بررسی چگونگی اتصال لوله های فلزی سیفون معکوس کارون به سازه های بتنی ورودی و خروجی، با توجه به رفتار سازه فلزی

محمدرضا تندرو[۲]، ایمان موزرم نیا[۳]، محمدرضا مقیمي[۴]

E-mail,mas764@yahoo.co.uk

چکیده

در پی مشکلات تامین آب شرب و کشاورزی اراضی شمال خرمشهر و شلمچه بدلیل نفوذ شوری از دریا بـه رودخانـه کـارون، پروژه احداث سیفون معکوس به منظور انتقال آب با کیفیت مناسب از کانال مارد از شرق رودکارون به غرب آن بـا موفقیـت اجـرا گردید. سیفون معکوس از ۵ شاخه لوله فلزی به قطر ۱۶۰۰ میلیمتر و طول ۲۵۰ مترکه به صورت یک سازه یکپارچه ساخته شده بود در بستر رودخانه کارون استقرار یافت . یکی از مسائل مهم این پروژه نحوه اتصال لوله های فلزی به سازه های بتنـی ورودی و خروجی سیفون بود که می بایست با توجه به نشست های نامتقارن احتمالی سیفون و خطرات ناشی ازآن، با دقـت هرچـه تمـامتر انجام می‌گرفت. خطرات ناشی از این موضوع می توانست موجب تمرکز تنش در نقاط خاص سازه گشته و سـیفون را عمـلاً از کـار بیاندازد و یا حداقل مشکلاتی در زمان بهره برداری بوجود آورد. که پس از بررسیهای فـراوان در خصـوص انـواع اتصـالات انعطـاف پذیر و رفتار منعطف این سازه فلزی ناشی از طول زیاد و زانوهای چهارگانه و محدودیت زمانی پیشرفت پروژه تصمیم گرفتـه شـد که لوله‌ها به طور مستقیم بدون هیچگونه اتصال واسط به سازه های بتنی ورودی و خروجی (با دقت دراجـرای بـتن محـل اتصـال لوله به سازه)، متصل گردد. پس از سه سال از شروع بهره برداری، مشکلی در این زمینه مشاهده نشده است.

واژه های کلیدی :سیفون معکوس، اتصال انعطاف پذیر، سازه ورودی

۱- کارشناس مکانیک- مدیر دفترفنی تجهیزات برق و مکانیک شبکه های آبیاری و زهکشی سازمان آب و برق خوزستان

۲- کارشناس آبیاری- معاونت وقت طرحهای توسعه شبکه های آبیاری و زهکشی سازمان آب و برق خوزستان

۳- کارشناس ارشد تاسیسات آبیاری- مدیر دفترفنی سازه شبکه های آبیاری و زهکشی سازمان آب و برق خوزستان

۴- کارشناس عمران- سرپرست دستگاه نظارت پروژه سیفون کارون- شرکت مهندسین مشاور مهاب قدس

مقدمه

طرح آبیاری و زهکشی خرمشهر وسعتی بالغ بر ۱۶۰۰۰ هکتار از اراضی این منطقه را در بر می‌گیرد که بخش عظیمی از آن در غرب رودخانه کارون واقع است. اجرای این طرح در دو مرحله در نظر گرفته شده، که مرحله اول آن، احداث کانالی به طول تقریبی۱۰ کیلومتر و با ظرفیت ۱۲۰متر مکعب در ثانیه، جهت انتقال آب با کیفیت مناسب از بالادست کارون به رودخانه بهمنشیر (به منظور جلوگیری از پیشرفت آب شور دریا دربهمنشیر) و همچنین تامین آب مناسب کشاورزی، جهت اراضی غرب رودخانه کارون در منطقه خرمشهر و شلمچه، که بنام کانال مارد معرفی، طراحی و در سال ۷۸ به بهره برداری رسید. مرحله دوم طرح، انتقال ۱۲/۵متر مکعب در ثانیه از آب این کانال به اراضی غرب رودخانه کارون با عبور از عرض رودخانه در نظر گرفته شده بود.(موقعیت کانال مارد در سمت شرق رودخانه کارون طرح شده بود). شرکت مهندسی مشاور مهاب سوئکو در سال ۱۳۵۵ جهت نیل به این منظور ، یک سازه زیر آبی به صورت قطعات بتنی پیش ساخته به هم پیوسته مانند سیفون معکوس را پیشنهاد داده بود که این قطعات با اتصالات خاصی قابل اجرا بودند. در سالهای ۱۳۷۶ تا ۱۳۸۰ بازنگری طرح اولیه مهاب سوئکو سبب شد تا طرحهای دیگری جهت سهولت اجرا و کاهش هزینه های اجرایی، از سوی مشاوران داخلی ارائه شوند طرحهایی چون احداث ایستگاه پمپاژ در روبروی ایستگاه پمپاژ مارد(با حذف سیفون وعدم نیاز به عبور از رودخانه)، احداث سیفون معکوس با لوله هایی از جنس ها و قطرها وروشهای اجرائی مختلف.

نهایتاً طرح ساخت سیفون معکوس با استفاده از لوله های فولادی بقطر ۱۶۰۰ میلیمتر با پوشش پلی اتیلن سطح خارجی و پوشش سطح داخلی، به تعداد ۵ شاخه به صورت یک مجموعه یکپارچه به طول ۲۵۰ متر و با استقرار دربستررودخانه مورد تصویب قرارگرفته و سرانجام در سال ۱۳۸۸ اجرا و درسال ۱۳۸۹ مورد بهره برداری آزمایشی قرار گرفت. تصویر ۱ موقعیت جغرافیایی و تصویر ۲ طرح شماتیک سیفون خرمشهر را نشان می دهد.

تصویر ۱ : تصویر ماهواره ای از محل انجام طرح کانال مارد و سیفون خرمشهر

تصویر ۲ طرح شماتیک سیفون معکوس خرمشهر

مراحل اجرای سیفون

این طرح بدلیل اینکه نمونه اجرا شده قبلی نداشت (وزارت نیرو)، لذا تجربه عملی از نحوه اجرای آن نیز در اختیار نبود بنابراین تمامی مراحل آن به نوعی خاص و ویژه در هر مرحله با برگزاری جلسات کارشناسی متعددی متشکل از کارشناسان فنی و اجرایی معاونت طرحهای توسعه شبکه های آبیاری و زهکشی سازمان آب و برق خوزستان (به عنوان کارفرما)،شرکت مشاور مهاب قدس (به عنوان دستگاه نظارت) و شرکت ساختمانی ژیان (به عنوان پیمانکار) برگزار گردیده و بحث و تبادل نظر صورت می گرفت .اجرائ سازه سیفون در چهار مرحله به شرح ذیل انجام شد.

مرحله اول - لوله ها به تعداد ۵ شاخه ۲۵۰ متری در کنار یکدیگر ودر یک حوضچه خشک در کنار رودخانه قرار گرفته و جوشکاری های لازم بر روی آنها صورت گرفت سپس دستکهایی با زاویه ۴۵ درجه به سر و ته لوله ها مطابق تصویر شماره ۳ جوش داده شد و پس از آن هر پنج شاخه توسط سیزده کلاف فولادی به یکدیگر متصل شدند تا مجموعه یکپارچه ای ساخته شود.

تصویر۳ : تصویر مونتاژ لوله های سیفون درحوضچه خشک

مرحله دوم - سازه فلزی یکپارچه بوسیله آب اندازی در حوضچه، شناور گردید و بوسیله یدک‌کش به محل اســتقرار آن در رودخانه انتقال داده شد و در محل مورد نظر مهار گردید و سپس عملیات غرق آن صورت گرفت. (تصویر شماره ۴)

تصویر۴: تصویرشناور کردن مجموعه سیفون درررودخانه و استقرار در محل مورد نظر

مرحله سوم– نصب قسمت دوم دستکهای دو طرف سازه، که فلنج اتصال آن می بایست در زیر آب و توسط غواص با اتصــال فلنج به فلنج با۴۰ عدد پیچ و مهره به قسمت اول متصل گردید. (تصویر شماره ۵ و۶)

تصویر ۵ : نصب قسمت دوم دستکها

تصویر ۶ : نصب قسمت دوم دستکها

مرحله چهارم- نصب قسمت افقی لوله‌ها به طول ۲۰ متر، تا محل اتصال به سازه بتنی ورودی و خروجی. (تصویر شماره ۷)

یکی از مراحل اجرایی پروژه که حائز اهمیت بود چگونگی اتصال لوله های فولادی به سازه های بتنی ورودی و خروجی سیفون بود که در این مقاله به مسائل و روشهای اجرای آن پرداخته می شود.

تصویر ۷ : نصب قسمت افقی لوله ها از محل زانو تا سازه بتنی ورودی

اهداف :

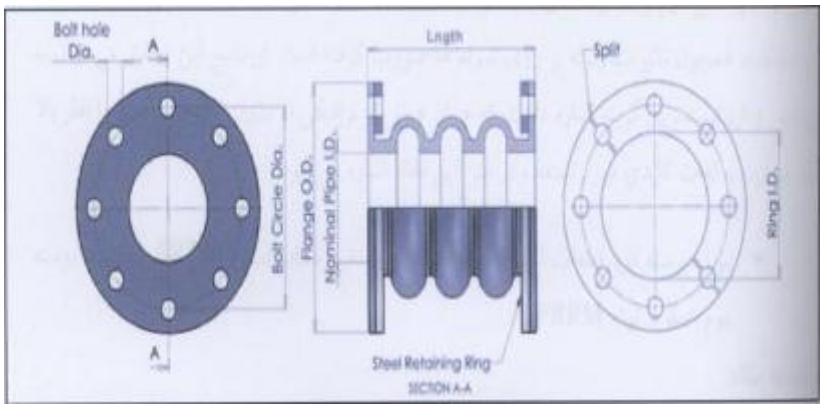
از آنجاییکه یکی از مسائل اصلی در پروژه سیفون، اتصال لوله های فولادی به سازه‌های بتنی ورودی و خروجی به جهت پایداری و کارکرد صحیح سیفون بود، لذا این موضوع و مشکلات احتمالی مربوطه مورد بررسی های دقیق قرار گرفت. مهمترین مسئله‌ای که در این خصوص می بایست مد نظر قرار می‌گرفت، نشست‌های احتمالی نامتقارن سازه فلزی و سازه های ورودی و خروجی می‌باشد.

در صورت نشست سازه فلزی، امکان تخریب بتن سازه ورودی و خروجی در محل اتصال لوله ها وجود داشت. احتمال دیگری که بیم آن می‌رفت شکست لوله از محلهای اتصالات جوشی یا پیچی بود. بنابراین هدف این بود که با استفاده از اتصالات انعطاف پذیر برروی لوله در بخش افقی آن حد فاصل زانوی خروجی از آب تا محل اتصال به سازه ورودی یا خروجی در خشکی، اتصالی ایمن ، مطمئن و مقرون به صرفه ای را داشته باشیم .

بررسی گزینه های مختلف:

از آنجائیکه لوله های مورد استفاده در این طرح با قطر ۱۶۰۰ میلیمتر می باشد لذا اولاً از اتصالاتی می بایست استفاده می-شد که قابلیت نصب برروی آنهارا دارا بوده و از نظر اجرا و بهره برداری کمترین مشکل را داشته باشند. ثانیاً در توان تولید کنندگان داخلی بوده و قابل دسترسی درحداقل زمان ممکن باشند در این خصوص اتصالات مختلفی مورد بررسی قرار گرفت که در ذیل توضیح داده می شود.

گزینه اول - اتصالات آکاردئونی فلزی یا پلی اتیلنی – این نوع اتصال، مناسب این کار بود لاکن چون قطر لوله بالا بود، امکان ساخت آن توسط تولید کنندگان داخلی حداقل در زمان مورد نظر نبود ضمن اینکه هزینه بسیار زیادی نیز در بر داشت. (تصویر شماره ۸)



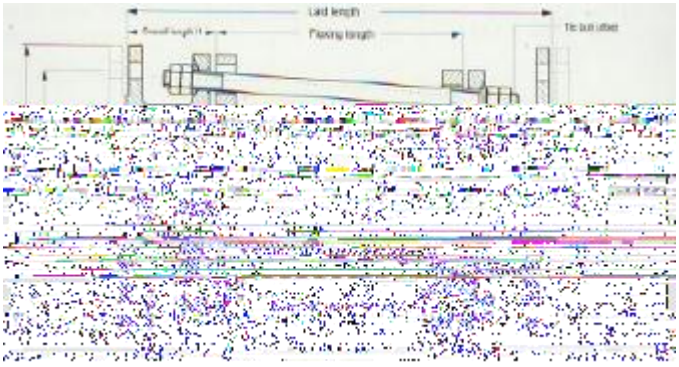
تصویر۸: اتصال آکاردئونی

گزینه دوم - اتصال کوپلینگ انعطاف پذیر با امکان ۴ درجه انحراف- در طرح اولیه، نصب دو دستگاه از این اتصال در هر شاخه لوله در نظر گرفته شده بود که جمعاً می بایست ۲۰ عدد از آنها به همراه ۴۰ عدد فلنج مربوطه نصب می شد لاکن با بررسی دقیقی که بر روی آنها به عمل آمد مشخص گردید که این اتصال نمی تواند کارآیی مورد انتظار را داشته باشد و خود تبدیل به نقطه ضعفی برای سیفون می‌گردد. زیرا چنانچه هنگام نصب انحراف محور لوله ها و سازه بیش ازاین باشد دیگرنمی تواند در هنگام لزوم از خود انعطافی نشان دهد. از طرفی وزن سنگین لوله با آب درون آن به مروربا‌عث تخریب لاستیک آببند آن شده و این نیز خود نقطه ضعفی در بهره برداری خواهد بود. از طرفی هم هزینه بالای آن (بیش از پانصد میلیون تومان در سال ۱۳۸۸) نیز باعث شد که از این گزینه صرفنظر شود.(تصویر شماره ۹)

تصویر۹ : کولینگ انعطاف پذیر

گزینه ۳- اتصال انعطاف پذیر بلند (Articulated pipe connector) این اتصال به جهت آزادی انحراف ۴ درجه ای با طول بازوی واسط مناسب، تا حدود قابل قبولی می توانست انتظارات را برآورده کند لاکن به دلیل اینکه احتمال داده می شد بعد از مدتی بدلیل زنگ زدگی و غیره نتواند بخوبی عمل نماید و همچنین به دلیل هزینه فوق‌العاده زیاد آن (بیش از چهار برابر گزینه دوم) ، محدودیت زمانی جهت تهیه و مشکلات نصب آن، مقبول واقع نشد و حذف گردید. (تصویر شماره ۱۰)

یکی از نگرانی هایی که منجر به حذف دوگزینه اخیر گردید(گزینه های ۲و۳) احتمال عدم همراستایی دقیق دو قسمت قبل و بعد از اتصال لوله بود که ممکن بود آزادی ۴ درجه ای این اتصالات در زمان نصب بکار برده شود و دیگر جایی برای انحرافات ناشی از نشستها و غیره نداشته باشیم.



تصویر ۱۰: اتصال انعطاف پذیر بلند(Articulated pipe connector)

پس از بررسی بر روی موارد فوق، ایده استفاده از روشهای غیر معمول مطرح گردید که علاوه بر انعطاف پذیرتری بیشتر نسبت به موارد مذکور در بالا، از نظر نصب، بهره برداری و هزینه مناسبتر باشد. بنابراین دو ایده ذیل نیز بررسی گردید.

گزینه ۴ – استفاده از ورقهای لاستیکی منجیت دار– از آنجاییکه فشار کار لوله های سیفون کمتر از دو متر بود، گزینه استفاده از ورقهای لاستیکی منجیت دارکه در ساخت نوارهای نقاله بکار می رفت، مورد بررسی قرار گرفت. به نحوی که ورق لاستیکی به دور دو لبه لوله ها بصورت یک اتصال واسط قرار داده شده و لبه‌های طولی آن با تسمه و پیچ و مهره یا با چسبهای مخصوص به هم متصل گردیده و لبه های محیطی نیز در دو طرف آن با بست های بزرگ (قفیس های دست ساز) محکم و آببند گردد. تصویرشماره ۱۱ نمونه کوچک اولیه ساخته شده از این اتصال را نشان می دهد.

جهت ساخت این اتصال با یک شرکت سازنده نوار نقاله در اهواز ارتباط برقرار شد و این شرکت آمادگی خود را برای انجام آن با هزینه اندکی اعلام نمود لاکن پس از بررسی های جوانب کار و ساخت نمونه های پیچ و مهره ای و چسبی، مشخص گردید که این گزینه از نظر نصب در زمان اجرا بسیار آسان و راحت بوده لاکن چنانچه در زمان بهره برداری نیاز به تعویض آن باشد بهره بردار با مشکلاتی روبرو خواهد بود. لذا این گزینه نیز رد شد.

تصویر ۱۱: نمونه اولیه ساخت اتصال با ورق منجیت دار

گزینه ۵ - استفاده از ورقهای پلی اتیلنی – از آنجاییکه ورقهای پلی اتیلنی از استحکام و دوام بیشتری نسبت به ورقهای لاستیکی برخوردار بودند تصمیم گرفته شدکه این ورقها نیز برای استفاده مورد نظر در پروژه بررسی گردد لذا با شرکت جهاد زمزم اهواز، تولید کننده لوله های پلی اتیلنی ارتباط برقرار گردید و مسئله با مسئولین فنی آن شرکت در میان گذاشته شد. از طرفی چون لوله‌های سیفون دارای پوشش پلی اتیلن به ضخامت حدود ۱/۵ سانتی متر داشتند امکان جوش ورق پلی اتیلنی بر روی لوله وجود داشت و دیگر نیازی به استفاده از چسب ، بست و پیچ و مهره نبود. طرح ساخت این نوع اتصال هم با همفکری شرکت جهاد زمزم تهیه گردید بدین گونه یک طول کوتاه لوله (به طول تقریبی ۲ متر) به قطر ۱۴۰۰میلیمتر(بزرگترین قطری که در آن شرکت امکان تولید داشت) و سپس درطول بریده شد و به دور دو قسمت لوله سیفون قرارداده و سپس با دستگاه جوش دستی پلی اتیلن که برای ساخت اتصالات استفاده می شود علاوه بر کامل کردن مابقی محیط لوله با تکه ای از ورق پلی اتیلنی لبه های اتصال ساخته شده به پوشش پلی اتیلنی لوله های سیفون جوشکاری گردید و یک نمونه آماده گردید و با استفاده از جرثقیل مورد آزمایش قرار گرفت .

تصویر ۱۲: نمونه ساخت و مونتاژ اتصال با ورق پلی اتیلنی

این گزینه نیز بدلیل عدم اطمینان صد در صدی از استحکام جوشکاری برروی پوشش لوله های سیفون در دراز مدت و همچنین مشکلات بهره برداری در آینده مورد پذیرش واقع نگردید. (علی رغم اینکه آزمایش نمونه ساخته شده با جابجایی چندین برابری یک سر لوله نسبت به واقعیت، و برتری نسبت به گزینه های قبلی)

گزینه ششم - اتصال بی واسطه لوله ها به سازه های بتنی- بعد از انجام آزمایشات و بررسی گزینه های مختلف، گزینه اتصال بدون واسطه لوله ها به سازه ورودی و خروجی را بررسی گردید. بدین منظور یکبار دیگر رفتار لوله های فلزی سیفون در هنگام شناوری و غرق کردن آن را با استفاده از مشاهدات میدانی، عکسها و فیلمهای موجود و همچنین با روابط فیزیکی مربوط به انبساط و انقباض و خمش تیرها مورد بررسی قرار گرفت. از طرفی در مدت چند ماه که از استغراق و استقرار سیفون در بستر رودخانه گذشته بود، بخش عمده‌ای از نشستهای تحکیمی خود را در این فاصله زمانی انجام داده وبعد ازاین احتمال نشست قابل توجهی برای آن متصور نبود. بر اساس مطالعات ژئوتکنیک، کل نشست تحکیمی درازمدت سیفون ۷ سانتیمتر برآورد گردیده بود. همچنین نظر به طول ۲۵۰ متری لوله ها و رفتار طبیعی آنها با توجه به تجربیات لوله های خطوط لوله طویل نفت در خصوص

انبساط و انقباض و همچنین عدم تغییرات زیاد درجه حرارت به خاطر قرار گرفتن لوله ها درون آب و امکان مدفون کردن لوله ها جای نگرانی قابل توجهی برای موضوع انبساط و انقباض لوله ها وجود نداشت زیرا که طبق محاسبات افزایش یا کاهش طول در اثر تغییر درجه حرارت بسیار ناچیز بوده واز همین مقدار هم بخاطر طول زیاد لوله ها می شد اغماض کرد.

نتیجه گیری و جمع بندی

پس از بررسی های مختلف و بکارگیری و آزمایش روشهای مختلف نهایتا" تصمیم برآن شد که لوله ها بطور مستقیم و بدون واسطه، به سازه های بتنی ورودی و خروجی متصل و در اجرای بتن در محل اتصال، دقت لازم ازجهت آرموتور بندی وکیفیت بتن صورت پذیرد و سرانجام این عمل در سال ۱۳۸۹ صورت گرفت و تاکنون که قریب به سه سال از اجرای طرح و بهره برداری از سیفون می گذرد هنوز کوچکترین مشکلی برای سازه سیفون و یا سازه های بتنی ورودی و خروجی بوجود نیامده است.لازم به ذکر است که با این کار علاوه بر حصول اطمینان کامل از عدم وجود نقطه ضعف در سازه سیفون و نگرانی هایی که قبلاً در توضیح گزینه های مذکور در بخشهای قبل بیان شد، صرفه جویی بیش از پانصد میلیون تومان به نرخ سال اجرا (۱۳۸۸) در خصوص این بخش از کار،عاید پروژه گردید.

تشکر وقدردانی

در اینجا لازم است یاد آوری شود که در تمام مراحل اجرای این پروژه بزرگ ملی، اگر همکاری و تشریک مساعی سه عامل کارفرما، مشاور و پیمانکار نبود، شاید هیچگاه این پروژه با این کیفیت به سامان نمی رسید و جا دارد که از معاونت محترم وقت طرحهای توسعه شبکه های آبیاری سازمان آب و برق خوزستان آقای مهندس تندرو، و مدیران محترم اجرایی پروژه، آقایان مهندس شیخ گرگر و مهندس قلمباز که با حمایت ودرایت خود زمینه کاررا فراهم نمودند و همچنین از شرکت محترم مهندسین مشاورمهاب قدس به عنوان دستگاه نظارت و شرکت محترم ساختمانی ژیان به عنوان پیمانکار پروژه که باهمدلی و همکاری بی-شائبه خود و تک تک دوستان و همکاران محترمی که در جهت اجرائ هرچه بهتر این طرح عظیم همکاری نمودند کمال تشکر را داریم. همچنین با سپاس فراوان از دفتر تحقیقات شبکه های آبیاری و زهکشی سازمان آب و برق و کلیه دست اندرکاران برگزاری این کنگره که این فرصت را فراهم نمودند تا خدمتگزاران این آب و خاک مقدس، تجربه ها یشان را با یکدیگر به اشتراک گذاشته و مقدمات همکاری در همه عرصه ها را در جهت سازندگی کشور عزیزمان فراهم نمایند که این مهم با یاری خداوند متعال، سرافرازی کشوراسلامی ایران که آرزوی هر ایرانی پاک نهاد است، را در پی خواهد داشت.