



شرکت مهندسیین مشاور
هندسه پارس کاوش



شرکت مهندسیین مشاور
هندسه پارس



جمهوری اسلامی ایران
وزارت نفت



شرکت ملی نفت ایران
شرکت مهندسی و توسعه نفت

مستندات

**ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده‌ها، سله‌ها و
تاسیسات نفتی میادین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب
در حوزه ژئوتکنیک**

معاونت مهندسی، پژوهش و فناوری
اداره کل نظام فنی و اجرایی و ارزشیابی طرح‌ها

۱۴۰۲

درخواست کننده: معاونت مهندسی، پژوهش، فناوری وزارت نفت

کارفرما: شرکت مهندسی و توسعه نفت

نماینده و ناظر پروژه: آقای دکتر سید رامین اسعد سجادی، اداره کل نظام فنی و اجرایی و ارزشیابی طرح‌ها

شرکت مشاور: شرکت مهندسیین مشاورین هندسه پارس و شرکت مهندسیین مشاورین هندسه پارس کاوش

اسامی تهیه و تدوین ضابطه

معاونت مهندسی، پژوهش، فناوری وزارت نفت - اداره کل نظام فنی و اجرایی و ارزشیابی طرح‌ها	آقای دکتر سید رامین اسعد سجادی
شرکت مهندسیین مشاور هندسه پارس	آقای دکتر علی فاخر
مشاور کارفرما	آقای دکتر علیرضا شریفی سلطانی
شرکت مهندسیین مشاور هندسه پارس	آقای دکتر روزبه رضانژاد ملک‌شاه
شرکت مهندسیین مشاور هندسه پارس کاوش	آقای دکتر اکبر چشمی
شرکت مهندسیین مشاور هندسه پارس	آقای مهندس هادی حسینی
شرکت مهندسیین مشاور هندسه پارس	آقای دکتر سعید عسکریان
شرکت مهندسیین مشاور هندسه پارس	آقای مهندس داوود باقری
شرکت مهندسیین مشاور هندسه پارس	آقای مهندس محمد مرسل‌نژاد

با تشکر از زحمات:

آقای دکتر وحیدرضا زیدی فرد

آقای دکتر پرویز سنگین

آقای مهندس ابوذر شریفی

آقای مهندس ناجی سعدونی

آقای مهندس کرامت بهبهانی

آقای مهندس اسماعیل باقری

آقای مهندس سام منصور مؤید

آقای مهندس همایون کاظمینی

آقای مهندس مهدی نجاریان

آقای مهندس سهراب رستمی اصانلو

آقای مهندس محمدرضا اقبال

آقای مهندس سید افشار مجد

آقای مهندس محمد عباسی

آقای مهندس سعید علومی

آقای مهندس مهدی طالبیان

آقای مهندس مهدی دشت پیما

آقای مهندس حسین صادقی مقدم

آقای مهندس امید افشاریان زاده

آقای مهندس رضا شفیعی

خانم مهندس بتول رفیعی

خانم مهندس لیلی منتظری

خانم مهندس نسترن عبداللهی

آقای مهندس امیر قمشی

خانم مهندس سارا مرادی

آقای مهندس نریمان خرسندی

خانم مهندس مائده آبادی

آقای مهندس کوشا شوشتری اخوان

آقای مهندس مجید رحیمی

آقای مهندس حامد جهانگیریان

آقای مهندس فرشاد رستمیان

آقای مهندس امیر حسین یزدی

آقای مهندس مرتضی جساس

آقای مهندس محمود رضا خوش نویس انصاری



فهرست

فصل اول - معرفی ضابطه

فصل دوم - اقدامات تیم کارفرما و مهندسین مشاور هندسه پارس در زمان تدوین ضابطه

- ۱-۲- بازدید از میادین نفتی محدوده منطقه هورالعظیم ۴
- ۲-۲- تهیه گزارشهای مختلف ۵
- ۳-۲- ارزیابی زیست محیطی روشهای اجرا ۶
- ۴-۲- برگزاری جلسات با متخصصین ۶
- ۵-۲- انجام آزمایشها بر روی مصالح منطقه ۶
- ۶-۲- طراحی گود و پایدارسازی آن ۶

فصل سوم - بازدید میدانی و تحلیل وضع موجود میادین نفتی منطقه هورالعظیم

- ۱-۳- مقدمه ۸
- ۲-۳- موقعیت حوضچهها در تالاب هورالعظیم ۸
- ۳-۳- منابع آبی ورودی به تالاب هورالعظیم ۸
- ۴-۳- تحلیل وضع موجود و آتی میادین نفتی به تفکیک ۹
- ۵-۳- میزان خسارات وارده به منطقه در اثر سیلاب ۱۰
- ۶-۳- روشهای فنی و مهندسی به کار گرفته شده در منطقه برای کاهش خسارت در اثر سیل ۱۰

فصل چهارم - دسته‌بندی مشکلات و مسائل فنی و مهندسی

- ۱-۴- مقدمه ۱۲
- ۲-۴- مشکلات و مسائل فنی مرتبط با سیلاب در منطقه هورالعظیم ۱۲
- ۳-۴- مشکلات اجرایی پیشرو در منطقه ۱۴

فصل پنجم - بررسی مدارک موجود مرتبط با ضابطه در منطقه نفتی هورالعظیم

- ۱-۵- مقدمه ۱۸
- ۲-۵- بررسی مدارک توپوگرافی در منطقه منطقه هورالعظیم ۱۸
- ۳-۵- بررسی مدارک ژئومورفولوژی منطقه منطقه هورالعظیم ۱۹
- ۴-۵- بررسی مدارک ژئوتکنیک ۱۹

- ۱۹-۴-۵- وضعیت ژئوتکنیک محدوده میدان نفتی آزادگان شمالی..... ۱۹
- ۲۱-۴-۵- وضعیت ژئوتکنیک محدوده میدان نفتی آزادگان جنوبی..... ۲۱
- ۲۶-۴-۵- وضعیت ژئوتکنیک محدوده میدان نفتی یاران جنوبی..... ۲۶
- ۲۷-۴-۵- وضعیت ژئوتکنیک محدوده میدان نفتی یادآوران..... ۲۷
- ۲۸-۵- بررسی مدارک مرتبط با راهکارهای ارائه شده در گذشته برای تثبیت خاک و حفاظت شیروانی..... ۲۸
- ۲۹-۶- بررسی مدارک ارائه شده در گذشته برای محافظت تاسیسات نفتی در برابر سیلاب..... ۲۹
- ۳۰-۷- جمع‌بندی فصل پنجم..... ۳۰

فصل ششم - همبستگی مکانی متغیرهای ژئوتکنیکی زمین در منطقه هورالعظیم

- ۳۲-۱-۶- مقدمه..... ۳۲
- ۳۲-۲-۶- تعاریف و روش تهیه همبستگی مکانی..... ۳۲

فصل هفتم - شناسایی مکان‌های قرصه جهت عملیات خاکی در منطقه هورالعظیم

- ۳۹-۱-۷- مقدمه..... ۳۹
- ۳۹-۲-۷- ویژگی‌های منابع قرصه مختلف..... ۳۹

فصل هشتم - ارزیابی روش‌های مختلف بهسازی و تثبیت خاکریزها با شرایط منطقه هورالعظیم

- ۵۳-۱-۸- مقدمه..... ۵۳
- ۵۳-۲-۸- بهسازی و حفاظت بدنه خاکریز..... ۵۳
- ۵۷-۳-۸- بهسازی و حفاظت سطحی شیروانی خاکریز..... ۵۷

فصل نهم - روش‌های نامطلوب زیست محیطی در احداث بدنه و حفاظت شیروانی خاکریز

- ۶۰-۱-۹- مقدمه..... ۶۰
- ۶۰-۲-۹- اهمیت بررسی ملاحظات زیست محیطی در پروژه‌های منطقه هورالعظیم..... ۶۰
- ۶۱-۳-۹- تثبیت با سیمان (احداث بدنه خاکریز بالاتر از رقوم تراز سیلاب)..... ۶۱
- ۶۱-۱-۳-۹- ملاحظات طراحی..... ۶۱
- ۶۳-۴-۹- تثبیت خاک با آهک (احداث بدنه خاکریز بالاتر از رقوم تراز سیلاب)..... ۶۳
- ۶۴-۱-۴-۹- طراحی تثبیت با آهک..... ۶۴
- ۶۴-۵-۹- ژئوبگ (حفاظت سطحی شیروانی خاکریز)..... ۶۴
- ۶۴-۱-۵-۹- ابعاد ژئوبگها..... ۶۴
- ۶۵-۲-۵-۹- حفاظت از پنجه در روش ژئوبگ..... ۶۵

۶۵.....	۳-۵-۹- مشخصات فنی روش ژئوبگ
۶۷.....	۶-۹- لحاف بتنی (حفاظت سطحی شیروانی خاکریز).....
۶۸.....	۱-۶-۹- تعیین ضخامت لحاف بتنی
۶۸.....	۲-۶-۹- حفاظت از پنجه در روش لحاف بتنی
۶۹.....	۳-۶-۹- مشخصات فنی روش لحاف بتنی
۶۹.....	۷-۹- تشک بلوکی (حفاظت سطحی شیروانی خاکریز).....
۷۰.....	۱-۷-۹- تعیین ضخامت تشک بلوکی

فصل دهم - نتایج آزمایش‌های خاک در این پروژه

۷۳.....	۱-۱۰- مقدمه.....
۷۳.....	۲-۱۰- آزمایش‌های متداول انجام شده.....
۷۳.....	۱-۲-۱۰- موقعیت نقاط نمونه‌برداری
۷۵.....	۲-۲-۱۰- نتایج آزمایش‌های متداول انجام شده.....
۸۰.....	۳-۲-۱۰- بررسی تاثیر تراکم بر درصد اختلاط منتخب مصالح
۸۳.....	۳-۱۰- شبیه‌سازی بارش مصالح رسی و ماسه بادی در محیط آزمایشگاهی.....
۸۳.....	۱-۳-۱۰- مواد استفاده شده در آزمایش‌های بارش
۸۳.....	۲-۳-۱۰- روش‌های انجام آزمایش‌های بارش
۸۴.....	۳-۳-۱۰- نتایج آزمایش مدلسازی بارش.....
۹۰.....	۴-۱۰- جمع‌بندی تمامی آزمایش‌های انجام شده.....
۹۰.....	۱-۴-۱۰- اختلاط رس با ماسه بادی
۹۲.....	۲-۴-۱۰- اختلاط رس با مصالح رودخانه‌ای.....
۹۳.....	۳-۴-۱۰- تاثیر درصد تراکم
۹۴.....	۴-۴-۱۰- شبیه‌سازی بارش مصالح رسی و ماسه بادی در محیط آزمایشگاهی.....

فصل یازدهم - طراحی آزمایشی بهسازی بدنه و محافظت شیروانی خاکریز برای محوطه یک سلر و ۵۰۰

متر از جاده

۹۷.....	۱-۱۱- مقدمه.....
۹۷.....	۲-۱۱- موقعیت انتخاب شده جهت اجرای الگوی آزمایشی.....
۹۸.....	۳-۱۱- وضعیت ژئوتکنیکی موقعیت اجرای الگوی آزمایشی.....
۹۸.....	۴-۱۱- معیارهای و مبانی عمومی طراحی بهسازی بدنه و حفاظت شیروانی خاکریز

- ۹۸ ۱۱-۴-۱- فرضیات طراحی
- ۹۹ ۱۱-۴-۲- معیارها و مبانی طراحی بهسازی بدنه خاکریز
- ۹۹ ۱۱-۴-۳- معیارها و مبانی طراحی حفاظت جدار خاکریز
- ۹۹ ۱۱-۵-۱- طراحی اولیه گزینه‌های منتخب
- ۹۹ ۱۱-۵-۱- بهسازی بدنه خاکریز
- ۱۰۰ ۱۱-۵-۲- حفاظت شیروانی خاکریز
- ۱۰۱ ۱۱-۶-۱- مقایسه فنی و اجرایی گزینه‌های منتخب
- ۱۰۱ ۱۱-۶-۱- احداث بدنه خاکریز
- ۱۰۲ ۱۱-۶-۲- حفاظت شیروانی خاکریز
- ۱۰۲ ۱۱-۷-۱- مقایسه اقتصادی گزینه‌های منتخب
- ۱۰۲ ۱۱-۷-۱- احداث بدنه خاکریز
- ۱۰۲ ۱۱-۷-۲- حفاظت شیروانی خاکریز
- ۱۰۳ ۱۱-۸- جمع‌بندی طرح نهایی بهسازی بدنه و حفاظت شیروانی خاکریز

فصل دوازدهم - مثال‌های حل شده

- ۱۰۵ ۱۲-۱- مقدمه
- ۱۰۵ ۱۲-۲- تعیین ابعاد ریپرپ برای حفاظت سطحی خاکریز
- ۱۰۶ ۱۲-۳- تعیین ابعاد گابیون برای حفاظت سطحی
- ۱۰۶ ۱۲-۴- محاسبه عمق آشتستگی در خاک‌های غیر چسبنده و چسبنده
- ۱۰۶ ۱۲-۴-۱- خاک غیر چسبنده
- ۱۰۷ ۱۲-۴-۲- خاک چسبنده

فصل سیزدهم - طراحی پایدارسازی گود جهت اجرای سازه هیدرولیکی خروج آب

- ۱۰۹ ۱۳-۱- مقدمه
- ۱۰۹ ۱۳-۲- ارزیابی روش‌های مختلف گودبرداری و پایدارسازی در منطقه هورالعظیم
- ۱۱۰ ۱۳-۲-۱- روش انکراژ (میل‌مهار)
- ۱۱۱ ۱۳-۲-۲- روش نیلینگ
- ۱۱۳ ۱۳-۲-۳- دیوار دیافراگمی
- ۱۱۴ ۱۳-۲-۴- سپرها
- ۱۱۶ ۱۳-۲-۵- شمع‌ها
- ۱۱۸ ۱۳-۲-۶- شیب‌دار کردن گود
- ۱۱۹ ۱۳-۲-۷- روش خرپا

- ۱۳-۳- کنترل آب در گودبرداری با استفاده از آبکشی..... ۱۲۰
- ۱۳-۳-۱- زهکشی از داخل گود..... ۱۲۰
- ۱۳-۳-۲- زهکشی از بیرون گود..... ۱۲۱
- ۱۳-۳-۳- چاه نقطه‌های ۱۲۲
- ۱۳-۳-۴- سیستم چاه عمیق ۱۲۴
- ۱۳-۳-۵- گالری افقی ۱۲۵
- ۱۳-۳-۶- سیستم چاه افقی ۱۲۵
- ۱۳-۴- انتخاب گزینه برتر گودبرداری ۱۲۶
- ۱۳-۴-۱- طراحی شیب پایدار..... ۱۲۶
- ۱۳-۵- جمع‌بندی..... ۱۲۷

فصل چهاردهم - تجربیات قبلی و توصیه‌های اجرایی

- ۱۴-۱- مقدمه..... ۱۲۹
- ۱۴-۲- تجربیات موجود مربوط به احداث راههای موجود در منطقه..... ۱۲۹
- ۱۴-۳- تجربیات به دست آمده از آزمایش‌ها و منابع قرضه ۱۳۰

فصل پانزدهم - منابع و مراجع

فصل اول

معرفی ضابطه

فصل اول - معرفی ضابطه

این گزارش شامل مستندات اقدام‌های انجام شده برای تدوین ضابطه است که صرفاً برای اطلاع و آگاهی آورده شده است. مطالب قید شده در این مجلد قابل استناد و مسئولیت آفرین نیست و صرفاً برای آگاهی از سوابق مطالعاتی آورده شده است. بنابراین به هیچ یک از مطالب و مثال‌های این مجلد در حین طراحی و اجرا نباید استناد کرد. همچنین متذکر می‌شود تحلیل‌های ارائه شده در این مجلد مرتبط با برداشت‌های مهندسی مشاور هندسه پارس و مهندسی مشاور هندسه پارس کاوش بوده است. در این مجلد برخی روش‌های فنی و مهندسی متداول موجود در استانداردها بررسی شده است و از بین آنها برخی برای استفاده در هورالعظیم مناسب تشخیص داده شده و به متن اصلی ضابطه انتقال یافته است.

تالاب هورالعظیم نقطه انتهایی حوزه کرخه می‌باشد که با مساحت حدود ۳۰۰۰ کیلومتر مربع در غرب کارون و در مرز مشترک ایران و عراق قرار گرفته است. عمده‌ترین منابع تغذیه تالاب، شاخه‌های منشعب از رودخانه کرخه در ایران و رودخانه دجله در عراق است. میادین نفتی منطقه هورالعظیم متشکل از میادین نفتی آزادگان شمالی، آزادگان جنوبی، یاران شمالی، یاران جنوبی، یادآوران، جفیر، سپهر و دارخوین است. پیش‌تر در زمان انجام عملیات اکتشاف و بهره‌برداری میادین نفتی منطقه هورالعظیم جهت سهولت عملیات اجرایی با قطع ارتباط آبی بین مخازن شمالی و جنوبی تالاب، مخازن ۳ تا ۵ خشک گردید. در سال‌های بعد از آن به دلیل شرایط زیست محیطی و به منظور کنترل ریزگردها در خوزستان جریان مذکور مجدداً برقرار و آب به مخازن ۳ تا ۵ هدایت گردید که باعث بروز مشکلاتی در بهره‌برداری و توسعه میادین نفتی منطقه هورالعظیم شده است.

فصل دوم

اقدامات تیم کارفرما و مهندسين

مشاور هندسه پارس در زمان

تدوين ضابطه

فصل دوم- اقدامات تیم کارفرما و مهندسین مشاور هندسه پارس در زمان تدوین ضابطه

در طول زمان تدوین ضابطه اقدامات مختلفی در راستای تدوین این ضابطه توسط تیم کارفرما و شرکت مهندسین مشاور هندسه پارس انجام شده است که خلاصه‌ای از آنها در ادامه ارائه می‌شود.

۲-۱- بازدید از میادین نفتی محدوده منطقه هورالعظیم

بازدید کامل و جامعی از میادین نفتی محدوده منطقه هورالعظیم شامل آزادگان شمالی، آزادگان جنوبی، یاران شمالی، یاران جنوبی، یادآوران و جفیر در فروردین ماه سال ۱۴۰۰ توسط مهندسان شرکت هندسه پارس انجام شد. در طی این بازدید، مشکلات پیش آمده برای سازه‌های مختلف موجود در میادین نفتی مورد ارزیابی قرار گرفت. تصویری از این بازدید که در آن آسیب به وجود آمده در جاده اکتشاف در میدان آزادگان جنوبی مورد بررسی قرار گرفته، در شکل ۲-۱ نشان داده شده است.



شکل ۲-۱ بررسی و ارزیابی آسیب به وجود آمده در جاده اکتشاف در میدان آزادگان جنوبی توسط مهندسین مشاور هندسه پارس

لازم به ذکر است که جهت ثبت مشاهدات بازدید، چک‌لیست‌های مربوط به بخش‌های مختلف محدوده مورد مطالعه شامل جاده‌ها، خطوط لوله، محوطه سله‌ها و گودال‌های سوخت تکمیل شده است. یک نمونه از این چک‌لیست‌های تکمیل شده توسط کارشناسان مهندسی مشاور هندسه پارس در شکل ۲-۲ نشان شده است. شرح مبسوط این اقدام در فصل بعدی این مجلد ارائه می‌شود.

بسمه تعالی			
چک لیست بازدید از پدها			
نام پد	حوضچه / ناحیه	مختصات مرکز	محدوده
کد پروژه	3	X: ۷۴۵۷۳۱	7
تاریخ بازدید		Y: ۳۴۷۱۲۷۹	1207
			۱۴۰۱/۰۱/۲۵
ردیف	مورد	گزینه	توضیحات
۱	تعداد لایه های خاکریزی شده برای احداث پد	✓	
۲	جنس بدنه خاکریز پد	✓	
۳	جنس لایه آرمور و محافظ جداره خاکریز پد	✓	
۴	شیب تقریبی جداره خاکریز پد	H: V:	
۵	بدنه پد به صوت کاملا سالم است	بله	خیر
۶	آیا در بدنه خاکریز پد نشانه های آب شستگی رویت شد	بله	خیر
۷	آیا در بدنه خاکریز پد نشانه گسیختگی و لغزش رویت شد	بله	خیر
۸	آیا تراز فعلی خاکریز پد بالاتر از سطح آب موجود در اطراف است	بله	خیر
۹	آیا نشانه سرریز شدن آب از روی تاج خاکریز پد دیده می شود	بله	خیر
۱۰	آیا جداره خاکریز پد با ژئوستتیک محافظت شده است	بله	خیر
۱۱	نوع و جنس ژئوستتیک بکار رفته	بله	خیر
۱۲	آیا ژئوستتیک موجود سالم است	بله	خیر
۱۳	آیا سله بر روی خاکریز پد وجود دارد	بله	خیر
۱۴	آیا سله به طور کامل به زیر آب رفته است	بله	خیر
۱۵	آیا در جداره سله تراوش آب مشاهده شد	بله	خیر
۱۶	آیا در دیواره خاکریز پد پوشش گیاهی رویت شد	بله	خیر
۱۷	آیا سازه انتقال آب در بدنه خاکریز پد وجود دارد	بله	خیر
۱۸	آیا سازه انتقال آب در حال حاضر عملکرد دارد	بله	خیر
۱۹	جنس جداره سله	بله	خیر
۲۰	نوع و تراکم پوشش گیاهی	بله	خیر
۲۱	مشخصات سازه انتقال آب ذکر شود	بله	خیر
۲۲	سایر سازه‌های رویت شده بر روی خاکریز پد	بله	خیر
۲۳	محوطه سله، گودال سوخت دارد (چک لیست مربوط به گودال سوخت برای این بخش تکمیل شود)	بله	خیر

شکل ۲-۲ یک نمونه از چک لیست‌های تکمیل شده توسط مهندسی مشاور هندسه پارس

۲-۲- تهیه گزارش‌های مختلف

مطالعات مختلفی در راستای تدوین ضابطه توسط مهندسی مشاور هندسه پارس انجام شد و در قالب گزارش‌هایی تهیه شد. این گزارش‌ها شامل موارد زیر است:

- گزارش بازدید میدانی و تحلیل وضع موجود و آتی میادین نفتی منطقه هورالعظیم؛

- گزارش ارزیابی روش‌های مختلف بهسازی و تثبیت خاکریزها و پیشنهاد گزینه‌های متناسب با شرایط منطقه هورالعظیم؛
 - گزارش بررسی مدارک موجود مرتبط با ضابطه در منطقه نفتی منطقه هورالعظیم؛
 - گزارش شناسایی مکان‌های قرصه جهت عملیات خاکی واقع در ناحیه منطقه هورالعظیم و همچنین شناسایی مکان‌های قرصه در استان خوزستان و
 - گزارش دسته‌بندی مشکلات و مسائل فنی و مهندسی و تعیین نقشه راه در موارد جدید و ترمیمی.
- شرح مبسوط هر یک از گزارش‌ها به طور جداگانه در فصل‌های بعدی این مجلد ارائه می‌شود.

۲-۳- ارزیابی زیست محیطی روش‌های اجرا

تمامی روش‌های احداث و محافظت سازه‌های مختلف موجود در میادین نفتی منطقه هورالعظیم به لحاظ محیط زیستی توسط مهندسین مشاور هندسه پارس مورد ارزیابی قرار گرفته شد. این ارزیابی توسط کارشناسان محیط زیست شرکت هندسه پارس انجام شد. از این رو هر یک از روش‌هایی که به محیط زیست منطقه آسیب می‌رساند در این ضابطه ممنوع اعلام و ضوابط محیط زیستی استفاده از مصالح پرخطر نیز بیان شد. شرح مبسوط این اقدام در فصل‌های بعدی این مجلد ارائه می‌شود.

۲-۴- برگزاری جلسات با متخصصین

جلسات متعددی در طول تدوین ضابطه با تیم کارفرما و مشاوران آن و همچنین متخصصانی که تجربه طراحی و اجرا در منطقه هورالعظیم را دارند تشکیل شد. در تدوین بخش‌های مختلف ضابطه از تجربیات این متخصصین استفاده شده است.

۲-۵- انجام آزمایش‌ها بر روی مصالح منطقه

آزمایش‌های متعددی بر روی اختلاط مصالح مختلف موجود در منطقه هورالعظیم به منظور تعیین خصوصیات و پارامترهای مقاومتی و تغییرشکل پذیری آنها انجام شد. همچنین برنامه انجام آزمایش‌ها نیز ارائه شد تا مجری بتواند آزمایش‌های لازم بر روی مصالح هر پروژه را طبق این برنامه انجام دهد. نتایج آزمایش‌های انجام شده توسط مهندسین شرکت هندسه پارس کاوش و برنامه انجام آنها در فصل‌های بعدی این مجلد ارائه می‌شود.

۲-۶- طراحی گود و پایدارسازی آن

به منظور اجرای سازه هیدرولیکی برای خروج آب در بخش جنوبی منطقه هورالعظیم، طراحی پایدارسازی یک گود ۱۰ متری توسط شرکت مهندسین هندسه پارس انجام شد. برای انتخاب گزینه برتر پایدارسازی، تمامی روش‌های پایدارسازی با توجه به شرایط منطقه هورالعظیم مورد بررسی قرار گرفته شده است. شرح مبسوط این اقدام در فصل‌های بعدی این مجلد ارائه می‌شود.

فصل سوم

بازدید میدانی و تحلیل وضع

موجود میادین نفتی منطقه

هورالعظیم

فصل سوم - بازدید میدانی و تحلیل وضع موجود میادین نفتی منطقه هورالعظیم

۳-۱ - مقدمه

فصل حاضر شامل مجموعه مشاهدات و بررسی‌های فنی در بازدید انجام گرفته از محدوده میادین نفتی منطقه هورالعظیم در اوایل سال ۱۴۰۰ می‌باشد. در این بازدید شرایط موجود در محدوده میادین نفتی آزادگان شمالی، یاران شمالی، آزادگان جنوبی، یاران جنوبی، جفیر و یادآوران مورد ارزیابی قرار گرفته است و مشکلات عمده پیش آمده برای سازه‌های مختلف در اثر ورود سیلاب و آب‌های دائم به تالاب معرفی می‌شوند. گزارش کامل بازدیدها به صورت مستقل در گزارش با عنوان "گزارش بازدید میدانی و تحلیل وضع موجود و آتی میادین نفتی منطقه هورالعظیم" در مرداد سال ۱۴۰۱ به کارفرما ارائه گردید. در اینجا خلاصه نکات مفید گزارش بیان می‌شود.

۳-۲ - موقعیت حوضچه‌ها در تالاب هورالعظیم

میادین نفتی آزادگان شمالی، آزادگان جنوبی، یاران شمالی، یاران جنوبی، یادآوران، جفیر و سپهر که مرتبط با موضوع ضابطه هستند در منطقه هورالعظیم و در مجاورت مرز ایران و عراق در استان خوزستان قرار دارند. به جز میادین یادآوران و جفیر باقی میادین نفتی مورد مطالعه در حوضچه‌های پنج‌گانه تالاب قرار گرفته‌اند. میادین نفتی آزادگان شمالی در حوضچه شماره ۲ و میدان‌های نفتی آزادگان جنوبی، یاران شمالی و یاران جنوبی در حوضچه‌های شماره ۳، ۴ و ۵ هورالعظیم قرار دارند و میادین نفتی یادآوران در سمت جنوب شرقی حوضچه شماره ۵ تالاب هورالعظیم قرار دارد.

۳-۳ - منابع آبی ورودی به تالاب هورالعظیم

تالاب هورالعظیم در سمت ایران بطور عمده توسط رودخانه کرخه تغذیه می‌گردد. این رودخانه در حمیدیه به دوشاخه کرخه و کرخه نور و خود رودخانه کرخه نیز در سوسنگرد به دو شاخه هوفل و نیسان و هوفل به دو شاخه هوفل و سابله تقسیم می‌شوند. همچنین تا پیش از هور این رودخانه‌ها به شاخه‌های متعدد تقسیم و از زیر دژ استانداری وارد تالاب می‌گردند. شاخه‌های مربوط به هوفل و سابله

وارد مخزن ۱ و شاخه‌های مربوط به نیسان و کرخه نور به مخزن ۲ وارد می‌شوند. رودخانه کرخه نور در حمیدیه توسط کانال وصلیه و از پشت سد تنظیمی حمیدیه، آبیگری می‌نماید و بطور عمده آب ورودی به آن توسط اراضی کشاورزی مصرف و زهاب اراضی به مخزن ۲ وارد می‌گردد. عمده جریان ورودی به تالاب از طریق دو شاخه هوفل و نیسان به ترتیب وارد مخازن ۱ و ۲ می‌شود. علاوه بر این شبکه‌ای از زهکش‌ها در منطقه هورالعظیم موجود است که زهاب اراضی عمدتاً کشاورزی منطقه را به سمت تالاب هدایت می‌کند. لازم به ذکر است بررسی آب‌های ورودی به هورالعظیم در حوزه کاری این مشاور نبوده است.

۳-۴- تحلیل وضع موجود و آتی میادین نفتی به تفکیک

ویژگی‌های مهم میادین نفتی به همراه خلاصه آسیب آنها به تفکیک هر میدان در جدول ۱-۳ ارائه شده است.

جدول ۱-۳ خلاصه ویژگی‌ها و آسیب‌های مشاهده شده در هر میدان نفتی

نام میدان نفتی	ویژگی‌های مهم	آسیب‌های مشاهده شده
آزادگان شمالی (حوضچه شماره ۲)	<ul style="list-style-type: none"> شمالی‌ترین میدان نفتی در محدوده مورد بررسی طراحی شده در مجاورت آب پوشش گیاهی نسبتاً متراکم وجود گونه‌های جانوری مختلف 	<ul style="list-style-type: none"> شسته شدن پوشش جدار محافظ خاکریزها در حد کم
آزادگان جنوبی (حوضچه شماره ۳، ۴ و ۵)	<ul style="list-style-type: none"> بزرگ‌ترین میدان نفتی جنس بستر از نوع رسی و نرم تغییر تراز آب در فصول مختلف پوشش گیاهی کمتر 	<ul style="list-style-type: none"> آسیب در شیروانی جاده‌ها شسته شدن بدنه جاده‌ها آب گرفتگی و غرقاب شدن محوطه سلرها مسدود شدن جاده‌های دسترسی به محوطه سلرها
یاران شمالی (حوضچه شماره ۳)	<ul style="list-style-type: none"> قرار گرفته در مجاورت مرز ایران و عراق استفاده از روش‌های فنی و مهندسی در احداث خاکریزها تراز نامطمئن جاده یاران شمالی نسبت به رقوم آب 	<ul style="list-style-type: none"> تخریب پوشش محافظ شیروانی جاده یاران شمالی تخریب و غرقاب بخشی از روسازی آسفالتی جاده یاران شمالی
یاران جنوبی (حوضچه شماره ۵)	<ul style="list-style-type: none"> پایین بودن تراز آب نسبت به سایر میادین نفتی وجود آب به صورت فصلی پایین بودن تراز خاکریز پدها نسبت به رقوم آب پایین بودن تراز خاکریز سلرها 	<ul style="list-style-type: none"> آبگرفتگی منطقه و آب‌شستگی
یادآوران	<ul style="list-style-type: none"> خارج از تالاب هورالعظیم خشک بودن در زمان بازدید تراز مطلوب خاکریزهای احداث شده حفاظت پوشش شیروانی با لاشه سنگ در برخی موارد استفاده از مصالح سنگی گرد گوشه غیراستاندارد به عنوان پوشش محافظ شیروانی جاده‌های فرعی در برخی موارد 	<ul style="list-style-type: none"> فرسایش خاکریز ناشی از بارش‌های منطقه سیلاب به این منطقه وارد نشده بود.
جفیر	<ul style="list-style-type: none"> خارج از تالاب هورالعظیم بالاتر بودن تراز خاکریز پدها از زمین طبیعی عدم حفاظت پوشش شیروانی خاکریزها استفاده از کیسه‌های خاک-سیمان در احداث حوضچه‌ها 	<ul style="list-style-type: none"> فرسایش خاکریز ناشی از بارش‌های منطقه از بین رفتن کیسه‌های خاک-سیمان فرسایش خاکریز ناشی از بارش‌های منطقه

۳-۵- میزان خسارات وارده به منطقه در اثر سیلاب

پایین بودن تراز مستحذات میدین نفتی واقع در تالاب نسبت به رقوم سیلاب از عمده‌ترین دلایل بروز آسیب‌های پیش آمده است. به گونه‌ای که حتی برخی از سازه‌های منطقه مانند محوطه سلرها، مینیفولدها و جاده‌های دسترسی دچار روگذری شده‌اند.

۳-۶- روش‌های فنی و مهندسی به کار گرفته شده در منطقه برای کاهش خسارت در اثر سیل

به طور کلی روش‌های فنی و مهندسی متعددی در محدوده بازدید شده شناسایی شد که شامل موارد زیر است:

- اجرای پوشش گیاهی در مجاورت شیروانی خاکریز جاده؛
- اجرای ترکیب مصالح سنگی با سیمان در شیروانی خاکریز؛
- اجرای ژئوتکستایل و ریپرپ با سنگ گرد گوشه در شیروانی خاکریز؛
- اجرای ژئوتکستایل و ریپرپ با سنگ تیز گوشه در شیروانی خاکریز؛ و
- اجرای ژئوتکستایل و ریپرپ با سنگ تیز گوشه به همراه پوشش گیاهی در شیروانی خاکریز.

بر اساس ارزیابی‌های میدانی مشخص شد از میان موارد فوق دو روش آخر بهترین عملکرد را در حفظ پایداری شیروانی خاکریز داشته‌اند. البته وجود پوشش گیاهی به تنهایی کافی نمی‌باشد، اما ترکیب آن با ژئوتکستایل و ریپرپ با سنگ تیز گوشه به نظر می‌رسد بهترین عملکرد را در میان روش‌های فنی و مهندسی بکار گرفته شده در منطقه داشته باشد. ترکیب سیمان و مصالح سنگی از ریزشوی خاکریز در زیر تراز آب جلوگیری نخواهد کرد و منجر به نشست‌های زیاد خاکریز در زیر روسازی خواهد شد. همچنین استفاده از مصالح سنگی گرد گوشه به عنوان پوشش ریپرپ عملکرد مطلوبی نخواهد داشت، چنانچه در منطقه نیز عملکرد ضعیف این نوع پوشش در حفاظت شیروانی خاکریز مشاهده شد.

فصل چهارم

دسته‌بندی مشکلات و مسائل

فنی و مهندسی

فصل چهارم - دسته‌بندی مشکلات و مسائل فنی و مهندسی

۴-۱ - مقدمه

با توجه به بررسی مدارک و اطلاعات موجود و همچنین بازدیدهای انجام شده، این فصل به مشکلات و مسائل فنی و مهندسی از دیدگاه مهندسی ژئوتکنیک در منطقه هورالعظیم با توجه به ملاحظات سیلاب می‌پردازد. هدف اصلی فصل حاضر دسته‌بندی مشکلات موجود و پیش رو در این منطقه به منظور پیشگیری از آنها در آینده است.

۴-۲ - مشکلات و مسائل فنی مرتبط با سیلاب در منطقه هورالعظیم

در این بخش مشکلات فنی موجود در منطقه براساس مدارک، مستندات و بازدیدهای صورت گرفته تشریح می‌گردد. جهت حل این مشکلات لازم است روش‌های مختلف مورد بررسی قرار گیرد و روش مناسب انتخاب گردد. جهت سهولت در بهره‌برداری از اطلاعات، کلیه مشکلات و مسائل به تفکیک سازه‌های مختلف به صورت زیر ارائه می‌شود:

الف) ریزش در شیروانی خاکریزها و جاده‌ها

در اثر وقوع عواملی مختلف همچون سیلاب، آب‌شستگی شیروانی، برخورد امواج به شیروانی یا افزایش و افت متوالی سطح آب و همچنین عدم حفاظت سطحی شیروانی با روش مناسب، ریزش در شیروانی خاکریزها و جاده‌ها رخ می‌دهد. در برخی موارد شدت آسیب‌ها به گونه‌ای است که خسارات وارده به روسازی آسفالتی نیز انتقال پیدا می‌کند.

ب) تراز پایین خاکریزها، محوطه‌ها، جاده‌ها، خطوط لوله و تاسیسات نفتی

در گذشته به دلیل خشک بودن حوضچه هور و پایین بودن تراز آب در تالاب هورالعظیم، قبل از احداث سازه‌ها و تاسیسات نفتی مطالعات دقیقی در خصوص سیلاب طراحی و تراز آب در تالاب انجام نشده است و به همین دلیل تراز سطح مستحدثات و تاسیسات

نفتی در برخی نواحی پایین در نظر گرفته شده است. تراز پایین این سازه‌ها موجب می‌شود که در آنها آبگرفتگی رخ دهد و بعضاً مستغرق و دچار آسیب شوند.

ج) فونداسیون سازه‌ها و مستحدمات

از آنجایی که بسیاری از این سازه‌ها در زمان خشک بودن حوضچه‌های تالاب احداث شده‌اند، طراحی‌ها بدون در نظرگیری حضور آب دائم در مجاورت فونداسیون‌ها بوده است. تاب‌آوری این فونداسیون‌ها باید در مقابل آب‌شستگی پای پی، لغزش و واژگونی در نظر گرفته شود. در طراحی فونداسیون‌ها باید به نیروهای موج و جریان موجود در تالاب توجه داشت.

د) آب‌بندی گودال سوخت

گودال‌های سوخت موجود در میادین نفتی عمدتاً خاکی و فاقد پوشش آب‌بند برای جلوگیری از نشت مواد نفتی به اطراف گودال سوخت هستند که این موضوع آسیب‌های جدی را به محیط زیست تالاب وارد خواهد کرد. جهت جلوگیری از نشت‌های احتمالی باید به حفاظت و آب‌بندی شیروانی خاکریز چه در داخل و چه در خارج گودال توجه ویژه شود.

ه) احتمال برخورد اجسام شناور با خطوط لوله

به دلیل اینکه تراز نهایی اغلب لوله‌های موجود در منطقه پایین‌تر از تراز طراحی در نظر گرفته شده است و در تماس با آب هستند، احتمال دارد خطوط لوله در اثر برخورد اجسام شناور دچار آسیب شوند. امکان دارد این آسیب منجر به نشت مواد نفتی به داخل تالاب گردد.

و) کارایی نامناسب کالورت‌ها و زهکش‌ها

در سیل رخ داده در سال ۱۳۹۸ مشاهده شده است که به دلیل انسداد کالورت‌ها امکان عبور جریان وجود نداشته است. در نتیجه آب از روی جاده‌ها سرریز کرد و به جاده‌ها آسیب وارد شد.

ز) دوام تاسیسات نفتی و خطوط لوله

تراز پایین خطوط لوله و سایر تاسیسات نفتی موجود در منطقه موجب شده است که عموماً در معرض آب‌های دائم باشند. همچنین نوع خاک منطقه عمدتاً از نوع رسی است که عموماً رسانایی بالاتری نسبت به انواع دیگر خاک دارد. بنابراین احتمال خوردگی قطعات فلزی و کاهش طول عمر بخش‌های مختلف تاسیسات مذکور وجود دارد.

ح) نشست خاکریز و جاده‌ها در اثر نوسان سطح آب

با توجه به اینکه خاکریزهای منطقه از جنس خاک ریزدانه رسی و در معرض نوسانات سطح آب تالاب هستند، وقوع نشست‌های ناشی از تغییر تراز آب در آنها محتمل است. نشست ناشی از افت تراز آب و نشست تحکیمی ممکن است در برخی جاده‌های آسفالتی به روسازی و در محوطه سلرها به تاسیسات سرچاهی آسیب برساند.

ط) ناپایداری کلی (گسیختگی) خاکریزها و جاده‌ها

در بخشی از خاکریزها در اثر سیل سال ۱۳۹۸ شواهد گسیختگی (ناپایداری کلی) مشاهده شد که ممکن است ناشی از مقاومت برشی کم رس اشباع موجود در بدنه جاده و عدم اجرای محافظت سطحی شیروانی باشد.

۴-۳- مشکلات اجرایی پیش‌رو در منطقه

در هر یک از طرح‌های احداث و ترمیم سازه‌ها و تاسیسات نفتی که در ضابطه ارائه شده است بایستی محدودیت‌های اجرایی که با توجه به شرایط منطقه وجود دارد مورد توجه قرار گیرد. از همین رو برخی از مشکلات اجرایی موجود در منطقه در ادامه تشریح می‌شود:

الف) جنس مصالح استفاده شده در احداث جاده‌ها و خاکریزها

همانطور که اشاره شد، جنس بدنه اکثر خاکریزهای منطقه از نوع رسی ریزدانه است. یکی از نکات مهمی که بایستی به آن توجه نمود موضوع آب‌شستگی و ریزشویی خاکریزها در گذر زمان است. بدین منظور در زمان احداث خاکریزها پیش‌بینی یک لایه فیلتر یا محافظی که جلوی ریزشویی خاک بستر گرفته شود ضروری به نظر می‌رسد. همچنین در احداث سازه‌های جدید بر روی خاکریزهای رسی باید اثر کاهش مقاومت خاک رسی اشباع که به دلیل افزایش تراز سطح آب اتفاق افتاده است در نظر گرفته شود.

ب) محدودیت‌های دسترسی به مصالح مناسب در منطقه

عمده مصالحی که در منطقه موجود است شامل خاک ریزدانه رسی و ماسه بادی است. این نوع از مصالح قرضه به تنهایی برای احداث سازه‌ها در منطقه کاربردی ندارند. بر اساس اطلاعات موجود در منطقه از ترکیب رس و ماسه‌بادی و ترکیب رس و مصالح زیراساس، به منظور اجرای خاکریزها استفاده شده است. فاصله زیاد این منابع قرضه درشت‌دانه نسبت به محدوده میادین نفتی از محدودیت‌های مهمی است که بایستی به آن توجه داشت و فواصل حمل آنها در مقایسه و ارزیابی طرح‌ها لحاظ شود. در منطقه مورد مطالعه با توجه به شرایط ذکر شده پیش‌بینی می‌شود تامین منابع قرضه سنگی دشوار باشد، بنابراین بایستی ترکیبی مناسب از مصالح به منظور ایجاد خاکریزها مورد استفاده قرار گیرد.

ج) بالا بودن تراز آب در زمان اجرا

عمده سازه‌ها و تاسیسات موجود در منطقه در معرض آب دائم تالاب هستند و اجرای طرح‌های ترمیم سازه‌های موجود و ساخت سازه‌های جدید در منطقه بایستی با در نظرگیری این فرض انجام گیرد. همچنین بعضی از سازه‌های موجود نظیر خطوط لوله نیازمند ترفیع هستند که با توجه به حضور آب در حوضچه‌ها ممکن است به تجهیزات دریایی و شناورهای کوچک برای اجرای عملیات ترفیع نیاز باشد.

د) فرو رفتن مصالح در بستر سست و لجنی

یکی دیگر از مشکلات اجرایی منطقه سست بودن بستر رسی اشباع است که می‌تواند موجب فرورفت مصالح خاکریزی و افزایش نشست شود. شدت رخداد این مشکلات به عمق لایه سست و لجنی و مقاومت برشی زهکشی نشده آن بستگی دارد که اقتصاد پروژه را تحت تاثیر قرار خواهد داد.

ه) وجود مواد نباتی (آلی) در مصالح منطقه

از دیدگاه مهندسی ژئوتکنیک، محتوای زیاد آب، تراکم پذیری بالا و مقاومت کم مصالح آلی از خصوصیات است که رویکرد مواجه با آنها را از سایر مصالح متمایز می‌کند و ممکن است برای سازه‌های حساس میادین نفتی حتی نیاز به برداشت این لایه از خاک باشد. از همین رو مصالح قرضه‌ای که تصمیم به استفاده از آنها در سازه‌های منطقه وجود دارد بایستی از نظر وجود و یا عدم وجود مصالح آلی مورد بررسی قرار گیرد.

و) ضرورت آب‌بندی برخی سازه‌ها در شرایط اجرای زیر آب

با توجه به حضور دائم آب در منطقه پیش‌بینی می‌شود برای ترانشه‌های عمیق که عمدتاً شامل حوضچه‌های سلر و گودال‌های سوخت است نیاز باشد تا اتمام عملیات آب‌بندی با تجهیزاتی نظیر پمپ زهکشی انجام شود.

ز) وسعت زیاد منطقه و احجام کاری گسترده

سازه‌های میادین نفتی که در معرض سیلاب و آب‌های دائم هستند، در محدوده وسیعی قرار گرفته‌اند که این موضوع باعث می‌شود تا طول جاده‌های اصلی و دسترسی به این سازه‌ها بسیار زیاد باشد. از همین رو روش‌های ترمیم سازه‌ها بایستی بر اساس درجه آسیب و اولویت آنها انتخاب شود، چرا که با توجه به وسعت عملیات اجرایی علاوه بر صعوبت اجرا، طرح منتخب باید از منظر اقتصادی مقرون به صرفه باشد. همچنین در مورد سازه‌هایی که قرار است در آینده ساخته شود پیشنهاد می‌شود به تراز طراحی سازه‌ها در هر مخزن توجه شود تا حجم عملیات اجرایی با توجه به وسعت منطقه بهینه باشد.

ح) مشکلات تامین لوله خاص

به طور کلی باید تمهیدات محافظتی جهت جلوگیری از تماس قطعات فولادی موجود در منطقه با آب اندیشیده شود. برای حفاظت از خوردگی می‌توان از روش‌های مختلفی استفاده کرد. بنابراین تامین و استفاده از قطعات فولادی و لوله‌های خاص و بکارگیری روش‌های محافظت متناسب با شرایط منطقه از محدودیت‌های اجرایی است که باید مورد توجه قرار گیرد.

فصل پنجم

بررسی مدارک موجود مرتبط

با ضابطه در منطقه نفتی

هورالعظیم

فصل پنجم - بررسی مدارک موجود مرتبط با ضابطه در منطقه نفتی هورالعظیم

۵-۱ - مقدمه

در این فصل به بررسی مدارک موجود در منطقه نفتی هورالعظیم محدود به موضوع ضابطه و با هدف شناسایی روش‌های فنی و مهندسی موردنیاز برای تدوین آن پرداخته شده و نتایج کاربردی این مدارک استخراج و جمع‌بندی شده است. مدارک مورد بررسی در گزارش حاضر به شرح موارد زیر است:

- مدارک توپوگرافی
- مدارک ژئومورفولوژی
- مدارک هیدرولیک
- مدارک ژئوتکنیک
- مدارک مرتبط با راهکارهای ارائه شده

گزارش کامل بررسی مدارک موجود به صورت مستقل در گزارش با عنوان " بررسی مدارک موجود مرتبط با ضابطه در منطقه نفتی منطقه هورالعظیم " در مرداد سال ۱۴۰۱ به کارفرما ارائه گردید. در اینجا خلاصه نکات مفید گزارش بیان می‌شود.

۵-۲ - بررسی مدارک توپوگرافی در منطقه منطقه هورالعظیم

رقوم زمین به طور کلی با نزدیک شدن به دایک مرزی کاهش می‌یابد. بر همین اساس پیش‌بینی می‌شود که عمق آب در محدوده میادین نفتی که در مجاورت دایک مرزی واقع شده‌اند بیشتر از سایر میادین نفتی باشد که به افزایش ارتفاع مستحدمات در این نواحی منجر خواهد شد.

۵-۳- بررسی مدارک ژئومورفولوژی منطقه منطقه هورالعظیم

تالاب هورالعظیم نقطه انتهایی حوزه کرخه می‌باشد. این حوزه با مساحت حدود ۵۱۹۰۰ کیلومتر مربع در ۶ استان (شامل استان‌های لرستان، کرمانشاه، کردستان، همدان، ایلام و خوزستان) واقع شده است. با توجه به مطالعات انجام گرفته توسط شرکت مهندسی مشاور سازآب پردازان و مدارک هیدرولیک ارائه شده در سال ۱۳۹۷، بطور کلی می‌توان چهار مورفولوژی در طول مسیر رودخانه کرخه معرفی نمود که بشرح ذیل است.

ناحیه اول: منطقه کوهستانی یا کوه‌پایه است که سنگ‌های کنگلومرا و سیلتستون کناره‌های دره رودخانه را تشکیل می‌دهند و افزایش عرض بستر سیلابی رودخانه را کنترل می‌کنند. لایه‌های مذکور در بعضی نقاط بستر رودخانه نیز رخنمون دارند. طول مسیر رودخانه در این ناحیه حدود ۵ درصد از کل طول مسیر رودخانه است. این ناحیه از سد مخزنی کرخه شروع می‌شود و در منطقه پای پل خاتمه می‌یابد.

ناحیه دوم: منطقه تپه ماهوری و دشت‌های محصور بین تپه‌ها است. این تپه‌ها عمدتاً در طول کناره راست رودخانه قرار دارند. تپه‌های مذکور از لایه‌های سیلتستون و یا رس سیلتی متراکم تشکیل شده‌اند. لایه‌های مذکور در کنترل افزایش عرض بستر سیلابی رودخانه نقش اساسی دارند. از جمله ویژگی‌های مهم رودخانه کرخه در این ناحیه افزایش عرض بستر سیلابی و تشکیل بیشه‌زارهای انبوه در این بستر می‌باشد. ناحیه مذکور از منطقه پای پل آغاز می‌شود و در محدوده شهر حمیدیه واقع در دشت آزادگان خاتمه می‌یابد.

ناحیه سوم: منطقه دشت نسبتاً هموار است. این دشت به مرور زمان از ته‌نشین رسوبات حمل شده توسط سیلاب‌های رودخانه کرخه به وجود آمده است. از جمله ویژگی‌های مهم رودخانه کرخه در این ناحیه کاهش انرژی رودخانه و تقسیم شدن آن به شاخه‌های متعدد می‌باشد. این ناحیه (تا محل انشعاب رودخانه کرخه به دو شاخه هوفل و نیسان) حدود ۱۴ درصد از طول مسیر رودخانه کرخه را تشکیل می‌دهد.

ناحیه چهارم: منطقه دلتا است. انشعاب‌های اصلی رودخانه کرخه پس از عبور از دشت آزادگان وارد حاشیه شرقی هورالعظیم می‌گردند که در آنجا به چندین شاخه کوچکتر تقسیم می‌شوند. این دلتا به مرور زمان به طرف هورالعظیم گسترش یافته است. در مجموع از آنجایی که منطقه مورد مطالعه برای پروژه فعلی به میادین نفتی غرب استان خوزستان واقع در تالاب هورالعظیم (هورالهیوزه) محدود می‌شود، می‌توان اینطور نتیجه‌گیری کرد که در این محدوده تنها مورفولوژی از نوع ناحیه چهارم مشاهده می‌شود. در ناحیه دلتا رودخانه انتظار می‌رود که عمده رسوبات بستر از نوع رسوبات ریزدانه باشد.

۵-۴- بررسی مدارک ژئوتکنیک

در منطقه هورالعظیم و بخصوص در محل تاسیسات موجود در میادین نفتی مطالعات ژئوتکنیک متعددی انجام شده است که در بخش‌های بعدی به تفکیک هر یک از میادین، به بررسی این مطالعات پرداخته خواهد شد.

۵-۴-۱- وضعیت ژئوتکنیک محدوده میدان نفتی آزادگان شمالی

در این میدان نفتی دو دسته مطالعات ژئوتکنیک به شرح زیر انجام شده است:

- مطالعات شرکت مهندسی مشاور پی‌کاو
- مطالعات شرکت مهندسی مشاور نوآوران پارس افروز

۵-۱-۴-۱- مطالعات شرکت مهندسی مشاور پی‌کاو

این مطالعات در سال ۱۳۸۸ انجام شده و شامل ۲ گمانه ۶۰ متری و ۲ گمانه ۴۰ متری است. با توجه به نتایج بدست آمده از آزمایش‌های ژئوتکنیکی شرکت مهندسی مشاور پی‌کاو مشخصات خاک به شرح جدول ۱-۵ پیشنهاد شده است. مشاهده می‌شود که نوع خاک در محدوده این میدان نفتی عمدتاً از جنس رس است که از عمق ۱۵ تا ۱۷ متر سختی آن افزایش می‌یابد و خاک رس از نوع خیلی سخت تا سفت را شامل می‌شود.

جدول ۱-۵ مشخصات ژئوتکنیکی خاک در محدوده میدان نفتی آزادگان شمالی

BH No.	USCS Classification	Depth (m)	N _{SPR} ave.	q _c MPa	C Kg/cm ²		φ		C _v Kg/cm ²	E Kg/cm ²		γ _d gr/cm ³	V
					*	**	*	**		*	**		
1	CL	0-4.6	9 to 28	2.4	0.6	1.7	11	0	0.4 to 1.7	46-70	38	1.64	0.4
	CL	4.6-6	12	4	---	2.74	--	0	0.4	50	49	1.52	0.45
	ML to ML-CL	6-9	9	1.4	0	0.29	28	17.8	---	46	30	1.53	0.4
	CL	9-13.5	8	0.6	---	0.35	---	0	0.3	45	22.7	1.51	0.5
	CL	13.5-17	63	2.5	---	1.68	---	0	3.1	120	38.1	1.73	0.35
	CL	17-20.4	78	5.5	---	4.1	---	0	2.7	132.5	75.2	1.72	0.35
	CL,CH	20.4-43	65	---	---	---	---	---	2.4	200	---	1.67	0.35
	SM	43-54.5	100	---	---	---	---	---	---	553	---	1.79	0.3
CL	54.5-60	108	---	---	---	---	---	3.7	304.4	---	1.75	0.35	
2	CL	0-1	17	3.1	0.35	1.87	8	0	0.95	44	27.3	1.58	0.4
	CL,CH	1-2.6	10	1.2	---	0.92	---	0	---	47.5	37.7	---	0.45
	CH	2.6-5	9	2.3	0.3	1.6	6	0	0.5	46.3	35.4	1.47	0.45
	CL	5-6.2	10	3.7	---	2.87	--	0	0.7	47.5	51	1.49	0.45
	CL	6.2-13.2	8	0.9	---	0.62	--	0	--	45	29.3	1.45	0.5
	CL	13.2-16	8	2.3	--	1.53	--	0	---	45	34.2	---	0.5
	CL	16-17.4	47	6	--	4.16	--	0	---	94	75	---	0.35
	CH	17.4-20.4	56	9.4	---	6.87	--	0	3.6	178	122.4	1.69	0.35
CL,CH	20.4-40	73	---	---	---	--	--	2.1-3.8	220	---	1.7	0.35	
3	CL	0-7.6	6	1	0.27	0.66	7	0	0.35	42.5	27.1	1.45	0.5
	CL to ML	7.6-11.6	19	5.9	---	4.3	---	0	0.9	58.8	77.2	1.5	0.4
	CL	11.6-13.8	21	2.2	---	1.53	---	0	---	61	46.2	---	0.4
	CL	13.8-19	31	4	---	2.34	---	0	2	74	52	1.65	0.4
	ML	19-21.2	38	7	---	5	---	0	---	134	91.5	---	0.35
CL	21.2-40	66	---	---	---	---	--	2.6	203	---	1.71	0.35	
4	CL	0-1.8	6	1	0.2	0.64	9	0	0.3	42.5	23.8	1.43	0.5
	CL	1.8-13	5	0.4	---	0.23	---	0	0.27	41	15.1	1.45	0.5
	CL	13-18.2	17	2.6	---	1.77	---	0	0.9	56	35.9	1.58	0.45
	CL	18.2-22.5	36	5.9	---	4	---	0	---	80	72.7	---	0.4
	ML	22.5-26	43	---	---	---	---	---	---	147	---	---	0.3
	CL,CH	26-60	61	---	---	---	---	---	2.1-3.1	190	---	1.62-1.76	0.4

۵-۱-۲- مطالعات شرکت مهندسین مشاور نوآوران پارس افروز

این مطالعات ژئوتکنیک در محدوده‌ای برای توسعه تاسیسات سطحی میدان نفتی آزادگان شمالی توسط شرکت نوآوران پارس افروز با حفر ۷ گمانه اکتشافی با عمق حداکثر ۳۲ متر در سال ۱۳۸۹ انجام شد. بر اساس این مطالعات مشخصات لایه‌های خاک به شرح جدول ۲-۵ ارائه شده است و همانطور که مشخص است خاک ناحیه مورد مطالعه عمدتاً از نوع رس و لای است که سختی آن با افزایش عمق بیشتر می‌شود.

جدول ۲-۵ مشخصات لایه‌های خاک ارائه شده در گزارش ژئوتکنیک شرکت نوآوران پارس افروز

Geotechnical Parameter		Approximate Range of Encountered Depth from the Fill Surface (m)	Strength Classification	Natural Moisture (w) (%)	Dry Density (γ _d) (g/cm ³)	Cohesion (c) (kg/cm ²)	Angle of Internal Friction (φ)	Modulus of Elasticity (E) (kg/cm ²)	Poisson's Ratio (ν)	Shear Modulus (G) (kg/cm ²)
Layer No.	Layer Type									
1	CL/ML	0.0-13	Medium Stiff	20-35	1.40-1.60	0.20-0.50	0	50-130	0.40-0.45	17-45
2	CL/ML	13.0-23.0	Stiff to Very Stiff	20-35	1.40-1.60	0.50-1.00	0	130-270	0.40-0.45	45-90
3	CL/ML	23.0-32.5	Very Stiff to Hard	20-35	1.50-1.70	1.75-2.25	0	470-600	0.40-0.45	165-210

۵-۴-۲- وضعیت ژئوتکنیک محدوده میدان نفتی آزادگان جنوبی

مجموعه مطالعات انجام گرفته در این میدان نفتی شامل ۳ مورد است که توسط شرکت‌های مشاور مهندسی به شرح زیر انجام گرفته است.

- مطالعات شرکت مهندسین مشاور ماندرو
- مطالعات شرکت مهندسین مشاور نوآوران پارس افروز
- مطالعات شرکت مهندسین مشاور آسفالت طوس

۵-۲-۱- مطالعات شرکت مهندسین مشاور ماندرو

در این مطالعات ژئوتکنیک شرکت مشاور مهندسی ماندرو ۲۰ گمانه اکتشافی به عمق حداکثر ۳۰ متر حفاری کرده است. آزمایش‌های درجا در بخش‌های مختلف ناحیه منطقه هورالعظیم انجام گرفته است که با توجه به محدوده مورد مطالعه در این پروژه که محدود به میادین نفتی است نتایج مطالعات ژئوتکنیک شامل نواحی CTEP و منیفولد جنوبی و شمالی بررسی می‌شود. در جدول ۳-۵، جدول ۴-۵ و جدول ۵-۵ مشخصات ژئوتکنیکی لایه‌های خاک به ترتیب در ناحیه‌های CTEP و منیفولد جنوبی و شمالی ارائه شده است. در زمان تهیه این گزارش مخازن در محدوده میدان نفتی آزادگان جنوبی خشک بوده و سطح آب در عمق ۲/۷ تا ۳ متر مشاهده شده است. از همین رو اشاره شده است که لایه ۲/۵ متری فوقانی (که تناوبی از رس و لای است) در صورت بالا

آمدن سطح آب و اشباع شدن، مقاومت خود را از دست می‌دهد. بنابراین در شرایطی که سطح آب در بالای سطح زمین قرار دارد و خاک اشباع است، توجه به این نکته ضروری است.

جدول ۳-۵ مشخصات لایه‌های خاک در ناحیه CTEP بر اساس گزارش شرکت مهندسی مشاور ماندرو

Soil Type	Top soil Silt, clay (0- 2.0m)	Lean clay or silty clay (2.0m -4.0m)	Silty sand ,sandy silt (4.0m-8m)	Clay (8-14m)	Clay (14m-20.5m)	Silty Sand (20.5-24.5m)	Clay (24.5m-30m)	Unit
Undrained angle of internal friction (ϕ_u)	0-5	0-2	-	0-5	0-5	-	5-10	Degree
Undrained cohesion (c_u)	50-150	30-40	-	30-60	60-150	-	100-250	KPa
Drained angle of internal friction (ϕ_d)	29-31	28-30	32-34	28-30	30-32	30-32	31	Degree
Drained cohesion (c_d)	0-10	0-5	-	0-5	2.5-7.5	-	10-20	KPa
Modulus of elasticity (E)	20-30	8-14	20-30	7-15	20-40	30-60	30-60	MPa
Compression coefficient (C_c)	0.13-0.15	0.15-0.17	-	0.15-0.17	0.14-0.16	-	0.14-0.16	-
Swelling coefficient (C_s)	0.01-0.02	0.01-0.02	-	0.01-0.02	0.01-0.02	-	0.01-0.02	-
Poisson's ratio (μ)	0.4	0.45	0.3	0.45	0.4	0.3	0.5-0.6	-
Void ratio (e)	0.5-0.6	0.55-0.7	0.6-0.8	0.55-0.7	0.6-0.75	0.6-0.8	0.5-0.6	-
Bulk unit weight (γ)	19.5-20	18.5-19.5	19-20	18.5-19.5	19-20	19.5-20.5	20-21	KN/m ³
Moisture content (ω)	14-16	20-26	23-30	20-26	22-28	23-30	18-22	%
O.C.R	> 3	1-1.2	-	1-1.2	1.5	-	2-3	-
Collapse Index	0-4	-	-	-	-	-	-	%

جدول ۴-۵ مشخصات ژئوتکنیکی لایه‌های خاک در ناحیه مینفولد جنوبی

Soil Type	Top soil Silt, clay (0- 2.5m)	Lean clay or silty clay (2.5m -16m)	Silty sand ,sandy silt (16m-24 m)	Clay (24m-30m)	Unit
Undrained angle of internal friction (ϕ_u)	0-5	0-2	-	5-10	Degree
Undrained cohesion (c_u)	50-150	30-50	-	100-250	KPa
Drained angle of internal friction (ϕ_d)	29-31	30	30-34	31	Degree
Drained cohesion (c_d)	0-10	0-5	-	10-20	KPa
Modulus of elasticity (E)	20-30	8-16	20-30	40-60	MPa
Compression coefficient (C_c)	0.11-0.17	0.15-0.17	-	0.14-0.16	-
Swelling coefficient (C_s)	0.01-0.02	0.01-0.02	-	0.01-0.02	-
Poisson's ratio (μ)	0.4	0.45	0.3	0.35-0.4	-
Void ratio (e)	0.6-0.8	0.65-0.85	0.6-0.8	0.5-0.6	-
Bulk unit weight (γ)	19.5-20	18-19	19-20	20-21	KN/m ³
Moisture content (ω)	12-19	24-31	22-30	18-22	%
O.C.R	> 3	1-1.2	-	2-3	-
Collapse Index	0-3	-	-	-	%

جدول ۵-۵ مشخصات ژئوتکنیکی لایه‌های خاک در ناحیه منیفولد شمالی

Soil Type	Top soil Silt, clay (0- 3.0m)	Lean clay or silty clay (3m -6m)	Lean or silty clay (6m -15m)	Lean clay (15m-23m)	Silty sand, sandy silt (23-25m)	Clay (25m-30m)	Unit
Undrained angle of internal friction (ϕ_u)	0-5	0-5	0-2	2.5-7.5	-	5-10	Degree
Undrained cohesion (c_u)	50-150	60-120	20-30	100-200	-	200	KPa
Drained angle of internal friction (ϕ_d)	29-31	27-30	27-29	29-31	30-32	31	Degree
Drained cohesion (c_d)	0-10	0-10	0-5	0-10	-	10-20	KPa
Modulus of elasticity (E)	20-30	20-30	6-10	15-35	25-35	40-60	MPa
Compression coefficient (C_c)	0.13-0.15	0.18-0.23	0.18-0.22	0.19-0.23	-	0.14-0.16	-
Swelling coefficient (C_s)	0.01-0.02	0.02-0.03	0.02-0.03	0.02-0.04	-	0.01-0.02	-
Poisson's ratio (μ)	0.4	0.4	0.45	0.4	0.3	0.35-0.4	-
Void ratio (e)	0.45-0.65	0.6-0.75	0.75-0.95	0.5-0.65	0.6-0.8	0.5-0.6	-
Bulk unit weight (γ)	19.5-20	18.5-19.5	18-19	19-20	19-20	20-21	KN/m ³
Moisture content (w)	11-19	22-28	28-35	18-24	23-30	18-22	%
O.C.R	> 3	1.5	1-1.2	1.5	-	2-3	-
Collapse Index	0-3	-	-	-	-	-	%

همچنین در گزارش ژئوتکنیک شرکت ماندرو مشخصات دینامیکی لایه‌های خاک در ناحیه CTPE با انجام آزمایش کراس هول^۱ محاسبه شد که نتایج آن در جدول ۵-۶ ارائه شده است. این آزمایش‌ها در ۴ نقطه انجام شد و برای هر یک از گمانه‌های منبع ایجاد موج، دو گمانه به عنوان گیرنده به فاصله ۴ متر از یکدیگر لحاظ شد.

جدول ۵-۶ مشخصات دینامیکی خاک بدست آمده از آزمایش کراس هول

Soil Type	(0-7.5 m)	(7.5m-15m)	(15m-30m)	Unit
Compressive Velocity (V_p)	700-900	900-1100	1100-1200	m/s
Shear Velocity (V_s)	200-300	300-400	380-400	m/s
Dynamic Elastic Modulus ($E_{dyn.}$)	0.25-0.40	0.40-0.72	0.70-1.00	GPa
Dynamic Shear Modulus ($G_{dyn.}$)	0.08-0.12	0.12-0.25	0.25-0.35	GPa
Poisson's Ratio (μ)	0.45-0.46	0.43-0.45	0.43-0.44	---

۵-۲-۲- مطالعات شرکت مهندسی مشاور نوآوران پارس افروز

در ناحیه میدان نفتی آزادگان جنوبی، مطالعات ژئوتکنیک دیگری توسط شرکت نوآوران پارس افروز انجام شده است. این مطالعه شامل ۶۵ گمانه حفاری شده با عمق حداکثر ۵۰ متر و ۸۱ گمانه با عمق حداکثر ۳ متر در مسیر خطوط لوله می‌باشد. در جدول ۵-۷ نوع و پارامترهای ژئوتکنیکی لایه‌های خاک پیشنهادی در آن گزارش ارائه شده است.

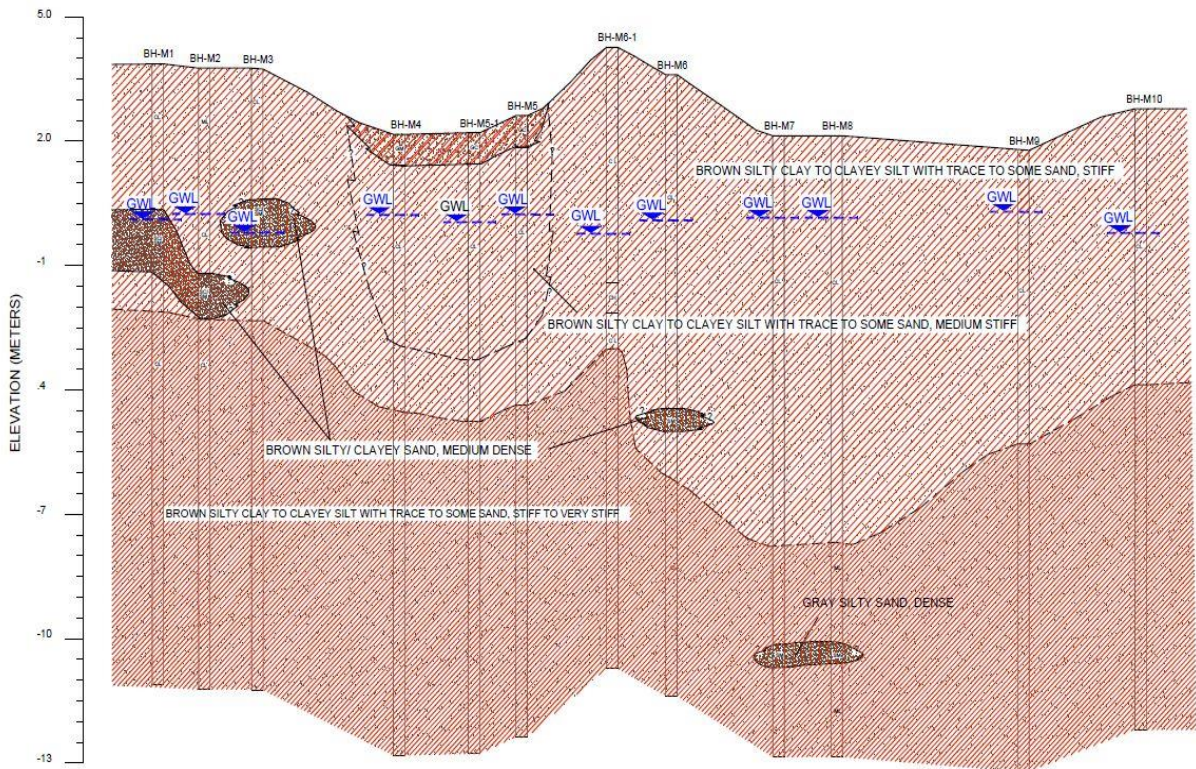
¹ Cross-hole

جدول ۵-۷ مشخصات ژئوتکنیکی لایه‌های خاک ارائه شده در گزارش شرکت نوآوران پارس افروز

Plant Route Name	Geotechnical Parameter		Approximate Range of Encountered Depth from the Fill Surface (m)	Strength Classification	Natural Moisture (ω) (%)	Dry Density (γ_d) (g/cm ³)	Cohesion (c) (kg/cm ²)	Angle of Internal Friction (ϕ)	Modulus of Elasticity (E) (kg/cm ²)	Poisson's Ratio (ν)
	Layer No.	Layer Type								
North GOSP and South GOSP	1	CL/ML	0-6	Stiff	20-35	1.40-1.60	0.50-1.00	0	130-270	0.40-0.45
	2	CL/ML	6-15	Stiff to Very Stiff	20-35	1.50-1.70	0.70-1.20	0	190-320	0.40-0.50
			SM	5-15	Medium Dense to Dense	15-30	1.70-1.85	0	31-33	350-450
Mailfolds	1	CL/ML	0-8	Stiff	20-35	1.40-1.60	0.50-1.00	0	130-270	0.40-0.45
	2		8-15	Stiff to Very Stiff	20-35	1.50-1.70	0.70-1.20	0	190-320	0.45-0.50
North Trunkline and South Trunkline	0	OH	0-0.5	Soft	-	-	-	-	-	-
	1	CL/ML	0.5-6	Stiff	20-35	1.40-1.60	0.50-1.00	0	130-270	0.40-0.45
2			6-15	Stiff to Very Stiff	20-35	1.50-1.70	0.70-1.20	0	190-320	0.40-0.50
Powerline	1	CL/ML	0-6	Stiff	20-35	1.40-1.60	0.50-1.00	0	130-270	0.40-0.45
	2		6-15	Stiff to Very Stiff	20-35	1.40-1.65	0.70-1.20	0	190-320	0.45-0.50
CTEP	1	CL/ML	Scattered Interlayers	Stiff to Very Stiff	20-35	1.50-1.70	0.50-1.20	0	130-320	0.40-0.50
		SM		Medium Dense to Dense	15-30	1.70-1.85	0	31-33	350-450	0.32-0.34
Water Source Plant		CL/ML	0-15	Stiff to Very Stiff	20-32	1.40-1.60	0.50-1.00	0	130-270	0.40-0.50
		SM	Scattered Interlayers	Dense	15-35	1.75-1.90	0	32-34	400-500	0.32-0.34
Camp	1	CL/ML	0-15	Stiff	20-35	1.40-1.60	0.50-1.00	0	130-270	0.40-0.50
		SM	Scattered Interlayers	Medium Dense	15-30	1.70-1.80	0	31-32	300-400	0.32-0.34
Mainline	1	CL/ML	0-3	Very Soft to Soft	25-35	1.30-1.40	0.1-0.2	0	30-50	0.42-0.47
Pad to Mainline	1	CL/ML	0-3	Very Soft to Soft	25-35	1.30-1.40	0.1-0.2	0	30-50	0.42-0.47
Water line	1	CL/ML	0-3	Very Soft to Soft	25-35	1.30-1.40	0.1-0.2	0	30-50	0.42-0.47
Pipeline	1	CL/ML	0-3	Very Soft to Soft	25-35	1.30-1.40	0.1-0.2	0	30-50	0.42-0.47
Gas line	1	CL/ML	0-3	Very Soft to Soft	25-35	1.30-1.40	0.1-0.2	0	30-50	0.42-0.47

همچنین به عنوان مثال پروفیل پیشنهادی زمین برای محدوده میدان نفتی آزادگان جنوبی در شکل ۱-۵ توسط مشاور مذکور ارائه شده است. مشاهده می‌شود که در زمان انجام مطالعات حوضچه‌های تالاب هورالعظیم خشک بوده و سطح آب زیرزمینی در عمق حدود ۳ متری قرار داشته است. همچنین لازم به ذکر است که مرز مخزن ۳ و مخزن ۴ (جاده همت) در بین گمانه‌های شماره ۳ و ۴ قرار گرفته است و محدوده مخزن ۴ تا مجاورت گمانه شماره ۷ ادامه می‌یابد و گمانه‌های پس از آن تا شماره ۱۰ ناحیه مخزن ۵ را شامل می‌شود.

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده‌ها، سله‌ها و تاسیسات میادین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب
در حوزه ژئوتکنیک



شکل ۵-۱ پروفیل پیشنهادی شرکت نوآوران پارس افروز زمین در محدوده میدان نفتی آزادگان جنوبی

۵-۴-۲-۳- مطالعات شرکت مهندسی مشاور آسفالت طوس

در گزارش دیگری به مطالعه ژئوتکنیکی زمین در دو ناحیه GOSP شمالی و GOSP جنوبی توسط شرکت آسفالت طوس پرداخته شده است. این بررسی شامل حفر ۳۸ حلقه گمانه ماشینی با مجموع طول برابر با ۷۵۵ متر است که ۱۹ حلقه گمانه در سایت شمالی و ۱۹ حلقه در سایت جنوبی است. مشخصات و پارامترهای پیشنهادی لایه‌های خاک برای دو ناحیه GOSP شمالی و GOSP جنوبی توسط شرکت مهندسی مشاور آسفالت طوس به ترتیب در جدول ۵-۸ و جدول ۵-۹ ارائه شده است.

جدول ۵-۸ مشخصات ژئوتکنیکی لایه‌های خاک در GOSP شمالی

ردیف	لایه	عمق لایه (m)	ضخامت لایه (m)	Cu (kPa)	ν	ϕ (Degree)	δ (Degree)	C (kPa)	E_s (MPa)	γ (kN/m ³)	$N_{s.p.t}$
۱	L1	صفر تا ۲/۵	۲/۵	۱۲۰-۱۵۰	۰/۴۵	۲۵	۱۷	۳۰	۱۵	۱۹	$20 < N < 40$
۲	L2	۲/۵ تا ۷/۵	۱۷/۵	۴۰-۶۰	۰/۴۵	۱۵	۱۰	۳۰	۷	۱۹	$7 < N < 15$
۳	L3	>۲۰	-	۳۰۰	۰/۴۵	-	-	-	۳۰	۲۰	$N > 50$

جدول ۵-۹ مشخصات ژئوتکنیکی لایه‌های خاک در GOSP جنوبی

ردیف	لایه	عمق لایه (m)	ضخامت لایه (m)	Cu (kPa)	ν	ϕ (Degree)	δ (Degree)	C (kPa)	E_s (MPa)	γ (kN/m ³)	N_{sPT}
۱	L1	۰ تا ۲/۵	۲/۵	۱۵۰-۱۸۰	۰/۴۵	۳۰	۲۰	۳۰	۱۷	۱۹	۳۰ < N < ۵۰
۲	L2	۲/۵ تا ۲۰	۱۷/۵	۴۰-۶۰	۰/۴۵	۱۵	۱۰	۳۰	۵	۱۹	۳ < N < ۱۰
۳	L3	> ۲۰	-	۳۰۰	۰/۴۵	-	-	-	۲۰	۲۰	N > ۵۰

۵-۴-۳- وضعیت ژئوتکنیک محدوده میدان نفتی یاران جنوبی

مطالعات و بررسی‌های ژئوتکنیکی در محدوده میدان نفتی یاران جنوبی توسط شرکت آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک استان خوزستان با حفر ۴ گمانه به عمق ۱۵ متر انجام یافته است. در جدول ۵-۱۰ مشخصات لایه‌بندی خاک در گزارش مذکور ارائه شده است.

جدول ۵-۱۰ مشخصات لایه‌های خاک در گمانه‌های حفر شده در محدوده میدان نفتی یاران جنوبی

موقعیت	شماره گمانه	عمق	نوع خاک	SPT
شمال میدان	1	0-5	CL	14
		5-8	SM	45
		8-11	SP-SM	42
		11-15	SM	43
	2	0-2	CL	15
		2-5	SM	41
		5-10	SM	44
		10-15	SM	49
جنوب میدان	3	0-5	CL	30
		5-8	CL	12
		8-11	CL	4
		11-15	CL	4
	4	0-5	CL	26
		5-8	CL	5
		8-11	CL	6
		11-15	CL	6

پارامترهای مقاومتی پیشنهادی شرکت آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک استان خوزستان در جدول ۱۱-۵ ارائه شده است. همچنین در این گزارش بررسی احتمال وقوع پدیده روانگرایی انجام شد و اینطور نتیجه‌گیری شد که در هیچ کدام از گمانه‌ها پتانسیل وقوع پدیده روانگرایی وجود ندارد.

جدول ۱۱-۵ پارامترهای مقاومتی خاک برای لایه‌های خاک در ناحیه میدان نفتی یاران جنوبی

نوع خاک	φ_u (degree)	C_u (kg/cm ²)	φ' (degree)	C' (kg/cm ²)
لایه رسی	3	0.4	26	0.15
لایه ماسه‌ای	-	-	31	0.08

۵-۴-۴- وضعیت ژئوتکنیک محدوده میدان نفتی یادآوران

مطالعات و بررسی‌های ژئوتکنیکی انجام گرفته توسط شرکت مهندسی مشاور ماندرو برای ناحیه CPF (ناحیه مرکزی تاسیسات فرآورش) شامل حفاری ۴۸ گمانه اکتشافی با عمق حداکثر ۲۵ متر و انجام آزمایش‌های درجا و آزمایشگاهی ژئوتکنیک است. با توجه به گزارش مطالعات ژئوتکنیک مذکور برای محدوده CPF میدان نفتی یادآوران می‌توان به طور کلی مشخصات مکانیکی خاک را به شرح جدول ۱۲-۵ در نظر گرفت.

جدول ۱۲-۵ مشخصات ژئوتکنیکی لایه‌های خاک در محدوده ناحیه CPF میدان نفتی یادآوران

Soil Type	Lean Clay	Silty Sand or Sandy Silt	Lean Clay	Sandy or Silty Clay	Unit
Description of consistency or density	Stiff to Very Stiff	Loose to medium dense	Stiff	Very stiff	-
Depth of layer	0-2.5	2.5-13	13-15	15-25	m
Undrained cohesion (c_u)	60-100	-	50-70	100-150	KPa
Drained angle of internal friction (ϕ_d)	25-27	29-31	25-27	27-29	Degree
Drained cohesion (c_d)	0-15	0-10	0-15	5-15	KPa
Modulus of elasticity (E)	15-20	12-20	10-20	20-30	MPa
Compression coefficient (C_c)	0.17-0.19	-	0.18-0.2	0.16-0.18	-
Swelling coefficient (C_s)	0.015-0.025	-	0.015-0.025	0.01-0.02	-
Poisson's ratio (μ)	0.4	0.35	0.4	0.35	-
Void ratio (e)	0.55-0.7	0.6-0.7	0.6-0.7	0.5-0.6	-
Bulk unit weight (γ)	19-20.5	19-20	19-20	19.5-21	KN/m ³
Moisture content (ω)	14-20	21-25	22-26	18-22	%
O.C.R	1.5	-	1.1	1.2	-

۵-۵- بررسی مدارک مرتبط با راهکارهای ارائه شده در گذشته برای تثبیت خاک و حفاظت

شیروانی

شرکت مهندسی مشاور سازآب پردازان در سال ۱۳۹۷ به مطالعه سیستم حفاظت خاکریز جاده‌ها و تاسیسات نفتی میادین منطقه هورالعظیم در برابر سیلاب با تمرکز بر محدوده مخزن شماره ۳ پرداخته است. در این گزارش‌ها روش‌های مستقیم تثبیت خاکریز جاده‌ها از طریق ساحل‌سازی با ایجاد شیب پایدار و سپس اجرای حفاظت سطحی شیروانی^۱ مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به شرایط محدوده طرح روش‌های به شرح جدول ۱۳-۵ معرفی و مقایسه شد.

جدول ۱۳-۵ گزینه‌های ترمیم و پایدارسازی شیب خاکریز جاده‌های اصلی و فرعی میادین نفتی در گزارش طرح حفاظت

ردیف	نوع روش	روش پایدارسازی شیب	معایب	مزایا
۱	روش‌های فیزیکی - مکانیکی متداول	دیوار بتنی به همراه خاکریزی پیش‌رونده با ماسه بادی	- صعوبت اجرای زیرسازی و لجن برداری، خطر واژگونی و جدشدگی بلوک‌های بتنی از محل درز انبساط و تخلیه خاک پشت دیوار به درون تالاب	- استفاده کمتر از مصالح خاک پیش‌رونده
۲		خاکریزی + فیلتر ماسه‌ای + ریپرپ گذاری	- آب‌شستگی فیلتر ماسه‌ای در حین اجرا - اجرای سخت فیلتر ماسه‌ای در شرایط وجود آب	- استفاده از ماشین‌آلات متداول کارگاهی
۳		خاکریزی + فیلتر ماسه‌ای + قلوه چینی	- آب‌شستگی فیلتر ماسه‌ای در حین اجرا - اجرای سخت فیلتر ماسه‌ای در شرایط وجود آب	- استفاده از ماشین‌آلات متداول کارگاهی
۴		خاکریزی + فیلتر ماسه‌ای + گابیون	- آب‌شستگی فیلتر ماسه‌ای در حین اجرا - اجرای سخت فیلتر ماسه‌ای در شرایط وجود آب	- استفاده از ماشین‌آلات متداول کارگاهی
۵	روش‌های شیمیایی	خاکریزی با مخلوط خاک سیمان + ریپرپ (یا قلوه چینی)	- عدم ایجاد مصالح هموژن خاک-سیمان با دستگاه‌ها و ماشین‌آلات کارگاهی متداول موجود	- استفاده از ماشین‌آلات متداول کارگاهی
۶		خاکریزی با مخلوط خاک و آهک + ریپرپ (یا قلوه چینی)	- عدم ایجاد مصالح هموژن خاک-آهک با دستگاه‌ها و ماشین‌آلات کارگاهی متداول موجود	- استفاده از ماشین‌آلات متداول کارگاهی
۷		خاکریزی + گونی‌های خاک-سیمان	- آب‌شستگی ذرات خاک از میان گونی‌های خاک - زمان اجرای زیادتر از سایر گزینه‌ها	- استفاده از ماشین‌آلات متداول کارگاهی
۸	کاربرد مواد ژئوسنتتیک	خاکریزی + مواد ژئوتکتستایل محصور کننده خاک	- مشکلات اجرایی در نصب	- پایدارسازی موثر و با ضریب اطمینان مناسب

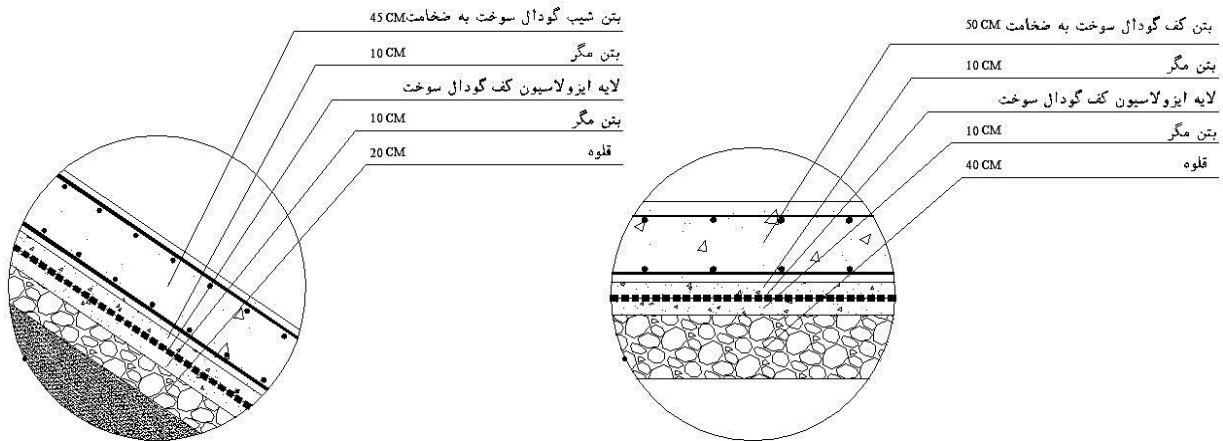
^۱ Revetment

ردیف	نوع روش	روش پایدارسازی شیب	معایب	مزایا
۹		خاکریزی + فیلتر ژئوتکستایل + لحاف بتنی	- گران قیمت‌ترین گزینه	- پایدارسازی موثر و با ضریب اطمینان و قابلیت اعتماد بالا در طول بهره‌برداری از جاده

۵-۶- بررسی مدارک ارائه شده در گذشته برای محافظت تاسیسات نفتی در برابر سیلاب

شرکت مهندسی مشاور سازآب پردازان در سال ۱۳۹۷ به بررسی روش‌های حفاظت از شیب بیرونی خاکریز گودال‌های سوخت، ایزولاسیون داخلی آنها جهت ایجاد ممانعت از نشت مواد هیدروکربنی به داخل آب تالاب هورالعظیم و نیز آب‌بندی محوطه سلرها پرداخته است.

در این گزارش پیشنهاد شد که در کف گودال سوخت به منظور ایزولاسیون از لایه GCL استفاده شود. بر اساس گزارش مذکور پس از آبکشی و خالی کردن محوطه گودال سوخت، ابتدا باید لایه قلوه سنگ به ضخامت ۴۰ سانتی‌متر اجرا شود. بر روی این لایه ۱۰ سانتی‌متر بتن مگر استفاده می‌شود تا سطح صافی در زیر لایه ایزولاسیون به وجود آید. سپس لایه ایزولاسیون شامل لایه ژئوتکستایل نبافته ۵۰۰ گرم بر متر مربع، لایه GCL، لایه ژئوممبرین با ضخامت ۲ میلی‌متر و در نهایت لایه ژئوتکستایل نبافته ۵۰۰ گرم بر متر مربع قرار می‌گیرد. بر روی این لایه بتن مگر به ضخامت ۱۰ سانتی‌متر اجرا می‌شود. در قسمت کف از ۵۰ سانتی‌متر بتن مسلح استفاده و به منظور کنترل برخاست^۱ از میکروپایل‌های ۲۴ متری و به فواصل ۱/۵ متر استفاده می‌شود. مقطع شماتیک طرح اصلاحی کف و جداره داخلی گودال سوخت در شکل ۲-۵ نشان داده شده است.



شکل ۲-۵- مقطع شماتیک پیشنهادی برای کف و جداره داخلی گودال سوخت

همچنین پیشنهاد شد جداره بیرونی شیروانی خاکریز گودال سوخت باید با شیب ۱ عمودی به ۳ افقی اجرا گردد و لایه فیلتر ژئوسنتتیک با مقاومت کششی ۳۰ کیلونیوتن بر روی آن قرار گرفته شود و در نهایت لایه ریپ‌رپ با ضخامت ۳۰ سانتی‌متر اجرا گردد.

^۱ Uplift

برای آب‌بندی و کنترل نشتی در محوطه سلرها، ابتدا سیال از محدوده داخلی حوضچه تخلیه می‌شوند و به محل ایمن مورد نظر کارفرما حمل می‌گردند. سپس شستشو و تمیز نمودن سطح بتن قبلی انجام گرفته و در صورت لزوم پکرگذاری و تزریق داخل بتن در جاهایی که شن زدگی دارد و نشت بسیار زیاد مشهود است انجام می‌گیرد. مراحل بعدی شامل مسطح نمودن سطح زیرین، استفاده از سه لایه آب‌بند دوجزئی، اجرای لایه آب‌بند GCL، آرماتور بندی و در نهایت بتن ریزی رویه جهت محافظت لایه‌های آب‌بند زیرین می‌باشند. به منظور مهار نمودن لایه GCL و نیز گیرداری بیشتر لایه بتن محافظ با بتن قبلی از کاشت آرماتور استفاده می‌شود.

۵-۷- جمع‌بندی فصل پنجم

- با توجه به اینکه هدف از تدوین ضابطه، ارائه طرح‌هایی است که از تاسیسات موجود در منطقه مورد نظر در برابر آب‌های دائم محافظت نماید، در این فصل مدارک ارائه شده در گذشته مرور شده است. خلاصه نتایج به دست آمده از آنها به شرح زیر است:
- با بررسی ژئومورفولوژی منطقه که در گزارش شرکت مهندسی مشاور سازآب پردازان ارائه شده بود، اینطور نتیجه‌گیری شد که در محدوده منطقه هورالعظیم و محدود به میادین نفتی تنها مورفولوژی از نوع ناحیه چهارم (دلتا) مشاهده می‌شود. در ناحیه دلتا رودخانه انتظار می‌رود که عمده رسوبات بستر از نوع رسوبات ریزدانه باشد. مشخص شد این موضوع با مشاهدات و شناسایی‌های ژئوتکنیکی صورت گرفته که در منطقه نوع خاک را ریزدانه رسی و سیلتی شناسایی کرده است، مطابقت دارد.
 - با توجه به نقشه‌های توپوگرافی و به این دلیل که با نزدیک شدن به مرز عراق رقوم زمین کاهش می‌یابد، پیش‌بینی می‌شود که نیاز باشد در میادین نفتی یاران، ارتفاع مستحذات بیشتر باشد تا به تراز مناسب در هر مخزن برسد.
 - با بررسی مدارک و مطالعات ژئوتکنیک انجام گرفته مشخص شد که نوع خاک منطقه عمدتاً از نوع رس (CL) است و در برخی قسمت‌ها با تناوب لای (ML) همراه است که سختی آن در عمق متغیر بوده و به طور کلی با افزایش عمق سختی خاک نیز افزایش می‌یابد. البته لازم به ذکر است که در ناحیه CPF میدان نفتی یادآوران و همچنین ناحیه شمالی میدان نفتی یاران جنوبی لایه‌هایی از خاک ماسه لای‌دار (SM) مشاهده شده است.
 - گزینه استفاده از لایه فیلتر ژئوتکستایل و ریپرپ توسط شرکت مهندسی مشاور سازآب پردازان به عنوان گزینه برتر انتخاب شد. البته این گزارش با انتقاد از نوع ژئوتکستایل استفاده شده در قبل که نامرغوب بوده، استفاده از ژئوتکستایل با مشخصات فنی استاندارد را پیشنهاد می‌کند. این گزینه در قسمتی از خاکریز در مجاورت آب دائم نیز به طور آزمایشی اجرا شده است.
 - در گزارش تهیه شده توسط شرکت مهندسی مشاور سازآب پردازان گزینه‌های حفاظت با پوشش گیاهی و اسلب^۱ بتنی بر روی فیلتر ژئوتکستایل نیز مطرح شد و بیان شد که گزینه اول در تامین معیارهای فیلتراسیون و پوشش شیب قابلیت اطمینان کمتری دارد و گزینه دوم هزینه‌های اجرایی بیشتری را تحمیل خواهد کرد.

¹ Slab

فصل ششم

همبستگی مکانی متغیرهای

ژئوتکنیکی زمین در منطقه

هورالعظیم

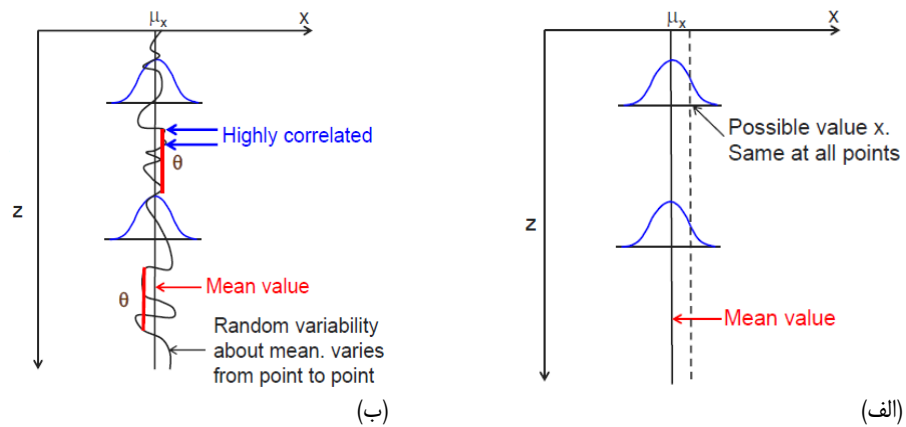
فصل ششم - همبستگی مکانی متغیرهای ژئوتکنیکی زمین در منطقه هورالعظیم

۶-۱ - مقدمه

این فصل به بررسی تغییرات ذاتی زمین در منطقه هورالعظیم می‌پردازد. نتیجه این فصل به صورت طول همبستگی مکانی ارائه می‌شود. این متغیر می‌تواند مبنایی برای قضاوت در مورد تغییرات زمین و فاصله‌های گمانه‌ها و همچنین برخی قضاوت‌های مهندسی ژئوتکنیک باشد. این توضیح لازم است خلاصه نتایج ژئوتکنیکی جمع‌آوری شده در منطقه هورالعظیم در فصل قبلی این مجلد ارائه شده است. جمع‌بندی اولیه مطالعات ژئوتکنیکی در فصل دوم ضابطه به صورت خلاصه منعکس گردید. فصل حاضر مکمل مطالب مذکور است.

۶-۲ - تعاریف و روش تهیه همبستگی مکانی

به طور کلی متغیرهای میانگین و انحراف معیار توسط مهندسان به خوبی درک می‌شوند. ولی طول همبستگی مکانی (θ) به عنوان یک ویژگی تصادفی به خوبی درک نشده است. این ویژگی که "مقیاس نوسان" یا "طول همبستگی مکانی" نامیده می‌شود، واحد طول دارد و نشان‌دهنده فاصله‌ای است که مشخصات خاک یا سنگ مورد نظر به خوبی با همسایگان خود مرتبط و نسبتاً همسو است. در شکل ۱-۶ مفهوم طول همبستگی مکانی نشان داده شده است. در حالت (الف) طول همبستگی مکانی برابر با مقدار بی‌نهایت است. در واقع مشخصات خاک به صورت همگن می‌باشد. در حالت (ب) طول همبستگی مکانی از پروفیل مشخصه خاک بدست می‌آید که بی‌نهایت نیست و دارای مقدار عددی است.



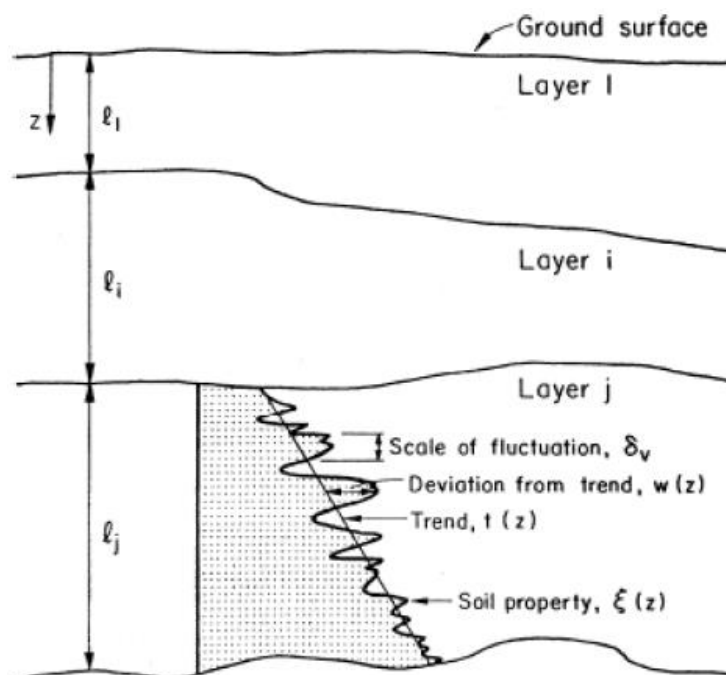
شکل ۶-۱ (الف) طول همبستگی مکانی بی‌نهایت یا خاک همگن؛ (ب) طول همبستگی مکانی غیر بی‌نهایت

یک تابع همبستگی مشهور به نام "Markovian" در معادله زیر معرفی شده است که در آن همبستگی فضایی به صورت نمایی با فاصله کاهش می‌یابد.

$$\rho = e^{-2|\tau|\theta} \quad (6-1)$$

در این معادله که برای یک ماده ایزوتروپیک است، θ فاصله مطلق بین هر دو نقطه در میدان تصادفی است. به دلیل فرآیند رسوب طبیعی، تمام ویژگی‌های خاک به صورت افقی و عمودی تغییر می‌کنند. همانطور که در شکل ۶-۲ نشان داده شده است، تغییرپذیری ذاتی خاک را می‌توان با رابطه زیر توصیف کرد:

$$\xi(z) = t(z) + w(z) \quad (6-2)$$



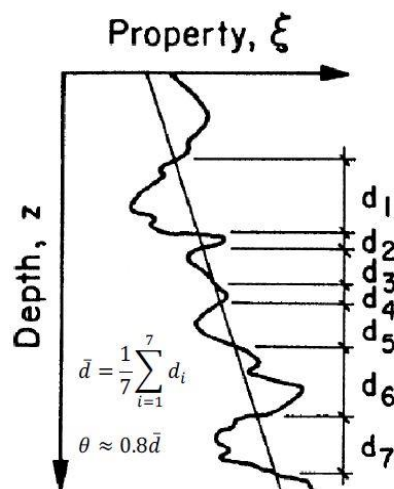
شکل ۶-۲ تغییرات ذاتی خاک

تابع روند $t(z)$ اغلب با تجزیه و تحلیل رگرسیون تخمین زده می‌شود و برای تعیین کمیت تغییرپذیری ذاتی خاک، یک روش رایج مدل کردن عامل نوسانی $w(z)$ به عنوان یک میدان تصادفی ثابت است (Vanmarcke, 1983).
تأثیر طول همبستگی مکانی بر طیف وسیعی از سیستم‌های مهندسی ژئوتکنیک از طریق مطالعات پارامتری ارزیابی شده است. همچنین طول همبستگی مکانی تأثیر قابل توجهی بر تحلیل‌های احتمالی دارد. روش‌های مختلفی برای تخمین مقیاس نوسان در دسترس هستند. ساده‌ترین روش این است که با برآزش بهترین مدل همبستگی نظری با تابع همبستگی تجربی تخمین زده شود.
در ادبیات فنی جداگانه وجود دارد که برخی از مقادیر معرفی شده برای طول همبستگی مکانی در جهت قائم با توجه به نوع خاک در ساختگاه‌های مختلف بر اساس مطالعات پیشین آورده شده است که بعضاً در نبود اطلاعات میدان مورد نظر، می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

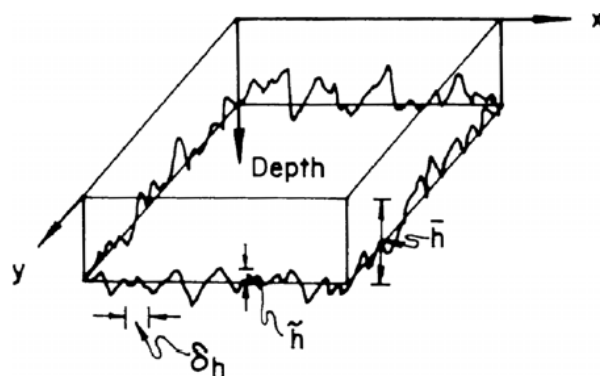
در دسترس بودن داده‌های میدانی مربوط به طول همبستگی مکانی محدود است. علاوه بر این، داده‌هایی که مورد بررسی قرار گرفته‌اند به احتمال زیاد همبستگی در جهت عمودی را نسبت به افقی به دلیل ماهیت گمانه‌نگاری نشان می‌دهند. تحقیقات کمی وجود دارند که برای محاسبه تغییرپذیری مکانی خاک انجام شده‌اند به همین دلیل حدود غالب پژوهش‌های گذشته در رابطه با تغییرات فضایی خاک به صورت مطالعه پارامتریک بوده است. همچنین شواهد محکمی از طول همبستگی "بدترین حالت" در برخی کاربردهای مهندسی ژئوتکنیک وجود دارد، که می‌تواند برای طراحی در غیاب داده‌های خاص سایت استفاده شود. بدترین حالت مقیاس نوسان، در صورتی که وجود داشته باشد، برای زمان‌هایی که داده‌های کافی برای تخمین مستقیم مقیاس نوسان در دسترس نباشد کاربرد دارد.
با توجه به در دسترس بودن داده‌های ژئوتکنیکی مناسب از منطقه هورالعظیم، اقدام به محاسبه طول همبستگی مکانی در این ساختگاه گردیده است. همانطور که گفته شد روش‌های مختلفی برای محاسبه طول همبستگی مکانی وجود دارد که یکی از ساده‌ترین این روش‌ها، روش تقریبی ونمارک یا Vanmarcke's expeditive method (VXP) می‌باشد.

شکل ۳-۶ روش تخمینی ونمارک را به سادگی بیان می‌کند. مطابق این روش بایستی ترند خطی پروفیل داده‌ها که حتماً باید در فواصل یکسانی از هم وجود داشته باشند، رسم می‌شود. سپس محل تقاطع ترند خطی با پروفیل اصلی بدست آمده و فواصل ارتفاعی بین این نقاط تقاطع اندازه‌گیری می‌شود. از حاصل ضرب عدد $0/8$ در میانگین فواصل بین نقاط تقاطع، عدد طول همبستگی مکانی در جهت قائم بدست می‌آید. از همین روش نیز می‌توان برای محاسبه طول همبستگی مکانی افقی استفاده کرد (شکل ۴-۶).

به این منظور پس از تهیه پروفیل نتایج آزمون‌های CPT در سایت‌های مختلف میداین نفتی هورالعظیم با استفاده از نرم‌افزار Get data و همچنین نتایج آزمون‌های SPT در گمانه‌های ماشینی که شرط رعایت فواصل یکسان انجام آزمون را داشتند، برنامه محاسباتی طول همبستگی مکانی در جهت افقی و قائم تحت نرم‌افزار صفحه گسترده EXCEL با قابلیت محاسبه و رسم معادله خط ترند و پیدا کردن نقاط تقاطعی، پیاده‌سازی گردید که نتایج آن در ادامه ارائه شده است.



شکل ۳-۶ محاسبه طول همبستگی مکانی قائم به روش تخمینی ونمارک (VXP) (Vanmarcke, 1977)



شکل ۴-۶ محاسبه طول همبستگی مکانی افقی به روش تخمینی ونمارک (VXP) (Vanmarcke, 1977)

نتایج به دست آمده برای طول همبستگی مکانی در جدول ۱-۶ ارائه شده است.

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده‌ها، سله‌ها و تاسیسات میداین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب
در حوزه ژئوتکنیک

جدول ۶-۱ طول همبستگی مکانی در جهت افقی و قائم در سایت‌های مختلف هورالعظیم

SCL (H)	SCL (V)	Depth (m)	گمانه	سایت	مطالعات	ساختگاه		
-	4.8	12	BH-1	Well Pad-2	بی کاو (۲۰۱۰-۱۳۸۹)	آزادگان شمالی		
-	1.4	20	CPT-1					
-	2	12	BH-2	Well Pad-7				
-	3.5	20	CPT-2					
-	3.8	12	BH-3	Well Pad-9 & 10				
-	1.8	20	CPT-3					
-	3.1	12	BH-4	Well Pad-AZNN				
-	2	20	CPT-4					
27	1.6	30	CPT:1-40	CTEP			ماندرو (۲۰۰۸-۱۳۸۷)	آزادگان جنوبی
82.4	1.6	30	CPT:41-43	North Manifold (NM)				
85.7	3	30	CPT:44-46	South Manifold (SM)				
-	1.6	30	CPT:47&48	North Satellite Manifold (NS)				
-	2.1	30	CPT:49&50	South Satellite Manifold (SS)				
-	5.4	15	BH:1-4	CLUSTER	آزمایشگاه استان (۲۰۱۲-۱۳۹۲)	یاران جنوبی		
34.1	6.8	20	BH:1-15	CLUSTER	زمیران (۲۰۱۵-۱۳۹۴)	یاران شمالی		
-	1.9	15	BH:1-10	CAMP	ماندرو (۲۰۱۰-۱۳۸۹)	یادآوران		
-	1.6	25	CPT:1&2					
73	1.7	15	CPT:1-17	CTEP				
-	-	25	1&2&7&12					
-	2.7	15	BH:1-4	Warehouse				
-	1.4	15	CPT-1					
92	2.3	15	BH:1-3	Drilling Storage				
-	2.2	15	CPT-1					
64	2.9	15	BH:1-7	Kushk Manifold				
-	1.2	15&25	CPT:1-3					
75	1.9	15&25	CPT:1-4	Hosseiniyeh Manifold	ژئو محیط پارس (۲۰۲۰-۱۳۹۸)	سپهر و جفیر		
1.6	16	CPT:1&2	SPH-5	Sepehr Well Pad				
2.1	15&20	CPT:3&4	SPH-06					
1.4	25&13	CPT:5&6	SPH-07					
5	20&15	CPT:11&12	SPH-10					
-	2.7	8	BH:7-16 except 9&10&15	CAMP AREA				
-	1.6	15	CPT:1-14	Permanent Camp Area				
-	2.3	15	CPT:15-22 except 20	Contractor Camp Area				
-	2.2	15	CPT:1-3	Receiving Area				
1.3	15&22	CPT:13-15	JR-02	Jufair Well Pad				
1.3	15&27	CPT:1&16	JR-03					
1.2	15&27	CPT:3&4&17	JR-04					
1.9	15&27	CPT:18-20	JR-05					
2	15	CPT:9&10	JR-09					
1.3	15	CPT:5&6	JR-10					
1.6	15&20	CPT:7&8	JR-11					
1	15	CPT:11&12	JR-12					
1	15	CPT-1	1	South Manifold				
1.5	25&15	CPT:1&2	2					

بر اساس نتایج بدست آمده، طول همبستگی مکانی در جهت قائم در بازه ۱ تا ۶/۸ متر و با میانگین حدود ۲/۵ متر می‌باشد. البته باید توجه نمود که طول همبستگی مکانی کاملاً به فاصله بین داده‌ها وابسته است و هرگز از این مقدار کمتر نخواهد بود. با توجه به نتایج مطالعات ژئوتکنیک، عدد بدست آمده نشان دهنده توالی لایه‌های ریزدانه رس و سیلت در اثر جریان سیلابی می‌باشد. میان لایه‌های ماسه‌ای نیز که در برخی میدان‌ها وجود داشته است بر اثر عامل باد بوده و با توجه به جهت باد غالب در منطقه که از سمت غرب به شرق می‌باشد، در ساختگاه‌های غربی بیشتر مشاهده شده است.

همچنین طول همبستگی مکانی در جهت افقی در بازه ۲۷ تا ۹۲ متر و با میانگین حدود ۵۸ متر بوده است. البته بایستی توجه نمود که بر اساس روش‌های محاسبه طول همبستگی مکانی، فاصله داده‌ها بایستی از یکدیگر یکسان باشد که این شرایط با توجه به جانمایی گمانه‌ها در منطقه مورد نظر وجود نداشته است. همچنین برای بدست آوردن طول همبستگی مکانی در جهت افقی به حداقل سه گمانه مطالعاتی نیاز است. در سایت‌های با تعداد گمانه بیشتر، طول همبستگی مکانی با مقادیر کمتر و حدود ۳۰ متر بدست آمده است. بنابراین به صورت کلی پیشنهاد می‌گردد که فاصله‌گذاری افقی بین گمانه‌ها در منطقه هورالعظیم، بیشتر از ۶۰ متر نباشد. به ویژه در سایت‌هایی که از لحاظ مطالعات ژئوتکنیکی تعداد گمانه‌ها کافی نبوده و نیاز به مطالعات ژئوتکنیک تکمیلی باشد.

فصل هفتم

شناسایی مکان‌های قرضه جهت

عملیات خاکی در منطقه

هورالعظیم

فصل هفتم - شناسایی مکان‌های قرضه جهت عملیات خاکی در منطقه هورالعظیم

۷-۱- مقدمه

بحث منابع قرضه یکی از مباحث مهم در این مجلد است. با توجه به اینکه بخش جنوب غربی استان خوزستان از نظر منابع قرضه درشت‌دانه بسیار فقیر است و یکی از عوامل ناکارآمدی پروژه‌های قبلی عدم استفاده از منابع مناسب است، اهمیت این فصل از مجلد بیشتر نمایان می‌شود. هدف از این فصل کمک به انتخاب مصالح قرضه مناسب برای تاسیسات نفتی در پروژه‌های داخل و اطراف هورالعظیم و جنوب غرب خوزستان است. پی‌جویی منابع درشت‌دانه در این منطقه بسیار مشکل است. منابع درشت‌دانه عموماً دور از دسترس است و یافتن مناطق مستعد اهمیت زیادی دارد. منابع ریزدانه نیز خود به چند گروه طبقه‌بندی می‌شوند که بیشتر آن‌ها از نظر دسترسی، در فاصله نزدیک به پروژه قرار گرفته‌اند.

گزارش کامل شناسایی مکان‌های قرضه جهت عملیات خاکی در منطقه هورالعظیم طی گزارش مستقلی در دی ماه ۱۴۰۰ به کارفرما ارائه گردید. این فصل در برگزیده تمام نکات آن گزارش است و می‌تواند به عنوان راهنما در آینده مورد استفاده قرار گیرد. البته این تذکر لازم است که اطلاعات ارائه شده در این فصل باید به عنوان راهنما به کار رود. هر گونه بهره‌برداری نهایی از منابع پیشنهاد شده در این فصل نیازمند مطالعات تفصیلی و دقیق‌تر است.

۷-۲- ویژگی‌های منابع قرضه مختلف

منابع قرضه موجود در استان را می‌توان به دو گروه ریزدانه و درشت‌دانه تقسیم‌بندی کرد. منابع قرضه درشت‌دانه به‌طور کلی بر اساس جنس و فاصله از هورالعظیم به پنج گروه اصلی به شرح زیر تقسیم می‌شود:

- ماسه‌سنگ‌های سازند میشان و آغاچاری
- رسوبات کانال رودخانه‌ای
- رسوبات مخروط افکنه‌ای

- سازند کنگلومرای بختیاری

- سازندهای آهکی و سخت واقع در بخش شمال و شرق استان

افزون بر مصالح درشت‌دانه که تقسیم‌بندی آنها در بالا ارائه شد، استفاده از مصالح ریزدانه نیز در هورالعظیم بسیار متداول است. زیرا مصالح درشت‌دانه در فواصل دور وجود دارد. به زبان ساده استفاده از مصالح ریزدانه در پروژه‌های عملیات خاکی در منطقه هورالعظیم اجتناب ناپذیر است. منابع قرضه ریزدانه در منطقه نیز به پنج گروه به شرح زیر تقسیم می‌گردد:

- رسوبات ریزدانه رودخانه‌ها (دشت سیلابی، دریاچه‌های قوس گاوی، کروس و کانال‌های اصلی جریان)
- رسوبات ریزدانه مخروط افکنه‌ها
- رسوبات تالاب‌ها و دریاچه‌های شور
- ماسه بادی
- رسوبات ناشی از هوازدگی برجای سازندهای سست

مسائل فنی هر گروه از منابع قرضه در جداول ۷-۱ تا ۷-۱۴ ارائه شده است. ضمناً برای هر گروه از منابع قرضه پس از هر جدول تصویری از آن نشان داده شده است.

جدول ۷-۱ ویژگی‌های منابع ماسه‌سنگ و آهک‌های رسی سازند آجاجری و میشان

ماسه‌سنگ‌ها و آهک‌های رسی سازند آجاجری و میشان	نوع ماده قرضه
سنگ‌های کوهی	گروه
سنگ لاشه برای ریپرپ، هسته خاکریزها	محل یا موقعیت استفاده
۱- محدوده مشخص شده در فاصله ۱۳ تا ۳۴ کیلومتری شمال و شمال شرق شهر بستان ۲- شمال شهرهای سوسنگرد و حمیده	بهترین گزینه
محدوده‌های رخنمون سازند آجاجری در اطراف و شرق اهواز	سایر گزینه‌ها
<ul style="list-style-type: none"> • دوام پایین؛ • ضخامت کم لایه‌ها؛ • همراهی و تناوب با لایه‌های مارنی، رس سنگ و سیلتستون که برداشت صنعتی این سنگ‌ها را مشکل می‌کند. 	مشکلات و معایب
<ul style="list-style-type: none"> • نزدیکی به محل پروژه‌های راه‌سازی در هورالعظیم 	مزیت‌ها
بررسی‌های سنگ‌شناسی، مقاومت فشاری، دوام و وارفتگی، شکستگی، درصد جذب آب، ارزش ضربه‌ای و ارزش سایشی، تعیین نوع عامل سمناسیون سنگ	آزمایش‌های مورد نیاز مهم و مورد لزوم
بر اساس رخنمون‌های صحرائی می‌توان ضخامت، شیب و امتداد لایه‌ها را تشخیص داد و بر این اساس نحوه بهره‌برداری، ذخیره قطعی و احتمالی و میزان باطله‌برداری تعیین می‌گردد.	نحوه اکتشاف
این سنگ‌ها شرایط استاندارد مطابق با معیارها و استانداردهای ارائه شده برای به‌کارگیری سنگ‌ها در محیط‌های دریایی و موج‌شکن‌ها را ندارد با این وجود به علت نزدیکی به محل پروژه و در نظر گرفتن هزینه حمل و تعمیر و نگهداری ریپرپ‌ها ممکن است توجیه اقتصادی و فنی داشته باشد.	توضیحات و توصیه‌های فنی لازم
در صورتی که در جداره خارجی خاکریزها استفاده شوند پس از تخریب به سهولت امکان تعمیر و بازسازی وجود دارد؛ بنابراین باید ارزیابی اقتصادی از نظر هزینه استفاده از این سنگ‌ها و هزینه تعمیر و نگهداری آنها صورت گیرد. ممکن است این هزینه در مقایسه با سنگ‌های مقاوم اما با فاصله حمل طولانی اقتصادی‌تر باشد	
بیش از ۱۰۰ میلیون متر مکعب از این سنگ‌ها در محدوده مشخص شده وجود دارد	تخمین اولیه از نظر حجم مصالح



شکل ۷-۱ تصویری از لایه‌های ماسه‌سنگی رخنمون یافته در منطقه به ضخامت حدود یک متر

جدول ۲-۷ ویژگی‌های منابع کنگلومرای سازند کنگلومرای بختیاری

کنگلومرای بختیاری	نوع ماده قرضه
سنگ‌های کوهی	گروه
سنگ لاشه برای ریپرپ، منابع قرضه درشت‌دانه از طریق خردایش سنگ برای زیرسازی راه، بدنه و هسته خاکریزها	محل یا موقعیت استفاده
محدوده شمال شهرک بختیاری و حد فاصل اندیمشک و شهرک بختیاری تا سد کرخه	بهترین گزینه
شمال دزفول، شمال شوشتر، اطراف گتوند و به طور کلی بیشتر مناطق حد فاصل کوهستان و دشت از شمال غرب اندیمشک تا شرق شوشتر	سایر گزینه‌ها
<ul style="list-style-type: none"> • سطح بخش زیادی از ذرات خصوصاً پس از خردایش صاف و صیقلی است که عامل پایین بودن مقاومت برشی منابع قرضه خواهد بود؛ • امکان استفاده محدود برای سنگ‌های ریپرپ؛ • عدم یکنواختی جنس در بخش‌های مختلف یک رخنمون از سنگ؛ • نیاز به خردایش برای منابع قرضه شنی. 	مشکلات و معایب
<ul style="list-style-type: none"> • مقاومت و دوام بسیار بالا؛ • فاصله کمتر نسبت به سایر منابع قرضه سنگی؛ • برخلاف رسوبات درشت رودخانه‌ای مشکلات زیست‌محیطی ناشی از برداشت از محیط‌های رودخانه‌ای را ندارند. 	مزیت‌ها
بررسی‌های سنگ‌شناسی، بررسی ویژگی‌های بافت سطحی، گرد شدگی و زبری سطح ذرات، آزمایش‌های برش مستقیم برای تعیین چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی بعد از اختلاط مصالح خردایش یافته با منابع ریزدانه رسی	آزمایش‌های مورد نیاز
بر اساس رخنمون‌های صحرایی، بررسی‌های محیط‌های مختلف زمین‌شناسی و حفر گمانه. الگوی کلی حفاری برای اکتشاف به میزان رخنمون سطحی سازند و نحوه گسترش آن بستگی دارد. عموماً اکتشاف و تعیین دقیق سطح و عمق گسترش سازند کنگلومرای بختیاری به علت ماهیت متغیر رودخانه‌ها تا حدی مشکل است.	نحوه اکتشاف
این سنگ‌ها خصوصاً کنگلومرای حاشیه رودخانه کرخه ممکن است دارای قابلیت واکنش‌های سیلیسی قلیایی باشد. در صورت استفاده در بتن باید این موضوع بررسی شود. بافت سطحی صاف، گرد شدگی و شکل پولکی ذرات اثر منفی بر کیفیت منابع قرضه خواهد داشت. در صورت عدم کیفیت باید میزان خردایش ذرات بیشتر شود.	توضیحات و توصیه‌های فنی لازم
بیش از ۱۰۰ میلیون متر مکعب از این سنگ‌ها در محدوده شهرک بختیاری، غرب و شمال غرب شوش وجود دارد. حجم بسیار زیادی با تخمین اولیه بیش از صدها میلیون متر مکعب از سنگ‌های سازند بختیاری در شمال شهرک بختیاری تا شمال دزفول وجود دارد	تخمین اولیه از نظر حجم مصالح
۲.۵ کیلومتری شمال غربی روستای قدس/جاده دزفول به سردشت ۲ تا ۱۰ کیلومتر پس از شهرک المهدی	محدوده پیشنهادی برای انجام آزمایش‌های دقیق



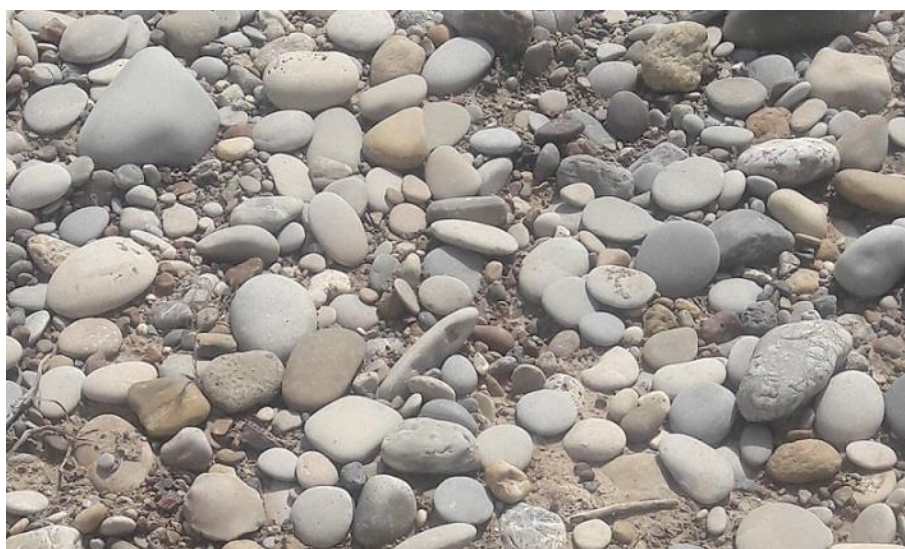
شکل ۲-۷ رخنمون کنگلومرای بختیاری در شمال غرب شوشتر

جدول ۳-۷ ویژگی‌های منابع آهکی سازند آسماری شهبازان

آهک آسماری - شهبازان	نوع ماده قرضه
سنگ‌های کوهی	گروه
سنگ لاشه برای ریپرپ، منابع قرضه درشت‌دانه از طریق خردایش سنگ، استفاده در بدنه و هسته خاکریزها و زیرسازی جاده‌ها	محل یا موقعیت استفاده
محدوده شمال سد کرخه و شمال اندیمشک - فاصله هوایی حدود ۱۱۵ کیلومتر از شمال هورالعظیم / فاصله از طریق راه‌های موجود بیشتر است و بیش از ۱۵۰ کیلومتر است / ۵ کیلومتری جنوب روستای پاعلم / شمال روستا سرخ کن	بهترین گزینه
مناطق کوهستانی شمال دزفول، شمال شوشتر، شمال و شرق استان خوزستان	سایر گزینه‌ها
<ul style="list-style-type: none"> فاصله زیاد حمل تا محل پروژه که با در نظر گرفتن راه‌های موجود بیش از ۱۵۰ کیلومتر از شمال هورالعظیم فاصله دارد؛ معدنکاری و خردایش پر هزینه؛ نیاز به خردایش برای منابع قرضه شنی. 	مشکلات و معایب
<ul style="list-style-type: none"> مقاومت و دوام بسیار بالا؛ دارا بودن شرایط استاندارد برای سنگ‌ها و سنگدانه‌های مورد استفاده برای راه‌سازی و پروژه‌های دریایی. 	مزیت‌ها
بررسی‌های سنگ‌شناسی، جذب آب، مقاومت سایشی و ضربه‌ای	آزمایش‌های مورد نیاز
بر اساس رخنمون‌های صحرایی ضخامت، شیب و امتداد لایه‌ها را می‌توان تشخیص داد و بر این اساس نحوه بهره‌برداری، ذخیره قطعی و احتمالی و میزان باطله برداری تعیین می‌گردد.	نحوه اکتشاف
مهم‌ترین مسئله در استفاده از این سنگ‌ها هزینه معدنکاری، خردایش و فاصله زیاد تا محل پروژه‌های راه‌سازی در تالاب هورالعظیم است.	توضیحات و توصیه‌های فنی لازم
در محدوده مشخص شده بیش از چند صد میلیون متر مکعب از این سنگ‌ها وجود دارد	تخمین اولیه از نظر حجم مصالح
۵ کیلومتری جنوب روستای پاعلم / ۱ کیلومتری شمال غربی روستا سرخ کن	محدوده پیشنهادی برای انجام آزمایش‌های دقیق

جدول ۴-۷ ویژگی‌های منابع قرصه درشت‌دانه شن و ماسه رودخانه‌ای (منابع قرصه رودخانه‌ای دانه بندی نشده شامل شن، ماسه و مقداری خاک‌های ریزدانه را توانان نیز می‌نامند)

نوع ماده قرصه	شن و ماسه رودخانه‌ای
گروه	رسوبات منفصل
محل یا موقعیت استفاده	منابع قرصه درشت‌دانه/ بدنه و هسته خاکریز/ زیرسازی جاده‌ها
بهترین گزینه	رودخانه کرخه در حد فاصل ۱۰ کیلومتری جنوب شوش تا سد کرخه
سایر گزینه‌ها	۱- رودخانه کارون از محدوده شمال روستاهای عرب حسن و عرب اسد تا شمال شوشتر ۲- رودخانه دز از محدوده شمال چغازنبیل تا شمال دزفول ۳- بخش‌های بالادست رودخانه جراحی
مشکلات و معایب	<ul style="list-style-type: none"> این مصالح به علت بافت سطحی صاف و صیقلی، گرد شدگی و شکل پولکی ذرات عموماً زاویه اصطکاک داخلی کمی دارند؛ اختلاط این مصالح با خاک‌های رسی به بافت سطحی صاف و صیقلی چسبندگی ضعیفی را ایجاد می‌کند. برای رفع این مشکل نیاز به خردایش محدود دارد؛ برداشت این مصالح باعث ایجاد مسائل زیست محیطی می‌گردد و عموماً برداشت مصالح از حریم و بستر رودخانه‌ها ممنوع است.
مزیت‌ها	نزدیک‌ترین منابع قرصه دارای ویژگی‌های مطابق با استاندارد
آزمایش‌های مورد نیاز و مهم	بررسی‌های سنگ‌شناسی، درصد ذرات پولکی، بافت سطحی، گوشه‌داری و شکل ذرات
نحوه اکتشاف	بر اساس رخنمون‌های صحرائی، بهتر است از تلفیق روش‌های حفر گمانه و روش‌های ژئوفیزیکی از جمله GPR، ژئوالکترونیک و روش‌ها لرزه‌نگاری بازتابی استفاده گردد
توضیحات و توصیه‌های فنی لازم	با توجه به ممنوعیت معدنکاری در حریم رودخانه‌ها لازم است بررسی‌های لازم به منظور امکان کسب مجوز برای برداشت مصالح رودخانه‌ای بررسی گردد
تخمین اولیه از نظر حجم مصالح	در محدوده مشخص شده بیش از ۱۰۰ میلیون متر مکعب از این منابع وجود دارد
محدوده پیشنهادی برای انجام آزمایش‌های دقیق	حاشیه رودخانه کرخه در غرب شوش



شکل ۳-۷ بافت سطحی صاف و صیقلی، گرد شدگی خیلی شدید و شکل پولکی منابع قرصه درشت‌دانه رودخانه‌ای در بستر رودخانه کرخه

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده‌ها، سلرها و تاسیسات میادین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب
در حوزه ژئوتکنیک

جدول ۵-۷ ویژگی‌های منابع شن و ماسه رودخانه‌ای مدفون

نوع ماده قرصه	شن و ماسه رودخانه‌ای مدفون
گروه	رسوبات منفصل
محل یا موقعیت استفاده	منابع قرصه درشت‌دانه / بدنه و هسته خاکریز و زیرسازی جاده
بهترین گزینه	۱- حاشیه رودخانه کرخه در حد فاصل ۱۰ کیلومتری جنوب شوش تا سد کرخه ۲- شرق شهرک بختیاری در جهت شمالی جنوبی
سایر گزینه‌ها	۱- حاشیه رودخانه کارون از محدوده شمال روستاهای عرب حسن و عرب اسد تا شمال شوشتر ۲- حاشیه رودخانه دز از محدوده شمال چغازنبیل تا شمال دزفول ۳- حاشیه بخش‌های بالادست رودخانه جراحی
مشکلات و معایب	• اکتشاف این محیطها مشکل و هزینه‌بر است.
مزیت‌ها	• این منابع از نظر بافت سطحی زبری بیشتری نسبت به محیط‌های رودخانه‌ای دارند؛ • زاویه اصطکاک داخلی و چسبندگی ذرات نسبت محیط‌های رودخانه‌ای بیشتر است؛ • از نظر فاصله نیز چنین منابعی در فاصله حدود ۶۰ کیلومتری از شمال هورالعظیم دیده می‌شوند؛ • با توجه به این منابع در حریم رودخانه‌ها قرار ندارند، مسائل زیست‌محیطی ناشی از برداشت از محیط‌های رودخانه‌ای را نیز ندارند.
آزمایش‌های مورد نیاز و مهم	بررسی‌های سنگ‌شناسی، درصد ذرات پولکی، بافت سطحی، گوشه‌داری و شکل ذرات
نحوه اکتشاف	بر اساس بررسی‌های صحرایی در زمینه نحوه حرکت و تغییر مسیر رودخانه‌ها و تلفیق این نتایج با روش‌های حفر گمانه و روش‌های ژئوفیزیکی از جمله GPR، ژئوالکتریک و روش‌ها لرزه‌نگاری بازتابی
توضیحات و توصیه‌های فنی لازم	یکی از مشکلات اصلی این روش مباحث زیست‌محیطی مربوط به باطله برداری بخش‌های سطحی است.
تخمین اولیه از نظر حجم مصالح	حجم این منابع نامشخص است و نیاز به بررسی دقیق‌تر دارد اما به نظر می‌رسد حداقل چند میلیون متر مکعب ذخیره داشته باشد
محدوده پیشنهادی برای انجام آزمایش‌های دقیق	غرب رودخانه کرخه در حد فاصل شمال شوش تا جنوب مناطق کوهستانی

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده‌ها، سله‌ها و تاسیسات میادین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب
در حوزه ژئوتکنیک

جدول ۶-۷ ویژگی‌های منابع قرضه مخروط افکنه‌ای

مخلوط شن، ماسه و ذرات ریزدانه مخروط افکنه‌ای	نوع ماده قرضه
رسوبات منفصل	گروه
منابع قرضه درشت‌دانه و ریزدانه/ بدنه و هسته خاکریزها/ زیرسازی جاده‌ها	محل یا موقعیت استفاده
جنوب شهرک بختیاری و غرب شهر شوش	بهترین گزینه
۱- جنوب و جنوب غربی رامهرمز، مناطق پایکوه در حد فاصل بین دشت عباس و مناطق کوهستانی ۲- محدوده حد فاصل بین دشت و کوهستان در شمال اندیمشک، دزفول شوشتر، گتوند، شمال بهبهان، شمال و شرق رامهرمز	سایر گزینه‌ها
<ul style="list-style-type: none"> تغییرات زیاد در کیفیت؛ سختی تعیین ذخیره قطعی دقیق و ضریب خطای زیاد تعیین ذخیره احتمال. 	مشکلات و معایب
<ul style="list-style-type: none"> فاصله متوسط از محل پروژه؛ بافت سطحی زبر و دارا بودن زاویه اصطکاک و چسبندگی بالاتر از رسوبات رودخانه؛ با در نظر گرفتن شرایط فنی، زیست‌محیطی، امکان ثبت محدوده معدنی و مسائل اقتصادی بهترین گزینه برای برداشت منابع قرضه درشت‌دانه است؛ می‌توان محدوده‌های معدنی را یافت که از نظر دانه‌بندی در محدوده استاندارد باشد و نیازی به اختلاط منابع قرضه مختلف نیست. 	مزیت‌ها
بررسی‌های سنگ‌شناسی، درصد ذرات پولکی، بافت سطحی، گوشه‌داری و شکل ذرات.	آزمایش‌های مورد نیاز و مهم
بر اساس رخنمون‌های صحرائی، بهتر است از تلفیق روش‌های حفر گمانه و روش‌های ژئوفیزیکی از جمله GPR، ژئوالکترونیک و روش‌ها لرزه‌نگاری بازتابی استفاده گردد	نحوه اکتشاف
در مناطقی که زمین از نظر توپوگرافی هموار است ممکن است رسوبات ژیبس و نمک تشکیل شود. این رسوبات به علت انحلال‌پذیری ممکن است باعث کاهش پارامترهای مقاومتی خاک شوند؛ بنابراین لازم است در مناطق کم شیب که جریان‌های سطحی و زیرزمینی ضعیف است موضوع املاح ژیبس و نمک مد نظر قرار گیرد.	توضیحات و توصیه‌های فنی لازم
نیاز به بررسی دقیق‌تر دارد اما به نظر می‌رسد حداقل چند ده میلیون متر مکعب از این مصالح در دسترس باشد.	تخمین اولیه از نظر حجم مصالح
بهترین محل برای ارزیابی این نوع منابع قرضه، شمال غرب شهرک بختیاری است / همچنین یک معدن فعال در فاصله ۴.۵ کیلومتری از شهرک بختیاری در جهت جنوب شرق (آزیموت ۱۵۶) گزینه مناسبی برای این ارزیابی است.	محدوده پیشنهادی برای انجام آزمایش‌های دقیق



شکل ۴-۷ رسوبات مخروط افکنه‌ای و آبرفتی درشت‌دانه در محدوده جنوب غرب شهرک بختیاری

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده‌ها، سلرها و تاسیسات میادین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب
در حوزه ژئوتکنیک

جدول ۷-۷ ویژگی‌های منابع شن و ماسه واریزه‌ای

شن و ماسه واریزه‌ای	نوع ماده قرصه
رسوبات منفصل	گروه
منابع قرصه درشت‌دانه	مورد استفاده
بخش‌های شمالی سد کرخه- با فاصله بیش از ۱۲۰ کیلومتر از بخش شمالی تالاب هورالعظیم	بهترین گزینه
به صورت پراکنده در ارتفاعات شمال و شرق استان خوزستان- عمدتاً مرتبط با سنگ‌های آهک آسماری- شهبازان که بخش زیادی از ناهمواری‌های شدید مربوط به این سازند است	سایر گزینه‌ها
<ul style="list-style-type: none"> این محیطها عموماً در مناطق پر شیب و کوهستانی قرار گرفته و دسترسی به آن مشکل است و هزینه معدن کاری بیشتر است؛ فاصله بسیار زیادی با محل پروژه‌های راه‌سازی در هورالعظیم دارد. 	مشکلات و معایب
<ul style="list-style-type: none"> می‌توان بدون فرایند خردایش منابع قرصه دشت دانه و سنگ لاشه برای ریپرپ برداشت کرد 	مزیت‌ها
بررسی‌های سنگ‌شناسی	آزمایش‌های مورد نیاز و مهم
بر اساس رخنمون‌های صحرایی- با توجه به اینکه این محیطها اساساً جوان و در بخش‌های مرتفع هستند حداقل در یک سطح رخنمون دارند- بنابراین تخمین ذخیره قطعی و احتمالی ساده است	نحوه اکتشاف
هزینه معدنکاری و حمل رسوبات زیاد است	توضیحات و توصیه‌های فنی لازم
نیاز به بررسی بیشتر دارد. به نظر می‌رسد بین ۱۰۰ هزار تا ۱۰ میلیون متر مکعب از این مصالح در منطقه وجود داشته باشد. با این وجود به علت مسائل زیست محیطی و گاهی به صرفه نبودن اقتصادی حجم قابل توجهی از این منابع قابل استفاده نیست	تخمین اولیه از نظر حجم مصالح

جدول ۷-۸ ویژگی‌های منابع ریزدانه دشت سیلابی

رسوبات دشت سیلابی رودخانه	نوع ماده قرصه
رسوبات منفصل	گروه
منابع قرصه ریزدانه	مورد استفاده
حاشیه رودخانه کرخه در اطراف شهرهای حمیدیه، سوسنگرد، هویزه و بستان - خارج از محدوده سیبخی تالاب هورالعظیم	بهترین گزینه
در دشت‌های سیلابی حاشیه بخش‌های بالادست رودخانه کرخه، کارون و دز، محدوده شمال اهواز تا جنوب دزفول، اندیمشک، شرق شوش، جنوب شوشتر	سایر گزینه‌ها
<ul style="list-style-type: none"> عدم تفکیک از محیط‌های سیبخی و کروس که کیفیت نامناسبی برای پروژه‌های راه‌سازی دارند؛ گسترش نامنظم و احتمال وجود لیزها از رسوبات سیبخی، شور و نامناسب در بین لایه‌های مناسب. 	مشکلات و معایب
<ul style="list-style-type: none"> نزدیکی به محل پروژه؛ در صورت بررسی دقیق می‌توان مناطقی دارای کیفیت مناسب و مقاومت زیاد در برابر فرسایش یافت. 	مزیت‌ها
آزمایش‌های دانه‌بندی، حدود خمیری، واگرایی و فرسایش‌پذیری، درصد نمک‌ها، ژپس و کربنات کلسیم	آزمایش‌های مورد نیاز و مهم
از طریق حفاری گمانه- الگوی حفاری متناسب با مساحت محدوده مورد بررسی و میزان پیچیدگی زمین متفاوت است. در مناطقی که حرکت جانبی رودخانه شدید باشد باید تعداد گمانه‌ها بیشتر باشد. الگوی کلی گمانه‌ها باید به نحوی باشد که بیشتر گمانه‌ها عمود بر مسیر جریان باشد. در این حالت تغییرات بهتر مشخص می‌شود.	نحوه اکتشاف
با توجه به اینکه محیط‌های سیبخی و کروس که کیفیت نامناسبی دارند در حاشیه رودخانه‌ها قرار دارند و مسیر رودخانه‌ها دائماً در حال تغییر است ممکن است در یک منطقه رسوبات سیبخی و کروس در لایه‌های متناوب با رسوبات دشت سیلابی قرار گرفته باشد؛ بنابراین بحث اکتشاف و شناسایی رسوبات در این محیطها بسیار مهم است.	توضیحات و توصیه‌های فنی لازم
محدوده جنوب اهواز تا جنوب و شرق سوسنگرد و شرق هویزه/ انتخاب هر محلی در این محدوده منوط به عدم ناچیز بودن درصد ماسه یا لیزها و لایه‌های ماسه‌ای و سیلتی است.	محدوده پیشنهادی برای انجام آزمایش‌های دقیق

جدول ۹-۷ ویژگی‌های منابع ریزدانه ماسه‌های بادی

رسوبات ماسه بادی	نوع ماده قرصه
رسوبات منفصل	گروه
منابع قرصه ریزدانه/ با اختلاط با سایر منابع برای هسته خاکریزها	موقعیت و محل استفاده
تا ۱۰ کیلومتری شمال شهر بستان و تالاب هورالعظیم	بهترین گزینه
۱- محدوده جنوب غرب استان خوزستان در حد فاصل شمال بستان، سوسنگرد و حمیدیه، جنوب غرب شوش، اطراف روستای فرحان کبر ۲- شرق ملاثانی	سایر گزینه‌ها
• عدم داشتن کیفیت مناسب و بدترین گزینه برای استفاده به عنوان منابع قرصه در محیط‌های دارای قابلیت فرسایش	مشکلات و معایب
• نزدیکی به محل پروژه؛ • در صورت مخلوط با سایر مصالح ممکن است دارای کیفیت استاندارد باشد	مزیت‌ها
آزمایش‌های دانه‌بندی، درصد نمک‌ها و ژئوپس	آزمایش‌های مورد نیاز و مهم
رخنمون‌های قابل توجهی در منطقه وجود دارد	نحوه اکتشاف
در کل این منابع نامناسب است و تا حد امکان نباید مورد استفاده قرار گیرند	توضیحات و توصیه‌های فنی لازم
تپه‌های ماسه‌ای در شمال شهرستان بستان و هورالعظیم	محدوده پیشنهادی برای انجام آزمایش‌های دقیق



شکل ۵-۷ تپه‌های ماسه بادی واقع در ۲۰ کیلومتری شمال شهر بستان و جنوب روستای فرحان کبر

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده‌ها، سلرها و تاسیسات میادین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب
در حوزه ژئوتکنیک

جدول ۱۰-۷ ویژگی‌های منابع ریزدانه محیط‌های کروس و سبخاها

رسوبات ریزدانه سبخاها و محیط‌های کروس	نوع ماده قرصه
رسوبات منفصل	گروه
منابع قرصه ریزدانه	مورد استفاده
در شرق تالاب هورالعظیم و نزدیک به تالاب	بهترین گزینه
به صورت پراکنده در محدوده جنوب غرب خوزستان در بخش‌های کم شیب اطراف رودخانه‌ها	سایر گزینه‌ها
<ul style="list-style-type: none"> عدم داشتن کیفیت مناسب و بدترین گزینه برای استفاده به عنوان منابع قرصه ریزدانه عموماً دارای حدی از واگرایی و قابلیت بالای فرسایش‌پذیری هستند 	مشکلات و معایب
-	مزیت‌ها
آزمایش‌های دانه‌بندی، درصد نمک و ژپیس، آزمایش‌های واگرایی و فرسایش‌پذیری خاک‌ها	آزمایش‌های مورد نیاز و مهم
بر اساس حفاری گمانه‌ها و انجام آزمایش و یا بر اساس رخنمون‌های سطحی	نحوه اکتشاف
در کل این منابع نامناسب است و تا حد امکان نباید مورد استفاده قرار گیرند	توضیحات و توصیه‌های فنی لازم

جدول ۱۱-۷ ویژگی‌های منابع ریزدانه ناشی از هوازدگی سازندهای میشان و آغاچری

رسوبات ریزدانه ناشی از هوازدگی سازندهای میشان و آغاچری	نوع ماده قرصه
رسوبات منفصل	گروه
منابع قرصه ریزدانه	مورد استفاده
در شرق شمال شهرهای سوسنگرد، حمیدیه، بستان و در اطراف و جنوب فرحان کبیر	بهترین گزینه
در حواشی رخنمون سازندهای میشان و آغاچری	سایر گزینه‌ها
<ul style="list-style-type: none"> این رسوبات نسبت به رسوبات دشت سیلابی و مخروط افکنه‌ها مقاومت فرسایشی ضعیف‌تری دارند؛ دانه‌بندی عموماً شامل ماسه ریز و سیلت است. 	مشکلات و معایب
<ul style="list-style-type: none"> دسترس راحت و نزدیکی به محل پروژه؛ کنترل و کیفیت بهتر نسبت به محیط‌های کروس و سبخاها. 	مزیت‌ها
آزمایش‌های دانه‌بندی، درصد نمک‌ها و ژپیس، آزمایش‌های واگرایی و فرسایش‌پذیری خاک‌ها، آزمایش‌های شکستگی	آزمایش‌های مورد نیاز و مهم
بر اساس رخنمون‌های سطحی و حفاری گمانه‌ها	نحوه اکتشاف
در صورت وجود رسوبات دشت سیلابی بهتر است از این منابع استفاده نشود	توضیحات و توصیه‌های فنی لازم
۴/۵ کیلومتری شمال شرق سوسنگرد (آزموت ۴۵ درجه)	محدوده پیشنهادی برای انجام آزمایش‌های دقیق

جدول 12۷- جمع‌بندی منابع قرصه مختلف و فاصله حمل آنها تا نقطه مبنا تعریف شده در شط علی

معادن موجود		فاصله مستقیم (کیلومتر)	فاصله حمل بر اساس راه‌های موجود (کیلومتر)		نوع مصالح
غیرفعال	فعال		فاصله حمل - راه خاکی	فاصله حمل - راه آسفالتی	
		۰-۲۰	۲	۴۰	رس
دارد	دارد	۱۵۰	۵	۱۸۰	شن و ماسه آبرفتی (جنوب رامهرمز)
دارد	دارد	۱۱۰	۲	۱۷۰	شن و ماسه آبرفتی (جنوب شهرک بختیاری)
دارد	دارد	۱۴۰	۳	۲۱۵	شن و ماسه آبرفتی شمال غربی اندیمشک
دارد	ندارد	۱۰۰	۳	۱۸۰	شن و ماسه رودخانه‌ای (حاشیه رودخانه کرخه)
ندارد	ندارد	۱۱۰	۵	۱۹۵	شن و ماسه رودخانه‌ای مدفون
دارد	دارد	۱۱۵	۵	۱۹۰	کنگومرای بختیاری (شن و ماسه)
ندارد	ندارد	۶۰	۲	۷۰	ماسه بادی (شمال بستان تا شمال حمیدیه)
ندارد	ندارد	۶۰	۳	۶۰	ماسه سنگ برای ریپرپ (شمال سوسنگرد و حمیدیه) - کیفیت نامناسب
	ندارد	۷۰	۵	۱۲۰	ماسه سنگ برای ریپرپ (۲۵ کیلومتری شمال بستان) کیفیت متوسط
دارد	دارد	۱۶۰	۳	۱۹۵	ماسه سنگ برای ریپرپ شمال رامشیر و امیدیه
دارد	دارد	۱۶۵	۳	۲۰۰	ماسه سنگ برای ریپرپ اطراف هفتکل
	ندارد	۱۸۰	۵	۲۵۰	سازند آسماری - کوه آسماری (مصالح مناسب ریپرپ، شن و ماسه مناسب از طریق خردایش)
	ندارد	۱۶۰-۱۸۰	۰-۵	۲۲۰	سنگ آهک - شرق رامهرمز
	دارد	۱۷۰	۰-۵	۳۱۵	سنگ آهک - شمال غربی اندیمشک

جدول ۱۳-۷ جمع بندی منابع قرضه مختلف بر اساس حجم تخمینی حداقل در نزدیک‌ترین محدوده‌های مشخص (طبق جدول ۱۲۷-)

نوع مصالح	حجم مصالح در نزدیکترین منبع
رس	بیش از ۱۰ میلیون متر مکعب
شن و ماسه آبرفتی (جنوب رامهرمز)	بیش از ۱۰ میلیون متر مکعب
شن و ماسه آبرفتی (جنوب شهرک بختیاری)	بیش از ۱۰ میلیون متر مکعب
شن و ماسه آبرفتی شمال غربی اندیمشک	بیش از ۱۰ میلیون متر مکعب
شن و ماسه رودخانه‌ای (حاشیه رودخانه کرخه)	بیش از ۱۰ میلیون متر مکعب
شن و ماسه رودخانه‌ای مدفون (غرب رودخانه کرخه)	بیش از ۱ میلیون متر مکعب
کنگلومرای بختیاری (شن و ماسه)	بیش از ۱۰ میلیون متر مکعب
ماسه بادی (شمال بستان تا شمال حمیدیه)	بیش از ۱۰۰ میلیون متر مکعب
ماسه سنگ برای ریپرپ (شمال سوسنگرد و حمیدیه) - کیفیت نامناسب	بیش از ۱۰۰ هزار متر مکعب
ماسه سنگ برای ریپرپ (۲۵ کیلومتری شمال بستان) کیفیت متوسط	بیش از ۱ میلیون متر مکعب
ماسه سنگ برای ریپرپ شمال رامشیر و امیدیه	بیش از ۱ میلیون متر مکعب
ماسه سنگ برای ریپرپ اطراف هفتکل	بیش از ۱ میلیون متر مکعب
سازند آسماری - کوه آسماری (مصالح مناسب ریپرپ، شن و ماسه مناسب از طریق خردایش)	بیش از ۲۰۰ میلیون متر مکعب
سنگ آهک - شمال شرق رامهرمز	بیش از ۱۰ میلیون متر مکعب
سنگ آهک شمال غربی اندیمشک	بیش از ۱۰۰ میلیون متر مکعب

جدول ۱۴-۷ جمع بندی منابع قرضه مختلف بر اساس حجم تخمینی حداقل در استان خوزستان

نوع مصالح	حجم مصالح در کل استان
رس	بیش از ۲۰۰ میلیون متر مکعب
شن و ماسه رودخانه ای	بیش از ۲۰۰ میلیون متر مکعب
شن و ماسه رودخانه‌ای مدفون	بیش از ۱۰ میلیون متر مکعب
کنگلومرای بختیاری (شن و ماسه)	بیش از ۲۰۰ میلیون متر مکعب
ماسه بادی	بیش از ۲۰۰ میلیون متر مکعب
مصالح برای ریپرپ (ماسه سنگ‌های میشان و آغاجری)	بیش از ۲۰۰ میلیون متر مکعب
سازند آسماری - کوه آسماری (مصالح مناسب ریپرپ، شن و ماسه مناسب از طریق خردایش)	بیش از ۲۰۰ میلیون متر مکعب

فصل هشتم

ارزیابی روش‌های مختلف

بهسازی و تثبیت خاکریزها با

شرایط منطقه هورالعظیم

فصل هشتم - ارزیابی روش‌های مختلف بهسازی و تثبیت خاکریزها با شرایط منطقه هورالعظیم

۸-۱ - مقدمه

در این فصل شناسایی کلی و تهیه فهرستی از انواع روش‌های بهسازی و تثبیت به همراه شرح مختصری از کاربرد آنها و پیشنهاد اولیه روش‌های متناسب با منطقه هورالعظیم ارائه می‌شود. فصل حاضر به ارزیابی روش‌های مختلف بهسازی و تثبیت خاکریز جاده‌ها، شیروانی خاکریز جاده‌ها، پایداری ترانشه‌ها، روسازی راه‌ها و پیشنهاد گزینه‌های متناسب با شرایط منطقه هورالعظیم می‌پردازد. گزارش کامل ارزیابی روش‌های مختلف بهسازی و تثبیت خاکریزها با شرایط منطقه هورالعظیم طی گزارش مستقلی در تیر ماه ۱۴۰۱ به کارفرما ارائه گردید.

۸-۲ - بهسازی و حفاظت بدنه خاکریز

در این بخش به بررسی فنی و اقتصادی روش‌های بهسازی و تثبیت بدنه خاکریزهای جاده‌ها در منطقه هورالعظیم پرداخته می‌شود.

الف) تثبیت خاک با مواد افزودنی

روش بهسازی بدنه خاکریزها به کمک تثبیت با مواد افزودنی یکی از روش‌های بهسازی بدنه خاکریزها می‌باشد. مواد افزودنی در دسترس که قابلیت مخلوط شدن با خاک موجود در منطقه را دارند شامل ماسه، آهک، سیمان و سنگ می‌باشند. البته معادن سنگ در فاصله نسبتاً زیاد و غیر بهینه‌ای نسبت به منطقه هورالعظیم قرار دارند. به دلیل مشکلات زیست محیطی ناشی از ورود آهک یا سیمان به آب استفاده از این روش‌ها در زیر سطح آب ممکن نیست ولی با رعایت شرایط محیط زیستی، امکان استفاده از این روش در بالای سطح آب وجود دارد.

ب) اختلاط رس با مصالح دانه‌ای

روش اختلاط رس با مصالح دانه‌ای (ماسه بادی یا مصالح زیراساس) یکی از گزینه‌هایی است که بیشتر در مناطق مختلف جوابگوی نیازهای طرح بوده است. به دلیل موجود بودن منابع قرضه ماسه بادی و مصالح زیر اساس این روش می‌تواند یکی از مناسب‌ترین گزینه‌ها جهت احداث خاکریزها در منطقه هورالعظیم در نظر گرفته شود. با استفاده از این روش پارامترهای مقاومتی خاک افزایش یافته در نتیجه نشست خاکریز کاهش یافته و ضریب اطمینان در مقابل پایداری افزایش می‌یابد.

ج) پیش‌بارگذاری

روش پیش‌بارگذاری یکی از روش‌های بهسازی بدنه خاکریزها است. با توجه به اینکه این روش مستلزم حمل مصالح زیادی از منابع قرضه است، محدودیت منابع قرضه در منطقه هورالعظیم باعث می‌شود هزینه اجرای این روش زیاد باشد. همچنین در روش پیش‌بارگذاری برای رسیدن به درجه تحکیم مطلوب نیاز به زمان طولانی است. بنابراین این روش در منطقه هورالعظیم با توجه به دلایلی که ذکر شد در سازه‌های جدید قابل استفاده است ولی توصیه نمی‌شود.

د) اجرای بدنه خاکریز با مصالح سنگی

اجرای بدنه خاکریز با مصالح سنگی که به عنوان یک موج شکن سنگریزه‌ای اجرا می‌شود یکی از روش‌های اجرای بدنه خاکریزها است. این روش مستلزم تامین حجم بسیار زیادی از مصالح سنگی است در نتیجه هزینه آن در منطقه هورالعظیم زیاد خواهد بود. بنابراین این روش در منطقه هورالعظیم در سازه‌های جدید قابل استفاده است ولی توصیه نمی‌شود.

ه) اختلاط عمیق خاک

روش اختلاط عمیق خاک (DSM¹) یکی از گزینه‌های پیش رو در بهسازی بدنه خاکریزهای موجود و جدید می‌باشد. اجرای این روش در نواحی کناری خاکریزها موجب گسیختگی خاکریز و وارد شدن دوغاب به منطقه هورالعظیم می‌شود که مشکلات زیست محیطی و سازه‌ای را به دنبال خواهد داشت. این روش بهتر است به عنوان یک روش تقویتی در اصلاح خاکریزهای موجود و آسیب دیده مورد استفاده قرار گیرد. بکارگیری این روش با توجه به هزینه بالای آن، به طور گسترده به عنوان یک تکنیک اصلی در خاکریزها توصیه نمی‌شود. البته برای کارهای تعمیراتی در طول‌های محدود و شرایط خاص می‌توان از آن استفاده کرد.

و) جت گروتینگ^۲

روش جت گروتینگ نیز یکی از روش‌های مشابه اختلاط عمیق می‌باشد که هزینه‌ای بیشتر از این روش دارد. همچنین پیمانکاران تخصصی این روش نیز محدودتر از روش فوق‌الذکر هستند. از نظر فنی، پارامترهای مهم در کارایی روش جت گروتینگ شامل دانه

¹ Deep Soil Mixing

² Jet Grouting

بندی خاک، میزان تخلخل، پلاستیسیته خاک ریزدانه و تراز آب زیرسطحی می‌باشد. با توجه به شرایط خاک خاکریزهای منطقه این روش به دلیل موارد زیر قابلیت استفاده ندارد:

- با توجه به اینکه عمده خاک منطقه ریزدانه است و تراز آب بالا است، جهت حصول ستون‌هایی با قطر و مقاومت بالا لازم است از طرح‌های اختلاط و تکنیک‌های خاص استفاده کرد، که این کار موجب افزایش هزینه‌ها می‌شود.
- مناسب بودن این روش با توجه به کوتاه بودن خاکریزها مورد تردید است.
- اجرای این روش در نواحی کناری خاکریزها موجب گسیختگی خاکریز و وارد شدن دوغاب به منطقه هورالعظیم می‌شود که مشکلات زیست محیطی و سازه‌ای را به دنبال خواهد داشت.

ز) ستون شنی^۱

روش ستون شنی یکی از روش‌های بهسازی بدنه خاکریزها با رویه اجرایی آسان می‌باشد. اگر چه ستون شنی در خاک‌های رسی اشباع به کار می‌رود ولی اولاً اجرای این روش در نواحی کناری خاکریز و نزدیک به جداره موجب گسیختگی بدنه می‌شود؛ ثانیاً اجرای این روش مستلزم گذشت زمان طولانی جهت استهلاک فشار آب حفره‌ای و انتقال بار وارده به خاک است و ثالثاً نیاز به تامین حجم زیادی از مصالح سنگی را دارد که در نتیجه هزینه آن زیاد خواهد شد. بنابراین این روش در منطقه هورالعظیم با توجه به دلایلی که ذکر شد قابلیت استفاده دارد ولی توصیه نمی‌شود.

ح) شمع

استفاده از شمع نیز یکی از گزینه‌های پیش رو برای بهبود باربری سازه‌ها در مناطق با بستر سست می‌باشد. بکارگیری این روش با توجه به هزینه بالای ساخت شمع، همانند سایر روش‌های بهسازی ستونی، به طور گسترده به عنوان یک تکنیک اصلی در خاکریزها توصیه نمی‌شود. البته برای کارهای تعمیراتی در طول‌های محدود و شرایط خاص می‌توان از شمع‌ها استفاده کرد.

ط) ریزشمع

ریزشمع‌ها یا میکروپایل^۲ یکی از روش‌های مناسب در بهسازی‌ها سازه‌ها هستند. این روش از پرکاربردترین روش‌های تقویت باربری سازه‌های موجود می‌باشد.

در منطقه هورالعظیم با توجه به وسعت منطقه و مقیاس بزرگ بکارگیری روش‌ها استفاده از ریزشمع‌ها از منظر اقتصادی بهینه نمی‌باشد و بهتر است از روش‌های با هزینه کمتر بهره گرفت.

^۱ Stone Columns

^۲ Micro-Pile

ی) تراکم دینامیکی^۱ و جایگزینی دینامیکی^۲

روش‌های تراکم دینامیکی و جایگزینی دینامیکی نیز با توجه به تراز بالای آب و نوع خاک غالب منطقه که از نوع رس با نفوذپذیری کم می‌باشد و همچنین مشکلات ناشی از اجرای این روش در نواحی کناری خاکریز، برای بهسازی بدنه خاکریزها توصیه نمی‌شود. اگر چه می‌توان روش جایگزینی دینامیکی را در خاک‌های رسی اشباع به کار گرفت ولی اولاً اجرای این روش در نواحی کناری خاکریز و نزدیک به جداره موجب گسیختگی بدنه می‌شود؛ ثانیاً اجرای این روش مستلزم گذشت زمان طولانی جهت استهلاک فشار آب حفره‌ای و انتقال بار وارده به خاک است؛ و ثالثاً نیاز به تامین حجم زیادی از مصالح سنگی را دارد که در نتیجه هزینه آن زیاد خواهد شد. بنابراین این روش‌ها در منطقه هورالعظیم با توجه به دلایلی که ذکر شد کارآیی لازم نداشته و قابل استفاده نیست. قابلیت استفاده هر یک از روش‌های ذکر در بالا در منطقه هورالعظیم در جدول ۱-۸ ارائه شده است.

جدول ۱-۸ ارزیابی روش‌های مختلف بهسازی و تثبیت بدنه خاکریز در منطقه هورالعظیم

ملاحظات	قابلیت استفاده در منطقه هورالعظیم		روش بهسازی
	سازه‌های جدید	سازه‌های موجود	
به دلیل مشکلات زیست محیطی استفاده از این روش‌ها در زیر سطح آب ممکن نیست.	قابلیت استفاده دارد	قابلیت استفاده دارد	تثبیت خاک با مواد افزودنی
وجود منابع قرضه مناسب در منطقه	قابلیت استفاده دارد	قابلیت استفاده دارد	اختلاط رس با مصالح دانه‌ای
نیاز به قرضه برای احداث خاکریز هزینه و زمان قابل توجه	قابلیت استفاده دارد	قابلیت استفاده ندارد	پیش بارگذاری
نیاز به مصالح سنگی زیاد هزینه بالا	قابلیت استفاده دارد	قابلیت استفاده ندارد	اجرای بدنه خاکریز با مصالح سنگی
مشکلات زیست محیطی ناشی از ورود دوغاب به آب هزینه بالا-نیاز به تجهیزات پیشرفته	قابلیت استفاده دارد	قابلیت استفاده دارد	اختلاط عمیق خاک
وجود نداشتن ترک‌های ابتدایی امکان نشست دوغاب به آب در فشارهای بالا	قابلیت استفاده ندارد	قابلیت استفاده ندارد	تزریق شکست هیدرولیکی
اجرا نشدن در خاک رس امکان نشست دوغاب به آب در فشارهای بالا	قابلیت استفاده ندارد	قابلیت استفاده ندارد	تزریق تراکمی
مشکلات زیست محیطی ناشی از ورود دوغاب به آب هزینه بالا - نیاز به تجهیزات پیشرفته	قابلیت استفاده ندارد	قابلیت استفاده ندارد	جت گروتینگ
اجرا نشدن در نواحی کناری خاکریز هزینه بالا-زمان طولانی	قابلیت استفاده دارد	قابلیت استفاده دارد	ستون شنی
هزینه بالا	قابلیت استفاده دارد	قابلیت استفاده دارد	شمع
هزینه بالا	قابلیت استفاده دارد	قابلیت استفاده دارد	ریزشمع
اجرا نشدن در نواحی کناری خاکریز	قابلیت استفاده ندارد	قابلیت استفاده ندارد	تراکم دینامیکی
اجرا نشدن در نواحی کناری خاکریز هزینه بالا - زمان طولانی	قابلیت استفاده ندارد	قابلیت استفاده ندارد	جایگزینی دینامیکی

¹ Dynamic Compaction

² Dynamic Replacement

۸-۳- بهسازی و حفاظت سطحی شیروانی خاکریز

در این بخش به بررسی فنی و اقتصادی روش‌های بهسازی و تثبیت شیروانی خاکریزهای جاده‌ها در منطقه هورالعظیم پرداخته می‌شود.

الف) ریپرپ^۱

حفاظت سطحی شیروانی خاکریزها به کمک ریپرپ متشکل از مصالح سنگی به همراه فیلتر دانه‌ای مناسب‌ترین گزینه از نظر کارایی و دوام متناسب با شرایط منطقه هورالعظیم می‌باشد. با توجه به کمبود مصالح سنگی در منطقه هورالعظیم و نیاز به حمل با فاصله زیاد این گزینه می‌بایست از منظر اقتصادی مورد بررسی قرار گیرد.

ب) ژئوبگ^۲

استفاده از ژئوبگ‌ها به عنوان روش حفاظت شیروانی خاکریزها با توجه به اینکه به مصالح سنگی نیاز ندارند، یکی از گزینه‌های قابل بررسی در منطقه هورالعظیم می‌باشد. در ژئوبگ‌ها مصالح پرکننده می‌تواند از نوع مصالح دانه‌ای باشد که دوام آن‌ها برای استفاده در منطقه برای شرایط شدید آب و هوایی پایین است و همچنین می‌توان از دوغاب در داخل ژئوبگ‌ها استفاده کرد که ممکن است دوغاب به داخل آب نشت کند و مشکلات زیست محیطی به وجود آید. عامل مهم دیگری که می‌بایست در بررسی ژئوبگ‌ها مدنظر قرار گیرد عدم دسترسی به آنها در منطقه هورالعظیم می‌باشد. بنابراین این روش در منطقه هورالعظیم با توجه به دلایل فوق‌الذکر در منطقه هورالعظیم قابل استفاده نمی‌باشد.

ج) پوشش گیاهی

استفاده از پوشش گیاهی به عنوان روش حفاظت شیروانی خاکریزها به علت صعوبت اجرایی در زیرسطح آب نمی‌تواند به عنوان گزینه و رویه کلی در نظر گرفته شود و دارای کاربرد محدودی بالای سطح آب می‌باشد. همچنین به دلیل شوری آب در حوضچه‌های شماره ۳ و ۴ و ۵ هورالعظیم امکان رشد گیاه وجود ندارد. پوشش گیاهی با توجه به شرایط محیطی تحت تاثیر خشکسالی‌ها و سایر عوامل آب و هوایی قرار می‌گیرد و نیازمند مطالعات زمان‌بر از منظر زیست محیطی می‌باشد. بکارگیری این روش به عنوان یک تکنیک اصلی در خاکریزها قایل استفاده نمی‌باشد.

د) لحاف بتنی^۳

لحاف بتنی نیز همانند ژئوبگ‌ها یکی از مصالحی است که در منطقه هورالعظیم قابل تهیه نمی‌باشد و نیازمند خریداری از مناطق دورتر و انتقال به این منطقه می‌باشد. این مصالح دوام مناسبی در برابر شرایط شدید آب و هوایی منطقه نداشته و می‌بایست از مصالح پرکننده مناسب با دوام بیشتر در آنها استفاده نمود. در این روش نیز در صورت استفاده از دوغاب و بتن، ممکن است دوغاب به داخل

¹ Riprap

² Geobag

³ Concrete Mattresses

آب نشت کند و مشکلات زیست محیطی به وجود آید. بنابراین این روش در منطقه هورالعظیم با توجه به دلایلی که ذکر شد قابل استفاده نمی‌باشد.

ه) گابیون^۱

گابیون‌ها یکی دیگر از گزینه‌های حفاظت شیروانی خاکریزها در منطقه هورالعظیم می‌باشند. این روش با توجه به نیاز به مصالح سنگی و عدم دسترسی به آنها در فاصله نزدیک نیازمند تغییراتی در رویه اجرایی می‌باشد. شاید استفاده از توری‌های سیمی که می‌تواند منجر به بکارگیری مصالح ریزتر در آنها شود یکی از راهکارهای مناسب با توجه به شرایط منطقه می‌باشد.

و) روش‌های دیگر

روش‌های دیگری همچون استفاده از نیل و شاتکریت، دال بتنی و اجرای ستون‌های اختلاط عمیق (DSM) نیز می‌توانند به عنوان روش‌های بهسازی جدار خاکریزها مورد بررسی قرار گیرند. روش نیل و شاتکریت با توجه به شرایط شدید آب و هوایی منطقه هورالعظیم و خوردگی بالای محیط قابلیت کارایی درازمدت در منطقه را ندارد. علاوه بر این استفاده از روش مذکور هزینه بالایی را در پی خواهد داشت. روش دال بتنی که یکی از بهترین گزینه‌ها از نظر دوام برای حفاظت شیروانی خاکریزها می‌باشد به علت هزینه بالا و گستردگی منطقه توجیه اقتصادی ندارد مگر اینکه برای کارهای تعمیراتی در طول‌های محدود و شرایط خاص مورد استفاده قرار گیرد. همچنین استفاده از ستون‌های اختلاط عمیق با توجه به صعوبت اجرایی زیاد در پای شیب‌ها داخل آب و هزینه بالا نیز همانند روش‌های قبلی کارایی مناسبی را در منطقه هورالعظیم نخواهد داشت مگر اینکه برای کارهای تعمیراتی در طول‌های محدود و شرایط خاص مورد استفاده قرار گیرد.

قابلیت استفاده هر یک از روش‌های ذکر در بالا در منطقه هورالعظیم در جدول ۲-۸ ارائه شده است.

جدول ۲-۸ ارزیابی روش‌های مختلف بهسازی و تثبیت شیروانی خاکریز در منطقه هورالعظیم

ملاحظات	قابلیت استفاده در منطقه هورالعظیم		روش بهسازی
	سازه‌های جدید	سازه‌های موجود	
گزینه مناسب از منظر اقتصادی	قابلیت استفاده دارد	قابلیت استفاده دارد	پوشش ریپرپ
مشکلات زیست محیطی ناشی از ورود دوغاب به آب هزینه بالا	قابلیت استفاده ندارد	قابلیت استفاده ندارد	ژئوبگ
نامناسب به دلیل شوری آب	قابلیت استفاده ندارد	قابلیت استفاده ندارد	پوشش گیاهی
مشکلات زیست محیطی ناشی از ورود دوغاب به آب هزینه بالا	قابلیت استفاده ندارد	قابلیت استفاده ندارد	لحاف بتنی
هزینه بالا	قابلیت استفاده دارد	قابلیت استفاده دارد	گابیون

¹ Gabion

فصل نهم

روش‌های نامطلوب زیست

محیطی در احداث بدنه و

حفاظت شیروانی خاکریز

فصل نهم - روش‌های نامطلوب زیست محیطی در احداث بدنه و حفاظت شیروانی خاکریز

۹-۱ - مقدمه

برخی روش‌های احداث بدنه خاکریز و حفاظت سطحی آن مثل استفاده آهک و سیمان با ملاحظات زیست محیطی همراه است و نمی‌توان آنها را به صورت گسترده استفاده کرد بنابراین این فصل به این روش‌ها اختصاص دارد. به بیان دیگر، این فصل به بررسی روش‌های اجرایی خاکریز که از نظر زیست محیطی در منطقه هورالعظیم به صورت گسترده قابل اجرا نیست اختصاص دارد. اجرای معمول این روش‌ها باعث آسیب به محیط زیست منطقه هورالعظیم می‌شود و توصیه می‌گردد از این روش‌ها استفاده نگردد. این روش‌ها به دو بخش احداث بدنه و حفاظت سطحی خاکریز تقسیم می‌شوند.

۹-۲ - اهمیت بررسی ملاحظات زیست محیطی در پروژه‌های منطقه هورالعظیم

تالاب هورالعظیم از وسیع‌ترین تالاب‌های کشور است که مساحتی در حدود ۱۲۰ هزار هکتار را دارا می‌باشد. این تالاب از آب رود کرخه تغذیه می‌کند و دارای گونه‌های مختلف گیاهی و جانوری است. از جمله پوشش‌های گیاهی طبیعی در منطقه نیزارها می‌باشند که سراسر تالاب هورالعظیم با نی پوشیده شده است. گیاهان کفزی تالاب شامل نی، جگن (چولان)، لوتی، بردی و تره تیزک است. گیاهان شناور در تالاب گونه‌هایی از گیاهان هستند که ریشه در آب داشته، به صورت شناور در سطح یا بخشی از آب زندگی می‌کنند، که شامل گیاهان قهوه‌ای سبزینه‌دار و تیره گل میمونیان است. گیاهان سواحل تالاب که در مجموع گیاهانی که در خشکی‌های اطراف و سواحل تالاب هستند را در بر می‌گیرند شامل کاکله، کاهوی وحشی و سورمه صحرائی می‌باشند.

از جمله جانوران موجود در منطقه می‌توان به گاو میش اشاره کرد که به صورت اهلی و در نواحی ساحلی تالاب دیده می‌شوند و تأثیرات عمیقی بر روی ساختار زندگی انسانی دارد و حائز اهمیت است. از سایر پستانداران تالاب می‌توان به گراز، سگ آبی و خفاش اشاره نمود. بیش از ۱۲ گونه ماهی در این تالاب زیست می‌کنند که شامل بنی، عنزه، گتان، حمری، شلج، امور، برزم، بیاح و کپور نقره‌ای است. تالاب هورالعظیم از مهمترین زیستگاه‌های پرندگان مهاجر است. این تالاب با ۶۱ گونه پرنده، بیشترین تنوع گونه‌های

پرنندگان را به خود اختصاص داده است و بیشترین تنوع گونه‌ها مربوط به مرغابی سانان همچون خوتکا، اردک سرسبز، اردک سرخنایی و سیاه کاکل‌ها می‌شود. این تالاب محل زمستان‌گذرانی بسیاری از پرنندگان آبی و کنار آبی از قبیل اردک‌ها، غاز خاکستری، چنگر، انواع آبچلیک و غیره می‌باشد. ۵ گونه کمیاب پرنندگان تالاب عبارتند از میوه خور، اکراس آفریقایی، عروس‌غاز، غاز پیشانی سفید کوچک و اردک مرمری.

همچنین این تالاب مزایای دیگری از جمله تعدیل آب و هوا، کنترل سیلاب و جلوگیری از گرد و غبار منطقه را دارد. این موارد حاکی از اهمیت بالای زیست محیطی منطقه هورالعظیم دارد و بایستی در محافظت از آن به خصوص در حین عملیات احداث جاده و میادین نفتی، ملاحظات زیست محیطی رعایت شود. در ادامه روش‌هایی که از نظر زیست محیطی در منطقه قابل اجرا نیستند و احتمال آسیب به تالاب هورالعظیم را دارد بیان می‌شود.

۹-۳- تثبیت با سیمان (احداث بدنه خاکریز بالاتر از رقوم تراز سیلاب)

این روش در جهت بهبود ویژگی‌های خاک با استفاده با اختلاط با سیمان است. افزودن سیمان به خاک باعث افزایش مقاومت، کاهش نفوذپذیری و بهبود کارایی خاک می‌شود. در این روش به دلیل استفاده از سیمان و ورود آن به خاک و آب منطقه هورالعظیم، باید ملاحظات زیست محیطی این روش در نظر گرفته شود. روش اختلاط فقط باید برای بخش خاکریز بالای رقوم سیلاب بکارگیری شود و ملاحظات زیست محیطی در نظر گرفته شود تا سیمان به هیچ وجه وارد آب هورالعظیم نشود.

۹-۳-۱- ملاحظات طراحی تثبیت با سیمان

طراحی تثبیت خاک با سیمان یک موضوع قدیمی است و دستورالعمل‌هایی برای آن وجود دارد. بر اساس پژوهش‌ها و تجربیات گذشته، اختلاط رس با ۵ تا ۱۵ درصد سیمان می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. در اینجا ملاحظات کلی در طرح تثبیت خاک با سیمان و تعیین درصد اختلاط در هر پروژه ارائه می‌گردد:

- برای انتخاب درصد سیمان مناسب برای اختلاط، ابتدا لازم است با انجام آزمایش CBR یا تک‌محوری بر روی نمونه‌هایی با درصدهای مختلف سیمان، کم‌ترین درصدهایی که موجب حداقل مقاومت فشاری تک‌محوری مطابق الزامات نشریه ۲۶۸ سازمان مدیریت و برنامه ریزی (معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، ۱۳۹۰) کشور می‌شود را به عنوان درصد اختلاط انتخاب کرد.
- آزمایش مقاومت فشاری تک‌محوری بهترین روش آزمایش برای ارزیابی مقاومت فشاری خاک‌های تثبیت شده منطقه با سیمان است. نحوه ساخت و عمل آوردن و همچنین انجام آزمایش فشاری تک‌محوری بر روی نمونه‌های آماده شده در دستورالعمل ASTM D1632 (ASTM, 2017) و ASTM D1633 (ASTM, 2017) تشریح شده است.
- درصد سیمان لازم برای تثبیت خاک‌ها بستگی به دانه بندی، خواص خمیری و درصد ریزدانه خاک دارد. هر اندازه درصد ریزدانه بیشتر و یا خاک خمیری‌تر باشد درصد سیمان بیشتری برای انجام عمل تثبیت لازم است. جدول ۱-۹ حدود درصدهای مناسب سیمان را برای خاک‌های مختلف بر اساس رده بندی آشتو و یونیفاید نشان می‌دهد که می‌توان بر

اساس نوع خاک شناسایی شده محل مورد نظر در منطقه هورالعظیم از آن استفاده کرد. اطلاعات بیشتر در این خصوص و الزامات انتخاب سیمان مناسب را می‌توان در نشریه شماره ۲۶۸ (معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، ۱۳۹۰) یافت.

جدول ۱-۹ درصد‌های وزنی مناسب سیمان برای تثبیت انواع خاک‌ها (معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، ۱۳۹۰)

گروه آشتو	گروه یونیفاید	حدود درصد وزنی سیمان
A-۱-a	GW, GP, GM, SW, SP, SM	۵
A-۱-b	GP, GM, SP, SM	۶
A-۲	GM, GC, SM, SC	۷
A-۳	SP	۹
A-۴	ML, CL	۱۰
A-۵	ML, MH, CH	۱۰
A-۶	CL, CH	۱۲
A-۷	ML, CH	۱۳

- در ادامه حداقل سه درصد اختلاط مختلف (درصدی که موجب بیشترین مقاومت می‌شود) به ترتیب الویت انتخاب شود تا مورد آزمایش‌های تکمیلی در آزمایشگاه قرار گیرد. این درصد‌های اختلاط در ابتدای مراحل اجرا برای اجرای خاکریزهای آزمایشی به کار خواهد رفت.
- پس از انتخاب درصد اختلاط‌های مناسب لازم است با انجام آزمایش برش مستقیم، تک‌محوری یا سه‌محوری بر روی نمونه ساخته شده با درصد تراکم‌های ۷۰ الی ۱۰۰ درصد، پارامترهای ژئوتکنیکی اولیه شامل چسبندگی، زاویه اصطکاک و متغیرهای تحکیم خاک بدست آید.
- مقادیر پارامترهای به دست آمده در گام قبل نشانگر پارامترهای خاکریز در بالا و زیر سطح آب است. حصول تراکم حداقل ۹۰ درصد در بالای سطح آب در نشریه ۱۰۱ (معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، ۱۳۹۲) الزام شده است.
- فرآیند اجرای خاکریزی در آب پیچیده است و لذا اجرای خاکریز آزمایشی که متعاقباً در بخش بعدی تشریح می‌شود ضروری است. البته انجام آزمایش بارش خاک در استوانه‌های آب می‌تواند اطلاعات مفیدی ارائه دهد. نتایج و روش آزمایش بارش در این گزارش تشریح شده است.
- اجرای خاکریز آزمایشی در مراحل طراحی بر اجرای آن در شروع عملیات اجرایی الویت دارد زیرا بدین ترتیب بازطراحی و تدقیق طرح می‌تواند قبل از عملیات اجرایی صورت پذیرد. اما چنانچه امکان انجام آن در هنگام طراحی نباشد، باید در ابتدای اجرا صورت گیرد. البته در این صورت لازم است اولاً طراح تلاش کند که پارامترهای خاک را با استفاده از آزمایش‌های آزمایشگاهی چنان تعیین کند که تفاوت آنها با پارامترهای حاصل از خاکریز آزمایشی چنان کم باشد که تغییرات قراردادی زیادی در پروژه ایجاد نشود. ثانیاً در صورت عدم اجرای خاکریز آزمایشی در هنگام طراحی لازم است

کارفرما تبعات تغییر احجام قراردادی مربوط به تفاوت پارامترهای خاکریز آزمایشی و پارامترهای حاصل از آزمایش‌ها را در نوع قرارداد منعقد با پیمانکار پیش‌بینی کند.

- برای خاکریز در زیر سطح آب پیشنهاد می‌شود مقادیر پارامترهای خاک بر اساس آزمایش‌های فوق‌الذکر و با قضاوت در مورد درصد تراکم خاکریز تعیین شود. این درصد تراکم بعداً با اجرای خاکریز آزمایشی تدقیق می‌گردد.
- پس از انتخاب پارامترهای خاک باید با ساخت مدل تعادل حدی و اجزاء محدود، ضریب اطمینان و نشست خاکریز کنترل شود تا معیارهای نشست مجاز یا ضریب اطمینان تامین شود.

۹-۴- تثبیت خاک با آهک (احداث بدنه خاکریز بالاتر از رقوم تراز سیلاب)

این روش در جهت بهبود ویژگی‌های خاک با استفاده با اختلاط با آهک است. افزودن آهک به خاک باعث افزایش مقاومت، کاهش نفوذپذیری و بهبود کارایی خاک می‌شود. در این روش به دلیل استفاده از آهک و ورود آن به خاک و آب منطقه هورالظیم، باید ملاحظات زیست محیطی این روش در نظر گرفته شود. روش تثبیت فقط باید برای بخش خاکریز بالای رقوم سیلاب به کار گیری شود و ملاحظات زیست محیطی در نظر گرفته شود تا آهک به هیچ وجه وارد آب هورالظیم نشود.

ماده اولیه برای تولید آهک سنگ آهک ($CaCO_3$) است. آهک از طریق فرآیندی به نام تکلیس از سنگ آهک به دست می‌آید. حرارت دادن سنگ آهک تا دمای حدود ۹۰۰ درجه سانتیگراد در مجاورت هوا برای به دست آوردن آهک به عنوان تکلیس شناخته می‌شود. آهک زنده (CaO) یا خام تولید شده توسط این فرآیند بسیار ناپایدار است و اگر در معرض قرار گیرد با دی اکسید کربن موجود در جو واکنش داده و دوباره به کربنات کلسیم تبدیل می‌شود. برای جلوگیری از این امر، تثبیت آهک زنده باید انجام شود، که با پاشیدن آب روی آهک زنده به دست می‌آید. در فرآیند شکفتن آهک که یک واکنش گرمازا است، آهک زنده به آهک شکفته یا کلسیم هیدروکسید ($Ca(OH)_2$) تبدیل می‌شود که به صورت پودر است. آهک شکفته شده تولید شده از الک IS 3.5 رد می‌شود و برای مصارف مختلف ساختمانی مانند ساخت ملات، بتونه آهک و غیره استفاده می‌شود.

تثبیت خاک با آهک سبب بهبود کیفیت و مشخصات فنی خاک و تسریع در انجام عملیات راهسازی در منطقه می‌شود. تجربه نشان داده است که افزودن آهک به خاک‌های ریزدانه مرطوب نه تنها موجب بروز چندین واکنش شیمیایی بین خاک و آهک می‌شود بلکه باعث می‌شود که مخلوط تولید شده دارای مقاومت باربری بیشتر، قابلیت تراکم و جابه‌جایی بهتر و درصد انقباض و خاصیت خمیری کمتری نسبت به خاک طبیعی اولیه باشد.

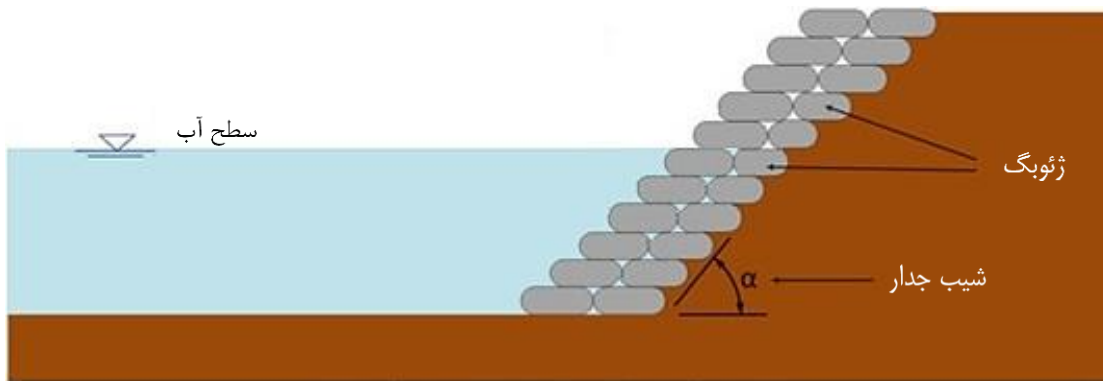
آهک اصولاً برای تثبیت خاک‌های رسی خیلی خمیری ($PI > 35$) مناسب‌تر است و اثر آن در خاک‌هایی که مقدار ریزدانه آنها کم است، کمتر است. در ضمن آهک برای تثبیت خاک‌هایی که حاوی مقدار زیادی مواد آلی هستند مناسب نیست. به طور کلی خاک‌هایی که در طبقه‌بندی یونیفاید در گروه‌های CH، CL، MH، SC، SM، GC، SW-SC، SP-SC، SM-SC، GW-GC، GP-GM-GC، GC و یا در طبقه بندی آشتو در گروه‌های ۲-۶-A، ۷-A، ۶-A، ۵-A، ۴-A و ۲-A قرار دارند قابلیت تثبیت شدن با آهک را دارا هستند.

۹-۴-۱- طراحی تثبیت با آهک

بعضی از محققین پیشنهاد کرده‌اند که برای تثبیت رس‌های لای‌دار با آهک، بین ۳ تا ۴ درصد آهک و برای تثبیت رس‌های سنگین (پرمايه) و خیلی سنگین با آهک، بین ۳ تا ۸ درصد آهک مورد استفاده قرار گیرد. نکات ذکر شده برای روش تثبیت با سیمان در بخش ۹-۲ برای تثبیت با آهک نیز باید مورد توجه قرار گیرد. همچنین لازم است الزامات ارائه شده در نشریه ۲۶۸ سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور (معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، ۱۳۹۰) نیز رعایت شود.

۹-۵- ژئوبگ (حفاظت سطحی شیروانی خاکریز)

ژئوبگ‌ها کیسه‌هایی از جنس ژئوتکستایل هستند که داخل آن‌ها با مواد ماسه‌ای پر شده است. در بسیاری از مواقع سیمان به ماسه اضافه می‌گردد. لذا با محدودیت‌های زیست محیطی در هورالعظیم مواجه است لذا در صورت اضافه شدن سیمان به آن قابل اجرا نمی‌باشد مگر اینکه ژئوبگ با مخلوط سیمان و ماسه قبلاً بیرون از هورالعظیم خشک و سیمان سفت شده باشد و بعداً خود ژئوبگ به منطقه با جرثقیل منتقل شود. از همین رو این روش عملاً قابل اجرا نمی‌باشد. از ژئوبگ‌ها به دلیل مقاومت کششی بالایی ژئوتکستایل، برای محافظت شیب سازه‌های ساحلی که در معرض موج قرار دارند، استفاده می‌شود. با پر کردن این کیسه‌ها از ملات می‌توان مقاومت آن‌ها را در برابر امواج افزایش داد. استفاده از روش ژئوبگ برای محافظت جداره در شکل ۹-۱ نشان داده شده است



شکل ۹-۱ استفاده از روش ژئوبگ در حفاظت از شیروانی خاکریز

۹-۵-۱- ابعاد ژئوبگ‌ها

ضخامت لایه ژئوبگ بر اساس رابطه هادسون برای پایداری هیدرولیکی ژئوبگ‌ها به صورت رابطه زیر محاسبه گردد (Breteler et al., 1999):

$$H_s = \frac{2.5}{\sqrt{\xi_0}} \Delta D \quad (9-1)$$

که در آن:

H_s ارتفاع موج شاخص،

$$\Delta \text{ دانسیته نسبی ژئوبگ،}$$

$$D \text{ ضخامت میانگین ژئوبگ،}$$

$$\xi_0 = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{H_s / (1.56 T_p^2)}} \text{ پارامتر بالاروی،}$$

$$T_p \text{ دوره موج در پیک طیف و}$$

$$\alpha \text{ شیب جدار است.}$$

بایستی ضخامت به دست آمده از رابطه بالا با نمودارهای شکل ۲-۹ کنترل شود. این نمودارها اساساً برای ژئوبگ‌های پر از بتن ارائه شده‌اند ولی برای ژئوبگ‌های پر شده از ماسه به دلیل یکپارچگی و سختی کمتر سیستم، باید حداکثر ارتفاع موج مجاز استفاده شده در این نمودارها، به ضریب ۱/۱ تقسیم شود. در این نمودارها ارتفاع موج مجاز در برابر ضخامت لایه بالایی برای یک شیب موج معین (S_{op}) رسم شده است. مقدار شیب موج (S_{op}) بر اساس رابطه (۲-۹) محاسبه می‌شود (Breteler et al., 1999).

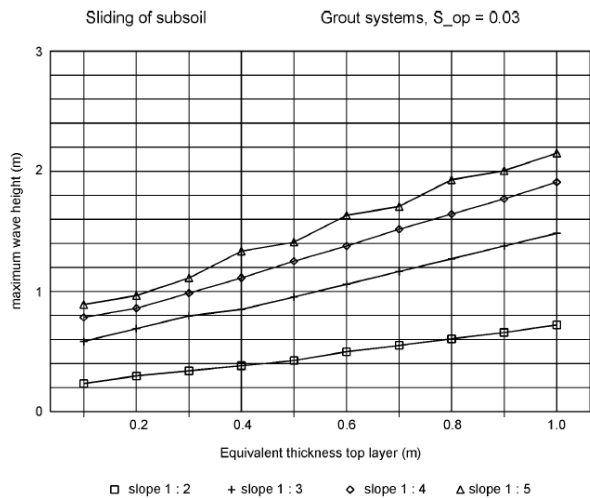
$$S_{op} = \frac{2\pi H_s}{g T_p^2} \quad (۲-۹)$$

۹-۵-۲ - حفاظت از پنجه در روش ژئوبگ

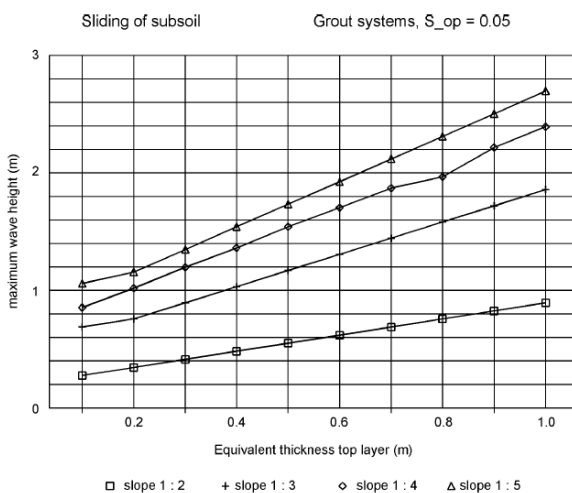
برای محافظت از پنجه در روش ژئوبگ می‌توان از روش‌ها و ابعاد گفته شده در جلد اول ضابطه استفاده کرد.

۹-۵-۳ - مشخصات فنی روش ژئوبگ

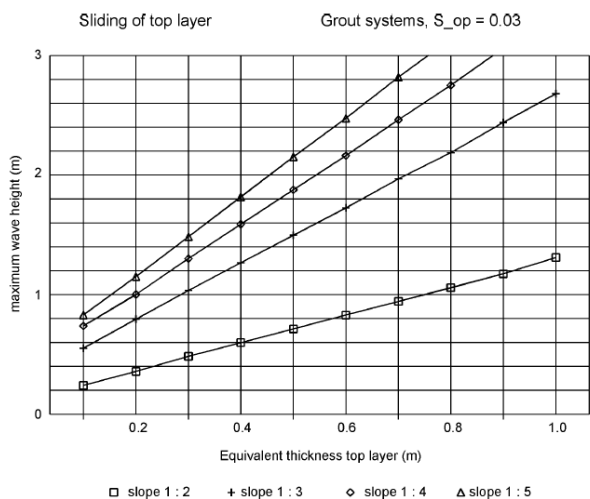
در این روش جنس کیسه‌ها باید از نوع پلی پروپیلن یا پلی استر با ضخامت ۵ میلی‌متر باشد. کیسه‌ها باید حجمی برابر با ۰/۷۵ متر مکعب و وزنی بیشتر از ۱۸ کیلوگرم داشته باشند. داخل کیسه‌ها از ماسه با d_{50} ۰/۱۵ تا ۰/۵ میلی‌متر استفاده و در حدود ۶۷ تا ۱۰۰ درصد ظرفیت کیسه‌ها با آن پر شوند. لازم است ژئوبگ‌ها با مخلوط ماسه بادی و سیمان با عیار 250 kg/cm^3 پر شوند. در اجرای این روش، از دو کیسه در ضخامت و با شیب ۱ به ۱/۵ استفاده شده و نحوه قرار گیری آن‌ها عمود بر جهت جریان باشد. قبل از شروع عملیات اجرا باید مشخصات فنی به همراه نمونه‌ای از محصول مورد نظر به مشاور ارسال و به تایید برسد.



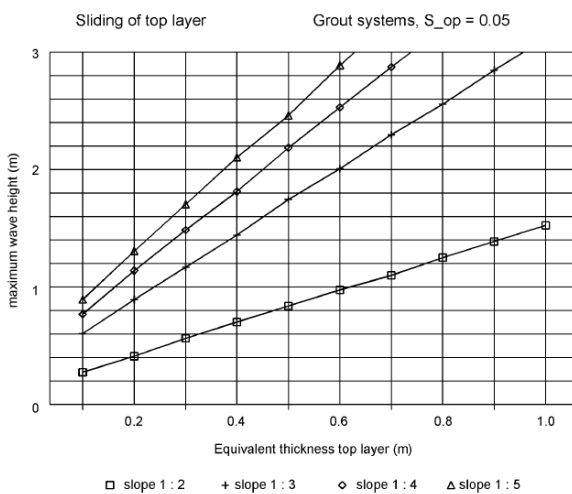
(ب) لغزش خاک زیرین ($S_{op} = 0.03$)



(الف) لغزش خاک زیرین ($S_{op} = 0.05$)

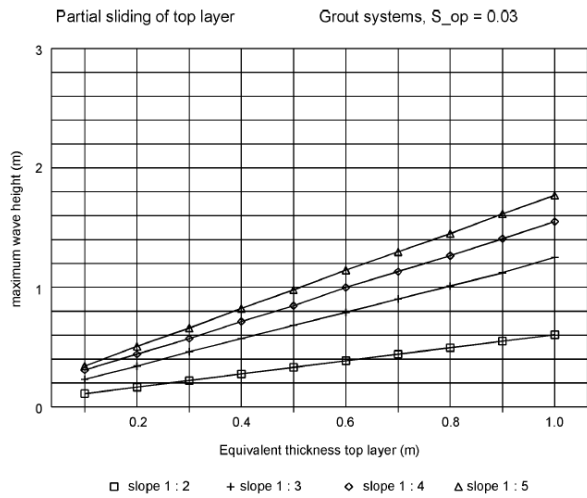


(ت) لغزش خاک رویین ($S_{op} = 0.03$)

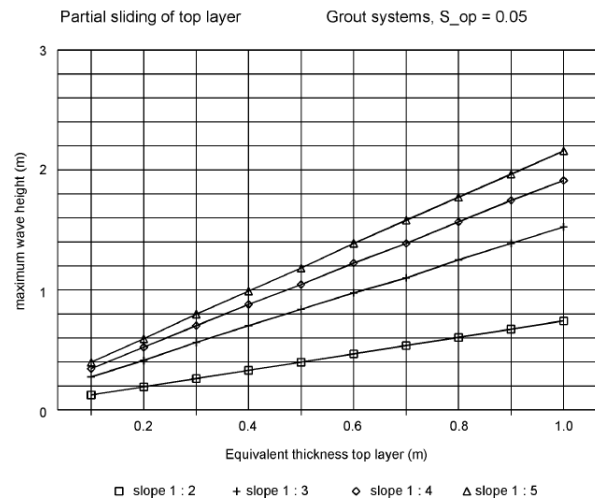


(پ) لغزش خاک رویین ($S_{op} = 0.05$)

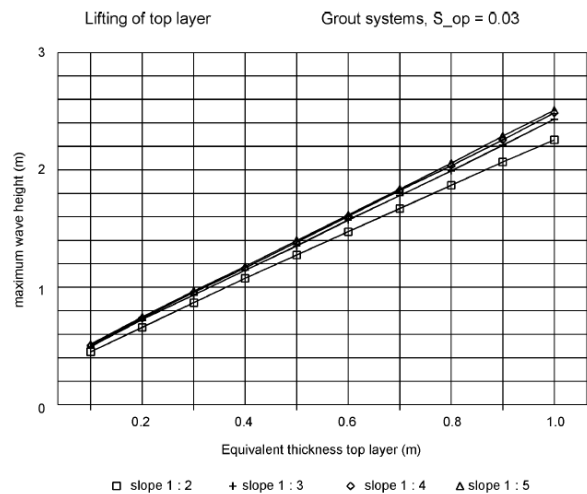
شکل ۹-۲ نمودارهای طراحی برای کنترل ضخامت ژئوبگ (Breteler et al., 1999)



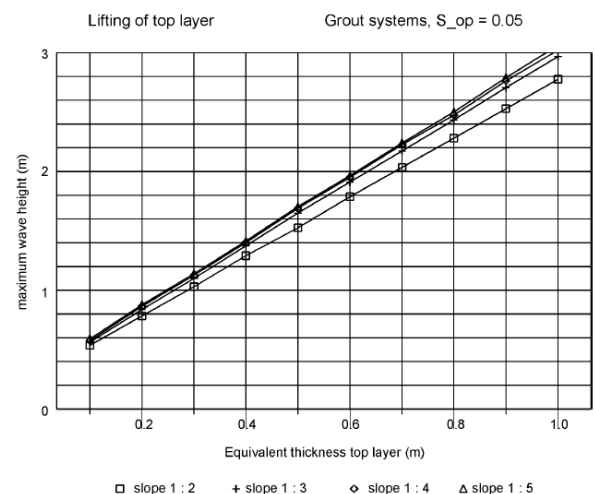
(ج) لغزش جزئی خاک رویین ($S_{op} = 0.03$)



(ث) لغزش جزئی خاک رویین ($S_{op} = 0.05$)



(خ) کشش خاک رویین ($S_{op} = 0.03$)

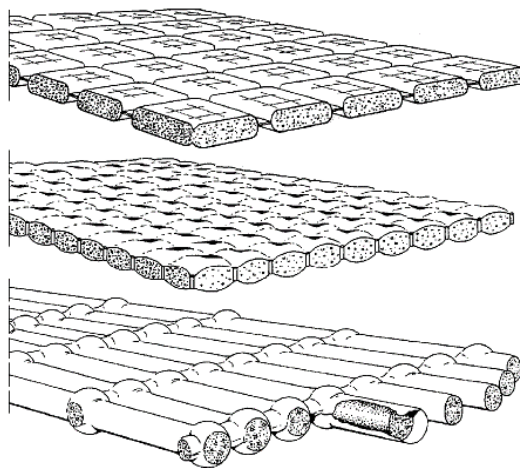


(ح) کشش خاک رویین ($S_{op} = 0.05$)

ادامه شکل ۲-۹ نمودارهای طراحی برای کنترل ضخامت ژئوبگ (Breteler et al., 1999)

۹-۶- لِحاف بتنی (حفاظت سطحی شیروانی خاکریز)

لِحاف بتنی مشابه ژئوبگ است ولی ابعاد بزرگی دارد. داخل لِحاف بتنی با بتن ریزدانه یا دوغاب سیمان پر می‌شود. لذا این مصالح نیز دارای محدودیت‌های زیست محیطی هستند و در هورالعظیم توصیه نمی‌گردد. زیرا دوغاب سیمان وارد آب می‌شود که به لحاظ زیست محیطی ممنوع است. لِحاف بتنی شامل دو لایه ژئوتکستایل به هم بافته شده و وصل شده با فیلترهای نقطه‌ای به هم است که با پمپاژ بتن ریزدانه یا دوغاب پر شده و به ضخامت مورد نیاز می‌رسد. انواع لِحاف بتنی متداول در پروژه‌های عمرانی در شکل ۳-۹ نشان داده شده است.



شکل ۹-۳ انواع لحاف بتنی (Breteler et al., 1999)

۹-۶-۱- تعیین ضخامت لحاف بتنی

ضخامت لحاف بتنی مطابق رابطه زیر محاسبه شود (Breteler et al., 1999):

$$H_s = \frac{F}{\xi_{op}^{2/3}} \Delta D \quad (9-3)$$

که در آن:

H_s ارتفاع موج شاخص،

F فاکتور پایداری،

$$\xi_{op} = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{H_s / (1.56 T_p^2)}}$$

Δ دانسیته نسبی (معمولاً برابر با ۱/۴)،

D ضخامت میانگین،

α شیب و

T_p دوره موج در پیک طیف است.

توصیه می‌شود تا از مقادیر زیر برای فاکتور پایداری استفاده شود:

- برای لحاف با نفوذپذیری پایین بر روی فیلتر دانه‌ای $F = 2.5$
- برای لحاف با نفوذپذیری پایین بر روی ماسه متراکم $F = 3.5$
- برای لحاف نفوذپذیر روی ماسه یا فیلتر ریز ($D_{f15} < 2 \text{ mm}$) $F = 4.0$

لازم است ضخامت به دست آمده از رابطه (۹-۳) با مقادیر به دست آمده از نمودارهای شکل ۹-۲ کنترل شود.

۹-۶-۲- حفاظت از پنجه در روش لحاف بتنی

برای محافظت از پنجه در روش لحاف بتنی می‌توان از روش‌ها و ابعاد گفته شده در جلد اول ضابطه استفاده کرد.

۹-۶-۳- مشخصات فنی روش لحاف بتنی

مشخصات فنی مورد نیاز برای لحاف بتنی باید مطابق جدول ۲-۹ باشد. لحاف باید به نحوی ساخته شود که بعد از پر شدن به ضخامت مورد نظر برسد. عرض رول لحاف باید حداقل دو متر باشد. تمام درزهای دوخته شده در کارخانه پس از اتمام پوشش باید رو به پایین و بر اساس ASTM 4884 (ASTM, 2014) مقاومتی بیش از ۱۶ کیلوگرم بر سانتی‌متر داشته باشند. تمام درزهای دوخته شده باید با استفاده از دو خط کوک استاندارد فدرال نوع ۴۰۱ ایالات متحده ساخته شوند. تمام کوک‌ها باید به طور همزمان دوخته شده و موازی یکدیگر باشند و از یکدیگر بین ۰/۲۵ تا ۰/۷۵ اینچ فاصله داشته باشند. هر ردیف دوخت باید از ۴ تا ۷۶ بخیه در اینچ تشکیل شود. نخ مورد استفاده باید از جنس نایلون و یا پلی استر باشد. خیاطی در محل فقط برای دوختن پنل‌های مونتاژ شده در کارخانه مجاز است. ضخامت نهایی لحاف بتنی بعد از پر شدن باید حداقل ۳۰ سانتی‌متر باشد.

قبل از جاگذاری لحاف بتنی سطح زیرین باید تا جای ممکن هموار و عاری از پستی و بلندی شده باشد و به تایید مشاور برسد. لحاف‌ها باید خشک و مرتب و به دور از اشعه فرابنفش نگهداری و بر اساس ASTM D4873 (ASTM, 2009) شماره‌گذاری شوند. گواهی تولید کننده مبنی بر رعایت الزامات مشخصات فنی بر اساس استانداردهای مذکور باید ارائه شود. این گواهی باید شامل نام و آدرس تولید کننده، نام کامل محصول و ترکیب الیاف باشد.

جدول ۲-۹ مشخصات فنی لحاف بتنی

مشخصات	واحد	روش آزمایش	خصوصیت
پلی استر یا نایلون	-	-	جنس
۰/۰۴	gr/cm ²	ASTM D5261	جرم (دو لایه)
۲	m	-	حداقل عرض رول
۷۰	kN/m	ASTM D4595	طولی
۷۰			عرضی
۲۰	%	ASTM D4995	طولی
۲۰			عرضی
۶۶۰	kN	ASTM D4533	طولی
۴۵۰			عرضی
۴۰	US std. sieve	ASTM D4751	اندازه ظاهری روزنه (AOS)

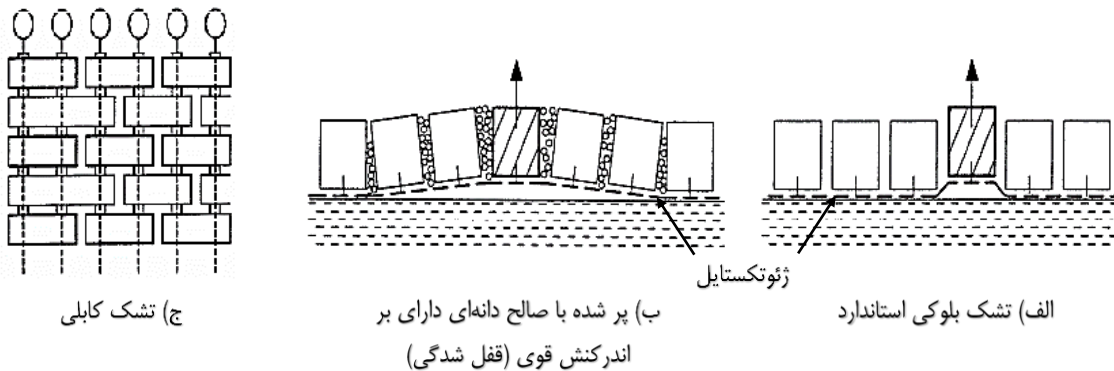
انطباق لحاف با مشخصات بر اساس ASTM D4759 است

اعداد ذکر شده حداقل میانگین مقادیر است. تعداد نمونه بر اساس ASTM D4354 است.

۹-۷- تشک بلوکی (حفاظت سطحی شیروانی خاکریز)

تشک بلوکی از تعدادی بلوک بتنی متصل به هم تشکیل شده است. چنانچه بتن تازه باشد یا در محل ساخته شود احتمال ورود سیمان به داخل هورالعظیم وجود دارد. اگر بلوک‌های بتنی از جای دیگر حمل شوند و عمر کافی قبل از نصب داشته باشند مشکلات زیست محیطی چندانی ندارند.

مطابق شکل ۹-۴ تشک بلوکی یک نوع پوشش جدار ساخته شده از بلوک‌های بتنی است که به یکدیگر متصل می‌شوند. اتصال داخلی آن‌ها ممکن است شامل کابل‌ها یا قلاب‌هایی باشد که بلوک‌ها را به هم متصل می‌کنند یا از یک ژئوتکستایل تشکیل شود که بلوک‌ها با گیره، چسب یا وسایل دیگر به آن متصل می‌شوند. فضاهای بین بلوک‌ها معمولاً با قلوه سنگ یا شن پر می‌شوند.



شکل ۹-۴ انواع تشک بلوکی (Breteler et al., 1999)

یکی از مزیت‌های مهم استفاده از تشک بلوکی، سرعت بالای اجرای آن در زیر آب است. تشک‌های بلوکی پایدارتر از مجموعه بلوک‌های جدا از هم هستند، زیرا یک قطعه را نمی‌توان در جهت عمود بر شیب بدون حرکت سایر قطعه‌های مجاور حرکت داد. البته تشک‌های بلوکی در لبه‌ها و گوشه‌ها آسیب پذیر هستند.

۹-۷-۱- تعیین ضخامت تشک بلوکی

مدل تحلیلی استفاده شده برای تعیین ضخامت تشک بلوکی بر اساس تئوری روکش‌های سنگی جاگذاری شده بر روی فیلتر دانه‌ای است و مطابق رابطه زیر است (Breteler et al., 1999):

$$H_s = F \xi_{op}^{-\frac{2}{3}} \Delta D \quad (9-4)$$

که در آن

H_s ارتفاع موج شاخص بر حسب متر،

F ضریب پایداری کل،

$$\xi_{op} = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{H_s / (1.56 T_p^2)}}$$

T_p دوره موج بر حسب ثانیه،

$$\Delta = (\rho_s - \rho) / \rho$$

D ضخامت تشک بلوکی است.

برای تعیین ضریب F برای بلوک‌های کابلی و بلوک‌های قرار گرفته بر روی ژئوتکستایل باید به ترتیب از جدول ۳-۹ و جدول ۴-۹ استفاده شود. در جدول ۴-۹ اصطلاحات مطلوب، عادی و نامطلوب به ترکیب فیلتر دانه‌ای و نسبت نفوذپذیری لایه بالایی و لایه

فیلتر اشاره دارد. در مورد فیلتر دانه‌ای ریز و لایه بالایی نسبتاً نفوذپذیر، ترکیب کل را می‌توان به عنوان "مطلوب" تعریف کرد. در مورد لایه دانه‌ای بسیار درشت و لایه بالایی با نفوذپذیری کمتر، ترکیب را می‌توان به عنوان "نامطلوب" تعریف کرد. در مورد بلوک‌های متصل به ژئوتکستایل و تشک‌های پر از بتن بر روی یک لایه فیلتر، ساختار معمولاً بین "نامطلوب" و "عادی" تعریف می‌شود و ضریب پایداری (F) برابر با ۳ تا ۳/۵ (حداکثر ۴) قرار داده می‌شود.

جدول ۳-۹ مقادیر بالا و پایین توصیه شده برای پارامتر F برای بلوک‌های کابلی (Pilarczyk, 2004)

نوع	توضیحات	مقدار پایین F	مقدار بالا F	مقدار معمولی F
a1.1	سنگ‌های طبیعی نامنظم شیب دار بر روی فیلتر دانه‌ای	۲	۳	۲/۵
a1.2	بلوک‌های شل / بازالت روی فیلتر دانه‌ای، پایداری کم	۳	۵	۳/۵
a2	بلوک‌های شل روی فیلتر دانه‌ای، پایداری معمولی	۳/۵	۶	۴/۵
a3	بلوک‌های سست روی ژئوتکستایل روی ماسه فشرده/رس	۴	۷	۵
a4	بلوک‌های متصل/در هم قفل شده روی ژئوتکستایل روی خاک رس خوب یا روی فیلتر دانه‌ای ریز	۵	۸	۶

جدول ۴-۹ مقادیر توصیه شده برای پارامتر F برای بلوک‌های متصل شده به ژئوتکستایل (Breteler et al., 1999)

مقدار F	نوع روکش
۵ تا ۶	بلوک‌های متصل شده به ژئوتکستایل روی ماسه
۵ تا ۶	خاک رس خوب
۴/۵ تا ۵	خاک رس متوسط (شنی)
۵ تا ۶	ساخت و ساز مطلوب
۴ تا ۵	ساخت و ساز عادی
۳ تا ۴	ساخت و ساز نامطلوب

برای کنترل ضخامت به دست آمده از رابطه (۴-۹) از نمودارهای شکل ۲-۹ استفاده می‌شود. برای سیستم‌های حفاظتی بلوک بتنی، حداکثر ارتفاع موج مجاز به دست آمده از این نمودارها برای مکانیزم گسیختگی لغزش خاک زیرین، به ضریب ۱/۲ ضرب خواهد شد و باید با مقدار محاسبه شده از روابط کنترل شود.

فصل دهم

نتایج آزمایش‌های خاک در این

پروژه

فصل دهم - نتایج آزمایش‌های خاک در این پروژه

۱-۱۰ - مقدمه

برای تدوین ضابطه حاضر، آزمایش‌ها و مطالعات ژئوتکنیکی متناسب با نیاز تدوین ضابطه در چهارچوب آزمایش‌های متداول و قید شده در فهرست بهای ژئوتکنیک و مقاومت مصالح انجام شده است. برای انجام آزمایش‌های آزمایشگاهی نمونه‌هایی از مصالح منطقه هورالعظیم تهیه شده و آزمایش‌ها بر روی آنها بر اساس استانداردهای ASTM مرتبط انجام شده است. نتایج این آزمایش‌ها در این فصل مورد تحلیل و بررسی قرار می‌گیرد.

همچنین در برخی نواحی منطقه هورالعظیم که پوشیده از آب هستند به منظور احداث راه دسترسی به تاسیسات نفتی ابتدا مصالح رسی و گاهاً ترکیبی از رس و ماسه در داخل آب تخلیه شده و سپس لایه‌های مختلف راه بر روی مصالح ریخته شده احداث شده است. به منظور شبیه‌سازی این فرایند و بررسی تاثیر فراوانی‌های مختلف ماسه و رس و همچنین روش بارش، مدل ساده‌ای در آزمایشگاه تعریف گردید. در این فصل به تشریح مدل آزمایشگاهی و نتایج بدست آمده از آن پرداخته شده است.

۱-۲ - آزمایش‌های متداول انجام شده

۱-۲-۱۰ - موقعیت نقاط نمونه‌برداری

نمونه‌های اخذ شده برای انجام آزمایش‌های آزمایشگاهی از سه محل به شرح جدول ۱-۱۰ تهیه گردید. در شکل ۱-۱۰ تصویر هوایی نقاط نمونه‌برداری نشان داده شده است.

جدول ۱-۱۰ موقعیت جغرافیایی اخذ نمونه‌ها

ردیف	محل نمونه‌برداری	مختصات محل		توصیف ظاهری نمونه
		عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	
۱	جاده جفیر به کلاستر نفتی ازادگان جنوبی	31 11 03.05 N	47 54 49.80 E	رس (ریزدانه، کلوخه‌ایی)
۲	جاده دشت آزادگان	31 44 59.55 N	48 02 55.04 E	ماسه بادی (با قطر ذرات مشابه)
۳	بزرگراه اندیمشک-شوش جاده ۶۴	32 21 09.55 N	48 09 30.54 E	شن و ماسه رودخانه‌ای



شکل ۱-۱۰ محل‌های نمونه‌برداری روی تصویر ماهواره‌ای

نمونه‌های انتقال یافته به آزمایشگاه ابتدا در فضای آزمایشگاه خشک گردید. در شکل ۲-۱۰ تصویری از سه دسته نمونه آماده شده برای انجام آزمایش‌های آزمایشگاهی را نشان داده شده است.



شکل ۱۰-۲ تصویری از نمونه‌های (الف) رسی؛ (ب) ماسه بادی و (ج) ماسه رودخانه‌ای آماده شده در آزمایشگاه

۱۰-۲-۲- نتایج آزمایش‌های متداول انجام شده

۱۰-۲-۲-۱- مصالح رسی

آزمایش‌های انجام شده بر روی مصالح رسی به همراه خلاصه نتایج آنها به شرح جدول ۱۰-۲ می‌باشد. همچنین نتایج آزمایش‌های CBR انجام شده بر روی مصالح رسی بر اساس مقدار تراکم در جدول ۱۰-۳ نشان داده شده است.

جدول ۲-۱۰ آزمایش‌های انجام شده به همراه خلاصه نتایج آنها بر روی مصالح رسی

نتیجه	آزمایش و متغیرهای خروجی		
CL	نام خاک	دانه بندی	
27.6	LL	حدود اتربرگ	
14.9	PL		
12.7	PI		
1.96 g/cm ³	دانسیتة خشک حداکثر	تراکم اصلاح شده	
12.2%	درصد رطوبت بهینه		
0.58%	تورم		
90%	واگرایی خاک	هیدرومتری مضاعف	
B-ND	نوع خاک براساس واگرایی	پینهول	
0.82 kg/cm ²	مقاومت تک محوری خاک تراکم ۶۰ درصد	تک محوری	
1.61 kg/cm ²	مقاومت تک محوری خاک تراکم ۹۰ درصد		
35	زاویه اصطکاک داخلی خاک	برش مستقیم تراکم ۹۰ درصد	
0.06 kg/cm ²	چسبندگی خاک		
4.71 kg/cm ²	Pc	تحکیم	
0.122	Cc		
0.0170	Cv		
0°	زاویه اصطکاک داخلی خاک	UU	سه محوری
0.37 kg/cm ²	چسبندگی خاک		
14°	زاویه اصطکاک داخلی خاک	CU	
0.65 kg/cm ²	چسبندگی خاک		
20°	زاویه اصطکاک داخلی موثر خاک	CD	
0.37 kg/cm ²	چسبندگی موثر خاک		
23°	زاویه اصطکاک داخلی موثر خاک		
0.19 kg/cm ²	چسبندگی موثر خاک		
19.76%	درصد مواد آلی		
8156	سدیم	نمکهای محلول (meq/lit)	
2055	پتاسیم		
403	کلسیم		
276	منیزیم		
0.457%	درصد گچ		
7.77	PH	شیمیایی خاک	
0.7%	سولفات		
4.25%	کلرید		
68%	کربنات		

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده‌ها، سله‌ها و تاسیسات میادین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در حوزه ژئوتکنیک

جدول ۳-۱۰ نتایج آزمایش‌های CBR انجام شده بر روی مصالح رسی

نوع قالب	دانسیتة خشک (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	درصد رطوبت %	CBR 7.5 mm	CBR 5 mm	CBR 2.5 mm
بدون ضربه	1.06	12.2	0.11	0.096	0.066
۱۰ ضربه در هر لایه	1.83	12.2	0.85	0.81	0.73
۲۵ ضربه در هر لایه	1.86	12.2	1	1	0.84
۵۶ ضربه در هر لایه	1.89	12.2	1.12	1.08	0.95

۱۰-۲-۲-۲-۲-۲-۱۰ مصالح ماسه بادی

آزمایش‌های انجام شده بر روی مصالح ماسه بادی به همراه خلاصه نتایج آنها به شرح جدول ۴-۱۰ می‌باشد.

جدول ۴-۱۰ آزمایش‌های انجام شده به همراه خلاصه نتایج آنها بر روی مصالح ماسه بادی

نتیجه	آزمایش و متغیرهای خروجی	
SP	نام خاک	دانه بندی
18.1%	درصد نمک	
0.046%	درصد ژپیس	
2.6%	درصد مواد آلی	
1.73 g/cm ³	دانسیتة خشک حداکثر	تراکم اصلاح شده
	درصد رطوبت بهینه	
12%	زاویه اصطکاک داخلی خاک	برش مستقیم
29.4°	تراکم ۶۰%	
0	چسبندگی خاک	
30.2°	تراکم ۹۰%	
0	چسبندگی خاک	

۱۰-۳-۲-۲-۲-۲-۱۰ مصالح رودخانه‌ای

آزمایش‌های انجام شده بر روی مصالح رودخانه‌ای به همراه خلاصه نتایج آنها به شرح جدول ۵-۱۰ می‌باشد.

جدول ۵-۱۰ آزمایش‌های انجام شده به همراه خلاصه نتایج آنها بر روی مصالح رودخانه‌ای

نتیجه	آزمایش و متغیرهای خروجی	
SP	نام خاک	دانه بندی
18.1%	درصد نمک	
0.046%	درصد ژپیس	
2.6%	درصد مواد آلی	
2.16 g/cm ³	دانسیتة خشک حداکثر	تراکم اصلاح شده
	درصد رطوبت بهینه	
6.9%	زاویه اصطکاک داخلی خاک	برش مستقیم
28.2°	تراکم ۶۰%	
0	چسبندگی خاک	
40.9°	تراکم ۹۰%	
0	چسبندگی خاک	

۱۰-۲-۲-۴- اختلاط رس با مصالح ماسه بادی

آزمایش‌های تکمیل شده بر روی اختلاط رس با مصالح ماسه بادی به همراه خلاصه نتایج آنها به شرح جدول ۶-۱۰ می‌باشد. همچنین نتایج آزمایش‌های CBR انجام شده بر روی مصالح رسی بر اساس مقدار تراکم در جدول ۷-۱۰ نشان داده شده است.

جدول ۶-۱۰ آزمایش‌های انجام شده به همراه خلاصه نتایج آنها بر روی اختلاط رس با مصالح ماسه بادی

نتیجه	آزمایش و متغیرهای خروجی		درصد مصالح رودخانه‌ای	
2.03	دانسیته حداکثر (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	تراکم اصلاح شده	20%	
11	درصد رطوبت بهینه (%)			
30.7°	زاویه اصطکاک داخلی (درجه)	برش مستقیم (۷۰٪ تراکم)		
0	چسبندگی (کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع)	سه محوری UU	35%	
0	زاویه اصطکاک داخلی (درجه)			
0.23	چسبندگی (کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع)			
2.07	دانسیته حداکثر (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	تراکم اصلاح شده	50%	
9.3	درصد رطوبت بهینه (%)			
30.4°	زاویه اصطکاک داخلی (درجه)	برش مستقیم (۷۰٪ تراکم)		
0	چسبندگی (کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع)	سه محوری UU		
0	زاویه اصطکاک داخلی (درجه)			
0.17	چسبندگی (کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع)			
2.08	دانسیته حداکثر (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	تراکم اصلاح شده	50%	
8.8	درصد رطوبت بهینه (%)			
29.2°	زاویه اصطکاک داخلی (درجه)	برش مستقیم (۷۰٪ تراکم)		
0	چسبندگی (کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع)	سه محوری UU		
0	زاویه اصطکاک داخلی (درجه)			
0.11	چسبندگی (کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع)			

جدول ۷-۱۰ نتایج آزمایش‌های CBR انجام شده بر روی اختلاط رس با مصالح ماسه بادی

CBR 2.5 mm	CBR 5 mm	CBR 7.5 mm	درصد رطوبت %	دانسیته خشک (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	نوع قالب	درصد مصالح رودخانه‌ای در اختلاط
0.06	0.08	0.09	11	1.04	بدون ضربه	20%
0.58	0.76	0.78	11	1.91	۱۰ ضربه در هر لایه	
0.72	0.90	0.91	11	1.92	۲۵ ضربه در هر لایه	
0.86	0.96	1.06	11	1.95	۵۶ ضربه در هر لایه	35%
0.12	0.15	0.14	9.3	1.1	بدون ضربه	
0.88	1.37	1.49	9.3	1.96	۱۰ ضربه در هر لایه	
1.17	1.64	1.88	9.3	2.0	۲۵ ضربه در هر لایه	50%
1.26	1.72	2.5	9.3	2.03	۵۶ ضربه در هر لایه	
0.18	0.21	0.21	8.8	1.17	بدون ضربه	
1.03	1.81	2.21	8.8	1.95	۱۰ ضربه در هر لایه	50%
1.17	1.88	2.46	8.8	2.04	۲۵ ضربه در هر لایه	
1.26	1.94	2.6	8.8	2.06	۵۶ ضربه در هر لایه	

۱۰-۲-۲-۵- اختلاط رس با مصالح رودخانه‌ای

آزمایش‌های تکمیل شده بر روی اختلاط رس با مصالح رودخانه‌ای به همراه خلاصه نتایج آنها به شرح جدول ۸-۱۰ می‌باشد. همچنین نتایج آزمایش‌های CBR انجام شده بر روی مصالح رسی بر اساس مقدار تراکم در جدول ۹۱۰- نشان داده شده است.

جدول ۸-۱۰ آزمایش‌های انجام شده به همراه خلاصه نتایج آنها بر روی اختلاط رس با مصالح رودخانه‌ای

درصد ماسه رودخانه‌ای	آزمایش و متغیرهای خروجی	نتیجه
20%	تراکم اصلاح شده	دانسیته حداکثر (گرم بر سانتی متر مکعب) 2.06
	برش مستقیم (۷۰٪ تراکم)	درصد رطوبت بهینه (%) 10.4
		زاویه اصطکاک داخلی (درجه) 29.3°
35%	سه محوری UU	چسبندگی (کیلوگرم بر سانتی متر مربع) 0
	تراکم اصلاح شده	زاویه اصطکاک داخلی (درجه) 0
		دانسیته حداکثر (گرم بر سانتی متر مکعب) 2.08
50%	تراکم اصلاح شده	درصد رطوبت بهینه (%) 8.5
	برش مستقیم (۷۰٪ تراکم)	زاویه اصطکاک داخلی (درجه) 29.5°
		سه محوری UU
20%	تراکم اصلاح شده	دانسیته حداکثر (گرم بر سانتی متر مکعب) 2.14
	برش مستقیم (۷۰٪ تراکم)	درصد رطوبت بهینه (%) 7.4
		زاویه اصطکاک داخلی (درجه) 31.0°
35%	سه محوری UU	چسبندگی (کیلوگرم بر سانتی متر مربع) 0
	تراکم اصلاح شده	زاویه اصطکاک داخلی (درجه) 0
		دانسیته حداکثر (گرم بر سانتی متر مکعب) 2.08
50%	تراکم اصلاح شده	درصد رطوبت بهینه (%) 7.4
	برش مستقیم (۷۰٪ تراکم)	زاویه اصطکاک داخلی (درجه) 31.0°
		سه محوری UU
20%	تراکم اصلاح شده	دانسیته حداکثر (گرم بر سانتی متر مکعب) 2.14
	برش مستقیم (۷۰٪ تراکم)	درصد رطوبت بهینه (%) 7.4
		زاویه اصطکاک داخلی (درجه) 31.0°
35%	سه محوری UU	چسبندگی (کیلوگرم بر سانتی متر مربع) 0
	تراکم اصلاح شده	زاویه اصطکاک داخلی (درجه) 0
		دانسیته حداکثر (گرم بر سانتی متر مکعب) 2.08
50%	تراکم اصلاح شده	درصد رطوبت بهینه (%) 7.4
	برش مستقیم (۷۰٪ تراکم)	زاویه اصطکاک داخلی (درجه) 31.0°
		سه محوری UU

جدول ۹۱۰- نتایج آزمایش‌های CBR انجام شده بر روی اختلاط رس با مصالح رودخانه‌ای

درصد ماسه رودخانه‌ای در اختلاط	نوع قالب	دانسیته خشک (گرم بر سانتی متر مکعب)	درصد رطوبت %	CBR 7.5 mm	CBR 5 mm	CBR 2.5 mm
20%	بدون ضربه	1.12	10.4	0.16	0.17	0.18
	۱۰ ضربه در هر لایه	1.96	10.4	1.08	0.91	0.68
	۲۵ ضربه در هر لایه	1.97	10.4	1.23	1.08	0.76
35%	۵۶ ضربه در هر لایه	2.00	10.4	1.59	1.43	1.18
	بدون ضربه	1.2	8.5	0.15	0.16	0.16
	۱۰ ضربه در هر لایه	2.00	8.5	1.35	1.13	0.68
50%	۲۵ ضربه در هر لایه	2.07	8.5	1.6	1.24	0.84
	۵۶ ضربه در هر لایه	2.08	8.5	1.79	1.48	1.00
	بدون ضربه	1.24	7.4	0.18	0.20	0.22
20%	۱۰ ضربه در هر لایه	2.1	7.4	2.03	1.56	0.85
	۲۵ ضربه در هر لایه	2.14	7.4	2.4	1.77	1.03
	۵۶ ضربه در هر لایه	2.15	7.4	2.96	2.03	1.26

۱۰-۲-۳- بررسی تاثیر تراکم بر درصد اختلاط منتخب مصالح

۱۰-۲-۳-۱- درصد اختلاط منتخب رس و ماسه بادی

بر اساس نتایج آزمایش‌های انجام گرفته بر روی اختلاط رس و ماسه بادی که در بخش‌های گذشته ارائه شده است و توجه اقتصادی مربوط به هر اختلاط، درصد اختلاط ۳۵ درصد ماسه بادی و ۶۵ درصد رس منتخب می‌باشد. آزمایش‌های انجام شده به منظور تاثیر تراکم بر پارامترهای مورد نظر و آزمایش‌های نهایی به همراه خلاصه نتایج آنها به شرح جدول ۱۰-۱۰ می‌باشد. نتایج آزمایش‌های CBR و حدود اتربرگ به ترتیب در جدول ۱۰-۱۱ و جدول ۱۰-۱۲ نشان داده شده است.

جدول ۱۰-۱۰ آزمایش‌های انجام شده به همراه خلاصه نتایج آنها بر روی اختلاط رس با ماسه بادی

درصد تراکم	آزمایش و متغیرهای خروجی	نتیجه	
70%	برش مستقیم خشک	زاویه اصطکاک داخلی (درجه) 26.7° چسبندگی (کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع) 0.12 Kg/cm2	
	برش مستقیم اشباع	زاویه اصطکاک داخلی (درجه) 28.3° چسبندگی (کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع) 0	
	سه محوری UU	زاویه اصطکاک داخلی (درجه) 0 چسبندگی (کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع) 0.17 Kg/cm2	
	تحکیم	Pc	0.51 Kg/cm2
		Cc	0.186
		Cv	0.015
	۸۰٪	برش مستقیم اشباع	زاویه اصطکاک داخلی (درجه) 29.1° چسبندگی (کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع) 0
سه محوری UU		زاویه اصطکاک داخلی (درجه) 0 چسبندگی (کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع) 0.27 Kg/cm2	
برش مستقیم خشک		زاویه اصطکاک داخلی (درجه) 32.8° چسبندگی (کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع) 0.24 Kg/cm2	
برش مستقیم اشباع		زاویه اصطکاک داخلی (درجه) 30.8° چسبندگی (کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع) 0	
سه محوری UU		زاویه اصطکاک داخلی (درجه) 0 چسبندگی (کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع) 0.52 Kg/cm2	
تحکیم		Pc	1.38 Kg/cm2
		Cc	0.216
	Cv	0.017	
۱۰۰٪	برش مستقیم اشباع	زاویه اصطکاک داخلی (درجه) 37.4° چسبندگی (کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع) 0.1 Kg/cm2	
	سه محوری UU	زاویه اصطکاک داخلی (درجه) 0 چسبندگی (کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع) 0.87 Kg/cm2	

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده‌ها، سله‌ها و تاسیسات میادین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب
در حوزه ژئوتکنیک

جدول ۱۰-۱۱ نتایج آزمایش‌های CBR انجام شده بر روی اختلاط رس با ماسه بادی

نوع قالب	دانسیتة خشک (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	درصد رطوبت %	CBR 7.5 mm	CBR 5 mm	CBR 2.5 mm
بدون ضربه	۱.۰۶	۱۲.۲	۰.۱۱	۰.۰۹۶	۰.۰۶۶
۱۰ ضربه در هر لایه	۱.۸۳	۱۲.۲	۰.۸۵	۰.۸۱	۰.۷۳
۲۵ ضربه در هر لایه	۱.۸۶	۱۲.۲	۱	۱	۰.۸۴
۵۶ ضربه در هر لایه	۱.۸۹	۱۲.۲	۱.۱۲	۱.۰۸	۰.۹۵

جدول ۱۰-۱۲ مقادیر حدود اتربرگ اختلاط رس با ماسه بادی

مقادیر	حدود اتربرگ
17.3	LL
15.6	PL
1.7	PI

۱۰-۲-۳-۲- درصد اختلاط منتخب رس و مصالح رودخانه‌ای

بر اساس نتایج آزمایش‌های انجام گرفته بر روی اختلاط رس و مصالح رودخانه‌ای که در بخش‌های گذشته ارائه شده است و توجیه اقتصادی مربوط به هر اختلاط، درصد اختلاط ۳۵ درصد مصالح رودخانه‌ای و ۶۵ درصد رس منتخب می‌باشد. آزمایش‌های انجام شده به منظور تاثیر تراکم بر پارامترهای مورد نظر و آزمایش‌های نهایی به همراه خلاصه نتایج آنها به شرح جدول ۱۰-۱۳ می‌باشد. نتایج آزمایش‌های CBR و حدود اتربرگ به ترتیب در جدول ۱۰-۱۴ و جدول ۱۰-۱۵ نشان داده شده است.

مستندات ضابطه فنی و مهندسی ایمنی و حفاظت جاده‌ها، سله‌ها و تاسیسات میادین نفتی غرب کارون در برابر سیلاب در حوزه ژئوتکنیک

جدول ۱۳-۱۰ آزمایش‌های انجام شده به همراه خلاصه نتایج آنها بر روی اختلاط رس با مصالح رودخانه‌ای

درصد تراکم	آزمایش و متغیرهای خروجی	نتیجه	
70%	برش مستقیم خشک	زاویه اصطکاک داخلی (درجه) 31° چسبندگی (کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع) 0	
	برش مستقیم اشباع	زاویه اصطکاک داخلی (درجه) 31° چسبندگی (کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع) 0	
	سه محوری UU	زاویه اصطکاک داخلی (درجه) 0 چسبندگی (کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع) 0.06 Kg/cm2	
	تحکیم	Pc	0.79 Kg/cm2
		Cc	0.18
		Cv	0.027
	80%	برش مستقیم اشباع	زاویه اصطکاک داخلی (درجه) 30° چسبندگی (کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع) 0
سه محوری UU		زاویه اصطکاک داخلی (درجه) 0 چسبندگی (کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع) 0.01 Kg/cm2	
برش مستقیم خشک		زاویه اصطکاک داخلی (درجه) 39° چسبندگی (کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع) 0.24 Kg/cm2	
برش مستقیم اشباع		زاویه اصطکاک داخلی (درجه) 30.8° چسبندگی (کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع) 0	
90%	سه محوری UU	زاویه اصطکاک داخلی (درجه) 0 چسبندگی (کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع) 0.06 Kg/cm2	
	تحکیم	Pc	1.98 Kg/cm2
		Cc	0.162
		Cv	0.008
100%	برش مستقیم اشباع	زاویه اصطکاک داخلی (درجه) 36.9° چسبندگی (کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع) 0	
	سه محوری UU	زاویه اصطکاک داخلی (درجه) 0 چسبندگی (کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع) 0.1 Kg/cm2	

جدول ۱۴-۱۰ نتایج آزمایش‌های CBR انجام شده بر روی اختلاط رس با مصالح رودخانه‌ای

نوع قالب	دانسیته خشک (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	درصد رطوبت %	CBR 7.5 mm	CBR 5 mm	CBR 2.5 mm
بدون ضربه	1.2	8.5	0.13	0.1	0.06
۱۰ ضربه در هر لایه	2.0	8.5	5.39	4.51	2.06
۲۵ ضربه در هر لایه	2.07	8.5	5.53	4.68	2.79
۵۶ ضربه در هر لایه	2.08	8.5	5.58	4.86	3.01

جدول ۱۵-۱۰ مقادیر حدود اتربرگ اختلاط رس با مصالح رودخانه‌ای

مقادیر	حدود اتربرگ
22.2	LL
16.7	PL
5.5	PI

۱۰-۳- شیب‌سازی بارش مصالح رسی و ماسه بادی در محیط آزمایشگاهی

۱۰-۳-۱- مواد استفاده شده در آزمایش‌های بارش

مواد اصلی استفاده شده در این مدل‌سازی آزمایشگاهی رس و ماسه بادی است. ترکیب‌های مختلفی از این دو ماده اصلی به شرح جدول ۱۶-۱۰ ساخته شده و در شرایط مختلف تحت آزمایش قرار گرفته است.

جدول ۱۶-۱۰ نمونه‌های ساخته شده از ترکیب رس و ماسه بادی

نمونه	درصد رس	درصد ماسه
شماره ۱	۱۰۰	۰
شماره ۲	۸۰	۲۰
شماره ۳	۶۵	۳۵
شماره ۴	۵۰	۵۰
شماره ۵	۴۰	۶۰

۱۰-۳-۲- روش‌های انجام آزمایش‌های بارش

در این شیب‌سازی آزمایشگاهی از چهار لوله استوانه‌ای شکل با قطر ۱۵ و ارتفاع ۱۰۰ سانتی‌متر استفاده شد. در شکل ۳-۱۰ لوله‌های استوانه‌ای شفاف استفاده شده نشان داده شده است. انتهای لوله‌ها بسته و کامل آب‌بند گردید. در این فرایند مدل‌سازی آزمایشگاهی دو متغیر به شرح زیر مورد بررسی قرار گرفت.

- تاثیر درصد فراوانی مختلف ماسه بادی و رس در فرایند راسب شدن داخل لوله‌ها: بدین منظور نمونه‌های با درصد‌های فراوانی مختلف همچنان که در جدول ۱۶-۱۰ ارائه شده آماده گردید.
- تاثیر روش‌های بارش مختلف مصالح به داخل لوله: بدین منظور دو روش بارش انتخاب و آزمایش روی نمونه‌های مختلف با این دو روش انجام شد.



شکل ۳-۱۰- لوله‌های شفاف به قطر ۱۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۰۰ سانتی‌متر

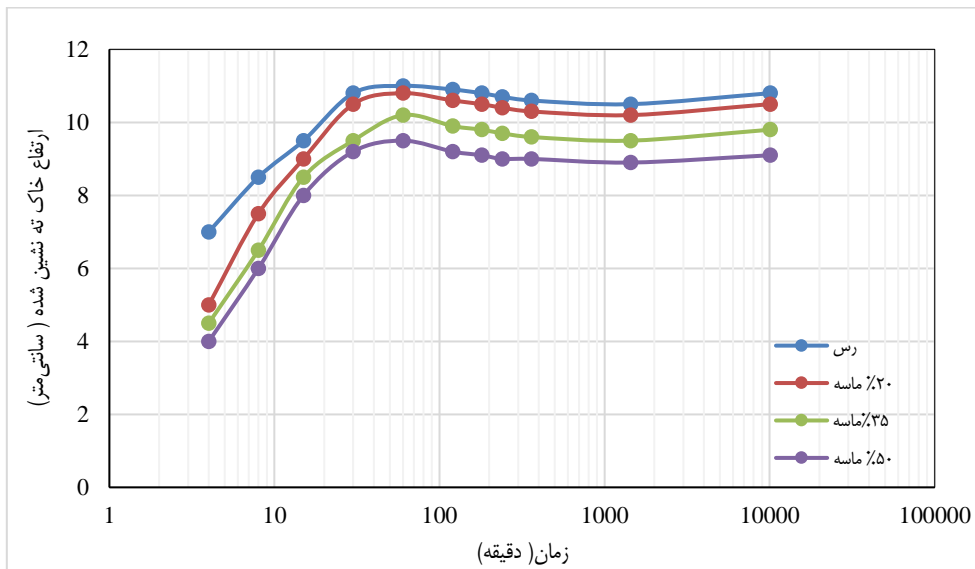
۱. به منظور بررسی تاثیر بارش بر راسب شدن نمونه‌های مختلف، بارش مصالح به داخل لوله با دو روش به شرح زیر انجام شد.
در این روش ابتدا لوله‌ها تا ارتفاع ۱۰۰ سانتی‌متر از آب پر شده و مقدار ۲ کیلوگرم از نمونه‌های شماره دو تا چهار با استفاده از یک قیف به آرامی داخل لوله‌ها ریخته شد.
۲. در این روش ابتدا لوله‌ها تا ارتفاع ۸۵ سانتی‌متر از آب پر شده و مقدار ۲ کیلوگرم نمونه‌های شماره دو تا پنج با استفاده از یک لوله رابط بصورت آبی داخل لوله‌های شفاف تخلیه گردید.

۳-۳-۱۰- نتایج آزمایش مدلسازی بارش

با توجه به مشخص بودن وزن خاک ریخته شده در داخل لوله‌ها به منظور تعیین دانسیته خاک بعد از بارش و بررسی تغییرات آن با زمان، ارتفاع خاک داخل لوله‌ها در روش اول در زمان‌های ۴، ۸، ۱۵، ۳۰، ۶۰، ۱۲۰، ۱۸۰، ۲۴۰، ۳۶۰، ۱۴۴۰ و ۱۰۰۸۰ دقیقه و در روش دوم در زمان‌های ۰/۵، ۱، ۲، ۴، ۸، ۱۵، ۳۰، ۶۰، ۱۲۰، ۱۸۰، ۲۴۰، ۳۶۰، ۱۴۴۰ و ۱۰۰۸۰ دقیقه اندازه‌گیری شد.

۳-۳-۱۰-۱- نتایج مربوط به روش اول بارش

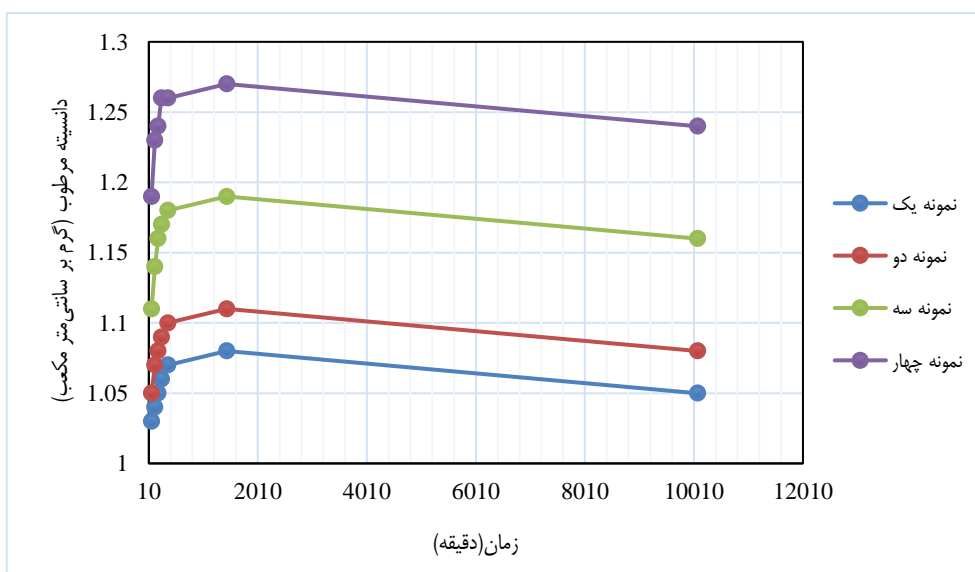
تغییرات ارتفاع به زمان راسب شدن در روش اول بارش برای نمونه‌های شماره یک تا چهار در شکل ۴-۱۰ نشان داده شده است. بر این اساس مصالح انتخابی بعد از گذشت یک ساعت به طور کامل ته‌نشین شده و بعد از آن شروع به تحکیم و متراکم شدن به علت وزن خاک و ستون آب نموده‌اند. دانسیته در زمان‌های مختلف ته‌نشین شدن و تحکیم نمونه‌های آزمایش شده در این روش (نمونه‌های شماره یک تا چهار) در جدول ۱۷-۱۰ گزارش شده است. در شکل ۵-۱۰ نمودار تغییرات دانسیته مرطوب نمونه‌های یک تا چهار با گذشت زمان ارائه شده است. بیشترین دانسیته ایجاد شده در نمونه‌ها مربوط به نمونه چهار و بعد از گذشت یک ساعت از زمان بارش اندازه‌گیری شده است. ضمن اینکه نمونه بعد از گذشت هفت روز تورم جزئی در خاک داخل لوله‌ها مشاهده شده که باعث کاهش دانسیته گردیده است.



شکل ۴-۱۰ نمودار تغییرات ارتفاع خاک به زمان برای نمونه‌های شماره ۱ تا ۴ در روش اول بارش

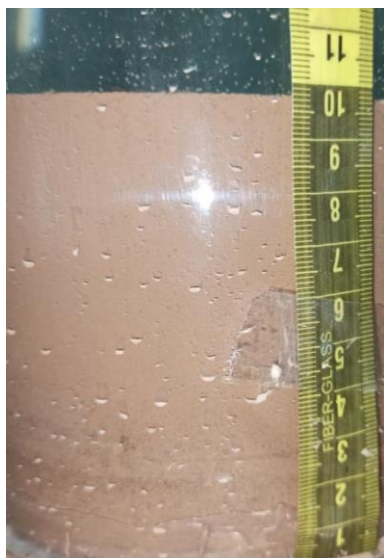
جدول ۱۰-۱۷ دانسیته مصالح نمونه‌های شماره ۱ تا ۴ با گذشت زمان در روش اول بارش

دانسیته خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب)				
زمان (دقیقه)	نمونه ۱ (رس)	نمونه ۲ (رس و ۲۰٪ ماسه)	نمونه ۳ (رس و ۳۵٪ ماسه)	نمونه ۴ (رس و ۵۰٪ ماسه)
60	1.03	1.05	1.11	1.19
120	1.04	1.07	1.14	1.23
180	1.05	1.08	1.16	1.24
240	1.06	1.09	1.17	1.26
360	1.07	1.10	1.18	1.26
1440	1.08	1.11	1.19	1.27



شکل ۵-۱۰ نمودار تغییرات دانسیته مرطوب در مقابل زمان برای نمونه‌های شماره ۱ تا ۴ برای روش بارش اول

در شکل ۶-۱۰ و شکل ۷-۱۰ نمونه‌های راسب شده شماره سه و چهار در داخل لوله شفاف بعد از گذشت یک روز مشاهده می‌شود. لایه‌بندی تناوبی از مصالح ماسه‌ای و رسی برای نمونه شماره چهار که حاوی ۳۵ درصد ماسه بادی است در شکل ۶-۱۰ دیده می‌شود. در حالی که در شکل ۷-۱۰ که مربوط به نمونه شماره چهار با ۵۰ درصد ماسه بادی است، تقریباً ماسه بادی و رس از هم جدا شده به طوری که در انتهای لوله ماسه بادی و روی آن رس دیده می‌شود.



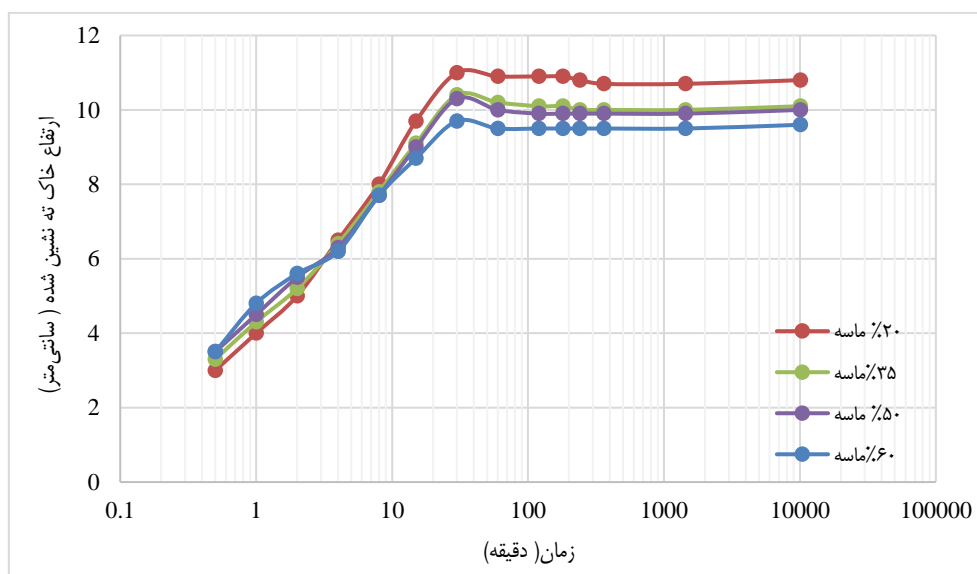
شکل ۶-۱۰ لایه بندی تقریباً متناوب رس و ماسه در اثر ته‌نشست آنها داخل لوله شفاف در روش اول بارش برای نمونه شماره ۳ (نمونه حاوی ۶۵ درصد رس و ۳۵ درصد ماسه)



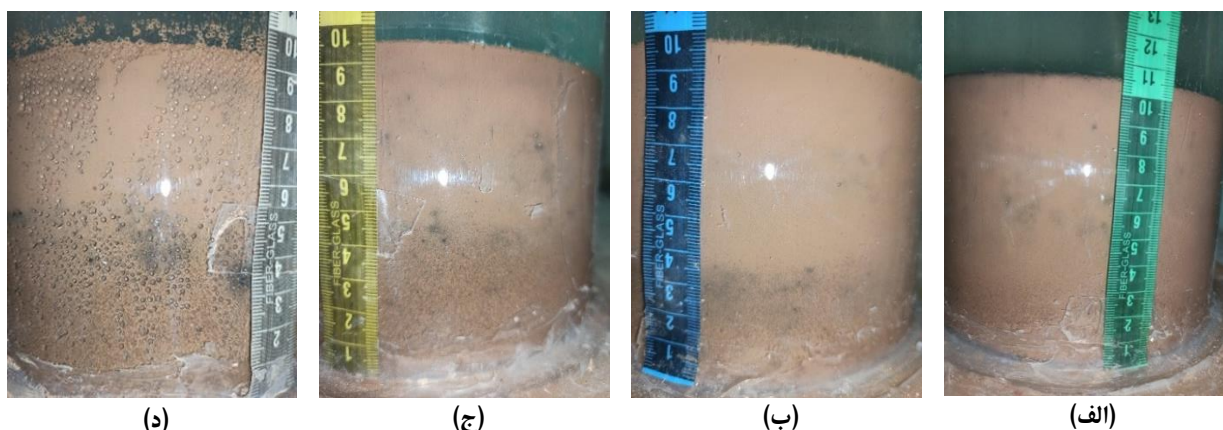
شکل ۷-۱۰ جدا شدن بین رس و ماسه در اثر ته‌نشست آنها داخل لوله شفاف در روش اول بارش برای نمونه شماره ۴ (نمونه حاوی ۵۰ درصد رس و ۵۰ درصد ماسه)

۱۰-۳-۳-۲- نتایج مربوط به روش دوم بارش

تغییرات ارتفاع به زمان راسب شدن در روش دوم بارش برای نمونه‌های شماره دو تا پنج در شکل ۸-۱۰ نشان داده شده است. در این روش به علت سقوط ناگهانی مصالح داخل آب و تفکیک سریع دانه‌ها به علت تفاوت در وزن مخصوص و اندازه دانه‌ها ذرات ماسه سریع‌تر ته‌نشست شده و سپس دانه‌های رس بر روی آنها قرار می‌گیرند. این موضوع در شکل ۹-۱۰ نشان داده شده است. بنابراین در این روش مشابه آنچه که در روش قبل برای نمونه شماره سه (شکل ۶-۱۰) دیده شده تناوبی از لایه‌های ماسه و رس دیده نشده است.



شکل ۸-۱۰ نمودار تغییرات ارتفاع خاک به زمان برای نمونه‌های شماره دو تا پنج در روش دوم بارش



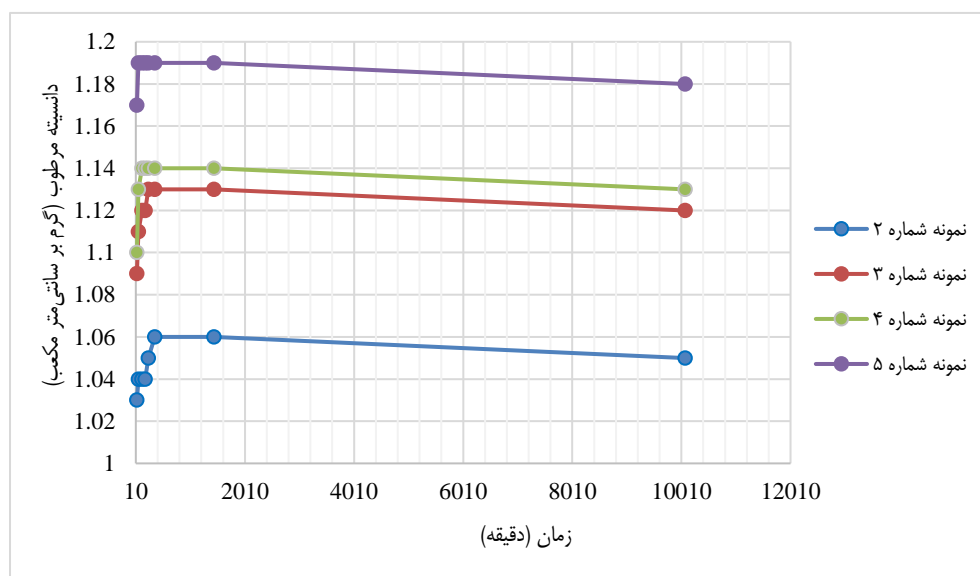
شکل ۹-۱۰ لایه بندی ایجاد شده بین مصالح ماسه‌ای و رسی در روش دوم بارش (الف) نمونه شماره ۲؛ (ب) نمونه شماره ۳؛ (ج) نمونه شماره ۴ و (د) نمونه شماره ۵

در این روش مصالح انتخابی بعد از گذشت ۳۰ دقیقه به طور کامل ته‌نشین شده و بعد از آن شروع به تحکیم و متراکم شدن به علت وزن خاک و ستون آب نموده‌اند. دانسیته زمان ته‌نشین شدن و تحکیم نمونه‌های آزمایش شده در این روش (نمونه‌های شماره دو تا پنج) در

جدول ۱۸-۱۰ گزارش شده است. در شکل ۱۰-۱۰ نمودار تغییرات دانسیته مرطوب نمونه‌های دو تا پنج با گذشت زمان ارائه شده است. بیشترین دانسیته ایجاد شده در نمونه‌ها مربوط به نمونه پنج و بعد از گذشت ۶۰ دقیقه از زمان بارش اندازه‌گیری شده است. ضمن اینکه نمونه بعد از گذشت ۷ روز تورم جزئی در خاک داخل لوله‌ها مشاهده شده که باعث کاهش دانسیته گردیده است.

جدول ۱۸-۱۰ دانسیته مصالح نمونه‌های شماره ۲ تا ۵ با گذشت زمان در روش دوم بارش

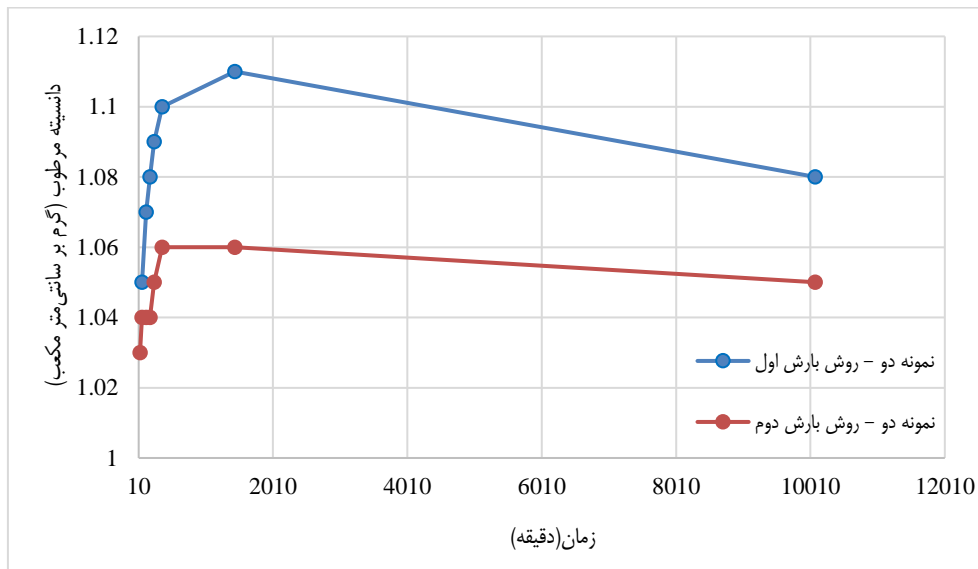
زمان (دقیقه)	نمونه ۲ (رس و ۲۰٪ ماسه)	نمونه ۳ (رس و ۲۰٪ ماسه)	نمونه ۴ (رس و ۵۰٪ ماسه)	نمونه ۵ (رس و ۶۰٪ ماسه)
30	1.03	1.09	1.10	1.17
60	1.04	1.11	1.13	1.19
120	1.04	1.12	1.14	1.19
180	1.04	1.12	1.14	1.19
240	1.05	1.13	1.14	1.19
360	1.06	1.13	1.14	1.19
1440	1.06	1.13	1.14	1.19
10080	1.05	1.12	1.13	1.18



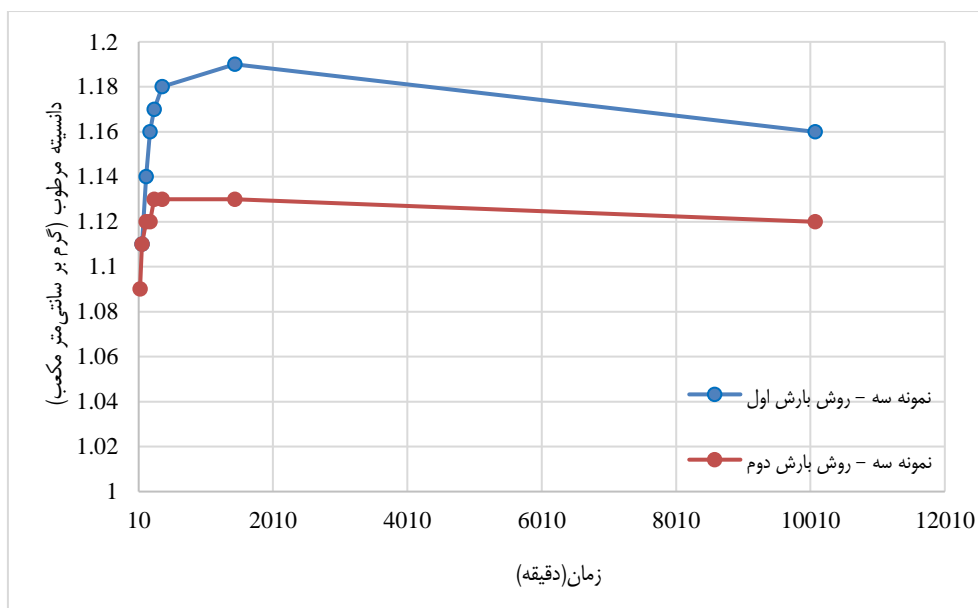
شکل ۱۰-۱۰ نمودار تغییرات دانسیته مرطوب در مقابل زمان برای نمونه‌های شماره دو تا پنج برای روش بارش دوم

۱۰-۳-۳-۳- مقایسه نتایج مربوط به روش اول و دوم بارش

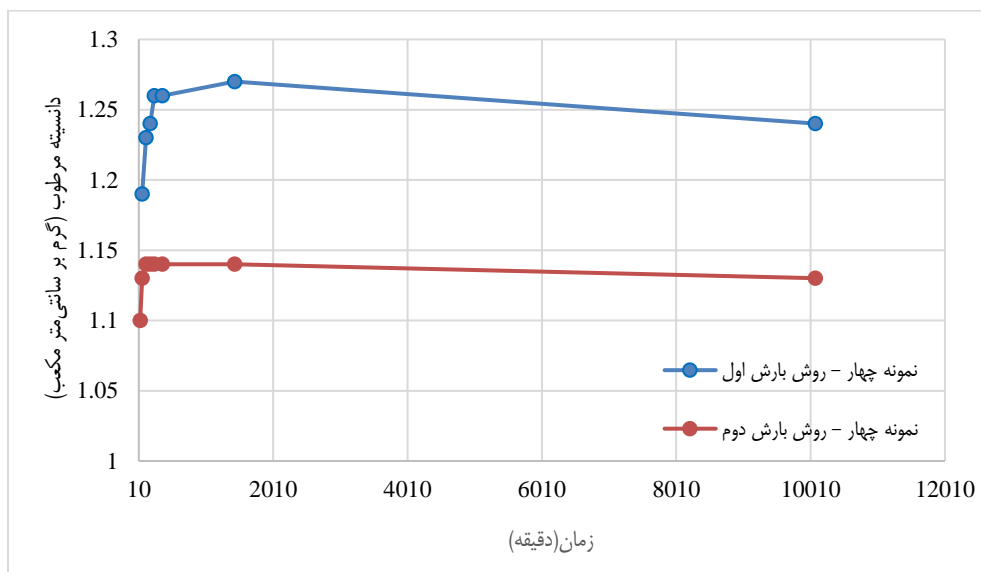
در شکل ۱۰-۱۱، شکل ۱۰-۱۲ و شکل ۱۰-۱۳ تغییرات دانسیته مرطوب خاک برای نمونه‌های دو، سه و چهار در روش بارش مختلف مقایسه شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود در روش بارش دوم دانسیته مرطوب ایجاد شده نسبت به روش اول کمتر است.



شکل ۱۰-۱۱ مقایسه تغییرات دانشیه با زمان برای نمونه شماره دو در روش بارش اول و دوم



شکل ۱۰-۱۲ مقایسه تغییرات دانشیه با زمان برای نمونه شماره سه در روش بارش اول و دوم



شکل ۱۰-۱۳ مقایسه تغییرات دانسیته با زمان برای نمونه شماره چهار در روش بارش اول و دوم

در شکل ۱۰-۱۴ نمونه شماره ۵ که با روش دوم تحت بارش قرار گرفته نشان داده شده است. این شکل به خوبی نشان می‌دهد که حباب‌های هوا و فضاهای خالی بین دانه‌ها در این نمونه زیاد بوده و به همین دلیل دانسیته کمتری داشته است.



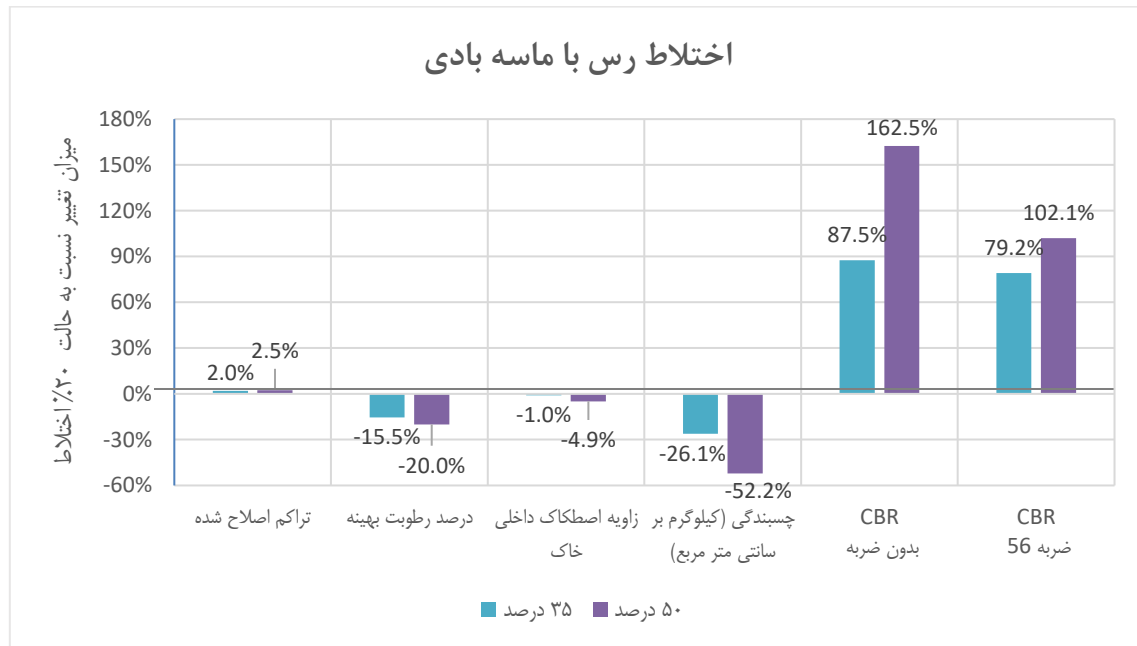
شکل ۱۰-۱۴ وجود تخلخل زیاد، تصویر سمت راست روز اول و تصویر سمت چپ بعد از گذشت ۷ روز در نمونه ۶۰ درصد ماسه و رس

۱۰-۴- جمع‌بندی تمامی آزمایش‌های انجام شده

۱۰-۴-۱- اختلاط رس با ماسه بادی

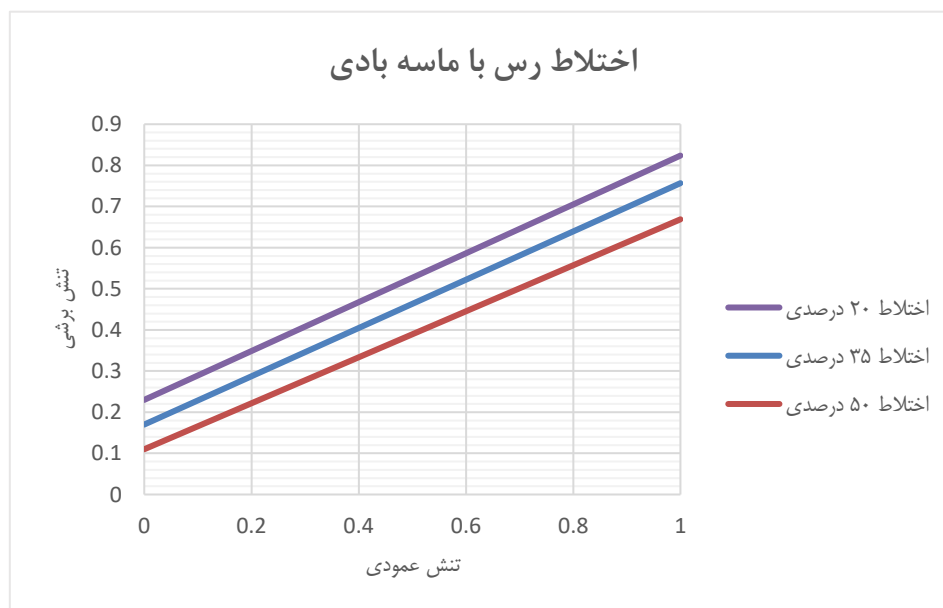
- نمونه‌هایی از رس، ماسه بادی و ماسه رودخانه‌ای در منطقه هورالعظیم مورد آزمایش‌ها کامل قرار گرفتند و خواص آنها به عنوان مثال ارائه گردید. چنانچه در پروژه‌های حرفه‌ای مشخصات مصالح مشابه آنچه که در این مطالعات انجام شد با آزمایش‌های لازم به دست آورده شود، مطالب ارائه شده در این فصل می‌تواند راهنمای خوبی برای تصمیم‌گیری‌های لازم باشد.

- ترکیب ۲۰، ۳۵ و ۵۰ درصدی ماسه بادی با رس مورد آزمایش‌های تراکم اصلاح شده، برش مستقیم، سه محوری و CBR قرار گرفت. تغییرات پارامترهای به دست آمده از این آزمایش‌ها نسبت به حالت اختلاط ۲۰٪ ماسه بادی با رس در شکل ۱۵-۱۰ نشان داده شده است.



شکل ۱۵-۱۰ تغییرات پارامترهای به دست آمده در آزمایش‌ها در حالت‌های مختلف اختلاط ماسه بادی با رس بر حسب درصد نسبت به اختلاط ۲۰ درصد ماسه بادی با رس

- نمودار پوش گسیختگی بر اساس معیار موهر کلمب برای حالت‌های مختلف اختلاط ماسه بادی با رس در شکل ۱۶-۱۰ نشان داده شده است.

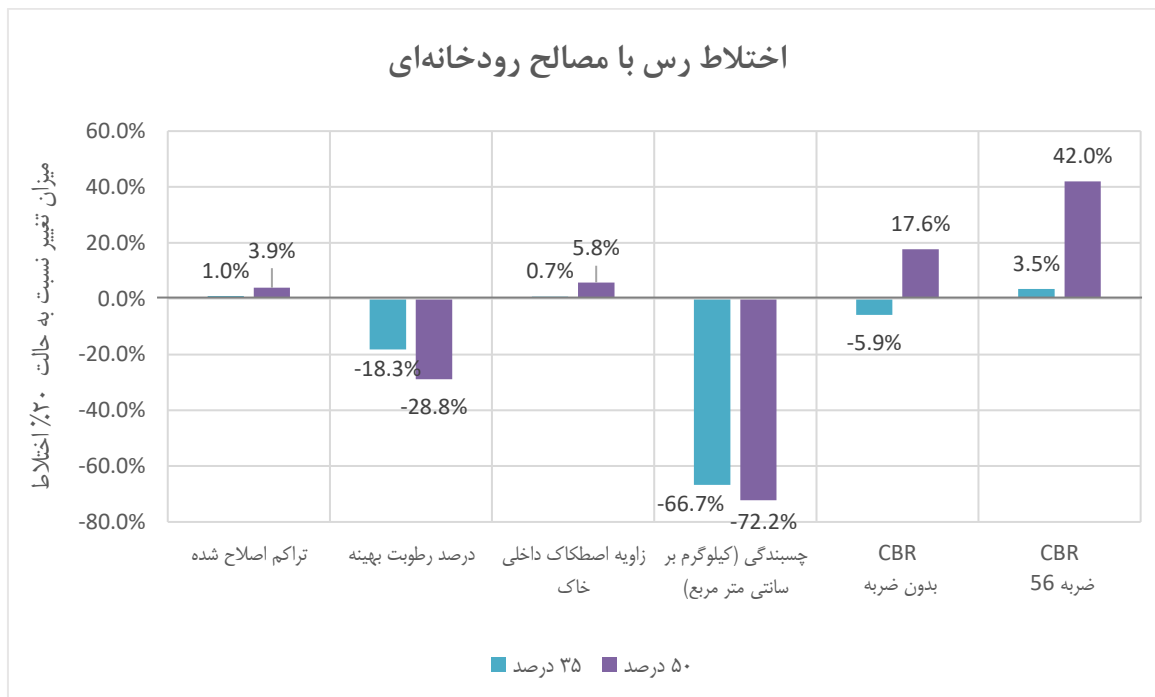


شکل ۱۶-۱۰ نمودار پوش گسیختگی معیار موهر کلمب برای حالت‌های مختلف اختلاط ماسه بادی با رس

- همانطور که انتظار می‌رفت بیشترین چسبندگی (c) در حالت ۲۰ درصد اختلاط ماسه بادی با رس وجود داشت اما درصد اختلاط تاثیر قابل توجهی روی زاویه اصطکاک داخلی (ϕ) نداشته است. به بیان دیگر درصد اختلاط در محدوده مورد استفاده در این آزمایش‌ها (۲۰ الی ۵۰ درصد ماسه بادی) نمی‌تواند رفتار اصطکاکی مصالح را تحت تاثیر قرار دهد.
- با مطالعه اختلاط ۲۰، ۳۰ و ۵۰ درصد ماسه بادی با رس و انجام آزمایش CBR بر روی خاک اشباع مشخص شد که اولاً مقدار CBR در حالت اشباع بسیار پایین است. به بیان دیگر افزودن ماسه هر چند موجب افزایش جزئی CBR می‌نماید ولی در محدوده درصد ماسه‌های مورد آزمایش تاثیر قابل توجهی بر روی CBR ندارد.
- بر اساس مطالعات مندرج شده در بندهای ۱ و ۲ و دلایل زیر، افزودن ۳۵ درصد ماسه بادی به رس قابل توجیه است:
 الف) مقایسه نتایج آزمایش‌ها در درصد اختلاط‌های مختلف بر اساس شکل ۱۵-۱۰؛
 ب) توجیه اقتصادی اختلاط ۳۵ درصد ماسه بادی نسبت به اختلاط ۵۰ درصد آن؛ و
 ج) بر اساس نتایج گزارش شبیه‌سازی بارش مصالح رسی و ماسه بادی در محیط آزمایشگاهی جادشدگی که در اختلاط ۵۰ درصدی ماسه بادی با رس رخ می‌دهد.

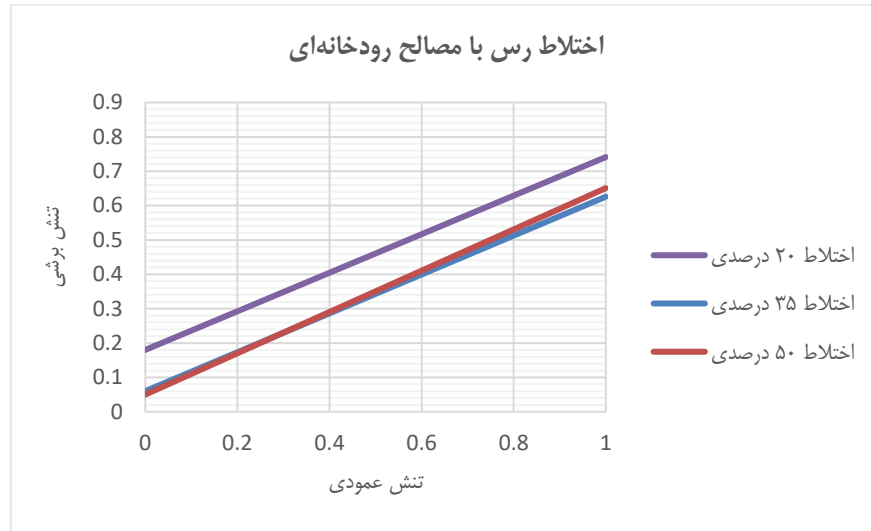
۱۰-۴-۲- اختلاط رس با مصالح رودخانه‌ای

- ترکیب ۲۰، ۳۵ و ۵۰ درصدی مصالح رودخانه‌ای با رس مورد آزمایش‌های تراکم اصلاح شده، برش مستقیم، سه محوری و CBR قرار گرفت. تغییرات پارامترهای به دست آمده از این آزمایش‌ها نسبت به حالت اختلاط ۲۰٪ مصالح رودخانه‌ای با رس در شکل ۱۷-۱۰ نشان داده شده است.



شکل ۱۷-۱۰ تغییرات پارامترهای به دست آمده در آزمایش‌ها در حالت‌های مختلف اختلاط مصالح رودخانه‌ای با رس بر حسب درصد نسبت به اختلاط ۲۰ درصد مصالح رودخانه‌ای با رس

- نمودار پوش گسیختگی بر اساس معیار موهر کلمب برای حالت‌های مختلف اختلاط ماسه بادی با رس در شکل ۱۸-۱۰ نشان داده شده است.



شکل ۱۸-۱۰ نمودار پوش گسیختگی معیار موهر کلمب برای حالت‌های مختلف اختلاط مصالح رودخانه‌ای با رس

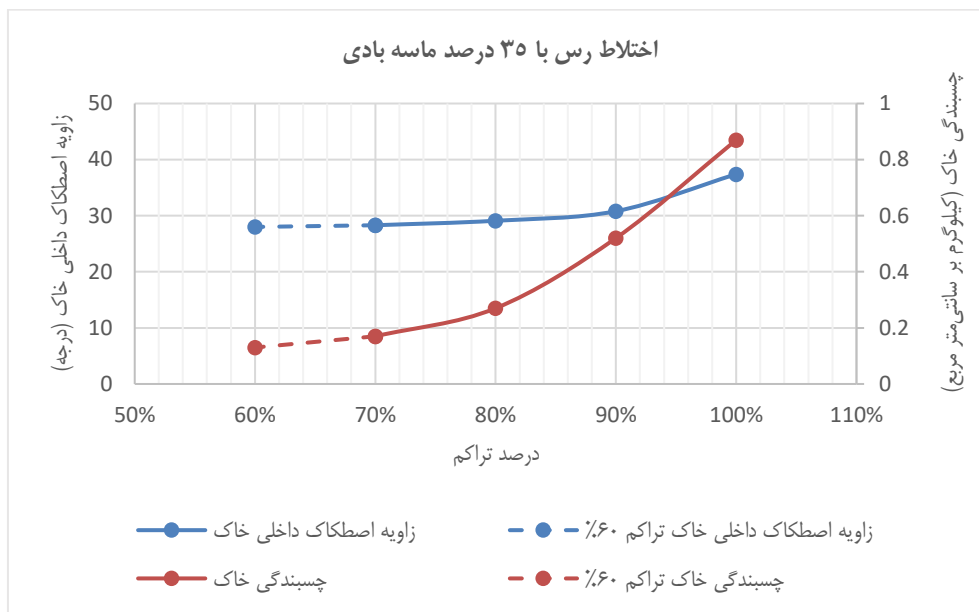
- همانطور که انتظار می‌رفت بیشترین چسبندگی (c) در حالت ۲۰ درصد اختلاط مصالح رودخانه‌ای با رس وجود داشت اما درصد اختلاط تاثیر قابل توجهی روی زاویه اصطکاک داخلی (ϕ) نداشته است.
- با مطالعه اختلاط ۲۰، ۳۰ و ۵۰ درصد مصالح رودخانه‌ای با رس و انجام آزمایش CBR بر روی خاک اشباع مشخص شد که اولاً مقدار CBR در حالت اشباع بسیار پایین است. به بیان دیگر افزودن مصالح رودخانه‌ای هر چند موجب افزایش جزئی CBR می‌نماید ولی در محدوده درصد مصالح رودخانه‌ای مورد آزمایش تاثیر قابل توجهی بر روی CBR ندارد.
- بر اساس مطالعات مندرج شده در بندهای ۱ و ۲ و دلایل زیر، افزودن ۳۵ درصد مصالح رودخانه‌ای به رس قابل توجیه است:
 الف) مقایسه نتایج آزمایش‌ها مختلف در درصد اختلاط‌های مختلف (شکل ۱۵-۱۰)؛ و
 ب) توجیه اقتصادی اختلاط ۳۵ درصد مصالح رودخانه‌ای نسبت به اختلاط ۵۰ درصد آن.
- مقایسه اثر ماسه بادی و مصالح رودخانه‌ای نشان می‌دهد در شرایط اختلاط یکسان اختلاط ماسه بادی نتیجه بهتری در بهبود مشخصات خاک دارد.

۱۰-۴-۳- تاثیر درصد تراکم

- با توجه به این که اختلاط ۳۵ درصد ماسه بادی با رس و اختلاط ۳۵ درصد مصالح رودخانه‌ای با رس بهترین نتایج را به عمل آوردند، تاثیر تراکم در این اختلاط‌ها در محدوده ۷۰ تا ۱۰۰ درصد مورد مطالعه گردید.
- افزایش درصد تراکم موجب بهبود مصالح می‌گردد و این روند از مقدار تراکم ۷۰ تا ۱۰۰ درصد افزایشی است. با توجه به این که حصول تراکم ۷۰ تا ۱۰۰ درصد در زیر آب بسیار مشکل است و تقریباً شدنی نیست، نمی‌توان این مقدار تراکم‌ها را استفاده کرد و

بهتر است درصد تراکم‌های پایین‌تر با توجه به تاثیر درصد تراکم بر پارامترهای خاک انتخاب شود. تاثیر درصد تراکم مورد بررسی بر پارامترهای چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی در شکل ۱۹-۱۰ نشان داده شده است.

- بر اساس نتایج آزمایش‌های شبیه‌سازی بارش مصالح رسی و ماسه بادی در محیط آزمایشگاهی، میزان تراکم در حدود ۶۰ درصد می‌باشد. چون امکان دستیابی به تراکم ۶۰٪ در آزمایش‌های انجام شده وجود نداشت، پارامترهای چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی برای این میزان تراکم باید با برون‌یابی از پارامترهای به دست آمده از تراکم‌های انجام شده به دست آید. در نتیجه بر اساس شکل ۱۹-۱۰ پارامترهای چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی به ترتیب برابر با ۰/۱۳ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع و ۲۸ درجه به دست می‌آید.



شکل ۱۹-۱۰ تاثیر درصد تراکم‌های مختلف بر روی پارامترهای چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی خاک

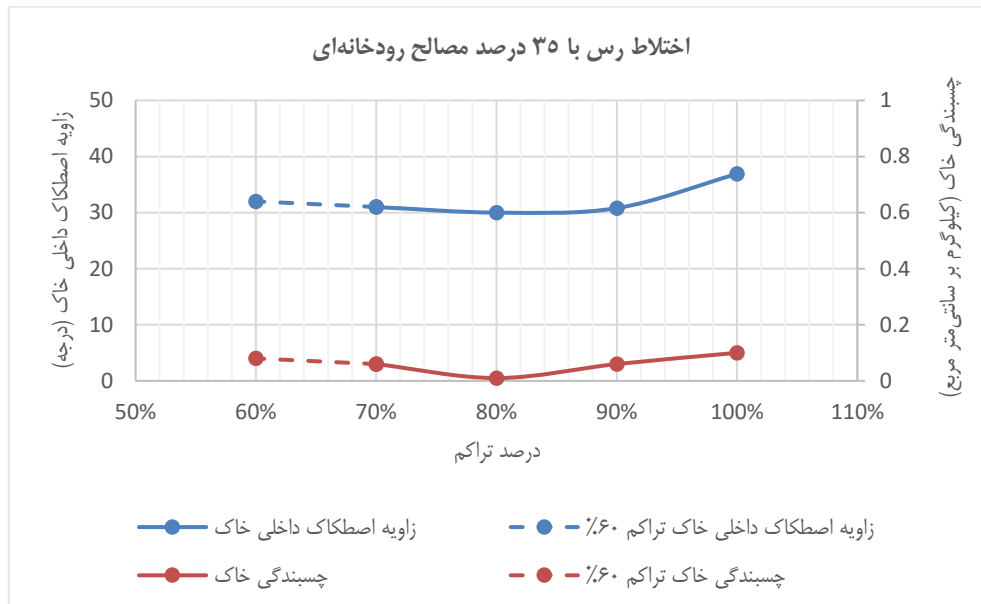
- بر اساس نتایج آزمایش‌های شبیه‌سازی بارش مصالح رسی و رودخانه‌ای در محیط آزمایشگاهی، میزان تراکم در حدود ۶۰ درصد می‌باشد. چون امکان دستیابی تراکم ۶۰٪ در آزمایش‌های انجام شده وجود نداشت، پارامترهای چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی برای این میزان تراکم باید با برون‌یابی از پارامترهای به دست آمده از تراکم‌های انجام شده به دست آید. در نتیجه بر اساس شکل ۲۰-۱۰ پارامترهای چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی به ترتیب برابر با ۰/۰۸ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع و ۳۲ درجه به دست می‌آید.

- افزایش درصد تراکم موجب افزایش پارامترهای تحکیم شامل شاخص فشردگی (Cc) و شاخص تورم (Cs) می‌شود.

۱۰-۴-۴- شبیه‌سازی بارش مصالح رسی و ماسه بادی در محیط آزمایشگاهی

- با توجه به این که شبیه‌سازی واقعی فرآیند ساخت و ریختن مصالح در آب با استفاده از لودر و بولدزر مقدور نیست و مورد مشابه آن در مراجع مهندسی ژئوتکنیک معتبر یافت نشد، لازم است آزمایش‌های انجام شده در آزمایشگاه با روش‌های مختلف بارش مورد قضاوت قرار گیرد. این قضاوت تنها بر اساس روش‌های بارش و آزمایش‌های اختلاط صورت می‌گیرد.

- روش بارش انجام شده در آزمایشگاه در صورتی با عمل مطابقت دارد که در عمل در آب جریان وجود نداشته باشد.



شکل ۲۰-۱۰ تاثیر درصد تراکم‌های مختلف بر روی پارامترهای چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی خاک

- روش بارش و درصد فراوانی رس و ماسه بادی در دانسیته مرطوب خاک ایجاد شده در داخل لوله شفاف تاثیر گذار است.
- در روش بارش اول که نمونه‌ها به آرامی و با قیف داخل لوله شفاف تخلیه می‌گردد با افزایش درصد فراوانی ماسه بادی در نمونه رس، دانسیته مرطوب نمونه افزایش یافته است. ضمن اینکه لایه‌بندی بین رس و ماسه در نمونه راسب شده قابل مشاهده است.
- در روش بارش دوم که نمونه بصورت آبی داخل لوله شفاف تخلیه می‌گردد با افزایش درصد فراوانی ماسه بادی دانسیته مرطوب نمونه افزایش یافته است. ضمن اینکه مصالح رسی از ماسه‌ای تا حد زیادی از هم جدا می‌شوند.
- دانسیته مرطوب نمونه‌های راسب شده در روش بارش اول نسبت به روش بارش دوم برای نمونه مشخص بیشتر اندازه‌گیری شده است.
- بر اساس جدول ۱۷-۱۰ میزان تراکم در روش اول بارش برای نمونه‌های مختلف در حدود ۵۴ تا ۶۱ درصد و بر اساس جدول ۱۸-۱۰ میزان تراکم در روش دوم بارش برای نمونه‌های مختلف در حدود ۵۲ تا ۵۵ درصد می‌باشد. در عمل به دلیل اجرای لایه‌های خاک بر روی یکدیگر و فشار ایجاد شده بر روی لایه‌های زیرین تراکم خاک بیش از مقادیر فوق الذکر خواهد بود.
- در هر روش اول بیشترین دانسیته بعد از گذشت یک ساعت از زمان بارش و در روش دوم بیشترین دانسیته بعد از گذشت ۰/۵ ساعت از زمان بارش ایجاد شده است.

فصل یازدهم

طراحی آزمایشی بهسازی بدنه

و محافظت شیروانی خاکریز

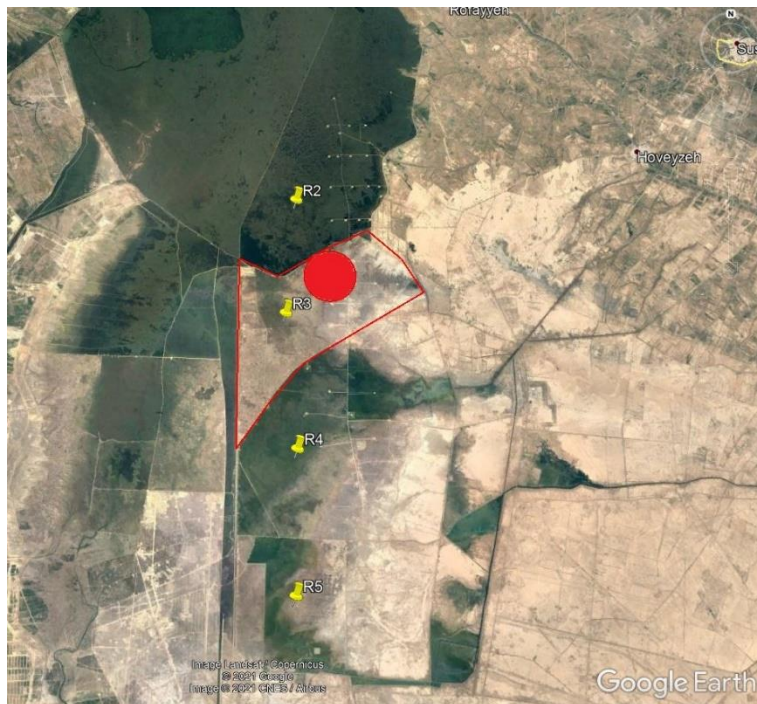
فصل یازدهم - طراحی آزمایشی بهسازی بدنه و محافظت شیروانی خاکریز برای محوطه یک سلر و ۵۰۰ متر از جاده

۱-۱۱ - مقدمه

در این فصل روش‌های مختلف بهسازی بدنه و حفاظت شیروانی خاکریزها برای طراحی آزمایشی محوطه یک سلر و ۵۰۰ متر از جاده ارزیابی شده است. بر اساس ارزیابی‌های فنی و اقتصادی روش‌های مختلف، گزینه‌های متناسب با شرایط منطقه هورالعظیم پیشنهاد شده است. این خاکریز آزمایشی طراحی گردید تا از نتایج آن استفاده شود. البته امکان اجرای این خاکریز در هنگام تهیه این ضابطه فراهم نگردید.

۱-۱۱ - ۲- موقعیت انتخاب شده جهت اجرای الگوی آزمایشی

با توجه به تراکم بیشتر تاسیسات در میدان نفتی آزادگان جنوب و بیش‌ترین عمق آب تالاب در آن ناحیه، یک محوطه سلر و جاده فرعی دسترسی به آن، واقع در حوضچه شماره ۳ به عنوان موقعیت طراحی و اجرای آزمایشی انتخاب شده است. جانمایی حدودی این موقعیت در شکل ۱-۱۱ نشان داده شده است. در ادامه با استفاده از آزمایش‌های ژئوتکنیکی موجود، پارامترهای اولیه طراحی انتخاب می‌شوند.



شکل ۱۱-۱ موقعیت انتخاب شده جهت اجرای الگوی آزمایشی

۱۱-۳- وضعیت ژئوتکنیکی موقعیت اجرای الگوی آزمایشی

بر اساس مطالعات ژئوتکنیک صورت گرفته در آزادگان جنوب که نتایج آنها در فصل ۵ ارائه شده است، پارامترهای ژئوتکنیکی موقعیت انتخابی به شرح جدول ۱۱-۱ انتخاب شده است.

جدول ۱۱-۱ پارامترهای مورد استفاده در مدل‌سازی‌های ژئوتکنیکی

E (MPa)	γ_{sat} (kN/m ³)	ϕ'	C' (kPa)	
۱۲	۱۹	۱۵	۱۵	خاک محل تا عمق ۲۰ متری
۳۰	۱۹	۳۰	۴	خاک محل از عمق ۲۰ تا ۴۰ متری

۱۱-۴- معیارهای و مبانی عمومی طراحی بهسازی بدنه و حفاظت شیروانی خاکریز

۱۱-۴-۱- فرضیات طراحی

طراحی سیستم محافظت جدار، نیازمند اطلاعات موج مشخصه می‌باشد که با توجه به گزارش هیدرولیک شرکت مهندسی مشاور سازآب پردازان، موج مشخصه برابر با موج در شرایط سیلاب ۵۰ ساله فرض شد. با توجه به نبود اطلاعات مربوط به دوره^۱ این موج، دوره موج مذکور برابر با ۴/۵ ثانیه فرض شد.

^۱ Period

بر اساس اطلاعات دریافت شده از کارفرما، عمق آب کنونی در حوضچه شماره ۳ میدان نفتی آزادگان جنوب برابر با ۲/۲ متر فرض شد. با توجه به طراحی ۵۰۰ متر از جاده برای مسیر فرعی دسترسی به محوطه سله، تراز نهایی خاکریز حدوداً ۲ متر بیش از تراز سیلاب ۵۰ ساله در منطقه در نظر گرفته شد.

۱۱-۴-۲- معیارها و مبانی طراحی بهسازی بدنه خاکریز

حداقل ضریب اطمینان به روش‌های تعادل حدی بایستی برای پایداری موقت برابر ۱/۳ و برای پایداری دائم برابر ۱/۵ باشد. خاک‌های رسی باید با مدل رفتار کوتاه مدت (تنش کل) و بلند مدت (تنش موثر) بررسی شوند. میزان سربار در نظر گرفته شده برای خاکریز ۱۰ کیلوپاسکال است و نشست بلند مدت خاکریز باید به میزان ۱۰ سانتی‌متر محدود شود.

۱۱-۴-۳- معیارها و مبانی طراحی حفاظت جدار خاکریز

سیستم حفاظت از جدار باید به نحوی طراحی شوند که در برابر امواج (موج مشخصه) پایدار باشند. همچنین این سیستم نباید دچار لغزش شود و باید به صورت ژئوتکنیکی پایدار باشد. فیلتر در این سیستم باید به نحوی طراحی شود که در ضمن اینکه اجازه عبور جریان آب از خاک ریزدانه به خاک درشت‌دانه را می‌دهد، خاک ریزدانه دچار شستگی نشود. در ادامه گزارش توضیحات مربوط به هر کدام ارائه خواهد شد.

۱۱-۵- طراحی اولیه گزینه‌های منتخب

۱۱-۵-۱- بهسازی بدنه خاکریز

بر اساس مطالب ذکر شده در جلد اول این مجلد، در بهسازی بدنه خاکریز دو روش اختلاط مصالح رس محلی با ماسه بادی و اختلاط مصالح رس محلی با مصالح رودخانه قابل استفاده است و طراحی اولیه در این دو روش بررسی شده است. برای این دو روش ضریب اطمینان پایداری با استفاده از مدلسازی تعادل حدی و میزان نشست با استفاده از مدلسازی اجزاء محدود محاسبه شده است.

۱۱-۵-۱-۱- اختلاط رس محلی با ماسه بادی

افزودن ماسه بادی به خاک رس محلی موجب بهبود خواص شکل‌پذیری، تراکم و مقاومت آن می‌شود. بر اساس نتایج آزمایش‌هایی که بر روی نمونه‌هایی با درصد‌های مختلف اختلاط رس با ماسه بادی انجام شد و در فصل دهم این مجلد به آن اشاره شد، اختلاط ۳۵ درصد ماسه بادی با رس گزینه مناسب‌تری از لحاظ اقتصادی و فنی است. مشخصات و خصوصیات خاک به دست آمده از این اختلاط بر اساس نتایج آزمایش‌های فصل دهم در نظر گرفته شده است.

۱۱-۵-۱-۲- اختلاط رس محلی با مصالح رودخانه‌ای

افزودن مصالح شن و ماسه رودخانه‌ای مانند ماسه بادی به خاک رس محلی موجب بهبود خواص شکل‌پذیری، تراکم و مقاومت آن می‌شود. بر اساس نتایج آزمایش‌هایی که بر روی نمونه‌هایی با درصد‌های مختلف اختلاط رس با ماسه رودخانه‌ای انجام شد و در

فصل دهم این مجلد به آن اشاره شد، اختلاط ۳۵ درصد مصالح رودخانه‌ای با رس گزینه مناسب‌تری از لحاظ اقتصادی و فنی است. مشخصات و خصوصیات خاک به دست آمده از این اختلاط بر اساس نتایج آزمایش‌های فصل دهم در نظر گرفته شده است.

۱۱-۵-۱-۳- مدل‌سازی تعادل حدی جهت محاسبه ضریب اطمینان پایداری

با استفاده از پارامترهای تعیین شده برای خاک رس محلی، مدل‌های تعادل حدی در نرم افزار GeoStudio جهت تعیین ضریب اطمینان پایداری خاکریز در حالت بدون بهسازی تهیه شد. ضریب اطمینان به دست آمده از مدل تعادل حدی برای حالت کوتاه مدت و بلند مدت برای مصالح مختلف به صورت جدول ۲-۱۱ است. تحلیل‌های پایداری انجام شده حاکی از آن است که در صورت احداث خاکریز با استفاده از اختلاط رس محلی با ماسه بادی یا ماسه رودخانه‌ای به عرض ۱۰ متر (در بخش بالای آن)، ارتفاع ۴ متر و شیب جدار ۱ به ۳، مشکل پایداری در بدنه خاکریز وجود نخواهد داشت. البته توجه به این نکته ضروری است که اجرای مصالح رسی در داخل آب عملاً بسیار پیچیده و دشوار است و علاوه بر آن چنین خاکریزی در آینده می‌تواند نشست‌های قابل توجهی را تجربه نموده و دچار آسیب شود.

جدول ۲-۱۱ ضریب اطمینان حاصل از مدل‌سازی تعادل حدی

روش اجرای بدنه خاکریز	ضریب اطمینان در حالت کوتاه مدت	ضریب اطمینان در حالت بلند مدت
رس	۱/۷۹۸	۰/۸۴۳
مخلوط ۳۵٪ رس و ۶۵٪ ماسه بادی	۲/۴۲۶	۱/۵۶۹
مخلوط ۳۵٪ رس و ۶۵٪ ماسه رودخانه‌ای	۱/۶۱۹	۱/۸۶۷

۱۱-۵-۱-۴- مدل‌سازی اجزاء محدود جهت محاسبه نشست

در محاسبات مربوط به نشست پارامتر تاثیرگذار مدول الاستیسیته است. لذا با توجه به نتایج آزمایش‌های انجام شده بر روی اختلاط‌های مختلف و روابط موجود در مراجع علمی مختلف بین مدول الاستیسیته و متغیرهای دیگر، مدول الاستیسیته مصالح مختلف تعیین شد. بر این اساس میزان نشست محاسبه شده برای هر روش در جدول ۳-۱۱ ارائه شده است.

جدول ۳-۱۱ میزان نشست حاصل از مدل‌سازی اجزاء محدود با در نظر گرفتن مراحل ساخت

روش اجرای بدنه خاکریز	مدول الاستیسیته (مگاپاسکال)	میزان نشست محاسبه شده (سانتی‌متر)
رس	۰/۷۵	۱۰/۴۷
مخلوط ۳۵٪ رس و ۶۵٪ ماسه بادی	۱/۰۶	۴/۸۱
مخلوط ۳۵٪ رس و ۶۵٪ ماسه رودخانه‌ای	۰/۸۴	۵/۳۲

۱۱-۵-۲- حفاظت شیروانی خاکریز

بر اساس مطالب ذکر شده در ضابطه این مجلد، در حفاظت شیروانی خاکریز دو روش ریپ‌رپ و گابیون قابل استفاده است و طراحی اولیه در این دو روش بررسی شده است. نحوه محاسبه و توضیحات هر یک از این روش‌ها در ضابطه ارائه شده است.

۱۱-۵-۲-۱- روش ریپرپ

با در نظر گرفتن موج مشخصه با ارتفاع ۰/۵ متر (۱/۶۴ فوت) و وزن مخصوص ۱۶۵ پوند بر فوت مکعب برای ریپرپ، وزن واحد آمور بر اساس رابطه زیر به دست می‌آید:

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{K_D \left(\frac{\gamma_r}{\gamma_w} - 1 \right)^3 \cot \theta} = \frac{(165)(1.64)^3}{2.2 \left(\frac{165}{62.4} - 1 \right)^3} = 24.80 \text{ lb} = 11.25 \text{ kg} \quad (3)$$

که در آن W وزن هر واحد آمور بر حسب پوند، γ_r وزن مخصوص واحد آمور بر حسب پوند بر فوت مکعب، H ارتفاع موج شاخص بر حسب فوت، K_D ضریب پایداری، γ_w وزن مخصوص آب در محل بر حسب پوند بر فوت مکعب و θ شیب سازه (نسبت به افق) است. ضخامت لایه ریپرپ به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$r = nK_\Delta \left(\frac{W}{\gamma_r} \right)^{1/3} = (2)(1) \left(\frac{24.8}{165} \right)^{1/3} = 1.06 \text{ ft} \approx 0.30 \text{ m}$$

بدین ترتیب حداقل ضخامت لایه برابر با ۳۰ سانتی‌متر خواهد بود.

۱۱-۵-۲-۲- روش گابیون

بر اساس رابطه زیر و با در نظر گرفتن موج مشخصه با ارتفاع ۰/۵ متر و دوره ۴/۵ ثانیه، ضخامت گابیون مطابق رابطه زیر برابر با ۲۰ سانتی‌متر بدست می‌آید. مقدار F در این رابطه ۷ فرض شده است.

$$D = \frac{H_s}{\Delta F} \left(\frac{\tan \alpha}{\sqrt{H_s / (1.56 T_p^2)}} \right)^{2/3} \rightarrow D = \frac{0.5}{(1)(7)} \left(\frac{1/3}{\sqrt{0.5 / ((1.56)(4.5)^2)}} \right)^{2/3} \approx 0.20 \text{ m}$$

که در آن H_s ارتفاع موج شاخص، Δ دانسیته نسبی گابیون (معمولاً برابر با ۱)، D ضخامت گابیون، F فاکتور پایداری، ξ_{op}

پارامتر بالاروی، α شیب و T_p دوره موج در پیک طیف است.

۱۱-۶-۱- مقایسه فنی و اجرایی گزینه‌های منتخب

اولویت بندی فنی گزینه‌های مورد بررسی در بخش‌های گذشته بر اساس معیارهای مختلف در ادامه انجام شده و به صورت زیر است:

۱۱-۶-۱-۱- احداث بدنه خاکریز

بر اساس میزان نشست خاکریز، کم‌ترین نشست در بهسازی بدنه با استفاده از اختلاط مصالح ماسه بادی با رس به دست می‌آید. پس از این روش، در حالت استفاده از اختلاط ماسه رودخانه‌ای با رس مقدار نشست کمی بیشتر از حالت قبل است. به طور کلی نشست

در روش اختلاط مصالح دانه‌ای با رس به دلیل افزایش مدول الاستیسیته و افزایش نفوذپذیری کمتر از حالت استفاده از رس محل شده است.

۱۱-۶-۲- حفاظت شیروانی خاکریز

بر اساس میزان دوام روش‌های حفاظت از جدار خاکریز اولویت اول استفاده از روش ریپرپ، که مرسوم‌ترین روش مورد استفاده به عنوان لایه پوششی است، می‌باشد. بعد از این روش استفاده از گابیون در رده بعدی قرار می‌گیرد. به دلیل احتمال پاره شدن مش‌ها و خوردگی، گابیون دوام کمتری از ریپرپ دارد. به دلیل اجرای بخشی از لایه پوششی در زیر آب و احتمال اینکه بدنه خاکریز مقاومت کمی داشته باشد، اجرای هر یک از روش‌های ذکر شده مشکلات خاص خود را خواهد داشت. با این حال اولویت اول در روش حفاظت از شیروان خاکریز، روش ریپرپ است و روش گابیون پس از آن قرار می‌گیرد.

۱۱-۷-۱- مقایسه اقتصادی گزینه‌های منتخب

۱۱-۷-۱-۱- احداث بدنه خاکریز

فواصل حمل مصالح مختلف مورد استفاده بر اساس جدول ۴-۱۱ در نظر گرفته شدند. هزینه لازم برای اجرای روش‌های مختلف اجرای بدنه در جدول ۵-۱۱ ارائه شده است. مبنای محاسبات استفاده از فهرست بهای راه، راه آهن و باند فرودگاه سال ۱۴۰۱ و همچنین استعلام قیمت روز آیت‌های خاص بوده است.

جدول ۴-۱۱- فواصل حمل مصالح

نوع مصالح	فاصله حمل (کیلومتر)
رس	۳۵
ماسه بادی	۱۰۰
مصالح رودخانه‌ای	۱۹۰
سنگ لاشه	۲۰۰

جدول ۵-۱۱- مقایسه هزینه روش‌های مختلف بهسازی بدنه

روش ساخت بدنه خاکریز	هزینه اجرای متر طول (ریال)
مخلوط رس و ماسه بادی	۲۰۳,۲۷۹,۷۱۰
مخلوط رس و مصالح رودخانه‌ای	۲۹۶,۷۲۴,۴۶۱

۱۱-۷-۲- حفاظت شیروانی خاکریز

بر اساس مقادیر بدست آمده برای ضخامت هر لایه پوششی، برآورد مالی اجرای این روش‌ها در

جدول ۱۱-۶ ذکر شده است. لازم به ذکر است که با توجه به پیچیدگی محاسبات مربوط به لایه فیلتر و وابسته بودن آن به نوع خاک بدنه، در این محاسبات هزینه اجرای زهکش منظور نشده است.

جدول ۱۱-۶- مقایسه هزینه روش‌های مختلف محافظت شیروانی خاکریز	
روش محافظت شیروانی خاکریز	هزینه اجرای متر طول (ریال)
ریپرپ	۳۱۴,۷۱۱,۴۳۱
گابیون	۳۲۹,۱۲۶,۱۰۴

۱۱-۸- جمع‌بندی طرح نهایی بهسازی بدنه و حفاظت شیروانی خاکریز

در این فصل روش‌های مختلف بهسازی بدنه و حفاظت شیروانی خاکریز جهت طراحی آزمایشی محوطه یک سلر و ۵۰۰ متر از جاده مورد ارزیابی قرار گرفت. بر اساس مقایسه‌های صورت گرفته، در احداث بدنه خاکریز روش اختلاط رس محلی با ماسه بادی و در حفاظت جدار خاکریز روش ریپرپ گزینه‌های اقتصادی و مطلوبی در منطقه هستند.

فصل دوازدهم
مثال‌های حل شده

فصل دوازدهم - مثال‌های حل شده

۱۲-۱ - مقدمه

این فصل شامل تعدادی مثال حل شده برای بخش‌های مختلف ضابطه است. این مثال‌ها در خصوص ابعاد ریپرپ، ابعاد گابیون و عمق آبستگی است.

۱۲-۲ - تعیین ابعاد ریپرپ برای حفاظت سطحی خاکریز

ارتفاع موج طراحی در منطقه‌ای ۲ فوت و پریود موج طراحی ۴/۲۵ ثانیه است. فرض شود که پوشش ریپرپ با استفاده از دو سنگ تیز گوشه در لایه حفاظتی اجرا شود و دارای شیب جانبی 2H:1V (۲۶/۶ درجه) باشد. وزن مخصوص واحد آرمور ۱۶۵ پوند بر فوت مکعب فرض شود.

گام اول: تعیین ضریب لایه و پایداری مطابق جدول ۱-۴ جلد اول ضابطه:

$$K_{\Delta} = 1.0, \quad K_D = 2.0$$

گام دوم: محاسبه وزن واحد آرمور

$$W_{50} = \frac{\gamma_r H^3}{K_D \left(\frac{\gamma_r}{\gamma_w} - 1\right)^3 \cot \theta} = \frac{(165)(2)^3}{2.0 \left(\frac{165}{64} - 1\right)^3 \cot 26.6} = 84 \text{ lbf}$$

گام سوم: دانه‌بندی لایه ریپرپ

- $84 < W_{50} < (1.5)(84) \rightarrow 84 \text{ lb} < W_{50} < 126 \text{ lb}$
- $(0.4)(84) < W_{15} \rightarrow 33 \text{ lb} < W_{15}$
- $(2)(84) < W_{100} < (4)(84) \rightarrow 168 \text{ lb} < W_{100} < 336 \text{ lb}$

گام چهارم: تعیین ضخامت لایه

$$r = nK_{\Delta} \left(\frac{W}{w_r} \right)^{1/3} = (2)(1.0) \left(\frac{84}{165} \right)^{1/3} = 1.6 \text{ ft} \approx 0.4 \text{ m}$$

گام پنجم: کنترل حداقل ضخامت

$$\begin{aligned} r_{min} &= \max \left[2.0 \left(\frac{W_{50}}{\gamma_r} \right)^{1/3}, 1.25 \left(\frac{W_{100}}{\gamma_r} \right)^{1/3}, 1 \text{ ft} \right] \\ &= \max \left[2.0 \left(\frac{84}{165} \right)^{1/3}, 1.25 \left(\frac{336}{165} \right)^{1/3}, 1 \text{ ft} \right] = \max[1.59 \text{ ft}, 1.58 \text{ ft}, 1 \text{ ft}] = 1.59 \text{ ft} \\ &< 1.6 \text{ ft} \end{aligned}$$

۱۲-۳- تعیین ابعاد گابیون برای حفاظت سطحی

ارتفاع موج طراحی در منطقه‌ای ۰/۵ متر و پریود موج طراحی ۱۰ ثانیه است. فرض شود که پوشش گابیون در لایه حفاظتی اجرا شود و دارای شیب جانبی 2H:1V (۲۶/۶ درجه) باشد.

گام اول: تعیین فاکتور پایداری

$$F = 7.5$$

گام دوم: محاسبه پارامتر بالاروی

$$\xi_{op} = \frac{\tan a}{\sqrt{H_s / (1.56 T_p^2)}} = \frac{\tan 22.6}{\sqrt{\frac{0.5}{(1.56)(10)^2}}} = 7.35$$

گام سوم: محاسبه ضخامت گابیون

$$\frac{H_s}{\Delta D} = F \xi_{op}^{-2/3} \rightarrow D = \frac{H_s}{\Delta F \xi_{op}^{-2/3}} = \frac{0.5}{(1)(7.5)(7.35)^{-2/3}} \approx 0.25 \text{ m}$$

۱۲-۴- محاسبه عمق آبشستگی در خاک‌های غیر چسبنده و چسبنده

۱۲-۴-۱- خاک غیر چسبنده

در یک دشت سیلابی با سرعت جریان ۰/۹ متر بر ثانیه، عمق جریان ۱ متر، D_{90} ۰/۰۳ متر و چگالی خاک ۲/۶۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب، عمق آبشستگی برای یک سازه با عرض ۱۸ متر در زمان ۲۴ ساعت برابر است با ۲/۶۷ متر که به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\begin{aligned} z(t) &= \left(\frac{1}{10} \left(\frac{V}{\left(\left[\frac{(\rho_s - \rho)}{\rho} g \right] D_{90} \right)^{0.5}} \right)^2 \log_{10} \left(\frac{1}{10} \left(\frac{\left(\left[\frac{(\rho_s - \rho)}{\rho} g \right] D_{90} \right)^{0.5}}{h_o} \times t \right) \right) \right) \times (b \times h_o)^{0.5} \\ z(t) &= \left(\frac{1}{10} \left(\frac{0.9}{\left(\left[1.65 \times 9.81 \right] 0.03 \right)^{0.5}} \right)^2 \log_{10} \left(\frac{1}{10} \left(\frac{(1.65 \times 9.81 \times 0.03)^{0.5}}{1} \times t \right) \right) \right) \times (18 \times 1)^{0.5} = 2.67 \text{ m} \end{aligned}$$

۱۲-۴-۲- خاک چسبنده

در یک دشت سیلابی با سرعت جریان ۰/۹ متر بر ثانیه، عمق جریان ۱ متر، D_{50} ۰/۰۰۵ میلی‌متر، ضریب زبری مانینگ ۰/۰۱۴ و چگالی خاک ۲/۶۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب، عمق نهایی آبشستگی برای یک سازه برابر است با ۰/۳۸ متر که به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$z = 0.94h_o \left(\frac{1.83V}{\sqrt{gh_o}} - \frac{K_u \sqrt{\frac{\tau_c}{\rho}}}{gnh_o^{1/3}} \right)$$
$$z = 0.94 \times 1 \left(\frac{1.83 \times 0.9}{\sqrt{9.81 \times 1}} - \frac{\sqrt{\frac{0.05 \times 0.005^{-0.4}}{1000}}}{9.8 \times 0.014 \times 1^{1/3}} \right) = 0.38 \text{ m}$$

فصل سیزدهم

طراحی پایدارسازی گود جهت

اجرای سازه هیدرولیکی خروج

آب

فصل سیزدهم - طراحی پایدارسازی گود جهت اجرای سازه هیدرولیکی خروج آب

۱۳-۱- مقدمه

در انتهای ناحیه جنوبی منطقه هورالعظیم پیش‌بینی می‌شود در آینده یک سازه هیدرولیکی برای ذخیره موقت و تخلیه آب منطقه ساخته شود. این سازه گودی به عمق حدود ۱۰ متر خواهد داشت. بنابراین روش‌های مختلف پایدارسازی و کنترل آب در گود برای این منطقه ارزیابی می‌شود تا روش مناسب با توجه به شرایط منطقه انتخاب شود. سپس یک مثال بر اساس خصوصیات و شرایط منطقه هورالعظیم مدلسازی شود.

گودبرداری به هرگونه خاکبرداری در تراز پایین‌تر از سطح طبیعی زمین گفته می‌شود. معمولاً زمین به صورتی خاکبرداری می‌شود که جداره‌های آن قائم یا نزدیک به قائم باشند. فشار جانبی وارد بر این جداره‌ها ناشی از رانش خاک بر اثر وزن خود آن، و نیز سرباره‌های احتمالی روی خاک کنار گود می‌باشد. به منظور جلوگیری از ریزش ترانشه و تبعات منفی احتمالی ناشی از این خاکبرداری، سازه‌های موقتی یا دائمی را برای مهار گود اجرا می‌کنند که به آن پایدارسازی گود می‌گویند که انواع روش‌های مختلف دارد.

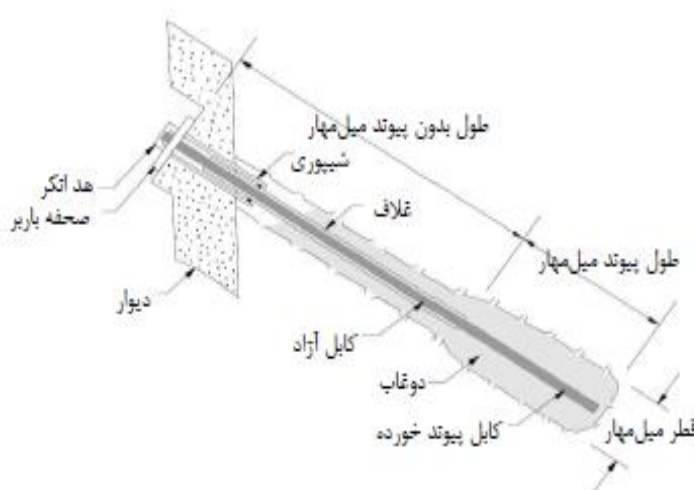
۱۳-۲- ارزیابی روش‌های مختلف گودبرداری و پایدارسازی در منطقه هورالعظیم

برای گودبرداری مسئله مورد نظر در منطقه هورالعظیم روش‌های مختلفی از جمله انکراژ، نیلینگ، دیوار دیافراگمی، سپر، شمع، شیب‌دار کردن گود و خرپا در ادامه مورد بررسی قرار می‌گیرد. در هر یک از این روش‌ها کلیات روش گفته شده و نکات اختصاصی مربوط به استفاده از این روش در منطقه هورالعظیم بیان می‌شود.

۱۳-۲-۱- روش انکراژ (میل‌مه‌ار)

۱۳-۲-۱-۱- کلیات

انکر یک المان سازه‌ای است که در خاک یا سنگ برای انتقال بار کششی به زمین نصب می‌شود. انکر دارای ۳ بخش کلی به نام‌های استرنده (کابل)، طول پیوندخورده و طول بدون پیوند میل‌مه‌ار است. قسمت‌های دیگر این المان سازه‌ای در شکل ۱-۱۳ به صورت شماتیک نشان داده شده است. این روش از بالا به پایین و مرحله به مرحله انجام می‌شود. در هر مرحله ابتدا خاکبرداری تا ارتفاعی مشخص بسته به نوع خاک و چسبندگی آن انجام می‌شود. سپس با حفر گمانه‌هایی مایل توسط دستگاه حفاری، انکرها در گمانه قرار داده می‌شوند. در این سیستم تنها قسمت انتهایی المان‌های انکر تزریق می‌شوند. پس از تزریق، کابل‌ها توسط جک کشیده می‌شوند و این عمل باعث فشردگی و افزایش تراکم خاک می‌شود.



شکل ۱-۱۳ قسمت‌های مختلف انکراژ مطابق FHWA-IF-99-015 (Sabatini et al., 1999)

انکراژها بر اساس روش تزریق به چهار گروه تقسیم می‌شوند. نوع اول، تزریق ثقلی بوده که در سنگ و خاک چسبنده بسیار سفت تا سخت با استفاده از روش حفاری دورانی یا حفاری میلگرد توخالی صورت می‌گیرد. از روش ترمی برای تزریق این نوع از انکرها استفاده می‌شود. نوع دوم تزریق تحت فشار بوده که مناسب خاک‌های دانه‌ای درشت و سنگ‌های درزدار ضعیف است. این نوع تزریق را می‌توان در خاک دانه‌ای ریز بدون چسبندگی نیز بکار برد. در این روش تزریق با فشار بیشتر از ۰/۳۵ مگاپاسکال انجام می‌شود. نوع سوم پس تزریق شده نام دارد که تزریق مرحله‌ای تاخیری در فواصل زمانی به طور ثقلی انجام می‌شود. هر تزریق با فاصله یک یا دو روز صورت می‌گیرد. نوع چهارم تزریق پافیلی یا ته‌پهن بوده که برای رسوبات سفت تا سخت مناسب بوده و در آن تزریق به صورت ترمی است. در این روش قطر بخش درگیر گمانه به تدریج در انتهای آن افزایش می‌یابد. برای طراحی دقیق انکراژ به FHWA-IF-99-015 (Sabatini et al., 1999) مراجعه شود.

۱۳-۲-۱-۲- نکات اختصاصی مربوط به استفاده از روش انکراژ در هورالعظیم

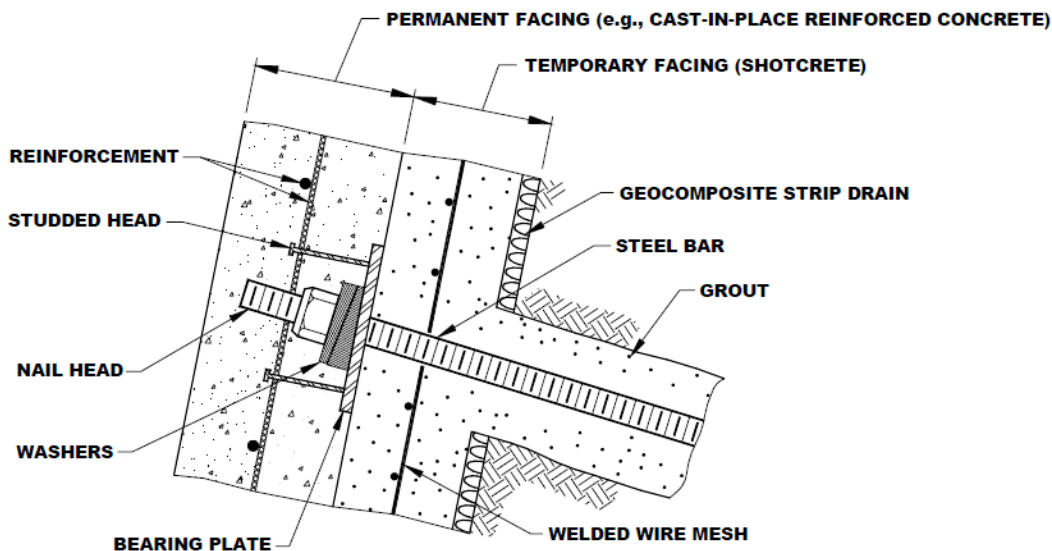
- از توضیحات قسمت قبل می‌توان این نتیجه را گرفت که عموماً روش انکراژ برای خاک‌های دانه‌ای و درشت‌دانه مناسب است. با توجه به اینکه منطقه هورالعظیم عمدتاً دارای خاک رس بوده روش انکراژ به دلایل زیر پیشنهاد نمی‌شود:
- در این روش مطابق FHWA-IF-99-015 تزریق نقش حیاتی داشته و با توجه به ریزدانه بودن خاک محل مورد نظر، تزریق به طور کامل در حفرات کنار گمانه جای نگرفته و ناقص می‌ماند (Sabatini et al., 1999).
 - در خاک رسی میزان انتقال نیروی کششی نسبت به بقیه خاک‌ها کمترین مقدار است بنابراین باعث افزایش هزینه اجرا می‌شود.
 - الزام این روش حفاری از بالا به پایین است. با توجه به این که در منطقه هورالعظیم سطح آب بسیار بالا است. تمهیدات زیادی باید برای تخلیه آب در نظر گرفت که باعث افزایش هزینه و سختی اجرا می‌شود.
 - وجود آب باعث کاهش اصطکاک و کارایی انکرها در داخل خاک می‌شود.
 - حضور آب منجر به کاهش گیرایی مخلوط آب سیمان شده که باید از افزودنی‌ها برای گیرش آن استفاده کرد. این امر باعث افزایش هزینه و سختی نظارت بر کیفیت مایع تزریق می‌شود.
 - با توجه به سطح بالای آب نیاز به تخلیه آن برای اجرا است. روش متداول برای این کار پمپاژ آب است که با توجه به رسی بودن خاک این کار بسیار مشکل و نیاز به حفر گمانه‌های متعدد نسبت به خاک دانه‌ای می‌باشد.
 - پایین آوردن سطح آب باعث تحکیم رس شده که خود باعث نشست در لبه گود می‌شود و باید آن را مد نظر قرار داد.
 - با توجه به سولفاتی بودن خاک، شرایط خوردگی و پوسیدگی انکرها شدید است. چنانچه درصد سولفات محلول در آب کمتر از ۰/۱ درصد باشد از سیمان تیپ I، اگر بین ۰/۱ تا ۰/۲ باشد از سیمان تیپ II و اگر درصد سولفات از ۰/۲ بیشتر بود از سیمان تیپ V برای تزریق استفاده شود.
- بنابراین اجرای این روش در این محل دارای ریسک بسیار بالایی می‌باشد. در ضمن این روش بیشتر برای گودبرداری‌های موقت مورد استفاده قرار می‌گیرد و چنانچه پایدارسازی گود برای مدت طولانی با این روش مدنظر است، با توجه به رسی بودن خاک منطقه، پدیده خزش و افت نیروی کششی انکراژ، اثرات خوردگی استرندها و ملحقات آن با گذشت زمان و تحلیل‌های لرزه‌ای بایستی در محاسبات لحاظ شود. در ارتباط با بحث حفاظت و خوردگی انکر نیز به استاندارد PTI در خصوص انکرها (PTI, 2004) مراجعه شود. در صورت اجتناب ناپذیر بودن استفاده از این روش مواردی همچون توزیع فشار جانبی، میزان انتقال بارکششی، ایجاد زهکش در کف تراز گود، خوردگی و میزان فشار تزریق به طور جدی در نظر گرفته شود.

۱۳-۲-۲- روش نیلینگ

۱۳-۲-۲-۱- کلیات

یکی از روش‌های دیگر پایدارسازی گودها روش نیلینگ است. این روش شامل تسلیح غیرفعال (بدون کشش) زمین موجود با نصب میلگردهای فولادی با شیب ملایم است که با تزریق دوغاب سیمان مدفون می‌شود. این روش مسلح‌سازی، به صورت مقاوم عمل

می‌کند و به کار افتادن این المان مسلح‌کننده برخلاف انکراژ که برای به کار افتادن آن نیازی به تغییر شکل خاک نیست، پس از تغییر شکل در خاک اتفاق می‌افتد. در اثر این تغییر شکل بار کششی به وجود آمده در میخ‌ها به زمین منتقل می‌شود. این روش معمولاً به صورت موقت اجرا می‌شود. اجزای مختلف تشکیل دهنده نیل در شکل ۲-۱۳ نشان داده شده است.



شکل ۲-۱۳ اجزای تشکیل دهنده میخ در روش نیلینگ مطابق FHWA0-IF-03-017 (Lazarte, 2003)

از مزایای این روش می‌توان به سرعت بالای اجرا آن، انعطاف‌پذیری (امکان تقویت یا اصلاح) در حین اجرا، استفاده بهینه از فضای پروژه و همزمانی عملیات خاکبرداری و پایدارسازی نام برد. برای طراحی دقیق نیلینگ به FHWA0-IF-03-017 (Lazarte, 2003) مراجعه شود.

۲-۲-۲-۱۳- نکات اختصاصی مربوط به استفاده از روش نیلینگ در هورالعظیم

شرایط ژئوتکنیکی زیر در منطقه هورالعظیم مطلوب روش نیلینگ نمی‌باشد:

- خاک‌های با سطح آب زیرزمینی بالا
- خاک‌های ریزدانه نرم تا خیلی نرم
- گیاه‌خاک‌ها
- خاک‌های خورنده

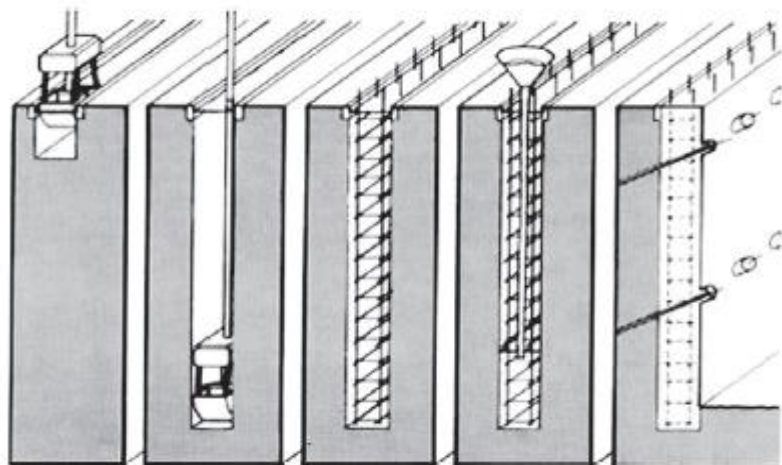
با توجه به موارد بالا و شرایط ژئوتکنیکی منطقه هورالعظیم، استفاده از روش نیلینگ در این منطقه توصیه نمی‌شود. دلایل این امر عمدتاً مشابه با دلایل ذکر شده در بخش ۲-۱۴-۱-۲ است.

۱۳-۲-۳- دیوار دیافراگمی

۱۳-۲-۳-۱- کلیات

روش دیوار دیافراگمی برای حفاری‌های در خاک نرم و سست که پایین‌تر از سطح آب زیرزمینی قرار دارند مناسب است. اجرای روش دیوار دیافراگمی شامل حفاری‌های باریک از نوع ترانشه، با ضخامت تقریبی ۶۰ تا ۹۰ سانتی‌متر است. مطابق شکل ۳-۱۳ ابتدا با قرار دادن مخلوطی از بنتونیت، آب و مواد افزودنی مناسب در داخل ترانشه از ریزش آن جلوگیری می‌شود. دیوارها برای جلوگیری از ریزش به صورت قطعه قطعه اجرا می‌شوند. این قطعات در خاک‌های پایدار در قطعه‌های شش تا نه متری و در خاک‌های ناپایدار در قطعه‌های دو متری اجرا می‌شوند. قبل از بتن‌ریزی قفس‌های میلگرد از قبل ساخته شده در داخل ترانشه قرار می‌گیرند و سپس بتن‌ریزی از پایین به بالا انجام می‌شود تا همزمان دوغاب بنتونیتی به خارج پمپاژ شود.

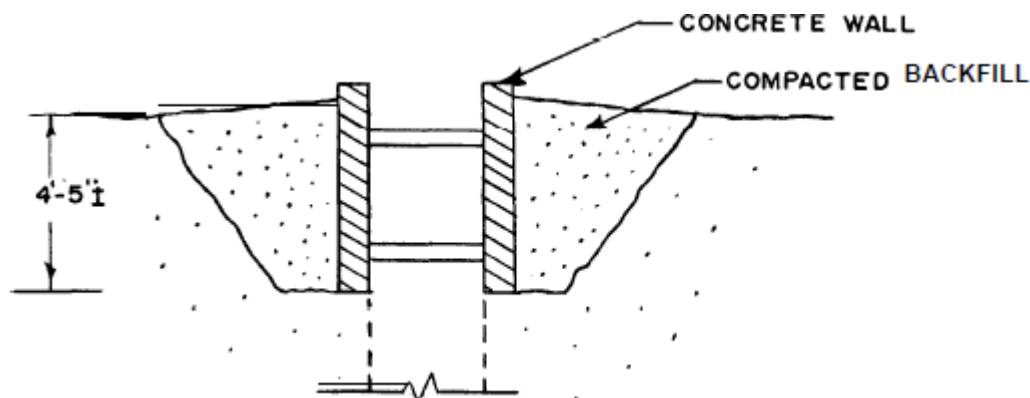
دیوارهای دیافراگمی معمولاً به عنوان بخشی از سیستم سازه‌ای دائمی زیرزمینی مورد استفاده قرار می‌گیرند. با این حال، ساخت دیوارهای دیافراگمی به تجهیزات نسبتاً سنگینی نیاز داشته که هزینه اجرای این سیستم نگهداری دیوار را نسبت به بقیه روش‌ها افزایش می‌دهد. در شکل ۳-۱۳ مراحل اجرای دیوار دیافراگمی نشان داده شده است.



شکل ۳-۱۳ مراحل اجرای دیوار دیافراگمی به ترتیب از چپ به راست

از مزایای دیوار دیافراگمی می‌توان به مانع دائم در برابر آب و قابلیت نصب در عمق‌های زیاد نام برد. برای طراحی دیوار دیافراگمی به FHWA-RD-75-128 (Goldberg et al., 1975) یا CIRIA 760 (Gaba, 2017) مراجعه شود.

طول‌های پنل و مراحل اجرا در اوایل کار، بایستی با اجرای تست‌های تجربی تایید شوند. همچنین تست حفاری‌ها باید توسط پایش دقیق تغییرشکل‌های زمین کناری انجام شود. برای تعیین مشخصات گل بنتونیت (سیال حفاری) به مرجع FHWA-RD-75-128 (Goldberg et al., 1975) مراجعه شود. سطح گل حفاری حدوداً باید ۲/۴ متر بالای سطح آب زیرزمینی نگه داشته شود. شکل ۴-۱۳ مقطع دیوار راهنمای حفاری را نشان می‌دهد.

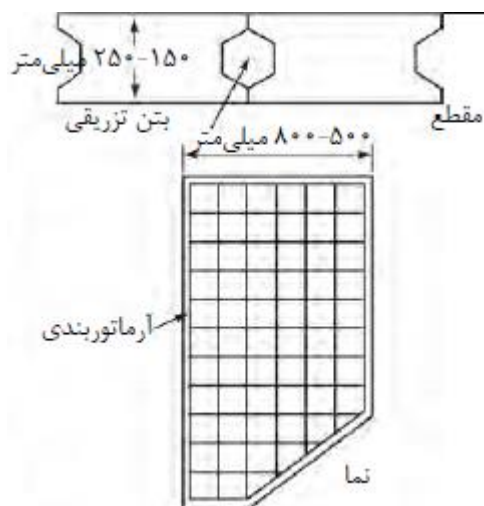


شکل ۴-۱۳ مقطع دیوار راهنمای حفاری پیشنهادی

۱۳-۲-۴- سپرها

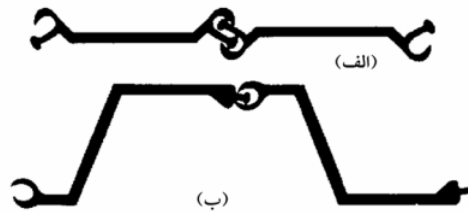
۱۳-۲-۴-۱- کلیات

سپرها نوعی دیوار خایل هستند که اغلب برای احداث دیوارهای ساحلی استفاده می‌شوند. مزیت سپرها این است که حتی در داخل آب نیز قابل اجرا است. سپرها دارای انواع مختلف چوبی، بتنی پیش‌ساخته و سپرهای فولادی هستند. سپرهای آلومینیومی نیز برای حالات خاص ساخته می‌شوند. از سپرهای چوبی فقط در مورد سازه‌های موقت سبک که در بالای سطح آب قرار دارند استفاده می‌شود. سپرهای بتنی پیش‌ساخته بسیار سنگین هستند و به منظور مقابله با نیروهای ایجاد شده در آنها در حین حمل و نقل، کوبیدن و بهره‌برداری داخل آنها آرماتوربندی می‌شود. این سپرها دارای عرض ۵۰۰ تا ۸۰۰ میلی‌متر و ضخامت ۱۵۰ تا ۲۵۰ میلی‌متر در مقطع می‌باشند. در شکل ۵-۱۳ مقطع و نمای این سپرها نشان داده شده است.



شکل ۵-۱۳ سپر پیش‌ساخته بتنی و مقطع آن

سپره‌های فولادی آمریکایی دارای ضخامت ۱۰ تا ۱۳ میلی‌متر هستند. سپره‌های اروپایی نازک‌تر و عریض‌تر هستند. نیمرخ سپره‌های فولادی ممکن است به صورت شکل Z، عمیق، کم عمق و تخت باشند. برای درزبندی و یکپارچگی، لبه‌های نیمرخ‌های فولادی به نحو خاصی به صورت کام و زبانه درمی‌آیند. اتصال کام و زبانه انگشتی و کام و زبانه توپی در شکل ۶-۱۳ نشان داده شده است.



شکل ۶-۱۳ اتصال سپره‌های فولادی در لبه‌ها (الف) کام و زبانه انگشتی؛ (ب) کام و زبانه توپی

سپره‌های فولادی قادر به مقاومت در برابر تنش‌های قابل توجه ایجاد شده در زمان کوبیدن می‌باشند. وزن آنها نیز سبک بوده و قابل استفاده مجدد هستند. سپرها از نظر تحلیل به دو گروه آزاد درپا و گیردار تقسیم می‌شوند. سپره‌های آزاد درپا سپره‌هایی هستند که به اندازه کافی در خاک فرو نرفته‌اند. همچنین سپرها می‌توانند مهار شده یا مهار نشده باشند. برای طراحی دقیق سپرها به نشریه ۳۰۸ سازمان برنامه و بودجه (سازمان برنامه و بودجه کشور، ۱۳۹۶) مراجعه شود.

۱۳-۲-۴-۲- نکات اختصاصی مربوط به استفاده از روش سپر کوبی در هورالعظیم

- با توجه به اینکه اغلب خاک این منطقه رس نرم است، باید از روش طراحی با فرض گیرداری درپا اجتناب کرد مگر آن که عمق گیرداری به اندازه کافی بزرگ باشد و ضریب اطمینان مناسبی به کار رود. همچنین با توجه به شرایط ژئوتکنیکی محل، در پای سپر طره‌ای مواردی چون خوردگی، پوسیدگی یا فرسایش خاک در طول عمر سازه کنترل شود.
- در خاک چسبنده منطقه، احتمال این وجود دارد که رس به سپر بچسبد که می‌تواند منجر به تغییر شکل‌هایی در زمین مجاور بشود. برای کاهش این پدیده، می‌توان مطابق استاندارد FHWA-RD-75-128 از مواد قیری روی سپر یا ایجاد جریان الکتریکی مستقیم استفاده کرد (Goldberg et al., 1975).
- برای کوبیدن سپر با توجه به خاک منطقه هورالعظیم بایستی از روش پرس کردن یا جک هیدرولیکی استفاده شود.
- برای انتخاب اندازه سپرها بر اساس شرایط تراکم در خاک چسبنده محل، می‌توان از جدول ۱-۱۳ استفاده کرد.

جدول ۱-۱۳ انتخاب سپر بر اساس شرایط تراکم محل (Goldberg et al., 1975)

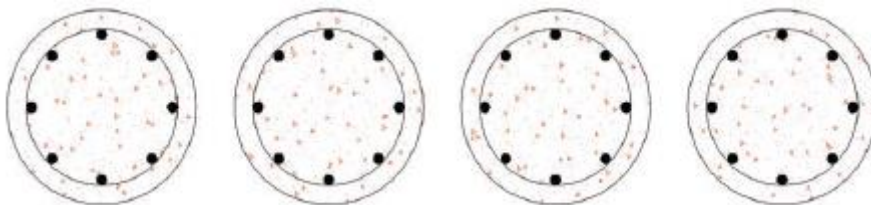
Clay description	Minimum wall modulus cm ³ /m		
	Grade 5275P mild steel to BS EN 10025:1990	Grade 5355 P high yield steel to BS EN 10025:1990	Maximum length m
Soft to firm	450	400	6
Firm	600 to 700	450 to 600	9
Firm to stiff	700 to 1 600	600 to 1 300	14
Stiff	2 000 to 2 600	1 300 to 2 000	16
Very stiff	2 600 to 3 000	2 000 to 2 500	18
Hard ($c_u > 200$ kN/mm ²)	Not recommended	4 200 to 5 000	20

۱۳-۲-۵- شمع‌ها

۱۳-۲-۵-۱- کلیات

یکی از روش‌های متداول در پایداری و حفاظت جداره‌ها با شرایط متنوع اعم از زمین سخت، سست و نرم، استفاده از شمع‌های درجاریز می‌باشد. در برخی موارد علاوه بر ایفای نقش حفاظت جانبی، نقش آب‌بندی را نیز انجام می‌دهد و همواره در صورت نیاز بار قائم را نیز تحمل می‌کند. شمع‌ها در این حالت عملکرد طره‌ای دارند و باید به قدری داخل خاک فرو روند که انتهای آنها کاملاً گیردار باشد. در این صورت فشار خاک به بدنه شمع وارد می‌شود و مقطع آن باید تحمل نیروی برشی و لنگر خمشی ناشی آن را داشته باشد. انواع شمع‌های بتنی به شرح ذیل است:

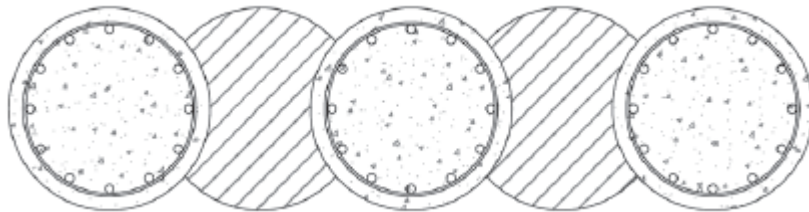
شمع‌های همجوار: این نوع شمع‌ها به صورت درجا اجرا می‌شوند و در یک خط هستند. این شمع‌ها با یکدیگر هیچ تداخلی ندارند. فاصله بین این شمع‌ها معمولاً ۱۵۰ میلی‌متر است. البته بسته به شرایط زمین، این فاصله بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ میلی‌متر متغیر است. در عمل عمق بیش از ۲۵ متر برای این نوع شمع‌ها غیر معمول است. شمع‌های همجوار برای خاک‌های دانه‌ای حاوی آب مناسب نیستند و به عنوان دیوار موقت بیشتر به کار می‌روند. در دیوار دائمی بایستی فاصله بین شمع‌ها پر شود. در شکل ۷-۱۳ نمونه‌ای شمع‌های همجوار حفاری شده نشان داده شده است.



شکل ۷-۱۳ شمع‌های همجوار حفاری شده

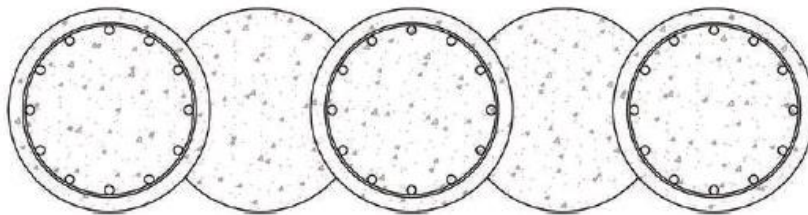
شمع سکانتی: دیوار شمع سکانتی با اجرا شمع بتنی درجا که به صورت اولیه و ثانویه هستند و با یکدیگر تداخل دارند به وجود می‌آید. شمع‌های اولیه شمعی هستند که در ابتدا اجرا شده و از بتن کم مقاومت، مخلوط سیمان و ماسه یا بتن غیر مسلح تشکیل شده‌اند. شمع‌های ثانویه، بعد از شمع‌های اولیه اجرا شده و همیشه از بتن مسلح هستند. شمع‌های سکانتی دارای سه نوع (الف) سخت-نرم، (ب) سخت-محکم و (ج) سخت-سخت هستند.

الف) سخت-نرم: این نوع از شمع‌هایی تشکیل شده که روی هم افتاده‌اند. شمع‌های اولیه که از سیمان و بنتونیت یا سیمان بنتونیت و ماسه تشکیل شده‌اند، ابتدا اجرا می‌شوند. شمع‌های ثانویه نیز پس از اجرای شمع‌های اولیه به نحوی که با آنها تداخل داشته باشند اجرا می‌شوند. شکل ۸-۱۳ نمونه‌ای از این نوع شمع سکانتی است.



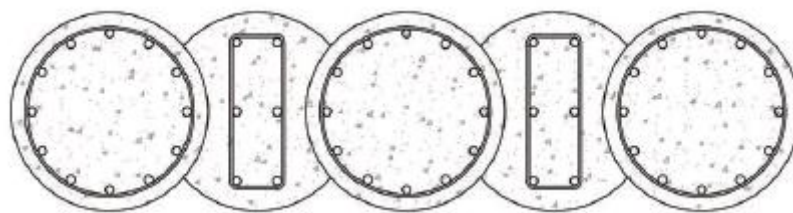
شکل ۸-۱۳ شمع سکانتی سخت-نرم

ب) سخت-محکم: این شمع‌ها نیز مانند شمع‌های سخت-نرم هستند با این تفاوت که شمع‌های اولیه از بتن غیر مسلح با مقاومت فشاری ۱۰ تا ۱۵ مگاپاسکال تشکیل شده‌اند. همچنین مقاومت فشاری شمع‌های اولیه بر اساس ۵۶ روز تعیین می‌شود. تداخل شمع‌ها معمولاً بین ۱۲۵ تا ۲۲۵ میلی‌متر است. شکل ۹-۱۳ شمع سکانتی سخت-محکم نمونه‌ای از این نوع شمع سکانتی است.



شکل ۹-۱۳ شمع سکانتی سخت-محکم

ج) سخت-سخت: در اینجا شمع‌های اولیه از بتن مقاوم تشکیل شده‌اند و ممکن است مسلح نیز باشند. نکته‌ای که بایستی به آن توجه کرد این است که محل قرارگیری آرماتورها در شمع‌های اولیه به نحوی باشد که در هنگام حفاری و تراشیدن آن، در مسیر دستگاه نباشند. شکل ۱۰-۱۳ نمونه‌ای از این نوع شمع سکانتی است.



شکل ۱۰-۱۳ شمع سکانتی سخت-سخت

برای طراحی دقیق شمع‌ها به CIRIA 760 (Gaba, 2017) مراجعه شود.

۱۳-۲-۵-۲- نکات اختصاصی مربوط به استفاده از شمع در هورالعظیم

- شمع‌های مجاور هم یک دیواره کاملاً نفوذ ناپذیر ایجاد نمی‌کنند. بنابراین تراوش از دیوار مورد توجه قرار گیرد.

- با توجه به سولفاتی بودن خاک، شرایط خوردگی و پوسیدگی بتن شدید است. چنانچه درصد سولفات محلول در آب کمتر از ۰/۱ درصد باشد از سیمان تیپ I، اگر بین ۰/۱ تا ۰/۲ باشد از سیمان تیپ II و اگر درصد سولفات از ۰/۲ بیشتر بود از سیمان تیپ V برای تزیق استفاده شود.
- بر اساس CIRIA C760 (Gaba, 2017) ضریب برجای فشار جانبی زمین برای شمع‌های حفاری شده، در زمین‌های رسی به میزان ۱۰ درصد کاهش می‌یابد.

۱۳-۲-۶- شیب‌دار کردن گود

۱۳-۲-۶-۱- کلیات

اگر سازه مهمی در مجاورت گود نباشد و امکان خاکبرداری به صورت باز فراهم باشد، یکی از روش‌های پایدارسازی گود شیب‌دار یا پلکانی کردن دیواره‌ها است. از آن جایی که این روش نیاز به هیچ گونه مهارتی برای پایداری دیواره ندارد، در گودبرداری با عمق کم بسیار ارزان است.

برای گودهای با عمق کم (کمتر از ۱۰ متر) شیب را با زاویه ثابت و بر اساس روش‌های رایج بررسی پایداری شیروانی‌ها مانند تحلیل تعادل حدی یا با استفاده از روش‌های تجربی تعیین کرد. مقادیر پیشنهادی برای رس چسبنده بر اساس روش‌های تجربی در جدول ۱۳-۲ آورده شده است.

جدول ۱۳-۲ شیب گود کم عمق در خاک‌های چسبنده (نقل از فاخر، ۱۴۰۱)

نوع خاک	نشانه خمیری (PI)	عمق گود (m)	زاویه شیروانی با افق
سیلت رسی	کمتر از ۱۰	۰ تا ۳	۳۹
		۳ تا ۶	۳۲
رس سیلتی	بین ۱۰ تا ۲۰	۰ تا ۳	۳۰
		۳ تا ۶	۳۹
		۶ تا ۹	۳۹
رس خمیری	بیشتر از ۲۰	۰ تا ۳	۳۵
		۳ تا ۶	۳۹
		۶ تا ۹	۳۹

هر چه پایداری شیروانی خاکی برای مدت بیشتری لازم باشد، ضروری است که مقدار زاویه شیب محافظه کارانه‌تر انتخاب شود (بخصوص در خاک رسی). بهتر است سطح شیروانی با ورق پلاستیکی یا روش مناسب دیگر پوشانده شود.

برای گودهایی که عمق آنها بیش از ۳ تا ۵ متر است، باید تحلیل انجام شود که اغلب با روش‌های تعادل حدی مثل روش بیشاب یا روش‌های مشابه آن یا نرم‌افزارهای تحلیل پایداری شیروانی‌ها به روش تعادل حدی در دسترس است.

چنانچه برای پایدارسازی شیب نخواهیم از روش‌های انبیه نگهبان استفاده کنیم روش‌های اصلاح هندسی برای پایدارسازی شیب‌ها در جدول ۱۳-۳ آورده شده است.

جدول ۳-۱۳ روش‌های اصلاح هندسی برای پایدارسازی شیب (فاخر، ۱۴۰۱)

شرح روش یا محدوده کاربرد	روش اصلاح هندسی
مناسب برای شیب‌های موجود در توده عمیق خاک چسبنده که امکان گسیختگی دورانی عمیق در آن وجود دارد. تاثیر کم برای حرکت‌های خزشی یا گسیختگی کم عمق.	حفاری بالادست شیب
مناسب برای توده‌های عمیق خاک چسبنده که امکان گسیختگی دورانی در آنها وجود دارد. مناسب برای لغزش‌های کم عمق که پنجه شیب تحت تنش‌های بزرگ است.	کاهش شیب
مناسب برای شیب‌های تند در شرایطی که کاهش شیب مشکل است. موثر در کنترل فرسایش و همچنین کنترل ریزش‌های ناشی از لغزش‌های کوچک. کف پله‌ها باید شیب مناسب داشته تا جریان آب را به خارج هدایت کند.	پله دادن
از نظر اجرایی، فقط برای توده‌های لغزشی کوچک یا حرکت‌های خزشی کم عمق ممکن است.	برداشت توده ناپایدار
احداث خاکریز در پایین شیب به عنوان وزن متعادل کننده که مانع حرکت رو به بالای پایین دست شیب می‌شود. بررسی دقیق سطوح مختلف گسیختگی لازم است تا خاکریزی باعث افزایش نیروهای محرک گسیختگی نشود.	خاکریزی در پنجه
مثل خاکریزی در پنجه است، ولی فرسایش و آب‌شستگی ناشی از تراوش یا جریان‌های سطحی را هم کنترل می‌کند.	سنگ‌ریزی در پنجه

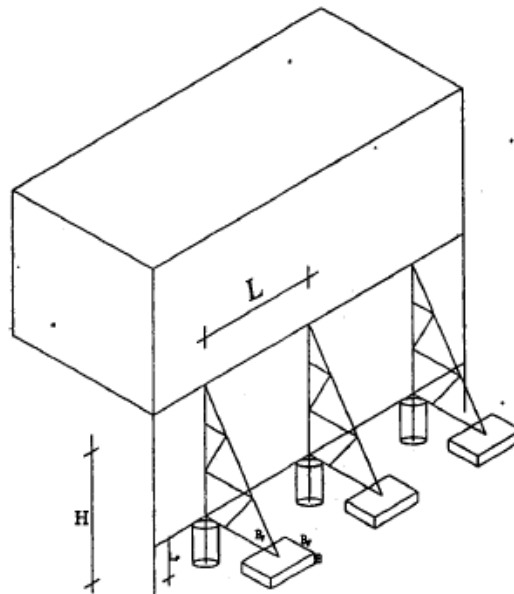
۱۳-۲-۶-۲- نکات اختصاصی مربوط به استفاده از روش خرپا در هورالعظیم

- از آنجا که خاک منطقه رس و دارای شاخص خمیری بین ۱۰ تا ۲۰ است جهت پایدارسازی گود با استفاده از روش شیب‌دار کردن، پیشنهاد می‌شود شیب با زاویه ۳۹ درجه و تا عمق ۶ متری یا با زاویه ۳۵ درجه تا عمق ۱۰ متری پایدارسازی شود. برای اعماق بیشتر بایستی تحلیل‌های پایداری انجام گیرد.
- در منطقه هورالعظیم به دلیل داشتن فضای خالی وسیع این روش مناسب است.

۱۳-۲-۷- روش خرپا

۱۳-۲-۷-۱- کلیات

این روش اجرای ساده‌ای داشته و نیازی به تجهیزات و تخصص بالایی ندارد. در عین حال قابلیت انعطاف زیادی در شرایط مختلف دارد. شمای کلی این روش در شکل ۱۱-۱۳ نشان داده شده است. برای اجرای این نوع سازه نگهبان، ابتدا در محل عضوهای قائم خرپا، که در مجاورت دیواره گود قرار دارند چاه‌هایی را حفر می‌کنیم. عمق این چاه‌ها برابر با عمق گود به اضافه مقداری اضافه برای اجرای شمع انتهایی تحتانی عضو خرپا است. طول شمع را محاسبه کرده، آنگاه درون شمع آرماتورگذاری شده و عضو قائم را در داخل شمع قرار داده و بتن‌ریزی می‌کنیم. پس از سخت شدن بتن، خاک در امتداد دیواره گود با یک شیب مطمئن برداشته می‌شود و فونداسیون پای عضو مایل را اجرا می‌کنیم. این فونداسیون در پلان به صورت مربعی است. پس از آن عضو مایل را از یک طرف به عضو قائم و از طرف دیگر به ورق کف ستون بالای فونداسیون متصل می‌کنیم. برای طراحی دقیق خرپا به کتاب اصول و مبانی گودبرداری و سازه‌های نگهبان دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان (اشرفی، ۱۳۹۳) رجوع شود.



شکل ۱۱-۱۳ شکل شماتیک روش خریا

۱۳-۲-۷-۲- نکات اختصاصی مربوط به استفاده از روش خریا در هورالعظیم

- سطح آب در منطقه هورالعظیم بالا است و خاک منطقه ریزدانه نرم با چسبندگی کم است. با توجه به اینکه روش خریایی عمدتاً به صورت سنتی و با کارگر و مقنی اجرا می‌شود، اجرای روش مذکور در منطقه هورالعظیم تقریباً غیرممکن است.
- عمق گود نسبتاً زیاد است و اجرای روش خریا در این عمق صعوبت دارد.

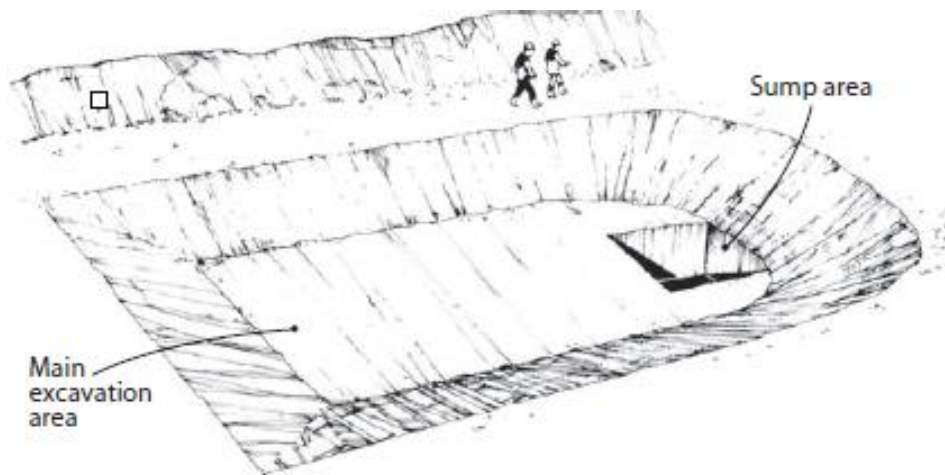
۱۳-۳- کنترل آب در گودبرداری با استفاده از آب‌کشی

در صورت نزدیکی آب زیرزمینی به سطح زمین، شالوده ساختمان باید در زیر سطح آب اجرا شود. در این شرایط زهکشی و پایین آوردن سطح آب زیرزمینی یا کنترل آن برای انجام عملیات گودبرداری با استفاده از روش‌های مختلف آب‌کشی انجام می‌گیرد. در روش آب‌کشی، سطح آب زیرزمینی با پمپ کردن کنترل می‌شود که موجب پایین آمدن تراز آب زیرزمینی می‌گردد. برای طراحی دقیق سیستم‌های کنترل آب به CIRIA Report C515 (Preene et al., 2014) یا به کتاب Groundwater Lowering In Construction (Cashman, 2020) مراجعه شود.

۱۳-۳-۱- زهکشی از داخل گود

با اجرای هر مرحله گودبرداری، سیستم زهکشی به روش Sump Pumping اجرا خواهد شد. در این روش سطح کف گود را قدری شیب دار در نظر گرفته تا آب در کانال‌های کوچک حفر شده جمع شود. این کانال کوچک دارای شیب طولی بوده تا آب را به سمت مورد نظر انتقال داده و در نهایت آب درون گود در چاهک‌ها جمع آوری شده و با استفاده از سیستم پمپاژ به خارج از گود تخلیه شود.

در این روش نه تنها سطح آب در محل گود پایین می‌آید، بلکه سطح آب زیرزمینی اطراف گود هم تحت تأثیر تراوش آب واقع می‌شود. هرچه نفوذپذیری زمین و عمق گود یا کانال زهکشی بیشتر باشد، سطح آب زیرزمینی اطراف گود در شعاع بزرگتری تحت تأثیر گودبرداری قرار می‌گیرد و پایین می‌آید. شکل شماتیکی از این روش در شکل ۱۲-۱۳ نشان داده شده است. لازم به ذکر است، برای خشک نمودن کف گود و مناسب نمودن تردد ماشین آلات عملیات خاکی، باید مصالح دانه‌ای در کف گود ریخته شود.



شکل ۱۲-۱۳ روش Sump Pumping

در شرایطی استفاده از این روش می‌تواند به مشکلات اساسی منجر شود. علت اصلی این مشکلات اثرات ناپایدار کننده جریان آب بر روی خاک‌هایی با دانه‌بندی ریز است. شسته شدن ذرات ریز خاک توسط آب می‌تواند منجر به حرکت زمین و نشست شود. در صورت رخ دادن آب‌شستگی جداره آب مقادیر زیادی رسوب پیدا می‌کند که می‌تواند در منطقه دفع و مشکلات زیست محیطی ایجاد کند.

خاک‌هایی که استفاده از این روش در آن‌ها می‌تواند مشکل ایجاد کند:

- ماسه ریزدانه یکنواخت؛
- لای نرم و غیرچسبنده- رس نرم؛
- سنگ نرم که ترک‌های آن می‌تواند فرسایش یافته و بزرگ شود؛
- ماسه‌سنگ با لایه‌های سیمانی نشده؛ و
- سنگ‌هایی که در درز و ترک آن با لای و ماسه یا رس نرم پر شده.

۱۳-۳-۲- زهکشی از بیرون گود

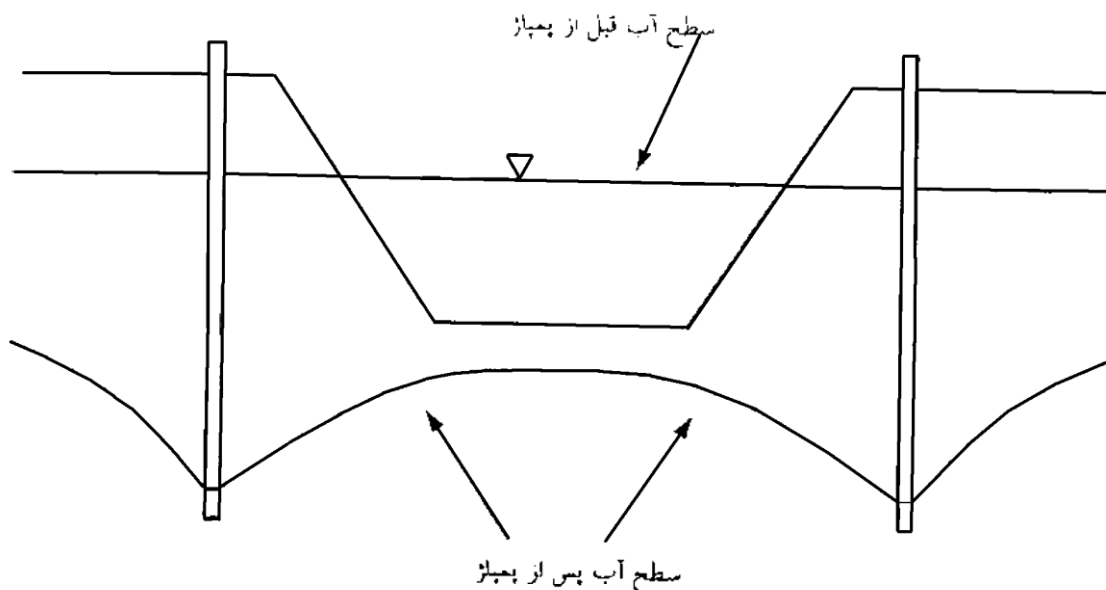
وقتی که آب از یک چاه پمپ می‌شود، پایین آمدن سطح آب در داخل چاه باعث می‌شود که سطح آب زیرزمینی در اطراف چاه به سمت آن شیب پیدا کند و به شکل یک مخروط وارونه درآید. شکل سطح آب زیرزمینی در مجاور یک چاه در حال پمپاژ را مخروط افت می‌نامند. شعاع محدوده‌ای که تحت تأثیر پمپاژ در چاه قرار می‌گیرد، شعاع تأثیر چاه نام دارد. شعاع تأثیر، در خاک‌های دانه‌ای خیلی بزرگ ولی در خاک‌های رسی کوچک است. اگر آب تعدادی چاه که در نزدیکی هم قرار دارند، به صورت همزمان پمپاژ شود، مخروط

افت این چاه‌ها تداخل کرده و سطح آب زیرزمینی در آن محدوده پایین می‌آید (Canadian Geotechnical Society, 2006). دبی قابل پمپاژ از یک چاه تکی به نفوذپذیری زمین، قطر چاه و میزان افت سطح آب در چاه بستگی دارد و مراجع مختلف، روابط تجربی یا تحلیلی برای آن ارائه کرده‌اند.

روش عملی پایین‌آوردن سطح آب زیرزمینی در محل یک گود، این است که تعدادی چاه در اطراف گود مطابق شکل ۱۳-۱۳ احداث و خاکبرداری گود همزمان با پمپاژ آب از چاه‌ها انجام می‌شود.

پمپاژ باعث می‌شود که سطح آب زیرزمینی در محل گود افت کند و در واقع گودبرداری در محیطی به نسبت خشک به راحتی انجام شود. تعداد چاه‌ها باید به اندازه کافی باشد. در ضمن، عمق آنها باید به گونه‌ای باشد که سطح آب پس از پمپاژ همواره زیر کف گود قرار گیرد. هر چه عرض گود بیشتر باشد، با توجه به شکل منحنی سطح آب زیرزمینی در زیر گود، باید چاه‌ها عمیق‌تر باشند. در غیر این صورت سطح آب حتی در شرایط پمپاژ حداکثر می‌تواند بالا بیاید و در منطقه میانی گود از تراز کف گود بالاتر قرار گیرد.

طراحی عملیات آب‌کشی و پایین بردن سطح آب زیرزمینی، باید با توجه به تجهیزات موجود برای اجرای چاه و همچنین پمپ‌های موجود صورت گیرد. اغلب چاه‌ها با لوله‌گذاری و اجرای فیلتر در اطراف لوله اجرا می‌شوند. حفر چاه با ماشین‌آلات رایج حفاری چاه آب انجام می‌شود که نصب لوله‌های مشبک در داخل چاه و اجرای فیلتر متشکل از خاک دانه‌ای تمیز در اطراف لوله‌ها رایج است.



شکل ۱۳-۱۳ روش زهکشی از بیرون گود به کمک چاه‌های پیرامونی

۱۳-۳-۳- چاه نقطه‌ای^۱

برای کنترل آب‌های زیرسطحی پروژه‌های کوچک و با عمق محدود، در اکثر موارد از سیستم چاه نقطه‌ای استفاده می‌شود. چاه نقطه‌ای از دیدگاه نظری مثل یک چاه معمولی آب است، ولی از آنجا که حفاری چاه معمولی و عملیات لوله‌گذاری و اجرای فیلتر در

^۱ Well Point

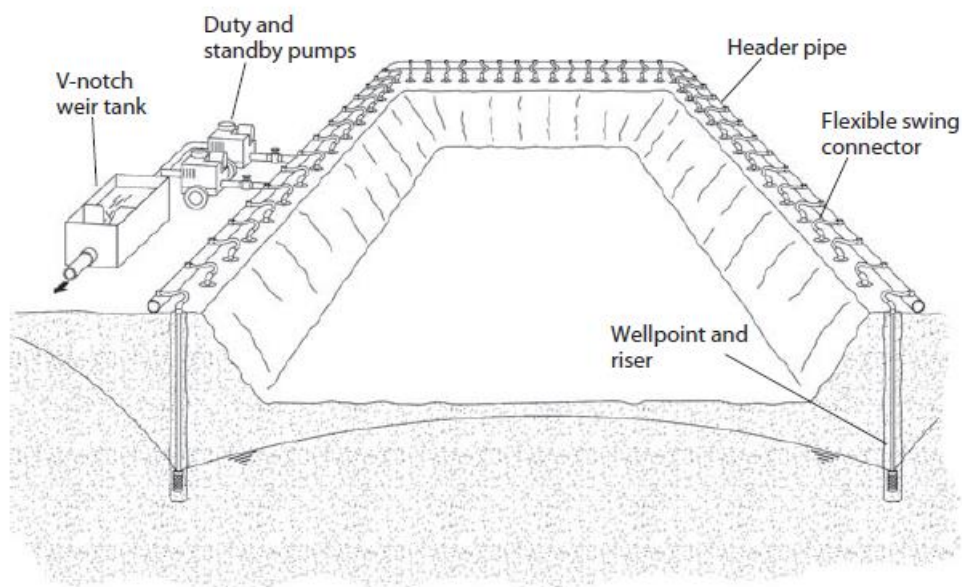
اطراف دیواره آن طولانی و وقت‌گیر است، این نوع چاه به عنوان یک چاه با سرعت اجرای زیاد به کار می‌رود. چاه نقطه‌ای از لوله فلزی با قطر کم و فیلترهای پارچه گونه با محافظ تشکیل شده است. چاه‌های نقطه‌ای به راحتی و به سرعت با کوبیدن یا روش شستشویی در زمین حفر می‌شوند. البته، کاربرد آنها محدود به زمین‌های نرم و زهکشی کم عمق است. در مناطقی که سطح آب زیرزمینی بالاست، اجرای هر پی یا خط لوله مستلزم حفر تعداد زیادی چاه کم‌عمق و آب‌کشی از آنها در هنگام اجرا است. بنابراین، به کارگیری چاه‌های نقطه‌ای در این نوع مناطق جاذبه زیادی برای کارهای ساختمانی دارد. همه چاه‌های نقطه‌ای مطابق شکل ۱۴-۱۳ به یک پمپ بزرگ در سطح زمین متصل می‌شوند. در بسیاری مواقع می‌توان گودهای کوچک مورد نیاز در کارهای معمولی را با ۲ یا ۳ چاه نقطه‌ای انجام داد.

محدودیت‌های سیستم چاه نقطه‌ای:

- گودبرداری‌های بزرگ یا با عمق بیش از ۱۲ تا ۱۵ متر
 - هنگامی که زیر گودبرداری سفره آب محصور با هد فشار وجود داشته باشد.
- در جدول فاصله معمول چاه‌های نقطه‌ای با توجه به نفوذپذیری خاک آورده شده است. عمق چاه‌های نقطه‌ای بین ۱ تا ۳ متر زیر تراز گودبرداری است.

جدول ۴-۱۳ فاصله معمول بین چاه‌های نقطه‌ای

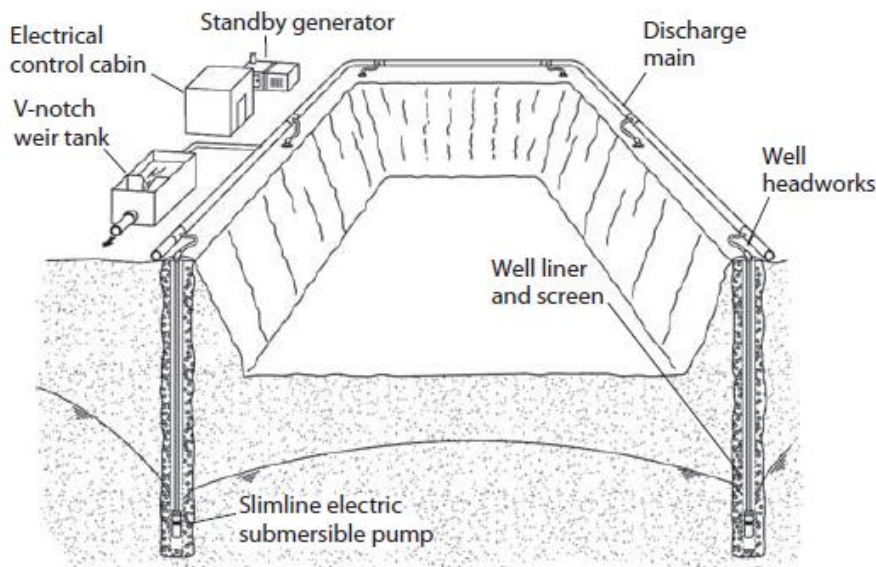
Permeability	Uniform soil conditions	Stratified soil or overbleed risk
High ($>10^{-3}$ m/s)	1.0-1.5 m	1.0-1.5 m
Medium (10^{-3} - 10^{-5} m/s)	1.5-3.0 m	1.0-2.0 m
Low ($<10^{-5}$ m/s)	1.5-2.0 m	1.0-2.0 m



شکل ۱۴-۱۳ اجزاء تشکیل دهنده سیستم چاه نقطه‌ای

۱۳-۳-۴- سیستم چاه عمیق

سیستم چاه عمیق از یک تعداد چاه تشکیل شده است که توسط پمپ‌های شناور پمپ می‌شوند. هر چاه از یک گمانه تشکیل شده که در آن آستر مخصوص وارد می‌شود آستر از یک لوله فلزی یا پلاستیکی تشکیل شده که در قسمتی از آن شکاف ایجاد می‌شود تا به آب اجازه داخل شدن بدهد. فضای بین گمانه و آستر به وسیله پوش فیلتر پر می‌شود. همان طور که در شکل ۱۳-۱۵ نشان داده شده است چاه‌ها معمولاً اندکی بیرون از محدوده مورد نظر ساخته می‌شوند با این حال در گودبرداری‌های وسیع ممکن است داخل محدوده گودبرداری هم نیاز به چاه باشد. هر چاه عمیق یک پمپ اختصاصی دارد که نزدیک به انتهای چاه قرار گرفته است. در اطراف هر چاه یک مخروط افت تشکیل می‌شود که در صورت نفوذپذیری بالای خاک تا چند صد متر ادامه خواهد داشت. برهم‌کنش بین مخروط افت چاه‌های مختلف، افت مورد نیاز برای عملیات خاک‌برداری را به وجود می‌آورد.



شکل ۱۳-۱۵ اجزاء تشکیل دهنده سیستم چاه عمیق

سه عامل اصلی که باید در طراحی این چاه‌ها در نظر گرفت عبارتند از:

۱. عمق چاه: چاه‌ها حدوداً باید یک و نیم تا دو برابر عمق گود حفر شوند.
۲. قطر چاه: قطر چاه بستگی به قطر پمپی که در آن نصب می‌شود دارد. و پمپی انتخاب شود که بر اساس کاتالوگ سازنده آن دارای حداکثر نرخ اجرای بین ۱۱۰ تا ۱۵۰ درصد نرخ جریان حالت پایدار در محل مورد نظر باشد.
۳. پوشش فیلتر مورد استفاده: دو شرط برای فیلترها بایستی رعایت شود، اول اینکه به اندازه کافی درشت باشند تا نفوذپذیری فیلتر از آبخوان بسیار بیشتر باشد. دوم، به اندازه کافی ریز باشد تا ذرات ریز آبخوان به طور مداوم وارد چاه شوند. برای ارضای شرایط فوق معیارهای زیر بایستی برقرار باشند (Cashman, 2020):

$$D_{15filter} > 4 \times D_{15aquifer}$$

$$D_{15filter} \leq D_{85aquifer} \times 5$$

$$\frac{D_{60}}{D_{10}} < 3$$

طراحی چاه به طور کلی بعد از تخمین میزان دبی که برای پایین بردن تراز آب زیرزمینی لازم است پمپ شود، صورت می‌گیرد.

۱۳-۳-۵- گالری افقی

در این روش از یک لوله انعطاف‌پذیر دارای روزنه که به یک پمپ مکش متصل است برای پایین آوردن تراز آب زیرزمینی استفاده می‌شود. معمولاً لوله دارای روزنه توسط ماشین ترانشه زنی نصب می‌شود. یک سمت لوله بدون روزنه است و به سطح آورده می‌شود و به چاهک دارای پمپ وصل می‌شود. استفاده اصلی از این روش در خطوط لوله بزرگ مقیاس با عمق کم به عنوان جایگزین سیستم چاه نقطه‌ای، هنگامی که سرعت نصب و ساخت بالا مورد نیاز است می‌باشد. محدودیت اصلی استفاده از این روش دسترسی به ماشین ترانشه‌زنی با قابلیت قرار دادن لوله در عمق مورد نیاز (حداکثر ۸ متر) می‌باشد.

۱۳-۳-۶- سیستم چاه افقی

چاه‌های افقی حفاری شده تکنیکی است که به ندرت به عنوان سیستم آب‌کشی در پروژه‌های عمرانی استفاده می‌شود. چاه‌های افقی معمولاً به منظور پایین آوردن تراز آب زیرزمینی در زیر مناطقی که قابل دسترس نیست در نظر گرفته می‌شود، همچنین از این روش برای آب‌کشی در هنگام ساخت تونل نیز استفاده می‌شود.

تکنیک HDD مورد استفاده در چاه‌های آب‌کش در اصل از روش‌هایی که برای عبور خطوط نفت و گاز از زیر موانعی مانند راه و رودخانه توسعه یافته، مشتق شده است. این روش مبتنی بر حفاری دورانی همراه با مایع (گل) حفاری برای پایداری گمانه، روغنکاری و خنک کردن مته حفاری و انتقال خاک حفاری شده است. تفاوت اصلی کاربرد این روش در آب‌کشی، استفاده از پلیمر تجزیه‌پذیر به جای بنتونیت به عنوان مایع حفاری می‌باشد تا کاهش نفوذپذیری تقلیل یابد. طراحی موفق و اجرای چاه‌های HDD چالش برانگیز است و هزینه یک چاه HDD معمولی به دلیل طول زیاد و پیچیدگی‌های عملیات بالا خواهد بود. ماشین آلات حفاری موجود قادر به نصب این زهکش‌های افقی در عمق ۶ تا ۸ متر هستند.

چاه‌های افقی بر اساس نحوه اجرا به دو دسته تقسیم می‌شوند (شکل ۱۶-۱۳):

الف) گالری افقی با دو مدخل

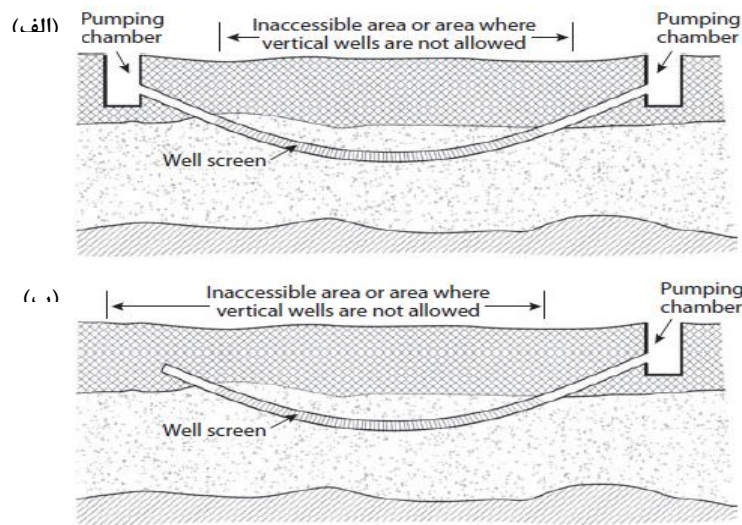
ب) گالری افقی با یک مدخل

نصب دیواره چاه در چاه‌های HDD به مراتب مشکل‌تر از چاه‌های قائم معمولی است، علت اصلی این موضوع طول زیاد و انحراف این چاه‌ها از مسیر مستقیم است که موجب ایجاد تنش‌های کششی در جدار در هنگام نصب خواهد شد.

با توجه به ریزدانه بودن خاک محل، کاهش تراز آب ممکن است باعث نشست خاک اطراف گود گردد برای ارزیابی نشست پارامترها

و عوامل زیر بایستی در نظر گرفته شوند:

- کاهش فشار آب منفذی
- ضخامت لایه‌های متاثر شده از این عمل
- سختی یا ضریب تراکم حجمی
- فاصله یا شعاع تاثیر سیستم



شکل ۱۶-۱۳ انواع گالری افقی

۱۳-۴- انتخاب گزینه برتر گودبرداری

در بخش گذشته روش‌های مختلف پایدارسازی گود با توجه به خصوصیات منطقه هورالعظیم و محل گودبرداری مشخص شده و از لحاظ فنی و اقتصادی مورد بررسی قرار گرفته است. بر این اساس اگر در اطراف محل گودبرداری فضای خالی بدون استفاده وجود داشته باشد روش پایدارسازی با شیب پایدار گزینه مناسب است. ولی اگر در نزدیکی محل گودبرداری سازه‌ای وجود داشته باشد به طوری که ایجاد شیب پایدار امکان پذیر نباشد می‌توان از روش سپر کوبی مهار شده از پشت استفاده کرد. در ادامه طراحی روش شیب پایدار بر اساس مشخصات منطقه هورالعظیم انجام می‌شود.

۱۳-۴-۱- طراحی شیب پایدار

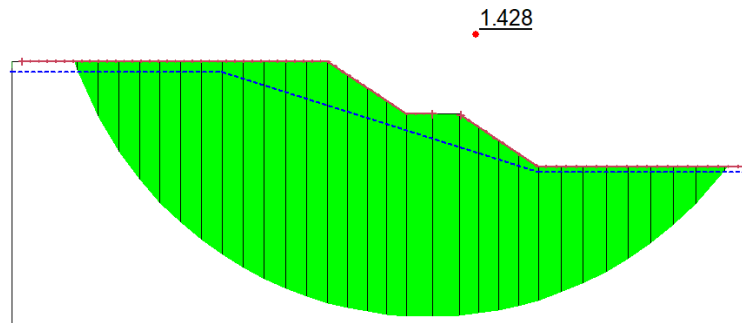
جهت طراحی فرض می‌شود که گود مورد نظر در میدان یاران جنوبی واقع شده است و در اطراف آن تجهیزات و سازه دیگری وجود ندارد. بر اساس مطالعات ژئوتکنیک انجام شده در یاران جنوبی خاک محل از نوع رس و مشخصات آن به صورت جدول ۵-۱۳ است. در عمق ۱ متری از سطح زمین آب وجود دارد.

جدول ۵-۱۳ مشخصات خاک محل گودبرداری

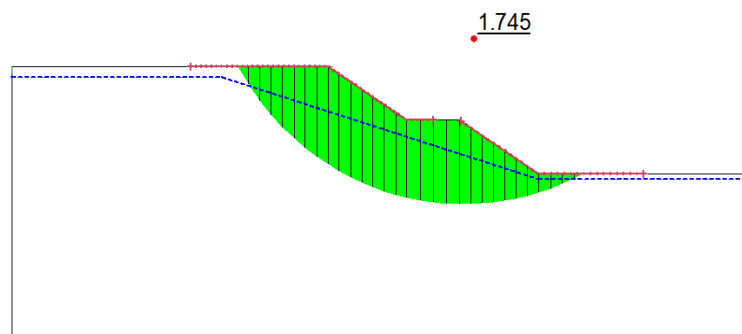
نوع خاک	چسبندگی زهشکی نشده (kg/cm ²)	زاویه اصطکاک داخلی خاک زهشکی نشده (درجه)	چسبندگی زهشکی شده (kg/cm ²)	زاویه اصطکاک داخلی خاک زهشکی شده (درجه)
رس	۰/۴	۳	۰/۱۵	۲۶

از آنجایی که شیب مورد نظر به منظور پایدارسازی موقت طراحی شده است نیاز است تا ضریب اطمینان $1/3$ جهت پایداری آن تامین گردد. اگر مطابق شکل گود با شیب $1/5$ قائم به 1 افقی خاکبرداری شود و در میانه گود یک پله شیروانی به عرض 5 متر اجرا شود ضریب پایداری $1/428$ و $1/745$ به ترتیب برای زمان کوتاه مدت و بلند مدت به دست می‌آید. طراحی بر اساس تعادل حدی

صورت گرفته است و ضریب اطمینان مجاز تامین می‌شود. نتایج ضریب اطمینان پایداری و گوه گسیختگی مربوط به شیب طراحی شده در شکل ۱۷-۱۳ و شکل ۱۸-۱۳ نشان داده شده است.



شکل ۱۷-۱۳ ضریب اطمینان پایداری (۱/۴۲۸) و گوه مربوط به شیب طراحی شده در زمان کوتاه مدت



شکل ۱۸-۱۳ ضریب اطمینان پایداری (۱/۷۴۵) و گوه مربوط به شیب طراحی شده در زمان بلند مدت

۱۳-۵- جمع بندی

روش‌های مختلف حفاظت دیواره گود و همچنین کنترل آب به داخل گود در این فصل تشریح شد. چنانچه پروژه گودبرداری به منظور احداث سازه‌های هیدرولیکی کنترل سیلاب در هورالعظیم مطرح شود، ابتدا باید مطالعات ژئوتکنیکی در محل انجام شود و خاک محل پروژه شناسایی گردد. سپس روش‌های معرفی شده در این بخش با توجه به شرایط پروژه مقایسه شود و بهترین روش از نظر فنی و اقتصادی انتخاب گردد. مزایا و معایب روش‌های مختلف در این فصل تشریح گردید تا در انتخاب نهایی روش در پروژه مورد نظر استفاده شود.

فصل چهاردهم
تجربیات قبلی و توصیه‌های
اجرایی

فصل چهاردهم - تجربیات قبلی و توصیه‌های اجرایی

۱-۱۴ - مقدمه

عمده موارد اجرایی مهندسی ژئوتکنیک برای مقابله با سیلاب در منطقه هورالعظیم در متن این مجلد در بخش مربوطه خود اشاره شده است و در این فصل توصیه‌های اجرایی که به صورت کلی قابلیت استفاده در سازه‌های مختلف در منطقه هورالعظیم را دارد بیان می‌شود. این توصیه‌ها در دو بخش تجربیات مربوط به احداث راه‌های موجود و تجربیات به دست آمده از آزمایش‌ها و منابع قرضه تقسیم می‌شود. نکات مهم این فصل در ضابطه ارائه شده است.

۲-۱۴ - تجربیات موجود مربوط به احداث راه‌های موجود در منطقه

- اجرای خاکریز تنها با استفاده از مصالح رس محلی موجود در منطقه به دلیل عدم امکان حصول تراکم مناسب امکان پذیر نیست و بایستی با ترکیب مصالح مختلفی از جمله مصالح رودخانه‌ای و ماسه بادی اجرا کرد. درصد اختلاط این مواد از طریق آزمایش‌های ذکر شده در این مجلد تدقیق می‌گردد.
- امکان تراکم خاکریز در زیر تراز آب وجود ندارد و لازم است خاکریزی تا زمانی ادامه پیدا کند که سطح خاک به بالاتر از تراز آب برسد و سپس تراکم انجام شود.
- در صورت قرارگیری یک لایه درشت‌دانه در مجاورت لایه ریزدانه لازم است یک لایه فیلتر بین لایه مصالح درشت‌دانه و ریزدانه استفاده شود تا از شست‌وشوی مصالح خاکی جلوگیری شود.
- حصول تراکم ۷۰ تا ۱۰۰ درصد برای خاکریز در زیر آب بسیار مشکل است و تقریباً عملی نیست.

۳-۱۴- تجربیات به دست آمده از آزمایش‌ها و منابع قرضه

- در منطقه هورالعظیم تهیه مصالح قرضه یکی از ارکان مهم اجرا است. بر این اساس یکی از مشکلات مهم پیش‌رو در اجرا دور بودن منابع قرضه درشت‌دانه مناسب جهت اجرای مستحدمات خاکی است. بنابراین لازم است تا پیش از اجرا برای تهیه منابع قرضه مناسب مطالعه و برنامه‌ریزی کامل انجام داد.
- با مطالعه درصد‌های اختلاط مختلف ماسه بادی یا مصالح رودخانه‌ای با رس و انجام آزمایش CBR بر روی خاک اشباع مشخص شد که مقدار CBR در حالت اشباع بسیار پایین است. همچنین افزودن ماسه هر چند موجب افزایش جزئی CBR می‌شود ولی در محدوده درصد ماسه و مصالح رودخانه‌ای مورد آزمایش تاثیر قابل توجهی بر روی CBR ندارد.
- بر اساس نتایج آزمایش‌های انجام شده و بررسی اقتصادی درصد‌های اختلاط مختلف، افزودن ۳۵ درصد ماسه بادی یا ماسه رودخانه‌ای به رس مناسب است.
- مقایسه نتایج آزمایش‌های اختلاط ماسه بادی یا ماسه رودخانه‌ای با رس نشان می‌دهد در شرایط اختلاط یکسان اختلاط ماسه بادی نتیجه بهتری در مقایسه با اختلاط ماسه رودخانه‌ای در بهبود مشخصات خاک دارد.

فصل پانزدهم - منابع و مراجع

- ASTM, 2009. Standard Guide for Identification, Storage, and Handling of Geosynthetic Rolls and Samples ASTM D4873. West Conshohocken, PA, USA.
- ASTM, 2014. Standard test method for strength of sewn or thermally bonded seams of geotextiles. ASTM D4884. West Conshohocken, PA, USA.
- ASTM, 2017. Standard Practice for Making and Curing Soil-Cement Compression and Flexure Test Specimens in the Laboratory. American Society for Testing and Materials. ASTM D1632. West Conshohocken, PA, USA.
- ASTM, 2017. Standard Test Methods for Compressive Strength of Molded Soil-Cement Cylinders. American Society for Testing and Materials. ASTM D1633. West Conshohocken, PA, USA.
- Canadian Geotechnical Society, 2006. Canadian foundation engineering manual. Canadian Geotechnical Society. Foundations Committee. 4th Edition.
- Cashman, P.M. and Preene, M., 2022. Groundwater Lowering in Construction: A Practical Guide to Dewatering. CRC Press. London.
- Gaba, A., Hardy, S., Doughty, L., Powrie, W. and Selemetas, D., 2017. Guidance on Embedded Retaining Wall Design (CIRIA C760). Construction Industry Research and Information Association (CIRIA), London.
- Goldberg, D.T., Jaworski, W.E. and Gordon, M.D., 1976. Lateral support systems and underpinning. Volume I: design and construction. (No. FHWA-RD-75-128). Federal Highway Administration (FHWA). Offices of Research and Development. Washington, DC. USA.
- Lazarte, C., Helen, R., Jesús, E.G., Andrew, B., Allen, C. and Ryan, B., 2003. Geotechnical Engineering Circular No. 7. Soil Nail Walls (No. FHWA0-IF-03-017). Federal Highway Administration (FHWA). Washington, DC. USA.
- Pilarczyk, K.W., 2004. Design of revetments. Port Engineering: Planning, Construction, Maintenance, and Security, p.245.
- Breteler, M.K., Pilarczyk, K.W. and Stoutjesdijk, T., 1999. Design of alternative revetments. In Coastal Engineering 1998 (pp. 1587-1600).

- Preene, M., Roberts, T.O.L. and Powrie, W., 2014. Groundwater control: design and practice (CIRIA C515). Construction Industry Research and Information Association.
- PTI, 2004. Recommendations for prestressed rock and soil anchors. Post-Tensioning Institute. 5th Ed.
- Sabatini, P.J., Pass, D.G. and Bachus, R.C., 1999. Ground anchors and anchored systems (No. FHWA-IF-99-015). Federal Highway Administration (FHWA). Washington, DC. USA.
- Vanmarcke, E., 1977. Probabilistic modeling of soil profiles. Journal of the geotechnical engineering division, 103(11), pp.1227-1246.
- Vanmarcke, E., 1983. Random fields: analysis and synthesis. MIT Press, Cambridge MA.
- اشرفی، حمیدرضا، ۱۳۹۳. اصول و مبانی گودبرداری و سازه‌های نگهبان. دفتر تدوین مقررات ملی ساختمان. چاپ پنجم.
- سازمان برنامه و بودجه کشور، ۱۳۹۶. راهنمای طراحی دیوارهای حائل. ضابطه شماره ۳۰۸. تجدید نظر اول. امور نظام فنی و اجرایی. معاونت فنی، امور زیربنایی و تولیدی. تهران.
- فاخر، علی، ۱۴۰۱. مهندسی پی پیشرفته. ویراست دوم. انتشارات دانشگاه تهران. چاپ چهارم. تهران.
- معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، ۱۳۹۰. آیین‌نامه روسازی آسفالتی راه‌های ایران. نشریه شماره ۲۶۸. تجدید نظر اول. دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی. معاونت امور فنی. تهران.
- معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، ۱۳۹۲. مشخصات فنی عمومی راه. نشریه شماره ۱۰۱. تجدید نظر دوم. امور نظام فنی. تهران.