

اسم شرکت

گزارش عملیات و مطالعات ژئوتکنیک

پروژه:

مقاصی:

باسمه تعالی

مطالعات ژئوتکنیک حاضر به منظور شناخت بافت زیرسطحی خاک و تعیین پارامترهای ژئوتکنیکی مورد نیاز طراحی گزارش عملیات و مطالعات ژئوتکنیک پروژه برجهای شاداب می باشد که بنا به درخواست متقاضی محترم طرح جناب آقای ، طبق تفاهم نامه فی مابین انجام گردیده است. این مطالعات شامل انجام عملیات صحرایی و آزمایشگاهی و ارائه خدمات مهندسی مورد نیاز پروژه می باشد، گزارش این مطالعات در فصل و پیوست تنظیم شده است.

صفحه	عنوان
1	فصل اول : کلیات پروژه
15	فصل دوم: عملیات صحرایی
23	فصل سوم: آزمون‌های آزمایشگاهی
27	فصل چهارم: تحلیل نتایج و توصیه‌های فنی
49	پیوست 1: تصاویر صورتجلسه و گزارش‌های حفاری روزانه
58	پیوست 2: آزمایش صحرایی دانه‌پول
74	پیوست 3: نتایج آزمون‌های آزمایشگاهی

فصل اول

(کلیات پروژه)

1-1- مقدمه، اهداف کار و کاربرد گزارش

گزارش حاضر حاوی نتایج عملیات صحرایی، آزمایش‌ها و مطالعات ژئوتکنیک پروژه برجهای شاداب می‌باشد که پیرو تفاهم نامه فی‌مابین و بنا به درخواست متقاضی محترم پروژه، تهیه و تدوین گردیده است.

بنابر اظهارات متقاضی محترم، پروژه احداث 4 برج ساختمان 22 طبقه بدون/با زیرزمین با کاربری مسکونی، تجاری، مسکونی-تجاری، آموزشی، بیمارستان می‌باشد. بنابر به اظهارات متقاضی محترم، سازه مورد احداث فاقد/دارای... طبقه زیرزمین بوده، لذا این مشاور با در نظر گرفتن تمهیدات ژئوتکنیکی و سازه‌ای، عمق متر / عمق استقرار پی بیان بشه را برای استقرار پی سازه پیشنهاد کرده و محاسبات ظرفیت باربری بر مبنای این (عمق استقرار) عمق انجام شده است.

به منظور دستیابی به مشخصات فیزیکی، شیمیایی و رفتار مکانیکی خاک و لایه‌های زمین محل پروژه، عملیات و مطالعات ژئوتکنیک مطابق با روش‌های استاندارد، به شرح ذیل ارائه گردیده و مورد بررسی قرار گرفته است:

- مشخصات، موقعیت و عمق گمانه‌های اکتشافی
- بررسی وضعیت زمین شناسی، لرزه‌خیزی و خطر سیلاب در محل پروژه بر اساس آمار و اطلاعات موجود و در دسترس
- تعیین عمق آب زیرزمینی در منطقه
- ارائه پروفیل عرضی زمین در ناحیه مذکور (محدوده گمانه‌های حفاری شده)
- توصیف و طبقه‌بندی خاک در لایه‌های مشخص شده به روش یونیفاید و ارائه لاگ گمانه
- تعیین مقاومت مجاز و نشست با توجه به نوع و ابعاد فونداسیون و ظرفیت باربری خاک زمین پروژه
- تعیین ضریب عکس‌العمل بستر برای پی گسترده و نواری (شبکه ای)
- ارائه روابط و محاسبه ضرایب رانش خاک به منظور طراحی سازه‌های حائل ($K_{ae}, K_{pe}, K_0, K_p, K_a$)
- تعیین ضرایب و پارامترهای مرتبط با زلزله مورد استفاده در محاسبات سازه‌ای و طبقه‌بندی نوع زمین با استناد به آئین نامه 2800
- بررسی استعداد روانگرایی خاک محل پروژه
- ارائه طرح بهسازی خاک

- تعیین مقادیر یون‌های سولفات، کلر و PH در خاک جهت تعیین نوع سیمان مصرفی در بتن پی و دیوار حائل

- ارائه توصیه‌ها و پیشنهادات فنی لازم با توجه به نوع پروژه، فونداسیون سازه و خصوصیات مکانیکی خاک محل پروژه

لازم به ذکر است گزارش حاضر در قالب مطالعات متداول ژئوتکنیکی تهیه شده است؛ در صورت نیاز به

بررسی سایر موارد، درخواست مطالعات تکمیلی توسط متقاضی محترم به این مشاور، اعلام گردد.

1-2- موقعیت جغرافیایی محل پروژه

منطقه مورد مطالعه، از نظر تقسیمات کشوری در استان و شهرستان واقع گردیده است. موقعیت قرارگیری پروژه در شکل 1-1 نمایش داده شده است.

شکل 1-1- موقعیت جغرافیایی محل مورد مطالعه در تصویر ماهواره‌ای

1-3- اطلاعات جغرافیایی و وضعیت زمین‌شناسی استان

1-3-1- حدود جغرافیایی و کلیات

فصل دوم

(عملیات صحرائی)

2-1- مقدمه

جهت شناسایی لایه‌های زیرسطحی، با توجه به مساحت زمین و تعداد طبقات ساختمان و بنا به درخواست متقاضی محترم پروژه، حفر ... گمانه ماشینی به عمق‌های و متر به روش در دستور کار قرار گرفت. همزمان با عملیات حفاری گمانه‌ها، نمونه‌گیری از لایه‌های مختلف و آزمون‌های صحرایی صورت گرفته که در این فصل به تشریح و تحلیل نتایج آن‌ها پرداخته شده است.

2-2- حفاری ماشینی/دستی (حفاری ماشینی و دستی) گمانه‌ها

در راستای مطالعات حاضر و به منظور شناسایی لایه‌های زیرسطحی، بنا به درخواست متقاضی محترم طرح در محدوده پروژه ، گمانه ماشینی به روش و با دستگاه حفاری گردید. مشخصات گمانه‌ها، شامل مختصات جغرافیایی، ضخامت خاک دستی یا نابرجا، سطح آب زیرزمینی و عمق گمانه‌های حفاری شده در جدول 1-2، قابل مشاهده است. در شکل 1-2 موقعیت گمانه‌های اکتشافی و تصویری از عملیات حفاری آن‌ها، نمایش داده شده است. همچنین جدول 1-2 خلاصه و گزارشی اطلاعات به دست آمده از این گمانه‌ها را ارائه می‌کند.

1-2- مختصات گمانه‌های حفاری شده در محل پروژه

Block A	NO.BH	Depth(m)	Dts(m)	W.L	X(m)	Y(m)	Z(m)
1	BH-1	30	1.5	-			
2	BH-2	15	1.0	-			
3	BH-3	15	1.2	-			

2-1- تصویر موقعیت گمانه‌های اکتشافی

2-3- سطح آب زیرزمینی

با توجه به بررسی‌های بعمل آمده و حفاری‌های انجام شده در گمانه‌های موجود، به سطح آب زیرزمینی برخورد نگردید. / عمق آب در صورت برخورد به سطح آب اینجا گزارش شود.

2-4- نمونه‌برداری (ASTM-D3550)

هدف اصلی از نمونه‌برداری، انجام آزمایش‌های لازم برای طبقه‌بندی خاک و تعیین خصوصیات مکانیکی، فیزیکی و شیمیایی آن در گمانه‌های حفاری شده می‌باشد. نمونه‌های اخذ شده از محل پروژه با رعایت شرایط نگهداری مطابق استاندارد، جهت انجام آزمون‌های مختلف به آزمایشگاه ارسال گردیده است. لازم به ذکر است، با توجه به جنس لایه‌های زمین و روش حفاری، نمونه‌های لازم جهت انجام آزمون‌های آزمایشگاهی، استخراج گردید.

BH-1

عمق (m)	نوع	طبقه بندی متحده / AASHTO	توصیف
1	Disturbed	GMA-7-5(8)	
2	Disturbed	SMA-4(0)	
3	Disturbed	SCA-2-6(0)	
4	Disturbed	SCA-2-6(1)	
5	Disturbed	SCA-2-6(0)	
6	Disturbed	SCA-2-4(0)	
7	Shelby / U4	CL-MLA-4(1)	
8	Disturbed	SCA-2-6(0)	
9	Disturbed	SW-SCA-2-6(0)	
10	Undisturbed	CLA-4(3)	
12	Disturbed	MLA-7-6(8)	

BH-2

عمق (m)	نوع	طبقه بندی متحده / AASHTO	توصیف
1.50	Disturbed	SPA-2-7(0)	
2.40	Shelby / U4	MLA-7-6(8)	organic silt
3.60	Disturbed	GMA-7-5(8)	
4.20	Disturbed	(N/A)	
6.30	Disturbed	SC-SMA-2-4(0)	

	(N/A)	Disturbed	8.50
BH-3			
عمق (m)	نوع	طبقه بندی متحده / AASHTO	توصیف
1.50	Shelby / U4	CLA-6(5)	
3	Disturbed	SCA-2-6(0)	
4.50	Disturbed	GW-GCA-2-4(0)	
6	Disturbed	GW-GCA-2-4(0)	
7.50	Disturbed	GCA-2-4(0)	
BH-4			
عمق (m)	نوع	طبقه بندی متحده / AASHTO	توصیف
2	Disturbed	GCA-2-4(0)	
4	Shelby / U4	CLA-4(3)	
6	Disturbed	SCA-2-4(0)	
8	Disturbed	GWA-2-4(0)	
10	Disturbed	SC-SMA-2-4(0)	
TP-1			
عمق (m)	نوع	طبقه بندی متحده / AASHTO	توصیف
2	Disturbed	SCA-2-6(0)	
4	Core Cutter	CLA-6(4)	
6	Disturbed	SCA-2-4(0)	
8	Disturbed	GWA-2-4(0)	
10	Disturbed	SC-SMA-2-4(0)	

2-5- آزمایش ضربه و نفوذ استاندارد (ASTM-D1586)

به منظور ارزیابی وضعیت تراکم نسبی و استحکام لایه های زیرسطحی در گمانه های ماشینی آزمایش نفوذ استاندارد (SPT¹) بر اساس نشریه 224 سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور و استاندارد مربوطه انجام شده است.

در این آزمایش، تعداد ضربات لازم برای نفوذ 30 سانتی متر (15 سانتی متر دوم و سوم) از 45 سانتی متر نمونه گیر استاندارد، حاصل از سقوط چکش 63/5 کیلوگرمی از ارتفاع 76 سانتی متری شمارش و ثبت می گردد.

¹ Standard Penetration Test

نتایج این آزمون صحرایی، بیانگر میزان استحکام (Consistency) لایه‌های چسبنده و تراکم نسبی (Relative Density) لایه‌های غیر چسبنده است. در جدول‌های 2-2 و 3-2 به ترتیب توصیف متناظر عدد SPT برای خاک‌های درشت دانه و ریزدانه (BS: 5930)، ارائه شده است.

2-2- عدد SPT و توصیف متناظر آن برای خاک‌های درشت دانه (BS: 5930)

SPT value	Description	Friction Angle (Degree)	Relative Denisity (%)
0-4	Very Loose	<30	>15
4-10	Loose	30-32	15-35
10-30	Medium Dense	32-35	35-65
30-50	Dense	35-38	65-85
>50	Very Dense	>38	85-100

3-2- مقادیر عدد SPT و توصیف متناظر آن برای خاک‌های ریزدانه (BS: 5930)

SPT Value	Description	kPa مقاومت تک محوری
<2	very soft	25<
2-4	soft	25-50
4-8	Medium Stiff	50-100
8-15	stiff	100-200
15-30	very stiff	200-400
>30	Hard	400<

مقادیر عدد Nspt 60 و توصیف متناظر آنها برای خاکهای دانه ای به همراه زاویه اصطکاک داخلی

N spt	Nspt60	توصیف تراکم خاک Desnity	گاما kN/m ³	Dr (%)	زاویه اصطکاک داخلی
0-5	0-3	خیلی سست	11-13	0-15	26-28
5-10	3-8	سست	14-16	15-35	28-35
10-30	9-25	متوسط	17-19	35-65	35-38

38-45	65-85	20-21	متراکم	26-45	30-50
>45	>85	21-23	خیلی متراکم	>45	>50

مقادیر عدد **Nspt 60** و توصیف متناظر آنها برای خاکهای چسبنده به همراه مقاومت فشاری تک محوری

C u (kPa)	توصیف خاک Consistency	Nspt60
10>	خیلی نرم	0-2
10-25	نرم	3-5
25-50	متوسط	6-9
50-100	سفت	10-15
100-200	خیلی سفت	16-30
>200	Hard	>30

در برخی موارد، نفوذ در تعداد ضربات مشخص وجود نداشته یا کم می باشد. این وضعیت حاکی از پس زدگی

خاک بوده و به آن حالت **Refusal** گفته شده و به موارد ذیل اطلاق می گردد:

- تعداد ضربات برای هریک از سه فاصله 15 سانتی متر نفوذ، 50 ضربه شود.
- مجموع تعداد ضربات برای نفوذ 45 سانتی متر، 100 ضربه شود.
- بعد از 10 ضربه پیاپی چکش بر نمونه گیر هیچ گونه نفوذی مشاهده نشود.
- نمونه گیر، 45 سانتی متر نفوذ نماید.

در هر یک از این حالت ها، آزمایش متوقف شده و تعداد ضربات به همراه عمق نفوذ ثبت می شود.

با توجه به سهولت و فراگیر بودن آزمایش نفوذ استاندارد در پروژه های ژئوتکنیک، به منظور همسان نمودن

اثر روش ها و دستگاه های مختلف حفاری مورد استفاده در انجام آزمایش نفوذ استاندارد (SPT)، برخی از

محققین و آیین نامه های معتبر، ضرائب اصلاح و اصلاحاتی برای نتایج آزمون نفوذ استاندارد معرفی کرده اند؛

لذا، کاربرد ضرائب اصلاحی مناسب برای تفسیر نتایج باید مورد توجه قرار گیرد. در واقع این اصلاحات می تواند

تا حدودی از تاثیرات برخی از نواقص عمده آزمون نفوذ استاندارد بکااهد. به طور کلی اعداد بدست آمده از آزمایش نفوذ استاندارد می‌بایست با توجه به اثرسربار، انرژی وارده، طول میل و روش نمونه گیری و قطر گمانه، با استفاده از رابطه‌های 1-2 و 2-2، اصلاح گردند.

$$N_{60} = \frac{N \times C_r \times C_s \times C_b \times E_m}{0.6} \quad \text{رابطه (1-2)}$$

$$(N_1)_{60} = N_{60} \times C_n \quad \text{رابطه (2-2)}$$

پارامترهای ارائه شده در این روابط عبارتند از:

E_m : ضریب بازدهی چکش

C_b : ضریب اصلاح قطر گمانه

C_s : ضریب اصلاح نمونه گیر

C_r : ضریب اصلاح طول میل

C_n : ضریب اصلاح سربار

N : عدد خام آزمون SPT در محل

نتایج آزمون نفوذ استاندارد در لاگ گمانه‌ها (پیوست 3) و در جدول 2-4 ارائه شده است.

بر اساس نتایج حاصله، در محدوده پروژه ...، در محدوده گمانه‌های حفاری شده، از عمق 1/0 الی حداکثر

1/5 متری به خاک هوازده و نابرجا و دستی برخورد شده است که مطابق مقررات ملی ساختمان باید از هر گونه

بارگذاری روی خاک دستی اجتناب کرده و اقدامات لازم جهت برداشت لایه خاک دستی صورت گیرد.

همچنین براساس نتایج آزمایش SPT در محل گمانه‌ها، وضعیت تراکمی لایه‌های خاک مورد مطالعه، در

رده تراکم متوسط در اعماق سطحی و متراکم در لایه‌های تحتانی، می‌باشد.

جدول آماری تعداد نمونه های و آزمایشهای SPT

2-4- نتایج آزمایش نفوذ استاندارد (عدد SPT) در گمانه‌های اکتشافی

[illegible]

[illegible]

در امواج تراکمی یا طولی (Longitudinal) جهت حرکت ذره در جهت انتشار موج است. در امواج برشی یا عرضی (Shear) حرکت ذره عمود بر جهت انتشار موج است. با در دست داشتن سرعت امواج تراکمی و سرعت امواج برشی و همچنین چگالی محیط انتشار می‌توان مدولهای دینامیکی لایه‌های خاک را محاسبه نمود. انرژی لازم برای تولید امواج تراکمی (P)، ضربه قائم چکش بر یک صفحه بوده است. برای تولید امواج برشی یا (S) از ضربه پتک به دو سر یک الوار مخصوص تولید امواج برشی که عمود بر خط واصل بین وسط الوار و مرکز دهانه گمانه قرار داده می‌شد، استفاده می‌شود. چون در روش‌های لرزه‌ای درون گمانه‌ای امواج به صورت تقریباً مستقیم از چشمه به گیرنده می‌رسند بنابراین از دقت بیشتری نسبت به روش‌های سطحی برخوردار هستند. با توجه به موقعیت فرستنده و گیرنده روش‌های درون گمانه‌ای خود به روش‌های زیر تقسیم می‌شوند:

الف - روش سطح به عمق (Down-hole): در این روش معمولاً چشمه لرزه‌ای در سطح و در نزدیکی دهانه گمانه و گیرنده امواج در داخل، تمام طول گمانه را جاروب می‌کند. از این روش در محل‌هایی که نوفه (Noise) وجود دارد، استفاده می‌شود، زیرا با رفتن گیرنده به عمق از دامنه نوفه دریافتی توسط آن کاسته شده و بر کیفیت نگاشت‌ها افزوده می‌شود. شمایی از انجام عملیات لرزه‌ای سطح به عمق در شکل 2 نشان داده شده است.

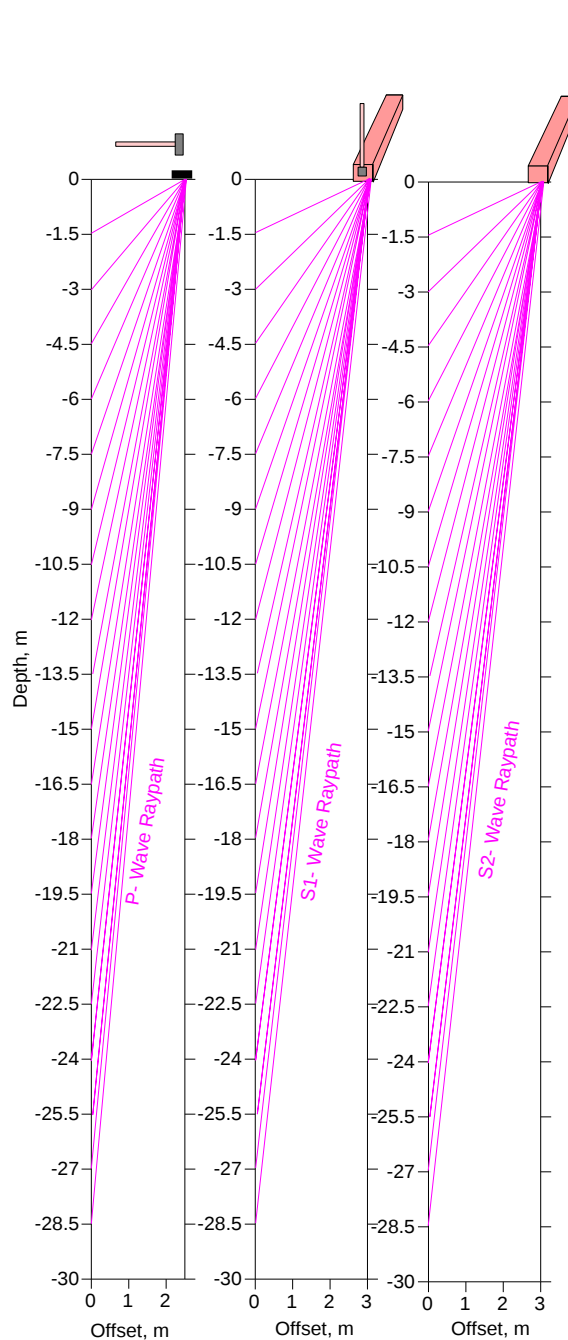
ب - روش عمق به سطح (Up-hole): در این روش معمولاً گیرنده امواج در سطح و نزدیک دهانه گمانه و چشمه لرزه‌ای در داخل گمانه، تمام طول گمانه را جاروب می‌کند. در این روش به دلیل این که گیرنده در سطح قرار می‌گیرد، بنابراین کنترل بیشتری روی آن وجود دارد. در صورتی که این کنترل در روش درون گمانه‌ای سطح به عمق با تلاش و صرف زمان زیادتری به دست می‌آید.

ج - روش چاه پیمایی (logging): در این روش معمولاً چشمه لرزه‌ای و گیرنده امواج هر دو در داخل گمانه در دو عمق مختلف قرار می‌گیرند. به دلیل فاصله کم این روش، امواج مسیر مستقیم را طی می‌کنند. بنابراین سرعت‌های به دست آمده در این روش نسبت به روش‌های دیگر از دقت بالاتری برخوردار هستند.

د - روش پروفیل قائم لرزه‌ای (Vertical Seismic Profiling): این روش شبیه روش سطح به عمق (Down-hole) است با این تفاوت که چشمه لرزه‌ای در فاصله‌های مختلفی از دهانه گمانه قرار می‌گیرد. در این روش سرعت میانگین لایه‌ها در فاصله میان فرستنده و گیرنده به دست می‌آید. به این ترتیب هنگامی که گیرنده امواج لرزه‌ای را به تدریج از سطح به عمق در اعماق مختلف مستقر می‌کنیم، لایه‌های موجود را می‌توان به صورت جداگانه اندازه‌گیری کرد.

آزمایش لرزه‌ای درون گمانه‌ای (استاندارد ASTM D 7400-08) در گمانه به عمق 30 متر و یا بیشتر انجام می‌شود و با اندازه‌گیری مستقیم سرعت موج فشارشی و برشی، خواص سختی خاک را بررسی می‌کند. هدف عمده این آزمایش دست یافتن به خواص الاستیک محیط مورد آزمایش مانند نسبت پواسون و و مدول یانگ است. با استفاده از سیستم تریگری (Trigger)، امواج سطحی و برشی تولید شده در سطح زمین توسط گیرنده سه مولفه‌ای درون گمانه دریافت می‌شود. با تکرار آزمایش در اعماق مختلف و بر اساس زمان رسید امواج لرزه‌ای در هر عمق می‌توان سرعت این امواج را محاسبه نمود. با توجه به ماهیت امواج لرزه‌ای ایجاد شده، سرعت‌های محاسبه شده در کرنش‌های پایین ($<10-4\%$) و سختی بالا محاسبه می‌شوند. همچنین از

سرعت‌های محاسبه شده برای توصیف مقطع چینه‌شناسی استفاده می‌شود. سیمایی از عملیات درون گمانه‌ای در شکل 2 نمایش داده شده است.



شکل 2- شمای کلی مطالعات لرزه ای درون گمانه‌های (a موج P، b و c موج S)

جهت ایجاد امواج فشارشی، چشمه‌هایی مانند انفجار، تفنگ هوا و ضربه پتک قابل قبول هستند. برای تولید امواج برشی قابل قبول، چشمه لرزه‌ای باید امواج برشی عمود بر محور عرضی گمانه ایجاد کند. با استفاده از ضربه پتک 10-15 کیلوگرمی بر دو طرف میز آهنی و یا الوار چوبی در ابعاد مناسب می‌توان امواج برشی با

پلاریته‌های معکوس ایجاد نمود. به طور کلی این چشمه‌ها باید تکرارپذیر و برگشت پذیر باشند. در مطالعات لرزه‌ای درون گمانه‌ای، گیرنده‌ها داخل یک محفظه استوانه‌ای شکل، درون گمانه قرار می‌گیرند. گیرنده‌ها شامل سه ژئوفون با فرکانس طبیعی و حساسیت مطلوب برای شناسایی قطار موج هستند و چینش آن‌ها به نحوی است که امواج برشی و فشارشی را به خوبی دریافت کنند. جهت انجام این مطالعات از وسایل و تجهیزات زیر استفاده شده است:

الف - دستگاه لرزه‌نگار MAE ST6 6 Ch

ب - ژئوفون سه مولفه‌ای درون گمانه‌ای

ج - پتک، میز مخصوص تولید امواج برشی و ورق برای تولید امواج تراکمی

د - لپ تاپ

شمایی از تجهیزات مورد استفاده در طی این آزمایش، در شکل 3 نمایش داده شده اند.

شکل 3- نمایی از تجهیزات مورد استفاده در آزمایش دانهول

3- حدود مقادیر سرعت امواج مصالح مختلف و پارامترهای دینامیکی

سرعت امواج فشارشی و برشی مستقیماً در ارتباط با خواص الاستیک ژئوتکنیک مهم نسبت پواسون، مدول برشی، مدل حجمی و مدول یانگ می‌باشد. مقطع‌های دقیق سرعت موج برشی و فشارشی از ضروریات طراحی پی است. این پارامترها در آنالیز رفتار خاک تحت فشارهای دینامیک و استاتیک مورد استفاده قرار می‌گیرند. اهمیت دیگر تخمین سرعت موج برشی در طراحی‌های ژئوتکنیک مربوط به ارزیابی شرایط روانگرایی خاک می‌باشد. در جدول شماره 1 سرعت موج برشی در برخی از مواد و مقایسه آن‌ها نمایش داده شده است. روابط بین خواص دینامیک خاک و سیالات در جدول 2 نمایش داده شده است.

جدول 1- سرعت تقریبی امواج طولی و برشی در برخی از مواد

نوع ماده	وزن مخصوص (gram/cm ³)	VP (m/s)	Vs (m/s)
آب	1.0	1500	-
ماسه و گراول	1.5 - 2.0	500 - 1900	300 - 900
سیلت و رس	1.3 - 1.7	300 - 1900	100 - 500
مارن	1.3 - 1.7	300 - 1900	100 - 500
گچ	1.8 - 2.2	1700 - 3000	600 - 1500

آهک توده‌ای	2.5 – 2.7	3000 - 6500	1500 – 3500
گرانیت هوازده	2.0 – 2.7	1000 - 3000	500 – 1500
گرانیت توده‌ای	2.6 – 2.8	3000 - 6000	1500 – 3000
سنگهای اسلیتی	2.7	5000 - 7000	3000 – 3800

جدول 2- روابط بین پارامترهای دینامیکی، سرعت امواج طولی، عرضی و دانسیته

سیالات	جامدات	پارامتر دینامیکی
0.5	$\nu = \frac{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 2}{2\left[\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 1\right]}$	Poisson's ratio
∞	$\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 = \frac{2 - 2\nu}{1 - 2\nu}$	Wave velocity ratio
0	$G = \rho \cdot V_s^2$	Shear modulus
0	$E = 2G(1 + \nu)$	Young's modulus
ρV_p^2	$K = \frac{1}{3} \cdot \frac{E}{1 - 2\nu}$	Bulk modulus

در جدول فوق، ρ دانسیته، V_p سرعت موج طولی و V_s سرعت موج عرضی است. مقدار تقریبی نسبت پواسون برای سنگ‌های آذرین 0/25، سنگهای رسوبی 0/33 و خاک 0/25 تا 0/49 می‌باشد.

4- آیین‌نامه‌های مورد استفاده

در تقسیم‌بندی لایه‌های زمین با توجه به سرعت متوسط موج برشی تا عمق 30 متری، دو آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (استاندارد شماره 2800) و آیین‌نامه IBC 2006 وجود دارد. در این دو آیین‌نامه سرعت متوسط موج برشی از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

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

جدول 3- تقسیم بندی انواع ساختگاه ها از نظر نوع خاک و سنگ بر اساس استاندارد 2800

نوع زمین	توصیف لایه بندی زمین	پارامترها		
		$\bar{C}_u \text{ (kPa)}$	$\bar{N}_{1(60)}$	$\bar{V}_s \text{ (m/s)}$
I	سنگ و شبه سنگ، شامل سنگ های آذرین، دگرگونی و رسوبی و خاک سیمانته بسیار محکم با حداکثر 5 متر مصالح ضعیفتر تا سطح زمین.	-	-	>750
II	خاک خیلی متراکم یا سنگ سست، شامل شن و ماسه خیلی متراکم، رس بسیار سخت با ضخامت بیشتر از 30 متر که مشخصات مکانیکی 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	375-750
III	خاک متراکم تا متوسط، شامل شن و ماسه متراکم تا متوسط یا رس های سخت با ضخامت بیشتر از 30 متر.	70-250	15-50	175-375
IV	خاک متوسط تا نرم، لایه های خاک غیر چسبنده یا با کمی خاک چسبنده با تراکم متوسط تا کم، لایه های خاک کاملاً چسبنده نرم تا محکم.	<70	<15	<175

جدول 4- تقسیم بندی انواع ساختگاه ها از نظر نوع خاک و سنگ بر اساس این نام 2006 IBC

Su: average undrained shear strength of soil in top 100 ft. (30 m)

Site Class	Soil profile No.	Vs, 100 ft. (30 m)	N SPT (Blows/ft.)	Su psf
A	Hard Rock	> 5000 ft./sec (> 1500 m/sec)	N/A	N/A
B	Rock	2500 to 5000 ft./sec (760 to 1500 m/sec)	N/A	N/A
C	Verydense soil or soft rock	1200 to 2500 ft./sec (360 to 760 m/sec)	N> 50	$Su \geq 2000$
D	Stiff soil	600 to 1200 ft./sec (180 to 360 m/sec)	$15 < N < 50$	$1000 \leq Su \leq 2000$
E	Soft soil	< 600 ft./sec	$N < 15$	$Su \leq 1000$
E	--	Any profile with more than 10 ft. of soil having one or more following characteristic: 1-plasticity index ≥ 20 2- moisture content $W \geq 40\%$ 3- undrained shear strength ≤ 500 psf		
F	--	Any profile containing soils having one or more following characteristic: 1- Soils vulnerable to potential failure under seismic loading such as liquefiable soils, quick and highly sensitivity clays, collapsible weakly cemented soils 2- Peats and/or highly sensitivity clays (H>10 ft. of peat and/or highly organic clay 3- Very highly plasticity clays (H >25 ft. With plasticity index $PI > 75$ 4- Very thick soft/ medium stiff clays (H >120 ft.)		

N/A: Not applicable

N: average standard penetration test in top 100 ft. (30 m)

H: thickness of soil ft.

VS: average shear velocity of soil in top 100 ft. (30 m)

1000 psf=47.9 kPa

5- نتایج مطالعات لرزه‌ای

عملیات آزمون لرزه‌ای به روش سطح به عمق (Downhole) در گمانه انجام شده است. مشخصات این

گمانه در جدول 5 آورده شده است.

جدول 5- مشخصات گمانه مورد مطالعه

نام گمانه	عمق (m)	X	Y	زون
BH				

در هر گمانه برای تعیین سرعت امواج تراکمی، چشمه لرزه‌ای موج P (ضربه قائم پتک بر روی ورق مخصوص) در فاصله 1/5 از دهانه گمانه‌ها قرار داده شد و گیرنده امواج، تمام عمق مفید گمانه، از سطح تا عمق مورد نظر را جاروب کرد.

جهت تعیین سرعت امواج برشی، چشمه لرزه‌ای موج S (ضربه افقی پتک بر ورق فلزی یا الوار چوبی) در فاصله 1/5 متری از دهانه گمانه‌ها قرار داده شد و گیرنده امواج (ژئوفون درون گمانه‌ای) تمام عمق مفید گمانه از سطح تا عمق مورد نظر را جاروب کرده است. در ادامه نتایج آزمون لرزه‌ای انجام شده در گمانه‌های مورد مطالعه ارائه شده است.

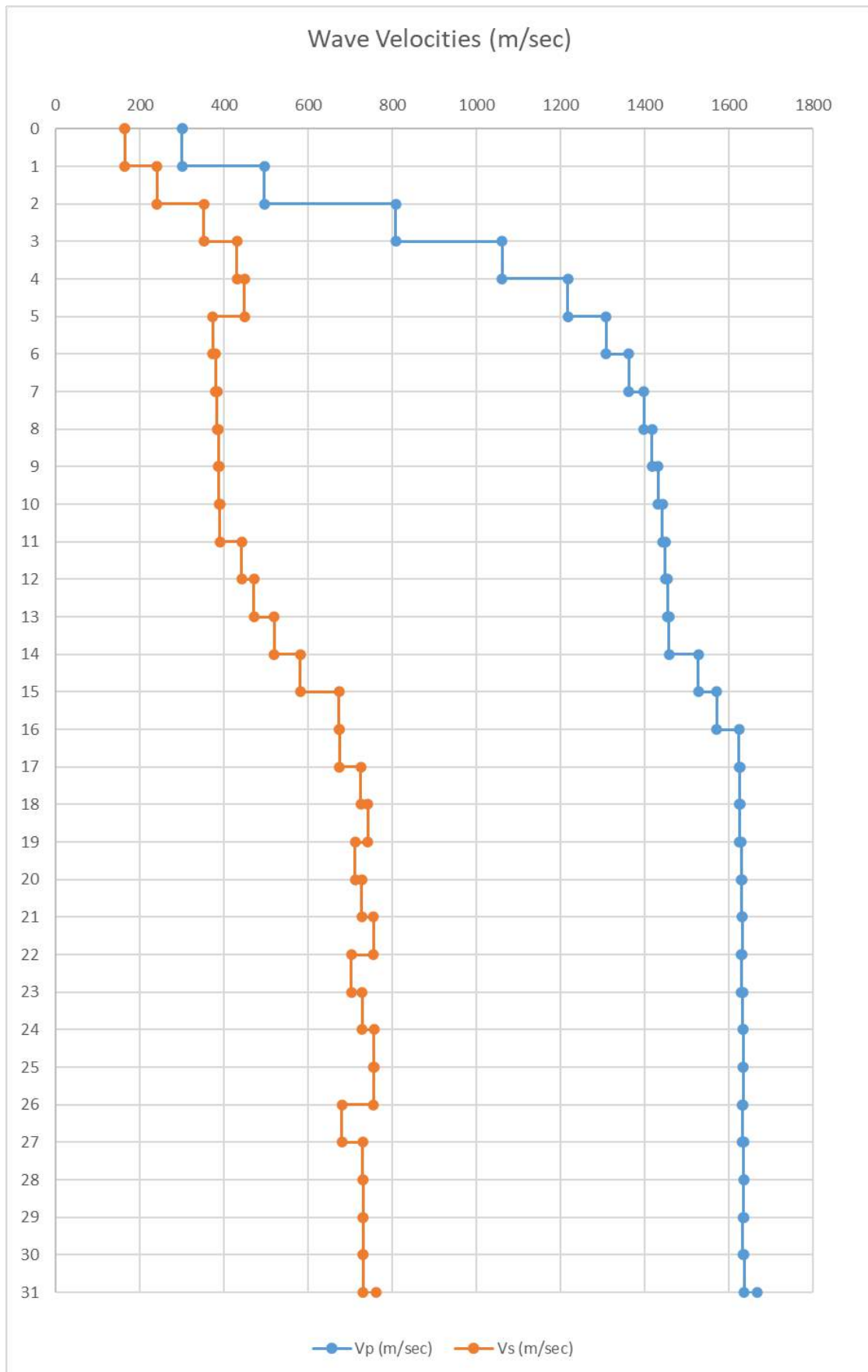
1-5- نتایج آزمون لرزه‌ای در گمانه BH1

در این مرحله زمان اولین رسیدهای موج از روی لرزه نگاشت‌ها قرائت شده و بر حسب عمق مرتب می‌گردد. این کار برای نگاشت‌های امواج طولی و عرضی بصورت جداگانه انجام می‌گیرد. از آنجا که امواج طولی بیشترین سرعت انتشار را دارد، اولین رسیدها همواره مربوط به این موج بوده و در نتیجه ردیابی آن آسان است. برای ردیابی زمان‌های رسید موج برشی از لرزه نگاشت‌های مربوط به مؤلفه‌های افقی حسگر استفاده می‌شود. تشخیص اولین رسیدهای موج برشی (S) اساساً کار مشکلی است زیرا ضربات افقی علاوه بر تولید موج S، موج P نیز تولید می‌کنند، در نتیجه روی نگاشت‌های افقی اثر موج P نیز ثبت می‌گردد. بنابراین با توجه به سرعت بالاتر موج P، اثر اولین رسیدهای موج S بعد از موج P روی نگاشت‌ها ظاهر شده و تفکیک آن‌ها از هم مشکل است. به همین دلیل ضربات افقی در دو جهت مخالف زده می‌شوند تا بتوان از خاصیت قطبش امواج عرضی جهت تشخیص آن‌ها استفاده نمود. در این حالت، جهت نوسانات موج S روی لرزه‌نگاشت‌های مؤلفه‌های افقی مربوط به دو ضربه، مخالف یکدیگر است.

بر اساس نتایج به دست آمده در این گمانه، سرعت امواج لرزه‌ای برای لایه‌های مختلف محاسبه و در جدول 6 نشان داده شده است. سرعت‌های به دست آمده در این جدول، سرعت لایه‌ای می‌باشد. همچنین در منحنی شکل 4 تغییرات سرعت امواج طولی و عرضی با عمق ارائه شده است.

جدول 6- سرعت امواج تراکمی و برشی آزمایشات لرزه‌ای در گمانه

Depth [m]	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	300.46	165.44
2	496.67	241.86
3	809.05	352.66
4	1061.52	430.96
5	1217.89	449.51
6	1308.84	373.37
7	1362.66	380.13
8	1397.75	384.13
9	1417.22	387.01
10	1431.57	388.75
11	1441.56	390.25
12	1448.73	442.62
13	1454.03	471.34
14	1458.02	519.69
15	1527.73	581.57
16	1571.16	674.16
17	1624.41	675.41
18	1626.46	725.30
19	1625.49	742.41
20	1629.50	711.61
21	1630.65	727.75
22	1631.61	755.77
23	1629.78	703.21
24	1633.13	729.18
25	1633.73	757.09
26	1634.25	756.27
27	1632.04	680.94
28	1635.10	730.30
29	1635.45	730.50
30	1633.09	730.67
31	1636.04	730.83



شکل 4- منحنی تغییرات سرعت امواج تراکمی و برشی با عمق در گمانه

6- جمع بندی

سرعت متوسط موج برشی در ساختگاه مورد مطالعه بر اساس رابطه ارائه شده در بخش آیین نامه ها محاسبه گردیده است و این محاسبات برای گمانه در جدول 7 ارائه شده است.

بر اساس نتایج حاصل از گمانه سرعت متوسط موج برشی تا عمق متری از کف در گمانه حدود متر بر ثانیه می شود.

با توجه به این که سرعت متوسط موج برشی تا عمق متر در گمانه مذکور در محدوده تیپ می باشد، لذا پیشنهاد می گردد ساختگاه بر اساس آیین نامه 2800 ایران تیپ و طبق آیین نامه IBC 2006 محدوده مورد مطالعه در رده در نظر گرفته شود.

جدول 7- محاسبه سرعت متوسط موج برشی برای عمق متری درگمانه

سرعت میانگین موج S بر اساس آئین نامه 2800 [m/sec]	Σ thickness [m]	Σ time [Sec]	Time [Sec]	Thickness [m]	Vs [m/sec]	Depth [m]
165.4	1	0.0060446	0.0060446	1	165.4	0-1
196.5	2	0.0101792	0.0041346	1	241.9	1-2
230.5	3	0.0130148	0.0028356	1	352.7	2-3
260.8	4	0.0153352	0.0023204	1	431.0	3-4
284.7	5	0.0175598	0.0022246	1	449.5	4-5
296.5	6	0.0202381	0.0026783	1	373.4	5-6
306.1	7	0.0228688	0.0026307	1	380.1	6-7
314.1	8	0.0254721	0.0026033	1	384.1	7-8
320.8	9	0.0280560	0.0025839	1	387.0	8-9
326.5	10	0.0306283	0.0025723	1	388.8	9-10
331.4	11	0.0331908	0.0025625	1	390.2	10-11
338.5	12	0.0354501	0.0022593	1	442.6	11-12
346.0	13	0.0375717	0.0021216	1	471.3	12-13
354.5	14	0.0394959	0.0019242	1	519.7	13-14
363.9	15	0.0412154	0.0017195	1	581.6	14-15
374.7	16	0.0426988	0.0014833	1	674.2	15-16
384.8	17	0.0441794	0.0014806	1	675.4	16-17
395.1	18	0.0455581	0.0013787	1	725.3	17-18
405.1	19	0.0469051	0.0013470	1	742.4	18-19
414.0	20	0.0483103	0.0014053	1	711.6	19-20
422.7	21	0.0496844	0.0013741	1	727.8	20-21
431.3	22	0.0510076	0.0013232	1	755.8	21-22
438.7	23	0.0524296	0.0014220	1	703.2	22-23
446.1	24	0.0538010	0.0013714	1	729.2	23-24
453.5	25	0.0551219	0.0013208	1	757.1	24-25
460.6	26	0.0564441	0.0013223	1	756.3	25-26
466.2	27	0.0579127	0.0014686	1	680.9	26-27
472.3	28	0.0592820	0.0013693	1	730.3	27-28
478.1	29	0.0606509	0.0013689	1	730.5	28-29
483.7	30	0.0620195	0.0013686	1	730.7	29-30

فصل سوم

(آزمون های آزمایشگاهی)

3-1- مقدمه

جهت تکمیل مطالعات شناسایی و بدست آوردن مشخصات فنی و مکانیکی مصالح زیرسطحی، آزمایش های فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی بر روی نمونه های اخذ شده از اعماق مختلف، در آزمایشگاه انجام گرفته است که خلاصه ای از این آزمایش ها در این فصل و نتایج حاصل در پیوست 3 ارائه شده است.

2-3- آزمایش دانه بندی خاک به روش ASTM-D422 و طبقه بندی خاک به روش

ASTM-D2487

منظور از دانه بندی مکانیکی، جداسازی دانه های خاک در اندازه های مختلف است که هر قسمت به صورت درصدی از ذرات نسبت به کل نمونه خاک بیان می شود. این آزمایش، جهت شناخت و تعیین لایه بندی زمین پروژه، بر روی نمونه های اخذ شده از محل گمانه های مورد مطالعه انجام گرفته و نتایج آزمایش های انجام شده در پیوست ، ارائه شده است. همچنین خلاصه نتایج طبقه بندی خاک در گمانه های مطالعاتی در جدول های و ، قابل مشاهده است.

3-3- آزمایش تعیین حدود اتربرگ به روش ASTM-D4318

این آزمایش، به منظور تعیین حد روانی (LL) و شاخص خمیری (PI) لایه های خاک، مطابق استاندارد ASTM-D4318(87) بر روی قسمت ریزدانه نمونه های اخذ شده از محل پروژه، به عبارتی بر روی خاک عبوری از الک شماره 40 (425 میکرومتر)، انجام گرفته است. نتایج این آزمایش، در جدول و همچنین در لاگ گمانه های مطالعاتی موجود در پیوست نمایش داده شده است.

4-3- آزمایش تعیین درصد رطوبت به روش ASTM-D2216

این آزمایش، بر روی تعدادی از نمونه های اخذ شده از محل گمانه های مطالعاتی در پروژه ... و نتایج بدست آمده، در جدول آمده است.

3-1- نتایج آزمایش طبقه‌بندی خاک (دانه بندی و تعیین حدود اتربرگ) زمین پروژه در محل گمانه‌های مطالعاتی

جدول آزمایش دانه بندی و هیدرومتری خاک

گمانه	عمق نمونه (m)	Soil Class	D10 mm	D30 mm	D60 mm	رس (%)	سیلت / لای (%)	ماسه (%)	شن (%)	قلوه سنگ (%)	LL	PL
BH-1	1	GM A-7-5(8)	0.00	0.02	10.28	18.60	23.40	19.80	38.20	0	67.90	38.90
BH-1	2	SM A-4(0)	0.00	0.00	0.83	28.20	17.90	27.80	26.10	0	36	31
BH-1	3	SC A-2-6(0)	0	0.35	1.81	0	18.40	62.50	19.10	0	35	18
BH-1	4	SC A-2-6(1)	0.00	0.22	3.00	13.70	18.60	41.10	26.70	0	33.70	17.30
BH-1	5	SC A-2-6(0)	0.01	0.31	2.96	7.80	18.70	43.40	30.10	0	32.40	19.10
BH-1	6	SC A-2-4(0)	0.01	0.40	3.76	4.90	21.30	43.40	30.50	0	24.10	14.10
BH-1	7	CL-ML A-4(1)	0.01	0.41	4.07	15.60	36.30	21	27.10	0	24.20	17.90
BH-1	8	SC A-2-6(0)	0.23	0.65	2.57	0	13.10	61.50	25.40	0	33.60	17.30
BH-1	9	SW-SC A-2-6(0)	0.34	1.29	4.37	0	5.90	59.80	34.30	0	32.40	19.10
BH-1	10	CL A-4(3)	0.00	0.00	0.28	27.50	25.20	32.80	14.50	0	29.90	20.20
BH-1	12	ML A-7-6(8)	0.00	0.00	0.29	29.30	27.30	32.20	11.20	0	45.30	29
BH-2	1.50	SP A-2-7(0)	0.18	0.58	2.40	2.80	1.80	71.20	24.20	0	41	20
BH-2	2.40	ML A-7-6(8)	0.00	0.01	0.03	23.90	44.70	29.80	1.60	0	40.60	28
BH-2	3.60	GM A-7-5(8)	0.00	0.02	10.28	19.30	22.70	19.80	38.20	0	67.90	38.90
BH-2	6.30	SC-SM A-2-4(0)	0.01	0.41	4.07	8.40	19.40	42.50	29.70	0	24.20	17.90
BH-3	1.50	CL A-6(5)	0	0.35	3.75	22.10	30.70	29	18.20	0	33.60	17.30
BH-3	3	SC A-2-6(0)	0	0.39	3.60	6.10	15.10	43.40	35.40	0	32.40	19.10
BH-3	4.50	GW-GC A-2-4(0)	0.31	2.89	13.05	1.10	4.80	31.20	62.80	0.10	23.10	14.80
BH-3	6	GW-GC A-2-4(0)	0.34	3.28	12.82	2.50	4.40	28.10	65	0	24.10	14.10
BH-3	7.50	GC A-2-4(0)	0	0.66	5.88	4.70	11.40	40.50	31.10	12.30	25	16.30
BH-4	2	GC A-2-4(0)	0	1.08	12.08	0	6.50	27.30	66.20	0	24.20	17.90
BH-4	4	CL A-4(3)	0.45	2.43	12.85	0	62	21.50	16.50	0	24	15.10
BH-4	6	SC A-2-4(0)	0	0.41	4.07	0	19.70	42.50	37.80	0	25.20	15.80
BH-4	8	GW A-2-4(0)	0.56	4.78	19.52	0	4	25.90	70.10	0	22.30	14.30
BH-4	10	SC-SM A-2-4(0)	0	0.31	3.33	0	22.20	43	34.70	0.10	23.40	17.50
TP-1	2	SC A-2-6(0)	0	0.35	3.75	9.30	13.30	41.10	36.30	0	33.60	17.30

TP-1	4	CL A-6(4)	0.45	2.43	12.85	0	52.30	18.70	28.90	0	32.40	19.10
TP-1	6	SC A-2-4(0)	0	0.41	4.07	0	19.70	42.50	37.80	0	25.20	15.80
TP-1	8	GW A-2-4(0)	0.56	4.78	19.52	0	4	25.90	70.10	0	22.30	14.30
TP-1	10	SC-SM A-2-4(0)	0	0.31	3.33	0	22.20	43	34.70	0	23.40	17.50

جدول آزمایش حدود آتربریگ

گمانه	عمق نمونه (m)	Soil Class	Liquid Limit (LL)	Plastic Limit (PL)
BH-1	1	GM A-7-5(8)	N/A	N/A
BH-1	2	SM A-4(0)	N/A	N/A
BH-3	1.50	CL A-6(5)	33.60	N/A
BH-3	3	SC A-2-6(0)	32.40	19.10
BH-3	4.50	GW-GC A-2-4(0)	23.10	14.80
BH-3	6	GW-GC A-2-4(0)	24.10	14.10
BH-3	7.50	GC A-2-4(0)	25	16.30
BH-4	2	GC A-2-4(0)	24.20	17.90
BH-4	4	CL A-4(3)	24	15.10
BH-4	6	SC A-2-4(0)	25.20	15.80
BH-4	8	GW A-2-4(0)	22.30	14.30
BH-4	10	SC-SM A-2-4(0)	23.40	17.50
TP-1	2	SC A-2-6(0)	33.60	17.30
TP-1	4	CL A-6(4)	32.40	19.10

جدول آزمایش تعیین دانسیته و رطوبت

گمانه	عمق نمونه (m)	Soil Class	درصد رطوبت (%)	دانسیته خشک (gr/cm3)
BH-2	1.50	SP A-2-7(0)	15.20	1.96
BH-2	3.60	GM A-7-5(8)	23.10	1.70
BH-3	1.50	CL A-6(5)	5	1.63
BH-4	2	GC A-2-4(0)	5.10	1.62
TP-1	2	SC A-2-6(0)	5	1.63

جدول آزمایش دانسیته صحرائی

گمانه	عمق نمونه (m)	Soil Class	درصد رطوبت (%)	دانسیته خشک (gr/cm3)
TP-1	2	SC A-2-6(0)	8.20	1.76

جدول آزمایش فشار سه محوری

گمانه	عمق نمونه (m)	Soil Class	نوع	C (kg/cm ²)	Phi (deg)	C' (kg/cm ²)	Phi' (deg)
BH-1	1	GM A-7-5(8)	CD	0	22.60		
BH-1	6	SC A-2-4(0)	CU	0.11	18.60	0	29.40
BH-3	1.50	CL A-6(5)	UU	0.69	4.40		
BH-3	4.50	GW-GC A-2-4(0)	CU	0.19	17.20	0.23	24.80
BH-3	7.50	GC A-2-4(0)	CD	0.15	21.80		
BH-4	2	GC A-2-4(0)	UU	0.69	4.40		
BH-4	6	SC A-2-4(0)	CU	0.19	17.20	0.23	24.80
BH-4	10	SC-SM A-2-4(0)	CD	0.15	21.80		

جدول آزمایش تحکیم یک بعدی

گمانه	عمق نمونه (m)	Soil Class	قطر (cm)	ارتفاع (cm)	Cc	Cs	Pc	e.
BH-1	7	CL-ML A-4(1)	6.15	2	0.15	0.01	2.39	0.61
BH-3	1.50	CL A-6(5)	6.15	2	0.16	0.01	1.32	0.81
BH-4	4	CL A-4(3)	6.15	2	0.16	0.01	1.32	0.83
TP-1	4	CL A-6(4)	6.15	2	0.16	0.01	1.32	0.83

جدول آزمایش نفوذپذیری با بار افتان

گمانه	عمق نمونه (m)	Soil Class	قطر (cm)	ارتفاع (cm)	K (cm/sec)	K (cm/sec)
BH-3	1.50	CL A-6(5)	10.52	12.10	9.87	-7
BH-4	6	SC A-2-4(0)	10.52	12.10	9.87	-7

جدول آزمایش نفوذپذیری با هد ثابت

گمانه	عمق نمونه (m)	Soil Class	قطر (cm)	ارتفاع (cm)	K (cm/sec)	K (cm/sec)
BH-3	1.50	CL A-6(5)	10.22	12.55	1.89	-4
BH-3	7.50	GC A-2-4(0)	10.22	12.55	1.89	-4

جدول آزمایش تراکم بهینه خاک

گمانه	عمق نمونه (m)	Soil Class	حجم قالب (cm ³)	دانشسته خشک حداکثر (gr/cm ³)	Wo (%)	نوع
BH-1	1	GM A-7-5(8)	944	1.76	14.70	
BH-3	1.50	CL A-6(5)	944	1.62	20.25	
BH-4	4	CL A-4(3)	944	1.62	20.25	

BH-4	10	SC-SM A-2-4(0)	944	1.62	20.25	
------	----	-------------------	-----	------	-------	--

آزمایش شیمی خاک و آب

مقدار	#	Soil Class	عمق نمونه (m)	گمانه
6.30	2	GM A-7-5(8)	1	BH-1
0.20	6	GM A-7-5(8)	1	BH-1
0.07	9	GM A-7-5(8)	1	BH-1
2.50	7	GM A-7-5(8)	1	BH-1
0.16	6	SC A-2-6(0)	3	BH-1
0.01	9	SC A-2-6(0)	3	BH-1
6.70	2	SC A-2-6(0)	3	BH-1
0.01	13	CL A-6(5)	1.50	BH-3
7.20	2	CL A-6(5)	1.50	BH-3
0.06	9	CL A-6(5)	1.50	BH-3
0.12	6	CL A-6(5)	1.50	BH-3
7.10	2	GC A-2-4(0)	2	BH-4
0.13	6	GC A-2-4(0)	2	BH-4
0.60	9	GC A-2-4(0)	2	BH-4
7.20	2	SC-SM A-2-4(0)	10	BH-4
0.12	6	SC-SM A-2-4(0)	10	BH-4
0.06	9	SC-SM A-2-4(0)	10	BH-4
0.01	13	SC-SM A-2-4(0)	10	BH-4

براساس نتایج آزمایش طبقه‌بندی خاک (دانه‌بندی و تعیین حدود اتربرگ) مصالح تشکیل شده تا انتهای

گمانه‌های مطالعاتی شامل لایه‌های می‌باشد.

3-5- آزمایش برش مستقیم به روش ASTM- D3080

با توجه به جنس لایه‌های زمین محل پروژه، این آزمایش جهت تعیین پارامترهای مقاومت برشی خاک، انجام

شده است که نتایج آن در جدول 3-2 و همچنین در پیوست 3، ارائه شده است. ابعاد جعبه برش مورد استفاده

در این آزمایش، $10 \times 10 \times 2/5$ سانتی متر بوده است. برای تهیه نمونه‌های آزمایش، مصالح عبوری از الک شماره 4 ($4/75$ میلی‌متر)، مورد استفاده قرار گرفته است.

3-2- نتایج آزمایش برش مستقیم بر روی نمونه‌های گمانه‌های اکتشافی

گمانه	عمق نمونه (m)	Soil Class	نوع	Box Width (cm)	C (kg/cm ²)	Phi (deg)
BH-1	1	GM A-7-5(8)	کند	10	0.10	15.90
BH-1	6	SC A-2-4(0)	کند	10	0.01	19
BH-3	1.50	CL A-6(5)	سریع	30	0.23	33.70
BH-4	10	SC-SM A-2-4(0)	سریع	30	0.29	33.60

3-6- آزمایش‌های شیمیایی خاک به روش BS 1377

جهت تعیین وضعیت شیمیایی خاک زیر شالوده و انتخاب بهترین نوع سیمان مصرفی، آزمایش‌های تعیین مقادیر یون‌های سولفات، کلر و PH در لایه‌های زیرسطحی انجام گردیده و نتایج کلیه آزمایش‌های این مرحله در پیوست 3 و تحلیل آن در فصل 4، ارائه شده است.

مقدار	#	Soil Class	عمق نمونه (m)	گمانه
6.30	2	GM A-7-5(8)	1	BH-1
0.20	6	GM A-7-5(8)	1	BH-1
0.07	9	GM A-7-5(8)	1	BH-1
2.50	7	GM A-7-5(8)	1	BH-1
0.16	6	SC A-2-6(0)	3	BH-1
0.01	9	SC A-2-6(0)	3	BH-1
6.70	2	SC A-2-6(0)	3	BH-1
0.01	13	CL A-6(5)	1.50	BH-3
7.20	2	CL A-6(5)	1.50	BH-3
0.06	9	CL A-6(5)	1.50	BH-3
0.12	6	CL A-6(5)	1.50	BH-3
7.10	2	GC A-2-4(0)	2	BH-4
0.13	6	GC A-2-4(0)	2	BH-4

BH-4	2	GC A-2-4(0)	9	0.60
BH-4	10	SC-SM A-2-4(0)	2	7.20
BH-4	10	SC-SM A-2-4(0)	6	0.12
BH-4	10	SC-SM A-2-4(0)	9	0.06
BH-4	10	SC-SM A-2-4(0)	13	0.01

فصل چهارم

(تحلیل نتایج و توصیه‌های فنی)

4-1- مقدمه

مطابق با تجزیه و تحلیل های انجام شده بر روی نمونه های اخذ شده از اعماق مختلف و آزمایش های صحرایی و آزمایشگاهی انجام شده، لایه های موجود در محدوده ی پروژه، طبقه بندی شده و خصوصیات فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی آن تشریح گردیده است.

بر اساس لایه بندی خاک محدوده، ظرفیت باربری شالوده ها و مدول عکس العمل بستر محاسبه گردیده است. در تعیین ظرفیت باربری دو معیار کنترل گسیختگی برشی و محدودسازی نشست به مقادیر مجاز توصیه شده، توأمأ مورد بررسی قرار گرفته و هر یک از این دو معیار که ظرفیت باربری کمتری ارائه نموده، به عنوان ظرفیت باربری پی در نظر گرفته شده اند. همچنین در ادامه، به تعیین ضرایب فشار جانبی خاک، استعداد روانگرایی، عمق یخبندان احتمالی و نوع سیمان مصرفی مناسب برای محدوده پروژه پرداخته شده است.

4-2- لایه های تشکیل دهنده خاک محل پروژه

بر اساس حفاری انجام شده و نتایج آزمایش های به دست آمده، به طور کلی می توان لایه های تشکیل دهنده زمین پروژه را در محدوده گمانه های اکتشافی، مطابق آزمایش ها و لاگ ارائه شده در پیوست و براساس طبقه بندی یونیفاید، به شرح ذیل توصیف نمود:

در محدوده گمانه های اکتشافی، چه خبر؟

بعنوان نمونه برای ، متر خاک دستی وجود دارد، سطح آب زیرزمینی در متری واقع شده است.

تا عمق متری، خاک از نوع ای میباشد. به ضخامت متر خاک وجود دارد و پس

از آن همچنان لایه بندی عمدتاً به خاکهای اختصاص می یابد.

پروفیل گمانه های مطالعاتی در شکل 4-1، نمایش داده شده است.

مشخصات گمانه

گمانه : BH-1 عمق (m): 13.8 خاک دستی (m): 0.5 سطح آب زیرزمینی (m): 2.2

لایه بندی یادداشت‌های صحرائی آزمایش‌های دانه بندی و نفوذ استاندارد

لطفاً لایه بندی این گمانه را در جدول زیر وارد کنید:

نوع خط	توصیف لایه	عنوان لایه	طبقه بندی لایه (USCS)	Thickness ((m)	Bottom ((m)	(Top (m
Dash	Includes trace organics and sand and cobbles	FILL	FL	0.5	0.5	0
Solid	Gravel with some sand, trace silt and clay, occasional cobbles, moist	GRAVEL	GM	1	1.5	0.5
Dash	Silty sand with gravel, trace organics, moist	SAND	SM	1	2.5	1.5
Solid	Clayey sand With gravel, trace silt	CLAYEY SAND	SC	4	6.5	2.5
Dash	Clayey - Silty Sand With Gravel	Silty Clay With Sand	CL-ML	1	7.5	6.5
Dash	Poorly Graded Sand With Gravel	SAND	SP	1	8.5	7.5
Dash	Well Graded Sand With Gravel	SAND	SW	1	9.5	8.5
Solid	Clayey Sand With Gravel, Clayey Sand With Gravel, Clayey Sand With Gravel	SAND	SC	1.5	11	9.5

مشخصات گمانه

گمانه : BH-2 عمق (m): 12.5 خاک دستی (m): 0.6 سطح آب زیرزمینی (m): 2.6

لایه بندی یادداشت‌های صحرائی آزمایش‌های دانه بندی و نفوذ استاندارد

لطفاً لایه بندی این گمانه را در جدول زیر وارد کنید:

نوع خط	توصیف لایه	عنوان لایه	طبقه بندی لایه (USCS)	Thickness ((m)	Bottom ((m)	(Top (m
Solid	Mostly sand and gravel	Fill Material	FL	0.6	0.6	0
Solid	Fine-grained sand with trace to no silt	Poorly Graded Sand With Gravel	SP	1.6	2.2	0.6
Solid	Silt to clayey silt	Low Plasticity Silt With Sand	ML	0.8	3	2.2
Solid	Fine to medium grained sand, trace to some gravel	Silty Sand With Gravel	SM	2.6	5.6	3
Solid	Fine-grained sand, includes pockets of reddish brown silt	Clayey - Silty Sand With Gravel	SC-SM	6.9	12.5	5.6
						12.5

مشخصات گمانه: BH-3 عمق (m): 8 خاک دستی (m): 0.2 سطح آب زیرزمینی (m): 3.5

لایه بندی: یادداشت‌های صحرایی آزمایش‌های دانه بندی و نفوذ استاندارد

لطفاً لایه بندی این گمانه را در جدول زیر وارد کنید:

نوع خط	توصیف لایه	عنوان لایه	طبقه بندی لایه (USCS)	Thickness (m)	Bottom (m)	Top (m)
Solid		Fill Material	FL	0.2	0.2	0
Solid		Clayey Sand With Gravel	SC	1.8	2	0.2
Solid		Clayey Sand With Gravel	SC	2	4	2
Solid		Well Graded Silty Sand With Gravel & Clay	SW-SM	2	6	4
Solid		Silty Sand With Gravel	SM	2	8	6
						8

مشخصات گمانه: BH-4 عمق (m): 10 خاک دستی (m): 0.3 سطح آب زیرزمینی (m): 4.1

لایه بندی: یادداشت‌های صحرایی آزمایش‌های دانه بندی و نفوذ استاندارد

لطفاً لایه بندی این گمانه را در جدول زیر وارد کنید:

نوع خط	توصیف لایه	عنوان لایه	طبقه بندی لایه (USCS)	Thickness (m)	Bottom (m)	Top (m)
Solid		Fill Material	FL	0.3	0.3	0
Solid		Clayey - Silty Sand With Gravel	SC-SM	1.7	2	0.3
Solid		Well Graded Sand With Gravel	SW	2	4	2
Solid		Clayey Sand With Gravel	SC	2	6	4
Solid		Well Graded Sand With Gravel	SW	2	8	6
Solid		Clayey - Silty Sand With Gravel	SC-SM	2	10	8
						10

گمانه : TP-1						
عمق (m): 10						
خاک دستی (m): 0.4						
سطح آب زیرزمینی (m): -						
لایه بندی						
یادداشت‌های صحرایی						
آزمایش‌های دانه بندی و نفوذ استاندارد						
لطفاً لایه بندی این گمانه را در جدول زیر وارد کنید:						
نوع خط	توصیف لایه	عنوان لایه	طبقه بندی لایه (USCS)	Thickness (m)	Bottom (m)	Top (m)
Solid		Fill Material	FL	0.4	0.4	0
Solid		Clayey - Silty Sand With Gravel	SC-SM	1.6	2	0.4
Solid		Well Graded Sand With Gravel	SW	1	3	2
Solid		Low Plasticity Clay With Sand	CL	2.3	5.3	3
Solid		Clayey Sand With Gravel	SC	1.7	7	5.3
Solid		Well Graded Gravel With Sand	GW	2	9	7
Solid		Clayey - Silty Sand With Gravel	SC-SM	1	10	9
						10

4-1- پروفیل گمانه‌های حفاری شده در محل پروژه

4-3- طبقه‌بندی نوع زمین از دیدگاه لرزه‌ای

به استناد نقشه پهنه‌بندی لرزه‌خیزی در ایران و مطابق استاندارد 2800 (آیین نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله ویرایش 4)، محل پروژه 0.....، در منطقه با خطر طبقه‌بندی می‌گردد. لذا ضریب شتاب مبنای طرح به میزان پیشنهاد می‌گردد.

براساس نتایج آزمایش دانه‌پول انجام شده در گمانه، میانگین سرعت موج برشی برابر متر بر ثانیه حاصل گردیده است؛ لذا پیشنهاد می‌گردد ساختگاه بر اساس آیین‌نامه 2800 ایران تیپ و طبق آیین‌نامه IBC 2006 محدوده مورد مطالعه در رده در نظر گرفته شود.

مطابق آیین نامه زلزله ایران (2800) و تیپ زمین، پارامترهای لازم جهت تعیین ضرایب بازتاب به شرح جدول 4-1 می‌باشند.

4-1- مقادیر پارامترهای لرزه‌خیزی مرتبط با نوع زمین

Type	To	Ts	S	So

4-4- پارامترهای ژئوتکنیکی مورد استفاده در محاسبات مقاومت مجاز و نشست

با توجه به توضیحات بخش (4-2)، شرایط پروژه، نتایج آزمون‌های آزمایشگاهی انجام شده بر روی نمونه‌های اخذ شده از محل گمانه‌های اکتشافی و قضاوت مهندسی، پارامترهای منتخب خاک به شرح جدول 4-4، پیشنهاد می‌گردد.

لازم به ذکر است محاسبات ظرفیت باربری و نشست، با فرض قرارگیری پی بر روی خاک بکر در محدوده گمانه‌ها در نظر گرفته شده است؛ اکیدا توصیه می‌گردد از قرار دادن پی بر روی خاک دستی خودداری گردد. یکی از آئین‌نامه‌هایی که اطلاعات سودمندی در زمینه تخمین مدول الاستیسیته خاک ارائه نموده است، استاندارد AASHTO می‌باشد که در آن خصوصیات الاستیک خاک بر اساس جنس لایه تحت تاثیر بار پی بیان گردیده است و مطابق با جدول 4-2، مقادیر ذیل را برای انتخاب مدول الاستیسیته لایه‌های خاک پیشنهاد نموده است. همچنین روابط همبستگی برای تعیین مدول الاستیسیته بر اساس عدد SPT در جدول 4-3 ارائه شده است.

4-2- پیشنهادها به منظور تخمین مدول الاستیسیته در خاک‌های مختلف

نسبت پواسون	مدول الاستیسیته (kg/cm^2)	نوع خاک
0.25	80-120	Loose sand
0.25	120-200	Medium dense sand
0.25	200-300	Dense sand
0.31	100-300	Loose sand
0.33	300-500	Medium dense sand
0.35	500-800	Dense sand
0.2-0.4	100-170	Silty sand
.30	800-290	Loose Gravel
0.32	1000-800	Medium Dense Gravel
0.35	1000-2000	Dense Gravel
	25-150	Soft clay
0.4-0.5	150-500	Medium clay
	500-1000	Stiff clay

4-3- تخمین مقدار E_s با استفاده از SPT (آشتو 1995، بولز 1996)

خاک	مدول الاستیسیته (Mpa)
-----	----------------------------------

سیلت ها، سیلت های ماسه ای	0.4 N
ماسه تمیز و ریز تا متوسط و ماسه های اندکی سیلتی	0.5 (N + 15)
شن ماسه ای و شن ها	1.2 N
ماسه اشباع	0.25 (N + 15)

ضریب الاستیسیته خاک های رسی را نیز می توان از روابط ذیل به دست آورد:

$$E_S = 250Cu - 500Cu \quad \text{رابطه (1-4) عادی تحکیم یافته}$$

$$E_S = 750Cu - 1000Cu \quad \text{رابطه (2-4) پیش تحکیم یافته}$$

4-4- مشخصات مکانیکی پیشنهادی لایه های خاک در محدوده گمانه های اکتشافی

Depth (m)	Layer USCS	y wet (kN/m ³)	Φ (degree)	c (kPa)	μ	E (MPa)
0-0.60	Fill	18	19	8	.30	10
0.6-2.6	SP	18.8	31	.20	.31	20
2.6-8.6	GP	19.7	35	.20	.312	50
8.6-15	SW	20.1	34	.20	.33	50

4-5- ظرفیت باربری و نشست پی های سطحی

با فرض شرایط مختلف احداث پی نظیر ابعاد، عمق گیرداری، نوع پی و میزان گودبرداری، محاسبات و کنترل های لازم انجام خواهد شد. به طور کلی عملکرد پی ها به شرطی قابل قبول خواهد بود که شرایط ذیل تامین گردد:

1- تحت بارهای وارده، گسیختگی برشی ایجاد نگردد.

2- نشست های کل و ناهمگن از مقادیر مجاز تجاوز ننماید.

با توجه به دو شرط فوق، مقدار ظرفیت باربری برآورد شده و در ادامه مقادیر نشست ها کنترل خواهد شد.

4-5-1- محاسبات ظرفیت باربری نهایی

مقدار ظرفیت باربری نهایی پی های سطحی از رابطه 3-4 به صورت ذیل محاسبه می گردد:

$$q_{ult} = C \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + 0.5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_{\gamma} \cdot F_{\gamma s} \cdot F_{\gamma i} \cdot F_{\gamma d} \quad \text{رابطه (3-4)}$$

در این رابطه،

C: مقدار چسبندگی خاک،

q: تنش موثر در تراز سطح زیرین شالوده،

γ : وزن مخصوص خاک،

L و B: طول و عرض شالوده،

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

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

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

N_c, N_q, N_γ : ضرایب ظرفیت باربری،

می باشد.

ضرایب ظرفیت باربری، بر اساس مقدار زاویه اصطکاک داخلی خاک از روش **Hansen** بدست می آید.

$$q = \gamma D_f$$

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

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

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

$$F_{qs} = 1 + \frac{B'}{L'} \sin \varphi$$

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

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

$$F_{qi} = 1 - \frac{H}{\bar{V} + A_f \cdot c_a \cdot \cot \varphi}$$

$$F_{ci} = F_{qi} - \frac{1 - F_{qi}}{N_q - 1}$$

$$F_{\gamma i} = \left[1 - \frac{H}{\bar{V} + A_f \cdot c_a \cdot \cot \varphi} \right]^{m+1}$$

رابطه (4-4)

در روابط فوق، ϕ زاویه اصطکاک داخلی خاک و $A_{f,m} = \frac{2+B/L}{1+B/L}$ ، سطح موثر پی و C_a همچسبی پی

(بین 0/6 تا 1)، L' و B' طول و عرض موثر پی در صورت وجود لنگر یا بار با خروج از مرکزیت می باشند.

در محاسبه ظرفیت باربری مجاز، ضریب اطمینان برابر 3 در نظر گرفته می شود.

$$q_{ash} = \frac{q_{ush}}{3} \quad \text{رابطه (4-5)}$$

در این رابطه،

q_{ash} : مقاومت مجاز گسیختگی،

q_{ush} : مقاومت نهایی گسیختگی،

می باشد.

4-5-2- محاسبات نشست

در پروژه، با توجه به جنس لایه ها و عدم حضور /حضور آب زیرزمینی، منشاء نشست پی ها، نشست های

آنی /آنی و تحکیمی می باشد.

مقدار نشست آنی از رابطه ذیل تعیین می گردد:

$$S_e = q_0 m B' \frac{1 - \mu^2}{E_s} I_s I_f \quad \text{رابطه (4-6)}$$

که در این رابطه،

$B'=B/2$: برای محاسبه نشست مرکز پی

q_0 : فشار وارد بر کف شالوده

E_s : مدول الاستیسیته خاک

μ : ضریب پواسون خاک

I_s : ضریب شکل شالوده

I_f : ضریب عمق شالوده

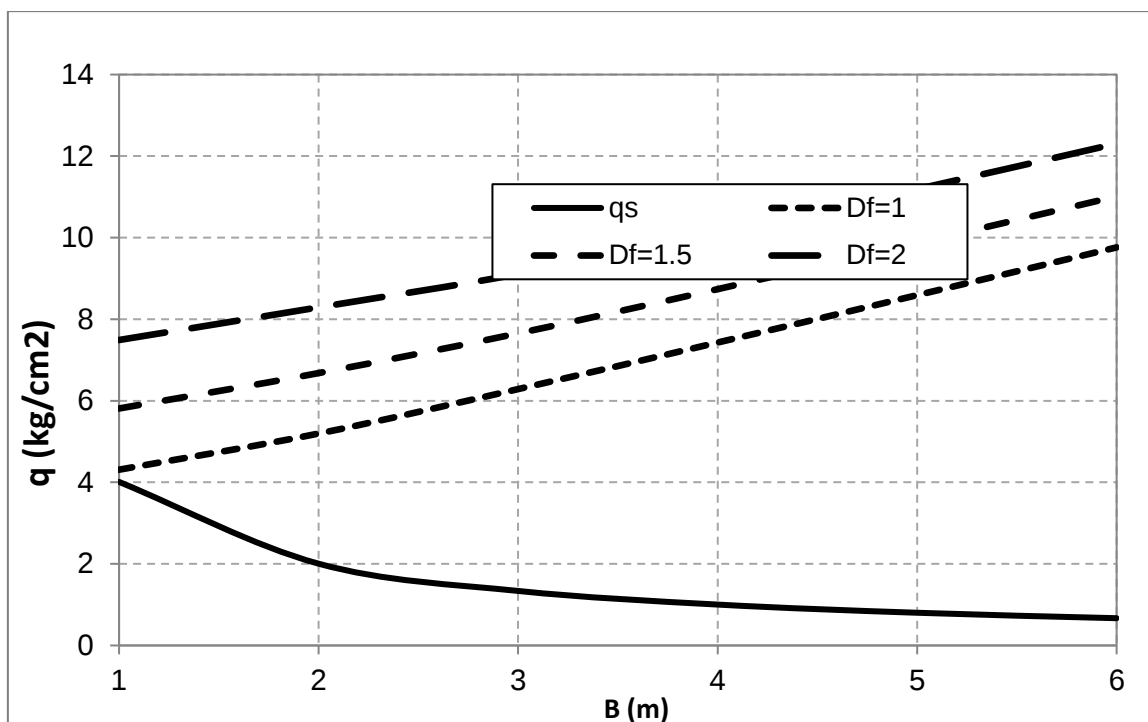
m : تعداد گوشه های سهیم در نشست پی

در محاسبات ظرفیت باربری و نشست پی های سطحی موارد ذیل در نظر گرفته شده است:

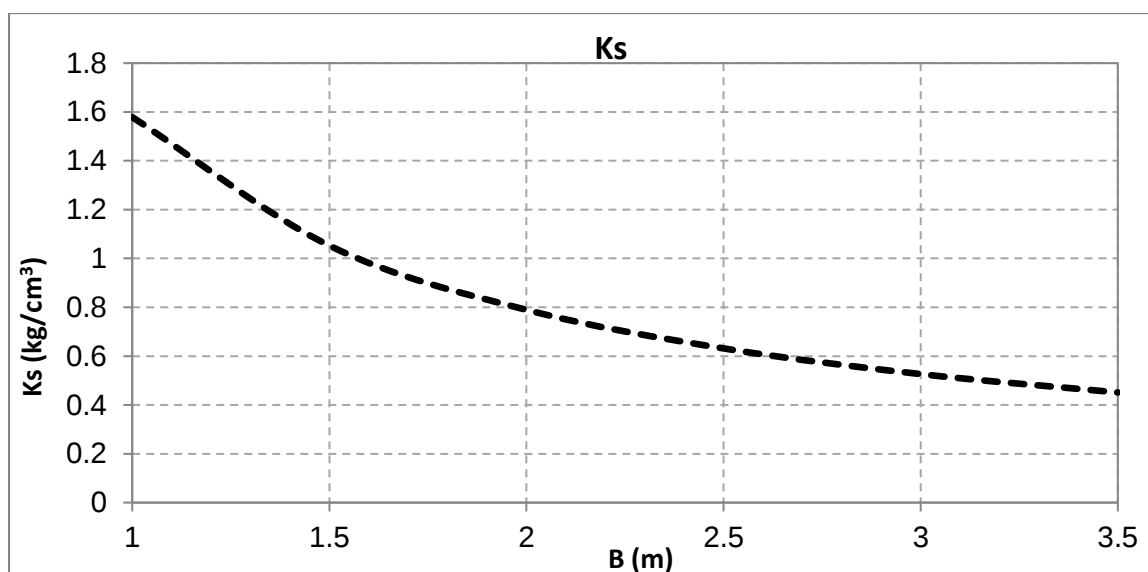
- 1- بنابر به اظهارات متقاضی محترم، سازه مورداحداث فاقد زیرزمین می باشد؛ بنابراین تراز استقرار پی سازه با توجه به وجود خاک دستی و با در نظر گرفتن تمهیدات ژئوتکنیکی و سازه ای در عمق 1/5 متری از تراز شروع حفاری گمانه ها در نظر گرفته شده و محاسبات ظرفیت باربری بر مبنای این عمق انجام شده است.
- 2- محاسبات ظرفیت باربری و نشست، با فرض قرارگیری پی بر روی خاک بکر در محدوده گمانه ها در نظر گرفته شده است؛ اکیدا توصیه می گردد از قرار دادن پی بر روی خاک دستی خودداری گردد.
- 3- مطابق ویرایش جدید (سال 1400) مبحث هفتم مقررات ملی ساختمان و بر اساس مشخصات خاک محدوده پروژه نشست مجاز برای پی های گسترده، 5 سانتی متر و برای پی های نواری 4 سانتی متر منظور شده است.
- 4- جهت محاسبه گسترش تنش در اعماق، از روش توزیع تنش $1H : 2V$ استفاده شده است، همچنین میتوان از روش بوسینسک نیز استفاده کرد.
- 5- عمق تاثیر تنش در محاسبات نشست، برابر با 10 درصد تنش موثر در نظر گرفته شده است.
- 6- در محاسبه ظرفیت باربری مجاز خاک، فرض شده است که پی ها بر روی خاک دستی، نباتی، چاه فاضلاب و دیگر عوارض زیرسطحی مانند درز و گسل نبوده و بر روی یا مجاورت شیروانی ها قرار نداشته باشد. در صورت وجود تناقض با این فرضیات در حین گودبرداری، تغییرات به جهت بررسی در محاسبات، ارائه گردد.
- 7- محاسبات، با اعمال اثر 1/50 متر گودبرداری صورت گرفته و افزایش ظرفیت باربری به ازای گودبرداری لحاظ شده است.
- 8- این مشاور تاکید می نماید، با توجه به اینکه تعداد و عمق گمانه های حفاری شده مطابق با درخواست متقاضی محترم طرح می باشد، اعداد ارائه شده در جداول ظرفیت باربری پی ها زمانی صادق است که حوزه تنش آن خارج از عمق گمانه ها (30 متر) نباشد. در غیر این صورت ضرورت دارد، موضوع به جهت انجام مطالعات تکمیلی، به این مشاور اعلام گردد.

3-4-5- ظرفیت باربری مجاز پی نواری و مدول بستر آن

ظرفیت باربری پی با عمق های استقرار 1، 1.5، و 2، در شکل A ارائه شده است. همچنین در این شکل، ظرفیت باربری با حالت کنترل نشست نیز آمده است. در شکل B محاسبات مدول بستر برای پی نواری ارائه شده است.



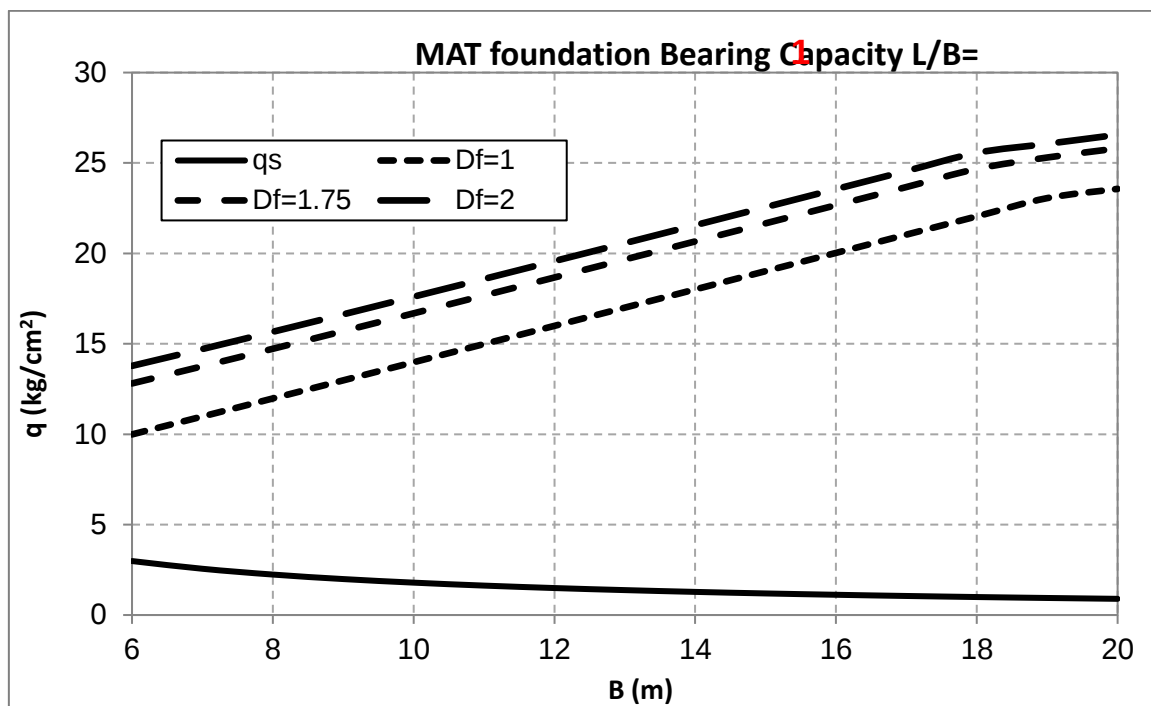
شکل A: ظرفیت باربری مجاز پی نواری با $L/B=10$ و عمق استقرار مختلف



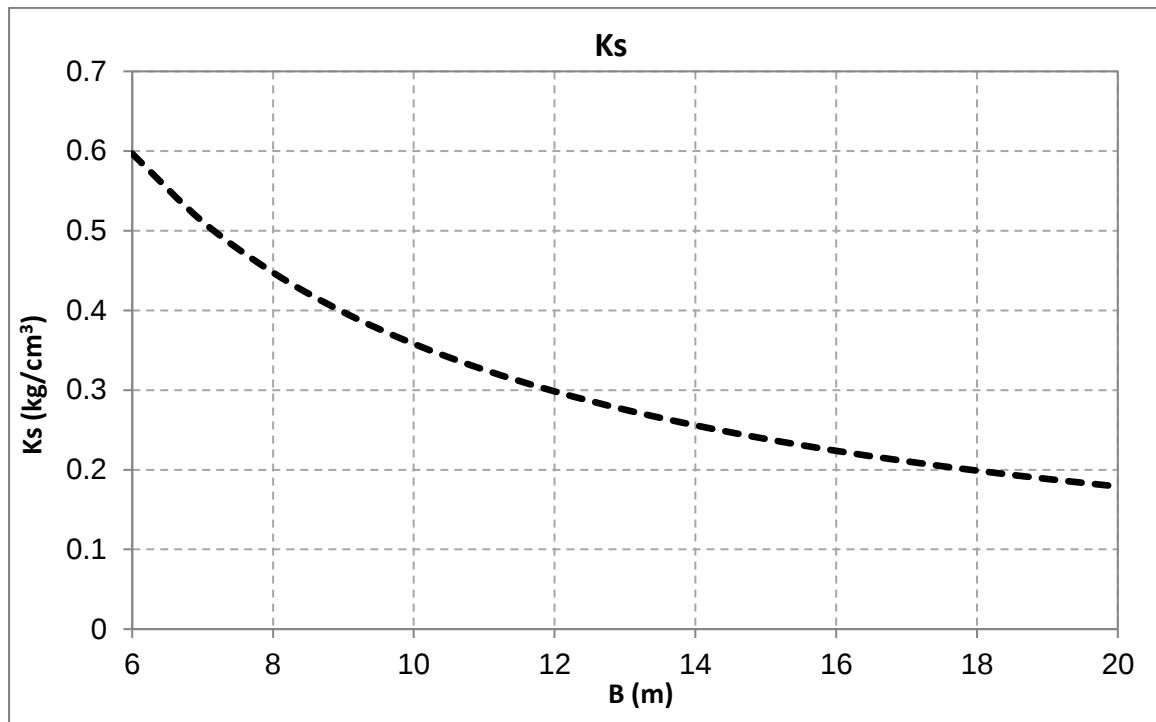
3-4- مدول بستر پی نواری

4-6- ضریب عکس‌العمل بستر (K_s) پی گسترده و ظرفیت باربری مجاز آن

در ادامه، مقادیر ضریب عکس‌العمل بستر برای پی گسترده به همراه محاسبات ظرفیت باربری ارائه شده است. شکل C ظرفیت باربری پی گسترده با $L/B=1$ و عمق‌های مدفون مختلف نشان می‌دهد. شکل D در نهایت مدول بستر متناسب با لایه‌های خاک این پروژه است.



شکل C: ظرفیت باربری مجاز پی گسترده با عمق مدفون مختلف $L/B=1.0$



شکل D: ضریب عکس‌العمل بستر خاک در پی گسترده با $L/B=1$

مقادیر ارائه شده برای ضریب عکس‌العمل بستر در این بخش، بر اساس روابط ارائه شده در کتب مرجع

ژئوتکنیکی محاسبه شده است. انجام تست بارگذاری صفحه (PLT^1) در عمق استقرار شالوده جهت تعیین

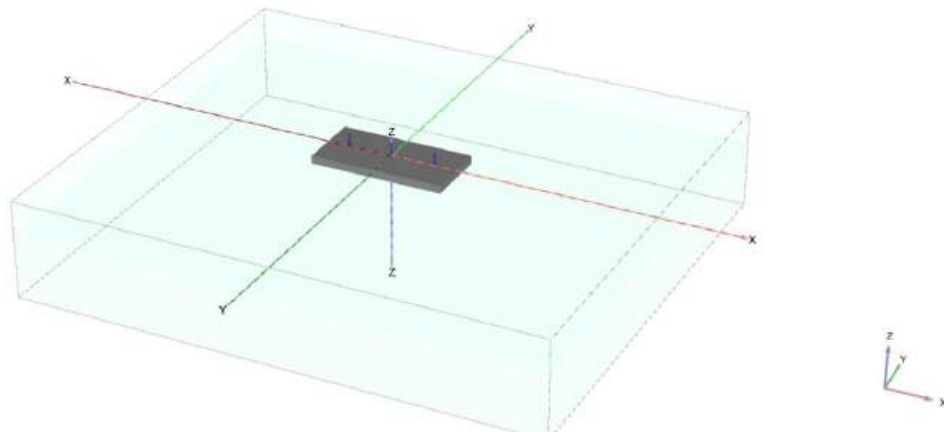
مقادیر دقیق‌تر را توصیه میشود.

4-7- ظرفیت باربری و ضریب عکس‌العمل بستر (K_s) پی گسترده با PLAXIS

ضریب عکس‌العمل بستر، یک رابطه مفهومی بین فشار و تغییر شکل خاک است که اهمیت ویژه‌ای در تحلیل

سازه و پی دارد. در ادامه، مقادیر ضریب عکس‌العمل بستر برای پی نواری و گسترده در عمق ارائه شده است.

¹ Plate Load Test



شکل مدل سازی پی گسترده و شبکه ای در PLAXIS 3D

6-4- ظرفیت باربری برشی kPa

B(m)	10	15	20	25	30
پی گسترده	2134				

6-4- ظرفیت باربری مجاز بر حسب نشست kPa

B(m)	10	15	20	25	30
پی گسترده	170				

6-4- ضریب عکس العمل بستر خاک برای پی نواری و گسترده در محدوده منطقه طرح kPa/m

B(m)	10	15	20	25	30
پی گسترده	3400				

4-8- بررسی وقوع روانگرایی

افزایش فشار آب منفذی در خاک های ماسه ای و لایه های سست اشباع در هنگام زلزله بر اثر تمایل خاک به کاهش حجم، منجر به کاهش تنش همه جانبه در خاک می شود. در این حالت، مقاومت برشی خاک به شدت

کاهش می‌یابد و به مقدار صفر نزدیک می‌شود. به این پدیده روانگرایی می‌گویند. این پدیده، خود را به صورت نشست‌های قابل توجه، ایجاد ترک و بازشدگی، فوران گل و آب، جوشش ماسه و تراوش آب از خلل و فرج موجود در سطح زمین نشان می‌دهد. از عوامل مؤثر بر وقوع روانگرایی میتوان به بزرگای زلزله و مدت زمان آن، تخلخل، تراکم نسبی، درصد ریزدانه و نشانه خمیری خاک و دامنه تنش برشی اعمالی بر توده خاک در زمان زلزله اشاره نمود.

روش‌های آزمایشگاهی و صحرایی متعددی جهت ارزیابی مقاومت روانگرایی خاک‌ها ارائه شده است. از جمله روش‌های ارزیابی صحرایی می‌توان به استفاده از آزمایش مقاومت نفوذ استاندارد (SPT)، آزمایش نفوذ مخروط (CPT^1) و آزمایش‌های ژئوسایزمیک با اندازه‌گیری سرعت موج برشی اشاره نمود.

۴-۷-۱- بررسی احتمال وقوع روانگرایی با آیین نامه ۲۸۰۰

آیین‌نامه 2800 توصیه نموده است، چنانچه حداقل یکی از شرایط ذیل برقرار باشد، مطالعات خاص در رابطه با روانگرایی و بررسی روش‌های فوق‌الذکر الزامی می‌باشد.

- زمین‌هایی که سابقه روانگرایی در آن‌ها وجود داشته باشد.
- زمین‌هایی از نوع خاک‌های ماسه‌ای با تراکم کم، اعم از تمیز و رس‌دار با مقدار رس کمتر از 20٪ یا دارای لای و یا شن بوده و تراز آب زیرزمینی در آن‌ها نسبت به سطح زمین، کمتر از حدود 10 متر باشد.

- منحنی‌های دانه‌بندی خاک در محدوده روانگرایی باشد.

همچنین در موارد ذیل توصیه شده است که می‌توان از بررسی روانگرایی صرف نظر کرد:

- ماسه حاوی 20٪ رس با $PI > 20$
- ماسه حاوی بیش از 35 درصد لای و به طور همزمان $N1(60) > 20$
- ماسه تمیز با $N1(60) > 30$

¹ Cone Penetration Test

با توجه به عدم حضور سطح آب زیرزمینی ، نتایج آزمایش SPT و دانه بندی بندی خاک محدوده پروژه که

از نوع می باشد، مطابق آئین نامه 2800 و نشریه 525 وقوع روانگرایی شهر و محل پروژه محتمل

نمی باشد/می باشد.

۷-۳-۱- مرحله اول ارزیابی

خاک هایی که مستعد روانگرایی هستند معمولاً در رده خاک های غیرچسبنده دسته بندی می شوند. از نظر قابلیت روانگرایی خاکها را می توان به ترتیب به ماسه های تمیز، ماسه های سیلتی با خواص خمیری کم، سیلت های غیرپلاستیک و شن ها محدود کرد. خاک های چسبنده عمدتاً در معرض خطر روانگرایی نیستند. با این حال در مواردی که با وجود خاک های چسبنده رسی، خاک مستعد روانگرایی می باشد باید همه معیارهای زیر برآورده شوند:

- درصد وزنی خاک ریزدانه در اندازه رس (کوچکتر از 0.075 mm)، از ۱۵٪ کمتر باشد.
- حد روانی خاک (LL) کمتر از ۳۵٪ باشد.
- درصد رطوبت خاک مورد بررسی بیشتر از 0.9 حد روانی خاک مورد بررسی باشد ($w > 0.9LL$).
- خاک های در معرض روانگرایی علاوه بر شرط فوق شامل موارد زیر می باشند:
- سطح آب زیرزمینی کمتر از ۱۰ متر از سطح زمین یا از رقوم کف پی های سطحی باشد.
- عمق لایه مستعد روانگرایی کمتر از ۲۰ متر از سطح زمین یا از رقوم کف پی های سطحی باشد.

- درصد ریزدانه کمتر از ۳۵٪ ($FC \leq 35$) یا اندیس پلاستیسیته ریزدانه خاک کمتر از ۱۵٪ باشد ($PI \leq 15$).

- $D_{50} \leq 10 \text{ mm}$ و $D_{10} \leq 1 \text{ mm}$ باشد.

تخمین تراز آب زیرزمینی با توجه به امکان نوسان آن براساس بیشینه متوسط یا تراز آب احتمالی در شرایط جوی بحرانی بلندمدت باید انجام گیرد. در خصوص پی های عمیق پیشنهاد می شود عمق مورد بررسی در شمعهای اتکایی تا ۶ متر زیر پایین ترین رقوم نوک شمع ها انجام گیرد. در حالت گروه شمع بر حسب تعداد و نحوه قرارگیری شمعها عمق مورد بررسی باید تعیین گردد.

۲-۱-۳-۷-۷ مرحله دوم ارزیابی

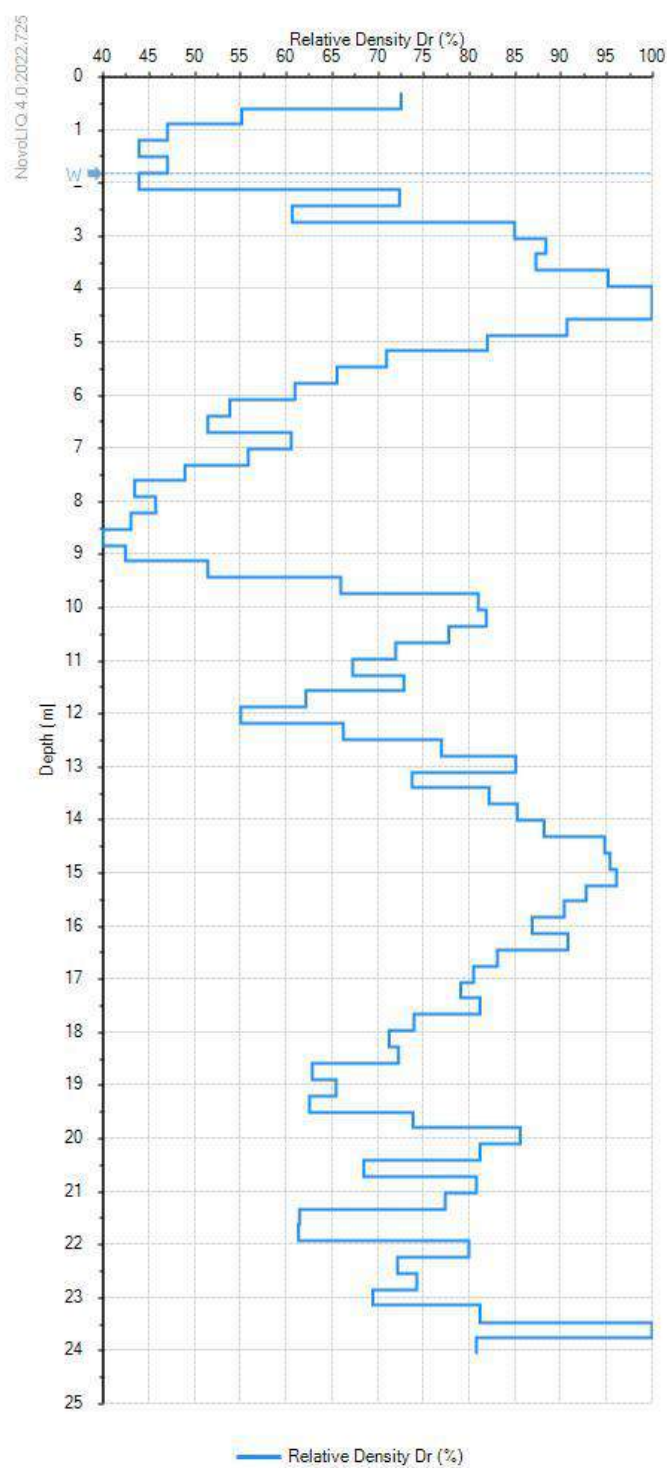
در این مرحله نسبت تنش تناوبی ناشی از زلزله CSR با نسبت مقاومت تناوبی خاک CRR با هم مقایسه می‌شوند. نسبت تنش تناوبی ناشی از زلزله و نسبت مقاومت تناوبی با استفاده از روابط ارائه شده در مراجع معتبر قابل محاسبه هستند.

تشخیص وقوع یا عدم وقوع روانگرایی بر اساس مقایسه CSR و $CRR_{7.5}$ انجام می‌گیرد. با فرض $F_L = \frac{CSR_{7.5}}{CSR}$ به عنوان ضریب اطمینان روانگرایی، وقوع روانگرایی برای F_L های کمتر از ۱ محتمل است.

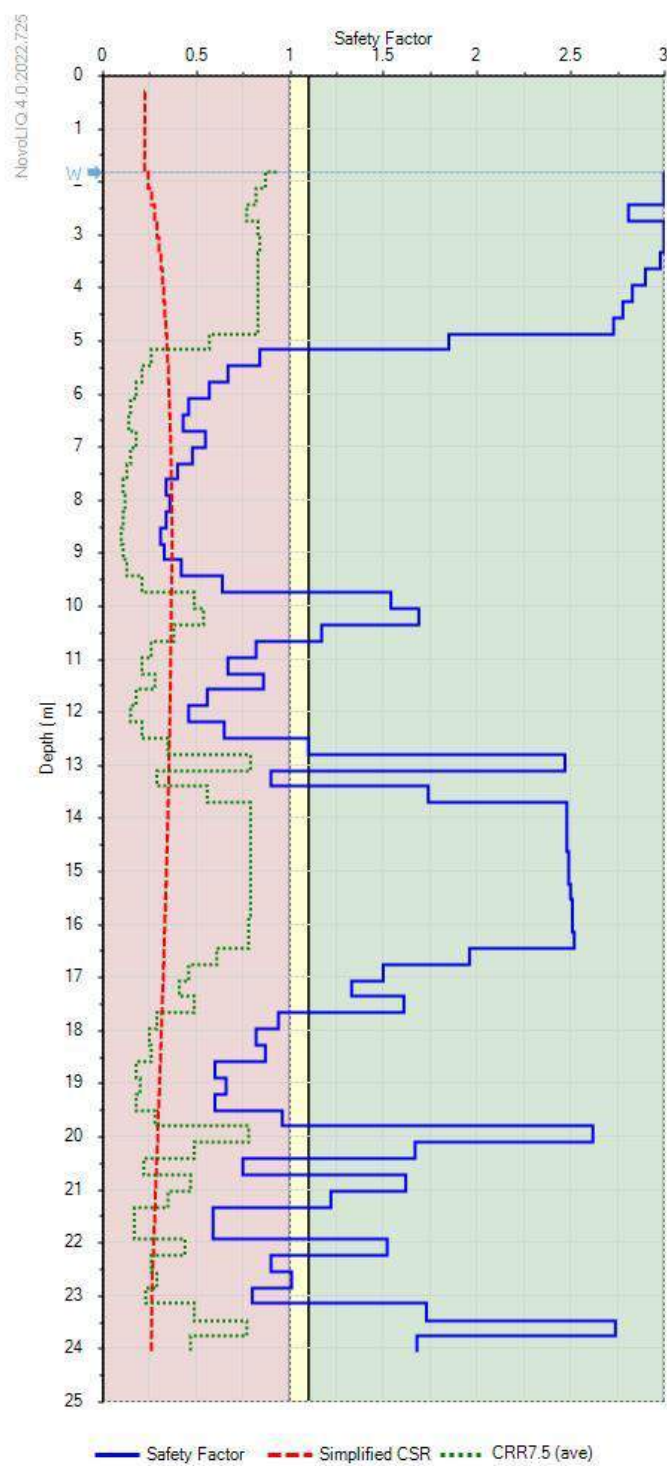
در این صورت کنترل نشست و سایر عوارض ناشی از روانگرایی باید انجام گیرد. باید توجه کرد که در روش فوق مقدار $CRR_{7.5}$ برای زلزله با بزرگای ۷/۵ انجام می‌گیرد. چنانچه بزرگای زلزله طرح عددی غیر از ۷/۵ باشد، مقدار $CRR_{7.5}$ باید در یک ضریب مناسب براساس بزرگای زلزله ضرب شود. همچنین تصحیحات برای در نظر گرفتن اثر تنش سربار و نیز وجود تنش برشی استاتیکی اولیه بر نسبت مقاومت تناوبی با اعمال ضرایب مناسب انجام گیرد.

در صورتی که برآورد CRR براساس روش فوق برای تصمیم‌گیری در خصوص روانگرایی در ساختمان‌های مهم از دقت کافی برخوردار نباشد برای تعیین دقیق‌تر CRR، استفاده از آزمایش سه محوری یا برش ساده تناوبی یا دینامیکی بر روی نمونه های دست نخورده توصیه می‌شود.

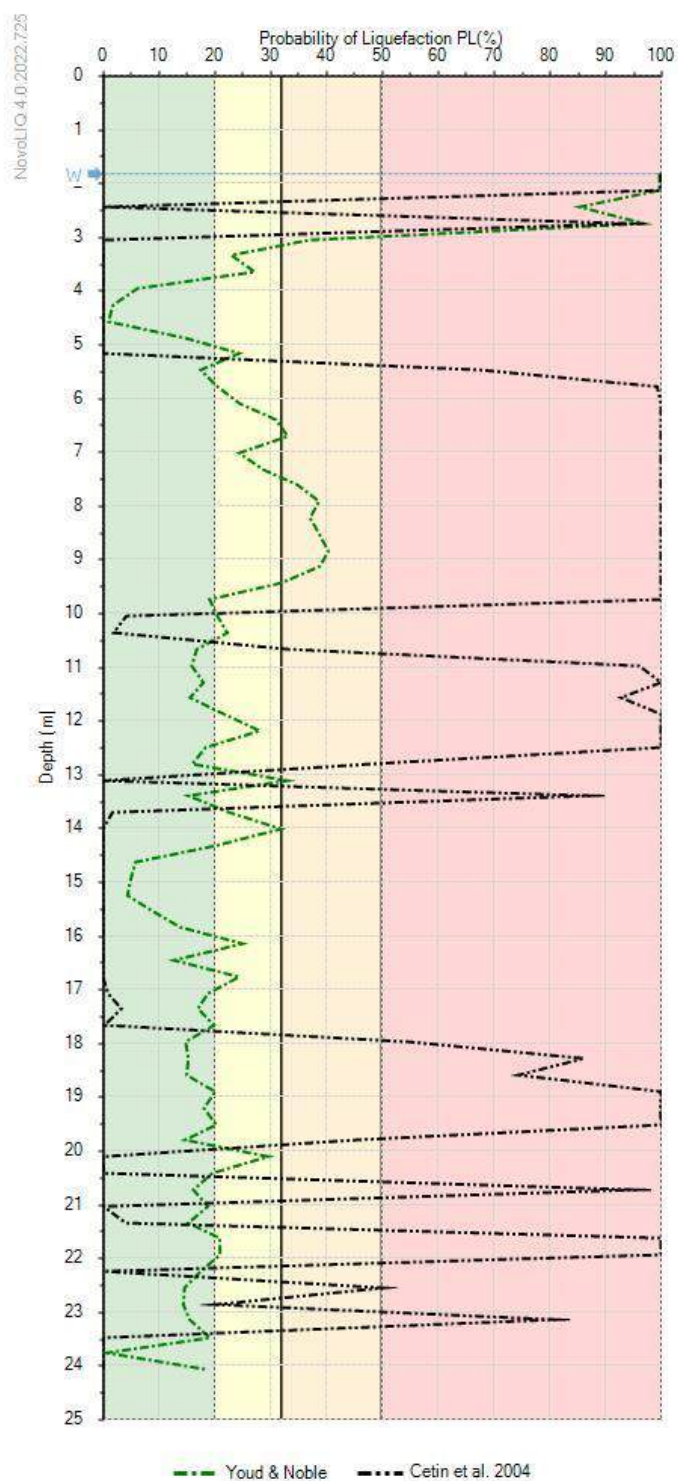
شکل a دانشیته نسبی، شکل b ضریب اطمینان و شکل c احتمال وقوع روانگرایی را در لایه های خاک نشان میدهد. شکلها نشان میدهند که وقوع روانگرایی از عمق تا عمق محتمل است.



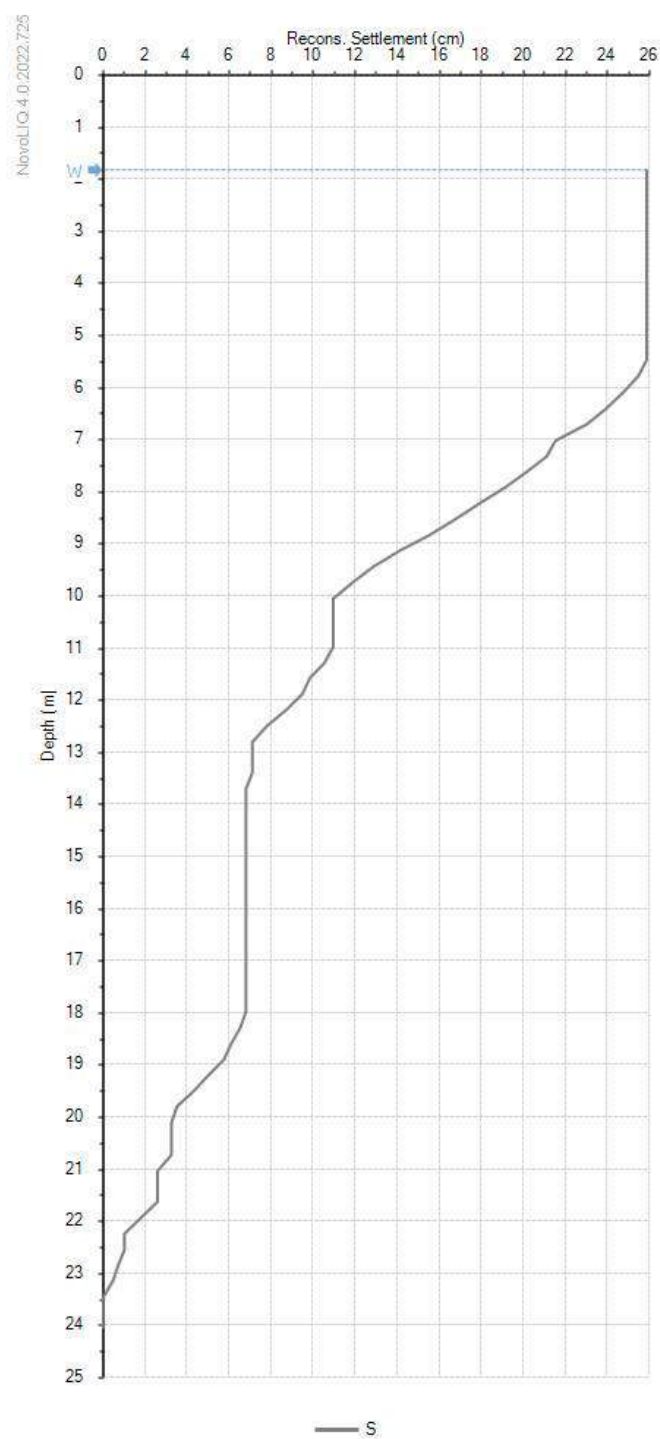
شکل a دانسیته نسبی در عمق برای لایه های مختلف



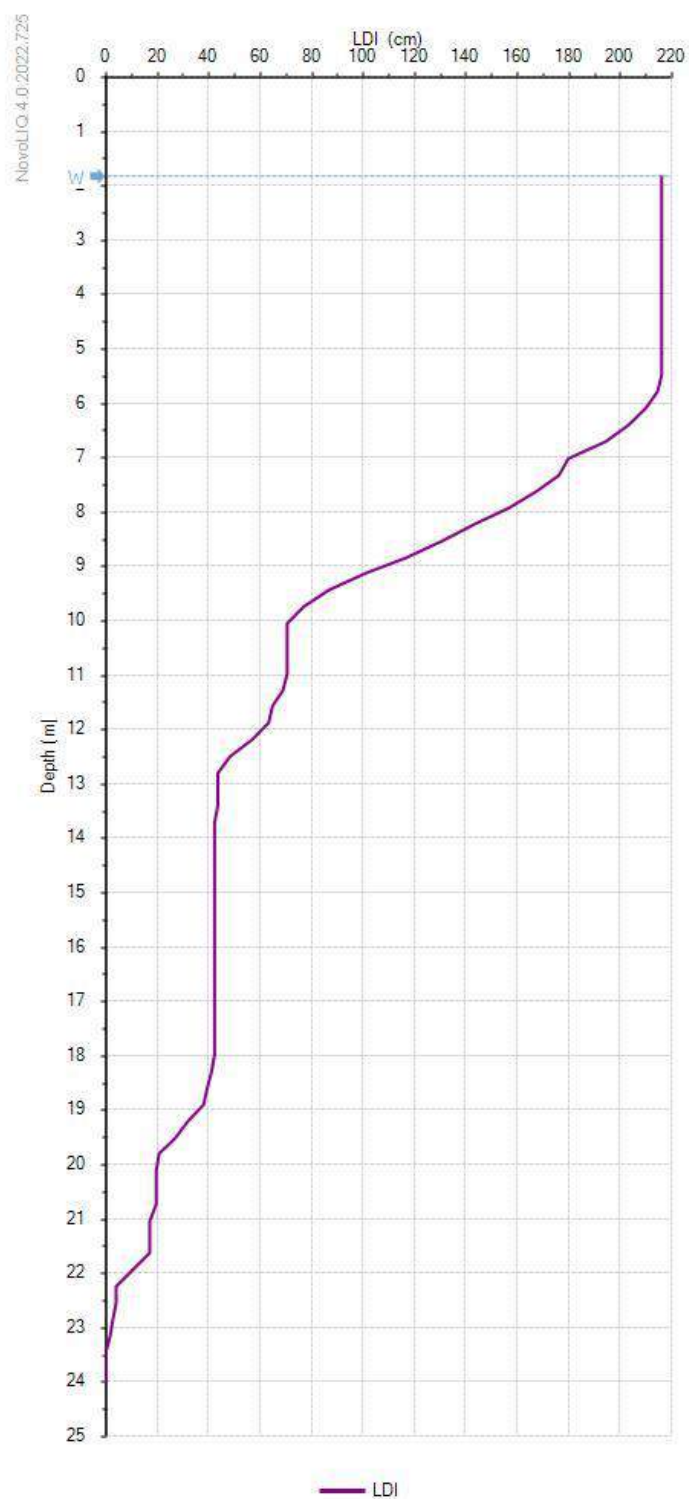
شکل b ضریب اطمینان رواتگرایی



شکل c احتمال روانگرایی در لایه های خاک



شکل D نشست ناشی از روانگرایی



شکل E گسترش جانبی ناشی از روانگرایی

عمق بهسازی؟باتوجه به عمق در مورد (مثلا اینجا 23 متر)**4-9- ضرایب فشار جانبی خاک****1-8-4- حالت استاتیکی**

با در نظر گرفتن مشخصات فنی برای لایه های خاک منطقه پروژه، ضرایب فشار جانبی را می توان از روابط

ذیل محاسبه کرد:

ضریب فشار جانبی در حالت سکون:

$$K_0 = 1 - \sin \phi$$

رابطه (4-9) - خاک دانه ای:

$$\begin{cases} K_0 = 0.95 - \sin \phi \\ K_0 = 0.19 + 0.233 \log P \\ K_0 = 0.44 + 0.0042 \log P I \end{cases}$$

رابطه (4)- - خاک رسی عادی تحکیم یافته:

ضریب فشار محرک کولمب:

$$K_a = \frac{\sin^2(\beta + \phi')}{\sin^2 \beta \sin(\beta - \delta) \left\{ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi' + \delta) \sin(\phi' - \alpha)}{\sin(\beta - \delta) \sin(\alpha + \beta)}} \right\}^2}$$

رابطه (4)-

ضریب فشار مقاوم کولمب:

$$K_p = \frac{\sin^2(\beta - \phi')}{\sin^2 \beta \sin(\beta + \delta) \left\{ 1 - \sqrt{\frac{\sin(\phi' + \delta) \sin(\phi' + \alpha)}{\sin(\beta + \delta) \sin(\alpha + \beta)}} \right\}^2}$$

رابطه (4)-

2-8-4- حالت دینامیکی (در شرایط زلزله)

تعیین K_{ae} و K_{pe} براساس تئوری Mononobe-Okabe به کمک روابط ذیل پیشنهاد می گردد:

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

رابطه (4)-

رابطه (4)-

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

$$\theta' = \tan^{-1} \left[\frac{k_h}{1 - k_v} \right]$$

$$\delta = \frac{2}{3} \emptyset \text{ فشار مقاوم ، فشار محرک}$$

$$K_h = \frac{\text{مولفه افقی شتاب زلزله}}{\text{(g) شتاب ثقل}}$$

$$K_v = \frac{\text{مولفه قائم شتاب زلزله}}{\text{(g) شتاب ثقل}}$$

ضرایب فشار جانبی با فرض $\alpha = 0$ ، $\beta = 90^\circ$ ، $\delta = 0$ در دو حالت استاتیکی و دینامیکی با $k_h=0.3$ و $k_v=0$ توسط نرم افزار $\text{Peysanj}^{\text{®}}$ محاسبه و در جدول 4-7 ارائه شده است.

4-7- ضرایب فشار جانبی برای خاک در محدوده گمانه های اکتشافی

Parameter	Static			Dynamic	
	K_0	K_a	K_p	K_{ae}	K_{pe}
Value	0.5	0.33	3.0	2.418	0.569

*در صورت وجود آب، فشار هیدرو استاتیکی آن جداگانه لحاظ گردد.

4-10- تعیین عمق یخبندان

خاک های حساس در برابر یخبندان عبارتند از: ماسه خیلی ریزدانه، لای، و خاک رس با دامنه خمیری کمتر از 12. حفرات این نوع خاک ها از طرفی به اندازه ی کافی کوچک هستند که خاصیت مویینه در آن ها برقرار شود و از طرف دیگر این خاک ها آن اندازه ریزدانه نیستند که به علت کوچک بودن حفرات آن ها غیر قابل نفوذ باشند.

در جدول 4-8، میزان حساسیت خاک ها در برابر یخبندان نشان داده شده است. به طوری که در این جدول مشاهده می شود، شن و ماسه های تمیز در برابر یخبندان غیر حساس هستند. این نوع خاک ها، معمولاً قسمت اعظم مقاومت خود را در موقع ذوب شدن یخ ها نیز حفظ می کنند. از طرف دیگر لای ها خطرناک ترین مصالح از نقطه نظر تورم در اثر یخبندان هستند. این نوع خاک ها در موقع آب شدن یخ ها به میزان قابل توجهی از

مقاومت خود را از دست می‌دهند. با توجه به اینکه خاک محدوده پروژه گزارش عملیات و مطالعات ژئوتکنیک پروژه در تراز استقرار پی از نوع (نوع خاک) می‌باشد، حساسیت آن در برابر یخبندان، کم تا زیاد برآورد می‌شود.

4-8- میزان حساسیت خاک‌ها در برابر یخبندان

رده بندی خاک		میزان حساسیت
UNIFIED	AASHTO	
GW,GP,SW,SP	A-1,A-3	غیر حساس
GM,GC	A-2	کم تا متوسط
SM,SC	A-2	کم تا زیاد
CH,OH	A-7	متوسط
CL,OL	A-6	متوسط تا زیاد
ML,MH	A-4,A-5	متوسط تا خیلی زیاد

حداقل عمق یخبندان نسبت به درجه حرارت به شرح جدول 4-9 پیشنهاد می‌گردد.

4-9- عمق یخبندان

حداقل درجه حرارت(سانتیگراد)	$t > -5$	$-10 < t \leq -5$	$t \leq -10$
حداقل عمق یخبندان(سانتی متر)	60	80	100

با توجه به حداقل دمای منطقه در زمستان مطابق فصل اول و نیز به دلیل حساسیت کم تا زیاد خاک محدوده

پروژه در برابر یخبندان، در نظر گرفتن 60 سانتی متر حداقل عمق یخبندان ضروری می‌باشد.

4-11- سیمان مصرفی

در جدول 4-10، مقادیر سولفات (SO_4)، کلر (CL) و PH خاک برای عمق موردنظر در گمانه‌های اکتشافی

ارائه شده است.

4-10- نتایج آزمایش‌های شیمیایی خاک

BH	Depth(m)	SO_4		Cl%	PH
		%	Classification		
BH-1			XS2 (احتمال حمله سولفاتی شدید)		
BH-2			XS2 (احتمال حمله سولفاتی شدید)		

BH-3			XS2 (احتمال حمله سولفاتی شدید)		
------	--	--	-----------------------------------	--	--

بررسی حضور یون سولفات: با توجه به نتایج آزمایش‌های شیمیایی انجام شده بر روی نمونه‌های خاک اخذ شده از محل گمانه‌ها، با در نظر گرفتن معیارهای دوام بتن مطابق آئین نامه بتن ایران و ویرایش پنجم مبحث نهم مقررات ملی ساختمان، در اعماق سطحی حمله سولفاتی شدید در رده XS2 وجود دارد. در نتیجه ضروری است با توجه به جدول 9-پ1-8 مبحث نهم مقررات ملی ساختمان و جدول 6-8 آئین نامه بتن ایران، از سیمان با مقاومت سولفاتی متوسط استفاده شود. سیمان با مقاومت سولفاتی متوسط، سیمانی است که در آزمایش "تعیین تغییر طول ملات سیمانی هیدرولیکی قرار گرفته در محلول سولفات" استاندارد ملی 171017، مقدار انبساط کمتر از 0/05 درصد پس از 6 ماه و 0/10 درصد پس از 1 سال داشته باشد. سیمان پرتلند نوع 2، انواع سیمان‌های آمیخته، ترکیب انواع سیمان‌های پرتلند با مقادیر مناسبی از افزودنی‌های معدنی نظیر دوده سیلیسی، خاکستر بادی، سرباره، انواع پوزولان‌های طبیعی و ...، در صورت برآورده کردن الزام فوق می‌توانند در رده سیمان‌های با مقاومت سولفاتی متوسط قرار گیرند. همچنین در محل مذکور از بتن با حداقل رده C30 و حداکثر نسبت آب به سیمان 0/45 استفاده شود.

قابل ذکر است با توجه به احتمال تشدید حمله سولفاتی، استفاده از کلرید کلسیم، سایر تندگیرکننده‌های حاوی نمک‌های کلسیم و یا هر نوع افزودنی شیمیایی حاوی کلراید در شرایط محیطی موجود مجاز نیست.

بررسی حضور یون کلرید: به منظور افزایش دوام سازه‌های بتن آرمه در برابر آسیب‌های ناشی از یون‌های کلرید در شرایط محیطی کلریدی الزاماتی مطابق جدول 9-پ1-2 مبحث نهم مقررات ملی ساختمان در نظر گرفته شود. این الزامات شامل موارد زیر می‌باشد:

- استفاده از سیمان پرتلند نوع (1) و (2) و CEM I -SR10 و سایر سیمان‌های آمیخته.
- حداقل مقدار مواد سیمانی 325 کیلوگرم بر مترمکعب.
- حداکثر نسبت آب به مواد سیمانی 0/45
- حداقل رده بتن C35

همچنین ضروری است تدابیر زیر اتخاذ شود:

- استفاده از سیمان نوع 1 برای بتن آرمه در شرایط حمله کلریدی مجاز نیست.

- سیمان‌های آمیخته شامل ترکیب سیمان پرتلند با مواد جایگزین سیمان، نظیر دوده سیلیس، سرباره، خاکستر بادی و پوزولان‌های طبیعی یا مصنوعی با حداقل مقادیر: دوده سیلیس 5 درصد، سرباره 25 درصد، پوزولان طبیعی 20 درصد، خاکستر بادی 15 درصد، زئولیت و متاکائولن 10 درصد، مناسب هستند. چنانچه از دوغاب دوده سیلیس یا موارد مشابه استفاده می‌شود، مقدار حداقل دوده سیلیس موجود در بتن باید از حداقل مقدار فوق تبعیت نماید.

جمع بندی:

با توجه به وقوع همزمان حملات سولفاتی و کلریدی در خاک محل پروژه پیشنهاد می‌شود در محل مذکور از بتن با حداقل رده C35 استفاده شود و حداکثر نسبت آب به مواد سیمانی 0/4 باشد. همچنین سیمان پیشنهادی این مشاور با توجه به حضور همزمان یون سولفات و کلر، سیمان پرتلند نوع 2 می‌باشد. استفاده از خاکستر بادی در ترکیب با سیمان نیز پیشنهاد اکید می‌گردد.

4-12- عمق مجاز گودبرداری

با توجه به عمق استقرار پی و نیز لایه بندی خاک محل پروژه، گودبرداری قائم بدون استفاده از سیستم پایداری، مجاز نمی‌باشد / می‌باشد؛ بنابراین لازم است قبل از انجام عملیات گودبرداری، با توجه به ابعاد و مساحت زمین، محیط پیرامون گود، حجم گودبرداری و ...، نسبت به طراحی و اجرای سازه نگهدارنده موقت اقدام گردد. برخی از روش‌های محافظت موقت گود عبارتند از:

- شمع بندی
- دیواره دیافراگمی
- دوخت به پشت
- پشت بند افقی یا مهار متقابل
- شمع کوبی
- سپر کوبی
- خرابایی
- میخ گذاری و بتن پاشی (Nailing)

- مهار پس تنیده و بتن پاشی (Anchoring)

قابل ذکر است استفاده از هر یک از روش های محافظت از گودبرداری نیاز به محاسبات خاص دارد که می بایست توسط مشاور تخصصی گودبرداری (با هماهنگی مهندس سازه) صورت گیرد. بدیهی است عدم رعایت اصول و استانداردهای فنی حین عملیات گودبرداری، می تواند مخاطره آمیز باشد؛ لذا لازم است کلیه موارد ایمنی و اصول فنی مربوطه حین گودبرداری، از سوی متقاضی محترم و زیر نظر مهندس ناظر مدنظر قرار گیرد.

طراحی سازه نگهبان نیاز به انجام محاسبات خاص دارد که در قالب این گزارش امکان پذیر نمی باشد. جهت انتخاب صحیح نوع سازه نگهبان می توان به کتاب "اصول و مبانی گودبرداری و سازه های نگهبان" تهیه شده توسط وزارت مسکن و شهرسازی و یا سایر منابع و مراجع معتبر در این زمینه، مراجعه نمود. در صورت اقدام به گودبرداری، لازم است تمهیدات ذیل در نظر گرفته شود:

- بعد از وقوع بارندگی، طوفان، زلزله و سیل، لازم است از دیواره های محل گودبرداری بازدید بعمل آید تا در محل هایی که خطر لغزش یا ریزش افزایش یافته است، وسایل استحفاظی تعبیه یا تقویت گردد.

- در صورتی که در مجاورت محل گودبرداری کارگرانی مشغول به کار باشند، باید اقدامات لازم برای ایمنی آنان صورت گیرد.

- قبل از قرار دادن وسایل مکانیکی از قبیل جرثقیل، بیل مکانیکی، کامیون و امثال آن و انباشتن خاک های حاصل از گودبرداری و مصالح ساختمان های واقع در مجاورت لبه های بالای گود، باید شمع و سپر و مهار لازم به منظور مقاومت در مقابل بار اضافی در دیواره تعبیه گردد.

- هر گاه دیواری جهت محافظت یکی از دیوارهای گودبرداری مورد استفاده قرار گیرد، در صورتی که این دیواره ناپایدار باشد، باید به وسیله مهارهای لازم، پایداری آن تامین گردد.

- مصالح حاصل از گودبرداری نباید به فاصله کمتر از نیم متر از لبه گود ریخته شود.

- در محل هایی که احتمال سقوط اشیا به محل گود وجود دارد، لازم است موانع حفاظتی لازم برای جلوگیری از وارد شدن آسیب به کارگران پیش بینی گردد.

شما اینجا اشاره میکنید به مواردی که برای بهسازی خاک لازم است. مثلاً شمع، دی اس ام، جت، ستون سنگی، ...

برای شمع:

میتوانید از نرم افزار AllPile برای محاسبه استفاده کنید. در مورد محاسبات شمع، عدد ضریب اطمینان خیلی مهم است.

ایجا توضیحات مربوط به شمع مبحث 7 آورده شود. اگر تست درجا برای شمع ها انجام شود، میتوان ضریب اطمینان را تا 2.2 برای شمع های تحت بار محوری کششی و فشاری کاهش داد.

جدول مقادیر پیشنهادی مقاومت مجاز شمع ها (با ضریب اطمینان 3)

طول به متر	ظرفیت جداری (نهایی) kN	ظرفیت نوک (نهایی) kN	مقاومت مجاز نوک kN	مقاومت مجاز جداری kN	ظرفیت مجاز شمع kN
5	2150	970	323.333	715	1038.33333
6	2580	970	323.333	858	1181.33333
7	3010	970	323.333	1001	1324.33333
8	3440	970	323.333	1144	1467.33333
9	3870	970	323.333	1287	1610.33333
10	4300	970	323.333	1430	1753.33333
11	4730	970	323.333	1573	1896.33333
12	5160	970	323.333	1716	2039.33333
13	5590	970	323.333	1859	2182.33333
14	6020	970	323.333	2002	2325.33333
15	6450	970	323.333	2145	2468.33333
16	6880	970	323.333	2288	2611.33333

13-4- جمع بندی نهایی و توصیه های فنی

بنا بر اظهارات متقاضی محترم، پروژه احداث (شرح پروژه) می باشد. بنابر به اظهارات متقاضی محترم، سازه مورد احداث فاقد زیرزمین می باشد؛ بنابراین تراز استقرار پی سازه با توجه به وجود خاک دستی در عمق 1/5 متری از تراز شروع حفاری گمانه ها در نظر گرفته شده و محاسبات ظرفیت باربری بر مبنای این عمق انجام شده است.

* توصیه می شود تمهیدات زیر در بستر پروژه به کار گرفته شود:

1- با توجه به اینکه خاک محدوده پروژه غالباً از نوع ماسه سیلت دار می باشد، این مشاور توصیه می کند حتی در شرایطی که پی سبک و باربری زمین کافی باشد، پی در عمق قرار داده شود.

2- در صورتی که پی بر روی میله، انباره چاه فاضلاب، قنات و خاک واریزه ای قرار داده نشود و همچنین بر روی شیروانی ها و در مجاورت آن ها قرار نگیرد، می توان از جداول ظرفیت باربری ارائه شده استفاده نمود.

3- مشاور محترم سازه، نوعی از پی را طراحی نماید که همواره فشارهای تماسی وارده بر سازه، از ظرفیت باربری مجاز پی کمتر باشد.

4- در شرایط عدم کفایت مقادیر ظرفیت باربری مجاز مقتضی است خاک زیر شالوده با استفاده از روش های مناسب بهسازی همانند ستون سنگی، اختلاط عمیق، جت گروتینگ، میکروپایل و ... تقویت گردد و یا با استفاده از شمع، بار سازه ای به لایه های بکر تحتانی که مقاومت بالاتری دارند، انتقال یابد. انتخاب روش مناسب، محاسبات و طراحی روش بهسازی، نیازمند مطالعات تکمیلی این مشاور می باشد.

5- در حین مراحل اجرای گودبرداری ها، قالب بندی و آما تور بندی پی های سطحی و عمیق، توصیه می شود از یک کارشناس ژئوتکنیک با تجربه در کارگاه استفاده گردد.

6- در صورت نیاز پیش از شروع عملیات گودبرداری تا تراز فنداسیون، می بایست از تجمع آب های جاری و سطحی در اطراف پی ها جلوگیری نمود. همچنین در مراحل بعدی و پس از ساخت نیز از نفوذ رطوبت به اطراف و زیر پی ممانعت بعمل آورد. در صورت وجود آب های جاری ناشی از بارندگی، با ایجاد

رویه‌های نفوذناپذیر بتنی و با رعایت شیب‌های طولی و عرضی مناسب، آب‌ها را از اطراف پی دور کرده و به وسیله کانال‌هایی با مشخصات فنی طراحی شده به خارج از محل پی‌ها هدایت کرد.

7- مهندس طراح باید با توجه به مشخصات فنی سازه مورد احداث، نتایج مطالعات ژئوتکنیکی منطقه طرح و نیز سیستم جمع‌آوری آب‌های سطحی، نسبت به طراحی سیستم زهکشی آب‌های زیرسطحی اقدام نماید. لازم به ذکر است که تغییرات فصول و شرایط جوی می‌تواند منجر به تغییر سطح آب‌های زیرزمینی گردد؛ بنابراین در صورت نیاز تمهیدات خاص و همچنین تعبیه سیستم زهکشی مناسب در زمان خاکبرداری و عایق‌بندی سازه در زمان بهره‌برداری اندیشیده شود تا از رسوخ آب به تراز فونداسیون جلوگیری گردد. در صورت نیاز به زهکشی کف گود، استفاده از سیستم‌های ذیل توصیه می‌گردد:

- زهکشی با استفاده از چاه عمیق
 - پمپ از چاهک جمع‌آوری آب‌های زیرسطحی
 - چاه عمیق به همراه پمپ غوطه‌ور
- همچنین در صورت نیاز به زهکشی دیواره گود، این مشاور روش‌های ذیل را پیشنهاد می‌کند:
- آب‌بندی غشایی با محصولات ژئوسنتتیک
 - آب‌بندی با استفاده از بتن نفوذناپذیر

8- نتایج ارائه شده محدود به محل گمانه‌های مطالعاتی می‌باشد. چنانچه متقاضی محترم درحین خاکبرداری و اجرای پروژه، مغایرتی با متن گزارش مشاهده نمود، ضرورت دارد مراتب را جهت بررسی و ارائه راهکارهای لازم به این مشاور اعلام فرماید.

1- مطالعات ژئوفیزیک

این بررسی به منظور انجام مطالعات لرزه‌شناسی درون‌چاهی پروژه و در محل حفاری گمانه متری BH1 صورت پذیرفته است.

نگاشت‌های حاصله از یک آزمایش لرزه‌نگاری در واقع حرکات سطح زمین را نشان می‌دهند. حقیقت این حرکات ناشی از انتشار امواج الاستیک حاصله از انفجار و یا منابع انرژی دیگر می‌باشند. درخشکی این

حرکات برحسب سرعت ذرات نسبت به زمان مشخص می‌شوند. برای تبدیل نتایج بدست آمده از این آزمایش‌ها، لازم است تا حتی‌الامکان شناختی درباره رفتار امواج الاستیک به هنگام انتشار در داخل زمین داشته باشیم. همچنین باید شناختی درباره مشخصات و طرز کار ابزارهایی که امواج لرزه‌ای را ثبت می‌کنند، داشت.

گزارش حاضر در برگیرنده نتایج مطالعات لرزه‌شناسی محل پروژه از سطح تا عمق 31 متری گمانه می‌باشد. در این مطالعه آزمایش لرزه‌نگاری درون گمانه‌ای به فواصل برداشت 1 متر با استفاده از امواج تراکمی و برشی در گمانه حفاری شده BH n انجام گرفته است که در شکل نمایش داده شده است.

شکل 2- انجام آزمایش دانهول در محل گمانه BH1

شناخت کامل وضعیت لایه‌های زیرسطحی و مشخصات دینامیکی لایه‌های خاک از عوامل مهم در تحلیل دینامیکی یک سازه می‌باشد. به منظور تکمیل اطلاعات ژئوتکنیکی و لزوم ارزیابی پارامترهای دینامیکی لایه‌های زمین و تعیین نوع زمین از نظر مهندسی زلزله، آزمایشات لرزه‌ای درون گمانه‌ای با استفاده از امواج تراکمی و برشی انجام یافته است. در این مطالعه یک پروفیل تک بعدی لرزه‌ای درون-گمانه‌ای با استفاده از ثبت امواج تراکمی و برشی برداشت گردیده است.

2- مطالعات ژئوفیزیک

کاوش‌های ژئوفیزیکی یک شیوه غیرمستقیم بررسی زمین یا سازه می‌باشند. فنون ژئوفیزیکی برای اندازه‌گیری تغییرات فیزیکی مصالح زیرسطحی مانند سرعت امواج تراکمی و برشی، هدایت الکتریکی و مقاومت‌سنجی بکار می‌روند.

مطالعات ژئوفیزیک در مقایسه با روش‌های گمانه‌ای منجر به صرفه‌جویی در زمان و هزینه می‌گردند. در خلال برنامه حفاری پی‌جویی‌های ژئوفیزیکی ممکن است برای چک کردن تفسیر ساختار زمین‌شناسی بین گمانه‌ها مورد استفاده قرار گیرند.

ژئوفیزیک مهندسی عمدتاً شامل بررسی‌های زمین، جستجو برای مصالح مهندسی و بررسی سازه‌های مهندسی می‌باشد. ژئوفیزیک در بازه گسترده‌ای از پروژه‌های مهندسی مانند ساختمان‌های بلند، سدهای اصلی، سازه‌های اتمی و غیره مورد استفاده قرار می‌گیرد.

روش‌های ژئوفیزیکی می‌توانند به دو گروه عمده تقسیم‌بندی گردند: روش‌های فعال و منفعل. روش‌های منفعل شامل کشف و اندازه‌گیری دقیق تغییرات در میدان طبیعی می‌باشند. از جمله این روش‌ها می‌توان اندازه‌گیری‌های میدان گرانش و مغناطیس زمین و پتانسیل خودزا را نام برد.

در روش‌های فعال انرژی به زمین وارد شده، سیگنال‌های تغییر یافته و میدان‌های به وجود آمده در محل‌های مناسب اندازه‌گیری می‌گردند. عمده روش‌های لرزه‌ای، ژئوالکتریک و الکترومغناطیس در این دسته جای می‌گیرند. اندازه‌گیری‌های ژئوفیزیکی معمولاً از سطح زمین و یا بین یا درون حفاری‌های زیر سطحی یا ترکیبی از آن‌ها انجام می‌شوند.

برای بررسی‌های نزدیک سطح زمین به ویژه در خشکی، استفاده از روش‌های مستقیم غالباً ارجح می‌باشد. چهار هدف اصلی در بررسی‌های ژئوفیزیک مهندسی برای پی جویی‌های زمین وجود دارد:

- 1) بررسی زمین‌شناسی
- 2) ارزیابی منابع
- 3) ارزیابی خطر
- 4) تعیین ویژگی‌های مهندسی مصالح زمین

منابع :

- 1- مکانیک خاک و پی، ترجمه دکتر علی نورزاد، تالیف Muni Budhu 1392
- 2- مهندسی پی پیشرفته، تالیف دکتر علی فاخر، 1393
- 3- زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیک، تالیف دکتر خانلری و همکاران، 1389
- 4- آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله (2800 ایران)، ویرایش چهارم، 1393
- 5- آئین نامه بتن ایران (آبا)، تجدید نظر دوم، 1400
- 6- نشریه شماره 525، راهنمای ارزیابی پتانسیل روانگرایی خاک، پیامدها و روش های کاهش مخاطرات آن،
- 7- مبحث هفتم مقررات ملی ساختمان: پی و پی سازی، ویرایش سوم، 1392
- 8- زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیک: تالیف دکتر غلامرضا خانلری، چاپ دوم، 1389
- 9- زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیک: تالیف دکتر حسین معماریان؛ چاپ اول، 1374
- 10- مهندسی پی پیشرفته، تالیف دکتر علی فاخر، چاپ اول، 1390
- 11- Das, B. M. and Sivakugan, N. (2019). "Principles of Foundation Engineering", 9th Edition, SI Edition
- 12- Holtz, R.D., Kovacs, W.D. & Sheahan, T.C. (2010). "An Introduction to Geotechnical Engineering", Prentice Hall.
- 13- Budhu, M. (2010). "Soil mechanics and foundations", John Wiley & Sons.
- 14- Bowles, J.E. (1996). "Foundation Analysis and Design."
- 15- Das, B.M. (2007). "Principles of Foundation Engineering", 6th Edition.

پیوست 1

(تصاویر صورتجلسه و گزارش های حفاری روزانه)

پیوست 3

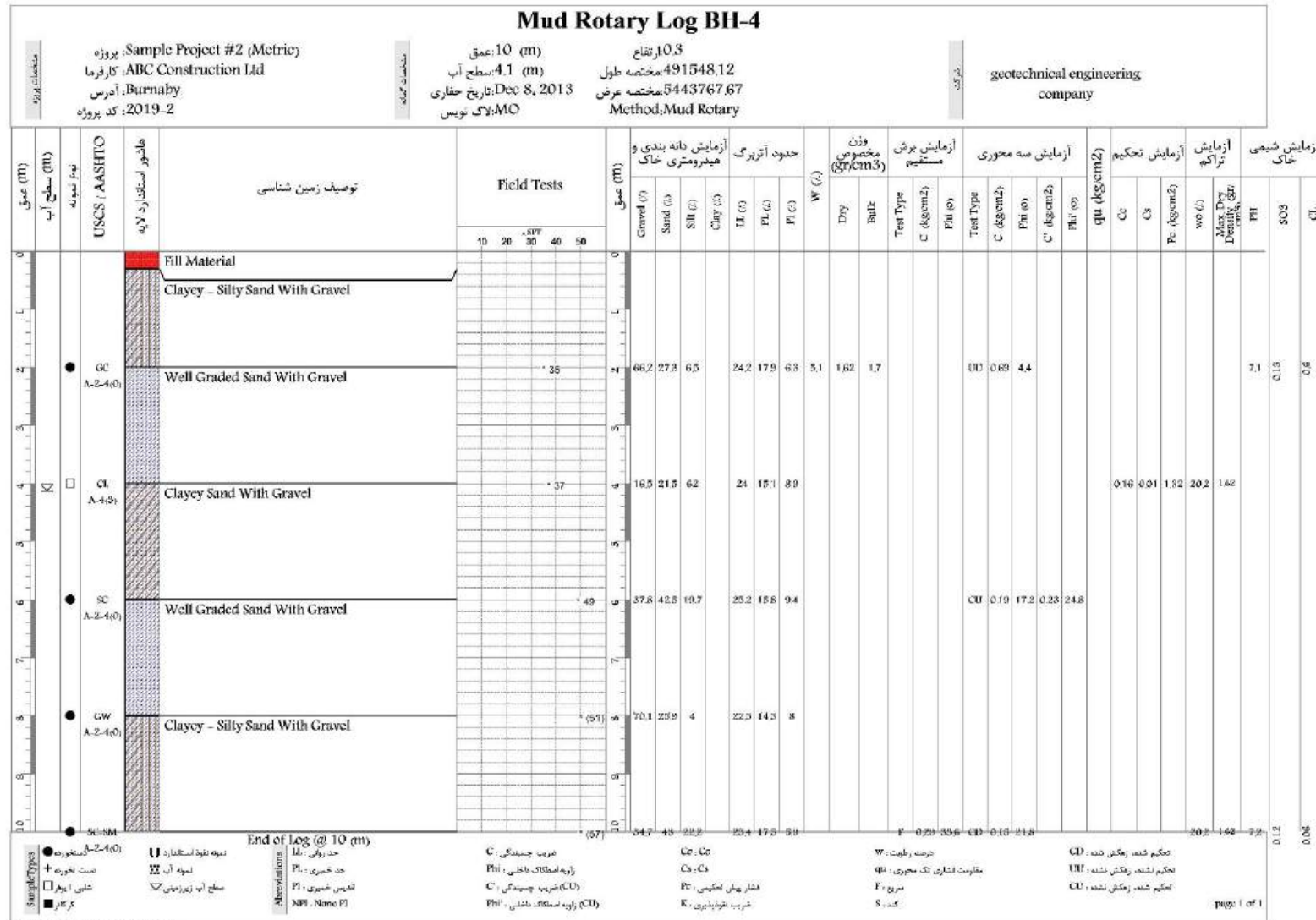
(نتایج آزمون‌های آزمایشگاهی)

لاگ های گمانه های محل پروژه

جزوه دوره گزارش نویسی

محب اله آگاه ناو





Mud Rotary Log BH-3																																					
Sample Project #2 (Metric) کارفرما: ABC Construction Ltd آدرس: Burnaby کد پروژه: 2019-2										عمق: 8 (m) سطح آب: 3.5 (m) تاریخ حفاری: Dec 8, 2013 MO: لاگ نویس										ارتفاع: 491545.52 مختصات طول: 5443770.00 Method: Mud Rotary					geotechnical engineering company												
عمق (m)	سطح آب (m)	نمونه	USCS / AASHTO	توصیف زمین شناسی	Field Tests					عمق (m)	آزمایش دانه بندی و هیدرومتری خاک					حدود اتزبرگ		وزن مخصوص (g/cm3)		آزمایش برش مستقیم		آزمایش سه محوری		آزمایش تحکیم		آزمایش تراکم		آزمایش شیمی خاک									
					10	20	30	40	50	Gravel (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	LL (%)	PL (%)	PI (%)	W (%)	Dry	Bulk	Test Type	C (kg/cm2)	Phi (°)	Test Type	C (kg/cm2)	Phi (°)	C (kg/cm2)	Phi (°)	qu (kg/cm2)	Cc	CL	Pc (kg/cm2)	wo (%)	Max Dry Density (g/cm3)	PI	SC3	CL	
0				Fill Material						18.2	29	30.7	22.1	33.6	17.3	16.3	5	1.63	1.7	F	0.25	33.7	111	0.69	4.4												
1			CL A-6(5)	Clayey Sand With Gravel																																	
2				Clayey Sand With Gravel																																	
3			SC A-2.6(5)	Clayey Sand With Gravel																																	
4				Well Graded Silty Sand With Gravel & Clay																																	
5			GW-GC A-2.4(5)	Well Graded Silty Sand With Gravel & Clay																																	
6				Silty Sand With Gravel																																	
7			GW-GC A-2.4(5)	Silty Sand With Gravel																																	
8			GC A-2.4(5)	Silty Sand With Gravel																																	
9				End of Log @ 8 (m)																																	

● دستنویس
+ دست نخورده
□ شاهی / پور
■ ترکیبی

U نمونه استاندارد
W نمونه آب
S سطح آب زیرزمینی

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

C: شریب چسبندگی
PH: زاویه اصطکاک داخلی
C (CL): شریب چسبندگی
PH (CL): زاویه اصطکاک داخلی

CL: CL
CS: CS
PL: فشار پاشش
K: شریب نفوذپذیری

W: درصد رطوبت
qu: مقاومت فشاری تک محوری
F: منبرج
S: گد

CD: تحکیم شده، رهاش شده
UR: تحکیم نشده، رهاش نشده
CU: تحکیم شده، رهاش نشده

page 1 of 1

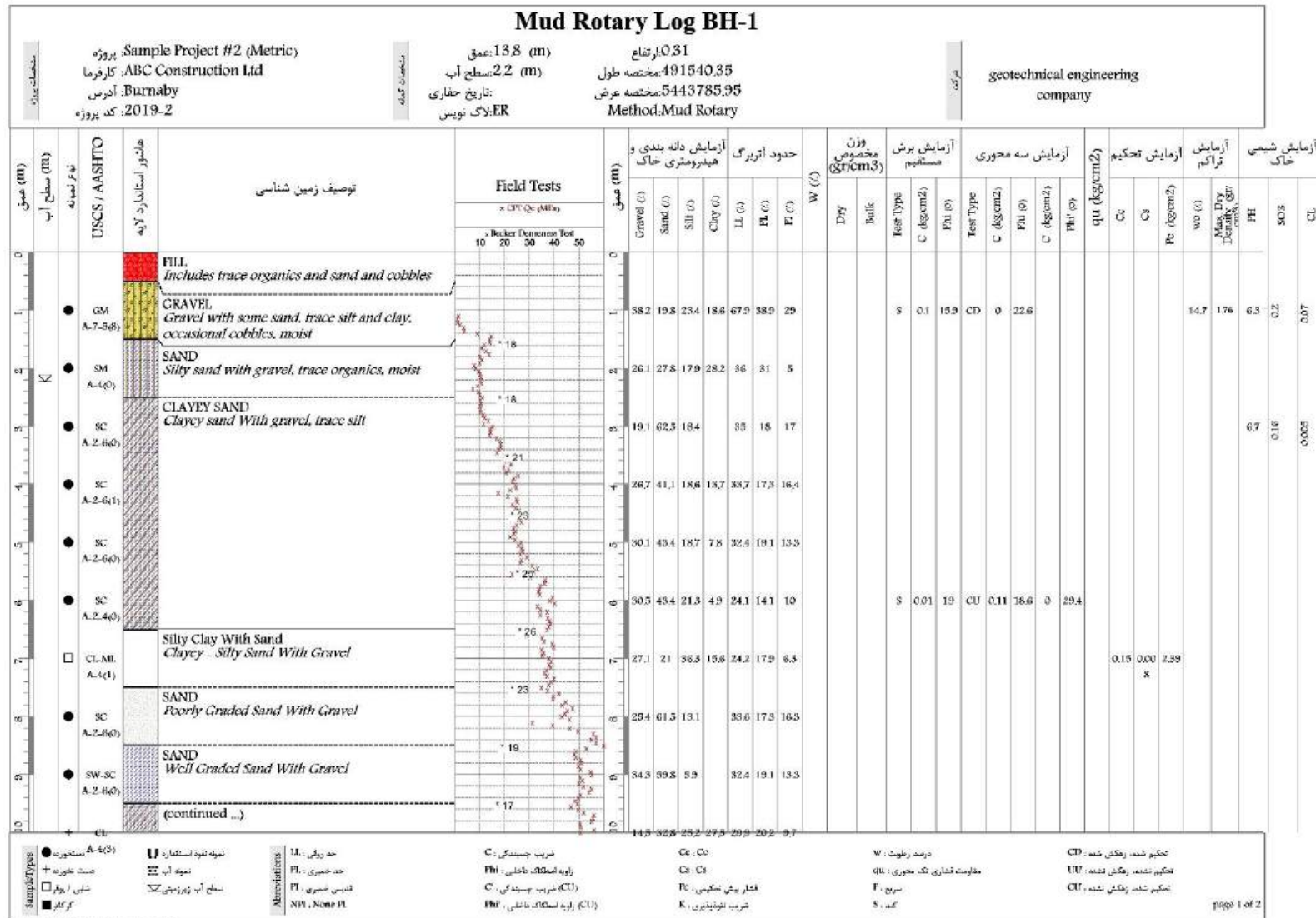
NovelAG 4.0.2022.1206 Licensed to : {}
Printed On 5/16/2024 By DESKTOP-UB38HOD\NohrabAgah

جزوه دوره گزارش نویسی

محب اله آگاه ناو

Mud Rotary Log BH-2															
Project: Sample Project #2 (Metric) Client: ABC Construction Ltd Location: Burnaby Date: 2019-2 Project ID: ER					Depth: 12.5 (m) Diameter: 2.6 (m) Date: 03/12/2019 Method: Mud Rotary					geotechnical engineering company					
Soil Description		Field Tests		Grain Size Analysis		Liquid Limit		Plastic Limit		Shrinkage		Compaction		Strength	
Soil Description	Field Tests	Grain Size Analysis	Liquid Limit	Plastic Limit	Shrinkage	Compaction	Strength	Soil Description	Field Tests	Grain Size Analysis	Liquid Limit	Plastic Limit	Shrinkage	Compaction	Strength
Fill Material Mostly sand and gravel	10 20 30 40 50	Gravel (%) Sand (%) Silt (%) Clay (%)	LL (%) PL (%) PI (%)	Shrinkage (%)	Compaction (%)	Strength (kPa)	Soil Description	Field Tests	Grain Size Analysis	Liquid Limit	Plastic Limit	Shrinkage	Compaction	Strength	
Poorly Graded Sand With Gravel Fine-grained sand with trace to no silt	10 20 30 40 50	Gravel (%) Sand (%) Silt (%) Clay (%)	LL (%) PL (%) PI (%)	Shrinkage (%)	Compaction (%)	Strength (kPa)	Soil Description	Field Tests	Grain Size Analysis	Liquid Limit	Plastic Limit	Shrinkage	Compaction	Strength	
Low Plasticity Silt With Sand Silt to clayey silt	10 20 30 40 50	Gravel (%) Sand (%) Silt (%) Clay (%)	LL (%) PL (%) PI (%)	Shrinkage (%)	Compaction (%)	Strength (kPa)	Soil Description	Field Tests	Grain Size Analysis	Liquid Limit	Plastic Limit	Shrinkage	Compaction	Strength	
Silty Sand With Gravel Fine to medium grained sand, trace to some gravel	10 20 30 40 50	Gravel (%) Sand (%) Silt (%) Clay (%)	LL (%) PL (%) PI (%)	Shrinkage (%)	Compaction (%)	Strength (kPa)	Soil Description	Field Tests	Grain Size Analysis	Liquid Limit	Plastic Limit	Shrinkage	Compaction	Strength	
Clayey - Silty Sand With Gravel Fine-grained sand, includes pockets of reddish brown silt	10 20 30 40 50	Gravel (%) Sand (%) Silt (%) Clay (%)	LL (%) PL (%) PI (%)	Shrinkage (%)	Compaction (%)	Strength (kPa)	Soil Description	Field Tests	Grain Size Analysis	Liquid Limit	Plastic Limit	Shrinkage	Compaction	Strength	

NovoLAB 4.6.2022.1205 Licensed to: ()
Printed On 5/18/2024 By DESKTOP-LIB3EHOD\MohabAgah



دانه بندی و هیدورمتری

آزمایش دانه بندی و هیدرومتری خاک

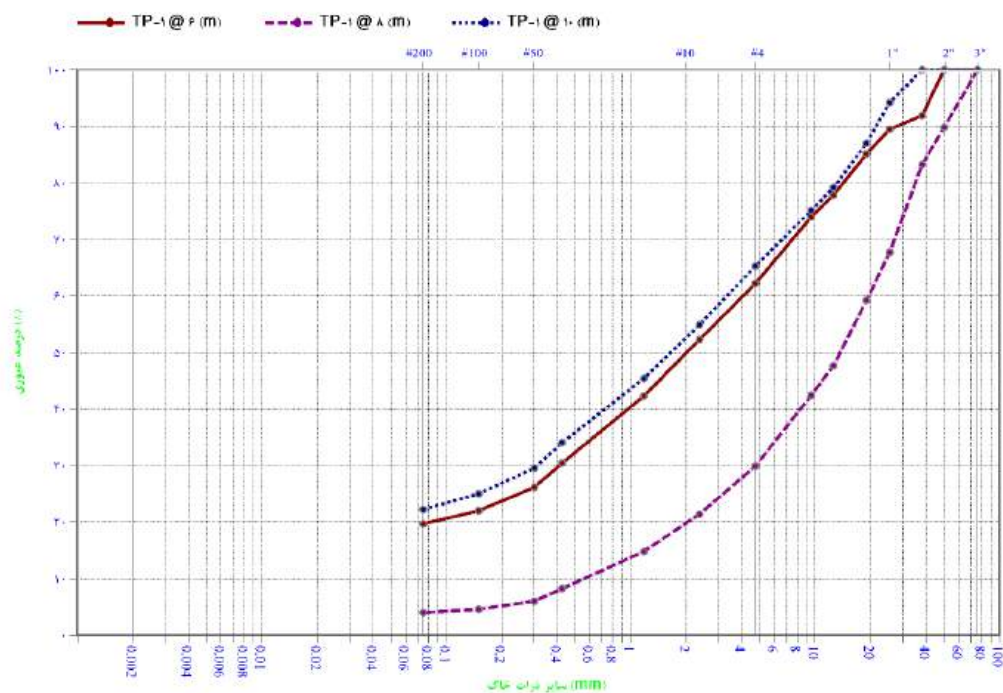
پروژه : Sample Project #2 (Metric)

کارفرما : ABC Construction Ltd

کد پروژه : 2019-2

آدرس : Burnaby

ASTM C136



Particle Distribution (%)

ردیف	شماره	ماده	سیلت / لای	ریس
1	37.8	42.5	19.7	
2	70.1	25.9	4	
3	34.7	43	22.2	0.1

Classification

گمانه	عمق نمونه (m)	D10 (mm)	D30 (mm)	D50 (mm)	D60 (mm)	Cc	Cu	LL (%)	PI (%)	درصد واگرایی	طبقه بندی متعده	طبقه بندی آشتو
TP-1	6	-	0.41	2.016	4.068	41.323	-	25.2	9.4	102.3	SC	A-2-4(0)
TP-1	8	0.559	4.775	13.679	19.524	2.089	34.927	22.3	8	102.3	GW	A-2-4(0)
TP-1	10	-	0.311	1.651	3.329	29.054	-	23.4	5.9	102.3	SC-SM	A-1-b(0)

آزمایش دانه بندی و هیدرومتری خاک

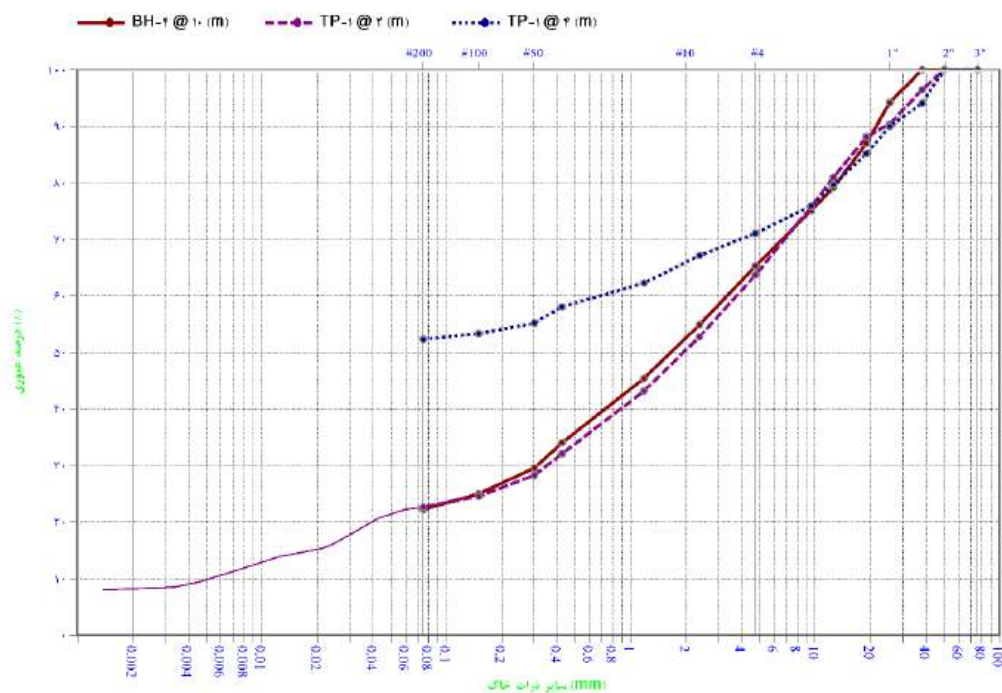
پروژه : Sample Project #2 (Metric)

کارفرما : ABC Construction Ltd

کد پروژه : 2019-2

آدرس : Burnaby

ASTM C136



Particle Distribution (%)

دسته	سیلت / لای	ماسه	شن	فیلد
8.2	22.2	43	34.7	0.1
	14.4	41.1	36.3	0.1 - 0.1
	52.3	18.7	28.9	0.1

Classification

گمانه	عمق نمونه (m)	D10 (mm)	D30 (mm)	D50 (mm)	D60 (mm)	Cc	Cu	LL (%)	PI (%)	درصد واگرایی	طبقه بندی متعده	طبقه بندی آشتو
BH-4	10	-	0.311	1.651	3.329	29.054	-	23.4	5.9	102.3	SC-SM	A-1-b(0)
TP-1	2	0.005	0.351	1.933	3.749	6.572	749.8	33.6	16.3	102.3	SC	A-2-6(0)
TP-1	4	-	-	-	0.679	-	-	32.4	13.3	102.3	CL	A-6(4)

آزمایش دانه بندی و هیدرومتری خاک

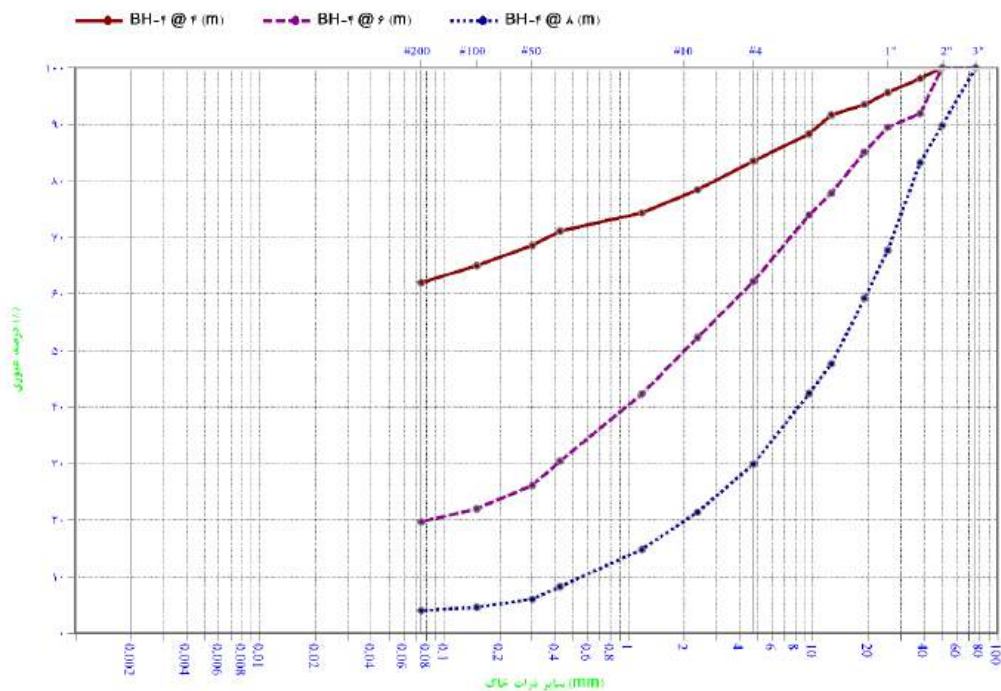
پروژه : Sample Project #2 (Metric)

کارفرما : ABC Construction Ltd

کد پروژه : 2019-2

آدرس : Burnaby

ASTM C136



Particle Distribution (%)

ردیف	شماره	ماده	سیلت / لای	رطوبت
1	16.5	21.5	62	
2	37.8	42.5	19.7	
3	70.1	25.9	4	

Classification

گمانه	عمق نمونه (m)	D10 (mm)	D30 (mm)	D50 (mm)	D60 (mm)	Cc	Cu	LL (%)	PI (%)	درصد واگرایی	طبقه بندی متعده	طبقه بندی آشتو
BH-4	4	-	-	-	-	-	-	24	8.9	102.3	CL	A-4(3)
BH-4	6	-	0.41	2.016	4.068	41.323	-	25.2	9.4	102.3	SC	A-2-4(0)
BH-4	8	0.559	4.775	13.679	19.524	2.089	34.927	22.3	8	102.3	GW	A-2-4(0)

آزمایش دانه بندی و هیدرومتری خاک

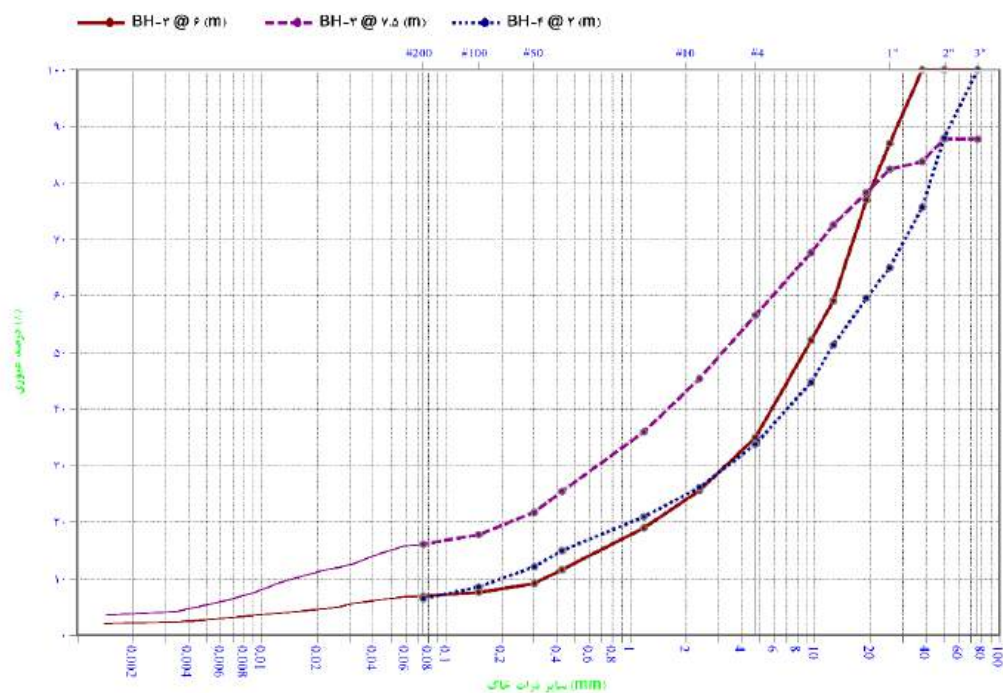
پروژه : Sample Project #2 (Metric)

کارفرما : ABC Construction Ltd

کد پروژه : 2019-2

آدرس : Burnaby

ASTM C136



Particle Distribution (%)

ردیف	شماره	ماده	سیلت / لای	درصد
1	65	28.1	4.7	2.2
2	43.4	40.5	12.3	3.8
3	66.2	27.3	6.5	

Classification

گمانه	عمق نمونه (m)	D10 (mm)	D30 (mm)	D50 (mm)	D60 (mm)	Cc	Cu	LL (%)	PI (%)	درصد واگرایی	طبقه بندی متعده	طبقه بندی آشتو
BH-3	6	0.339	3.282	8.724	12.824	2.478	37.829	24.1	10	102.3	GW-GC	A-2-4(0)
BH-3	7.5	0.015	0.662	3.149	5.879	4.97	391.933	25	8.7	102.3	GC	A-2-4(0)
BH-4	2	0.199	3.369	11.881	19.381	2.943	97.392	24.2	6.3	102.3		A-2-4(0)

آزمایش دانه بندی و هیدرومتری خاک

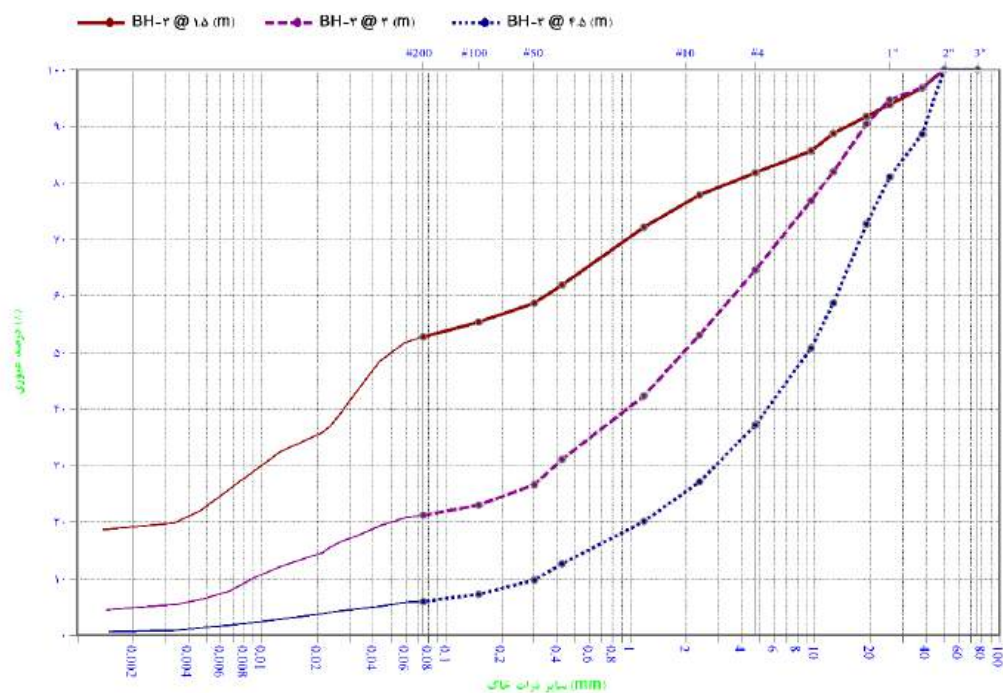
پروژه : Sample Project #2 (Metric)

کارفرما : ABC Construction Ltd

کد پروژه : 2019-2

آدرس : Burnaby

ASTM C136



Particle Distribution (%)

ردیف	شماره	مقدار	نسبت / لای	درصد
1	18.2	29	33.6	19.1
2	35.4	43.4	16.3	4.9
3	62.8	31.2	5.3	0.7

Classification

گمانه	عمق نمونه (m)	D10 (mm)	D30 (mm)	D50 (mm)	D60 (mm)	Cc	Cu	LI (%)	PI (%)	درصد واگرایی	طبقه بندی متعده	طبقه بندی آشتو
BH-3	1.5	0.001	0.01	0.051	0.344	0.291	344	33.6	16.3	102.3	CL	A-6(5)
BH-3	3	0.009	0.39	1.934	3.595	4.701	399.444	32.4	13.3	102.3	SC	A-2-6(0)
BH-3	4.5	0.31	2.887	9.145	13.05	2.06	42.097	23.1	8.3	102.3	GW-GC	A-2-4(0)

آزمایش دانه بندی و هیدرومتری خاک

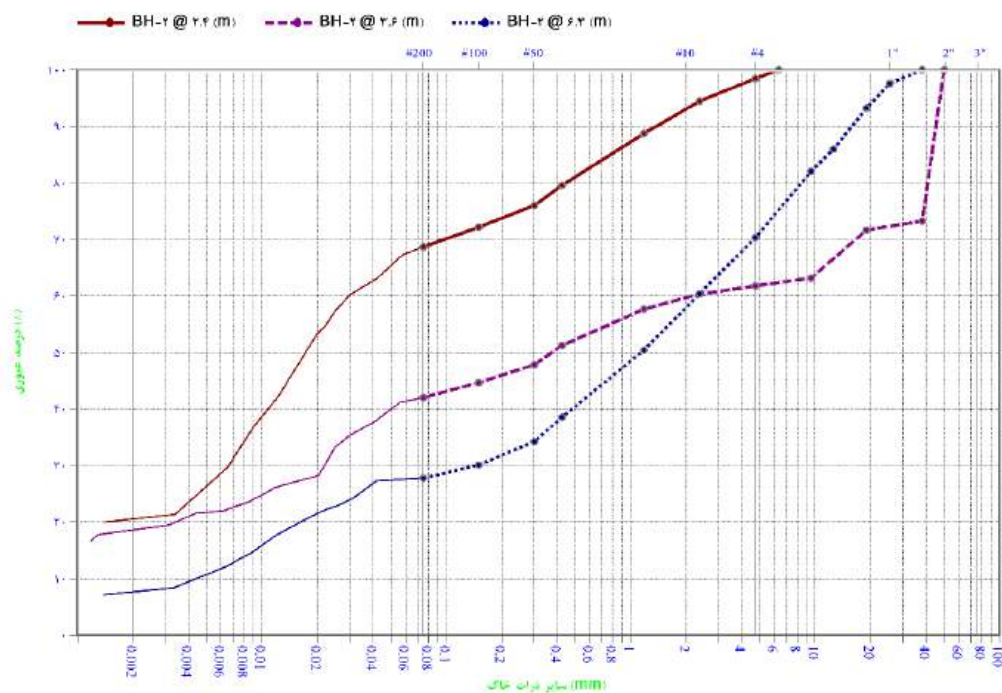
پروژه : Sample Project #2 (Metric)

کارفرما : ABC Construction Ltd

کد پروژه : 2019-2

آدرس : Burnaby

ASTM C136



Particle Distribution (%)

ردیف	شماره	ماده	سیلت / لای	ریس
1	20.5	29.8	48.1	1.6
2	18.6	19.8	23.4	38.2
3	7.7	42.5	20.1	29.7

Classification

گمانه	عمق نمونه (m)	D10 (mm)	D30 (mm)	D50 (mm)	D60 (mm)	Cc	Cu	LL (%)	PI (%)	درصد واگرایی	طبقه بندی متعده	طبقه بندی آشتو
BH-2	2.4	0.001	0.007	0.017	0.03	1.633	30	40.6	12.6	102.3	ML	A-7-6(8)
BH-2	3.6	0.001	0.022	0.375	2.174	0.223	2174	67.9	29	102.3	GM	A-7-5(8)
BH-2	6.3	0.004	0.146	1.14	2.301	2.316	575.25	24.2	6.3	102.3	SC-SM	A-2-4(0)

آزمایش دانه بندی و هیدرومتری خاک

پروژه : Sample Project #2 (Metric)

کارفرما : ABC Construction Ltd

کد پروژه : 2019-2

آدرس : Burnaby

ASTM C136



Particle Distribution (%)

ردیف	شماره	ماده	سیلت / لای	ریس
1	14.5	32.8	26.7	25.9
2	11.2	32.2	29.3	27.3
3	24.2	71.2	1.9	2.7

Classification

گمانه	عمق نمونه (m)	D10 (mm)	D30 (mm)	D50 (mm)	D60 (mm)	Cc	Cu	LL (%)	PI (%)	درصد واگرایی	طبقه بندی متعده	طبقه بندی آشتو
BH-1	10	0.001	0.003	0.041	0.184	0.049	184	29.9	9.7	87.3	CL	A-4(3)
BH-1	12	0.001	0.003	0.022	0.208	0.043	208	45.3	16.3	104.9	ML	A-7-6(8)
BH-2	1.5	0.183	0.581	1.547	2.395	0.77	13.087	41	21	104.9	SP	A-2-7(0)

آزمایش دانه بندی و هیدرومتری خاک

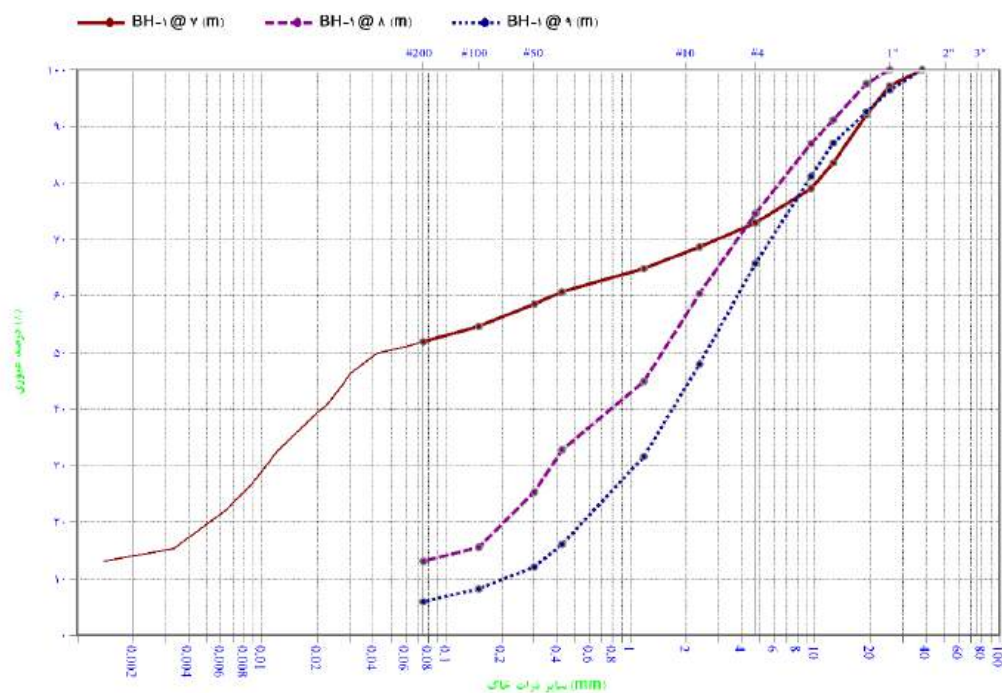
پروژه : Sample Project #2 (Metric)

کارفرما : ABC Construction Ltd

کد پروژه : 2019-2

آدرس : Burnaby

ASTM C136



Particle Distribution (%)

ردیف	شماره	مقدار / لای	درصد
1	14	37.9	27.1
2		13.1	25.4
3		5.9	34.3

Classification

گمانه	عمق نمونه (m)	D10 (mm)	D30 (mm)	D50 (mm)	D60 (mm)	Cc	Cu	LL (%)	PI (%)	درصد واگرایی	طبقه بندی متعده	طبقه بندی آشتو
BH-1	7	0.001	0.011	0.045	0.378	0.32	378	24.2	6.3	102.3	CL-ML	A-4(1)
BH-1	8	-	0.373	1.484	2.318	60.021	-	33.6	16.3	102.3	SC	A-2-6(0)
BH-1	9	0.207	1.062	2.56	3.792	1.437	18.319	32.4	13.3	102.3	SW-SC	A-2-6(0)

آزمایش دانه بندی و هیدرومتری خاک

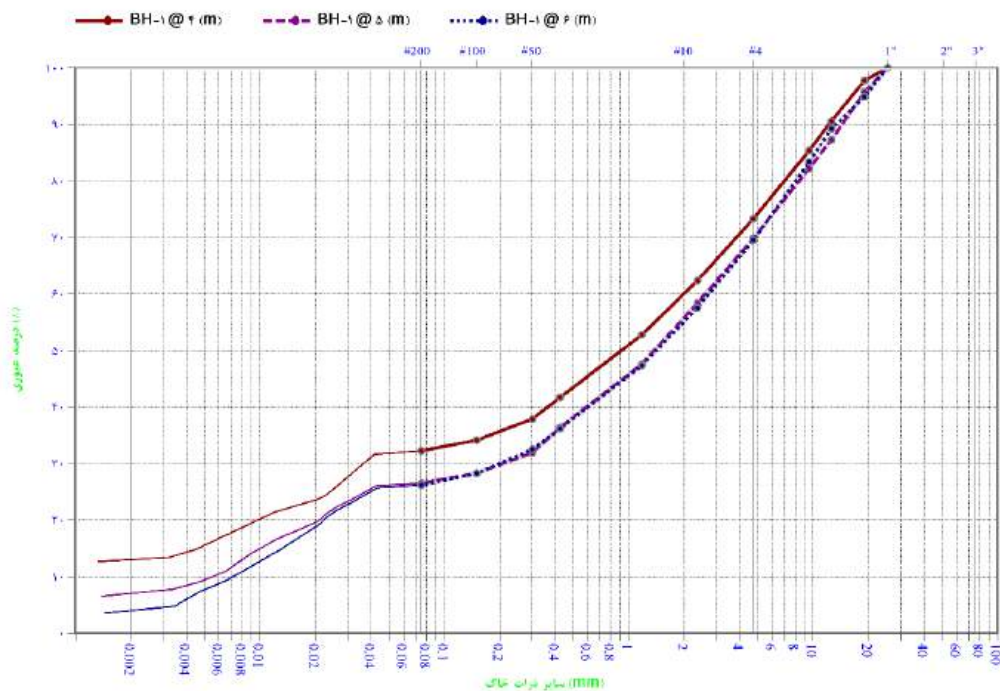
پروژه : Sample Project #2 (Metric)

کارفرما : ABC Construction Ltd

کد پروژه : 2019-2

آدرس : Burnaby

ASTM C136



Particle Distribution (%)

ردیف	شماره	معمق / لای	درصد
13	19.2	41.1	26.7
7	19.5	43.4	30.1
4	22.1	43.4	30.5

Classification

گمانه	عمق نمونه (m)	D10 (mm)	D30 (mm)	D50 (mm)	D60 (mm)	Cc	Cu	LL (%)	PI (%)	درصد واگرایی	طبقه بندی متعده	طبقه بندی آشتو
BH-1	4	0.001	0.036	0.914	1.989	0.652	1989	33.7	16.4	102.3	SC	A-2-6(1)
BH-1	5	0.006	0.208	1.377	2.602	2.771	433.667	32.4	13.3	102.3	SC	A-2-6(0)
BH-1	6	0.007	0.199	1.416	2.722	2.078	388.857	24.1	10	102.3	SC	A-2-4(0)

آزمایش دانه بندی و هیدرومتری خاک

پروژه : Sample Project #2 (Metric)

کارفرما : ABC Construction Ltd

کد پروژه : 2019-2

آدرس : Burnaby

ASTM C136



Particle Distribution (%)

ردیف	شماره	مقدار	نسبت / لای	درصد
1	38.2	19.8	23.4	18.6
2	26.1	27.8	18.5	27.6
3	19.1	62.5	18.4	

Classification

گمانه	عمق نمونه (m)	D10 (mm)	D30 (mm)	D50 (mm)	D60 (mm)	Cc	Cu	LL (%)	PI (%)	درصد واگرایی	طبقه بندی متعده	طبقه بندی آشتو
BH-1	1	0.001	0.022	0.375	2.174	0.223	2174	67.9	29	102.3	GM	A-7-5(8)
BH-1	2	0.001	0.005	0.215	0.832	0.03	832	36	5	102.3	SM	A-4(0)
BH-1	3	-	0.351	1.082	1.813	67.954	-	35	17	102.3	SC	A-2-6(0)

آزمایش حدود اتربرگ

آزمایش حدود آتربریگ

پروژه : Sample Project #2 (Metric)	گمانه : TP-1
کارفرما : ABC Construction Ltd	عمق نمونه : 4 (m)
کد پروژه : 2019-2	طبقه بندی متحده : CL A-6(4)
آدرس : Burnaby	نوع نمونه : Core Cutter

ASTM D2316-99, D854

حد روانی

وزن ظرف (g)	وزن ظرف و خاک مرطوب (g)	وزن ظرف و خاک خشک (g)	تعداد ضربهات	درصد رطوبت (%)
16.7	53.43	43.93	14	34.9
15.41	54.29	45.06	19	31.1
16.26	48	40.12	28	33
				-

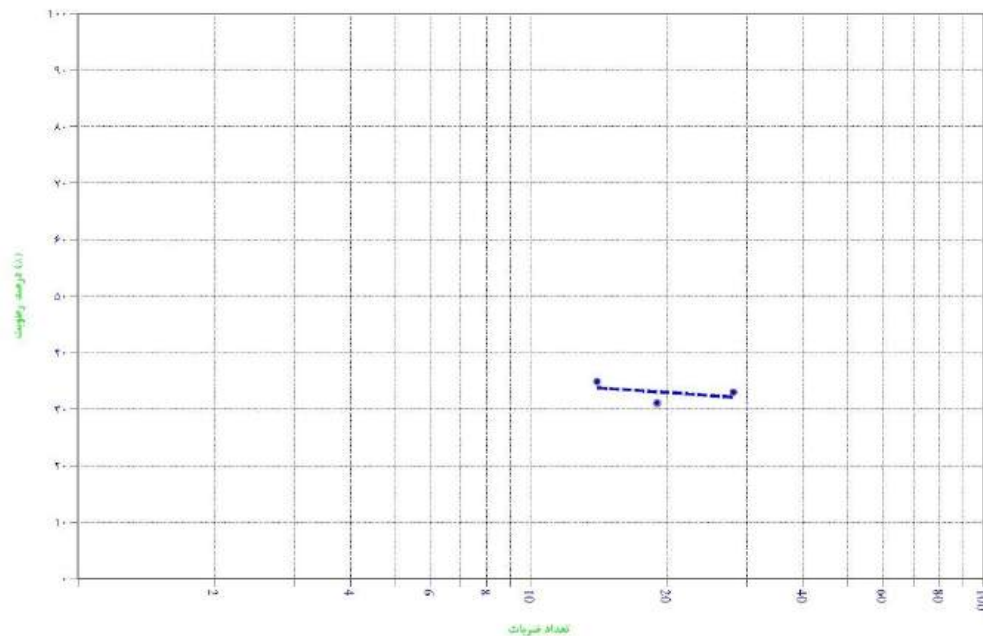
حد خمیری

وزن ظرف (g)	وزن ظرف و خاک مرطوب (g)	وزن ظرف و خاک خشک (g)	درصد رطوبت (%)
16.1	16.47	16.41	19.4
15.73	16.17	16.1	18.9

LL = 32.4 %

PL = 19.1 %

PI=13.3



USCS Soil Description : Low Plasticity Clay With Sand
 AASHTO Soil Description : Clayey soils (4)

Tested By :

آزمایش حدود آتبرگ

پروژه : Sample Project #2 (Metric)	گمانه : TP-1
کارفرما : ABC Construction Ltd	عمق نمونه : 2 (m)
کد پروژه : 2019-2	طبقه بندی متحده : SC A-2-6(0)
آدرس : Burnaby	نوع نمونه : Disturbed

ASTM D2216-90, D854

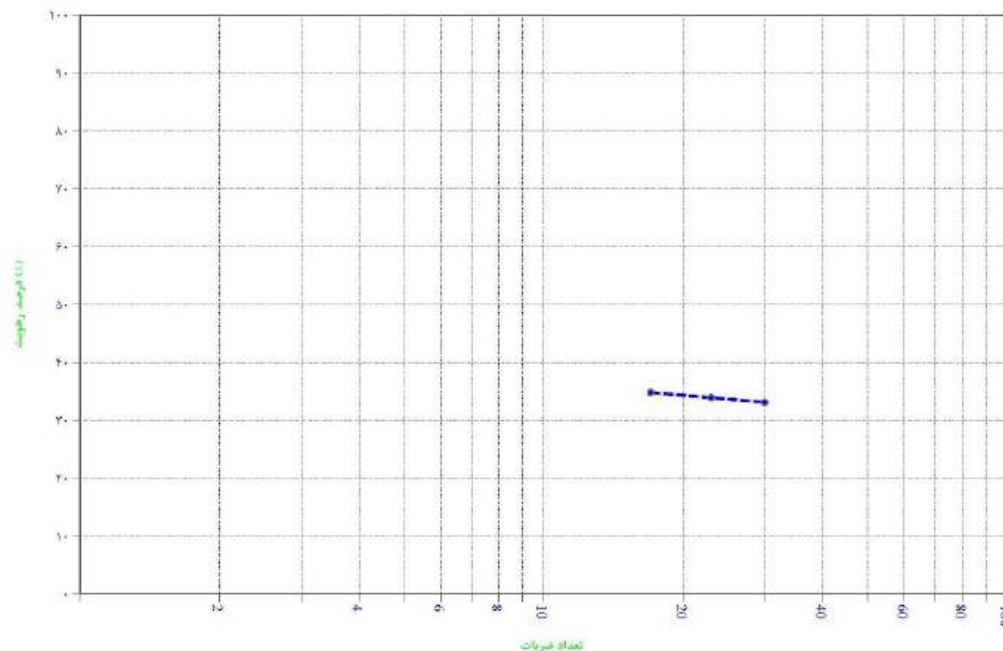
حد روانی

وزن ظرف (g)	وزن ظرف و خاک مرطوب (g)	وزن ظرف و خاک خشک (g)	تعداد ضربات	(%) درصد رطوبت
50.1	94.62	83.13	17	34.8
59.01	94.68	85.65	23	33.9
48.24	90	79.61	30	33.1
				-

حد خمیری

وزن ظرف (g)	وزن ظرف و خاک مرطوب (g)	وزن ظرف و خاک خشک (g)	(%) درصد رطوبت
8.34	9.16	9.04	17.1
8.72	9.39	9.29	17.5

LL = 33.6 % PL = 17.3 % PI=16.3



USCS Soil Description : Clayey Sand With Gravel
 AASHTO Soil Description : Silty or clayey gravel and sand (0)

Tested By :

آزمایش حدود آترببرگ

پروژه : Sample Project #2 (Metric)	کمانه : BH-4
کارفرما : ABC Construction Ltd	عمق نمونه : 10 (m)
کد پروژه : 2019-2	طبقه بندی متحده : SC-SM A-2-4(0)
آدرس : Burnaby	نوع نمونه : Disturbed

ASTM D2216-90, D854

حد روانی

وزن ظرف (g)	وزن ظرف و خاک مرطوب (g)	وزن ظرف و خاک خشک (g)	تعداد ضربات	درصد رطوبت (%)
16.01	40.41	35.65	18	24.2
16.23	49.6	43.19	23	23.8
15.1	48.13	42.08	35	22.4

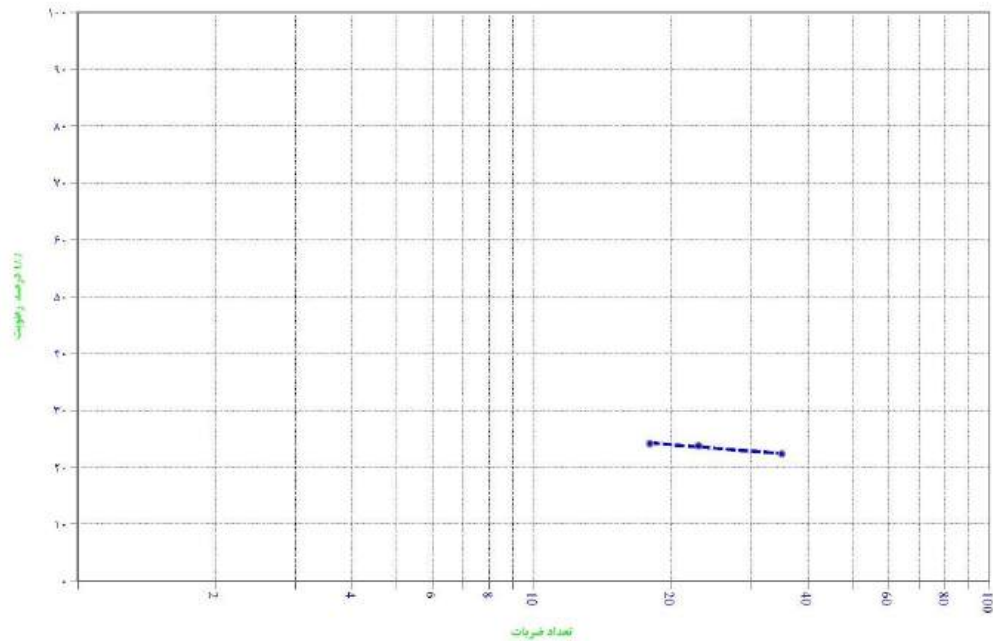
حد خمیری

وزن ظرف (g)	وزن ظرف و خاک مرطوب (g)	وزن ظرف و خاک خشک (g)	درصد رطوبت (%)
8.76	9.31	9.23	17
8.22	9.01	8.89	17.9

LL = 23.4 %

PL = 17.5 %

PI=5.9



USCS Soil Description : Clayey - Silty Sand With Gravel
 AASHTO Soil Description : Silty or clayey gravel and sand (0)

Tested By :

آزمایش حدود آتربگ

پروژه : Sample Project #2 (Metric)

گمانه : BH-4

کارفرما : ABC Construction Ltd

عمق نمونه : 8 (m)

کد پروژه : 2019-2

طبقه بندی متحده : GW | A-2-4(0)

آدرس : Burnaby

نوع نمونه : Disturbed

ASTM D2316-99, D854

حد روانی

وزن ظرف (g)	وزن ظرف و خاک مرطوب (g)	وزن ظرف و خاک خشک (g)	تعداد ضربات	(%) درصد رطوبت
48.43	81.21	74.89	14	23.9
46.08	76.41	70.72	21	23.1
56.26	100.21	92.28	26	22
				-

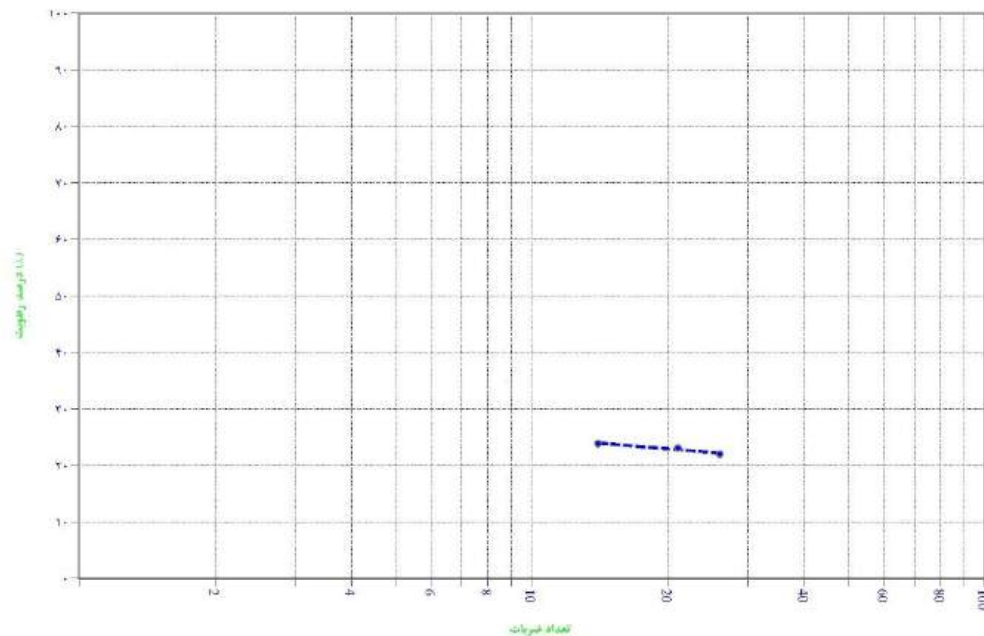
حد خمیری

وزن ظرف (g)	وزن ظرف و خاک مرطوب (g)	وزن ظرف و خاک خشک (g)	(%) درصد رطوبت
8.55	9.26	9.17	14.5
8.81	9.78	9.66	14.1

LL = 22.3 %

PL = 14.3 %

PI = 8



USCS Soil Description : Well Graded Gravel With Sand
 AASHTO Soil Description : Silty or clayey gravel and sand (0)

Tested By :

آزمایش حدود آتبرگ

پروژه : Sample Project #2 (Metric)

گمانه : BH-4

کارفرما : ABC Construction Ltd

عمق نمونه : 4 (m)

کد پروژه : 2019-2

طبقه بندی متحده : CL | A-4(3)

آدرس : Burnaby

نوع نمونه : Shelby / U4

ASTM D2316-99, D854

حد روانی

وزن ظرف (g)	وزن ظرف و خاک مرطوب (g)	وزن ظرف و خاک خشک (g)	تعداد ضربه	درصد رطوبت (%)
14.77	40.89	35.51	15	25.9
16.23	47.26	41.1	23	24.8
65.32	122.94	112	27	23.4
				-

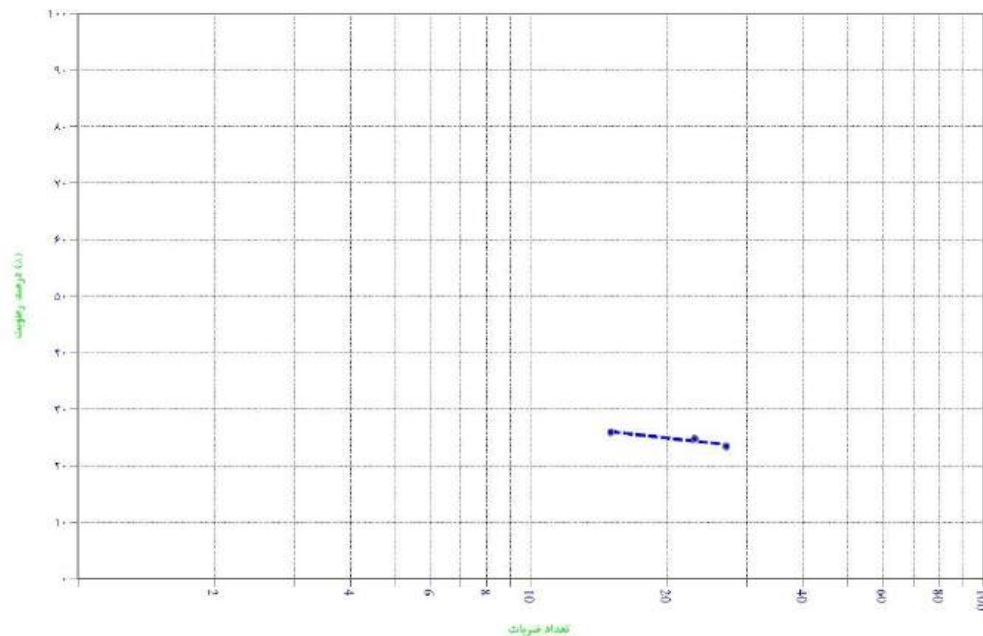
حد خمیری

وزن ظرف (g)	وزن ظرف و خاک مرطوب (g)	وزن ظرف و خاک خشک (g)	درصد رطوبت (%)
16.87	17.62	17.52	15.4
16.52	17.22	17.13	14.8

LL = 24 %

PL = 15.1 %

PI=8.9



USCS Soil Description : Low Plasticity Clay With Sand

AASHTO Soil Description : A-4, Silty soils (3)

Tested By :

آزمایش حدود آتبرگ

پروژه : Sample Project #2 (Metric)

گمانه : BH-4

کارفرما : ABC Construction Ltd

عمق نمونه : 2 (m)

کد پروژه : 2019-2

طبقه بندی متحده : GC | A-2-4(0)

آدرس : Burnaby

نوع نمونه : Disturbed

ASTM D2316-99, D854

حد روانی

وزن ظرف (g)	وزن ظرف و خاک مرطوب (g)	وزن ظرف و خاک خشک (g)	تعداد ضربات	درصد رطوبت (%)
15.91	46.66	40.33	15	25.9
16.1	49.33	42.76	22	24.6
15.66	40.95	36.17	32	23.3
				-

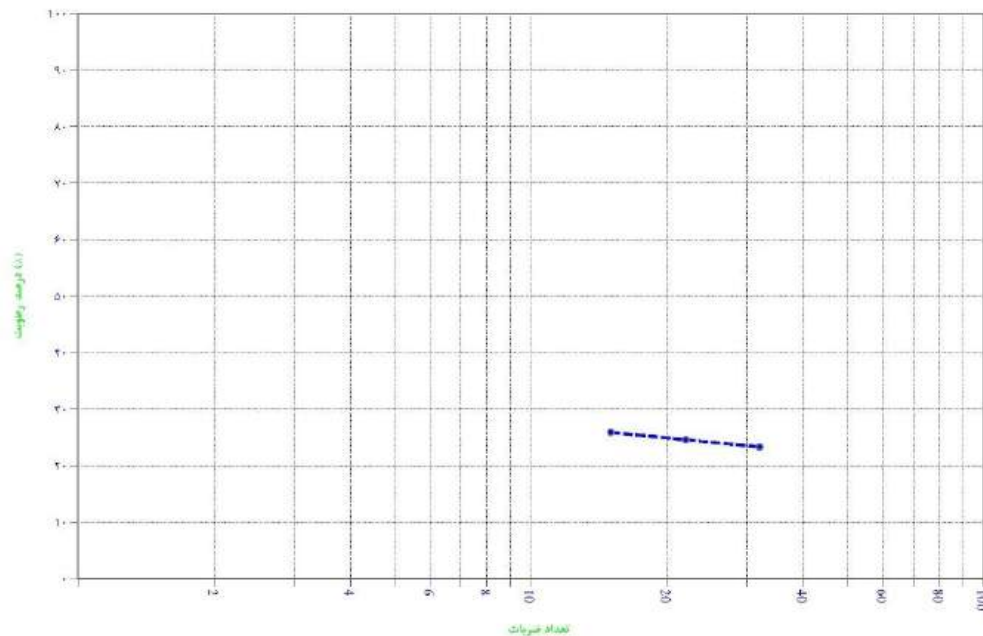
حد خمیری

وزن ظرف (g)	وزن ظرف و خاک مرطوب (g)	وزن ظرف و خاک خشک (g)	درصد رطوبت (%)
16.9	17.5	17.41	17.6
18.54	19.39	19.26	18.1

LL = 24.2 %

PL = 17.9 %

PI=6.3



USCS Soil Description : Clayey Gravel With Sand
 AASHTO Soil Description : Silty or clayey gravel and sand (0)

Tested By :

آزمایش حدود آتبرگ

پروژه : Sample Project #2 (Metric)	گمانه : BH-3
کارفرما : ABC Construction Ltd	عمق نمونه : 7.5 (m)
کد پروژه : 2019-2	طبقه بندی متحده : GC A-2-4(0)
آدرس : Burnaby	نوع نمونه : Disturbed

ASTM D2316-99, D854

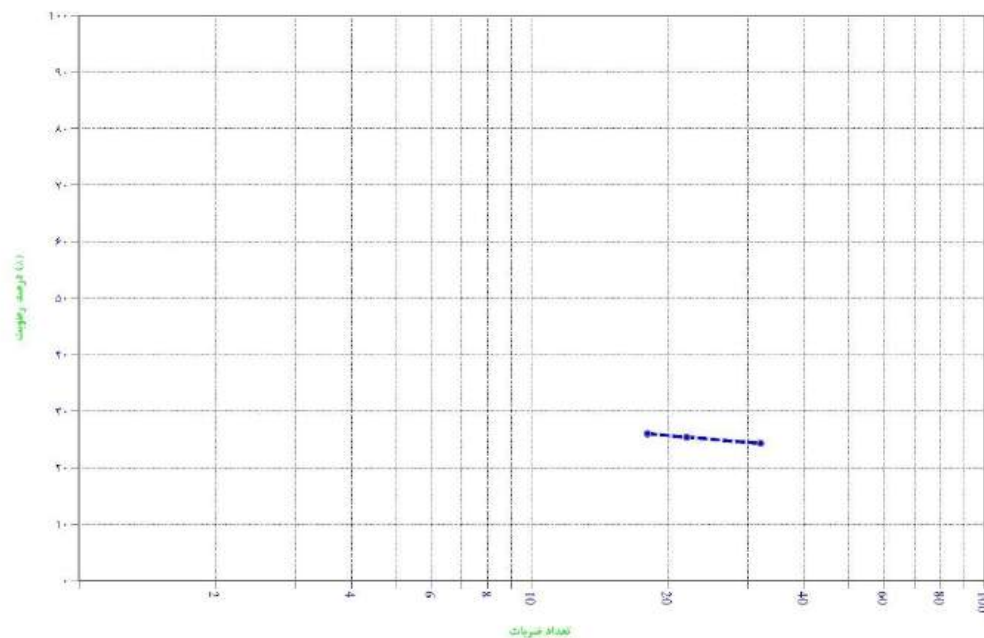
حد روانی

وزن ظرف (g)	وزن ظرف و خاک مرطوب (g)	وزن ظرف و خاک خشک (g)	تعداد ضربات	درصد رطوبت (%)
60.12	105.22	95.9	18	26
45.75	87.75	79.23	22	25.4
44.73	92	82.75	32	24.3
				-

حد خمیری

وزن ظرف (g)	وزن ظرف و خاک مرطوب (g)	وزن ظرف و خاک خشک (g)	درصد رطوبت (%)
9.02	9.45	9.39	16.2
8.2	8.91	8.81	16.4

LL = 25 % PL = 16.3 % PI=8.7



USCS Soil Description : Clayey Gravel With Sand
 AASHTO Soil Description : Silty or clayey gravel and sand (0)

Tested By :

آزمایش حدود آتبرگ

پروژه : Sample Project #2 (Metric)	گمانه : BH-3
کارفرما : ABC Construction Ltd	عمق نمونه : 6 (m)
کد پروژه : 2019-2	طبقه بندی متحده : GW-GC A-2-4(0)
آدرس : Burnaby	نوع نمونه : Disturbed

ASTM D2316-99, D854

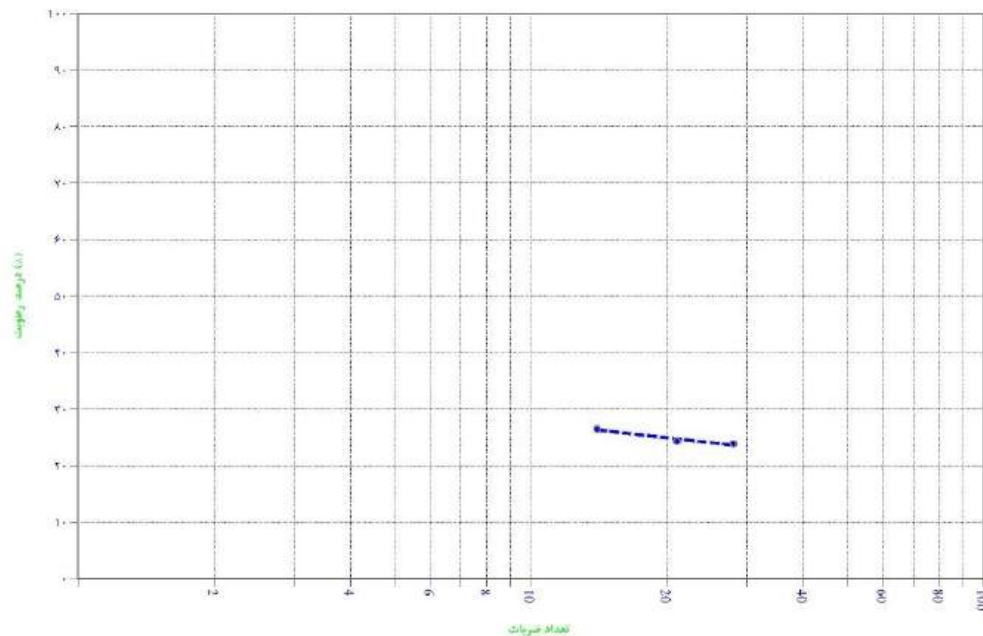
حد روانی

وزن ظرف (g)	وزن ظرف و خاک مرطوب (g)	وزن ظرف و خاک خشک (g)	تعداد ضربات	درصد رطوبت (%)
15.87	39.54	34.58	14	26.5
15.26	54.47	46.8	21	24.3
14.96	41.85	36.66	28	23.9
				-

حد خمیری

وزن ظرف (g)	وزن ظرف و خاک مرطوب (g)	وزن ظرف و خاک خشک (g)	درصد رطوبت (%)
16.12	16.77	16.69	14
17.96	18.69	18.6	14.1

LL = 24.1 % PL = 14 % PI=10.1



USCS Soil Description : Well Graded Clayey Gravel With Sand & Silt
 AASHTO Soil Description : Silty or clayey gravel and sand (0)

Tested By :

آزمایش حدود آتربریگ

پروژه : Sample Project #2 (Metric)	گمانه : BH-3
کارفرما : ABC Construction Ltd	عمق نمونه : 4.5 (m)
کد پروژه : 2019-2	طبقه بندی متحده : GW-GC A-2-4(0)
آدرس : Burnaby	نوع نمونه : Disturbed

ASTM D2316-99, D854

حد روانی

وزن ظرف (g)	وزن ظرف و خاک مرطوب (g)	وزن ظرف و خاک خشک (g)	تعداد ضربهات	درصد رطوبت (%)
47.99	71.17	66.66	15	24.2
40.18	64.51	59.93	26	23.2
43.52	82.42	75.3	33	22.4
				-

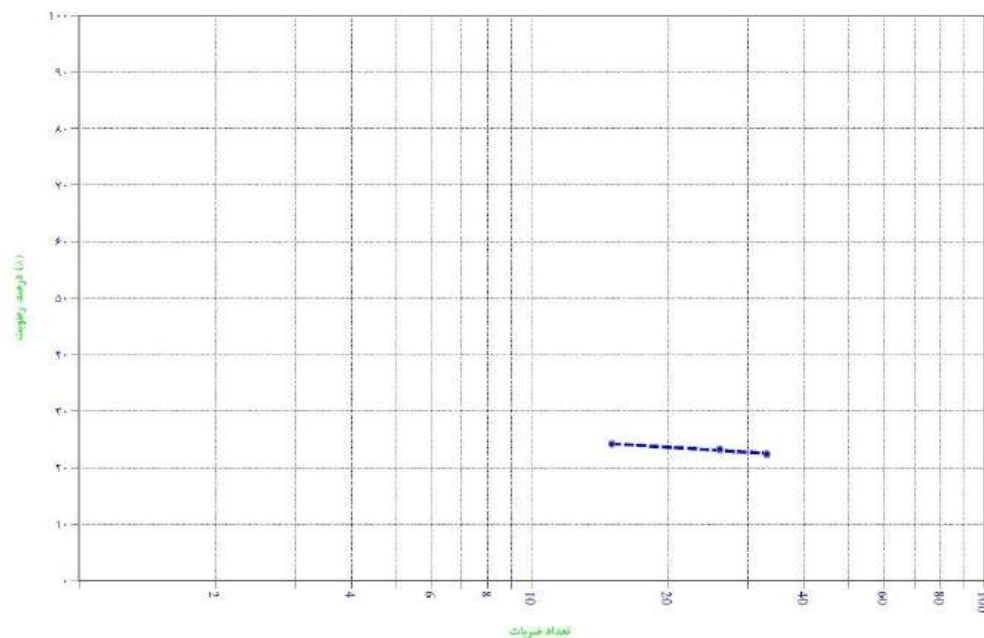
حد خمیری

وزن ظرف (g)	وزن ظرف و خاک مرطوب (g)	وزن ظرف و خاک خشک (g)	درصد رطوبت (%)
8.64	9.11	9.05	14.6
8.55	9.01	8.95	15

LL = 23.1 %

PL = 14.8 %

PI=8.3



USCS Soil Description : Well Graded Clayey Gravel With Sand & Silt
 AASHTO Soil Description : Silty or clayey gravel and sand (0)

Tested By :

آزمایش حدود آتربریگ

پروژه : Sample Project #2 (Metric)

گمانه : BH-3

کارفرما : ABC Construction Ltd

عمق نمونه : 3 (m)

کد پروژه : 2019-2

طبقه بندی متحده : SC | A-2-6(0)

آدرس : Burnaby

نوع نمونه : Disturbed

ASTM D2316-99, D854

حد روانی

وزن ظرف (g)	وزن ظرف و خاک مرطوب (g)	وزن ظرف و خاک خشک (g)	تعداد ضربات	درصد رطوبت (%)
16.7	53.43	43.93	14	34.9
15.41	54.29	45.06	19	31.1
16.26	48	40.12	28	33
				-

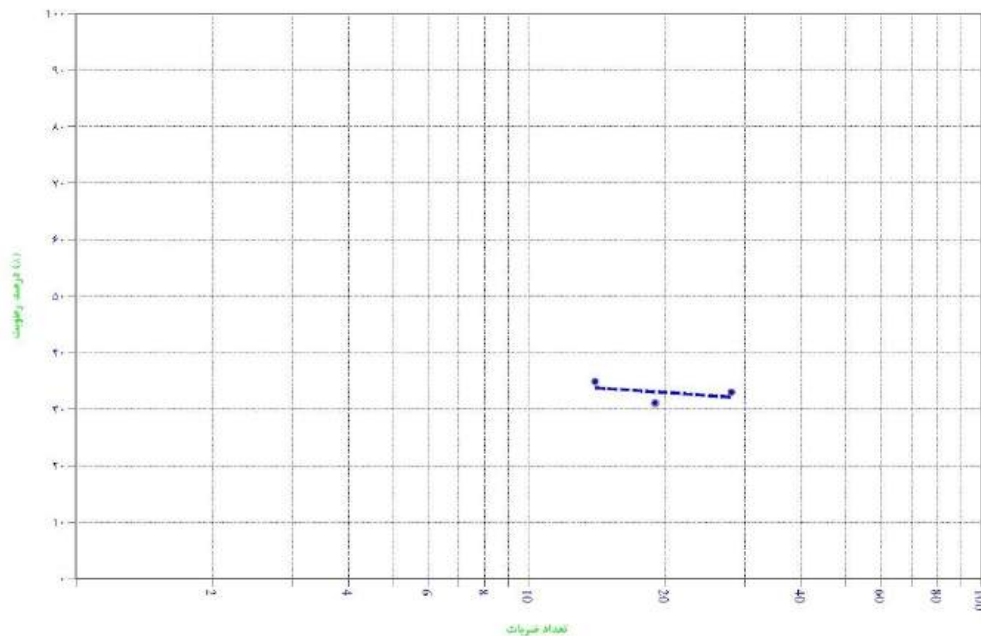
حد خمیری

وزن ظرف (g)	وزن ظرف و خاک مرطوب (g)	وزن ظرف و خاک خشک (g)	درصد رطوبت (%)
16.1	16.47	16.41	19.4
15.73	16.17	16.1	18.9

LL = 32.4 %

PL = 19.1 %

PI=13.3



USCS Soil Description : Clayey Sand With Gravel

AASHTO Soil Description : Silty or clayey gravel and sand (0)

Tested By :

آزمایش حدود آتبرگ

پروژه : Sample Project #2 (Metric)	گمانه : BH-3
کارفرما : ABC Construction Ltd	عمق نمونه : 1.5 (m)
کد پروژه : 2019-2	طبقه بندی متحده : CL A-6(5)
آدرس : Burnaby	نوع نمونه : Shelby / U4

ASTM D2116-90, D654

وزن ظرف	وزن ظرف و خاک مرطوب	وزن ظرف و خاک خشک	تعداد ضریبات	درصد رطوبت (%)
50.1	94.62	83.13	17	34.8
48.24	90	79.61	30	33.1
				-

وزن ظرف	وزن ظرف و خاک مرطوب	وزن ظرف و خاک خشک	درصد رطوبت (%)
8.34	9.16	9.04	17.1
8.72	9.39	9.29	17.5

LL = 33.6 % PL = 17.3 % PI=16.3

USCS Soil Description : Low Plasticity Clay With Sand
AASHTO Soil Description : Clayey soils (5)

Tested By :

آزمایش حدود آتربریگ

پروژه : Sample Project #2 (Metric)	گمانه : BH-1
کارفرما : ABC Construction Ltd	عمق نمونه : 2 (m)
کد پروژه : 2019-2	طبقه بندی متحده : SM A-4(0)
آدرس : Burnaby	نوع نمونه : Disturbed

ASTM D2216-99, D854

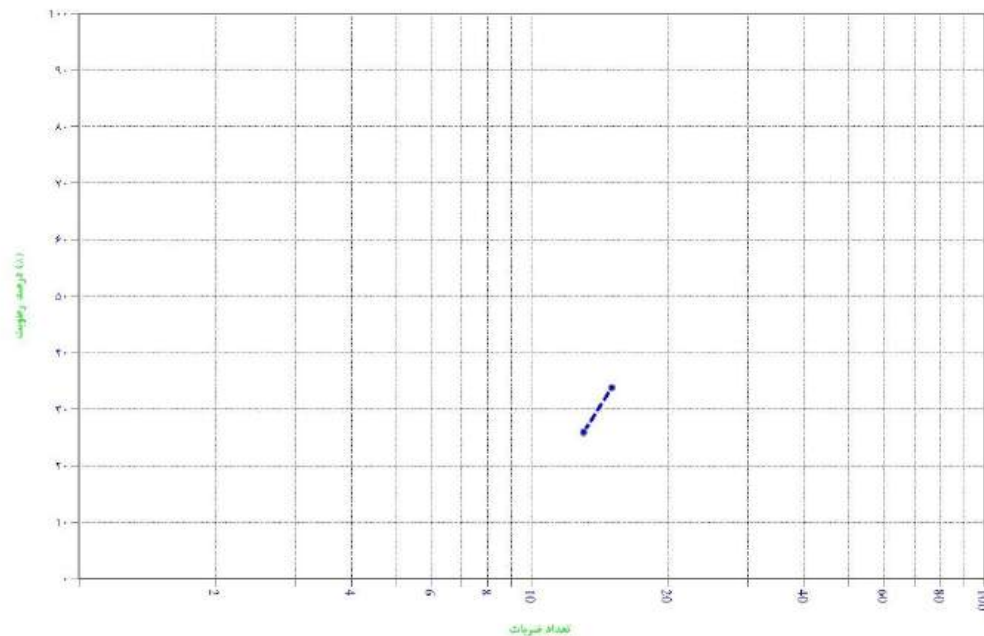
حد روانی

وزن ظرف (g)	وزن ظرف و خاک مرطوب (g)	وزن ظرف و خاک خشک (g)	تعداد ضربات	درصد رطوبت (%)
16.86	17.59	17.44	13	25.9
16.52	17.43	17.2	15	33.8
				-

حد خمیری

وزن ظرف (g)	وزن ظرف و خاک مرطوب (g)	وزن ظرف و خاک خشک (g)	درصد رطوبت (%)
15.58	50.29	41.17	35.6
16.17	46.89	39.71	30.5
15.71	45.27	38.98	27

LL = 62 % PL = 31.1 % PI=30.9



USCS Soil Description : Silty Sand With Gravel
 AASHTO Soil Description : A-4, Silty soils (0)

Tested By :
 Andrew

آزمایش حدود آتربگ

پروژه : Sample Project #2 (Metric)

گمانه : BH-1

کارفرما : ABC Construction Ltd

عمق نمونه : 1 (m)

کد پروژه : 2019-2

طبقه بندی متحده : GM | A-7-5(8)

آدرس : Burnaby

نوع نمونه : Disturbed

ASTM D2116-98, D854

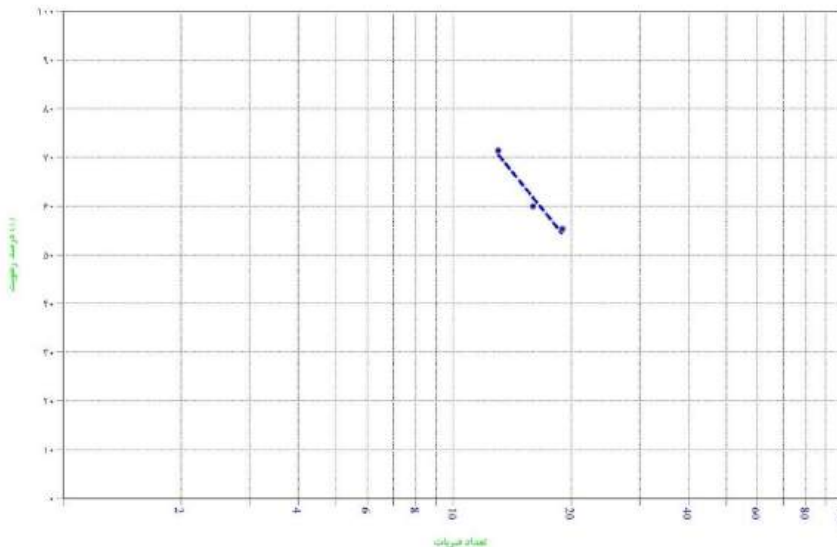
حد روانی

وزن ظرف	وزن ظرف و خاک مرطوب	وزن ظرف و خاک خشک	تعداد ضربات	درصد رطوبت (%)
5	9.8	7.8	13	71.4
4	9.6	7.5	16	60
4.3	10.2	8.1	19	55.3
				-

حد خمیری

وزن ظرف	وزن ظرف و خاک مرطوب	وزن ظرف و خاک خشک	درصد رطوبت (%)
15	44.6	36	41
16	52.6	42.4	38.6
15.3	52.4	42.3	37.4

LL = 42.6 % PL = 39 % PI = 3.6

USCS Soil Description : Silty Gravel With Sand
AASHTO Soil Description : Clayey soils (8)Tested By :
Andrew

آزمایشهای مقاومت تک محوری

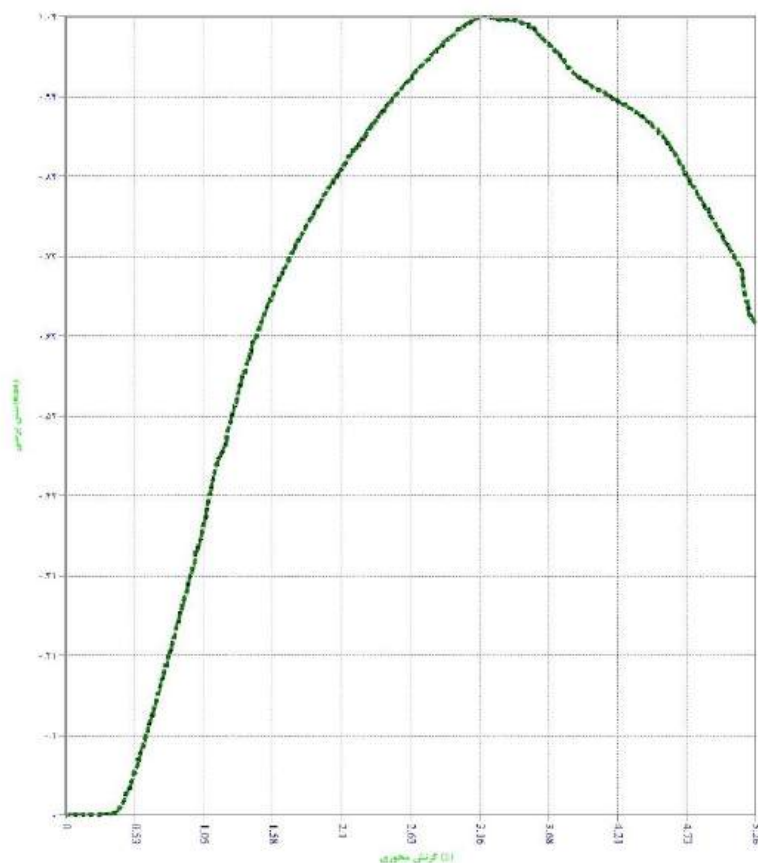
آزمایش فشار تک محوری

پروژه: Sample Project #1 (US Customary) شماره: AH19-01
 کارفرما: ABC Investment Group عمق نمونه: 3.3 (ft)
 کد پروژه: 2019-1 طبقه بندی متحده: CL | A-G(5)
 آدرس: Vancouver نوع نمونه: Shelby / U4

ASTM D2166

Test Results

قطر (in)	ارتفاع (in)	نرخ بارگذاری (mm/min)	شرایط رطوبتی	درصد رطوبت (%)	دانه سبک خشک (pcf)	مقاومت فشاری تک محوری (ksf)	Su (ksf)
2.88	5.341	1	مرطوب	34.2	104.78	1.04	0.52

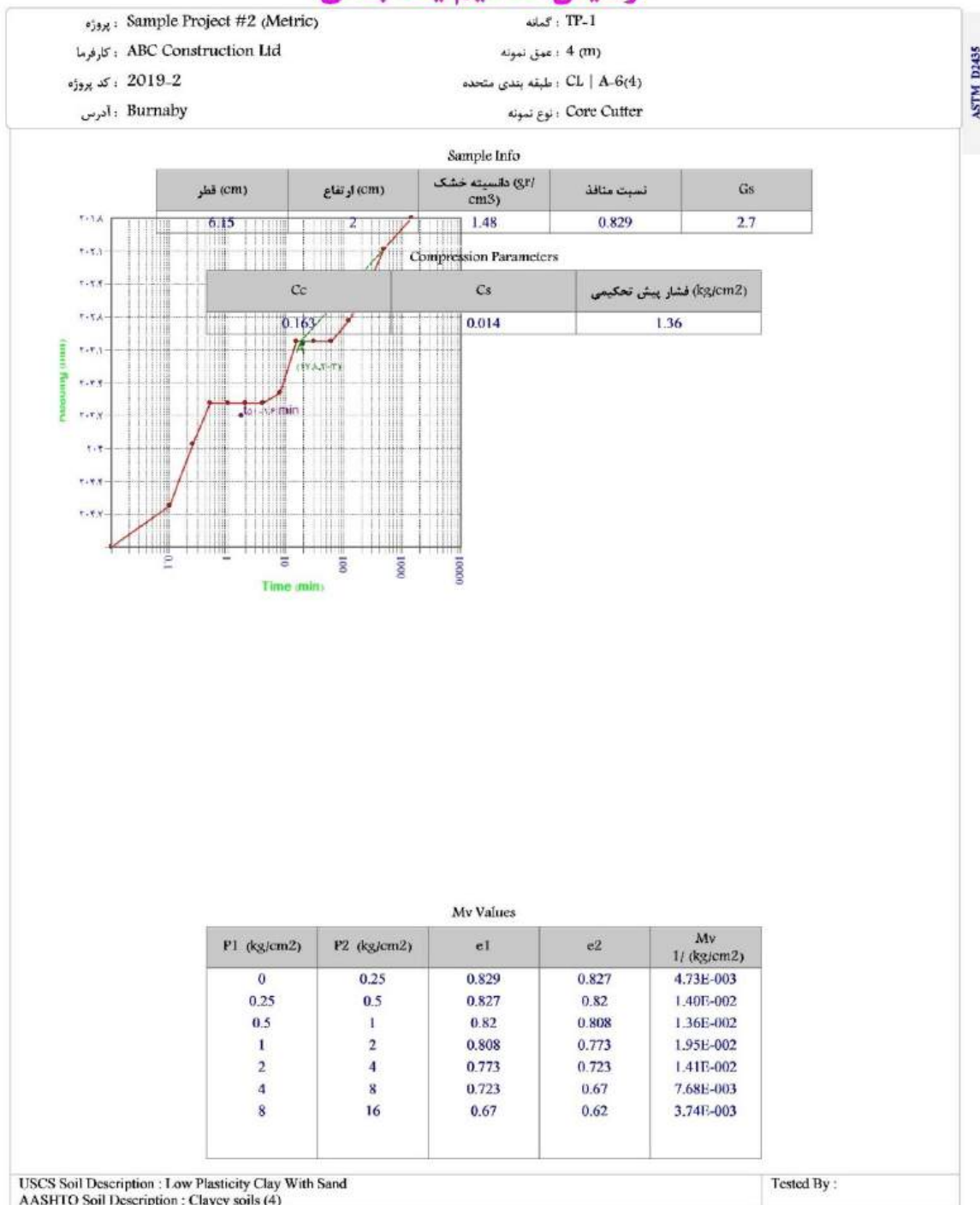


USCS Soil Description: Low Plasticity Clay With Sand
 AASHTO Soil Description: Clayey soils (5)

Tested By:

آزمایشهای تحکیم

آزمایش تحکیم یک بعدی

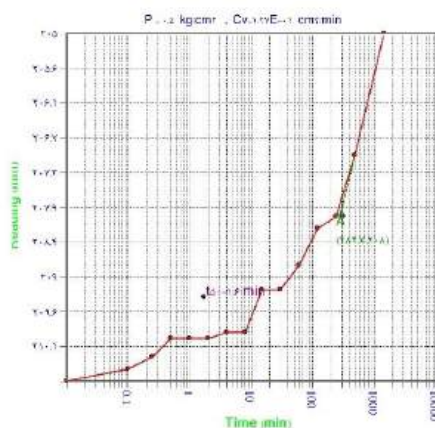
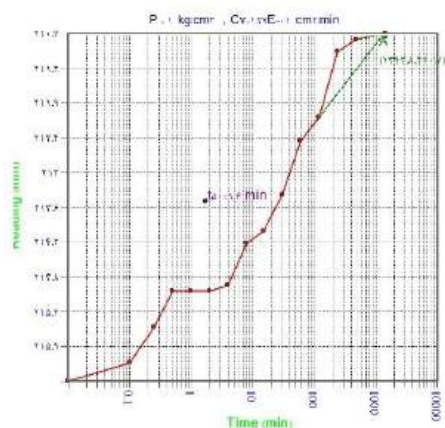


ASTM D1455

آزمایش تحکیم یک بعدی

پروژه : Sample Project #2 (Metric)	گمانه : TP-1
کارفرما : ABC Construction Ltd	عمق نمونه : 4 (m)
کد پروژه : 2019-2	طبقه بندی متحده : CL A-6(4)
آدرس : Burnaby	نوع نمونه : Core Cutter

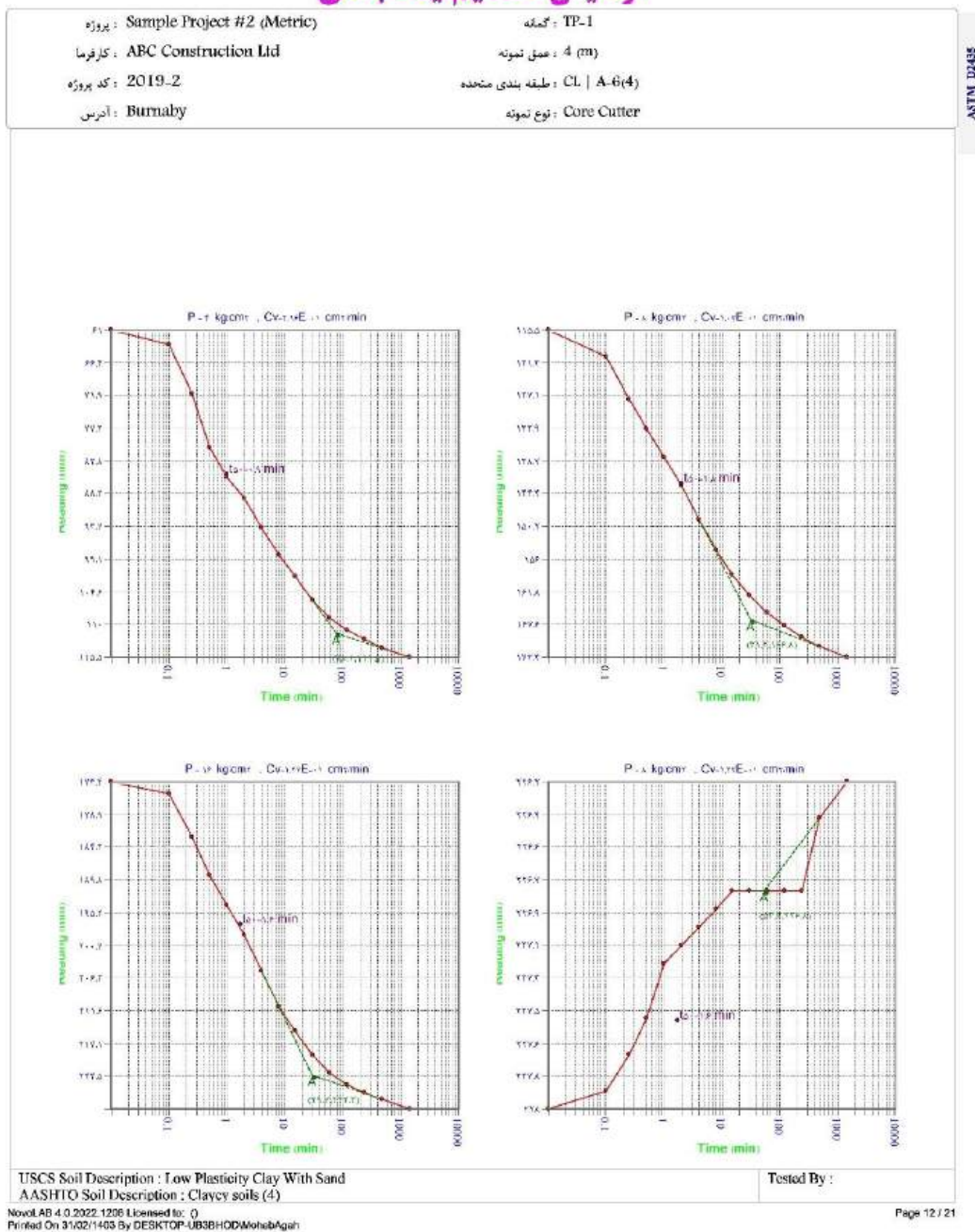
ASTM D2435



USCS Soil Description : Low Plasticity Clay With Sand
AASHTO Soil Description : Clayey soils (4)

Tested By :

آزمایش تحکیم یک بعدی



آزمایش تحکیم یک بعدی

پروژه : Sample Project #2 (Metric)

گمانه : TP-1

کارفرما : ABC Construction Ltd

عمق نمونه : 4 (m)

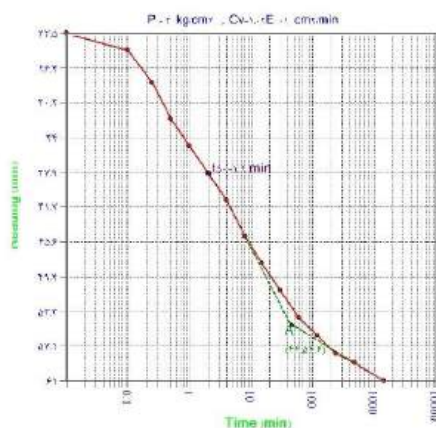
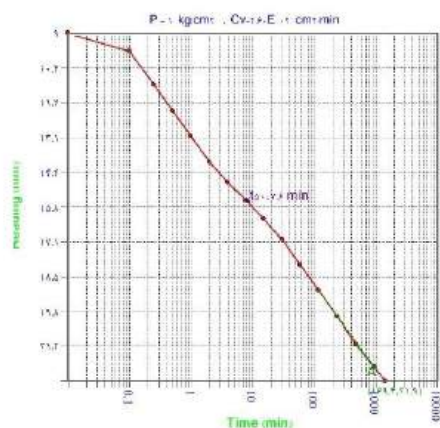
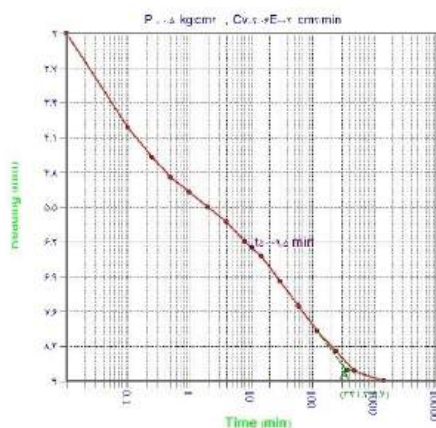
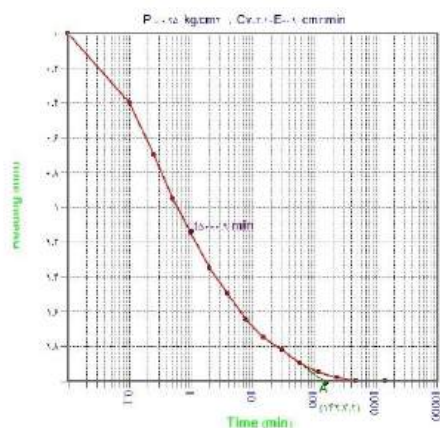
کد پروژه : 2019-2

طبقه بندی متحده : CL | A-6(4)

آدرس : Burnaby

نوع نمونه : Core Cutter

ASTM D2435



USCS Soil Description : Low Plasticity Clay With Sand
AASHTO Soil Description : Clayey soils (4)

Tested By :

آزمایش تحکیم یک بعدی

پروژه : Sample Project #2 (Metric)	گمانه : TP-1
کارفرما : ABC Construction Ltd	عمق نمونه : 4 (m)
کد پروژه : 2019-2	طبقه بندی متحده : CL A-6(4)
آدرس : Burnaby	نوع نمونه : Core Cutter

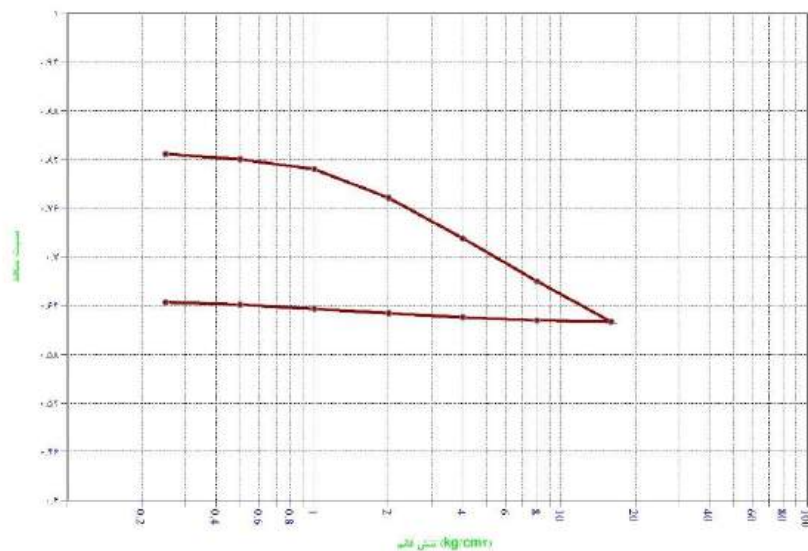
ASTM D2485

USCS Soil Description : Low Plasticity Clay With Sand AASHTO Soil Description : Clayey soils (4)	Tested By :
---	-------------

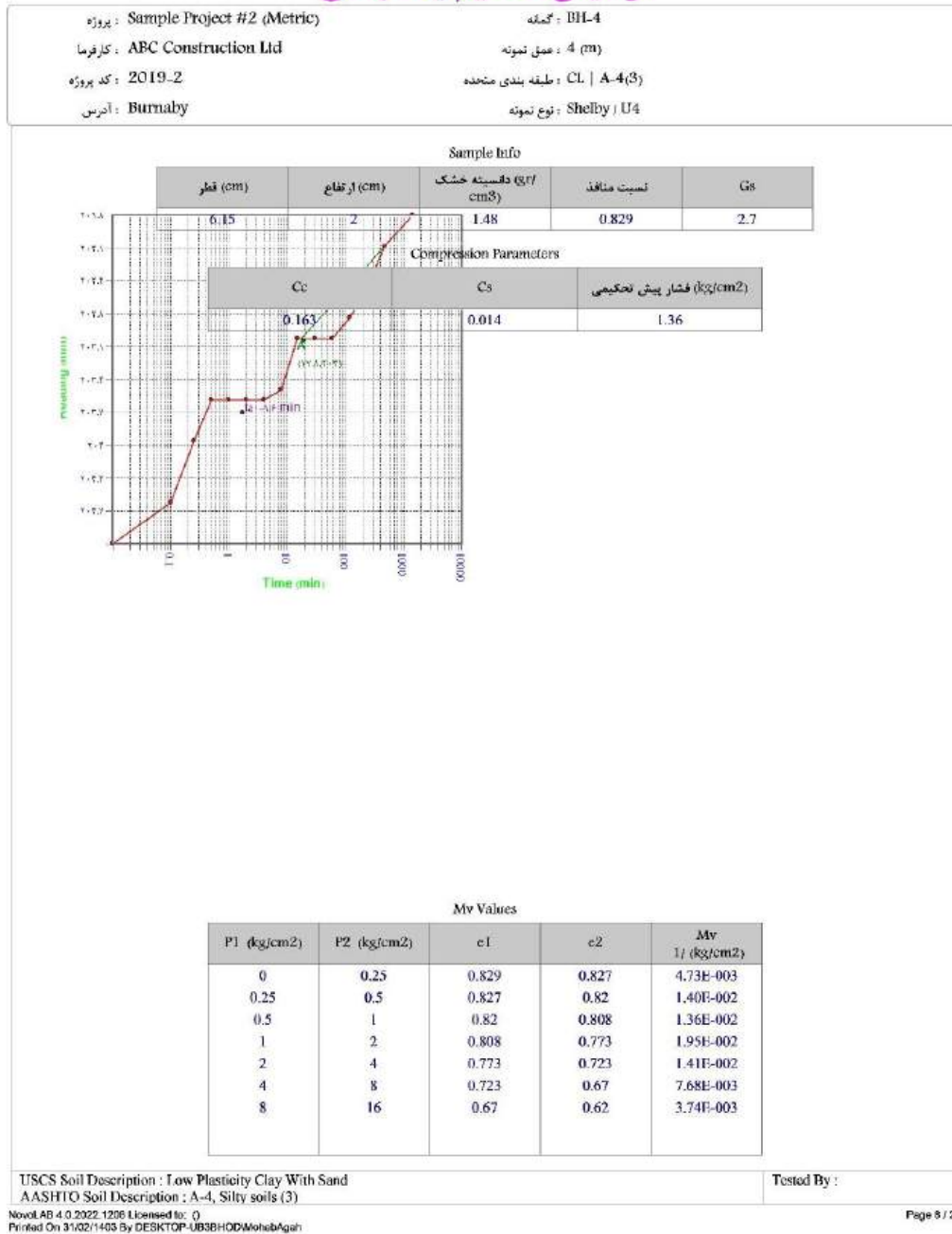
آزمایش تحکیم یک بعدی

پروژه : Sample Project #2 (Metric)
 کارفرما : ABC Construction Ltd
 کد پروژه : 2019-2
 آدرس : Burnaby

ASTM D2435



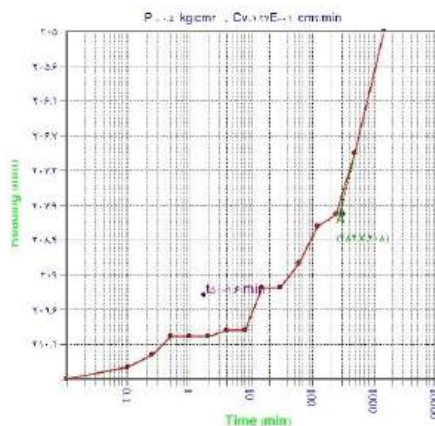
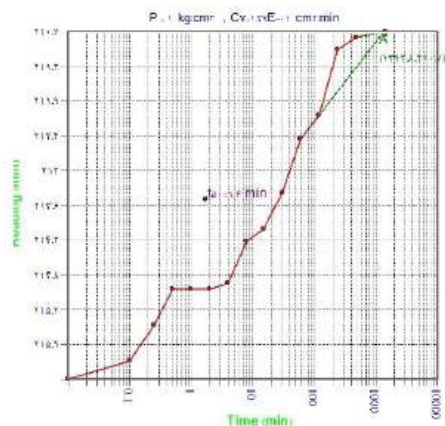
آزمایش تحکیم یک بعدی



آزمایش تحکیم یک بعدی

پروژه : Sample Project #2 (Metric)	گمانه : BH-4
کارفرما : ABC Construction Ltd	عمق نمونه : 4 (m)
کد پروژه : 2019-2	طبقه بندی متحده : CL A-4(3)
آدرس : Burnaby	نوع نمونه : Shelby U4

ASTM D2435



USCS Soil Description : Low Plasticity Clay With Sand
AASHTO Soil Description : A-4, Silty soils (3)

Tested By :

آزمایش تحکیم یک بعدی

پروژه : Sample Project #2 (Metric)

گمانه : BH-4

کارفرما : ABC Construction Ltd

عمق نمونه : 4 (m)

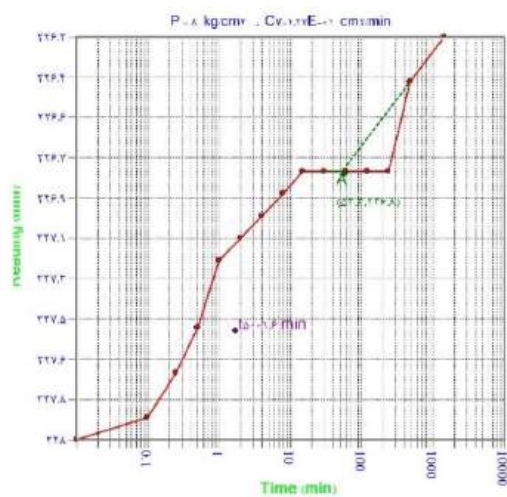
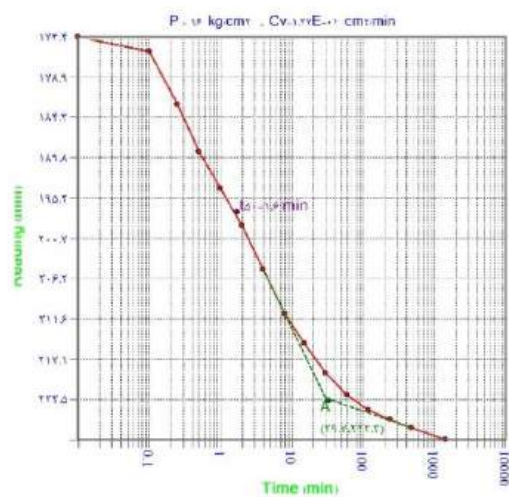
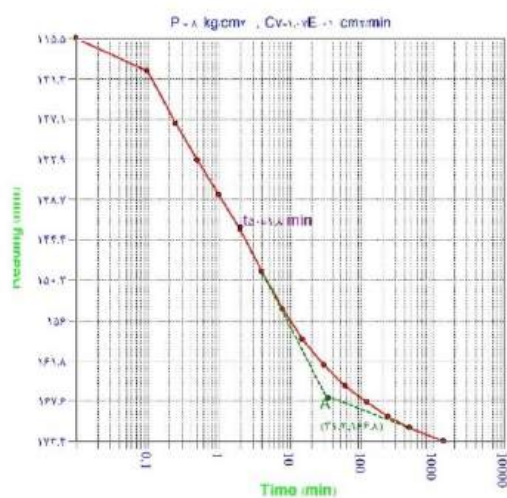
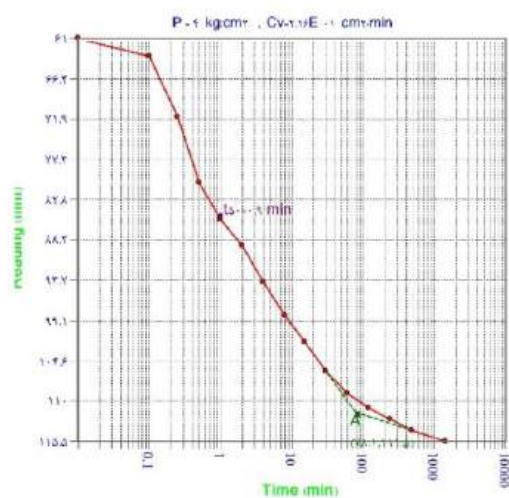
کد پروژه : 2019-2

طبقه بندی متحده : CL | A-4(3)

آدرس : Burnaby

نوع نمونه : Shelby / U4

ASTM D2435



USCS Soil Description : Low Plasticity Clay With Sand
AASHTO Soil Description : A-4, Silty soils (3)

Tested By :

آزمایش تحکیم یک بعدی

پروژه : Sample Project #2 (Metric)

گمانه : BIL-4

کارفرما : ABC Construction Ltd

عمق نمونه : 4 (m)

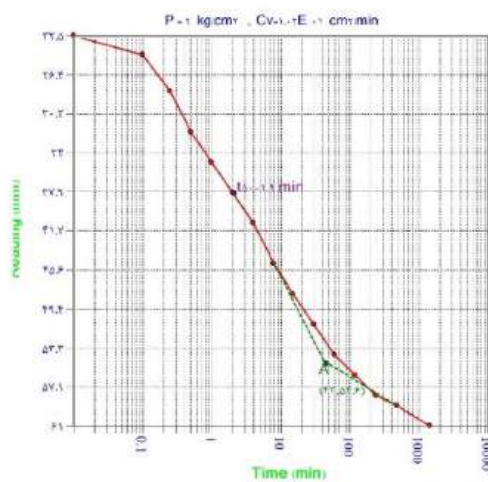
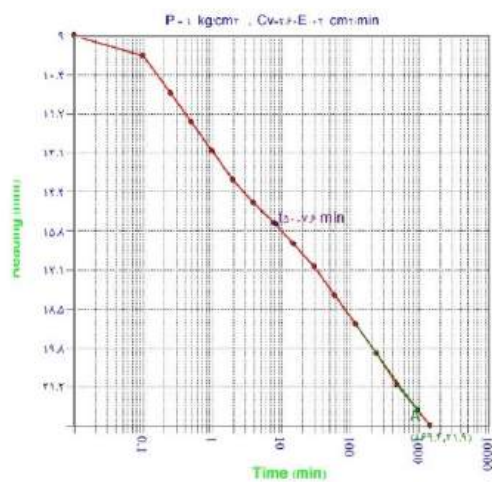
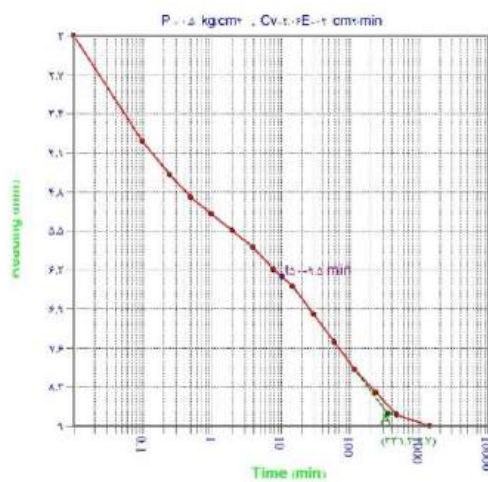
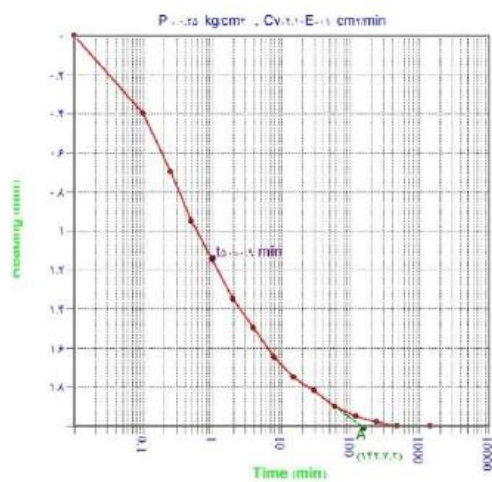
کد پروژه : 2019-2

طبقه بندی متحده : CL | A-4(3)

آدرس : Burnaby

نوع نمونه : Shelby / U4

ASTM D2435



USCS Soil Description : Low Plasticity Clay With Sand
AASHTO Soil Description : A-4, Silty soils (3)

Tested By :

آزمایش تحکیم یک بعدی

پروژه : Sample Project #2 (Metric)

گمانه : BH-3

کارفرما : ABC Construction Ltd

عمق نمونه : 1.5 (m)

کد پروژه : 2019-2

طبقه بندی متحده : CL | A-6(5)

آدرس : Burnaby

نوع نمونه : Shelby / U4

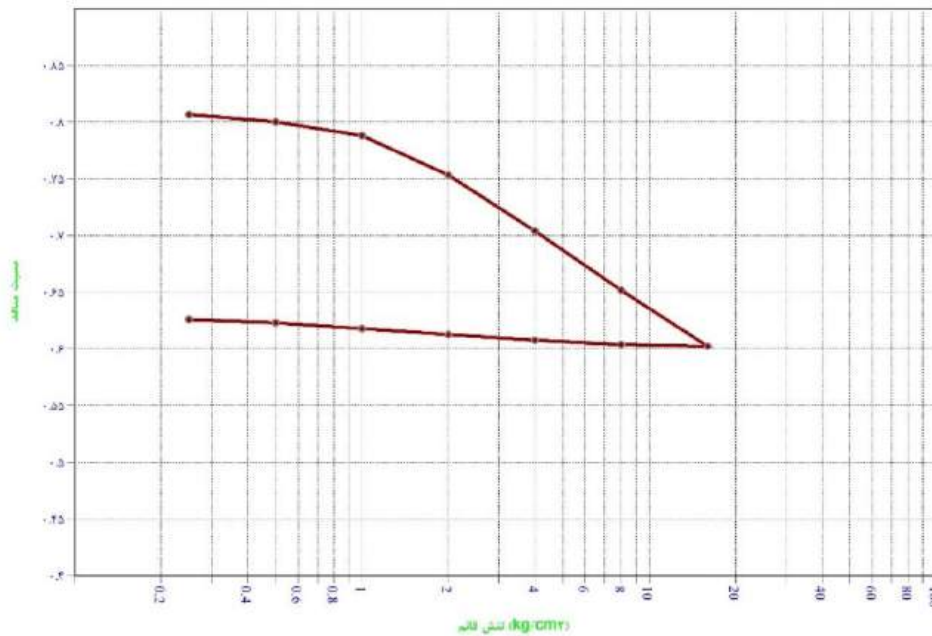
ASTM D2435

Sample Info

قطر (cm)	ارتفاع (cm)	دانسیتة خشک (gr/cm ³)	نسبت منافذ	Gs
6.15	2	1.48	0.808	2.67

Compression Parameters

Cc	Cs	فشار پیش تحکیمی (kg/cm ²)
0.162	0.014	1.36



Mv Values

P1 (kg/cm ²)	P2 (kg/cm ²)	e1	e2	Mv 1/ (kg/cm ²)
0	0.25	0.808	0.807	3.23E-003
0.25	0.5	0.807	0.8	1.40E-002
0.5	1	0.8	0.788	1.36E-002
1	2	0.788	0.753	1.95E-002
2	4	0.753	0.704	1.41E-002
4	8	0.704	0.652	7.68E-003
8	16	0.652	0.602	3.74E-003

USCS Soil Description : Low Plasticity Clay With Sand
AASHTO Soil Description : Clayey soils (5)

Tested By :

آزمایش تحکیم یک بعدی

پروژه : Sample Project #2 (Metric)

گمانه : BH-1

کارفرما : ABC Construction Ltd

عمق نمونه : 7 (m)

کد پروژه : 2019-2

طبقه بندی منجمده : CL-ML | A-4(1)

آدرس : Burnaby

نوع نمونه : Shelby / U4

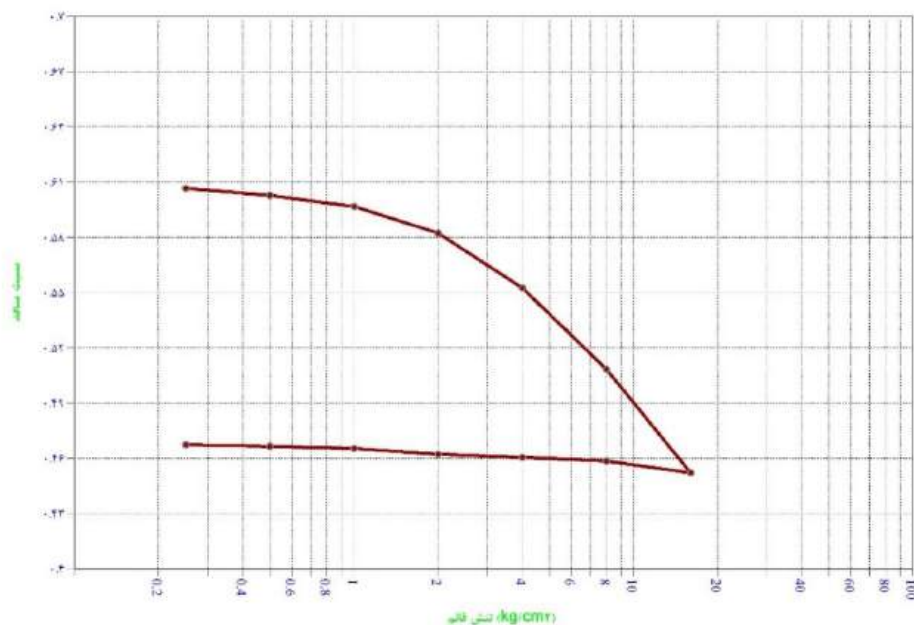
ASTM D2435

Sample Info

قطر (cm)	ارتفاع (cm)	دانشیتنه خشک (gr/cm ³)	نسبت منافذ	Gs
6.15	2	1.69	0.607	2.72

Compression Parameters

Cc	Cs	فشار پیش تحکیمی (kg/cm ²)
0.15	0.008	2.39



Mv Values

P1 (kg/cm ²)	P2 (kg/cm ²)	e1	e2	Mv 1/ (kg/cm ²)
0	0.25	0.607	0.607	1.12E-003
0.25	0.5	0.607	0.603	9.50E-003
0.5	1	0.603	0.597	7.52E-003
1	2	0.597	0.582	9.06E-003
2	4	0.582	0.553	9.40E-003
4	8	0.553	0.508	7.12E-003
8	16	0.508	0.452	4.66E-003

USCS Soil Description : Silty Clay With Sand

AASHTO Soil Description : A-4, Silty soils (1)

Tested By :

آزمایش تحکیم یک بعدی

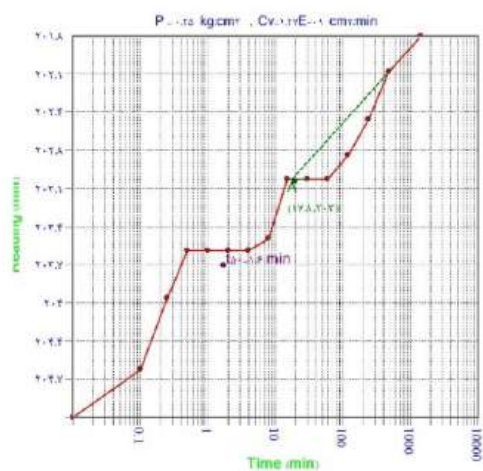
پروژه : Sample Project #2 (Metric)

کارفرما : ABC Construction Ltd

کد پروژه : 2019-2

آدرس : Burnaby

ASTM D2435



آزمایش تحکیم یک بعدی

پروژه : Sample Project #2 (Metric)

گمانه : TP-1

کارفرما : ABC Construction Ltd

عمق نمونه : 4 (m)

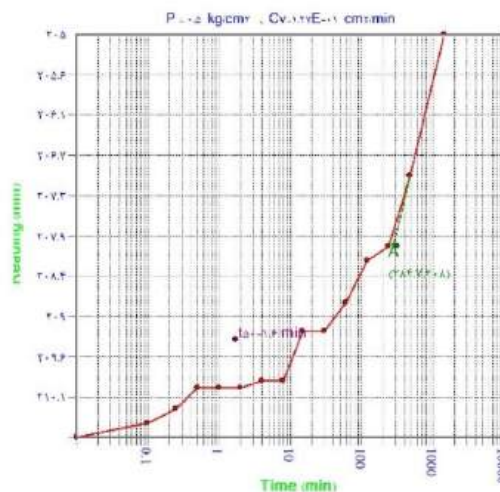
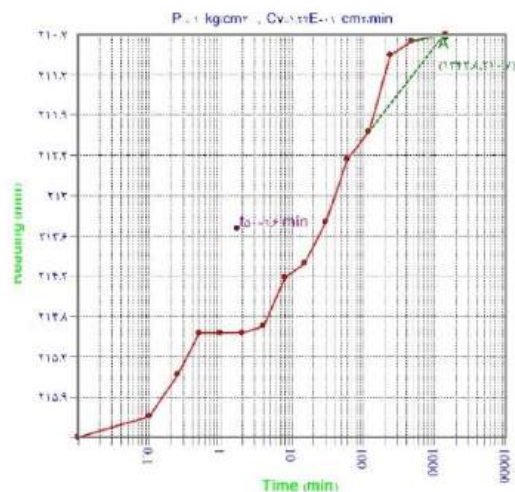
کد پروژه : 2019-2

طبقه بندی منحنی : CL | A-6(4)

آدرس : Burnaby

نوع نمونه : Core Cutter

ASTM D2435



USCS Soil Description : Low Plasticity Clay With Sand
AASHTO Soil Description : Clayey soils (4)

Tested By :

آزمایش تحکیم یک بعدی

پروژه : Sample Project #2 (Metric)

گمانه : TP-1

کارفرما : ABC Construction Ltd

عمق نمونه : 4 (m)

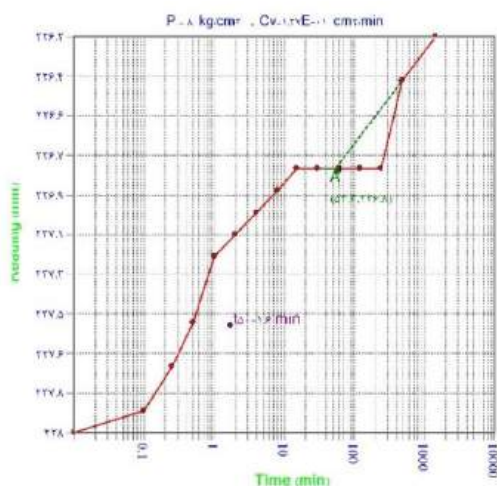
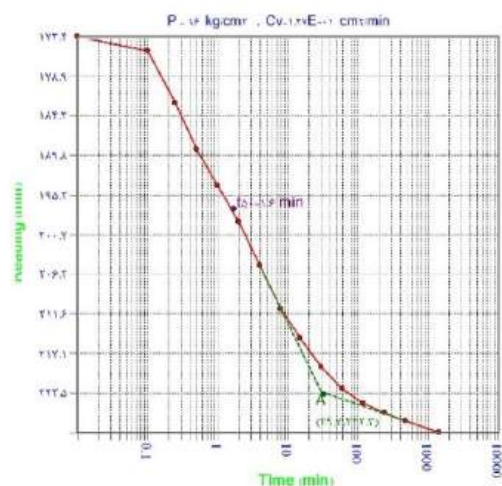
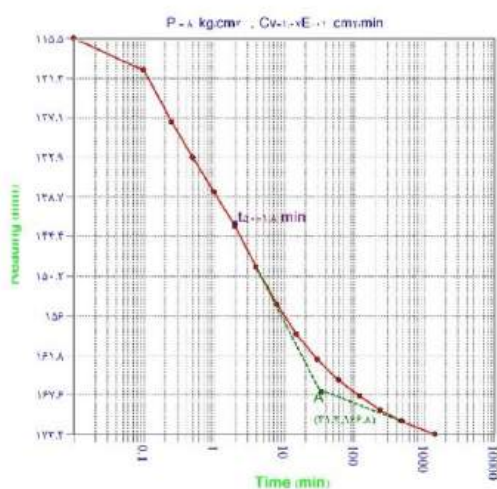
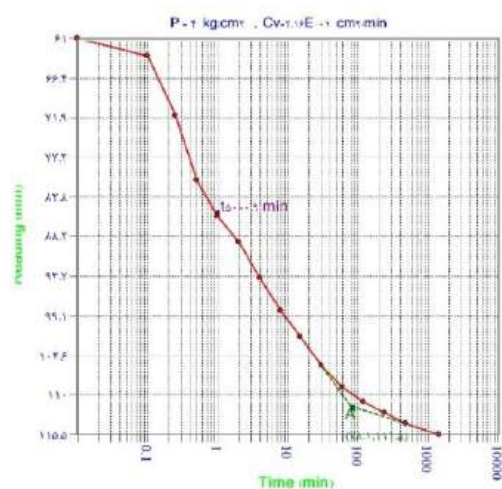
کد پروژه : 2019-2

طبقه بندی متحده : CL | A-6(4)

آدرس : Burnaby

نوع نمونه : Core Cutter

ASTM D2435



USCS Soil Description : Low Plasticity Clay With Sand
AASHTO Soil Description : Clayey soils (4)

Tested By :

آزمایش تحکیم یک بعدی

پروژه : Sample Project #2 (Metric)

کمانه : TP-1

کارفرما : ABC Construction Ltd

عمق نمونه : 4 (m)

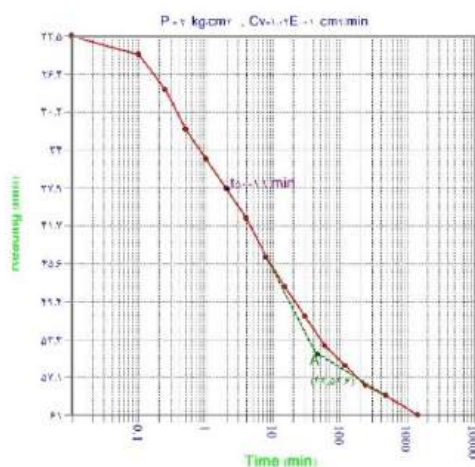
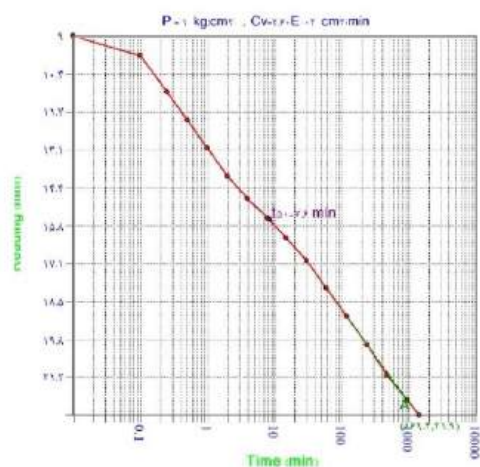
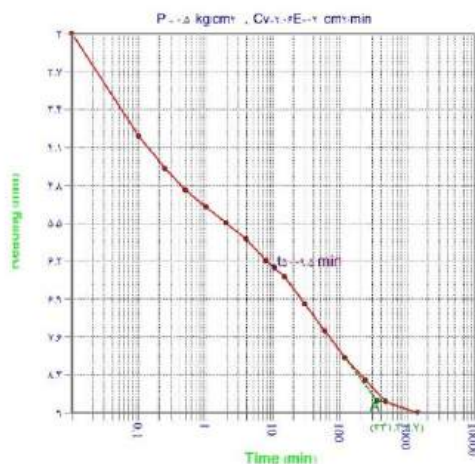
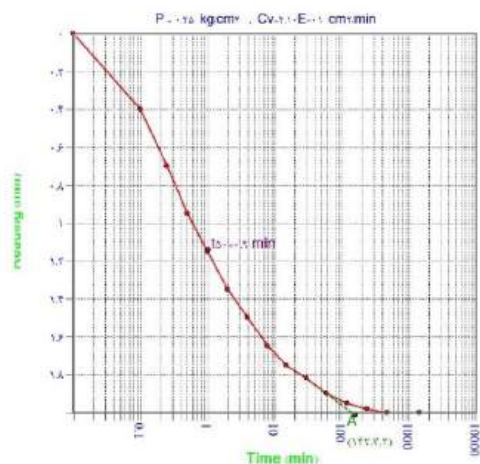
کد پروژه : 2019-2

طبقه بندی متحده : CL | A-6(4)

آدرس : Burnaby

نوع نمونه : Core Cutter

ASTM D2435



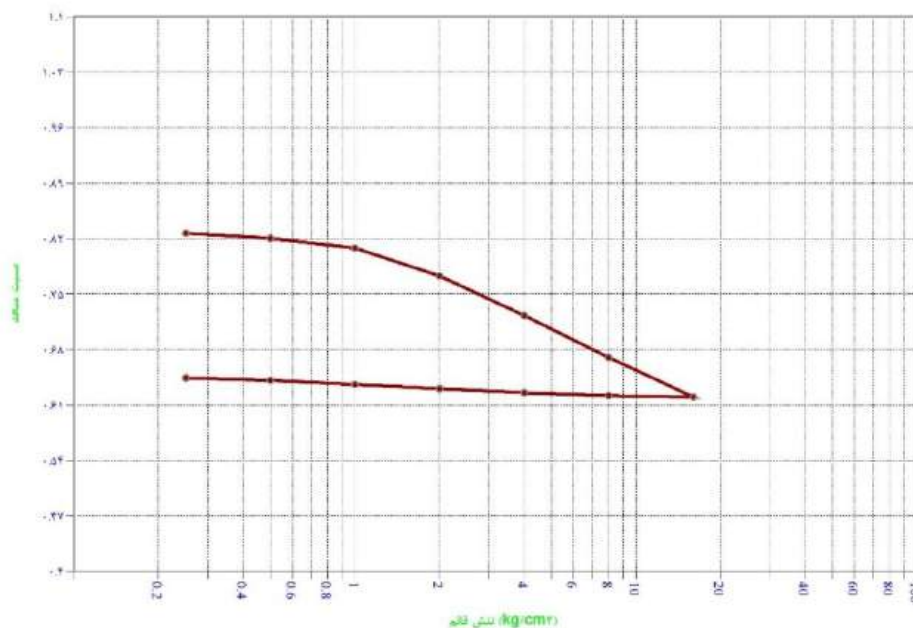
USCS Soil Description : Low Plasticity Clay With Sand
AASHTO Soil Description : Clayey soils (4)

Tested By :

آزمایش تحکیم یک بعدی

پروژه : Sample Project #2 (Metric)	گمانه : TP-1
کارفرما : ABC Construction Ltd	عمق نمونه : 4 (m)
کد پروژه : 2019-2	طبقه بندی متحده : CL A-6(4)
آدرس : Burnaby	نوع نمونه : Core Cutter

ASTM D2435



USCS Soil Description : Low Plasticity Clay With Sand
AASHTO Soil Description : Clayey soils (4)

Tested By :

آزمایشهای برش مسنقیم

آزمایش برش مستقیم

پروژه : Sample Project #2 (Metric)

کارفرما : ABC Construction Ltd

کد پروژه : 2019-2

آدرس : Burnaby

گمانه : BH-3

عمق نمونه : 1.5 (m)

طبقه بندی متحده : CL | A-6(5)

نوع نمونه : Shelby | U4

Mechanical Properties

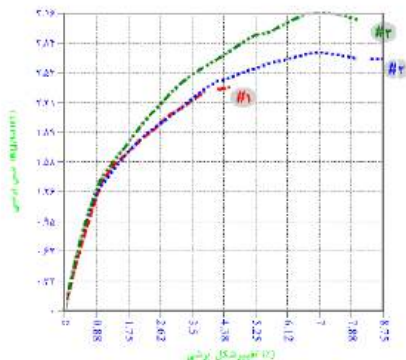
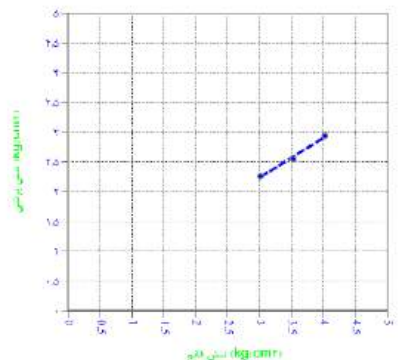
Gs	نوع	شرایط رطوبتی	Φ (°)	C (kg/cm ²)	نوع جعبه برش (cm) ²
2.65	Fast بازرسی شده	Wet	33.7	0.23	مربعی 30 x 30 x 15

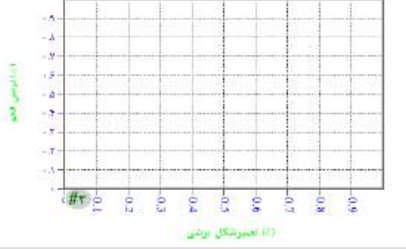
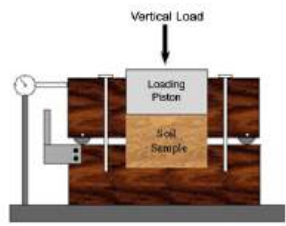
Sample Properties

#	تنش قائم (kg/cm ²)	ضریب رینگ (kgf/div)	دانشسته خشک (kgf/cm ³)	درصد رطوبت قبل (%)	درصد رطوبت بعد (%)	نسبت منافذ	درصد اشباع (%)
1	3.01 {3}	12.18	1.87	4	3.7	0.41	25.4
2	3.52 {3.5}	12.18	1.87	4	3.8	0.41	25.4
3	4.03 {4}	12.18	1.87	4	3.8	0.41	25.4

Strain Behavior

#	تنش برشی (kg/cm ²)	گرایش برشی در شکست (%)	گرایش قائم (%)
1	2.26	0.45	
2	2.55	0.88	
3	2.94	0.84	

USCS Soil Description : Low Plasticity Clay With Sand

AASHTO Soil Description : Clayey soils (5)

Tested By :

آزمایش برش مستقیم

پروژه : Sample Project #2 (Metric)

کارفرما : ABC Construction Ltd

کد پروژه : 2019-2

آدرس : Burnaby

گمانه : BH-1

عمق نمونه : 6 (m)

طبقه بندی متحده : SC | A-2-4(0)

نوع نمونه : Disturbed

Mechanical Properties

نوع جعبه برش (cm)2	C (kg/cm2)	Φ (°)	شرایط رطوبتی	نوع	Gs
آزمایش 10 x 10 x 2	0.01	18.7	Sat.	Slow	2.65

Sample Properties

درصد اشباع (%)	نسبت منافذ	درصد رطوبت بعد (%)	درصد رطوبت قبل (%)	دانشسته خشک (g/cm3)	ضریب وینگ (kgf/div)	تنش قائم (kg/cm2)	#
29.4	0.51	2.9	5.7	1.75	1.5	1.02 {1}	1
18.5	0.47	2.4	3.3	1.8	1.5	2.03 {2}	2
16.5	0.5	1.7	3.1	1.77	1.5	3.05 {3}	3

Strain Behavior

کرنش قائم (%)	کرنش برشی در شکست (%)	تنش برشی (kg/cm2)	#
	1.65	0.24	1
	1.35	0.92	2
	1.8	0.93	3

(1) تغییر شکل برشی

(2) تغییر شکل برشی

(3) تغییر شکل برشی

Vertical Load

Loading Piston

Soil Sample

USCS Soil Description : Clayey Sand With Gravel

AASHTO Soil Description : Silty or clayey gravel and sand (0)

Tested By :

آزمایش برش مستقیم

پروژه : Sample Project #2 (Metric)

کارفرما : ABC Construction Ltd

کد پروژه : 2019-2

آدرس : Burnaby

گمانه : BH-1

عمق نمونه : 1 (m)

طبقه بندی متحده : GGM | A-7-5(8)

نوع نمونه : Disturbed

Mechanical Properties

Gs	نوع	شرایط رطوبتی	Φ (°)	C (kg/cm ²)	نوع جعبه برش (cm) ²
2.65	Slow	Sat.	15.9	0.12	داره ای 10 x 2

Sample Properties

#	تنش قائم (kg/cm ²)	ضریب رینگ (kgf/div)	دانسیته خشک (gf/cm ³)	درصد رطوبت قبل (%)	درصد رطوبت بعد (%)	نسبت منافذ	درصد اشباع (%)
1	1.27 {1}	1.5	2.23	5.7	2.9	0.19	80.2
2	2.55 {2}	1.5	2.29	3.3	2.4	0.16	55.6
3	3.82 {3}	1.5	2.25	3.1	1.7	0.18	46.2

Strain Behavior

#	تنش برشی (kg/cm ²)	گرفتگی برشی در شکست (%)	گرفتگی قائم (%)
1	0.46	1.8	
2	0.9	1.35	
3	1.18	1.8	

(1) تغییر شکل برشی

(2) تغییر شکل برشی

(3) تغییر شکل برشی

Vertical Load

Loading Piston

Soil Sample

USCS Soil Description : Silty Gravel With Sand

AASHTO Soil Description : Clayey soils (8)

NovoLAB 4.0.2022.1206 Licensed to: ()

Printed On 31/02/1403 By DESKTOP-UB3BHOD\WohabAgah

Tested By :

آزمایش برش مستقیم

پروژه : Sample Project #2 (Metric)

کارفرما : ABC Construction Ltd

کد پروژه : 2019-2

آدرس : Burnaby

گمانه : BH-4

عمق نمونه : 10 (m)

طبقه بندی متحده : SC-SM | A-2-4(0)

نوع نمونه : Disturbed

Mechanical Properties

Gs	نوع	شرایط رطوبتی	Φ (°)	C (kg/cm ²)	نوع جعبه برش (cm) ²
2.67	Fast بازرسی شده	Wet	33.6	0.29	مربعی 30 x 30 x 15

Sample Properties

#	تشنش قائم (kg/cm ²)	ضریب رینگ (kgf/div)	دانسیته خشک (gf/cm ³)	درصد رطوبت قبل (%)	درصد رطوبت بعد (%)	نسبت منافذ	درصد اشباع (%)
1	3.02 {3}	12.18	1.87	4	3.7	0.42	25
2	3.53 {3.5}	12.18	1.87	4	3.8	0.42	25
3	4.04 {4}	12.18	1.87	4	3.8	0.42	25

Strain Behavior

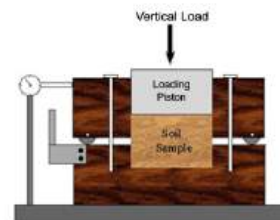
#	تشنش برشی (kg/cm ²)	گرایش برشی در شکست (%)	گرایش قائم (%)
1	2.26	0.74	
2	2.7	1	
3	2.94	1.26	

USCS Soil Description : Clayey - Silty Sand With Gravel
AASHTO Soil Description : Silty or clayey gravel and sand (0)

Tested By :

NovoLAB 4.0.2022.1206 Licensed to: ()
Printed On 31/02/1403 By DESKTOP-UB3BHOD\WohabAgah

Page 4 / 4



آزمایش بارگذاری صفحه

