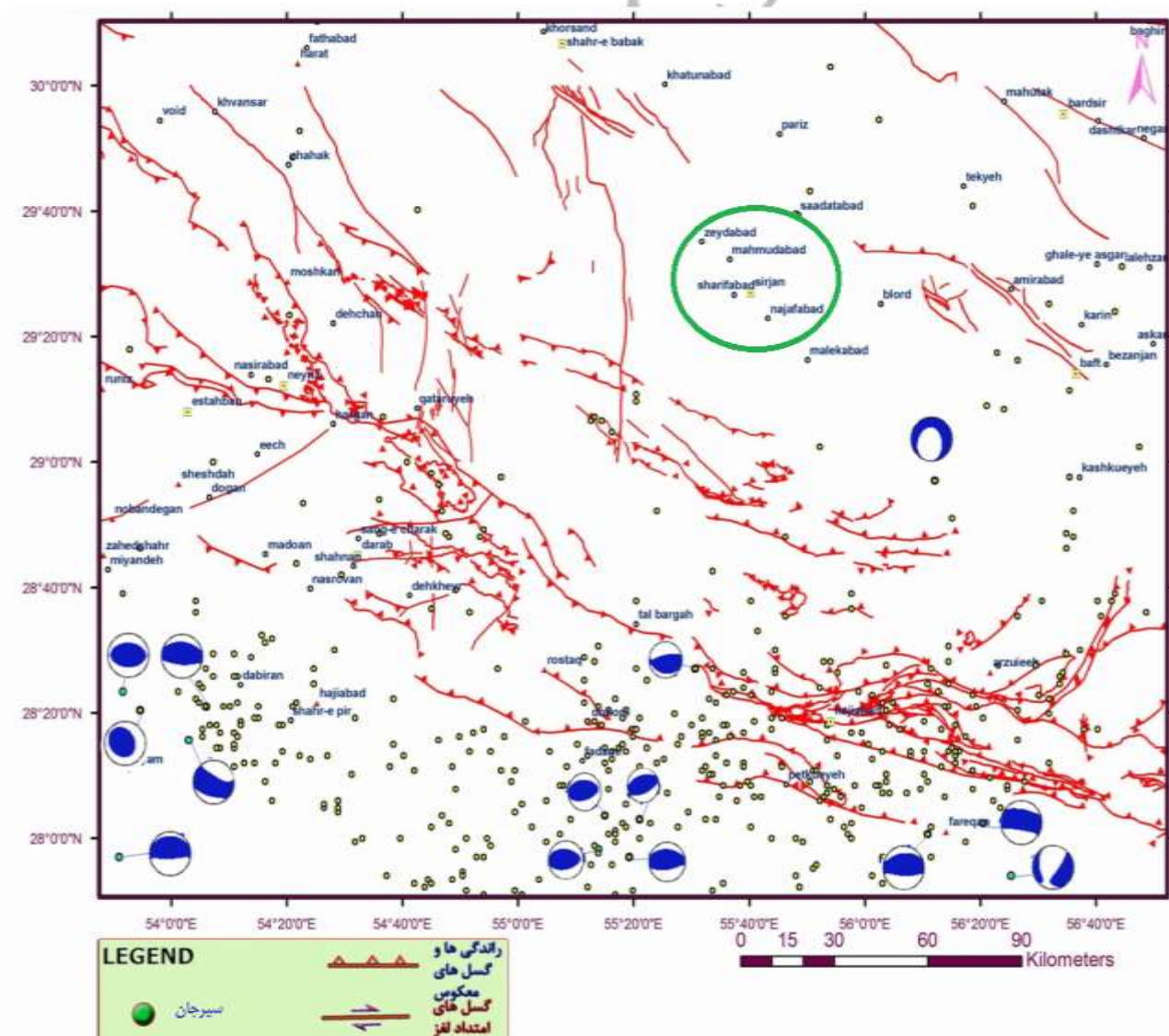
راندگی اصلی زاگرس از شمال بندرعباس تا ناحیه مریوان، با ۱۳۵۰ کیلومتر طول، خط راندگی اصلی (Main Thrust Line) نامیده شده است (Ghasemi & Talbot 2005). سازوکار گسل زاگرس راندگی است. این مطالعات نشان می‌دهد که راندگی اصلی زاگرس یک شکستگی تنها نیست، بلکه در حقیقت دو گسل راندگی اصلی است که گاه باهم موازی بوده و گاه بر هم منطبق شده، ولی گاهی نیز به‌طور قابل‌ملاحظه از یکدیگر دور می‌شوند. از نظر زمان پیدایش، دو گسل تا حدی با یکدیگر تفاوت دارند. گسل قدیمی‌تر که در جنوب باختری قرار دارد، یک گسل معکوس کم شیب و مشخص‌کننده‌ی حد جنوب باختری ایران مرکزی و زاگرس است. این گسل جابه‌جایی افقی حدود ۴۰ کیلومتر دارد. گسل جوان‌تر به سمت شمال خاور شیب زیاد دارد و یک گسل معکوس با زاویه نزدیک به قائم و با مؤلفه‌ی راست‌گرد است. مشاهدات زمین‌شناسی حرکت راست‌گرد این گسل را تأیید می‌کنند. راندگی اصلی زاگرس در فاصله‌ی حداقل ۴۵ کیلومتری از معدن سنگ‌آهن گل‌گهر قرار گرفته است. علی‌رغم این‌که گفته می‌شود، راندگی اصلی زاگرس به لحاظ زمین‌لرزه‌ای غیرفعال است، حدود ۶۰ رومرکز زمین‌لرزه در فرادیواره‌ی این راندگی قرار گرفته است و به آن منسوب می‌شود.

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 18 of 129	Jan 2025



شکل ۱-۵: مهم ترین ساختار فعال محدوده ۱۵۰ کیلومتری شهرستان سیرجان.

گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز						
نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳	
شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 19 of 129	Jan 2025	



شکل ۱-۶: نقشه گسل‌های با طول بیش از ۱۰ کیلومتر و مراکز زمین‌لرزه‌ای های سده بیستم میلادی.

۲-۸-۱- زلزله‌های گذشته در استان کرمان

در منطقه اطراف استان کرمان گزارش‌ها فراوانی از زلزله‌های تاریخی و جدید وجود دارد. یک فقدان کامل در گزارش‌ها تاریخی زمین‌لرزه‌های بالای ۱۵۰ سال گذشته در کرمان وجود دارد. قدیمی‌ترین زمین‌لرزه گزارش‌شده‌ای که احساس شده بود در کرمان در آبان ۱۲۳۳ بود. مرکز این رویداد در مناطق کوهستانی شمال شرق کوه سیدی بود، تخریب روستای حرجند و خسارات بد روستاهای بالا در یک منطقه وسیع شامل دران (دهران) عوارض این زمین‌لرزه بود. یک زمین‌لرزه در ۲۷ دی ۱۲۴۲ باعث خسارت قابل توجهی در شهر کرمان و خرابی روستای چترود گردید و نشست شمال شرق دشت همراه با نابودی خیلی از زندگی‌ها را باعث شد. در ۲۳ مرداد ۱۲۵۰ دومین زمین‌لرزه مخرب در ناحیه چترود رخ داد. رویداد بعدی که به‌طور شدید در

گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز						
نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳	
شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 20 of 129	Jan 2025	

کرمان احساس شد، در اردیبهشت ۱۲۵۴ گزارش شده بود. توزیع خسارت ناشی از این زلزله به نظر می‌آید ناشی از گسل کوهبنان به عنوان منبع احتمالی باشد. در ۱۲۵۶ روستاهای سیرچ، حسن آباد و هشتادان، که در طول قسمت شمالی گسل گوک قرار گرفته‌اند در یک زلزله تخریب شدند و همچنین باعث آسیب به چترود و سرآسیاب گردید. چترود در کنار روستای سرآسیاب به وسیله یک رویداد در ۷ خرداد ۱۲۷۶ به طور کامل تخریب شد. این زلزله باعث شد چندین ساختمان در کرمان ریزش کنند. چندین زلزله از نیمه اول قرن بیستم گزارش شده است. در ۱۲۸۸ (۵ آبان) یک زمین‌لرزه باعث تخریب در هشتادان و جوشان در بخش شمالی گسل گوک گردید. زلزله شمال بهاباد در بعد ظهر ۷ آذر ۱۳۱۲ اتفاق افتاد. این رویداد روستاهای شمال شرق بهاباد در گسل کوهبنان را ویران کرد. در ۱۲ دی ۱۳۱۲ یک زلزله در بخش ماهان روی داد و باعث خسارت به روستاهای عرب آباد، سه کنج، هج آباد، علی آباد و لنگر گردید. این دوره دستگاهی به وسیله یکسری از زلزله‌های مخرب در منطقه کرمان مشخص شده است. این توالی با زلزله ۵٫۸ گیسک (۲۸ آذر ۱۳۵۶) شروع شد، سپس با چندین زلزله مخرب در گسل گوک ادامه داشت. گسل بم که در شمال شرق گسل گوک واقع است (۱۸۰ کیلومتری شمال شرق کرمان) در یک زلزله ویرانگر در ۱۳۸۲ گسیخته شد. زلزله اخیر داهوئی (زرنده) در ۴ اسفند ۱۳۸۳ باعث چندین خسارت به روستاهای شمال کرمان شد.

در کلیه منابع تاریخی قبل و بعد از اسلام تنها جایی که نامی از سیرجان آمده است در ۳۱ شهریورماه سال ۱۳۰۲ (۲۲ سپتامبر ۱۹۲۳) در اواخر شب زمین‌لرزه ویرانگری مناطقی از شهرستان سیرجان و بافت را ویران کرد. دهستان‌های گوغر، قلعه عسگر، لاله‌زار ویران شدند و بیش از دویست تن و تنها در لاله‌زار ۶۰ تن کشته شدند. بسیاری از آبادی‌های اطراف لاله‌زار ویران شد و آبادی‌های کوچک متروکه رها شد، در اثر این زمین‌لرزه کوه‌ها ریزش کرده و راه جاده سیرجان گوغر بسته شد.

این زمین‌لرزه به حدی شدید بود که گستره آن به نگار، راین و کرمان رسید و بسیاری از قنات‌های سیرجان را تخریب و میزان آب شهر کم شد حتی در ۱۲۰ کیلومتر دورتر در رفسنجان بسیاری از خانه‌ها ترک برداشتند و در انار، بم، بافق، یزد، نیریز و حتی بندرعباس احساس شد لازم به ذکر است بعد از هفت ساعت پس‌لرزه‌ای نیرومند به وقوع پیوست که باعث آسیب‌های زیادتری شد این پس‌لرزه در کرمان حس شد.

بر اساس آمار، احتمال زمین‌لرزه در سیرجان وجود دارد ولی امکان آن کم است چون نزدیکی‌ترین گسل خطرناک شناخته شده گسل لاله‌زار است و تنها زمین‌لرزه ثبت شده از این گسل در همان سال ۱۳۰۲ بوده است و به علت فاصله نسبتاً زیاد آن، خطر آن برای سیرجان کم است، ولی باید یک نکته بسیار مهم را فراموش نکنیم، در خیلی از مناطق تا سال‌ها زمین‌لرزه به وقوع نپیوسته است و هیچ گسل شناخته شده‌ای وجود نداشته است ولی باید بدانیم گسلی که تا به حال پنهان مانده احتمال بروز فعال شدن آن هم هست، مانند زمین‌لرزه شنبه ۹ مردادماه ۱۳۸۹ توسط گسلی که ناشناخته بود در نگار روی داد، پس موارد ایمنی ساخت و ساز حتی در شهری مثل سیرجان بسیار مهم است و هیچ‌گاه نباید از آن غافل شویم.

۹-۱- بررسی وجود قنات در محل پروژه

نشست زمین در اثر افت سطح آب‌های زیرزمینی، وجود شبکه گسترده قنات متروکه و انحلال لایه‌های تبخیری در حومه شهر و در بخش‌هایی از سطح دشت صورت می‌پذیرد. در محدوده این پروژه حین حفاری آنومالی روئیت نگردیده است لذا توصیه می‌گردد جهت بررسی بیشتر آزمایش ژئوالکتریک صورت پذیرد.

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 21 of 129	Jan 2025

۱۰-۱- بررسی مخاطرات ساختگاهی و خاک‌های مسئله‌دار

بررسی خطرهای محتمل در ساختگاه مورد مطالعه و همچنین بررسی دقیق خاک از نظر مسئله‌دار بودن، تأثیر بسزایی در تحلیل و بررسی نتایج آزمایشگاه دارد. موارد لازم جهت بررسی در این زمینه، شامل موارد زیر می‌باشد:

گسلش: گسلش موجود در ساختگاه مورد مطالعه جهت در نظر گرفتن تغییرهای محتمل گسل و آثار آن بر روی سازه، از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. منطقه مورد نظر در شهرستان سیرجان واقع شده است. بر اساس آیین‌نامه ۲۸۰۰ ویرایش چهارم منطقه با خطر متوسط می‌باشد با توجه به وجود گسل‌های فعال در این منطقه بایستی در طراحی و ساخت سازه مزبور تدابیر لازم مدنظر قرار گیرد.

زمین لغزش و سنگ‌ریزش: حرکت توده‌ای از مواد تشکیل‌دهنده زمین، از یک شیب به سمت پایین را زمین لغزش یا ناپایداری شیب می‌نامند. توپوگرافی عمدتاً کوهستانی ایران، فعالیت زمین‌ساختی و لرزه‌خیزی زیاد، وضعیت متنوع زمین‌شناسی و اقلیمی، شرایط طبیعی برای بروز طیف وسیعی از زمین لغزه‌ها را ایجاد می‌کند. سنگ‌ریزش پدیده‌ای است که عمدتاً در نواحی کوهستانی و نزدیک به دامنه کوه‌ها اتفاق می‌افتد و شامل ریزش قطعات ریزودرشت سنگ از کوه می‌باشد. در پروژه مورد نظر با توجه به شیب منطقه وعدم مجاورت با کوه، مشکل زمین لغزش و سنگ‌ریزش محتمل نمی‌باشد.

فرونشست: فرونشست زمین در اثر آن، یک دشت وسیعی شروع به نشست می‌کند مهم‌ترین عامل آن بهره‌برداری از آب زیرزمینی منطقه است. از قوانین فیزیک بخواهیم استفاده کنیم، در طبقات خاک، مادامی که آب وجود دارد، بخشی از وزن طبقات بالایی خاک توسط این آب تحمل می‌شود. اما وقتی این آب را از زمین خارج می‌کنیم، سطح آب زیرزمینی افت و پایین‌تر از حد معقول خود برود به ازای مقداری که سطح آب زیرزمینی پایین رفته، قدرت تحمل وزن لایه‌های بالایی به میزانی که قبلاً توسط آب تحمل می‌شد به ذرات خاک انتقال پیدا می‌کند به آن می‌گوییم تنش یا فشار مؤثر روی طبقات افزایش می‌یابد.

فرونشست زمین به شکل‌های مختلف خود را نشان می‌دهد. یکی از بارزترین جایی که خود را نشان می‌دهد محل حفر چاه‌ها است؛ چه چاه‌های پیژومتری که آب منطقه‌ای حفر کرده و چه چاه‌های بهره‌برداری که کشاورزان حفر کرده‌اند. لوله‌ای که داخل زمین فرورفته بسته به عمق چاه، متراژ متفاوتی دارد؛ وقتی زمین نشست می‌کند این میله به‌عنوان یک جسم صلب که در اعماق زمین هم فرورفته است تغییر شکل ندارد اما زمین اطراف آن چون نشست دارد حالتی اتفاق می‌افتد که کشاورزان به آن رشد جدار چاه می‌گویند. اما درواقع این جدار چاه نیست که رشد کرده، بلکه زمین اطراف آن بوده که نشست کرده است. بالا زدن لوله‌های جدار چاه، ترک خوردن ساختمان‌ها و ایجاد شکاف‌ها در زمین از جلوه‌های فرونشست زمین هستند که مشاهده می‌شوند. اولین مواردی که از فرونشست زمین در استان گزارش شده است مربوط به بیش از ۴۰ سال قبل در دشت‌های شمالی استان از جمله رفسنجان و سیرجان است و به تدریج، چون بیش‌ترین توسعه‌ی بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی، در دشت سیرجان و دشت‌های شمالی استان در ۳۰،۴۰ سال اخیر بوده به همین نسبت سرعت فرونشست زمین در این مناطق بیشتر شده است. در دشت‌های جنوبی اما ۱۵، ۱۰ سال اخیر با این پدیده درگیر شده‌اند. میزان فرونشست دشت‌های شمالی مثل سیرجان و رفسنجان گاهی در برخی قسمت‌ها ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متر در سال است..

گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز						
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 22 of 129	Jan 2025

روانگرایی: روانگرایی خاک، زمانی روی می دهد که تنش موثر خاک تا مرز صفر کاهش یافته باشد، که در نتیجه آن مقاومت برشی خاک به طور کامل از دست می رود. چنین وضعیتی می تواند در اثر یک بارگذاری یکنواخت مانند یک تغییر ناگهانی در تنش بالاسری (مانند افزایش بار ناگهانی در یک سد خاکی) و یا یک بار دوره ای (چرخه ای) مانند تکرار تغییر شرایط تنش مانند بار موج (ساحلی) و یا بار ناشی از لرزش های زمین لرزه ایجاد شود. در هر دو این حالت ها، در اثر تغییر بار، مقدار زیادی فشار آب حفره ای در یک خاک اشباع سست، ایجاد شده است و پس از آن خاک مانند یک سیال روان شده است که در این پروژه به بررسی آن پرداخته می شود.

خاک های رمبنده: خاک های رمبنده یا فروریزی خاک های غیراشباعی هستند که در هنگام اشباع شدن، تغییر حجم زیادی در آن ها به وجود می آید. این تغییر حجم می تواند ناشی از اعمال بار اضافی باشد یا نباشد. شالوده هایی که بر روی چنین خاک هایی احداث می شوند، در صورت به اشباع درآمدن خاک به علت یک رطوبت غیرمنتظره، ممکن است تحت نشست زیاد و ناگهانی قرار گیرند. نشست خاک های رمبنده معمولاً باعث خسارت های سازه ای قابل توجه می شود. بنابراین شناسایی خاک های رمبنده در حین شناسایی های صحرایی بسیار حائز اهمیت است.

خاک های قابل تورم (آماسی): انواع زیادی از رس های پلاستیک در هنگام جذب آب متورم و پس از دست دادن آب، جمع می شوند. شالوده هایی که روی چنین خاکی احداث شوند، تحت نیروهای برگشت قابل توجهی به علت تورم قرار می گیرند. این نیروهای برگشت باعث بالآمدگی، ترک و شکست اجزای شالوده و دال کف می شوند.



عملیات صحرایی و آزمایشهای آزمایشگاهی

فصل دوم



اهداف فصل:

- شرح عملیات میدانی و نیز آزمایش های آزمایشگاهی انجام شده
- تجزیه و تحلیل، جمع بندی نتایج حاصل و ارائه لایه بندی ژئوتکنیکی زمین در محدوده مورد مطالعه.

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 24 of 129	Jan 2025

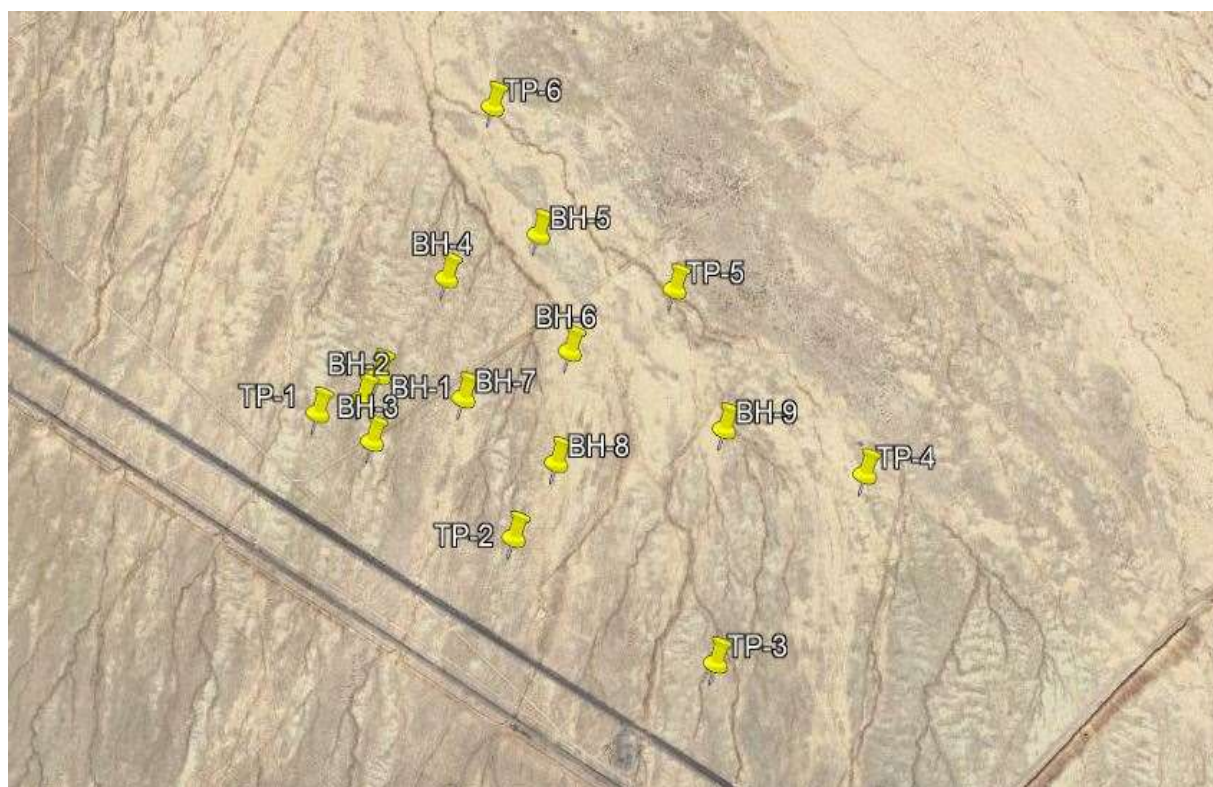
۱-۲- الگوی اجرای گمانه شناسایی صحرائی در محدوده پروژه مورد مطالعه

جهت شناسایی جنس لایه ها و سایر مشخصات فنی خاک در پروژه مورد نظر، عملیات اکتشافی شامل حفر ۹ گمانه ماشینی و ۶ گمانه دستی و اخذ نمونه های دست خورده و دست نخورده به صورت مقطعی در فواصل ۲ متری صورت گرفته است.

جدول ۱-۲: جانمایی محل سایت

نوع حفاری	وضعیت خاک دستی (cm)	Z	Y	X	عمق آب زیرزمینی (m)	عمق حفاری (m)	چاهک
ماشینی	10-40 متغیر	-	3219385.31	350565.27	روئیت نگردیده است	12	BH-1
ماشینی	10-40 متغیر	-	3219329.54	350522.34	روئیت نگردیده است	12	BH-2
ماشینی	10-40 متغیر	-	3219227.36	350544.56	روئیت نگردیده است	12	BH-3
ماشینی	10-40 متغیر	-	3219611.67	350741.05	روئیت نگردیده است	5	BH-4
ماشینی	10-40 متغیر	-	3219708.24	350981.57	روئیت نگردیده است	5	BH-5
ماشینی	10-40 متغیر	-	3219422.86	351054.95	روئیت نگردیده است	5	BH-6
ماشینی	10-40 متغیر	-	3219321.67	350779.16	روئیت نگردیده است	5	BH-7
ماشینی	10-40 متغیر	-	3219159.89	351011.67	روئیت نگردیده است	5	BH-8
ماشینی	10-40 متغیر	-	3219222.29	351441.80	روئیت نگردیده است	5	BH-9
دستی	10-40 متغیر	-	3219300.76	350407.99	روئیت نگردیده است	5	TP-1
دستی	10-40 متغیر	-	3218988.17	350899.35	روئیت نگردیده است	5	TP-2
دستی	10-40 متغیر	-	3218679.90	351395.63	روئیت نگردیده است	5	TP-3
دستی	10-40 متغیر	-	3219101.00	351793.52	روئیت نگردیده است	5	TP-4
دستی	10-40 متغیر	-	3219561.60	351328.12	روئیت نگردیده است	5	TP-5
دستی	10-40 متغیر	-	3220029.65	350870.97	روئیت نگردیده است	5	TP-6

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 25 of 129	Jan 2025



شکل ۱-۲: جانمایی محل گمانه ها

۲-۲- آزمایش های آزمایشگاهی و مراجع مورد استفاده

آزمایش های عنوان شده در این قسمت بر روی نمونه های اخذ شده از گمانه مزبور به منظور بدست آوردن پارامترهای فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی لایه های مختلف خاک در ساختگاه مورد نظر انجام گرفته است.

۲-۲-۱- آزمایش دانه بندی و هیدرومتری

آزمایش های دانه بندی و هیدرومتری بر روی نمونه های خاکی اخذ شده از گمانه های ماشینی به فواصل عمقی حدود ۲ متر انجام شده است. این آزمایش ها بر اساس استاندارد ASTM-D422 انجام شده است.

۲-۲-۲- آزمایش تعیین حدود اتربرگ

این آزمایش نیز بر روی نمونه های اخذ شده از گمانه مزبور، به منظور تعیین حدود روانی و خمیری خاک انجام شده است. نحوه انجام آزمایش در استاندارد ASTM-D4318 شرح داده شده است. آزمایش بر روی بخش ریزدانه خاک (عبوری از الک نمره ۴۰) انجام و نتایج آن جهت طبقه بندی خاک برای خاک های با بیش از ۵ درصد عبوری از الک نمره ۲۰۰ مورد استفاده قرار می گیرد. نتایج حاصل از آزمایش مذکور در نیمرخ چاهک ها در پیوست ارائه شده است.

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 26 of 129	Jan 2025

۲-۲-۳- تعیین درصد رطوبت و وزن مخصوص

آزمایش درصد رطوبت بر روی نمونه های دست خورده اخذ شده از گمانه مورد نظر مطابق با استاندارد ASTM-D851 انجام شده است. همچنین آزمایش وزن مخصوص مطابق با استاندارد ASTM-D851 با استفاده از روش کلوخه و براساس قانون ارشمیدس از طریق اندازه گیری وزن و حجم نمونه کلوخه ای انجام شده است.

۲-۲-۴- آزمایش برش مستقیم

به منظور تعیین پارامترهای مقاومت برشی خاک بر روی ۱۵ نمونه اخذ شده از گمانه مزبور آزمایش برش مستقیم تحت استاندارد ASTM-D3080 انجام گرفته است که نتایج آنها در پیوست ارائه شده است. با توجه به بافت خاک برای نمونه های دست خورده و دست نخورده، تحت تنش های عمودی متناسب با عمق نمونه ها استفاده شده است. شایان ذکر است چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی خواص ثابت یک خاک نیستند و با شرایط مختلف تغییر می کنند. خلاصه نتایج بدست آمده از آزمایش برش مستقیم در جدول ۲-۲ ارائه گردیده است.

جدول ۲-۲: نتایج آزمایش های برش مستقیم

چاهک	عمق (m)	ابعاد نمونه (cm)	وزن مخصوص طبیعی (gr/cm ³)	وضعیت نمونه	USCS	C (kg/cm ²)	φ (°)
BH-1	10	10×10	1.99	اشباع	(CL-Sandy Lean clay)	0.10	23.60
BH-2	6	10×10	1.94	اشباع	(SC-Clayey sand)	0.09	25.70
BH-3	8	10×10	1.94	اشباع	(CL-Sandy Lean clay)	0.10	25.10
BH-4	5	10×10	1.92	اشباع	(CL-Sandy Lean clay)	0.08	22.90
BH-5	3	10×10	1.96	اشباع	(SC-SM-Silty,-Clayey sand)	0.06	26.30
BH-6	1	10×10	1.95	اشباع	(SC-SM-Silty,-Clayey sand)	0.04	27.10
BH-7	5	10×10	1.95	اشباع	(SC-Clayey sand)	0.09	24.50
BH-8	3	10×10	1.95	اشباع	(SC-Clayey sand)	0.07	25.40
BH-9	5	10×10	1.96	اشباع	(CL-Sandy Lean clay)	0.13	24.40
TP-1	3	10×10	1.93	اشباع	(SC-Clayey sand)	0.13	26.00
TP-2	5	10×10	1.99	اشباع	(SC-Clayey sand)	0.07	24.00
TP-3	3	10×10	1.97	اشباع	(SC-Clayey sand)	0.08	24.90
TP-4	1	10×10	1.87	اشباع	(SM-Silty sand with gravel)	0.06	26.00
TP-5	5	10×10	1.92	اشباع	(CH- Sandy Fat clay)	0.10	24.10
TP-6	2	10×10	1.92	اشباع	(SC-Clayey sand)	0.06	24.60

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 27 of 129	Jan 2025

۲-۲-۶- آزمایش تحکیم

به منظور تعیین پارامترهای موثر در پیش بینی شدت نشست و میزان آن در سازه های متکی بر خاکهای رس آزمایش تحکیم تحت استاندارد ASTM-D2435 بر روی ۳ نمونه انجام گرفته که نتایج آن در پیوست ارائه شده است. خلاصه نتایج بدست آمده از آزمایش ها تحکیم در جدول ۲-۳ ارائه گردیده است. همچنین نتایج ضریب تورم بیانگر آن است که پتانسیل تورم خاک محدوده پروژه قابل توجه نمی باشد. چگالی ویژه دانه های جامد خاک (Gs) نسبت وزن مخصوص دانه های جامد خاک به وزن مخصوص آب می باشد و طبق استاندارد ASTM-D854 انجام می گیرد. به منظور دستیابی به مقدار این مشخصه آزمایش مورد نظر برای نمونه های مورد بررسی در آزمایش تحکیم انجام می گیرد.

جدول ۲-۳- الف: نتایج آزمایش های تحکیم

گمانه	عمق (m)	USCS	e_0	Cs	Cc	Gs
BH-1	10	(CL-Sandy Lean clay)	0.93	0.01571	0.14944	2.451
	6	(SC-Clayey sand)	0.73	0.14119	0.03948	2.316
BH-3	8	(CL-Sandy Lean clay)	0.82	0.14774	0.01302	2.229

جدول ۲-۳- ب: نتایج آزمایش Gs

گمانه	عمق (m)	Gs	گمانه	عمق (m)	Gs
BH-5	1	2.274	TP-3	3	2.215
BH-7	5	2.397	TP-4	1	2.179
TP-1	3	2.301	TP-5	5	2.297
TP-2	5	2.187	TP-6	5	2.265

۲-۲-۷- آزمایش پتانسیل رمبندگی

خاک های رمبنده، در حالت طبیعی نهشته هایی سست و دارای ساختار متخلخل بوده و بیشتر در مناطق خشک بیابانی یافت می شوند. ذرات این خاکها در حالت غیراشباع توسط کشش مویینگی و در حالت خشک توسط عوامل سیمانتاسیون نظیر پیوند رسی و سیلتی و یا توسط مواد چسبنده مانند کربنات کلسیم به یکدیگر متصل گشته که این عامل سیمانتاسیون مقاومت ظاهری بالایی را در این خاک ها ایجاد می نماید. این در حالیکه با افزایش رطوبت، ساختار خاک فرو می ریزد. شهر سیرجان به واسطه قرارگیری در منطقه خشک و رمبنده نبودن خاک در معرض خطرات ناشی از این پدیده قرار ندارد.

برای تعیین پتانسیل رمبندگی از روش استاندارد شده ASTM D5333 استفاده می شود. در این روش نمونه خاک پس از آماده سازی در دستگاه تحکیم قرار گرفته و سپس تحت فشار اولیه ۵ کیلو پاسکال قرار می گیرد پس از ۵ دقیقه از اعمال فشار اولیه، نمونه گام های یک ساعته تحت اثر فشارهای بیشتر معادل ۲۰۰، ۱۰۰، ۵۰ و ۲۵ کیلو پاسکال قرار می گیرد. اشباع سازی نمونه پس از گذشت ۱ ساعت از اعمال فشار قائم ۲۰۰ کیلو پاسکال انجام می شود. نمونه غرقاب در فشار مورد نظر ۲۴ ساعت باقی می ماند و سپس بارگذاری با گام های ۲۴ ساعته ادامه می یابد. تغییر شکل ها در مراحل بارگذاری قرائت شده و یادداشت می گردد.

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 28 of 129	Jan 2025

شاخص رمبندگی (I_e) مقدار نسبی رمبندگی خاک در فشار ۲۰۰ کیلوپاسکال می باشد و از رابطه زیر دست می آید:

$$I_e = \left[\frac{\Delta e}{1 + e_0} \right] \times 100$$

که در آن، Δe تغییرات نسبت تخلخل ناشی از اشباع کردن نمونه و e_0 نسبت تخلخل اولیه می باشد. جدول ۲-۴ رده بندی خطر ناشی از رمبندگی خاک ها را براساس شاخص رمبندگی به دست آمده از رابطه بالا نشان می دهد.

جدول ۲-۴: رده بندی خاک های رمبنده

شاخص رمبندگی (I_e)	درصد رمبندگی
صفر	بدون مشکل
۰/۱-۲	اندک
۲/۱-۶	متوسط
۶/۱-۱۰	نسبتاً شدید
>۱۰	شدید

جدول ۲-۵: نتایج آزمایش رمبندگی خاک

گمانه	عمق	شاخص رمبندگی (I_e)
BH-1	10	0.12
BH-2	6	0.04
BH-3	8	0.13

۲-۲-۹- آزمایش نفوذ پذیری

به طور کلی تعیین نفوذپذیری خاک در آزمایشگاه به صورت بار آبی افتان برای خاک های با بیش از ۱۰ درصد ریزدانه و بار ثابت برای درشت دانه استفاده می شود. به منظور تعیین ضریب نفوذپذیری خاک بر روی ۳ نمونه اخذ شده از چاهک مزبور آزمایش نفوذپذیری به این روش تحت استاندارد ASTM-D2434-87 انجام گرفته است که نتایج آنها در پیوست ارائه شده است.

جدول ۲-۶: نتایج آزمایش های نفوذ پذیری

چاهک	عمق (m)	ضریب نفوذ پذیری K (cm/s)
BH-1	6	1.37e-04
BH-2	4	1.16E-04
BH-3	8	1.18E-04

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 29 of 129	Jan 2025

۷-۲-۲- آزمایش های شیمیایی خاک

مواد شیمیایی مضر خاک می توانند بر روی سازه های بتنی مدفون در خاک اثرات مخربی داشته باشند که این اثرات می تواند در طی زمان طولانی مشکلاتی را به وجود آورد. آزمایش های شیمیایی خاک بر روی ۲۷ نمونه اخذ شده از چاهک های آزمایشی به منظور تعیین میزان نمک، pH، درصد نمک های محلول و هدایت الکتریکی خاک و میزان سولفات محیط انجام شده که نتایج آن در جدول ۷-۲ ارائه شده است. لازم به ذکر است که استاندارد های مورد استفاده جهت انجام این آزمایش ها ASTM C25 و ASTM D4972-01 می باشد.

جدول ۷-۲: آزمایش های شیمیایی خاک

چاهک	عمق (m)	میزان هدایت الکتریکی (μs)	میزان نمک های محلول در خاک (ppm)	میزان نمک (%)	pH	Cl (mg/kg)	mg/kg) So ₃ (
BH-1	2	2930	1460	0.146	9.04	1158.27	1364
	4	1203	601	0.061	9.02	---	---
	8	3430	1730	0.175	8.26	1048.84	1234
	12	2180	1100	0.110	8.90	---	---
BH-2	2	2250	1140	0.114	7.73	1848.58	2454
	6	1843	922	0.093	7.70	---	---
	10	1360	682	0.069	7.67	904.63	1550.5
BH-3	2	2064	1032	0.103	8.15	1065.90	1169
	8	1778	889	0.089	7.53	...	...
BH-4	6	1528	763	0.076	7.68	2064.85	1846
BH-5	1	1637	819	0.082	8.57	...	...
Bh-6	1	1328	664	0.066	8.19	1325.94	1524
Bh-7	1	1184	592	0.059	7.18	...	...
BH-8	1	2970	1490	0.152	8.18	1956.44	2054
BH-9	5	2394	1197	0.125	8.23	...	...
TP-1	1	440	219	0.021	9.57	1758.91	1879
	3	2140	1080	0.108	8.59	...	...
	5	1708	854	0.086	8.40	1328.47	2146
TP-2	1	855	428	0.043	8.38	...	...
	3	2300	1170	0.117	7.92	2386.11	2032
	5	1825	912	0.092	7.90	1458.61	1836
TP-3	3	1786	893	0.089	8.24	...	...
TP-4	1	1526	763	0.076	8.54	1129.54	1456
	3	2040	1020	0.102	8.63	...	...
TP-5	1	1338	672	0.068	7.9	...	...
	5	2270	1150	0.114	7.7	2014.85	2428
TP-6	1	1802	901	0.090	8.81	1635.84	1789

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 30 of 129	Jan 2025

جدول ۲-۸ الف: ضوابط طرح مخلوط برای شرایط محیطی خوردگی ناشی از یون های سولفات

شرایط محیطی	مقدار یون سولفات (SO_4) محلول در آب موجود در خاک (% وزنی)	مقدار یون سولفات (SO_4) در آب (میلی گرم بر لیتر)	نوع مواد سیمانی [۱]	حداکثر نسبت آب به مواد سیمانی	حداقل رده بتن [۲]
X0	> 0.1	> 150	-	-	C20
XS1	$0.10 \geq SO_4^{2-} > 0.12$	$150 \geq SO_4^{2-} > 150$ یا آب دریا	مقاومت سولفاتی کم	۰/۵	C25
XS2	$0.12 \geq SO_4^{2-} \geq 0.20$	$1500 \geq SO_4^{2-} \geq 1500$	مقاومت سولفاتی متوسط	۰/۴۵	C30
XS3	< 0.12	< 1000	مقاومت سولفاتی زیاد	۰/۴	C35

جدول ۲-۸ ب: ضوابط طرح مخلوط و خواص بتن برای شرایط محیطی در معرض یون های کلرید

طبقه بندی	دسته بندی	نوع سیمان انتخابی	حداقل مقدار مواد سیمانی، kg/m^3	حداکثر نسبت آب به مواد سیمانی	حداقل رده بتن (مقاومت مشخصه)
۱	XCD1 XCS1	سیمان پرتلند نوع (۱) و (۲) و CEM I – SR10 و سایر سیمان های آمیخته	۳۲۵	۰/۵	C30
۲	XCS2 XCD2 XCD3	سیمان پرتلند نوع (۱) و (۲) و CEM I – SR10 و سایر سیمان های آمیخته	۳۲۵	۰/۴۵	C35
۳	XCS3 XCD4	سیمان پرتلند نوع (۱) و (۲) و CEM I – SR10 یا مواد پوزولانی یا سرباره یا سیمان های آمیخته	۳۵۰	۰/۴۰	C35
۴	XCS4	سیمان پرتلند نوع (۱) و (۲) و CEM I – SR10 یا مواد پوزولانی یا سرباره یا سیمان های آمیخته	۳۷۵	۰/۳۷	C40

جدول ۲-۹: محدوده قلیایی و بازی بودن خاک ها

محدوده	pH
بسیار بسیار قلیایی	> 9.0
بسیار قلیایی	9.0-8.5
نسبتاً قلیایی	8.4-7.9
قلیایی ضعیف	7.8-7.4
خنثی	7.3-6.6
اسیدی ضعیف	6.5-6.1
نسبتاً اسیدی	6.0-5.6
بسیار اسیدی	5.5-5.1
بسیار بسیار اسیدی	5.0-4.1

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 31 of 129	Jan 2025

با توجه به بند ۹-۱-۱-۱ میحث نهم مقررات ملی ساختمان در خاک از لحاظ دسته بندی شرایط محیطی از دیدگاه دوام بتن، در رده مشخصه XCD3 قرار می گیرد. بنابراین طرح مخلوط و خواص بتن باید مطابق با نتایج جدول (۲-۸-ب) انتخاب گردد. همچنین با توجه به میزان سولفات موجود در خاک، خاک محل نقاط مختلف پروژه، در رده مشخصه XS1 قرار می گیرد که طرح مخلوط برای شرایط محیطی خوردگی ناشی از یون های سولفات مطابق نتایج جدول (۲-۶-الف) انتخاب می گردد. سیمان با مقاومت سولفاتی متوسط، سیمانی است که در آزمایش استاندارد مذکور در بند ۹-۹-۴-۱ میحث نهم مقررات ملی ساختمان مقدار انبساط کم تر از ۰/۰۵ درصد پس از ۶ ماه و ۰/۱ درصد پس از یکسال داشته باشد. سیمان پرتلند نوع ۲، انواع سیمان های آمیخته، ترکیب انواع سیمان های پرتلند با مقادیر مناسبی از افزودنی های معدنی نظیر دوده ی سیلیسی، خاکستر بادی، سرباره، انواع پوزولان های طبیعی و در صورت برآورده کردن الزام فوق می توانند در ردهی سیمان های با مقاومت سولفاتی متوسط قرار گیرند.

با توجه به نتایج جدول (۲-۷) مشاهده می شود که محیط از لحاظ مقدار pH در محدوده نسبتا قلیایی است که مقدار آن با توجه به بند ۹-۲۲-۳-۴ میحث نهم ملی ساختمان در محدوده نسبتا مطلوبی واقع نشده است. نتایج درصد نمک، EC و TDS بیانگر آن است که درصد نمک خاک محدوده مورد مطالعه، قابل توجه می باشد و در محدوده مطلوبی واقع نشده است.

۲-۳- آزمایش های صحرایی

۲-۳-۱- آزمایش نفوذ استاندارد SPT

آزمایش نفوذ استاندارد در درون گمانه مطابق با استاندارد ASTM D 1586 با شمارش تعداد ضربات لازم برای نفوذ نمونه گیر استاندارد به طول ۴۵ سانتی متر به وسیله چکش به وزن ۶۳/۵ کیلوگرم با ارتفاع سقوط ۷۶ سانتی متر انجام می شود. نتایج آزمایش نفوذ استاندارد در کنار مقادیر اصلاح شده آن ها با در نظر گرفتن اثر سربار، در جداول و در لوگ گمانه آمده است. در این جداول N_{30} ، N_{20} ، N_{10} تعداد ضربات به ازای نفوذ ۱۵ سانتی متر اول، دوم و سوم می باشند. N مجموع ضربات متناظر با نفوذ ۱۵ سانتی متر دوم و سوم می باشد. N_{60} نیز، عدد اصلاح شده نفوذ استاندارد می باشد. از نتایج اصلاح شده این آزمایش به عنوان معیاری جهت ارزیابی تراکم نسبی در خاک های دانه ای، تعیین قوام و سفتی در خاک ریزدانه و در نهایت به عنوان نشانه ای از ظرفیت باربری خاک مورد استفاده قرار می گیرد.

جدول ۲-۱۰: تقسیم بندی خاک ها بر اساس عدد SPT

خاک های درشت دانه		خاک های ریزدانه		ردیف
عدد SPT	توصیف خاک	عدد SPT	توصیف خاک	
کوچکتر از ۴	خیلی سست	کوچکتر از ۲	خیلی نرم	۱
۴-۱۰	سست	۲-۶	نرم	۲
۱۰-۳۰	تراکم متوسط	۶-۱۵	سفت	۳
۳۰-۵۰	متراکم	۱۵-۳۰	سخت	۴
بزرگتر از ۵۰	خیلی متراکم	بزرگتر از ۳۰	خیلی سخت	۵

✓ تصحیح نتایج آزمایش نفوذ استاندارد

عوامل مختلفی نظیر سطح تنش سربار موثر، طول میله حفاری، قطر گمانه، روش نمونه گیری و نوع چکش بکار رفته در مقدار تصحیح شده تعداد ضربات SPT بدست آمده در انواع خاک ها موثر هستند. از این رو به منظور تعیین شاخص مناسبی جهت

گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز						
نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳	
شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 32 of 129	Jan 2025	

بررسی رفتار تراکمی و مقاومتی خاک ها محققان مختلف اصلاحاتی بر روی تعداد ضربات خام بدست آمده از آزمایش جهت اعمال عوامل فوق الذکر ارائه نموده اند. کامل ترین روابط ارائه شده در این زمینه در گزارش NCEER-97 به شرح زیر ارائه شده است. عدد اصلاح شده برای سطح انرژی ۶۰ درصد به شرح روبروست:

$$N_{60} = (N \times C_N \times C_E \times C_B \times C_R \times C_s) / 60$$

C_N : اثر تنش موثر

C_E : ضریب اثر انرژی

C_B : ضریب اثر قطر گمانه حفاری

C_R : ضریب اصلاح طول میله حفاری

C_s : ضریب اثر روش نمونه گیری

در سال ۱۹۸۶ اسکمپتون با مطالعه و جمع آوری نتایج کارهای محققان گذشته جدولی را برای تعیین ضرایب اصلاحیه فوق الذکر ارائه نمود که امروزه نیز مورد استفاده قرار می گیرد.

جدول ۲-۱۱: تغییرات ضرایب آزمایش نفوذ استاندارد

مقدار ضریب اصلاح	اندازه متغیر	متغیر	ضریب
1.00	65-115	قطر گمانه (میلیمتر)	C_B
1.05	150		
1.15	200		
1.00	Standard	نوع نمونه گیر	C_s
1.20	Not Cover		
0.75	3-4	طول میله حفاری (متر)	C_R
0.85	4-6		
0.95	6-10		
1.00	>10		

جدول ۲-۱۲: مقایسه آزمایش SPT بر اساس استاندارد آلمان و آمریکا

نام دستگاه سونداژ	قطر		زاویه نوک	وزن چکش w	ارتفاع سقوط h	مساحت نوک A	عمق نفوذ در خاک D	انرژی مصرفی E	انرژی کل E	فاکتور تبدیل
	د	ترک d								
	میل d	ترک d								
سبک آلمانی SPT	22	35.6	90	10	50	10	20	50	2.5N	N20/N30=3.2
سنگین آلمانی SPT	32	43.7	90	50	50	15	20	167	8.4N	N30/N20=0.95
استاندارد آمریکا SPT	36	50.8	-----	63.5	76.2	20.2	30	240	8N	N30/N20=1

در صورت بروز یکی از سه حالت زیر آزمایش متوقف و تعداد ضربات همراه با عمق نفوذ بر حسب سانتیمتر ذکر می گردد. این حالت حاکی از پس زدگی (Refusal) خاک (سنگ) بوده و بیان کننده سخت بودن خاک محدوده سخت می باشد:

۱-قرائت مجموع ۱۰۰ ضربه سونداژ SPT آمریکایی- برای سونداژ آلمانی معادل ۳۲۰ ضربه

گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز						
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 33 of 129	Jan 2025

۲-قرائت ۵۰ ضربه در هر ۱۵ سانتیمتر از آزمایش سونداژ SPT آمریکایی- برای سونداژ آلمانی در هر ۱۰ سانتیمتر معادل ۱۶۰ ضربه

۳-عدم نفوذ مشهود نمونه گیر پس از ۱۰ ضربه متوالی سونداژ SPT آمریکایی - برای سونداژ آلمانی معادل ۳۲ ضربه

در این پروژه آزمایش SPT به صورت ماشینی و با سونداژ آمریکایی صورت گرفته است، در نتیجه با توجه به جدول ۲-۱۳ الی ۲-۱۶ مقادیر عددی آزمایش صحرایی SPT و نوع دانه بندی خاک تفسیر نتایج این آزمایش در عمق های مختلف به صورت زیر است:

جدول ۲-۱۳: تفسیر نتایج آزمایش SPT گمانه BH-1

N total		توصیف
N2SPT	117	درشت دانه خیلی متراکم
N4SPT	73	درشت دانه خیلی متراکم
N6SPT	Refusal	درشت دانه خیلی متراکم
N8SPT	63	درشت دانه خیلی متراکم
N10SPT	70	ریزدانه خیلی سخت
N12SPT	Refusal	درشت دانه خیلی متراکم

جدول ۲-۱۴: تفسیر نتایج آزمایش SPT گمانه BH-2

N total		توصیف
N2SPT	109	درشت دانه خیلی متراکم
N4SPT	55	درشت دانه خیلی متراکم
N6SPT	Refusal	درشت دانه خیلی متراکم
N8SPT	44	درشت دانه خیلی متراکم
N10SPT	Refusal	درشت دانه خیلی متراکم
N12SPT	58	درشت دانه خیلی متراکم

جدول ۲-۱۵: تفسیر نتایج آزمایش SPT گمانه BH-3

N total		توصیف
N2SPT	121	درشت دانه خیلی متراکم
N4SPT	63	درشت دانه خیلی متراکم
N6SPT	59	درشت دانه خیلی متراکم
N8SPT	59	ریزدانه خیلی سخت
N10SPT	68	درشت دانه خیلی متراکم
N12SPT	55	درشت دانه خیلی متراکم

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 34 of 129	Jan 2025

جدول ۲-۱۶: تفسیر نتایج آزمایش SPT گمانه BH-4 الی TP-6

	N total		توصیف
BH-4	N2.5SPT	112	ریز دانه خیلی سخت
	N5SPT	79	درشت دانه خیلی متراکم
BH-5	N2.5SPT	116	درشت دانه خیلی متراکم
	N5SPT	Refusal	ریز دانه خیلی سخت
BH-6	N2.5SPT	112	درشت دانه خیلی متراکم
	N5SPT	Refusal	درشت دانه خیلی متراکم
BH-7	N2.5SPT	88	درشت دانه خیلی متراکم
	N5SPT	Refusal	درشت دانه خیلی متراکم
BH-8	N2.5SPT	116	درشت دانه خیلی متراکم
	N5SPT	Refusal	درشت دانه خیلی متراکم
BH-9	N2.5SPT	117	ریز دانه خیلی سخت
	N5SPT	Refusal	ریز دانه خیلی سخت
TP-1	N2.5SPT	68	درشت دانه خیلی متراکم
	N5SPT	68	درشت دانه خیلی متراکم
TP-2	N2.5SPT	65	درشت دانه خیلی متراکم
	N5SPT	69	درشت دانه خیلی متراکم
TP-3	N2.5SPT	58	درشت دانه خیلی متراکم
	N5SPT	67	درشت دانه خیلی متراکم
TP-4	N2.5SPT	64	درشت دانه خیلی متراکم
	N5SPT	68	درشت دانه خیلی متراکم
TP-5	N2.5SPT	66	درشت دانه خیلی متراکم
	N5SPT	71	ریزدانه خیلی سخت
TP-6	N2.5SPT	71	درشت دانه خیلی متراکم
	N5SPT	77	درشت دانه خیلی متراکم

۲-۳-۲- آزمایش تعیین مقاومت الکتریکی (خوردگی)

به منظور تعیین میزان خوردندگی خاک در لایه های خاک در پروژه احداث نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان، از مطالعات ژئوالکتریک به روش آرایش وئر استفاده شده است. هدف این مطالعات تعیین میزان خوردندگی لایه های خاک تا عمق ۱۰ متر بوده است. بدین منظور نقاط مورد نظر در منطقه مطالعاتی علامت گذاری و مشخص شده و کلیه برداشت ها در محدوده نقاط مشخص شده انجام گردید. برای این مطالعات از دستگاه ژئوالکتریک به همراه سیم و کابل و میخ های مربوطه استفاده شده است. در مجموع ۱۲ سونداژ ژئوالکتریک با روش وئر و فاصله الکترودی حداکثر $a=10\text{ m}$ برداشت گردید. داده های برداشت شده توسط روشهای استاندارد و پذیرفته شده مورد پردازش قرار گرفته اند و نتایج بصورت جداول محاسباتی و منحنی های مقاوت ویژه الکتریک با عمق ارائه شده است. در این مطالعات تعداد ۱۲ سونداژ ژئوالکتریک به روش وئر با حداکثر طول فرستنده $AB=30$

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 35 of 129	Jan 2025

m و عمق 10 متر در محل های مورد نظر برداشت گردیده است. عمق مورد مطالعه یک سوم طول فرستنده در نظر گرفته شده است.

جدول ۲-۱۷: مختصات نقاط برداشت شده در زون

sounding No.	X	Y
S1	350899.36	3218988.17
S2	351015.14	3219164.80
S3	350779.96	3219326.46
S4	3350731.68	33219606.82
S5	321053.44	3219397.57
S6	351431.42	3219224.68
S7	350984.78	3219701.06
S8	350408.00	3219300.76
S9	350872.15	3220018.65
S10	351395.63	3218679.90
S11	350899.36	3218988.17
S12	351793.53	3219100.83

-تئوری روش مقاومت الکتریکی

در روش مقاومت سنجی، جریان الکتریکی مستقیم یا متناوب با فرکانس پایین (ایجاد شده توسط باتری یا دستگاه مولد) از طریق دو الکترود نصب شده (A, B) در سطح زمین به داخل زمین فرستاده می شود. ولتاژ حاصل از این جریان در داخل زمین بوسیله دو الکترود (m, n) اندازه گیری می شود. پارامتر ژئوفیزیکی مورد استفاده در تفسیر داده های مقاومت سنجی، مقاومت ظاهری (ρ_a) می باشد که در مورد زمین های همگن برابر با مقاومت حقیقی مصالح است. این پارامتر از رابطه زیر بدست می آید.

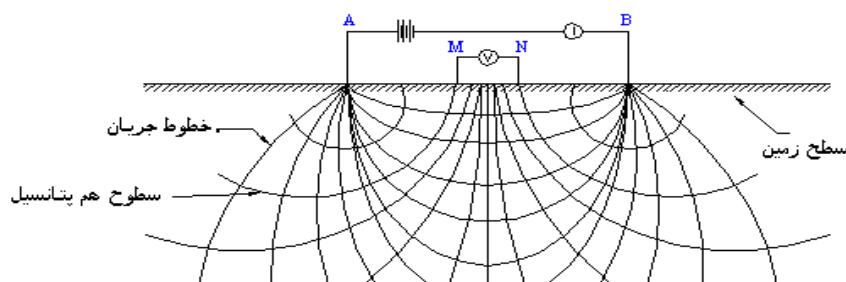
$$\rho_a = K \cdot \Delta V / I$$

K: ضریب فاکتور هندسی که بستگی به فاصله بین الکترودها دارد.

ΔV : اختلاف پتانسیل اندازه گیری شده بین دو الکترود P1 و P2

I: شدت جریان تزریق شده به زمین توسط دو الکترود C1 و C2

در شکل زیر شمایی از انجام عملیات مقاومت سنجی نشان داده شده است. در این شکل خطوط جریان و هم پتانسیل در اطراف دو الکترود جریان نشان داده شده است.



شکل ۲-۱: تصویر شماتیک از خطوط هم پتانسیل در عملیات مقاومت سنجی

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 36 of 129	Jan 2025

الکترودها می‌توانند آرایشهای مختلفی داشته باشند، معمولاً چهار روش شلومبرژه، ونر، قطبی- دو قطبی و دوقطبی- دو قطبی متداول‌ترند. در روش سونداژ الکتریکی به روش شلومبرژه و ونر، فاصله بین الکترودها به طور منظم در دو طرف یک نقطه مرکزی افزایش می‌یابد.

داده‌های حاصل از برداشت‌های صحرایی شامل ولتاژ و شدت جریان می‌باشد و از روی رابطه ذکر شده مقاومت ظاهری محاسبه می‌شود. تفسیر داده‌های مقاومت سنجی به روش دستی بر اساس ترسیم تغییرات مقاومت ظاهری (pa) در برابر فاصله نقطه مرکزی تا الکترودها فرستنده جریان (AB/2) و مقایسه با منحنی‌های استاندارد انجام می‌گیرد. امروزه از برنامه‌های رایانه‌ای با استفاده از مدل‌های مستقیم (Forward) و مدل‌های معکوس (Inversion) مقاومت لایه‌های حقیقی بدست می‌آید. سپس مقاطع حقیقی (لایه‌های حقیقی، تفسیرشده) رسم می‌گردند.

– حدود مقاومت الکتریکی لایه‌های مختلف

هدایت الکتریکی سنگ‌ها به طور کلی به جنس کانی‌های تشکیل‌دهنده آنها بستگی دارد. با توجه به این که مقاومت ویژه الکتریکی اغلب کانی‌ها زیاد می‌باشد در صورتی که سنگ کاملاً متراکم باشد، مقاومت ویژه الکتریکی زیادی خواهد داشت اما با توجه به خلل و فرج موجود در سنگ‌ها، میزان مقاومت ویژه الکتریکی آنها می‌تواند کاملاً متغیر باشد. بنابراین عوامل مؤثر در هدایت الکتریکی یا به عبارت دیگر مقاومت ویژه الکتریکی آنها عبارتند از:

- ۱- حجم خلل و فرج موجود در سنگ و میزان شکستگی‌ها
 - ۲- وضع قرار گرفتن خلل و فرج سنگ و چگونگی ارتباط آنها با یکدیگر
 - ۳- حجمی از خلل و فرج سنگ که حاوی آب می‌باشد
 - ۴- قابلیت هدایت الکتریکی آب موجود در سنگ
 - ۵- جنس کانی‌های تشکیل‌دهنده سنگ
- بنابراین مقدار مقاومت ویژه الکتریکی یک لایه بستگی به وضعیت زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه دارد. به عبارت دیگر تفکیک لایه‌ها بر حسب جنس آنها از نظر زمین‌شناسی تنها با به دست آوردن مقاومت ویژه الکتریکی آنها میسر نمی‌باشد و مقاومت ویژه الکتریکی تشکیلات زمین‌شناسی موجود در هر منطقه باید به طور جداگانه تعیین شود. در جدول زیر مقاومت ویژه الکتریکی برخی از انواع مواد طبیعی زمین ارائه شده است.

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 37 of 129	Jan 2025

جدول ۲-۱۸: مقاومت ویژه الکتریکی برخی از انواع مواد طبیعی زمین

نوع آب یا سنگ	مقاومت ویژه الکتریکی بر حسب اهم متر	نوع آب یا سنگ	مقاومت ویژه الکتریکی بر حسب اهم متر
ماسه سنگ آرژیلیتی	۵۰-۱۰۰	آب دریا	۰/۲
ماسه سنگ - کوارتزیت	۳۰۰-۱۰۰۰	آب سفره‌های آبرفتی	۱۰-۱۰۰
سینریت - توفانهای آتش فشان	۲۰-۱۰۰۰	آب چشمه طبیعی	۵۰-۱۰۰
لاوا	۳۰۰-۱۰۰۰	شن و ماسه خشک	۱۰۰۰-۱۰۰۰۰
شیست گرافیتی	۵-۰/۵	شن و ماسه اشباع از آب شیرین	۵۰-۵۰۰
شیست آرژیلیتی یا تخریب شده	۱۰۰-۳۰۰	شن و ماسه اشباع از آب شور	۵-۰/۵
شیست سالم	۳۰۰-۳۰۰۰	خاک رس	۲-۲۰
گنیس - گرانیات تخریب شده	۱۰۰-۱۰۰۰	مارن	۲۰-۱۰۰
گنیس - گرانیات سالم	۱۰۰۰-۱۰۰۰۰	آهک	۳۰۰-۱۰۰۰

نتایج مطالعات مقاومت سنجی

در این مطالعات تعداد ۱۲ سونداژ ژئوالکتریک به روش ورنر و چهار الکترودی با حداکثر طول فرستنده جریان $AB = 30\text{ m}$ در محدوده پروژه انجام گردیده است. روش برداشت سونداژ زنی چهار الکترودی می باشد که بر روی سطح زمین با آرایش ورنر به فواصل الکترودی ۱، ۲، ۳، ۴ الی ۱۰ متری برداشت گردید. عمق مورد مطالعه برابر فواصل الکترودی (یک سوم طول فرستنده) در نظر گرفته شده است.

جدول ۲-۱۹: تعیین رده خوردگی خاک با توجه به آزمایش مقاومت الکتریکی بر اساس استاندارد BS-7361

مقاومت الکتریکی خاک بر حسب اهم متر	رده خوردگی	Corrosion rate
۰-۱۰	خوردگی شدید	severely corrosive
۱۰-۵۰	خوردگی	corrosive
۵۰-۱۰۰	خوردگی متوسط	moderately corrosive
>۱۰۰	خوردگی کم	slightly corrosive

جدول ۲-۲۰: تعیین رده خوردگی خاک با توجه به آزمایش مقاومت الکتریکی بر اساس استاندارد ASTM STP 1013

مقاومت الکتریکی خاک بر حسب اهم متر	رده خوردگی	Corrosion rate
۰-۹	خوردگی خیلی شدید	Very Severely Corrosive
۹-۲۳	خوردگی شدید	Severely Corrosive
۲۳-۵۰	خوردگی متوسط	Moderately Corrosive
۵۰-۱۰۰	خوردگی کم	Mildly Corrosive
>۱۰۰	خوردگی خیلی کم	Very Mildly Corrosive

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 38 of 129	Jan 2025

جدول ۲-۲۱: نتایج برداشت ژئوالکتریک به روش ورنر نقطه ۱

Electrical resistivity test							
AB	a	Depth	K	DV/I	R	مقاومت الکتریکی خاک بر حسب اهم متر	مقاومت الکتریکی خاک بر حسب اهم متر
meter	meter	meter	2*pi*a	Ohm	ohm.m	استاندارد BS-7361	استاندارد ASTM STP 1013
3	1	1	6.280	10.350	64.998	خوردگی متوسط	خوردگی کم
6	2	2	12.560	2.841	35.683	خوردگی	خوردگی متوسط
9	3	3	18.840	1.422	26.790	خوردگی	خوردگی متوسط
12	4	4	25.120	0.979	24.580	خوردگی	خوردگی متوسط
15	5	5	31.400	0.820	25.742	خوردگی	خوردگی متوسط
18	6	6	37.680	0.837	31.531	خوردگی	خوردگی متوسط
21	7	7	43.960	0.790	34.715	خوردگی	خوردگی متوسط
24	8	8	50.240	0.629	31.621	خوردگی	خوردگی متوسط
27	9	9	56.520	0.665	37.558	خوردگی	خوردگی متوسط
30	10	10	62.800	0.595	37.385	خوردگی	خوردگی متوسط

جدول ۲-۲۲: نتایج برداشت ژئوالکتریک به روش ورنر نقطه ۲

Electrical resistivity test							
AB	a	Depth	K	DV/I	R	مقاومت الکتریکی خاک بر حسب اهم متر	مقاومت الکتریکی خاک بر حسب اهم متر
meter	meter	meter	2*pi*a	Ohm	ohm.m	استاندارد BS-7361	استاندارد ASTM STP 1013
3	1	1	6.280	12.130	76.176	خوردگی متوسط	خوردگی کم
6	2	2	12.560	1.861	23.374	خوردگی	خوردگی متوسط
9	3	3	18.840	0.944	17.781	خوردگی	خوردگی شدید
12	4	4	25.120	1.729	43.432	خوردگی	خوردگی متوسط
15	5	5	31.400	0.421	13.232	خوردگی	خوردگی شدید
18	6	6	37.680	0.503	18.934	خوردگی	خوردگی شدید
21	7	7	43.960	0.468	20.556	خوردگی	خوردگی شدید
24	8	8	50.240	0.450	22.623	خوردگی	خوردگی شدید
27	9	9	56.520	0.417	23.552	خوردگی	خوردگی متوسط
30	10	10	62.800	0.509	31.984	خوردگی	خوردگی متوسط

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 39 of 129	Jan 2025

جدول ۲-۲۳: نتایج برداشت ژئوالکتریک به روش ورنر نقطه ۳

Electrical resistivity test							
AB	a	Depth	K	DV/I	R	مقاومت الکتریکی خاک بر حسب اهم متر	مقاومت الکتریکی خاک بر حسب اهم متر
meter	meter	meter	2*pi*a	Ohm	ohm.m	استاندارد BS-7361	استاندارد ASTM STP 1013
3	1	1	6.280	3.773	23.694	خوردگی	خوردگی متوسط
6	2	2	12.560	1.163	14.607	خوردگی	خوردگی شدید
9	3	3	18.840	0.594	11.189	خوردگی	خوردگی شدید
12	4	4	25.120	0.552	13.871	خوردگی	خوردگی شدید
15	5	5	31.400	0.441	13.851	خوردگی	خوردگی شدید
18	6	6	37.680	0.409	15.396	خوردگی	خوردگی شدید
21	7	7	43.960	0.391	17.188	خوردگی	خوردگی شدید
24	8	8	50.240	0.384	19.312	خوردگی	خوردگی شدید
27	9	9	56.520	0.343	19.381	خوردگی	خوردگی شدید
30	10	10	62.800	0.330	20.699	خوردگی	خوردگی شدید

جدول ۲-۲۴: نتایج برداشت ژئوالکتریک به روش ورنر نقطه ۴

Electrical resistivity test							
AB	a	Depth	K	DV/I	R	مقاومت الکتریکی خاک بر حسب اهم متر	مقاومت الکتریکی خاک بر حسب اهم متر
meter	meter	meter	2*pi*a	Ohm	ohm.m	استاندارد BS-7361	استاندارد ASTM STP 1013
3	1	1	6.280	5.287	33.202	خوردگی	خوردگی متوسط
6	2	2	12.560	1.214	15.248	خوردگی	خوردگی شدید
9	3	3	18.840	0.896	16.881	خوردگی	خوردگی شدید
12	4	4	25.120	0.702	17.634	خوردگی	خوردگی شدید
15	5	5	31.400	0.526	16.516	خوردگی	خوردگی شدید
18	6	6	37.680	0.387	14.582	خوردگی	خوردگی شدید
21	7	7	43.960	0.348	15.298	خوردگی	خوردگی شدید
24	8	8	50.240	0.311	15.625	خوردگی	خوردگی شدید
27	9	9	56.520	0.278	15.713	خوردگی	خوردگی شدید
30	10	10	62.800	0.258	16.202	خوردگی	خوردگی شدید

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 40 of 129	Jan 2025

جدول ۲-۲۵: نتایج برداشت ژئوالکتریک به روش ورنر نقطه 5

Electrical resistivity test							
AB	a	Depth	K	DV/I	R	مقاومت الکتریکی خاک بر حسب اهم متر	مقاومت الکتریکی خاک بر حسب اهم متر
meter	meter	meter	2*pi*a	Ohm	ohm.m	استاندارد BS-7361	استاندارد ASTM STP 1013
3	1	1	6.280	6.376	40.041	خوردگی	خوردگی متوسط
6	2	2	12.560	1.740	21.854	خوردگی	خوردگی شدید
9	3	3	18.840	0.617	11.628	خوردگی	خوردگی شدید
12	4	4	25.120	0.434	10.912	خوردگی	خوردگی شدید
15	5	5	31.400	0.301	9.439	خوردگی	خوردگی شدید
18	6	6	37.680	0.326	12.265	خوردگی	خوردگی شدید
21	7	7	43.960	0.317	13.931	خوردگی	خوردگی شدید
24	8	8	50.240	0.283	14.213	خوردگی	خوردگی شدید
27	9	9	56.520	0.295	16.645	خوردگی	خوردگی شدید
30	10	10	62.800	0.267	16.786	خوردگی	خوردگی شدید

جدول ۲-۲۶: نتایج برداشت ژئوالکتریک به روش ورنر نقطه 6

Electrical resistivity test							
AB	a	Depth	K	DV/I	R	مقاومت الکتریکی خاک بر حسب اهم متر	مقاومت الکتریکی خاک بر حسب اهم متر
meter	meter	meter	2*pi*a	Ohm	ohm.m	استاندارد BS-7361	استاندارد ASTM STP 1013
3	1	1	6.280	2.969	18.645	خوردگی	خوردگی شدید
6	2	2	12.560	1.386	17.408	خوردگی	خوردگی شدید
9	3	3	18.840	0.608	11.447	خوردگی	خوردگی شدید
12	4	4	25.120	0.547	13.736	خوردگی	خوردگی شدید
15	5	5	31.400	0.385	12.083	خوردگی	خوردگی شدید
18	6	6	37.680	0.297	11.202	خوردگی	خوردگی شدید
21	7	7	43.960	0.245	10.757	خوردگی	خوردگی شدید
24	8	8	50.240	0.220	11.048	خوردگی	خوردگی شدید
27	9	9	56.520	0.204	11.524	خوردگی	خوردگی شدید
30	10	10	62.800	0.199	12.466	خوردگی	خوردگی شدید

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 41 of 129	Jan 2025

جدول ۲-۲۷: نتایج برداشت ژئوالکتریک به روش ورنر نقطه 7

Electrical resistivity test							
AB	a	Depth	K	DV/I	R	مقاومت الکتریکی خاک بر حسب اهم متر	مقاومت الکتریکی خاک بر حسب اهم متر
meter	meter	meter	2*pi*a	Ohm	ohm.m	استاندارد BS-7361	استاندارد ASTM STP 1013
3	1	1	6.280	4.572	28.712	خوردگی	خوردگی متوسط
6	2	2	12.560	1.896	23.814	خوردگی	خوردگی متوسط
9	3	3	18.840	1.024	19.292	خوردگی	خوردگی شدید
12	4	4	25.120	0.863	21.679	خوردگی	خوردگی شدید
15	5	5	31.400	0.667	20.944	خوردگی	خوردگی شدید
18	6	6	37.680	0.527	19.857	خوردگی	خوردگی شدید
21	7	7	43.960	0.491	21.584	خوردگی	خوردگی شدید
24	8	8	50.240	0.418	21.000	خوردگی	خوردگی شدید
27	9	9	56.520	0.365	20.630	خوردگی	خوردگی شدید
30	10	10	62.800	0.325	20.410	خوردگی	خوردگی شدید

جدول ۲-۲۸: نتایج برداشت ژئوالکتریک به روش ورنر نقطه 8

Electrical resistivity test							
AB	a	Depth	K	DV/I	R	مقاومت الکتریکی خاک بر حسب اهم متر	مقاومت الکتریکی خاک بر حسب اهم متر
meter	meter	meter	2*pi*a	Ohm	ohm.m	استاندارد BS-7361	استاندارد ASTM STP 1013
3	1	1	6.280	10.170	63.868	خوردگی متوسط	خوردگی کم
6	2	2	12.560	1.963	24.655	خوردگی	خوردگی متوسط
9	3	3	18.840	0.721	13.576	خوردگی	خوردگی شدید
12	4	4	25.120	0.379	9.510	خوردگی شدید	خوردگی شدید
15	5	5	31.400	0.279	8.754	خوردگی شدید	خوردگی خیلی شدید
18	6	6	37.680	0.214	8.075	خوردگی شدید	خوردگی خیلی شدید
21	7	7	43.960	0.220	9.662	خوردگی شدید	خوردگی شدید
24	8	8	50.240	0.202	10.128	خوردگی	خوردگی شدید
27	9	9	56.520	0.197	11.134	خوردگی	خوردگی شدید
30	10	10	62.800	0.185	11.612	خوردگی	خوردگی شدید

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 42 of 129	Jan 2025

جدول ۲-۲۹: نتایج برداشت ژئوالکتریک به روش ورنر نقطه 9

Electrical resistivity test							
AB	a	Depth	K	DV/I	R	مقاومت الکتریکی خاک بر حسب اهم متر	مقاومت الکتریکی خاک بر حسب اهم متر
meter	meter	meter	2*pi*a	Ohm	ohm.m	استاندارد BS-7361	استاندارد ASTM STP 1013
3	1	1	6.280	9.486	59.572	خوردگی متوسط	خوردگی کم
6	2	2	12.560	3.126	39.263	خوردگی	خوردگی متوسط
9	3	3	18.840	2.371	44.670	خوردگی	خوردگی متوسط
12	4	4	25.120	1.128	28.335	خوردگی	خوردگی متوسط
15	5	5	31.400	0.932	29.265	خوردگی	خوردگی متوسط
18	6	6	37.680	0.674	25.396	خوردگی	خوردگی متوسط
21	7	7	43.960	0.526	23.123	خوردگی	خوردگی متوسط
24	8	8	50.240	0.418	21.000	خوردگی	خوردگی شدید
27	9	9	56.520	0.386	21.817	خوردگی	خوردگی شدید
30	10	10	62.800	0.336	21.101	خوردگی	خوردگی شدید

جدول ۲-۳۰: نتایج برداشت ژئوالکتریک به روش ورنر نقطه 10

Electrical resistivity test							
AB	a	Depth	K	DV/I	R	مقاومت الکتریکی خاک بر حسب اهم متر	مقاومت الکتریکی خاک بر حسب اهم متر
meter	meter	meter	2*pi*a	Ohm	ohm.m	استاندارد BS-7361	استاندارد ASTM STP 1013
3	1	1	6.280	5.762	36.185	خوردگی متوسط	خوردگی متوسط
6	2	2	12.560	1.748	21.955	خوردگی	خوردگی شدید
9	3	3	18.840	0.762	14.356	خوردگی	خوردگی شدید
12	4	4	25.120	0.536	13.464	خوردگی شدید	خوردگی شدید
15	5	5	31.400	0.506	15.888	خوردگی شدید	خوردگی شدید
18	6	6	37.680	0.471	17.747	خوردگی شدید	خوردگی شدید
21	7	7	43.960	0.436	19.167	خوردگی شدید	خوردگی شدید
24	8	8	50.240	0.402	20.196	خوردگی	خوردگی شدید
27	9	9	56.520	0.372	21.025	خوردگی	خوردگی شدید
30	10	10	62.800	0.314	19.719	خوردگی	خوردگی شدید

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 43 of 129	Jan 2025

جدول ۲-۳۱: نتایج برداشت ژئوالکتریک به روش ورنر نقطه 11

Electrical resistivity test							
AB	a	Depth	K	DV/I	R	مقاومت الکتریکی خاک بر حسب اهم متر	مقاومت الکتریکی خاک بر حسب اهم متر
meter	meter	meter	2*pi*a	Ohm	ohm.m	استاندارد BS-7361	استاندارد ASTM STP 1013
3	1	1	6.280	8.170	51.308	خوردگی متوسط	خوردگی کم
6	2	2	12.560	2.929	36.788	خوردگی	خوردگی متوسط
9	3	3	18.840	0.969	18.260	خوردگی	خوردگی شدید
12	4	4	25.120	0.669	16.808	خوردگی	خوردگی شدید
15	5	5	31.400	0.498	15.650	خوردگی	خوردگی شدید
18	6	6	37.680	0.429	16.172	خوردگی	خوردگی شدید
21	7	7	43.960	0.314	13.781	خوردگی	خوردگی شدید
24	8	8	50.240	0.288	14.459	خوردگی	خوردگی شدید
27	9	9	56.520	0.187	10.592	خوردگی	خوردگی شدید
30	10	10	62.800	0.208	13.075	خوردگی	خوردگی شدید

جدول ۲-۳۲: نتایج برداشت ژئوالکتریک به روش ورنر نقطه 12

Electrical resistivity test							
AB	a	Depth	K	DV/I	R	مقاومت الکتریکی خاک بر حسب اهم متر	مقاومت الکتریکی خاک بر حسب اهم متر
meter	meter	meter	2*pi*a	Ohm	ohm.m	استاندارد BS-7361	استاندارد ASTM STP 1013
3	1	1	6.280	4.668	29.315	خوردگی متوسط	خوردگی متوسط
6	2	2	12.560	1.495	18.777	خوردگی	خوردگی شدید
9	3	3	18.840	0.999	18.821	خوردگی	خوردگی شدید
12	4	4	25.120	0.805	20.222	خوردگی	خوردگی شدید
15	5	5	31.400	0.521	16.359	خوردگی	خوردگی شدید
18	6	6	37.680	0.362	13.640	خوردگی	خوردگی شدید
21	7	7	43.960	0.311	13.672	خوردگی	خوردگی شدید
24	8	8	50.240	0.286	14.369	خوردگی	خوردگی شدید
27	9	9	56.520	0.264	14.921	خوردگی	خوردگی شدید
30	10	10	62.800	0.234	14.695	خوردگی	خوردگی شدید

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 44 of 129	Jan 2025

با توجه به نتایج مقاومت الکتریکی بدست آمده در سونداژ برداشت شده در محدوده سایت مطالعاتی، به طور میانگین تا عمق ۱۰ متر مقاومت ویژه الکتریکی در جدول زیر آورده شده است که بر اساس استانداردهای گفته شده میزان خوردگی خاک در محدوده این ایستگاه ها بدست آمده و به طور خلاصه آورده شده است.

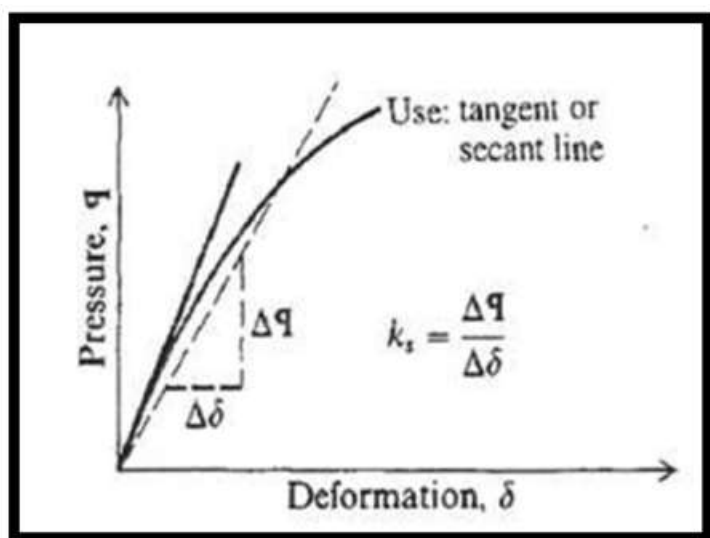
جدول ۲-۳: متوسط میزان خوردگی خاک تا عمق ۱۰ متر

ردیف	نام سونداژ	متوسط مقاومت الکتریکی تا عمق ۱۰ متر	میزان خوردگی بر اساس استاندارد BS-7361	میزان خوردگی بر اساس استاندارد ASTM STP 1013
1	S1	35.060	خوردگی	خوردگی متوسط
2	S2	29.165	خوردگی	خوردگی متوسط
3	S3	16.919	خوردگی	خوردگی شدید
4	S4	17.690	خوردگی	خوردگی شدید
5	S5	16.771	خوردگی	خوردگی شدید
6	S6	13.032	خوردگی	خوردگی شدید
7	S7	21.792	خوردگی	خوردگی شدید
8	S8	17.098	خوردگی	خوردگی شدید
9	S9	31.354	خوردگی	خوردگی متوسط
10	S10	19.970	خوردگی	خوردگی شدید
11	S11	20.689	خوردگی	خوردگی شدید
12	S12	17.479	خوردگی	خوردگی شدید

۲-۳-۲-آزمایش بارگذاری صفحه (PLT)

هدف از انجام این آزمایش تعیین رفتار واقعی زمین در برابر بار قائم حاصل از ساختمان و میزان تراکم نسبی و فشار پذیری خاک آن محل است. اساس این آزمایش قرار دادن یک صفحه صلب و محکم بر روی زمین مورد نظر، اعمال بارگذاری مستقیم بر آن و اندازه گیری تغییر مکان قائم (نشست) آن صفحه تحت بارهای اعمالی است. در این آزمایش صفحه برجا با استاندارد ASTM D1194 نیرویی معین به صفحه ای واقع بر روی خاک اعمال شده و مقدار نشست صفحه در اثر بار وارد شده اندازه گیری می شود. این آزمایش با هدف اندازه گیری ویژگی های مقاومتی و تغییر شکل پذیری زمین، به صورت کنترل بار و یا کنترل نشست در چاهک های کم عمق، ترانشه و گالری انجام می گیرد. در این آزمایش بار به صورت قائم بر صفحه ای ضخیم و صلب اعمال شده و نشست قائم این صفحه اندازه گیری می گردد. با رسم منحنی بار- نشست حاصل از این آزمایش، خصوصیات خاک محل مشخص می شود. پایه های دستگاه باید در نقطه هایی دور از نقطه مورد آزمایش بر روی زمین محکم کاملاً تثبیت شوند. نیروی وارد بر صفحه بارگذاری با استفاده از فشار سنج های مناسب اندازه گیری شود. بارگذاری به صورت استاتیکی و مرحله ای انجام می گیرد. تصویر زیر نمونه شماتیک بار نشست را برای آزمایش بارگذاری صفحه نشان می دهد.

گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز						
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 45 of 129	Jan 2025



شکل ۲-۲: نمودار شماتیک بار نشست

نتایج آزمایش بارگذاری صفحه، جهت تعیین مدول عکس العمل (KS)، مدول تغییر شکل (ES) و تعیین ظرفیت باربری استفاده می شود. در این آزمایش بر روی صفحه ای به ابعاد مشخص، بارگذاری انجام می شود. در هر مرحله تغییر شکل یا نشست خاک بر حسب شدت بارگذاری یا فشار قرائت شده است. نمودار تغییرات فشار بر حسب نشست خاک ترسیم می گردد. مدول عکس العمل (KS) از رابطه زیر دست می آید:

$$K_s = \frac{\Delta P}{\Delta S}$$

مقدار ΔP تغییرات فشار و ΔS نشست متناظر با تغییر فشار است.

برای محاسبه این مقدار شیب بخش خطی نمودار فشار - نشست در محدوده فشار های مورد نظر، محاسبه می شود. پارامتر دیگری که بر اساس این آزمایش و بر پایه تئوری الاستیسیته می توان بدست آورد مدول تغییر شکل (ES) است و این مدول به صورت زیر قابل محاسبه است:

$$E = \frac{\Delta P}{\Delta S} \cdot D \cdot (1 - \nu^2) \cdot I$$

در رابطه فوق ΔP تغییرات فشار و D قطر صفحه بارگذاری، μ نسبت پواسون، I ضریب تاثیر که تابعی از صلبیت و شکل صفحه بارگذاری بوده و ΔS نشست متناظر با تغییر فشار است. این آزمایش با صفحه ای دایره ای شکل به قطر ۶۰ سانتی متر و مطابق با استاندارد ASTM-D1194 انجام شده است.

نتایج آزمایش بارگذاری در ذیل ارائه شده است. به منظور بررسی مقاومت خاک در حالت خشک (رطوبت طبیعی) آزمایش بارگذاری صفحه انجام شد. لازم به ذکر است مقاومت متناظر با نشست نهایی متناسب با ظرفیت باربری نهایی پی می باشد که در محل مورد نظر سه آزمایش انجام گرفته است. با توجه به نتایج حاصل می توان بیان نمود که وضعیت خاک موجود از دیدگاه مقاومتی مناسب می باشد. لازم به ذکر است از جمله کاستی های مهم آزمایش بارگذاری صفحه، کم عمق بودن حباب های تنش ایجاد شده

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 46 of 129	Jan 2025

در آن و به تبع آن تأثیر در لایه‌های اولیه است. لذا یکی از دلایل مهم افزایش قابل توجه ظرفیت باربری نهایی نسبت نتایج محاسبات ظرفیت باربری، تأثیر آن در لایه‌های بسیار خشک و مقاوم خاک‌های ابتدایی است که البته با توجه به کم بودن بارهای سازه‌ای وارده، ایرادی به استدلال از نتایج بارگذاری صفحه در اعماق اولیه وارد نیست و نتایج حاصل قابل استفاده در محاسبات ظرفیت باربری خواهد بود. البته لازم است در صورت اشباع شدن خاک منطقه نتایج آزمایش بارگذاری صفحه اصلاح گردد.

جدول ۲-۳۴: مختصات نقاط آزمایش بارگذاری صفحه

sounding No.	X	Y
PLT-1	350521.24	3219330.48
PLT-2	351196.75	3219522.10
PLT-3	351277.06	3219078.35

شماره آزمایش : PLT 1

شکل صفحه: دایره به قطر ۶۰ سانتی متر و روی سطح روش بارگذاری : پله ای و هر پله حدود ۱۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع

جدول ۲-۳۵: نتایج آزمایش بارگذاری صفحه ای - نقطه شماره یک

شماره پله	متوسط قرائت سنجشگرها (cm)	فشار (kg/cm^2)	قرائت جک (kg)
1	0	0	0
2	1.670	0.92	2600
3	3.093	1.84	5200
4	4.635	2.76	7800
5	6.184	3.68	10400
6	7.086	4.60	13000
7	7.894	5.52	15600
8	8.675	6.44	18200
9	9.520	7.36	20800
10	10.161	8.28	23400

شماره آزمایش : PLT 2

شکل صفحه: دایره به قطر ۶۰ سانتی متر و روی سطح روش بارگذاری : پله ای و هر پله حدود ۱۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع

جدول ۲-۳۶: نتایج آزمایش بارگذاری صفحه ای - نقطه شماره دو

شماره پله	متوسط قرائت سنجشگرها (cm)	فشار (kg/cm^2)	قرائت جک (kg)
1	0	0	0
2	2.163	0.92	2600
3	3.956	1.84	5200
4	4.964	2.76	7800
5	6.369	3.68	10400
6	7.418	4.60	13000
7	8.409	5.52	15600
8	9.414	6.44	18200
9	10.498	7.36	20800
10	11.440	8.28	23400

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 47 of 129	Jan 2025

شماره آزمایش : PLT 3

شکل صفحه: دایره به قطر ۶۰ سانتی متر و روی سطح روش بارگذاری : پله ای و هر پله حدود ۱۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع

جدول ۲-۳۷: نتایج آزمایش بارگذاری صفحه ای - نقطه شماره سه

شماره پله	متوسط قرائت سنجشگرها (cm)	فشار (kg/cm ²)	قرائت جک (kg)
1	0	0	0
2	1.736	0.92	2600
3	2.844	1.84	5200
4	4.634	2.76	7800
5	6.369	3.68	10400
6	7.739	4.60	13000
7	9.065	5.52	15600
8	10.266	6.44	18200
9	11.343	7.36	20800
10	12.441	8.28	23400

پارامترها:

P : بار وارده (kg) A_p : سطح مقطع صفحه (cm²) δ : نشست صفحه (cm)
 b_1 : قطر صفحه (m) b : عرض پی (m) I : ضریب اصلاح آزمایش (Max=0.5)
 K_s : ضریب عکس العمل بستر (kg/cm) K_{s1} : ضریب عکس العمل بستر برای صفحه آزمایش (kg/cm³)
 q_a : ظرفیت باربری مجاز بستر (kg/cm²) q : تنش زیر صفحه (kg/cm²)
 c_w : ضریب تاثیر تراز آب زیرزمینی (Max=0.5) FS : ضریب اطمینان (Min=2)

• ظرفیت باربری مجاز:

$$q_a = \frac{q}{SF} \times I = \frac{8.28 \times 0.95}{3} = 2.62 \text{ kg/cm}^2$$

• محاسبه مدول بستر:

$$K_{s1} = \frac{q}{\delta} \times I$$

$$\frac{K_{s1}}{K_s} = \frac{b}{b_1}$$

$$I = 0.95 \text{ (از شکل ۱-۲)}$$

$$FS=3$$

$$q = 2.76 \text{ kg/cm}^2$$

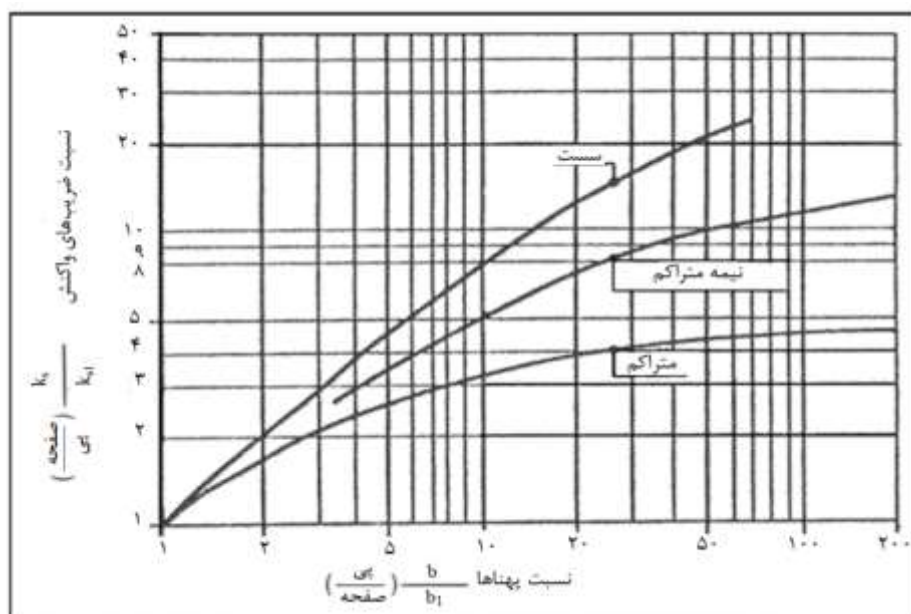
$$\frac{b}{b_1} = \frac{1000}{60} = 16.7 \text{ (فرض عرض پی ۱۰۰۰ سانتیمتر)}$$

گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز						
نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳	
شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 48 of 129	Jan 2025	

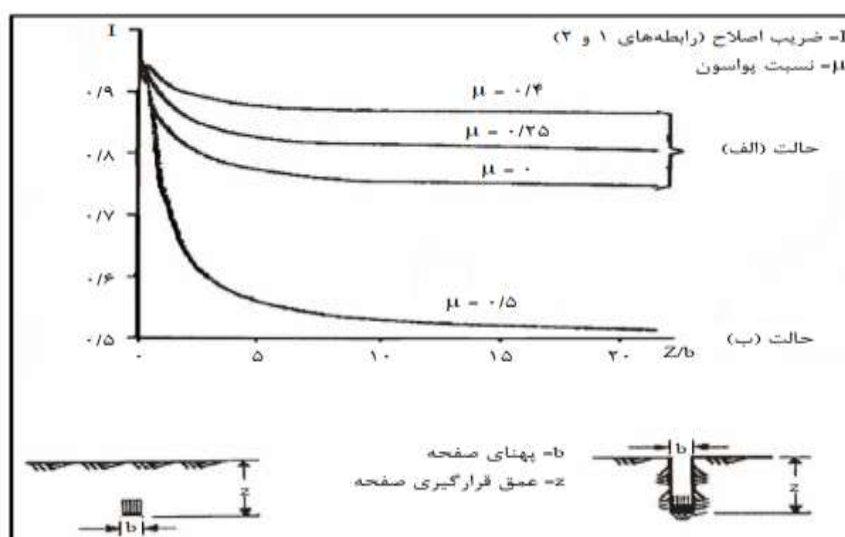
$$\frac{K_{s1}}{K_s} = 3.6$$

$$K_{s1} = \frac{2.76}{4.635} \times 0.95 = 0.57 \text{ kg/cm}^3$$

$$K_s = 0.16 \text{ kg/cm}^3$$



نمودار ۱-۲: محاسبه ضریب واکنش بستر برای پی‌ها در خاک ماسه‌ای با استفاده از پهنای پی به پهنای صفحه آزمایش

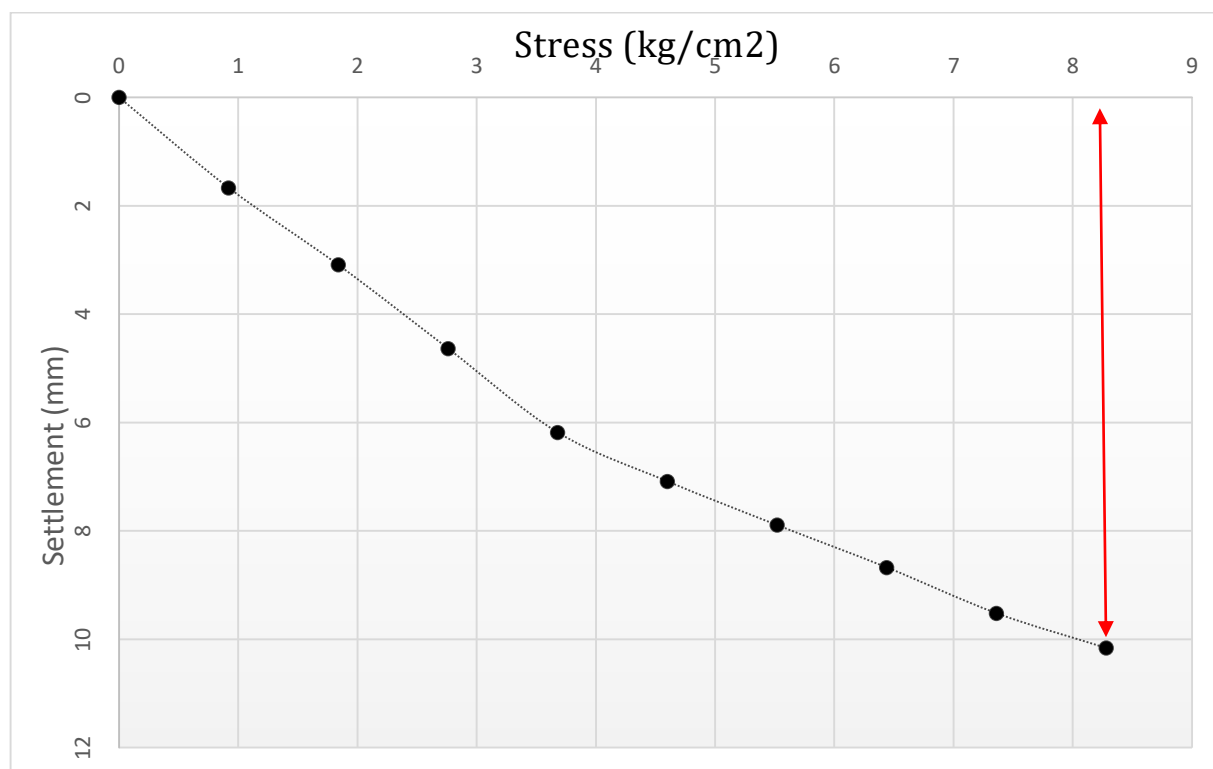


نمودار ۲-۲: محاسبه ضریب اصلاحی I

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 49 of 129	Jan 2025

جدول ۲-۳۸: محاسبات آزمایش بارگذاری صفحه- آزمایش شماره یک

	Ks				Ks			
	B Strip (cm)				B Mat (cm)			
	100	150	200	250	1000	1650	2000	2500
b / bp	1.7	2.5	3.3	4.2	16.7	27.5	33.3	41.7
Ksp / Ks	1.60	1.90	2.10	2.30	3.60	4.00	4.05	4.15
Ks(kg/cm3)	0.35	0.30	0.27	0.25	0.16	0.14	0.14	0.14

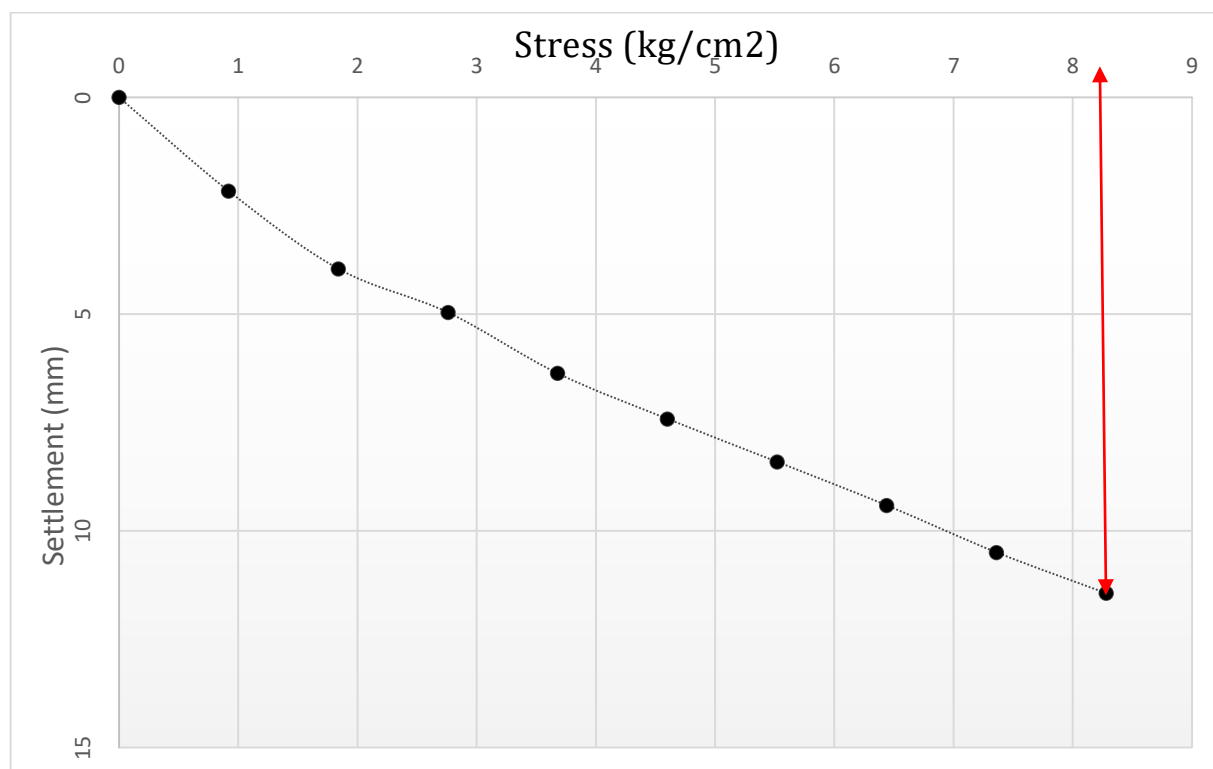


نمودار ۲-۳: آزمایش بارگذاری صفحه

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 50 of 129	Jan 2025

جدول ۲-۳۹: محاسبات آزمایش بارگذاری صفحه- آزمایش شماره دو

	Ks				Ks			
	B Strip (cm)				B Mat (cm)			
	100	150	200	250	1000	1650	2000	2500
b / bp	1.7	2.5	3.3	4.2	16.7	27.5	33.3	41.7
Ksp / Ks	1.60	1.90	2.10	2.30	3.60	4.00	4.05	4.15
Ks(kg/cm3)	0.33	0.28	0.25	0.23	0.15	0.13	0.13	0.13

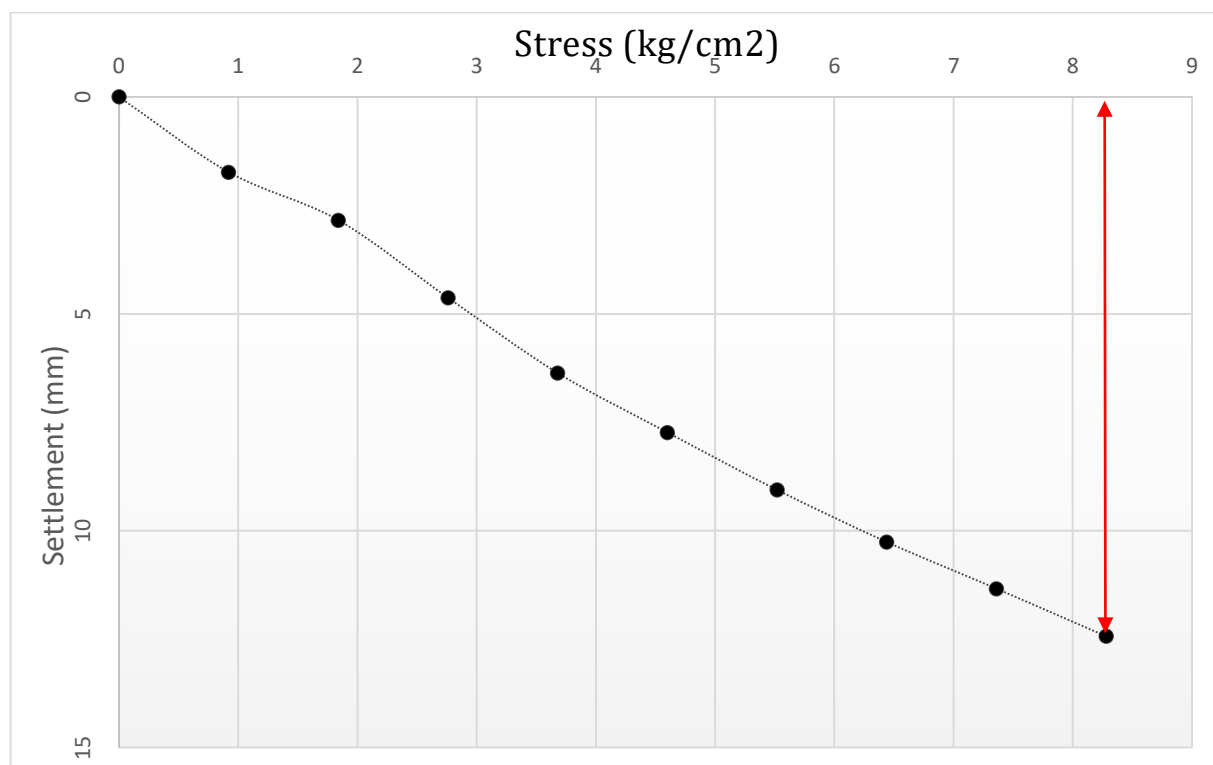


نمودار ۲-۴: آزمایش بارگذاری صفحه

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 51 of 129	Jan 2025

جدول ۲-۴۰: محاسبات آزمایش بارگذاری صفحه-آزمایش شماره سه

	Ks				Ks			
	B Strip (cm)				B Mat (cm)			
	100	150	200	250	1000	1650	2000	2500
b / bp	1.7	2.5	3.3	4.2	16.7	27.5	33.3	41.7
Ksp / Ks	1.60	1.90	2.10	2.30	3.60	4.00	4.05	4.15
Ks(kg/cm3)	0.35	0.30	0.27	0.25	0.16	0.14	0.14	0.14



نمودار ۲-۵: آزمایش بارگذاری صفحه

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 52 of 129	Jan 2025

۲-۳-۲- آزمایش نسبت باربری (CBR)

این روش آزمون برای تعیین CBR (نسبت باربری کالیفرنیا) مصالح بستر، زیر اساس و اساس روسازی از نمونه های متراکم شده آزمایشگاه کاربرد دادر داین روش عمدتاً برای ارزیابی مقاومت مصالح چسبنده که اندازه آنها کمتر از ۳/۴ اینچ (۱۹ میلیمتر) است، در نظر گرفته شده است اما به این مصالح محدود نمی شود. بر روی ۶ نمونه از مصالح ارسالی تست تراکم و سی بی آر انجام گردید که نتایج آن در جدول ۲-۴۱ ارائه گردیده است.

جدول ۲-۴۱: نتایج آزمایش سی بی آر

محل نمونه برداری		وزن مخصوص خشک حداکثر	درصد رطوبت بهینه (%)	CBR	درصد تورم (%)
شماره گمانه	عمق (m)				
		$\gamma_d(\text{gr/cm}^3)$		اشباع	
BH-1	2	1.936	11.22	14.82	0.085
BH-2	8	1.913	12.15	7.50	0.075
BH-3	4	1.900	12.87	8.96	0.109
BH-5	3	1.892	10.96	7.88	0.066
BH-6	5	1.904	14.08	8.12	0.112
BH-9	3	1.897	13.56	9.52	0.140

۲-۳-۳- آزمایش لوفران

یکی از پارامترهای مهم مصالح ناپیوسته ماند آبرفتها و واریزه ها و خاکریزهای برجای ضریب تراوایی این مصالح به حالت برجای است که در طراحی سازه ها به ویژه سازه های آبی جز پارامترهای اصلی به حساب میاید برای تعیین ضریب تراوایی مصالح یاد شده از آزمایش لوفران یا آزمایش پمپاژ استفاده میگردد. در این آزمایش میزان آبخری لایه های مورد نظر تحت فشار ثابت اندازه گیری و میزان تراوایی محاسبه میشود این آزمایش ضریب تراوایی افقی و قائم را میتواند ارائه نماید که بر حسب شرایط موجود ضریب تراوایی افقی و قائم در محل در محل اندازه گیری گردید که نتایج در جدول ۲-۳۳ ارائه میگردد.

از نظر شیوه پمپاژ آب، آزمایش لوفران به دو صورت زیر انجام میگردد.

الف: ریختن آب به داخل گمانه برای گمانه هایی که سطح آب آنها پایین باشد انجام میشود

ب: تخلیه آب از گمانه برای گمانه هایی انجام میشود که سطح آب آنها در نزدیکی سطح زمین باشد.

بر اساس نحوه افزودن و یا خارج کردن آب از گمانه نیز آزمایش لوفران به یکی از سه روش زیر انجام میگردد.

۱- روش با آبی قابت

۲- روش بار آبی افتان

۳- روش بار آبی خیزان

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 53 of 129	Jan 2025

در محل مورد آزمایش از روش ریختن آب در گمانه و بارابی افتان این آزمایش انجام گردید .

جدول ۲-۴۲- تعیین ضریب تراوایی در محل با استفاده از آزمایش لوفران

گمانه	عمق m	ضریب نفوذ پذیری افقی $Kh (cm/s)$	ضریب نفوذ پذیری قائم $Kv (cm/s)$
BH-1	12	1.35e-04	3.55e-03
BH-2	10	9.14e-05	2.39e-03
BH-3	12	7.18e-05	1.88e-03

۲-۵- تجزیه و تحلیل نتایج آزمایش ها

۲-۵-۱- توصیف و طبقه بندی خاک

نتایج آزمایش های حدود اتربرگ، درصد رطوبت و نیز طبقه بندی خاک براساس روش طبقه بندی متحد در جدول ۲-۴۳ الی ۲-۵۷ ارائه شده است. بر اساس مطالعات انجام شده شامل آزمایش های درمحل و آزمایش های آزمایشگاهی، می توان بیان نمود که خاک محل مورد مطالعه شامل لایه های درشت دانه با درصد قابل توجهی از خاک ریزدانه می باشد. خاک این محدوده براساس روش طبقه بندی متحد خاک (Unified Soil Classification System) عمدتاً در گروه خاک های ماسه رس دار (SC- sand Clayey) طبقه بندی می شوند. سطح آب زیرزمینی در هنگام حفاری روئیت نگردیده است لذا در عمقی بیش از عمق حفاری قرار دارد.

جدول ۲-۴۳: نتایج آزمایش های حدود اتربرگ، درصد رطوبت، دانسیته خشک و طبقه بندی گمانه اول

عمق (m)	USCS		w (%)	$\gamma_d (gr/cm^3)$	فعالیت A	شاخص خمیری		
	Latin Name	Persian Name				LI	LL	PI
0 to 2 m	(SC- - Clayey sand)	ماسه رس دار	1.52	1.90	3.54	-0.365	37	26
2 to 4 m	(SC- - Clayey sand)	ماسه رس دار	1.71	1.90	2.73	-0.664	35	20
4 to 6 m	(SC- - Clayey sand)	ماسه رس دار	3.24	1.84	2.47	-0.598	40	23
6 to 8 m	(SC- Clayey sand with gravel)	ماسه رس دار به همراه شن	5.31	1.84	1.33	-0.713	31	15
8 to 10 m	(CL-Sandy Lean Clay)	رس ماسه دار	6.88	1.86	2.21	-0.565	46	25
10 to 12 m	(SC- Clayey sand with gravel)	ماسه رس دار به همراه شن	9.98	1.80	2.39	-0.371	47	27

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 54 of 129	Jan 2025

جدول ۲-۴۴: نتایج آزمایش‌های حدود اتربرگ، درصد رطوبت، دانسیته خشک و طبقه‌بندی گمانه BH-2

عمق (m)	USCS		W (%)	$\gamma_d(\text{gr/cm}^3)$	فعالیت	شاخص خمیری		
	Latin Name	Persian Name			A	LI	LL	PI
0 to 2 m	(SC- - Clayey sand)	ماسه رس دار	3.70	1.81	2.18	-0.769	32	16
2 to 4 m	(SC- - Clayey sand)	ماسه رس دار	7.55	1.77	2.05	-1.164	40	15
4 to 6 m	(SC- - Clayey sand)	ماسه رس دار	6.91	1.81	2.36	-0.368	37	22
6 to 8 m	(SM- Silty sand)	ماسه لای دار	9.03	1.77	0.96	-2.425	33	7
8 to 10 m	(SM- Silty sand)	ماسه لای دار	9.82	1.79	1.18	-1.380	36	11
10 to 12 m	(SM- Silty sand with gravel)	ماسه لای دار به همراه شن	10.37	1.76	2.43	-1.356	41	13

جدول ۲-۴۵: نتایج آزمایش‌های حدود اتربرگ، درصد رطوبت، دانسیته خشک و طبقه‌بندی گمانه BH-3

عمق (m)	USCS		W (%)	$\gamma_d(\text{gr/cm}^3)$	فعالیت	شاخص خمیری		
	Latin Name	Persian Name			A	LI	LL	PI
0 to 2 m	(SC-SM – Silty, Clayey sand)	ماسه رس دار، لای دار	2.20	1.89	0.43	-4.201	23	4
2 to 4 m	(SM- Silty sand)	ماسه لای دار	2.51	1.85	0.86	-2.562	31	8
4 to 6 m	(SM- Silty sand)	ماسه لای دار	5.74	1.83	2.43	-1.481	38	13
6 to 8 m	(CL-Sandy Lean Clay)	رس ماسه دار	6.85	1.81	1.36	-1.515	32	10
8 to 10 m	(SC- Clayey sand)	ماسه رس دار	5.74	1.83	1.40	-1.174	34	13
10 to 12 m	(SC - Clayey sand)	ماسه رس دار	7.33	1.83	1.58	-0.556	40	21

جدول ۲-۴۶: نتایج آزمایش‌های حدود اتربرگ، درصد رطوبت، دانسیته خشک و طبقه‌بندی گمانه BH-4

عمق (m)	USCS		W (%)	$\gamma_d(\text{gr/cm}^3)$	فعالیت	شاخص خمیری		
	Latin Name	Persian Name			A	LI	LL	PI
0 to 1 m	(ML-Sandy silt)	لای ماسه دار	2.53	1.90	0.00	-	0	NP
1 to 3 m	(SC - Clayey sand)	ماسه رس دار	3.16	1.86	2.97	-1.484	28	10
3 to 5 m	(CL-Sandy Lean Clay)	رس ماسه دار	3.62	1.86	1.15	-1.260	33	13

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 55 of 129	Jan 2025

جدول ۲- ۴۷: نتایج آزمایش‌های حدود اتربرگ، درصد رطوبت، دانسیته خشک و طبقه‌بندی گمانه BH-5

عمق (m)	USCS		W (%)	$\gamma_d(\text{gr/cm}^3)$	فعالیت A	شاخص خمیری		
	Latin Name	Persian Name				LI	LL	PI
0 to 1 m	(SC-SM – Silty,Clayey sand)	ماسه رس دار، لای دار	1.16	1.82	0.55	-3.959	21	4
1 to 3 m	(SC-SM – Silty,Clayey sand)	ماسه رس دار، لای دار	3.61	1.85	2.08	-2.198	26	7
3 to 5 m	(CL-Sandy Lean Clay)	رس ماسه دار	6.27	1.84	0.98	-1.364	37	13

جدول ۲- ۴۸: نتایج آزمایش‌های حدود اتربرگ، درصد رطوبت، دانسیته خشک و طبقه‌بندی گمانه BH-6

عمق (m)	USCS		W (%)	$\gamma_d(\text{gr/cm}^3)$	فعالیت A	شاخص خمیری		
	Latin Name	Persian Name				LI	LL	PI
0 to 1 m	(SC-SM – Silty,Clayey sand)	ماسه رس دار، لای دار	3.73	1.88	0.94	-1.653	17	5
1 to 3 m	(SC - Clayey sand)	ماسه رس دار	6.50	1.82	0.89	-0.794	37	17
3 to 5 m	(SC - Clayey sand)	ماسه رس دار	9.74	1.80	1.12	-0.625	52	26

جدول ۲- ۴۹: نتایج آزمایش‌های حدود اتربرگ، درصد رطوبت، دانسیته خشک و طبقه‌بندی گمانه BH-7

عمق (m)	USCS		W (%)	$\gamma_d(\text{gr/cm}^3)$	فعالیت A	شاخص خمیری		
	Latin Name	Persian Name				LI	LL	PI
0 to 1 m	(ML-Sany silt)	لای ماسه دار	2.47	1.86	0.71	-2.566	31	8
1 to 3 m	(SC-SM – Silty,Clayey sand)	ماسه رس دار، لای دار	3.97	1.85	0.75	-2.576	29	7
3 to 5 m	(SC - Clayey sand)	ماسه رس دار	8.77	1.80	1.10	-0.854	44	19

جدول ۲- ۵۰: نتایج آزمایش‌های حدود اتربرگ، درصد رطوبت، دانسیته خشک و طبقه‌بندی گمانه BH-8

عمق (m)	USCS		W (%)	$\gamma_d(\text{gr/cm}^3)$	فعالیت A	شاخص خمیری		
	Latin Name	Persian Name				LI	LL	PI
0 to 1 m	(SC - Clayey sand)	ماسه رس دار	1.75	1.87	2.06	-1.750	32	11
1 to 3 m	(SC - Clayey sand)	ماسه رس دار	2.30	1.91	1.91	-1.193	33	14

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 56 of 129	Jan 2025

15	35	-1.208	0.98	1.91	1.87	ماسه رس دار	(SC - Clayey sand)	3 to 5 m
----	----	--------	------	------	------	-------------	----------------------	----------

جدول ۲-۵۱: نتایج آزمایش‌های حدود اتربرگ، درصد رطوبت، دانسیته خشک و طبقه‌بندی گمانه BH-9

عمق (m)	USCS		W (%)	$\gamma_d(\text{gr/cm}^3)$	فعالیت A	شاخص خمیری			
	Latin Name	Persian Name				LI	LL	PI	
0 to 1 m	(SC-SM – Silty, Clayey sand)	ماسه رس دار، لای دار	4.00	1.86	0.75	-3.249	21	4	
1 to 3 m	(CH – Sandy fat clay)	رس ماسه دار با خاصیت خمیری زیاد	3.68	1.85	2.18	-0.770	55	29	
3 to 5 m	(CL – Sandy lean clay)	رس ماسه دار	4.65	1.87	2.48	-0.513	47	28	

جدول ۲-۵۲: نتایج آزمایش‌های حدود اتربرگ، درصد رطوبت، دانسیته خشک و طبقه‌بندی گمانه TP-1

عمق (m)	USCS		W (%)	$\gamma_d(\text{gr/cm}^3)$	فعالیت A	شاخص خمیری			
	Latin Name	Persian Name				LI	LL	PI	
0 to 1 m	(SM- Silty sand)	ماسه لای دار	2.11	1.84	0.00	-	0	NP	
1 to 3 m	(SC - Clayey sand)	ماسه رس دار	7.82	1.79	2.26	-0.473	52	30	
3 to 5 m	(SC - Clayey sand)	ماسه رس دار	7.63	1.77	1.23	-0.270	47	31	

جدول ۲-۵۳: نتایج آزمایش‌های حدود اتربرگ، درصد رطوبت، دانسیته خشک و طبقه‌بندی گمانه TP-2

عمق (m)	USCS		W (%)	$\gamma_d(\text{gr/cm}^3)$	فعالیت A	شاخص خمیری			
	Latin Name	Persian Name				LI	LL	PI	
0 to 1 m	(SC-SM – Silty, Clayey sand)	ماسه رس دار، لای دار	2.87	1.84	0.44	-3.427	25	5	
1 to 3 m	(SM- Silty sand)	ماسه لای دار	7.50	1.80	0.68	-1.962	46	13	
3 to 5 m	(SC - Clayey sand)	ماسه رس دار	7.89	1.84	1.50	-0.865	34	14	

جدول ۲-۵۴: نتایج آزمایش‌های حدود اتربرگ، درصد رطوبت، دانسیته خشک و طبقه‌بندی گمانه TP-3

عمق (m)	USCS		W (%)	$\gamma_d(\text{gr/cm}^3)$	فعالیت A	شاخص خمیری			
	Latin Name	Persian Name				LI	LL	PI	
0 to 1 m	(SC-SM – Silty, Clayey sand)	ماسه رس دار، لای دار	2.93	1.86	0.75	-2.438	27	7	
1 to 3 m	(SC - Clayey sand)	ماسه رس دار	6.00	1.86	0.99	-0.941	39	17	
3 to 5 m	(SC - Clayey sand)	ماسه رس دار	8.79	1.82	1.81	-0.384	42	24	

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 57 of 129	Jan 2025

جدول ۲- ۵۵: نتایج آزمایش‌های حدود اتربرگ، درصد رطوبت، دانسیته خشک و طبقه‌بندی گمانه TP-4

عمق (m)	USCS		W (%)	$\gamma_d(\text{gr/cm}^3)$	فعالیت A	شاخص خمیری		
	Latin Name	Persian Name				LI	LL	PI
0 to 1 m	(SM- Silty sand)	ماسه لای دار	3.23	1.81	0.00	-	0	NP
1 to 3 m	(SC - Clayey sand)	ماسه رس دار	4.74	1.86	0.80	-1.807	30	9
3 to 5 m	(SC - Clayey sand)	ماسه رس دار	9.14	1.77	1.36	-0.825	42	18

جدول ۲- ۵۶: نتایج آزمایش‌های حدود اتربرگ، درصد رطوبت، دانسیته خشک و طبقه‌بندی گمانه TP-5

عمق (m)	USCS		W (%)	$\gamma_d(\text{gr/cm}^3)$	فعالیت A	شاخص خمیری		
	Latin Name	Persian Name				LI	LL	PI
0 to 1 m	(ML- Sandy Silt)	ماسه دار لای	2.01	1.88	0.24	-3.285	32	7
1 to 3 m	(SC - Clayey sand with gravel)	ماسه رس دار به همراه ماسه	2.24	1.90	0.29	-2.195	31	9
3 to 5 m	(CH – Sandy fat clay)	رس ماسه دار با خاصیت خمیری زیاد	4.34	1.84	1.31	-0.386	57	38

جدول ۲- ۵۷: نتایج آزمایش‌های حدود اتربرگ، درصد رطوبت، دانسیته خشک و طبقه‌بندی گمانه TP-6

عمق (m)	USCS		W (%)	$\gamma_d(\text{gr/cm}^3)$	فعالیت A	شاخص خمیری		
	Latin Name	Persian Name				LI	LL	PI
0 to 1 m	(SC-SM – Silty, Clayey sand)	ماسه رس دار، لای دار	2.82	1.90	0.35	-3.794	22	4
1 to 3 m	(SC - Clayey sand with gravel)	ماسه رس دار به همراه ماسه	3.80	1.85	0.59	-1.800	29	9
3 to 5 m	(SC - Clayey sand with gravel)	ماسه رس دار به همراه ماسه	6.60	1.85	0.99	-0.539	42	23

بررسی خصوصیات فیزیکی و مکانیکی لایه های خاک

به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی لایه ها، آزمایش های متداول دانه بندی، هیدرومتری و اتربرگ برحسب لزوم روی نمونه های دست خورده خاک انجام گرفته است. از آنجایی که خواص خمیری خاک به علت آب جذب سطحی است که ذرات رس را احاطه می کند، می توان انتظار داشت که نوع کانی رس و درصد آن در یک خاک، در روی حدهای مایع (روانی) و خمیری تاثیر بگذارد.

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 58 of 129	Jan 2025

اسکمپتون مشاهده کرد که نشانه خمیری یک خاک به طور کلی با درصد ذرات رسی (درصد وزنی کوچکتر از ۲ میکرون) افزایش پیدا می کند.

روابط بین نشانه خمیری و درصد ذرات رسی برای خاک های رسی مختلف، خطوط مختلفی به دست می دهد که ناشی از نوع کانی رس موجود در آن خاک می باشد. بر پایه نتایج، اسکمپتون کمیتی به نام فعالیت تعریف نمود که همان شیب نمودار خطی PI در مقابل درصد ذرات رسی کوچکتر از ۲ میکرون است. به منظور نشان دادن پتانسیل فعالیت خاک (درجه خمیری بخش ریزدانه) عدد فعالیت به صورت زیر می شود:

$$A = \frac{PI}{\text{درصد ذرات ریزتر از 2 میکرون}}$$

هر اندازه خاک فعال تر باشد، تغییر حجم آن در اثر تغییر رطوبت بیشتر خواهد بود. باتوجه به محدوده های ذکر شده برای آن در مراجع معتبر و اینکه در خاک ریزدانه چسبنده محل در تراز بالای سطح آب، مقدار عدد فعالیت در محدوده ۳/۰ تا ۰/۳۰ می باشد، لذا با توجه به جدول ۵۸-۲ می توان نتیجه گرفت که خاک محل عمدتا از نوع نیمه فعال تا فعال می باشد.

جدول ۵۸-۲: فعالیت کانی های رسی

کانی	محدوده
Smectites	۱ تا ۷
Illite	۰/۵ تا ۱
Kaolinite	۰/۵
Hslloysite 2H ₂ O	۰/۵
Hslloysite 4H ₂ O	۰/۱
Attapulgite	۰/۵ تا ۱/۲
Allophane	۰/۵ تا ۱/۲

در خاک های چسبنده، شاخص روانی نشان دهنده تاریخچه تنش خاک است. معمولا خاکهای رسی عادی تحکیم یافته دارای شاخص روانی در حدود یک می باشند، در حالی که خاکهای رسی پیش تحکیم یافته دارای شاخص روانی نزدیک به صفر می باشند. در مورد خاکهای شدیداً پیش تحکیم یافته این عدد می تواند منفی نیز باشد.

$$LI = \frac{Wn - PL}{LL - PL}$$

بر این اساس و با مقایسه رطوبت طبیعی نمونه های خاک با حد روانی بر اساس رابطه بالا، خاک محل عمدتاً از پیش تحکیم یافته تا شدیداً تحکیم یافته است.

گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز						
نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳	
شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 59 of 129	Jan 2025	

۲-۵-۲- ارزیابی پتانسیل روانگرایی

به طور خلاصه روانگرایی پدیده حرکت خاکهای ماسه ای زیرسازه ها همراه با آب به صورت چشمه جوشان در سطح زمین در هنگام زلزله می باشد. علل وجود آمدن این پدیده و راه حل های جلوگیری از آن از مهمترین مسائل روز زلزله شناسی و ژئوتکنیک است. روانگرایی به واکنش خاک در برابر بارهای دینامیکی یا تحریک ناشی از امواج برشی زودگذر اطلاق می شود که در نتیجه آن مقاومت خاک به طور کامل از بین رفته و خاک حالت آبگونه به خود می گیرد. در صورتی که یک ماسه سست اشباع شده به لرزه درآید متراکم شده و از حجم آن کاسته می شود. در چنین شرایطی اگر آب نتواند به سرعت از محیط خارج و به اصطلاح زهکشی شود، کاهش حجم باعث افزایش فشار آب منفذی می شود و در نتیجه تنش موثر و مقاومت برشی ماسه به صفر میل نموده و خاصیت آبگونه به خود می گیرد. عوامل زمین شناسی متعددی در میزان استعداد روانگرا شدن دخالت دارند که مهمترین آنها عبارتند از فرآیند رسوب گذاری، سن رسوب، تاریخچه زمین شناسی، عمق ایستایی، دانه بندی، عمق مدفون شدن، شیب دامنه و بالاخره نزدیکی به سطح آزاد. بدیهی است که با افزایش سن رسوب استعداد روانگرا شدن کاهش می یابد. علت این امر پیش تحکیمی خاک بر اثر وزن رسوب یا زمین لرزه های قدیمی می باشد. بیشترین استعداد روانگرایی در نواحی ساحلی حاوی آبرفت های ماسه ای ریزدانه و اشباع شده که از تراکم و میزان رس کمی برخوردارند دیده می شود. همچنین پتانسیل روانگرایی خاک های ریزدانه خمیری با استفاده از معیار چینی ها (Wang(1979)) تعیین می گردد.

نکات مهم این معیار عبارتند از:

✓ درصد مواد ریزتر از ۰/۰۰۵ میلیمتر کوچکتر یا مساوی ۱۵٪

✓ حدروانی کوچکتر یا مساوی ۳۵٪

✓ مقدار رطوبت طبیعی $w < 0.9LL$

✓ شاخص روانی $I_w < 0.75$

خاک هایی که هر چهار شرط مزبور را دارا باشند مستعد روانگرایی یا افت قابل توجه مقاومت می باشند. علاوه بر معیار چینی ها، Seed (2003) روشی دیگر را جهت ارزیابی پتانسیل روانگرایی خاک های ریزدانه ارائه کرد. بر اساس این روش خاک به سه دسته A, B, C تقسیم می شود که در زیر آمده است. خاک های قرار گرفته در ناحیه A مستعد روانگرایی و در ناحیه B می توانند مستعد روانگرایی باشند و در ناحیه C مستعد روانگرایی نیستند ولی به دلیل حساسیت بالا قابلیت افت مقاومت در برابر بارهای لرزه ای را دارند. (Boulanger and Idris (2005) و Bray and Sancio (2006) روشی جدیدی را جهت ارزیابی پتانسیل روانگرایی خاک های ریزدانه بر اساس خواص خمیری خاک و نسبت درصد رطوبت به حد روانی شاخص استعداد روانگرایی را ارائه دادند. هر چه این ضریب به ۱ نزدیک تر باشد خاک ریز دانه رفتار ماسه ای و هرچه به صفر نزدیک تر باشد خاک رفتار رسی داشته و مستعد روانگرایی نیست.

$$S_{Br} = \left[1 + \left(\frac{\ln PI}{1.938} \right)^{6.676} \right]^{-2.0}$$

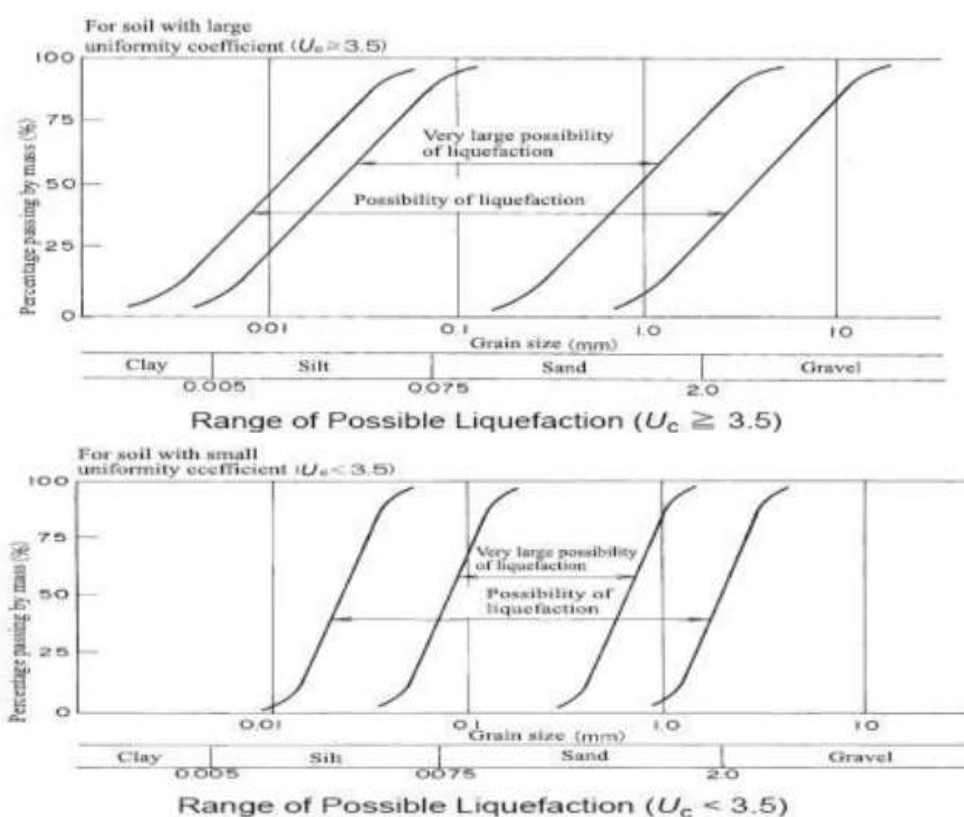
$$S_{BS} = \left[1 + \left(\frac{\ln PI}{2.778} \right)^{3.3077} \right]^{-2.0} \left[1 + \left(\frac{4.401}{\ln(w_c / LL)} \right) \right]^{-2.0}$$

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 60 of 129	Jan 2025

عوامل موثر در قابلیت روانگرایی:

✓ اثر دانه بندی خاک

در خاکهای ماسه ای هرچند دانه بندی یکنواخت تر باشد قابلیت روانگرایی آن زیاده است. ماسه ریز یکنواخت (ماسه بادی) با کمی لای روانگرا هستند زیرا نه چندان نفوذ پذیر هستند که فشار آب حفره ای اضافی ایجاد نشوند و آب بتواند مانند شن ها از بین خلل و فرج دانه های خاک بدون اینکه پایداری دانه های خاک را بهم بزند جابجا گردد. نه آنقدر نفوذ ناپذیر هستند که مانند رس ها آب در بین خلل و فرج آن ها محبوس گردد و جابجایی آن زمان زیادی لازم داشته باشد؛ بلکه در حد وسط قرار دارند و فشار آب حفره ای اضافی می تواند سریعاً تعادل دانه های ماسه را بهم زده و آن را به صورت شناور در آب در آورد.



نمودار ۲-۶: محدوده ممکنه روانگرایی

اثر تراکم نسبی

هرچه تراکم نسبی خاکهای ماسه ای کمتر باشد قابلیت روانگرایی زیاده است. چنانچه تراکم نسبی خاک برابر با تراکم بحرانی باشد خاک قابلیت روانگرایی زیاد خواهد شد. تراکم بحرانی تراکمی است که در آن حجم حفره های خاک در اثر تغییر شکل حاصل تنش برشی در هنگام ارتعاش ناشی از زلزله نه کاهش پیدا می نماید و نه افزایش، به عبارتی حجم حفره های خاک ثابت می ماند. با توجه به اینکه آب عملاً غیر قابل تراکم است آب اضافی بین حفره ها باید به نقاط دیگر انتقال یابد. این جابجایی همراه با به وجود آمدن فشار آب حفره ای اضافی که سبب شناور شدن دانه های خاک در آب می گردد انجام می شود. تراکم بحرانی خاک ها تابعی از تنش برشی و دانه بندی آنها می باشد. به عبارت دیگر سست بودن خاک دومین عامل مهم خطر روانگرایی می باشد.

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 61 of 129	Jan 2025

✓ اثر فشار محدود کننده

هرچه مقدار فشار محدود کننده در یک نقطه دلخواه زیادتر باشد امکان روانگرایی خاک کمتر است. مقدار فشار محدود کننده افقی در عمق دلخواه با ازدیاد تراکم خاک همچنین با ازدیاد زاویه اصطکاک داخلی آن افزایش می یابد.

از جمله روشهای بهسازی خاکهای ماسه ای در برابر روانگرایی عبارتند از : تعویض خاک مستعد روانگرایی یا خاک مناسب، متراکم سازی خاکها در محل به روش تراکم دینامیکی و تراکم لرزه شنآوری، بهسازی با تزریق و استفاده از زهکشهای ماسه ای یا سنگی. جهت ارزیابی احتمال وقوع روانگرایی از معیار ارائه شده توسط Tsuchida(1963-1988) و همچنین بررسی اعداد آزمایش نفوذ استاندارد استفاده می گردد، با توجه به نتایج موجود احتمال وقوع روانگرایی وجود ندارد.

با توجه به لایه های خاک توصیه می شود توجه کافی به این پدیده و راه های جلوگیری از وقوع آن اعمال شود.

همچنین رعایت بند ۱-۳ آیین نامه ۲۸۰۰ زلزله در خصوص ملاحظات ژئوتکنیکی الزامی بوده و در صورت نیاز مطالعه ویژه لازم است. لذا موارد مندرج در این گزارش رافع بندهای مندرج در آیین نامه نبوده و بایستی هریک از سازه های موجود برای شرایط بند ۱-۳-۳ آیین نامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله محاسبه گردند.

جدول ۲-۵۹: ملاحظات ژئوتکنیکی آیین نامه ۲۸۰۰

قسمتی از آیین نامه ۲۸۰۰ مقررات ملی ساختمان

۱-۳ ملاحظات ژئوتکنیک

۱-۳-۱ به طور کلی باید از احداث ساختمان بر رو یا مجاور گسلهای فعالی که احتمال به وجود آمدن شکستگی در سطح زمین، در هنگام وقوع زلزله وجود دارد، اجتناب شود. در مواردی که در محدوده گسل، احداث ساختمان مورد نظر باشد، باید علاوه بر رعایت ضوابط این آیین نامه، تمهیدات فنی ویژه منظور شود.

۱-۳-۲ در زمین هایی که ممکن است بر اثر زلزله، دچار ناپایداری های ژئوتکنیکی نظیر: روانگرایی، نشست زیاد، زمین لغزش و یا سنگ ریزش گردد و یا زمین متشکل از خاک رس حساس باشد، بررسی امکان ساخت بنا و شرایط لازم برای آن، با استفاده از مطالعات ویژه، توصیه می گردد. ولی برای احداث ساختمانهای ((با اهمیت خیلی زیاد و زیاد)) مطالعات ویژه الزامی است.

۱-۳-۳ در زمین هایی که مستعد روانگرایی می باشند باید احتمال ناپایداری، حرکت نسبی ژئوتکنیکی، گسترش جانبی و یا کاهش ظرفیت باربری شالوده و یا وقوع نشست های زیاد از حد بررسی شود و در صورت نیاز با استفاده از روشهای مناسب بهسازی خاک، نسبت به ایمنی شالوده ساختمان، اطمینان حاصل گردد.

زمین هایی مستعد روانگرایی تشخیص داده می شوند که حداقل دارای یکی از شرایط زیر باشند:

الف- سابقه روانگرایی در آنها مشاهده شده باشد.

ب- زمینهایی که از نوع ماسه ای با تراکم کم، اعم از تمیز، ویا رس دار با مقدار رس کمتر از ۲۰ درصد، یا دارای لای و یا شن بوده و تراز سطح آب زیرزمینی در آنها نسبت به سطح زمین کمتر از حدود ۱۰ متر باشد.

ماسه با تراکم کم به ماسه ای اطلاق می شود که عدد ضربه استاندارد آن در آزمایش نفوذ کمتر از ۲۰ باشد.

گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز						
	۱۴۰۳ دی	PAGE	DEP	TYP	CODE	نام کارفرما
	Jan 2025	Page 62 of 129	GEO	REP	RG-1403-255	شرکت گهر انرژی سیرجان



پارامترهای طراحی ژئوتکنیکی

فصل سوم



اهداف فصل:

- تعیین پارامترهای طراحی از قبیل ظرفیت باربری مجاز برای انواع پی ها
- ارائه ضرایب فشار جانبی خاک در حالات مختلف
- ظرفیت باربری شمع
- تعیین نوع زمین
- تعیین پارامترهای لرزه ای.

گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز						
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 63 of 129	Jan 2025

۳-۱- مقدمه

در این بخش با استفاده از نتایج آزمایش های صحرایی و آزمایشگاهی و کاربرد روابط مهندسی ، مجموعه پارامترهای لازم جهت انجام طراحی ژئوتکنیکی سازه تعیین می گردد. بدین منظور، در این بخش از مطالعات، محاسبات لازم جهت تعیین خصوصیات نشست پذیری و نیز ظرفیت باربری شالوده ها برای انواع پی های سطحی با ابعاد مختلف عنوان شده و ضرایب فشار جانبی خاک با توجه به مقاومت برشی آن در حالات دینامیکی و استاتیکی ارائه می گردد.

۳-۲- محاسبات مدول عکس العمل بستر

مقدار E_s تابعی از روش و نوع انجام آزمایش، مقدار تنش محصور کننده، درصد رطوبت، نرخ کرنش اعمالی و دست خوردگی نمونه می باشد (Crawford and Burn, 1962). در راستای اطمینان بیشتر، از حدود پیشنهاد شده توسط محققین (Bowles, 1988) استفاده شده که مقادیر متعارف را به صورت تابعی از نوع دانه بندی و تراکم خاک ارائه داده اند. ضریب واکنش بستر از روابط پیشنهادی وسیک (Vesic 1961a-1961b) محاسبه شده است. این رابطه به صورت معادله ذیل می باشد که در آن B عرض پی، μ ضریب پواسون، و E_s مدول الاستیسیته خاک، B' نصف عرض پی I_s و I_f ضرایب تاثیر که به طول و عرض پی، عمق دفن پی و عمق سنگ بستر بستگی دارند که از جداول مربوطه بدست می آیند.

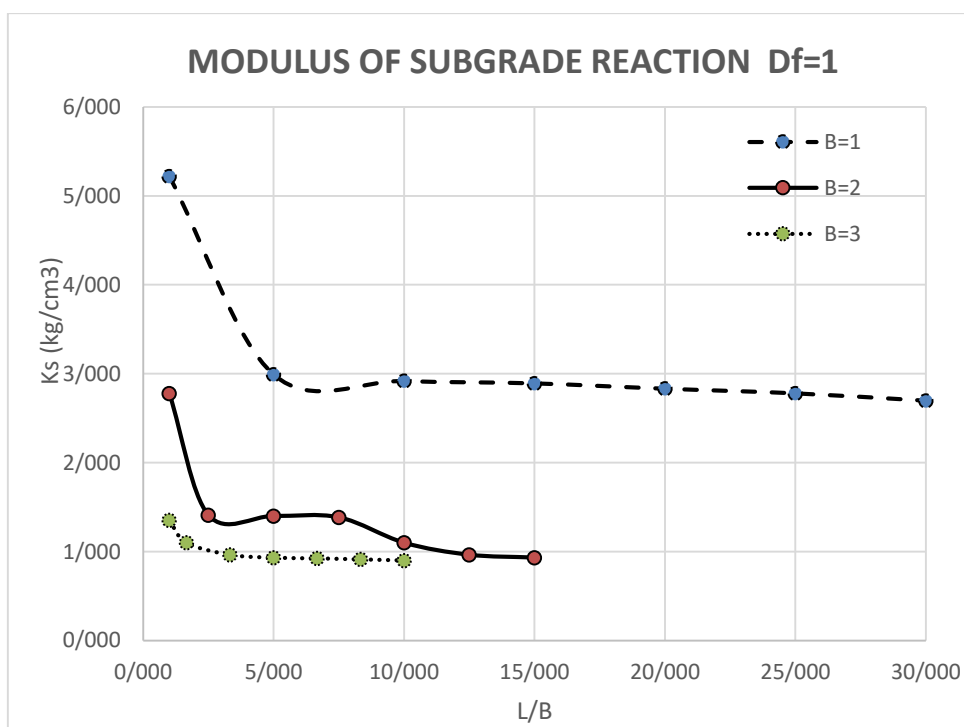
$$K_s = \frac{E_s}{B' * (1 - \nu^2) * \alpha * I_f * I_s}$$

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 64 of 129	Jan 2025

جدول ۳-۱: مدول عکس العمل بستر برای پی های تکی، نواری و گسترده برای عمق پی ۱ متر

L(m)	B(m)	$I_{s-center}$	$I_{s-corner}$	I_f	$K_{s-center}$	$K_{s-corner}$	$K_s(kg/cm^3)$
1	1	0.49	0.43	0.66	3.164	7.275	5.219
2	2	0.49	0.43	0.81	1.289	2.964	2.126
3	3	0.49	0.43	0.85	0.819	1.883	1.351
4	4	0.49	0.43	0.86	0.607	1.396	1.001
5	5	0.49	0.43	0.90	0.464	1.067	0.765
5	1	0.74	0.55	0.86	1.608	4.371	2.990
10	1	0.76	0.54	0.88	1.535	4.298	2.916
15	1	0.76	0.54	0.89	1.521	4.260	2.890
20	1	0.76	0.54	0.91	1.489	4.173	2.831
25	1	0.76	0.54	0.93	1.461	4.096	2.778
30	1	0.76	0.54	0.96	1.421	3.971	2.696
5	2	0.67	0.53	0.87	0.884	2.231	1.557
10	2	0.74	0.55	0.89	0.777	2.100	1.439
15	2	0.76	0.54	0.90	0.757	2.109	1.433
20	2	0.76	0.54	0.91	0.742	2.078	1.410
25	2	0.76	0.54	0.92	0.738	2.061	1.399
30	2	0.76	0.54	0.93	0.731	2.038	1.384
5	3	0.59	0.50	0.89	0.652	1.546	1.099
10	3	0.70	0.54	0.91	0.537	1.390	0.964
15	3	0.74	0.55	0.92	0.501	1.362	0.932
20	3	0.76	0.54	0.93	0.488	1.359	0.924

ادامه جدول ۳-۱: مدول عکس العمل بستر برای پی های تکی، نواری و گسترده برای عمق پی ۱ متر							
25	3	0.75	0.54	0.94	0.484	1.341	0.912
30	3	0.76	0.54	0.95	0.474	1.327	0.900
10	10	0.49	0.43	0.66	0.316	0.727	0.522
15	15	0.49	0.43	0.95	0.147	0.337	0.242
20	20	0.49	0.43	0.96	0.109	0.250	0.179
15	10	0.57	0.54	0.97	0.187	0.393	0.290
20	10	0.63	0.52	0.98	0.167	0.410	0.289
20	15	0.54	0.46	0.98	0.130	0.302	0.216



نمودار ۳-۱: نمودار مدول عکس العمل بستر بر حسب طول به عرض پی برای عمق پی ۱ متر

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 66 of 129	Jan 2025

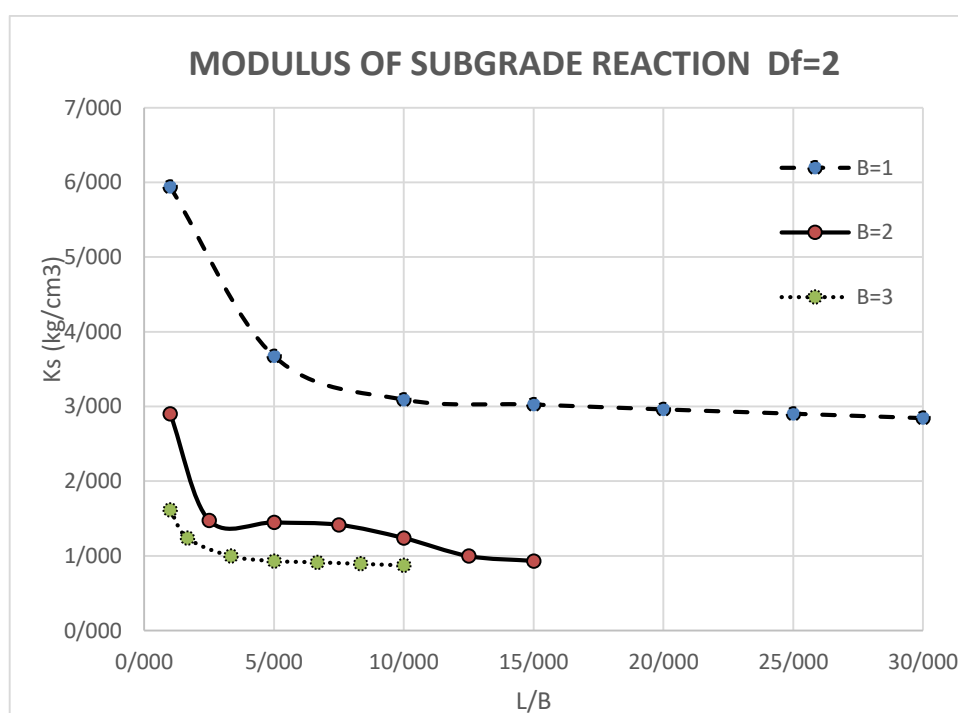
جدول ۳-۲: مدول عکس العمل بستر برای پی های تکی، نواری و گسترده برای عمق پی ۲ متر

L(m)	B(m)	$I_{s-center}$	$I_{s-corner}$	I_f	$K_{s-center}$	$K_{s-corner}$	$K_s(kg/cm^3)$
1	1	0.49	0.43	0.58	3.600	8.278	5.939
2	2	0.49	0.43	0.65	1.606	3.693	2.650
3	3	0.49	0.43	0.71	0.980	2.254	1.617
4	4	0.49	0.43	0.80	0.652	1.500	1.076
5	5	0.49	0.43	0.82	0.509	1.171	0.840
5	1	0.74	0.55	0.70	1.976	5.370	3.673
10	1	0.76	0.54	0.83	1.627	4.557	3.092
15	1	0.76	0.54	0.85	1.592	4.460	3.026
20	1	0.76	0.54	0.87	1.557	4.364	2.961
25	1	0.76	0.54	0.89	1.527	4.280	2.903
30	1	0.76	0.54	0.91	1.499	4.189	2.844
5	2	0.67	0.53	0.75	1.025	2.588	1.807
10	2	0.74	0.55	0.80	0.864	2.337	1.601
15	2	0.76	0.54	0.84	0.811	2.259	1.535
20	2	0.76	0.54	0.87	0.776	2.174	1.475
25	2	0.76	0.54	0.89	0.763	2.130	1.446
30	2	0.76	0.54	0.91	0.747	2.083	1.415
5	3	0.59	0.50	0.79	0.734	1.741	1.238
10	3	0.70	0.54	0.88	0.556	1.437	0.996
15	3	0.74	0.55	0.92	0.501	1.362	0.932
20	3	0.76	0.54	0.94	0.483	1.345	0.914

گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز						
نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳	
شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 67 of 129	Jan 2025	

ادامه جدول ۳-۲: مدول عکس العمل بستر برای پی های تکی، نواری و گسترده برای عمق پی ۲ متر

25	3	0.75	0.54	0.96	0.474	1.313	0.893
30	3	0.76	0.54	0.98	0.459	1.286	0.873
10	10	0.49	0.43	0.92	0.227	0.522	0.374
15	15	0.49	0.43	0.93	0.150	0.344	0.247
20	20	0.49	0.43	0.95	0.110	0.253	0.181
15	10	0.57	0.54	0.97	0.187	0.393	0.290
20	10	0.63	0.52	0.98	0.166	0.408	0.287
20	15	0.54	0.46	0.99	0.129	0.300	0.215



نمودار ۳-۲: نمودار مدول عکس العمل بستر بر حسب طول به عرض پی برای عمق پی ۲ متر

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 68 of 129	Jan 2025

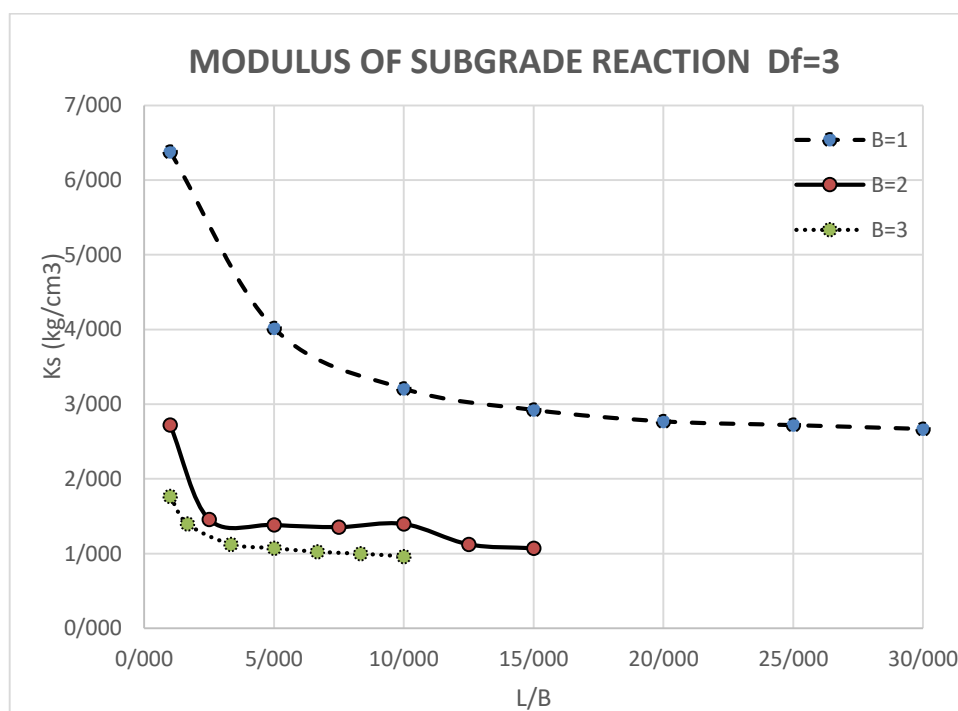
جدول ۳-۳: مدول عکس العمل بستر برای پی های تکی، نواری و گسترده برای عمق پی ۳ متر

L(m)	B(m)	$I_{s-center}$	$I_{s-corner}$	I_f	$K_{s-center}$	$K_{s-corner}$	$K_s(kg/cm^3)$
1	1	0.49	0.43	0.54	3.867	8.892	6.379
2	2	0.49	0.43	0.60	1.740	4.001	2.871
3	3	0.49	0.43	0.65	1.071	2.462	1.767
4	4	0.49	0.43	0.68	0.768	1.765	1.266
5	5	0.49	0.43	0.71	0.588	1.353	0.970
5	1	0.74	0.55	0.64	2.161	5.874	4.017
10	1	0.76	0.54	0.80	1.688	4.728	3.208
15	1	0.76	0.54	0.88	1.538	4.308	2.923
20	1	0.76	0.54	0.93	1.457	4.083	2.770
25	1	0.76	0.54	0.95	1.430	4.010	2.720
30	1	0.76	0.54	0.97	1.406	3.930	2.668
5	2	0.67	0.53	0.68	1.131	2.854	1.993
10	2	0.74	0.55	0.73	0.947	2.561	1.754
15	2	0.76	0.54	0.76	0.896	2.497	1.697
20	2	0.76	0.54	0.88	0.767	2.149	1.458
25	2	0.76	0.54	0.93	0.730	2.039	1.384
30	2	0.76	0.54	0.95	0.715	1.995	1.355
5	3	0.59	0.50	0.70	0.829	1.965	1.397
10	3	0.70	0.54	0.78	0.627	1.621	1.124
15	3	0.74	0.55	0.80	0.576	1.566	1.071
20	3	0.76	0.54	0.84	0.541	1.505	1.023

گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز						
نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳	
شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 69 of 129	Jan 2025	

ادامه جدول ۳-۳: مدول عکس العمل بستر برای پی های تکی، نواری و گسترده برای عمق پی ۳ متر

25	3	0.75	0.54	0.86	0.529	1.466	0.997
30	3	0.76	0.54	0.89	0.506	1.416	0.961
10	10	0.49	0.43	0.89	0.235	0.539	0.387
15	15	0.49	0.43	0.90	0.155	0.356	0.255
20	20	0.49	0.43	0.91	0.115	0.264	0.189
15	10	0.57	0.54	0.90	0.202	0.423	0.313
20	10	0.63	0.52	0.91	0.179	0.439	0.309
20	15	0.54	0.46	0.98	0.131	0.304	0.217



نمودار ۳-۳: نمودار مدول عکس العمل بستر بر حسب طول به عرض پی برای عمق پی ۳ متر

گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز						
نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳	
شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 70 of 129	Jan 2025	

۳-۳- تعیین ظرفیت باربری مجاز شالوده ها

به منظور تعیین ظرفیت باربری مجاز خاک برای انواع پی های سطحی و بدست آوردن ابعاد مناسب پی، لازم است که دو عامل اساسی زیر بطور همزمان کنترل گردند:

الف - عدم گسیختگی برشی خاک زیر پی **ب - عدم نشست خاک زیر پی به میزان بیشتر از حد مجاز**

به عبارت دیگر، ظرفیت باربری مطمئن خاک بایستی با ضریب اطمینان مناسبی کمتر از ظرفیت باربری نهایی خاک در نظر گرفته شده و همچنین نشست به وجود آمده نیز از نشست مجاز تجاوز ننماید. از این رو ظرفیت باربری خاک بر اساس کنترل هر یک از دو عامل فوق برای پی های منفرد، نواری و گسترده با ابعاد مختلف بدست آمده و مقدار کوچکتر بعنوان ظرفیت باربری مطمئن خاک پیشنهاد گردیده است. در این قسمت، براساس اطلاعات بدست آمده از حفاری ها و نتایج آزمایش های آزمایشگاهی و میدانی، ظرفیت باربری مجاز پی های منفرد مربعی، مستطیلی و نواری با عرض های ۱ تا ۳ متر و نیز پی گسترده به عرض ۱۰ تا ۲۰ متر همراه با تعیین نشست هر یک از آنها در جداول ادامه فصل ارائه گردیده است. لازم به ذکر است که در این محاسبات میزان نشست مطلق مجاز برای پی های مربعی، مستطیلی و نواری برابر با ۱ اینچ و برای پی گسترده برابر با ۳ اینچ در نظر گرفته شده است.

۳-۳-۱- تعیین فشار مجاز پی ها

✓ محاسبه ظرفیت باربری بر اساس کنترل گسیختگی برشی

ظرفیت باربری خاک در برابر گسیختگی برشی را می توان با استفاده از روابط زیر بدست آورد:

$$q_{ult} = C N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + 0.5 \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

$$N_q = e^{(\pi \tan \varphi)} \times \tan^2(45 + \varphi/2)$$

$$N_c = (N_q - 1) \times \cot(\varphi)$$

$$N_{\gamma \text{ Meyerhov}} = (N_q - 1) \times \tan(1.4 \varphi)$$

$$N_{\gamma \text{ Hansen}} = 1.5 (N_q - 1) \times \tan(\varphi)$$

$$N_{\gamma \text{ Vesic}} = 2 (N_q + 1) \times \tan(\varphi)$$

$F_{cd}, F_{qd}, F_{\gamma d}$: ضرایب عمق

$F_{cs}, F_{qs}, F_{\gamma s}$: ضرایب شکل

$F_{ci}, F_{qi}, F_{\gamma i}$: ضرایب شیب بار

C : ضریب چسبندگی خاک

q : تنش مؤثر قائم در تراز سطح زیرین شالوده

γ : وزن مخصوص خاک

N_c, N_q, N_γ : ضرایب ظرفیت باربری

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 71 of 129	Jan 2025

جدول ۳-۴: ضرایب شکل، عمق و میل بار برای معادلات ظرفیت باربری *Hansen*

مقدار	برای
$F_{cs} = 1 + \frac{N_q \times B}{N_c \times L}$	$\varphi > 0$
$F_{qs} = 1 + \frac{B}{L} \tan \phi$	هر φ
$F_{ys} = 1 - 0.4 \frac{B}{L} \geq 0.6$	هر φ
$F_{cd} = 1 + 0.4k$	$\varphi > 0$
$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 k$	هر φ
$F_{yd} = 1$	هر φ

جدول ۳-۵: ضرایب شکل، عمق و میل بار برای معادلات ظرفیت باربری *Meyerhof*

مقدار	برای
$F_{cs} = 1 + 0.2K_p \frac{B}{L}$	هر φ
$F_{qs} = F_{ys} = 1 + 0.1K_p \frac{B}{L}$	$\phi > 10^\circ$
$F_{qs} = F_{ys} = 1$	$\phi = 0$
$F_{cd} = 1 + 0.2\sqrt{K_p} \frac{B}{L}$	هر φ
$F_{qd} = F_{yd} = 1 + 0.1\sqrt{K_p} \frac{B}{L}$	$\phi > 10^\circ$
$F_{qd} = F_{yd} = 1$	$\phi = 0$
$F_{ci} = F_{qi} = (1 - \frac{\theta^\circ}{90^\circ})^2$	هر φ
$F_{yi} = (1 - \frac{\theta^\circ}{\phi^\circ})^2$	$\phi > 0$
$F_{yi} = 0 \text{ for } \theta > 0$	$\phi = 0$

جدول ۳-۶: ضرایب شکل، عمق و میل بار برای معادلات ظرفیت باربری *Vesic*

مقدار	برای
$F_{cs} = 1 + \frac{N_q \times B}{N_c \times L}$	$\varphi > 0$
$F_{qs} = 1 + \frac{B}{L} \sin \phi$	هر φ
$F_{ys} = 1 - 0.4 \frac{B}{L} \geq 0.6$	هر φ
$F_{cd} = 1 + 0.4k$	$\varphi > 0$
$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 k$	هر φ
$F_{yd} = 1$	هر φ

گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز						
نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳	
شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 72 of 129	Jan 2025	

پارامترهای ژئوتکنیکی مورد استفاده برای محاسبه ظرفیت باربری خاک در این مطالعات به شرح زیر در نظر

$$q_{all} = \frac{q_{ult}}{F_s} \quad \text{گرفته شده اند:}$$

$$\varphi = 22.5^\circ$$

$$C = 7.5 \text{ (KN/m}^2\text{)}$$

$$\gamma_d = 18.4 \text{ (KN/m}^3\text{)}$$

$$D_f = 1,2,3 \text{ (m)}$$

$$D_w = \dots \text{ (m)}$$

بر مبنای پارامترهای فوق، مقادیر ظرفیت باربری نهایی و فشار مجاز خاک با استفاده از روابط Meyerhof و Hansen و Vesic ارائه شده است.

به طور کلی نشست به وجود آمده در خاک در اثر بارهای وارده به دو صورت نشست های آنی و دراز مدت (تحکیمی) ظاهر می گردد. نشست های تحکیمی عمدتاً در خاک های ریزدانه و اشباع و نشست های آنی عمدتاً در خاک های درشت دانه سهم اصلی نشست کل را دارا می باشند.

در خاکهای دانه ای و ریزدانه رسی غیر اشباع نشست کل شالوده به صورت آنی رخ میدهد. در خاکهای ریزدانه رسی اشباع نشست کل شامل نشست آنی و نشست تحکیمی می باشد که در اثر آزاد شدن تدریجی فشار آب حفره ای صورت میگیرد در پروژه حاضر به دلیل خاک منطقه از نوع ریزدانه است نشست آنی خواهیم داشت، که مطابق با فرمول های زیر محاسبه میگردد.

$$\Delta H = q_0 B' \frac{1 - \mu^2}{E} \left(I_1 + \frac{1 - 2\mu}{1 - \mu} I_2 \right) I_F$$

که در رابطه فوق q_0 برابر فشار تماسی E مدول الاستیسیته و μ ضریب پواسون است و I_F نیز ضریب تاثیر عمق شالوده است.

$$I_1 = \frac{1}{\pi} \left[M \ln \frac{(1 + \sqrt{M^2 + 1})\sqrt{M^2 + N^2}}{M(1 + \sqrt{M^2 + N^2 + 1})} + \ln \frac{(M + \sqrt{M^2 + 1})\sqrt{1 + N^2}}{M + \sqrt{M^2 + N^2 + 1}} \right]$$

$$I_2 = \frac{N}{2\pi} \tan^{-1} \left(\frac{M}{N\sqrt{M^2 + N^2 + 1}} \right) \quad (\tan^{-1} \text{ in rads})$$

$$M = \frac{L'}{B'} \quad N = \frac{H}{B'}$$

$$\begin{cases} B' = \frac{B}{2} & \text{for center} \\ B' = B & \text{for corner} \end{cases} \quad \begin{cases} L' = \frac{L}{2} & \text{for center} \\ L' = L & \text{for corner} \end{cases}$$

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 73 of 129	Jan 2025

-نشست تحکیمی:

$$S = \frac{C_s H}{1 + e_0} \log_{10} \left(\frac{P_c}{P_0} \right) + \frac{C_c H}{1 + e_0} \log_{10} \left(\frac{P_c + \Delta P}{P_c} \right) = H \cdot m_v \cdot \Delta P$$

H ضخامت لایه نشست پذیر، q_0 تنش موثر در وسط لایه نشست پذیر، q_c فشار پیش تحکیمی، C_s ضریب تورم و C_c ضریب فشردگی، e_0 نسبت منافذ اولیه، m_v ضریب فشردگی حجمی و ΔP اضافه فشار وارد بر خاک می باشد.

باولز پیشنهاد میکند که به جای انتخاب مقدار بینهایت برای این پارامتر از $H = 4B$ یا فاصله کف شالوده تا لایه سخت (با سختی 10E) استفاده نمود.

-مدول الاستیسیته و ضریب پواسون:

یکی از مهمترین و اساسی ترین پارامترهای تعیین کننده رفتار خاک به خصوص نحوه شکل پذیری، یا به عبارتی چگونگی تغییر شکل خاک در اثر بارگذاری مدول الاستیسیته (E) می باشد. مدول الاستیسیته رابطه بین تنش و کرنش را برقرار میکند از این رو در مباحث طراحی های ژئوتکنیکی و همچنین پارامترهای محاسباتی از جمله مدول عکس العمل بستر، تنش زیر پی و طراحی شالوده بسیار حائز اهمیت هست. وابستگی مدول الاستیسیته مصالح خاکی به نوع مصالح، تراکم خاک، خواص خمیری، درصد رطوبت، مسیر و تاریخچه تنش و سطح تنش و کرنش از یک طرف و ناهمگنی و ناهمسانی توده خاک از دیگر عواملی هستند که تعیین مدول الاستیسیته را پیچیده میکنند. به طور کلی پارامتر مدول الاستیسیته به سه روش قابل تعیین می باشد:

۱- با استفاده از نتایج آزمون های آزمایشگاهی

۲- با استفاده از نتایج آزمون ها صحرایی

۳- با استفاد از روابط تجربی و همبستگی های موجود با سایر پارامترها

روش اول: یکی از آزمایشات مورد استفاده جهت تعیین مدول الاستیسیته آزمایش تحکیم یک بعدی می باشد.

مدول الاستیسیته، رابطه بین تنش و کرنش در آزمایش بارگذاری یک بعدی، رابطه ای خطی است که شیب خط تابع مدول الاستیسیته و ضریب پواسون مصالح است.

روش دوم: آزمون های صحرایی نظیر بارگذاری صفحه ای و پرسیمتری از روش های تعیین مدول الاستیسیته هستند. در استفاده از این روش ها میزان دست خوردگی خاک محل از نمونه آزمایشگاهی بسیار کمتر بوده و نتایج حاصله مطمئن تر می باشد.

روش سوم: در این روش مدول الاستیسیته از همبستگی های موجود و یا روابط تجربی ذکر شده در کتب و مقالات به دست می آید.

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 74 of 129	Jan 2025

جدول ۳-۷: روابط تجربی بولز جهت تخمین مدول الاستیسیته

TABLE 5-6

Equations for stress-strain modulus E_s by several test methods

E_s in kPa for SPT and units of q_c for CPT; divide kPa by 50 to obtain ksف. The N values should be estimated as N_{55} and not N_{70} . Refer also to Tables 2-7 and 2-8.

Soil	SPT	CPT
Sand (normally consolidated)	$E_s = 500(N + 15)$ $= 7000 \sqrt{N}$ $= 6000N$ — — — $\ddagger E_s = (15\,000 \text{ to } 22\,000) \cdot \ln N$	$E_s = (2 \text{ to } 4)q_u$ $= 8000 \sqrt{q_c}$ — — — $E_s = 1.2(3D_r^2 + 2)q_c$ $*E_s = (1 + D_r^2)q_c$
Sand (saturated)	$E_s = 250(N + 15)$	$E_s = Fq_c$ $e = 1.0 \quad F = 3.5$ $e = 0.6 \quad F = 7.0$
Sands, all (norm. consol.)	$\P E_s = (2600 \text{ to } 2900)N$	
Sand (overconsolidated)	$\ddagger E_s = 40\,000 + 1050N$ $E_{s(OCR)} \approx E_{s,nc} \sqrt{OCR}$	$E_s = (6 \text{ to } 30)q_c$
Gravelly sand	$E_s = 1200(N + 6)$ $= 600(N + 6) \quad N \leq 15$ $= 600(N + 6) + 2000 \quad N > 15$	
Clayey sand	$E_s = 320(N + 15)$	$E_s = (3 \text{ to } 6)q_c$
Silts, sandy silt, or clayey silt	$E_s = 300(N + 6)$	$E_s = (1 \text{ to } 2)q_c$
	If $q_c < 2500$ kPa use $\S E'_s = 2.5q_c$ 2500 < q_c < 5000 use $E'_s = 4q_c + 5000$ where $E'_s = \text{constrained modulus} = \frac{E_s(1 - \mu)}{(1 + \mu)(1 - 2\mu)} = \frac{1}{m_v}$	
Soft clay or clayey silt		$E_s = (3 \text{ to } 8)q_c$

4. It is not easy to determine if a cohesionless deposit is overconsolidated or what the OCR might be. Cementation may be less difficult to discover, particularly if during drilling or excavation sand "lumps" are present. Carefully done consolidation tests will aid in obtaining the OCR of cohesive deposits as noted in Chap. 2.

در گزارش حاضر با توجه به نتایج آزمایش های تحکیم یک بعدی، آزمون ها صحرای (SPT) و براساس قضاوت مهندسی میزان مدول الاستیسیته تعیین گردیده است، مقدار مدول الاستیسیته خاک معادل ۲۵۰/۰ کیلوگرم برسانتیمتر مربع در نظر گرفته شده است که این مقدار در محاسبات نشست آنی پی های منفرد و نواری استفاده می گردد. فشار مجاز پی های سطحی با ابعاد مختلف بر اساس کنترل نشست ارائه شده است. لازم به ذکر است که در این محاسبات، میزان نشست مجاز برای پی های منفرد و نواری برابر با ۲۵ میلی متر در نظر گرفته شده است.

همچنین با فرض الاستیک بودن خاک و امکان تغییر جانبی ناچیز در مقابل تغییر شکل قائم ضریب پواسون از رابطه زیر دست می آید:

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 75 of 129	Jan 2025

$$K_0 = 1 - \sin \Phi$$

$$\varepsilon_x = \varepsilon_y = \varepsilon_h = 0 \quad \varepsilon_x = \frac{1}{E} (\sigma_x - \nu (\sigma_y + \sigma_z)) = 0$$

$$\sigma_h - \nu \sigma_h - \nu \sigma_v = 0 \rightarrow \sigma_h (1 - \nu) = \nu \sigma_v \rightarrow \frac{\sigma_h}{\sigma_v} = \frac{\nu}{1 - \nu} = K_0 \quad \nu = 0.35$$

- مشخصات فنی معرف رفتار خاک:

مشخصات فنی مدل ژئوتکنیکی معرف رفتار خاک با توجه به مطالب ارائه شده و نتایج حاصل از کاوش های صحرایی، آزمایش های آزمایشگاهی، مقاوت مهندسی و دیدگاه کارشناسی تعیین گردیده و در جدول زیر توصیه شده است:

جدول ۳-۷: مشخصات فنی حاصل از عملیات صحرایی و آزمایشگاهی

ویژگی	SPT	ϕ (°)	C (kg/cm ²)	ν	E (kg/cm ²)	w (%)	γ_d (g/cm ³)	γ_{wt} (g/cm ³)
محدوده اندازه گیری شده	40-70	23-27	0.05 -0.15	0.25-0.38	220-260	2-8	1.8-1.85	1.9-2.0
مقدار توصیه شده	50	25.0	0.08	0.30	250	4.80	1.83	1.97

با مقایسه نتایج بدست آمده از بند های قبلی که ارائه کننده مقادیر ظرفیت باربری مجاز زمین بر اساس کنترل عامل گسیختگی برشی و نشست مجاز پی ها می باشند.

جدول ۳-۸: ظرفیت باربری پی گسترده و کنترل نشست $Df=1$ $L/B=1$

ظرفیت باربری پی گسترده برای $Df=1$ و $L/B=1$						معیار نشست آنی	
معیار گسیختگی							
L	B (m)	Meyerhof (kg/cm ²)	Hansen (kg/cm ²)	vesic (kg/cm ²)	Average (kg/cm ²)	S=7.5cm (kg/cm ²)	allowable (kg/cm ²)
10	10	3.08	2.29	2.92	2.29	2.17	2.17
11	11	3.25	2.37	3.06	2.37	1.97	1.97
12	12	3.42	2.45	3.20	2.45	1.80	1.80
13	13	3.60	2.54	3.35	2.54	1.67	1.67
14	14	3.77	2.62	3.49	2.62	1.55	1.55
15	15	3.94	2.71	3.64	2.71	1.44	1.44
16	16	4.11	2.79	3.78	2.79	1.35	1.35
17	17	4.29	2.88	3.93	2.88	1.27	1.27
18	18	4.46	2.96	4.07	2.96	1.20	1.20
19	19	4.63	3.05	4.22	3.05	1.14	1.14
20	20	4.81	3.13	4.37	3.13	1.08	1.08

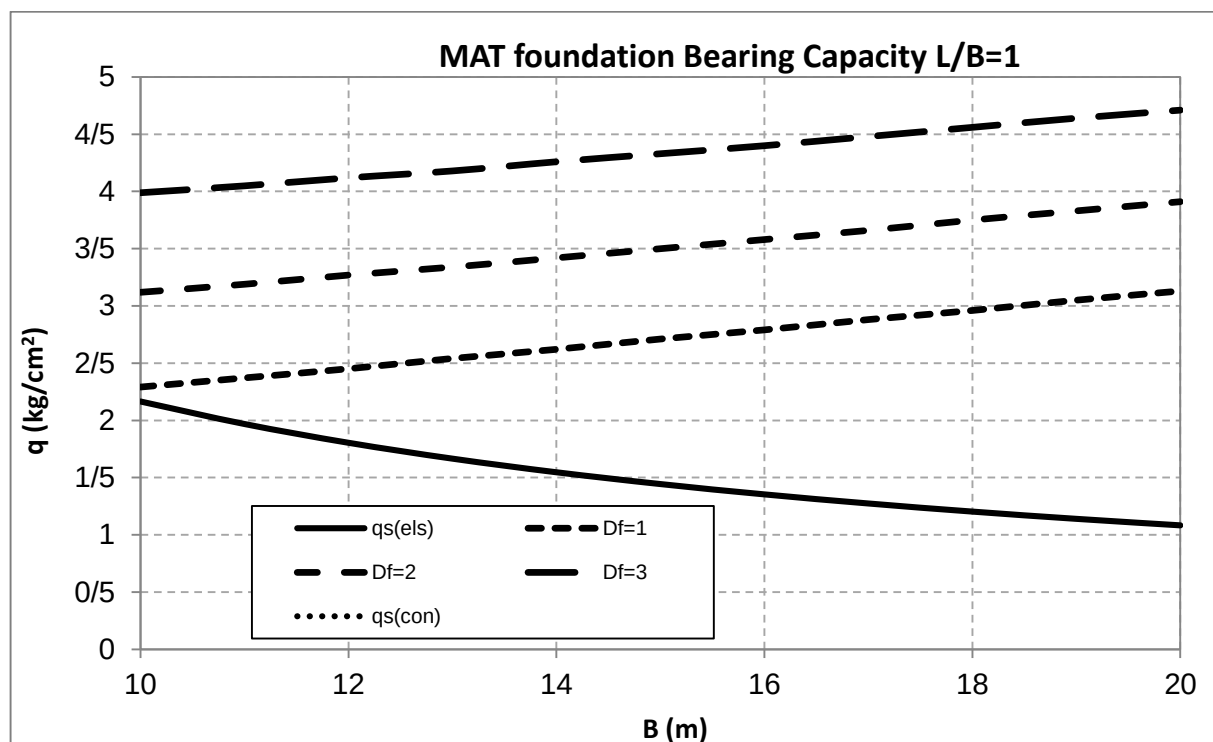
	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 76 of 129	Jan 2025

جدول ۳-۹: ظرفیت باربری پی گسترده و کنترل نشست $Df=2$ $L/B=1$

ظرفیت باربری پی گسترده برای							
$Df=2$ و $L/B=1$							
معیار گسیختگی						معیار نشست آنی	
L	B (m)	Meyerhof (kg/cm ²)	Hansen (kg/cm ²)	S=7.5cm (kg/cm ²)	Average (kg/cm ²)	S=7.5cm (kg/cm ²)	allowable (kg/cm ²)
10	10	3.80	3.12	3.76	3.12	2.17	2.17
11	11	3.97	3.19	3.90	3.19	1.97	1.97
12	12	4.14	3.27	4.03	3.27	1.80	1.80
13	13	4.31	3.34	4.17	3.34	1.67	1.67
14	14	4.48	3.42	4.31	3.42	1.55	1.55
15	15	4.65	3.50	4.45	3.50	1.44	1.44
16	16	4.82	3.58	4.59	3.58	1.35	1.35
17	17	4.99	3.66	4.73	3.66	1.27	1.27
18	18	5.16	3.75	4.88	3.75	1.20	1.20
19	19	5.33	3.83	5.02	3.83	1.14	1.14
20	20	5.51	3.91	5.16	3.91	1.08	1.08

جدول ۳-۱۰: ظرفیت باربری پی گسترده و کنترل نشست $Df=3$ $L/B=1$

ظرفیت باربری پی گسترده برای $Df=6$ و $L/B=1$							
معیار گسیختگی						معیار نشست آنی	
L	B (m)	Meyerhof (kg/cm ²)	Hansen (kg/cm ²)	vesic (kg/cm ²)	Average (kg/cm ²)	S=7.5cm (kg/cm ²)	allowable (kg/cm ²)
10	10	4.54	3.99	4.65	3.99	2.17	2.17
11	11	4.70	4.05	4.77	4.05	1.97	1.97
12	12	4.87	4.12	4.90	4.12	1.80	1.80
13	13	5.03	4.18	5.03	4.18	1.67	1.67
14	14	5.20	4.26	5.16	4.26	1.55	1.55
15	15	5.37	4.33	5.29	4.33	1.44	1.44
16	16	5.53	4.40	5.43	4.40	1.35	1.35
17	17	5.70	4.48	5.57	4.48	1.27	1.27
18	18	5.87	4.56	5.71	4.56	1.20	1.20
19	19	6.04	4.64	5.84	4.64	1.14	1.14
20	20	6.21	4.71	5.98	4.71	1.08	1.08



نمودار ۳-۴: ظرفیت باربری برای پی های گسترده بر حسب عرض و $L/B=1$

جدول ۳-۱۱: ظرفیت باربری پی گسترده و کنترل نشست $D_f=1$ $L/B=1.5$

		Df=1 و L/B=1.5					ظرفیت باربری پی گسترده برای
		معیار گسیختگی				معیار نشست آنی	
L	B (m)	Meyerhof (kg/cm ²)	Hansen (kg/cm ²)	vesic (kg/cm ²)	Average (kg/cm ²)	S=7.5cm (kg/cm ²)	allowable (kg/cm ²)
15	10	2.86	2.34	3.10	2.34	1.79	1.79
16.5	11	3.02	2.44	3.27	2.44	1.63	1.63
18	12	3.19	2.55	3.45	2.55	1.49	1.49
19.5	13	3.35	2.65	3.63	2.65	1.38	1.38
21	14	3.51	2.75	3.81	2.75	1.28	1.28
22.5	15	3.67	2.86	3.98	2.86	1.19	1.19
24	16	3.84	2.96	4.16	2.96	1.12	1.12
25.5	17	4.00	3.06	4.34	3.06	1.05	1.05
27	18	4.16	3.17	4.52	3.17	0.99	0.99
28.5	19	4.33	3.27	4.70	3.27	0.94	0.94
30	20	4.49	3.38	4.88	3.38	0.90	0.90

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 78 of 129	Jan 2025

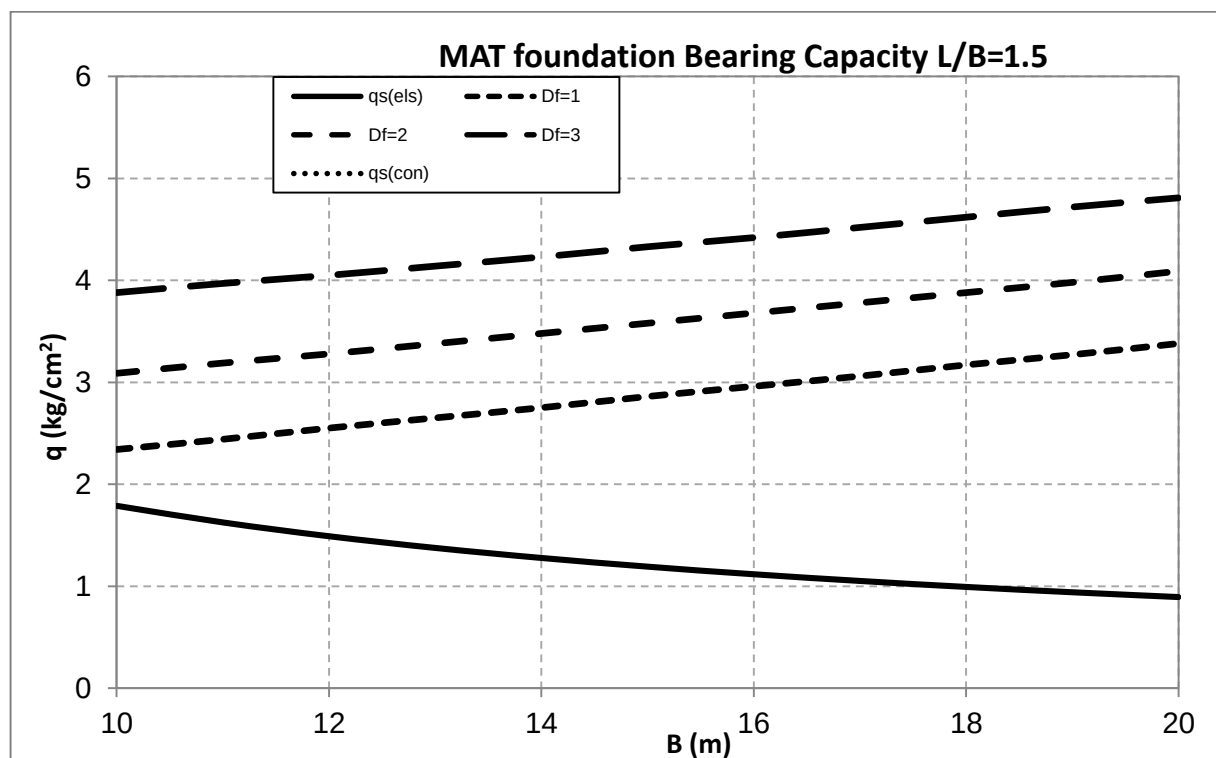
جدول ۳-۱۲: ظرفیت باربری پی گسترده و کنترل نشست $Df=2$ $L/B=1.5$

ظرفیت باربری پی گسترده برای $Df=2$ و $L/B=1.5$							
معیار گسیختگی						معیار نشست آنی	
L	B (m)	Meyerhof (kg/cm ²)	Hansen (kg/cm ²)	vesic (kg/cm ²)	Average (kg/cm ²)	S=7.5cm (kg/cm ²)	allowable (kg/cm ²)
15	10	3.54	3.09	3.86	3.09	1.79	1.79
16.5	11	3.70	3.19	4.03	3.19	1.63	1.63
18	12	3.86	3.28	4.20	3.28	1.49	1.49
19.5	13	4.02	3.38	4.37	3.38	1.38	1.38
21	14	4.18	3.48	4.54	3.48	1.28	1.28
22.5	15	4.34	3.58	4.72	3.58	1.19	1.19
24	16	4.50	3.68	4.89	3.68	1.12	1.12
25.5	17	4.66	3.78	5.07	3.78	1.05	1.05
27	18	4.82	3.88	5.24	3.88	0.99	0.99
28.5	19	4.98	3.98	5.42	3.98	0.94	0.94
30	20	5.14	4.09	5.60	4.09	0.90	0.90

جدول ۳-۱۳: ظرفیت باربری پی گسترده و کنترل نشست $Df=3$ $L/B=1.5$

ظرفیت باربری پی گسترده برای $Df=3$ و $L/B=1.5$							
معیار گسیختگی						معیار نشست آنی	
L	B (m)	Meyerhof (kg/cm ²)	Hansen (kg/cm ²)	vesic (kg/cm ²)	Average (kg/cm ²)	S=7.5cm (kg/cm ²)	allowable (kg/cm ²)
15	10	4.24	3.88	4.66	3.88	1.79	1.79
16.5	11	4.39	3.97	4.82	3.97	1.63	1.63
18	12	4.54	4.05	4.98	4.05	1.49	1.49
19.5	13	4.70	4.14	5.15	4.14	1.38	1.38
21	14	4.85	4.23	5.31	4.23	1.28	1.28
22.5	15	5.01	4.33	5.48	4.33	1.19	1.19
24	16	5.17	4.42	5.65	4.42	1.12	1.12
25.5	17	5.33	4.52	5.82	4.52	1.05	1.05
27	18	5.49	4.62	5.99	4.62	0.99	0.99
28.5	19	5.65	4.72	6.16	4.72	0.94	0.94
30	20	5.81	4.81	6.34	4.81	0.90	0.90

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 79 of 129	Jan 2025



نمودار ۳-۵: ظرفیت باربری برای پی های گسترده بر حسب عرض و $L/B=1.5$

جدول ۳-۱۴: ظرفیت باربری پی گسترده و کنترل نشست $L/B=2$ $Df=1$

		ظرفیت باربری پی گسترده برای $L/B=2$ و $Df=1$					
		معیار گسیختگی				معیار نشست آنی	
L	B (m)	Meyerhof (kg/cm2)	Hansen (kg/cm2)	vesic (kg/cm2)	Average (kg/cm2)	S=7.5cm (kg/cm2)	allowable (kg/cm2)
20	10	2.76	2.37	3.19	2.37	1.59	1.59
22	11	2.91	2.48	3.38	2.48	1.44	1.44
24	12	3.07	2.59	3.57	2.59	1.32	1.32
26	13	3.23	2.70	3.77	2.70	1.22	1.22
28	14	3.38	2.82	3.96	2.82	1.13	1.13
20	15	3.54	2.93	4.16	2.93	1.06	1.06
32	16	3.70	3.05	4.35	3.05	0.99	0.99
34	17	3.85	3.16	4.55	3.16	0.93	0.93
36	18	4.01	3.27	4.74	3.27	0.88	0.88
38	19	4.17	3.39	4.94	3.39	0.83	0.83
40	20	4.33	3.50	5.13	3.50	0.79	0.79

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 80 of 129	Jan 2025

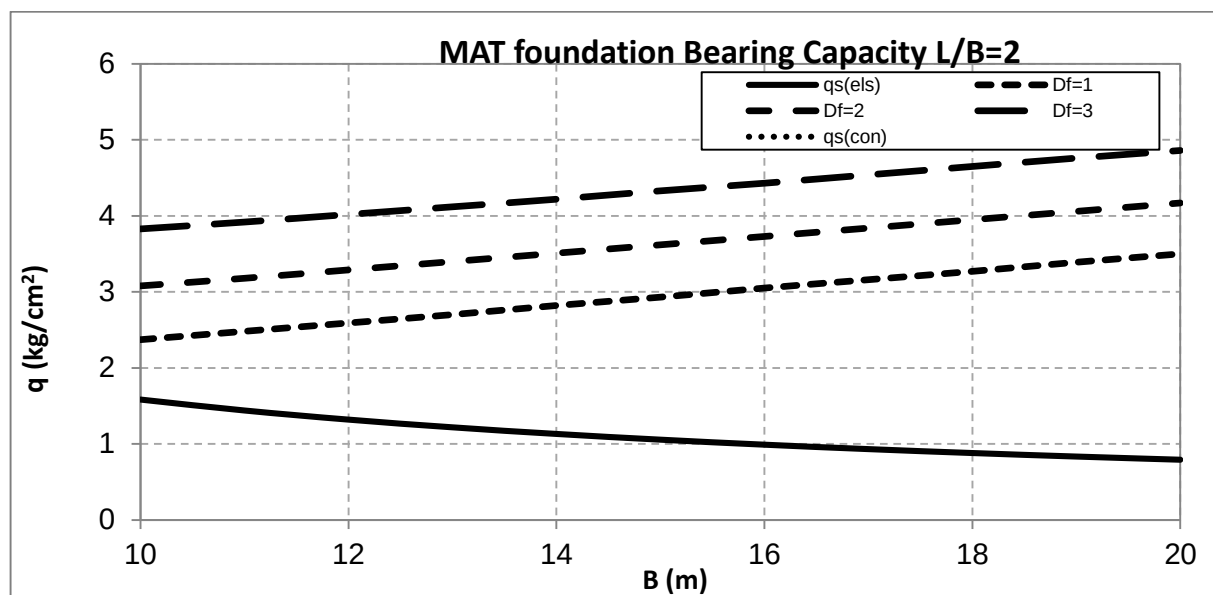
جدول ۳-۱۵: ظرفیت باربری پی گسترده و کنترل نشست $L/B=2$ $Df=2$

		ظرفیت باربری پی گسترده برای $L/B=2$ و $Df=2$					
		معیار نشست					
		معیار گسیختگی					
L	B (m)	Meyerhof (kg/cm ²)	Hansen (kg/cm ²)	vesic (kg/cm ²)	Average (kg/cm ²)	S=7.5cm (kg/cm ²)	allowable (kg/cm ²)
20	10	3.41	3.08	3.91	3.08	1.59	1.59
22	11	3.56	3.18	4.09	3.18	1.44	1.44
24	12	3.72	3.29	4.28	3.29	1.32	1.32
26	13	3.87	3.40	4.47	3.40	1.22	1.22
28	14	4.03	3.51	4.66	3.51	1.13	1.13
20	15	4.18	3.62	4.85	3.62	1.06	1.06
32	16	4.34	3.73	5.04	3.73	0.99	0.99
34	17	4.49	3.84	5.23	3.84	0.93	0.93
36	18	4.65	3.95	5.43	3.95	0.88	0.88
38	19	4.80	4.06	5.62	4.06	0.83	0.83
40	20	4.96	4.17	5.81	4.17	0.79	0.79

جدول ۳-۱۶: ظرفیت باربری پی گسترده و کنترل نشست $L/B=2$ $Df=3$

		ظرفیت باربری پی گسترده برای $L/B=2$ و $Df=3$					
		معیار نشست					
		معیار گسیختگی					
L	B (m)	Meyerhof (kg/cm ²)	Hansen (kg/cm ²)	vesic (kg/cm ²)	Average (kg/cm ²)	S=7.5cm (kg/cm ²)	allowable (kg/cm ²)
20	10	4.08	3.83	4.67	3.83	1.59	1.59
22	11	4.23	3.92	4.84	3.92	1.44	1.44
24	12	4.38	4.02	5.02	4.02	1.32	1.32
26	13	4.53	4.12	5.20	4.12	1.22	1.22
28	14	4.68	4.22	5.39	4.22	1.13	1.13
20	15	4.83	4.33	5.57	4.33	1.06	1.06
32	16	4.99	4.43	5.76	4.43	0.99	0.99
34	17	5.14	4.54	5.95	4.54	0.93	0.93
36	18	5.29	4.65	6.13	4.65	0.88	0.88
38	19	5.45	4.76	6.32	4.76	0.83	0.83
40	20	5.60	4.86	6.51	4.86	0.79	0.79

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 81 of 129	Jan 2025



نمودار ۳-۶: ظرفیت باربری برای پی های گسترده بر حسب عرض و $L/B=2.0$

جدول ۳-۱۷: ظرفیت باربری پی منفرد و کنترل نشست $Df=1$ $L/B=1$

		ظرفیت باربری پی منفرد برای $L/B=1$ و $Df=1$					
		معیار گسیختگی				معیار نشست	
L	B (m)	Meyerhof (kg/cm ²)	Hansen (kg/cm ²)	vesic (kg/cm ²)	Average (kg/cm ²)	S=2/5cm (kg/cm ²)	allowable (kg/cm ²)
1	1	1.77	1.95	2.03	1.77	7.22	1.77
1.5	1.5	1.76	1.83	1.94	1.76	4.81	1.76
2	2	1.80	1.79	1.93	1.79	3.61	1.79
2.5	2.5	1.86	1.79	1.96	1.79	2.89	1.79
3	3	1.92	1.80	2.00	1.80	2.41	1.80

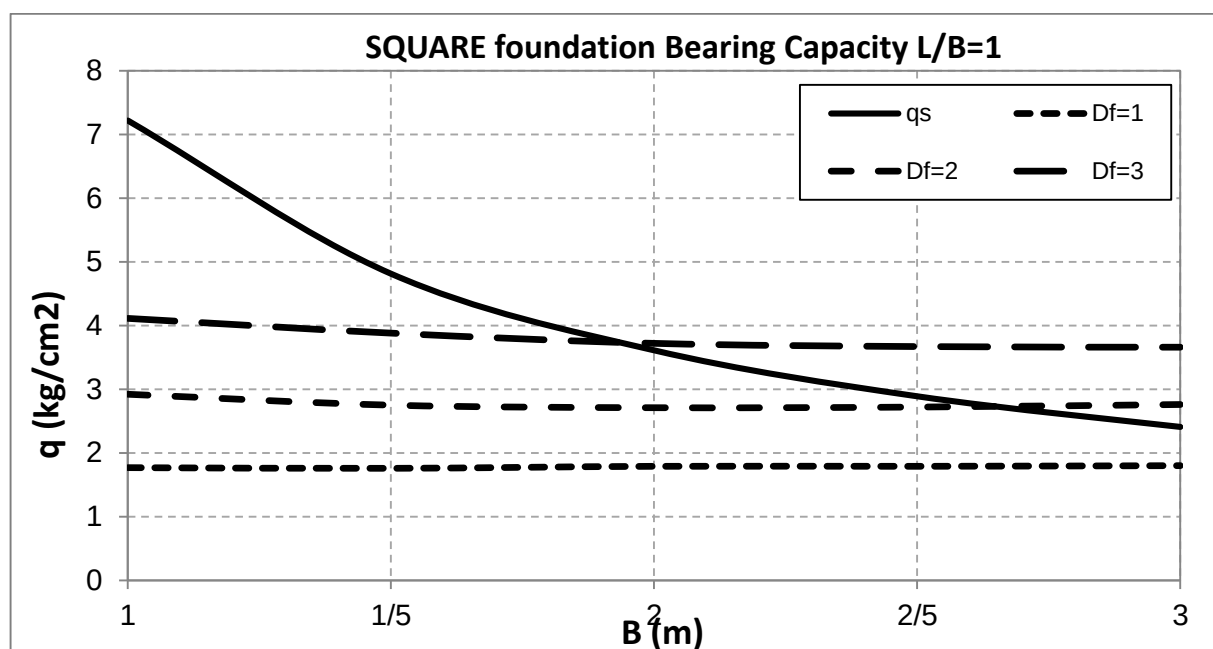
جدول ۳-۱۸: ظرفیت باربری پی منفرد و کنترل نشست $Df=2$ $L/B=1$

		ظرفیت باربری پی منفرد برای $L/B=1$ و $Df=2$					
		معیار گسیختگی				معیار نشست	
L	B (m)	Meyerhof (kg/cm ²)	Hansen (kg/cm ²)	vesic (kg/cm ²)	Average (kg/cm ²)	S= 5cm (kg/cm ²)	allowable (kg/cm ²)
1	1	2.92	2.99	3.09	2.92	7.22	2.92
1.5	1.5	2.75	2.90	3.04	2.75	4.81	2.75
2	2	2.71	3.00	3.16	2.71	3.61	2.71
2.5	2.5	2.72	2.90	3.09	2.72	2.89	2.72
3	3	2.76	2.85	3.07	2.76	2.41	2.41

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 82 of 129	Jan 2025

جدول ۳-۱۹: ظرفیت باربری پی منفرد و کنترل نشست $Df=3$ $L/B=1$

		ظرفیت باربری پی منفرد برای $Df=3$ و $L/B=1$					
		معیار گسیختگی				معیار نشست	
L	B (m)	Meyerhof (kg/cm ²)	Hansen (kg/cm ²)	vesic (kg/cm ²)	Average (kg/cm ²)	S= 5cm (kg/cm ²)	allowable (kg/cm ²)
1	1	4.27	4.11	4.24	4.11	7.22	4.11
1.5	1.5	3.88	4.02	4.18	3.88	4.81	3.88
2	2	3.72	3.95	4.13	3.72	3.61	3.61
2.5	2.5	3.67	3.89	4.10	3.67	2.89	2.89
3	3	3.66	4.05	4.30	3.66	2.41	2.41



نمودار ۳-۷: ظرفیت باربری برای پی منفرد بر حسب عرض و $L/B=1$

جدول ۳-۲۰: ظرفیت باربری پی نواری و کنترل نشست $Df=1$ $L/B=5$

		ظرفیت باربری پی نواری برای $Df=1$ و $L/B=5$					
		معیار گسیختگی				معیار نشست	
L	B (m)	Meyerhof (kg/cm ²)	Hansen (kg/cm ²)	vesic (kg/cm ²)	Average (kg/cm ²)	S=2/5cm (kg/cm ²)	allowable (kg/cm ²)
5	1	1.42	1.55	1.65	1.42	3.85	1.42
7.5	1.5	1.42	1.49	1.64	1.42	2.57	1.42
10	2	1.46	1.50	1.69	1.46	1.92	1.46
12.5	2.5	1.51	1.53	1.77	1.51	1.54	1.51
15	3	1.57	1.57	1.85	1.57	1.28	1.28

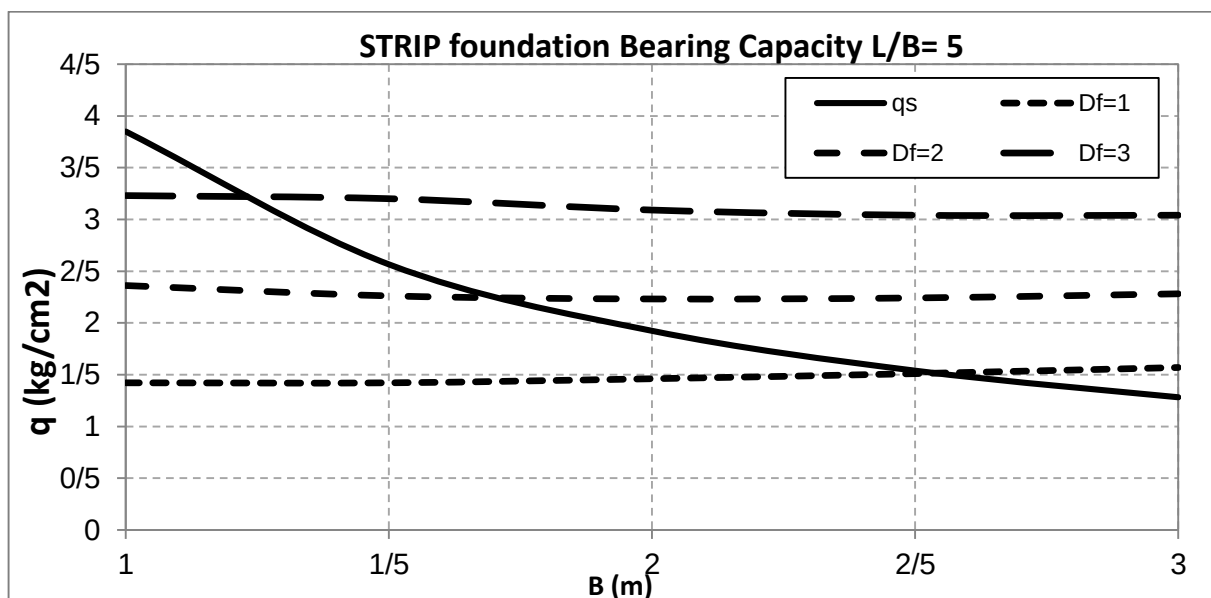
	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 83 of 129	Jan 2025

جدول ۳-۲۱: ظرفیت باربری پی نواری و کنترل نشست $Df=2$ $L/B=5$

		و $Df=2$ $L/B=5$				ظرفیت باربری پی نواری برای	
		معیار گسیختگی				معیار نشست	
L	B (m)	Meyerhof (kg/cm ²)	Hansen (kg/cm ²)	vesic (kg/cm ²)	Average (kg/cm ²)	S=2/5cm (kg/cm ²)	allowable (kg/cm ²)
5	1	2.39	2.36	2.46	2.36	3.85	2.36
7.5	1.5	2.26	2.33	2.48	2.26	2.57	2.26
10	2	2.23	2.43	2.63	2.23	1.92	1.92
12.5	2.5	2.24	2.39	2.63	2.24	1.54	1.54
15	3	2.28	2.38	2.67	2.28	1.28	1.28

جدول ۳-۲۲: ظرفیت باربری پی نواری و کنترل نشست $Df=3$ $L/B=5$

		و $Df=3$ $L/B=5$				ظرفیت باربری پی نواری برای	
		معیار گسیختگی				معیار نشست	
L	B (m)	Meyerhof (kg/cm ²)	Hansen (kg/cm ²)	vesic (kg/cm ²)	Average (kg/cm ²)	S=2/5cm (kg/cm ²)	allowable (kg/cm ²)
5	1	3.52	3.23	3.34	3.23	3.85	3.23
7.5	1.5	3.21	3.20	3.35	3.20	2.57	2.57
10	2	3.09	3.17	3.37	3.09	1.92	1.92
12.5	2.5	3.04	3.16	3.41	3.04	1.54	1.54
15	3	3.04	3.32	3.61	3.04	1.28	1.28



نمودار ۳-۸: ظرفیت باربری برای پی های نواری بر حسب عرض و $L/B=5.0$

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 84 of 129	Jan 2025

جدول ۳-۲۳: ظرفیت باربری پی نواری و کنترل نشست $Df=1$ $L/B=7.5$

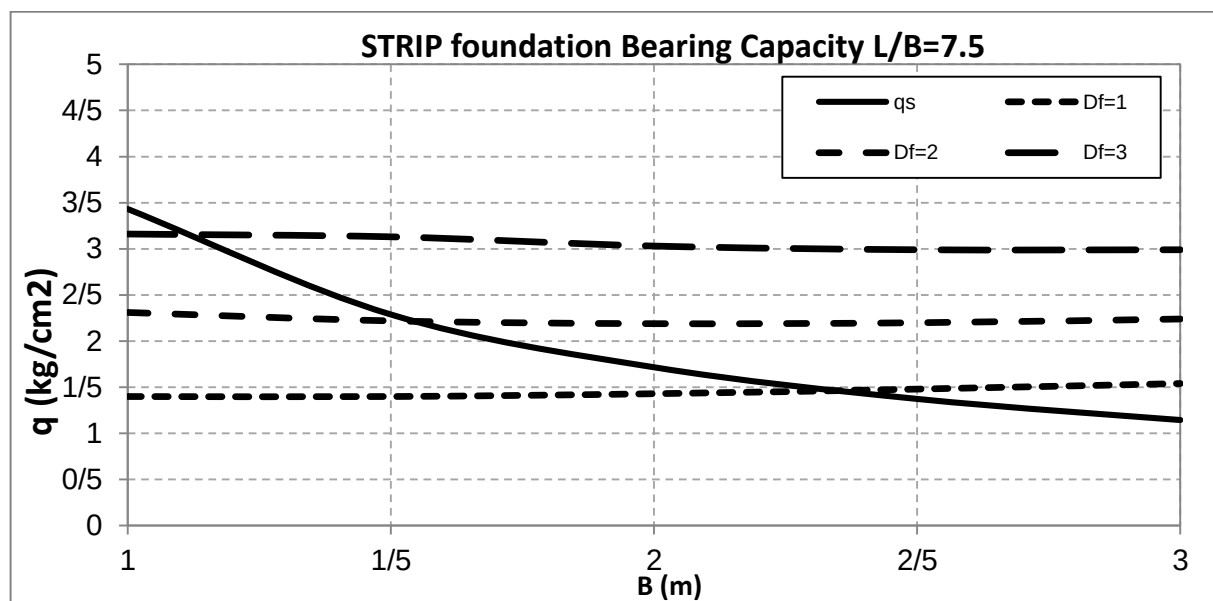
		و $Df=1$ $L/B=7.5$				ظرفیت باربری پی نواری برای	
		معیار گسیختگی				معیار نشست	
L	B (m)	Meyerhof (kg/cm ²)	Hansen (kg/cm ²)	vesic (kg/cm ²)	Average (kg/cm ²)	S=2/5cm (kg/cm ²)	allowable (kg/cm ²)
7.5	1	1.40	1.52	1.62	1.40	3.43	1.40
11.25	1.5	1.40	1.47	1.61	1.40	2.29	1.40
15	2	1.43	1.47	1.67	1.43	1.72	1.43
18.75	2.5	1.48	1.51	1.75	1.48	1.37	1.37
22.5	3	1.54	1.55	1.84	1.54	1.14	1.14

جدول ۳-۲۴: ظرفیت باربری پی نواری و کنترل نشست $Df=2$ $L/B=7.5$

		و $Df=2$ $L/B=7.5$				ظرفیت باربری پی نواری برای	
		معیار گسیختگی				معیار نشست	
L	B (m)	Meyerhof (kg/cm ²)	Hansen (kg/cm ²)	vesic (kg/cm ²)	Average (kg/cm ²)	S=2/5cm (kg/cm ²)	allowable (kg/cm ²)
7.5	1	2.35	2.31	2.41	2.31	3.43	2.31
11.25	1.5	2.22	2.28	2.43	2.22	2.29	2.22
15	2	2.19	2.39	2.58	2.19	1.72	1.72
18.75	2.5	2.20	2.35	2.59	2.20	1.37	1.37
22.5	3	2.24	2.34	2.64	2.24	1.14	1.14

جدول ۳-۲۵: ظرفیت باربری پی نواری و کنترل نشست $Df=3$ $L/B=7.5$

		و $Df=3$ $L/B=7.5$				ظرفیت باربری پی نواری برای	
		معیار گسیختگی				معیار نشست	
L	B (m)	Meyerhof (kg/cm ²)	Hansen (kg/cm ²)	vesic (kg/cm ²)	Average (kg/cm ²)	S=2/5cm (kg/cm ²)	allowable (kg/cm ²)
7.5	1	3.46	3.16	3.27	3.16	3.43	3.16
11.25	1.5	3.15	3.13	3.28	3.13	2.29	2.29
15	2	3.03	3.11	3.31	3.03	1.72	1.72
18.75	2.5	2.99	3.10	3.35	2.99	1.37	1.37
22.5	3	2.99	3.26	3.55	2.99	1.14	1.14



نمودار ۳-۹: ظرفیت باربری برای پی های نواری بر حسب عرض و $L/B=7.5$

جدول ۳-۲۶: ظرفیت باربری پی نواری و کنترل نشست $Df=1$ $L/B=10$

		و $Df=1$ $L/B=10$				ظرفیت باربری پی نواری برای	
		معیار گسیختگی				معیار نشست	
L	B (m)	Meyerhof (kg/cm ²)	Hansen (kg/cm ²)	vesic (kg/cm ²)	Average (kg/cm ²)	S=2/5cm (kg/cm ²)	allowable (kg/cm ²)
10	1	1.38	1.50	1.60	1.38	3.18	1.38
15	1.5	1.38	1.45	1.60	1.38	2.12	1.38
20	2	1.42	1.46	1.66	1.42	1.59	1.42
25	2.5	1.47	1.50	1.74	1.47	1.27	1.27
30	3	1.53	1.54	1.84	1.53	1.06	1.06

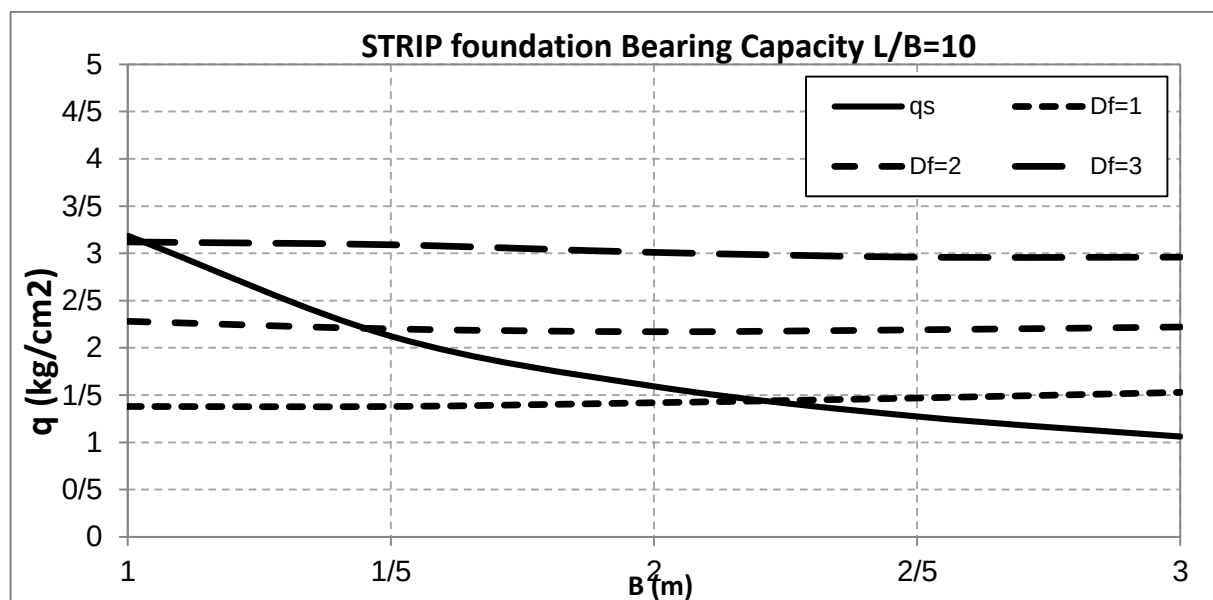
جدول ۳-۲۷: ظرفیت باربری پی نواری و کنترل نشست $Df=2$ $L/B=10$

		و $Df=2$ $L/B=10$				ظرفیت باربری پی نواری برای	
		معیار گسیختگی				معیار نشست	
L	B (m)	Meyerhof (kg/cm ²)	Hansen (kg/cm ²)	vesic (kg/cm ²)	Average (kg/cm ²)	S=2/5cm (kg/cm ²)	allowable (kg/cm ²)
10	1	2.32	2.28	2.38	2.28	3.18	2.28
15	1.5	2.20	2.26	2.41	2.20	2.12	2.12
20	2	2.17	2.36	2.56	2.17	1.59	1.59
25	2.5	2.19	2.33	2.57	2.19	1.27	1.27
30	3	2.22	2.33	2.62	2.22	1.06	1.06

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 86 of 129	Jan 2025

جدول ۳-۲۸: ظرفیت باربری پی نواری و کنترل نشست $Df=3$ $L/B=10$

		ظرفیت باربری پی نواری برای $L/B=10$ و $Df=3$					
		معیار گسیختگی				معیار نشست	
L	B (m)	Meyerhof (kg/cm ²)	Hansen (kg/cm ²)	vesic (kg/cm ²)	Average (kg/cm ²)	S=2/5cm (kg/cm ²)	allowable (kg/cm ²)
10	1	3.43	3.12	3.23	3.12	3.18	3.12
15	1.5	3.12	3.09	3.25	3.09	2.12	2.12
20	2	3.01	3.07	3.28	3.01	1.59	1.59
25	2.5	2.96	3.07	3.32	2.96	1.27	1.27
30	3	2.96	3.23	3.52	2.96	1.06	1.06



نمودار ۳-۱۰: ظرفیت باربری برای پی های نواری بر حسب عرض و $L/B=10$

جدول ۳-۲۹: ظرفیت باربری پی نواری و کنترل نشست $Df=1$ $L/B=12.5$

		ظرفیت باربری پی نواری برای $L/B=12.5$ و $Df=1$					
		معیار گسیختگی				معیار نشست	
L	B (m)	Meyerhof (kg/cm ²)	Hansen (kg/cm ²)	vesic (kg/cm ²)	Average (kg/cm ²)	S=2/5cm (kg/cm ²)	allowable (kg/cm ²)
12.5	1	1.37	1.49	1.59	1.37	3.02	1.37
18.75	1.5	1.37	1.44	1.59	1.37	2.01	1.37
25	2	1.41	1.45	1.65	1.41	1.51	1.41
31.25	2.5	1.46	1.49	1.74	1.46	1.21	1.21
37.5	3	1.52	1.54	1.83	1.52	1.01	1.01

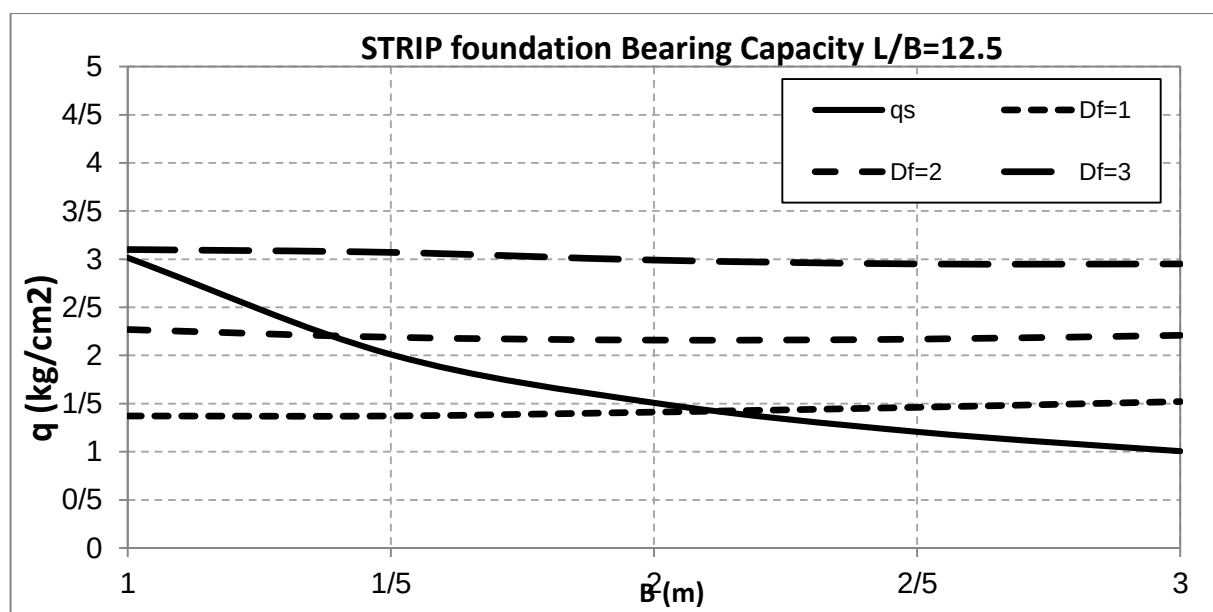
	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 87 of 129	Jan 2025

جدول ۳-۳۰: ظرفیت باربری پی نواری و کنترل نشست $Df=2$ $L/B=12.5$

		و $L/B=12.5$ $Df=2$				ظرفیت باربری پی نواری برای	
		معیار گسیختگی				معیار نشست	
L	B (m)	Meyerhof (kg/cm ²)	Hansen (kg/cm ²)	vesic (kg/cm ²)	Average (kg/cm ²)	S=2/5cm (kg/cm ²)	allowable (kg/cm ²)
12.5	1	2.31	2.27	2.37	2.27	3.02	2.27
18.75	1.5	2.19	2.24	2.39	2.19	2.01	2.01
25	2	2.16	2.35	2.55	2.16	1.51	1.51
31.25	2.5	2.17	2.31	2.56	2.17	1.21	1.21
37.5	3	2.21	2.31	2.61	2.21	1.01	1.01

جدول ۳-۳۱: ظرفیت باربری پی نواری و کنترل نشست $Df=3$ $L/B=12.5$

		و $L/B=12.5$ $Df=3$				ظرفیت باربری پی نواری برای	
		معیار گسیختگی				معیار نشست	
L	B (m)	Meyerhof (kg/cm ²)	Hansen (kg/cm ²)	vesic (kg/cm ²)	Average (kg/cm ²)	S=2/5cm (kg/cm ²)	allowable (kg/cm ²)
12.5	1	3.41	3.10	3.20	3.10	3.02	3.02
18.75	1.5	3.11	3.07	3.22	3.07	2.01	2.01
25	2	2.99	3.06	3.26	2.99	1.51	1.51
31.25	2.5	2.95	3.05	3.30	2.95	1.21	1.21
37.5	3	2.95	3.21	3.51	2.95	1.01	1.01



نمودار ۳-۱۱: ظرفیت باربری برای پی های نواری بر حسب عرض و $L/B=12.5$

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 88 of 129	Jan 2025

۳-۴- فشار های جانبی خاک

مقدار فشار جانبی خاک وارد بر پشت یک دیوار تابعی از حرکات دیوار، سیستم استاتیکی دیوار و مشخصات فنی خاک و دیوار می باشد. البته تغییرات فشار خاک در اثر تغییرات رطوبت آن برای سازه هایی که در خشکی قرار دارند نیز مطرح است. در مورد خاک های شن و ماسه ای تغییرات رطوبت باعث تغییر وزن مخصوص خاک گردیده و نهایتاً مقدار فشار خاک وارده تغییر می نماید.

علاوه بر مطالب بالا تغییرات سطح آب در پشت دیوار نیز باعث تغییرات فشار آب و خاک می گردد که بایستی در تعیین مقادیر فشار های افقی وارد بر دیوار در نظر گرفته شود.

نحوه پخش فشار محرک و مقاوم خاک بر پشت دیوار برای مصالح خشک همگن به صورت خطی تابعی از عمق نقطه مورد نظر از سطح خاک می باشد و مقدار آن برابر است با:

$$p_a = K_a (\gamma h + q) - 2 C \sqrt{K_a}$$

$$p_p = K_p (\gamma h + q) - 2 C \sqrt{K_p}$$

در رابطه فوق:

q : سربار قائم وارد بر سطح خاک

P_a : فشار خاک محرک وارد بر دیوار

P_p : فشار خاک مقاوم وارد بر دیوار

γ : وزن مخصوص طبیعی خاک پشت دیوار

h : ارتفاع نقطه ای که فشار آن مورد نظر است.

φ : زاویه اصطکاک داخلی خاک

ضرائب فشار جانبی خاک در شرایط استاتیکی و هنگام وقوع زلزله (شرایط دینامیکی) با استفاده از روابط تجربی ارائه می گردد. در روابط مزبور پارامتر های به کار رفته به شرح زیر می باشند:

α : زاویه شیب سطح خاک پشت دیوار نسبت به افق

β : زاویه شیب سطح دیوار نسبت به افق

δ : زاویه اصطکاک بین خاک و دیوار ($\delta = \frac{2\varphi}{3}$)

K_a : ضریب فشار محرک

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 89 of 129	Jan 2025

K_p : ضریب فشار مقاوم

K_0 : ضریب فشار سکون

۳-۴-۱- تعیین ضرائب فشار جانبی خاک در حالت استاتیکی

ضرایب فشار خاک محرک و مقاوم بر اساس روش رانکین طبق فرمول های ذیل بدست می آیند. باید به این نکته توجه داشت در تئوری رانکین، سطح خاک پشت دیوار حایل افقی و سطح تماس دیوار با خاک، قائم فرض شده و از اصطکاک خاک با دیوار صرف نظر شده است.

$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right)$$

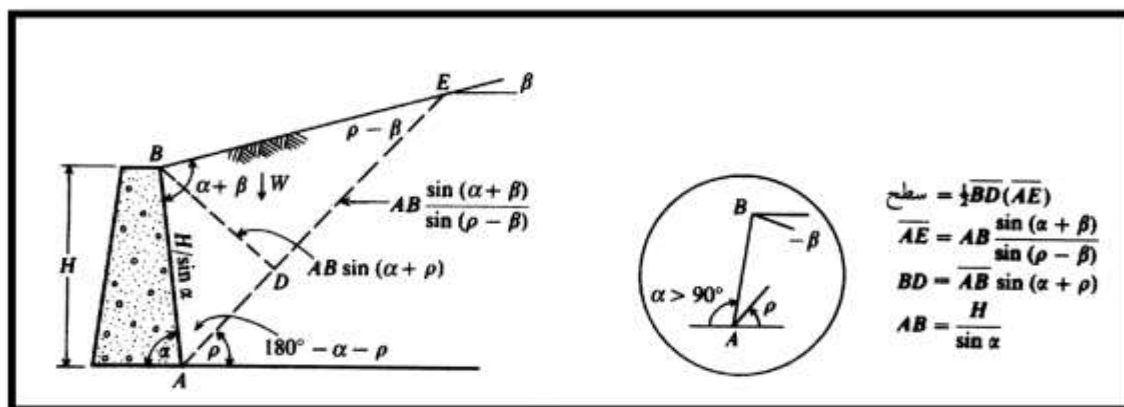
$$K_p = \tan^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right)$$

$$K_0 = 0.95 - \sin(\varphi)$$

ضرایب فشار خاک محرک و مقاوم بر اساس روش کولمب طبق فرمول های ذیل بدست می آیند.

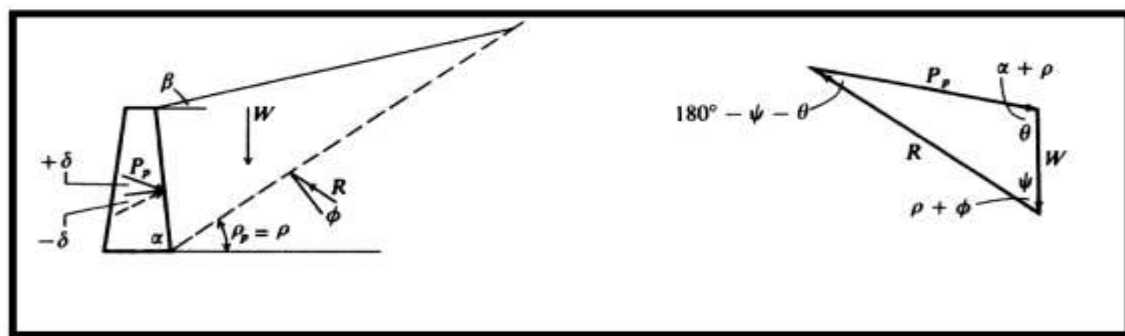
$$K_a = \frac{\sin^2(\beta + \varphi)}{\sin^2 \beta \cdot \sin(\beta - \delta) \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi - \alpha)}{\sin(\beta - \delta) \cdot \sin(\alpha + \beta)}} \right]^2}$$

$$K_p = \frac{\sin^2(\beta - \varphi)}{\sin^2 \beta \cdot \sin(\beta + \delta) \cdot \left[1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi + \alpha)}{\sin(\beta + \delta) \cdot \sin(\alpha + \beta)}} \right]^2}$$



شکل ۳-۱: گوه گسیختگی کولمب برای حالت محرک

گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز						
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 90 of 129	Jan 2025



شکل ۳-۲: گوه گسیختگی کولمب برای حالت مقاوم

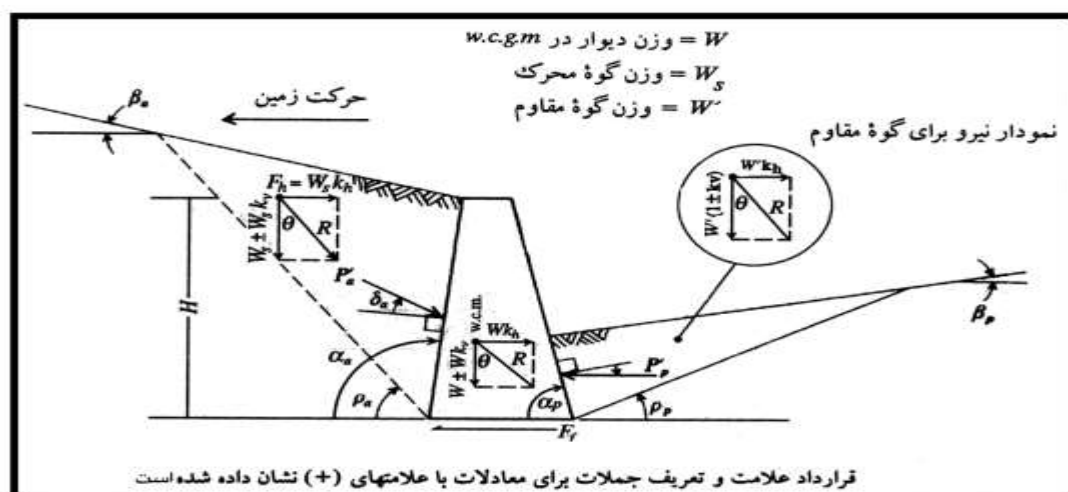
۳-۴-۲- تعیین ضرائب فشار جانبی خاک در حالت دینامیکی (هنگام وقوع زلزله)

ضرائب فشار محرک و مقاوم کولمب در هنگام زلزله با توجه به وجود نیروهای اینرسی در امتداد های افقی و قائم به صورت ذیل به دست می آیند:

$$K_{ae} = \frac{\sin^2(\beta + \varphi - \theta)}{\cos \theta \sin^2 \beta \cdot \sin(\beta - \theta - \delta) \cdot \left[1 + \frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi - \theta - \alpha)}{\sin(\beta - \theta - \delta) \cdot \sin(\alpha + \beta)} \right]^2}$$

$$K_{pe} = \frac{\sin^2(\beta + \theta - \varphi)}{\cos \theta \sin^2 \beta \cdot \sin(\beta + \theta + \delta) \cdot \left[1 - \frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi - \theta + \alpha)}{\sin(\beta + \theta + \delta) \cdot \sin(\alpha + \beta)} \right]^2}$$

$$\theta = \tan^{-1} \left[\frac{K_h}{1 - K_v} \right]$$



شکل ۳-۳: گوه گسیختگی کولمب حالت زلزله

K_h : ضریب زلزله افقی

K_v : ضریب زلزله قائم

گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز						
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 91 of 129	Jan 2025

با توجه به امکان تغییر شکل و یا تغییر مکان نسبی دیوار حائل و خاک، فشار های دینامیکی و اثرات ناشی از شتابهای شبه استاتیکی بر گوه کولمب در حالت محرک یا مقاوم با استفاده از روش شبه استاتیکی مونونوبه - اوکابه که در واقع تعمیم نظریه رانش جانبی کولمب می باشد، قابل محاسبه خواهد بود.

با توجه به مشخصات مقاومتی زمین در محدوده مورد بررسی $\phi = 22.50$ مقادیر ضرائب فشار محرک، سکون و مقاوم پیشنهادی برای دیوار صاف با وجه پشتی قائم و خاکریز با سطح افقی در جدول زیر ذکر شده است.

جدول ۳-۲۴: ضرایب فشار جانبی خاک در حالت استاتیکی و دینامیکی

نوع رفتار خاک	ϕ	Δ	شرایط عادی (K)	شرایط زلزله (K _e)
سکون (K0)	22.5	-	0.62	-
فشار محرک (Ka)	22.5	0	0.45	0.85
		11	0.40	0.88
فشار مقاوم (Kp) (SF=1.0)	22.5	0	2.24	1.55
		15	3.34	1.87

۳-۵- ارزیابی خطر گود پروژه

جهت ارزیابی خطر گود قائم از روابط مبحث هفتم مقررات ملی ساختمان استفاده شده است بدین منظور عمق h_c از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$h_c = \frac{\gamma_c}{\gamma \sqrt{K_a}} - \frac{q}{\gamma}$$

h_c : عمق مجاز گودبرداری بر حسب متر

C: چسبندگی خاک بر حسب کیلو پاسکال

γ : وزن مخصوص بر حسب کیلونیوتون بر متر مربع

q: سربار معادل

ϕ : زاویه اصطکاک داخلی

- اگر فاصله ساختمان مجاور لبه گود کمتر از عمق گود باشد، کل بار ساختمان در محاسبات در نظر گرفته می شود.
- اگر آب جاری باشد آنگاه همواره خطر گود زیاد یا بسیار زیاد می باشد.
- اگر خاکی که در آن گودبرداری انجام می شود دستی یا فاقد چسبندگی قابل اعتماد باشد خطر گود باتوجه به معیارهای دیگر زیاد یا بسیار زیاد است.
- چنانچه ساختمان موجود در حوزه تاثیر ناپایداری گود دارای یکی از مشخصات در بندهای زیر باشد، خطر گود همواره بسیار زیاد در نظر گرفته می شود.

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 92 of 129	Jan 2025

الف) ساختمان فاقد انسجام و یکپارچگی کافی برای تحمل نشست های افقی و قائم نظیر ساختمان بدون اسکلت یا بدون پی پیوسته بتنی مسلح (پی های نواری و گسترده) یا هر گونه ساختمانی که در آن نشانه آشکار فرسودگی و ضعف در باربری مشاهده گردد.

ب) ساختمان با ارزش فرهنگی و تاریخی

ج) ساختمان با اهمیت بسیار زیاد در استاندارد ۲۸۰۰

د) ساختمان ۸ طبقه یا بیشتر

- در صورت وجود تاسیسات شهری عمده (مانند خطوط اصلی آب، گاز و مخابرات) در مجاورت گود، خطر گود زیاد یا بسیار زیاد ارزیابی می شود.

جدول ۳-۲۵: ارزیابی گود با دیوار قائم

خطر گود	عمق گود از زیر پی	عمق گود از تراز صفر	h/hc
معمولی	صفر	کمتر از ۴ متر	کمتر از ۰/۵
زیاد	بین صفر تا ۶ متر	بین ۴ تا ۱۰ متر	بین ۰/۵ تا ۲
بسیار زیاد	بیش از ۶ متر	بیشتر از ۱۰ متر	بیش از ۲

محاسبه پایداری سطوح شیبدار در واقع محاسبه ضریب اطمینان در مقابل لغزش می باشد. معمولاً وزن خاک بالای سطح لغزش و احتمالاً نیروی تراوش تمایل دارند باعث شکست شیروانی شوند و از طرفی مقاومت برشی در سطح لغزش مانع این عمل می شوند. لذا پایداری سطوح شیبدار، مقایسه تنش برشی و مقاومت برشی در سطح لغزش می باشد. عمق بحرانی گودبرداری با در نظر گرفتن سطح زمین طبیعی به صورت افقی و عدم وجود سربار و دستگاه لرزاننده نزدیک دیواره گود دست می آید.

$$F_s = \frac{\text{مقاومت برشی موجود}}{\text{مقاومت برشی لازم پایداری}}$$

محاسبه براساس روش تیلور، ضریب پایداری (Ns) برای تحلیل شیروانی های واقع در خاکهای همگن بر حسب تنش کل به صورت ذیل بیان شده است. با توجه به اینکه ضریب پایداری تابع زاویه شیب گودبرداری و زاویه اصطکاک بوده که مقدار آن از کتاب داس بدست می آید.

$$H_{cr} = \frac{C}{\gamma \times N_s}$$

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 93 of 129	Jan 2025

جدول ۳-۲۶: ارتفاع و شیب مجاز مجاز گودبرداری

ضریب اطمینان شیب	Fs = 1	Fs = 1.5	Fs = 2	Fs = 2.5
90	2.329	1.362	0.955	0.734
80	3.059	1.726	1.190	0.905
70	4.163	2.235	1.508	1.133
60	6.023	3.011	1.970	1.456

۳-۶- ارزیابی خطر زمین لرزه

هدف از ارزیابی خطر زلزله این است که پیشبینی های لازم در مورد مقاومت سازه به عمل آید به طوری که سازه در برابر زلزله های قوی احتمالی آینده، صدمه ساختمانی اندک ببیند. پارامتر های مهم برای طراحی سازه های مقاوم در برابر زلزله، از قبیل بیشترین شتاب افقی زمین، سرعت، حرکت و میزان جابجایی زمین، فرکانس امواج زلزله و مدت زمان نوسانات باید از طریق بررسی های دقیق زمین شناسی، زمین ساختی و مکانیک خاک مورد ارزیابی قرار گیرد. آنچه که مبنای بررسی ها قرار می گیرد تعیین بیشترین شتاب حرکت افقی زمین است که براساس روش های تحلیلی و تجربی برای محل سازه برآورد می شود. بر مبنای داده های لرزه زمین ساختی، ویژگی های گسل های ناحیه، زمین ارزه های روی داده و توان لرزه زائی گسل ها می توان برآورد تحلیلی از شتاب حرکت افقی زمین به عمل آورد. معمولاً در طراحی ساختمان های متعارف از مقررات آیین نامه های موجود استفاده می شود و بدین ترتیب دقت مورد نیاز رعایت می گردد. با توجه داشت که آیین نامه ساختمانی، صورت ساده شده ای از معیارهای محاسبه نیروی وارده بر سازه را ارائه می دهد که تاب پایداری مورد نیاز سازه را میتوان براساس آن محاسبه کرد.

جدول ۳-۳۵: نسبت شتاب مبنای طرح در مناطق با لرزه خیزی مختلف

جدول ۱-۲ آیین نامه ۲۸۰۰ مقررات ملی ساختمان		
منطقه	توصیف	نسبت شتاب مبنای طرح به شتاب ثقل
۱	پهنه با خطر نسبی خیلی زیاد	۰/۳۵
۲	پهنه با خطر نسبی زیاد	۰/۳۰
۳	پهنه با خطر نسبی متوسط	۰/۲۵
۴	پهنه با خطر نسبی کم	۰/۲۰

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 94 of 129	Jan 2025

جدول ۳-۳۶: جدول ضرایب مربوط به طرح لرزه ای زمین

جدول ۲-۲ آیین نامه ۲۸۰۰ مقررات ملی ساختمان						
نوع زمین	T ₀	T _s	خطر نسبی کم و متوسط		خطر نسبی زیاد و خیلی زیاد	
			S ₀	S	S ₀	S
I	۰/۱	۰/۴	۱/۵	۱/۰	۱/۵	۱/۰
II	۰/۱	۰/۵	۱/۵	۱/۰	۱/۵	۱/۰
III	۰/۱۵	۰/۷	۱/۷۵	۱/۱	۱/۷۵	۱/۱
IV	۰/۱۵	۱/۰	۲/۲۵	۱/۳	۱/۷۵	۱/۱

جدول ۳-۳۷: جدول طبقه بندی نوع زمین

جدول ۲-۳ آیین نامه ۲۸۰۰ مقررات ملی ساختمان				
نوع زمین	توصیف لایه بندی زمین	پارامترها		
		Cu (kPa)	N1 (60)	Vs (m/s)
I	سنگ و شبه سنگ، شامل سنگ های آذرین، دگرگونی و رسوبی و خاکهای سیمانته بسیار محکم با حداکثر ۵ متر مصالح ضعیف تر تا سطح زمین	-	-	>۷۵۰
II	خاک خیلی متراکم یا سنگ سست، شامل شن و ماسه خیلی متراکم، رس بسیار سخت با ضخامت بیشتر از ۳۰ متر که مشخصات مکانیکی آن با افزایش عمق به تدریج بهبود یابد. سنگ آذرین و رسوبی سست، مانند توف و یا سنگ متورق و یا کاملاً هوازده	>۲۵۰	>۵۰	۷۵۰-۳۷۵
III	خاک متراکم تا متوسط، شامل شن و ماسه متراکم تا متوسط یا رس های سخت با ضخامت بیشتر از ۳۰ متر	۷۰-۲۵۰	۱۵-۵۰	۱۷۵-۳۷۵
IV	خاک متوسط تا نرم، لایه های خاک غیر چسبنده یا با کمی خاک چسبنده با تراکم متوسط تا کم، لایه های خاک کاملاً چسبنده نرم تا محکم.	<۷۰	<۱۵	<۱۷۵

- با توجه به شرایط جوی و جنس خاک موجود در محل، حداقل عمق پی از نظر یخبندان ۷۵ سانتیمتر می باشد. با توجه به شرایط آب و هوایی موجود، مسئله ذوب و یخبندان نگران کننده نخواهد بود.
- با توجه به اینکه ایران از مناطق زلزله خیز بوده، و با ملاحظه نقشه ها و آمار زمین شناسی کشور مربوط به فعالیت گسل و مناطق زلزله خیز ایران لازم است در اجرای پروژه بتن ریزی و پی سازی نکات ایمنی و آیین نامه های زلزله را جهت حصول اطمینان کافی رعایت نمود. بر اساس دستور العمل های آیین نامه ۲۸۰۰ ایران در طرح ساختمان ها در برابر زلزله و با توجه به مشخصات، نوع مصالح مورد نظر و نتایج آزمایش دانهول، **نوع زمین منطقه از طبقه (III) و همچنین دارای خطر نسبی متوسط می باشد.** بر این اساس، شتاب مبنای طرح 0.25g بوده و پارامترهای مورد استفاده که در جدول شماره (۲-۲) آیین نامه ۲۸۰۰ ویرایش چهارم پیشنهاد شده است به شرح زیر می باشد:

$$T_0 = 0.15 \text{ sec}$$

$$T_s = 0.7 \text{ sec}$$

$$S = 1.75$$

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 95 of 129	Jan 2025

یادآوری می شود در خصوص مطالعات لرزه خیزی صرفاً به ارائه مطالب فوق الذکر و ذکر پارامترهای آیین نامه ای اکتفا شده است. لیکن در صورت نیاز به طیف طراحی ویژه ساختگاه بر مبنای شناخت کامل گسل ها و لرزه زمین ساخت منطقه توصیه می شود مطالعات لرزه خیزی کامل در منطقه مورد نظر انجام گیرد.

۳-۷ پی های شمعی

۳-۷-۱ تعیین ظرفیت باربری تک شمع

چنانچه نیروهای وارد بر شالوده های سطحی جوابگوی بارهای وارده نباشد و یا زمین ظرفیت باربری کمی داشته باشد، بارهای وارده با استفاده از پی های عمیق (شمع) به لایه های زیرین خاک منتقل می شود. ظرفیت باربریی نهایی شمع را می توان مجموع ظرفیت باربری نوک شمع و ظرفیت باربری اصطکاکی جلدی شمع در نظر گرفت:

$$Q_u = Q_s + Q_p$$

Q_u : ظرفیت باربری نهایی شمع

Q_p : ظرفیت باربری نوک شمع

Q_s : ظرفیت باربری اصطکاکی جدار شمع

• مقاومت نوک شمع Q_p

برای شمع ها در حالت برخورد به سنگ باید از مقاومت فشاری تک محوری سنگ استفاده نمود در این حالت ظرفیت باربری نوک شمع به صورت زیر محاسبه می شود:

$$Q_p = \sum q_u \times A_p = \sum A_p (C \cdot N_c \cdot d_c + q' \cdot N_q \cdot d_q)$$

q_u : مقاومت فشاری تک محوری سنگ (ظرفیت باربری نهایی واحد سطح نوک)

A_p : سطح مقطع نوک شمع

$$A_p = \pi D^2 / 4$$

C : چسبندگی خاکی که نوک شمع به آن متکی است

q' : تنش موثر قائم در تراز نوک شمع

• مقاومت اصطکاکی Q_s

مقاومت اصطکاکی یا جلدی شمع به صورت زیر تعریف می شود:

$$Q_s = \sum \alpha \times c_u \times p \times \Delta_l$$

P : محیط مقطع شمع

$$P = \pi \times D$$

Δ_l : طول شمع که در آن α ثابت فرض شده اند

C_u : چسبندگی زهکشی نشده خاک در سر تا سر طول شمع

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 96 of 129	Jan 2025

α : فاکتور چسبندگی

• ظرفیت باربری مجاز شمع

پس از تعیین ظرفیت باربری نهایی شمع با جمع ظرفیت باربری نوک و ظرفیت باربری مقاومت اصطکاکی با اعمال یک ضریب اطمینان مناسب ظرفیت باربری مجاز شمع بدست می آید.

$$Q_{all} = Q_u / F_S$$

مقدار ضریب اطمینان برای محاسبه ظرفیت باربری مجاز شمع ۴-۲/۵ می باشد که در پروژه حاضر مقدار آن ۴ در نظر گرفته شده است. لازم بذکر است که ضریب اطمینان برای محاسبه ظرفیت باربری جدار شمع و نوک شمع با یکدیگر متفاوت گرفته شده است.

جدول ۳-۳۰: ظرفیت باربری نهایی و مجاز تک شمع

ظرفیت باربری مجاز شمع (ton)	ظرفیت باربری نهایی شمع (ton)	طول شمع (m)	قطر شمع (m)
35.00	140.02	5	0.8
66.24	264.97	10	
97.48	389.91	15	
51.75	207.00	5	1
97.61	390.46	10	
143.48	573.91	15	
71.70	286.78	5	1.2
134.91	539.65	10	
198.13	792.52	15	

۳-۷-۲- تخمین محدوده نشست تک شمع

نشست یک شمع تحت بار بهره برداری قائم ناشی از سه عامل می باشد.

$$S = S_1 + S_2 + S_3$$

S : نشست کلی شمع

S_1 : نشست به علت تغییر شکل الاستیک تنه شمع

S_2 : نشست الاستیک خاک در نوک شمع

S_3 : نشست الاستیک خاک اطراف تنه شمع

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 97 of 129	Jan 2025

• تعیین نشست S_1

در صورتی که مصالح شمع الاستیک فرض شود، با استفاده از اصول مکانیک، تغییر شکل الاستیک تنه شمع طبق رابطه زیر تعریف می شود

$$S_1 = \frac{(Q_{wp} + E Q_{ws})L}{A_p \times E_p}$$

Q_{wp} : بار حمل شده در نوک شمع تحت بار بهره برداری

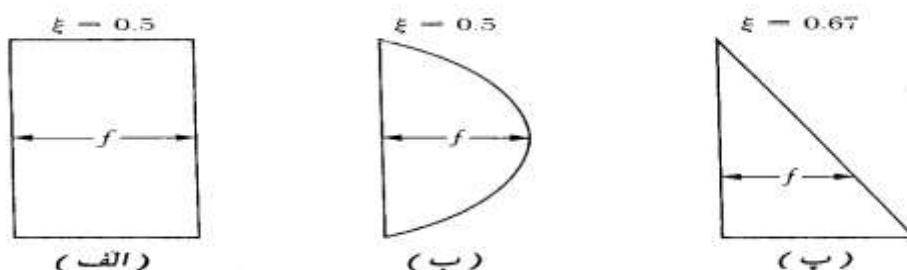
Q_{ws} : بار حمل شده به وسیله مقاومت اصطکاکی تحت بار بهره برداری

A_p : سطح مقطع عرضی شمع

L : طول شمع

E_p : ضریب الاستیسیته مصالح شمع

مقدار E بستگی به توزیع نیروی مقاوم اصطکاکی در ارتفاع شمع دارد که مقادیر آن در اشکال زیر آورده شده است:



شکل ۳-۴: مقادیر E

• تعیین نشست S_2

نشست الاستیک خاک به علت بار حمل شده در نوک شمع را می توان به روشی مشابه شالوده های سطحی تعیین کرد

$$S_2 = \frac{Q_{wp} \cdot C_p}{D \cdot q_p}$$

D : عرض یا قطر شمع

q_p : ظرفیت باربری نهایی نوک شمع (بر واحد سطح)

C_p : ضریب تجربی

گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز						
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 98 of 129	Jan 2025

جدول ۳-۳۱: مقادیر ضریب تجربی C_p

شمع درجاریز	شمع کوبیده شده	نوع خاک
0.09-0.18	0.02-0.04	ماسه (متراکم تا شل)
0.03-0.06	0.02-0.03	رس (سفت تا نرم)
0.09-0.12	0.03-0.05	لای (متراکم تا شل)

• تعیین نشست S_3

نشست الاستیک خاک به علت بار حمل شده توسط تنه شمع را می توان با استفاده از رابطه نیمه تجربی ذیل تعیین کرد.

$$S_3 = (Q_{ws} \times C_s) / (L \times q_p)$$

$$C_s = (0.93 + 0.16 \sqrt{\frac{L}{D}}) \times C_p$$

جدول ۳-۳۲: میزان نشست تک شمع

نشست کل شمع (mm)	نشست الاستیک خاک اطراف تنه شمع mm	نشست الاستیک در نوک شمع mm	نشست به علت تغییر شکل الاستیک تنه شمع mm	طول شمع (m)	قطر شمع (m)
(St)	(S3)	(S2)	(S1)	(m)	(m)
12.41	0.75	11.54	0.12	5	0.8
21.75	0.85	20.49	0.42	10	
26.34	0.92	24.63	0.80	15	
15.44	0.91	14.42	0.11	5	1
27.03	1.01	25.61	0.40	10	
32.63	1.10	30.78	0.75	15	
18.48	1.06	17.31	0.11	5	1.2
32.30	1.18	30.73	0.39	10	
38.94	1.27	36.94	0.73	15	

• فاصله شمع ها و ضریب گروه

حداقل فاصله مرکز تا مرکز شمع ها نبایستی کمتر از سه برابر قطر آنها باشد.

$$W = 0.02L + 2.5D$$

بطور معمول چنانچه فاصله فوق بین شمع ها رعایت شوند، نیازی به اعمال ضریب گروه به ظرفیت باربری شمع ها نمی باشد.



جمع بندی، نتیجه گیری و توصیه های فنی

فصل چهارم



اهداف فصل:

- جمع بندی نهایی
- نتیجه گیری از عملیات میدانی و آزمایشگاهی
- ارائه توصیه های فنی و اجرایی..

گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز						
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 100 of 129	Jan 2025

۴-۱- مقدمه

بر اساس مطالعات انجام شده شامل آزمایش های درمحل و آزمایش های آزمایشگاهی، می توان بیان نمود که خاک محل مورد مطالعه شامل لایه های درشت دانه با درصد قابل توجهی از خاک ریزدانه می باشد. خاک این محدوده براساس روش طبقه بندی متحد خاک (Unified Soil Classification System) عمدتاً در گروه خاک های ماسه رس دار (SC-sand - Clayey) طبقه بندی می شوند. سطح آب زیرزمینی در هنگام حفاری روئیت نگردیده است لذا در عمقی بیش از عمق حفاری قرار دارد.

۴-۲- پارامتر های ژئوتکنیکی خاک در محدوده مورد نظر

برای دستیابی به پارامتر های طراحی، خاک منطقه مورد مطالعه در محدوده تاثیر تنش شالوده ها را می توان عمدتاً از یک لایه خاک ماسه رس دار تقسیم بندی نمود.

۴-۲-۱- ظرفیت باربری مجاز

با توجه به آزمایش های انجام شده و پارامترهای مکانیکی و فیزیکی زمین و بر اساس روابط موجود، ظرفیت باربری مجاز خاک برای انواع پی های منفرد، مستطیلی و نواری با عرض های مختلف با فرض قرارگیری پی در عمق های ۱ و ۲ و ۳ متری تعیین گردیده و در فصل سوم این گزارش به تفصیل ارائه شده است. لازم به ذکر است که با توجه به مشخص نبودن مقادیر لنگر خمشی بارها و خروج از مرکزیت آنها در تراز شالوده، این مقادیر در محاسبه ظرفیت باربری منظور نشده اند.

۴-۳- توصیه های فنی و اجرایی

- حداقل عمق مدفون پی سطحی (Df) متناسب با ضخامت خاک دستی مشاهده شده در محدوده هر یک از شالوده ها در نظر گرفته شده و از احداث پی بر روی خاک های دست خورده و نخاله های ساختمانی خودداری کرده و محل استقرار آن ها بر روی خاک بکر قرار گیرد.
- در اجرای شالوده ها می بایست کلیه اصول فنی از جمله نحوه بتن ریزی، پوشش لازم بتن برای محافظت از خوردگی آرماتور ها و عیار سیمان مصرفی و سایر نکات اجرایی رعایت شود. قبل از بتن ریزی شالوده ها می بایست کف پی ها با بتن مگر ضعیف پوشانده شود.
- براساس جدول ۲۰ آیین نامه مبحث ۹ مقررات ملی ساختمان (بتن) و با توجه به میزان سولفات موجود در خاک، خاک محل نقاط مختلف پروژه، از نظر شرایط محیطی در رده ملایم قرار می گیرد. اگر شالوده در تماس با سفره آب متغیر قرار دارد، از سیمان نوع I استفاده شود (عیار سیمان نباید کمتر از ۳۱۰ کیلوگرم بر متر مکعب باشد و نسبت آب به سیمان نباید از ۰/۵ تجاوز کند).
- هنگامی که مساله پایداری بتن از نظر سولفات و کلریدها به طور همزمان مطرح باشد، استفاده از سیمان تیپ II می تواند موثر باشد. بنابراین می توان گفت پایداری بتن از ویژگی های بسیار مهم سازه های بتنی به شمار می آید و با توجه به شرایط خورنده ای که در برخی مناطق ایران وجود دارد، طراحی بتن پایا از اهمیتی ویژه برخوردار است.

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 101 of 129	Jan 2025

- آیین نامه بتن ایران درصد مجاز کلر در خاک موجود در خاک مجاور بتن را جهت تعیین نوع سیمان مصرفی ارائه ننموده است. لیکن به این نکته اشاره دارد که در مناطق جنوبی ایران که آب و هوای گرم و مرطوب دارند وجود یون کلرید در بتن می تواند مشکل ساز باشد.
- هنگامی از سیمان ضد سولفات (V) استفاده می شود ممکن است کم بودن مقدار تری کلسیم آلومینات (C3A) موجب آزادی عمل یون کلرید شود که به خوردگی آرماتور منجر می شود. در واقع مطالعات مربوط به پایداری بتن در شرایط مهاجم نشان داده که با استفاده از سیمان های محتوی ۵ تا ۸ درصد تری کلسیم آلومینات، ترک خوردگی ناشی از خوردگی فولاد کمتر از آن می شود که حاوی کمتر از ۵ درصد از این ماده باشد.
- محاسبه ظرفیت باربری و نشست براساس رطوبت طبیعی زمین در زمان حفاری صورت گرفته است. نشست آب و اشباع لایه های خاک زیر پی علاوه بر کاهش ظرفیت باربری بر مقدار نشست ها خواهد افزود. از این رو لازم است به نحو مقتضی از نشست آب زیر پی ممانعت شود.
- توصیه می شود در هنگام بارندگی ها، دیواره گودبرداری ها بوسیله پوشش مناسب از معرض بارش باران و ... دور بماند. اجرای شالوده ها باید بعد از خشکانیدن کف گود صورت گیرد.
- با توجه به حجم فاضلاب احتمالی و بالا بودن سطح سفره آب زیرزمینی، قاعدتاً از سیستم چاه جذبی جهت دفع فاضلاب استفاده نشده و بهتر است تمهیداتی جهت اتصال سیستم دفع فاضلاب ساختمان به شبکه فاضلاب شهری در نظر گرفته شود.
- جهت جلوگیری از تجمع و نفوذ هرگونه آب به اطراف پی ها توصیه می گردد با طراحی مناسب سیستم آبرسانی، جمع آوری و دفع آب های سطحی و همچنین احداث سپتیک تانک در خارج محدوده سازه اقدام گردد. ضمناً فضای سبز حداقل ۵ تا ۱۰ متر بیشتر از لبه پی ساختمان فاصله داشته باشند.
- زهکشی اطراف ساختمان ها یک راهکار مناسب جهت جلوگیری از فرو رفتن آب سطحی و جاری به زیر پی ساختمان ها می باشد. جهت ایجاد کانال زهکشی اطراف ساختمان های موجود عملیات اجرایی ذیل انجام گردد:
- حفر کانال به عرض ۱۰۰ تا ۱۲۰ سانتیمتر و به عمق حداقل ۱۰۰ سانتیمتر از تراز کف پی به پایین و دور کردن خاک استخراج شده، این کانال در امتداد قائم دیواره پی موجود باشد که آب های احتمالی در اثر شکستن لوله های تاسیسات و نشست آب روی پی به کانال هدایت شوند. در صورتی که امکان حفر کانال در امتداد دیواره قائم پی تمهیداتی به کار برد تا آب به داخل کانال هدایت شود.
- کف کانال را حدود ۱۰ سانتیمتر بتن سبک (مگر) اجرا کرده و شیب طولی از وسط هر ضلع ساختمان به دو طرف در حدود ۵/۰ تا ۱ درصد باشد.
- روی بتن مگر، جداول هدایت آب به صورت کتابی استفاده و اجرا شود.
- لوله زهکشی مخصوص که از جنس PVC محکم و سوراخ دار هستند وسط جدول کتابی قرار گیرد. قطر لوله می تواند حدود ۲۰ سانتیمتر باشد و از استاندارد لوله های زهکشی برخوردار باشد به طوری که علاوه بر راحتی دریافت آب از مقاومت کافی برای تحمل وزن حداقل ۲ الی ۳ متر مکعب خاک روی خود باشد.
- روی لوله زهکشی سوراخ دار یک لایه ژئوتکستایل به منظور ایجاد یک لایه فیلتر پخش شود. نقش لایه فیلتر عبور آب بدون اجازه عبور ذرات به داخل لوله زهکشی می باشد.

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 102 of 129	Jan 2025

- روی لایه ژئوتکستایل در حدود ۳۰ سانتی متر شن ریز ۶-۰ میلیمتر ریخته و سپس روی آن شن متوسط ۱۲-۶ میلیمتر به ضخامت حدود ۳۰ سانتیمتر اجرا و در آخر تا سطح زیر کف سازی از مصالح رودخانه ای پشت سرندي استفاده گردد.
- در چهار طرف ساختمان ۴ حلقه چاه به عمق ۱۰ تا ۱۵ متر با فاصله حداقل ۵ تا ۷ متری از لبه پی به صورت قائم حفر و با کول گذاری محافظت شوند. سپس لوله های زهکشی از سطح زمین به این چاه ها متصل گردند.
- به منظور بستر سازی زیر پی با توجه به اینکه خاک زیر پی عمدتاً از نوع رسی می باشد لازم است جهت جلوگیری از خورده شدن میلگردها ابتدا بتن کم عیار به صورت مگر ریخته شود. همچنین برای رعایت پوشش های لازم برای آرماتور در محیط های تماس با خاک توصیه می گردد حداقل پوشش بتن برابر ۵ سانتیمتر برای محافظت از آرماتورها در نظر گرفته شود.

جدول ۴-۱: مقادیر حداقل ضخامت پوشش بتن روی میلگرد (میلیمتر) در شرایط محیطی

بند ۹-۶-۴ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان				
نوع قطعه	نوع شرایط محیطی			
	متوسط	شدید	خیلی شدید	فوق العاده شدید
تیرها و ستون ها	۴۵	۵۰	۷۵	۷۵
دال ها و تیرچه ها	۳۰	۳۰	۶۰	۶۰
دیوارها و پوسته ها	۲۵	۳۰	۵۵	۵۵
شالوده ها	۵۰	۶۰	۹۰	۹۰

- با توجه به پارامترهای مقاومتی خاک در محدوده مورد نظر و در صورت نیاز به گودبرداری بصورت قائم در مجاورت حریم همسایه ها نیاز به پایدارسازی جداره های گود می باشد. لازم است حین گود برداری کمال دقت و احتیاط رعایت شود. لذا لازم است کلیه موارد ایمنی و اصول فنی مربوطه در حین گود برداری، از سوی کارفرما و زیر نظر مهندس ناظر مد نظر قرار گیرد.
- تنش مجاز اعلام شده به عنوان ظرفیت باربری پی ها برای حالاتی است که مجموع بار مرده و زنده در دراز مدت اثر می نمایند. در صورتی که تنش های کوتاه مدت (مثل باد و زلزله) در نظر گرفته شوند، بایستی تنش های اعلام شده را به میزان ۲۵ درصد بیشتر در نظر گرفت.
- توصیه می شود در کلیه مراحل ساخت سازه آزمایش های کنترل کیفیت بتن، میلگرد، سیمان و سایر مصالح ساختمانی انجام شود تا از سلامت مصالح مورد مصرف در سازه اطمینان کامل کسب گردد.
- وجود قنوات در محدوده محل احداث سازه ها می تواند خطرناک باشد. مواردی چون ریزش ناگهانی مسیر قنوات مترو که می تواند موجب افزایش چشمگیر نشست شالوده ها گردد. بررسی های به عمل آمده در جریان این مطالعات، در محل حفر گمانه آنومالی روئیت نگردیده است؛ در صورت شناسایی قنوات و حفره های احتمالی دیگر بایستی اقدام به پر نمودن حفره ها و قنات های بایر و احیاء و تقویت قنات های دایر گردد. در مورد روش تقویت یا پر نمودن قنات ها کلیات زیر پیشنهاد می گردد:

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 103 of 129	Jan 2025

۱- برای قنات هایی که کوره آنها در عمق کمتر از ۲ برابر عرض پی در زیر یا مجاورت (بلافاصله حداکثر ۱/۵ برابر عرض شالوده ها) پی پایه ها و کوله ها استقرار دارند، می بایست مسیر قنات دایر به خارج از فاصله ۳B از مجاورت پی منتقل گردد و پس از حفر کوره و کول گذاری قنات جدید اقدام به انحراف قنات و پر نمودن و کور کردن مسیر قنات قبلی نمود.

۲- در صورت وجود قنات بایر و یا هر نوع حفره دیگر در زیر پی و تا فاصله ۱/۵ برابر عرض پی از مجاورت پی، میله و کوره قنات یا حفره مذکور با مصالح مناسبی مانند بتن مگر پر گردد.

• به دلیل احتمال تفاوت زیاد نوع و جنس، قوام، تخلخل و ضخامت لایه ها و میان لایه ها در منطقه، مقدار ظرفیت باربری های برآورد شده، فقط مختص محدوده محل گمانه ها بوده و نمی توان با قطعیت برای همه گستره محدوده زیر سازه های مجاور آن را تعمیم داد.

محدودیت ها:

۱- کلیه موارد مندرج در گزارش، بر اساس نتایج حاصل از حفاری ۱۵ حلقه گمانه بوده و این نتایج، لزوم قابل تعمیم به سایر نواحی منطقه نمی باشد.

۴-۴- نتیجه گیری نهایی و پیشنهاد روش های فنی برای طراحی سازه های شالوده با لحاظ مسائل اقتصادی

با توجه به مجموعه نتایج آزمایشگاهی و صحرایی و نیز مشاهدات و بازدیدهای در محل می توان نتیجه گیری نمود که خاک محدوده پروژه عمدتاً انباشته های عظیمی از خاک های ماسه ای رس دار می باشد. بنابراین با توجه به تراز سفره آب زیرزمینی (GWT) نشست های آبی پس از اجرای سازه مورد توجه بوده و لازم است طراحی پی براساس محاسبات نشست انجام شود. برای افزایش مقاومت خاک و تقویت فونداسیون و به جهت کاهش مخاطرات و یا در حالتی که مقاومت مجاز ارائه شده نیاز طراحی سازه را برآورده نسازد، در شرایط مختلف روش های ذیل مورد استفاده قرار می گیرند.

۱- تثبیت و مقاوم سازی زمین با استفاده از روش تزریق سیمن و میکروپایل و ژئوگرید

۲- تثبیت و مقاوم سازی خاک با استفاده از ملات باتارد و ژئوگرید (به روش لای کوبی) و اجرای ستون های سنگی

۳- افزایش تعداد طبقات زیرزمین

۴- بکارگیری روش های سبک سازی در احداث ساختمان

۵- اجرای شمع های درجا با طول و قطر مناسب

در صورتی که ظرفیت باربری پی پاسخگوی نیازهای طراحی نباشد، هریک از راهکارهای فوق بر اساس نظر کارفرمای محترم و نماینده فنی کارفرما می تواند مورد استفاده قرار گیرد.

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 104 of 129	Jan 2025

بر اساس شرایط ژئوتکنیکی پروژه مورد نظر از دیدگاه مقاومتی (فیزیکی و مکانیکی) و شیمیایی در خاک محدوده پروژه در گمانه حفاری شده این آزمایشگاه راهکار زیر را برای بهسازی خاک توصیه می نماید:

تسلیح خاک با ژئوگرید به همراه بهسازی زمین به وسیله شمع های سنگی (ستون سنگی) و یا شمع های بتنی مسلح با ترکیب و ترتیب مشخص (پس از تحلیل و طراحی نرم افزاری) و همچنین بکارگیری روش های سبک سازی در احداث ساختمان.

لازم به ذکر است که جزئیات نحوه بهسازی پروژه مورد نظر در صورت نیاز کارفرما محترم و بعد از درخواست ایشان به صورت جداگانه ارائه می گردد.

با توجه به مشاهدات صورت گرفته در محدوده پروژه پیشنهاد می شود:

۱. گودبرداری تا عمق مورد نیاز
۲. استفاده از سیمان تیپ II در شالوده

گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز						
نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳	
شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 105 of 129	Jan 2025	

یادداشت:

با توجه به مطالعات آزمایشگاهی و صحرایی و مشاهدات در محل، می‌توان نتیجه‌گیری نمود که مجموعه نتایج حاصل از لحاظ آماری و ژئوتکنیک آماری با قابلیت اعتماد بالایی قابل تعمیم به کل محدوده پروژه خواهد بود. در هر صورت، با توجه به طبیعت تنوع قابل توجه در پروفیل خاک موجود در عمق زمین، احتمال تغییرات در پروفیل خاک محدوده پروژه غیر ممکن نیست. لذا به منظور جلوگیری از هرگونه مشکل ژئوتکنیکی در حین گودبرداری یا زمان اجرای پروژه، لازم است در صورت مشاهده هرگونه مورد مشکوک، مراتب کتباً به این مشاور اعلام گردد تا اقدامات لازم جهت مرتفع نمودن مشکلات احتمالی اعمال گردد. بدیهی است در غیر اینصورت هیچگونه مسئولیتی برعهده این مشاور نمی باشد.

ایمان ملکی

مهندسین مشاور آزمون جوش کرمان

	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 106 of 129	Jan 2025

منابع و مراجع

1-Bowles, J. E., "Foundation Analysis and Design", 5th edition, 1999

2-Japan International Cooperation Agency (JICA) & Center for Earthquake and Enviromental Studies of Tehran (CEST), "The Study On Seismic Micro Zoning Of The greater Tehran Area in the Islamic Republic of iran", 2000.

۳- آئین نامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله (استاندارد - ۲۸۰۰-ایران)، ویرایش چهارم، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.

۴- اصول مهندسی ژئوتکنیک، Braja M. Das، ترجمه شاپور طاحونی، ۱۳۸۴ جلد اول و دوم

۵- اصول مهندسی پی، علیرضا رهایی، ۱۳۷۷.

۶- اصول و مبانی گودبرداری و سازه های نگهبان، وزارت مسکن و شهرسازی

۷- پژوهش و بررسی ژرف نو زمین ساخت و لرزه زمین ساخت و خطر زمین لرزه گسلش در گستره تهران و پیرامون، بربریان، قریشی، ارژنگ روش و اشجعی، گزارش ۵۶ سازمان زمین شناسی کشور، ۱۳۷۱.

۸- زمین شناسی ایران، نوشته علی درویش زاده

۹- مبحث ۷ مقررات ملی ساختمانی ایران، پی وی سازی - ویرایش سال ۱۳۹۲

۱۰- مقررات ملی ساختمان ایران، مبحث نهم: طرح و اجرای ساختمان های بتن آرمه

۱۱- مکانیک خاک جلد اول و دوم، نوشته کامبیز بهنیا و امیر محمد طباطبائی

۱۲- سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، ۱۳۸۳، آیین نامه تن ایران-آبا، نشریه ۱۲۰

۱۳- استاندارد های بین المللی انجام آزمایش ها AASHTOO-BS-ASTM

۱۴- فصلنامه ژئوتکنیک و مقاومت مصالح ۱۳۷۳، شماره ۶۸، شرکت آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک



پیوست

فصل پنجم



این فصل شامل:

- نیمرخ (لاگ) چاهک های اکتشافی
- منحنی های دانه بندی، هیدرومتری و حدود اتربرگ
- نتایج آزمایش های برش مستقیم، تک محوری و تحکیم
- آزمایش صحرایی SPT و ارزیابی پتانسیل روانگرایی
- آنالیز شیمیایی
- جدول خلاصه نتایج



نیمرخ (لاگ) چاهک های حفاری

پیوست شماره 1



آریانپوری جم
شرکت مهندسیین مشاور (سهامی خاص)

BH-1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
مشخصات پروژه		پروژه کارفرما آدرس کد پروژه	نبرگاه خورشیدی، ۶۰ مگالوای گهر انرژی، سیرجان شرکت گهر انرژی سیرجان سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز RG-1403-255			عمق سطح آب زیرزمینی از تراز صفر تاریخ حفاری لاگ نویس		ارتفاع مختصه طول مختصه عرض کنترل کننده		- - - م. عبداللهی		نمونه																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
عمق (m)	شیب آب (m)	نوع نمونه	طبقه بندی متخلل	هشماره استاندارد لایه	توصیف زمین شناسی	Filed Tests				عمق (m)	آزمایش دانه بندی و هیدرومتری خاک		حدود آتروگ	وزن مخصوص متخلل grcmr	آزمایش برش مستقیم		آزمایش سه محوری			آزمایش تحکیم		آزمایش CBR		آزمایش شیمی خاک		K cm set																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
						SPT					Gravel (%)	Clay-Silt (%)			Sand (%)	LL (%)	PL (%)	PI (%)	W (%)	Gs	Y _d	Test Type C (Kg/cm2)	Φ (o)	Test Type C (Kg/cm2)	Φ (o)		Φ (o)	qu (Kg/cm2)	Cc	eo	Dry Saturate	pH	TDS(ppm)	salt(%)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
						۳۰-cm	۱۵-cm	۱۵-cm	۱۵-cm																										N ₆₀	اول	دوم	سوم																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
11																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																</

BH-2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
مختصات پروژه		پروژه کارفرما آدرس کد پروژه		نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان شرکت گهر انرژی سیرجان سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز RG-1403-255										عمق سطح آب زیرزمینی از تراز صفر تاریخ حفاری لاک نویسی		0\10 (m) -		ارتفاع مختصه طول مختصه عرض کنترل کننده		-		شرکت		 مهندسین مشاور واحد ثبتی																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
عمق (m)	شیخ آب (m)	نوع نمونه	طبقه بندی شده	نام استاندارد لایه	توصیف زمین شناسی	Filed Tests					عمق (cm)	آزمایش دانه بندی و هیدرومتری خاک										آزمایش سه محوری				آزمایش تحکیم		آزمایش CBR		آزمایش شیمی خاک		K cm ²																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
						SPT						Gravel (%)	Clay-Silt (%)	Sand (%)	LL (%)	PL (%)	PI (%)	W (%)	Gs	Y _d	Test Type	C (kg/cm ²)	Φ (o)	Test Type	C (kg/cm ²)	Φ (o)	C (kg/cm ²)	Φ (o)	qu (kg/cm ²)	Cc	e _o		Dry Saturate	pH	TDS(ppm)	salt(%)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									

BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی										Filed Tests										عمق (m)									
BH-2		توصیف زمین شناسی																													

آیان انجینئرنگ و کانسٹرکشن کمپنی
 (سہ ماہی خاص)

عمق (m)	سطح آب (m)	نوع نمونه	طبقه بندی متجهه	هائشور استاندارد لایه	توصیف زمین شناسی	Filed Tests				عمق (m)	آزمایش ها																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
						SPT					آزمایش دانه بندی و هیدرومتری خاک		حدود اتربرگ		وزن مخصوص		آزمایش برش مستقیم		آزمایش سه محوری		آزمایش تحکیم		آزمایش CBR		آزمایش شیمی خاک		K _{em} set																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
						۳۰cm	۱۵cm	۱۵cm	۱۵cm		Gravel (%)	Clay-Silt (%)	Sand (%)	LL (%)	PL (%)	PI (%)	W (%)	G _s	Y _d	Test Type	C (kg/cm2)	Φ (o)	Test Type	C (kg/cm2)	Φ (o)	C (kg/cm2)		Φ (o)	qu (kg/cm2)	C _c	e _o	Dry	Saturate	pH	TDS(ppm)	salt(%)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
11																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					

BH-4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
مشخصات پروژه	پروژه	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان										عمق	0\5 (m)					ارتفاع	-					شرکت	آتموب مهندسین مشاور پوش کرمان واحد ژئوتکنیک																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
	کارفرما	شرکت گهر انرژی سیرجان										سطح آب زیرزمینی از تراز صفر	-					مختصه طول	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
	آدرس	سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز										تاریخ حفاری	-					مختصه عرض	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
	کد پروژه	RG-1403-255										لاست نویسی	زشفیعی					کنترل کننده	م. عبداللہی																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
عمق (m)	سطح آب (mm)	نوع نمونه	طبقه بندی متد	هائور استاندارد لایه	توصیف زمین شناسی	Filed Tests				عمق (cm)	آزمایش دانه بندی و هیدرومتری خاک															آزمایش سه محوری				آزمایش خاک		آزمایش شیمی خاک		K _{em} se _t																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
						SPT -Germani					Gravel (%)	Clay-Silt (%)	Sand (%)	LL (%)	PL (%)	PI (%)	W (%)	Gs	Y _d	Test Type	C (kg/cm2)	φ (o)	Test Type	C (kg/cm2)	φ (o)	C (kg/cm2)	φ (o)	qu (kg/cm2)	Cc	e _o	Dry Saturate	pH	TDS(ppm)		salt(%)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
						۴۰ cm	۱۵ cm	۱۵ cm	۱۵ cm																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
						N _{6۰}	اول	دوم	سوم																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		

BH-5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
مشخصات پروژه	پروژه	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان										عمق	0\5 (m)		ارتفاع	-	شرکت	انموب مهندسين مشاور جوش درمان واحد لودنگيك																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
	کارفرما	شرکت گهر انرژی سیرجان										سطح آب زیرزمینی از تراز صفر		-	مختصه طول	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
	آدرس	سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز										تاریخ حفاری			مختصه عرض	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
	کد پروژه	RG-1403-255										لاست نویسی		ز. شفیعی	م. عبداللہی			کنترل کننده																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
عمق (m)	سطح آب (m)	نوع نمونه	طبقه بندی متحده	حاشیور استاندارد لایه	توصیف زمین شناسی	Filed Tests					عمق (m)	آزمایش دانه بندی و هیدرومتری خاک					آزمایش سه محوری					آزمایش شیبی خاک					K cm/sec																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
						SPT -Germani						حدود اتربرگ					آزمایش مستقیم					آزمایش CBR																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
						۴۰cm ۱۰cm ۱۰cm ۱۰cm						LL (%) PL (%) PI (%) W (%) Gs Yd					Test Type C (kg/cm2) φ (o)					Test Type C (kg/cm2) φ (o)						qu (kg/cm2) Cc e0 Dry Saturate pH TDS(ppm) salt(%)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
						N۶۰ برقی اول دوم											Gravel (%) Clay-Silt (%) Sand (%)					LL (%) PL (%) PI (%)						Cc e0 Dry Saturate pH TDS(ppm) salt(%)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
1											1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														</

مشخصات پروژه		پروژه	کارفرما	آدرس	کد پروژه
		نبروگه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان			
		شرکت گهر انرژی سیرجان			
		سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز			
		RG-1403-255			
		عمق			0\5 (m)
		مختصه طول			-
		مختصه عرض			-
		کنترل کننده			م. عبداللہی
		ز.شفیعی			لاک نویسی
		Filed Tests			
		SPT -Germani			
		۳۰cm ۱۰cm ۱۰cm ۱۰cm			
		N۶۰			
		Gravel (%)			
		Clay-Silt (%)			
		Sand (%)			
		LL (%)			
		PL (%)			
		PI (%)			
		W (%)			
		Gs			
		Yd			
		Test Type			
		C (kg/cm2)			
		φ (o)			
		Test Type			
		C (kg/cm2)			
		φ (o)			
		C (kg/cm2)			
		φ (o)			
		qu (kg/cm2)			
		Cc			
		e0			
		Dry			
		Saturate			
		pH			
		TDS(ppm)			
		salt(%)			
		K em sat			
		1			
		2			
		3			
		4			
		5			
		6			
		7			
		8			
		9			
		10			
		11			
		12			
		13			
		14			
		15			
		16			
		17			
		18			
		19			
		20			
		21			
		22			
		23			
		24			
		25			
		26			
		27			
		28			
		29			
		30			
		31			
		32			
		33			
		34			
		35			
		36			
		37			
		38			
		39			
		40			
		41			
		42			
		43			
		44			
		45			
		46			
		47			
		48			
		49			
		50			
		51			
		52			
		53			
		54			
		55			
		56			
		57			
		58			
		59			
		60			
		61			
		62			
		63			
		64			
		65			
		66			
		67			
		68			
		69			
		70			
		71			
		72			
		73			
		74			
		75			
		76			
		77			
		78			
		79			
		80			
		81			
		82			
		83			
		84			
		85			
		86			
		87			
		88			
		89			
		90			
		91			
		92			
		93			
		94			
		95			
		96			
		97			
		98			
		99			
		100			
		101			
		102			
		103			
		104			
		105			
		106			
		107			
		108			
		109			
		110			
		111			
		112			
		113			
		114			
		115			
		116			
		117			
		118			
		119			
		120			
		121			
		122			
		123			
		124			
		125			
		126			
		127			
		128			
		129			
		130			
		131			
		132			
		133			
		134			
		135			
		136			
		137			
		138			
		139			
		140			
		141			
		142			
		143			
		144			
		145			
		146			
		147			
		148			
		149			
		150			
		151			
		152			
		153			
		154			
		155			
		156			
		157			
		158			
		159			
		160			
		161			
		162			
		163			
		164			
		165			
		166			
		167			
		168			
		169			
		170			
		171			
		172			
		173			
		174			
		175			
		176			
		177			
		178			
		179			
		180			
		181			
		182			
		183			
		184			
		185			
		186			
		187			
		188			
		189			
		190			
		191			
		192			
		193			
		194			
		195			
		196			
		197			
		198			
		199			
		200			
		201			
		202			
		203			
		204			
		205			
		206			
		207			
		208			
		209			
		210			
		211			
		212			
		213			
		214			
		215			
		216			
		217			
		218			
		219			
		220			
		221			
		222			
		223			
		224			
		225			
		226			
		227			
		228			
		229			
		230			
		231			
		232			
		233			
		234			
		235			
		236			
		237			
		238			
		239			
		240			
		241			
		242			
		243			
		244			
		245			
		246			
		247			
		248			
		249			
		250			
		251			
		252			
		253			
		254			
		255			
		256			
		257			
		258			
		259			
		260			
		261			
		262			
		263			
		264			
		265			
		266			
		267			
		268			
		269			
		270			
		271			
		272			
		273			
		274			
		275			
		276			
		277			
		278			
		279			
		280			
		281			
		282			
		283			
		284			
		285			
		286			
		287			
		288			
		289			
		290			
		291			
		292			
		293			
		294			
		295			
		296			
		297			
		298			
		299			
		300			
		301			
		302			
		303			
		304			
		305			
		306			
		307			
		308			
		309			
		310			
		311			
		312			
		313			
		314			
		315			
		316			
		317			
		318			
		319			
		320			
		321			
		322			
		323			
		324			
		325			
		326			
		327			
		328			
		329			
		330			
		331			
		332			
		333			
		334			
		335			
		336			
		337			
		338			
		339			
		340			
		341			
		342			
		343			
		344			
		345			
		346			
		347			
		348			
		349			
		350			
		351			
		352			
		353			
		354			
		355			
		356			
		357			
		358			
		359			
		360			
		361			
		362			
		363			
		364			
		365			
		366			
		367			
		368			
		369			
		370			
		371			
		372			
		373			
		374			
		375			
		376			
		377			
		378			
		379			
		380			
		381			
		382			
		383			
		384			
		385			
		386			
		387			
		388			
		389			
		390			
		391			
		392			
		393			
		394			
		395			
		396			
		397			
		398			
		399			
		400			
		401			
		402			
		403			
		404			
		405			
		406			
		407			
		408			
		409			
		410			
		411			
		412			
		413			
		414			
		415			
		416			
		417			
		418			
		419			
		420			
		421			
		422			
		423			
		424			
		425			
		426			
		427			
		428			
		429			
		430			
		431			
		432			
		433			
		434			
		435			
		436			

آریانپوری جم
شرکت مهندسين مشاور (سهامي خاص)

BH-8																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
مشخصات پروژه		پروژه کارفرما آدرس کد پروژه		نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان شرکت گهر انرژی سیرجان سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز RG-1403-255		عمق سطح آب زیرزمینی از تراز صفر تاریخ حفاری لاست نویسی		0\5 (m) - ز.شفیعی		ارتفاع مختصه طول مختصه عرض کنترل کننده		- - - م. عبداللہی		شرکت آمنوب مهندسین مشاور پوش کرمان واحد زونکنیک																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
عمق (m)	شماره آب (m)	نوع نمونه	طبقه بندی متحده	هائور استاندارد لایه	توصیف زمین شناسی	Filed Tests				عمق (m)	آزمایش دانه بندی و هیدرومتری خاک																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
						SPT -Germani					حدود اتربرگ																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
						۴۰ cm	۱۵ cm	۱۵ cm	۱۵ cm		Gravel (%)	Clay-Silt (%)	Sand (%)	LL (%)	PL (%)	PI (%)	W (%)	G _s	Y _d	Test Type	C (kg/cm2)	φ (o)	qu (kg/cm2)	Cc	e _o	Dry Saturate	pH	TDS(ppm)	salt(%)	K cmset																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				

آریانپوری جم
شرکت مهندسیین مشاور (سهامی خاص)

آیان انجینئرنگ و کانسٹرکشن کمپنی
 (سہ ماہی خاص)

مشخصات پروژه		پروژه	کارفرما		آدرس	کد پروژه
		نبروگه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان		عمق		0\5 (m)
		شرکت گهر انرژی سیرجان		سطح آب زیرزمینی از تراز صفر		-
		سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز		تاریخ حفاری		ز.شغیعی
		RG-1403-255		لاک نویسی		م. عبداللہی
						شرکت
						آزمایش دانه بندی و هیدرومتری خاک
						حدود انبرگ
						آزمایش برش مستقیم
						آزمایش سه محوری
						آزمایش تحکیم
						آزمایش CBR
						آزمایش شیمی خاک
						K em sat
						Gravel (%)
						Clay-Silt (%)
						Sand (%)
						LL (%)
						PL (%)
						PI (%)
						W (%)
						Gs
						Yd
						Test Type
						C (kg/cm2)
						φ (o)
						Test Type
						C (kg/cm2)
						φ (o)
						C (kg/cm2)
						φ (o)
						qu (kg/cm2)
						cc
						e0
						Dry Saturate
						pH
						TDS(ppm)
						salt(%)
						Filed Tests
						SPT -Germani
						۴۰cm ۱۵cm ۱۵cm ۱۵cm
						N۶۰
						اول
						دوم
						عمق (m)
						1
						2
						3
						4
						5
						6
						7
						8
						9
						10
						11
						12
						13
						14
						15
						16
						17
						18
						19
						20
						21
						22
						23
						24
						25
						26
						27
						28
						29
						30
						31
						32
						33
						34
						35
						36
						37
						38
						39
						40
						41
						42
						43
						44
						45
						46
						47
						48
						49
						50
						51
						52
						53
						54
						55
						56
						57
						58
						59
						60
						61
						62
						63
						64
						65
						66
						67
						68
						69
						70
						71
						72
						73
						74
						75
						76
						77
						78
						79
						80
						81
						82
						83
						84
						85
						86
						87
						88
						89
						90
						91
						92
						93
						94
						95
						96
						97
						98
						99
						100
						101
						102
						103
						104
						105
						106
						107
						108
						109
						110
						111
						112
						113
						114
						115
						116
						117
						118
						119
						120
						121
						122
						123
						124
						125
						126
						127
						128
						129
						130
						131
						132
						133
						134
						135
						136
						137
						138
						139
						140
						141
						142
						143
						144
						145
						146
						147
						148
						149
						150
						151
						152
						153
						154
						155
						156
						157
						158
						159
						160
						161
						162
						163
						164
						165
						166
						167
						168
						169
						170
						171
						172
						173
						174
						175
						176
						177
						178
						179
						180
						181
						182
						183
						184
						185
						186
						187
						188
						189
						190
						191
						192
						193
						194
						195
						196
						197
						198
						199
						200
						201
						202
						203
						204
						205
						206
						207
						208
						209
						210
						211
						212
						213
						214
						215
						216
						217
						218
						219
						220
						221
						222
						223
						224
						225
						226
						227
						228
						229
						230
						231
						232
						233
						234
						235
						236
						237
						238
						239
						240
						241
						242
						243
						244
						245
						246
						247
						248
						249
						250
						251
						252
						253
						254
						255
						256
						257
						258
						259
						260
						261
						262
						263
						264
						265
						266
						267
						268
						269
						270
						271
						272
						273
						274
						275
						276
						277
						278
						279
						280
						281
						282
						283
						284
						285
						286
						287
						288
						289
						290
						291
						292
						293
						294
						295
						296
						297
						298
						299
						300
						301
						302
						303
						304
						305
						306
						307
						308
						309
						310
						311
						312
						313
						314
						315
						316
						317
						318
						319
						320
						321
						322
						323
						324
						325
						326
						327
						328
						329

آریانپوری جم
شرکت مهندسیین مشاور (سهامی خاص)

File Tests		آزمایش دانه بندی و هیدرومتری خاک		حدود اتبربرگ		وزن مخصوص		آزمایش بوش مستقیم		آزمایش سه محوری		آزمایش تحکیم		آزمایش CBR		آزمایش شیمی خاک		K em sat	
SPT -Germani		Gravel (%)		LL (%)		W (%)		C (kg/cm2)		C (kg/cm2)		qu (kg/cm2)		Dry		pH		K em sat	
۴-۱۰ cm	۱۵ cm	Clay-Silt (%)	Sand (%)	PL (%)	PI (%)	Gs	Y _d	Test Type	Test Type	Test Type	Test Type	Test Type	Test Type	Test Type	Test Type	Test Type	Test Type	Test Type	Test Type
N ₆₀	قرودی	دوم	اول	قرودی	دوم														
1																			
2		15.70	36.20	48.10	0	0	NP	3.23	2.18	1.81	0.06	26.00				8.54	763	0.076	
3																			
4		7.95	37.23	54.83	30	21	9	4.74	0.00	1.86						8.63	1020	0.102	
5																			
6		5.45	49.95	44.60	42	24	18	9.14	0.00	1.77									
7																			
8																			
9																			
10																			

توصیف زمین شناسی

Silty sand with gravel

Clayey sand

Clayey sand

حد روانی : LL
حد خمیری : PL
اندیس خمیری : PI
NPI : None PI

ضرب چسبندگی : C
زاویه اصطکاک داخلی : Φ

CL
ML
CH
MH

SC
SM
SP
SW

GC
GM
GP
GW

PT
C_c : C_c
C_s : C_s
P_c : فشار بیش تحکیم
K : ضریب نفوذپذیری

در صد رطوبت : W
مقاومت فشاری تک محوری : q_u
سرع : F
کند : S

تحکیم شده ، زهکنی شده : CD
تحکیم نشده ، زهکنی نشده : UU
تحکیم شده ، زهکنی نشده : CU

Abbreviations

Sample Types
● دست خورده
+ دست نخورده
□ شل / برف
■ تکرار

TP-5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
مشخصات پروژه	پروژه	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان										عمق	0\5 (m)	ارتفاع	-	شیرکت	آنبوب مهندسين مشاور پوش تهران واحد ژئوتکنیک																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
	کارفرما	شرکت گهر انرژی سیرجان										سطح آب زیرزمینی از تراز صفر	-	مختصه طول	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
	آدرس	سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز										تاریخ حفاری		مختصه عرض	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
	کد پروژه	RG-1403-255										لاست نویسی	زشفیعی	کنترل کننده	م. عبداللہی																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
عمق (m)	سطح آب (m)	نوع نمونه	طبقه بندی متد	هائور استاندارد لایه	توصیف زمین شناسی	Filed Tests				عمق (m)	آزمایش دانه بندی و هیدرومتری خاک															K (mset)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
						SPT -Germani					آزمایش سه محوری																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
						۴۰ cm	۱۵ cm	۱۵ cm	۱۵ cm		Gravel (%)	Clay-Silt (%)	Sand (%)	LL (%)	PL (%)	PI (%)	W (%)	G _s	Y _d	Test Type	C (kg/cm2)	φ (o)	qu (Kg/cm2)	Cc	e ₀		Dry Saturate	pH	TDS(ppm)	salt(%)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
						N _{6۰}	تقریبی	اول	دوم																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
1											1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							

مشخصات پروژه										پروژه										کارفرما										آدرس										کد پروژه									
تهیه نقشه										تهیه نقشه										تهیه نقشه										تهیه نقشه										تهیه نقشه									
نوع نمونه										نوع نمونه										نوع نمونه										نوع نمونه										نوع نمونه									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
سطح آب (m)										سطح آب (m)										سطح آب (m)										سطح آب (m)										سطح آب (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)									
عمق (m)										عمق (m)										عمق (m)																													

Sample Types	●	دست خورده	Abbreviations	حد روانی : LL	ضرب چسبندگی : C	CL		SC		GC		PT		Ce : Ce	در صد رطوبت : W	تحکیم شده ، زهکنی شده : CD
	+	دست نخورده		حد خمیری : PL	زاویه اصطکاک داخلی : Φ	ML		SM		GM			Cs : Cs	مقاومت فشاری تک محوری : q _u	تحکیم نشده ، زهکنی نشده : UU	
	□	شلی / بولفر		اندیس خمیری : PI		CH		SP		GP			فشار بیش تحکیمی : P _c	سرعی : F	تحکیم شده ، زهکنی نشده : CU	
	■	تیرکسر		NPI : None PI		MH		SW		GW			ضرب نفوذپذیری : K	کند : S		



نتایج آزمایش دانه بندی، هیدرومتری و اتربرگ

پیوست شماره 2



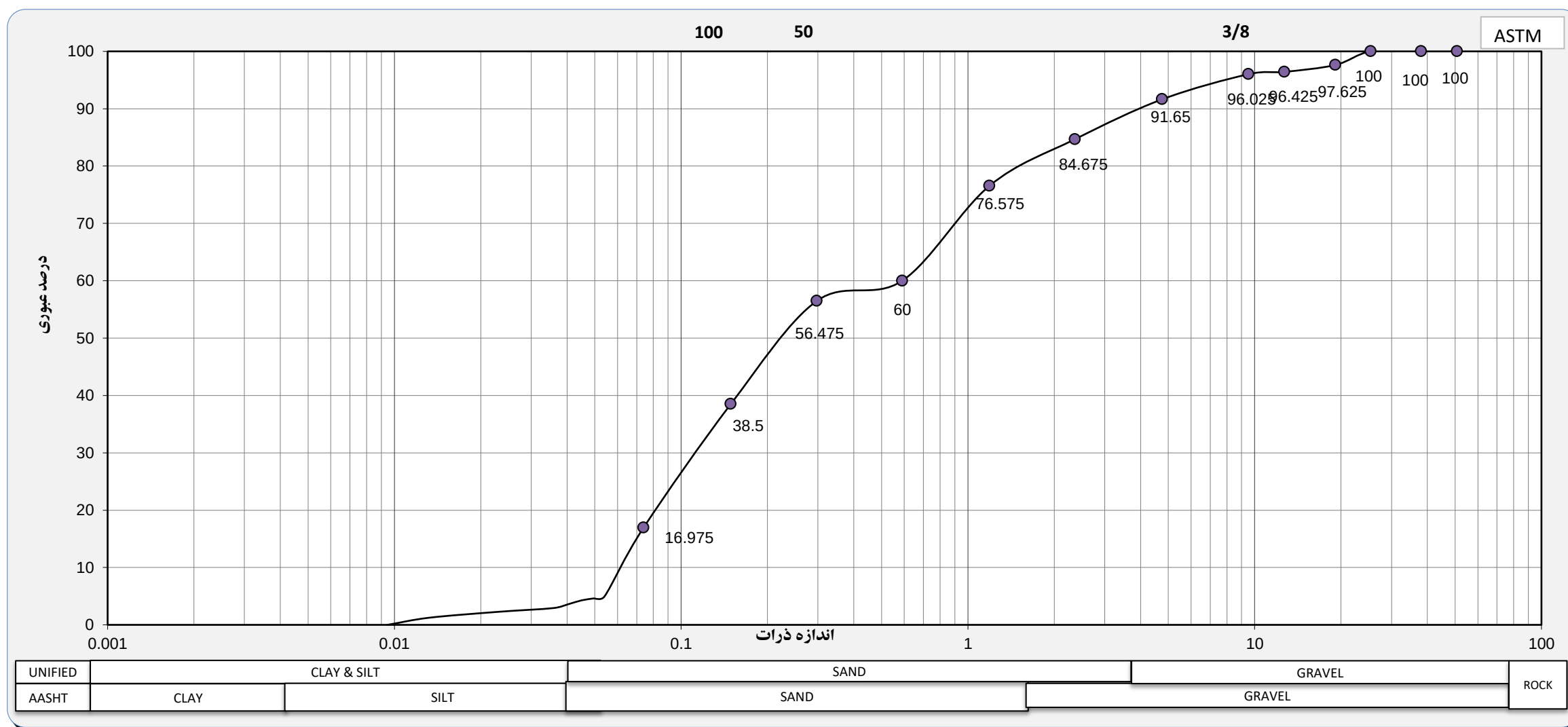
آزمایش دانه بندی و هیدرومتری و حدود اتبرگ

ASTM D 6913 & ASTM D 7928



کد : LA-F34-02

BH-1	شماره چاهک :	RG-1403-255	شماره رهگیری :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	پروژه :
2	عمق (m) :	1403/10/16	تاریخ آزمایش :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	کارفرما :



UNIFIED	CLAY & SILT		SAND		GRAVEL	ROCK
AASHT	CLAY	SILT	SAND		GRAVEL	

LL =	37	D ₁₀ =	0.062	C _u =	9.57	Gravel % =	8.35	Unified Soil Classification: <i>SC - Clayey sand</i>
PL =	11	D ₃₀ =	0.113	C _c =	0.35	Sand % =	74.68	
PI =	26	D ₆₀ =	0.590	A =	3.549	Clay&Silt % =	16.98	

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

مهر و امضا آزمایشگاه



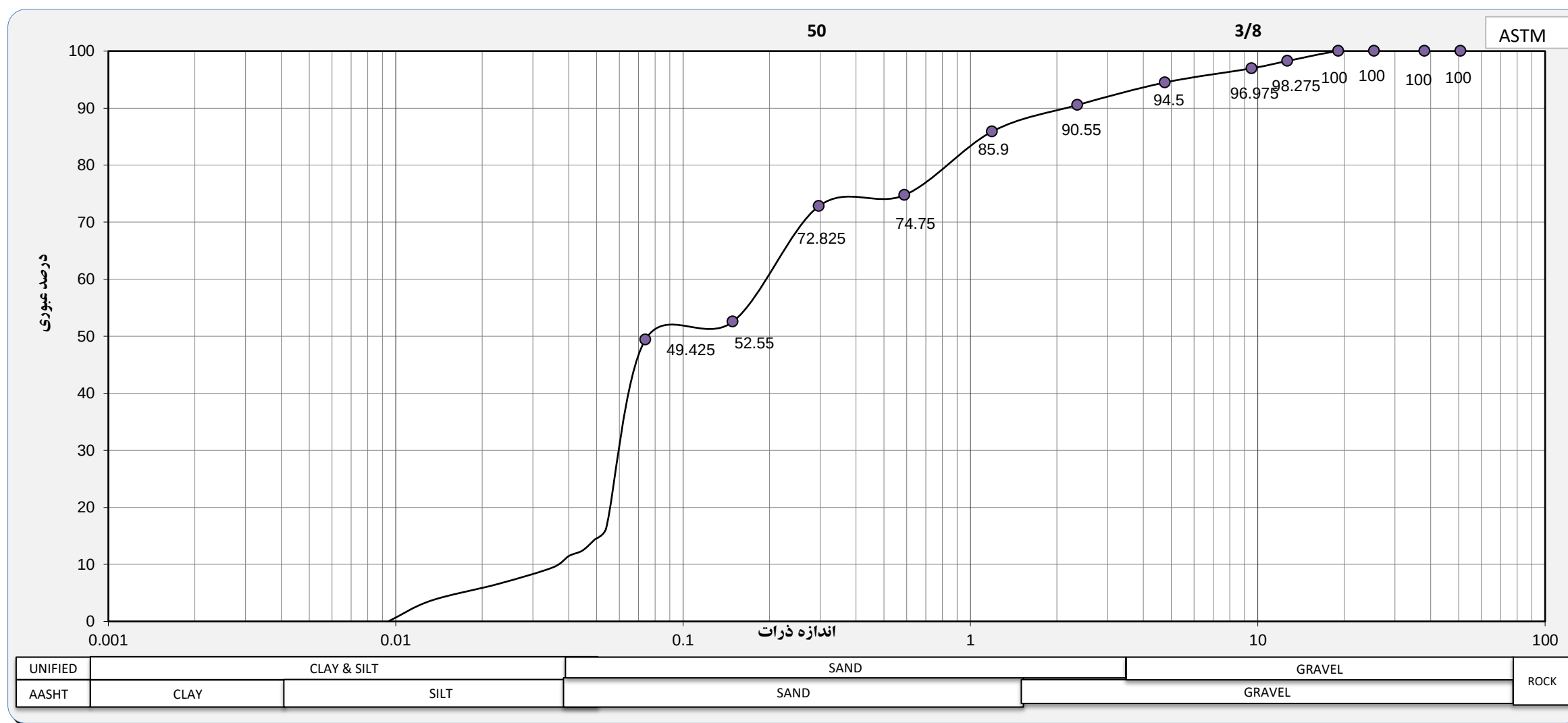
آزمایش دانه بندی و هیدرومتری و حدود اتبرگ

ASTM D 6913 & ASTM D 7928



کد : LA-F34-02

BH-1	شماره چاهک :	RG-1403-255	شماره رهگیری :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	پروژه :
4	عمق (m) :	1403/10/16	تاریخ آزمایش :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	کارفرما :



LL =	35	D ₁₀ =	0.036	C _u =	5.26	Gravel % =	5.50	Unified Soil Classification: <i>SC - Clayey sand</i>
PL =	15	D ₃₀ =	0.062	C _c =	0.54	Sand % =	45.08	
PI =	20	D ₆₀ =	0.192	A =	2.730	Clay&Silt % =	49.43	

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

مهر و امضا آزمایشگاه



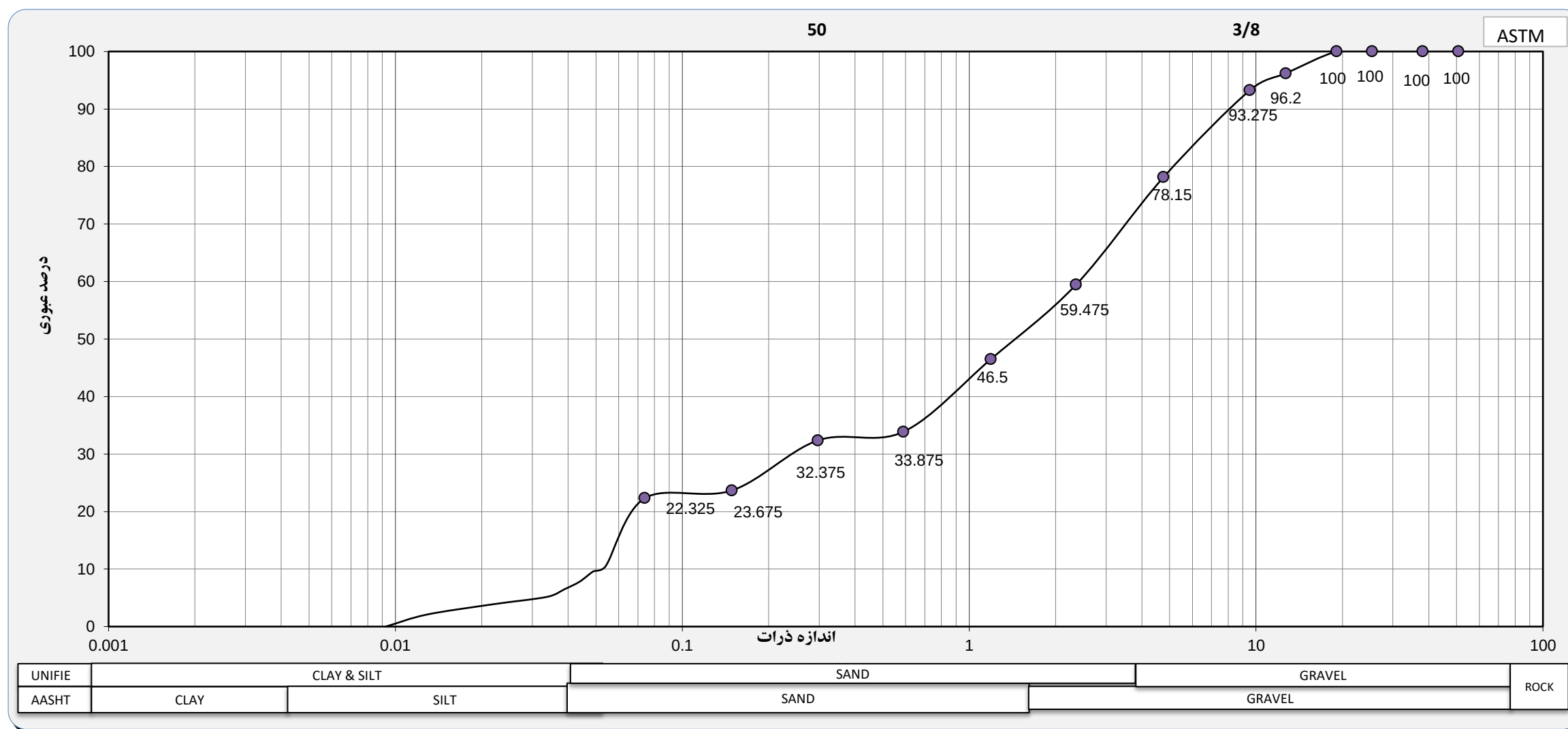
آزمایش دانه بندی و هیدرومتری و حدود اتبرگ

ASTM D 6913 & ASTM D 7928



کد : LA-F34-02

BH-1	شماره چاهک :	RG-1403-255	شماره رهگیری :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	پروژه :
6	عمق (m) :	1403/10/16	تاریخ آزمایش :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	کارفرما :



LL =	40	D ₁₀ =	0.051	C _u =	46.99	Gravel % =	21.85	Unified Soil Classification: <i>SC - Clayey sand with gravel</i>
PL =	17	D ₃₀ =	0.246	C _c =	0.49	Sand % =	55.83	
PI =	23	D ₆₀ =	2.407	A =	2.472	Clay&Silt % =	22.33	

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

مهر و امضا آزمایشگاه

آبیا نیروی جم
شرکت مهندسين مشاور (سهامي خاص)

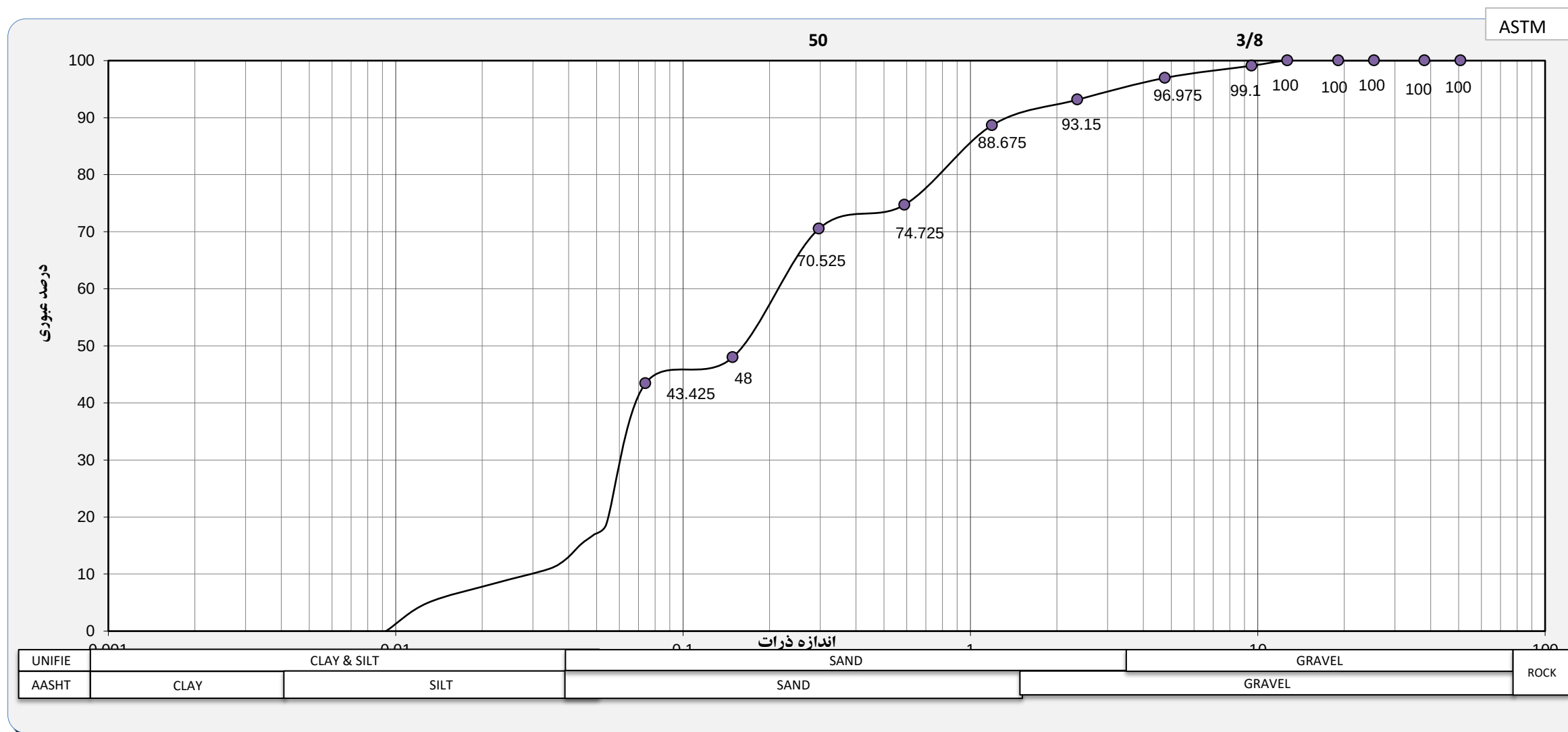
آزمایش دانه بندی و هیدرومتری و حدود اتبرگ

ASTM D 6913 & ASTM D 7928



کد : LA-F34-02

BH-1	شماره چاهک :	RG-1403-255	شماره رهگیری :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	پروژه :
8	عمق (m) :	1403/10/16	تاریخ آزمایش :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	کارفرما :



LL =	31	D ₁₀ =	0.029	C _u =	7.36	Gravel % =	3.03	Unified Soil Classification: <i>SC - Clayey sand</i>
PL =	16	D ₃₀ =	0.062	C _c =	0.62	Sand % =	53.55	
PI =	15	D ₆₀ =	0.215	A =	1.329	Clay&Silt % =	43.43	

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

مهر و امضا آزمایشگاه



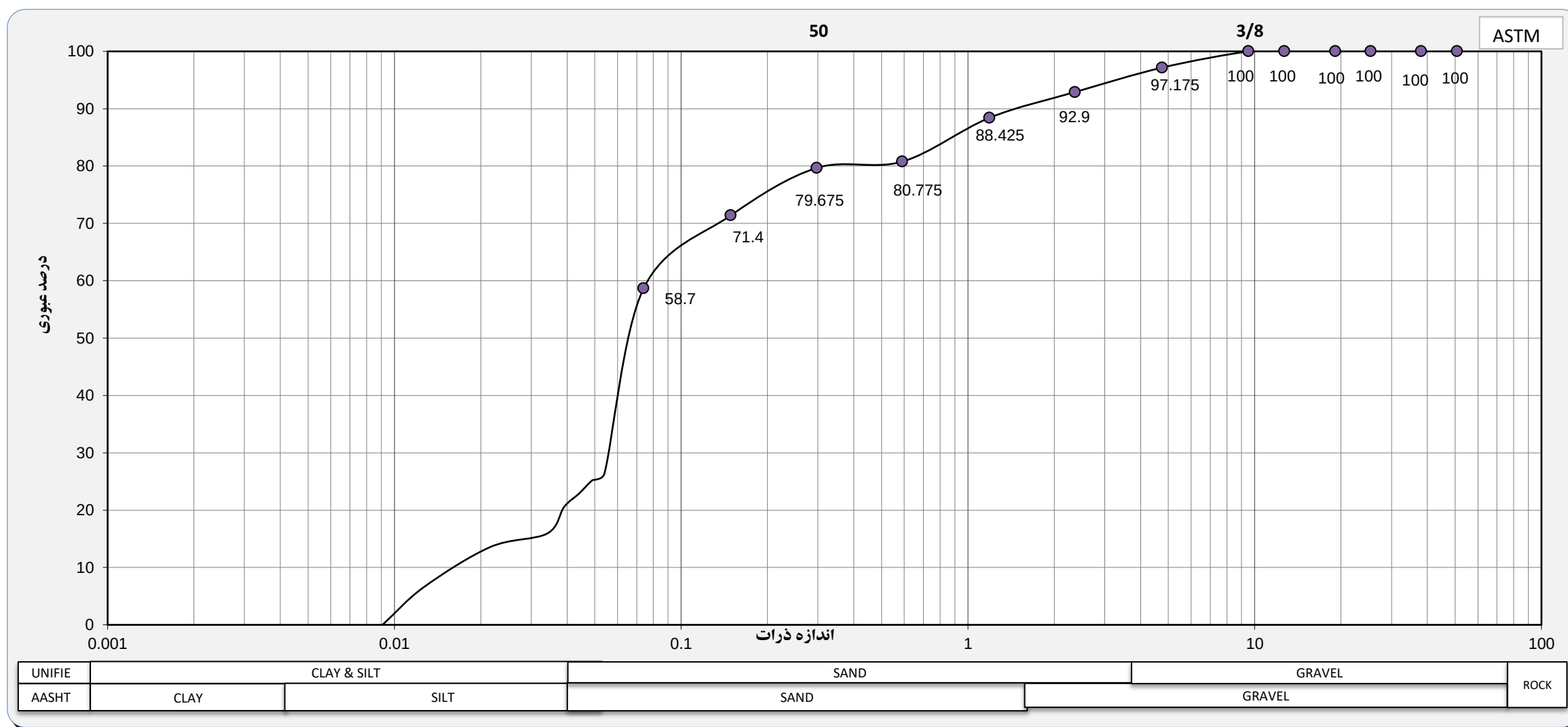
آزمایش دانه بندی و هیدرومتری و حدود اتبرگ

ASTM D 6913 & ASTM D 7928



کد : LA-F34-02

BH-1	شماره چاهک :	RG-1403-255	شماره رهگیری :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	پروژه :
10	عمق (m) :	1403/10/16	تاریخ آزمایش :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	کارفرما :



LL =	46	D ₁₀ =	0.016	C _u =	4.83	Gravel % =	2.83	Unified Soil Classification: <i>CL - Sandy lean clay</i>
PL =	21	D ₃₀ =	0.056	C _c =	2.39	Sand % =	38.48	
PI =	25	D ₆₀ =	0.079	A =	2.215	Clay&Silt % =	58.70	

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

مهر و امضا آزمایشگاه

آیان نیروی جم

شرکت مهندسين مشاور (سهامي خاص)

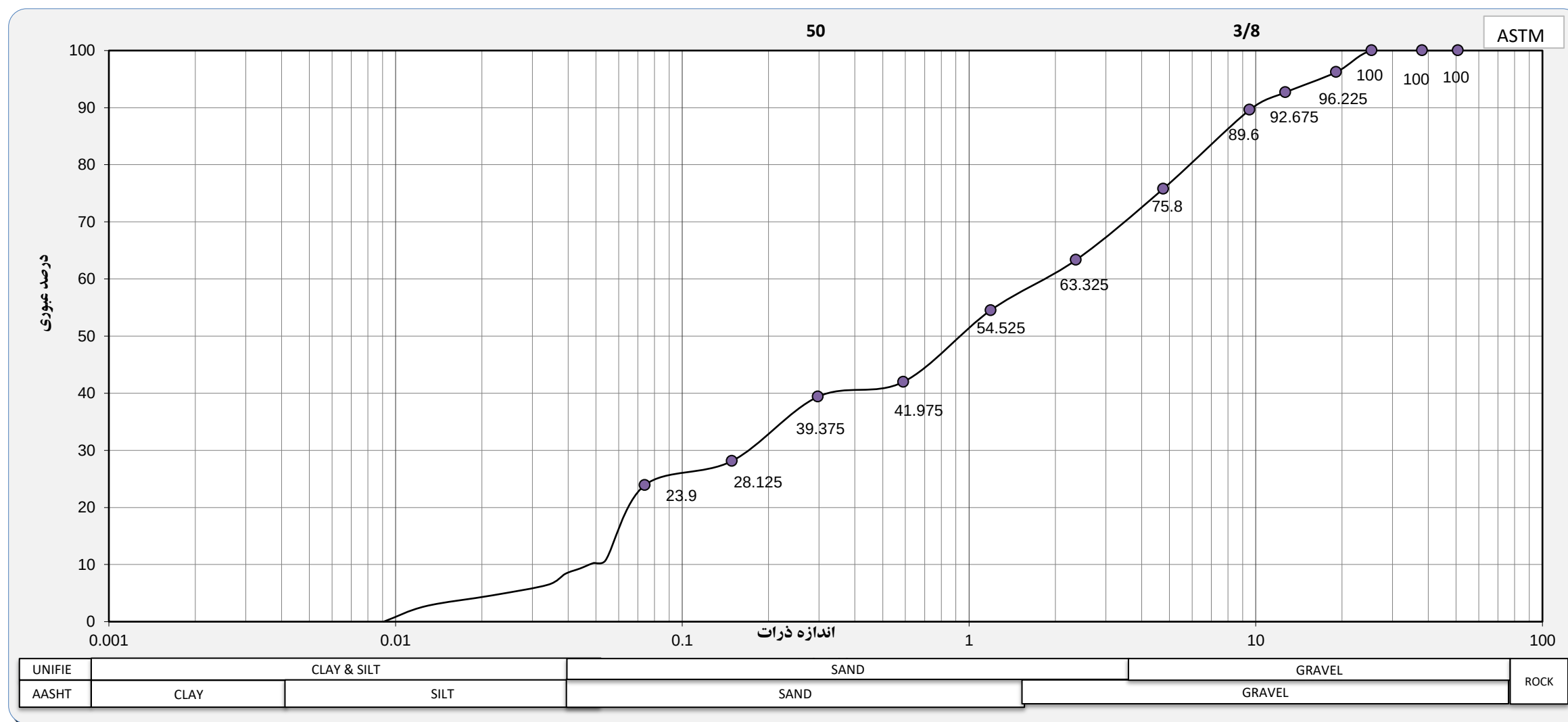
آزمایش دانه بندی و هیدرومتری و حدود اتربرگ

ASTM D 6913 & ASTM D 7928



کد : LA-F34-02

BH-1	شماره چاهک :	RG-1403-255	شماره رهگیری :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	پروژه :
12	عمق (m) :	1403/10/16	تاریخ آزمایش :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	کارفرما :



LL =	47	D ₁₀ =	0.048	C _u =	38.31	Gravel % =	24.20	Unified Soil Classification: <i>SC - Clayey sand with gravel</i>
PL =	20	D ₃₀ =	0.167	C _c =	0.32	Sand % =	51.90	
PI =	27	D ₆₀ =	1.822	A =	2.392	Clay&Silt % =	23.90	

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

مهر و امضا آزمایشگاه



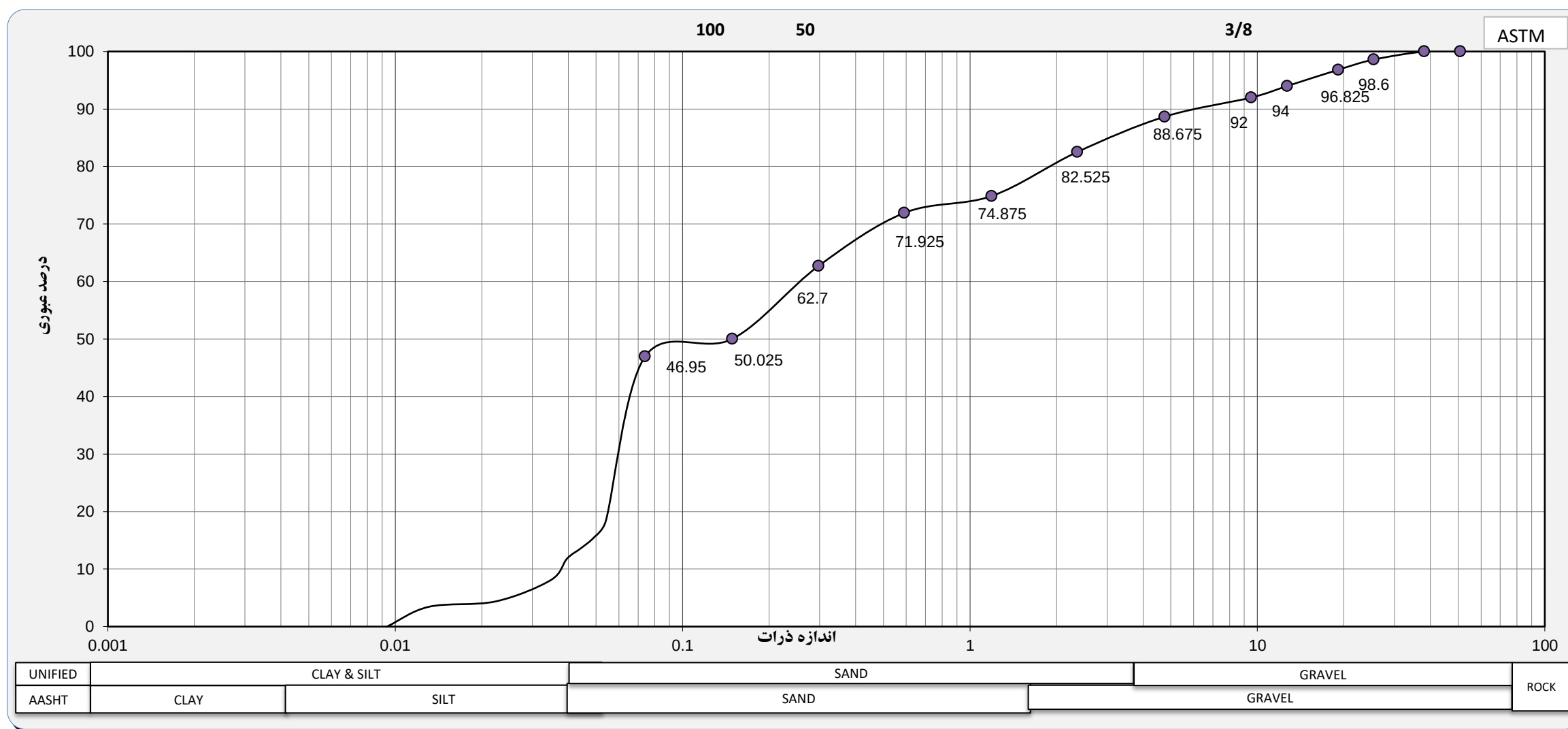
آزمایش دانه بندی و هیدرومتری و حدود اتربرگ

ASTM D 6913 & ASTM D 7928



کد : LA-F34-02

BH-2	شماره چاهک :	RG-1403-255	شماره رهگیری :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	پروژه :
2	عمق (m) :	1403/10/06	تاریخ آزمایش :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	کارفرما :



LL =	32	D ₁₀ =	0.037	C _u =	6.90	Gravel % =	11.33	Unified Soil Classification: <i>SC - Clayey sand</i>
PL =	16	D ₃₀ =	0.061	C _c =	0.40	Sand % =	41.73	
PI =	16	D ₆₀ =	0.256	A =	2.184	Clay&Silt % =	46.95	

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

مهر و امضا آزمایشگاه



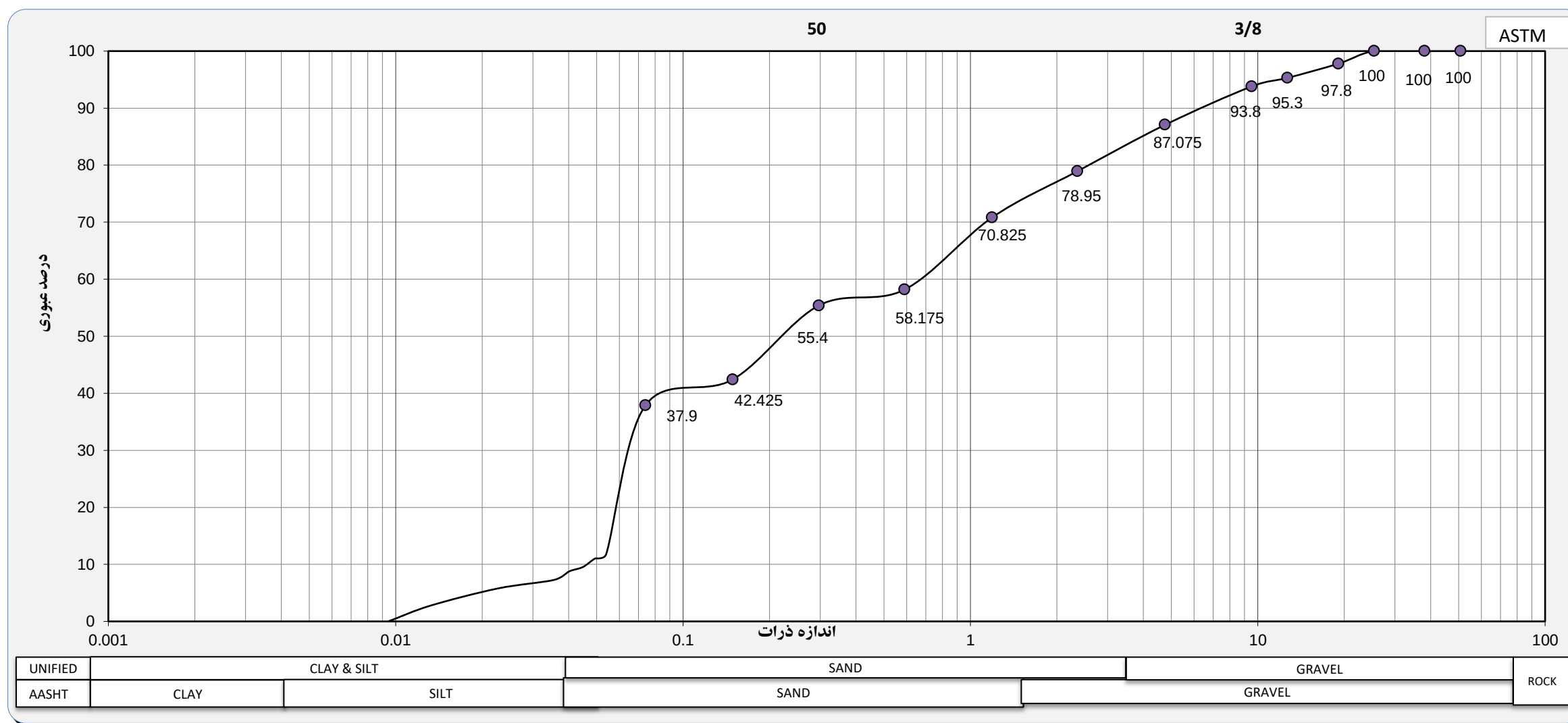
آزمایش دانه بندی و هیدرومتری و حدود اتبرگ

ASTM D 6913 & ASTM D 7928



کد : LA-F34-02

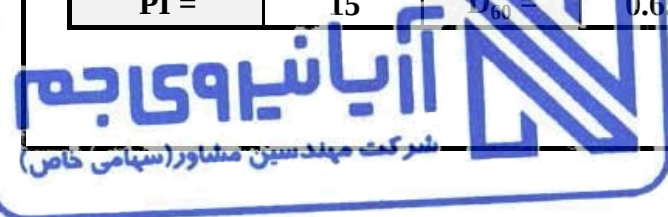
BH-2	شماره چاهک :	RG-1403-255	شماره رهگیری :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	پروژه :
4	عمق (m) :	1403/10/06	تاریخ آزمایش :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	کارفرما :



LL =	40	D ₁₀ =	0.046	C _u =	14.13	Gravel % =	12.93	Unified Soil Classification: <i>SC - Clayey sand</i>
PL =	25	D ₃₀ =	0.067	C _c =	0.15	Sand % =	49.18	
PI =	15	D ₆₀ =	0.653	A =	2.048	Clay&Silt % =	37.90	

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

مهر و امضا آزمایشگاه



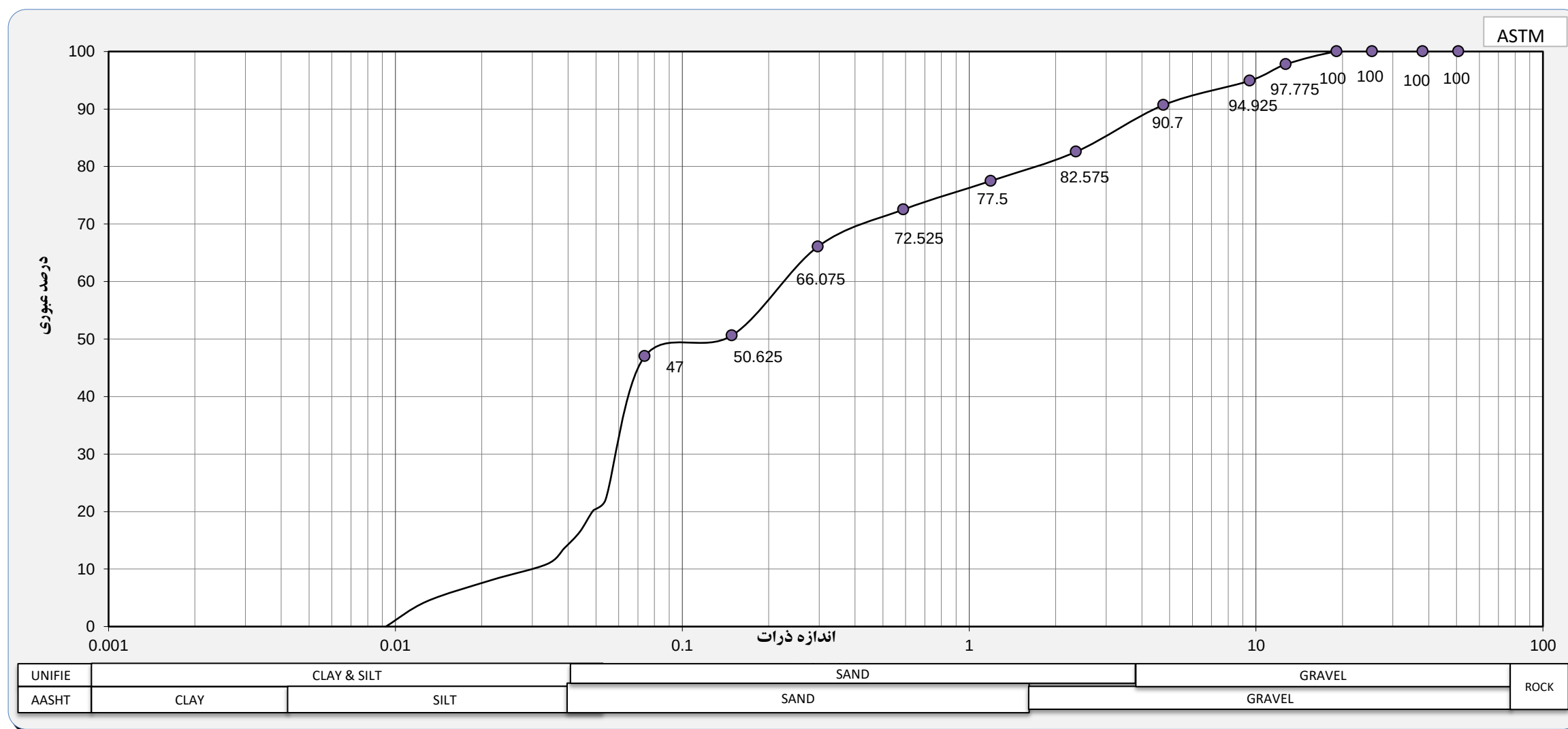
آزمایش دانه بندی و هیدرومتری و حدود اتبرگ

ASTM D 6913 & ASTM D 7928



کد : LA-F34-02

BH-2	شماره چاهک :	RG-1403-255	شماره رهگیری :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	پروژه :
6	عمق (m) :	1403/10/06	تاریخ آزمایش :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	کارفرما :



LL =	37	D ₁₀ =	0.029	C _u =	7.71	Gravel % =	9.30	Unified Soil Classification: <i>SC - Clayey sand</i>
PL =	15	D ₃₀ =	0.060	C _c =	0.54	Sand % =	43.70	
PI =	22	D ₆₀ =	0.226	A =	2.364	Clay&Silt % =	47.00	

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

مهر و امضا آزمایشگاه



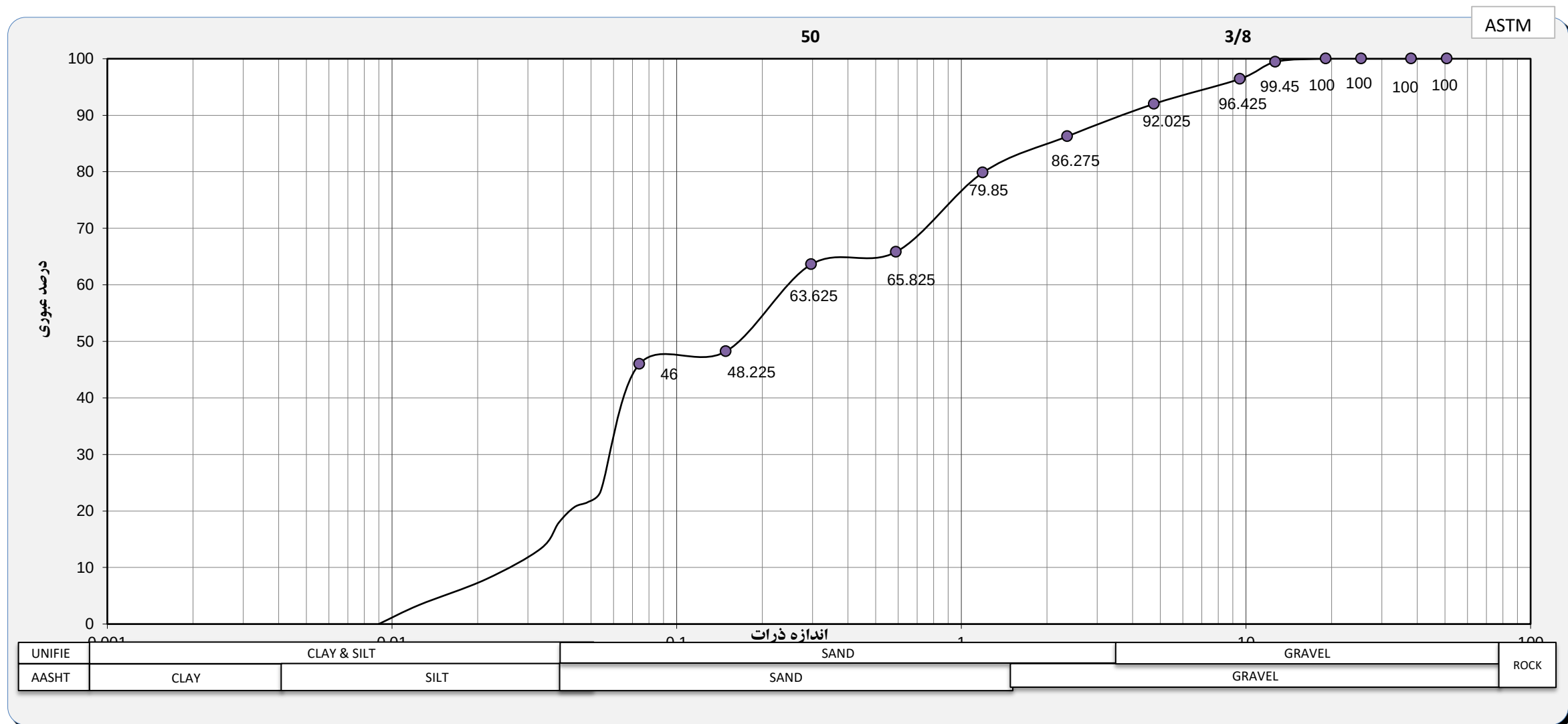
آزمایش دانه بندی و هیدرومتری و حدود اتربرگ

ASTM D 6913 & ASTM D 7928



کد : LA-F34-02

BH-2	شماره چاهک :	RG-1403-255	شماره رهگیری :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	پروژه :
8	عمق (m) :	1403/10/06	تاریخ آزمایش :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	کارفرما :



LL =	33	D ₁₀ =	0.025	C _u =	9.96	Gravel % =	7.98	Unified Soil Classification: <i>SM - Silty sand</i>
PL =	26	D ₃₀ =	0.059	C _c =	0.55	Sand % =	46.03	
PI =	7	D ₆₀ =	0.252	A =	0.956	Clay&Silt % =	46.00	

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

مهر و امضا آزمایشگاه



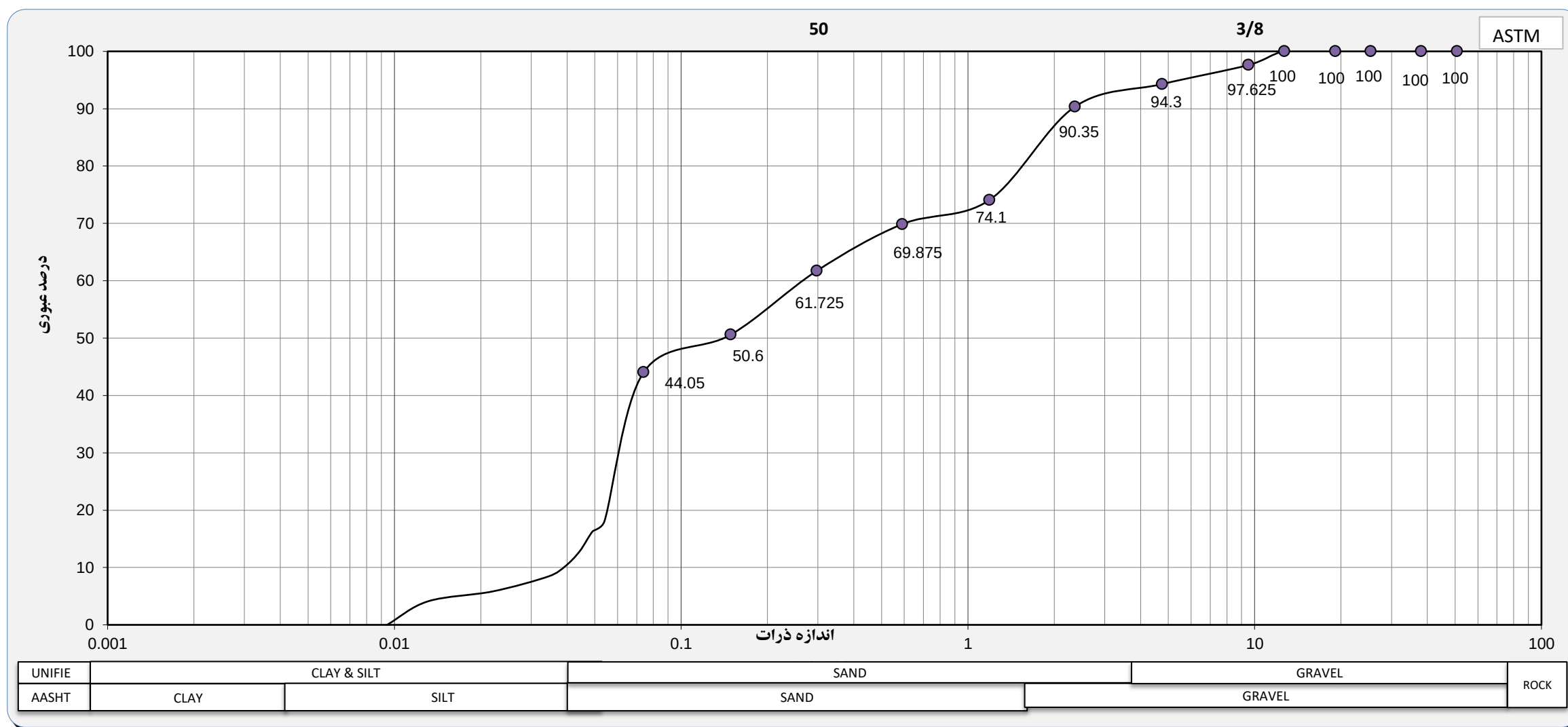
آزمایش دانه بندی و هیدرومتری و حدود اتبرگ

ASTM D 6913 & ASTM D 7928



کد : LA-F34-02

BH-2	شماره چاهک :	RG-1403-255	شماره رهگیری :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	پروژه :
10	عمق (m) :	1403/10/06	تاریخ آزمایش :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	کارفرما :



LL =	36	D ₁₀ =	0.039	C _u =	6.88	Gravel % =	5.70	Unified Soil Classification: <i>SM - Silty sand</i>
PL =	25	D ₃₀ =	0.062	C _c =	0.38	Sand % =	50.25	
PI =	11	D ₆₀ =	0.267	A =	1.182	Clay&Silt % =	44.05	

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

مهر و امضا آزمایشگاه



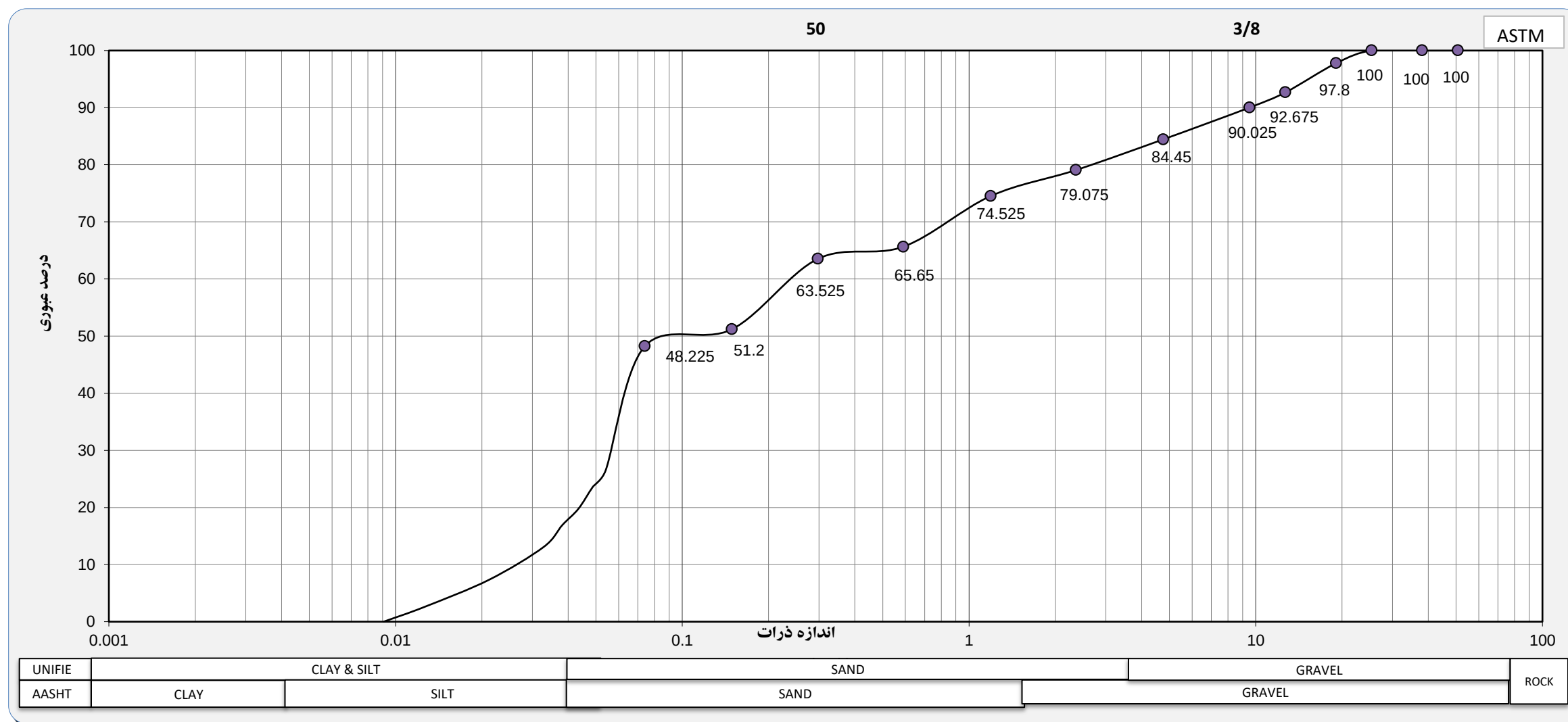
آزمایش دانه بندی و هیدرومتری و حدود اتربرگ

ASTM D 6913 & ASTM D 7928



کد : LA-F34-02

BH-2	شماره چاهک :	RG-1403-255	شماره رهگیری :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	پروژه :
12	عمق (m) :	1403/10/16	تاریخ آزمایش :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	کارفرما :



UNIFIE	CLAY & SILT		SAND		GRAVEL		ROCK
AASHT	CLAY	SILT	SAND		GRAVEL		

LL =	41	D ₁₀ =	0.026	C _u =	9.39	Gravel % =	15.55	Unified Soil Classification: <i>SM - Silty sand with gravel</i>
PL =	28	D ₃₀ =	0.057	C _c =	0.51	Sand % =	36.23	
PI =	13	D ₆₀ =	0.244	A =	2.432	Clay&Silt % =	48.23	



تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

مهر و امضا آزمایشگاه

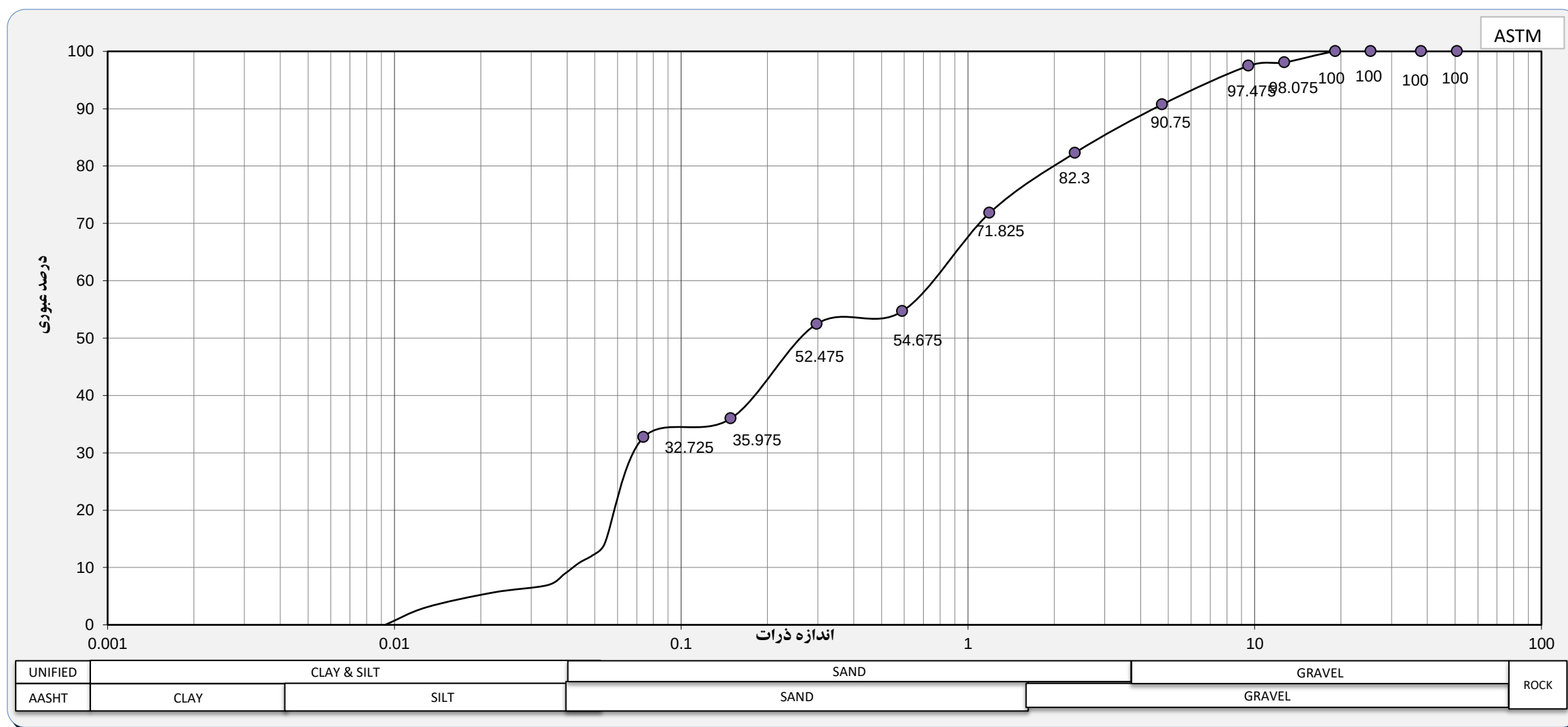
آزمایش دانه بندی و هیدرومتری و حدود اتربرگ

ASTM D 6913 & ASTM D 7928



کد : LA-F34-02

BH-3	شماره چاهک :	RG-1403-255	شماره رهگیری :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	پروژه :
2	عمق (m) :	1403/10/08	تاریخ آزمایش :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	کارفرما :



LL =	23	D ₁₀ =	0.042	C _u =	17.48	Gravel % =	9.25	Unified Soil Classification: <i>SC-SM - Silty, clayey sand</i>
PL =	19	D ₃₀ =	0.071	C _c =	0.16	Sand % =	58.03	
PI =	4	D ₆₀ =	0.734	A =	0.430	Clay&Silt % =	32.73	

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

مهر و امضا آزمایشگاه



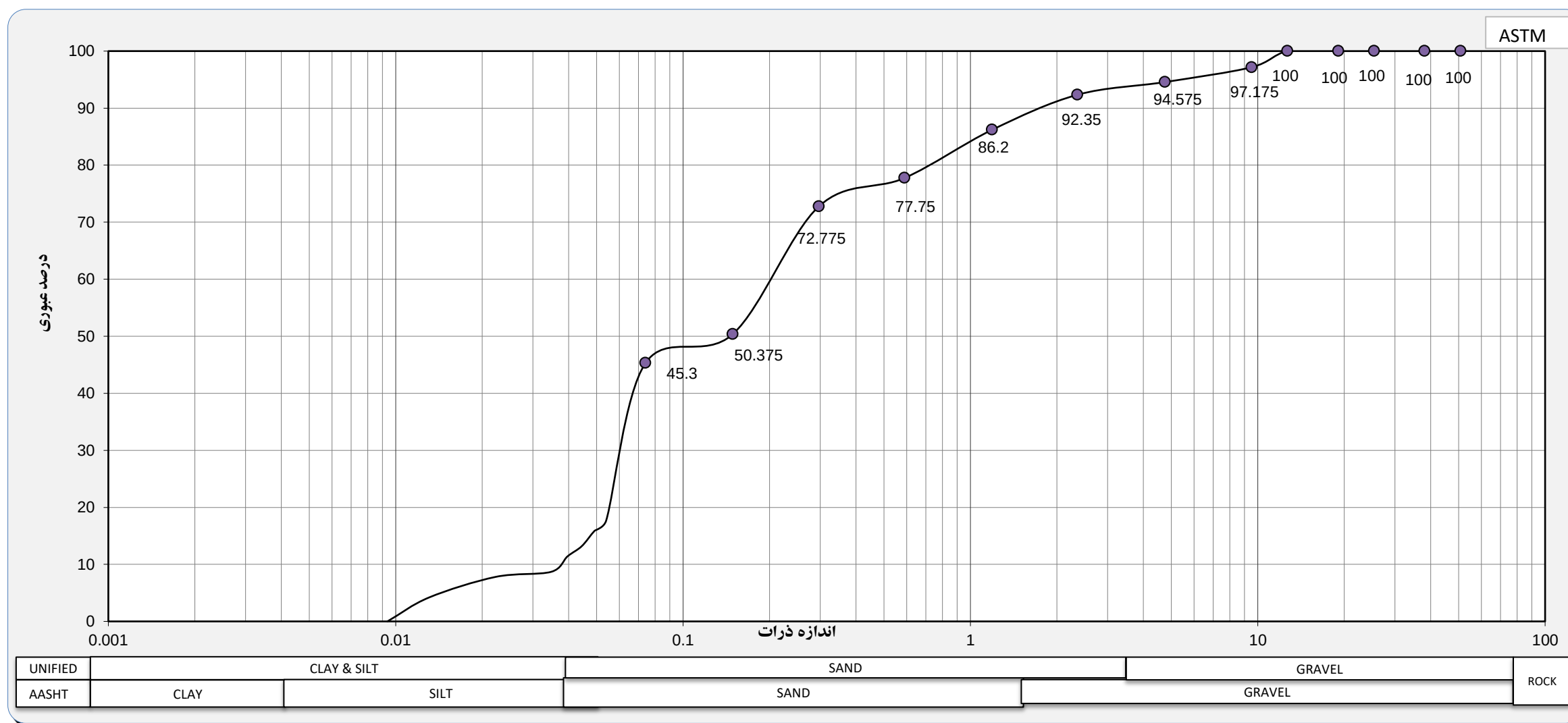
آزمایش دانه بندی و هیدرومتری و حدود اتبرگ

ASTM D 6913 & ASTM D 7928



LA-F34-02 : كد

BH-3	شماره چاهك :	RG-1403-255	شماره رهگيري :	نيروگاه خورشيدى ۶۰ مگاواتى گهر انرژى سیرجان	پروژه :
4	عمق (m) :	1403/10/08	تاريخ آزمایش :	نيروگاه خورشيدى ۶۰ مگاواتى گهر انرژى سیرجان	كارفرما :



LL =	31	D ₁₀ =	0.037	C _u =	5.41	Gravel % =	5.43	Unified Soil Classification: <i>SM - Silty sand</i>
PL =	23	D ₃₀ =	0.062	C _c =	0.52	Sand % =	49.28	
PI =	8	D ₆₀ =	0.200	A =	0.860	Clay&Silt % =	45.30	

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

مهر و امضا آزمایشگاه



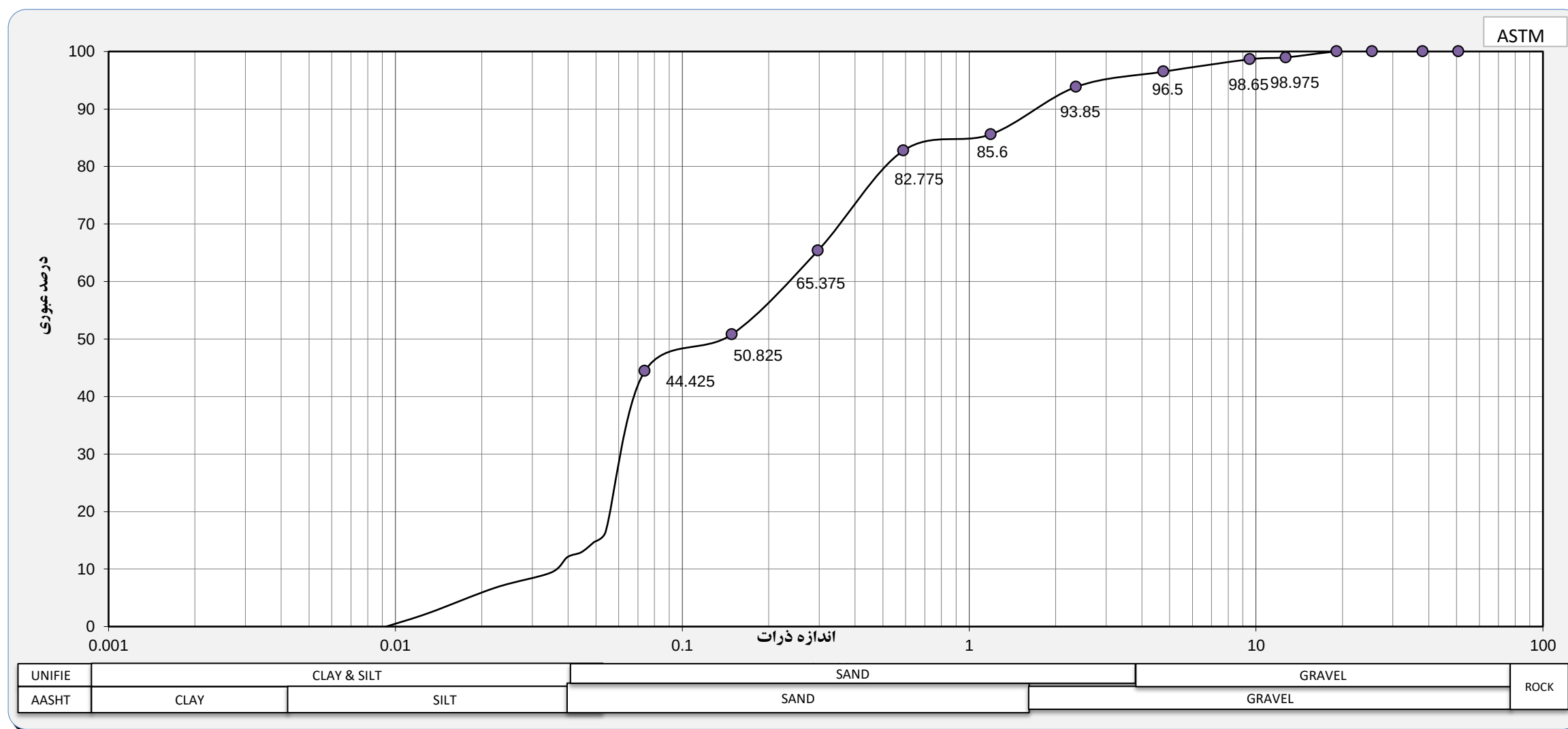
آزمایش دانه بندی و هیدرومتری و حدود اتبرگ

ASTM D 6913 & ASTM D 7928



کد : LA-F34-02

BH-3	شماره چاهک :	RG-1403-255	شماره رهگیری :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	پروژه :
6	عمق (m) :	1403/10/08	تاریخ آزمایش :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	کارفرما :



LL =	38	D ₁₀ =	0.036	C _u =	6.41	Gravel % =	3.50	Unified Soil Classification: <i>SM - Silty sand</i>
PL =	25	D ₃₀ =	0.063	C _c =	0.48	Sand % =	52.08	
PI =	13	D ₆₀ =	0.230	A =	2.432	Clay&Silt % =	44.43	

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

مهر و امضا آزمایشگاه



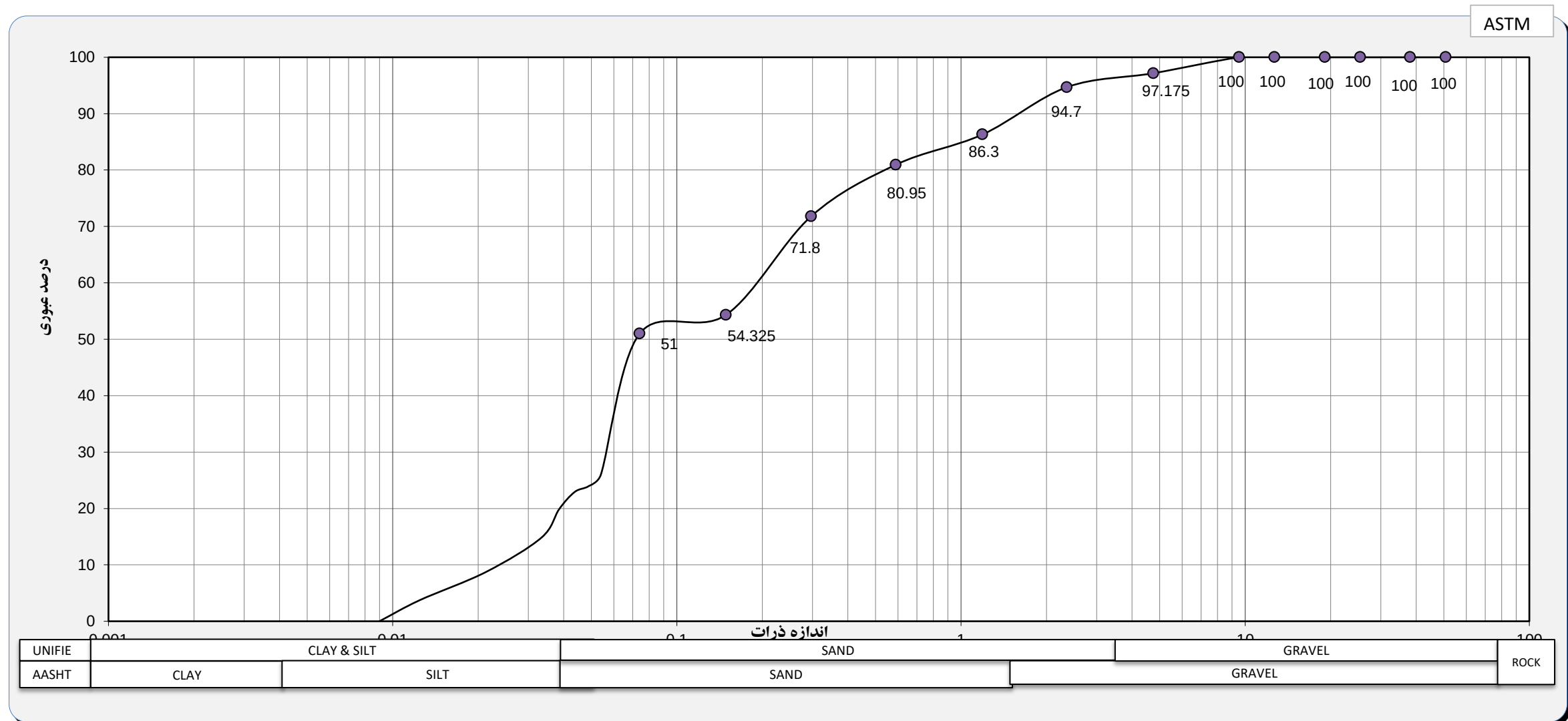
آزمایش دانه بندی و هیدرومتری و حدود اتربرگ

ASTM D 6913 & ASTM D 7928



کد : LA-F34-02

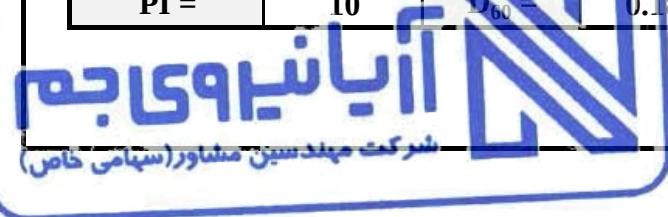
BH-3	شماره چاهک :	RG-1403-255	شماره رهگیری :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	پروژه :
8	عمق (m) :	1403/10/08	تاریخ آزمایش :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	کارفرما :



LL =	32	D ₁₀ =	0.023	C _u =	7.97	Gravel % =	2.83	Unified Soil Classification: <i>CL - Sandy lean clay</i>
PL =	22	D ₃₀ =	0.057	C _c =	0.74	Sand % =	46.18	
PI =	10	D ₆₀ =	0.186	A =	1.365	Clay&Silt % =	51.00	

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

مهر و امضا آزمایشگاه



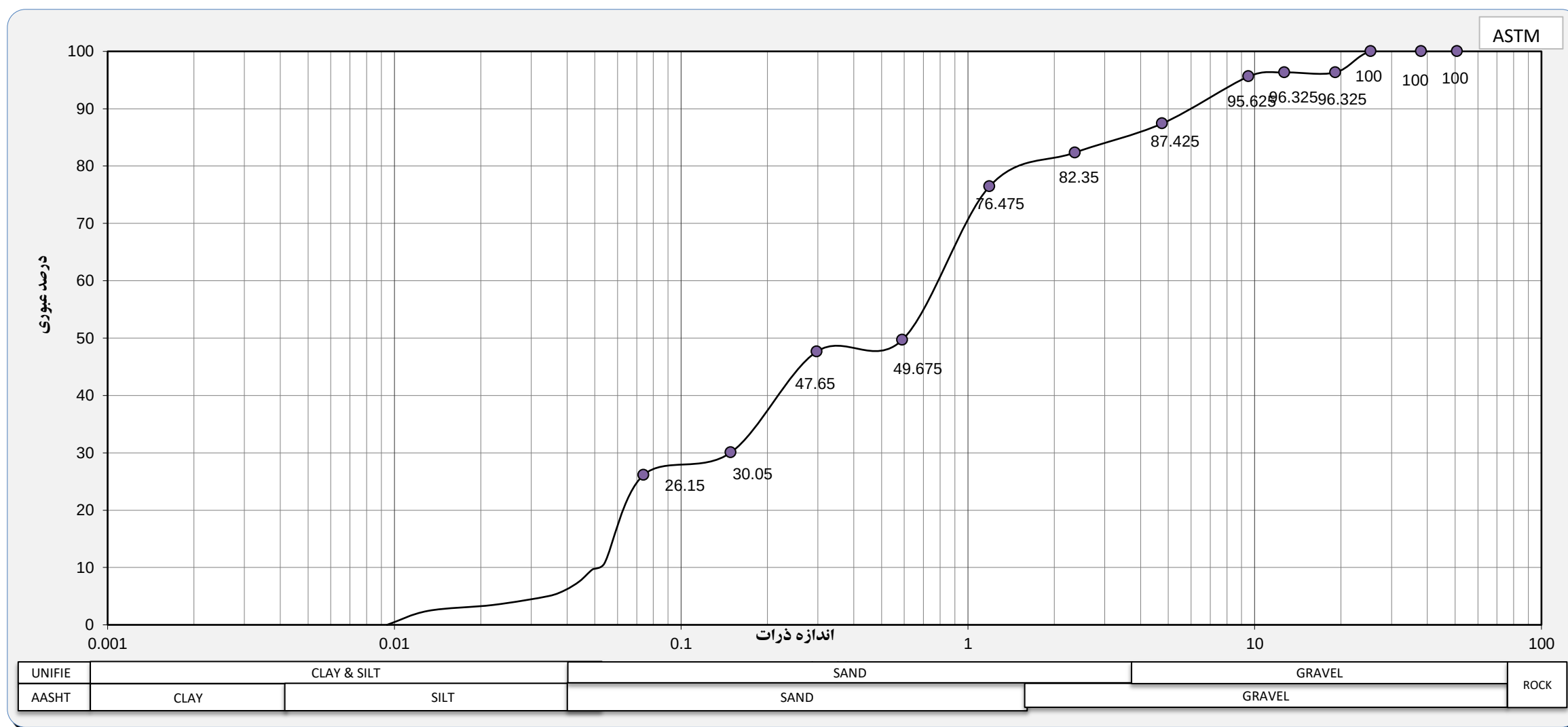
آزمایش دانه بندی و هیدرومتری و حدود اتبرگ

ASTM D 6913 & ASTM D 7928

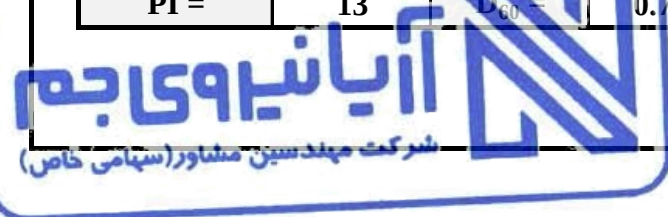


کد : LA-F34-02

BH-3	شماره چاهک :	RG-1403-255	شماره رهگیری :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	پروژه :
10	عمق (m) :	1403/10/08	تاریخ آزمایش :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	کارفرما :



LL =	34	D ₁₀ =	0.051	C _u =	15.29	Gravel % =	12.58	Unified Soil Classification: <i>SC - Clayey sand</i>
PL =	21	D ₃₀ =	0.148	C _c =	0.56	Sand % =	61.28	
PI =	13	D ₆₀ =	0.773	A =	1.397	Clay&Silt % =	26.15	



تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

مهر و امضا آزمایشگاه

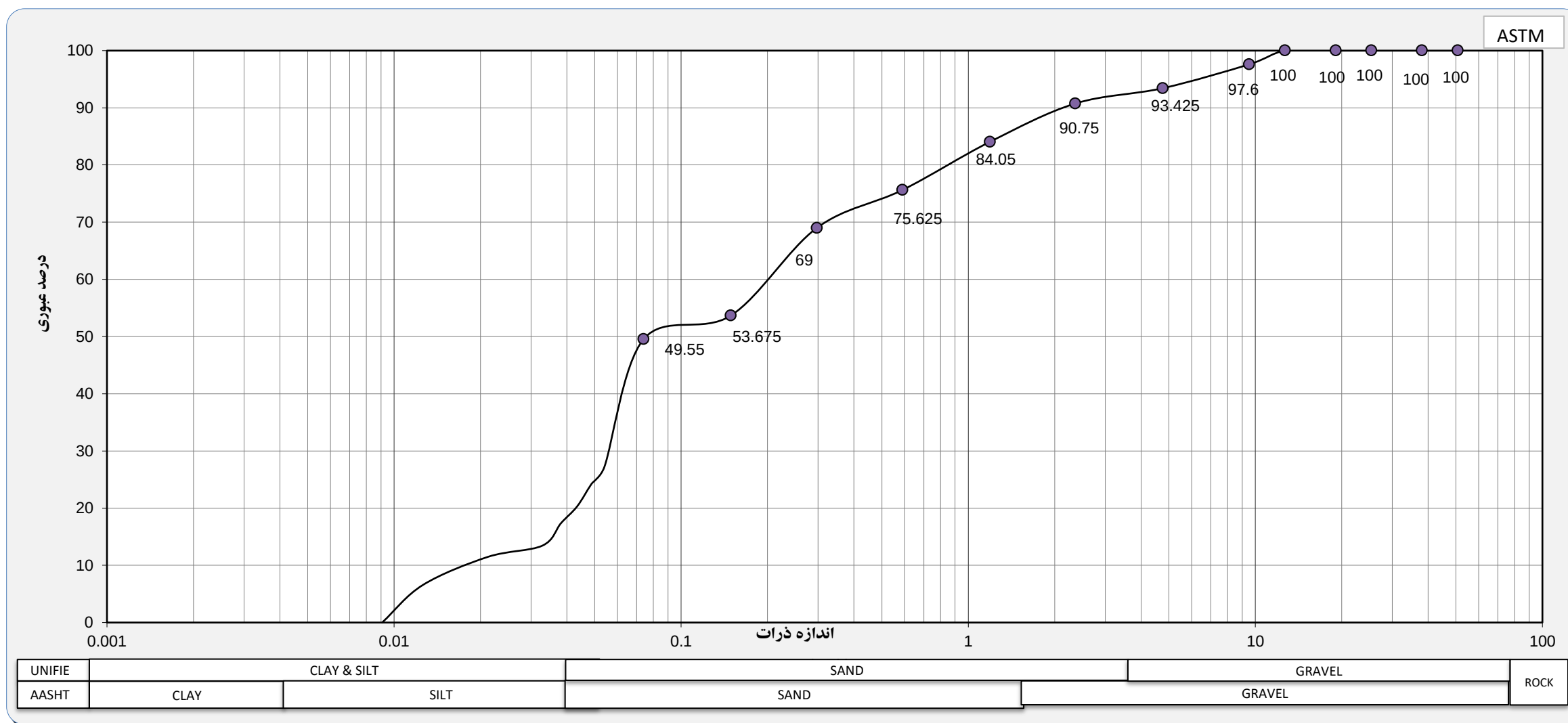
آزمایش دانه بندی و هیدرومتری و حدود اتربرگ

ASTM D 6913 & ASTM D 7928



کد : LA-F34-02

BH-3	شماره چاهک :	RG-1403-255	شماره رهگیری :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	پروژه :
12	عمق (m) :	1403/10/08	تاریخ آزمایش :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	کارفرما :



LL =	40	D ₁₀ =	0.018	C _u =	10.92	Gravel % =	6.58	Unified Soil Classification: <i>SC - Clayey sand</i>
PL =	19	D ₃₀ =	0.056	C _c =	0.88	Sand % =	43.88	
PI =	21	D ₆₀ =	0.198	A =	1.583	Clay&Silt % =	49.55	

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

مهر و امضا آزمایشگاه



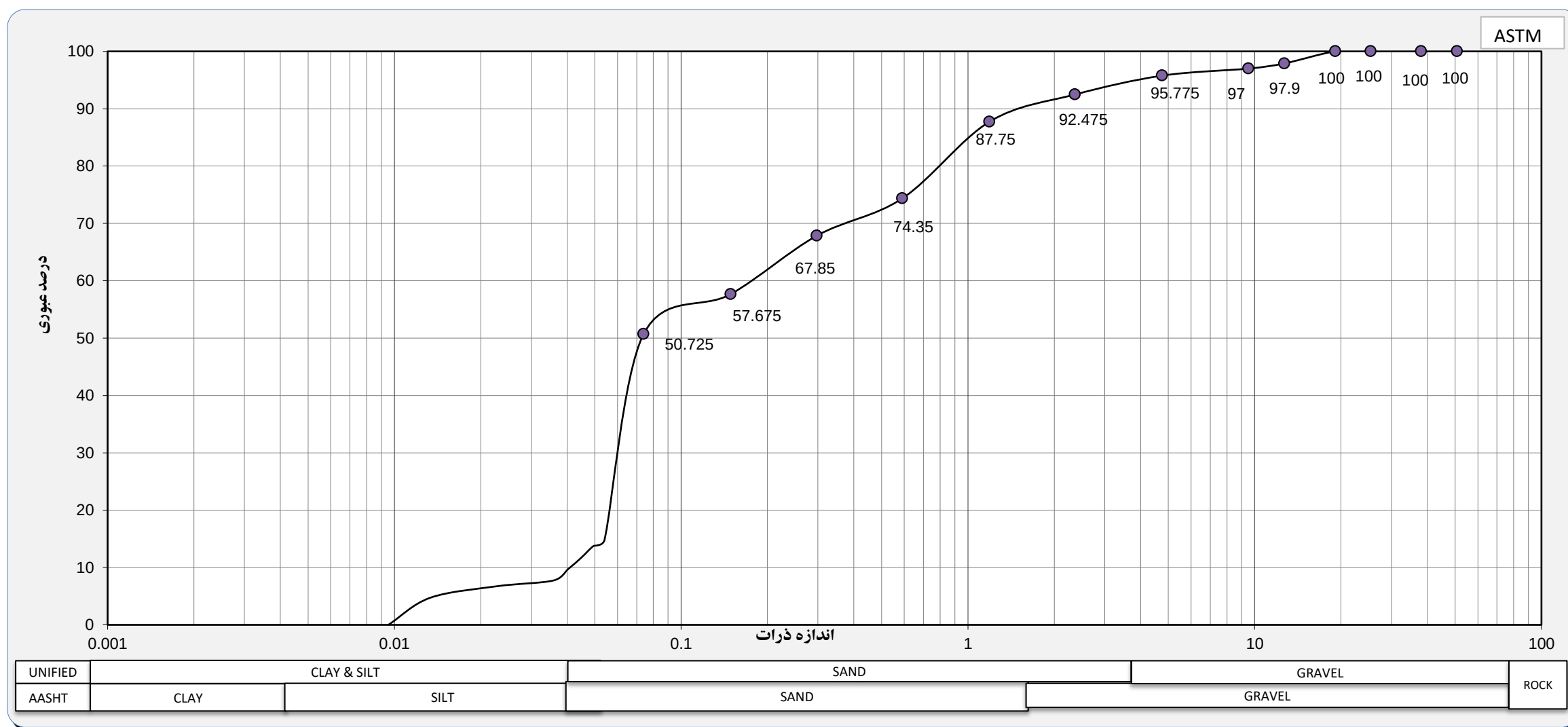
آزمایش دانه بندی و هیدرومتری و حدود اتبرگ

ASTM D 6913 & ASTM D 7928



کد : LA-F34-02

BH-4	شماره چاهک :	RG-1403-255	شماره رهگیری :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	پروژه :
1	عمق (m) :	1403/10/13	تاریخ آزمایش :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	کارفرما :



UNIFIED	CLAY & SILT		SAND		GRAVEL	ROCK
AASHT	CLAY	SILT	SAND		GRAVEL	

LL =	-	D ₁₀ =	0.041	C _u =	4.26	Gravel % =	4.23	Unified Soil Classification: <i>ML - Sandy silt</i>
PL =	-	D ₃₀ =	0.062	C _c =	0.53	Sand % =	45.05	
PI =	-	D ₆₀ =	0.174	A =	0.000	Clay&Silt % =	50.73	

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

مهر و امضا آزمایشگاه



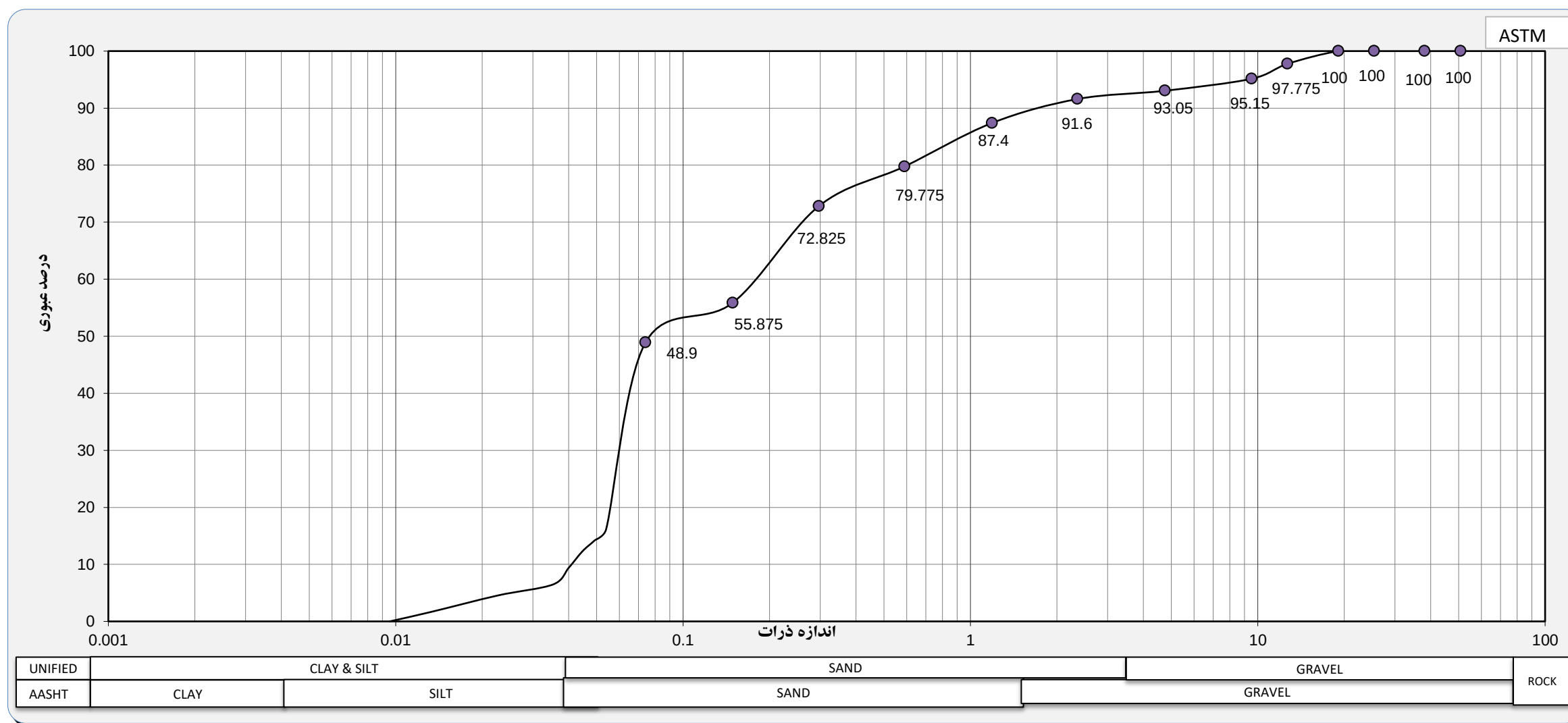
آزمایش دانه بندی و هیدرومتری و حدود اتبرگ

ASTM D 6913 & ASTM D 7928



کد : LA-F34-02

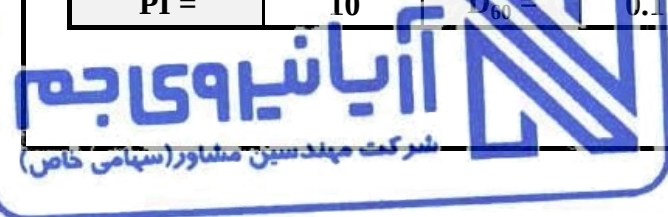
BH-4	شماره چاهک :	RG-1403-255	شماره رهگیری :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	پروژه :
3	عمق (m) :	1403/10/13	تاریخ آزمایش :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	کارفرما :



LL =	28	D ₁₀ =	0.041	C _u =	4.31	Gravel % =	6.95	Unified Soil Classification: <i>SC - Clayey sand</i>
PL =	18	D ₃₀ =	0.062	C _c =	0.53	Sand % =	44.15	
PI =	10	D ₆₀ =	0.176	A =	2.971	Clay&Silt % =	48.90	

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

مهر و امضا آزمایشگاه



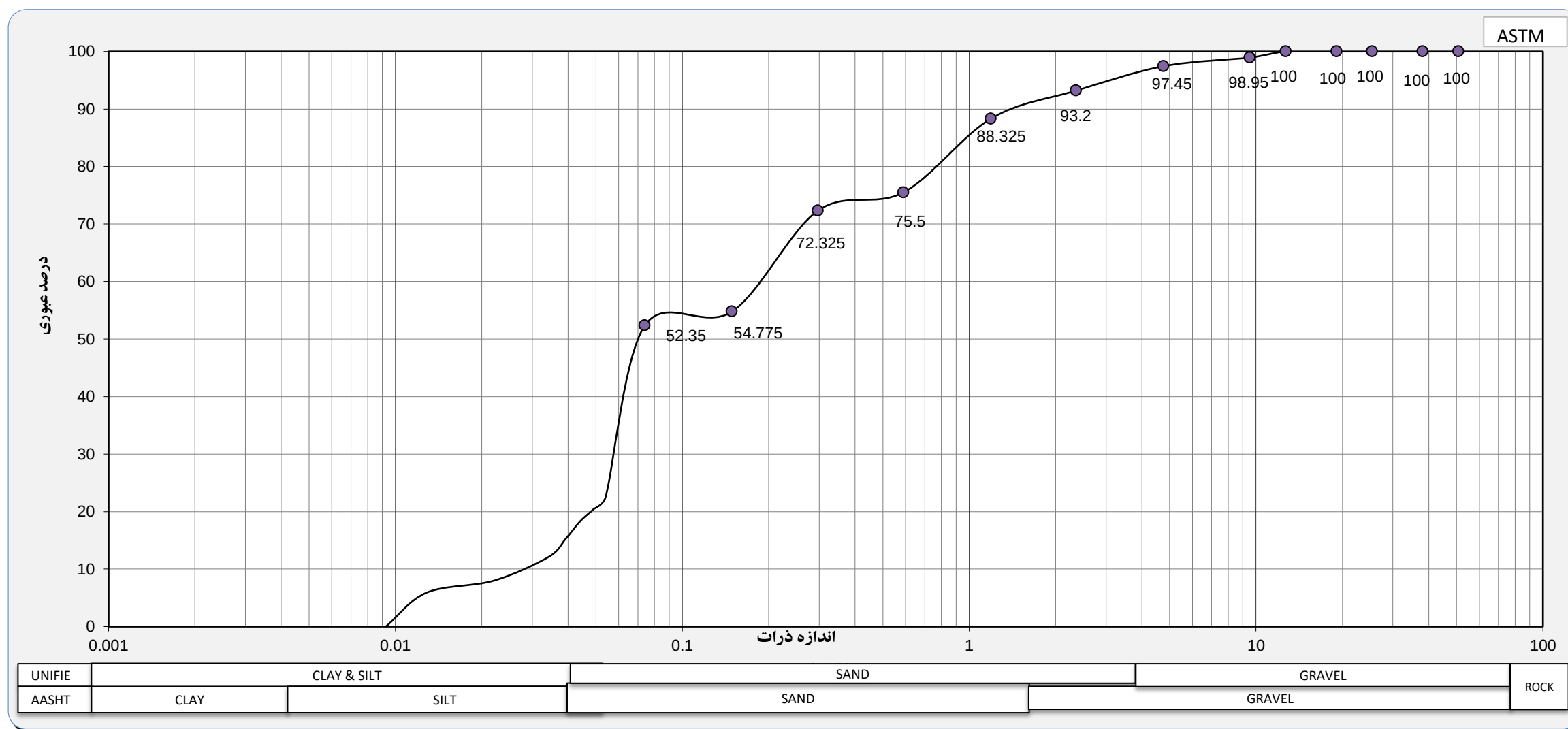
آزمایش دانه بندی و هیدرومتری و حدود اتبرگ

ASTM D 6913 & ASTM D 7928



کد : LA-F34-02

BH-4	شماره چاهک :	RG-1403-255	شماره رهگیری :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	پروژه :
5	عمق (m) :	1403/10/13	تاریخ آزمایش :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	کارفرما :



LL =	33	D ₁₀ =	0.027	C _u =	6.70	Gravel % =	2.55	Unified Soil Classification: <i>CL - Sandy lean clay</i>
PL =	20	D ₃₀ =	0.058	C _c =	0.68	Sand % =	45.10	
PI =	13	D ₆₀ =	0.183	A =	1.152	Clay&Silt % =	52.35	

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

مهر و امضا آزمایشگاه

آبیا نیروی جم

شرکت مهندسين مشاور (سهامي خاص)

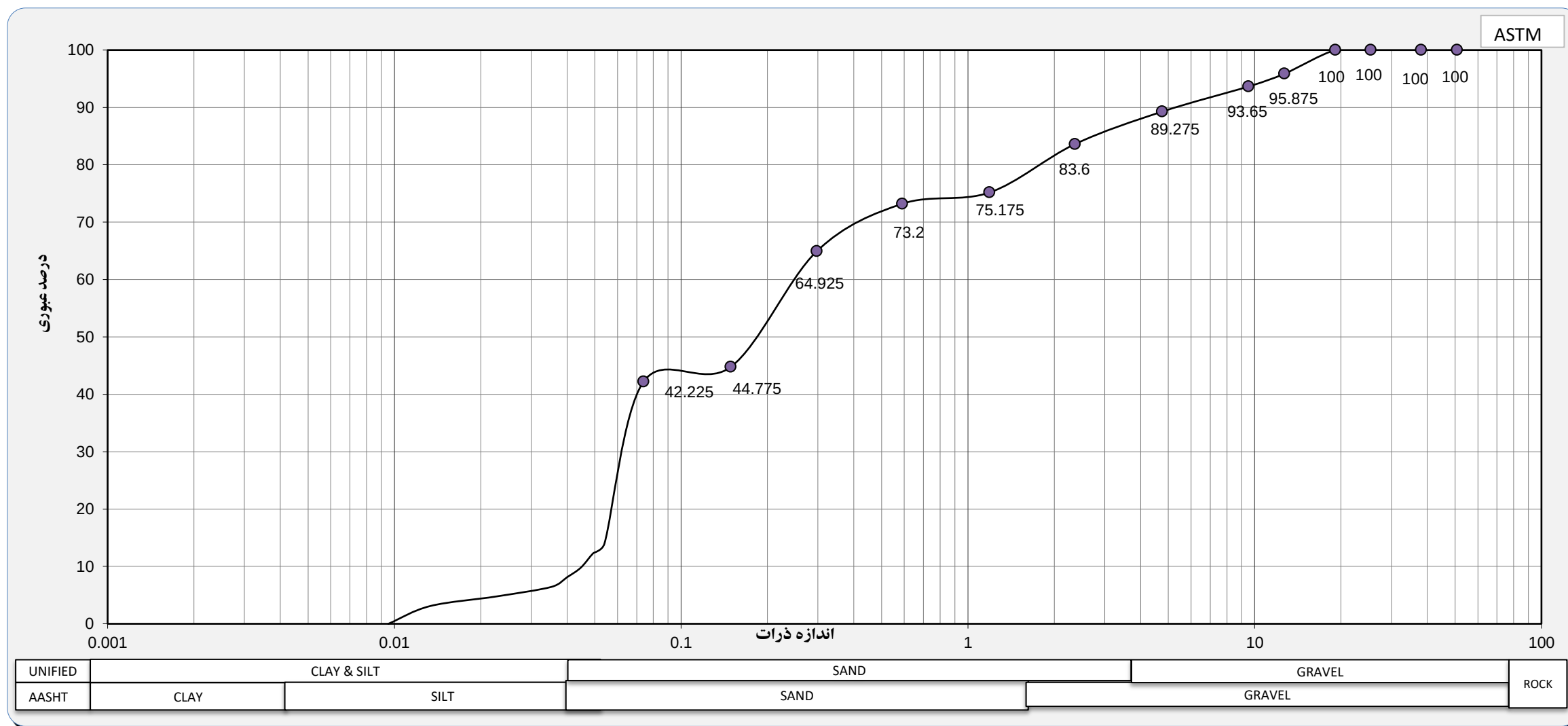
آزمایش دانه بندی و هیدرومتری و حدود اتبرگ

ASTM D 6913 & ASTM D 7928



کد : LA-F34-02

BH-5	شماره چاهک :	RG-1403-255	شماره رهگیری :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	پروژه :
1	عمق (m) :	1403/10/13	تاریخ آزمایش :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	کارفرما :



LL =	21	D ₁₀ =	0.045	C _u =	5.57	Gravel % =	10.73	Unified Soil Classification: <i>SC-SM - Silty, clayey sand</i>
PL =	17	D ₃₀ =	0.065	C _c =	0.37	Sand % =	47.05	
PI =	4	D ₆₀ =	0.251	A =	0.546	Clay&Silt % =	42.23	

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

مهر و امضا آزمایشگاه



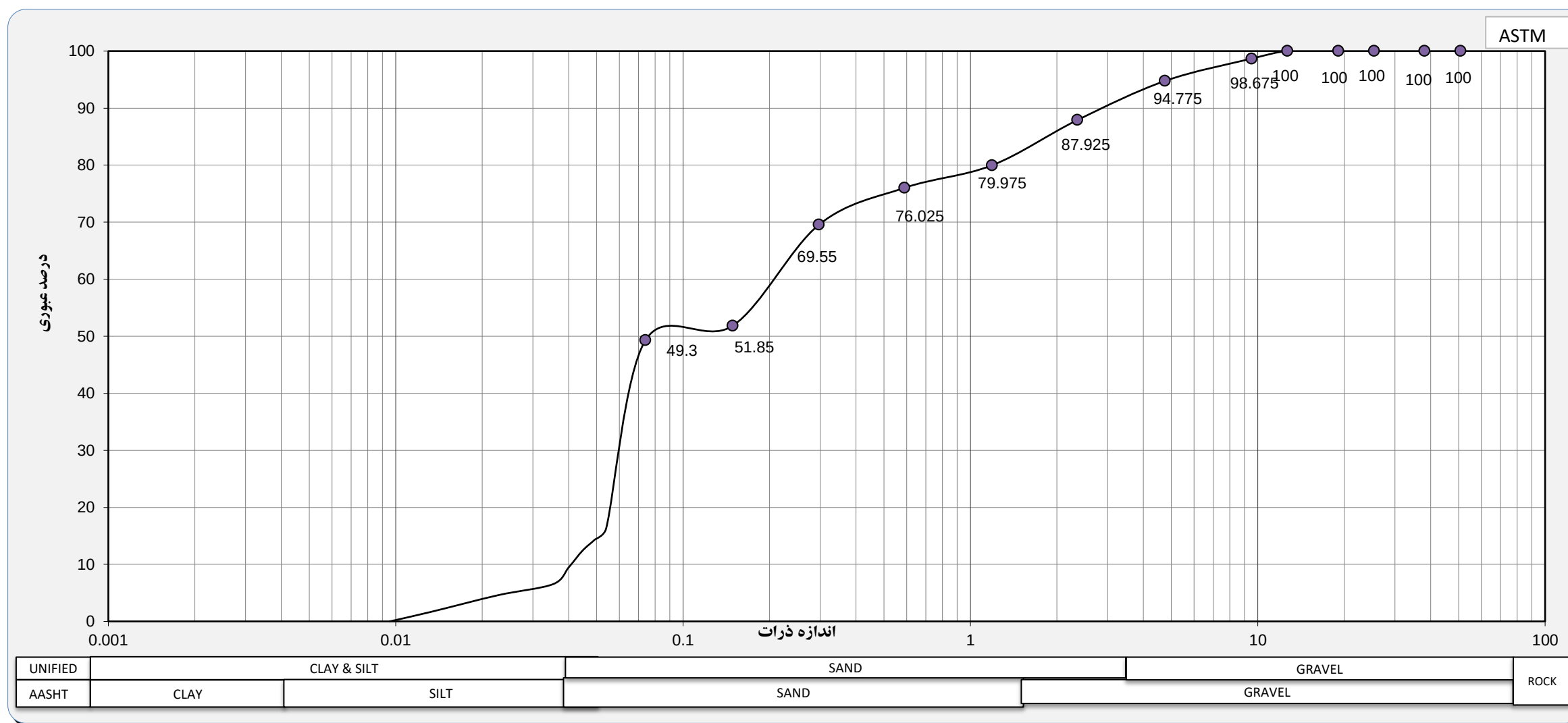
آزمایش دانه بندی و هیدرومتری و حدود اتبرگ

ASTM D 6913 & ASTM D 7928



کد : LA-F34-02

BH-5	شماره چاهک :	RG-1403-255	شماره رهگیری :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	پروژه :
3	عمق (m) :	1403/10/13	تاریخ آزمایش :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	کارفرما :



LL =	26	D ₁₀ =	0.041	C _u =	5.02	Gravel % =	5.23	Unified Soil Classification: <i>SC-SM - Silty, clayey sand</i>
PL =	19	D ₃₀ =	0.062	C _c =	0.45	Sand % =	45.48	
PI =	7	D ₆₀ =	0.205	A =	2.080	Clay&Silt % =	49.30	

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

مهر و امضا آزمایشگاه



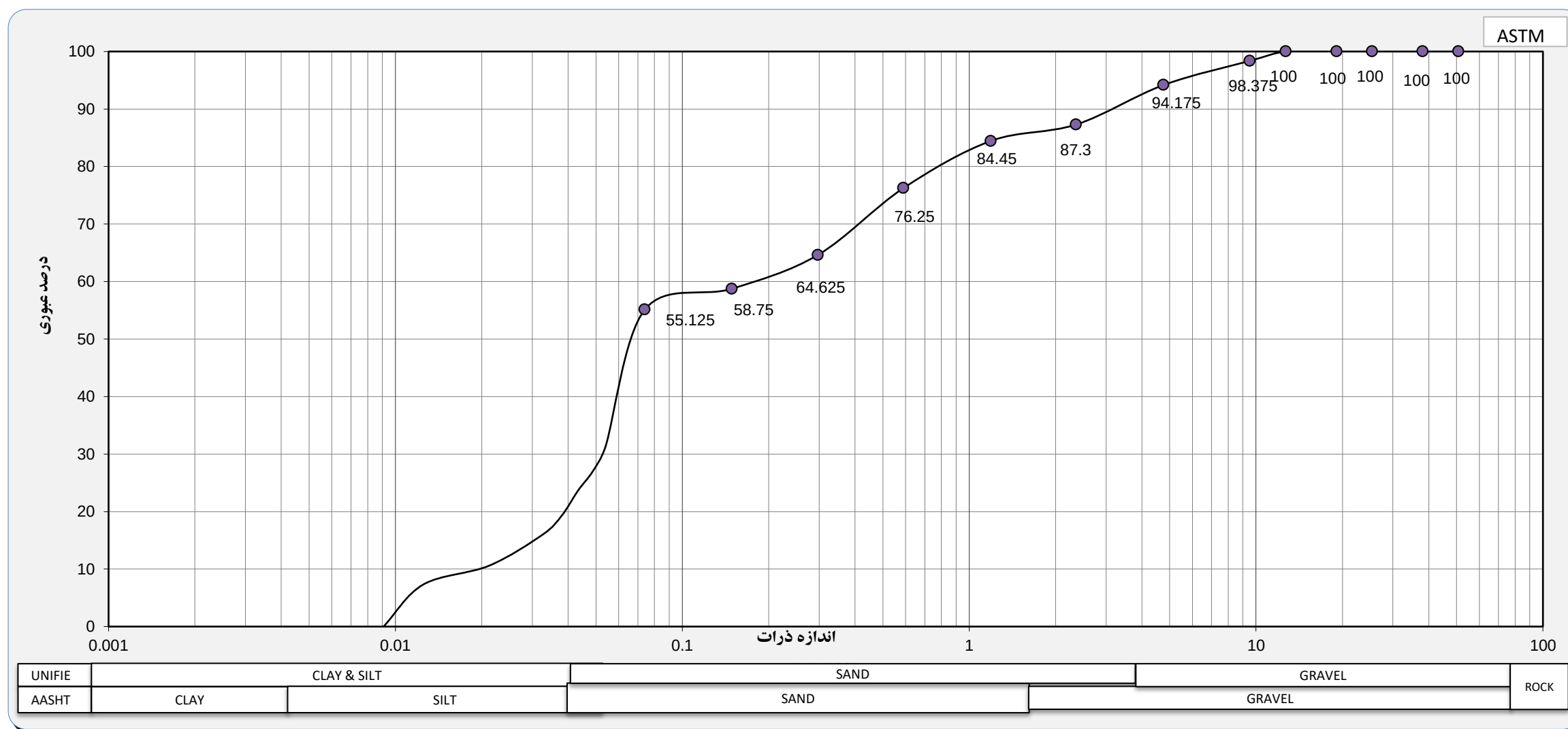
آزمایش دانه بندی و هیدرومتری و حدود اتبرگ

ASTM D 6913 & ASTM D 7928

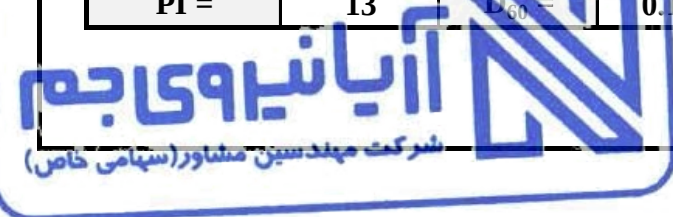


کد : LA-F34-02

BH-5	شماره چاهک :	RG-1403-255	شماره رهگیری :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	پروژه :
5	عمق (m) :	1403/10/13	تاریخ آزمایش :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	کارفرما :



LL =	37	D ₁₀ =	0.019	C _u =	8.94	Gravel % =	5.83	Unified Soil Classification: <i>CL - Sandy lean clay</i>
PL =	24	D ₃₀ =	0.052	C _c =	0.82	Sand % =	39.05	
PI =	13	D ₆₀ =	0.173	A =	0.980	Clay&Silt % =	55.13	



تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

مهر و امضا آزمایشگاه

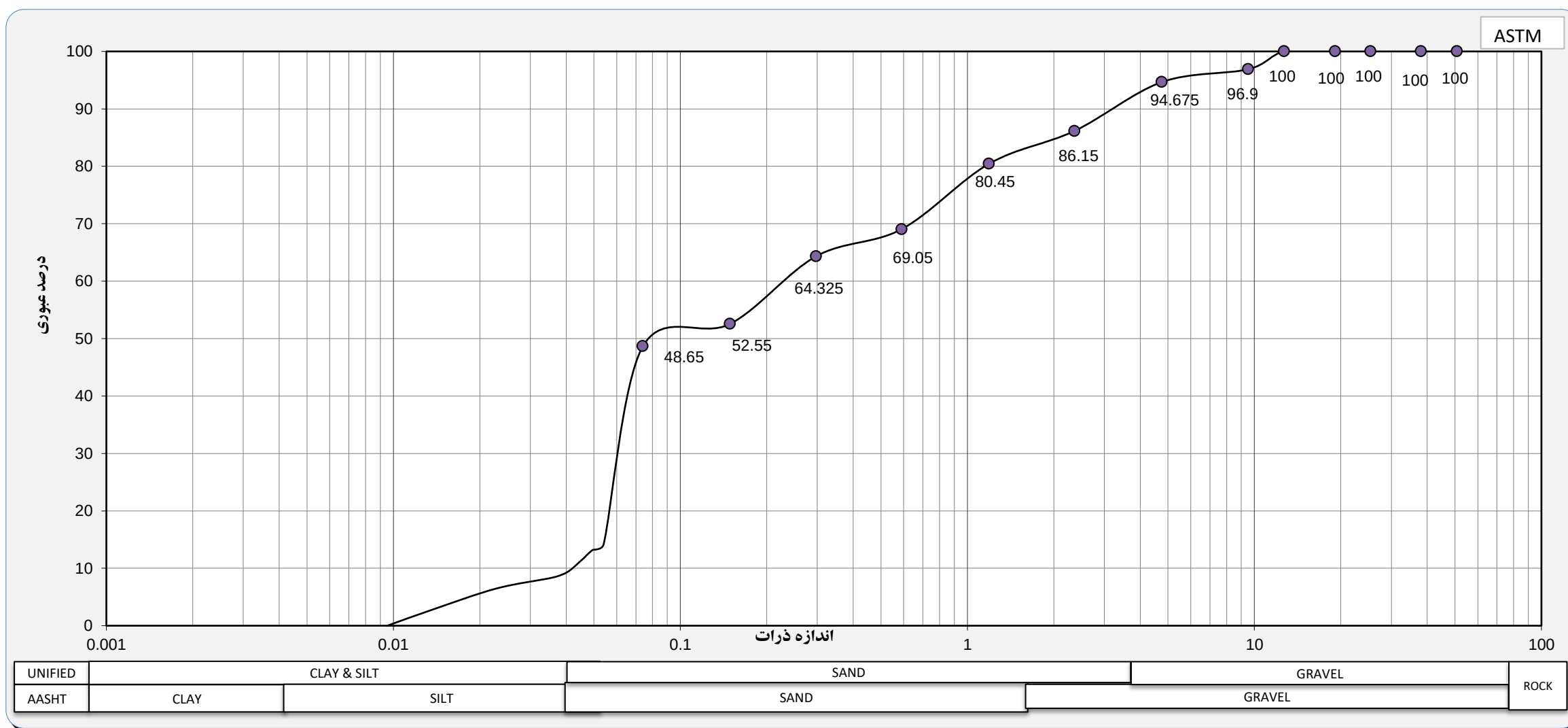
آزمایش دانه بندی و هیدرومتری و حدود اتبرگ

ASTM D 6913 & ASTM D 7928



کد : LA-F34-02

BH-6	شماره چاهک :	RG-1403-255	شماره رهگیری :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	پروژه :
1	عمق (m) :	1403/10/13	تاریخ آزمایش :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	کارفرما :



LL =	17	D ₁₀ =	0.042	C _u =	5.50	Gravel % =	5.33	Unified Soil Classification: <i>SC-SM - Silty, clayey sand</i>
PL =	12	D ₃₀ =	0.062	C _c =	0.40	Sand % =	46.03	
PI =	5	D ₆₀ =	0.231	A =	0.935	Clay&Silt % =	48.65	

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

مهر و امضا آزمایشگاه



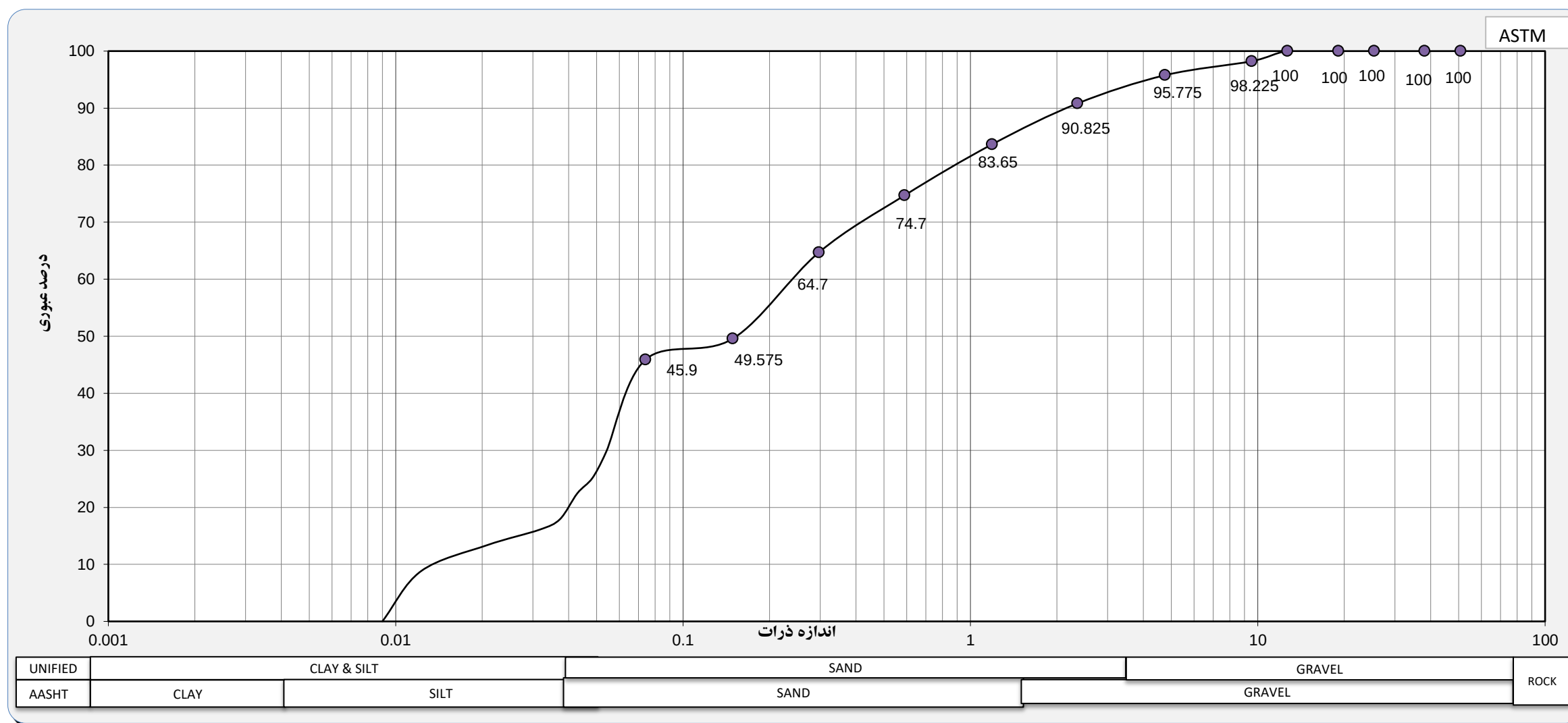
آزمایش دانه بندی و هیدرومتری و حدود اتبرگ

ASTM D 6913 & ASTM D 7928



کد : LA-F34-02

BH-6	شماره چاهک :	RG-1403-255	شماره رهگیری :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	پروژه :
3	عمق (m) :	1403/10/13	تاریخ آزمایش :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	کارفرما :



LL =	37	D ₁₀ =	0.014	C _u =	17.05	Gravel % =	4.23	Unified Soil Classification: <i>SC - Clayey sand</i>
PL =	20	D ₃₀ =	0.054	C _c =	0.87	Sand % =	49.88	
PI =	17	D ₆₀ =	0.240	A =	0.885	Clay&Silt % =	45.90	

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

مهر و امضا آزمایشگاه



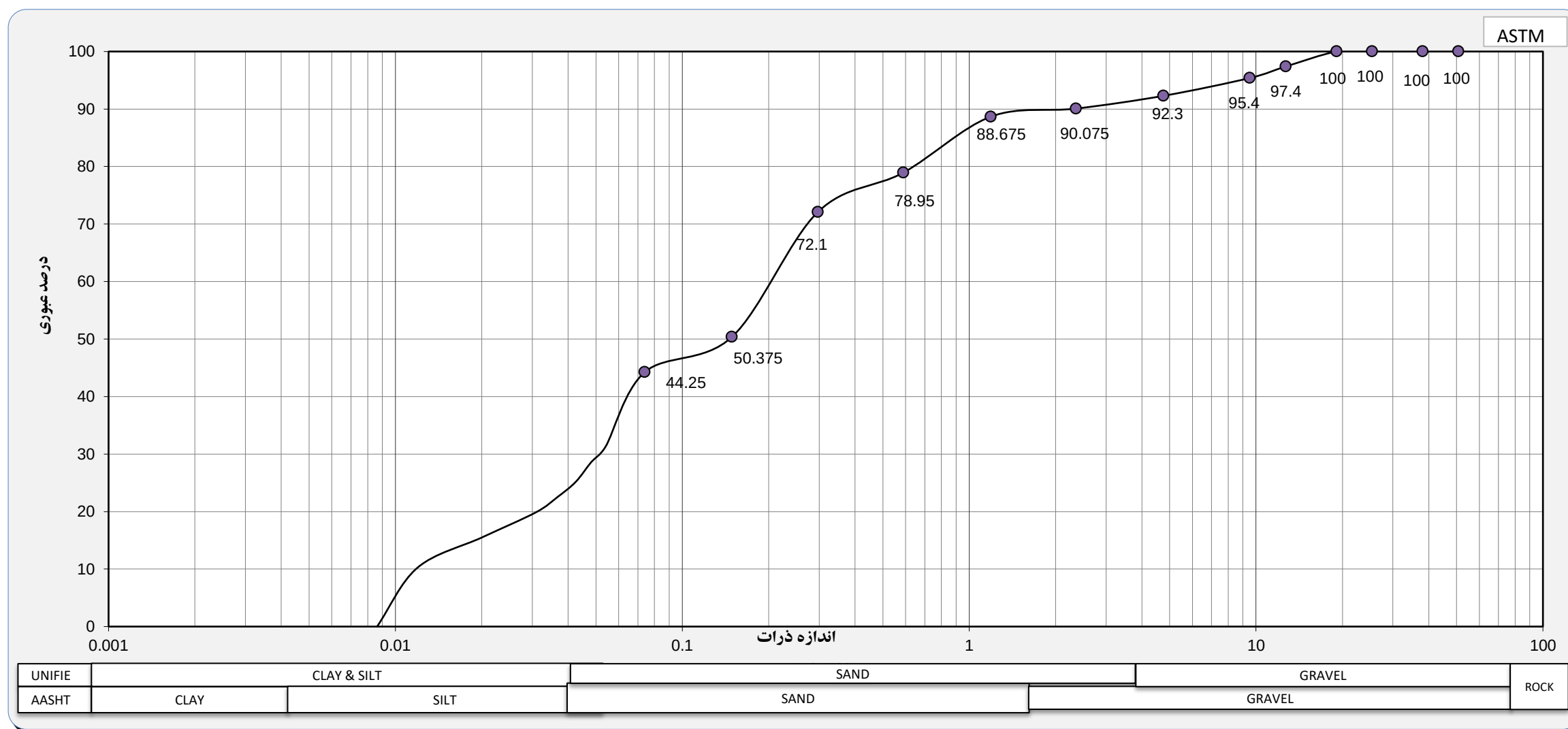
آزمایش دانه بندی و هیدرومتری و حدود اتبرگ

ASTM D 6913 & ASTM D 7928



کد : LA-F34-02

BH-6	شماره چاهک :	RG-1403-255	شماره رهگیری :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	پروژه :
5	عمق (m) :	1403/10/13	تاریخ آزمایش :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	کارفرما :



LL =	52	D ₁₀ =	0.012	C _u =	17.07	Gravel % =	7.70	Unified Soil Classification: <i>SC - Clayey sand</i>
PL =	26	D ₃₀ =	0.051	C _c =	1.09	Sand % =	48.05	
PI =	26	D ₆₀ =	0.202	A =	1.122	Clay&Silt % =	44.25	

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

مهر و امضا آزمایشگاه



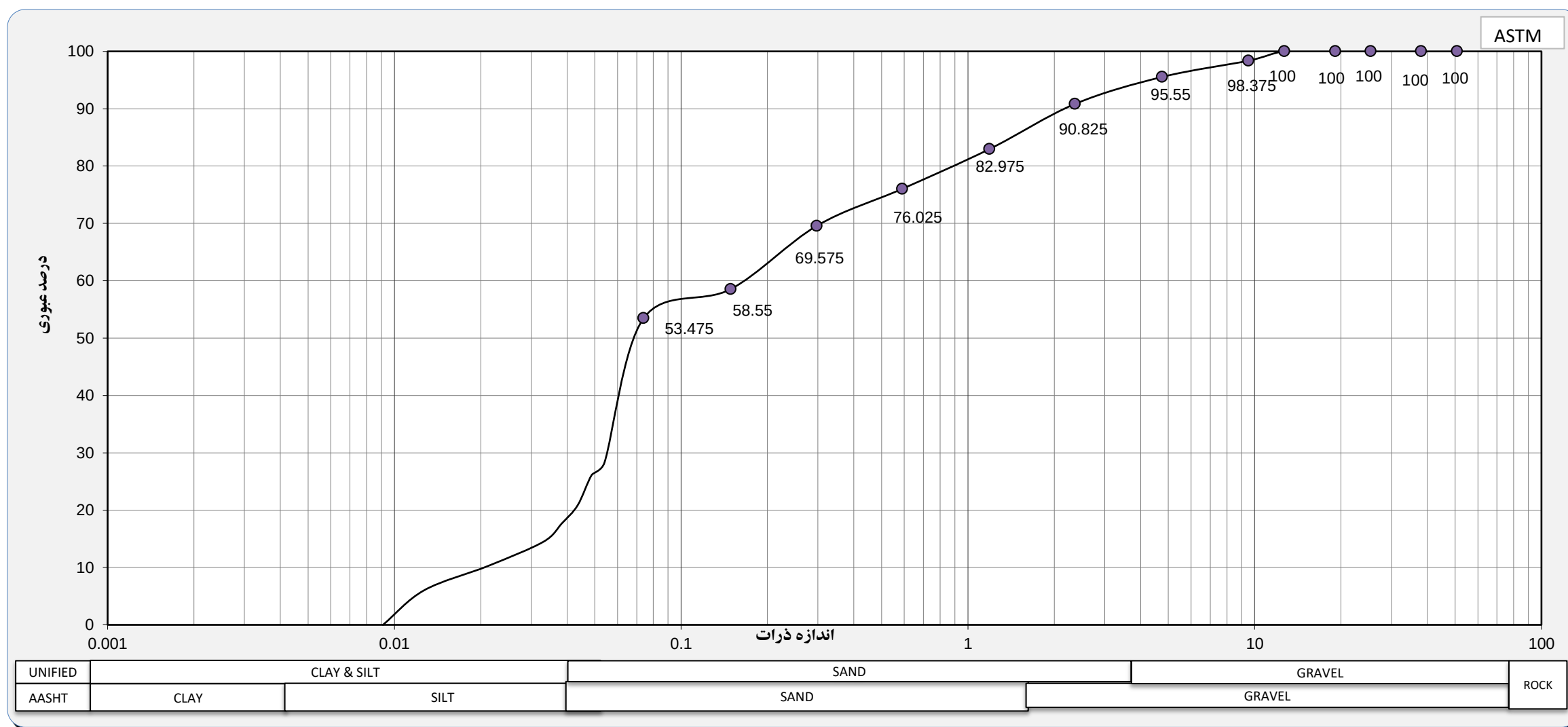
آزمایش دانه بندی و هیدرومتری و حدود اتبرگ

ASTM D 6913 & ASTM D 7928



کد : LA-F34-02

BH-7	شماره چاهک :	RG-1403-255	شماره رهگیری :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	پروژه :
1	عمق (m) :	1403/10/13	تاریخ آزمایش :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	کارفرما :



LL =	31	D ₁₀ =	0.021	C _u =	7.94	Gravel % =	4.45	Unified Soil Classification: <i>ML - Sandy silt</i>
PL =	23	D ₃₀ =	0.055	C _c =	0.91	Sand % =	42.08	
PI =	8	D ₆₀ =	0.163	A =	0.709	Clay&Silt % =	53.48	

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

مهر و امضا آزمایشگاه

آیان نیروی جم

شرکت مهندسين مشاور (سهامي خاص)

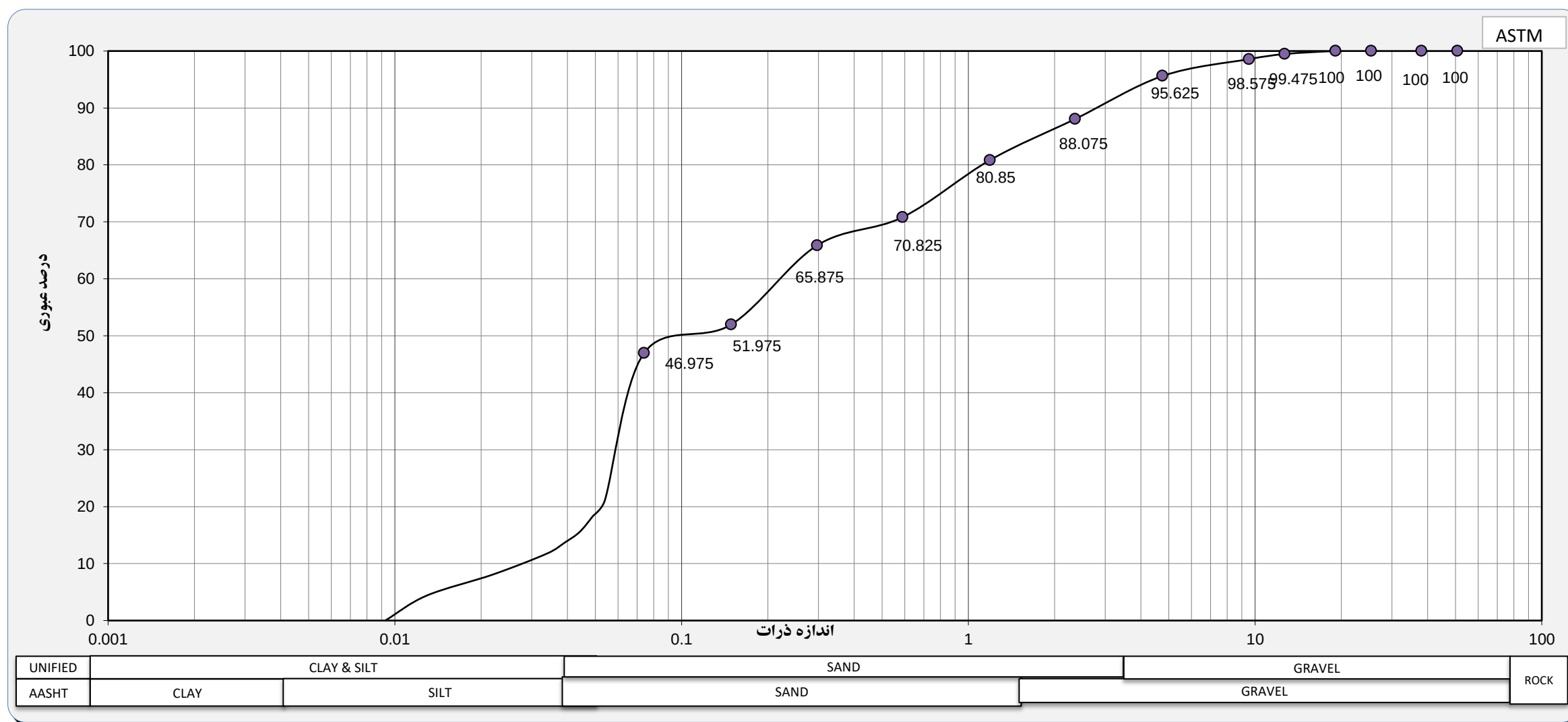
آزمایش دانه بندی و هیدرومتری و حدود اتبرگ

ASTM D 6913 & ASTM D 7928



کد : LA-F34-02

BH-7	شماره چاهک :	RG-1403-255	شماره رهگیری :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	پروژه :
3	عمق (m) :	1403/10/13	تاریخ آزمایش :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	کارفرما :



LL =	29	D ₁₀ =	0.028	C _u =	8.05	Gravel % =	4.38	Unified Soil Classification: <i>SC-SM - Silty, clayey sand</i>
PL =	22	D ₃₀ =	0.060	C _c =	0.59	Sand % =	48.65	
PI =	7	D ₆₀ =	0.222	A =	0.752	Clay&Silt % =	46.98	

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

مهر و امضا آزمایشگاه



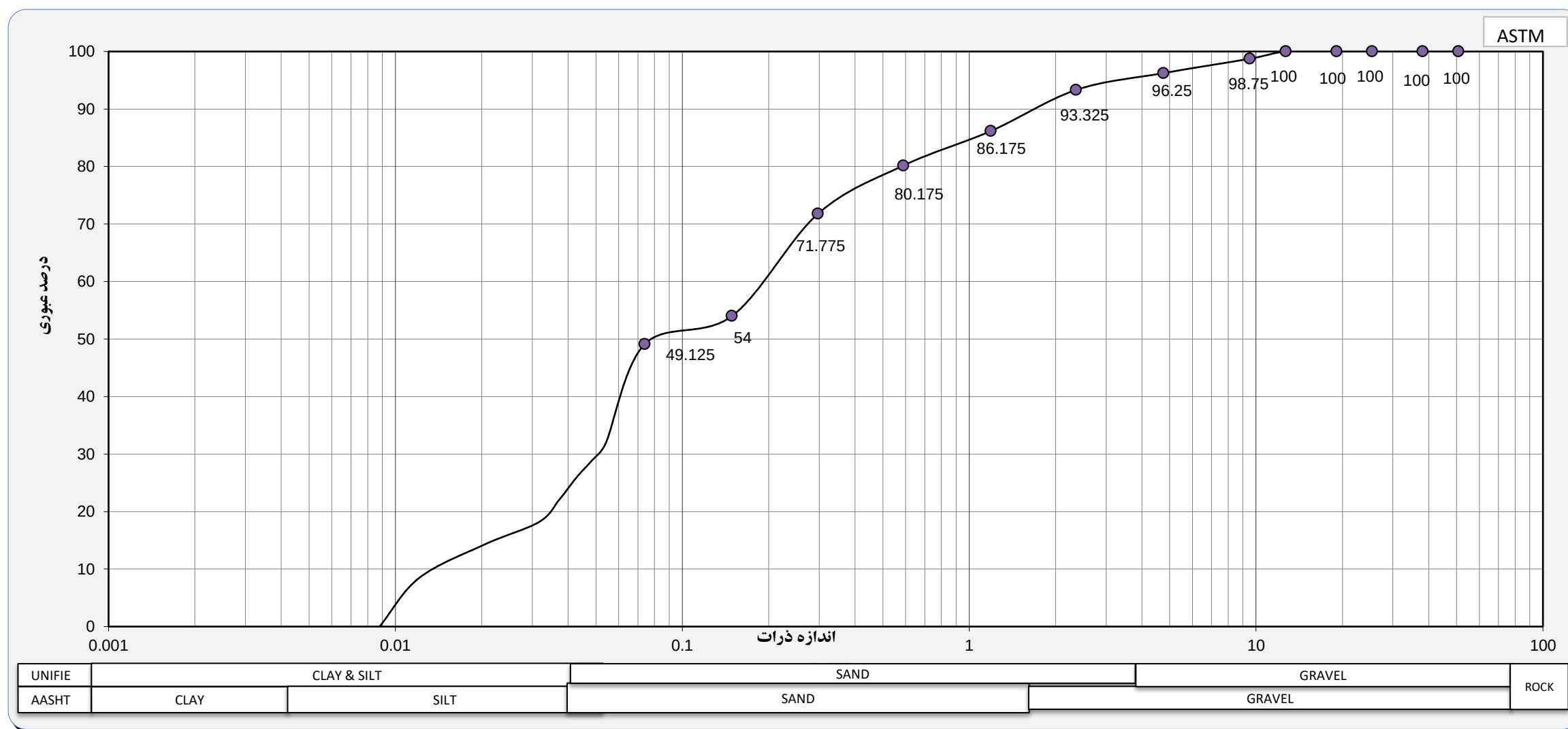
آزمایش دانه بندی و هیدرومتری و حدود اتبرگ

ASTM D 6913 & ASTM D 7928



کد : LA-F34-02

BH-7	شماره چاهک :	RG-1403-255	شماره رهگیری :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	پروژه :
5	عمق (m) :	1403/10/13	تاریخ آزمایش :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	کارفرما :



LL =	44	D ₁₀ =	0.014	C _u =	13.53	Gravel % =	3.75	Unified Soil Classification: <i>SC - Clayey sand</i>
PL =	25	D ₃₀ =	0.050	C _c =	0.97	Sand % =	47.13	
PI =	19	D ₆₀ =	0.188	A =	1.103	Clay&Silt % =	49.13	

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

مهر و امضا آزمایشگاه

آب انیروی جم

شرکت مهندسين مشاور (سهامي خاص)

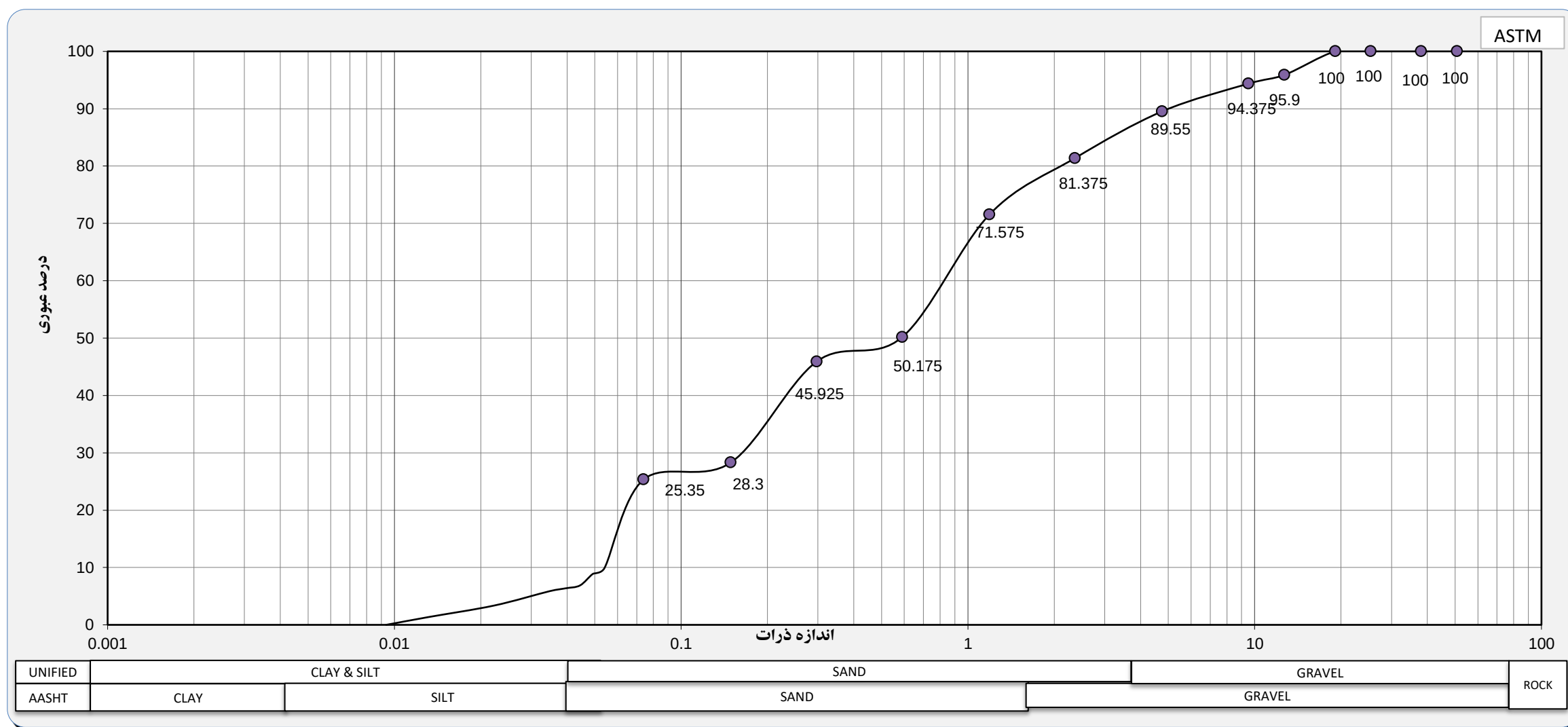
آزمایش دانه بندی و هیدرومتری و حدود اتبرگ

ASTM D 6913 & ASTM D 7928



کد : LA-F34-02

BH-8	شماره چاهک :	RG-1403-255	شماره رهگیری :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	پروژه :
1	عمق (m) :	1403/10/13	تاریخ آزمایش :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	کارفرما :



LL =	32	D ₁₀ =	0.054	C _u =	15.04	Gravel % =	10.45	Unified Soil Classification: <i>SC - Clayey sand</i>
PL =	21	D ₃₀ =	0.159	C _c =	0.58	Sand % =	64.20	
PI =	11	D ₆₀ =	0.814	A =	2.058	Clay&Silt % =	25.35	

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

مهر و امضا آزمایشگاه



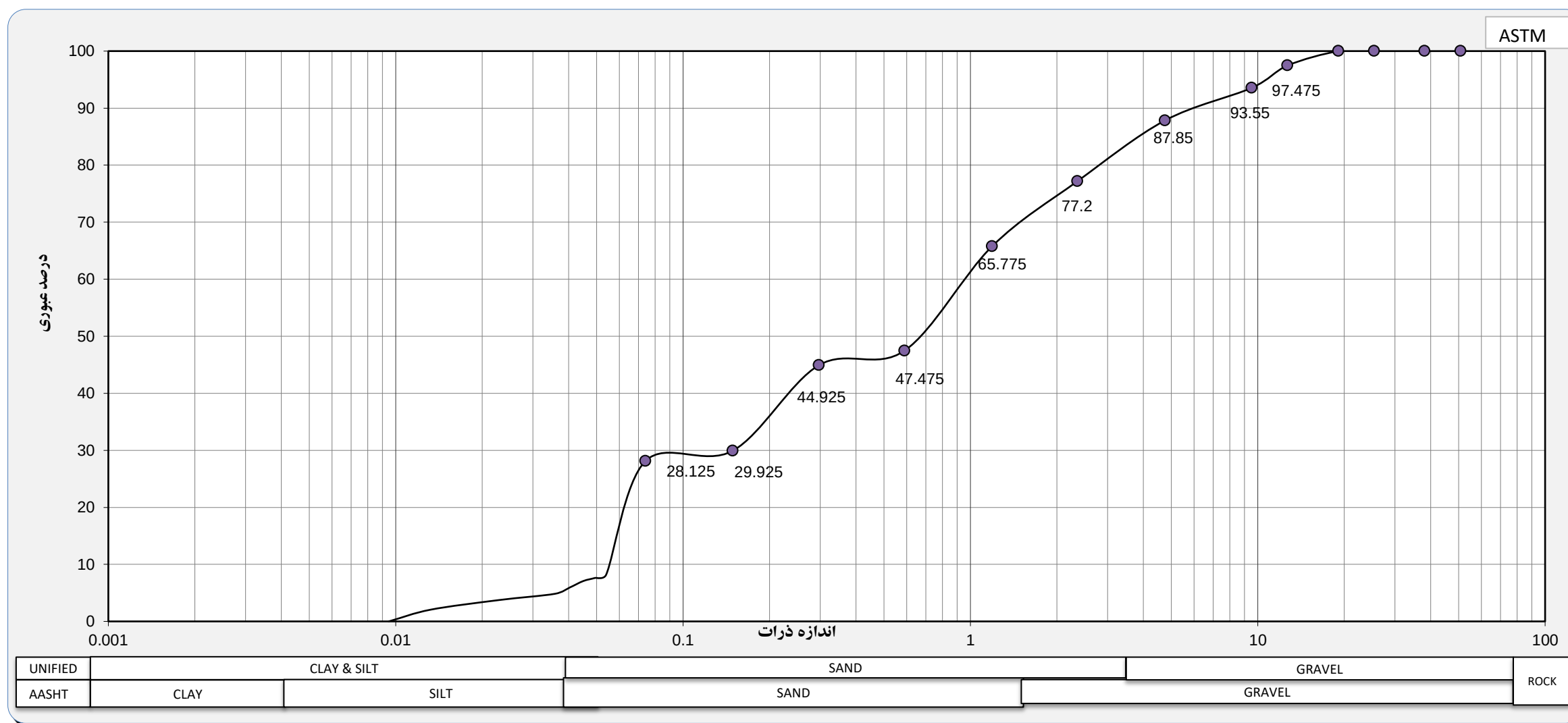
آزمایش دانه بندی و هیدرومتری و حدود اتبرگ

ASTM D 6913 & ASTM D 7928



کد : LA-F34-02

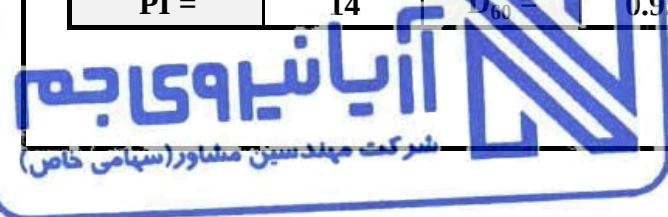
BH-8	شماره چاهک :	RG-1403-255	شماره رهگیری :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	پروژه :
3	عمق (m) :	1403/10/13	تاریخ آزمایش :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	کارفرما :



LL =	33	D ₁₀ =	0.056	C _u =	17.16	Gravel % =	12.15	Unified Soil Classification: <i>SC - Clayey sand</i>
PL =	19	D ₃₀ =	0.150	C _c =	0.42	Sand % =	59.73	
PI =	14	D ₆₀ =	0.954	A =	1.911	Clay&Silt % =	28.13	

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

مهر و امضا آزمایشگاه



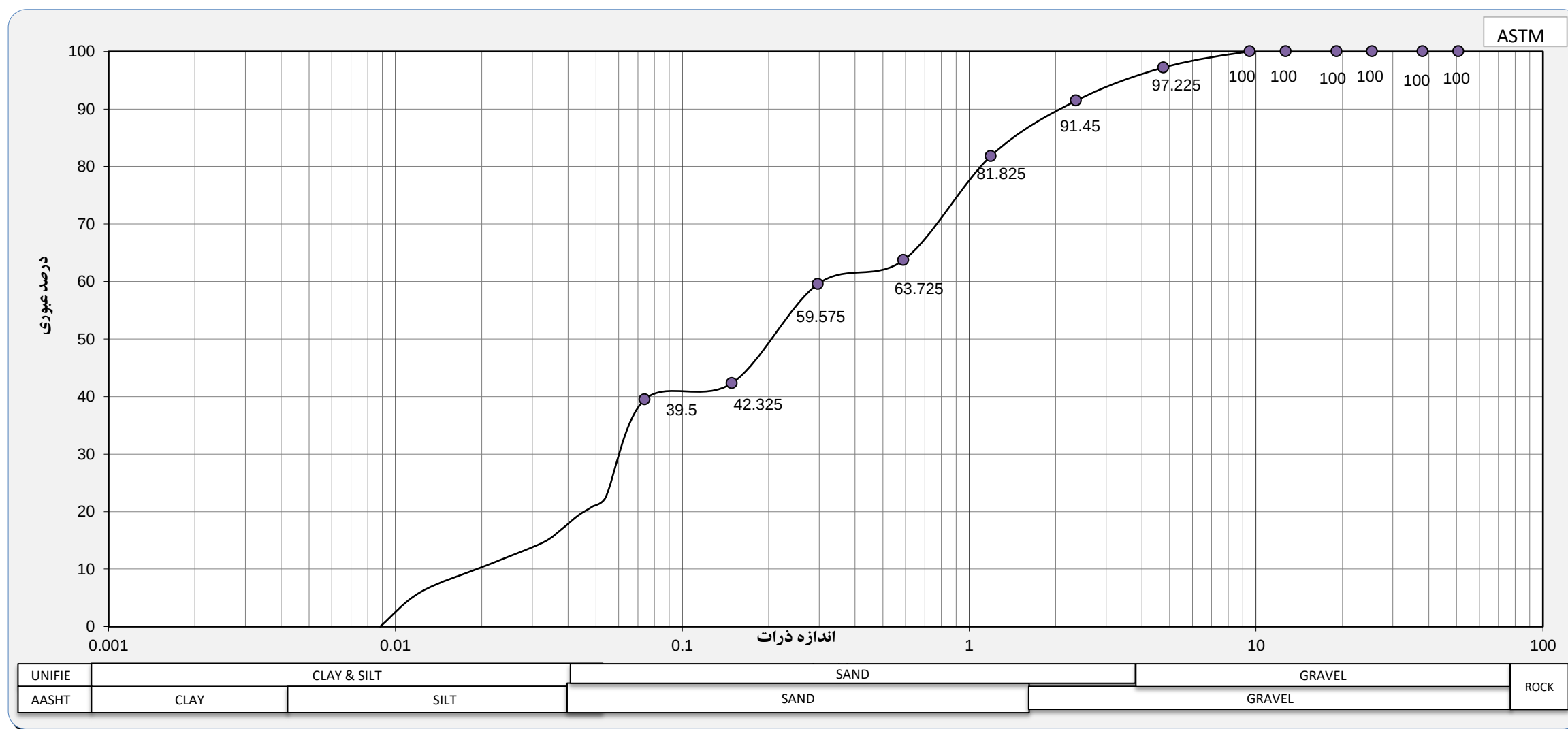
آزمایش دانه بندی و هیدرومتری و حدود اتبرگ

ASTM D 6913 & ASTM D 7928



کد : LA-F34-02

BH-8	شماره چاهک :	RG-1403-255	شماره رهگیری :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	پروژه :
5	عمق (m) :	1403/10/13	تاریخ آزمایش :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	کارفرما :



LL =	35	D ₁₀ =	0.019	C _u =	16.50	Gravel % =	2.78	Unified Soil Classification: <i>SC - Clayey sand</i>
PL =	20	D ₃₀ =	0.062	C _c =	0.63	Sand % =	57.73	
PI =	15	D ₆₀ =	0.319	A =	0.984	Clay&Silt % =	39.50	

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

مهر و امضا آزمایشگاه

آبیا نیروی جم

شرکت مهندسين مشاور (سهامي خاص)

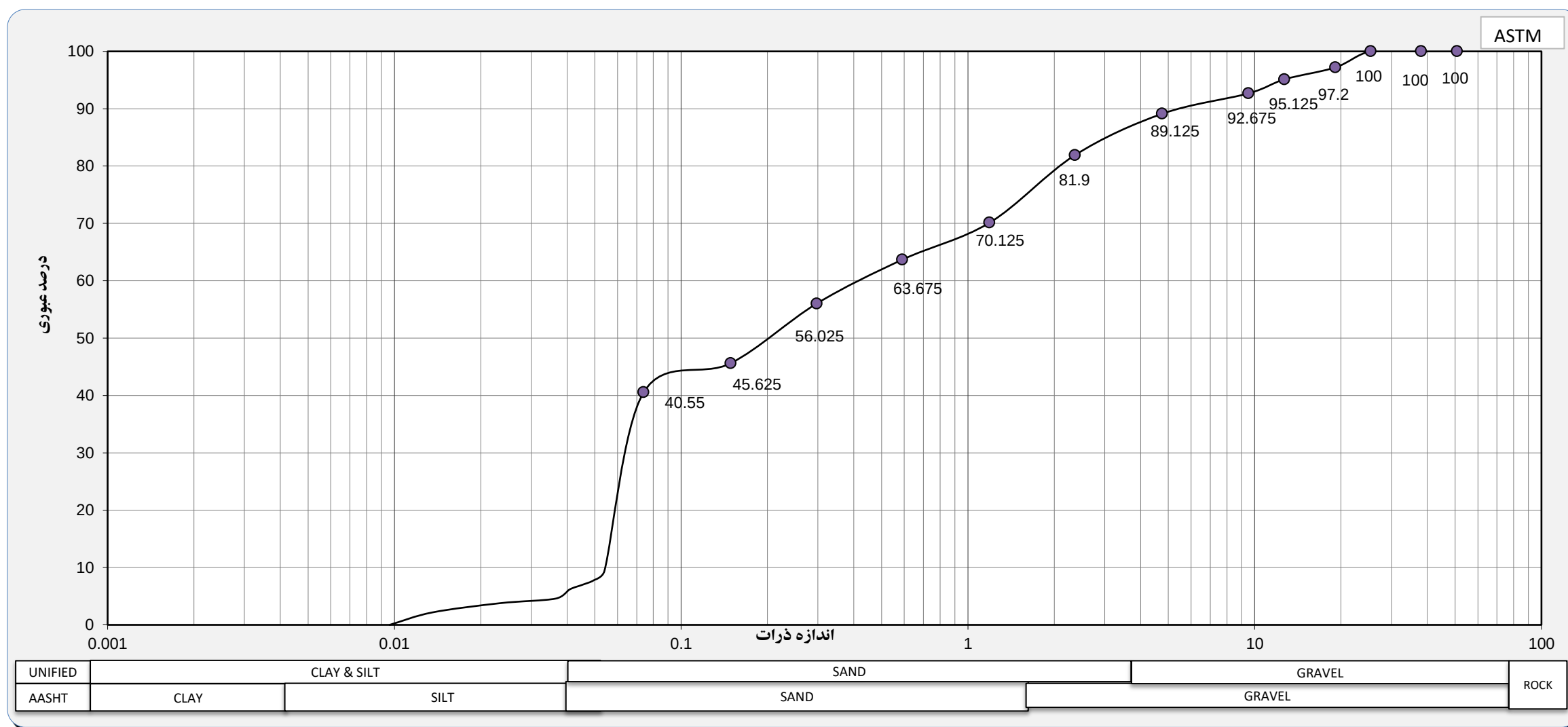
آزمایش دانه بندی و هیدرومتری و حدود اتبرگ

ASTM D 6913 & ASTM D 7928



کد : LA-F34-02

BH-9	شماره چاهک :	RG-1403-255	شماره رهگیری :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	پروژه :
1	عمق (m) :	1403/10/13	تاریخ آزمایش :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	کارفرما :



LL =	21	D ₁₀ =	0.054	C _u =	7.81	Gravel % =	10.88	Unified Soil Classification: <i>SC-SM - Silty, clayey sand</i>
PL =	17	D ₃₀ =	0.067	C _c =	0.19	Sand % =	48.58	
PI =	4	D ₆₀ =	0.424	A =	0.748	Clay&Silt % =	40.55	

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

مهر و امضا آزمایشگاه



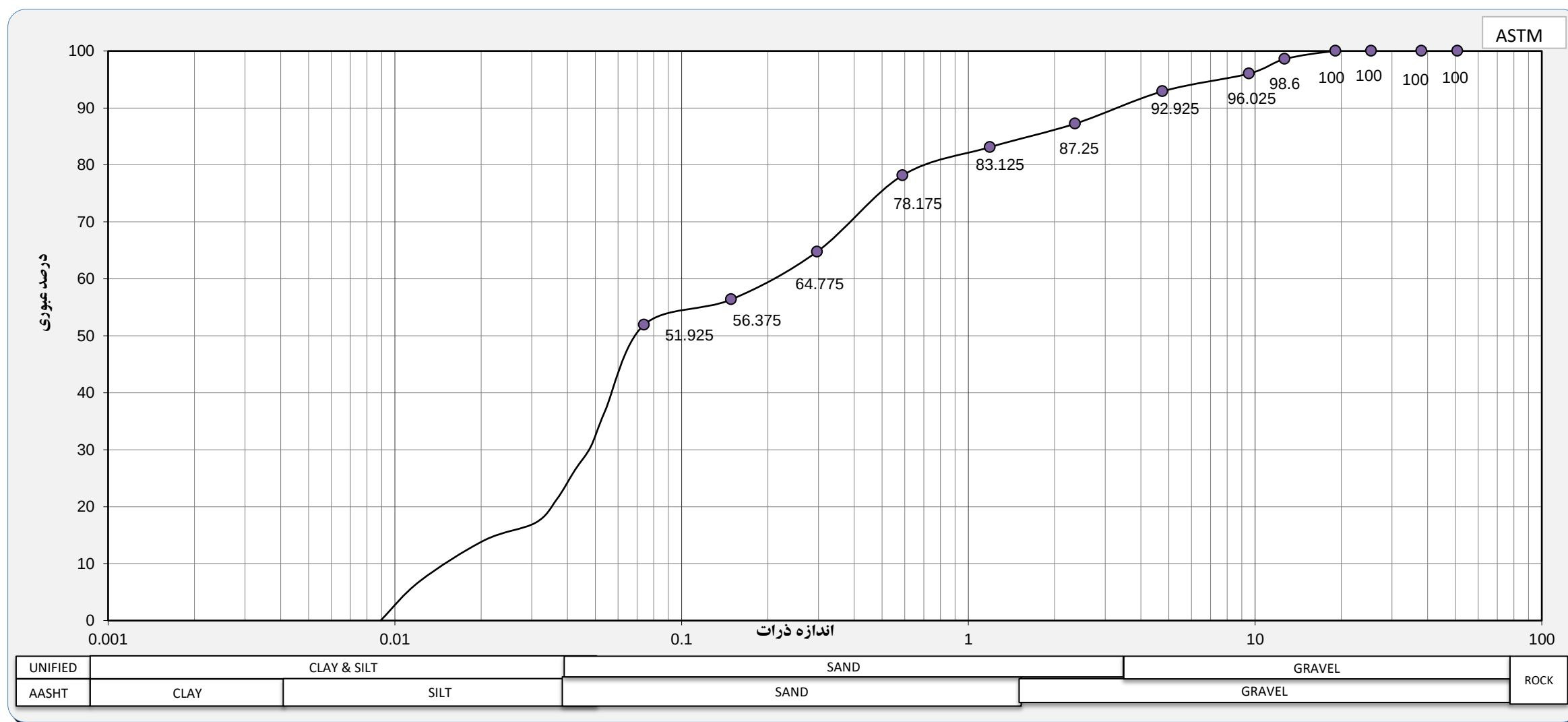
آزمایش دانه بندی و هیدرومتری و حدود اتبرگ

ASTM D 6913 & ASTM D 7928



کد : LA-F34-02

BH-9	شماره چاهک :	RG-1403-255	شماره رهگیری :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	پروژه :
3	عمق (m) :	1403/10/13	تاریخ آزمایش :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	کارفرما :



UNIFIED	CLAY & SILT		SAND		GRAVEL	ROCK
AASHT	CLAY	SILT	SAND		GRAVEL	

LL =	55	D ₁₀ =	0.015	C _u =	13.14	Gravel % =	7.08	Unified Soil Classification: <i>CH - Sandy fat clay</i>
PL =	26	D ₃₀ =	0.047	C _c =	0.73	Sand % =	41.00	
PI =	29	D ₆₀ =	0.201	A =	2.186	Clay&Silt % =	51.93	

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

مهر و امضا آزمایشگاه



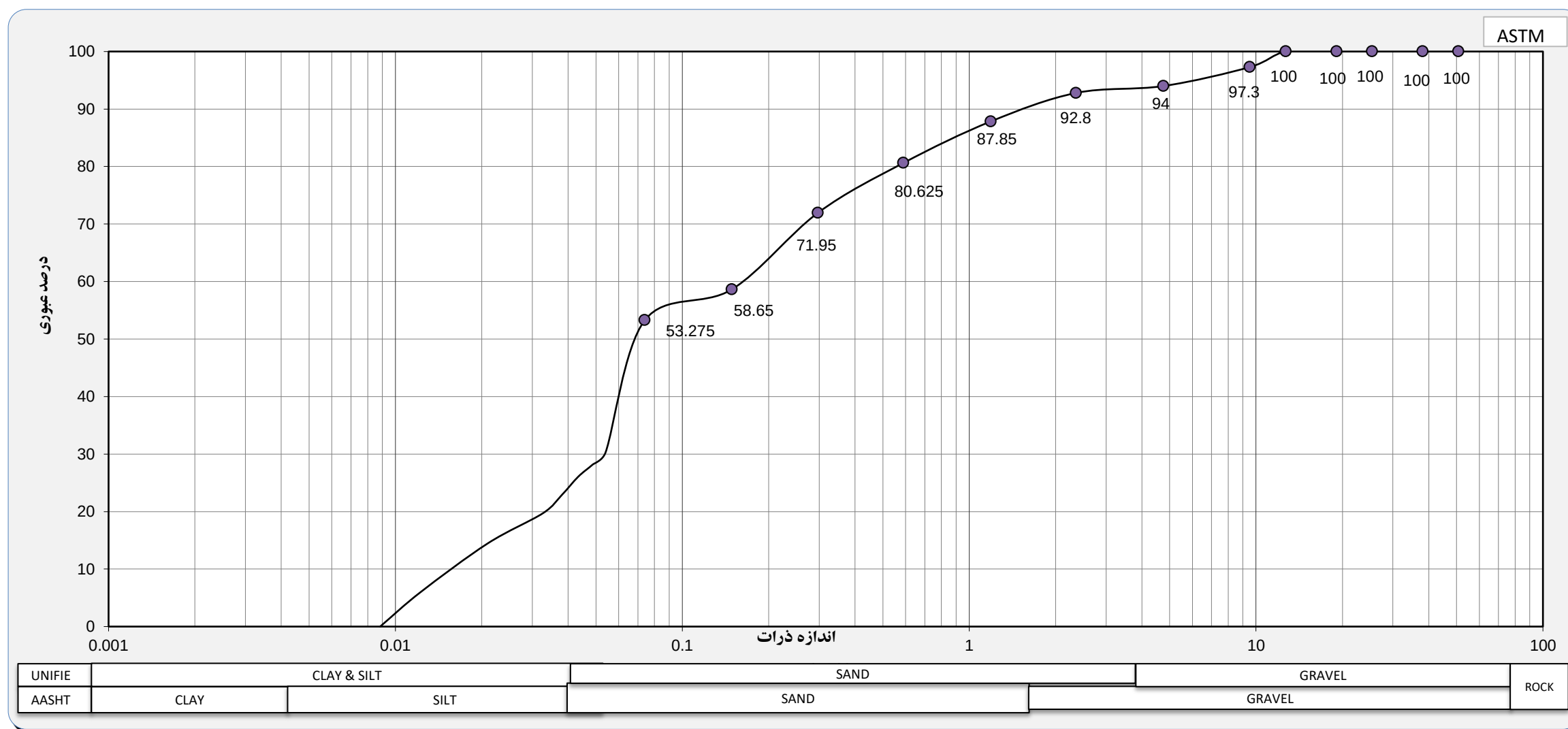
آزمایش دانه بندی و هیدرومتری و حدود اتربرگ

ASTM D 6913 & ASTM D 7928



کد : LA-F34-02

BH-9	شماره چاهک :	RG-1403-255	شماره رهگیری :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	پروژه :
5	عمق (m) :	1403/10/13	تاریخ آزمایش :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	کارفرما :



LL =	47	D ₁₀ =	0.016	C _u =	10.12	Gravel % =	6.00	Unified Soil Classification: <i>CL - Sandy lean clay</i>
PL =	19	D ₃₀ =	0.053	C _c =	1.12	Sand % =	40.73	
PI =	28	D ₆₀ =	0.160	A =	2.481	Clay&Silt % =	53.28	

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

مهر و امضا آزمایشگاه

آیان نیروی جم

شرکت مهندسين مشاور (سهامي خاص)

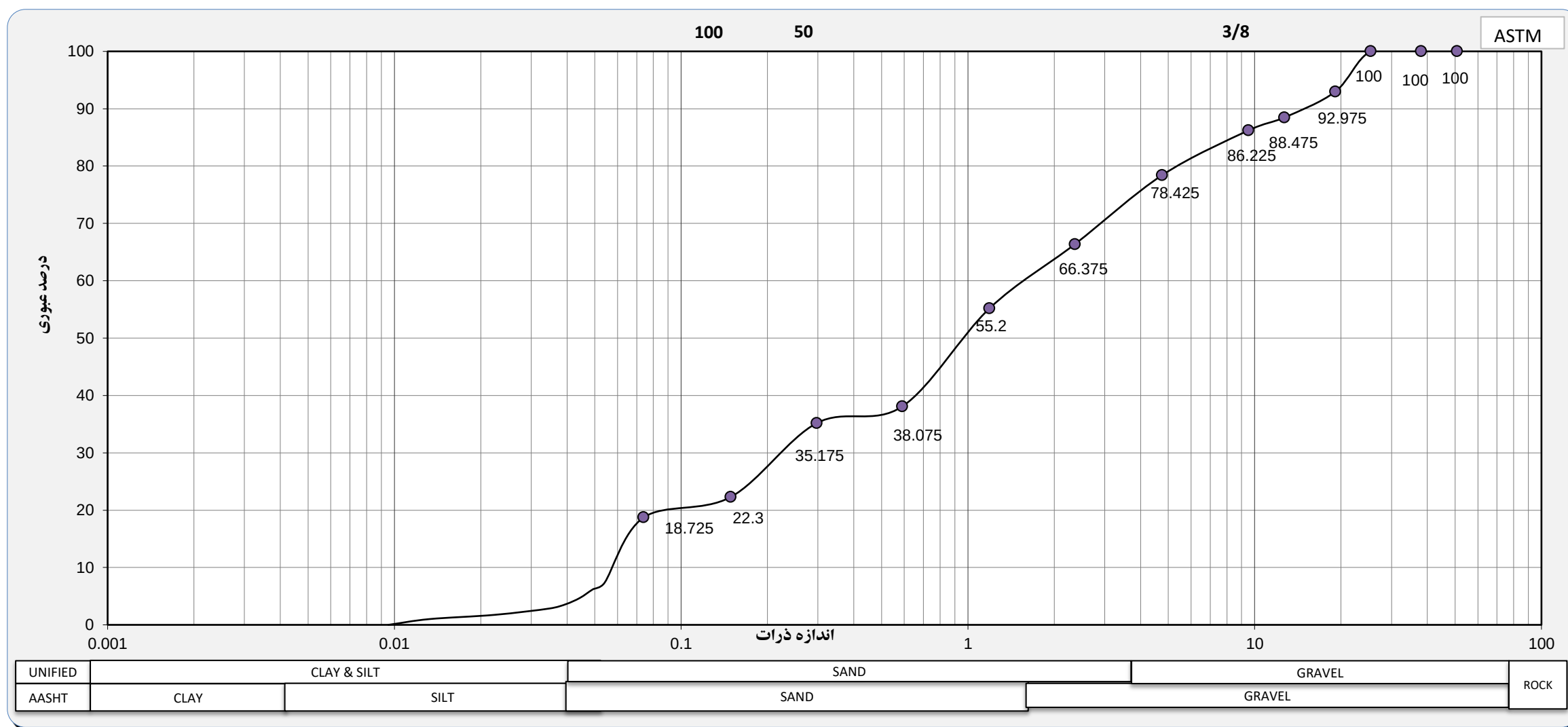
آزمایش دانه بندی و هیدرومتری و حدود اتبرگ

ASTM D 6913 & ASTM D 7928



کد : LA-F34-02

TP-1	شماره چاهک :	RG-1403-255	شماره رهگیری :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	پروژه :
1	عمق (m) :	1403/10/15	تاریخ آزمایش :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	کارفرما :



LL =	-	D ₁₀ =	0.058	C _u =	27.45	Gravel % =	21.58	Unified Soil Classification: <i>SM - Silty sand with gravel</i>
PL =	-	D ₃₀ =	0.225	C _c =	0.55	Sand % =	59.70	
PI =	-	D ₆₀ =	1.597	A =	0.000	Clay&Silt % =	18.73	

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

مهر و امضا آزمایشگاه



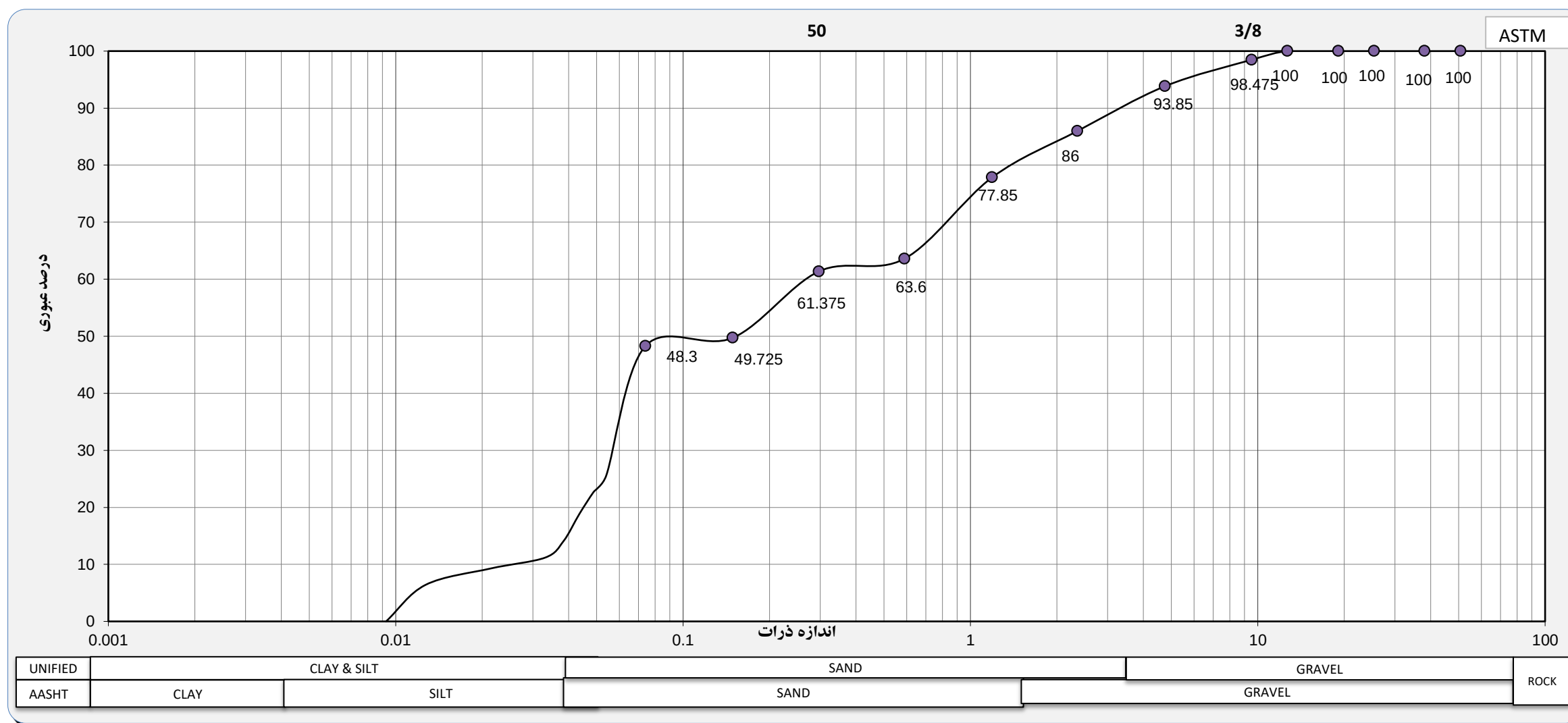
آزمایش دانه بندی و هیدرومتری و حدود اتبرگ

ASTM D 6913 & ASTM D 7928



کد : LA-F34-02

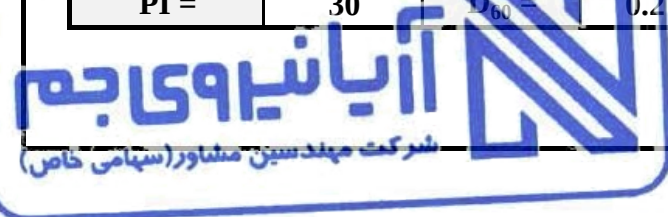
TP-1	شماره چاهک :	RG-1403-255	شماره رهگیری :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	پروژه :
3	عمق (m) :	1403/10/15	تاریخ آزمایش :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	کارفرما :



LL =	52	D ₁₀ =	0.025	C _u =	10.84	Gravel % =	6.15	Unified Soil Classification: <i>SC - Clayey sand</i>
PL =	22	D ₃₀ =	0.057	C _c =	0.48	Sand % =	45.55	
PI =	30	D ₆₀ =	0.274	A =	2.261	Clay&Silt % =	48.30	

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

مهر و امضا آزمایشگاه



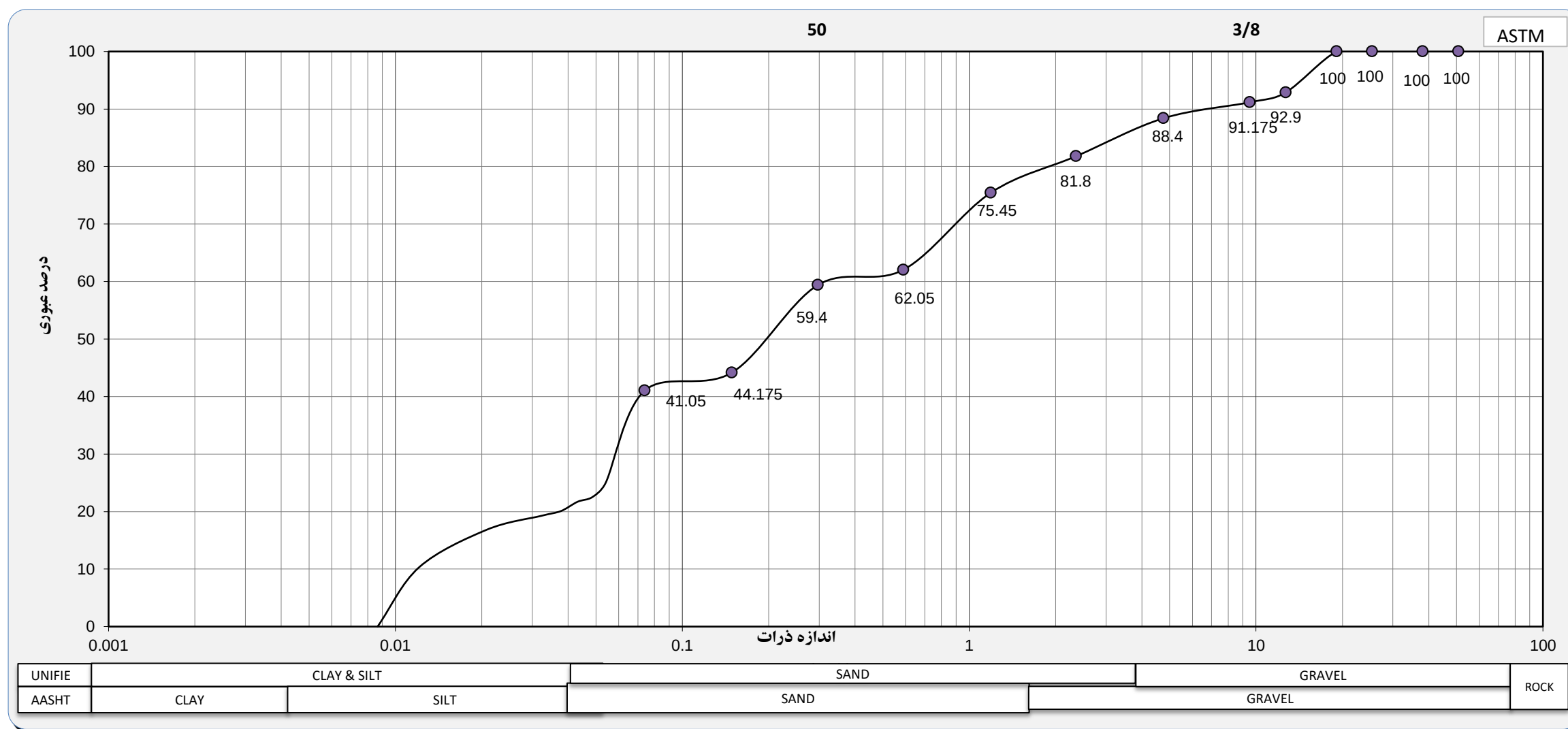
آزمایش دانه بندی و هیدرومتری و حدود اتبرگ

ASTM D 6913 & ASTM D 7928



کد : LA-F34-02

TP-1	شماره چاهک :	RG-1403-255	شماره رهگیری :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	پروژه :
5	عمق (m) :	1403/10/15	تاریخ آزمایش :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	کارفرما :



LL =	47	D ₁₀ =	0.012	C _u =	28.97	Gravel % =	11.60	Unified Soil Classification: <i>SC - Clayey sand</i>
PL =	16	D ₃₀ =	0.060	C _c =	0.86	Sand % =	47.35	
PI =	31	D ₆₀ =	0.347	A =	1.233	Clay&Silt % =	41.05	

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

مهر و امضا آزمایشگاه



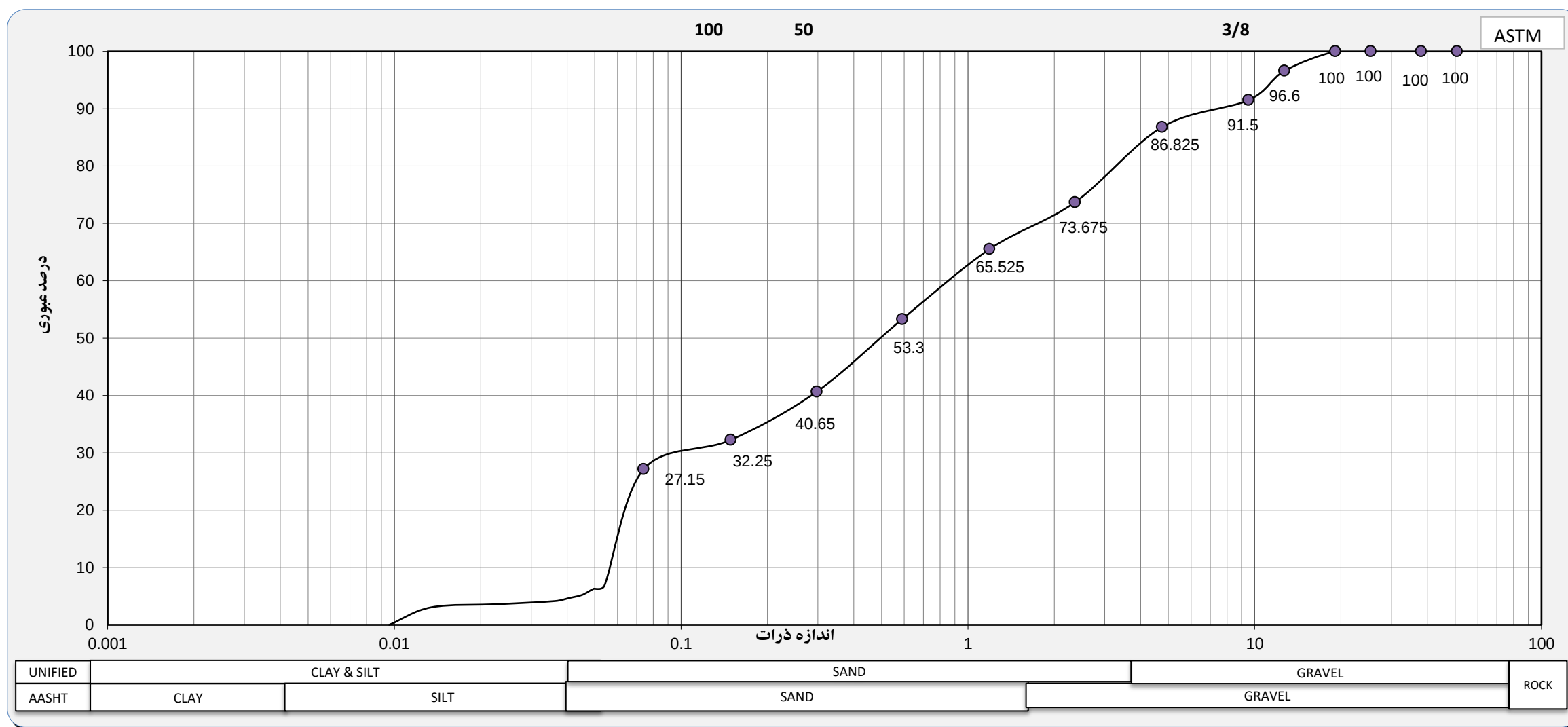
آزمایش دانه بندی و هیدرومتری و حدود اتبرگ

ASTM D 6913 & ASTM D 7928



کد : LA-F34-02

TP-2	شماره چاهک :	RG-1403-255	شماره رهگیری :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	پروژه :
1	عمق (m) :	1403/10/15	تاریخ آزمایش :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	کارفرما :



LL =	25	D ₁₀ =	0.057	C _u =	15.28	Gravel % =	13.18	Unified Soil Classification: <i>SC-SM - Silty, clayey sand</i>
PL =	20	D ₃₀ =	0.109	C _c =	0.24	Sand % =	59.68	
PI =	5	D ₆₀ =	0.867	A =	0.443	Clay&Silt % =	27.15	

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

مهر و امضا آزمایشگاه



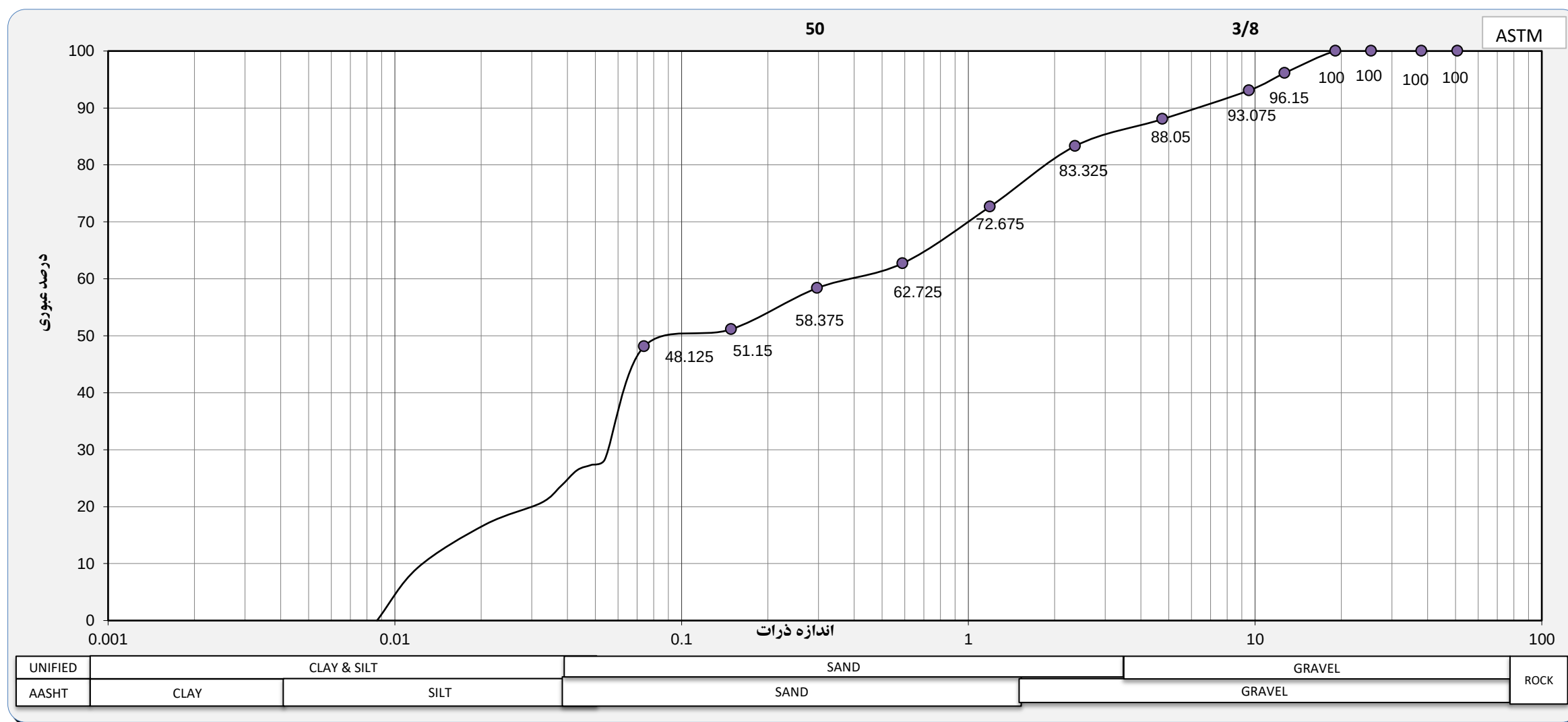
آزمایش دانه بندی و هیدرومتری و حدود اتبرگ

ASTM D 6913 & ASTM D 7928



کد : LA-F34-02

TP-2	شماره چاهک :	RG-1403-255	شماره رهگیری :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	پروژه :
3	عمق (m) :	1403/10/15	تاریخ آزمایش :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	کارفرما :



UNIFIED	CLAY & SILT		SAND		GRAVEL	ROCK
AASHT	CLAY	SILT	SAND		GRAVEL	

LL =	46	D ₁₀ =	0.013	C _u =	30.31	Gravel % =	11.95	Unified Soil Classification: <i>SM - Silty sand</i>
PL =	33	D ₃₀ =	0.055	C _c =	0.63	Sand % =	39.93	
PI =	13	D ₆₀ =	0.384	A =	0.677	Clay&Silt % =	48.13	

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

مهر و امضا آزمایشگاه



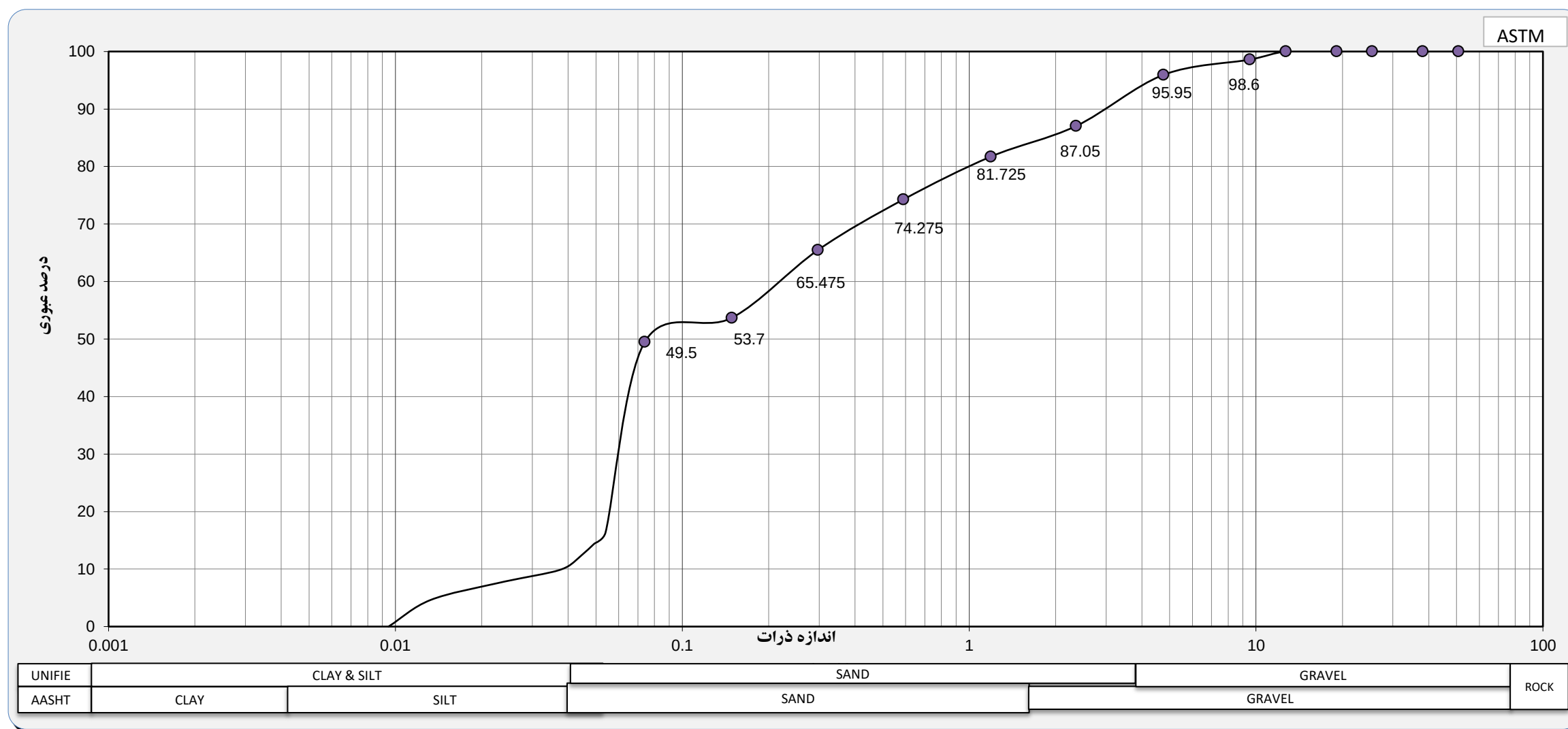
آزمایش دانه بندی و هیدرومتری و حدود اتبرگ

ASTM D 6913 & ASTM D 7928



کد : LA-F34-02

TP-2	شماره چاهک :	RG-1403-255	شماره رهگیری :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	پروژه :
5	عمق (m) :	1403/10/15	تاریخ آزمایش :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	کارفرما :



UNIFIE	CLAY & SILT		SAND		GRAVEL	ROCK
AASHT	CLAY	SILT	SAND	GRAVEL		

LL =	34	D ₁₀ =	0.038	C _u =	5.73	Gravel % =	4.05	Unified Soil Classification: <i>SC - Clayey sand</i>
PL =	20	D ₃₀ =	0.061	C _c =	0.47	Sand % =	46.45	
PI =	14	D ₆₀ =	0.216	A =	1.504	Clay&Silt % =	49.50	



تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

مهر و امضا آزمایشگاه

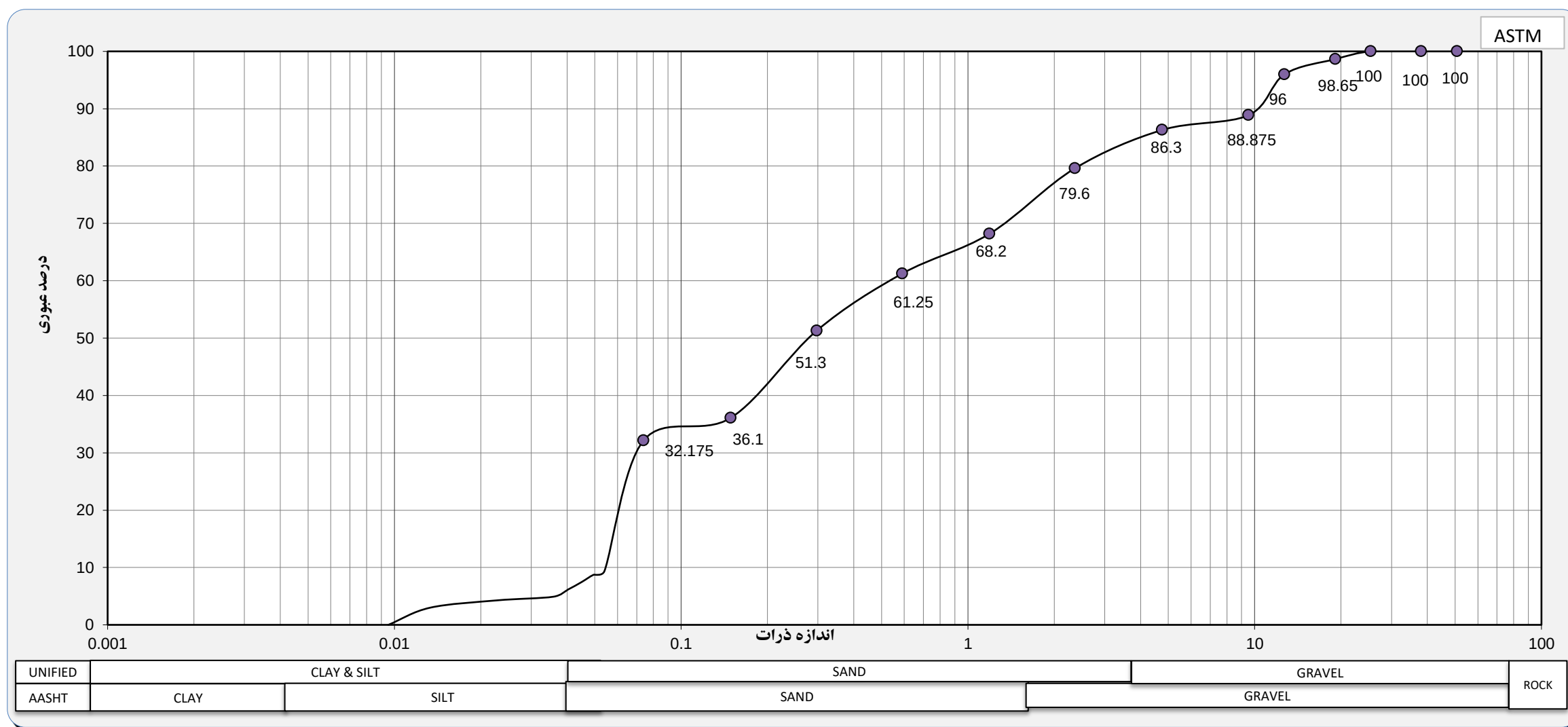
آزمایش دانه بندی و هیدرومتری و حدود اتبرگ

ASTM D 6913 & ASTM D 7928



کد : LA-F34-02

TP-3	شماره چاهک :	RG-1403-255	شماره رهگیری :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	پروژه :
1	عمق (m) :	1403/10/15	تاریخ آزمایش :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	کارفرما :



LL =	27	D ₁₀ =	0.054	C _u =	9.94	Gravel % =	13.70	Unified Soil Classification: <i>SC-SM - Silty, clayey sand</i>
PL =	20	D ₃₀ =	0.072	C _c =	0.17	Sand % =	54.13	
PI =	7	D ₆₀ =	0.541	A =	0.752	Clay&Silt % =	32.18	

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

مهر و امضا آزمایشگاه

آبانیرویی جم

شرکت مهندسين مشاور (سهامي خاص)

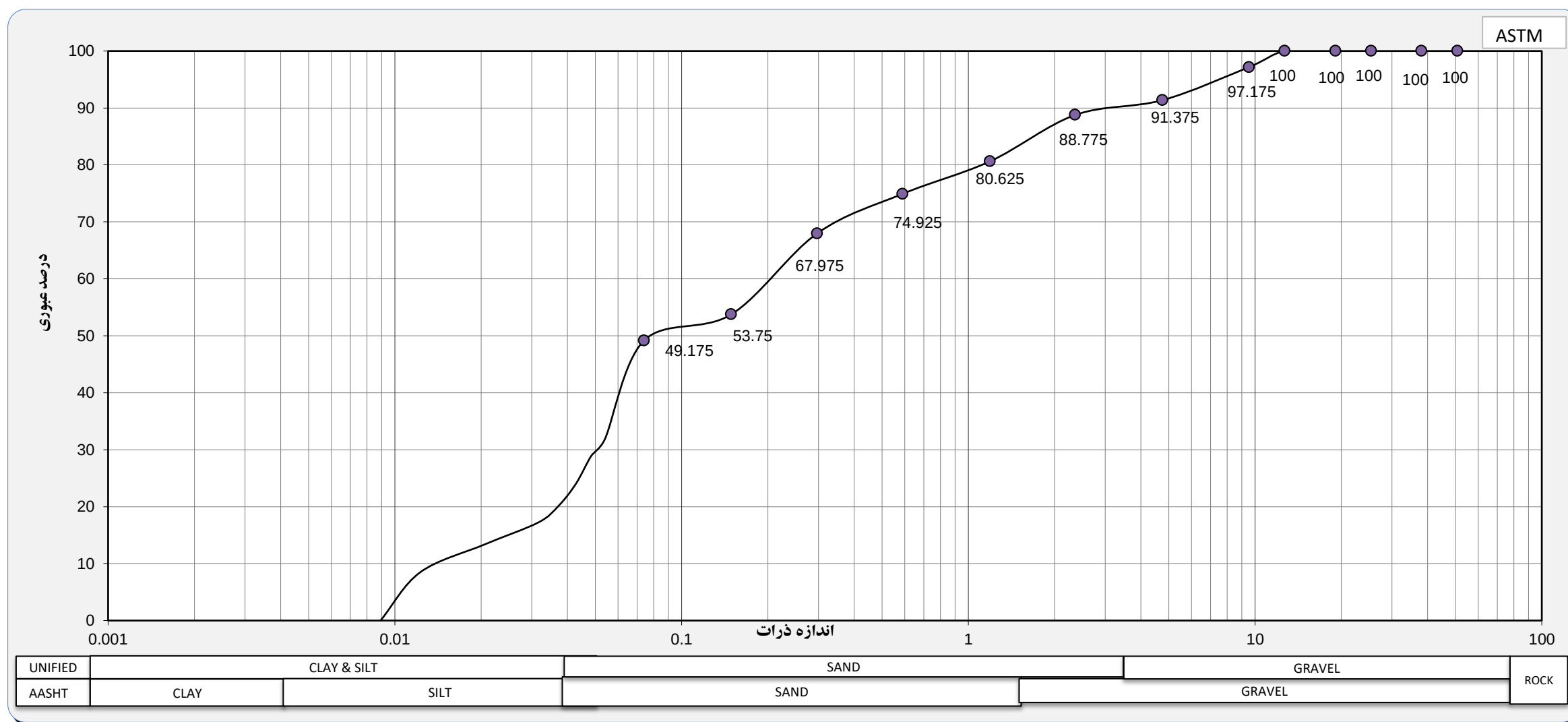
آزمایش دانه بندی و هیدرومتری و حدود اتبرگ

ASTM D 6913 & ASTM D 7928



کد : LA-F34-02

TP-3	شماره چاهک :	RG-1403-255	شماره رهگیری :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	پروژه :
3	عمق (m) :	1403/10/15	تاریخ آزمایش :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	کارفرما :



LL =	39	D ₁₀ =	0.014	C _u =	14.01	Gravel % =	8.63	Unified Soil Classification: <i>SC - Clayey sand</i>
PL =	22	D ₃₀ =	0.050	C _c =	0.87	Sand % =	42.20	
PI =	17	D ₆₀ =	0.202	A =	0.987	Clay&Silt % =	49.18	

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

مهر و امضا آزمایشگاه



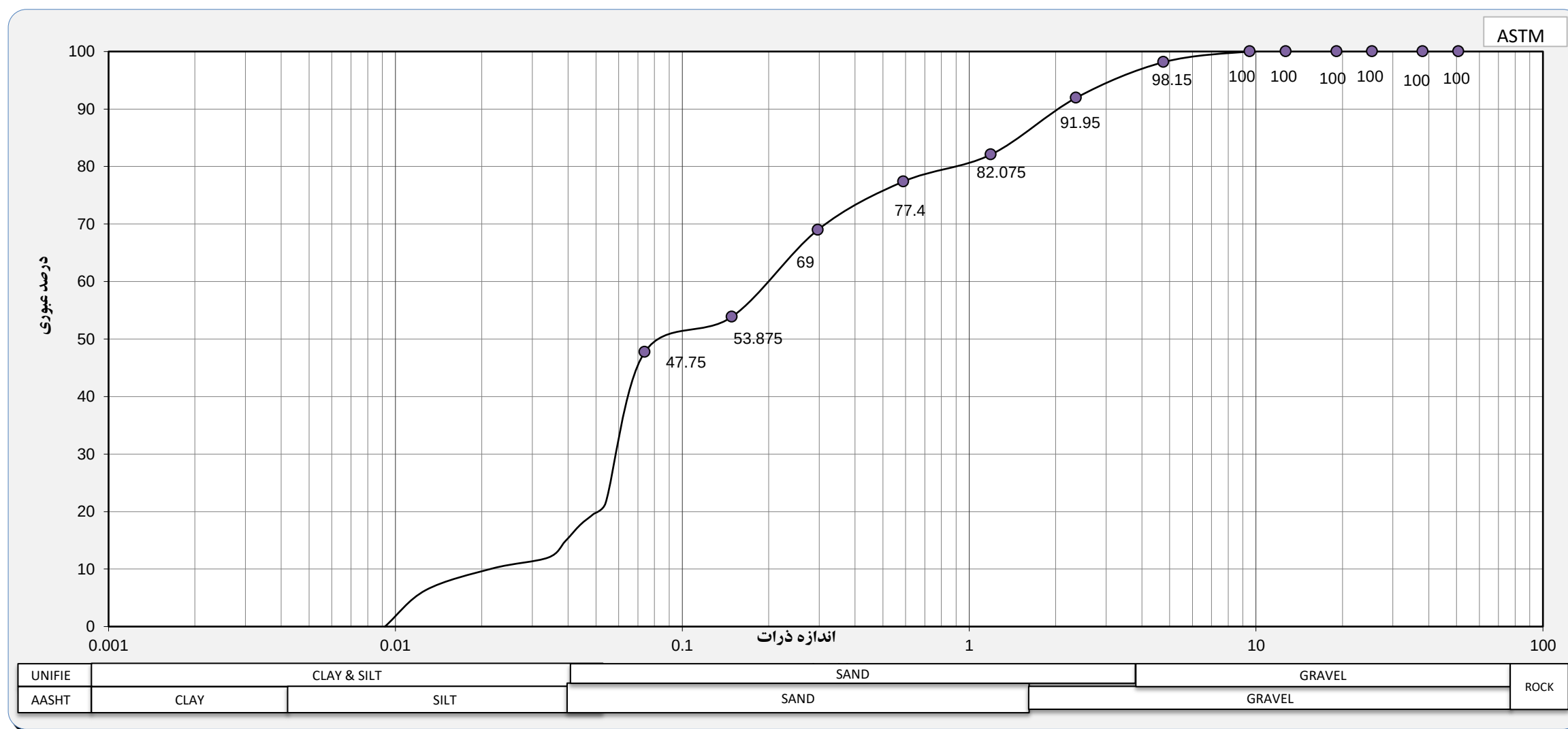
آزمایش دانه بندی و هیدرومتری و حدود اتبرگ

ASTM D 6913 & ASTM D 7928



کد : LA-F34-02

TP-3	شماره چاهک :	RG-1403-255	شماره رهگیری :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	پروژه :
5	عمق (m) :	1403/10/15	تاریخ آزمایش :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	کارفرما :



LL =	42	D ₁₀ =	0.021	C _u =	9.17	Gravel % =	1.85	Unified Soil Classification: <i>SC - Clayey sand</i>
PL =	18	D ₃₀ =	0.060	C _c =	0.85	Sand % =	50.40	
PI =	24	D ₆₀ =	0.197	A =	1.809	Clay&Silt % =	47.75	

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

مهر و امضا آزمایشگاه



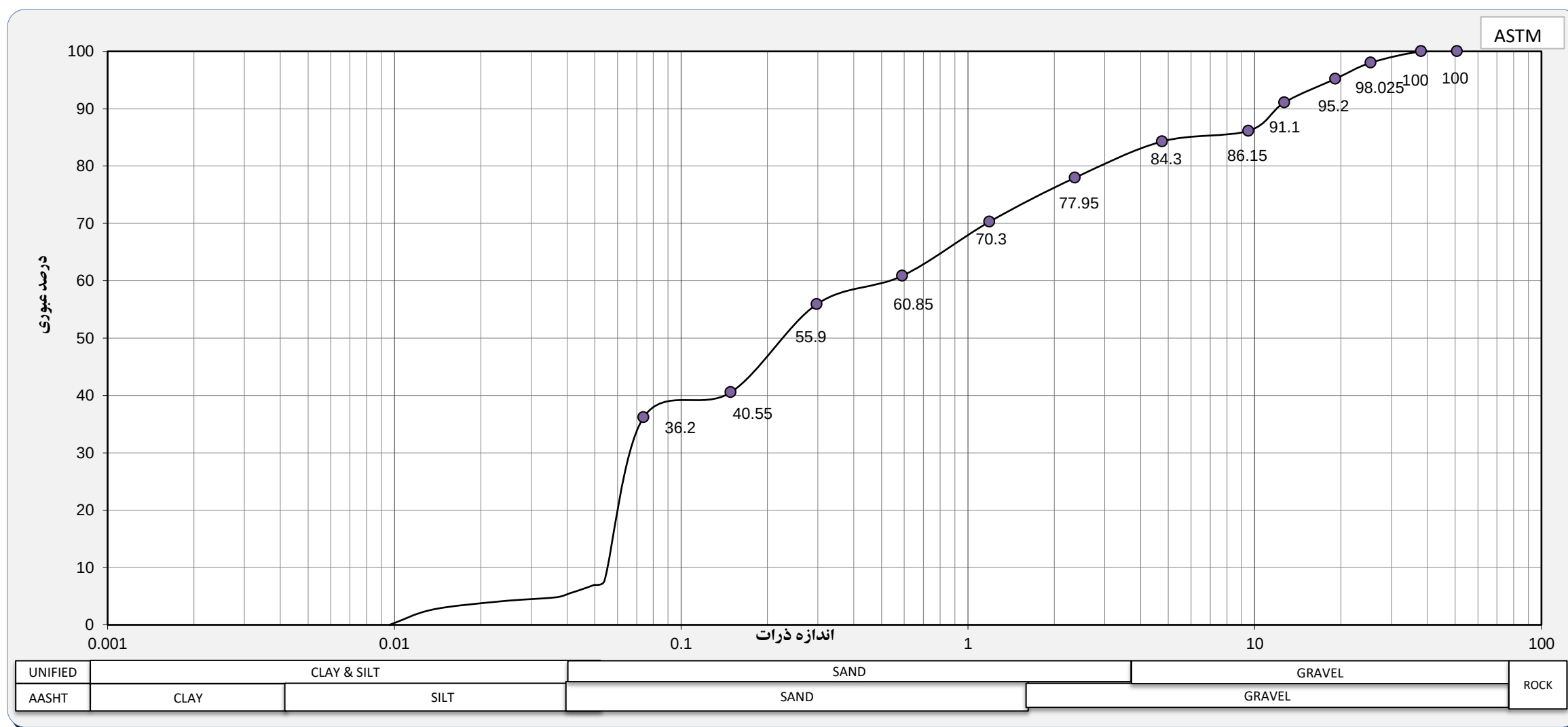
آزمایش دانه بندی و هیدرومتری و حدود اتبرگ

ASTM D 6913 & ASTM D 7928



کد : LA-F34-02

TP-4	شماره چاهک :	RG-1403-255	شماره رهگیری :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	پروژه :
1	عمق (m) :	1403/10/15	تاریخ آزمایش :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	کارفرما :



LL =	-	D ₁₀ =	0.055	C _u =	9.46	Gravel % =	15.70	Unified Soil Classification: <i>SM - Silty sand with gravel</i>
PL =	-	D ₃₀ =	0.069	C _c =	0.16	Sand % =	48.10	
PI =	-	D ₆₀ =	0.524	A =	0.000	Clay&Silt % =	36.20	

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

مهر و امضا آزمایشگاه



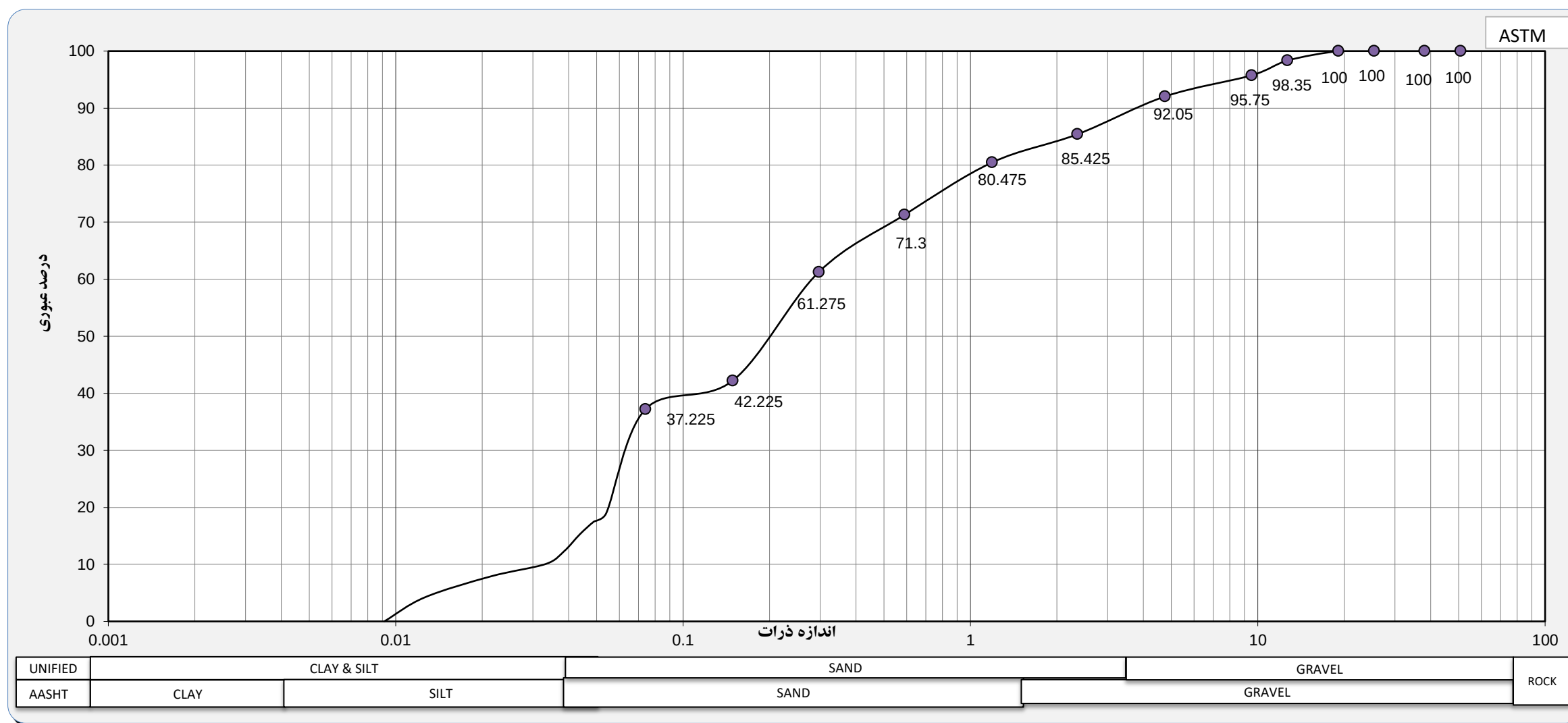
آزمایش دانه بندی و هیدرومتری و حدود اتبرگ

ASTM D 6913 & ASTM D 7928



کد : LA-F34-02

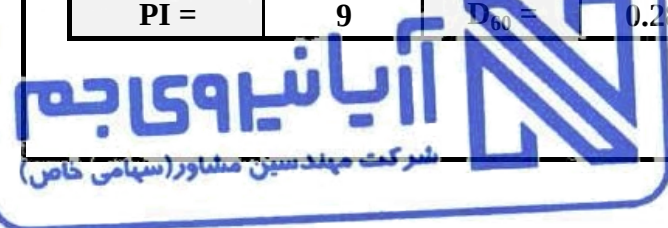
TP-4	شماره چاهک :	RG-1403-255	شماره رهگیری :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	پروژه :
3	عمق (m) :	1403/10/15	تاریخ آزمایش :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	کارفرما :



LL =	30	D ₁₀ =	0.033	C _u =	8.66	Gravel % =	7.95	Unified Soil Classification: <i>SC - Clayey sand</i>
PL =	21	D ₃₀ =	0.065	C _c =	0.46	Sand % =	54.83	
PI =	9	D ₆₀ =	0.284	A =	0.797	Clay&Silt % =	37.23	

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

مهر و امضا آزمایشگاه



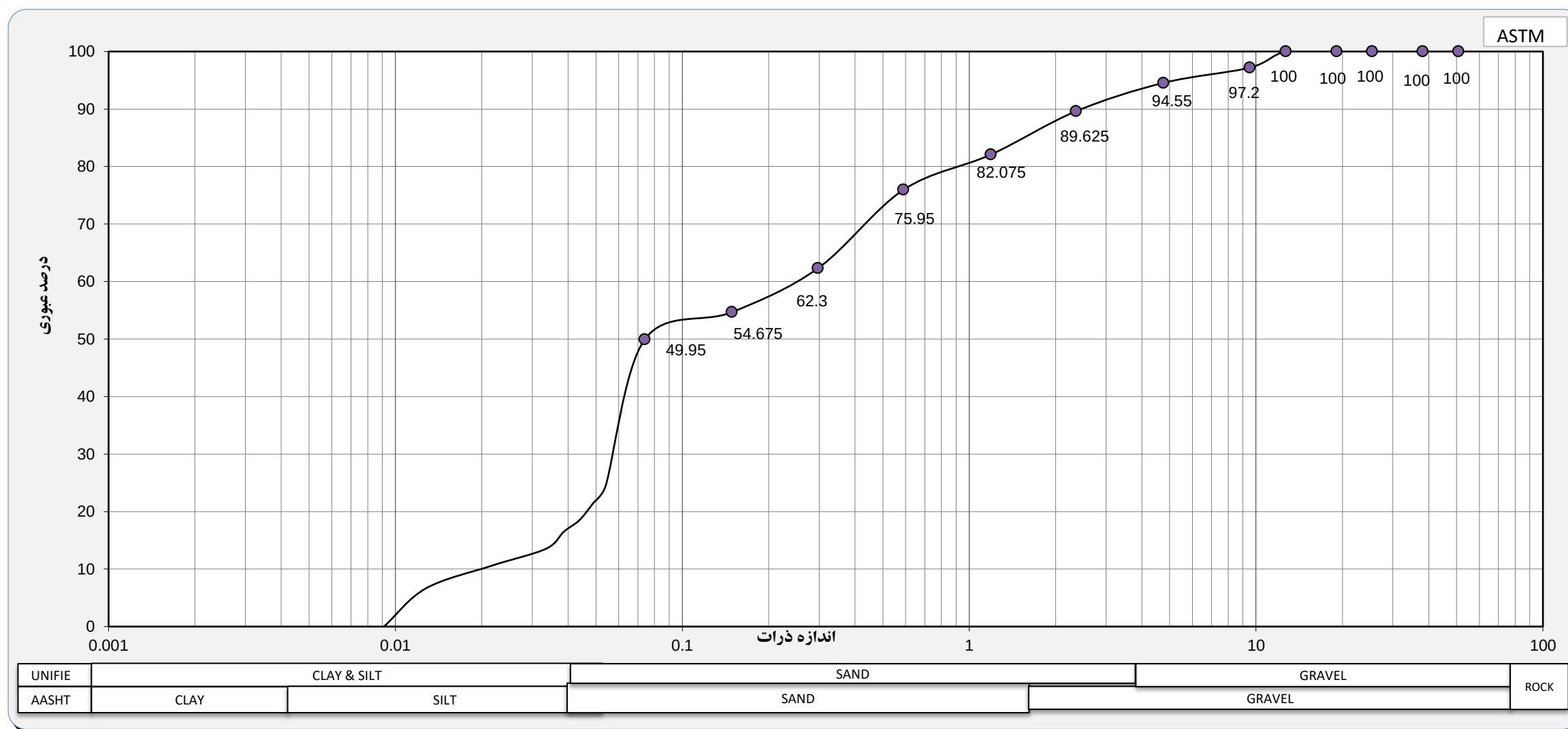
آزمایش دانه بندی و هیدرومتری و حدود اتبرگ

ASTM D 6913 & ASTM D 7928



کد : LA-F34-02

TP-4	شماره چاهک :	RG-1403-255	شماره رهگیری :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	پروژه :
5	عمق (m) :	1403/10/15	تاریخ آزمایش :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	کارفرما :



UNIFIE	CLAY & SILT		SAND		GRAVEL	ROCK
AASHT	CLAY	SILT	SAND		GRAVEL	

LL =	42	D ₁₀ =	0.020	C _u =	12.04	Gravel % =	5.45	Unified Soil Classification: <i>SC - Clayey sand</i>
PL =	24	D ₃₀ =	0.058	C _c =	0.69	Sand % =	44.60	
PI =	18	D ₆₀ =	0.241	A =	1.357	Clay&Silt % =	49.95	

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

مهر و امضا آزمایشگاه



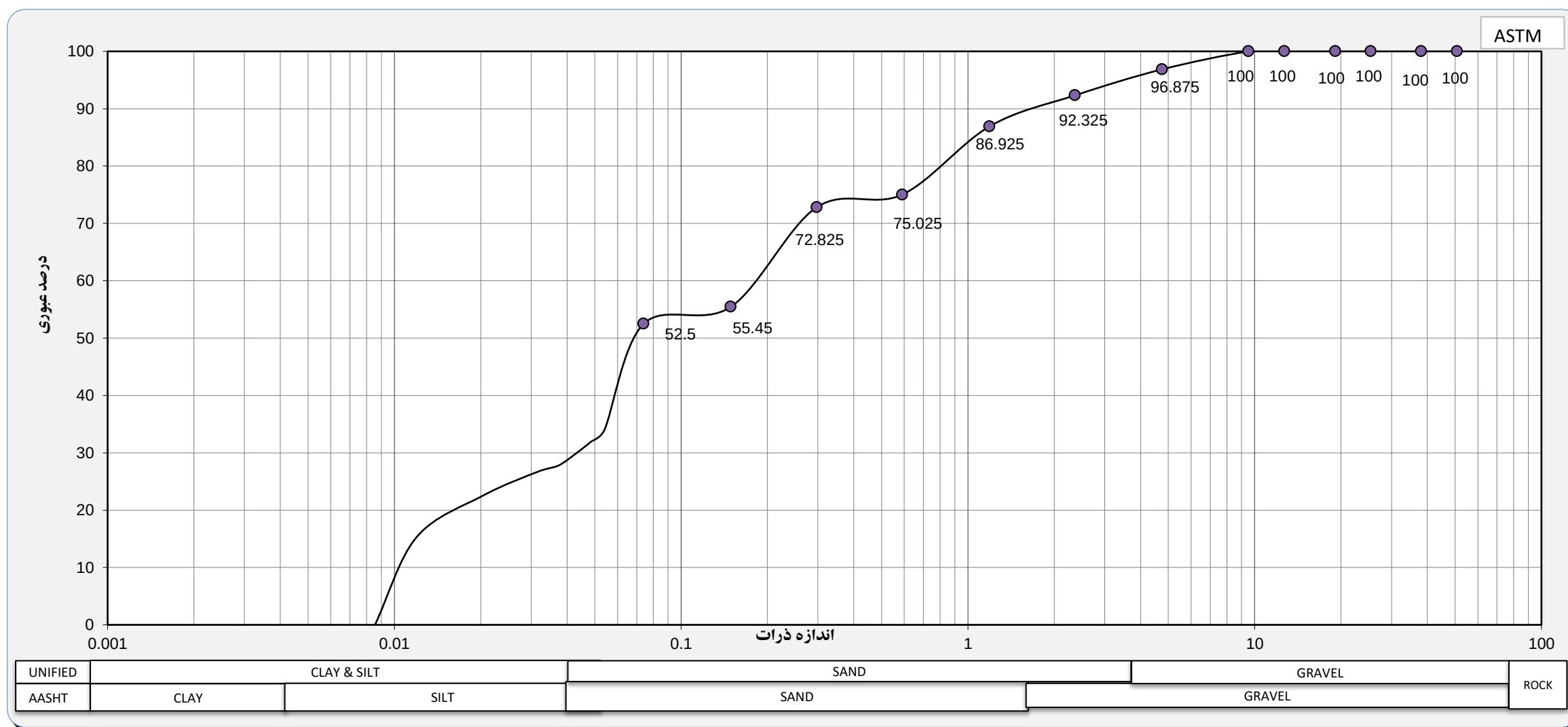
آزمایش دانه بندی و هیدرومتری و حدود اتبرگ

ASTM D 6913 & ASTM D 7928



کد : LA-F34-02

TP-5	شماره چاهک :	RG-1403-255	شماره رهگیری :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	پروژه :
1	عمق (m) :	1403/10/18	تاریخ آزمایش :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	کارفرما :



LL =	32	D ₁₀ =	0.011	C _u =	16.77	Gravel % =	3.13	Unified Soil Classification: <i>ML - Sandy silt</i>
PL =	25	D ₃₀ =	0.043	C _c =	0.99	Sand % =	44.38	
PI =	7	D ₆₀ =	0.178	A =	0.241	Clay&Silt % =	52.50	

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

مهر و امضا آزمایشگاه

آبانیرویی جم

شرکت مهندسی مشاور (سهامی خاص)

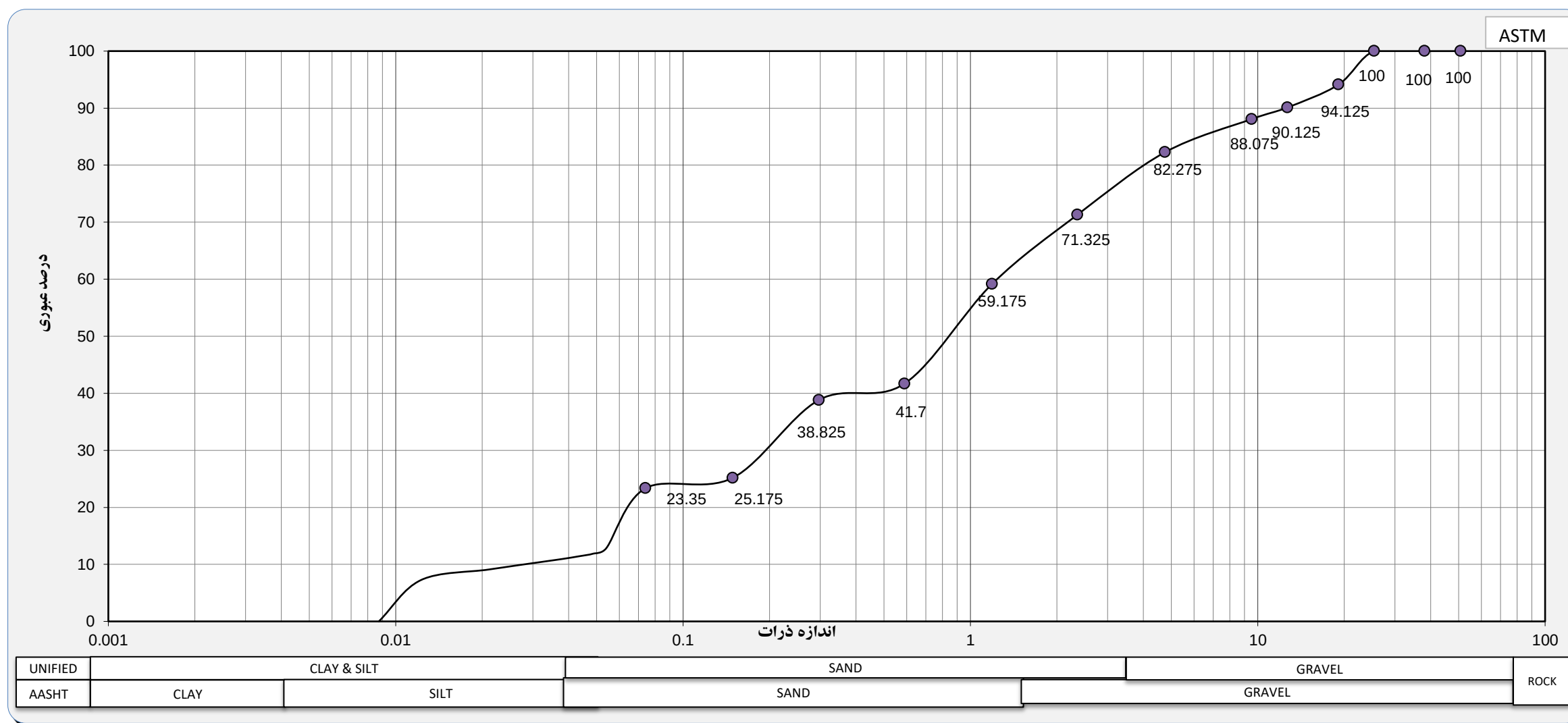
آزمایش دانه بندی و هیدرومتری و حدود اتبرگ

ASTM D 6913 & ASTM D 7928



کد : LA-F34-02

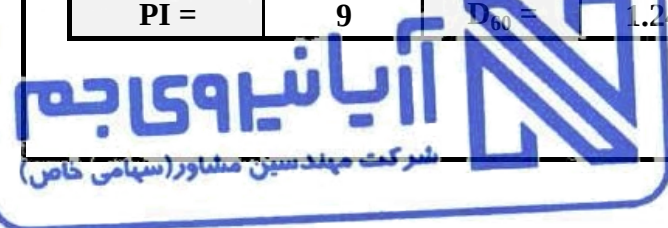
TP-5	شماره چاهک :	RG-1403-255	شماره رهگیری :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	پروژه :
3	عمق (m) :	1403/10/18	تاریخ آزمایش :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	کارفرما :



LL =	31	D ₁₀ =	0.028	C _u =	44.41	Gravel % =	17.73	Unified Soil Classification: <i>SC - Clayey sand with gravel</i>
PL =	22	D ₃₀ =	0.190	C _c =	1.03	Sand % =	58.93	
PI =	9	D ₆₀ =	1.247	A =	0.290	Clay&Silt % =	23.35	

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

مهر و امضا آزمایشگاه



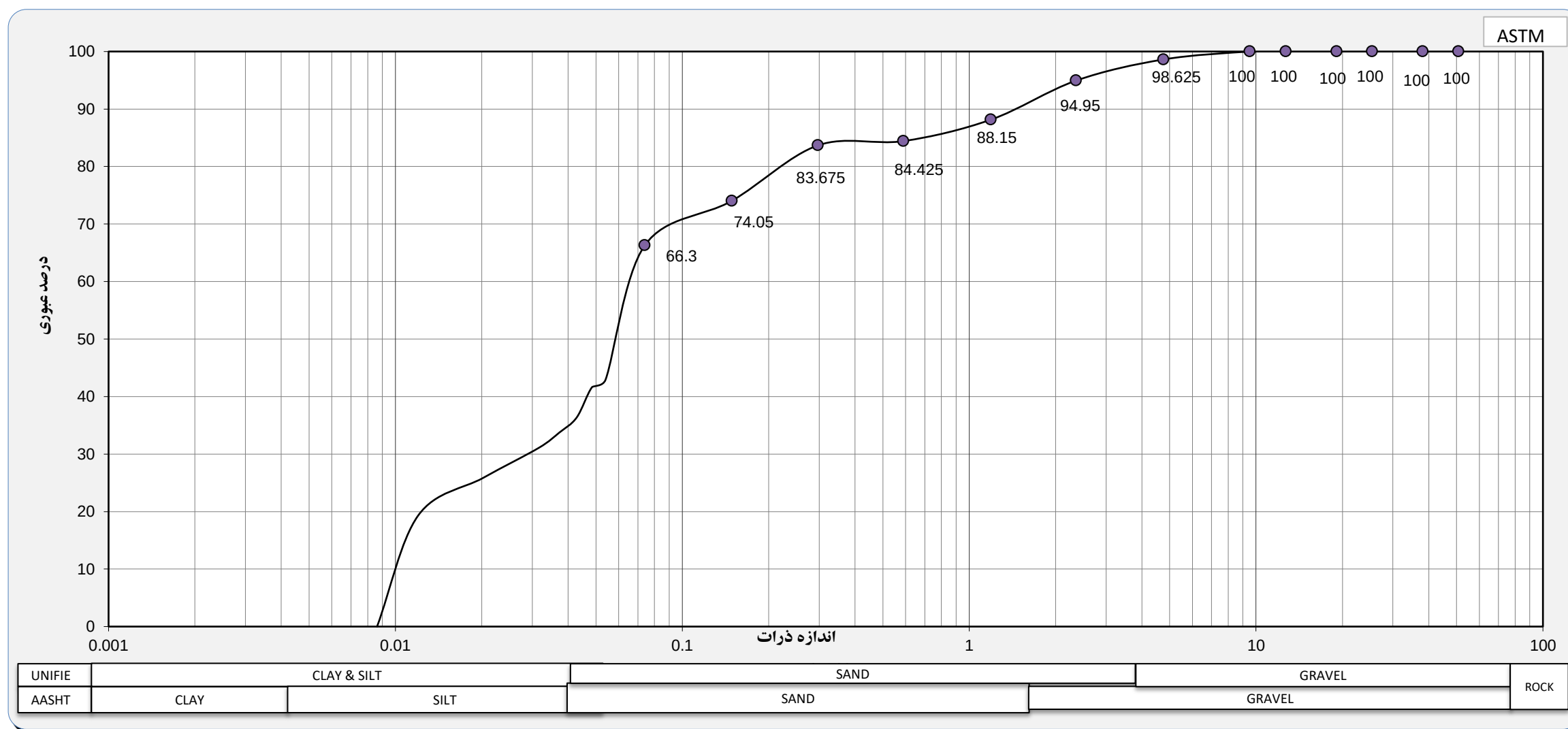
آزمایش دانه بندی و هیدرومتری و حدود اتبرگ

ASTM D 6913 & ASTM D 7928



کد : LA-F34-02

TP-5	شماره چاهک :	RG-1403-255	شماره رهگیری :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	پروژه :
5	عمق (m) :	1403/10/18	تاریخ آزمایش :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	کارفرما :



LL =	57	D ₁₀ =	0.010	C _u =	6.64	Gravel % =	1.38	Unified Soil Classification: <i>CH - Sandy fat clay</i>
PL =	19	D ₃₀ =	0.029	C _c =	1.19	Sand % =	32.33	
PI =	38	D ₆₀ =	0.068	A =	1.306	Clay&Silt % =	66.30	

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

مهر و امضا آزمایشگاه



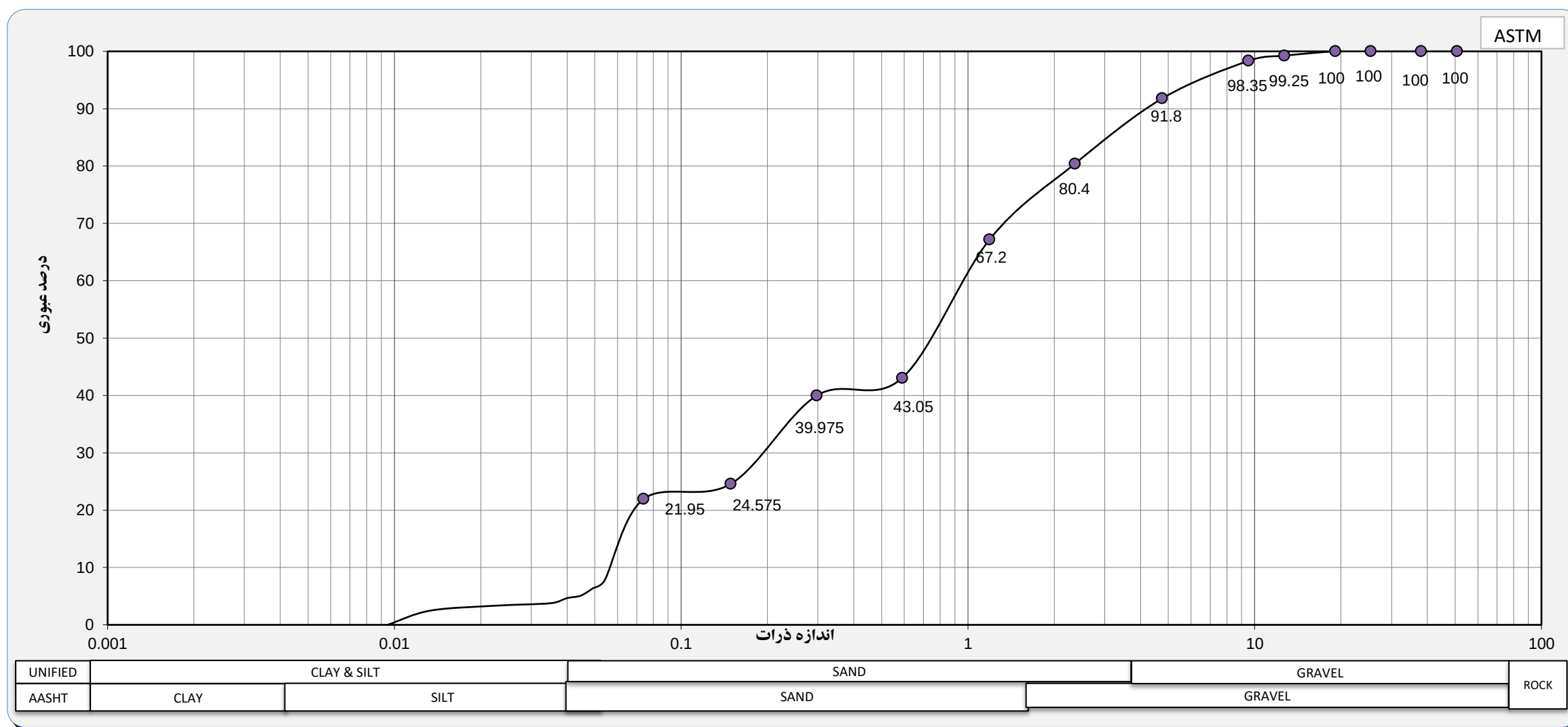
آزمایش دانه بندی و هیدرومتری و حدود اتبرگ

ASTM D 6913 & ASTM D 7928



کد : LA-F34-02

TP-6	شماره چاهک :	RG-1403-255	شماره رهگیری :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	پروژه :
1	عمق (m) :	1403/10/18	تاریخ آزمایش :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	کارفرما :



LL =	22	D ₁₀ =	0.057	C _u =	16.99	Gravel % =	8.20	Unified Soil Classification: <i>SC-SM - Silty, clayey sand</i>
PL =	18	D ₃₀ =	0.190	C _c =	0.66	Sand % =	69.85	
PI =	4	D ₆₀ =	0.965	A =	0.354	Clay&Silt % =	21.95	

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

مهر و امضا آزمایشگاه



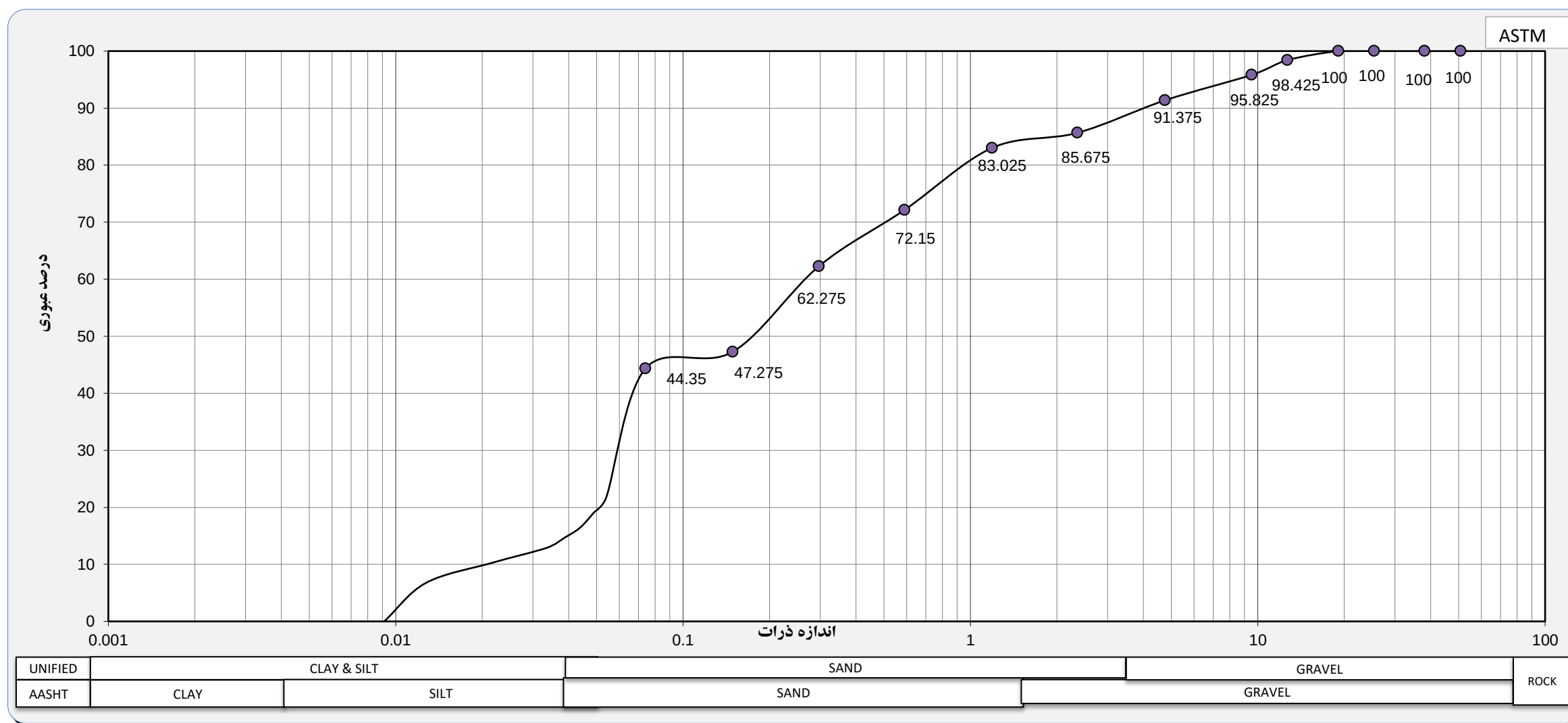
آزمایش دانه بندی و هیدرومتری و حدود اتبرگ

ASTM D 6913 & ASTM D 7928



کد : LA-F34-02

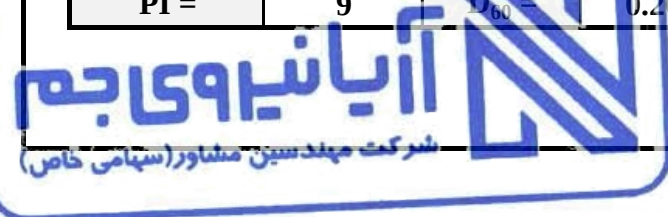
TP-6	شماره چاهک :	RG-1403-255	شماره رهگیری :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	پروژه :
3	عمق (m) :	1403/10/18	تاریخ آزمایش :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	کارفرما :



LL =	29	D ₁₀ =	0.021	C _u =	12.87	Gravel % =	8.63	Unified Soil Classification: <i>SC - Clayey sand</i>
PL =	20	D ₃₀ =	0.061	C _c =	0.66	Sand % =	47.03	
PI =	9	D ₆₀ =	0.267	A =	0.590	Clay&Silt % =	44.35	

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

مهر و امضا آزمایشگاه



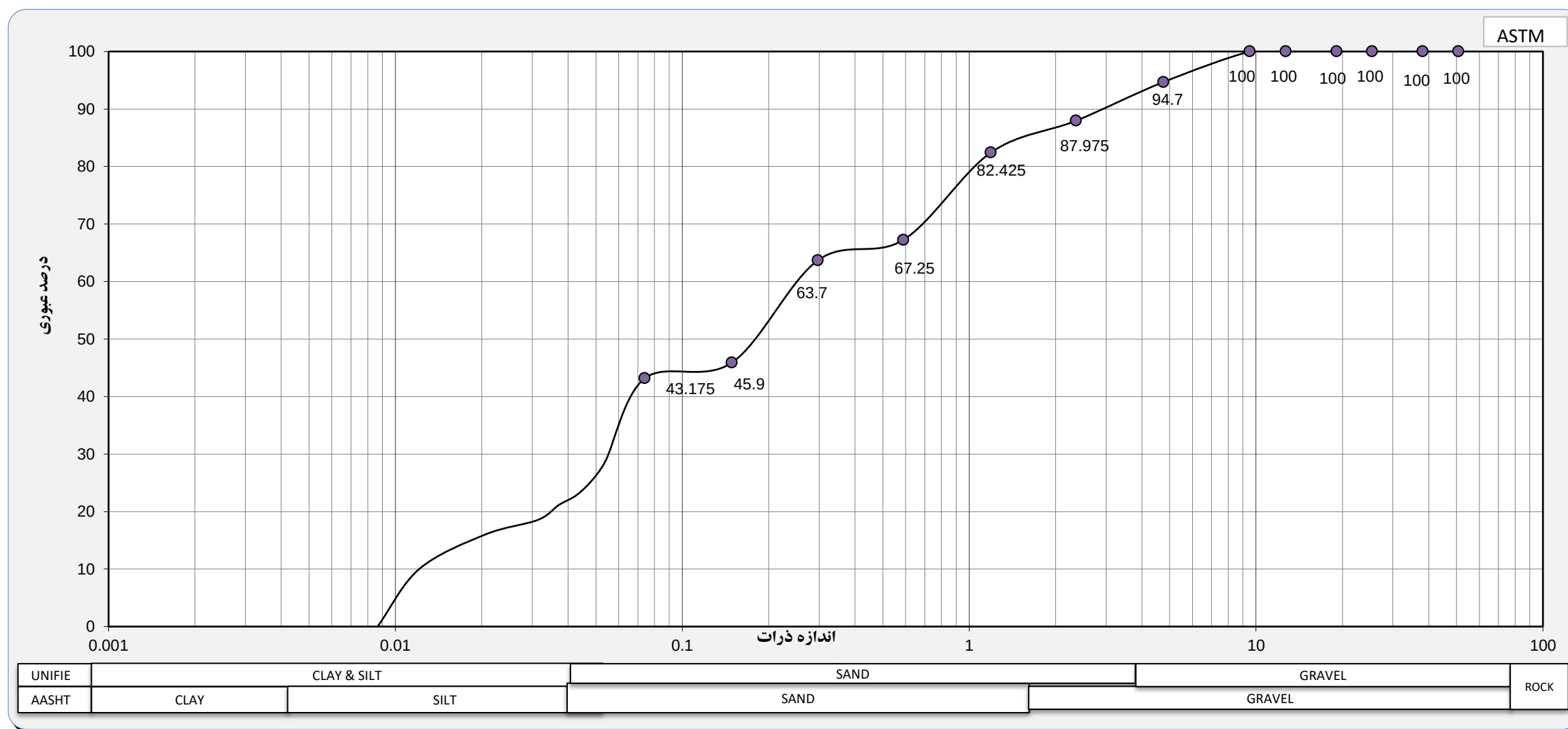
آزمایش دانه بندی و هیدرومتری و حدود اتربرگ

ASTM D 6913 & ASTM D 7928



کد : LA-F34-02

TP-6	شماره چاهک :	RG-1403-255	شماره رهگیری :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	پروژه :
5	عمق (m) :	1403/10/18	تاریخ آزمایش :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	کارفرما :



LL =	42	D ₁₀ =	0.012	C _u =	21.27	Gravel % =	5.30	Unified Soil Classification: <i>SC - Clayey sand</i>
PL =	19	D ₃₀ =	0.055	C _c =	0.99	Sand % =	51.53	
PI =	23	D ₆₀ =	0.257	A =	0.993	Clay&Silt % =	43.18	

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

مهر و امضا آزمایشگاه

آیان نیروی جم

شرکت مهندسين مشاور (سهامي خاص)



نتایج آزمایش برش، تحکیم و رمبندگی

پیوست شماره 3



LA-F052-02

آزمایش برش مستقیم

ASTM D 3080

پروژه : نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی کهر انرژی سیرجان

شماره رهگیری: RG-1403-255

کارفرما : شرکت کهر انرژی سیرجان

تاریخ آزمایش: 1403/10/12

شماره چاهک : BH-1

عمق نمونه : 10 m

نوع قالب :

☒ مربعی

☐ دایره ای

درصد رطوبت : 7%

سرعت دستگاه : 1.25 mm/min

ابعاد قالب :

☐ 6 * 6 cm²

☒ 10 * 10 cm²

نوع نمونه :

☒ بازسازی شده

☐ دست نخورده

☒ اشباع شده

☐ رطوبت طبیعی

☐ تحکیم شده

☒ تحکیم نشده

تهیه نمونه :

ردیف

تنش برشی (T)

تنش نرمال (σ)

زاویه اصطکاک (Φ)

چسبندگی (C)

(kg/cm²)

(kg/cm²)

(°)

(kg/cm²)

1

0.3190

0.5

23.6

0.10

2

0.5240

1.0

3

0.7560

1.5

Shear Stress (kg/cm²)

Horizontal Displacement (mm)

Normal Stress, σn (kg/cm²)

— 0.5

- - 1.0

..... 1.5

Shear Stress (kg/cm²)

Normal Stress (kg/cm²)

مهر و امضا آزمایشگاه

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

آب انیروای جم

شرکت مهندسين مشاور(سهامي خاص)

LA-F052-02

آزمایش برش مستقیم

ASTM D 3080

پروژه : نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی کهر انرژی سیرجان

شماره رهگیری: RG-1403-255

کارفرما : شرکت کهر انرژی سیرجان

تاریخ آزمایش: 1403/10/11

شماره چاهک : BH-2

عمق نمونه : 6 m

نوع قالب :

☒ مربعی

☐ دایره ای

درصد رطوبت : 7%

سرعت دستگاه : 0.5 mm/min

ابعاد قالب :

☐ 6 * 6 cm²

☒ 10 * 10 cm²

نوع نمونه :

☒ بازسازی شده

☐ دست نخورده

☒ اشباع شده

☐ رطوبت طبیعی

☒ تحکیم شده

☐ تحکیم نشده

ردیف

تنش برشی (T)

تنش نرمال (σ)

زاویه اصطکاک (Φ)

چسبندگی (C)

(kg/cm²)

(kg/cm²)

(°)

(kg/cm²)

1

0.3590

0.5

25.7

0.09

2

0.5180

1.0

3

0.8400

1.5

Shear Stress (kg/cm²)

Horizontal Displacement (mm)

Normal Stress, σn (kg/cm²)

— 0.5

- - 1.0

..... 1.5

Shear Stress (kg/cm²)

Normal Stress (kg/cm²)

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

مهر و امضا آزمایشگاه

آب انیروای جم

شرکت مهندسی مشاور (سهامی خاص)

LA-F052-02

آزمایش برش مستقیم

ASTM D 3080

پروژه : نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی کهر انرژی سیرجان

شماره رهگیری: RG-1403-255

کارفرما : شرکت کهر انرژی سیرجان

تاریخ آزمایش: 1403/10/13

شماره چاهک : BH-3

عمق نمونه : 8 m

نوع قالب :

☒ مربعی

☐ دایره ای

درصد رطوبت : 8%

سرعت دستگاه : 0.5 mm/min

ابعاد قالب :

☐ 6 * 6 cm²

☒ 10 * 10 cm²

نوع نمونه :

☒ بازسازی شده

☐ دست نخورده

☒ اشباع شده

☐ رطوبت طبیعی

☒ تحکیم شده

☐ تحکیم نشده

تهیه نمونه :

ردیف

تنش برشی (T)
(kg/cm²)

تنش نرمال (σ)
(kg/cm²)

زاویه اصطکاک (Φ)
(°)

چسبندگی (C)
(kg/cm²)

1

0.3180

0.5

25.1

0.10

2

0.6000

1.0

3

0.7860

1.5

Shear Stress (kg/cm²)

Horizontal Displacement (mm)

Normal Stress, σn (kg/cm²)

— 0.5

- - 1.0

..... 1.5

Shear Stress (kg/cm²)

Normal Stress (kg/cm²)

مهر و امضا آزمایشگاه

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

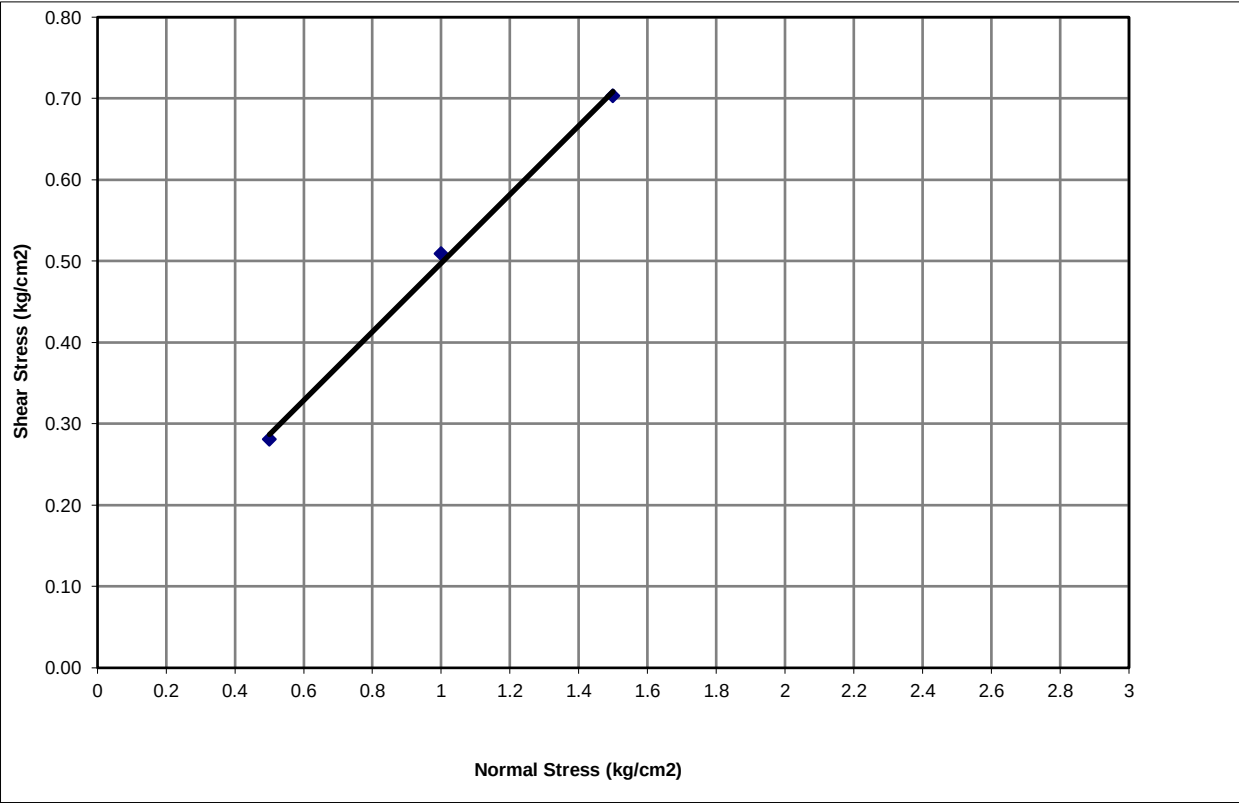
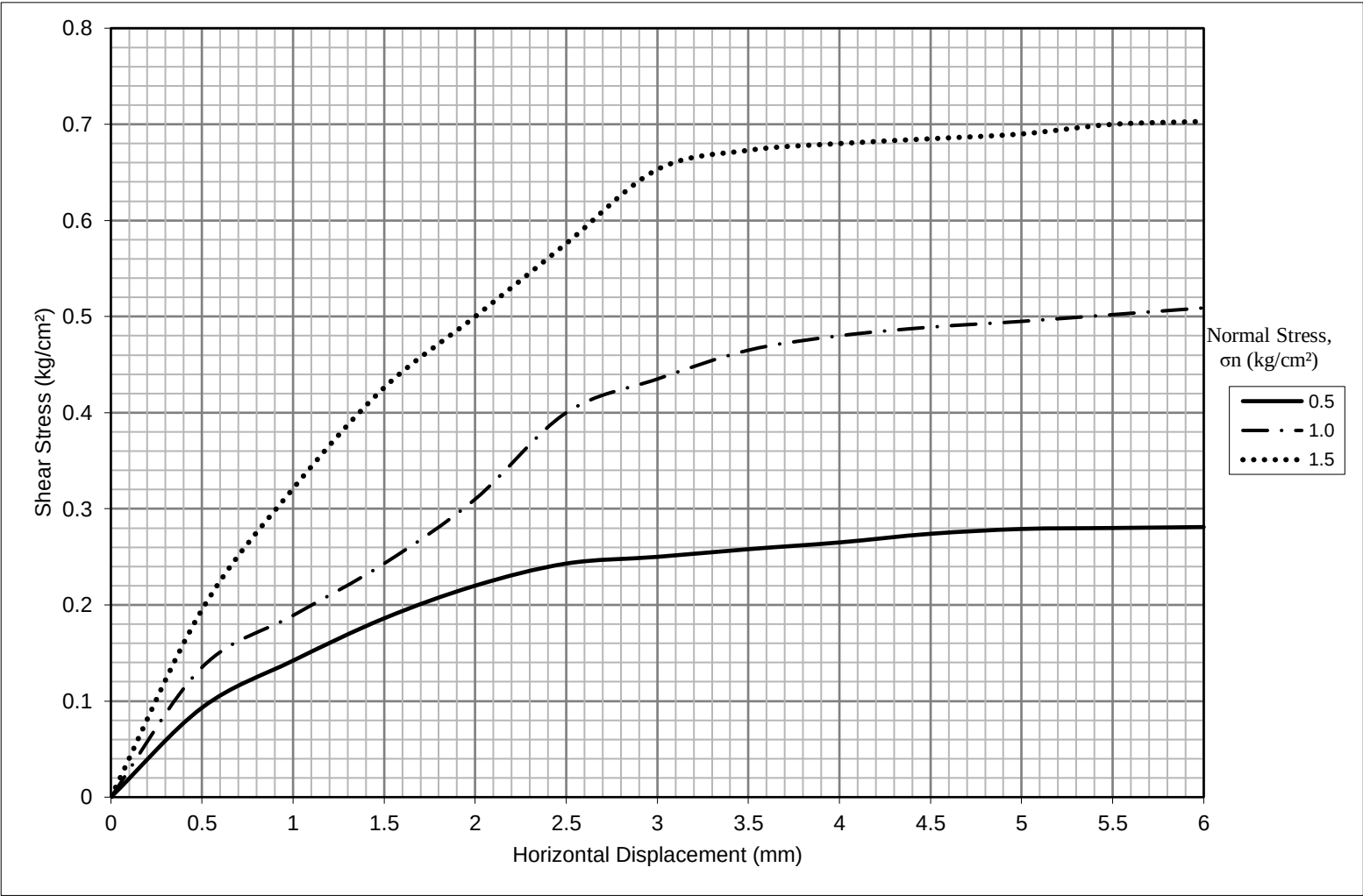
آب انیروای جم

شرکت مهندسی مشاور (سهامی خاص)

LA-F052-02	آزمایش برش مستقیم			
	ASTM D 3080			
RG-1403-255	شماره رهگیری:	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی کهر انرژی سیرجان	پروژه :	
1403/10/15	تاریخ آزمایش:	شرکت کهر انرژی سیرجان	کارفرما :	

☒ مربعی ☐ دایره ای	نوع قالب:	5 m	عمق نمونه:	BH-4	شماره چاهک:
☐ 6 * 6 cm ² ☒ 10 * 10 cm ²	ابعاد قالب:	1.25 mm/min	سرعت دستگاه:	3%	درصد رطوبت:
☐ تحکیم شده ☒ اشباع شده ☒ رطوبت طبیعی ☐ تحکیم نشده	تهیه نمونه:	☒ بازسازی شده ☐ دست نخورده	نوع نمونه:		

ردیف	تنش برشی (T)	تنش نرمال (σ)	زاویه اصطکاک (Φ)	چسبندگی (C)
	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(°)	(kg/cm ²)
1	0.2810	0.5	22.9	0.08
2	0.5090	1.0		
3	0.7030	1.5		



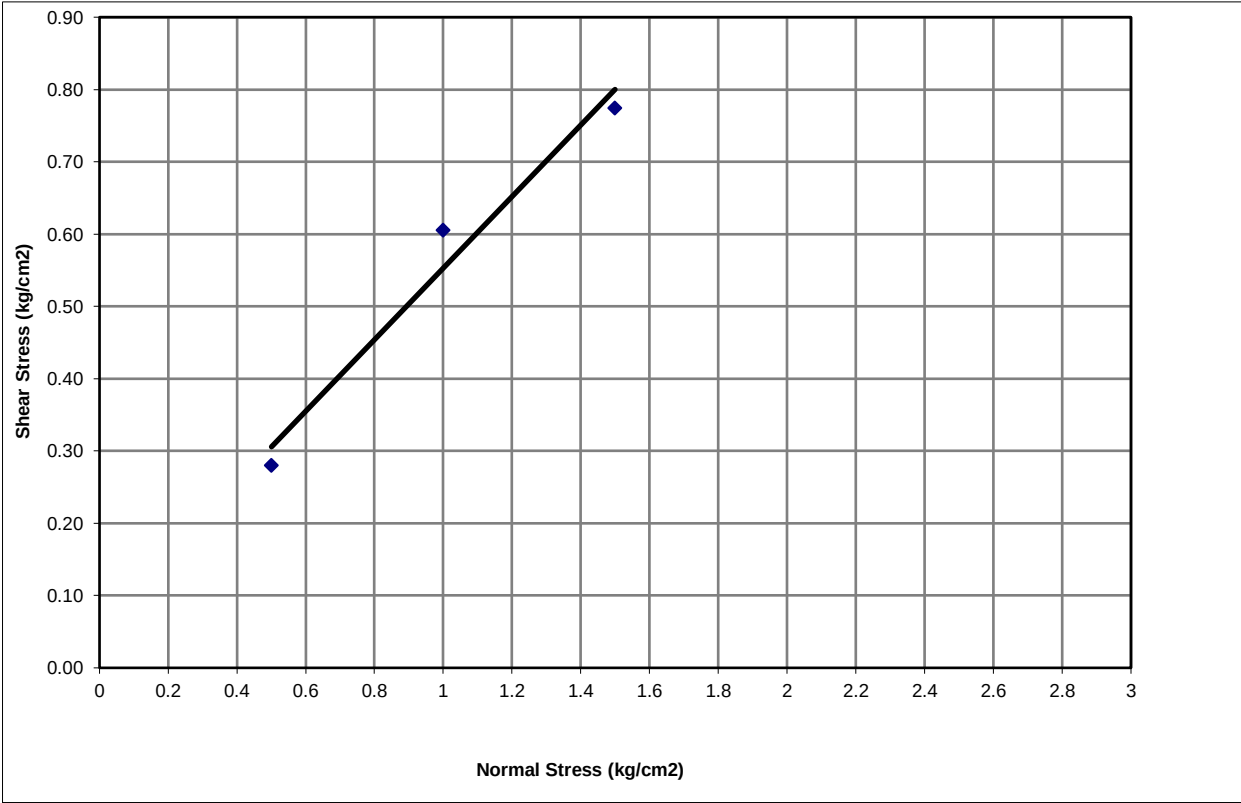
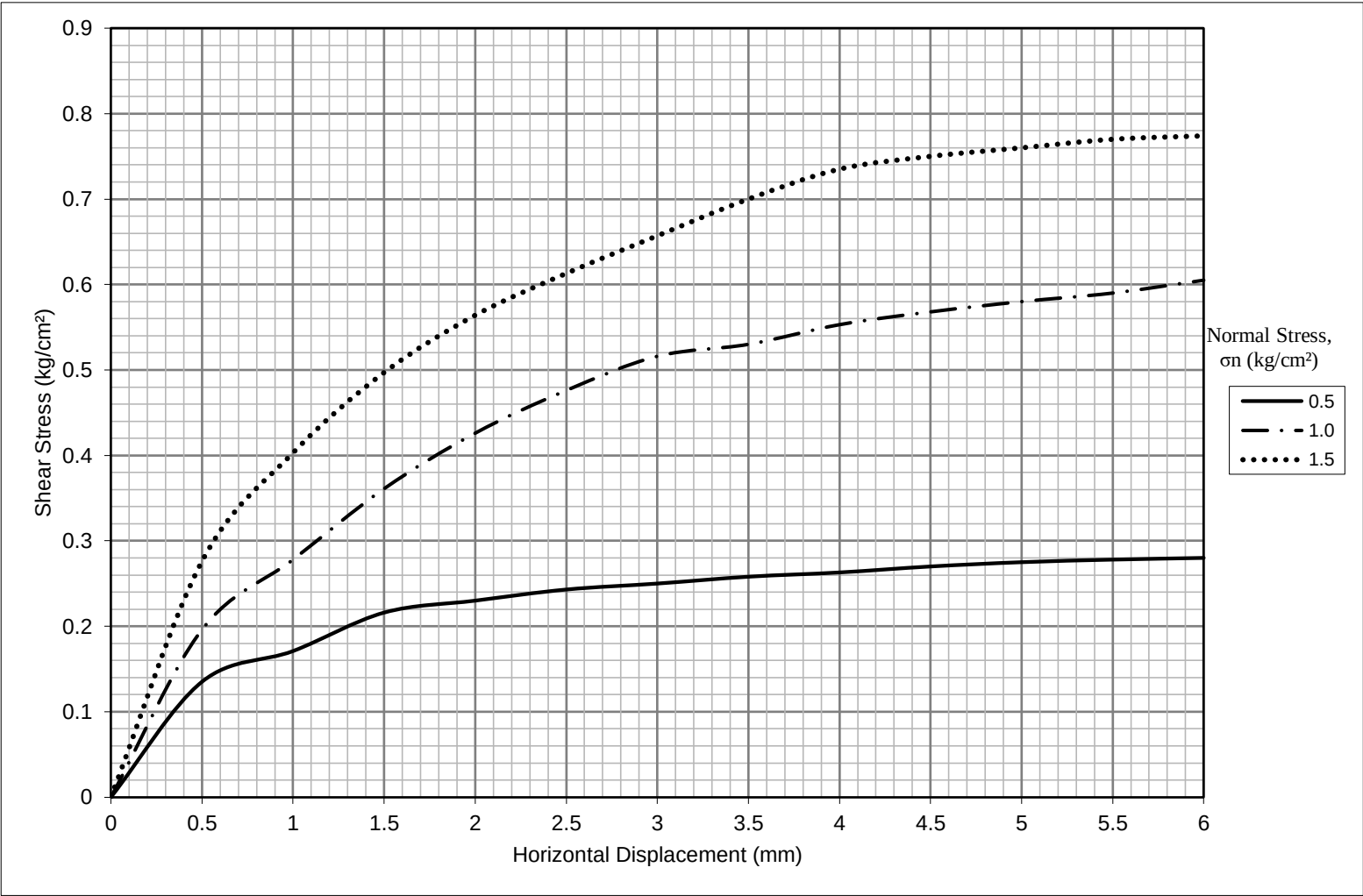
مهر و امضا آزمایشگاه تذکر: بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد



LA-F052-02	آزمایش برش مستقیم			
	ASTM D 3080			
RG-1403-255	شماره رهگیری:	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی کهر انرژی سیرجان		پروژه :
1403/10/15	تاریخ آزمایش:	شرکت کهر انرژی سیرجان		کارفرما :

مربعی دایره ای	نوع قالب:	3 m	عمق نمونه:	BH-5	شماره چاهک:
6 * 6 cm² 10 * 10 cm²	ابعاد قالب:	1.25 mm/min	سرعت دستگاه:	4%	درصد رطوبت:
تحمیم شده تحمیم نشده	اشباع شده رطوبت طبیعی	تهیه نمونه:	بازسازی شده دست نخورده	نوع نمونه:	

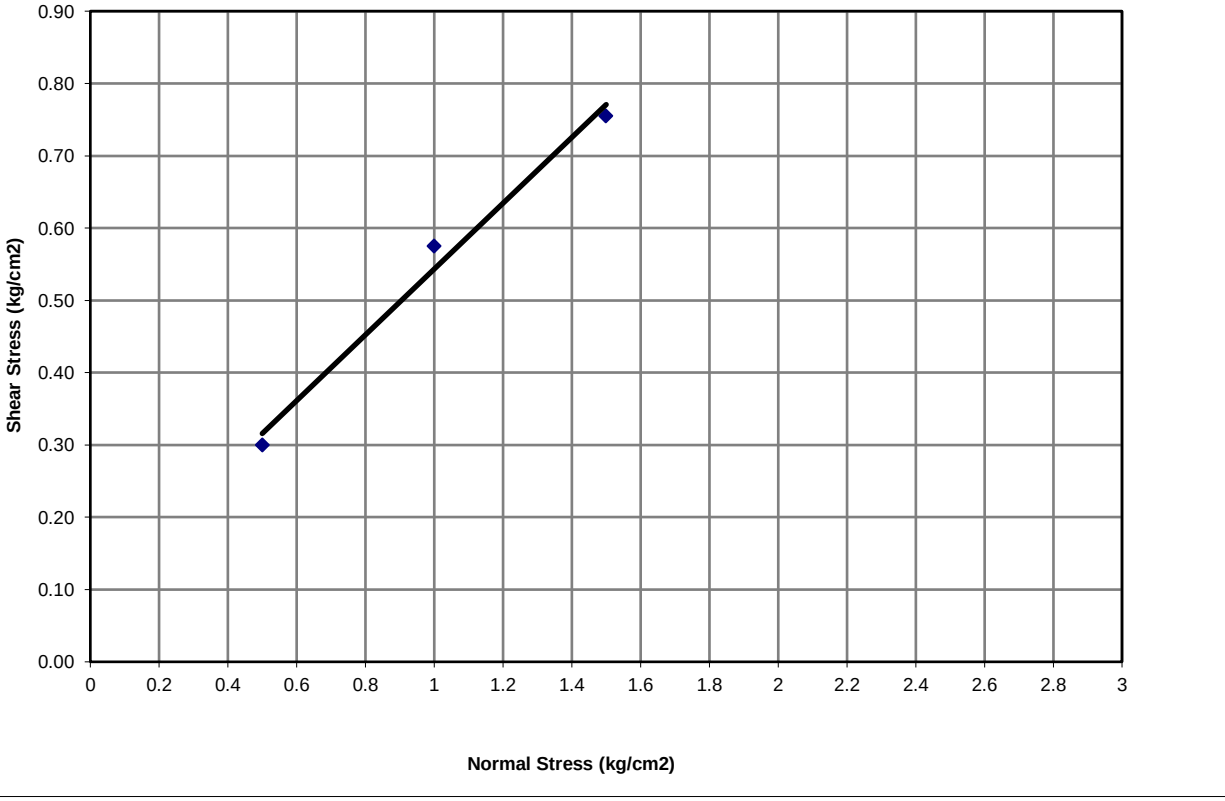
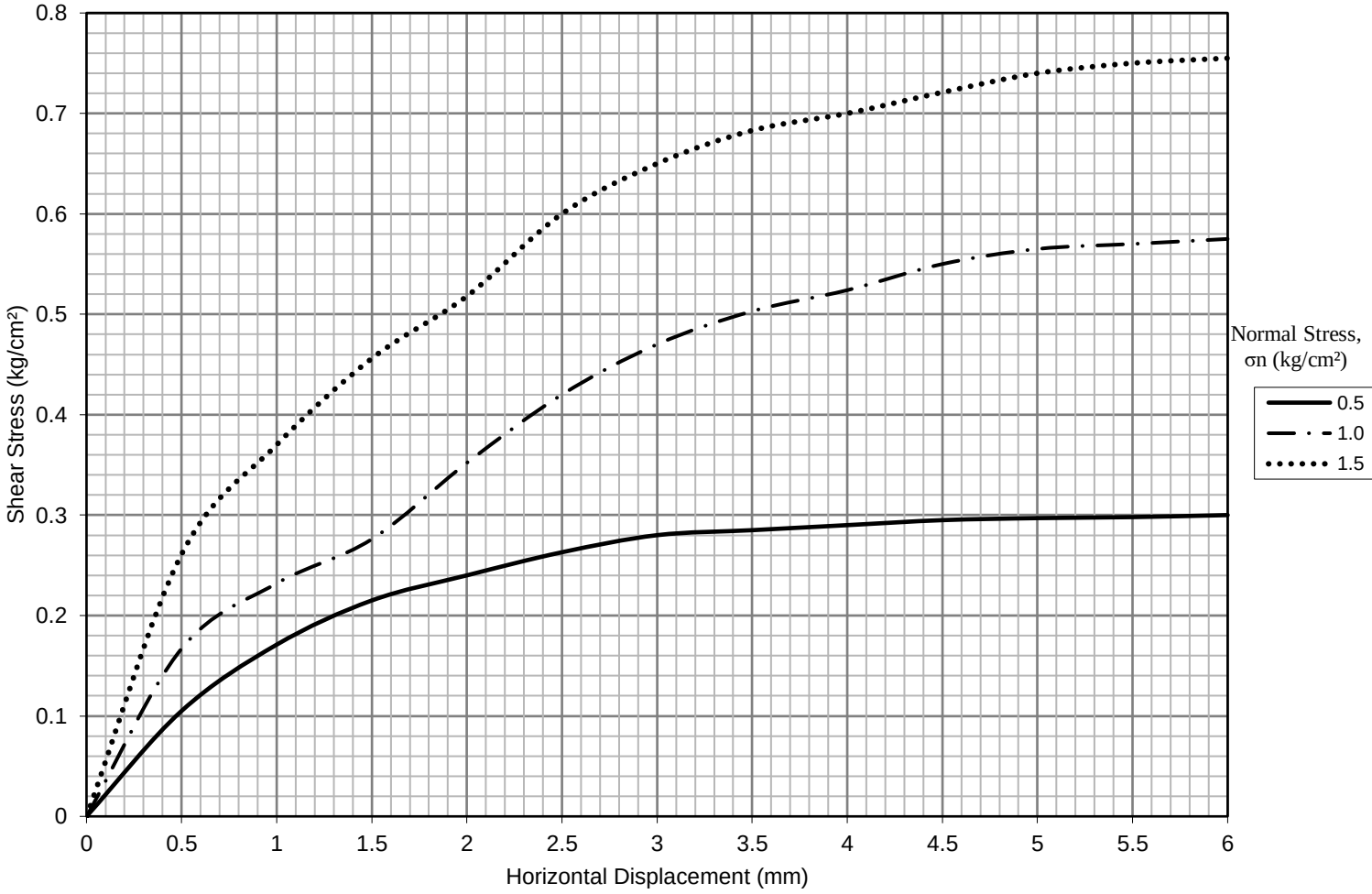
ردیف	تنش برشی (T)	تنش نرمال (σ)	زاویه اصطکاک(Φ)	چسبندگی (C)
	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(°)	(kg/cm ²)
1	0.2800	0.5	26.3	0.06
2	0.6050	1.0		
3	0.7740	1.5		



مهر و امضا آزمایشگاه

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد



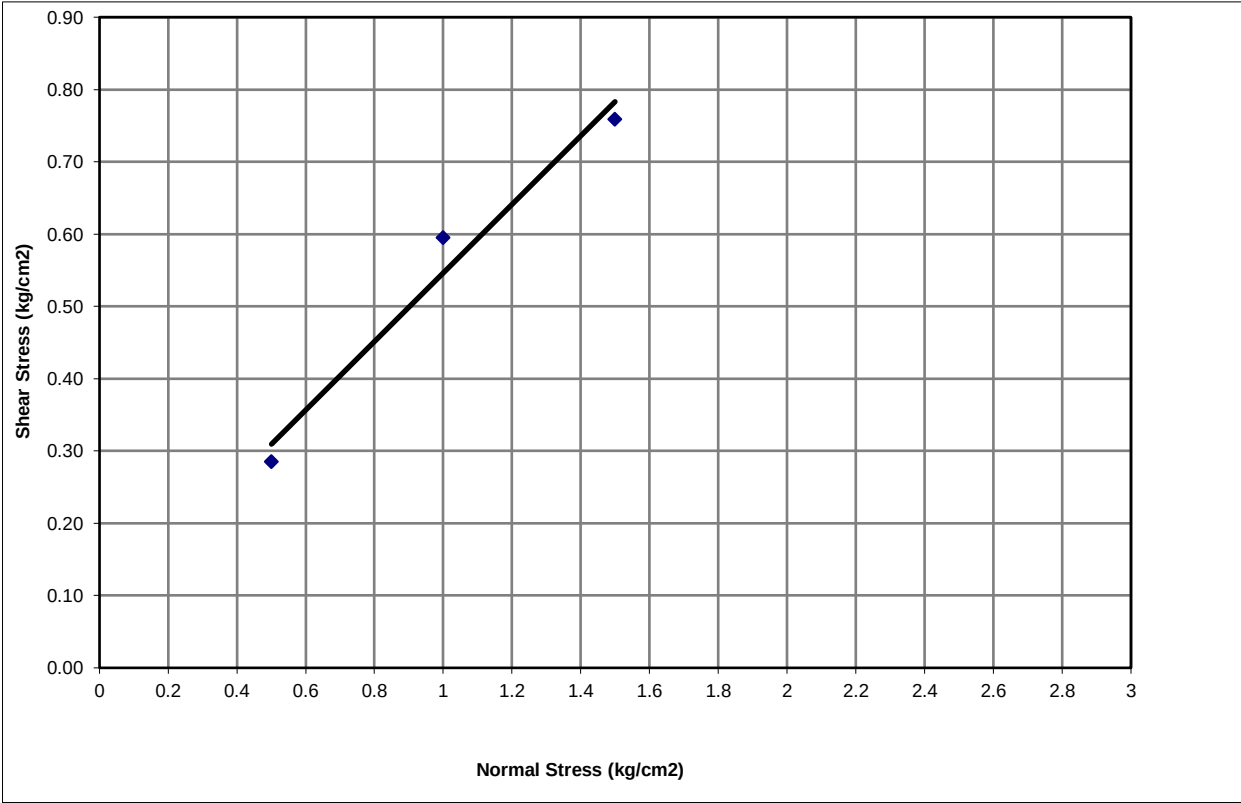
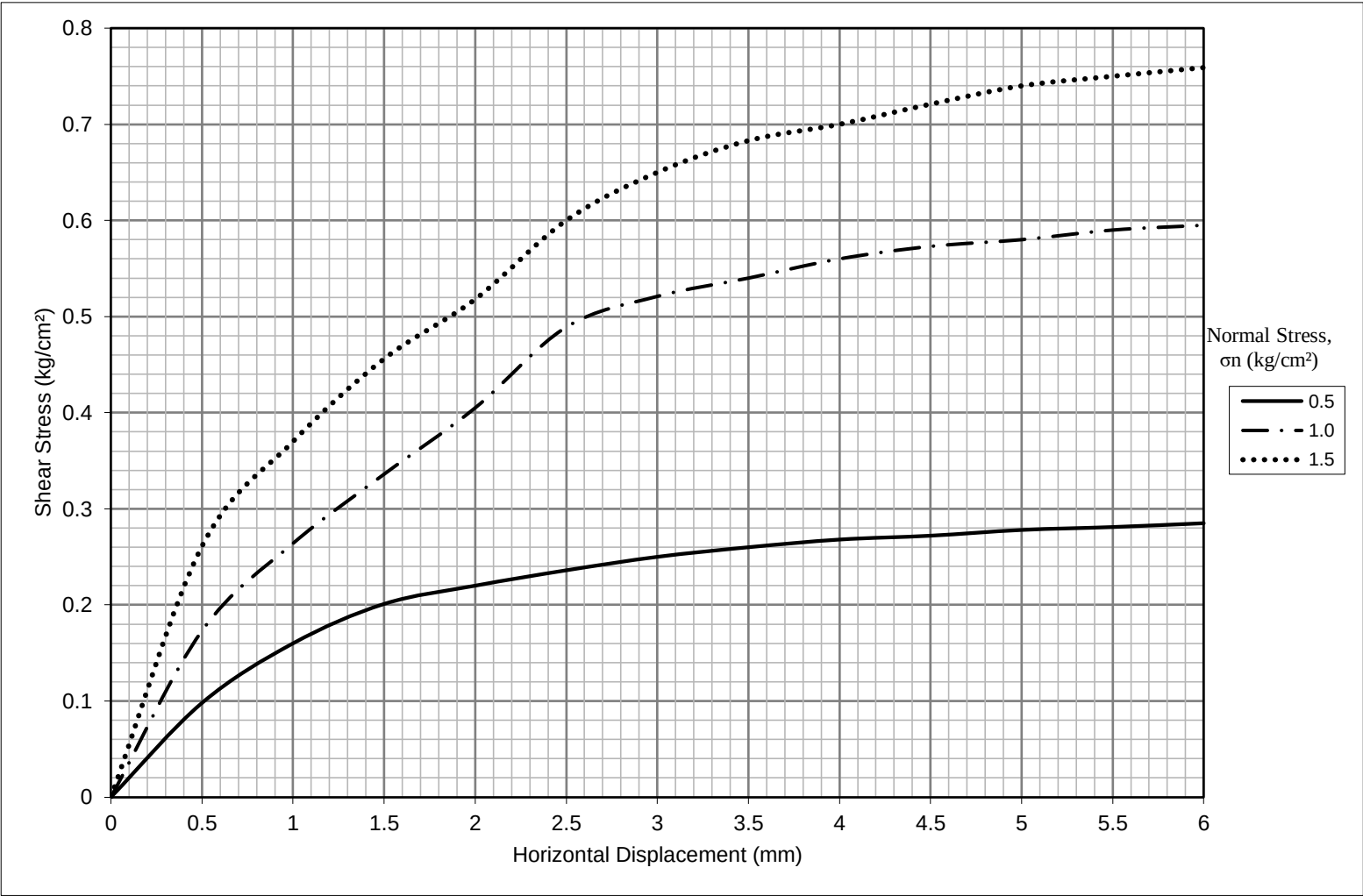
LA-F052-02	آزمایش برش مستقیم																																									
	ASTM D 3080																																									
RG-1403-255	شماره رهگیری:	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی کهر انرژی سیرجان	پروژه:																																							
1403/10/10	تاریخ آزمایش:	شرکت کهر انرژی سیرجان	کارفرما:																																							
<table><tr><td>شماره چاهک:</td><td>BH-7</td><td>عمق نمونه:</td><td>5 m</td><td>نوع قالب:</td><td>☒ مربعی ☐ دایره ای</td></tr><tr><td>درصد رطوبت:</td><td>9%</td><td>سرعت دستگاه:</td><td>1.25 mm/min</td><td>ابعاد قالب:</td><td>☐ 6 * 6 cm² ☒ 10 * 10 cm²</td></tr><tr><td>نوع نمونه:</td><td colspan="2">☒ بازسازی شده ☐ دست نخورده</td><td colspan="2">تهیه نمونه:</td><td>☒ اشباع شده ☐ رطوبت طبیعی</td></tr></table><table><tr><td>ردیف</td><td>تنش برشی (T)</td><td>تنش نرمال (σ)</td><td>زاویه اصطکاک (Φ)</td><td>چسبندگی (C)</td></tr><tr><td></td><td>(kg/cm²)</td><td>(kg/cm²)</td><td>(°)</td><td>(kg/cm²)</td></tr><tr><td>1</td><td>0.3000</td><td>0.5</td><td rowspan="3">24.5</td><td rowspan="3">0.09</td></tr><tr><td>2</td><td>0.5750</td><td>1.0</td></tr><tr><td>3</td><td>0.7550</td><td>1.5</td></tr></table>				شماره چاهک:	BH-7	عمق نمونه:	5 m	نوع قالب:	☒ مربعی ☐ دایره ای	درصد رطوبت:	9%	سرعت دستگاه:	1.25 mm/min	ابعاد قالب:	☐ 6 * 6 cm ² ☒ 10 * 10 cm ²	نوع نمونه:	☒ بازسازی شده ☐ دست نخورده		تهیه نمونه:		☒ اشباع شده ☐ رطوبت طبیعی	ردیف	تنش برشی (T)	تنش نرمال (σ)	زاویه اصطکاک (Φ)	چسبندگی (C)		(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(°)	(kg/cm ²)	1	0.3000	0.5	24.5	0.09	2	0.5750	1.0	3	0.7550	1.5
شماره چاهک:	BH-7	عمق نمونه:	5 m	نوع قالب:	☒ مربعی ☐ دایره ای																																					
درصد رطوبت:	9%	سرعت دستگاه:	1.25 mm/min	ابعاد قالب:	☐ 6 * 6 cm ² ☒ 10 * 10 cm ²																																					
نوع نمونه:	☒ بازسازی شده ☐ دست نخورده		تهیه نمونه:		☒ اشباع شده ☐ رطوبت طبیعی																																					
ردیف	تنش برشی (T)	تنش نرمال (σ)	زاویه اصطکاک (Φ)	چسبندگی (C)																																						
	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(°)	(kg/cm ²)																																						
1	0.3000	0.5	24.5	0.09																																						
2	0.5750	1.0																																								
3	0.7550	1.5																																								
																																										
مهر و امضا آزمایشگاه		تذکر: بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد																																								



LA-F052-02	آزمایش برش مستقیم			
	ASTM D 3080			
RG-1403-255	شماره رهگیری:	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی کهر انرژی سیرجان	پروژه :	
1403/10/09	تاریخ آزمایش:	شرکت کهر انرژی سیرجان	کارفرما :	

مربعی دایره ای	نوع قالب:	3 m	عمق نمونه:	BH-8	شماره چاهک:
6 * 6 cm² 10 * 10 cm²	ابعاد قالب:	1.25 mm/min	سرعت دستگاه:	2%	درصد رطوبت:
تخمیم شده تخمیم نشده	اشباع شده رطوبت طبیعی	تهیه نمونه:	بازسازی شده دست نخورده	نوع نمونه:	

ردیف	تنش برشی (T)	تنش نرمال (σ)	زاویه اصطکاک (Φ)	چسبندگی (C)
	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(°)	(kg/cm ²)
1	0.2850	0.5	25.4	0.07
2	0.5950	1.0		
3	0.7590	1.5		



مهر و امضا آزمایشگاه

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد



LA-F052-02

آزمایش برش مستقیم

ASTM D 3080

پروژه : نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی کهر انرژی سیرجان

شماره رهگیری: RG-1403-255

کارفرما : شرکت کهر انرژی سیرجان

تاریخ آزمایش: 1403/10/10

شماره چاهک : BH-9

عمق نمونه : 5 m

نوع قالب :

☒ مربعی

☐ دایره ای

درصد رطوبت : 5%

سرعت دستگاه : 1.25 mm/min

ابعاد قالب :

☐ 6 * 6 cm²

☒ 10 * 10 cm²

نوع نمونه :

☒ بازسازی شده

☐ دست نخورده

☒ اشباع شده

☐ رطوبت طبیعی

☒ تحکیم شده

☐ تحکیم نشده

تهیه نمونه :

ردیف

تنش برشی (T)
(kg/cm²)

تنش نرمال (σ)
(kg/cm²)

زاویه اصطکاک (Φ)
(°)

چسبندگی (C)
(kg/cm²)

1

0.3760

0.5

24.4

0.13

2

0.5340

1.0

3

0.8300

1.5

Shear Stress (kg/cm²)

Horizontal Displacement (mm)

Normal Stress, σn (kg/cm²)

— 0.5

- - 1.0

..... 1.5

Shear Stress (kg/cm²)

Normal Stress (kg/cm²)

0.90

0.80

0.70

0.60

0.50

0.40

0.30

0.20

0.10

0.00

0

0.2

0.4

0.6

0.8

1.0

1.2

1.4

1.6

1.8

2.0

2.2

2.4

2.6

2.8

3.0

مهر و امضا آزمایشگاه

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

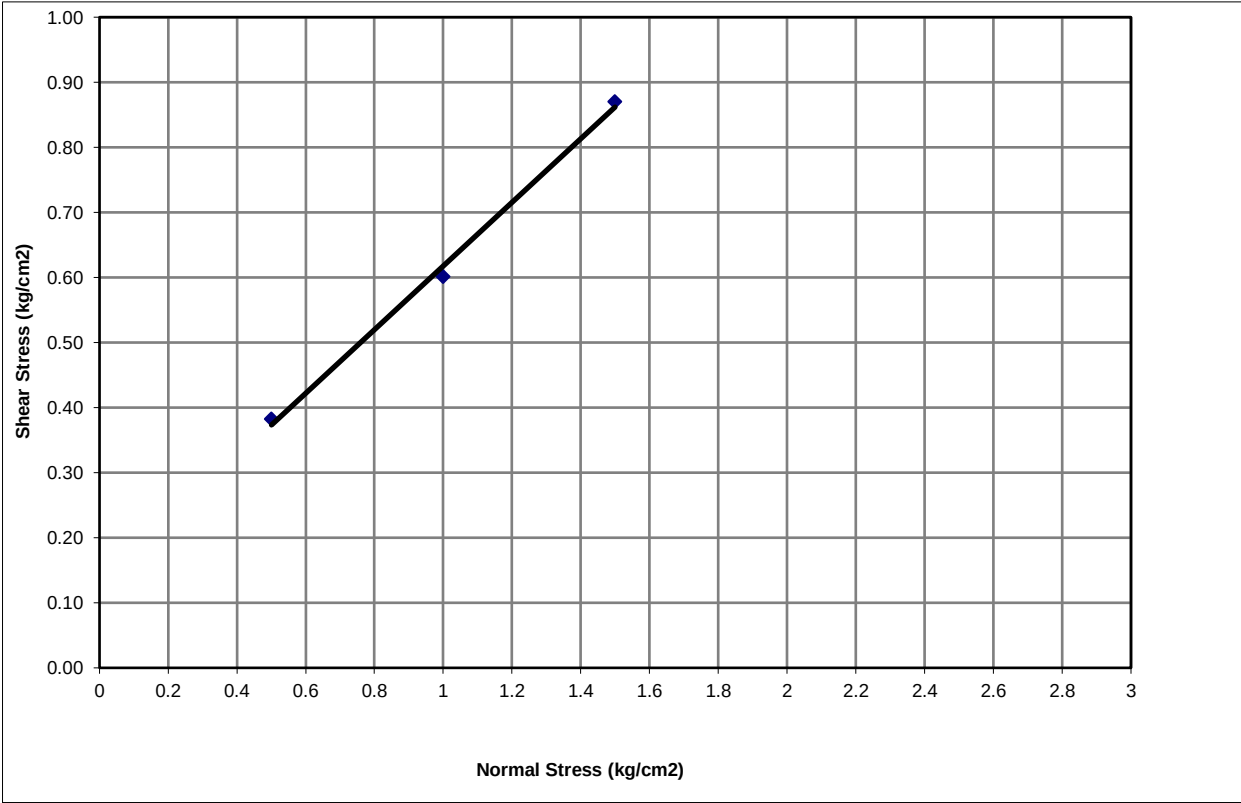
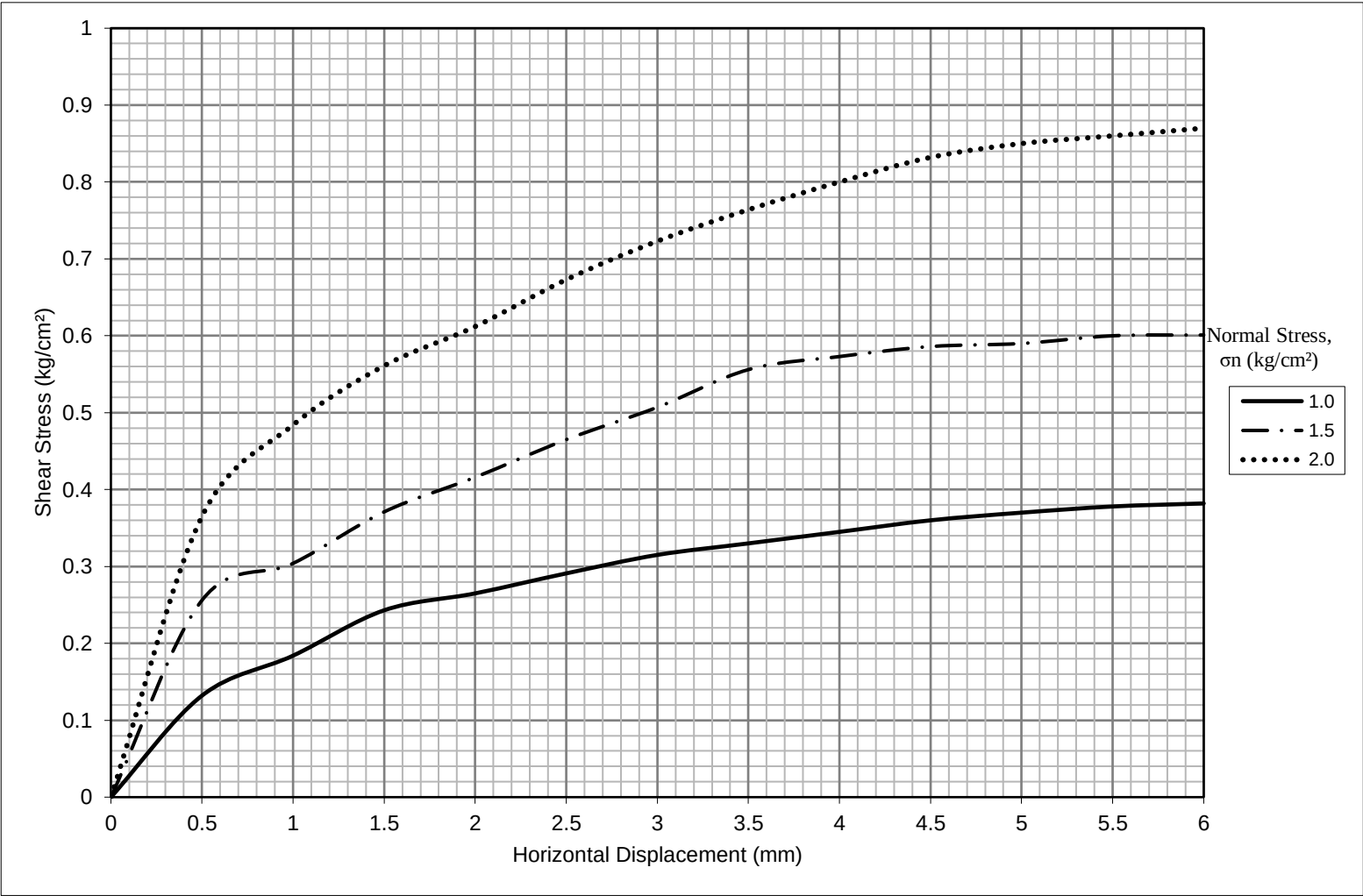
آب انیروای جم

شرکت مهندسی مشاور (سهامی خاص)

LA-F052-02	آزمایش برش مستقیم			
	ASTM D 3080			
RG-1403-255	شماره رهگیری:	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی کهر انرژی سیرجان		پروژه :
1403/10/06	تاریخ آزمایش:	شرکت کهر انرژی سیرجان		کارفرما :

شماره چاهک :	TP-1	عمق نمونه :	3 m	نوع قالب :	☒ مربعی ☐ دایره ای
درصد رطوبت :	8%	سرعت دستگاه :	1.25 mm/min	ابعاد قالب :	☐ 6 * 6 cm² ☒ 10 * 10 cm²
نوع نمونه :	☒ بازسازی شده ☐ دست نخورده		تهیه نمونه :		☒ اشباع شده ☐ رطوبت طبیعی ☒ تحکیم نشده ☐ تحکیم شده

ردیف	تنش برشی (T)	تنش نرمال (σ)	زاویه اصطکاک(Φ)	چسبندگی (C)
	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(°)	(kg/cm ²)
1	0.3820	1.0	26.0	0.13
2	0.6010	1.5		
3	0.8700	2.0		



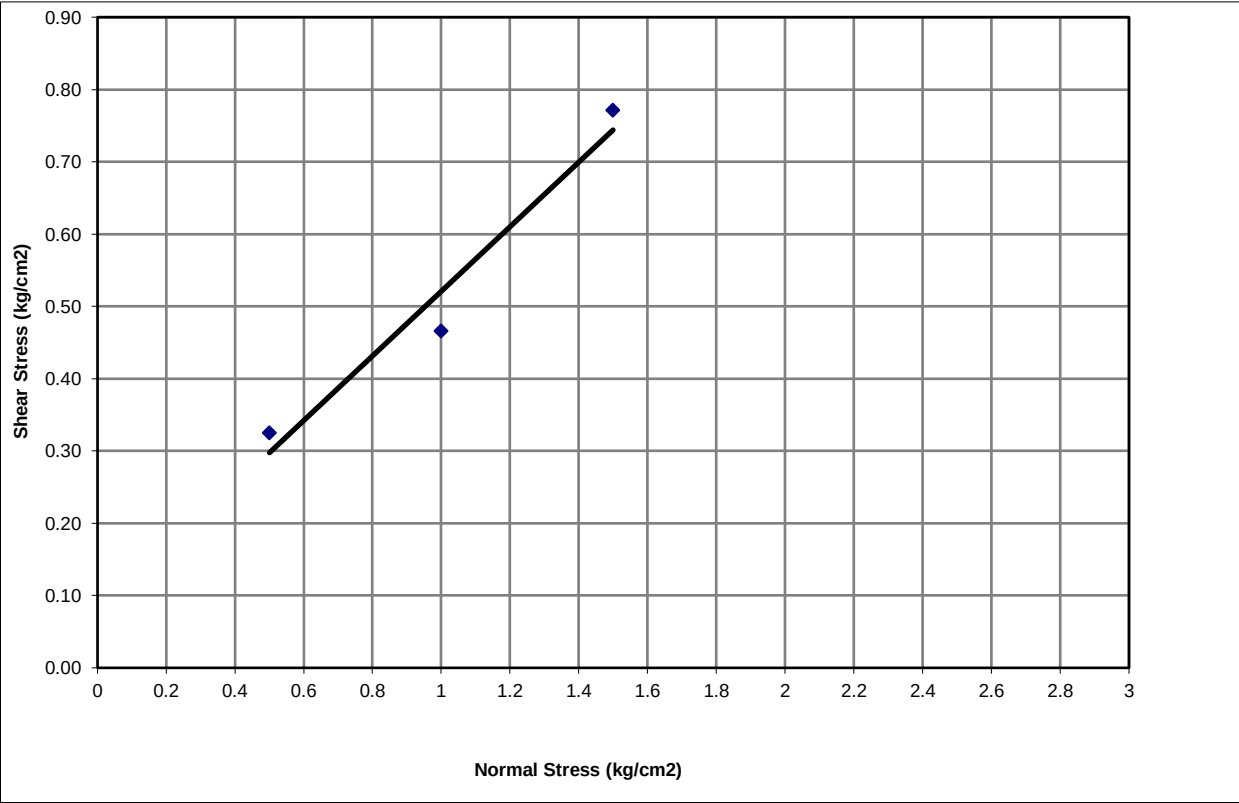
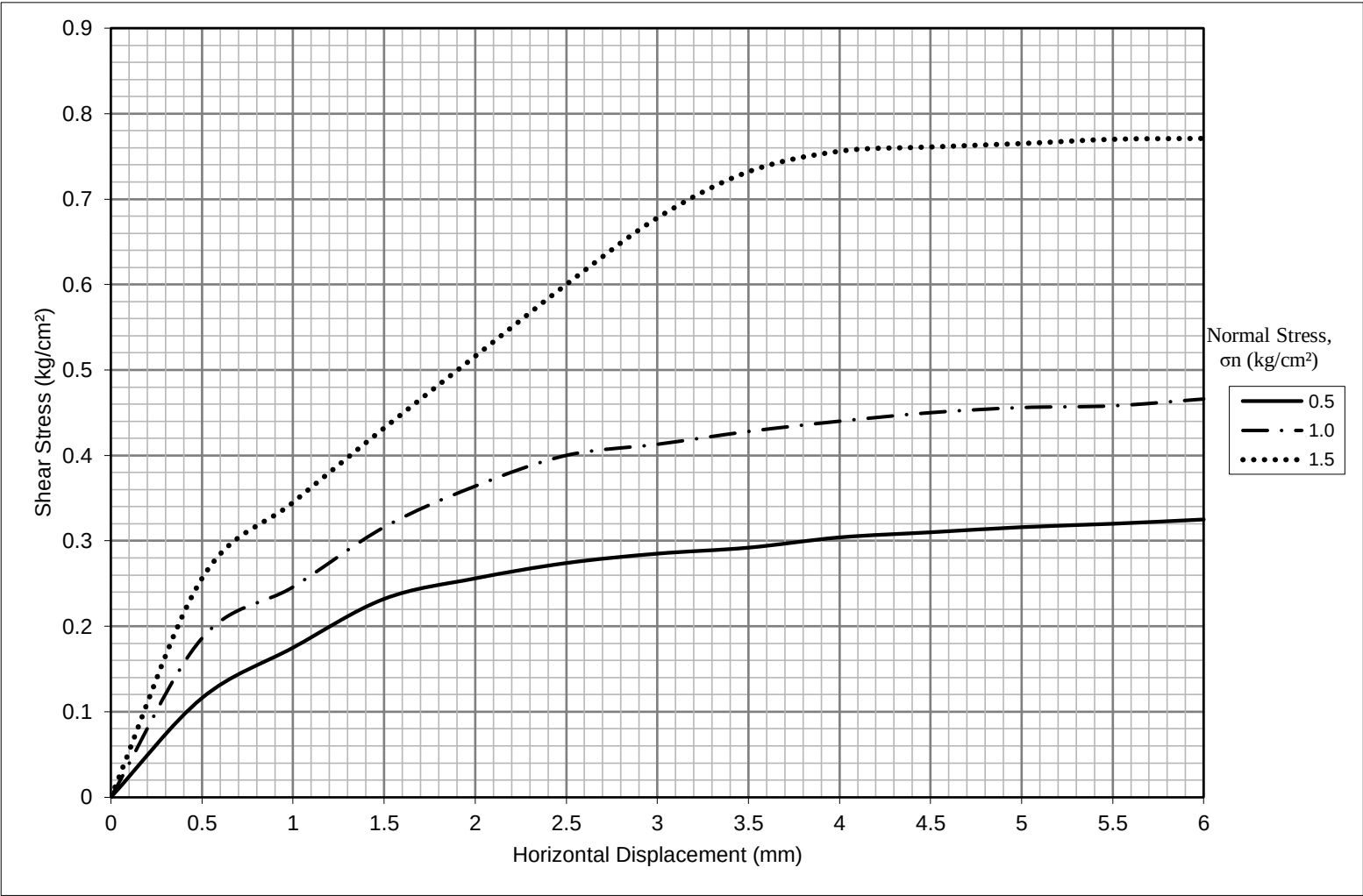
مهر و امضا آزمایشگاه تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد



LA-F052-02	آزمایش برش مستقیم			
	ASTM D 3080			
RG-1403-255	شماره رهگیری:	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی کهر انرژی سیرجان		پروژه :
1403/10/06	تاریخ آزمایش:	شرکت کهر انرژی سیرجان		کارفرما :

شماره چاهک :	TP-2	عمق نمونه :	5 m	نوع قالب :	☒ مربعی ☐ دایره ای
درصد رطوبت :	8%	سرعت دستگاه :	1.25 mm/min	ابعاد قالب :	☐ 6 * 6 cm² ☒ 10 * 10 cm²
نوع نمونه :	☒ بازسازی شده ☐ دست نخورده		تهیه نمونه :		☒ اشباع شده ☐ رطوبت طبیعی ☐ تحکیم شده ☒ تحکیم نشده

ردیف	تنش برشی (T)	تنش نرمال (σ)	زاویه اصطکاک (Φ)	چسبندگی (C)
	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(°)	(kg/cm ²)
1	0.3250	0.5	24.0	0.07
2	0.4660	1.0		
3	0.7710	1.5		



تذکر: بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

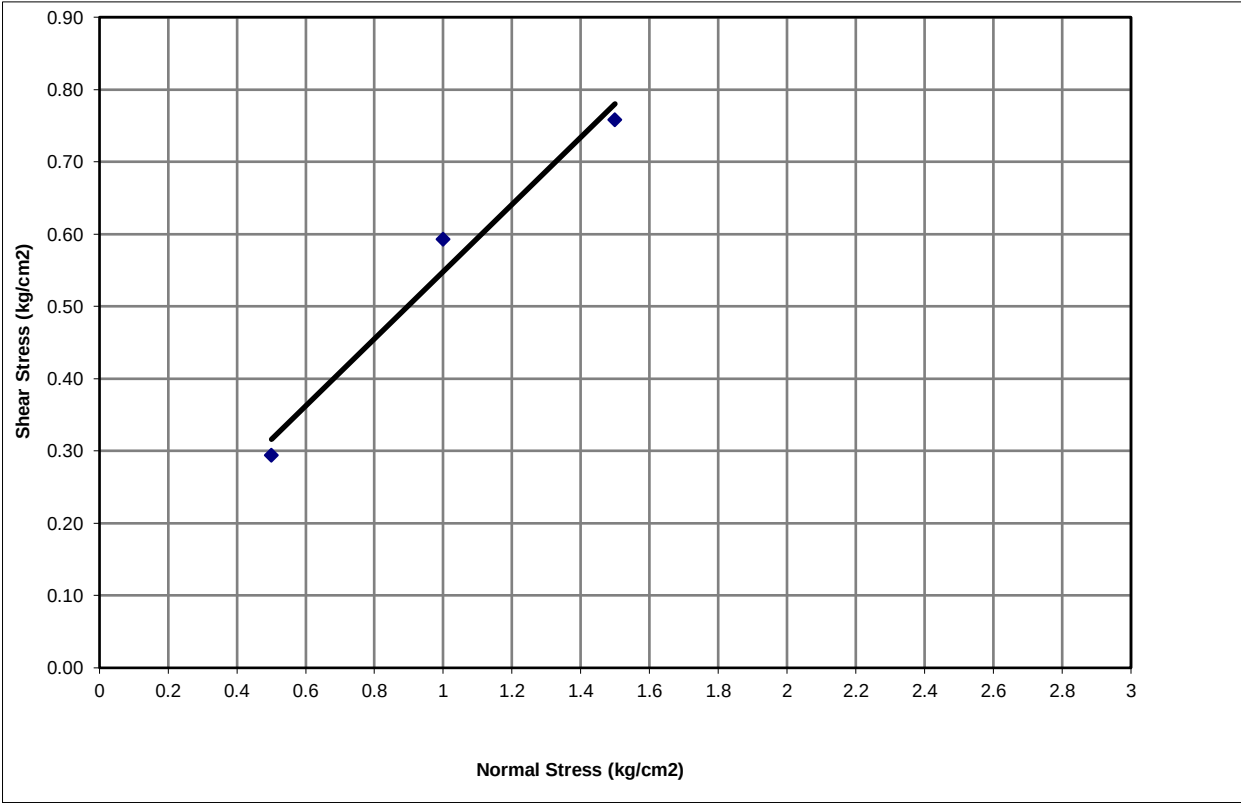
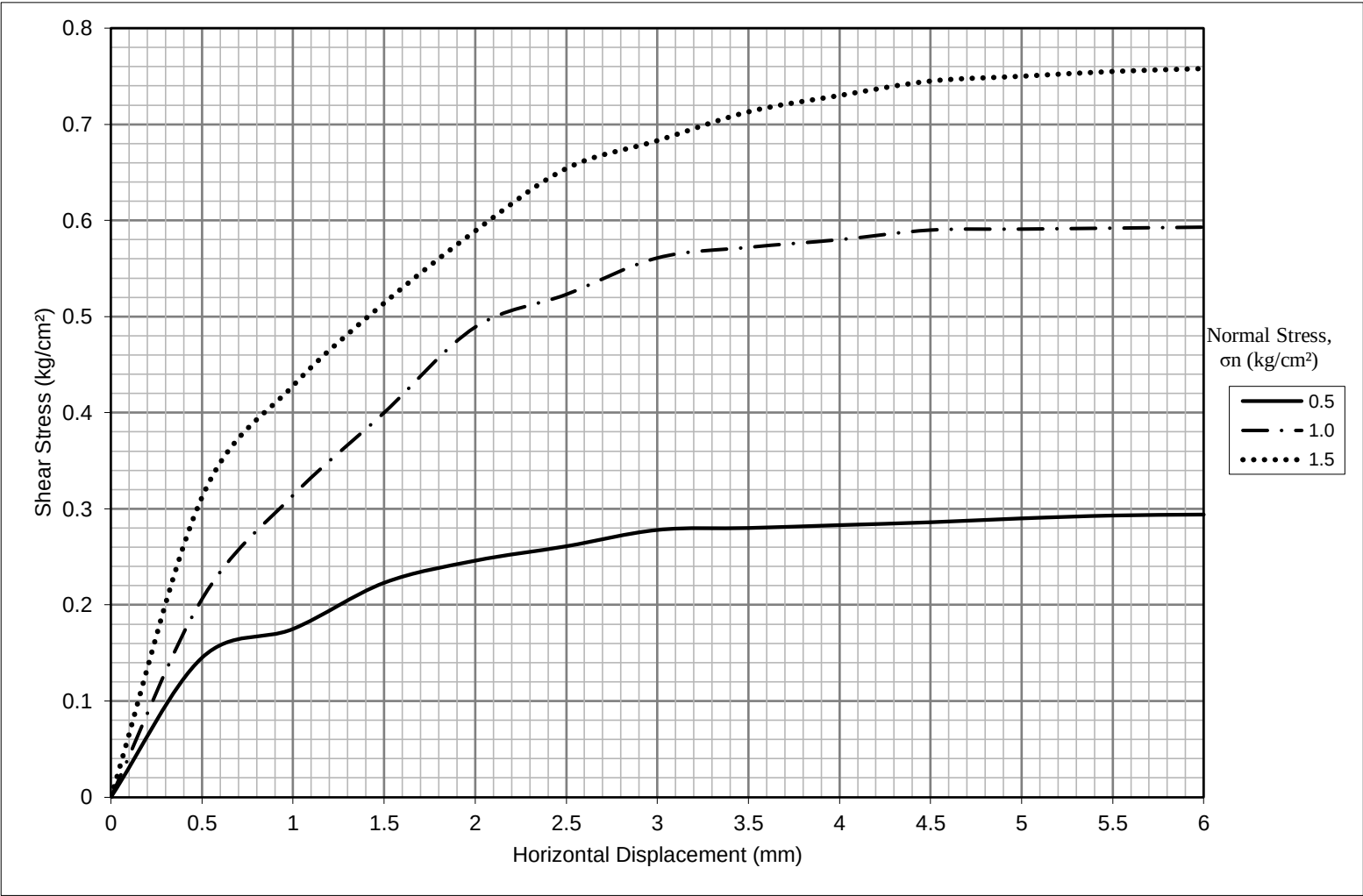
مهر و امضا آزمایشگاه



LA-F052-02	آزمایش برش مستقیم			
	ASTM D 3080			
RG-1403-255	شماره رهگیری:	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی کهر انرژی سیرجان		پروژه :
1403/10/05	تاریخ آزمایش:	شرکت کهر انرژی سیرجان		کارفرما :

شماره چاهک :	TP-2	عمق نمونه :	3 m	نوع قالب :	☒ مربعی ☐ دایره ای
درصد رطوبت :	6%	سرعت دستگاه :	1.25 mm/min	ابعاد قالب :	☐ 6 * 6 cm² ☒ 10 * 10 cm²
نوع نمونه :	☒ بازسازی شده ☐ دست نخورده		تهیه نمونه :		☒ اشباع شده ☐ رطوبت طبیعی ☒ تحکیم نشده ☐ تحکیم شده

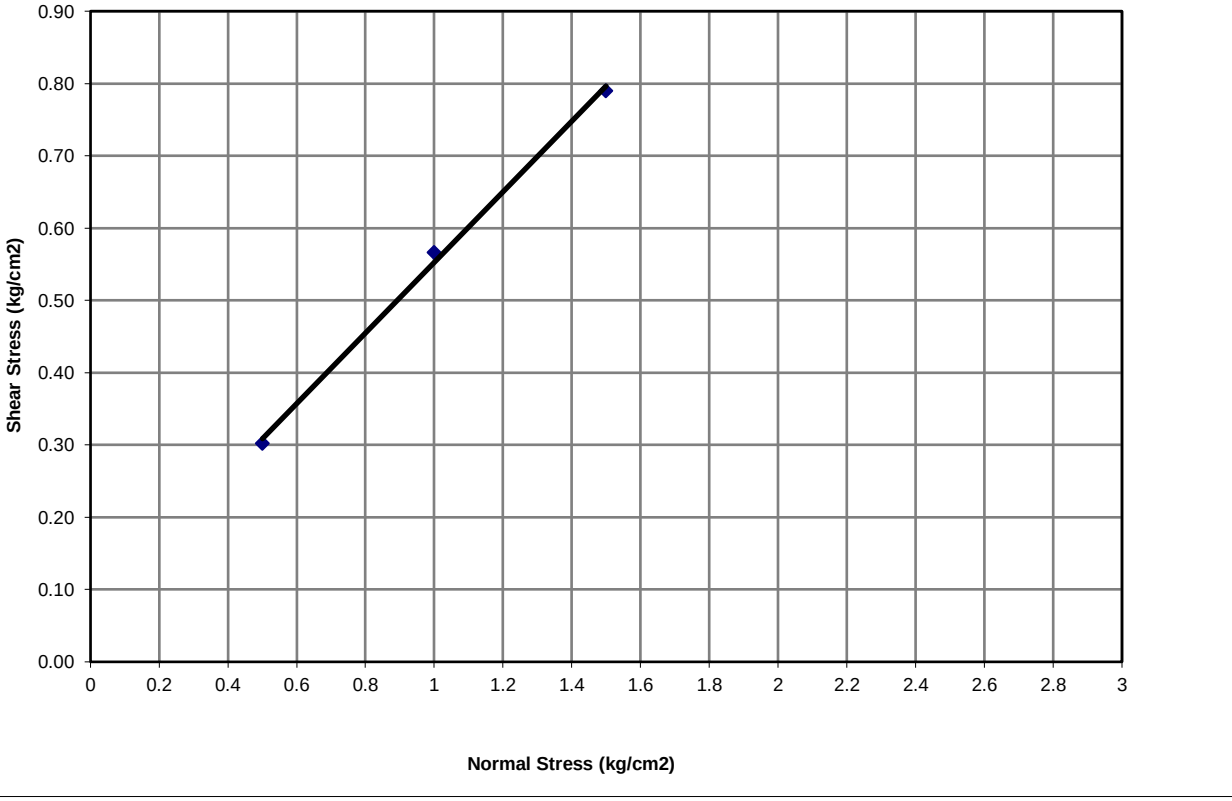
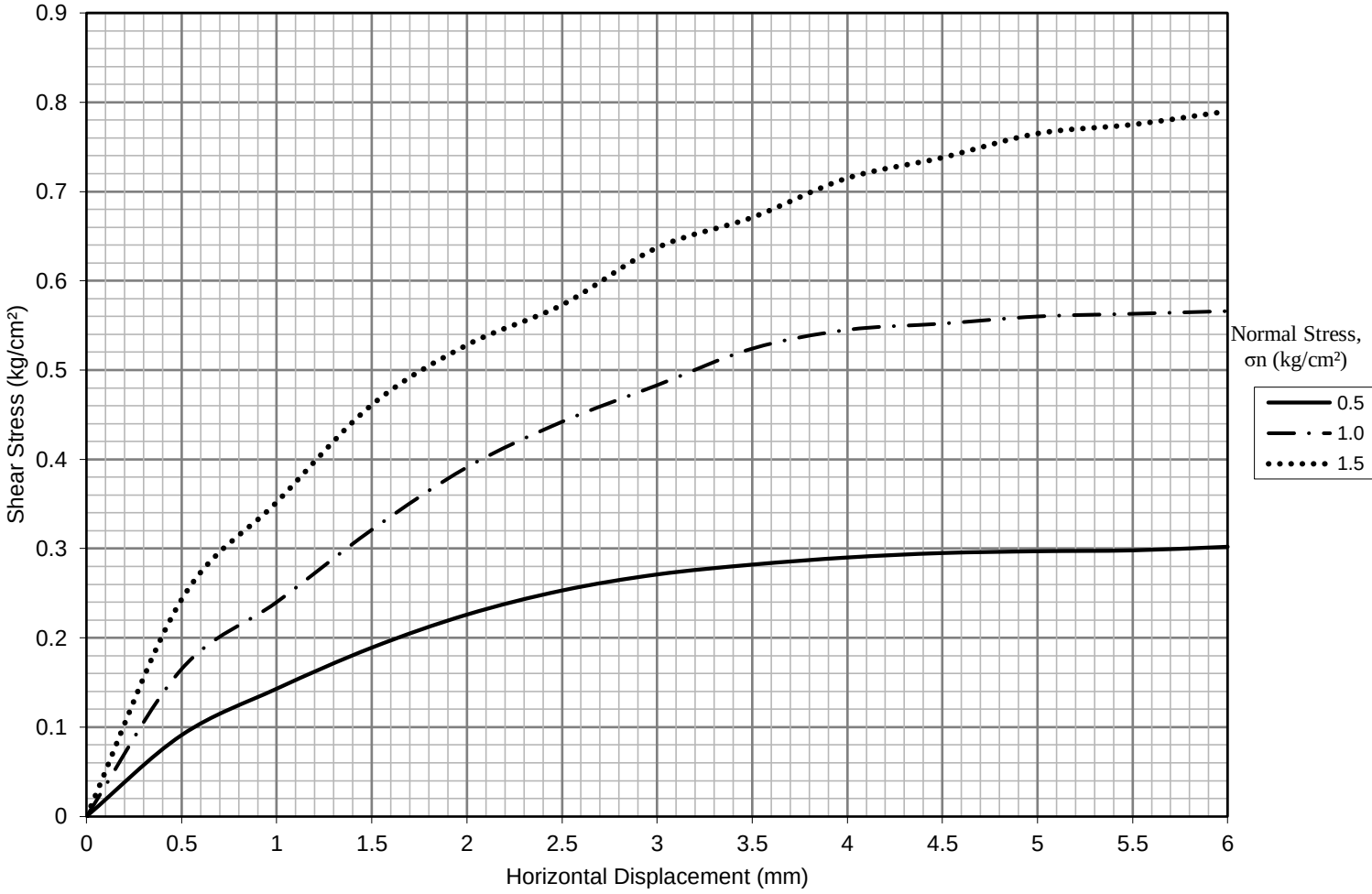
ردیف	تنش برشی (T)	تنش نرمال (σ)	زاویه اصطکاک(Φ)	چسبندگی (C)
	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(°)	(kg/cm ²)
1	0.2940	0.5	24.9	0.08
2	0.5930	1.0		
3	0.7580	1.5		



مهر و امضا آزمایشگاه

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد



LA-F052-02	آزمایش برش مستقیم																																										
	ASTM D 3080																																										
RG-1403-255	شماره رهگیری:	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی کهر انرژی سیرجان		پروژه:																																							
1403/10/05	تاریخ آزمایش:	شرکت کهر انرژی سیرجان		کارفرما:																																							
<table><tr><td>شماره چاهک:</td><td>TP-4</td><td>عمق نمونه:</td><td>1 m</td><td>نوع قالب:</td><td>☒ مربعی ☐ دایره ای</td></tr><tr><td>درصد رطوبت:</td><td>3%</td><td>سرعت دستگاه:</td><td>1.25 mm/min</td><td>ابعاد قالب:</td><td>☐ 6 * 6 cm² ☒ 10 * 10 cm²</td></tr><tr><td>نوع نمونه:</td><td colspan="2">☒ بازسازی شده ☐ دست نخورده</td><td colspan="2">تهیه نمونه:</td><td>☒ اشباع شده ☐ رطوبت طبیعی</td></tr></table><table><tr><td>ردیف</td><td>تنش برشی (T)</td><td>تنش نرمال (σ)</td><td>زاویه اصطکاک (Φ)</td><td>چسبندگی (C)</td></tr><tr><td></td><td>(kg/cm²)</td><td>(kg/cm²)</td><td>(°)</td><td>(kg/cm²)</td></tr><tr><td>1</td><td>0.3020</td><td>0.5</td><td rowspan="3">26.0</td><td rowspan="3">0.06</td></tr><tr><td>2</td><td>0.5660</td><td>1.0</td></tr><tr><td>3</td><td>0.7900</td><td>1.5</td></tr></table>					شماره چاهک:	TP-4	عمق نمونه:	1 m	نوع قالب:	☒ مربعی ☐ دایره ای	درصد رطوبت:	3%	سرعت دستگاه:	1.25 mm/min	ابعاد قالب:	☐ 6 * 6 cm ² ☒ 10 * 10 cm ²	نوع نمونه:	☒ بازسازی شده ☐ دست نخورده		تهیه نمونه:		☒ اشباع شده ☐ رطوبت طبیعی	ردیف	تنش برشی (T)	تنش نرمال (σ)	زاویه اصطکاک (Φ)	چسبندگی (C)		(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(°)	(kg/cm ²)	1	0.3020	0.5	26.0	0.06	2	0.5660	1.0	3	0.7900	1.5
شماره چاهک:	TP-4	عمق نمونه:	1 m	نوع قالب:	☒ مربعی ☐ دایره ای																																						
درصد رطوبت:	3%	سرعت دستگاه:	1.25 mm/min	ابعاد قالب:	☐ 6 * 6 cm ² ☒ 10 * 10 cm ²																																						
نوع نمونه:	☒ بازسازی شده ☐ دست نخورده		تهیه نمونه:		☒ اشباع شده ☐ رطوبت طبیعی																																						
ردیف	تنش برشی (T)	تنش نرمال (σ)	زاویه اصطکاک (Φ)	چسبندگی (C)																																							
	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(°)	(kg/cm ²)																																							
1	0.3020	0.5	26.0	0.06																																							
2	0.5660	1.0																																									
3	0.7900	1.5																																									
																																											
مهر و امضا آزمایشگاه تذکر: بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد																																											



LA-F052-02

آزمایش برش مستقیم

ASTM D 3080

پروژه : نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی کهر انرژی سیرجان

شماره رهگیری: RG-1403-255

کارفرما : شرکت کهر انرژی سیرجان

تاریخ آزمایش: 1403/10/07

شماره چاهک : TP-5

عمق نمونه : 5 m

نوع قالب :

☒

مربعی

☐

دایره ای

درصد رطوبت : 5%

سرعت دستگاه : 1.25 mm/min

ابعاد قالب :

☐

6 * 6 cm²

☒

10 * 10 cm²

نوع نمونه :

☒

بازسازی شده

☐

دست نخورده

☒

اشباع شده

☐

تحکیم شده☐☐

تهیه نمونه :

ردیف

تنش برشی (T)
(kg/cm²)

تنش نرمال (σ)
(kg/cm²)

زاویه اصطکاک (Φ)
(°)

چسبندگی (C)
(kg/cm²)

1

0.3270

0.5

24.1

0.10

2

0.5410

1.0

3

0.7750

1.5

Shear Stress (kg/cm²)

Horizontal Displacement (mm)

Normal Stress, σn (kg/cm²)

— 0.5

- - 1.0

..... 1.5

Shear Stress (kg/cm²)

Normal Stress (kg/cm²)

0.3270

0.5410

0.7750

مهر و امضا آزمایشگاه

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

آب انیروای جم

شرکت مهندسين مشاور(سهامي خاص)

LA-F052-02

آزمایش برش مستقیم

ASTM D 3080

پروژه : نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی کهر انرژی سیرجان

شماره رهگیری: RG-1403-255

کارفرما : شرکت کهر انرژی سیرجان

تاریخ آزمایش: 1403/10/07

شماره چاهک : TP-6

عمق نمونه : 2 m

نوع قالب :

☒

مربعی

☐

دایره ای

درصد رطوبت : 3%

سرعت دستگاه : 1.25 mm/min

ابعاد قالب :

☐

6 * 6 cm²

☒

10 * 10 cm²

نوع نمونه :

☒

بازسازی شده

☐

دست نخورده

☒

اشباع شده

☐

تحکیم شده☐☐

تهیه نمونه :

ردیف

تنش برشی (T)
(kg/cm²)

تنش نرمال (σ)
(kg/cm²)

زاویه اصطکاک (Φ)
(°)

چسبندگی (C)
(kg/cm²)

1

0.3130

0.5

24.6

0.06

2

0.4760

1.0

3

0.7700

1.5

Shear Stress (kg/cm²)

Horizontal Displacement (mm)

Normal Stress, σn (kg/cm²)

— 0.5

- - 1.0

..... 1.5

Shear Stress (kg/cm²)

Normal Stress (kg/cm²)

0.30

0.48

0.76

مهر و امضا آزمایشگاه

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

آب انیروای جم

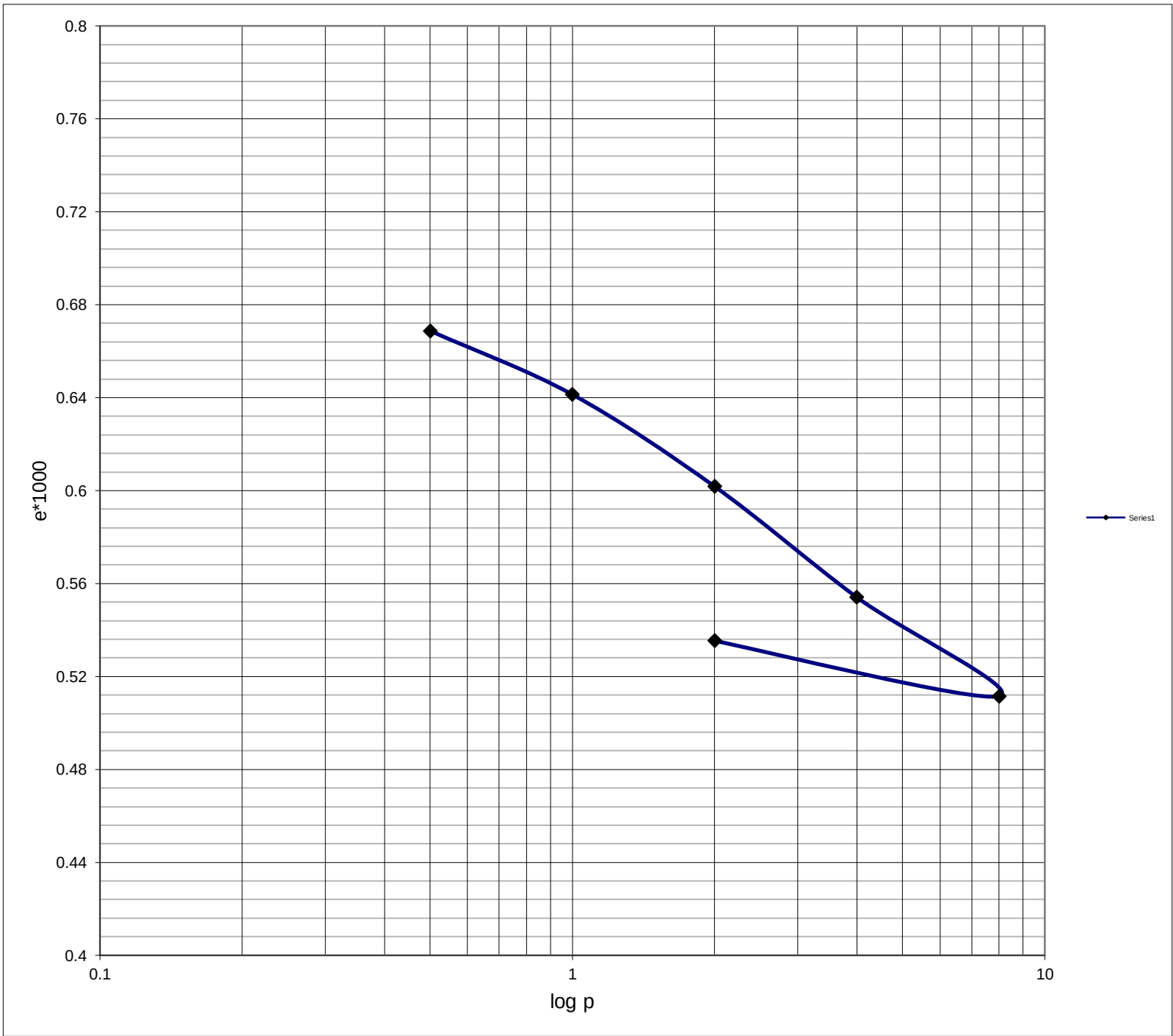
شرکت مهندسين مشاور(سهامي خاص)

کد : LA-F48-02	آزمایش تحکیم یک بعدی			
	ASTM D 2435			
RG-1403-255	شماره رهگیری:	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان		پروژه :
1403/10/05	تاریخ آزمایش :	شرکت گهر انرژی سیرجان		کارفرما :

شماره گمانه :	BH-2-	عمق نمونه :	6 m	نوع نمونه :	دست نخورده
رطوبت اولیه نمونه :	اشباع	رطوبت نهایی نمونه :	20.00%	: GS	2.316

Cs	Mv(cm².kg)	Cc	e ₀	Hs(cm)	Do(cm)	H ₀ (cm)
0.03948	7.62	0.14119	0.73	1.153	5	2

K	cv	زمان t90 (sec)	ضریب تراکم av	ضریب تراکم نسبی mv *10-2	ضخامت متوسط طی تحکیم Ht(av) (mm)	نسبت منافذ نهایی e	ضخامت منافذ Hv(mm)	ضخامت نهایی Ht(mm)	تغییر ضخامت h(mm)	قرائت نهایی mm	فشار kg/cm2
						0.73	8.47	20.00		0.00	0.00
103.63	13.60	60.00	7.62	7.62	19.62				0.76		
						0.67	7.71	19.24		0.76	0.50
42.26	12.86	60.00	3.29	3.29	19.08				0.32		
						0.64	7.39	18.92		1.08	1.00
29.76	12.35	60.00	2.41	2.41	18.69				0.46		
						0.60	6.94	18.47		1.53	2.00
17.41	11.69	60.00	1.49	1.49	18.19				0.55		
						0.55	6.39	17.92		2.08	4.00
7.54	11.03	60.00	0.68	0.68	17.67				0.49		
						0.51	5.90	17.43		2.57	8.00
---	---	---	3.72	2.46	18.71				0.27		
						0.73	8.47	20.00		2.30	2.00
											باربرداری



تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

مهر و امضا آزمایشگاه

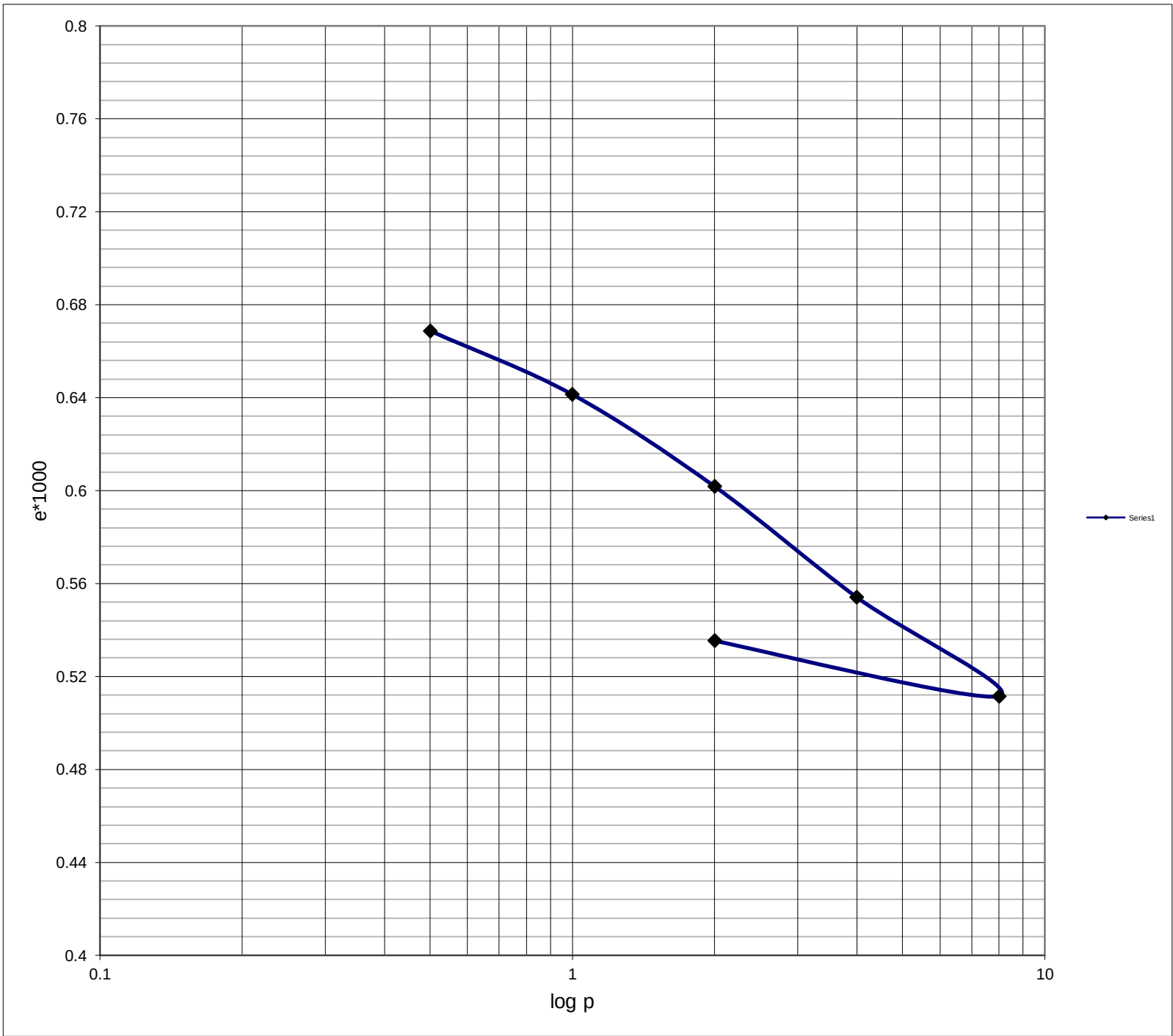


کد : LA-F48-02	آزمایش تحکیم یک بعدی			
	ASTM D 2435			
RG-1403-255	شماره رهگیری:	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان		پروژه :
1403/10/05	تاریخ آزمایش :	شرکت گهر انرژی سیرجان		کارفرما :

شماره گمانه :	BH-2-	عمق نمونه :	6 m	نوع نمونه :	دست نخورده
رطوبت اولیه نمونه :	اشباع	رطوبت نهایی نمونه :	20.00%	: GS	2.316

Cs	Mv(cm².kg)	Cc	e ₀	Hs(cm)	Do(cm)	H ₀ (cm)
0.03948	7.62	0.14119	0.73	1.153	5	2

K	cv	زمان t90 (sec)	ضریب تراکم av	ضریب تراکم نسبی mv *10-2	ضخامت متوسط طی تحکیم Ht(av) (mm)	نسبت منافذ نهایی e	ضخامت منافذ Hv(mm)	ضخامت نهایی Ht(mm)	تغییر ضخامت h(mm)	قرائت نهایی mm	فشار kg/cm2
						0.73	8.47	20.00		0.00	0.00
103.63	13.60	60.00	7.62	7.62	19.62				0.76		
						0.67	7.71	19.24		0.76	0.50
42.26	12.86	60.00	3.29	3.29	19.08				0.32		
						0.64	7.39	18.92		1.08	1.00
29.76	12.35	60.00	2.41	2.41	18.69				0.46		
						0.60	6.94	18.47		1.53	2.00
17.41	11.69	60.00	1.49	1.49	18.19				0.55		
						0.55	6.39	17.92		2.08	4.00
7.54	11.03	60.00	0.68	0.68	17.67				0.49		
						0.51	5.90	17.43		2.57	8.00
---	---	---	3.72	2.46	18.71				0.27		
						0.73	8.47	20.00		2.30	2.00
											باربرداری



مهر و امضا آزمایشگاه

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد



آآموب
مهندسين مشاور
واحد زودنگيک
پوش گرسن

آزمایش ارزیابی پتانسیل رمبندگی
ASTM D 5333

کد : LA-F48-00

پروژه :
نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان'

شماره رهگیری:
1403.10.06

کارفرما :
شرکت گهر انرژی سیرجان

دست نخورده

شماره گمانه :
BH-1

عمق نمونه :
10 m

نوع نمونه :
20.00%

رطوبت اولیه نمونه :
اشباع

رطوبت نهایی نمونه :
GS

درصد رمبندگی :
0.120

Degree of Collapse	Collapse Index I_e , %
None	0
Slight	0.1 to 2.0
Moderate	2.1 to 6.0
Moderately severe	6.1 to 10.0
Severe	>10

slight

e mm

log p

log p	e mm
0.2	-0.42
0.5	-0.58
0.7	-0.60
1.0	-1.02

مهر و امضا آزمایشگاه

تذکر: بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

آآیان نیروی جم
شرکت مهندسين مشاور (سهامي خاص)

آزمون ارزشیابی پتانسیل رطوبت‌زدگی

ASTM D 5333

کد : LA-F48-00

پروژه : نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان

کارفرما : شرکت گهر انرژی سیرجان

شماره گمانه : BH-2

عمق نمونه : 6 m

نوع نمونه : GS

دست نخورده : ۲.۳۱۶

رطوبت اولیه نمونه : اشباع

رطوبت نهایی نمونه : 20.00%

درصد رطوبت‌زدگی : 0.040

تاریخ آزمایش :

شماره رهگیری :

RG-1403-255

1403.10.06

Degree of Collapse	Collapse Index I_e , %
None	0
Slight	0.1 to 2.0
Moderate	2.1 to 6.0
Moderately severe	6.1 to 10.0
Severe	>10

NONE

e mm

log p

مهر و امضا آزمایشگاه

تذکر: بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

آب انجیروی جم

شرکت مهندسين مشاور (سهامي خاص)

آبموب
مهندسين مشاور
واحد ژئوتکنیک
پوشش گسترده

آزمایش ارزیابی پتانسیل رمبندگی
ASTM D 5333

کد : LA-F48-00

پروژه : نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان'

شماره رهگیری: RG-1403-255

کارفرما : شرکت گهر انرژی سیرجان

تاریخ آزمایش : 1403.10.06

شماره گمانه :	BH-3	عمق نمونه :	8 m	نوع نمونه :	دست نخورده
رطوبت اولیه نمونه :	اشباع	رطوبت نهایی نمونه :	20.00 %	: GS	۲.۲۲۹

درصد رمبندگی :	Degree of Collapse	Collapse Index I_e , %
0.130	None	0
	Slight	0.1 to 2.0
	Moderate	2.1 to 6.0
	Moderately severe	6.1 to 10.0
	Severe	>10

→ Slight

e mm

log p

مهر و امضا آزمایشگاه

تذکر: بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

آبیاشره‌وی جم

شرکت مهندسين مشاور (سهامي خاص)



نتایج آزمایش نفوذپذیری

پیوست شماره 4



	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر 50 محور سیرجان-شیراز					
	دی 1403	PAGE	DEP	TYP	CODE	نام کارفرما
	Jan 2025	Page 112 of 129	GEO	REP	RG-1403-255	شرکت گهر انرژی سیرجان



نتایج آزمایش تراکم و CBR

پیوست شماره 5

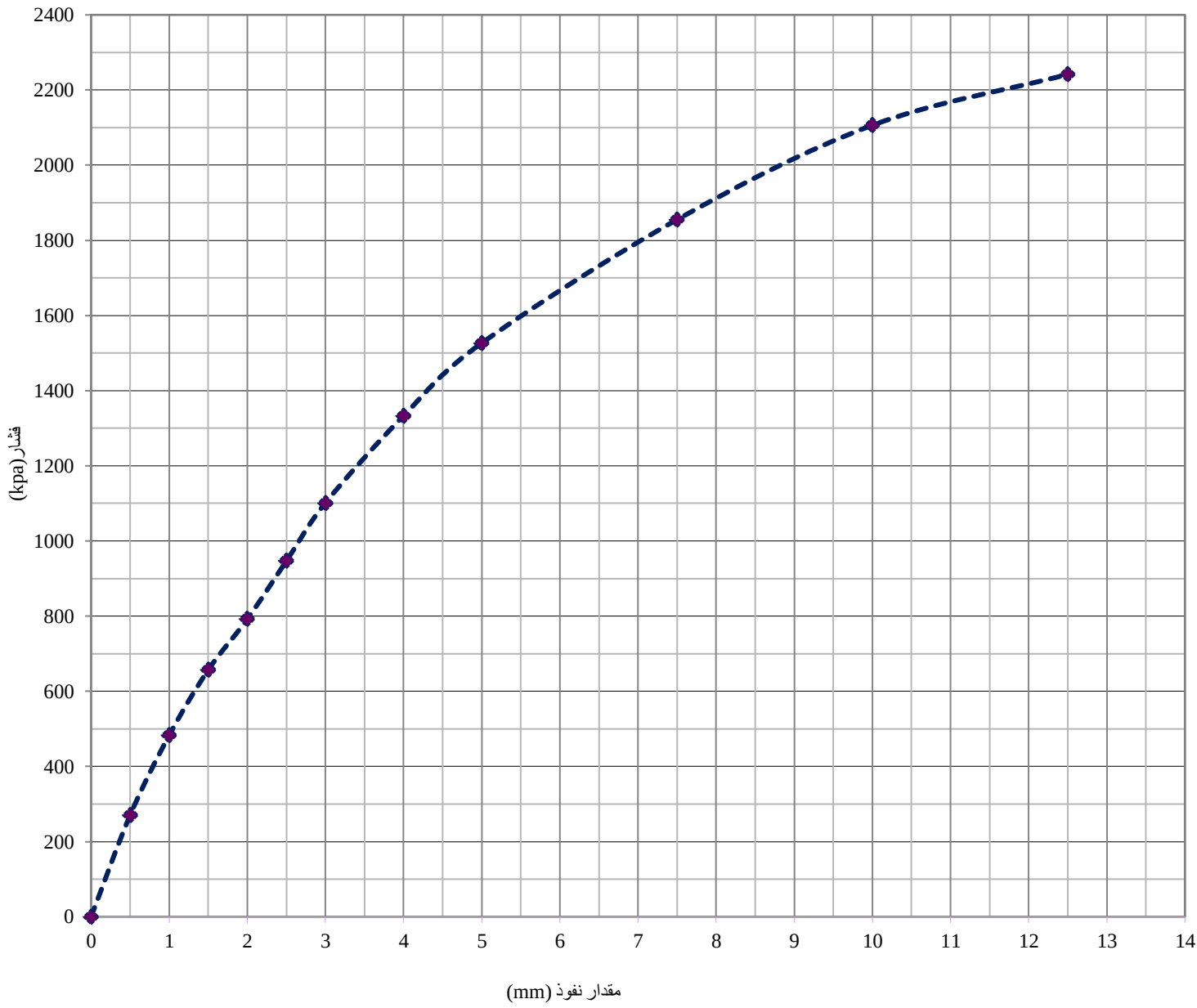


	آزمایش نسبت باربری کالیفرنیا (CBR)				
	ASTM D 1883-37				
BH-1, 2m	شماره گمانه و عمق (m):	RG-1403-255-01	شماره رهگیری:	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	پروژه :
اشباع	روش ساخت:	1403/10/14	تاریخ:	شرکت گهر انرژی سیرجان	کارفرما :

اشباع - 100% CBR					
------------------	--	--	--	--	--

Penetraion of Plunger in mm	Dial Gauge Reading	Corrected Load (Kg)	Stress (Kg)	Standard Stress (Kg)	California Bearing Ratio (%)	Remarks
	Div. (1)					
0.0	0.00	0.00	0.00			
0.5	14.00	53.31	270.53			
1.0	25.00	95.20	483.09			
1.5	34.00	129.47	657.01			
2.0	41.00	156.13	792.27			
2.5	49.00	186.59	946.86	6900	13.72	
3.0	57.00	217.06	1101.45			
4.0	69.00	262.75	1333.33			
5.0	79.00	300.83	1526.57	10300	14.82	CBR
7.5	96.00	365.57	1855.07			
10.0	109.00	415.07	2106.28			
12.5	116.00	441.73	2241.55			
NOTE -	As Per IS:2720-Part-31-1990 Clause 6.2					
	Penetration (mm)	Unit Standard Load (Mpa)				
	2.5	6.9				
	5.0	10.30				

NOTE - 2	CBR Percent	No of Blows per Layes	Un Soaked CBR	Swelling percent
1	90	-	---	---
2	95	-	---	---
3	100	-	---	0.085826772



مهر و امضا آزمایشگاه تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

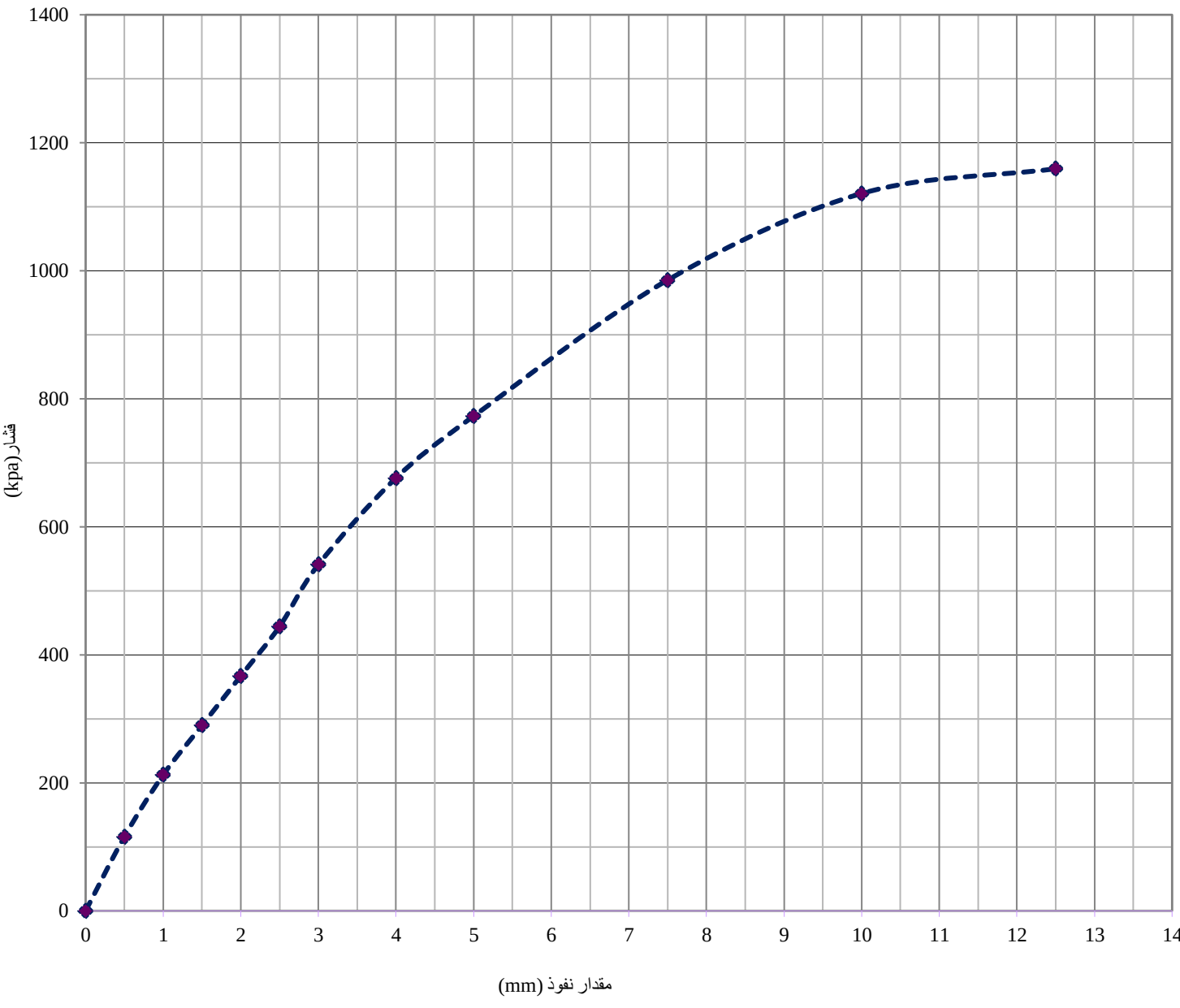


	آزمایش نسبت باربری کالیفرنیا (CBR)				
	ASTM D 1883-37				
BH-2, 8m	شماره گمانه و عمق (m):	RG-1403-255-01	شماره رهگیری:	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	پروژه :
اشباع	روش ساخت:	1403/10/14	تاریخ:	شرکت گهر انرژی سیرجان	کارفرما :

اشباع - 100% CBR

Penetraion of Plunger in mm	Dial Gauge Reading	Corrected Load (Kg)	Stress (Kg)	Standard Stress (Kg)	California Bearing Ratio (%)	Remarks
	Div. (1)					
0.0	0.00	0.00	0.00			
0.5	6.00	22.85	115.94			
1.0	11.00	41.89	212.56			
1.5	15.00	57.12	289.86			
2.0	19.00	72.35	367.15			
2.5	23.00	87.58	444.44	6900	6.44	
3.0	28.00	106.62	541.06			
4.0	35.00	133.28	676.33			
5.0	40.00	152.32	772.95	10300	7.50	CBR
7.5	51.00	194.21	985.51			
10.0	58.00	220.86	1120.77			
12.5	60.00	228.48	1159.42			
NOTE -	As Per IS:2720-Part-31-1990 Clause 6.2					
	Penetration (mm)	Unit Standard Load (Mpa)				
	2.5	6.9				
	5.0	10.30				

NOTE - 2	CBR Percent	No of Blows per Layes	Un Soaked CBR	Swelling percent
1	90	-	---	---
2	95	-	---	---
3	100	-	---	0.075590551



مقدار نفوذ (mm)

فشار (kpa)

مهر و امضا آزمایشگاه

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

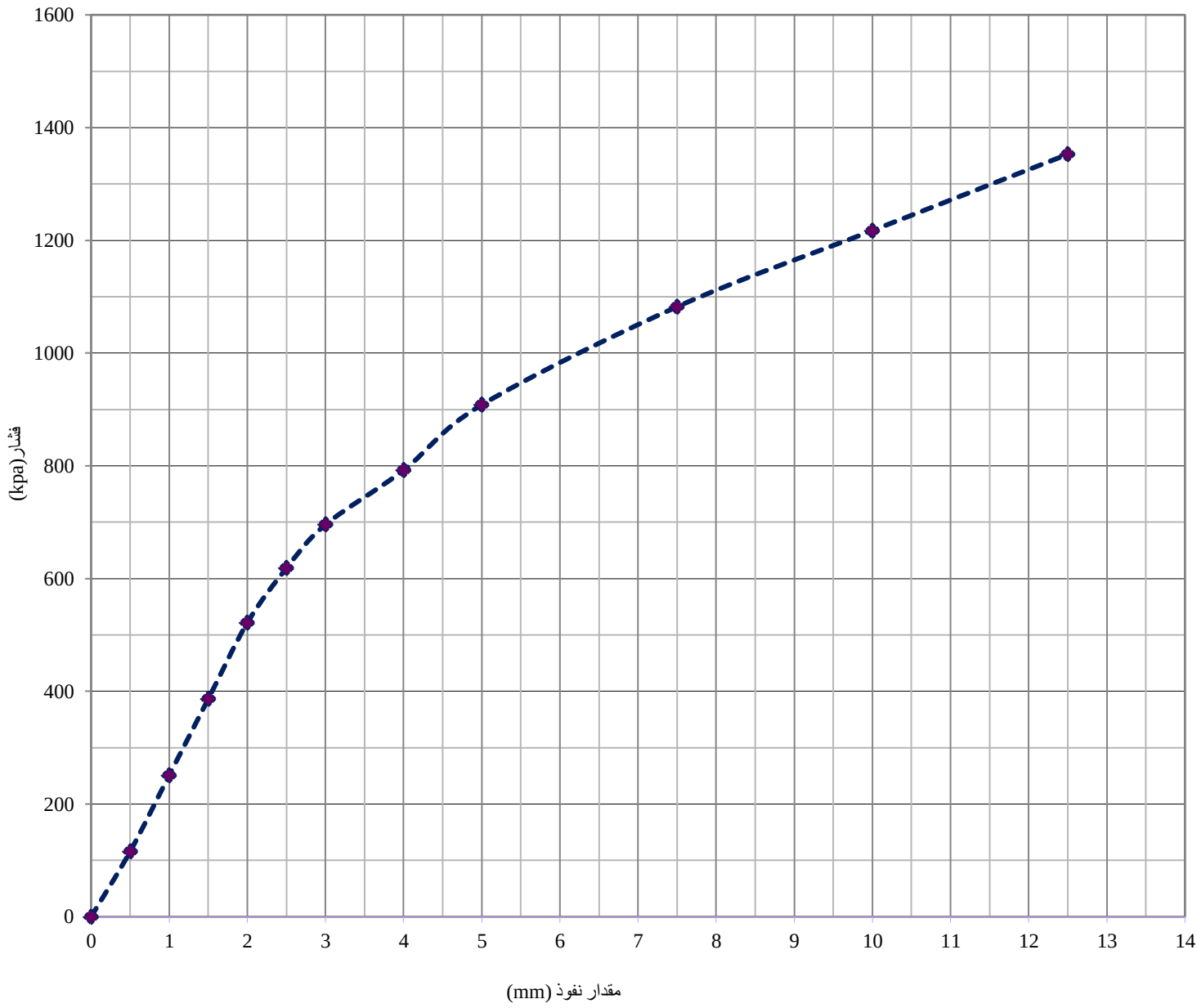


	آزمایش نسبت باربری کالیفرنیا (CBR)				
	ASTM D 1883-37				
BH-3, 4m	شماره گمانه و عمق (m):	RG-1403-255-01	شماره رهگیری:	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	پروژه :
اشباع	روش ساخت:	1403/10/14	تاریخ:	شرکت گهر انرژی سیرجان	کارفرما :

اشباع - 100% CBR					
------------------	--	--	--	--	--

Penetraion of Plunger in mm	Dial Gauge Reading	Corrected Load (Kg)	Stress (Kg)	Standard Stress (Kg)	California Bearing Ratio (%)	Remarks
	Div. (1)					
0.0	0.00	0.00	0.00			
0.5	6.00	22.85	115.94			
1.0	13.00	49.50	251.21			
1.5	20.00	76.16	386.47			
2.0	27.00	102.82	521.74			
2.5	32.00	121.86	618.36	6900	8.96	CBR
3.0	36.00	137.09	695.65			
4.0	41.00	156.13	792.27			
5.0	47.00	178.98	908.21	10300	8.82	
7.5	56.00	213.25	1082.13			
10.0	63.00	239.90	1217.39			
12.5	70.00	266.56	1352.66			
NOTE -	As Per IS:2720-Part-31-1990 Clause 6.2					
	Penetration (mm)	Unit Standard Load (Mpa)				
	2.5	6.9				
	5.0	10.30				

NOTE - 2	CBR Percent	No of Blows per Layes	Un Soaked CBR	Swelling percent
1	90	-	---	---
2	95	-	---	---
3	100	-	---	0.109448819



مهر و امضا آزمایشگاه تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد

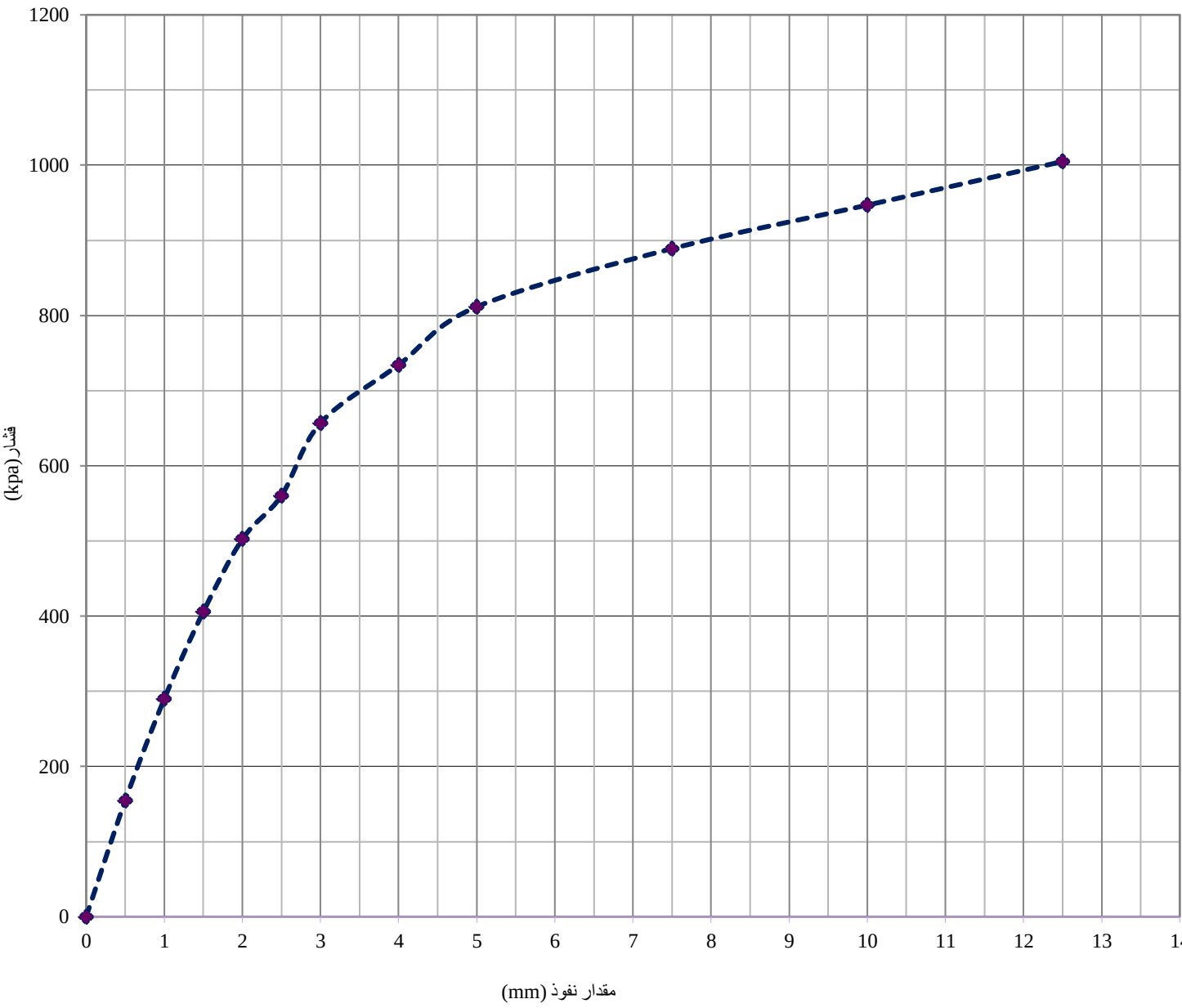


	آزمایش نسبت باربری کالیفرنیا (CBR)				
	ASTM D 1883-37				
BH-6, 5m	شماره گمانه و عمق (m):	RG-1403-255-01	شماره رهگیری:	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	پروژه :
اشباع	روش ساخت:	1403/10/06	تاریخ:	شرکت گهر انرژی سیرجان	کارفرما :

اشباع - 100% CBR

Penetraion of Plunger in mm	Dial Gauge Reading	Corrected Load (Kg)	Stress (Kg)	Standard Stress (Kg)	California Bearing Ratio (%)	Remarks
	Div. (1)					
0.0	0.00	0.00	0.00			
0.5	8.00	30.46	154.59			
1.0	15.00	57.12	289.86			
1.5	21.00	79.97	405.80			
2.0	26.00	99.01	502.42			
2.5	29.00	110.43	560.39	6900	8.12	CBR
3.0	34.00	129.47	657.01			
4.0	38.00	144.70	734.30			
5.0	42.00	159.94	811.59	10300	7.88	
7.5	46.00	175.17	888.89			
10.0	49.00	186.59	946.86			
12.5	52.00	198.02	1004.83			
NOTE -	As Per IS:2720-Part-31-1990 Clause 6.2					
	Penetration (mm)	Unit Standard Load (Mpa)				
	2.5	6.9				
	5.0	10.30				

NOTE - 2	CBR Percent	No of Blows per Layes	Un Soaked CBR	Swelling percent
1	90	-	---	---
2	95	-	---	---
3	100	-	---	0.112598425



مقدار نفوذ (mm)

مقدار فشار (kpa)

مهر و امضا آزمایشگاه

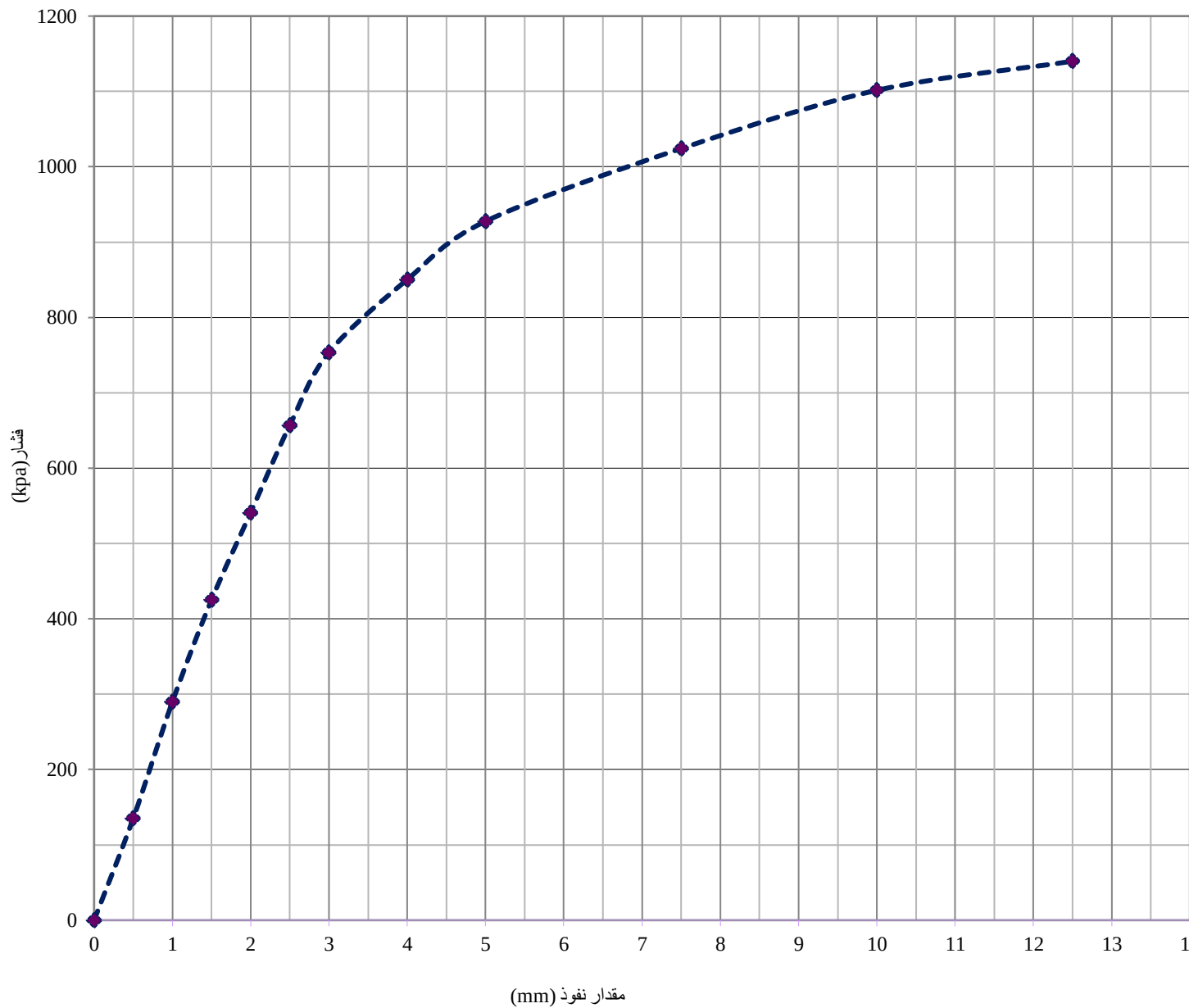
تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد



	آزمایش نسبت باربری کالیفرنیا (CBR)				
	ASTM D 1883-37				
BH-9, 3m	شماره گمانه و عمق (m):	RG-1403-255-01	شماره رهگیری:	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	پروژه :
اشباع	روش ساخت:	1403/10/06	تاریخ:	شرکت گهر انرژی سیرجان	کارفرما :

اشباع - 100% CBR						
Penetraion of Plunger in mm	Dial Gauge Reading	Corrected Load (Kg)	Stress (Kg)	Standard Stress (Kg)	California Bearing Ratio (%)	Remarks
	Div. (1)					
0.0	0.00	0.00	0.00			
0.5	7.00	26.66	135.27			
1.0	15.00	57.12	289.86			
1.5	22.00	83.78	425.12			
2.0	28.00	106.62	541.06			
2.5	34.00	129.47	657.01	6900	9.52	CBR
3.0	39.00	148.51	753.62			
4.0	44.00	167.55	850.24			
5.0	48.00	182.78	927.54	10300	9.01	
7.5	53.00	201.82	1024.16			
10.0	57.00	217.06	1101.45			
12.5	59.00	224.67	1140.10			
NOTE -	As Per IS:2720-Part-31-1990 Clause 6.2					
	Penetration (mm)	Unit Standard Load (Mpa)				
	2.5	6.9				
	5.0	10.30				

NOTE - 2	CBR Percent	No of Blows per Layes	Un Soaked CBR	Swelling percent
1	90	-	---	---
2	95	-	---	---
3	100	-	---	0.14015748



Penetration (mm)	Pressure (kpa)
0	0
0.5	135
1.0	290
1.5	425
2.0	541
2.5	657
3.0	754
4.0	850
5.0	928
7.5	1024
10.0	1101
12.5	1140

مهر و امضا آزمایشگاه

تذکر : بدون مهر و امضا آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد



آآموب مهندسين مشاور واحد زونكليك		آزمایش تراکم نسبی—دانشیته در محل			کد: LA-F67-02																													
		ASTM D 1557-70 AASHTO T 191-61																																
RG-1403-255	شماره رهگیری :	-		دستگاه نظارت :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان																													
1403/10/09	تاریخ آزمایش تراکم:	BH-1		شماره گمانه:	شرکت گهر انرژی سیرجان																													
-	-	2m		عمق :	-																													
<table><tr><td>دانشیته خشک حداکثر</td><td>رطوبت بهینه</td><td>نوع آزمایش</td><td>ارتفاع سقوط</td><td>وزن چکش</td><td>حجم قالب</td><td>تعداد لایه</td><td>تعداد ضربات</td></tr><tr><td>1.936 gr/cm³</td><td>11.22 %</td><td>پراکتور اصلاح شده-روش D</td><td>18in</td><td>10 lb</td><td>0.075 ft³</td><td>5</td><td>56</td></tr></table> منحنی تراکم آزمایشگاهی <table><thead><tr><th>درصد رطوبت (%)</th><th>دانشیته خشک حداکثر (GR/CM³)</th></tr></thead><tbody><tr><td>3.0</td><td>1.822</td></tr><tr><td>7.0</td><td>1.888</td></tr><tr><td>11.22</td><td>1.936</td></tr><tr><td>14.2</td><td>1.898</td></tr><tr><td>17.0</td><td>1.842</td></tr></tbody></table>							دانشیته خشک حداکثر	رطوبت بهینه	نوع آزمایش	ارتفاع سقوط	وزن چکش	حجم قالب	تعداد لایه	تعداد ضربات	1.936 gr/cm³	11.22 %	پراکتور اصلاح شده-روش D	18in	10 lb	0.075 ft³	5	56	درصد رطوبت (%)	دانشیته خشک حداکثر (GR/CM³)	3.0	1.822	7.0	1.888	11.22	1.936	14.2	1.898	17.0	1.842
دانشیته خشک حداکثر	رطوبت بهینه	نوع آزمایش	ارتفاع سقوط	وزن چکش	حجم قالب	تعداد لایه	تعداد ضربات																											
1.936 gr/cm³	11.22 %	پراکتور اصلاح شده-روش D	18in	10 lb	0.075 ft³	5	56																											
درصد رطوبت (%)	دانشیته خشک حداکثر (GR/CM³)																																	
3.0	1.822																																	
7.0	1.888																																	
11.22	1.936																																	
14.2	1.898																																	
17.0	1.842																																	
دستگاه نظارت:				مهر و امضاء آزمایشگاه:																														
ذکر: بدون مهر و امضاء آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد.																																		

آآموب مهندسين مشاور واحد زونكليك چوش دستان		آزمایش تراکم نسبی—دانشیته در محل			کد: LA-F67-02																													
ASTM D 1557-70 AASHTO T 191-61																																		
RG-1403-255	شماره رهگیری :	–	دستگاه نظارت :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان																														
1403/10/09	تاریخ آزمایش تراکم:	BH-2	شماره گمانه:	شرکت گهر انرژی سیرجان																														
-	–	8 m	عمق :	–																														
<table><tr><td>دانشیته خشک حداکثر</td><td>رطوبت بهینه</td><td>نوع آزمایش</td><td>ارتفاع سقوط</td><td>وزن چکش</td><td>حجم قالب</td><td>تعداد لایه</td><td>تعداد ضربات</td></tr><tr><td>1.913 gr/cm³</td><td>12.15 %</td><td>پراکتور اصلاح شده-روش D</td><td>18in</td><td>10 lb</td><td>0.075 ft³</td><td>5</td><td>56</td></tr></table> منحنی تراکم آزمایشگاهی <table><caption>داده‌های منحنی تراکم</caption><thead><tr><th>درصد رطوبت (%)</th><th>دانشیته خشک حداکثر (gr/cm³)</th></tr></thead><tbody><tr><td>4.5</td><td>1.863</td></tr><tr><td>8.5</td><td>1.887</td></tr><tr><td>12.0</td><td>1.913</td></tr><tr><td>15.0</td><td>1.879</td></tr><tr><td>17.0</td><td>1.840</td></tr></tbody></table> دستگاه نظارت: مهر و امضاء آزمایشگاه: ذکر: بدون مهر و امضاء آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد.							دانشیته خشک حداکثر	رطوبت بهینه	نوع آزمایش	ارتفاع سقوط	وزن چکش	حجم قالب	تعداد لایه	تعداد ضربات	1.913 gr/cm³	12.15 %	پراکتور اصلاح شده-روش D	18in	10 lb	0.075 ft³	5	56	درصد رطوبت (%)	دانشیته خشک حداکثر (gr/cm³)	4.5	1.863	8.5	1.887	12.0	1.913	15.0	1.879	17.0	1.840
دانشیته خشک حداکثر	رطوبت بهینه	نوع آزمایش	ارتفاع سقوط	وزن چکش	حجم قالب	تعداد لایه	تعداد ضربات																											
1.913 gr/cm³	12.15 %	پراکتور اصلاح شده-روش D	18in	10 lb	0.075 ft³	5	56																											
درصد رطوبت (%)	دانشیته خشک حداکثر (gr/cm³)																																	
4.5	1.863																																	
8.5	1.887																																	
12.0	1.913																																	
15.0	1.879																																	
17.0	1.840																																	

آآموب مهندسين مشاور پارس ژئوتکنیک		آزمایش تراکم نسبی—دانشیته در محل ASTM D 1557-70 AASHTO T 191-61			کد: LA-F67-02																											
پروژه :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان		دستگاه نظارت :	—	شماره رهگیری :	RG-1403-255																										
کارفرما :	شرکت گهر انرژی سیرجان		شماره گمانه:	BH-3	تاریخ آزمایش تراکم:	1403/10/09																										
پیمانکار :	—		عمق :	4 m	—	-																										
<table><tr><td>دانشیته خشک حداکثر</td><td>رطوبت بهینه</td><td>نوع آزمایش</td><td>ارتفاع سقوط</td><td>وزن چکش</td><td>حجم قالب</td><td>تعداد لایه</td><td>تعداد ضربات</td></tr><tr><td>1.900 gr/cm³</td><td>12.87 %</td><td>پراکتور اصلاح شده-روش D</td><td>18in</td><td>10 lb</td><td>0.075 ft³</td><td>5</td><td>56</td></tr></table> منحنی تراکم آزمایشگاهی <table border="1"><caption>داده‌های منحنی تراکم</caption><thead><tr><th>درصد رطوبت (%)</th><th>دانشیته خشک حداکثر (GR/CM³)</th></tr></thead><tbody><tr><td>3.5</td><td>1.82</td></tr><tr><td>8.0</td><td>1.865</td></tr><tr><td>12.87</td><td>1.90</td></tr><tr><td>18.5</td><td>1.815</td></tr></tbody></table>							دانشیته خشک حداکثر	رطوبت بهینه	نوع آزمایش	ارتفاع سقوط	وزن چکش	حجم قالب	تعداد لایه	تعداد ضربات	1.900 gr/cm³	12.87 %	پراکتور اصلاح شده-روش D	18in	10 lb	0.075 ft³	5	56	درصد رطوبت (%)	دانشیته خشک حداکثر (GR/CM³)	3.5	1.82	8.0	1.865	12.87	1.90	18.5	1.815
دانشیته خشک حداکثر	رطوبت بهینه	نوع آزمایش	ارتفاع سقوط	وزن چکش	حجم قالب	تعداد لایه	تعداد ضربات																									
1.900 gr/cm³	12.87 %	پراکتور اصلاح شده-روش D	18in	10 lb	0.075 ft³	5	56																									
درصد رطوبت (%)	دانشیته خشک حداکثر (GR/CM³)																															
3.5	1.82																															
8.0	1.865																															
12.87	1.90																															
18.5	1.815																															
مهر و امضاء آزمایشگاه:			دستگاه نظارت:																													
ذکر: بدون مهر و امضاء آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد.																																

آآموب مهندسين مشاور واحد زونكليك چوش دستان		آزمایش تراکم نسبی—دانشیته در محل			کد: LA-F67-02																													
ASTM D 1557-70 AASHTO T 191-61																																		
RG-1403-255	شماره رهگیری :	–	دستگاه نظارت :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان																														
1403/10/01	تاریخ آزمایش تراکم:	BH-5	شماره گمانه:	شرکت گهر انرژی سیرجان																														
-	–	3 m	عمق :	–																														
<table><tr><td>دانشیته خشک حداکثر</td><td>رطوبت بهینه</td><td>نوع آزمایش</td><td>ارتفاع سقوط</td><td>وزن چکش</td><td>حجم قالب</td><td>تعداد لایه</td><td>تعداد ضربات</td></tr><tr><td>1.892 gr/cm³</td><td>10.96 %</td><td>پراکتور اصلاح شده-روش D</td><td>18in</td><td>10 lb</td><td>0.075 ft³</td><td>5</td><td>56</td></tr></table> منحنی تراکم آزمایشگاهی <table><thead><tr><th>درصد رطوبت (%)</th><th>دانشیته خشک حداکثر (GR/CM³)</th></tr></thead><tbody><tr><td>2.5</td><td>1.785</td></tr><tr><td>6.2</td><td>1.855</td></tr><tr><td>11.0</td><td>1.892</td></tr><tr><td>14.0</td><td>1.850</td></tr><tr><td>16.5</td><td>1.805</td></tr></tbody></table>							دانشیته خشک حداکثر	رطوبت بهینه	نوع آزمایش	ارتفاع سقوط	وزن چکش	حجم قالب	تعداد لایه	تعداد ضربات	1.892 gr/cm³	10.96 %	پراکتور اصلاح شده-روش D	18in	10 lb	0.075 ft³	5	56	درصد رطوبت (%)	دانشیته خشک حداکثر (GR/CM³)	2.5	1.785	6.2	1.855	11.0	1.892	14.0	1.850	16.5	1.805
دانشیته خشک حداکثر	رطوبت بهینه	نوع آزمایش	ارتفاع سقوط	وزن چکش	حجم قالب	تعداد لایه	تعداد ضربات																											
1.892 gr/cm³	10.96 %	پراکتور اصلاح شده-روش D	18in	10 lb	0.075 ft³	5	56																											
درصد رطوبت (%)	دانشیته خشک حداکثر (GR/CM³)																																	
2.5	1.785																																	
6.2	1.855																																	
11.0	1.892																																	
14.0	1.850																																	
16.5	1.805																																	
دستگاه نظارت:			مهر و امضاء آزمایشگاه:																															
ذکر: بدون مهر و امضاء آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد.																																		

آب سب مهندسين مشاور واحد زونكليف چوش دستان		آزمایش تراکم نسبی—دانسیتة در محل ASTM D 1557-70 AASHTO T 191-61			کد: LA-F67-02																	
RG-1403-255	شماره رهگیری :	-		دستگاه نظارت :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان																	
1403/10/01	تاریخ آزمایش تراکم:	BH-6		شماره گمانه:	شرکت گهر انرژی سیرجان																	
-	-	5 m		عمق :	-																	
<table><tr><td>تعداد ضربات</td><td>تعداد لایه</td><td>حجم قالب</td><td>وزن چکش</td><td>ارتفاع سقوط</td><td>نوع آزمایش</td><td>رطوبت بهینه</td><td>دانسیتة خشک حداکثر</td></tr><tr><td>56</td><td>5</td><td>0.075 ft3</td><td>10 lb</td><td>18in</td><td>پراکتور اصلاح شده-روش D</td><td>14.08 %</td><td>1.904 gr/cm³</td></tr></table> منحنی تراکم آزمایشگاهی دانسیتة خشک حداکثر (GR/CM³) درصد رطوبت (%)							تعداد ضربات	تعداد لایه	حجم قالب	وزن چکش	ارتفاع سقوط	نوع آزمایش	رطوبت بهینه	دانسیتة خشک حداکثر	56	5	0.075 ft3	10 lb	18in	پراکتور اصلاح شده-روش D	14.08 %	1.904 gr/cm³
تعداد ضربات	تعداد لایه	حجم قالب	وزن چکش	ارتفاع سقوط	نوع آزمایش	رطوبت بهینه	دانسیتة خشک حداکثر															
56	5	0.075 ft3	10 lb	18in	پراکتور اصلاح شده-روش D	14.08 %	1.904 gr/cm³															
دستگاه نظارت:				مهر و امضاء آزمایشگاه:																		
ذکر: بدون مهر و امضاء آزمایشگاه فاقد اعتبار می باشد.																						



نتایج آزمایش SPT و پتانسیل روانگرایی

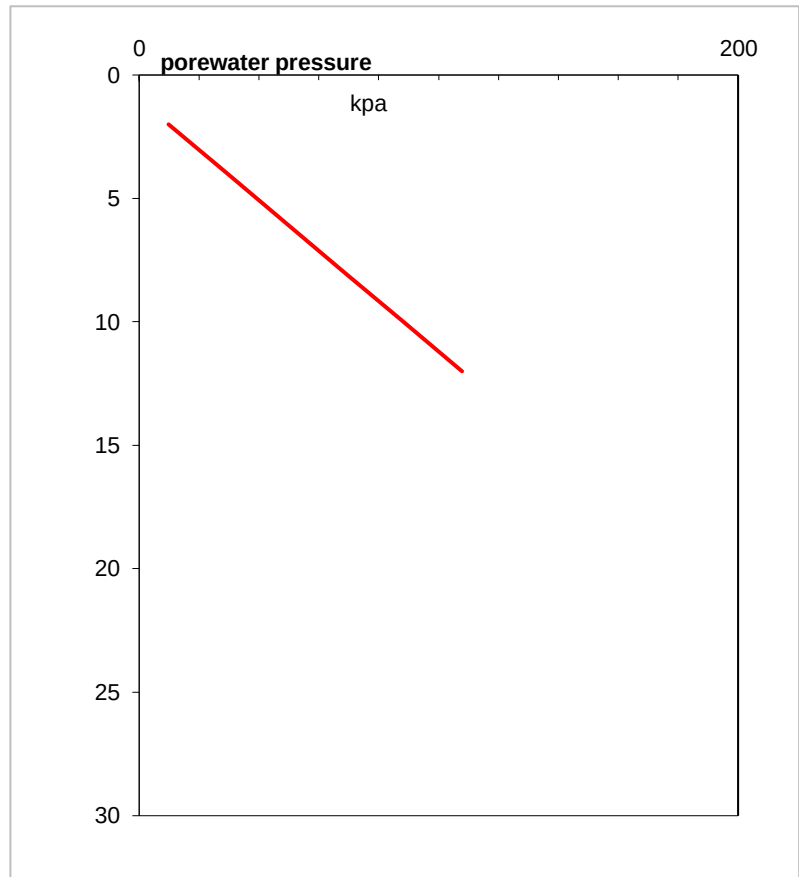
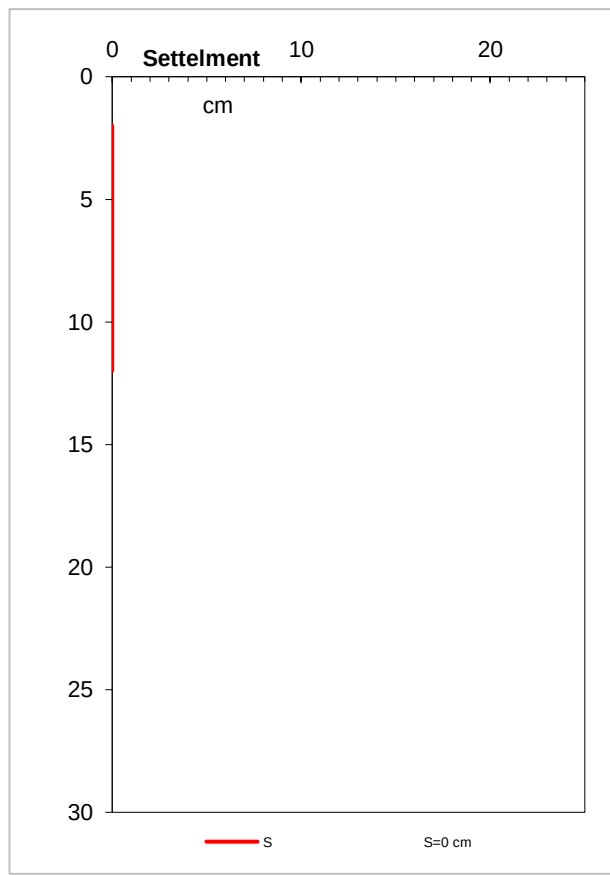
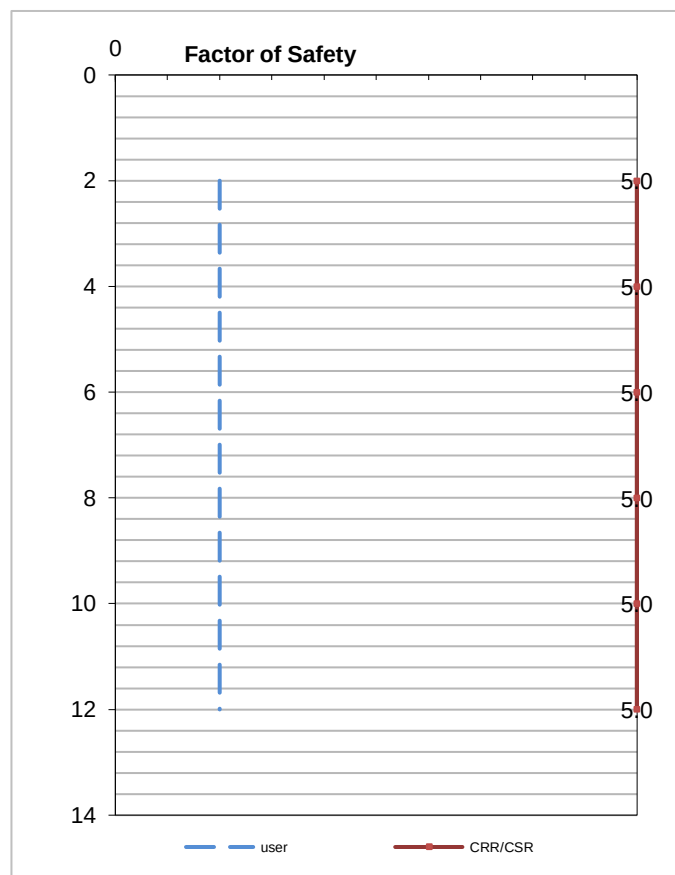
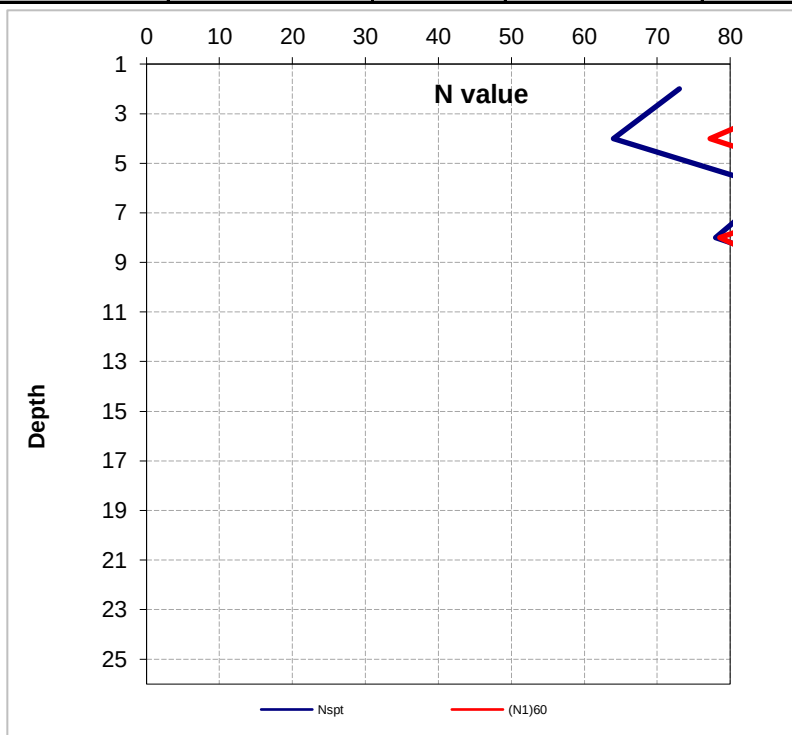
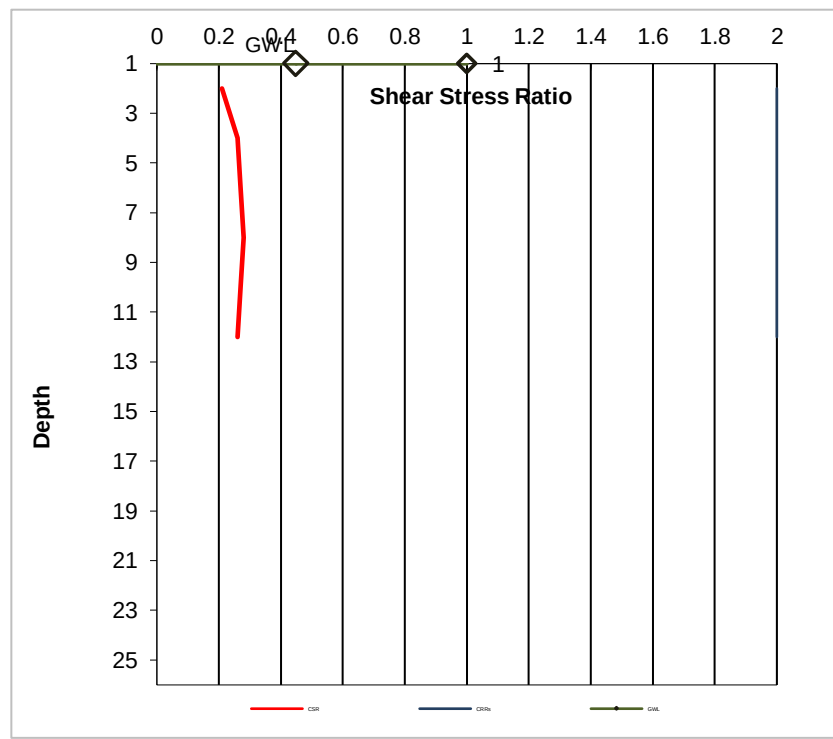
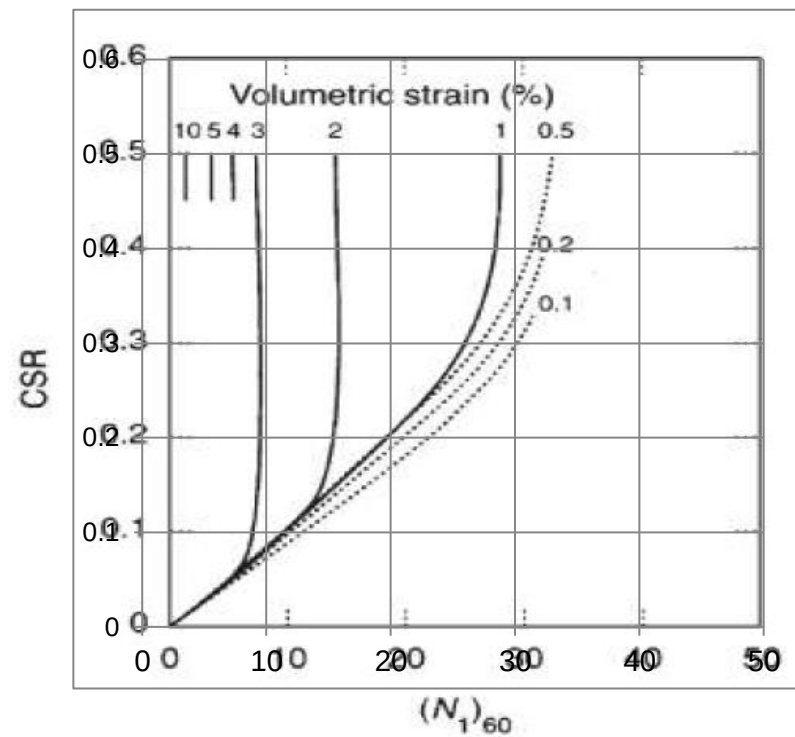
پیوست شماره 6



پرؤژه :	نبروگاه ءورشبءى ۶۰ مكائاتى گهر انرژى سبرجان	شماره رهگبرى:	RG-1403-255
كارفرما :	شركت گهر انرژى سبرجان	شماره گمانه:	BH-1
پيمانكار :	-----	تارىخ آزمائش :	-

Muni Budhu "Foundations and Earth Retaining Structures", John Wiley & Sons, NY, 2007

Select Units	SI	
Groundwater Depth	1	m
Select Sampler Type	Standard	
Borehole Size, C_B	1	See table below
Equipment, C_E	0.85	See table below
Rod Length from Surface to Anvil	0.6	m
Correct to $N_{1.60}$	Yes	
C_S	1	
Magnitude (rishter)	7.5	
MFS	0.999638941	
a max	0.25	
g	10	

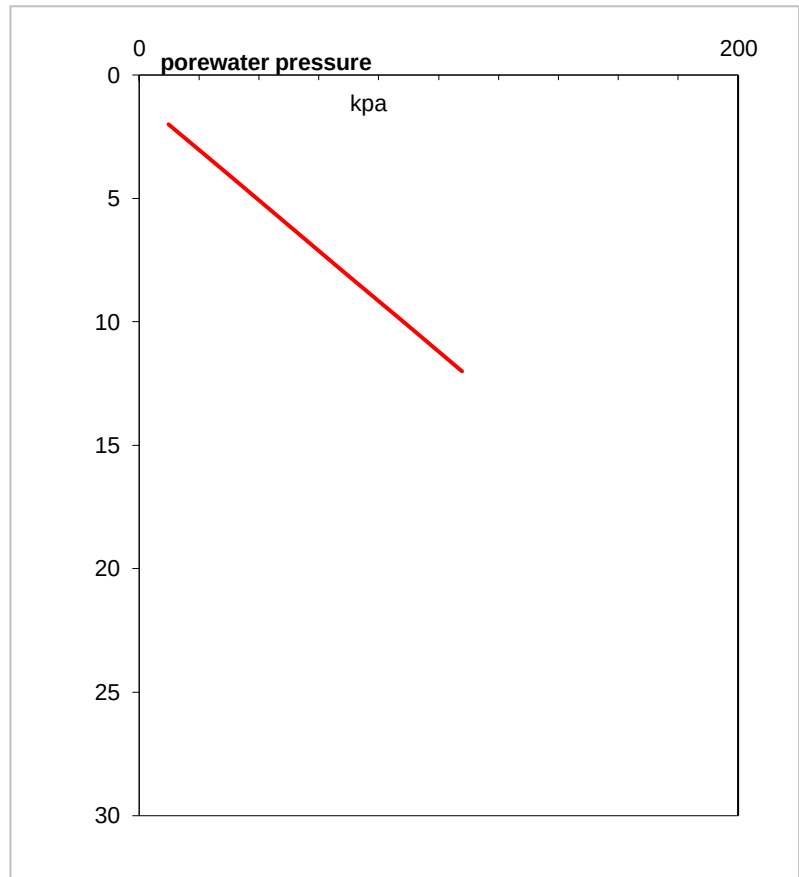
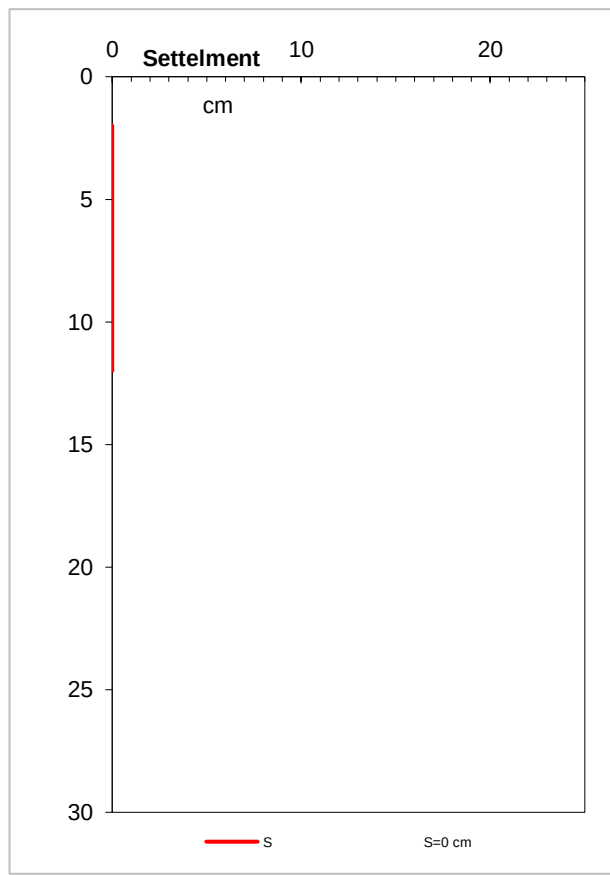
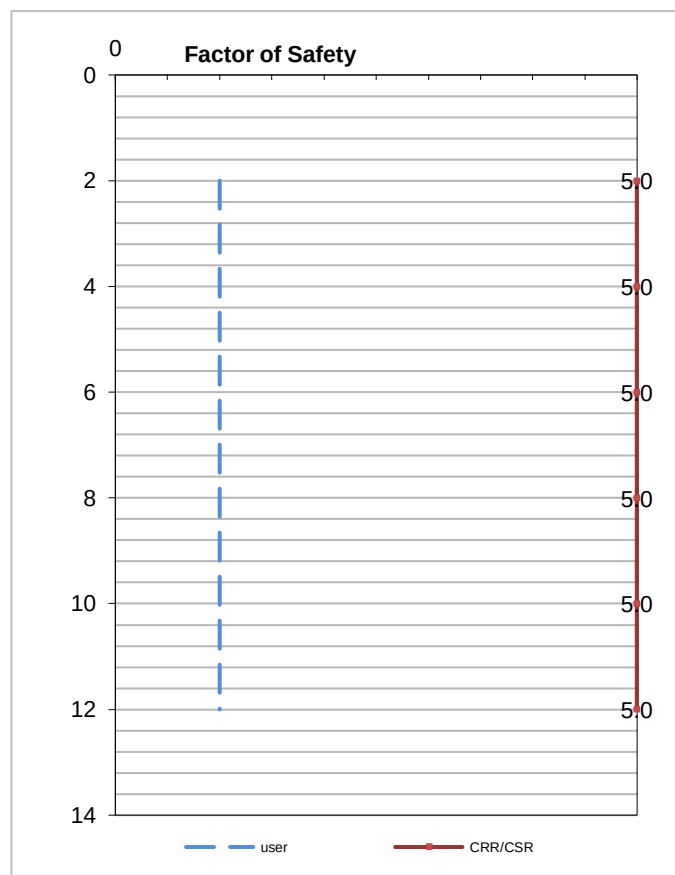
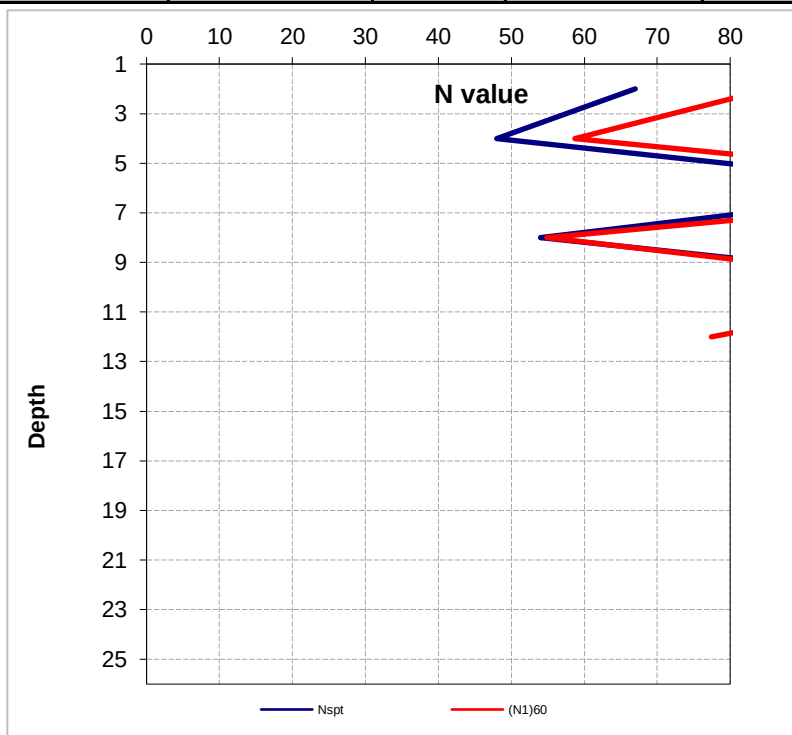
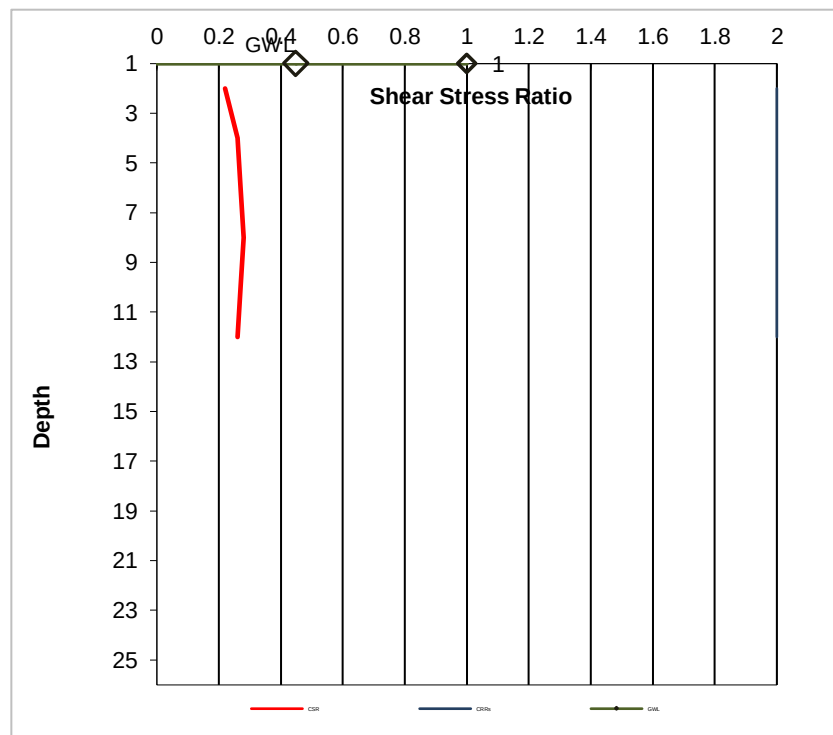
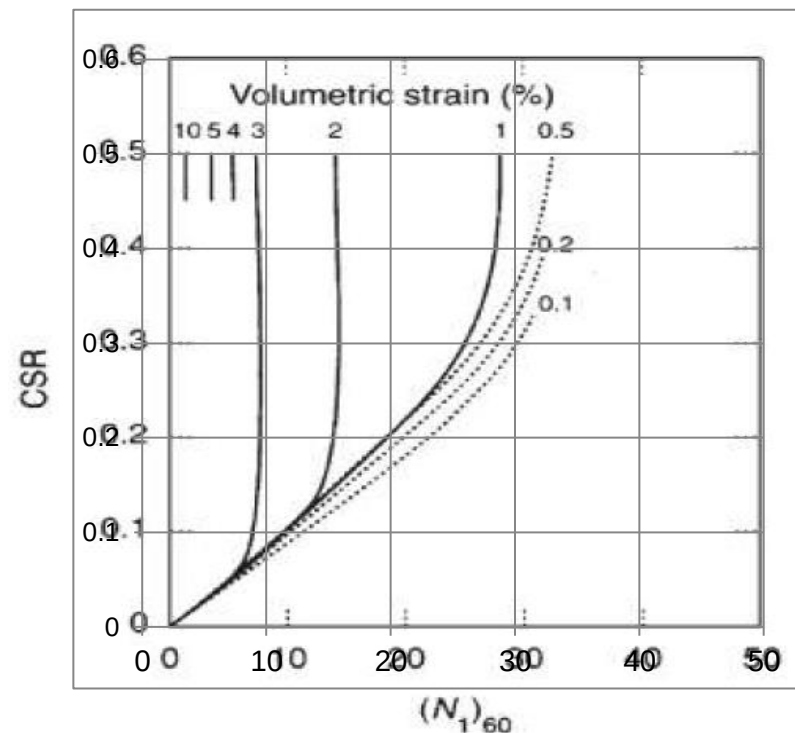
[illegible]

مهر و امضا آزمایشگاه

پرؤه :	نیروگاه خورشیدی ۶۰ مگاواتی گهر انرژی سیرجان	شماره رهگیری:	RG-1403-255
کارفرما :	شرکت گهر انرژی سیرجان	شماره گمانه:	BH-2
پیمانکار :	-----	تاریخ آزمایش :	-

Muni Budhu "Foundations and Earth Retaining Structures", John Wiley & Sons, NY, 2007

Select Units	SI	
Groundwater Depth	1	m
Select Sampler Type	Standard	
Borehole Size, C_B	1	See table below
Equipment, C_E	0.85	See table below
Rod Length from Surface to Anvil	0.6	m
Correct to $N_{1.60}$	Yes	
C_S	1	
Magnitude (rishter)	7.5	
MFS	0.999638941	
a max	0.25	
g	10	

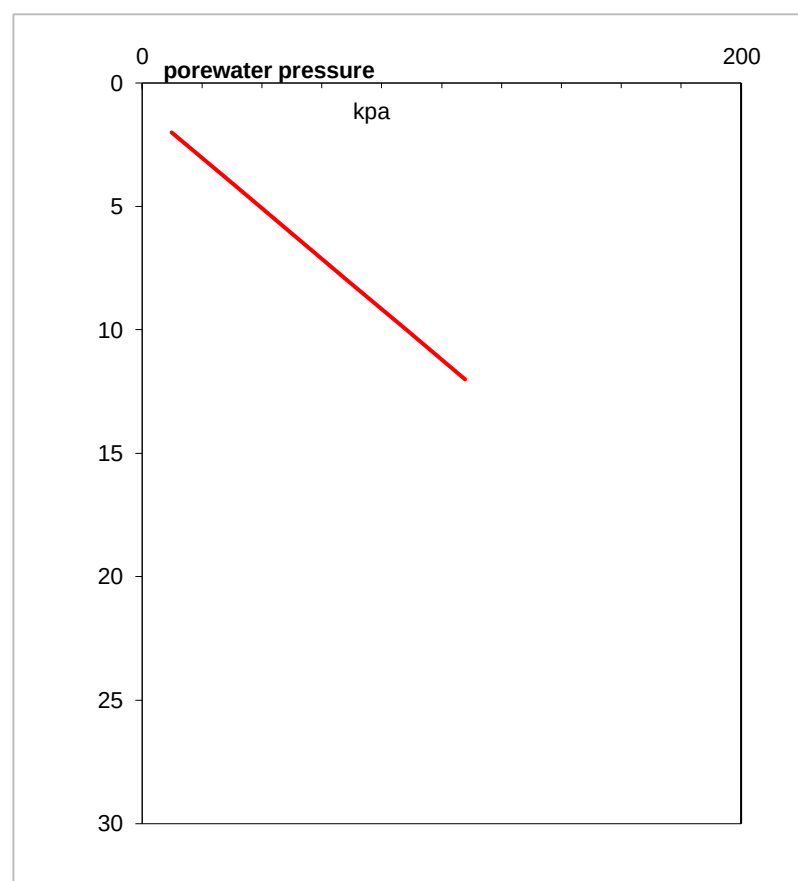
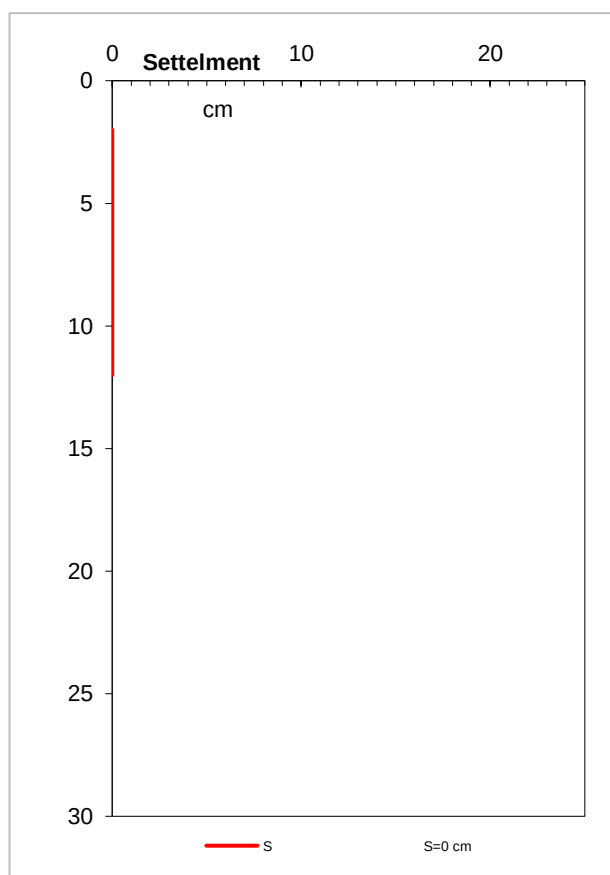
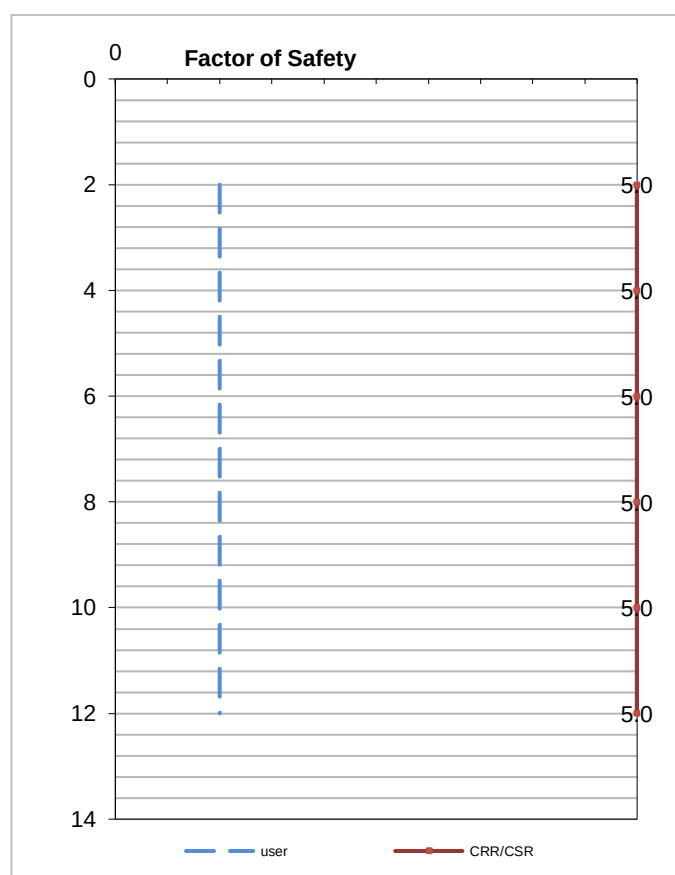
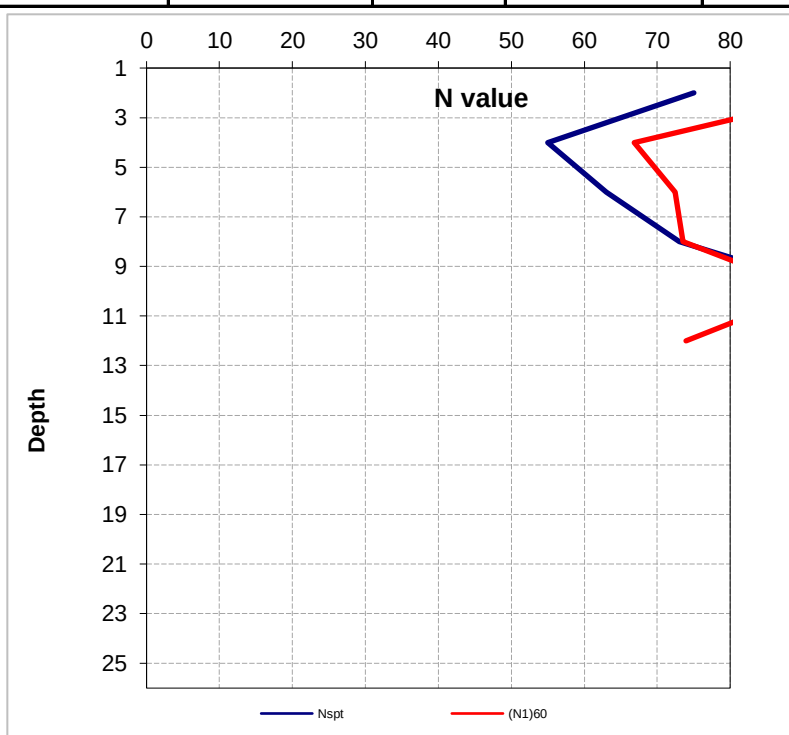
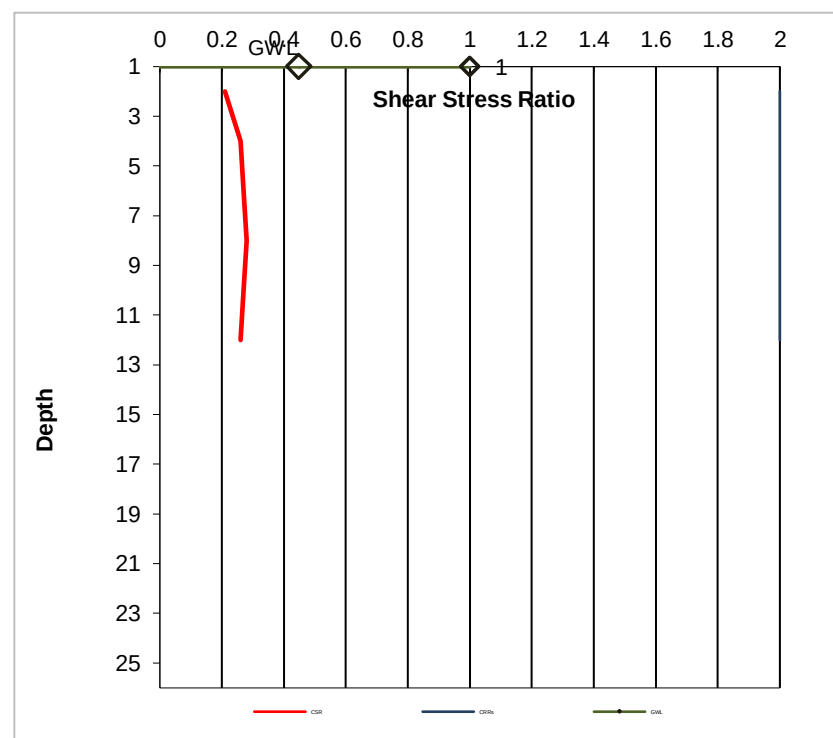
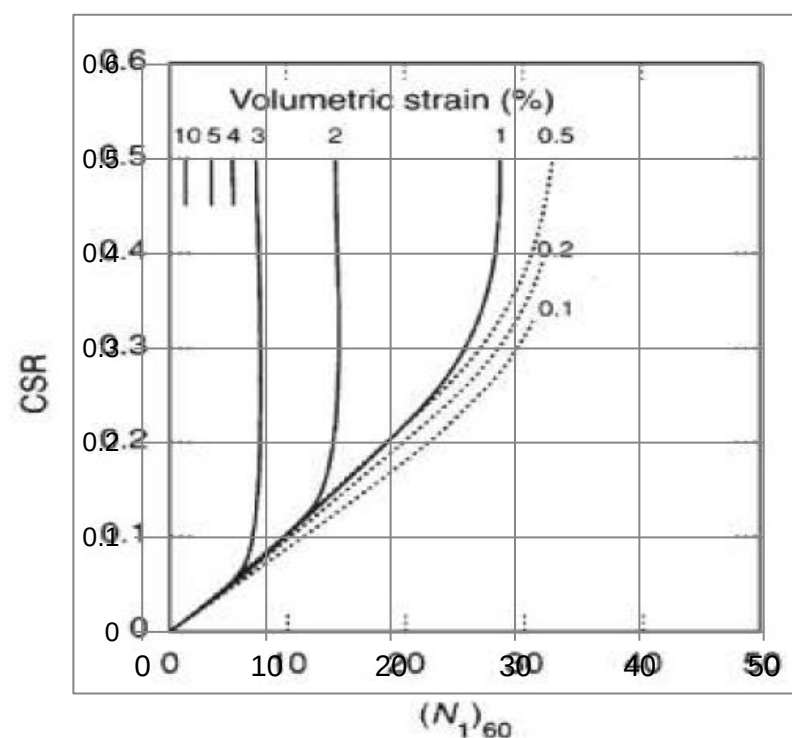
[illegible]

مهر و امضا آزمایشگاه

پرؤه :	نيروگاه خورشيدى ۶۰ مگاواتى گهر انرژى سیرجان	شماره رهگیرى:	RG-1403-255
کارفرما :	شرکت گهر انرژى سیرجان	شماره گمانه:	BH-3
پیمانکار :	-----	تاریخ آزمایش :	-

Muni Budhu "Foundations and Earth Retaining Structures", John Wiley & Sons, NY, 2007

Select Units	SI	
Groundwater Depth	1	m
Select Sampler Type	Standard	
Borehole Size, C_B	1	See table below
Equipment, C_E	0.85	See table below
Rod Length from Surface to Anvil	0.6	m
Correct to $N_{1.60}$	Yes	
C_S	1	
Magnitude (rishter)	7.5	
MFS	0.999638941	
a max	0.25	
g	10	

[illegible]

مهر و امضا آزمایشگاه

ردیف	رده بندی	رده ی مشخصه	توصیف شرایط	نمونه هایی از شرایط محیطی مشابه با رده بندی
۱	خطر خوردگی یا حملات شیمیایی وجود ندارد.	X0	بتن غیر مسلح و بدون سایر فلزات مدفون در بتن، تمام شرایط محیطی به غیر از شرایطی که در آنها پدیده های یخ زدن-آب شدن، سایش یا حملات شیمیایی ایجاد شوند.	
۲	خوردگی ناشی از یون های کلرید به غیر از آب شور دریا (بتن دارای میلگرد یا سایر فلزات مدفون و در تماس با آب حاوی یون های کلرید، شامل نمک های یخ زده، با منبعی غیر از آب دریای شور).	XCD1	رطوبت متوسط	- بتن در داخل ساختمان ها با رطوبت بسیار کم
		XCD2	مرطوب، به ندرت خشک	- سطوح بتنی در معرض یون های کلرید، موجود در هوا
		XCD3	بتن آرمه در تماس مستقیم با خاک دارای یون کلرید	- قسمت هایی از ساختمان که در تماس با خاک مهاجم هستند و در زیر سطح آب زیر زمینی واقع شده اند (آب به راحتی می تواند از سطح به داخل نفوذ پیدا کند)
		XCD4	چرخه های تر و خشک شدن	- بخش هایی از ساختمان که در معرض پاشش کلریدی قرار دارند، روسازی های محوطه ساختمان ها، دال پارکینگ ها.

۳	خوردگی ناشی از یون های کلرید آب دریای شور (بتن دارای میلگرد یا سایر فلزات مدفون و در تماس با یون های کلرید ناشی از آب دریا، و یا نمک های موجود در هوا)	XCS1	بتن آرمه در معرض نمک های کم موجود در هوا و خیلی دور از دریا	- ساختمان های دور از ساحل
		XCS2	به طور دائم غرقاب یا درون خاک خیس یا مرطوب	- بخش هایی از ساختمان های دریایی که در آب دریا قرار دارند، - بخش هایی از سازه که در خاک ساحلی یا پایین تر از سطح کف دریا قرار دارند.
		XCS3	بتن آرمه در معرض نمک های زیاد موجود در هوا و بدون تماس مستقیم با آب دریا یا پاشش	- ساختمان های نزدیک ساحل
		XCS4	نواحی در معرض پاشش و جزر و مد	- بخش هایی از ساختمان های دریایی در معرض پاشش و جزر و مد
۴	خوردگی ناشی از کربناته شدن	XCA1	شرایط خشک یا همیشه مرطوب	- سطوح بتن آرمه که در محوطه ی بسته داخلی سازه قرار دارند، به استثنای محیط های داخلی سازه که رطوبت بالایی دارند.
		XCA2	شرایط غالباً مرطوب و به ندرت خشک	- سطوح بتن آرمه که همواره درون آب بدون عوامل آسیدرسان مستغرق باشند.
			شرایط غالباً مرطوب و به ندرت خشک	- سطوح بتن آرمه که در طولانی مدت در معرض آب باشند همچون بسیاری از پی ها.

	نام کارفرما					
	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳	
	RG-1403-255	REP	GEO	Page 116 of 129	Jan 2025	شرکت گهر انرژی سیرجان

۵	شرایط با رطوبت محیطی متوسط	XCA3	- سطوح خارجی بتن آرمه که توسط سایبان از بارش مستقیم باران مصون هستند. - سطوح بتن آرمه که در معرض رطوبت زیاد هستند، هم‌چون محیط حمام و آشپزخانه. - بتن در مناطق گرم و خشک و شهرها
		XCA4	- سطوح بتن آرمه که در معرض چرخه‌های تر و خشک شدن هستند.
	بتن در معرض دوره‌های یخ زدن و آب شدن و محیط مرطوب قرار دارد	XFT0	- احتمال چند چرخه یخ زدن و آب شدن محدود در سال وجود دارد.
		XFT1	- احتمال چرخه‌ی یخ زدن و آب شدن وجود دارد. به عنوان مثال این چرخه‌ها در اجزای قائم رخ می‌دهند.
		XFT2	- احتمال چرخه‌ی یخ زدن و آب شدن وجود دارد. به عنوان مثال این چرخه‌ها در اجزای افقی رخ می‌دهند.
		XFT3	- چرخه‌های یخ زدن و آب شدن در اجزای مختلف رخ می‌دهند. به عنوان مثال این چرخه‌ها در مناطق پاششی رخ می‌دهند.

۶	بتن در معرض حملات یون‌های کلرید قابل توجهی وجود ندارند	XS1	- بخش‌هایی از سازه‌ی بتنی که در معرض یون‌های سولفات موجود در آب و خاک مجاور قرار دارند.
		XS2	- بخش‌هایی از سازه‌ی بتنی که در معرض یون‌های سولفات موجود در آب و خاک مجاور قرار دارند.
		XS3	- بخش‌هایی از سازه‌ی بتنی که در معرض یون‌های سولفات موجود در آب و خاک مجاور قرار دارند.
۷	بتن در شرایط بروز واکنش قلیایی سنگ دانه قرار دارد	XAS1	- بخش‌هایی از سازه‌ی بتنی که ممکن است با سنگ دانه‌های سیلیسی واکنش‌زا و سیمان پر قلیا ساخته شده و دارای رطوبت باشند.
		XAS2	- بخش‌هایی از سازه‌ی بتنی که ممکن است با سنگ دانه‌های کربناتی واکنش‌زا و سیمان پر قلیا ساخته شده و دارای رطوبت باشند.

گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز						
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 117 of 129	Jan 2025

طبقه بندی	دسته بندی	نوع سیمان انتخابی	حداقل مقدار مواد سیمانی، kg/m^3	حداکثر نسبت آب به مواد سیمانی	حداقل ردهی بتن (مقاومت مشخصه)
۱	XCD1 XCS1	سیمان پرتلند نوع (۱) و (۲) و CEM I – SR10 و سایر سیمان‌های آمیخته	۳۲۵	۰/۵	C30
۲	XCS2 XCD2 XCD3	سیمان پرتلند نوع (۱) و (۲) و CEM I – SR10 و سایر سیمان‌های آمیخته	۳۲۵	۰/۴۵	C35
۳	XCS3 XCD4	سیمان پرتلند نوع (۱) و (۲) و CEM I – SR10 با مواد پوزولانی یا سرباره یا سیمان‌های آمیخته	۳۵۰	۰/۴۰	C35
۴	XCS4	سیمان پرتلند نوع (۱) و (۲) و CEM I – SR10 با مواد پوزولانی یا سرباره یا سیمان‌های آمیخته	۳۷۵	۰/۳۷	C40



جدول خلاصه نتایج و عکس های پروژه

پیوست شماره ۸



	گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز					
	نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳
	شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 119 of 129	Jan 2025

مشخصه کلی	پروژه		نام مالک	نوع پروژه	شماره رهگیری	پلاک ثبتی	آدرس		
			شرکت گهر انرژی سیرجان	نیروگاه خورشیدی	RG-1403-255	---	سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان- شیراز		
	سازه		نوع اسکلت	تعداد طبقات		سیستم باربر قائم	سیستم باربر جانبی	---	
---									---
عملیات اکتشافی	گمانه ها	نوع	دستی			ماشینی			
		شماره	TP1 الی TP-6	TP7	TP8	BH10	BH4 الی BH-9	BH1 الی BH-3	
		عمق m	5	---	---	-	5	12	
	تعداد آزمایش های صحرائی	دانسیته در محل		S.P.T		بارگذاری صفحه		برش برجا	
		---		42		---		---	
	تعداد آزمایش های آزمایشگاهی	دانه بندی	وزن مخصوص	درصد رطوبت	حدود اتربرگ	هیدرومتری	برش مستقیم	تحکیم	تک محوری
		54	54	54	54	54	15	3	-
	فیزیکی	طبقه بندی یونیفاید خاک	درصد ریزدانه (عبوری از الک #۲۰۰)	سطح آب زیرزمینی از تراز صفر کوچه (m)	دانشسته طبیعی خشک	میانگین درصد رطوبت	درصد تراکم	حدود اتربرگ	
		SC	43.36	-	18.40	4.88	---	33	15
	نتایج متوسط آزمایش ها	مکانیکی	S.P.T	مدول عکس العمل بستر صفحه (kgf/cm³)		مدول تغییر شکل Es (kg/cm²)		زاویه اصطکاک (درجه) Φ	چسبندگی kg/cm²
Refusal I			---		250		25.0	0.08	0.3
شیمیایی		میزان نمک های نامحلول در خاک			درصد نمک			pH	
	918 ppm			0.092			8.18		
پارامترهای طراحی	زمان تناوب (sec)	تنش مجاز پی نواری		تنش مجاز پی گسترده به پهنای		فشار جانبی فعال (ka)	فشار جانبی مقاوم (kp) FS=3	0.398	2.235
		به پهنای B=1 Df=1 L/B=10	به پهنای B=10 Df=1 L/B=1	به پهنای B=15 Df=1 L/B=1					
	TO	Ts	---	----	---	---	---		
نوع سیمان	نوع شالوده		بهسازی زمین		عمق مجاز گودبرداری قائم بدون سازه نگهدارنده		سیستم دفع فاضلاب		
	---		---		1.362		---		
نوعیه های فنی	تیپ II		---		---		---		

گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز						
نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳	
شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 120 of 129	Jan 2025	



گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز						
نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳	
شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 121 of 129	Jan 2025	



گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز						
نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳	
شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 122 of 129	Jan 2025	



گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز						
نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳	
شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 123 of 129	Jan 2025	



گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز						
نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳	
شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 124 of 129	Jan 2025	



گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز						
نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳	
شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 125 of 129	Jan 2025	



گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز						
نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳	
شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 126 of 129	Jan 2025	



گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز						
نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳	
شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 127 of 129	Jan 2025	



گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز						
نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳	
شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 128 of 129	Jan 2025	



گزارش مطالعات و خدمات ژئوتکنیک پروژه نیروگاه سیرجان-کیلومتر ۵۰ محور سیرجان-شیراز						
نام کارفرما	CODE	TYP	DEP	PAGE	دی ۱۴۰۳	
شرکت گهر انرژی سیرجان	RG-1403-255	REP	GEO	Page 129 of 129	Jan 2025	

