

بررسی تاثیرات نشت آب آلوده از تاسیسات پالایشگاهی به داخل خاک بستر

"مطالعه موردی پالایشگاه بندرعباس"

عطاله نجفی جیلانی^۱، بهزاد عطایی آشتیانی^۲

۱- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اسلامشهر، گروه عمران

۲- دانشگاه صنعتی شریف، دانشکده مهندسی عمران

چکیده

مهار نفوذ مواد هیدروکربوری و یا آب آغشته به روغن به درون لایه‌های خاک بستر در مجتمع‌های صنعتی و پالایشگاهی، یکی از اهداف اصلی طراحی ایمن و پایدار در این‌گونه مجتمع‌ها است. هدف از تحقیق حاضر، بررسی راهکارهای مهار و متوقف ساختن نشت آب از حوضچه‌های آب خنک کننده پالایشگاه بندرعباس واقع در سواحل جنوبی کشور به درون لایه‌های خاک بستر است. این پالایشگاه که حدود چهارده سال از ساخت و راه اندازی آن می‌گذرد، یکی از مجتمع‌های موفق در زمینه ارضای معیارهای زیست محیطی از جنبه‌های مختلف دریایی و مکانیک خاک است. با مشاهده شواهد نشت از حوضچه‌های آب خنک‌کننده در این پالایشگاه، طی طرح حاضر مطالعه جامع میدانی و آزمایشگاهی برای اجرای راهکارهای کاربردی به منظور توقف نشت آب و آغشتگی‌های نفتی به درون خاک طی حدود دو سال انجام گرفته است و نتیجه در قالب راهکار اجرایی ارائه گردید. گمانه زنی و برداشت اطلاعات میدانی مکانیک خاک و سطح آب‌های زیرزمینی، تحلیل و پردازش نتایج و در نهایت ارائه شیوه مناسب مهار نشت که متشکل از تزریق در لایه‌های خاک سست و آب‌بندی سطحی بستر حوضچه بوده است، با جزئیات تفصیلی ارائه گردیده است.

واژگان کلیدی: مکانیک خاک، نشت مواد هیدروکربوری، مجتمع‌های پالایشگاهی.

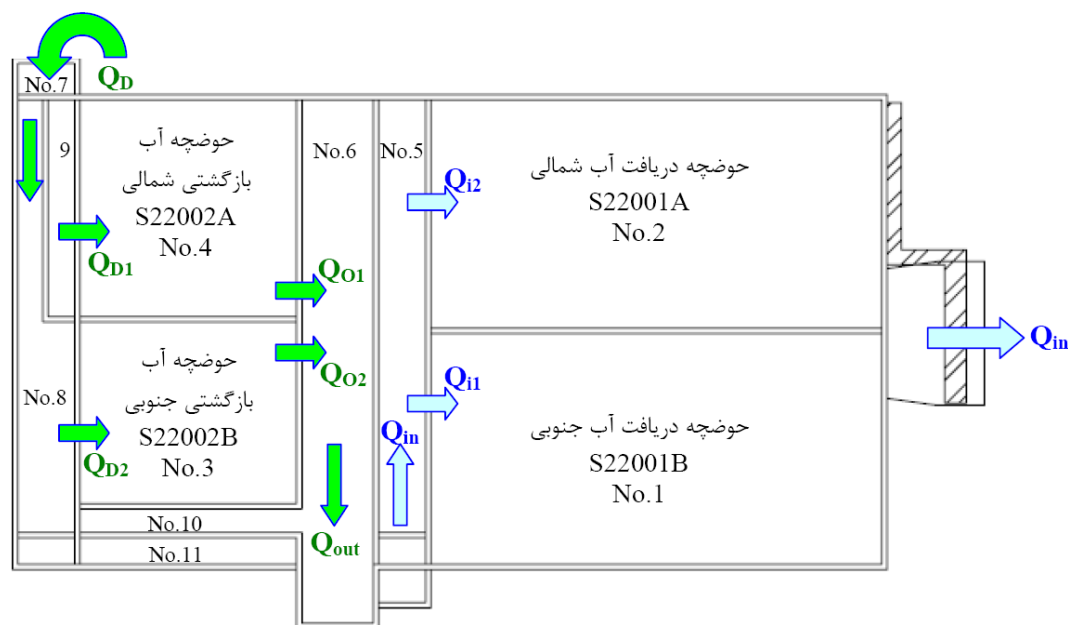
مقدمه

ساخت این سازه‌ها و تاسیسات و آب‌بندی مناسب و مقاوم در مقابل این مواد، رخداد نشت در توده خاک بستر ایجاد شده و این می‌تواند علاوه بر ایجاد اشکال در شرایط عملکردی پالایشگاه و تغییر در مشخصات خاک بستر زیر شالوده تاسیسات، معیارهای زیست محیطی مکانیک خاک را نیز در محدوده پالایشگاه و حتی فراتر از آن تهدید نماید [۱].

یکی از شاخص‌های اصلی توسعه پایدار در صنعت، توجه به شرایط زیست محیطی توده خاک بستر در ساخت و راه‌اندازی مجتمع‌های صنعتی است. مجموعه‌های پالایشگاهی از این نظر شرایط ویژه‌تری داشته، چرا که مواد هیدروکربوری و یا آب آغشته به این مواد، به وفور در مجاری خطوط لوله زیرزمینی و مخازن و برج‌ها وجود داشته و مورد تبادل قرار می‌گیرد. در صورت عدم رعایت روش‌های ایمن

۶ کیلومتر است. پلان کل پالایشگاه تقریباً به صورت مستطیل با ابعاد حدود ۲/۸ در ۲/۴ کیلومتر است [۲]. این پالایشگاه جهت تامین آب خنک کننده و سایر اهداف تاسیساتی خود، از آب دریا استفاده نموده و پس از بهره‌گیری از آن در مبدل‌های حرارتی و سیستم‌های آب شیرین کن، مجدداً آن را به دریا باز می‌گرداند. در مسیر سیستم دریافت و بازگشت آب خنک کننده، مجموعه‌ای از حوضچه‌های دریافت و بازگشت وجود دارند که شکل ۱ نمایی از پلان این مجموعه حوضچه‌های مجاور یکدیگر را نشان می‌دهد. در این شکل مسیرهای کلی ورود آب به مجموعه حوضچه‌ها و خروج آب از آنها و همچنین ارتباط بین حوضچه‌ای نیز نمایش داده شده است.

لذا کنترل نشت در بستر و اجرای راهکارهای کاربردی برای توقف نشت، از جمله زمینه‌های اصلی پایش زیست محیطی مجموعه‌های صنعتی طی دوره عمر مفید آن است. مسئله اصلی مورد بررسی در مطالعات حاضر، ارائه راهکار مناسب و اجرایی برای توقف نشت از بستر حوضچه‌های آب دریا در پالایشگاه بندرعباس و ارضای معیارهای زیست محیطی مکانیک خاک در این مجموعه صنعتی است. پالایشگاه بندرعباس در ۳۰ کیلومتری شمال غربی شهرستان بندرعباس در استان هرمزگان واقع شده است. مختصات جغرافیایی پالایشگاه ۲۷ درجه و ۶ دقیقه عرض شمالی و ۵۶ درجه و ۳ دقیقه طول شرقی است. فاصله محدوده پالایشگاه با دریا، که در جنوب آن قرار دارد، حدود



شکل ۱- نقشه مجموعه حوضچه‌های دریافت و بازگشت آب دریا در پالایشگاه بندرعباس و مسیرهای دریافت (رنگ روشن) و بازگشت (رنگ تیره) آب خنک کننده تاسیسات [۱]

حوضچه‌ها بوده است. لیکن طبیعی است با شروع نشت، زهاب‌های زیرسطحی در بستر ارتجاعی دال بتنی کف ایجاد شده و به تدریج گشادتر شده‌اند و به طور افزاینده‌ای سرعت نشت را تشدید نموده‌اند. ضعف در زیرسازی دال بتنی با برقراری نشت از بستر حوضچه، در شرایط فعلی توده خاک بستر حوضچه‌ها را دچار آسیب و نقطه ضعف و آب شستگی و خالی شدگی نموده است. شواهدی نظیر جوشش آب از بیرون حوضچه‌ها نشانگر شسته شدن توده خاک بستر در نواحی زیر شالوده دیواره‌های پیرامونی است که پایداری آنها را می‌تواند به خطر اندازد [۴].

عملیات میدانی مکانیک خاک

انجام مطالعات ژئوتکنیک با ایجاد مجموعه‌ای از گمانه‌ها در اطراف حوضچه‌های آب دریا، یکی از بخش‌های اصلی پژوهش حاضر را تشکیل می‌دهد. هدف اصلی از انجام عملیات میدانی، شناخت مشخصات ژئوتکنیک توده خاک بستر و تغییرات احتمالی آن ناشی از نشت به دورن توده و دستیابی به راه حلی مناسب و اجرایی برای بهسازی بستر حوضچه‌ها و حصول اطمینان کافی از عمق آسیب‌دیدگی بستر ناشی از آب شستگی و همچنین کسب اطلاعات جدید از تراز سطح آب زیرزمینی در اطراف حوضچه و کنترل تغییرات این تراز در نواحی مختلف اطراف حوضچه‌ها است. با مشاهده مشخصات بستر در این گمانه‌ها و مبتنی بر نتایج آزمایشات انجام شده بر روی نمونه‌های بدست آمده از آنها، می‌توان مشخصات ژئوتکنیک بستر حوضچه‌ها در اعماق مختلف را تعیین نمود [۵].

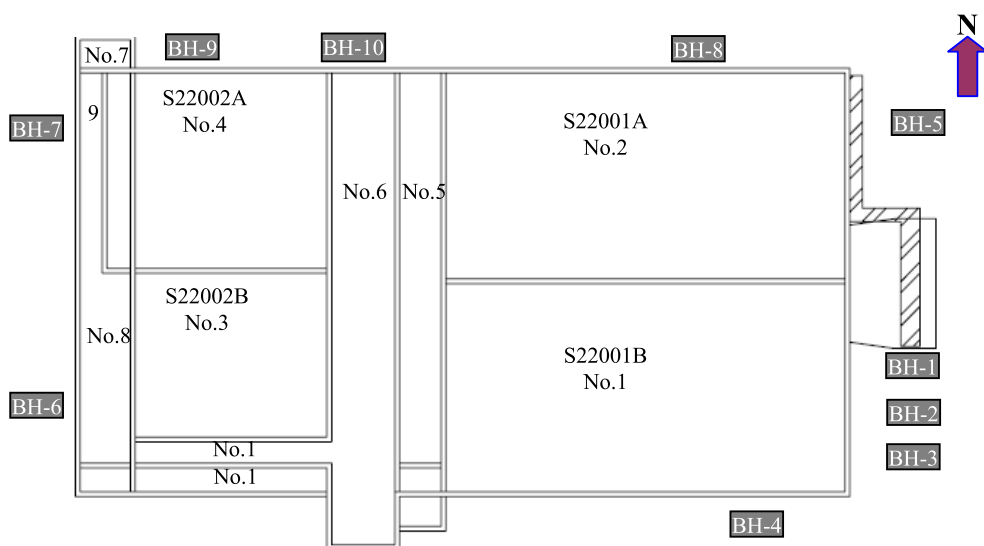
این مجموعه حوضچه‌ها در حدود ۱۴ سال پیش و همزمان با ساخت سایر بخش‌های پالایشگاه احداث گردیده‌اند. طول کل مجموعه حوضچه‌ها در راستای شرقی- غربی حدود ۱۹۰ متر و عرض کل آن حدود ۱۱۰ متر است. در اجرای دال بتنی کف در هشت متری در هر دو جهت، درز انقطاع تعبیه شده است که با استفاده از نوار آب بند مسدود گردیده است.

بررسی علل نشت از بستر حوضچه‌ها

بر اساس مطالعات انجام شده، نشت از کف حوضچه‌های پالایشگاهی در پالایشگاه بندرعباس عمدتاً می‌تواند در اثر دو عامل اصلی آغاز شده باشد که به صورت توأم و با اندرکنش با یکدیگر، موجب آغاز فرآیند فرار آب یا آب آغشته به مواد هیدروکربوری از کف حوضچه بوده‌اند. عامل نخست، عملکرد نامناسب نوارهای آب‌بند در محل درز بین قطعات دال بتنی کف یا دیواره‌ها است [۳]. دال کف در قطعات ۸ در ۸ متری اجرا شده و در محل درزها از نوارهای آب‌بند که از طرفین در دال‌های بتنی درگیر شده‌اند، بهره‌گیری شده است. مشاهدات محلی انجام شده از بستر حوضچه تخلیه شده S22001B نشان می‌دهد که نوارهای آب‌بند هم اکنون به عنوان نقطه ضعف اصلی دال کف محسوب شده و عمده نشت آب از این نواحی رخ می‌دهد. به صورت موضعی، عملکرد این نوع آب‌بندی درزها برای حوضچه‌ای با وسعت سطح بیش از ۲۰۰۰۰ مترمربع که آب دریا و گاه آلوده به مواد هیدروکربوری را به ارتفاع حدود ۴ متر در خود ذخیره می‌کند، دچار اشکال شده است. به نظر می‌رسد که این عامل موجب آغاز نشت آب از بستر

توسط آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک اداره کل راه و ترابری استان هرمزگان اجرا گردید. شکل ۲ موقعیت گمانه‌های حفاری شده در اطراف حوضچه‌ها را نمایش می‌دهد.

از این رو طراحی انجام مطالعات ژئوتکنیک با انتخاب آرایش مناسب گمانه‌ها و تعیین دقیق نوع آزمایشات مورد نیاز بر روی نمونه‌های دست خورده و دست نخورده در اعماق مختلف، انجام شد و سپس، عملیات میدانی و مطالعات آزمایشگاهی نیز



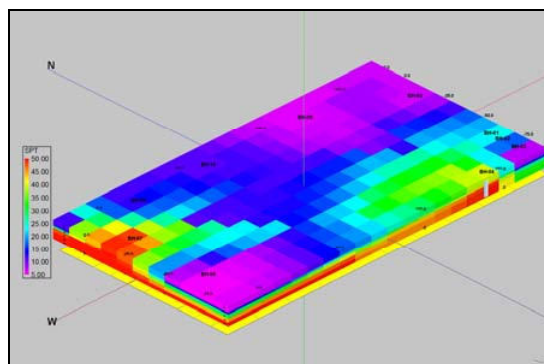
شکل ۲- آرایش گمانه‌های حفر شده جهت مطالعات میدانی مکانیک خاک بستر در محدوده حوضچه‌های آب خنک کننده پالایشگاه بندرعباس

ژئوتکنیک لایه‌های بستر حوضچه‌ها نداشته است. عملیات حفاری گمانه‌ها با استفاده از روش حفاری ماشینی انجام و با توجه به نوع خاک، نمونه دست‌خورده یا دست‌نخورده از لایه‌های مختلف جهت انجام آزمایشات مربوطه اخذ شده است. در حین عملیات حفاری آزمایش نفوذ استاندارد در اعماق مختلف برای هر گمانه انجام گرفته است. بر اساس نتیجه این آزمایش می‌توان تراکم نسبی و قابلیت باربری لایه‌های خاک را به طور متناسب تخمین زده و میزان آسیب وارد شده بر لایه‌ها در اثر رخداد آب‌شستگی از بستر و الگوی ایجاد این آسیب را در نقاط مختلف بستر حوضچه مشخص نمود [۱].

عمق حفاری در گمانه‌های شماره ۱، ۷ و ۸ برابر ۶ متر، در گمانه‌های ۲، ۳، ۵ و ۶ معادل ۸ متر و در تعداد ۳ گمانه یعنی گمانه‌های شماره ۴، ۹ و ۱۰ نیز معادل ۱۰ متر بوده است. تمرکز بیشتر گمانه‌ها با انتخاب تعداد بیشتری از آنها در بخش شرقی حوضچه‌ها همراه بوده است. علت این انتخاب، حساسیت بیشتر بخش شرقی حوضچه‌ها و رخداد محتمل بیشتر آب‌شستگی بستر دال بتنی کف در این ناحیه است. توقف عملیات حفاری در هر گمانه بر اساس چگونگی تغییر لایه‌های زمین و با حصول یکنواختی و عدم تغییر فاحش مشخصات لایه‌ها در عمق انجام شده و لذا تفاوت عمق حفاری گمانه‌ها تأثیری بر قابلیت استناد و اعتماد نتایج و مشخصات

نتایج عملیات میدانی

مجموعه اطلاعات میدانی برداشت شده از سایت پالایشگاه در اطراف حوضچه‌های آب خنک کننده به منظور مطالعه دقیق الگوی نشست در بستر و عمق آسیب و مشخصات ژئوتکنیک، مورد بررسی قرار گرفته است، نخستین پارامتر اصلی مکانیک خاک بستر حوضچه‌ها که در ابتدای بررسی جزئی نتایج آزمایشگاهی جدید و به روزسازی مدل مفهومی مکانیک خاک حوضچه‌ها آب دریا به آن پرداخته می‌شود، نتیجه آزمایش نفوذ استاندارد در اعماق مختلف و در گمانه‌های مختلف است. شکل ۳ نحوه تغییرات این کمیت در شمای سه بعدی از خاک بستر در محدوده حوضچه‌های آب پالایشگاه را نشان می‌دهد.



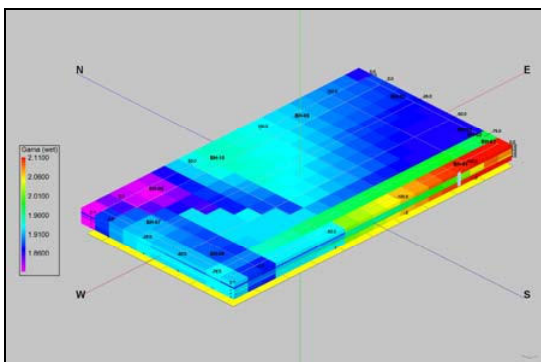
شکل ۳- تغییرات نتیجه آزمایش نفوذ استاندارد در خاک بستر محدوده حوضچه‌های آب در پالایشگاه

عبور از لایه سطحی به عمق و در اعماق حداکثر حدود ۵ متر، لایه‌های با قابلیت باربری مناسب و اعداد بالای ۴۰ برای نفوذ استاندارد مشاهده می‌شود. این نتیجه وجود لایه خاک سست و نیازمند بهسازی در محدوده حوضچه‌ها را تایید می‌کند، لیکن نتایج به دست آمده نشانگر عدم نیاز به استفاده از گزینه‌هایی همچون شمع‌کوبی در اعماق زیاد برای تحکیم و مقاوم‌سازی خاک بستر بوده و راهکارهای بهسازی در اعماق کمتر را قابل توصیه می‌سازد [6]. دیگر پارامتر قابل بررسی از مشخصات ژئوتکنیک بستر، درصد رطوبت نمونه خاک است که می‌تواند نمادی از تاثیرپذیری خاک بستر از رخداد نشست از کف حوضچه بوده ضمن اینکه بر مشخصات خمیری لایه ریزدانه خاک بستر نیز تاثیر تعیین کننده دارد.

بررسی نتایج نشان می‌دهد که درصد رطوبت نسبی خاک در عمده سطح حوضچه دارای مقدار ثابتی (حدود ۲۰ درصد) می‌باشد. لیکن در مجاورت گمانه شماره BH1 در ناحیه شرقی حوضچه که نزدیکترین فاصله را از موقعیت نشست از بستر در مجاورت دیواره شرقی حوضچه دریافت آب جنوبی دارد، افزایش موضعی در رطوبت خاک به میزان حدود ۱۰ درصد دیده می‌شود که این می‌تواند ناشی از تاثیر موضعی نشست آب حوضچه در این ناحیه باشد [7]. دیگر کمیت اندازه‌گیری شده از خاک در اعماق مختلف، دانسیته خشک نمونه‌های خاک ماخوذه در اعماق مختلف و در گمانه‌های دهگانه اطراف حوضچه است. تغییرات این کمیت در شمای سه بعدی خاک بستر محدوده حوضچه‌ها بر اساس داده‌های جدید، در شکل ۴ ارائه گردیده است.

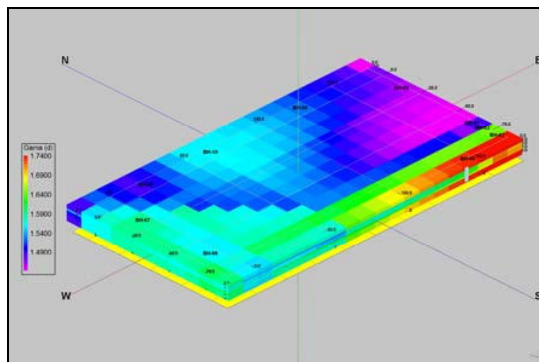
بر اساس تحلیل نتایج به دست آمده، لایه‌های سطحی با عمق اندک که زیرسازی دال بتنی کف حوضچه را تشکیل می‌دهند در عمده سطح حوضچه دارای قابلیت باربری اندکی بوده و سستی آنها بر اساس اعداد اندک ضربات در آزمایش نفوذ استاندارد قابل تشخیص است. لیکن تقریباً در تمام محدوده حوضچه به محض

محدوده شرقی حوضچه اندازه‌گیری شده است که این وضعیت می‌تواند تاییدی بر تاثیرپذیری بیشتر ناحیه شرقی حوضچه از عوامل سست کننده بستر باشد. بررسی تغییرات دانسیته کل نشان دهنده افت موضعی این کمیت در لایه های سطحی در نواحی شرقی حوضچه ها است. اگرچه در لایه های عمیقتر، مشابه آنچه در دانسیته خشک خاک مشاهده شد، یکنواختی عمومی در خاک محل دیده می‌شود، لیکن کاهش موضعی انسجام خاک در لایه‌های سطحی خصوصاً در نواحی شرقی خاک بستر حوضچه‌ها، می‌تواند تحت تاثیر موضعی شبکه زهاب زیرسطحی شکل گرفته در این ناحیه در اثر نشت آب از کف حوضچه باشد.



شکل ۵- تغییرات دانسیته کل خاک بستر در محدوده حوضچه‌های آب در پالایشگاه

بررسی مشابهی بر روی ضریب چسبندگی خاک در شرایط زهکشی شده انجام شده است، نشان می‌دهد که این کمیت نیز در در لایه‌های سطحی و در نواحی شرقی حوضچه خصوصاً در محاذات میانه ضلع شرقی حداقل مقدار خود را اختیار می‌کند. به تدریج و با حرکت به سمت غرب، میزان چسبندگی خاک افزایش یافته طوری که حداکثر مقادیر آن در ضلع غربی و متناظر با حدود ۴ برابر همین مقدار در نواحی شرقی است. این مقایسه کلاً برای لایه‌های سطحی خاک و



شکل ۴- تغییرات دانسیته خشک خاک بستر در محدوده حوضچه‌های آب در پالایشگاه

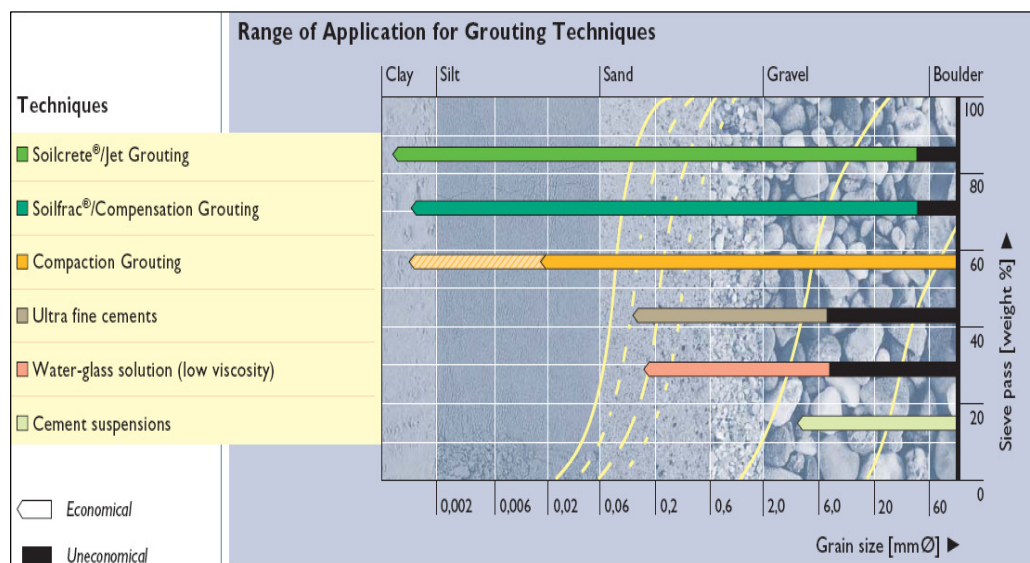
مطالعه نحوه تغییرات دانسیته خشک خاک در نواحی مختلف حوضچه نشان می‌دهد که در مجاورت گمانه شماره BH1 که نزدیکترین موقعیت نسبت به ناحیه اصلی نشت از بستر حوضچه دریافت آب جنوبی را دارد، افت موضعی در دانسیته خاک ایجاد شده به نحوی که این میزان افت به طور متوسط حدود ۲۵ درصد است. کاهش انسجام توده خاک در این ناحیه که در کاهش وزن مخصوص خود را نشان می‌دهد، می‌تواند در اثر رخداد یا تداوم نشت و آب شستگی در این ناحیه باشد. این افت دانسیته عمدتاً در لایه‌های سطحی خاک رخ می‌دهد و با عبور از عمق حدود ۲ متر به لایه‌های عمیق‌تر، یکنواختی و همسانی نسبی برای دانسیته خاک در تمام محدوده حوضچه ایجاد می‌گردد. بررسی نتایج به دست آمده از وزن مخصوص کل خاک نیز در نمونه‌های اخذ شده از اعماق مختلف و در گمانه‌های جدید، نتیجه‌ای مشابه آنچه که در مطالعه وزن مخصوص خشک خاک پیش از این حاصل گردید، به دست می‌دهد [8]. شکل ۶ شمای سه بعدی تغییرات دانسیته کل خاک را در محدوده حوضچه‌های آب دریا در پالایشگاه بندرعباس نمایش می‌دهد. آنگونه که در این شکل قابل مشاهده است، در لایه‌های سطحی، حداقل دانسیته کل خاک در

مواجهه با مشکل را داشته‌اند، به علت نیاز به بهره‌برداری سریع از حوضچه انتخاب نشده‌اند. روش توصیه شده برای بهسازی بستر، تزریق دوغاب و گروت تحکیمی به داخل خاک است. جزئیات اجرایی این روش شامل آرایش روزنه‌های تزریق در پلان، عمق تزریق و نوع و مشخصات دوغاب تزریقی در ادامه گردیده است. بر اساس اطلاعات ژئوتکنیک در دسترس، تزریق در اعماق زیاد یعنی در حد ۴ تا ۶ متر عمق، در توده خاک کاملاً ریزدانه چسبیده انجام می‌شود. حال آنکه تزریق در لایه‌های سطحی و درست زیر دال بتنی کف موجود، عملاً در محیط‌های درشت دانه‌تری انجام می‌شود. شکل ۷ معیار استاندارد و مبتنی بر توصیه مراجع [9] را نشان می‌دهد که بر مبنای آن می‌توان نوع شیوه مناسب عملیات تزریق را با معلوم بودن الگوی کلی توده خاک محیط تزریق، تشخیص داد.

در اعماق کمتر از ۱/۵ متر انجام شده و این نشان می‌دهد شرایط سرویس حوضچه‌ها و انباشتگی آب در آنها و رخداد نشت از بستر، بر قشر رویه خاک تاثیرگذار بوده است.

راهکار بهسازی خاک بستر حوضچه‌ها

بر اساس آنچه در عملیات میدانی از مشخصات ژئوتکنیک ساختگاه تاسیسات پالایشگاه در پالایشگاه بندرعباس برداشت شد و تحلیل نتایج این عملیات از حیث عمق نشت آب و یا آب آغشته به مواد هیدروکربوری به داخل توده خاک بستر، راهکارهای مناسب مهار نشت و ایمن سازی کامل سیستم قابل ارائه می‌باشد [9]. برای عملیات ترمیم بستر حوضچه‌ها در پالایشگاه بندرعباس، دو مرحله اصلی تعریف شده است. هدف از گام نخست، بهسازی توده خاک سست بستر حوضچه‌ها است. لذا انواع شیوه‌های مورد استفاده در سطح ملی و بین‌المللی برای بهسازی توده‌های سست خاک همچون برداشت و جایگزینی، پیش بارگذاری، استفاده از زهکش‌های قائم، تراکم خاک در لایه‌های عمیق، مسلح نمودن خاک با ستون‌های سنگی، تزریق دوغاب و گروت تحکیمی به داخل خاک و اجرای شمع یا شالوده عمیق برای مجموعه حوضچه‌ها مورد بررسی قرار گرفت. یکی از عوامل اصلی در انتخاب روش بهسازی و ترمیم، اجرایی بودن آن در شرایط داخل حوضچه و اجرا در زمان کوتاه می‌باشد. از آنجا که عملکرد حوضچه آب در حین عملیات پالایشگاه ضروری می‌باشد، لذا راهکارهایی که نیاز به زمان طولانی داشته و یا از حیث اجرایی حتی احتمال



شکل ۷- انتخاب روش تزریق دوغاب برای بهسازی توده خاک سست بستر با معلوم بودن اندازه غالب ذرات [9]

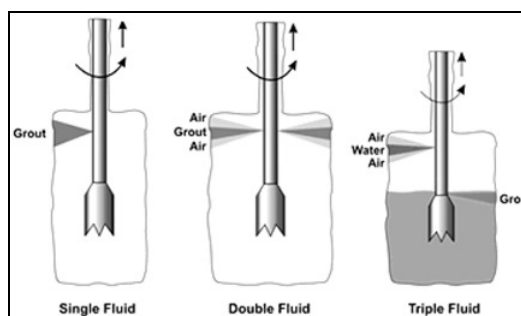
موضوع، تزریق در لایه‌های سطحی توده خاک سست را که در برخی قسمت‌ها بر مبنای شواهد موجود، درشت دانه بیشتری دارند، قابل اجرا نشان می‌دهد. از حیث نوع تزریق و تک سیاله یا چند سیاله بودن آن نیز، مواردی در بخش معرفی این روش پیش از این مورد اشاره قرار گرفت. بیان جزئی‌تر موضوع اینکه از حیث نوع تزریق میتوان سه حالت اصلی برای مخلوط تزریقی تعریف نمود که به تناسب شرایط مورد استفاده قرار می‌گیرد. شکل ۸ این حالت‌های سه گانه تزریق را نشان می‌دهد که تفاوت سیال تزریق شده و تعداد سیال‌های مخلوط تزریقی در آن مشهود است [10]. نکته دیگر در مطالعات انجام شده، انتخاب آرایش روزنه‌های تزریق در پلان است که برای طرح کنونی و بر اساس جمع داده‌ها و اطلاعات در دسترس شامل مشخصات لایه‌ها و الگوی نشت زیر بستر و همچنین شعاع تاثیر هر روزنه تزریق، انتخاب فواصل ۲ متر در هر دو جهت متعامد در پلان برای روزنه‌های تزریق

بر اساس اطلاعات در دسترس مکانیک خاک از توده بستر حوضچه‌ها که تا کنون به مواردی از آن اشاره شد، بخش عمده‌ای از توده خاک بستر در ناحیه بین لای و ماسه در منحنی شکل ۷ واقع می‌شود و این نشان می‌دهد که شیوه بهسازی بستر با استفاده از تزریق نه تنها در ناحیه غیراقتصادی قرار نداشته بلکه بر اساس اطلاعات مقدماتی در دسترس، بازده مناسبی نیز از عملیات تزریق مورد انتظار است. اما شیوه انتخابی بر اساس تحلیل انجام شده، تزریق نفوذی است که از جت آب یا جت آب محصور در جت هوا (Jet grouting) ابتدا برای ایجاد فضای مناسب و پس زدن توده سست در ناحیه تزریق استفاده شده و سپس به صورت ستونی، عملیات تزریق دوغاب اصلی تا تراز سطح زمین یا زیر دال بتنی کف حوضچه‌ها، ادامه می‌یابد. شکل ۷ نشان می‌دهد که این روش انتخابی تزریق، حتی برای محیط‌های درشت دانه‌تر تا حد شن درشت نیز کارایی مناسبی داشته که این

نتیجه گیری

در تحقیق انجام شده، مطالعات ژئوتکنیک بستر حوضچه‌های پالایشگاهی در پالایشگاه بندرعباس با عمر حدود ۱۴ سال، انجام گرفته است. بر اساس اطلاعات میدانی و مطالعات انجام شده، شرایط رخداد نشست آب و یا آب آغشته به مواد هیدروکربوری به داخل خاک از این حوضچه‌ها و روش مناسب مهار نشست، ارائه گردیده است. عملیات میدانی انجام شده که با حفر ۱۰ حلقه گمانه در اطراف حوضچه‌ها با اعماق حدود ۱۰ متر صورت گرفته، نشان می‌دهد که عمق آسیب‌دیدگی خاک بستر ناشی از نشست به حدود ۴ تا ۵ متر می‌رسد. بر مبنای مشخصات مکانیک خاک بستر همچون نتیجه آزمایش نفوذ استاندارد یا SPT و همچنین دانسیته خاک در نقاط مختلف، روش تزریق گروت در خاک به عنوان روش مناسب بهسازی توده خاک بستر توصیه گردیده است. جزئیات تزریق و آرایش روزنه‌ها و عمق آنها به گونه‌ای انتخاب گردیده که علاوه بر بازیابی نفوذناپذیری و توان باربری خاک بستر، شرایط برای توقف و مهار نشست نیز فراهم گردد.

پیش‌بینی می‌شود. عمق تزریق برای نیمه شرقی حوضچه به طور کلی بیشتر از نیمه غربی آن پیش‌بینی می‌شود. به عنوان یک طرح اولیه، با منظور نمودن یک شبکه ۲×۲ متر برای تزریق، تعداد حدود ۱۱۵۰ عدد روزنه تزریق (گمانه) در بستر حوضچه S22001B پیش‌بینی می‌شود.



شکل ۸- سه روش اصلی تزریق دوغاب در خاک با هدف بهسازی بستر حوضچه های آب در پالایشگاه بندرعباس

بر مبنای اطلاعات فعلی در دسترس، عمق آغاز تزریق در تعداد ۱۰۰ روزنه یعنی حدوداً ۱۰ درصد تعداد کل روزنه‌ها برابر ۶ متر، در تعداد ۴۵۰ روزنه یعنی حدوداً ۴۰ درصد کل تعداد روزنه‌ها برابر ۴ متر و نهایتاً در تعداد ۶۰۰ روزنه تزریق یعنی حدود نیمه از کل تعداد روزنه‌ها برابر ۲ متر پیشنهاد می‌شود.

منابع

- 6- CSI Analysis Reference Manual for SAP2000, (2007), Computer and Structures Inc., Berkeley, California.
- 7- Castillo E, L.G., (2007), Pressure Characterization of Undeveloped and Developed Jets in Shallow and Deep pool, Proceedings of the 32nd Congress, International Association for Hydraulic Research, Vol.2, pp 645-651.
- 8- Karol, R.H., (2003), "Chemical grouting and soil stabilization." 3rd ed., Marcel Dekker, New York, chapter 8.
- 9- Littlejohn, G.S. (1982), "Design of cement based grouts." Proc. of the Conference on Grouting in Geotechnical Engineering, New Orleans, Feb 10-12. ASCE, pp. 35-47.
- 10- Shibazaki, M. and Ohta, S. (1982), "A unique underpinning of soil solidification utilizing super-high pressure liquid jet." Proc. of the Conference on Grouting in Geotechnical Engineering, New Orleans, Feb 10-12. ASCE, pp. 680-693.
- ۱- دانشگاه صنعتی شریف، (۱۳۸۷)، بازنگری مطالعات حوضچه‌های آب دریا شرکت پالایش نفت بندر عباس، گزارش نهایی فاز نخست مطالعات، ۳۳۰ ص.
- ۲- شرکت پالایش نفت بندعباس، (۱۳۸۷)، گروه مهندسی پالایش، (آب، برق و بخار)، گزارش و ارائه مربوط به طرح بررسی و رفع مشکلات شبکه آب دریا، ۱۲۰ ص.
- ۳- شرکت مهندسی مشاور آرمه آرا، (۱۳۸۴)، گزارش نهایی مطالعات مرحله اول رفع نشتی حوضچه‌های زهکشی محوطه آب، برق و بخار و انحراف دیواره میانی حوضچه برگشتی، ۳۵۰ ص.
- ۴- شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس، (۱۳۸۲)، نقشه های مسیرهای اصلی و فرعی زهکشی زیرزمینی برای پایین انداختن سطح آب زیرزمینی در محدوده پالایشگاه، ۲۸۰ ص.
- ۵- معاونت پژوهشی دانشگاه تهران، (۱۳۸۴)، گزارش نهایی مطالعات آلودگی آبهای زیرزمینی پالایشگاه بندرعباس، جلد اول، ۳۲۰ ص.