

گزارش مطالعات ژئوتکنیک مجتمع مسکونی و تجاری واقع در کاشان

**کارفرما
بانک کارآفرین**

**مشاور ژئوتکنیک
شرکت سازه آزما نقش جهان**

مرداد ماه ۱۴۰۴

صفحه	عنوان
	الف - گزارش فنی
۶	مقدمه
۶	۱- هدف از مطالعات
۶	۲- موقعیت جغرافیائی محل و مشخصات پروژه
۸	۳- زمین شناسی و فرونشست
۸	۳-۱- زمین شناسی عمومی منطقه
۱۴	۳-۲- فرونشست دشت اصفهان
۱۶	۴- وضعیت آب های زیر زمینی شهر اصفهان
۱۶	۴-۱- سفره آب زیر زمینی رسوبات رودخانه ای
۱۶	۴-۲- سفره آب زیر زمینی رسوبات آبرفت دامنه ای
۱۷	۵- مطالعات صحرائی و موقعیت حفر گمانه ها
۱۷	۵-۱- آزمایش ضربه و نفوذ استاندارد SPT
۱۸	۵-۱-۱- تصحیح نتایج آزمایش
۱۹	۵-۲- آزمایش دانه هول
۳۱	۵-۳- آزمایش برش برجا
۳۲	۵-۴- آزمایش بارگذاری صفحه
۳۳	۶- آزمون های آزمایشگاهی
۳۳	۶-۱- استانداردهای مورد استفاده
۳۳	۶-۲- آزمایش های دانه بندی و هیدرومتری و تعیین حدود اتربرگ
۳۳	۶-۳- آزمایش های تعیین درصد رطوبت و دانسیته طبیعی و وزن مخصوص خاک
۳۵	۶-۴- آزمایش های برش مستقیم
۳۵	۶-۵- تحکیم پذیری خاک
۳۶	۶-۶- آزمایش های شیمیایی

- ۷- وضعیت آب زیر زمینی ۳۷
- ۸- مشخصات فنی خاک ۳۷
- ۸-۱- خصوصیات فیزیکی خاک ۳۷
- ۸-۲- تعیین مدول الاستیسیته خاک ۳۸
- ۸-۳- تعیین ضریب نفوذپذیری خاک ۳۹
- ۹- تعیین ظرفیت باربری مجاز پی‌های سطحی بر اساس معیار گسیختگی برشی ۴۱
- ۹-۱- خاک چندلایه ۴۲
- ۹-۲- سطح آب زیرزمینی ۴۳
- ۹-۳- خروج از مرکزیت بار ۴۳
- ۱۰- تعیین ظرفیت باربری مجاز پی‌های سطحی بر اساس معیار تغییر شکل ۴۴
- ۱۱- نشست مجاز فونداسیون ۴۴
- ۱۱-۱- میزان نشست پی‌های سطحی ۴۵
- ۱۱-۲- دوران (چرخش) پی ۴۶
- ۱۱-۳- تغییر شکل‌های مجاز پی‌های سطحی ۴۶
- ۱۲- ضریب عکس العمل بستر (K_s) ۶۳
- ۱۳- محاسبه فشار جانبی خاک ۷۳
- ۱۴- تعیین عمق مجاز گود برداری ۷۷
- ۱۵- ارزیابی خطر گود با دیوار قائم ۷۷
- ۱۶- تعیین شیب پایدار گود برداری ۸۰
- ۱۷- عمق نفوذ یخبندان ۸۱
- ۱۸- توصیه‌های فنی ۸۲
- ۱۸-۱- بررسی عوامل شیمیائی و سیمان مصرفی ۸۲
- ۱۸-۲- ضرایب زلزله ۸۲
- ۱۸-۳- ملاحظات ژئوتکنیکی ۸۲
- ۱۹- فهرست منابع ۸۴

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

ب - پیوست‌ها

۸۶.....	۱- کروکی محل حفاری گمانه‌ها.....
۹۰.....	۲- نیمرخ ژئوتکنیکی گمانه‌ها.....
۹۴.....	۳- منحنی‌های دانه بندی.....
۱۳۰.....	۴- نتایج آزمایشات برش مستقیم.....
۱۴۴.....	۵- نتایج آزمایشات تحکیم.....
۱۴۸.....	۶- نتایج آزمایشات سه محوره.....
۱۵۳.....	۷- نتایج آزمایش برش برجا.....
۱۵۵.....	۸- نتایج آزمایش بارگذاری صفحه.....
۱۶۱.....	۹- نتایج آزمایش دانه‌پول.....
۱۶۲.....	۱۰- جداول.....
۱۷۰.....	۱۱- تصاویر.....

گزارش فنی

مقدمه :

گزارش حاضر ماحصل مطالعات مکانیک خاک پروژه مجتمع مسکونی و تجاری واقع در کاشان بوده که توسط شرکت سازه آزما نقش جهان با بانک کارآفرین تهیه شده است. طی این گزارش نتایج بررسی های به عمل آمده بر روی لایه های تحت الارضی ، مشخصات فیزیکی و مکانیکی خاک ، مقاومت مجاز و توصیه های فنی ارائه گردیده که با استفاده از اصول علمی مکانیک خاک بر مبنای استاندارد های رایج این علم تهیه و تدوین شده است.

۱- هدف از مطالعات

مطالعات ژئوتکنیک موضوع گزارش با استفاده از نتایج بدست آمده از عملیات صحرایی و آزمایشگاهی به منظور دستیابی به موارد ذیل صورت پذیرفته است:

- بررسی زمین شناسی عمومی منطقه
- تعیین نوع، ضخامت و تراکم نسبی قشرهای تحت الارضی
- تعیین خصوصیات فیزیکی و مکانیکی لایه ها
- تعیین سطح آب های زیرزمینی در محل پروژه
- ارائه مقاومت مجاز و توصیه های فنی در محل گمانه های حفر شده
- تعیین خواص شیمیائی خاک جهت نوع سیمان مصرفی
- ارائه ضرائب فشار جانبی خاک
- بررسی و تخمین ضریب عکس العمل استاتیکی بستر

۲- موقعیت جغرافیایی محل و مشخصات پروژه

پروژه مورد نظر واقع در شهر کاشان- خیابان امیرکبیر - خیابان سلمان فارسی - کوچه شهید رضائی در زمینی با مساحت حدود ۸۵۶ متر مربع و مقدار خاکبرداری حدود ۸ متر می باشد که موقعیت جغرافیایی و اقلیمی منطقه به شرح زیر است:

استان اصفهان دارای طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۹ دقیقه و ۴۰ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۸ دقیقه و ۳۰ ثانیه شمالی می باشد. محدوده شهری آن به پانزده منطقه شهری تقسیم می شود و در خارج از محدوده شهری نیز از غرب به سمت خمینی شهر و نجف آباد، از جنوب کوه صفه و سپاهان شهر، از سمت شمال به شاهین شهر و از شرق نیز به منطقه بیابانی منتهی می شود. سطح شهر از سطح عمومی دریاها حدود ۱۵۷۰ متر ارتفاع دارد و در قسمت شمالی و شرقی به کویر محدود می گردد و در قسمت غربی و جنوبی نیز به سلسله کوه های زاگرس منتهی می شود. کوهستان کرکس در پنجاه کیلومتری شمال اصفهان و زرد کوه در جنوب غربی آن

قرار دارد. وجود آب‌هایی همانند زاینده‌رود که از کوه های زاگرس به ویژه زردکوه سرچشمه گرفته دلیل پیدایش این شهر می‌باشد. شهر اصفهان بر روی دشتی به نسبت هموار با شیبی در حدود ۲ درصد و به طرف شمال شرقی بنا گردیده است. اقلیم شهر اصفهان در شمال و شرق از منطقه کویری تاثیر گرفته و در جنوب به جهت وجود کوه صفه از هوای خنک‌تری بهره‌مند است. آب و هوای اصفهان به طور کلی معتدل و خشک است و مقدار بارش باران و برف به نسبت کمی دارد. حداکثر درجه حرارت در تابستان ۴۰ درجه سانتی گراد است که تابستان‌هایی گرم و خشک را می‌سازد.



شکل ۱ - موقعیت شهرهای استان اصفهان

۳- زمین شناسی و فرونشست

۳-۱- زمین شناسی عمومی منطقه

استان اصفهان بر اساس تقسیم‌بندی زمین‌شناسی ساختاری ایران، گستره‌ای است که از خاور به باختر مشتمل بر پهنه‌های ایران مرکزی، ارومیه - دختر، سنندج - سیرجان و بخش‌هایی از بلندی‌های زاگرس است.

زون ایران مرکزی یکی از واحدهای اصلی و عمده‌ای است که به شکل مثلث در مرکز ایران قرار دارد و جزء بزرگترین و پیچیده‌ترین واحدهای زمین شناسی به شمار می‌رود. ضخامت بیرون زدگی‌های سنگ‌های پرکامبرین پیشین در ایران مرکزی متجاوز از ده هزار متر که خود از فرسایش سنگ‌های آذرین قدیم‌تر بوجود آمده است. این مجموعه، بر اثر حرکات کوه‌زایی کاتانگایی، شدیداً دگرگون شده و پلاتفرم ایران مرکزی را تشکیل داده است که از پرکامبرین پسین تا تریاس رسوبات قاره‌ای، یا دریایی کم عمق روی آن را می‌پوشاند و به پوشش پلاتفرم موسوم است، ولی حرکاتی که اغلب موجب جابجایی قائم زمین‌ها در طول گسل‌ها شده باعث دگرشیبی‌های فرسایشی و تغییرات رخساره‌ای شده‌اند.

بخش غربی ایران مرکزی، عموماً از سنگ‌های آتشفشانی و پیروکلاستیک وابسته به آن تشکیل یافته است که در امتداد نوار طویلی از سهند تا بزمان به موازات زون دگرگون شده سنندج - سیرجان قرار دارد، همچنین ملانژهای افیولیتی کرتاسه فوقانی(نائین) نیز در شکستگی‌های اصلی این زون خود نمایی می‌کند. گسترده‌ترین رسوبات در این استان رخساره‌های کرتاسه می‌باشد اگر چه در کرتاسه آغازی(نئوکومین) دریا پیشروی چشمگیری نداشته است، ولی در نواحی اقلید و جنوب اصفهان، نئوکومین با رخساره‌های کم عمق دریایی قابل ذکر است.

پس از نئوکومین دریای کرتاسه زیرین با پیشروی وسیع خود اکثر نواحی ایران مرکزی را فرا می‌گیرد و رسوبات کنگلومرا، ماسه سنگ، آهک اربیتولین دار و شیل را در جنوب اصفهان و نایین بر جای گذاشته است. در کرتاسه حرکات شدید کوه‌زایی، فرسایش زیادی ایجاد کرده است که گسترش آن به اندازه کرتاسه زیرین نمی‌باشد.

رسوبات دوران سنوزوئیک با توجه به فاز کوه‌زایی لارامید در پالتوسن با کنگلومرا، ماسه سنگ و رسوبات مردابی شروع می‌شود که نظایر آن در نخلک مشاهده می‌شود. طی ائوسن و الیگوسن، رخساره آهک و مارن‌های نومولیت‌دار در نواحی مختلف ایران مرکزی وجود داشته ولی فعالیت شدید آتشفشانی در این دوره‌ها پدیده‌های رسوبی را تحت‌الشعاع قرار داده است. سنگ‌های نئوژن بیشتر از نوع رخساره‌های خشکی بوده که عبارتند از ماسه سنگ، مارن و کنگلومرا. فعالیت‌های تکتونیکی مناطق مجاور بصورت گسترده‌ای در ایران مرکزی دیده می‌شود که به این ترتیب شکلی درهم و موزائیکی به وجود آورده است. با قاطعیت می‌توان اظهار داشت، بعد از فاز کوه‌زایی سیمیرین پیشین که آثار چین خوردگی و دگرگونی آن در ایران مرکزی قابل مشاهده است، پیشروی بعدی دریای ژوراسیک شروع می‌شود، ولی این مرحله چندان دوام نداشته و کوه‌زایی در منطقه شیرکوه با گرانیته‌زائی و در منطقه کلاه قاضی با پیشروی دریا خاتمه می‌یابد.

زون سنندج - سیرجان در اصل جزئی از ایران بوده که با اختصاصات ویژه‌ای مشخص می‌شود و بصورت نوار طویل دگرگون شده‌ای در امتداد و به موازات روراندگی زاگرس قرار دارد. این زون جزء نا آرامترین و به عبارتی، فعال‌ترین زون ساختمانی ایران به شمار می‌رود و تا سنوزوئیک، فازهای دگرگونی و ماگماتیسیم مهمی را پشت سر گذاشته است. زون سنندج - سیرجان را می‌توان از ناحیه گلپایگان به دو بخش شمالی و جنوبی تقسیم کرد. بخش جنوبی، که کوه‌زایی‌های پرکامبرین و تریاس میانی می‌باشد تغییر شکل‌ها و دگرگونی‌های مهمی در آن حادث کرده است، توده‌های نفوذی این بخش نتایج عملکرد این کوهزایی‌ها می‌باشد.

محل پروژه مورد مطالعه در محدوده شمال شهر اصفهان و در قسمت شمالی رودخانه زاینده‌رود واقع می‌باشد که بر روی تشکیلات مخروط افکنه‌ها و تراس‌های جوان قرار دارد و شامل مخلوط رس و سیلت و در عمق‌های پائین تر لایه‌های شن و ماسه که حاصل رسوب رودخانه زاینده‌رود در زمان ظغیانی بودن، می‌باشد.

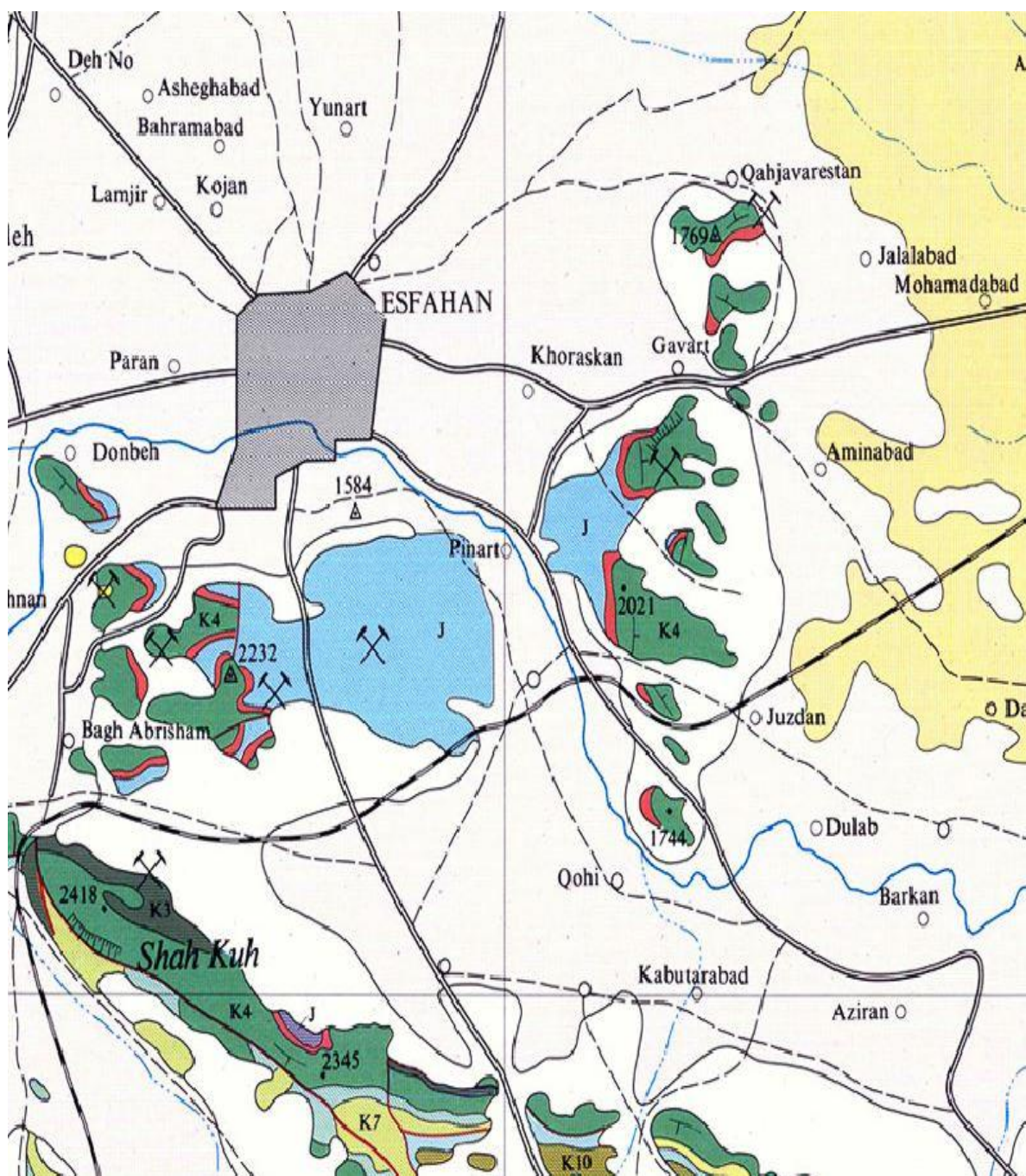
بخش عمده شهر اصفهان بر روی رسوبات آبرفتی کوواترتر قرار گرفته و تنها حاشیه جنوبی شهر بر روی رسوبات سنگی ژوراسیک قرار گرفته است. سازندهای سنگی که در نواحی جنوب شهر برونزد دارند از لایه‌های متوالی شیل و ماسه سنگ با میان لایه‌هایی از جوش سنگ، رادیولاریت، سنگ آهک و مواد آتشفشانی، متعلق به ژوراسیک زیرین (یاس) تشکیل شده‌اند. این سازند به سمت شمال تدریجاً به زیر رسوبات آبرفتی کوواترتر فرو می‌رود. سازندهای آبرفتی در محدوده شهر اصفهان، شامل رسوبات آبرفتی کوهپایه‌ای و نهشته‌های رودخانه‌ای است. رسوبات آبرفتی کوهپایه‌ای بیشتر از شن و ماسه گوشه دار و نیمه گوشه دار با پرکننده سیلت و رس تشکیل گردیده است، که در برخی نقاط با ملات کربناته بهم جوش خورده است. آبخانه رسوبات آبرفتی کوهپایه‌ای که در بخش جنوبی شهر گسترش دارد بر روی سازند شیل و ماسه سنگی ژوراسیک شکل گرفته است، ضخامت این آبخانه کم و حداکثر ۵ متر می‌باشد. منبع تغذیه این آبخانه بیشتر آب‌های نفوذی از آبیاری غرقابی فضاهای سبز بوده و جهت عمومی جریان در آن از جنوب به شمال است.

- در شکل شماره ۲ و ۳ نقشه زمین شناسی و راهنمای نقشه ارائه شده است.

گسل فعال در نزدیکی محل مورد مطالعه وجود ندارد ولی با توجه به زلزله‌های مهمی که در طول گسل‌های ایران بروز کرده و بر اساس جابجایی رسوبات عصر حاضر در نقاطی از کشورمان می‌توان چنین نتیجه گرفت که بسیاری از گسل‌های ایران هنوز فعال و با توجه به ساختمان نامتجانس پوسته ایران و فشارهایی که بر آن وارد می‌آید وقوع زلزله در اکثر نقاط ایران دور از انتظار نیست.

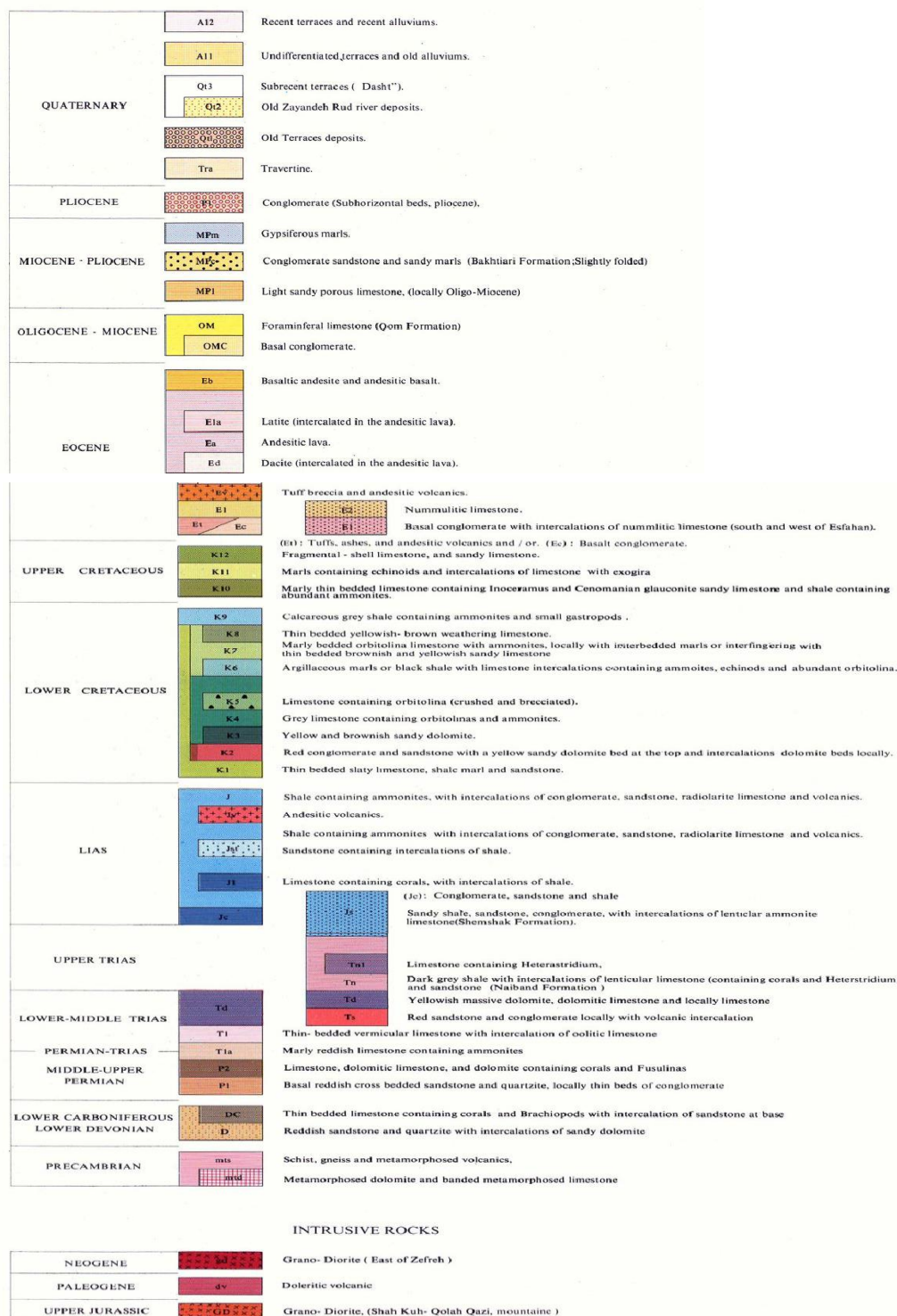
با توجه به قرار گرفتن کشور ما در قسمت میانی کمربند کوهزایی آلپ - هیمالیا که حرکت آن‌ها هنوز به اتمام نرسیده و تعادل نهائی برقرار نشده و عدم تعادل ایزوستازی در زاگرس و البرز مجموعه این مسائل نشانه ناآرامی پوسته زمین و در نتیجه حرکات زمین لرزه است که آثار آن گاهی با ویرانی و انهدام شهرها و کشتار مردم توأم است. به طور کلی شکل‌گیری کلی تکتونیک منطقه در اثر استرس‌های کمپرسیونی مربوط به فاز کوهزایی سیمین پسین و لارامید می‌باشد. به این صورت که با توجه به مشاهدات صورت گرفته از حفاری‌های متعدد، سنگ بستر در شهر اصفهان دارای چین خوردگی‌های متعدد می‌باشد.

- در شکل شماره ۴ و ۵ نقشه گسل‌های فعال منطقه و راهنمای نقشه گسل‌های فعال آورده شده است.

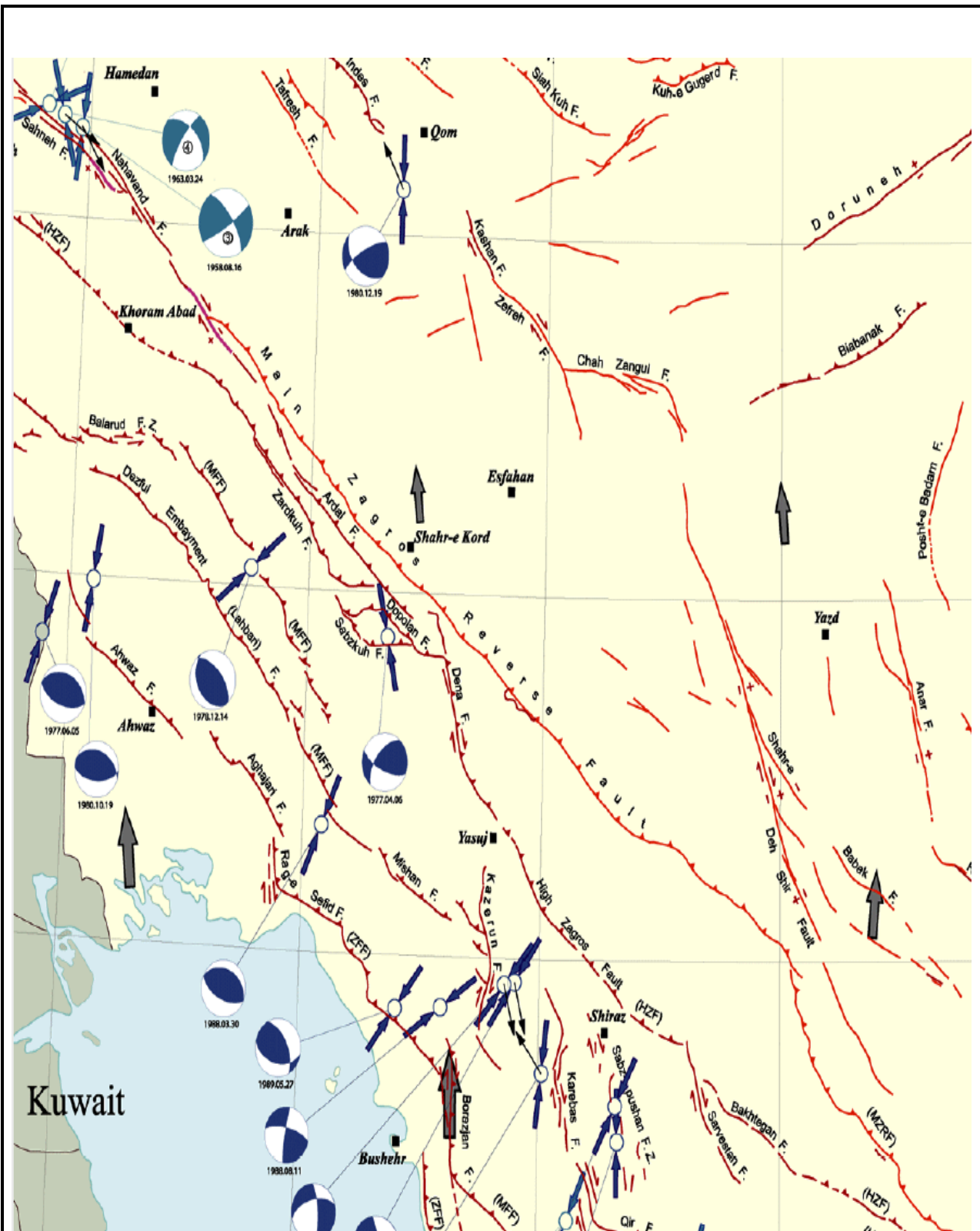


شکل ۲ - نقشه زمین شناسی اصفهان

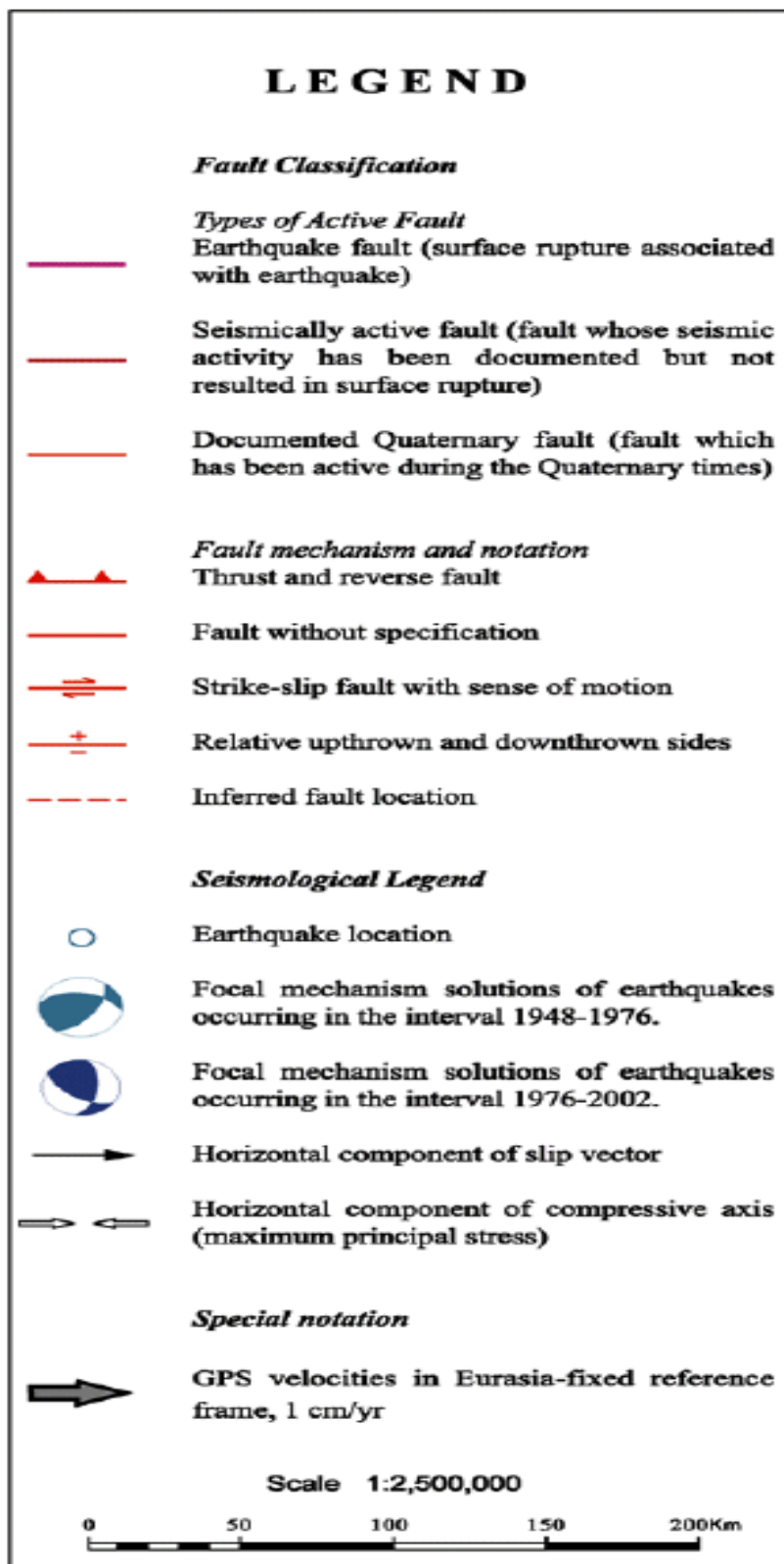
LEGEND



شکل ۳- واحد چینه شناسی منطقه مورد مطالعه (بر گرفته از نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰ اصفهان)



شکل ۴ - موقعیت گسل‌های فعال محدوده مورد مطالعه



شکل ۵ - راهنمای موقعیت گسل‌های فعال محدوده مورد مطالعه

۲-۳- فرونشست دشت اصفهان

افزایش شهرنشینی، پیشرفت تکنولوژی، تغییر سبک زندگی و افزایش میل به مصرف و... موجب گردیده بهره برداری از منابع طبیعی به منظور رفع نیازهای انسان در گستره زمان با افزایش قابل توجهی همراه شود. تولید غذا، تأمین آب شرب، صنایع و دیگر نیازهای جوامع بشری وابسته به دسترسی آب مناسب و کافی است. این منبع حیاطی با روش‌های مختلفی همچون سد، آب بند، کنترل آب‌های روان، چشمه‌ها، حفر چاه، قنات، انتقال آب و... مدیریت و استفاده می‌گردد. از آنجایی که بالغ بر ۵۵ درصد آب مصرفی کشور از سفره‌های زیرزمینی تأمین می‌شود، حفر چاه‌های متعدد و عموماً غیر مجاز و برداشت‌های بدون محدودیت که بیش از تغذیه سالانه است بیان منفی بسیاری از دشت‌های کشور را رقم زده است؛ طوری که در ۴۷ سال اخیر مخازن زیرزمینی آب کشور با کسری ۱۱۰ میلیارد مترمکعبی مواجه شده‌اند که چیزی حدود ۹۵ میلیارد مترمکعب آن مربوط به ۲۰ سال گذشته است.

خالی شدن سفره‌های زمین و افت آب‌های زیرزمینی علاوه بر خشک شدن قنات‌ها، کاریزها و چشمه‌ها، حرکت لایه‌های آب شور به سمت منابع شیرین و تغییر کیفیت آب به شوری و تلخی را سبب می‌شود، اما این رخدادها حاصل نگاه اولیه جامعه است در صورتی که در نگاه عمیق‌تر متوجه خطر فرونشست زمین به علت خالی شدن لایه‌ها و خلل‌های زمین خواهیم بود که این نشست‌ها علاوه بر تخریب، برگشت ناپذیری منابع زیرزمینی را نیز رقم خواهد زد.

پدیده فرونشست زمین شامل فروریزش یا نشست رو به پایین سطح زمین است که می‌تواند جابجایی افقی اندکی هم داشته باشد. فرونشست می‌تواند بر اثر پدیده‌های طبیعی زمین شناختی مانند انحلال، ذوب یخ‌ها، حرکات آرام پوسته و خروج گدازه از پوسته جامد زمین یا فعالیت‌های انسانی نظیر معدن‌کاری، حفاری مترو، برداشت نفت و گاز نیز، ایجاد شود. با این حال، افت شدید سطح آب‌های زیرزمینی حاصل برداشت‌های بی رویه، به عنوان محوری‌ترین علت فرونشست زمین در ایران ذکر می‌شود. زمانی که سطح آب کاهش می‌یابد به سبب افزایش تنش موثر و تخلیه آب از منافذ، تغییر شکل در لایه‌های خاک ایجاد می‌گردد. فرونشست زمین یا به تعبیر دیگر مرگ زمین را نوید می‌دهد، چرا که امکان بروز حوادث و فجایع در صورت واقع شدن در زیرسازه‌های حیاتی انرژی مثل پالایشگاه‌ها، نیروگاه‌ها، خطوط انتقال انرژی مثل گاز و برق، تأسیسات حمل و نقل مانند خطوط راه‌آهن، فرودگاه‌ها، پل‌ها، جاده‌ها، صنایع و کارخانجات را به دنبال خواهد داشت.

فرونشست می‌تواند به صورت تدریجی و در گذر زمان رخ دهد که در این حالت افراد به راحتی متوجه این موضوع نخواهند شد، اما ممکن است این پدیده به یکباره نیز شکل بگیرد؛ فرونشست‌های نقطه‌ای یا ناحیه‌ای با ابعاد نامعلوم و با آسیب‌های جبران ناپذیر، که زمینه ساز بحران‌های عدیده خواهند بود در چنین شرایطی علاوه بر تهدید ساختمان‌ها، تأسیسات، صنایع و... با خدشه دار کردن امنیت زیستی عملاً بخش‌های زیادی از مساحت کشور که قابلیت سکونت، توسعه و کشاورزی را دارد، غیرقابل استفاده و بهره برداری خواهد شد.

اگر این پدیده کمتر طرح و بحث شده در جامعه و رسانه‌ها، به صورت نامتقارن باشد و حتی در فاصله ۲۰ متری از یک سازه هم باشد باعث کج شدن ساختمان‌ها می‌گردد و ممکن است با ادامه یافتن باعث تخریب سازه‌ها شود.

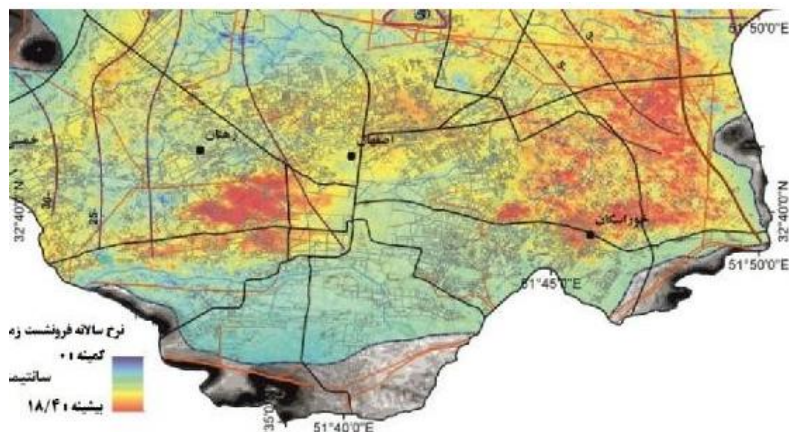
در حال حاضر باتوجه به آمارها و وضعیت سفره‌هایی زیرزمینی و میزان برداشت‌های غیر اصولی، مناطقی در شرایط بحرانی ایجاد فروچاله‌ها و فرونشست قرار دارند که دشت کبودرآهنگ همدان، ورامین، نظرآباد، دشت تهران، دشت مشهد و نیشابور، دشت‌های استان کرمان، اصفهان و قزوین از این قبیل هستند.

پس فرونشست زمین ارتباط مستقیمی با برداشت بی‌رویه و غیراصولی از آب‌های زیرزمینی دارد؛ بنابراین برای جلوگیری از این پدیده، ابتدا باید انگیزه و آگاهی مناسب در مردم برای صرفه‌جویی در مصرف آب ایجاد گردد چرا که ایرانی‌ها در مصرف منابع آبی در بخش‌های مختلف شرب، کشاورزی و صنعت بیشتر از متوسط جهانی آب مصرف می‌کنند. هرچند بخشی از این مصرف در کشاورزی به بهره‌وری نامناسب و در صنایع به سطح تکنولوژی پایین برمی‌گردد.

همچنین در صورت نظارت و آگاهی از آمار چاه‌ها، چشمه‌ها و قنات‌های کشور، و بستن چاه‌های غیر مجاز و جلوگیری از برداشت بی‌رویه آب و تغذیه آب زیرزمینی، میزان خسارات ناشی از فرونشست زمین نیز کاهش خواهد یافت. سازمان نقشه برداری کشور به عنوان متولی پایش تغییرات پوسته زمین، تهیه فرونشست و اعلام نرخ آن در سطح کشور، بنابر درخواست سازمان مدیریت بحران کشور با استفاده از داده‌ها و اطلاعات مکانی موجود، شبکه‌های مبنایی مختلف؛ مطالعه فرونشست دشت‌ها و مناطق مختلف استان اصفهان را در اولویت کاری خود قرار داده است و شکل (۵-۴) نتایج این بررسی‌ها را در شهر اصفهان نمایش می‌دهد.

ترکیب روش‌های تداخل سنجی راداری با پوشش وسیع و قدرت تفکیک مکانی بالا، سامانه‌های تعیین موقعیت ماهواره‌های با قدرت تفکیک زمانی زیاد و ترازیبی دقیق با دقت بسیار بالا روش مناسبی برای بررسی حرکات سطح زمین می‌باشد. این اطلس، حاصل پردازش ۶ تصویر ماهواره سنتینل از مارس ۲۰۱۵ تا اکتبر ۲۰۱۶ به روش تداخل سنجی راداری می‌باشد.

تعداد زوج تصاویر انتخابی برای پردازش ۱۵ زوج است که حجم پردازش بسیار بالایی را شامل می‌شود و انتخابی برای پردازش ۱۵ زوج است که حجم پردازش بسیار بالایی را شامل می‌شود و برای اعتبارسنجی نتایج روش تداخل سنجی راداری از مسیر ترازیبی دقیق "دامنه- تیران- اصفهان" (BUCC) شامل ۴۰ ایستگاه و به طول حدود ۹۰ کیلومتر و مسیر ترازیبی دقیق "کوهپایه - اصفهان" (CDCL) شامل ۱۰ ایستگاه و به طول حدود ۲۵ کیلومتر، استفاده شده است.



شکل ۶- نرخ سالانه فرونشست دشت اصفهان

۴- وضعیت آب‌های زیر زمینی شهر اصفهان

۴-۱ - سفره آب زیرزمینی رسوبات رودخانه‌ای

آبخوان رسوبات رودخانه‌ای که در رسوبات درشت‌دانه، بر روی رسوبات ریزدانه‌ای زیرین شکل گرفته، از انتقال‌پذیری بسیار بالایی برخوردار می‌باشد و ضخامت آن متفاوت بوده و از حداقل ۱۵ متر تا حداکثر ۳۰ متر تغییر می‌کند، به طوری که مثلاً در نزدیکی سی و سه پل، انتقال‌پذیری آبخوان به حدود ۵۰۰۰ متر مربع در روز می‌رسد. این آبخوان در شمال زاینده‌رود و در بخش‌هایی از جنوب زاینده‌رود به طور مستقیم از رودخانه تغذیه می‌گردد و نوسانات سطح ایستابی در آن تابع نوسانات سطح آب در بستر رودخانه می‌باشد. آبخوان مزبور در مواقع کم آبی اغلب به صورت آزاد است؛ در حالی که با بالا آمدن سطح آب رودخانه و در هنگام پُر آبی، در بخش‌هایی به صورت محصور در می‌آید. ضخامت این آبخوان در جهت شمال و شمال غربی به تدریج کاهش یافته، در بخش شمال غربی شهر به طور کامل از بین می‌رود. جهت عمومی جریان آب‌های زیرزمینی در بخش شمالی زاینده‌رود، جنوب غرب به شمال شرق با شیب میانگین حدود ۳٫۰ درصد می‌باشد. ضمن آن که با پایین رفتن سطح آب در بستر رودخانه، افت سطح ایستابی آب زیرزمینی به سمت شمال به تدریج بیشتر و بیشتر شده، در نتیجه، شیب آبی جریان افزایش می‌یابد. تعداد قابل توجهی چاه آب در سطح شهر اصفهان در حال بهره‌برداری هستند که آب آبخوان مزبور را برای تأمین نیاز فضاهای سبز و دیگر نیازهای آبی شهر تخلیه می‌نمایند.

۴-۲ - سفره آب زیرزمینی رسوبات آبرفت دامنه‌ای

این آبخوان که در رسوبات آبرفتی دامنه‌ای و بخش‌های سطحی سنگ بستر تشکیل گردیده، در بخش‌های جنوبی شهر گسترش دارد. آبخوان مزبور به طور غیرمستقیم، از طریق آبیاری فضاهای سبز جنوب شهر از زاینده‌رود تغذیه می‌گردد. انتقال‌پذیری این آبخوان بسیار پایین بوده، حداکثر حدود ۱ مترمربع در روز برآورد می‌شود. نوسانات سطح ایستابی در آبخوان مزبور تحت تأثیر نوسانات سطح آب رودخانه قرار ندارد و بیشتر متأثر از آبیاری فضاهای سبز در بخش‌های جنوبی شهر می‌باشد. جهت عمومی جریان آب‌های زیرزمینی در آبخوان رسوبات آبرفتی دامنه‌ای و سنگ بستر از جنوب به شمال بوده، شیب جریان آب در آن به طور میانگین حدود ۱۰ برابر شیب جریان آب در رسوبات رودخانه‌ای می‌باشد. در ضمن، میزان نمک‌های محلول در آب‌های زیرزمینی در این آبخوان بیشتر از آبخوان رسوبات آبرفتی رودخانه‌ای می‌باشد. در محدوده مورد مطالعه آبخوان موجود بر اساس طبقه بندی فوق از نوع دوم یعنی آبخوان رسوبات آبرفتی دامنه‌ای و سنگ بستر می‌باشد. بر اساس اطلاعات بدست آمده از حفاری گمانه های BH1 , BH2 , BH3 , TP1 و TP2 سطح آب زیرزمینی در این محل در حال حاضر (تیر ماه ۱۴۰۴) در عمق پائین‌تر از ۳۸٫۰ متر از سطح زمین قرار دارد و در گمانه های حفاری شده BH1 , BH2 , BH3 , TP1 و TP2 به سطح آب زیرزمینی برخورد نشد. تشریح کامل موارد مذکور در مشخصات و نمودار گمانه در پیوست گزارش ارائه گردیده است.

۵- مطالعات صحرایی و موقعیت حفر گمانه

تعداد سه حلقه گمانه ماشینی به نام های BH1 ، BH2 ، BH3 و دو حلقه گمانه دستی به نام های TP1 و TP2 با موقعیت طبق کروکی پیوستی به عمق های ۳۸ ، ۳۸ ، ۳۰ و ۸ ، ۸ متر در محل پروژه روی سطح طبیعی زمین (یک و نیم متر پایین تر از سطح خیابان امیرکبیر)، حفاری گردید همچنین در طول حفاری اقدام به آزمایش ضربه و نفوذ استاندارد و اخذ نمونه های دست خورده و دست نخورده از خاک گردیده است.

۵-۱-۱- آزمایش ضربه و نفوذ استاندارد (S.P.T)

مهمترین دلایل استفاده از این آزمایش، سهولت انجام، هزینه کم، رایج بودن در کشورهای مختلف، سادگی تجهیزات آزمون و ارتباط گسترده پارامترهای ژئوتکنیکی با مقاومت نفوذ است. از این آزمایش می توان جهت تخمین پارامترهایی مثل وزن مخصوص (γ)، تراکم نسبی (Dr)، زاویه اصطکاک (φ)، مقاومت فشاری زهکشی نشده (qu)، ظرفیت باربری پی (q) مدول تنش - کرنش (Es)، استفاده کرد. در اعماق مختلف گمانه ها آزمایش ضربه و نفوذ استاندارد بر اساس استاندارد ASTM D1586 انجام گردیده است. در این آزمایش تعداد ضرباتی که با وزنه استاندارد ۶۳/۵ کیلوگرمی از ارتفاع ۷۶ سانتیمتری سقوط می کند و باعث نفوذ ۳۰ سانتیمتر از طول میله استاندارد می شود یادداشت می گردد که به منظور ارزیابی تراکم نسبی خاک و در نهایت نشانه ای از مقاومت خاک می باشد. عدد SPT با توجه به اثر سربار، انرژی وارد، طول میله، روش نمونه گیری و قطر گمانه اصلاح می شود. در گمانه های دستی میزان تراکم خاک بر اساس آزمایش دانسیته در محل و در گمانه های ماشینی میزان تراکم بر اساس آزمایش SPT مشخص می گردد.

بررسی نتایج حاصل از آزمایش های نفوذ استاندارد نشان می دهد در گمانه های حفاری شده BH1 ، عمق ۸-۱ ، ۱۲-۱۶ ، ۲۳-۲۶ و ۳۸-۲۸ و در گمانه BH2 ، عمق ۸-۳ ، ۲۰-۱۴ و ۳۸-۲۴ و در گمانه BH3 ، عمق ۲-۱ ، ۸-۴ و ۳۰-۱۲ رسوبات ریزدانه رس و سیلت قرار دارد عدد نفوذ ۲۵-۱۵ بوده و در بقیه اعماق عدد با توجه به رسوبات درشت دانه شن و ماسه ای نفوذ استاندارد بدست آمده بزرگتر از ۴۰ می باشد. همچنین در هر سه گمانه خاک تا عمق ۱۰۰ سانتی متری به صورت دستی مشاهده شده است که میبایست از بارگذاری بروی این اعماق جلوگیری شود. نتایج به دست آمده از این آزمایش ها در نمودارهای پیمایش گمانه ها در پیوست ارائه شده است.

۵-۱-۱-۱- تصحیح نتایج آزمایش SPT

به منظور همسان نمودن شیوه های استفاده از نتایج آزمون SPT برخی از محققین ضرایب اصلاح و اصلاحاتی برای نتایج آزمون نفوذ استاندارد معرفی کرده اند. در واقع این اصلاحات تا حدودی از تاثیرات برخی از نواقص عمده آزمون نفوذ استاندارد کاسته و متغیرهای موثر در نتیجه آزمون را کمتر می نماید. از مهم ترین عوامل تاثیرگذار بر روی نتایج SPT انرژی ضربه وارد شده به میله، تنش سربار، طول میله، قطر گمانه و شیوه نمونه گیری می باشد. رابطه اصلاح SPT در ازای عوامل ذکر شده به صورت زیر است:

$$(N_1)_{60} = N_m \times C_N \times C_R \times C_S \times C_B \times C_E$$

که در آن:

N_m = مقاومت نفوذ استاندارد اندازه‌گیری شده C_N = ضریب اصلاح سربار C_B = ضریب تصحیح برای قطر گمانه
 C_E = ضریب اصلاح برای نسبت انرژی چکش (ER) C_R = ضریب تصحیح برای طول میله C_S = ضریب اصلاح روش نمونه‌گیری

جدول شماره ۱ - اصلاحات عدد نفوذ استاندارد (Robertson and Wride, 1998)

اصلاح	عبارت	مشخصه متغیر دستگاه	ضریب
$v^{0.5}$, $C_N \leq 1/7 \cdot C_N = (Pa/6)$	C_N	--	فشار سربار
۰.۵ تا ۱	C_E	چکش دونات	نسبت انرژی
۰.۷ تا ۱.۲		چکش ایمنی	
۰.۸ تا ۱.۳		چکش دونات اتوماتیک	
۱	C_B	۶۵ تا ۱۱۵ میلی متر	قطر گمانه
۱.۰۵		۱۵۰ میلی متر	
۱.۱۵		۲۰۰ میلی متر	
۰.۷۵	C_R	کمتر از ۳ متر	طول میله
۰.۸		۳ تا ۴ متر	
۰.۸۵		۴ تا ۶ متر	
۰.۹۵		۶ تا ۱۰ متر	
۱		۱۰ تا ۳۰ متر	
۱	C_S	نمونه گیر استاندارد	روش نمونه‌گیری
۱.۱ تا ۱.۳		نمونه‌گیر فاقد پوشش داخلی	

جدول شماره ۲ - طبقه بندی خاک بر اساس عدد SPT در خاک‌های ریز دانه سیلت و رس

عدد حاصل از آزمایش SPT	۰-۲	۲-۵	۵-۱۰	۱۰-۲۰	۲۰-۳۰	بالتر از ۳۰
میزان تراکم خاک	بسیار سست	نرم	سفتی متوسط	سفت	خیلی سفت	سخت

جدول شماره ۳ - جدول طبقه بندی خاک بر اساس عدد SPT در خاک‌های ماسه‌ای و شنی

عدد حاصل از آزمایش SPT	۰-۴	۵-۹	۱۰-۱۹	۲۰-۲۹	۳۰-۳۹	۴۰-۴۹	بالتر از ۵۰
میزان تراکم خاک	فوق العاده سست	بسیار سست	سست	متوسط	متراکم	خیلی متراکم	کاملاً متراکم

۲-۵- آزمایش دانهول (Down Hole)

اساس روش لرزه‌ای تست دانهول در ژئوفیزیک بر مبنای انتشار امواج مکانیکی در محیط الاستیک است. موج تولید شده توسط چشمه لرزه‌ای (نظیر ضربه چکش) به گیرنده امواج (ژئوفون) می‌رسد و سپس توسط دستگاه لرزه نگار تقویت و ثبت می‌شود. بر مبنای جهت حرکت موج در داخل زمین دو نوع موج در فاز طراحی پروژه‌های مهندسی عمران بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد. امواج تراکمی یا طولی که جهت حرکت ذره در جهت انتشار موج است. امواج برشی یا عرضی که جهت حرکت ذره عمود بر جهت انتشار موج است. با در دست داشتن سرعت امواج تراکمی و سرعت امواج برشی، همچنین چگالی محیط انتشار می‌توان مدول‌های دینامیکی لایه‌های خاک را محاسبه نمود.

روش‌های لرزه نگاری بر این حقیقت استوار است که امواج الاستیک با سرعت‌های متفاوت در لایه‌های مختلف زیر سطح سیر می‌کنند. لذا در این روش‌ها، امواج در یک نقطه تولید شده و در یک سری نقاط دیگر، زمان رسیدن انرژی منعکس یا منکسره از ناپیوستگی‌ها یا فصل مشترک لایه‌های مختلف اندازه گیری می‌شود. با استفاده از روش لرزه‌نگاری موقعیت و ساختار لایه‌های زیرسطحی، مشخص می‌شود. مهم‌ترین مزیت روش‌های لرزه نگاری نسبت به سایر روش‌های ژئوفیزیکی، این است که با بکارگیری مناسب این روش تفسیر دقیق‌تر و با وضوح بیشتری از ساختار زیر سطح حاصل می‌شود.

در کلیه روش‌های لرزه نگاری پس از ایجاد انفجار و یا ضربات مکانیکی، لرزه‌هایی که بر اثر این انفجار یا ضربات ایجاد شده‌اند، ثبت می‌شوند. انفجار در پوسته‌ی بیرونی و در سطح زمین، توسط یک چشمه لرزه‌ای با توانایی ایجاد یک موج با انرژی بالا ایجاد می‌شود و تشخیص لرزه‌ها به منظور ثبت آن‌ها به شکل سیگنال نیز به کمک سنسورهای صوتی مخصوص انجام می‌شود. روش‌های لرزه نگاری برای شناسایی لایه‌بندی خاک در حالت کلی به سه گروه درون گمانه‌ای، بین گمانه‌ای و سطحی قابل تقسیم بندی هستند که تست دانهول از نوع درون گمانه‌ای است.

در آزمایش دانهول، امواج برشی از طریق یک منبع تولید لرزه که در سطح زمین قرار گرفته، تولید شده و توسط گیرنده ژئوفون که در ته گمانه جاسازی شده است، دریافت می‌گردد. منبع تولید لرزه، شامل یک چکش و صفحه‌ای فلزی که به صورت افقی در سطح زمین قرار دارد، می‌باشد. با اصابت چکش به صفحه فلزی در امتداد طول صفحه، لرزه ایجاد می‌شود. این آزمایش بر اساس استاندارد ASTM D7400 انجام می‌شود. در پیوست گزارش نتایج مربوط به آزمایش دانهول ارائه شده است.

مروری بر پارامترهای کشسانی خاک

خواص کشسانی سنگ را می توان برحسب دو پارامتر مدول بالک و مدول برشی بیان کرد.

مدول بالک

مدول بالک میزان فشار لازم برای تغییر نسبی واحد حجم است.

$$K = \frac{F/A}{\Delta V/V}$$

این کمیت فیزیکی معیار میزان تراکم پذیری سنگ است. هرچه سنگ سخت تر باشد دارای مدول بالک بزرگتری است.

مدول برشی^۱

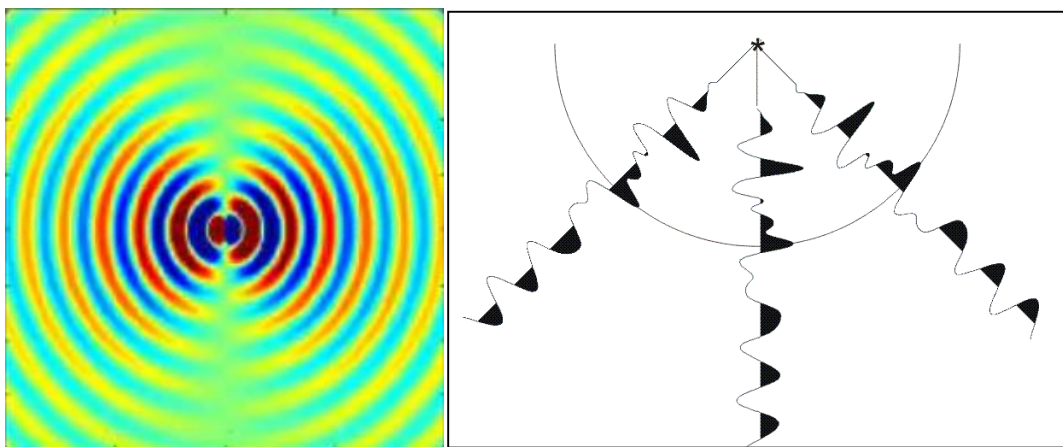
مدول برشی میزان تنش برشی لازم برای تغییر طول در جهت عمود بر اعمال تنش است.

$$\mu = \frac{F/A}{\Delta y/x}$$

این کمیت معیاری از میزان مقاومت سنگ در برابر تغییر شکل ناشی از نیروهای برشی است. مایعات دارای مقاومت برشی صفر هستند. رسوبات با درصد اشباع جزئی بسته به درصد اشباع آن دارای مقاومت برشی کمی هستند.

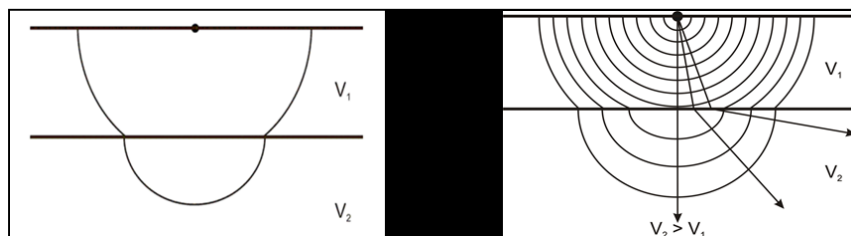
اصول امواج لرزه ای

موج لرزه ای انتقال انرژی با استفاده از حرکت ذرات می باشد. یک موج لرزه ای پس از تولید در محل چشمه لرزه ای (از نوع پتک یا مواد منفجره) در محیط منتشر می شود. الگوی انتشار موج لرزه ای به وسیله ی جبهه موج لرزه ای مکان هایی که در آن ها ذرات با یک فاز مشابه حرکت می کنند تبیین می شود. در محیط همگن جبهه موج به صورت کروی منتشر می شود (شکل ۱).



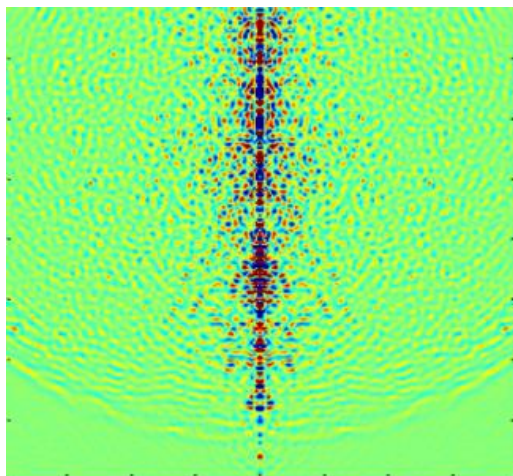
شکل ۱ - الگوی انتشار موج کروی در محیط همگن

در محیط های ناهمگن این الگوی انتشار بسته به توزیع سرعت در مکان های مختلف، از حالت کروی خارج می شود. اولین زمان رسیدن زمانی اتفاق می افتد که برای اولین بار جبهه موج به محل گیرنده برسد. پرتو موجی که برای اولین بار به گیرنده می رسد ممکن است که مسیر مستقیمی را طی نکرده باشد (شکل ۲).

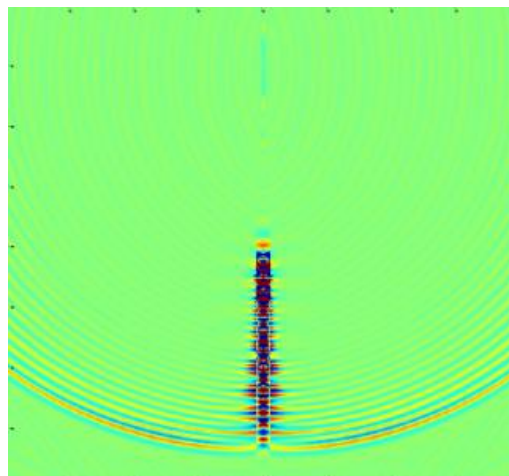


شکل ۲ - الگوی انتشار موج کروی در محیط ناهمگن

در شکل ۳، نحوه انتشار موج کروی در دو محیط همگن و ناهمگن با یکدیگر مقایسه شده است.



(ب) محیط ناهمگن



(الف) محیط همگن

شکل ۳-مقایسه الگوی انتشار موج کروی در (الف) محیط همگن ، (ب) محیط ناهمگن

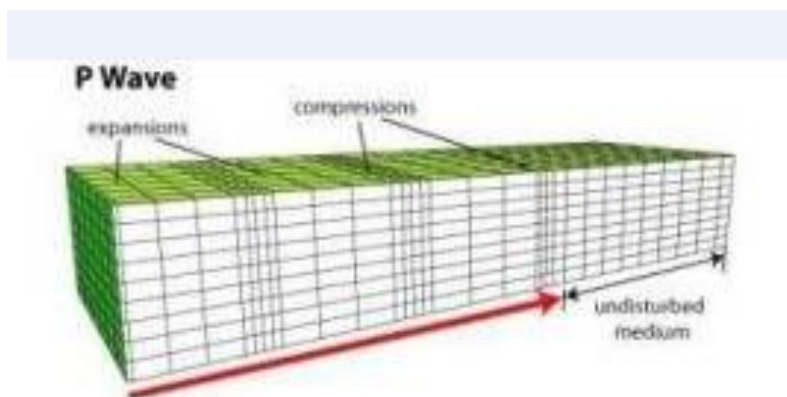
امواج لرزه ای بر اساس نوع حرکت ذرات به سه دسته کلی تقسیم بندی میشوند:

۱. موج تراکمی

ساز و کار انتشار موج تراکمی به گونه ای است که جهت انتشار موج با جهت حرکت ذرات یکسان است (شکل ۴). این موج سریع تر از امواج دیگر لرزه ای منتشر می شود. از این رو به آن موج اولیه نیز گفته می شود. سرعت موج اولیه با مقاومت سنگ در برابر متراکم شدن نسبت دارد و بنابراین اطلاعات به دست آمده از موج اولیه یک تخمین خام از جنس ماده را در اختیار قرار می دهد. برای مثال سرعت ۶۰۰ متر بر ثانیه برای موج اولیه می تواند معرف وجود خاک فشرده شده باشد. یک تغییر شدید سرعت موج

¹ Primary Wave or "P"

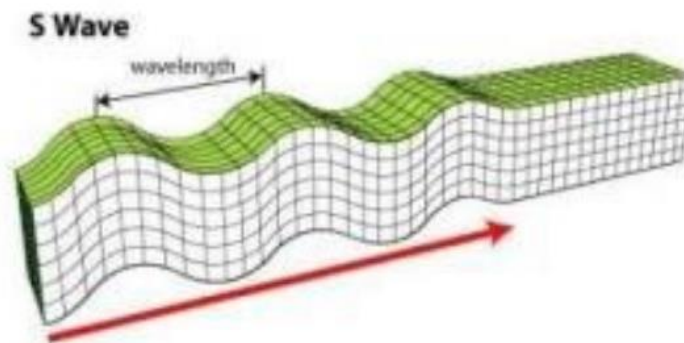
اولیه به ۱۵۰۰ متر بر ثانیه معرف رسیدن به سطح ایستایی است. سرعتهای بالای ۳۰۰۰ متر بر ثانیه معمولاً معرف رسیدن به سنگ بستر است.



شکل ۴ - الگوی انتشار موج تراکمی بر حسب جهت حرکت ذرات

۲. موج برشی^۲

ساز و کار انتشار موج برشی به گونه ای است که جهت انتشار موج عمود بر جهت حرکت ذرات است (شکل ۵). نکته قابل توجه این است که همیشه این موج بعد از موج تراکمی منتشر می شود. از این رو به آن موج ثانویه^۳ نیز گفته می شود. برآوردهای به دست آمده از سرعت موج ثانویه اطلاعات مفیدتری را از سرعت موج اولیه برای طراحی های مهندسی در اختیار می گذارد.



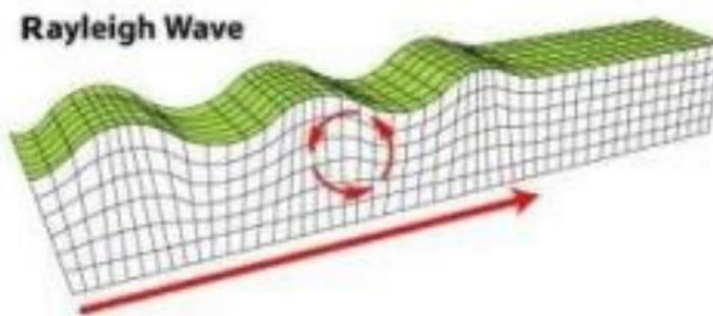
شکل ۵ - الگوی انتشار موج برشی بر حسب جهت حرکت ذرات

² Shear wave

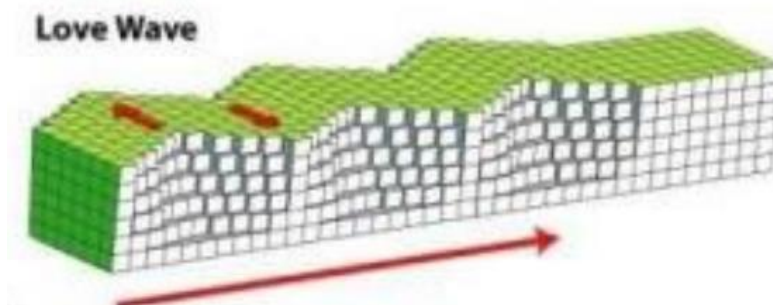
³ Secondary Wave or "S"

۳. امواج سطحی

این نوع امواج نزدیک به سطح زمین منتشر می شوند. دامنه این امواج با فاصله گرفتن از سطح زمین شدیداً کاهش می یابد و محو می شوند. در یک دسته بندی دیگر امواج سطحی به امواج لاو و ریلی دسته بندی می شوند (شکل ۶، ۷).



شکل ۶ - الگوی انتشار موج ریلی بر حسب جهت حرکت ذرات



شکل ۷ - الگوی انتشار موج لاو بر حسب جهت حرکت ذرات

اگرچه روش های اکتشافی بر مبنای مطالعه امواج سطحی نیز وجود دارند اما عموماً این روش ها بر مبنای مطالعه امواج تراکمی و برشی (در مجموع به آنها امواج درونی می گویند) بنا شده اند. در جدول ۱ گستره ای از سرعت های موج تراکمی برای تعدادی از سنگ ها ارائه شده است. از اطلاعات این جدول می توان در تفسیر اولیه ساختارهای زمین شناسی مورد مطالعه با روش لرزه ای استفاده کرد.

جدول ۱ رابطه بین سرعت موج فشاری در مواد مختلف

Materials	P-wave velocity (m/s)
Air	331.5
Water	1400-1600
Sandstone and shale	2000-4500
Limestone	2000-6000
Sand and gravel	500-1500
Shale	2000-4500
Conglomerate	10-800
Alluvium	500-2000
Sand (dry)	200-1000
Sand (Saturated)	1500-2000
Clay	1000- 2500

رابطه بین خواص الاستیک سنگ و سرعت انتشار امواج لرزه ای

روابط زیر بین سرعت امواج تراکمی و برشی با ضرایب الاستیک k و μ و چگالی ρ برقرار است :

$$V_p = \sqrt{\left(\frac{4}{3}\mu + k\right)/\rho} \quad , \quad V_s = \sqrt{\mu/\rho}$$

با داشتن اندازه V_p و V_s می توان مقادیر ضرایب الاستیک را تخمین زد .

روابط زیر ارتباط ریاضی خواص الاستیک (پارامترهای کشسانی) سنگ با سرعت انتشار امواج درونی (اولیه و ثانویه) در سنگ را ارائه میدهد .

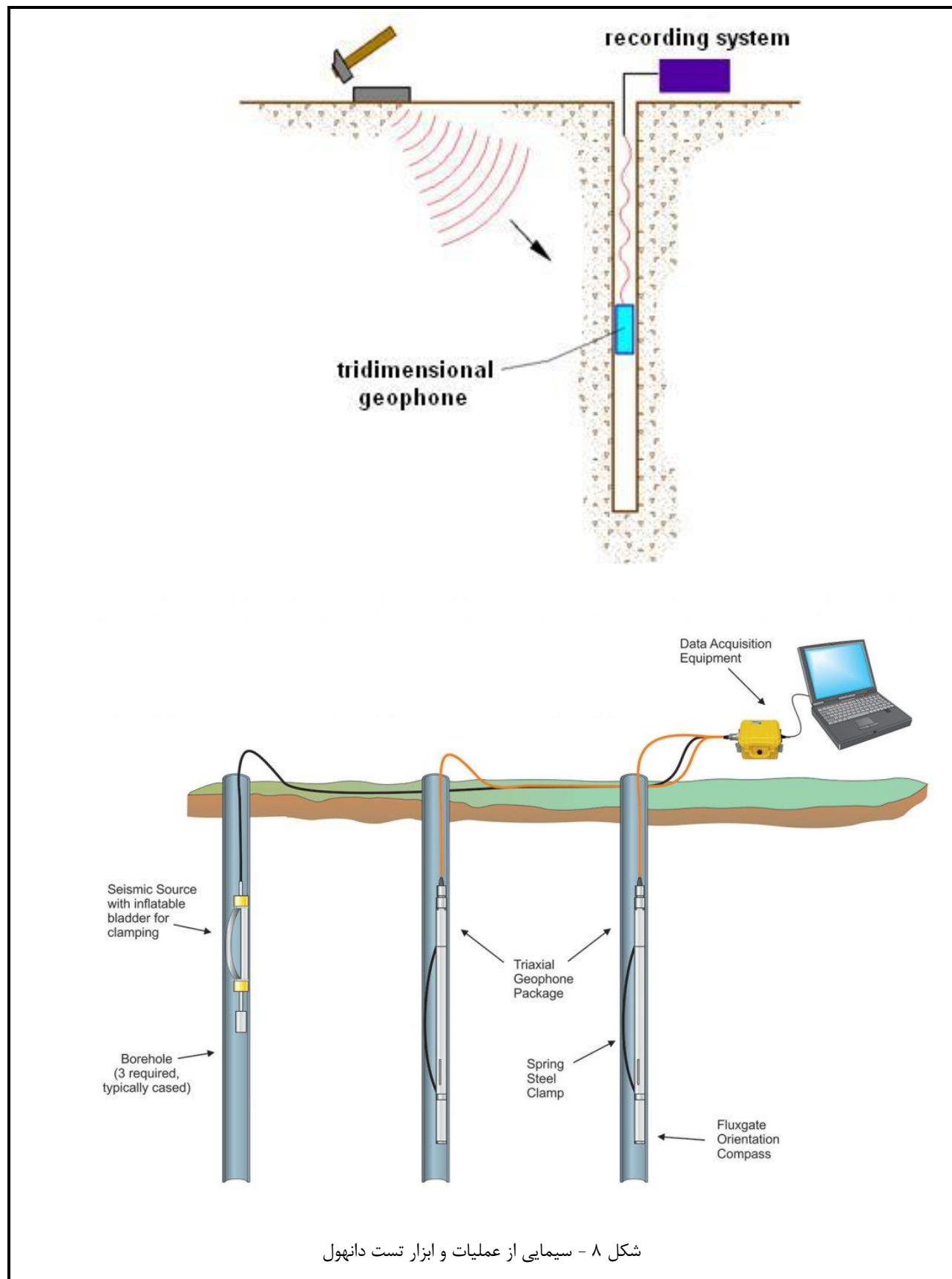
جدول ۲ - ارتباط ریاضی خواص الاستیک (پارامترهای کشسانی) سنگ با سرعت انتشار امواج

	(V_P, V_S)	(μ, λ)	$(E, \lambda)^\dagger$	(E, μ)	(K, λ)	(K, μ)	(K, E)
P-wave velocity $V_P =$	V_P	$\sqrt{\frac{\lambda+2\mu}{\rho}}$	$\sqrt{\frac{E-\lambda+X}{2\rho}}$	$\sqrt{\frac{\mu(E-4\mu)}{\rho(E-3\mu)}}$	$\sqrt{\frac{3K-2\lambda}{\rho}}$	$\sqrt{\frac{K+\frac{4}{3}\mu}{\rho}}$	$\sqrt{\frac{3K(3K+E)}{\rho(9K-E)}}$
S-wave velocity $V_S =$	V_S	$\sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$	$\sqrt{\frac{E-3\lambda+X}{4\rho}}$	$\sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$	$\sqrt{\frac{3(K-\lambda)}{2\rho}}$	$\sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$	$\sqrt{-\frac{3EK}{\rho(E-9K)}}$
Velocity ratio $\Gamma =$	$\frac{V_P}{V_S}$	$\sqrt{\frac{\lambda+2\mu}{\mu}}$	$\sqrt{\frac{3E+3\lambda+X}{2E}}$	$\sqrt{\frac{E-4\mu}{E-3\mu}}$	$\sqrt{\frac{\frac{4}{3}\lambda-2K}{\lambda-K}}$	$\sqrt{\frac{K+\frac{4}{3}\mu}{\mu}}$	$\sqrt{\frac{E+3K}{E}}$
1st Lamé parameter $\lambda =$	$\rho(V_P^2 - 2V_S^2)$	λ	λ	$\frac{\mu(E-2\mu)}{3\mu-E}$	λ	$K - \frac{2\mu}{3}$	$\frac{3K(3K-E)}{9K-E}$
Shear modulus $\mu =$	ρV_S^2	μ	$\frac{E-3\lambda+X}{4}$	μ	$\frac{3(K-\lambda)}{2}$	μ	$\frac{3KE}{9K-E}$
Young's modulus $E =$	$\frac{\rho V_S^2(3V_P^2 - 4V_S^2)}{V_P^2 - V_S^2}$	$\frac{\mu(3\lambda+2\mu)}{\lambda+\mu}$	E	E	$\frac{9K(K-\lambda)}{3K-\lambda}$	$\frac{9K\mu}{3K+\mu}$	E
Bulk modulus $K =$	$\rho(V_P^2 - \frac{4}{3}V_S^2)$	$\lambda + \frac{2\mu}{3}$	$\frac{E+3\lambda+X}{6}$	$\frac{E\mu}{3(3\mu-E)}$	K	K	K
Poisson's ratio $\nu =$	$\frac{V_P^2 - 2V_S^2}{2(V_P^2 - V_S^2)}$	$\frac{\lambda}{2(\lambda+\mu)}$	$\frac{-E-\lambda+X}{4\lambda}$	$\frac{E}{2\mu} - 1$	$\frac{\lambda}{3K-\lambda}$	$\frac{3K-2\mu}{2(3K+\mu)}$	$\frac{3K-E}{6K}$
P-wave modulus $M =$	ρV_P^2	$\lambda + 2\mu$	$\frac{E-\lambda+X}{2}$	$\frac{\mu(4\mu-E)}{3\mu-E}$	$3K - 2\lambda$	$K + \frac{4\mu}{3}$	$\frac{3K(3K+E)}{9K-E}$

لرزه نگاری درون گمانه ای^{۱۲}

اساس روش لرزه نگاری درون گمانه ای بر مبنای برآورد مدل ۱- بعدی سرعت اولیه و ثانویه در راستای قائم با استفاده از زمان رسیدنهای اولیه سیگنال لرزه ای به گیرنده قرار گرفته در عمق های مختلف درون یک گمانه می باشد. در این روش اولین زمان رسیدن سیگنال (ابتدای جبهه موج) به عنوان زمان سیر سیگنال از چشمه لرزه ای به گیرنده در نظر گرفته می شود و فرض می شود که این اولین زمان رسیدن مربوط به موجی است که به طور مستقیم از چشمه به گیرنده رسیده است. علیرغم اینکه در حالت کلی ممکن است که پرتوی (موجی) که برای اولین بار به گیرنده می رسد مسیری مستقیم را طی نکرده باشد، اما این فرض برای محیط های لایه ای فرضی درست است.

سیمایی از عملیات درون گمانه ای در شکل ۸ نمایش داده شده است.



شکل ۸ - سیمایی از عملیات و ابزار تست دانه‌پول

تجهیزات مورد نیاز

جهت انجام یک آزمایش لرزه‌های به روش درون گمانه ای، وسایل و تجهیزات ذیل مورد نیاز می باشد:

- ✓ دستگاه لرزه نگار
- ✓ سوند درون چاهی مجهز به سیستم پکر شامل حداقل سه ژئوفون عمود برهم
- ✓ پتک، الوار و ورق برای تولید امواج تراکمی و برشی
- ✓ ژئوفون به منظور تریگر کردن



شکل ۹ - ابزار تست دانهول

دستگاه لرزه نگاری درون چاهی

دستگاه لرزه نگاری درون چاهی SEISMIC DOWNHOLE جهت داده برداری در عملیات لرزه نگاری درون چاهی با استفاده از تکنولوژی روز دنیا در شرکت مهندسیین مشاور زمین ایمن طراحی و ساخته شده است. از ویژگی های بارز این دستگاه ابعاد کوچک، وزن کم، و در عین حال قابلیت بسیار زیاد در برداشت های درون چاهی می باشد. در فرآیند ساخت، این دستگاه چندین مرحله کنترل کیفیت داده شامل تحلیل فرکانسی داده، تست جبهه موج و تست کیفیت زمانی تریگرینگ و ثبت داده با موفقیت طی شده است و داده ثبت شده با این دستگاه کیفیت و استاندارد بالایی برخوردار هستند. از این دستگاه می توان برای عملیات لرزه نگاری درون گمانه ای، عملیات لرزه نگاری درون

گمانه ای با چشمه دور از محل گمانه و عملیات لرزه نگاری بین گمانه ای استفاده کرد. علاوه بر این تقویت اتوماتیک داده در زمان داده برداری از ویژگی های این دستگاه است. در کنار دستگاه SEISMIC DOWNHOLE از سوند درون چاهی پکر دار، که شامل پک کننده پنوماتیکی و یک مجموعه سنسور و کابل است نیز برای برداشت داده استفاده می گردد. فرکانس گیرنده ها ۲۸ هرتز می باشد که برای اجرای عملیات مهندسی بهینه است. سنسورهای ۲۸ هرتز نسبت به سایر سنسورها از حساسیت بالاتری برخوردار بوده و در شرایط یکسان قابلیت ایجاد سیگنال قویتری را دارا می باشند.



شکل ۱۰ - دستگاه لرزه نگار و سوند مورد استفاده در عملیات

عملیات داده برداری

تست لرزه نگاری درون چاهی بر روی یک حلقه گمانه ژئوتکنیک در محل پروژه به عمق ۳۸ متری از سطح طبیعی زمین صورت پذیرفت. در این تست فواصل داده برداری ۲ متر در نظر گرفته شده است. به منظور انجام تست دانهول پس از حفاری بایستی گمانه بوسیله لوله پولیکا کیسینگ شده و فاصله بین گمانه و لوله توسط ماسه پر شود. به هنگام پر کردن فضای پشت کیسینگ باید توجه داشت که ماسه تمام فضاهای خالی موجود را پر کند. خالی بودن پشت کیسینگ سبب میشود که امواج تولید شده در سطح زمین به خوبی به حسگر منتقل نشود. به منظور تعیین سرعت امواج تراکمی، چشمه لرزه ای موج P (ضربه قائم پتک بر روی ورق فلزی) در فاصله ۱ متری از دهانه گمانه قرار گرفته و گیرنده امواج (سوند درون چاهی) زمان رسید اولین موج را ثبت می کند. برای تعیین سرعت امواج برشی، چشمه لرزه ای موج S (ضربه افقی پتک بر انتهای الوار چوبی) در فاصله یک متری از دهانه گمانه قرار داده شد و گیرنده امواج (سوند درون چاهی) امواج دریافتی را ثبت میکند. پس از ثبت امواج به منظور شناسایی موج S از روش بر هم نهی موج left و right استفاده شده است.

جمع بندی نتایج آزمایش لرزه نگاری درون چاهی

تقسیم بندی نوع زمین با توجه به سرعت متوسط موج برشی تا عمق ۴۰ متری در آیین نامه طرح ساختمان ها در برابر زلزله ایران موسوم به آئین ۲۸۰۰ صورت میگیرد. در جدول ۲ طبقه بندی زمین بر اساس این آیین نامه ارائه شده است.

برای محاسبه سرعت متوسط موج برشی تا عمق ۳۰ متری یعنی $V_{s(30)}$ از رابطه زیر استفاده شده است :

$$V_{s(30)} = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{\sum_{i=1}^n \frac{T_i}{V_{si}}}$$

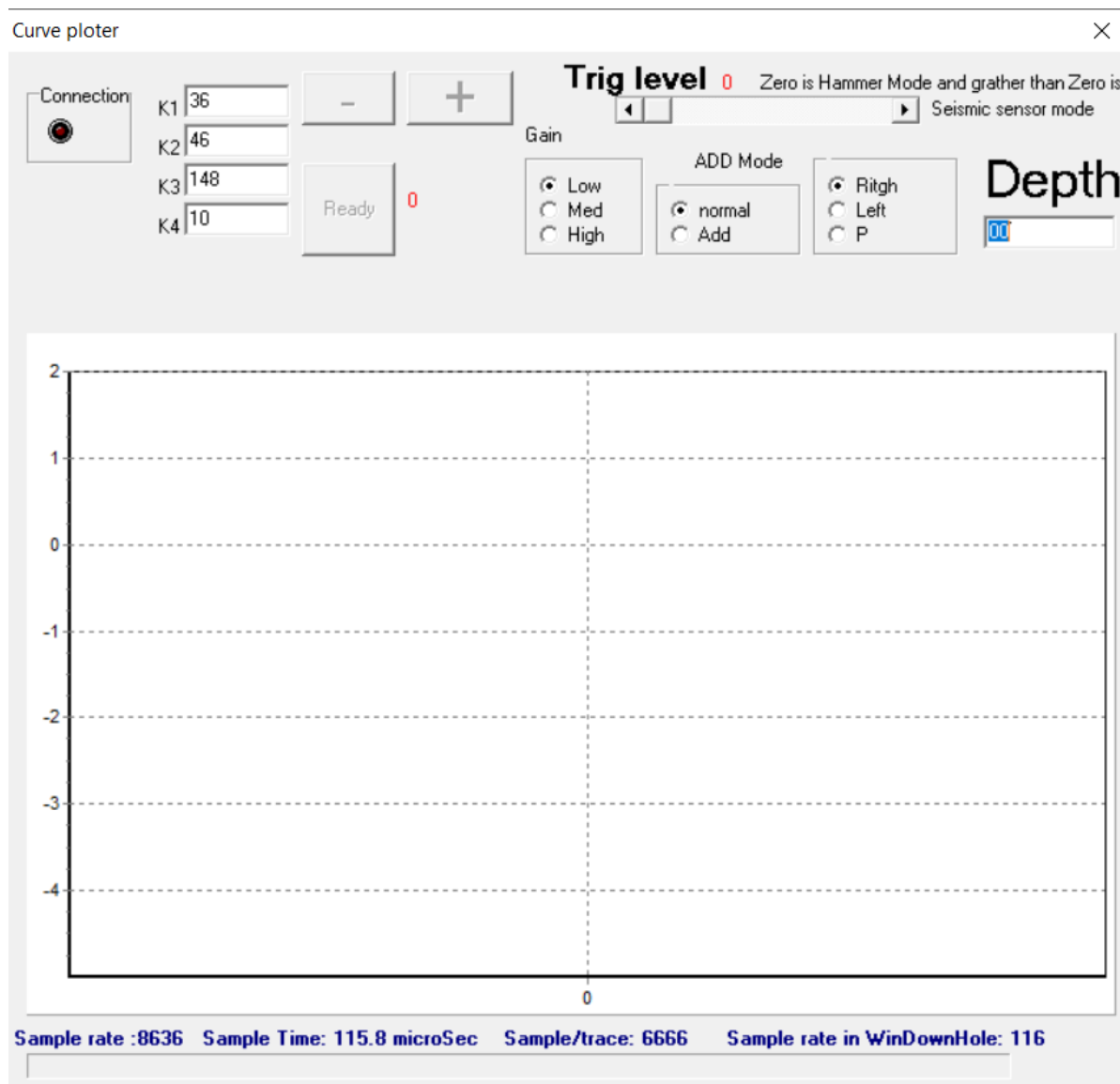
که در آن T_i ضخامت لایه ، V_{si} سرعت امواج برشی لایه i ام و n تعداد لایه می باشد .

جدول ۳ -تقسیم بندی نوع زمین از نظر لرزه ای بر اساس آیین نامه طرح ساختمان ها در برابر زلزله (آئین نامه - ۲۸۰۰ ویرایش چهارم)

نوع زمین	توصیف لایه بندی زمین	پارامترها		
		$C_u(kPa)$	$N_{1(60)}$	$V_s(m/s)$
I	سنگ و شبه سنگ، شامل سنگ های آذرین، دگرگونی و رسوبی و خاک های سیمانته بسیار محکم با حداکثر ۵ متر مصالح ضعیف تر تا سطح زمین	-	-	>750
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 های آذرین و رسوبی سست، مانند توف و یا سنگ متورق و یا کاملاً هوازده	>250	>50	$750-375$
III	خاک متراکم تا متوسط، شامل شن و ماسه متراکم تا متوسط یا رس های سخت با ضخامت بیشتر از ۳۰ متر	$250-70$	$50-15$	$375-175$
IV	خاک متوسط تا نرم، لایه های خاک غیرچسبنده یا با کمی خاک چسبنده با تراکم متوسط تا کم، لایه های خاک کاملاً چسبنده نرم تا محکم	<70	<15	<175

تفسیر و پردازش داده ها

عملیات داده برداری بوسیله نرم افزار 4 CURVE PLOTTER صورت گرفت. این نرم افزار که روی لپ تاپ متصل به دستگاه نصب شده داده ها را ثبت می کند.

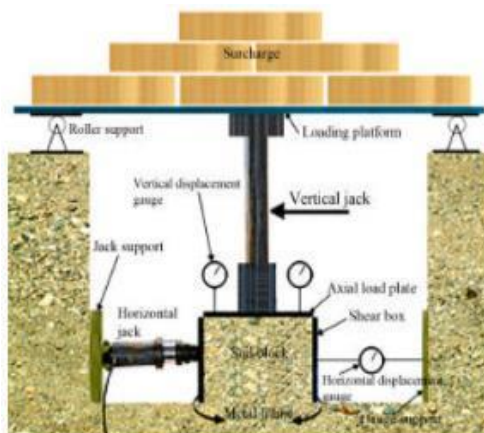


شکل ۱۱ - منوی اصلی نرم افزار

گمانه مورد نظر تا عمق ۳۸ متر از سطح طبیعی زمین حفاری شده است. در این گمانه برداشت داده با فواصل ۲ متر صورت گرفته است. پس از پایان عملیات صحرایی، داده ها با استفاده از نرم افزار WIN-DOWHOLE مورد پردازش قرار گرفت. در ابتدا شکل موج های مربوط به ضربات قائم چکش (موج تراکمی) جمع شده و پس از آن زمان رسیدن مربوط به هر عمق قرائت گردید و پس از آن شکل موج های مربوط به ضربات افقی چپ و راست جمع شده و به منظور قرائت زمان رسیدن مربوط به موج برشی از برهم نهی این دو دسته موج استفاده شد. میانگین سرعت موج برشی در ۳۸ متر از سطح طبیعی با فرض برداشت ۸ متر از خاک گودبرداری برابر ۴۹۳,۳ متر بر ثانیه می باشد (جدول ۵ پیوست). در این گمانه نسبت پواسون بین ۰/۱۰ تا ۰/۴۹ متغیر میباشد (جدول ۴ پیوست) بر اساس آیین نامه ۲۸۰۰ ساختمان تپ خاک در این گمانه ۲ (II) بدست آمده است. بر اساس نتایج به دست آمده چند لایه فیزیکی بر اساس تغییرات سرعت امواج لرزه ای قابل تفکیک است. مدول الاستیک یانگ (E) و نسبت پواسون لایه های مختلف برای گمانه BH-1 محاسبه و در جدول ۴ پیوست آمده است.

۳-۵- آزمایش برش برجا

انجام این آزمایش به منظور تعیین پارامترهای مقاومت خاک یعنی چسبندگی (برحسب کیلونیوتون بر متر مربع) و زاویه اصطکاک داخلی از نمونه طبیعی خاک می باشد. به این علت که برش در نمونه خاک روی صفحه ای در امتداد نیروی برشی صورت می گیرد، از این رو به نام آزمایش برشی مستقیم نامیده می شود. همچنین کمیت های به دست آمده از آزمایش مستقیماً نشان دهنده خط کولومب می باشد. برای انجام این آزمایش در محل مورد نظر لازم است در ابتدا بخشی از خاک بصورت یک نمونه با مقطع افقی مربعی، شکل داده شود تا نمونه ای مشابه آنچه که در آزمایش برش مستقیم آزمایشگاهی اتفاق می افتد در اینجا نیز در محل مورد آزمایش ساخته شود. به منظور شکل دادن این نمونه باید با مراقبت و دقت، اطراف آن بخش به آرامی برداشته شود و سپس اطراف نمونه ایجاد شده قالب فلزی نگهدارنده نمونه قرارداده شود. سپس بارگذاری قائم و برشی بر نمونه به وسیله جک های قائم و افقی خواهد بود. نتیجه این آزمایش تعیین مقاومت برشی خاک خواهد بود. در پیوست گزارش نتایج مربوط به آزمایش برش برجا ارائه شده است.



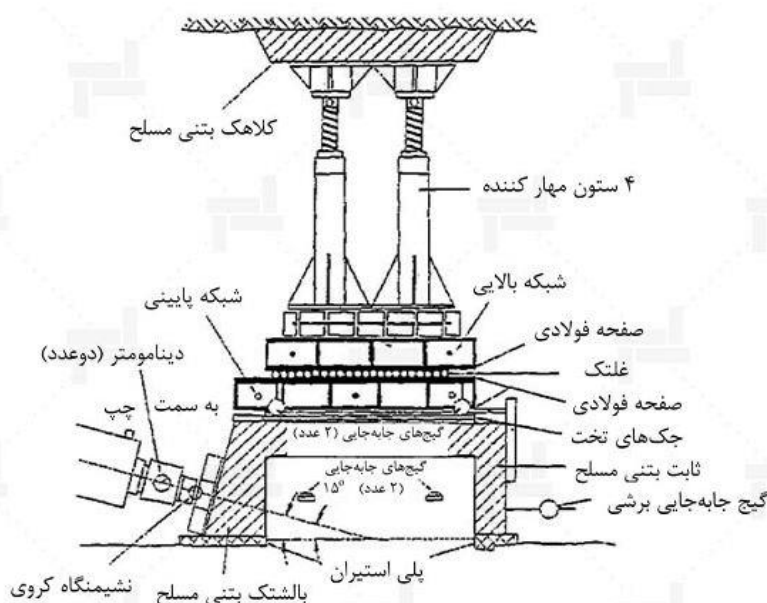
۴-۵- آزمایش بارگذاری صفحه (Plate Load)

هدف از این آزمایش، کمک به تعیین پارامترهای مهمی مانند مدول یانگ، ضریب عکس العمل بستر و مقاومت مجاز مصالح آزمایش شده و در نهایت تعیین مقاومت زمین هنگام ساخت پی است. آزمایش بارگذاری، عبارت است از: قراردادن یک صفحه صلب (اغلب فولادی) روی خاک و اعمال فشار بر آن، همراه با اندازه گیری میزان فرورفتن صفحه در خاک، به ازای مقدار فشاری که وارد می شود.

به طور معمول، از صفحه های گرد به قطرهای ۳۰، ۴۵ و ۶۰ سانتی متر (به ترتیب ۱، ۵/۱ و ۲ فوت) استفاده می شود. استفاده از صفحه های بزرگ تر (حتی به اندازه پی اصلی) نیز رایج و مرسوم است. اغلب، هرچه اندازه دانه های خاک درشت تر باشد (خاک همگن نباشد)، استفاده از صفحه های بزرگ تر بهتر است و ترجیح داده می شود که قطر صفحه، از ۱۰ برابر اندازه بزرگ ترین دانه خاک بزرگ تر باشد. صفحه می تواند در سطح زمین، در عمق بر روی کف و یا روی دیوارها و سقف قرار گیرد.

با توجه به اینکه ابعاد صفحه آزمایش بارگذاری، اغلب نسبت به ابعاد پی اصلی کوچک بوده و عمق نفوذ تنش نسبت به شرایط پی اصلی، کوچک تر است، در صورت وجود لایه بندی یا تفاوت مشخصات ژئوتکنیکی در محدوده تأثیر پی، باید از تعمیم نتایج آزمایش برای پی خودداری شود. بدیهی است که نتیجه های به دست آمده از آزمایش در راستای بار وارده، دارای اعتبار است و بویژه در خاکهای ناهمگن و ناهمسان، در تعمیم نتایج باید به این نکته توجه کرد.

با توجه به این که ابعاد صفحه آزمایش بارگذاری، اغلب نسبت به ابعاد پی اصلی کوچک بوده و عمق نفوذ تنش نسبت به شرایط پی اصلی، کوچک تر است، در صورت وجود لایه بندی یا تفاوت های اساسی در مشخصات ژئوتکنیکی در محدوده تأثیر پی سازه، باید از تعمیم نتایج آزمایش برای پی خودداری نمود. در ضمن توجه به این نکته ضروری است که نتایج به دست آمده از آزمایش بارگذاری صفحه، در راستای بار وارده دارای اعتبار بوده و به ویژه در خاکهای ناهمگن و ناهمسان^۴ باید در تعمیم نتایج به این نکته توجه نمود. در پیوست گزارش نتایج مربوط به آزمایش بارگذاری صفحه ارائه شده است.



⁴ Nonisotropic

۶- آزمون‌های آزمایشگاهی**۶-۱- استاندارد های مورد استفاده**

کلیه آزمایش‌های انجام شده مطابق با استاندارد های ASTM به شرح جدول شماره ۴ انجام گرفته است.

جدول شماره ۴ - استاندارد های برخی از آزمایش‌های مکانیک خاک (طبق مبحث ۷ - ویرایش چهارم ۱۴۰۰)		
نام آزمایش	شماره استاندارد ASTM	نوع نمونه
نفوذپذیری خاک دانه‌ای	D 2434-68 (2000)	دست خورده
درصد رطوبت	D 2216-98	دست خورده
دانه‌بندی و هیدرومتري	D 421-85(02), D 422-63(02)	دست خورده
اتربرگ	D 4318-00	دست خورده
وزن مخصوص دانه‌های خاک (Gs)	D 854-02	دست خورده
طبقه بندی خاک ASTM	D 2487-00	دست خورده
تک محوری خاک	D 2166-00	دست خورده
سه محوری UU	D 2850-03a	دست خورده
سه محوری CU	D 4767-04	دست خورده
برش مستقیم	D 3080-04	دست خورده
تحکیم	D 2435-04	دست خورده
تراکم آزمایشگاهی استاندارد	D 6980-00a	دست خورده

۶-۲- آزمایش‌های دانه بندی، هیدرومتري و تعیین حدود اتربرگ

نتایج آزمایش‌های دانه‌بندی و هیدرومتري که طی نمودارهای مربوطه در پیوست آمده نشان می‌دهد در گمانه‌های حفاری شده BH1 ، عمق ۸-۱ ، ۱۶-۱۲ ، ۲۳-۲۶ و ۲۸-۳۸ و در گمانه BH2 ، عمق ۸-۳ ، ۲۰-۱۴ و ۳۸-۲۴ و در گمانه BH3 عمق ۲-۱ ، ۸-۴ و ۱۲-۳۰ رسوبات ریزدانه رسی بوده و دارای حد روانی به ترتیب ۴۱ - ۱۲ و ۴۶-۲۷ و ۳۳-۲۴ درصد و میانگین شاخص خمیری نمونه‌ها به ترتیب ۱۸ - ۶ و ۲۳-۱۳ و ۱۸-۱۲ درصد می‌باشد و در بقیه اعماق خاک بصورت شن و ماسه سیلتی می‌باشد که نمونه‌ها فاقد حد روانی و شاخص خمیری می‌باشند.

۶-۳- آزمایش‌های تعیین درصد رطوبت و دانسیته طبیعی

با استفاده از نتایج به دست آمده از آزمایشات درصد رطوبت و دانسیته طبیعی مطابق با جدول شماره ۵ -الف میانگین پارامترهای فوق ارائه می‌گردد. همچنین جدول ۵-ب بیانگر مقادیر دانسیته طبیعی و SPT در دو گمانه چاه دستی می‌باشد.

جدول شماره ۵ - الف - بررسی آماری خصوصیات فیزیکی خاک

شماره گمانه	عمق نمونه (m)	رطوبت (%)	دانشیه طبیعی (gr/cm^3)
BH1	1.0 - 4.0	13.47	1.80
	4.0 - 6.0	16.60	1.74
	6.0 - 8.0	7.78	1.88
	8.0 - 12.0	7.97	1.89
	12.0 - 16.0	16.61	1.81
	16.0 - 20.0	6.95	1.87
	20.0 - 22.7	12.60	1.90
	22.7 - 23.5	5.29	1.96
	23.5 - 26.0	6.78	1.92
	26.0 - 28.0	5.93	1.89
	28.0 - 32.0	17.38	1.82
	32.0 - 34.0	17.61	1.88
	34.0 - 38.0	18.34	1.83
BH2	1.0 - 3.0	9.54	1.80
	3.0 - 4.0	10.46	1.90
	4.0 - 8.0	16.94	1.79
	8.0 - 11.0	9.14	1.86
	11.0 - 14.0	8.94	1.90
	14.0 - 17.0	16.75	1.77
	17.0 - 20.0	15.35	1.85
	20.0 - 24.0	5.82	1.71
	24.0 - 28.0	17.79	1.79
	28.0 - 30.0	16.70	1.86
	30.0 - 34.0	16.07	1.81
	34.0 - 38.0	17.30	1.88
BH3	1.0 - 2.0	12.78	1.75
	2.0 - 4.0	8.25	1.71
	4.0 - 6.0	15.44	1.74
	6.0 - 8.0	10.02	1.85
	8.0 - 12.0	9.74	1.74
	12.0 - 16.0	16.47	1.81
	16.0 - 20.0	9.26	1.90
	20.0 - 24.0	13.27	1.81
	24.0 - 28.0	11.78	1.96
	28.0 - 30.0	18.09	1.77

جدول شماره ۵ - ب - بررسی آماری خصوصیات فیزیکی خاک

SPT	Density	Depth	TP No.
15	1.76	1.0-4.0	TP-1
18	1.75	4.0-6.0	
20	1.81	6.0-8.0	
16	1.77	1.0-2.0	TP-2
33	1.83	2.0-4.0	
19	1.76	4.0-6.0	
22	1.79	6.0-8.0	

۴-۶- آزمایش های برش مستقیم

مقاومت برشی خاک، مقاومت داخلی در واحد سطح آن است که خاک در مقابل گسیختگی و لغزش در امتداد یک صفحه از خود نشان می دهد. مقاومت برشی عمده ترین عامل در تعیین رفتار خاک در مسائل پایداری از قبیل باربری و پایداری شیب ها و فشار افقی موثر بر روی سازه های نگهدارنده (دیوار حائل) خاک می باشد. از نتیجه آزمایش می توان برای بررسی رفتار خاک در کوتاه مدت (تند با رطوبت طبیعی) و دراز مدت (کند غرقاب) استفاده نمود. برای تعیین پارامترهای مقاومت برشی، تعداد ده آزمایش به روش کند بر روی نمونه دست خورده شده انجام گرفت که نمودار مربوطه در پیوست آمده و نتایج حاصله در جدول ۶ درج شده است.

جدول شماره ۶ - بررسی آماری پارامترهای برشی خاک			
شماره گمانه	عمق نمونه (m)	چسبندگی C (Kg/cm ²)	زاویه اصطکاک داخلی Φ (degree)
BH1	4.0	0.24	19(Slow)
	6.0	0.26	16(Slow)
	8.0	0.25	19(Slow)
	12.0	0.07	29(Slow)
BH2	3.0	0.09	26(Slow)
	4.0	0.26	17(Slow)
	8.0	0.22	16(Slow)
	11.0	0.08	28(Slow)
BH3	2.0	0.25	17(Slow)
	4.0	0.08	25(Slow)
	6.0	0.23	19(Slow)
	8.0	0.24	17(Slow)
	12.0	0.10	27(Slow)

۵-۶- تحکیم پذیری خاک

نشست خاک های چسبنده ریزدانه اشباع وابسته به زمان است و معمولاً از نظریه تحکیم برای آن استفاده می شود. تحکیم عبارت است از کاهش تدریجی حجم یک خاک اشباع با نفوذ پذیری کم در اثر زهکشی بخشی از آب حفره ای آن. با توجه به وجود آب زیرزمینی در عمق پائین تر از ۲۵ متر از سطح زمین و عمق فونداسیون (حدود ۸،۰ متر)، در نتیجه این خاک دارای درجه اشباع نسبتاً پائین می باشد. نمودارهای مربوط به آزمون تحکیم در پیوست آمده است.

۶-۶- آزمایش‌های شیمیایی

به علت نفوذ یون سولفات موجود در آب یا خاک مجاور بتن، مواد منبسط شونده در بتن ایجاد می‌شوند که با گذشت زمان باعث فروپاشی سطح بتن شده و خرابی به مرور زمان به صورت پیش‌رونده به داخل بتن گسترش می‌یابد. به همین دلیل یون سولفات موجود در آب یا خاک باید بررسی شود. اگر بنا به دلایلی لایه محافظ خوردگی بتن در روی میلگردهای مدفون در آن از بین روند با حضور اکسیژن و آب، خوردگی در فولاد به صورت پیش‌رونده ادامه یافته و با افزایش حجم محصولات زنگ‌آهن در اطراف میلگردها، تنش داخلی در بتن موجب ترک خوردن و ورامدن آن می‌شود. علل آغاز خوردگی نفوذ یون کلرید و یا گاز دی‌اکسید کربن به داخل بتن است. جهت تعیین خصوصیات شیمیایی خاک، آزمایشات ذیل انجام گرفته که نتایج حاصله مطابق جدول ۷ می‌باشد.

جدول شماره ۷ - مقادیر نتایج شیمیایی خاک				
شماره گمانه	عمق نمونه (m)	CL% کلر	SO ₄ % (سولفات)	PH
BH1	1.0 – 4.0	0.06	0.08	8.08
	4.0– 6.0	0.05	0.06	8.06
	6.0– 8.0	0.09	0.09	8.07
	8.0 - 12.0	0.06	0.07	8.05
BH2	1.0 – 3.0	0.07	0.07	8.04
	3.0– 4.0	0.08	0.06	8.05
	4.0– 8.0	0.05	0.09	8.09
	8.0 - 11.0	0.09	0.07	8.07
BH3	1.0– 2.0	0.07	0.08	8.08
	2.0– 4.0	0.06	0.07	8.06
	4.0– 6.0	0.05	0.08	8.05
	6.0 – 8.0	0.09	0.06	8.06
	8.0 - 12.0	0.05	0.08	8.05

۷- وضعیت آب زیر زمینی

سطح آب زیر زمینی در محل پروژه در حین انجام مطالعات پائین تر از ۳۸ متری سطح زمین بوده است.

۸- مشخصات فنی خاک**۸-۱- خصوصیات فیزیکی خاک**

از جمله پارامترهای فیزیکی خاک که میزان تراکم خاک را تعیین می کند دانسیته نسبی خاک (D_r) و تراکم نسبی خاک (R) می باشد که توسط روابط زیر تعیین می شود.

$$D_r = \left[\frac{\gamma_d - \gamma_{d(min)}}{\gamma_{d(max)} - \gamma_{d(min)}} \right] \times \left[\frac{\gamma_{d(max)}}{\gamma_d} \right]$$

$$R = \frac{\gamma_d}{\gamma_{d(max)}} \times 100$$

در روابط فوق

γ_d = میزان دانسیته خشک خاک،

$\gamma_{d(max)}$ = میزان دانسیته خشک حداکثر خاک

$\gamma_{d(min)}$ = میزان دانسیته خشک حداقل خاک

با استفاده از میزان تراکم نسبی خاک (R) می توان تنها با تعیین $\gamma_{d(max)}$ از طریق آزمایش تراکم و γ_d به وسیله آزمایش دانسیته در محل و رابطه زیر که توسط لی و سینگ (۱۹۷۱) ارائه شده است میزان دانسیته نسبی خاک را بدست آورد.

$$D_r = (R-80)/0.2$$

در جدول ۸ میزان تراکم خاک بر اساس حدود دانسیته نسبی (D_r) طبقه بندی شده است.

جدول شماره ۸ - طبقه بندی خاک بر اساس حدود دانسیته نسبی				
محدوده دانسیته نسبی (D_r %)	۲۵-۰	۷۰-۳۵	۸۵-۷۰	۱۰۰-۸۵
میزان تراکم خاک	شل (Loose)	متوسط (Medium)	متراکم (Dense)	بسیار متراکم (Very Dense)

پارامتر موثر دیگر در تعیین میزان تراکم خاک عدد حاصل از انجام آزمایش SPT می باشد. در جداول طبقه بندی خاک بر اساس عدد SPT در خاک های ریزدانه سیلت و رس و خاک های ماسه ای و شنی ارائه می گردد.

۸-۲- تعیین مدول الاستیسیته خاک

پارامترهای سختی خاک برای قشرهای موجود در محل از طریق آزمایش‌های صحرایی و آزمایشگاهی قابل اندازه‌گیری می‌باشد. یکی از بهترین راه‌ها برای تعیین پارامترهای سختی خاک استفاده از روابط تجربی بین نتایج آزمایش SPT و پارامترهای سختی از جمله مدول عکس‌العمل بستر و مدول الاستیسیته می‌باشد. روابط زیادی در کتب مکانیک خاک توسط محققین مختلف در این خصوص ارائه شده است که در جدول زیر به تعدادی از آن‌ها اشاره می‌شود.

جدول شماره ۹ - ارتباط اعداد نفوذ استاندارد با مدول الاستیسیته	
Type of soils	E_s (Kpa)
Sands (normally consolidated)	$500(N+15)$
	$7000\sqrt{N}$
	$6000N$
Sand, all (norm, consol)	2600 to 2900 (N)
Sand (over consolidated)	$40000 + 1050N$
Gravelly sand	$1200(N+6)$
	$600(N+6) + 2000 N>15$
Gravelly sand	$320(N+15)$
Silt, sandy Silt, or clayey silt	$300(N+6)$

جدول شماره ۱۰ - مقادیر تقریبی مدول الاستیسیته و نسبت پواسون برای خاک‌های مختلف		
Soil Type	E_s	ν
Loos Sand	10350 – 24150	0.20 – 0.40
Medium dense Sand	17250 - 27600	0.25 – 0.40
Dense Sand	34500 – 55200	0.30 – 0.45
Silty Sand	10350 – 17250	0.20 - 0.40
Sand & Gravel	69000 – 17250	0.15- 0.35
Soft Clay	2070 - 5180	0.20 – 0.50
Medium Clay	5180 - 10350	
Stiff Clay	10350 - 24150	

۸-۳- تعیین ضریب نفوذپذیری خاک

در جدول حدود ضریب نفوذپذیری برای خاک‌های مختلف ارائه شده است. با توجه به این‌که خاک ساختگاه در اطراف فونداسیون از جنس ریز دانه می‌باشد میزان ضریب نفوذپذیری خاک کمتر از 10^{-7} سانتیمتر بر ثانیه است.

جدول شماره ۱۱ - جدول تعیین ضریب نفوذپذیری خاک‌های مختلف	
Soil Type	K(cm/sec)
Medium to coarse gravel	$>10^{-1}$
Coarse to fine sand	$10^{-3} - 10^{-1}$
Fine sand, silty sand	$10^{-5} - 10^{-3}$
Silt, clayey slit, silty clay	$10^{-4} - 10^{-6}$
Clays	$<10^{-7}$

با توجه به نتایج آزمایشات خاک، مشخصات فنی خاک منطقه مطابق جدول ۱۲-الف و ۱۲-ب در نظر گرفته شده است.

جدول شماره ۱۲ - الف - مشخصات فنی خاک گمانه اول		
ناحیه	ناحیه ۱	ناحیه ۲
مدول الاستیسیته (Es)	21000 (KN/m ²)	28000 (KN/m ²)
دانسیته طبیعی (DEN)	18.4 (KN/m ³)	19.0 (KN/m ³)
عدد نفوذ استاندارد (N)	15<N<30	N>40
حد روانی (LL)	29	NLL
ضریب خمیری (PI)	14	NPI
چسبندگی زهکشی شده (C)	27 (KPa)	9 (KPa)
زاویه اصطکاک زهکشی شده (φ)	18°	29°
نسبت پواسون (μ)	0.36	0.34
درصد رطوبت (W)	14 %	8 %
وزن مخصوص (Gs)	2.67	2.64

جدول شماره ۱۲ - الف - مشخصات فنی خاک گمانه دوم		
ناحیه ۲	ناحیه ۱	ناحیه
27000 (KN/m ²)	20000 (KN/m ²)	مدول الاستیسیته (Es)
18.2 (KN/m ³)	18.3 (KN/m ³)	دانسیته طبیعی (DEN)
N>40	15<N<30	عدد نفوذ استاندارد (N)
NLL	33	حد روانی (LL)
NPI	17	ضریب خمیری (PI)
10 (KPa)	24 (KPa)	چسبندگی زهکشی شده (C)
27°	19°	زاویه اصطکاک زهکشی شده (φ)
0.35	0.38	نسبت پواسون (μ)
8 %	16 %	درصد رطوبت (W)
2.66	2.68	وزن مخصوص (Gs)

جدول شماره ۱۲ - الف - مشخصات فنی خاک گمانه سوم		
ناحیه ۲	ناحیه ۱	ناحیه
27000 (KN/m ²)	21000 (KN/m ²)	مدول الاستیسیته (Es)
17.3 (KN/m ³)	18.2 (KN/m ³)	دانسیته طبیعی (DEN)
N>40	15<N<30	عدد نفوذ استاندارد (N)
NLL	28	حد روانی (LL)
NPI	15	ضریب خمیری (PI)
9 (KPa)	28 (KPa)	چسبندگی زهکشی شده (C)
26°	17°	زاویه اصطکاک زهکشی شده (φ)
0.35	0.37	نسبت پواسون (μ)
9 %	13 %	درصد رطوبت (W)
2.65	2.68	وزن مخصوص (Gs)

با توجه به نوع خاک کمیت های زیر برای پارامترهای الاستیک خاک اختیار می گردد:

$$E_s = 21000 \text{ KN/m}^2, \quad \mu_s = 0.37$$

۹- تعیین ظرفیت باربری مجاز پی های سطحی بر اساس معیار گسیختگی برشی

حداکثر تنش را که یک پی می تواند به خاک اعمال کند تا گسیختگی برشی در خاک زیر پی ایجاد نشود ظرفیت باربری نهایی خاک بر اساس معیار گسیختگی برشی می نامند که به پارامترهای متعددی مانند مقاومت برشی زمین، سطح آب زیرزمینی، شیب زمین، نوع بار (قائم یا مایل)، خروج از مرکزیت بار، ابعاد پی، عمق مدفون پی و ... بستگی دارد.

در این قسمت به بررسی وضعیت باربری محل پروژه پرداخته می شود. با فرض شرایط مختلف و معقول برای پی نظیر ابعاد، عمق گیرداری و غیره محاسبات و کنترل های لازم برای پی های سطحی انجام خواهد شد.

بدیهی است که پارامترهای مقاومتی خاک با استفاده از نتایج آزمایش های صحرایی و آزمایشگاهی تعیین گردیده و در هر مورد در روابط لازم از آن ها استفاده می شود. بطور کلی یک پی سطحی در صورتی قابل قبول است که شرایط زیر در آن تامین گردد:

۱ - تحت بارهای وارده، گسیختگی برشی (Failure Shear) در زمین ایجاد نگردد.

۲ - نشست های کلی و ناهمگن از مقادیر مجاز، تجاوز ننماید.

باتوجه به دو شرط فوق، مقدار ظرفیت باربری نهایی محل پروژه برای انواع پی های سطحی در این بخش از رابطه زیر برآورد شده و در بخش بعدی مقادیر نشست ها کنترل خواهد شد.

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

که در آن:

C = ضریب چسبندگی خاک

q = تنش موثر قائم در تراز سطح زیرین شالوده

γ = وزن مخصوص خاک

B = عرض شالوده

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

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

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

N_c, N_q, N_{γ} = ضرایب ظرفیت باربری

$$F_{cs} = 1 + \frac{B}{L} \cdot \frac{N_q}{N_c}$$

$$F_{qs} = 1 + \frac{B}{L} \cdot \tan \phi$$

$$F_{\gamma s} = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$$

$$F_{cd} = 1 - 0.4 \frac{D_f}{B}$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \frac{D_f}{B}$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

$$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{\beta}{90}\right)^2 = 1$$

$$F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\beta}{\phi}\right)^2 = 1$$

در روابط فوق ϕ زاویه اصطکاک داخلی و β زاویه انحراف بار از وضعیت قائم می باشد. در محاسبه ظرفیت باربری مجاز، ضریب اطمینان برابر ۳ در نظر گرفته می شود. روابط مربوط برای محاسبه پارامترهای رابطه ظرفیت باربری در مراجع توسط محققین مختلف (Meyerhof, Hansen و Vesic) ارائه شده است. عمق تقریبی گوه گسیختگی برشی نیز بصورت زیر محاسبه می شود:

$$H = 0.5B \cdot \tan\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right)$$

ظرفیت باربری مجاز پی، از تقسیم ظرفیت باربری نهایی پی بر ضریب اطمینان بصورت ذیل می باشد:

$$q_{all} = \frac{q_{ult}}{FS}$$

بار قائم مجاز وارده به پی با تعیین سطح پی بصورت رابطه زیر محاسبه می شود:

$$A = B \cdot L, \quad P_{all} = q_{all} \cdot A$$

رابطه ظرفیت باربری ارائه شده در بالا، برای حالتی است که خاک زیر پی در محدوده گوه گسیختگی تک لایه، بار وارده به پی بدون خروج از مرکزیت و سطح آب زیرزمینی پایین تر از محدوده گوه گسیختگی است. در صورتی که هر یک از موارد مذکور تغییر کند نیاز به تصحیحاتی در رابطه ظرفیت باربری می باشد که در ادامه بصورت اجمالی به آن اشاره می شود.

۹-۱- خاک چند لایه

در صورتی که خاک زیر پی در محدوده عمق گوه گسیختگی، دارای چند لایه با ضخامت های مختلف H_i باشد، پارامترهای مقاومت برشی (C, ϕ) و وزن مخصوص (γ) خاک، بصورت زیر تصحیح می شوند:

$$\gamma_{av} = \frac{\sum \gamma_i \cdot H_i}{\sum H_i}$$

$$C_{av} = \frac{\sum C_i \cdot H_i}{\sum H_i}$$

$$\tan(\phi_{av}) = \frac{\sum \tan(\phi_i) \cdot H_i}{\sum H_i}$$

۹-۲- سطح آب زیر زمینی

در صورتی که تراز آب زیرزمینی، در محدوده عمق گویه گسیختگی (H) باشد؛ وزن مخصوص مرطوب خاک γ_m بکار رفته در رابطه ظرفیت باربری و تنش موثر قائم (q) به ترتیب بصورت γ_1 و γ_2 تصحیح می شوند:

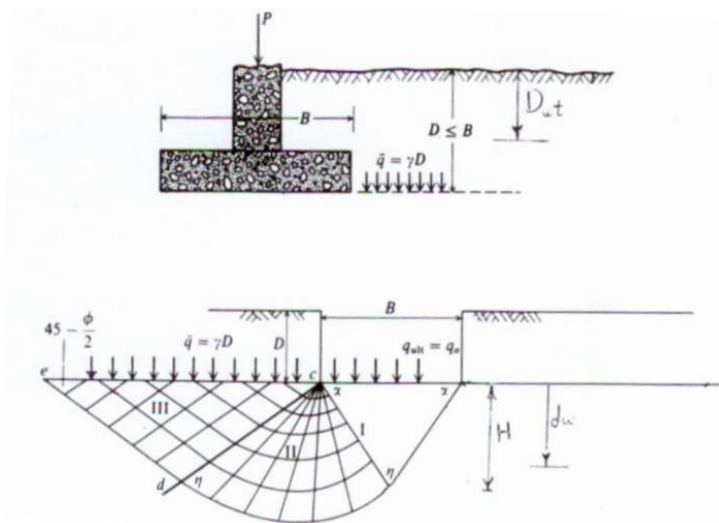
$$\text{اگر } 0 \leq d_w \leq D_f$$

$$\gamma_1 = \gamma, \quad \gamma_2 = \frac{(D_f - d_w) \cdot \gamma + d_w \cdot \gamma_m}{D_f}$$

$$\text{و اگر } D_f < d_w \leq H$$

$$\gamma_1 = \frac{(H - d_w) \cdot \gamma + (d_w - D_f) \cdot \gamma_m}{D_f}, \quad \gamma_2 = \gamma_m$$

که در آن D_f عمق دفن پی، d_w عمق تراز آب زیرزمینی از سطح زمین و γ وزن مخصوص غوطه‌وری خاک می باشد.



شکل ۷- وجود آب در زیر فونداسیون

۹-۳- خروج از مرکزیت بار

ظرفیت باربری نهایی خاک در اثر خروج از مرکزیت بار، در رابطه Meyerhof با استفاده از ضریب کاهش R_e ، بصورت زیر تصحیح می شود.

$$q_e = q_{ult} \cdot R_e$$

$$\text{برای خاک چسبنده } R_e = 1 - 2 \frac{e}{B}, \quad 0 \leq \frac{e}{B} \leq 0.3 \quad \text{و برای خاک غیرچسبنده در حالت } R_e = 1 - \sqrt{\frac{e}{B}} \quad \text{است.}$$

ظرفیت باربری نهایی خاک در اثر خروج از مرکزیت بار، در روابط Hansen و Vesic با جایگزینی عرض و طول موثر پی (\bar{L}, \bar{B}) به جای B و L در تمامی روابط مربوط به رابطه ظرفیت باربری (به جز ضرایب عمق) محاسبه می شود. همچنین عرض و طول موثر پی بصورت زیر می باشد:

$$\bar{B} = B - 2e_x ; \quad e_x = \frac{M_x}{P}$$

$$\bar{L} = L - 2e_y ; \quad e_y = \frac{M_y}{P}$$

که در آن P بار قائم کل، M_x و M_y لنگرهای وارده به پی در جهت x و y و e_x خروج از مرکزیت بار قائم در جهت x و y می باشند.

بار مجاز وارده به پی در این حالت با تعیین سطح موثر پی بصورت زیر محاسبه می شود:

$$A_f = \bar{B} \cdot \bar{L} ; \quad P_a = q_a \cdot \bar{B} \cdot \bar{L}$$

۱۰- تعیین ظرفیت باربری مجاز پی های سطحی بر اساس معیار تغییر شکل

حداکثر تنش را که یک پی می تواند به خاک اعمال کند تا تغییر شکل های بیشتر از مقدار مجاز در زیر پی رخ ندهد، ظرفیت باربری مجاز خاک بر اساس معیار تغییر شکل می نامند. بر اثر بارهای وارده به یک پی، تغییر شکل هایی بصورت نشست و دوران در پی بوجود می آید که ممکن است در سازه اثر نامطلوب و حتی گسیختگی ایجاد نماید.

۱۱- نشست مجاز فونداسیون

بطور کلی نشست فونداسیون ها ناشی از موارد ذیل و یا ترکیبی از آن ها می باشد.

الف) نشست یکنواخت

ب) کج شدگی و یا اعوجاج

ج) نشست ناهمسان

اغلب خساری ناشی از نشست یکنواخت به سیستم آبرسانی و فاضلاب و ساختمان های متصل است، حال آن که کج شدگی و نشست ناهمسان ممکن است منجر به خسارات جبران ناپذیر بویژه در ساختمان های بلند شود. کج شدگی ایجاد خمش در اعضا نموده و باعث ایجاد ترک در ساختمان می گردد و به دلیل آن، خواص مصالح ساختمان، بارگذاری متفاوت و یا ناهمسانی نوع لایه بندی خاک در نقاط مختلف می باشد.

نشست کلی مجاز δ_a حداکثر نشست قابل قبول برای شالوده به علت بارگذاری می باشد و نشست نسبی مجاز δ_{Da} حداکثر اختلاف

نشست بین دو شالوده مجاور هم و یا دو نقطه از یک شالوده است. مقادیر δ_{Da} و δ_a معمولاً توسط مهندس طراح سازه انتخاب می‌شود و بستگی به عوامل مختلفی دارد از جمله نوع سازه، حساسیت تاسیسات در نظر گرفته شده در سازه، نوع مصالح سازه و غیره...

مقدار δ_{Da} از حداکثر کمی زاویه مجاز θ_a قابل محاسبه است:

$$\delta_{Da} = \theta_a \times S$$

S = فاصله ستون ها (پایه ها) یا نقاط مورد نظر شالوده

۱۱-۱- میزان نشست پی های سطحی:

نشست پی های سطحی بر دو نوع می باشد: نشست آبی (الاستیک) و نشست تحکیمی. نشست آبی پی های سطحی بلافاصله بعد از بارگذاری به دلیل تغییر شکل الاستیک توده خاک رخ می دهد. نشست آبی یک پی انعطاف پذیر مستطیلی واقع بر نیم فضای الاستیک را می توان با استفاده از روابط الاستیسیته محاسبه کرد. نشست تحکیم پی های سطحی، تابع زمان می باشد که به دلیل خروج آب از میان حفرات خاک می باشد و در خاک های چسبنده ریزدانه اشباع رخ می دهد.

با توجه به آن که خاک منطقه ریزدانه غیر اشباع و درشت دانه می باشد نشست خاک صرفاً شامل نشست الاستیک بوده و چون میزان نشست کنترل کننده مقاومت مجاز می باشد با محدود کردن میزان نشست پی در حد مجاز $2/5$ سانتی متر برای پی های نواری و منفرد و 5 سانتی متر برای پی های گسترده مقادیر مقاومت مجاز بصورت نمودارهای شماره ۱ و ۲ خواهد شد.

$$S = \frac{qB(1-\mu^2)}{E_s} m \left(I_1 + \frac{1-2\mu}{1-\mu} I_2 \right) I_F$$

که در اینجا:

q = شدت فشار تماسی

B = حداقل بعد پی

I_F, I_2, I_1 = ضرایب تاثیر (پیوست شماره ۵)

E_s, μ = پارامترهای الاستیک خاک

m = تعداد گوشه های موثر در نشست پی

رابطه مذکور جهت محاسبه نشست پی های انعطاف پذیر می باشد در صورتیکه پی ها حالتی مابین صلب و انعطاف پذیر دارند. در صورتی که پی صلب باشد نشست یکنواخت می گردد اما ممکن است دوران بوجود آید و در این حالت برای محاسبه نشست می توان ضریب تاثیر I_s را 7 درصد کاهش داد. صلب یا انعطاف پذیر بودن پی ها را می توان از رابطه زیر تعیین کرد:

$$K = \frac{E_c}{12E_s} \left(\frac{d}{L} \right)^3$$

که در آن K ضریب سختی پی، L طول پی در جهتی که سختی آن تعیین می شود، d ضخامت پی، E_C مدول الاستیسیته بتن و E_S مدول الاستیسیته خاک می باشد. وقتی مقدار K بزرگتر از 0.5 باشد پی صلب و در غیر این صورت پی انعطاف پذیر می باشد.

۱۱-۲- دوران (چرخش) پی

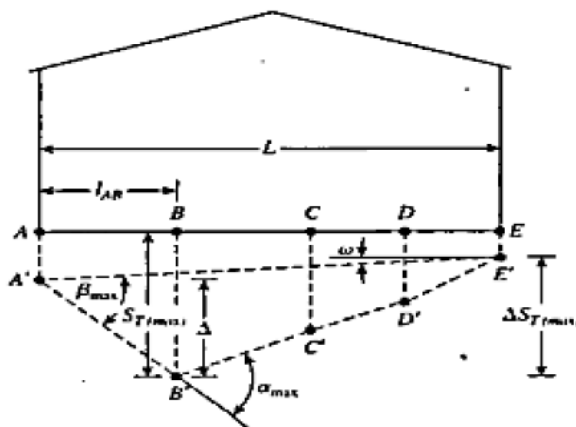
برای محاسبه دوران پی های انعطاف پذیر و صلب می توان از رابطه زیر استفاده کرد:

$$\tan \theta = \frac{1-\nu^2}{E_S} \frac{M}{B^2 L} I_\theta$$

که در آن ν ضریب پواسون، E_S مدول الاستیسیته خاک، M لنگر واژگونی، B و L عرض و طول پی و I_θ ضریب تاثیر (وابسته به صلبیت پی) می باشد. مقادیر ضریب تاثیر معادله در مراجع ذکر شده است.

۱۱-۳- تغییر شکل های مجاز پی های سطحی

در شکل پارامترهای لازم برای تغییر شکل های مجاز پی های سطحی نشان داده شده است.



شکل ۸- انواع تغییر شکل پی

$$\beta_{ij} = \frac{\Delta S_{T(ij)}}{I_{ij}}$$

ΔS_T نشست کل در نقطه مشخص، ΔS_T اختلاف نشست کل بین دو نقطه، ω دوران، Δ_{max} حداکثر نشست نسبی

اعوجاج زاویه ای می باشد. تعیین تغییر شکل مجاز به عوامل مختلفی مانند نوع خاک، نوع پی، نوع تجهیزات مورد استفاده و نوع مصالح

ساختمانی بستگی دارد. در جدول ۱۳ و ۱۴ مقادیر تغییر شکل مجاز برای سازه‌های فولادی و بتنی توسط آیین‌نامه‌ها و محققین مختلف ارائه شده است.

جدول شماره ۱۳ - مقادیر مجاز نشست

نوع پی	نوع خاک	تغییر شکل	Skempton & McDonald	Bowles	Saran	EC Standardization	Indian Standardization	مبحث ۷ مقررات ملی ویرایش ۱۴۰۰
پی منفرد	ماسه	حداکثر نشست کل (mm)	50	50	50	25	50	25
		اختلاف نشست (mm)	32	25	20	20	-	20
		اعواج زاویه ای	0.0033	0.0033	-	0.002	0.0033	-
	رس	حداکثر نشست کل (mm)	75	75	65	25	50-75	65
		اختلاف نشست (mm)	45	35	25	20	-	25
		اعواج زاویه ای	0.0033	0.0033	-	0.002	0.0015-0.0033	-
پی گسترده	ماسه	حداکثر نشست کل (mm)	50-75	35-65	75	50	75	50
		اختلاف نشست (mm)	32	25	30	20	-	20
		اعواج زاویه ای	0.0033	0.0033	-	0.002	0.002-0.0033	-
	رس	حداکثر نشست کل (mm)	75-125	65-10	100	50	100	65-100
		اختلاف نشست (mm)	45	35	40	20	-	25
		اعواج زاویه ای	0.0033	0.0033	-	0.002	0.002-0.0033	-

جدول شماره ۱۴ - مقادیر مجاز دوران

Budha		Indian Standardization		مبحث ۷ مقررات ملی ویرایش ۱۴۰۰	
سازه‌های نامعین فولادی و بتنی	0.0033 - 0.005	سازه‌های فولادی	0.0033	حد خرابی سازه‌های دارای اسکلت	0.004 - 0.0067
سازه‌هایی که وقوع ترک در آن‌ها مجاز نیست	0.002	سازه‌های بتن مسلح	0.002 - 0.0033	حد ایجاد ترک در ساختمان	0.002 - 0.0033

در این پروژه ظرفیت باربری مجاز بر اساس معیار گسیختگی برای پی‌های گسترده، نواری و منفرد با استفاده از میانگین روابط (1963) Meyerhof، (1970) Hansen و (1975) Vesic و همچنین براساس معیار نشست محاسبه شده است از بین مقادیر بدست آمده بر اساس این دومعیار، مقدار کمتر به عنوان ظرفیت باربری مجاز در نظر گرفته می‌شود. تحت شرایط استاتیکی بارهای ثقلی شامل بارهای مرده و زنده بصورت قائم به پی انتقال داده می‌شوند. ظرفیت باربری مجاز در این حالت با ضریب اطمینان ۳ محاسبه شده است.

جدول شماره ۱۵ - مقادیر مجاز در نظر گرفته شده برای این پروژه

پی نواری و منفرد			پی گسترده			
حداکثر نشست (cm)	اعواج زاویه ای	دوران	حداکثر نشست (cm)	حداکثر نشست (cm)	دوران	دوران
2.5	2.5	0.003	0.002	5	3.5	0.002

جدول ۱۶ - مقادیر مقاومت مجاز جهت پی های منفرد ($L/B=1$)

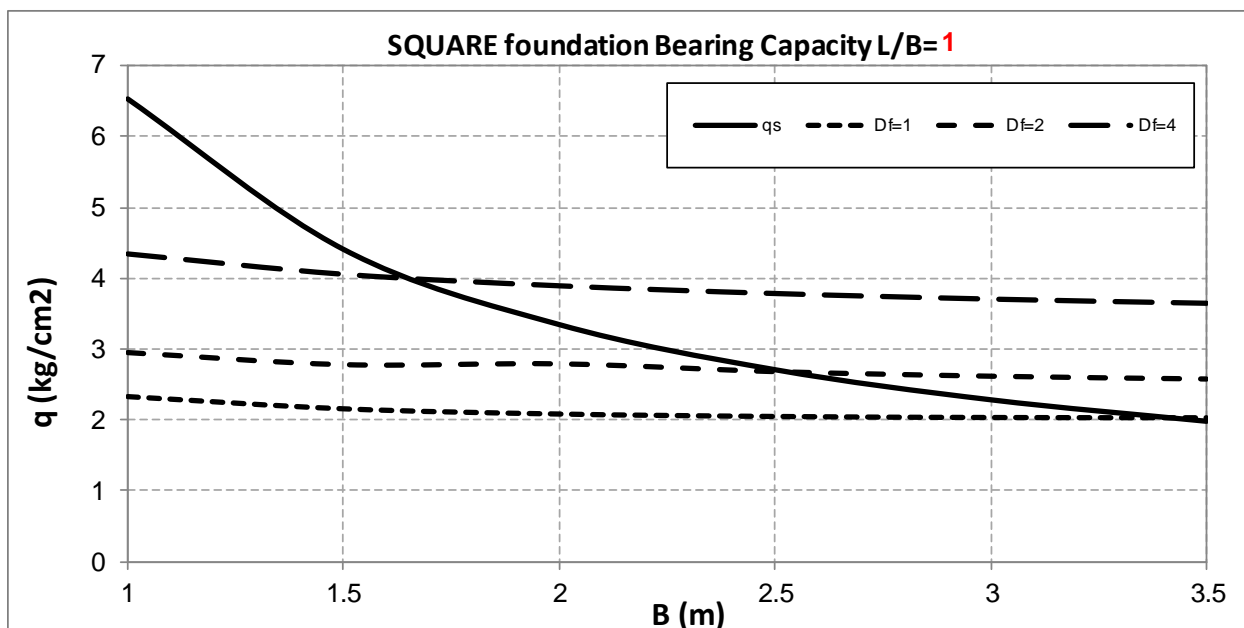
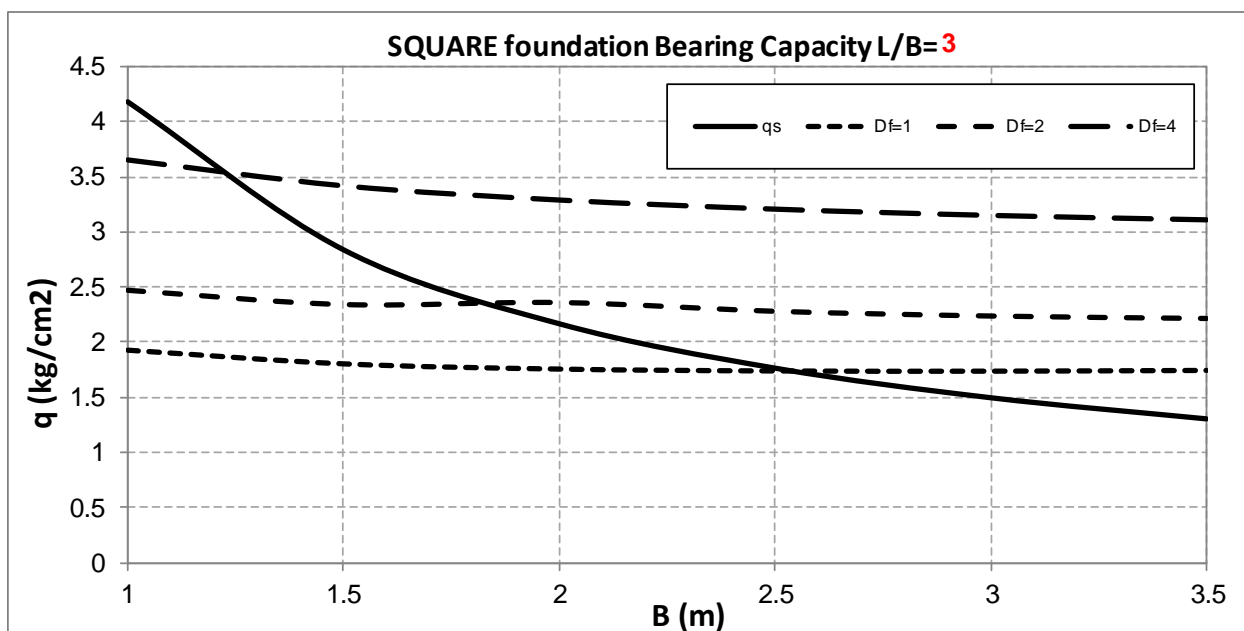
		و				ظرفیت باربری پی مربعی برای	
		معیار گسیختگی				معیار نشست	
L	B (m)	Meyerhof (kg/cm ²)	Hansen (kg/cm ²)	vesic (kg/cm ²)	Average (kg/cm ²)	S=2.5cm (kg/cm ²)	allowable (kg/cm ²)
1	1	2.13	2.40	2.43	2.32	6.53	2.32
1.5	1.5	2.02	2.20	2.24	2.15	4.41	2.15
2	2	1.98	2.10	2.16	2.08	3.35	2.08
2.5	2.5	1.97	2.05	2.13	2.05	2.71	2.05
3	3	1.97	2.02	2.11	2.03	2.29	2.03
3.5	3.5	1.98	2.01	2.11	2.03	1.99	1.99

		و				ظرفیت باربری پی مربعی 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)
1	1	2.95	2.94	2.97	2.95	6.70	2.95
1.5	1.5	2.67	2.81	2.86	2.78	4.58	2.78
2	2	2.55	2.88	2.94	2.79	3.52	2.79
2.5	2.5	2.49	2.75	2.82	2.69	2.88	2.69
3	3	2.46	2.66	2.75	2.62	2.46	2.46
3.5	3.5	2.44	2.60	2.71	2.58	2.15	2.15

جدول ۱۷ - مقادیر مقاومت مجاز جهت پی های منفرد ($L/B=3$)

		و				ظرفیت باربری پی مربعی 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)
3	1	1.78	1.99	2.03	1.93	4.17	1.93
4.5	1.5	1.70	1.83	1.89	1.81	2.84	1.81
6	2	1.66	1.76	1.85	1.76	2.17	1.76
7.5	2.5	1.65	1.73	1.84	1.74	1.77	1.74
9	3	1.66	1.71	1.84	1.74	1.50	1.50
10.5	3.5	1.67	1.71	1.86	1.74	1.31	1.31

		و				ظرفیت باربری پی مربعی 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)
3	1	2.49	2.44	2.48	2.47	4.34	2.47
4.5	1.5	2.26	2.34	2.41	2.34	3.01	2.34
6	2	2.16	2.41	2.50	2.36	2.34	2.34
7.5	2.5	2.11	2.31	2.42	2.28	1.94	1.94
9	3	2.08	2.24	2.37	2.23	1.67	1.67
10.5	3.5	2.07	2.21	2.36	2.21	1.48	1.48

نمودار شماره ۱ - مقادیر مقاومت مجاز جهت پی های منفرد ($L/B=1$)نمودار شماره ۲ - مقادیر مقاومت مجاز جهت پی های منفرد ($L/B=3$)

جدول ۱۸ - مقادیر مقاومت مجاز جهت پی های نواری ($L/B=5$)

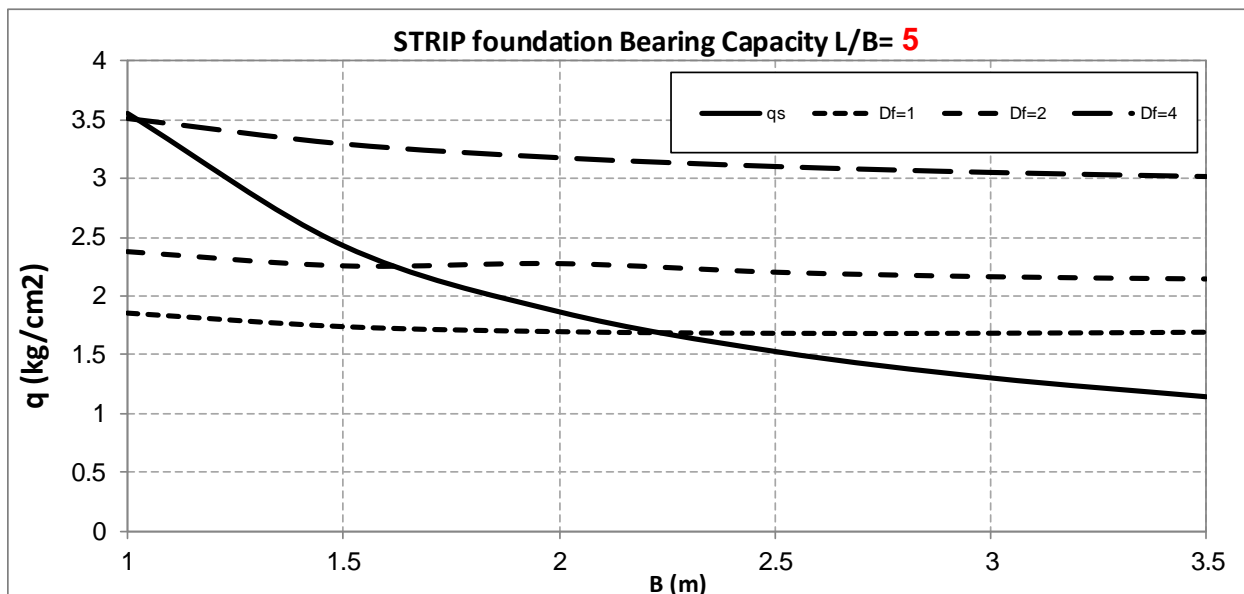
		و				ظرفیت باربری پی نواری برای	
		معیار گسیختگی				معیار نشست	
L	B (m)	Meyerhof (kg/cm ²)	Hansen (kg/cm ²)	vesic (kg/cm ²)	Average (kg/cm ²)	S=2.5cm (kg/cm ²)	allowable (kg/cm ²)
5	1	1.71	1.90	1.95	1.85	3.56	1.85
7.5	1.5	1.63	1.75	1.82	1.74	2.43	1.74
10	2	1.60	1.69	1.78	1.69	1.86	1.69
12.5	2.5	1.59	1.66	1.78	1.68	1.53	1.53
15	3	1.59	1.65	1.79	1.68	1.30	1.30
17.5	3.5	1.60	1.65	1.81	1.69	1.14	1.14

		و				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	2.34	2.38	2.37	3.73	2.37
7.5	1.5	2.18	2.25	2.32	2.25	2.60	2.25
10	2	2.08	2.32	2.41	2.27	2.03	2.03
12.5	2.5	2.03	2.22	2.33	2.20	1.69	1.69
15	3	2.01	2.16	2.30	2.16	1.47	1.47
17.5	3.5	2.00	2.13	2.29	2.14	1.30	1.30

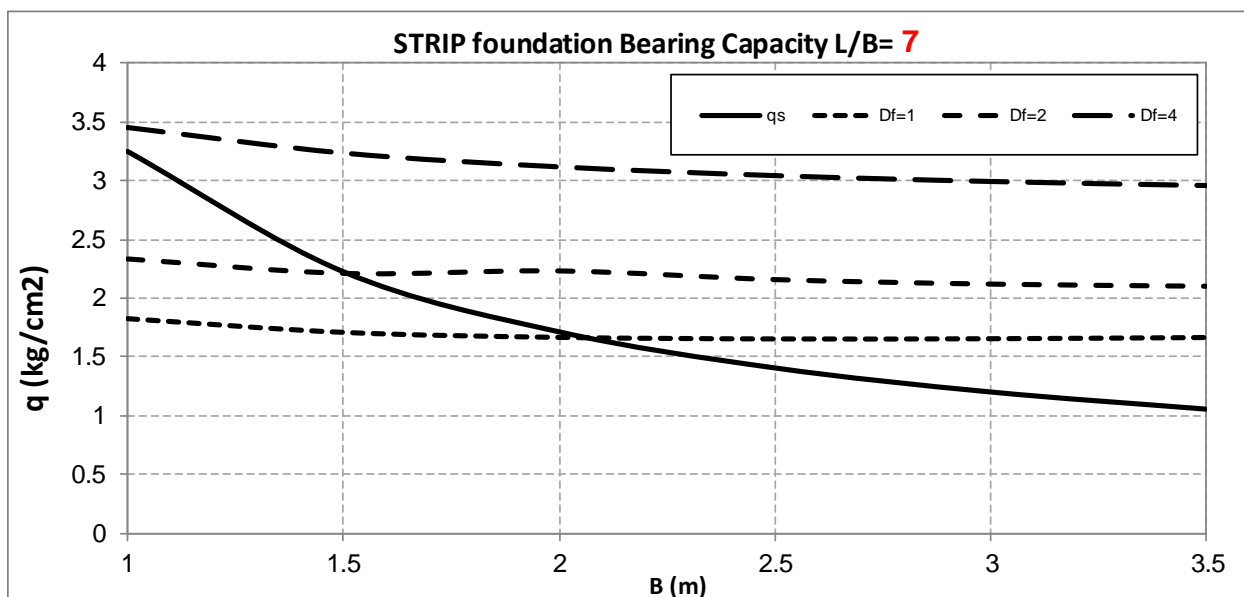
جدول ۱۹ - مقادیر مقاومت مجاز جهت پی های نواری ($L/B=7$)

		Df=1		و	L/B=7	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	1	1.68	1.87	1.91	1.82	3.25	1.82
10.5	1.5	1.60	1.72	1.79	1.71	2.22	1.71
14	2	1.57	1.66	1.76	1.66	1.71	1.66
17.5	2.5	1.56	1.63	1.75	1.65	1.40	1.40
21	3	1.57	1.62	1.77	1.65	1.19	1.19
24.5	3.5	1.58	1.62	1.79	1.66	1.05	1.05

		Df=2		و	L/B=7	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	1	2.36	2.29	2.34	2.33	3.42	2.33
10.5	1.5	2.14	2.21	2.28	2.21	2.39	2.21
14	2	2.05	2.28	2.37	2.23	1.88	1.88
17.5	2.5	2.00	2.18	2.30	2.16	1.57	1.57
21	3	1.98	2.13	2.27	2.12	1.36	1.36
24.5	3.5	1.97	2.09	2.26	2.11	1.22	1.22



نمودار شماره ۳ - مقادیر مقاومت مجاز جهت پی های نواری ($L/B=5$)

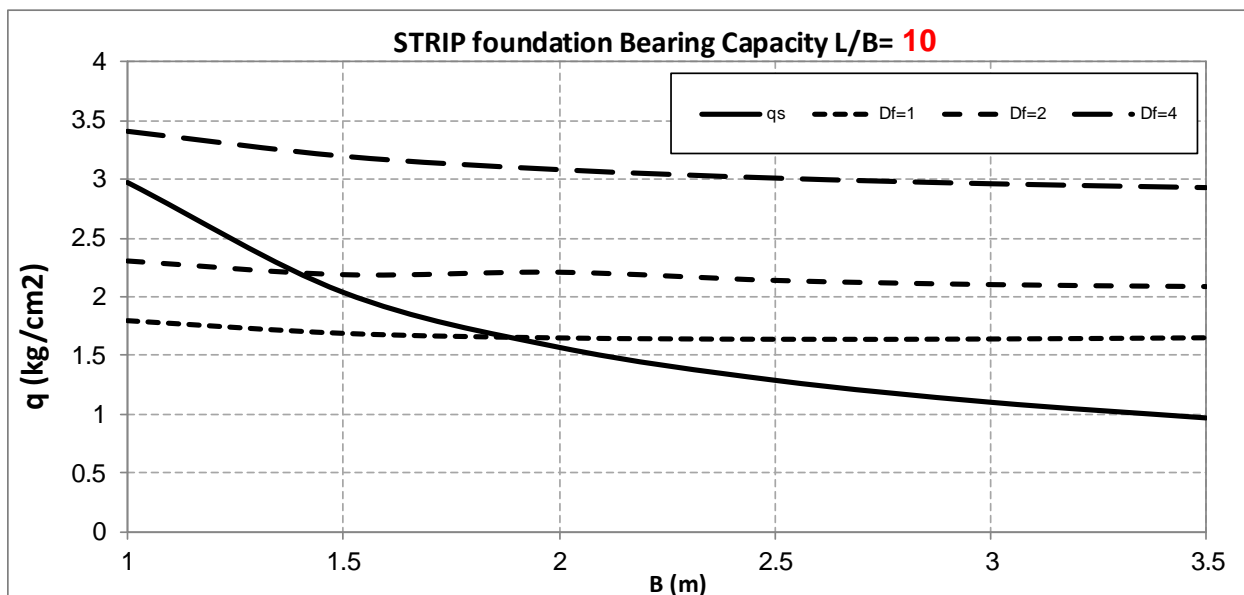


نمودار شماره ۴ - مقادیر مقاومت مجاز جهت پی های نواری ($L/B=7$)

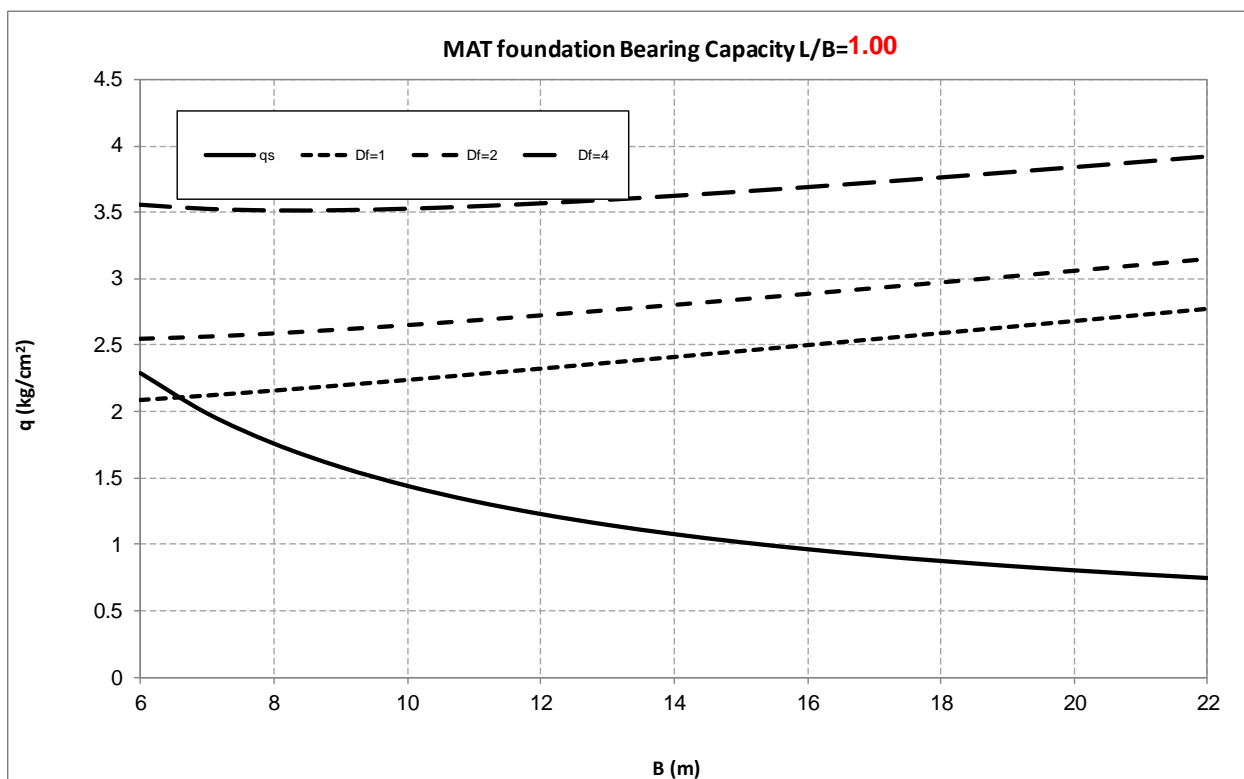
جدول ۲۰ - مقادیر مقاومت مجاز جهت پی های نواری (L/B=10)

		و				ظرفیت باربری پی نواری برای	
		Df=1				L/B=10	
		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	1.66	1.84	1.89	1.80	2.98	1.80
15	1.5	1.58	1.70	1.77	1.68	2.04	1.68
20	2	1.55	1.64	1.74	1.64	1.57	1.57
25	2.5	1.54	1.61	1.73	1.63	1.29	1.29
30	3	1.55	1.60	1.75	1.63	1.10	1.10
35	3.5	1.56	1.60	1.77	1.64	0.97	0.97

		و				ظرفیت باربری پی نواری برای	
		Df=2				L/B=10	
		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	2.33	2.26	2.31	2.30	3.14	2.30
15	1.5	2.12	2.18	2.25	2.18	2.21	2.18
20	2	2.02	2.25	2.34	2.20	1.74	1.74
25	2.5	1.98	2.15	2.27	2.13	1.46	1.46
30	3	1.95	2.10	2.24	2.10	1.27	1.27
35	3.5	1.94	2.07	2.24	2.08	1.14	1.14



نمودار شماره ۵ - مقادیر مقاومت مجاز جهت پی های نواری ($L/B=10$)



نمودار شماره ۶ - مقادیر مقاومت مجاز جهت پی های گسترده ($L/B=1$)

جدول ۲۱ - مقادیر مقاومت مجاز جهت پی های گسترده ($L/B=1$)

		و				ظرفیت باربری پی گسترده 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=5cm (kg/cm ²)	allowable (kg/cm ²)
6.00	6	2.07	2.00	2.18	2.08	2.29	2.08
7.0	7	2.11	2.01	2.22	2.12	1.99	1.99
8.0	8	2.16	2.03	2.27	2.15	1.76	1.76
9.0	9	2.21	2.05	2.32	2.19	1.58	1.58
10.0	10	2.26	2.07	2.37	2.24	1.44	1.44
11.0	11	2.31	2.09	2.43	2.28	1.32	1.32
12.0	12	2.36	2.12	2.48	2.32	1.23	1.23
13.0	13	2.42	2.14	2.54	2.36	1.15	1.15
14.0	14	2.47	2.17	2.59	2.41	1.08	1.08
15.0	15	2.52	2.19	2.65	2.45	1.02	1.02
16.0	16	2.57	2.22	2.70	2.50	0.96	0.96
17.0	17	2.63	2.25	2.76	2.55	0.92	0.92
18.0	18	2.68	2.27	2.82	2.59	0.87	0.87
20.0	20	2.79	2.33	2.93	2.68	0.80	0.80
22.0	22	2.90	2.38	3.05	2.78	0.75	0.75

جدول ۲۱ - ۱- مقادیر مقاومت مجاز جهت پی های گسترده ($L/B=1$)

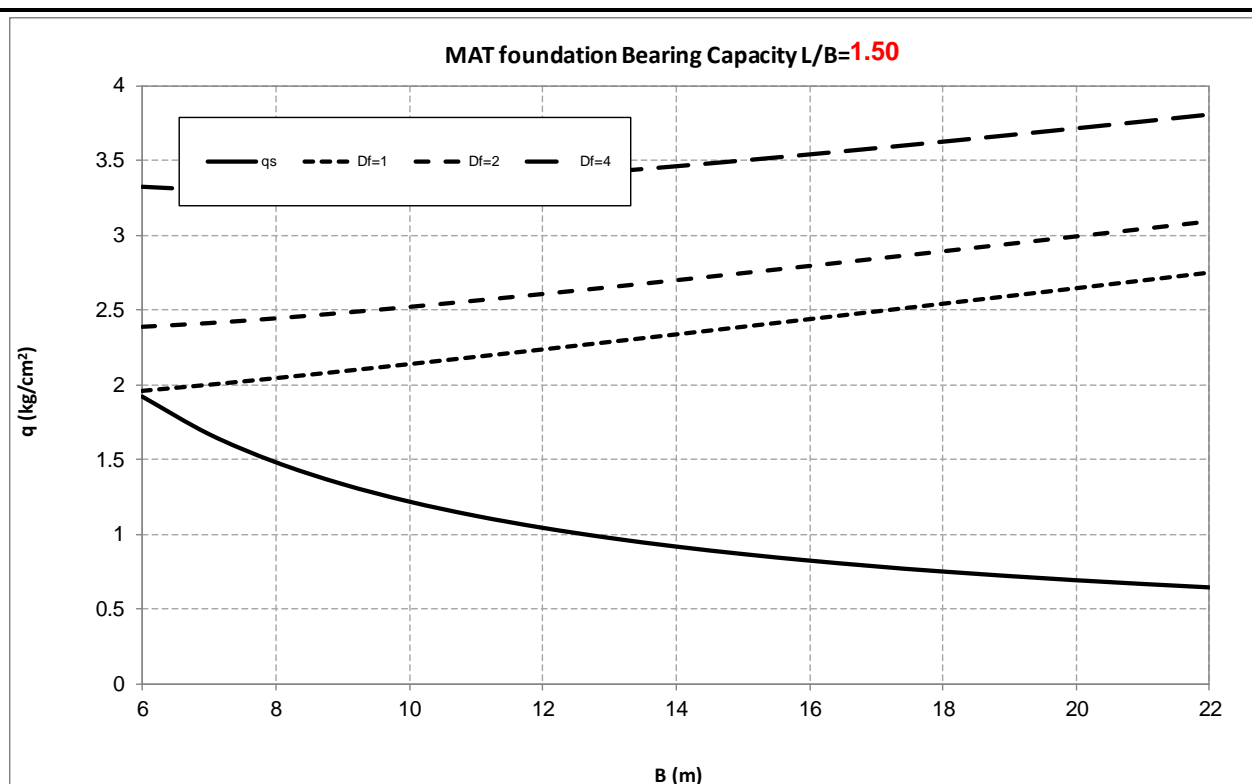
		Df=2		و	L/B=1	ظرفیت باربری پی گسترده برای	
		معیار گسیختگی				معیار نشست	
L	B (m)	Meyerhof (kg/cm ²)	Hansen (kg/cm ²)	vesic (kg/cm ²)	Average (kg/cm ²)	S=5cm (kg/cm ²)	allowable (kg/cm ²)
6.0	6	2.47	2.49	2.67	2.55	2.46	2.46
7.0	7	2.51	2.48	2.70	2.56	2.15	2.15
8.0	8	2.54	2.49	2.73	2.59	1.93	1.93
9.0	9	2.59	2.49	2.77	2.62	1.75	1.75
10.0	10	2.63	2.51	2.81	2.65	1.61	1.61
11.0	11	2.68	2.52	2.85	2.68	1.49	1.49
12.0	12	2.73	2.54	2.90	2.72	1.40	1.40
13.0	13	2.78	2.56	2.95	2.76	1.31	1.31
14.0	14	2.83	2.58	3.00	2.80	1.24	1.24
15.0	15	2.88	2.60	3.05	2.84	1.18	1.18
16.0	16	2.93	2.62	3.11	2.89	1.13	1.13
17.0	17	2.98	2.65	3.16	2.93	1.08	1.08
18.0	18	3.03	2.67	3.21	2.97	1.04	1.04
20.0	20	3.14	2.72	3.32	3.06	0.97	0.97
22.0	22	3.24	2.77	3.43	3.15	0.91	0.91

جدول ۲۲ - مقادیر مقاومت مجاز جهت پی های گسترده ($L/B=1.5$)

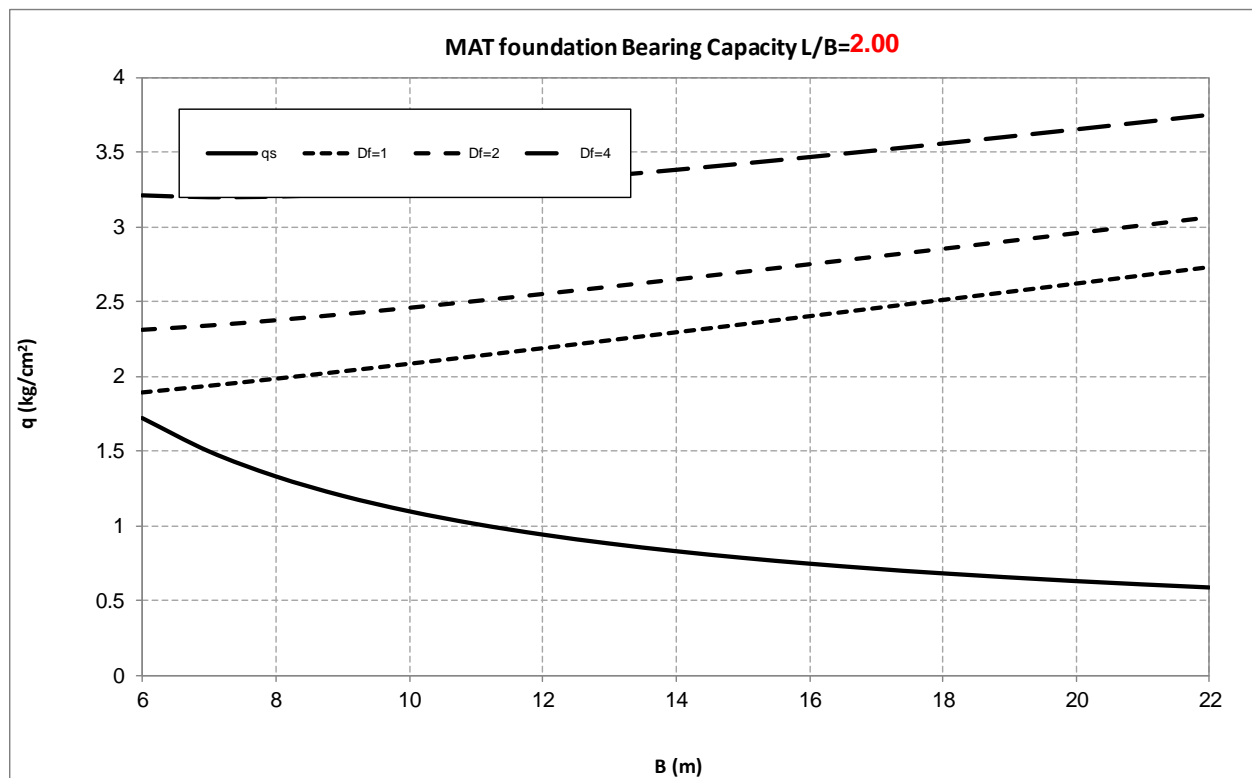
		و				ظرفیت باربری پی گسترده برای	
		معيار گسيختگی				معيار نشست	
L	B (m)	Meyerhof (kg/cm ²)	Hansen (kg/cm ²)	vesic (kg/cm ²)	Average (kg/cm ²)	S=5cm (kg/cm ²)	allowable (kg/cm ²)
9.00	6	1.91	1.87	2.09	1.96	1.92	1.92
10.5	7	1.95	1.90	2.15	2.00	1.67	1.67
12.0	8	2.00	1.92	2.21	2.04	1.48	1.48
13.5	9	2.04	1.95	2.28	2.09	1.34	1.34
15.0	10	2.09	1.98	2.34	2.14	1.22	1.22
16.5	11	2.14	2.01	2.41	2.19	1.12	1.12
18.0	12	2.19	2.04	2.48	2.24	1.04	1.04
19.5	13	2.24	2.07	2.55	2.29	0.98	0.98
21.0	14	2.29	2.10	2.62	2.34	0.92	0.92
22.5	15	2.34	2.13	2.69	2.39	0.87	0.87
24.0	16	2.39	2.17	2.76	2.44	0.83	0.83
25.5	17	2.44	2.20	2.83	2.49	0.79	0.79
27.0	18	2.49	2.23	2.90	2.54	0.75	0.75
30.0	20	2.59	2.30	3.04	2.64	0.69	0.69
33.0	22	2.70	2.37	3.18	2.75	0.65	0.65

جدول ۲۲ - ۱- مقادیر مقاومت مجاز جهت پی های گسترده ($L/B=1.5$)

		و				ظرفیت باربری پی گسترده برای	
		Df=2				معيار نشست	
		معيار گسيختگي					
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)
9.0	6	2.29	2.33	2.55	2.39	2.09	2.09
10.5	7	2.32	2.33	2.59	2.41	1.84	1.84
12.0	8	2.36	2.34	2.63	2.44	1.65	1.65
13.5	9	2.40	2.36	2.69	2.48	1.50	1.50
15.0	10	2.44	2.38	2.74	2.52	1.39	1.39
16.5	11	2.49	2.40	2.80	2.56	1.29	1.29
18.0	12	2.53	2.42	2.87	2.61	1.21	1.21
19.5	13	2.58	2.45	2.93	2.65	1.14	1.14
21.0	14	2.63	2.48	2.99	2.70	1.09	1.09
22.5	15	2.68	2.51	3.06	2.75	1.04	1.04
24.0	16	2.72	2.54	3.13	2.80	0.99	0.99
25.5	17	2.77	2.57	3.19	2.84	0.95	0.95
27.0	18	2.82	2.60	3.26	2.89	0.92	0.92
30.0	20	2.92	2.66	3.40	2.99	0.86	0.86
33.0	22	3.02	2.73	3.54	3.09	0.81	0.81



نمودار شماره ۷ - مقادیر مقاومت مجاز جهت پی های گسترده ($L/B=1.5$)



نمودار شماره ۸ - مقادیر مقاومت مجاز جهت پی های گسترده ($L/B=2$)

جدول ۲۳ - مقادیر مقاومت مجاز جهت پی های گسترده ($L/B=2$)

		و				ظرفیت باربری پی گسترده برای	
		Df=1				L/B=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)
12.00	6	1.83	1.81	2.05	1.90	1.72	1.72
14.0	7	1.87	1.84	2.12	1.94	1.50	1.50
16.0	8	1.91	1.86	2.19	1.99	1.33	1.33
18.0	9	1.96	1.90	2.26	2.04	1.20	1.20
20.0	10	2.01	1.93	2.33	2.09	1.10	1.10
22.0	11	2.05	1.96	2.40	2.14	1.02	1.02
24.0	12	2.10	2.00	2.48	2.19	0.94	0.94
26.0	13	2.15	2.03	2.55	2.25	0.88	0.88
28.0	14	2.20	2.07	2.63	2.30	0.83	0.83
30.0	15	2.25	2.10	2.71	2.35	0.79	0.79
32.0	16	2.30	2.14	2.78	2.41	0.75	0.75
34.0	17	2.35	2.18	2.86	2.46	0.72	0.72
36.0	18	2.40	2.21	2.94	2.51	0.69	0.69
40.0	20	2.50	2.29	3.09	2.62	0.63	0.63
44.0	22	2.60	2.36	3.24	2.73	0.59	0.59

جدول ۲۳-۱- مقادیر مقاومت مجاز جهت پی های گسترده ($L/B=2$)

		Df=2		و	L/B=2	ظرفیت باربری پی گسترده 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=5cm (kg/cm ²)	allowable (kg/cm ²)
12.0	6	2.20	2.24	2.48	2.31	1.89	1.89
14.0	7	2.23	2.25	2.53	2.34	1.67	1.67
16.0	8	2.27	2.27	2.59	2.37	1.50	1.50
18.0	9	2.31	2.29	2.65	2.41	1.37	1.37
20.0	10	2.35	2.31	2.71	2.46	1.27	1.27
22.0	11	2.39	2.34	2.78	2.50	1.18	1.18
24.0	12	2.44	2.37	2.85	2.55	1.11	1.11
26.0	13	2.48	2.40	2.92	2.60	1.05	1.05
28.0	14	2.53	2.43	2.99	2.65	1.00	1.00
30.0	15	2.58	2.46	3.06	2.70	0.96	0.96
32.0	16	2.62	2.49	3.14	2.75	0.92	0.92
34.0	17	2.67	2.53	3.21	2.80	0.88	0.88
36.0	18	2.72	2.56	3.28	2.85	0.85	0.85
40.0	20	2.82	2.63	3.43	2.96	0.80	0.80
44.0	22	2.91	2.70	3.59	3.07	0.76	0.76

۱۲- ضریب عکس العمل بستر (K_S)

اگر شالوده ای به عرض B تحت تاثیر باری به شدت q (نیرو بر واحد سطح) قرار گیرد، نشست Δ در آن بوجود می آید. مدول واکنش قائم بستر با تقسیم بار خالص پی (Δq) بر نشست حاصله (Δs) حاصل می گردد. بدین ترتیب:

$$K_S = \frac{\Delta q}{\Delta s}$$

در این صورت، می توان با توجه به آزمایش بارگذاری صفحه ای و رابطه ترزاقی - پک (۱۹۶۷) منحنی های حداقل و حداکثر ضریب عکس العمل بستر را برای پی های سطحی با عرض های متفاوت ترسیم کرد. همچنین می توان با استفاده از رابطه زیر نمودار مقدار ضریب عکس العمل خاک را برای عرض های مختلف پی ترسیم نمود. (نمودارهای ۹ الی ۱۶)

$$K_S = \frac{E_s}{B(1-\nu^2)I_s I_f}$$

در صورتی که پروژه فاقد نشست تحکیمی باشد، فقط نشست الاستیک محاسبه و مدول عکس العمل بستر حاصل از آن مورد استفاده قرار می گیرد. ولی اگر نشست تحکیمی وجود داشته باشد، مدول عکس العمل بستر حاصل از نشست کل مورد استفاده قرار می گیرد.

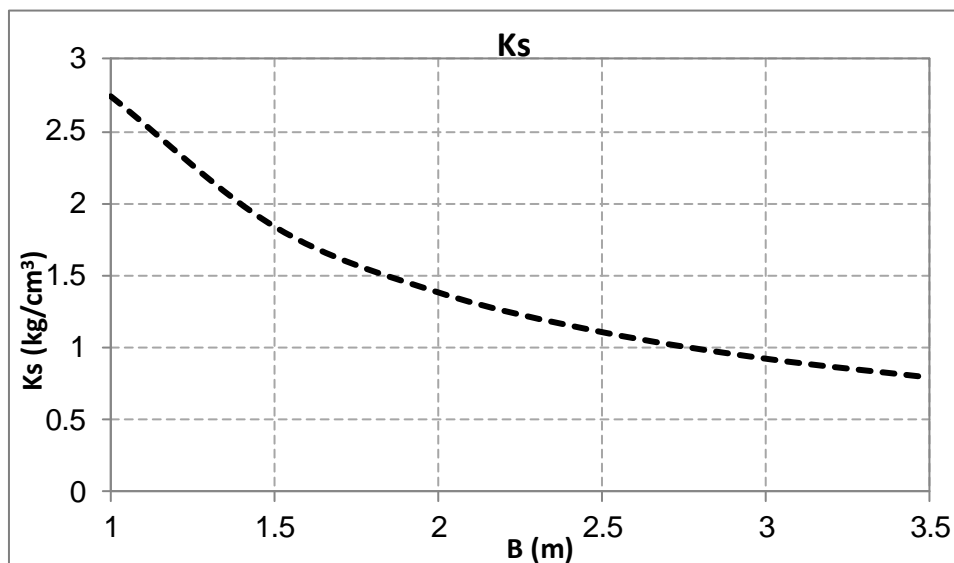
$$K_S = \frac{q.F_s}{s}$$

جهت طراحی میلگردها نیز می توان از رابطه تقریبی زیر (رابطه ترزاقی) استفاده کرد:

$$K_S = q_{all} * 1.2$$

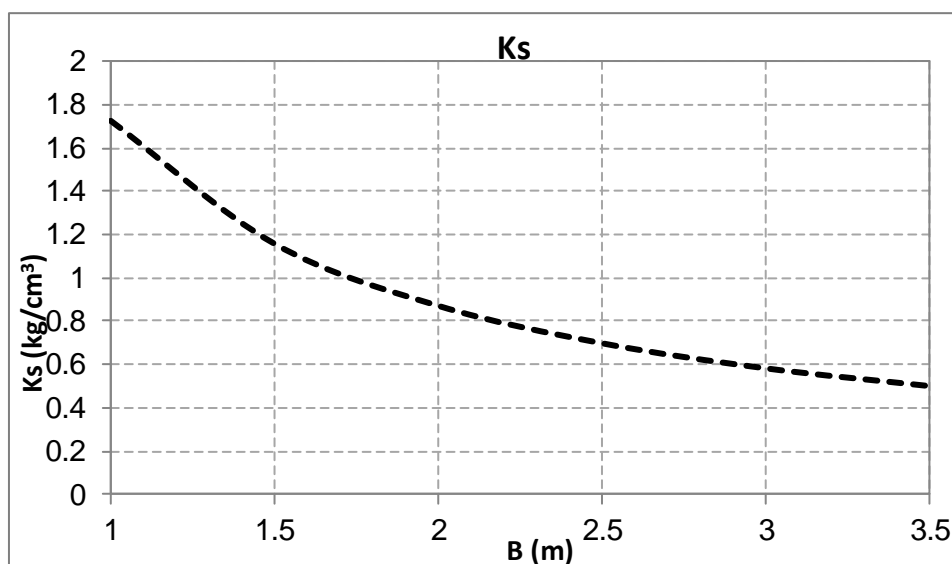
جدول ۲۴ - ضریب واکنش بستر پی های منفرد ($L/B=1$)

$L/B=1$					
Is	1.12	0.56	0.95	0.88	
B (m)	پی انعطاف پذیر (cm)			نشست غیر یکنواخت	Ks
	نشست حداکثر	نشست گوشه	نشست میانگین		
1	1.00	0.50	0.85	0.50	2.74
1.5	1.38	0.69	1.17	0.69	1.84
2	1.77	0.89	1.50	0.89	1.38
2.5	2.18	1.09	1.85	1.09	1.11
3	2.60	1.30	2.20	1.30	0.92
3.5	2.95	1.48	2.50	1.48	0.79

نمودار شماره ۹ - ضریب واکنش بستر جهت پی منفرد ($L/B=1$)

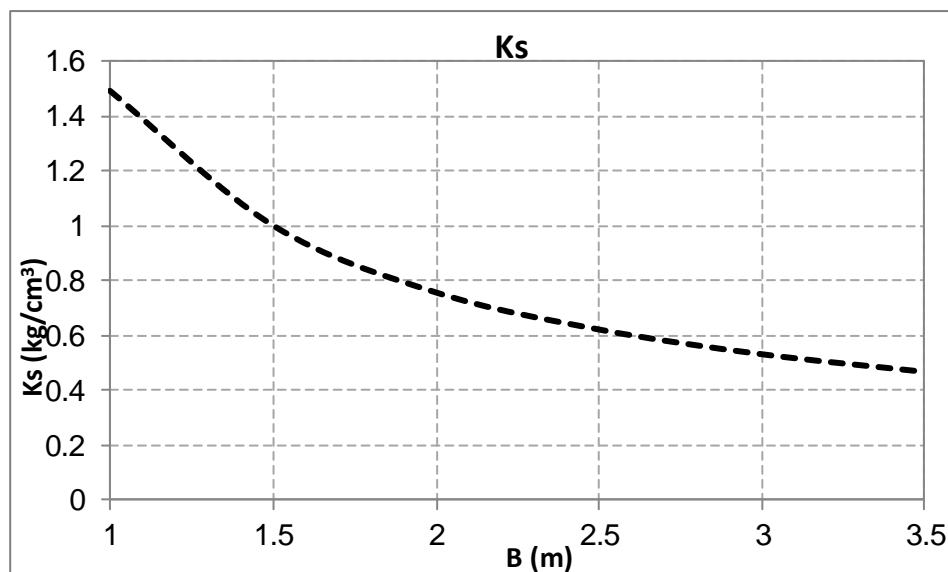
جدول ۲۵ - ضریب واکنش بستر پی های منفرد ($L/B=3$)

$L/B=3$					
l_s	1.78	0.89	1.51	1.40	
B (m)	پی انعطاف پذیر (cm)			نشست غیریکنواخت	K_s
	نشست حداکثر	نشست گوشه	نشست میانگین		
1	1.59	0.79	1.34	0.79	1.73
1.5	2.19	1.10	1.86	1.10	1.16
2	2.82	1.41	2.39	1.41	0.87
2.5	3.46	1.73	2.94	1.73	0.70
3	4.12	2.06	3.50	2.06	0.58
3.5	4.69	2.34	3.97	2.34	0.50

نمودار شماره ۱۰ - ضریب واکنش بستر جهت پی منفرد ($L/B=3$)

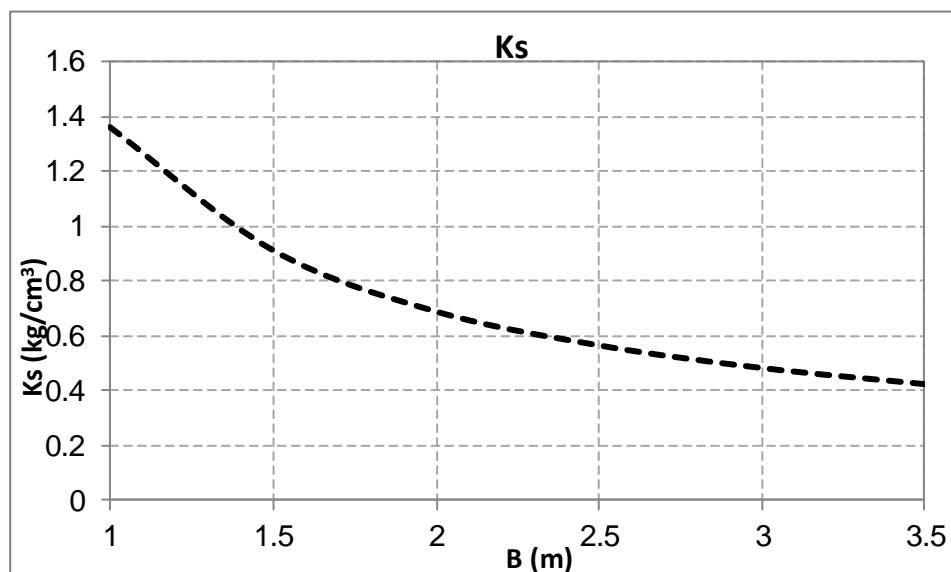
جدول ۲۶ - ضریب واکنش بستر پی های نواری ($L/B=5$)

$L/B=5$					
Is	2.11	1.05	1.78	1.65	
B (m)	پی انعطاف پذیر (cm)			نشست غیریکنواخت	Ks
	نشست حداکثر	نشست گوشه	نشست میانگین		
1	1.42	0.71	1.20	0.71	1.50
1.5	1.98	0.99	1.67	0.99	1.01
2	2.44	1.22	2.07	1.22	0.76
2.5	2.44	1.22	2.07	1.22	0.62
3	2.44	1.22	2.07	1.22	0.53
3.5	2.44	1.22	2.07	1.22	0.47

نمودار شماره ۱۱ - ضریب واکنش بستر جهت پی نواری ($L/B=5$)

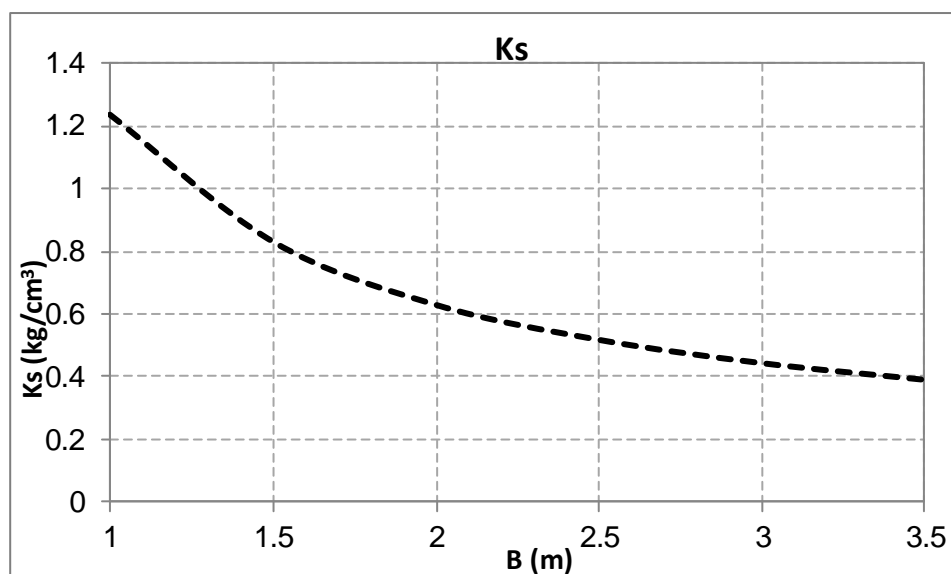
جدول ۲۷ - ضریب واکنش بستر پی های نواری ($L/B=7$)

$L/B=7$					
Is	2.32	1.16	1.97	1.81	
B (m)	پی انعطاف پذیر (cm)			نشست غیریکنواخت	Ks
	نشست حداکثر	نشست گوشه	نشست میانگین		
1	1.56	0.78	1.32	0.78	1.36
1.5	2.18	1.09	1.84	1.09	0.91
2	2.69	1.34	2.28	1.34	0.69
2.5	2.69	1.34	2.28	1.34	0.57
3	2.69	1.34	2.28	1.34	0.48
3.5	2.69	1.34	2.28	1.34	0.43

نمودار شماره ۱۲ - ضریب واکنش بستر جهت پی نواری ($L/B=7$)

جدول ۲۸ - ضریب واکنش بستر پی های نواری ($L/B=10$)

$L/B=10$					
l_s	2.55	1.27	2.16	1.99	
B (m)	پی انعطاف پذیر (cm)			نشست غیریکنواخت	K_s
	نشست حداکثر	نشست گوشه	نشست میانگین		
1	1.71	0.86	1.45	0.86	1.24
1.5	2.39	1.19	2.02	1.19	0.83
2	2.95	1.48	2.50	1.48	0.63
2.5	2.95	1.48	2.50	1.48	0.52
3	2.95	1.48	2.50	1.48	0.44
3.5	2.95	1.48	2.50	1.48	0.39

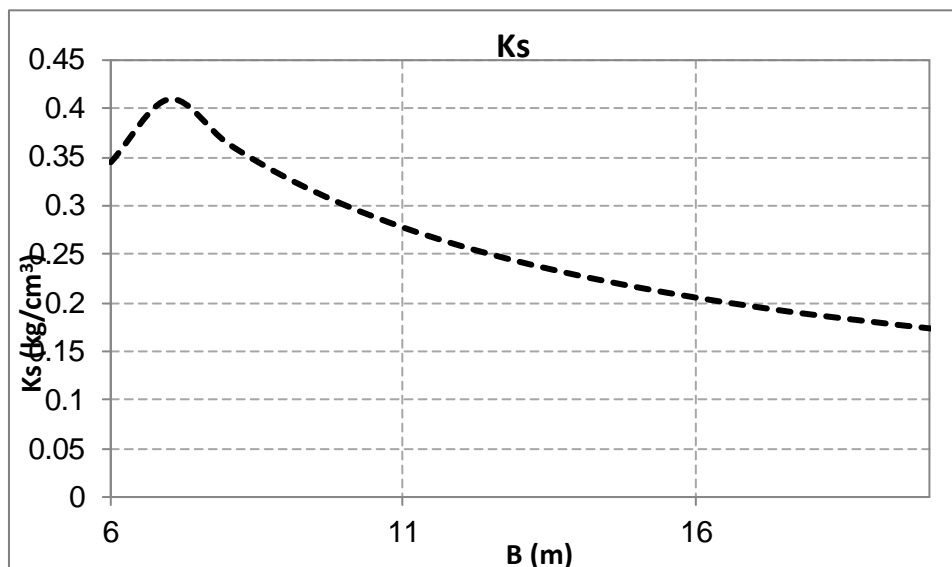
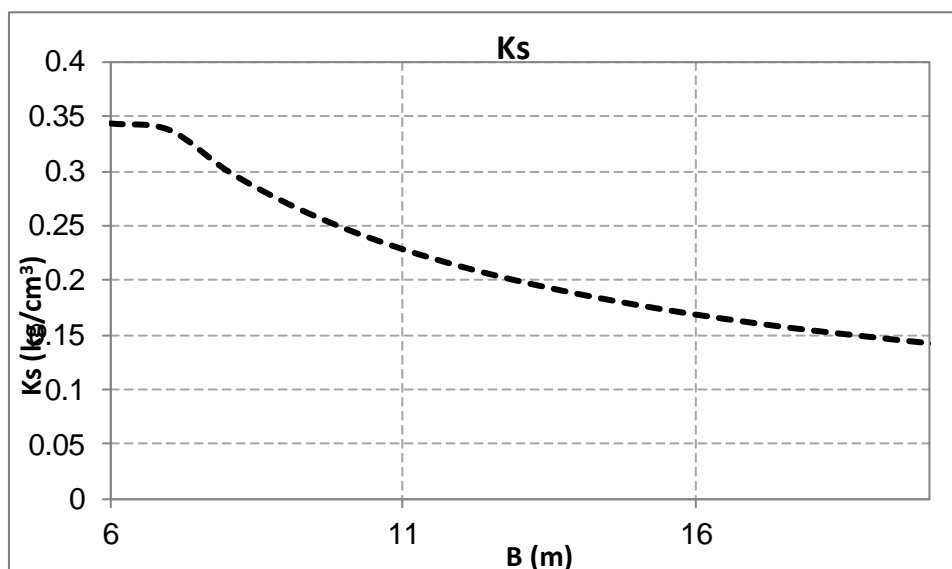
نمودار شماره ۱۳ - ضریب واکنش بستر جهت پی های نواری ($L/B=10$)

جدول ۲۹ - ضریب واکنش بستر پی های گسترده ($L/B=1$)

$L/B=1$					
l_s	1.12	0.56	0.95	0.88	
B (m)	پی انعطاف پذیر (cm)			نشست غیریکنواخت	K_s
	نشست حداکثر	نشست گوشه	نشست میانگین		
6	4.32	2.16	3.66	2.16	0.34
7	4.32	2.16	3.66	2.16	0.41
8	4.32	2.16	3.66	2.16	0.36
9	4.32	2.16	3.66	2.16	0.33
10	4.32	2.16	3.66	2.16	0.30
11	4.32	2.16	3.66	2.16	0.28
12	4.32	2.16	3.66	2.16	0.26
13	4.32	2.16	3.66	2.16	0.24
14	4.32	2.16	3.66	2.16	0.23
15	4.32	2.16	3.66	2.16	0.22
16	4.32	2.16	3.66	2.16	0.20
17	4.32	2.16	3.66	2.16	0.20
18	4.32	2.16	3.66	2.16	0.19
20	4.32	2.16	3.66	2.16	0.17
22	4.32	2.16	3.66	2.16	0.16

جدول ۳۰ - ضریب واکنش بستر پی های گسترده ($L/B=1.5$)

$L/B=1.5$					
l_s	1.36	0.68	1.15	1.06	
B (m)	پی انعطاف پذیر (cm)			نشست غیریکنواخت	K_s
	نشست حداکثر	نشست گوشه	نشست میانگین		
6	5.23	2.61	4.43	2.61	0.34
7	5.23	2.61	4.43	2.61	0.34
8	5.23	2.61	4.43	2.61	0.30
9	5.23	2.61	4.43	2.61	0.27
10	5.23	2.61	4.43	2.61	0.25
11	5.23	2.61	4.43	2.61	0.23
12	5.23	2.61	4.43	2.61	0.21
13	5.23	2.61	4.43	2.61	0.20
14	5.23	2.61	4.43	2.61	0.19
15	5.23	2.61	4.43	2.61	0.18
16	5.23	2.61	4.43	2.61	0.17
17	5.23	2.61	4.43	2.61	0.16
18	5.23	2.61	4.43	2.61	0.15
20	5.23	2.61	4.43	2.61	0.14
22	5.23	2.61	4.43	2.61	0.13

نمودار شماره ۱۴ - ضریب واکنش بستر جهت پی گسترده ($L/B=1$)نمودار شماره ۱۵ - ضریب واکنش بستر جهت پی گسترده ($L/B=1.5$)

جدول ۳۱ - ضریب واکنش بستر پی های گسترده ($L/B=2$)

$L/B=2$					
Is	1.53	0.77	1.30	1.20	
B (m)	پی انعطاف پذیر (cm)			نشست غیر یکنواخت	Ks
	نشست حداکثر	نشست گوشه	نشست میانگین		
6	5.90	2.95	5.00	2.95	0.34
7	5.90	2.95	5.00	2.95	0.30
8	5.90	2.95	5.00	2.95	0.27
9	5.90	2.95	5.00	2.95	0.24
10	5.90	2.95	5.00	2.95	0.22
11	5.90	2.95	5.00	2.95	0.20
12	5.90	2.95	5.00	2.95	0.19
13	5.90	2.95	5.00	2.95	0.18
14	5.90	2.95	5.00	2.95	0.17
15	5.90	2.95	5.00	2.95	0.16
16	5.90	2.95	5.00	2.95	0.15
17	5.90	2.95	5.00	2.95	0.14
18	5.90	2.95	5.00	2.95	0.14
20	5.90	2.95	5.00	2.95	0.13
22	5.90	2.95	5.00	2.95	0.12

۱۳- محاسبه فشار جانبی خاک

مقدار فشار خاک وارده در پشت یک دیوار تابعی از حرکات دیوار، سیستم استاتیکی دیوار و مشخصات فنی خاک و دیوار می باشد. نقطه اثر نیروی وارده به فاصله $H/3$ از پای دیوار می باشد (H ارتفاع خاکریز پشت دیوار است). در حالتی که دیوار تغییر مکان ندهد (نه خاک دیوار را به حرکت درآورد و نه دیوار خاک را)، مقدار فشار وارد به دیوار دارای مقداری بین فشار خاک فعال و مدافع است که فشار خاک سکون نامیده می شود و در خاک های ریزدانه با معادله زیر قابل محاسبه است.

$$\varphi = 17^\circ$$

$$K_0 = 1.0 - \sin \varphi = 0.71$$

حالتی را در نظر بگیریم که دیوار به سمت دور از خاک حرکت جانبی داشته باشد بطوری که حالت تعادل خمیری نشان دهنده شرایطی است که در آن تمام نقاط توده خاک در حال میل به گسیختگی است. در این حالت که معرف حالت محرک است، ضریب فشار جانبی از رابطه زیر بدست می آید:

$$K_a = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} = 0.55$$

اگر دیوار به تدریج به سمت توده خاک تمایل به گسیختگی داشته باشد، این حالت نظیر حالت مقاوم خاک است. در این حالت ضریب فشار جانبی خاک از رابطه زیر به دست می آید.

$$K_p = \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} = 1.83$$

در روابط بالا ارزیابی فشار خاک محرک و مقاوم خاک جهت دیوارهای بدون اصطکاک در نظر گرفته شده است. در واقع سطح تماس دیوار با خاک ناصاف بوده و در سطح تماس آن با خاک نیروی برشی ایجاد می شود. در این حالت در صورتی که زاویه خاک و پی:

$$\delta = \frac{2}{3} \varphi$$

در نظر گرفته شود، ضرایب فوق جهت پروژه مورد مطالعه قابل محاسبه است.

از دیدگاه تغییرات درجه حرارت روزانه و سالیانه محیط، مقدار فشار خاک وارده به پشت دیوار به علت عوامل انقباض و انبساط دیوار تغییر نمی نماید. چون این عوامل باعث حرکت و تغییر مکان دیوار می گردد. معمولاً مقدار فشار خاک فعال در مواقعی که دیوار در اثر حرکت خود به خاک فشرده می شود به حداکثر خود می رسد. این عمل در تابستان انجام می گیرد. تغییرات فشار خاک در اثر تغییرات رطوبت خاک برای سازه هایی که در خشکی قرار دارند نیز مطرح است. در مورد خاک های چسبنده این تغییرات به علت تورم خاک نسبت به خاک های غیرچسبنده زیادتر می باشد. در مورد خاک های شن و ماسه ای تغییرات رطوبت باعث تغییرات وزن مخصوص خاک گردیده و نهایتاً مقدار فشار خاک وارده تغییر می نماید. گزارش شده که تغییرات فشار خاک در طول سال به ۳۰٪ می رسد. لذا طراحی

دیوار باید طوری انجام گیرد که اگر فشار خاک وارده به پشت دیوار به مقدار ۳۰٪ افزایش یابد، تنش وارده به خاک به حد بحرانی خود نرسد. علاوه بر مطالب بالا، تغییرات سطح آب در جلو و در پشت دیوار نیز باعث تغییرات فشار آب و خاک می گردد. اگر حرکت دیوار حول پنجه آن مقدور باشد، فشار خاک به حداقل خود که فشار خاک فعال می باشد می رسد. نحوه پخش فشار فعال خاک بر پشت دیوار برای مصالح خاکی هموزن به صورت خطی تابعی از عمق نقطه موردنظر از سطح خاک می باشد و مقدار آن برابر است با:

$$P_{ah} = K_{ah} (\gamma \cdot h + q) - 2.c\sqrt{K_{ah}}$$

$$P_{ph} = K_{ph} (\gamma \cdot h + q) + 2.c\sqrt{K_{ph}}$$

$$q = \text{سربار قائم به واحد } t/m^2$$

$$P_{ah} = \text{فشار خاک افقی محرک وارد بر دیوار به واحد } t/m^2$$

$$P_{ph} = \text{فشار خاک افقی مقاوم وارد بر دیوار به واحد } t/m^2$$

$$\gamma = \text{وزن مخصوص طبیعی خاک پشت دیوار (در زیر آب و یا در بالای آب) } t/m^2$$

$$h = \text{ارتفاع نقطه ای که فشار } P_{ah} \text{ اثر می نماید به واحد متر از سطح خاک}$$

$$\Phi = \text{زاویه اصطکاک داخلی خاک}$$

$$\alpha = \text{زاویه شیب دیوار نسبت به خط شاقول}$$

$$\beta = \text{زاویه شیب سطح خاک پشت دیوار نسبت به افق}$$

$$\delta = \text{زاویه اصطکاک بین خاک و دیوار } \delta = \frac{2}{3} \varphi$$

در روابط ذیل زوایای α و β در جهت مثلثاتی (خلاف جهت عقربه های ساعت) با علامت مثبت و در جهت مخالف با علامت منفی بایستی در نظر گرفته شود. مولفه ضرائب فشار خاک فعال و مدافع K_{ph} و K_{ah} براساس روش موهر-کولمب و فرمول های ذیل بدست می آیند.

$$K_{ah} = \frac{\cos^2(\Phi + \alpha)}{\cos^2 \alpha \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\Phi + \delta) \sin(\Phi - \beta)}{\cos(\alpha - \delta) \cos(\alpha + \beta)}} \right]^2}$$

$$K_{ph} = \frac{\cos^2(\Phi - \alpha)}{\cos^2 \alpha \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\Phi + \delta) \sin(\Phi + \beta)}{\cos(\alpha - \delta) \cos(\alpha + \beta)}} \right]^2}$$

ضرائب فشار محرک و مقاوم (فعال و مدافع) کولمب در هنگام زلزله به دلیل بوجود آمدن نیروهای اینرسی در امتدادهای افقی و قائم به صورت ذیل بدست می آیند:

$$K_{ahe} = K_{ae} \cdot \cos(\alpha + \delta)$$

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

$$K_{phe} = K_{pe} \cdot \cos(\alpha + \delta)$$

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

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

a_h = مولفه افقی شتاب زلزله

$$K_h = \frac{a_h}{g}$$

a_v = مولفه عمودی شتاب زلزله

$$K_v = \frac{a_v}{g}$$

باتوجه به جنس خاک لایه فوقانی و مشخصات فنی آن مولفه افقی ضرایب فشار محرک و مقاوم (فعال و مدافع) خاک در حالت استاتیکی

و همچنین در هنگام وقوع زلزله با فرض $\Phi = 26^\circ$, $\delta = \frac{2}{3}\Phi$, $\theta = 0$, $\alpha = \beta = 0.0$ به شرح ذیل ارائه می‌گردد:

جدول شماره ۳۲ - مقادیر ضرایب فشار جانبی خاک

شرایط زلزله	شرایط عادی	ϕ	ضریب
-	0.71	17.0	K_0
1.01	0.55		K_a
1.18	1.83		K_p

برای محاسبات پایداری دیوار طره‌ای حائل می‌توان از K_a , K_p استفاده کرد و برای طراحی دیوارهای زیرزمین بهتر است از ضریب K_0

استفاده شود. زاویه اصطکاک بین خاک و مصالح مختلف سازه را می‌توان با استفاده از جدول شماره ۳۳ بدست آورد.

جدول شماره ۳۳- زاویه اصطکاک δ بین جنس های مختلف سازه و محیط خاکی یا سنگی (در حداکثر مقدار) $\phi = \delta$	
مزالج درگیر	زاویه اصطکاک δ (درجه)
بتن حجمی یا مصالح بنائی بر روی:	
۱. سنگ ظاهراً تمیز	35
۲. شن تمیز ، مخلوط شن و ماسه ، ماسه زیر	29-31
۳. ماسه تمیز ریز تا متوسط دانه ، ماسه متوسط تا زیر به همراه سیلت ، شن به همراه رس یا سیلت	24-29
۴. ماسه تمیز ریز دانه ، ماسه ریز تا متوسط دانه به همراه رس یا سیلت	19-24
۵. سیلت ریز دانه به همراه ماسه ، سیلت بدون پلاستیسیته	17-19
۶. رس پیش تحکیم یافته یا درجای بسیار سخت و سفت شده	22-26
۷. رس متوسط تا سخت شده و رس به همراه سیلت	17-19
دیوارهای جداکننده فلزی در مقابل:	
۱. شن تمیز ، مخلوط شن و ماسه ، سنگ ریزه های خوب دانه بندی شده به همراه خاکه سنگ	22
۲. ماسه تمیز ، مخلوط شن و ماسه به همراه سیلت ، سنگ ریزه ای تک سایز	17
۳. ماسه به همراه سیلت ، مخلوط شن و ماسه با رس و سیلت	14
۴. سیلت به همراه ماسه نرم ، سیلت بدون پلاستیسیته	11
بتن شکل دار یا دیوارهای بتنی جدا کننده در مقابل:	
۱. شن تمیز ، مخلوط شن و ماسه ، سنگ ریزه های خوب دانه بندی شده به همراه خاکه سنگ	22-26
۲. ماسه تمیز ، مخلوط شن و ماسه به همراه سیلت ، سنگ ریزه ای تک سایز	17-22
۳. ماسه به همراه سیلت ، مخلوط شن و ماسه با رس و سیلت	17
۴. سیلت به همراه ماسه نرم ، سیلت بدون پلاستیسیته	14
مصالح سازه های مختلف :	
۱. ساختار سنگهای آذرین و درگگون شده	
- پوشش سنگ نرم بر روی پوشش سنگ نرم	35
- پوشش سنگ سخت بر روی پوشش سنگ نرم	33
- پوشش سنگ سخت بر روی پوشش سنگ سخت	29
۲. ساخت بر روی چوب (خرد شده)	26
۳. فلز بر روی فلز در محل قفل و بست ورقه های فلزی	17
۴. چوب بر روی خاک	14-16

۱۴- تعیین عمق مجاز گود برداری

برای بدست آوردن عمق مجاز گودبرداری برای یک ترانشه ابتدا بایست نیروی محرک بر واحد طول دیوار برابر صفر قرار داده شده و سپس ارتفاع بدست آمده را بر ضریب اطمینان تقسیم نمود. بر این اساس خواهیم داشت:

$$P_a = \frac{1}{2} K_a \cdot \gamma \cdot H^2 + K_a \cdot q \cdot H - 2C \cdot H \sqrt{K_a}$$

که در آن C چسبندگی خاک، K_a ضریب فشار محرک رانکین، γ وزن مخصوص خاک و q سربار اعمال شده بر روی دیواره گودبرداری می باشد. با توجه به شرایط زمین حاضر و پارامترهای در نظر گرفته شده برای این خاک، ضروری است جهت پایدارسازی گود در زمان گود برداری نسبت به احداث سازه های نگهدارنده اطراف گود و یا برداشت خاک با یک شیب مناسب اقدام گردد.

ذکر این نکته ضروری است که در صورتی که اقدامی در جهت محافظت دیواره گود صورت نگیرد با گذشت زمان، خاک رطوبت خود را از دست داده و در نتیجه چسبندگی آن به طور قابل ملاحظه ای کاهش یافته و نهایتاً در امتداد سطوح ضعف و تحت زاویه $45+\phi/2$ گسیخته خواهد شد.

۱۵- ارزیابی خطر گود با دیوار قائم

جدول شماره ۳۴ - (جدول ۷-۳-۱ و ارزیابی خط گود با دیوار قائم طبق مبحث ۷ ویرایش چهارم ۱۴۰۰)			
h/h_c	عمق گود از تراز صفر	عمق گود از زیر پی ساختمان موجود در محدوده ناپایداری دیواره گود	خطر گود
کمتر از ۰/۵	کمتر از ۴ متر	صفر	معمولی
بین ۰/۵ - ۲	بین ۴ تا ۱۰ متر	بین صفر تا ۶ متر	زیاد
بیشتر از ۲	بیشتر از ۱۰ متر	بیشتر از ۶ متر	بسیار زیاد

اگر فاصله ساختمان مجاور از لبه گود کمتر از عمق گود باشد کل بار ساختمان (q) در محاسبه h_c در نظر گرفته می شود.

عمق بحرانی گود برداری : h_c عمق گود برداری : h

در صورت حضور آب یا رطوبت بالا و کاهش h_c با توجه به اثر آب بر خواص خاک، عمق ایمن گود برداری کاهش خواهد یافت. اگر آب جاری باشد (تراوش) آنگاه همواره خطر گود زیاد یا بسیار زیاد می باشد. اگر خاکی که در آن گود برداری می شود، دستی یا فاقد چسبندگی قابل اطمینان باشد، نمی توان خطر گود را معمولی در نظر گرفت.

هر گونه ساختمان در مجاورت گود به عنوان ساختمان حساس ارزیابی می شود. چنانچه ساختمان فوق دارای یکی از مشخصات دو بند زیر باشد، به صورت ساختمان بسیار حساس ارزیابی می شود. ساختمان بدون اسکلت فلزی و یا هر گونه ساختمان با نشانه آشکار علایم فرسودگی و ضعف زیاد در باربری. ساختمان هایی که به دلیل ارزش فرهنگی، تاریخی و یا حساسیت کارکرد و یا علل دیگر وقوع هرگونه

نشست و تغییر شکل در آن ها با خسارت زیادی همراه است. جدول فوق برای ساختمان مجاور گود در شرایطی معتبر است که آن ساختمان بسیار حساس نباشد. در صورتی که در اطراف گود سازه بسیار حساس باشد. خطر گود همواره بسیار زیاد در نظر گرفته می شود. در صورتی که گود با شیب پایدار اجرا شود جهت تعیین خطر پذیری گود از جدول زیر استفاده می شود.

جدول شماره ۳۵ - ارزیابی گود با شیب پایدار (طبق جدول ۷-۲-۲) طبق مبحث ۷ ویرایش سوم ۱۳۹۲	
خطر گود	عمق گود
معمولی	کمتر از ۹ متر
زیاد	بین ۹ تا ۲۰ متر
بسیار زیاد	بیش از ۲۰ متر

توجه : به منظور ارزیابی خطر گود و تفویض مسئولیت ها، به مبحث هفتم از مقررات ملی ساختمان، بند ۷-۳-۳ مراجعه گردد. رعایت ضوابط و دستورالعمل های گودبرداری، حفر چاه ها و اجرای سازه نگهدارنده، مبحث دوازدهم مقررات ملی ساختمان، در این پروژه الزامیست. به عنوان مثال:

موقعیت تاسیسات زیر زمین از قبیل کانال های فاضلاب، لوله کشی آب و گاز، قنوات قدیمی، کابل های برق، تلفن و غیره که ممکن است در حین حفاری موجب بروز خطر و حادثه قرار گرفته و یا خود دچار خسارت شوند، مورد بررسی و شناسایی قرار گرفته و با همکاری سازمان های ذیربط، نسبت به تغییر مسیر و یا قطع جریان آن ها اقدام گردد.

در موارد زیر باید دیوارهای محل گودبرداری دقیقاً مورد بررسی و بازدید قرار گرفته و در نقاطی که خطر ریزش یا لغزش دیوارها بوجود آمده است، مهارها و وسایل ایمنی لازم از قبیل شمع، سپر و غیره نصب و یا مهارهای موجود تقویت گردند.

- بعد از بارندگی های شدید
 - بعد از وقوع طوفان های شدید، سیل و زلزله
 - بعد از یخبندان های شدید
 - بعد از هر گونه عملیات انفجاری
 - بعد از ریزش های ناگهانی
 - بعد از وارد آمدن صدمات اساسی به مهارها
 - بعد از هر گونه ایجاد وقفه در فعالیت ساختمانی (۲۴ ساعت وقفه)
- برای جلوگیری از بروز خطرهای نظیر پرتاب سنگ، سقوط افراد، حیوانات، مصالح ساختمانی و ماشین آلات و سرازیر شدن آب به داخل گود و نیز برخورد افراد و وسایط نقلیه با کارگران و وسایل و ماشین آلات حفاری و خاک برداری، باید اطراف محل حفاری و خاک برداری با رعایت مفاد بند ۱۲-۵-۱ به نحو مناسب حصارکشی و محافظت شود. در معابر و فضاهای عمومی، محل حفاری و خاک برداری باید با علائم هشدار دهنده که در شب و روز قابل رویت باشد مجهز گردد.

خاک و مصالح حاصل از خاک برداری نباید به فاصله کمتر از نیم متر از لبه گود ریخته شود. همچنین این مصالح نباید در پیاده‌روها و معابر عمومی به نحوی انباشته شود که مانع عبور و مرور گردیده یا موجب بروز حادثه شود.

قبل از استقرار ماشین آلات و وسایل مکانیکی از قبیل جرثقیل، بیل مکانیکی، لودر، کامیون و غیره، یا انباشتن خاک‌های حاصل از گود برداری و یا مصالح ساختمانی در مجاورت گود، باید ضمن رعایت فاصله مناسب از لبه گود، نسبت به تامین پایداری دیواره‌های گود اقدام گردد.

در گودهایی که عمق آن‌ها بیش از یک متر است نباید کارگران به تنهایی به کار گمارده شوند.

با توجه به رابطه: $h_c = \frac{2C}{\gamma \sqrt{K_a}} - \frac{\gamma}{q}$ عمق بحرانی گودبرداری و نسبت عمق گود برداری به عمق بحرانی گودبرداری طبق جدول ۳۶ می‌باشد.

جدول شماره ۳۶ - ارزیابی خطر گود با دیوار قائم برای این پروژه

خطر گود	h/hc	hc	h (m)	C(kpa)	ka	γ (kn/m ³)	q (kpa)
بسیار زیاد	2.4	3.28	8.0	24.0	0.55	16.8	10
بسیار زیاد	3.0	2.68	8.0	24.0	0.55	16.8	20
بسیار زیاد	5.4	1.48	8.0	24.0	0.55	16.8	40
بسیار زیاد	27.5	0.29	8.0	24.0	0.55	16.8	60

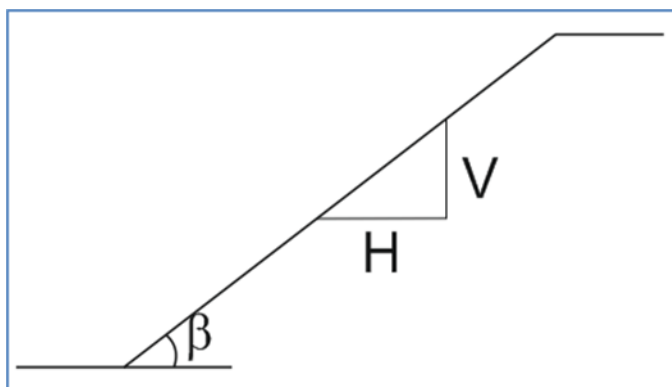
- به ازای هر طبقه ۱۰ کیلو پاسکال
- مجاور زیرزمین باشد خطرهمواره معمولی است
- یعنی خطری ندارد
- برای خیابان و کوچه ۱۰
- برای خیابان پرتردد ۱۵ میتواند باشد
- اگر فاصله ساختمان مجاور تا گود کمتر از عمق گود باشد باید کل بار ساختمان لحاظ شود.

q

۱۶- تعیین شیب پایدار گودبرداری

به منظور تعیین شیب پایدار گودبرداری می‌توان از رابطه زیر استفاده نمود. در این رابطه (β) شیب گودبرداری و H_{cr} ارتفاع پایدار گودبرداری به صورت شیب‌دار می‌باشد.

$$H_{cr} = \frac{C_d}{\gamma} \left(\frac{\sin \beta \cdot \cos \phi_d}{1 - \cos(\beta - \phi_d)} \right) - \frac{q}{\gamma}$$



شکل ۹- مشخصات شیب پایدار گودبرداری

جدول شماره ۳۷ - مقادیر شیب پایدار گودبرداری برای این پروژه

q (kpa)	γ (kn/m ³)	C(kpa)	h (m)	h _{cr} (m)
10	16.8	24.0	8.0	10.6
20	16.8	24.0	8.0	10.1
40	16.8	24.0	8.0	8.9
60	16.8	24.0	8.0	7.7

β rad	ϕ rad
0.933	0.297
0.933	0.297
0.933	0.297
0.933	0.297

۱۷- عمق نفوذ یخبندان

یکی از مواردی که در انتخاب عمق پی ها بدان توجه نمود مسئله عمق یخبندان خاک است که با توجه به ارتفاع کاپیلار (بالا آمدن آب در لوله های موئین) تعیین می شود.

در مناطقی که درجه حرارت محیط در طول سال به صفر یا کمتر می رسد آب صعود کرده در اثر پدیده کاپیلاریته بصورت رگه هایی در بین لایه های خاک یخ می بندد. عمل یخبندان باعث تورم سطح زمین شده که در بعضی از مناطق این تورم زیاد می باشد.

عمق یخبندان برای یک خاک با جنس یکنواخت متناسب با شدت و دوام برودت هوا و خصوصیات حرارتی خاک می باشد. برای این منظور از فرمول استفان آلد ریچ استفاده می شود.

$$\sqrt{Z} = \gamma (48F_I) / (L/K)$$

$$L = 80 (W/100) \gamma_d$$

Z = نفوذ یخبندان بر حسب سانتی متر

F_I = شاخص برودت هوا

L = حرارت تغییر حالت خاک

W = درصد رطوبت طبیعی خاک

γ_d = دانسیته خاک بر حسب gr/cm^3

W = ضریب هدایت حرارتی

برای تعیین عمق نفوذ یخبندان می توان از جدول ساده زیر نیز استفاده نمود:

$T \leq -10^\circ\text{C}$	$-5^\circ\text{C} \geq T > -10^\circ\text{C}$	$T > -5^\circ\text{C}$	حداقل درجه حرارت
100	80	60	حداقل عمق یخبندان (cm)

با توجه به موارد فوق عمق نفوذ یخبندان برای ساختگاه مورد مطالعه حدود ۸۰ سانتیمتر برآورد می گردد.

۱۸- توصیه های فنی**۱-۱۸- بررسی عوامل شیمیائی و سیمان مصرفی**

جهت تعیین نوع و مقدار سیمان مصرفی و نسبت‌های آب به سیمان در بتن مورد استفاده در پی‌های سازه آزمایش تعیین درصد سولفات کل، تعیین درصد کلر بر روی نمونه‌های برداشت شده انجام شده است. بر اساس آزمایشات شیمیایی انجام شده بر روی نمونه‌های محل در گمانه‌های حفر شده BH1 , BH2 و BH3 میزان یون سولفات و کلر کمتر از ۰/۲۰ درصد بوده و همچنین مطابق با مبحث ۹ مقررات ملی ساختمان (۱۳۹۹) بند ۵-۶-۹ و جدول (۵-۶-۹-الف) خاک محل پروژه در رده ملایم قرار می‌گیرد. بنابراین سیمان مصرفی برای سازه‌های مدفون، که با ارزیابی میزان خوردندگی خاک و آب‌های زیرزمینی به بتن صورت می‌گیرد، از نوع سیمان تیپ یک (یا دو) با نسبت آب به سیمان و عیار مناسب مطابق آیین نامه‌های رایج و موجود (آیین نامه بتن ایران) توصیه می‌گردد و می‌بایست سایر تمهیدات لازم جهت بهبود شرایط نگهداری فونداسیون‌ها صورت پذیرد.

۲-۱۸- ضرایب زلزله

موقعیت جغرافیایی پروژه به دلیل قرار گیری در شهر کاشان بر اساس آیین نامه طرح ساختمان‌ها در برابر زلزله (آیین نامه ۲۸۰۰) در منطقه با خطر نسبی زیاد واقع شده است. بر همین اساس شتاب مبنای طرح به میزان 0.30 شتاب ثقل زمین می‌باشد.

۳-۱۸- ملاحظات ژئوتکنیکی

- در هنگام بتن ریزی شالوده‌ها بایستی به تراز بودن کف شالوده‌ها توجه داشت.
- مقاومت‌های مجاز داده شده بر اساس مشاهدات محلی و آزمایشگاهی لایه‌های خاک در گمانه‌های حفاری شده تعیین گردیده است و چنانچه در حین اجرای پروژه لایه‌های دیگری از خاک با خصوصیات متفاوت از آنچه در گزارش ارائه شده است مشاهده گردید، بایستی بر روی لایه‌های مذکور مطالعات جداگانه‌ای به عمل آید.
- با توجه به نتایج بدست آمده از ارزیابی خطر گود، در محدوده مورد مطالعه خطر گود در رده بسیار زیاد قرار داشته، بنابراین مسئولیت طراحی گودبرداری باید بر عهده یک شرکت مهندسی ژئوتکنیک ذیصلاح باشد و همچنین عملیات پایدارسازی گود توسط پیمانکار ذیصلاح و نظارت بر اجرای پیمانکار توسط ناظر ذیصلاح انجام گردد.
- چنانچه گودبرداری با یک شیب پایدار انجام گردد، خطر گود برداری در رده معمولی بوده و مسئولیت طراحی گود بر عهده مهندس طراح ساختمان می‌باشد. البته توصیه می‌شود مهندس طراح در پایدارسازی گود از یک متخصص ذیصلاح استفاده نماید.
- از نظر لرزه خیزی، منطقه مورد مطالعه در محدوده مناطق با خطر نسبی لرزه زیاد قرار داشته و شتاب مبنای طرح معادل 0/30 g می‌باشد.

- جهت اجتناب از نشست متفاوت از آبریزی‌های بی رویه اطراف شالوده جلوگیری به عمل آید و کلیه لوله‌های تاسیساتی از داخل داکت عبور داده شوند و اطراف ساختمان پیاده روهای شیب‌دار احداث و آب‌های حاصل از نزولات جوی به دور از ساختمان هدایت گردند.
- با توجه به عمق خاکبرداری و بالا آمدن احتمالی سطح آب زیرزمینی تمهیدات لازم جهت کنترل آب زیرزمینی و همچنین ایزوله کردن فونداسیون‌ها اندیشیده شود. توصیه می‌گردد با ایجاد کانال زهکشی، حوضچه و یا چاهک، نسبت به تخلیه آب زیرزمینی اقدام گردد.
- کلیه شناژهای پایین پی می‌بایستی در خاک مدفون باشند.
- چاهای مطالعاتی (گمانه) به وسیله سنگ ریزه غوطه ور در سیمان پر گردد.
- گزارش ارائه شده بر اساس اطلاعات بدست آمده از حفاری گمانه های BH1 , BH2 و BH3 و آزمون‌های صحرایی و آزمایشگاهی انجام شده در این محل بوده و صرفاً برای این زمین با کد نوسازی ۰-۰-۱-۵-۲۰-۳ قابل استفاده می‌باشد.
- با توجه به فرونشست‌های اتفاق افتاده در سطح شهر اصفهان و مشکل ایجاد شده در اثر این فرونشست ها از قبیل ترک خوردگی و تخریب ساختمان ها، توصیه می‌گردد تمهیدات لازم جهت کنترل اثرات مخرب ناشی از فرونشست اندیشیده شود.
- لازم به ذکر است: تعداد، نوع گمانه‌ها و آزمون‌های آزمایشگاهی و صحرایی پیش بینی شده لازم طبق توافق با کارفرما بوده لذا برای ارزیابی بیشتر خاک نیاز به انجام مطالعات ژئوتکنیک طبق آخرین ویرایش مبحث ۷ مقررات ملی ساختمان می باشد.

تذکر:

- با توجه به این‌که کلیه اطلاعات ارائه شده در این گزارش بر اساس مشاهدات و مطالعات انجام شده از محل حفاری گمانه های BH1 , BH2 و BH3 می‌باشد و با توجه به طبیعت متغیر زمین، در صورتی‌که در حین عملیات اجرایی و گودبرداری مغایرتی در نوع خاک و لایه‌های تحت الارضی مشاهده گردید، لازم است که مهندس ناظر محترم پروژه، آزمایشگاه را مطلع نموده تا موارد بررسی و در صورت نیاز آزمایشات و حفاری مجدد در نقاط مشکوک انجام گردد.
- مسئولیت و عواقب استفاده از پارامترهای این دفترچه برای پروژه و کدنوسازی دیگر، تخلف انتظامی برای کارفرما و طراح سازه محترم بوده و پیگرد قانونی دارد.
- طبق ماده‌ی ۲۳ قانون حمایت حقوق مصنفان، هرگونه کپی برداری بدون اجازه و یا عالماً عامداً به نام دیگری، محکومیت به حبس تأدیبی از ۶ ماه تا ۳ سال در پی خواهد شد.

۱۹- فهرست منابع

- ۱- تعیین ظرفیت باربری شالوده‌های سطحی "روابط مایهوف و هانسن" برگزیده از کتاب اصول مهندسی پی، نوشته براجام داس، ترجمه شاپور طاحونی.
- ۲- تعیین نشست الاستیک خاک "روابط کانی و فوکس و اشمرتمن" برگزیده از کتاب آنالیز و طراحی پی نوشته J.W.BOWELS
- ۳- تعیین نشست تحکیمی خاک "اسکمپتون و بیروم" برگزیده از کتاب اصول مهندسی پی، نوشته براجام داس، ترجمه شاپور طاحونی.
- ۴- تعیین ضریب واکنش بستر خاک "ترزاقی و بولز و کانی" برگزیده از کتاب آنالیز و طراحی پی نوشته J.W.BOWELS
- ۵- تعیین طبقه بندی خاک و شتاب مبنای زلزله "آیین نامه طراحی ساختمان در برابر زلزله، استاندارد ۲۸۰۰ ایران، ویرایش چهارم."
- ۶- گودبرداری و ایمن سازی، نوشته مهندسان مشاور اینترکان
- ۷- مکانیک خاک جلد اول و دوم، نوشته کامبیز بهنیا و امیر محمد طباطبائی
- ۸- زمین شناسی ایران، نوشته علی درویش زاده
- ۹- مبحث ۷ مقررات ملی ساختمانی ایران، پی و پی سازی
- ۱۰- مبحث ۹ مقررات ملی ساختمانی ایران، طرح و اجرای ساختمان‌های بتن آرمه
- ۱۱- مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی، نشریه ۵۵ سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور
- ۱۲- اصول و مبانی گودبرداری و سازه های نگهدارنده، وزارت مسکن و شهرسازی
- ۱۳- راهنمای مقاوم سازی زمین‌های سست در برابر روانگرایی، تالیف موسسه تحقیقات سواحل و بنادر وزارت ترابری ژاپن، ترجمه سید مجدالدین میر محمد حسینی و مهدی درخشندی
- ۱۴- قانون کار، آیین نامه حفاظت و بهداشت عمومی در کارگاه- شورای عالی حفاظت فنی - آیین نامه و مقررات حفاظتی حفر چاه‌های دستی

15-Foundation Engineering Handbook, Edited by H.F.Winterkorn and H.Y. Fang

16-Foundation Design and Construction, Edited by M.J. Tomlinson

17-Uniform Building Code, UBC 1997. Volume 2

۱۸- سایت پایگاه داده‌های علوم زمین

۱۹- سایت اینترنتی پژوهشگاه بین‌المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله

پیوست ها

پیوست شماره ۱۵

کروکی موقعیت گمانه

کروکی نقاط حفاری شده در محل مطالعات ژئوتکنیک مجتمع مسکونی-تجاری واقع در شهر کاشان

BH1



BH2



کروکی نقاط حفاری شده در محل مطالعات ژئوتکنیک مجتمع مسکونی-تجاری واقع در شهر کاشان

BH3



کروکی نقاط حفاری شده در محل مطالعات ژئوتکنیک مجتمع مسکونی-تجاری واقع در شهر کاشان

TP1



TP2



پیوست شماره ۲

نمودار ژئوتکنیکی گمانه ها

گزارش لایه بندی خاک گمانه اول

Log Of Boring

[illegible]

گزارش لایه بندی خاک گمانه دوم

[illegible]

گزارش لایه بندی خاک گمانه سوم

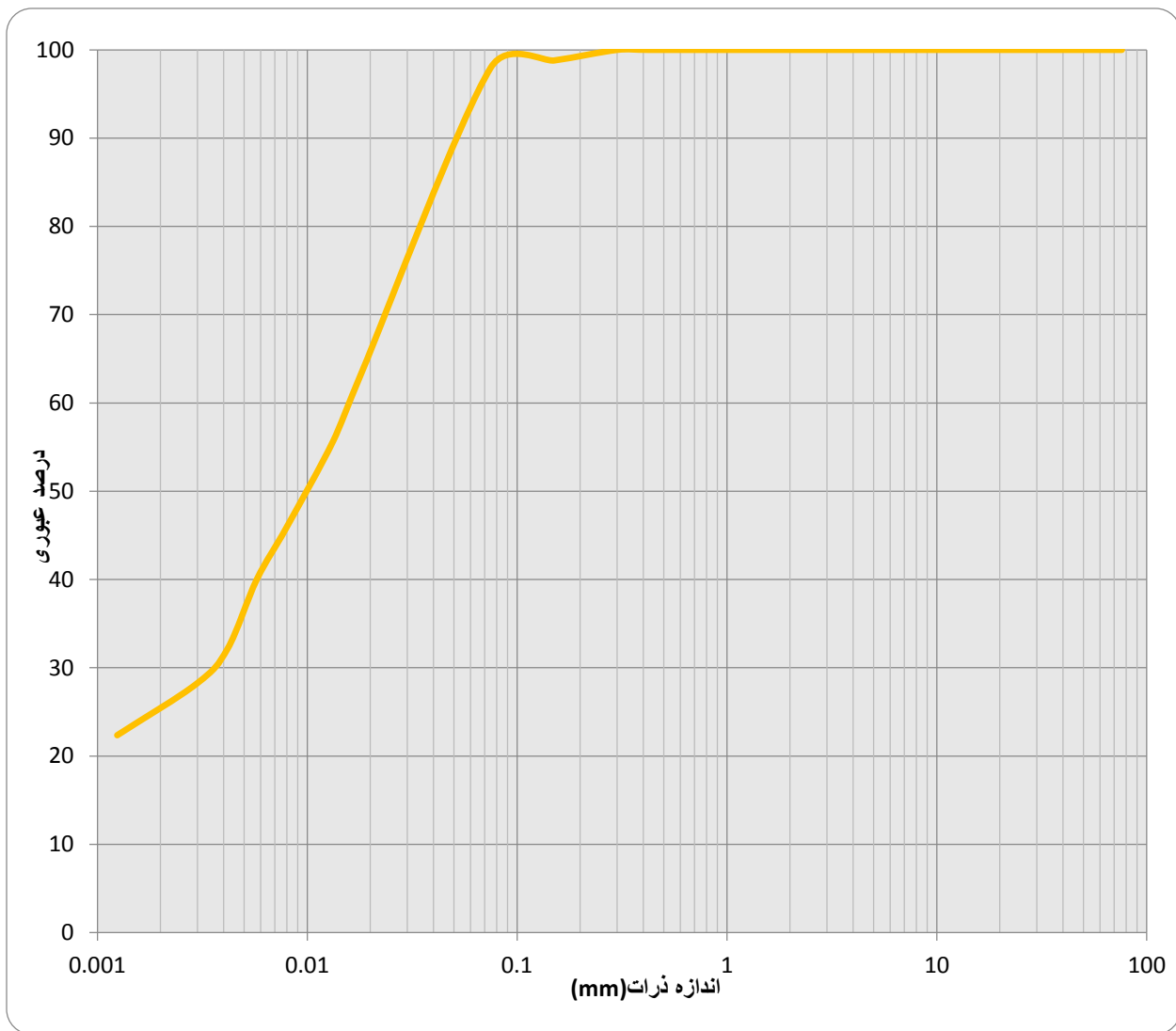
Log Of Boring

[illegible]

پیوست شماره ۳

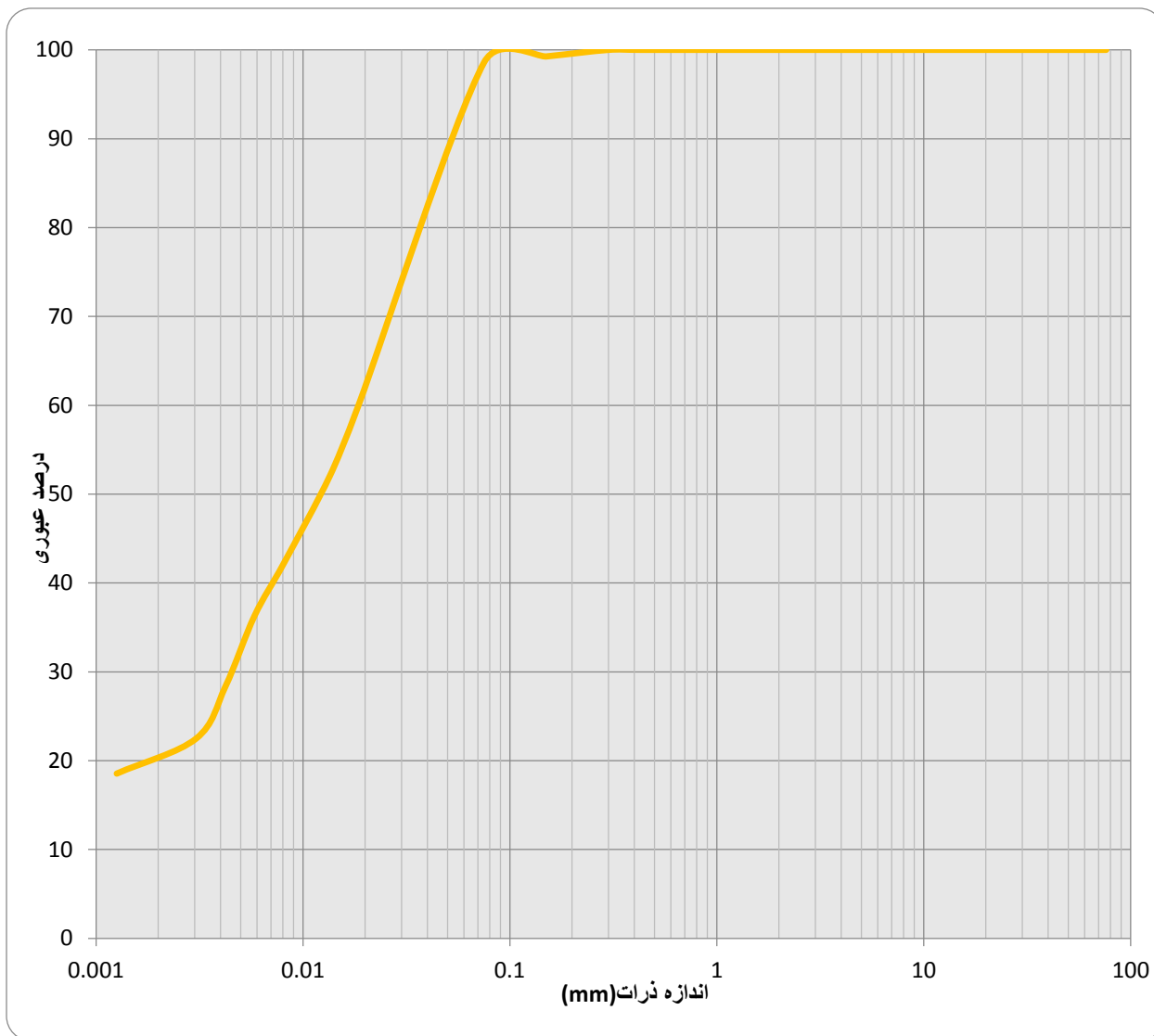
منحنی های دانه بندی خاک

LL = 30	عمق نمونه (m): 1-4	پروژه: مطالعات ژئوتکنیک مجتمع مسکونی-تجاری واقع در شهر کاشان
PL = 16	شماره گمانه: BH1	کارفرما: بانک کارآفرین
PI = 14	شماره نمونه: 1	نمونه گیری: توسط شرکت سازه آزما نقش جهان



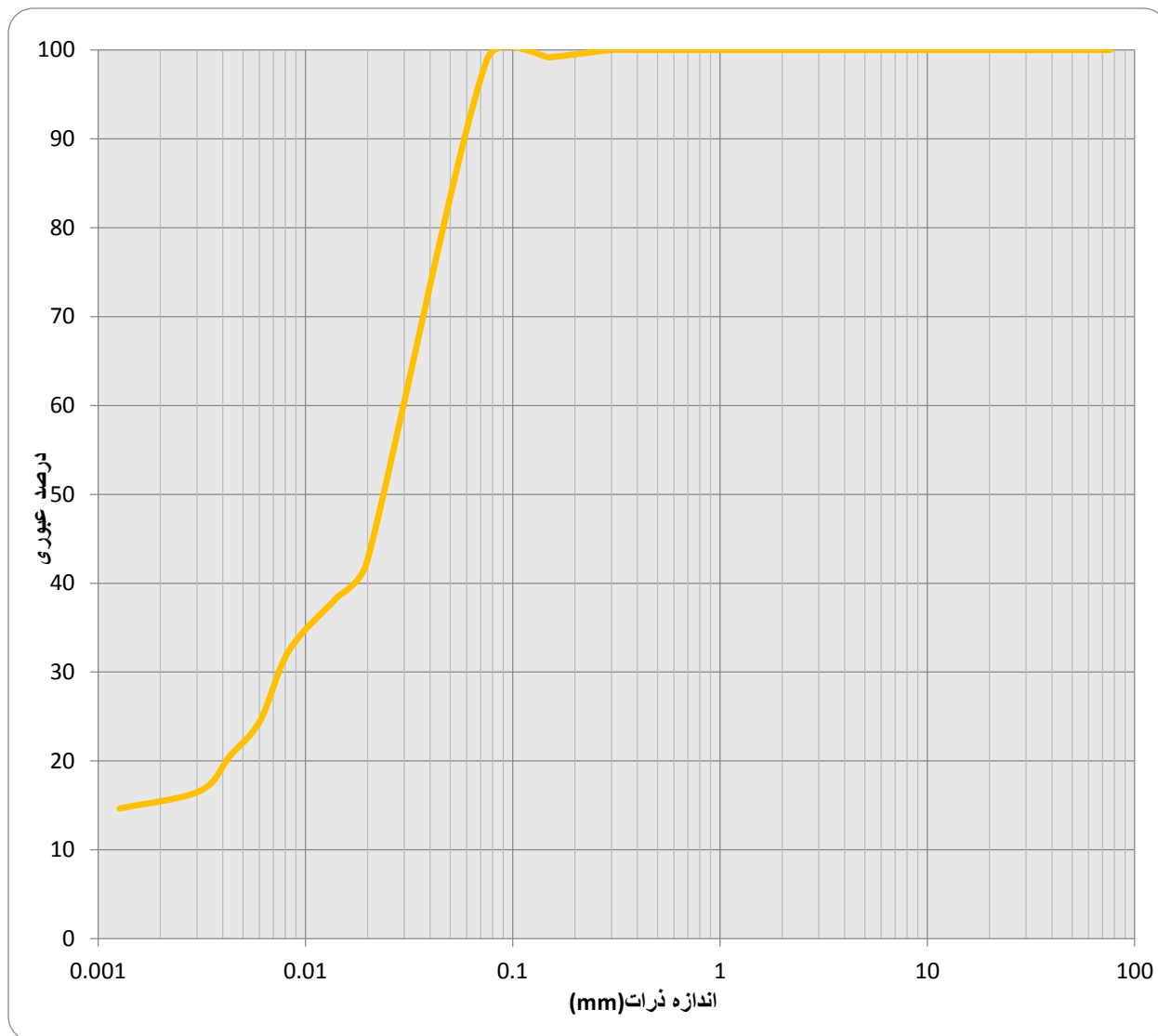
LL = 30	$D_{10} = 0.000$	$C_u = 80.36$	Unified Soil Classification: CL - Lean clay
PL = 16	$D_{30} = 0.003$	$C_c = 3.87$	
PI = 14	$D_{60} = 0.016$		

LL = 30	عمق نمونه (m): 4-6	پروژه: مطالعات ژئوتکنیک مجتمع مسکونی-تجاری واقع در شهر کاشان
PL = 17	شماره گمانه: BH1	کارفرما: بانک کارآفرین
PI = 13	شماره نمونه: 2	نمونه گیری: توسط شرکت سازه آزما نقش جهان



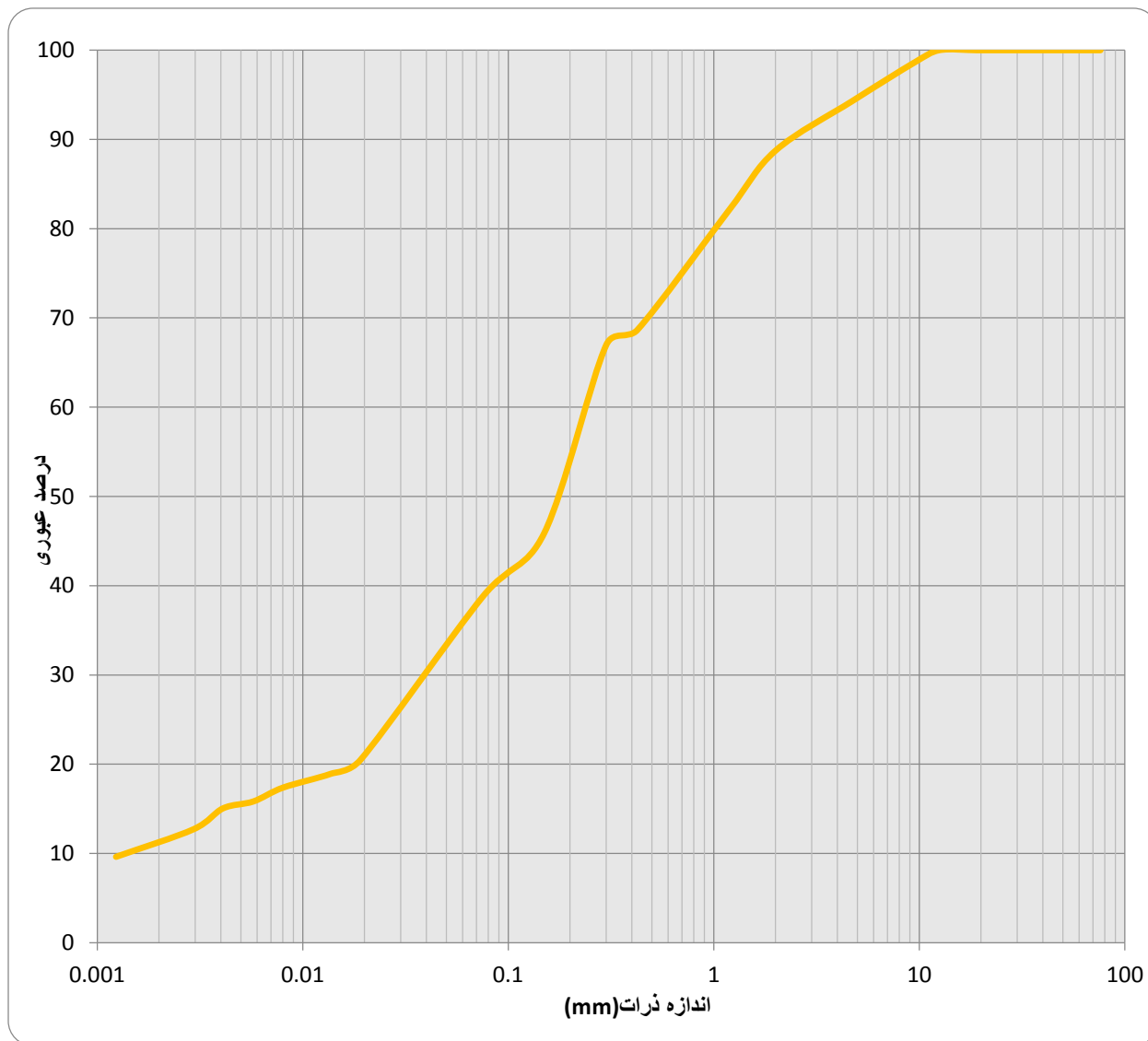
LL = 30 PL = 17 PI = 13	D ₁₀ = 0.000 D ₃₀ = 0.005 D ₆₀ = 0.019	C _u = 100.00 C _c = 5.92	Unified Soil Classification: CL - Lean clay
-------------------------------	---	--	--

LL = 22.2	عمق نمونه (m): 6-8	پروژه: مطالعات ژئوتکنیک مجتمع مسکونی-تجاری واقع در شهر کاشان
PL = 10.5	شماره گمانه: BH1	کارفرما: بانک کارآفرین
PI = 11.7	شماره نمونه: 3	نمونه گیری: توسط شرکت سازه آزما نقش جهان



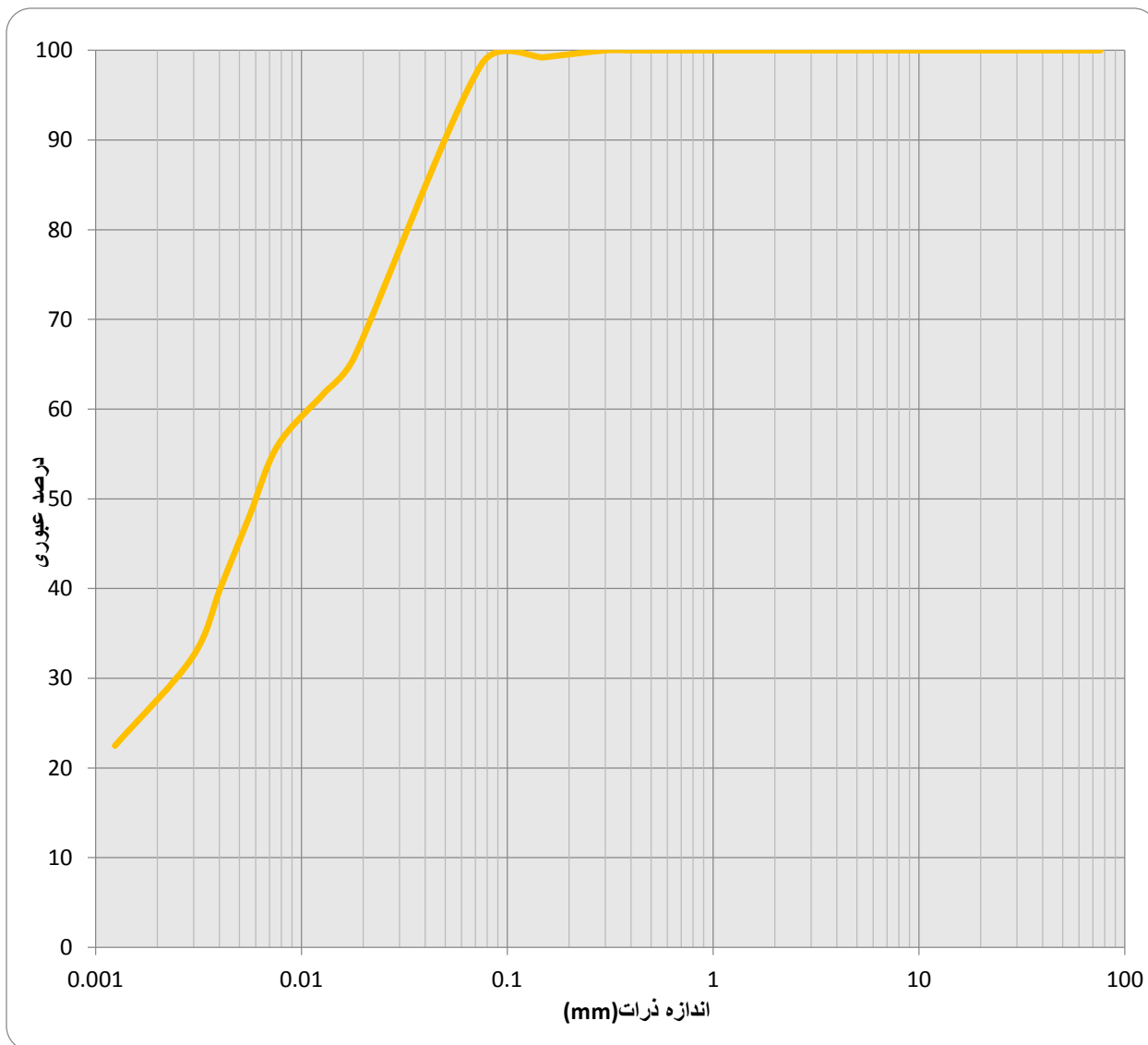
LL = 22.2 PL = 10.5 PI = 11.7	D ₁₀ = 0.000 D ₃₀ = 0.008 D ₆₀ = 0.030	C _u = 190.23 C _c = 12.07	Unified Soil Classification: CL - Lean clay
-------------------------------------	---	---	--

LL = NLL	عمق نمونه (m): 8-12	پروژه: مطالعات ژئوتکنیک مجتمع مسکونی-تجاری واقع در شهر کاشان
PL = NPL	شماره گمانه: BH1	کارفرما: بانک کارآفرین
PI = NPI	شماره نمونه: 4	نمونه گیری: توسط شرکت سازه آزما نقش جهان



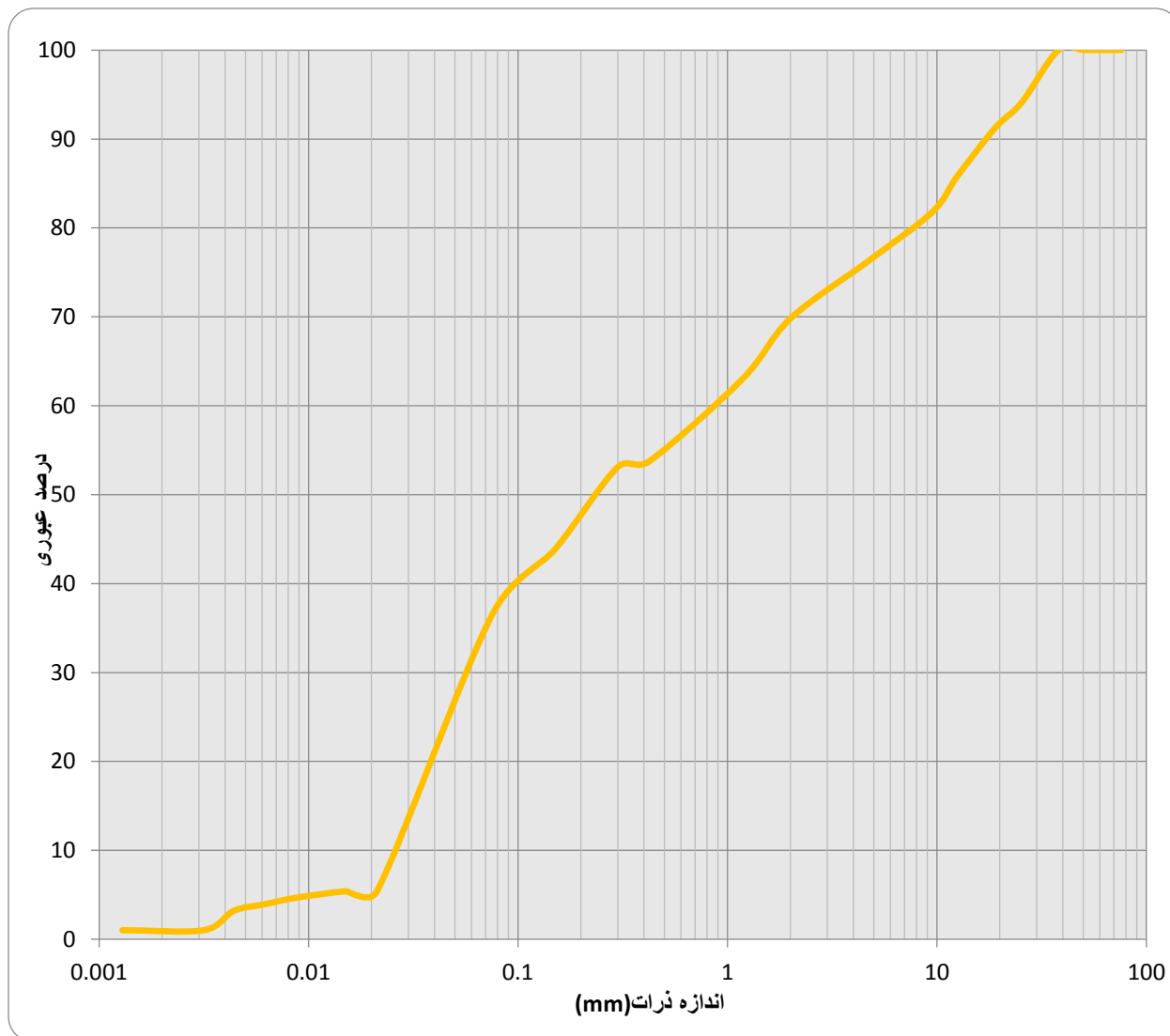
LL = -	$D_{10} = 0.001$	$C_u = 173.15$	Unified Soil Classification: SM - Silty sand
PL = -	$D_{30} = 0.039$	$C_c = 4.63$	
PI = -	$D_{60} = 0.238$		

LL = 29	عمق نمونه (m): 12-16	پروژه: مطالعات ژئوتکنیک مجتمع مسکونی-تجاری واقع در شهر کاشان
PL = 13	شماره گمانه: BH1	کارفرما: بانک کارآفرین
PI = 16	شماره نمونه: 5	نمونه گیری: توسط شرکت سازه آزما نقش جهان



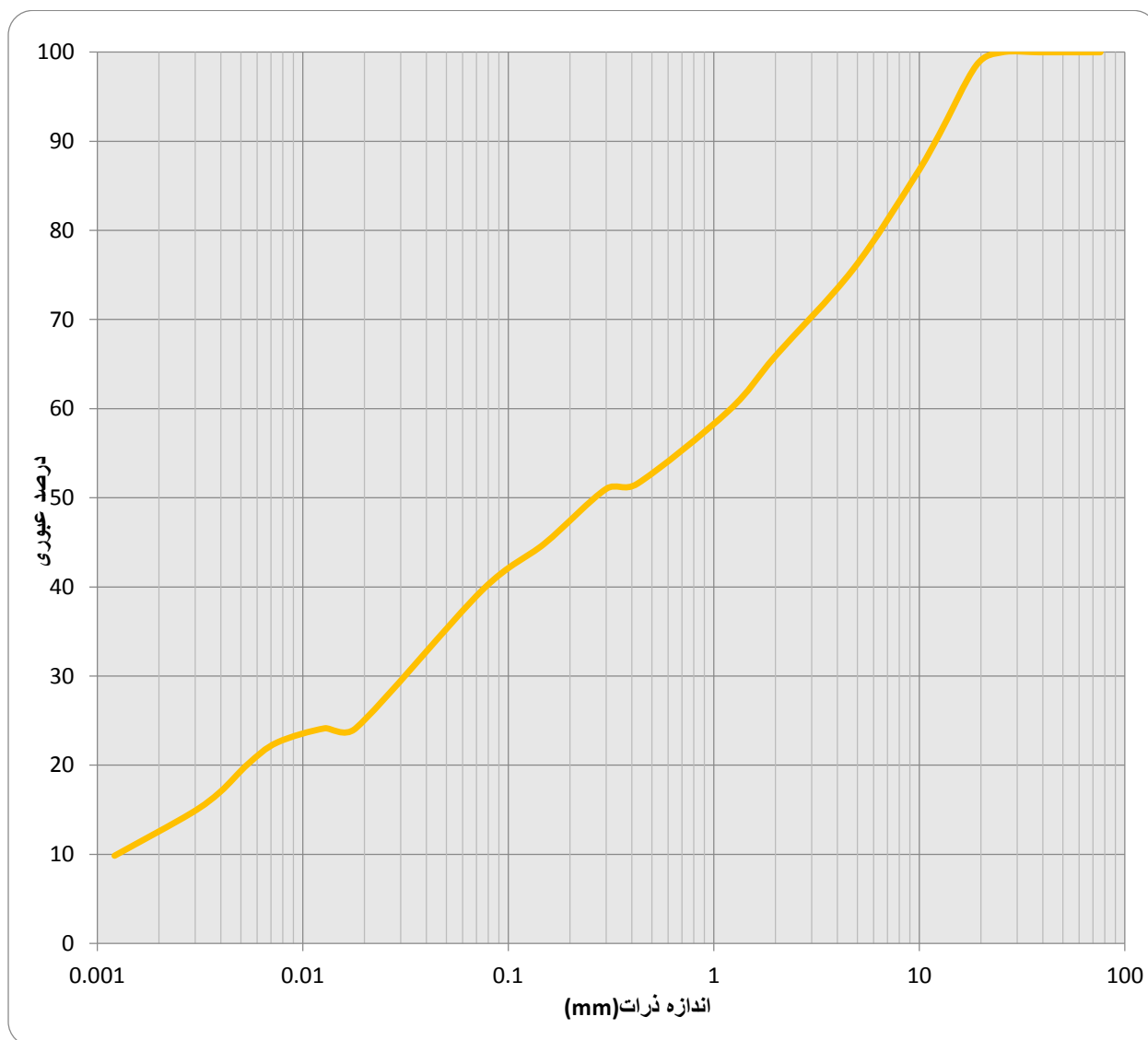
LL = 29	D ₁₀ = 0.000	C _u = 26.44	Unified Soil Classification: CL - Lean clay
PL = 13	D ₃₀ = 0.002	C _c = 1.27	
PI = 16	D ₆₀ = 0.011		

LL = NLL	عمق نمونه (m): 16-20	پروژه: مطالعات ژئوتکنیک مجتمع مسکونی-تجاری واقع در شهر کاشان
PL = NPL	شماره گمانه: BH1	کارفرما: بانک کارآفرین
PI = NPI	شماره نمونه: 6	نمونه گیری: توسط شرکت سازه آزما نقش جهان



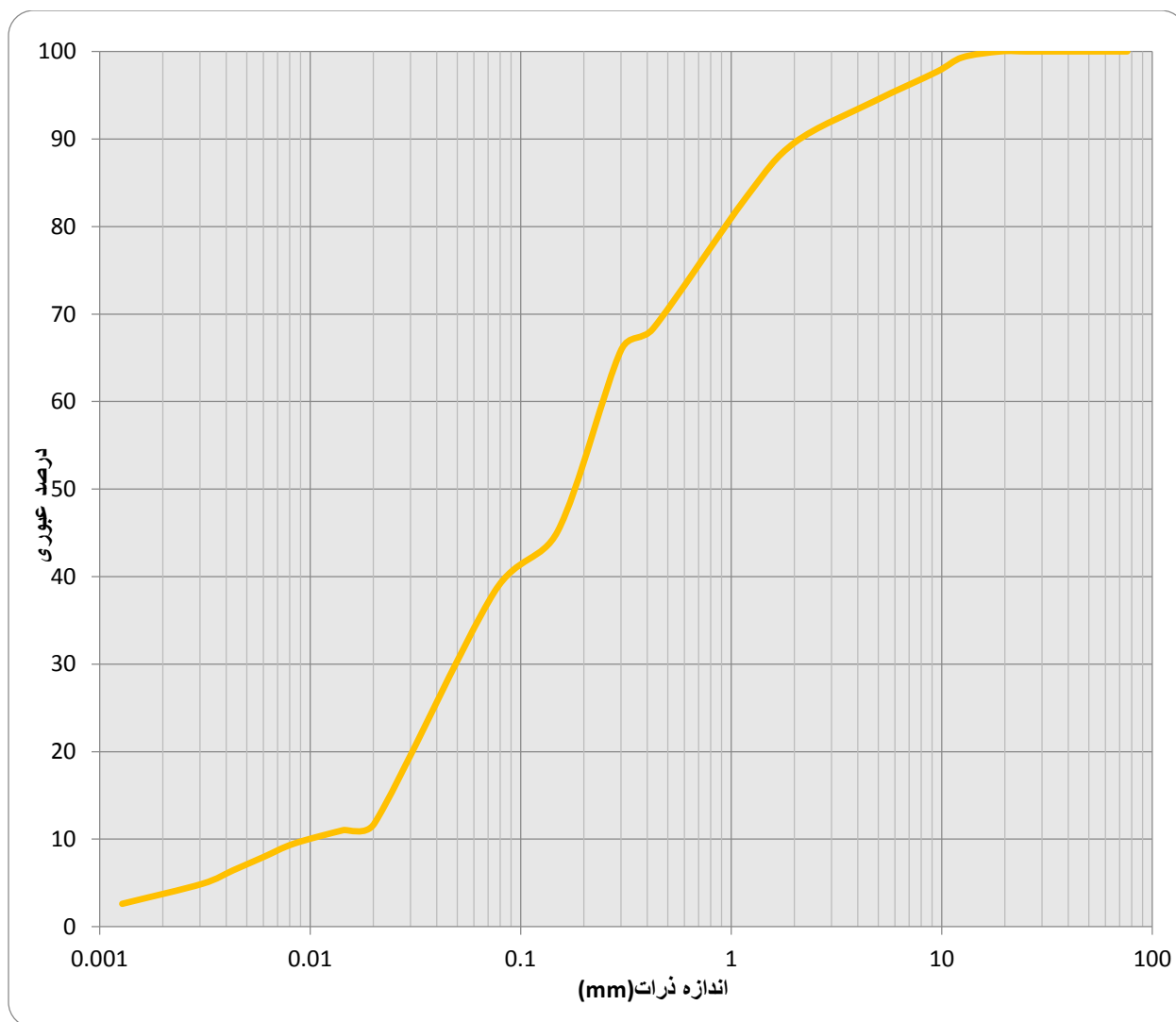
LL = -	$D_{10} = 0.026$	$C_u = 33.08$	Unified Soil Classification: SM - Silty sand with gravel
PL = -	$D_{30} = 0.058$	$C_c = 0.15$	
PI = -	$D_{60} = 0.847$		

LL = NLL	عمق نمونه (m): 20-22.7	پروژه: مطالعات ژئوتکنیک مجتمع مسکونی-تجاری واقع در شهر کاشان
PL = NPL	شماره گمانه: BH1	کارفرما: بانک کارآفرین
PI = NPI	شماره نمونه: 7	نمونه گیری: توسط شرکت سازه آزما نقش جهان



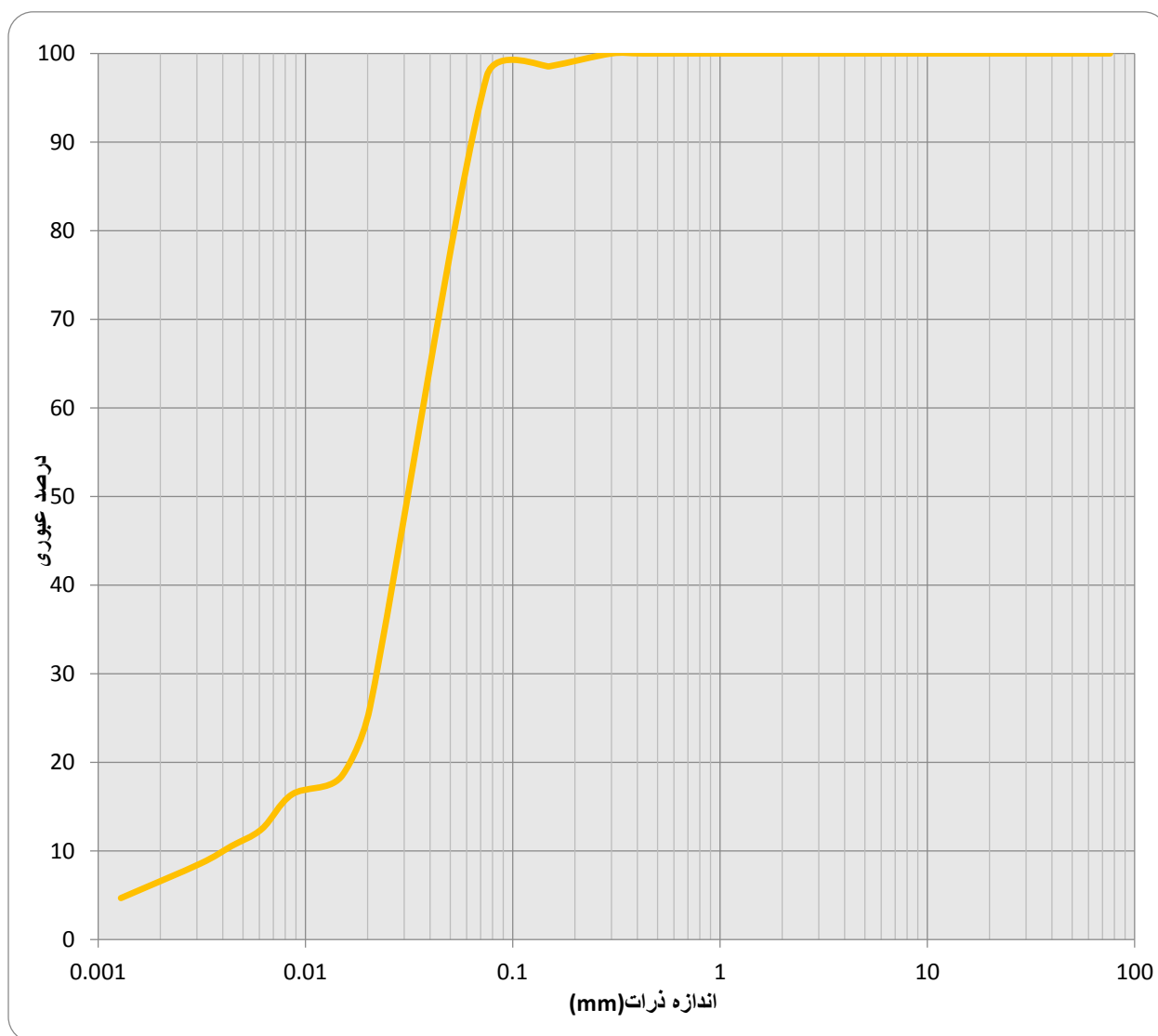
LL = -	$D_{10} = 0.001$	$C_u = 966.21$	Unified Soil Classification: SM - Silty sand with gravel
PL = -	$D_{30} = 0.031$	$C_c = 0.64$	
PI = -	$D_{60} = 1.204$		

LL = NLL	عمق نمونه (m): 22.7-23.5	پروژه: مطالعات ژئوتکنیک مجتمع مسکونی-تجاری واقع در شهر کاشان
PL = NPL	شماره گمانه: BH1	کارفرما: بانک کارآفرین
PI = NPI	شماره نمونه: 8	نمونه گیری: توسط شرکت سازه آزما نقش جهان



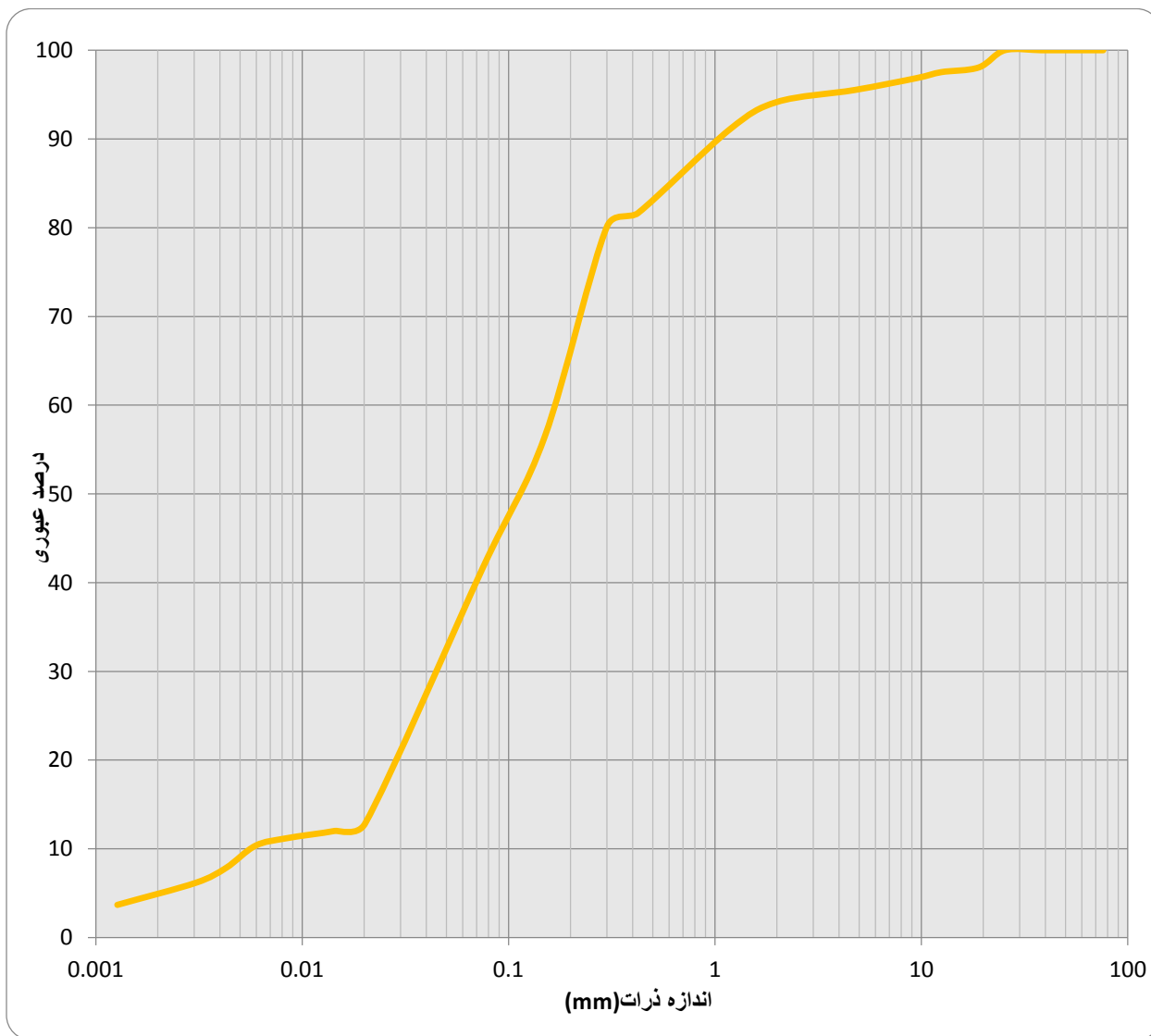
LL = -	$D_{10} = 0.010$	$C_u = 24.51$	Unified Soil Classification: SM - Silty sand
PL = -	$D_{30} = 0.050$	$C_c = 1.00$	
PI = -	$D_{60} = 0.246$		

LL = 11.7	عمق نمونه (m): 23.5 - 26	پروژه: مطالعات ژئوتکنیک مجتمع مسکونی-تجاری واقع در شهر کاشان
PL = 5.4	شماره گمانه: BH1	کارفرما: بانک کارآفرین
PI = 6.3	شماره نمونه: 9	نمونه گیری: توسط شرکت سازه آزما نقش جهان



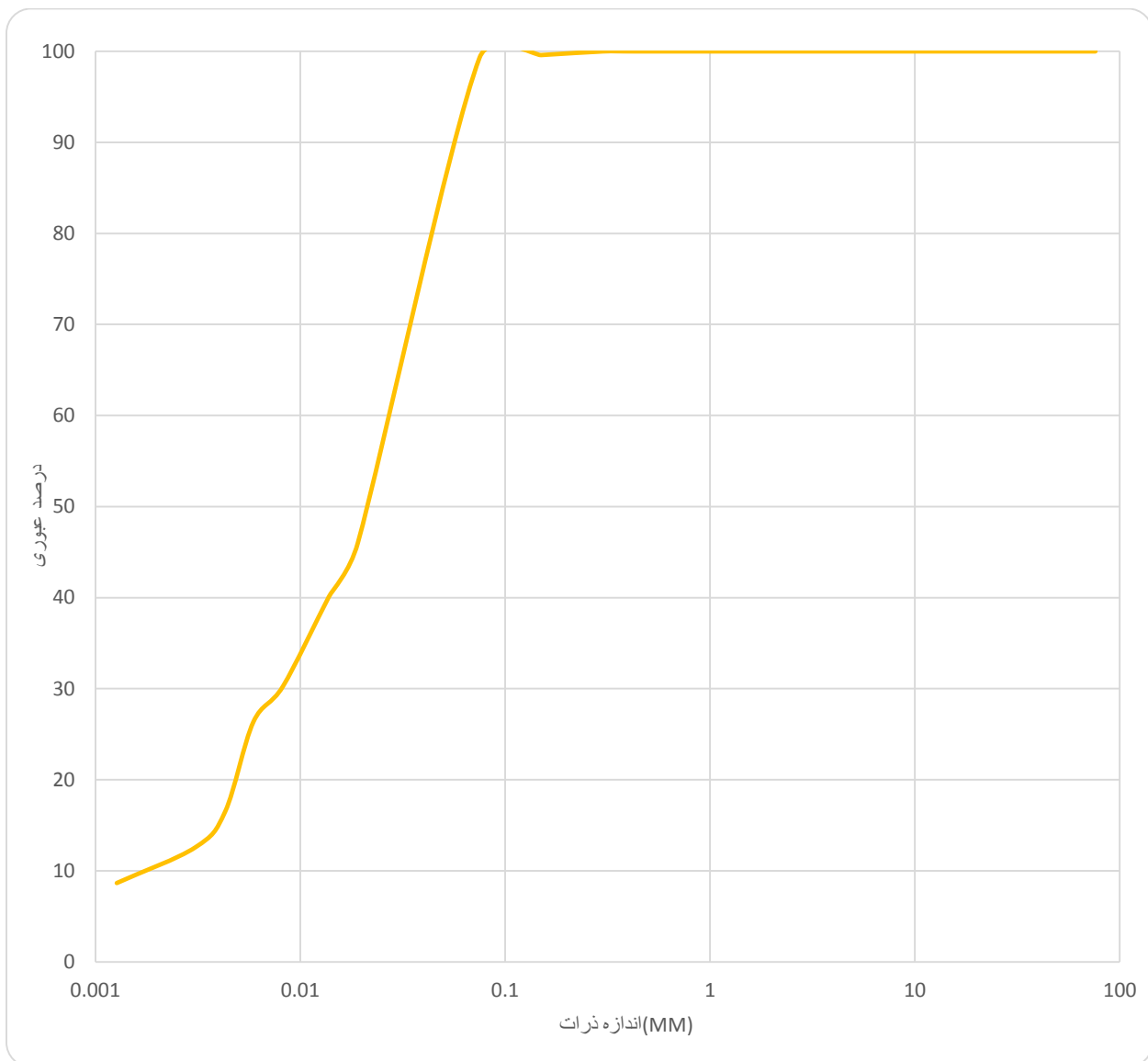
LL = 11.7 PL = 5.4 PI = 6.3	D ₁₀ = 0.004 D ₃₀ = 0.022 D ₆₀ = 0.038	C _u = 9.49 C _c = 3.18	Unified Soil Classification: CL-ML - Silty clay
-----------------------------------	---	--	--

LL = NLL	عمق نمونه (m): 26-28	پروژه: مطالعات ژئوتکنیک مجتمع مسکونی-تجاری واقع در شهر کاشان
PL = NPL	شماره گمانه: BH1	کارفرما: بانک کارآفرین
PI = NPI	شماره نمونه: 10	نمونه گیری: توسط شرکت سازه آزما نقش جهان



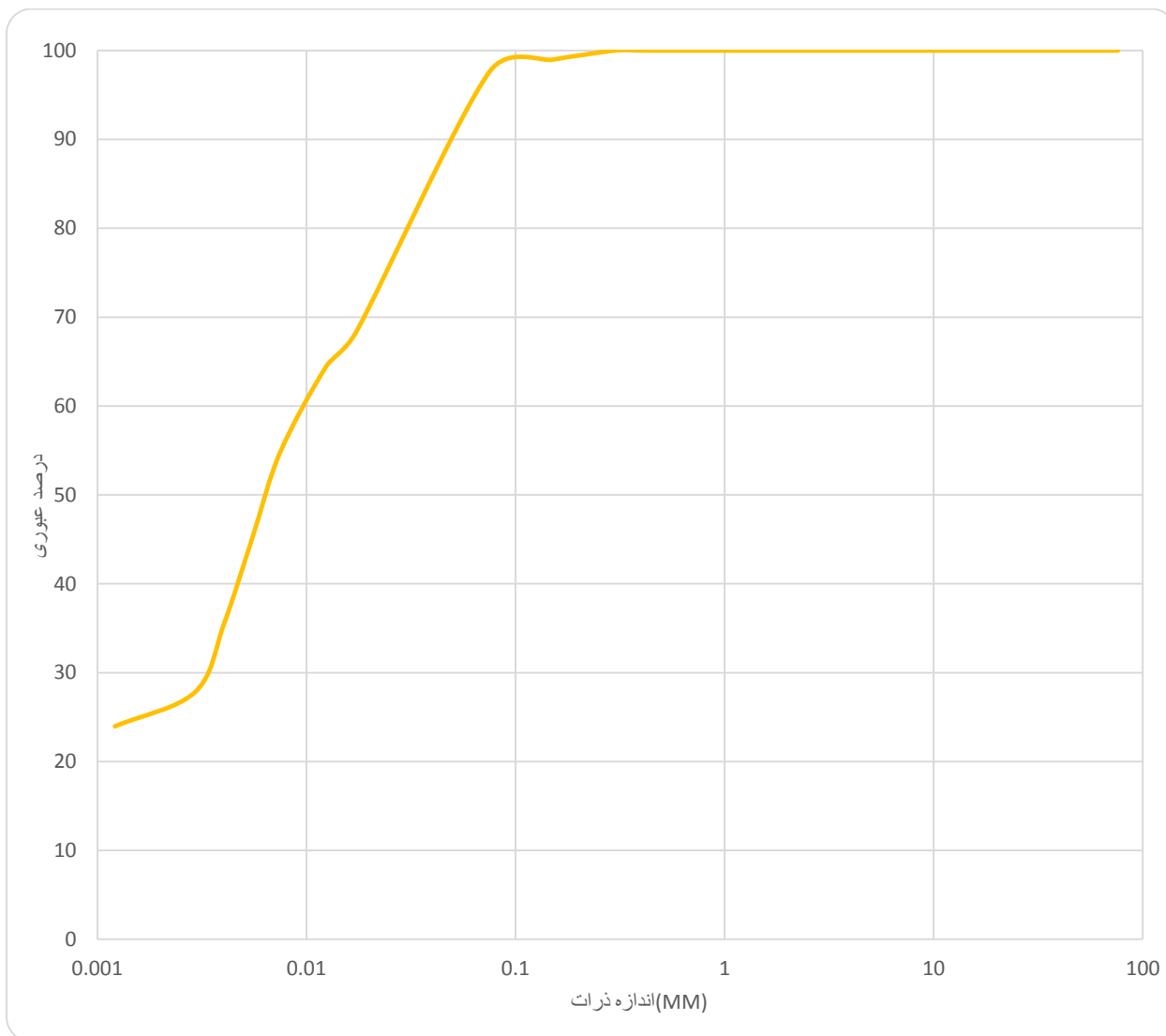
LL = -	$D_{10} = 0.006$	$C_u = 29.24$	Unified Soil Classification: SM - Silty sand
PL = -	$D_{30} = 0.044$	$C_c = 2.06$	
PI = -	$D_{60} = 0.166$		

LL = 32	عمق نمونه (m): 28-32	پروژه: مطالعات ژئوتکنیک مجتمع مسکونی-تجاری واقع در شهر کاشان
PL = 17	شماره گمانه: BH1	کارفرما: بانک کارآفرین
PI = 15	شماره نمونه: 11	نمونه گیری: توسط شرکت سازه آزما نقش جهان



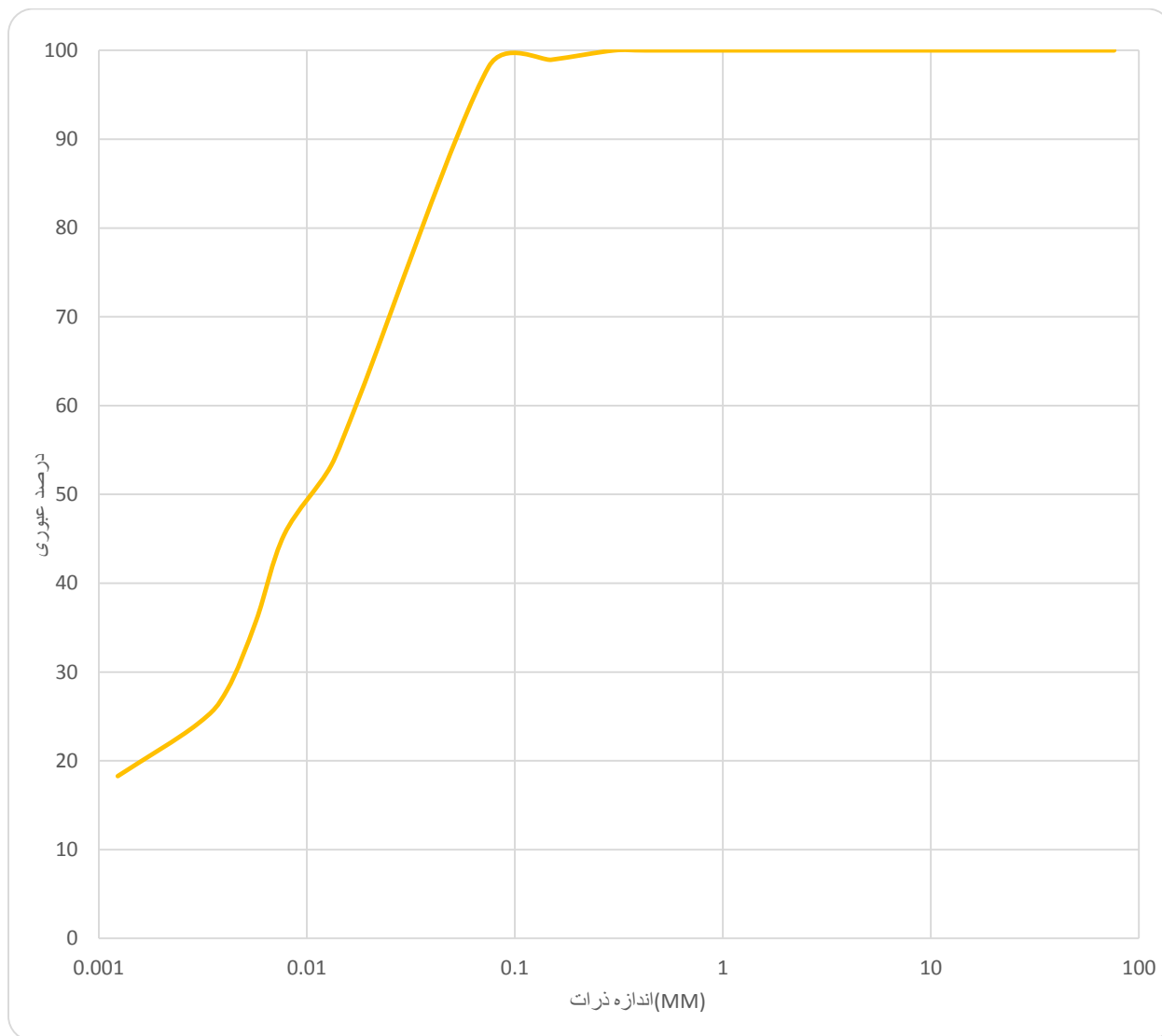
LL = 32 PL = 17 PI = 15	D ₁₀ = 0.002 D ₃₀ = 0.008 D ₆₀ = 0.027	C _u = 15.86 C _c = 1.38	Unified Soil Classification: CL - Lean clay
-------------------------------	---	---	--

LL = 41	عمق نمونه (m): 32 - 34	پروژه: مطالعات ژئوتکنیک مجتمع مسکونی-تجاری واقع در شهر کاشان
PL = 23	شماره گمانه: BH1	کارفرما: بانک کارآفرین
PI = 18	شماره نمونه: 12	نمونه گیری: توسط شرکت سازه آزما نقش جهان



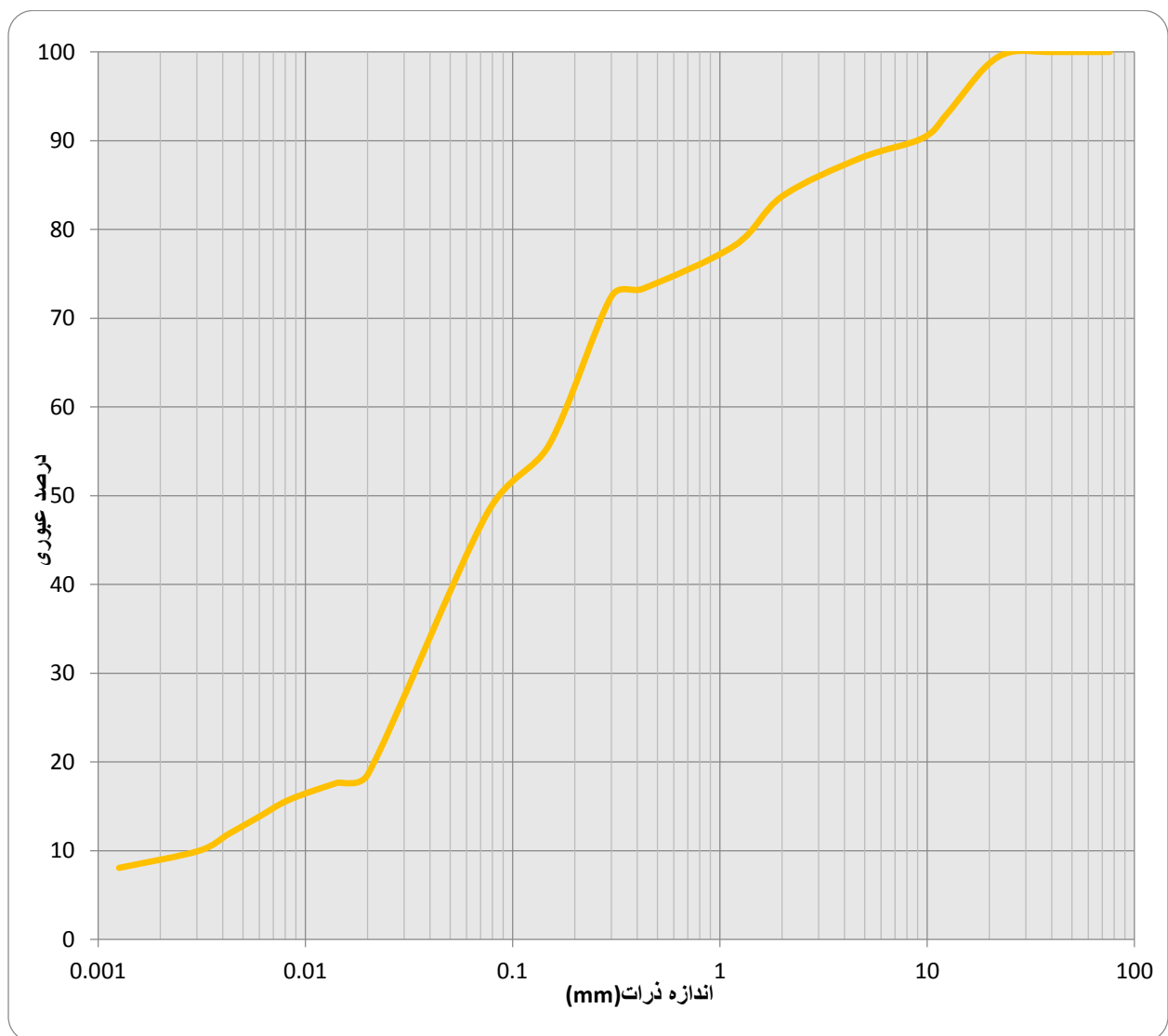
LL = 41	$D_{10} = 0.000$	$C_u = 196.83$	Unified Soil Classification: CL - Lean clay
PL = 23	$D_{30} = 0.003$	$C_c = 20.98$	
PI = 18	$D_{60} = 0.010$		

LL = 37	عمق نمونه (m): 34 - 38	پروژه: مطالعات ژئوتکنیک مجتمع مسکونی-تجاری واقع در شهر کاشان
PL = 19	شماره گمانه: BH1	کارفرما: بانک کارآفرین
PI = 18	شماره نمونه: 13	نمونه گیری: توسط شرکت سازه آزما نقش جهان



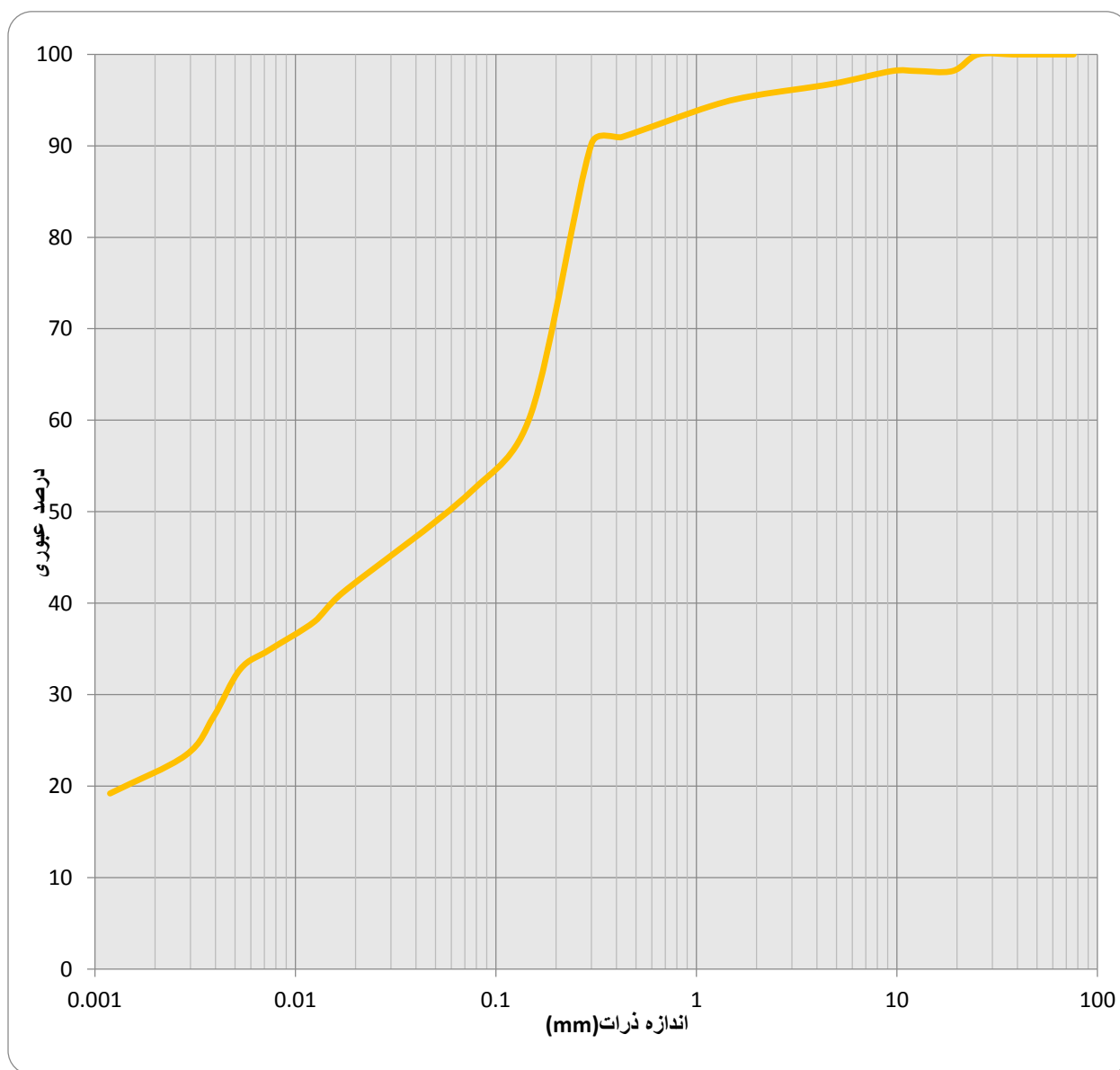
LL = 37 PL = 19 PI = 18	$D_{10} = 0.000$ $D_{30} = 0.005$ $D_{60} = 0.017$	$C_u = 48.36$ $C_c = 3.31$	Unified Soil Classification: CL - Lean clay
-------------------------------	--	-------------------------------	--

LL = NLL	عمق نمونه (m): 1-3	پروژه: مطالعات ژئوتکنیک مجتمع مسکونی-تجاری واقع در شهر کاشان
PL = NPL	شماره گمانه: BH2	کارفرما: بانک کارآفرین
PI = NPI	شماره نمونه: 1	نمونه گیری: توسط شرکت سازه آزما نقش جهان



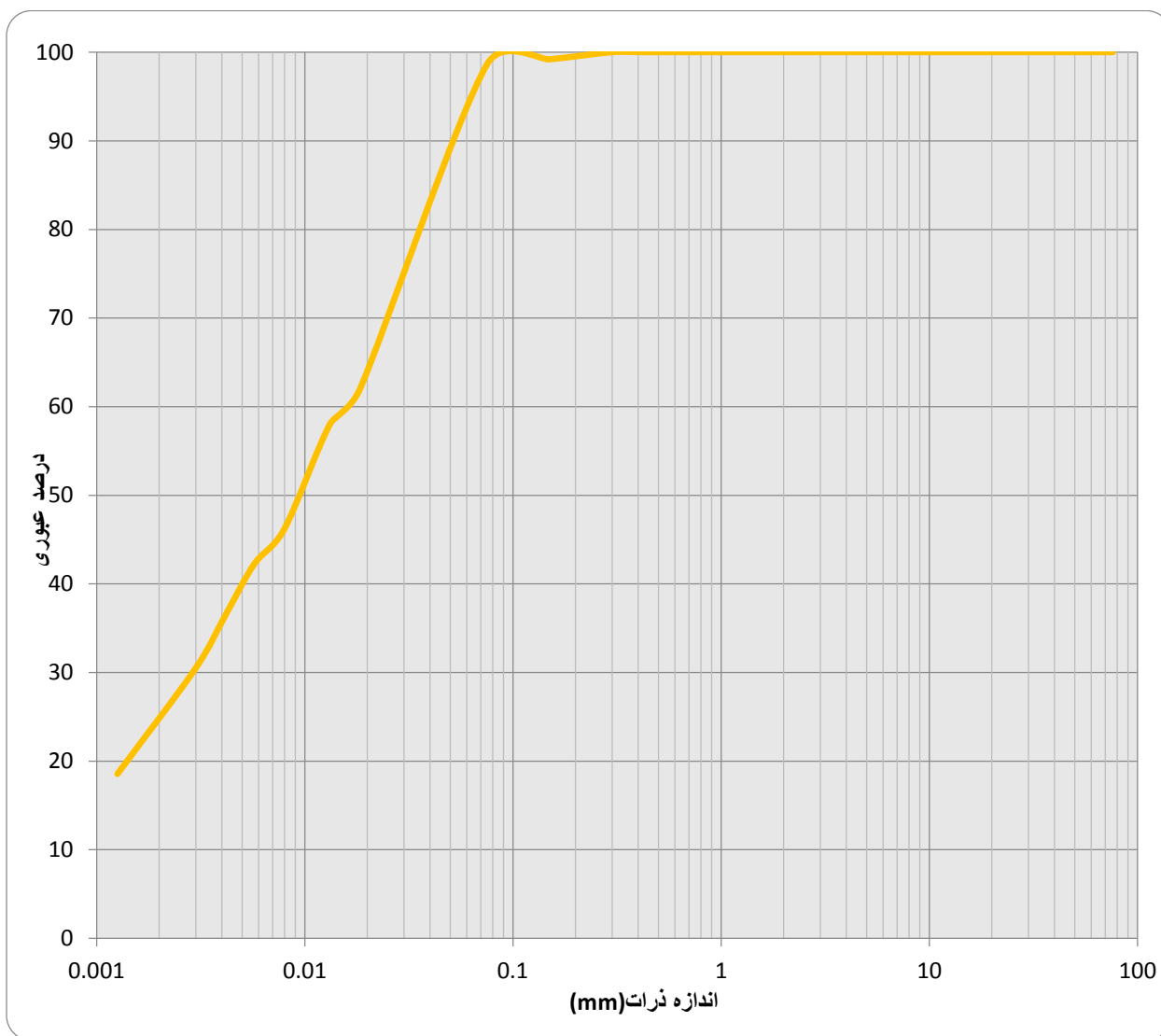
LL = -	$D_{10} = 0.003$	$C_u = 58.19$	Unified Soil Classification: SM - Silty sand
PL = -	$D_{30} = 0.034$	$C_c = 2.03$	
PI = -	$D_{60} = 0.179$		

LL = 31.6	عمق نمونه (m): 3-4	پروژه: مطالعات ژئوتکنیک مجتمع مسکونی-تجاری واقع در شهر کاشان
PL = 14.4	شماره گمانه: BH2	کارفرما: بانک کارآفرین
PI = 17.2	شماره نمونه: 2	نمونه گیری: توسط شرکت سازه آزما نقش جهان



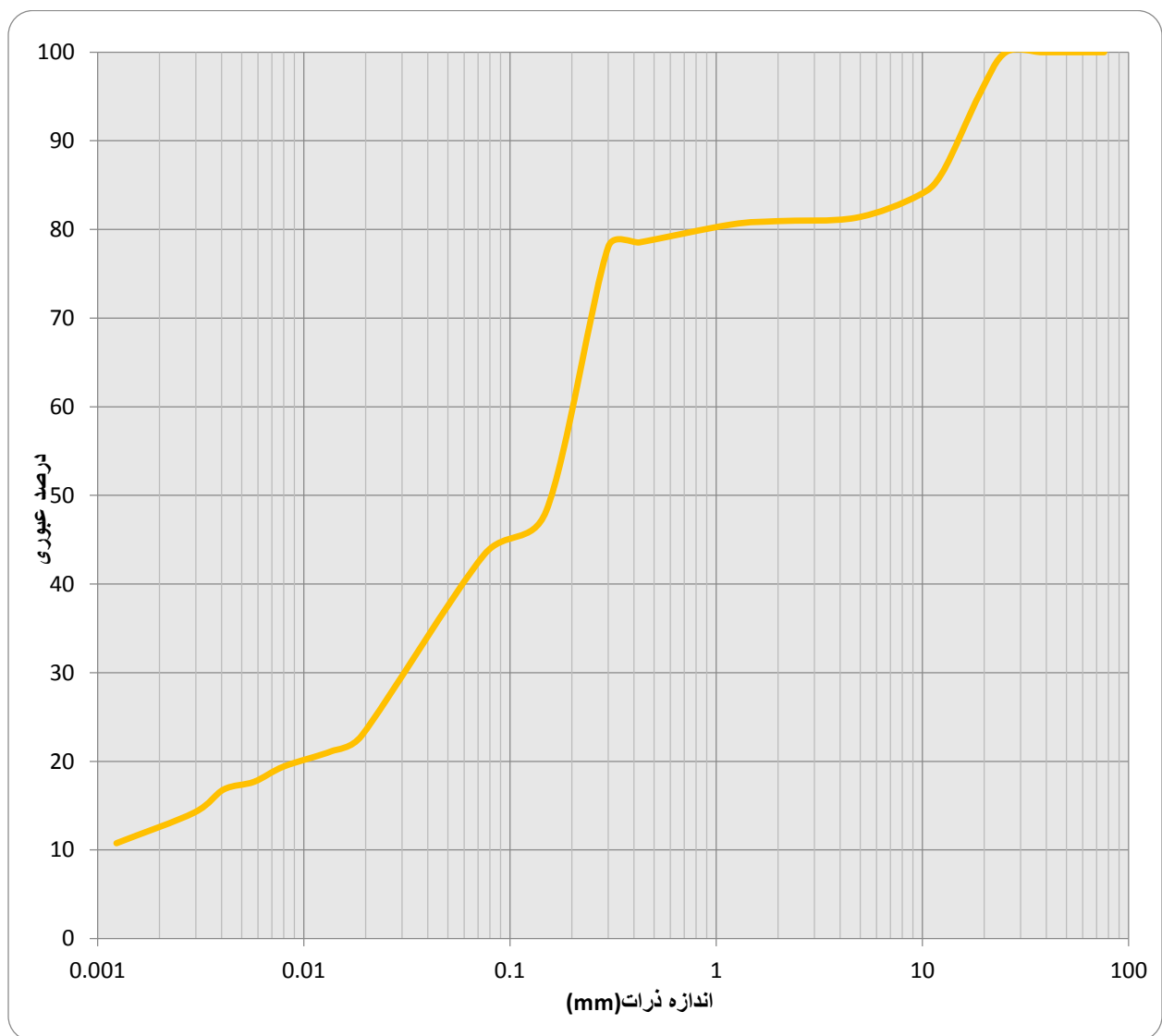
LL = 31.6 PL = 14.4 PI = 17.2	$D_{10} = 0.000$ $D_{30} = 0.004$ $D_{60} = 0.141$	$C_u = 805.54$ $C_c = 0.82$	Unified Soil Classification: CL - Sandy lean clay
-------------------------------------	--	--------------------------------	--

LL = 29.7	عمق نمونه (m): 4-8	پروژه: مطالعات ژئوتکنیک مجتمع مسکونی-تجاری واقع در شهر کاشان
PL = 13.2	شماره گمانه: BH2	کارفرما: بانک کارآفرین
PI = 16.5	شماره نمونه: 3	نمونه گیری: توسط شرکت سازه آزما نقش جهان



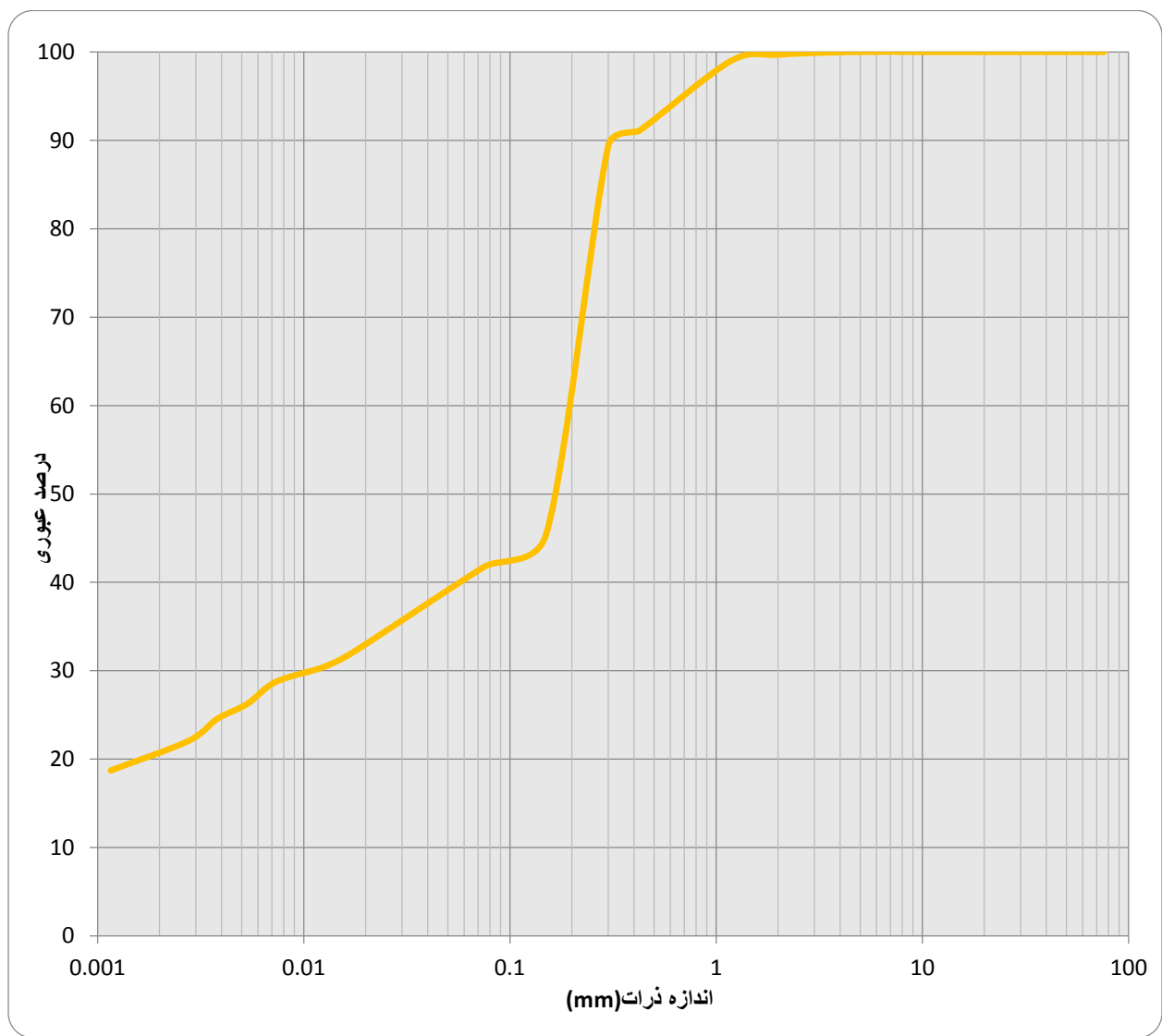
LL = 29.7	$D_{10} = 0.001$	$C_u = 23.03$	Unified Soil Classification: CL - Lean clay
PL = 13.2	$D_{30} = 0.003$	$C_c = 0.79$	
PI = 16.5	$D_{60} = 0.016$		

LL = NLL	عمق نمونه (m): 8-11	پروژه: مطالعات ژئوتکنیک مجتمع مسکونی-تجاری واقع در شهر کاشان
PL = NPL	شماره گمانه: BH2	کارفرما: بانک کارآفرین
PI = NPI	شماره نمونه: 4	نمونه گیری: توسط شرکت سازه آزما نقش جهان



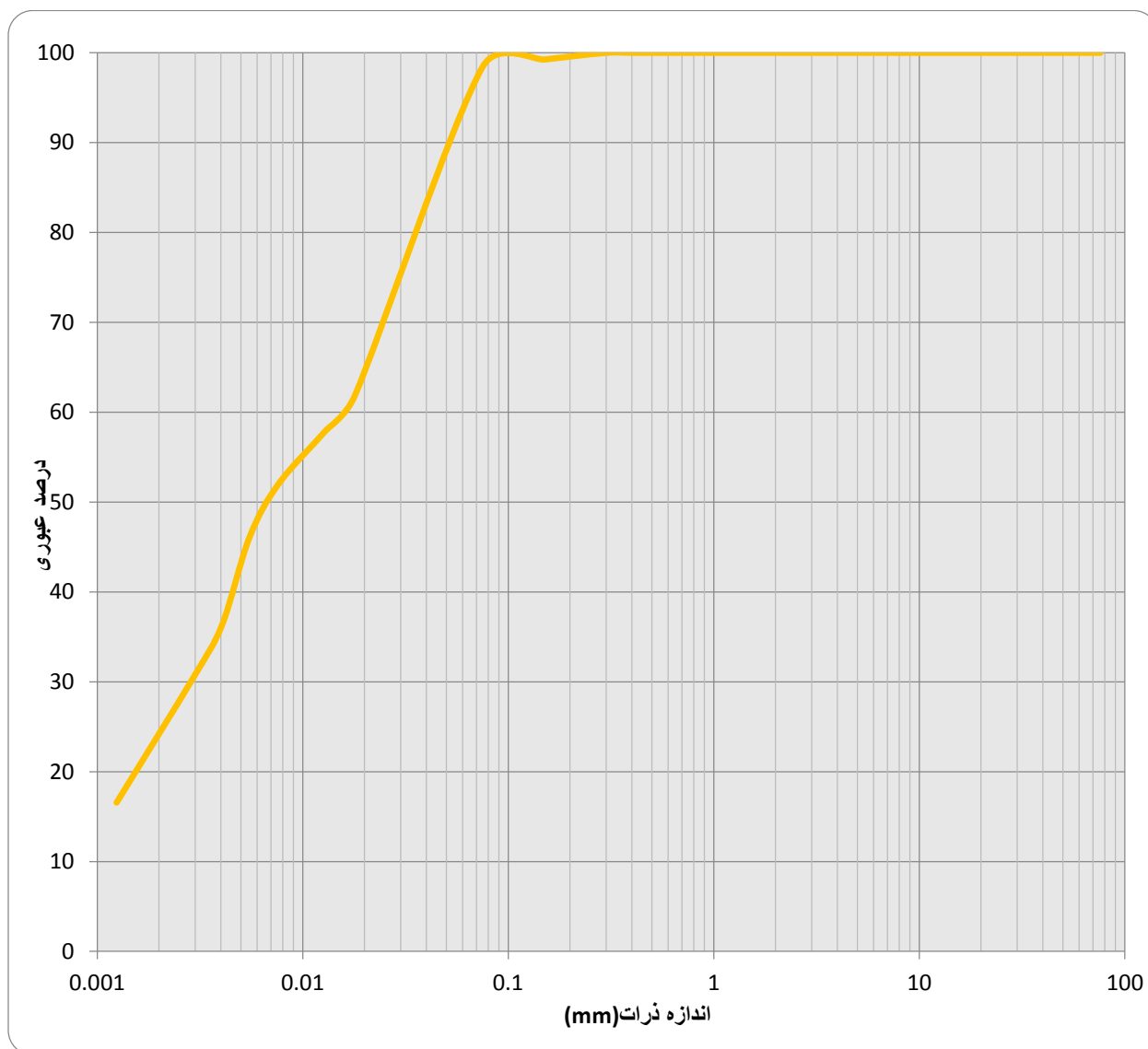
LL = -	$D_{10} = 0.001$	$C_u = 192.46$	Unified Soil Classification: SM - Silty sand with gravel
PL = -	$D_{30} = 0.031$	$C_c = 4.69$	
PI = -	$D_{60} = 0.197$		

LL = NLL	عمق نمونه (m): 11-14	پروژه: مطالعات ژئوتکنیک مجتمع مسکونی-تجاری واقع در شهر کاشان
PL = NPL	شماره گمانه: BH2	کارفرما: بانک کارآفرین
PI = NPI	شماره نمونه: 5	نمونه گیری: توسط شرکت سازه آزما نقش جهان



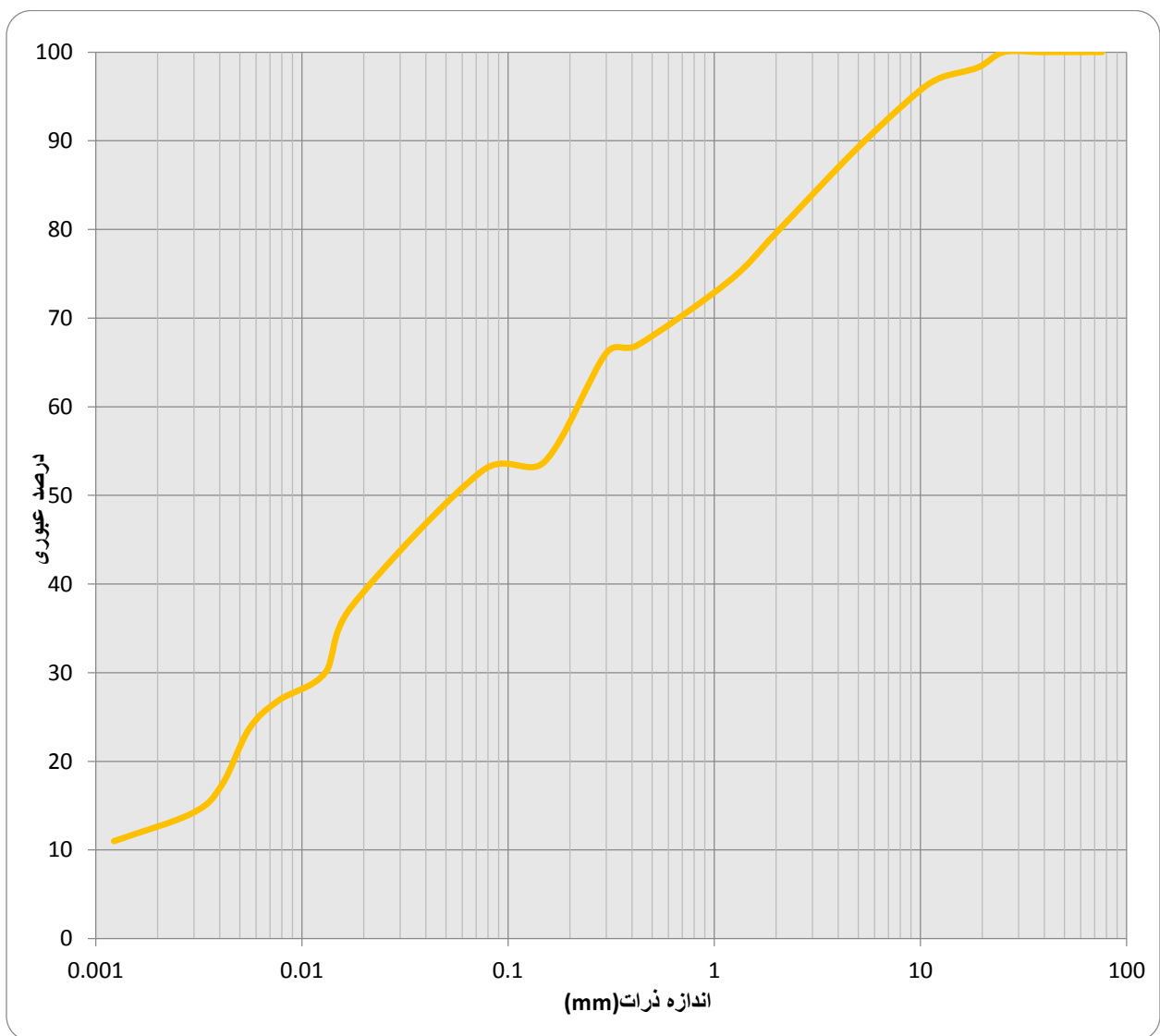
LL = -	$D_{10} = 0.000$	$C_u = 1564$	Unified Soil Classification: SM - Silty sand
PL = -	$D_{30} = 0.011$	$C_c = 5.25$	
PI = -	$D_{60} = 0.189$		

LL = 35	عمق نمونه (m): 14-17	پروژه: مطالعات ژئوتکنیک مجتمع مسکونی-تجاری واقع در شهر کاشان
PL = 18	شماره گمانه: BH2	کارفرما: بانک کارآفرین
PI = 17	شماره نمونه: 6	نمونه گیری: توسط شرکت سازه آزما نقش جهان



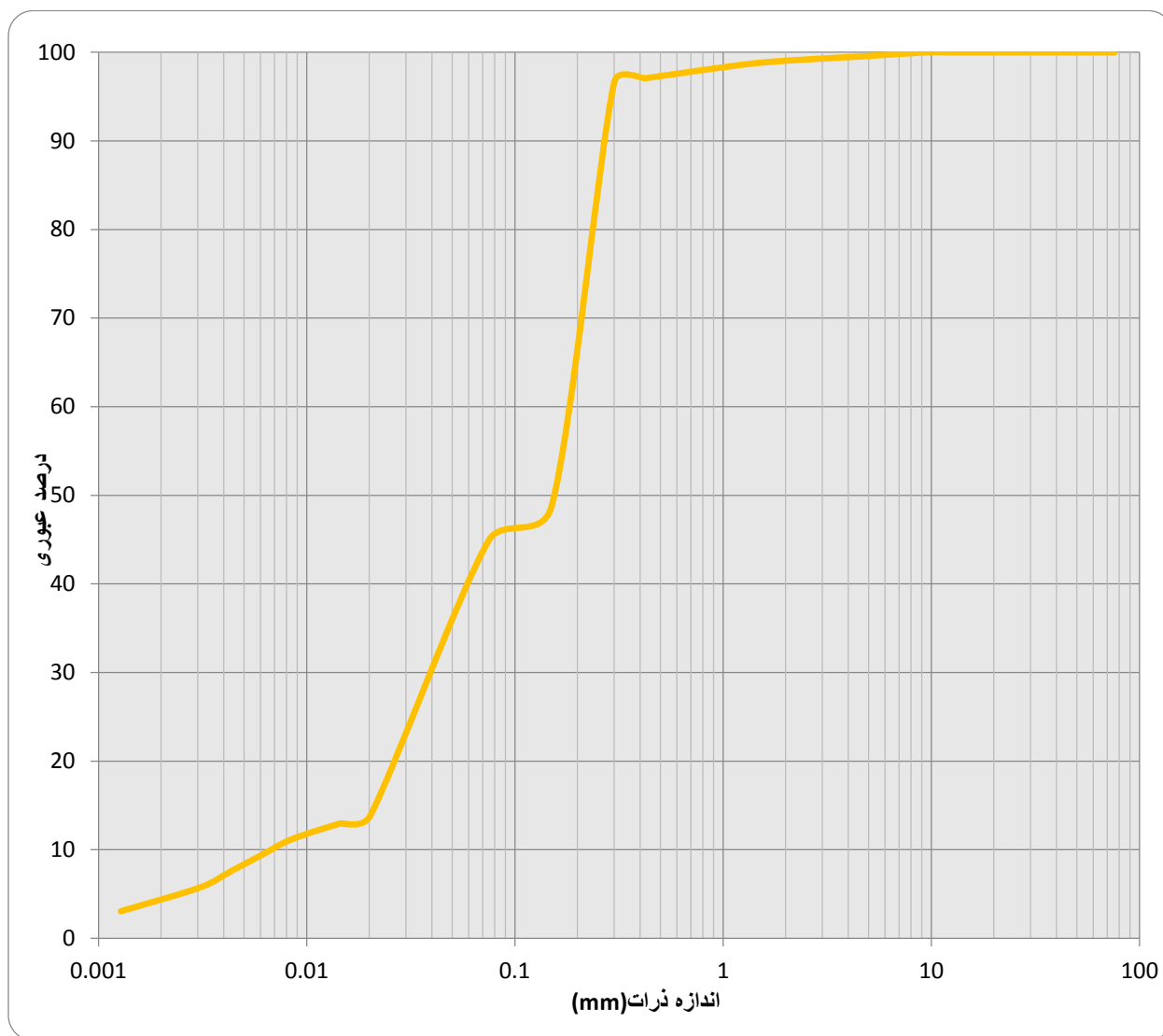
LL = 35	D ₁₀ = 0.001	C _u = 18.52	Unified Soil Classification: CL - Lean clay
PL = 18	D ₃₀ = 0.003	C _c = 0.64	
PI = 17	D ₆₀ = 0.015		

LL = 26.6	عمق نمونه (m): 17-20	پروژه: مطالعات ژئوتکنیک مجتمع مسکونی-تجاری واقع در شهر کاشان
PL = 12.2	شماره گمانه: BH2	کارفرما: بانک کارآفرین
PI = 14.4	شماره نمونه: 7	نمونه گیری: توسط شرکت سازه آزما نقش جهان



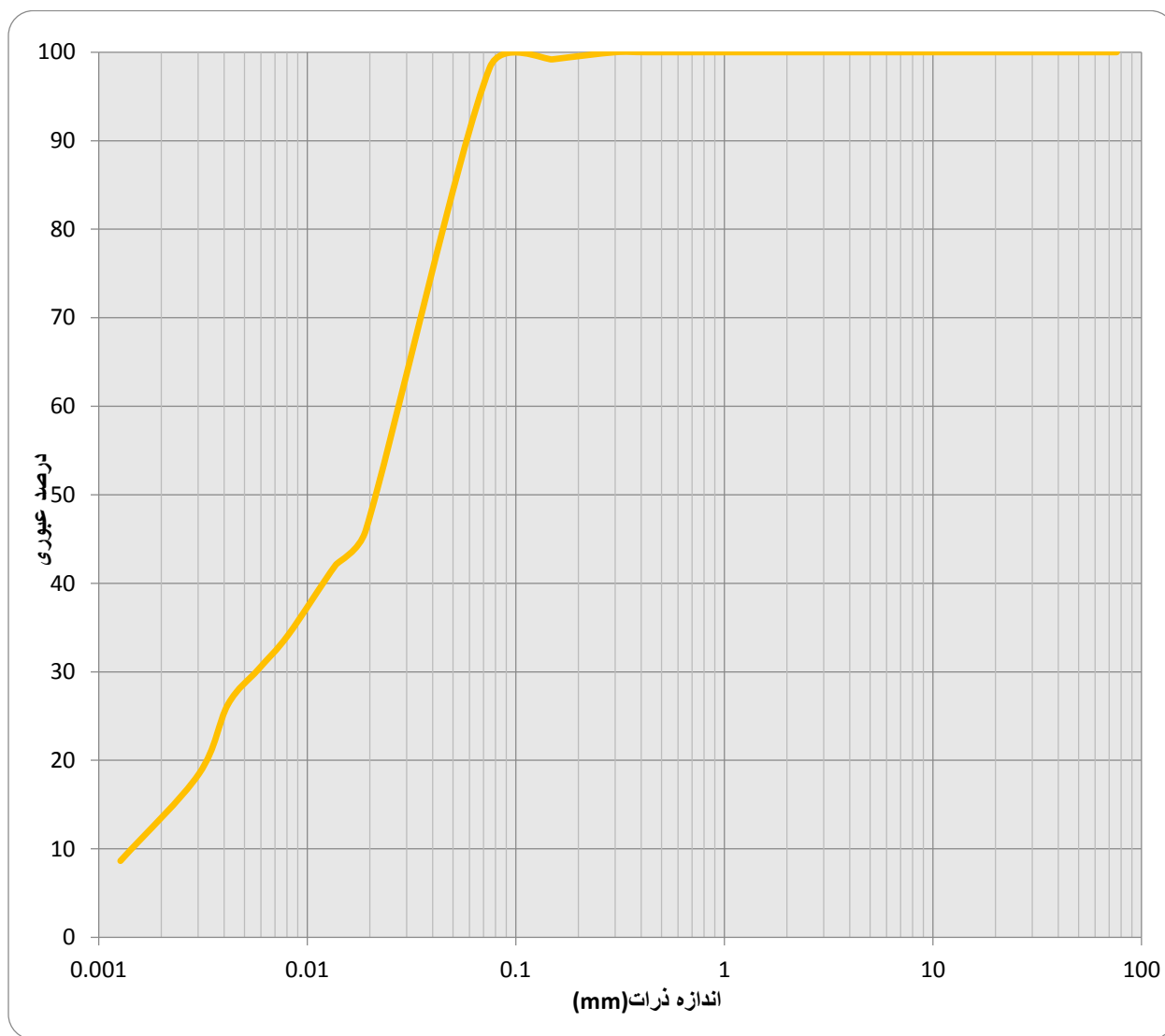
LL = 26.6	D ₁₀ = 0.001	C _u = 227.80	Unified Soil Classification: CL - Sandy lean clay
PL = 12.2	D ₃₀ = 0.013	C _c = 0.85	
PI = 14.4	D ₆₀ = 0.213		

LL = NLL	عمق نمونه (m): 20-24	پروژه: مطالعات ژئوتکنیک مجتمع مسکونی-تجاری واقع در شهر کاشان
PL = NPL	شماره گمانه: BH2	کارفرما: بانک کارآفرین
PI = NPI	شماره نمونه: 8	نمونه گیری: توسط شرکت سازه آزما نقش جهان



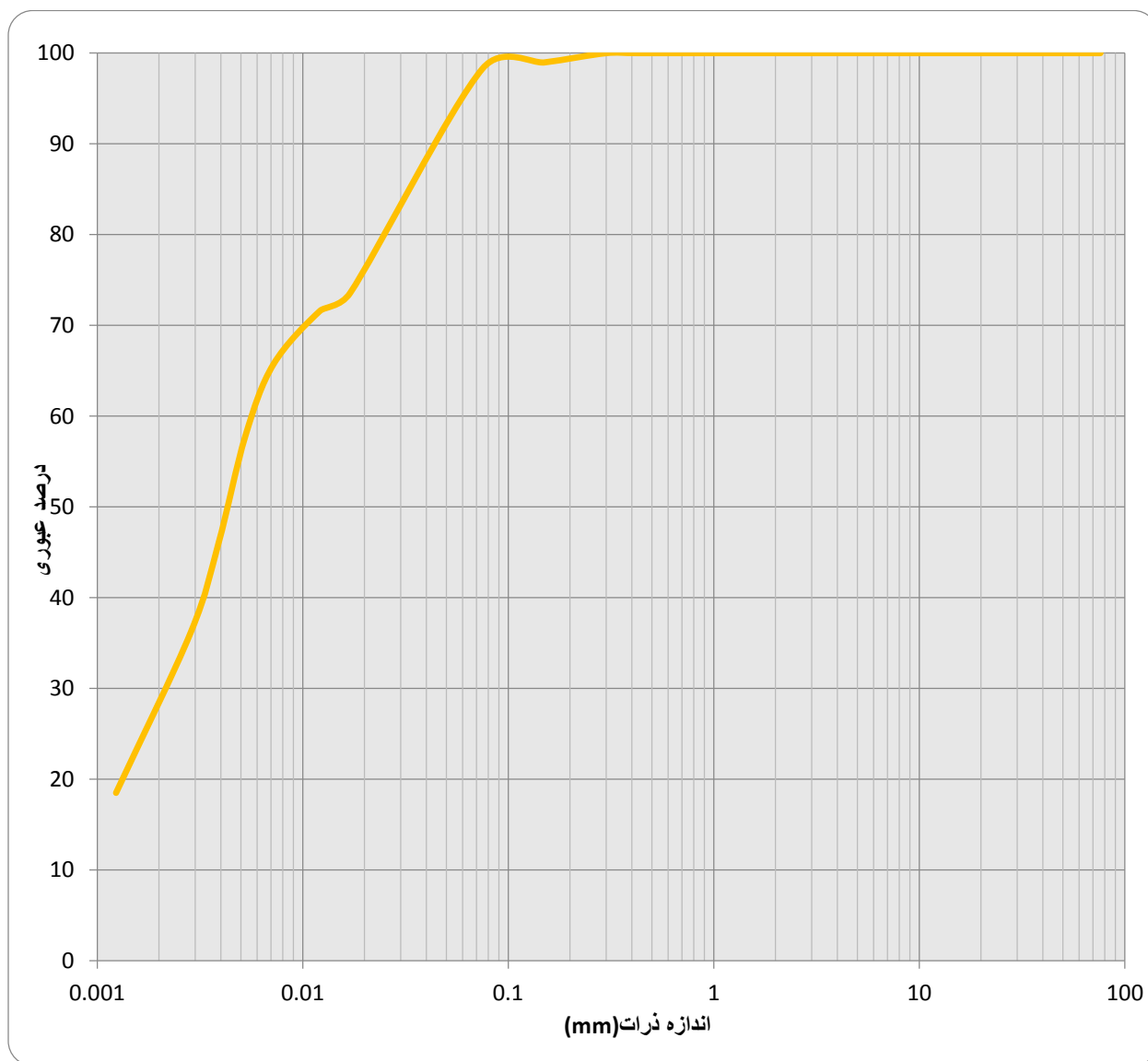
LL = -	$D_{10} = 0.007$	$C_u = 26.02$	Unified Soil Classification: SM - Silty sand
PL = -	$D_{30} = 0.040$	$C_c = 1.33$	
PI = -	$D_{60} = 0.177$		

LL = 28.1	عمق نمونه (m): 24-28	پروژه: مطالعات ژئوتکنیک مجتمع مسکونی-تجاری واقع در شهر کاشان
PL = 15.6	شماره گمانه: BH2	کارفرما: بانک کارآفرین
PI = 12.5	شماره نمونه: 9	نمونه گیری: توسط شرکت سازه آزما نقش جهان



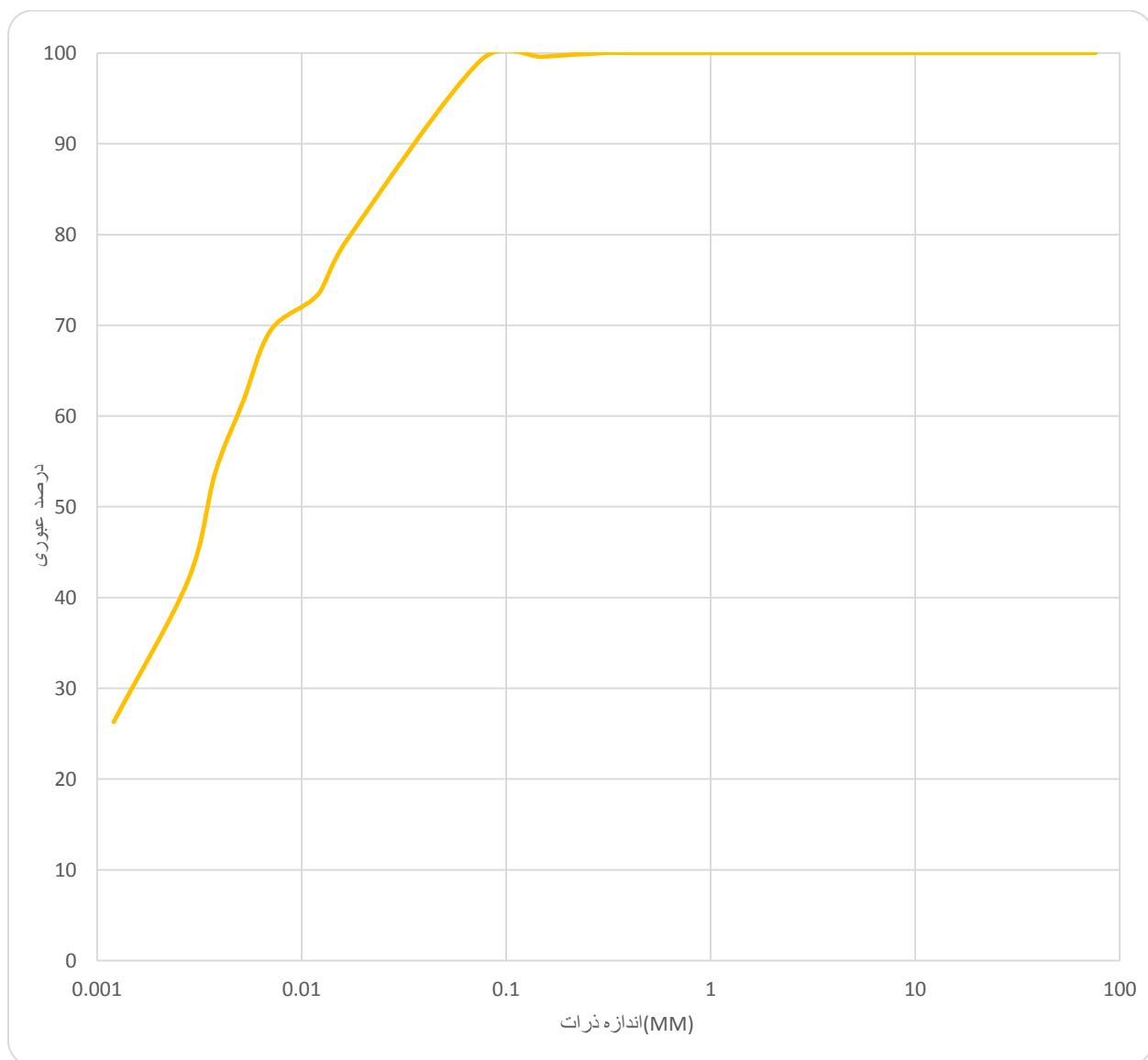
LL = 28.1	D ₁₀ = 0.001	C _u = 19.22	Unified Soil Classification: CL - Lean clay
PL = 15.6	D ₃₀ = 0.006	C _c = 0.82	
PI = 12.5	D ₆₀ = 0.028		

LL = 39	عمق نمونه (m): 28-30	پروژه: مطالعات ژئوتکنیک مجتمع مسکونی-تجاری واقع در شهر کاشان
PL = 18	شماره گمانه: BH2	کارفرما: بانک کارآفرین
PI = 21	شماره نمونه: 10	نمونه گیری: توسط شرکت سازه آزما نقش جهان



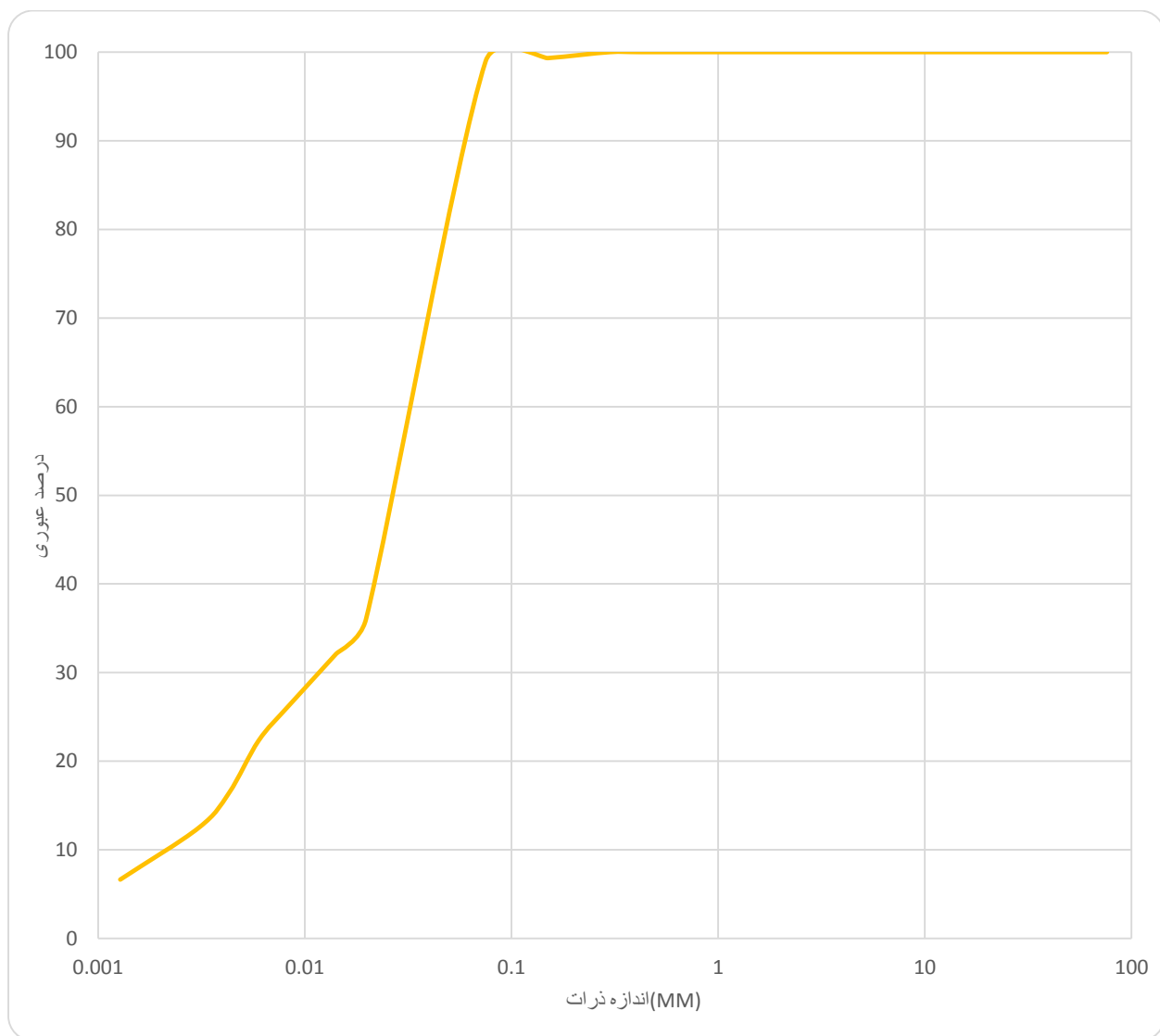
LL = 39	$D_{10} = 0.001$	$C_u = 6.94$	Unified Soil Classification: CL - Lean clay
PL = 18	$D_{30} = 0.002$	$C_c = 0.96$	
PI = 21	$D_{60} = 0.006$		

LL = 46	عمق نمونه (m): 30-34	پروژه: مطالعات ژئوتکنیک مجتمع مسکونی-تجاری واقع در شهر کاشان
PL = 23	شماره گمانه: BH2	کارفرما: بانک کارآفرین
PI = 23	شماره نمونه: 11	نمونه گیری: توسط شرکت سازه آزما نقش جهان



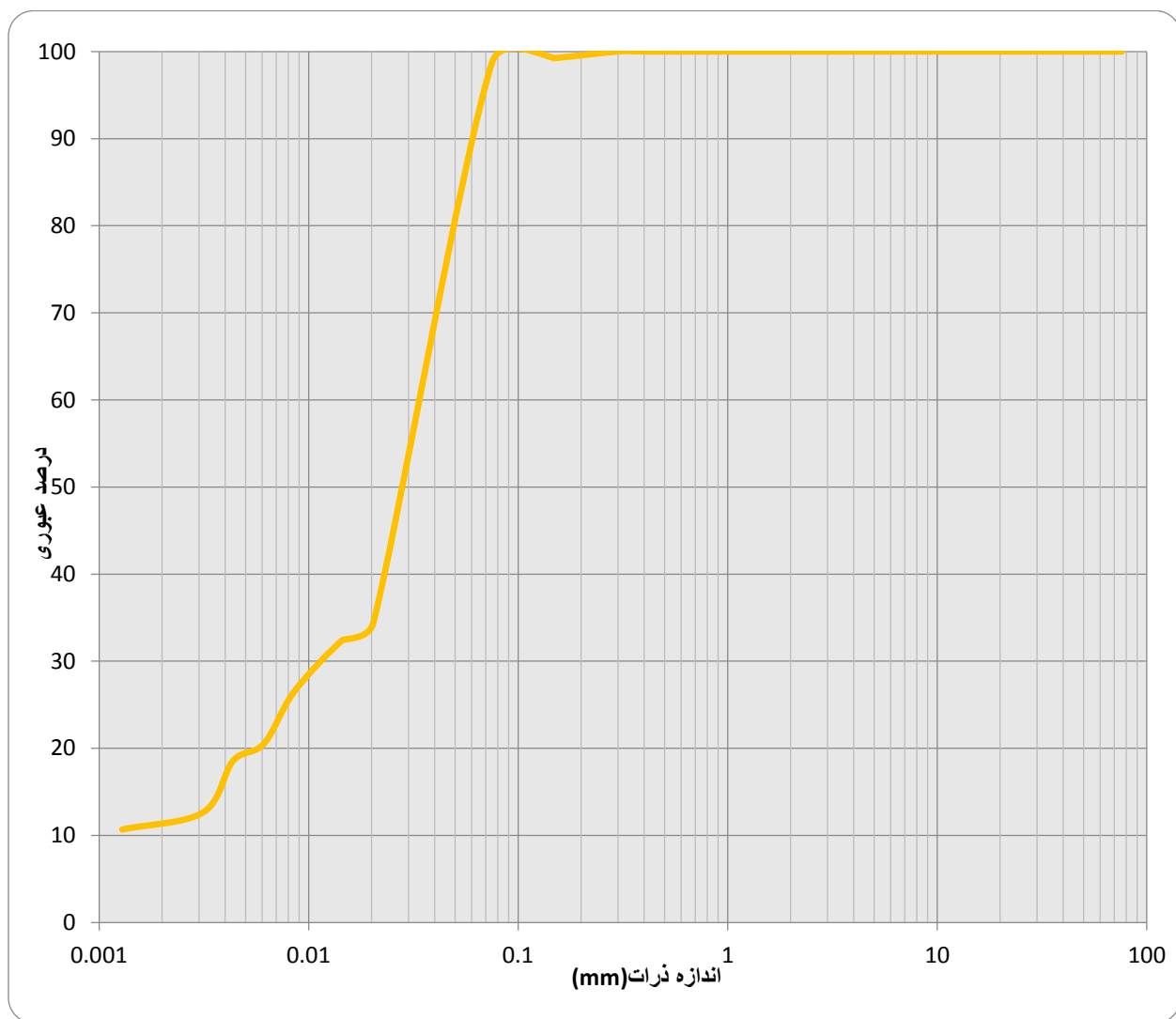
LL = 46 PL = 23 PI = 23	$D_{10} = 0.001$ $D_{30} = 0.001$ $D_{60} = 0.005$	$C_u = 9.65$ $C_c = 0.88$	Unified Soil Classification: CL - Lean clay
-------------------------------	--	------------------------------	--

LL = 29.4	عمق نمونه (m): 34-38	پروژه: مطالعات ژئوتکنیک مجتمع مسکونی-تجاری واقع در شهر کاشان
PL = 13.6	شماره گمانه: BH2	کارفرما: بانک کارآفرین
PI = 15.8	شماره نمونه: 12	نمونه گیری: توسط شرکت سازه آزما نقش جهان



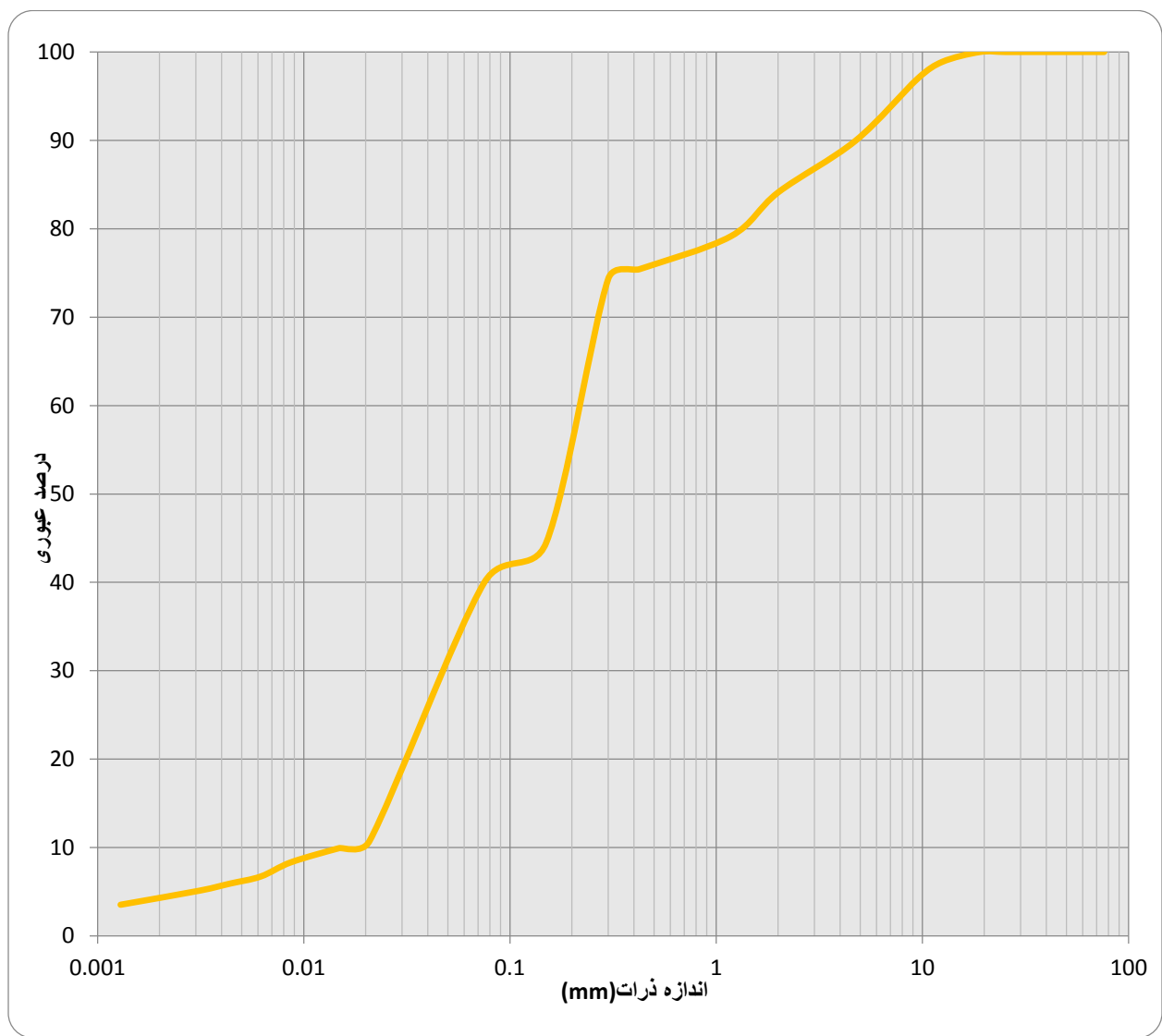
LL = 29.4	D ₁₀ = 0.002	C _u = 15.58	Unified Soil Classification: CL - Lean clay
PL = 13.6	D ₃₀ = 0.012	C _c = 1.98	
PI = 15.8	D ₆₀ = 0.033		

LL = 24	عمق نمونه (m): 1-2	پروژه: مطالعات ژئوتکنیک مجتمع مسکونی-تجاری واقع در شهر کاشان
PL = 11	شماره گمانه: BH3	کارفرما: بانک کارآفرین
PI = 13	شماره نمونه: 1	نمونه گیری: توسط شرکت سازه آزما نقش جهان



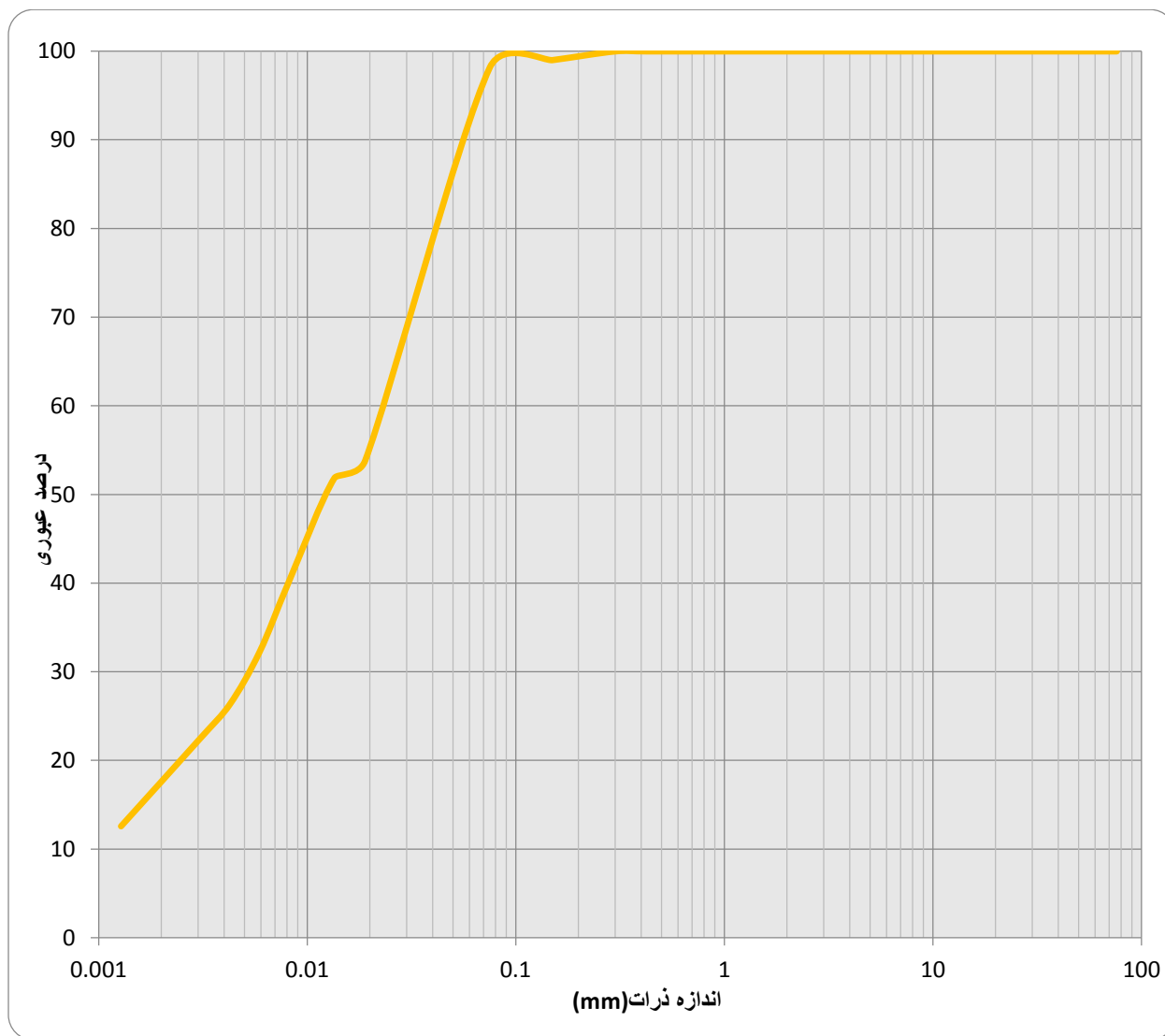
LL = 24	$D_{10} = 0.001$	$C_u = 35.90$	Unified Soil Classification: CL - Lean clay
PL = 11	$D_{30} = 0.012$	$C_c = 4.18$	
PI = 13	$D_{60} = 0.034$		

LL = NLL	عمق نمونه (m): 4-2	پروژه: مطالعات ژئوتکنیک مجتمع مسکونی-تجاری واقع در شهر کاشان
PL = NPL	شماره گمانه: BH3	کارفرما: بانک کارآفرین
PI = NPI	شماره نمونه: 2	نمونه گیری: توسط شرکت سازه آزما نقش جهان



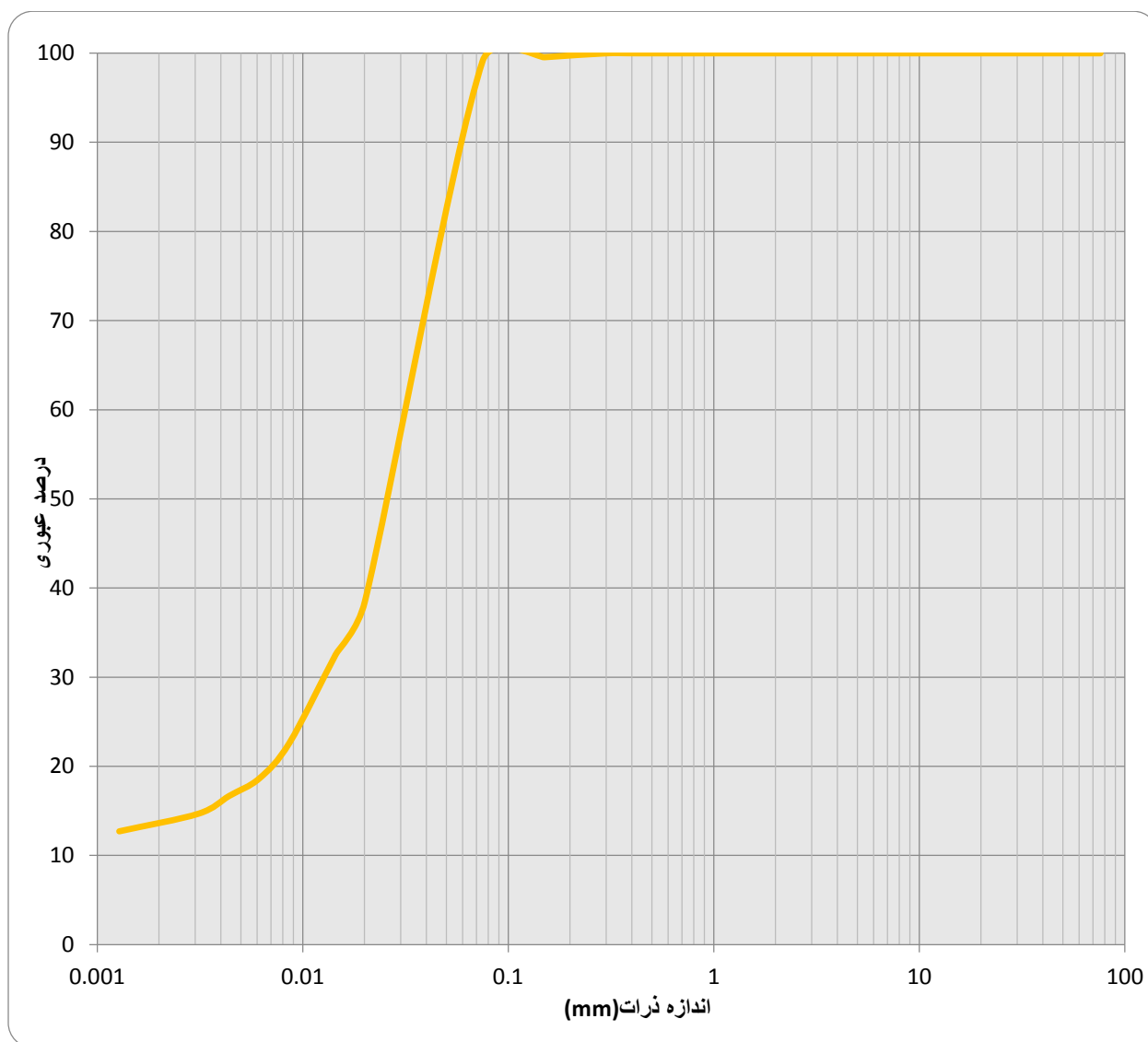
LL = -	$D_{10} = 0.015$	$C_u = 13.98$	Unified Soil Classification: SM - Silty sand
PL = -	$D_{30} = 0.049$	$C_c = 0.71$	
PI = -	$D_{60} = 0.215$		

LL = 28	عمق نمونه (m): 4-6	پروژه: مطالعات ژئوتکنیک مجتمع مسکونی-تجاری واقع در شهر کاشان
PL = 12	شماره گمانه: BH3	کارفرما: بانک کارآفرین
PI = 16	شماره نمونه: 3	نمونه گیری: توسط شرکت سازه آزما نقش جهان



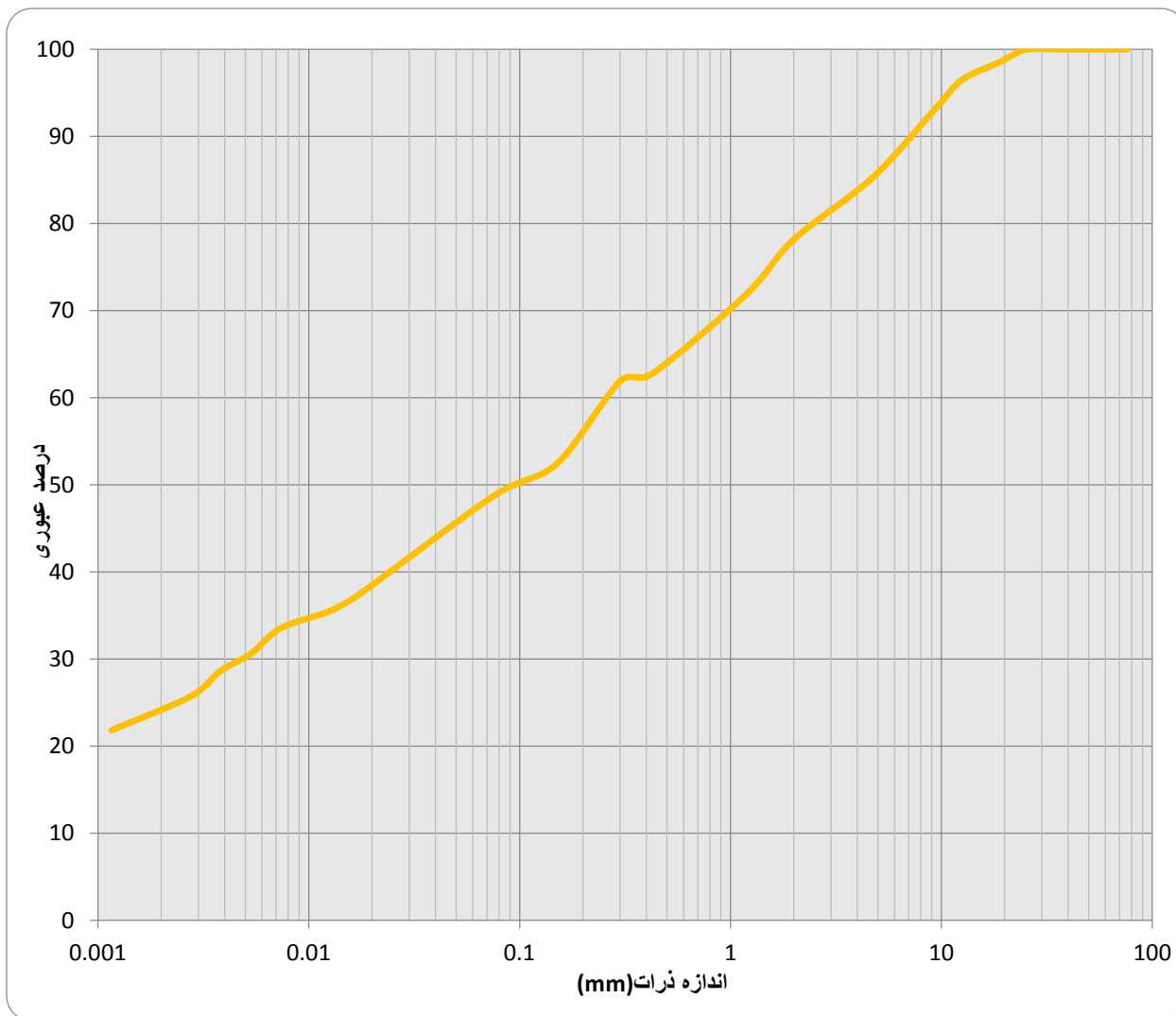
LL = 28	$D_{10} = 0.001$	$C_u = 22.51$	Unified Soil Classification: CL - Lean clay
PL = 12	$D_{30} = 0.005$	$C_c = 1.16$	
PI = 16	$D_{60} = 0.023$		

LL = 24	عمق نمونه (m): 6-8	پروژه: مطالعات ژئوتکنیک مجتمع مسکونی-تجاری واقع در شهر کاشان
PL = 12	شماره گمانه: BH3	کارفرما: بانک کارآفرین
PI = 12	شماره نمونه: 4	نمونه گیری: توسط شرکت سازه آزما نقش جهان



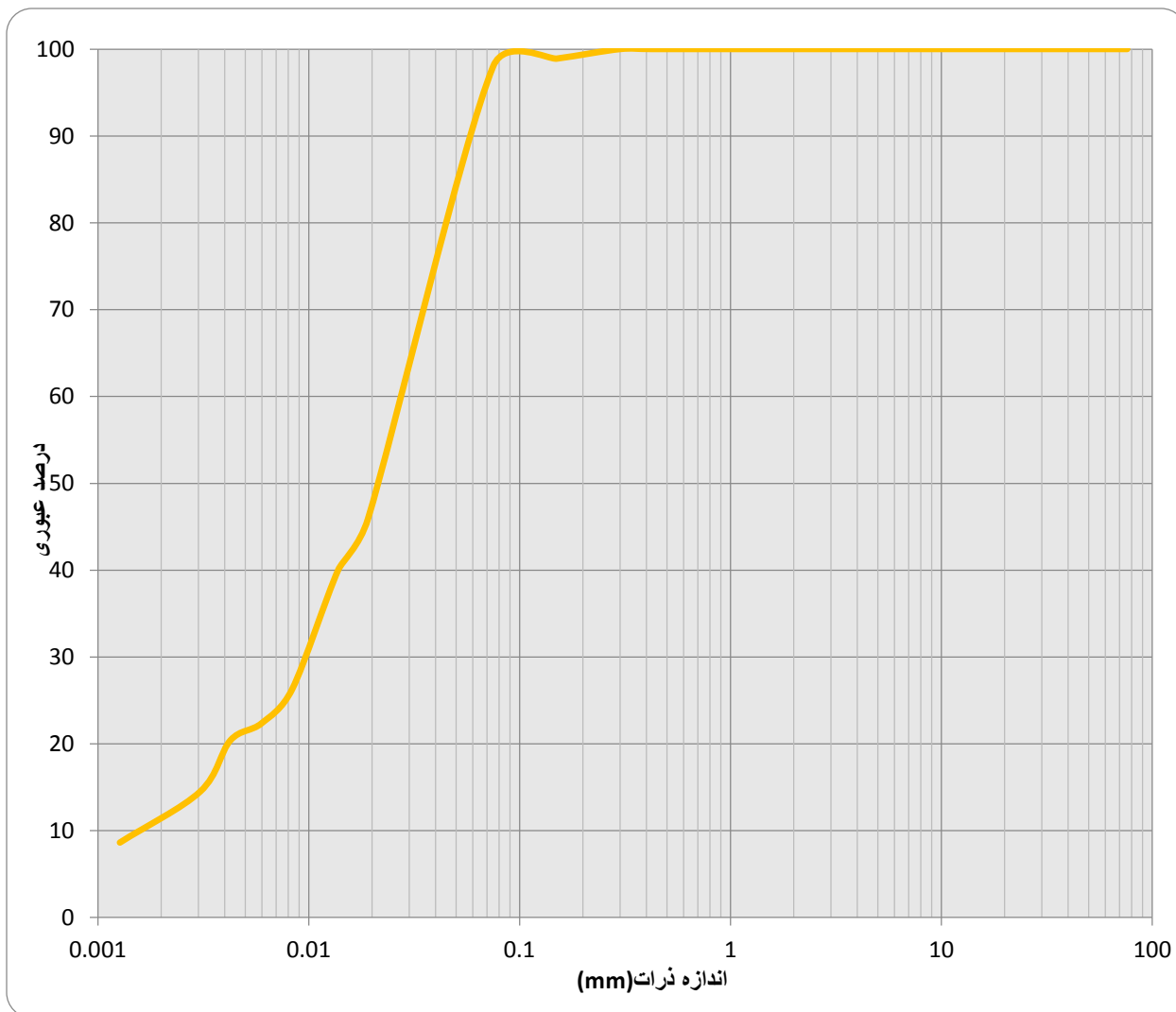
LL = 24	$D_{10} = 0.000$	$C_u = 83.88$	Unified Soil Classification: CL - Lean clay
PL = 12	$D_{30} = 0.013$	$C_c = 13.13$	
PI = 12	$D_{60} = 0.032$		

LL = NLL	عمق نمونه (m): 8-12	پروژه: مطالعات ژئوتکنیک مجتمع مسکونی-تجاری واقع در شهر کاشان
PL = NPL	شماره گمانه: BH3	کارفرما: بانک کارآفرین
PI = NPI	شماره نمونه: 5	نمونه گیری: توسط شرکت سازه آزما نقش جهان



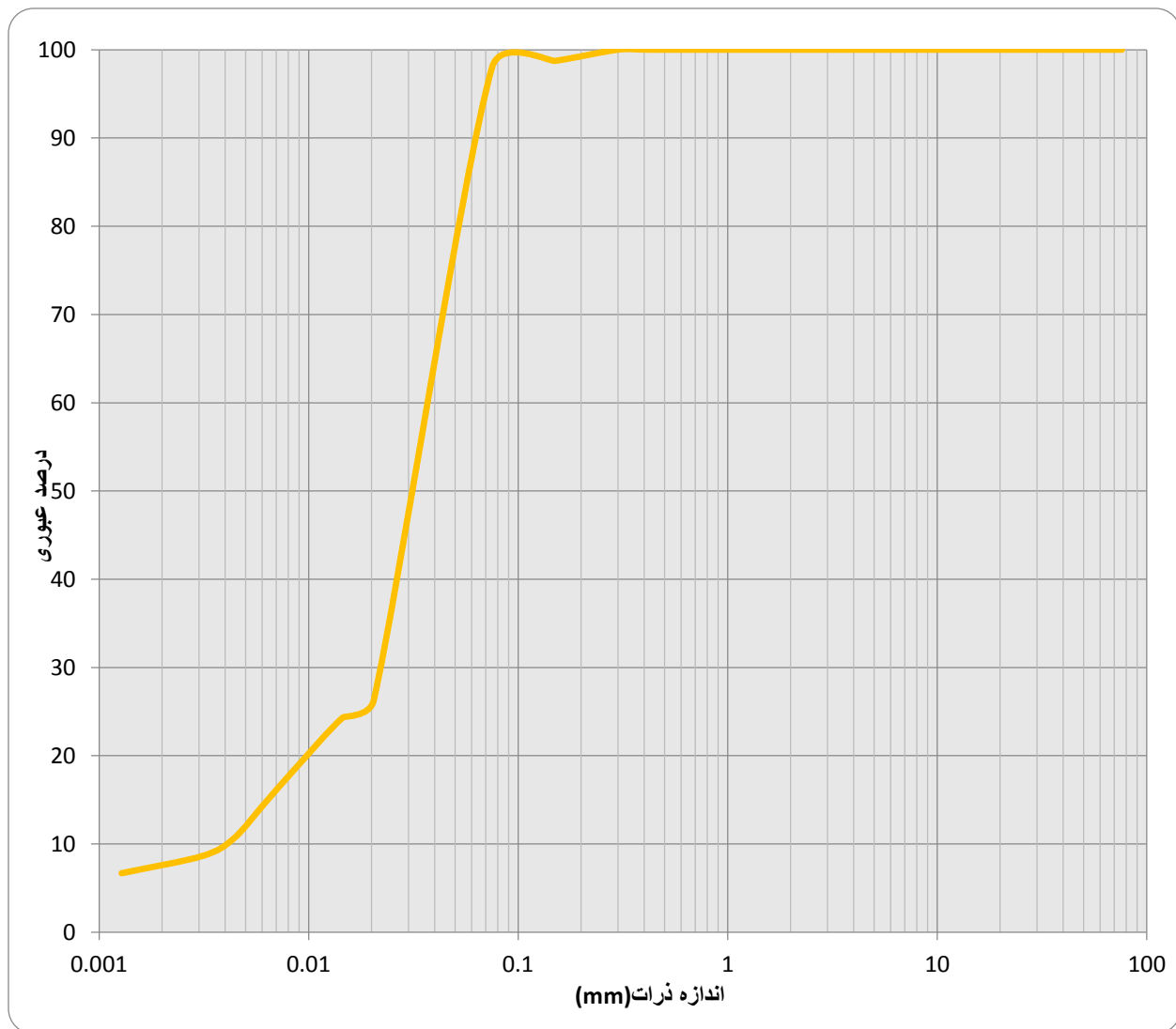
LL = -	$D_{10} = 0.000$	$C_u = 3129$	Unified Soil Classification: SM - Silty sand
PL = -	$D_{30} = 0.005$	$C_c = 1.06$	
PI = -	$D_{60} = 0.260$		

LL = 30.2	عمق نمونه (m): 12-16	پروژه: مطالعات ژئوتکنیک مجتمع مسکونی-تجاری واقع در شهر کاشان
PL = 15.6	شماره گمانه: BH3	کارفرما: بانک کارآفرین
PI = 14.5	شماره نمونه: 6	نمونه گیری: توسط شرکت سازه آزما نقش جهان



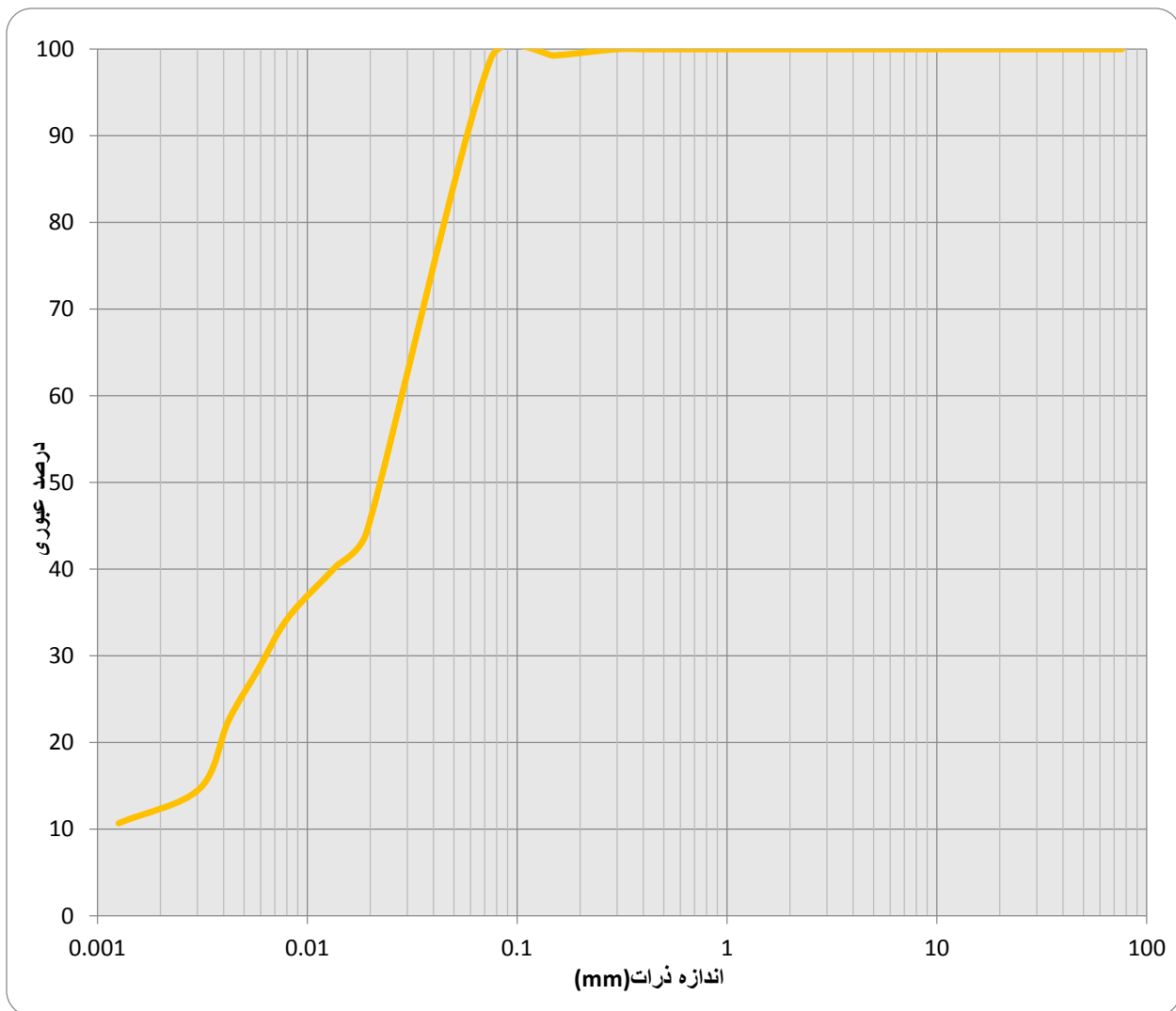
LL = 30.2	$D_{10} = 0.002$	$C_u = 17.71$	Unified Soil Classification: CL - Lean clay
PL = 15.6	$D_{30} = 0.010$	$C_c = 2.12$	
PI = 14.5	$D_{60} = 0.028$		

LL = 24.6	عمق نمونه (m): 16-20	پروژه: مطالعات ژئوتکنیک مجتمع مسکونی-تجاری واقع در شهر کاشان
PL = 11.4	شماره گمانه: BH3	کارفرما: بانک کارآفرین
PI = 13.2	شماره نمونه: 7	نمونه گیری: توسط شرکت سازه آزما نقش جهان



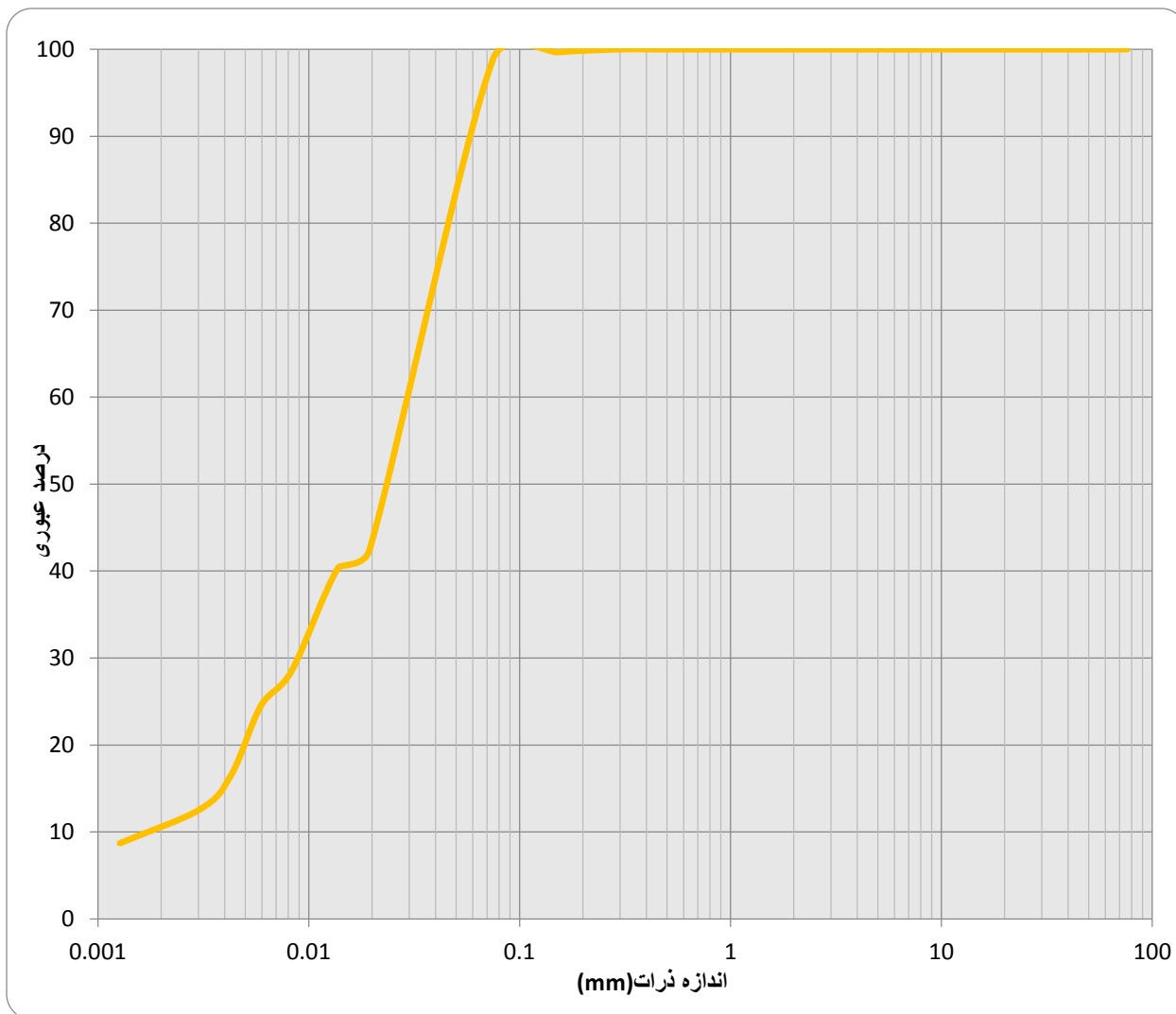
LL = 24.6 PL = 11.4 PI = 13.2	D ₁₀ = 0.004 D ₃₀ = 0.022 D ₆₀ = 0.038	C _u = 9.52 C _c = 3.21	Unified Soil Classification: CL - Lean clay
-------------------------------------	---	--	--

LL = 30.8	عمق نمونه (m): 20-24	پروژه: مطالعات ژئوتکنیک مجتمع مسکونی-تجاری واقع در شهر کاشان
PL = 16.3	شماره گمانه: BH3	کارفرما: بانک کارآفرین
PI = 14.4	شماره نمونه: 8	نمونه گیری: توسط شرکت سازه آزما نقش جهان



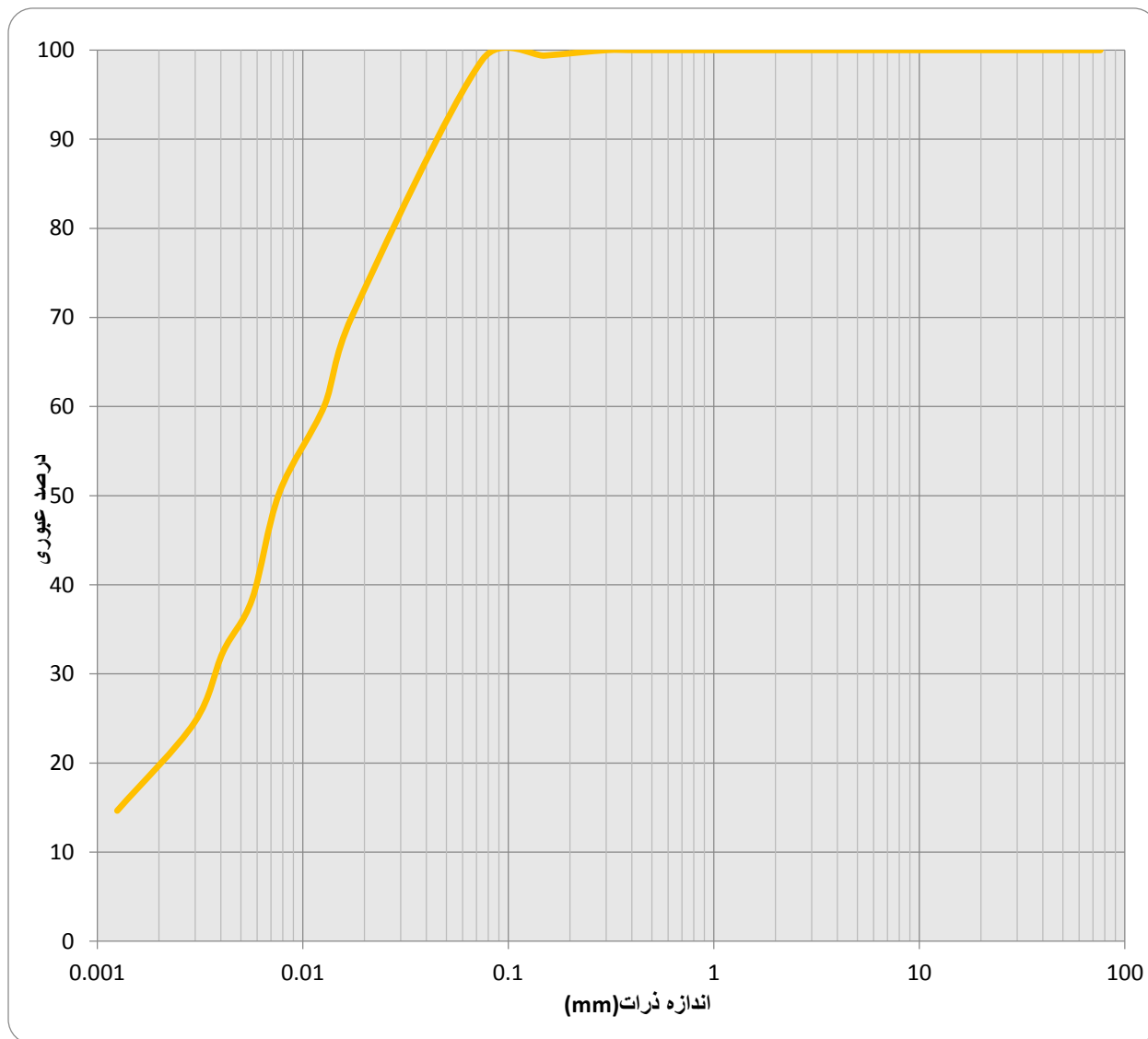
LL = 30.8	$D_{10} = 0.001$	$C_u = 26.20$	Unified Soil Classification: CL - Lean clay
PL = 16.3	$D_{30} = 0.006$	$C_c = 1.32$	
PI = 14.4	$D_{60} = 0.028$		

LL = 32	عمق نمونه (m): 24-28	پروژه: مطالعات ژئوتکنیک مجتمع مسکونی-تجاری واقع در شهر کاشان
PL = 14	شماره گمانه: BH3	کارفرما: بانک کارآفرین
PI = 18	شماره نمونه: 9	نمونه گیری: توسط شرکت سازه آزما نقش جهان



LL = 32	$D_{10} = 0.002$	$C_u = 17.41$	Unified Soil Classification: CL - Lean clay
PL = 14	$D_{30} = 0.009$	$C_c = 1.56$	
PI = 18	$D_{60} = 0.030$		

LL = 33.5	عمق نمونه (m): 28-30	پروژه: مطالعات ژئوتکنیک مجتمع مسکونی-تجاری واقع در شهر کاشان
PL = 16.7	شماره گمانه: BH3	کارفرما: بانک کارآفرین
PI = 16.8	شماره نمونه: 10	نمونه گیری: توسط شرکت سازه آزما نقش جهان



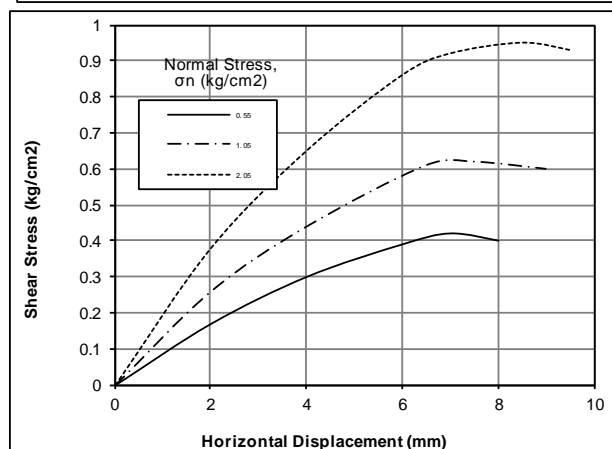
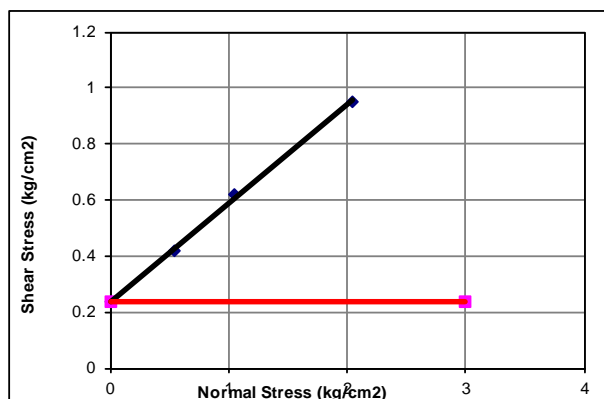
LL = 33.5 PL = 16.7 PI = 16.8	D ₁₀ = 0.001 D ₃₀ = 0.004 D ₆₀ = 0.013	C _u = 15.21 C _c = 1.30	Unified Soil Classification: CL - Lean clay
-------------------------------------	---	---	--

پیوست شماره ۴

نتایج آزمون برش مستقیم

DIRECT SHEAR TEST DATA (ASTM D3080)

Project	۳-۲۰-۱-۵-۱-۰-۰	BH.No:	BH-1
Client	بانک کارآفرین	Depth (m)	4.0
Location	خیابان امیرکبیر-خیابان سلمان فارسی-کوچه شهر	Box size	10*10
		Soil Type	CL - Lean clay



Water	Dry	Normal at Failure	Shear at failure	Cohesion	Angle Of friction
ω_{opt} (%)	γ_d (gr/cm ³)	σ_n (kg/cm ²)	τ (kg/cm ²)	C (kg/cm ²)	ϕ (degree)
13.47	0	0.52	0.42	0.24	19
		1.10	0.62		
		2.06	0.95		

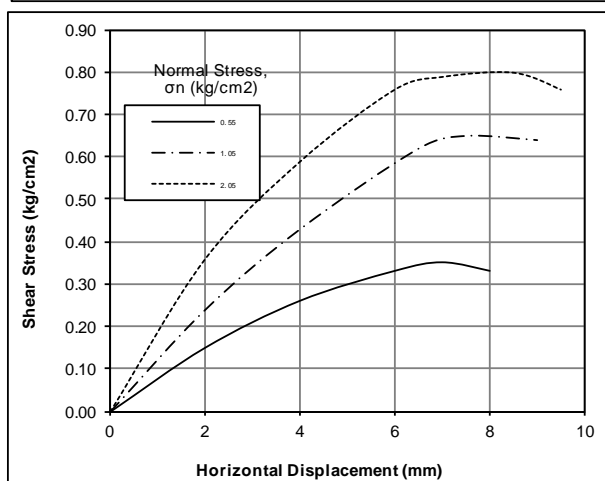
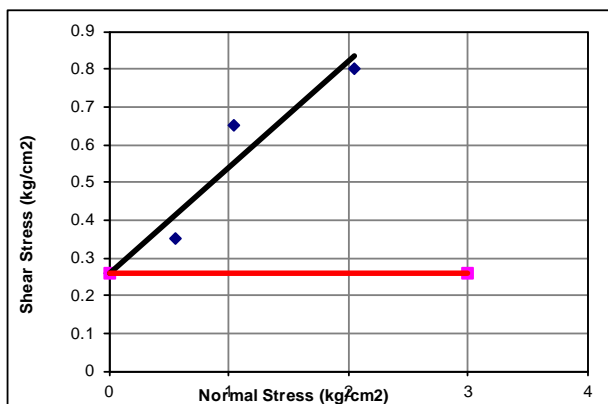
Shear rate 0.5 (mm/min)

Sample type Remolded

test type: Slow

DIRECT SHEAR TEST DATA (ASTM D3080)

Project	۳-۲۰-۱-۵-۱-۰-۰	BH.No:	BH-1
Client	بانک کارآفرین	Depth (m)	6.0
Location	خیابان امیرکبیر-خیابان سلمان فارسی- کوچه شهر	Box size	10*10
		Soil Type	CL - Lean clay



Water ω_{opt} (%)	Dry γ_d (gr/cm ³)	Normal at Failure σ_n (kg/cm ²)	Shear at failure τ (kg/cm ²)	Cohesion Resistance C (kg/cm ²)	Angle Of friction ϕ (degree)
16.60	0	0.31	0.35	0.26	16
		1.36	0.65		
		1.88	0.80		

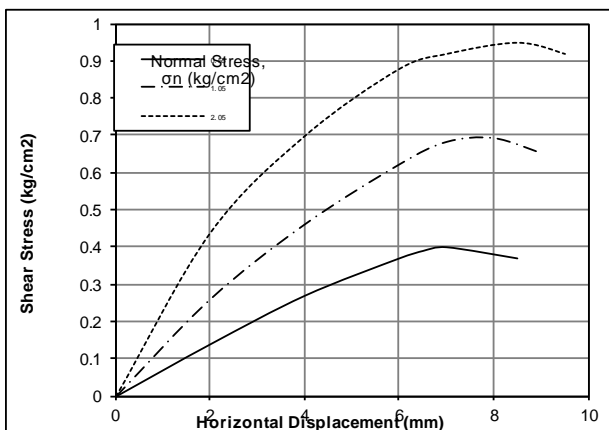
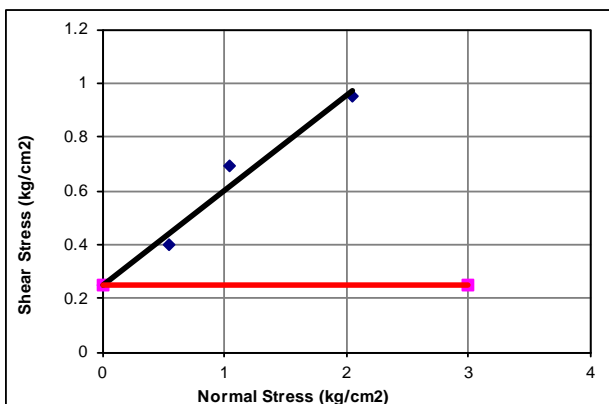
Shear rate 0.5 (mm/min)

Sample type Remolded

test type: Slow

DIRECT SHEAR TEST DATA (ASTM D3080)

Project	۳-۲۰-۱-۵-۱-۰-۰-۰	BH.No:	BH-1
Client	بانک کارآفرین	Depth (m)	8.0
Location	خیابان امیرکبیر-خیابان سلمان فارسی-کوچه شه	Box size	10*10
		Soil Type	CL - Lean clay



Water ω _{opt} (%)	Dry γ _d (gr/cm ³)	Normal at Failure σ _n (kg/cm ²)	Shear at failure τ (kg/cm ²)	Cohesion Resistance C (kg/cm ²)	Angle Of friction φ (degree)
7.78	0	0.44	0.40	0.25	19
		1.28	0.69		
		2.03	0.95		

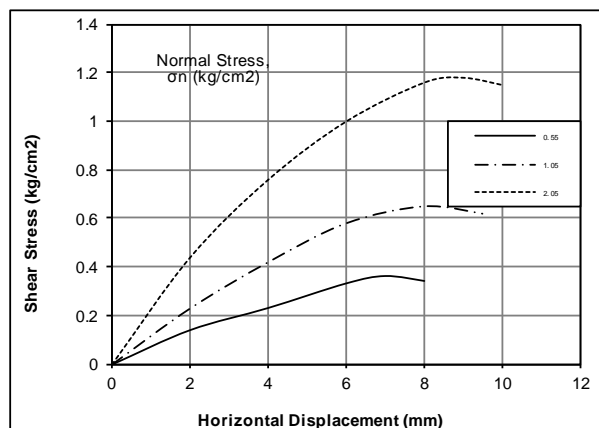
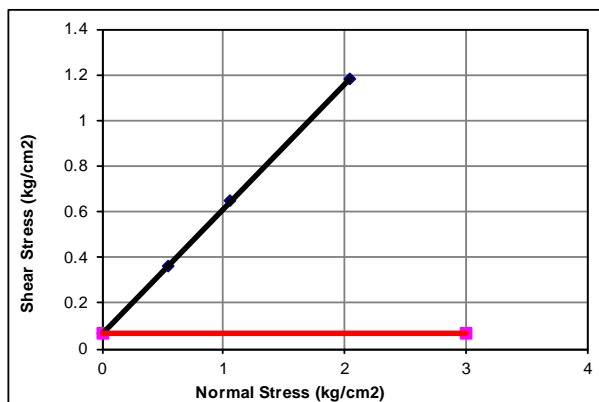
Shear rate 0.5 (mm/min)

Sample type Remolded

test type: Slow

DIRECT SHEAR TEST DATA (ASTM D3080)

Project	۳-۲۰-۱-۵-۱-۰-۰	BH.No:	BH-1
Client	بانک کارآفرین	Depth (m)	12.0
Location	خیابان امیرکبیر-خیابان سلمان فارسی-کوچه شه	Box size	10*10
		Soil Type	SM - Silty sand



Water	Dry	Normal at Failure	Shear at failure	Cohesion	Angle Of friction
ω_{opt} (%)	γ_d (gr/cm ³)	σ_n (kg/cm ²)	τ (kg/cm ²)	C (kg/cm ²)	ϕ (degree)
7.97	0	0.52	0.36	0.07	29
		1.05	0.65		
		2.00	1.18		

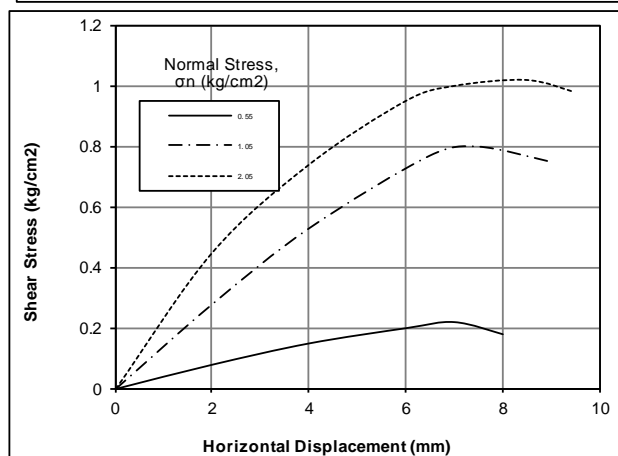
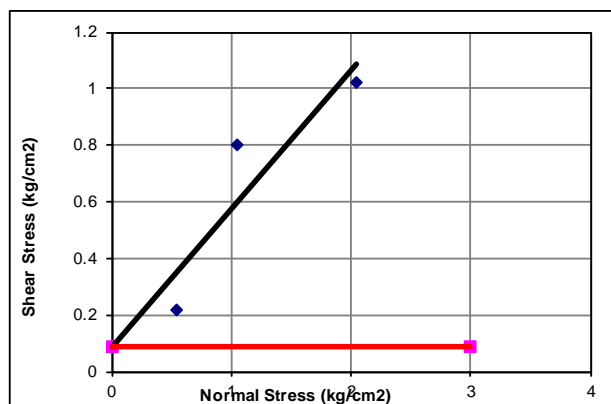
Shear rate 0.5 (mm/min)

Sample type Remolded

test type: Slow

DIRECT SHEAR TEST DATA (ASTM D3080)

Project	۳-۲۰-۱-۵-۱-۰-۰	BH.No:	BH-2
Client	بانک کارآفرین	Depth (m)	3.0
Location	خیابان امیرکبیر-خیابان سلمان فارسی - کوچه شهر	Box size	10*10
		Soil Type	SM - Silty sand



Water ω_{opt} (%)	Dry γ_d (gr/cm³)	Normal at Failure σ_n (kg/cm²)	Shear at failure τ (kg/cm²)	Cohesion Resistance C (kg/cm²)	Angle Of friction ϕ (degree)
9.54	0	0.27	0.22	0.09	26
		1.46	0.80		
		1.91	1.02		

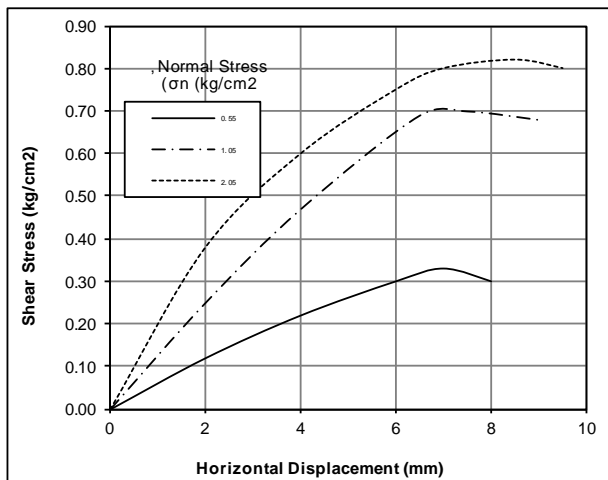
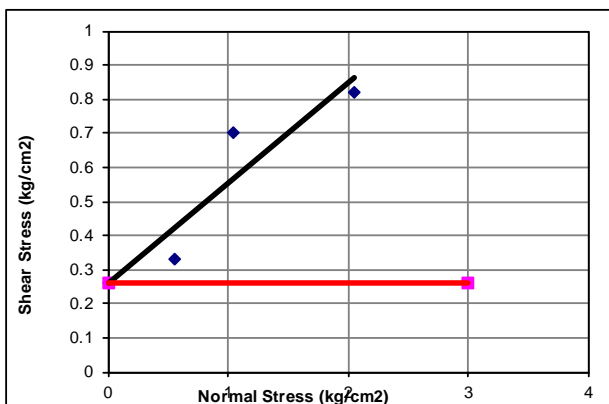
Shear rate 0.5 (mm/min)

Sample type Remolded

test type: Slow

DIRECT SHEAR TEST DATA (ASTM D3080)

Project	۳-۲۰-۱-۵-۱-۰-۰	BH.No:	BH-2
Client	بانک کارآفرین	Depth (m)	4.0
Location	خیابان امیرکبیر-خیابان سلمان فارسی- کوچه شه	Box size	10*10
		Soil Type	CL - Sandy lean clay



Water ω_{opt} (%)	Dry γ_d (gr/cm ³)	Normal at Failure σ_n (kg/cm ²)	Shear at failure τ (kg/cm ²)	Cohesion Resistance C (kg/cm ²)	Angle Of friction ϕ (degree)
10.46	0	0.23	0.33	0.26	17
		1.44	0.70		
		1.83	0.82		

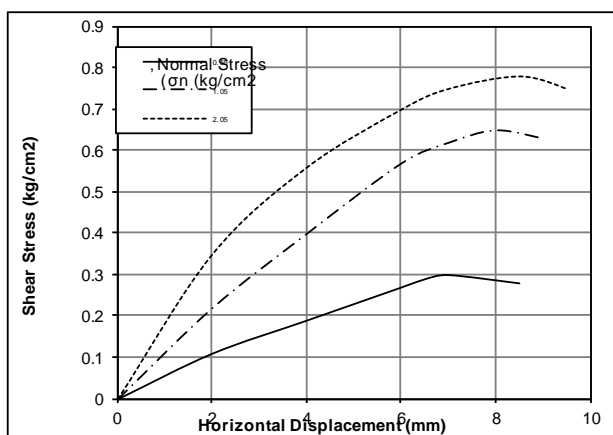
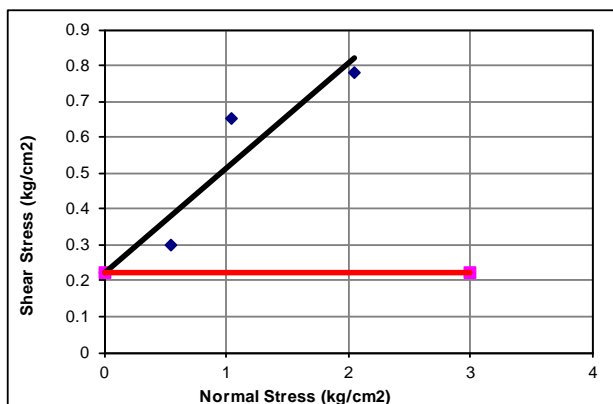
Shear rate 0.5 (mm/min)

Sample type Remolded

test type: Slow

DIRECT SHEAR TEST DATA (ASTM D3080)

Project	۳-۲۰-۱-۵-۱-۰-۰	BH.No:	BH-2
Client	بانک کارآفرین	Depth (m)	8.0
Location	خیابان امیرکبیر-خیابان سلمان فارسی-کوچه شهر	Box size	10*10
		Soil Type	CL - Lean clay



Water ω_{opt} (%)	Dry γ_d (gr/cm ³)	Normal at Failure σ_n (kg/cm ²)	Shear at failure τ (kg/cm ²)	Cohesion Resistance C (kg/cm ²)	Angle Of friction ϕ (degree)
16.94	0	0.28	0.30	0.22	16
		1.50	0.65		
		1.95	0.78		

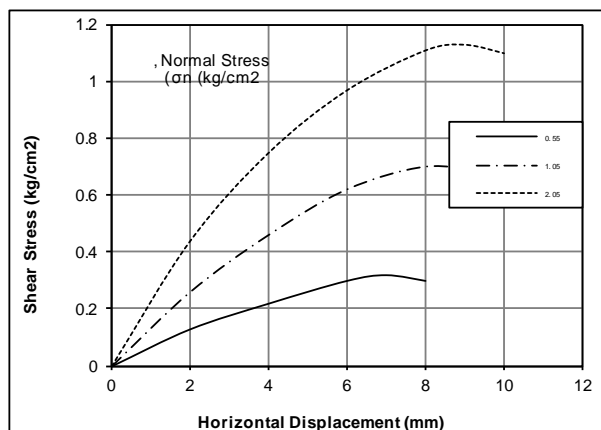
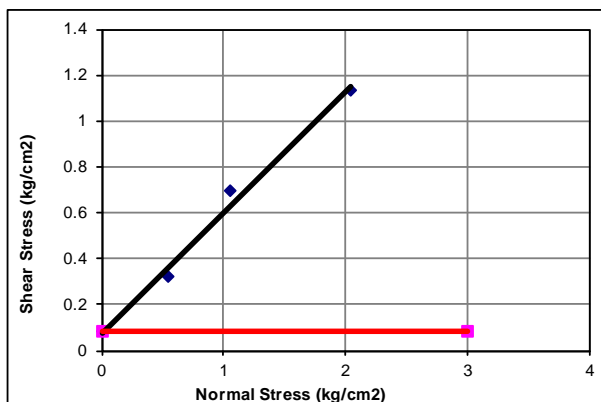
Shear rate 0.5 (mm/min)

Sample type Remolded

test type: Slow

DIRECT SHEAR TEST DATA (ASTM D3080)

Project	۳-۲۰-۱-۵-۱-۰-۰	BH.No:	BH-2
Client	بانک کارآفرین	Depth (m)	11.0
Location	خیابان امیرکبیر-خیابان سلمان فارسی- کوچه شه	Box size	10*10
		Soil Type	SM - Silty sand with gravel



Water ω_{opt} (%)	Dry γ_d (gr/cm ³)	Normal at Failure σ_n (kg/cm ²)	Shear at failure τ (kg/cm ²)	Cohesion Resistance C (kg/cm ²)	Angle Of friction ϕ (degree)
9.14	0	0.45	0.32	0.08	28
		1.17	0.70		
		1.97	1.13		

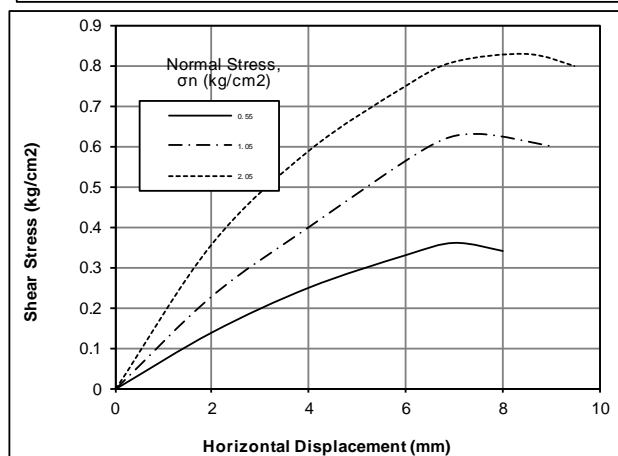
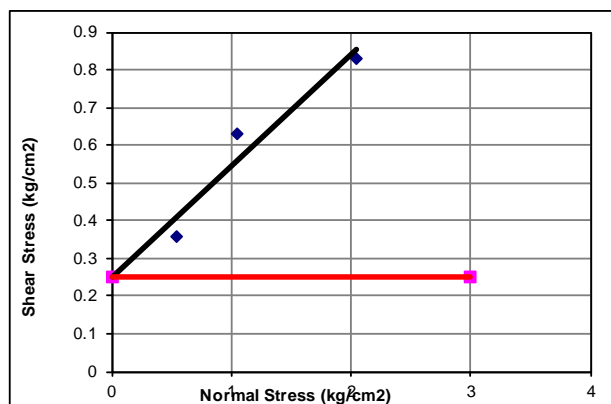
Shear rate 0.5 (mm/min)

Sample type Remolded

test type: Slow

DIRECT SHEAR TEST DATA (ASTM D3080)

Project	۳-۲۰-۱-۵-۱-۰-۰	BH.No:	BH-3
Client	بانک کارآفرین	Depth (m)	2.0
Location	خیابان امیرکبیر-خیابان سلمان فارسی- کوچه شه	Box size	10*10
		Soil Type	CL - Lean clay



Water ω_{opt} (%)	Dry γ_d (gr/cm³)	Normal at Failure σ_n (kg/cm²)	Shear at failure τ (kg/cm²)	Cohesion Resistance C (kg/cm²)	Angle Of friction ϕ (degree)
12.78	0	0.36	0.36	0.25	17
		1.24	0.63		
		1.90	0.83		

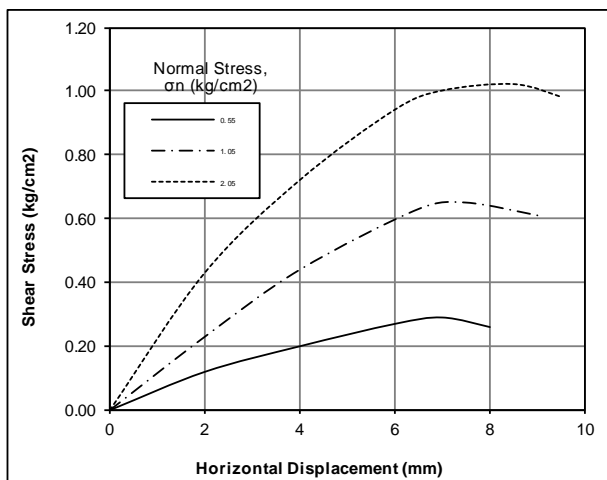
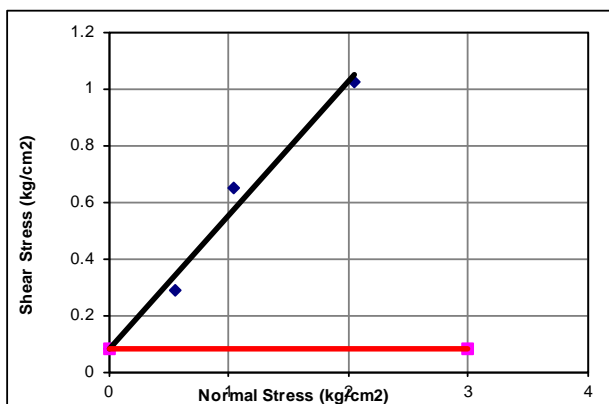
Shear rate 0.5 (mm/min)

Sample type Remolded

test type: Slow

DIRECT SHEAR TEST DATA (ASTM D3080)

Project	۳-۲۰-۱-۵-۱-۰-۰	BH.No:	BH-3
Client	بانک کارآفرین	Depth (m)	4.0
Location	خیابان امیرکبیر-خیابان سلمان فارسی- کوچه شهر	Box size	10*10
		Soil Type	SM - Silty sand



Water ω_{opt} (%)	Dry γ_d (gr/cm ³)	Normal at Failure σ_n (kg/cm ²)	Shear at failure τ (kg/cm ²)	Cohesion Resistance C (kg/cm ²)	Angle Of friction ϕ (degree)
8.25	0	0.45	0.29	0.08	25
		1.22	0.65		
		2.02	1.02		

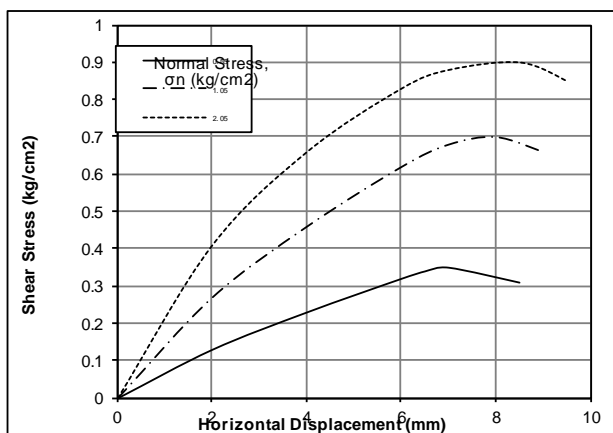
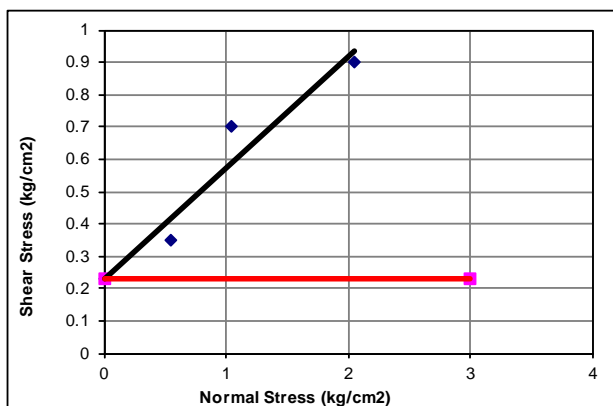
Shear rate 0.5 (mm/min)

Sample type Remolded

test type: Slow

DIRECT SHEAR TEST DATA (ASTM D3080)

Project	۳-۲۰-۱-۵-۱-۰-۰	BH.No:	BH-3
Client	بانک کارآفرین	Depth (m)	6.0
Location	خیابان امیرکبیر-خیابان سلمان فارسی- کوچه شهر	Box size	10*10
		Soil Type	CL - Lean clay



Water	Dry	Normal at Failure	Shear at failure	Cohesion	Angle Of friction
ω_{opt} (%)	γ_d (gr/cm ³)	σ_n (kg/cm ²)	τ (kg/cm ²)	Resistance C (kg/cm ²)	ϕ (degree)
15.44	0	0.35	0.35	0.23	19
		1.36	0.70		
		1.95	0.90		

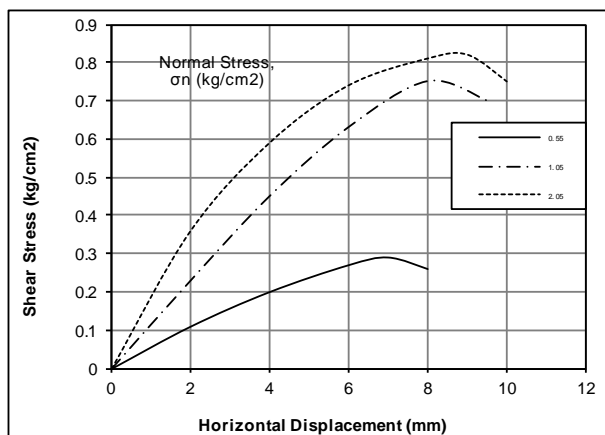
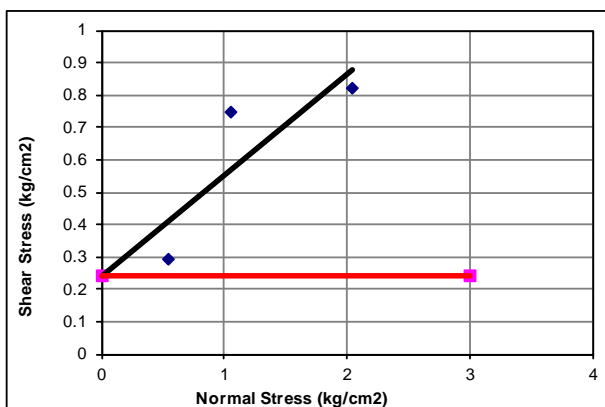
Shear rate 0.5 (mm/min)

Sample type Remolded

test type: Slow

DIRECT SHEAR TEST DATA (ASTM D3080)

Project	۳-۲۰-۱-۵-۱-۰-۰	BH.No:	BH-3
Client	بانک کارآفرین	Depth (m)	8.0
Location	خیابان امیرکبیر-خیابان سلمان فارسی-کوچه شه	Box size	10*10
		Soil Type	CL - Lean clay



Water ω_{opt} (%)	Dry γ_d (gr/cm ³)	Normal at Failure σ_n (kg/cm ²)	Shear at failure τ (kg/cm ²)	Cohesion Resistance C (kg/cm ²)	Angle Of friction ϕ (degree)
10.02	0	0.16	0.29	0.24	17
		1.67	0.75		
		1.90	0.82		

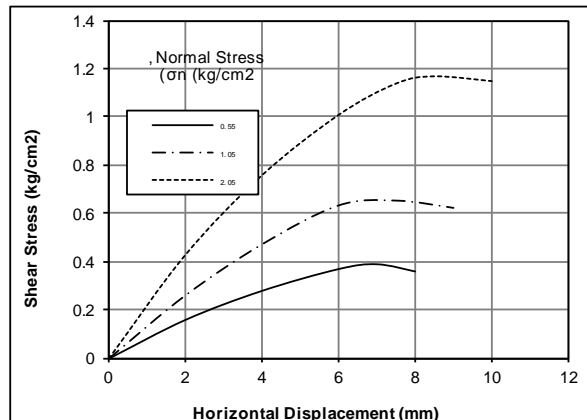
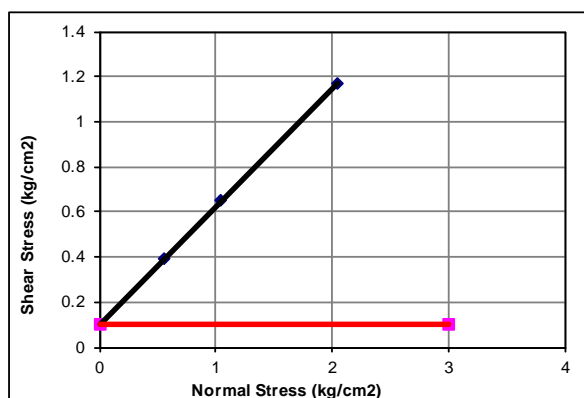
Shear rate 0.5 (mm/min)

Sample type Remolded

test type: Slow

DIRECT SHEAR TEST DATA (ASTM D3080)

Project	۳-۲۰-۱-۵-۱-۰-۰	BH.No:	BH-3
Client	بانک کارآفرین	Depth (m)	12.0
Location	خیابان امیرکبیر-خیابان سلمان فارسی-کوچه شهر		10*10
		Soil Type	SM - Silty sand



Water ω_{opt} (%)	Dry γ_d (gr/cm ³)	Normal at Failure σ_n (kg/cm ²)	Shear at failure τ (kg/cm ²)	Cohesion Resistance C (kg/cm ²)	Angle Of friction ϕ (degree)
9.74	0	0.57	0.39	0.1	27
		1.08	0.65		
		2.10	1.17		

Shear rate 0.5 (mm/min)

Sample type Remolded

test type: Slow

پیوست شماره ۵

نتایج آزمایشات تحکیم

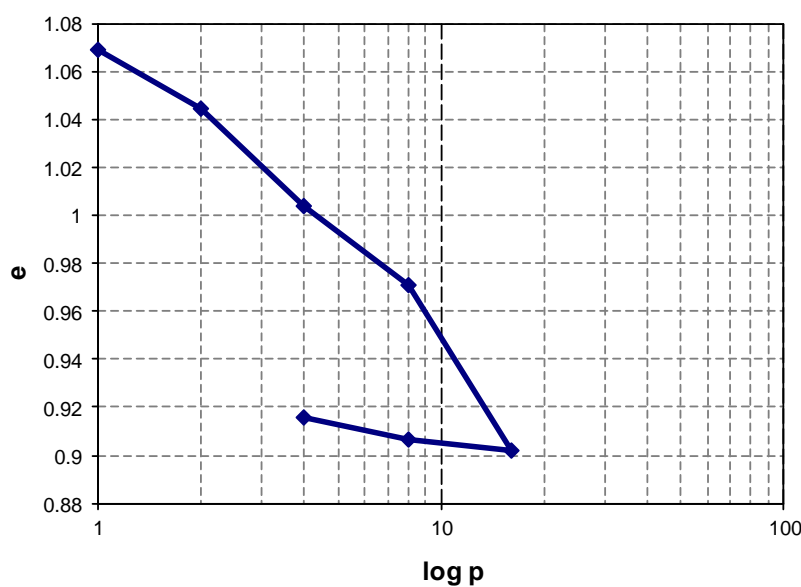
Consolidation Test (ASTM D 2435)

Project	۳-۲۰-۱-۵-۱-۰-۰	BH.No:	BH-1
Client	بانک کارآفرین	Depth (m)	8.0
Location	کاشان- خیابان امیرکبیر- خیابان سلمان فارسی- کوچه شهید رضائی	Diameter (cm)	5
		Soil Type	CL - Lean clay

γ_d (gr/cm ³)	w (%)	Gs	e_0
1.74	7.78	2.66	1.069

p kg/cm ²	قرائت نهایی mm	ضخامت نهایی Ht(mm)	ضخامت منافذ Hv(mm)	تغییر ضخامت Δh (mm)	نسبت منافذ نهایی e
1	0.18	19.82	10.24	0.18	1.069
2	0.42	19.58	10.00	0.24	1.044
4	0.81	19.19	9.62	0.39	1.004
8	1.12	18.88	9.30	0.32	0.971
16	1.78	18.22	8.64	0.66	0.902
8	0.04	18.26	8.68	-0.04	0.906
4	0.09	18.35	8.77	-0.09	0.916

$C_c =$	0.23	$P_c =$	3.52
$C_s =$	0.03		



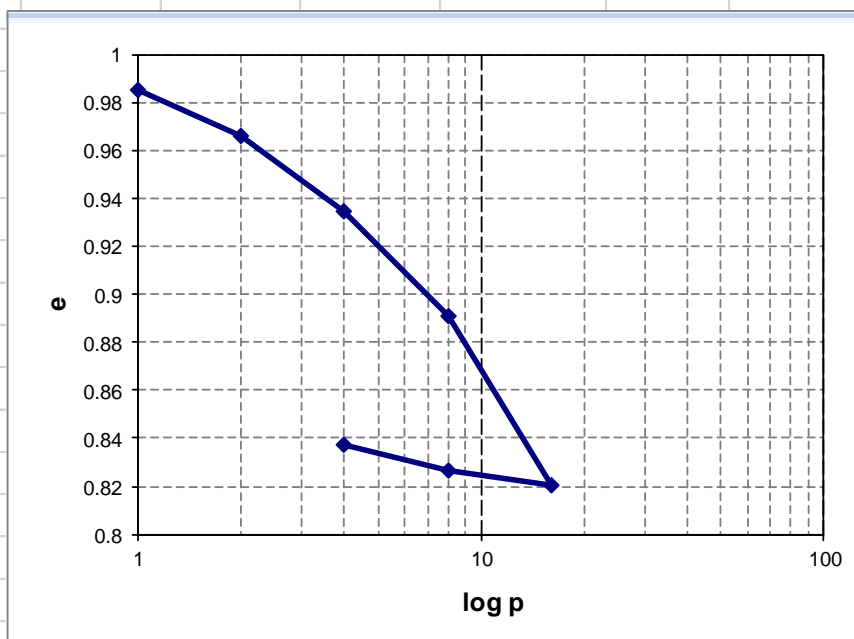
Consolidation Test (ASTM D 2435)

Project	۳-۲۰-۱-۵-۱-۰-۰	BH.No:	BH-1
Client	بانک کارآفرین	Depth (m)	26.0
Location	کاشان- خیابان امیرکبیر-خیابان سلمان فارسی- کوچه شهید مضافی	Diameter (cm)	5
		Soil Type	CL-ML - Silty clay

γ_d (gr/cm ³)	w (%)	Gs	e_0
1.80	6.78	2.65	0.985

p kg/cm ²	قرائت نهایی mm	ضخامت نهایی Ht(mm)	ضخامت منافذ Hv(mm)	تغییر ضخامت Δh (mm)	نسبت منافذ نهایی e
1	0.15	19.85	9.85	0.15	0.985
2	0.34	19.66	9.66	0.19	0.966
4	0.66	19.34	9.34	0.32	0.934
8	1.10	18.91	8.91	0.43	0.891
16	1.80	18.20	8.20	0.70	0.821
8	0.06	18.26	8.26	-0.06	0.826
4	0.11	18.37	8.37	-0.11	0.837

$C_c =$	0.23	$P_c =$	3.87
$C_s =$	0.04		



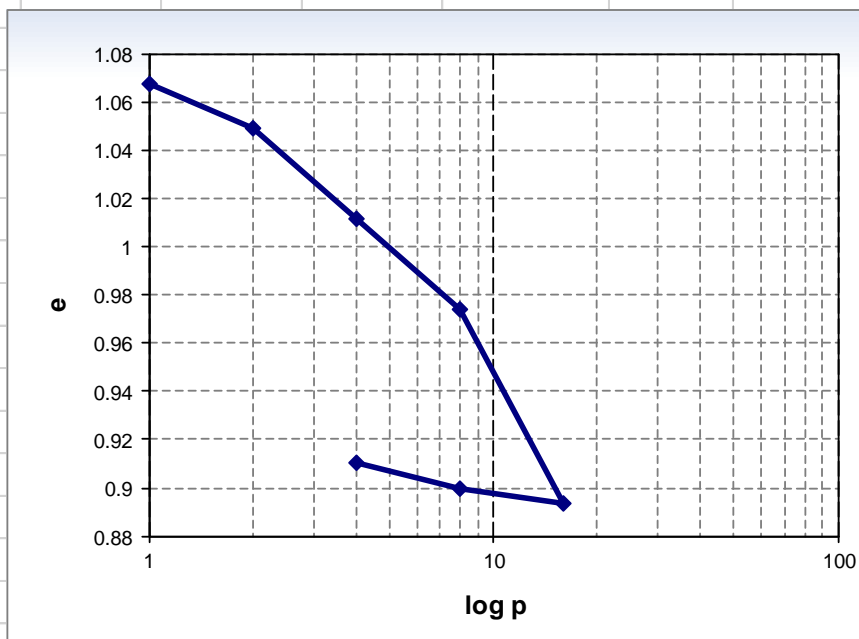
Consolidation Test (ASTM D 2435)

Project	۳-۲۰-۱-۵-۱-۰-۰	BH.No:	BH-1
Client	بانک کارآفرین	Depth (m)	38.0
Location	کاشان- خیابان امیرکبیر- خیابان سلمان فارسی- کوچه شهید رضایی	Diameter (cm)	5
		Soil Type	CL - Lean clay

γ_d (gr/cm ³)	w (%)	Gs	e_0
1.55	18.34	2.65	1.068

p kg/cm ²	قرائت نهایی mm	ضخامت نهایی Ht(mm)	ضخامت منافذ Hv(mm)	تغییر ضخامت Δh (mm)	نسبت منافذ نهایی e
1	0.12	19.88	10.26	0.12	1.068
2	0.30	19.70	10.09	0.18	1.049
4	0.66	19.34	9.73	0.36	1.012
8	1.02	18.98	9.36	0.36	0.974
16	1.80	18.20	8.59	0.77	0.893
8	0.06	18.26	8.65	-0.06	0.899
4	0.10	18.36	8.75	-0.10	0.910

$C_c =$	0.27	$P_c =$	4.35
$C_s =$	0.04		



پیوست شماره ۶

نتایج آزمایشات سه محوره

Triaxial Test
Unconsolidated-Undrained (UU) Test

Sample Dimensions: d=3.8cm h=7.6cm

Sample Type: undisturbed-saturated

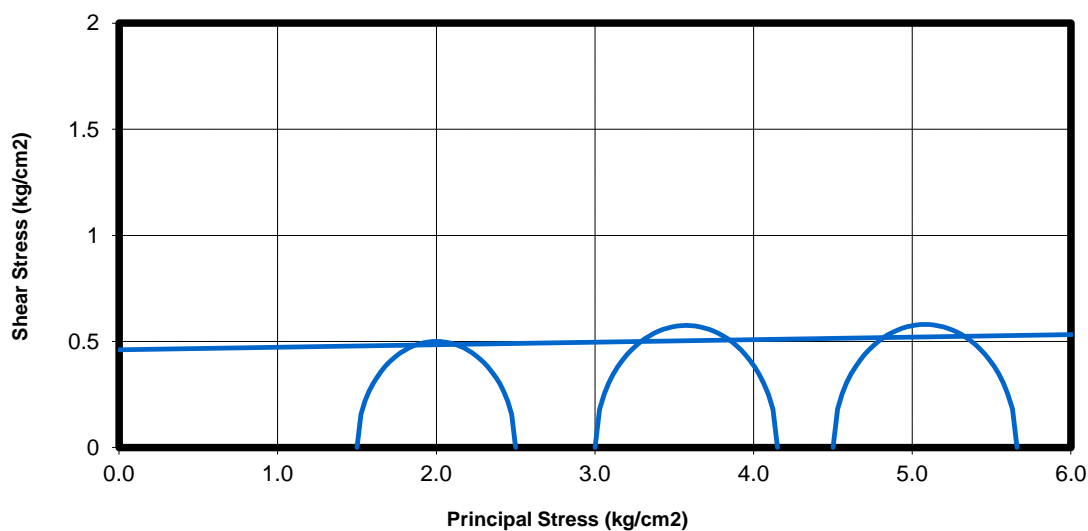
Deformation Rate: 0.64 mm/min

Borhole No.:1

Soile Description: CL

Depth(m): 6-8

Mohr's Envelope



شماره آزمایش	دانسیتة خشک (gr/cm ³)	درصد رطوبت اولیه (%ω)	درصد رطوبت نهایی (%ω)	فشار سلولی (Kg/cm ²)	حداکثر تنش (Kg/cm ²)	تنش نرمال (Kg/cm ²)	C (Kg/cm ²)	φ (Deg.)
1	1.7	15.00	27.20	1.50	1.00	2.50	0.46	1.5
2	1.7	15.00	28.00	3.00	1.15	4.15		
3	1.7	15.00	27.40	4.50	1.16	5.66		

توضیحات:

Triaxial Test Unconsolidated-Undrained (UU) Test

Sample Dimensions: d=3.8cm h=7.6cm

Borhole No.:1

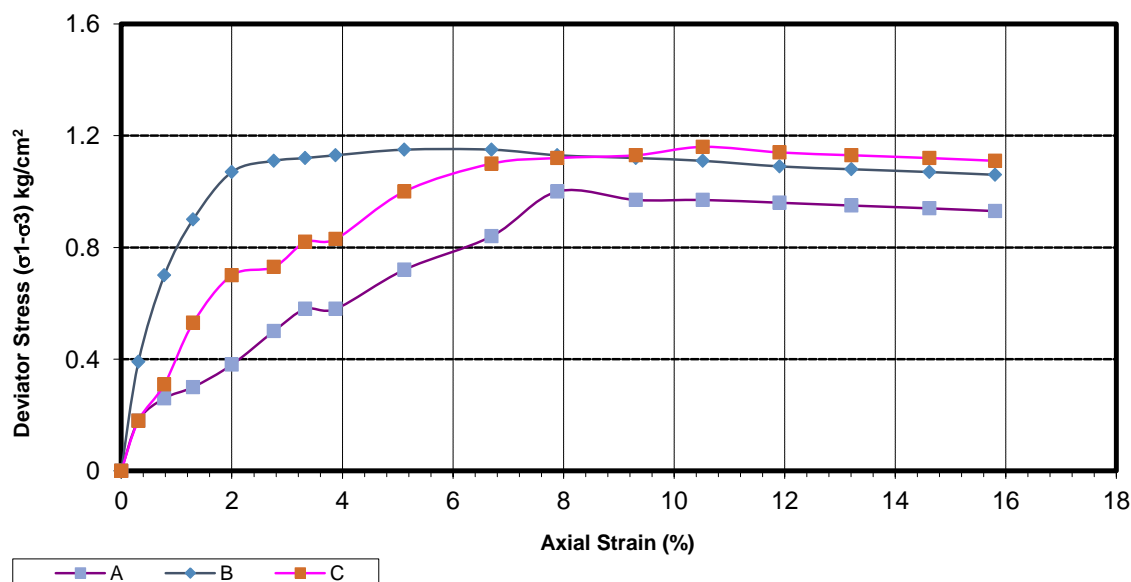
Sample Type: undisturbed-saturated

Soile Description: CL

Deformation Rate: 0.64 mm/min

Depth(m): 6-8

Deviator Stress-Axial Strain Curve



شماره آزمایش	دانشسته خشک (gr/cm ³)	درصد رطوبت اولیه (%ω)	درصد رطوبت نهایی (%ω)	فشار سلولی (Kg/cm ²)	حداکثر تنش (Kg/cm ²)	تنش نرمال (Kg/cm ²)	کرنش محوری (%)	B value
1	1.7	15.00	27.20	1.50	1.00	2.50	7.89	98.00
2	1.7	15.00	28.00	3.00	1.15	4.15	5.26	97.00
3	1.7	15.00	27.40	4.50	1.16	5.66	10.53	98.00

توضیحات:

Triaxial Test Unconsolidated-Undrained (UU) Test

Sample Dimensions: d=3.8cm h=7.6cm

Sample Type: undisturbed-saturated

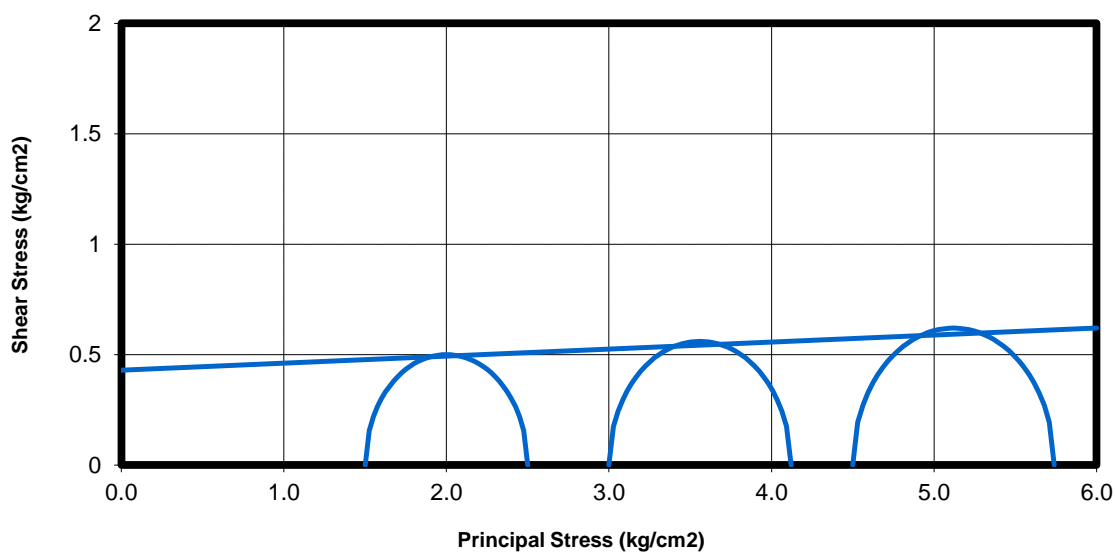
Deformation Rate: 0.64 mm/min

Borhole No.:7

Soile Description: CL

Depth(m): 12-16

Mohr's Envelope



شماره آزمایش	دانشسته خشک (gr/cm ³)	درصد رطوبت اولیه (%ω)	درصد رطوبت نهایی (%ω)	فشار سلولی (Kg/cm ²)	حداکثر تنش (Kg/cm ²)	تنش نرمال (Kg/cm ²)	C (Kg/cm ²)	φ (Deg.)
1	1.8	15.50	29.50	1.50	1.13	2.50	0.43	2.2
2	1.8	16.00	28.50	3.00	1.19	4.12		
3	1.8	16.00	29.00	4.50	1.21	5.74		

توضیحات:

Triaxial Test Unconsolidated-Undrained (UU) Test

Sample Dimensions: d=3.8cm h=7.6cm

Sample Type: undisturbed-saturated

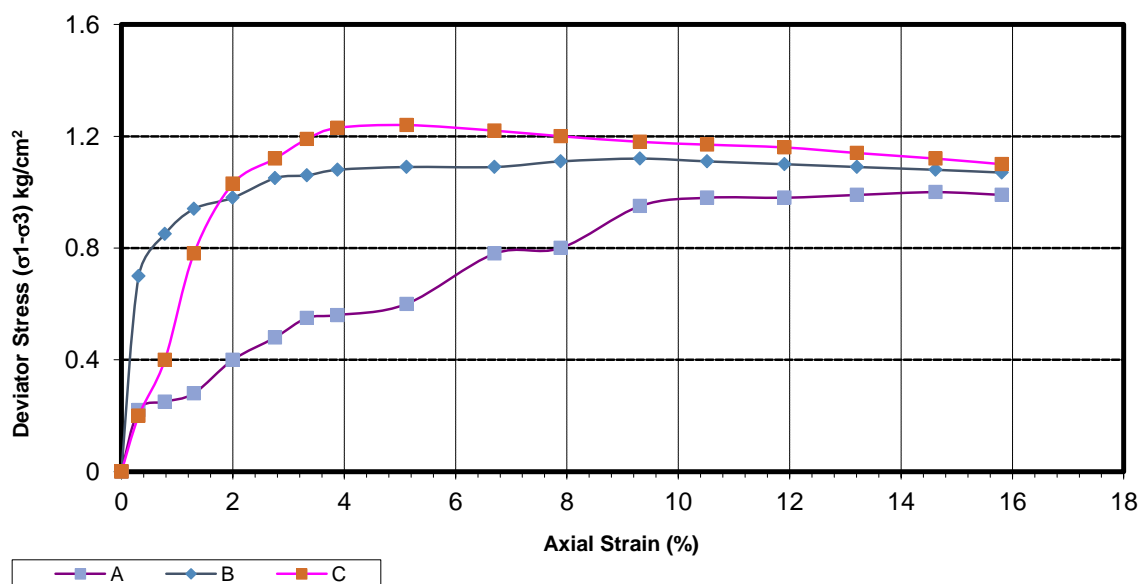
Deformation Rate: 0.64 mm/min

Borhole No.:7

Soile Description: CL

Depth(m): 12-16

Deviator Stress-Axial Strain Curve

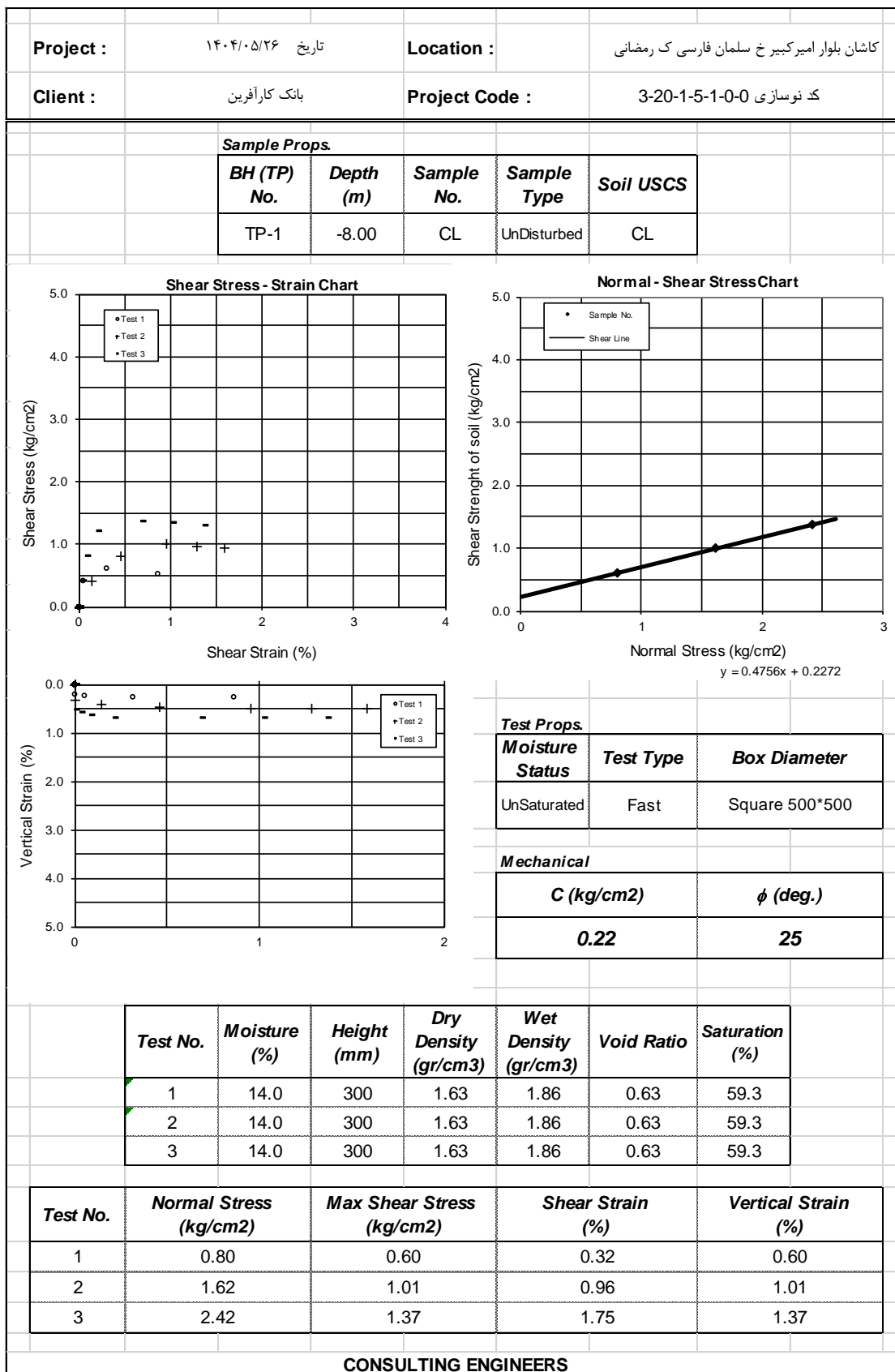


شماره آزمایش	دانسسته خشک (gr/cm ³)	درصد رطوبت اولیه (%ω)	درصد رطوبت نهایی (%ω)	فشار سلولی (Kg/cm ²)	حداکثر تنش (Kg/cm ²)	تنش نرمال (Kg/cm ²)	کرنش محوری (%)	B value
1	1.8	15.50	29.50	1.50	1.13	2.50	14.47	98.00
2	1.8	16.00	28.50	3.00	1.19	4.12	9.21	98.00
3	1.8	16.00	29.00	4.50	1.21	5.74	5.26	98.00

توضیحات:

پیوست شماره ۷

آزمایش برش برجا



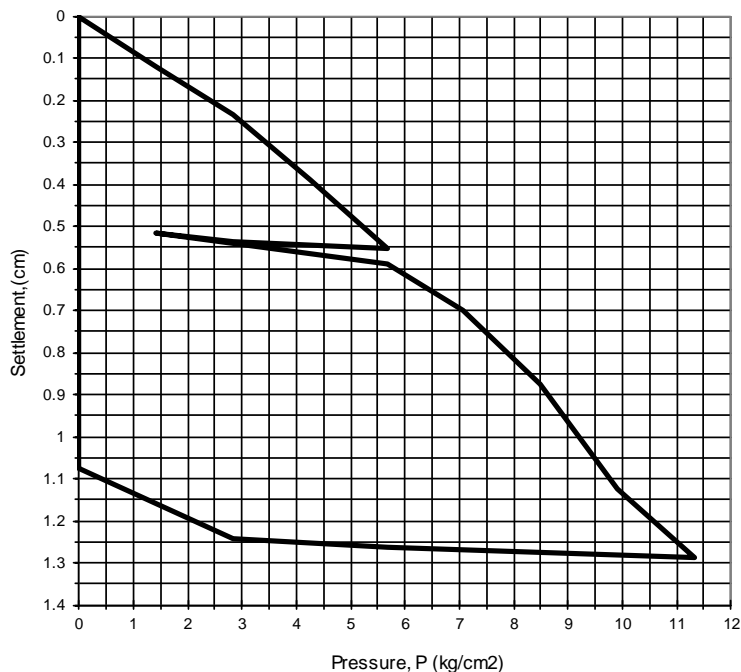
پیوست شماره ۸

آزمایش بارگذاری صفحه

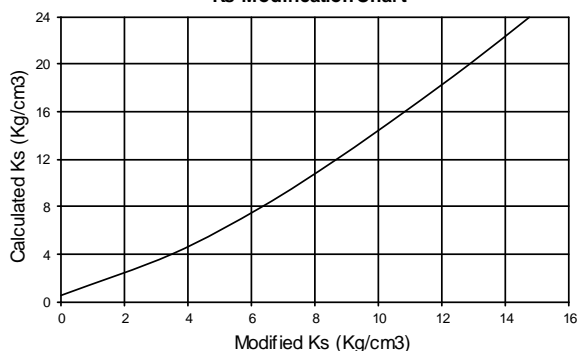
Project :	۱۴۰۴/۰۵/۲۶	Location :	کاشان بلوار امیرکبیر خ سلمان فارسی ک رضایی
Client :	بانک کارآفرین	Project Code :	کد نوسازی 3-20-1-5-1-0-0

Test Props.

Test Type	Test Location	Test Level (m)	Plate Diameter (cm)	Soil Classification (uscs)
Static	TP-1	-8	30	CL

Plate Load Test Graph

Reading	Pressure (Kg/cm ²)	Average Settl. (cm)
1	0.00	0.00
2	1.42	0.12
3	2.83	0.24
4	4.25	0.39
5	5.66	0.55
6	2.83	0.54
7	1.42	0.52
8	5.66	0.59
9	7.08	0.70
10	8.49	0.88
11	9.91	1.13
12	11.32	1.29
13	5.66	1.27
14	0.00	0.00
15	0.00	0.00

Ks Modification Chart

Cal. Ks (kg/cm ³)	Modified Ks (kg/cm ³)	Young's Modulus Es (kg/cm ²)
9.1	7.0	188.4

پیوست شماره ۹

آزمایش دانهول

جدول ۴ - سرعت امواج تراکمی و برشی و پارامترهای دینامیکی آزمایشات لرزه ای در گمانه BH-1 در اعماق مختلف

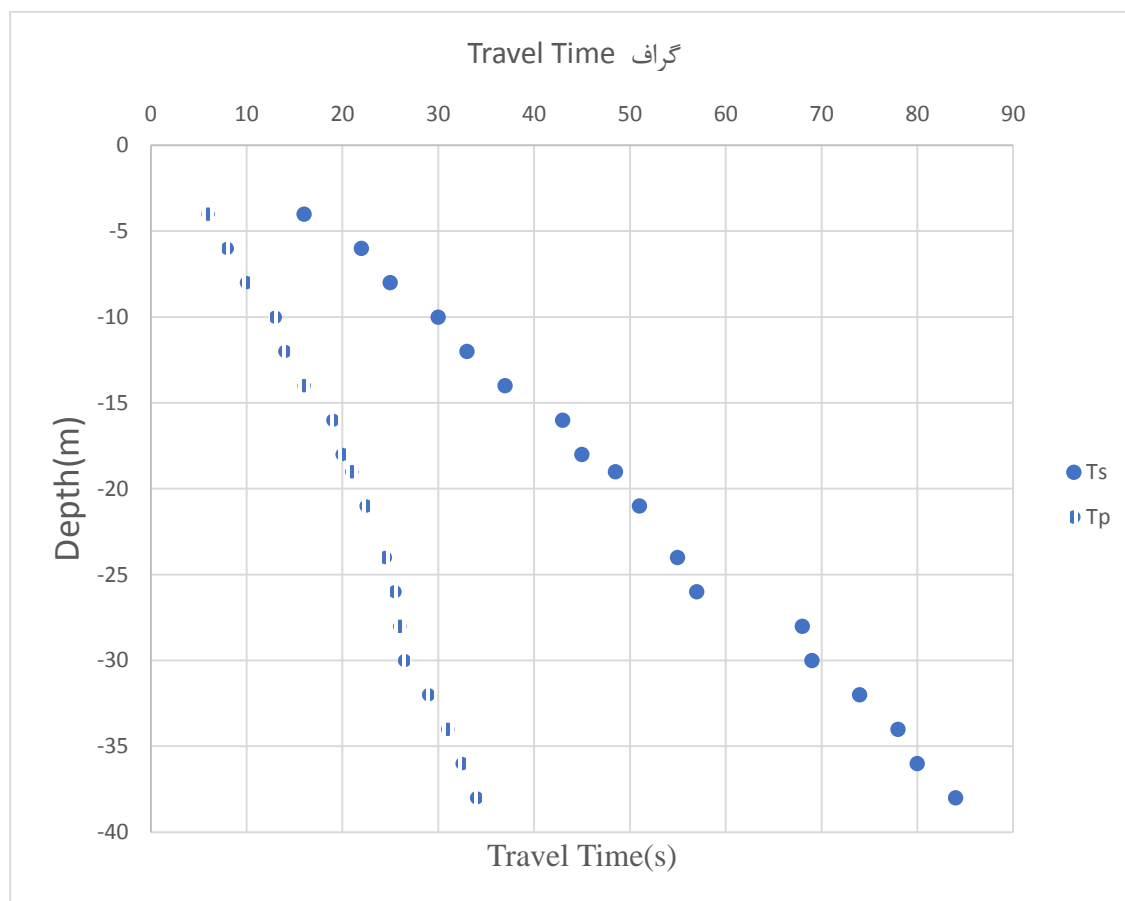
DEPTH	Density (g/cm ³)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	E (kpa)	G (kpa)	Bulk modulus (kn/m ³)	Poisson's ratio (v)
-4	1.8	696	261	347809	122625	708500	0.4182
-6	1.8	971	324	542525	188704	1446733	0.4375
-8	1.8	985	657	1708768	776713	711987	0.1000
-10	1.8	661	396	689590	282909	408646	0.2188
-12	1.8	1988	663	2272730	790515	6060613	0.4375
-14	1.8	996	498	1189802	446176	1189802	0.3333
-16	1.8	665	332	529927	198723	529927	0.3333
-18	1.8	1995	998	4776120	1791045	4776120	0.3333
-19	1.8	998	285	425962	146323	1597356	0.4556
-21	1.8	1331	799	2797902	1147857	1658016	0.2188
-24	1.8	1498	749	2692308	1009615	2692308	0.3333
-26	1.8	1998	999	4788949	1795856	4788949	0.3333
-28	1.8	3996	182	178037	59387	28663963	0.4990
-30	1.8	3997	1998	19167142	7187678	19167142	0.3333
-32	1.8	799	400	766850	287569	766850	0.3333
-34	1.8	999	500	1198414	449405	1198414	0.3333
-36	2	999	545	1531065	594249	1205005	0.2882
-38	2.5	1333	500	1770863	624343	3607314	0.4182

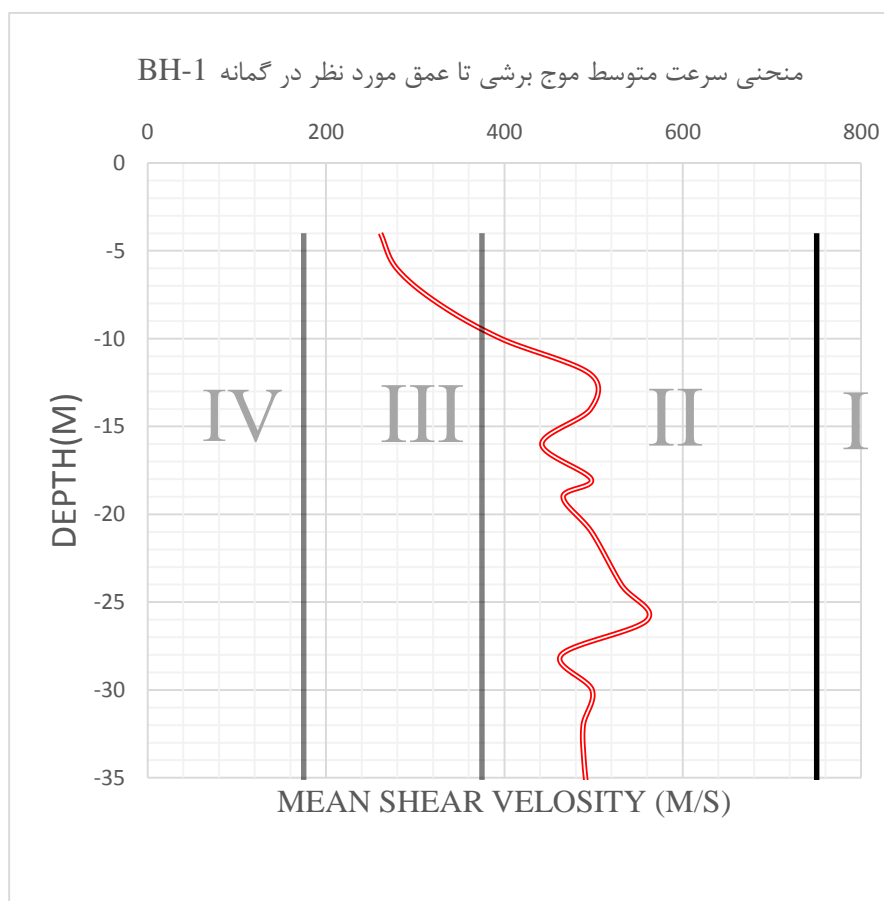
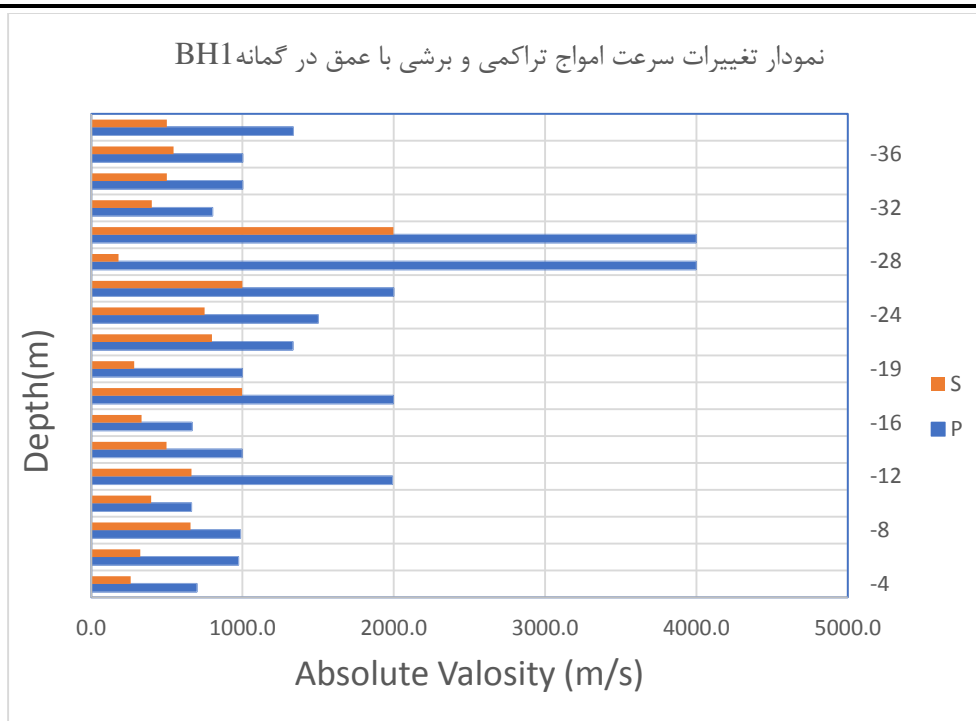
جدول ۵ - محاسبه سرعت متوسط موج برشی در گمانه BH-1

Depth (m)	V _s (m/sec)	Thickness (m)	Time (sec)	Σ Time (sec)	Σ Thickness (m)	V _s - Mean (m/sec)
-4	261	4	0.006	0.006	4	261.0
-6	324	2	0.008	0.014	6	279.0
-8	657	2	0.01	0.024	8	325.9
-10	396	2	0.013	0.037	2	396.4
-12	663	2	0.014	0.051	4	496.1
-14	498	2	0.016	0.067	6	496.7
-16	332	2	0.019	0.086	8	442.0
-18	998	2	0.02	0.106	10	497.4
-19	285	1	0.021	0.127	11	465.9
-21	799	2	0.0225	0.1495	13	497.8
-24	749	3	0.0245	0.174	16	531.2
-26	999	2	0.0255	0.1995	18	560.3
-28	182	2	0.026	0.2255	20	463.7
-30	1998	2	0.0265	0.252	22	498.5
-32	400	2	0.029	0.281	24	488.4
-34	500	2	0.031	0.312	26	489.3
-36	545	2	0.0325	0.3445	28	492.9
-38	500	2	0.034	0.3785	30	493.3

جدول ۶ - پارامترهای دینامیکی آزمایشات لرزه ای در گمانه BH-1 در عمق ۳۸ متری

واحد	میانگین ۳۰ متر	پارامتر
Kpa	2631931	مدول الاستیسیته E)
	0.342	ضریب پواسون ν)
m/s	493.3	سرعت موج برشی (V_s) (تجمعی)
m/s	1495	سرعت موج تراکمی V_p)
gr/cm ²	1.85	چگالی γ)





پیوست شماره ۱۰۵

جداول

Bearing-capacity equations by the several authors indicated

Terzaghi (1943). See Table 4-2 for typical values and for K_{py} values.

$$q_{ult} = cN_c s_c + \bar{q}N_q + 0.5\gamma B N_\gamma s_\gamma \quad N_q = \frac{a^2}{a \cos^2(45 + \phi/2)}$$

$$a = e^{(0.75\pi - \phi/2) \tan \phi}$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$$

$$N_\gamma = \frac{\tan \phi}{2} \left(\frac{K_{py}}{\cos^2 \phi} - 1 \right)$$

For: strip round square

$$s_c = 1.0 \quad 1.3 \quad 1.3$$

$$s_\gamma = 1.0 \quad 0.6 \quad 0.8$$

Meyerhof (1963).* See Table 4-3 for shape, depth, and inclination factors.

Vertical load: $q_{ult} = cN_c s_c d_c + \bar{q}N_q s_q d_q + 0.5\gamma B' N_\gamma s_\gamma d_\gamma$

Inclined load: $q_{ult} = cN_c d_c i_c + \bar{q}N_q d_q i_q + 0.5\gamma B' N_\gamma d_\gamma i_\gamma$

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan (1.4\phi)$$

Hansen (1970).* See Table 4-5 for shape, depth, and other factors.

General:† $q_{ult} = cN_c s_c d_c i_c g_c b_c + \bar{q}N_q s_q d_q i_q g_q b_q + 0.5\gamma B' N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$

when $\phi = 0$

use $q_{ult} = 5.14s_u(1 + s'_c + d'_c - i'_c - b'_c - g'_c) + \bar{q}$

$$N_q = \text{same as Meyerhof above}$$

$$N_c = \text{same as Meyerhof above}$$

$$N_\gamma = 1.5(N_q - 1) \tan \phi$$

Vesic (1973, 1975).* See Table 4-5 for shape, depth, and other factors.

Use Hansen's equations above.

$$N_q = \text{same as Meyerhof above}$$

$$N_c = \text{same as Meyerhof above}$$

$$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$$

*These methods require a trial process to obtain design base dimensions since width B and length L are needed to compute shape, depth, and influence factors.

†See Sec. 4-6 when $i_i < 1$.

TABLE 5-2

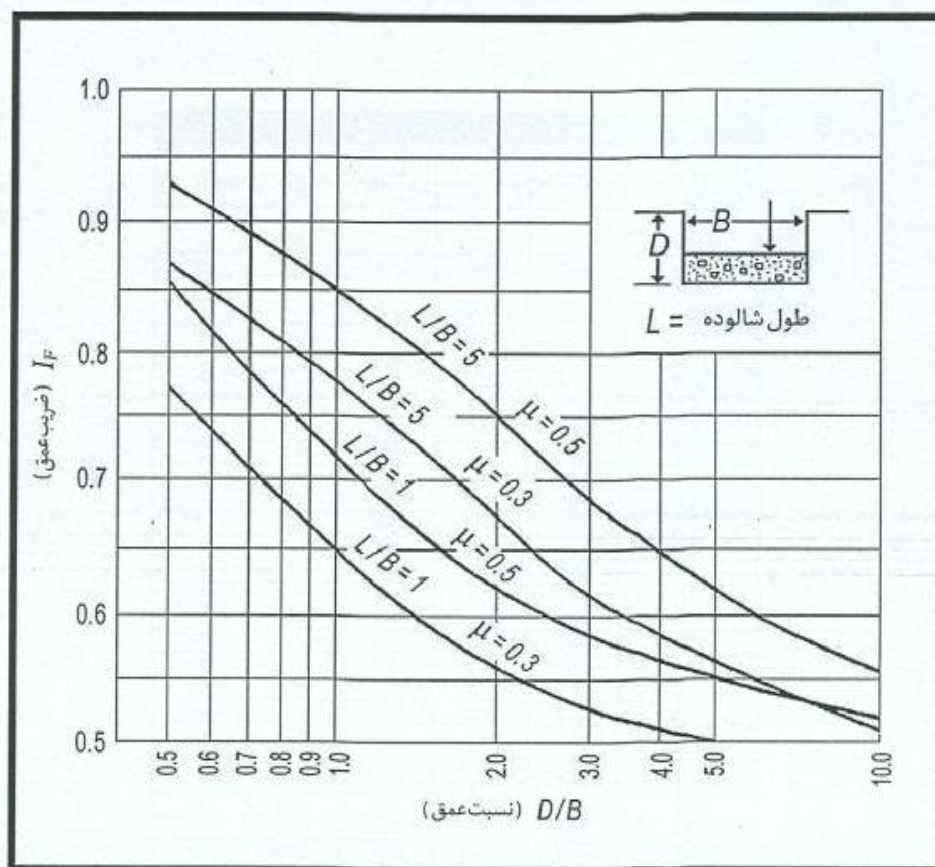
Values of I_1 and I_2 to compute the Steinbrenner influence factor I_s for use in Eq. (5-16a) for several $N = H/B'$ and $M = L/B$ ratios

N	$M = 1.0$	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
0.2	$I_1 = 0.009$	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007
	$I_2 = 0.041$	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043
0.4	0.033	0.032	0.031	0.030	0.029	0.028	0.028	0.027	0.027	0.027	0.027
	0.066	0.068	0.069	0.070	0.070	0.071	0.071	0.072	0.072	0.073	0.073
0.6	0.066	0.064	0.063	0.061	0.060	0.059	0.058	0.057	0.056	0.056	0.055
	0.079	0.081	0.083	0.085	0.087	0.088	0.089	0.090	0.091	0.091	0.092
0.8	0.104	0.102	0.100	0.098	0.096	0.095	0.093	0.092	0.091	0.090	0.089
	0.083	0.087	0.090	0.093	0.095	0.097	0.098	0.100	0.101	0.102	0.103
1.0	0.142	0.140	0.138	0.136	0.134	0.132	0.130	0.129	0.127	0.126	0.125
	0.083	0.088	0.091	0.095	0.098	0.100	0.102	0.104	0.106	0.108	0.109
1.5	0.224	0.224	0.224	0.223	0.222	0.220	0.219	0.217	0.216	0.214	0.213
	0.075	0.080	0.084	0.089	0.093	0.096	0.099	0.102	0.105	0.108	0.110
2.0	0.285	0.288	0.290	0.292	0.292	0.292	0.292	0.292	0.291	0.290	0.289
	0.064	0.069	0.074	0.078	0.083	0.086	0.090	0.094	0.097	0.100	0.102
3.0	0.363	0.372	0.379	0.384	0.389	0.393	0.396	0.398	0.400	0.401	0.402
	0.048	0.052	0.056	0.060	0.064	0.068	0.071	0.075	0.078	0.081	0.084
4.0	0.408	0.421	0.431	0.440	0.448	0.455	0.460	0.465	0.469	0.473	0.476
	0.037	0.041	0.044	0.048	0.051	0.054	0.057	0.060	0.063	0.066	0.069
5.0	0.437	0.452	0.465	0.477	0.487	0.496	0.503	0.510	0.516	0.522	0.526
	0.031	0.034	0.036	0.039	0.042	0.045	0.048	0.050	0.053	0.055	0.058
6.0	0.457	0.474	0.489	0.502	0.514	0.524	0.534	0.542	0.550	0.557	0.563
	0.026	0.028	0.031	0.033	0.036	0.038	0.040	0.043	0.045	0.047	0.050
7.0	0.471	0.490	0.506	0.520	0.533	0.545	0.556	0.566	0.575	0.583	0.590
	0.022	0.024	0.027	0.029	0.031	0.033	0.035	0.037	0.039	0.041	0.043
8.0	0.482	0.502	0.519	0.534	0.549	0.561	0.573	0.584	0.594	0.602	0.611
	0.020	0.022	0.023	0.025	0.027	0.029	0.031	0.033	0.035	0.036	0.038
9.0	0.491	0.511	0.529	0.545	0.560	0.574	0.587	0.598	0.609	0.618	0.627
	0.017	0.019	0.021	0.023	0.024	0.026	0.028	0.029	0.031	0.033	0.034
10.0	0.498	0.519	0.537	0.554	0.570	0.584	0.597	0.610	0.621	0.631	0.641
	0.016	0.017	0.019	0.020	0.022	0.023	0.025	0.027	0.028	0.030	0.031
20.0	0.529	0.553	0.575	0.595	0.614	0.631	0.647	0.662	0.677	0.690	0.702
	0.008	0.009	0.010	0.010	0.011	0.012	0.013	0.013	0.014	0.015	0.016
500.0	0.560	0.587	0.612	0.635	0.656	0.677	0.696	0.714	0.731	0.748	0.763
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001

TABLE 5-2

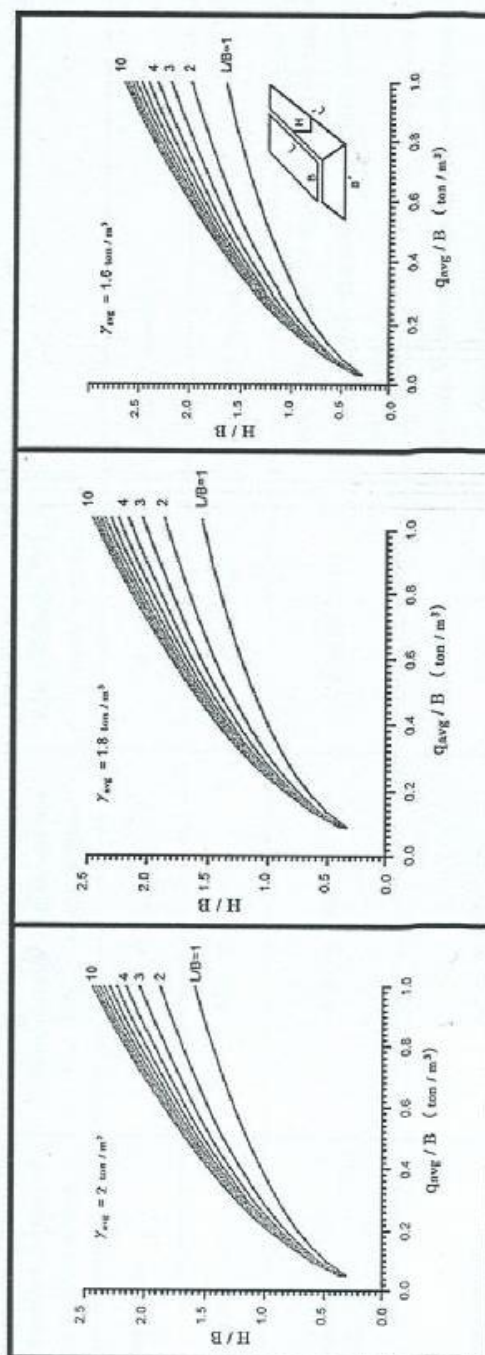
Values of I_1 and I_2 to compute the Steinbrenner influence factor I_s for use in Eq. (5-16a) for several $N = H/B'$ and $M = L/B$ ratios (continued)

N	$M = 2.5$	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	25.0	50.0	100.0
0.2	$I_1 = 0.007$ $I_2 = 0.043$	0.006 0.044	0.006 0.044	0.006 0.044	0.006 0.044	0.006 0.044	0.006 0.044	0.006 0.044	0.006 0.044	0.006 0.044	0.006 0.044
0.4	0.026 0.074	0.024 0.075	0.024 0.075	0.024 0.075	0.024 0.076	0.024 0.076	0.024 0.076	0.024 0.076	0.024 0.076	0.024 0.076	0.024 0.076
0.6	0.053 0.094	0.051 0.097	0.050 0.097	0.050 0.098	0.050 0.098	0.049 0.098	0.049 0.098	0.049 0.098	0.049 0.098	0.049 0.098	0.049 0.098
0.8	0.086 0.107	0.082 0.111	0.081 0.112	0.080 0.113	0.080 0.113	0.080 0.113	0.079 0.113	0.079 0.114	0.079 0.114	0.079 0.114	0.079 0.114
1.0	0.121 0.114	0.115 0.120	0.113 0.122	0.112 0.123	0.112 0.123	0.112 0.124	0.111 0.124	0.111 0.124	0.110 0.125	0.110 0.125	0.110 0.125
1.5	0.207 0.118	0.197 0.130	0.194 0.134	0.192 0.136	0.191 0.137	0.190 0.138	0.190 0.138	0.189 0.139	0.188 0.140	0.188 0.140	0.188 0.140
2.0	0.284 0.114	0.271 0.131	0.267 0.136	0.264 0.139	0.262 0.141	0.261 0.143	0.260 0.144	0.259 0.145	0.257 0.147	0.256 0.147	0.256 0.148
3.0	0.402 0.097	0.392 0.122	0.386 0.131	0.382 0.137	0.378 0.141	0.376 0.144	0.374 0.145	0.373 0.147	0.368 0.152	0.367 0.153	0.367 0.154
4.0	0.484 0.082	0.484 0.110	0.479 0.121	0.474 0.129	0.470 0.135	0.466 0.139	0.464 0.142	0.462 0.145	0.453 0.154	0.451 0.155	0.451 0.156
5.0	0.553 0.070	0.554 0.098	0.552 0.111	0.548 0.120	0.543 0.128	0.540 0.133	0.536 0.137	0.534 0.140	0.522 0.154	0.519 0.156	0.519 0.157
6.0	0.585 0.060	0.609 0.087	0.610 0.101	0.608 0.111	0.604 0.120	0.601 0.126	0.598 0.131	0.595 0.135	0.579 0.153	0.576 0.157	0.575 0.157
7.0	0.618 0.053	0.653 0.078	0.658 0.092	0.658 0.103	0.656 0.112	0.653 0.119	0.650 0.125	0.647 0.129	0.628 0.152	0.624 0.157	0.623 0.158
8.0	0.643 0.047	0.688 0.071	0.697 0.084	0.700 0.095	0.700 0.104	0.698 0.112	0.695 0.118	0.692 0.124	0.672 0.151	0.666 0.156	0.665 0.158
9.0	0.663 0.042	0.716 0.064	0.730 0.077	0.736 0.088	0.737 0.097	0.736 0.105	0.735 0.112	0.732 0.118	0.710 0.149	0.704 0.156	0.702 0.158
10.0	0.679 0.038	0.740 0.059	0.758 0.071	0.766 0.082	0.770 0.091	0.770 0.099	0.770 0.106	0.768 0.112	0.745 0.147	0.738 0.156	0.735 0.158
20.0	0.756 0.020	0.856 0.031	0.896 0.039	0.925 0.046	0.945 0.053	0.959 0.059	0.969 0.065	0.977 0.071	0.982 0.124	0.965 0.148	0.957 0.156
500.0	0.832 0.001	0.977 0.001	1.046 0.002	1.102 0.002	1.150 0.002	1.191 0.003	1.227 0.003	1.259 0.003	1.532 0.008	1.721 0.016	1.879 0.031



نمودار ضریب تاثیر I_F برای شالوده‌های در عمق D

مقادیر عمق اکتشافی (H) براساس برابری تنش حاصل از روسازه با ۵٪ تنش موثر



φ	N_c	N_q	N_γ	N_q/N_c	$\tan\varphi$
0	5.14	1.00	0.00	0.195	0.00
1	5.38	1.09	0.07	0.20	0.02
2	5.63	1.20	0.15	0.21	0.03
3	5.90	1.31	0.24	0.22	0.05
4	6.19	1.43	0.34	0.23	0.07
5	6.49	1.57	0.45	0.24	0.09
6	6.81	1.72	0.57	0.25	0.11
7	7.16	1.88	0.71	0.26	0.12
8	7.53	2.06	0.86	0.27	0.14
9	7.92	2.25	1.03	0.28	0.16
10	8.35	2.47	1.22	0.30	0.18
11	8.80	2.71	1.44	0.31	0.19
12	9.26	2.97	1.69	0.32	0.21
13	9.81	3.26	1.97	0.33	0.23
14	10.37	3.59	2.29	0.35	0.25
15	10.98	3.94	2.65	0.36	0.27
16	11.63	4.34	3.06	0.37	0.29
17	12.34	4.77	3.53	0.39	0.31
18	13.10	5.26	4.07	0.40	0.32
19	13.93	5.80	4.68	0.42	0.34
20	14.83	6.40	5.39	0.43	0.36
21	15.82	7.07	6.20	0.45	0.38
22	16.88	7.82	7.13	0.46	0.40
23	18.05	8.66	8.20	0.48	0.42
24	19.32	9.60	9.44	0.50	0.45
25	20.72	10.66	10.88	0.51	0.47
26	22.25	11.85	12.54	0.53	0.49
27	23.94	13.20	14.47	0.55	0.51
28	25.80	14.72	16.72	0.57	0.53
29	27.86	16.44	19.34	0.59	0.55
30	30.14	18.40	22.40	0.61	0.58
31	32.67	20.63	25.99	0.63	0.60
32	35.49	23.18	30.22	0.65	0.62
33	38.64	26.09	35.19	0.68	0.65
34	42.16	29.44	41.06	0.70	0.67
35	46.12	33.30	48.03	0.72	0.70
36	50.59	37.75	56.31	0.75	0.73
37	55.63	42.92	66.19	0.77	0.75
38	61.35	48.93	78.03	0.80	0.78
39	67.87	55.96	92.25	0.82	0.81
40	75.31	64.20	109.41	0.85	0.84
41	83.86	73.90	130.22	0.88	0.87
42	93.71	85.33	155.65	0.91	0.90
43	105.11	99.02	186.64	0.94	0.93
44	118.37	115.31	224.64	0.97	0.97
45	133.88	134.88	271.76	1.01	1.00
46	152.10	158.51	330.35	1.04	1.04
47	173.64	187.21	403.67	1.08	1.07
48	199.26	222.31	496.01	1.12	1.11
49	229.93	256.51	613.16	1.12	1.15
50	266.86	319.07	762.90	1.20	1.19

مقادیر ضرایب قدرت باربری (جدول وسیک)

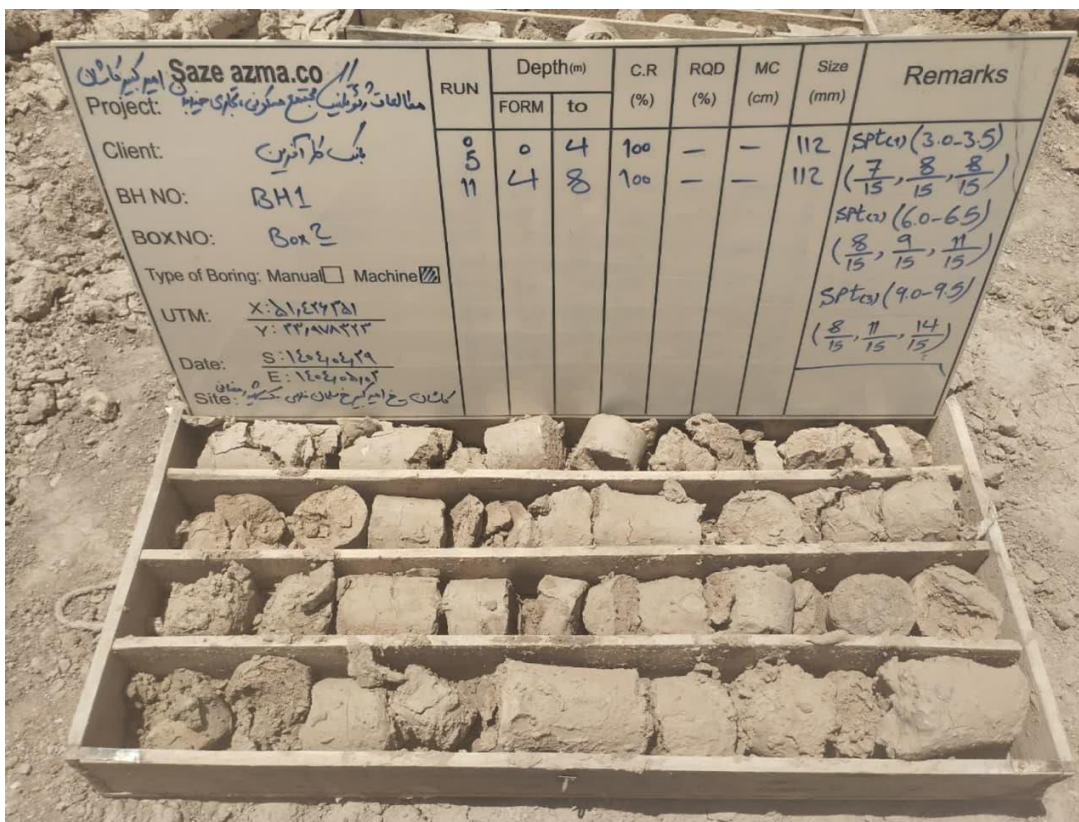
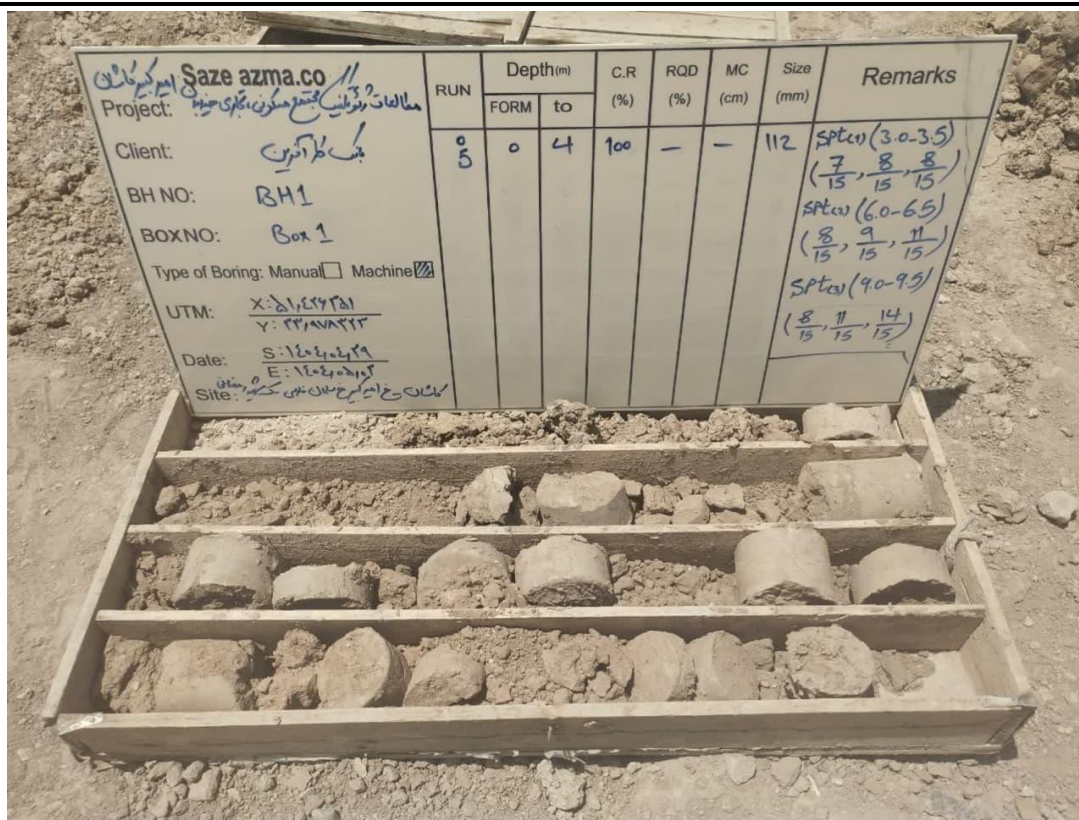
طبقه بندی آب و خاک از نظر مقدار سولفات برای ساخت بتن

Attack on concrete by soils and waters containing various sulfate concentrations

Relative degree of Sulfate attack	Percent water - soluble sulfate (as SO_3^{--}) in soil samples	ppm sulfate (as SO_4^{--}) In water samples	
Negligible	0.00 to 0.10	0 to 150	Use type I cement
Positive	0.10 to 0.20	150 to 1500	Use type II cement
Severe	0.20 to 2.00	1500 to 10000	Use type V cement , or approved Portland-pozzolan Cement providing comparable sulfate resistance-when used in concrete.
Very severe	2.00 to more	10000 to more	Use type V cement plus approved Pozzolan which has been determined by teste to improve sulfate resistance when used in concrete with type V - cement.

پیوست شماره ۱۱

تصاویر



Project: مطالعات ژئوتکنیک و ژئوفیزیک
Client: آب فاضلاب
BH NO: BH1
BOXNO: Box 3
Type of Boring: Manual ☐ Machine ☒
UTM: X: 51,423,251
Y: 22,174,223
Date: 1402/04/29
Site: کاشان

RUN	Depth (m)		C.R (%)	RQD (%)	MC (cm)	Size (mm)	Remarks
	FORM	to					
5	0	4	100	—	—	112	Sptw (3.0-3.5)
11	4	8	100	—	—	112	($\frac{7}{15}, \frac{8}{15}, \frac{8}{15}$)
17	8	12	100	—	—	112	Sptw (6.0-6.5)
							($\frac{8}{15}, \frac{9}{15}, \frac{11}{15}$)
							Sptw (9.0-9.5)
							($\frac{8}{15}, \frac{11}{15}, \frac{14}{15}$)

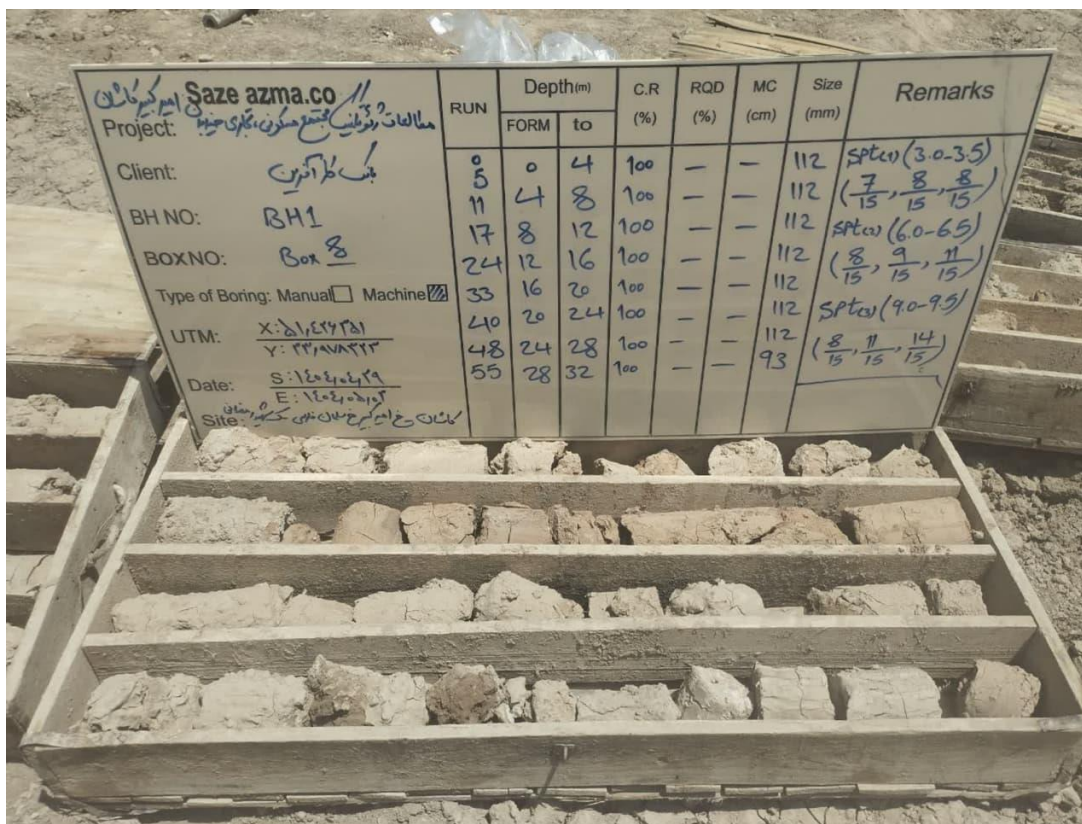
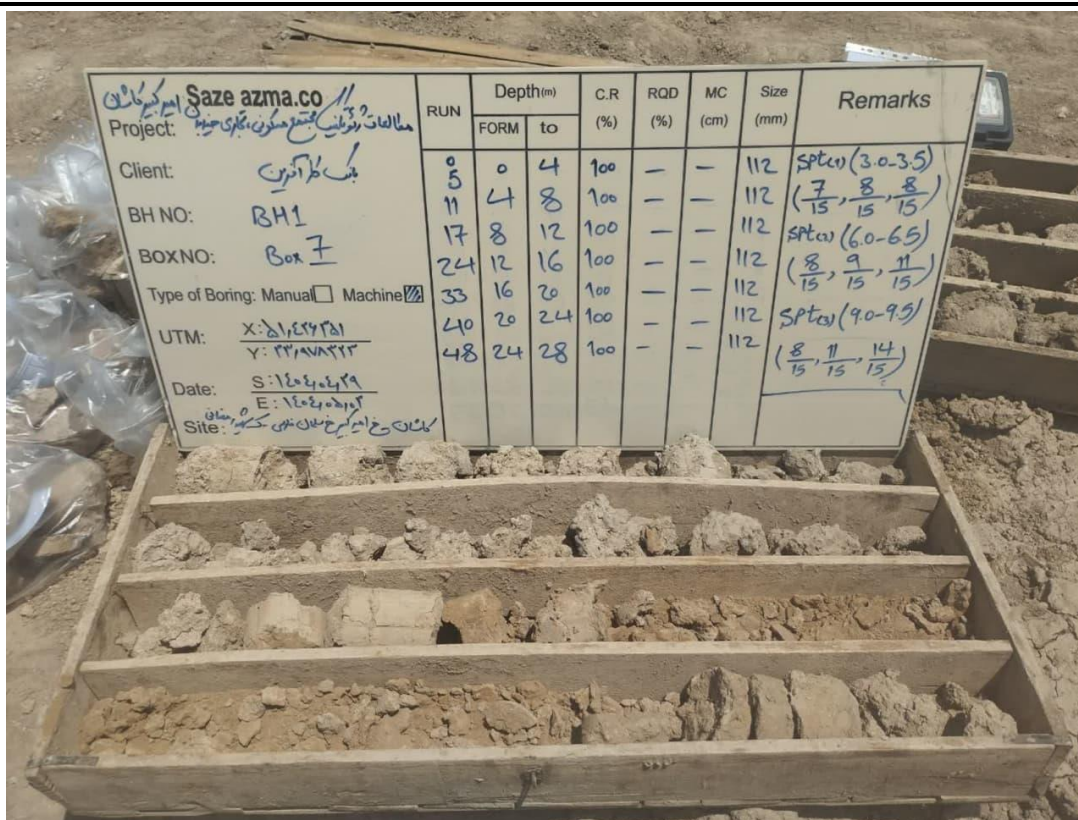
Project:	Saze azma.co	RUN	Depth(m)		C.R (%)	RQD (%)	MC (cm)	Size (mm)	Remarks
			FORM	to					
Client:	بیت کازینو	0	0	4	100	—	—	112	SPT _{av} (3.0-3.5)
BH NO:	BH1	11	4	8	100	—	—	112	($\frac{7}{15}, \frac{8}{15}, \frac{8}{15}$)
BOX NO:	Box 4	17	8	12	100	—	—	112	SPT _{av} (6.0-6.5)
Type of Boring: Manual <input type="checkbox"/> Machine <input checked="" type="checkbox"/>		24	12	16	100	—	—	112	($\frac{8}{15}, \frac{9}{15}, \frac{11}{15}$)
UTM:	X: ۵۱۴۲۶۲۵۱ Y: ۴۴۱۸۷۸۳۲۳								SPT _{av} (9.0-9.5)
Date:	S: ۱۴۰۳/۰۴/۲۹ E: ۱۴۰۳/۰۵/۰۲								($\frac{8}{15}, \frac{11}{15}, \frac{14}{15}$)
Site:	محل ساخت و ساز هتل در منطقه ۵ تهران								

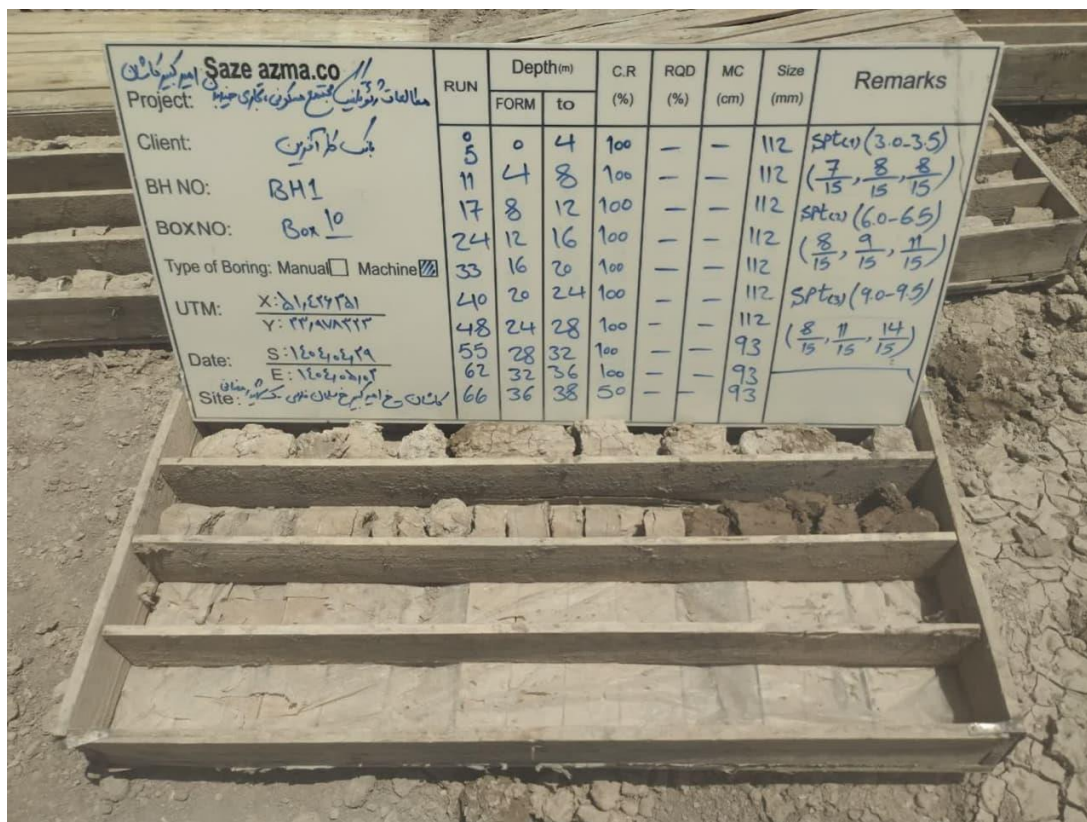
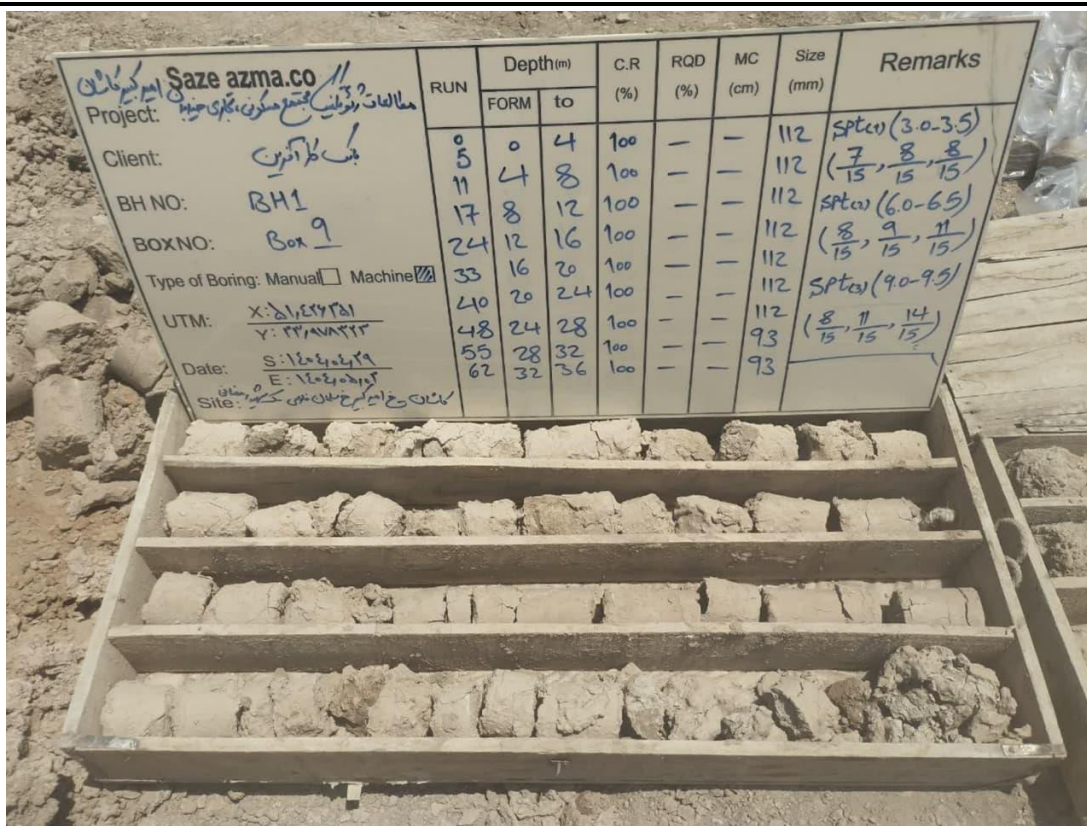
Saze azma.co
 Project: مطالعات ژئوتکنیک مجتمع مسکونی و تجاری
 Client: ب.ب. کاشان
 BH NO: BH1
 BOXNO: Box 5
 Type of Boring: Manual ☐ Machine ☒
 UTM: X: ۵۱۴۲۳۵۱
 Y: ۳۳۸۷۸۳۲۳
 Date: S: ۱۴۰۲/۰۴/۲۹
 E: ۱۴۰۲/۰۵/۰۵
 Site: کاشان - خیابان ولیعصر - پلاک ۵

RUN	Depth (m)		C.R (%)	RQD (%)	MC (cm)	Size (mm)	Remarks
	FORM	to					
0	0	4	100	—	—	112	SPT _{av} (3.0-3.5)
5	4	8	100	—	—	112	($\frac{7}{15}, \frac{8}{15}, \frac{8}{15}$)
11	8	12	100	—	—	112	SPT _{av} (6.0-6.5)
17	12	16	100	—	—	112	($\frac{8}{15}, \frac{9}{15}, \frac{11}{15}$)
24	16	20	100	—	—	112	SPT _{av} (9.0-9.5)
33							($\frac{8}{15}, \frac{11}{15}, \frac{14}{15}$)

Saze azma.co
 Project: مطالعات ژئوتکنیک مجتمع مسکونی و تجاری
 Client: ب.ب. کاشان
 BH NO: BH1
 BOXNO: Box 6
 Type of Boring: Manual ☐ Machine ☒
 UTM: X: ۵۱۴۲۳۵۱
 Y: ۳۳۸۷۸۳۲۳
 Date: S: ۱۴۰۲/۰۴/۲۹
 E: ۱۴۰۲/۰۵/۰۵
 Site: کاشان - خیابان ولیعصر - پلاک ۵

RUN	Depth (m)		C.R (%)	RQD (%)	MC (cm)	Size (mm)	Remarks
	FORM	to					
0	0	4	100	—	—	112	SPT _{av} (3.0-3.5)
5	4	8	100	—	—	112	($\frac{7}{15}, \frac{8}{15}, \frac{8}{15}$)
11	8	12	100	—	—	112	SPT _{av} (6.0-6.5)
17	12	16	100	—	—	112	($\frac{8}{15}, \frac{9}{15}, \frac{11}{15}$)
24	16	20	100	—	—	112	SPT _{av} (9.0-9.5)
33							($\frac{8}{15}, \frac{11}{15}, \frac{14}{15}$)
40	20	24	100	—	—	112	



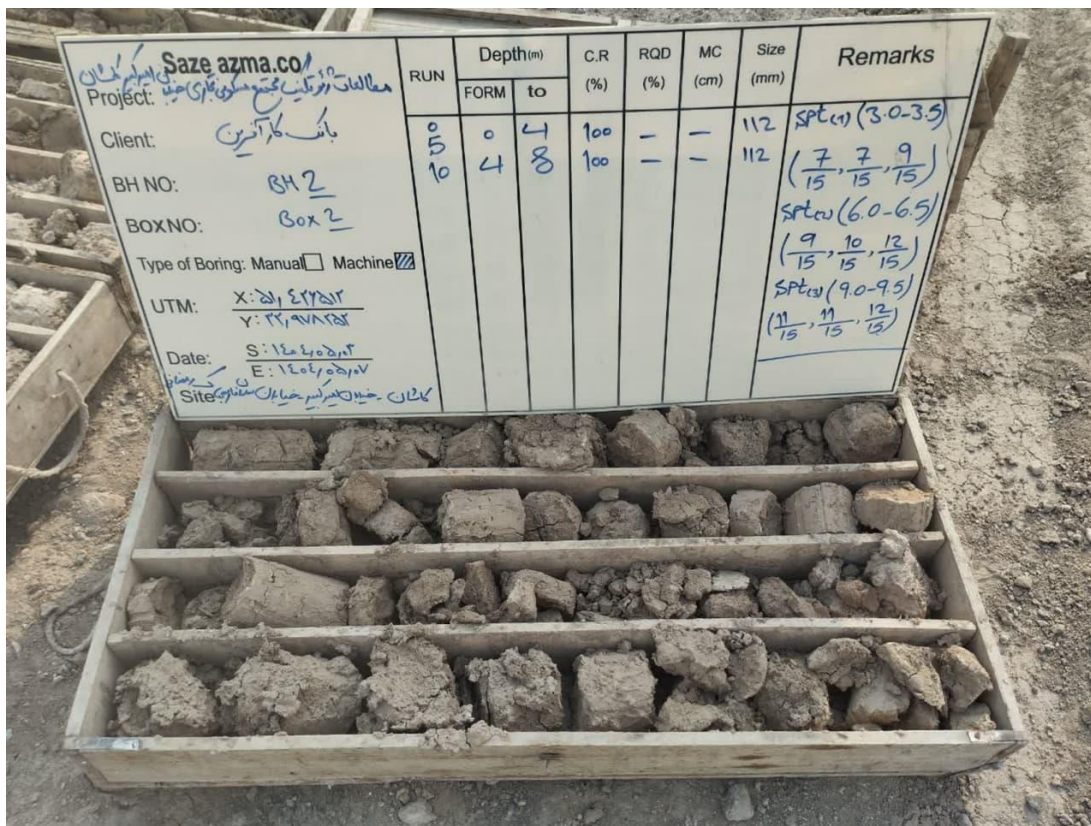
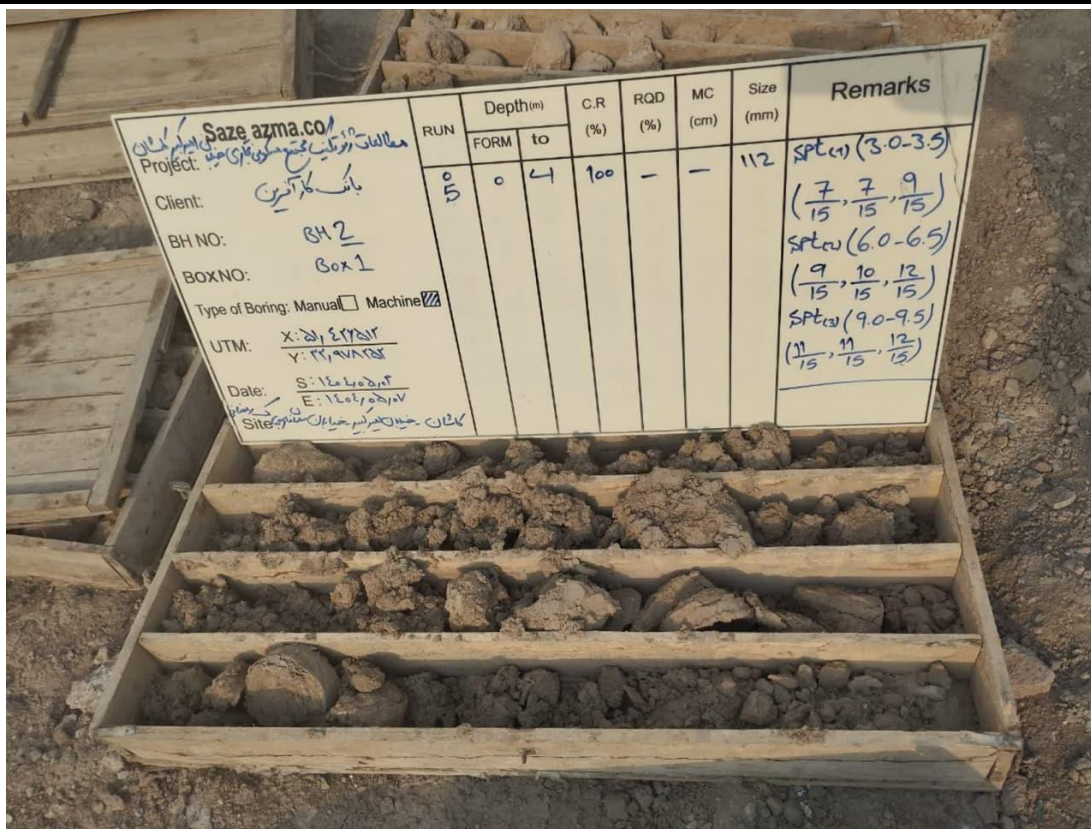












Project	Client	BH NO	BOX NO	Type of Boring: Manual <input type="checkbox"/> Machine <input checked="" type="checkbox"/>	UTM: X: ۳۱,۴۲۵۱۲ Y: ۳۲,۹۷۸۱۵۴	Date: S: ۱۴۰۲/۰۵/۲۴ E: ۱۴۰۲/۰۵/۲۷	Site: خیابان امام خمینی	RUN	Depth (m)		C.R (%)	R.Q.D (%)	M.C (cm)	Size (mm)	Remarks
									FORM	to					
مطالعات ژئوتکنیک مجتمع مسکونی و تجاری Saze azma.co	بانک کارآفرین	BH 2	Box 3					0	0	4	100	-	-	112	SPT ₁₀ (3.0-3.5)
								5	4	8	100	-	-	112	($\frac{7}{15}, \frac{7}{15}, \frac{9}{15}$)
								10	8	12	100	-	-	112	SPT ₁₀ (6.0-6.5)
								16	12	16	100	-	-	112	($\frac{9}{15}, \frac{10}{15}, \frac{12}{15}$) SPT ₁₀ (9.0-9.5) ($\frac{11}{15}, \frac{11}{15}, \frac{12}{15}$)

Project	Client	BH NO	BOX NO	Type of Boring: Manual <input type="checkbox"/> Machine <input checked="" type="checkbox"/>	UTM: X: ۳۱,۴۲۵۱۲ Y: ۳۲,۹۷۸۱۵۴	Date: S: ۱۴۰۲/۰۵/۲۴ E: ۱۴۰۲/۰۵/۲۷	Site: خیابان امام خمینی	RUN	Depth (m)		C.R (%)	R.Q.D (%)	M.C (cm)	Size (mm)	Remarks
									FORM	to					
مطالعات ژئوتکنیک مجتمع مسکونی و تجاری Saze azma.co	بانک کارآفرین	BH 2	Box 4					0	0	4	100	-	-	112	SPT ₁₀ (3.0-3.5)
								5	4	8	100	-	-	112	($\frac{7}{15}, \frac{7}{15}, \frac{9}{15}$)
								10	8	12	100	-	-	112	SPT ₁₀ (6.0-6.5)
								16	12	16	100	-	-	112	($\frac{9}{15}, \frac{10}{15}, \frac{12}{15}$) SPT ₁₀ (9.0-9.5) ($\frac{11}{15}, \frac{11}{15}, \frac{12}{15}$)

