بررسی مشکلات ژئوتکنیکی اجرای سازه سیفون معکوس کارون

افشین قهاری[۱]، فرامرز قلمباز[۲]، بابک ملک خویان[۳] ، محمد بزاز [۴]، محمدرضا مقیمی[۵]

۱-کارشناس ارشد سازه های آبی دانشگاه علوم وتحقیقات خوزستان، رئیس قسمت عملیات اجرایی طرح خرمشهرسازمان آب وبرق خوزستان

۲- دانشجوی دکتری اقتصادکشاورزی دانشگاه علوم وتحقیقات تهران،مدیر امور اجرایی طرح خرمشهرسازمان آب وبرق خوزستان

۳- دانشجوی کار شناسی ارشدسازه های آبی دانشگاه آزاد واحد اهواز،کارشناس مسؤل طرح خرمشهرسازمان آب وبرق خوزستان

۴- کارشناس ارشد آبیاری وزهکشی دانشگاه علوم وتحقیقات خوزستان ، کارشناس مسؤل طرح خرمشهرسازمان آب وبرق خوزستان

۵- کارشناس مهندسی عمران عمران دانشگاه شهیدچمران اهواز، سرپرست دستگاه نظارت مقیم شرکت مهندسین مشاور مهاب قدس

چکیده

سازه سیفون یکی ازسازه های انتقال آب است که آب را به صورت تحت فشار ازموانع طبیعی ومصنوعی مانند رودخانه ویاجاده عبورمی دهد. سیفون معکوس کارون درشمال شرقی خرمشهر به روی رودخانه کارون درفاصله ۲/۵ کیلومتری ازسه راه حفار احداث شد. این سیفون عظیم شامل ۵ سری لوله به قطر ۱۶۰۰ mm وطول ۱۲۴۰ متر درکف رودخانه کارون قرارگرفته است . درراستای اجرای پروژه مشکلات ژئوتکنیکی خاصی ازقبیل لغزش سواحل رودخانه کارون علی الخصوص هنگام لایروبی بستر وتغیرات رقوم ارتفاعی استقرار لوله ها بوجود آمد، بمنظور جلوگیری از بالا آمدگی لوله ها ،دیوار حائل فلزی بین لوله ها قرار داده شدو خاک ریزی مرحله به مرحله انجام شد.همچنین بمنظور رفع مشکل لغزش ساحل سازه ورودی وخروجی از ساحل رودخانه دورتر ساخته شد.

کلمات کلیدی: سیفون معکوس- خرمشهر-لغزش -لایروبی

مقدمه

سیفون معکوس کارون (خرمشهر) یکی از سازه های مهم کانال اصلی ولیعصر(عج) در محل تقاطع این کانال بارود خانه کارون درمنطقه حفار بوده که بدینوسیله آب کانال از زیر رودخانه عبورنموده وتا شلمچه منتقل می شود . شروع این سیفون در کیلومتر ۳۶۵+۱کانال اصلی ولیعصر(عج) می باشد .با توجه به اینکه چنین پروژه ای برای اولین بار در کشور اجرا می گردد لذا مراحل اجرای عملیات و تدقیق روشهای اجرایی اولیه منظم به قرارداد در حین ساخت تدوین و تکمیل گردید و با توجه به ظرفیت نسبتا بالای کانال ولی عصر و شرایط رودخانه کارون وظرفیت عبوری بالای آن وعدم امکان انحراف آب با استفاده از روشهای معمول و به لحاظ دقت و حساسیت در اجراء،تکنولوژی ساخت و بهره برداری ازآن بی نظیربوده و ازاهمیت خاصی برخوردارمی باشد وبه همین سبب جزء ۶پروژه برترکشور درصنعت آب شناخته شده است.

هدف تحقیق:

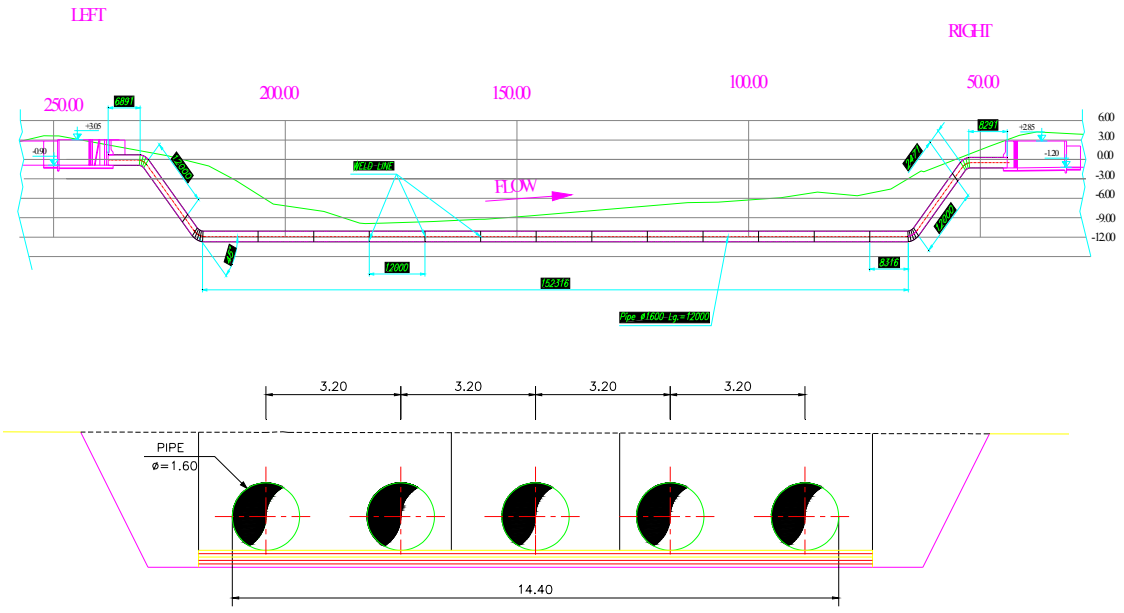
پس از استقرار سیفون در محل خود واستغراق آن وقرار گرفتن در زیر بستر رودخانه مبادرت بـه انجـام خـاکریزی در سـواحل رودخانه به منظور خشک سازی کناره های رودخانه جهت اتصال لوله های سیفون به سازه های ورودی وخروجی گردید که با توجه به سرعت کار و جنس خاک مورد استفاده برای خاکریزی ترکهای عمیقی در محدوده توده خاکریز سواحل چپ وراست همراه با بالا آمدن لوله ها از تراز اصلی خود صورت گرفت. همچنین در ضمن انجام عملیات لایروبـی بـدلیل ریـزش سـواحل رودخانه مقطع طولی سیفون بزرگتر گردید که در این تحقیق ضمن شناخت دلایل این اتفاقات ،نسبت به بررسـی و پیشـنهاد راهکار مناسب جهت اجرای پروژه اقدام می گردد.

مواد و روشها

- جمع آوری اطلاعات لازم ، انجام نمونه برداریها وحفرگمانه ها وانجام آزمایشات موردنیاز

مقطع رودخانه در محل عبور سیفون

مطابق نقشه‌های موجود، رودخانه کارون در محل عبور سیفون دارای یک مقطع ذوزنقه‌ای نامتقارن می‌باشـد. در ایـن مقطـع، رودخانه دارای عرض حدود ۱۰۰ در کف و عرض حدود ۱۹۰ متر در بالا مـی‌باشـد. در صـورتی کـه کـد ارتفـاعی جنـاحین رودخانه در این مقاطع صفر (+0.0) فرض شود، خط‌القعر رودخانه که به فاصله ۴۰ متری از جناح چپ مـی‌باشـد، دارای کـد ارتفاعی ۱۲/۷- متر خواهد بود. از این نقطه (خط‌القعر) کف رودخانه با یک شیب ملایم و در طـول حـدود ۱۰۰ متـر بـه کـد ارتفاعی ۹/۷- متر در جناح راست (کف رودخانه) می‌رسد. در شکل مقطع رودخانه کارون در محـل احـداث سـیفون معکـوس نمایش داده شده است.با توجه به تجارب موجود پیش‌بینی می‌گردد کف رودخانه پوشیده از خاک نـرم رودخانـه‌ای باشـد کـه باجریانات رودخانه می تواند این مقطع تغییر یابد.



شکل مقطع عرضی سیقون معکوس کارون

جدول مشخصات هیدرولیکی سیفون

دبی کل عبوری: ۱۳/۵ متر مکعب بر ثانیه	**دبی هر لوله: ۲/۷ متر مکعب بر ثانیه**
تعداد لوله‌ها: ۵ سری	**قطر هر لوله: ۱۶۰۰ میلیمتر**
سرعت جریان آب داخل لوله‌ها: ۱/۳۴ متر بر ثانیه	**ضخامت لوله ها:۱۵ میلیمتر**
طول جدید سیفون (اجرا شده)= ۲۴۷,۵ متر	**طول طراحی سیفون (اولیه)= ۱۹۰متر**
اختلاف ارتفاع ورودی و خروجی سیفون: ۰/۳ متر	

- فشار جانبی خاک

نیروی جانبی خاک بر دیوارهای سازه ها ، با استفاده از فرمولهای کولومب و رانکین (Coulombs & Rankine) با در نظر گرفتن مشخصات خاکهای جایگزین که در پشت این دیوارها ریخته خواهد شد ، (مانند دانه بندی ذرات ، وزن مخصوص خاک و زاویه اصطکاک داخلی) و با اعمال ضریب فشار جانبی خاک در حالت محرک یا فشار جانبی در حالت سکون (KO) محاسبه می شود .

$$K_a = \frac{1-\sin\phi}{1+\sin\phi}$$

براساس رابطه فوق ودر نظر گرفتن زاویه اصطکاک داخلی به اندازه ۴درجه برای توده خاک لغزشی مقدار ضریب فشار جانبی در حالت رانش ۰,۸۷ بدست می آید.با محاسبه فشار جانبی خاک برروی دستکها ملاحظه می شود که لنگر قابل تصور ایجاد شده در دستکها کمتر از ۱۰۰ تن است که بسیار کمتر از لنگر خمشی لوله ها (۴۵۰تن) می باشد. همچنین آماس ناشی ازاین بار جانبی باید درحدود ۱۵سانتیمتر باشد که با مقدار آماس ایجاد شده قابل مقایسه نیست .

- محاسبات پایداری (STABILITY)

کنترل پایداری سازه در مقابل واژگونی و لغزش در حالات بارگذاری مختلف از اهمیت زیادی برخوردار است . در این محاسبات ضریب اطمینان در مقابل لغزش حد اقل ۱/۵ و در مقابل واژگونی ۲ منظور شده است . در صورتی که این ضریب اطمینان قابل تأمین نباشد ، خاک پشت سازه ها با خاک مناسب که دارای فشار جانبی کمتری می باشد ، تعویض می گردد.

- تمهیدات پی

جهت افزایش مقاومت خاک زیر پی ابنیه فنی و فراهم نمودن شرایط مناسب در حین انجام عملیات اجرائی ، تمهیدات مشخص جهت تقویت خاک زیر سازه های ورودی وخروجی منظور شده است . از جمله این تمهیدات استفاده از لایه ۳۰ سانتی متری قلوه سنگ یا (در صورت لزوم) تعویض خاک به عمق یک متر و استفاده از مخلوط شن و ماسه (مخلوط رودخانه ای) می باشد . همچنین به منظور کنترل جریان آب از زیر پی قسمتهای مختلف سازه ها و جلوگیری از پدیده آب شستگی (Piping) ، از دیوار آب بند (Cut Off Wall) استفاده گردیده است . علاوه بر این ، به منظور جلوگیری از نشت آب از درز موجود بین قسمتهای مختلف هر سازه ، عمل آب بندی با استفاده از آب بند لاستیکی (Water Stop) در محل درز و اتصال قسمتهای مختلف هر سازه صورت گرفته است .

- پایداری شیب جداره حفاریهای لایروبی

با توجه به نتایج عملیات ژئوتکنیک انجام شده در منطقه طرح که در گزارشهای ژئوتکنیک و مکانیک خاک منعکس شده و با استفاده از برنامه کامپیوتری (STABIL) که بر اساس روش قطعات فلینوس عمل می نماید و با ملحوظ نمودن ضریب

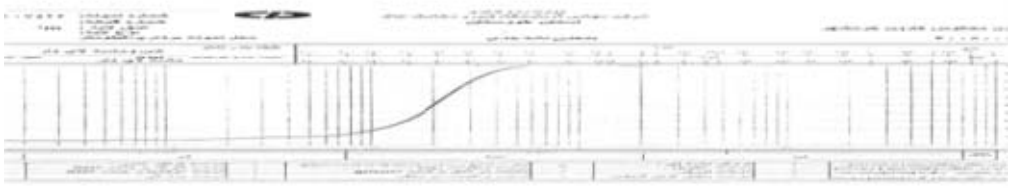
اطمینان حداقل معادل ۱/۵ ، شیب جانبی جداره حفاری لایروبی، تا عمق تقریبی ۳ متر (۳ افقی به ۱ عمودی) بعنوان شیب پایدار پیشنهاد وانجام گردید .

- ژئوتکنیک ، زمین شناسی منطقه ومشاهدات صحرایی:

نوع زمین در منطقه رودخانه کارون و محدوده سیفون، آبرفتی و جنس آنها ترکیبی از ماسه، رس، سیلت و مقدارکمی لجن رودخانه‌ای میباشد که فقط در لایه‌های زمین درصد ترکیبی آنها کمی با هم متفاوت می‌باشد. آزمایشات با انجام آزمون‌های آزمایشگاهی که شامل تستهای هیدرومتری و دانه‌بندی، حدود اتربرگ، برش مستقیم، آزمایش تک‌محوری، آزمایش دومحوری، نشست تحکیمی و آزمایشات شیمیایی، مطالعات ژئوتکنیکی حوضه‌های بالا به اتمام رسید نتایج آزمایشات آزمایشگاهی تائیدکننده موضوع فوق‌الذکر می‌باشند. آزمایشات دانه بندی خاک محل تخلیه (حوضچه) لایروبی (مصالح حاصل ازلایروبی بستر رودخانه کارون درمحل استغراق سیفون) درتیرماه ۸۹ به تعداد ۸ نمونه انجام پذیرفت که مطابق تصویرپیوست درمحدوده SM و SP یعنی ماسه ریزبا دانه بندی بد همراه بالای (لای دار) واندازه کوچکتر از۰/۶ میلیمتر مشخص می باشند . به منظور شناسایی شرایط زیر سطحی درسواحل راست وچپ ، درزمان مطالعات فنی ، دوگمانه اکتشافی یکی به فاصله ۲۵ متری درساحل راست ودیگری در۲۵ متری درساحل چپ حفاری شده وبرروی نمونه های اخذ شده ازاعماق مختلف حفاری گمانه های مذکور، آزمایش ژئوتکنیکی انجام پذیرفته است . درجدول ۱ پروفیل لایه های زیرسطحی شناسایی شده درهرگمانه به همراه مقادیر پارامترهای ژئوتکنیکی لایه های خاک نشان داده شده است . عمق آب زیرزمینی درهردوگمانه در۱/۵ متری ازسطح زمین طبیعی مشاهده شده است ولایه بندی عمومی بصورت استقرار لایه سطحی (باضخامت کم) با استحکام بیشتر برروی لایه دارای استحکام کمتر (دربرخی اعماق بصورت لجنی) تشخیص داده شده است . مقدار مقاومت دراعماق پایینتر بیشتر شده وبسیار سخت می گردد. بر اساس گمانه‌های ژئوتکنیک می توان نوع جنس زمین را از لحاظ آزمایشات فیزیکی و صحرایی تشریح نمود. مشاهدات زمین‌شناسی صحرایی از روی نمونه‌ها و کرهای گرفته شده از گمانه‌ها جنس لایه‌ها را ترکیبی از sand، silt، clay (۹۵٪) نشان می‌داد.نمونه‌های اخذ شده از گمانه‌ها شامل نمونه-های دست‌خورده، نمونه دست نخورده می‌باشد. همچنین آزمایش SPT در هر دو متر از عمق گمانه‌ها صورت می-پذیرفت.طبق آزمایشات SPT انجام شده در گمانه‌ها که عمق اکثر آنها ۴۰ متر بوده ترازهای بالای گمانه‌ها از نظر تراکمی و سفتی زمین دارای مشخصات soft، firm، loos very بوده و در لایه‌های میانی گمانه‌ها دارای مشخصات hard، dens، Stiff و در لایه‌های انتهایی گمانه‌ها دارای مشخصه very hard می‌شدند.

جدول پروفیل لایه های زیر سطحی به همراه مقادیر پارامترهای ژئوتکنیکی خاک گمانه ها

depth	BHV-3(leftbank)					BHV-4(leftbank)				
	SPT	USCS	qu(kpa)	Ctri(kpa)	φ(deg)	SPT	USCS	qu(kpa)	Ctri(kpa)	φ(deg)
2	21	-	108	22	6	20	ML	154	23	4
4	5	-	-	-	-	8	CL-ML	-	-	-
6	5	ML	-	20	5	2	ML	-	-	-
8	4	ML	-	-	-	-	ML	-	-	-
10	2	-	-	-	-	2	CL-ML	-	-	-
12	-	CL	-	-	-	-	CL	46	-	-
14	3	ML	-	-	-	-	ML	-	-	-
16	4	ML	-	-	-	2	ML	-	22	1
18	23	-	-	-	-	-	ML	-	-	-
20	41	-	-	-	-	39	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	38	-	-	-	-
24	47	-	-	-	-	34	-	-	-	-
26	-	-	-	-	-	-	ML	-	-	-



نمودار نمونه ای از دانه بندی رسوبات محل حفاری سیفون

بر اساس آزمایشات نفوذپذیری (لوفران) لایه‌های زمین از نظر نفوذ پذیری و آبخوری با توجه به جنس لایه‌ها که درصد رس یا ماسه بالا باشد در نوسان بود و در لایه‌های پایین‌تر میزان نفوذپذیری کاهش پیدا می‌کرد.بر اساس نمونه‌های دست‌خورده و دست‌نخورده دارای مشخصه PI، PL، LL به ترتیب در حدود ۲۰ تا ۵۰ و ۱۵ تا ۳۰ و ۵ تا ۲۵ بودند. مقدار دانسیته خشک برابر با (gr/cm3) ۱/۴۰ تا۱/۷۰ بود و دانسیته نسبی (Gs) آنها حدود (gr/cm3) ۲/۸۶ و ضریب پوکی آنها از ۰/۸ تا ۰/۵ بود.دانسیته اشباع برابر با ۱/۵ تا ۱/۹۵ و درجه اشباع نمونه‌ها از ۷۵٪ تا ۹۰٪ می‌باشد. از دیگر مشخصات و نتایج آزمایشگاهی می‌توان به میزان ph ۷ و cl% ۲۲٪ اشاره نمود. بر اساس آزمایشات به عمل آمده جنس لایه‌ها را در عمقهای اولیه در حدود ۰ تا ۸۰ متر رس قهوه‌ای و لجنی و در عمق ۸ تا ۱۰ متر ماسه و رس و مقداری لجن و در عمق ۱۰ تا ۱۵ متر رس خاکستری و در عمق ۱۵ تا ۲۵ رس قهوه‌ای به همراه مقداری سیلت و ۲۵ تا ۴۰ متر رس به همراه درصد پایین سیلت تشکیل می‌داد. در عمقهای ابتدایی تراکم زمین و لایه‌ها با توجه به نتایج آزمایشات spt کم و در لایه‌های میانی و انتهایی گمانه‌ها ضربات بالای ۵۰ ضربه می‌باشد.

- ویژگی های ژئوتکنیکی آبرف

براساس گزارش مطالعات ژئوتکنیک آبراهه کارون و برای محدوده مورد نظر ونتایج آزمایشات آزمایشگاهی و صحرائی و با دید محافظه کارانه ، پارامترهای ژئوتکنیکی لایه های خاک برای محدوده مورد نظر و برای اعماق مختلف صفر تا ۳ متر در خاکهای رسی و عمق۳ تا ۱۵ متر برای خاکهای دانه ای جهت محاسبات طراحی پی سازه ها در جداول شماره (۳-۱) و (۳-۲) ارائه گردیده است . لازم به ذکر است که خاکهای ماسه ای معمولاً در عمق کمتر از ۳ متر وجود دارند و خصوصیات این خاکها و خاکهای سیلتی تغییرات زیادی را با عمق نشان می دهند . لذا در این جداول مقادیر متوسط خصوصیات ژئوتکنیکی این خاکها ارائه شده است .

- مشخصات ژئوتکنیک خاک پی

با استفاده از نتایج گزارش نهائی مطالعات ژئوتکنیک طرح خرمشهر، و با توجه به مشخصات پی سازه های هیـدرولیکی پـروژه که از نوع گسترده و در عمق حدود ۳ متر از سطح زمین طبیعی قرار دارد ، مشخصات زیر تعین گردیده است :

- دانسیته خشک خاک $\gamma d = ۱/۴ - ۱/۵ \ gr / cm3$ - رطوبت تقریبی $W = ٪ ۲۵$ - تـوده ویـژه $G = ۲/۶$ – ۲/۷

- ضریب تحکیم $Cc = ۰/۲۵$ - ضریب تورم $Cs = ۰/۰۲$ - مدول الاستیسـیته خـاک $Es = ۴۰ \ kg / c \ m2$

- ضریب فشار پذیری $M \ v = ۰/۰۲۵$ - ضریب نفوذ پذیری $K = 4 \ cm/sc \ \ 10 - - 10 -5$

- ضـــریب چســـبندگی خـــاک $C = ۰/۲ \ kg \ / \ c \ m2$ - زاویـــه اصـــطکاک داخلـــی $\varphi = ۳^{\circ}$

- تعداد ضربات نفوذ استاندارد $S.P.T. = ۳$ - سطح آب زیر زمینی $Wl = ۱/۵ \ m$

حداقل مقاومت مجاز خاک محل در حدود ($۰/۷ \ kg / c \ m2$) محاسبه شده است .

قابل ذکراست در محل لوله گذاری لوله های سیفون معکوس ، یعنی داخل رودخانه کارون هیچ گمانه اکتشافی حفـاری نشـده است .

جدول شماره (۳-۱) : پارامترهای ژئوتکنیکی در لایه های رسی و رس لای دار در محدوده طرح

عمق	پارامترهای ژئوتکنیکی								
(m)	C´ (kg/cm2)	Ø´ (deg)	d γ (gr/cm3)	ω (%)	C0	Ce	Cv	Cu	Eu (kg/cm2)
۰-۳	۰	۲۹	۱/۵	۲۷	۰/۸	۰/۱۹	۴/۴	۰/۱۷	۲۸۵
۳-۱۵	۰	۲۲	۱/۵	۲۷	۰/۷۵	۰/۱۶	۸/۳	۰/۱۶	۲۷۰

جدول شماره (۳-۲) : پارامترهای ژئوتکنیکی در لایه های سیلتی و ماسه ای در محدوده مورد نظر

عمق	سیلت				ماسه			
	پارامترهای ژئوتکنیکی				پارامترهای ژئوتکنیکی			
(m)	Ø (deg)	d γ (kg/cm3)	E25 (kg/cm2)	Dr (%)	Ø (deg)	d γ (kg/cm3)	E25 (kg/cm2)	Dr (%)
۰-۱۵	۲۷	۱/۴	۶۵	۴۰	۳۳	۱/۵۵	۳۴۵	۵۵

- **زمین ساخت (Structural Geology)**

محدوده طرح در منتهی الیه دشت خوزستان واقع شده است ، دشت خوزستان قسمتی از دشـت وسـیع بـین النهـرین است که از نظر ساختمان زمین شناسی قسمتی از پلاتفرم عربی محسوب می شود . این دشت به وسیله رسوبات آبرفتی کاملاً پوشیده شده و سازندهای زمین شناسی قدیمی آن از نظر دور مانده است ، ولی اطلاعات مربوط به حفاریهای متعدد چاههـای نفتی وبررسی های ژئوفیزیک نشان دهنده آنست که سـازندهای دوران اول تاترسـیر در آن وجـود دارد . ایـن دشـت از نظـر ساختمان زمین شناسی قسمتی از پلاتفرم عربستان است که از نظر ساختمانی ساده بـوده و منحصـر بـه چـین خوردگیهـای بسیار ملایم با روند شمالی – جنوبی می باشد که از محور چین خوردگی پلاتفرم عربستان تبعیت می کند و ادامه ایـن چـین خوردگیها در خلیج فارس ، جزایری مانند قشم و کیش را بوجود آورده است . مهمترین و نزدیکترین گسـلهای منطقـه گسـل تراستی اهواز و آغاجاری می‌باشد که دارای روند (NS - SE) است که در حد فاصل رشته کوهها و دشـت خوزسـتان قـرار دارد. آئین نامه طرح ساختمانها در برابر زلزله که توسط مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن تهیه شده اسـت منطقـه آبـادان –

خرمشهر را با خطر نسبی پائین توصیف نموده است . براساس پروفیلهای موجود سنگ کف محدوده را سازند آغاجاری تشکیل می دهد و حفاریهای متعددی که در محدوده صورت گرفته نشان می دهد که عمق آبرفت حدود ۲۰۰ متر می باشد .

- مصالح قرضه

محدوده مورد مطالعه در منتهی الیه حوزه آبریز رودخانه کارون که از رسوبات ریز دانه شامل ، رس ، سیلت و ماسه ریز دانه تشکیل شده ، قرار دارد . خاک ریزدانه رسی و سیلیتی در محدوده مطالعاتی و در اطراف رودخانه کارون وجود داردو از خاک حاصل از خاکبرداری زهکشها و کانالها جهت خاکریزی ها استفاده شده است ، از آنجائیکه خاکهای ریزدانه از نظر تورم ، نشت و واگرایی مسئله دار باشند ، می توان با انجام تمهیداتی از آنها استفاده نمود . محدوده طرح فاقد رخنمونهای سنگی بوده و نزدیکترین محل سازند آغاجاری واقع در منطقه آغاجاری می باشد که فاصله زیادی تا محل طرح دارد .

بررسی علل بالا آمدن لوله ها

با توجه به بازدید بعمل آمده از شرایط فعلی لوله های سیفون وموقعیت انتهای لوله ها نسبت به سطح آب، مشکلات ایجاد شده در ساحل راست (از نظر تفاوت مقدار بالا زدگی لوله ها در ردیف نصب شده شدیدتر می باشدهمچنین از مشاهده شراسط بافت خاک مورد استفاده درخاکریزی جناحین مشاهده می شودمصالح خاکریز مورداستفاده برای پرکردن فضای حدفاصل قسمت مورب لوله های سیفون وساحل راست دارای بافت عمدتاً ریز دانه بوده وپرکردن فضای پشت لوله درساحل راست با روندی سریع انجام پذیرفته که این امر باعث شکل گیری سطح لغزش در توده خاکریز شده ومتعاقباً بالا زدگی لوله ها در دوساحل (خصوصاً درساحل راست) رادر پی داشته است. در شکل زیر نمایی از مجموعه لوله ها پس از تغییر شکل در دوساحل مشاهده می گردد.

مصالح خاکریزی مورد استفاده در ساحل راست از محل دپوی ریزدانه نزدیک به ساحل رودخانه تهیه شده که بصورت CL-ML طبقه بندی می شود . ساحل راست بصورت تقریبی در مدت زمان یک هفته وبه میزان ۱۵۰۰۰ مترمکعب خاکریزی شده است . مصالح خاکریزی ساحل چپ عمدتاً از مصالح حاصل از لایروبی بستر سیفون تهیه شده که بیشتر ازجنس ماسه همراه با مصالح سیلتی می باشد . درضمن بخشی از مصالح ساحل چپ از جسم دایکهای احداث شده در اطراف حوضچه رسوب تأمین شده که به نظر می رسد جنس این مصالح نیز رسی است .

با توجه به فاصله حمل کوتاه دپوی مصالح خاکریز نسبت به ساحل راست نرخ خاکریزی درمحدوده پشت لوله های سیفون حدوداً ۲برابر ساحل چپ برآورد می شود البته به نظر می رسد علت اصلی ایجاد لغزش در توده خاکریز ساحل راست ، جنس مصالح خاکریز ریخته شده در این محل بوده که بعلت بافت غالباً ریز دانه ونرخ سریع خاکریزی فرصت زهکشی به مصالح داده نشده ودر هر لایه خاکریزی درحالت اشباع قرار گرفته که بستر سستی برای تحمل وزن لایه خاکریزی بعدی ایجاد نموده است . در شکل زیر سطح لغزش شکل گرفته در ساحل راست مشاهده می شود.

دلیل دیگر اینست که وزن واحد طول لوله ها حدود ۶۰۰ کیلوگرم برمتر می باشد وبا توجه به گنجایش آنها وزن لوله های پر از آب حدود۲۶۰۰ کیلوگرم برمتر طول می باشد. باتوجه به قطر ۱۶۰۰ میلیمتری لوله ها ، حجم واحد طول لوله ها حدود ۲,۰۸ مترمکعب برمتر است. لذاچگالی ظاهری لوله پرآب حدود ۱۲۵۰ کیلوگرم برمترمکعب می باشد . بدین معنی که اگر چگالی سیالی که درمجاورت لوله هاست به ۱۲۵۰ کیلوگرم برمترمکعب برسد موجب شناور شدن لوله شده وازبستر جدامیگردد. از طرف دیگر مصالحی که برای پرکردن زیر وروی دستکها تعیین شده عموماً از نوع ریزدانه بوده وحاوی درصد قابل توجهی رس ولای است. اختلاط این مصالح با آب باعث ایجاد سیالی لجنی ومعلق بخصوص درمجاورت بستر رودخانه شده که بسیار به کندی ته نشین می شود. همین امر باعث بالا رفتن چگالی موضعی آب درمجاورت بستر رودخانه به بالاتر از ۱۲۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب و درنتیجه شناور شدن لوله ها شده است . نزدیکی وسرعت بالای عملیات اجرایی به لوله ای که بیشترین بالا زدگی رادارد مبین همین مطلب است . ضمناً قرارگرفتن کیسه های میانی در ۱۱۰ متر میانی لوله ها که به منظور رفع خیز منفی ، به لوله ها متصل شده به پایداری قسمت میانی سیفون کمک به سزایی نموده است.

شکل بالا آمدن سیفون ونمایش خط لغزش

نتایج و بحث

با توجه به بررسیهای تحلیلی ومیدانی انجام گرفته برر وی سیفون کارون علت بالا زدگی لوله، لغزش توده خاکریز ساحل راست می باشد.این مصالح بدون اعمال تراکم ، ریخته شده وبجای اینکه عملیات خاکریزی توسط بارج واز وسط رودخانه به سمت ساحل راست انجام پذیرد ، مصالح نامناسب (ریزدانه) برای این عملیات از کنار ساحل به داخل آب رانده شده وروی هم بصورت اشباع دربستر رودخانه قرارگرفته اند . علاوه براین باتوجه به نزدیکی دپوی مصالح ریزدانه به ساحل راست ،عملیات خاکریزی باسرعت زیادی انجام شده(۱۵۰۰۰مترمکعب در یک هفته) است.

باتوجه به فرآیند پرنمودن فضای پشت لوله ها تا مرز ساحل ، به نظر می رسد علت اصلی ایجاد لغزش در توده خاکریز جنس مصالح ونرخ سریع خاکریزی بوده زیرا بعلت بافت غالباً ریزدانه ، فرصت زهکشی به مصالح داده نشده وهرلایه خاکریزی درحالت اشباع قرار گرفته که بستر مناسب برای لایه بعدی خاکریز ی نبوده است .در ساحل چپ نیز بدلیل استفاده از مصالح دانه ای (سیلت وماسه حاصل از لایروبی کف رودخانه) ونیز نرخ بارگذاری ملایمتر گسیختگیهای ایجادسده درتوده خاک کمتر ازساحل راست بوده است.

پیشنهادات :

- آخرین برداشتهای موقعیت لوله ها در دوساحل چپ وراست بررسی گردد.
- برداشت خاک اطراف لوله بوسیله لایروبی ویا جت آب ویا بیل بوم بلند وبارج به میزانی که اطراف لوله در ناحیه محصور در خاک آزاد شودوسپس با استفاده از کیسه های بزرگ (جامبوبگ) پر از ماسه وبارگذاری روی دستکها نسبت به پایین آوردن لوله هااقدام گردد.
- چنانچه پس از لایروبی وبزرداشت تدریجی ومرحله ای توده خاک لغزش یافته در اطراف بخش طره ای لوله این قسمت به حالت اول برگشت قرائتهای روزآنه تایک هفته کنترل شده ودر زمانیکه موقعیت لوله های بالا آمده مطابق روش فوق به تراز اولیه بازگشت و قرائتها بیانگرشرایط پایدار موقعیت لوله ها باشد ، می توان اقدام به خاکریزی ناحیه ای روی لوله با روندی تدریجی وبسیارکند نمود. در این حالت جهت جلوگیری از ریزش ورانش خاک ریخته شده می توان از دیواره های سپری حایل فلزی بصورت موقت استفاده نمود.
- با توجه به ریزش جداره ای ساحل های طرفین ، بدلیل لایروبی محل قرار گرفتن سیفون در رودخانه ، جهت کاستن از هزینه های تهیه شمع واحرای آن ، پیشنهاد می شود سازه های ورودی وخروجی کمی با فاصله از ساحل ایجاد گردند.

نتیجه گیری

علت اصلی بالا زدگی لوله ها ، ایجاد لغزش توده خاکریز در ساحل راست رودخانه ، جنس مصالح خاکریزی ونرخ سریع خاکریزی بوده است.

قدردانی

بدینوسیله از خدمات ،حمایت وپشتیبانی سازمان آب وبرق خوزستان تشکر وقدردانی میشود

مراجع

ابن جلال، ر. و شفاهی بجستان، م. ۱۳۷۱. "اصول نظری وعملی مکانیک خاک"، انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز، ۷۲۴ ص.
رحیمی، ح. ۱۳۷۹. "مسائل احداث کانالهای آبیاری در خاکهای نامتعارف"، کمیته ملی آبیاری وزهکشی ایران، مجموعه مقالات کارگاه فنی: ساخت کانالهای آبیاری، محدودیتها و راه حل ها"، نشریه شماره ۳۹: ۱۶۴-۱۲۸.
عباسی، ن.، رحیمی، ح. و فاخر، ع. ۱۳۸۵. "بررسی رفتار تحکیم پذیری خاکهای رسی نرم با استفاده از دستگاه تحکیم هیدرولیکی"، مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، ۶ (۲۵): ۴۴-۳۷ .