

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک فعالیت های رو زمینی در بسته های کاری تحت الارض تسهیلات برق رسانی و انجام اصلاحات مربوط به چاه تعمیری BK12																	
شماره پیمان:	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT- BK12	شماره صفحه : 1 از 49																
053 – 073 – 9184	<table><tr><td>پروژه</td><td>بسته کاری</td><td>صادر کننده</td><td>تسهیلات</td><td>رشته</td><td>نوع مدرک</td><td>سریال</td><td>نسخه</td></tr><tr><td>BK</td><td>BK12</td><td>PEDCO</td><td>110</td><td>GT</td><td>RT</td><td>0001</td><td>D00</td></tr></table>		پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	BK	BK12	PEDCO	110	GT	RT	0001	D00
	پروژه		بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه									
BK	BK12	PEDCO	110	GT	RT	0001	D00											

طرح نگهداشت و افزایش تولید 27 مخزن

GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT- BK12

نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک

D00	JUN.2022	IFC	BKP Co.	M.Fakharian	M.Mehrshad	
Rev.	Date	Purpose of Issue/Status	Prepared by:	Checked by:	Approved by:	CLIENT Approval
Class: 3		CLIENT Doc. Number: F0Z-708309				

Status:

IDC: Inter-Discipline Check
 IFC: Issued For Comment
 IFA: Issued For Approval
 AFD: Approved For Design
 AFC: Approved For Construction
 AFP: Approved For Purchase
 AFQ: Approved For Quotation
 IFI: Issued For Information
 AB-R: As-Built for CLIENT Review
 AB-A: As-Built –Approved

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک فعالیت های رو زمینی در بسته های کاری تحت الارض تسهیلات برق رسانی و انجام اصلاحات مربوط به چاه تعمیری BK12							
	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT- BK12						شماره صفحه : 2 از 49	
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	پروژه BK	بسته کاری BK12	صادرکننده PEDCO	تسهیلات 110	رشته GT	نوع مدرک RT		

REVISION RECORD SHEET

PAGE	D00	D01	D02	D03	D04
1	X				
2	X				
3	X				
4	X				
5	X				
6	X				
7	X				
8	X				
9	X				
10	X				
11	X				
12	X				
13	X				
14	X				
15	X				
16	X				
17	X				
18	X				
19	X				
20	X				
21	X				
22	X				
23	X				
24	X				
25	X				
26	X				
27	X				
28	X				
29	X				
30	X				
31	X				
32	X				
33	X				
34	X				
35	X				
36	X				
37	X				
38	X				
39	X				
40	X				
41	X				
42	X				
43	X				
44	X				
45	X				
46	X				
47	X				
48	X				
49	X				
50	X				
51	X				
52					
53					
54					
55					
56					
57					
58					
59					
60					
61					
62					
63					
64					
65					

PAGE	D00	D01	D02	D03	D04
66					
67					
68					
69					
70					
71					
72					
73					
74					
75					
76					
77					
78					
79					
80					
81					
82					
83					
84					
85					
86					
87					
88					
89					
90					
91					
92					
93					
94					
95					
96					
97					
98					
99					
100					
101					
102					
103					
104					
105					
106					
107					
108					
109					
110					
111					
112					
113					
114					
115					
116					
117					
118					
119					
120					
121					
122					
123					
124					
125					
126					
127					
128					
129					
130					

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک فعالیت های رو زمینی در بسته های کاری تحت الارض تسهیلات برق رسانی و انجام اصلاحات مربوط به چاه تعمیری BK12							
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT- BK12							شماره صفحه: 3 از 49
	پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	
	BK	BK12	PEDCO	110	GT	RT	0001	D00

فهرست مطالب

7	مقدمه
9	فصل 1- مشخصات عمومی پروژه
9	1-1- اهداف مطالعات
9	1-2- محدودیت ها
10	1-3- مشخصات کلی طرح
13	فصل 2- زمین شناسی عمومی، زمین ساخت گستره طرح و وضعیت کلی لرزه خیزی ساختگاه
13	2-1- مطالعات زمین شناسی عمومی منطقه
16	2-2- لرزه خیزی عمومی منطقه
16	2-2-1- گسل های محدوده مورد مطالعه
19	فصل 3- کاوش های صحرایی
19	3-1- عملیات حفاری گمانه های ماشینی
22	3-2- آزمایش های برجا
22	3-2-1- آزمایش ضربه و نفوذ استاندارد (SPT)
25	3-2-2- آزمایش تعیین مقاومت الکتریکی (Geoelectrical Resistivity Test)
29	3-2-3- آزمایش بارگذاری صفحه (Plate Load Test)
30	3-2-4- آزمایش CBR (California Bearing Ratio)
30	3-2-5- اندازه گیری دمای خاک
30	3-3- وضعیت تراز سطح آب
31	فصل 4- آزمایش های آزمایشگاهی
31	4-1- توصیف و طبقه بندی لایه های خاک
36	فصل 5- پارامترهای طراحی و بررسی ملاحظات ژئوتکنیکی
36	5-1- خصوصیات فیزیکی و مکانیکی لایه های خاک و پارامترهای طراحی
36	5-2- پتانسیل روانگرایی
37	5-3- برآورد پتانسیل رمبندگی (فروریزش)
37	5-4- برآورد پتانسیل تورم
38	فصل 6- ظرفیت باربری مجاز شالوده های سطحی
38	6-1- مقدمه

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک فعالیت های رو زمینی در بسته های کاری تحت الارض تسهیلات برق رسانی و انجام اصلاحات مربوط به چاه تعمیری BK12							
شماره پیمان: 053 – 073 – 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT- BK12							شماره صفحه : 4 از 49
	پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	
	BK	BK12	PEDCO	110	GT	RT	0001	D00

- 6-2- تعیین ظرفیت باربری نهایی و مجاز بر اساس گسیختگی برشی.....38
- 6-3- نشست خاک39
- 6-4- ظرفیت باربری مجاز شالوده های سطحی39
- ۶-۴-۱- ضریب عکس العمل بستر (K_s)40
- 6-4-2- مدول عکس العمل بستر در حالت استاتیک42
- 6-4-3- مدول عکس العمل بستر در حالت بارگذاری فوق العاده (بارگذاری زلزله)43
- فصل 7- تعیین ضرایب فشار جانبی و نحوه پایداری سازی گود44
- 7-1- بررسی فشار محرک و مقاوم خاک44
- 7-2- تعیین ضرایب فشار جانبی خاک در حالت استاتیکی44
- 7-3- تعیین ضرایب فشار جانبی خاک در حالت دینامیکی (وقوع زلزله)44
- 7-4- گودبرداری و پایداری شیب46
- فصل 8- جمع بندی، نتیجه گیری و توصیه های فنی47
- 8-1- جمع بندی و نتیجه گیری47
- 8-2- توصیه فنی47
- فصل 9 – پیوست49

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک فعالیت های رو زمینی در بسته های کاری تحت الارض تسهیلات برق رسانی و انجام اصلاحات مربوط به چاه تعمیری BK12																	
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT- BK12 <table><tr><th>نسخه</th><th>سریال</th><th>نوع مدرک</th><th>رشته</th><th>تسهیلات</th><th>صادر کننده</th><th>بسته کاری</th><th>پروژه</th></tr><tr><td>D00</td><td>0001</td><td>RT</td><td>GT</td><td>110</td><td>PEDCO</td><td>BK12</td><td>BK</td></tr></table>	نسخه	سریال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادر کننده	بسته کاری	پروژه	D00	0001	RT	GT	110	PEDCO	BK12	BK	شماره صفحه: 5 از 49
نسخه	سریال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادر کننده	بسته کاری	پروژه											
D00	0001	RT	GT	110	PEDCO	BK12	BK											

فهرست اشکال

- شکل 1-1- موقعیت قرارگیری گمانه های ماشینی محل پروژه در موقعیت بسته ی BK-12 در Google Earth 11
- شکل 1-2- موقعیت بسته ی BK-12 نسبت به کل پروژه در Google Earth- نقشه ارسالی از شرکت محترم هیرگان انرژی 12
- شکل 1-2- نمایش تقریبی محور خلیج فارس 14
- شکل 2-2- تقسیم بندی زاگرس از نظر Alavi سال 2004 15
- شکل 2-3- نمایی از گسل های محدوده مورد مطالعه 17
- شکل 2-4- موقعیت بسته ی BK-12 در نقشه زمین شناسی بوشهر در منطقه بینک به مقیاس 1:100000 18
- شکل 1-3- جانمایی محل حفر گمانه های ماشینی در موقعیت بسته ی BK-12 19
- شکل 2-3- موقعیت بسته ی BK-12- نسبت به مسیرهای خط لوله- نقشه ارسالی از شرکت محترم هیرگان انرژی 21
- شکل 3-3- موقعیت بسته ی BK-12 نسبت به مسیر خط لوله نقشه ارسالی از شرکت محترم هیرگان انرژی 21
- شکل 3-4- تغییرات نتایج ضربات SPT (اصلاح نشده) و میزان نفوذ متناظر بر حسب عمق بسته ی BK-12 25
- شکل 3-5- حدود مقاومت الکتریکی برای خاک های مختلف 26
- شکل 3-6- تغییرات مقاومت الکتریکی بر حسب عمق در بسته ی BK-12 28
- شکل 1-4- گمانه های ماشینی در محدوده مورد مطالعه موقعیت بسته ی BK-12 32
- شکل 2-4- موقعیت بسته ی BK-12- نقشه ارسالی از شرکت محترم هیرگان انرژی 33
- شکل 3-4- موقعیت قرارگیری بسته ی BK-12 نسبت به سایر بسته های بخش تحت الارض- نقشه ارسالی از شرکت محترم هیرگان انرژی 34
- شکل 1-6- مدلسازی فنر وینکلر 41
- شکل 2-6- مدل سازی فنرهای کوپله 41
- شکل 3-6- تقسیم بندی سطح پی در روش شبه کوپل 42

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک فعالیت های رو زمینی در بسته های کاری تحت الارض تسهیلات برق رسانی و انجام اصلاحات مربوط به چاه تعمیری BK12																	
شماره پیمان: 053 – 073 – 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT- BK12 <table><tr><th>نسخه</th><th>سریال</th><th>نوع مدرک</th><th>رشته</th><th>تسهیلات</th><th>صادرکننده</th><th>بسته کاری</th><th>پروژه</th></tr><tr><td>D00</td><td>0001</td><td>RT</td><td>GT</td><td>110</td><td>PEDCO</td><td>BK12</td><td>BK</td></tr></table>	نسخه	سریال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادرکننده	بسته کاری	پروژه	D00	0001	RT	GT	110	PEDCO	BK12	BK	شماره صفحه : 6 از 49
نسخه	سریال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادرکننده	بسته کاری	پروژه											
D00	0001	RT	GT	110	PEDCO	BK12	BK											

فهرست جداول

- جدول 3-1. مشخصات کلی گمانه های ماشینی موقعیت بسته ی BK-12 21
- جدول 3-2. ضرایب اصلاح اعداد SPT پیشنهادی (Seed et al. (2003) 23
- جدول 3-3. رابطه تراکم خاک درشت دانه و عدد N_{SPT} (ترزاقی و پک 1948) 24
- جدول 3-4. رابطه تراکم خاک ریزدانه و عدد N_{SPT} (ترزاقی و پک 1967) 24
- جدول 3-5. مقاومت ویژه میانگین قرائت شده برای اعماق مختلف در هر محل بر حسب اهم متر 27
- جدول 3-6. خورندگی خاک طبق مقاومت الکتریکی (British Standard BS-1377) 29
- جدول 3-7. مشخصات و نتایج آزمایش بارگذاری صفحه 29
- جدول 3-8. مشخصات و نتایج آزمایش CBR 30
- جدول 4-1. مشخصات آزمایش های آزمایشگاهی 31
- جدول 5-1. مقادیر پیشنهادی پارامترهای فیزیکی و مکانیکی لایه های خاک و سنگ طبیعی 36
- جدول 5-2. طبقه بندی پتانسیل تورم 37
- جدول 6-1. مدول عکس العمل بستر پی مربعی، مستطیلی و نواری برای عمق یک متر 43
- جدول 6-2. مدول عکس العمل بستر پی گسترده برای عمق یک متر 43
- جدول 7-1. ضرایب فشار جانبی برای لایه های خاک طبیعی با فرض پر کردن پشت دیوار با خاکریز دانه های 45

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک فعالیت های رو زمینی در بسته های کاری تحت الارض تسهیلات برق رسانی و انجام اصلاحات مربوط به چاه تعمیری BK12																	
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT- BK12 <table><tr><th>نسخه</th><th>سریال</th><th>نوع مدرک</th><th>رشته</th><th>تسهیلات</th><th>صادرکننده</th><th>بسته کاری</th><th>پروژه</th></tr><tr><td>D00</td><td>0001</td><td>RT</td><td>GT</td><td>110</td><td>PEDCO</td><td>BK12</td><td>BK</td></tr></table>	نسخه	سریال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادرکننده	بسته کاری	پروژه	D00	0001	RT	GT	110	PEDCO	BK12	BK	شماره صفحه : 7 از 49
نسخه	سریال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادرکننده	بسته کاری	پروژه											
D00	0001	RT	GT	110	PEDCO	BK12	BK											

مقدمه

گزارش حاضر حاوی نتایج عملیات صحرایی، آزمایشگاهی و تحلیل های مهندسی در محل پروژه طرح عملیات محور نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک، واقع در استان بوشهر، شهرستان گناوه می باشد که بر اساس درخواست شرکت مهندسی هیرگان انرژی تهیه شده است.

میدان نفتی بینک در فاصله 20 کیلومتری شمال غربی شهرستان گناوه واقع و به دو بخش تحت الارض و سطح الارض تقسیم شده است. بخش تحت الارض شامل 10 سایت تاسیسات سرچاهی، مسیر خط لوله و مسیر برق رسانی می باشد. بخش سطح الارض شامل خط لوله زیرزمینی 8 اینچ انتقال گاز به طول 44 کیلومتر، خط لوله روزمینی 4 اینچ انتقال سیال و ایستگاه تقویت فشار گازی جدید است.

با توجه به پراکندگی و تعدد گمانه های شناسایی (55 گمانه ماشینی در بخش تحت الارض، 98 گمانه ماشینی در بخش سطح الارض و 6 گمانه ماشینی در بخش سطح الارض - ایستگاه تقویت فشار گاز) جهت پیشگیری از اتلاف زمان پروژه و بنا به اولویت های مطرح شده از سوی شرکت محترم هیرگان انرژی مقرر گردید نتایج و گزارشات مطالعات ژئوتکنیک هر بخش به صورت مجزا به شرح مجلد های زیر ارائه شود:

جلد اول: بسته ی W018S (شامل تاسیسات سرچاهی بدون پمپ برقی درون چاهی و مسیر خط لوله جریانی)

جلد دوم: بسته ی W028 (شامل تاسیسات سرچاهی بدون پمپ برقی درون چاهی و مسیر خط لوله جریانی)

جلد سوم: بسته ی W046S (شامل تاسیسات سرچاهی مجهز به پمپ برقی درون چاهی، مسیر خط لوله جریانی و

مسیر برق رسانی مربوطه)

جلد چهارم: بسته ی W035 (شامل تاسیسات سرچاهی بدون پمپ برقی درون چاهی و مسیر خط لوله جریانی)

جلد پنجم: بسته ی W008N (شامل تاسیسات سرچاهی بدون پمپ برقی درون چاهی و مسیر خط لوله جریانی)

جلد ششم: بسته ی W007S (شامل تاسیسات سرچاهی مجهز به پمپ برقی درون چاهی، مسیر خط لوله جریانی و

مسیر برق رسانی مربوطه)

جلد هفتم: بسته ی BK14 (شامل تاسیسات سرچاهی مجهز به پمپ برقی درون چاهی و مسیر خط لوله مربوطه)

جلد هشتم: بسته ی BK12 (شامل تاسیسات سرچاهی مجهز به پمپ برقی درون چاهی و مسیر خط لوله

مربوطه)

جلد نهم: بسته ی BK15 (شامل تاسیسات سرچاهی مجهز به پمپ برقی درون چاهی و مسیر خط لوله مربوطه)

جلد دهم: بسته ی BK05 (شامل تاسیسات سرچاهی مجهز به پمپ برقی درون چاهی و مسیر خط لوله مربوطه)

جلد یازدهم: ایستگاه تقویت فشار جدید- بخش سطح الارض

جلد دوازدهم: مسیر خط لوله 4 و 8 اینچی

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک فعالیت های رو زمینی در بسته های کاری تحت الارض تسهیلات برق رسانی و انجام اصلاحات مربوط به چاه تعمیری BK12							
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT- BK12							شماره صفحه : 8 از 49
	پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	
	BK	BK12	PEDCO	110	GT	RT	0001	D00

در این بخش از پروژه، شناخت لایه های زیر سطحی و تعیین پارامترهای فیزیکی و مکانیکی خاک در محل مربوط به موقعیت بسته ی BK-12 مورد بررسی قرار خواهد گرفت. تعداد و عمق گمانه های ماشینی و نحوه چیدمان آنها توسط شرکت محترم هیرگان انرژی تعیین و جهت انجام به این مهندسین مشاور ابلاغ شده است. پس از تحویل زمین محل ساختگاه، عملیات صحرایی توسط گروه حفاری و کارشناسی این مهندسین مشاور آغاز گردید. این گزارش، حاوی نتایج حاصل از حفاری 4 گمانه ماشینی، آزمایشات صحرایی و آزمایشات آزمایشگاهی به همراه مشاهدات و بازدیدهای میدانی در موقعیت بسته ی BK-12 (BH-WH-9, BH-EL-6, BH-EL-7, BH-EL-8) است. بر اساس نتایج حاصل از این عملیات و انجام آزمایش های آزمایشگاهی، پارامترهای مربوط به لایه های خاک در محل پروژه برآورد و در پایان نیز ضمن جمع بندی و نتیجه گیری، توصیه های فنی مرتبط با پروژه ارائه شده است. این گزارش در قالب 9 فصل تهیه و ارائه شده است که به صورت خلاصه به شرح زیر می باشد:

- ✓ فصل اول، اهداف، مشخصات کلی طرح و موقعیت جغرافیایی پروژه.
- ✓ فصل دوم، وضعیت زمین شناسی عمومی منطقه.
- ✓ فصل سوم، نتایج بدست آمده از عملیات صحرایی.
- ✓ فصل چهارم، شرح آزمایش های آزمایشگاهی.
- ✓ فصل پنجم، پارامترهای طراحی.
- ✓ فصل ششم، تعیین ظرفیت باربری مجاز شالوده های سطحی به همراه محاسبه نشست و ارائه نمودارهای مربوطه.
- ✓ فصل هفتم، تعیین ضرایب فشار جانبی خاک در حالت سکون، محرک و مقاوم در شرایط استاتیکی و دینامیکی.
- ✓ فصل هشتم، جمع بندی، نتیجه گیری و توصیه های فنی.
- ✓ فصل نهم، پیوست های گزارش.

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک فعالیت های رو زمینی در بسته های کاری تحت الارض تسهیلات برق رسانی و انجام اصلاحات مربوط به چاه تعمیری BK12																	
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT- BK12 <table><tr><th>نسخه</th><th>سریال</th><th>نوع مدرک</th><th>رشته</th><th>تسهیلات</th><th>صادرکننده</th><th>بسته کاری</th><th>پروژه</th></tr><tr><td>D00</td><td>0001</td><td>RT</td><td>GT</td><td>110</td><td>PEDCO</td><td>BK12</td><td>BK</td></tr></table>	نسخه	سریال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادرکننده	بسته کاری	پروژه	D00	0001	RT	GT	110	PEDCO	BK12	BK	شماره صفحه : 9 از 49
نسخه	سریال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادرکننده	بسته کاری	پروژه											
D00	0001	RT	GT	110	PEDCO	BK12	BK											

فصل 1- مشخصات عمومی پروژه

این فصل دربرگیرنده اهداف، مشخصات کلی طرح و موقعیت جغرافیائی پروژه می باشد که در ادامه به تشریح آن پرداخته شده است.

1-1- اهداف مطالعات

مطالعات ژئوتکنیک پروژه براساس نتایج حاصل از عملیات صحرایی و آزمایشگاهی، به منظور دستیابی به اهداف زیر صورت گرفته است:

- ✓ بررسی اجمالی زمین شناسی و لرزه خیزی عمومی منطقه و محل پروژه.
- ✓ تعیین نوع، ضخامت و تراکم نسبی لایه های خاک.
- ✓ تعیین خصوصیات فیزیکی و مکانیکی لایه های خاک زیر سطحی و هشدار از وجود خاک های مسئله دار.
- ✓ بررسی پتانسیل روانگرایی خاک بر اساس گمانه های اجرا شده.
- ✓ برآورد ظرفیت باربری مجاز و نشست شالوده برای پی های منفرد، نواری و گسترده.
- ✓ ضریب واکنش بستر برای شالوده ها.
- ✓ تعیین ضرایب فشارهای جانبی خاک جهت طرح دیوار حائل در شرایط استاتیکی و دینامیکی.
- ✓ تعیین خصوصیات شیمیایی خاک و آب (در صورت برخورد، شامل pH ، CL ، SO^{4--} و ...) و تعیین نوع سیمان مصرفی در بتن شالوده ها.
- ✓ تعیین نوع زمین و طبقه بندی آن از نظر درجه بندی خطر نسبی زلزله و تعیین ضرایب زلزله محل مطابق استاندارد 2800، نشریه 038 تاسیسات صنعت نفت و براساس آیین نامه های $API650$ ، $ASCE$ ، $UBC97$ و تعیین کلیه پارامترهای لازم منجمله *Near Feild* جهت محاسبات نیروی زلزله.
- ✓ ارائه توصیه های فنی مورد نیاز.

1-2- محدودیت ها

این گزارش بر مبنای قرارداد منعقد شده فیما بین تهیه گردیده است و می بایست براساس شرایط و محدودیت های ذکر شده در آن مورد استفاده قرار گیرد. مشاهدات و نتیجه گیری های شرح داده شده در این گزارش بر اساس نتایج حاصل از مطالعات ژئوتکنیک پروژه و صرفاً بر مبنای محدوده خدمات ذکر شده در قرارداد تنظیم گردیده اند و این شرکت مسئولیتی در قبال شرایط و نتیجه گیری هایی که نیازمند انجام خدمات خارج از محدوده قرارداد هستند، ندارد. این گزارش برای استفاده انحصاری در ارتباط با پروژه طرح نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک در بخش سطح الارض، موقعیت بسته ی $BK-12$ می باشد که براساس درخواست شرکت مهندسی هیروگان انرژی تهیه شده است. استفاده از این گزارش توسط شخص یا شرکت دیگری غیر از شرکت مهندسی هیروگان انرژی و اعضای تیم طراحی

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک فعالیت های رو زمینی در بسته های کاری تحت الارض تسهیلات برق رسانی و انجام اصلاحات مربوط به چاه تعمیری BK12							
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT- BK12							شماره صفحه : 10 از 49
	پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	
	BK	BK12	PEDCO	110	GT	RT	0001	D00

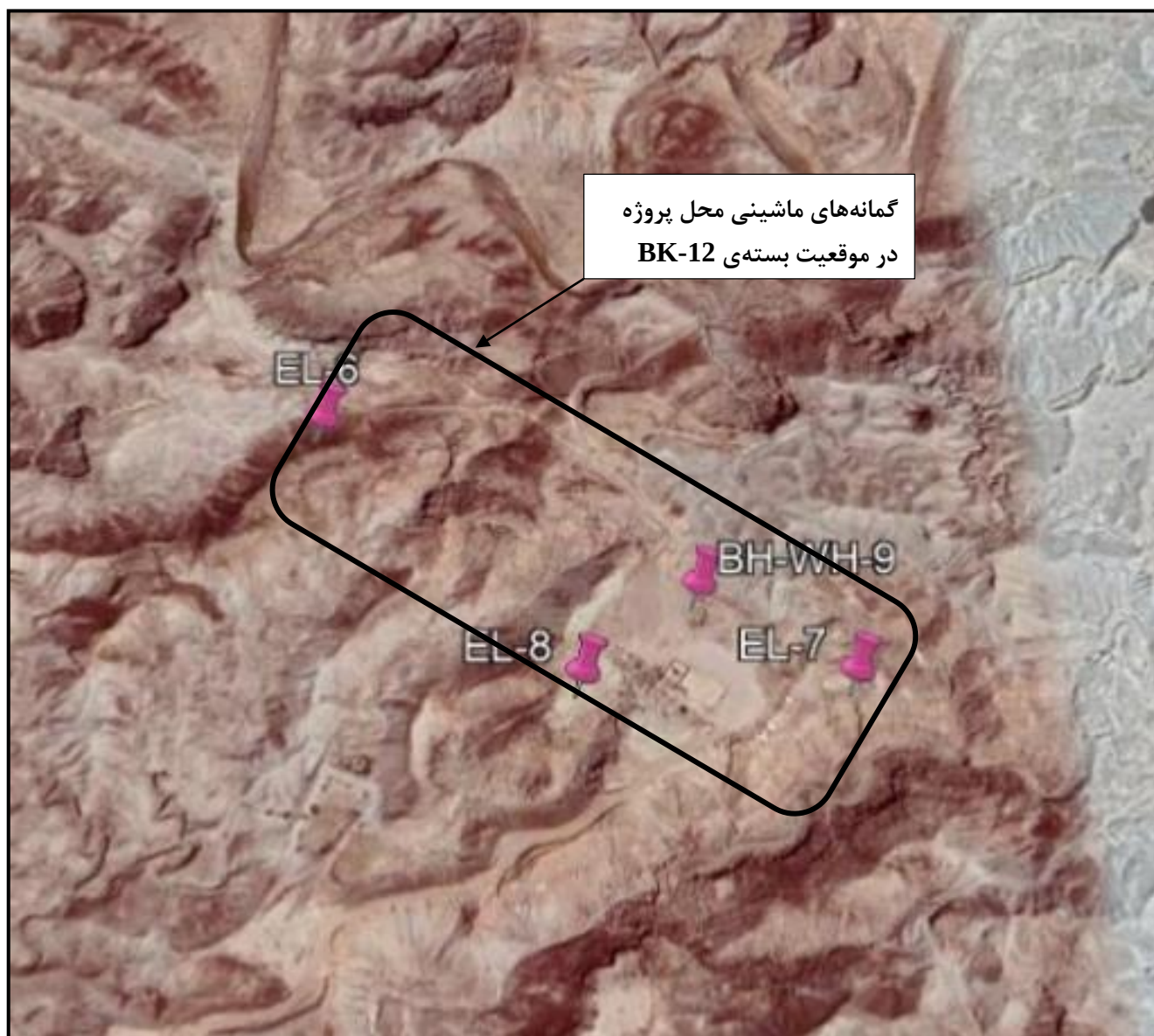
مرتبط با آن جهت اهداف و کاربردهای دیگر مگر با مجوز کتبی از شرکت هیروگان انرژی ممنوع می باشد؛ در غیر این صورت هیچ گونه مسئولیت حقوقی و قانونی بر عهده این شرکت نمی باشد. یادآور می گردد تعداد، عمق و نحوه چیدمان گمانه های ماشینی مطالعاتی طبق شرح خدمات ابلاغی شرکت محترم هیروگان انرژی انجام گرفته است.

این گزارش منعکس کننده شرایط ساختگاه اعم از نوع و مشخصات لایه ها و عمق آب بر مبنای مشاهدات و نتایج به دست آمده در زمان آماده سازی گزارش و صرفاً برای ارائه وضعیت لایه ها در محل 4 گمانه ماشینی BH-EL-6, BH-EL-7, BH-EL-8 و BH-WH-9 در موقعیت بسته ی BK-12 تهیه شده است. گذشت زمان و تأخیر در اجرای پروژه ممکن است منجر به تغییراتی در شرایط ساختگاه، تراز رقوم سایت، سطح آب، تکنولوژی مورد استفاده و شرایط اقتصادی گردد به گونه ای که نتایج، توصیه های گزارش موجود، لاگ همچنین محاسبات ظرفیت باربری را تغییر دهد. بنابراین، کارفرما یا گروه دیگری که گزارش برای آن تهیه شده است، می بایست در نظر داشته باشند که این شرکت مسئولیتی در قبال تغییرات شرایط پروژه بعد از زمان تنظیم گزارش ندارد.

3-1- مشخصات کلی طرح

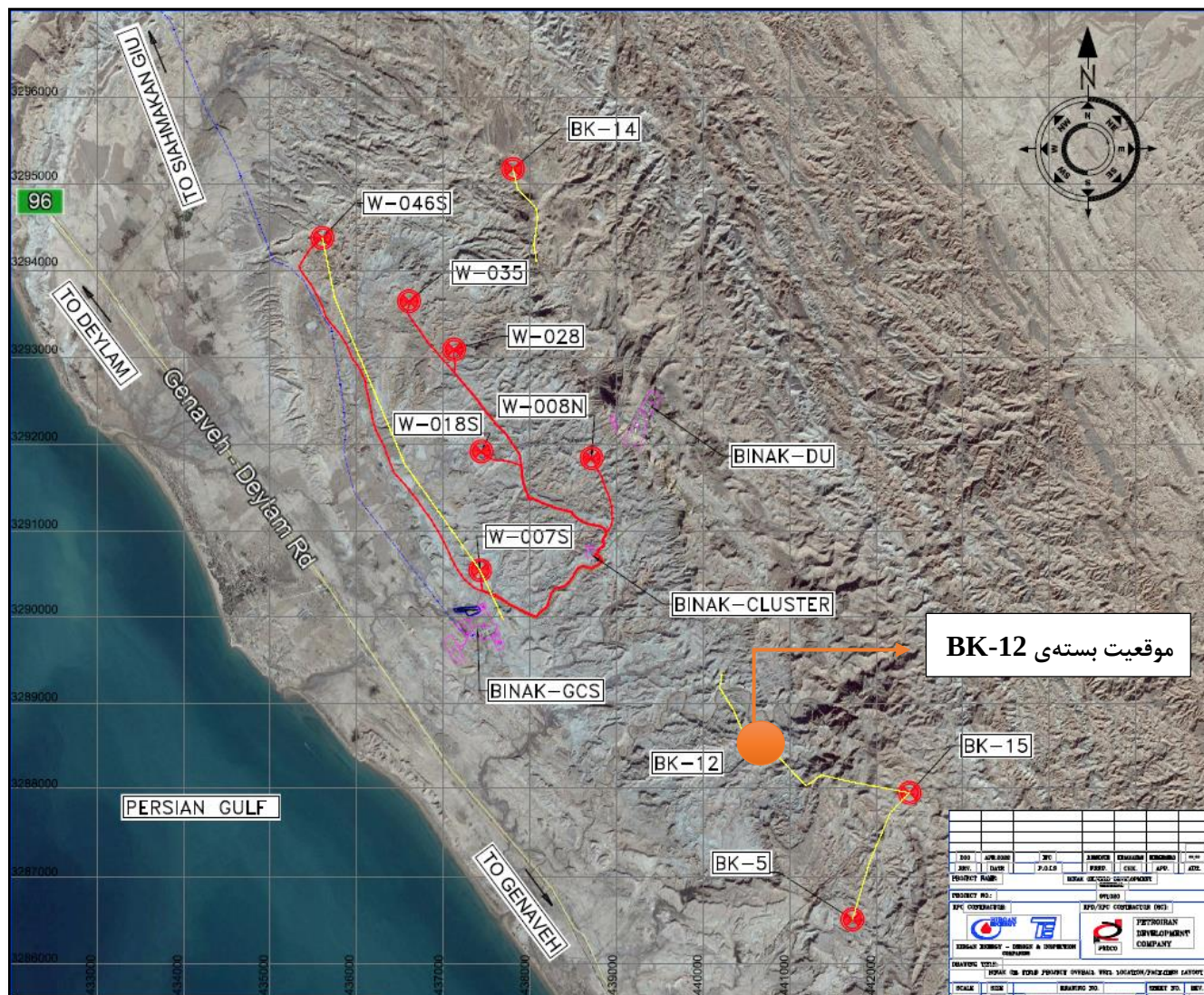
مطابق اطلاعات دریافتی از شرکت هیروگان انرژی، پروژه نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک (بسته بینک) در بخش تحت الارض با هدف ساخت موقعیت چاه، تاسیسات سرچاهی و مسیر خطوط جریانی و مسیر برق رسانی مربوطه و در بخش سطح الارض با هدف احداث خطوط لوله 4 اینچ روزمینی انتقال سیال، خط لوله 8 اینچ زیرزمینی انتقال گاز و ایستگاه تقویت فشار گازی تعریف شده است. بخش تحت الارض شامل 55 گمانه ماشینی در 10 سایت تاسیسات سرچاهی، مسیر خط لوله و مسیر برق رسانی می باشد. بخش سطح الارض شامل 89 گمانه ماشینی در خط لوله زیرزمینی 8 اینچ به طول 44 کیلومتر، 9 گمانه ماشینی در خط لوله روزمینی 4 اینچ به طول 5/2 کیلومتر و 6 گمانه ماشینی در ایستگاه تقویت فشار جدید است. گزارش حاضر دربرگیرنده نتایج مطالعات ابلاغی موقعیت بسته ی BK-12 در بخش سطح الارض می باشد. با توجه به نقشه ها در محدوده مختصات های ارسالی از سمت شرکت محترم هیروگان انرژی، پی گسترده با ابعاد 10×10 و 20×20 متر و پی های سطحی مربعی، مستطیلی و نواری جهت طراحی در این بسته ی کاری در نظر گرفته شده است. در شکل 1-1 و 2-1 نمایی از گمانه های ماشینی تاسیسات سرچاهی و مسیر برق رسانی مورد مطالعه موقعیت بسته ی BK-12 در نقشه ماهواره ای و نقشه های ارسالی از شرکت محترم هیروگان انرژی در سایت مذکور ارائه شده است.

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک فعالیت های رو زمینی در بسته های کاری تحت الارض تسهیلات برق رسانی و انجام اصلاحات مربوط به چاه تعمیری BK12																	
شماره پیمان:	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT- BK12 <table><tr><td>پروژه</td><td>بسته کاری</td><td>صادر کننده</td><td>تسهیلات</td><td>رشته</td><td>نوع مدرک</td><td>سریال</td><td>نسخه</td></tr><tr><td>BK</td><td>BK12</td><td>PEDCO</td><td>110</td><td>GT</td><td>RT</td><td>0001</td><td>D00</td></tr></table>	پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	BK	BK12	PEDCO	110	GT	RT	0001	D00	شماره صفحه : 11 از 49
پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه											
BK	BK12	PEDCO	110	GT	RT	0001	D00											
053 - 073 - 9184																		



شکل 1-1- موقعیت قرارگیری گمانه های ماشینی محل پروژه در موقعیت بسته ی BK-12 در Google Earth

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک فعالیت های رو زمینی در بسته های کاری تحت الارض تسهیلات برق رسانی و انجام اصلاحات مربوط به چاه تعمیری BK12							
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT- BK12							شماره صفحه : 12 از 49
	پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	
	BK	BK12	PEDCO	110	GT	RT	0001	D00



شکل 1-2- موقعیت بسته ی BK-12 نسبت به کل پروژه در Google Earth- نقشه ارسالی از شرکت محترم هیروگان انرژی

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک فعالیت های رو زمینی در بسته های کاری تحت الارض تسهیلات برق رسانی و انجام اصلاحات مربوط به چاه تعمیری BK12								
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT- BK12							شماره صفحه : 13 از 49	
	پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال		نسخه
	BK	BK12	PEDCO	110	GT	RT	0001	D00	

فصل 2- زمین شناسی عمومی، زمین ساخت گستره طرح و وضعیت کلی لرزه خیزی ساختگاه

2-1- مطالعات زمین شناسی عمومی منطقه

محدوده مورد مطالعه در نقشه زمین شناسی بوشهر قرار گرفته است که با توجه به ویژگی های ریخت شناسی فیزیکی به سه بخش دریا، پهنه جزر و مدی و بخشی از یال شمالی تاقدیس بوشهر تقسیم می شود. بخش اعظم رسوبات منطقه را پهنه جزر و مدی تشکیل می دهد. این نهشته ها به طور غالب از ماسه، رس و سیلت (mud) و نمک تشکیل شده اند.

بوشهر استان باریک و بلندی است که بیشتر وسعت آن از نظر تقسیم بندی طبیعی، در دشت های ساحلی جنوب ایران قرار گرفته و با خلیج فارس بیش از 600 کیلومتر مرز دریایی دارد. خلیج فارس یک دریای حاشیه ای (Marginal Sea) است که به طور کامل روی فلات قاره قرار دارد و سراسیمی (Slope) آن در خلیج عمان است. این خلیج 200 تا 300 کیلومتر پهنا و سطحی در حدود 226000 کیلومترمربع را زیر پوشش دارد. ژرفای میانگین آن حدود 35 متر و ژرف ترین نقطه آن در کرانه ایرانی تنگه هرمز 165 متر و میانگین آن در کناره های محور، 74 تا 92 متر است. از نظر ریخت شناسی، خلیج فارس نامتقارن و شیب ساحل غربی (جنوبی) آن آرام تر از ساحل ایرانی (شمالی) است. کرانه ایرانی این دریا، از سازندهای سخت و بلند با ریختار خطی ساخته شده و با واسطه یک دشت ساحلی باریک، با دریا در ارتباط است. منطقه کم شیب کرانه جنوبی و دریای کم ژرفای آن با تاقدیس هایی با بام های کم شیب با روند شمالی - جنوبی تا شمال خاوری - جنوب باختری (روند پی سنگ عربستان)، اغلب میدان های نفتی بزرگی را می سازند. از سوی دیگر، کرانه ایرانی این خلیج، کرانه ای کوهستانی با روند شمال باختری است که پشته های تاقدیسی با بلندی بیش از 1500 متر هستند. به همین دلیل، ساختارهای کرانه شمالی خلیج فارس، از دیدگاه هندسی، با آنچه که در کرانه جنوبی است، تفاوت دارد. در شکل های 1-2 و 2-2 شرایط زمین شناسی محور خلیج فارس نشان داده شده است.

استان بوشهر از نظر پستی و بلندی به دو قسمت جلگه ای و کوهستانی تقسیم می شود:

قسمت جلگه ای: همانگونه که پیشتر ذکر شد استان بوشهر در امتداد خلیج فارس قرار دارد که عرض آن در جهت شمال غربی (ناحیه بندر دیلم) به قسمت جنوب شرقی افزایش می یابد و حداکثر به 140 کیلومتر در امتداد دره رود مند می رسد. جلگه مذکور از رسوبات رودهای دالکی، شاپور، اهرم و مند تشکیل یافته است. از جمله نواحی واقع در این جلگه می توان به دشت بوشهر و برازجان اشاره کرد که سطح وسیعی از شمال استان را در بر گرفته است. این مناطق تا دوران چهارم زیر آب بود. اکثر شهرها و مراکز جمعیتی استان بوشهر در این جلگه استقرار یافته اند. این جلگه ها تا کویت و دشت های جنوبی خلیج فارس ادامه دارد.

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک فعالیت های رو زمینی در بسته های کاری تحت الارض تسهیلات برق رسانی و انجام اصلاحات مربوط به چاه تعمیری BK12							
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT- BK12							شماره صفحه : 14 از 49
	پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	
	BK	BK12	PEDCO	110	GT	RT	0001	D00

قسمت کوهستانی: استان بوشهر از دو رشته کوه عمده تشکیل می شود که در سراسر طول استان به موازات هم امتداد یافته اند. این رشته کوه ها مشتمل بر ارتفاعات گچ ترش و ارتفاعات نوکند است که به ترتیب در محدوده شمالی و شرق استان قرار دارند. با توجه به استقرار استان بوشهر در منطقه فوق حاره ای، مهم ترین پدیده و فرآیند مشهود اقلیمی آن گرمای هواست. این ناحیه تحت تأثیر فشار زیاد عرض های متوسط قرار دارد و فاقد بارندگی قابل توجه است، ولی فرآیند تبخیر آن به علت طولانی بودن فصل گرما شدت و حدت بیشتری دارد. در فصل زمستان به دلیل هجوم و گسترش جبهه های هوای سرد شمالی و دریای مدیترانه به سمت شرق، آب و هوای مناسبی توأم با ابر و باران به وجود می آید. به طور کلی آب و هوای بوشهر در نوار ساحلی گرم و مرطوب و در قسمت های داخلی گرم و خشک صحرایی است. در استان بوشهر دو فصل محسوس وجود دارد: زمستان نسبتاً خنک شامل ماه های آذر، دی، بهمن، اسفند و تابستان گرم و خشک و طولانی.



شکل 2-1- نمایش تقریبی محور خلیج فارس



نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک
فعالیت های رو زمینی در بسته های کاری تحت الارض

تسهیلات برق رسانی و انجام اصلاحات مربوط به چاه تعمیری
BK12



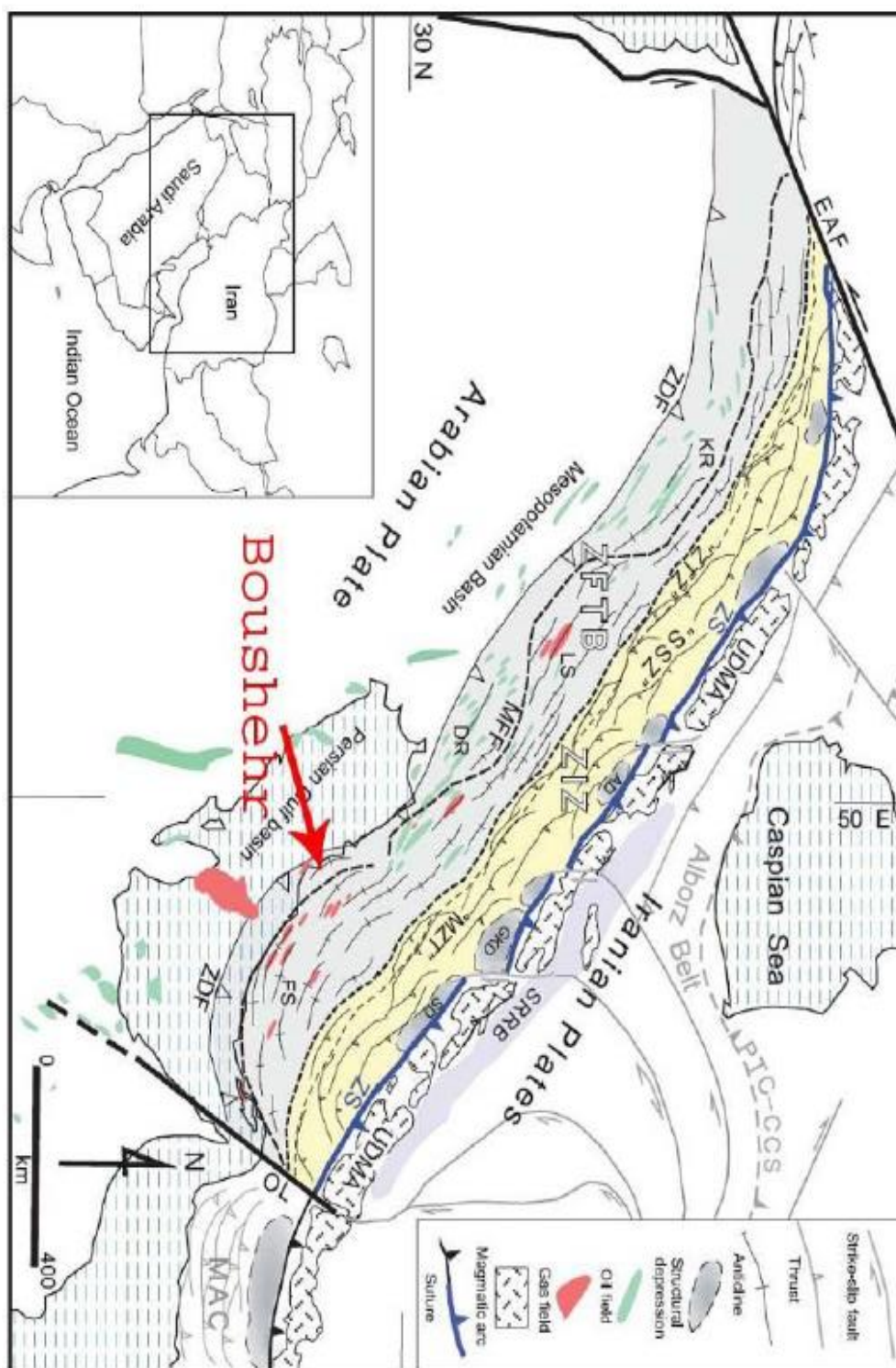
شماره پیمان:

053 - 073 - 9184

GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT- BK12

نسخه	سرئال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادرکننده	بسته کاری	پروژه
D00	0001	RT	GT	110	PEDCO	BK12	BK

شماره صفحه : 15 از 49



شکل 2-2- تقسیم‌بندی زاگرس از نظر Alavi سال 2004

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک فعالیت های رو زمینی در بسته های کاری تحت الارض تسهیلات برق رسانی و انجام اصلاحات مربوط به چاه تعمیری BK12																	
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT- BK12 <table><tr><td>پروژه</td><td>بسته کاری</td><td>صادرکننده</td><td>تسهیلات</td><td>رشته</td><td>نوع مدرک</td><td>سریال</td><td>نسخه</td></tr><tr><td>BK</td><td>BK12</td><td>PEDCO</td><td>110</td><td>GT</td><td>RT</td><td>0001</td><td>D00</td></tr></table>	پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	BK	BK12	PEDCO	110	GT	RT	0001	D00	شماره صفحه : 16 از 49
پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه											
BK	BK12	PEDCO	110	GT	RT	0001	D00											

2-2- لرزه خیزی عمومی منطقه

1-2-2- گسل های محدوده مورد مطالعه

زاگرس در جنوب باختری زمین درز تتیس واقع شده است که گستره های فارس، لرستان و خوزستان را دربردارد. مرز جداکننده این پهنه ها گسل های پی سنگی هستند. پهنه فارس گستره میان دو گسیختگی کازرون در باختر و گسل میناب در خاور است. مرز شمالی فارس، راندگی اصلی زاگرس و مرز جنوبی آن منطبق بر خط ساحلی خلیج فارس می باشد. از نگاه جغرافیایی و ارتباط با پهنه های ساختاری، برگه بوشهر بخشی از حاشیه جنوب باختری کوه های زاگرس است که در جبهه کوهستانی این ارتفاعات و در کنار خلیج فارس قرار دارد. براساس مطالعات صورت گرفته، بوشهر را بخشی از فروافتادگی دزفول در نظر می گیرند و گسیختگی قطر-کازرون که مرز جداکننده فروبار دزفول از پلاتفرم فارس است در خاور بوشهر فرض شده است. در شکل 2-3 نمایی از گسل های محدوده مورد مطالعه مشاهده می گردد. در شکل 2-4 نقشه زمین شناسی موقعیت BK-12 در منطقه بینک ارائه شده است.

گسل کازرون

گسل کازرون به عنوان یکی از ساختارهای خطی و کهن ایران، طولی نزدیک به 235 کیلومتر دارد و از شمال به گسیختگی دنا و از جنوب تا خلیج فارس ادامه می یابد. گسل کازرون با راستای متغیر شمالی تا جنوبی و آزیموت بین 25 تا 340 درجه امتداد دارد و براین اساس به قطعه های متعددی قابل جدایش است. تقریباً در تمام تقسیمات ارائه شده، جهت قطعه بندی پهنه گسلی کازرون، قطعه برازجان به عنوان جنوبی ترین قطعه معرفی شده است که از فاصله نسبتاً نزدیک (حدود 40 کیلومتری) خاور نقشه بوشهر عبور می کند. گسل برازجان پس از رسیدن به منطقه بوشهر در یک روند کم و بیش شمالی-جنوبی، منطقه بوشهر را به دو بخش خاوری و باختری تقسیم می کند. طبق مطالعات ژئوفیزیکی انجام شده در استان بوشهر که در طول سه نیمرخ به اجرا گذاشته شده است (دو نیمرخ در طول خط ساحلی، مخروط افکنه ها و موازی محور تاقیدیس بوشهر)، سه بلوک زمین شناسی (براساس داده های لرزه ای) با ساختار درونی و همچنین خطر لرزه ای متفاوت مشخص شده است: 1- بلوک بوشهر، 2- ژئوبلوک برازجان و 3- ژئوبلوک کازرون.

گسل زاگرس

اصلی ترین گسل های معکوس گستره مورد بررسی، جهت ارزیابی خطر زمین لرزه، براساس سابقه لرزه خیزی مهم، قطعات مختلف گسل پیش گودال زاگرس و قطعات مختلف گسل جبهه کوهستان قلمداد شده اند. گسل لبه کوهستان زاگرس، به طور تقریبی برخمش لبه کوهستان منطبق بوده و حد جنوب باختری رخنمون سطحی سازند آسماری را مشخص می کند. گسل لبه کوهستان زاگرس یک جبهه توپوگرافی اصلی است که در خاور گسل های راستالغز کازرون و برازجان در ناحیه فارس و در باختر کبیرکوه در ناحیه لرستان به وسیله منحنی کیزان 500 متر مشخص می شود. زمین لرزه هایی برروی نزدیک ترین قطعات مختلف گسل جبهه کوهستان به بوشهر رخ داده اند. در گستره مورد مطالعه بر پایه شواهد مختلف به ویژه شواهد ریخت شناسی، گسل لبه کوهستان زاگرس را به 3 قطعه اصلی تقسیم نموده است.

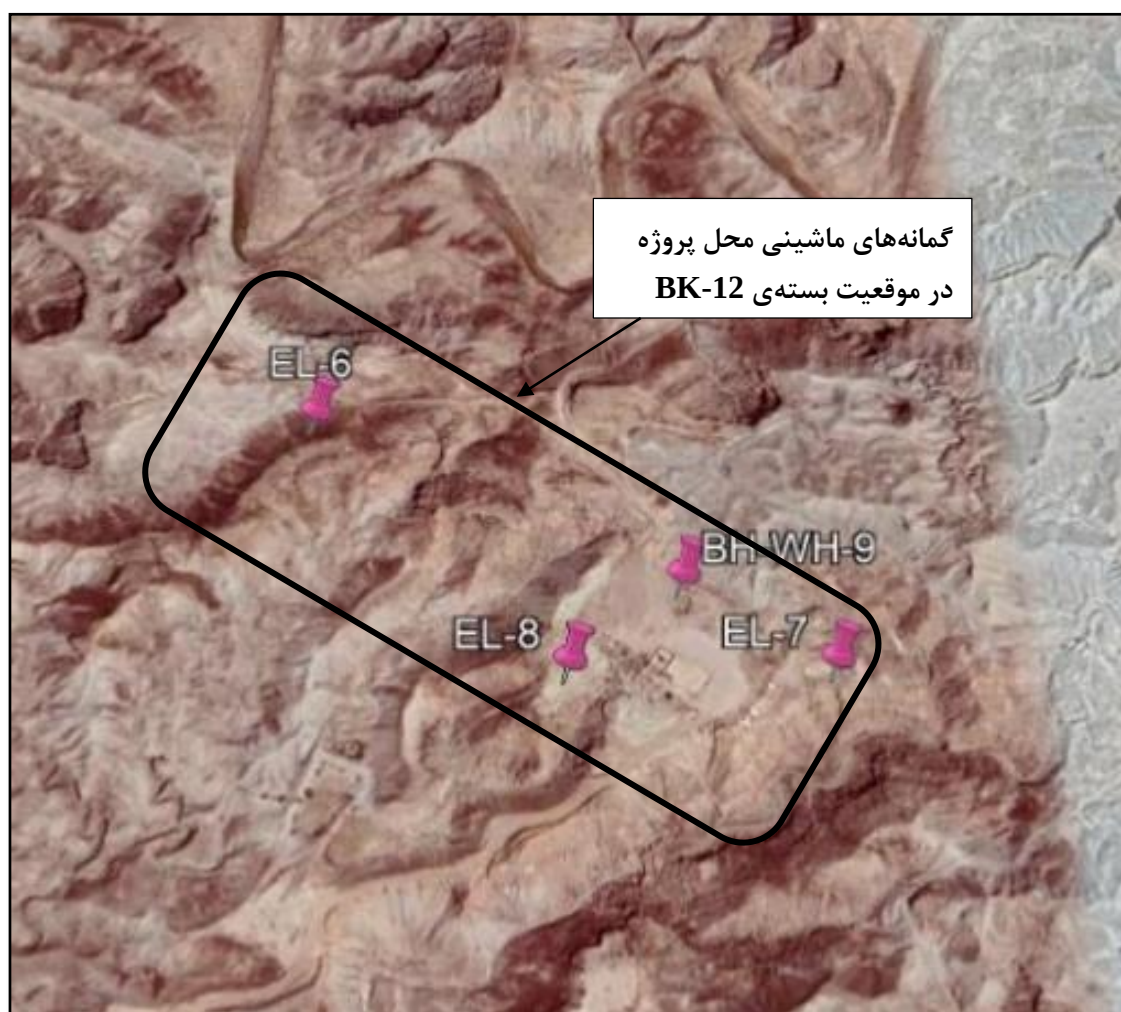
شکل 2-4- موقعیت بسته‌ی BK-12 در نقشه زمین‌شناسی بوشهر در منطقه بینک به مقیاس 1:100000

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک فعالیت های رو زمینی در بسته های کاری تحت الارض تسهیلات برق رسانی و انجام اصلاحات مربوط به چاه تعمیری BK12							
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT- BK12							شماره صفحه : 19 از 49
	پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	
	BK	BK12	PEDCO	110	GT	RT	0001	D00

فصل 3- کاوش های صحرائی

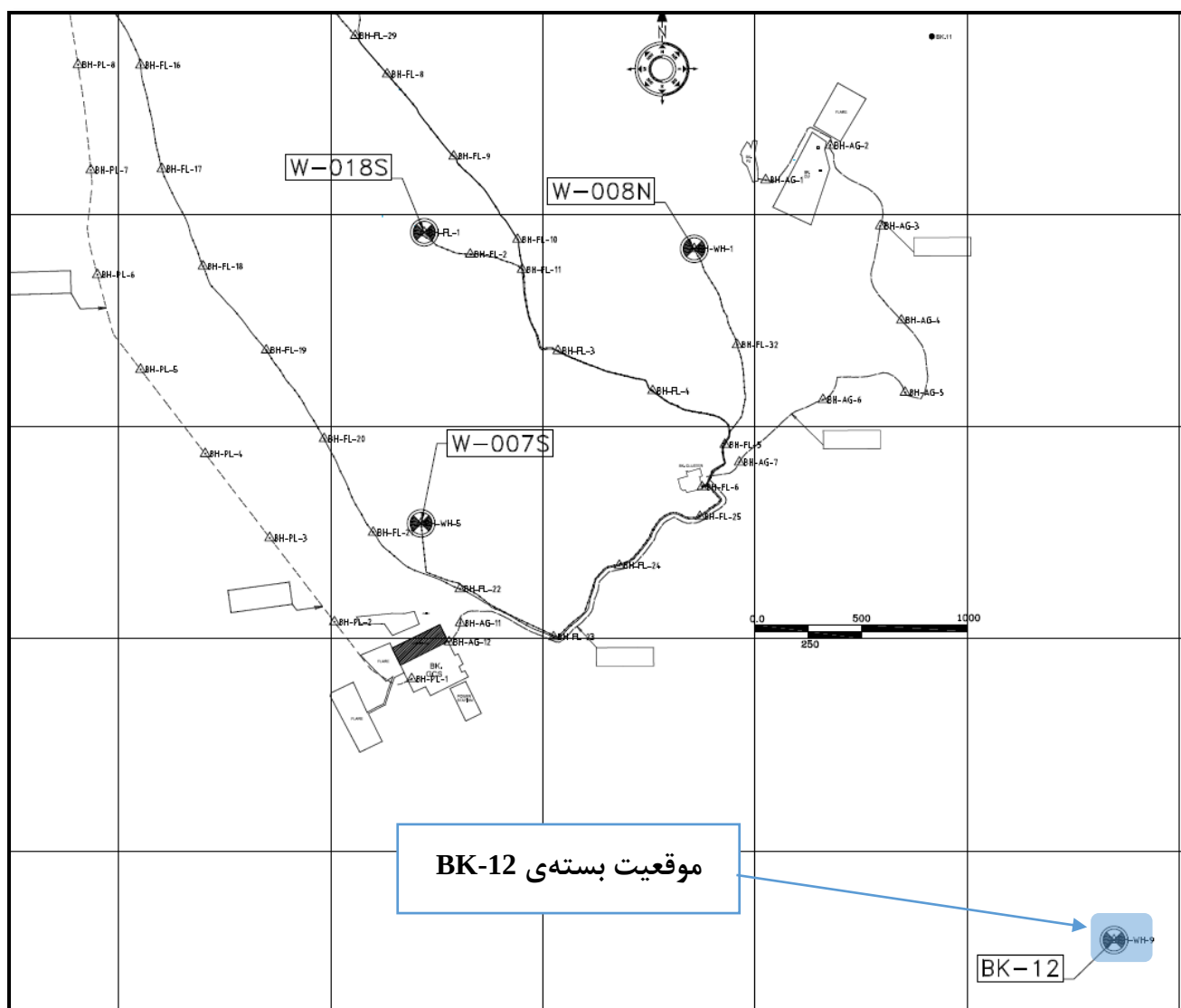
3-1- عملیات حفاری گمانه های ماشینی

حفاری 4 گمانه ماشینی به روش مغزه گیری ممتد در محل های مشخص شده توسط شرکت محترم هیروگان انرژی در موقعیت بسته ی BK-12 انجام گرفت. به منظور شناسایی لایه ها و تعیین پارامترهای فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی خاک نسبت به اخذ نمونه های دست خورده و دست نخورده از قشرهای مختلف در حین حفر گمانه های ماشینی اقدام شد. در جدول 3-1 مشخصات کلی گمانه های ماشینی همچنین در شکل 3-1 الی 3-3 جانمایی آن ها در موقعیت بسته ی BK-12 ارائه شده است.



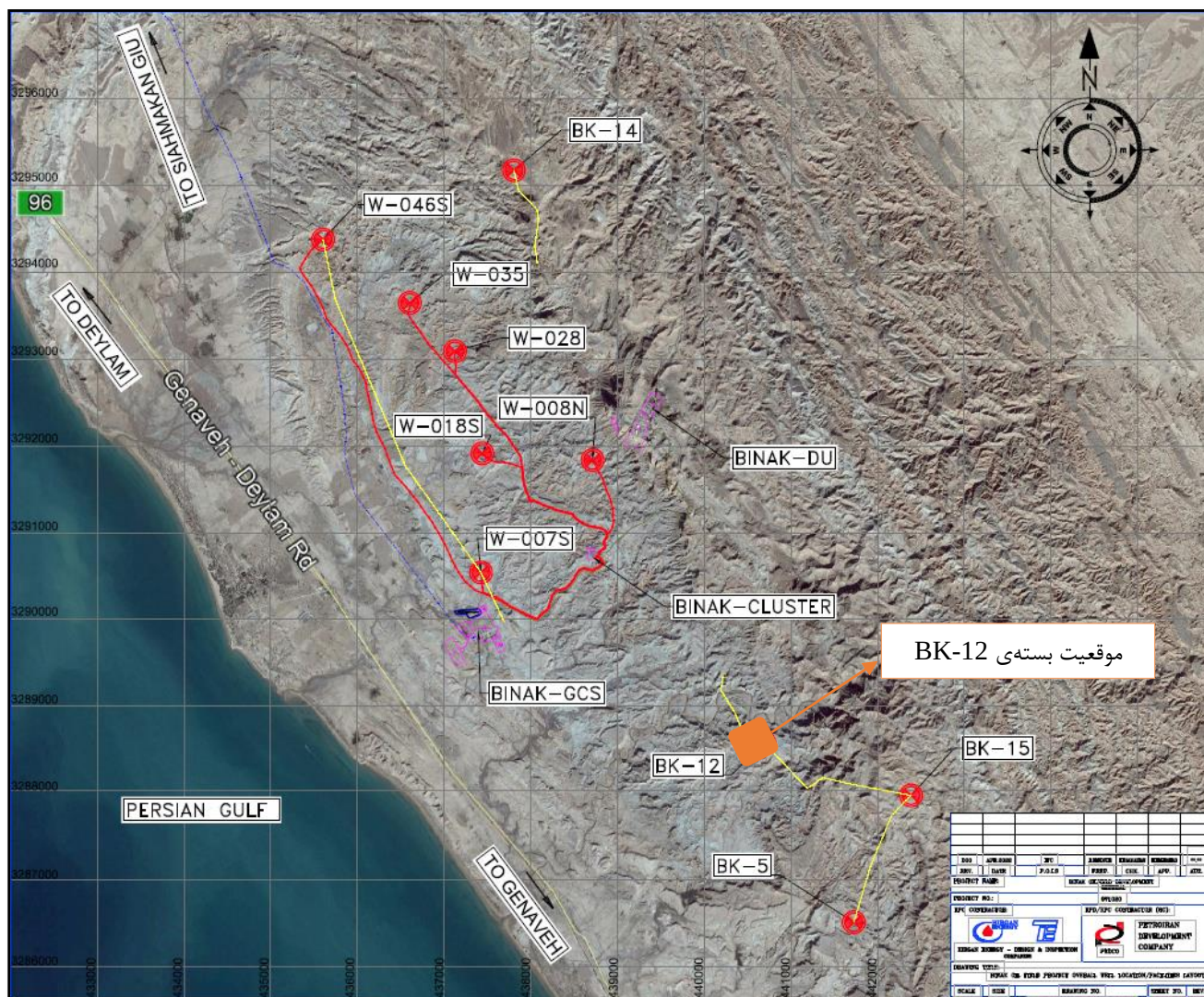
شکل 3-1- جانمایی محل حفر گمانه های ماشینی در موقعیت بسته ی BK-12

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک فعالیت های رو زمینی در بسته های کاری تحت الارض تسهیلات برق رسانی و انجام اصلاحات مربوط به چاه تعمیری BK12																	
شماره پیمان:	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT- BK12 <table><tr><th>پروژه</th><th>بسته کاری</th><th>صادرکننده</th><th>تسهیلات</th><th>رشته</th><th>نوع مدرک</th><th>سریال</th><th>نسخه</th></tr><tr><td>BK</td><td>BK12</td><td>PEDCO</td><td>110</td><td>GT</td><td>RT</td><td>0001</td><td>D00</td></tr></table>	پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	BK	BK12	PEDCO	110	GT	RT	0001	D00	شماره صفحه : 20 از 49
پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه											
BK	BK12	PEDCO	110	GT	RT	0001	D00											
053 – 073 – 9184																		



شکل 3-2- موقعیت بسته ی BK-12- نسبت به مسیرهای خط لوله- نقشه ارسالی از شرکت محترم هیرگان انرژی

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک فعالیت های رو زمینی در بسته های کاری تحت الارض تسهیلات برق رسانی و انجام اصلاحات مربوط به چاه تعمیری BK12							
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT- BK12							شماره صفحه : 21 از 49
	پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	
	BK	BK12	PEDCO	110	GT	RT	0001	D00



شکل 3-3- موقعیت بسته ی BK-12 نسبت به مسیر خط لوله نقشه ارسالی از شرکت محترم هیرگان انرژی

جدول 3-1. مشخصات کلی گمانه های ماشینی موقعیت بسته ی BK-12

BH NO.	Depth (m)	Location	
		E	N
BH-WH-9	15	440692	3288580
BH-EL-6	3	440493	3288742
BH-EL-7	3	440793	3288510
BH-EL-8	3	440607	3288524

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک فعالیت های رو زمینی در بسته های کاری تحت الارض تسهیلات برق رسانی و انجام اصلاحات مربوط به چاه تعمیری BK12							
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT- BK12							شماره صفحه : 22 از 49
	پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	
	BK	BK12	PEDCO	110	GT	RT	0001	D00

3-2- آزمایش های برجا

3-2-1- آزمایش ضربه و نفوذ استاندارد (SPT)

حین حفاری گمانه های ماشینی به منظور بدست آوردن میزان تراکم (*Density*) یا سفتی (*Consistency*) خاک، اقدام به انجام آزمایش نفوذ استاندارد (*S.P.T.*) گردیده است. آزمایش نفوذ استاندارد (*Standard Penetration Test*) یا به طور مخفف *SPT* مطابق با استاندارد (*ASTM D-1586 90*) در اعماق مختلف و به منظور ارزیابی وضعیت لایه های خاک انجام گردیده است. اساس کار این آزمایش بر سقوط آزاد چکش 63/5 کیلوگرمی از ارتفاع 76 سانتیمتر بر روی کلاهک دستگاه قرار دارد که باعث نفوذ کفشک فولادی در داخل خاک می گردد. مقدار نفوذ برابر با 3 فاصله 15 سانتیمتری می باشد. تعداد ضربات برای هر مرحله نفوذ 15 سانتیمتر ثبت شده و پس از آن آزمایش به اتمام می رسد. تعداد ضربات لازم برای نفوذ 30 سانتیمتر انتهایی به عنوان مقاومت نفوذ در نظر گرفته می شود. اعداد *SPT* حاصل از آزمایش نیاز به اصلاح دارند، مهمترین عاملی که در اصلاح عدد *SPT* باید مورد توجه قرار گیرد، اصلاح فشار سربار C_N می باشد. روابط تجربی مختلفی برای این اصلاح وجود دارد. در اینجا از رابطه مطابق زیر استفاده گردیده است.

$$C_N = \sqrt{\left(\frac{1.07}{P'_0 + 0.07}\right)} \quad N' = C_N \times N$$

که در آن P'_0 تنش موثر موجود در عمق آزمایش، N عدد *SPT* اصلاح نشده، N' عدد *SPT* اصلاح شده است. اثر طول میله حفاری در طول های بیش از 10 متر محسوس نیست اما در طول های کمتر از 10 متر تاثیرگذار می باشد که باید اصلاحیه ای در ارتباط با آن انجام شود. مقدار ضریب اصلاحی طول میله حفاری برای عمق تا 4 متر برابر 0/75، 4 تا 6 متر برابر 0/85 و 6 تا 10 متر برابر 0/95 در نظر گرفته شد. همچنین راندمان دستگاه برابر 60 درصد فرض شده است. در جدول 2-3، ضرایب اصلاح عدد *SPT* براساس پیشنهاد *Seed et al. (2003)* ارائه شده است.

معادل سازی اعداد *SPT* براساس برون یابی مقادیر نفوذ کمتر از 30 سانتی متر به منظور مقایسه نسبی وضعیت لایه هایی انجام می شود که دارای تعداد ضربات $NSPT > 50$ می باشند. قاعدتاً نقاطی که با نفوذ کامل 30 سانتی متر در مجموع به تعداد ضربات 50 یا بیشتر رسیده اند، از نظر سفتی و قوام با لایه های دیگر که تعداد ضربات آنها در مرحله اول بدون نفوذ کامل به 50 ضربه رسیده، متفاوت است. از این مقایسه به عنوان یکی از معیارهای اولیه در برآورد پارامترهای مکانیک خاک استفاده می گردد. با توجه به تراکم و درشت دانه بودن لایه ها، آزمایش با تعویض نمونه گیر *SPT* به مخروط (*Cone*) انجام گرفته و نتایج آن با اعمال ضریب 0/6 به *SPT* معادل تبدیل شده است. خاطر نشان می سازد با در نظر گرفتن بافت خاک محل و امکان قرارگیری نوک دستگاه *SPT* بر روی پاره سنگ، افزایش ظاهری تعداد ضربات *SPT* دور از ذهن نمی باشد.

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک فعالیت های رو زمینی در بسته های کاری تحت الارض تسهیلات برق رسانی و انجام اصلاحات مربوط به چاه تعمیری BK12								
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT- BK12							شماره صفحه : 23 از 49	
	پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال		نسخه
	BK	BK12	PEDCO	110	GT	RT	0001	D00	

جدول 2-3. ضرایب اصلاح اعداد *SPT* پیشنهادی (Seed et al. (2003)

C_B	<table><tr><td><u>Borehole diameter</u></td><td><u>Correction (C_B)</u></td></tr><tr><td>65 to 115 mm</td><td>1.00</td></tr><tr><td>150 mm</td><td>1.05</td></tr><tr><td>200 mm</td><td>1.15</td></tr></table>	<u>Borehole diameter</u>	<u>Correction (C_B)</u>	65 to 115 mm	1.00	150 mm	1.05	200 mm	1.15							
<u>Borehole diameter</u>	<u>Correction (C_B)</u>															
65 to 115 mm	1.00															
150 mm	1.05															
200 mm	1.15															
C_E	$C_E = \frac{ER}{60\%}$ (Eq. T-2) where ER (efficiency ratio) is the fraction or percentage of the theoretical SPT impact hammer energy actually transmitted to the sampler, expressed as % • The best approach is to directly measure the impact energy transmitted with each blow. When available, direct energy measurements were employed. • The next best approach is to use a hammer and mechanical hammer release system that has been previously calibrated based on direct energy measurements. • Otherwise, ER must be estimated. For good field procedures, equipment and monitoring, the following guidelines are suggested: <table><tr><td><u>Equipment</u></td><td><u>Approximate ER (see Note 3)</u></td><td><u>C_E (see Note 3)</u></td></tr><tr><td>-Safety Hammer¹</td><td>0.4 to 0.75</td><td>0.7 to 1.2</td></tr><tr><td>-Donut Hammer¹</td><td>0.3 to 0.6</td><td>0.5 to 1.0</td></tr><tr><td>-Donut Hammer²</td><td>0.7 to 0.85</td><td>1.1 to 1.4</td></tr><tr><td>-Automatic-Trip Hammer (Donut or Safety Type)</td><td>0.5 to 0.8</td><td>0.8 to 1.4</td></tr></table> • For lesser quality fieldwork (e.g.: irregular hammer drop distance, excessive sliding friction of hammer on rods, wet or worn rope on cathead, etc.) further judgmental adjustments are needed.	<u>Equipment</u>	<u>Approximate ER (see Note 3)</u>	<u>C_E (see Note 3)</u>	-Safety Hammer ¹	0.4 to 0.75	0.7 to 1.2	-Donut Hammer ¹	0.3 to 0.6	0.5 to 1.0	-Donut Hammer ²	0.7 to 0.85	1.1 to 1.4	-Automatic-Trip Hammer (Donut or Safety Type)	0.5 to 0.8	0.8 to 1.4
<u>Equipment</u>	<u>Approximate ER (see Note 3)</u>	<u>C_E (see Note 3)</u>														
-Safety Hammer ¹	0.4 to 0.75	0.7 to 1.2														
-Donut Hammer ¹	0.3 to 0.6	0.5 to 1.0														
-Donut Hammer ²	0.7 to 0.85	1.1 to 1.4														
-Automatic-Trip Hammer (Donut or Safety Type)	0.5 to 0.8	0.8 to 1.4														

نتایج حاصل از این آزمایش در اعماق مختلف در شرح گمانه های ماشینی (پیوست 2) آورده شده است. شکل 3-4 نمایش دهنده نمودار تغییرات نتایج آزمایش *SPT* اصلاح نشده (N_{SPT}) و میزان نفوذ متناظر نسبت به عمق به تفکیک گمانه های ماشینی است. در گمانه ی ماشینی BH-EL-7 از سطح تا عمق 1/5 متری و در گمانه ماشینی BH-WH-9 پس از گذر از خاک سطحی به ضخامت 40 سانتی متر و تا عمق 1/2 متری خاک ریزدانه رسی مشاهده شده که در محدوده سخت (Hard) قرار می گیرد. در ادامه تا انتهای هر دو گمانه ماشینی توالی لایه های رس سنگ (ClayStone)، مارن (Marl) و سنگ سیلتی (SiltStone) مشاهده شده است. در گمانه های ماشینی BH-EL-6 و BH-EL-8 توالی لایه های رس سنگ (ClayStone)، مارن (Marl) و سنگ سیلتی (SiltStone) قرار دارد. جهت بدست آوردن

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک فعالیت های رو زمینی در بسته های کاری تحت الارض تسهیلات برق رسانی و انجام اصلاحات مربوط به چاه تعمیری BK12							
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT- BK12							شماره صفحه : 24 از 49
	پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	
	BK	BK12	PEDCO	110	GT	RT	0001	D00

دید کلی از وضعیت تراکم و سفتی لایه‌ها، نتایج نفوذ استاندارد در گمانه‌های ماشینی براساس طبقه بندی ارائه شده توسط ترزاقی و پک (جداول شماره 3-4 و 3-3) به شرح زیر قابل توصیف می‌باشد. خاطر نشان می‌سازد در بخش هایی که لایه‌ها به صورت سنگی می‌باشد، توصیفات ارائه شده به صورت کیفی بوده و جهت بدست آوردن دید کلی نسبت به میزان تراکم و سفتی لایه‌ها است. کلیه توصیفات ارائه شده در خصوص تراکم و قوام خاک، طبق اعداد *SPT* اصلاح نشده می‌باشند. لازم به ذکر است به جهت اختلاف ارتفاع زیاد بین گمانه‌های ماشینی، اختلاف تراز آن‌ها در نمودار نتایج آزمایش *SPT* لحاظ نشده است.

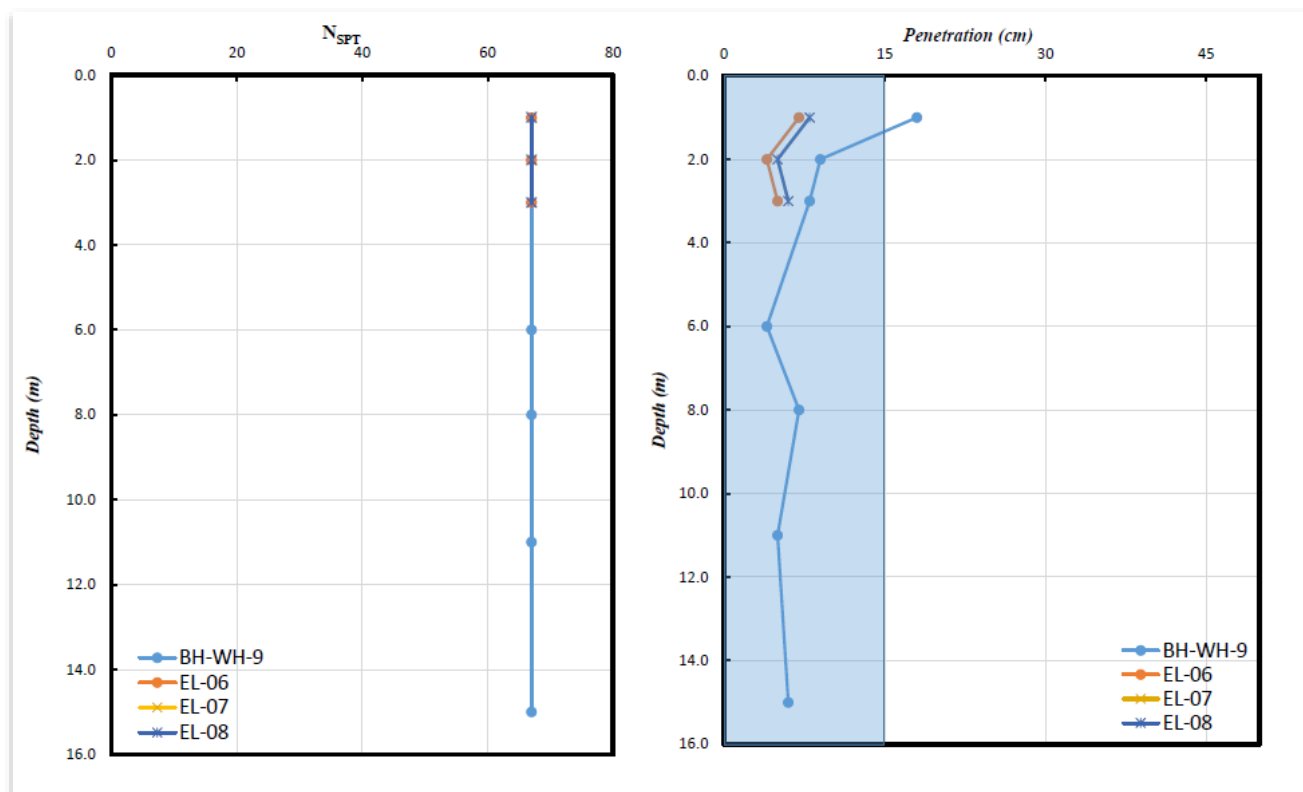
جدول 3-3. رابطه تراکم خاک درشت دانه و عدد N_{SPT} (ترزاقی و پک 1948)

<i>SPT resistance value (N)</i>	<i>Relative density</i>
0-4	<i>Very loose</i>
4-10	<i>Loose</i>
10-30	<i>Medium dense</i>
30-50	<i>Dense</i>
Over 50	<i>Very dense</i>

جدول 3-4. رابطه تراکم خاک ریزدانه و عدد N_{SPT} (ترزاقی و پک 1967)

<i>SPT value (N)</i>	<i>Type</i>	<i>Remarks</i>
0-2	<i>Very soft</i>	<i>Not suitable for civil structures, good for park.</i>
2-4	<i>Soft</i>	
4-8	<i>Medium Stiff</i>	<i>Good for very light structure using proper methods.</i>
8-15	<i>Stiff</i>	<i>Good for low load bearing structures.</i>
15-30	<i>Very Stiff</i>	<i>Good for moderate load bearing structures.</i>
Over 30	<i>Hard</i>	<i>Good for high load bearing structures.</i>

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک فعالیت های رو زمینی در بسته های کاری تحت الارض تسهیلات برق رسانی و انجام اصلاحات مربوط به چاه تعمیری BK12																	
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT- BK12 <table><tr><th>پروژه</th><th>بسته کاری</th><th>صادر کننده</th><th>تسهیلات</th><th>رشته</th><th>نوع مدرک</th><th>سریال</th><th>نسخه</th></tr><tr><td>BK</td><td>BK12</td><td>PEDCO</td><td>110</td><td>GT</td><td>RT</td><td>0001</td><td>D00</td></tr></table>	پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	BK	BK12	PEDCO	110	GT	RT	0001	D00	شماره صفحه : 25 از 49
پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه											
BK	BK12	PEDCO	110	GT	RT	0001	D00											



شکل 3-4- تغییرات نتایج ضربات SPT (اصلاح نشده) و میزان نفوذ متناظر برحسب عمق بسته ی BK-12

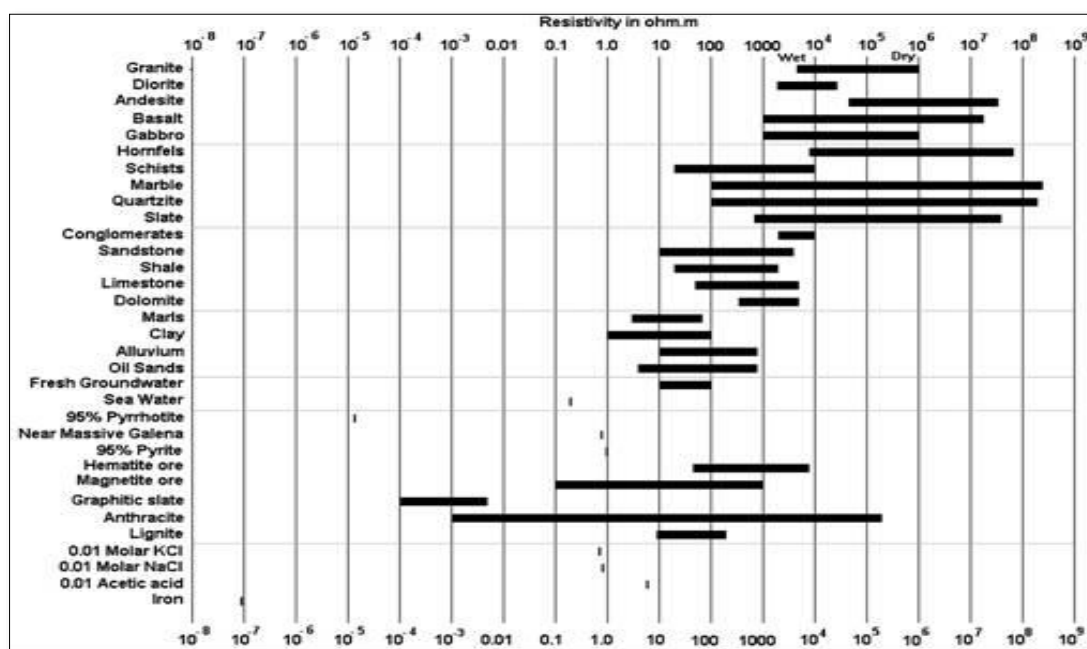
2-3- آزمایش تعیین مقاومت الکتریکی (Geoelectrical Resistivity Test)

آزمایش تعیین مقاومت الکتریکی در محل پروژه به منظور تعیین مقاومت الکتریکی خاک و میزان خورندگی خاک مطابق آیین نامه ASTM G57 انجام شده است.

در روش های الکتریکی که جریان به وسیله الکترودها به زمین انتقال می یابد هرگونه تغییرات زیرسطحی لایه های زمین باعث تغییر در نحوه هدایت جریان الکتریکی در داخل زمین یا تغییر پتانسیل الکتریکی می شود. میزان تاثیر عوامل فوق به اندازه، شکل، موقعیت و مقاومت الکتریکی لایه های زیر سطحی بستگی دارد. لذا به دست آوردن اطلاعات مربوط به لایه های زیرسطحی یا اندازه گیری پتانسیل الکتریکی در سطح زمین امکان پذیر است. روش متعارف در این کار عبور جریان الکتریکی از داخل زمین به وسیله دو عدد الکتروود و اندازه گیری افت پتانسیل بین دو الکتروود دیگر است که در امتداد یک خط در میان الکتروودهای اولیه قرار داده شده اند.

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک فعالیت های رو زمینی در بسته های کاری تحت الارض تسهیلات برق رسانی و انجام اصلاحات مربوط به چاه تعمیری BK12																	
شماره پیمان: 053 – 073 – 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT- BK12 <table><tr><th>پروژه</th><th>بسته کاری</th><th>صادر کننده</th><th>تسهیلات</th><th>رشته</th><th>نوع مدرک</th><th>سریال</th><th>نسخه</th></tr><tr><td>BK</td><td>BK12</td><td>PEDCO</td><td>110</td><td>GT</td><td>RT</td><td>0001</td><td>D00</td></tr></table>	پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	BK	BK12	PEDCO	110	GT	RT	0001	D00	شماره صفحه : 26 از 49
پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه											
BK	BK12	PEDCO	110	GT	RT	0001	D00											

مقاومت لایه های مختلف خاک یا سنگ در اثر شکستگی ها، تخلخل، هدایت الکتریکی، آب های زیر سطحی و درجه اشباع خاک دستخوش تغییرات بسیاری می شود. حدود تقریبی مقاومت الکتریکی برای انواع مختلف خاک و سنگ در شکل 3-5 نشان داده شده است.



شکل 3-5- حدود مقاومت الکتریکی برای خاک های مختلف

۱-۲-۲-۳- نحوه انجام آزمایش و آرایش الکترودها

در هنگام آزمایش آرایش های متفاوتی را می توان برای قرار دادن الکترودهای جریان و پتانسیل در سطح زمین مورد استفاده قرار داد. در اغلب این آرایش ها هر دو مجموعه الکترودها در امتداد یک خط قرار داده می شوند. معمولاً الکترودهای جریان در بیرون الکترودهای پتانسیل قرار می گیرند، هر چند که معکوس قرار دادن الکترودها نیز هیچ تفاوتی را در نتایج حاصله ایجاد نخواهد کرد. آزمایش تعیین مقاومت الکتریکی در 4 محل (Line) در بسته ی BK-12 با عناوین BH-EL-6, BH-EL-7, BH-EL-8 و BH-WH-9 (در کنار مختصات هر گمانه ماشینی) با قرائت در اعماق یک و 3 متری، به منظور تعیین مقاومت الکتریکی خاک و میزان خوردگی خاک مطابق آیین نامه ASTM G57 انجام شده است.

جهت تعیین میزان مقاومت الکتریکی ظاهری (*Apparent Resistivity*) با آرایش و نر از فرمول زیر استفاده می شود:

a = فاصله الکترودها (متر)

$$\rho_a = 2\pi a \frac{\Delta V}{I}$$

$\frac{\Delta V}{I}$ = مقاومت اندازه گیری شده توسط دستگاه (اهم)

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک فعالیت های رو زمینی در بسته های کاری تحت الارض تسهیلات برق رسانی و انجام اصلاحات مربوط به چاه تعمیری BK12																	
شماره پیمان:	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT- BK12 <table><tr><td>پروژه</td><td>بسته کاری</td><td>صادرکننده</td><td>تسهیلات</td><td>رشته</td><td>نوع مدرک</td><td>سریال</td><td>نسخه</td></tr><tr><td>BK</td><td>BK12</td><td>PEDCO</td><td>110</td><td>GT</td><td>RT</td><td>0001</td><td>D00</td></tr></table>	پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	BK	BK12	PEDCO	110	GT	RT	0001	D00	شماره صفحه : 27 از 49
پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه											
BK	BK12	PEDCO	110	GT	RT	0001	D00											
053 – 073 – 9184																		

ρ_a = مقاومت الکتریکی ظاهری (اهم متر)

در پروژه حاضر، آزمایش های ژئوالکتریک در هر یک از نقاط با استفاده از روش سونداز VES و با استفاده از آرایه وئر در اعماق 1 تا 3 متری انجام پذیرفت. مشخصات محل آزمایش و نتایج حاصل از آن در جدول 3-5، شکل 3-6 و پیوست 3-1 ارائه شده است.

جدول 3-5. مقاومت ویژه میانگین قرائت شده برای اعماق مختلف در هر محل بر حسب اهم متر

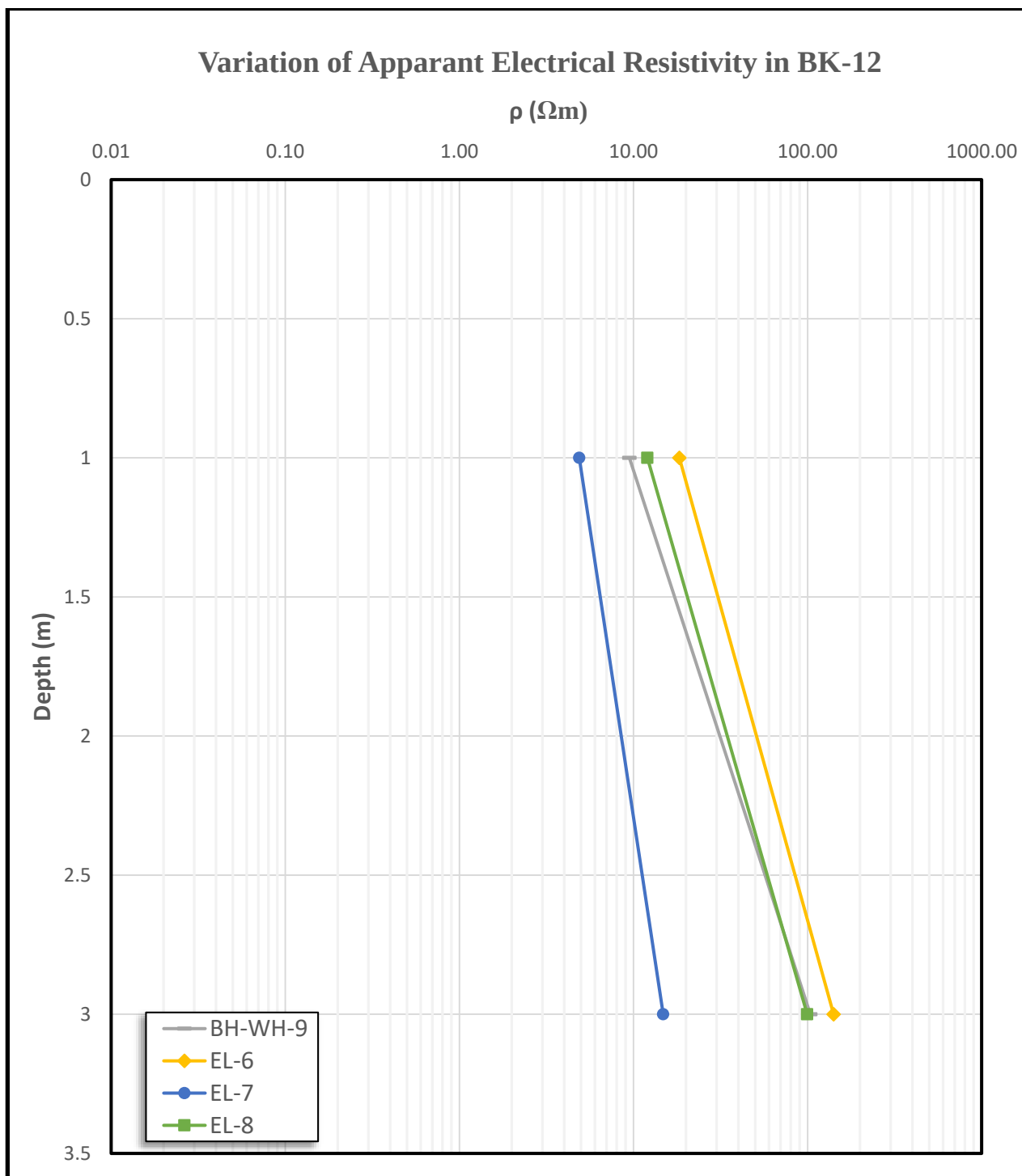
Station No.	$\rho_a (\Omega m)$	
	$a=1m$	$a=3m$
BH-WH-9	9.48	103.67
BH-EL-6	18.37	141.03
BH-EL-7	4.88	14.82
BH-EL-8	12.02	99.44

۲-۲-۳- خوردگی

عکس العمل شیمیایی یا الکتروشیمیایی یک فلز با محیط اطراف که منجر به اضمحلال تدریجی یا نابود شدن فلز گردد را خوردگی می نامند. خوردگی به وجود مناطق کاتدیک و آندیک در فلز اشاره دارد. در روش حفاظت کاتدیک (روش های ایمن سازی یک فلز از حملات خورنده محیط اطراف به وسیله ایجاد جریان الکتریکی مستقیم از محیط الکترولیت اطراف به فلز) یک جریان الکتریکی در جهت خاصی اعمال می شود تا سازه ای که باید محافظت شود به عنوان یک کاتد عمل نماید. اگر مقدار جریان به اندازه کافی نباشد هیچ قسمتی از سازه به عنوان آند عمل نخواهد نمود.

پتانسیل خوردگی خاک ها تابعی از افزایش یا کاهش مقاومت الکتریکی آن بوده و میزان مقاومت الکتریکی خاک به نوبه خود بستگی به تمرکز املاح معدنی و آلی و رطوبت زمین در اعماق مختلف دارد. با افزایش میزان املاح موجود در خاک و بالا آمدن سطوح آب زیرزمینی بر میزان قابلیت هدایت الکتریکی (عکس مقاومت الکتریکی) افزوده می شود و در نتیجه موجب کاهش مقاومت الکتریکی خواهد شد. در این مورد می توان به طور تقریبی ارتباط بین مقاومت الکتریکی و میزان خوردگی شیمیایی را مطرح نمود. علاوه بر میزان املاح و رطوبت طبیعی زمین عواملی دیگر از قبیل تراکم و نوع دانه بندی نیز بر میزان مقاومت الکتریکی اثر دارند، به طوری که خاک های درشت دانه فشرده نسبت به خاک های ریزدانه از مقاومت الکتریکی بیشتری برخوردار هستند.

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک فعالیت های رو زمینی در بسته های کاری تحت الارض تسهیلات برق رسانی و انجام اصلاحات مربوط به چاه تعمیری BK12																	
شماره پیمان:	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT- BK12 <table><tr><th>پروژه</th><th>بسته کاری</th><th>صادر کننده</th><th>تسهیلات</th><th>رشته</th><th>نوع مدرک</th><th>سریال</th><th>نسخه</th></tr><tr><td>BK</td><td>BK12</td><td>PEDCO</td><td>110</td><td>GT</td><td>RT</td><td>0001</td><td>D00</td></tr></table>	پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	BK	BK12	PEDCO	110	GT	RT	0001	D00	شماره صفحه : 28 از 49
پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه											
BK	BK12	PEDCO	110	GT	RT	0001	D00											
053 - 073 - 9184																		



شکل 3-6- تغییرات مقاومت الکتریکی بر حسب عمق در بسته ی BK-12

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک فعالیت های رو زمینی در بسته های کاری تحت الارض تسهیلات برق رسانی و انجام اصلاحات مربوط به چاه تعمیری BK12																	
شماره پیمان:	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT- BK12 <table><tr><td>پروژه</td><td>بسته کاری</td><td>صادر کننده</td><td>تسهیلات</td><td>رشته</td><td>نوع مدرک</td><td>سریال</td><td>نسخه</td></tr><tr><td>BK</td><td>BK12</td><td>PEDCO</td><td>110</td><td>GT</td><td>RT</td><td>0001</td><td>D00</td></tr></table>	پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	BK	BK12	PEDCO	110	GT	RT	0001	D00	شماره صفحه : 29 از 49
پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه											
BK	BK12	PEDCO	110	GT	RT	0001	D00											
053 - 073 - 9184																		

در جدول 3-6 محدوده پتانسیل خوردگی خاکها ارائه گردیده است که می تواند در تفسیر نتایج اندازه گیری های انجام شده در محل پروژه مورد استفاده قرار گیرد. بررسی های به عمل آمده نشان می دهد که مقادیر مقاومت های ظاهری الکتریکی به صورت متغیر در بسته ی BK-12 تا عمق 1 متری گمانه های ماشینی BH-WH-9 و BH-EL-7 کمتر از $10(\Omega.m)$ در محدوده خوردنده و در گمانه های ماشینی BH-EL-8 و BH-EL-6 کمتر از $20(\Omega.m)$ در محدوده خوردنگی متوسط قرار دارند. همچنین در عمق 3 متری گمانه ماشینی BH-EL-7 کمتر از 20 اهم متر و در محدوده خوردنگی متوسط و در محدوده سایر گمانه های ماشینی در بازه خوردنگی متوسط تا ناچیز قرار دارد. پیشنهاد می شود در نقاطی که خوردنگی می تواند به سازه ها یا تأسیسات مرتبط، آسیب رسان باشد، با استفاده از روش های قیرپاشی یا سایر روش های مشابه، نسبت به محافظت (Coating) اقدام شود.

جدول 3-6. خوردنگی خاک طبق مقاومت الکتریکی (British Standard BS-1377)

Soil resistivity($\Omega.m$)	Corrosivity
0-5	Very corrosive
5-10	Corrosive
10-20	Moderately corrosive
20-100	Mildly corrosive
>100	Negligible corrosive

3-2-3- آزمایش بارگذاری صفحه (Plate Load Test)

به منظور تعیین ضریب ارتجاعی (*Elastic Soil Modulus*) و دستیابی به پارامترهای نشست پذیری لایه های خاک، مطابق با درخواست شرکت محترم هیروگان انرژی مقرر گردید یک آزمایش بارگذاری صفحه در محل تأسیسات سرچاهی بسته ی BK-12 انجام شود، لذا این آزمایش بارگذاری صفحه در محل گمانه ی ماشینی BH-WH-9 انجام و نتایج آن در گزارش حاضر ارائه شده است. این آزمایش مطابق با استاندارد ASTM D1194-72 بر روی صفحه دایره ای شکل به قطر 30 سانتیمتر به عمل آمده است. صفحه بارگذاری توسط صفحات کوچکتري تقویت شده است و در اطراف آن سه نشانگر (Gauge) با دقت 0/01 میلیمتر نصب گردیده اند که میزان نشست را مشخص می نمایند. مدول الاستیسیته خاک با برازش بهترین خط عبوری از نقاط متناظر تنش-نشست به دست می آید. در جدول 3-7 خلاصه نتایج حاصل از آزمایش و در پیوست 3-2 نیز نتایج و نمودارهای حاصل از آن ارائه شده است.

جدول 3-7. مشخصات و نتایج آزمایش بارگذاری صفحه

Test No.	Depth (m)	Plate Diameter (cm)	E_{50} (kg/cm ²)
PLT-BK-12(BH-WH-9)	1.0	30	666

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک فعالیت های رو زمینی در بسته های کاری تحت الارض تسهیلات برق رسانی و انجام اصلاحات مربوط به چاه تعمیری BK12																	
شماره پیمان:	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT- BK12 <table><tr><td>پروژه</td><td>بسته کاری</td><td>صادرکننده</td><td>تسهیلات</td><td>رشته</td><td>نوع مدرک</td><td>سریال</td><td>نسخه</td></tr><tr><td>BK</td><td>BK12</td><td>PEDCO</td><td>110</td><td>GT</td><td>RT</td><td>0001</td><td>D00</td></tr></table>	پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	BK	BK12	PEDCO	110	GT	RT	0001	D00	شماره صفحه : 30 از 49
پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه											
BK	BK12	PEDCO	110	GT	RT	0001	D00											
053 - 073 - 9184																		

3-2-4- آزمایش CBR (California Bearing Ratio)

آزمایش CBR به منظور تعیین مقاومت نسبی لایه های رویه و اساس و خصوصیات تراکم پذیری خاک مطابق با استاندارد ASTM D4429 انجام می شود. در این راستا مجموعاً یک آزمایش مذکور در مسیر دسترسی به تاسیسات سرچاهی بسته BK-12 انجام شده است. خلاصه نتایج حاصل از آزمایش در محل موقعیت مذکور در جدول 3-8 و در پیوست 3-3 نتایج و نمودارهای حاصل از آن ارائه شده است.

جدول 3-8. مشخصات و نتایج آزمایش CBR

Test No.	Depth (m)	Penetration	
		2.54(mm)	5.08(mm)
CBR-1	Ground Level	7.3%	10.8%

سطح مورد آزمایش با برداشتن خاک سطحی نامناسب آماده و در حد امکان هموار و تراز می گردد. نقاط آزمایش های نفوذ باید با فواصل مناسب از یکدیگر انتخاب شوند. پس از استقرار دستگاه، تهیه سربار مناسب و جک در محل مورد نظر، صفحه سربار ده پوندی (4/5 کیلوگرم) زیر پیستون نفوذی قرار می گیرد و نفوذ انجام می شود. منحنی تنش نفوذی با تقسیم نیروی اعمال شده بر سطح پیستون برای هر افزایش نفوذ محاسبه می شود.

3-2-5- اندازه گیری دمای خاک

اندازه گیری دمای خاک در 4 گمانه ماشینی BH-EL-6, BH-EL-7, BH-EL-8, BH-WH-9 در بسته BK-12 در عمق یک متری در سه زمان مختلف (صبح، ظهر، عصر) در بازه زمانی 13 الی 19 بهمن ماه 1400 (2-8 Feb 2022) و در تاریخ 17 خرداد 1401 (7 June 2022) انجام و نتایج حاصل از اندازه گیری دمای خاک در پیوست 3-4 ارائه شده است.

3-3- وضعیت تراز سطح آب

با توجه به نتایج حاصل از حفر 4 گمانه ماشینی، سطح آب در زمان عملیات اجرایی در محل حفر گمانه های ماشینی BH-EL-6, BH-EL-7, BH-EL-8, BH-WH-9 تا عمق حداکثر 15 متر، تراز آب زیر سطحی مشاهده نشده است. نظر به این که گذر زمان و تغییرات شرایط جوی در فصول مختلف سال می تواند منجر به تغییر در سطح آب ایستابی در محدوده پروژه شود، ضروری است تراز آب زیرزمینی پیش از شروع عملیات عمرانی و در حین آن به طور دقیق بررسی شود.

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک فعالیت های رو زمینی در بسته های کاری تحت الارض تسهیلات برق رسانی و انجام اصلاحات مربوط به چاه تعمیری BK12							
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT- BK12							شماره صفحه : 31 از 49
	پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	
	BK	BK12	PEDCO	110	GT	RT	0001	D00

فصل 4- آزمایش های آزمایشگاهی

پس از اتمام عملیات حفاری ماشینی، به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی خاک، آزمایش های فیزیکی، شیمیایی و مقاومتی بر روی نمونه های معرف و مطابق با جنس لایه ها در آزمایشگاه این مهندسین مشاور به انجام رسید. در جدول 4-1 آزمایش های آزمایشگاهی مدنظر به همراه شماره استاندارد مربوطه ارائه شده است.

جدول 4-1. مشخصات آزمایش های آزمایشگاهی

نام آزمایش	شماره استاندارد	توضیحات
طبقه بندی خاک	ASTM D2488	
حدود اتربرگ	ASTM D4318	
دانه بندی	ASTM D421-422	برای ذرات کوچکتر از 0/075 میلیمتر متمایز ساختن دانه ها بوسیله هیدرومتری است.
هیدرومتری	ASTM D7928	
دانسیته و درصد رطوبت	ASTM D2216	
تک محوری سنگ	Publication No.737*	
بار نقطه ای سنگ	ASTM D5731	
برش مستقیم	ASTM D3080	
مقاومت کششی برزلی سنگ	ASTM D3967	
شیمیایی خاک	BS-1377	

*نشریه 737 سازمان برنامه و بودجه ایران نیز در نظر گرفته شده است.

4-1- توصیف و طبقه بندی لایه های خاک

بر اساس تجزیه و تحلیل های انجام شده بر روی نمونه های اخذ شده از اعماق مختلف گمانه های ماشینی بسته BK-12 با در نظرگیری نتایج آزمایش های آزمایشگاهی و فاصله گمانه های ماشینی از یکدیگر، لایه های موجود در محدوده این بسته را می توان مطابق شرح ارائه شده در ذیل، طبقه بندی نمود. جهت سهولت بررسی و مقایسه، در شکل 4-1 الی 4-3 محدوده مذکور ارائه و گمانه های ماشینی موجود در این محدوده معرفی شده است. لازم به ذکر تا زمان ارائه گزارش بسته BK-12 نقشه توپوگرافی منطقه مورد مطالعه از سوی شرکت محترم هیرگان انرژی ارائه نشده است. براساس نتایج حاصل از حفاری های صورت گرفته و نتایج آزمایشات آزمایشگاهی، در گمانه های ماشینی BH-EL-6 و BH-EL-8 بعد از عبور از لایه خاک سطحی به ضخامت 50 سانتی متر توالی لایه های سنگی، رس سنگ (ClayStone) و مارن (Marl) مشاهده شده است. در گمانه ماشینی BH-EL-7 پس از گذر از 10 سانتی متر لایه خاک سطحی تا عمق 1/5 متر خاک ریز دانه رس با پلاستیسیته کم و در ادامه تا انتهای گمانه های ماشینی فوق الذکر توالی لایه های سنگی از جنس سنگ رسی (ClayStone) و مارن (Marl) قرار دارد. در گمانه ماشینی BH-WH-9

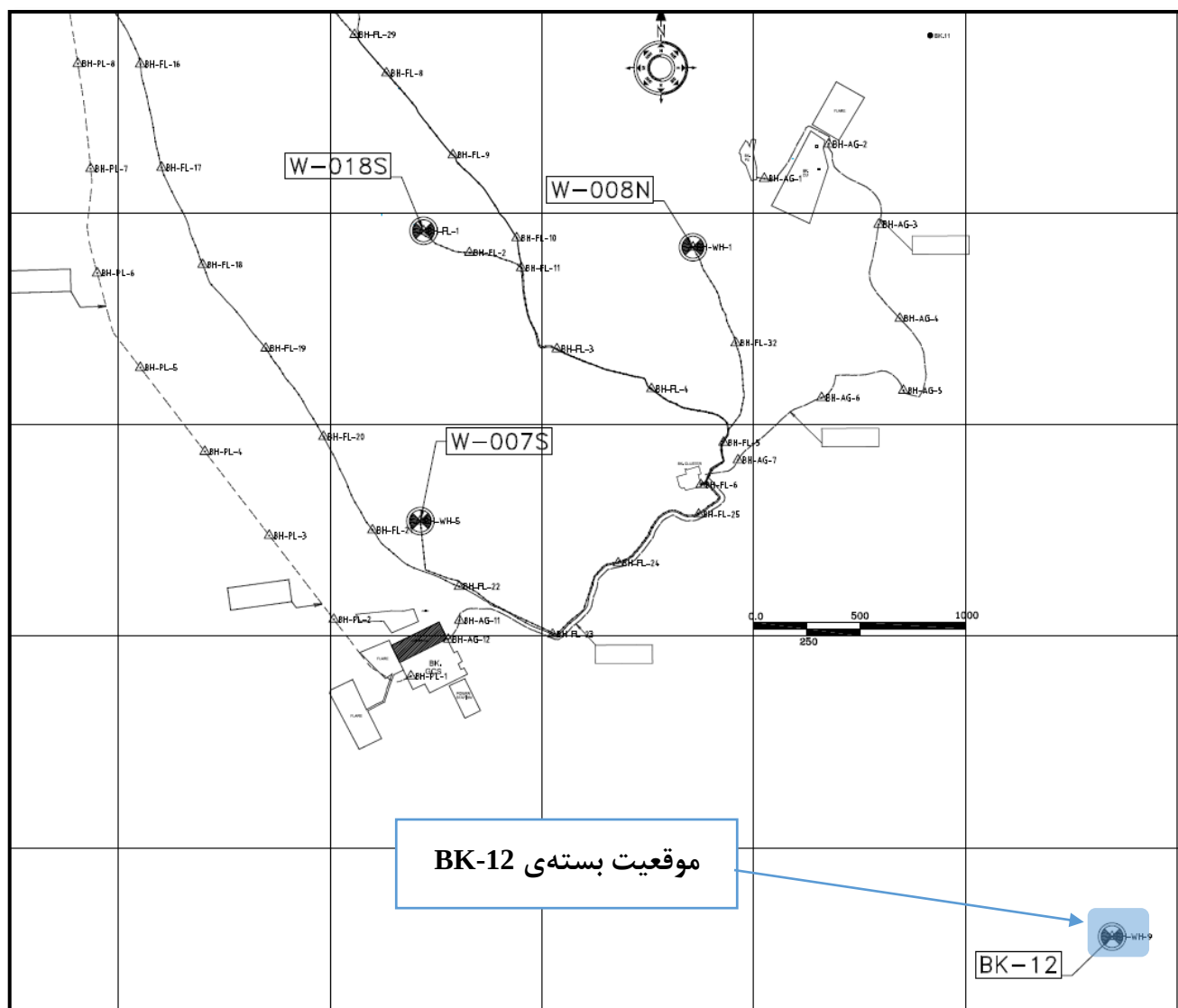
 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک فعالیت های رو زمینی در بسته های کاری تحت الارض تسهیلات برق رسانی و انجام اصلاحات مربوط به چاه تعمیری BK12							
شماره پیمان: 053 – 073 – 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT- BK12							شماره صفحه : 32 از 49
	پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	
	BK	BK12	PEDCO	110	GT	RT	0001	D00

تا عمق 40 سانتی متری خاک سطحی و از این عمق تا 1/2 متری خاک ریز دانه رس با پلاستیسیته کم سپس توالی لایه های سنگی از جنس سنگ رسی (ClayStone)، مارن (Marl) و سنگ سیلتی (SiltStone) مشاهده شده است. لایه های سنگی پس از 24 ساعت خیساندن در آب در طبقه بندی رس با پلاستیسیته کم و ماسه حاوی رس قرار می گیرند. لایه های مذکور مطابق طبقه بندی متحد خاک (USCS) عمدتاً در رده CL و SC طبقه بندی می شوند.



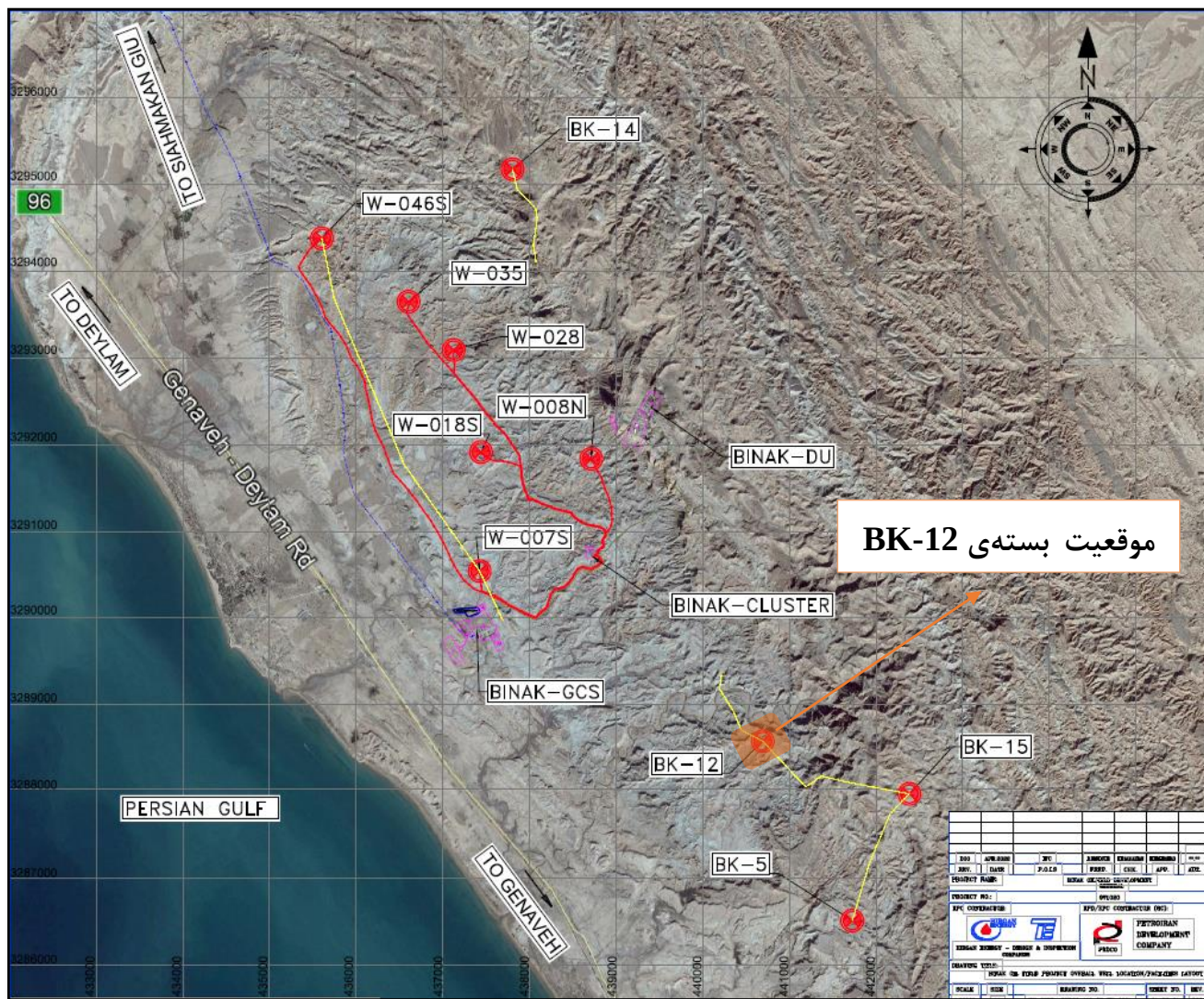
شکل 4-1- گمانه های ماشینی در محدوده مورد مطالعه موقعیت بسته ی BK-12

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک فعالیت های رو زمینی در بسته های کاری تحت الارض تسهیلات برق رسانی و انجام اصلاحات مربوط به چاه تعمیری BK12																	
شماره پیمان:	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT- BK12 <table><tr><th>نسخه</th><th>سرال</th><th>نوع مدرک</th><th>رشته</th><th>تسهیلات</th><th>صادرکننده</th><th>بسته کاری</th><th>پروژه</th></tr><tr><td>D00</td><td>0001</td><td>RT</td><td>GT</td><td>110</td><td>PEDCO</td><td>BK12</td><td>BK</td></tr></table>	نسخه	سرال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادرکننده	بسته کاری	پروژه	D00	0001	RT	GT	110	PEDCO	BK12	BK	شماره صفحه : 33 از 49
نسخه	سرال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادرکننده	بسته کاری	پروژه											
D00	0001	RT	GT	110	PEDCO	BK12	BK											
053 - 073 - 9184																		



شکل 2-4- موقعیت بسته‌ی BK-12 - نقشه ارسالی از شرکت محترم هیروگان انرژی

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک فعالیت های رو زمینی در بسته های کاری تحت الارض تسهیلات برق رسانی و انجام اصلاحات مربوط به چاه تعمیری BK12							
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT- BK12							شماره صفحه : 34 از 49
	پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	
	BK	BK12	PEDCO	110	GT	RT	0001	D00



شکل 3-4- موقعیت قرارگیری بسته ی BK-12 نسبت به سایر بسته های بخش تحت الارض - نقشه ارسالی از شرکت محترم هیرگان انرژی

تعیین کیفیت سنگهای محدوده بر اساس معیار RQD و شاخص GSI :

مغزه گیری از سنگ ها به کمک گمانه زنی دورانی انجام می شود. پس از اخذ نمونه های سنگی، کیفیت مغزه های اخذ شده براساس عدد RQD (Rock Quality Designation) توصیف می شوند. شاخص RQD براساس میزان درزها، ترک ها و شکستگی های روی مغزه سنگ و مطابق با فرمول زیر به دست می آید. عدد RQD هر لایه سنگی در شرح پیمایش طولی گمانه های ماشینی پیوست 1-2 ارائه شده است.

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک فعالیت های رو زمینی در بسته های کاری تحت الارض تسهیلات برق رسانی و انجام اصلاحات مربوط به چاه تعمیری BK12																	
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT- BK12 <table><tr><th>نسخه</th><th>سریال</th><th>نوع مدرک</th><th>رشته</th><th>تسهیلات</th><th>صادر کننده</th><th>بسته کاری</th><th>پروژه</th></tr><tr><td>D00</td><td>0001</td><td>RT</td><td>GT</td><td>110</td><td>PEDCO</td><td>BK12</td><td>BK</td></tr></table>	نسخه	سریال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادر کننده	بسته کاری	پروژه	D00	0001	RT	GT	110	PEDCO	BK12	BK	شماره صفحه : 35 از 49
نسخه	سریال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادر کننده	بسته کاری	پروژه											
D00	0001	RT	GT	110	PEDCO	BK12	BK											

مجموع طول مغزه های سنگی به دست آمده با طول بزرگتر از 100 میلیمتر

$$\text{طول مغزه گیری} = \frac{\text{کیفیت مغزه گیری (RQD)}}{100}$$

مطابق نتایج حاصل از حفاری های صورت گرفته، سنگ ها در این بسته ی کاری BK-12 در محدوده سنگ های Completely Weathered تا Moderately Weathered قرار دارند.

میانگین شاخص مقاومت زمین شناسی بسته ی BK-12 به روش کمی 46 و به روش کیفی 42-52 می باشد. گزارش کامل و اعداد دقیق شاخص مقاومت زمین شناسی این محدوده در پیوست 6 آمده است.

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک فعالیت های رو زمینی در بسته های کاری تحت الارض تسهیلات برق رسانی و انجام اصلاحات مربوط به چاه تعمیری BK12																	
شماره پیمان:	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT- BK12 <table><tr><td>نسخه</td><td>سرئال</td><td>نوع مدرک</td><td>رشته</td><td>تسهیلات</td><td>صادرکننده</td><td>بسته کاری</td><td>پروژه</td></tr><tr><td>D00</td><td>0001</td><td>RT</td><td>GT</td><td>110</td><td>PEDCO</td><td>BK12</td><td>BK</td></tr></table>	نسخه	سرئال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادرکننده	بسته کاری	پروژه	D00	0001	RT	GT	110	PEDCO	BK12	BK	شماره صفحه : 36 از 49
نسخه	سرئال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادرکننده	بسته کاری	پروژه											
D00	0001	RT	GT	110	PEDCO	BK12	BK											
053 - 073 - 9184																		

فصل 5- پارامترهای طراحی و بررسی ملاحظات ژئوتکنیکی

5-1- خصوصیات فیزیکی و مکانیکی لایه های خاک و پارامترهای طراحی

با توجه به جنس لایه های خاک، نتایج آزمایش های برجا، آزمایش های آزمایشگاهی و براساس قضاوت مهندسی حاصل از حفر 4 گمانه ماشینی در بسته ی BK-12، مقادیر پارامترهای فیزیکی و مکانیکی جهت تعیین مقاومت مجاز خاک طبیعی برای استفاده در طراحی های ژئوتکنیکی به شرح جدول 5-1 ارائه شده است. به دلیل اهمیت پروژه و فاصله بین گمانه های ماشینی اجرا شده، همانگونه که پیشتر نیز ذکر گردید، پارامترهای مذکور، در محدوده حفر گمانه های ماشینی قابل استفاده است و مسئولیت تعمیم آن به کل محدوده بر عهده مشاور نمی باشد. پارامترها و خصوصیات فیزیکی و مکانیکی لایه های خاک و سنگ طبیعی در محدوده بسته ی BK-12 در جدول 5-1 ارائه شده است. یاد آور می گردد اگرچه به دلیل سفتی لایه ها امکان اخذ نمونه دست نخورده و مناسب برای انجام آزمایش تحکیم وجود نداشت لیکن باتوجه به جنس لایه ها و ماهیت تحکیم پذیری آنها به دلیل احتمال نشت و رسوخ آب به زیر تراز شالوده ها، نشست تحکیم در شرایط غیراشباع برای خاک تا عمق حداکثر 4 متر از سطح زمین در محاسبات فرض شده است.

جدول 5-1- مقادیر پیشنهادی پارامترهای فیزیکی و مکانیکی لایه های خاک و سنگ طبیعی

Layer type according to Unified method	CL	Marl/ClayStone (CL)	Marl/ClayStone (CL)	Unit
Depth	0.0-4.0	4.0-10.0	10.0-15.0	m
Soil cohesion (Cu)	0.7-1.3	1.3-2.5	2.5-4.5	kg/cm ²
Soil wet density (γ_w)	1.85-1.95	1.90-2.00	2.00-2.10	g/cm ³
Soil module of elasticity (Es)	130-230	350-550	600-800	kg/cm ²
Soil Poisson ratio (ν)	0.35-0.40	0.30-0.35	0.30-0.35	-

5-2- پتانسیل روانگرایی

روانگرایی به واکنش خاک در برابر بارهای دینامیکی یا تحریک ناشی از امواج برشی زودگذر اطلاق می شود که در نتیجه آن مقاومت خاک به طور کامل از بین رفته و حالتی آبگونه به خود می گیرد. در صورتی که یک ماسه اشباع به لرزه درآید، متراکم شده و از حجم آن کاسته می شود. در چنین شرایطی اگر آب نتواند به سرعت از محیط خارج و به اصطلاح زهکشی شود، کاهش حجم باعث افزایش فشار آب منفذی می شود. وقتی که فشار آب منفذی برابر فشار سربار شود، تنش موثر بین ذرات خاک صفر گشته، ماسه به طور کامل مقاومت برشی خود را از دست می دهد و در نتیجه حالت آبگونه پیدا می کند. عوامل زمین شناسی متعددی در میزان استعداد آبگونه شدن خاک دخالت دارند که مهمترین آنها عبارتند از فرآیند رسوب گذاری، سن رسوب، تاریخچه زمین شناسی، عمق سطح ایستابی، دانه بندی، نوع خاک، عمق مدفون شدن، شیب دامنه و بالاخره نزدیکی به یک سطح آزاد. بدیهی است با افزایش سن رسوب استعداد آبگونه

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک فعالیت های رو زمینی در بسته های کاری تحت الارض تسهیلات برق رسانی و انجام اصلاحات مربوط به چاه تعمیری BK12																	
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT- BK12 <table><tr><td>پروژه</td><td>بسته کاری</td><td>صادرکننده</td><td>تسهیلات</td><td>رشته</td><td>نوع مدرک</td><td>سریال</td><td>نسخه</td></tr><tr><td>BK</td><td>BK12</td><td>PEDCO</td><td>110</td><td>GT</td><td>RT</td><td>0001</td><td>D00</td></tr></table>	پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	BK	BK12	PEDCO	110	GT	RT	0001	D00	شماره صفحه : 37 از 49
پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه											
BK	BK12	PEDCO	110	GT	RT	0001	D00											

شدن آن کاهش می یابد. علت این امر پیش تنیدگی خاک بر اثر وزن رسوب یا زمین لرزه های قدیمی می باشد. بیشترین استعداد آبگونی در نواحی ساحلی حاوی آبرفت های ماسه ای ریزدانه و اشباع شده که از تراکم و میزان رس کمی برخوردارند دیده می شود.

همانگونه که پیش تر نیز ذکر گردید در 4 گمانه ماشینی حفر شده در بسته ی BK-12 در زمان عملیات اجرایی به سطح آب زیرزمینی برخورد نشده است و به دلیل عدم مشاهده لایه های سست و نیمه متراکم ماسه ای اشباع، پتانسیل وقوع روانگرایی، منتفی است. به علاوه طبق مراجعی چون نشریه 525 و مطابق با بند 6-2-1 آیین نامه 2800، استعداد روانگرایی نسبی خاک ها در لایه های دارای ضربات SPT بیش از 30 بسیار کم است و می توان از بررسی وقوع روانگرایی صرف نظر کرد. در نتیجه در پروژه ی حاضر احتمال وقوع روانگرایی منتفی می گردد. همچنین با توجه به عدم وجود پتانسیل روانگرایی در محدوده مورد نظر، خطر گسترش جانبی منتفی است.

3-5- برآورد پتانسیل رمبندگی (فروریزش)

خاک های رمبنده خاک های غیر اشباعی هستند که در صورت افزایش رطوبت تغییر حجم زیادی در آن ها به وجود می آید. این تغییر حجم می تواند ناشی از اعمال بار اضافی باشد یا نباشد. شالوده هایی که روی چنین خاک هایی قرار می گیرند در صورت اشباع شدن خاک ممکن است دچار نشست ناگهانی و زیاد شوند. این رطوبت ممکن است از منابع مختلفی مانند لوله های آب و فاضلاب شکسته، نشت از مخازن آب یا بالا آمدن تدریجی تراز آب زیرزمینی فراهم شود. اکثر خاک های رمبنده بادرقت نظیر ماسه بادی یا ماسه های ساحلی هستند که دارای تخلخل زیاد و وزن مخصوص کم می باشند و چسبندگی آنها کم یا ناچیز است. در یک برآورد با توجه به جنس لایه های سطحی، وقوع رمبندگی یا فروریزش در اثر اشباع شدن لایه های سطحی محتمل نمی باشد

4-5- برآورد پتانسیل تورم

طبق رابطه Seed (1962) $S = 2.16 \times 10^{-3} (PI)^{2.44}$ می باشد، میزان متوسط نشانه خمیری خاک تا عمق تقریبی 4 متری 23 می باشد. براساس رابطه مذکور پتانسیل تورم طبق جدول 5-2 در محدوده متوسط برآورد شده و پیشنهاد می گردد تمهیدات لازم در این زمینه پیش بینی شود.

جدول 5-2- طبقه بندی پتانسیل تورم

Degree of expansion	Swelling potential (%)
Very high	>25
High	5-25
Medium	1.5-5
Low	0-1.5

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک فعالیت های رو زمینی در بسته های کاری تحت الارض تسهیلات برق رسانی و انجام اصلاحات مربوط به چاه تعمیری BK12																	
شماره پیمان:	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT- BK12 <table><tr><th>نسخه</th><th>سریال</th><th>نوع مدرک</th><th>رشته</th><th>تسهیلات</th><th>صادر کننده</th><th>بسته کاری</th><th>پروژه</th></tr><tr><td>D00</td><td>0001</td><td>RT</td><td>GT</td><td>110</td><td>PEDCO</td><td>BK12</td><td>BK</td></tr></table>	نسخه	سریال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادر کننده	بسته کاری	پروژه	D00	0001	RT	GT	110	PEDCO	BK12	BK	شماره صفحه : 38 از 49
نسخه	سریال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادر کننده	بسته کاری	پروژه											
D00	0001	RT	GT	110	PEDCO	BK12	BK											
053 - 073 - 9184																		

فصل 6- ظرفیت باربری مجاز شالوده‌های سطحی

6-1- مقدمه

برای تعیین ظرفیت باربری مجاز خاک برای انواع شالوده‌های سطحی، لازم است که 2 عامل اساسی زیر کنترل گردد.

- گسیختگی برشی خاک
- نشست‌های قابل قبول پی

ظرفیت باربری مجاز خاک بایستی با اعمال ضریب اطمینان مناسبی، کمتر از ظرفیت باربری نهایی خاک در نظر گرفته شود و همچنین نشست بوجود آمده نیز از نشست مجاز تجاوز ننماید. از این رو ظرفیت باربری خاک بر اساس کنترل هر یک از دو عامل فوق برای پی‌های با ابعاد متفاوت بدست آمده و مقدار کوچکتر ملاک عمل قرار می‌گیرد. در این فصل بر پایه اطلاعات بدست آمده از حفاری‌ها و نتایج آزمون‌های برجا و آزمایشگاهی و با توجه به ویژگی پروژه، محاسبات مربوط به تعیین ظرفیت باربری مجاز شالوده برای پی‌های مربعی، مستطیلی با نسبت طول به عرض 2 و 5، شالوده نواری با نسبت طول به عرض 10 و پی گستره با ابعاد 12×20، 10×10 و 20×20 متر همراه با تعیین نشست آن و با فرض محدودیت نشست مجاز 5 سانتیمتر برای پی گسترده و 2/5 سانتیمتر برای پی نواری ارائه گردیده است. در صورت وجود لنگر خمشی، باید اثر کاهنده ناشی از لنگر خمشی، خروج از مرکزیت و نیروهای برشی در محاسبات ظرفیت باربری توسط مشاور طراح اعمال گردد.

مدل ژئوتکنیکی لایه‌های خاک در حوزه تأثیر بار شالوده‌ها و محدودیت استفاده از شالوده‌های سطحی مطابق توضیحات ارائه شده در فصول قبل فرض شده است. مشخصات فنی استفاده شده در محاسبات در جدول 5-1 ارائه گردیده است. لیکن با توجه به اهمیت پروژه لازم است در صورت مشاهده تغییرات قابل توجه در وضعیت خاک و برخورد به لایه‌های سست در تراز استقرار شالوده‌ها، با این مهندسین مشاور تماس حاصل گردد. لازم به ذکر است محاسبات مزبور صرفاً در صورت استقرار کف پی بر روی خاک بکر معتبر خواهد بود و به عبارتی ظرفیت باربری برای خاک بکر و عدم وجود خاک نباتی، دستی و هر گونه حفره و فضای خالی تعیین شده است.

6-2- تعیین ظرفیت باربری نهایی و مجاز بر اساس گسیختگی برشی

تراز قرارگیری کف شالوده به روی خاک طبیعی شالوده‌ها در عمق یک در نظر گرفته شده است. نسبت مدول الاستیسیته باربرداری به مدول الاستیسیته بارگذاری 3 در نظر گرفته شده است. لایه‌های موجود در حوزه تأثیر بار شالوده در زیر تراز پی مطابق لایه بندی پیشنهادی در جدول شماره 5-1 می‌باشد.

لازم به ذکر است محاسبات مزبور صرفاً در صورت استقرار کف پی بر روی خاک بکر معتبر خواهد بود و به عبارتی ظرفیت باربری برای خاک بکر و عدم وجود هر گونه حفره و فضای خالی تعیین شده است. با توجه به اهمیت پروژه

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک فعالیت های رو زمینی در بسته های کاری تحت الارض تسهیلات برق رسانی و انجام اصلاحات مربوط به چاه تعمیری BK12							
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT- BK12							شماره صفحه : 39 از 49
	پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	
	BK	BK12	PEDCO	110	GT	RT	0001	D00

لازم است در صورت مشاهده تغییرات قابل توجه در وضعیت خاک و برخورد به حفره یا فضای خالی در تراز استقرار شالوده‌ها در مسیر خط لوله، ظرفیت باربری مجاز خاک مورد بازنگری قرار گیرد. جهت تعیین مقاومت مجاز خاک طبیعی محل، گسیختگی برشی خاک (*Shear Failure*) به روش *Hansen* و براساس روابط کلی محاسبه شده است. روابط کلی در پیوست 7 ارائه شده است.

6-3- نشست خاک

با در نظرگیری جنس خاک در محل حفاری گمانه‌های ماشینی، نشست شالوده‌ها عمدتاً ناشی از تغییر شکل ارتجاعی لایه‌های خاک (*Elastic Settlement*) و در 4 متر فوقانی از سطح زمین فرض بر رخداد تحکیم با شرایط غیر اشباع در نظر گرفته شده است. جهت محاسبه نشست‌های آنی از رابطه الاستیک *Timoshenko & Goodier* با اعمال ضریب *Stein Brenner* (با تأثیر ضریب عمق *Fox*) استفاده شده است. شایان ذکر است که طبق نظر مولفین متعدد و کتب مرجع از جمله *Bowles*، آیین نامه *U.S.S.R* و جداول مربوط به نشست مجاز در مبحث هفتم مقررات ملی ساختمان - پی و پی سازی در سازه‌های معمولی حداکثر نشست مجاز پی نواری بر روی خاک‌های درشت دانه 1 اینچ و برای خاک‌های ریزدانه تا 2 اینچ در نظر گرفته می‌شود. همانگونه که در بندهای پیش‌تر اشاره گردید میزان نشست مجاز برای شالوده گسترده برابر 5/0 سانتیمتر و برای شالوده نواری برابر 2/5 سانتیمتر در نظر گرفته شده است. لازم به ذکر است محاسبات ظرفیت باربری با توجه به وضعیت موجود لایه‌ها انجام گرفته است. در صورت تغییر تراز آب زیرسطحی یا نشت آب به زیر پی، محاسبات می‌بایست مورد بازنگری قرار گیرد.

میزان نشست اختلافی (*Differential Settlement*) قابل قبول یک فونداسیون بستگی به رفتار سازه و میزان صلبیت و انعطاف پذیری آن و مشخصات معماری سازه دارد. لیکن مقدار آن برای یک شالوده عموماً بین 0/67 تا 0/75 نشست کلی برآورد می‌شود. بدیهی است که مقدار دقیق نشست نامساوی بستگی به صلبیت پی داشته و براساس سختی خاک و سازه و با استفاده از روش اجزاء محدود (*Finite Element*) قابل محاسبه است. لازم به ذکر است، میزان نشست نامساوی مجاز برای ساختمان‌های بتنی با فرض استقرار ستون‌ها بر روی پی‌های منفرد برابر 0/0015L و با فرض استقرار ستون‌ها بر روی پی گسترده 0/002L می‌باشد. همچنین برای ساختمان‌های اسکلت فلزی میزان نشست نامساوی مجاز برابر 0/0033L در نظر گرفته می‌شود (L فاصله دو ستون مجاور است). در بارگذاری زلزله می‌توان مقاومت مجاز خاک را به سبب ماهیت نیروها به میزان 33 درصد افزایش داد.

6-4- ظرفیت باربری مجاز شالوده‌های سطحی

به منظور سهولت طرح پی‌های سطحی، نمودارهای ظرفیت باربری مجاز و نشست متناظر برای پی‌های مربعی، مستطیلی با نسبت طول به عرض 2 و 5، شالوده نواری با نسبت طول به عرض 10 و پی گسترده با ابعاد 12×20، 10×10 و 20×20 متر با فرض قرارگیری به روی خاک طبیعی در پیوست 5 آورده شده است. در شکل‌های مذکور D عمق خاکبرداری تا زیر پی و Df عمق مدفون شالوده در نظر گرفته شده است. در محاسبات ظرفیت باربری گمانه‌های

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک فعالیت های رو زمینی در بسته های کاری تحت الارض تسهیلات برق رسانی و انجام اصلاحات مربوط به چاه تعمیری BK12							
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT- BK12							شماره صفحه : 40 از 49
	پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	
	BK	BK12	PEDCO	110	GT	RT	0001	D00

ماشینی BH-EL-6, BH-EL-7, BH-EL-8 و BH-WH-9 عمق گیرداری شالوده های مربعی، مستطیلی، نواری و شالوده گسترده برابر یک متر در نظر گرفته شده است. در صورتی که عمق گیرداری کمتر از یک متر اجرا گردد محاسبات ظرفیت باربری پی های سطحی می بایست مورد بازنگری قرار گیرد.

در تهیه نمودارهای مربوط به ظرفیت باربری پی های نواری دو عامل نشست و گسیختگی برشی پی به طور توأم در نظر گرفته شده است. به این ترتیب که ابتدا نشست پی به مقداری معادل 5 سانتیمتر برای پی های گسترده و 2/5 سانتیمتر برای پی نواری محدود گردیده و بر این مبنا حداکثر فشار نسبت به عرض پی محاسبه شده است. سپس معیارهای گسیختگی برشی پی مورد کنترل قرار گرفته است تا تنش های وارده بیش از مقادیر مجاز نباشد. در ارزیابی معیارهای گسیختگی به علت مشخص نبودن مقادیر لنگر و نیروهای افقی وارد بر پی، ضریب اطمینان برابر 5 در نظر گرفته شده است.

توصیه می گردد مهندس طراح یا مشاور طرح با در اختیار داشتن مقادیر دقیق نیروهای افقی و لنگرهای خمشی با استفاده از روابط ارائه شده نسبت به محاسبه دقیق ظرفیت باربری مجاز شالوده اقدام نماید. در این راستا بایستی اثر کاهندگی بارهای خروج از مرکز ناشی از لنگر خمشی با استفاده از رابطه $R_e = 1 - \sqrt{\frac{e}{B}}$ برای خاک های غیر چسبنده و رابطه $R_e = 1 - 2\frac{e}{B}$ برای خاک های چسبنده در مقادیر ظرفیت باربری مجاز ارائه شده در نمودارهای مربوطه اعمال شود. در روابط فوق e خروج از مرکزیت بار برابر نسبت لنگر خمشی به نیروی محوری (M/P) است. توصیه می شود حداکثر نسبت e/B برابر $\frac{1}{6}$ در نظر گرفته شود. در صورت وجود نیروی افقی یا زاویه دار بودن بار وارده بر شالوده، اثر میل بار باید در روابط تعیین ظرفیت باربری در نظر گرفته شود. در صورت استفاده از ضرایب میل بار روش *Hansen* به منظور جلوگیری از لغزش شالوده، بایستی شرط $H \leq Vtg\delta + A_f C_a + \frac{P_p}{SF}$ برقرار باشد. P_p ، فشار مقاوم خاک و δ ، زاویه اصطکاک بین بتن و خاک می باشد.

۱-۴-۶- ضریب عکس العمل بستر (K_s)

برای تحلیل پی ها و محاسبه برش، لنگر و تغییر شکل در مدلسازی عددی باید از روش های مبتنی بر شبیه سازی بستر با فنر به عنوان مبنایی جهت طرح سازه های شالوده استفاده نمود. این روش نخستین بار توسط وینکلر در سال 1867 پیشنهاد گردید و به روش تیر بر بستر الاستیک معروف است. در این روش، مدول عکس العمل خاک (K_s) برای پی با ابعاد مورد نظر با تقسیم تنش مجاز خاک (q_a) بر مقدار نشست (s) محاسبه می شود.

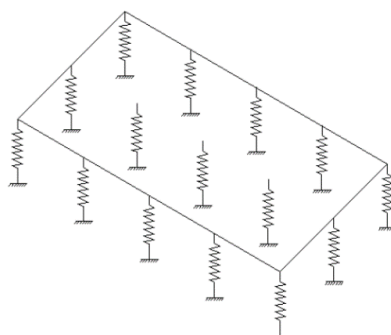
شالوده های صلب: برای شالوده های صلب می توان از مقدار K_s به طور یکنواخت در زیر پی استفاده نمود. این مقدار حدود 7/5 درصد بیش از مقدار K_s معرفی شده در جداول پیش رو خواهد بود (*Das, 2008*).

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک فعالیت های رو زمینی در بسته های کاری تحت الارض تسهیلات برق رسانی و انجام اصلاحات مربوط به چاه تعمیری BK12							
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT- BK12							شماره صفحه : 41 از 49
	پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	
	BK	BK12	PEDCO	110	GT	RT	0001	D00

شالوده های انعطاف پذیر: انتخاب مقدار یکنواخت برای K_s صحیح نبوده و متناسب با نشست رخ داده باید تغییر کند. افزایش سختی در لبه ها توصیه می گردد.

روش وینکلر:

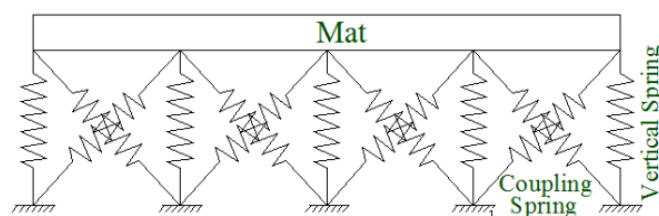
در تئوری اولیه وینکلر فرض بر عملکرد مستقل فنرها در شالوده انعطاف پذیر بوده که در واقعیت فنرها نمی توانند مستقل از یکدیگر عمل نمایند و فشار زیر پی در یک نقطه تحت تاثیر فنرهای مجاور خواهد بود. شکل 1-6



شکل 1-6- مدلسازی فنر وینکلر

روش کوپل:

در این روش جهت مقابله با نواقص روش وینکلر از فنرهای اضافی مطابق شکل 2-6 استفاده می شود تا اندرکنش فنرها بر یکدیگر نیز در مدل اعمال گردد. مستقل عمل نکردن فنرهای قائم و اثرات متقابل آنها بر یکدیگر منجر به تغییر شکل واقعی تر شده ودقت محاسبات را افزایش می دهد. لیکن انتخاب مقدار K_s بخصوص برای فنرهای کوپل چندان ساده نیست و نیازمند مدلسازی های عددی توسط نرم افزارهای ویژه می باشد.



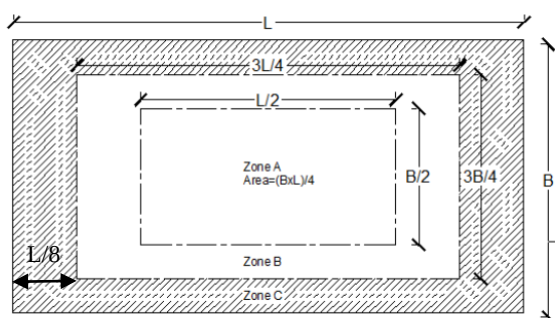
شکل 2-6- مدل سازی فنرهای کوپله

روش شبه کوپل:

این روش در ابتدای دهه 90 میلادی با هدف کاهش خطاهای مدل وینکلر و ایجاد سهولت در مدل کوپل معرفی گردید. روش شبه کوپل در استاندارد ACI 2002 مورد تایید قرار گرفته است. در این روش فنرها به صورت مستقل به

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک فعالیت های رو زمینی در بسته های کاری تحت الارض تسهیلات برق رسانی و انجام اصلاحات مربوط به چاه تعمیری BK12																	
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT- BK12 <table><tr><td>پروژه</td><td>بسته کاری</td><td>صادر کننده</td><td>تسهیلات</td><td>رشته</td><td>نوع مدرک</td><td>سریال</td><td>نسخه</td></tr><tr><td>BK</td><td>BK12</td><td>PEDCO</td><td>110</td><td>GT</td><td>RT</td><td>0001</td><td>D00</td></tr></table>	پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	BK	BK12	PEDCO	110	GT	RT	0001	D00	شماره صفحه : 42 از 49
پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه											
BK	BK12	PEDCO	110	GT	RT	0001	D00											

سادگی مدل وینکلر عمل می کنند لیکن مقادیر سختی آن ها با تغییر موقعیت متفاوت خواهد بود. این موضوع با افزایش سختی در کناره ها نسبت به وسط اعمال شده و منجر به بروز رفتار واقعی تر می گردد. اگرچه بنابر توصیه ACI مقادیر باید از نصف مقدار محاسباتی K_s تا 5 برابر آن تغییر کند و محافظه کارانه ترین طرح بر این مبنا ارائه گردد لیکن نتایج تحقیقات نشان می دهد اگر سختی لبه ها نسبت به سختی مرکز پی تا حدود 2 برابر افزایش یابد، نتایج قابل قبول حاصل می گردد. در مدل رفتاری پیشنهادی ACI ، عنصر لبه $12/5$ درصد بعد در آن راستا پیشنهاد شده و ابعاد المان مرکز پی، نصف بعد در هر جهت است. در سطح المان لبه ($Zone C$)، مقدار ضریب عکس العمل بستر 2 برابر K_s مرکز ($Zone A$) و در سطح میانی ($Zone B$)، $1/5$ برابر K_s مرکز پیشنهاد گردیده است. مقدار K_s در هر ناحیه باید بصورت تدریجی از مرکز پی به سمت کناره ها افزایش یابد. خاطر نشان می سازد در مدل سازی خاک به روش وینکلر ($Winckler$) در پی گسترده می باید میزان K_s در المان های واقع در لبه پی دو برابر المان های داخلی در نظر گرفته شود.



شکل 6-3- تقسیم بندی سطح پی در روش شبه کوپل

در هنگام تعریف سختی متغیر در پی های گسترده و شبکه ای، در مرز بین بخش هایی از پی که مدول سختی تغییر می کند، کانتور تنش زیر پی نیز پیوستگی خود را از دست داده و بصورت آنی و پله ای تغییر خواهد نمود. حالت ایده آل آن است که تعداد نواحی آنقدر زیاد و نزدیک به هم تعریف گردد تا دقت محاسبات بیشتر شده و این خطای عددی به حداقل برسد لیکن از آنجا که دستیابی به این موضوع در عمل میسر نیست لازم است در کنترل برش تیر نیز، این تغییر آنی در تنش و برش به عنوان خطای عددی مورد توجه قرار گیرد. مجدداً یادآور می گردد مطابق پیشنهاد ACI طراح سازه مجاز است به منظور تدقیق محاسبات، مقدار مدول عکس العمل خاک (K_s) را با توجه به میزان نشست بدست آمده در تحلیل اولیه مطابق نمودار ظرفیت باربری مربوطه اصلاح و تحلیل مجدد انجام دهد.

2-4-6- مدول عکس العمل بستر در حالت استاتیک

جهت برآورد مدول عکس العمل بستر می توان از 2 روش استفاده از نتایج آزمایش بارگذاری صفحه یا از روی نمودار تغییرات ظرفیت باربری مجاز و نشست تعیین نمود. مطابق پیشنهاد مرجع مهندسی پی نوشته بولز همچنین نشریه بارگذاری صفحه بر روی خاک و سنگ نرم سازمان برنامه و بودجه کشور (نشریه شماره 736)، در صورتی استفاده از نتایج آزمایش بارگذاری صفحه در تعیین مدول عکس العمل بستر پی های سطحی مجاز است که نسبت عرض پی به

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک فعالیت های رو زمینی در بسته های کاری تحت الارض تسهیلات برق رسانی و انجام اصلاحات مربوط به چاه تعمیری BK12							
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT- BK12							شماره صفحه : 43 از 49
	پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	
	BK	BK12	PEDCO	110	GT	RT	0001	D00

قطر صفحه بیشتر از ده نباشد. لذا با توجه به قطر صفحه و ابعاد شالوده های سطحی به ویژه گسترده استفاده از مدول عکس العمل حاصل از نتایج آزمایش بارگذاری صفحه توصیه نمی شود. جهت تعیین مدول عکس العمل بستر می توان از تقسیم تنش مجاز خاک (q_a) بر مقدار نشست (s) مدول عکس العمل خاک (K_s) استفاده نمود. مدول عکس العمل بستر پی های مربعی، مستطیلی و نواری با نسبت طول به عرض 10 و برای پی های گسترده با ابعاد 10×10 ، 12×20 و 20×20 متر برای عمق استقرار یک متر در جداول 1-6 و 2-6 ارائه شده است. توصیه می گردد حداکثر مدول عکس العمل بستر به 4 کیلوگرم بر سانتیمتر مکعب محدود گردد.

جدول 1-6- مدول عکس العمل بستر پی مربعی، مستطیلی و نواری برای عمق یک متر

B(m)	مدول عکس العمل بستر پی سطحی (kg/cm^3)			
	L/B=1	L/B=2	L/B=5	L/B=10
1.0	2.33	1.71	1.41	1.33
2.0	1.21	0.97	0.89	0.86
3.0	0.89	0.76	0.71	0.70
4.0	0.75	0.66	0.63	0.62
5.0	0.67	0.60	0.57	0.57

جدول 2-6- مدول عکس العمل بستر پی گسترده برای عمق یک متر

B×L (m)	S (cm)	مدول عکس العمل بستر پی گسترده (kg/cm^3)		
		گوشه پی	لبه پی	وسط پی
12×20	5	1.88	0.94	0.47
10×10	5	1.92	0.96	0.48
20×20	5	1.52	0.76	0.38

3-4-6- مدول عکس العمل بستر در حالت بارگذاری فوق العاده (بارگذاری زلزله)

در بارگذاری زلزله به علت اعمال بارهای برگشت پذیر در زمان های کوتاه کرنش های خاک در محدوده کرنش های کوچک (10^{-4} تا 10^{-6}) بوده و خاک رفتار سخت تری از خود نشان می دهد. در این حالت میزان سختی خاک با استفاده از آزمایش های آزمایشگاهی نظیر ستون تشدید و سه محوری سیکلیک و همچنین آزمایش های صحرایی مرتبط تعیین می گردد. در غیاب آزمایش های فوق می توان از روش پیشنهادی در نشریه 360 سازمان برنامه و بودجه کشور استفاده نمود. روش محاسبه مدول عکس العمل بستر در حالت بارگذاری فوق العاده (زلزله) به شکل کامل در بند 4-2-1-1 اشاره شده است.

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک فعالیت های رو زمینی در بسته های کاری تحت الارض تسهیلات برق رسانی و انجام اصلاحات مربوط به چاه تعمیری BK12								
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT- BK12							شماره صفحه : 44 از 49	
	پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال		نسخه
	BK	BK12	PEDCO	110	GT	RT	0001	D00	

فصل 7- تعیین ضرایب فشار جانبی و نحوه پایدارسازی گود

7-1- بررسی فشار محرک و مقاوم خاک

مقدار فشار وارده از سوی خاک به پشت یک دیوار تابعی از جابجایی و سیستم استاتیکی دیوار و مشخصات فنی خاک و دیوار می باشد. تغییر فشار خاک در اثر تغییر رطوبت برای سازه هایی که در خشکی قرار دارند نیز مطرح است. تغییرات رطوبت باعث تغییر وزن مخصوص خاک و نهایتاً مقدار فشار وارده بر دیوار می گردد. علاوه بر مطالب بالا، تغییرات سطح آب زیرزمینی در جلو و پشت دیوار نیز باعث تغییر فشار آب و خاک وارده بر دیوار می شود. نحوه توزیع فشار محرک و مقاوم پشت دیوار به صورت خطی تابعی از عمق نقطه موردنظر از سطح خاکریز می باشد که از روابط زیر قابل محاسبه است:

$$P_p = K_p \cdot (\gamma \cdot h + q) + 2c\sqrt{K_p}$$

$$P_a = K_a \cdot (\gamma \cdot h + q) - 2c\sqrt{K_a}$$

در روابط فوق:

K_p و K_a : ضرایب فشار جانبی خاک
 P_a : فشار محرک وارد بر دیوار برحسب t/m^2
 γ : وزن مخصوص طبیعی خاک به واحد t/m^3
 q : سربار قائم برحسب t/m^2
 P_p : فشار مقاوم وارد بر دیوار برحسب t/m^2
 h : تراز نقطه اعمال فشار P_a از سطح زمین به متر

7-2- تعیین ضرایب فشار جانبی خاک در حالت استاتیکی

مقادیر ضرایب فشار محرک و مقاوم خاک (K_p و K_a) به روش کولمب برای دیوار با وجه پشتی قائم و خاکریز با سطح افقی در جدول 7-1 و فرمول های محاسبه ضرایب فشار محرک (K_a) و مقاوم (K_p) در پیوست 7 آورده شده است.

برای تعیین مؤلفه افقی ضرایب فشار محرک و یا مقاوم خاک باید اعداد حاصله در $\cos(\delta + \alpha)$ ضرب شود. α زاویه شیب دیوار نسبت به افق، β زاویه شیب سطح خاکریز پشت دیوار نسبت به افق و δ زاویه اصطکاک بین خاک و دیوار می باشد که مقدار آن (δ) در جهت اطمینان برابر صفر در نظر گرفته می شود.

7-3- تعیین ضرایب فشار جانبی خاک در حالت دینامیکی (وقوع زلزله)

ضرایب فشار محرک و مقاوم در هنگام زلزله به دلیل بوجود آمدن نیروهای اینرسی در امتدادهای قائم و افقی از روابط ارائه شده در پیوست 7 که به روابط مونونوبه-آکابه معروف می باشند، محاسبه می گردند. این روابط در واقع بسط رابطه کولمب با در نظرگیری اثرات ناشی از شتاب های شبه استاتیکی بر گوه کولمب در حالت محرک یا مقاوم می باشد.

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک فعالیت های رو زمینی در بسته های کاری تحت الارض تسهیلات برق رسانی و انجام اصلاحات مربوط به چاه تعمیری BK12							
شماره پیمان: 053 – 073 – 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT- BK12							شماره صفحه : 45 از 49
	پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	
	BK	BK12	PEDCO	110	GT	RT	0001	D00

مطابق نشریه شماره 308 سازمان برنامه و بودجه کشور (بازنگری اول-سال 96) برای محاسبه ضریب فشار جانبی در شرایط زلزله به صورت استاتیکی، توصیه شده که مقدار ضریب زلزله افقی به صورت $K_h = \alpha \cdot A$ در نظر گرفته شود. ضریب α با توجه به کنترل تغییر شکل افقی سازه حائل قابل تعیین می باشد. این مقدار بین $0.5 A$ (دیوارهای انعطاف پذیر مانند دیوارهای طره ای) و $1.0 A$ (دیوارهای صلب با قابلیت جابجایی محدود مانند دیوارهای زیرزمین) متغیر است. A شتاب مبنای طرح می باشد. توصیه می شود در هنگام استفاده از ضرایب فشار مقاوم در حالت استاتیکی و دینامیکی متناسب با شرایط بارگذاری کوتاه مدت یا بلند مدت ضریب ایمنی مناسبی اعمال شود. مطابق رابطه زیر، زاویه θ محاسبه می گردد:

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

در محاسبات ارائه شده $\delta = 0$ (زاویه اصطکاک بین دیوار و خاک) فرض گردیده است. لازم بذکر است مقدار زاویه δ بر اساس معیارهایی مانند جنس مصالح پر کننده، تراکم لایه های خاکریز و نحوه اجرای دیوار در حین ساخت قابل تعیین می باشد و باید مشاور محترم بر اساس موارد فوق نسبت به مشخص نمودن آن اقدام نماید. به منظور عملکرد بهتر دیوار حائل توصیه می شود جهت پر کردن پشت دیوار از مصالح درشت دانه در رده خاک های GP, GW یا SW و SP استفاده شود. همچنین تعبیه مجاری زهکشی طولی در پشت دیوار ضروری می باشد تا از تجمع آب و نتیجتاً افزایش فشار وارده به دیواره های حائل جلوگیری به عمل آید. در جدول 1-7، ضرایب فشار جانبی خاک در حالات مقاوم، محرک و سکون در محل بسته ی $BK-12$ با فرض پر کردن پشت دیوار با خاکریز دانه ای ارائه شده است. در شرایط زلزله عملکرد کوتاه مدت لایه های رسی ملاک بوده و با توجه به اینکه زاویه اصطکاک داخلی خاک در این حالت نزدیک صفر می باشد؛ ضرایب فشار جانبی خاک در حالت زلزله معادل یک خواهد بود. لیکن در محاسبه فشارهای جانبی چسبندگی خاک در کاهش نیروهای وارده موثر می باشد که باید از رابطه زیر محاسبه گردد.

$$P_a = K_a \cdot (\gamma \cdot h + q) - 2c\sqrt{K_a}$$

$$P_p = K_p \cdot (\gamma \cdot h + q) + 2c\sqrt{K_p}$$

جدول 1-7- ضرایب فشار جانبی برای لایه های خاک طبیعی با فرض پر کردن پشت دیوار با خاکریز دانه ای

ضرایب فشار جانبی	علامت مشخصه	مقادیر عددی ضرایب فشار جانبی $\Phi = 30^\circ$ برای لایه خاکریز درشت دانه
ضریب فشار جانبی سکون	K_0	0/50
ضریب فشار جانبی محرک در حالت استاتیکی	K_a	0/33

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک فعالیت های رو زمینی در بسته های کاری تحت الارض تسهیلات برق رسانی و انجام اصلاحات مربوط به چاه تعمیری BK12								
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT- BK12							شماره صفحه : 46 از 49	
	پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال		نسخه
	BK	BK12	PEDCO	110	GT	RT	0001	D00	

ضریب فشار جانبی مقاوم در حالت استاتیکی	K_p	3/00
--	-------	------

4-7- گودبرداری و پایداری شیب

جهت هرگونه گودبرداری قائم موقت در محدوده پروژه و در بالای سطح آب می توان از گودهای با دیواره قائم تا حداکثر عمق ایمن با توجه به رابطه زیر و در شرایط بدون سربار نزدیک گود استفاده کرد:

$$H_a = \frac{H_c}{F.S.} \quad H_c = c \frac{N_s}{\gamma}$$

در معادله فوق داریم:

H_a = حداکثر عمق گودبرداری قائم مجاز

H_c = حداکثر عمق گودبرداری قائم محاسباتی

N_s = فاکتور پایداری

c = چسبندگی زهکشی نشده

γ = وزن مخصوص خاک

$F.S.$ = ضریب اطمینان

با در نظرگیری عمق خاکبرداری، شرایط خاک طبیعی محل و با در نظر گرفتن ضریب اطمینان ($F.S.=1.5$) در صورت وجود ساختمان و هرگونه سربار، خاکبرداری قائم می بایست در فاصله ایمن حداقل 1/5 برابر عرض پی این سازه ها و عوارض انجام پذیرد. شیب مجاز خاکبرداری، در موقعیت BK-12 برای لایه های خاک تا عمق حداکثر یک متری در گمانه های ماشینی BH-EL-6, BH-EL-7, BH-EL-8 و BH-WH-9 در محدوده میدان نفتی بینک بدون در نظر گرفتن اثر سربار سازه های مجاور، آب های جاری، اثر زلزله و با توجه به شرایط لایه های بستر به صورت قائم در کوتاه مدت برآورد شده است ولی در دراز مدت به دلیل کاهش قفل و بست میان ذرات، اثر هوازدگی همچنین تر و خشک شدن متوالی لایه ها، توصیه می شود عملیات محافظت بدنه ترانشه در نظر گرفته شود. پس از گذشت مدتی از گودبرداری به دلیل اثر هوازدگی، نفوذ رطوبت و کاهش قفل و بست میان ذرات، وقوع ریزش های موضعی محتمل می باشد. در دراز مدت با توجه به شرایط لایه های بستر، شیب مجاز خاکبرداری تا عمق حداکثر یک متری به صورت 75-80 درجه برآورد می شود و در لایه یک متری سنگ رس اگرچه شیب پایدار آن در کوتاه مدت به صورت قائم می باشد لیکن به دلیل وجود درز و شکاف در این لایه و در طول مسیر، احتمال روی دادن ریزش های موضعی وجود دارد. لذا لازم است پس از این مدت نسبت به کاهش شیب مجاز در صورت عدم احداث سازه نگهبان، اقدام گردد. برای پایداری درازمدت شیب های مذکور باید حفاظت های سطحی برای جلوگیری از رسوخ آب و شسته شدن لایه ها صورت گیرد، در غیر این صورت احتمال وقوع ریزش به صورت کلی و موضعی در ترانشه ها، در درازمدت وجود دارد.

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک فعالیت های رو زمینی در بسته های کاری تحت الارض تسهیلات برق رسانی و انجام اصلاحات مربوط به چاه تعمیری BK12							
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT- BK12							شماره صفحه : 47 از 49
	پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	
	BK	BK12	PEDCO	110	GT	RT	0001	D00

فصل 8- جمع بندی، نتیجه گیری و توصیه های فنی

8-1- جمع بندی و نتیجه گیری

- محدوده مورد مطالعه به شرح زیر است:
- شامل 4 گمانه ماشینی به عمق حداکثر 15 متر می باشد. در گمانه ماشینی BH-WH-9 توالی لایه های سنگی، سنگ سیلتی (SiltStone)، سنگ مارن (Marl) و سنگ رسی (ClayStone) مشاهده شده است. در گمانه ماشینی BH-EL-6 و BH-EL-8 بعد از عبور از لایه خاک سطحی به ضخامت 50 سانتی متر توالی لایه های سنگی، سنگ رسی (ClayStone) و مارن (Marl) مشاهده شده است. در گمانه ماشینی BH-EL-7 پس از گذر از لایه ی 10 سانتی متر خاک سطحی، تا عمق 1/5 متر خاک ریز دانه رس با پلاستیسیته کم و در ادامه تا انتهای گمانه های ماشینی فوق الذکر توالی لایه های سنگی، سنگ رسی (ClayStone) و مارن (Marl) قرار دارد.
- حین انجام عملیات حفاری گمانه های ماشینی BH-EL-6, BH-EL-7, BH-EL-8 و BH-WH-9 تا عمق حداکثر 15 متر، سطح آب زیرزمینی مشاهده نشده است.
- به دلیل عدم مشاهده لایه های سست و نیمه متراکم ماسه ای اشباع و تراز آب زیرزمینی در گمانه های ماشینی این سایت همچنین مطابق با آیین نامه به علت بالا بودن ضربات SPT پتانسیل وقوع روانگرایی، منتفی است.
- جهت تعیین ضرائب زلزله، از ویرایش چهارم آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله (استاندارد 2800)، استفاده شده است. مطابق این آیین نامه، محل پروژه در محدوده با خطر نسبی زیاد قرار دارد که شتاب مبنای طرح معادل 0/3g معرفی شده است. براساس نتایج آزمایشات صحرایی SPT و بررسی های لایه های مشاهده شده در محل، آیین نامه ی استاندارد لرزه ای 2800 خاک منطقه مورد مطالعه در از نوع II می باشد.

8-2- توصیه فنی

- در اجرای شالوده ها می بایست کلیه اصول فنی از جمله اجرای صحیح درزهای اتصال سازه ای، مسطح بودن تراز شالوده در هنگام بتن ریزی، رعایت پوشش لازم بتنی و سایر موارد ایمنی رعایت شود. در محل هایی که جهت قرار گرفتن شالوده گودبرداری می گردد، متراکم نمودن خاک ضرورتی ندارد ولیکن لازم است قبل از بتن ریزی شالوده، بتن مگر (Lean Concrete) به ضخامت حداقل 10 سانتی متر در سریع ترین زمان بر روی سطح خاکبرداری شده ریخته شود.
- میزان نفوذپذیری در لایه های خاک متراکم و سنگ مشاهده شده در گمانه های ماشینی بسته ی BK-12 ناچیز می باشد.

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک فعالیت های رو زمینی در بسته های کاری تحت الارض تسهیلات برق رسانی و انجام اصلاحات مربوط به چاه تعمیری BK12																	
شماره پیمان:	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT- BK12 <table><tr><th>نسخه</th><th>سریال</th><th>نوع مدرک</th><th>رشته</th><th>تسهیلات</th><th>صادرکننده</th><th>بسته کاری</th><th>پروژه</th></tr><tr><td>D00</td><td>0001</td><td>RT</td><td>GT</td><td>110</td><td>PEDCO</td><td>BK12</td><td>BK</td></tr></table>	نسخه	سریال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادرکننده	بسته کاری	پروژه	D00	0001	RT	GT	110	PEDCO	BK12	BK	شماره صفحه : 48 از 49
نسخه	سریال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادرکننده	بسته کاری	پروژه											
D00	0001	RT	GT	110	PEDCO	BK12	BK											
053 - 073 - 9184																		

- به منظور جلوگیری از اثر فرسایشی رطوبت بر خاک زیر شالوده توصیه می گردد شیب بندی اطراف شالوده ها به نحوی اجرا شود که از تجمع و نفوذ آب های سطحی به زیر شالوده جلوگیری شود و چنانچه احتمال نفوذ آب از بالادست وجود دارد با طرح زهکش های مناسب از نفوذ آب به محدوده شالوده جلوگیری شود.
- لایه خاک سطحی به ضخامت حداکثر 50 سانتیمتر در محل گمانه های ماشینی مشاهده شده است. ضخامت این لایه خاک در پیمایش طولی گمانه های ماشینی در پیوست 1-2 ارائه شده است.
- با توجه به قرارگیری محل پروژه در سواحل خلیج فارس و نتایج آزمایش شیمیایی، براساس جدول 9-1-1 و ضوابط طرح مخلوط و خواص بتن برای شرایط محیطی در سواحل جنوبی کشور مبحث نهم مقررات ملی ساختمان همچنین برمبنای آیین نامه بتن ایران - آبا (نشریه 120-1400) سازه های بتن آرمه موجود، در رده سازه های بتنی در معرض نمک های زیاد موجود در هوا و بدون تماس مستقیم با آب دریا یا پاشش و مشابه سازه های نزدیک ساحل قرار دارند. در صورت رعایت حداقل ضخامت پوشش بتنی روی میلگردها و استفاده از مواد افزودنی شیمیایی و معدنی مناسب و اتخاذ سایر تدابیر حفاظتی ویژه به منظور افزایش پایداری بتن، سازه های بتن آرمه موجود، در رده سازه های بتنی در معرض نمک های کم موجود در هوا و مشابه سازه های دور از ساحل قرار می گیرند. با فرض استفاده از کاور و پوشش سطحی مناسب، پیشنهاد می گردد از سیمان پرتلند نوع II با مواد پوزولانی یا سرباره یا سیمان های آمیخته با حداقل مقدار مواد سیمانی 300 kg/m^3 (نسبت آب به سیمان نباید از 0/55 تجاوز کند) و حداقل رده ی بتن (مقاومت مشخصه) C25 استفاده شود. در نهایت نیز طرح اختلاط مصوب توسط شرکت ذی صلاح با در نظر گرفتن کلیه توصیه های آیین نامه جهت اجرای بتن با مقاومت مشخص باید در نظر گرفته شود. لازم است تا جهت انتخاب سیمان مناسب در بتن ریزی ها، موارد ذکر شده در آیین نامه بتن ایران (بتن ریزی در مناطق ساحلی خلیج فارس و دریای عمان) و سایر نشریات و دستورالعمل های مرتبط با این امر در سواحل جنوبی کشور مانند نشریات 428 و 434 سازمان تحقیقات مسکن و شهرسازی مدنظر قرار داشته باشد.

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک فعالیت های رو زمینی در بسته های کاری تحت الارض تسهیلات برق رسانی و انجام اصلاحات مربوط به چاه تعمیری BK12							
شماره پیمان: 053 – 073 – 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT- BK12							شماره صفحه : 49 از 49
	پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	
	BK	BK12	PEDCO	110	GT	RT	0001	
							D00	

فصل 9-

پیوست ها

پیوست ۱

تصاویر و مستندات پروژه



WH-09-CoreBox 1-Depth (0.0-4.0 m)



WH-09-CoreBox 2-Depth (4.0-8.0 m)



WH-09-CoreBox 3-Depth (8.0-12.0 m)



WH-09-CoreBox 4-Depth (12.0-15.0 m)



EL-06-CoreBox 1-Depth (0.0-3.0 m)



EL-07-CoreBox 1-Depth (0.0-3.0 m)



EL-08-CoreBox 1-Depth (0.0-3.0 m)

پیوست ۲

شرح پیمایش گمانه های ماشینی و مقاطع عرضی

پیوست ۱-۲

شرح پیمایش طولی گمانه های ماشینی



PROJECT NAME Binak-BK-12

PROJECT LOCATION Booshehr

GROUND ELEVATION

GROUND WATER LEVELS:

AT TIME OF DRILLING ---

AT END OF DRILLING ---

AFTER DRILLING ---

DEPTH (m)	GRAPHIC LOG	MATERIAL DESCRIPTION	SAMPLE TYPE NUMBER	RECOVERY % (RQD)	BLOW COUNTS (N VALUE)	POCKET PEN. (kPa)	DRY UNIT WT. (Mg/m ³)	MOISTURE CONTENT (%)	ATTERBERG LIMITS			FINES (%)								
									LIQUID LIMIT	PLASTIC LIMIT	PLASTICITY INDEX									
2		Fill Material	CR	(0)	45-67/0.03				1.81	9	45	16	29	94						
		Lean Clay, (CL) 2.3%gravel, 3.8%sand, 93.9%fines, brown, dry to moist, hard, with some gypsum particles	SS																	
		Lean Clay (completely weathered Marl), (CL) 4.1%gravel, 0.5%sand, 95.4%fines, brown, dry to moist, after 24 hours soaking in water the sample is classified as CL	CR	(0)						1.68	9	46	18	28	95					
4		Lean Clay (completely weathered Claystone), (CL) 5.4%gravel, 0.5%sand, 94.1%fines, reddish brown, dry to moist, after 24 hours soaking in water the sample is classified as CL	SS		67/0.09															
		Lean Clay (highly weathered Marl), (CL) 4.5%gravel, 10.2%sand, 85.2%fines, greenish gray, dry to moist, after 24 hours soaking in water the sample is classified as CL	CR	(0)													44	14	30	94
			SS		67/0.08															
6		SiltStone, (CL) 0.3%gravel, 11.8%sand, 87.9%fines, gray to white, dry to moist, highly weathered, after 24 hours soaking in water the sample is classified as CL, with some gypuse and calcsit layers	CR	(35)					1.89	8	38	14	24	85						
			UD	(50)					1.96	6	35	13	22	88						
			SS		67/0.04															
8		ClayStone, (CL) 5.2%gravel, 2.8%sand, 92%fines, brown, dry to moist, completely weathered, after 24 hours soaking in water the sample is classified as CL, with some gypuse particles	CR	(12)					1.93	4	38	14	24	97						
			SS		67/0.07															
10			CR	(0)					1.85	7	41	18	23	87						
			UD	(70)					1.88	7	38	14	24	94						
			SS		67/0.05															
12		SiltStone, (SC) 26.2%gravel, 41%sand, 32.8%fines, dark gray to brown, dry to moist, highly weathered, after 24 hours soaking in water the sample is classified as SC	UD	(87)																
14		Marl, (CL) 3.7%gravel, 8.3%sand, 88%fines, dark gray, dry to moist, moderately weathered, after 24 hours soaking in water the sample is classified as CL	UD	(65)																
			SS		67/0.06															
Bottom of borehole at 15.06 meters.			SS		67/0.06															



CLIENT _____ PROJECT NAME Binak-BK-12
 PROJECT NUMBER 589 PROJECT LOCATION Booshehr
 DATE STARTED _____ COMPLETED _____ GROUND ELEVATION _____ HOLE SIZE _____
 DRILLING CONTRACTOR Baran Geotechnics GROUND WATER LEVELS:
 DRILLING METHOD _____ AT TIME OF DRILLING ---
 LOGGED BY _____ CHECKED BY _____ AT END OF DRILLING ---
 NOTES X:440493 Y:3288742 AFTER DRILLING ---

DEPTH (m)	GRAPHIC LOG	MATERIAL DESCRIPTION	SAMPLE TYPE NUMBER	RECOVERY % (RQD)	BLOW COUNTS (N VALUE)	POCKET PEN. (kPa)	DRY UNIT WT. (Mg/m ³)	MOISTURE CONTENT (%)	ATTERBERG LIMITS			FINES (%)
									LIQUID LIMIT	PLASTIC LIMIT	PLASTICITY INDEX	
0.5		Fill Material										
1.0		Marl, (CL) 2.2%gravel, 2.7%sand, 95.2%finest, dark gray, dry to moist, completely weathered, after 24 hours soaking in water the sample is classified as CL	CR				1.84	6	47	22	25	95
1.5		ClayStone, (CL) 0.0%gravel, 1.5%sand, 98.5%finest, brown, dry to moist, completely to moderately weathered, after 24 hours soaking in water the sample is classified as CL	SS		67/0.07							
2.0		ClayStone, brown, dry to moist, highly weathered, with gypsum and calsit particles	SS		67/0.04							
2.5		ClayStone, (CL) 23.8%gravel, 10.8%sand, 65.4%finest, brown, dry to moist, completely weathered, after 24 hours soaking in water the sample is classified as CL, with gypsum and particles	CR				1.88	7	30	13	17	65
3.0			SS		67/0.05							
Bottom of borehole at 3.05 meters.												



PROJECT NAME Binak-BK-12

PROJECT LOCATION Booshehr

GROUND ELEVATION HOLE SIZE

GROUND WATER LEVELS:

AT TIME OF DRILLING ---

AT END OF DRILLING ---

AFTER DRILLING ---

DEPTH (m)	GRAPHIC LOG	MATERIAL DESCRIPTION	SAMPLE TYPE NUMBER	RECOVERY % (RQD)	BLOW COUNTS (N VALUE)	POCKET PEN. (kPa)	DRY UNIT WT. (Mg/m ³)	MOISTURE CONTENT (%)	ATTERBERG LIMITS			FINES (%)
									LIQUID LIMIT	PLASTIC LIMIT	PLASTICITY INDEX	
		Fill Material										
0.5		LeanClay, (CL) 2.0% gravel, 2.0% sand, 96%fines, light brown, dry to moist, hard										
1.0			CR				1.79	7	44	19	25	96
1.5			SS		67/0.08							
2.0		LeanClay, (completely to highly weathered Marl), (CL) 1.6%gravel, 2.6%sand, 95.8%fines, dark gray, dry to moist, after 24 hours soaking in water the sample is classified as CL	CR						45	21	24	96
2.5			SS		67/0.05							
3.0		ClayStone, (CL) 2.5%gravel, 2.9%sand, 94.6%fines, light brown, dry to moist, completely weathered, after 24 hours soaking in water the sample is classified as CL	CR				1.79	5	35	13	22	95
			SS		67/0.06							
Bottom of borehole at 3.06 meters.												



PROJECT NAME Binak-BK-12

PROJECT LOCATION Booshehr

GROUND ELEVATION HOLE SIZE

GROUND WATER LEVELS:

AT TIME OF DRILLING ---

AT END OF DRILLING ---

AFTER DRILLING ---

DEPTH (m)	GRAPHIC LOG	MATERIAL DESCRIPTION	SAMPLE TYPE NUMBER	RECOVERY % (RQD)	BLOW COUNTS (N VALUE)	POCKET PEN. (kPa)	DRY UNIT WT. (Mg/m ³)	MOISTURE CONTENT (%)	ATTERBERG LIMITS			FINES (%)
									LIQUID LIMIT	PLASTIC LIMIT	PLASTICITY INDEX	
0.5		Fill Material										
1.0		lean Clay (Completely Weathered Marl),(CL) 1.4%gravel, 2.6%sand, 96%fines, light gray, dry to moist, after 24 hours soaking in water the sample is classified as CL	CR				1.89	6	30	12	18	96
1.5			SS		67/0.08							
2.0		Gravelly lean Clay (Completely Weathered ClayStone), (CL) 33.5%gravel, 4.7%sand, 61.8%fines, brown, dry to moist, after 24 hours soaking in water the sample is classified as CL	CR				1.80	7	46	18	28	62
2.5			SS		67/0.05							
3.0		Marl, (CL) 2.6%gravel, 4.0%sand, 93.4%fines, brown, dry to moist, completely weathered, after 24 hours soaking in water the sample is classified as CL	CR						29	11	18	93
			SS		67/0.06							
Bottom of borehole at 3.06 meters.												



CLIENT _____

PROJECT NAME Binak-BK-12PROJECT NUMBER 589PROJECT LOCATION Booshehr**LITHOLOGIC SYMBOLS****(Unified Soil Classification System)**

MARL: Marl



CLAYSTONE: Claystone(CL)



SILTSTONE: Siltstone



TOPSOIL: Fillmaterial

SAMPLER SYMBOLS

Core Sample



Split Spoon



Undisturbed Sample

WELL CONSTRUCTION SYMBOLS**ABBREVIATIONS**

LL - LIQUID LIMIT (%)
PI - PLASTIC INDEX (%)
W - MOISTURE CONTENT (%)
DD - DRY DENSITY (PCF)
NP - NON PLASTIC
-200 - PERCENT PASSING NO. 200 SIEVE
PP - POCKET PENETROMETER (TSF)

TV - TORVANE
PID - PHOTOIONIZATION DETECTOR
UC - UNCONFINED COMPRESSION
ppm - PARTS PER MILLION

▽ Water Level at Time
Drilling, or as Shown

▼ Water Level at End of
Drilling, or as Shown

▽ Water Level After 24
Hours, or as Shown

پیوست ۳

آزمایشات صحرایی



Geoelectrical Resistivity Test

CLIENT _____

PROJECT NAME _____

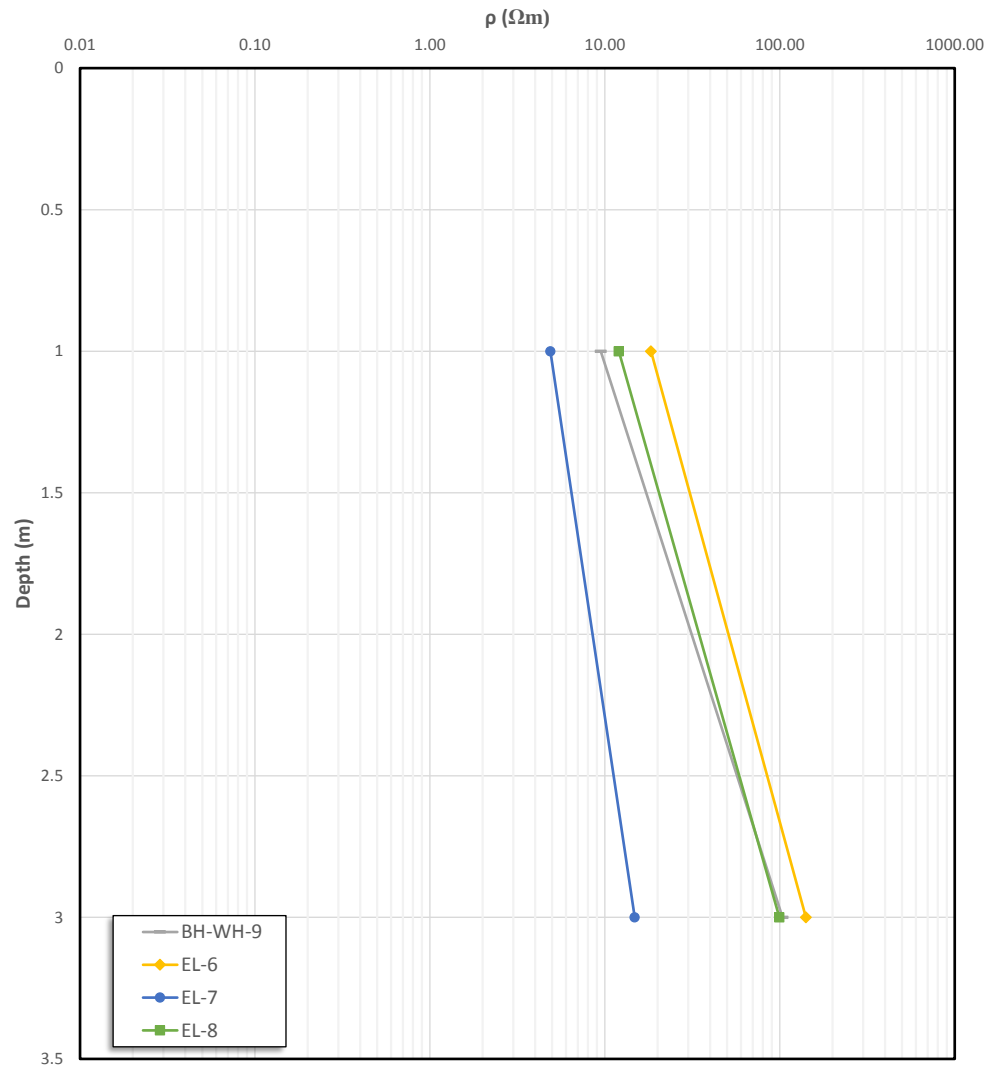
مطالعات ژئوتکنیک بینک

PROJECT NUMBER 589

PROJECT LOCATION _____

بوشهر

Variation of Apparant Electrical Resistivity in BK-12



پیوست ۲-۳

آزمایش بارگذاری صفحه

Plate Load Test Results

Client:

Consultant:

Project:

شرکت مهندسين مشاور باران خاک و پی
مطالعات ژئوتکنیک پروژه نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی
بینک

Plate dimension:

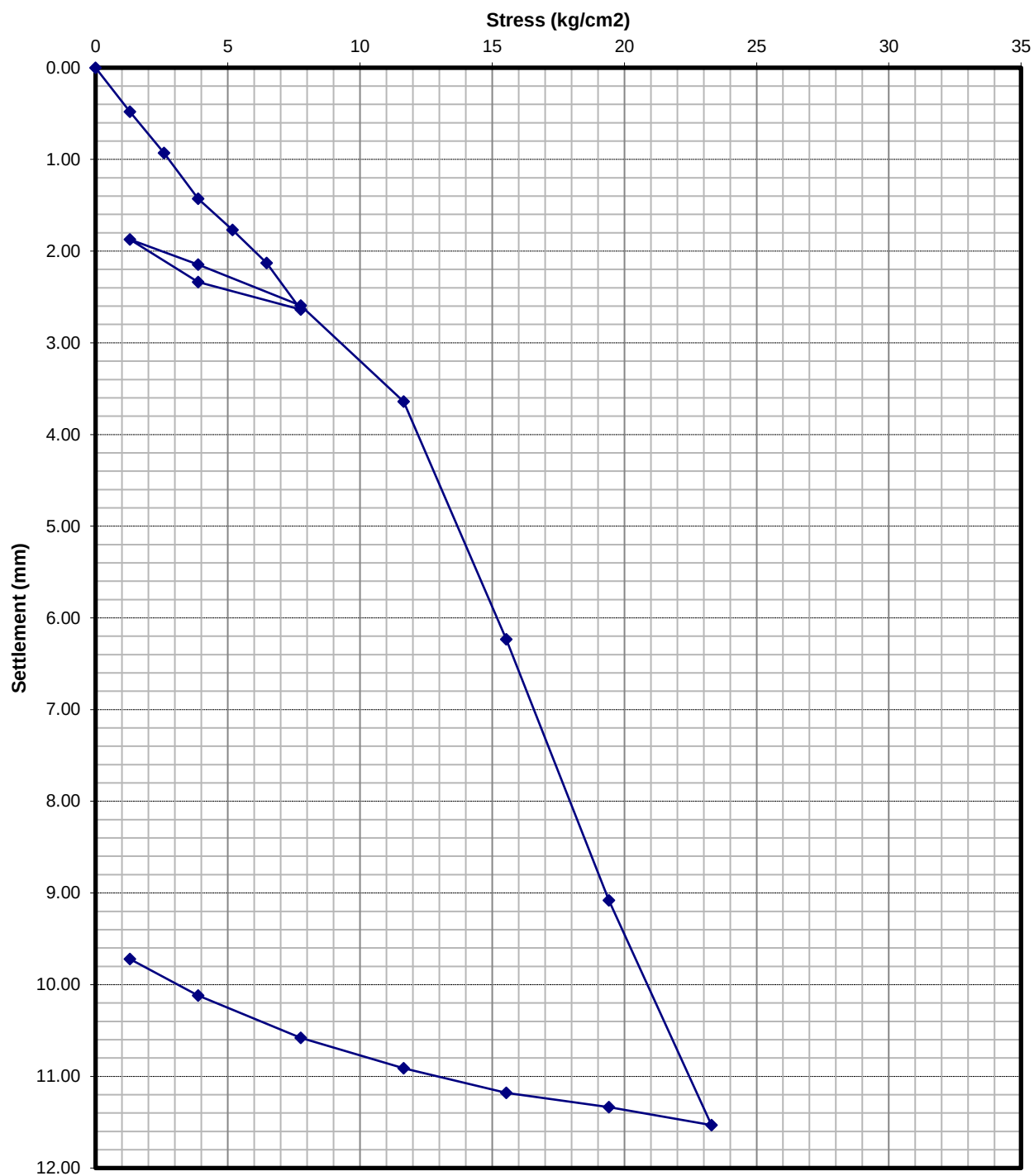
30 cm

Testpit No.:

BK-12 (BH-WH-9)

Depth:

1.0 m



پیوست ۳-۳

آزمایش CBR



Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Soils in Place (ASTM D4429)

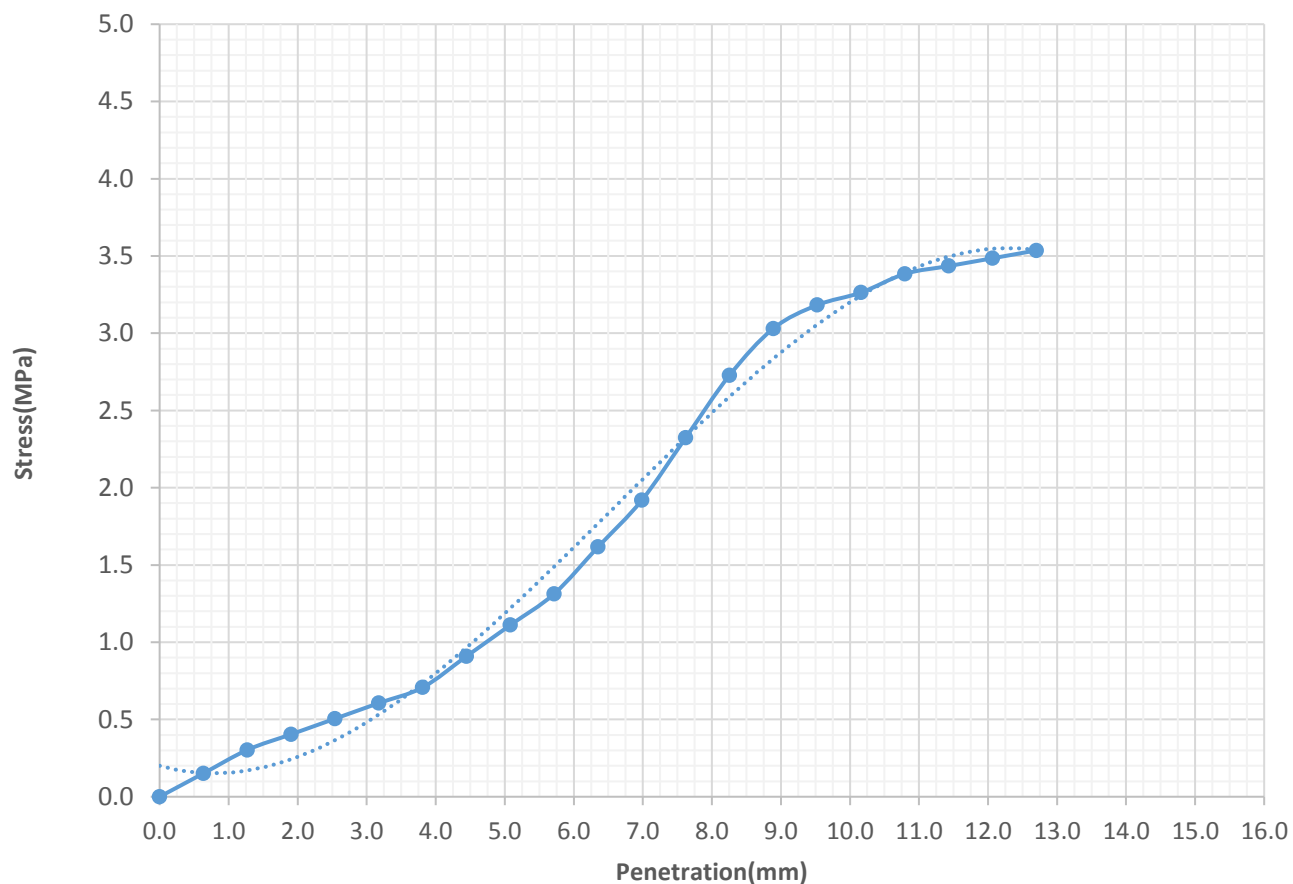
Project Name:

مطالعات ژئوتکنیک پروژه نگهداشت و افزایش تولید میدان
نفی بینک

Location: BK-12

Client:

Depth: 0.0 cm



CBR VALUE:

Penetration-2.54 mm

7.3

%

Penetration-5.08 mm

10.8

%

پیوست ۳-۴

آزمایش اندازه گیری دمای خاک

Soil Temperature Measurement



Client:

Project:

مطالعات ژئوتکنیک پروژه بینک

Date:

2-8 Feb 2022 / 7 June 2022

Site:

بوشهر

NO.	Date	Location	Time	Depth (m)	Temperature (°C)
EL-6	2-8 Feb 2022	X: 440493 Y: 3288742	7:00 AM	1	21
			12:00 PM	1	24
			7:00 PM	1	22.3
EL-7	2-8 Feb 2022	X: 440793 Y: 3288510	7:00 AM	1	20
			12:00 PM	1	23.1
			7:00 PM	1	21.5
EL-8	7-Jun-22	X: 440607 Y: 3288524	7:00 AM	1	41.8
			12:00 PM	1	45.6
			7:00 PM	1	43.3
BH-WH-9	7-Jun-22	X: 440692 Y: 3288580	7:00 AM	1	41.6
			12:00 PM	1	44.7
			7:00 PM	1	42.3

پیوست ۴

آزمایشات آزمایشگاهی و مقادیر پیشنهادی

پارامترهای فیزیکی و مکانیکی خاک طبیعی

پیوست ۱-۴

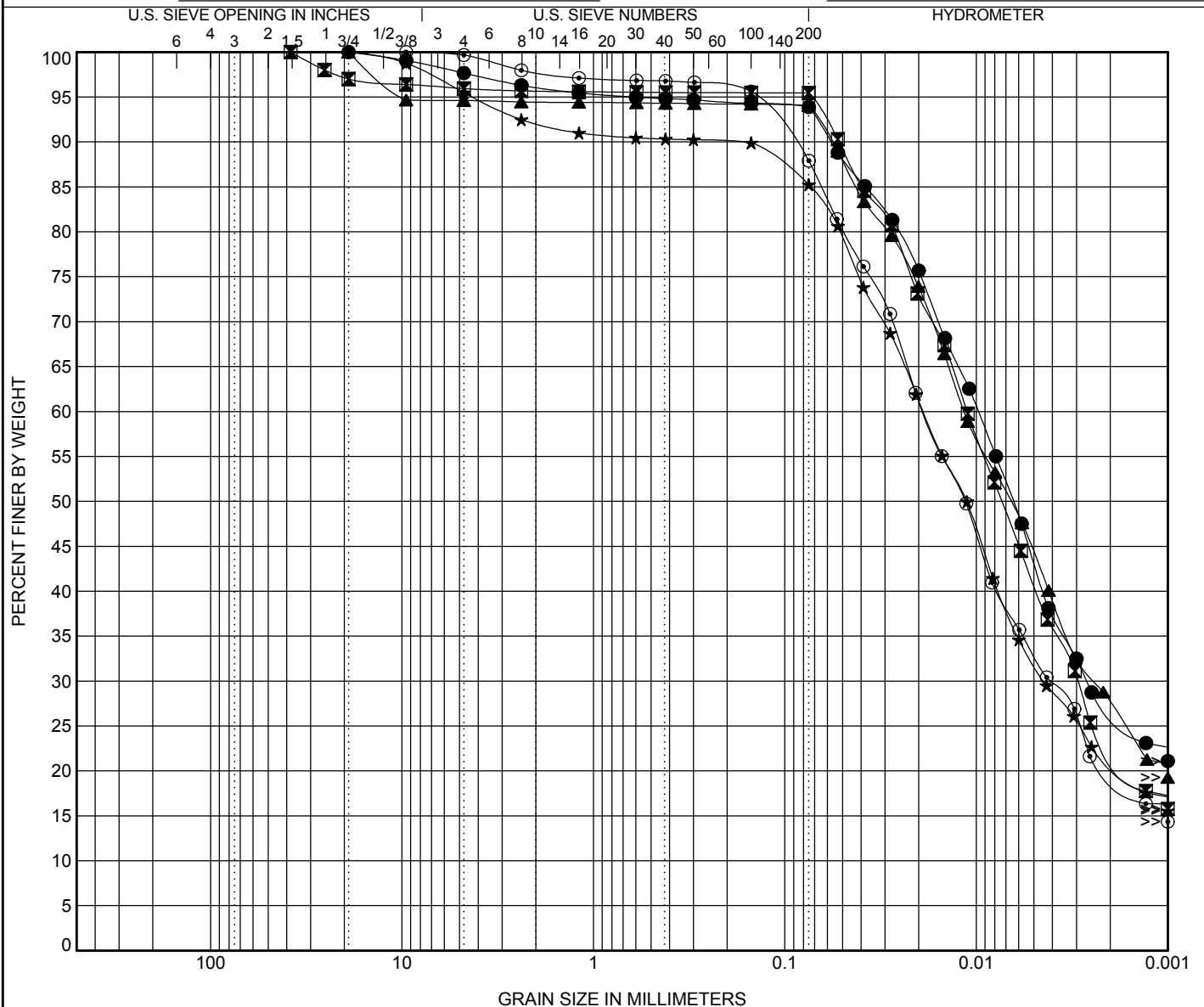
آزمایش دانه بندی



Barangeotechnics

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

CLIENT _____

PROJECT NAME Binak-BK-12PROJECT NUMBER 589PROJECT LOCATION Booshehr



Barangeotechnics

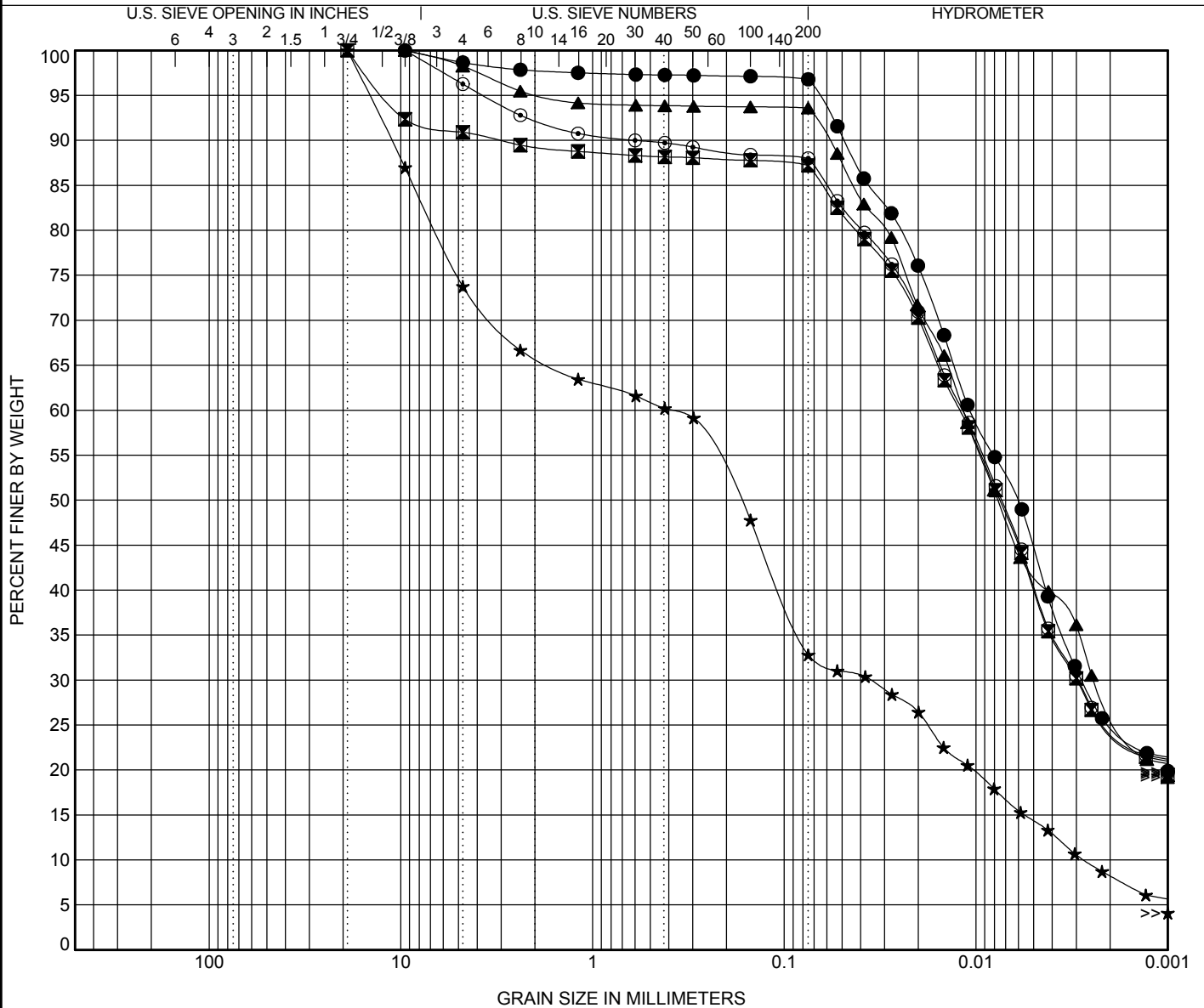
GRAIN SIZE DISTRIBUTION

CLIENT

PROJECT NAME Binak-BK-12

PROJECT NUMBER 589

PROJECT LOCATION Booshehr



COBBLES	GRAVEL		SAND			SILT OR CLAY
	coarse	fine	coarse	medium	fine	

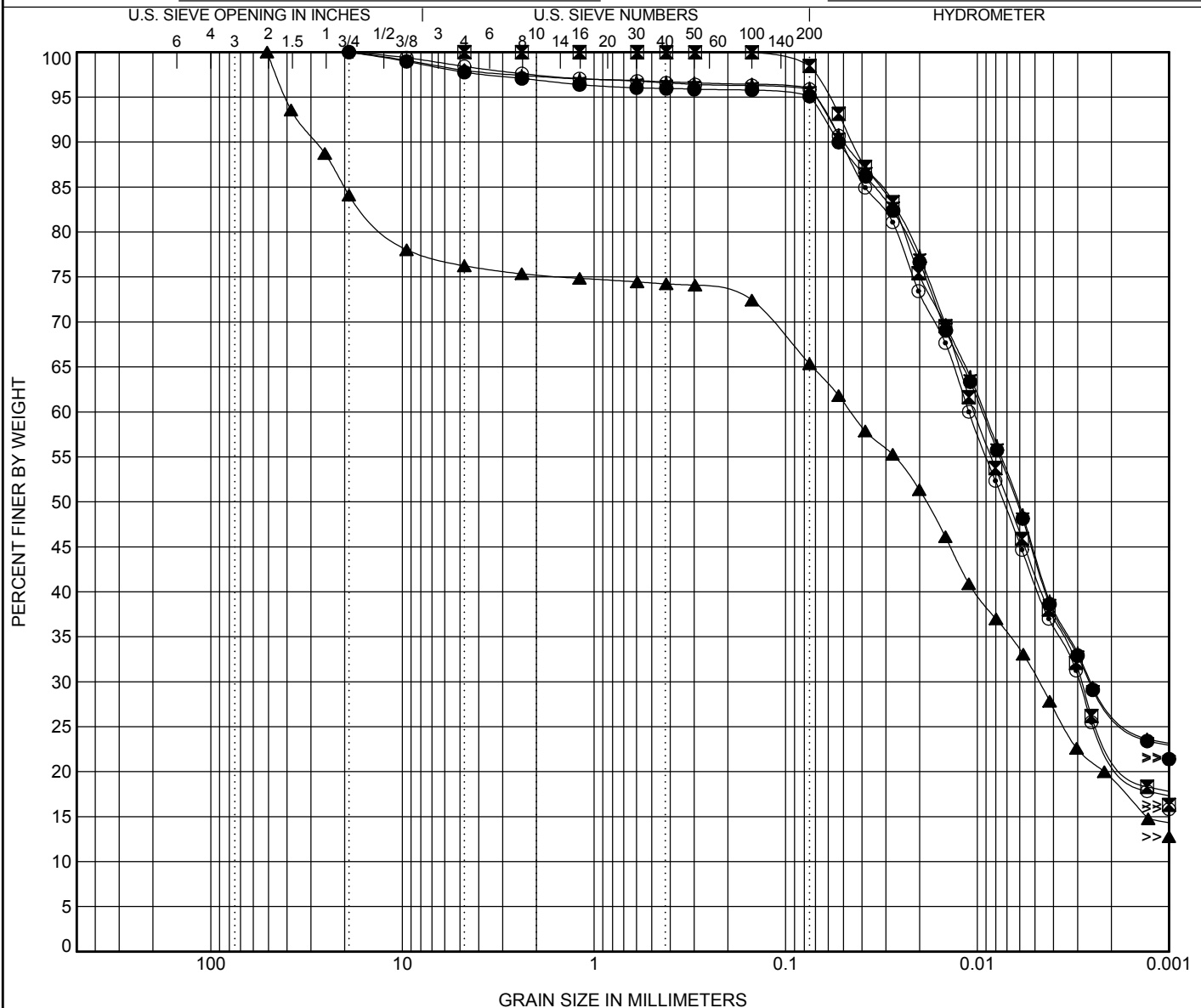
Borehole	Depth	Classification				LL	PL	PI	Cc	Cu
● BH-WH-9	7.50	LEAN CLAY(CI)				38	14	24		
☒ BH-WH-9	9.50	LEAN CLAY(CI)				41	18	23		
▲ BH-WH-9	10.37	LEAN CLAY(CI)				38	14	24		
★ BH-WH-9	11.38	CLAYEY SAND with GRAVEL(SC)				24	4	20	1.19	144.04
◎ BH-WH-9	14.00	LEAN CLAY(CI)				37	13	24		
Borehole	Depth	D100	D60	D30	D10	%Gravel	%Sand	%Silt	%Clay	
● BH-WH-9	7.50	9.51	0.011	0.003		1.3	1.9	71.7	25.1	
☒ BH-WH-9	9.50	19	0.012	0.003		9.1	3.7	62.3	24.9	
▲ BH-WH-9	10.37	9.51	0.012	0.002		1.7	4.7	66.2	27.4	
★ BH-WH-9	11.38	19	0.392	0.036	0.003	26.2	41.0	24.6	8.2	
◎ BH-WH-9	14.00	9.51	0.012	0.003		3.7	8.3	62.9	25.1	



Barangeotechnics

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

CLIENT _____

PROJECT NAME Binak-BK-12PROJECT NUMBER 589PROJECT LOCATION Booshehr

COBBLES	GRAVEL		SAND			SILT OR CLAY
	coarse	fine	coarse	medium	fine	

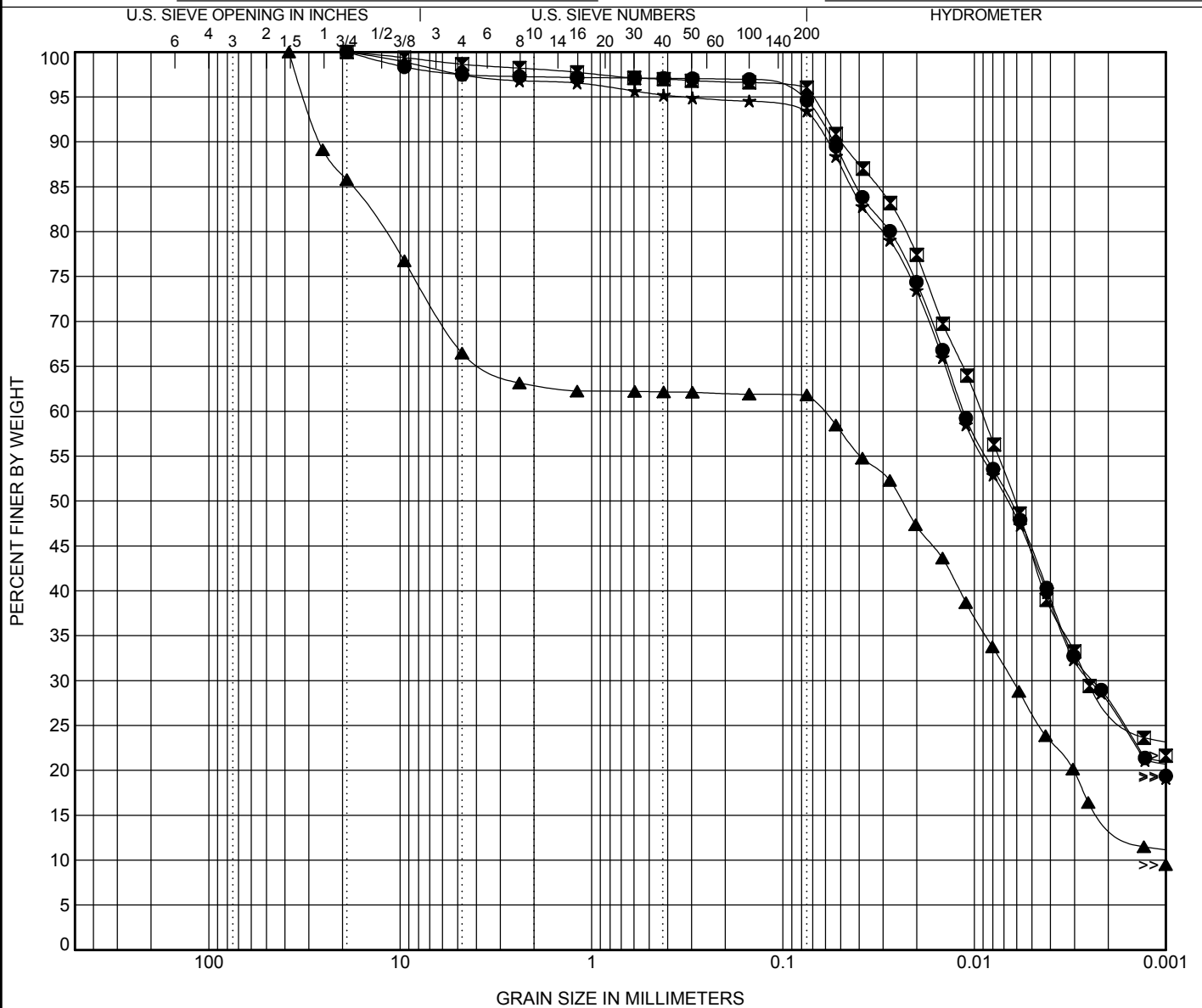
Borehole	Depth	Classification				LL	PL	PI	Cc	Cu
● EL-6	0.50	LEAN CLAY(CI)				47	22	25		
☒ EL-6	1.53	LEAN CLAY(CI)				31	10	21		
▲ EL-6	2.50	GRAVELLY LEAN CLAY(CI)				30	13	17		
★ EL-7	0.50	LEAN CLAY(CI)				44	19	25		
◎ EL-7	1.50	LEAN CLAY(CI)				45	21	24		
Borehole	Depth	D100	D60	D30	D10	%Gravel	%Sand	%Silt	%Clay	
● EL-6	0.50	19	0.009	0.003		2.2	2.7	68.0	27.2	
☒ EL-6	1.53	4.75	0.01	0.003		0.0	1.5	75.1	23.4	
▲ EL-6	2.50	50.8	0.046	0.005		23.8	10.9	46.2	19.2	
★ EL-7	0.50	19	0.009	0.003		2.0	2.0	68.6	27.4	
◎ EL-7	1.50	19	0.011	0.003		1.6	2.6	73.1	22.8	



Barangeotechnics

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

CLIENT _____

PROJECT NAME Binak-BK-12PROJECT NUMBER 589PROJECT LOCATION Booshehr

COBBLES	GRAVEL		SAND			SILT OR CLAY
	coarse	fine	coarse	medium	fine	

Borehole	Depth	Classification				LL	PL	PI	Cc	Cu
● EL-7	2.50	LEAN CLAY(CI)				35	13	22		
▣ EL-8	0.50	LEAN CLAY(CI)				30	12	18		
▲ EL-8	1.50	GRAVELLY LEAN CLAY(CI)				46	18	28	3.38	325.67
★ EL-8	2.50	LEAN CLAY(CL)				29	11	18		
Borehole	Depth	D100	D60	D30	D10	%Gravel	%Sand	%Silt	%Clay	
● EL-7	2.50	19	0.011	0.002		2.5	2.9	66.9	27.8	
▣ EL-8	0.50	19	0.009	0.003		1.4	2.6	68.6	27.4	
▲ EL-8	1.50	38.1	0.062	0.006	0	33.5	4.7	47.1	14.7	
★ EL-8	2.50	19	0.012	0.002		2.6	4.0	66.0	27.4	

پیوست ۲-۴

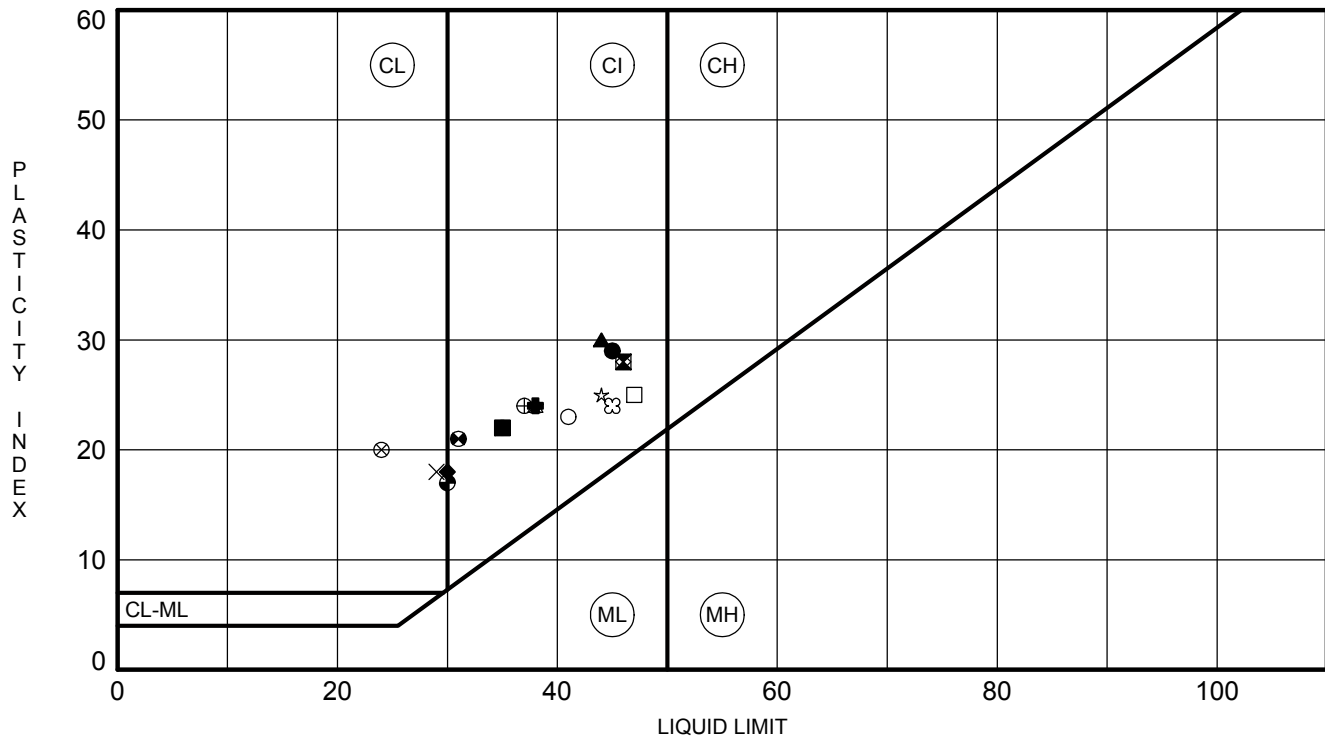
آزمایش حدود اتربرگ



Barangeotechnics

ATTERBERG LIMITS' RESULTS

CLIENT _____

PROJECT NAME Binak-BK-12PROJECT NUMBER 589PROJECT LOCATION Booshehr

Borehole	Depth	LL	PL	PI	Fines	Classification
● BH-WH-9	0.50	45	16	29	94	LEAN CLAY(CI)
⊠ BH-WH-9	1.50	46	18	28	95	LEAN CLAY(CI)
▲ BH-WH-9	2.50	44	14	30	94	LEAN CLAY(CI)
★ BH-WH-9	4.50	38	14	24	85	LEAN CLAY(CI)
⊙ BH-WH-9	5.00	35	13	22	88	LEAN CLAY(CI)
⊕ BH-WH-9	7.50	38	14	24	97	LEAN CLAY(CI)
○ BH-WH-9	9.50	41	18	23	87	LEAN CLAY(CI)
△ BH-WH-9	10.37	38	14	24	94	LEAN CLAY(CI)
⊗ BH-WH-9	11.38	24	4	20	33	CLAYEY SAND with GRAVEL(SC)
⊕ BH-WH-9	14.00	37	13	24	88	LEAN CLAY(CI)
□ EL-6	0.50	47	22	25	95	LEAN CLAY(CI)
● EL-6	1.53	31	10	21	98	LEAN CLAY(CI)
● EL-6	2.50	30	13	17	65	GRAVELLY LEAN CLAY(CI)
★ EL-7	0.50	44	19	25	96	LEAN CLAY(CI)
⊗ EL-7	1.50	45	21	24	96	LEAN CLAY(CI)
■ EL-7	2.50	35	13	22	95	LEAN CLAY(CI)
◆ EL-8	0.50	30	12	18	96	LEAN CLAY(CI)
◇ EL-8	1.50	46	18	28	62	GRAVELLY LEAN CLAY(CI)
× EL-8	2.50	29	11	18	93	LEAN CLAY(CL)

ATTERBERG LIMITS 14010321-589-BINAK-BK-12-REV00.GPJ GINT STD CANADA LAB.GDT 6/11/22

پیوست ۳-۴

آزمایش دانسیته و درصد رطوبت



Barangeotechnics

SUMMARY OF LABORATORY RESULTS

CLIENT _____

PROJECT NAME Binak-BK-12PROJECT NUMBER 589PROJECT LOCATION Booshehr

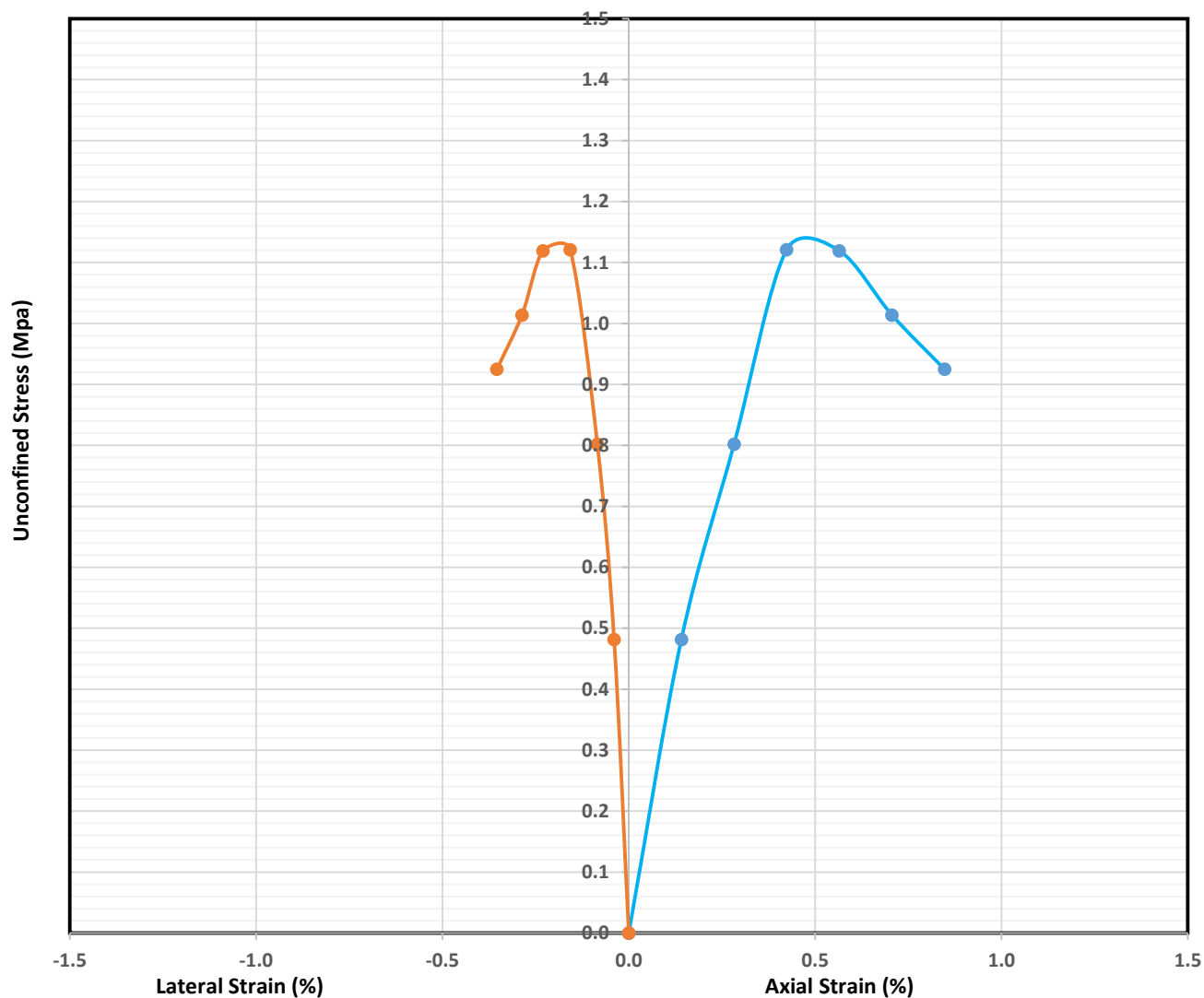
Sheet 1 of 1

Borehole	Depth	Liquid Limit	Plastic Limit	Plasticity Index	Maximum Size (mm)	%<0.075 Sieve	Classification	Water Content (%)	Dry Density (Mg/m ³)	Saturation (%)	Void Ratio
BH-WH-9	0.5	45	16	29	19	94	CI	8.9	1.81		
BH-WH-9	1.5	46	18	28	38.1	95	CI	9.3	1.68		
BH-WH-9	2.5	44	14	30	19	94	CI				
BH-WH-9	4.5	38	14	24	19	85	CI	7.5	1.89		
BH-WH-9	5.0	35	13	22	9.51	88	CI	6.1	1.96		
BH-WH-9	7.5	38	14	24	9.51	97	CI	4.4	1.93		
BH-WH-9	9.5	41	18	23	19	87	CI	7.3	1.85		
BH-WH-9	10.4	38	14	24	9.51	94	CI	6.8	1.88		
BH-WH-9	11.4	24	4	20	19	33	SC				
BH-WH-9	14.0	37	13	24	9.51	88	CI				
EL-6	0.5	47	22	25	19	95	CI	5.7	1.84		
EL-6	1.5	31	10	21	4.75	98	CI	5.1	1.90		
EL-6	2.5	30	13	17	50.8	65	CI	6.8	1.88		
EL-7	0.5	44	19	25	19	96	CI	6.6	1.79		
EL-7	1.5	45	21	24	19	96	CI				
EL-7	2.5	35	13	22	19	95	CI	5.3	1.79		
EL-8	0.5	30	12	18	19	96	CI	5.5	1.89		
EL-8	1.5	46	18	28	38.1	62	CI	6.5	1.80		
EL-8	2.5	29	11	18	19	93	CL				

پیوست ۴-۴

آزمایش تک محوری سنگ

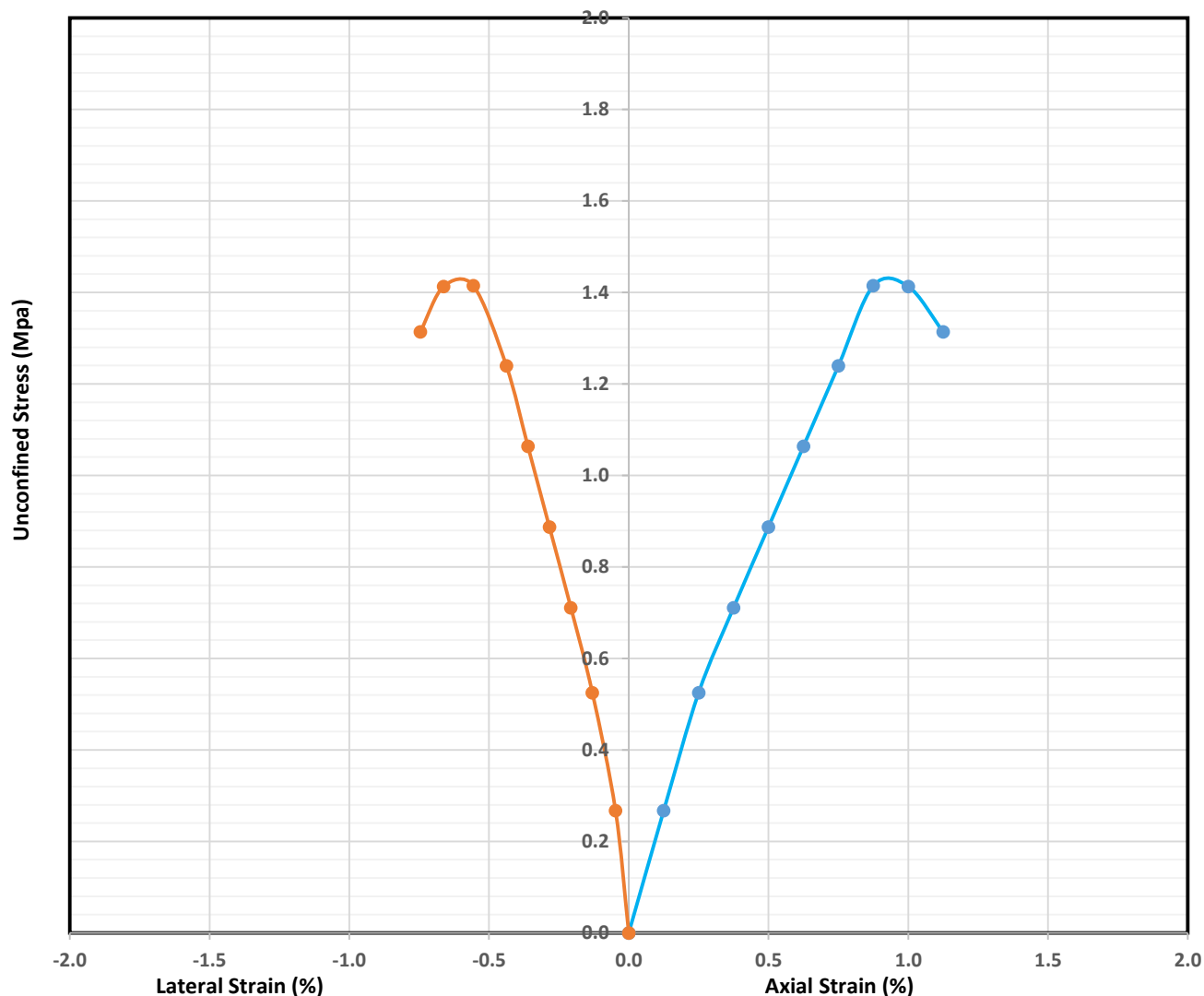
CLIENT _____ PROJECT NAME مطالعات ژئوتکنیک پروژه بینک
PROJECT NUMBER 589 PROJECT LOCATION بوشهر



Sample Specification		Initial Condition	
Borehole ID:	BH-EL-06	Bulk Density (kN/m ³):	20.03
Depth (m):	1.53-1.9	Dry Density (kN/m ³):	19.06
L (cm):	17.70	Moisture Content (%):	5.1
D (cm):	8.90	Strain Rate (%Per min.):	1.00

Test Results	
Unconfined Compressive Strength(MPa):	1.1

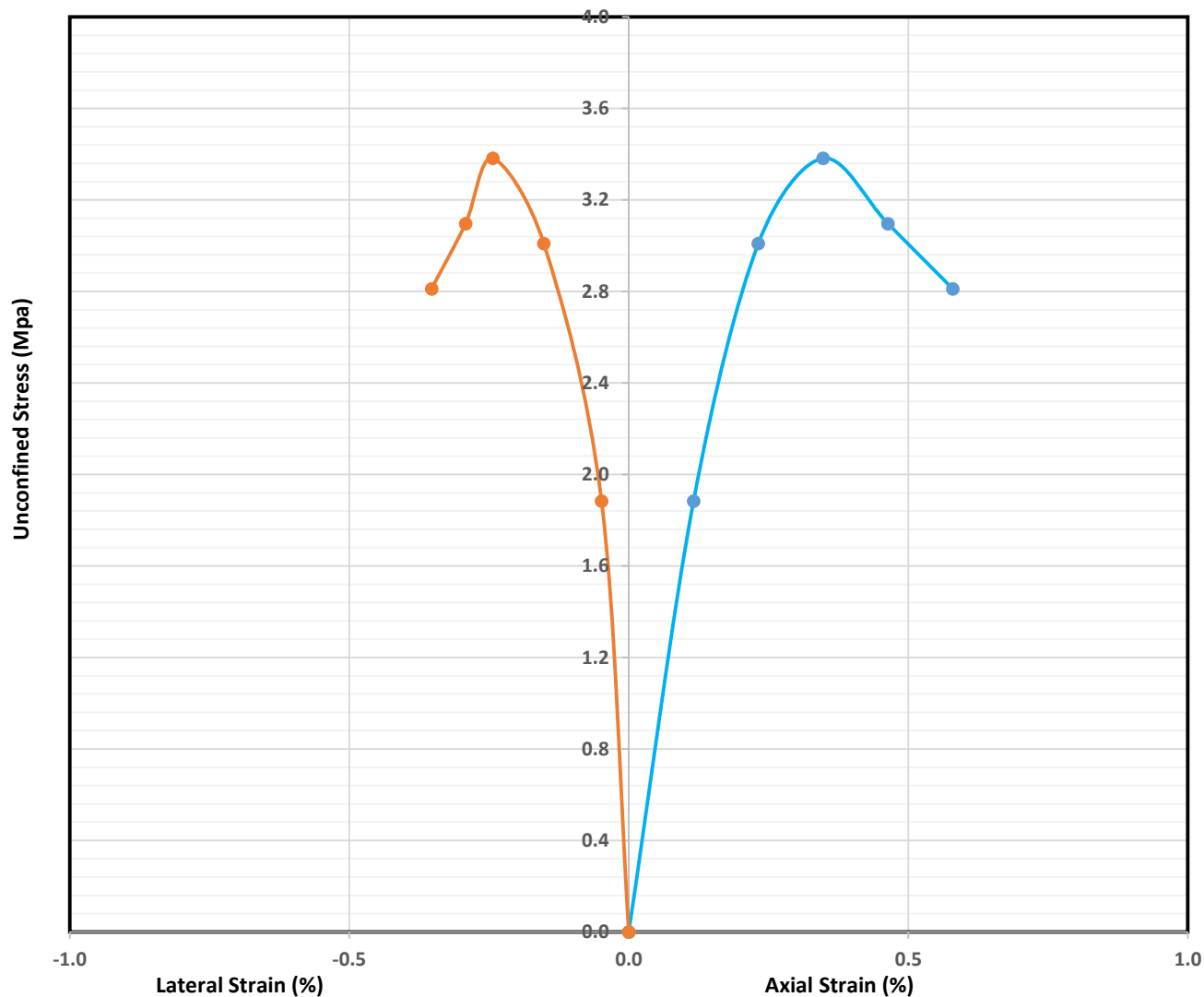
CLIENT _____ PROJECT NAME _____ مطالعات ژئوتکنیک پروژه بینک
PROJECT NUMBER 589 PROJECT LOCATION _____ بوشهر



Sample Specification		Initial Condition	
Borehole ID:	BH-WH-09	Bulk Density (kN/m ³):	20.93
Depth (m):	5.0-5.3	Dry Density (kN/m ³):	19.71
L (cm):	20.00	Moisture Content (%):	6.2
D (cm):	8.45	Strain Rate (%Per min.):	1.00

Test Results	
Unconfined Compressive Strength(MPa):	1.4

CLIENT _____ PROJECT NAME مطالعات ژئوتکنیک پروژه بینک
PROJECT NUMBER 589 PROJECT LOCATION بوشهر



Sample Specification		Initial Condition	
Borehole ID:	BH-WH-09	Bulk Density (kN/m ³):	20.16
Depth (m):	10.37-10.7	Dry Density (kN/m ³):	18.88
L (cm):	21.57	Moisture Content (%):	6.8
D (cm):	8.22	Strain Rate (%Per min.):	1.00

Test Results	
Unconfined Compressive Strength(MPa):	3.4

پیوست ۴-۵

آزمایش بار نقطه ای

Point Load Test Result

Project Name: مطالعات ژئوتکنیک پروژه بینک

Client :

Project No.: 589



Borehole No.	Depth (m)	Load (kgf)	W (mm)	D (mm)	Is (Mpa.)	F	I ₅₀ (Mpa.)	UCT (approximately) (Mpa.)
BH-EL-07	2.5-3.0	44	83.2	86.2	0.05	1.28	0.06	1.35
BH-EL-08	2.5-3.0	35	82	81	0.04	1.24	0.05	1.13
BH-WH-09	11.38-11.65	190	82.8	82	0.22	1.25	0.27	6.04
BH-WH-09	14.0-14.30	100	81.6	83	0.12	1.26	0.15	3.20

Note:

$$D_e = 4A / \pi$$

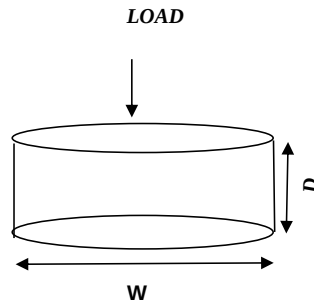
$$A = WD$$

$$Is = \text{Calibrated Load/Area}$$

$$F = (D/50)^{0.45}$$

$$I_{50} = Is * F$$

$$UCT \approx I_{50} * 22$$



پیوست ۴-۶

آزمایش برش مستقیم



Direct Shear Test

CLIENT

PROJECT NAME

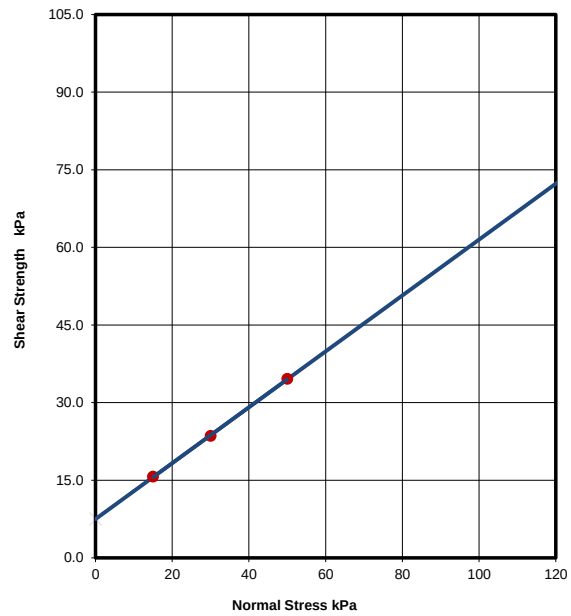
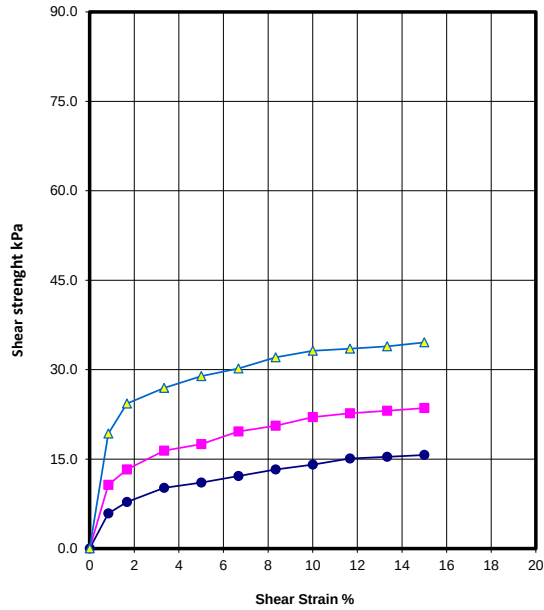
مطالعات ژئوتکنیک پروژه بینک

PROJECT NUMBER

589

PROJECT LOCATION

بوشهر



Borehole ID:	BH-EL-6	Sample Type:	Remolded
Sample Depth (m):	0.5-1.0	Test Type:	Slow

Sample Specification				Sample Condition Before Test				Sample Condition After Test			
Sample No.:	1	2	3	Sample No.:	1	2	3	Sample No.:	1	2	3
Height (cm):	2.2	2.2	2.2	Moisture (%):	5.7	5.9	5.9	Moisture (%):	13.8	14.0	14.5
B*L (cm*cm):	6*6	6*6	6*6	Saturation (%):	33.49	34.19	34.72	Saturation (%):	81.57	81.02	85.40
γ_d (kN/m ³):	18.31	18.18	18.31	Void Ratio:	0.45	0.46	0.45	Void Ratio:	0.45	0.46	0.45

Test Results	
C (kPa):	7.50
ϕ (Degree):	28.4



Direct Shear Test

CLIENT

PROJECT NAME

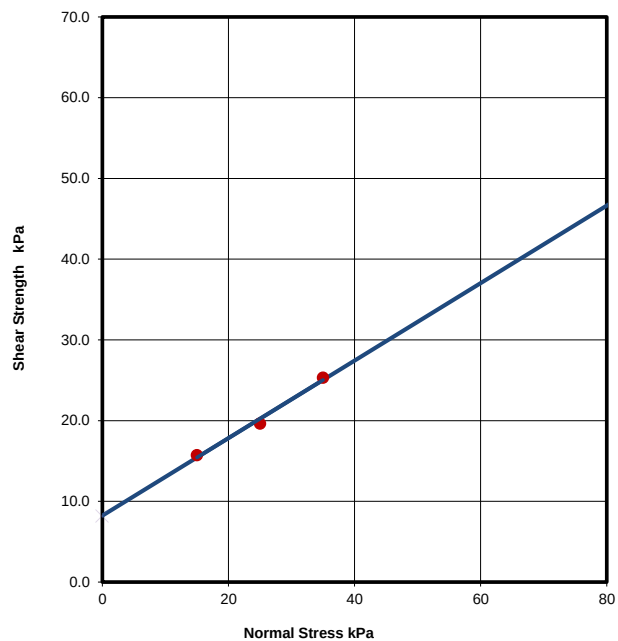
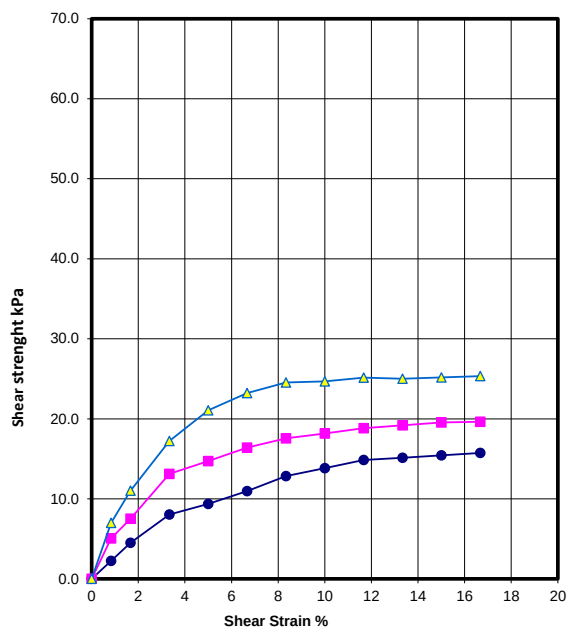
مطالعات ژئوتکنیک پروژه بینک

PROJECT NUMBER

589

PROJECT LOCATION

بوشهر



Borehole ID:	BH-EL-7	Sample Type:	Remolded
Sample Depth (m):	0.5-1.0	Test Type:	Slow

Sample Specification				Sample Condition Before Test				Sample Condition After Test			
Sample No.:	1	2	3	Sample No.:	1	2	3	Sample No.:	1	2	3
Height (cm):	2.2	2.2	2.2	Moisture (%):	6.6	6.7	6.6	Moisture (%):	15.4	15.3	15.2
B*L (cm*cm):	6*6	6*6	6*6	Saturation (%):	35.81	37.36	35.85	Saturation (%):	94.48	93.12	92.94
γ_d (kN/m ³):	17.83	17.99	17.65	Void Ratio:	0.49	0.47	0.49	Void Ratio:	0.43	0.44	0.43

Test Results

C (kPa): 8.23

ϕ (Degree): 26



CLIENT

PROJECT NAME

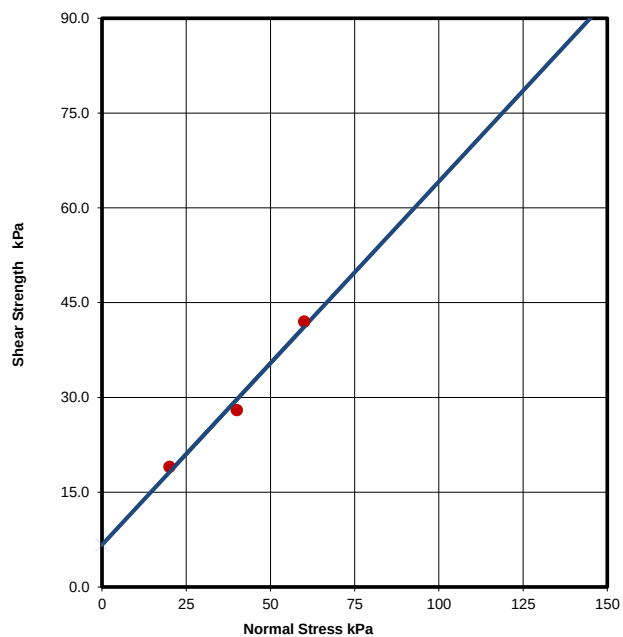
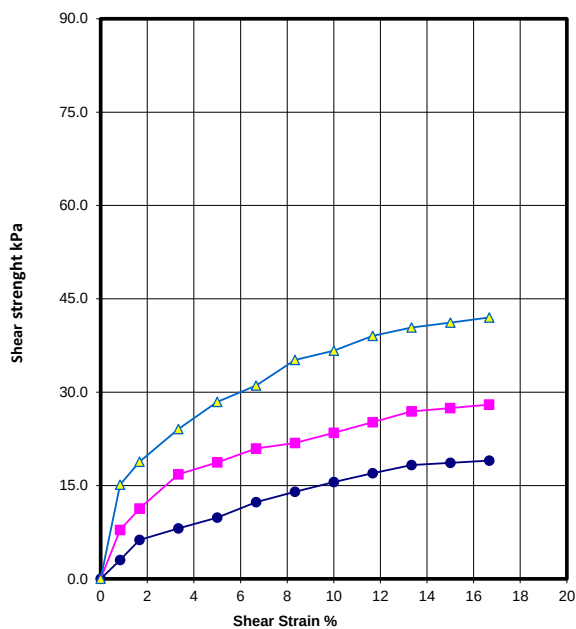
مطالعات ژئوتکنیک پروژه بینک

PROJECT NUMBER

589

PROJECT LOCATION

بوشهر



Borehole ID:	BH-EL-8	Sample Type:	Remolded
Sample Depth (m):	0.5-1.0	Test Type:	Slow

Sample Specification				Sample Condition Before Test				Sample Condition After Test			
Sample No.:	1	2	3	Sample No.:	1	2	3	Sample No.:	1	2	3
Height (cm):	2.2	2.2	2.2	Moisture (%):	5.4	5.7	5.6	Moisture (%):	12.9	11.7	12.5
B*L (cm*cm):	6*6	6*6	6*6	Saturation (%):	34.82	37.31	36.06	Saturation (%):	81.91	81.03	86.28
γ_d (kN/m ³):	18.81	18.88	18.85	Void Ratio:	0.41	0.40	0.41	Void Ratio:	0.42	0.38	0.38

Test Results

C (kPa): 6.7

 ϕ (Degree): 30

پیوست ۷-۴
آزمایش کشش برزیلی

Splitting Tensile Strength Test Results (Brazilian Test)



Project:

مطالعات ژئوتکنیک پروژه بینک

Client:

PROJECT NUMBER:

589

Borehole No.	Depth	D	H	P	Tensile Strength
		mm	mm	N	MPa
BH-WH-09	4.5-5.0	84.0	49.4	3000	0.46

پیوست ۴-۸
آزمایش شیمیایی



Chemical Test –BK-12 Soil

BH No:	Depth (m)	SO ₄ ⁻² (in Water) (%)	SO ₄ ⁻² (Total) (%)	CL ⁻ (%)	pH at 25° c
		(BS1377)	(BS1377)	(BS1377)	(ASTM4972)
EL -6	0.50	0.31	0.43	0.22	8.1
EL -6	1.53	0.35	0.39	0.19	8.0
EL-7	1.50	0.42	0.49	0.12	8.1
BH-WH-9	1.50	0.39	0.54	0.11	8.2
BH-WH-9	4.50	0.41	0.53	0.15	8.0
BH-WH-9	9.50	0.38	0.46	0.21	8.1

پیوست ۴-۹

مقادیر پیشنهادی پارامترهای فیزیکی و مکانیکی خاک طبیعی

مقادیر پیشنهادی پارامترهای فیزیکی و مکانیکی لایه‌های خاک و سنگ طبیعی - BK-12

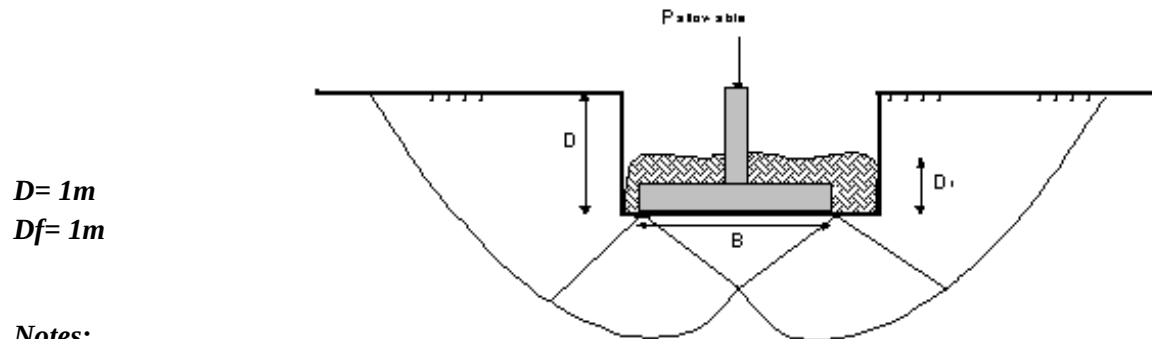
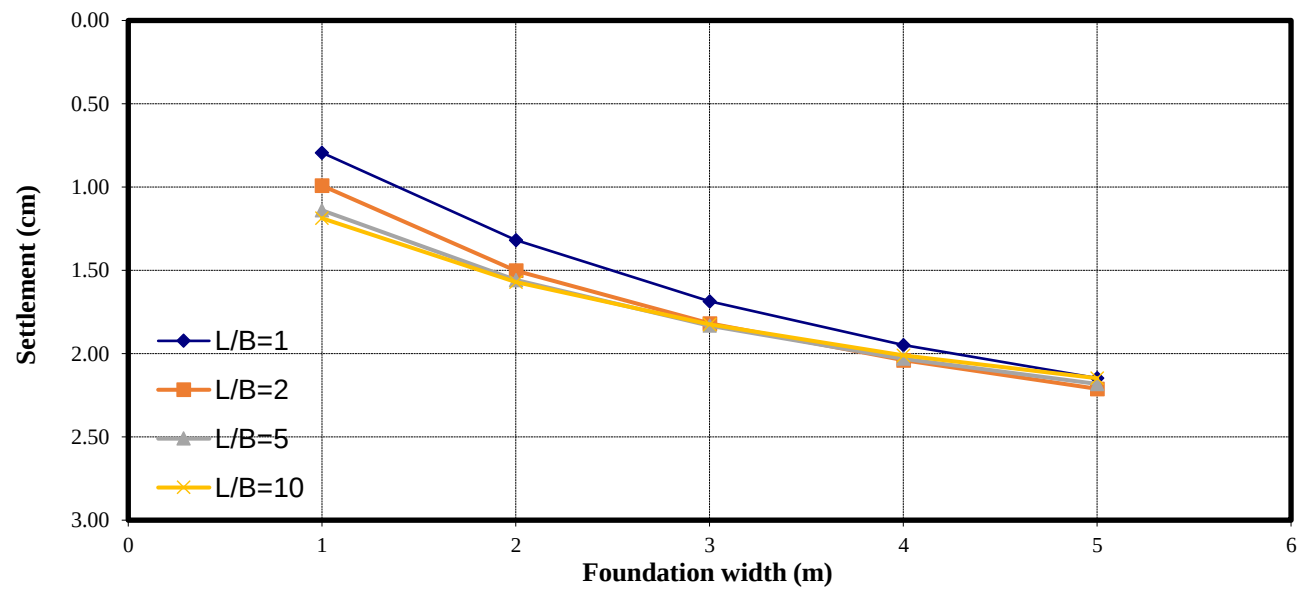
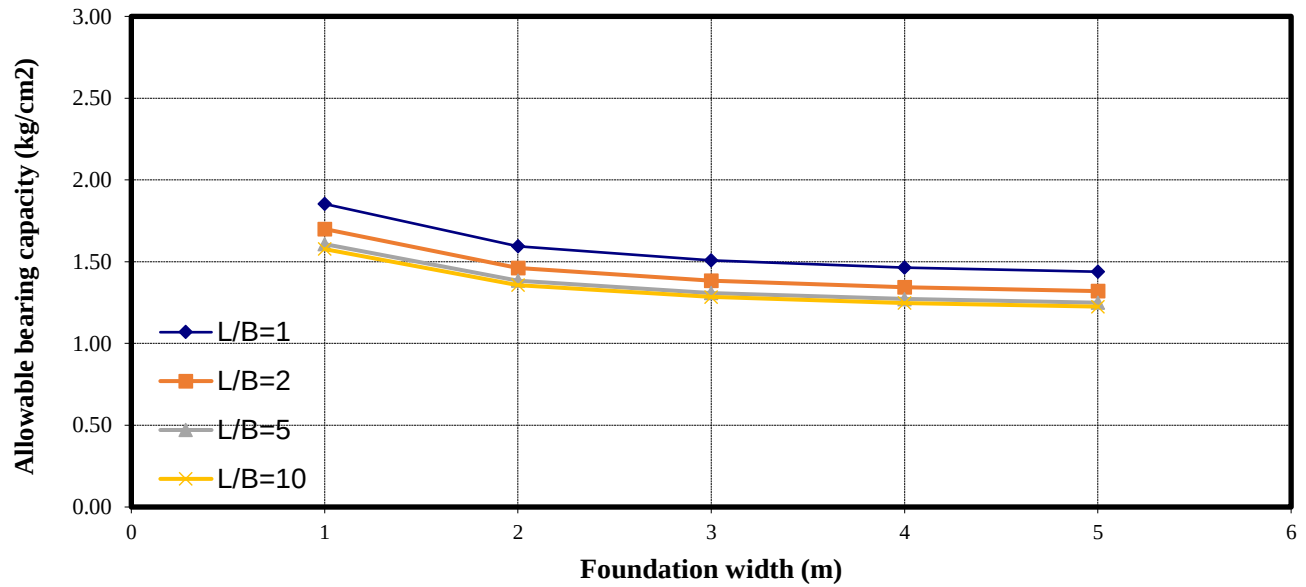
<i>Layer type according to Unified method</i>	<i>CL</i>	<i>Marl/ClayStone (CL)</i>	<i>Marl/ClayStone (CL)</i>	<i>Unit</i>
<i>Depth</i>	<i>0.0-4.0</i>	<i>4.0-10.0</i>	<i>10.0-15.0</i>	<i>m</i>
<i>Soil cohesion (Cu)</i>	<i>0.7-1.3</i>	<i>1.3-2.5</i>	<i>2.5-4.5</i>	<i>kg/cm2</i>
<i>Soil wet density (γ_w)</i>	<i>1.85-1.95</i>	<i>1.90-2.00</i>	<i>2.00-2.10</i>	<i>g/cm3</i>
<i>Soil module of elasticity (Es)</i>	<i>130-230</i>	<i>350-550</i>	<i>600-800</i>	<i>kg/cm2</i>
<i>Soil Poisson ratio (ν)</i>	<i>0.35-0.40</i>	<i>0.30-0.35</i>	<i>0.30-0.35</i>	<i>-</i>

پیوست ۵

ظرفیت باربری پی های سطحی، مدول عکس العمل بستر و

ضرایب فشار جانبی برای لایه های خاک طبیعی

Shallow Foundation - BK-12



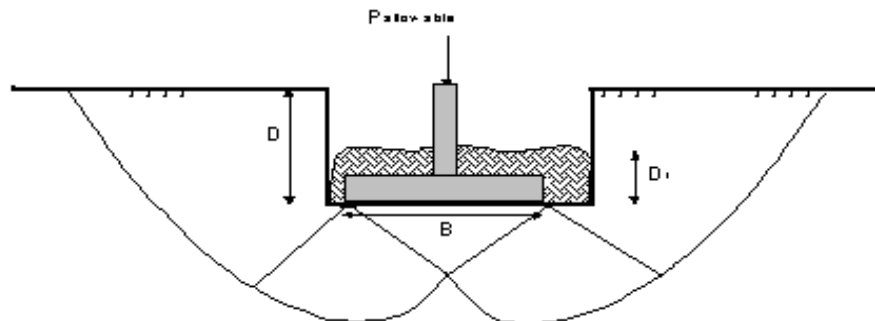
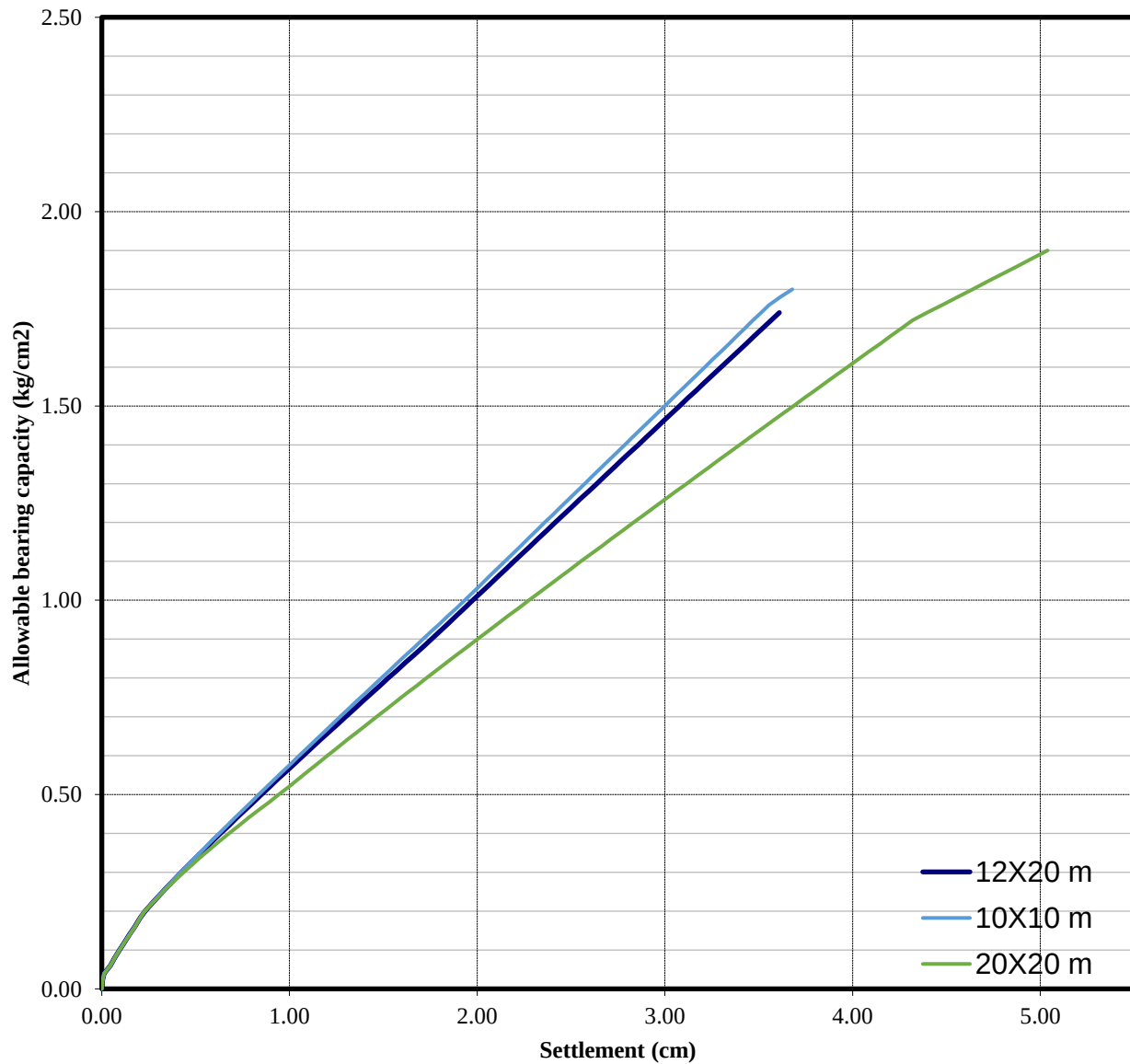
$D = 1m$
 $D_f = 1m$

Notes:

D : Depth of footing with respect to ground surface

D_f : Depth of footing embedment

Mat Foundation BK-12



$D = 1m$
 $D_f = 1m$

Notes:

D : Depth of footing with respect to ground surface

D_f : Depth of footing embedment

مدول عكس العمل بستر پي مربعي، مستطيلي و نواري براي عمق يك متر -BK-12

$B(m)$	مدول عكس العمل بستر پي سطحي (kg/cm^3)			
	$L/B=1$	$L/B=2$	$L/B=5$	$L/B=10$
1.0	2.29	1.68	1.38	1.29
2.0	1.18	0.95	0.86	0.84
3.0	0.87	0.74	0.69	0.68
4.0	0.73	0.63	0.60	0.59
5.0	0.64	0.57	0.55	0.54

مدول عكس العمل بستر پي گسترده براي عمق يك متر - BK-12

$B \times L (m)$	$S (cm)$	مدول عكس العمل بستر پي گسترده (kg/cm^3)		
		گوشه پي	لبه پي	وسط پي
12×20	5	1.64	0.82	0.41
10×10	5	1.84	0.92	0.46
20×20	5	1.44	0.72	0.36

ضرایب فشار جانبی برای لایه‌های خاک طبیعی با فرض پر کردن پشت دیوار با خاکریز دانه‌ای

ضرایب فشار جانبی	علامت مشخصه	مقادیر عددی ضرایب فشار جانبی $\Phi = 30^\circ$ برای لایه طبیعی خاک درشت دانه
ضریب فشار جانبی سکون	K_0	۰/۵۰
ضریب فشار جانبی محرک در حالت استاتیکی	K_a	۰/۳۳
ضریب فشار جانبی مقاوم در حالت استاتیکی	K_p	۳/۰۰

پیوست ۶

گزارش GSI

۱- مقدمه

میدان نفتی بینک از میدان‌های نفتی ایران است، میدان بینک در سال ۱۳۲۸ توسط شرکت اکتشاف و تولید نفت ایران کشف شد و بهره‌برداری از آن در سال ۱۳۴۶ آغاز گردید. حجم ذخیره درجای نفت خام این میدان در حدود ۲ میلیارد و ۸۹۰ میلیون بشکه برآورد می‌شود.

حجم نفت درجای میدان بینک بر اساس محاسبات انجام شده توسط مدیریت امور فنی شرکت ملی مناطق نفت‌خیز جنوب، معادل ۲ میلیارد و ۸۹۰ میلیون بشکه متعارفی پیش‌بینی شده است. این میدان در سال ۱۳۲۸ کشف شد و در سال ۱۳۴۶ به بهره‌برداری رسید. توسعه میدان نفتی بینک نخستین بار در سال ۱۳۸۱ انجام گرفت و ظرفیت تولید نفت این میدان به ۲۶ هزار بشکه در روز رسید

میدان نفتی بینک در افق آسماری دارای ابعادی به طول ۴۲ کیلومتر و عرض متوسط ۶ کیلومتر است. وجود هیدروکربور در سازندهای آسماری و جهرم در سال ۱۳۴۲ توسط شرکت اکتشاف و تولید نفت ایران، با حفر چاه شماره ۱ گلخاری به اثبات رسید. چاه‌های شماره ۱ و ۲ برای اکتشاف و توصیف مخازن آسماری و گروه خامی، حفاری شدند و حفاری چاه شماره ۳ نیز در سال ۱۳۵۷ توسط شرکت آسکو انجام شد. سازندهای آسماری و جهرم این میدان به دلیل ارتباط فشاری مناسب، به عنوان یک مخزن واحد محسوب می‌شوند.

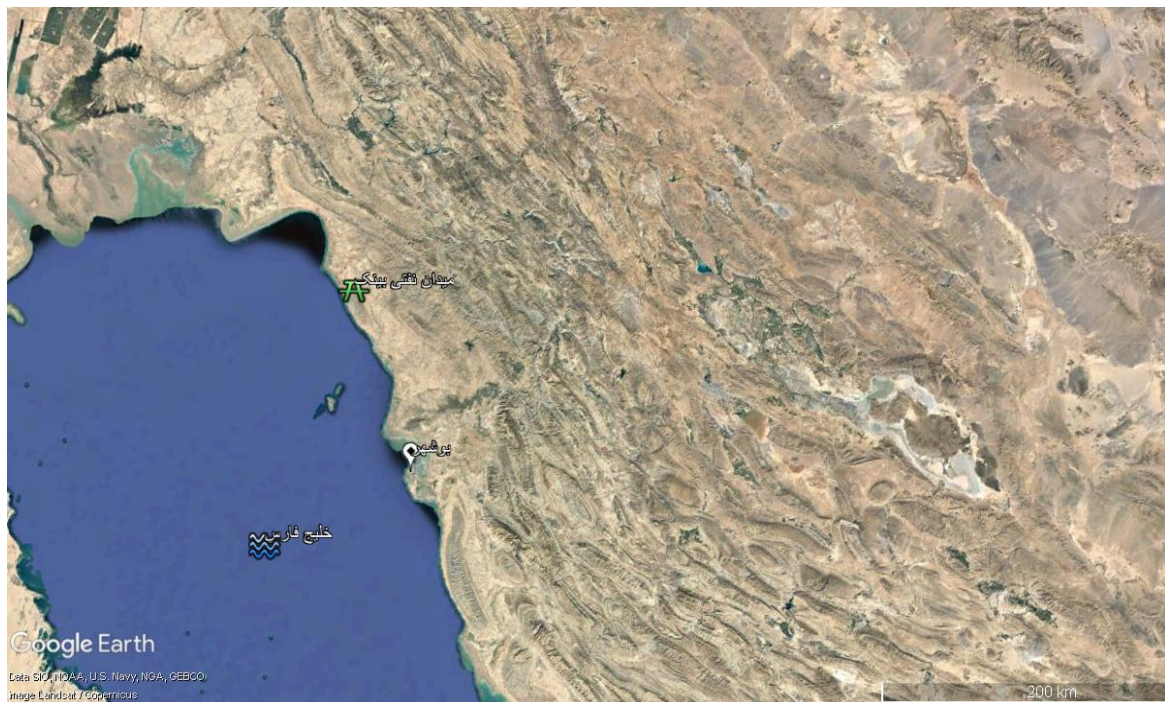
شرح کار پروژه:

• احداث جاده دسترسی و احداث محل چاه ۶ حلقه چاه جدید در مخازن بنگستان و آسماری

• تعمیر جاده دسترسی و تعمیر محل چاه ۴ حلقه چاه موجود مخزن بنگستان

۲- موقعیت جغرافیایی

میدان نفتی بینک در استان بوشهر، در فاصله ۲۰ کیلومتری از شمال غربی بندر گناوه و در ساحل خلیج فارس مستقر می‌باشد این میدان از شمال با میدان نفتی گلخاری، میدان نفتی بی‌بی حکیمه و میدان نفتی سیاهمکان و از جنوب با میدان نفتی خارک، در دریا هم‌جوار است. در تصاویر شماره ۱، موقعیت پروژه بر روی تصویر *GoogleEarth* و نقشه جغرافیایی استان بوشهر نشات داده شده است.



تصویر ۱: موقعیت جغرافیایی میدان نفتی بینک

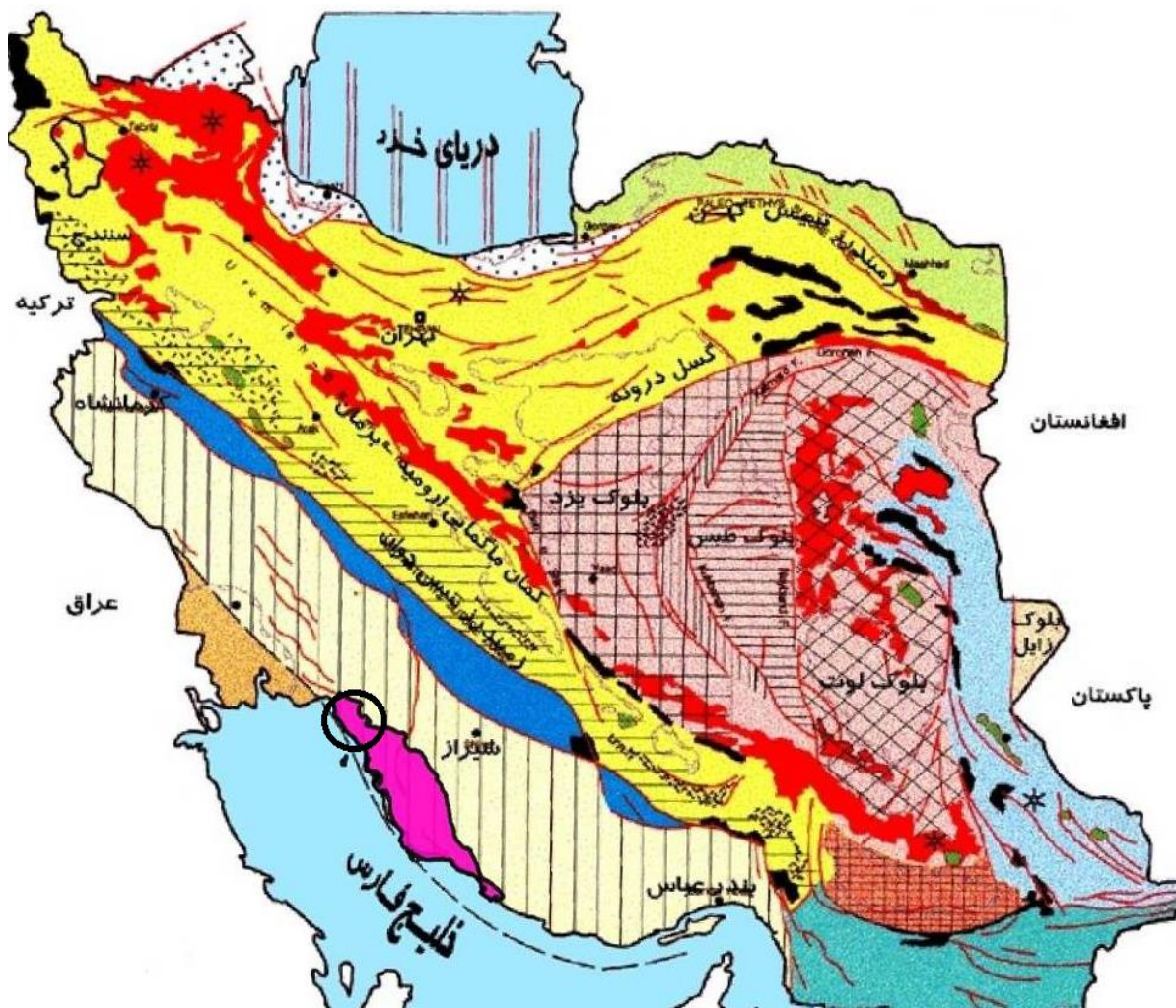
۳- هدف مطالعات

یکی از مهمترین مشکلات قراردادی در ساخت سازه در سنگ مسئله تغییر شرایط زمین در مسیر پروژه در حین سنگبرداری است. به منظور غلبه بر این مشکل در فهرست بهای راه و باند، بهره‌گیری از طبقه‌بندی شاخص مقاومت زمین‌شناسی (GSI) تاکید شده است. بر اساس فهرست بهای راه و باند (عملیات خاکی با ماشین) برای تعیین انواع زمین از شاخص مقاومت زمین‌شناسی (GSI) می‌توان استفاده کرد.

هدف از ارائه گزارش حاضر، تخمین و ارزیابی شاخص مقاومت زمین‌شناسی ۱۰ حلقه چاه نفت و ۲ ایستگاه تقویت فشار گاز در میدان نفتی بینک به منظور افزایش تولید نفت می‌باشد.

۴- موقعیت زمین‌شناسی

استان ساحلی بو شهر، متعلق به زون زاگرس و زیر پهنه زاگرس چین‌خورده می‌باشد. زون زاگرس به سه ناحیه تقسیم می‌شود و بیشترین رسوبات دیده شده در آن متعلق به زاگرس چین‌خورده می‌باشد. زاگرس چین‌خورده در جنوب غربی ایران واقع شده است و پهنای آن در حدود ۱۵۰ تا ۲۵۰ کیلومتر تخمین زده می‌شود. دارای روند تقریباً شمال غربی - جنوب شرقی است و در آن رسوبات پالئوزوئیک، مزوزوئیک و تریاس به سیر بطور هم شیب قرار دارند. در اینفرا کامبرین تا تریاس رسوبات دیده شده در این ناحیه مشابه ایران مرکزی و البرز می‌باشد. در اوایل پرمین بوسیله رسوبات تبخیری قاره‌ای زاگرس پوشیده شده که بعداً رسوبات آهکی مربوط به دریای کم عمق همراه با شیل و رخساره‌های کولابی تا تریاس میانی در آن گذاشته شده است. در تصور ۲ موقعیت زمین‌شناسی محل پروژه نشان داده شده است.



تصویر ۲- موقعیت استان بوشهر در تقسیم‌بندی پهنه‌های رسوبی- ساختمانی ایران (آقاباتی، ۱۳۷۹)

۵- سازند آغاچاری

نام سازند از میدان نفتی آغاچاری انتخاب شده است و مقطع آن در طول جاده امیدیه که به چاه‌های میدان نفتی آغاچاری منتهی می‌شود، اندازه‌گیری شده است. ضخامت این سازند زیاد و به ۲۹۶۵ متر می‌رسد. سازند آغاچاری از نظر لیتولوژی شامل ماسه سنگ‌های آهک دار قهوه‌ای خاکستری، رگه‌های گچ مارن‌های قرمز، و سیلیستون است. در کنتاکت زیرین سازند آغاچاری، مارن‌های خاکستری و آهک‌های سازند میشان قرار دارد که حد بین آنها تدریجی و هم‌شیب است. در کنتاکت فوقانی سازند آغاچاری، سازند بختیاری به حالت دگرشیبی دیده می‌شود. سن سازند آغاچاری از میوسن فوقانی تا پلیوسن تعیین شده است. از نظر گسترش جغرافیایی، ضخامت سازند آغاچاری از ۶۱۰ متر تا ۳۰۴۸ متر متغیر است. لیتولوژی این سازند در محدوده استان فارس بطور غالب از جنس ماسه سنگ آهک دار قهوه‌ای مایل به خاکستری و کمی هوازده،

ژپس حفره دار، مارن قرمز و سیلتستون بوده و گسترش آن تقریباً در سراسر منطقه به چشم می‌خورد. در محدوده مطالعاتی میدان نفتی بینک، لیتولوژی این سازند غالباً از مارن های الوان (قرمز-سبز) با میان لایه های ماسه سنگی و سیلتستون تشکیل شده است.

در تصاویر ۳ الی ۵ نمایی از این سازند در محل طرح نشان داده شده است.



تصویر ۳: نمایی از تناوب مارن و ماسه سنگ در محدوده چاه نفتی BK-05 بینک



تصویر ۴: نمایی از تناوب مارن و ماسه سنگ در محدوده چاه نفتی W-08N بینک



تصویر ۵: نمایی از تناوب مارن و ماسه سنگ در محدوده چاه نفتی W-18S بینک

۶- تعیین کیفی شاخص مقاومت زمین شناسی (GSI=Geological Strength Index)

شاخص مقاومت زمین‌شناسی (GSI) در سال ۱۹۹۲ توسط هوک و همکاران معرفی شد. سپس این شاخص برای توده سنگ‌های ضعیف نیز توسط هوک و همکاران، ۱۹۹۴ و هوک و مارینوس، ۲۰۰۰، توسعه داده شد. مارینوس و هوک، ۲۰۰۱ نموداری برای تعیین شاخص مقاومت زمین‌شناسی توده سنگ‌های ناهمگن مانند فلیش که شامل ترکیبی از تناوب سنگ‌های ضعیف و قوی بهم‌ریخته (تناوب ماسه‌سنگ و سیلتستون) است پیشنهاد نمودند. این نمودار در سال ۲۰۰۷ توسط مارینوس و همکاران تدقیق شد.

شاخص مقاومت زمین‌شناسی ویژگی‌های سنگ بکر را به توده سنگ مرتبط می‌کند. این ارتباط بر اساس ارزیابی جنس زمین‌شناختی (لیتولوژی)، ساختار زمین‌ساختی و شرایط سطح ناپیوستگی‌های توده سنگ است که بر پایه برداشت صحرایی توده سنگ‌های قابل مشاهده در رخنمون‌ها، حفاری‌های سطحی مانند ترانشه‌های راه، جبهه‌های کاری و سطوح اطراف تونل و مغزه‌های گمانه انجام می‌گیرد. این روش دو پارامتر اساسی فرآیند زمین‌شناختی (بلوکی شدن توده سنگ و شرایط ناپیوستگی‌ها) را مورد استفاده قرار می‌دهد. بنابراین محدودیت‌های اصلی زمین‌شناختی حاکم بر سازندها را در نظر می‌گیرد. این شاخص روشی آسان برای ارزیابی توده سنگ در صحرا می‌باشد.

نوع توده سنگ یک فاکتور کنترلی در ارزیابی روش حفاری است. بطوریکه آن، ارتباط نسبتاً نزدیکی با تعداد دسته ناپیوستگی دارد و گویای ساختار توده سنگ است. شاخص مقاومت زمین‌شناسی وابسته به مقیاس نیست، با این وجود هر نوع سنگی یک ارتباط گسترده‌ای با اندازه بلوک دارد مثلاً توده سنگ بلوکی، دارای بلوک‌های بزرگتر از یک توده سنگ خیلی بلوکی و یا توده سنگ منفصل (که از قطعات خیلی کوچک ساخته شده است) دارد. این ارتباط فقط جنبه آموزشی دارد، بنابراین قابل کاربرد برای توده سنگ ویژه‌ای نیست مثلاً توده سنگ شیستی برشی که فاصله‌داری صفحات شیستوزیته معادل با صفحات ناپیوستگی است و لذا مفهوم حجم بلوک قابل استفاده نیست.

مقاومت و پایداری یک توده سنگ به ۲ عامل زیر وابسته است:

الف-ویژگی‌های مهندسی سنگ بکر

ب- درجه آزادی قطعات سنگی نسبت به لغزش و چرخش تحت شرایط مختلف تنش

اهمیت درجه آزادی قطعات سنگی در شرایط سطحی و کم عمق از مقاومت سنگ بکر بسیار بالاتر است.

درجه آزادی قطعات سنگی نیز از طریق ۲ عامل مهم زیر کنترل میشود:

۱- شکل هندسی بلوک‌های سنگی (ساختار توده سنگ)

۲- شرایط سطحی ناپیوستگی‌ها

بطور مثال توده‌سنگ‌های زاویه‌دار با سطح ناپیوستگی زیر و تمیز به مراتب از توده‌سنگ‌های با قطعات گرد و حاوی مصالح هوازده و دگرسان مقاوم‌تر است.

در ابتدا شاخص مقاومت زمین شناسی بر اساس مشاهدات کیفی زمین‌شناسی و با استفاده از ۲ فاکتور زیر تعریف گردید (تصویر ۶):

• ۱- شرایط کیفی ساختاری (درجه بلوک‌شدگی و درهم قفل شدگی قطعات سنگی)

• ۲- شرایط کیفی سطح ناپیوستگی‌ها

بر اساس دو شرط بالا، توده‌سنگ‌ها به ۲۶ گروه تقسیم شده‌اند که با ارزیابی شرایط فوق در محل رخنمون، می‌توان شاخص مقاومت زمین شناسی توده‌سنگ مورد نظر را تخمین زد.

در ادامه طبقه‌بندی هر یک از دو فاکتور فوق برای تعیین شاخص مقاومت زمین‌شناسی توده‌سنگ تشریح شده است.

۱- شرایط کیفی ساختاری

شرایط کیفی ساختاری بر اساس فاصله‌داری (Spacing)، شکل بلوک (Block shape)، بهم‌قفل شدگی (Interlocking) بلوک‌ها و میزان بهم‌ریختگی (Distubing) ساختاری به ۶ رده زیر قابل تفکیک هستند (Singh & Goel, 2011):

۱- سنگ بکر و توده‌ای (Intact/Massive):

سنگ بکر یا توده‌ای دارای ناپیوستگی‌های پراکنده با فاصله‌داری زیاد $\text{Spacing} > 100\text{cm}$

۲- بلوکی (Blocky):

توده‌سنگ بدون بهم‌ریختگی و خوب بهم قفل شده شامل بلوک‌های مکعبی حاصل از ۳ دسته ناپیوستگی تقریباً قائم با فاصله‌داری $\text{Spacing}: 30-100\text{cm}$

۳- بسیار بلوکی (Very blocky):

توده‌سنگ با بهم‌ریختگی کم و نسبتاً بهم قفل شده شامل بلوک‌های چندوجهی زاویه‌دار حاصل از ۴ دسته ناپیوستگی یا بیشتر با فاصله‌داری $\text{Spacing}: 10-30\text{cm}$

۴- بلوکی چین‌خورده (Blocky/Folded):

توده‌سنگ بهم‌ریخته درزه‌دار گسل خورده و یا چین‌خورده با بلوک‌های زاویه‌دار حاصل از تعداد زیادی دسته ناپیوستگی متقاطع با فاصله‌داری $\text{Spacing}: 3-10\text{cm}$ و دارای لایه‌بندی یا شیستوزیته ممتد

۵- توده‌سنگ منفصل/خردشده (Disintegrated/Crushed):

توده‌سنگ به شدت خردشده و بهم‌ریخته با درجه بهم‌قفل‌شدگی ضعیف با ترکیبی از قطعات زاویه‌دار و گردشده و ناپیوستگی‌های با فاصله‌داری $\text{Spacing} < 3\text{cm}$

۶- توده‌سنگ متورق (شیستوزیته)/برش خورده (Laminated/Sheared):

توده‌سنگ فاقد بلوک بعثت فاصله‌داری نزدیک $\text{Spacing} < 1\text{cm}$ شیستوزیته ضعیف یا صفحات برشی

۲- شرایط کیفی سطح ناپیوستگیها

شرایط کیفی سطوح ناپیوستگیها بر اساس ۳ پارامتر زیر قابل تعیین است:

۱- ناهموازی و زبری

۲- میزان هوازدگی

۳- پرشدگی

بر اساس پارامترهای فوق، شرایط کیفی سطح ناپیوستگیها به ۵ رده زیر قابل تفکیک است:

۱- خیلی خوب (Very good): خیلی زبر، سطح بدون هوازدگی و تازه

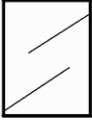
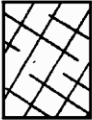
۲- خوب (Good): زبر، کمی هوازده، زنگزدگی با آهن

۳- مناسب (Fair): نرم، هوازدگی یا دگرسانی متوسط

۴- ضعیف (Poor): صیقلی، هوازدگی زیاد، با پرشدگی متراکم با مواد درشت دانه

۵- خیلی ضعیف (Very poor): خش لغزش، هوازدگی زیاد، با پرشدگی با مواد رسی

پس از ارزیابی شرایط فوق، به منظور تخمین مقدار شاخص مقاومت زمین‌شناسی، تاکید شده است که بجای ارائه یک عدد بعنوان میانگین شاخص مقاومت زمین‌شناسی توده سنگ مورد بررسی، محدوده‌ای از کمترین مقدار تا بیشترین مقدار، تعیین و بعنوان شاخص مقاومت زمین‌شناسی توده سنگ ارائه گردد. بطور مثال بجای ارائه $GSI=39$ بعنوان شاخص مقاومت زمین‌شناسی توده سنگ مورد بررسی، $36 < GSI < 42$ در گزارش ذکر گردد.

GEOLOGICAL STRENGTH INDEX FOR JOINTED ROCKS (Hoek and Marinos, 2000) From the lithology, structure and surface conditions of the discontinuities, estimate the average value of GSI. Do not try to be too precise. Quoting a range from 33 to 37 is more realistic than stating that GSI = 35. Note that the table does not apply to structurally controlled failures. Where weak planar structural planes are present in an unfavourable orientation with respect to the excavation face, these will dominate the rock mass behaviour. The shear strength of surfaces in rocks that are prone to deterioration as a result of changes in moisture content will be reduced if water is present. When working with rocks in the fair to very poor categories, a shift to the right may be made for wet conditions. Water pressure is dealt with by effective stress analysis.		SURFACE CONDITIONS VERY GOOD Very rough, fresh unweathered surfaces GOOD Rough, slightly weathered, iron stained surfaces FAIR Smooth, moderately weathered and altered surfaces POOR Slickensided, highly weathered surfaces with compact coatings or fillings or angular fragments VERY POOR Slickensided, highly weathered surfaces with soft clay coatings or fillings STRUCTURE DECREASING SURFACE QUALITY →				
DECREASING INTERLOCKING OF ROCK PIECES ↓	 INTACT OR MASSIVE - intact rock specimens or massive in situ rock with few widely spaced discontinuities	90			N/A	N/A
	 BLOCKY - well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three intersecting discontinuity sets	80	70			
	 VERY BLOCKY - interlocked, partially disturbed mass with multi-faceted angular blocks formed by 4 or more joint sets		60			
	 BLOCKY/DISTURBED/SEAMY - folded with angular blocks formed by many intersecting discontinuity sets. Persistence of bedding planes or schistosity		50	40		
	 DISINTEGRATED - poorly interlocked, heavily broken rock mass with mixture of angular and rounded rock pieces			30	20	
	 LAMINATED/SHEARED - Lack of blockiness due to close spacing of weak schistosity or shear planes	N/A	N/A			10

تصویر ۶: چارت شاخص مقاومت زمین شناسی (GSI) بر اساس مشاهدات کیفی زمین شناسی

(Hoek, Marinos and Benissi, 1998)

۷- محاسبه GSI به روش کمی

۱- محاسبه GSI بر اساس Sonmez & Ulusay, 2002

به منظور برآورد درجه ساختاری توده سنگ از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$SR = 79.8 - 17.5 \ln(Jv)$$

SR: امتیاز ساختار

Jv: فراوانی حجمی ناپیوستگی

به منظور برآورد امتیاز شرایط سطحی ناپیوستگی از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$SCR = Rr + Rw + Rf$$

SCR: امتیاز شرایط سطحی ناپیوستگی

Rr: امتیاز زبری

Rw: امتیاز هوازدگی

Rf: امتیاز پرشدگی

در تصویر ۷ چارت تخمین و ارزیابی شاخص مقاومت زمین شناسی به روش Sonmez & Ulusay, 2002 ارائه شده است

۲- محاسبه GSI بر اساس Cai et al, 2004

به منظور برآورد درجه ساختاری توده سنگ از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$V_b = \frac{S_1 S_2 S_3}{\sin \gamma_1 \sin \gamma_2 \sin \gamma_3},$$

Vb: حجم بلوک

S₁, S₂, S₃, ...: فاصله‌داری دسته ناپیوستگی ۱، ۲، ۳ و ...

γ_۱, γ_۲, γ_۳: زاویه بین ناپیوستگی‌ها

به منظور ساده‌سازی محاسبه حجم بلوک از فاکتور شکل بلوک و از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$V_b = \beta \cdot J_v^{-3}$$

β : فاکتور شکل بلوک

برای محاسبه درجه شرایط سطحی ناپیوستگی از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$J_C = \frac{J_W J_S}{J_A},$$

J_C : فاکتور شرایط درزه

J_W : فاکتور موج‌داری سطح درزه

J_S : فاکتور زبری سطح درزه

J_A : فاکتور هوازدگی سطح درزه

در تصویر ۸ چارت تخمین و ارزیابی شاخص مقاومت زمین شناسی به روش Cai et al, 2004 ارائه شده است

۳- محاسبه GSI بر اساس Russo, 2009

به منظور برآورد درجه ساختاری توده سنگ از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$V_b = \frac{s_1 s_2 s_3}{\sin \gamma_1 \sin \gamma_2 \sin \gamma_3},$$

V_b : حجم بلوک

برای برآورد درجه شرایط سطحی ناپیوستگی از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$jC = \frac{JR \cdot JL}{JA}$$

jC : فاکتور شرایط سطح درزه

JR : فاکتور زبری سطح درزه

JL : فاکتور طول درزه

JA : فاکتور هوازدگی سطح درزه

در تصویر ۹ چارت تخمین و ارزیابی شاخص مقاومت زمین شناسی به روش Russo, 2009 ارائه شده است.

۴- محاسبه GSI بر اساس Hoek et al, 2013

برای برآورد امتیاز ساختاری توده سنگ از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$RQD/2$$

به منظور برآورد امتیاز شرایط سطحی ناپیوستگی از روابط زیر و جدول شماره ۷ استفاده می‌شود:

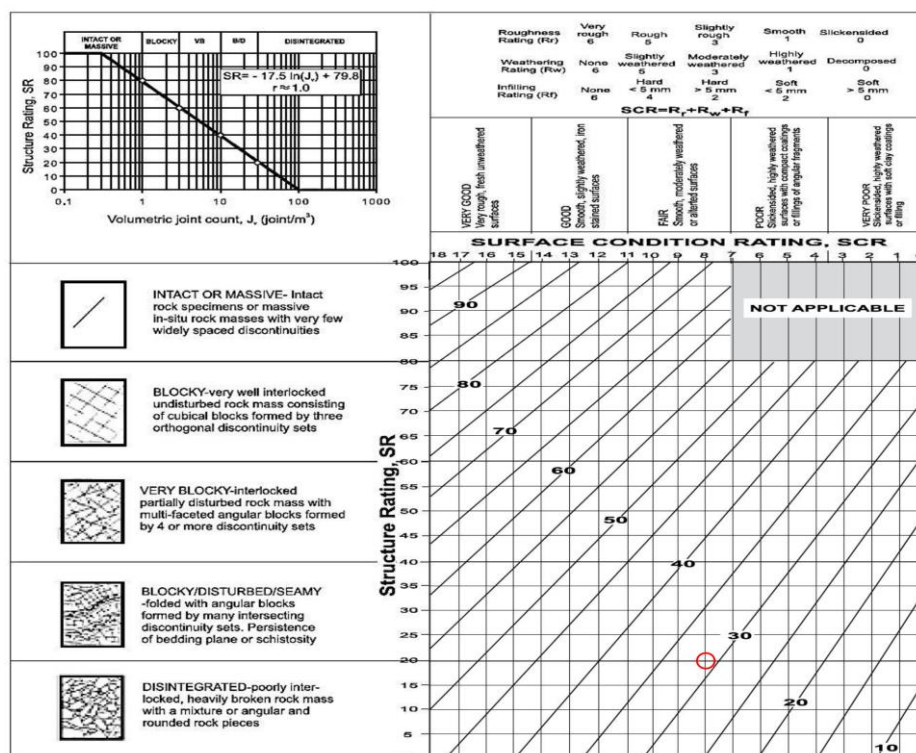
$$1.5 J_{cond}^{89}$$

$$2 J_{cond}^{76}$$

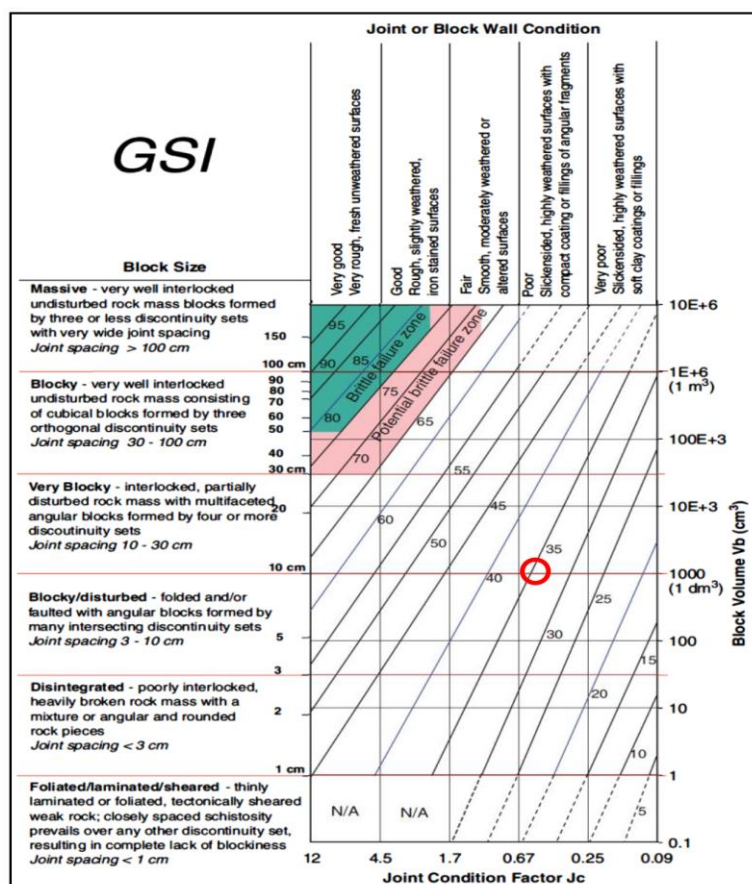
89 Jcond: امتیاز شرایط سطح ناپیوستگی بر اساس RMR₈₉

76 Jcond: امتیاز شرایط سطح ناپیوستگی بر اساس RMR₇₆

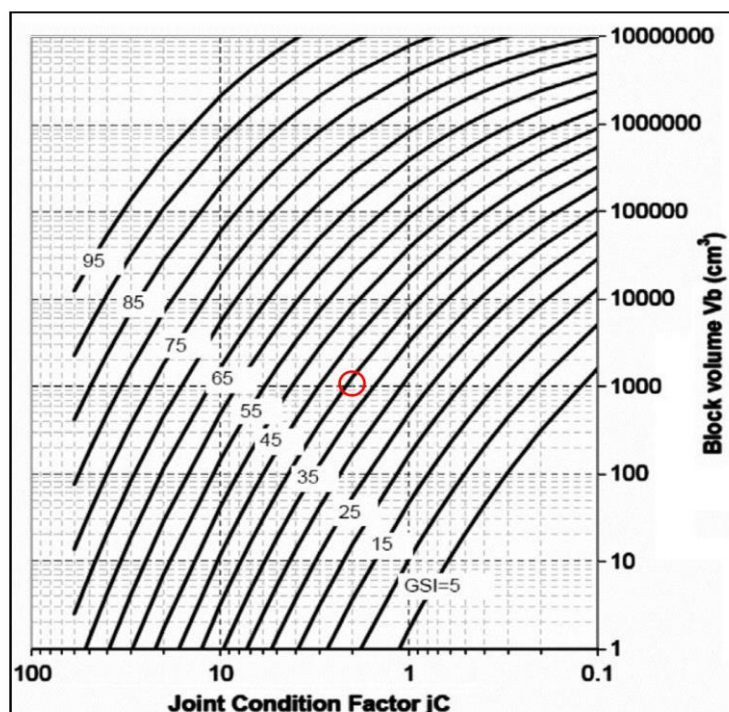
در تصویر ۱۰ چارت تخمین و ارزیابی شاخص مقاومت زمین شناسی به روش Hoek et al, 2013 ارائه شده است.



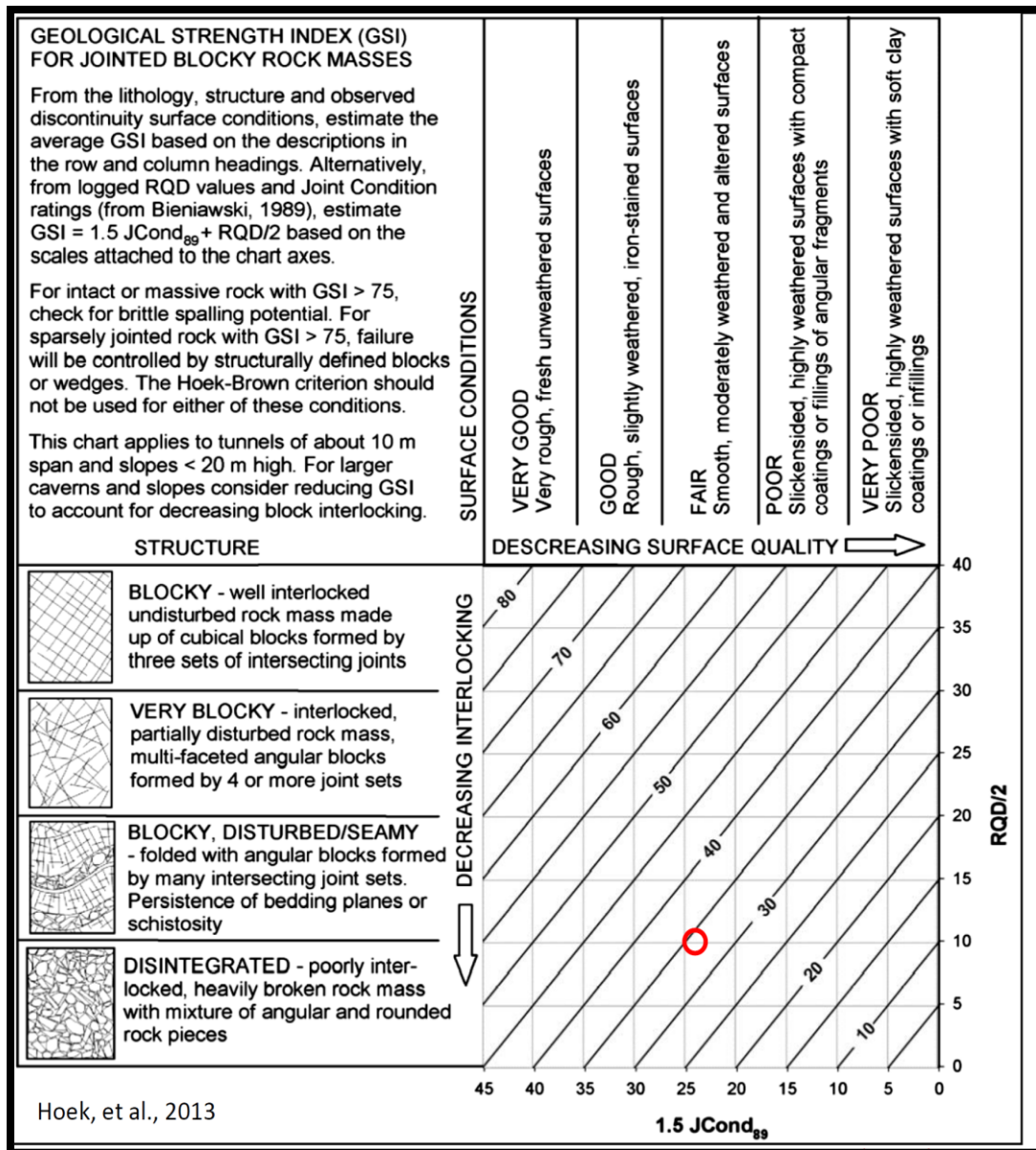
تصویر ۷: برآورد کمی GSI به روش Sonmez & Ulusay, 2002



تصویر ۸: برآورد کمی GSI به روش Cai et al, 2004



تصویر ۹: برآورد کمی GSI به روش Russo, 2009



تصویر ۱۰: برآورد کمی GSI به روش Hoek et al, 2013

۸-۴-چاه نفتی BK-12

چاه نفتی BK-12 بر روی سازند آغاچاری با لیتولوژی غالب مارن با میان لایه های ماسه سنگ تشکیل شده است. (تصویر ۴۴)

لذا در ادامه شاخص مقاومت زمین شناسی توده سنگ های مارنی و میان لایه های ماسه سنگ به تفکیک برآورد و در انتها متوسط شاخص مقاومت زمین شناسی توده سنگ های محل چاه نفتی BK-12 محاسبه و ارائه شده است.

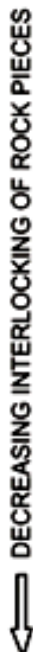


تصویر ۴۴: نمایی از لیتولوژی محدوده چاه نفتی BK-12

۸-۴-۱- لایه های مارنی

الف- تعیین کیفی شاخص مقاومت زمین شناسی

بر اساس مشاهدات میدانی شاخص مقاومت زمین شناسی لایه های مارن به روش کیفی محل چاه نفت BK-12 ، 35-45 GSI تخمین زده شده ست (تصویر ۴۵).

		SURFACE CONDITIONS				
		VERY GOOD	GOOD	FAIR	POOR	VERY POOR
		DECREASING SURFACE QUALITY →				
 DECREASING INTERLOCKING OF ROCK PIECES	 INTACT OR MASSIVE - intact rock specimens or massive in situ rock with few widely spaced discontinuities	90	80	70	N/A	N/A
	 BLOCKY - well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three intersecting discontinuity sets	80	70	60	50	40
	 VERY BLOCKY - interlocked, partially disturbed mass with multi-faceted angular blocks formed by 4 or more joint sets	70	60	50	40	30
	 BLOCKY/DISTURBED/SEAMY - folded with angular blocks formed by many intersecting discontinuity sets. Persistence of bedding planes or schistosity	60	50	40	30	20
	 DISINTEGRATED - poorly interlocked, heavily broken rock mass with mixture of angular and rounded rock pieces	50	40	30	20	10
	 LAMINATED/SHEARED - Lack of blockiness due to close spacing of weak schistosity or shear planes	N/A	N/A			

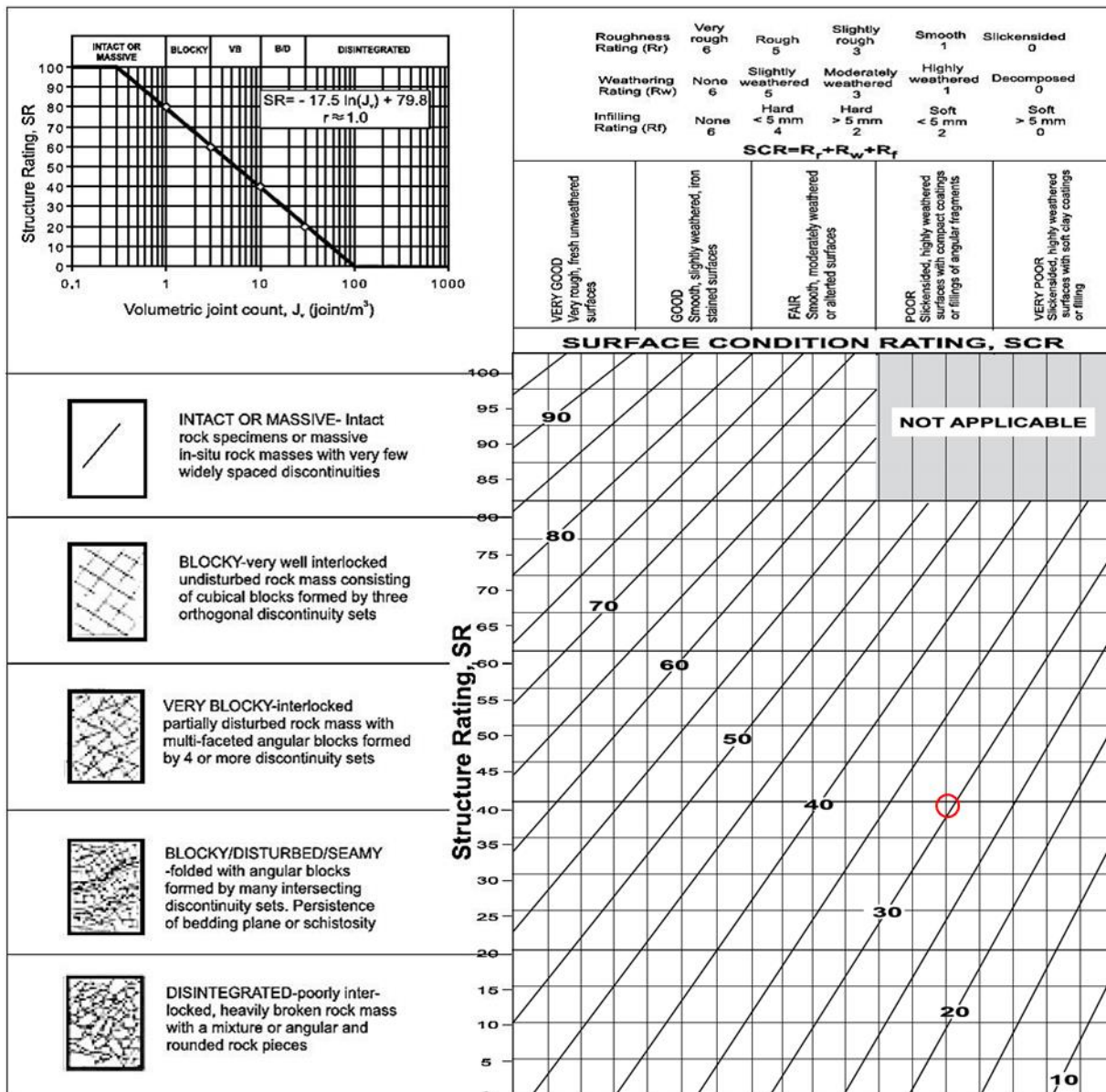
تصویر ۴۵ : شاخص مقاومت زمین شناسی توده سنگ مارنی چاه نفتی BK-12

ب- محاسبه GSI به روش کمی

در ادامه برآورد کمی توده سنگ مارنی محل چاه نفتی BK-12 بینک ارائه شده است:

ب-۱- محاسبه GSI بر اساس Sonmez & Ulusay, 2002

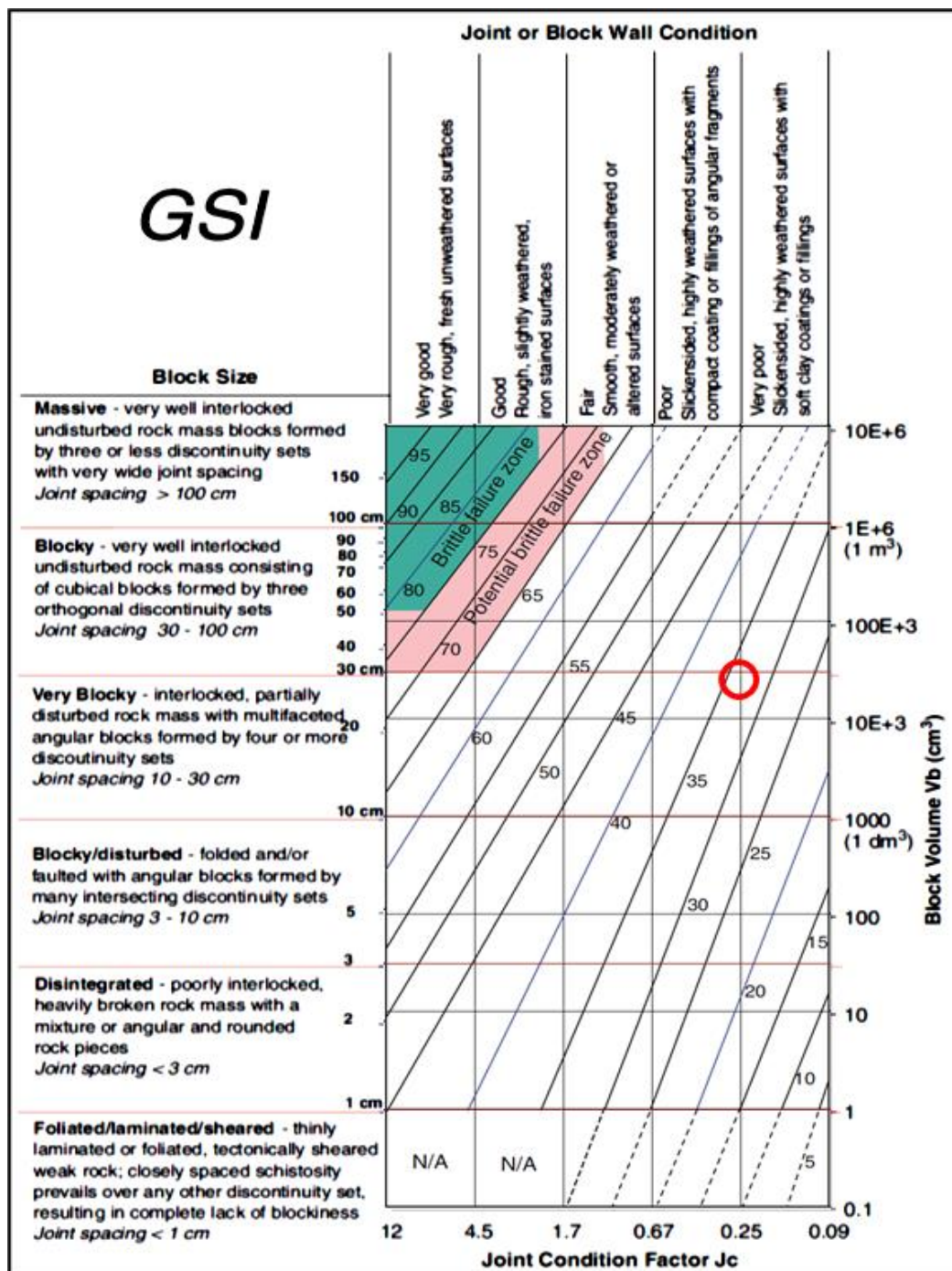
بر اساس روش Sonmez & Ulusay, 2002 شاخص مقاومت زمین‌شناسی لایه های مارنی چاه نفتی BK-12 ، $GSI=31$ برآورد شده است که در تصویر ۴۶ ارائه شده است.



تصویر ۴۶: برآورد کمی GSI لایه های مارنی چاه نفتی BK-12 به روش Sonmez & Ulusay, 2002

ب-۲- محاسبه GSI بر اساس Cai et al, 2004

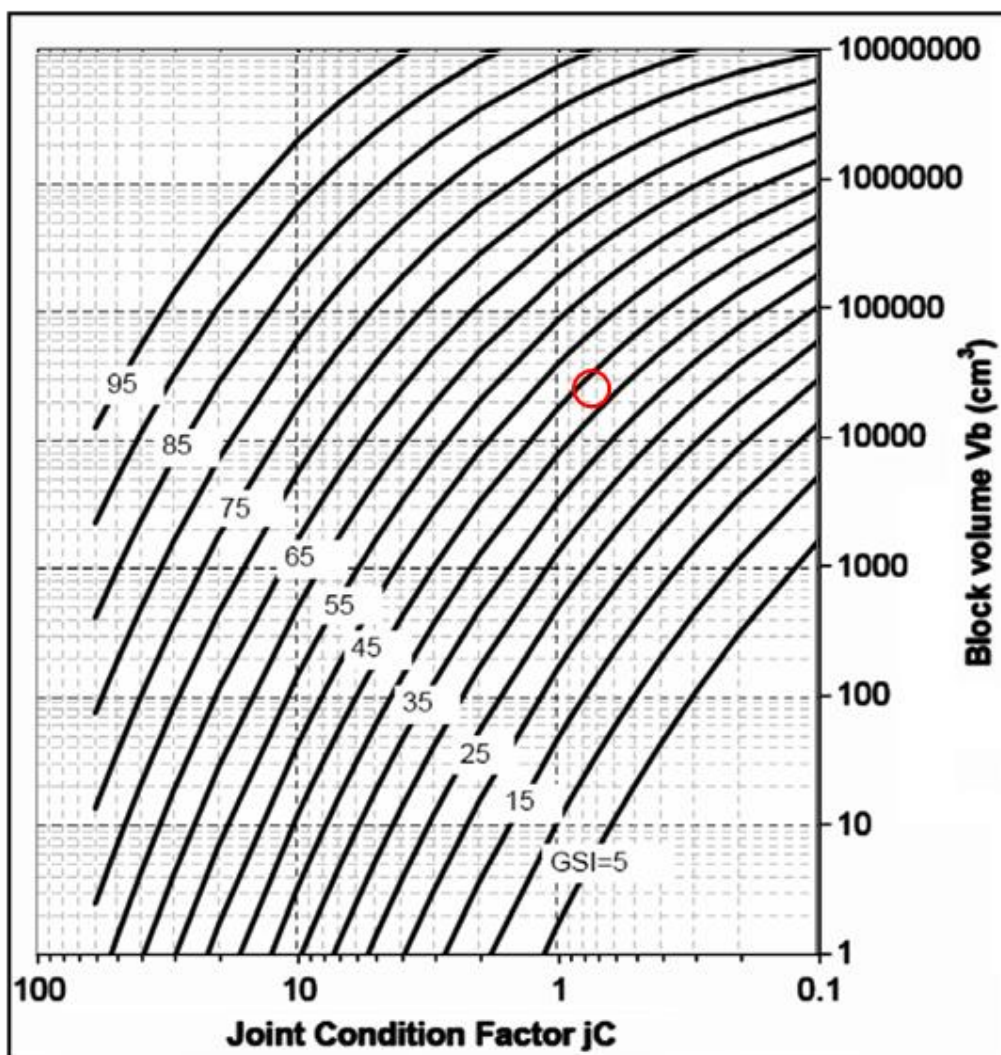
بر اساس روش Cai et al, 2004 شاخص مقاومت زمین‌شناسی لایه های مارنی چاه نفتی BK-12، $GSI=34$ برآورد شده است که در تصویر ۴۷ ارائه شده است.



تصویر ۴۷: برآورد کمی GSI لایه های مارنی چاه نفتی BK-12 به روش Cai et al, 2004

ب-۳- محاسبه GSI بر اساس Russo, 2009

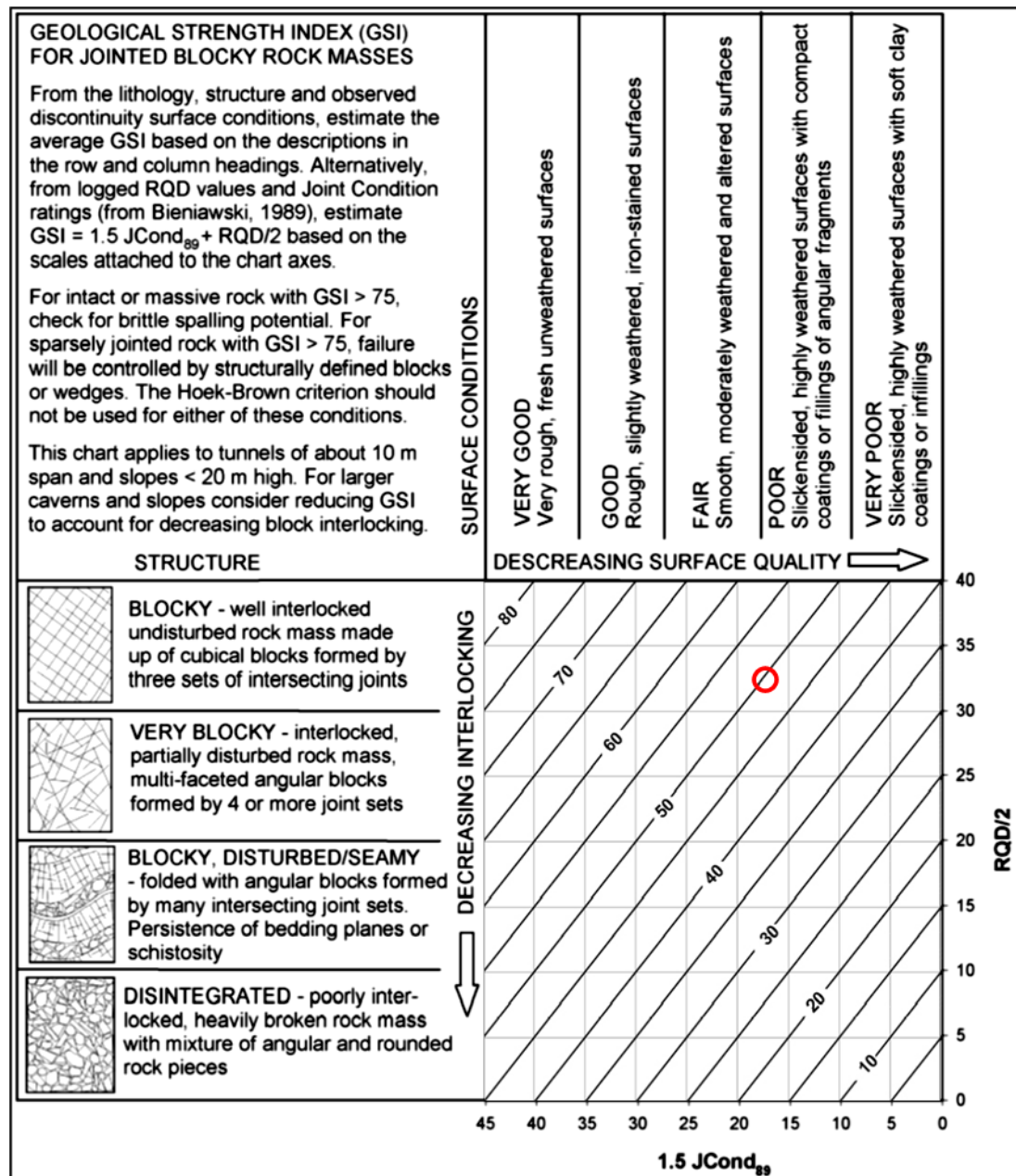
بر اساس روش Russo, 2009 شاخص مقاومت زمین‌شناسی لایه های مارنی چاه نفتی BK-12، $GSI=44$ برآورد شده است که در تصویر ۴۸ ارائه شده است.



تصویر ۴۸: برآورد کمی GSI لایه های مارنی چاه نفتی BK-12 به روش Russo, 2009

ب-۴- محاسبه GSI بر اساس Hoek et al, 2013

بر اساس روش Hoek et al, 2013 شاخص مقاومت زمین‌شناسی لایه های مارنی چاه نفتی BK-12، $GSI=50$ برآورد شده است که در تصویر ۴۹ ارائه شده است.

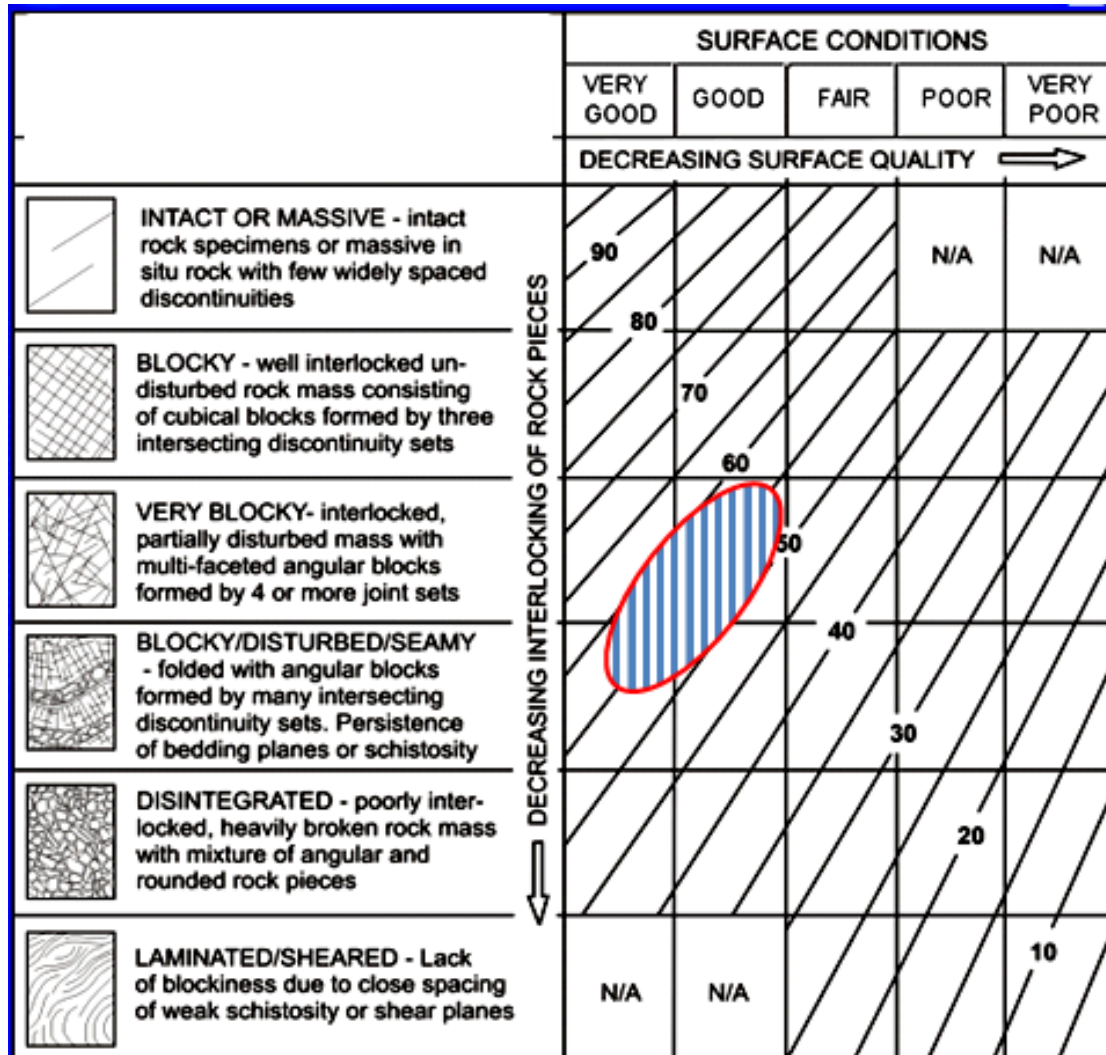


تصویر ۴۹: برآورد کمی GSI لایه های مارنی چاه نفتی BK-12 به روش Hoek et al, 2013

۸-۴-۲- لایه های ماسه سنگ

الف- تعیین کیفی شاخص مقاومت زمین شناسی

بر اساس مشاهدات میدانی شاخص مقاومت زمین شناسی به روش کیفی ماسه سنگ، $GSI=50-60$ تخمین زده شده ست (تصویر ۵۰).



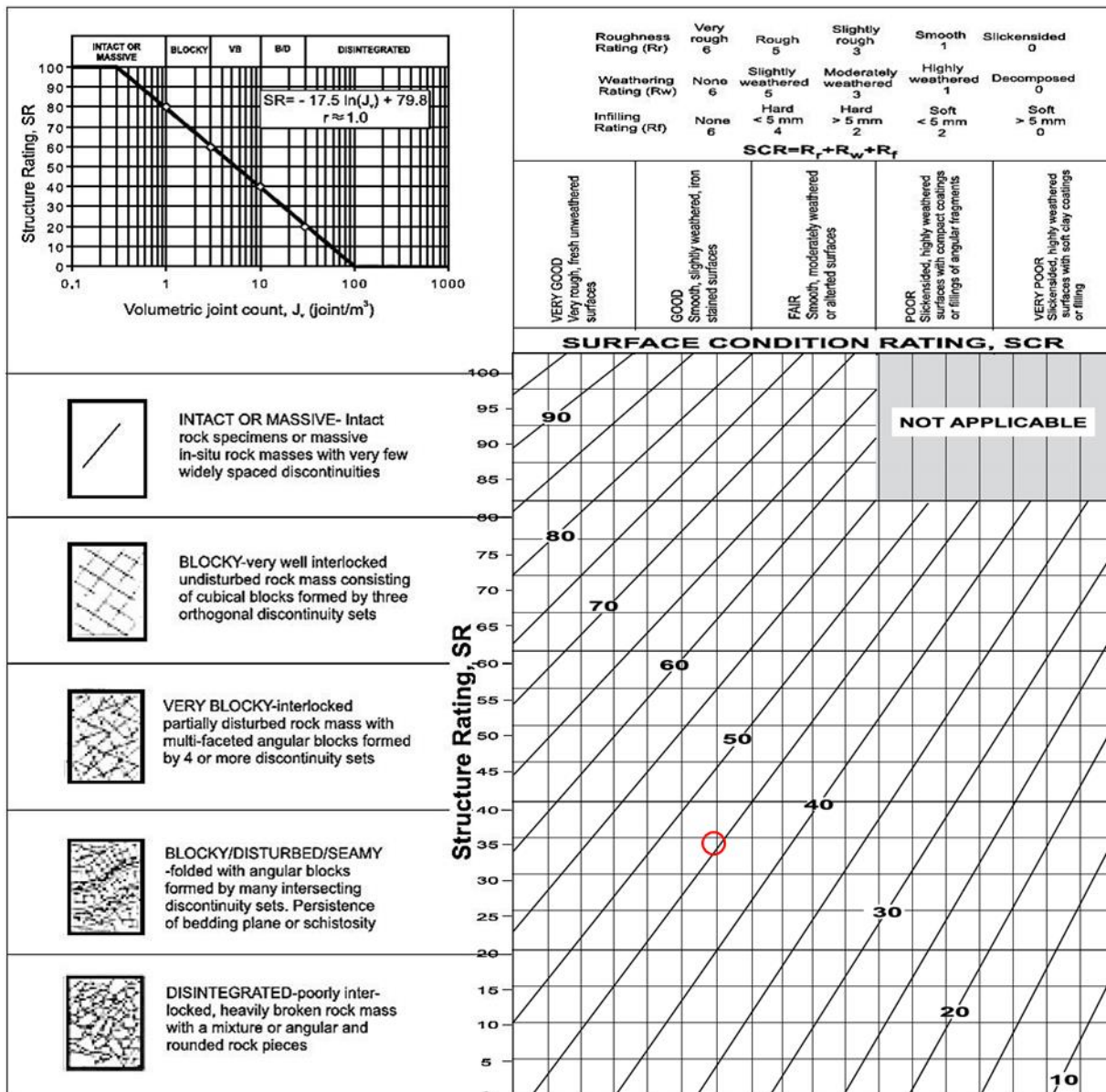
تصویر ۵۰: شاخص مقاومت زمین شناسی لایه های ماسه سنگ چاه نفتی BK-12

ب- محاسبه GSI به روش کمی

در ادامه برآورد کمی لایه های ماسه سنگ محل چاه نفتی BK-12 میدان نفتی بینک ارائه شده است:

ب-۱- محاسبه GSI بر اساس Sonmez & Ulusay, 2002

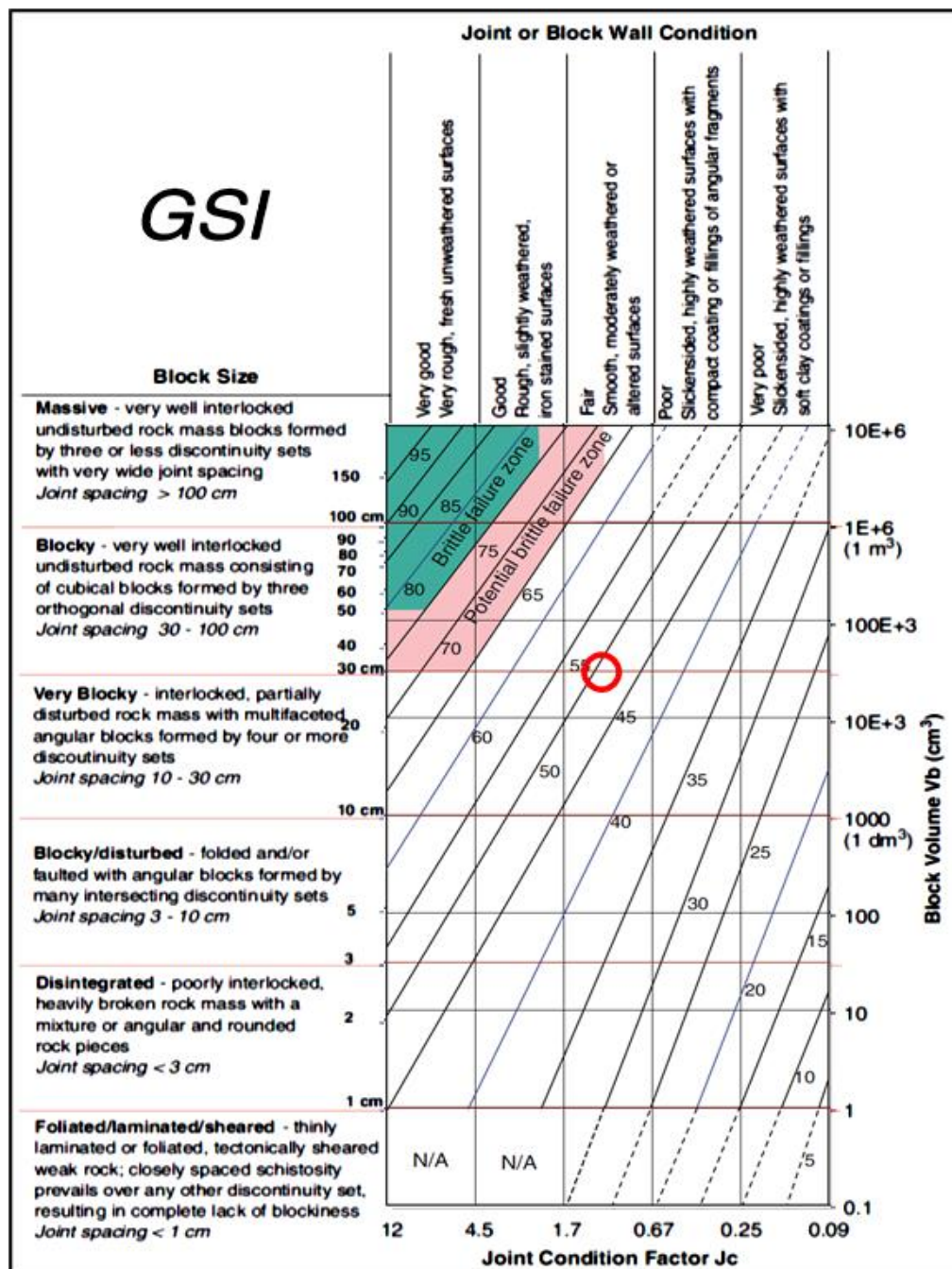
بر اساس روش Sonmez & Ulusay, 2002 شاخص مقاومت زمین‌شناسی لایه های ماسه سنگ چاه نفتی BK-12، $GSI=46$ برآورد شده است که در تصویر ۵۱ ارائه شده است.



تصویر ۵۱: برآورد کمی GSI لایه های ماسه سنگ چاه نفتی BK-12 به روش Sonmez & Ulusay, 2002

ب-۲- محاسبه GSI بر اساس Cai et al, 2004

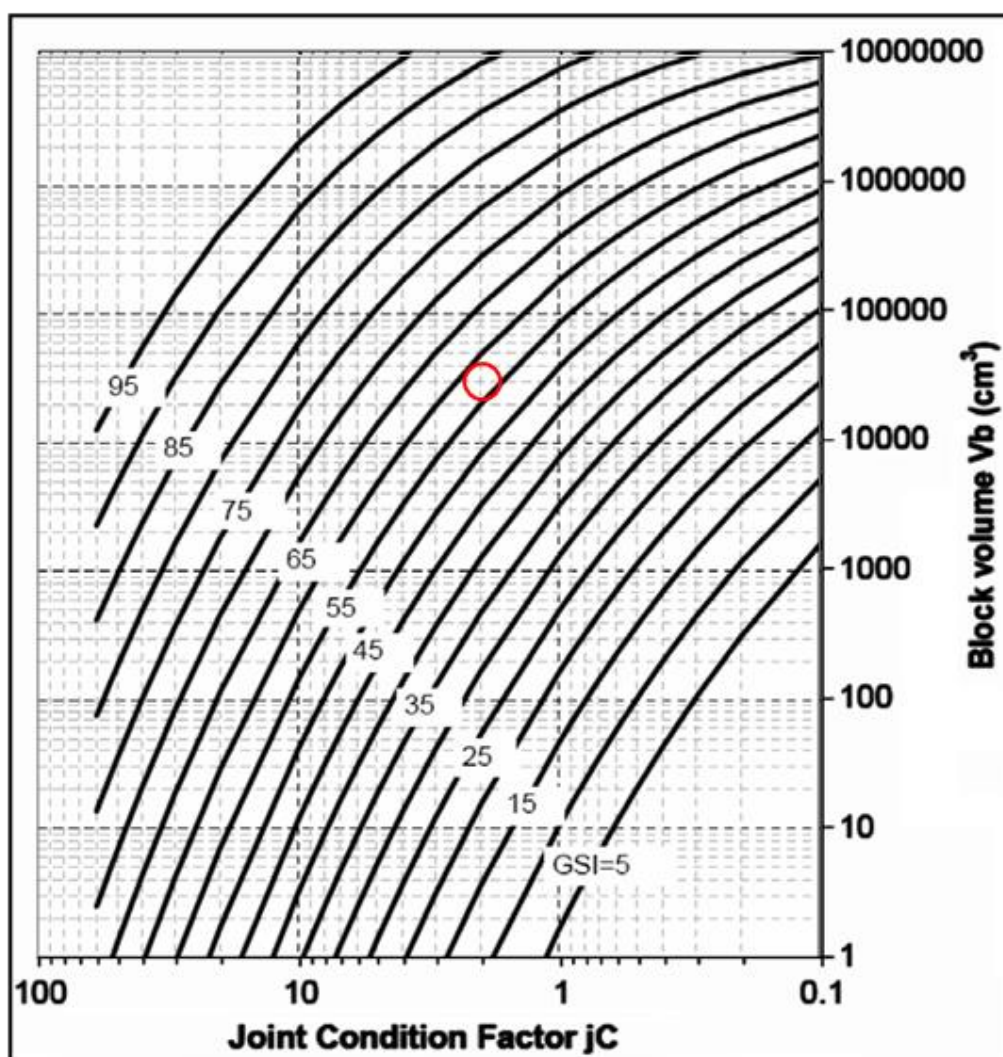
بر اساس روش Cai et al, 2004 شاخص مقاومت زمین‌شناسی لایه های ماسه سنگ چاه نفتی BK-12،
GSI=50 برآورد شده است که در تصویر ۵۲ ارائه شده است.



تصویر ۵۲: برآورد کمی GSI لایه های ماسه سنگ چاه نفتی BK-12 به روش Cai et al, 2004

ب-۳- محاسبه GSI بر اساس Russo, 2009

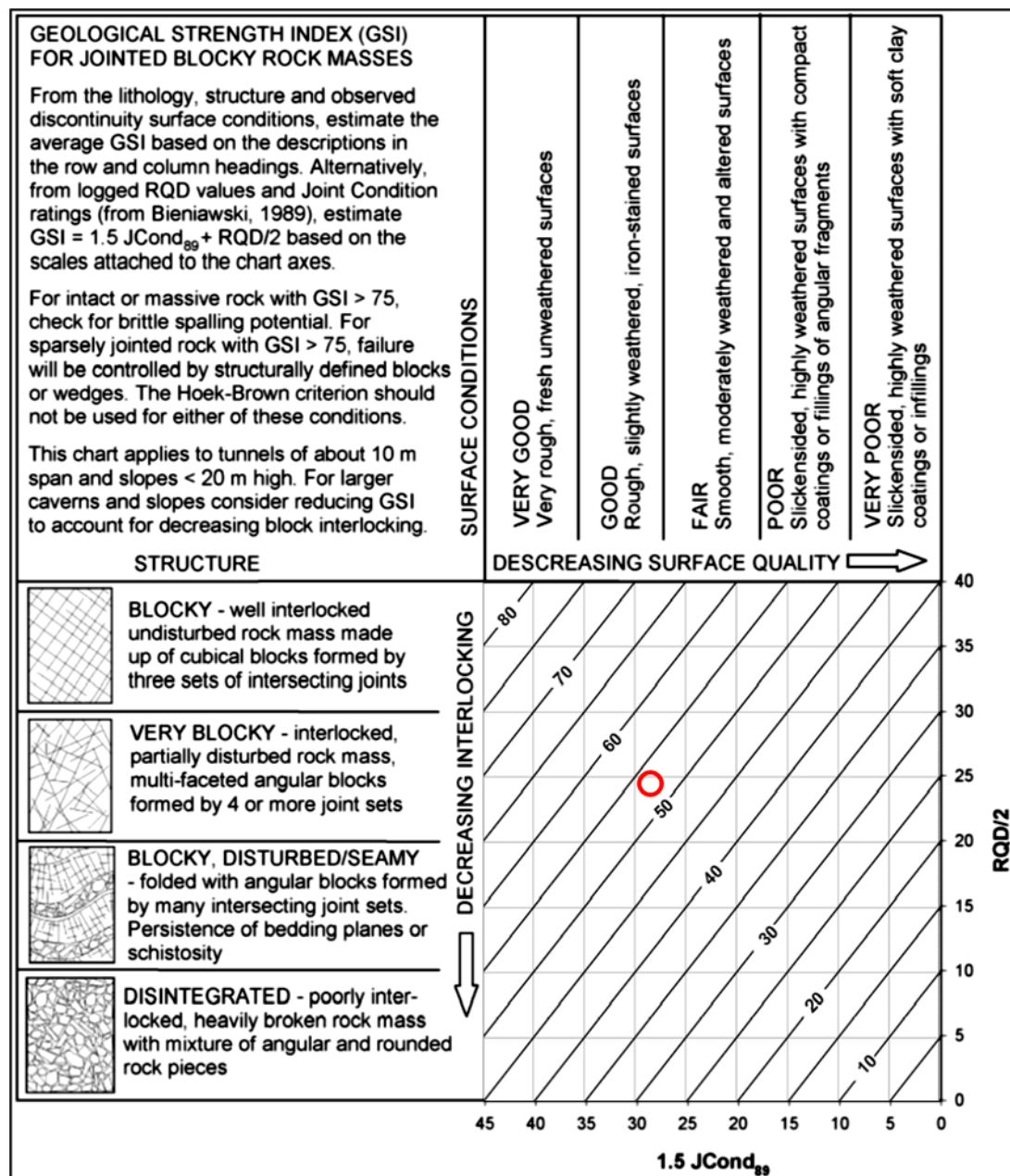
بر اساس روش Russo, 2009 شاخص مقاومت زمین‌شناسی لایه های ماسه سنگ چاه نفتی BK-12، $GSI=57$ برآورد شده است که در تصویر ۵۳ ارائه شده است.



تصویر ۵۳: برآورد کمی GSI لایه های ماسه سنگ چاه نفتی BK-12 به روش Russo, 2009

ب-۴- محاسبه GSI بر اساس Hoek et al, 2013

بر اساس روش Hoek et al, 2013 شاخص مقاومت زمین‌شناسی لایه های ماسه سنگ چاه نفتی BK-12،
GSI=54 برآورد شده است که در تصویر ۵۴ ارائه شده است.



تصویر ۵۴: برآورد کمی GSI لایه های ماسه سنگ چاه نفتی BK-12 به روش Hoek et al, 2013

۸-۴-۳- میانگین شاخص مقاومت زمین شناسی چاه BK-12

با عنایت به مطالب بالا، چاه نفتی BK-12 بر روی سازند آغاچاری متشکل از لایه های مارنی و ماسه سنگی تشکیل شده است که در جدول ذیل میانگین شاخص مقاومت زمین شناسی (GSI) کل توده سنگهای محل چاه نفتی فوق ارائه شده است.

جدول ۴: میانگین شاخص مقاومت زمین شناسی توده سنگهای محل چاه نفتی BK-12

Location name	Lithology	GSI					
		qualitative	quantitative				
		Hoek, Marinos and Benissi, 1998	Sonmez & Ulusay, 2002	Cai et al, 2004	Russo, 2009	Hoek et al, 2013	Ave.
BK-12	Marl	35-45	31	34	44	50	40
	Sandstone	50-60	46	50	57	54	52
ave.		42-52	ave.				46

۹-تدقیق GSI برای شرایط عمیق

در شرای حفاری توده سنگهای عمق زمین، بدلیل افزایش تنش لیتواستاتیک ناشی از وزن مصالح سنگی روی زمین و وجود شرایط تنش همه جانبه (Confining stress) سبب بسته تر شدن ناپیوستگیهای توده سنگ می گردد که این شرایط سبب افزایش شاخص مقاومت زمین شناسی توده سنگهای عمق می گردد. بنابراین به منظور بهره گیری از شاخص مقاومت زمین شناسی در شرایط حفاریهای عمیق لازم است پس از بررسی شرایط عمقی در حین اجرای حفاری چاه نفت، اعداد شاخص مقاومت زمین شناسی (GSI) چاه های نفت که در بند ۸ و بر اساس شرایط سطحی و اعماق کم برآورد شده است، به میزان ۱۰ تا ۱۵ عدد افزایش یابد.

پیوست ۷

روابط و جداول تعیین ظرفیت باربری و نشست خاک در شالوده های سطحی و طبقه بندی نوع زمین و روابط محاسبه ضرایب فشار جانبی و محرک و مقاوم

Bearing capacity and Settlements are computed using the following computations.

1. The Ultimate Bearing Capacity Calculation

Hansen's Method:

$$\text{General: } q_{ult} = c N_c s_s d_c i_c g_c b_c + q N_q S_q d_q i_q g_q b_q + 0.5 \gamma B' N_\gamma S_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$$

When $\Phi = 0$

$$\text{Use } q_{ult} = 5.14 S_u (1 + S_c + d'_c - i'_c - b'_c - g'_c) + q$$

$$N_q = e^{\tan \Phi} \tan^2(45 + \Phi/2)$$

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

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

The coefficient of shape and depth of foundation inclination of the forces, and the slope of foundation are presented in tables 4-5a , 4-5b and 4-5c.

2- Elastic Settlement of foundations

Due to the low water table, the settlements are largely elastic. Therefore, in calculating the settlements, the following equation, based on Elasticity Theory, is used:

$$\Delta H = q_0 B' m I_s I_f \frac{1 - \mu^2}{E_s}$$

ΔH = Settlement

q_0 = Load

B' = Minimum Dimension of Footing

I_s = Steinbrenner General Influence Factor

I_f = Fuchs Depth influence factor

E_s = Secant Modulus of Soil

μ = Poisson's Ratio

m = Participation Factor

$m = 4$ for center of footing

$m = 2$ for edges

$m = 1$ for corners

In the above equation the units for ΔH and B' , and also q_0 and E_s are similar.

TABLE 4-5b

Table of inclination, ground, and base factors for the Hansen (1970) equations. See Table 4-5c for equivalent Vesić equations.

Inclination factors	Ground factors (base on slope)
$i'_c = 0.5 - \sqrt{1 - \frac{H_i}{A_f C_a}}$	$g'_c = \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$
$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$	$g_c = 1.0 - \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$
$i_q = \left[1 - \frac{0.5 H_i}{V + A_f c_a \cot \phi} \right]^{\alpha_1}$ $2 \leq \alpha_1 \leq 5$	$g_q = g_\gamma = (1 - 0.5 \tan \beta)^5$
Base factors (tilted base)	
$i_\gamma = \left[1 - \frac{0.7 H_i}{V + A_f c_a \cot \phi} \right]^{\alpha_2}$	$b'_c = \frac{\eta^\circ}{147^\circ} \quad (\phi = 0)$
$i_\gamma = \left[1 - \frac{(0.7 - \eta^\circ/450^\circ) H_i}{V + A_f c_a \cot \phi} \right]^{\alpha_2}$ $2 \leq \alpha_2 \leq 5$	$b_c = 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ} \quad (\phi > 0)$ $b_q = \exp(-2\eta \tan \phi)$ $b_\gamma = \exp(-2.7\eta \tan \phi)$ η in radians

Notes:

1. Use H_i as either H_B or H_L , or both if $H_L > 0$.
2. Hansen (1970) did not give an i_c for $\phi > 0$. The value above is from Hansen (1961) and also used by Vesić.
3. Variable c_a = base adhesion, on the order of 0.6 to $1.0 \times$ base cohesion.
4. Refer to sketch for identification of angles η and β , footing depth D , location of H_i (parallel and at top of base slab; usually also produces eccentricity). Especially note V = force normal to base and is not the resultant R from combining V and H_i .

TABLE 4-5a

Shape and depth factors for use in either the Hansen (1970) or Vesić (1973, 1975b) bearing-capacity equations of Table 4-1. Use s'_c, d'_c when $\phi = 0$ only for Hansen equations. Subscripts H, V for Hansen, Vesić, respectively.

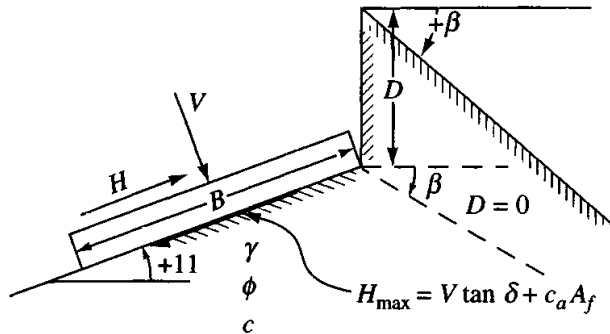
Shape factors	Depth factors
$s'_{c(H)} = 0.2 \frac{B'}{L'} \quad (\phi = 0^\circ)$	$d'_c = 0.4k \quad (\phi = 0^\circ)$
$s_{c(H)} = 1.0 + \frac{N_q}{N_c} \cdot \frac{B'}{L'}$	$d_c = 1.0 + 0.4k$
$s_{c(V)} = 1.0 + \frac{N_q}{N_c} \cdot \frac{B}{L}$	$k = D/B$ for $D/B \leq 1$
$s_c = 1.0$ for strip	$k = \tan^{-1}(D/B)$ for $D/B > 1$
	k in radians
$s_{q(H)} = 1.0 + \frac{B'}{L'} \sin \phi$	$d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 k$
$s_{q(V)} = 1.0 + \frac{B}{L} \tan \phi$	k defined above
for all ϕ	
$s_{\gamma(H)} = 1.0 - 0.4 \frac{B'}{L'} \geq 0.6$	$d_\gamma = 1.00$ for all ϕ
$s_{\gamma(V)} = 1.0 - 0.4 \frac{B}{L} \geq 0.6$	

Notes:

1. Note use of "effective" base dimensions B', L' by Hansen but not by Vesić.
2. The values above are consistent with either a vertical load or a vertical load accompanied by a horizontal load H_B .
3. With a vertical load and a load H_L (and either $H_B = 0$ or $H_B > 0$) you may have to compute two sets of shape s_i and d_i as s_{iB}, s_{iL} and d_{iB}, d_{iL} . For i, L subscripts of Eq. (4-2), presented in Sec. 4-6, use ratio L'/B' or D/L' .

Notes: $\beta + \eta = 90^\circ$ (Both β and η have signs (+) shown.)

β ϕ



For: $L/B \leq 2$ use ϕ_{tr}

$L/B > 2$ use $\phi_{ps} = 1.5 \phi_{tr} - 17^\circ$

$\phi_{tr} \leq 34^\circ$ use $\phi_{tr} = \phi_{ps}$

δ = friction angle between base and soil ($.5\phi \leq \delta \leq \phi$)

$A_f = B'L'$ (effective area)

c_a = base adhesion (0.6 to 1.0c)

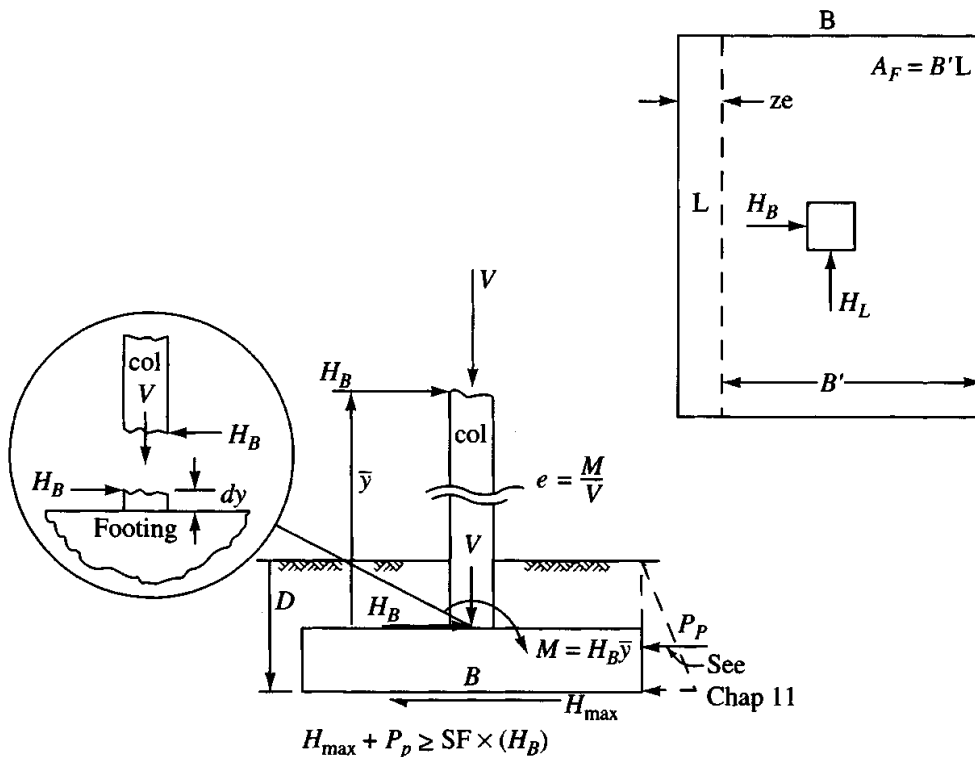
TABLE 4-5c

Table of inclination, ground, and base factors for the Vesić (1973, 1975b) bearing-capacity equations. See notes below and refer to sketch for identification of terms.

Inclination factors	Ground factors (base on slope)
$i'_c = 1 - \frac{mH_i}{A_f c_a N_c} \quad (\phi = 0)$	$g'_c = \frac{\beta}{5.14} \quad \beta \text{ in radians}$
$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1} \quad (\phi > 0)$	$g_c = i_q - \frac{1 - i_q}{5.14 \tan \phi} \quad \phi > 0$
i_q , and m defined below	i_q defined with i_c
$i_q = \left[1.0 - \frac{H_i}{V + A_f c_a \cot \phi} \right]^m$	$g_q = g_\gamma = (1.0 - \tan \beta)^2$
Base factors (tilted base)	
$i_\gamma = \left[1.0 - \frac{H_i}{V + A_f c_a \cot \phi} \right]^{m+1}$	$b'_c = g'_c \quad (\phi = 0)$
$m = m_B = \frac{2 + B/L}{1 + B/L}$	$b_c = 1 - \frac{2\beta}{5.14 \tan \phi}$
$m = m_L = \frac{2 + L/B}{1 + L/B}$	$b_q = b_\gamma = (1.0 - \eta \tan \phi)^2$

Notes:

1. When $\phi = 0$ (and $\beta \neq 0$) use $N_\gamma = -2 \sin(\pm \beta)$ in N_γ term.
2. Compute $m = m_B$ when $H_i = H_B$ (H parallel to B) and $m = m_L$ when $H_i = H_L$ (H parallel to L). If you have both H_B and H_L use $m = \sqrt{m_B^2 + m_L^2}$. Note use of B and L , not B' , L' .
3. Refer to Table sketch and Tables 4-5a, b for term identification.
4. Terms N_c , N_q , and N_γ are identified in Table 4-1.
5. Vesić always uses the bearing-capacity equation given in Table 4-1 (uses B' in the N_γ term even when $H_i = H_L$).
6. H_i term ≤ 1.0 for computing i_q , i_γ (always).



Calculation of consolidation settlement for fully saturated clays

The relationships used for the calculation of settlement due to consolidation of saturated, normally consolidated clays, and pre consolidated clays are as follows:

Normally consolidated clays:
$$S_c = \frac{C_c H}{1+e_0} \log \frac{P'_0 + \Delta P}{P'_0}$$

Pre- consolidated clays:

$$S_c = \frac{C_r H}{1+e_0} \log \frac{P_c}{P'_0} + \frac{C_c H}{1+e_0} \log \frac{P'_0 + \Delta P}{P_c} \quad \text{For } P'_0 < P_c < P'_0 + \Delta P$$

$$S_c = \frac{C_r H}{1+e_0} \log \frac{P'_0 + \Delta P}{P'_0} \quad \text{For } P'_0 + \Delta P < P'_c$$

S_c = Consolidation settlement for clay layer

C_c = Compressibility index

C_r = Rebound coefficient

H = Thickness of clay layer

e_0 = Initial void ratio

P'_0 = Initial effective stress at the middle of the clay layer

ΔP = Effective stress increment at the middle of the clay layer

P_c = Pre-consolidation pressure in clay layer

It should be noted that in the case of thick clay layer, it is subdivided into several sub-layers and then the combined effect of consolidation settlement of each individual sub-layer is computed as total settlement.

IMMEDIATE SETTLEMENT COMPUTATIONS

The settlement of the corner of a rectangular base of dimensions $B' \times L'$ on the surface of an elastic half-space can be computed from an equation from the Theory of Elasticity [e.g., Timoshenko and Goodier (1951)] as follows:

$$\Delta H = q_o B' \frac{1 - \mu^2}{E_s} \left(I_1 + \frac{1 - 2\mu}{1 - \mu} I_2 \right) I_F \quad (5-16)$$

where q_o = intensity of contact pressure in units of E_s
 B' = least lateral dimension of contributing base area in units of ΔH
 I_i = influence factors, which depend on L'/B' , thickness of stratum H , Poisson's ratio μ , and base embedment depth D
 E_s, μ = elastic soil parameters—see Tables 2-7, 2-8, and 5-6

The influence factors (see Fig. 5-7 for identification of terms) I_1 and I_2 can be computed using equations given by Steinbrenner (1934) as follows:

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

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

where $M = \frac{L'}{B'}$

Figure 5-7 Influence factor I_F for footing at a depth D . Use actual footing width and depth dimension for this D/B ratio. Use program FFACTOR for values to avoid interpolation.

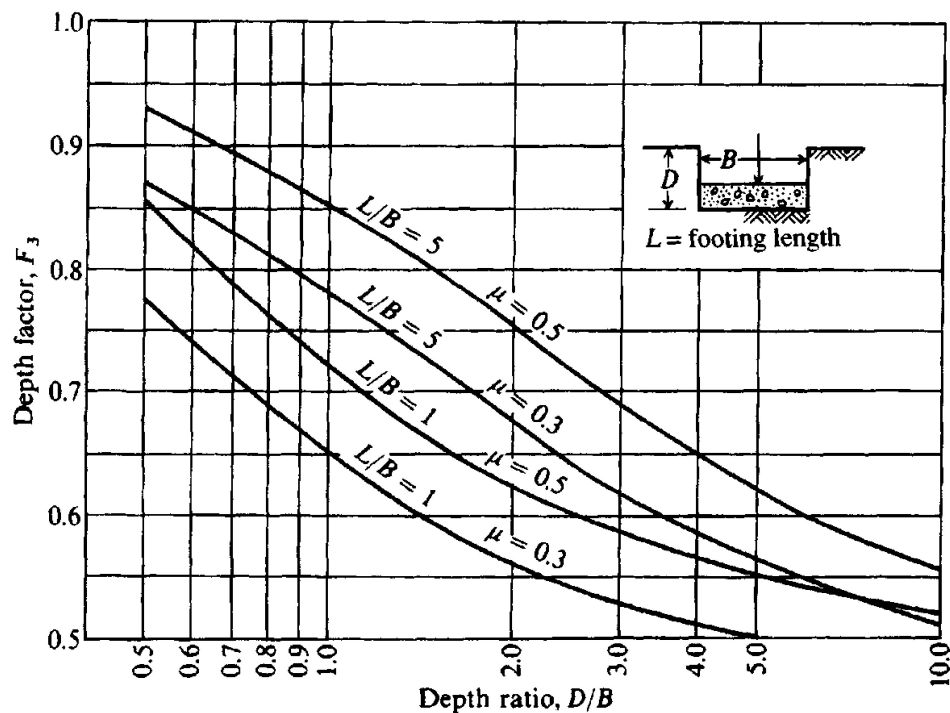


TABLE 5-2

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

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

TABLE 5-2

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

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

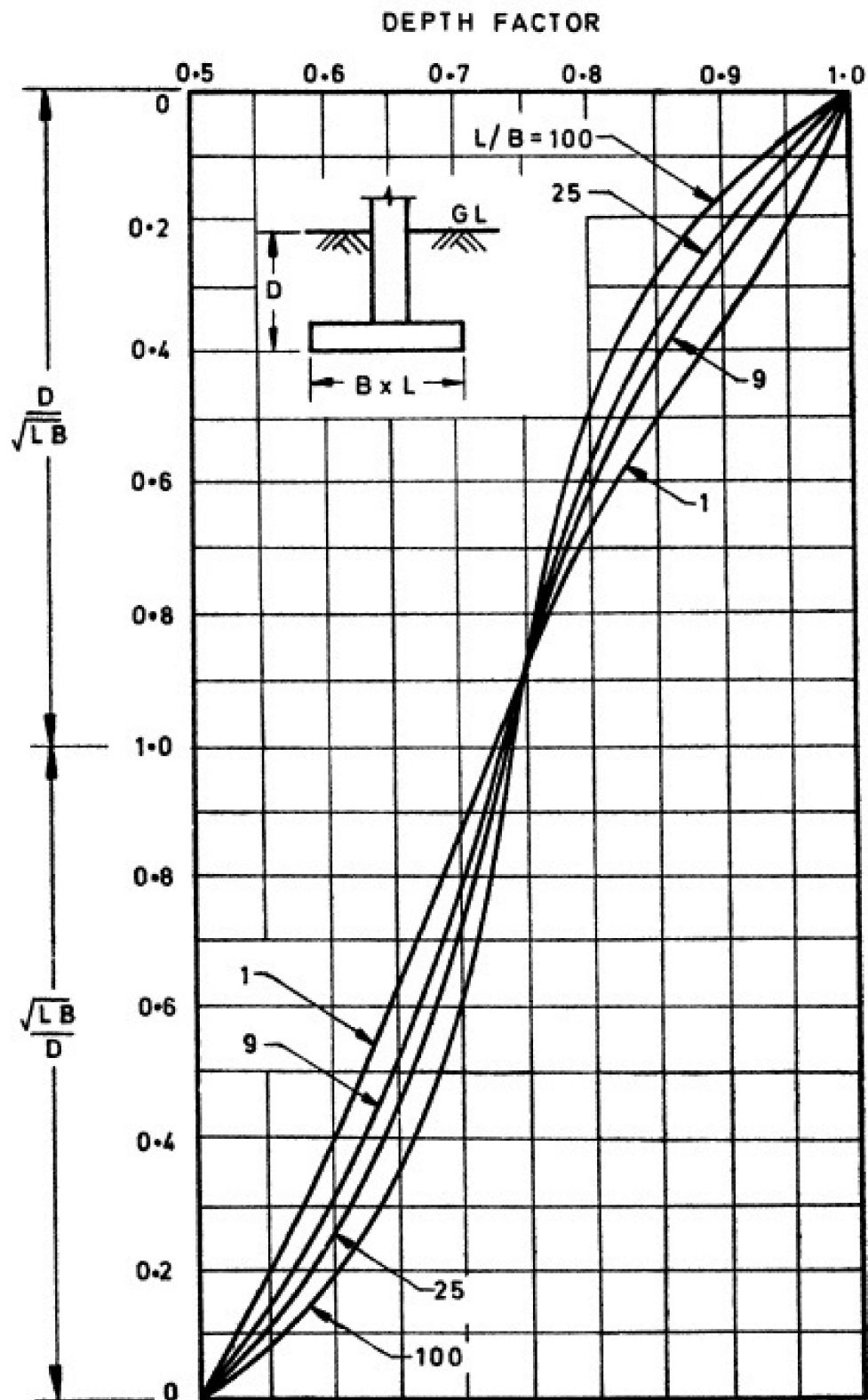


FIG. 12 FOX'S CORRECTION CURVES FOR SETTLEMENTS OF FLEXIBLE RECTANGULAR FOOTINGS OF $L \times B$ AT DEPTH D

نمودارهای فاکس برای نشست پی های انعطاف پذیر مستطیلی

Criterion	Isolated foundations	Rafts
Angular distortion (cracking)		1/300
Greatest differential settlement		
Clays		45 (35)
Sands		32 (25)
Maximum settlement		
Clays	75	75–125 (65–100)
Sands	50	50–75 (35–65)

میزان نشست مجاز سازه ها مطابق Bowels

نشست مجاز (میلی متر)		نوع پی	خاک
یکنواخت	غیر یکنواخت		
۲۵	۲۰	منفرد و نواری	ماسه
۵۰	۲۰	شبکه‌ای و گسترده	
۶۵	۲۵	منفرد و نواری	رس
۶۵-۱۰۰	۲۵	شبکه‌ای و گسترده	

میزان نشست مجاز پی ها براساس مبحث هفتم مقررات ملی ساختمان

Structure	On sand or hard clay	On plastic clay	Average max. settlement, mm
Crane runway	0.003	0.003	
Steel and concrete frames	0.002	0.002	100
End rows of brick-clad frame	0.0007	0.001	150
Where strain does not occur	0.005	0.005	
Multistory brick wall			25 $L/H \geq 2.5$
L/H to 3	0.0003	0.0004	100 $L/H \leq 1.5$
Multistory brick wall			
L/H over 5	0.0005	0.0007	
One-story mill buildings	0.001	0.001	
Smokestacks, water towers, ring foundations	0.004	0.004	300
Structures on permafrost			
Reinforced concrete	0.002–0.0015		150 at 40 mm/year†
Masonry, precast concrete	0.003–0.002		200 at 60 mm/year
Steel frames	0.004–0.0025		250 at 80 mm/year
Timber	0.007–0.005		400 at 129 mm/year

میزان نشست سازه ها در خاک های مختلف براساس آیین نامه U.S.S.R

طبقه زمین بر اساس آیین نامه UBC

TABLE 16-J—SOIL PROFILE TYPES

SOIL PROFILE TYPE	SOIL PROFILE NAME/GENERIC DESCRIPTION	AVERAGE SOIL PROPERTIES FOR TOP 100 FEET (30 480 mm) OF SOIL PROFILE		
		Shear Wave Velocity, $\bar{V}_s$ feet/second (m/s)	Standard Penetration Test, $\bar{N}$ [or $\bar{N}_{CH}$ for cohesionless soil layers] (blows/foot)	Undrained Shear Strength, $\bar{s}_u$ psf (kPa)
S_A	Hard Rock	> 5,000 (1,500)	—	—
S_B	Rock	2,500 to 5,000 (760 to 1,500)		
S_C	Very Dense Soil and Soft Rock	1,200 to 2,500 (360 to 760)	> 50	> 2,000 (100)
S_D	Stiff Soil Profile	600 to 1,200 (180 to 360)	15 to 50	1,000 to 2,000 (50 to 100)
S_E^1	Soft Soil Profile	< 600 (180)	< 15	< 1,000 (50)
S_F	Soil Requiring Site-specific Evaluation. See Section 1629.3.1.			

¹ Soil Profile Type S_E also includes any soil profile with more than 10 feet (3048 mm) of soft clay defined as a soil with a plasticity index, $PI > 20$, $w_{mc} \geq 40$ percent and $s_u < 500$ psf (24 kPa). The Plasticity Index, PI , and the moisture content, w_{mc} , shall be determined in accordance with approved national standards.

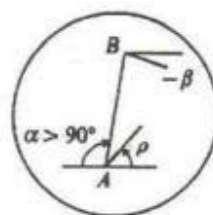
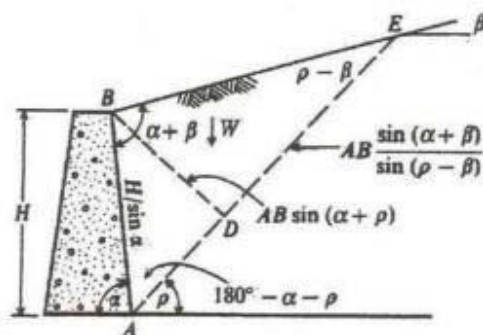
طبقه بندی نوع زمین (نقل از استاندارد ۲۸۰۰- ویرایش ۴)

نوع زمین	توصیف لایه بندی زمین	$\bar{V}_s(m/s)$	$\bar{N}_{1(60)}$	$\bar{C}_u(kPa)$
I	سنگ و شبه سنگ، شامل سنگ های آذرین، دگرگونی و رسوبی و خاک های سیمانته بسیار محکم با حداکثر ۵ متر مصالح ضعیف تر تا سطح زمین	> 750	—	—
II	خاک خیلی متراکم یا سنگ سست، شامل شن و ماسه خیلی متراکم، رس بسیار سخت با ضخامت بیشتر از ۳۰ متر که مشخصات مکانیکی آن با افزایش عمق به تدریج بهبود یابد. سنگ های آذرین و رسوبی سست، مانند توف و یا سنگ متورق و یا کاملاً هوازده	$375-750$	> 50	> 250
III	خاک متراکم تا متوسط، شامل شن و ماسه متراکم تا متوسط یا رس های سخت با ضخامت بیشتر از ۳۰ متر	$175-375$	$15-50$	$70-250$
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.	< 175	< 15	< 70

ضرائب فشار محرک (Ka) و مقاوم (Kp) بر اساس روش کولمب

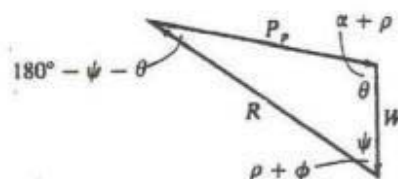
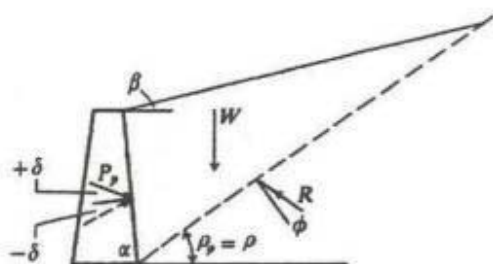
$$K_a = \frac{\sin^2(\alpha + \phi)}{\sin^2 \alpha \cdot \sin(\alpha - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \beta)}{\sin(\alpha - \delta) \cdot \sin(\alpha + \beta)}} \right]^2}$$

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



$$\begin{aligned} \text{مساحت} &= \frac{1}{2} BD(AD) \\ AD &= AB \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\sin(\rho - \beta)} \\ BD &= AB \sin(\alpha + \rho) \\ AB &= \frac{H}{\sin \alpha} \end{aligned}$$

(a) گوده گسیختگی مورد استفاده در روش Coulomb برای فشار محرک خاک



(c) گوده گسیختگی برای فشار مقاوم خاک

(b) چند ضلعی نیرو برای تعیین نیروی مقاوم خاک

جدول ضرائب فشار محرک خاک (به روش کولمب) برای $\alpha=90^\circ$ و $\beta=0^\circ$

$\Phi(deg)$	$\delta(deg)$					
	0	5	10	15	20	25
28	0.3610	0.3448	0.3330	0.3251	0.3203	0.3186
30	0.3333	0.3189	0.3085	0.3014	0.2973	0.2956
32	0.3073	0.2945	0.2853	0.2791	0.2755	0.2745
34	0.2827	0.2714	0.2633	0.2579	0.2549	0.2545
36	0.2596	0.2497	0.2426	0.2379	0.2354	0.2350
38	0.2379	0.2292	0.2230	0.2190	0.2169	0.2167
40	0.2174	0.2098	0.2045	0.2011	0.1994	0.1995
42	0.1982	0.1916	0.1870	0.1841	0.1828	0.1831

جدول ضرائب فشار مقاوم خاک (به روش کولمب) برای $\alpha=90^\circ$ و $\beta=0^\circ$

$\Phi(deg)$	$\delta(deg)$				
	0	5	10	15	20
15	1.698	1.900	2.130	2.405	2.735
20	2.040	2.313	2.636	3.030	3.525
25	2.464	2.830	3.286	3.855	4.597
30	3.000	3.506	4.143	4.997	6.105
35	3.690	4.390	5.310	6.854	8.324
40	4.600	5.590	6.946	8.870	11.772

ضرایب فشار جانبی خاک در حالت دینامیکی (وقوع زلزله)

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

$$K_{ave} = K_{ae} \cdot \sin(\delta + \alpha_a)$$

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

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

$$K_{p_{ve}} = K_{pe} \cdot \sin(\delta + \alpha_p)$$

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

$$\theta = \text{Arctg}(\frac{Kh}{1 - Kv})$$

K_h : Earthquake Horizontal Coefficient

Kv: Earthquake Vertical Coefficient

