



پروژه مهندسی مخزن ۲۰۰۰۰ متر مکعبی مازوت سیمان آبیگ

گزارش مطالعات مقدماتی ژئوتکنیک و مهندسی پی

کاوش مهار البرز - سهامی خاص

01	جهت تایید	دی ماه ۱۴۰۴	د. کیان	م. باغانی	ا. نعیمی فر
00	جهت بررسی	آذر ماه ۱۴۰۴	د. کیان	م. باغانی	ا. نعیمی فر
REV	شرح	تاریخ	تهیه	کنترل	تایید
کارفرما	ماشین سازی پارس				
پروژه	پروژه مهندسی مخزن ۲۰۰۰۰ متر مکعبی مازوت سیمان آبیگ				
نشانی	استان البرز، نظرآباد، مجموعه سیمان آبیگ				

 کاوش مهار البرز	گزارش مقدماتی مطالعات ژئوتکنیک و مهندسی پی				کارفرما:
	پروژه مهندسی مخزن مازوت سیمان آبیگ	1404-04-01-R1	صفحه ۱	دی ماه ۱۴۰۴	ماشین سازی پارس

مشخصات	کارفرما	ماشین سازی آبیگ					شماره قرارداد		MSP-404-8-372		تعداد کل طبقات		-		
	مشاور	کاوش مهار البرز					کاربری		مخزن سیالات		عمق گودبرداری		۱		
	آدرس	استان البرز، نظرآباد، مجموعه سیمان آبیگ													
عملیات اکتشافی	حفری	نوع	گمانه ماشینی								چاهک دستی				
		شماره	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۱	۲	۳	۴	۵	۶	
	عمق	۳۱/۵	۴۱	۳۳	-	-	-	۱/۷	۱/۸	۱/۸	۱	۱	-	-	
	مطالعات	صحرایی	تعداد نمونه دست خورده	تعداد نمونه دست نخورده	نفوذ استاندارد	دانشیته در محل	بارگذاری صفحه	برش برجا	لرزه نگاری	ژئو الکتریک	نفوذ صحرایی	پرسیومتری	کاوشگر سبک	کشش انکر	
		آزمایشگاهی	وزن مخصوص خشک	وزن مخصوص ویژه	وزن مخصوص	دانه بندی	هیدرومتری	حدود اتربرگ	درصد رطوبت	تحکیم	برش مستقیم	سه محوری	تراکم	نفوذ پذیری	شیمیایی
			۱۵		۱۸	۴			۱						
				۴	۱۱	۵	۱۰	۸		۴					
	پارامترهای ژئوتکنیکی	عمق لایه (m)	طبقه بندی	γ_d	PI (%)	K (m/sec)	N_{SPT} اصلاحی	E (kg/cm ²)	پواسون (v)	چسبندگی kg/cm ²		زاویه اصطکاک		پارامترهای تحکیم	
		C _s	C _c	Φ'	Φ	C'	C _u	C							
				1.9	10		>50	300	0.35	0.05	24				
			1.95	12		>50	500	0.35	0.08	26					
			2.2	15		>50	900	0.30	0.12	30					
ضخامت خاک دستی (m)		۱	سرعت موج برشی (m/s)				درصد سولفات		درصد مواد آلی						
عمق آب زیرزمینی (m)		-	مدول بستر (kg/cm ³)				درصد کلر		PH						
پارامترهای طراحی	بوع بارگذاری	ظرفیت باربری مجاز پی (kg/cm ²)		عکس العمل (kg/cm ³)		نشست مجاز پی (cm)		ظرفیت مجاز شمع بتنی (ton)		ضرایب فشار جانبی					
		مربعی	بخاری	گسترده	مفرد	بخاری	گسترده	طول	قطر	مربعی	مربعی	مربعی			
													10	1	کشی
		2.2	1.7	2.6	2.8	0.47	2.5	2.5	2.5	95	50	0.42	2.37	0.59	
	نکته		مقادیر ظرفیت باربری و مدول عکس العمل بستر مربوط به پی منفرد به عرض ۲ متر و پی گسترده مربعی به عرض ۲۰ متر با عمق مدفون حدود ۱.۵ متر می باشد. برای دستیابی به مقادیر دقیق پارامترهای ذکر شده برای سایر عرض ها و عمق ها به متن گزارش رجوع شود.												
توصیه فنی	تیپ زمین	پتانسیل روانگرایی		سازه نگهبان		دفع فاضلاب		عمق انباراه فاضلاب		نوع سیمان		عمق گودبرداری		بهسازی زمین	
	II	ندارد		شیب پایدار		چاه جذبی		۱۲-۱۵ متر		II		مطابق متن گزارش			

	گزارش مقدماتی مطالعات ژئوتکنیک و مهندسی پی				کارفرما: ماشین سازی پارس
کاوش مهار البرز	دی ماه ۱۴۰۴	صفحه ۲	1404-04-01-R1	پروژه مهندسی مخزن مازوت سیمان آبیگ	

پیشگفتار

انجام عملیات ژئوتکنیک مقدماتی و پیشنهاد ظرفیت باربری برای پروژه مهندسی مخزن ۲۰۰۰۰ مترمکعبی مازوت سیمان آبیگ واقع در شهرستان نظرآباد، مجموعه سیمان آبیگ از طریق شرکت ماشین سازی پارس به شرکت کاوش مهار البرز واگذار شده است. برای این منظور بازدید و مشاهدات عینی از محدوده پروژه صورت پذیرفت و بر اساس شرح خدمات درخواستی کارفرمای محترم، حفاری ۳ گمانه ماشینی به عمق ۴۰، ۳۰ و ۳۰ متر در دستور کار قرار گرفت. در ضمن حفاری، با توجه به شرایط زمین، عمق حفاری تا اندازه ای تغییر کرد و ۵ چاهک دستی با مجموع عمق ۸ متر جهت ارزیابی ضخامت خاک دستی حفاری شد. در حین حفاری گمانه و چاهک، نمونه گیری و آزمایشات اولیه انجام شده و با انتقال نمونه ها به آزمایشگاه، مطالعات بیشتر تا عمق حفاری درمورد خاک محل پروژه صورت پذیرفت.

به منظور تعیین تیپ خاک از آزمایش ژئوفیزیک لرزه ای به روش MASW بهره گرفته شد. بر اساس این آزمایش با ارزیابی سرعت عبور موج برشی در خاک، به ارزیابی نوع خاک بر اساس استاندارد ۲۸۰۰ پرداخته شد. در این گزارش اطلاعات ژئوتکنیکی بدست آمده تا این مرحله از مطالعات ارائه شده است. همچنین در خصوص ظرفیت باربری و اطلاعات طراحی مورد نیاز اظهار نظر شده و تخمین اولیه ظرفیت باربری خاک به صورت نمودارهایی پیشنهاد شده است.

دکتر ابراهیم نعیمی فر

رییس هیات مدیره

 کاوش معمار البرز	گزارش مقدماتی مطالعات ژئوتکنیک و مهندسی پی				کارفرما: ماشین سازی پارس
دی ماه ۱۴۰۴	صفحه ۳	1404-04-01-R1	پروژه مهندسی مخزن مازوت سیمان آبیک		

خلاصه مهمترین نتایج:

۱- به منظور مطالعات ژئوتکنیک و مهندسی پی پروژه مهندسی مخزن مازوت سیمان آبیک، حفاری سه گمانه ماشینی به عمق های ۴۰، ۳۰ و ۳۰ متر توسط کارفرمای محترم ابلاغ شد. در ضمن حفاری، با توجه به شرایط زمین، عمق حفاری تا اندازه ای تغییر کرد و ۵ چاهک دستی با مجموع عمق ۸ متر جهت ارزیابی ضخامت خاک دستی حفاری شد.

۲- بر اساس مطالعات زمین شناسی، سایت پروژه بر روی نهشته های حاصل از زمین لغزش های قدیمی (Old Landslide Debris-Q₁₁) واقع شده است. این نهشته ها شامل بلوک های سنگی پراکنده در ماتریس ریزدانه می باشد. عدم یکنواختی و پراکندگی بلوک های سنگی مهمترین ضعف در باربری این نوع نهشته ها می باشد. امکان نشست غیر یکنواخت در زیر پی از نتایج این بستر خاکی ناهمگن است. زیرا ممکن است در بخشی از خاک زیر پی، سنگ های بزرگ و در بخشی دیگر فقط ماتریس ریزدانه وجود داشته باشد. لذا توصیه می شود از شمع به عنوان روشی برای انتقال بار تدریجی به لایه های پایین تر استفاده شود. در صورت خاکبرداری و مشاهده لایه های با ناهمگونی زیاد بلافاصله در زیر پی، جایگزینی لایه های ناهمگون سطحی با حداقل ۲ متر خاکریز مهندسی الزامی است.

۳- فرونشست از جمله چالش های دشت های قزوین و محدوده ساوجبلاغ است. بررسی تاثیر فرونشست بر سازه مخزن از مواردی می باشد که بررسی آن قبل از اجرای پروژه ضروری می باشد.

۴. بر اساس بررسی نقشه های هوایی و تاریخی، در بخش غربی پروژه آثاری از دیوی نخاله و یا خاک مشاهده گردید. لذا در این بخش یک چاهک دستی اضافه حفاری گردید.

 کاوش معمار البرز	گزارش مقدماتی مطالعات ژئوتکنیک و مهندسی پی				کارفرما:
	دی ماه ۱۴۰۴	صفحه ۴	1404-04-01-R1	پروژه مهندسی مخزن مازوت سیمان آبیک	ماشین سازی پارس

۵. بر اساس اطلاعات حاصل از حفاری، لایه‌های زیرسطحی کاملاً ناهمگن و در بر دارنده لایه های مختلف از خاک های نرم، خاک های سیمانته، قلوه سنگ و تخته سنگ می باشد. بر اساس نتایج آزمایشهای انجام شده، تراکم لایه ها مناسب می باشد. آزمایش SPT در گمانه حفاری شده در اعماق مختلف عموماً به علت عدم نفوذ کافی متوقف شده است که نشانگر قرارگیری توده خاک در رده خیلی متراکم یا خیلی سخت می باشد. عدم نفوذ کامل را می توان به برخورد نمونه گیر SPT با قلوه سنگ یا تخته سنگ نیز مرتبط دانست.

۶. سفره های آب زیرسطحی تا عمق حفاری دستی مشاهده نگردید. بر اساس مطالعات زمین شناسی، حفاری چند حلقه چاه آب در امتداد شمال به جنوب (بصورت قنات) در مجاورت غربی و جنوبی پروژه مشاهده شد.

۷- به منظور اطمینان از عدم وجود یون های مضر در خاک منطقه توصیه می گردد آزمایشات شیمیایی در اعماق مختلف انجام و نتیجه آن بررسی گردد.

۸- بر اساس آئین نامه طرح ساختمانها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰)، منطقه مورد مطالعه در حد پهنه با خطر نسبی بسیار زیاد قرار گرفته است، لذا شتاب مبنای طرح آن ۰/۳۵ می باشد.

۹- بر اساس نتیجه آزمایش MASW متوسط سرعت موج برشی در ناحیه مورد آزمایش برای عمق ۱ تا ۳۱ متر حدود ۵۱۴ متر بر ثانیه می باشد. بر اساس استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم، خاک منطقه از نوع II طبقه بندی می شود. بر اساس آیین نامه NEHRP محدوده مورد مطالعه در رده C قرار می گیرد.

۱۰- نتایج بدست آمده در این گزارش بر اساس شرح خدمات درخواستی کارفرما و به منظور شناخت مقدماتی خاک منطقه انجام شده است. چنانچه در هنگام خاکبرداری یا اجرای پی، تناقض در مشاهدات صحرایی و نتایج مطالعات مشاهده گردد، لازم است مراتب مکتوب به این شرکت اعلام گردد تا بازدید به عمل آید.

۱۱. سرعت مبنای باد با استناد به مبحث ۶ مقررات ملی ساختمان بر اساس ایستگاه های قزوین و تهران، ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت می باشد. بر این اساس، فشار مبنای باد برابر با ۰/۶۱۳ کیلونیوتن بر متر مربع قابل محاسبه است.

 كاوش معمار البرز	گزارش مقدماتی مطالعات ژئوتکنیک و مهندسی پی				کارفرما:
	دی ماه ۱۴۰۴	صفحه ۵	1404-04-01-R1	پروژه مهندسی مخزن مازوت سیمان آبیک	ماشین سازی پارس

فهرست

۷	۱- مقدمه
۹	۲- مقدمه ای بر وضعیت زمین شناسی محدوده طرح
۱۳	۲-۱- وضعیت لرزه خیزی و زمین ساخت منطقه
۱۹	۳- عملیات حفاری شناسایی و نمونه برداری
۲۳	۴- شرایط زیرسطحی محدوده مورد مطالعه
۲۸	۵- نتایج آزمایشات صحرایی
۲۸	۵-۱- نتایج آزمایش ضربه و نفوذ استاندارد یا SPT
۳۰	۵-۲- ارزیابی تیپ خاک با استفاده از روش MASW
۳۸	۵-۳- آزمایش دانسیته برجا
۳۹	۶- نتایج آزمایشات آزمایشگاهی
۳۹	۶-۱- آزمایشات دانه بندی و طبقه بندی
۴۰	۶-۲- آزمایش برش مستقیم

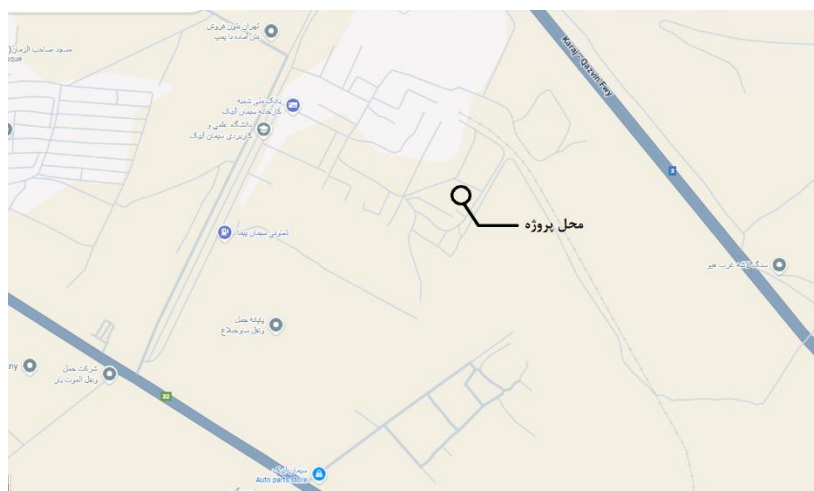
 كاوش معمار البرز	گزارش مقدماتی مطالعات ژئوتکنیک و مهندسی پی				کارفرما:
	دی ماه ۱۴۰۴	صفحه ۶	1404-04-01-R1	پروژه مهندسی مخزن مازوت سیمان آبیک	ماشین سازی پارس

- ۴۱ ۳-۶- نتایج آزمایشات تعیین چگالی ویژه ذرات خاک
- ۴۲ ۴-۶- نتیجه آزمایش تعیین درصد رطوبت
- ۴۳ ۷- مهندسی پی
- ۴۳ ۱-۷- ظرفیت باربری مجاز پی های سطحی
- ۴۶ ۲-۷- برآورد ظرفیت باربری مجاز پی های منفرد
- ۴۸ ۳-۷- ظرفیت باربری مجاز پی های گسترده
- ۵۰ ۴-۷- ظرفیت باربری فشاری شمع
- ۵۲ ۵-۷- ظرفیت باربری کششی شمع
- ۵۴ ۸- تعیین ضریب فشارهای جانبی استاتیکی خاک
- ۵۴ ۹- تعیین مدول عکس العمل قائم پی های سطحی (Ks)
- ۵۸ ۱۰- مخاطرات ژئوتکنیکی
- ۵۹ پیوست

	گزارش مقدماتی مطالعات ژئوتکنیک و مهندسی پی				کارفرما: ماشین سازی پارس
دی ماه ۱۴۰۴	صفحه ۷	1404-04-01-R1	پروژه مهندسی مخزن مازوت سیمان آبیگ		

۱- مقدمه

پروژه مورد بررسی در این گزارش در محدوده کارخانه سیمان آبیگ واقع شده است. در شکل (۱-۱) حدود پروژه روی نقشه و در شکل (۲-۱) موقعیت محدوده بر روی تصویر ماهواره‌ای نشان داده شده است. در این گزارش نتایج حفاری و آزمایشات شناسایی انجام شده در گمانه های حفاری شده تا این مرحله ارائه شده است. زمین احداث پروژه به شکل دایره با قطر ۴۴ متر می باشد. در شکل (۱-۳)، تصاویری از محدوده اطراف پروژه نشان داده شده است.

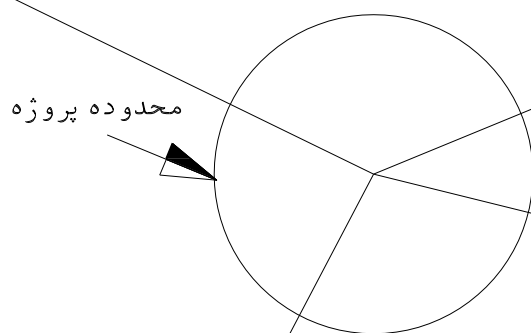


شکل (۱-۱) کروکی محدوده مورد مطالعه بر روی نقشه



شکل (۲-۱) موقعیت محدوده مورد مطالعه بر روی تصاویر ماهواره ای

 کاووش معمار البرز	گزارش مقدماتی مطالعات ژئوتکنیک و مهندسی پی				کارفرما: ماشین سازی پارس
دی ماه ۱۴۰۴	صفحه ۸	1404-04-01-R1	پروژه مهندسی مخزن مازوت سیمان آبیگ		

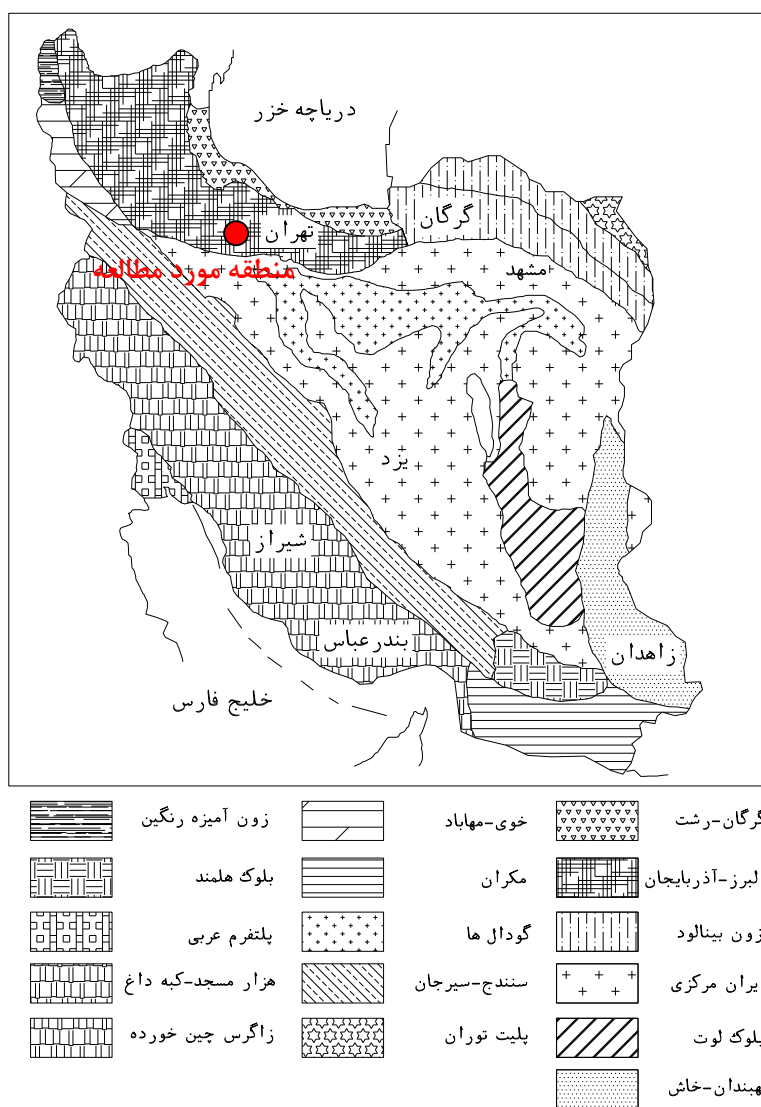


شکل (۳-۱) تصاویری از محدوده پروژه

	گزارش مقدماتی مطالعات ژئوتکنیک و مهندسی پی				کارفرما: ماشین سازی پارس
کاوش معمار البرز	دی ماه ۱۴۰۴	صفحه ۹	1404-04-01-R1	پروژه مهندسی مخزن مازوت سیمان آبیک	

۲- مقدمه ای بر وضعیت زمین شناسی محدوده طرح

براساس فعالیت های تکتونیکی، تحولات حوضه های رسوبی، سن واحدهای مختلف و نیز فعالیت های ماگمایی و دگرگونی صفحه ایران، پهنه های متفاوتی تعریف و توصیف شده است. بر اساس تقسیم بندی واحد های کلی زمین شناسی که در شکل (۱-۲) نشان داده شده، منطقه مورد مطالعه در حاشیه شمالی زون ایران مرکزی در محدوده البرز-آذربایجان واقع شده است.

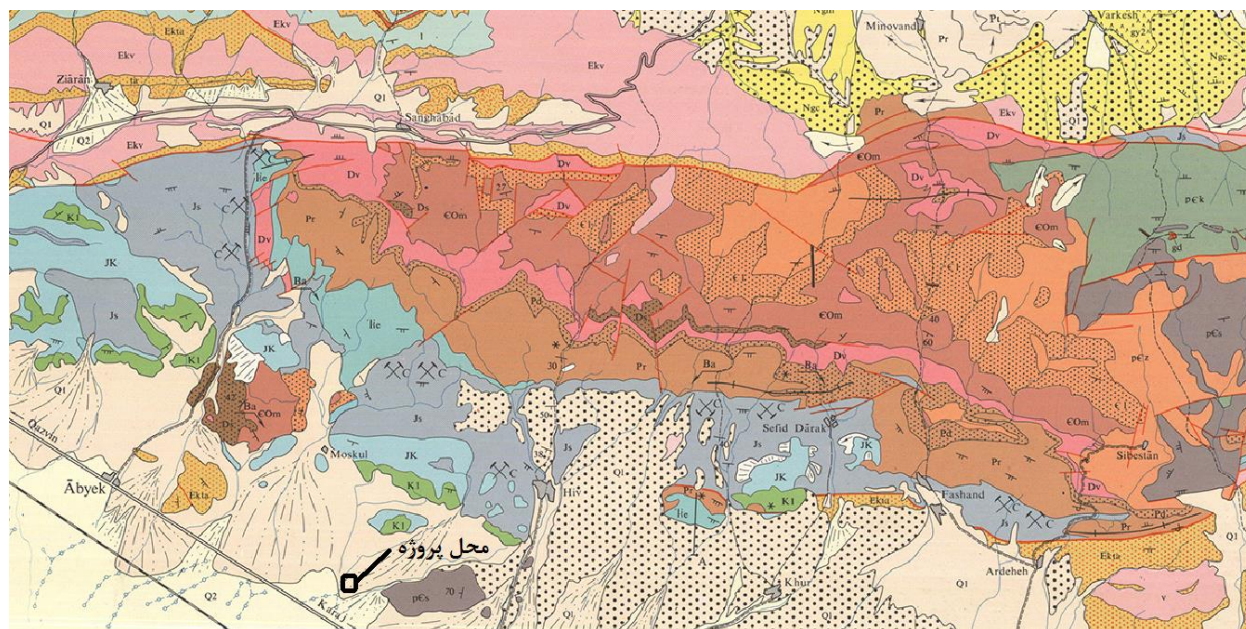


شکل (۱-۲) نقشه شماتیک تقسیم بندی ساختمانی- رسوبی نبوی (۱۳۵۵)

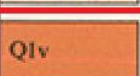
 کاوش معمار البرز	گزارش مقدماتی مطالعات ژئوتکنیک و مهندسی پی				کارفرما:
	دی ماه ۱۴۰۴	صفحه ۱۰	1404-04-01-R1	پروژه مهندسی مخزن مازوت سیمان آبیک	ماشین سازی پارس

قرارگیری این منطقه در مرز زون البرز مرکزی با ارتفاع زیاد و زون ایران مرکزی با ارتفاع کم، مورفولوژی خاصی را به آن داده است. این منطقه تا حدودی تحت تأثیر فازهای تکتونیکی البرز مرکزی و ایران مرکزی قرار گرفته است. در شکل (۲-۲)، موقعیت منطقه بر روی نقشه زمین شناسی نشان داده شده است. مطابق نقشه، محدوده پروژه در رسوبات حاصل از زمین لغزش قرار دارد. کد Q_{1l} یعنی این لغزش مربوط به دوره کواترنری (نسبتاً جوان از نظر زمین شناسی) می باشد. این لایه از رسوبات ناشی از لغزش های عظیم باستانی از کوه های بالادست ایجاد شده است. جهت حرکت لغزش ها در نقشه از شمال به جنوب نمایش داده شده است. به عبارت دیگر، نهشته های لغزش یافته مثل یک زبانه از کوه جدا شده و تا پایین دست (محل پروژه) کشیده شده است. بر خلاف آبرفت Q_1 که در نزدیکی این پروژه در استان تهران و البرز قرار دارد، نهشته های Q_{1l} (l: landslide) در بستر این پروژه بسیار غیر همگن و دارای مقاومت کمتری می باشند.

این نهشته ها شامل بلوک های سنگی پراکنده در ماتریس ریزدانه می باشد. عدم یکنواختی و پراکندگی بلوک های سنگی مهمترین ضعف در باربری این نوع نهشته ها ایجاد می کند. امکان نشست غیر یکنواخت در زیر پی از نتایج این بستر خاکی نا همگن است. زیرا ممکن است در بخشی از خاک زیر پی، سنگ های بزرگ و در بخشی دیگر فقط ماتریس ریزدانه وجود داشته باشد. لذا توصیه میشود در جهت انتقال تدریجی بار و جلوگیری از نشست های موضعی از پی های عمیق استفاده شود.



L I T H O L O G Y

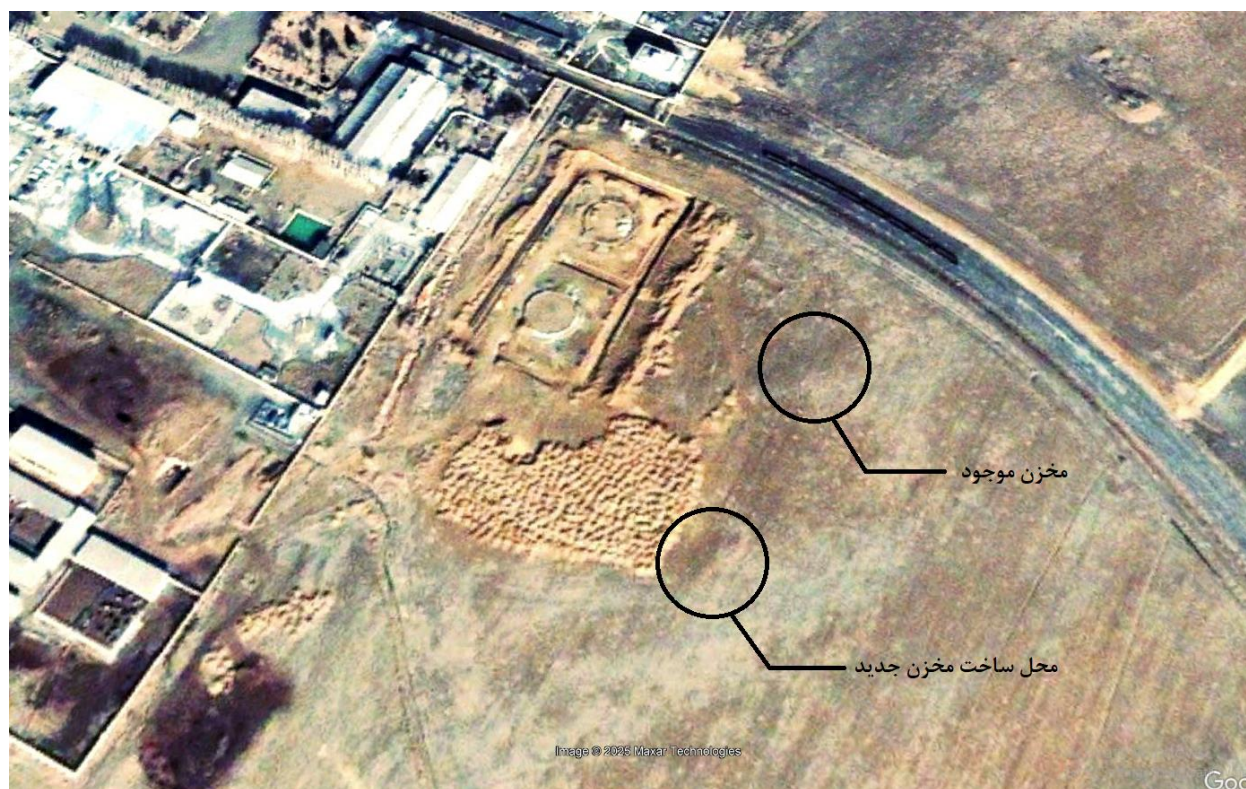
RECENT		Alluvial and flood-plain deposits, showing fan-form where recognizable
		Scree and talus
		Moraine (perhaps in part Pleistocene)
		Landslip and solifluxion deposits, showing direction of movement.
PLEISTOCENE		Younger Pleistocene deposits, mostly gravel, showing fan-form where recognizable (perhaps in part Recent)
		Older Pleistocene deposits, mostly gravel
		Landslip deposits (Q11) showing direction of movement; incorporated rock-masses (Pr, K1) outlined in black; (in part Recent)
		Pale grey or green trachytic lava

شکل (۲-۲) نقشه زمین شناسی منطقه (سازمان زمین شناسی کشور)

	گزارش مقدماتی مطالعات ژئوتکنیک و مهندسی پی				کارفرما: ماشین سازی پارس
	دی ماه ۱۴۰۴	صفحه ۱۲	1404-04-01-R1	پروژه مهندسی مخزن مازوت سیمان آبیگ	

با فاصله کمی از لبه این نهشته Q_{1L} در جهت جنوب، آبرفت جوان تر Q_2 از نوع Scree & talus قرار دارد. این آبرفت بواسطه سن کمتر معمولاً پارامترهای مقاومتی ضعیف تری نسبت به Q_1 دارد. با این وجود در محدوده این پروژه بواسطه یکنواختی دانه های موجود در آن، قابلیت اطمینان بیشتری نسبت به Q_{1L} دارد.

نقشه های هوایی و تاریخی محل پروژه تا بازه زمانی موجود در گوگل ارث مطالعه شد. در شکل (۳-۲)، موقعیت محل پروژه در عکس هوایی نشان داده شده است. در مجاورت غربی پروژه، ناهمواری هایی وجود دارد که به نظر می رسد مربوط به محل دپوی نخاله می باشد. بواسطه وجود این ناهمواری ها، یک چاهک دستی اضافه در بخش غربی پروژه حفاری گردید.



شکل (۳-۲) بررسی عکس های هوایی تاریخی در محدوده پروژه

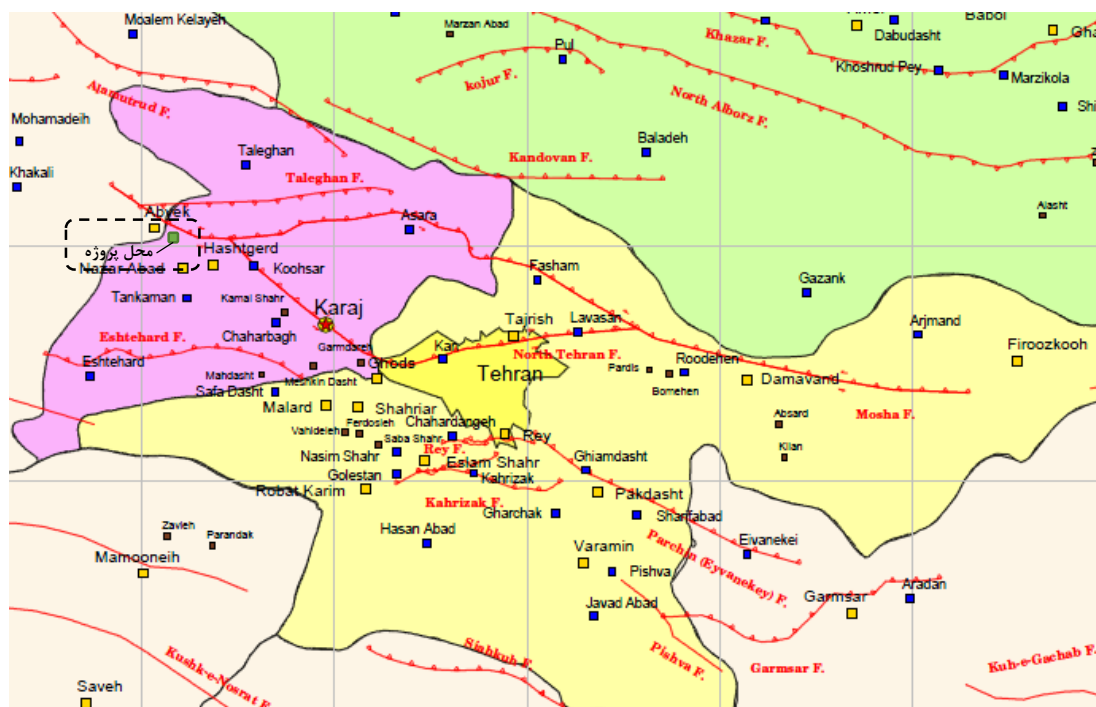
 کاوش معمار البرز	گزارش مقدماتی مطالعات ژئوتکنیک و مهندسی پی				کارفرما: ماشین سازی پارس
دی ماه ۱۴۰۴	صفحه ۱۳	1404-04-01-R1	پروژه مهندسی مخزن مازوت سیمان آبیگ		

۲-۱- وضعیت لرزه خیزی و زمین ساخت منطقه

در محل مورد مطالعه چندین گسل لرزه‌زا وجود دارد که در گذشته نیز مسبب زلزله‌هایی بوده‌اند. البته در منطقه گسل‌های زیادی وجود دارد که طول اکثر آنها کوچک بوده و به احتمال زیاد لرزه‌زا نمی‌باشند و فقط ممکن است در اثر فعالیت گسل‌های دیگر دچار حرکت‌هایی شوند. همان طوری که در نقشه گسل‌های منطقه (شکل ۲-۳) نشان داده شده است، مهمترین گسل‌های نزدیک به منطقه عبارتند از:

گسل مشا (مشا-فشم): از بنیادی‌ترین ساختارهای تکتونیکی البرز به طول تقریبی ۴۰۰ کیلومتر است که از شاهرود آغاز شده و انتهای غربی آن به محدوده آبیگ ختم می‌شود. این گسل با شیب ۳۵ تا ۷۰ درجه به سمت شمال، دارای سازوکار فشاری (رانندگی) با مؤلفه امتدادلغز چپ‌گرد است و به عنوان یکی از فعال‌ترین چشمه‌های لرزه‌زا، نقش حاکمی در لرزه‌خیزی و خطرپذیری منطقه آبیگ ایفا می‌کند. فاصله محل پروژه از این گسل در کمتر از ۵ کیلومتر می‌باشد.

گسل طالقان از گسل‌های فعال و لرزه‌زای البرز مرکزی است که به طول تقریبی ۷۰ کیلومتر در ضلع جنوبی دره طالقان امتداد دارد. این گسل با سازوکار ترکیبی فشاری (معکوس) و چپ‌گرد و شیب صفحه به سمت شمال (با جهت رانش از شمال به جنوب)، دارای شواهد جابجایی در دوره کواترنری است و به عنوان یک چشمه لرزه‌ای مهم، نقش مؤثری در تحلیل خطر زلزله و پایداری دامنه‌های منطقه ایفا می‌کند. فاصله محل پروژه از این گسل در حدود ۵ کیلومتر می‌باشد.



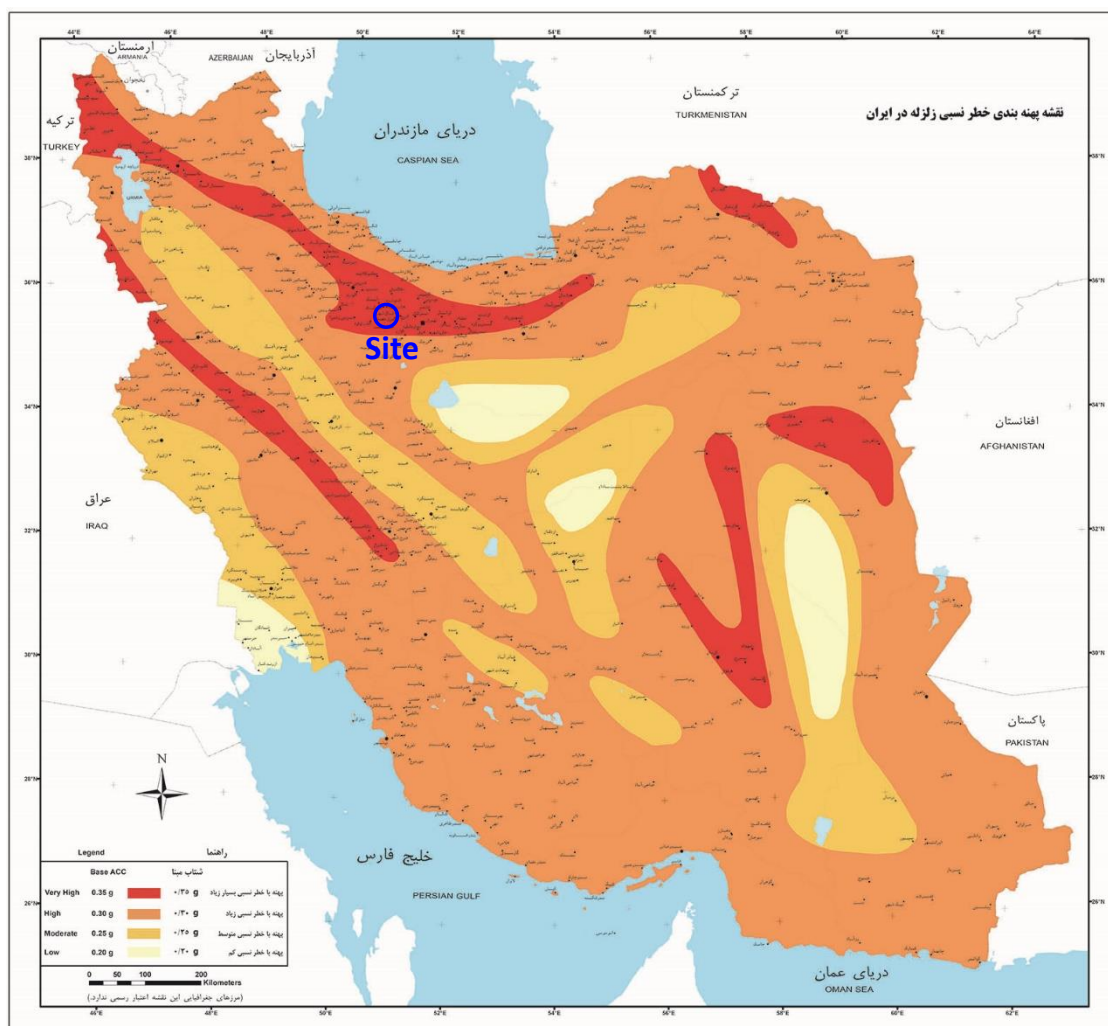
شکل (۲-۳) نقشه گسله‌های منطقه (قسمتی از نقشه گسله‌های استان البرز، پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور)

بر اساس آئین‌نامه طرح ساختمانها در برابر زلزله (آئین‌نامه ۲۸۰۰)، ایران به چهار پهنه با خطر نسبی بسیار زیاد، زیاد، متوسط و پائین تقسیم می‌شود. شتاب مبنای طرح هر کدام از پهنه‌های مذکور به شرح جدول (۲-۱) می‌باشد. با توجه به این که منطقه مورد مطالعه در حد پهنه با خطر نسبی بسیار زیاد قرار گرفته است، لذا شتاب مبنای طرح آن $0.35g$ خواهد بود (شکل ۲-۴).

	گزارش مقدماتی مطالعات ژئوتکنیک و مهندسی پی				کارفرما:
کاوش معمار البرز	دی ماه ۱۴۰۴	صفحه ۱۵	1404-04-01-R1	پروژه مهندسی مخزن مازوت سیمان آبیگ	ماشین سازی پارس

جدول (۱-۲) شتاب مبنای طرح برای پهنه‌های مختلف نقشه پهنه‌بندی خطر نسبی زلزله در ایران (آیین نامه ۲۸۰۰)

پهنه	خطر نسبی زلزله	شتاب مبنای طرح (g)
۱	بسیار زیاد	۰/۳۵
۲	زیاد	۰/۳۰
۳	متوسط	۰/۲۵
۴	کم	۰/۲۰



شکل (۲-۴) نقشه پهنه‌بندی خطر نسبی زمین لرزه در ایران و موقعیت منطقه طرح (آیین نامه ۲۸۰۰- ویرایش چهارم)

	گزارش مقدماتی مطالعات ژئوتکنیک و مهندسی پی				کارفرما: ماشین سازی پارس
کاوش مهاب البرز	دی ماه ۱۴۰۴	صفحه ۱۶	1404-04-01-R1	پروژه مهندسی مخزن مازوت سیمان آبیک	

محدوده مورد مطالعه از نظر زمین ساختاری، جزئی از ایالت ساختاری البرز، در شمال ایران مرکزی است، لذا کلیه پدیده‌های زمین‌شناختی و روندهای ساختاری حاکم بر این جزء البرز، تابع ویژگی‌های زمین‌ساختی این ایالت بوده و توسط عوامل حاکم بر آن کنترل می‌گردد. براساس تقسیم‌بندی زمین ساختاری البرز مرکزی (اشتوکلین ۱۹۷۴)، البرز از شمال به جنوب، به ۶ زون ساختاری به شرح زیر تقسیم‌بندی شده است.

زون برآمده و بالازده گرگان، زون نئوژن شمالی، زون شمالی- مرکزی، زون جنوبی- مرکزی، زون جنوبی ترشیری، زون بالآمده پیشانی جنوبی

براساس این تقسیم‌بندی منطقه مورد مطالعه در زون ساختمانی ۵ واقع شده است. این زون دارای ولکانیک‌های بسیار ضخیم ائوسن و رسوبات خشکی نئوژن است. این زون همچنین با روراندهایی ملایم به سمت جنوب مشخص می‌شود. بخش‌های مختلف البرز مرکزی در گستره تهران- کرج شامل: بلند البرز (High Alborz)، گستره چین‌های کناری (Alborz Border Folds)، گستره کوهپایه تهران (Pediment zone) و فرونشست شمالی ایران مرکزی (North central Iranian depression) می‌باشد. گستره بلند البرز، از سنگ‌های پالئوزوئیک، مزوزوئیک و سنوزوئیک تشکیل شده که به علت چین‌خوردگی‌های شدید و راندهایی بزرگ، بر روی هم رانده شده و مرتفع گردیده‌اند. بلند البرز در اثر گسل جنبای لرزه‌ای «مشا» به سمت جنوب و بر روی چین‌های کناری البرز رانده شده است.

گستره چین‌های کناری البرز توسط گسل «مشا» از بلند البرز جدا شده و خود در راستای راندهای شمال تهران بر روی کوهپایه دشت تهران رانده شده است. چین‌های کناری البرز شامل حدود ۱۰ کیلومتر سنگ‌های آتشفشانی ائوسن سازند کرج بوده که به آرامی چین خورده‌اند.

با توجه به اینکه قدیمی‌ترین سازندهای رخنمون یافته منطقه مورد مطالعه مربوط به سنگ‌های «آذر آواری- رسوبی» سازند کرج به سن ائوسن است لذا حرکات زمین ساختی حاکم بر منطقه را از زمان شروع ترشیری تا

عهد حاضر پی می‌گیریم:

 کاوش معابر البرز	گزارش مقدماتی مطالعات ژئوتکنیک و مهندسی پی				کارفرما: ماشین سازی پارس
دی ماه ۱۴۰۴	صفحه ۱۷	1404-04-01-R1	پروژه مهندسی مخزن مازوت سیمان آبیک		

جنبش‌های زمین ساختی لارامین (کرتاسه-ترشیر) یکی از جنبش‌های زمین ساختی مهم که در شکل‌گیری وضعیت کنونی ایران زمین و البرز مرکزی بسیار مؤثر بوده و شاید بتوان آن را به عنوان عامل پدیدارکننده مهمترین و گسترده‌ترین فعالیت آتشفشانی ایران قلمداد کرد فاز کوهزایی لارامین است که از اواخر کرتاسه بالایی شروع به فعالیت کرده و در مرز دوران دوم و سوم زمین شناسی فعالیت آن به حداکثر مقدار خود رسیده است.

عملکرد این فاز کوهزایی به صورت فشاری سبب چین‌خوردگی گسترده در ایران زمین شده است. فقدان سنگ‌های ائوسن تا میوسن در دامنه‌های شمالی البرز نشانگر این موضوع است که در مناطق یاد شده عملکرد این فاز بسیار شدیدتر از دامنه جنوبی بوده به نحوی که در امتداد خط‌الرأس کنونی البرز، دامنه شمالی از آب خارج شده و به یقین تا میوسن خارج از آب بوده است. اما در زمان ائوسن میانی، نیروهای فشاری مربوط به این جنبش خاتمه یافته و به دنبال آن به دلیل اعمال فاز کششی، حجم زیادی از مواد آتشفشان به بیرون زمین راه پیدا کرده و یکی از پردامنه‌ترین پوشش‌آذرین را در ایران مرکزی و دامنه‌های جنوبی البرز به وجود آورده است. حجم عظیم این مواد به صورت خاکستر و یا گدازه با ترکیب آندزیتی تا تراکیتی می‌باشد که در زمان فروکش فعالیت آتشفشانی، طبقات رسوبی شیلی، ماسه سنگی و کنگلومرای تشکیل شده‌اند و در مجموع یک ستون ضخیمی از سنگ‌های «ولکانیکی-رسوبی» تحت نام سازند کرج در دامنه جنوبی البرز (و منطقه مورد مطالعه) به وجود آورده‌اند. بنابراین می‌توان گفت فاز لارامیدیکی از مؤثرترین فاز کوهزایی است که در شکل‌گیری وضعیت کنونی منطقه نقش مهمی ایفا نموده است.

جنبش زمین ساختی پیرنئن (ائوسن-الیگوسن) در اواخر ائوسن و اوایل الیگوسن پس از یک دوره آرامش نسبی از ائوسن میانی تا بالایی، جنبش زمین ساختی دیگری در ایران به وقوع می‌پیوندد که به صورت کوهزایی چهره جغرافیایی دیرینه ایران را متحول می‌کند. این جنبش سبب عقب‌نشینی وسیع دریا در ایران مرکزی و البرز و پهنه‌های سیستان و مکران شده است. در نتیجه این فاز، فعالیت ماگمایی و سیعی چه به صورت فعالیت‌های

	گزارش مقدماتی مطالعات ژئوتکنیک و مهندسی پی				کارفرما: ماشین سازی پارس
	دی ماه ۱۴۰۴	صفحه ۱۸	1404-04-01-R1	پروژه مهندسی مخزن مازوت سیمان آبیگ	

ولکانیکی و چه به صورت فعالیت‌های درونی انجام پذیرفته است. بسیاری از توده‌های نفوذی اطراف تهران از جمله گرانیتهای قصر فیروزه، سینیت لوا سان، مونزدودیوریت سد کرج، گابروی مبارک آباد، گرانیتهای کوههای طارم-قرهداغکهاکثرتوفیت‌های سبز البرز (ائوسن) را قطع کرده‌اند حامل عملکرد این فاز کوهزایی می‌باشند. سنگ‌های نفوذی الیگومیو سن منطقه مورد مطالعه در اثر این فاز کوهزایی به داخل واحدهای سنگی ائوسن به صورت سیل تزریق شده‌اند.

جنبش کوهزایی پاسادنین (پلیوسن-پلیوستوسن) پس از فاز کوهزایی پیرنئن در «ائوسن -الیگوسن» و فاز فرسایشی، در الیگوسن پایانی و میوسن، تقریباً یک شرایط حوضه دریایی در شمال باختری و بعضی از دیگر نقاط ایران پدید آمد، ولی در میوسن بالایی همزمان با بازشدگی دریای سرخ، فلات ایران (به استثنای بعضی حوضچه‌های بسته داخلی) از آب خارج گردید. جنبش پاسادنین به جنبشی نسبت داده می‌شود که در ۲ میلیون سال قبل در ایران به وقوع پیوسته و اثرات آن با چین خوردگی ظاهر گردیده است و در نتیجه آن در اکثر نقاط ایران رسوب‌گذاری دریا متوقف گردیده است.

- جنبش‌های آلپ پایانی اگرچه فاز کوهزایی پاسادنین به عنوان رخداد پایانی آلپ قلمداد می‌شود ولی شواهد نشان می‌دهد که با اتمام این جنبش کوهزایی، حرکات تکتونیکی ایران هنوز ادامه دارد.

سرزمین ایران به عنوان بخشی از زون فعال زمین ساختی آلپ هیمالیا، و لرزه‌زمین ساختی ویژگی خاص دارد. شواهد گوناگون، نشانگر تغییر و تحول ژئودینامیکی کنونی پوسته ایران و عدم تعادل آن است در یک نگاه کلی از شمال به جنوب می‌توان سه صفحه بزرگ را در ایران شناسایی کرد (آقانباتی، ۱۳۸۳).

گستره مورد مطالعه در ناحیه البرز مرکزی واقع شده است که راستای عمومی گسله‌های بزرگ آن به استثنای بعضی از گسل‌های فرعی شمال غربی جنوب شرقی است که از دیرباز فعال بوده و در مراحل مختلف تغییر شکل رشته‌کوه فعالیت تازه‌ای یافته‌اند آنگونه که بعضی از گسل‌ها در گذشته توأم با وقوع زلزله‌های مخرب در این منطقه بوده‌اند. در ناحیه مورد مطالعه محور چین‌ها و جهت امتداد گسل‌ها تقریباً در یک امتداد هستند و ممکن

	گزارش مقدماتی مطالعات ژئوتکنیک و مهندسی پی				کارفرما: ماشین سازی پارس
کاوش معمار البرز	دی ماه ۱۴۰۴	صفحه ۱۹	1404-04-01-R1	پروژه مهندسی مخزن مازوت سیمان آبیک	

است در بعضی نقاط زاویه اندکی با یکدیگر می سازند. مجموعاً مطالعات زمین شناسی ساختمانی در البرز نشان می دهد که این ناحیه سبک ساختمانی چین خورده رانده شده دارد، و شدت دگرشکلی از جنوب به شمال کاهش می یابد. از ویژگی های دیگر چین های البرز خمیدگی محور آنها و دو مرتبه چین خوردگی آنها می باشد.

۳- عملیات حفاری شناسایی و نمونه برداری

به منظور مطالعات ژئوتکنیک و مهندسی پی پروژه مهندسی مخزن مازوت سیمان آبیک، حفاری سه گمانه ماشینی به عمق های ۴۰، ۳۰ و ۳۰ متر توسط کارفرمای محترم ابلاغ شد. در ضمن حفاری، با توجه به شرایط زمین، عمق حفاری تا اندازه ای تغییر کرد و ۵ چاهک دستی با مجموع عمق ۸ متر جهت ارزیابی ضخامت خاک دستی حفاری شد. جانمایی تقریبی گمانه ها و چاهکهای حفاری شده در شکل (۳-۱) ارائه شده است. در جدول (۳-۱)، عمق گمانه ها به تفکیک ارائه شده است. بر اساس مشاهدات عینی ضمن حفاری، ضخامت خاک دستی در بخش های حفاری شده کمتر از ۱ متر برآورد گردید. در محدوده گمانه های ماشینی، خاک با تنوع زیاد در عمق های مختلف مشاهده گردید. تنوع مشاهده شده هم در نوع سنگ ها و هم در تراکم لایه ها چشمگیر بود. بصورت کلی می توان لایه ها را به صورت زیر معرفی نمود:

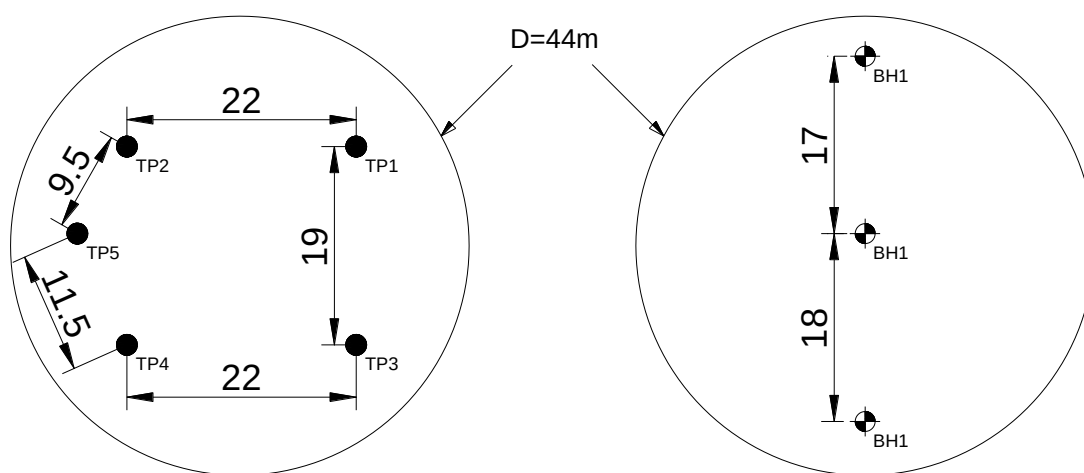
لایه سطحی (۰ تا ۲ متر): متشکل از آبرفت های دانه درشت با ماتریکس ریزدانه که دارای سیمان تاسیون طبیعی خفیف تا متوسط و تراکم بالا است. این لایه در حفاری دستی بسیار سخت گزارش شده است. اما از نظر مکانیکی رفتار خاک متراکم را دارد.

لایه میانی (۲ تا ۱۱ متر): بافت خاک به صورت ناهمگن تغییر می یابد. این بخش شامل واریزه های مخلوط، قلوه سنگ های درشت و بلوک های سنگی پراکنده در ابعاد مختلف است.

	گزارش مقدماتی مطالعات ژئوتکنیک و مهندسی پی				کارفرما: ماشین سازی پارس
کاووش معمار البرز	دی ماه ۱۴۰۴	صفحه ۲۰	1404-04-01-R1	پروژه مهندسی مخزن مازوت سیمان آبیک	

لایه تحتانی (۱۱ تا ۳۳ متر): بافت خاک همچنان ناهمگن می‌باشد. این بخش نیز شامل واریزه‌های مخلوط، قلوه‌سنگ‌های درشت و بلوک‌های سنگی پراکنده در ابعاد مختلف است. درصد قلوه سنگ‌های درشت بیشتری در این لایه مشاهده گردید.

جنس قطعات سنگی: بررسی نمونه‌های حاصل از مغزه‌گیری نشان‌دهنده حضور دو تیپ سنگ اصلی است: سنگ‌های آذرآواری: به رنگ سبز تا خاکستری تیره، با بافت کنگلومرای و بسیار سخت (منشأ سازند کرج). سنگ‌های آهکی و مارنی: به رنگ کرم تا نخودی، بسیار فشرده و سخت (منشأ سازندهای دریایی الیگومیوسن).



شکل (۱-۳) جانمایی تقریبی گمانه‌ها و چاهکهای حفاری شده در محل پروژه

جدول (۱-۳) عمق نهایی گمانه‌ها و چاهک‌های حفاری شده

نوع گمانه	شماره گمانه	عمق (متر)	توضیحات
ماشینی	BH-1	۳۱/۵	تنوع لایه ای مشاهده شد.
	BH-2	۳۱	تنوع لایه ای مشاهده شد.
	BH-3	۳۳	تنوع لایه ای مشاهده شد.
دستی	TP-1	۱/۷	به علت صعوبت در حفاری دستی متوقف گردید.
	TP-2	۱/۷	به علت صعوبت در حفاری دستی متوقف گردید.
	TP-3	۱/۸	به علت صعوبت در حفاری دستی متوقف گردید.
	TP-4	۱/۸	به علت صعوبت در حفاری دستی متوقف گردید.
	TP-5	۱	به علت صعوبت در حفاری دستی متوقف گردید.

	گزارش مقدماتی مطالعات ژئوتکنیک و مهندسی پی				کارفرما: ماشین سازی پارس
کاوش معمار البرز	دی ماه ۱۴۰۴	صفحه ۲۱	1404-04-01-R1	پروژه مهندسی مخزن مازوت سیمان آبیک	

گزارش حاضر ارائه دهنده نتایج مطالعات گمانه و چاهکهای حفاری شده می باشد. در طول حفاری، رخنمون خاک ارزیابی شد و نمونه‌ها جهت انجام آزمایش به آزمایشگاه منتقل گردید. در شکل‌های (۲-۳) و (۳-۳) تصاویری از پروفیل خاک در چاهک‌ها و روند حفاری گمانه‌ها ارائه شده است. لازم به ذکر است که در محدوده هیچیک از گمانه‌ها به سنگ یا بستر غیر قابل نفوذ برخورد نگردید و لذا حفاری در تمامی گمانه‌ها به طور کامل انجام شد. با افزایش عمق گمانه‌ها تغییرات کم در افزایش تراکم خاک مشاهده گردید. در چاهک‌ها بواسطه افزایش سختی توده خاک و روش حفاری با کلنگ، امکان ادامه حفاری دستی میسر نشد.



شکل (۲-۳) تصویری از حفاری گمانه ماشینی در محل پروژه

 کاووش معمار البرز	گزارش مقدماتی مطالعات ژئوتکنیک و مهندسی پی				کارفرما:
	دی ماه ۱۴۰۴	صفحه ۲۲	1404-04-01-R1	پروژه مهندسی مخزن مازوت سیمان آبیک	ماشین سازی پارس



شکل (۳-۳) تصویری از پروفیل خاک در چاهک های دستی در محل پروژه

	گزارش مقدماتی مطالعات ژئوتکنیک و مهندسی پی				کارفرما: ماشین سازی پارس
	دی ماه ۱۴۰۴	صفحه ۲۳	1404-04-01-R1	پروژه مهندسی مخزن مازوت سیمان آبیک	

۴- شرایط زیرسطحی محدوده مورد مطالعه

بر اساس اطلاعات حاصل از حفاری‌ها و مطالب اشاره شده در خصوص زمین شناسی محل پروژه، پروفیل زمین عمدتاً بصورت غیر یکنواخت و ناهمگن می باشد. به عنوان نمونه، مغزه های اخذ شده از عمق های ۶ تا ۱۰ متر در محدوده حفاری گمانه شماره ۱ در شکل (۴-۱) نشان داده شده است. مطابق شکل مشاهده می گردد که در حدود ۵ متر عمق گمانه، تنوعی از لایه های خاکی ریزدانه، مخلوط، سنگ های خورد شده، قلوه سنگ و تخته سنگ مشاهده می گردد. ترتیب این لایه ها در سایر گمانه ها متفاوت است. لازم به ذکر است که در تمامی گمانه ها زمین از تراکم نسبتاً خوبی برخوردار است. با این وجود در محدوده گمانه ۱، میزان قلوه سنگ ها و بولدرها بیشتر از گمانه ۲ می باشد. در گمانه ۲ نیز برخورد با سنگ های بیشتری نسبت به گمانه شماره ۳ گزارش شد. به عبارت دیگر از بالا تا پایین پروژه (در فاصله حدود ۴۰ متر)، میزان قلوه سنگ ها و بولدرهای موجود در پروژه کاهش یافته است. این یک نتیجه قطعی نیست. با این وجود بیانگر عدم یکنواختی توده های سنگ در محدوده پروژه می باشد. این عدم یکنواختی می تواند منتج به نشست غیر یکنواخت در زیر محل پروژه گردد.

در شکل (۴-۲) تصویری از نمونه های گرفته شده در طول حفاری دستی نشان داده شده است. بواسطه ماهیت حفاری دستی، نمونه ها حالت دستخورده پیدا کرده اند و قلوه سنگ ها تا عمق حفاری تا اندازه ای خرد شده اند. بیشتر نمونه ها رنگ قهوه ای روشن تا نخودی دارند؛ این رنگ معمولاً مربوط به مارن (Marl) یا رسی آهکی است؛ یعنی ترکیبی از خاک رس با مقدار قابل توجهی کربنات کلسیم می باشد.

 کاوش معمار البرز	گزارش مقدماتی مطالعات ژئوتکنیک و مهندسی پی				کارفرما: ماشین سازی پارس
دی ماه ۱۴۰۴	صفحه ۲۴	1404-04-01-R1	پروژه مهندسی مخزن مازوت سیمان آبیگ		



شکل (۱-۴) تنوع خاک در عمق های مختلف حفاری (تصویری از عمق ۶ الی ۱۰ متر گمانه شماره ۱)

 کاوش معمار البرز	گزارش مقدماتی مطالعات ژئوتکنیک و مهندسی پی				کارفرما:
	دی ماه ۱۴۰۴	صفحه ۲۵	1404-04-01-R1	پروژه مهندسی مخزن مازوت سیمان آبیک	ماشین سازی پارس



شکل (۲-۴) نمونه ای از خاک اخذ شده از چاهک دستی شماره ۱

مقطع و نوع نمونه های اخذ شده در طول حفاری ماشینی مورد ارزیابی قرار گرفت. در شکل (۳-۴) الی (۵-۴)، مقطع مغزه تهیه شده از عمق های ۸، ۹ و ۱۰ به ترتیب نمایش داده شده است.

مطابق شکل (۳-۴) مشاهده می گردد که سطح شکست سنگ نسبتاً صاف، ریزدانه و متراکم است. رنگ سطحی متمایل به زرد/قهوه ای (ناشی از اکسید آهن/لیموتیت) دارد که نشان دهنده هوازدگی و نفوذ آب است. دانه های درشت در آن دیده نمی شود. جنس سنگ به احتمال زیاد توف ریزدانه است.

	گزارش مقدماتی مطالعات ژئوتکنیک و مهندسی پی			کارفرما: ماشین سازی پارس
دی ماه ۱۴۰۴	صفحه ۲۶	1404-04-01-R1	پروژه مهندسی مخزن مازوت سیمان آبیک	



شکل (۳-۴) مقطع نمونه ای از سنگ فشرده در عمق ۸ متری از گمانه شماره ۱

مطابق شکل (۴-۴) مشاهده می گردد که بافت نمونه خاکی، کلوخه‌ای و هوازده است. سطح آن نسبتاً متخلخل می باشد. در زمان رطوبت، رفتار پلاستیک و تورم دارد؛ در خشک شدن، ترک شعاعی و چسبندگی زیاد نشان می‌دهد.



شکل (۴-۴) مقطع نمونه ای از خاک ریزدانه در عمق ۹ متری از گمانه شماره ۱

	گزارش مقدماتی مطالعات ژئوتکنیک و مهندسی پی				کارفرما: ماشین سازی پارس
کاوش معمار البرز	دی ماه ۱۴۰۴	صفحه ۲۷	1404-04-01-R1	پروژه مهندسی مخزن مازوت سیمان آبیک	

مطابق شکل (۴-۵) مشاهده می گردد که بافت نمونه کاملاً متفاوت از عمق های دیگر می باشد. در مقطع نمونه، دانه های درشت، رنگ پریده قهوه ای تا سبز و خاکستری؛ قطعات زاویه دار تا گرد دیده می شود. جنس دانه ها عموماً فلدسپات، کوارتز و سنگ های آتشفشانی سبز- خاکستری می باشد. ماتریکس نمونه عموماً شامل ریزدانه سیمانته شده می باشد. این نمونه کنگلومرا یا برش آتشفشانی است و احتمالاً متعلق به بخش پایینی سازند کرج (که شامل برش های آتشفشانی یا آذرآواری می باشد) است. به عبارت دیگر ترکیب آن از قطعات سنگ های آتشفشانی تجزیه شده (مثل آندزیت، ریولیت یا توف) تشکیل شده که در جریان های شدید یا محیط دامنه ای رسوب کرده اند و با آهک یا خاک رس سیمانی شده اند. در ژئوتکنیک، این لایه ها معمولاً کم تراوا و بسیار سفت اند.



شکل (۴-۵) مقطع نمونه ای از سنگ فشرده در عمق ۱۰ متری از گمانه شماره ۱

نکته مهم: مطابق با مطالعات زمین شناسی که بخشی از آن در این گزارش ارائه گردید، محل پروژه بر روی نهشته های حاصل از زمین لغزش های قدیمی (Old Landslide Debris- Q1l) واقع شده است. این نهشته ها شامل بلوک های سنگی پراکنده در ماتریس ریزدانه می باشد. مغزه های اخذ شده در طول حفاری گمانه نیز موید تنوع لایه های سنگی در محدوده زیر پروژه می باشد. عدم یکنواختی و پراکندگی بلوک های سنگی مهمترین

 کاوش معمار البرز	گزارش مقدماتی مطالعات ژئوتکنیک و مهندسی پی				کارفرما:
	دی ماه ۱۴۰۴	صفحه ۲۸	1404-04-01-R1	پروژه مهندسی مخزن مازوت سیمان آبیک	ماشین سازی پارس

ضعف در باربری این نوع نهشته ها ایجاد می کند. امکان نشست غیر یکنواخت در زیر پی از نتایج این بستر خاکی ناهمگن است. زیرا ممکن است در بخشی از خاک زیر پی، سنگ های بزرگ و در بخشی دیگر فقط ماتریس ریزدانه وجود داشته باشد.

۵- نتایج آزمایشات صحرایی

۵-۱- نتایج آزمایش ضربه و نفوذ استاندارد یا SPT

این آزمایش از رایج ترین آزمایش های درجا جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و مکانیکی لایه های خاک است. این آزمایش مطابق با استاندارد ASTM-D1586 انجام گرفته است. در این آزمایش نمونه گیر استوانه ای شکافدار استاندارد با استفاده از چکشی به وزن $63/5$ کیلوگرم با ارتفاع سقوط آزاد 76 سانتی متر در سه مرحله هر یک به طول 150 میلی متر داخل خاک رانده می شود. تعداد ضربات لازم برای نفوذ هر مرحله به طور جداگانه ثبت می گردد. مجموع تعداد ضربات لازم برای دو مرحله نفوذ آخر به عنوان عدد نفوذ یا N استفاده می شود.

توصیف کیفی خاکها بر اساس نتایج آزمایش SPT در جداول (۵-۱) و (۵-۲) ارائه شده است. آزمایش SPT در اعماق مختلف گمانه های حفاری شده انجام شده است. در قسمتهای زیادی از گمانه ها، آزمایش به دلیل عبور تعداد ضربه ها از 50 ضربه و نرسیدن به 15 سانتیمتر نفوذ متوقف شده است. در اعماق مختلف متوسط نفوذ تا رسیدن به 50 ضربه در حدود 6 تا 14 سانتیمتر بوده است و با افزایش عمق این عدد کمتر شده است که نشانگر تراکم نسبتا بالای خاک در اعماق بیشتر می باشد. بر اساس نتایج می توان نتیجه گیری کرد که خاکهای منطقه مورد مطالعه در محدوده مورد بررسی در قسمت درشت دانه در رده خیلی متراکم و در لایه های ریزدانه در رده خیلی سخت قرار میگیرند. نتایج تست SPT برای گمانه ۱ در جدول (۵-۳) ارائه شده است. در اعماق سطحی بعضا اعداد پایین مشاهده شده است که بیانگر وجود خاک های ضعیف تر و یا دستی در آن نقاط می باشد.

 کاوش معمار البرز	گزارش مقدماتی مطالعات ژئوتکنیک و مهندسی پی				کارفرما:
	دی ماه ۱۴۰۴	صفحه ۲۹	1404-04-01-R1	پروژه مهندسی مخزن مازوت سیمان آبیگ	ماشین سازی پارس

جدول (۵-۱) تقسیم بندی خاکهای درشتدانه بر اساس عدد SPT

توصیف وضعیت خاک		عدد SPT
Very loose	خیلی سست	<4
Loose	سست	4-10
Medium dense	تراکم متوسط	10-30
Dense	متراکم	30-50
Very dense	خیلی متراکم	>50

جدول (۵-۲) تقسیم بندی خاکهای ریزدانه بر اساس عدد SPT

توصیف وضعیت خاک		عدد SPT
Very soft	خیلی نرم	0-2
Soft	نرم	2-6
Firm	سفت	6-15
Hard	سخت	15-30
Very Hard	خیلی سخت	>30

جدول (۵-۳) نتایج تست SPT در عمق های مختلف خاک

30m	20m	10m	6m	4m	2m	
50/2	50/2	50/5	50/7	50/8	50/14	BH-1
50/5	50/2	50/6	50/6	50/9	50/12	BH-2
50/1	50/1	50/5	50/6	50/9	50/13	BH-3

	گزارش مقدماتی مطالعات ژئوتکنیک و مهندسی پی				کارفرما: ماشین سازی پارس
دی ماه ۱۴۰۴	صفحه ۳۰	1404-04-01-R1	پروژه مهندسی مخزن مازوت سیمان آبیک		

۵-۲- ارزیابی تیپ خاک با استفاده از روش MASW

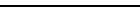
به منظور ارزیابی تیپ خاک از آزمایش MASW بهره گرفته شد. با کمک این آزمایش با ارزیابی سرعت موج برشی در خاک به تعیین تیپ خاک پرداخته می شود. بر اساس آیین نامه ۲۸۰۰، برای ارزیابی تیپ خاک، بایستی سرعت موج برشی در فاصله ۳۰ متر زیر تراز پایه تعیین گردد. در شکل (۵-۱) جانمایی تجهیزات تست MASW در محل پروژه نشان داده شده است.



شکل (۵-۱) جانمایی تجهیزات تست MASW در محل پروژه

۵-۲-۱- امواج لرزه ای

موج لرزه ای وسیله اساسی در آزمایش های ژئوفیزیکی برای تعیین خواص دینامیکی زمین (خاک، سنگ) محسوب می شود. متدهای لرزه ای بر پایه اصول فیزیکی حاکم بر مشخصات انتشار امواج می باشد که می تواند شامل تولید، انتقال، جذب، و استهلاک امواج در زمین و همچنین پدیده های انعکاس، انکسار، و پراش امواج می باشند. کلاً به امواج لرزه ای، امواج الاستیک (Elastic) نیز می گویند زیرا سبب تغییر شکل الاستیک مواد می شوند.

 کاوش معمار البرز	گزارش مقدماتی مطالعات ژئوتکنیک و مهندسی پی				کارفرما:
	دی ماه ۱۴۰۴	صفحه ۳۱	1404-04-01-R1	پروژه مهندسی مخزن مازوت سیمان آبیک	ماشین سازی پارس

امواج لرزه‌ای به طور کل به چند دسته تقسیم می‌گردند که در زیر به مواردی اشاره شده که در آزمایش های ژئوفیزیکی برای اندازه گیری خواص دینامیکی خاک کاربرد دارند.

موج حجمی (Body Waves) : این دسته شامل امواجی هستند که در یک محیط ارتجایی نا محدود منتشر می شوند و خود بدو نوع تقسیم می شوند:

- امواج طولی (P) : چون جهت ارتعاش این موج با جهت انتشارشان یکی است به آنها امواج طولی (longitudinal) می گویند. چون این امواج هنگام عبور از لایه‌ها سبب ایجاد تنش ها فشاری و کششی می شوند به آنها امواج فشاری نیز می گویند. همچنین این موج را موج اولیه (Primary) نیز نامیده می‌شوند بدان دلیل که سرعت آنها از دیگر موج بیشتر است و اول بار به دستگاه لرزه سنج رسیده و ثبت می شوند. حرکتی را که موج P در ذرات بوجود می آورند شامل یکسری تراکم ها و انبساط های متناوب می باشند که در اثر آنها ذرات بیش از حد طبیعی بهم نزدیک (تراکم) و بیش از اندازه طبیعی از هم دور می شوند (انبساط). موج P در اثر تنش های فشارشی و یا کششی (تنش هایی که سبب تغییر حجم بدون تغییر شکل می شوند) بوجود می آیند. یک موج فشارشی P (که مثلاً در اثر ضربه یک چکش بوجود آمده باشد) در داخل یک محیط همگن و الاستیک ، بصورت کرات منبسط شوند منتشر می شود. در این حالت اولین جبهه موج بصورت تراکمی و پشت آن یک انبساط و سپس یک تراکم دیگر خواهد بود. روابط بین سرعت امواج P با ضرایب الاستیک به قرار زیر می باشند.

$$V_p = \sqrt{\frac{k + \frac{4}{3}G}{P}} \quad V_n = \sqrt{\frac{E}{1 + \frac{2\nu^2}{\dots}}} = \sqrt{\frac{E}{1 - \nu}}$$

ρ = چگالی موادی و ν نیز ضریب پواسون می‌باشد

	گزارش مقدماتی مطالعات ژئوتکنیک و مهندسی پی				کارفرما: ماشین سازی پارس
	دی ماه ۱۴۰۴	صفحه ۳۲	1404-04-01-R1	پروژه مهندسی مخزن مازوت سیمان آبیک	

- موج عرضی (S): چون جهت ارتعاش این امواج عمود بر جهت انتشارشان می باشد به آنها موج عرضی (Transverse Waves) می گویند. از آنجائیکه این موج هنگام عبور از داخل لایه ها، موجب تنش های بُرشی می شوند، به آنها موج بُرشی (Shear Waves) نیز می گویند. این موج را موج ثانویه (Secondary Waves) نیز می نامند زیرا که سرعت سیر آنها در جامدات کمتر از سرعت موج P بوده و در نتیجه بعد از آنها به لرزه سنج ها می رسند. موج S در اثر تنش های بُرشی که سبب تغییر شکل بدون حجم می شوند بوجود می آیند. روابط زیر بین سرعت سیر موج S و ثابت های الاستیک برقرار می باشند.

$$V_s = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$$

G = ضریب بُرشی

ρ = چگالی ، V_s = سرعت سیر موج

$$\frac{V_p}{V_s} = \sqrt{3}$$

در صورتیکه مقدار V را برابر با ۰/۲۵ در نظر بگیریم خواهیم داشت :

چون محیط های گازی و مایع تحمل تنش های بُرشی را ندارند از اینرو موج بُرشی (S) نمی توانند در داخل چنین محیط هایی سیر نمایند. در نهایت برخی پارامترها به کمک نتایج حاصل از آزمایش های لرزه نگاری توسط روابط جدول (۴-۵) قابل تخمین است.

	گزارش مقدماتی مطالعات ژئوتکنیک و مهندسی پی				کارفرما: ماشین سازی پارس
دی ماه ۱۴۰۴	صفحه ۳۳	1404-04-01-R1	پروژه مهندسی مخزن مازوت سیمان آبیک		

جدول (۴-۵) روابط بین پارامترهای دینامیکی و سرعت امواج

<i>Dynamic Parameters</i>	<i>Solids</i>	<i>Fluids</i>
<i>Poisson's ratio</i>	$\nu = \frac{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 2}{2\left[\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 1\right]}$	0.5
<i>Wave velocity ratio</i>	$\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 = \frac{2 - 2\nu}{1 - 2\nu}$	∞
<i>Shear modules</i>	$G = \rho \cdot V_s^2$	0
<i>Yung modules</i>	$E = 2G(1 + \nu)$	0
<i>Balk modules</i>	$K = \frac{1}{3} \cdot \frac{E}{1 - 2\nu}$	ρV_p^2

۵-۲-۲- وسایل ثبت امواج لرزه ای

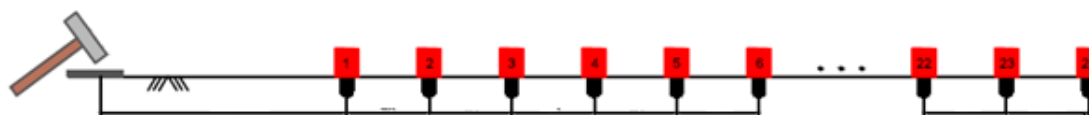
سایزموگرام های حاصله از یک آزمایش های لرزه نگاری در واقع حرکات زمین را نشان می دهند. در حقیقت این حرکات ناشی از انتشار امواج الاستیک حاصله از انفجار و یا منابع انرژی دیگر می باشند. این حرکات بر حسب سرعت ذرات نسبت به زمان مشخص می شوند. برای تبدیل نتایج بدست آمده از این آزمایش ها بدست آمده، اطلاعات زمین شناسی لازم است تا حتی الامکان شناختی درباره رفتار امواج الاستیک بهنگام انتشار در داخل زمین داشته باشیم. همچنین باید شناختی درباره مشخصات و طرز کار ابزارهایی که امواج لرزه ای را ثبت می کنند، داشت. وسایل ثبت حرکات لرزه ای زمین در کل عبارتند از : ژئوفون ها ، آمپلی فایرها ، نگارنده های دیجیتالی و... . در سالهای اخیر یک سیستم کامپیوتر نیز در کنار این وسایل قرار می گیرد تا بتواند تمام فرآیندهای ثبت را دقیقاً کنترل کند.

	گزارش مقدماتی مطالعات ژئوتکنیک و مهندسی پی				کارفرما: ماشین سازی پارس
دی ماه ۱۴۰۴	صفحه ۳۴	1404-04-01-R1	پروژه مهندسی مخزن مازوت سیمان آبیک		

۵-۲-۳- نحوه انجام آزمایش های لرزه نگاری

در این پروژه آزمایش لرزه‌ای سطحی به روش MASW انجام شده است. برای انجام آزمایش MASW جهت تعیین سرعت امواج تراکمی، چشمه لرزه‌ای موج P (ضربه قائم پتک بر روی ورق مخصوص) با فاصله ۳ و ۱۱ متری از ژئوفون اول صورت گرفته است و امواج بهترین شات برداشتی مورد تحلیل قرار گرفته است. هم چنین فواصل بین ژئوفونها از هم دو متر در نظر گرفته شده است.

در شکل (۵-۲) شمایی کلی از نحوه چیدمان آرایه برداشت داده های لرزه نگاری سطحی آورده شده است.



شکل (۵-۲) نحوه چیدمان برداشت داده های لرزه نگاری سطحی به روش MASW

۵-۲-۴- نتایج آزمایش لرزه نگاری انجام شده

عملیات لرزه نگاری سطحی در محل ساختگاه پروژه انجام گردید. در این آزمایش ها امواج لرزه ای توسط منبع تولید موج تولید گردید. در ادامه جدول (۵-۵) میزان تغییرات سرعت های امواج P و S را به نمایش گذاشته است. سرعت امواج در طول گمانه دارای افت و خیز هایی بوده که ممکن است به دلیل تغییر در شرایط مصالح ناحیه در آن اعماق باشد.

با توجه به نتایج ارائه شده سرعت موج برشی آنالیز گردید و بر اساس آئین نامه ۲۸۰۰ ویرایش چهارم متوسط سرعت موج برشی متوسط تا عمق ۳۰ متری از تراز پایه تعیین گردید. متوسط سرعت موج برشی در محدوده تا عمق ۳۰ متری از سطح زمین حدود ۵۱۴ متر بر ثانیه برآورد شده است که با توجه به جدول (۵-۶) بر اساس آئین نامه ۲۸۰۰ ویرایش چهارم، خاک منطقه از نوع II طبقه بندی می شود.

 کاوش معمار البرز	گزارش مقدماتی مطالعات ژئوتکنیک و مهندسی پی				کارفرما:
	دی ماه ۱۴۰۴	صفحه ۳۵	1404-04-01-R1	پروژه مهندسی مخزن مازوت سیمان آبیک	ماشین سازی پارس

بر اساس آیین نامه NEHRP (جدول ۵-۷) محدوده مورد مطالعه در رده C قرار می گیرد. در این آیین نامه سرعت متوسط موج برشی بیشتر از ۷۵۰ متر بر ثانیه به عنوان سنگ و سرعت متوسط موج برشی بیشتر از ۱۵۰۰ متر بر ثانیه سنگ سخت در نظر گرفته شده است.

جدول (۵-۵) تغییرات سرعت امواج P و S بر اساس آزمایش انجام شده

Depth(m)	Thickness(p)	Vp	Vs
2	2	478.8	255.9
2 4	2	508.4	271.7
4 6	2	744.8	398.1
6 8	2	790.7	422.7
8 10	2	967.5	517.1
10 12	2	970.7	518.9
12 14	2	977.9	522.7
14 16	2	1019.9	545.1
16 18	2	1125.2	601.5
18 20	2	1220.9	652.6
20 22	2	1277	682.6
22 24	2	1391	743.5
24 26	2	1701.5	909.5
26 28	2	1703.9	910.8
28 30	2	2122	1134.2
30 32	2	2327	1244.2
32 34	2	2490	1331.1

	گزارش مقدماتی مطالعات ژئوتکنیک و مهندسی پی				کارفرما: ماشین سازی پارس
	دی ماه ۱۴۰۴	صفحه ۳۶	1404-04-01-R1	پروژه مهندسی مخزن مازوت سیمان آبیک	

جدول (۵-۶) تقسیم بندی تقسیم بندی نوع زمین از نظر لرزه‌ای
(بر اساس آیین نامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله - آئین نامه ۲۸۰۰)

نوع زمین	توصیف لایه بندی زمین	پارامترها		
		$\bar{V}_s (m/s)$	$\bar{N}_{1(60)}$	$\bar{C}_u (kPa)$
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	۳۷۵-۷۵۰	> 50	> 250
III	خاک متراکم تا متوسط، شامل شن و ماسه متراکم تا متوسط یا رس های سخت با ضخامت بیشتر از ۳۰ متر	۱۷۵ - ۳۷۵	۱۵ - ۵۰	۷۰ - ۲۵۰
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	< 175	< 15	< 70

 کاوش معمار البرز	گزارش مقدماتی مطالعات ژئوتکنیک و مهندسی پی				کارفرما:
	دی ماه ۱۴۰۴	صفحه ۳۷	1404-04-01-R1	پروژه مهندسی مخزن مازوت سیمان آبیک	ماشین سازی پارس

جدول (۵-۷) تقسیم بندی انواع ساختگاه ها از نظر نوع خاک و سنگ (آیین نامه 2007 NEHRP)

Site Class	Site Class Description	Shear Wave Velocity (m/sec)	
		Minimum	Maximum
A	HARD ROCK	1500	
	Eastern United States sites only		
B	ROCK	760	1500
C	VERY DENSE SOIL AND SOFT ROCK	360	760
	Untrained shear strength $u_s \geq 2000$ psf ($u_s \geq 100$ kPa) or $N \geq 50$ blows/ft		
D	STIFF SOILS	180	360
	Stiff soil with undrained shear strength $1000 \text{ psf} \leq u_s \leq 2000 \text{ psf}$ ($50 \text{ kPa} \leq u_s \leq 100 \text{ kPa}$) or $15 \leq N \leq 50$ blows/ft		
E	SOFT SOILS		180
	Profile with more than 10 ft (3 m) of soft clay defined as soil with plasticity index $PI > 20$, moisture content $w > 40\%$ and undrained shear strength $u_s < 1000$ psf (50 kPa) ($N < 15$ blows/ft)		
F	SOILS REQUIRING SITE SPECIFIC EVALUATIONS		
	1. Soils vulnerable to potential failure or collapse under seismic loading:		
	e.g. liquefiable soils, quick and highly sensitive clays, collapsible weakly cemented soils.		
	2. Peats and/or highly organic clays		
	(10 ft (3 m) or thicker layer)		
	3. Very high plasticity clays:		
	(25 ft (8 m) or thicker layer with plasticity index > 75)		
	4. Very thick soft/medium stiff clays:		
	(120 ft (36 m) or thicker layer)		

 کاوش معمار البرز	گزارش مقدماتی مطالعات ژئوتکنیک و مهندسی پی				کارفرما:
	دی ماه ۱۴۰۴	صفحه ۳۸	1404-04-01-R1	پروژه مهندسی مخزن مازوت سیمان آبیک	ماشین سازی پارس

۵-۳- آزمایش دانسیته برجا

به منظور تعیین تراکم خاک در محل، نیاز به تعیین تراکم بر جای هر لایه می باشد. برای این منظور از آزمایش دانسیته بر جا بر اساس ASTM D1556 استفاده می شود. به صورت کلی در این آزمایش یک چاله با مشخصات معلوم در داخل لایه کوبیده شده کنده می شود. خاک خارج شده از چاله و درصد رطوبت آن به دقت اندازه گیری شده و برای تعیین وزن مخصوص خاک مورد استفاده قرار می گیرند. برای تعیین حجم چاله کنده شده از پر کردن آن با یک ماسه با وزن مخصوص معلوم استفاده می شود. ماسه مورد استفاده ریزدانه بوده و لذا تمامی حفرات و جزییات چاله را پر میکند. پس از تعیین مقدار حجم چاله، نمونه های مورد نیاز به آزمایشگاه منتقل شده و با تعیین درصد رطوبت مقدار وزن مخصوص خشک محل اندازه گیری می شود. در جدول (۵-۸) نتایج آزمایشهای دانسیته بر جا که در ضمن حفاری انجام شده است، ارائه شده است.

جدول (۵-۸) نتایج آزمایشهای دانسیته بر جا

شماره	عمق آزمایش (m)	وزن مخصوص مرطوب محل (gr/cm^3)	وزن مخصوص خشک محل (gr/cm^3)	درصد رطوبت محل (%)
TP-1	1.5	2.20	2.06	6.7
TP-2	1.5	2.12	2.00	5.8
TP-3	1.5	1.97	1.85	6.3

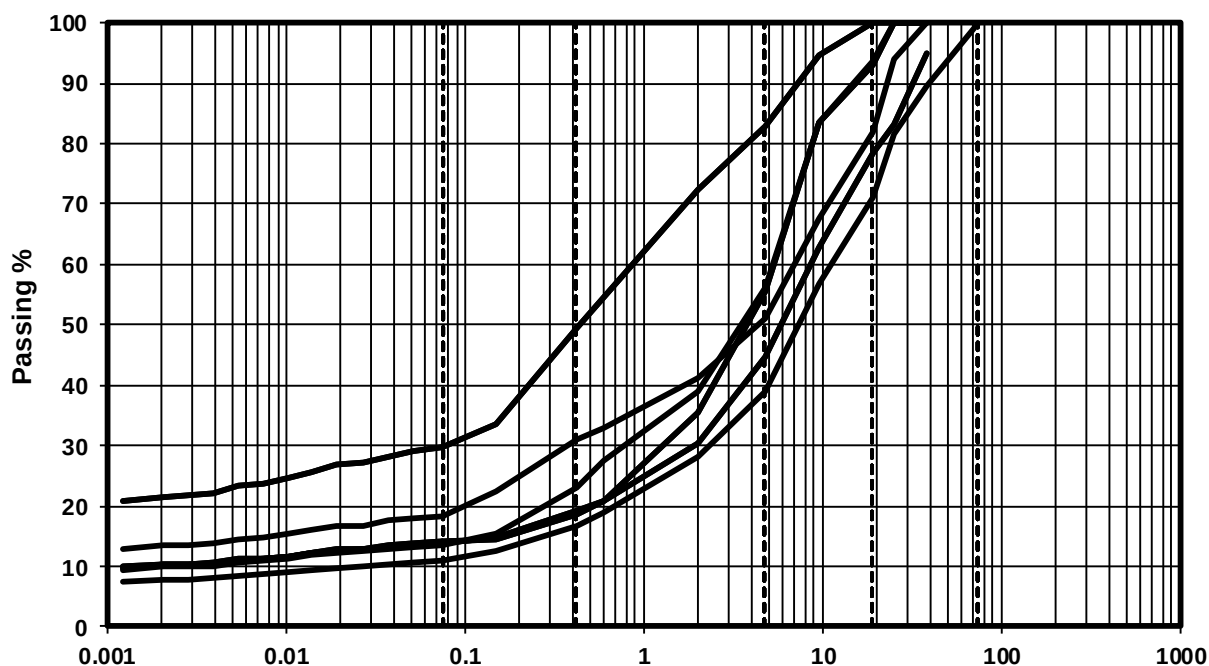
	گزارش مقدماتی مطالعات ژئوتکنیک و مهندسی پی				کارفرما: ماشین سازی پارس
کاوش معمار البرز	دی ماه ۱۴۰۴	صفحه ۳۹	1404-04-01-R1	پروژه مهندسی مخزن مازوت سیمان آبیک	

۶- نتایج آزمایشات آزمایشگاهی

۶-۱- آزمایشات دانه بندی و طبقه بندی

منظور از آزمایش های طبقه بندی خاک، انجام آزمایش های دانه بندی، هیدرومتری و حدود اتربرگ برای تعیین نوع خاک می باشد. دامنه اندازه ذرات موجود در خاک و توزیع وزنی آنها بر حسب درصدی از وزن کل خشک خاک توسط آزمایش دانه بندی تعیین می گردد. دو آزمایش برای تعیین منحنی دانه بندی مورد استفاده قرار می گیرد. این دو آزمایش عبارتند از آزمایش دانه بندی برای ذراتی با قطر بزرگتر از ۰/۰۷۵ میلی متر و آزمایش هیدرومتری برای ذراتی با قطر کوچکتر از ۰/۰۷۵ میلی متر. آزمایش دانه بندی بر مبنای استاندارد ASTM D-422 انجام شد. بررسی خاصیت خمیری خاک با استفاده از آزمایش حدود اتربرگ انجام می گیرد. در این آزمایش میزان رطوبت و کانیهای ریزدانه موجود سبب ایجاد حالت جامد، نیمه جامد، خمیری و مایع در خاک ریزدانه می شود. میزان رطوبت در نقطه انتقال از نیمه جامد به خمیری، حد خمیری و از خمیری به مایع، حد مایع یا حد روانی نامیده می شود. اختلاف این دو حد تحت عنوان شاخص خمیری تعریف می شود که نشان دهنده میزان خاصیت خمیری خاک می باشد. برای تعیین حد روانی و خمیری خاک از استاندارد ASTM D-4318 استفاده شده است. با جمع بندی نتایج آزمایشات دانه بندی و حدود اتربرگ برای هر خاک، طبقه بندی آن تعیین گردید.

محدوده برخی منحنی های دانه بندی خاک محل حفاری در شکل (۶-۱) نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می شود، خاکهای محدوده مورد مطالعه عمدتاً شامل ترکیبی از سیلت، رس و ماسه می باشد که در حالت متراکم میتوانند به صورت سنداستون، مارنستون و سیلستون شناسایی شوند. این خاکها در آزمایشات دانه بندی عمدتاً به صورت CL و SC شناسایی شده اند.



شکل (۱-۶) محدوده تغییرات دانه بندی برخی خاکهای آزمایش شده

۶-۲- آزمایش برش مستقیم

پارامترهای مقاومت برشی خاک در مسائل مهندسی پی نظیر تعیین ظرفیت باربری پی و شمع، پایداری شیب و فشار جانبی وارد بر دیوارهای حائل مورد استفاده قرار می گیرد. در آزمایشات برش مستقیم کند، نیروی برشی با نرخی آرام به نمونه خاک اعمال می گردد تا فرصت زهکشی کامل به نمونه داده شود. در این صورت فشار آب حفره ای اضافی برابر با صفر و تنش نرمال اعمالی برابر با تنش نرمال موثر خواهد بود. آزمایش برش مستقیم در (مطابق با استاندارد ASTM D-3080) بر روی نمونه ها انجام گردیده است. در جدول (۱-۶) نتایج آزمایشهای برش مستقیم انجام شده ارائه شده است.

 کاوش معمار البرز	گزارش مقدماتی مطالعات ژئوتکنیک و مهندسی پی				کارفرما: ماشین سازی پارس
دی ماه ۱۴۰۴	صفحه ۴۱	1404-04-01-R1	پروژه مهندسی مخزن مازوت سیمان آبیک		

جدول (۶-۱) نتایج آزمایش برش مستقیم

شماره	محل آزمایش	عمق آزمایش (m)	وزن مخصوص نمونه (gr/cm ³)	چسبندگی (C)	زاویه اصطکاک (ϕ)
1	TP-1	1.70	1.95	0.08	27
2	TP-3	1.70	1.95	0.03	29
3	BH-1	5.0	1.90	0.08	30
4	BH-1	10	1.97	0.09	29

۶-۳- نتایج آزمایشات تعیین چگالی ویژه ذرات خاک

آزمایشات تعیین چگالی ویژه ذرات جامد خاک (Gs) بر روی نمونه‌های مایخوده از اعماق مختلف گمانه‌ها انجام شده و نتایج آن در جدول (۶-۲) ارائه شده است.

جدول (۶-۲) نتایج آزمایشات تعیین چگالی ویژه ذرات جامد خاک

گمانه	عمق (m)	Gs
BH-1	5.0	2.65
BH-1	10.0	2.66
TP-1	1.70	2.68
TP-3	1.70	2.69

	گزارش مقدماتی مطالعات ژئوتکنیک و مهندسی پی				کارفرما: ماشین سازی پارس
کاوش معمار البرز	دی ماه ۱۴۰۴	صفحه ۴۲	1404-04-01-R1	پروژه مهندسی مخزن مازوت سیمان آبیک	

۴-۶- نتیجه آزمایش تعیین درصد رطوبت

تعدادی نمونه با حفظ رطوبت اولیه در ضمن انجام حفاری یا آزمایشات صحرایی از اعماق مختلف خاک اخذ شده است و آزمایشات تعیین رطوبت طبیعی بر روی آنها انجام شده است. نتایج این آزمایشات در جدول (۳-۶) ارائه شده است. مشاهده می شود رطوبت خاک با افزایش عمق به تدریج افزایش یافته است.

جدول (۳-۶) نتایج آزمایشات تعیین رطوبت بر روی نمونه های مأخوذه از گمانه ها

گمانه	عمق (m)	درصد رطوبت
TP-1	1.0	6.51
TP-1	1.5	6.0
TP-2	1.0	5.33
TP-2	1.5	8.44
TP-3	1.0	8.45
BH-1	3.0	4.95
BH-1	6.0	6.23
BH-1	10.0	9.51

	گزارش مقدماتی مطالعات ژئوتکنیک و مهندسی پی				کارفرما: ماشین سازی پارس
کاوش معمار البرز	دی ماه ۱۴۰۴	صفحه ۴۳	1404-04-01-R1	پروژه مهندسی مخزن مازوت سیمان آبیک	

۷- مهندسی پی

در این بخش ظرفیت باربری پی های سطحی محاسبه و ارائه گردیده است.

۷-۱- ظرفیت باربری مجاز پی های سطحی

ظرفیت باربری مجاز پی های سطحی با در نظر گرفتن مقاومت برشی خاک و لحاظ کردن مقدار نشست مجاز، بدست آمده است.

۷-۱-۱- تعیین ظرفیت باربری مجاز پی بر اساس مقاومت برشی خاک

هنگامی که بر خاکها نیروی برشی اعمال گردد، خاک تغییر شکل داده و با ازدیاد نیروی برشی، تغییر شکل نیز افزوده شده و در نهایت سبب گسیختگی خاک می شود. روابط مختلفی برای برآورد مقاومت نهایی زمین (Q_{ult}) ارائه شده که در اینجا از روش معتبر مایرهورف استفاده شده است. رابطه مایرهورف برای محاسبه ظرفیت باربری حداکثر خاک (Q_{ult}) به صورت زیر است:

$$q_{ult} = C.N_c.S_c.d_c + q.N_q.S_q.d_q + 0.5B.\gamma.N_\gamma.S_\gamma.d_\gamma$$

در این رابطه C چسبندگی خاک، q وزن یا فشار خاک در تراز پی و B عرض پی است.

همچنین N_c ، N_q و N_γ ضرایب بدون بعد ظرفیت باربری هستند که تابعی از زاویه اصطکاک خاک می باشند.

S_c ، S_q و S_γ ضرایب شکل هستند که به صورت زیر تعیین می شوند:

$$S_c = 1 + 0.2 k_p \frac{B}{L}$$

$$S_q = 1 + 0.1 k_p \frac{B}{L}$$

$$S_\gamma = 1 + 0.1 k_p \frac{B}{L}$$

	گزارش مقدماتی مطالعات ژئوتکنیک و مهندسی پی				کارفرما: ماشین سازی پارس
کاوش معمار البرز	دی ماه ۱۴۰۴	صفحه ۴۴	1404-04-01-R1	پروژه مهندسی مخزن مازوت سیمان آبیک	

d_c ، d_q و d_γ ضرایب عمق هستند که به شرح زیر تعیین می‌شوند:

$$d_c = 1 + 0.2 \sqrt{k_p} \frac{D}{B}$$

$$d_q = 1 + 0.1 \sqrt{k_p} \frac{D}{B}$$

$$d_\gamma = 1 + 0.1 \sqrt{k_p} \frac{D}{B} \quad k_p = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

در روابط فوق D عمق موثر پی (فاصله کف پی تا تراز خاک پایدار روی آن)، B عرض پی و L طول پی می‌باشد. در صورتی که مقدار تنش موجود در تراز پی (q) از مقدار مقاومت نهایی بدست آمده کم شود، مقدار مقاومت نهایی خالص پی، $q_{ult(net)}$ حاصل می‌شود:

$$q_{ult(net)} = q_{ult} - q$$

ظرفیت باربری مجاز پی، $q_{allow(net)}$ ، با در نظر گرفتن ضریب اطمینان (F_s) برابر ۳ از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$q_{allow(net)} = \frac{q_{ult(net)}}{F_s}$$

۷-۱-۲- برآورد میزان نشست پی

نشست کل پی برابر با مجموع نشست‌های آنی و تحکیمی است. نشست آنی قائم زیر یک پی که فشار یکنواختی را تحمل می‌کند و بر روی یک لایه همگن و ایزوتروپ نیمه بی‌نهایت و با رفتار خطی قرار دارد، از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$S_e = q_0 B \frac{1 - \nu^2}{E} \left(F_1 + \frac{1 - 2\nu}{1 - \nu} F_2 \right) I_F$$

در رابطه فوق q_0 برابر با فشار تماس، B عرض پی، E مدول الاستیسیته و ν ضریب پواسون است. I_F نیز ضریب تاثیر است که از شکل (۷-۱) بدست می‌آید. سایر ضرایب از روابط زیر بدست می‌آیند:

	گزارش مقدماتی مطالعات ژئوتکنیک و مهندسی پی				کارفرما:
کاوش مهار البرز	دی ماه ۱۴۰۴	صفحه ۴۵	1404-04-01-R1	پروژه مهندسی مخزن مازوت سیمان آبیک	ماشین سازی پارس

$$F_1 = \frac{1}{\pi} \left[M \operatorname{Ln} \frac{(1 + \sqrt{M^2 + 1}) \sqrt{M^2 + N^2}}{M(1 + \sqrt{M^2 + N^2 + 1})} + \operatorname{Ln} \frac{(M + \sqrt{M^2 + 1}) \sqrt{1 + N^2}}{M + \sqrt{M^2 + N^2 + 1}} \right]$$

$$F_2 = \frac{M}{2\pi} \tan^{-1} \left(\frac{M}{N \sqrt{M^2 + N^2 + 1}} \right) \quad (\tan^{-1} \text{ in rads})$$

where $M = \frac{L'}{B'}$, $N = \frac{H}{B'}$, $B' = \frac{B}{2}$ for center F_i ; $= B$ for corner F_i

$L' = \frac{L}{2}$ for center; $= L$ for corner F_i

برآورد نشست تحکیمی بر مبنای نتایج آزمایش‌های تحکیم صورت می‌گیرد. رابطه مورد استفاده برای

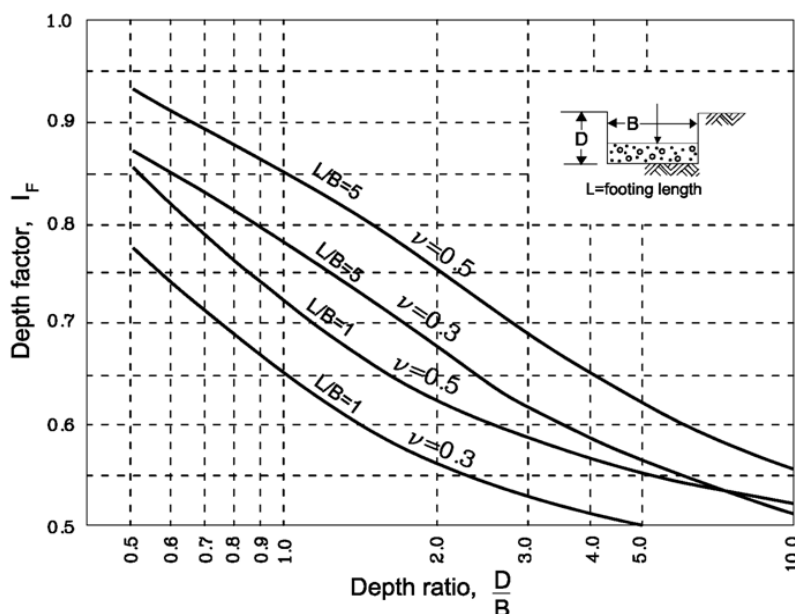
پیش‌بینی نشست تحکیمی (S_c) به صورت زیر است:

$$S_c = H m_v \Delta \sigma$$

در این رابطه، H ضخامت لایه رسی، m_v قابلیت تراکم پذیری حجمی و $\Delta \sigma$ تغییرات تنش عمودی قائم ناشی

از بار پی است. نشست کل برابر مجموع نشست تحکیم و آنی زیر پی خواهد بود. این مجموع به نشست مجاز پی

محدود می‌گردد.



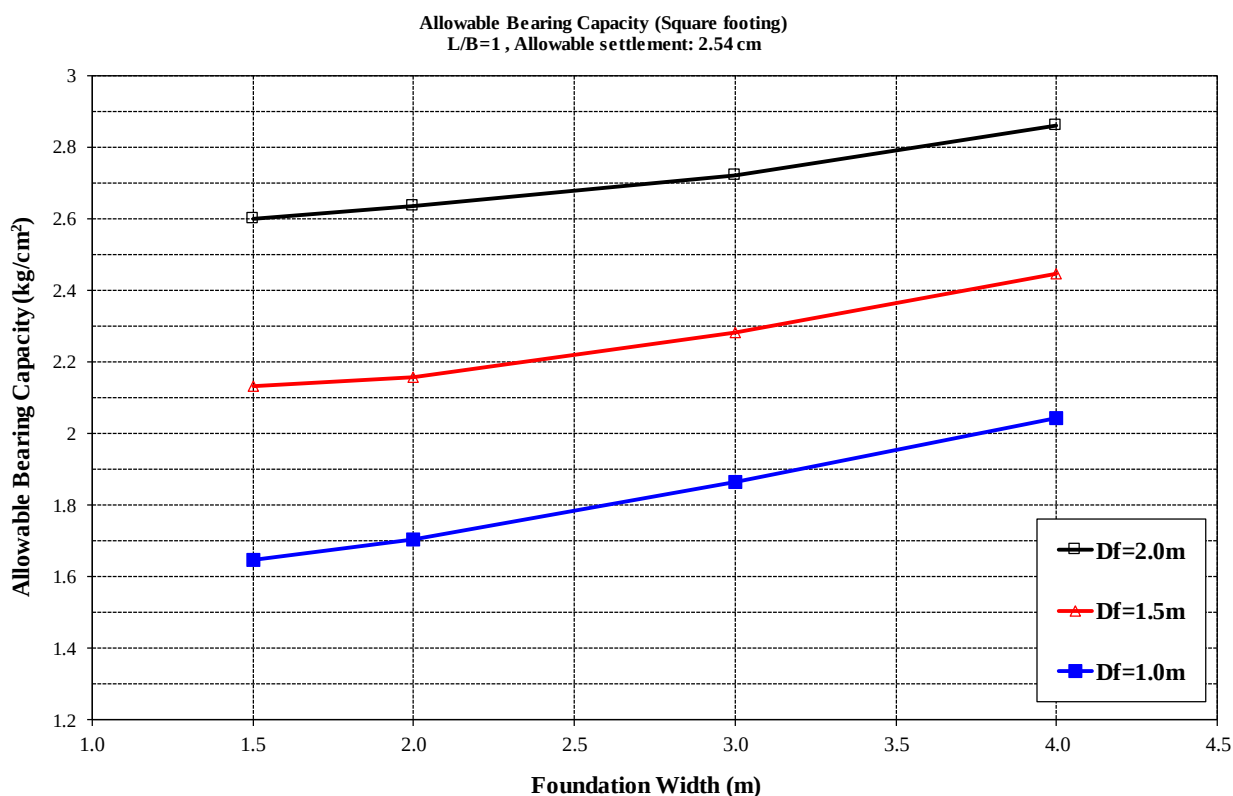
شکل (۷-۱) ضریب تاثیر (I_F) برای شالوده به عمق D و ابعاد $L \times B$ (Bowles 1985)

	گزارش مقدماتی مطالعات ژئوتکنیک و مهندسی پی				کارفرما: ماشین سازی پارس
دی ماه ۱۴۰۴	صفحه ۴۶	1404-04-01-R1	پروژه مهندسی مخزن مازوت سیمان آبیک		

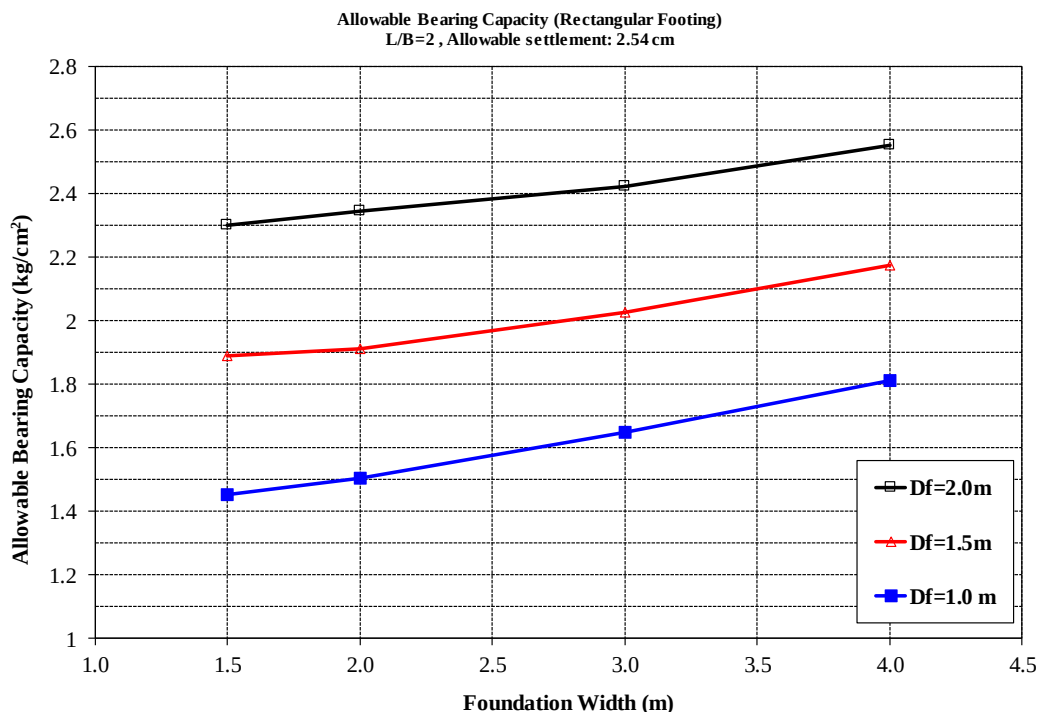
۷-۲- برآورد ظرفیت باربری مجاز پی های منفرد

در این قسمت با توجه به شرایط زیرسطحی لایه های خاک و پارامترهای ژئوتکنیکی ارائه شده، محاسبات ظرفیت باربری انجام شده و در نهایت نمودارهای ظرفیت باربری پی ارائه شده اند. شایان ذکر است که در این محاسبات فرض بر قرارگیری پی بر روی خاکهای بکر (نه خاک دستی) بوده است.

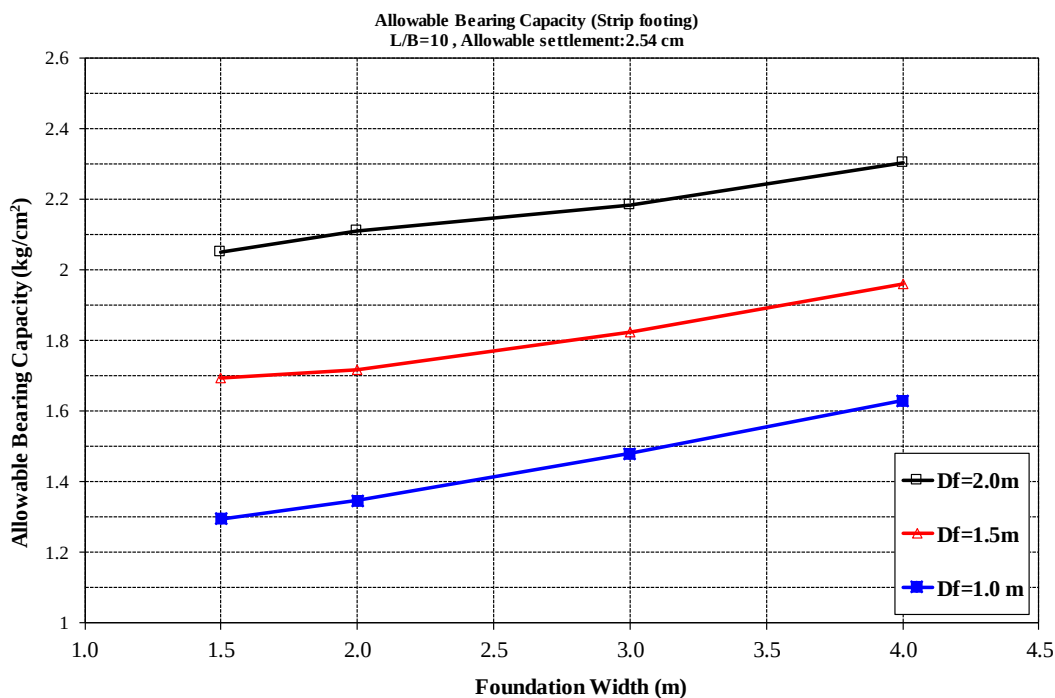
با توجه به روابط تعیین ظرفیت باربری و ملاحظات نشست، میزان ظرفیت باربری مجاز پی برای عمق مدفونهای مختلف محاسبه شده و به ازای نسبت های مختلف طول به عرض برابر یک برای شالوده مربعی، طول به عرض برابر دو برای شالوده مستطیلی و طول به عرض برابر ده برای شالوده نواری، در شکل های (۷-۲) تا (۷-۴) ارائه شده است. مقادیر نشست مجاز پی منفرد ۲/۵۴ سانتی متر در نظر گرفته شده است.



شکل (۷-۲) ظرفیت باربری مجاز پی مربعی $\left(\frac{L}{B}=1\right)$ به ازای مقادیر مختلف عمق استقرار پی



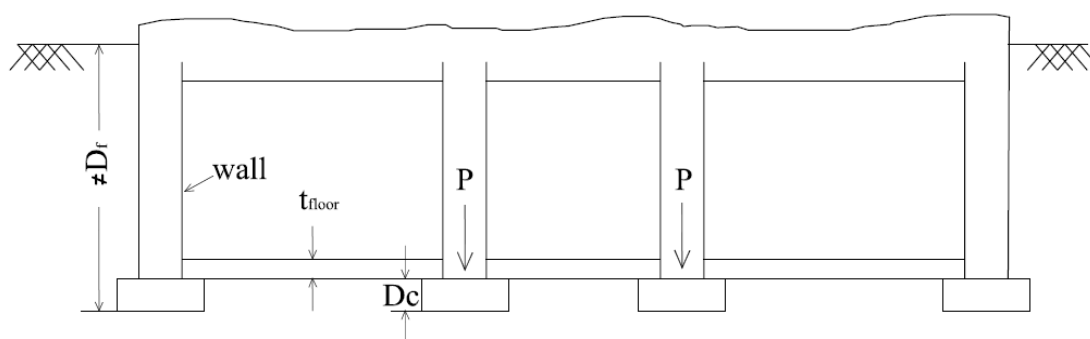
شکل (۳-۷) ظرفیت باربری مجاز پی مستطیلی $\left(\frac{L}{B} = 2\right)$ به ازای مقادیر مختلف عمق استقرار پی



شکل (۴-۷) ظرفیت باربری مجاز برای پی نواری $\left(\frac{L}{B} = 10\right)$ به ازای مقادیر مختلف عمق استقرار پی

 کاوش معمار البرز	گزارش مقدماتی مطالعات ژئوتکنیک و مهندسی پی				کارفرما:
	دی ماه ۱۴۰۴	صفحه ۴۸	1404-04-01-R1	پروژه مهندسی مخزن مازوت سیمان آبیک	ماشین سازی پارس

انتخاب عمق مدفون فونداسیون در پی‌های منفرد حائز اهمیت می‌باشد و در روابط ظرفیت باربری، مقدار فشار خالص بستگی به عمق خاک بالای پی دارد. در شکل (۵-۷) مقدار عمق مدفون برای پی‌های منفرد و نواری نشان داده شده است. در این شکل مقدار عمق مدفون برابر با D_c به اضافه وزن دال (t_{floor}) می‌باشد که مقدار وزن دال معمولاً قابل صرف‌نظر کردن است.

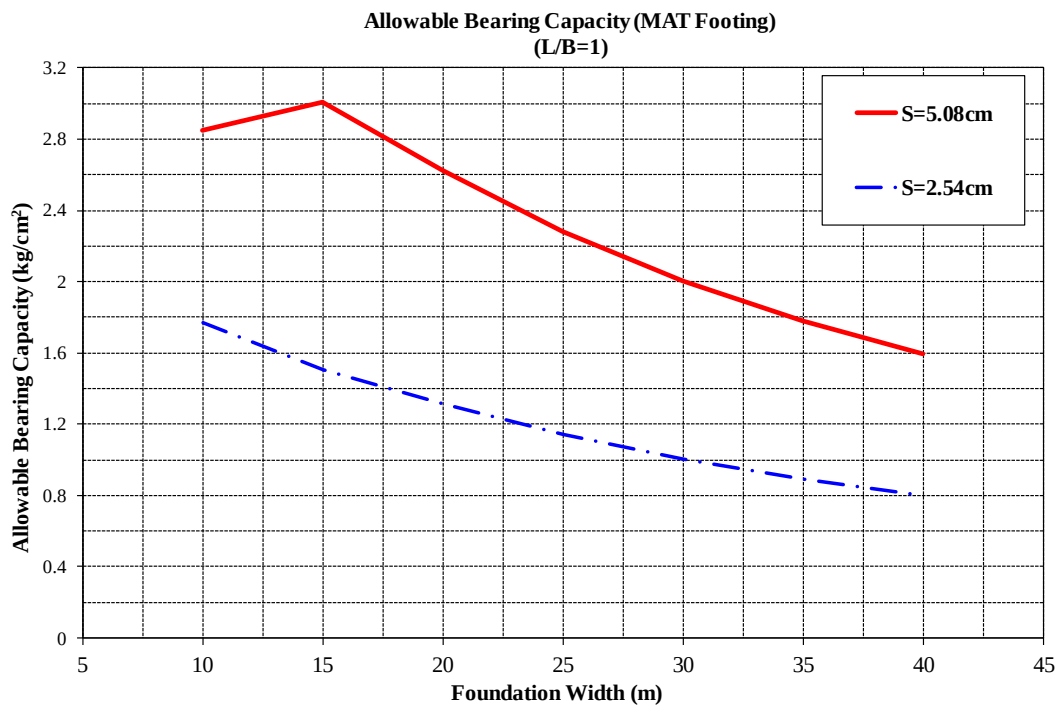


شکل (۵-۷) عمق مدفون در محاسبات ظرفیت باربری پی‌های منفرد و نواری برابر است با D_c به اضافه وزن دال (t_{floor})

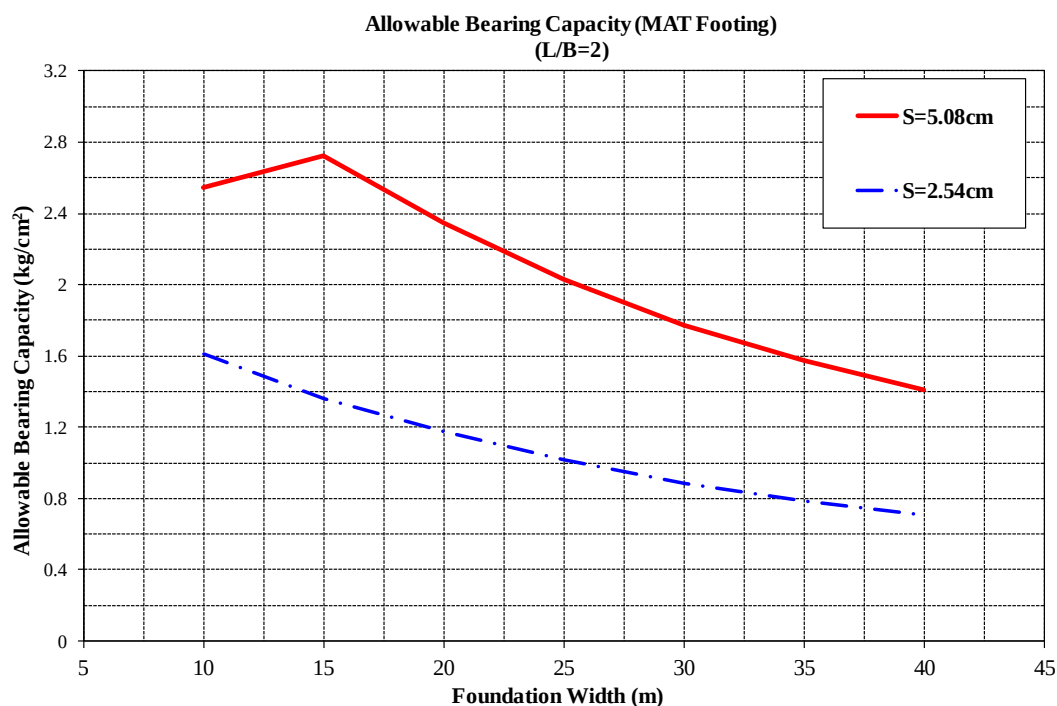
۷-۳- ظرفیت باربری مجاز پی‌های گسترده

در محاسبات ظرفیت باربری این پی‌ها از روابط مایرهورف برای پی‌های سطحی استفاده شده است، با این تفاوت که اثر افزایش فزاینده ظرفیت باربری به دلیل عرض زیاد پی، با اعمال ضرایب کاهنده مربوطه کاهش داده شده است.

در شکل‌های (۶-۷) و (۷-۷) نمودارهایی جهت برآورد ظرفیت باربری مجاز پی‌های گسترده به ازای نسبت‌های مختلف طول به عرض و مقادیر مختلف نشست مجاز ارائه شده است. با استفاده از این نمودارها می‌توان برای پی‌های گسترده با ابعاد مختلف، ظرفیت باربری را بدست آورد.



شکل (۶-۷) ظرفیت باربری مجاز پی گسترده مربعی (L/B=1) برای نشست مجاز ۱ و ۲ اینچ



شکل (۷-۷) ظرفیت باربری مجاز پی گسترده مستطیلی (L/B=2) برای نشست مجاز ۱ و ۲ اینچ

	گزارش مقدماتی مطالعات ژئوتکنیک و مهندسی پی				کارفرما: ماشین سازی پارس
کاوش معمار البرز	دی ماه ۱۴۰۴	صفحه ۵۰	1404-04-01-R1	پروژه مهندسی مخزن مازوت سیمان آبیک	

۷-۴- ظرفیت باربری فشاری شمع

محاسبات ظرفیت باربری شمع برای حالت اجرای شمعهای بتنی به صورت درجاریز انجام شده است. در ادامه خلاصه‌ای در مورد روابط به کار رفته در محاسبات ارائه شده است.

برای محاسبه ظرفیت باربری شمع منفرد از مقاومت نوک (Q_t) و اصطکاک جدار شمع (Q_s) بر اساس روابط تجربی موجود استفاده می‌شود. روابط تعیین ظرفیت فشاری شمع منفرد عبارت است از:

$$Q_u = Q_t + Q_s - W$$

$$Q_t = q_t A_t = (c N_c + q' N_q) A_t$$

$$Q_s = q_s A_s = k \sigma'_v \tan \delta A_s + a c_u$$

$$Q_{allow} = Q_u / F_s$$

در روابط فوق، q_t ظرفیت باربری نهایی واحد سطح نوک شمع، A_t سطح مقطع نوک شمع، q' تنش موثر قائم در تراز نوک شمع، N_q ضریب ظرفیت باربری، c چسبندگی خاک در نوک شمع، N_c ضریب ظرفیت باربری، q_s ظرفیت باربری نهایی واحد سطح جدار، A_s سطح جدار شمع، k ضریب فشار جانبی خاک، σ'_v تنش قائم موثر در عمق مورد نظر، δ زاویه اصطکاک بین خاک و شمع بتنی، W وزن شمع و F_s ضریب اطمینان می‌باشد. مقدار ضریب اطمینان در محاسبات ظرفیت باربری نوک شمع برابر با ۳ و برای مقاومت اصطکاکی جدار شمع برابر با ۲/۵ در نظر گرفته شده است.

۷-۴-۱- بررسی نشست شمع منفرد

نشست یک شمع تحت بار بهره‌برداری قائم ناشی از سه عامل است:

$$S = S_1 + S_2 + S_3$$

S نشست کلی شمع، S_1 نشست به علت تغییر شکل الاستیک تنه شمع، S_2 نشست الاستیک خاک در اطراف نوک شمع و S_3 نشست الاستیک خاک اطراف تنه شمع است.

	گزارش مقدماتی مطالعات ژئوتکنیک و مهندسی پی				کارفرما: ماشین سازی پارس
کاوش معمار البرز	دی ماه ۱۴۰۴	صفحه ۵۱	1404-04-01-R1	پروژه مهندسی مخزن مازوت سیمان آبیک	

تعیین نشست S_1 : در صورتی که مصالح شمع الاستیک فرض شود با استفاده از اصول مکانیک، تغییر شکل الاستیک تنه شمع طبق رابطه زیر تعریف می‌شود:

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

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

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

A_p = سطح مقطع عرضی شمع،

L = طول شمع،

E_p = مدول الاستیسیته مصالح شمع،

مقدار ζ بستگی به توزیع نیروی مقاوم اصطکاکی در ارتفاع شمع دارد.

تعیین نشست S_2 : نشست الاستیک خاک به علت بار حمل شده در نوک شمع را می‌توان به روشی مشابه پی‌های کم عمق تعیین کرد:

$$S_2 = \frac{q_{wp} D}{E_s} (1 - \nu^2) I_{wp}$$

D = قطر شمع،

q_{ws} = فشار نوک شمع،

E_s = مدول تغییر شکل خاک زیر و اطراف نوک شمع،

ν = نسبت پواسون خاک،

I_{wp} = ضریب تاثیر که از نمودار بدست می‌آید.

	گزارش مقدماتی مطالعات ژئوتکنیک و مهندسی پی				کارفرما: ماشین سازی پارس
	دی ماه ۱۴۰۴	صفحه ۵۲	1404-04-01-R1	پروژه مهندسی مخزن مازوت سیمان آبیک	

تعیین نشست s_3 : نشست الاستیک خاک به علت بار حمل شده توسط تنه شمع را می توان با استفاده

از رابطه زیر بدست آورد.

$$s_3 = \left(\frac{Q_{ws}}{p L} \right) \frac{D}{E_s} (1 - \nu^2) I_{ws}$$

p = محیط شمع،

L = طول مدفون شمع،

I_{ws} = ضریب تاثیر که با استفاده از رابطه ساده زیر قابل تعیین است (وسیک، ۱۹۷۷):

$$I_{ws} = 2 + 0.35 \sqrt{\frac{L}{D}}$$

ظرفیت باربری فشاری مجاز شمع منفرد بتنی درجاریز برای قطرهای ۰/۷ تا ۱/۲ متر و طولهای ۷ و ۱۰ متر محاسبه شده و در شکل (۷-۸) ارائه شده است.

۷-۵- ظرفیت باربری کششی شمع

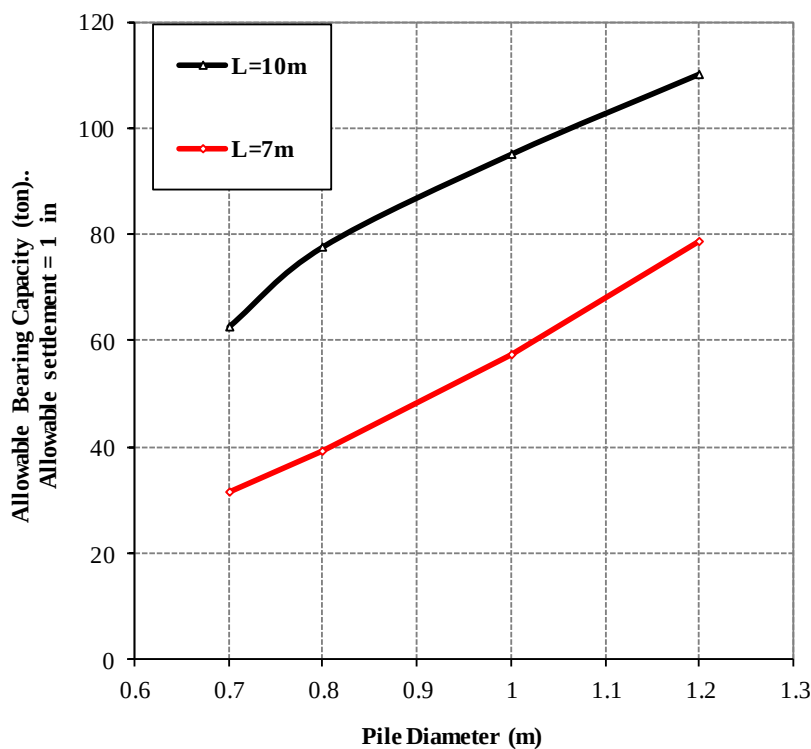
برای محاسبه ظرفیت کششی شمع از اصطکاک جدار در کشش (Q_s) و وزن شمع استفاده می شود. رابطه

تعیین ظرفیت کششی شمع منفرد به صورت زیر است:

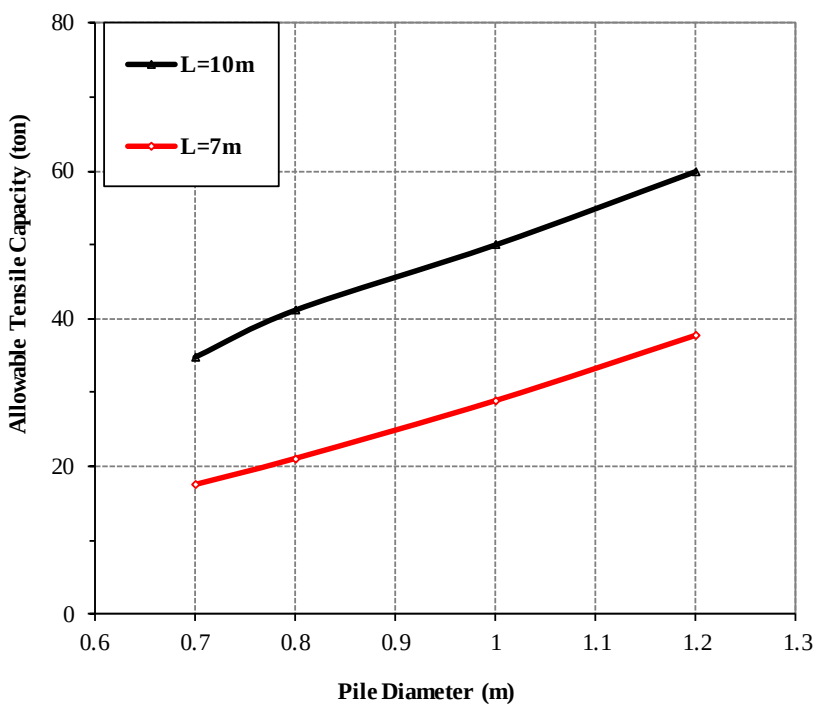
$$Q_u = Q_s + W$$

ظرفیت کششی مجاز شمع منفرد بتنی درجاریز با در نظر گرفتن قطرهای ۰/۷ تا ۱/۲ متر و طولهای ۷ و

۱۰ متر محاسبه و در شکل (۷-۹) ارائه شده است.



شکل (۷-۸) ظرفیت باربری فشاری مجاز شمع منفرد بتنی درجاریز



شکل (۷-۹) ظرفیت کششی مجاز شمع منفرد بتنی درجاریز

 کاوش معمار البرز	گزارش مقدماتی مطالعات ژئوتکنیک و مهندسی پی				کارفرما:
	دی ماه ۱۴۰۴	صفحه ۵۴	1404-04-01-R1	پروژه مهندسی مخزن مازوت سیمان آبیک	ماشین سازی پارس

۸- تعیین ضرایب فشارهای جانبی استاتیکی خاک

مقدار فشار خاک وارده بر پشت دیوارهای حایل تابع عوامل متعددی است. در شرایط معمولی (دیوار حایل عمودی، سطح خاک افقی بدون سربار) با توجه به میزان زاویه اصطکاک داخلی خاک، می توان ضرایب فشار جانبی خاک در حالت سکون (K_0)، محرک (K_a) و مقاوم (K_p) را در حالت استاتیکی به صورت زیر تعیین کرد:

$$K_0 = 1 - \sin \phi \qquad K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \qquad K_p = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

با توجه به روابط فوق و با در نظر گرفتن نتایج بدست آمده از آزمایشات، مقادیر ضرایب فشارهای جانبی زمین در محدوده مورد مطالعه به صورت زیر پیشنهاد می گردد:

$$K_0 = 0.59 \qquad K_a = 0.42 \qquad K_p = 2.37$$

در شرایطی که برای دیوارهای حایل هیچ گونه جابجایی و یا حرکتی متصور نباشد از ضریب K_0 استفاده می شود و در غیر این صورت باید از ضرایب K_a و K_p استفاده کرد. ضمناً توصیه می شود در صورت استفاده همزمان از ضرایب K_a و K_p ، به علت اختلاف کرنش برای رسیدن به حالت های محرک و مقاوم، ضریب K_p به نصف مقدارش تقلیل یابد.

۹- تعیین مدول عکس العمل قائم پی های سطحی (K_s)

مدول واکنش بستر (K_s) به صورت تنش اعمال شده به خاک جهت ایجاد تغییر شکل واحد تعریف می شود. با استفاده از آزمایش های بارگذاری صفحه، می توان مقدار مدول واکنش بستر را برای پی های با ابعاد معادل صفحه بارگذاری بدست آورد. همچنین با استفاده از روابط زیر (ترزاقی ۱۹۴۳) می توان در خاک های ریزدانه و درشت دانه برای ابعاد مختلف پی مقدار K_s را بدست آورد:

	گزارش مقدماتی مطالعات ژئوتکنیک و مهندسی پی				کارفرما: ماشین سازی پارس
کاوش معمار البرز	دی ماه ۱۴۰۴	صفحه ۵۵	1404-04-01-R1	پروژه مهندسی مخزن مازوت سیمان آبیک	

برای خاک‌های ریزدانه:

$$K_{Squ} = K_{SP} \left(\frac{D}{B} \right)$$

برای پی‌های مربعی

$$K_{Srec} = K_{Ssqu} \left(\frac{m+0.5}{1.5m} \right)$$

برای پی‌های مستطیلی و نواری

برای خاک‌های درشت‌دانه:

$$K_{Ssqu} = K_{SP} \left(\frac{B+D}{2B} \right)^2$$

برای پی‌های مربعی

$$K_{Srec} = K_{Ssqu} \left(\frac{m+0.5}{1.5m} \right)$$

برای پی‌های مستطیلی و نواری

در روابط ارائه شده داریم:

K_{sp} : مدول واکنش بستر صفحه بارگذاری

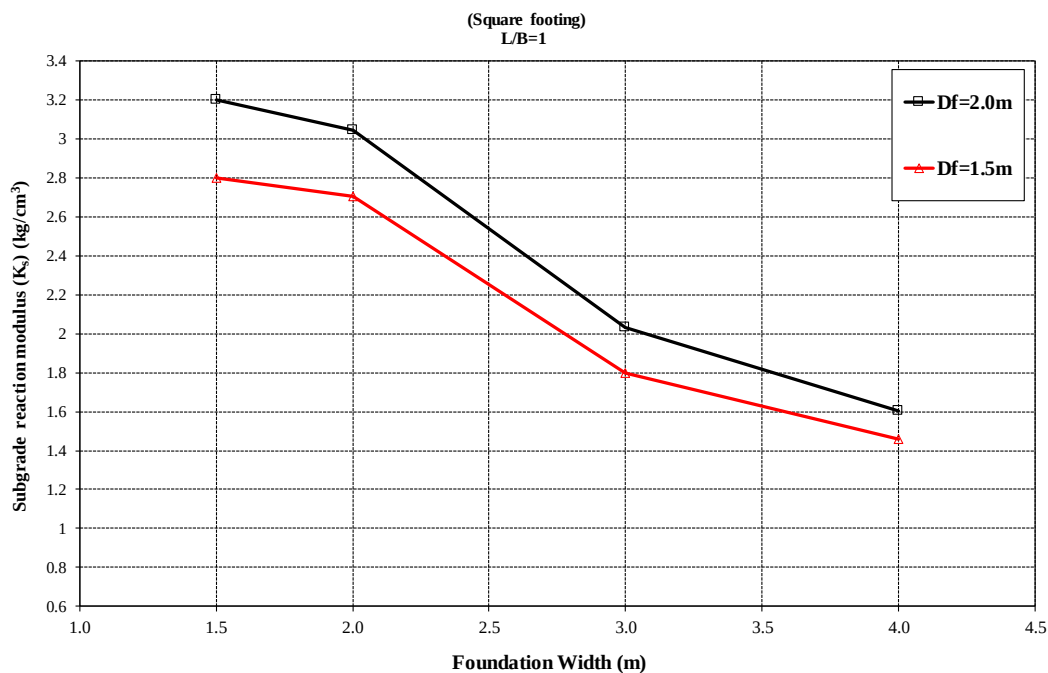
D : بعد صفحه بارگذاری

K_{squ} : مدول واکنش بستر پی مربعی

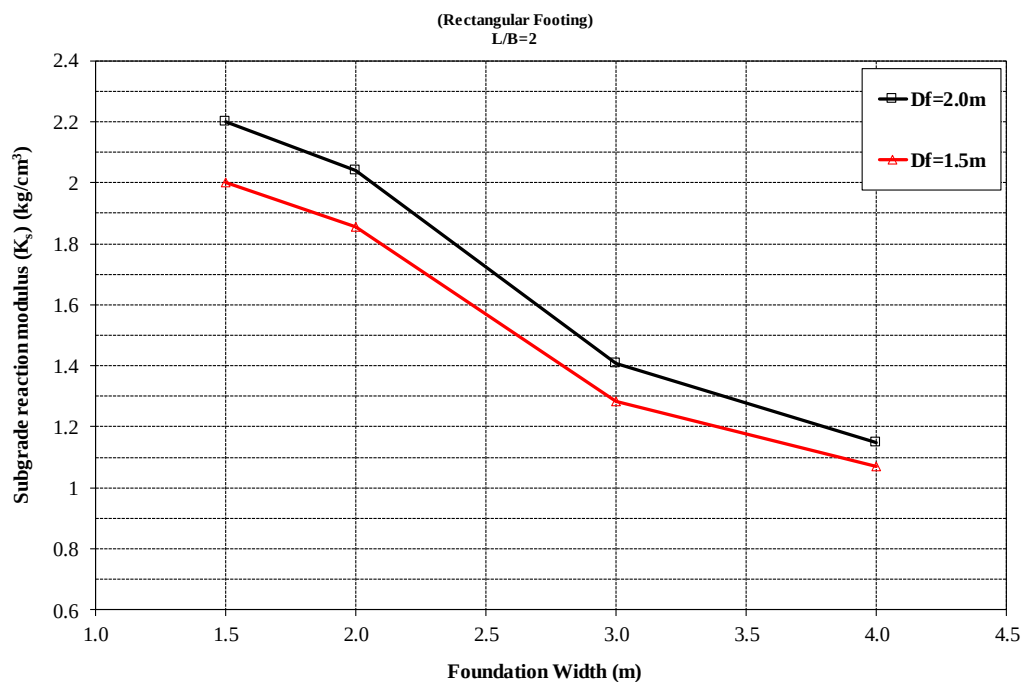
K_{srec} : مدول واکنش بستر پی‌های مستطیلی و نواری

m : نسبت طول به عرض پی (L/B)

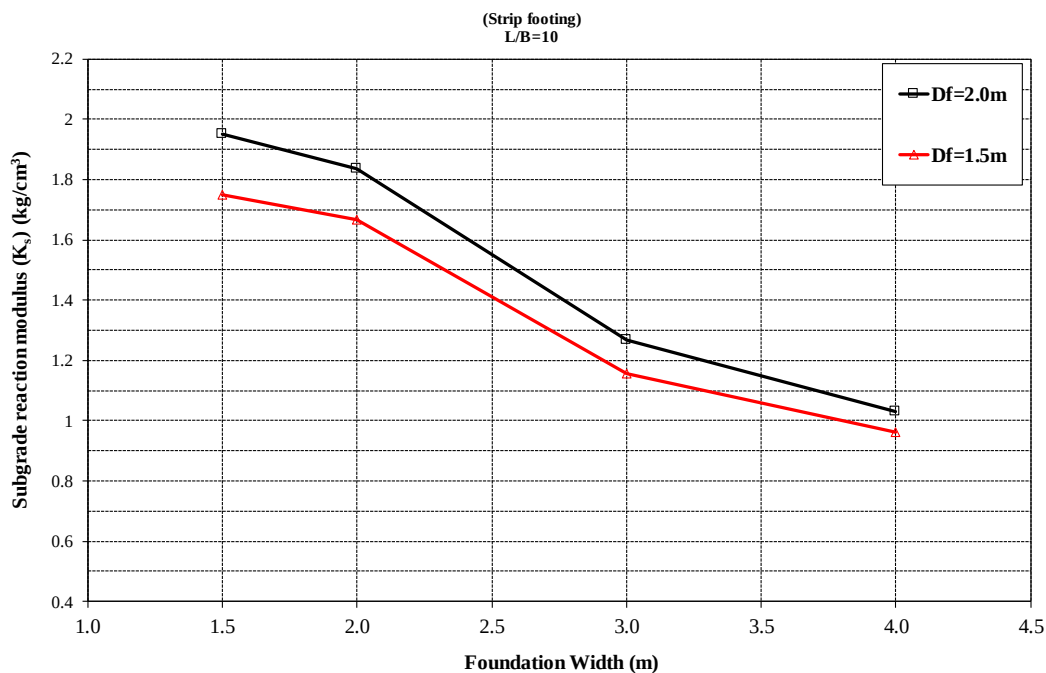
در ادامه با استفاده از روابط فوق و بر مبنای آزمایشات انجام شده و نتایج بدست آمده از مشاهدات صحرایی و آزمایشات آزمایشگاهی، مقادیر K_s برای پی‌های مختلف محاسبه شده و برای انواع پی‌های منفرد و گسترده به ازای نسبت‌های مختلف طول به عرض در شکلهای (۹-۱) تا (۹-۴) ارائه شده است.



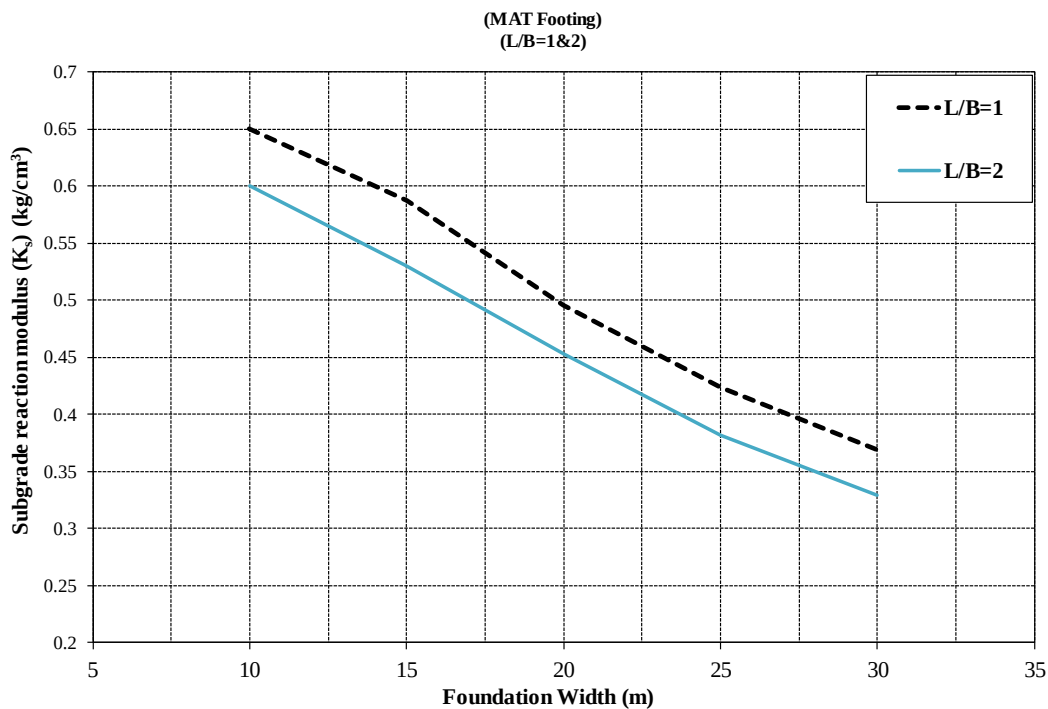
شکل (۹-۱) نمودار تغییرات K_s پی های منفرد در مقابل عرض پی ($L/B=1$)



شکل (۹-۲) نمودار تغییرات K_s پی های مستطیلی در مقابل عرض پی ($L/B=2$)



شکل (۹-۳) نمودار تغییرات K_s پی های نواری در مقابل عرض پی ($L/B=10$)



شکل (۹-۴) نمودار تغییرات K_s پی های گسترده ($10 \leq B \leq 30m$) در مقابل عرض پی برای نسبت های مختلف طول به عرض

 کاوش معمار البرز	گزارش مقدماتی مطالعات ژئوتکنیک و مهندسی پی				کارفرما:
	دی ماه ۱۴۰۴	صفحه ۵۸	1404-04-01-R1	پروژه مهندسی مخزن مازوت سیمان آبیک	ماشین سازی پارس

۱۰- مخاطرات ژئوتکنیکی

با توجه به وجود لایه های ریزدانه رسی و سیلتی در اعماق مختلف در ترکیب با لایه های سخت و سنگی، زمان خاکبرداری تا زمان احداث پی باید به حداقل برسد تا از ایجاد گل و لای بر اثر بارندگی و یا سست شدن لایه های سطحی بر اثر شرایط آب و هوایی و عبور و مرور ماشین آلات جلوگیری شود. با توجه به نوع خاکهای شناسایی شده، امکان برخورد به لنزهای سست رسی یا سیلتی و حساسیت آنها در مقابل آب زیاد می باشد. از این رو باید دقت لازم در جهت جلوگیری از نفوذ آب به لایه های خاک زیر پی مورد توجه قرار گیرد. این مساله در مواردی مانند عایق بندی کانال های انتقال آب، جلوگیری از پاشش آب به دیوارهای احداث چاه های فاضلاب در اعماق سطحی، زهکشی آبهای سطحی و ... حائز اهمیت می باشد.

همچنین در صورت برخورد به لنزهای ماسه بادی یا لایه های با درصد ماسه ریزدانه قابل توجه در زیر پی، باید نسبت به برداشت یا بهسازی آنها تا عمق مورد نیاز اقدام نمود و از قرار دادن مستقیم پی روی این لایه ها خودداری کرد.

با توجه به تراکم مناسب لایه های خاک در محل پروژه احتمال رخداد پدیده روانگرایی وجود ندارد. به منظور اطمینان از عدم وجود یون های مضر در خاک منطقه توصیه می گردد آزمایشات شیمیایی در اعماق مختلف انجام و نتیجه آن بررسی گردد.

 كاوش مهار البرز	گزارش مقدماتی مطالعات ژئوتکنیک و مهندسی پی				کارفرما:
	دی ماه ۱۴۰۴	صفحه ۵۹	1404-04-01-R1	پروژه مهندسی مخزن مازوت سیمان آبیک	ماشین سازی پارس

پیوست

KAVOSH MAHAR

Client :	location: آبیگ
-----------------	-----------------------

[illegible]

<i>Client :</i>	<i>location:</i> آبیك
-----------------	-----------------------

[illegible]

KAVOSH MAHAR

Depth: 33m

location: آبیڪ

[illegible]

Project :	شرکت ماشین سازی پارس	BH.No:	TP-1	Depth:	1.7 m
Client :		location:	آبیک		

[illegible]

Project :	شرکت ماشین سازی پارس	BH.No:	TP-2	Depth:	1.7 m
Client :		location:	آبیک		

[illegible]

Project :	شرکت ماشین سازی پارس	BH.No:	TP-3	Depth:	1.8 m
Client :		location:	آبیک		

[illegible]

Project :	شرکت ماشین سازی پارس	BH.No:	TP-4	Depth:	1.8 m
Client :		location:	آبیک		

[illegible]

Project :	شرکت ماشین سازی پارس	BH.No:	TP-5	Depth:	1 m
Client :		location:		آبیک	

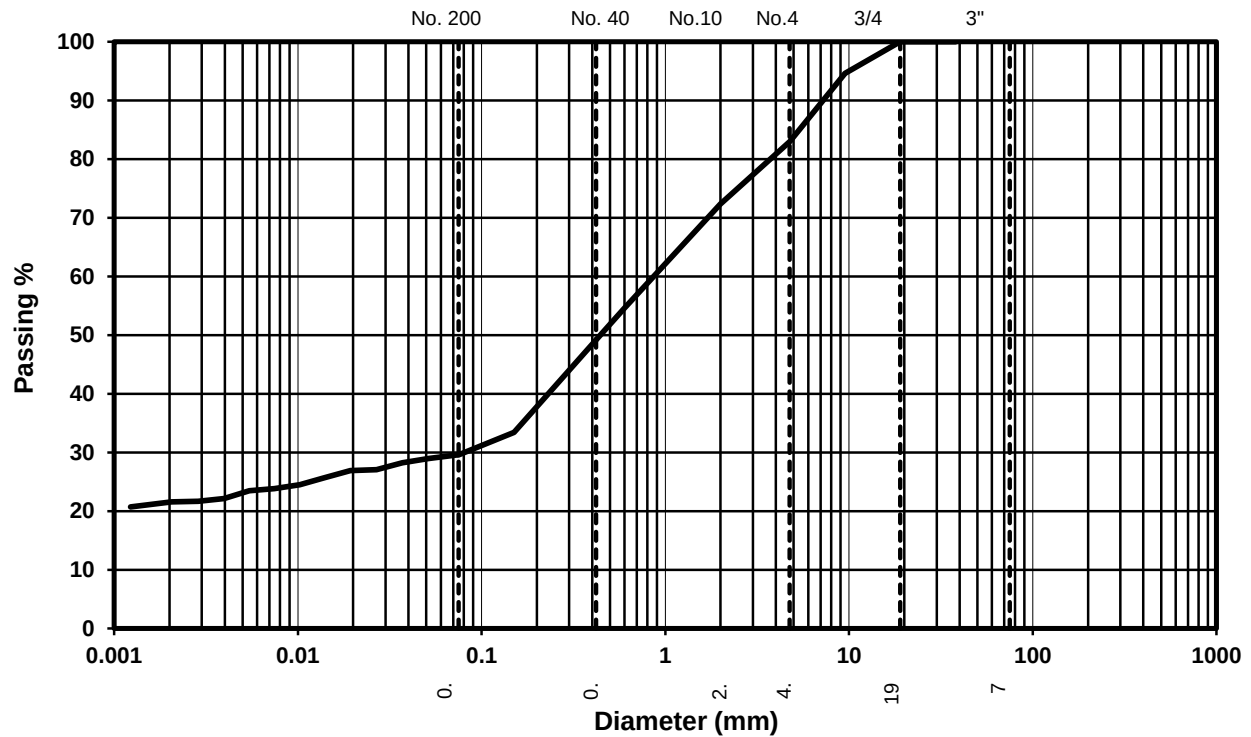
[illegible]

Particle-Size Analysis of Soil-ASTM D422

Borehole / Test Pit No.:	BH1	Project :	ماشین سازی پارس
Test date :		Location :	آبیک
Tested by :	D.Kian	Client :	



Kavosh Mahar Alborz



Fines (Silt and Clay)	Sand	Gravel
-----------------------	------	--------

Depth	Gradation								Att. Limits		Classification
	Gravel %	Sand %	Fines %	D ₁₀ mm	D ₃₀ mm	D ₆₀ mm	C _u	C _c	LL %	PI %	USCS
4m	17.03	53.38	29.59						32.0	12.0	SC

Borehole / Test Pit No.:	BH1	Project :	ماشین سازی پارس
Test date :		Location :	آبیک
Tested by :	D.Kian	Client :	

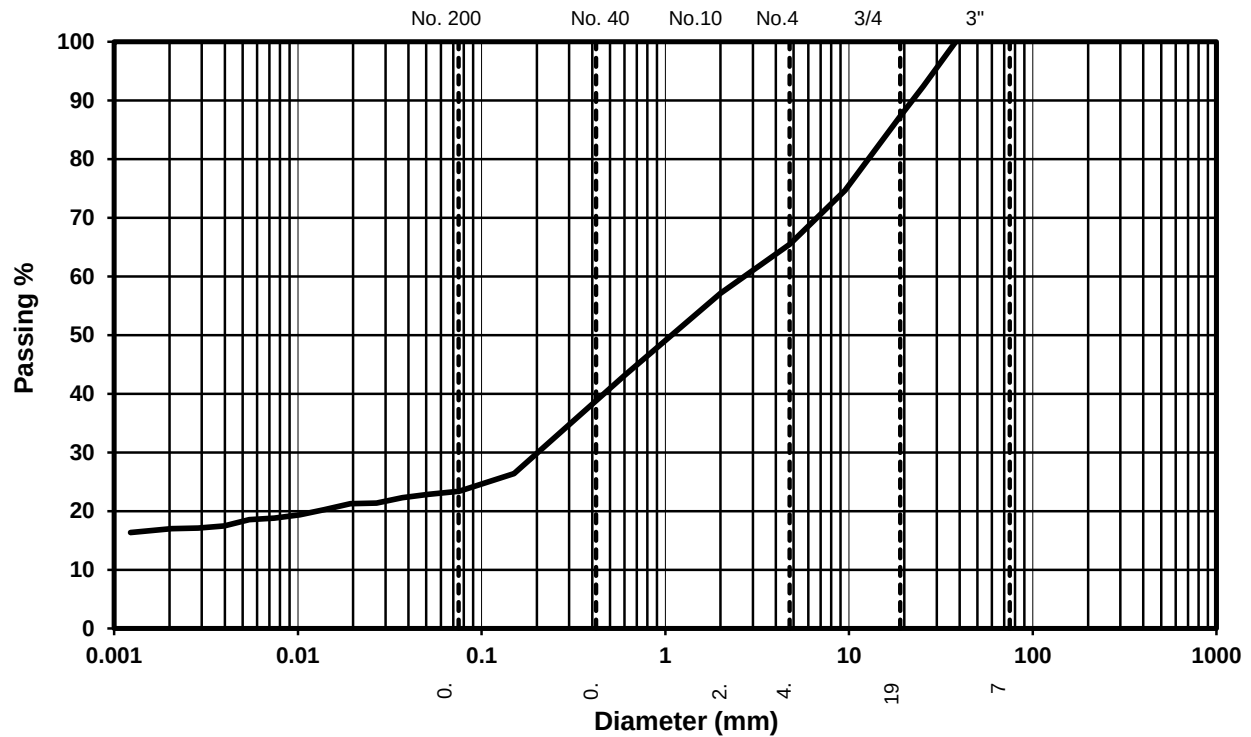
[illegible]

Particle-Size Analysis of Soil-ASTM D422

Borehole / Test Pit No.:	BH1	Project :	ماشین سازی پارس
Test date :		Location :	آبیک
Tested by :	D.Kian	Client :	



Kavosh Mahar Alborz



Fines (Silt and Clay)	Sand	Gravel
-----------------------	------	--------

Depth	Gradation								Att. Limits		Classification
	Gravel %	Sand %	Fines %	D ₁₀ mm	D ₃₀ mm	D ₆₀ mm	C _u	C _c	LL %	PI %	USCS
10m	34.50	42.14	23.36						32.0	9.0	SM

[illegible]

Borehole / Test Pit No.:	BH1	Project :	ماشین سازی پارس
Test date :		Location :	آبیک
Tested by :	D.Kian	Client :	

[illegible]

Borehole / Test Pit No.:	BH1	Project :	ماشین سازی پارس
Test date :		Location :	آبیک
Tested by :	D.Kian	Client :	

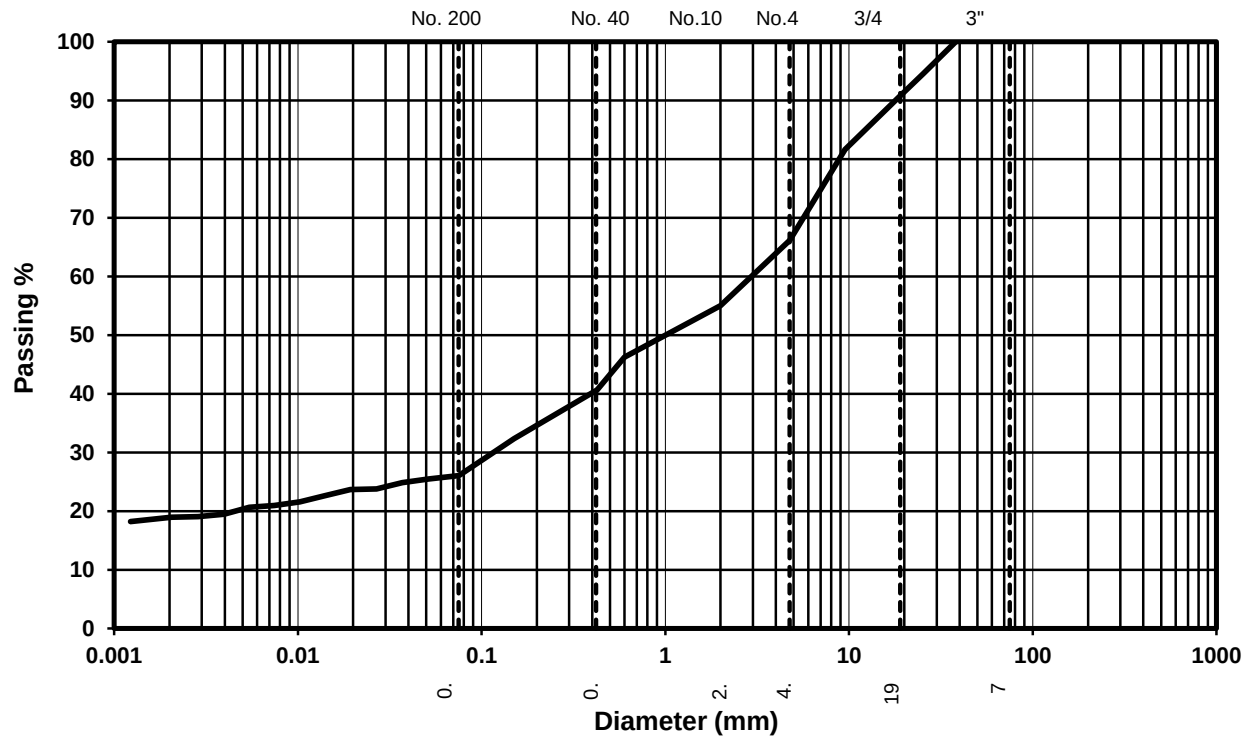
[illegible]

Particle-Size Analysis of Soil-ASTM D422

Borehole / Test Pit No.:	TP1	Project :	ماشین سازی پارس
Test date :		Location :	آبیک
Tested by :	D.Kian	Client :	



Kavosh Mahar Alborz



Fines (Silt and Clay)	Sand	Gravel
-----------------------	------	--------

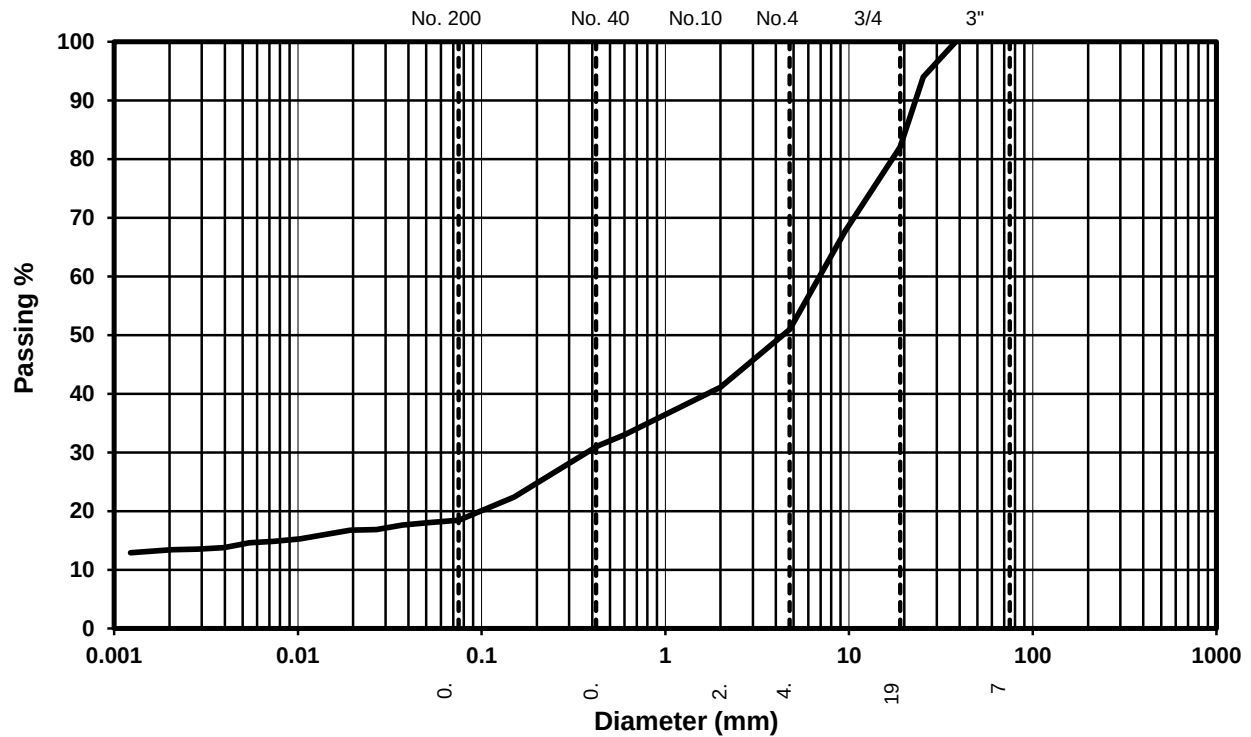
Depth	Gradation								Att. Limits		Classification
	Gravel %	Sand %	Fines %	D ₁₀ mm	D ₃₀ mm	D ₆₀ mm	C _u	C _c	LL %	PI %	USCS
1m	33.87	40.10	26.03						32.0	15.0	SC

Particle-Size Analysis of Soil-ASTM D422

Borehole / Test Pit No.:	TP2	Project :	ماشین سازی پارس
Test date :		Location :	آبیک
Tested by :	D.Kian	Client :	



Kavosh Mahar Alborz



Fines (Silt and Clay)	Sand	Gravel
-----------------------	------	--------

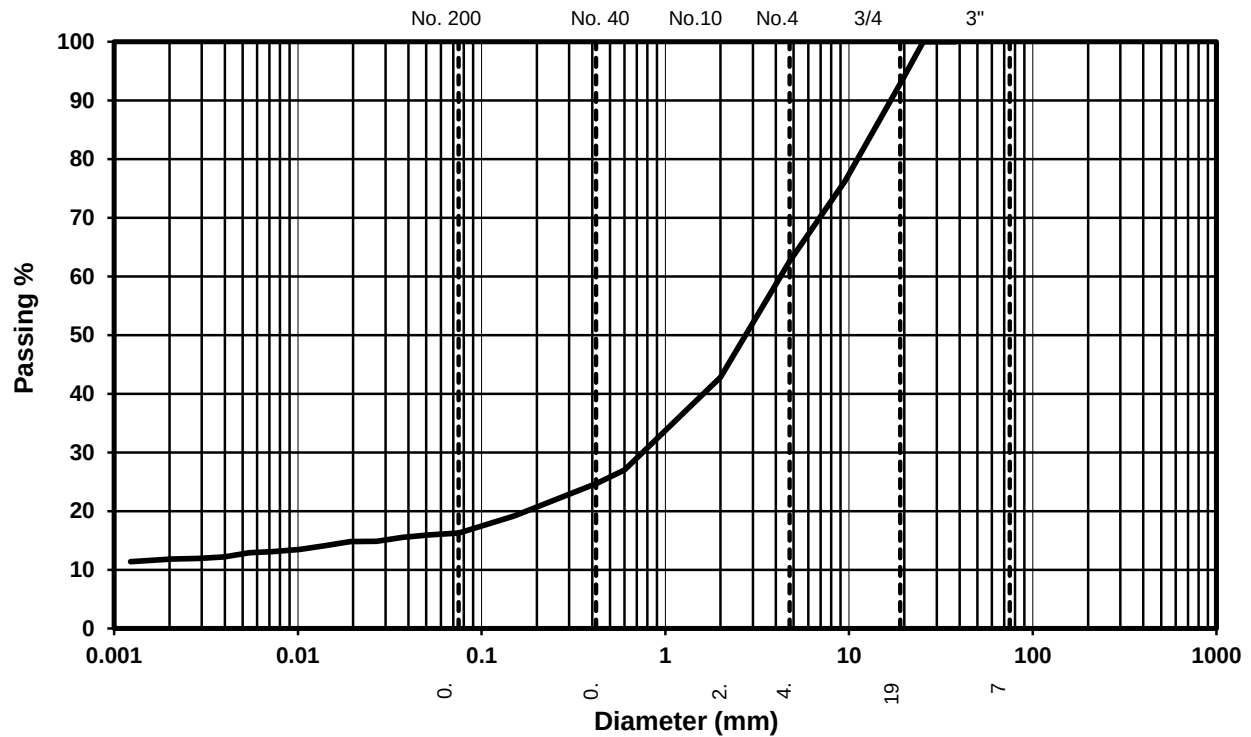
Depth	Gradation								Att. Limits		Classification
	Gravel %	Sand %	Fines %	D ₁₀ mm	D ₃₀ mm	D ₆₀ mm	C _u	C _c	LL %	PI %	USCS
1m	49.05	32.52	18.43						36.0	16.0	GC

Particle-Size Analysis of Soil-ASTM D422

Borehole / Test Pit No.:	TP3	Project :	ماشین سازی پارس
Test date :		Location :	آبیک
Tested by :	D.Kian	Client :	



Kavosh Mahar Alborz



Fines (Silt and Clay)	Sand	Gravel
-----------------------	------	--------

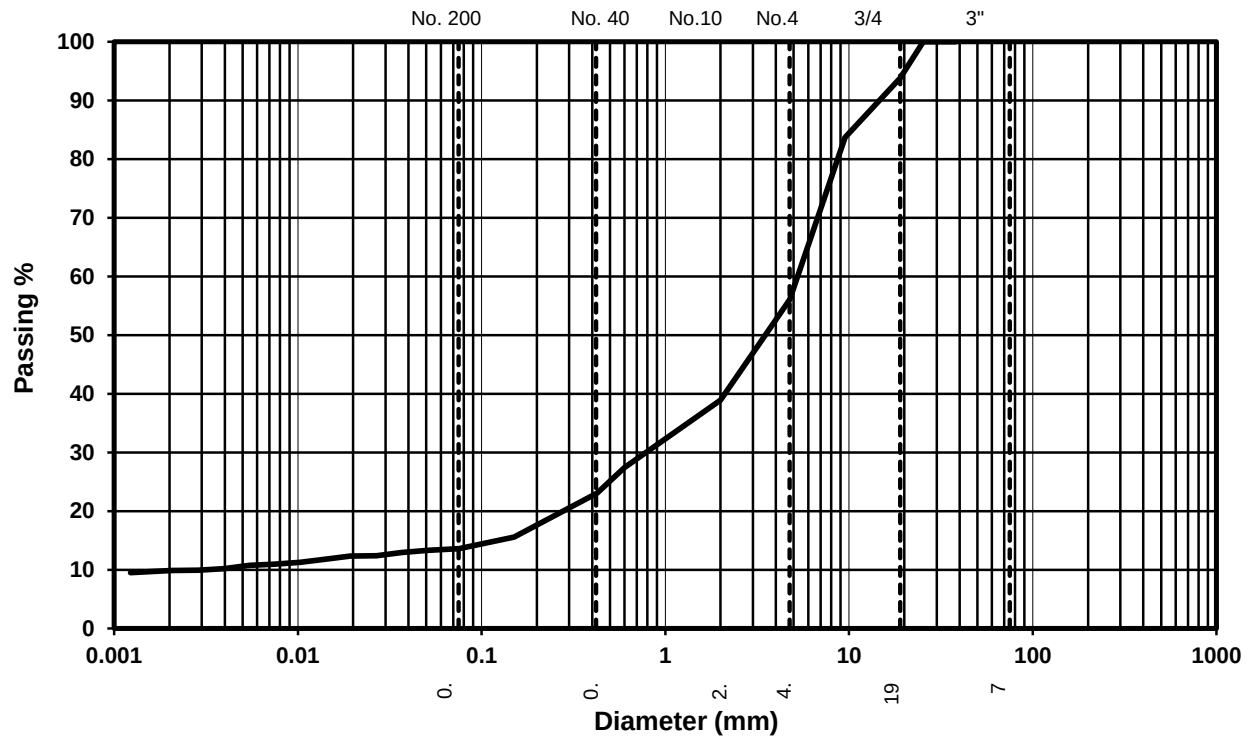
Depth	Gradation								Att. Limits		Classification
	Gravel %	Sand %	Fines %	D ₁₀ mm	D ₃₀ mm	D ₆₀ mm	C _u	C _c	LL %	PI %	USCS
1m	37.41	46.33	16.26						42.0	17.0	SC

Particle-Size Analysis of Soil-ASTM D422

Borehole / Test Pit No.:	TP5	Project :	ماشین سازی پارس
Test date :		Location :	آبیک
Tested by :	D.Kian	Client :	



Kavosh Mahar Alborz

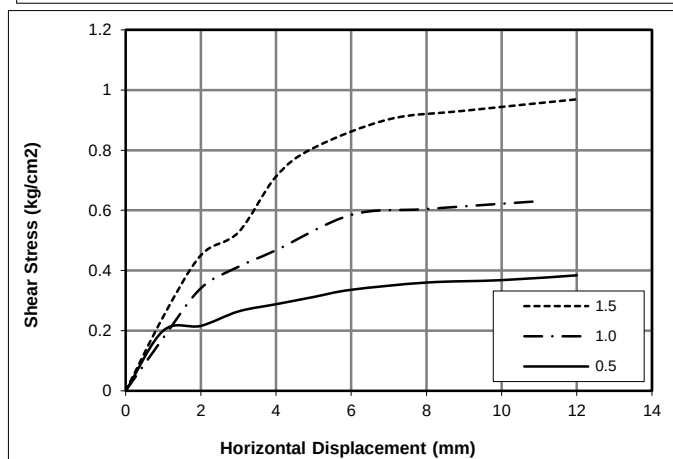
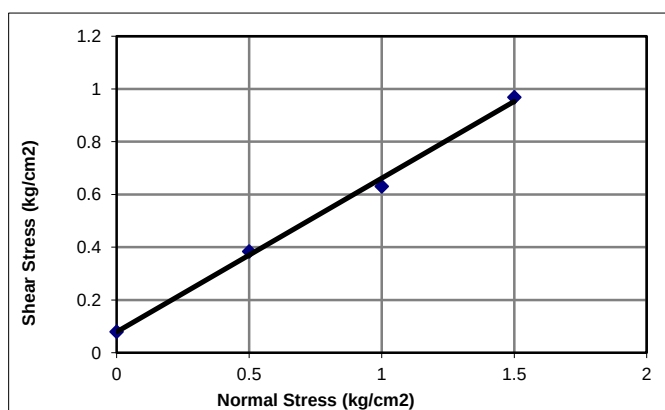


Fines (Silt and Clay)	Sand	Gravel
-----------------------	------	--------

Depth	Gradation								Att. Limits		Classification
	Gravel %	Sand %	Fines %	D ₁₀ mm	D ₃₀ mm	D ₆₀ mm	C _u	C _c	LL %	PI %	USCS
1m	43.95	42.46	13.59								GM

DIRECT SHEAR TEST DATA (ASTM D3080)

Project	ماشین سازی پارس	BH.No:	BH-1
Client		Depth (m)	5.0
Location	آبیک	Box size	30*30
		Soil Type	



Water Content w_{opt} (%)	Dry Density γ_d (gr/cm³)	Normal Stress at Failure σ_n (kg/cm²)	Shear at failure τ (kg/cm²)	Cohesion Resistance C (kg/cm²)	Angle Of friction ϕ (degree)
7.20	1.9	0.53	0.38	0.08	30
		0.95	0.63		
		1.54	0.97		

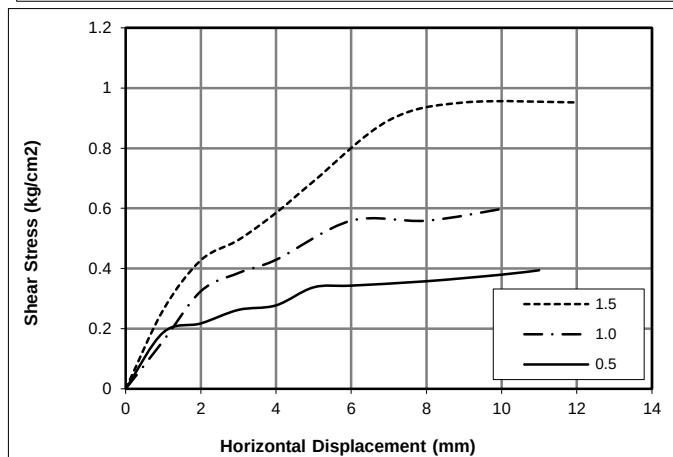
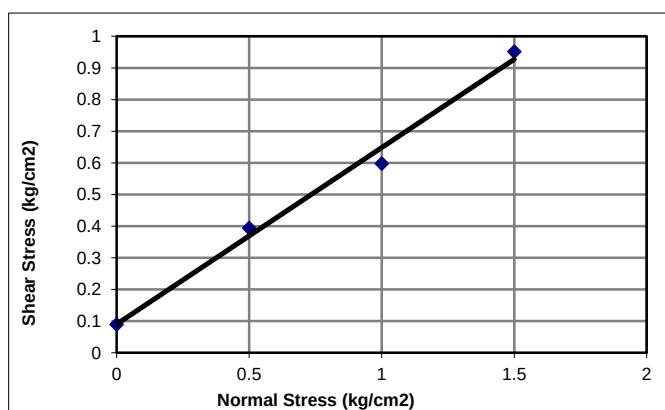
Shear rate: 0.5 (mm/min)

Sample type Remolded

test type: Slow

DIRECT SHEAR TEST DATA (ASTM D3080)

Project	ماشین سازی پارس	BH.No:	BH-1
Client		Depth (m)	10.0
Location	آبیک	Box size	30*30
		Soil Type	



Water Content w_{opt} (%)	Dry Density γ_d (gr/cm³)	Normal Stress at Failure σ_n (kg/cm²)	Shear at failure τ (kg/cm²)	Cohesion Resistance C (kg/cm²)	Angle Of friction ϕ (degree)
6.90	1.97	0.55	0.39	0.09	29
		0.92	0.60		
		1.56	0.95		

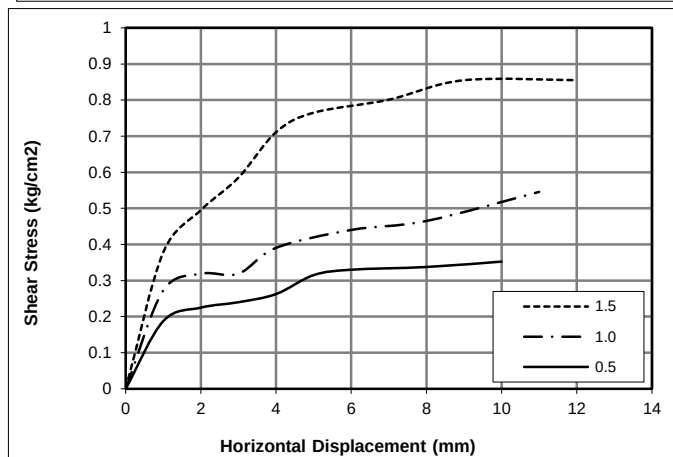
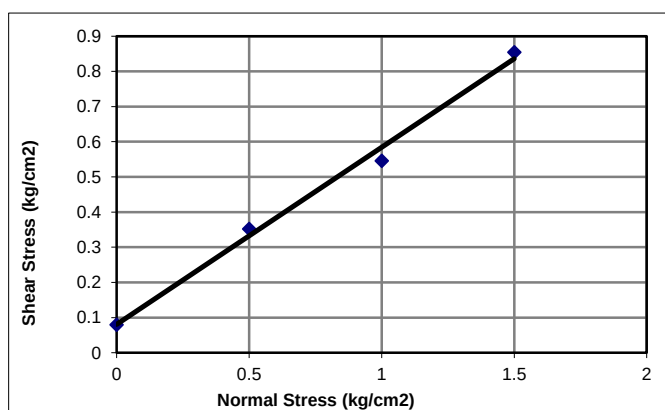
Shear rate: 0.5 (mm/min)

Sample typ Remolded

test type: Slow

DIRECT SHEAR TEST DATA (ASTM D3080)

Project	ماشین سازی پارس	BH.No:	TP-1
Client		Depth (m)	1.7
Location	آبیک	Box size	30*30
		Soil Type	



Water Content w_{opt} (%)	Dry Density γ_d (gr/cm ³)	Normal Stress 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)
8.70	1.95	0.53	0.35	0.08	27
		0.91	0.55		
		1.52	0.86		

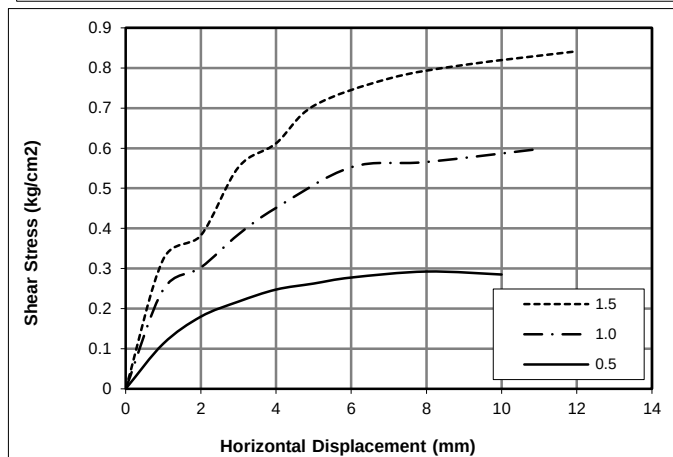
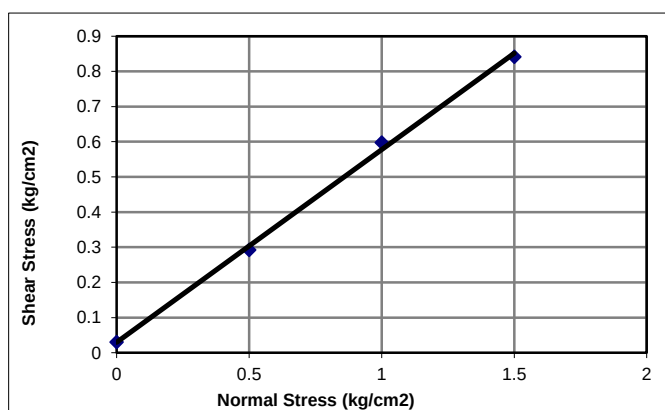
Shear rate: 0.5 (mm/min)

Sample typ Remolded

test type: Slow

DIRECT SHEAR TEST DATA (ASTM D3080)

Project	ماشین سازی پارس	BH.No:	TP-3
Client		Depth (m)	1.7
Location	آبیک	Box size	30*30
		Soil Type	



Water Content w_{opt} (%)	Dry Density γ_d (gr/cm ³)	Normal Stress 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)
7.50	1.95	0.47	0.29	0.03	29
		1.02	0.60		
		1.46	0.84		

Shear rate: 0.5 (mm/min)

Sample typ Remolded

test type: Slow

Determination Of Moisture Content						
Project name	شرکت ماشین سازی پارس		Client		شرکت ماشین سازی پارس	
Location	آبیک		Test method:		ASTM D2216	
Soil description			Date		1404-09-12	
TP-1		1 m	1.5			
Mass of wet soil +container	g	295	120.2			
Mass of dry soil + container	g	279.3	114.6			
Mass of container	g	38.2	21.3			
Mass of moisture	g	15.7	5.6			
Mass of dry soil	g	241.1	93.3			
Moisture content (ω)	%	6.51	6.00			
TP-2		1 m	1.5			
Mass of wet soil +container	g	216.1	123.2			
Mass of dry soil + container	g	207.1	115.6			
Mass of container	g	38.2	25.6			
Mass of moisture	g	9	7.6			
Mass of dry soil	g	168.9	90			
Moisture content (ω)	%	5.33	8.44			
TP-3		1 m				
Mass of wet soil +container	g	299.3				
Mass of dry soil + container	g	279.3				
Mass of container	g	42.6				
Mass of moisture	g	20				
Mass of dry soil	g	236.7				
Moisture content (ω)	%	8.45				
BH-1		3m	6.0m	10m		
Mass of wet soil +container	g	325.5	115.6	215.9		
Mass of dry soil + container	g	311.8	110.2	200.3		
Mass of container	g	35	23.5	36.2		
Mass of moisture	g	13.7	5.4	15.6		
Mass of dry soil	g	276.8	86.7	164.1		
Moisture content (ω)	%	4.95	6.23	9.51		
Operataor	Checked	Approved				
M.Mahjoubi	D.Kian	O.Naeemifar				



