طرح نگهداشت و افزایش تولید 27 مخزن

Geotechnical Investigation Report- BK05

نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک

D02	NOV.2023	IFA	BKP Co.	M.Fakharian	S.Faramarzpour	
D01	JUN.2023	IFA	BKP Co.	M.Fakharian	M.Mehrshad	
D00	JUL.2022	IFI	BKP Co.	M.Fakharian	M.Mehrshad	
Rev.	**Date**	**Purpose of Issue/Status**	**Prepared by:**	**Checked by:**	**Approved by:**	**CLIENT Approval**
Class: 1		**CLIENT Doc. Number: F0Z-708473**				

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

REVISION RECORD SHEET

PAGE	D00	D01	D02	D03	D04
1	X		X		
2	X		X		
3	X				
4	X	X			
5	X				
6	X				
7	X	X			
8	X		X		
9	X		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		X		
32	X				
33	X				
34	X				
35	X				
36	X		X		
37	X		X		
38	X				
39	X		X		
40	X				
41	X				
42	X				
43	X				
44	X				
45	X				
46	X				
47	X				
48	X				
49	X		X		
50	X	X			
51	X	X			
52	X	X			
53		X			
54		X			
55		X			
56		X			
57		X	X		
58		X			
59		X			
60		X			
61		X			
62			X		
63					
64					
65					

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

فهرست مطالب

مقدمه 6
فصل 1- مشخصات عمومی پروژه 8
فصل 2- زمین شناسی عمومی، زمین ساخت گستره طرح و وضعیت کلی لرزه خیزی ساختگاه 12
فصل 3- کاوشهای صحرایی 18
فصل 4- آزمایشهای آزمایشگاهی 31
فصل 5- پارامترهای طراحی و بررسی ملاحظات ژئوتکنیکی 37
فصل 6- ظرفیت باربری مجاز شالوده‌های سطحی 40
فصل 7- تعیین ضرایب فشار جانبی و نحوه پایدارسازی گود 47
فصل 8- جمعبندی، نتیجهگیری و توصیههای فنی 55
فصل 9- 62

فهرست اشکال

شکل 1-1- موقعیت قرارگیری گمانه‌های ماشینی محل پروژه در موقعیت بسته‌ی BK-05 نسبت به کل پروژه در Google Earth 10

شکل 1-2- موقعیت بسته‌ی BK-05 نسبت به کل پروژه در Google Earth- نقشه ارسالی از شرکت هیرگان انرژی 11

شکل 2-1-نمایش تقریبی محور خلیج فارس 13

شکل 2-2- تقسیم‌بندی زاگرس از نظر Alavi سال 2004 14

شکل 2-3- نمایی از گسل‌های محدوده مورد مطالعه 16

شکل 2-4- موقعیت بسته‌ی BK-05 در نقشه زمین‌شناسی بوشهر در منطقه بینک به مقیاس 1:100000 17

شکل 3-1- جانمایی محل حفر گمانه‌های ماشینی در موقعیت بسته‌ی BK-05 18

شکل 3-2- جانمایی محل حفر گمانه‌های ماشینی در موقعیت بسته‌ی BK-05 نسبت به مسیرهای خط لوله- نقشه ارسالی از شرکت محترم هیرگان انرژی 19

شکل 3-3- موقعیت قرارگیری محل حفر گمانه‌های ماشینی در موقعیت بسته‌ی BK-05 – نقشه ارسالی از شرکت محترم هیرگان انرژی 20

شکل 3-4-تغییرات نتایج ضربات SPT (اصلاح نشده) و میزان نفوذ متناظر برحسب عمق بسته‌ی BK-05 24

شکل 3-5- حدود مقاومت الکتریکی برای خاک‌های مختلف 25

شکل 3-6-تغییرات مقاومت الکتریکی بر حسب عمق در بسته‌ی BK-05 28

شکل4-1- گمانه‌های ماشینی در محدوده مورد مطالعه موقعیت بسته‌ی BK-05 33

شکل4-2- موقعیت بسته‌ی BK-05- نقشه ارسالی از شرکت محترم هیرگان انرژی 34

شکل4-3- موقعیت قرارگیری بسته‌ی BK-05 نسبت به سایر بسته‌های بخش تحت الارض- نقشه ارسالی از شرکت هیرگان انرژی 35

شکل 6-1- مدلسازی فنر وینکلر 43

شکل 6-2- مدل سازی فنرهای کوپله 44

شکل 6-3- تقسیم بندی سطح پی در روش شبه کوپل 44

فهرست جداول

جدول 3-1. مشخصات کلی گمانه‌های ماشینی موقعیت بسته‌ی BK-05 20

جدول 3-2. ضرایب اصلاح اعداد SPT پیشنهادی Seed et al. (2003) 22

جدول 3-3. رابطه تراکم خاک درشت دانه و عدد N_{SPT} (ترزاقی و پِک1948) 23

جدول 3-4. رابطه تراکم خاک ریزدانه و عدد N_{SPT} (ترزاقی و پِک1967) 23

جدول 3-5. مقاومت ویژه میانگین قرائت شده برای اعماق مختلف در هر محل بر حسب اهم متر 26

جدول 3-6. خورندگی خاک طبق مقاومت الکتریکی (British Standard BS-1377) 27

جدول 3-7. مشخصات و نتایج آزمایش بارگذاری صفحه 29

جدول 3-8. مشخصات و نتایج آزمایش CBR 29

جدول4-1. مشخصات آزمایش‌های آزمایشگاهی 31

جدول 5-1. مقادیر پیشنهادی پارامترهای فیزیکی و مکانیکی لایه‌های خاک و سنگ طبیعی 37

جدول 5-2. طبقه‌بندی پتانسیل تورم 39

جدول 6-1. مدول عکس العمل بستر پی مربعی، مستطیلی و نواری برای عمق یک متر 45

جدول 6-2. مدول عکس العمل بستر پی گسترده برای عمق یک متر 45

جدول 7-1. ضرایب فشار جانبی برای لایه‌های خاک طبیعی با فرض پر کردن پشت دیوار با خاکریز دانهای 48

مقدمه

گزارش حاضر حاوی نتایج عملیات صحرایی، آزمایشگاهی و تحلیل‌های مهندسی در محل پروژه طرح عملیات محور نگهدا شت و افزایش تولید میدان نفتی بینک، واقع در ا ستان بو شهر، شهر ستان گناوه می‌با شد که بر ا ساس 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 انتقال گاز 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، 98 گمانه ماشینی در بخش سطح الارض و 6 گمانه ماشینی در بخش سطح الارض- ایستگاه تقویت فشار گاز و طبق اعلام شرکت هیرگان انرژی، گمانه‌های ماشینی *BH-FL-13* الی *BH-FL-17* و 9 گمانه ماشینی خط لوله روزمینی 4 اینچ انتقال سیال از دستور کار خارج گردید، لذا گمانه‌های بخش تحت الارض به 50 و بخش سطح الارض به 89 تقلیل می‌یابد. جهت پیشگیری از اتلاف زمان پروژه و بنا به اولویت‌های مطرح شده از سوی شرکت هیرگان انرژی 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)

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)

D02

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 بسته‌ی *BK-05* شامل خط برق به طول 1629 متر مورد بررسی قرار خواهد گرفت. تعداد و عمق گمانه‌های ماشینی و نحوه چیدمان آن‌ها توسط کارفرمای طرح تعیین و جهت انجام به این مهندسین مشاور ابلاغ شده است. پس از تحویل زمین محل ساختگاه، عملیات صحرائی توسط گروه حفاری و کارشناسی این مهندسین مشاور آغاز گردید.

این گزارش، حاوی نتایج حاصل از حفاری 5 گمانه ماشینی، آزمایشات صحرایی و آزمایشات آزمایشگاهی به همراه مشاهدات و بازدیدهای میدانی در موقعیت بسته‌ی *BK-05* (*BH-WH-8, EL-1,EL-2,EL-3,EL-4*) 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 صحرائی.
- ✓ 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.

فصل 1- مشخصات عمومی پروژه

این فصل دربرگیرنده اهداف، مشخصات کلی طرح و موقعیت جغرافیائی پروژه می‌باشد که در ادامه به تشریح آن 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 لایه‌های خاک.
- ✓ تعیین خصوصیات فیزیکی و مکانیکی لایه‌های خاک زیر سطحی و هشدار از وجود خاک‌های مسئله‌دار.
- ✓ بررسی پتانسیل روانگرایی خاک بر اساس گمانه‌های اجرا شده.
- ✓ برآورد ظرفیت باربری مجاز و نشست شالوده برای پی‌های منفرد، نواری و گسترده.
- ✓ ضریب واکنش بستر برای شالوده‌ها.
- ✓ تعیین ضرایب فشارهای جانبی خاک جهت طرح دیوار حائل در شرایط استاتیکی و دینامیکی.
- ✓ تعیین خصوصیات شیمیایی خاک و آب (در صورت برخورد، شامل pH، CL^-، SO^{4--}و ...) و تعیین نوع سیمان مصرفی در بتن شالوده‌ها.
- ✓ تعیین نوع زمین و طبقه‌بندی آن از نظر درجه بندی خطر نسبی زلزله و تعیین ضرایب زلزله محل مطابق استاندارد 2800، نشریه 038 تاسیسات صنعت نفت و براساس آیین نامه‌های *API650*، *ASCE7*، *UBC97* و تعیین کلیه پارامترهای لازم منجمله *Near Feild* جهت محاسبات نیروی زلزله.
- ✓ ارائه توصیه‌های فنی مورد نیاز.

1-2- محدودیت ها

این گزارش بر مبنای قرارداد منعقده فیمابین تهیه گردیده است و می‌بایست براساس شرایط و محدودیت‌های ذکر شده در آن مورد استفاده قرار گیرد. مشاهدات و نتیجه‌گیری‌های 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 گردیده‌اند و این شرکت مسئولیتی در قبال شرایط و نتیجه‌گیری‌هایی که نیازمند انجام خدمات خارج از محدودهٔ قرارداد هستند، ندارد.

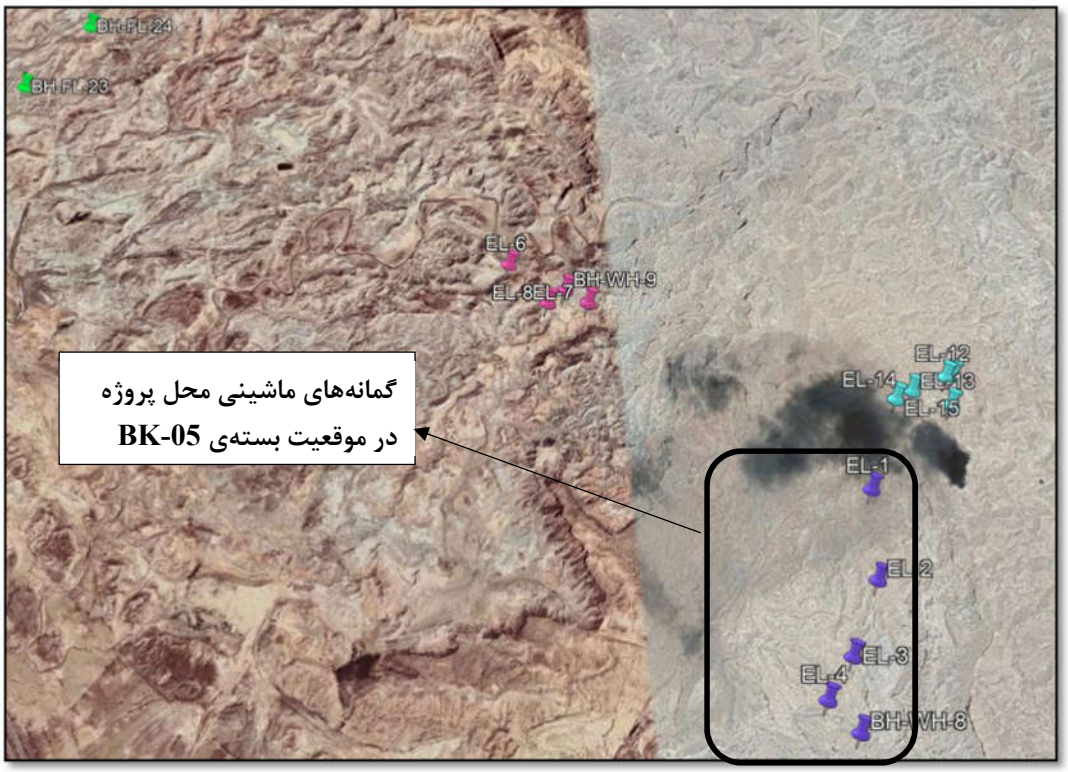
این گزارش برای استفاده انحصاری در ارتباط با پروژه طرح نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک در بخش سطح‌الارض، موقعیت بسته‌ی *BK-05* شامل خط برق به طول 1629 متر می‌با شد که برا ساس درخوا ست شرکت

مهندسی هیرگان انرژی تهیه شده است. استفاده از این گزارش توسط شخص یا شرکت دیگری غیر از شرکت هیرگان انرژی و اعضای تیم طراحی مرتبط با آن جهت اهداف و کاربردهای دیگر مگر با مجوز کتبی از شرکت هیرگان انرژی ممنوع می‌باشد؛ در غیر این صورت هیچ گونه مسئولیت حقوقی و قانونی بر عهده این شرکت نمی‌باشد. یادآور می‌گردد تعداد، عمق و نحوه چیدمان گمانه‌های ماشینی مطالعاتی طبق شرح خدمات ابلاغی شرکت هیرگان انرژی انجام گرفته است.

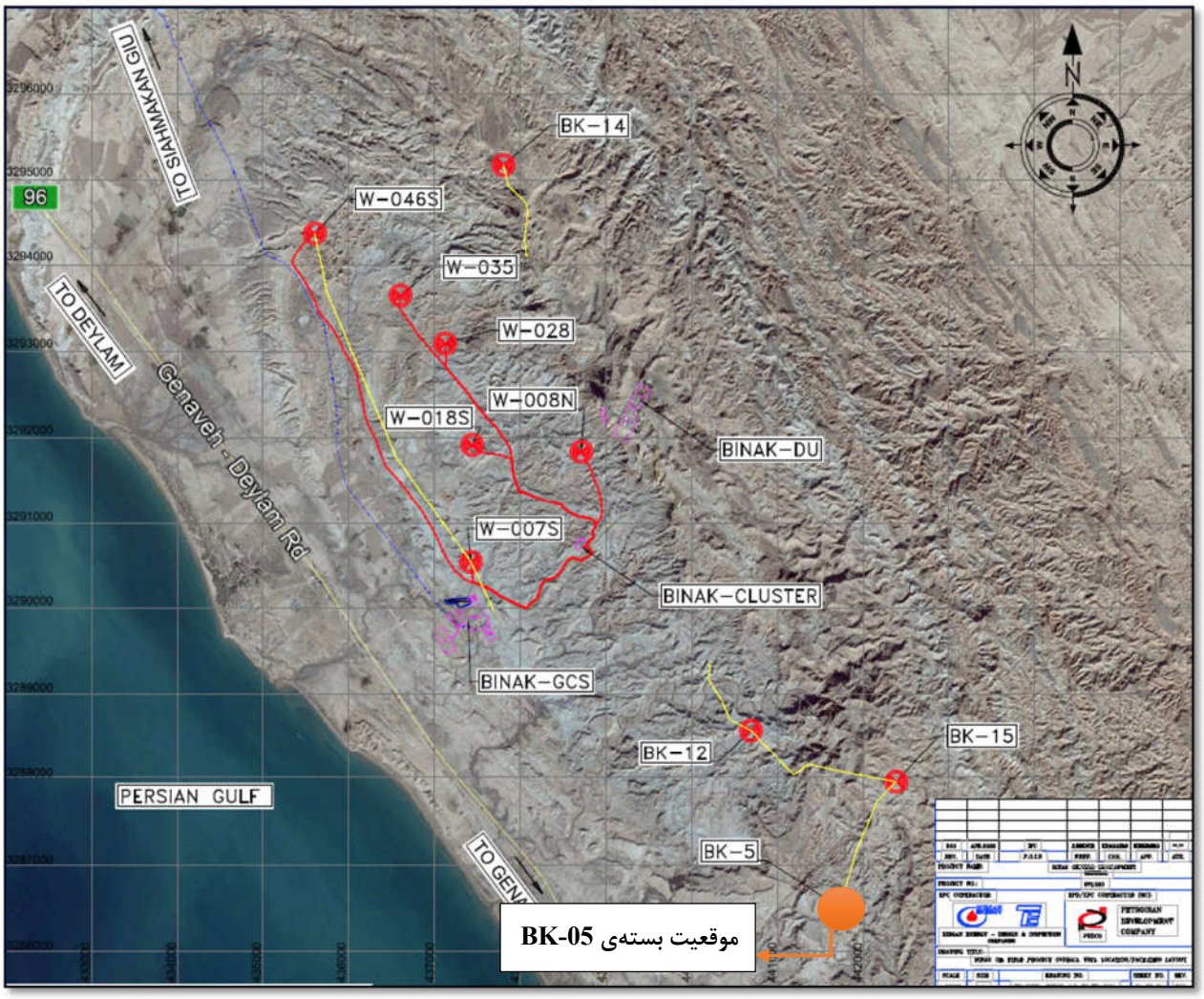
این گزارش منعکس کننده شرایط ساختگاه اعم از نوع و مشخصات لایه‌ها بر مبنای مشاهدات و نتایج به دست آمده در زمان آماده سازی گزارش و صرفاً برای ارائه وضعیت لایه‌ها در محل 5 گمانه ماشینی *BH-WH-8, EL-1, EL-2, EL-3* و *EL-4* در موقعیت بسته‌ی *BK-05* تهیه شده است. گذشت زمان و تأخیر در اجرای پروژه ممکن است منجر به تغییراتی در شرایط ساختگاه، تراز رقوم سایت، سطح آب، تکنولوژی مورد استفاده و شرایط اقتصادی گردد به گونه‌ای که نتایج، توصیه‌های گزارش موجود، لاگ همچنین محاسبات ظرفیت باربری را تغییر دهد. بنابراین، کارفرما یا گروه دیگری که گزارش برای آن تهیه شده است، می‌بایست در نظر داشته باشند که این شرکت مسئولیتی در قبال تغییرات شرایط پروژه بعد از زمان تنظیم گزارش ندارد.

3-1- مشخصات کلی طرح

مطابق اطلاعات دریافتی از شرکت هیرگان انرژی، پروژه نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک (بسته بینک) در بخش تحت الارض با هدف ساخت موقعیت چاه، تاسیسات سرچاهی و مسیرخطوط جریانی و مسیر برق رسانی مربوطه و در بخش سطح الارض با هدف احداث خطوط لوله 4 اینچ روزمینی انتقال سیال، خط لوله 8 اینچ زیرزمینی انتقال گاز و ایستگاه تقویت فشار گازی تعریف شده است. بخش تحت الارض شامل 55 گمانه ماشینی در 10 سایت تاسیسات سرچاهی، مسیر خط لوله و مسیر برق رسانی می‌باشد. بخش سطح الارض شامل 89 گمانه ماشینی در خط لوله زیرزمینی 8 اینچ به طول 44 کیلومتر، 9 گمانه ماشینی در خط لوله روزمینی 4 اینچ به طول 5/2 کیلومتر و 6 گمانه ماشینی در ایستگاه تقویت فشار جدید است، شایان ذکر است خط لوله روزمینی 4 اینچ انتقال سیال به طول 5/2 کیلومتر و گمانه‌های ماشینی *BH-FL-13* الی *BH-FL-17* در بسته‌ی کاری *W-046* بعد از حفر گمانه‌های ماشینی این دو بخش توسط شرکت هیرگان انرژی از دستور کار حذف شده است. گزارش حاضر دربرگیرنده نتایج مطالعات ابلاغی موقعیت بسته‌ی *BK-05* در بخش سطح الارض می‌باشد. با توجه به نقشه‌ها در محدوده مختصات‌های ارسالی از سمت شرکت هیرگان انرژی، پی گسترده با ابعاد 20×12، 10×10و 20×20 متر و پی‌های سطحی مربعی، مستطیلی و نواری جهت طراحی در این بسته‌ی کاری در نظر گرفته شده است. در شکل 1-1 و 1-2 نمایی از گمانه‌های ماشینی تاسیسات سرچاهی و مسیر برق رسانی مورد مطالعه موقعیت بسته‌ی *BK-05* در نقشه ماهواره‌ای و نقشه‌های ارسالی از شرکت هیرگان انرژی در سایت مذکور ارائه شده است.



شکل 1-1- موقعیت قرارگیری گمانه‌های ماشینی محل پروژه در موقعیت بسته‌ی BK-05 نسبت به کل پروژه در Google Earth



شکل 1-2- موقعیت بسته‌ی BK-05 نسبت به کل پروژه در Google Earth- نقشه ارسالی از شرکت هیرگان انرژی

فصل 2- زمین شنا سی عمومی، زمین ساخت گ ستره طرح و و ضعیت کلی لرزه خیزی ساختگاه

2-1- مطالعات زمین‌شناسی عمومی منطقه

محدوده مورد مطالعه در نق شه زمین شنا سی بو شهر قرار گرفته ا ست که با توجه به ویژگی‌های ریخت شنا سی فیزیکی به سه بخش دریا، پهنه جزر و مدی و بخشی از یال شمالی تاقدیس بوشهر تقسیم می‌شود. بخش اعظم رسوبات منطقه را پهنه جزر و مدی تشکیل می‌دهد. این نهشته‌ها به طور غالب از ماسه، رس و سیلت *(mud)* و نمک تشکیل شده‌اند.

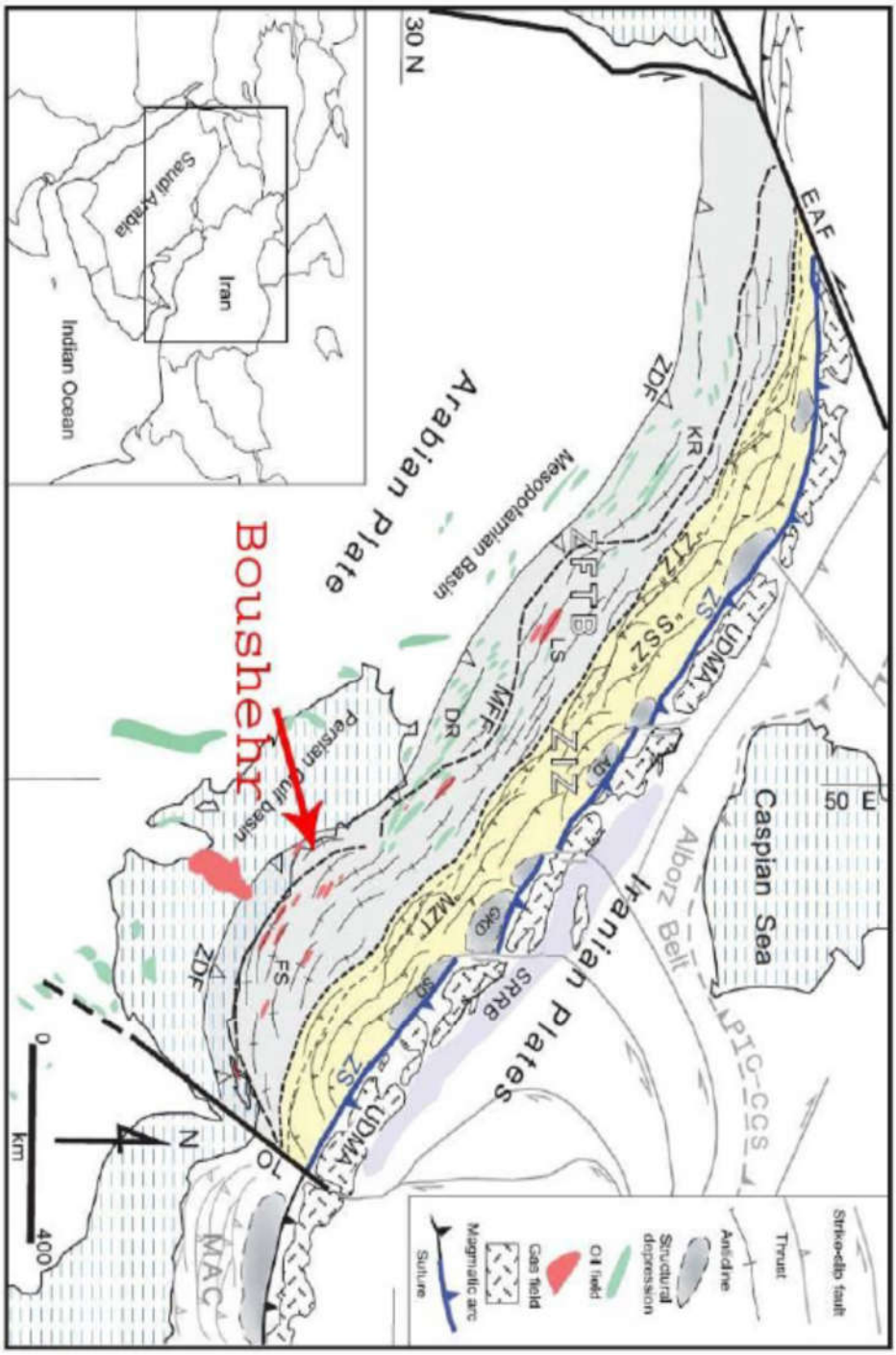
بوشهر استان باریک و بلندی است که بیشتر وسعت آن از نظر تقسیم‌بندی طبیعی، در دشت‌های ساحلی جنوب ایران قرار گرفته و با خلیج فارس بیش از 600 کیلومتر مرز دریایی دارد. خلیج فارس یک دریای حاشیه‌ای (*Marginal Sea*) است که به طور کامل روی فلات قاره قرار دارد و سراشیبی (*Slope*) آن در خلیج عمان است. این خلیج 200 تا 300 کیلومتر پهنا و سطحی در حدود 226000 کیلومترمربع را زیر پوشش دارد. ژرفای میانگین آن حدود 35 متر و ژرف‌ترین نقطه آن در کرانه ایرانی تنگه هرمز 165 متر و میانگین آن در کناره‌های محور، 74 تا 92 متر است. از نظر ریخت‌شناسی، خلیج فارس نامتقارن و شیب ساحل عربی (جنوبی) آن آرام‌تر 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. منطقهٔ کم شیب کرانهٔ جنوبی و دریای کم ژرفای آن با تاقدیس‌هایی با بام‌های کم شیب با روند شمالی – جنوبی تا شمال خاوری – جنوب باختری (روند پی‌سنگ عربستان)، اغلب میدان‌های نفتی بزرگی را می‌سازند. از سوی دیگر، کرانه ایرانی این خلیج، کرانه‌ای کوهستانی با روند شمال باختری است که پشته‌های پ شته‌های تاقدی سی با بلندی بیش از 1500 متر ه ستند. به همین دلیل، ساختارهای کرانه شمالی خلیج فارس، از دیدگاه هندسی، با آنچه که در کرانه جنوبی است، تفاوت دارد. در شکل های 2-1 و 2-2 شرایط زمین شناسی محور خلیج فارس نشان داده شده است.

استان بوشهر از نظر پستی و بلندی به دو قسمت جلگه‌ای و کوهستانی تقسیم می‌شود:

قسمت جلگه‌ای: همانگونه که پیشتر ذکر شد استان بوشهر درامتداد خلیج فارس قرار دارد که عرض آن در جهت شمال غربی (ناحیه بندر دیلم) به قسمت جنوب شرقی افزایش می‌یابد و حداکثر به 140کیلومتر در امتداد دره رود مند می‌رسد. جلگه مذکور از رسوبات رودهای دالکی، شاپور، اهرم و مند تشکیل یافته است. از جمله نواحی واقع در این جلگه می‌توان به دشت بوشهر و برازجان اشاره کرد که سطح وسیعی از شمال استان را در برگرفته 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.

قسـمت کوهسـتانی: 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 متوســـط قرار دارد و فاقد بارندگی قابل توجه اسـت، ولی فرآیند تبخیر آن به علت طولانی بودن فصل گرما شدت و حدت بیشتری دارد. در فصـل 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 به‌وجود می‌آید. به طور کلی آب و هوای بوشهر در نوار ساحلی گرم و مرطوب و در قسمت‌های داخلی گرم و خشک صحرایی اســـت. در استان بوشهر دو فصل محسوس وجود دارد: زمستان نسبتاً خنک شامل ماه‌های آذر، دی، بهمن، اسـفند و تابستان گرم و خشک و طولانی.

شکل 2-1-نمایش تقریبی محور خلیج فارس



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

2-2- لرزه‌خیزی عمومی منطقه

1-2-2- گسل‌های محدوده مورد مطالعه

زاگرس در جنوب باختری زمین درز تتیس واقع شده است که گستره‌های فارس، لرستان و خوزستان را دربردارد. مرز جداکننده این پهنه‌ها گسل‌های 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 می‌باشد. از نگاه جغرافیایی و ارتباط با پهنه‌های ساختاری، برگه بوشهر بخشی از حاشیه جنوب باختری کوه‌های 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 می‌گیرند 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 گسل‌های محدوده مورد مطالعه مشاهده می‌گردد. درشکل 2-4 نقشه زمین شناسی موقعیت *BK-05* در منطقه بینک ارائه شده است.

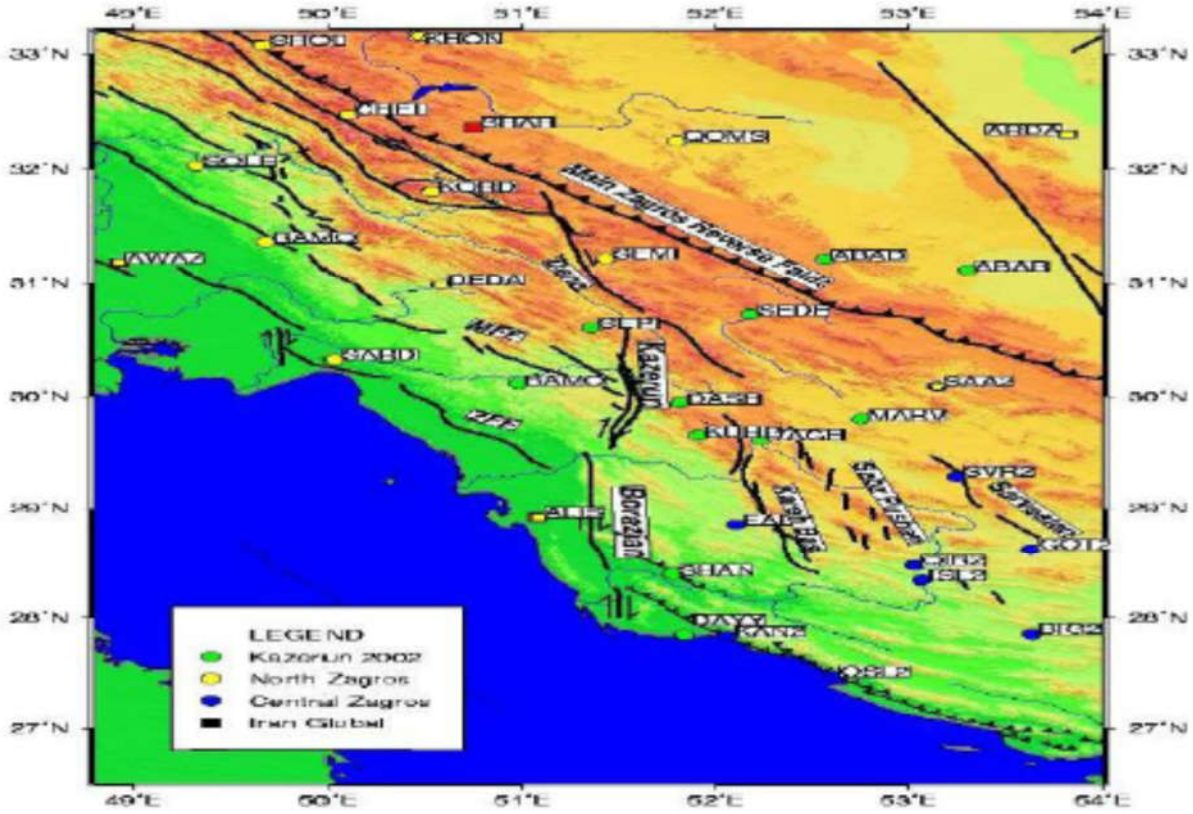
گسل کازرون

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 می‌یابد. گسل کازرون با راستای متغیر شمالی تا جنوبی و آزیموت بین 25 تا 340 درجه امتداد دارد و براین اساس به قطعه‌های متعددی قابل جدایش است. تقریبا در تمام تقسیمات ارائه شده، جهت قطعه‌بندی پهنه گسلی کازرون، قطعه برازجان به عنوان جنوبی‌ترین قطعه معرفی شده است که از فاصله نسبتا نزدیک (حدود 40 کیلومتری) خاور نقشه بوشهر عبور می‌کند. 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 می‌کند. 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 افکنه‌ها و موازی محور تاقدیس بوشهر)، سه بلوک زمین شناسی (براساس داده‌های لرزه‌ای) با ساختار درونی و همچنین خطر لرزه‌ای متفاوت مشخص شده است: 1-بلوک بوشهر، 2-ژئوبلوک برازجان و 3-ژئوبلوک کازرون.

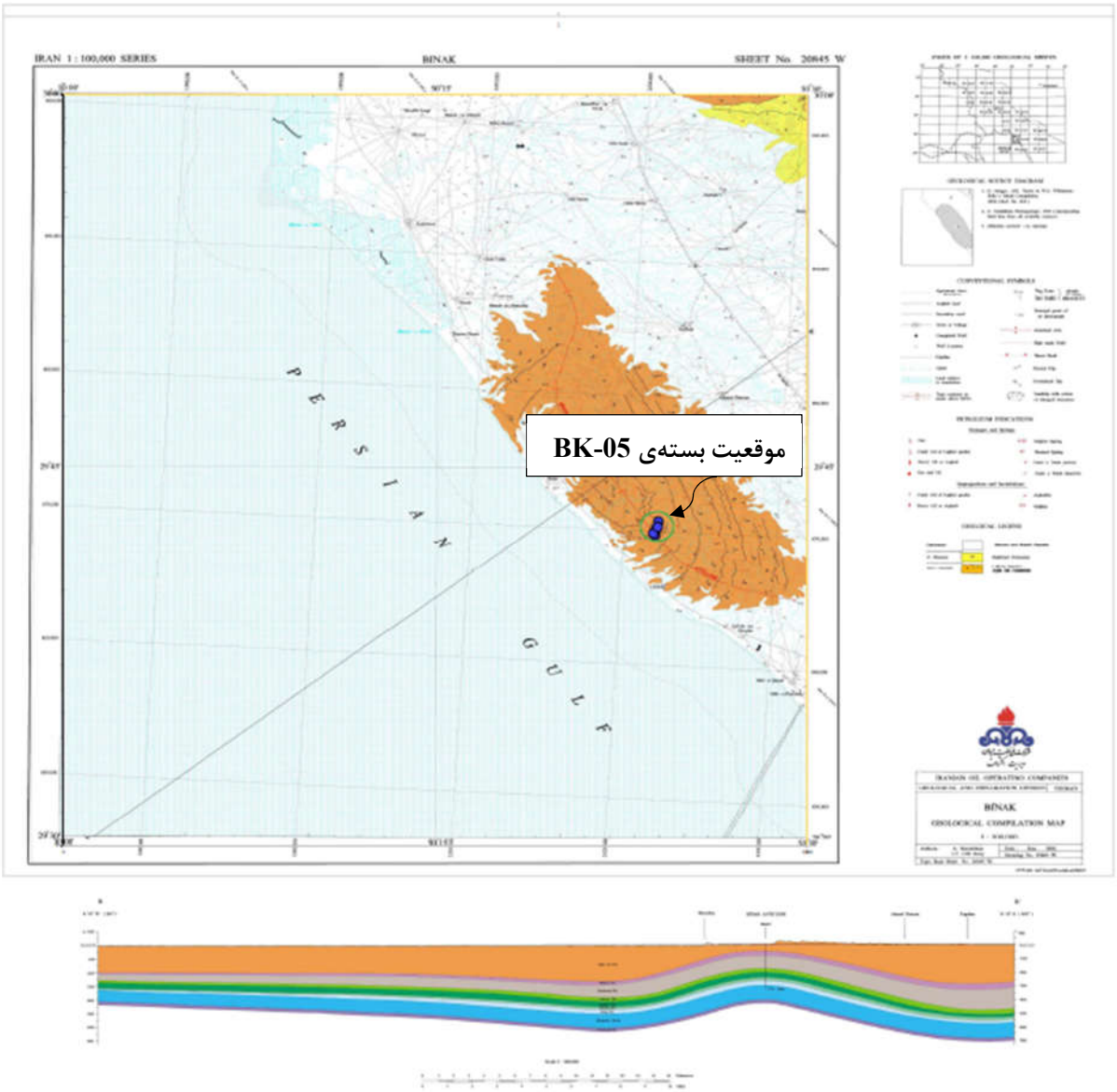
گسل زاگرس

اصلی‌ترین گسل‌های معکوس گستره مورد بررسی، جهت ارزیابی خطر زمین لرزه، براساس سابقه لرزه‌خیزی مهم، قطعات مختلف گسل پیش گودال زاگرس و قطعات مختلف گسل جبهه کوهستان قلمداد شده‌اند. گسل لبه کوهستان زاگرس، به طور تقریبی برخمش لبه کوهستان منطبق بوده و حد جنوب باختری رخنمون سطحی سازند آسماری را مشخص می‌کند. گسل لبه کوهستان زاگرس یک جبهه توپوگرافی اصلی است که در خاور گسل‌های راستالغز کازرون و برازجان در ناحیه فارس و در باختر کبیرکوه در ناحیه لرستان به وسیله منحنی کیزان 500 متر مشخص می‌شود. زمین‌لرزه‌هایی برروی نزدیک‌ترین قطعات مختلف گسل جبهه کوهستان به بوشهر رخ داده‌اند. در گستره مورد مطالعه

بر پایه شواهد مختلف به ویژه شواهد ریخت شناسی، گسل لبه کوهستان زاگرس را به 3 قطعه اصلی تقسیم نموده است. 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

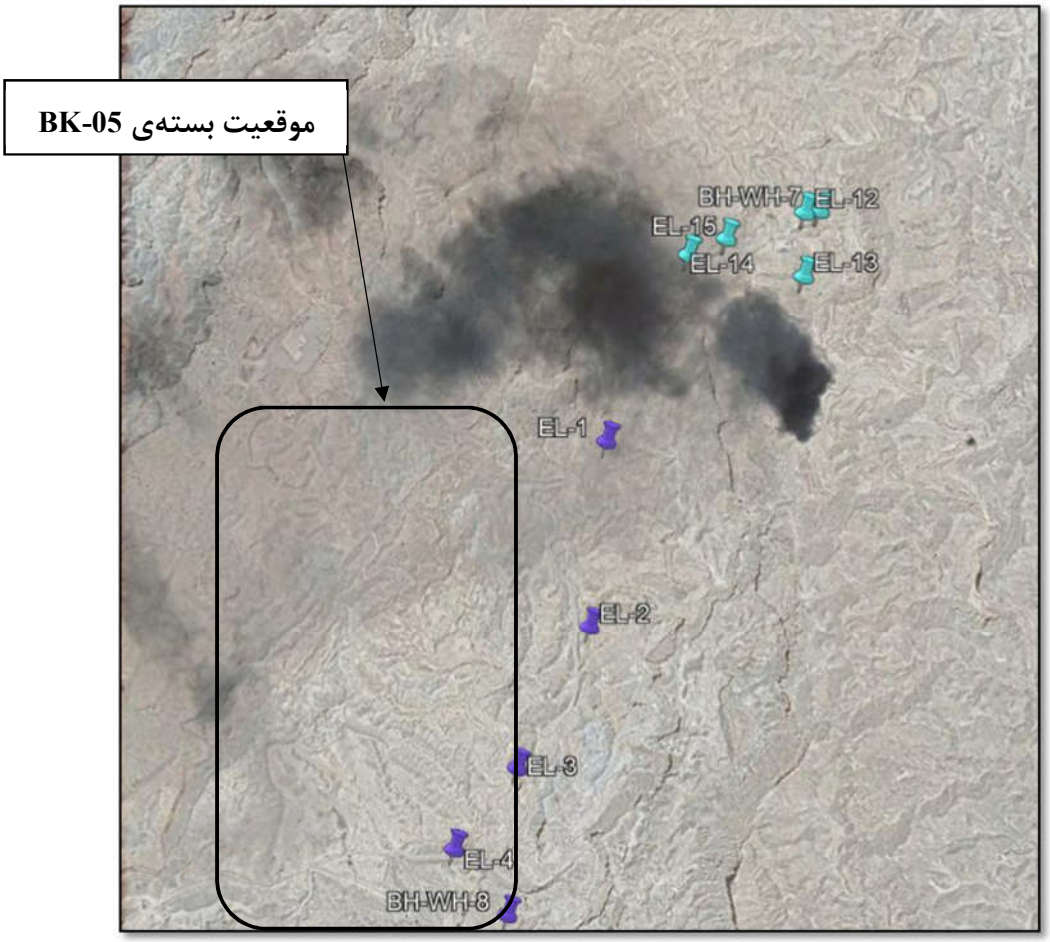


شکل 2-4- موقعیت بسته‌ی BK-05 در نقشه زمین‌شناسی بوشهر در منطقه بینک به مقیاس 1:100000

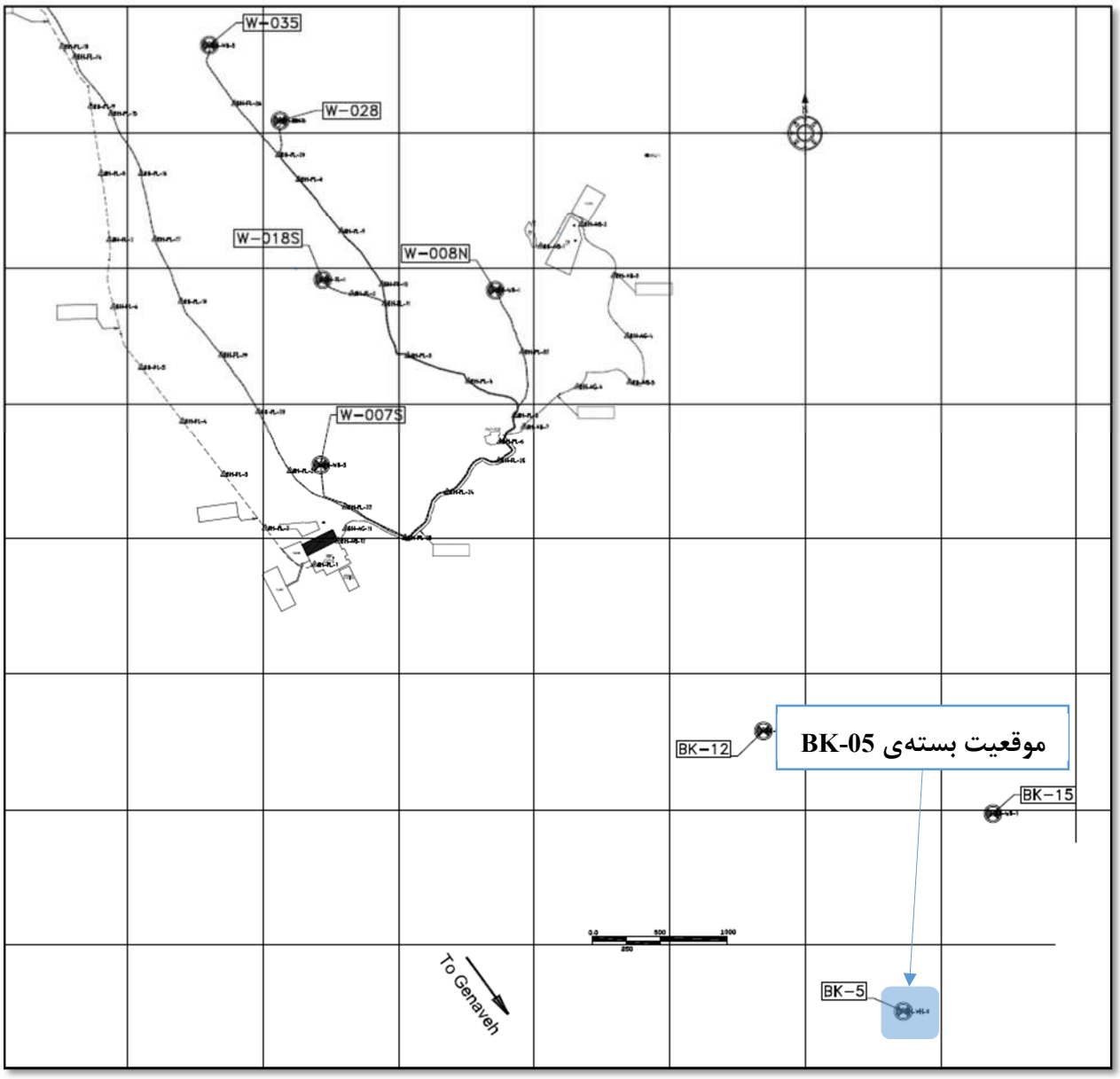
فصل 3- کاوش‌های صحرایی

3-1- عملیات حفاری گمانه‌های ماشینی

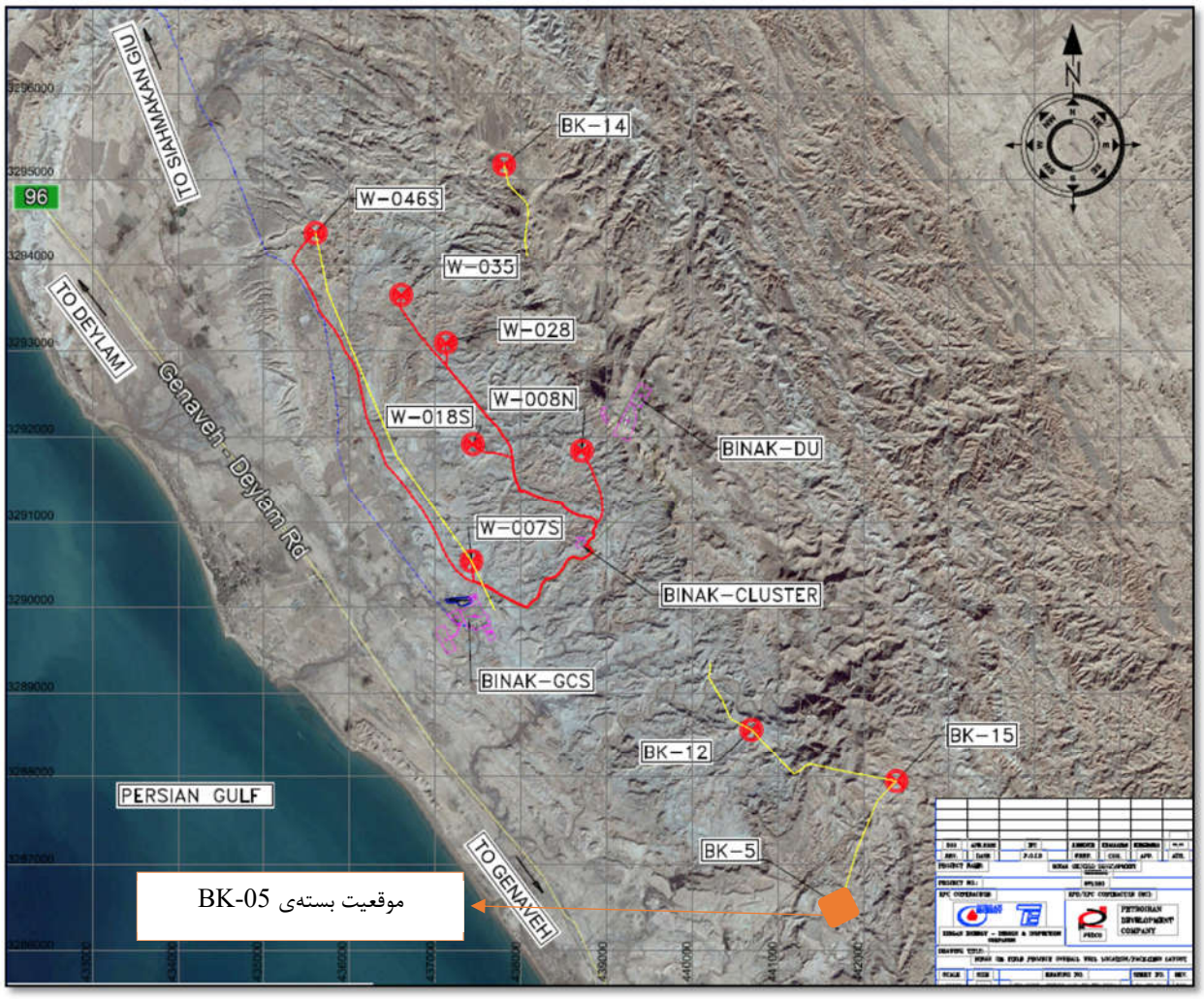
حفاری 5 گمانه ما شینی به روش مغزه‌گیری ممتد در محل‌های م شخص شده تو سط شرکت هیرگان انرژی در موقعیت بسته‌ی *BK-05* انجام گرفت. به منظور شنا سایی لایه‌ها و تعیین پارامترهای فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی خاک نسبت به اخذ نمونه‌های دست خورده و دست نخورده از قشرهای مختلف در حین حفر گمانه‌های ماشینی اقدام شد. در جدول 3-1 م شخصات کلی گمانه‌های ما شینی همچنین در شکل 3-1 الی 3-3 جانمایی آن‌ها در موقعیت بسته‌ی *BK-05* ارائه شده است.



شکل 3-1- جانمایی محل حفر گمانه‌های ماشینی در موقعیت بسته‌ی BK-05



شکل 3-2- جانمایی محل حفر گمانه‌های ماشینی در موقعیت بسته‌ی BK-05 نسبت به مسیرهای خط لوله- نقشه ارسالی از شرکت محترم هیرگان انرژی



شکل 3-3- موقعیت قرارگیری محل حفر گمانه‌های ماشینی در موقعیت بسته‌ی BK-05 – نقشه ارسالی از شرکت محترم هیرگان انرژی

جدول 3-1. مشخصات کلی گمانه‌های ماشینی موقعیت بسته‌ی *BK-05*

BH NO.	*Depth (m)*	*Location*	
		E	*N*
BH-WH-8	*15*	*441725*	*3286512*
EL-1	*3*	*441938*	*3287495*
EL-2	*3*	*441901*	*3287109*
EL-3	*3*	*441747*	*3286813*
EL-4	*3*	*441614*	*3286649*

2-3- آزمایش‌های برجا

1-2-3- 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.

$$C_N = \sqrt{\left(\frac{1 \cdot 7}{P_0' + 0 \cdot 7}\right)} \qquad N' = C_N \times N$$

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 می باشد 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. همچنین راندمان دستگاه برابر 60 درصد فرض شده است. در جدول 3-2، ضرایب اصلاح عدد *SPT* براساس پیشنهاد *Seed et al. (2003)* ارائه شده است.

معادل سازی اعداد *SPT* براساس برون‌یابی مقادیر نفوذ کمتر از 30 سانتی‌متر به منظور مقایسه نسبی وضعیت لایه‌هایی انجام می شود که دارای تعداد ضربات $N_{SPT}>50$ می‌باشند. قاعدتاً نقاطی که با نفوذ کامل 30 سانتی‌متر در مجموع به تعداد ضربات 50 یا بیشتر رسیده‌اند، از نظر سفتی و قوام با لایه‌های 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 می‌گردد. با توجه به تراکم و در شت دانه بودن لایه‌ها، آزمایش با تعویض نمونه‌گیر *SPT* به مخروط *(Cone)* انجام گرفته و نتایج آن با اعمال ضریب 0/6 به *SPT* معادل تبدیل شده است. خاطر نشان می سازد با در نظر گرفتن بافت خاک محل و امکان قرارگیری نوک دستگاه *SPT* بر روی پاره سنگ، افزایش ظاهری تعداد ضربات *SPT* دور از ذهن نمی‌باشد.

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

C_B

Borehole diameter	Correction (C_B)
65 to 115 mm	1.00
150 mm	1.05
200 mm	1.15

C_E

$$C_E = \frac{ER}{60\%} \qquad \text{(Eq. T-2)}$$

where ER (efficiency ratio) is the fraction or percentage of the theoretical SPT impact hammer energy actually transmitted to the sampler, expressed as %

- The best approach is to directly measure the impact energy transmitted with each blow. When available, direct energy measurements were employed.
- The next best approach is to use a hammer and mechanical hammer release system that has been previously calibrated based on direct energy measurements.
- Otherwise, ER must be estimated. For good field procedures, equipment and monitoring, the following guidelines are suggested:

Equipment	Approximate ER (see Note 3)	C_E (see Note 3)
-Safety Hammer[1]	0.4 to 0.75	0.7 to 1.2
-Donut Hammer[1]	0.3 to 0.6	0.5 to 1.0
-Donut Hammer[2]	0.7 to 0.85	1.1 to 1.4
-Automatic-Trip Hammer (Donut or Safety Type)	0.5 to 0.8	0.8 to 1.4

- For lesser quality fieldwork (e.g.: irregular hammer drop distance, excessive sliding friction of hammer on rods, wet or worn rope on cathead, etc.) further judgmental adjustments are needed.

نتایج حاصل از این آزمایش در اعماق مختلف در شرح گمانه‌های ماشینی (پیوست 2) آورده شده است. شکل 3-4 نمایش دهنده نمودار تغییرات نتایج آزمایش *SPT* اصلاح نشده *(N_{SPT})* و میزان نفوذ متناظر نسبت به عمق به تفکیک گمانه‌های ماشینی است. در گمانه‌ی ماشینی *BH-WH-8* تا عمق 0/5 متری خاک سطحی و در ادامه خاک سیلت بدون چسبندگی در رده بسیار متراکم *(Very Dense)* قرار دارد و شناسایی شده است. در گمانه ماشینی *EL-4* بعد از گذر از خاک سطحی به ضخامت 0/5 متر تا عمق تقریبی 2/30 متری گمانه ماشینی خاک ماسه و در رده بسیار متراکم *(Very Dense)* مشاهده شده است. لذا جهت بدست آوردن دید کلی از وضعیت تراکم و سفتی لایه‌ها،

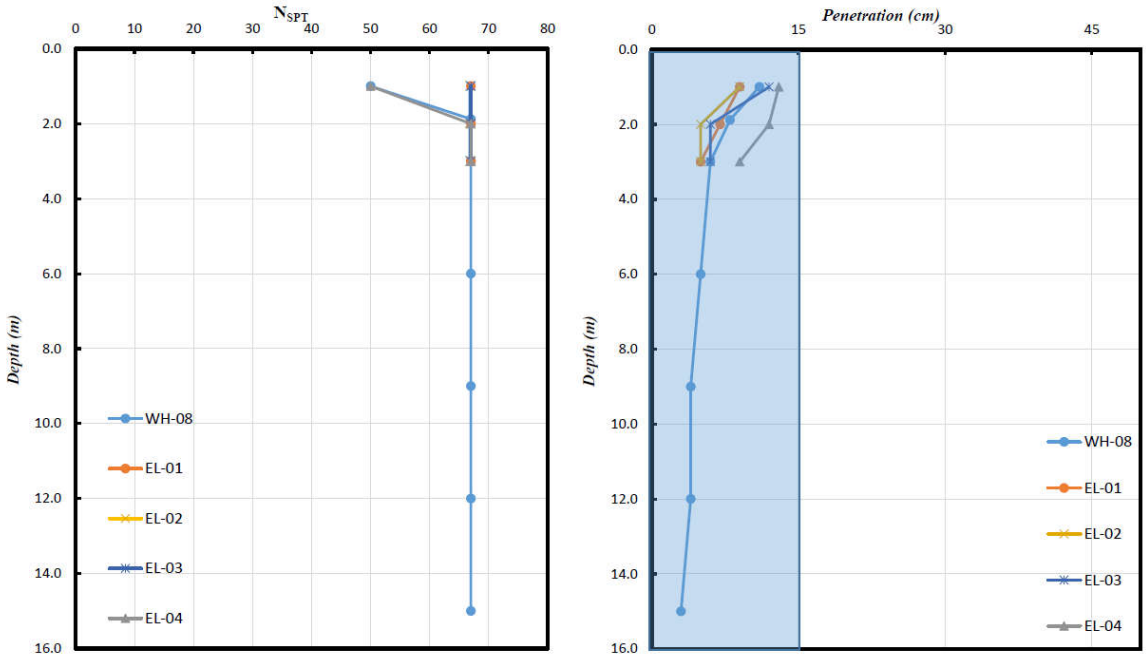
نتایج نفوذ استاندارد درگمانه‌های ماشینی براساس طبقه بندی ارائه شده توسط ترزاقی و پِک (جداول شماره 3-4 و 3-3) به شرح زیر قابل توصیف می‌باشد. خاطر نشان می سازد در بخش‌هایی که لایه‌ها به صورت سنگی می‌باشد، توصیفات ارائه شده به صورت کیفی بوده و جهت بدست آوردن دید کلی نسبت به میزان تراکم و سفتی لایه‌ها است. کلیه توصیف‌های ارائه شده در خصوص تراکم و قوام خاک، طبق اعداد *SPT* اصلاح نشده می‌باشند.

جدول 3-3. رابطه تراکم خاک درشت دانه و عدد N_{SPT} (ترزاقی و پِک1948)

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

جدول 3-4. رابطه تراکم خاک ریزدانه و عدد N_{SPT} (ترزاقی و پِک1967)

SPT value (N)	***Type***	*Remarks*
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.*

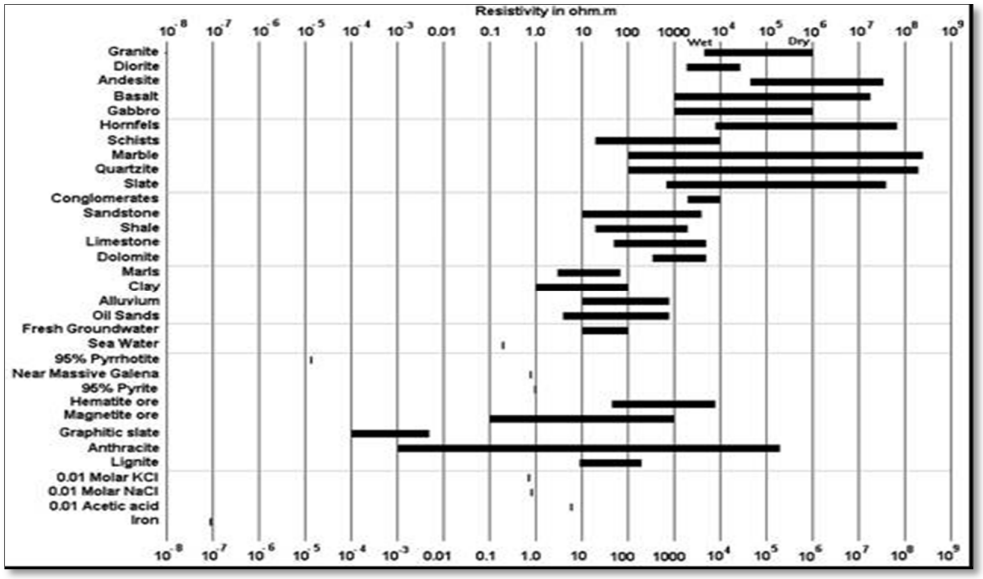


شکل 3-4-تغییرات نتایج ضربات SPT (اصلاح نشده) و میزان نفوذ متناظر برحسب عمق بسته‌ی BK-05

3-2-1- 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 روش‌های الکتریکی که جریان به وسیله الکترودها به زمین انتقال می‌یابد هرگونه تغییرات زیر سطحی لایه‌های زمین باعث تغییر در نحوه هدایت جریان الکتریکی در داخل زمین یا تغییر پتانسیل الکتریکی می‌شود. میزان تاثیر عوامل فوق به اندازه، شکل، موقعیت و مقاومت الکتریکی لایه‌های زیر سطحی بستگی دارد. لذا به دست آوردن اطلاعات مربوط به لایه‌های زیرسطحی یا اندازه‌گیری پتانسیل الکتریکی در سطح زمین امکان پذیر است. روش متعارف در این کار عبور جریان الکتریکی از داخل زمین به وسیله دو عدد الکترود و اندازه‌گیری افت پتانسیل بین دو الکترود دیگر است که در امتداد یک خط در میان الکترودهای اولیه قرار داده شده‌اند. مقاومت لایه‌های مختلف خاک یا سنگ در اثر شکستگی‌ها، تخلخل، هدایت الکتریکی، آب‌های زیر سطحی و درجه اشباع خاک دستخوش تغییرات بسیاری می شود. حدود تقریبی مقاومت الکتریکی برای انواع مختلف خاک و سنگ در شکل 3-5 نشان داده شده است.



شکل 3-5- حدود مقاومت الکتریکی برای خاک‌های مختلف

3-2-2-1- نحوه انجام آزمایش و آرایش الکترودها

در هنگام آزمایش آرایش‌های متفاوتی را می‌توان برای قرار دادن الکترودهای جریان و پتانسیل در سطح زمین مورد ا ستفاده قرار داد. در اغلب این آرایش‌ها هر دو مجموعه الکترودها در امتداد یک خط قرار داده می شوند. معمولاً الکترودهای جریان در بیرون الکترودهای پتانسیل قرار می گیرند، هر چند که معکوس قرار دادن الکترودها نیز هیچ تفاوتی را در نتایج حاصله ایجاد نخواهد کرد. آزمایش تعیین مقاومت الکتریکی در 5 محل (*Line*) در بسته‌ی *BK-05* با عناوین *BH-WH-8*, *EL-1*, *EL-2*, *EL-3* و *EL-4* (در کنار مختصات هر گمانه ما شینی) با قرائت در اعماق یک و 3 متری، به منظور تعیین مقاومت الکتریکی خاک و میزان خورندگی خاک مطابق آیین نامه *ASTM G57* انجام شده است.

جهت تعیین میزان مقاومت الکتریکی ظاهری *(Apparent Resistivity)* با آرایش ونر از فرمول زیر استفاده می‌شود:

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

a =فاصله الکترودها (متر)

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

ρ_a =مقاومت الکتریکی ظاهری (اهم متر)

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 3-6 و پیوست 3-1 ارائه شده است.

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

Station No.	ρ_a *(Ωm)*	
	a=1m	*a=3m*
BH-WH-8	*34.22*	*87.52*
EL-1	*21.53*	*99.30*
EL-2	*46.45*	*96.09*
EL-3	*42.98*	*216.30*
EL-4	*4.74*	*105.36*

۱-۱-۳-۱- ۲-۲-۲-۳- خورندگی

عکس العمل شیمیایی یا الکتروشیمیایی یک فلز با محیط اطراف که منجر به اضمحلال تدریجی یا نابود شدن فلز گردد را خورندگی 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.

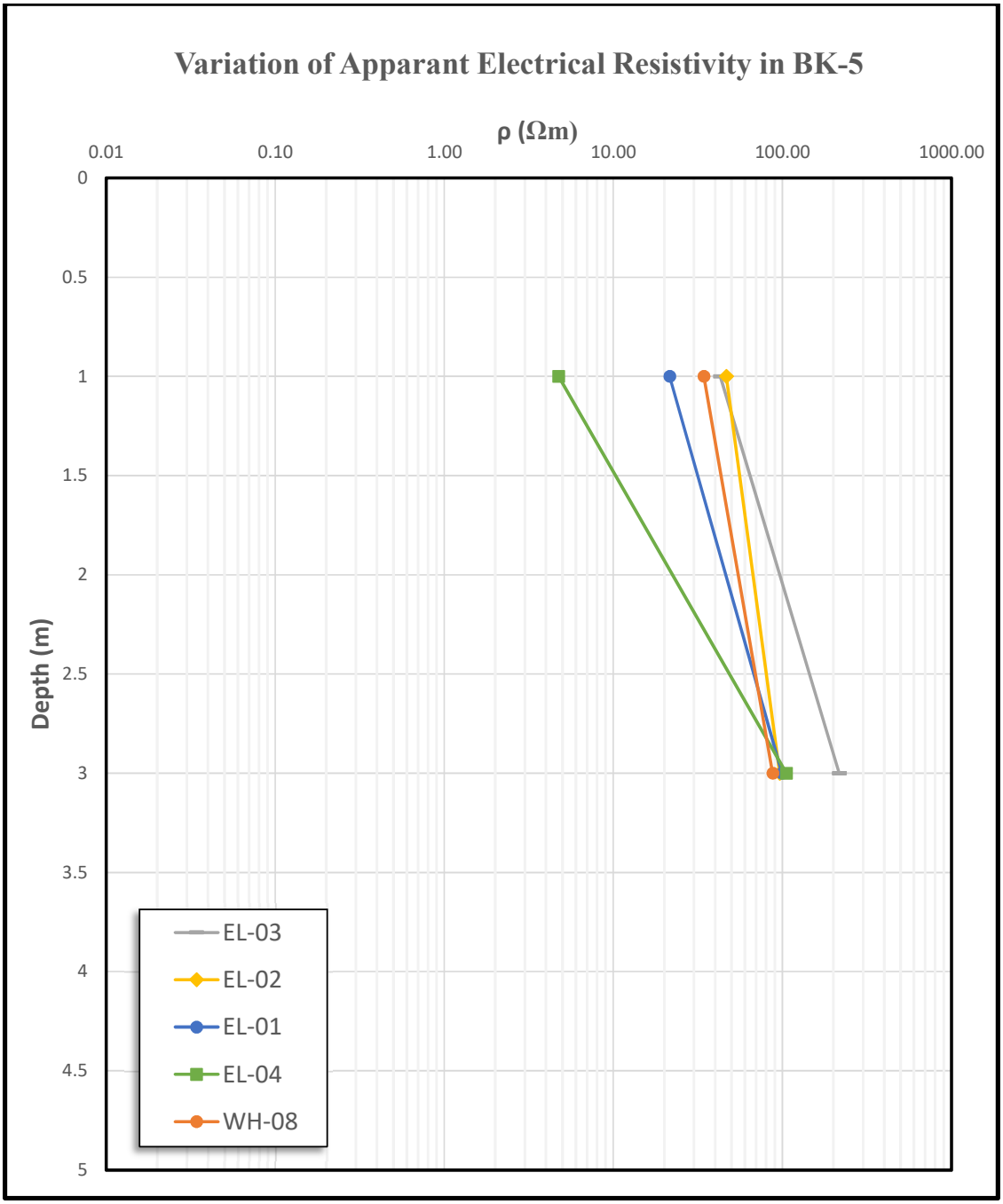
پتانسیل خورندگی خاک‌ها تابعی از افزایش یا کاهش مقاومت الکتریکی آن بوده و میزان مقاومت الکتریکی خاک به نوبه خود بستگی به تمرکز املاح معدنی و آلی و رطوبت زمین در اعماق مختلف دارد. با افزایش میزان املاح موجود در خاک و بالا آمدن سطوح آب زیرزمینی بر میزان قابلیت هدایت الکتریکی (عکس مقاومت الکتریکی) افزوده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

در جدول 3-6 محدوده پتانسیل خورندگی 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 بسته‌ی *BK-05* در اعماق سطحی گمانه ماشینی *EL-4* کمتر از 10 اهم-متر در محدوده خورنده و در گمانه‌های ماشینی *EL-1, EL-2 , EL-3* و *BH-WH-8* در محدوده خورندگی متوسط قرار دارد. در عمق 3متری گمانه‌های ماشینی *EL-1*، *EL-2* و *BH-WH-8* بیش از 20 اهم-متر در محدوده خورندگی متوسط و گمانه ماشینی *EL-3* و *EL-4* بیش از 100 اهم-متر در محدوده غیرخورنده قرار دارد. پیشنهاد می شود در نقاطی که خورندگی 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. خورندگی خاک طبق مقاومت الکتریکی *(British Standard BS-1377)*

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



شکل 3-6-تغییرات مقاومت الکتریکی بر حسب عمق در بسته‌ی BK-05

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

به منظور تعیین ضریب ارتجاعی (*Elastic Soil Modulus*) و دستیابی به پارامترهای نشست‌پذیری لایه‌های خاک، مطابق با درخواست شرکت هیرگان انرژی مقرر گردید یک آزمایش بارگذاری صفحه در محل تاسیسات سرچاهی بسته‌ی *BK-05* انجام شود، لذا این آزمایش بارگذاری صفحه در محل گمانه‌ی ماشینی *BH-WH-8* 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 برازش بهترین خط عبوری از نقاط متناظر تنش-نشست به دست می‌آید. شایان ذکر است آزمایش بارگذاری صفحه در محل گمانه ماشینی *BH-WH-8* بر روی خاک دستی انجام شده فلذا نتایج آن قابل تعمیم برای تمامی گمانه‌های ماشینی این سایت از پروژه بینک نخواهد بود. در جدول 3-7 خلاصه نتایج حاصل از آزمایش و در پیوست 3-2 نیز نتایج و نمودارهای حاصل از آن ارائه شده است.

جدول 3-7. مشخصات و نتایج آزمایش بارگذاری صفحه

Test No.	*Depth (m)*	*Plate Diameter (cm)*	*E_{50} (kg/cm²)*
PLT-BK-05(BH-WH-8)	*1.0*	*30*	*231*

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

آزمایش *CBR* به منظور تعیین مقاومت نسبی لایه‌های رویه و اساس و خصوصیات تراکم پذیری خاک مطابق با استاندارد *ASTM D4429* انجام می‌شود. در این راستا مجموعا یک آزمایش مذکور در مسیر دسترسی به تاسیسات سرچاهی بسته *BK-05* انجام شده است. خلاصه نتایج حاصل از آزمایش در محل موقعیت مذکور در جدول 3-8 و در پیوست 3-3 نتایج و نمودارهای حاصل از آن ارائه شده است.

جدول 3-8. مشخصات و نتایج آزمایش *CBR*

Test No.	*Depth (m)*	*Penetration*	
		2.54(mm)	*5.08(mm)*
CBR-1	*Ground Level*	*19.8%*	*18.6%*

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

D02

بر اساس نتیجه به دست آمده از آزمایش *CBR*، سطح کیفی مصالح خاکی نسبتاً خوب (*fair*) ارزیابی شده و برای استفاده در زیر اساس می‌تواند مناسب باشد (*Bowles, 1995*).

4-2-3- اندازه گیری دمای خاک

اندازه‌گیری دمای خاک در 5 گمانه ماشینی *BH-WH-8*، *EL-1*، *EL-2* ، *EL-3* و *EL-4* در بسته *BK-05* در عمق یک متری در سه زمان مختلف (صبح، ظهر، عصر) در بازه زمانی 21 الی 22 بهمن ماه1400 و 29 الی 30 خرداد 1401 انجام و نتایج حاصل از اندازه‌گیری دمای خاک در پیوست 3-4 ارائه شده است.

3-3- وضعیت تراز سطح آب

با توجه به نتایج حاصل از حفر 5 گمانه ماشینی، سطح آب در زمان عملیات اجرایی در محل حفر گمانه‌های ماشینی *BH-WH-8* و *EL-1, EL-2, EL-3* و *EL-4* تا عمق حداکثر 15 متر، تراز آب زیر سطحی مشاهده نشده است. نظر به این که گذر زمان و تغییرات شرایط جوی در فصول مختلف سال 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.

فصل 4- آزمایش‌های آزمایشگاهی

پس از اتمام عملیات حفاری ماشینی، به‌منظور 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.

جدول4-1. 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	
تک محوری سنگ	Publication No.737*	
بار نقطه‌ای سنگ	ASTM D5731	
برش مستقیم	ASTM D3080	
مقاومت کششی برزیلی سنگ	ASTM D3967	
شیمیایی خاک	BS-1377	

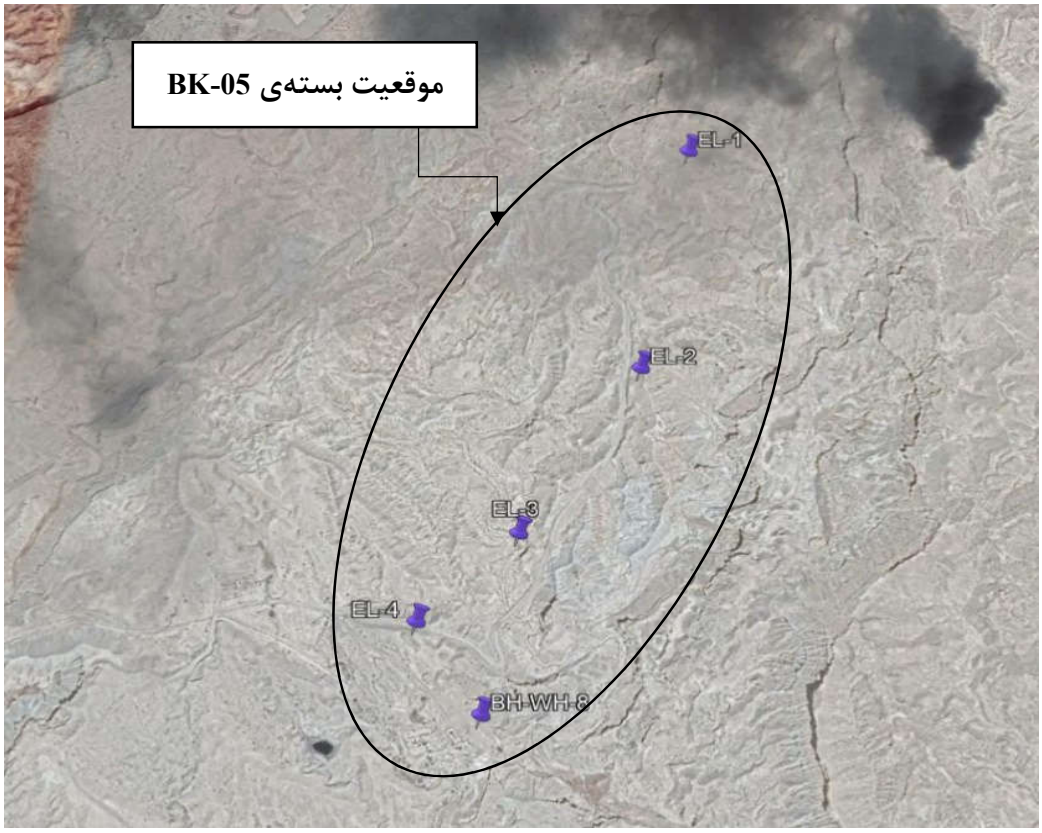
*نشریه 737 سازمان برنامه و بودجه ایران نیز در نظر گرفته شده است.

4-1- توصیف و طبقه بندی لایه‌های خاک

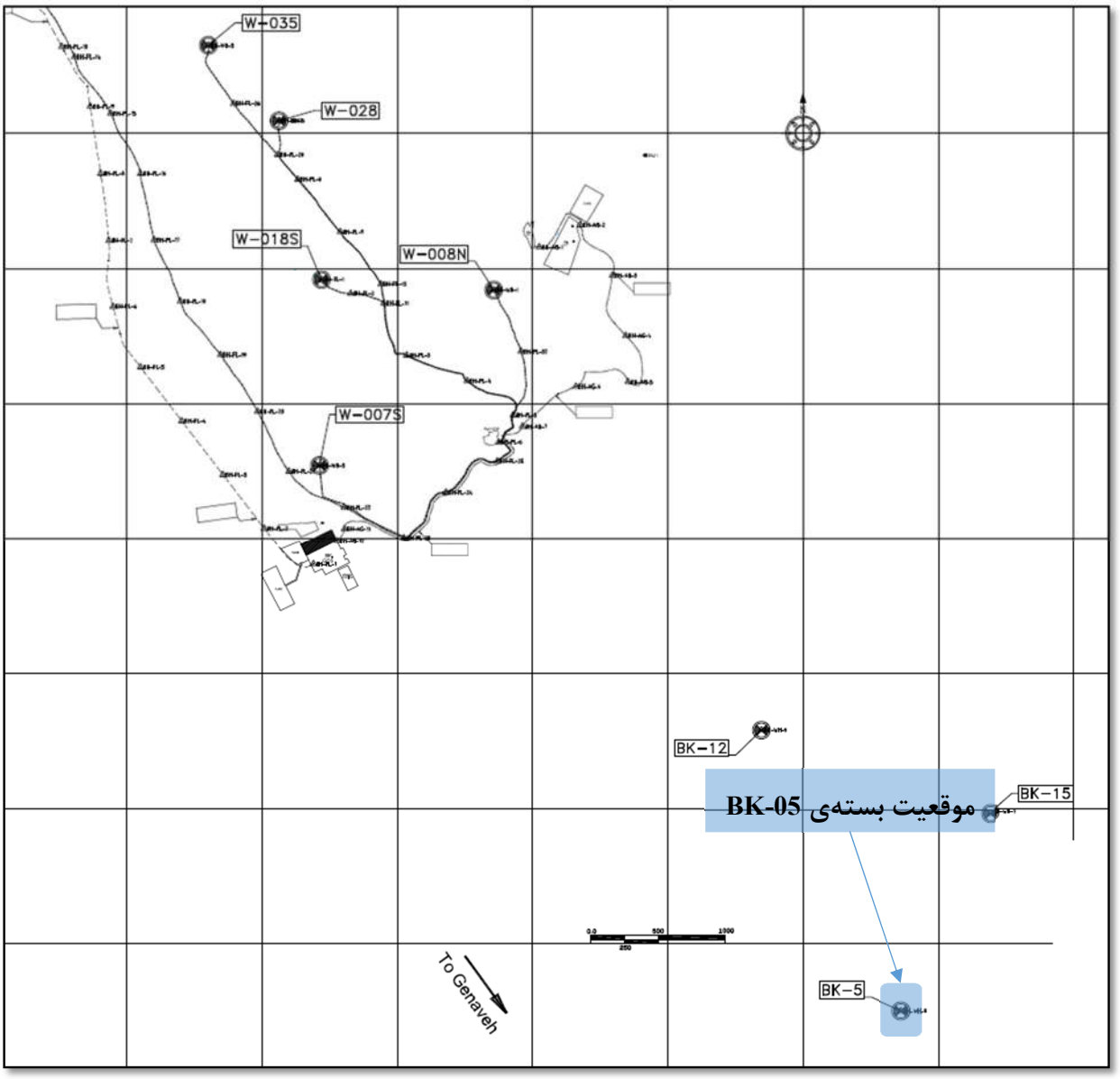
بر اساس تجزیه و تحلیل‌های انجام شده بر روی نمونه‌های اخذ شده از اعماق مختلف گمانه‌های ماشینی بسته‌ی *BK-05* با در نظرگیری نتایج آزمایش‌های آزمایشگاهی و فاصله گمانه‌های ماشینی از یکدیگر، لایه‌های موجود در محدوده این بسته را می‌توان مطابق شرح ارائه شده در ذیل، طبقه‌بندی نمود. جهت سهولت بررسی و مقایسه، 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 بسته‌ی *BK-05* نقشه توپوگرافی منطقه مورد مطالعه از سوی شرکت محترم هیرگان انرژی ارائه نشده است.

براساس نتایج حاصل از حفاری‌های صورت گرفته و نتایج آزمایشگاهی، در گمانه ماشینی *BH-WH-8* تا عمق 2 متری خاک ریز دانه سیلت با پلاستیسیته کم و بدون چسبندگی و در ادامه تا انتهای گمانه ماشینی لایه‌های سنگ رس(*ClayStone*)، ماسه سنگ (*SandStone*) و مارن (*Marl*) مشاهده شده است. در گمانه

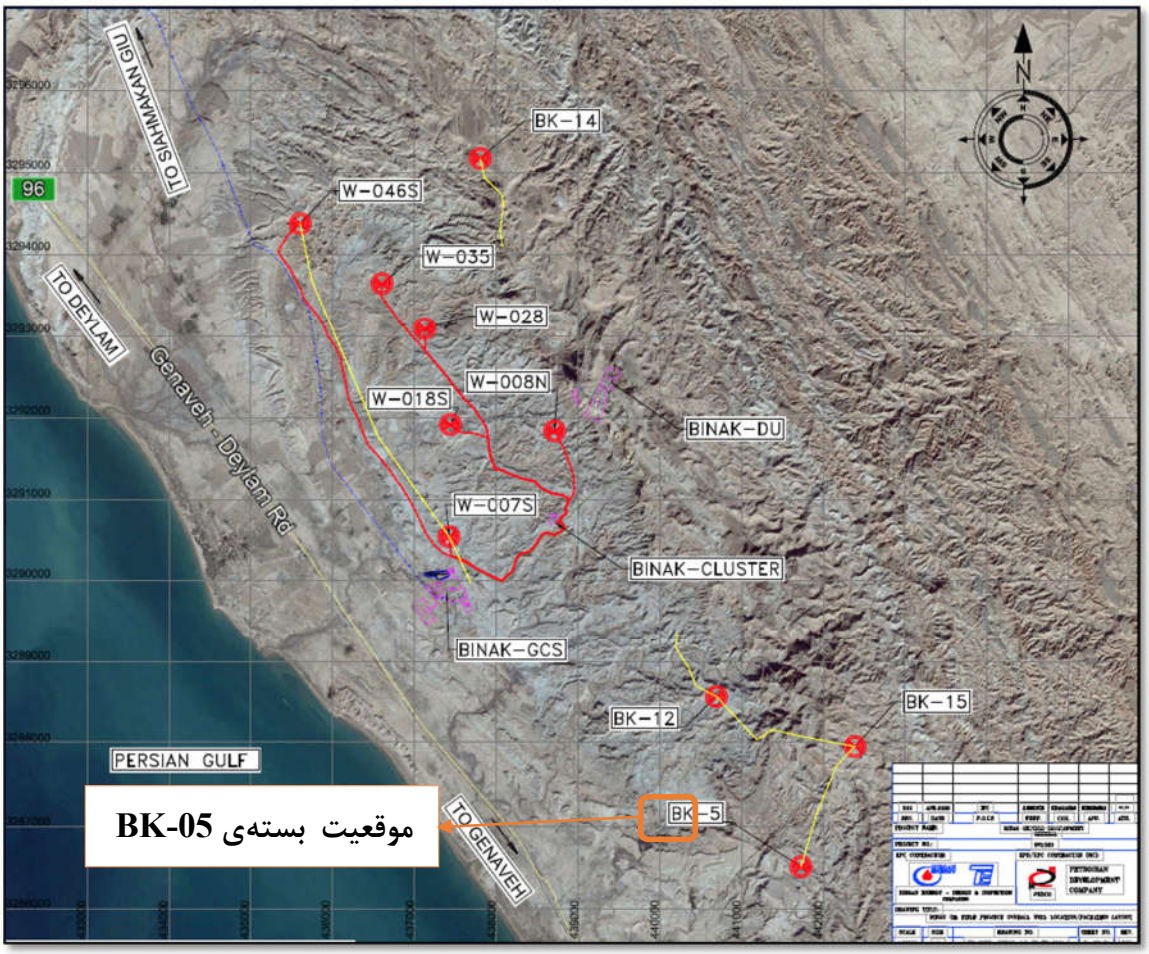
ماشینی *EL-1* بعد از عبور از خاک سطحی به ضخامت تقریبی 70 سانتی‌متر توالی لایه‌های سنگ رس (*ClayStone*) و سنگ سیلتی (*SiltStone*) مشاهده شده است. در گمانه ماشینی *EL-2* بعد از لایه خاک سطحی به ضخامت 60 سانتی‌متر تا انتهای گمانه ما شینی توالی لایه‌های سنگ رس (*ClayStone*)، سنگ سیلتی (*SiltStone*) و مارن (*Marl*) قرار گرفته است. شایان ذکر است در عمق 1/5 الی 2 متری گمانه ماشینی *EL-2* گچ مشاهده شده است. در گمانه ما شینی *EL-3* بعد از لایه خاک سطحی به ضخامت 50 سانتی‌متر توالی لایه‌های سنگ رس (*ClayStone*) و مارن (*Marl*) قرار دارد. در گمانه ما شینی *EL-4* لایه خاک سطحی به ضخامت 50 سانتی‌متر توالی لایه‌های سنگ سیلتی (*SiltStone*) و ما سه سنگ (*SandStone*) مشاهده شده است. لازم به ذکر است لایه‌های سنگی پس از 24 ساعت خیساندن در آب، دچار وارفتگی است و در طبقه بندی رس و سیلت با پلاستیسیته کم، ماسه حاوی لای و شن حاوی رس قرار می‌گیرند. لایه‌های مذکور مطابق طبقه‌بندی متحد خاک *(USCS)* عمدتاً در رده *CL*، *ML*، *SM* و *GC* طبقه‌بندی می‌شوند.



شکل4-1- گمانه‌های ماشینی در محدوده مورد مطالعه موقعیت بسته‌ی BK-05



شکل4-2- موقعیت بسته‌ی BK-05- نقشه ارسالی از شرکت محترم هیرگان انرژی



شکل4-3- موقعیت قرارگیری بسته‌ی BK-05 نسبت به سایر بسته‌های بخش تحت الارض- نقشه ارسالی از شرکت هیرگان انرژی

تعیین کیفیت سنگهای محدوده بر اساس معیار *RQD*:

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 به‌دست می‌آید. عدد *RQD* هر لایه سنگی در شرح پیمایش طولی گمانه‌های ماشینی پیوست 2-1 ارائه شده است.

$$\text{کیفیت مغزه گیری } (RQD) = \frac{\text{مجموع طول مغزه‌های سنگی به‌دست آمده با طول بزرگتر از 100 میلیمتر}}{\text{طول مغزه گیری}}$$

مطابق نتایج حا صل از حفاری‌های صورت گرفته، سنگ‌ها در این بسته‌ی کاری *BK-05* در محدوده سنگ‌های *Completely Weathered* تا *Moderately Weathered* قرار دارند.

D02

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 مقاومت مهندسی حاصل از حفر 5 گمانه ماشینی در بسته‌ی *BK-05*، 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 گمانه های 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 بسته‌ی *BK-05* در جدول 5-1 ارائه شده است. یاد آور می‌گردد اگرچه به دلیل سفتی لایه‌ها امکان اخذ نمونه دست نخورده و مناسب برای انجام آزمایش تحکیم وجود نداشت لیکن باتوجه به جنس لایه‌ها و ماهیت تحکیم پذیری آنها به دلیل احتمال نشت و رسوخ آب به زیر تراز شالوده‌ها، نشست تحکیم در شرایط غیراشباع برای خاک تا عمق حداکثر 3 متر از سطح زمین در محاسبات فرض شده است.

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

Layer type according to Unified method	*Marl/ClayStone (CL)*	*Marl/ClayStone (CL)*	*Unit*
Depth	***0.0-3.0***	***3.0-15.0***	***m***
Soil cohesion (Cu)	***0.8-1.2***	***1.5-3.0***	***kg/cm2***
Soil wet density (γw)	***1.90-2.0***	***2.0-2.1***	***g/cm3***
Soil module of elasticity (Es)	***300-500***	***800-1200***	***kg/cm2***
Soil Poisson ratio (υ)	***0.35-0.40***	***0.35-0.40***	***-***

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 می شود. وقتی که فشار آب منفذی برابر فشار سربار شود، تنش موثر بین ذرات خاک صفر گشته، ماسه به طور کامل مقاومت برشی خود را از دست 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 رسوب‌گذاری، 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 پیش‌تنیدگی خاک بر اثر وزن رسوب یا زمین لرزه‌های قدیمی می‌باشد. بیشترین استعداد آبگونگی در نواحی ساحلی حاوی آبرفت‌های ماسه‌ای ریزدانه و اشباع شده که از تراکم و میزان رس کمی برخوردارند دیده می‌شود.

همانگونه که پیش‌تر نیز ذکر گردید در 5 گمانه ماشینی حفر شده در بسته‌ی *BK-05* در زمان عملیات اجرایی به سطح آب زیرزمینی برخورد نشده است و به دلیل عدم مشاهده لایه‌های سست و نیمه متراکم ماسه‌ای 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 خاک‌ها در لایه‌های دارای ضربات *SPT* بیش از 30 بسیار کم است و می‌توان از بررسی وقوع روانگرایی صرف نظر کرد. در نتیجه در پروژه‌ی حاضر احتمال وقوع روانگرایی منتفی می‌گردد. همچنین با توجه به عدم وجود پتانسیل روانگرایی در محدوده مورد نظر، خطر گسترش جانبی منتفی است.

5-3- برآورد پتانسیل رمبندگی (فروریزش)

خاک‌های رمبنده خاک‌های غیر اشباعی هستند که در صورت افزایش رطوبت تغییر حجم زیادی در آن‌ها به وجود می‌آید. این تغییر حجم می‌تواند ناشی از اعمال بار اضافی باشد یا نباشد. شالوده‌هایی که روی چنین خاک‌هایی قرار می‌گیرند در صورت اشباع شدن خاک ممکن است دچار نشست ناگهانی و زیاد شوند. این رطوبت ممکن است از منابع مختلفی مانند لوله‌های آب و فاضلاب شکسته، نشت از مخازن آب یا بالا آمدن تدریجی تراز آب زیرزمینی فراهم شود. اکثر خاک‌های رمبنده بادرفت نظیر ماسه بادی یا ماسه‌های ساحلی هستند که دارای تخلخل زیاد و وزن مخصوص کم می‌باشند و چسبندگی آنها کم یا ناچیز است. در یک برآورد با توجه به جنس لایه‌های سطحی، وقوع رمبندگی یا فروریزش در اثر اشباع شدن لایه‌های سطحی محتمل نمی‌باشد.

D02

5-4- برآورد وجود حفرات کارستی

حفرات کارستی در لایه های آهکی در معرض آب های زیر سطحی ایجاد می‌گردد. در محدوده گمانه‌های ماشینی مورد مطالعه با توجه به عدم وجود سطح آب و عدم حضور لایه های آهکی احتمال رخداد پدیده کارست ناچیز برآورد می‌گردد.

5-5- برآورد پتانسیل تورم

طبق رابطه *Seed (1962)*، $S = (2.16 \times 10^{-3}).(PI)^{2.44}$ می‌باشد، میزان متوسط نشانه خمیری خاک تا عمق تقریبی 4 متری 14 می‌باشد. براساس رابطه مذکور پتانسیل تورم طبق جدول 5-2 در محدوده کم برآورد شده است و نیاز به تمهیدات خاصی ندارد.

جدول 5-2. طبقه‌بندی پتانسیل تورم

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

فصل 6- ظرفیت باربری مجاز شالوده‌های سطحی

6-1- مقدمه

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

- گسیختگی برشی خاک
- نشست‌های قابل قبول پی

ظرفیت باربری مجاز خاک بایستی با اعمال ضریب اطمینان مناسبی، کمتر از ظرفیت باربری نهایی خاک در نظر گرفته شود و همچنین نشست بوجود آمده نیز از نشست مجاز تجاوز ننماید. از این رو ظرفیت باربری خاک بر اساس کنترل هر یک از دو عامل فوق برای پی‌های با ابعاد متفاوت بدست آمده و مقدار کوچکتر ملاک عمل قرار می‌گیرد. در این فصل بر پایه اطلاعات بدست آمده از حفاری‌ها و نتایج آزمون‌های برجا و آزمایشگاهی و با توجه به ویژگی پروژه، محاسبات مربوط به تعیین ظرفیت باربری مجاز شالوده برای پی‌های مربعی، مستطیلی با نسبت طول به عرض 2و 5، شالوده نواری با نسبت طول به عرض 10و پی گسترده با ابعاد 20×12، 10×10 و20×20 متر همراه با تعیین نشست آن و با فرض محدودیت نشست مجاز 5 سانتیمتر برای پی گسترده و 2/5 سانتیمتر برای پی نواری ارائه گردیده است. در صورت وجود لنگر خمشی، باید اثر کاهنده ناشی از لنگر خمشی، خروج از مرکزیت و نیروهای برشی در محاسبات ظرفیت باربری توسط مشاور طراح اعمال گردد.

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

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

تراز قرارگیری کف شالوده به روی خاک طبیعی شالوده‌ها در عمق یک در نظر گرفته شده است، نظر به اینکه شناسایی‌های ژئوتکنیکی تا عمق 3 متری بستر انجام گرفته (فقط گمانه *BH-WH-8* تا عمق 15 متری اجرا شده است)، در محاسبهٔ ظرفیت باربری شالوده‌های سطحی، فرض بر ادامه لایه انتهایی تا پایان حوزه تأثیر بار شالوده بوده است. مشخصات فنی مربوطه در فصل پنجم و نتایج محاسبات ظرفیت باربری به تفکیک نواحی در پیوست 5 ارائه

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

لازم به ذکر است محاسبات مزبور صرفاً در صورت استقرار کف پی برروی 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 7 ارائه شده است.

3-6- نشست خاک

با درنظرگیری جنس خاک در محل حفاری گمانه‌های ماشینی، نشست شالوده‌ها عمدتاً ناشی از تغییر شکل ارتجاعی لایه‌های خاک *(Elastic Settlement)* و در 3 متر فوقانی از سطح زمین فرض بر رخداد تحکیم با شرایط غیر اشباع در 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 می شود. بدیهی است که مقدار دقیق نشست نامساوی بستگی به صلبیت پی داشته و براساس سختی خاک و سازه و با استفاده از روش اجزاء محدود *(Finite Element)* قابل محاسبه است. لازم به ذکر است، میزان نشست نامساوی مجاز برای ساختمان‌های بتنی با فرض استقرار ستون‌ها بر روی پی‌های منفرد برابر $0/0015L$ و با فرض استقرار ستون‌ها بر روی پی گسترده $0/002L$ می‌باشد. همچنین برای ساختمان‌های اسکلت

فلزی میزان نشست نامساوی مجاز برابر $0/0033L$ در نظر گرفته می‌شود (L فاصله دو ستون مجاور است). در بارگذاری زلزله می‌توان مقاومت مجاز خاک را به سبب ماهیت نیروها به میزان 33 درصد افزایش داد.

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 10و پی گسترده با ابعاد 12×20، 10×10 و20×20 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-WH-8, EL-1, EL-2, EL-3* و *EL-4* 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 توام 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 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. توصیه می‌شود حداکثر نسبت e/B برابر $\frac{1}{6}$ در نظر گرفته شود. در صورت وجود نیروی افقی یا زاویه‌دار 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 $H \le Vtg\delta + A_f C_a + \frac{P_p}{SF}$ برقرار باشد. Pp، فشار مقاوم خاک و δ، زاویه اصطکاک بین بتن و خاک می‌باشد.

۱-۴-۶- ضریب عکس العمل بستر (Ks)

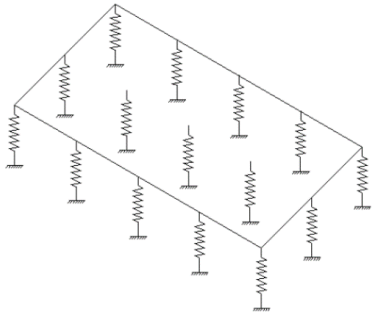
برای تحلیل پی‌ها و محاسبه برش، لنگر و تغییر شکل در مدلسازی عددی باید از روش‌های مبتنی بر شبیه سازی بستر با فنر به عنوان مبنایی جهت طرح سازه‌ای شالوده استفاده نمود. این روش نخستین بار توسط وینکلر در سال 1867 پیشنهاد گردید و به روش تیر بر بستر الاستیک معروف است. در این روش، مدول عکس العمل خاک (Ks) برای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

شالوده‌های صلب: برای شالوده‌های صلب می‌توان از مقدار Ks به طور یکنواخت در زیر پی استفاده نمود. این مقدار حدود 7/5 درصد بیش از مقدار Ks معرفی شده در جداول پیش‌رو خواهد بود (*Das,2008*).

شالوده‌های انعطاف پذیر: انتخاب مقدار یکنواخت برای Ks صحیح نبوده و متناسب با نشست رخ داده باید تغییر کند. افزایش سختی در لبه‌ها توصیه می‌گردد.

روش وینکلر:

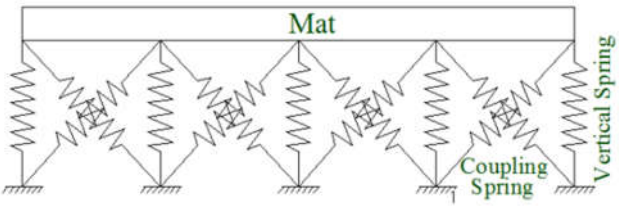
در تئوری اولیه وینکلر فرض بر عملکرد مستقل فنرها در شالوده انعطاف پذیر بوده که در واقعیت فنرها نمی‌توانند مستقل از یکدیگر عمل نمایند و فشار زیر پی در یک نقطه تحت تاثیر فنرهای مجاور خواهد بود. شکل 6-1



شکل 6-1- مدلسازی فنر وینکلر

روش کوپل:

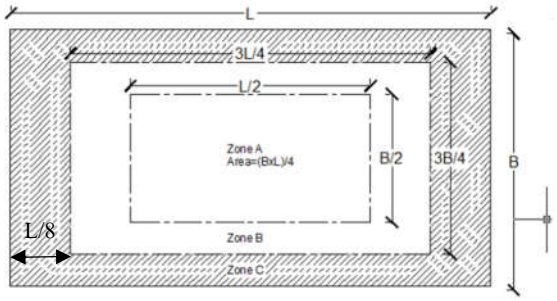
در این روش جهت مقابله با نواقص روش وینکلر از فنرهای اضافی مطابق شکل 6-2 استفاده می‌شود تا اندرکنش فنرها بر یکدیگر نیز در مدل اعمال گردد. مستقل عمل نکردن فنرهای قائم و اثرات متقابل آنها بر یکدیگر منجر به تغییر شکل واقعی‌تر شده ودقت محاسبات را افزایش می‌دهد. لیکن انتخاب مقدار Ks بخصوص برای فنرهای کوپل چندان ساده نیست و نیازمند مدلسازی‌های عددی توسط نرم افزارهای ویژه می‌باشد.



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 می‌کنند لیکن مقادیر سختی آن‌ها با تغییر موقعیت متفاوت خواهد بود. این موضوع با افزایش سختی در کناره‌ها نسبت به وسط اعمال شده و منجر به بروز رفتار واقعی‌تر می‌گردد. اگرچه بنابر توصیه *ACI* مقادیر باید از نصف مقدار محاسباتی *Ks* تا 5 برابر آن تغییر کند و محافظه کارانه‌ترین طرح بر این مبنا ارائه گردد لیکن نتایج تحقیقات نشان می‌دهد اگر سختی لبه‌ها نسبت به سختی مرکز پی تا حدود 2 برابر افزایش یابد، نتایج قابل قبول حاصل می‌گردد. 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 *Ks* مرکز (*Zone A*) و در سطح میانی (*Zone B*)، 1/5 برابر *Ks* مرکز پیشنهاد گردیده است. مقدار *Ks* در هر ناحیه باید بصورت تدریجی از مرکز پی به سمت کناره‌ها افزایش یابد. خاطر نشان می سازد در مدل سازی خاک به روش وینکلر *(Winckler)* در پی گسترده می‌باید میزان *Ks* در المان‌های واقع در لبه پی دو برابر المان‌های داخلی در نظر گرفته شود.



شکل 6-3- 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 (*Ks*) 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 برروی 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 عکس‌العمل 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 20 ×12، 10×10 و20×20 متر برای عمق استقرار یک متر در جداول 6-1 و 6-2 ارائه شده است. توصیه می‌گردد حداکثر مدول عکس‌العمل بستر به 4 کیلوگرم بر سانتیمتر مکعب محدود گردد.

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

B(m)	مدول عکس‌العمل بستر پی سطحی (kg/cm^3)			
	L/B=1	L/B=2	L/B=5	L/B=10
1.0	3.87	2.98	2.58	2.47
2.0	2.20	1.86	1.72	1.68
3.0	1.74	1.53	1.44	1.42
4.0	1.53	1.36	1.29	1.28
5.0	1.18	1.04	0.98	0.97

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

B×L (m)	S (cm)	مدول عکس‌العمل بستر پی گسترده(kg/cm^3)		
		گوشه پی	لبه پی	وسط پی
12×20	5.0	2.96	1.48	0.74
10×10	5.0	3.00	1.50	0.75
20×20	5.0	2.08	1.04	0.52

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

در بارگذاری زلزله به علت اعمال بارهای برگشت‌پذیر در زمان‌های کوتاه کرنش‌های خاک در محدوده کرنش‌های کوچک (10^{-4} تا 10^{-6}) بوده و خاک رفتار سخت تری از خود نشان می‌دهد. در این حالت میزان سختی خاک با استفاده از آزمایش‌های آزمایشگاهی نظیر ستون تشدید و سه محوری سیکلیک و همچنین آزمایش‌های صحرایی مرتبط تعیین می‌گردد. در غیاب آزمایش‌های فوق می‌توان از روش پیشنهادی در نشریه 360 سازمان برنامه و بودجه کشور استفاده نمود. روش محاسبه مدول عکس‌العمل بستر در حالت بارگذاری فوق العاده (زلزله) به شکل کامل در بند 4-4-2-1-1 نشریه فوق اشاره شده است.

فصل 7- تعیین ضرایب فشار جانبی و نحوه پایدارسازی گود

7-1- بررسی فشار محرک و مقاوم خاک

مقدار فشار وارده از سوی خاک به پشت یک دیوار تابعی از جابجایی و سیستم استاتیکی دیوار و مشخصات فنی خاک و دیوار می‌باشد. تغییر فشار خاک در اثر تغییر رطوبت برای سازه‌هایی که در خشکی قرار دارند نیز مطرح است. تغییرات رطوبت باعث تغییر وزن مخصوص خاک و نهایتاً مقدار فشار وارده بر دیوار می‌گردد. علاوه بر مطالب بالا، تغییرات سطح آب زیرزمینی در جلو و پشت دیوار نیز باعث تغییر فشار آب و خاک وارده بر دیوار می‌شود.

نحوه توزیع فشار محرک و مقاوم پشت دیوار به صورت خطی تابعی از عمق نقطه موردنظر از سطح خاکریز می‌باشد که از روابط زیر قابل محاسبه است:

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

در روابط فوق:

Ka و Kp: ضرائب فشار جانبی خاک — q: سربار قائم برحسب t/m^2

Pa: فشار محرک وارد بر دیوار برحسب t/m^2 — Pp: فشار مقاوم وارد بر دیوار برحسب t/m^2

γ: وزن مخصوص طبیعی خاک به واحد t/m^3 — h: تراز نقطه اعمال فشار Pa از سطح زمین به متر

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

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

برای تعیین مؤلفه افقی ضرائب 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 می‌باشد که مقدار آن (δ) در جهت اطمینان برابر صفر در نظر گرفته می‌شود.

7-3- 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 7 که به روابط مونونوبه-اُکابه معروف می‌باشند، محاسبه می‌گردند. این روابط در واقع بسط رابطه کولمب با درنظرگیری 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 $K_h=\alpha.A$ 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 کوتاه‌مدت 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 می شود جهت پر کردن پشت دیوار از مصالح درشت دانه در رده خاک های GP, GW یا SW و SP استفاده شود. همچنین تعبیه مجاری زهکشی طولی در پشت دیوار ضروری 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 بسته‌ی *BK-05* 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 محاسبهٔ فشارهای جانبی چسبندگی خاک در کاهش نیروهای وارده موثر می‌باشد که باید از رابطهٔ زیر محاسبه گردد.

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

$$P_P = K_p.(\gamma.h+q) + 2c\sqrt{K_p}$$

D02

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

مقادیر عددی ضرایب فشار جانبی $\Phi = 30°$ 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

ضریب فشار جانبی مقاوم در حالت استاتیکی	K_p	3/00
ضریب فشار جانبی محرک در حالت زلزله	K_{ae}	0/56
ضریب فشار جانبی مقاوم در حالت زلزله	K_{pe}	2/47

4-7- 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:

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

در معادله فوق داریم:

H_C=حداکثر عمق گودبرداری قائم محاسباتی — H_a=حداکثر عمق گودبرداری قائم مجاز

c=چسبندگی زهکشی نشده — N_s=فاکتور پایداری

F.S. =ضریب اطمینان — γ = وزن مخصوص خاک

با در نظرگیری عمق خاکبرداری، شرایط خاک طبیعی محل و با در نظر گرفتن ضریب اطمینان *(F.S.=1.5)* درصورت 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 موقعیت *BK-05* برای لایه‌های خاک تا عمق حداکثر یک متری در گمانه‌های ماشینی *BH-WH-8*، *EL-1, EL-2, EL-3* و *EL-4* 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 درنظر گرفته شود. پس از گذشت مدتی از گودبرداری به 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 سنگی اگرچه شیب پایدار آن در کوتاه مدت به صورت قائم می باشد لیکن به دلیل وجود درز و شکاف در این لایه و در طول مسیر، احتمال روی دادن ریزش‌های موضعی وجود دارد. لذا لازم ا ست پس از این مدت ن سبت 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 پائین‌تر 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.

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 می شود. 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 تو سط جک‌های ویژه با نیروی مشخصی کشیده و با اتصالات ویژه‌ای در جداره گود مهار می‌شوند. در نهایت نیز درون چاهک ها تزریق شده و بعد از گیرش آن مرحله بعدی حفاری آغاز می شود. مقداری که در هر پله خاکبرداری می شود 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 اســـتفاده از تجهیزات ویژه حفاری هزینه عملیات حفاری بالا خواهد بود.
- مزایا:

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

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 مشـابه روش انکراژ اسـت با این تفاوت که المان‌های قائم اجرا نمی‌شـوند. در سـیسـتم 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 پاشـــی، آرماتورهای افقی اجرا شـــده محکم می‌شـــوند. 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 روش ها کمتر است.

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

قابلیت نصب نسبتا سریع و همچنین نیاز به مصالح سازه‌ای 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 می‌نمایند.

هزینه شاتکریت *Facing* (جبهه کار) در آن به مراتب کمتر از هزینه سیستم های *Facing* در سایر روش‌ها 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 نمی‌باشد. این تغییرشکل‌ها می‌تواند 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 د ستگاه‌های ویژه‌ای 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 می‌شود بعد از اتمام خاکبرداری قفسه آرماتورها درون

شیار قرار داده و درون آن با بتن پلاستیک پر می شود دیواره حاصل باربر بوده و می‌توان از آن به عنوان دیوار حائل نیز استفاده کرد.

- مزایا:

این روش دارای سرعت قابل ملاحظه‌ای است و از درجه اطمینان بالایی نیز برخوردار می‌باشد.

دیوار حائل همزمان با دیوار نگهبان احداث می‌شود.

از این روش به خوبی می‌توان برای حفاری‌هایی که طول زیادی دارند استفاده کرد.

- معایب:

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

چون دستگاه حفاری نیاز به فضای کار دارد لذا در محل‌هایی که دارای محدودیت جانبی هستند به سختی کار می‌کند.

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

5-5-7- روش مهار متقابل:

در این روش ابتدا چاهک‌هایی در فواصل معین، در دو طرف گود حفر و در درون این چاهک‌ها پروفیل H قرار داده می‌شود. می‌توان برای تثبیت بیشتر این پروفیل‌ها درون چاهک را با ملات سبک پر کرد. سپس عملیات گودبرداری بصورت قائم انجام می‌گیرد و به منظور مهار نیروی رانشی خاک در فواصل معینی بین دو طرف گود تیرهایی در بین پروفیل‌های عمودی قرارداده می‌شود در صورتی‌که خاک خیلی ریزشی باشد باید بین اعضا قائم الوارهای چوبی قرار داد.

- مزایا:

این روش یکی از روش‌های خوب و مطمئن برای گودبرداری‌هایی 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 می‌توان برای عرض‌های گودبرداری کم و حداکثر تا 10 متر استفاده کرد در صورت زیاد بودن عرض گود باید بین تیرهای افقی مهار بندی شود که باعث می‌شود 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 ا ست گودبرداری شود شمع‌های بتنی درجا در فوا صل معینی ن سبت به یکدیگر اجرا می شود این شمع‌ها ف شار جانبی خاک را ب صورت تیر یک‌سر گیردار تحمل می‌کنند.طول گیرداری لازم برای شمع‌ها را می‌توان $0/3\ H$ در نظر گرفت (H ارتفاع گودبرداری است) بعد از اجرای این شمع‌ها، می‌توان عملیات گودبرداری را آغاز و بصورت قائم گودبرداری کرد.

- مزایا:

شمع‌های اجرا شده به عنوان دیوار حائل نیز عمل می‌کنند.

سرعت عملیات بالاست.

- معایب:

در صورتی‌که ارتفاع گودبرداری زیاد با شد، فوا صل 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 7-1 و 7-2 تصاویری از اجرای سازه های نگهبان مورد استفاده در گودبرداری نشان داده شده است.

شکل7-1- تصاویری از سازه های نگهبان جهت گودبرداری (روش اجرای شمع و خرپا)

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

فصل 8- جمع‌بندی، نتیجه‌گیری و توصیه‌های فنی

8-1- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

- محدوده مورد مطالعه به شرح زیر است:

شامل 5 گمانه ماشینی به عمق حداکثر 15 متر می‌باشد. در گمانه ماشینی *BH-WH-8* تا عمق 2 متری خاک ریز دانه سیلت با پلاستیسیته کم و بدون چسبندگی و در ادامه تا انتهای گمانه ماشینی لایه‌های سنگ رس(*ClayStone*)، ماسه سنگ (*SandStone*) و مارن (*Marl*) مشاهده شده است. در گمانه ماشینی *EL-1* بعد از عبور از خاک سطحی به ضخامت تقریبی 70 سانتی‌متر توالی لایه‌های سنگ رس (*ClayStone*) و سنگ سیلتی (*SiltStone*) قرار دارد. در گمانه ماشینی *EL-2* بعد از لایه خاک سطحی به ضخامت 60 سانتی‌متر تا انتهای گمانه ماشینی توالی لایه‌های سنگ رس (*ClayStone*)، سنگ سیلتی (*SiltStone*) و مارن (*Marl*) مشاهده شده است. شایان ذکر است در عمق 1/5 الی 2 متری گمانه ماشینی *EL-2* ذرات گچ مشاهده شده است. در گمانه ماشینی *EL-3* بعد از لایه خاک سطحی به ضخامت 50 سانتی‌متر توالی لایه‌های سنگ رس (*ClayStone*) و مارن (*Marl*) قرار دارد. در گمانه ماشینی *EL-4* لایه خاک سطحی به ضخامت 50 سانتی‌متر توالی لایه‌های سنگ سیلتی (*SiltStone*) و ماسه سنگ (*SandStone*) مشاهده شده است.

- حین انجام عملیات حفاری گمانه‌های ماشینی *BH-WH-8*، *EL-1, EL-2, EL-3* و *EL-4* تا عمق حداکثر 15 متر، سطح آب زیرزمینی مشاهده نشده 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.
- نظر به اینکه در گمانه‌های ماشینی این سایت تراز آب زیرزمینی مشاهده نشده است. مطابق با آیین نامه به علت بالا بودن ضربات *SPT*، وقوع روانگرایی محتمل نمی‌باشد.
- جهت تعیین ضرائب زلزله، از ویرایش چهارم آئین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (استاندارد 2800)، استفاده شده است. مطابق این آئین‌نامه، محل پروژه در محدوده با خطر نسبی زیاد قرار دارد که شتاب مبنای طرح معادل 0/3*g* معرفی شده است. براساس نتایج آزمایشات صحرایی *SPT* و بررسی‌های لایه‌های مشاهده شده در محل، آیین نامه‌ی استاندارد لرزه‌ای 2800 خاک منطقه مورد مطالعه از نوع *II* می‌باشد.

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 محل‌هایی 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 بسته‌ی *BK-05* ناچیز و در حدود 10^{-7} الی 10^{-9} سانتیمتر بر ثانیه 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.

D02

- 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 محدودهٔ شالوده جلوگیری شود.
- باتوجه به تعداد روزهای ناچیز یخبندان در ایستگاه های موجود در اطراف پروژه، عمق یخبندان ناچیز برآورد می شود.
- لایه خاک سطحی به ضخامت حداکثر 70 سانتیمتر در محل بعضی از گمانه‌های ماشینی بسته‌ی *BK-5* مشاهده شده است. ضخامت این لایه خاک در پیمایش طولی گمانه‌های ماشینی در پیوست 2-1 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 سرند می‌شوند به دست می‌آید این لایه باید دارای مشخصات فنی زیر باشد:
- الف: دانه‌بندی مصالح مصرفی که به روش آشتو *T27* تعیین می‌گردد باید در محدوده یکی از دانه‌بندی‌های داده شده درجدول شماره 8-1 باشد:

- جدول 8-1. دانه‌بندی مصالح زیراساس شنی و سنگی*

نوع دانه / بندی — اندازه الک	درصد وزنی رد شده از هر الک			
	I	II	III	IV
۵۰ میلیمتر(۲ اینچ)	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	-
۳۷/۵ میلیمتر(۱/۵ اینچ)	-	۱۰۰-۹۰	-	۱۰۰
۲۵ میلیمتر(۱ اینچ)	۸۰-۷۵	۹۰-۷۵	۹۵-۷۵	۱۰۰-۹۰
۹/۵ میلیمتر(۰.۶ اینچ)	۶۵-۳۰	۶۵-۳۰	۷۰-۴۰	۷۵-۴۰

۴/۷۵ میلیمتر(شماره۴)	۵۵-۲۵	۶۰-۳۰	۶۰-۳۰	۶۰-۴۰
۲ میلیمتر(شماره ۱۰)	۴۰-۱۵	۵۰-۲۰	۴۵-۲۰	۴۸-۲۸
۰/۴۲۵ میلیمتر(شماره ۴۰)	۲۰-۸	۳۰-۱۰	۳۰-۱۵	۲۸-۱۴
۰/۰۷۵ میلیمتر(شماره ۲۰۰)*	۸-۲	۱۲-۳	۱۲-۵	۱۲-۵

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

- ب: حد روانی و دامنه خمیری مطابق آزمایش‌های آشتو، *T89* و *T90*، نباید به ترتیب از 25 درصد و 6 درصد تجاوز نماید.
- پ: ارزش ماسه‌ای 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 نمونه‌هایی که با تراکم 100 درصد و به روش آشتو *T180* طریقه *D* انجام می‌شود، 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 سنگدانه‌های سخت و مقاوم تشکیل شده باشند. مشخصات فنی این مصالح به شرح زیر است:
- الف: دانه‌بندی مصالح مصرفی باید با یکی از دانه‌بندی‌های مندرج در جدول2-8 مطابقت نموده و پیوسته و یکنواخت باشد.
- ب: حد روانی و دامنه خمیری مطابق آزمایش‌های آشتو، *T89* و *T90*، نباید به ترتیب از 25 درصد و 4 درصد تجاوز نماید.
- پ: ارزش ماسه‌ای بر اساس آزمایش آشتو *T176* 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 *T96*) نباید از 45 ٪ تجاوز نماید.
- ج: درصد افت وزنی مصالح با آزمایش آشتو *T104* 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 *T180* 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 3درصد 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.
- هـ)تخمین نشست خاکریز مهندسی در اثر وزن خودش، افزون بر نشست طبیعی زمین بر اثر وزن خاکریز و سازه ضروری است. جدول 8-2. دانه‌بندی مصالح اساس*

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

*: 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 نمی‌باشد و رسیدن به حداقل درصد تراکم بدست آمده از آزمایش پروکتور اصلاح شده مطابق با آیین نامه‌های معتبر کافیست.
- 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 زیرنظر دستگاه نظارت انجام دهد.
- ی) شیب دار کردن سایت به منظور خروج آب‌های سطحی نیز ضروری می‌باشد.

ک) در ارتباط با لایه‌های موجود در محل، با توجه به وجود لایه‌های 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 اینصورت لازم است لایه‌های مذکور با سیمان یا آهک تثبیت گردند.

- 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 برمبنای آیین نامه بتن ایران – آبا (نشریه 120-1400) سازه‌های بتن آرمه موجود، در رده سازه‌های بتنی در معرض نمک‌های زیاد موجود در هوا و بدون تماس مستقیم با آب دریا یا پاشش و مشابه سازه‌های 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 پایایی بتن، سازه های بتن آرمه موجود، در رده سازه‌های بتنی در معرض نمک‌های کم موجود در هوا و مشابه سازه‌های دور از ساحل قرار می‌گیرند. با فرض استفاده از کاور و پوشش سطحی مناسب، می‌توان از سیمان پرتلند نوع *II* با مواد پوزولانی یا سرباره یا سیمان‌های آمیخته با حداقل مقدار مواد سیمانی $325\ kg/m^3$ (نسبت آب به سیمان نباید از 0/5 تجاوز کند) و حداقل رده‌ی بتن (مقاومت مشخصه) *C30* استفاده نمود. در نهایت نیز طرح اختلاط مصوب توسط شرکت ذی صلاح با درنظر گرفتن کلیه توصیه‌های آیین نامه جهت اجرای بتن با مقاومت مشخص باید در نظر گرفته شود. لازم است تا جهت انتخاب سیمان مناسب در بتن ریزی‌ها، موارد ذکر شده در آیین نامه بتن ایران (بتن ریزی در مناطق ساحلی خلیج فارس و دریای عمان) و سایر نشریات و دستورالعمل‌های مرتبط با این امر در سواحل جنوبی کشور مانند نشریات 428 و 434 سازمان تحقیقات

مسکن و شهرسازی مدنظر قرار داشته باشد. تعیین مقاومت بتن برای استفاده در طراحی‌های سازه‌ای از مشخصه‌های طراحی سازه و در اختیار طراح سازه است. مهندس مشاور ژئوتکنیک بر اساس نتایج آزمایشات شیمی و مقادیر حداقل درج شده در استانداردهای موجود، می‌تواند پیشنهاد نماید. لذا اعلام دقیق مقاومت بتن در صلاحیت مهندس طراح سازه است.

- روش‌های عمومی تثبیت بستر راه‌ها:

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 بارترافیکی کرنش‌های فشاری قائم در بالای بستر روسازی ایجاد می‌شود، هرگاه مقدار این کرنش‌ها از مقدار مجاز بزرگتر باشد می‌تواند منجر به شیار افتادگی در روسازی شود. به منظور اصلاح و بهبود خواص فیزیکی و مهندسی خاک‌ها به روش‌های گوناگون تثبیت بستر راه‌ها امکان‌پذیر است. بستر روسازی راه، سطح لایه متراکم شده خاکریزها، برش‌ها 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 می‌گیرد. بستر روسازی، که نهایتا پی روسازی راه محسوب می‌شود، کلیه بارهای وارده ناشی از جسم روسازی و وسایل نقلیه روی آن را تحمل می‌کند. برخی از خاک‌ها به علت مشخصات فنی نامطلوب و یا دارا بودن مقادیر قابل توجهی رس یا لای برای عملیات راه‌سازی نامناسب محسوب می‌شوند. اینگونه خاک‌ها به دلیل حساسیت و ناپایداری در برابر رطوبت، مقاومت کم و تراکم پذیری مشکلات فراوانی را از نظر فنی و اقتصادی در راهسازی ایجاد می‌کنند و نیازمند تثبیت هستند. به طور کلی تمام خاک هایی که در طبقه بندی آشتو از *A-1* تا *A-7* تقسیم بندی شده‌اند که شامل ماسه و شن با قلوه سنگ، ماسه ریز و ماسه و شن رس دار و یا لای دار می‌باشد، می‌توانند برای بستر روسازی راه مناسب باشند. با وجود آن که خاک‌های گروه *A-4* تا *A-7* این طبقه بندی(خاک‌های 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 روش‌های مختلف آماده شده و در موارد لازم با مصالح مناسب تقویت گردد. به طور کلی خاک‌هایی که برای تثبیت بستر روسازی و لایه‌های زیرسازی مورد استفاده قرار می‌گیرند طبق مشخصات *ASTM D 4223* نباید بیش از 25 درصد مصالح مانده روی الک شماره 4 داشته و ارزش ماسه‌ای آن‌ها 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 خاک‌های نامرغوب باشد (طبقه بندی‌های ذکر شده) عبور کند، در اغلب موارد به تغییر مسیر راه یا تعویض خاک اقدام می‌گردد، 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 راه‌ها اصلاح و بهبود خاک‌ها به چند روش انجام می‌شود:

- ✓ تثبیت خاک و مصالح دانه‌ای با آهک
- ✓ تثبیت خاک و مصالح شنی با سیمان پرتلند
- ✓ تثبیت خاک و مصالح شنی با قیر
- ✓ تثبیت خاک‌ها با ترکیبی از مواد تثبیت کننده

در این بسته کاری به نظر می‌رسد خاک سطحی جهت بستر راه‌ها مناسب نمی‌باشد و توصیه می‌شود براساس طراحی ترافیک روزانه و نوع مسیر نسبت به تعیین ضخامت خاک نامناسب اقدام شود.

با در نظرگیری شرایط، روش اصلاح و بهبود بستر راه‌ها مورد بررسی قرار خواهد گرفت. توصیه‌های مورد نیاز برای عملیات خاکریزی و شرح کامل روش‌های تثبیت لایه‌های خاکریز و روسازی راه‌ها به ترتیب در نشریات 101 و 268 سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور قابل مشاهده است.

D02

فصل 9-

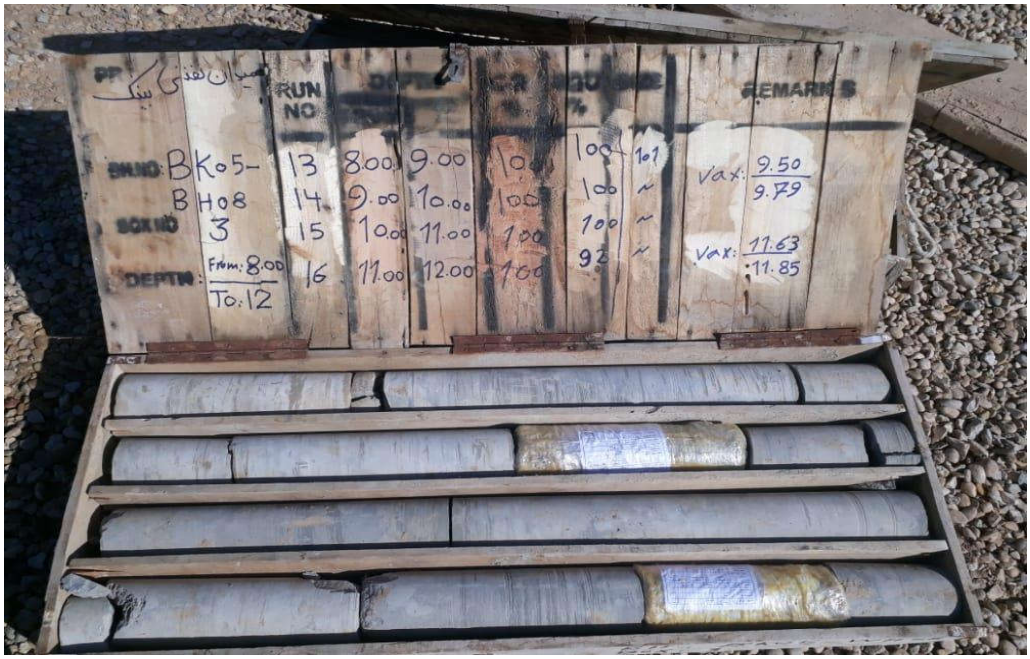
پیوست‌ها

پیوست ۱

تصاویر و مستندات پروژه

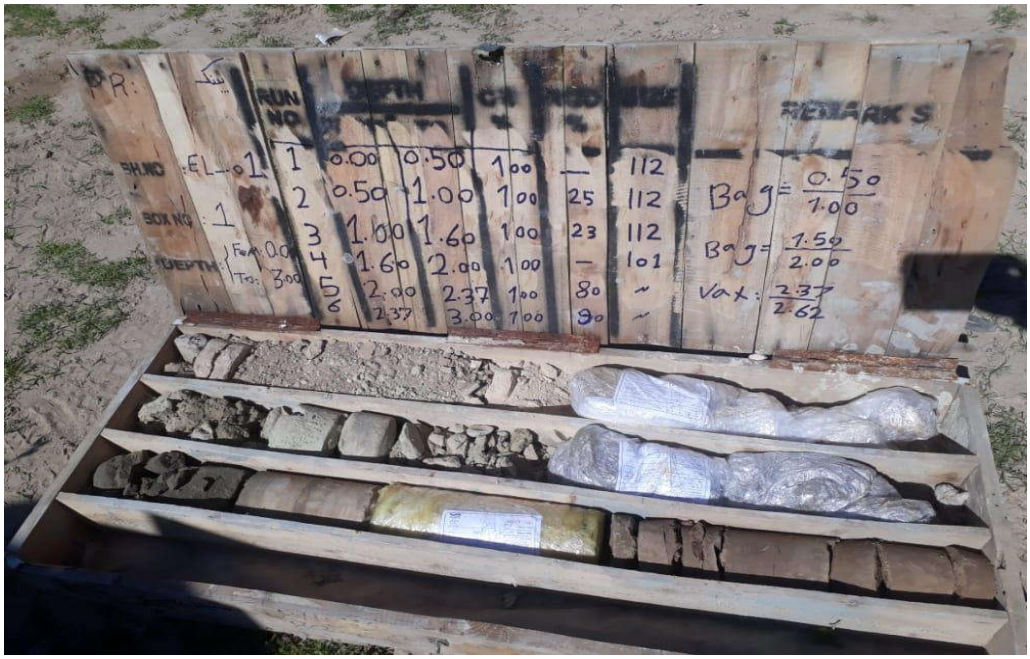
BH-WH-8-CoreBox 1-Depth (0.0-4.0 m)

BH-WH-8-CoreBox 2-Depth (4.0-8.0 m)

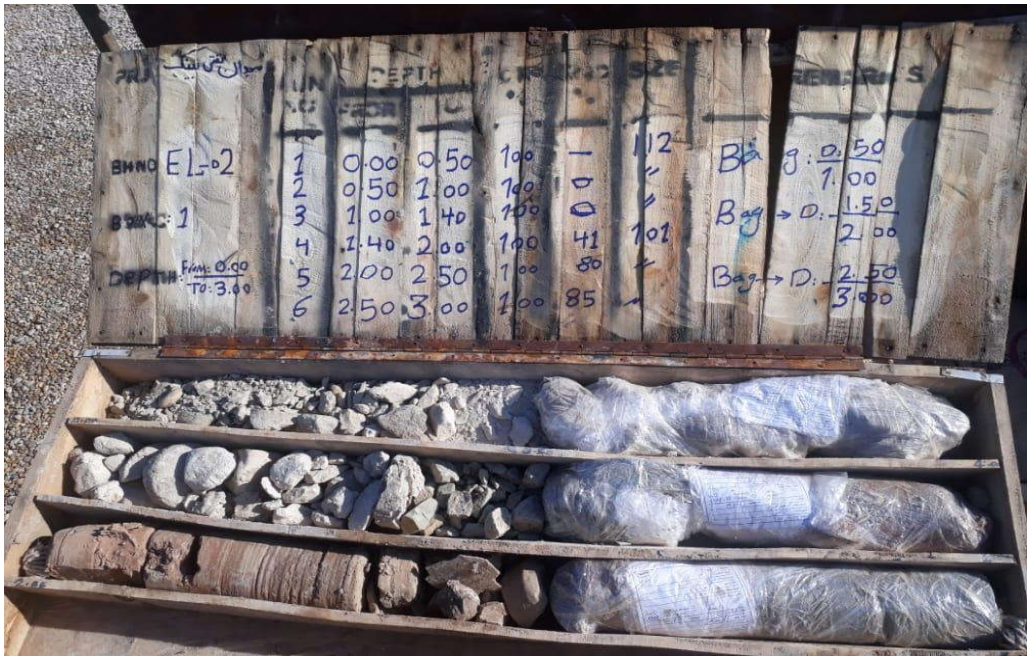


BH-WH-8-CoreBox 3-Depth (8.0-12.0 m)

BH-WH-8-CoreBox 4-Depth (12.0-15.0 m)



EL-01-CoreBox 1-Depth (0.0-3.0 m)



EL-02-CoreBox 1-Depth (0.0-3.0 m)

EL-03-CoreBox 1-Depth (0.0-3.0 m)

EL-04-CoreBox 1-Depth (0.0-3.0 m)

پیوست ۲

شرح پیمایش طولی گمانه های ماشینی

BORING NUMBER BH-EL-1

Barangeotechnic

CLIENT _____ **PROJECT NAME** Binak

PROJECT NUMBER 589 **PROJECT LOCATION** Booshehr-BK-05

DATE STARTED _____ **COMPLETED** _____ **GROUND ELEVATION** _____ **HOLE SIZE** _____

DRILLING CONTRACTOR Baran Geotechnics **GROUND WATER LEVELS:**

DRILLING METHOD _____ **AT TIME OF DRILLING** ---

LOGGED BY _____ **CHECKED BY** _____ **AT END OF DRILLING** ---

NOTES X : 441938 Y : 3287495 **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: LIQUID LIMIT	ATTERBERG LIMITS: PLASTIC LIMIT	ATTERBERG LIMITS: PLASTICITY INDEX	FINES (%)
		Fill Material										
1		ClayStone , (GC) 52.5%gravel, 15.5%sand, 32%fines, brown, dry to moist, highly weathered, after 24 hours soaking in water the sample is classifed as GC,	CR	(25)			1.81	4	28	19	9	32
			SS		67/0.09							
		Silt Stone, (CL) 10.6%gravel, 20.7%sand, 68.7%fines, brown, dry to moist, moderately weathered, after 24 hours soaking in water the sample is classifed as CL										
2			CR	(0)			1.84	6	29	17	12	69
			SS		67/0.07							
		ClayStone , (CL) 0.0%gravel, 1.5%sand, 98.5%fines, dark gray to brown, dry to moist, slightly weathered, after 24 hours soaking in water the sample is classifed as CL	UD	(90)			1.88	5	30	19	11	99
3			SS		67/0.05							

Bottom of borehole at 3.20 meters.

GEOTECH BH COLUMNS 14010608-589-BINAK-BK-05-REV00.GPJ GINT STD CANADA.LAB.GDT 8/31/22

BORING NUMBER BH-EL-2

Barangeotechnic

CLIENT _____ **PROJECT NAME** Binak

PROJECT NUMBER 589 **PROJECT LOCATION** Booshehr-BK-05

DATE STARTED _____ **COMPLETED** _____ **GROUND ELEVATION** _____ **HOLE SIZE** _____

DRILLING CONTRACTOR Baran Geotechnics **GROUND WATER LEVELS:**

DRILLING METHOD _____ **AT TIME OF DRILLING** ---

LOGGED BY _____ **CHECKED BY** _____ **AT END OF DRILLING** ---

NOTES X : 441901 Y : 3287109 **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: LIQUID LIMIT	ATTERBERG LIMITS: PLASTIC LIMIT	ATTERBERG LIMITS: PLASTICITY INDEX	FINES (%)
		Fill Material										
1		Silt Stone , (GC) 45.6%gravel, 13%sand, 41.4%fines, light gray, dry to moist, completely weathered, after 24 hours soaking in water the sample is classifed as GC	CR	(0)			1.84	5	27	18	9	41
			SS		67/0.09							
2		Marl, (CL) 26.4%gravel, 6.0%sand, 67.6%fines, brown, dry to moist, highly weathered, after 24 hours soaking in water the sample is classifed as CL, with nodules of gypsum	CR	(41)			1.85	6	35	20	15	68
			SS		67/0.05							
3		Marl, (CL) 0.0%gravel, 2.9%sand, 97.1%fines, reddish brown grayish brown, dry to moist, slightly weathered, after 24 hours soaking in water the sample is classifed as CL	CR	(85)			1.89	5	30	20	10	97
			SS		67/0.05							

Bottom of borehole at 3.20 meters.

GEOTECH BH COLUMNS 14010608-589-BINAK-BK-05-REV00.GPJ GINT STD CANADA.LAB.GDT 8/31/22

BORING NUMBER BH-EL-3

Barangeotechnic

CLIENT _____ **PROJECT NAME** Binak

PROJECT NUMBER 589 **PROJECT LOCATION** Booshehr-BK-05

DATE STARTED _____ **COMPLETED** _____ **GROUND ELEVATION** _____ **HOLE SIZE** _____

DRILLING CONTRACTOR Baran Geotechnics **GROUND WATER LEVELS:**

DRILLING METHOD _____ **AT TIME OF DRILLING** ---

LOGGED BY _____ **CHECKED BY** _____ **AT END OF DRILLING** ---

NOTES X : 441747 Y : 3286813 **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: LIQUID LIMIT	ATTERBERG LIMITS: PLASTIC LIMIT	ATTERBERG LIMITS: PLASTICITY INDEX	FINES (%)
		Fill Material										
1		ClayStone , (CL) 1.5%gravel, 29.5%sand, 69%fines, dark brown, dry to moist, completely weathered, after 24 hours soaking in water the sample is classifed as CL	CR	(0)					34	22	12	69
			SS		67/0.12							
2		ClayStone , (CL) 0.1%gravel, 0.6%sand, 99.3%fines, dark brown, dry to moist, highly weathered, after 24 hours soaking in water the sample is classifed as CL	CR	(50)			1.86	7	46	25	21	99
			SS		67/0.06							
3		Marl , (CL) 22.9%gravel, 6.7%sand, 70.4%fines, dark brown, dry to moist, highly weathered, after 24 hours soaking in water the sample is classifed as CL	CR	(40)			1.97	7	34	20	14	70
			SS		67/0.06							

Bottom of borehole at 3.20 meters.

GEOTECH BH COLUMNS 14010608-589-BINAK-BK-05-REV00.GPJ GINT STD CANADA.LAB.GDT 8/31/22

BORING NUMBER BH-EL-4

Barangeotechnic

CLIENT _____ **PROJECT NAME** Binak

PROJECT NUMBER 589 **PROJECT LOCATION** Booshehr-BK-05

DATE STARTED _____ **COMPLETED** _____ **GROUND ELEVATION** _____ **HOLE SIZE** _____

DRILLING CONTRACTOR Baran Geotechnics **GROUND WATER LEVELS:**

DRILLING METHOD _____ **AT TIME OF DRILLING** ---

LOGGED BY _____ **CHECKED BY** _____ **AT END OF DRILLING** ---

NOTES X : 441614 Y : 3286649 **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: LIQUID LIMIT	ATTERBERG LIMITS: PLASTIC LIMIT	ATTERBERG LIMITS: PLASTICITY INDEX	FINES (%)
		Fill Material										
1		SILTY SAND, (SM) 7.4 % gravel, 48.5 % sand, 44.1 % fines, dark brown, dry to moist, very dense	CR				1.83	6	NP	NP	NP	43
			SPT		50/0.13							
2			CR						NP	NP	NP	45
			SS		67/0.12							
3		Sand Stone, (SM) 8.5%gravel, 49.4%sand, 42.1%fines, dark brown, dry to moist, slightly weathered, after 24 hours soaking in water the sample is classifed as SM	CR	(80)			1.91	8	NP	NP	NP	42
			SS		67/0.09							

Bottom of borehole at 3.20 meters.

GEOTECH BH COLUMNS 14010608-589-BINAK-BK-05-REV00.GPJ GINT STD CANADA LAB.GDT 8/31/22

BORING NUMBER BH-WH-8

Barangeotechnic

CLIENT _____ **PROJECT NAME** Binak

PROJECT NUMBER 589 **PROJECT LOCATION** Booshehr-BK-05

DATE STARTED _____ **COMPLETED** _____ **GROUND ELEVATION** _____ **HOLE SIZE** _____

DRILLING CONTRACTOR Baran Geotechnics **GROUND WATER LEVELS:**

DRILLING METHOD _____ **AT TIME OF DRILLING** ---

LOGGED BY _____ **CHECKED BY** _____ **AT END OF DRILLING** ---

NOTES X : 441725 Y : 3286512 **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: LIQUID LIMIT	ATTERBERG LIMITS: PLASTIC LIMIT	ATTERBERG LIMITS: PLASTICITY INDEX	FINES (%)
		Fill Material										
		SILT, (ML) 0 % gravel, 0.5 % sand, 99.5 % fines, dark reddish brown, dry to moist, very dense	CR						NP	NP	NP	99
			SPT		50/0.11							
2			CR				1.87	5	NP	NP	NP	100
			SS		67/0.08							
		ClayStone, (CL) 0%gravel, 0.6%sand, 99.4%fines, gray to brown, dry to moist, slightly weathered, after 24 hours soaking in water the sample is classifed as CL	UD	(68)			1.89	6	47	27	20	99
			SS		67/0.06							
4												
		SandStone, (ML) 11.6%gravel, 28%sand, 60.4%fines, gray to brown, dry to moist, fresh, after 24 hours soaking in water the sample is classifed as ML	UD	(90)			1.89	6	NP	NP	NP	65
6			SS		67/0.05							
			UD	(100)			1.99	6	NP	NP	NP	56
8												
		Marl, (CL) 0%gravel, 0.9%sand, 99.1%fines, gray, dry to moist, fresh, after 24 hours soaking in water the sample is classifed as CL	SS		67/0.04							
			UD	(100)					40	23	17	99
10												
			UD	(100)			1.93	6	41	23	18	100
12			SS		67/0.04							
			UD	(100)			1.99	5	41	24	17	99
14												
			SS		67/0.03							

Bottom of borehole at 15.20 meters.

GEOTECH BH COLUMNS 14010608-589-BINAK-BK-05-REV00.GPJ GINT STD CANADA LAB.GDT 8/31/22

KEY TO SYMBOLS

Barangeotechnics

CLIENT _____ **PROJECT NAME** Binak

PROJECT NUMBER 589 **PROJECT LOCATION** Booshehr-BK-05

LITHOLOGIC SYMBOLS
(Unified Soil Classification System)

Marl: Marl

CL: Claystone

ML: USCS Silt

SANDSTONE: Sandstone

SILTSTONE: Siltstone

SM: USCS Silty Sand

TOPSOIL: Fill material

SAMPLER SYMBOLS

Core Sample

Standard Penetration Test

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

Baran Geotechnics

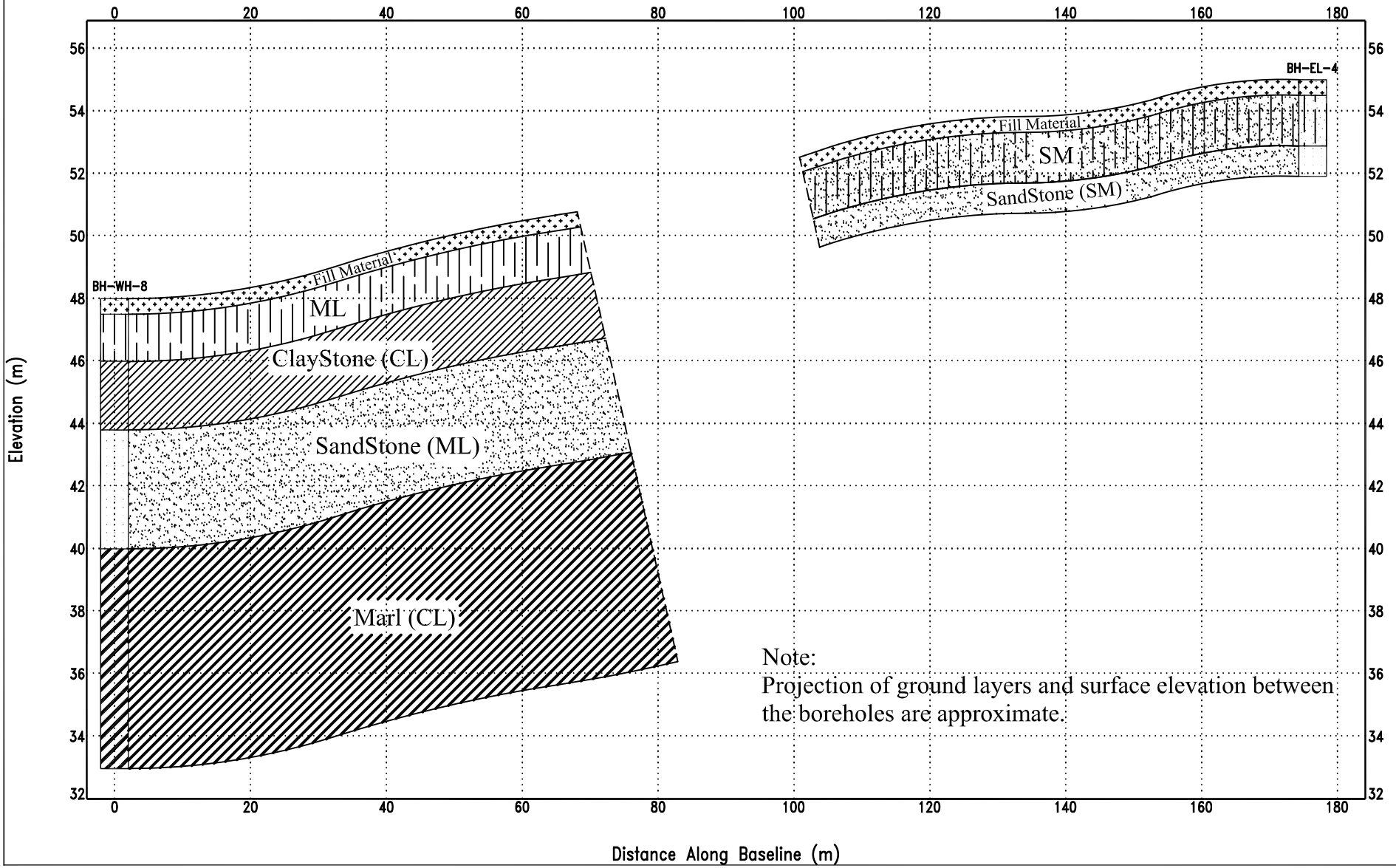
SUBSURFACE DIAGRAM

CLIENT

PROJECT NUMBER 589

PROJECT NAME Binak

PROJECT LOCATION Booshehr-BK-05



Note:
Projection of ground layers and surface elevation between the boreholes are approximate.

پیوست ۳

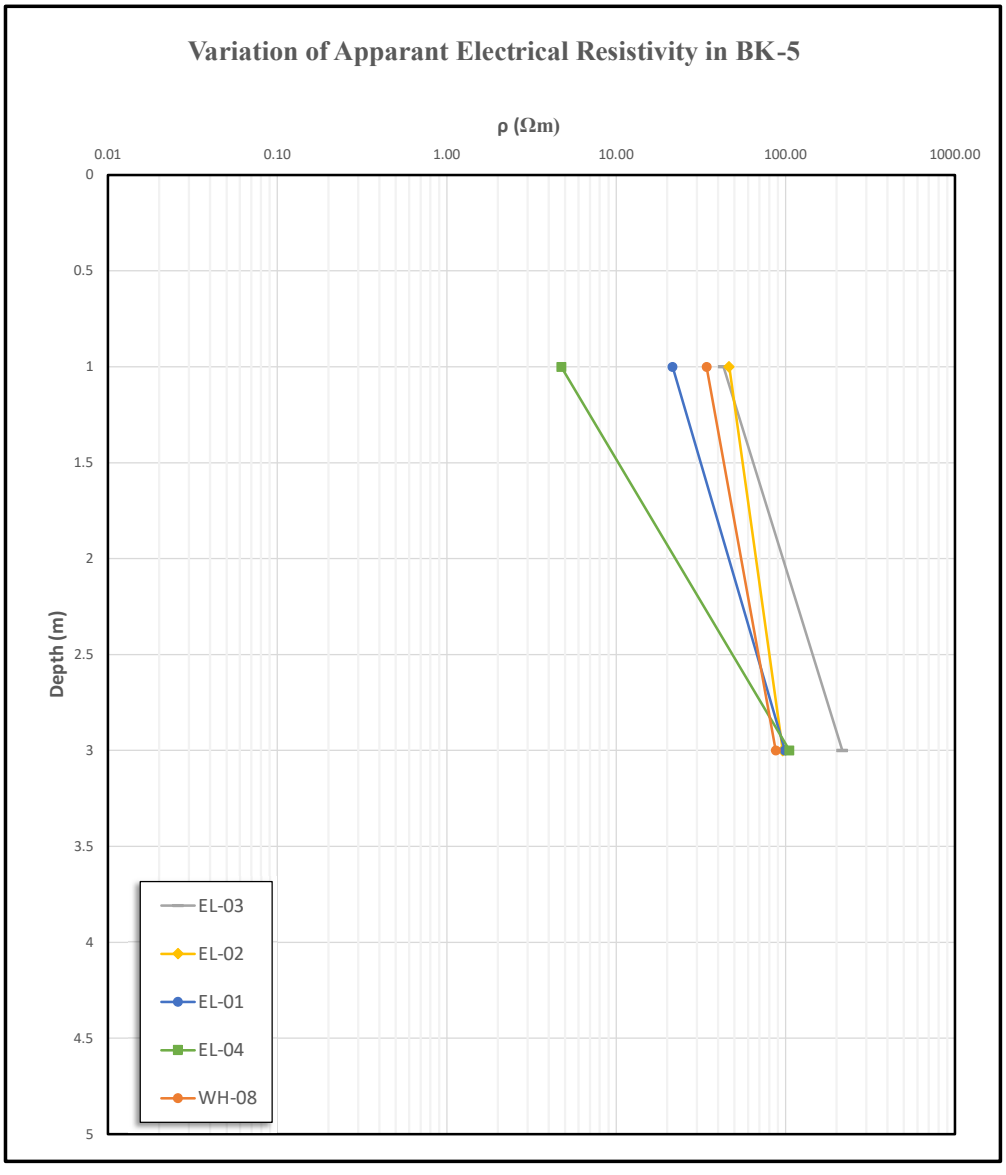
آزمایشات صحرایی

پیوست ۳-۱

آزمایش تعیین مقاومت الکتریکی

Geoelectrical Resistivity Test

CLIENT		PROJECT NANE	مطالعات ژئوتکنیک بینک
PROJECT NUMBER	589	PROJECT LOCATION	بوشهر



پیوست ۳-۲

آزمایش بارگذاری صفحه

Plate Load Test Results

Client:

Consultant: شرکت مهندسین مشاور باران خاک و پی

Contractor: مطالعات ژئوتکنیک پروژه نگهداشت و افزایش تولید میدان

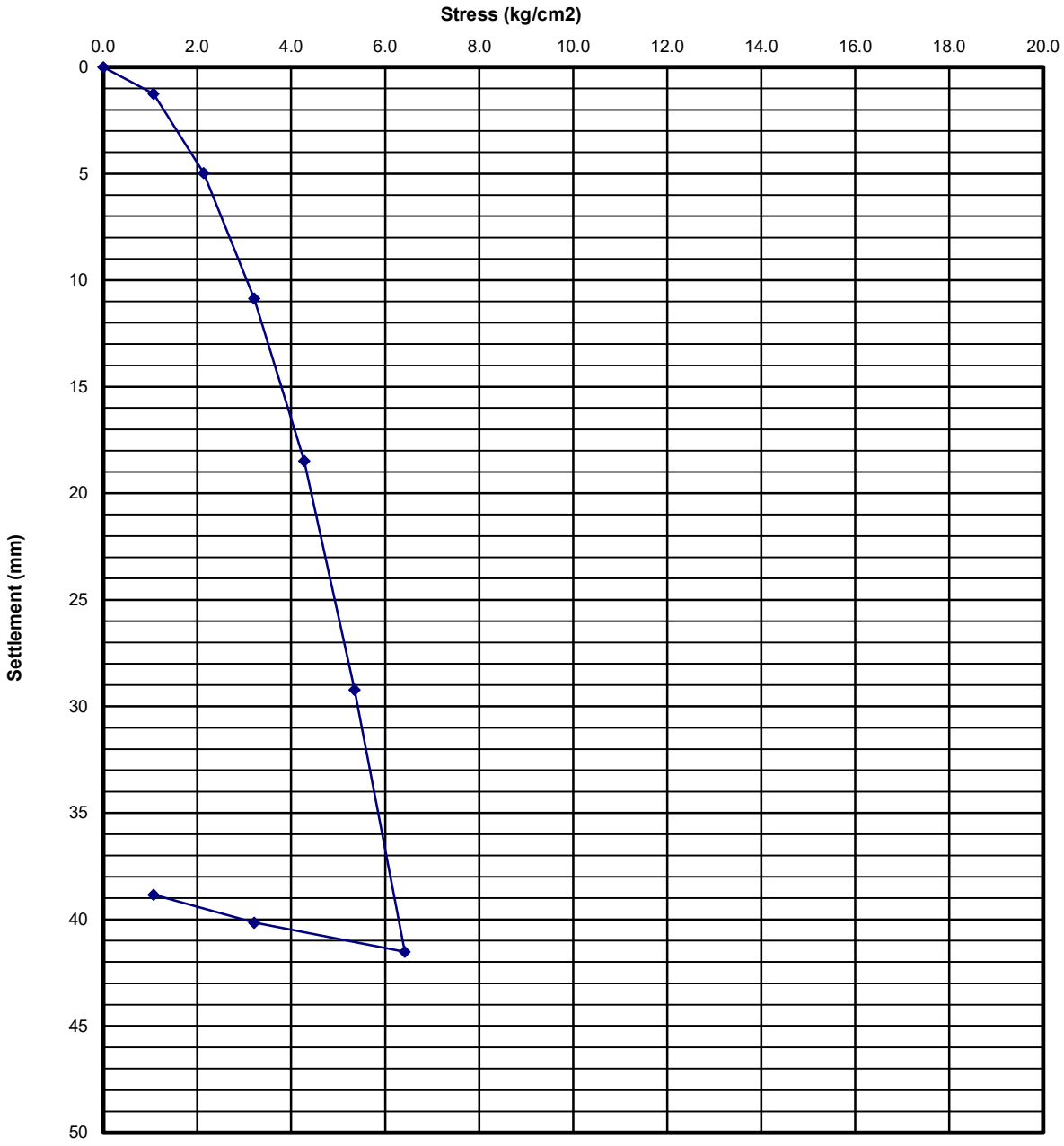
Project: نفتی بینک

Plate dimension: 33cm

Test location:

Testpit No.: PLT-BK-05

Depth: 1.5m

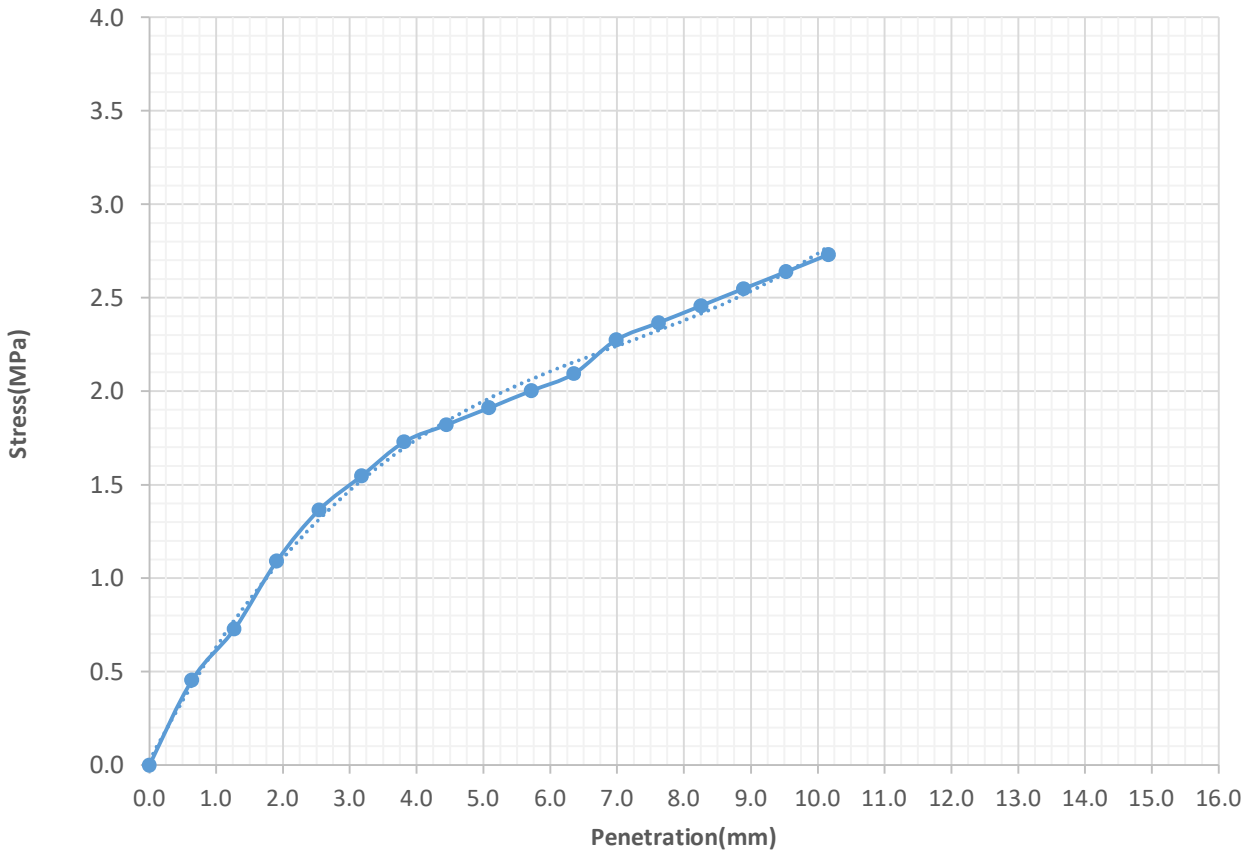


پیوست۳-۳

آزمایش CBR

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

Project Name:	مطالعات ژئوتکنیک پروژه نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک	**Location:**	**BK-05(BH-WH-8)**
Client:		**Depth:**	**0.0 cm**



CBR VALUE:	Penetration-2.54 mm	**19.8**	%
	Penetration-5.08 mm	**18.6**	%

پیوست ۳-۴

آزمایش اندازه گیری دمای خاک

Soil Tempreture Measurement

Client:

Project: مطالعات ژئوتکنیک پروژه بینک

Date: **10-16 Feb 2022 / 19-20 Jun 2022**

Site: بوشهر

NO.	*Date*	*Location*	*Time*	*Depth (m)*	*Tempreture (°C)*
EL-1	19-Jun-22	X: 441938 Y: 3287495	7:00 AM	1	34.4
			12:00 PM	1	43.1
			7:00 PM	1	36.5
EL-2	10-Feb-22	X: 441901 Y: 3287109	7:00 AM	1	20.2
			12:00 PM	1	24
			7:00 PM	1	22
EL-3	20-Jun-22	X: 441747 Y: 3286813	7:00 AM	1	35.5
			12:00 PM	1	43.6
			7:00 PM	1	37
EL-4	16-Feb-22	X: 441614 Y: 3286649	7:00 AM	1	22.7
			12:00 PM	1	23
			7:00 PM	1	25.8
BH-WH-8	20-Jun-22	X: 441725 Y: 3286512	7:00 AM	1	32.5
			12:00 PM	1	43.4
			7:00 PM	1	34

پیوست ۴

آزمایشات آزمایشگاهی و مقادیر پیشنهادی

پارامترهای فیزیکی و مکانیکی خاک طبیعی

پیوست ۴-۱

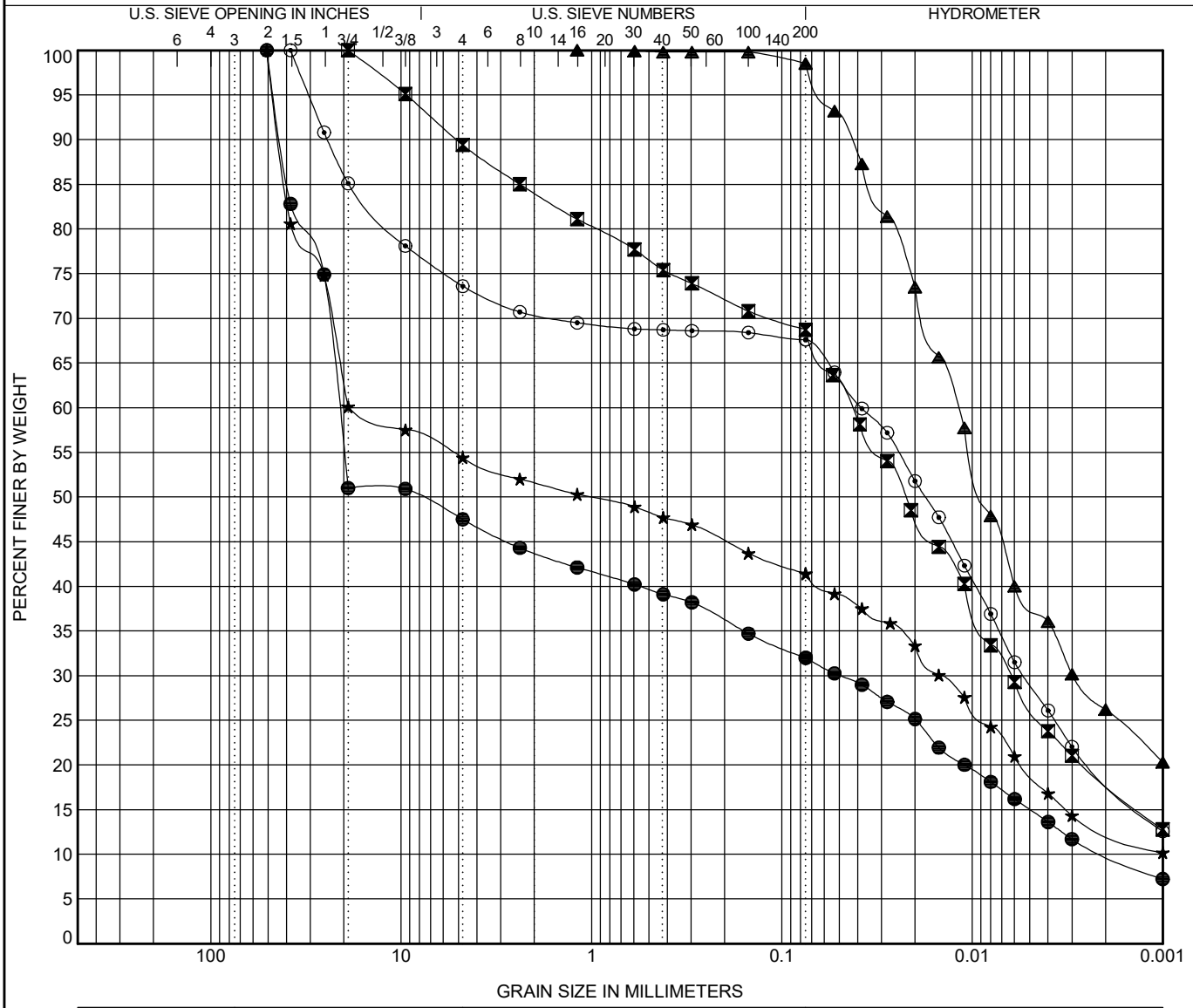
آزمایش دانه بندی

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

Barangeotechnics

CLIENT _____ **PROJECT NAME** Binak

PROJECT NUMBER 589 **PROJECT LOCATION** Booshehr-BK-05



COBBLES	GRAVEL		SAND			SILT OR CLAY
	coarse	fine	coarse	medium	fine	

	Borehole	Depth	Classification	LL	PL	PI	Cc	Cu
●	BH-EL-1	0.50	CLAYEY GRAVEL with SAND(GC)	28	19	9	0.061	0729.16
⊠	BH-EL-1	1.50	SANDY LEAN CLAY(CL)	29	17	12		
▲	BH-EL-1	2.37	LEAN CLAY(CI)	30	19	11		
★	BH-EL-2	0.50	CLAYEY GRAVEL(GC)	27	18	9		
⊙	BH-EL-2	1.50	GRAVELLY LEAN CLAY(CI)	35	20	15		

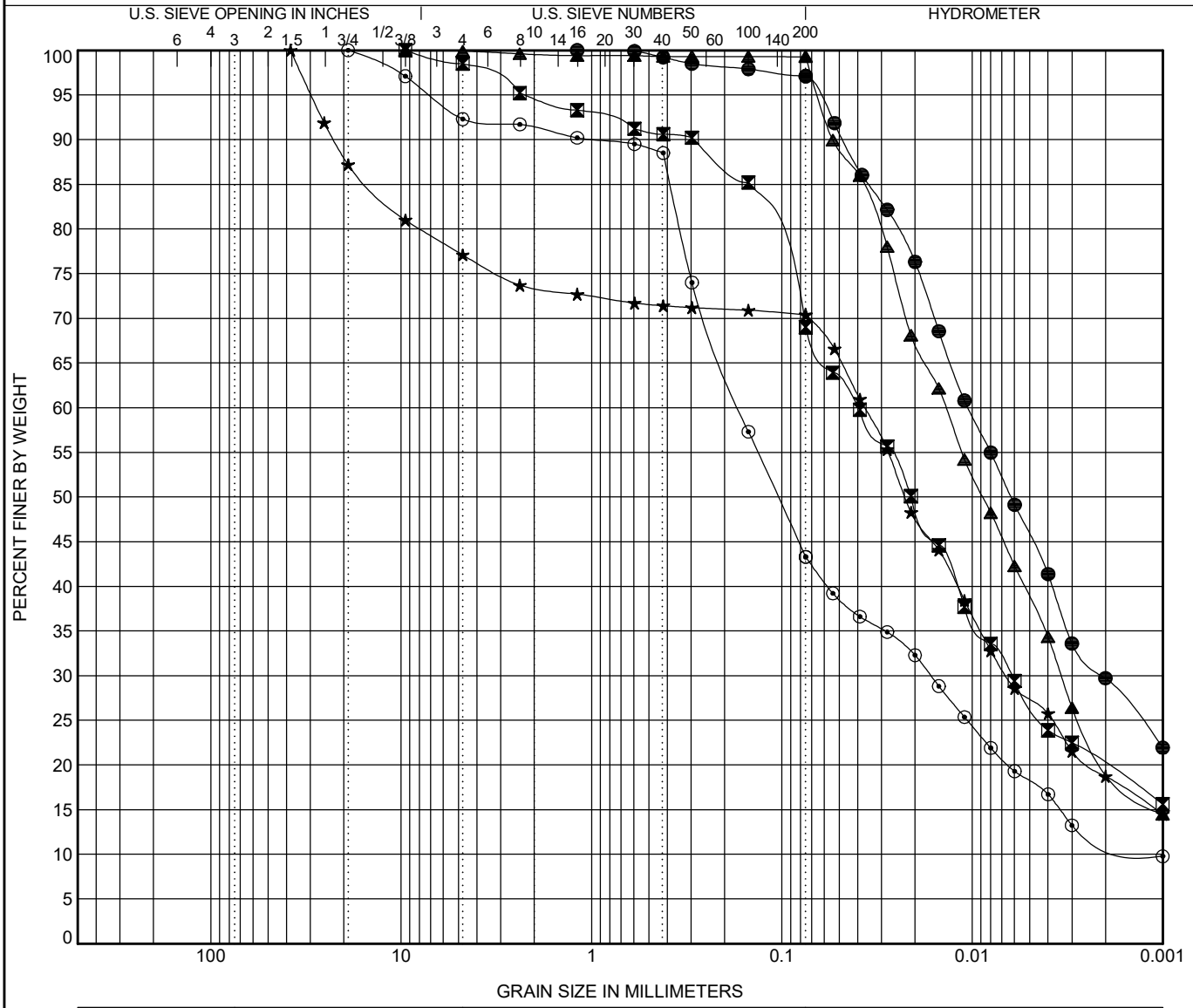
	Borehole	Depth	D100	D60	D30	D10	%Gravel	%Sand	%Silt	%Clay
●	BH-EL-1	0.50	50.8	21.195	0.05	0.002	52.5	15.5	21.9	10.1
⊠	BH-EL-1	1.50	19	0.044	0.006		10.6	20.7	50.7	18.0
▲	BH-EL-1	2.37	1.19	0.012	0.003		0.0	1.5	72.3	26.2
★	BH-EL-2	0.50	50.8	18.501	0.015		45.6	13.0	28.6	12.8
⊙	BH-EL-2	1.50	38.1	0.038	0.005		26.4	6.0	49.1	18.5

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

Barangeotechnics

CLIENT _____ **PROJECT NAME** Binak

PROJECT NUMBER 589 **PROJECT LOCATION** Booshehr-BK-05



COBBLES	GRAVEL		SAND			SILT OR CLAY
	coarse	fine	coarse	medium	fine	

	Borehole	Depth	Classification	LL	PL	PI	Cc	Cu
●	BH-EL-2	2.50	LEAN CLAY(CI)	30	20	10		
⊠	BH-EL-3	0.50	SANDY LEAN CLAY(CI)	34	22	12		
▲	BH-EL-3	1.50	LEAN CLAY(CI)	46	25	21		
★	BH-EL-3	2.50	LEAN CLAY with GRAVEL(CI)	34	20	14		
⊙	BH-EL-4	0.50	SILTY SAND(SM)	NP	NP	NP	1.52	156.21

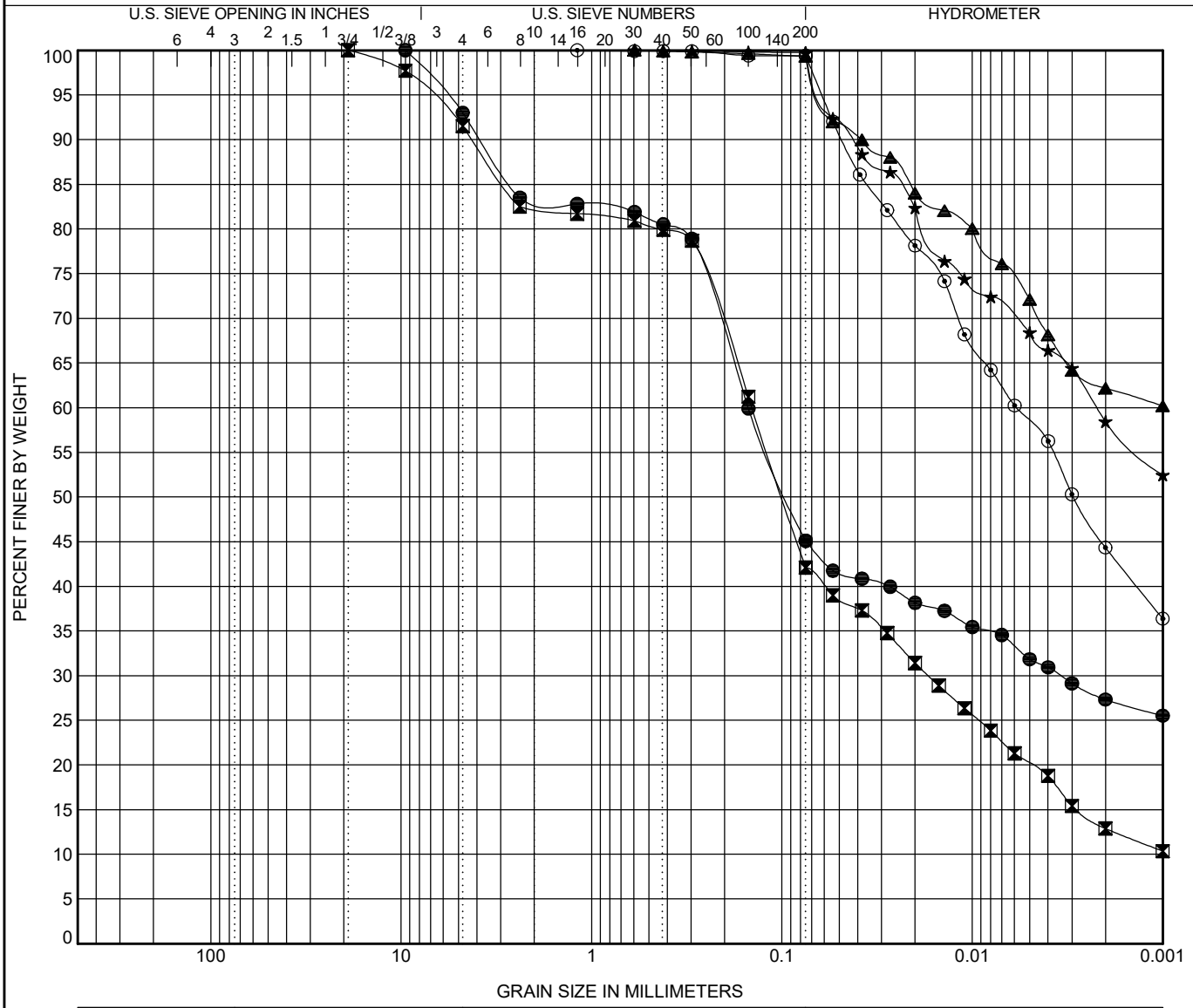
	Borehole	Depth	D100	D60	D30	D10	%Gravel	%Sand	%Silt	%Clay
●	BH-EL-2	2.50	1.19	0.011	0.002		0.0	2.9	67.4	29.7
⊠	BH-EL-3	0.50	9.51	0.04	0.006		1.5	29.5	49.0	20.0
▲	BH-EL-3	1.50	9.51	0.014	0.003		0.1	0.6	77.3	22.0
★	BH-EL-3	2.50	38.1	0.037	0.007		22.9	6.7	51.7	18.7
⊙	BH-EL-4	0.50	19	0.168	0.017	0.001	7.7	49.0	31.3	12.0

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

Barangeotechnics

CLIENT _____ **PROJECT NAME** Binak

PROJECT NUMBER 589 **PROJECT LOCATION** Booshehr-BK-05



COBBLES	GRAVEL		SAND			SILT OR CLAY
	coarse	fine	coarse	medium	fine	

	Borehole	Depth	Classification	LL	PL	PI	Cc	Cu
●	BH-EL-4	1.50	SILTY SAND(SM)	NP	NP	NP		
⊠	BH-EL-4	2.50	SILTY SAND(SM)	NP	NP	NP		
▲	BH-WH-8	0.50	SILT(ML)	NP	NP	NP		
★	BH-WH-8	1.50	SILT(ML)	NP	NP	NP		
⊙	BH-WH-8	2.69	LEAN CLAY(CI)	47	27	20		

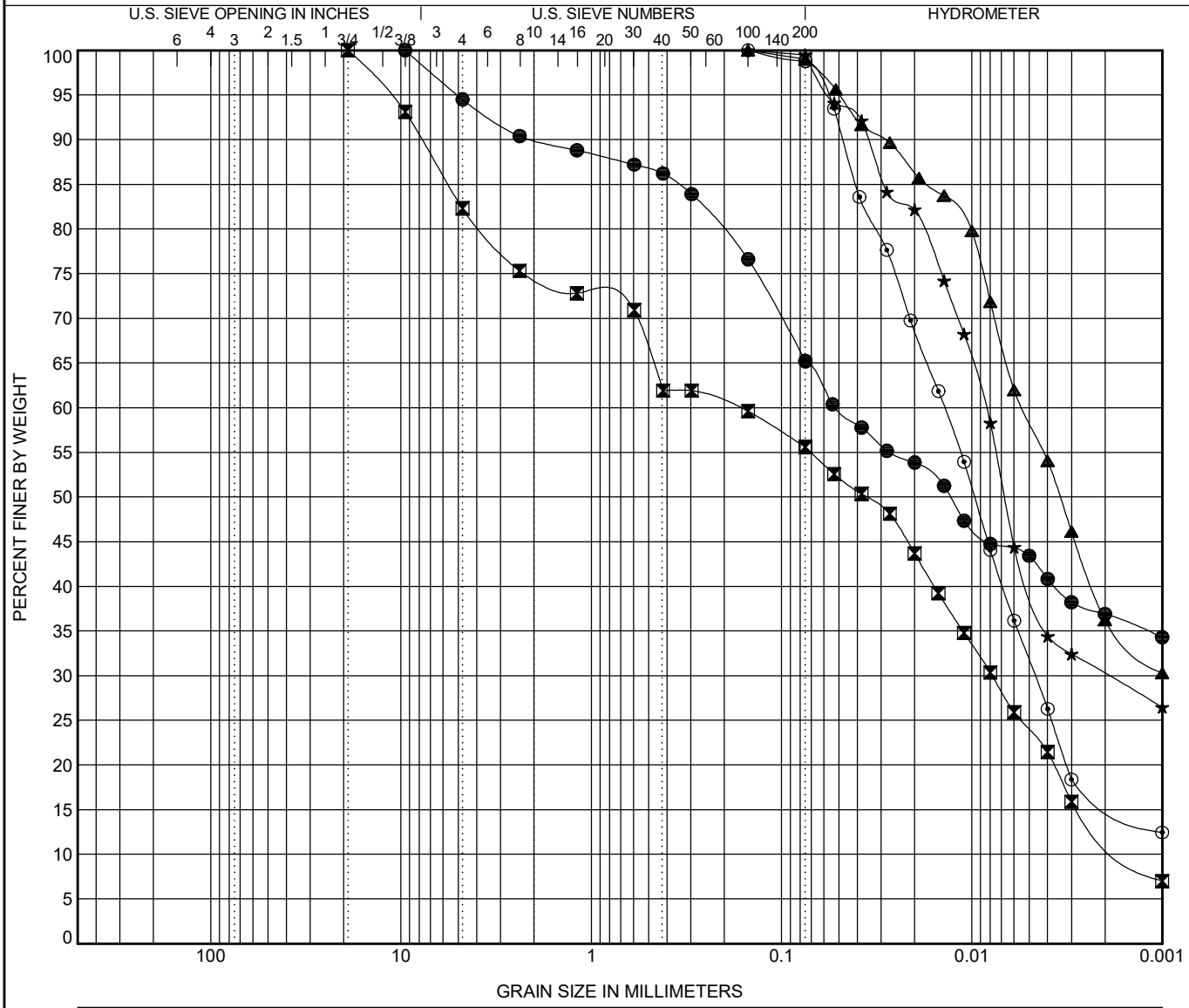
	Borehole	Depth	D100	D60	D30	D10	%Gravel	%Sand	%Silt	%Clay
●	BH-EL-4	1.50	9.51	0.151	0.003		7.0	47.9	17.8	27.3
⊠	BH-EL-4	2.50	19	0.144	0.017		8.5	49.4	29.2	12.9
▲	BH-WH-8	0.50	0.595				0.0	0.7	37.1	62.2
★	BH-WH-8	1.50	0.595	0.002			0.0	0.3	41.3	58.4
⊙	BH-WH-8	2.69	1.19	0.006			0.0	0.6	55.1	44.3

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

Barangeotechnics

CLIENT _____ **PROJECT NAME** Binak

PROJECT NUMBER 589 **PROJECT LOCATION** Booshehr-BK-05



COBBLES	GRAVEL		SAND			SILT OR CLAY
	coarse	fine	coarse	medium	fine	

	Borehole	Depth	Classification	LL	PL	PI	Cc	Cu
●	BH-WH-8	5.33	SANDY SILT(ML)	NP	NP	NP		
⊠	BH-WH-8	7.20	SANDY SILT with GRAVEL(ML)	NP	NP	NP	0.25	116.60
▲	BH-WH-8	9.50	LEAN CLAY(CI)	40	23	17		
★	BH-WH-8	11.63	LEAN CLAY(CI)	41	23	18		
⊙	BH-WH-8	13.30	LEAN CLAY(CI)	41	24	17		

	Borehole	Depth	D100	D60	D30	D10	%Gravel	%Sand	%Silt	%Clay
●	BH-WH-8	5.33	9.51	0.051			5.5	29.3	28.3	36.9
⊠	BH-WH-8	7.20	19	0.169	0.008	0.001	17.7	26.7	43.0	12.6
▲	BH-WH-8	9.50	0.15	0.005			0.0	1.0	62.8	36.2
★	BH-WH-8	11.63	0.15	0.008	0.002		0.0	0.5	69.3	30.2
⊙	BH-WH-8	13.30	0.15	0.014	0.005		0.0	1.2	82.6	16.2

پیوست ۴-۲

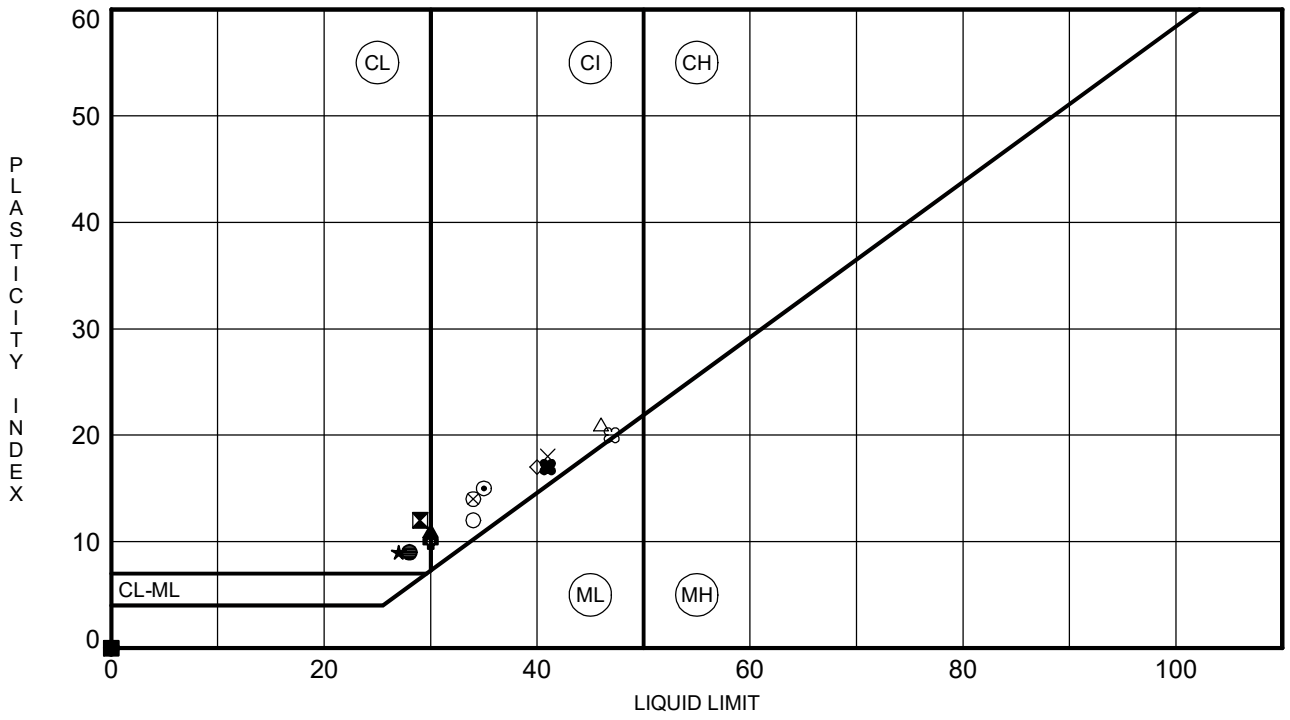
آزمایش حدود اتربرگ

ATTERBERG LIMITS' RESULTS

Barangeotechnics

CLIENT _____ **PROJECT NAME** Binak

PROJECT NUMBER 589 **PROJECT LOCATION** Booshehr-BK-05



Borehole		Depth	LL	PL	PI	Fines	Classification
●	BH-EL-1	0.50	28	19	9	32	CLAYEY GRAVEL with SAND(GC)
⊠	BH-EL-1	1.50	29	17	12	69	SANDY LEAN CLAY(CL)
▲	BH-EL-1	2.37	30	19	11	99	LEAN CLAY(CI)
★	BH-EL-2	0.50	27	18	9	41	CLAYEY GRAVEL(GC)
⊙	BH-EL-2	1.50	35	20	15	68	GRAVELLY LEAN CLAY(CI)
✿	BH-EL-2	2.50	30	20	10	97	LEAN CLAY(CI)
○	BH-EL-3	0.50	34	22	12	69	SANDY LEAN CLAY(CI)
△	BH-EL-3	1.50	46	25	21	99	LEAN CLAY(CI)
⊗	BH-EL-3	2.50	34	20	14	70	LEAN CLAY with GRAVEL(CI)
⊕	BH-EL-4	0.50	NP	NP	NP	43	SILTY SAND(SM)
□	BH-EL-4	1.50	NP	NP	NP	45	SILTY SAND(SM)
⊛	BH-EL-4	2.50	NP	NP	NP	42	SILTY SAND(SM)
◕	BH-WH-8	0.50	NP	NP	NP	99	SILT(ML)
☆	BH-WH-8	1.50	NP	NP	NP	100	SILT(ML)
⊠	BH-WH-8	2.69	47	27	20	99	LEAN CLAY(CI)
■	BH-WH-8	5.33	NP	NP	NP	65	SANDY SILT(ML)
◆	BH-WH-8	7.20	NP	NP	NP	56	SANDY SILT with GRAVEL(ML)
◇	BH-WH-8	9.50	40	23	17	99	LEAN CLAY(CI)
⊗	BH-WH-8	11.63	41	23	18	100	LEAN CLAY(CI)
✖	BH-WH-8	13.30	41	24	17	99	LEAN CLAY(CI)

ATTERBERG LIMITS 14010503-589-BINAK-BK-05-REV00.GPJ GINT STD CANADA LAB.GDT 7/25/22

پیوست ۴-۳

آزمایش دانسیته و درصد رطوبت

SUMMARY OF LABORATORY RESULTS

Barangeotechnics

CLIENT _____ **PROJECT NAME** Binak

PROJECT NUMBER 589 **PROJECT LOCATION** Booshehr-BK-05

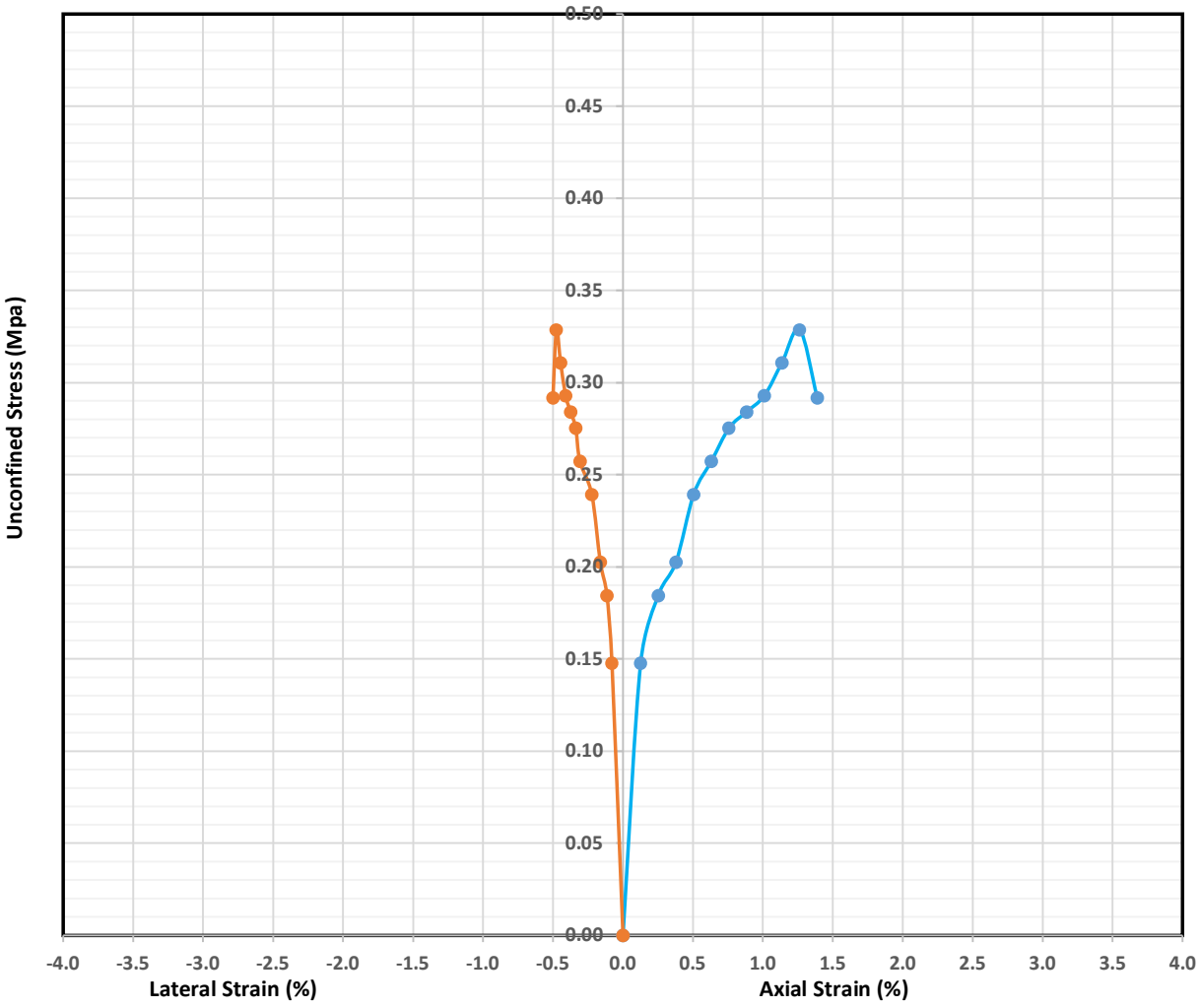
Borehole	Depth	Liquid Limit	Plastic Limit	Plasticity Index	Maximum Size (mm)	%<0.075 Sieve	Class-ification	Water Content (%)	Dry Density (Mg/m^3)	Satur-ation (%)	Void Ratio
BH-EL-1	0.5	28	19	9	50.8	32	GC	4.2	1.81		
BH-EL-1	1.5	29	17	12	19	69	CL	6.1	1.84		
BH-EL-1	2.4	30	19	11	1.19	99	CI	5.3	1.88		
BH-EL-2	0.5	27	18	9	50.8	41	GC	5.4	1.84		
BH-EL-2	1.5	35	20	15	38.1	68	CI	6.2	1.85		
BH-EL-2	2.5	30	20	10	1.19	97	CI	5.1	1.89		
BH-EL-3	0.5	34	22	12	9.51	69	CI				
BH-EL-3	1.5	46	25	21	9.51	99	CI	7.2	1.86		
BH-EL-3	2.5	34	20	14	38.1	70	CI	6.8	1.97		
BH-EL-4	0.5	NP	NP	NP	19	43	SM	6.3	1.83		
BH-EL-4	1.5	NP	NP	NP	9.51	45	SM				
BH-EL-4	2.5	NP	NP	NP	19	42	SM	7.5	1.91		
BH-WH-8	0.5	NP	NP	NP	0.595	99	ML				
BH-WH-8	1.5	NP	NP	NP	0.595	100	ML	5.1	1.87		
BH-WH-8	2.7	47	27	20	1.19	99	CI	5.7	1.89		
BH-WH-8	5.3	NP	NP	NP	9.51	65	ML	6.1	1.89		
BH-WH-8	7.2	NP	NP	NP	19	56	ML	5.5	1.99		
BH-WH-8	9.5	40	23	17	0.15	99	CI				
BH-WH-8	11.6	41	23	18	0.15	100	CI	6.3	1.93		
BH-WH-8	13.3	41	24	17	0.15	99	CI	4.7	1.99		

پیوست ۴-۴

آزمایش تک محوری سنگ

Uniaxial Compression Test

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



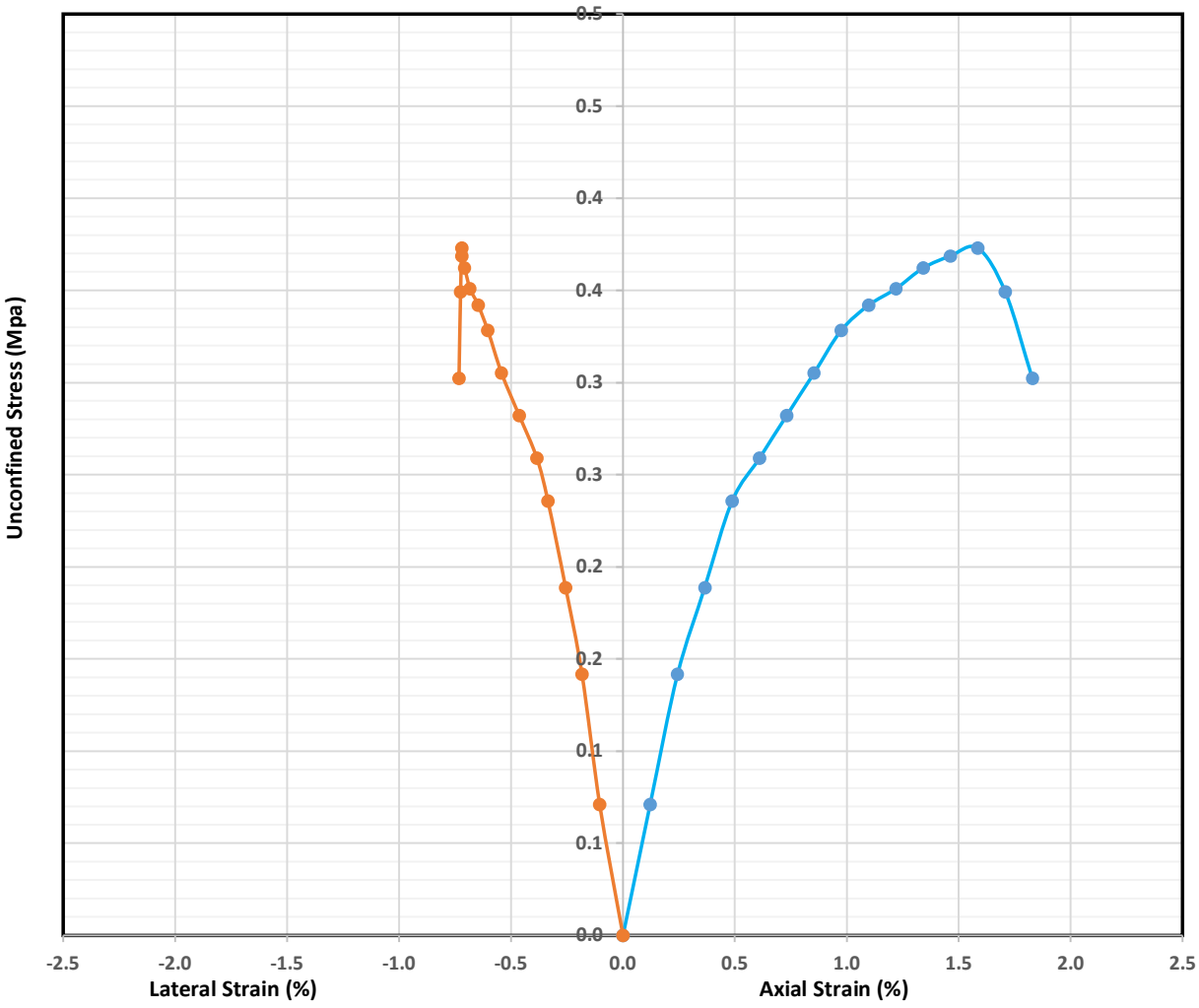
Sample Specification		Initial Condition	
Borehole ID:	EL-01	Bulk Density (kN/m^3):	19.80
Depth (m):	2.37-2.62	Dry Density (kN/m^3):	18.80
L (cm):	19.80	Moisture Content (%):	5.3
D (cm):	8.30	Strain Rate (%Per min.):	1.00

Test Results	
Unconfined Compressive Strength(MPa):	**0.33**

BKP- Lab- UCT

Uniaxial Compression Test

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



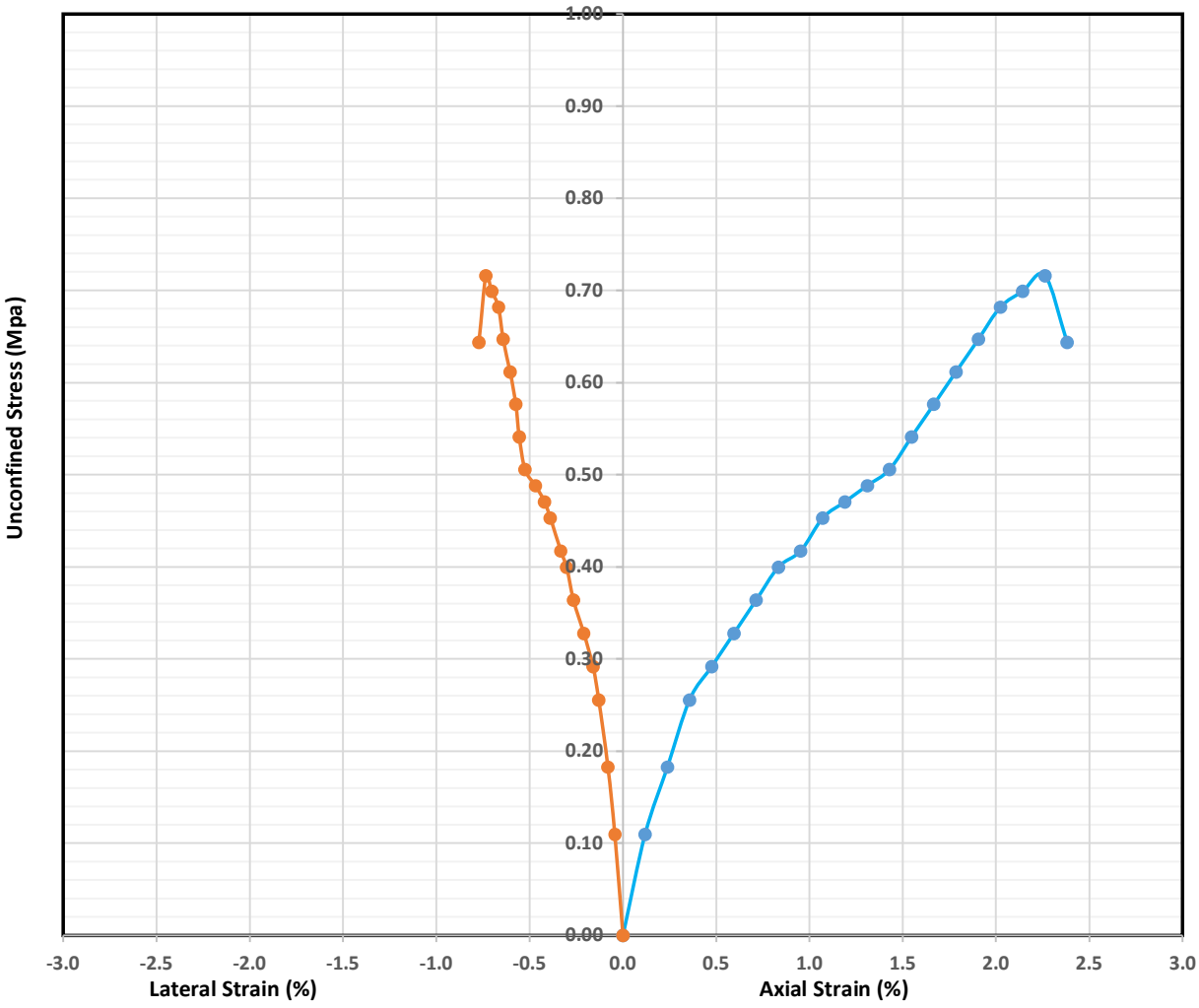
Sample Specification		Initial Condition	
Borehole ID:	BH-WH-08	Bulk Density (kN/m^3):	20.09
Depth (m):	5.33-5.68	Dry Density (kN/m^3):	18.90
L (cm):	20.50	Moisture Content (%):	6.3
D (cm):	8.20	Strain Rate (%Per min.):	1.00

Test Results	
Unconfined Compressive Strength(MPa):	**0.4**

BKP- Lab- UCT

Uniaxial Compression Test

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



Sample Specification		Initial Condition	
Borehole ID:	BH-WH-08	Bulk Density (kN/m^3):	20.83
Depth (m):	13.30-13.61	Dry Density (kN/m^3):	19.91
L (cm):	21.00	Moisture Content (%):	4.7
D (cm):	8.10	Strain Rate (%Per min.):	1.00

Test Results	
Unconfined Compressive Strength(MPa):	**0.7**

BKP- Lab- UCT

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.)
EL-01	0.5-1.0	35	83.2	86.2	0.04	1.28	0.05	1.08
EL-01	1.5-2.0	31	78	88	0.04	1.29	0.05	1.01
EL-02	2.5-3.0	38	83.2	86.2	0.04	1.28	0.05	1.17
EL-03	0.5-1.0	28	75	88	0.03	1.29	0.04	0.95
EL-03	1.5-2.0	40	81	85	0.05	1.27	0.06	1.27
EL-04	2.5-3.0	36	78	88	0.04	1.29	0.05	1.17
BH-WH-08	2.69-2.93	36	81	85	0.04	1.27	0.05	1.15
BH-WH-08	11.63-11.85	65	81	87	0.07	1.28	0.09	2.04

Note:

$D_e = 4A/\pi$

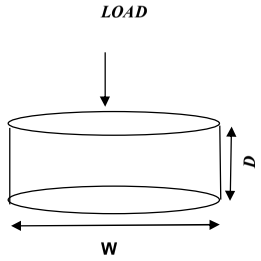
Area $= \pi * D^2/4$

Is $=$ *Calibrated Load/Area*

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

$I_{50} = Is * F$

UCT $\simeq I_{50} * 22$



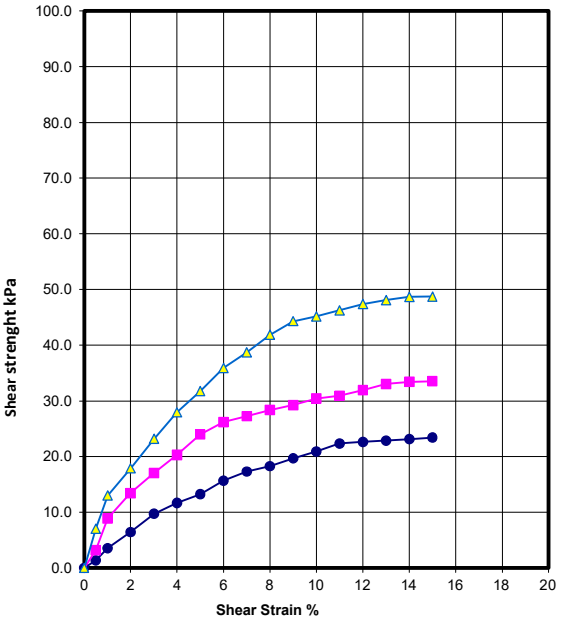
پیوست ۴-۶

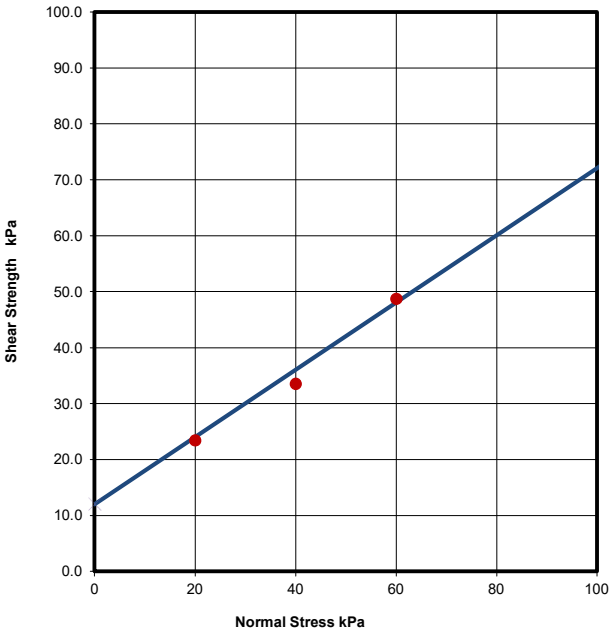
آزمایش‌برش مستقیم

Direct Shear Test

BARAN GEOTECHNICS

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





Borehole ID:	**EL-2**	**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 (%):	5.3	5.3	5.5	Moisture (%):	12.7	12.7	12.5
B*L (cm*cm):	10*10	10*10	10*10	Saturation (%):	35.54	35.54	36.88	Saturation (%):	98.00	97.90	98.20
γ_d (kN/m^3):	18.99	18.99	19.12	Void Ratio:	0.40	0.40	0.40	Void Ratio:	0.34	0.34	0.34

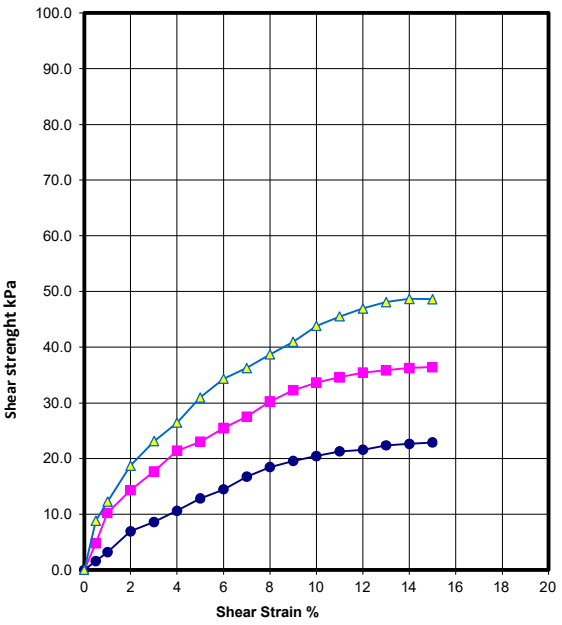
Test Results	
C (kPa):	**12.00**
ϕ (Degree):	**31**

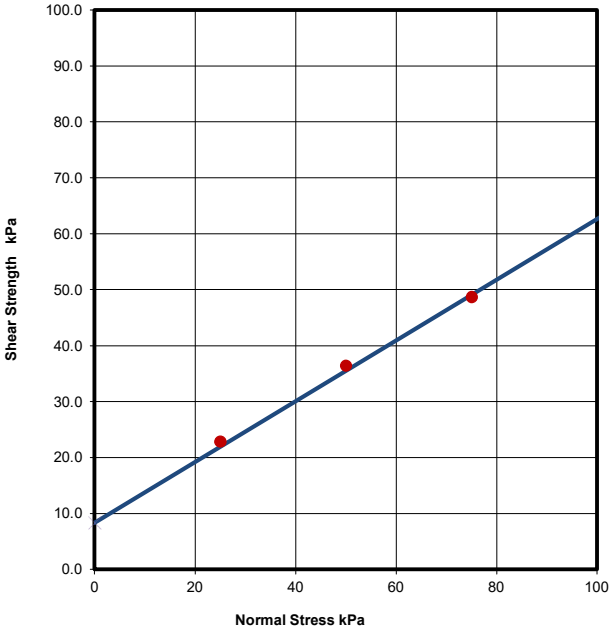
BKP-Lab- DST

Direct Shear Test

BARAN GEOTECHNICS

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





Borehole ID:	**EL-4**	**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 (%):	6.1	6.4	6.2	Moisture (%):	14.0	13.7	13.1
B*L (cm*cm):	10*10	10*10	10*10	Saturation (%):	39.83	41.39	40.49	Saturation (%):	98.40	98.70	98.10
γ_d (kN/m^3):	18.85	18.80	18.99	Void Ratio:	0.41	0.41	0.41	Void Ratio:	0.38	0.37	0.35

Test Results	
C (kPa):	**8.30**
ϕ (Degree):	**29**

BKP-Lab- DST

پیوست ۴-۷
آزمایش کشش برزیلی

Spliting Tensile Strength Test Results (Brazilian Test)

BARAN GEOTECHNICS

Project: مطالعات ژئوتکنیک پروژه بینک

Client: **PROJECT NUMBER:** 589

Borehole No.	Depth	D mm	H mm	P N	Tensile Strength MPa
BH-WH-08	1.5-1.8	86.0	40.0	5000	0.93

پیوست ۴-۸

آزمایش شیمیایی

Chemical Test –BK-05
Soil

BH No:	Depth (m)	SO_4^{-2} (in Water) (%)	SO_4^{-2} (Total) (%)	CL^- (%)	pH at 25° c
		(BS1377)	(BS1377)	(BS1377)	(ASTM4972)
EL -1	0.50	0.44	0.54	0.025	8.2
EL -1	1.50	0.39	0.53	0.217	8.1
EL -3	0.50	0.41	0.62	0.014	8.0
EL -3	2.50	0.36	0.58	0.031	8.2
BH–WH-8	1.50	0.28	0.65	0.028	8.0
BH–WH-8	2.70	0.36	0.57	0.030	8.1
BH–WH-8	5.33	0.33	0.59	0.029	8.2

پیوست ۴-۹

مقادیر پیشنهادی پارامترهای فیزیکی و مکانیکی خاک طبیعی

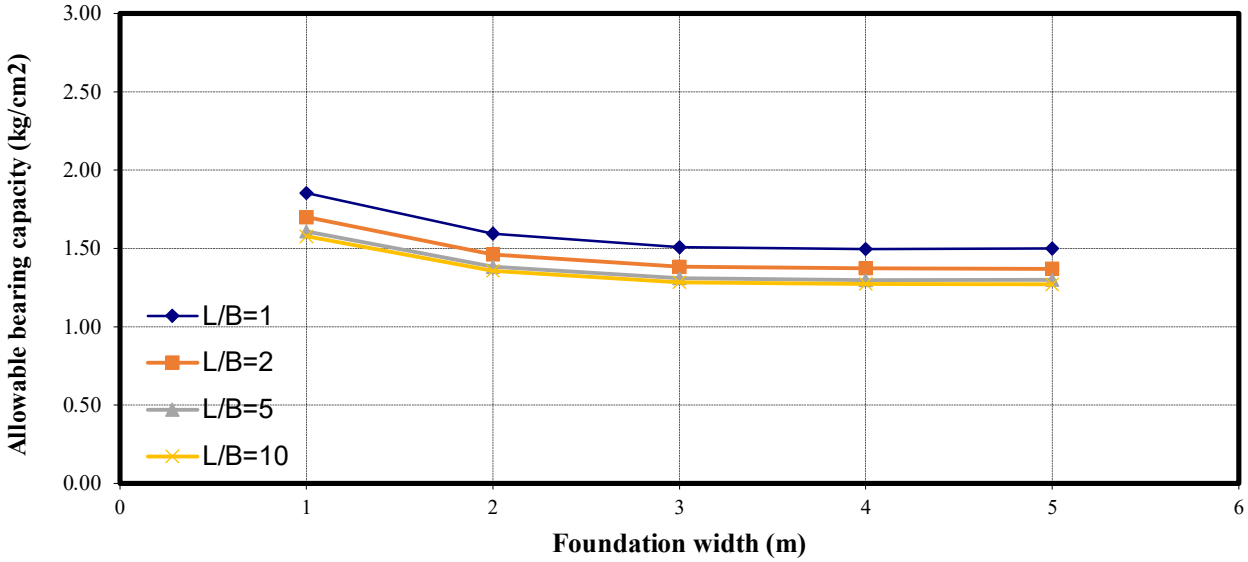
مقادیر پیشنهادی پارامترهای فیزیکی و مکانیکی لایه‌های خاک طبیعی-BK-05

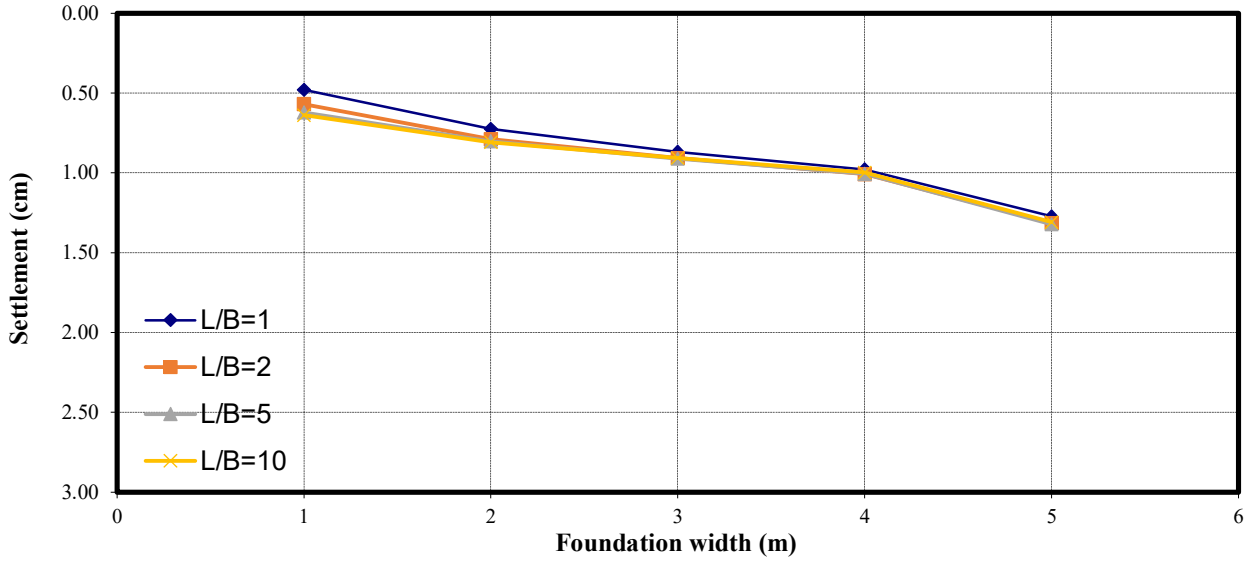
Layer type according to Unified method	***Marl/ClayStone (CL)***	***Marl/ClayStone (CL)***	***Unit***
Depth	*0.0-3.0*	*3.0-15.0*	*m*
Soil cohesion (Cu)	*0.8-1.2*	*1.5-3.0*	*kg/cm2*
Soil wet density (γw)	*1.90-2.00*	*2.00-2.10*	*g/cm3*
Soil module of elasticity (Es)	*300-500*	*800-1200*	*kg/cm2*
Soil Poisson ratio (υ)	*0.35-0.40*	*0.35-0.40*	*-*

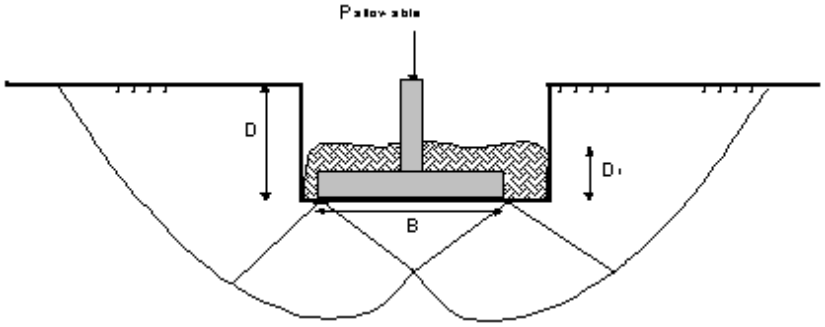
پیوست ۵

ظرفیت باربری پی های سطحی، مدول عکس العمل بستر و ضرایب فشار جانبی برای لایه های خاک طبیعی

Shallow Foundation - BK-05



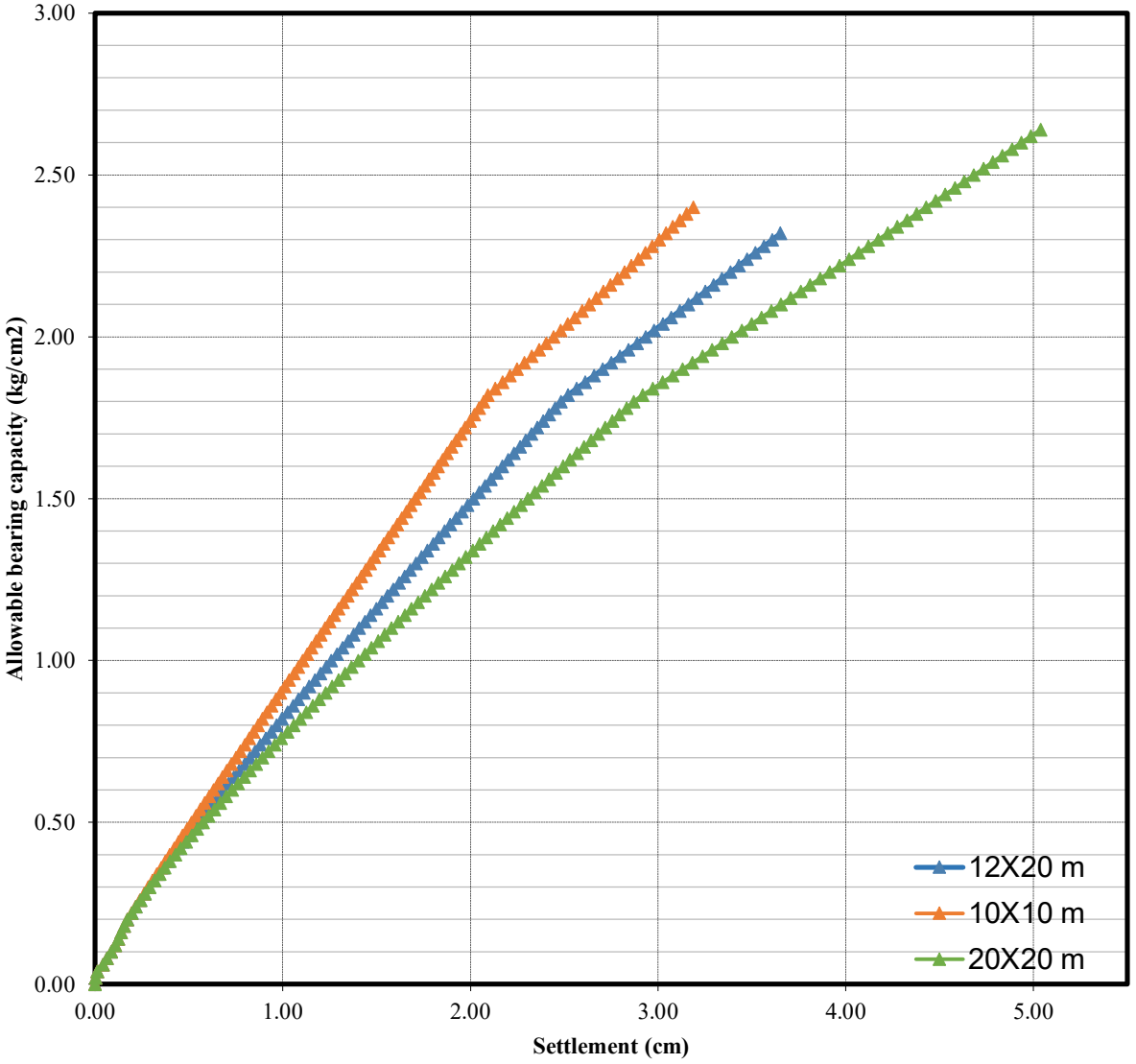


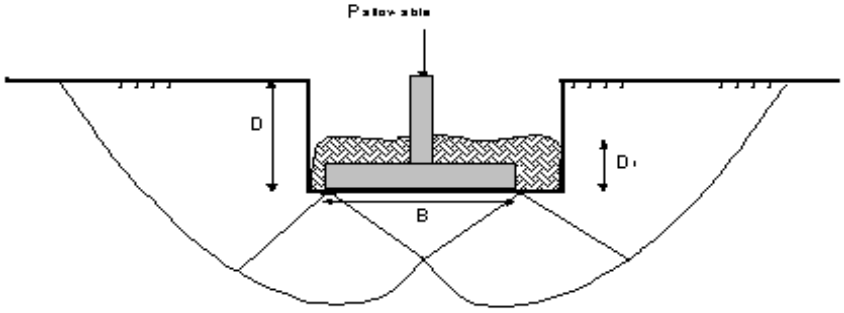


D= 1m
Df= 1m

Notes:
D : Depth of footing with respect to ground surface
Df :Depth of footing embedment

Mat Foundation
BK-05





D= 1m
Df= 1m

Notes:
D : Depth of footing with respect to ground surface
Df :Depth of footing embedment

مدول عکس العمل بستر پی مربعی، مستطیلی و نواری برای عمق یک متر BK-05

B(m)	مدول عکس‌العمل بستر پی سطحی (kg/cm^3)			
	L/B=1	L/B=2	L/B=5	L/B=10
1.0	3.87	2.98	2.58	2.47
2.0	2.20	1.86	1.72	1.68
3.0	1.74	1.53	1.44	1.42
4.0	1.53	1.36	1.29	1.28
5.0	1.18	1.04	0.98	0.97

مدول عکس العمل بستر پی گسترده برای عمق یک متر BK-05

B×L (m)	S(cm)	مدول عکس‌العمل بستر پی گسترده(kg/cm^3)		
		گوشه پی	لبه پی	وسط پی
12×20	*5.0*	2.96	1.48	0.74
10×10	*5.0*	3.00	1.50	0.75
20×20	*5.0*	2.08	1.04	0.52

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 طبیعی خاک درشت دانه	علامت مشخصه	ضرایب فشار جانبی
۰/۵۰	K_0	ضریب فشار جانبی سکون
۰/۳۳	K_a	ضریب فشار جانبی محرک در حالت استاتیکی
۳/۰۰	K_p	ضریب فشار جانبی مقاوم در حالت استاتیکی

پیوست۶

گزارش منابع قرضه

۱- مقدمه

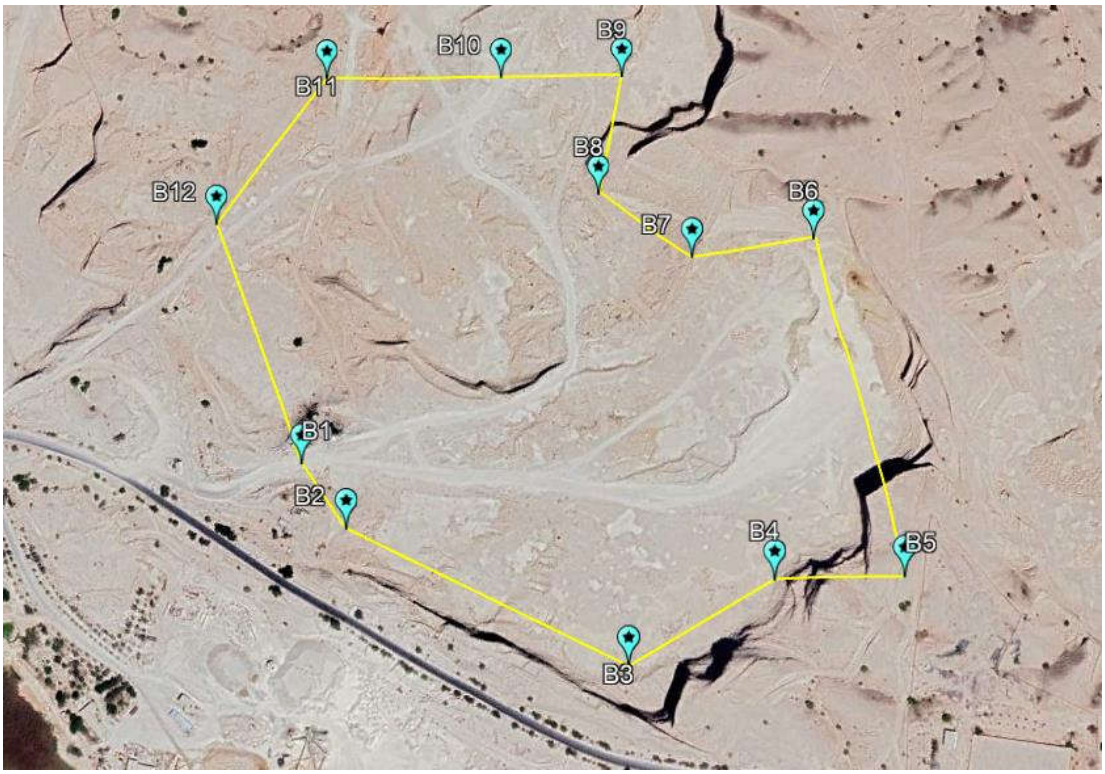
به منظور شناسایی و بررسی مشخصات فنی منابع قرضه مورد نیاز در پروژه‌ها یک برداشت و بررسی ژئوتکنیکی از منطقه پروژه یا محدوده‌های اطراف آن در صورتی که فاصله حمل مصالح توجیه اقتصادی داشته باشد، مورد نیاز است. مصالح مورد نیاز در پروژه‌های راهسازی عمدتاً عبارتند از: شن، مصالح با سطوح شکسته، مصالح دانه‌ای بتن، مصالح سنگ چینی، معدن قرضه شن و مصالح مورد نیاز در خاکریزی و ... می‌باشد. گزارش منابع قرضه مصالح مورد نیاز در پروژه حاضر شامل مراحل شناسایی و بازدید میدانی، نمونه‌برداری و آزمایش-های آزمایشگاهی می‌باشد که نتایج آن در بخش‌های پیش‌رو ارائه شده است.

۲-شرح مختصر پروژه

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 مسیرخطوط جریانی و مسیر برق رسانی مربوطه و در بخش سطح الارض با هدف احداث خطوط لوله ۸ اینچ زیرزمینی انتقال گاز و ایستگاه تقویت فشار گازی تعریف شده است. بخش تحت الارض شامل ۵۵گمانه ماشینی در ۱۰ سایت تاسیسات سرچاهی، مسیر خط لوله و مسیر برق رسانی می‌باشد. بخش سطح الارض شامل ۸۹ گمانه ماشینی در خط لوله زیرزمینی ۸ اینچ به طول ۴۴ کیلومتر و ۶ گمانه ماشینی در ایستگاه تقویت فشار جدید است. گزارش حاضر دربرگیرنده نتایج مطالعات ابلاغی ایستگاه تقویت فشار جدید در بخش سطح الارض می‌باشد. با توجه به نقشه‌ها در محدوده مختصات‌های ارسالی از سمت کارفرمای محترم، پی گسترده با ابعاد ۲۰×۱۲متر و پی‌های سطحی مربعی، مستطیلی و نواری جهت طراحی در ایستگاه تقویت فشار گاز در نظر گرفته شده است.گزارش حاصل شامل نتایج بررسی‌های میدانی و آزمایشگاهی، شناسایی منابع قرضه می‌باشد که نتایج آن در بخش‌های پیش‌رو ارائه شده است.

۳-کاوش‌های صحرایی

در کاوش‌های صحرایی انجام شده در منبع قرضه مشخصات منبع قرضه شامل محل و مختصات منبع قرضه، جنس مصالح، سطح آب ، شیب زمین و محدوده تقریبی آن مورد بررسی قرار گرفته است.



شکل ۳-۱-جانمایی منبع قرضه در Google Earth

جدول-۳-۱-مختصات محدوده منبع قرضه

شماره محل	X	Y
1	523762	3241831
2	523803	3241772
3	524056	3241649
4	524188	3241725
5	524295	3241864
6	524230	3242036
7	524118	3242019

شماره محل	X	Y
8	524033	3242081
9	524056	3242194
10	523943	324220
11	523780	3242193
12	523679	3242055

-محل منبع قرضه:

- در نزدیکی شهر برازجان واقع گردیده است.
- فاصله محدوده تا گناوه در حدود ۱۰۰ کیلومتر و تا سایت بینک در حدود ۱۲۰ کیلومتر می‌باشد.

-جنس مصالح: با توجه به مشاهدات انجام شده جنس مصالح محل غالباً بصورت شن بد دانه‌بندی‌شده همراه لای و شن همراه با لای مشاهده شده است.

سطح آب : آب‌های سطحی در محل مشاهده نشده است. با توجه به عدم حفاری در محل منبع قرضه امکان اظهار نظر در خصوص سطح آب زیرزمینی وجود ندارد.

-شیب زمین : شیب زمین به صورت تپه ماهوری و کوهپایه‌ای است.

-محدوده تقریبی منبع: عرض تقریبی ۵۰۰ متر و به طول حدوداً ۷۰۰ متر

-مختصات محل نمونه برداری: دو نمونه جهت انجام آزمایش‌های مورد نظر از محدوده منبع قرضه تهیه شده است.

جدول ۳-۲- مختصات محل نمونه برداری

نام نمونه	X	Y
TP-1	523984	3241927
TP-2	524112	3241825

شکل۳-۲-نمایی از محل منبع قرضه

شکل-۳-۳- نمایی از محل منبع قرضه

شکل-۳-۴- نمایی از محل منبع قرضه

شکل-۳-۵- نمایی از محل منبع قرضه

شکل-۳-۶- نمایی از محل منبع قرضه

شکل-۳-۷- نمایی از محل منبع قرضه

شکل-۳-۸- نمایی از محل منبع قرضه

شکل-۳-۹- نمایی از محل منبع قرضه

۳-۱-منابع تامین سایر مصالح:

- معدن سنگ لاشه جعفریان و معدن سنگ لاشه بزرگ مهر در منطقه چهارراه واقع شده‌اند.

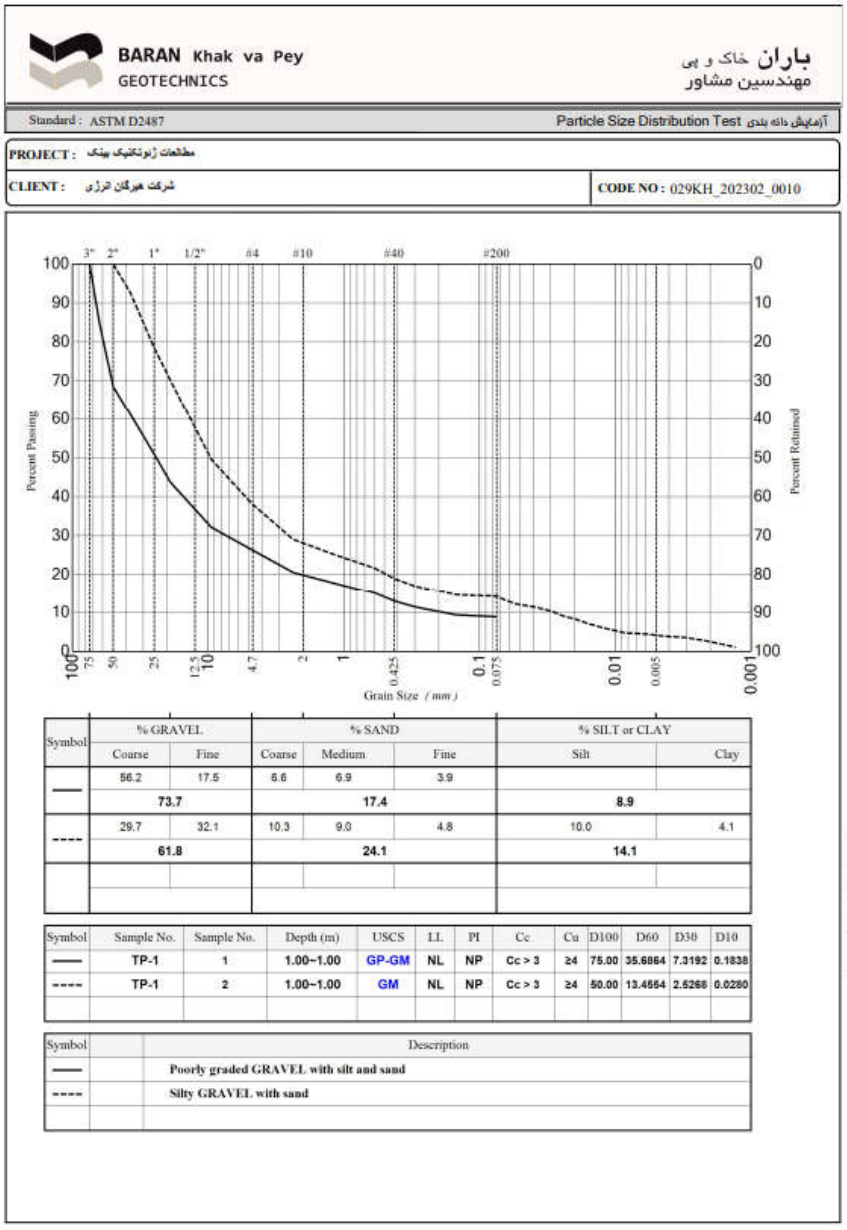
جدول-۳-۲-مختصات سایر منبع قرضه

محل	X	Y
معدن جعفریان	۴۲۲۱۶۰	۳۳۴۴۵۸۰
معدن بزرگمهر	۴۳۹۳۳۷	۳۳۳۷۱۶۵

- جهت تهیه سیمان، کارخانه سیمان دشتستان شناسایی شده است. در این کارخانه سیمان‌های تیپ ۲، تیپ ۵، پرتلند ۴۲۵-۱، پرتلند cem 11 و پرتلند سرباره‌ای تولید می‌شود.
- کارخانه فولاد اکسین در فاصله حدود ۳۰۰ کیلومتری سایت بینک و در استان خوزستان واقع شده است.

٤-آزمایش دانه‌بندی

آزمایش دانه بندی بر روی ۲ نمونه اخذ شده از محل منبع قرضه انجام و نتایج آن در شکل‌های زیر ارائه شده است.



Symbol	% GRAVEL		% SAND			% SILT or CLAY	
	Coarse	Fine	Coarse	Medium	Fine	Silt	Clay
——	56.2	17.5	8.6	6.9	3.9		
	73.7		17.4			8.9	
----	29.7	32.1	10.3	9.0	4.8	10.0	4.1
	61.8		24.1			14.1	

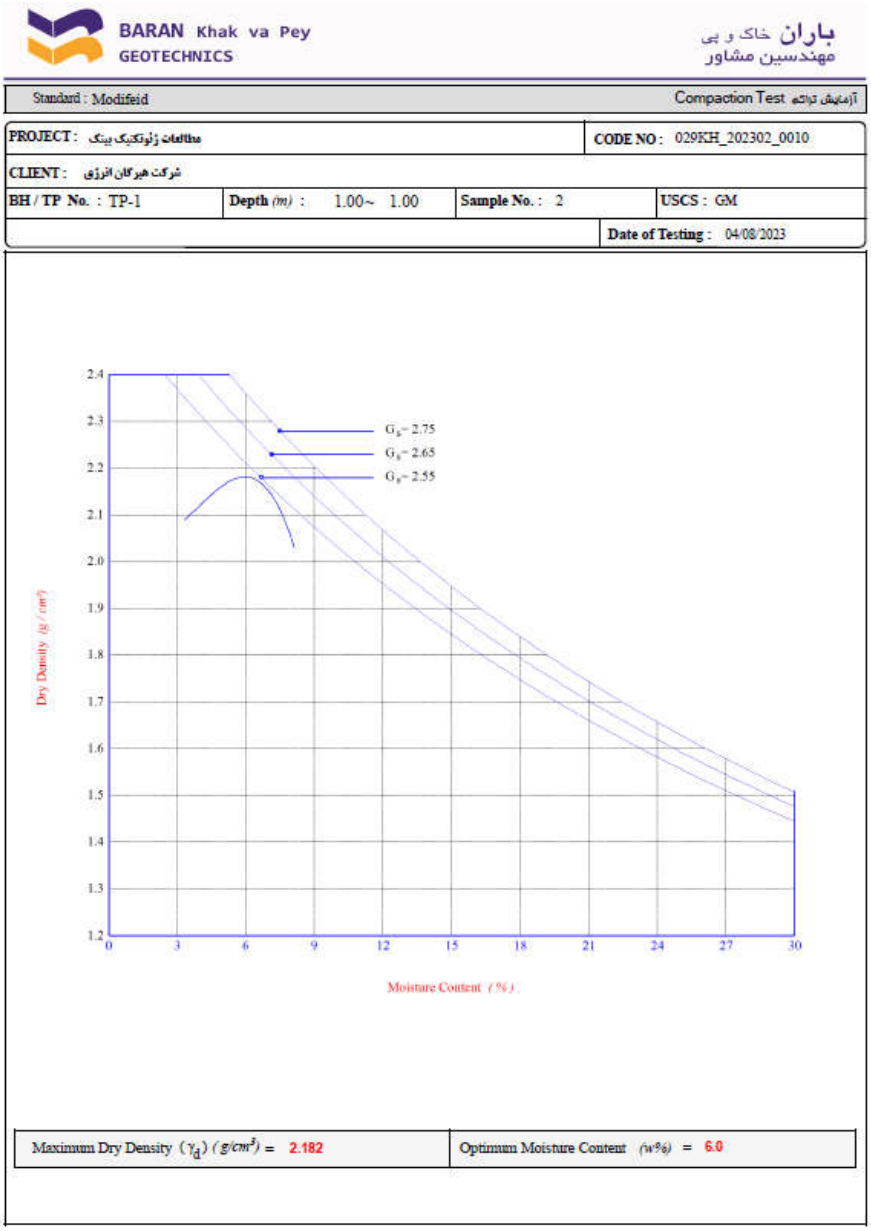
Symbol	Sample No.	Sample No.	Depth (m)	USCS	LL	PI	Cc	Cu	D100	D60	D30	D10
——	TP-1	1	1.00-1.00	GP-GM	NL	NP	Cc > 3	≥4	75.00	35.6864	7.3192	0.1838
----	TP-1	2	1.00-1.00	GM	NL	NP	Cc > 3	≥4	50.00	13.4554	2.6268	0.0280

Symbol	Description
——	Poorly graded GRAVEL with silt and sand
----	Silty GRAVEL with sand

شکل ۴-۱- نتایج آزمایش دانه‌بندی

۵- آزمایش تراکم

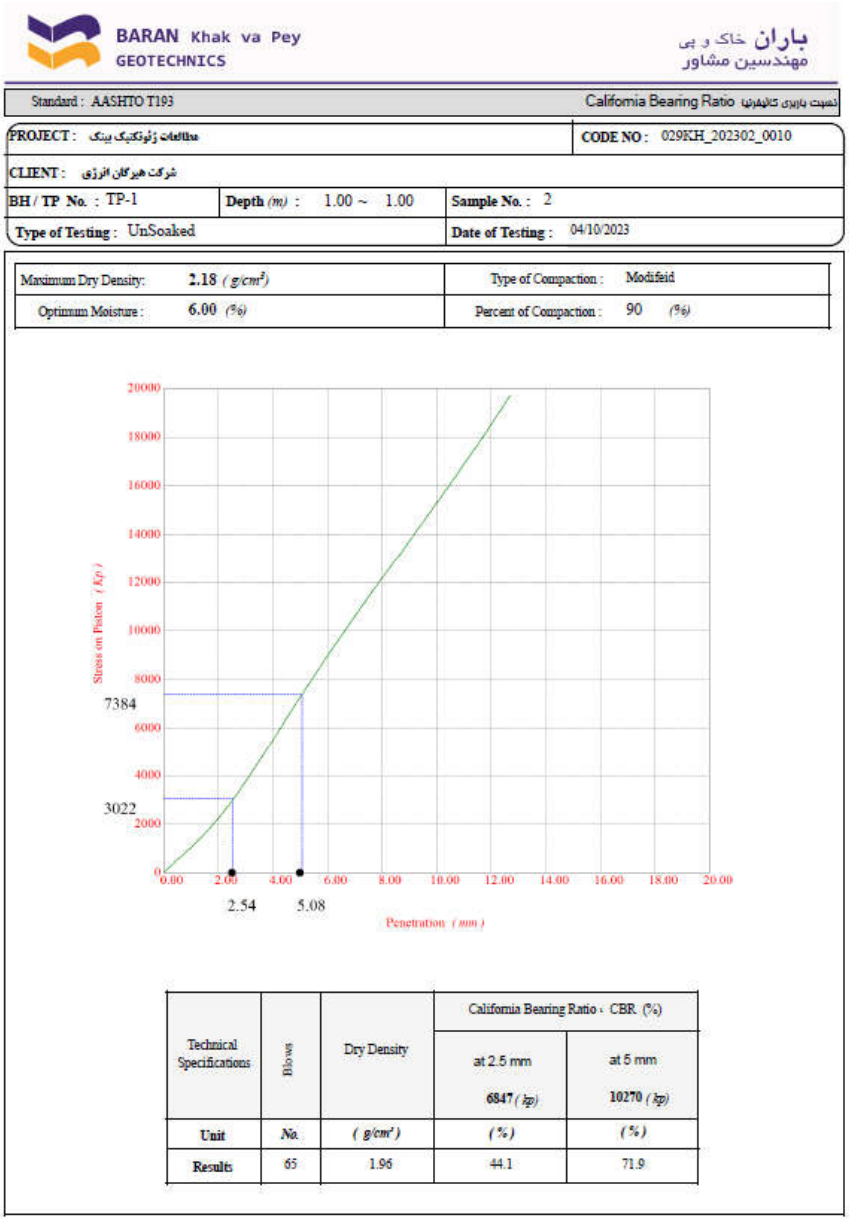
آزمایش تراکم بر روی نمونه TP-1 اخذ شده از محل منبع قرضه انجام و نتایج آن در شکل‌های زیر ارائه شده است.



شکل ۵-۱- نتایج آزمایش تراکم

۶- آزمایش CBR

آزمایش CBR بر روی نمونه TP-1 اخذ شده از محل منبع قرضه انجام و نتایج آن در شکل‌های زیر ارائه شده است.



BARAN Khak va Pey GEOTECHNICS — باران خاک و پی مهندسین مشاور

Standard : AASHTO T193 — California Bearing Ratio نسبت باربری کالیفرنیا

PROJECT : مطالعات ژئوتکنیک بینک — CODE NO : 029KH_202302_0010

CLIENT : شرکت هیرگان انرژی

BH / TP No. : TP-1 — Depth (m) : 1.00 ~ 1.00 — Sample No. : 2

Type of Testing : UnSoaked — Date of Testing : 04/10/2023

Maximum Dry Density:	2.18 (g/cm³)	Type of Compaction :	Modifeid
Optimum Moisture :	6.00 (%)	Percent of Compaction :	90 (%)

Technical Specifications	Blows	Dry Density	California Bearing Ratio - CBR (%)	
			at 2.5 mm 6847 (kg)	at 5 mm 10270 (kg)
Unit	No.	(g/cm³)	(%)	(%)
Results	65	1.96	44.1	71.9

شکل ۶-۱- نتایج آزمایش CBR

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:

General: $q_{ult} = cN_c\, s_s\, d_c i_c g_c b_c + qN_q S_q d_q i_q g_q b_q + 0.5\gamma B'\, N_\gamma S_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$

When $\Phi = 0$

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

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

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

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

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:

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

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 Modulud 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 4-5*a*

Shape and depth factors for use in either the Hansen (1970) or Vesić (1973, 1975*b*) 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
$s'_{c(H)} = 0.2\dfrac{B'}{L'} \quad (\phi = 0°)$ $s_{c(H)} = 1.0 + \dfrac{N_q}{N_c} \cdot \dfrac{B'}{L'}$ $s_{c(V)} = 1.0 + \dfrac{N_q}{N_c} \cdot \dfrac{B}{L}$ $s_c = 1.0$ for strip	$d'_c = 0.4k \quad (\phi = 0°)$ $d_c = 1.0 + 0.4k$ $k = D/B$ for $D/B \le 1$ $k = \tan^{-1}(D/B)$ for $D/B > 1$ k in radians
$s_{q(H)} = 1.0 + \dfrac{B'}{L'}\sin\phi$ $s_{q(V)} = 1.0 + \dfrac{B}{L}\tan\phi$ for all ϕ	$d_q = 1 + 2\tan\phi(1 - \sin\phi)^2 k$ k defined above
$s_{\gamma(H)} = 1.0 - 0.4\dfrac{B'}{L'} \ge 0.6$ $s_{\gamma(V)} = 1.0 - 0.4\dfrac{B}{L} \ge 0.6$	$d_\gamma = 1.00$ for all ϕ

Notes:

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

TABLE 4-5*b*

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

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

Notes:

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

TABLE 4-5*c*

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

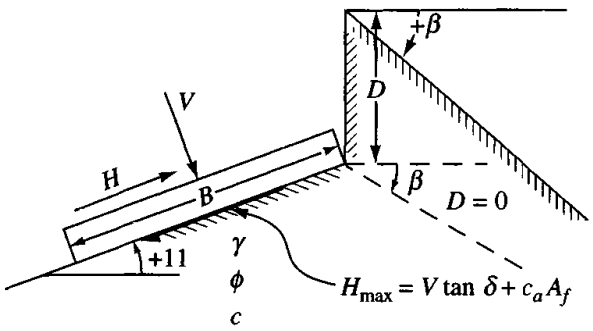
Inclination factors	Ground factors (base on slope)
$i'_c = 1 - \dfrac{mH_i}{A_f c_a N_c}$ $(\phi = 0)$	$g'_c = \dfrac{\beta}{5.14}$ β in radians
$i_c = i_q - \dfrac{1 - i_q}{N_q - 1}$ $(\phi > 0)$	$g_c = i_q - \dfrac{1 - i_q}{5.14 \tan \phi}$ $\phi > 0$
i_q, and m defined below	i_q defined with i_c
$i_q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

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 4-5*a,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).

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

β ϕ



For: $L/B \leq 2$ use ϕ_{tr}

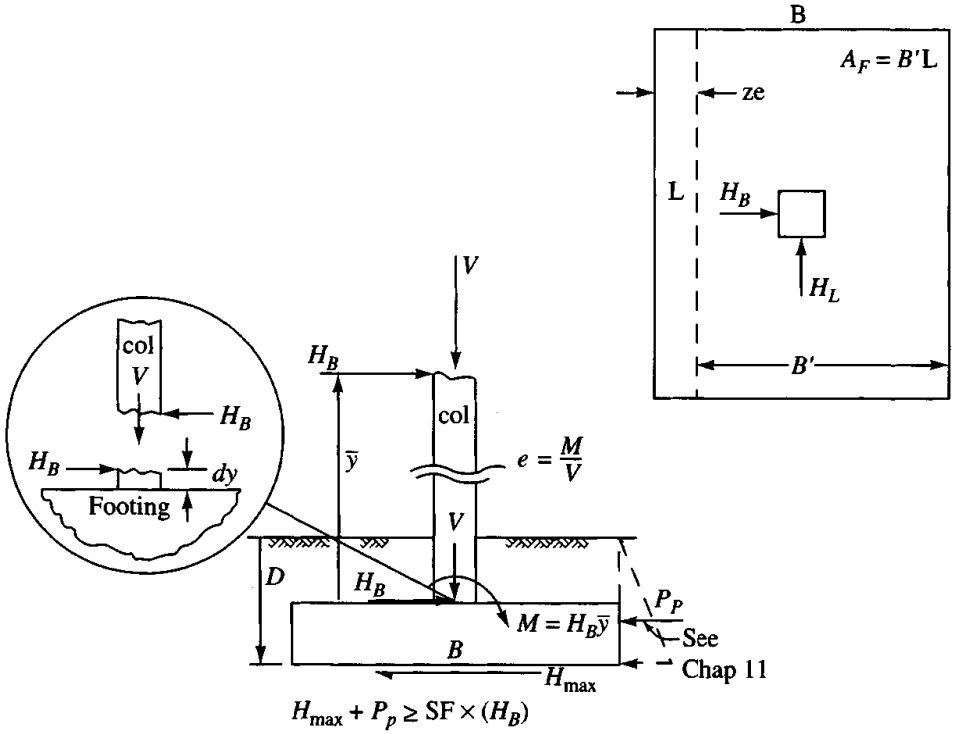
$L/B > 2$ use $\phi_{ps} = 1.5\,\phi_{tr} - 17°$

$\phi_{tr} \leq 34°$ 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 1.0*c*)



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: $S_c = \frac{Cc\,H}{1+e0}\log\frac{P'0+\Delta P}{P'0}$

Pre- consolidated clays:

$S_c = \frac{Cr\,H}{1+e0}\log\frac{Pc}{P'0} + \frac{Cc\,H}{1+e0}\log\frac{P'0+\Delta P}{Pc}$ For $P'_0 < P_c < P'_0 + \Delta P$

$S_c = \frac{Cr\,H}{1+e0}\log\frac{P'0+\Delta P}{P'0}$ For $P'_0 + \Delta P < P'_c$

S_c= Consolidation settlement for clay layer

C_c= Compressibility index

Cr= 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:

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

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

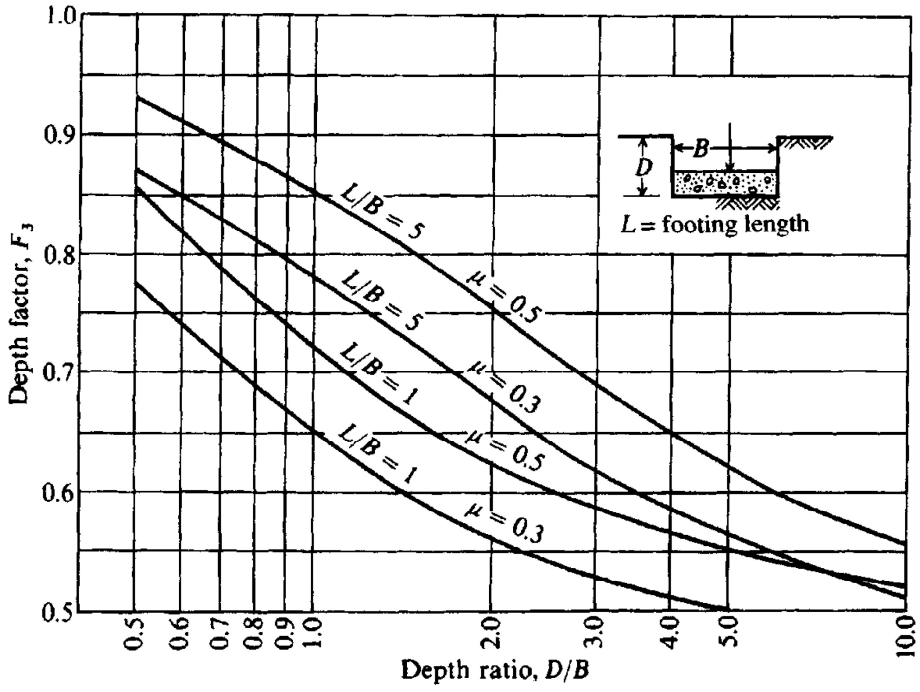
The influence factors (see Fig. 5-7 for identification of terms) I_1 and I_2 can be computed using equations given by Steinbrenner (1934) as follows:

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

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

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

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.



باران خاک و پی

مقادیر پارامترهای لازم در محاسبه ضریب تاثیر

TABLE 5-2

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

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

TABLE 5-2

Values of I_1 and I_2 to compute the Steinbrenner influence factor I_s for use in Eq. (5-16*a*) 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

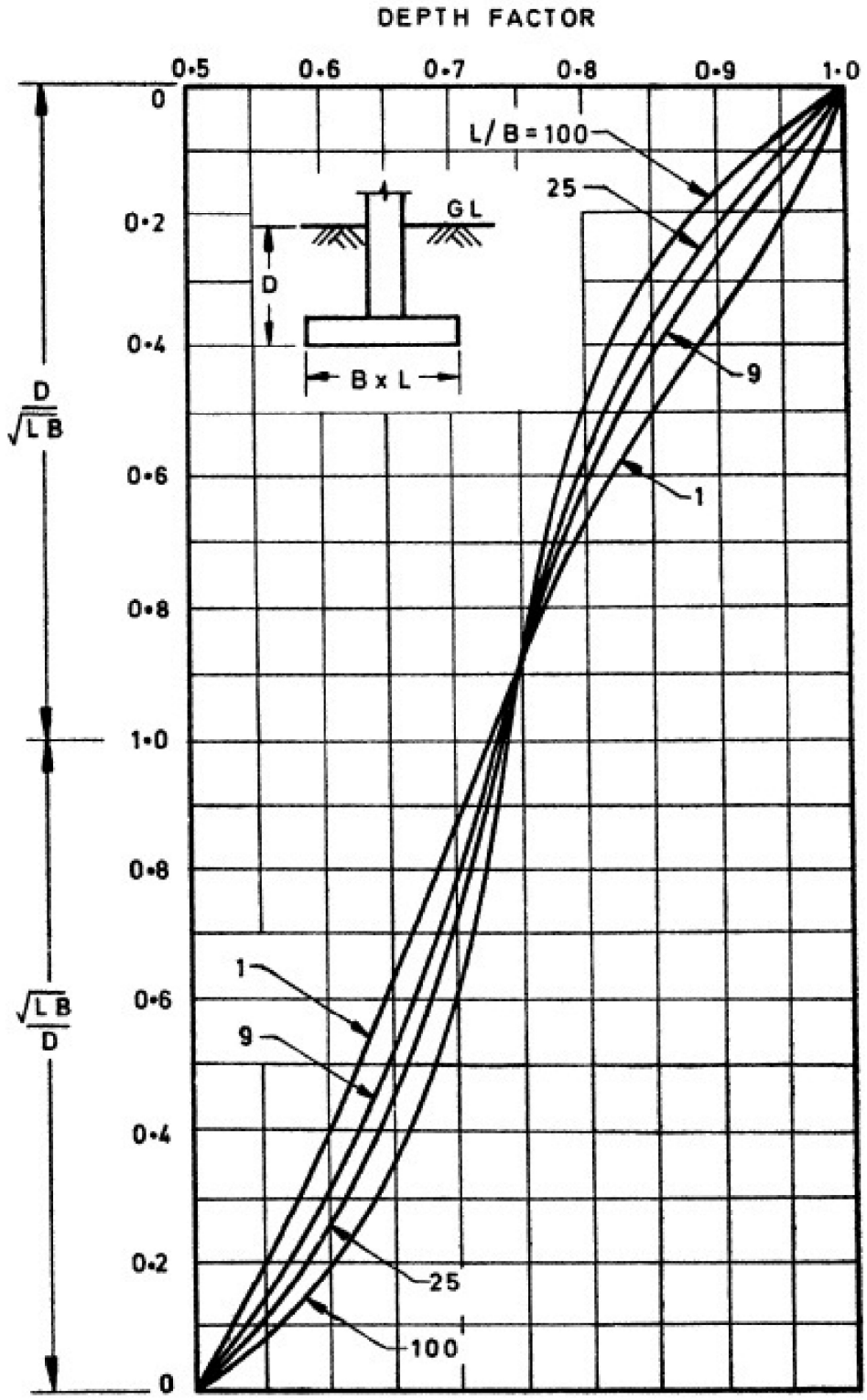


FIG. 12 FOX'S CORRECTION CURVES FOR SETTLEMENTS OF FLEXIBLE RECTANGULAR FOOTINGS OF $L \times B$ AT DEPTH D

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

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

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.

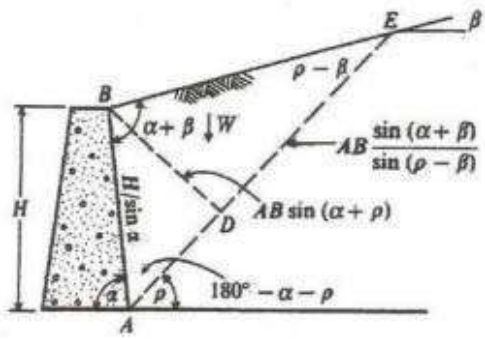
طبقه بندی نوع زمین (نقل از استاندارد ۲۸۰۰- ویرایش ۴)

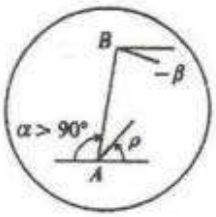
نوع زمین	توصیف لایه بندی زمین	$\bar{V}_S$(m/s)	$\bar{N}_{1(60)}$	$\bar{C}_u$(kPa)
I	سنگ و شبه سنگ، شامل سنگ های آذرین، دگرگونی و رسوبی و خاک های سیمانته بسیار محکم با حداکثر ۵ متر مصالح ضعیف تر تا سطح زمین	>۷۵۰	-	-
II	خاک خیلی متراکم یا سنگ سست، شامل شن و ماسه خیلی متراکم، رس بسیار سخت با ضخامت بیشتر 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 کاملا هوازده	۳۷۵-۷۵۰	>۵۰	>۲۵۰
III	خاک متراکم تا متوسط، شامل شن و ماسه متراکم تا متوسط یا رس های سخت با ضخامت بیشتر از ۳۰ متر	۱۷۵-۳۷۵	۱۵-۵۰	۷۰-۲۵۰
IV	خاک متوسط تا نرم، لایه های خاک غیر چسبنده یا با کمی خاک چسبنده با تراکم متوسط تا کم، لایه های خاک کاملا چسبنده نرم تا محکم.	< ۱۷۵	<۱۵	<۷۰

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

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

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





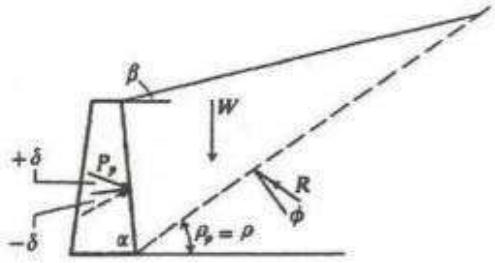
سطح = ½BD(AE)

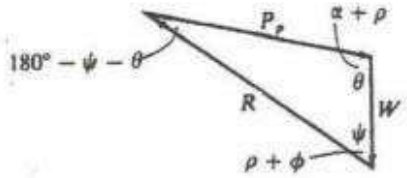
$\overline{AE} = AB\frac{\sin(\alpha+\beta)}{\sin(\rho-\beta)}$

$BD = \overline{AB}\sin(\alpha+\rho)$

$AB = \frac{H}{\sin\alpha}$

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





(b) چند ضلعی نیرو برای تعیین نیروی مقاوم خاک

(c) گوه گسیختگی برای فشار مقاوم خاک

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

	$\delta(deg)$					
$\Phi(deg)$	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 $\alpha=90^o$ و $\beta=0^o$

	$\delta(deg)$				
$\Phi(deg)$	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)

$$K_{ahe} = K_{ae}.Cos(\delta + \alpha_a)$$

$$K_{ave} = K_{ae}.Sin(\delta + \alpha_a)$$

$$K_{ae} = \frac{Sin^2(\alpha_a + \theta - \phi)}{Cos\,\theta.Sin^2\alpha_a.Sin(\alpha_a + \theta + \delta)\left[1 + \sqrt{\frac{Sin(\phi + \delta).Sin(\phi - \theta - \beta_a)}{Sin(\alpha_a + \delta + \theta).Sin(\alpha_a - \beta_a)}}\right]^2}$$

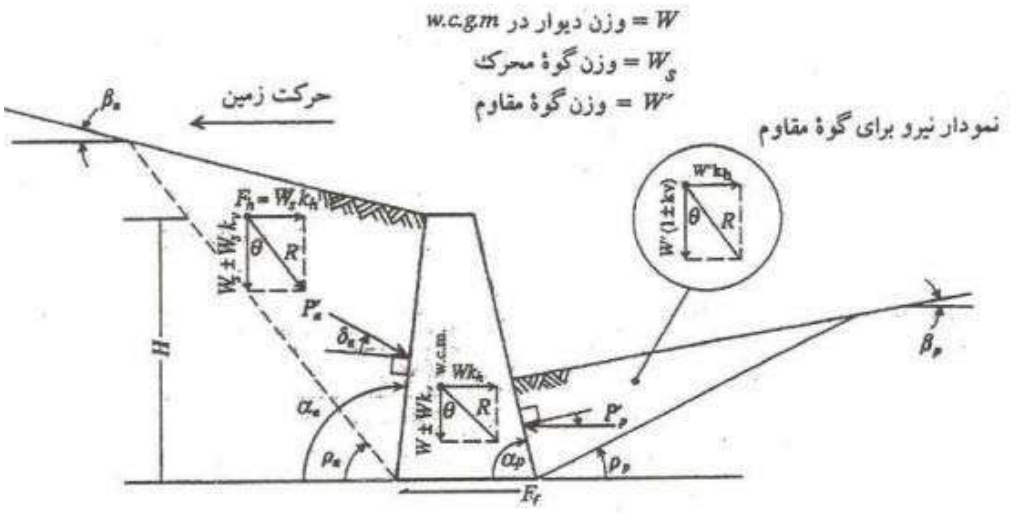
$$K_{phe} = K_{pe}.Cos(\delta + \alpha_p)$$

$$K_{pve} = K_{pe}.Sin(\delta + \alpha_p)$$

$$K_{pe} = \frac{Sin^2(\alpha_p + \phi - \theta)}{Cos\,\theta.Sin^2\alpha_p.Sin(\alpha_p - \theta - \delta)\left[1 - \sqrt{\frac{Sin(\phi + \delta).Sin(\phi + \beta_p - \theta)}{Sin(\alpha_p - \delta - \theta).Sin(\alpha_p - \beta_p)}}\right]^2}$$

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

K_h: Earthquake Horizontal Coefficient
Kv: Earthquake Vertical Coefficient



قرارداد علامت و تعریف جملات برای معادلات با علامتهای (+) نشان داده شده است

پیوست۸

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.

Wyllie, D. C., & Mah, C. (2004). Rock slope engineering. CRC Press.

- 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