

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک																	
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>نسخه</td> <td>سریال</td> <td>نوع مدرک</td> <td>رشته</td> <td>تسهیلات</td> <td>صادرکننده</td> <td>بسته کاری</td> <td>پروژه</td> </tr> <tr> <td>D01</td> <td>0001</td> <td>RT</td> <td>GT</td> <td>120</td> <td>PEDCO</td> <td>GCS</td> <td>BK</td> </tr> </table>	نسخه	سریال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادرکننده	بسته کاری	پروژه	D01	0001	RT	GT	120	PEDCO	GCS	BK	شماره صفحه: 1 از 71
نسخه	سریال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادرکننده	بسته کاری	پروژه											
D01	0001	RT	GT	120	PEDCO	GCS	BK											

طرح نگهداشت و افزایش تولید 27 مخزن

GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION

نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک

D01	OCT.2022	IFA	BKP Co.	M.Fakharian	M.Mehrshad	
D00	MAY.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-709216				
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 سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک																	
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION <table border="1"> <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>GCS</td> <td>PEDCO</td> <td>120</td> <td>GT</td> <td>RT</td> <td>0001</td> <td>D01</td> </tr> </table>	پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01	شماره صفحه: 2 از 71
پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه											
BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01											

REVISION RECORD SHEET

PAGE	D00	D01	D02	D03	D04
1	X				
2	X				
3	X				
4	X	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	X	X			
53	X	X			
54		X			
55		X			
56		X			
57		X			
58		X			
59		X			
60		X			
61		X			
62		X			
63		X			
64		X			
65		X			

PAGE	D00	D01	D02	D03	D04
66		X			
67		X			
68		X			
69		X			
70		X			
71		X			
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 سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک							
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION							شماره صفحه: 3 از 71
	پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	
	BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01

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
14	فصل 2- زمین شناسی عمومی، زمین ساخت گستره طرح و وضعیت کلی لرزه خیزی ساختگاه
14	2-1- مطالعات زمین شناسی عمومی منطقه
17	2-2- لرزه خیزی عمومی منطقه
20	فصل 3- کاوش های صحرایی
20	3-1- عملیات حفاری گمانه های ماشینی
24	3-2- آزمایش های برجا
33	3-3- آزمایش بارگذاری صفحه (Plate Load Test)
34	3-4- وضعیت تراز سطح آب
35	فصل 4- آزمایش های آزمایشگاهی
35	4-1- توصیف و طبقه بندی لایه های خاک
40	فصل 5- پارامترهای طراحی و بررسی ملاحظات ژئوتکنیکی
40	5-1- خصوصیات فیزیکی و مکانیکی لایه های خاک و پارامترهای طراحی
40	5-2- پتانسیل روانگرایی
41	5-3- برآورد پتانسیل رمبندگی (فروریزش)
41	5-4- برآورد پتانسیل تورم
42	فصل 6- ظرفیت باربری مجاز شالوده های سطحی
42	6-1- مقدمه
43	6-2- تعیین ظرفیت باربری نهایی و مجاز بر اساس گسیختگی برشی
43	6-3- نشست خاک

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک								
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								شماره صفحه: 4 از 71
	پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	
	BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01	

- 44 4-6- ظرفیت باربری مجاز شالوده‌های سطحی
- 49 فصل 7- تعیین ضرایب فشار جانبی و نحوه پایدارسازی گود
- 49 1-7- بررسی فشار محرک و مقاوم خاک
- 49 2-7- تعیین ضرایب فشار جانبی خاک در حالت استاتیکی
- 50 3-7- تعیین ضرایب فشار جانبی خاک در حالت دینامیکی (وقوع زلزله)
- 51 4-7- گودبرداری و پایداری شیب
- 64 فصل 8- جمع بندی، نتیجه‌گیری و توصیه‌های فنی
- 64 1-8- جمع بندی و نتیجه‌گیری
- 65 2-8- توصیه فنی

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک								
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								شماره صفحه: 5 از 71
	پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	
	BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01	

فهرست اشکال

- شکل 1-1 - موقعیت قرارگیری گمانه‌های ماشینی محل پروژه در ایستگاه تقویت فشار گاز در Google Earth 11
- شکل 1-2 - محدوده مختصات گمانه‌های ماشینی محل پروژه در ایستگاه تقویت فشار گاز در Google Earth 12
- شکل 1-3 - محدوده ایستگاه تقویت فشار گاز نسبت به کل پروژه در Google Earth - نقشه ارسالی از کارفرمای محترم 13
- شکل 2-1 - نمایش تقریبی محور خلیج فارس 15
- شکل 2-2 - تقسیم‌بندی زاگرس از نظر Alavi سال 2004 16
- شکل 2-3 - نمایی از گسل‌های محدوده مورد مطالعه 18
- شکل 2-4 - موقعیت ایستگاه تقویت فشار گاز به روی نقشه زمین‌شناسی بوشهر در منطقه بینک به مقیاس 1:100000 19
- شکل 3-1 - جانمایی محل حفر گمانه‌های ماشینی در ایستگاه تقویت فشار گاز 20
- شکل 3-2 - موقعیت قرارگیری محل حفر گمانه‌های ماشینی در ایستگاه تقویت فشار گاز - نقشه ارسالی از کارفرمای محترم 21
- شکل 3-3 - موقعیت قرارگیری محل حفر گمانه‌های ماشینی در ایستگاه تقویت فشار گاز - نقشه ارسالی از کارفرمای محترم 23
- شکل 3-4 - تغییرات نتایج ضربات SPT (اصلاح نشده) و میزان نفوذ متناظر بر حسب عمق ایستگاه تقویت فشار گاز 26
- شکل 3-5 - تصویر شماتیک آزمایش لرزه‌نگاری درون گمانه‌ای 28
- شکل 3-6 - حدود مقاومت الکتریکی برای خاک‌های مختلف 30
- شکل 3-7 - تغییرات مقاومت الکتریکی بر حسب عمق در ایستگاه تقویت فشار گاز 32
- شکل 4-1 - گمانه‌های ماشینی در محدوده مورد مطالعه ایستگاه تقویت فشار گاز 36
- شکل 4-2 - ایستگاه تقویت فشار گاز (GCS) - نقشه ارسالی از کارفرمای محترم 37
- شکل 4-3 - موقعیت قرارگیری ایستگاه تقویت فشار گاز (GCS) نسبت به سایر بسته‌های بخش تحت الارض - نقشه ارسالی از کارفرمای محترم 38
- شکل 6-1 - مدلسازی فنر وینکلر 46
- شکل 6-2 - مدل سازی فنرهای کوپله 46
- شکل 6-3 - تقسیم بندی سطح پی در روش شبه کوپل 47

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک																									
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	<table><tr><th colspan="8">GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION</th></tr><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>D01</td><td>0001</td><td>RT</td><td>GT</td><td>120</td><td>PEDCO</td><td>GCS</td><td>BK</td></tr></table>	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								نسخه	سریال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادرکننده	بسته کاری	پروژه	D01	0001	RT	GT	120	PEDCO	GCS	BK	شماره صفحه: 6 از 71
GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION																										
نسخه	سریال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادرکننده	بسته کاری	پروژه																			
D01	0001	RT	GT	120	PEDCO	GCS	BK																			

فهرست جداول

- جدول 1-1. محدوده مختصات گمانه‌های ماشینی ایستگاه تقویت فشار گاز 11
- جدول 1-3. مشخصات کلی گمانه‌های ماشینی ایستگاه تقویت فشار گاز 24
- جدول 2-3. رابطه تراکم خاک درشت دانه و عدد N_{SPT} (ترزاقی و پک 1948) 25
- جدول 3-3. رابطه تراکم خاک ریزدانه و عدد N_{SPT} (ترزاقی و پک 1967) 26
- جدول 3-4. سرعت متوسط موج برشی در گمانه‌ی ماشینی مورد مطالعه 27
- جدول 3-5. مقاومت ویژه میانگین قرائت شده برای اعماق مختلف در هر محل بر حسب اهم متر 31
- جدول 3-6. خورندگی خاک طبق مقاومت الکتریکی (British Standard BS-1377) 33
- جدول 3-7. مشخصات و نتایج آزمایش بارگذاری صفحه 33
- جدول 1-4. مشخصات آزمایش‌های آزمایشگاهی 35
- جدول 1-5. مقادیر پیشنهادی پارامترهای فیزیکی و مکانیکی لایه‌های خاک طبیعی 40
- جدول 2-5. طبقه‌بندی پتانسیل تورم 41
- جدول 1-6. مدول عکس العمل بستر پی مربعی، مستطیلی و نواری برای عمق یک متر 48
- جدول 2-6. مدول عکس العمل بستر پی گسترده برای عمق یک متر 48
- جدول 1-7. ضرایب فشار جانبی برای لایه‌های خاک طبیعی با فرض پر کردن پشت دیوار با خاکریز دانه‌ای 51

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک								
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								شماره صفحه: 7 از 71
	پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	
	BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01	

مقدمه

گزارش حاضر حاوی نتایج عملیات صحرایی، آزمایشگاهی و تحلیل‌های مهندسی در محل پروژه طرح عملیات محور نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک، واقع در استان بوشهر، شهرستان گناوه می‌باشد 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 می‌باشد. بخش سطح الارض شامل خط لوله زیرزمینی 8 اینچ به طول 44 کیلومتر و ایستگاه تقویت فشار گازی جدید است.

با توجه به پراکندگی و تعدد گمانه‌های شناسایی (55 گمانه ماشینی در بخش تحت الارض، 89 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 اولویت‌های مطرح شده از سوی کارفرمای محترم مقرر گردید نتایج و گزارشات مطالعات ژئوتکنیک هر بخش به صورت مجزا به شرح مجلدهای زیر ارائه شود:

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

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

جلد سوم: بسته‌ی W046S (شامل تاسیسات سرچاهی مجهز به پمپ برقی درون چاهی، مسیر خط لوله جریانی و مسیر برق رسانی مربوطه)

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

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

جلد ششم: بسته‌ی W007S (شامل تاسیسات سرچاهی مجهز به پمپ برقی درون چاهی، مسیر خط لوله جریانی و مسیر برق رسانی مربوطه)

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

جلد هشتم: بسته‌ی BK12 (شامل تاسیسات سرچاهی مجهز به پمپ برقی درون چاهی و مسیر خط لوله مربوطه)

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک								
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								شماره صفحه : 8 از 71
	پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	
	BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01	

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

جلد دهم: بسته‌ی 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

در این بخش از پروژه، شناخت لایه‌های زیر سطحی و تعیین پارامترهای فیزیکی و مکانیکی خاک در محل مربوط به موقعیت ایستگاه تقویت فشار گاز مورد بررسی قرار خواهد گرفت. تعداد و عمق گمانه‌های ماشینی و نحوه چیدمان آن‌ها توسط کارفرمای محترم 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 6 گمانه ماشینی، آزمایشات صحرایی و آزمایشات آزمایشگاهی به همراه مشاهدات و بازدیدهای میدانی در ایستگاه تقویت فشار گاز (BH-1 الی BH-6) است. بر اساس نتایج حاصل از این عملیات و انجام آزمایش‌های آزمایشگاهی، پارامترهای مربوط به لایه‌های خاک در محل پروژه برآورد و در پایان نیز ضمن جمع‌بندی و نتیجه‌گیری، توصیه‌های 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 می‌باشد:

- ✓ 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 آزمایش‌های آزمایشگاهی.
- ✓ فصل پنجم، پارامترهای طراحی.
- ✓ فصل ششم، تعیین ظرفیت باربری مجاز شالوده‌های 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، جمع‌بندی، نتیجه‌گیری و توصیه‌های فنی.
- ✓ فصل نهم، پیوست‌های گزارش.

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک																									
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	<table><tr><th colspan="8">GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION</th></tr><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>D01</td><td>0001</td><td>RT</td><td>GT</td><td>120</td><td>PEDCO</td><td>GCS</td><td>BK</td></tr></table>	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								نسخه	سریال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادر کننده	بسته کاری	پروژه	D01	0001	RT	GT	120	PEDCO	GCS	BK	شماره صفحه: 9 از 71
GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION																										
نسخه	سریال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادر کننده	بسته کاری	پروژه																			
D01	0001	RT	GT	120	PEDCO	GCS	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⁻، SO⁴⁻⁻ 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 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.

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک																									
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	<table><tr><th colspan="8">GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION</th></tr><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>GCS</td><td>PEDCO</td><td>120</td><td>GT</td><td>RT</td><td>0001</td><td>D01</td></tr></table>	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01	شماره صفحه : 10 از 71
GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION																										
پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه																			
BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01																			

این گزارش برای استفاده انحصاری در ارتباط با پروژه طرح نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک در بخش سطح الارض، موقعیت ایستگاه تقویت فشار گاز می باشد که براساس درخواست شرکت مهندسی هیرگان انرژی تهیه شده است. استفاده از این گزارش توسط شخص یا شرکت دیگری غیر از کارفرمای محترم و اعضای تیم طراحی مرتبط با آن جهت اهداف و کاربردهای دیگر مگر با مجوز کتبی از کارفرمای محترم 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 کارفرمای محترم 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 6 گمانه ماشینی BH-1 الی BH-6 در موقعیت ایستگاه تقویت فشار 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 کارفرمای محترم، 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 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 و 6 گمانه ماشینی در ایستگاه تقویت فشار جدید است. گزارش حاضر دربرگیرنده نتایج مطالعات ابلاغی ایستگاه تقویت فشار جدید در بخش سطح الارض می باشد. با توجه به نقشه ها در محدوده مختصات های ارسالی از سمت کارفرمای محترم، پی گسترده با ابعاد 20×12 متر و پی های سطحی مربعی، مستطیلی و نواری جهت طراحی در ایستگاه تقویت فشار گاز در نظر گرفته شده است. محدوده مختصات گمانه های ماشینی ایستگاه تقویت فشار گاز به شرح جدول 1-1 آمده است.

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک								
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								شماره صفحه : 11 از 71
	پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	
	BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01	

جدول 1-1. محدوده مختصات گمانه‌های ماشینی ایستگاه تقویت فشار گاز

سیستم مختصات UTM زون 39 شمالی			نام
N: 3,289,954	E: 437,285	A	
N: 3,290,070	E: 437,545	B	
N: 3,289,817	E: 437,665	C	
N: 3,289,694	E: 437,405	D	

در شکل 1-1، 2-1 و 3-1 نمایی از گمانه‌های ماشینی و محدوده ایستگاه تقویت فشار گاز جدید مورد مطالعه در نقشه ماهواره‌ای و نقشه‌های ارسالی از کارفرمای محترم در سایت مذکور ارائه شده است.



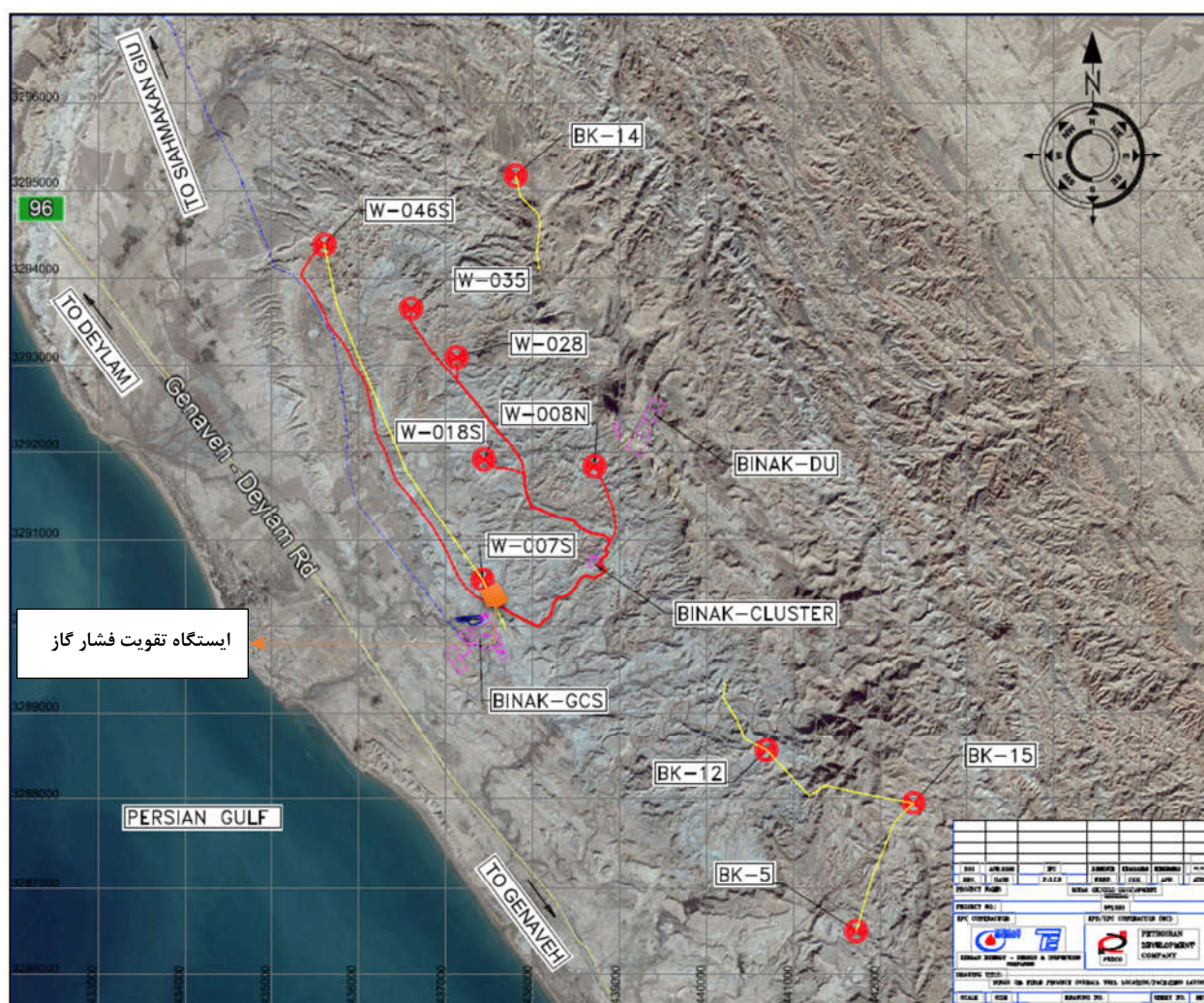
شکل 1-1 - موقعیت قرارگیری گمانه‌های ماشینی محل پروژه در ایستگاه تقویت فشار گاز در Google Earth

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک								
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								شماره صفحه : 12 از 71
	پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	
	BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01	



شکل 1-2- محل پروژه ایستگاه تقویت فشار گاز در Google Earth

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک								
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								شماره صفحه : 13 از 71
	پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	
	BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01	



شکل 1-3- محدوده ایستگاه تقویت فشار گاز نسبت به کل پروژه در Google Earth- نقشه ارسالی از کارفرمای محترم

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک																									
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	<table><tr><th colspan="8">GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION</th></tr><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>GCS</td><td>PEDCO</td><td>120</td><td>GT</td><td>RT</td><td>0001</td><td>D01</td></tr></table>	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01	شماره صفحه : 14 از 71
GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION																										
پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه																			
BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01																			

فصل 2- زمین شناسی عمومی، زمین ساخت گستره طرح و وضعیت کلی لریزه 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

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک																									
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	<table><tr><th colspan="8">GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION</th></tr><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>GCS</td><td>PEDCO</td><td>120</td><td>GT</td><td>RT</td><td>0001</td><td>D01</td></tr></table>	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01	شماره صفحه : 15 از 71
GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION																										
پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه																			
BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01																			

این جلگه می‌توان 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 یافته‌اند. این جلگه‌ها تا کویت و دشت‌های جنوبی خلیج فارس ادامه دارد.

قسمت کوهستانی: استان بوشهر از دو رشته کوه عمده تشکیل می‌شود که در سراسر طول استان به موازات هم امتداد یافته‌اند. این رشته‌کوه‌ها 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 حاره‌ای، مهم‌ترین پدیده و فرآیند مشهود اقلیمی آن گرمای هواست. این ناحیه تحت تأثیر فشار زیاد عرض‌های 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 جبهه‌های هوای سرد شمالی و دریای مدیترانه به سمت شرق، آب و هوای مناسبی توأم با ابر و باران به وجود می‌آید. به طور کلی آب و هوای بوشهر در نوار ساحلی گرم و مرطوب و در قسمت‌های داخلی گرم و خشک صحرایی است. در استان بوشهر دو فصل محسوس وجود دارد: زمستان نسبتاً خنک شامل ماه‌های 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
سطح الارض

احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک



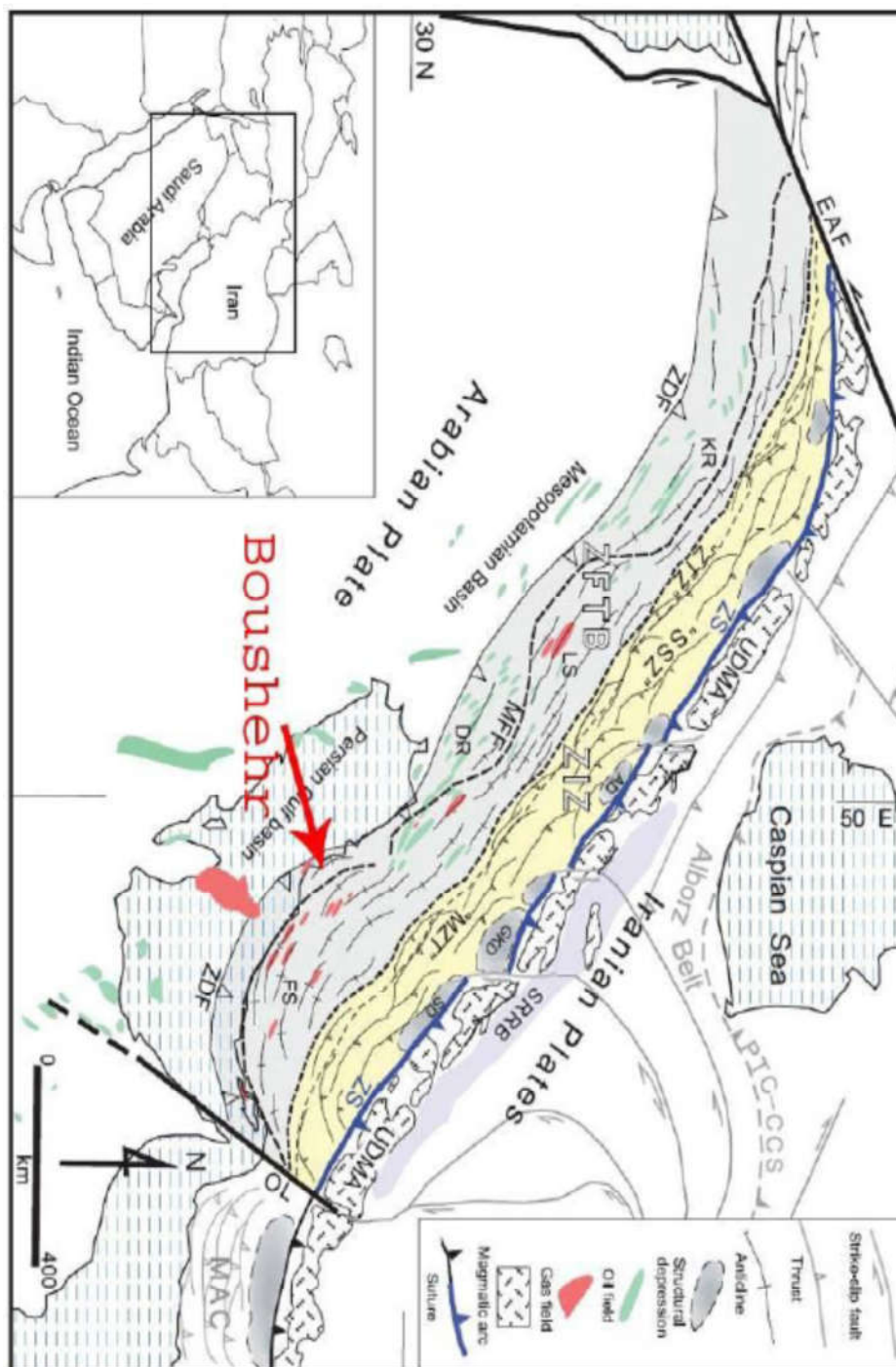
شماره پیمان:

053 - 073 - 9184

GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION

نسخه	سریال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادرکننده	بسته کاری	پروژه
D01	0001	RT	GT	120	PEDCO	GCS	BK

شماره صفحه : 16 از 71



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

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک								
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								شماره صفحه : 17 از 71
	پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	
	BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01	

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 ایستگاه تقویت فشار گاز در منطقه بینک ارائه شده است.

گسل کازرون

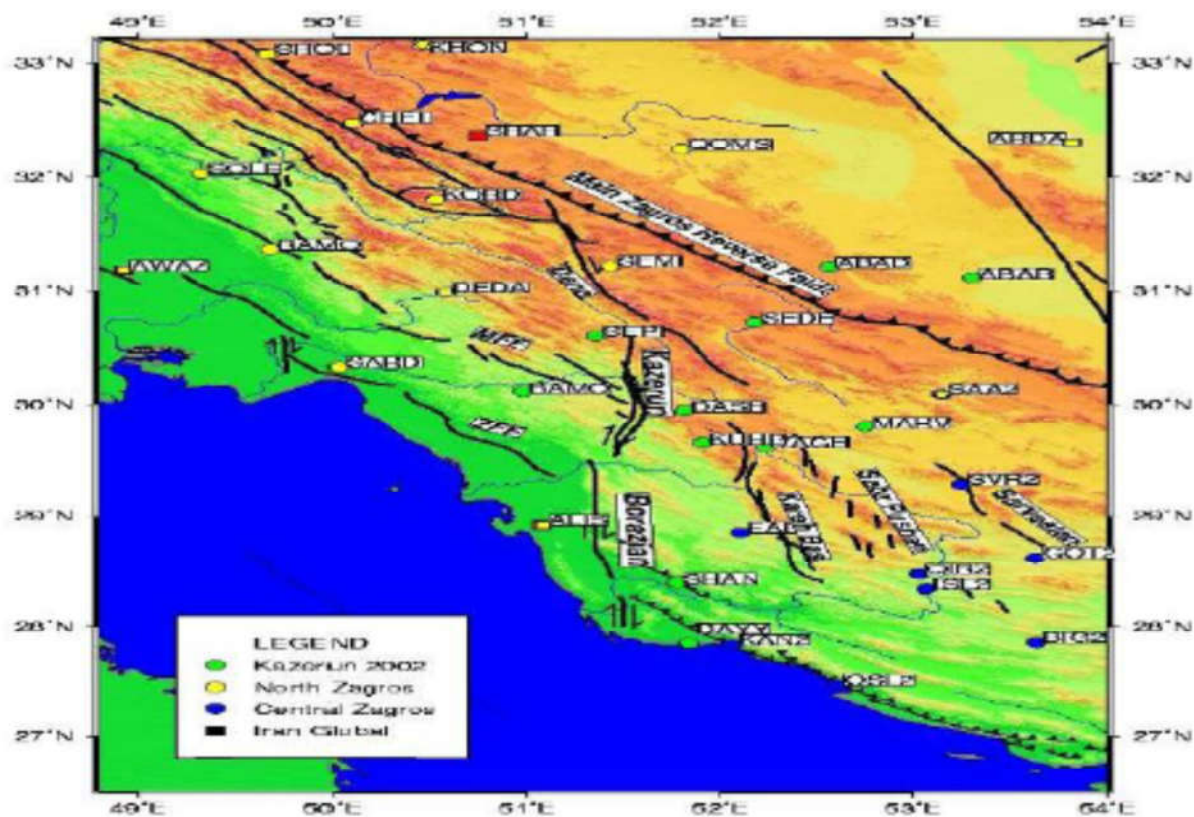
گسل کازرون به عنوان یکی از ساختارهای خطی و کهن ایران، طولی نزدیک به 235 کیلومتر دارد و از شمال به گسیختگی دنا و از جنوب تا خلیج فارس ادامه می یابد. گسل کازرون با راستای متغیر شمالی تا جنوبی و آزیموت بین 25 تا 340 درجه امتداد دارد و براین اساس به قطعه های متعددی قابل جدایش است. تقریباً در تمام تقسیمات 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 تاقدیس 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

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک								
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								شماره صفحه : 18 از 71
	پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	
	BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01	

راستالغز کازرون و برازجان در ناحیه فارس و در باختر کبیرکوه در ناحیه لرستان به وسیله منحنی کیزان 500 متر مشخص می‌شود. زمین‌لرزه‌هایی بر روی نزدیک‌ترین قطعات مختلف گسل جبهه کوهستان به بوشهر رخ داده‌اند. در گستره مورد مطالعه بر پایه شواهد مختلف به ویژه شواهد ریخت‌شناسی، گسل لبه کوهستان زاگرس را به 3 قطعه اصلی تقسیم نموده است. این قطعه‌های گسلی از خاور به باختر عبارتند از قطعات شماره 17، 21 و 3. کمینه فاصله این قطعات با بوشهر، به ترتیب 92، 49 و 145 کیلومتر برآورد می‌شود.



شکل 2-3- نمایی از گسل‌های محدوده مورد مطالعه



نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک
سطح الارض

احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک

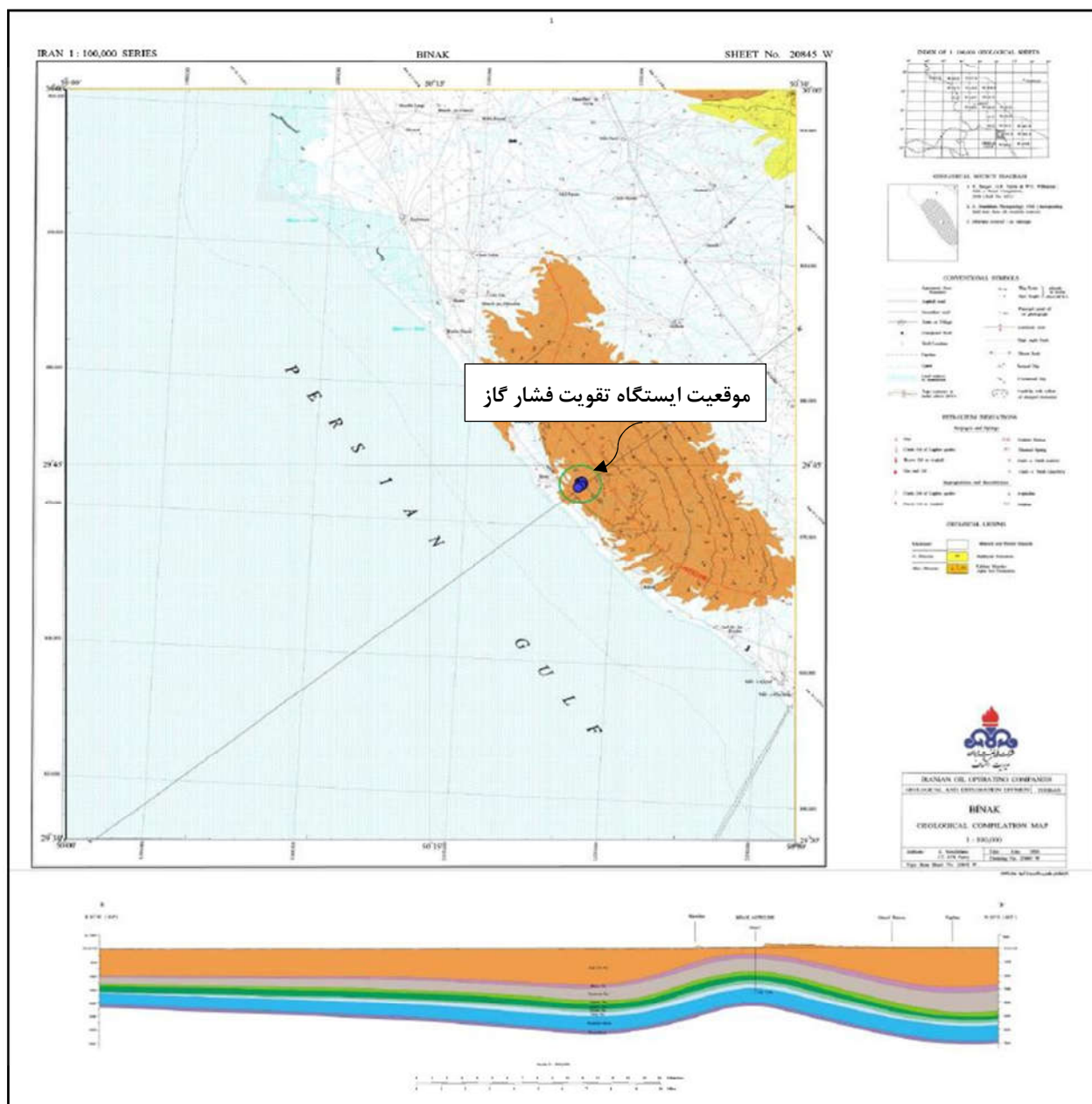


شماره پیمان:
053 - 073 - 9184

GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION

پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه
BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01

شماره صفحه : 19 از 71



شکل 2-4- موقعیت ایستگاه تقویت فشار گاز در نقشه زمین‌شناسی بوشهر در منطقه بینک به مقیاس 1:100000

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک																									
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	<table><tr><th colspan="8">GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION</th></tr><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>GCS</td><td>PEDCO</td><td>120</td><td>GT</td><td>RT</td><td>0001</td><td>D01</td></tr></table>	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01	شماره صفحه : 20 از 71
GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION																										
پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه																			
BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01																			

فصل 3- کاوش های صحرائی

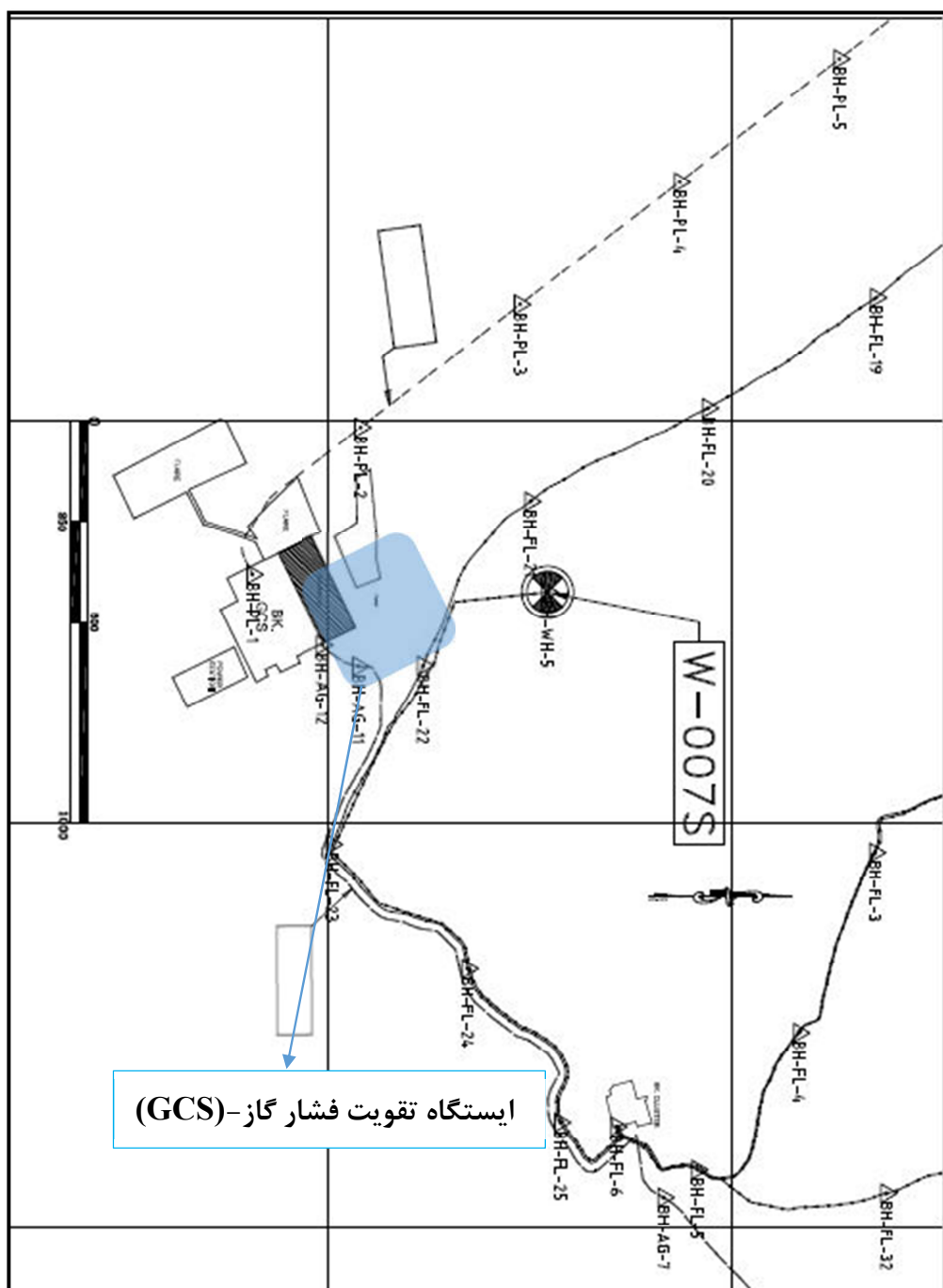
3-1- عملیات حفاری گمانه های ماشینی

حفاری 6 گمانه ماشینی به روش مغزه گیری ممتد در محل های مشخص شده توسط کارفرمای محترم در ایستگاه تقویت فشار گاز 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 های 3-1 الی 3-3 جانمایی آنها در موقعیت ایستگاه تقویت فشار گاز و موقعیت ایستگاه تقویت فشار نسبت به کل پروژه ارائه شده است. سطح آب ذکر شده، نسبت به سر گمانه ماشینی در زمان حفاری می باشد. رقوم ارتفاعی گمانه های ماشینی حفاری شده در جدول 3-1 شرح داده شده است.



شکل 3-1- جانمایی محل حفر گمانه های ماشینی در ایستگاه تقویت فشار گاز

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک																									
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	<table><tr><th colspan="8">GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION</th></tr><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>GCS</td><td>PEDCO</td><td>120</td><td>GT</td><td>RT</td><td>0001</td><td>D01</td></tr></table>	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01	شماره صفحه : 21 از 71
GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION																										
پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه																			
BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01																			



شکل 3-2- موقعیت قرارگیری محل حفر گمانه‌های ماشینی در ایستگاه تقویت فشار گاز - نقشه ارسالی از کارفرمای محترم



نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک
سطح الارض

احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک

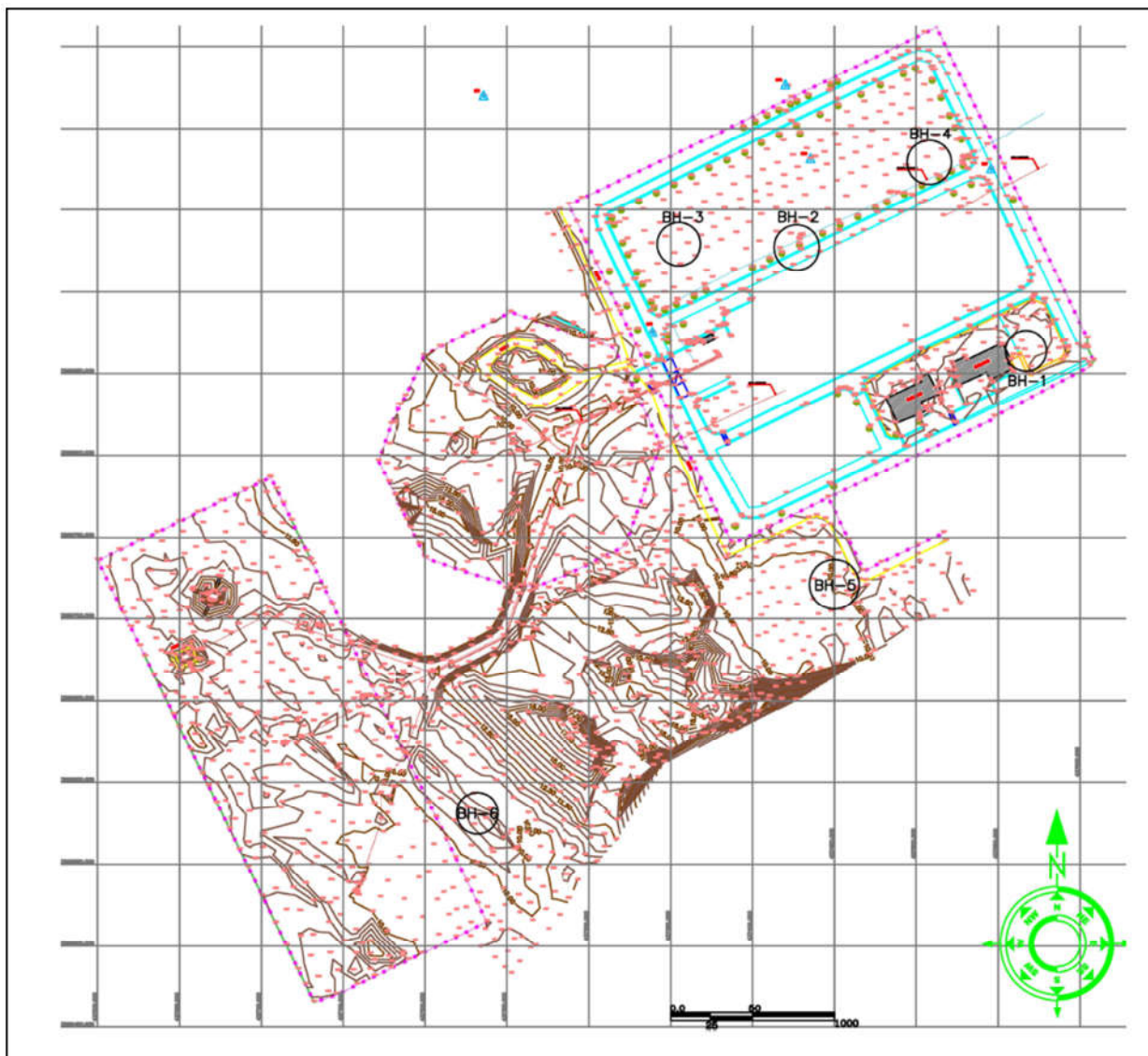


شماره پیمان:
053 - 073 - 9184

GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION

پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه
BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01

شماره صفحه : 22 از 71



شکل 3-3- جانمایی محل حفر گمانه‌های ماشینی در ایستگاه تقویت فشار گاز - نقشه ارسالی از شرکت هیرگان انرژی

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک								
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								شماره صفحه : 23 از 71
	پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	
	BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01	



شکل 3-3- موقعیت قرارگیری محل حفر گمانه‌های ماشینی در ایستگاه تقویت فشار گاز - نقشه ارسالی از کارفرمای محترم

	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک																									
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	<table><tr><th colspan="8">GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION</th></tr><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>D01</td><td>0001</td><td>RT</td><td>GT</td><td>120</td><td>PEDCO</td><td>GCS</td><td>BK</td></tr></table>	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								نسخه	سریال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادرکننده	بسته کاری	پروژه	D01	0001	RT	GT	120	PEDCO	GCS	BK	شماره صفحه : 24 از 71
GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION																										
نسخه	سریال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادرکننده	بسته کاری	پروژه																			
D01	0001	RT	GT	120	PEDCO	GCS	BK																			

جدول 1-3. مشخصات کلی گمانه‌های ماشینی ایستگاه تقویت فشار گاز

BH NO.	Depth (m)	Location		Water Level (m)*
		E	N	
BH-1	15	437567	3289864	0.5
BH-2	30	437427	3289927	1.5
BH-3	15	437355	3289929	0.4
BH-4	15	437508	3289979	0.5
BH-5	15	437450	3289721	0.4
BH-6	15	437232	3289581	-

* سطح آب ذکر شده، نسبت به سر گمانه ماشینی در زمان حفاری می‌باشد.

3-2- آزمایش‌های برجا

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

حین حفاری گمانه‌های 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 لایه‌های 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 می‌گردد. مقدار نفوذ برابر با 3 فاصله 15 سانتیمتری می‌باشد. تعداد ضربات برای هر مرحله نفوذ 15 سانتیمتر ثبت شده و پس از آن آزمایش به اتمام می‌رسد. تعداد ضربات لازم برای نفوذ 30 سانتیمتر انتهایی به عنوان مقاومت نفوذ در نظر گرفته می‌شود. 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 می‌باشد. روابط تجربی مختلفی برای این اصلاح وجود دارد. در اینجا از رابطه مطابق زیر استفاده گردیده است.

$$C_N = \sqrt{\left(\frac{1.7}{P'_0 + 0.7}\right)} \quad N' = C_N \times N$$

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 طول‌های بیش از 10 متر محسوس نیست اما در طول‌های کمتر از 10 متر تاثیرگذار می‌باشد که باید اصلاحیه‌ای 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.

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک																									
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	<table><tr><th colspan="8">GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION</th></tr><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>GCS</td><td>PEDCO</td><td>120</td><td>GT</td><td>RT</td><td>0001</td><td>D01</td></tr></table>	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01	شماره صفحه : 25 از 71
GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION																										
پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه																			
BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01																			

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.

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 ($NSPT$) و میزان نفوذ متناظر نسبت به عمق به تفکیک گمانه های ماشینی است. بعد از عبور از خاک سطحی به عمق تقریبی 0/5 متر، لایه های ریزدانه در گمانه ی ماشینی BH-1 تا عمق یک متری و در گمانه ی ماشینی BH-2 تا عمق 3/5 متری به طور غالب در محدوده سخت ($Hard$) قرار می گیرند. در گمانه ی ماشینی BH-3 بعد از عبور از خاک سطحی، لایه های درشت دانه تا عمق یک متری در محدوده خیلی متراکم ($Very Dense$) و لایه های خاک ریزدانه تا عمق 2/5 متری در محدوده سخت ($Hard$) قرار دارند و در نهایت در گمانه ی ماشینی BH-5 لایه های ریزدانه از ابتدای گمانه ماشینی تا عمق 3 متری به طور غالب در محدوده سخت ($Hard$) قرار می گیرند لذا جهت بدست آوردن دید کلی از وضعیت تراکم و سفتی لایه ها، نتایج نفوذ استاندارد در گمانه های ماشینی براساس طبقه بندی ارائه شده توسط ترزاقی و پک (جدول شماره 3-2 و 3-3) به شرح زیر قابل توصیف می باشد. خاطر نشان می سازد در بخش هایی که لایه ها به صورت سنگی می باشد، توصیفات ارائه شده به صورت کیفی بوده و جهت بدست آوردن دید کلی نسبت به میزان تراکم و سفتی لایه ها است. کلیه توصیف های ارائه شده در خصوص تراکم و قوام خاک، طبق اعداد SPT اصلاح نشده می باشند. لازم به ذکر است به جهت اختلاف ارتفاع زیاد بین گمانه های ماشینی، اختلاف تراز آنها در نمودار نتایج آزمایش SPT لحاظ نشده است.

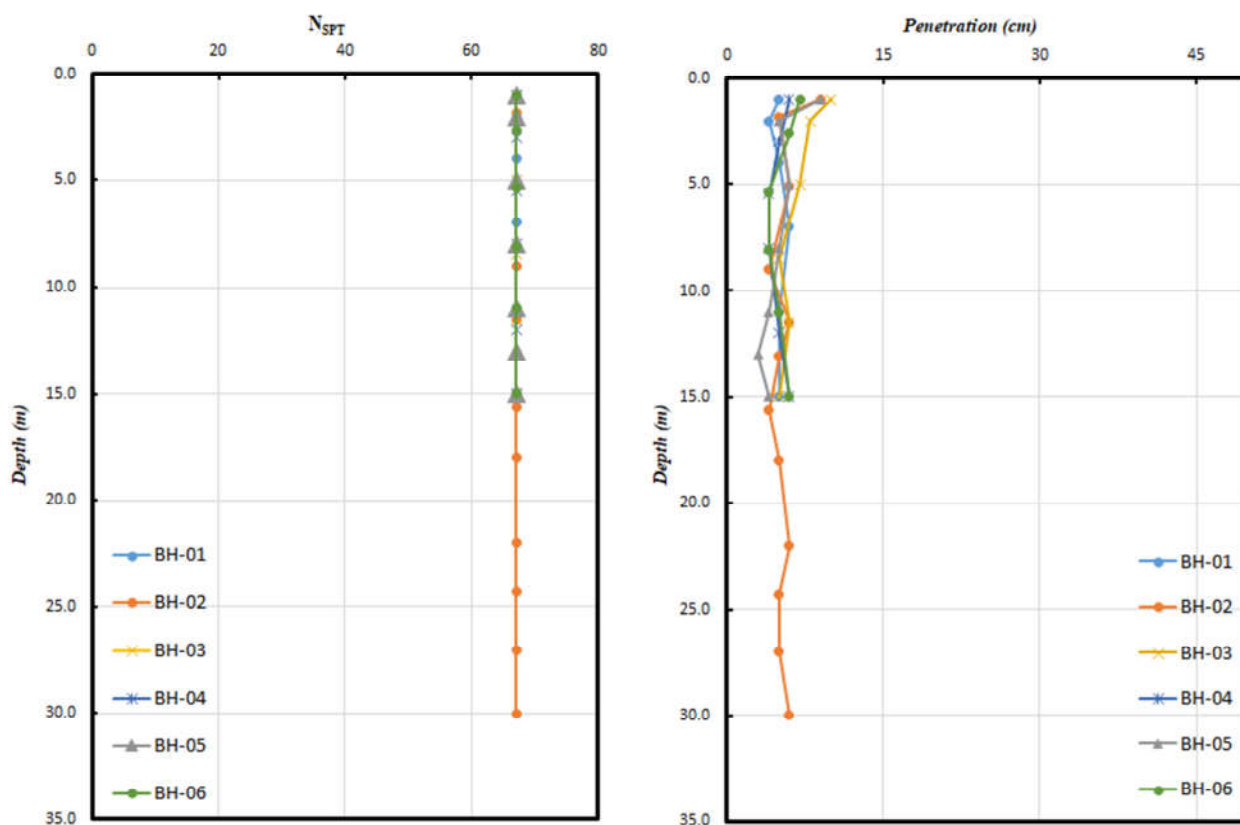
جدول 3-2. رابطه تراکم خاک درشت دانه و عدد $NSPT$ (ترزاقی و پک 1948)

<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>

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک																									
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	<table><tr><th colspan="8">GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION</th></tr><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>D01</td><td>0001</td><td>RT</td><td>GT</td><td>120</td><td>PEDCO</td><td>GCS</td><td>BK</td></tr></table>	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								نسخه	سریال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادرکننده	بسته کاری	پروژه	D01	0001	RT	GT	120	PEDCO	GCS	BK	شماره صفحه : 26 از 71
GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION																										
نسخه	سریال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادرکننده	بسته کاری	پروژه																			
D01	0001	RT	GT	120	PEDCO	GCS	BK																			

جدول 3-3. 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	Very soft	Not suitable for civil structures, good for park.
2-4	Soft	
4-8	Medium Stiff	Good for very light structure using proper methods.
8-15	Stiff	Good for low load bearing structures.
15-30	Very Stiff	Good for moderate load bearing structures.
Over 30	Hard	Good for high load bearing structures.



شکل 3-4- تغییرات نتایج ضربات SPT (اصلاح نشده) و میزان نفوذ متناظر برحسب عمق ایستگاه تقویت فشار گاز

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تو اکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک																									
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	<table><tr><th colspan="8">GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION</th></tr><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>D01</td><td>0001</td><td>RT</td><td>GT</td><td>120</td><td>PEDCO</td><td>GCS</td><td>BK</td></tr></table>	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								نسخه	سریال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادر کننده	بسته کاری	پروژه	D01	0001	RT	GT	120	PEDCO	GCS	BK	شماره صفحه : 27 از 71
GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION																										
نسخه	سریال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادر کننده	بسته کاری	پروژه																			
D01	0001	RT	GT	120	PEDCO	GCS	BK																			

2-2-3- آزمایش لرزه نگاری درون چاهی (Down Hole Test)

جهت تعیین پارامترهای دینامیکی (ضریب ارتجاعی، برشی و پواسون) و دستیابی به سرعت امواج طولی و برشی لایه های خاک و تعیین تپ زمین، آزمایش لرزه نگاری درون گمانه ای، در محل ایستگاه تقویت فشار گاز در گمانه ماشینی BH-2 (مختصات 3289943, 437419 متر در سیستم UTM)، تعیین شده از سمت کارفرمای محترم، انجام شده است. در این عملیات لرزه نگاری موج تراکمی و برشی به روش سطح به عمق (Downhole) تا عمق مورد نظر و با فواصل 1/5 متر برداشت، پردازش و تفسیر گردیده است. در این آزمایش یک گیرنده ژئوفون (لرزه سنج سه مؤلفه ای) درون گمانه ماشینی در عمق های مختلف قرار داده می شود. سپس توسط یک منبع (ضربه چکش بر صفحه فلزی برای تولید موج P و ضربه چکش به الوار برای تولید موج S، موج مکانیکی ایجاد شده و به لرزه سنج رسیده و توسط دستگاه ثبت (Data logger) که به ژئوفون متصل است، ثبت می گردد. در این حالت موج رسیده به لرزه سنج موج مستقیم بوده و سعی می شود تا منبع تولید آن در نزدیکی دهانه گمانه ماشینی قرار گیرد. پس از رسیدن موج به لرزه سنج، اولین زمان رسیدهای آن در حد میلی ثانیه و دهم میلی ثانیه توسط لرزه نگار ثبت می گردد. با قرار دادن گیرنده ها در موقعیت های مناسب منحنی "زمان رسید" بر حسب عمق رسم می گردد. شیب این منحنی در هر عمق معرف متوسط سرعت انتشار موج در آن عمق خواهد بود. برای پیدا کردن سرعت بازهای (سرعت امواج در بین دو برداشت متوالی در عمق) باید اثر سرعت لایه های بالاتر حذف شود. بدین منظور ابتدا سرعت امواج تراکمی (طولی، P) و برشی (عرضی، S) برای لایه ها و با در نظر گرفتن زمان رسیده محاسبه و سپس با استفاده از این زمان و زمان رسیدن امواج در عمق بعدی سرعت های بازهای لایه دوم محاسبه می گردد. با تکرار این روش سرعت بازهای امواج تراکمی و برشی برای تمام لایه ها به دست می آید. شکل 3-5 تصویر شماتیک انجام آزمایش لرزه نگاری درون گمانه ای را نمایش می دهد.

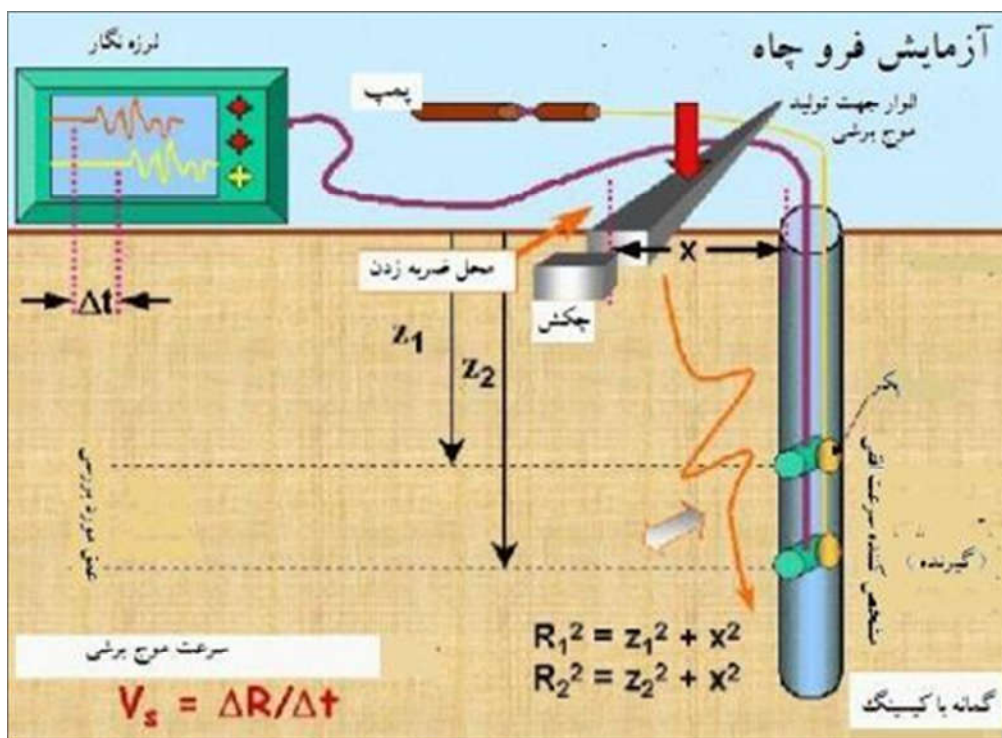
۱-۲-۲-۳- نتایج آزمایش

سرعت موج P از سطح تا عمق 30 متری در گمانه ای ماشینی BH-2، بین 825/3 تا 1810/4 متر بر ثانیه و سرعت موج S از 184/9 تا 603/9 متر بر ثانیه متغیر می باشد. در پیوست 3-1 میزان تغییرات سرعت های S و P از سطح گمانه ای ماشینی مذکور تا عمق برداشت مورد نظر نشان داده شده است. خلاصه نتایج آزمایشات انجام گرفته در جدول زیر و ریز نتایج حاصله از آزمایش در پیوست شماره 3-1 ارائه شده است.

جدول 3-4. سرعت متوسط موج برشی در گمانه ای ماشینی مورد مطالعه

Borehole No.	Depth(m)	E(m)	N(m)	Vs ₃₀ (m/sec)	Soil Type
BH-2	30	437419	3289943	486.6	II

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک																									
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	<table><tr><th colspan="8">GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION</th></tr><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>D01</td><td>0001</td><td>RT</td><td>GT</td><td>120</td><td>PEDCO</td><td>GCS</td><td>BK</td></tr></table>	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								نسخه	سریال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادرکننده	بسته کاری	پروژه	D01	0001	RT	GT	120	PEDCO	GCS	BK	شماره صفحه : 28 از 71
GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION																										
نسخه	سریال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادرکننده	بسته کاری	پروژه																			
D01	0001	RT	GT	120	PEDCO	GCS	BK																			



شکل 3-5- تصویر شماتیک آزمایش لرزه نگاری درون گمانه‌ای

۲-۲-۳- پارامترهای دینامیکی خاک

همانطور که پیش‌تر توضیح داده شد، عملیات لرزه نگاری درون گمانه‌ای (Down Hole Test) در یک گمانه به منظور تکمیل اطلاعات ژئوتکنیکی و تعیین پارامترهای دینامیکی لایه‌های تشکیل دهنده زمین و تعیین تپ خاک محدوده مورد مطالعه انجام گردید. با توجه به تئوری انتشار امواج و فیزیک اجسام در محاسبه سرعت امواج فشاری، برشی و همچنین در نظر گرفتن دانسیته مواد می‌توان دیگر پارامترهای دینامیکی مواد مانند مدول برشی، بالک، الاستیسیته و نسبت پواسون را محاسبه نمود. در زیر روابط مربوط به محاسبه برخی از این پارامترهای دینامیکی آورده شده است. نتایج به‌دست آمده در پیوست 1-3 ارائه شده است.

$$v = ((V_p/V_s)^2 - 2) / (2(V_p/V_s)^2 - 2)$$

نسبت پواسون

$$G = (Vs)^2 \gamma$$

مدول برشی

مدول الاستیسیته

$$E = 2G(1+v)$$

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تو اکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک																									
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	<table><tr><th colspan="8">GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION</th></tr><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>D01</td><td>0001</td><td>RT</td><td>GT</td><td>120</td><td>PEDCO</td><td>GCS</td><td>BK</td></tr></table>	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								نسخه	سریال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادرکننده	بسته کاری	پروژه	D01	0001	RT	GT	120	PEDCO	GCS	BK	شماره صفحه : 29 از 71
GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION																										
نسخه	سریال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادرکننده	بسته کاری	پروژه																			
D01	0001	RT	GT	120	PEDCO	GCS	BK																			

۳-۲-۲-۳- تعیین متوسط سرعت امواج برشی

مطابق بند 2-4-1 استاندارد 2800 و جدول 3-4 این آئین نامه، سرعت موج برشی متوسط با توجه به ضخامت لایه های مختلف و سرعت موج برشی در آنها تعیین می گردد. این سرعت را می توان با استفاده از رابطه زیر بدست آورد:

$$\bar{V}_s = \frac{\sum di}{\sum (di / V_{si})}$$

در این رابطه V_{si} و di به ترتیب ضخامت لایه ها و سرعت موج برشی در آن است. بر این اساس میانگین سرعت موج برشی در محل گمانه ی ماشین BH-2 تا عمق 30 متری لایه های خاک، دارای مقدار متوسط $486/6 \text{ m/s}$ می باشد. براساس میانگین سرعت موج برشی بدست آمده، زمین سایت مورد مطالعه، مطابق با تقسیم بندی آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله ایران (استاندارد 2800-ویرایش چهارم) در رده "II" و نوع C آئین نامه ASCE7 برآورد شده است. خلاصه نتایج آزمایشات انجام گرفته در جدول 3-4 و ریز نتایج حاصله از آزمایش در پیوست شماره 1-3 ارائه شده است

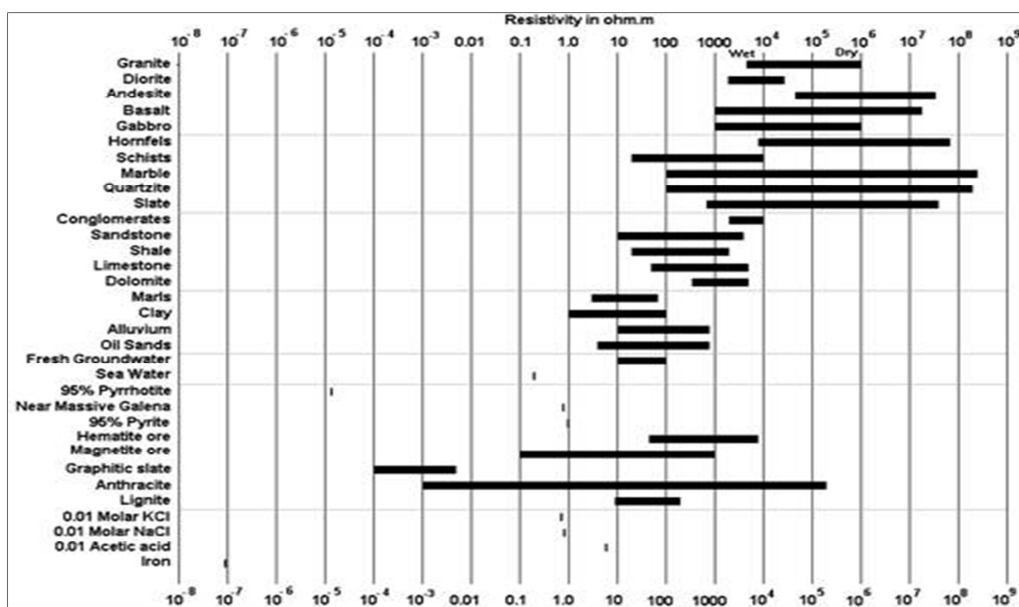
3-2-3- آزمایش تعیین مقاومت الکتریکی (Geoelectrical Resistivity Test)

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.

مقاومت لایه های مختلف خاک یا سنگ در اثر شکستگی ها، تخلخل، هدایت الکتریکی، آب های زیرسطحی و درجه اشباع خاک دستخوش تغییرات بسیاری می شود. حدود تقریبی مقاومت الکتریکی برای انواع مختلف خاک و سنگ در شکل 3-6 نشان داده شده است.

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک																									
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	<table><tr><th colspan="8">GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION</th></tr><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>GCS</td><td>PEDCO</td><td>120</td><td>GT</td><td>RT</td><td>0001</td><td>D01</td></tr></table>	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01	شماره صفحه : 30 از 71
GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION																										
پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه																			
BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01																			



شکل 3-6- حدود مقاومت الکتریکی برای خاک‌های مختلف

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

در هنگام آزمایش آرایش‌های متفاوتی را می‌توان برای قرار دادن الکترودهای جریان و پتانسیل در سطح زمین مورد استفاده قرار داد. در اغلب این آرایش‌ها هر دو مجموعه الکترودها در امتداد یک خط قرار داده می‌شوند. معمولاً الکترودهای جریان در بیرون الکترودهای پتانسیل قرار می‌گیرند، هر چند که معکوس قرار دادن الکترودها نیز هیچ تفاوتی را در نتایج حاصله ایجاد نخواهد کرد. آزمایش تعیین مقاومت الکتریکی در 6 محل (*Line*) در ایستگاه تقویت فشار گاز با عناوین BH-1 الی BH-6 (در کنار مختصات هر گمانه ماشین) 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 می‌شود:

a = فاصله الکترودها (متر)

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

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

ρ_a = مقاومت الکتریکی ظاهری (اهم متر)

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک								
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								شماره صفحه : 31 از 71
	پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	
	BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01	

در پروژه حاضر، آزمایش‌های ژئوالکتریک در هر یک از نقاط با استفاده از روش سونداژ VES و با استفاده از آرایه ونر در اعماق 1 تا 3 متری انجام پذیرفت. مشخصات محل آزمایش و نتایج حاصل از آن در جدول 3-5، شکل 3-7 و پیوست 2-3 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-1	5.98	114.89
BH-2	4.56	19.74
BH-3	7.49	74.10
BH-4	3.97	77.90
BH-5	1.24	9.32
BH-6	16.96	66.04

4-2-3- خوردگی

عکس العمل شیمیایی یا الکتروشیمیایی یک فلز با محیط اطراف که منجر به اضمحلال تدریجی یا نابود شدن فلز گردد را خوردگی می‌نامند. خوردگی به وجود مناطق کاتدیک و آندیک در فلز اشاره دارد. در روش حفاظت کاتدیک (روش‌های 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 می‌شود تا سازه‌ای 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 خاک‌ها 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 می‌شود و در نتیجه موجب کاهش مقاومت الکتریکی خواهد شد. در این مورد می‌توان 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 خاک‌های درشت‌دانه فشرده نسبت به خاک‌های ریزدانه از مقاومت الکتریکی بیشتری برخوردار هستند.



نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک
سطح الارض

احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک



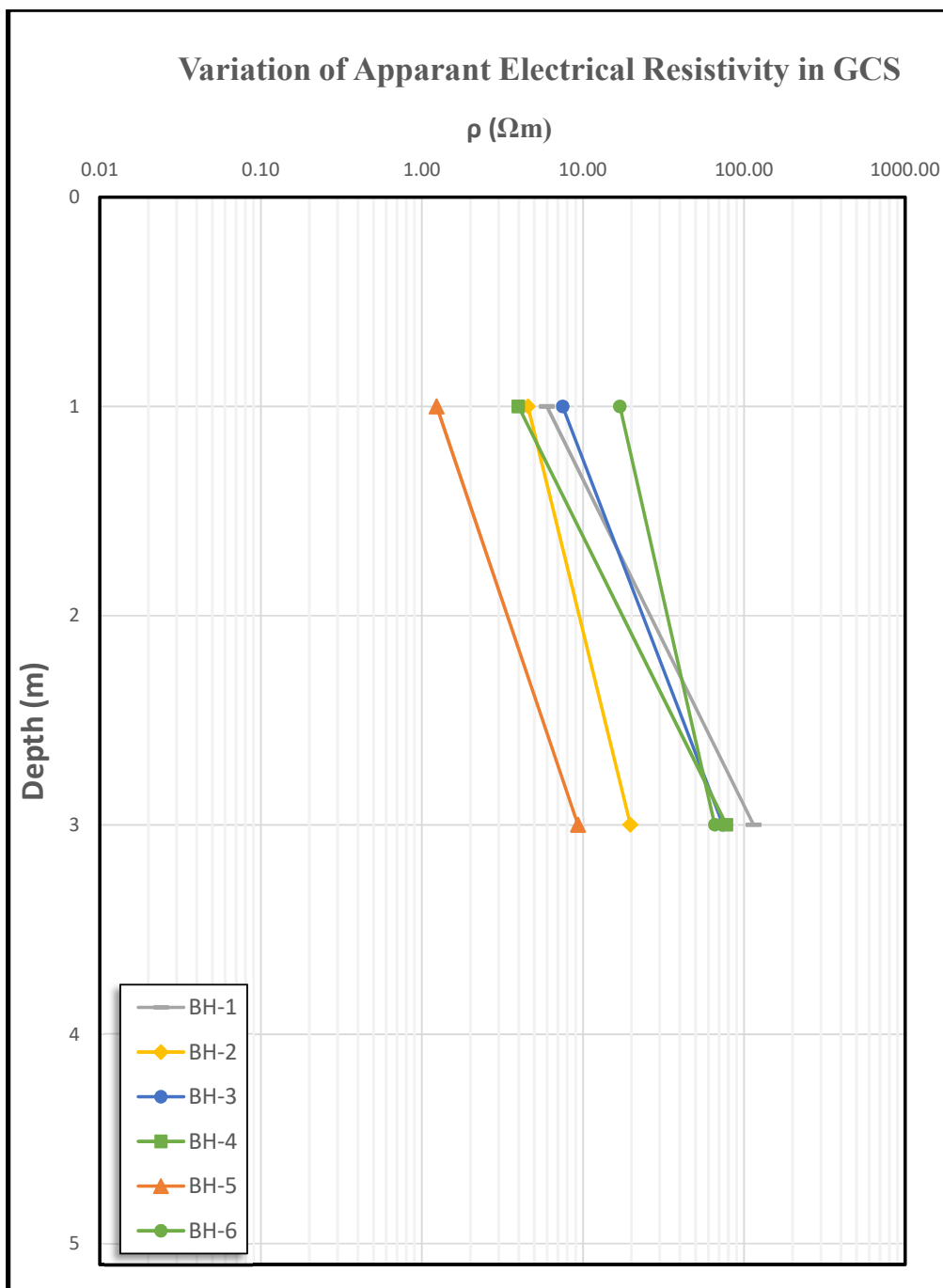
شماره پیمان:

053 - 073 - 9184

GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION

پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه
BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01

شماره صفحه : 32 از 71



شکل 3-7- تغییرات مقاومت الکتریکی بر حسب عمق در ایستگاه تقویت فشار گاز

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک								
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								شماره صفحه : 33 از 71
	پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	
	BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01	

در جدول 3-6 محدوده پتانسیل خوردگی خاک‌ها ارائه گردیده است که می‌تواند در تفسیر نتایج اندازه‌گیری‌های انجام شده در محل پروژه مورد استفاده قرار گیرد. بررسی‌های به عمل آمده نشان می‌دهد که مقادیر مقاومت‌های ظاهری الکتریکی به صورت متغیر در این ایستگاه تقویت فشار گاز در گمانه BH-5 کمتر از $10(\Omega.m)$ در محدوده خورنده و در گمانه BH-2 کمتر از $20(\Omega.m)$ در محدوده خوردگی متوسط قرار دارد. پیشنهاد می‌شود در نقاطی که خوردگی می‌تواند به سازه‌ها یا تأسیسات مرتبط، آسیب رسان باشد، با استفاده از روش‌های قیرپاشی یا سایر روش‌های مشابه، نسبت به محافظت (Coating) اقدام شود.

جدول 3-6. خوردگی 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

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

به منظور تعیین ضریب ارتجاعی (*Elastic Soil Modulus*) و دستیابی به پارامترهای نشست‌پذیری لایه‌های خاک، مطابق با درخواست کارفرمای محترم مقرر گردید 3 آزمایش بارگذاری صفحه در محل ایستگاه تقویت فشار گاز انجام شود، لذا این 3 آزمایش بارگذاری صفحه در محل گمانه‌های ماشینی BH-1، BH-3 و BH-5. انجام و نتایج آن در گزارش حاضر ارائه شده است. این آزمایش مطابق با استاندارد ASTM D1194-72 بر روی صفحه دایره‌ای شکل به قطر 30 سانتیمتر به عمل آمده است. صفحه بارگذاری توسط صفحات کوچکتری تقویت شده است و در اطراف آن سه نشانگر (*Gauge*) با دقت 0/01 میلیمتر نصب گردیده‌اند که میزان نشست را مشخص می‌نمایند. مدول الاستیسیته خاک با برآزش بهترین خط عبوری از نقاط متناظر تنش-نشست به دست می‌آید. در جدول 3-7 خلاصه نتایج حاصل از آزمایش و در پیوست 3-3 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-GCS(BH-1)	1.0	30	686
PLT-GCS(BH-3)	1.0	30	535
PLT-GCS(BH-5)	1.0	30	515

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک								
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								شماره صفحه : 34 از 71
	پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	
	BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01	

4-3- وضعیت تراز سطح آب

با توجه به نتایج حاصل از حفر 6 گمانه ماشینی، سطح آب در زمان عملیات اجرایی در محل حفر گمانه‌های ماشینی BH-1 الی BH-5 تا عمق حداکثر 30 متر، تراز آب زیر سطحی در محدوده 0/5 متر (از سطح گمانه ماشینی حفر شده) تا 1/5 متر مشاهده شده است. نظر به این که گذر زمان و تغییرات شرایط جوی در فصول مختلف سال می‌تواند 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 سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک																									
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	<table><tr><th colspan="8">GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION</th></tr><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>D01</td><td>0001</td><td>RT</td><td>GT</td><td>120</td><td>PEDCO</td><td>GCS</td><td>BK</td></tr></table>	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								نسخه	سریال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادرکننده	بسته کاری	پروژه	D01	0001	RT	GT	120	PEDCO	GCS	BK	شماره صفحه : 35 از 71
GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION																										
نسخه	سریال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادرکننده	بسته کاری	پروژه																			
D01	0001	RT	GT	120	PEDCO	GCS	BK																			

فصل 4- آزمایش‌های آزمایشگاهی

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

جدول 4-1. مشخصات آزمایش‌های 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 دانه‌ها بوسیله هیدرومتری است.
هیدرومتری	ASTM D7928	
دانسیته و درصد رطوبت	ASTM D2216	
وزن مخصوص ویژه	ASTM D854	
تک محوری سنگ	Publication No. 737	
بار نقطه‌ای سنگ	ASTM D5731	
مقاومت کششی برزلی سنگ	ASTM D3967	
شیمیایی خاک	BS-1377	
شیمیایی آب	ASTM D1293, D516, D512	

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

4-1- توصیف و طبقه بندی لایه‌های خاک

بر اساس تجزیه و تحلیل‌های انجام شده بر روی نمونه‌های اخذ شده از اعماق مختلف گمانه‌های ماشینی ایستگاه تقویت فشار گاز با در نظرگیری نتایج آزمایش‌های آزمایشگاهی و فاصله گمانه‌های ماشینی از یکدیگر، لایه‌های موجود در محدوده این بسته را می‌توان مطابق شرح ارائه شده در ذیل، طبقه‌بندی نمود. جهت سهولت بررسی و مقایسه، در شکل 4-1 الی 4-3 محدوده مذکور ارائه و گمانه‌های ماشینی موجود در این محدوده معرفی شده است. لازم به ذکر تا زمان ارائه گزارش ایستگاه تقویت فشار گاز نقشه توپوگرافی منطقه مورد مطالعه از سوی کارفرما ارائه نشده است.

براساس نتایج حاصل از حفاری‌های صورت گرفته و نتایج آزمایشات آزمایشگاهی، لایه‌ای که پس از گذر از لایه سطحی به ضخامت حدوداً 50 سانتیمتر در گمانه‌های ماشینی BH-1 تا عمق یک متری، در گمانه ماشینی BH-2 تا

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک								
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								شماره صفحه : 36 از 71
	پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	
	BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01	

عمق 3/5 متری و در گمانه ماشینی BH-3 تا عمق تقریبی 2/5 متری مشاهده شده، خاک ریز دانه رسی و در ادامه تا انتهای گمانه‌های ماشینی فوق‌الذکر توالی لایه‌های سنگی مارن (Marl)، رس سنگ (ClayStone) و سنگ سیلتی (SiltStone) است. لازم به ذکر است در عمق 0/5 متری تا یک متری گمانه ماشینی BH-3 خاک شن حاوی رس قرار دارد. در گمانه ماشینی BH-5 از ابتدای گمانه ماشینی تا عمق 3 متری خاک رس و سیلت دارای چسبندگی (CL, ML) و در ادامه تا انتها توالی لایه‌های سنگی مارن (Marl)، رس سنگ (ClayStone) و سنگ سیلتی (SiltStone) مشاهده شده است. در گمانه‌های ماشینی BH-4 و BH-6 از ابتدای گمانه‌های ماشینی تا انتهای 15 متر توالی لایه‌های سنگی مارن (Marl)، رس سنگ (ClayStone) و سنگ سیلتی (SiltStone) مشاهده شده است. لایه‌های سنگی پس از 24 ساعت خیساندن در آب در طبقه بندی رس و سیلت دارای چسبندگی و شن حاوی رس قرار می‌گیرند. لایه‌های مذکور مطابق طبقه‌بندی متحد خاک (USCS) عمدتاً در رده CL, ML, GC و GP-GC طبقه‌بندی می‌شوند.



شکل 4-1- گمانه‌های ماشینی در محدوده مورد مطالعه ایستگاه تقویت فشار گاز



نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک
سطح الارض

احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک



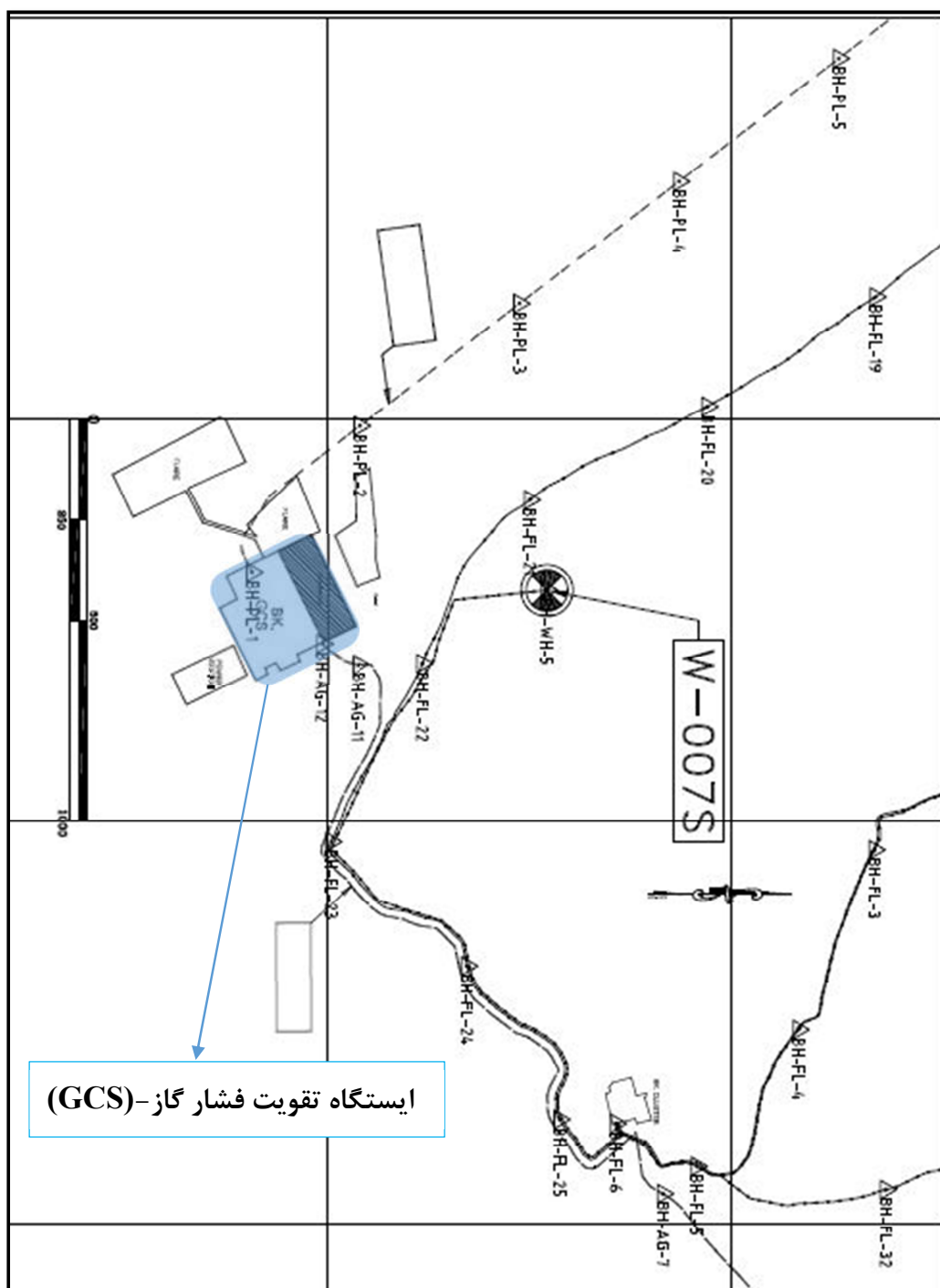
شماره پیمان:

053 - 073 - 9184

GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION

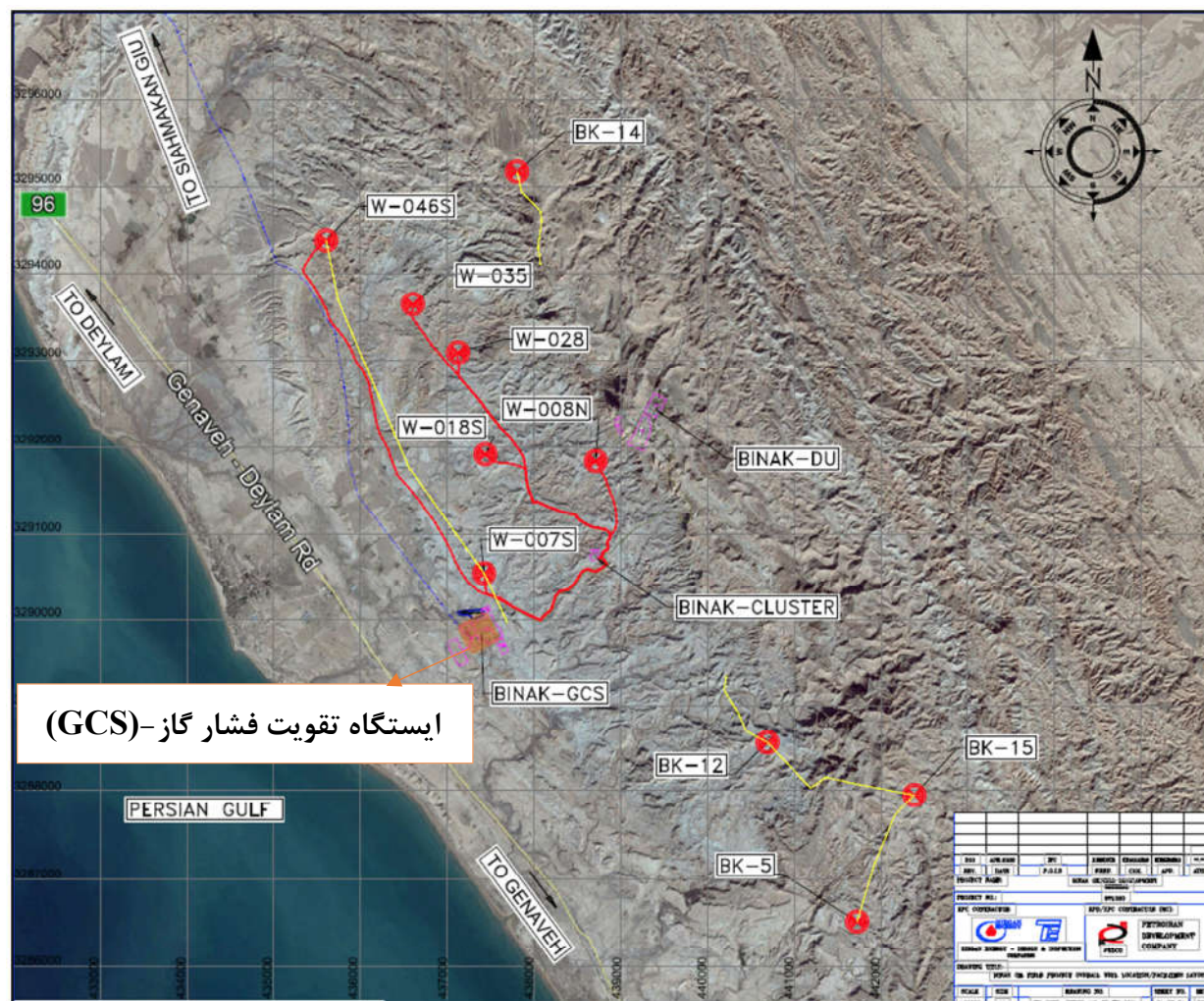
پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه
BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01

شماره صفحه : 37 از 71



شکل 4-2- ایستگاه تقویت فشار گاز (GCS) - نقشه ارسالی از کارفرمای محترم

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک								
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								شماره صفحه : 38 از 71
	پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	
	BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01	



شکل 3-4- موقعیت قرارگیری ایستگاه تقویت فشار گاز (GCS) نسبت به سایر بسته‌های بخش تحت الارض - نقشه ارسالی از کارفرمای محترم

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

مغزه‌گیری از سنگ‌ها به کمک گمانه زنی دورانی انجام می‌شود. پس از اخذ نمونه‌های سنگی، کیفیت مغزه‌های اخذ شده براساس عدد RQD (Rock Quality Designation) توصیف می‌شوند. شاخص RQD براساس میزان درزها، ترک‌ها و شکستگی‌های روی مغزه سنگ و مطابق با فرمول زیر به دست می‌آید. عدد RQD هر لایه سنگی در شرح پیمایش طولی گمانه‌های ماشینی پیوست 1-2 ارائه شده است.

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک								
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								شماره صفحه : 39 از 71
	پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	
	BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01	

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 گمانه ماشینی BH-1 در محدوده سنگ های Moderately Weatherd تا Fresh، در گمانه ماشینی BH-2 در محدوده سنگ های Highly Weatherd تا Fresh، در گمانه ماشینی BH-3 در محدوده سنگ های Fresh و در گمانه ماشینی BH-4، BH-5 و BH-6 در محدوده سنگ های Completely Weatherd تا Fresh قرار دارند.

میانگین شاخص مقاومت زمین شناسی ایستگاه تقویت فشار گاز (GCS) به روش کمی 60 و به روش کیفی 57-67 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 سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک																									
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	<table><tr><th colspan="8">GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION</th></tr><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>D01</td><td>0001</td><td>RT</td><td>GT</td><td>120</td><td>PEDCO</td><td>GCS</td><td>BK</td></tr></table>	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								نسخه	سریال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادر کننده	بسته کاری	پروژه	D01	0001	RT	GT	120	PEDCO	GCS	BK	شماره صفحه : 40 از 71
GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION																										
نسخه	سریال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادر کننده	بسته کاری	پروژه																			
D01	0001	RT	GT	120	PEDCO	GCS	BK																			

فصل 5- پارامترهای طراحی و بررسی ملاحظات ژئوتکنیکی

5-1- خصوصیات فیزیکی و مکانیکی لایه‌های خاک و پارامترهای طراحی

با توجه به جنس لایه‌های خاک، نتایج آزمایش‌های برجا، آزمایش‌های آزمایشگاهی و براساس قضاوت مهندسی حاصل از حفر 6 گمانه ماشینی در ایستگاه تقویت فشار گاز، مقادیر پارامترهای فیزیکی و مکانیکی جهت تعیین مقاومت مجاز خاک طبیعی برای استفاده در طراحی‌های ژئوتکنیکی به شرح جدول 5-1 ارائه شده است. به دلیل اهمیت پروژه و فاصله بین گمانه‌های ماشینی اجرا شده، همانگونه که پیشتر نیز ذکر گردید، پارامترهای مذکور، در محدوده حفر گمانه‌های ماشینی قابل استفاده است و مسئولیت تعمیم آن به کل محدوده بر عهده مشاور نمی‌باشد. پارامترها و خصوصیات فیزیکی و مکانیکی لایه‌های خاک و سنگ طبیعی در محدوده ایستگاه در جدول 5-1 ارائه شده است.

جدول 5-1. مقادیر پیشنهادی پارامترهای فیزیکی و مکانیکی لایه‌های خاک و سنگ طبیعی

Layer type according to Unified method	CL	Marl (CL)	Marl (CL)	Unit
Depth	0.5-3.5	3.5-7.5	7.5-30	m
Soil cohesion (Cu)	1.0-2.0	2.5-5.0	4.0-8.0	kg/cm ²
Soil wet density (γ_w)	1.9-2.0	1.95-2.15	2.0-2.2	g/cm ³
Soil module of elasticity (Es)	200-400	500-1000	800-1600	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 می‌شود که در نتیجه آن مقاومت خاک به طور کامل از بین رفته و حالتی آبگونه به خود می‌گیرد. در صورتی که یک ماسه اشباع به لرزه درآید، متراکم شده و از حجم آن کاسته می‌شود. در چنین شرایطی اگر آب نتواند به سرعت از محیط خارج و به اصطلاح زهکشی شود، کاهش حجم باعث افزایش فشار آب منفذی می‌شود. 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 می‌دهد و در نتیجه حالت آبگونه پیدا می‌کند. 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 شدن آن کاهش می‌یابد. علت این امر پیش تنیدگی خاک بر اثر وزن رسوب یا زمین لرزه‌های قدیمی می‌باشد. بیشترین استعداد آبگونه‌گی در نواحی ساحلی حاوی آبرفت‌های ماسه‌ای ریزدانه و اشباع شده که از تراکم و

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک																									
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	<table><tr><th colspan="8">GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION</th></tr><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>D01</td><td>0001</td><td>RT</td><td>GT</td><td>120</td><td>PEDCO</td><td>GCS</td><td>BK</td></tr></table>	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								نسخه	سریال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادرکننده	بسته کاری	پروژه	D01	0001	RT	GT	120	PEDCO	GCS	BK	شماره صفحه : 41 از 71
GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION																										
نسخه	سریال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادرکننده	بسته کاری	پروژه																			
D01	0001	RT	GT	120	PEDCO	GCS	BK																			

میزان رس کمی برخوردارند دیده می شود. همانگونه که پیش تر نیز ذکر گردید در 5 گمانه ماشینی از 6 گمانه ماشینی حفر شده در ایستگاه تقویت فشار گاز در زمان عملیات اجرایی به سطح آب زیرزمینی برخورد شده است اما 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 رمبند 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، نشست از مخازن آب یا بالا آمدن تدریجی تراز آب زیرزمینی فراهم شود. اکثر خاک های رمبند 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 13 می باشد. براساس رابطه مذکور پتانسیل تورم طبق جدول 5-2 در محدوده کم 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 سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک																									
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	<table><tr><th colspan="8">GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION</th></tr><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>GCS</td><td>PEDCO</td><td>120</td><td>GT</td><td>RT</td><td>0001</td><td>D01</td></tr></table>	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01	شماره صفحه : 42 از 71
GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION																										
پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه																			
BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01																			

فصل 6- ظرفیت باربری مجاز شالوده‌های سطحی

1-6- 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 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 1-5 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.

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک																									
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	<table><tr><th colspan="8">GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION</th></tr><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>GCS</td><td>PEDCO</td><td>120</td><td>GT</td><td>RT</td><td>0001</td><td>D01</td></tr></table>	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01	شماره صفحه : 43 از 71
GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION																										
پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه																			
BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01																			

2-6- 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. با در نظرگیری برخورد به سطح آب زیرزمینی در تراز 0/5 متری الی 1/5 متری شرایط خاک به صورت اشباع و 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 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 6 ارائه شده است.

3-6- نشست خاک

با در نظرگیری جنس خاک در محل حفاری گمانه‌های ماشینی، نشست شالوده‌ها عمدتاً ناشی از تغییر شکل ارتجاعی لایه‌های خاک (*Elastic Settlement*) 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

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک																									
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	<table><tr><th colspan="8">GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION</th></tr><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>D01</td><td>0001</td><td>RT</td><td>GT</td><td>120</td><td>PEDCO</td><td>GCS</td><td>BK</td></tr></table>	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								نسخه	سریال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادرکننده	بسته کاری	پروژه	D01	0001	RT	GT	120	PEDCO	GCS	BK	شماره صفحه : 44 از 71
GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION																										
نسخه	سریال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادرکننده	بسته کاری	پروژه																			
D01	0001	RT	GT	120	PEDCO	GCS	BK																			

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.

4-6- 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 گستره با ابعاد 12×20 متر با فرض قرارگیری به روی خاک طبیعی در پیوست 5 آورده شده است. در شکل‌های مذکور D عمق خاکبرداری تا زیر پی و D_f عمق مدفون شالوده در نظر گرفته شده است. در محاسبات ظرفیت باربری گمانه‌های ماشینی $BH-1$ الی $BH-6$ عمق گیرداری شالوده‌های 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 پی‌های سطحی می‌بایست مورد بازنگری قرار گیرد.

در تهیه نمودارهای مربوط به ظرفیت باربری پی‌های 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 پی‌های 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 تنش‌های 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 می‌گردد 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 خاک‌های غیر چسبنده و رابطه $R_e = 1 - 2\frac{e}{B}$ برای خاک‌های 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.

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک															
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION	شماره صفحه : 45 از 71														
	<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>GCS</td><td>PEDCO</td><td>120</td><td>GT</td><td>RT</td><td>0001</td><td>D01</td></tr></table>		پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT
پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه									
BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01									

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 فتر 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).

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.

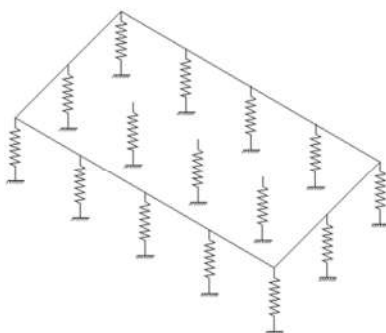
روش وینکلر:

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 6-1

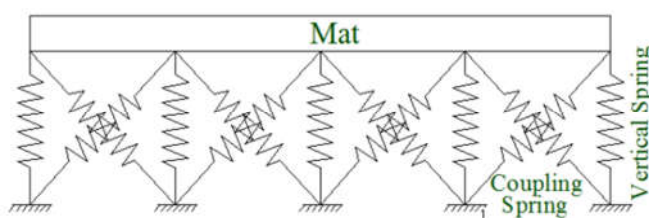
روش کوپل:

در این روش جهت مقابله با نواقص روش وینکلر از فنرهای اضافی مطابق شکل 6-2 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.

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تو اکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک								
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								شماره صفحه : 46 از 71
	پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	
	BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01	



شکل 6-1. مدلسازی فنر وینکلر

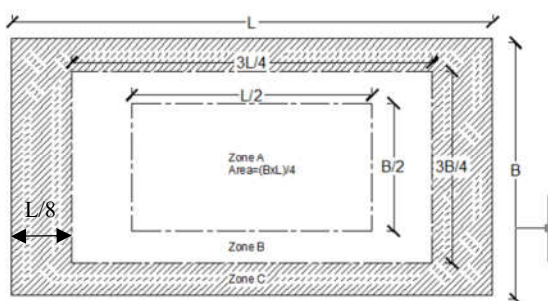


شکل 6-2. مدل سازی فنرهای کوپله

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 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.

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک								
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								شماره صفحه : 47 از 71
	پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	
	BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01	



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

در هنگام تعریف سختی متغیر در پی‌های گسترده و شبکه‌ای، در مرز بین بخش‌هایی از پی که مدول سختی تغییر می‌کند، کانتور تنش زیر پی نیز پیوستگی خود را از دست داده و بصورت آنی و پله‌ای تغییر خواهد نمود. حالت ایده‌آل 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 می‌گردد 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 می‌توان 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 باولز 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 پی‌های سطحی مجاز است که نسبت عرض پی به قطر صفحه بیشتر از ده نباشد. لذا با توجه به قطر صفحه و ابعاد شالوده‌های سطحی به ویژه گسترده استفاده از مدول عکس العمل حاصل از نتایج آزمایش بارگذاری صفحه توصیه نمی‌شود. جهت تعیین مدول عکس-العمل بستر می‌توان از تقسیم تنش مجاز خاک (q_a) بر مقدار نشست (s) مدول عکس العمل خاک (K_s) استفاده نمود. مدول عکس العمل بستر پی‌های مربعی، مستطیلی و نواری با نسبت طول به عرض 10 و برای پی‌های گسترده با ابعاد 12×20 متر برای عمق استقرار یک متر در جداول 1-6 و 2-6 ارائه شده است. توصیه می‌گردد حداکثر مدول عکس‌العمل بستر به 4 کیلوگرم بر سانتیمتر مکعب محدود گردد.

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک								
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								شماره صفحه : 48 از 71
	پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	
	BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01	

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	1.69	1.33	1.14	1.09
2.0	1.00	0.85	0.78	0.77
3.0	0.78	0.69	0.65	0.64
4.0	0.68	0.60	0.57	0.57
5.0	0.61	0.55	0.53	0.53

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	1.48	0.74	0.37

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^{-6} تا 10^{-4}) 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 1-1-2-4-4 اشاره شده است.

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک																									
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	<table><tr><th colspan="8">GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION</th></tr><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>GCS</td><td>PEDCO</td><td>120</td><td>GT</td><td>RT</td><td>0001</td><td>D01</td></tr></table>	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01	شماره صفحه : 49 از 71
GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION																										
پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه																			
BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01																			

فصل 7- تعیین ضرایب فشار جانبی و نحوه پایداری 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
 q : سربار قائم بر حسب t/m^2
 P_p : فشار مقاوم وارد بر دیوار بر حسب t/m^2
 P_a : فشار محرک وارد بر دیوار بر حسب t/m^2
 γ : وزن مخصوص طبیعی خاک به واحد t/m^3
 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.

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک																									
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	<table><tr><th colspan="8">GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION</th></tr><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>GCS</td><td>PEDCO</td><td>120</td><td>GT</td><td>RT</td><td>0001</td><td>D01</td></tr></table>	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01	شماره صفحه : 50 از 71
GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION																										
پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه																			
BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01																			

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

ضرائب فشار محرک و مقاوم در هنگام زلزله به دلیل بوجود آمدن نیروهای اینرسی در امتدادهای قائم و افقی از روابط ارائه شده در پیوست 6 که به روابط مونونوبه-آکابه معروف می‌باشند، محاسبه می‌گردند. این روابط در واقع بسط رابطه کولمب با در نظر گیری اثرات ناشی از شتاب‌های شبه استاتیکی بر گوه کولمب در حالت محرک یا مقاوم می‌باشد.

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 می‌باشد. 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 می‌باشد. توصیه می‌شود 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 می‌گردد:

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

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 لایه‌های خاکریز و نحوه اجرای دیوار در حین ساخت قابل تعیین می‌باشد و باید مشاور محترم بر اساس موارد فوق نسبت به مشخص نمودن آن اقدام نماید.

به منظور عملکرد بهتر دیوار حائل توصیه می‌شود جهت پر کردن پشت دیوار از مصالح درشت دانه در رده خاک های GP, GW یا SP و SW استفاده شود. همچنین تعبیه مجاری زهکشی طولی در پشت دیوار ضروری می‌باشد تا از تجمع آب و نتیجتاً افزایش فشار وارده به دیواره‌های حائل جلوگیری به عمل آید.

در جدول 7-1، ضرایب فشار جانبی خاک در حالات مقاوم، محرک و سکون در محل ایستگاه تقویت فشار گاز با فرض پر کردن پشت دیوار با خاکریز دانه‌ای ارائه شده است. در شرایط زلزله عملکرد کوتاه مدت لایه‌های رسی ملاک بوده و با توجه به اینکه زاویه اصطکاک داخلی خاک در این حالت نزدیک صفر می‌باشد؛ ضرایب فشار جانبی خاک در حالت زلزله معادل یک خواهد بود. لیکن در محاسبه فشارهای جانبی چسبندگی خاک در کاهش نیروهای وارده موثر می‌باشد که باید از رابطه زیر محاسبه گردد.

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک																									
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	<table><tr><th colspan="8">GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION</th></tr><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>GCS</td><td>PEDCO</td><td>120</td><td>GT</td><td>RT</td><td>0001</td><td>D01</td></tr></table>	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01	شماره صفحه : 51 از 71
GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION																										
پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه																			
BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01																			

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

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

جدول 7-1. ضرایب فشار جانبی برای لایه‌های خاک طبیعی با فرض پر کردن پشت دیوار با خاکریز دانه‌ای

مقادیر عددی ضرایب فشار جانبی $\Phi = 30^\circ$ برای لایه خاکریز درشت دانه	علامت مشخصه	ضرایب فشار جانبی
0/50	K_0	ضریب فشار جانبی سکون
0/33	K_a	ضریب فشار جانبی محرک در حالت استاتیکی
3/00	K_p	ضریب فشار جانبی مقاوم در حالت استاتیکی

7-4- گودبرداری و پایداری شیب

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

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

در معادله فوق داریم:

$$H_a = \text{حداکثر عمق گودبرداری قائم مجاز}$$

$$H_C = \text{حداکثر عمق گودبرداری قائم محاسباتی}$$

$$N_s = \text{فاکتور پایداری}$$

$$c = \text{چسبندگی زهکشی نشده}$$

$$\gamma = \text{وزن مخصوص خاک}$$

$$F.S. = \text{ضریب اطمینان}$$

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 می‌بایست در فاصله ایمن حداقل 1/5 برابر عرض پی این سازه‌ها و عوارض انجام پذیرد. شیب مجاز خاکبرداری، در ایستگاه تقویت فشار گاز برای لایه‌های خاک تا عمق حداکثر یک متری در گمانه‌های ماشینی BH-1 الی BH-6 در محدوده میدان نفتی بینک بدون در نظر گرفتن اثر سربار سازه‌های مجاور، آب‌های جاری، اثر زلزله و با توجه به شرایط لایه‌های 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 لایه‌ها، توصیه می‌شود عملیات محافظت بدنه ترانشه در نظر گرفته شود. پس از گذشت مدتی از گودبرداری به

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک																									
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	<table><tr><th colspan="8">GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION</th></tr><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>GCS</td><td>PEDCO</td><td>120</td><td>GT</td><td>RT</td><td>0001</td><td>D01</td></tr></table>	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01	شماره صفحه : 52 از 71
GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION																										
پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه																			
BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01																			

دلیل اثر هوازدگی، نفوذ رطوبت و کاهش قفل و بست میان ذرات، وقوع ریزش‌های موضعی محتمل می‌باشد. در دراز مدت با توجه به شرایط لایه‌های بستر، شیب مجاز خاکبرداری تا عمق حداکثر یک متری به صورت 75-80 درجه برآورد می‌شود و در لایه یک متری سنگ مارن اگرچه شیب پایدار آن در کوتاه مدت به صورت قائم می‌باشد لیکن به دلیل وجود درز و شکاف در این لایه و در طول مسیر، احتمال روی دادن ریزش‌های 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 شیب‌های مذکور باید حفاظت‌های سطحی برای جلوگیری از رسوخ آب و شسته شدن لایه‌ها صورت گیرد، در غیر اینصورت احتمال وقوع ریزش به صورت کلی و موضعی در ترانشه‌ها، در درازمدت وجود دارد.

5-7- روشهای پایداری گود

برای پایداری گود و گودبرداری در حال حاضر از روش‌های گوناگونی بهره جسته می‌شود که البته همه آنها اصولی نبوده و نیاز به بررسی دقیق دارند. روش‌هایی که در زیر به آنها اشاره می‌شود، روش‌هایی هستند که در برخی از پروژه‌های مهم مورد استفاده قرار گرفته‌اند. تعدادی از این روش‌ها فقط در پروژه‌های خاص کاربرد داشته و در پروژه‌های کوچک توجیه اقتصادی ندارند.



1-5-7- روش دیوار برلنی

در این روش برای مهار حرکت و رانش خاک با تمهیدات خاصی از خاک‌های اطراف استفاده می‌شود. ابتدا در حاشیه زمینی که قرار است درون آن گودبرداری شود، به فواصل معین چاه‌هایی حفر گشته پروفیل‌های I شکل درون آن قرار داده می‌شوند به منظور تامین گیرداری، انتهای این پروفیل‌ها به مقدار 0/25-0/35 ارتفاع گود به پایین‌تر از رقوم کف گود ادامه یافته سپس با بتن‌ریزی در محل خود کاملاً مستقر می‌شوند.

پس از استقرار پروفیل‌ها عملیات گودبرداری آغاز می‌شود. بین پروفیل‌های فوق پانل‌های بتنی کار گذاشته می‌شود برای جلوگیری از ریزش خاک در بدنه گود چاهک‌هایی به قطر مناسب حفر و درون آن یک یا چند میلگرد قرار داده می‌شود. سپس در آن بتن تزریق می‌شود. در نهایت پانل‌های بتنی باروش خاصی به میلگردهای مذکور متصل می‌شوند. طول این چاهک‌ها با توجه به نوع خاک و پارامترهای فیزیکی و مکانیکی آن تعیین می‌گردد و در حدود 5-10 متر است.

• معایب:

به دلیل قرارگیری در حریم ملک‌های مجاور، در سطح شهر نمی‌توان از این روش بهره گرفت.

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک																									
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	<table><tr><th colspan="8">GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION</th></tr><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>D01</td><td>0001</td><td>RT</td><td>GT</td><td>120</td><td>PEDCO</td><td>GCS</td><td>BK</td></tr></table>	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								نسخه	سریال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادرکننده	بسته کاری	پروژه	D01	0001	RT	GT	120	PEDCO	GCS	BK	شماره صفحه : 53 از 71
GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION																										
نسخه	سریال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادرکننده	بسته کاری	پروژه																			
D01	0001	RT	GT	120	PEDCO	GCS	BK																			

به دلیل این که عملیات حفاری به صورت مرحله‌ای انجام می‌شود عملیات گودبرداری نیاز به زمان زیادی دارد.

2-5-7- روش انکراژ (Anchoring):

در این روش حفاری به صورت مرحله‌ای و از بالا به پائین انجام می‌شود. در هر مرحله به کمک دستگاه‌های حفاری ویژه‌ای چاهک‌های افقی یا مایل درون جداره گود اجرا می‌شود. سپس درون چاهک حفر شده کابل‌های مخصوصی قرار داده و انتهای آن با عمل تزریق کاملاً در خاک مهار می‌گردد. پس از آن کابل‌های مذکور توسط جک‌های ویژه با نیروی مشخصی کشیده و با اتصالات ویژه‌ای در جداره گود مهار می‌شوند. در نهایت نیز درون چاهک‌ها تزریق شده و بعد از گیرش آن مرحله بعدی حفاری آغاز می‌شود. مقداری که در هر پله خاکبرداری می‌شود بستگی به نوع خاک و فاصله چاهک‌ها دارد و معمولاً می‌توان آن را بین 2-3 متر اختیار کرد.

- معایب:
- علاوه بر دارا بودن معایب روش میخکوبی به دلیل استفاده از تجهیزات ویژه حفاری هزینه عملیات حفاری بالا خواهد بود.
- مزایا:

به علت آنکه عملیات تزریق در خاک صورت می‌گیرد خواص خاک بهبود پیدا می‌کند.

با اجرای این سیستم از خود خاک برای مهار نیروی رانشی استفاده می‌شود.

از این روش برای گودبرداری‌های طویل با عمق کم می‌توان به خوبی بهره گرفت.

3-5-7- روش میخکوبی (Nailing)

این روش مشابه روش انکراژ است با این تفاوت که المان‌های قائم اجرا نمی‌شوند. در سیستم میخکوبی پس از اجرای سوراخ‌های افقی یا مایل میلگردهای محاسبه شده در آن تعبیه و دوغاب به درون آن تزریق می‌گردد. سپس با آرماتور بندی بدنه دیواره و انجام عملیات بتن پاشی، آرماتورهای افقی اجرا شده محکم می‌شوند. اجرای نوارهای زهکش پشت صفحه بتنی جهت انتقال و کاهش فشار آب نفوذی الزامی است. این فرآیند در هر مرحله خاکبرداری به عمق 2 الی 3 متر تا انتها تکرار می‌شود.

- مزایا:
- اثرات تخریب زیست محیطی آن به مراتب از سایر روش‌ها کمتر است.

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک								
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								شماره صفحه : 54 از 71
	پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	
	BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01	

به خصوص در مقایسه با روش های مهار بندی فضای کمتری از کارگاه را اشغال می کنند.

قابلیت نصب نسبتا سریع و همچنین نیاز به مصالح سازه ای کمتری نسبت به روش میل مهار دارد.

قابلیت انعطاف پذیری دیوارهای میخکوبی شده بالا است، به نحوی که سیستم خود را با نشست های اختلافی و

کلی نسبتا بزرگ منطبق می نمایند.

هزینه شاتکریت *Facing* (جبهه کار) در آن به مراتب کمتر از هزینه سیستم های *Facing* در سایر روش ها است.

• معایب:

به منظور اجرای این سیستم نیاز به افراد متخصص و باتجربه است.

در شرایطی که کنترل دقیق تغییر شکل لازم است، این روش مناسب نمی باشد. این تغییر شکل ها می تواند با ایجاد

پیش کشش کاهش یابد ولی هزینه اجرای آن نسبتا بالا است.

نفوذ به زمین مجاور نیازمند اخذ مجوز می باشد.

4-5-7- روش دیوار دیافراگمی (Diaphragm wall):

در این روش به کمک دستگاه های ویژه ای ابتدا در محل محور دیواره نگهبان حفاری انجام و به طور همزمان برای

جلوگیری از ریزش خاک درون آن با گل بنتونیت و سیمان پر می شود بعد از اتمام خاکبرداری قفسه آرماتورها درون

شیار قرار داده و درون آن با بتن پلاستیک پر می شود دیواره حاصل باربر بوده و می توان از آن به عنوان دیوار حائل

نیز استفاده کرد.

• مزایا:

این روش دارای سرعت قابل ملاحظه ای است و از درجه اطمینان بالایی نیز برخوردار می باشد.

دیوار حائل همزمان با دیوار نگهبان احداث می شود.

از این روش به خوبی می توان برای حفاری هایی که طول زیادی دارند استفاده کرد.

• معایب:

هزینه این روش بسیار زیاد است و در حجم کم گودبرداری مقرون به صرفه نیست.

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک								
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								شماره صفحه : 55 از 71
	پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	
	BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01	

چون دستگاه حفاری نیاز به فضای کار دارد لذا در محل هایی که دارای محدودیت جانبی هستند به سختی کار می کند.

هزینه اجرایی این روش در مقایسه با روش های دیگر بالاتر و در مواردی خارج از محدوده قابل قبول است.

5-7- روش مهار متقابل:

در این روش ابتدا چاهک هایی در فواصل معین، در دو طرف گود حفر و در درون این چاهک ها پروفیل H قرار داده می شود. می توان برای تثبیت بیشتر این پروفیل ها درون چاهک را با ملات سبک پر کرد. سپس عملیات گودبرداری بصورت قائم انجام می گیرد و به منظور مهار نیروی رانشی خاک در فواصل معینی بین دو طرف گود تیرهایی در بین پروفیل های عمودی قرارداد می شود در صورتی که خاک خیلی ریزشی باشد باید بین اعضا قائم الوارهای چوبی قرار داد.

• مزایا:

این روش یکی از روش های خوب و مطمئن برای گودبرداری هایی است که عرض گودبرداری کم و در ضمن سطح خاک در دو طرف گود یکسان باشد.

این روش بسیار سریع است.

این روش اقتصادی است.

• معایب:

از این روش می توان برای عرض های گودبرداری کم و حداکثر تا 10 متر استفاده کرد در صورت زیاد بودن عرض گود باید بین تیرهای افقی مهار بندی شود که باعث می شود فضای کار محدود شود این روش اختصاصاً برای کانالهای مختلف بسیار مناسب است.

6-5-7 روش اجرای شمع درجا:

در این روش در پیرامون زمینی که قرار است گودبرداری شود شمع های بتنی درجا در فواصل معینی نسبت به یکدیگر اجرا می شود این شمع ها فشار جانبی خاک را بصورت تیر یکسر گیردار تحمل می کنند. طول گیرداری لازم برای شمع ها را می توان $0/3 H$ در نظر گرفت (H ارتفاع گودبرداری است) بعد از اجرای این شمع ها، می توان عملیات گودبرداری را آغاز و بصورت قائم گودبرداری کرد.

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک								
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								شماره صفحه : 56 از 71
	پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	
	BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01	

• مزایا:

شمع‌های اجرا شده به عنوان دیوار حائل نیز عمل می‌کنند.

سرعت عملیات بالاست.

• معایب:

در صورتی که ارتفاع گودبرداری زیاد باشد، فواصل شمع‌ها کم و قطر لازم برای شمع زیاد خواهد بود با توجه به مطالعات اولیه انجام گرفته از این روش می‌توان برای گودبرداری تا 5 متر بخوبی بهره گرفت.

برای گودبرداری و پایداری سازی آن در تمامی نواحی و برای تمام ساختمان‌ها مخصوصاً ساختمان‌های مسکونی باید طرحی در نظر گرفته شود که روش اجرای آن آسان بوده قابلیت انعطاف بیشتری داشته باشد.

در شکل 1-7 و 2-7 تصاویری از اجرای سازه های نگهدارنده در گودبرداری نشان داده شده است.



روش اجرای شمع



روش اجرای سازه خرپا

شکل 1-7- تصاویری از سازه های نگهدارنده جهت گودبرداری (روش اجرای شمع و خرپا)

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک								
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								شماره صفحه : 57 از 71
	پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	
	BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01	



شکل 7-2- تصاویری از سازه های نگهدارنده جهت گودبرداری (روش نیلینگ و دیوار برلنی)

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک																									
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	<table><tr><th colspan="8">GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION</th></tr><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>D01</td><td>0001</td><td>RT</td><td>GT</td><td>120</td><td>PEDCO</td><td>GCS</td><td>BK</td></tr></table>	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								نسخه	سریال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادرکننده	بسته کاری	پروژه	D01	0001	RT	GT	120	PEDCO	GCS	BK	شماره صفحه : 58 از 71
GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION																										
نسخه	سریال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادرکننده	بسته کاری	پروژه																			
D01	0001	RT	GT	120	PEDCO	GCS	BK																			

6-7- روشهای کنترل تراوش آبهای زیرسطحی

روشهای متفاوتی جهت کنترل سطح و تراوش آب زیرسطحی وجود دارد که بطور کلی در قالب یکی از سه گروه

زیر قرار می گیرند:

- روشهای جلوگیری از ورود آب به گود (احداث دیوار آب بند)
- روشهای آبکشی از گود با پمپاژ
- ترکیبی از روشهای 1 و 2

عوامل مختلفی بر انتخاب یکی از رویکردهای فوق برای کنترل سطح آب در یک پروژه موثر است که شامل نوع خاک، سطح آب زیرزمینی، مدت زمان گودبرداری و احداث سازه، هزینه های طرح آبکشی و ... می باشد.

طبق توصیه BS 8004:1986 روش مناسب آبکشی باید شرایط زیر را ارضا کند:

- سطح آب پایین افتاده در تمام دوره ساخت باید تحت کنترل کامل باشد.
- روش آبکشی باید طوری انتخاب شود که در تمام دوره ساخت پایداری دیواره و کف گود حفظ گردد.
- در حین زهکشی خاکهای با دانه بندی یکنواخت، خود مصالح نقش فیلتر را ایفا کرده و از شسته شدن خاک در اثر پمپاژ جلوگیری می کند. در غیر این صورت باید از مصالح فیلتر مناسب در اطراف گودال یا چاه تخلیه استفاده نمود.
- در سیستم های پمپاژ همواره باید پمپ های کمکی (standby) با ظرفیت کافی برای مواقع اضطراری و سرویس در دسترس باشد.

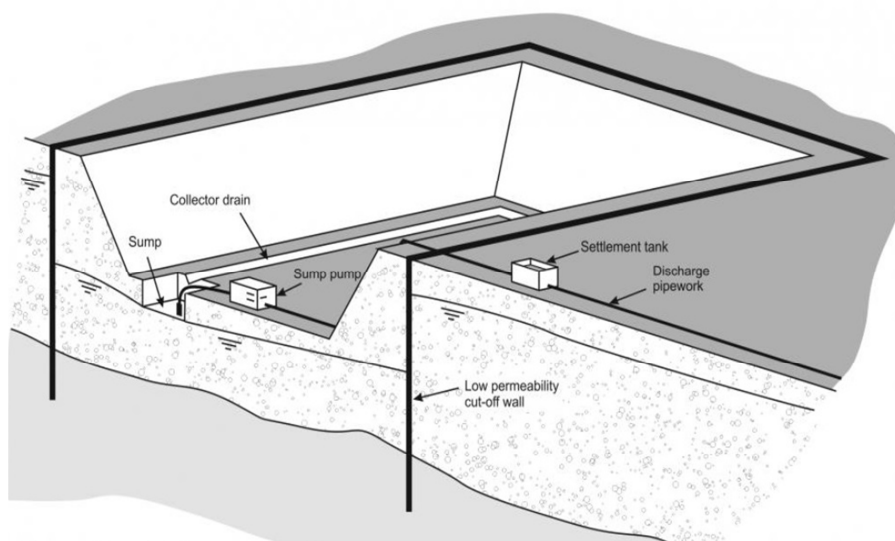
در ادامه توضیحات لازم در مورد روش های مختلف آبکشی ارائه شده است.

روش نهر و پمپاژ از گودال (Ditch & Sump pumping)

این روش ساده ترین راه حل برای آبکشی از داخل گودبرداری ها می باشد. در این روش پیرامون گود و خارج از محل احداث سازه، نهری با شیب ملایم (ditch) به سمت گودال های تخلیه (sumps) ساخته شده و آب جمع شده در این گودال ها توسط پمپ تخلیه می شود. در تمام شرایط کف گودال باید از کف نهرهایی که آب را به سمت آن هدایت می کنند و همچنین از کف گود در تراز پایین تری باشد. اگر لازم شود، در حین دوره ساخت باید گودال را عمیق تر نمود. همچنین ابعاد گودال بایستی به مقدار قابل توجهی از فضای لازم برای استقرار پمپ ها بزرگتر باشد.

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک																									
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	<table><tr><th colspan="8">GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION</th></tr><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>GCS</td><td>PEDCO</td><td>120</td><td>GT</td><td>RT</td><td>0001</td><td>D01</td></tr></table>	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01	شماره صفحه : 59 از 71
GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION																										
پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه																			
BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01																			

پمپ در گودال به گونه‌ای مستقر می‌شود تا از کف حداقل 30 سانتیمتر بالاتر باشد تا در صورت ته نشینی رسوبات در کف گودال اختلالی در پمپاژ بوجود نیاید.



سیستم نقطه چاه‌ها (Well Point System)

در این روش چاه‌هایی با قطر کوچک در خارج منطقه گودبرداری قبل از انجام عملیات حفر می‌شوند. نقطه چاه وسیله‌ای برای مکش آب است که براحتی در زمین نصب شده و همانند یک چاه کوچک عمل می‌کند. این وسایل لوله‌هایی فولادی یا پلاستیکی سوراخ‌داری با طول حدود 60 تا 120 سانتیمتر و قطر 5 تا 7/5 سانتی متر می‌باشند که از طریق یک پوشش مشبک محافظت می‌شوند تا از گرفتگی آنها جلوگیری شود. نقطه چاه‌ها از طریق لوله‌های بالابر (*riser pipe*) به لوله اصلی (*header pipe*) وصل شده و لوله اصلی نیز به یک پمپ مرکزی متصل می‌شود. فواصل نصب نقطه چاه‌ها معمولاً بین 0/75 تا 3 متر متغیر است و از این سیستم عمدتاً برای پایین آوردن تراز آب به اندازه 5 تا 6 متر نسبت به تراز پمپ مکش استفاده می‌شود (این عمق در ماسه‌های ریز و لای دار به 3 تا 4 متر محدود می‌شود). برای پایین آوردن تراز آب به بیش از 5 تا 6 متر می‌توان از سیستم نقطه چاه چند مرحله ای استفاده نمود که این روش مستلزم ایجاد چند برم در شیروانی‌های گودبرداری بوده و ابعاد خاکبرداری را افزایش می‌دهد. ظرفیت یک چاه نقطه‌ای معمولاً بسته به جنس خاک بین 0/6 تا 4 مترمکعب در ساعت است.

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک																									
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	<table><tr><th colspan="8">GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION</th></tr><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>D01</td><td>0001</td><td>RT</td><td>GT</td><td>120</td><td>PEDCO</td><td>GCS</td><td>BK</td></tr></table>	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								نسخه	سریال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادر کننده	بسته کاری	پروژه	D01	0001	RT	GT	120	PEDCO	GCS	BK	شماره صفحه : 60 از 71
GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION																										
نسخه	سریال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادر کننده	بسته کاری	پروژه																			
D01	0001	RT	GT	120	PEDCO	GCS	BK																			

این روش آبکشی برای خاک‌های ماسه‌ای مناسب است. در خاک‌های شنی، فاصله بین نقطه چاه‌ها بسیار کم و غیر عملی می‌شود. از این روش در خاک‌های رسی نیز استفاده نمی‌شود، زیرا در این شرایط میزان سرعت تراوش آب و در نتیجه سرعت پایین آوردن سطح آب خیلی کم می‌شود. راندن نقطه چاه‌ها در خاک‌های شامل قله سنگ معمولاً با مشکلات اجرایی همراه است. بعلاوه کنترل جایگذاری صحیح فیلتر در اطراف نقطه چاه‌ها به لحاظ اجرایی مشکل است. در صورت عدم کارکرد صحیح فیلترها، ممکن است لایه‌های نفوذناپذیری در اطراف چاه تشکیل شده و مانع رسیدن آب به چاه نقطه‌ای گردد.



شکل 7-4- سیستم آبکشی با نقطه چاه

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک																									
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	<table><tr><th colspan="8">GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION</th></tr><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>GCS</td><td>PEDCO</td><td>120</td><td>GT</td><td>RT</td><td>0001</td><td>D01</td></tr></table>	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01	شماره صفحه : 61 از 71
GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION																										
پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه																			
BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01																			



شکل 5-7- سیستم نقطه چاه چند مرحله‌ای

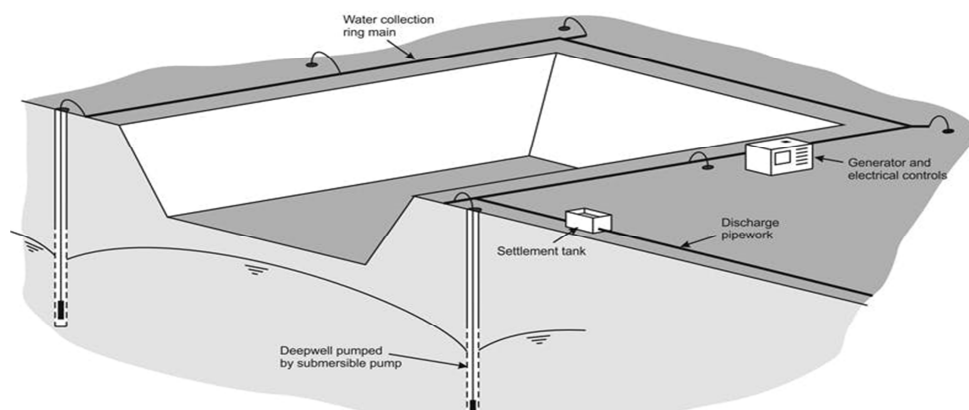
سیستم چاه‌های کم عمق (Shallow well System)

در سیستم چاه‌های کم عمق، چاه‌هایی به قطر حدود 30 سانتیمتر با دستگاه حفاری اجرا شده و پمپ‌هایی که در سطح زمین استقرار می‌یابد بوسیله لوله‌های مکش، آب را به خارج از چاه پمپاژ می‌کند. محدودیت پایین آوردن تراز آب با این روش در حدود 8 متر است. از این روش بویژه در شرایطی که استفاده از سیستم نقطه چاه بدلیل سخت بودن لایه‌های خاک امکان پذیر نیست، استفاده می‌گردد. این چاه‌ها در خاک‌های با نفوذپذیری بالا که اجرای نقطه چاه‌ها در فواصل خیلی کم غیر عملی است نیز قابل اجرا می‌باشد. از دیگر مزایای این روش نسبت به نقطه چاه شناسایی دقیق زمین در حین حفاری و امکان تغییر فیلتر یا تجدید نظر در فاصله چاه‌ها می‌باشد. بدلیل فاصله بیشتر چاه‌های کم عمق، دستخوردگی زمین نسبت به سیستم چاه‌های نقطه‌ای کمتر است، اما بطور کلی هزینه اجرای این سیستم بیشتر از نقطه چاه است.

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک								
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								شماره صفحه : 62 از 71
	پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	
	BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01	

سیستم چاه عمیق (Deep well System)

این روش بویژه در شرایطی که آب تحت فشار (آرتزین) در زیر یک لایه نفوذناپذیر وجود داشته باشد، مناسب است. سیستم شامل چند چاه عمیق در اطراف گود است که هر چاه توسط یک پمپ شناور پمپاژ می گردد. قطر چاه های عمیق معمولاً بین 25 تا 45 سانتیمتر و عمق آنها بین 10 تا 35 متر است. چاه های عمیق در لایه های نفوذپذیر سطح آب را تا شعاع بزرگی (معمولاً چند صد متر) متاثر کرده و سطح آب بصورت مخروطی که راس آن در چاه است، پایین می آید.



شکل 6-7- سیستم آبکشی از چاه های عمیق

اجرای چاه های عمیق شامل حفر چاه تا عمقی پایین تر از تراز مورد نظر برای آبکشی می باشد که قطر آن معمولاً بین 15 تا 20 سانتیمتر بیشتر از قطر غلاف داخلی چاه است. قطر غلاف (casing) به حدی است که پمپ شناور از آن عبور کرده و در نزدیکی انتهای چاه قرار گیرد. غلاف داخلی چاه تا عمق مورد نظر برای آبکشی سوراخ دار است و اطراف این غلاف از مصالح فیلتر مناسب پر می شود.

از آنجائیکه در این سیستم پمپ در انتهای چاه نصب می شود، هیچ نوع محدودیتی در ارتفاع آبی که به بیرون چاه انتقال داده می شود وجود نخواهد داشت بنابراین از این سیستم می توان برای پایین آوردن سطح آب زیرزمینی به هر میزان استفاده نمود. سیستم چاه عمیق در خاک های شنی تا ماسه ریز لای دار به کار گرفته می شود.

با توجه به موارد ذکر شده و عمق گودبرداری در حدود 43 متر و بالا بودن تراز آب زیرسطحی و با وجود قرارگیری در فضای شهری و محدودیت فضا در اطراف گود، می بایست طبق نظر متخصصین مجرب ژئوتکنیکی روش

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک								
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								شماره صفحه : 63 از 71
	پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	
	BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01	

بهینه جهت کنترل سطح آب و پایین نگه داشتن آن در حین گودبرداری، همچنین بررسی لزوم استفاده از سیستم‌های زهکشی دائم پس از بهره‌برداری از سازه، تعیین گردد.

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک																									
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	<table><tr><th colspan="8">GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION</th></tr><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>D01</td><td>0001</td><td>RT</td><td>GT</td><td>120</td><td>PEDCO</td><td>GCS</td><td>BK</td></tr></table>	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								نسخه	سریال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادر کننده	بسته کاری	پروژه	D01	0001	RT	GT	120	PEDCO	GCS	BK	شماره صفحه : 64 از 71
GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION																										
نسخه	سریال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادر کننده	بسته کاری	پروژه																			
D01	0001	RT	GT	120	PEDCO	GCS	BK																			

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 6 گمانه ماشینی به عمق حداکثر 30 متر می باشد. در گمانه های ماشینی BH-1 الی BH-3، پس از گذر از لایه سطحی به ضخامت حدوداً 50 سانتیمتر تا عمق متوسط 2/5 متری خاک رس و در ادامه تا انتهای گمانه ماشینی 15 متری توالی لایه های سنگی مارن (Marl)، رس سنگ (ClayStone) و سنگ سیلتی (SiltStone) مشاهده شده است. لازم به ذکر است در عمق 0/5 متری تا یک متری گمانه ماشینی BH-3 خاک درشت دانه شن رس دار مشاهده شده است. در گمانه ماشینی BH-5 تا عمق 3 متری خاک رس و سیلت دارای چسبندگی و در ادامه تا انتهای گمانه ماشینی توالی لایه های سنگی مارن (Marl)، رس سنگ (ClayStone) و سنگ سیلتی (SiltStone) قرار دارد. در گمانه های ماشینی BH-4 و BH-6 لایه ای که به صورت غالب تا انتهای گمانه ماشینی قرار گرفته است، توالی لایه های سنگی مارن (Marl)، رس سنگ (ClayStone) و سنگ سیلتی (SiltStone) است.

- حین انجام عملیات حفاری گمانه های ماشینی BH-1 الی BH-5 و تا عمق حداکثر 30 متر، تراز آب زیر سطحی در عمق حداقل 0/5 متر (از سطح گمانه ماشینی حفر شده) تا 1/5 متر مشاهده شده 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.

- نظر به اینکه در گمانه های ماشینی این سایت تراز آب زیرزمینی مشاهده شده است اما مطابق با نشریه 525 و براساس بند 6-2-1 آیین نامه 2800 به علت بالا بودن ضربات SPT، وقوع روانگرایی محتمل نمی باشد.
- جهت تعیین ضرائب زلزله، از ویرایش چهارم آئین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله (استاندارد 2800)، استفاده شده است. مطابق این آئین 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، درون چاهی دانه هول و بررسی های لایه های مشاهده شده در محل، آیین نامه ای استاندارد لرزه ای 2800 خاک منطقه مورد مطالعه در از نوع II می باشد.

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک																									
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	<table><tr><th colspan="8">GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION</th></tr><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>GCS</td><td>PEDCO</td><td>120</td><td>GT</td><td>RT</td><td>0001</td><td>D01</td></tr></table>	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01	شماره صفحه : 65 از 71
GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION																										
پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه																			
BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01																			

8-2- توصیه فنی

- در اجرای شالوده‌ها می‌بایست کلیه اصول فنی از جمله اجرای صحیح درزهای اتصال سازه‌ای، 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 می‌گردد، متراکم نمودن خاک ضرورتی ندارد ولیکن لازم است قبل از بتن ریزی شالوده، بتن مگر (Lean Concrete) به ضخامت حداقل 10 سانتیمتر در سریع ترین زمان بر روی سطح خاکبرداری شده ریخته شود.
- میزان نفوذپذیری در لایه‌های خاک متراکم و سنگ مشاهده شده در گمانه‌های ماشینی ایستگاه تقویت فشار گاز بسیار ناچیز می‌باشد. لازم به ذکر است به دلیل تراکم بالای لایه‌های خاکی و لایه‌های سنگی انجام آزمایش نفوذپذیری مقدور نمی‌باشد و برای دستیابی به این پارامتر باید آزمایشات صحرایی و در محل انجام شود.
- لایه خاک سطحی به ضخامت حداکثر 50 سانتیمتر در محل گمانه‌های ماشینی BH-1 الی BH-3 مشاهده شده است. ضخامت این لایه خاک در پیمایش طولی گمانه‌های ماشینی در پیوست 2-1 ارائه شده است.
- به منظور جلوگیری از اثر فرسایشی رطوبت بر خاک زیر شالوده توصیه می‌گردد شیب بندی اطراف شالوده‌ها به نحوی اجرا شود که از تجمع و نفوذ آب‌های سطحی به زیر شالوده جلوگیری شود و چنانچه احتمال نفوذ آب از بالادست وجود دارد با طرح زهکش‌های مناسب از نفوذ آب به محدوده شالوده جلوگیری شود.
- در محاسبات شرایط طبیعی خاک در نظر گرفته شده است. با توجه به اینکه در گمانه ماشینی BH-6 سطح آب زیرزمینی مشاهده نشده است، پیشنهاد می‌شود زهکشی مناسب و تمهیدات لازم جهت جلوگیری از نفوذ آب در نظر گرفته شود. در گمانه‌های ماشینی BH-1 الی BH-5 سطح آب مشاهده شده است به منظور جلوگیری از افزایش خوردگی و بالادگی فشار آب لیفت بهتر است زهکش‌های مناسب در نظر گرفته شود تا آب زیر تراز پی قرار گیرد.
- محاسبات عمق یخبندان در گزارش هیدرولوژی ارائه شده است.
- لایه زیر اساس معمولاً اولین قشر است که روی بستر آماده شده روسازی راه قرار می‌گیرد. مصالح مصرفی برای زیراساس شنی از بستر رودخانه‌ها، مسیل‌های قدیمی، تپه‌های شن و ماسه‌ای یا واریزه‌ها و برای زیر اساس سنگی از سنگ‌های استخراج شده از معادن سنگ یا قلوه سنگ‌های طبیعی که در سنگ‌شکن شکسته شده و سپس سرنند می‌شوند به دست می‌آید این لایه باید دارای مشخصات فنی زیر باشد:

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک																									
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	<table><tr><th colspan="8">GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION</th></tr><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>D01</td><td>0001</td><td>RT</td><td>GT</td><td>120</td><td>PEDCO</td><td>GCS</td><td>BK</td></tr></table>	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								نسخه	سریال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادرکننده	بسته کاری	پروژه	D01	0001	RT	GT	120	PEDCO	GCS	BK	شماره صفحه : 66 از 71
GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION																										
نسخه	سریال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادرکننده	بسته کاری	پروژه																			
D01	0001	RT	GT	120	PEDCO	GCS	BK																			

- الف: دانه بندی مصالح مصرفی که به روش آشتو $T27$ تعیین می گردد باید در محدوده یکی از دانه بندی های داده شده در جدول شماره 1-8 باشد:

جدول 1-8. دانه بندی مصالح زیراساس شنی و سنگی*

درصد وزنی رد شده از هر الک				اندازه الک نوع دانه بندی
IV	III	II	I	
-	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۵۰ میلیمتر (۲ اینچ)
۱۰۰	-	۱۰۰-۹۰	-	۳۷/۵ میلیمتر (۱/۵ اینچ)
۱۰۰-۹۰	۹۵-۷۵	۹۰-۷۵	۸۰-۷۵	۲۵ میلیمتر (۱ اینچ)
۷۵-۴۰	۷۰-۴۰	۶۵-۳۰	۶۵-۳۰	۹/۵ میلیمتر (۰/۶ اینچ)
۶۰-۴۰	۶۰-۳۰	۶۰-۳۰	۵۵-۲۵	۴/۷۵ میلیمتر (شماره ۴)
۴۸-۲۸	۴۵-۲۰	۵۰-۲۰	۴۰-۱۵	۲ میلیمتر (شماره ۱۰)
۲۸-۱۴	۳۰-۱۵	۳۰-۱۰	۲۰-۸	۰/۴۲۵ میلیمتر (شماره ۴۰)
۱۲-۵	۱۲-۵	۱۲-۳	۸-۲	۰/۰۷۵ میلیمتر (شماره ۲۰۰)*

*: انواع دیگر مصالح زیراساس در نشریه 101 سازمان برنامه و بودجه کشور ارائه شده است.

- ب: حد روانی و دامنه خمیری مطابق آزمایش های آشتو، $T89$ و $T90$ ، نباید به ترتیب از 25 درصد و 6 درصد تجاوز نماید.
- پ: ارزش ماسه ای مطابق آزمایش آشتو $T176$ نباید از 25 درصد کمتر باشد.
- ت: درصد سایش به روش لس آنجلس (آشتو $T96$) نباید از 50 تجاوز نماید.
- ث: تحمل باربری مصالح که با روش $T193$ یا $ASTM D1883$ در آزمایشگاه بر روی نمونه هایی که با تراکم 100 درصد و به روش آشتو $T180$ طبقه D انجام می شود، نباید از 30 درصد کمتر باشد.
- برای هر پروژه نوع مصالح لایه اساس باید در دفترچه مشخصات فنی خصوصی قید شود. مصالح تهیه شده باید بدون مواد آلی و گیاهی بوده و از سنگدانه های سخت و مقاوم تشکیل شده باشند. مشخصات فنی این مصالح به شرح زیر است:
- الف: دانه بندی مصالح مصرفی باید با یکی از دانه بندی های مندرج در جدول 2-8 مطابقت نموده و پیوسته و یکپارچه باشد.

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک																									
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	<table><tr><th colspan="8">GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION</th></tr><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>D01</td><td>0001</td><td>RT</td><td>GT</td><td>120</td><td>PEDCO</td><td>GCS</td><td>BK</td></tr></table>	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								نسخه	سریال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادر کننده	بسته کاری	پروژه	D01	0001	RT	GT	120	PEDCO	GCS	BK	شماره صفحه : 67 از 71
GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION																										
نسخه	سریال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادر کننده	بسته کاری	پروژه																			
D01	0001	RT	GT	120	PEDCO	GCS	BK																			

- ب: حد روانی و دامنه خمیری مطابق آزمایش‌های آشتو، T_{90} و T_{89} ، نباید به ترتیب از 25 درصد و 4 درصد تجاوز نماید.
- پ: ارزش ماسه‌ای بر اساس آزمایش آشتو T_{176} نباید از 40٪ کمتر باشد.
- ت: حداقل 75 درصد مصالح مانده روی الک $4/75$ میلیمتر (شماره 4) باید در دو جبهه شکسته شده باشد (شکستگی طبیعی ملاک عمل نمی‌باشد).
- ث: درصد سایش مصالح به روش لس آنجلس (آشتو T_{96}) نباید از 45٪ تجاوز نماید.
- ج: درصد افت وزنی مصالح با آزمایش آشتو T_{104} و با سولفات سدیم در پنج نوبت نباید از 12٪ تجاوز نماید.
- چ: تحمل باربری مصالح (CBR) که با روش $ASTM D1883$ و با تراکم آزمایشگاهی آشتو T_{180} اندازه‌گیری می‌شود نباید از 80٪ کمتر باشد.
- ح: حداکثر ضریب تورق مصالح با روش $BS812$ نباید از 35٪ تجاوز نماید.
- خ: درصد دانه‌های پولکی و سوزنی موجود در مصالح درشت‌دانه نباید مجموعاً از 15 درصد تجاوز نماید. دانه‌های سوزنی و پولکی به سنگدانه‌هایی با ابعاد بیشتر از $9/5$ میلیمتر اطلاق می‌شود که نسبت درازا به متوسط ضخامت سنگدانه از 5 تجاوز نماید.
- جهت آماده سازی و تسطیح بستر می‌توان به نشریات و استانداردهای رایج کشور از جمله نشریه 101 سازمان برنامه و بودجه کشور و مبحث هفتم مراجعه نمود. لیکن در حالت کلی و به صورت خلاصه، روش آماده سازی برای پی ریزی به شرح زیر پیشنهاد می‌گردد:
- الف) قبل از تسطیح و آماده سازی اراضی برای پی ریزی، باید ترازهای طبیعی زمین با روش‌های مناسب نقشه برداری، برداشت شود.
- ب) پس از نقشه برداری باید نقشه تسطیح تهیه شود. نقشه تسطیح باید با توجه به تراز زمین‌های مجاور و شیب لازم برای زهکشی، تراز پی‌ها و عمق مدفون آنها، طراحی گردد.
- ج) چنانچه میزان خاک نباتی موجود در خاک زیر پی بیش از 3 درصد باشد، لازم است تا قبل از احداث پی و در مراحل آماده سازی ساختگاه، خاک فوق برداشته شود.
- د) اگر تسطیح اراضی با خاکریزی همراه است، اجرای خاکریز مهندسی در لایه‌های کم ضخامت و انجام عملیات تراکم با مشخصاتی که طراح مشخص می‌کند، ضروری است.
- ه) تخمین نشست خاکریز مهندسی در اثر وزن خودش، افزون بر نشست طبیعی زمین بر اثر وزن خاکریز و سازه ضروری است.

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک																									
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	<table><tr><th colspan="8">GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION</th></tr><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>D01</td><td>0001</td><td>RT</td><td>GT</td><td>120</td><td>PEDCO</td><td>GCS</td><td>BK</td></tr></table>	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								نسخه	سریال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادرکننده	بسته کاری	پروژه	D01	0001	RT	GT	120	PEDCO	GCS	BK	شماره صفحه : 68 از 71
GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION																										
نسخه	سریال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادرکننده	بسته کاری	پروژه																			
D01	0001	RT	GT	120	PEDCO	GCS	BK																			

جدول 2-8. دانه بندی مصالح اساس*

درصد وزنی رد شده از هر الک					شماره الک نوع دانه بندی
<i>V</i>	<i>IV</i>	<i>III</i>	<i>II</i>	<i>I</i>	
-	-	100	100	100	50 میلیمتر (2 اینچ)
-	100	-	-	100-95	37/5 میلیمتر (1/5 اینچ)
100	100-70	95-75	85-70	80-60	25 میلیمتر (1 اینچ)
-	90-60	-	80-60	92-70	19 میلیمتر (0/75 اینچ)
85-50	75-45	75-40	65-30	70-50	9/5 میلیمتر (0/375 اینچ)
65-35	60-30	60-30	55-25	55-35	4/75 میلیمتر (شماره 4)
50-25	50-20	45-20	40-15	-	2 میلیمتر (شماره 10)
-	-	-	-	25-12	0/6 میلیمتر (شماره 30)
30-15	30-10	30-15	20-8	-	0/425 میلیمتر (شماره 40)
8-2	8-2	8-2	8-2	8-2	0/075 میلیمتر (شماره 200)*

*: انواع دیگر مصالح اساس در نشریه 101 سازمان برنامه و بودجه کشور ارائه شده است.

- (و) احداث سازه سنگین بر روی خاکریز متشکل از خاک رس و لای یا ماسه ریزدانه مجاز نیست.
- (ز) در تسطیح ارضی باید به زهکشی سطحی و زیرسطحی توجه شود. مسیرهای ورود آب به زمین باید تعیین گردد و زهکش مناسب در امتداد عمود بر مسیر آب احداث شود.
- (ح) اگر عمق قسمت خاکریز پرکننده کمتر از 30 سانتیمتر باشد، نیازی به گزارش تایید شده نمی باشد و رسیدن به حداقل درصد تراکم بدست آمده از آزمایش پروکتور اصلاح شده مطابق با آیین نامه های معتبر کافیهست.
- (ط) اگر طراح قصد دارد پی را بر روی زمین متراکم شده بنا کند، لازم است مشخصات فنی روش کار را تعیین و سپس پیمانکار آنها را زیر نظر دستگاه نظارت انجام دهد.
- (ی) شیب دار کردن سایت به منظور خروج آب های سطحی نیز ضروری می باشد.
- (ک) در ارتباط با لایه های موجود در محل، با توجه به وجود لایه های رسی و سیلتی که دارای قابلیت تغییر حجم در مواجهه با آب هستند استفاده از آنها برای خاکریزهای غیر باربر در صورتی مجاز است که در طول عمر مفید ساختمان احتمال رسوخ آب به داخل آنها وجود نداشته باشد. در غیر این صورت لازم است لایه های مذکور با سیمان یا آهک تثبیت گردند.

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک																									
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	<table><tr><th colspan="8">GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION</th></tr><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>GCS</td><td>PEDCO</td><td>120</td><td>GT</td><td>RT</td><td>0001</td><td>D01</td></tr></table>	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01	شماره صفحه : 69 از 71
GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION																										
پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه																			
BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01																			

• با توجه به قرارگیری محل پروژه در سواحل خلیج فارس و نتایج آزمایش شیمیایی، براساس جدول 9-پ1-1 و ضوابط طرح مخلوط و خواص بتن برای شرایط محیطی در سواحل جنوبی کشور مبحث نهم مقررات ملی ساختمان همچنین بر مبنای 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 325 kg/m^3 (نسبت آب به سیمان نباید از 0/5 تجاوز کند) و حداقل رده ی بتن (مقاومت مشخصه) C30 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. لازم به ذکر است تعیین مقاومت نهایی بتن برای استفاده در طراحی های سازه ای از مشخصه های طراحی سازه و در اختیار طراح سازه بوده و اعلام دقیق مقاومت بتن در صلاحیت مهندس طراح سازه است.

• روش های عمومی تثبیت بستر راه ها:

• کیفیت خاک بستر، میزان تحمل باربری، حساسیت و آسیب پذیری آن در برابر عوامل جوی در انتخاب لایه

های روسازی نقش تعیین کننده دارد. در اثر عبور بار ترافیکی کرنش های فشاری قائم در بالای بستر روسازی ایجاد می شود، هرگاه مقدار این کرنش ها از مقدار مجاز بزرگتر باشد می تواند منجر به شیار افتادگی در روسازی شود. به منظور اصلاح و بهبود خواص فیزیکی و مهندسی خاک ها به روش های گوناگون تثبیت بستر راه ها امکان پذیر است. بستر روسازی راه، سطح لایه متراکم شده خاکریزها، برش ها و یا زمین طبیعی موجود و یا اصلاح شده است. این بستر طبق مشخصات و شرایط لازم آماده شده و اولین قشر روسازی راه روی آن قرار می گیرد. بستر روسازی، که نهایتاً پی روسازی راه محسوب می شود، کلیه بارهای وارده ناشی از جسم روسازی و وسایل نقلیه روی آن را تحمل می کند. برخی از خاک ها به علت مشخصات فنی نامطلوب و یا دارا بودن مقادیر قابل توجهی رس یا لای برای عملیات راه سازی نامناسب محسوب می شوند. اینگونه خاک ها به

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک								
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION								شماره صفحه : 70 از 71
	پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	
	BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01	

دلیل حساسیت و ناپایداری در برابر رطوبت، مقاومت کم و تراکم پذیری مشکلات فراوانی را از نظر فنی و اقتصادی در راهسازی ایجاد می کنند و نیازمند تثبیت هستند. به طور کلی تمام خاک هایی که در طبقه بندی آشتو از A-1 تا A-7 تقسیم بندی شده اند که شامل ماسه و شن با قلوه سنگ، ماسه ریز و ماسه و شن رس دار و یا لای دار می باشد، می توانند برای بستر روسازی راه مناسب باشند. با وجود آن که خاک های گروه A-4 تا A-7 این طبقه بندی (خاک های رس دار و لای دار)، در شرایط خشک از مقاومت کافی برخوردارند ولی در مناطق پربارش و شرایط اشباع و یخبندان، به ویژه برای ترافیک سنگین، مناسب نبوده و بهتر است با استفاده از مواد تثبیت کننده نظیر آهک، این مصالح را اصلاح و تقویت کرد. بستر روسازی بر حسب اینکه در برش خاکی و یا سنگی، خاکریز، مسیر موجود و یا سطح زمین طبیعی واقع شود باید به روش های مختلف آماده شده و در موارد لازم با مصالح مناسب تقویت گردد. به طور کلی خاک هایی که برای تثبیت بستر روسازی و لایه های زیرسازی مورد استفاده قرار می گیرند طبق مشخصات *ASTM D 4223* نباید بیش از 25 درصد مصالح مانده روی الک شماره 4 داشته و ارزش ماسه ای آن ها کمتر از 25 درصد نباشد و در عین حال حاصلضرب دامنه خمیری خاک در درصد رد شده از الک شماره 200 از 60 درصد تجاوز نکند.

- چنانچه مسیر یک راه از مناطقی که دارای خاک های نامرغوب باشد (طبقه بندی های ذکر شده) عبور کند، در اغلب موارد به تغییر مسیر راه یا تعویض خاک اقدام می گردد، هرگاه به عللی امکان تغییر مسیر راه و یا تعویض خاک نباشد و یا اینکه هزینه تعویض خاک مقرون به صرفه نباشد باید روش اصلاح و بهبود خاک مورد بررسی قرار گیرد تا چنانچه از نظر فنی قابل توجیه باشد تثبیت بستر راه و خاکریزی انجام گردد.
- باتوجه به نوع و مشخصات فنی بستر راه ها اصلاح و بهبود خاک ها به چند روش انجام می شود:

- ✓ تثبیت خاک و مصالح دانه ای با آهک
- ✓ تثبیت خاک و مصالح شنی با سیمان پرتلند
- ✓ تثبیت خاک و مصالح شنی با قیر
- ✓ تثبیت خاک ها با ترکیبی از مواد تثبیت کننده

با در نظرگیری شرایط، روش اصلاح و بهبود بستر راه ها مورد بررسی قرار خواهد گرفت. شرح کامل روش های تثبیت لایه های خاکریز و روسازی راه ها در نشریه 268 سازمان برنامه و بودجه کشور قابل مشاهده است.

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث ردیف تراکم گاز در ایستگاه جمع آوری بینک							
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR COMPRESSOR STATION							شماره صفحه : 71 از 71
	پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	
	BK	GCS	PEDCO	120	GT	RT	0001	D01

• فصل 9-

پیوست‌ها

پیوست ۱

تصاویر و مستندات پروژه



BH-01-CoreBox 1-Depth (0.0-4.0 m)



BH-01-CoreBox 2-Depth (4.0-8.0 m)



BH-01-CoreBox 3-Depth (8.0-12.0 m)



BH-01-CoreBox 4-Depth (12.0-15.0 m)



BH-02-CoreBox 1-Depth (0.0-4.0 m)



BH-02-CoreBox 2-Depth (4.0-8.0 m)



BH-02-CoreBox 3-Depth (8.0-12.0 m)



BH-02-CoreBox 4-Depth (12.0-16.0 m)



BH-02-CoreBox 5-Depth (16.0-20.0 m)



BH-02-CoreBox 6-Depth (20.0-24.0 m)



BH-02-CoreBox 7-Depth (24.0-28.0 m)



BH-02-CoreBox 8-Depth (28.0-30.0 m)



BH-03-CoreBox 1-Depth (0.0-4.0 m)



BH-03-CoreBox 2-Depth (4.0-8.0 m)



BH-03-CoreBox 3-Depth (8.0-12.0 m)



BH-03-CoreBox 4-Depth (12.0-15.0 m)



BH-04-CoreBox 1-Depth (0.0-4.0 m)



BH-04-CoreBox 2-Depth (4.0-8.0 m)



BH-04-CoreBox 3-Depth (8.0-12.0 m)



BH-04-CoreBox 4-Depth (12.0-15.0 m)



BH-05-CoreBox 1-Depth (0.0-4.0 m)



BH-05-CoreBox 2-Depth (4.0-8.0 m)



BH-05-CoreBox 3-Depth (8.0-12.0 m)



BH-05-CoreBox 4-Depth (12.0-15.0 m)



BH-06-CoreBox 1-Depth (0.0-4.0 m)



BH-06-CoreBox 2-Depth (4.0-8.0 m)



BH-06-CoreBox 3-Depth (8.0-12.0 m)



BH-06-CoreBox 4-Depth (12.0-15.0 m)

پیوست ۲

شرح پیمایش گمانه های ماشینی و مقاطع عرضی

پیوست ۱-۲

شرح پیمایش طولی گمانه های ماشینی

CLIENT _____

PROJECT NAME Binak-GCS

PROJECT NUMBER 589

PROJECT LOCATION Booshehr

DATE STARTED _____ COMPLETED _____

GROUND ELEVATION 5 m **HOLE SIZE** _____

DRILLING CONTRACTOR _____

GROUND WATER LEVELS:

DRILLING METHOD Continuous Coring

▽ AT TIME OF DRILLING 0.50 m / Elev 4.50 m

LOGGED BY S.B. CHECKED BY _____

AT END OF DRILLING ---

NOTES X:437567 Y:3289864

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										
		Lean Clay, (CL) 4%gravel, 6.2%sand, 89.8%finest, gray, wet, hard, compacted	CR									
2		Marl, (CL) 1.4% gravel, 5.5%sand, 93.1%finest, gray, moist, fresh, after 24 hours soaking in water the sample is classified as CL, compacted	SS		67/0.05							
			UD	(100)			1.98	8	30	20	10	93
		Marl, (CL) 40.5% gravel, 7.4%sand, 52.1%finest, gray, moist, fresh, after 24 hours soaking in water the sample is classified as CL	SS		67/0.04							
			UD	(100)			1.93	7	32	22	10	52
4												
6		Marl, (CL) 5.4% gravel, 16.8%sand, 77.8%finest, gray, dry to moist, fresh, after 24 hours soaking in water the sample is classified as CL, compacted	SS		67/0.05							
			UD	(100)			1.92	6	30	21	9	78
8		Marl, (GC) 77.4% gravel, 5.3%sand, 17.3%finest, gray, dry to moist, fresh, after 24 hours soaking in water the sample is classified as CL, compacted	UD	(100)								
			SS		67/0.06							
10		Marl, (CL) 2.2% gravel, 16.1%sand, 81.7%finest, gray, dry to moist, fresh, after 24 hours soaking in water the sample is classified as CL, compacted	UD	(100)								
12		Marl, (CL) 8% gravel, 24.6%sand, 67.4%finest, gray, dry to moist, fresh, after 24 hours soaking in water the sample is classified as CL, compacted	SS		67/0.05							
			UD	(100)			1.97	4	33	21	12	67
14		Marl, (CL) 1.7% gravel, 0.8%sand, 97.5%finest, gray, dry to moist, moderately weathered, after 24 hours soaking in water the sample is classified as CL, compacted										
			UD	(72)			2.11	4	32	21	11	98
			SS		67/0.04							



Barangeotechnics

BORING NUMBER BH-02

PAGE 1 OF 2

CLIENT _____

PROJECT NAME Binak-GCSPROJECT NUMBER 589PROJECT LOCATION Booshehr

DATE STARTED _____ COMPLETED _____

GROUND ELEVATION 1 m HOLE SIZE _____

DRILLING CONTRACTOR _____

GROUND WATER LEVELS:

DRILLING METHOD Continuous Coring▽ AT TIME OF DRILLING 1.50 m / Elev -0.50 mLOGGED BY S.B. CHECKED BY _____AT END OF DRILLING ---NOTES X:437427 Y:3289927AFTER DRILLING ---

GEOTECH BH COLUMNS 14010204-589-BINAK-BH1-6-REV01.GPJ GINT STD CANADA LAB.GDT 5/9/22

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										
		Lean Clay, (CL) 0.0%gravel, 0.0%sand, 100%finest, gray, dry to moist, hard	CR				1.78	15	39	24	15	100
		Lean Clay, (CL) 0.4%gravel, 4.2%sand, 95.4%finest, gray, wet to saturated, hard	SS		67/0.09							
2			CR						41	25	16	95
			SS		67/0.07							
4		Marl, (CL) 0.0% gravel, 1.3%sand, 98.7%finest, gray, moist to wet, fresh, after 24 hours soaking in water the sample is classified as CL	UD	(60)			1.98	10	38	24	14	99
			UD	(93)			1.89	10	39	24	15	99
			SS		67/0.06							
6												
		Marl, (CL) 1.6% gravel, 6.3%sand, 92.1%finest, gray, moist, fresh, after 24 hours soaking in water the sample is classified as CL, compacted	UD	(100)			1.96	7	31	22	9	92
8		Marl, (CL) 6.1% gravel, 11.2%sand, 82.7%finest, gray, moist, fresh, after 24 hours soaking in water the sample is classified as CL, compacted	UD	(100)			2.07	6	30	22	8	83
			SS		67/0.04							
10		Marl, (CL) 8.5% gravel, 13.5%sand, 78%finest, gray, dry to moist, fresh, after 24 hours soaking in water the sample is classified as CL, compacted	UD	(100)			2.10	6	31	21	10	78
			SS		67/0.06							
12		Marl, (CL) 0.0% gravel, 4.9%sand, 95.1%finest, gray, dry to moist, fresh, after 24 hours soaking in water the sample is classified as CL	UD	(100)			2.18	7	32	23	9	95
			SS		67/0.05							
14												

(Continued Next Page)



Barangeotechnics

BORING NUMBER BH-02

PAGE 2 OF 2

CLIENT _____

PROJECT NAME Binak-GCS

PROJECT NUMBER 589

PROJECT LOCATION Booshehr

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	
16		Marl, (GC) 62.0% gravel, 4.9% sand, 33.1% fines, gray, dry to moist, highly weathered, after 24 hours soaking in water the sample is classified as GC, compacted	UD	(100)			2.02	4	30	20	10	33
			SS		67/0.04							
18		Claystone, (CL) 37.8% gravel, 5.2% sand, 57% fines, light brown, dry to moist, highly weathered, after 24 hours soaking in water the sample is classified as CL	UD	(40)			2.02	6	32	23	9	57
			SS		67/0.05							
20		Marl, (CL) 41.7% gravel, 6.8% sand, 51.5% fines, gray, dry to moist, moderately weathered, after 24 hours soaking in water the sample is classified as CL, compacted	UD	(100)			1.94	5	30	21	9	52
22			SS		67/0.06							
24		Marl, (ML) 30.0% gravel, 16.0% sand, 54.0% fines, gray, dry to moist, fresh, after 24 hours soaking in water the sample is classified as ML, compacted	UD	(100)			1.89	6	32	24	8	54
			SS		67/0.05							
26		Marl, (GC) 53.5% gravel, 17% sand, 29.5% fines, gray, dry to moist, fresh, after 24 hours soaking in water the sample is classified as GC, compacted	UD	(100)			2.01	7	29	20	9	30
			SS		67/0.05							
28		Marl, (GC) 37.8% gravel, 18.8% sand, 43.4% fines, gray, dry to moist, fresh, after 24 hours soaking in water the sample is classified as GC, compacted	UD	(100)			2.06	6	34	21	13	43
			UD	(100)			2.01	5	31	21	10	56
30		Marl, (CL) 29.8% gravel, 14.7% sand, 55.5% fines, gray, dry to moist, fresh, after 24 hours soaking in water the sample is classified as CL, compacted	SS		67/0.06							
Bottom of borehole at 30.05 meters.												

GEOTECH BH COLUMNS 14010204-589-BINAK-BH1-6-REV01.GPJ GINT STD CANADA LAB.GDT 5/9/22

CLIENT

PROJECT NAME Binak-GCS

PROJECT NUMBER 589

PROJECT LOCATION Booshehr

DATE STARTED	COMPLETED
---------------------	------------------

GROUND ELEVATION 0 m **HOLE SIZE**

DRILLING CONTRACTOR

GROUND WATER LEVELS:

DRILLING METHOD Continuous Coring

▽ AT TIME OF DRILLING 0.40 m / Elev -0.40 m

LOGGED BY S.B. CHECKED BY

AT END OF DRILLING ---

NOTES X:437355 Y:3289929

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									
		CLAYEY GRAVEL, (GC) 60.8 % gravel, 14.6 % sand, 24.6 % fines, light brown, moist to wet, very dense , most of the gravel size particles are cemented lumps	SS		67/0.10		2.01	6	35	23	12	25
		LEAN CLAY, (CL) 0.5 % gravel, 1.5 % sand, 98 % fines, light brown, moist to wet, hard	CR				1.77	15	44	26	18	98
			SS		67/0.08							
4		Claystone, (CL) 10.8% gravel, 6.2%sand, 83%fines, light brown, dry to moist, fresh, after 24 hours soaking in water the sample is classified as CL	UD	(100)			1.76	8	32	22	10	83
		Claystone, (CL) 0.0% gravel, 0.0%sand, 100%fines, brown, dry to moist, fresh, after 24 hours soaking in water the sample is classified as CL	UD	(100)								
6												
			SS		67/0.07							
8		Siltstone, (CL) 3.1% gravel, 15.1%sand, 81.8%fines, dark gray, dry to moist, fresh, after 24 hours soaking in water the sample is classified as CL	UD	(92)			1.95	6	28	19	9	82
10		Siltstone, (CL) 33.9% gravel, 4.9%sand, 61.2%fines, dark gray, dry to moist, fresh, after 24 hours soaking in water the sample is classified as CL	UD	(93)			1.99	9	30	19	11	61
12		Marl, (CL) 2.9% gravel, 2.0%sand, 95.1%fines, gray, dry to moist, fresh, after 24 hours soaking in water the sample is classified as CL										
			SS		67/0.06		2.12	8	31	21	10	95
14		Marl, (ML) 0.0% gravel, 1.2%sand, 98.8%fines, gray, dry to moist, fresh, after 24 hours soaking in water the sample is classified as ML	UD	(100)			2.04	8	31	23	8	99
		Bottom of borehole at 15.05 meters.	SS		67/0.05							



Barangeotechnics

BORING NUMBER BH-04

PAGE 1 OF 1

CLIENT _____

PROJECT NAME Binak-GCSPROJECT NUMBER 589PROJECT LOCATION Booshehr

DATE STARTED _____ COMPLETED _____

GROUND ELEVATION 4 m HOLE SIZE _____

DRILLING CONTRACTOR _____

GROUND WATER LEVELS:

DRILLING METHOD Continuous Coring▽ AT TIME OF DRILLING 0.50 m / Elev 3.50 mLOGGED BY S.B.

CHECKED BY _____

AT END OF DRILLING ---NOTES X:437508 Y:3289979AFTER DRILLING ---

GEOTECH BH COLUMNS 14010204-589-BINAK-BH1-6-REV01.GPJ GINT STD CANADA LAB.GDT 5/9/22

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										
		Marl, (CL) 7.1% gravel, 5.1% sand, 87.8% fines, gray, moist to wet, fresh, after 24 hours soaking in water the sample is classified as CL, compacted	CR	(0)			1.82	9	33	22	11	88
2			SS		67/0.06							
		Marl, (CL) 4.0% gravel, 2.95% sand, 93.05% fines, gray, moist to wet, fresh, after 24 hours soaking in water the sample is classified as CL, compacted	UD	(100)			1.94	7	33	23	10	90
4			SS		67/0.05							
		Marl, (CL) 12.0% gravel, 2.1% sand, 85.9% fines, gray, moist, fresh, after 24 hours soaking in water the sample is classified as CL, compacted	UD	(100)			1.85	8	32	23	9	96
6			UD	(100)			1.90	7	34	23	11	86
		Marl, (CL) 18.2% gravel, 6.4% sand, 75.4% fines, gray, dry to moist, fresh, after 24 hours soaking in water the sample is classified as CL, compacted	UD	(100)			2.10	6	33	22	11	75
8			SS		67/0.04							
		Marl, (GC) 73.55% gravel, 5.65% sand, 20.8% fines, gray, dry to moist, fresh, after 24 hours soaking in water the sample is classified as GC, compacted	UD	(100)			2.05	6	33	23	10	27
10												
		Siltstone, (GP-GC) 92.5% gravel, 2.0% sand, 5.5% fines, dark gray, dry to moist, fresh, after 24 hours soaking in water the sample is classified as GP-GC, compacted	UD	(100)			1.99	4	33	23	10	14
12			SS		67/0.05							
			UD	(97)			2.12	4	30	20	10	6
14												
		Bottom of borehole at 15.10 meters.	SS		67/0.06							



Barangeotechnics

BORING NUMBER BH-05

PAGE 1 OF 1

CLIENT _____

PROJECT NAME Binak-GCSPROJECT NUMBER 589PROJECT LOCATION Booshehr

DATE STARTED _____ COMPLETED _____

GROUND ELEVATION 3 m HOLE SIZE _____

DRILLING CONTRACTOR _____

GROUND WATER LEVELS:

DRILLING METHOD Continuous Coring▽ AT TIME OF DRILLING 0.40 m / Elev 2.60 mLOGGED BY S.B. CHECKED BY _____AT END OF DRILLING ---NOTES X:437450 Y:3289721AFTER 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	
		▽ SILT, (ML) 0 % gravel, 0.2 % sand, 99.8 % fines, wet to saturated, hard	CR	(0)			1.81	14	44	27	17	100
2		LEAN CLAY, (CL) 0 % gravel, 0.2 % sand, 99.8 % fines, wet to saturated, hard, a thin Marly layer has been encountered at the depth of 1.0(m) to 1.3(m)	SS		67/0.09							
			CR	(0)					45	26	19	100
			SS		67/0.05							
4		Claystone, (ML) 5.6%gravel, 0.6%sand, 93.8%fines, brown, moist to wet, completely weathered to highly weathered, after 24 hours soaking in water the sample is classified as ML, with a Siltstone layer from depth 3.5(m) to 4.0(m) that is highly weathered, with nodules of gypsum from 3.0 to 3.5 depth	CR	(30)			1.75	10	44	27	17	94
		Marl, (CL) 5.2%gravel, 5.8%sand, 89.0%fines, dark gray, moist to wet, moderately weather to slightly weathered, after 24 hours soaking in water the sample is classified as CL	SS		67/0.06							
6			UD	(75)			1.99	10	34	22	12	89
		Claystone, (CL) 0.0%gravel, 2.0%sand, 98.0%fines, brown, moist to wet, slightly weathered to fresh, after 24 hours soaking in water the sample is classified as CL	CR	(90)			1.94	7	32	22	10	98
8			SS		67/0.05							
		Siltstone, (CL) 0.0%gravel, 1.0%sand, 99.0%fines, brown, moist to wet, slightly weathered to fresh, after 24 hours soaking in water the sample is classified as CL	UD	(67)			2.04	9	36	24	12	99
10			UD	(79)	67/0.04		1.98	6	38	24	14	100
		Claystone, (CL) 0.0%gravel, 0.1%sand, 99.0%fines, brown to green, moist to wet, highly weathered to slightly weathered, after 24 hours soaking in water the sample is classified as CL, a Marly layer has been encountered at the depth of 11.8(m) to 12.4 (m)	SS									
12			UD	(40)			2.06	5	40	26	14	100
		Claystone, (CL) 20.1%gravel, 8.2%sand, 71.7%fines, light brown, dry to moist, fresh, after 24 hours soaking in water the sample is classified as CL	SS		67/0.03							
14			UD	(100)			2.04	5	30	21	9	72
		Bottom of borehole at 15.05 meters.	SS		67/0.04							



Barangeotechnics

BORING NUMBER BH-06

PAGE 1 OF 1

CLIENT _____

PROJECT NAME Binak-GCSPROJECT NUMBER 589PROJECT LOCATION Booshehr

DATE STARTED _____ COMPLETED _____

GROUND ELEVATION 6 m HOLE SIZE _____

DRILLING CONTRACTOR _____

GROUND WATER LEVELS:

DRILLING METHOD Continuous CoringAT TIME OF DRILLING ---LOGGED BY S.B. CHECKED BY _____AT END OF DRILLING ---NOTES X:437232 Y:3289581AFTER 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										
2		Siltstone, (ML) 15.3%gravel, 8.7%sand, 76.0%finest, gray, dry to moist, slightly weathered, after 24 hours soaking in water the sample is classified as ML	UD (74)		67/0.07		1.77	9	NP	NP	NP	76
			SS									
		Claystone, (CL) 14.9%gravel, 5.0%sand, 80.1%finest, brown, moist, completely weathered to highly weathered, after 24 hours soaking in water the sample is classified as CL, with nodules of gypsum from 1.5 to 2.0 depth	CR (0)		67/0.06		1.97	9	40	25	15	80
			SS									
4		Siltstone, (ML) 2.4%gravel, 2.0%sand, 95.6%finest, brown, dry to moist, completely weathered to highly weathered, after 24 hours soaking in water the sample is classified as ML, with nodules of gypsum from 3.5 to 4.0 depth	CR (21)				1.86	8	40	26	14	96
6		Marl, (CL) 0.0%gravel, 1.9%sand, 98.1%finest, gray, dry to moist, moderately weathered to fresh, after 24 hours soaking in water the sample is classified as CL	SS UD (70)		67/0.04		2.01	7	40	25	15	98
8		Siltstone, (ML) 0.0%gravel, 0.1%sand, 99.9%finest, grayish brown, dry to moist, fresh, after 24 hours soaking in water the sample is classified as ML	UD (93)		67/0.04		1.91	6	NP	NP	NP	100
			SS									
10												
		Marl, (ML) 10.8%gravel, 7.2%sand, 82.0%finest, light brown, dry to moist, fresh, after 24 hours soaking in water the sample is classified as ML	UD (100)				1.98	6	42	27	15	82
			SS UD (100)		67/0.05		2.06	7	44	27	17	82
12		Siltstone, (ML) 0.0%gravel, 1.4%sand, 98.6%finest, grayish brown, dry to moist, fresh, after 24 hours soaking in water the sample is classified as ML										
			UD (100)				1.93	6	NP	NP	NP	99
14		Claystone, (ML) 2.7%gravel, 3.0%sand, 94.3%finest, brown, dry to moist, fresh, after 24 hours soaking in water the sample is classified as ML, with a Marl layer from depth 13.85(m) to 14.8(m) that is dark gray										
			UD (100)				2.16	4	38	25	13	94
			SS		67/0.06							
Bottom of borehole at 15.10 meters.												



Barangeotechnics

KEY TO SYMBOLS

CLIENT _____

PROJECT NAME Binak-GCS

PROJECT NUMBER 589

PROJECT LOCATION Booshehr

LITHOLOGIC SYMBOLS

(Unified Soil Classification System)



Marl: Marlstone



CL: USCS Low Plasticity Clay



GC: USCS Clayey Gravel



ML: USCS Silt



SILTSTONE: Siltstone



TOPSOIL: Topsoil

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 ۲-۲

مقاطع عرضی



Barangeotechnics

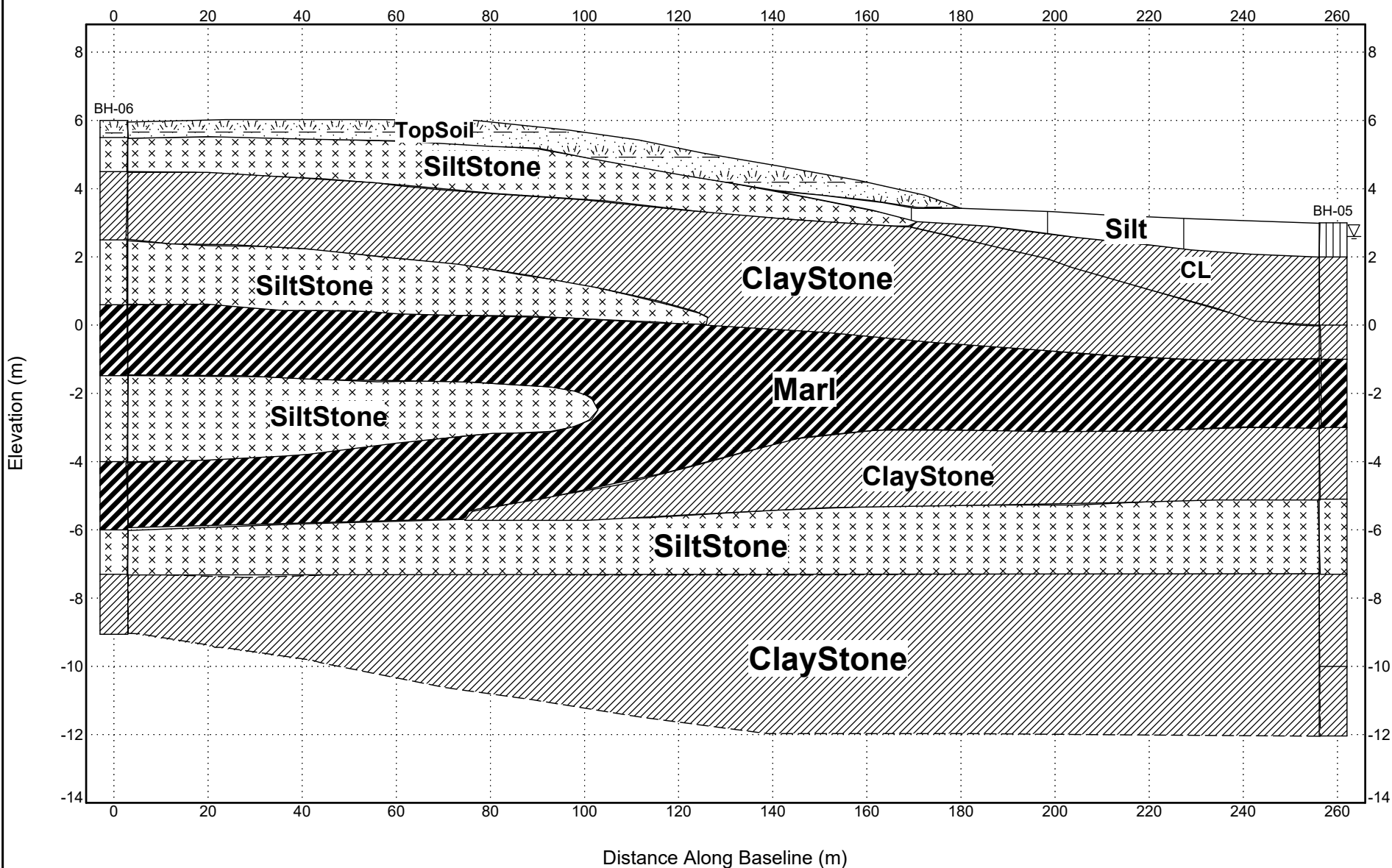
SUBSURFACE DIAGRAM

CLIENT _____

PROJECT NAME Binak-GCS

PROJECT NUMBER 589

PROJECT LOCATION Booshehr





Barangeotechnics

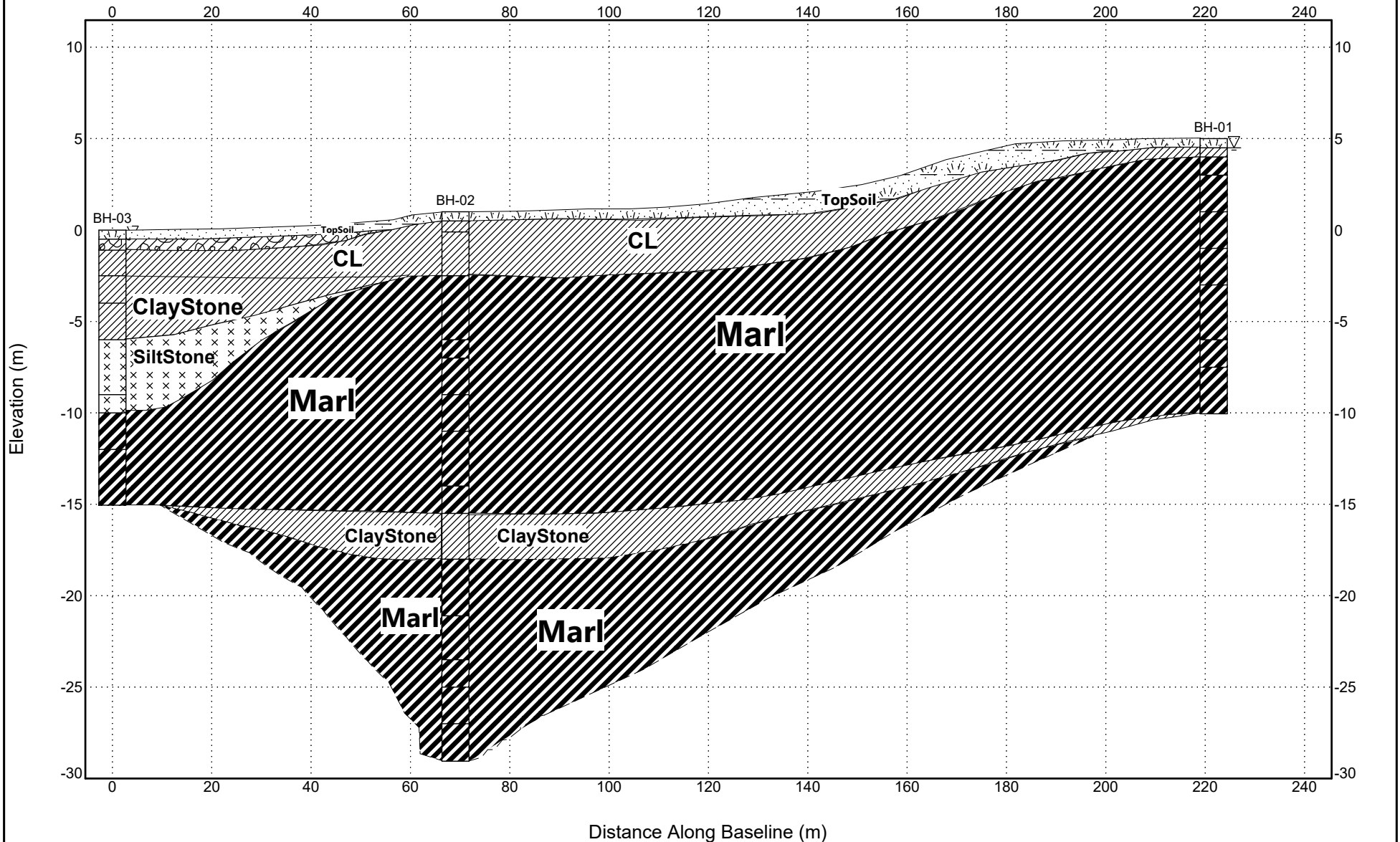
CLIENT _____

PROJECT NUMBER 589

SUBSURFACE DIAGRAM

PROJECT NAME Binak-GCS

PROJECT LOCATION Booshehr

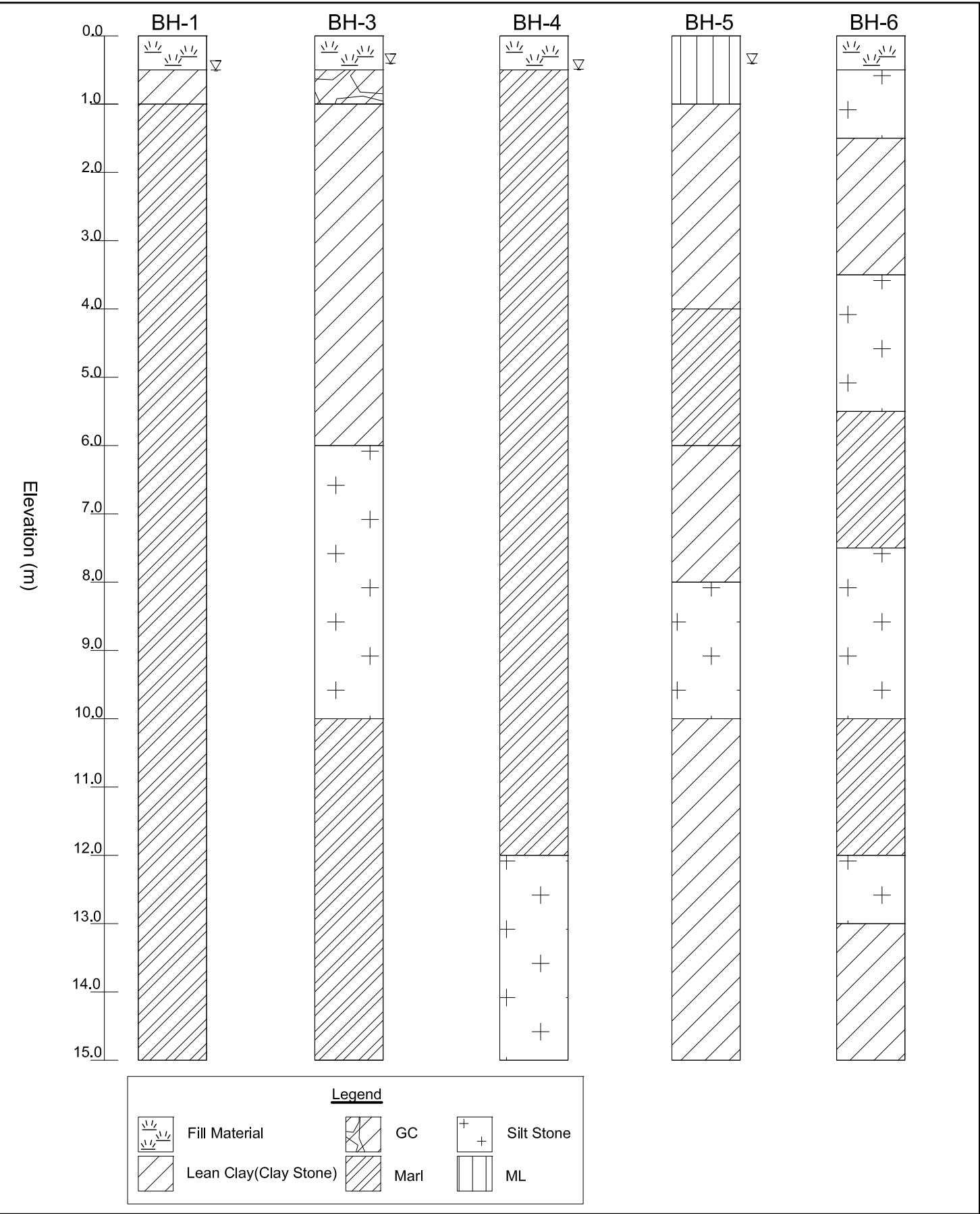


SUBSURFACE DIAGRAM

Barangeotechnics

CLIENT _____
PROJECT NUMBER 589

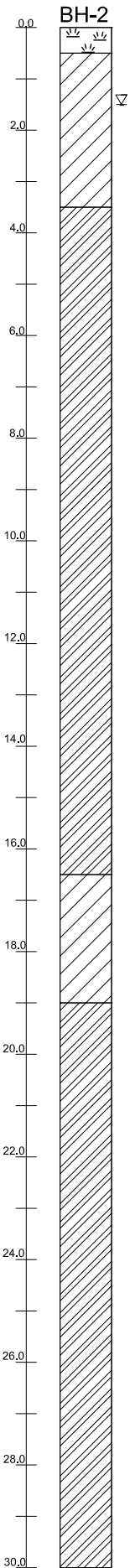
PROJECT NAME GCS
PROJECT LOCATION Booshehr



CLIENT _____
PROJECT NUMBER 589

PROJECT NAME GCS
PROJECT LOCATION Booshehr

Elevation (m)



Legend

	Fill Material
	Marl
	ClayStone(CL)

پیوست ۳

آزمایشات صحرایی

پیوست ۱-۳

آزمایش دانه‌هول

CLIENT

PROJECT NAME

مطالعات ژئوتکنیک پروژه نگهداشت و افزایش

تولید میدان نفتی بینک

PROJECT NUMBER

589

PROJECT LOCATION

بوشهر

جدول مقادیر پارامترهای دینامیکی در موقعیت گمانه ماشینی BH-2

Depth(m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	γ (KN/m ³)	ρ KN.s ² /m ⁴	E=2G(1+ μ) (Gpa)	G= $\rho \cdot V_s^2$ (Gpa)	μ
0	825.3	184.9	19.13	1.95	0.20	0.07	0.474
1	825.3	184.9	19.13	1.95	0.20	0.07	0.474
2	1349.0	329.2	19.13	1.95	0.62	0.21	0.468
3	1349.0	427.2	19.13	1.95	1.03	0.36	0.444
4	1403.6	427.2	20.11	2.05	1.08	0.37	0.449
5	1466.2	479.4	20.11	2.05	1.36	0.47	0.440
6	1466.2	479.4	20.11	2.05	1.36	0.47	0.440
7	1507.0	492.8	20.11	2.05	1.43	0.50	0.440
8	1527.8	526.0	20.60	2.1	1.66	0.58	0.433
9	1551.2	526.0	20.60	2.1	1.67	0.58	0.435
10	1551.2	529.8	20.60	2.1	1.69	0.59	0.434
11	1499.6	504.4	20.60	2.1	1.53	0.53	0.436
12	1499.6	504.4	20.60	2.1	1.53	0.53	0.436
13	1550.2	533.4	20.60	2.1	1.71	0.60	0.433
14	1586.0	559.0	20.60	2.1	1.88	0.66	0.429
15	1586.0	559.0	20.60	2.1	1.88	0.66	0.429
16	1650.5	573.0	20.60	2.1	1.97	0.69	0.431
17	1700.1	583.9	20.60	2.1	2.05	0.72	0.433
18	1700.1	584.3	20.60	2.1	2.05	0.72	0.433
19	1730.5	584.3	20.60	2.1	2.06	0.72	0.436
20	1722.0	602.9	20.60	2.1	2.18	0.76	0.430
21	1722.0	602.9	20.60	2.1	2.18	0.76	0.430
22	1786.2	610.8	20.60	2.1	2.25	0.78	0.434
23	1743.8	596.0	20.60	2.1	2.14	0.75	0.434
24	1787.2	596.0	20.60	2.1	2.14	0.75	0.437
25	1787.2	603.6	20.60	2.1	2.20	0.77	0.436
26	1809.9	603.7	20.60	2.1	2.20	0.77	0.437
27	1808.9	603.7	20.60	2.1	2.20	0.77	0.437
28	1810.2	603.8	20.60	2.1	2.20	0.77	0.437
29	1810.4	603.9	20.60	2.1	2.20	0.77	0.437
30	1810.4	603.9	20.60	2.1	2.20	0.77	0.437

CLIENT

PROJECT NAME

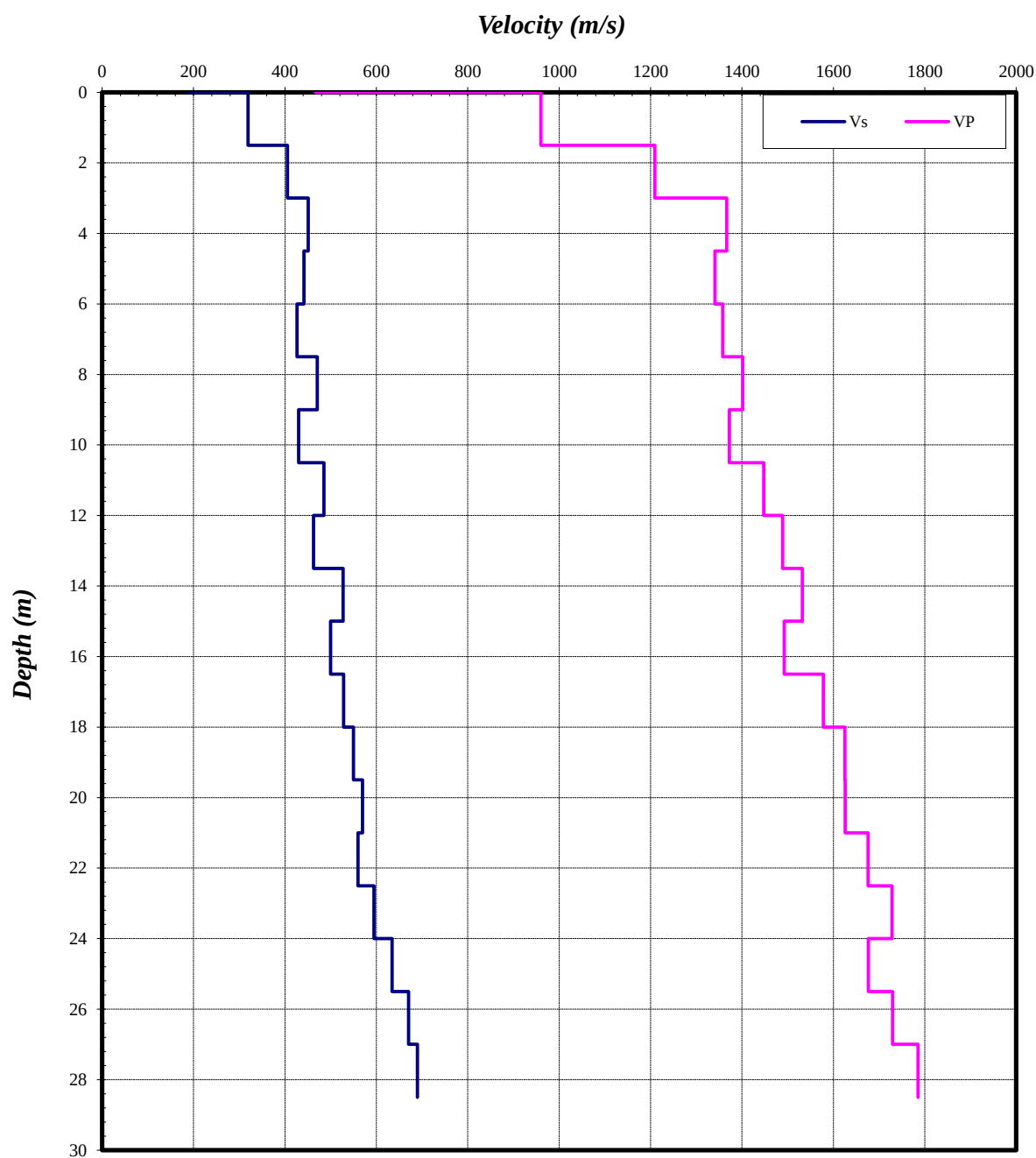
مطالعات ژئوتکنیک پروژه نگهداشت و افزایش تولید

میدان نفتی بینک

PROJECT NUMBER 589

PROJECT LOCATION

بوشهر



نمودار تغییرات سرعت موج فشاری (P) و برشی (S) گمانه ماشینی BH-2

پیوست ۲-۳

آزمایش ژئوالکتریک



Geoelectrical Resistivity Test

CLIENT

PROJECT NAME

مطالعات ژئوتکنیک پروژه نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی

PROJECT NUMBER

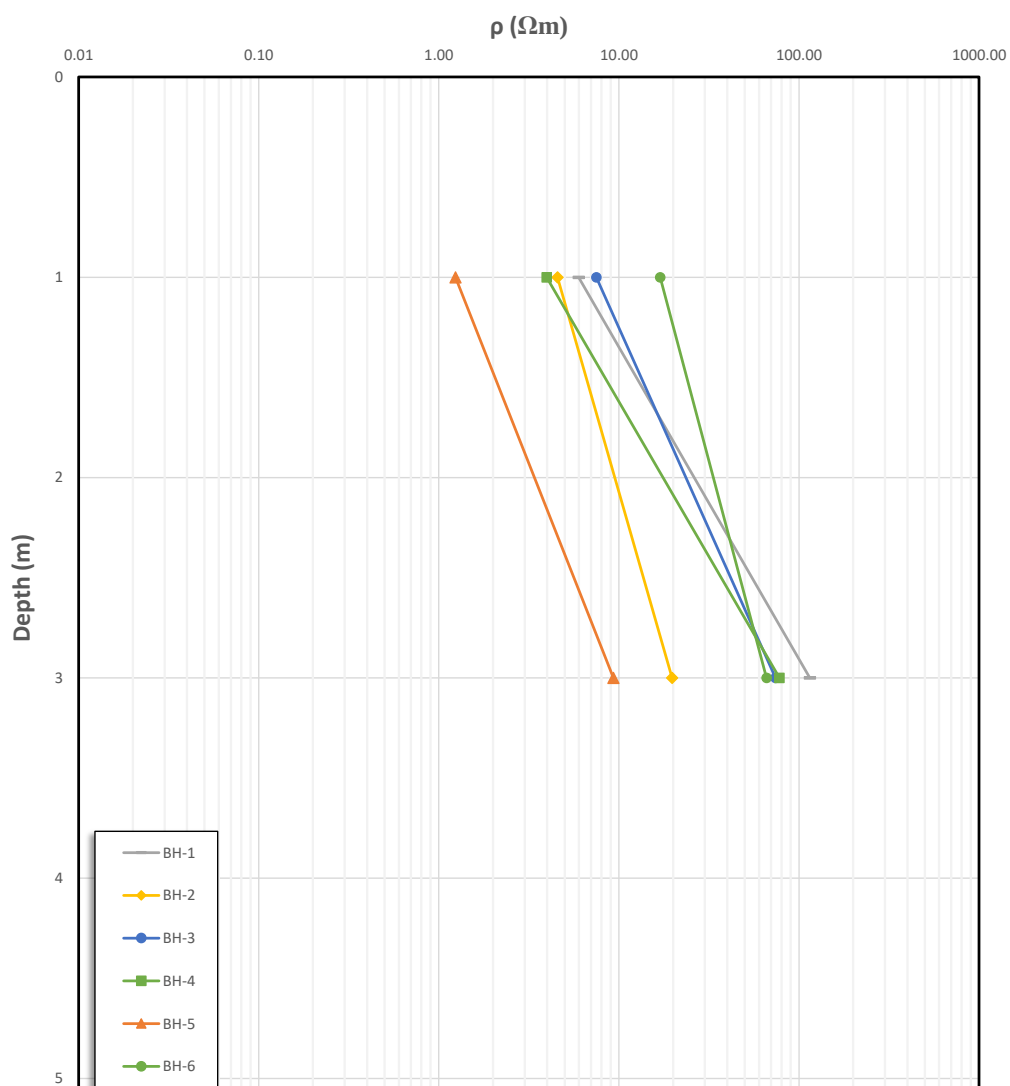
589

PROJECT LOCATION

بینک

بوشهر

Variation of Apparant Electrical Resistivity in GSC



پیوست ۳-۳

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
نفثی بینک

Plate dimension:

Testpit No.:

Depth:

30 cm

PLT-GCS(BH-1)

1.0 m

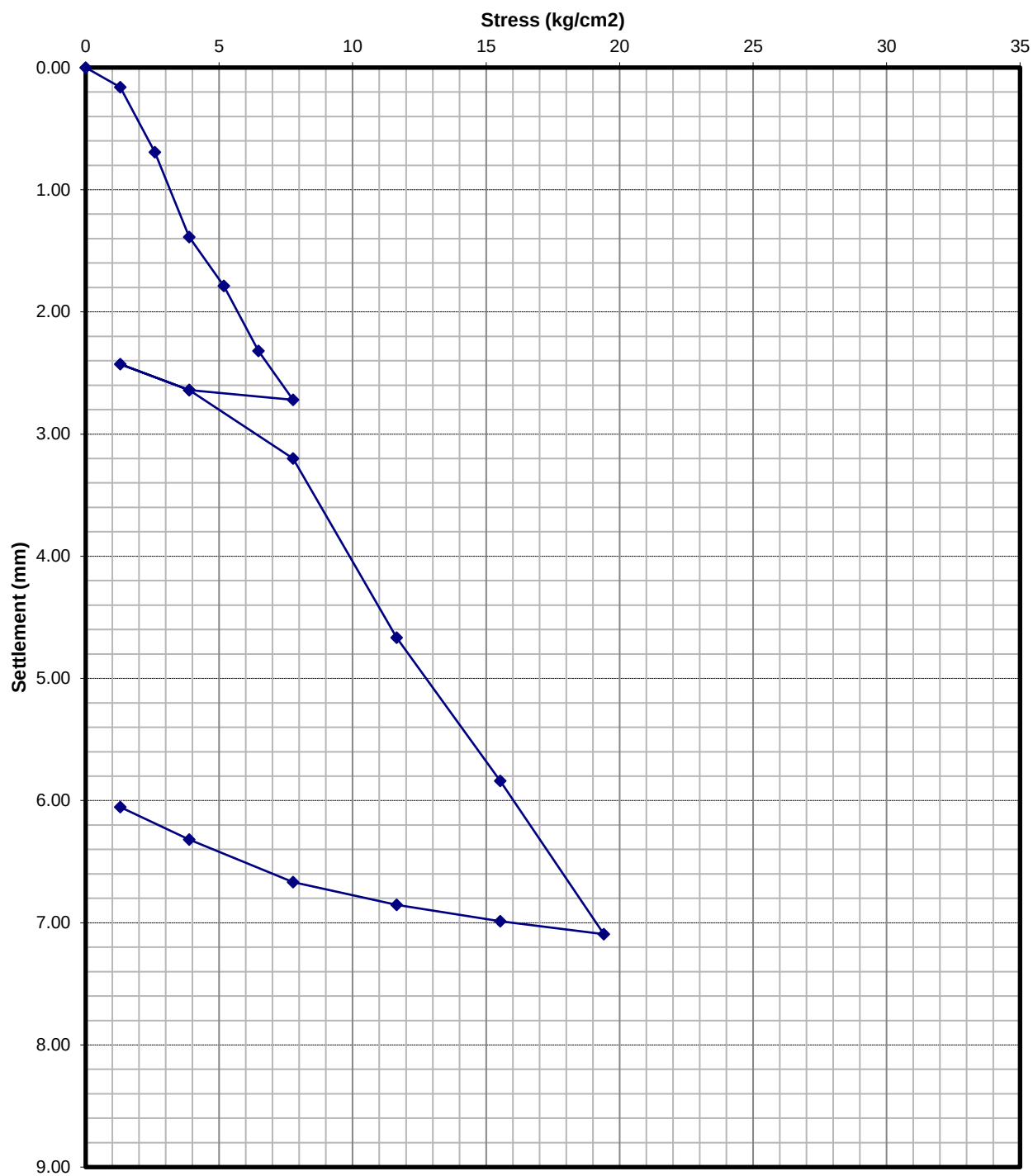




Plate Load Test Results

Client:

Consultant:

Project:

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

Plate dimension:

Testpit No.:

Depth:

30 cm

PLT-GCS(BH-3)

1.0 m

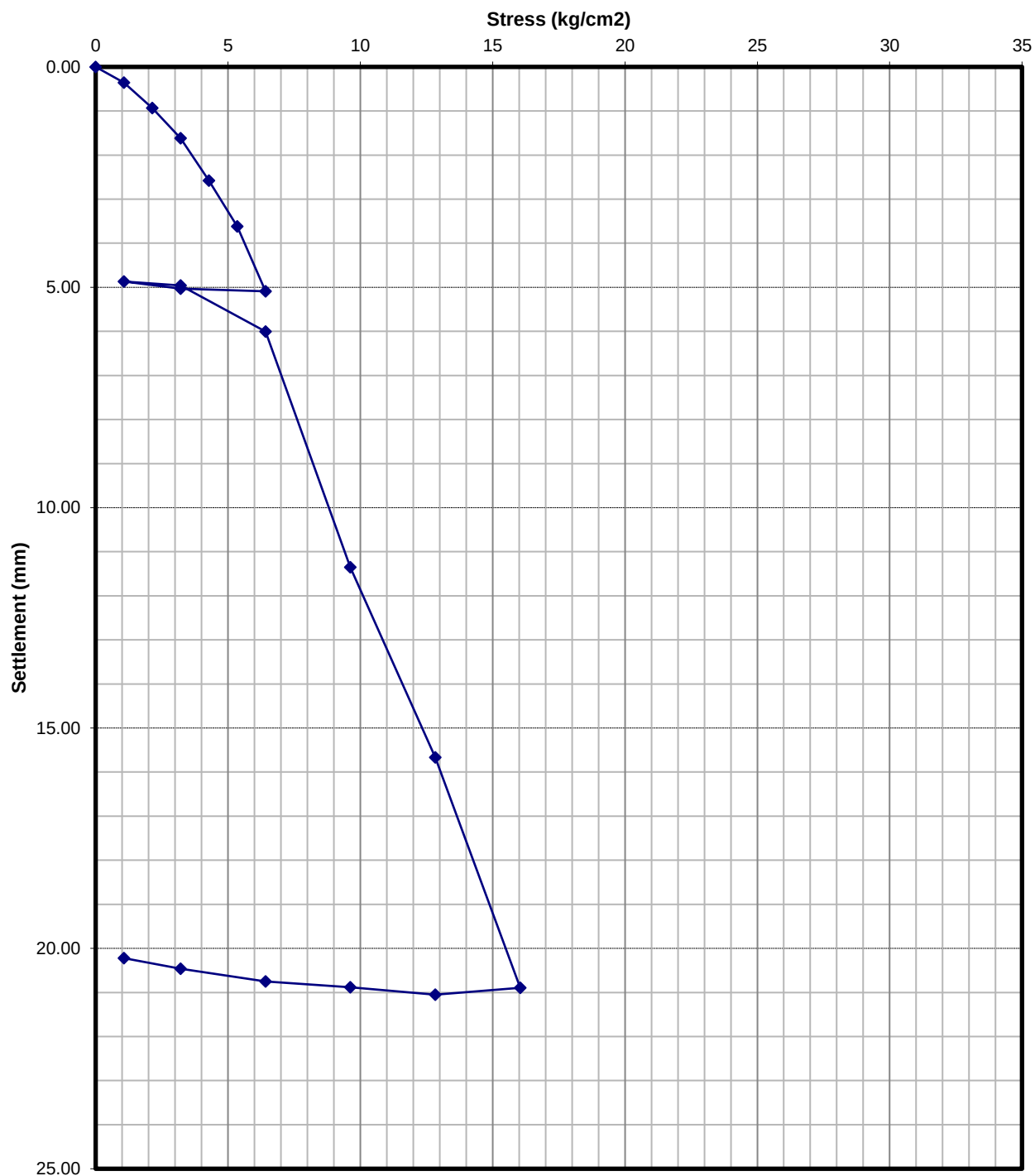


Plate Load Test Results

Client:

Consultant:

Project:

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

Plate dimension:

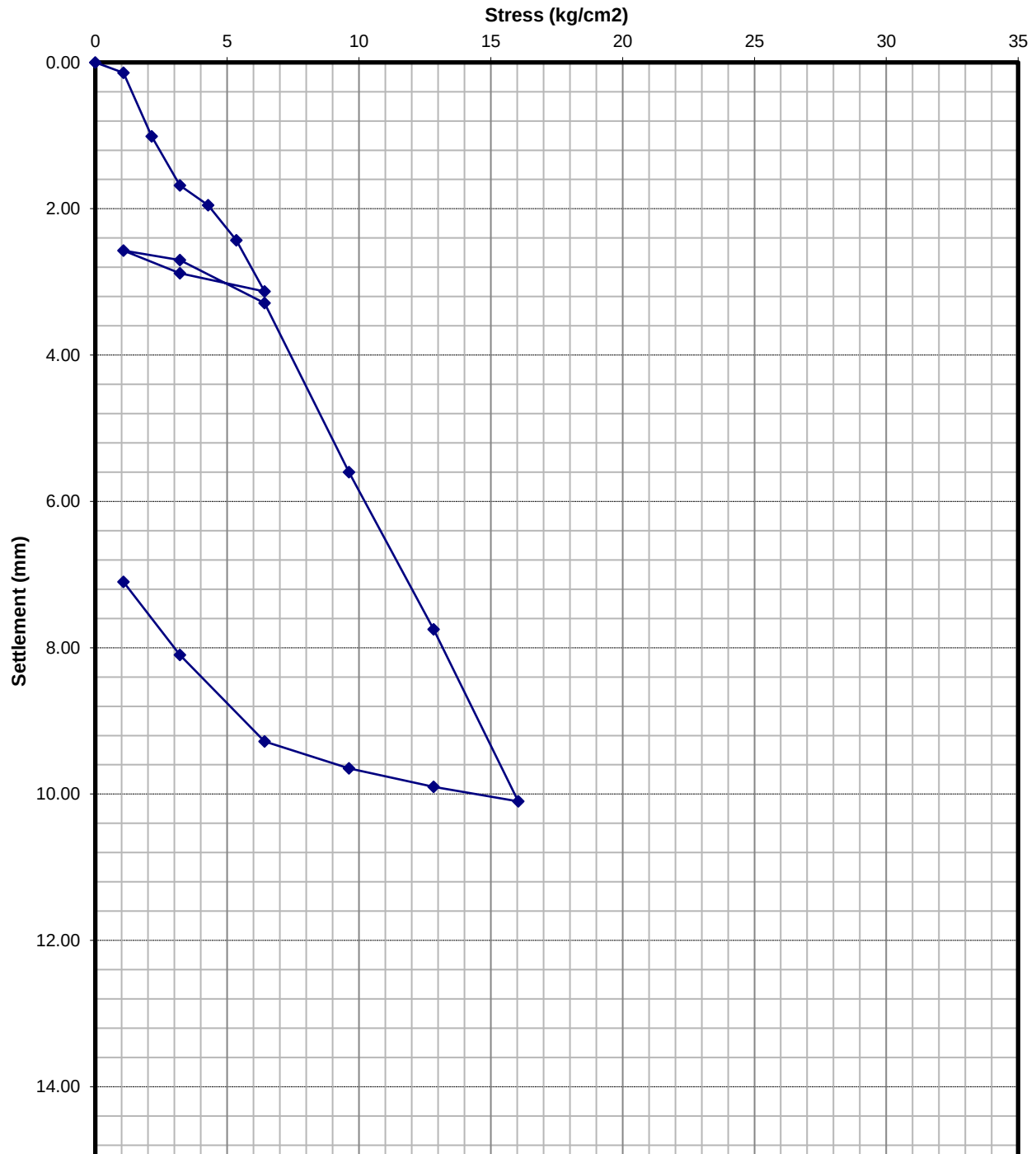
30 cm

Testpit No.:

PLT-GCS(BH-5)

Depth:

1.0 m



پیوست ۴

آزمایشات آزمایشگاهی و مقادیر پیشنهادی

پارامترهای فیزیکی و مکانیکی خاک طبیعی

پیوست ۱-۴

آزمایش دانه بندی



Barangeotechnics

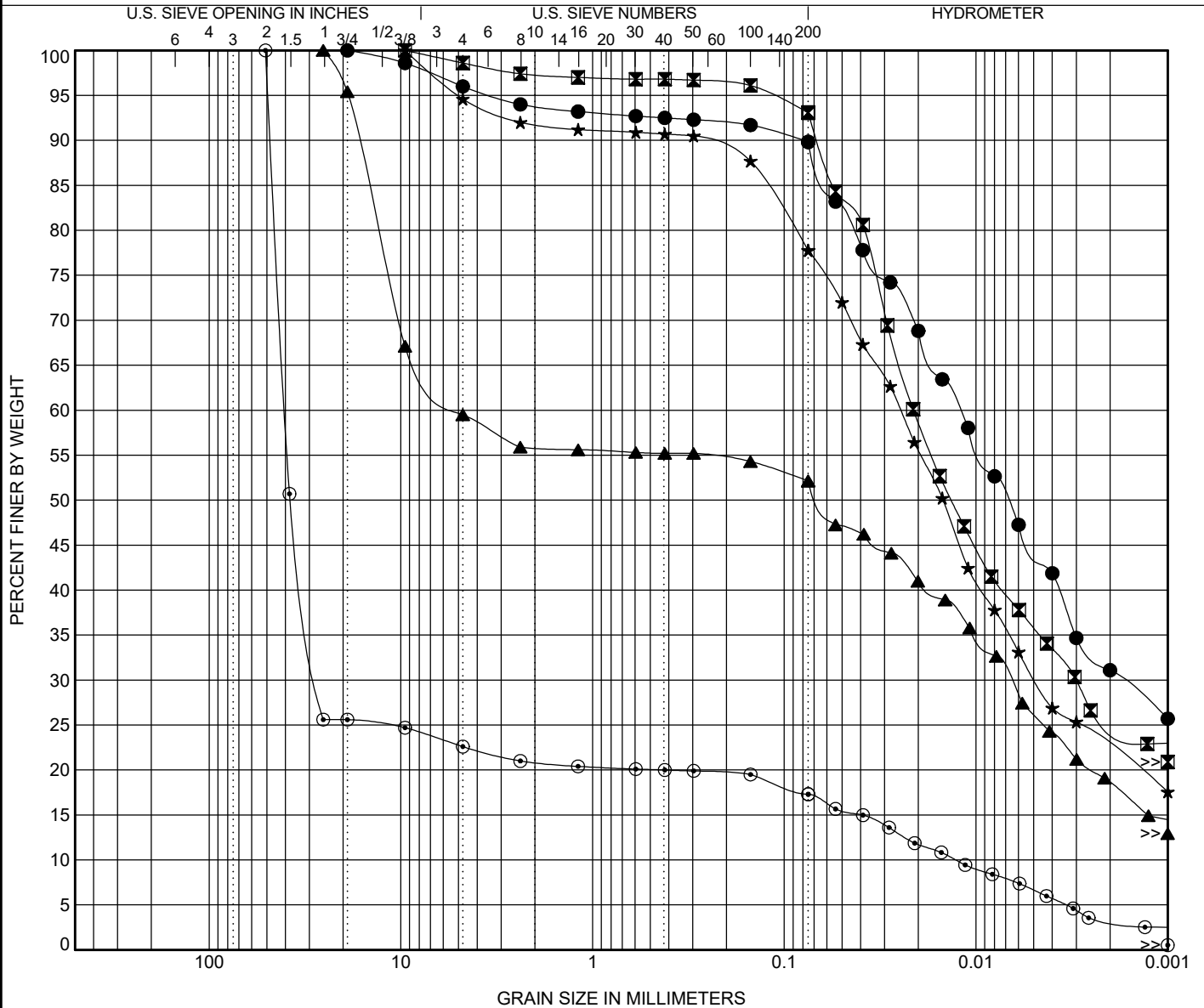
GRAIN SIZE DISTRIBUTION

CLIENT

PROJECT NAME Binak-GCS

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-01	0.50	LEAN CLAY(CI)				40	25	15		
☒ BH-01	1.30	LEAN CLAY(CI)				30	20	10		
▲ BH-01	2.43	GRAVELLY LEAN CLAY(CI)				32	22	10		
★ BH-01	4.42	LEAN CLAY with SAND(CI)				30	21	9		
◎ BH-01	6.00	CLAYEY GRAVEL(GC)				30	19	11	1447.29	148.75
Borehole	Depth	D100	D60	D30	D10	%Gravel	%Sand	%Silt	%Clay	
● BH-01	0.50	19	0.012	0.002		4.0	6.2	58.7	31.1	
☒ BH-01	1.30	9.51	0.021	0.003		1.4	5.5	67.8	25.3	
▲ BH-01	2.43	25.4	4.972	0.007		40.5	7.4	33.5	18.6	
★ BH-01	4.42	9.51	0.025	0.005		5.4	16.8	55.3	22.5	
◎ BH-01	6.00	50.8	40.225	27.271	0.013	77.4	5.3	14.1	3.2	



Barangeotechnics

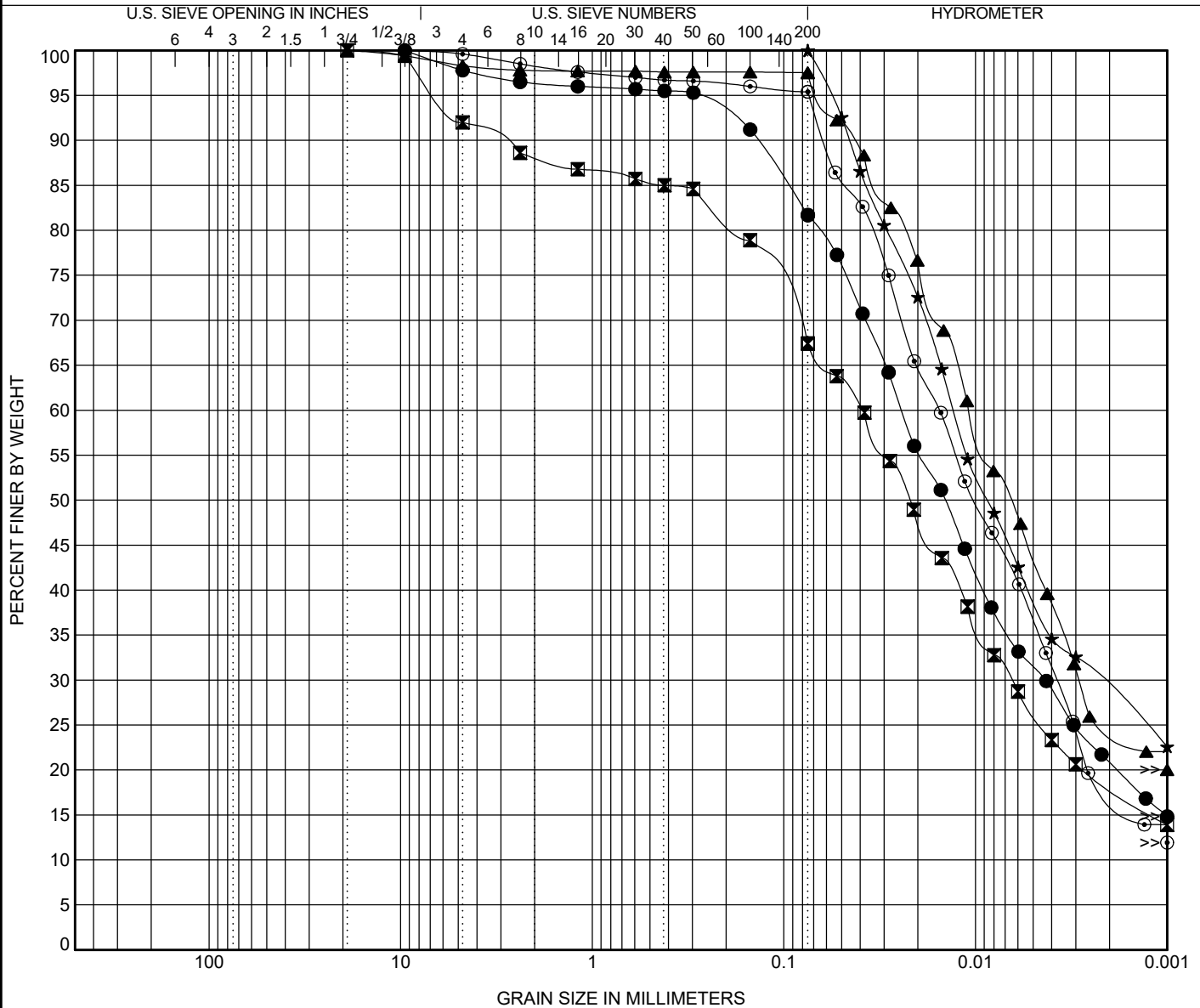
GRAIN SIZE DISTRIBUTION

CLIENT

PROJECT NAME Binak-GCS

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-01	8.43	LEAN CLAY with SAND(CI)					30	18	12		
☒ BH-01	11.31	SANDY LEAN CLAY(CI)					33	21	12		
▲ BH-01	14.35	LEAN CLAY(CI)					32	21	11		
★ BH-02	0.50	LEAN CLAY(CI)					39	24	15		
◎ BH-02	1.50	LEAN CLAY(CI)					41	25	16		
Borehole	Depth	D100	D60	D30	D10	%Gravel	%Sand	%Silt	%Clay		
● BH-01	8.43	9.51	0.024	0.004		2.2	16.1	60.9	20.8		
☒ BH-01	11.31	19	0.039	0.007		8.0	24.6	49.3	18.1		
▲ BH-01	14.35	19	0.011	0.003		1.7	0.8	72.9	24.6		
★ BH-02	0.50	0.075	0.013	0.002		0.0	0.0	71.1	28.9		
◎ BH-02	1.50	9.51	0.015	0.004		0.4	4.2	77.9	17.5		



Barangeotechnics

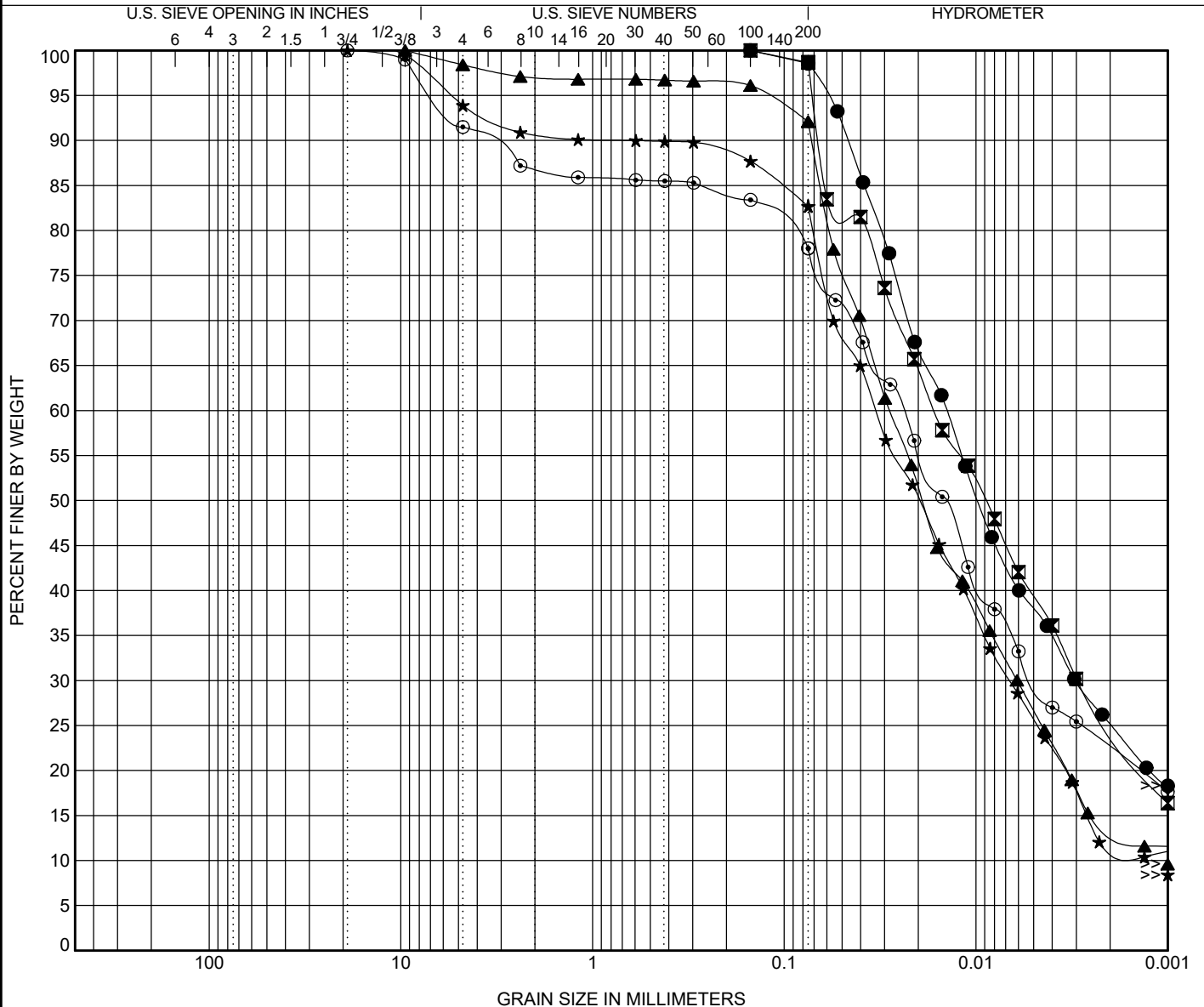
GRAIN SIZE DISTRIBUTION

CLIENT

PROJECT NAME Binak-GCS

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-02	3.80	LEAN CLAY(CI)				38	24	14		
☒ BH-02	4.42	LEAN CLAY(CI)				39	24	15		
▲ BH-02	7.52	LEAN CLAY(CI)				31	22	9	7.93	168.70
★ BH-02	8.41	LEAN CLAY with SAND(CI)				30	22	8	1.72	43.30
◎ BH-02	10.09	LEAN CLAY with SAND(CI)				31	21	10		
Borehole	Depth	D100	D60	D30	D10	%Gravel	%Sand	%Silt	%Clay	
● BH-02	3.80	0.15	0.014	0.003		0.0	1.4	73.4	25.2	
☒ BH-02	4.42	0.15	0.016	0.003		0.0	1.3	73.6	25.1	
▲ BH-02	7.52	9.51	0.028	0.006	0	1.6	6.3	78.3	13.8	
★ BH-02	8.41	19	0.033	0.007	0.001	6.1	11.2	71.0	11.7	
◎ BH-02	10.09	19	0.025	0.005		8.5	13.5	55.4	22.6	



Barangeotechnics

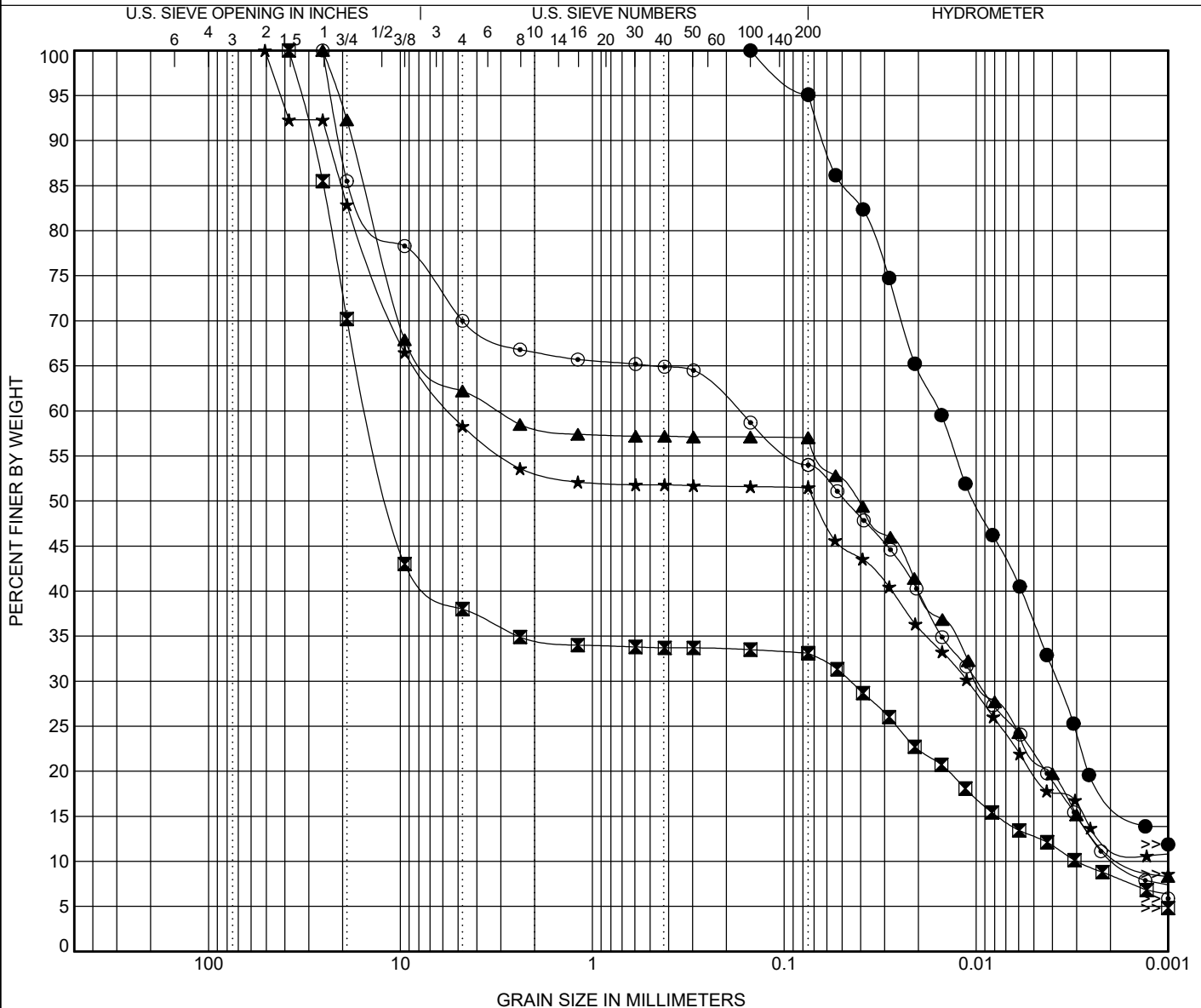
GRAIN SIZE DISTRIBUTION

CLIENT

PROJECT NAME Binak-GCS

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-02	12.27	LEAN CLAY(CI)				32	23	9		
☒ BH-02	15.00	CLAYEY GRAVEL(GC)				30	20	10	0.05	4924.91
▲ BH-02	17.70	GRAVELLY LEAN CLAY(CI)				32	23	9	0.02	2408.55
★ BH-02	20.50	GRAVELLY LEAN CLAY(CI)				30	21	9	0.04	9216.86
◎ BH-02	23.62	GRAVELLY SILT with SAND(ML)				32	24	8	0.30	93.89
Borehole	Depth	D100	D60	D30	D10	%Gravel	%Sand	%Silt	%Clay	
● BH-02	12.27	0.15	0.016	0.004		0.0	4.9	77.7	17.4	
☒ BH-02	15.00	38.1	14.657	0.045	0.003	62.0	4.9	24.7	8.4	
▲ BH-02	17.70	25.4	3.15	0.009	0.001	37.8	5.2	44.4	12.6	
★ BH-02	20.50	50.8	5.485	0.011	0.001	41.7	6.8	38.9	12.6	
◎ BH-02	23.62	25.4	0.175	0.01	0.002	30.0	16.0	43.6	10.4	



Barangeotechnics

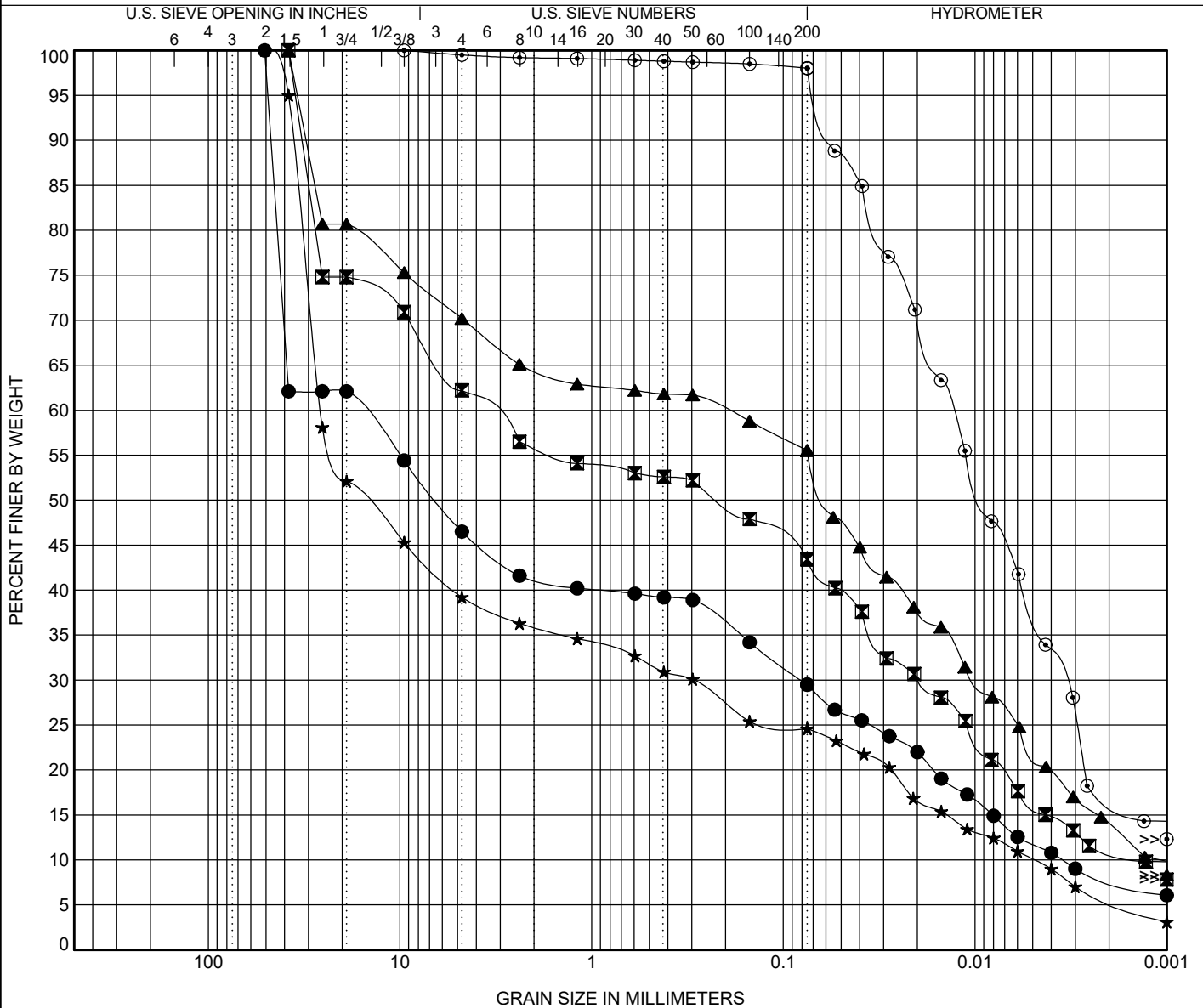
GRAIN SIZE DISTRIBUTION

CLIENT

PROJECT NAME Binak-GCS

PROJECT NUMBER 589

PROJECT LOCATION Booshehr



COBBLES	GRAVEL		SAND			SILT OR CLAY
	coarse	fine	coarse	medium	fine	

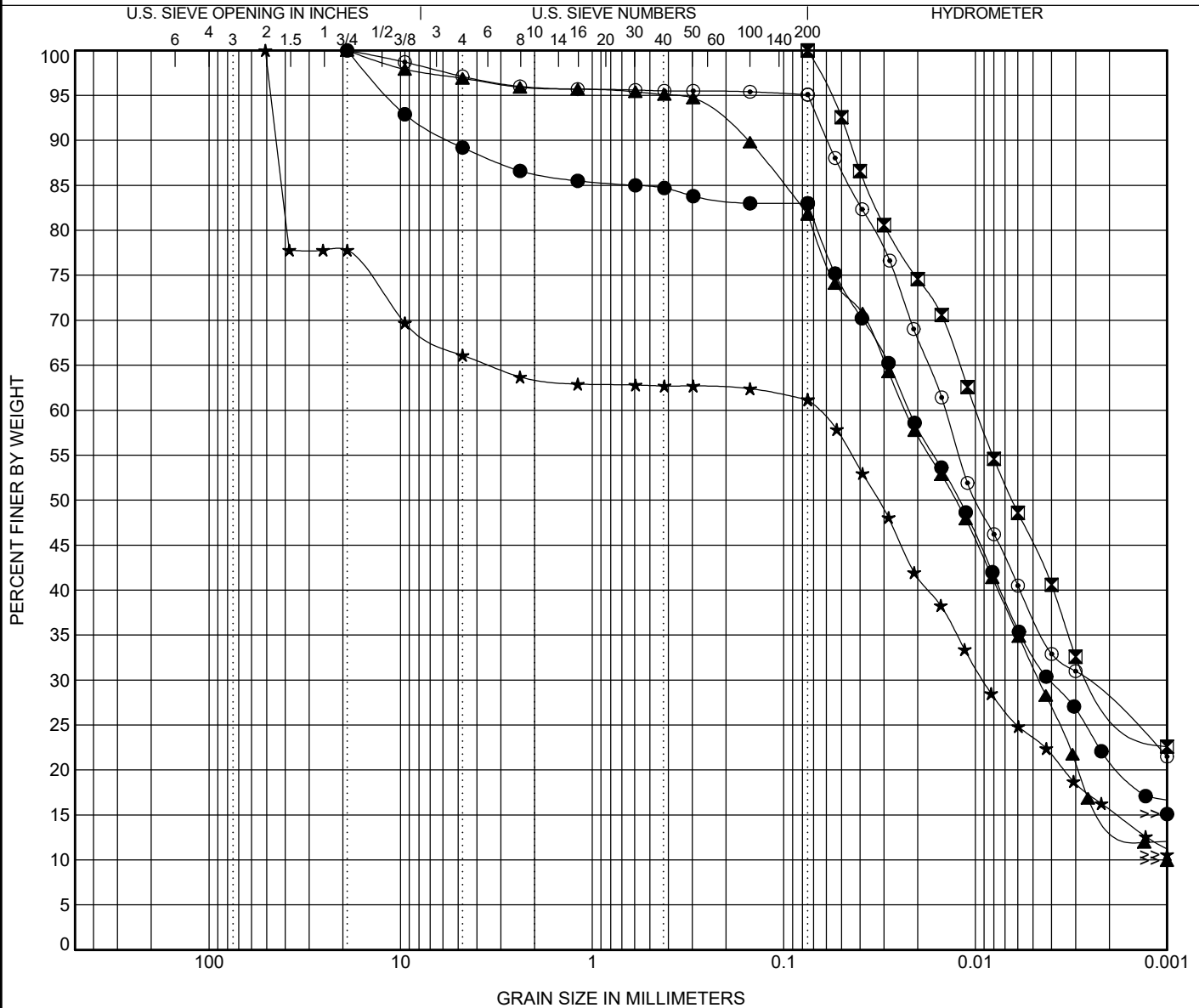
Borehole		Depth	Classification					LL	PL	PI	Cc	Cu
●	BH-02	25.31	CLAYEY GRAVEL with SAND(GC)					29	20	9	0.12	4471.80
▣	BH-02	27.53	CLAYEY GRAVEL with SAND(GC)					34	21	13	0.07	2632.28
▲	BH-02	28.40	GRAVELLY LEAN CLAY(CI)					31	21	10	0.57	234.11
★	BH-03	0.50	CLAYEY GRAVEL(GC)					35	23	12	0.67	5272.28
◎	BH-03	1.50	LEAN CLAY(CI)					44	26	18		
Borehole		Depth	D100	D60	D30	D10	%Gravel	%Sand	%Silt	%Clay		
●	BH-02	25.31	50.8	15.732	0.081	0.004	53.5	17.0	21.6	7.9		
▣	BH-02	27.53	38.1	3.638	0.019	0.001	37.8	18.8	32.5	10.9		
▲	BH-02	28.40	38.1	0.199	0.01	0.001	29.8	14.7	41.5	14.0		
★	BH-03	0.50	50.8	25.936	0.293	0.005	60.8	14.6	19.0	5.6		
◎	BH-03	1.50	9.51	0.013	0.003		0.5	1.5	81.3	16.7		



Barangeotechnics

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

CLIENT _____

PROJECT NAME Binak-GCSPROJECT NUMBER 589PROJECT LOCATION Booshehr



Barangeotechnics

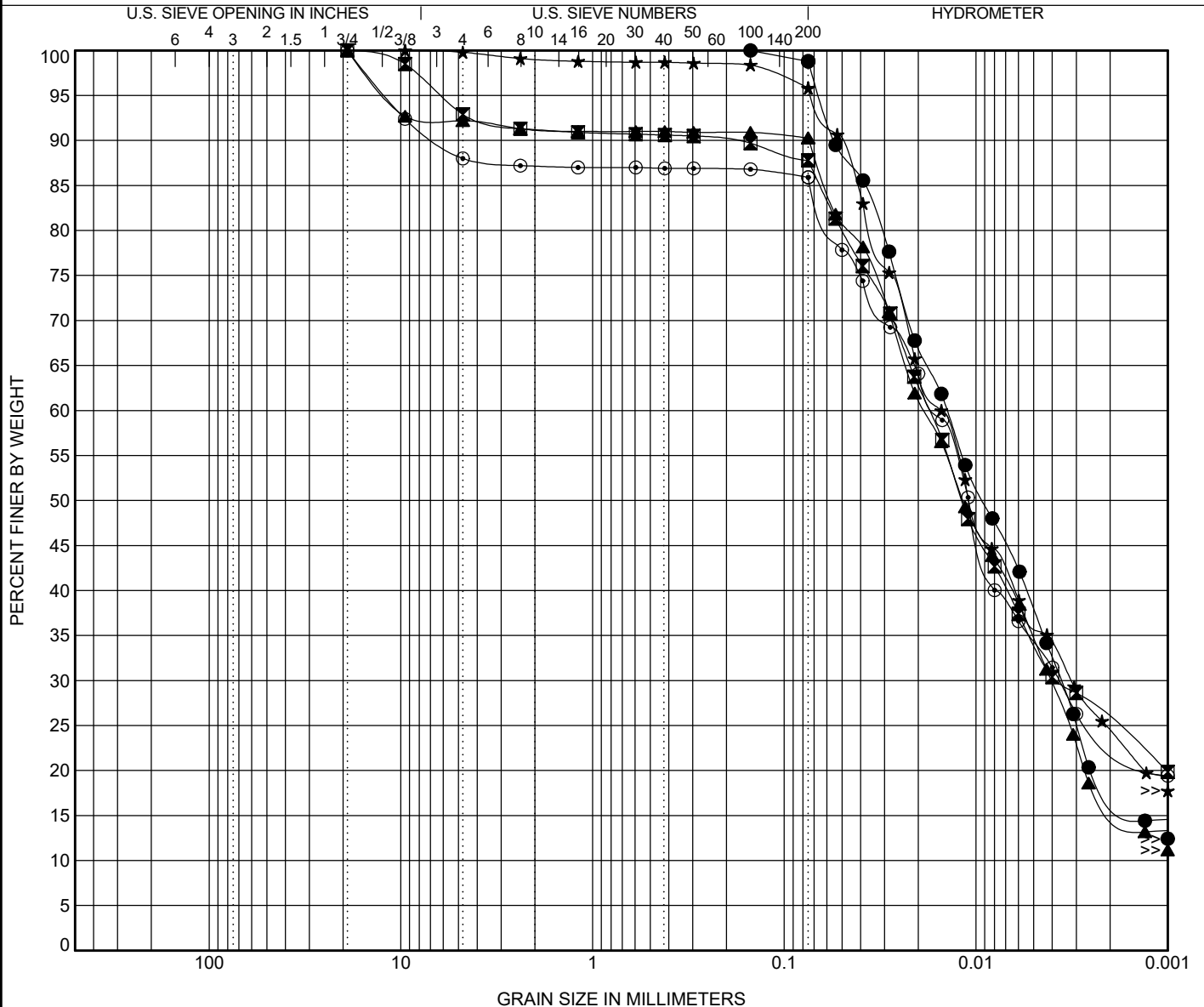
GRAIN SIZE DISTRIBUTION

CLIENT

PROJECT NAME Binak-GCS

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-03	13.49	SILT(ML)				31	23	8		
☒ BH-04	0.50	LEAN CLAY(CI)				33	22	11		
▲ BH-04	2.67	LEAN CLAY(CI)				33	23	10		
★ BH-04	3.70	LEAN CLAY(CI)				32	23	9		
◎ BH-04	5.00	LEAN CLAY(CI)				34	23	11		
Borehole	Depth	D100	D60	D30	D10	%Gravel	%Sand	%Silt	%Clay	
● BH-03	13.49	0.15	0.014	0.004		0.0	1.2	80.7	18.1	
☒ BH-04	0.50	19	0.018	0.004		7.1	5.1	62.4	25.4	
▲ BH-04	2.67	19	0.019	0.004		7.8	1.9	73.8	16.5	
★ BH-04	3.70	9.51	0.015	0.003		0.2	4.0	71.3	24.5	
◎ BH-04	5.00	19	0.016	0.004		12.0	2.1	62.1	23.8	



Barangeotechnics

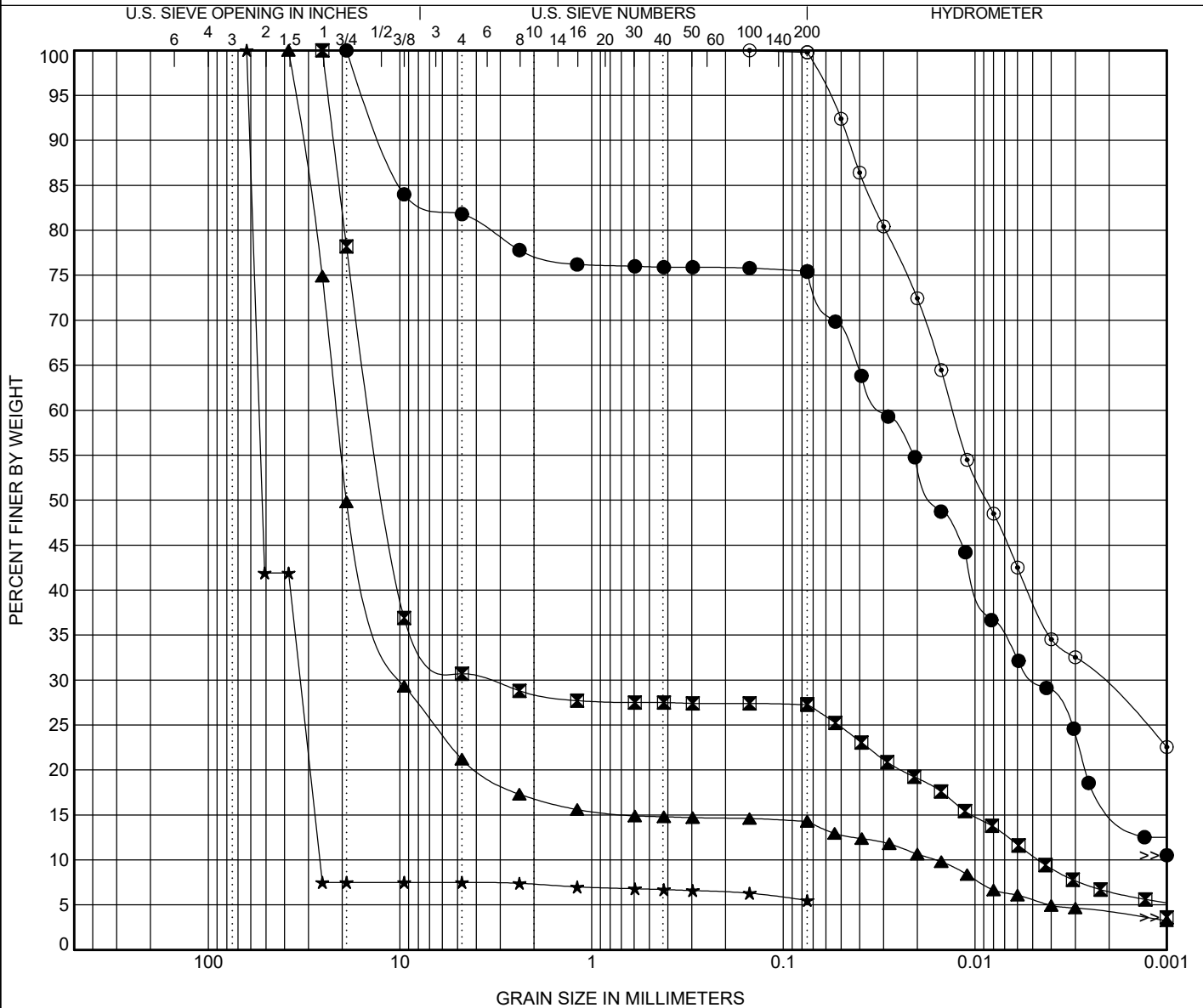
GRAIN SIZE DISTRIBUTION

CLIENT

PROJECT NAME Binak-GCS

PROJECT NUMBER 589

PROJECT LOCATION Booshehr





Barangeotechnics

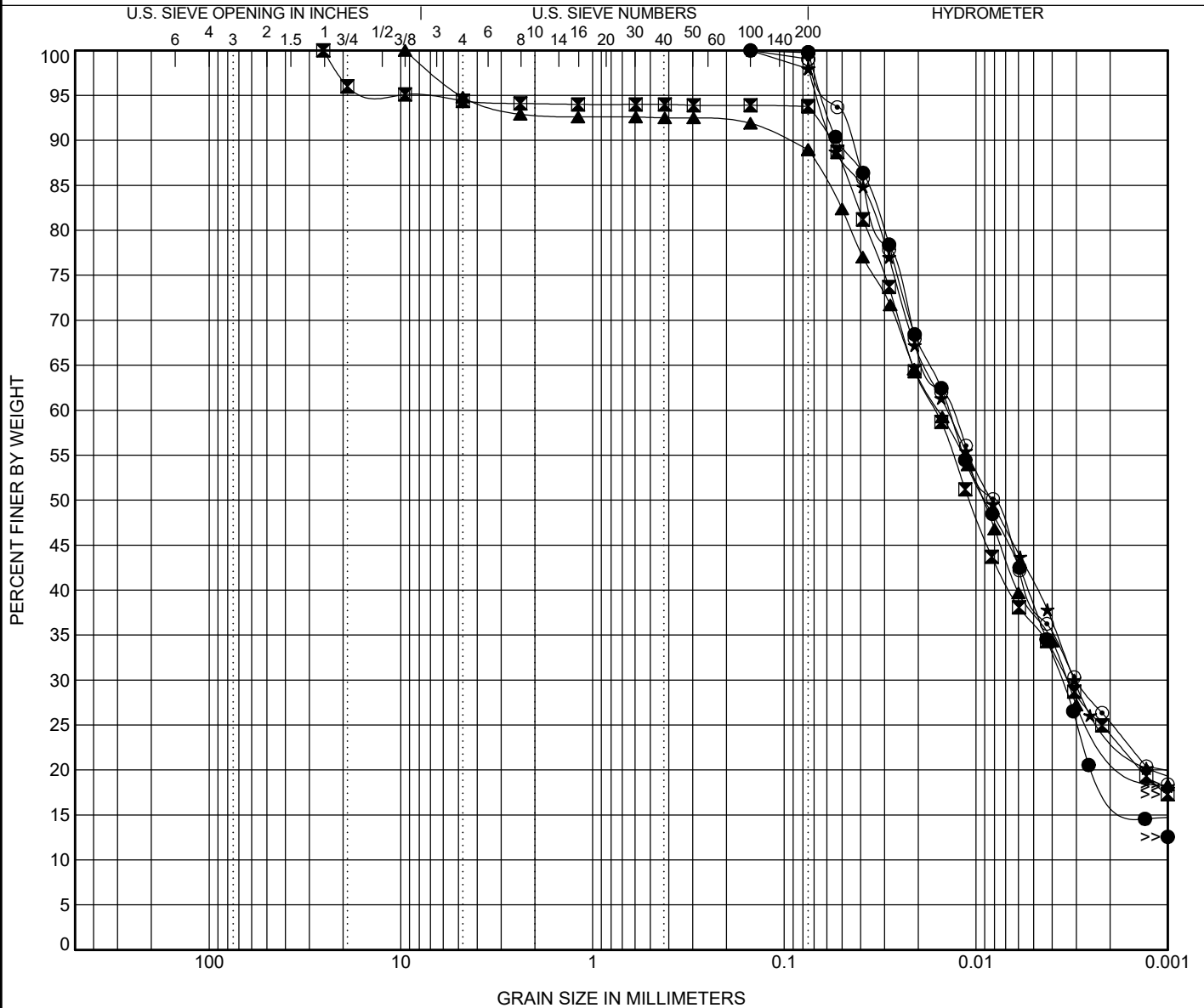
GRAIN SIZE DISTRIBUTION

CLIENT

PROJECT NAME Binak-GCS

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-05	1.50	LEAN CLAY(CI)				45	26	19		
☒ BH-05	3.00	SILT(ML)				44	27	17		
▲ BH-05	5.53	LEAN CLAY(CI)				34	22	12		
★ BH-05	6.00	LEAN CLAY(CI)				32	22	10		
◎ BH-05	8.67	LEAN CLAY(CI)				36	24	12		
Borehole	Depth	D100	D60	D30	D10	%Gravel	%Sand	%Silt	%Clay	
● BH-05	1.50	0.15	0.014	0.004		0.0	0.2	81.5	18.3	
☒ BH-05	3.00	25.4	0.016	0.003		5.6	0.6	69.9	23.9	
▲ BH-05	5.53	9.51	0.016	0.003		5.2	5.8	65.1	23.9	
★ BH-05	6.00	0.15	0.014	0.003		0.0	2.0	74.0	24.0	
◎ BH-05	8.67	0.15	0.014	0.003		0.0	1.0	73.7	25.3	



Barangeotechnics

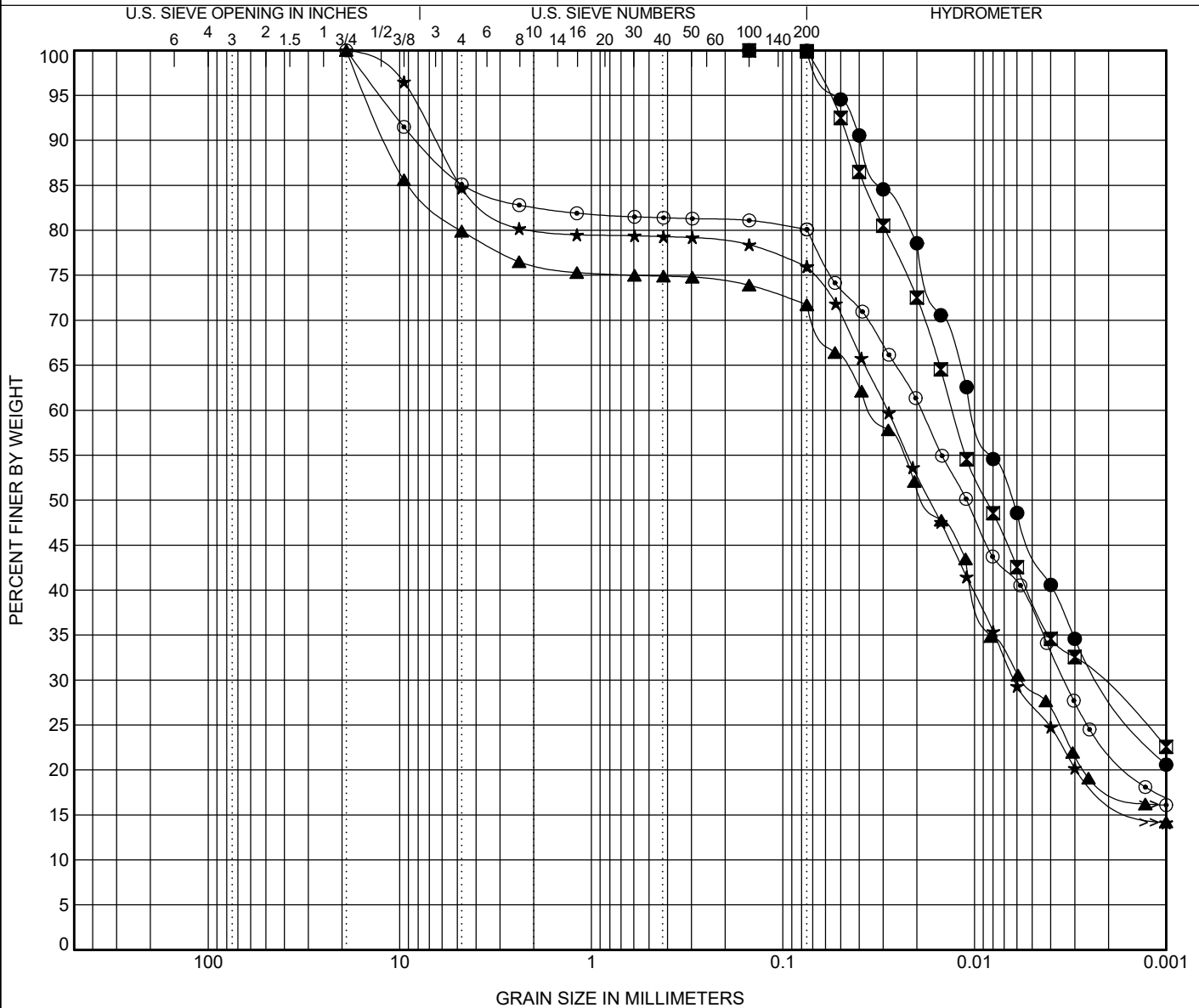
GRAIN SIZE DISTRIBUTION

CLIENT

PROJECT NAME Binak-GCS

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-05	10.78	LEAN CLAY(CI)				38	24	14		
☒ BH-05	12.18	SILT(ML)				40	26	14		
▲ BH-05	14.62	LEAN CLAY with GRAVEL(CI)				30	21	9		
★ BH-06	0.58	SILT with GRAVEL(ML)				NP	NP	NP		
◎ BH-06	1.60	LEAN CLAY with GRAVEL(CI)				40	25	15		
Borehole	Depth	D100	D60	D30	D10	%Gravel	%Sand	%Silt	%Clay	
● BH-05	10.78	0.15	0.01	0.002		0.0	0.1	70.5	29.4	
☒ BH-05	12.18	0.15	0.013	0.002		0.0	0.1	71.0	28.9	
▲ BH-05	14.62	19	0.033	0.006		20.1	8.2	53.6	18.1	
★ BH-06	0.58	19	0.028	0.006		15.3	8.7	58.0	18.0	
◎ BH-06	1.60	19	0.019	0.003		14.9	5.0	57.8	22.3	



Barangeotechnics

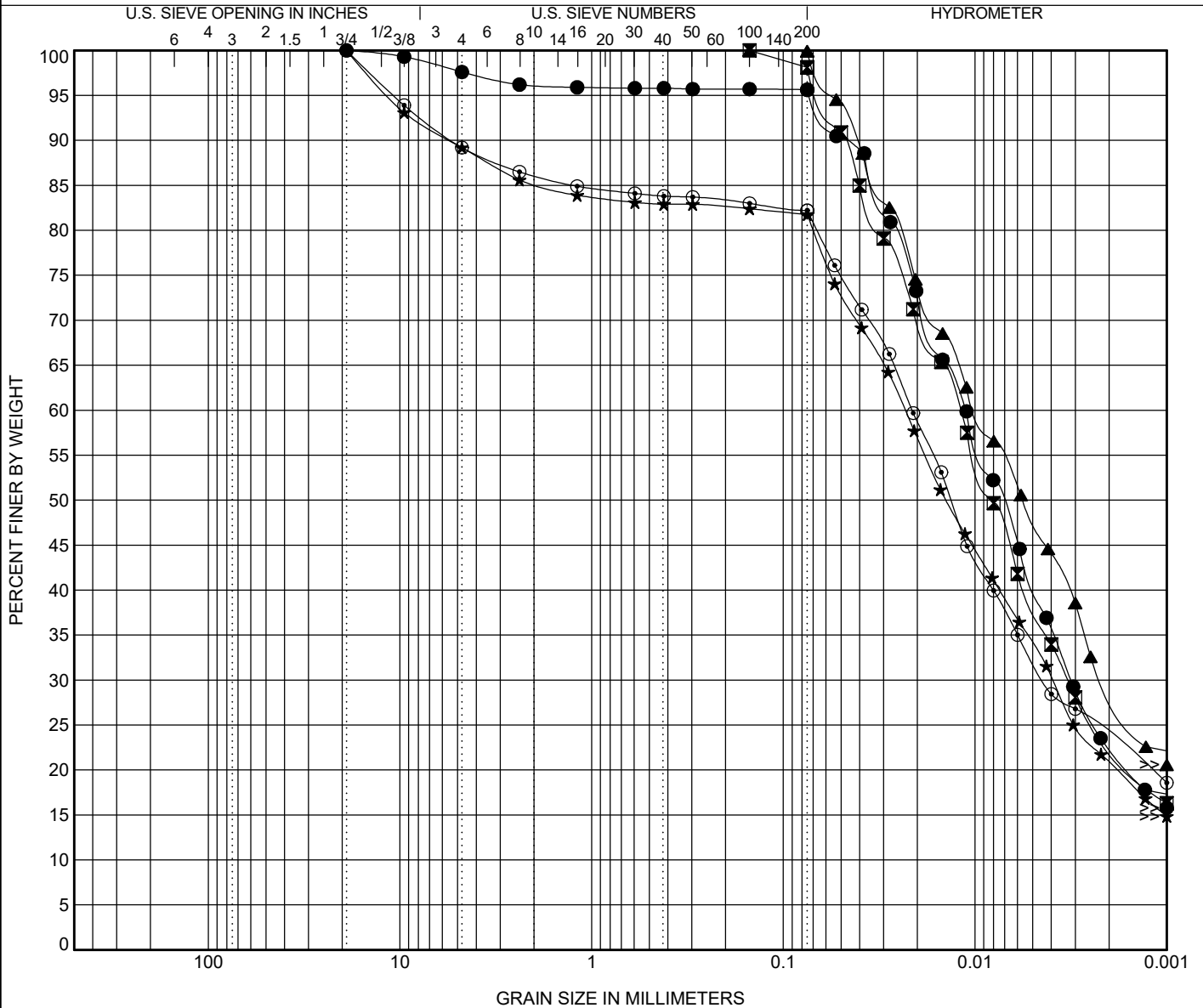
GRAIN SIZE DISTRIBUTION

CLIENT

PROJECT NAME Binak-GCS

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-06	3.50	SILT(ML)				40	26	14		
☒ BH-06	5.40	LEAN CLAY(CI)				40	25	15		
▲ BH-06	7.48	SILT(ML)				NP	NP	NP		
★ BH-06	10.00	SILT with GRAVEL(ML)				42	27	15		
◎ BH-06	11.18	SILT with GRAVEL(ML)				44	27	17		
Borehole	Depth	D100	D60	D30	D10	%Gravel	%Sand	%Silt	%Clay	
● BH-06	3.50	19	0.011	0.003		2.4	2.0	73.2	22.4	
☒ BH-06	5.40	0.15	0.012	0.003		0.0	1.9	74.4	23.7	
▲ BH-06	7.48	0.15	0.01	0.002		0.0	0.1	70.7	29.2	
★ BH-06	10.00	19	0.023	0.004		10.8	7.4	60.9	20.9	
◎ BH-06	11.18	19	0.021	0.004		10.8	7.0	58.4	23.8	



Barangeotechnics

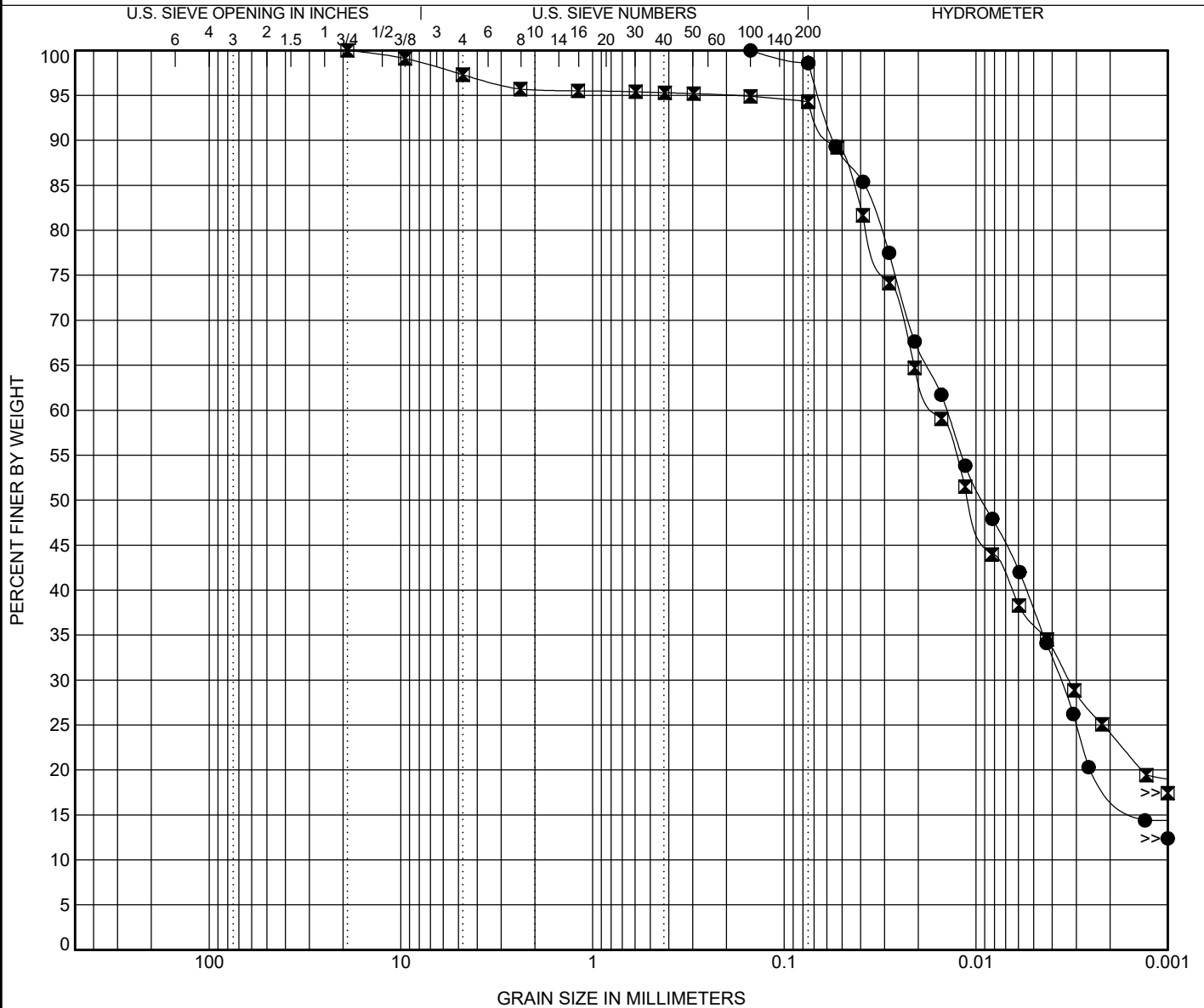
GRAIN SIZE DISTRIBUTION

CLIENT

PROJECT NAME Binak-GCS

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-06	13.00	SILT (ML)				NP	NP	NP		
✕ BH-06	14.53	SILT (ML)				38	25	13		
Borehole	Depth	D100	D60	D30	D10	%Gravel	%Sand	%Silt	%Clay	
● BH-06	13.00	0.15	0.014	0.004		0.0	1.4	80.5	18.1	
✕ BH-06	14.53	19	0.016	0.003		2.7	3.0	70.2	24.1	

پیوست ۲-۴

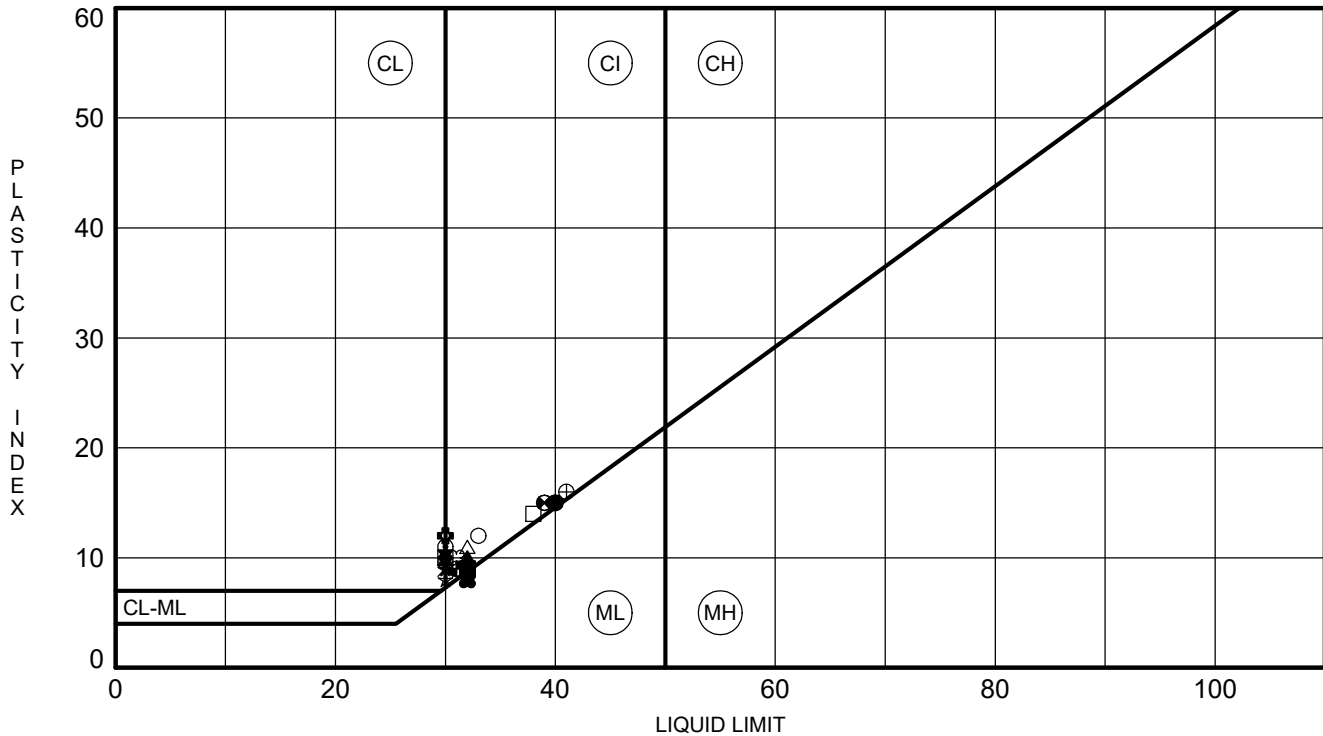
آزمایش حدود اتربرگ



Barangeotechnics

ATTERBERG LIMITS' RESULTS

CLIENT _____

PROJECT NAME Binak-GCSPROJECT NUMBER 589PROJECT LOCATION Booshehr

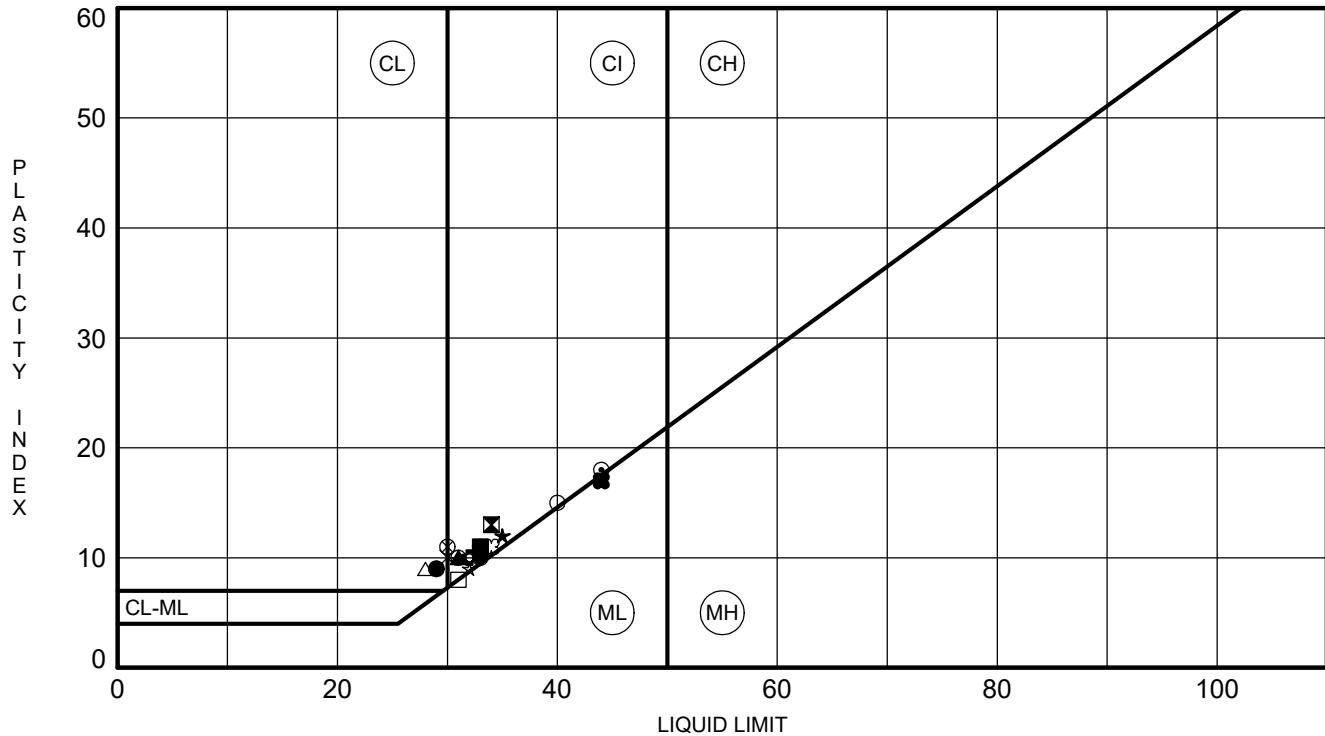
Borehole	Depth	LL	PL	PI	Fines	Classification
● BH-01	0.50	40	25	15	90	LEAN CLAY(CI)
⊠ BH-01	1.30	30	20	10	93	LEAN CLAY(CI)
▲ BH-01	2.43	32	22	10	52	GRAVELLY LEAN CLAY(CI)
★ BH-01	4.42	30	21	9	78	LEAN CLAY with SAND(CI)
⊙ BH-01	6.00	30	19	11	17	CLAYEY GRAVEL(GC)
⊕ BH-01	8.43	30	18	12	82	LEAN CLAY with SAND(CI)
○ BH-01	11.31	33	21	12	67	SANDY LEAN CLAY(CI)
△ BH-01	14.35	32	21	11	98	LEAN CLAY(CI)
⊗ BH-02	0.50	39	24	15	100	LEAN CLAY(CI)
⊕ BH-02	1.50	41	25	16	95	LEAN CLAY(CI)
□ BH-02	3.80	38	24	14	99	LEAN CLAY(CI)
● BH-02	4.42	39	24	15	99	LEAN CLAY(CI)
● BH-02	7.52	31	22	9	92	LEAN CLAY(CI)
★ BH-02	8.41	30	22	8	83	LEAN CLAY with SAND(CI)
⊗ BH-02	10.09	31	21	10	78	LEAN CLAY with SAND(CI)
■ BH-02	12.27	32	23	9	95	LEAN CLAY(CI)
◆ BH-02	15.00	30	20	10	33	CLAYEY GRAVEL(GC)
◇ BH-02	17.70	32	23	9	57	GRAVELLY LEAN CLAY(CI)
× BH-02	20.50	30	21	9	52	GRAVELLY LEAN CLAY(CI)
⬤ BH-02	23.62	32	24	8	54	GRAVELLY SILT with SAND(ML)



Barangeotechnics

ATTERBERG LIMITS' RESULTS

CLIENT _____

PROJECT NAME Binak-GCSPROJECT NUMBER 589PROJECT LOCATION Booshehr

Borehole	Depth	LL	PL	PI	Fines	Classification
● BH-02	25.31	29	20	9	30	CLAYEY GRAVEL with SAND(GC)
⊠ BH-02	27.53	34	21	13	43	CLAYEY GRAVEL with SAND(GC)
▲ BH-02	28.40	31	21	10	56	GRAVELLY LEAN CLAY(CI)
★ BH-03	0.50	35	23	12	25	CLAYEY GRAVEL(GC)
⊙ BH-03	1.50	44	26	18	98	LEAN CLAY(CI)
⊕ BH-03	2.54	32	22	10	83	LEAN CLAY with GRAVEL(CI)
○ BH-03	4.20	40	25	15	100	LEAN CLAY(CI)
△ BH-03	6.08	28	19	9	82	LEAN CLAY with SAND(CL)
⊗ BH-03	9.26	30	19	11	61	GRAVELLY LEAN CLAY(CI)
⊕ BH-03	11.67	31	21	10	95	LEAN CLAY(CI)
□ BH-03	13.49	31	23	8	99	SILT(ML)
● BH-04	0.50	33	22	11	88	LEAN CLAY(CI)
● BH-04	2.67	33	23	10	90	LEAN CLAY(CI)
★ BH-04	3.70	32	23	9	96	LEAN CLAY(CI)
⊗ BH-04	5.00	34	23	11	86	LEAN CLAY(CI)
■ BH-04	7.70	33	22	11	75	LEAN CLAY with GRAVEL(CI)
◆ BH-04	9.00	33	23	10	27	CLAYEY GRAVEL(GC)
◇ BH-04	11.62	33	23	10	14	CLAYEY GRAVEL(GC)
× BH-04	13.36	30	20	10	6	POORLY GRADED GRAVEL with CLAY(GP-GC)
● BH-05	0.50	44	27	17	100	SILT(ML)

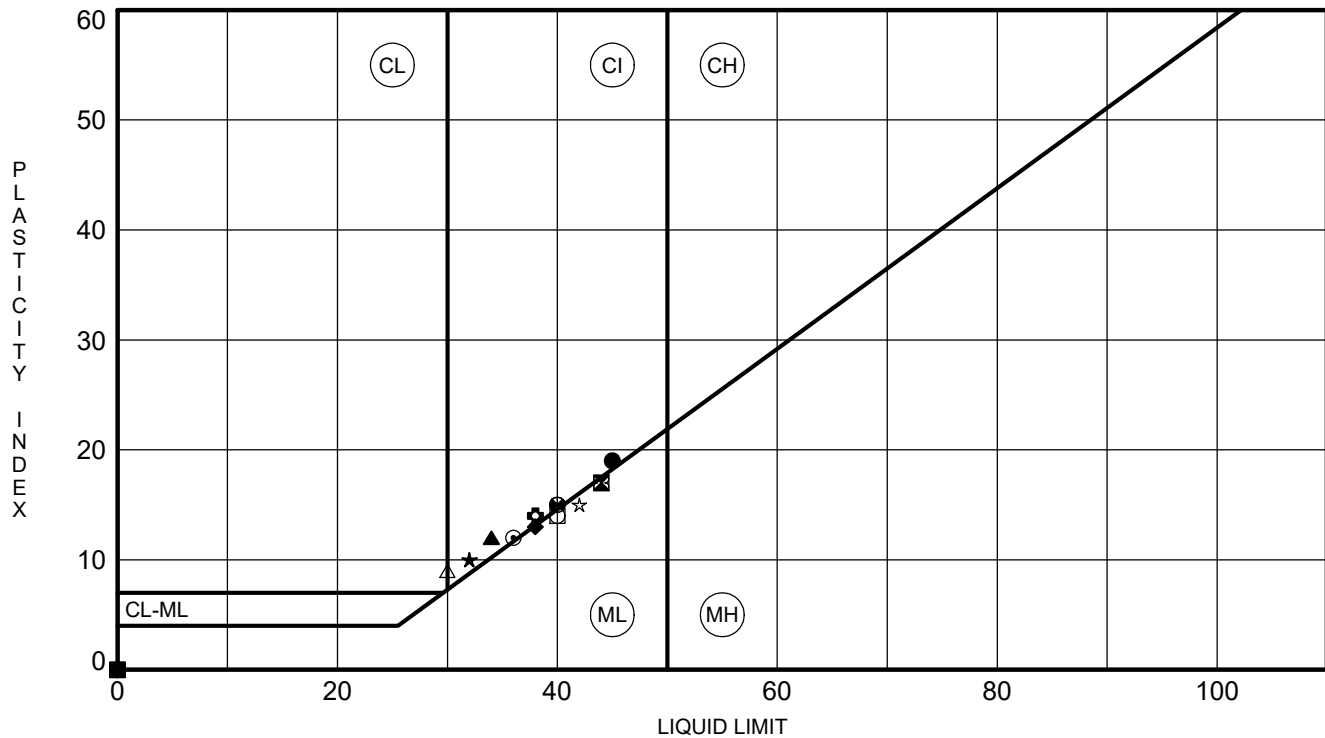
ATTERBERG LIMITS 14010204-589-BINAK-BH1-6-REV01.GPJ GINT STD CANADA LAB.GDT 5/9/22



Barangeotechnics

ATTERBERG LIMITS' RESULTS

CLIENT _____

PROJECT NAME Binak-GCSPROJECT NUMBER 589PROJECT LOCATION Booshehr

Borehole	Depth	LL	PL	PI	Fines	Classification
● BH-05	1.50	45	26	19	100	LEAN CLAY(CI)
⊠ BH-05	3.00	44	27	17	94	SILT(ML)
▲ BH-05	5.53	34	22	12	89	LEAN CLAY(CI)
★ BH-05	6.00	32	22	10	98	LEAN CLAY(CI)
⊙ BH-05	8.67	36	24	12	99	LEAN CLAY(CI)
⊕ BH-05	10.78	38	24	14	100	LEAN CLAY(CI)
○ BH-05	12.18	40	26	14	100	SILT(ML)
△ BH-05	14.62	30	21	9	72	LEAN CLAY with GRAVEL(CI)
⊗ BH-06	0.58	NP	NP	NP	76	SILT with GRAVEL(ML)
⊕ BH-06	1.60	40	25	15	80	LEAN CLAY with GRAVEL(CI)
□ BH-06	3.50	40	26	14	96	SILT(ML)
⊙ BH-06	5.40	40	25	15	98	LEAN CLAY(CI)
⊕ BH-06	7.48	NP	NP	NP	100	SILT(ML)
★ BH-06	10.00	42	27	15	82	SILT with GRAVEL(ML)
⊗ BH-06	11.18	44	27	17	82	SILT with GRAVEL(ML)
■ BH-06	13.00	NP	NP	NP	99	SILT(ML)
◆ BH-06	14.53	38	25	13	94	SILT(ML)

ATTERBERG LIMITS 14010204-589-BINAK-BH1-6-REV01.GPJ GINT STD CANADA LAB.GDT 5/9/22

پیوست ۳-۴

آزمایش دانسیته و درصد رطوبت



Barangeotechnics

SUMMARY OF LABORATORY RESULTS

CLIENT _____

PROJECT NAME Binak-GCSPROJECT NUMBER 589PROJECT LOCATION Booshehr

Sheet 1 of 2

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-01	0.5	40	25	15	19	90	CI				
BH-01	1.3	30	20	10	9.51	93	CI	7.7	1.98		
BH-01	2.4	32	22	10	25.4	52	CI	7.1	1.93		
BH-01	4.4	30	21	9	9.51	78	CI	5.9	1.92		
BH-01	6.0	30	19	11	50.8	17	GC	5.7	2.00		
BH-01	8.4	30	18	12	9.51	82	CI	5.6	2.02		
BH-01	11.3	33	21	12	19	67	CI	3.8	1.97		
BH-01	14.4	32	21	11	19	98	CI	4.2	2.11		
BH-02	0.5	39	24	15	0.075	100	CI	15.1	1.78		
BH-02	1.5	41	25	16	9.51	95	CI				
BH-02	3.8	38	24	14	0.15	99	CI	9.8	1.98		
BH-02	4.4	39	24	15	0.15	99	CI	10.3	1.89		
BH-02	7.5	31	22	9	9.51	92	CI	7.2	1.96		
BH-02	8.4	30	22	8	19	83	CI	5.7	2.07		
BH-02	10.1	31	21	10	19	78	CI	6.1	2.10		
BH-02	12.3	32	23	9	0.15	95	CI	6.5	2.18		
BH-02	15.0	30	20	10	38.1	33	GC	4.3	2.02		
BH-02	17.7	32	23	9	25.4	57	CI	5.7	2.02		
BH-02	20.5	30	21	9	50.8	52	CI	5.4	1.94		
BH-02	23.6	32	24	8	25.4	54	ML	6.2	1.89		
BH-02	25.3	29	20	9	50.8	30	GC	6.8	2.01		
BH-02	27.5	34	21	13	38.1	43	GC	5.6	2.06		
BH-02	28.4	31	21	10	38.1	56	CI	4.8	2.01		
BH-03	0.5	35	23	12	50.8	25	GC	5.7	2.01		
BH-03	1.5	44	26	18	9.51	98	CI	15.0	1.77		
BH-03	2.5	32	22	10	19	83	CI	8.1	1.76		
BH-03	4.2	40	25	15	0.075	100	CI				
BH-03	6.1	28	19	9	19	82	CL	5.6	1.95		
BH-03	9.3	30	19	11	50.8	61	CI	9.1	1.99		
BH-03	11.7	31	21	10	19	95	CI	7.6	2.12		
BH-03	13.5	31	23	8	0.15	99	ML	7.9	2.04		
BH-04	0.5	33	22	11	19	88	CI	8.5	1.82		
BH-04	2.7	33	23	10	19	90	CI	6.6	1.94		
BH-04	3.7	32	23	9	9.51	96	CI	7.8	1.85		
BH-04	5.0	34	23	11	19	86	CI	7.4	1.90		
BH-04	7.7	33	22	11	19	75	CI	5.6	2.10		
BH-04	9.0	33	23	10	25.4	27	GC	6.3	2.05		
BH-04	11.6	33	23	10	38.1	14	GC	3.7	1.99		
BH-04	13.4	30	20	10	63	6	GP-GC	3.9	2.12		
BH-05	0.5	44	27	17	0.15	100	ML	13.8	1.81		
BH-05	1.5	45	26	19	0.15	100	CI				
BH-05	3.0	44	27	17	25.4	94	ML	9.5	1.75		



Barangeotechnics

SUMMARY OF LABORATORY RESULTS

CLIENT

PROJECT NAME Binak-GCS

PROJECT NUMBER 589

PROJECT LOCATION Booshehr

Sheet 2 of 2

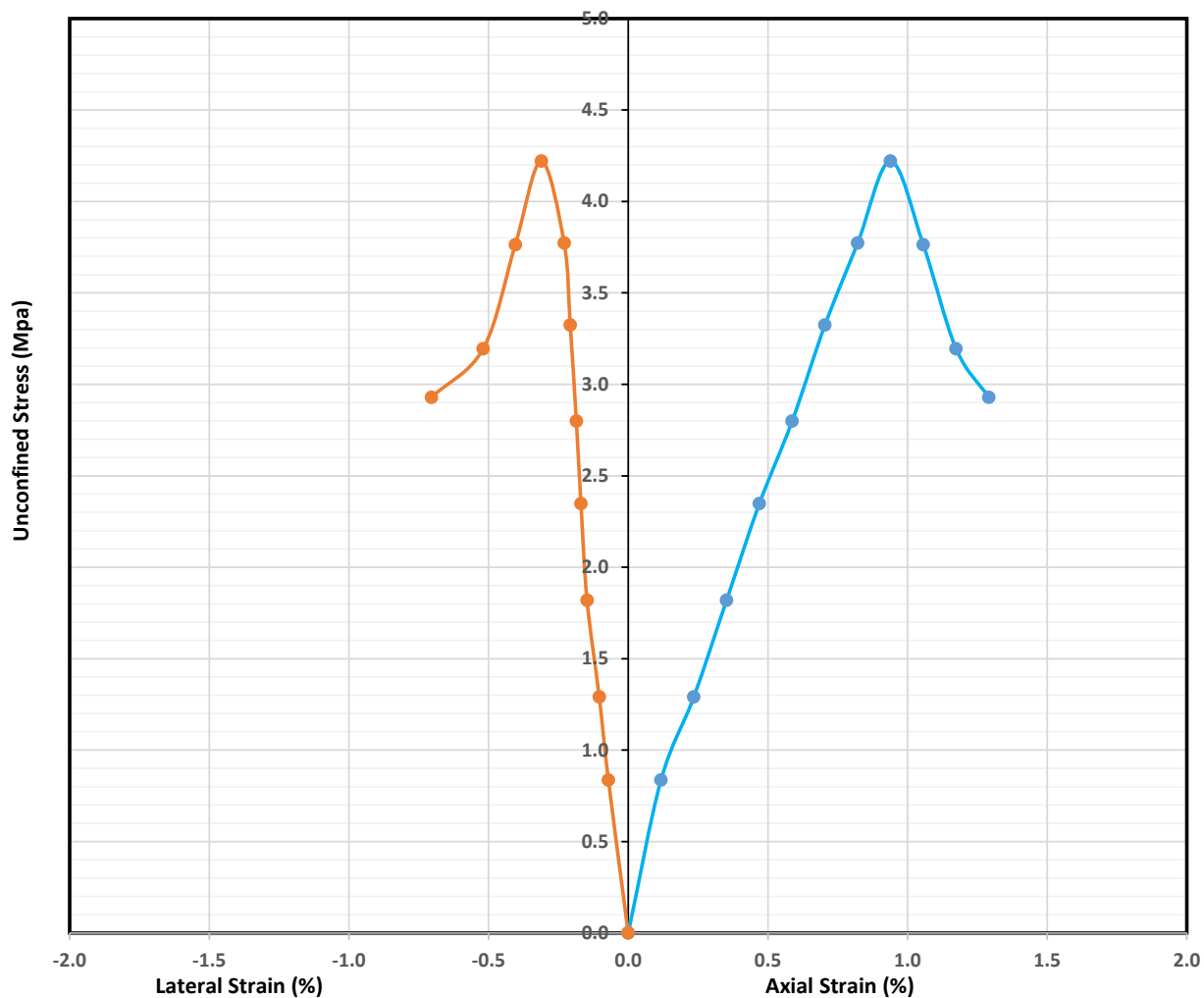
Borehole	Depth	Liquid Limit	Plastic Limit	Plasticity Index	Maximum Size (mm)	%<0.075 Sieve	Classification	Water Content (%)	Dry Density (Mg/m ³)	Saturation (%)	Void Ratio
BH-05	5.5	34	22	12	9.51	89	CI	10.2	1.99		
BH-05	6.0	32	22	10	0.15	98	CI	7.4	1.94		
BH-05	8.7	36	24	12	0.15	99	CI	8.9	2.04		
BH-05	10.8	38	24	14	0.15	100	CI	6.3	1.98		
BH-05	12.2	40	26	14	0.15	100	ML	5.1	2.06		
BH-05	14.6	30	21	9	19	72	CI	4.9	2.04		
BH-06	0.6	NP	NP	NP	19	76	ML	8.5	1.77		
BH-06	1.6	40	25	15	19	80	CI	9.4	1.97		
BH-06	3.5	40	26	14	19	96	ML	7.6	1.86		
BH-06	5.4	40	25	15	0.15	98	CI	6.5	2.01		
BH-06	7.5	NP	NP	NP	0.15	100	ML	5.5	1.91		
BH-06	10.0	42	27	15	19	82	ML	5.8	1.98		
BH-06	11.2	44	27	17	19	82	ML	6.8	2.06		
BH-06	13.0	NP	NP	NP	0.15	99	ML	5.9	1.93		
BH-06	14.5	38	25	13	19	94	ML	4.4	2.16		

پیوست ۴-۴

آزمایش تک محوری سنگ

Uniaxial Compression Test

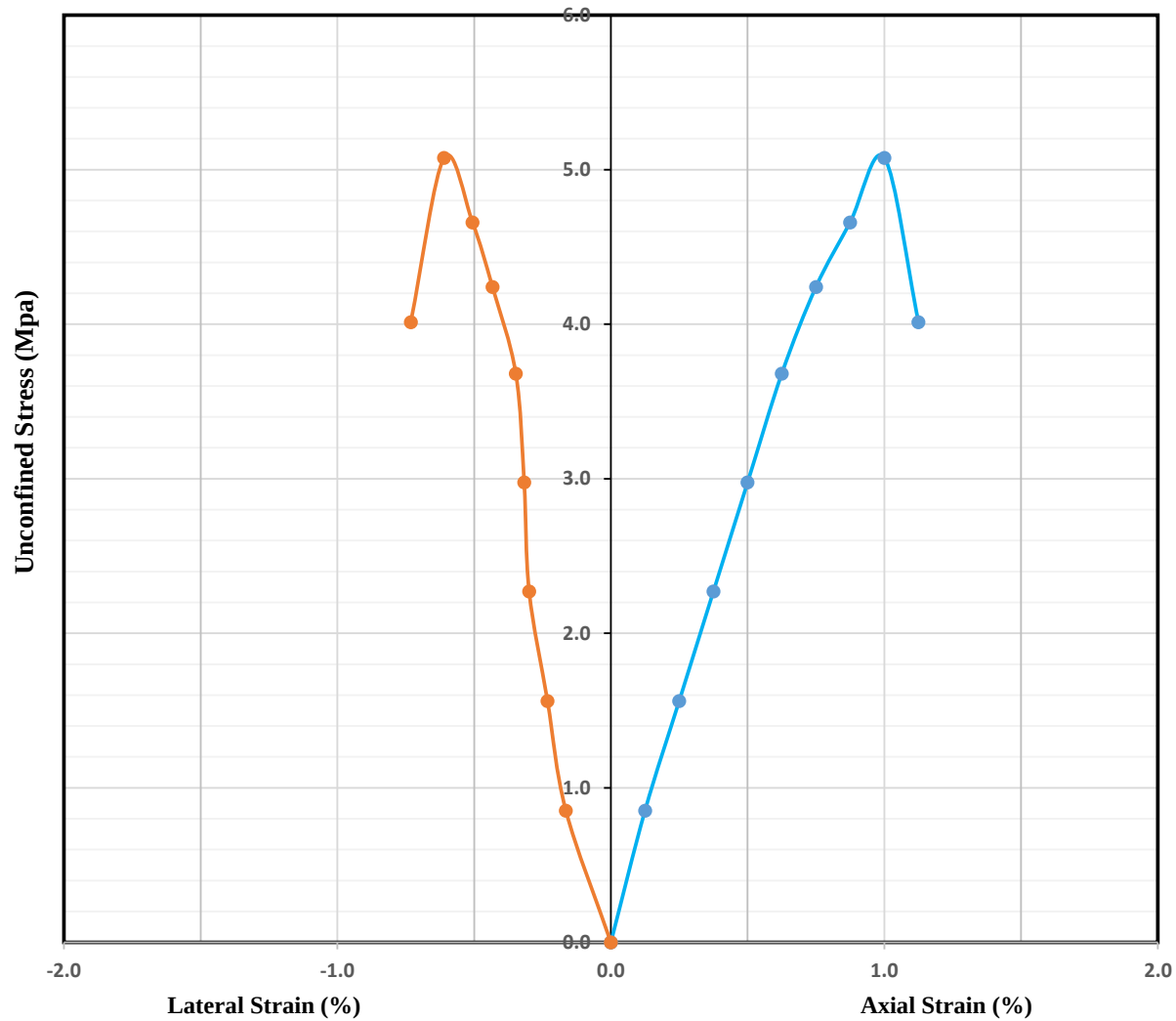
CLIENT _____ PROJECT NAME _____ مطالعات ژئوتکنیک پروژه بینک
PROJECT NUMBER 589 PROJECT LOCATION _____ بوشهر



Sample Specification		Initial Condition	
Borehole ID:	BH-1	Bulk Density (kN/m ³):	21.29
Depth (m):	1.3-1.7	Dry Density (kN/m ³):	19.77
L (cm):	21.30	Moisture Content (%):	7.7
D (cm):	9.15	Strain Rate (%Per min.):	1.00

Test Results	
Unconfined Compressive Strength(MPa):	4.2

CLIENT _____ PROJECT NAME مطالعات ژئوتکنیک پروژه سنک
 PROJECT NUMBER 589 PROJECT LOCATION پوشهر

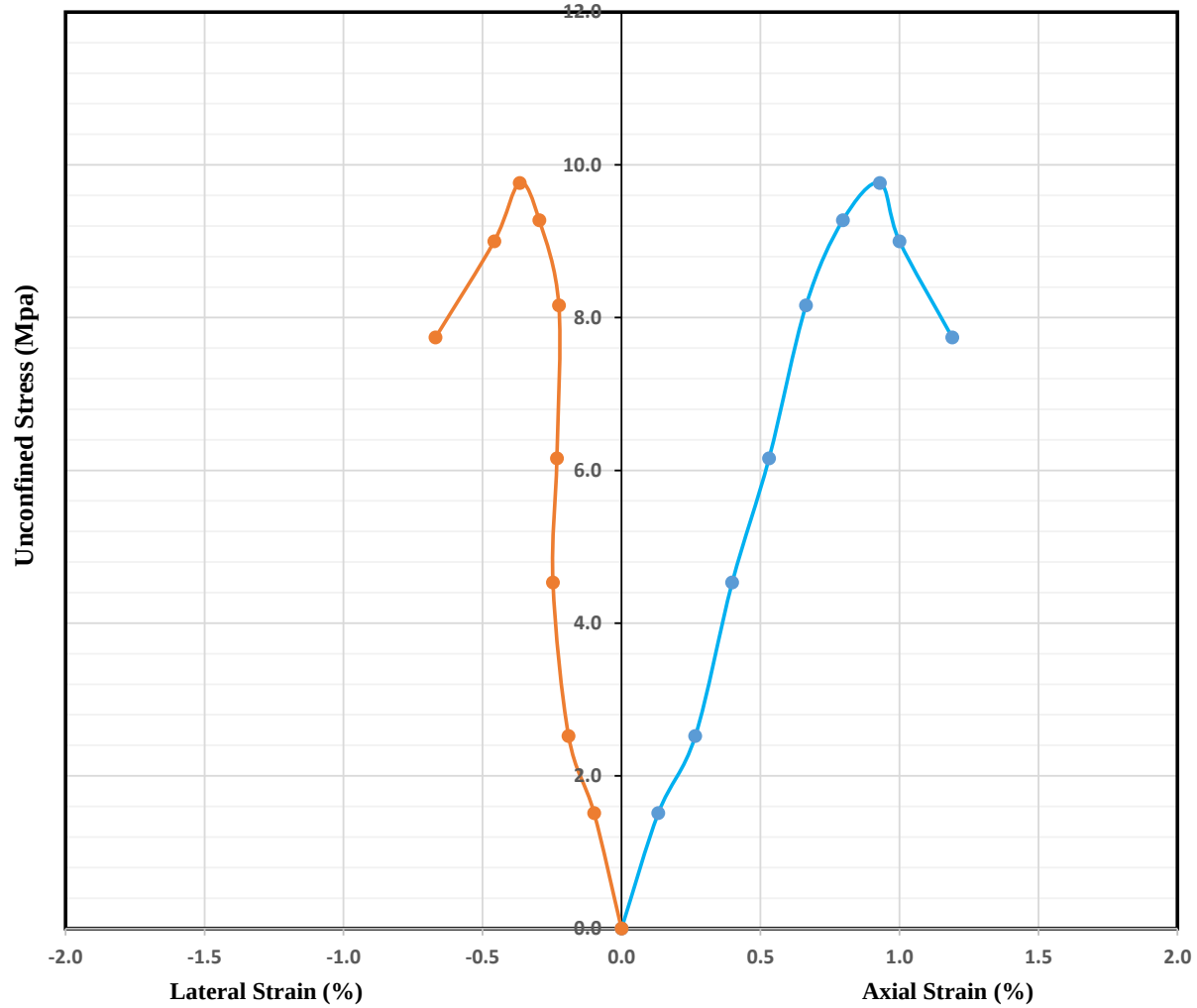


Sample Specification		Initial Condition	
Borehole ID:	BH-01	Bulk Density (kN/m ³):	20.65
Depth (m):	2.43-2.79	Dry Density (kN/m ³):	19.28
L (cm):	20.00	Moisture Content (%):	7.1
D (cm):	8.20	Strain Rate (%Per min.):	1.00

Test Results	
Unconfined Compressive Strength(MPa):	5.1

Uniaxial Compression Test

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

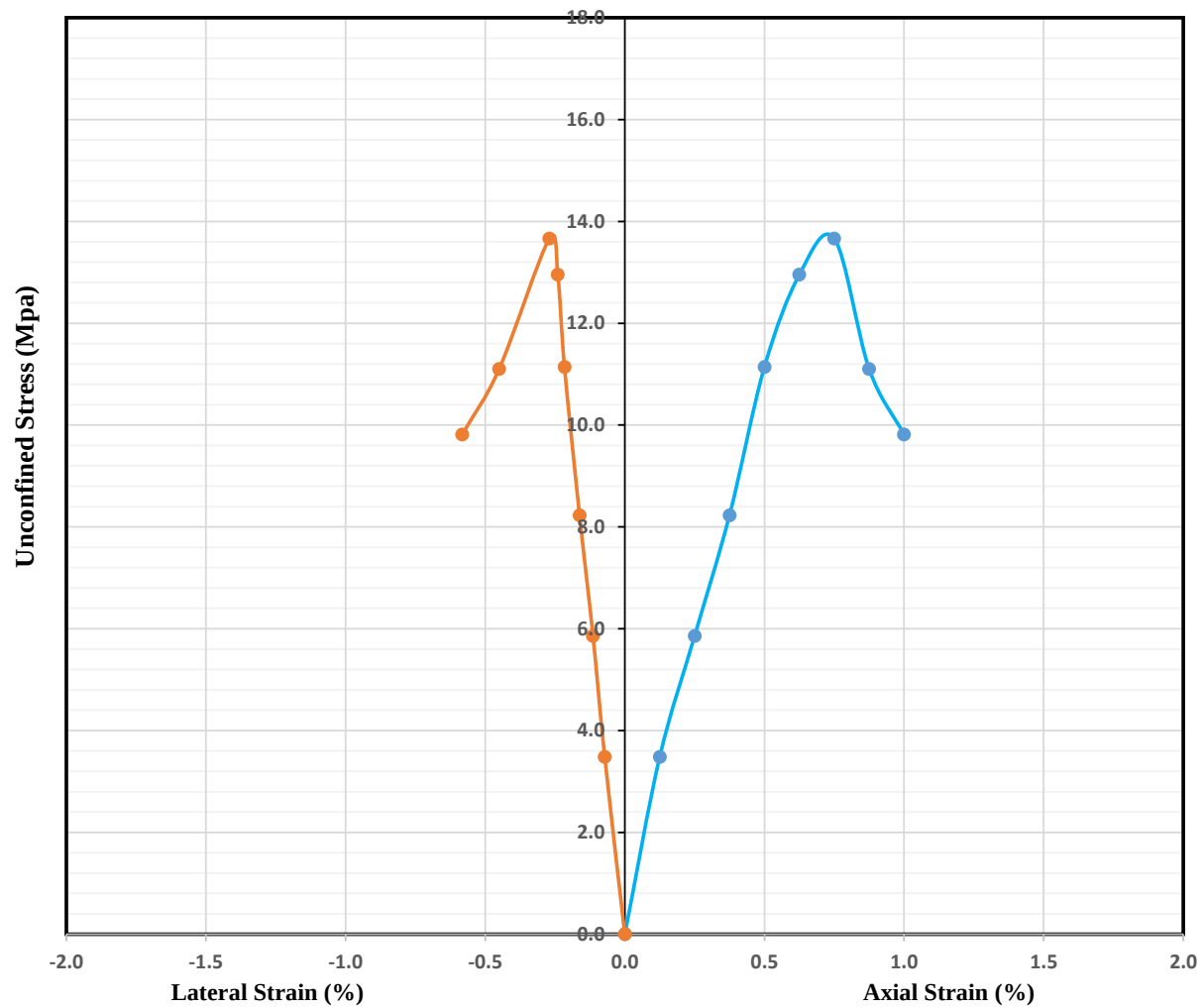


Sample Specification		Initial Condition	
Borehole ID:	BH-01	Bulk Density (kN/m ³):	20.26
Depth (m):	4.42-4.78	Dry Density (kN/m ³):	19.22
L (cm):	18.83	Moisture Content (%):	5.4
D (cm):	7.10	Strain Rate (%Per min.):	1.00

Test Results	
Unconfined Compressive Strength(MPa):	9.8

Uniaxial Compression Test

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

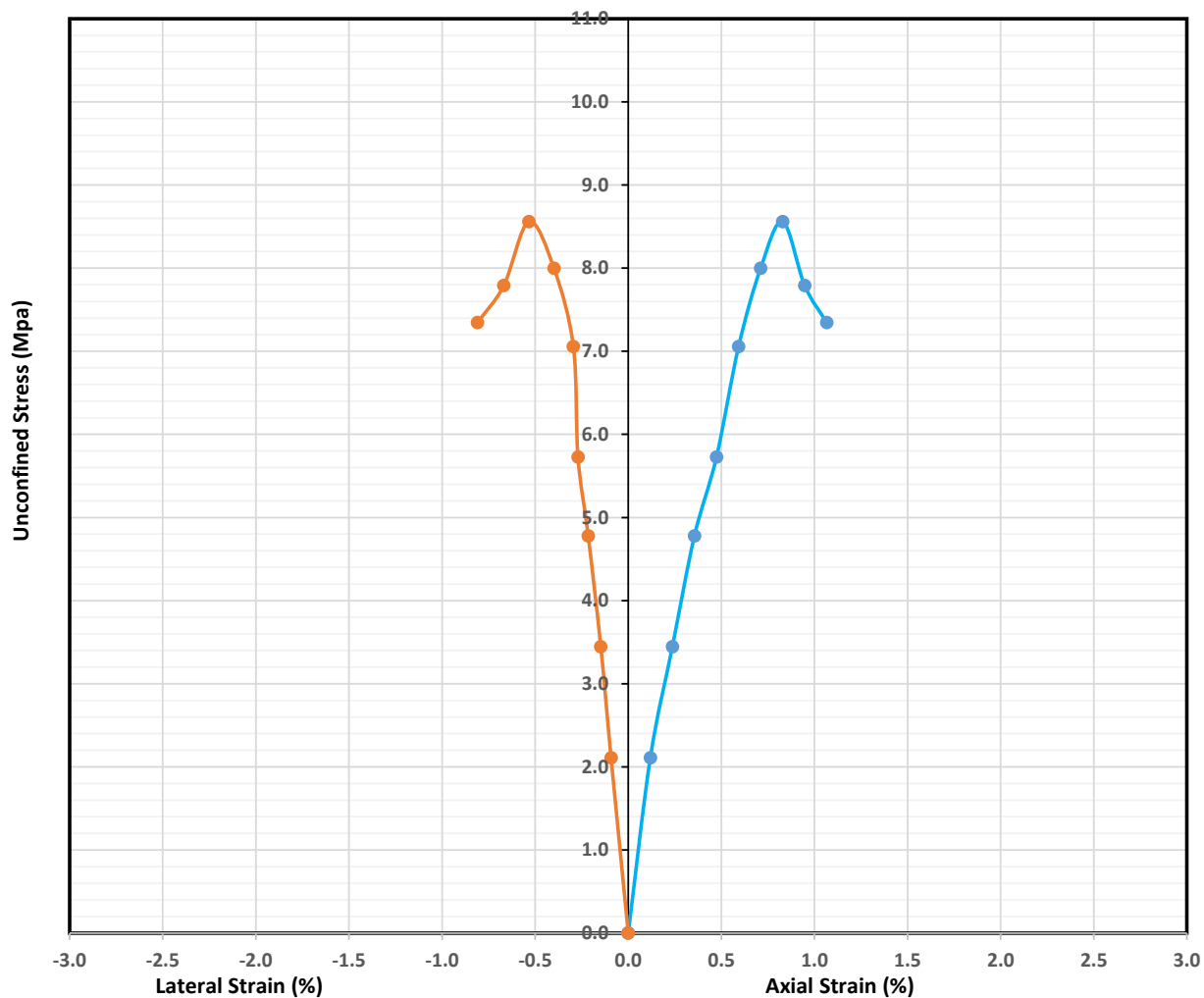


Sample Specification		Initial Condition	
Borehole ID:	BH-01	Bulk Density (kN/m ³):	21.30
Depth (m):	8.43-8.80	Dry Density (kN/m ³):	20.18
L (cm):	20.00	Moisture Content (%):	5.6
D (cm):	8.33	Strain Rate (%Per min.):	1.00

Test Results	
Unconfined Compressive Strength(MPa):	13.7

Uniaxial Compression Test

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

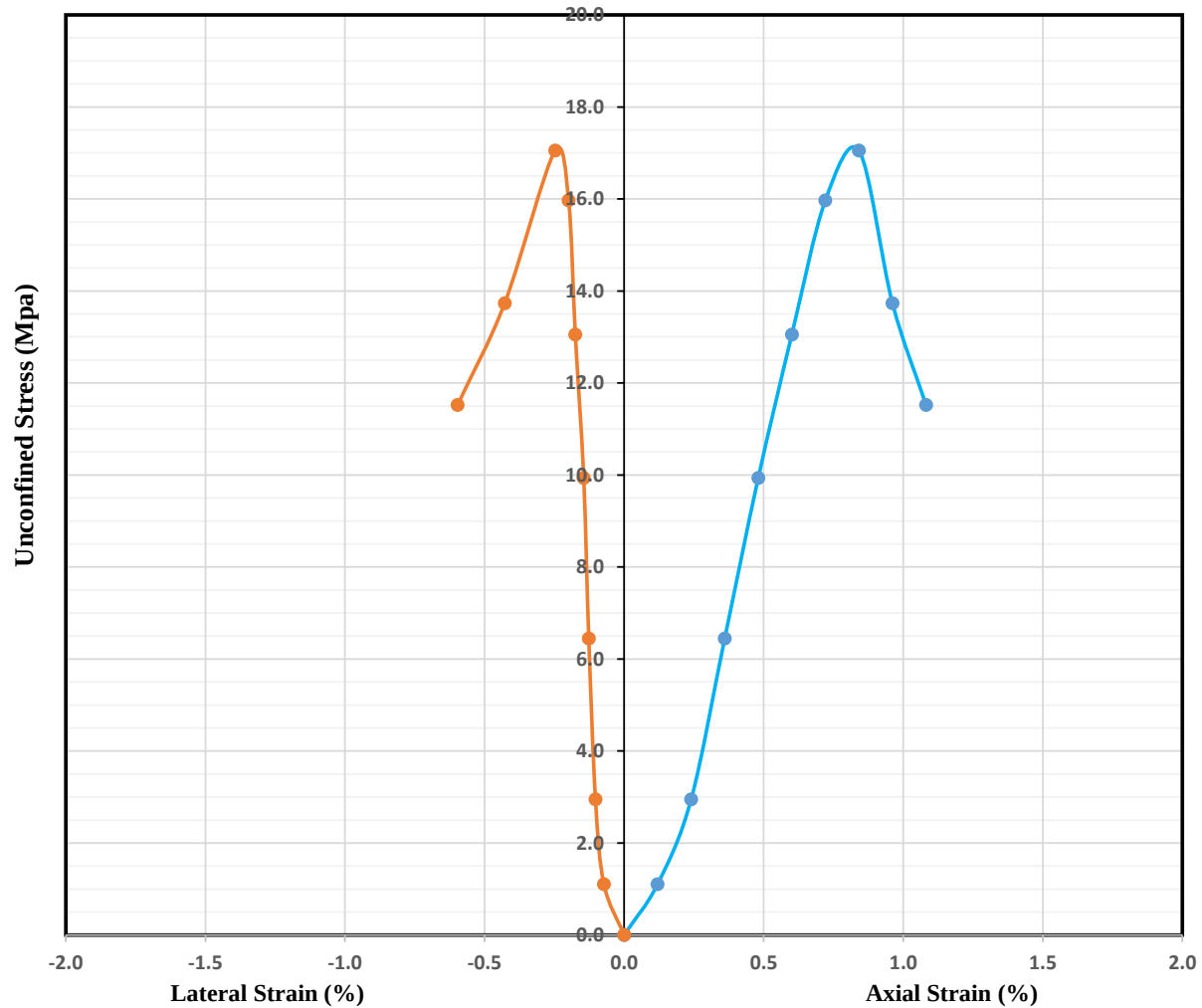


Sample Specification		Initial Condition	
Borehole ID:	BH-1	Bulk Density (kN/m ³):	20.45
Depth (m):	11.31-11.67	Dry Density (kN/m ³):	19.71
L (cm):	21.10	Moisture Content (%):	3.8
D (cm):	8.15	Strain Rate (%Per min.):	1.00

Test Results	
Unconfined Compressive Strength(MPa):	8.6

Uniaxial Compression Test

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

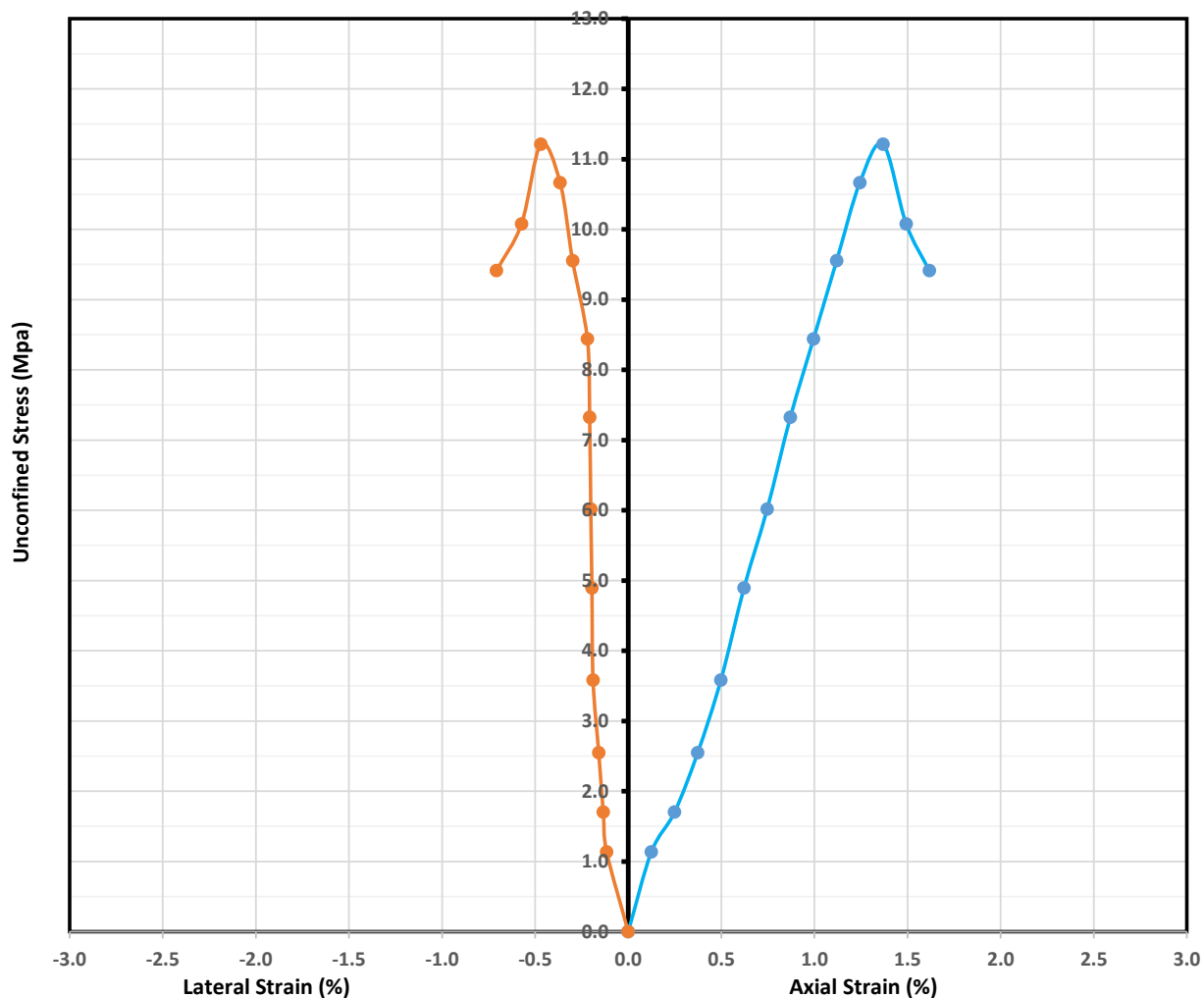


Sample Specification		Initial Condition	
Borehole ID:	BH-01	Bulk Density (kN/m ³):	22.31
Depth (m):	14.35-14.67	Dry Density (kN/m ³):	21.41
L (cm):	20.80	Moisture Content (%):	4.2
D (cm):	8.30	Strain Rate (%Per min.):	1.00

Test Results	
Unconfined Compressive Strength(MPa):	17.1

Uniaxial Compression Test

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

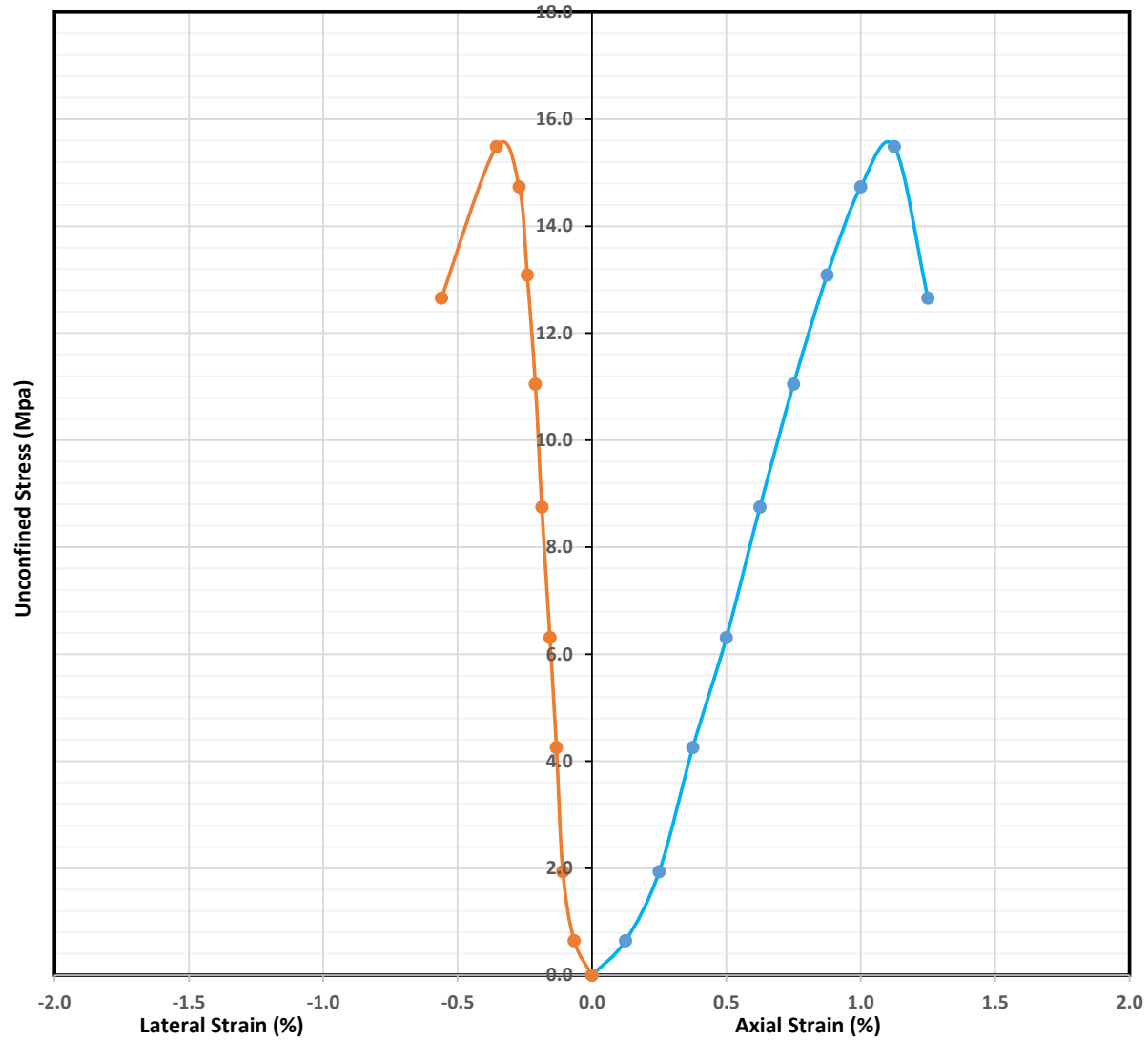


Sample Specification		Initial Condition	
Borehole ID:	BH-02	Bulk Density (kN/m ³):	21.87
Depth (m):	8.41-8.81	Dry Density (kN/m ³):	20.69
L (cm):	20.10	Moisture Content (%):	5.7
D (cm):	8.20	Strain Rate (%Per min.):	1.00

Test Results	
Unconfined Compressive Strength(MPa):	11.2

Uniaxial Compression Test

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

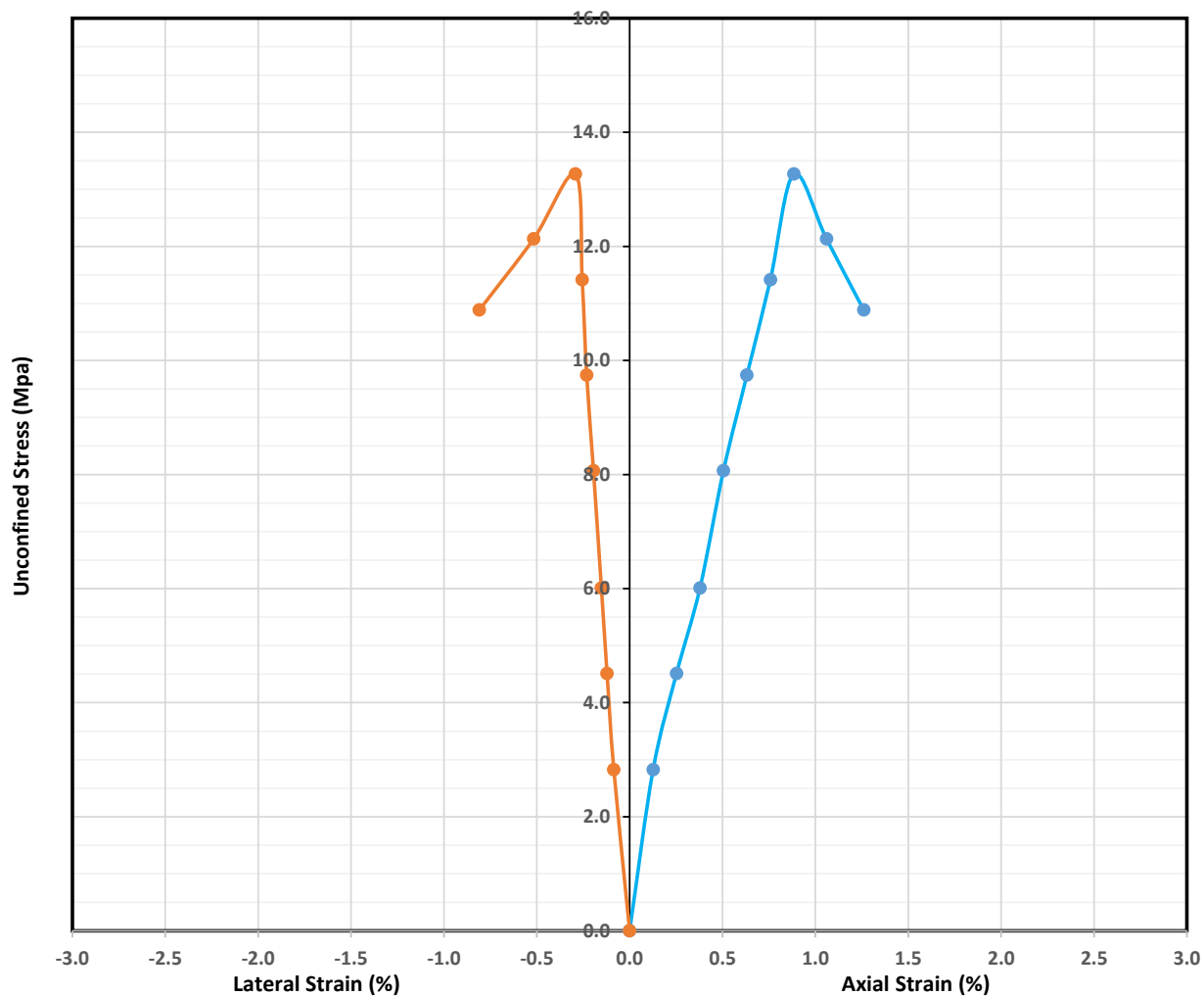


Sample Specification		Initial Condition	
Borehole ID:	BH-02	Bulk Density (kN/m ³):	22.05
Depth (m):	12.27-12.6	Dry Density (kN/m ³):	20.91
L (cm):	20.00	Moisture Content (%):	5.4
D (cm):	8.30	Strain Rate (%Per min.):	1.00

Test Results	
Unconfined Compressive Strength(MPa):	15.5

Uniaxial Compression Test

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

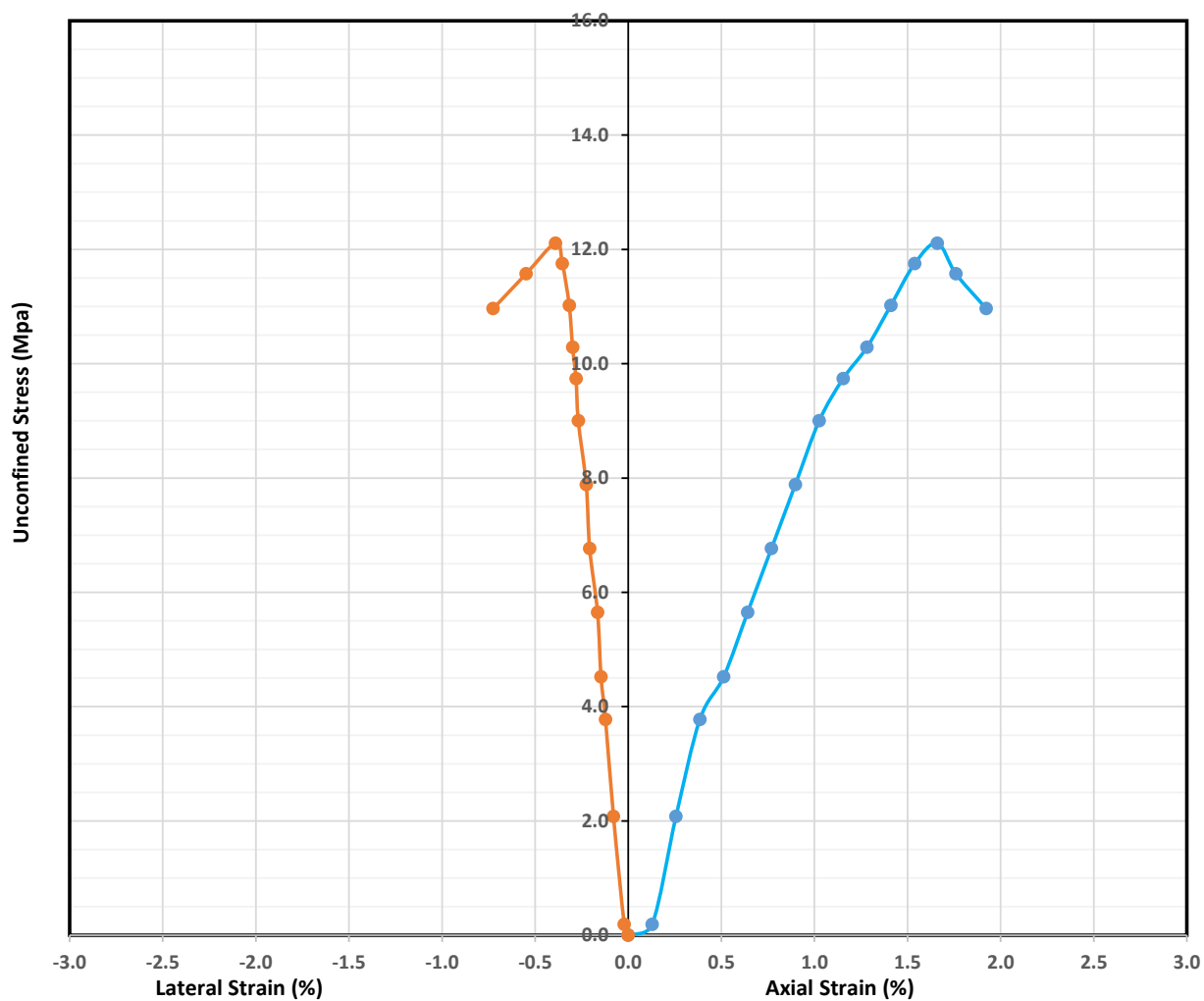


Sample Specification		Initial Condition	
Borehole ID:	BH-02	Bulk Density (kN/m ³):	23.14
Depth (m):	15.0-15.42	Dry Density (kN/m ³):	22.18
L (cm):	19.80	Moisture Content (%):	4.3
D (cm):	8.22	Strain Rate (%Per min.):	1.00

Test Results	
Unconfined Compressive Strength(MPa):	13.3

Uniaxial Compression Test

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



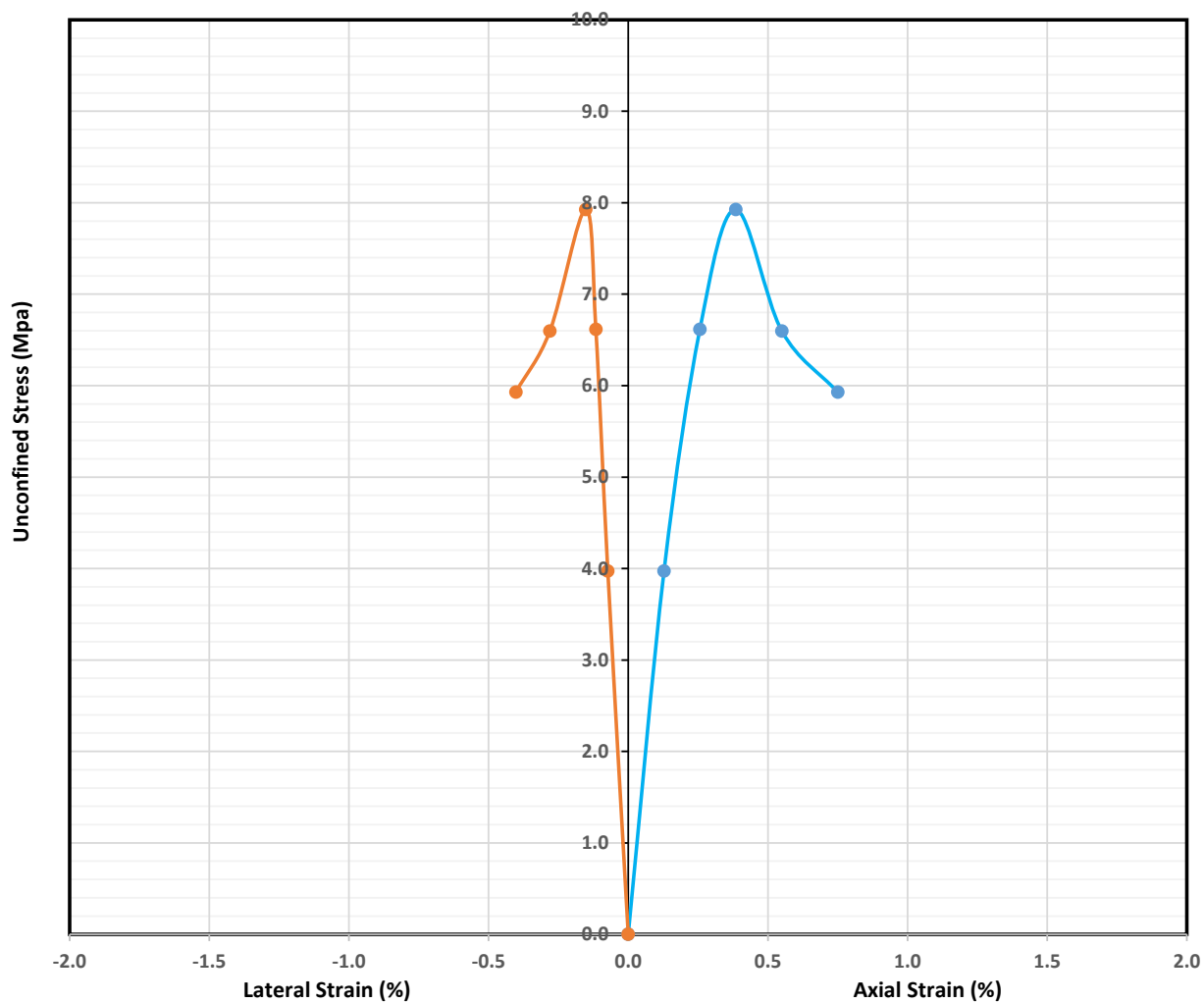
Sample Specification		Initial Condition	
Borehole ID:	BH-02	Bulk Density (kN/m ³):	20.11
Depth (m):	23.62-23.86	Dry Density (kN/m ³):	18.95
L (cm):	19.50	Moisture Content (%):	6.2
D (cm):	8.20	Strain Rate (%Per min.):	1.00

Test Results	
Unconfined Compressive Strength(MPa):	12.1



Uniaxial Compression Test

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

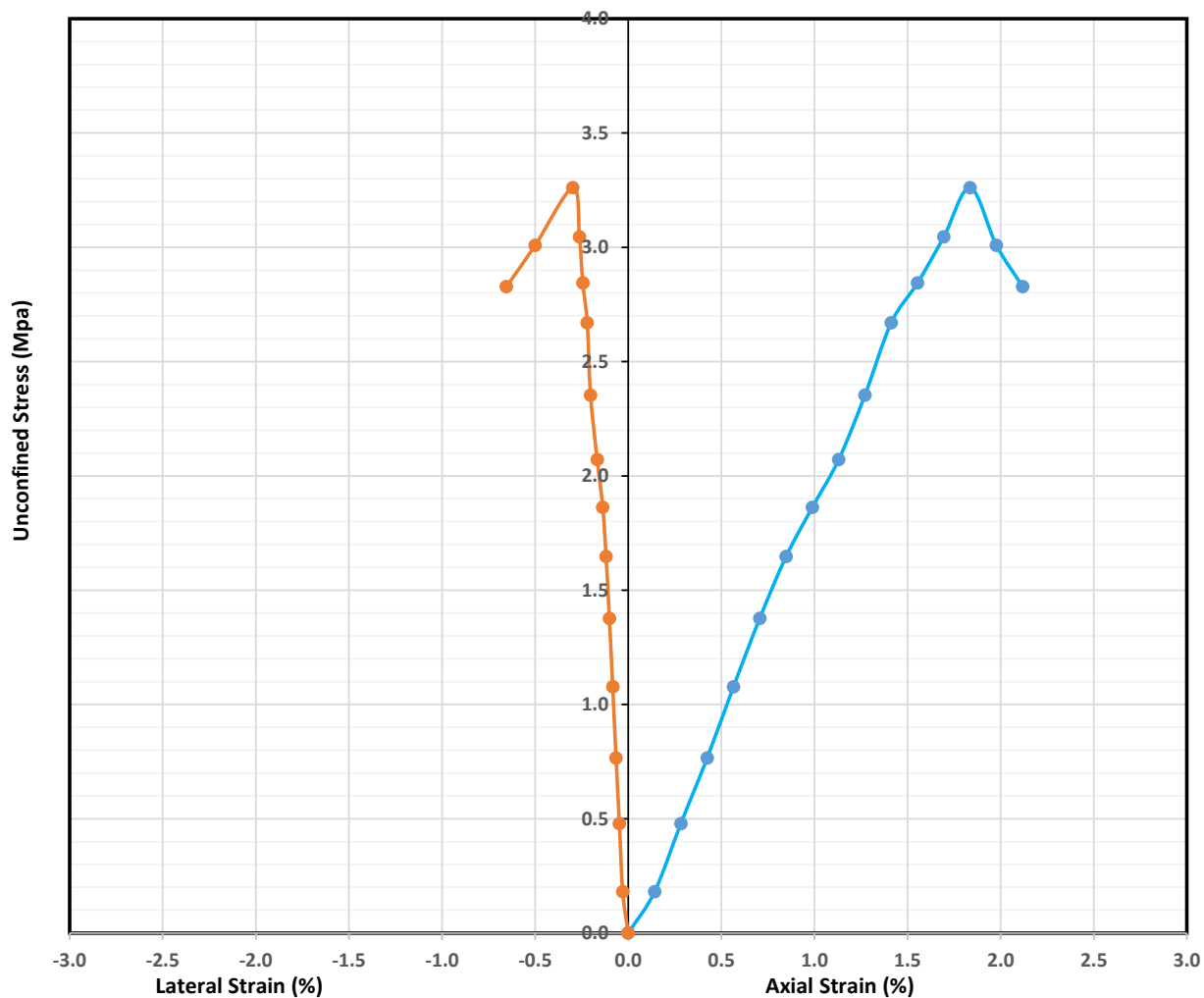


Sample Specification		Initial Condition	
Borehole ID:	BH-02	Bulk Density (kN/m ³):	21.12
Depth (m):	28.4-28.7	Dry Density (kN/m ³):	20.16
L (cm):	19.50	Moisture Content (%):	4.8
D (cm):	8.20	Strain Rate (%Per min.):	1.00

Test Results	
Unconfined Compressive Strength(MPa):	7.9

Uniaxial Compression Test

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

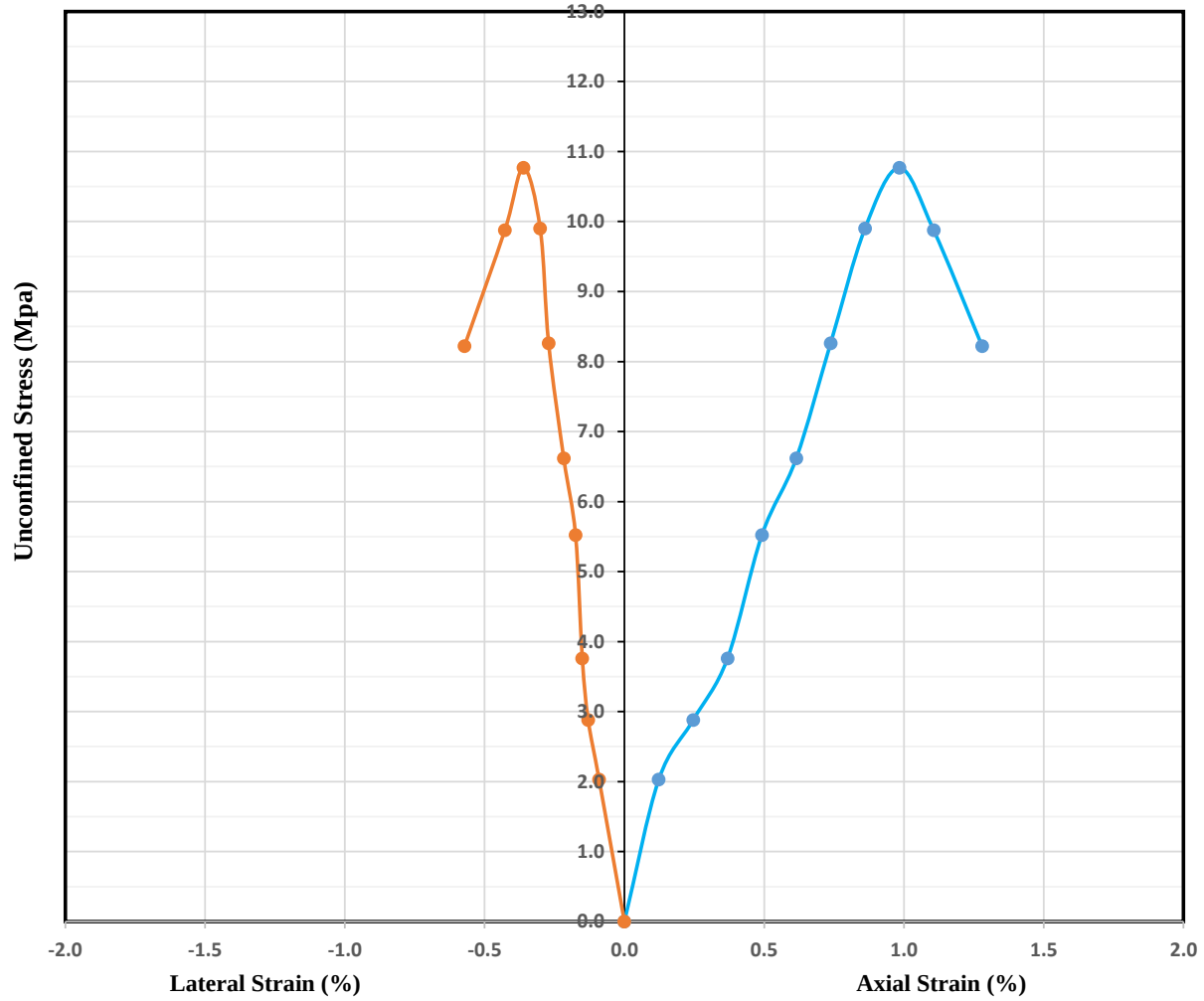


Sample Specification		Initial Condition	
Borehole ID:	BH-03	Bulk Density (kN/m ³):	18.97
Depth (m):	2.54-2.84	Dry Density (kN/m ³):	17.54
L (cm):	17.70	Moisture Content (%):	8.1
D (cm):	8.40	Strain Rate (%Per min.):	1.00

Test Results	
Unconfined Compressive Strength(MPa):	3.3

Uniaxial Compression Test

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

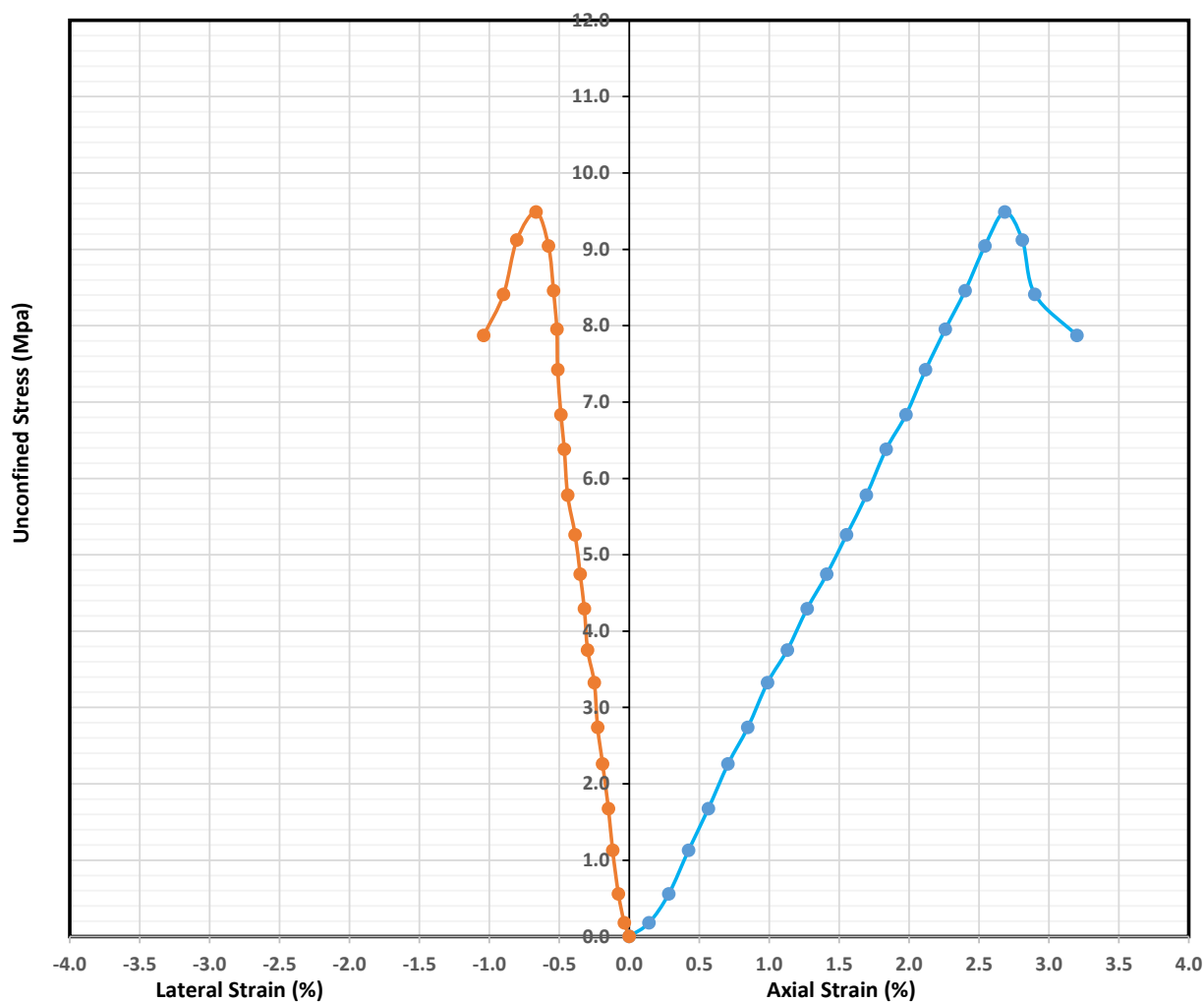


Sample Specification		Initial Condition	
Borehole ID:	BH-03	Bulk Density (kN/m ³):	20.55
Depth (m):	6.08-6.43	Dry Density (kN/m ³):	19.46
L (cm):	20.33	Moisture Content (%):	5.6
D (cm):	8.30	Strain Rate (%Per min.):	1.00

Test Results	
Unconfined Compressive Strength(MPa):	10.8

Uniaxial Compression Test

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

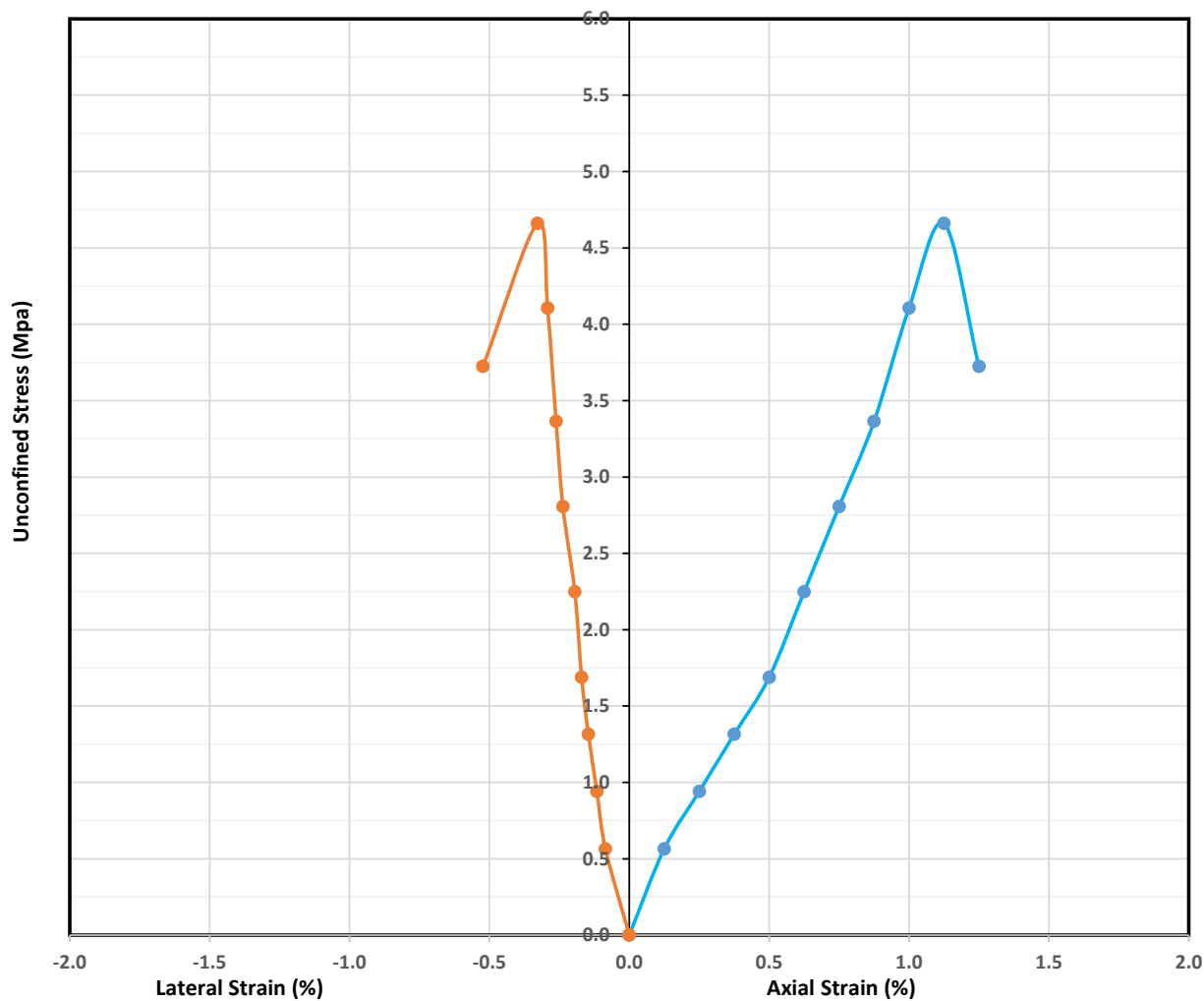


Sample Specification		Initial Condition	
Borehole ID:	BH-03	Bulk Density (kN/m ³):	22.33
Depth (m):	13.49-13.82	Dry Density (kN/m ³):	20.70
L (cm):	17.70	Moisture Content (%):	7.9
D (cm):	8.40	Strain Rate (%Per min.):	1.00

Test Results	
Unconfined Compressive Strength(MPa):	9.5

Uniaxial Compression Test

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

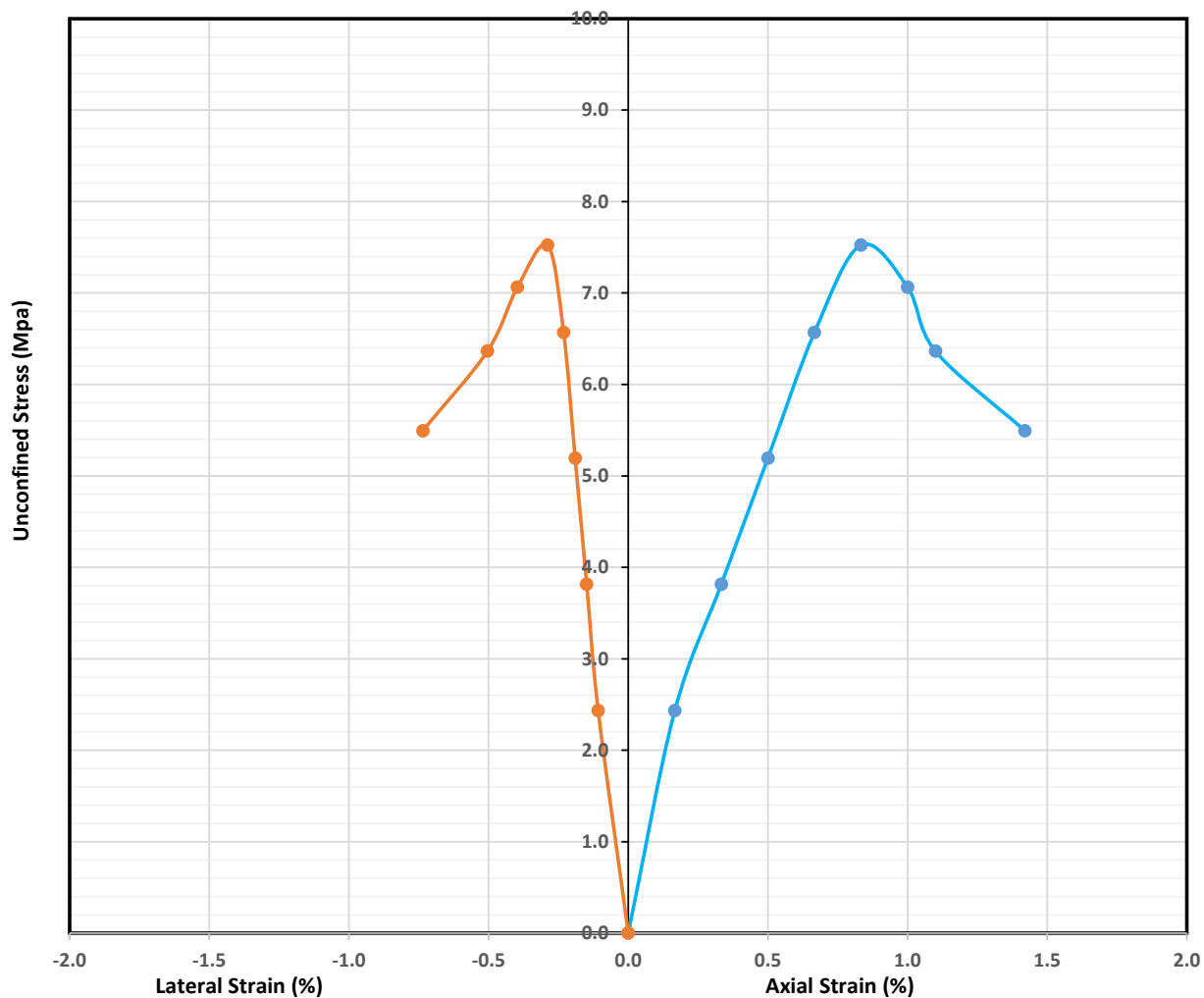


Sample Specification		Initial Condition	
Borehole ID:	BH-04	Bulk Density (kN/m ³):	20.66
Depth (m):	2.67-3.0	Dry Density (kN/m ³):	19.39
L (cm):	20.00	Moisture Content (%):	6.6
D (cm):	8.22	Strain Rate (%Per min.):	1.00

Test Results	
Unconfined Compressive Strength(MPa):	4.7

Uniaxial Compression Test

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

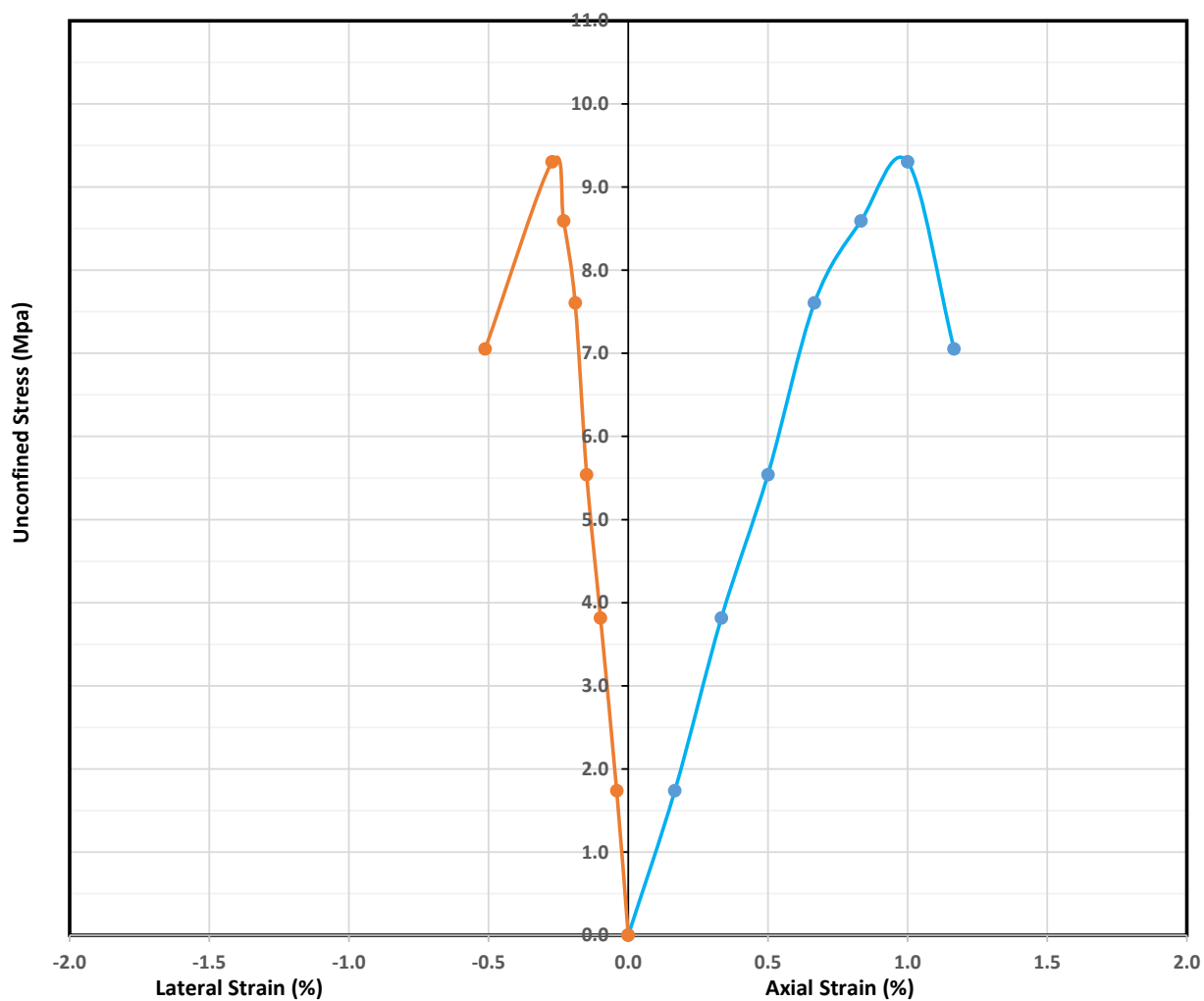


Sample Specification		Initial Condition	
Borehole ID:	BH-04	Bulk Density (kN/m ³):	20.44
Depth (m):	5.0-5.45	Dry Density (kN/m ³):	19.03
L (cm):	15.00	Moisture Content (%):	7.4
D (cm):	6.05	Strain Rate (%Per min.):	1.00

Test Results	
Unconfined Compressive Strength(MPa):	7.5

Uniaxial Compression Test

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

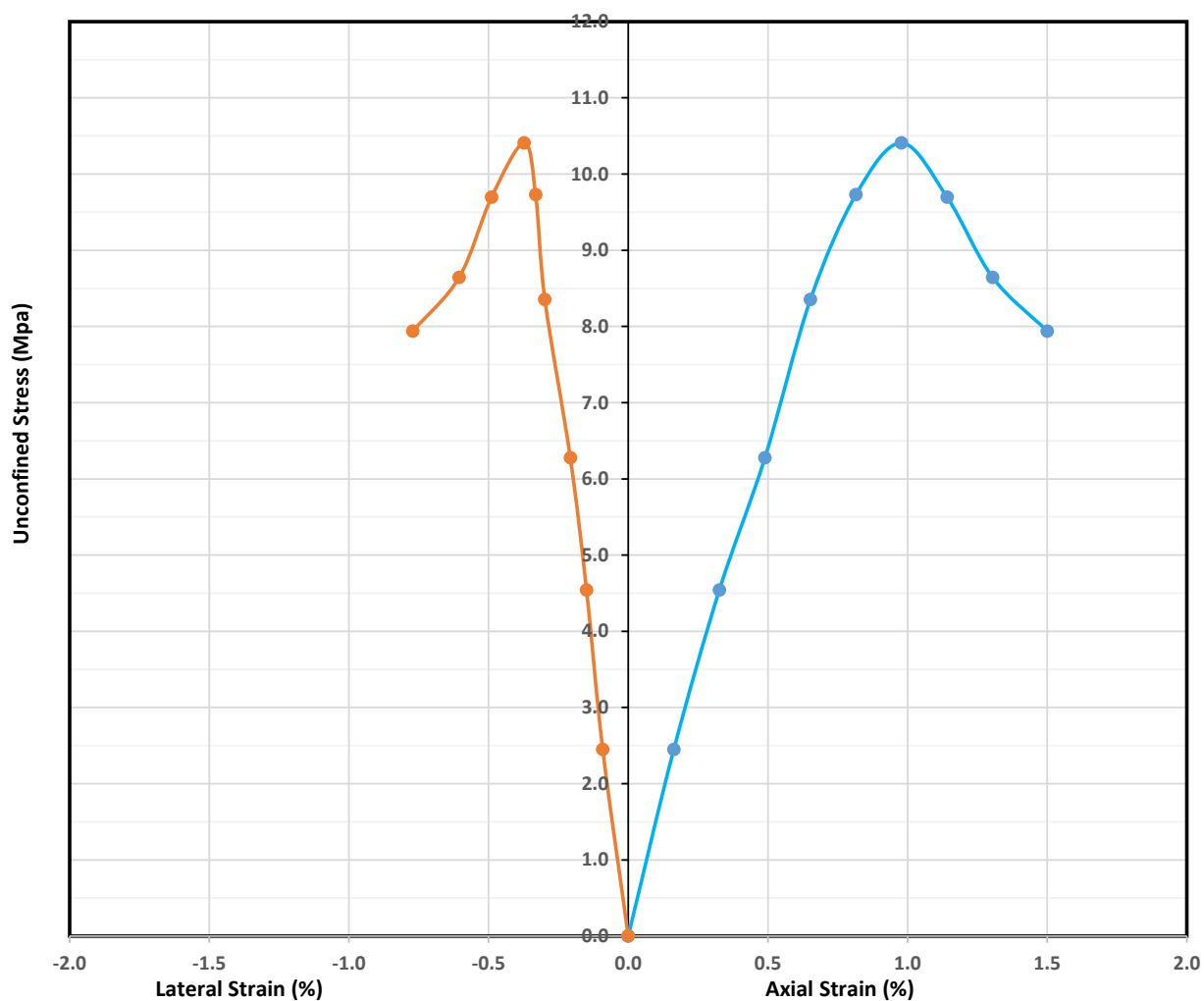


Sample Specification		Initial Condition	
Borehole ID:	BH-04	Bulk Density (kN/m ³):	21.83
Depth (m):	9.0-9.37	Dry Density (kN/m ³):	20.53
L (cm):	15.00	Moisture Content (%):	6.3
D (cm):	6.05	Strain Rate (%Per min.):	1.00

Test Results	
Unconfined Compressive Strength(MPa):	9.3

Uniaxial Compression Test

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

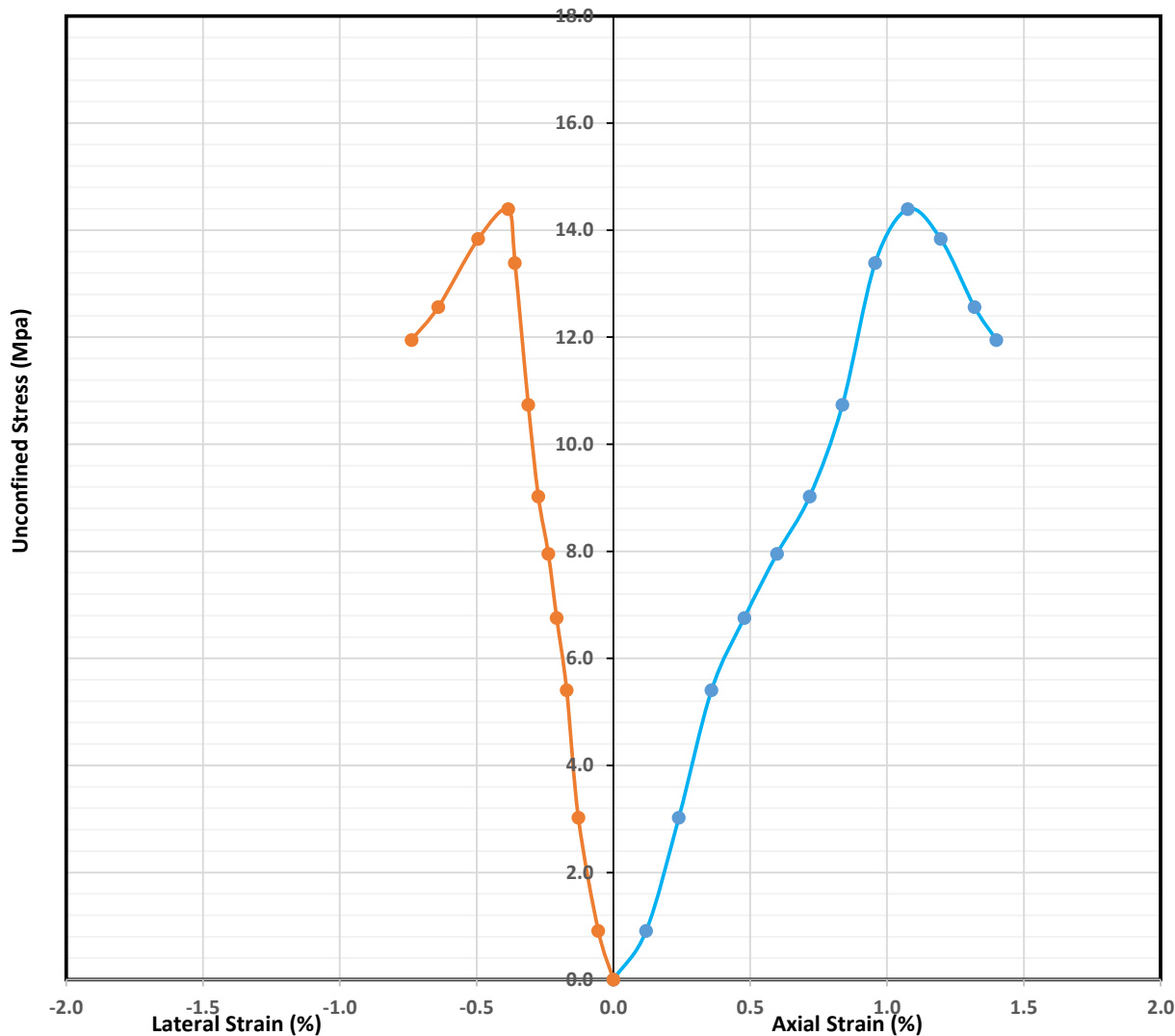


Sample Specification		Initial Condition	
Borehole ID:	BH-04	Bulk Density (kN/m ³):	22.40
Depth (m):	13.36-13.75	Dry Density (kN/m ³):	21.55
L (cm):	15.33	Moisture Content (%):	3.9
D (cm):	6.03	Strain Rate (%Per min.):	1.00

Test Results	
Unconfined Compressive Strength(MPa):	10.4

Uniaxial Compression Test

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

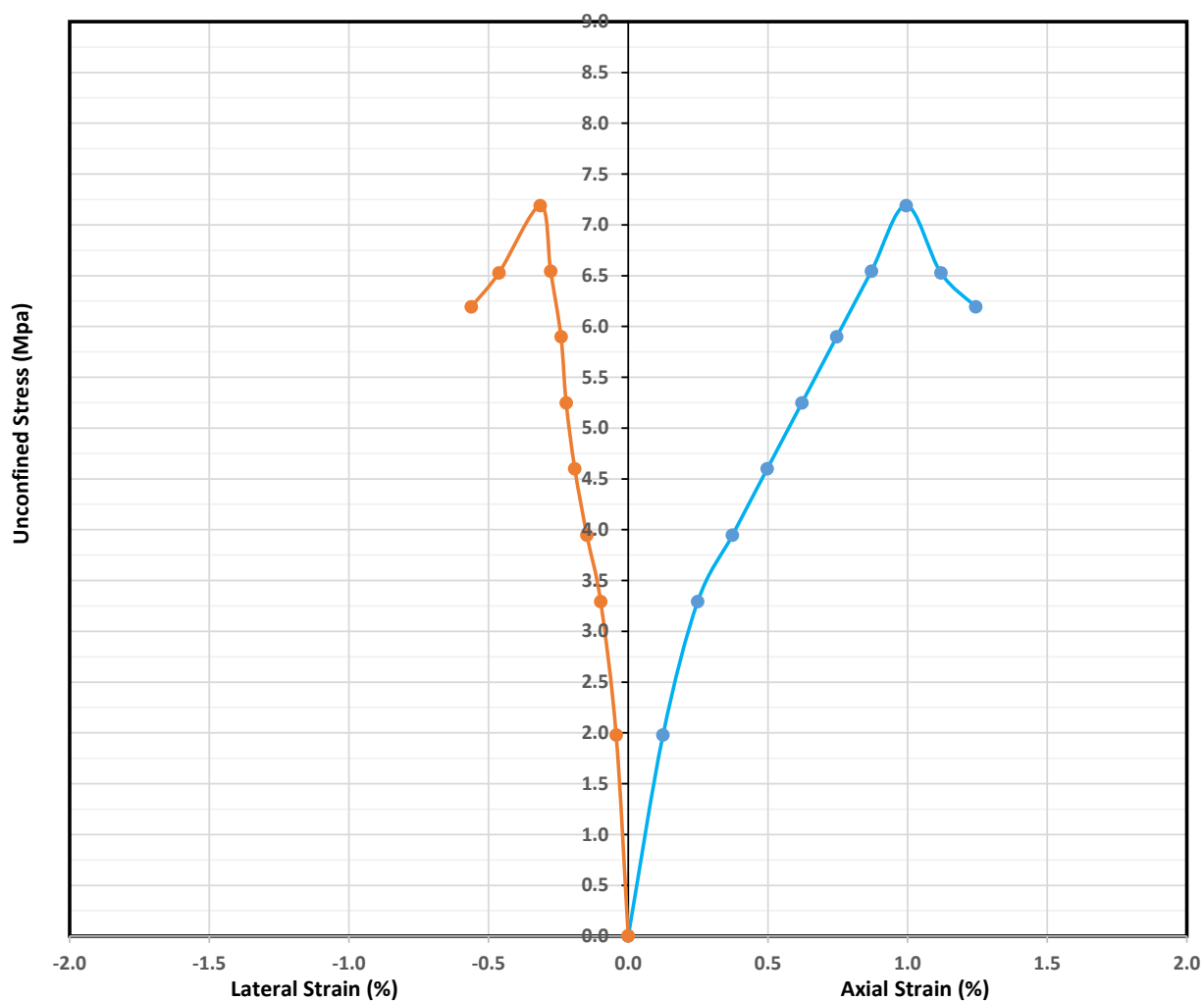


Sample Specification		Initial Condition	
Borehole ID:	BH-05	Bulk Density (kN/m ³):	22.21
Depth (m):	8.67-9.00	Dry Density (kN/m ³):	20.40
L (cm):	20.90	Moisture Content (%):	8.9
D (cm):	8.20	Strain Rate (%Per min.):	1.00

Test Results	
Unconfined Compressive Strength(MPa):	14.4

Uniaxial Compression Test

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

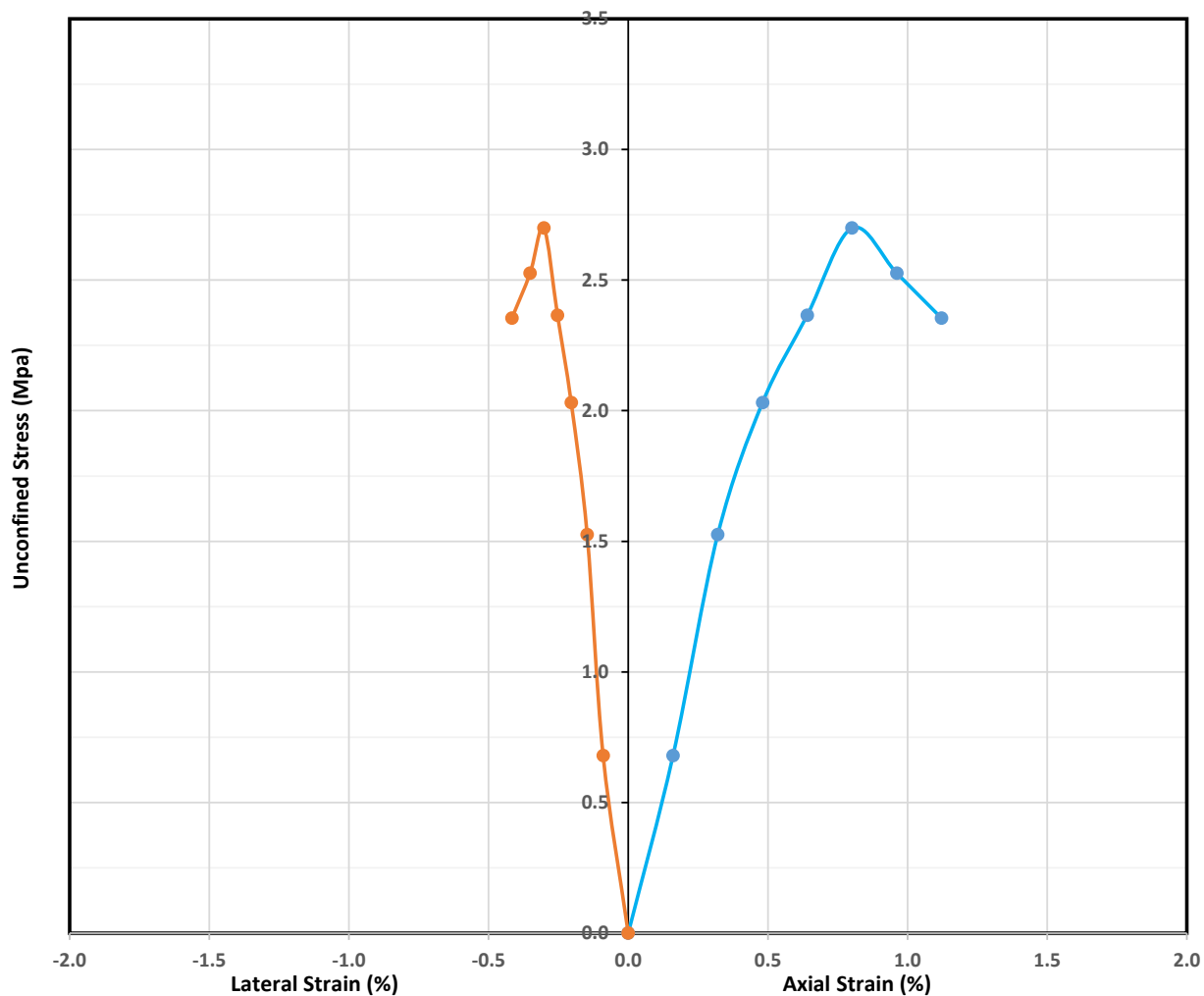


Sample Specification		Initial Condition	
Borehole ID:	BH-05	Bulk Density (kN/m ³):	21.59
Depth (m):	14.62-15.0	Dry Density (kN/m ³):	20.70
L (cm):	20.10	Moisture Content (%):	4.3
D (cm):	8.10	Strain Rate (%Per min.):	1.00

Test Results	
Unconfined Compressive Strength(MPa):	7.2

Uniaxial Compression Test

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

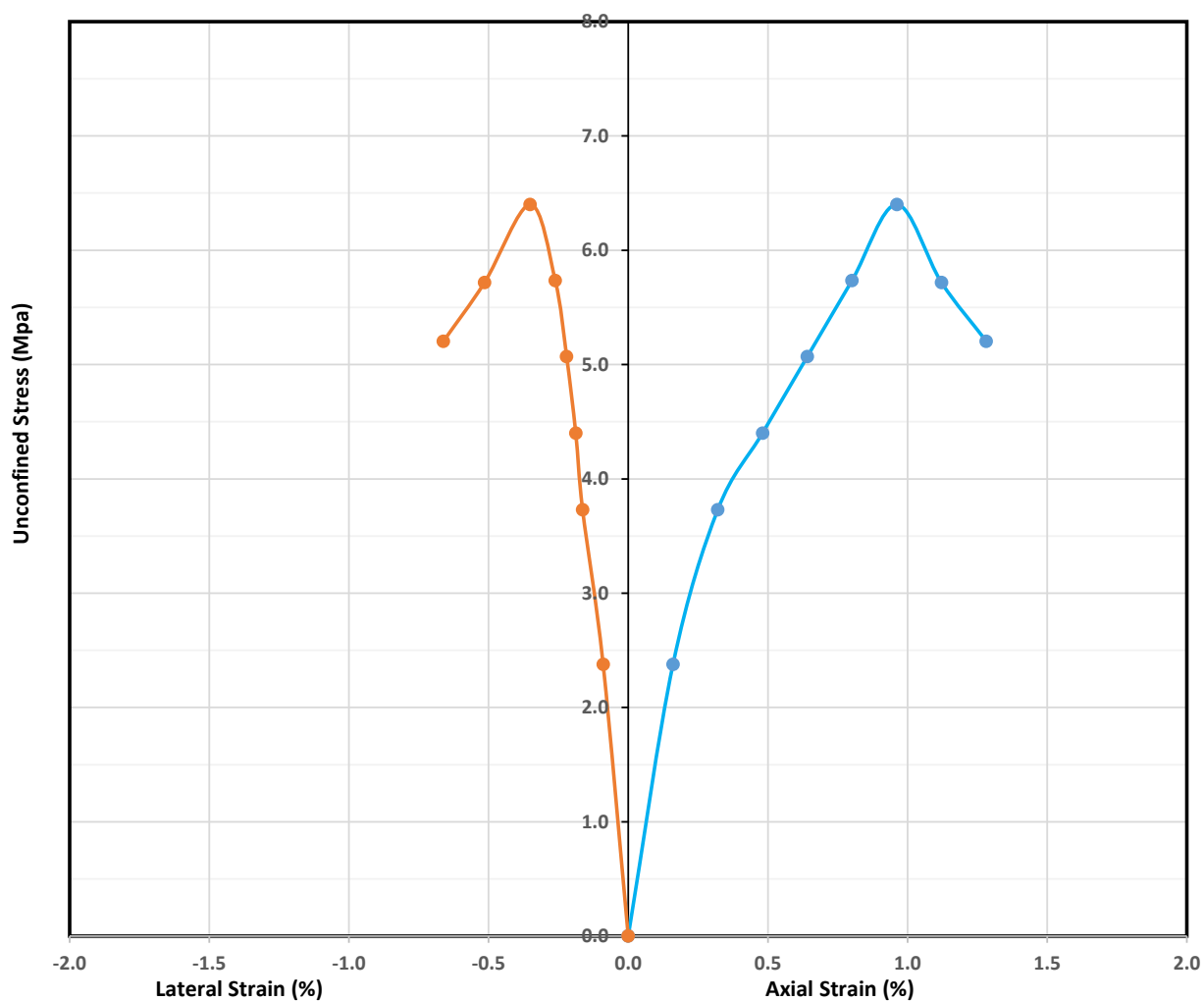


Sample Specification		Initial Condition	
Borehole ID:	BH-06	Bulk Density (kN/m ³):	21.39
Depth (m):	5.4-5.82	Dry Density (kN/m ³):	20.08
L (cm):	15.60	Moisture Content (%):	6.5
D (cm):	6.12	Strain Rate (%Per min.):	1.00

Test Results	
Unconfined Compressive Strength(MPa):	2.7

Uniaxial Compression Test

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



Sample Specification		Initial Condition	
Borehole ID:	BH-06	Bulk Density (kN/m ³):	22.54
Depth (m):	14.53-14.87	Dry Density (kN/m ³):	21.58
L (cm):	15.60	Moisture Content (%):	4.4
D (cm):	6.12	Strain Rate (%Per min.):	1.00

Test Results	
Unconfined Compressive Strength(MPa):	6.4

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-02	4.42-4.77	300	81.8	80.4	0.36	1.24	0.44	9.76
BH-02	10.0-10.46	300	82.2	81.6	0.35	1.25	0.44	9.63
BH-02	17.7-18.0	400	82.3	82.2	0.46	1.25	0.58	12.78
BH-02	25.31-25.69	700	82.4	80	0.83	1.24	1.03	22.67
BH-03	4.2-4.5	200	81	80.6	0.24	1.24	0.30	6.56
BH-03	9.26-9.57	300	81	81.8	0.36	1.25	0.44	9.76
BH-04	7.7-8.0	300	60.8	60.8	0.64	1.09	0.70	15.31
BH-04	11.62-12.0	200	61.1	60.6	0.42	1.09	0.46	10.17
BH-06	0.58-0.81	300	90.2	90	0.29	1.30	0.38	8.32
BH-06	7.48-7.9	100	61	60	0.21	1.09	0.23	5.12
BH-06	11.18-11.54	100	62.3	60	0.21	1.09	0.23	5.02
BH-06	13.0-13.3	100	60	60	0.22	1.09	0.24	5.21

Note:

$$D_e = 4A / \pi$$

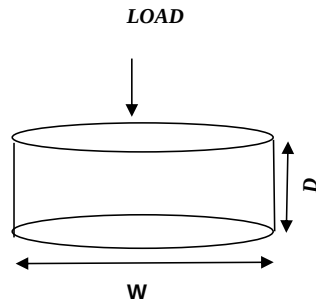
$$A = WD$$

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

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

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

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



پیوست ۴-۶

آزمایش برش مستقیم



CLIENT

PROJECT NUMBER

589

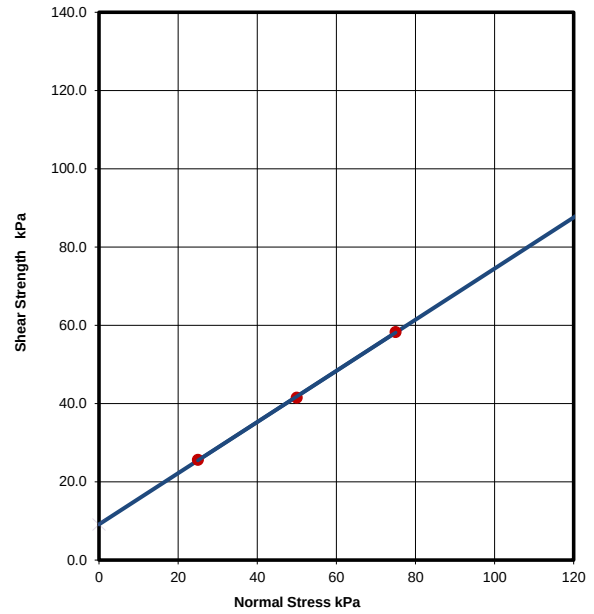
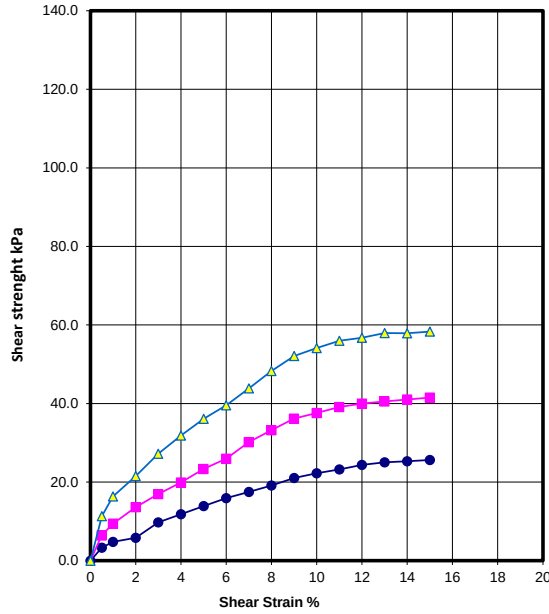
PROJECT NAME

مطالعات ژئوتکنیک پروژه بینک

PROJECT LOCATION

بوشهر

Direct Shear Test



Borehole ID:	BH-03	Sample Type:	Remolded
Sample Depth (m):	0.5-1.0	Test Type:	Fast

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):	3.0	3.0	3.0	Moisture (%):	6.8	6.8	6.6	Moisture (%):	13.0	13.9	13.5
B*L (cm*cm):	10*10	10*10	10*10	Saturation (%):	48.52	48.29	47.19	Saturation (%):	97.90	99.79	98.72
γ_d (kN/m ³):	19.03	19.00	19.07	Void Ratio:	0.37	0.37	0.37	Void Ratio:	0.34	0.36	0.35

Test Results

C (kPa): 9.13

ϕ (Degree): 33.2



CLIENT

PROJECT NAME

مطالعات ژئوتکنیک پروژه بینک

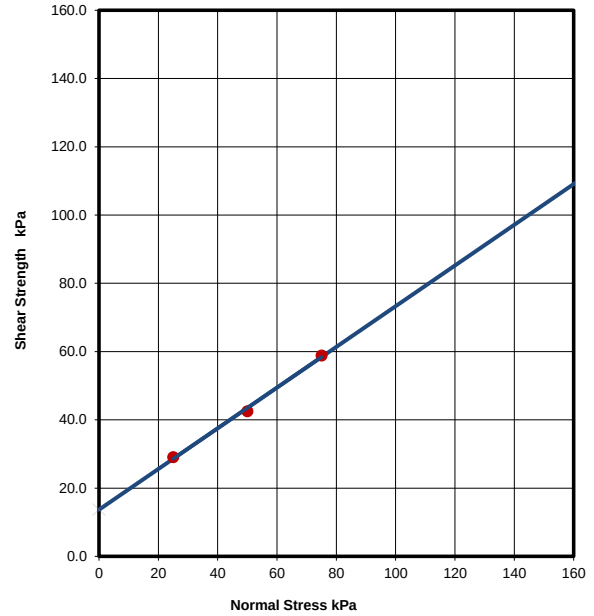
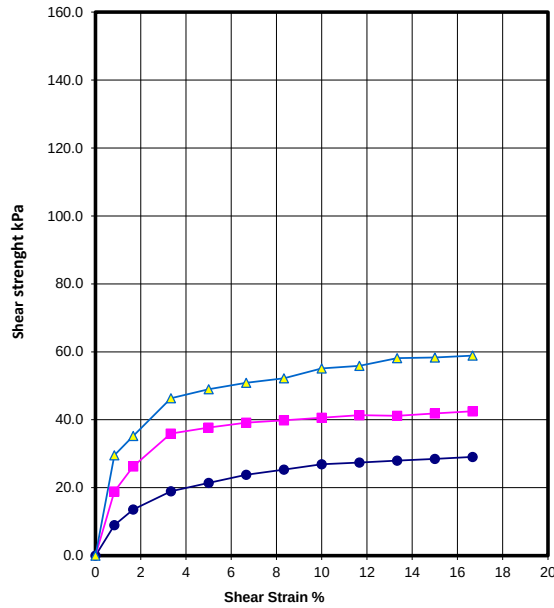
PROJECT NUMBER

589

PROJECT LOCATION

بوشهر

Direct Shear Test



Borehole ID:	BH-05	Sample Type:	Remolded
Sample Depth (m):	1.5-2.0	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 (%):	8.1	8.6	7.5	Moisture (%):	13.0	11.3	10.8
B*L (cm*cm):	6*6	6*6	6*6	Saturation (%):	51.39	59.52	47.75	Saturation (%):	98.34	95.83	97.31
γ_d (kN/m ³):	18.69	19.19	19.61	Void Ratio:	0.42	0.38	0.42	Void Ratio:	0.35	0.31	0.29

Test Results

C (kPa): 13.67

 ϕ (Degree): 30.8

پیوست ۴-۷

آزمایش مقاومت کششی برزیلی سنگ

Splitting Tensile Strength Test Results (Brazilian Test)



Project:

مطالعات ژئوتکنیک پروژه بینک

Client:

PROJECT NUMBER:

589

Borehole No.	Depth	D mm	H mm	P N	Tensile Strength MPa
BH-02	3.8-4.0	82.0	51.0	5000	0.76
BH-02	7.52-7.78	81.8	51.3	8000	1.21
BH-02	12.27-12.6	81.6	52.2	7000	1.05
BH-02	20.5-20.8	82.0	52.0	6000	0.90
BH-02	27.53-28.0	83.0	56.0	6000	0.82
BH-03	11.67-11.95	80.0	52.0	5000	0.77
BH-04	3.7-4.0	81.4	48.6	5000	0.80
BH-05	5.33-5.77	83.0	58.8	7000	0.91
BH-06	10.0-10.41	61.0	42.0	3000	0.75

پیوست ۴-۸

آزمایش نسبت وزن مخصوص (Gs)

Soil Specific Gravity Tests

ASTM D-0854



Project: مطالعات ژئوتکنیک پروژه بینک

Client:

BH No	Depth	Specific Gravity
	(m)	(Gs)
BH-02	28.4-28.76	2.64
BH-05	8.67-9.0	2.66
BH-06	14.53-14.87	2.66

پیوست ۴-۹

آزمایش شیمیایی



Chemical Test –GCS Soil

BH No:	Depth (m)	SO ₄ ⁻² (in Water) (%)	SO ₄ ⁻² (Total) (%)	CL ⁻ (%)	pH at 25° c
		(BS1377)	(BS1377)	(BS1377)	(ASTM4972)
BH -02	0.50	0.28	0.45	0.210	8.0
BH -02	1.50	0.24	0.42	0.321	8.2
BH -02	4.42	0.35	0.57	0.287	8.2
BH -05	0.50	0.31	0.41	0.304	8.0
BH -05	1.50	0.19	0.33	0.183	8.1
BH -05	5.53	0.39	0.54	0.295	8.1



Chemical Test –GCS Water

BH No:	SO ₄ ⁻² (%)	CL ⁻ (%)	pH at 25° c
	(ASTM D516)	(ASTM D512)	(ASTM D1293)
BH -02	1680.0	1820.0	7.9

پیوست ۴-۱۰

مقادیر پیشنهادی پارامترهای فیزیکی و مکانیکی خاک طبیعی

مقادیر پیشنهادی پارامترهای فیزیکی و مکانیکی لایه‌های طبیعی

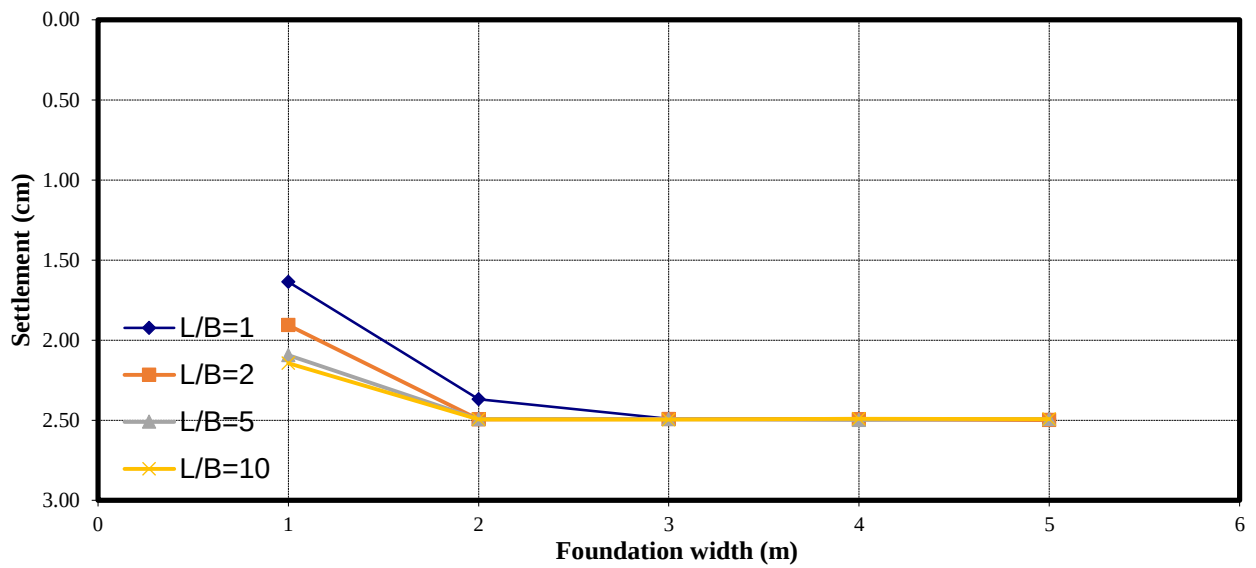
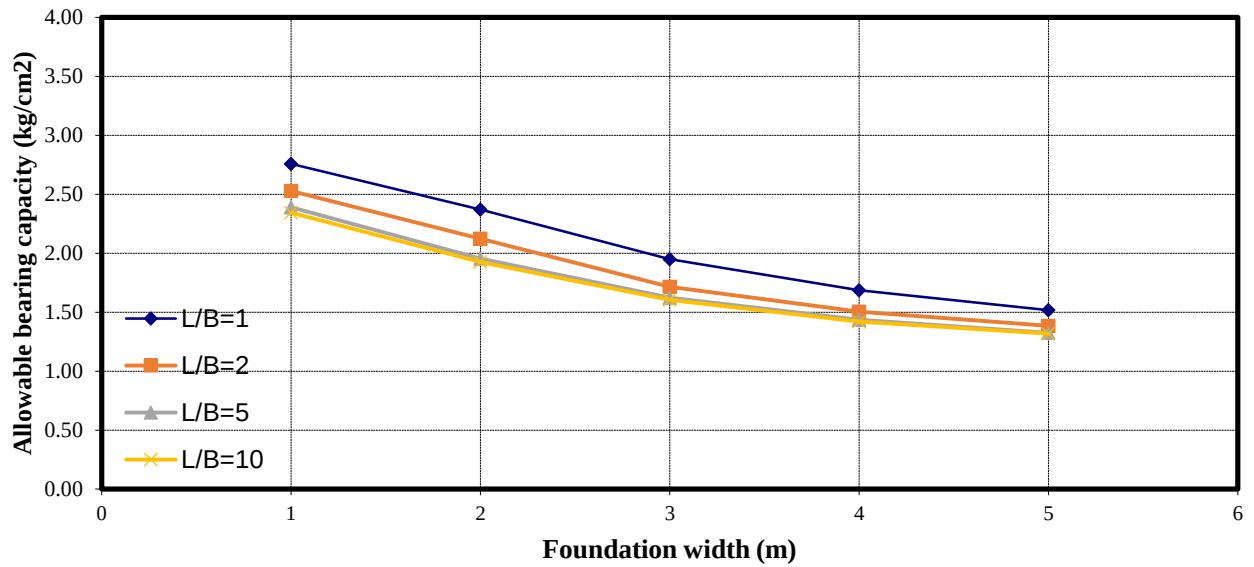
<i>Layer type according to Unified method</i>	<i>CL</i>	<i>Marl (CL)</i>	<i>Marl (CL)</i>	<i>Unit</i>
<i>Depth</i>	<i>0.5-3.5</i>	<i>3.5-7.5</i>	<i>7.5-30</i>	<i>m</i>
<i>Soil cohesion (Cu)</i>	<i>1.0-2.0</i>	<i>2.5-5.0</i>	<i>4.0-8.0</i>	<i>kg/cm2</i>
<i>Soil wet density (γ_w)</i>	<i>1.9-2.0</i>	<i>1.95-2.15</i>	<i>2.0-2.2</i>	<i>g/cm3</i>
<i>Soil module of elasticity (Es)</i>	<i>200-400</i>	<i>500-1000</i>	<i>800-1600</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 - GCS

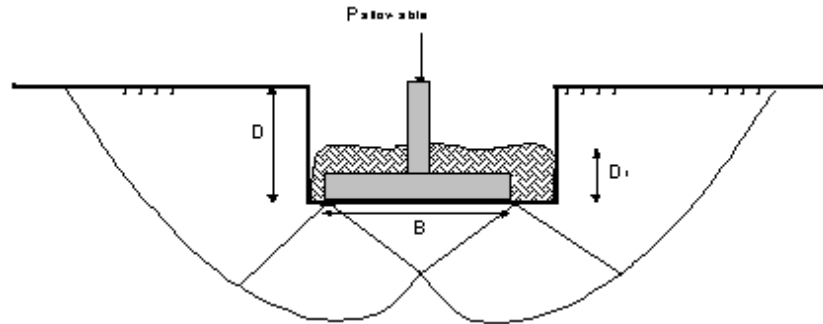


$D = 1\text{m}$
 $D_f = 1\text{m}$

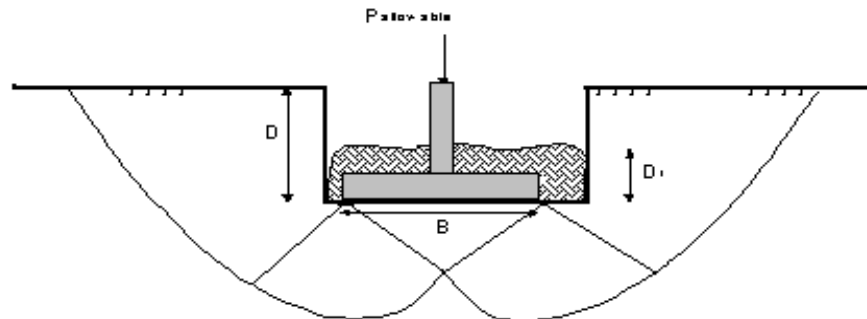
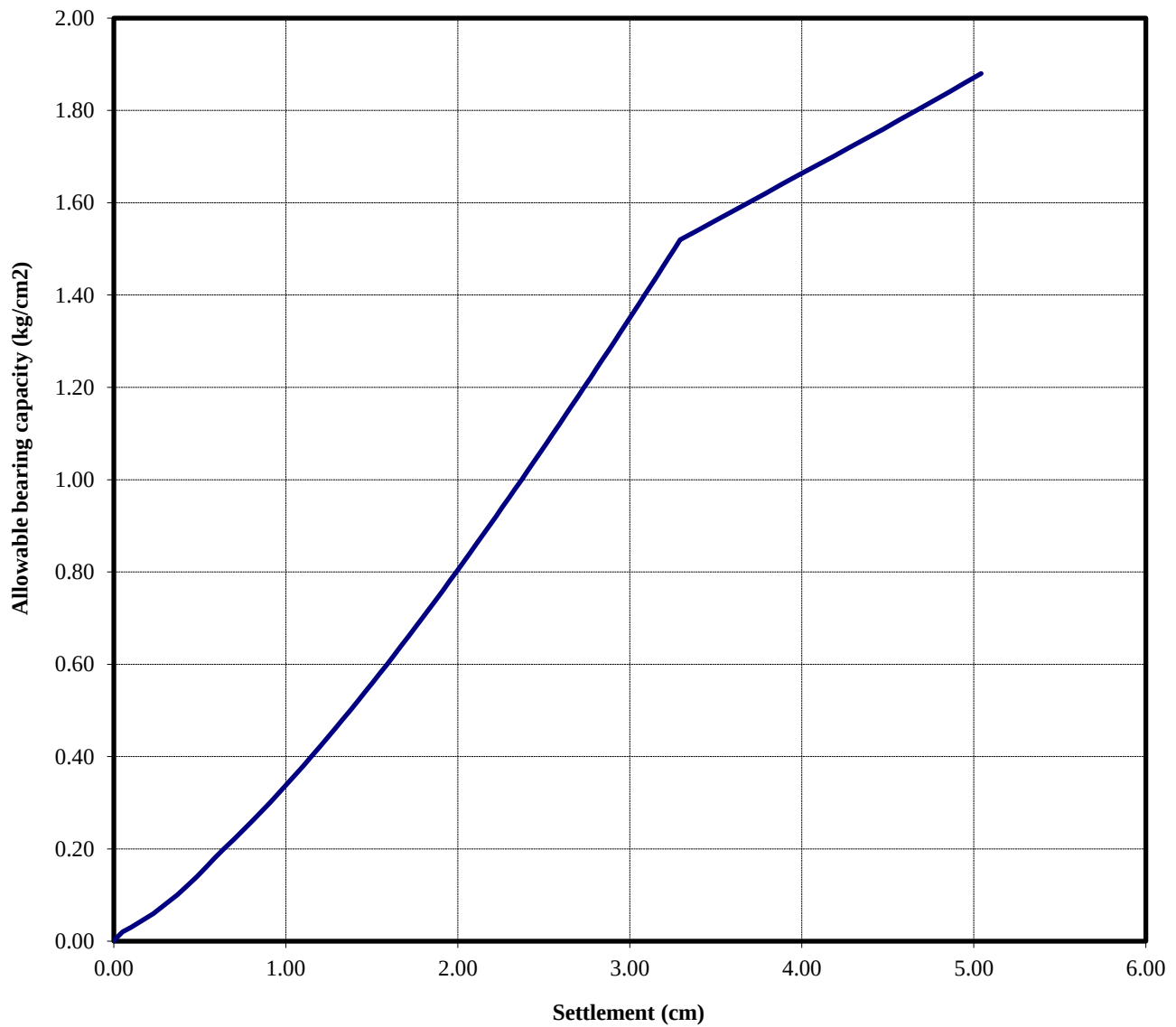
Notes:

D : Depth of footing with respect to ground surface

D_f : Depth of footing embedment



Mat Foundation-12m*20m **GCS**



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

Notes:

D : Depth of footing with respect to ground surface

D_f : Depth of footing embedment

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.

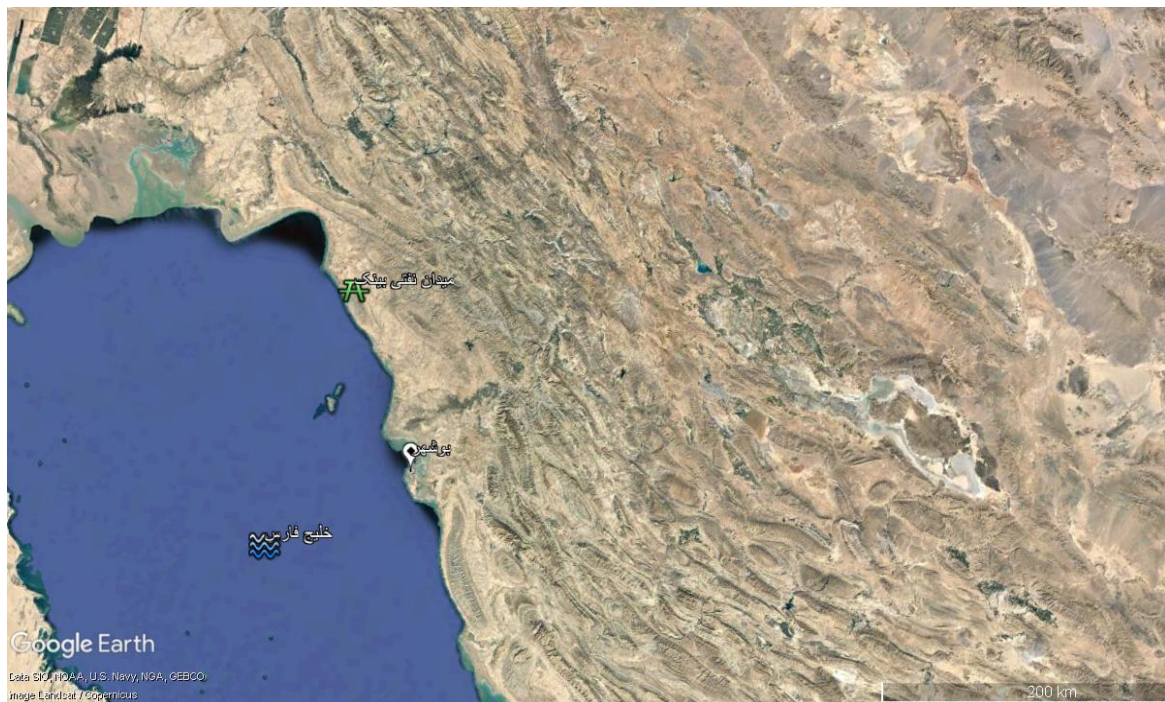
شرح کار پروژه:

• 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

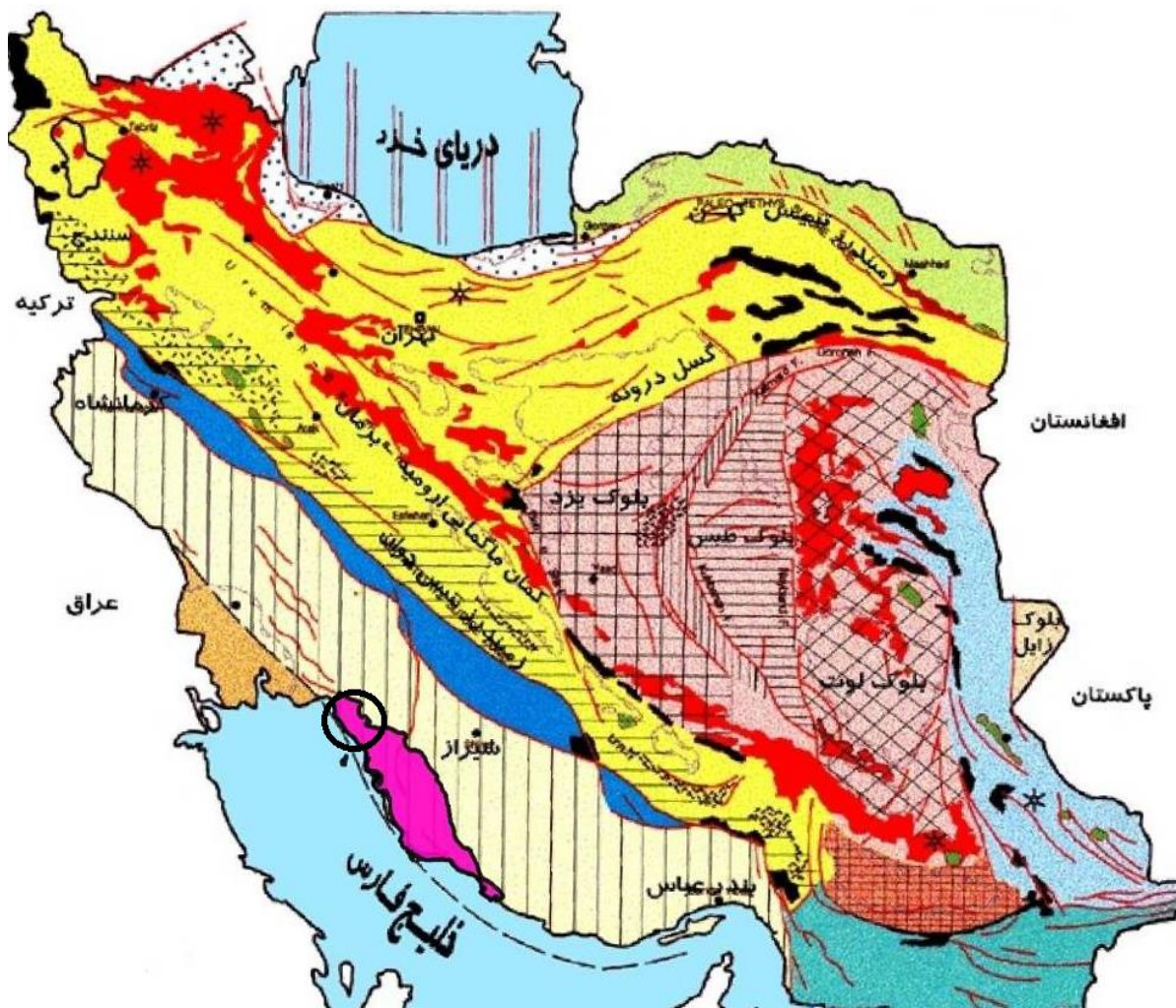
۳- هدف مطالعات

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 قاره ای زاگرس پوشیده شده که بعداً رسوبات آهکی مربوط به دریای کم عمق همراه با شیل و رخساره های 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- ساختاری ایران (آقائباتی، 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 زبر 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 (Disturbing) 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- ناهمواری و زبری

۲- میزان هوازدهی

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 هوازدهی و تازه

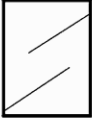
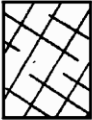
۲- خوب (Good): زبر، کمی هوازده، زنگزدگی با آهن

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

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

۵- خیلی ضعیف (Very poor): خش لغزش، هوازدهی 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 →				
 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		
 DISINTEGRATED - poorly interlocked, heavily broken rock mass with mixture of angular and rounded rock pieces				40		
 LAMINATED/SHEARED - Lack of blockiness due to close spacing of weak schistosity or shear planes					30	
					20	
						10
		N/A	N/A			

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

J_A : 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:

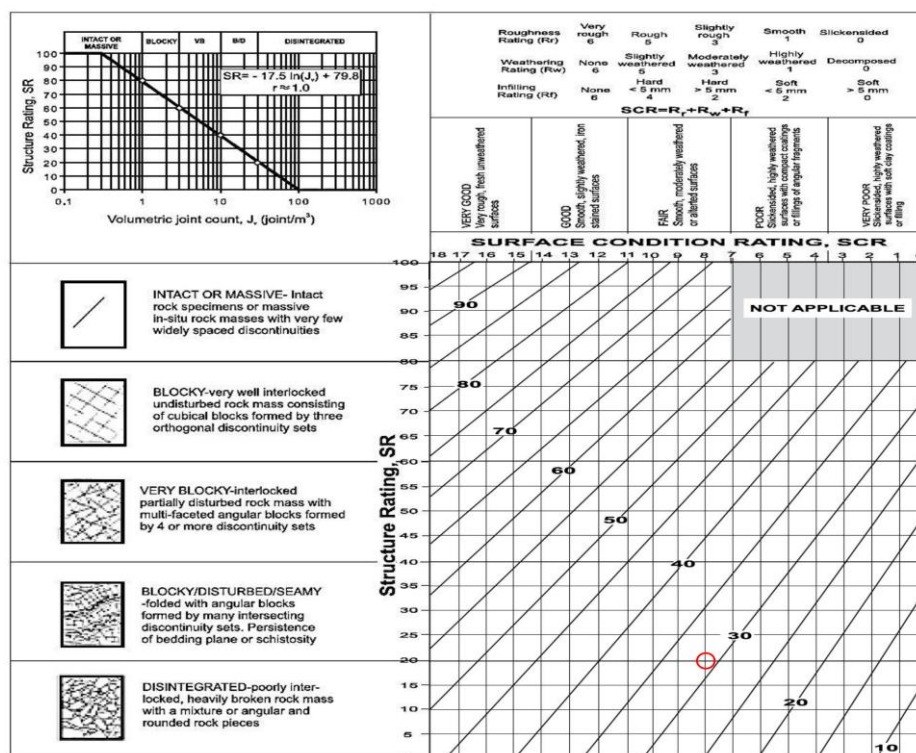
$$1.5 J_{cond}^{89}$$

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

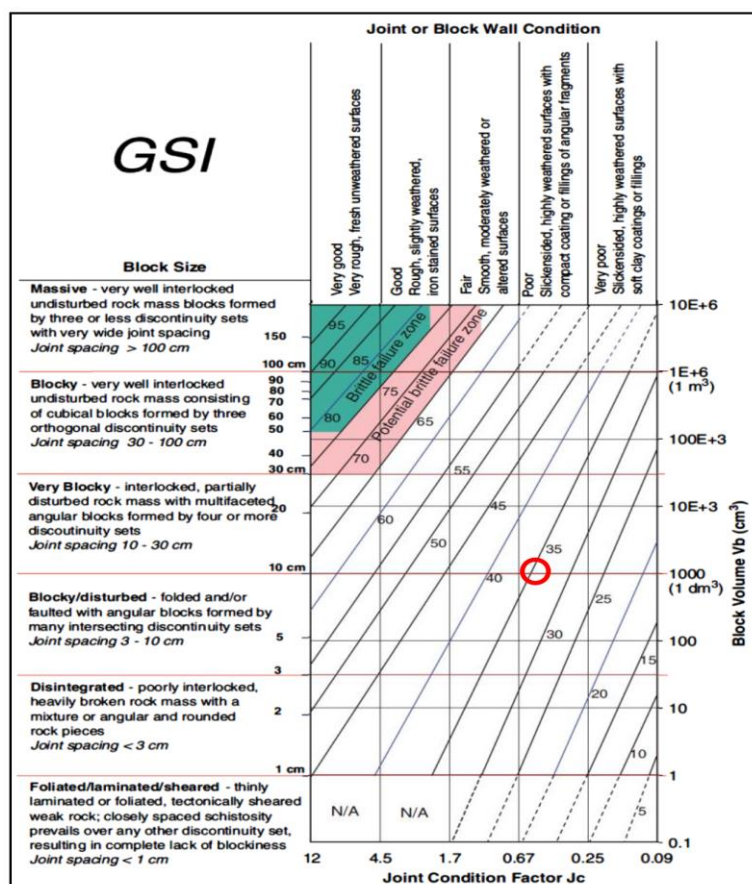
J_{cond}^{89} : امتیاز شرایط سطح ناپیوستگی بر اساس RMR_{89}

J_{cond}^{76} : امتیاز شرایط سطح ناپیوستگی بر اساس RMR_{76}

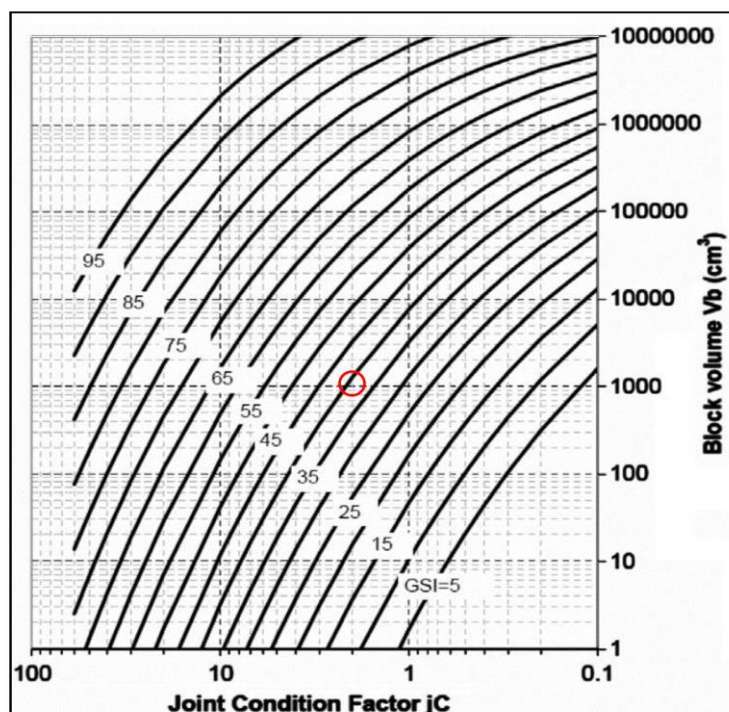
در تصویر ۱۰ چارت تخمین و ارزیابی شاخص مقاومت زمین شناسی به روش Hoek et al, 2013 ارائه شده است.



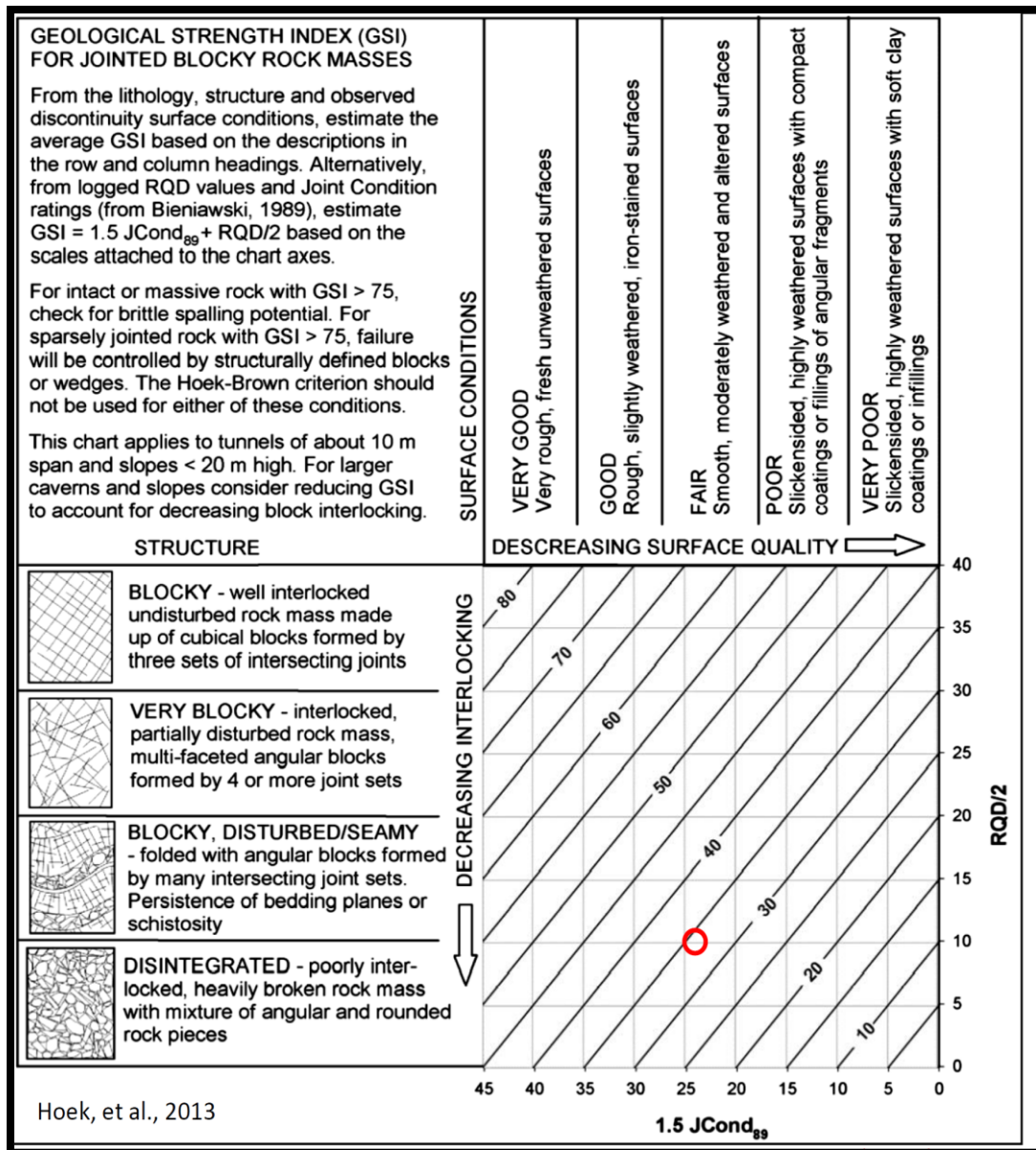
تصویر ۷: برآورد کمی GSI به روش Sonmez & Ulusay, 2002



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- تخمین و ارزیابی شاخص مقاومت زمین شناسی پروژه

۸-۱- ایستگاه تقویت فشار گاز بینک (GCS)

ایستگاه تقویت فشار گاز بینک (GCS) بر روی سازند آغاچاری با لیتولوژی غالب مارن با لایه های ماسه سنگ تشکیل شده است. (تصویر ۱۱)

لذا در ادامه شاخص مقاومت زمین شناسی توده سنگ های مارنی و لایه های ماسه سنگ به تفکیک برآورد و در انتها متوسط شاخص مقاومت زمین شناسی توده سنگ های محل ایستگاه تقویت فشار گاز بینک (GCS) محاسبه و ارائه شده است.

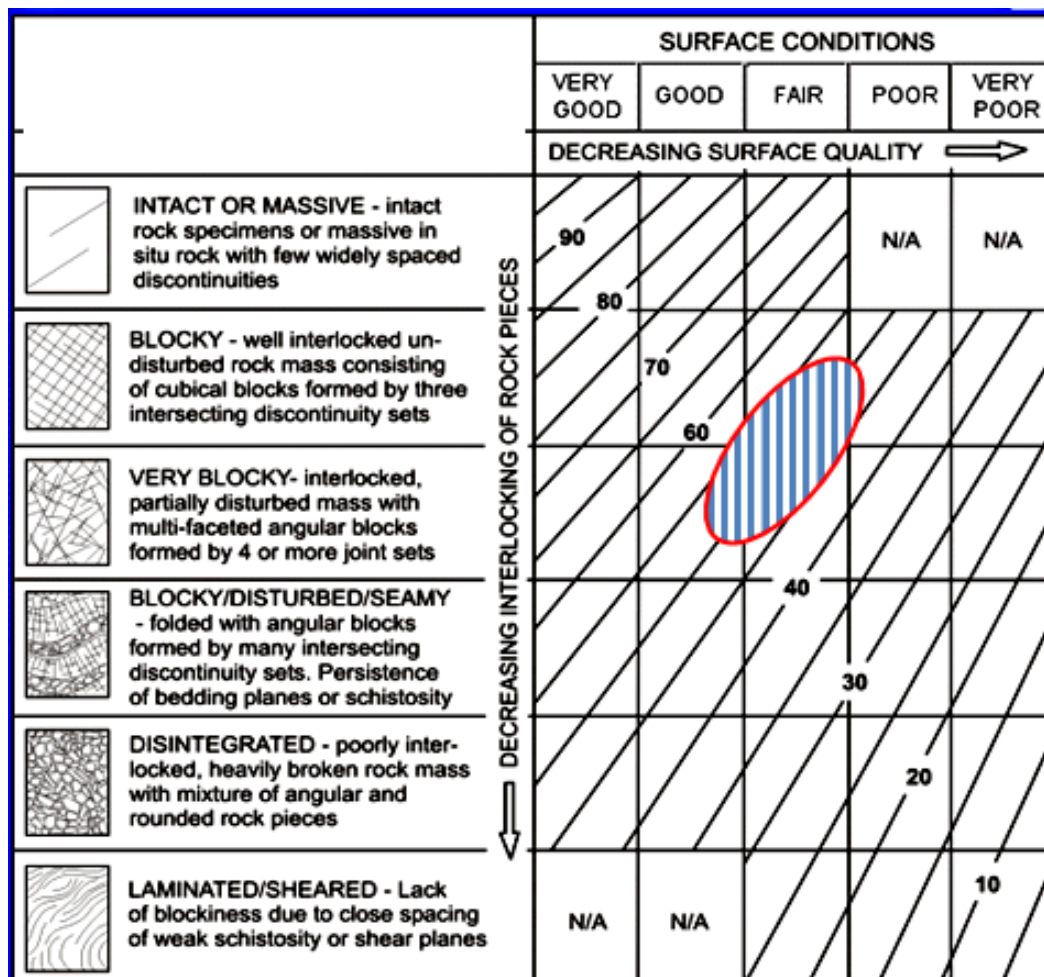


تصویر ۱۱: نمایی از لیتولوژی محدوده ایستگاه تقویت فشار گاز بینک (GCS)

۸-۱-۱- 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 ایستگاه تقویت فشار گاز بینک (GCS)، $GSI=45-55$ تخمین زده شده ست (تصویر ۱۲).



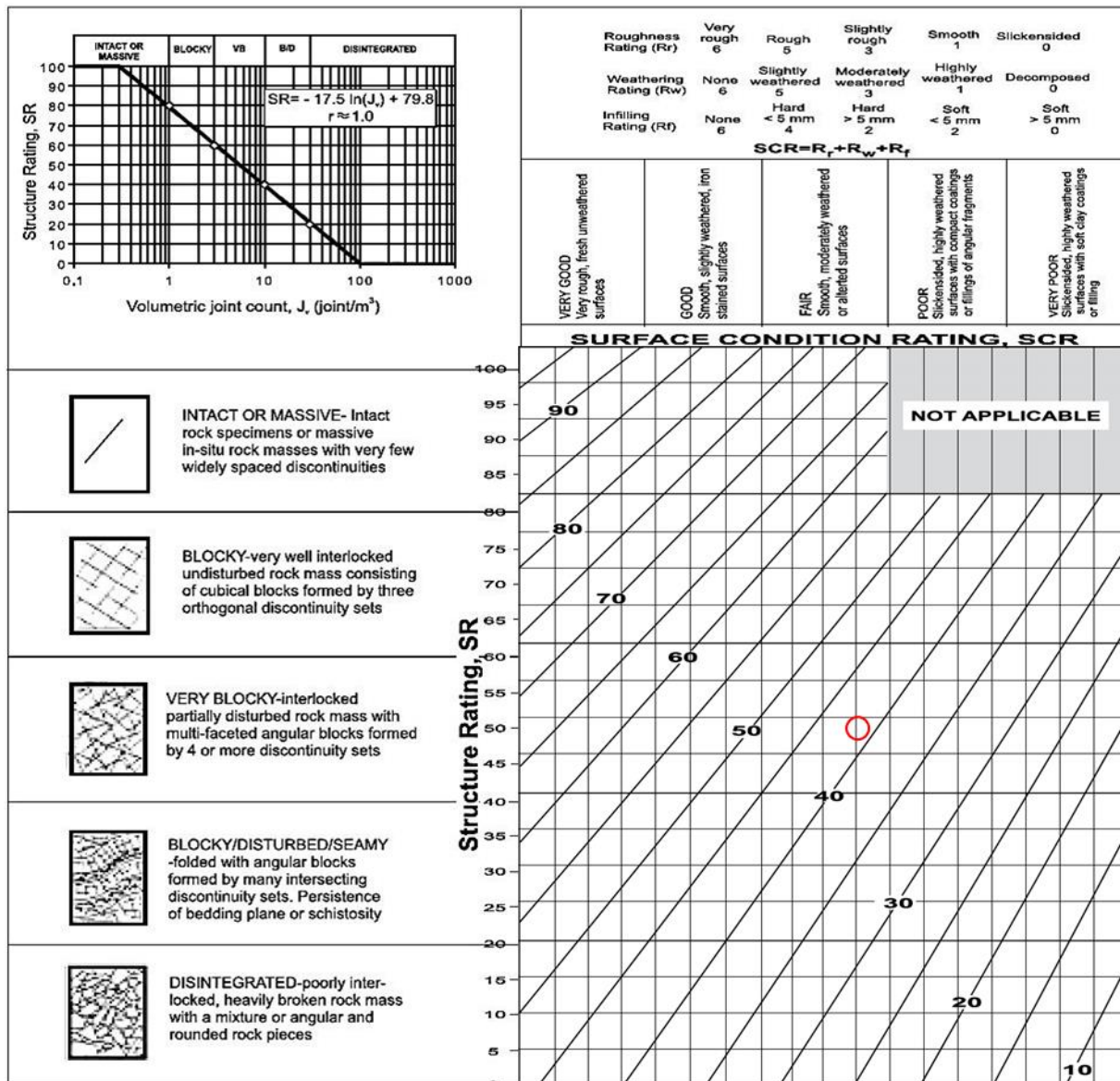
تصویر ۱۲: شاخص مقاومت زمین شناسی توده سنگ مارنی ایستگاه تقویت فشار گاز بینک (GCS)

ب- محاسبه GSI به روش کمی

در ادامه برآورد کمی توده سنگ مارنی محل ایستگاه تقویت فشار گاز بینک (GCS) ارائه شده است:

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

بر اساس روش Sonmez & Ulusay, 2002 شاخص مقاومت زمین‌شناسی لایه های مارنی ایستگاه تقویت فشار گاز بینک (GCS)، $GSI=42$ برآورد شده است که در تصویر ۱۳ ارائه شده است.

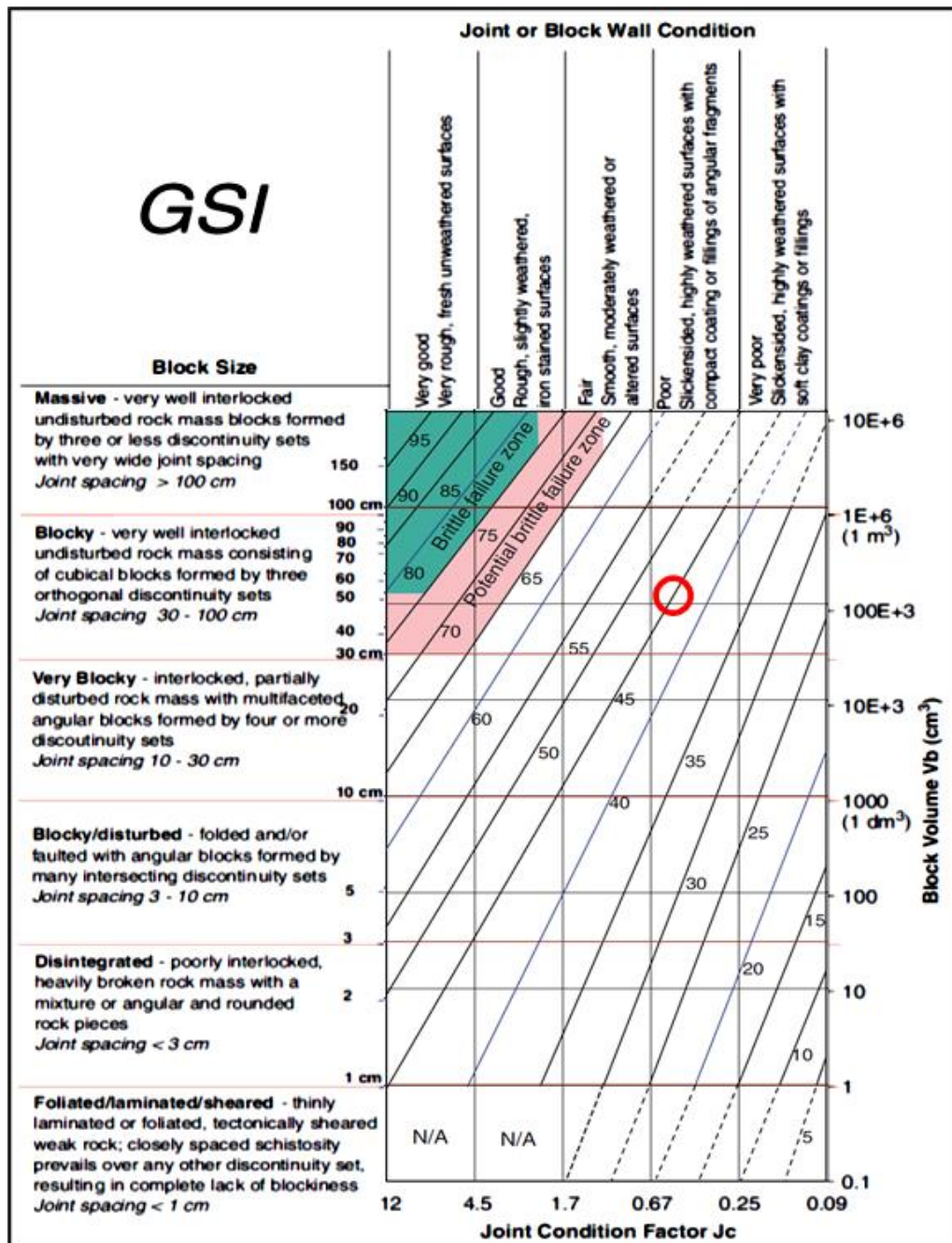


تصویر ۱۳: برآورد کمی GSI لایه های مارنی ایستگاه تقویت فشار گاز بینک (GCS) روش Sonmez &

Ulusay, 2002

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

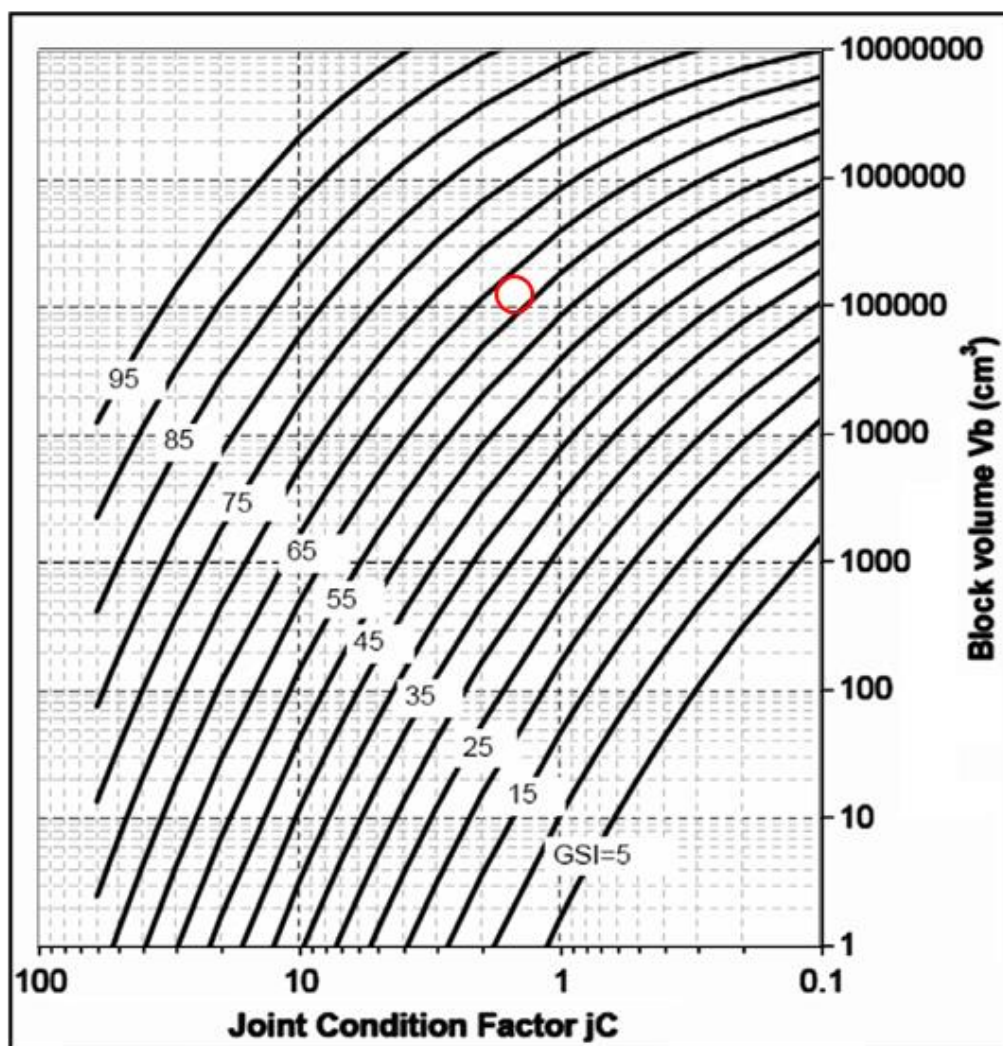
بر اساس روش Cai et al, 2004 شاخص مقاومت زمین‌شناسی لایه های مارنی ایستگاه تقویت فشار گاز بینک (GCS)، $GSI=45$ برآورد شده است که در تصویر ۱۴ ارائه شده است.



تصویر ۱۴: برآورد کمی GSI لایه های مارنی ایستگاه تقویت فشار گاز بینک (GCS) روش Cai et al, 2004

ب-۳- محاسبه GSI بر اساس Russo, 2009

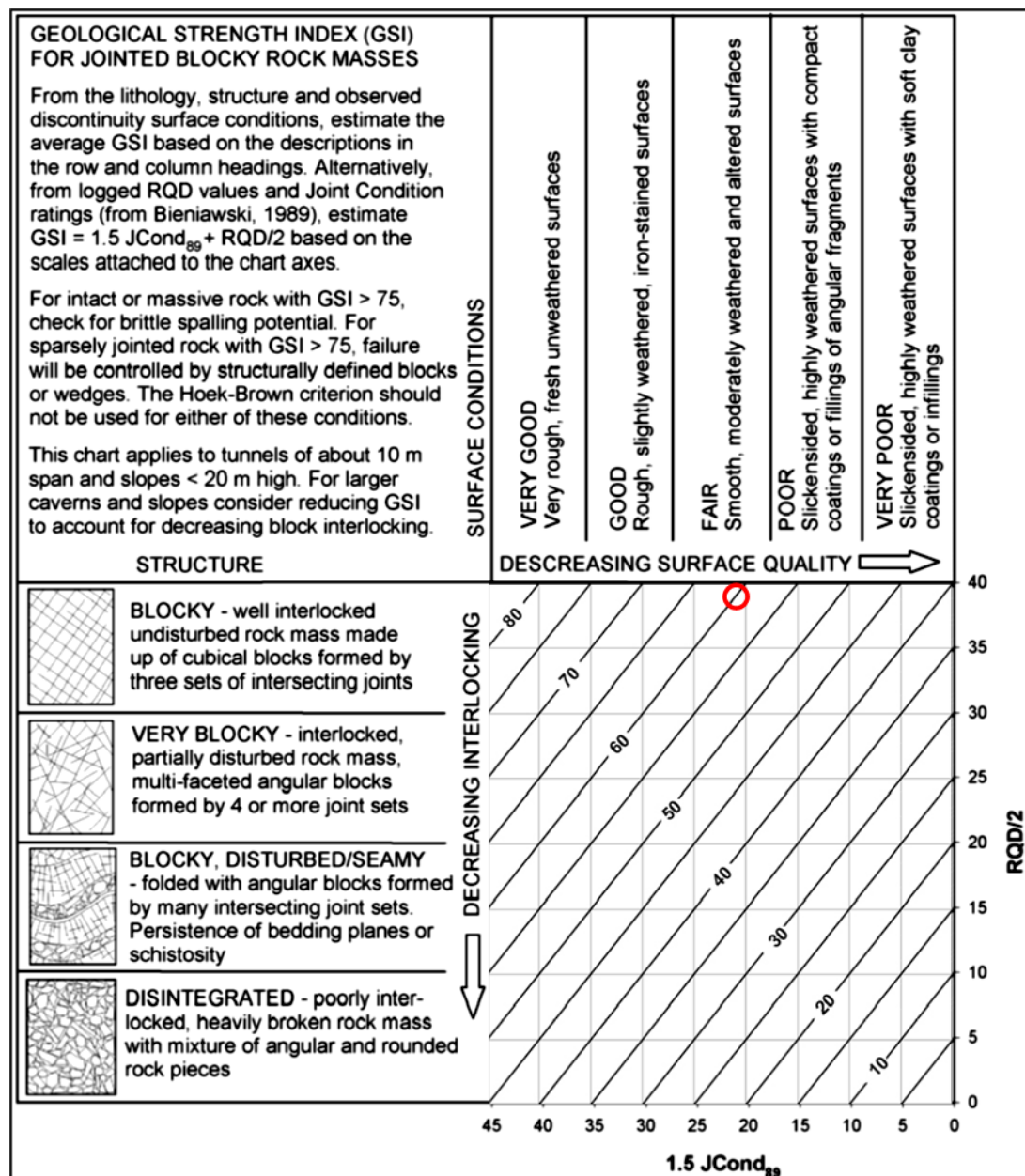
بر اساس روش Russo, 2009 شاخص مقاومت زمین‌شناسی لایه های مارنی ایستگاه تقویت فشار گاز بینک (GCS)، $GSI=63$ برآورد شده است که در تصویر ۱۵ ارائه شده است.



تصویر ۱۵: برآورد کمی GSI لایه های مارنی ایستگاه تقویت فشار گاز بینک (GCS) 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 ایستگاه تقویت فشار گاز بینک (GCS)، $GSI=60$ برآورد شده است که در تصویر ۱۶ ارائه شده است.

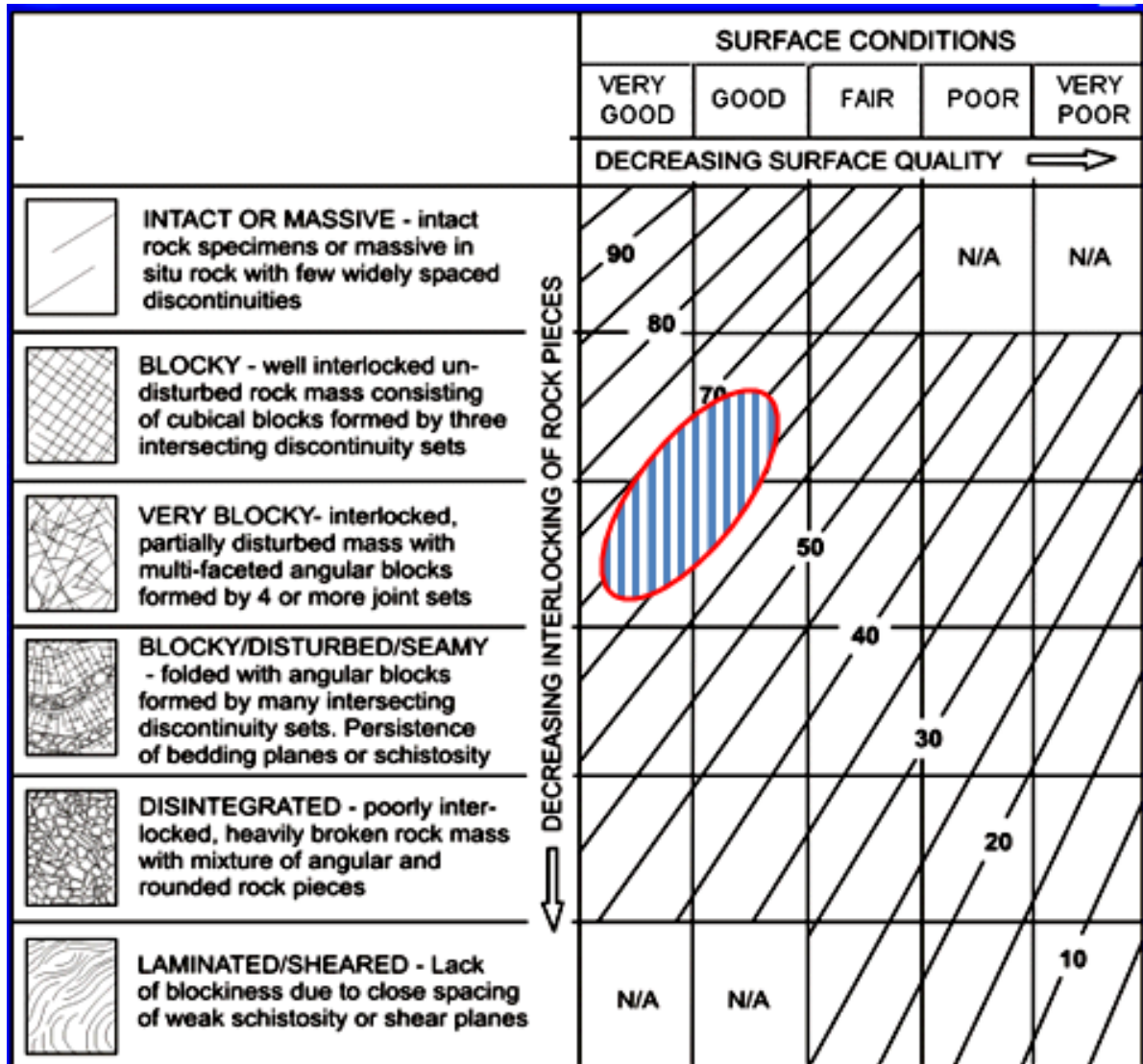


تصویر ۱۶: برآورد کمی GSI لایه های مارنی ایستگاه تقویت فشار گاز بینک (GCS) به روش Hoek et al, 2013

۸-۱-۲- لایه های ماسه سنگ

الف- تعیین کیفی شاخص مقاومت زمین شناسی

بر اساس مشاهدات میدانی شاخص مقاومت زمین شناسی به روش کیفی ماسه سنگ، $GSI=60-70$ تخمین زده شده ست (تصویر ۱۷).



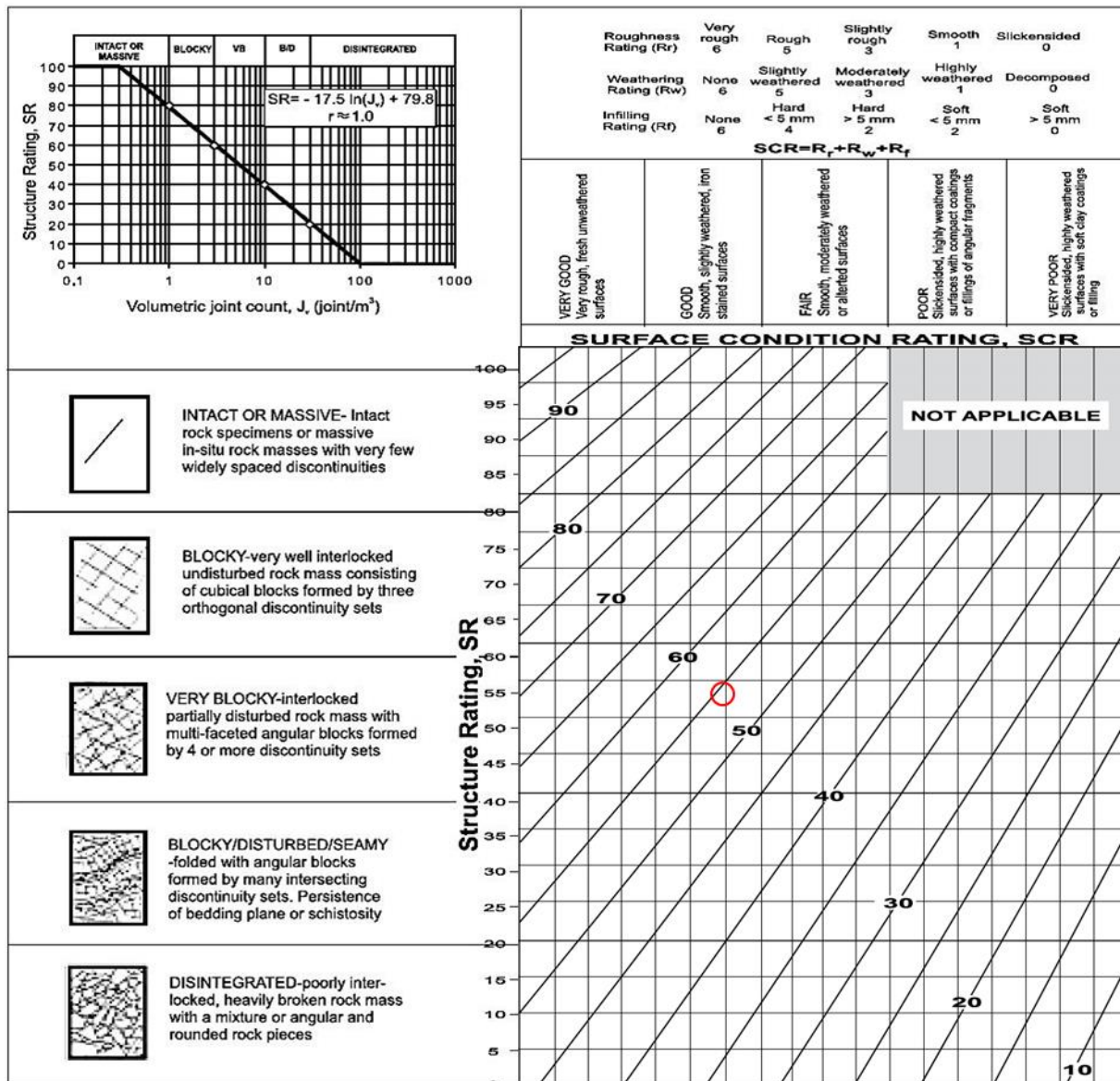
تصویر ۱۷: شاخص مقاومت زمین شناسی لایه های ماسه سنگ ایستگاه تقویت فشار گاز بینک (GCS)

ب- محاسبه GSI به روش کمی

در ادامه برآورد کمی لایه های ماسه سنگ محل ایستگاه تقویت فشار گاز بینک (GCS) 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 ایستگاه تقویت فشار گاز بینک (GCS)، $GSI=55$ برآورد شده است که در تصویر ۱۸ ارائه شده است.

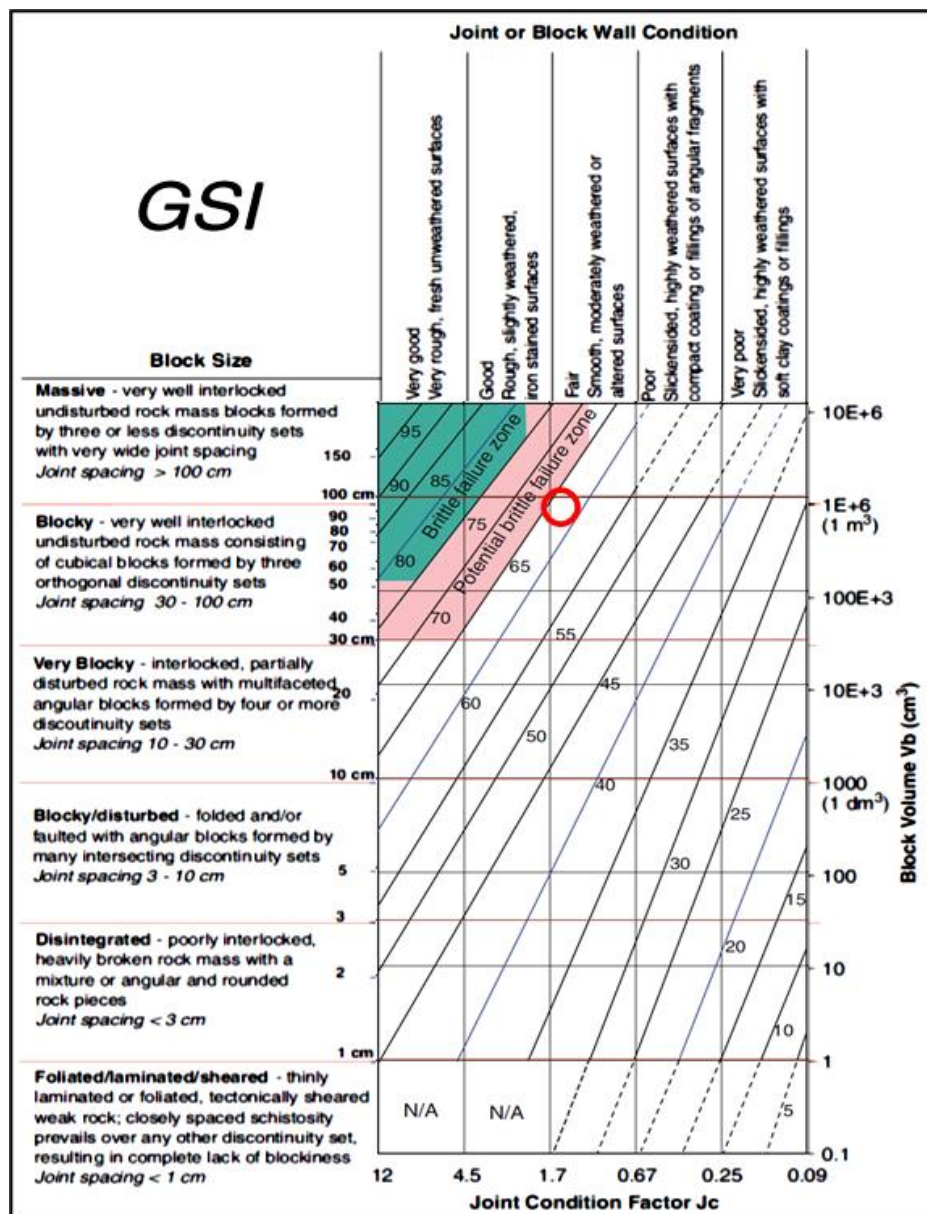


تصویر ۱۸: برآورد کمی GSI لایه های ماسه سنگ ایستگاه تقویت فشار گاز بینک (GCS) به روش Sonmez &

Ulusay, 2002

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

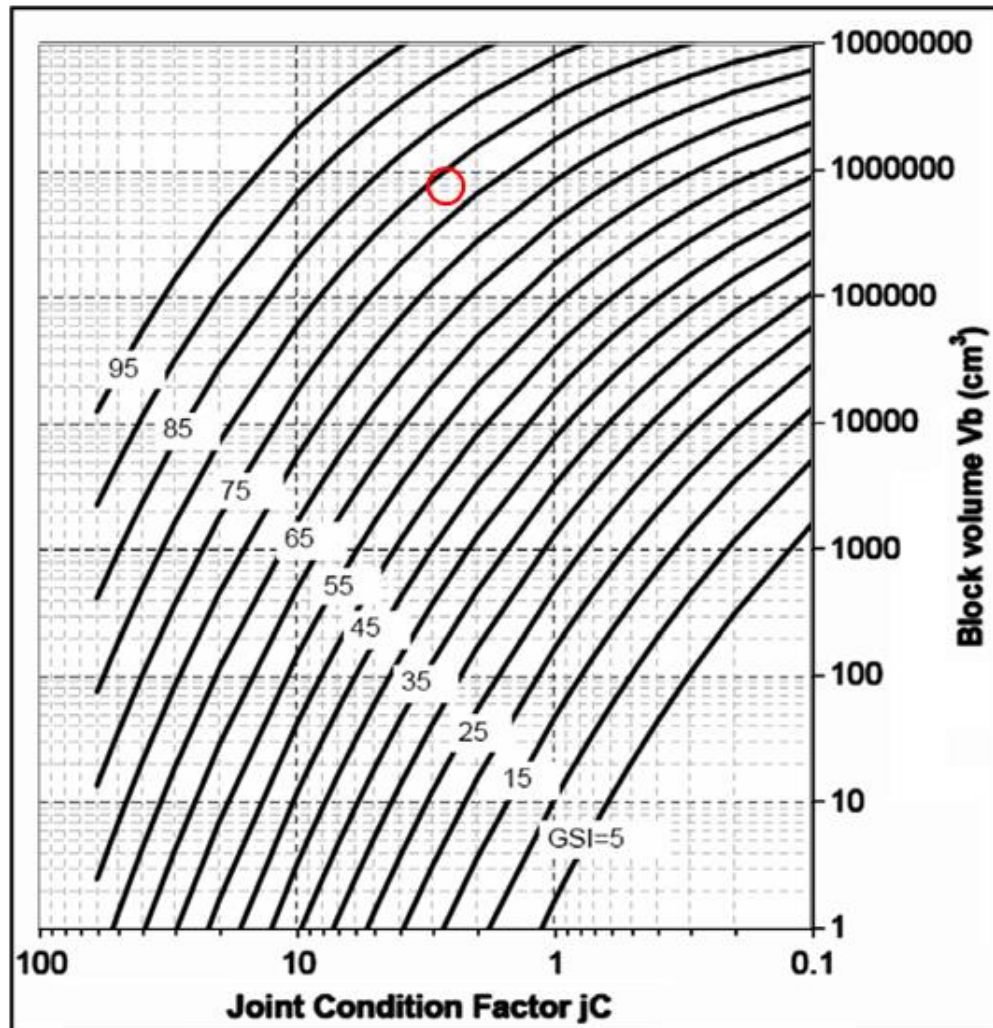
بر اساس روش Cai et al, 2004 شاخص مقاومت زمین‌شناسی لایه های ماسه سنگ ایستگاه تقویت فشار گاز بینک (GCS)، $GSI=64$ برآورد شده است که در تصویر ۱۹ ارائه شده است.



تصویر ۱۹: برآورد کمی GSI لایه های ماسه سنگ ایستگاه تقویت فشار گاز بینک (GCS) به روش Cai et al,

ب-۳- محاسبه GSI بر اساس Russo, 2009

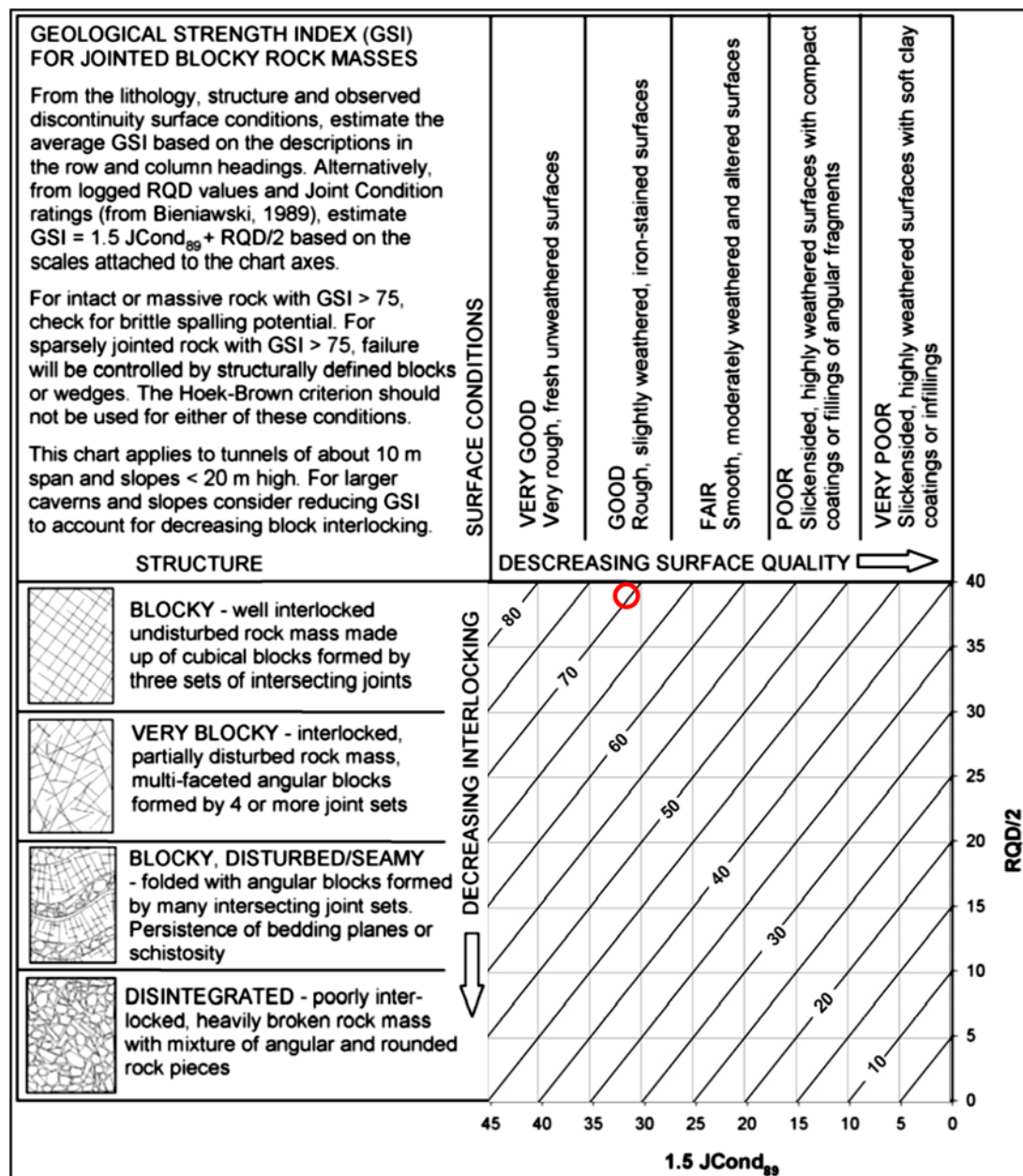
بر اساس روش Russo, 2009 شاخص مقاومت زمین‌شناسی لایه های ماسه سنگ ایستگاه تقویت فشار گاز بینک (GCS)، $GSI=79$ برآورد شده است که در تصویر ۲۰ ارائه شده است.



تصویر ۲۰: برآورد کمی GSI لایه های ماسه سنگ ایستگاه تقویت فشار گاز بینک (GCS) به روش Russo,

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

بر اساس روش Hoek et al, 2013 شاخص مقاومت زمین‌شناسی لایه های ماسه سنگ ایستگاه تقویت فشار گاز بینک (GCS)، $GSI=71$ برآورد شده است که در تصویر ۲۱ ارائه شده است.



تصویر ۲۱: برآورد کمی GSI لایه های ماسه سنگ ایستگاه تقویت فشار گاز بینک (GCS) به روش Hoek et al,

۸-۱-۳- میانگین شاخص مقاومت زمین شناسی ایستگاه تقویت فشار گاز بینک (GCS)

با عنایت به مطالب بالا، ایستگاه تقویت فشار گاز بینک (GCS) بر روی سازند آغاجاری 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 ۱: میانگین شاخص مقاومت زمین شناسی توده سنگهای محل ایستگاه تقویت فشار گاز بینک (GCS)

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.
CGS	Marl	45-55	42	45	63	60	53
	Sandstone	60-70	55	64	79	71	67
ave.		57-67	ave.				60

۸-۲-واحد کلاسترینگ

واحد کلاسترینگ بر روی سازند آغاچاری با لیتولوژی غالب مارن با لایه های ماسه سنگ تشکیل شده است. (تصویر ۲۲)

لذا در ادامه شاخص مقاومت زمین شناسی توده سنگ های مارنی و لایه های ماسه سنگ به تفکیک برآورد و در انتها متوسط شاخص مقاومت زمین شناسی توده سنگ های محل واحد کلاسترینگ محاسبه و ارائه شده است.

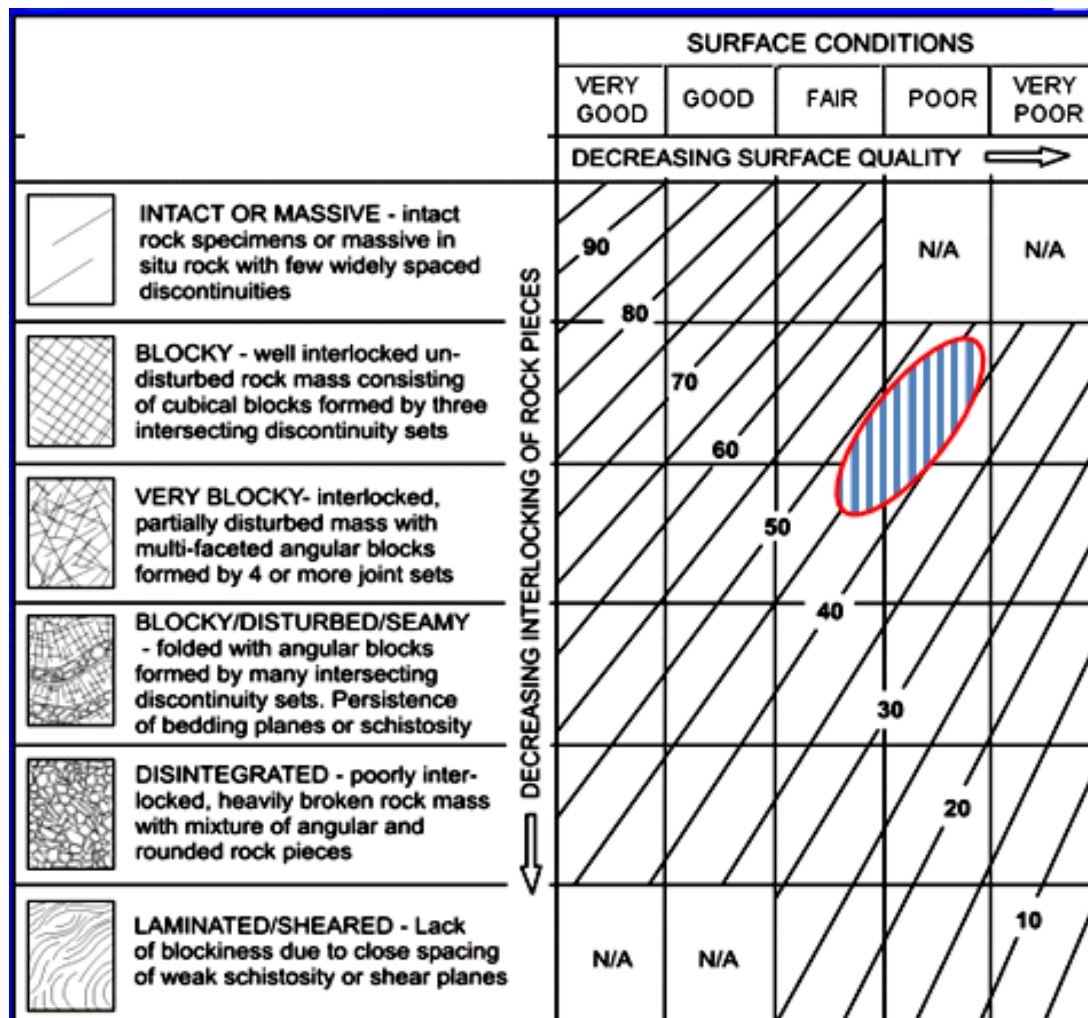


تصویر ۲۲: نمایی از لیتولوژی محدوده واحد کلاسترینگ

۸-۲-۱- 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 واحد کلاسترینگ ، $GSI=40-50$ تخمین زده شده ست (تصویر ۲۳).



تصویر ۲۳ : شاخص مقاومت زمین شناسی توده سنگ مارنی واحد کلاسترینگ

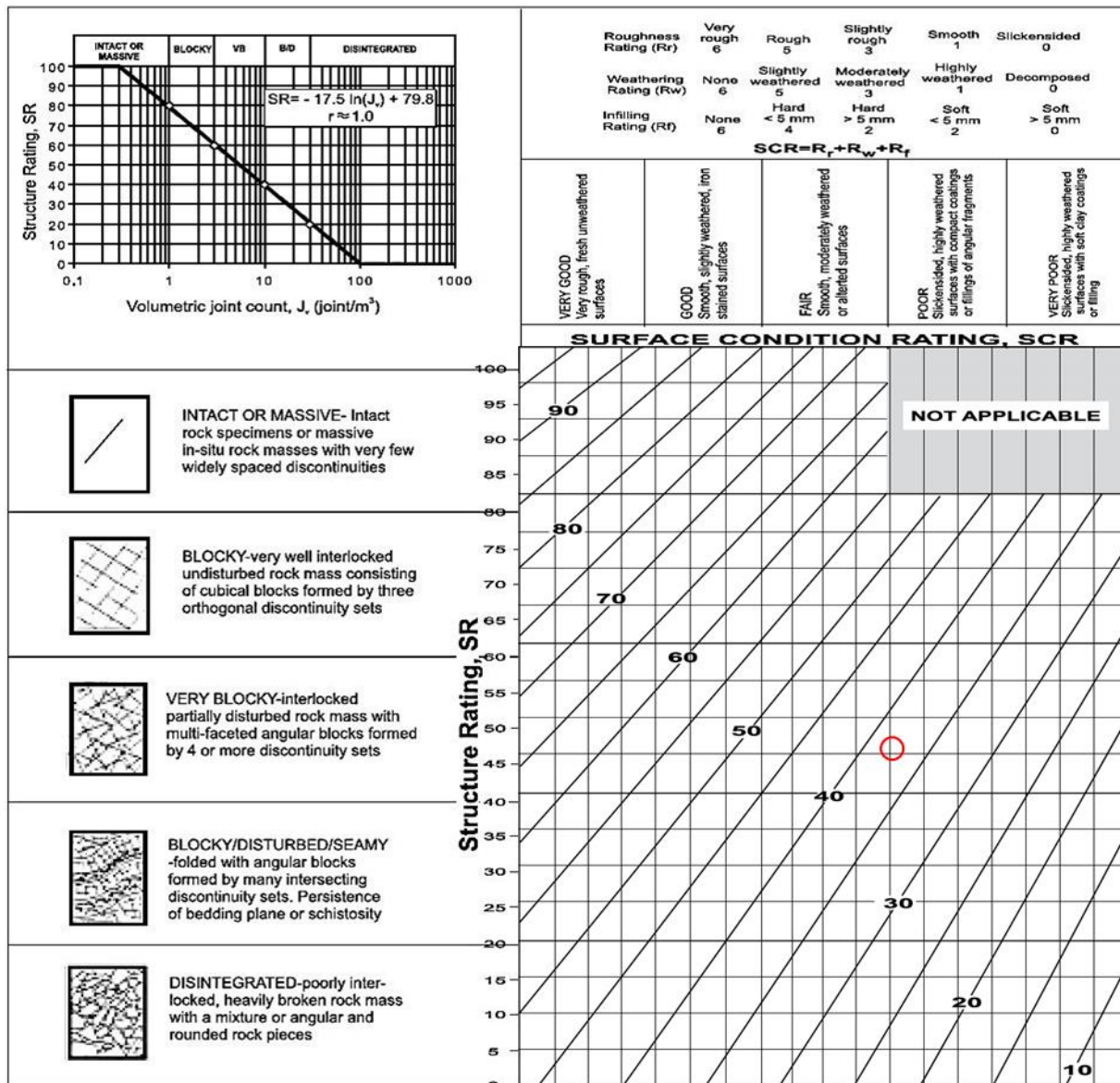
ب- محاسبه GSI به روش کمی

در ادامه برآورد کمی توده سنگ مارنی محل واحد کلاسترینگ ارائه شده است:

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

بر اساس روش Sonmez & Ulusay, 2002 شاخص مقاومت زمین‌شناسی لایه های مارنی واحد کلاسترینگ،

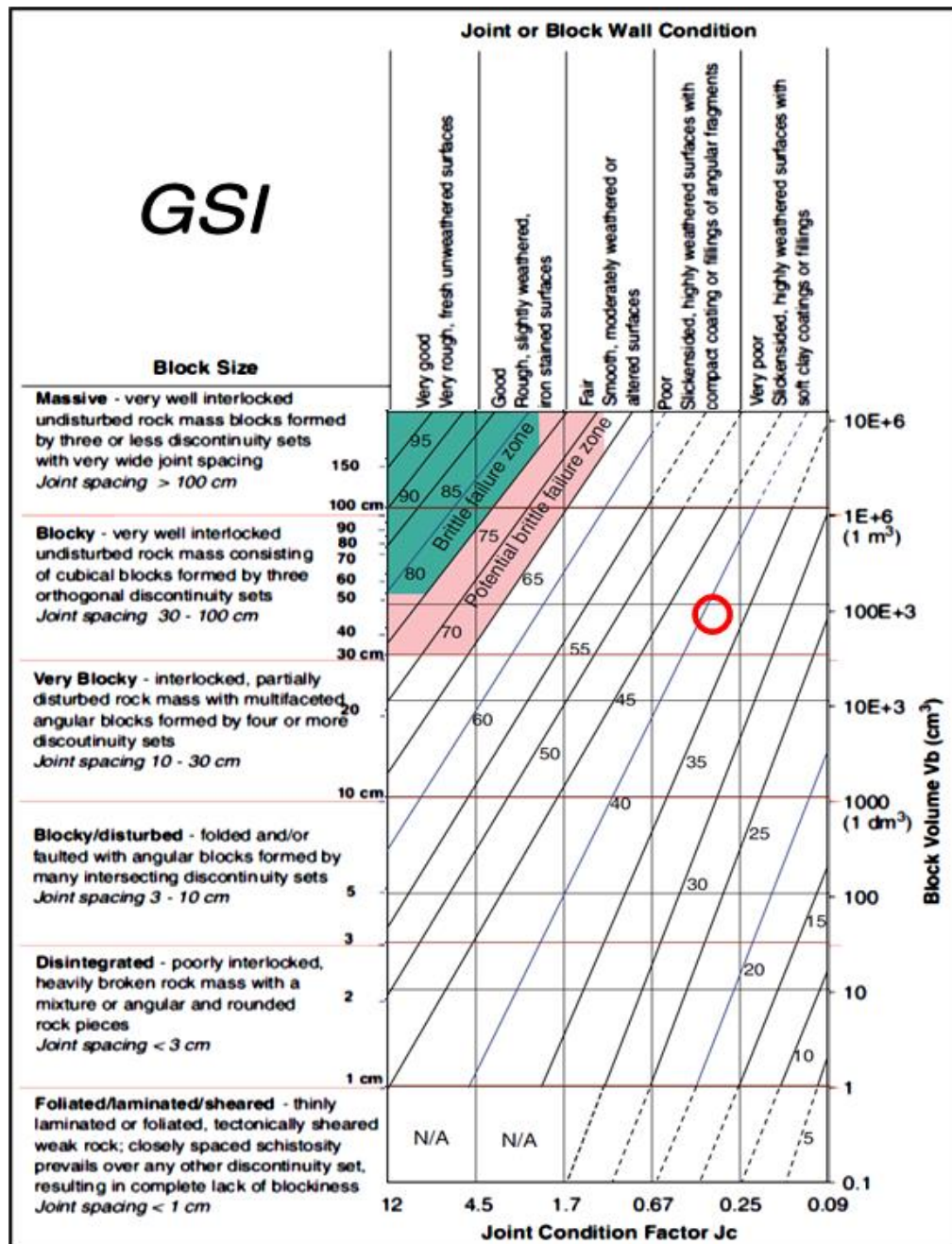
GSI=38 برآورد شده است که در تصویر ۲۴ ارائه شده است.



تصویر ۲۴: برآورد کمی GSI لایه های مارنی واحد کلاسترینگ به روش Sonmez & Ulusay, 2002

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

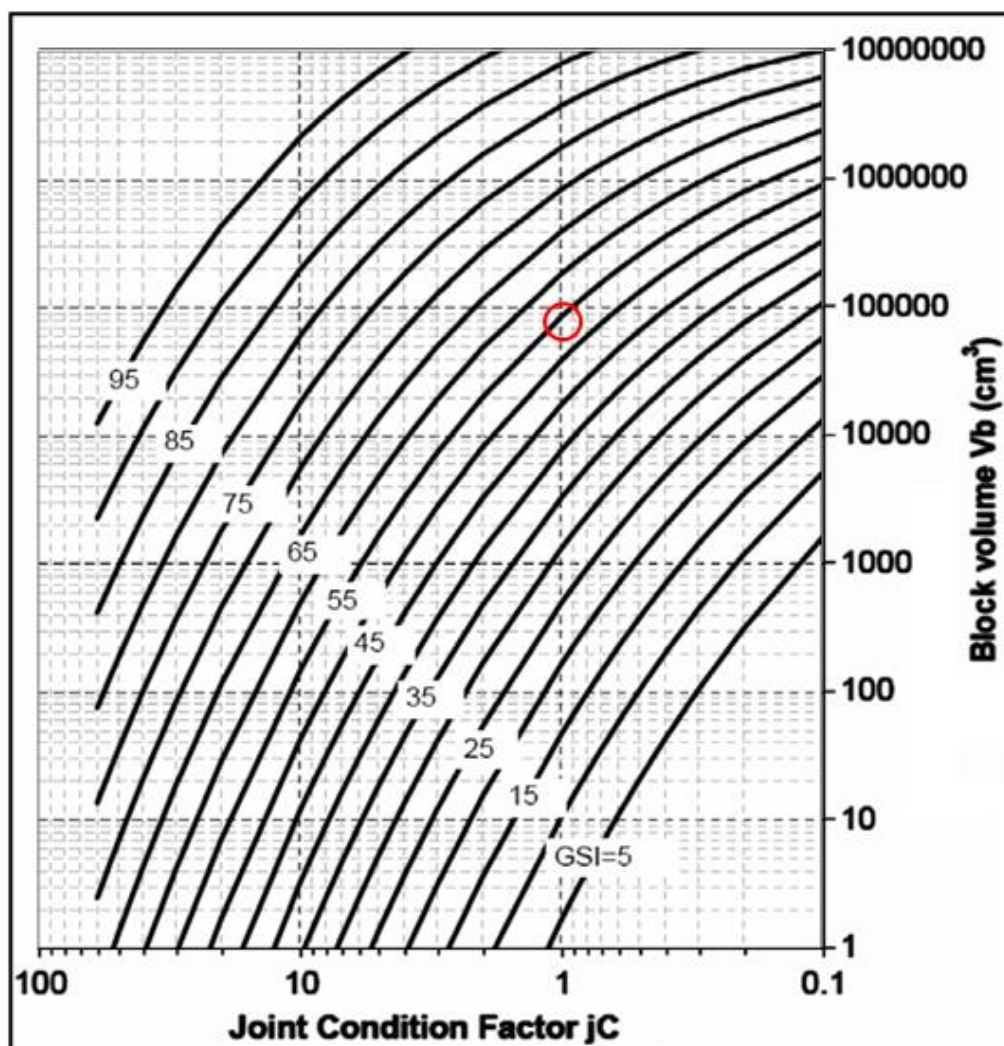
بر اساس روش Cai et al, 2004 شاخص مقاومت زمین‌شناسی لایه های مارنی واحد کلاسترینگ، $GSI=39$ برآورد شده است که در تصویر ۲۵ ارائه شده است.



تصویر ۲۵: برآورد کمی GSI لایه های مارنی واحد کلاسترینگ به روش Cai et al, 2004

ب-۳- محاسبه GSI بر اساس Russo, 2009

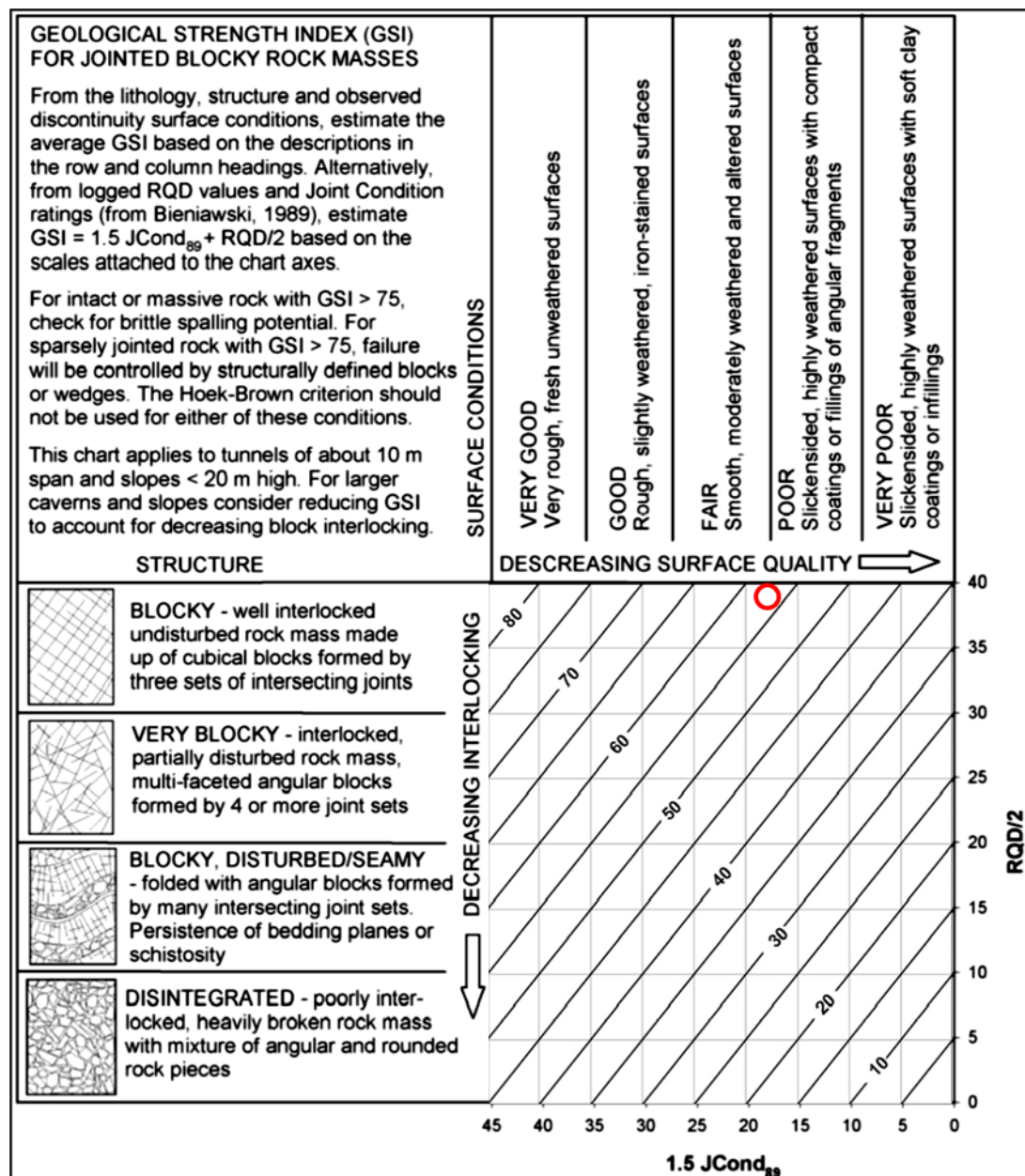
بر اساس روش Russo, 2009 شاخص مقاومت زمین‌شناسی لایه های مارنی واحد کلاسترینگ، $GSI=55$ برآورد شده است که در تصویر ۲۶ ارائه شده است.



تصویر ۲۶: برآورد کمی GSI لایه های مارنی واحد کلاسترینگ 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 واحد کلاسترینگ، $GSI=57$ برآورد شده است که در تصویر ۲۷ ارائه شده است.

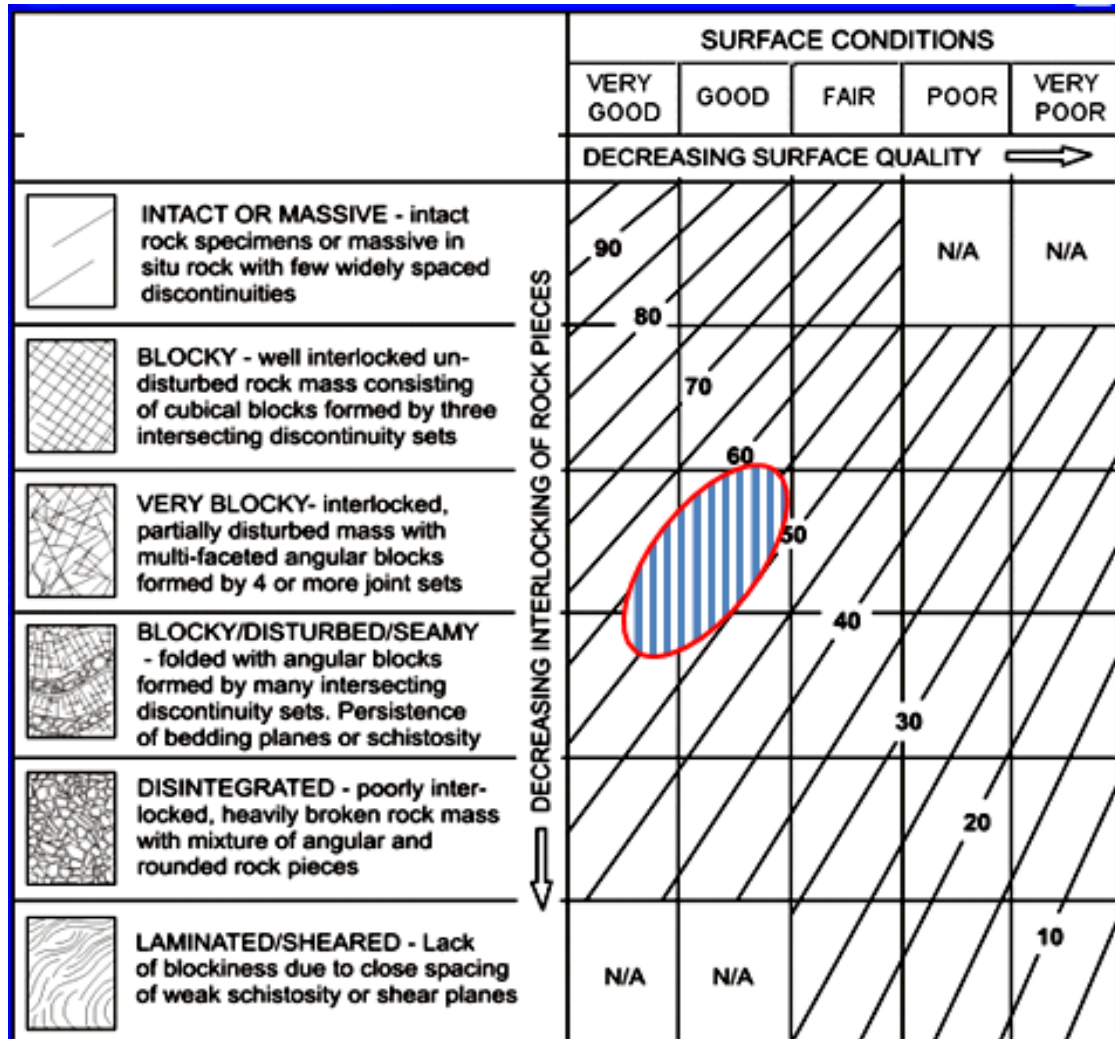


تصویر ۲۷: برآورد کمی GSI لایه های مارنی واحد کلاسترینگ به روش Hoek et al, 2013

۸-۲-۲- 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 ۲۸).



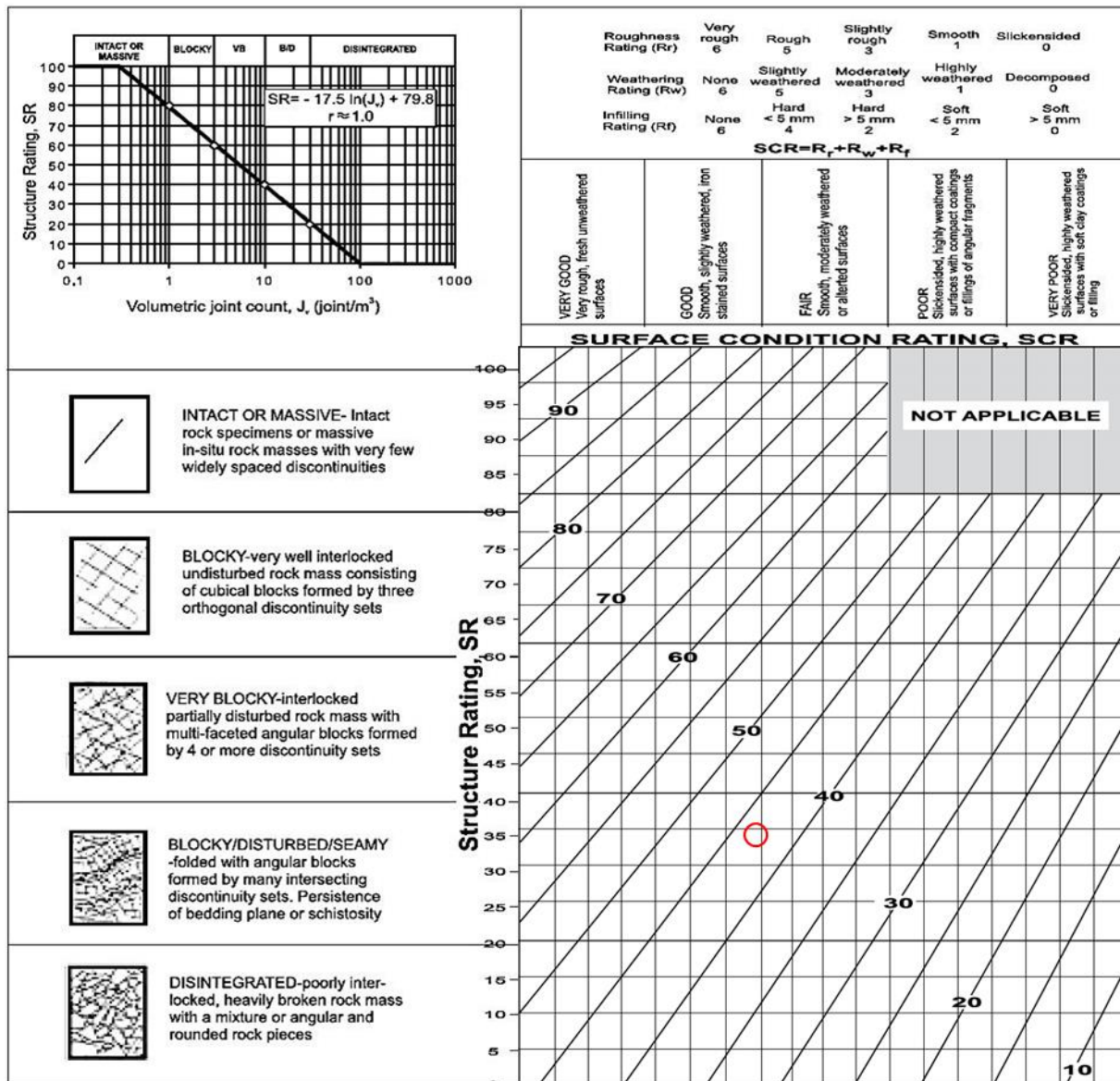
تصویر ۲۸: شاخص مقاومت زمین شناسی لایه های ماسه سنگ واحد کلاسترینگ

ب- محاسبه GSI به روش کمی

در ادامه برآورد کمی لایه های ماسه سنگ محل واحد کلاسترینگ ارائه شده است:

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

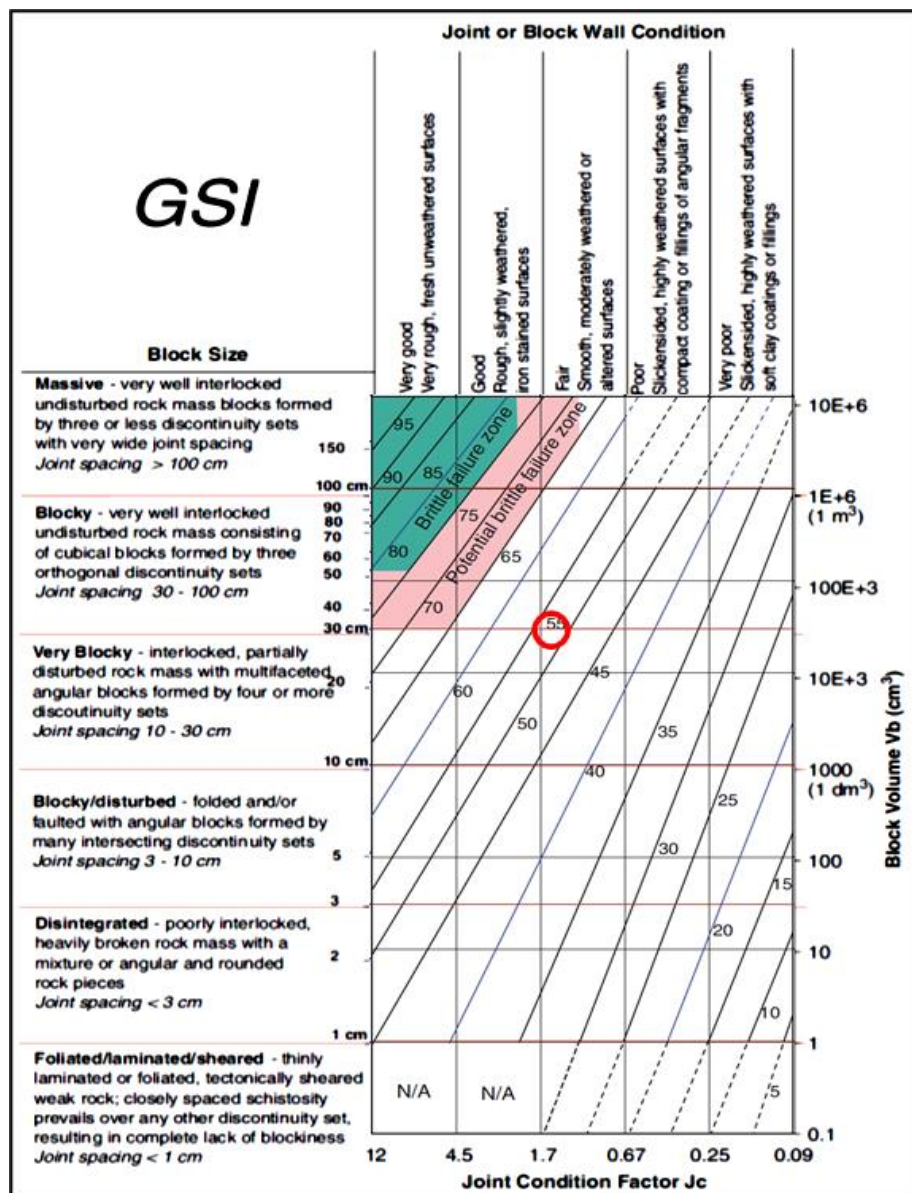
بر اساس روش Sonmez & Ulusay, 2002 شاخص مقاومت زمین‌شناسی لایه های ماسه سنگ واحد کلاسترینگ، $GSI=43$ برآورد شده است که در تصویر ۲۹ ارائه شده است.



تصویر ۲۹: برآورد کمی GSI لایه های ماسه سنگ واحد کلاسترینگ به روش Sonmez & Ulusay, 2002

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

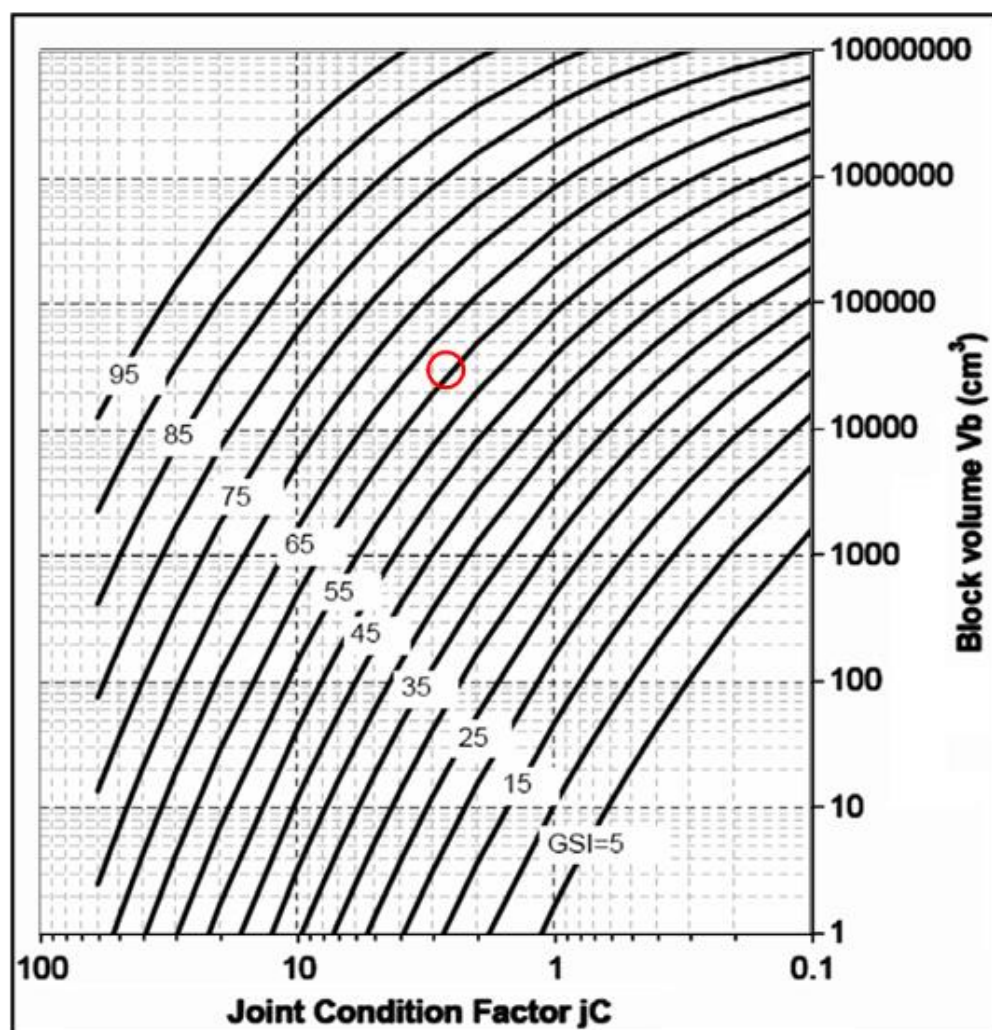
بر اساس روش Cai et al, 2004 شاخص مقاومت زمین‌شناسی لایه های ماسه سنگ واحد کلاسترینگ،
GSI=54 برآورد شده است که در تصویر ۳۰ ارائه شده است.



تصویر ۳۰: برآورد کمی GSI لایه های ماسه سنگ واحد کلاسترینگ به روش Cai et al, 2004

ب-۳- محاسبه GSI بر اساس Russo, 2009

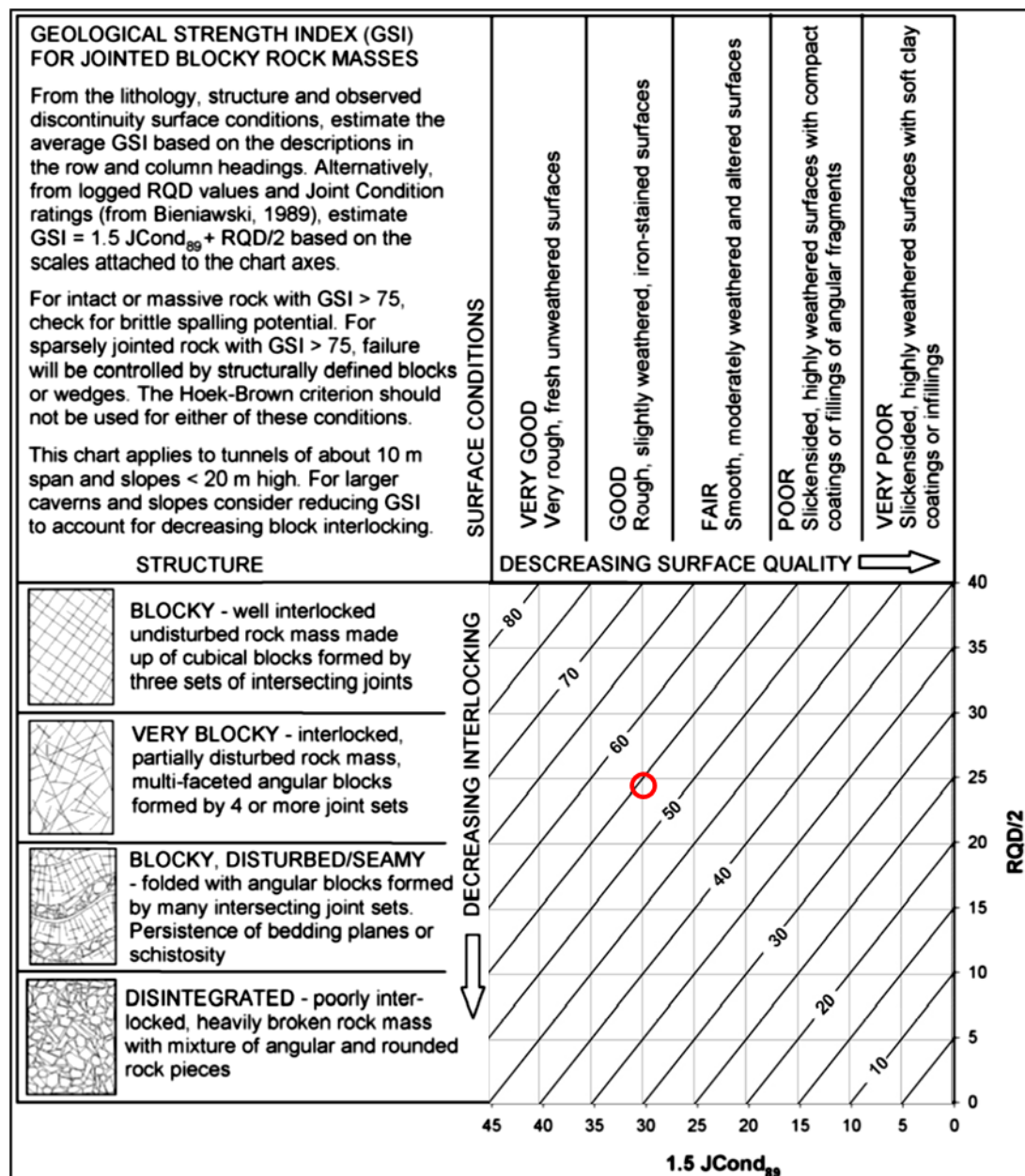
بر اساس روش Russo, 2009 شاخص مقاومت زمین‌شناسی لایه های ماسه سنگ واحد کلاسترینگ، $GSI=61$ برآورد شده است که در تصویر ۳۱ ارائه شده است.



تصویر ۳۱: برآورد کمی GSI لایه های ماسه سنگ واحد کلاسترینگ 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 واحد کلاسترینگ،
GSI=55 برآورد شده است که در تصویر ۳۲ ارائه شده است.



تصویر ۳۲: برآورد کمی GSI لایه های ماسه سنگ واحد کلاسترینگ به روش Hoek et al, 2013

۸-۲-۳- میانگین شاخص مقاومت زمین شناسی واحد کلاسترینگ

با عنایت به مطالب بالا، واحد کلاسترینگ 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 ۲: میانگین شاخص مقاومت زمین شناسی توده سنگهای محل واحد کلاسترینگ

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.
Clustering	Marl	40-50	38	39	55	57	47
	Sandstone	50-60	43	54	61	55	53
ave.		45-55	ave.				50

۹-تدقیق GSI برای شرایط عمیق

در شرایط 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 4-5a

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

Notes:

- Note use of "effective" base dimensions B', L' by Hansen but not by Vesić.
- The values above are consistent with either a vertical load or a vertical load accompanied by a horizontal load H_B .
- 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' .

TABLE 4-5b

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

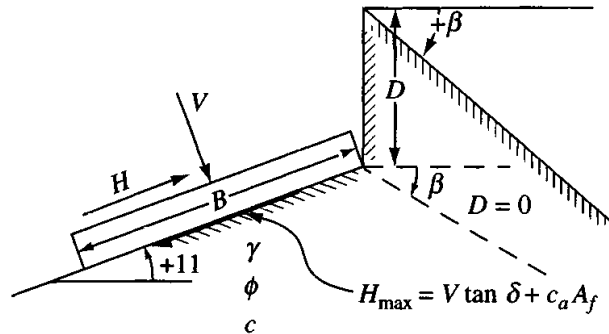
Inclination factors	Ground factors (base on slope)
$i'_c = 0.5 - \sqrt{1 - \frac{H_i}{A_f C_a}}$	$g'_c = \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$
$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$	$g_c = 1.0 - \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$
$i_q = \left[1 - \frac{0.5 H_i}{V + A_f c_a \cot \phi} \right]^{\alpha_1}$	$g_q = g_\gamma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

Notes:

- Use H_i as either H_B or H_L , or both if $H_L > 0$.
- Hansen (1970) did not give an i_c for $\phi > 0$. The value above is from Hansen (1961) and also used by Vesić.
- Variable c_a = base adhesion, on the order of 0.6 to $1.0 \times$ base cohesion.
- 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 .

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)

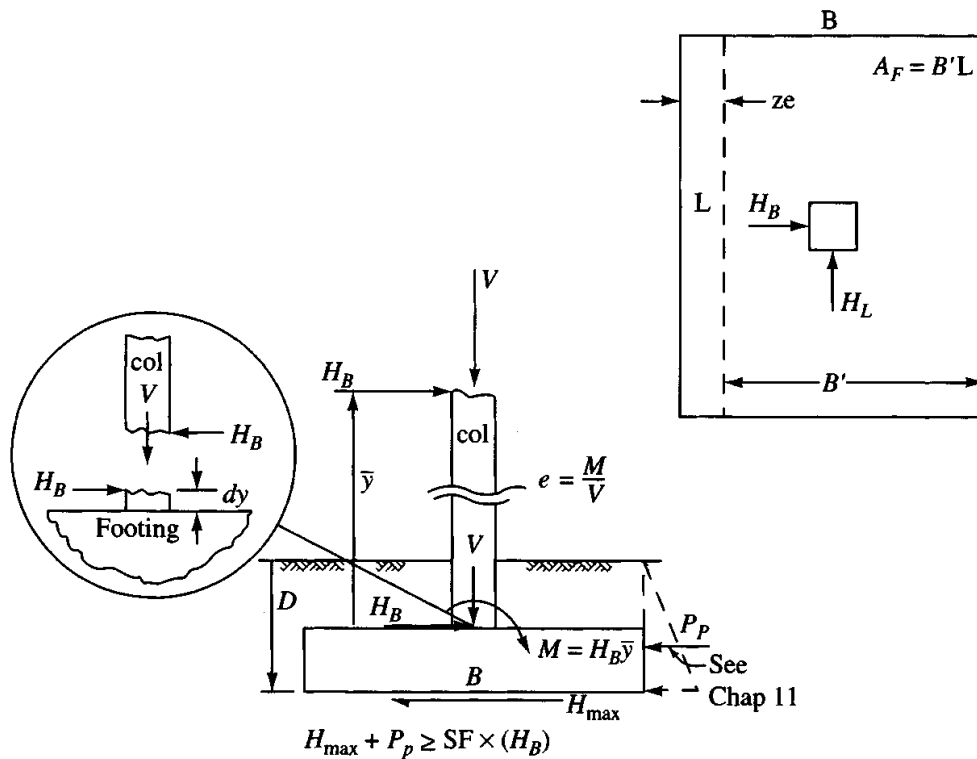
TABLE 4-5c

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.

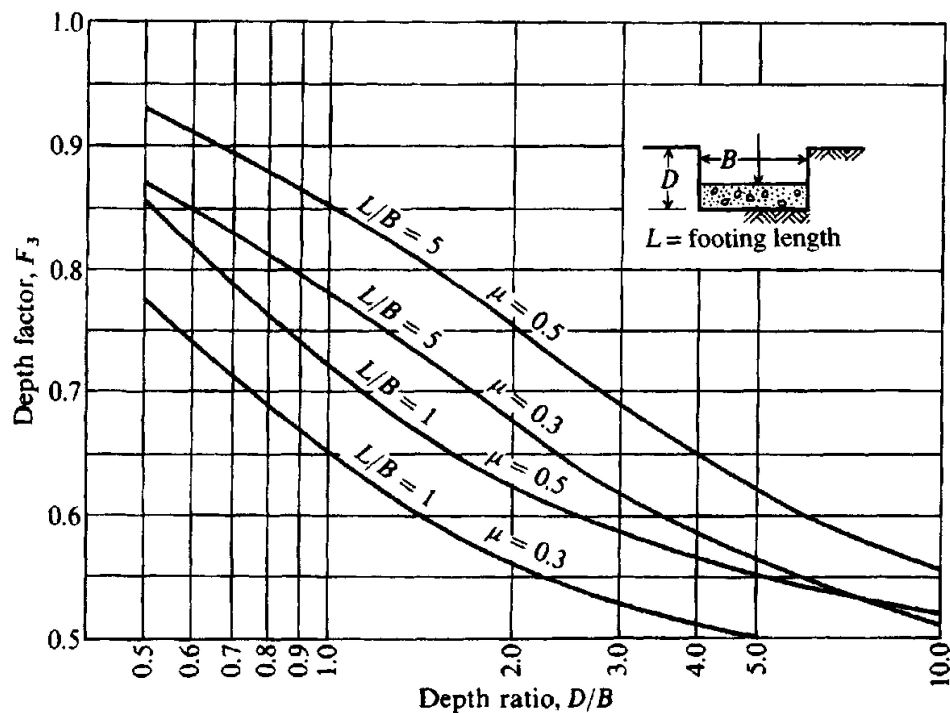


TABLE 5-2

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

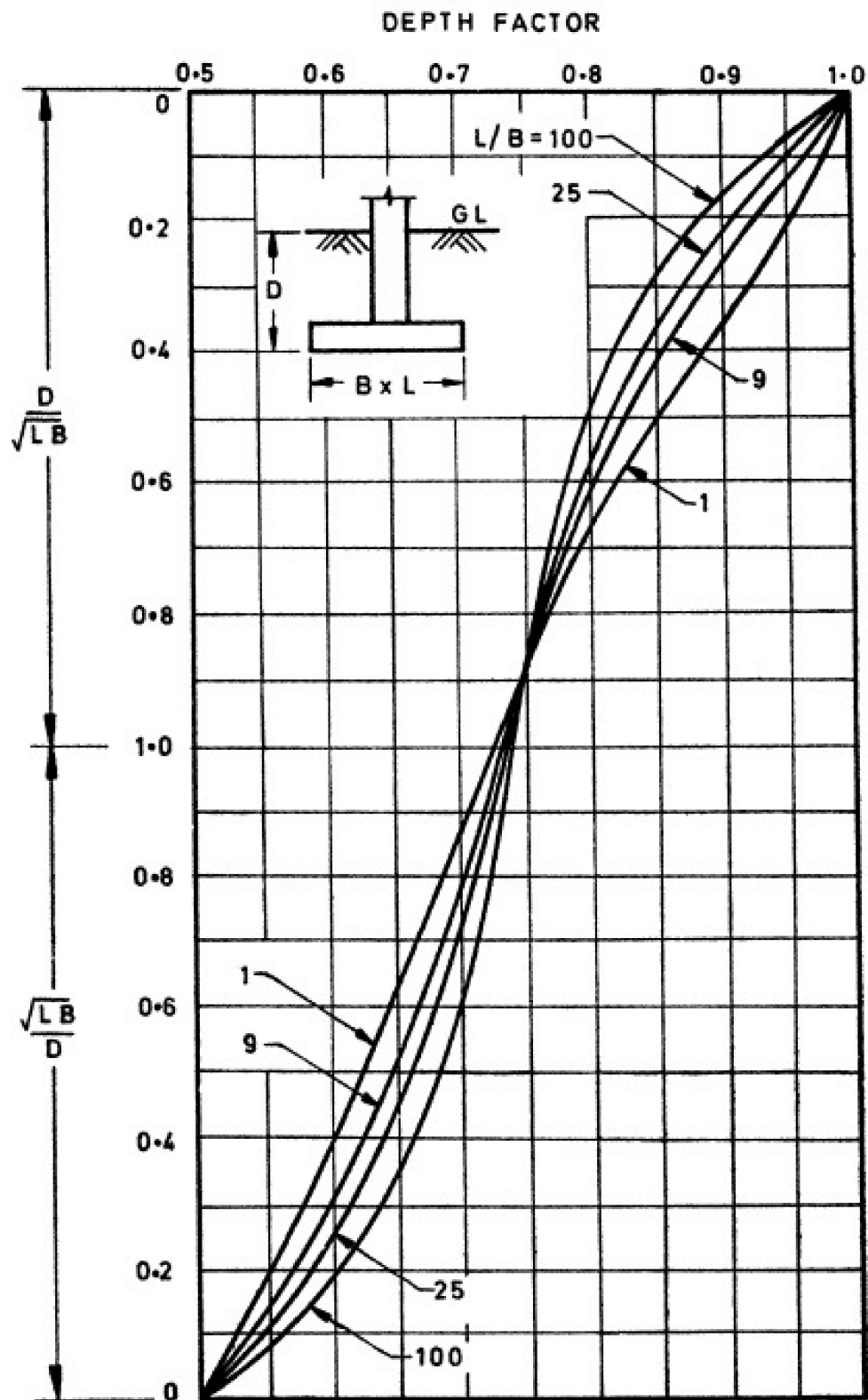


FIG. 12 FOX'S CORRECTION CURVES FOR SETTLEMENTS OF FLEXIBLE RECTANGULAR FOOTINGS OF $L \times B$ AT DEPTH D

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.

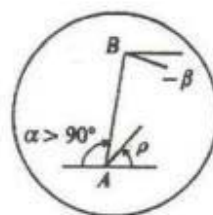
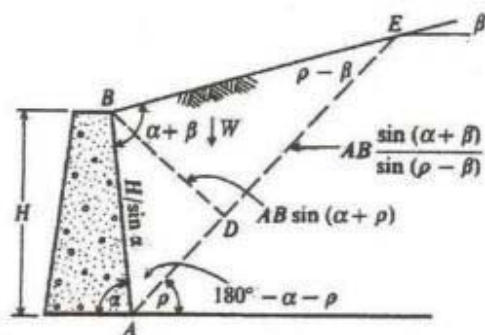
طبقه بندی نوع زمین (نقل از استاندارد ۲۸۰۰- ویرایش ۴)

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

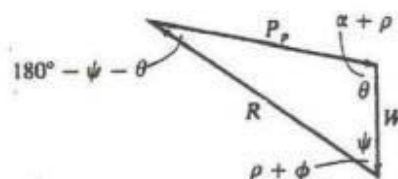
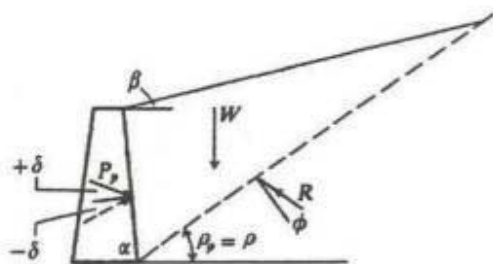
$$K_a = \frac{\sin^2(\alpha + \phi)}{\sin^2 \alpha \cdot \sin(\alpha - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \beta)}{\sin(\alpha - \delta) \cdot \sin(\alpha + \beta)}} \right]^2}$$

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



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

(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)

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

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

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

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

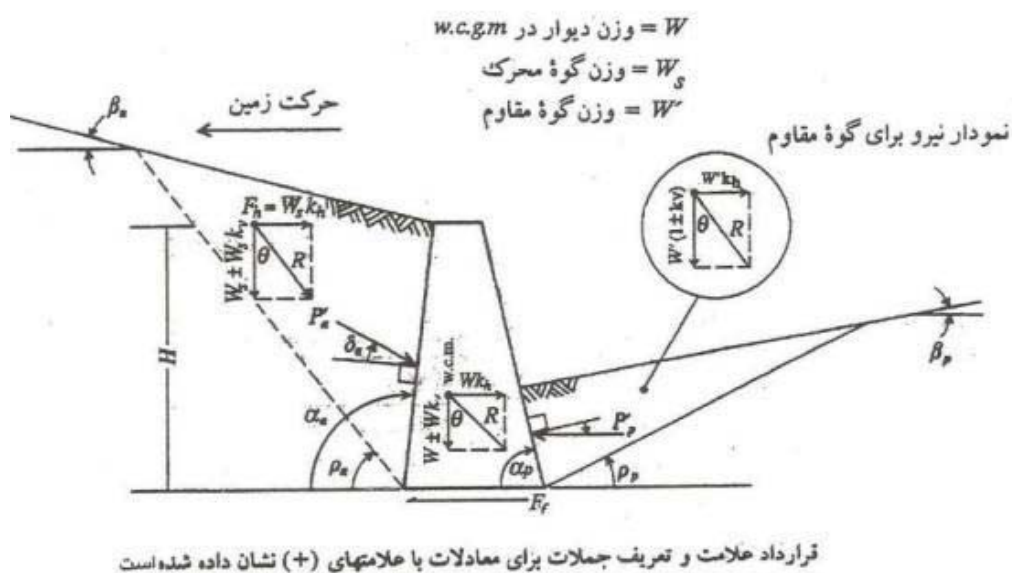
$$K_{p_{ve}} = K_{pe} \cdot \sin(\delta + \alpha_p)$$

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

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

K_h : Earthquake Horizontal Coefficient

Kv: Earthquake Vertical Coefficient



پیوست ۸

مراجع

References:

ASTM:

1. D-1586 90 Standard Test Method for Standard Penetration Test (SPT) and Split-Barrel Sampling of Soils
2. G57 Standard Test Method for Measurement of Soil Resistivity Using the Wenner Four-Electrode Method
3. D1194-72 Standard Test Method for Bearing Capacity of Soil for Static Load and Spread Footings
4. D2488 Standard Practice for Description and Identification of Soils (Visual-Manual Procedures)
5. D4318 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils
6. D421 Standard Practice for Dry Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soil Constants
7. D421 Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils
8. D7928 Standard Test Method for Particle-Size Distribution (Gradation) of Fine-Grained Soils Using the Sedimentation (Hydrometer) Analysis
9. D2216 Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass
10. D854 Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer
11. D5731 Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications
12. D3967 Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Intact Rock Core Specimens
13. D1293 Standard Test Methods for pH of Water
14. D516 Standard Test Method for Sulfate Ion in Water
15. D512 Standard Test Methods for Chloride Ion In Water

Code 038-3rd final: Iranian Seismic Design Code for Petroleum Facilities and Structures

API650: API Standard 650 welded tanks for oil storage

Code 2800: Interpretation of "Iranian code of practice for seismic resistant design of building (standard No. 2800, 4th edition)

UBC97: 1997 UNIFORM BUILDING CODE

ASCE: American Society of Civil Engineers
ASCE7 Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures

British Standard: BS-1377 Chemical and electro-chemical tests
BS-8004: 1984

ACI: Concrete, Aggregate. "American concrete institute

Bowles, Joseph E. *Foundation analysis and design*. 1988.

Das, Braja M., and B. M. Das. *Advanced soil mechanics*. Vol. 270. New York: Taylor & Francis, 2008.

Das, Braja M., and Nagaratnam Sivakugan. *Principles of foundation engineering*. Cengage learning, 2018.

- نشریه‌های ۱۰۱، ۲۶۸، ۳۰۸، ۳۶۰، ۵۲۵ سازمان برنامه و بودجه ایران
- نشریه ۴۲۸، ۴۳۴ سازمان تحقیقات مسکن و شهرسازی ایران
- آیین‌نامه بتن ایران (آبا) – نشریه ۱۲۰
- مبحث هفتم و نهم مقررات ملی ساختمان ایران