



نگاهی به روش اجرا، طراحی و مسائل قراردادی سیفون کامیاران

داود ابراری

شهر روز اقبال زاده

کارشناسان شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس

چکیده

یکی از مهمترین سازه هایی که در طرح شبکه آبیاری و زهکشی گاوشان اجرا گردید، سیفون کامیاران است. این سیفون ۱۱۲۱ متر طول دارد و در قسمتی از مسیر خود از زیر رودخانه کامیاران، استادیوم ورزشی و پاره ای از نقاط مسکونی و تجاری شهر کامیاران عبور کرده و بخش عمده آن با استفاده از لوله های بتونی مسلح پیش تنیده به قطر داخلی ۲۰۰۰ میلی متر اجرا گردیده است. این سیفون دارای تعدادی اتصالات فولادی پیش ساخته نظیر زانویی و در بجه آدم رو و شیر تخلیه و دریچه STOP LOG است. با استفاده از تکنیک لوله رانی از زیر بلوار اصلی شهر و ساختمان های تجاری و مسکونی عبور نموده است. حمل لوله های بتنی مسلح پیش تنیده مورد نظر که قطر خارجی قسمت مادگی آنها ۲۷۰۰ میلی متر است، بار ترافیکی محسوب شده و در نتیجه هزینه حمل آنها به طور چشمگیر افزایش می یابد. به دلیل تغییرات چشمگیر در جنس زمین و شرایط متفاوت پایداری خاک پی کنی به روش های مختلف انجام گرفته است، به نحوی که در برخی نقاط پی کنی قائم در برخی نقاط شیب دار و در برخی نقاط برای جلوگیری از رانش خاک؛ دیوار نگهدارنده جلوی دیواره پی احداث گردید و در جای دیگری نوعی سپر محافظ اجرا گردید تا از ریزش و حرکت دیواره جلوگیری کند. برای بارگیری، بارندازی و نصب لوله ها در ترانشه از بالابره های با ظرفیت ضهای ۴۰ و ۱۰۰ تن استفاده شده است. برای حرکت افقی لوله ها در داخل ترانشه و نصب کامل لوله تا آببندی از جک های هیدرو لیکی افقی استفاده گردیده است. برای کنترل سطح آب زیر زمینی در حین عملیات از زهکش های رو باز به صورت ثقلی و پمپاژ به صورت توائم با توجه به ضرورت استفاده شده است. عبور از زیر فاضلاب های اصلی شهر که در حال بهره برداری قرار داشت، با استفاده از نخب زنی افقی و حفاظت آن انجام گرفت. از زیر بلوار اصلی شهر و خطوط لوله اصلی گاز، آب شرب و فیبر نوری گذر با استفاده از لوله رانی انجام شد. در این مقاله، روش اجرای کار در مراحل مختلف به طور مصور تشریح شده و برای همکاری که به هر طریق در گیر طرح های اجرایی هستند، نکات مهم اجرایی بازگو شود. در عین حال در ارتباط با مسائل قراردادی به پاره ای نکات که بنظر نگارندگان اهمیت دارند و توجه به این نکات در قرار دادها از مشکلات دستگاه نظارت و کارفرما می کاهد؛ اشاره شده است.

کلمات کلیدی: اجرا، طراحی، سیفون، نگهداری.

در طرح شبکه آبیاری و زهکشی گاوشان بنا به ضرورت، تعدادی سازه سیفون طراحی گردیده است. هر یک از آنها دارای ویژگی هایی است که می توان آنها را از نظر جزئیات اجرایی و تکنولوژی اجرای سازه مورد توجه قرار داد. یکی از این سیفون ها، سیفون کامیاران است. با توجه به حوزه نظارتی نویسندگان این مقاله، اجرای این سیفون مورد توجه خاص قرار گرفته و از جنبه های مختلف مورد بحث قرار گرفته است. قبل از هر چیز ارائه اطلاعاتی در مورد وضعیت کلی طرح ضروری به نظر می رسد. گستره طرح شبکه آبیاری و زهکشی گاوشان که در پایاب سد و تونل انتقال گاوشان قرار گرفته است، بالغ بر حدود ۳۱۰۰۰ هکتار از اراضی استان های کردستان و کرمانشاه را مشروب نموده و بخشی از آب شرب مورد نیاز این استانها را نیز تامین می نماید. آب به محض خروج از تونل گاوشان که در فاصله ۱/۵ کیلومتری شهر کامیاران قرار دارد، به سازه آب پخش اصلی طرح وارد و به قسمتهای زیر تقسیم می شود:

- در طول سال حدود ۳۰ میلیون متر مکعب از ۵۰۰ میلیون آب ذخیره شده در پشت سد برای تامین حقایب اراضی حاشیه رودخانه گاو رود در پایین دست سد و تامین تعادل اکو سیستم آبی گاو رود رها می شود.
- قسمت دیگری از آب ذخیره پشت سد با دبی ۴/۶۶۰ متر مکعب در ثانیه جمعاً به مقدار حدود ۵۰ میلیون متر مکعب به منظور مشروب نمودن اراضی دشت بیله و منطقه شاهینی کامیاران از طریق کانال اصلی BRMC به سمت غرب هدایت شده که سیفون کامیاران نیز در مسیر آن قرار گرفته است.
- بخش دیگری از آب طرح گاوشان با دبی حدود ۴/۵۵۰ متر مکعب در ثانیه از طریق کانال اصلی انتقال BLMC به سمت دشت پشت دربند بیله و در که بخشی از آن در حوزه شهرستان کامیاران استان کردستان و بخش دیگر آن در حوزه شهرستان کرمانشاه قرار دارد، هدایت می شود و این دشت را مشروب می سازد.
- قسمت چهارم آب سد و تونل گاوشان با دبی حدود ۱۹ متر مکعب در ثانیه پس از عبور از آب پخش اصلی طرح به رودخانه موسوم به زرین جوب از سر شاخه های رودخانه راز آور وارد و از آن طریق به سمت سد انحرافی راز آور هدایت می گردد. این بخش از آب سد در حدود ۲۰۰۰۰ هکتار اراضی دشتهای در بند و روانسر شهرستان کرمانشاه را مشروب می نماید.
- قسمت پنجم آب سد و تونل گاوشان تامین کمبود آب شرب کرمانشاه را با دبی لحظه ای دو متر مکعب در ثانیه در افق بلند مدت به عهده خواهد داشت.

در این مقاله صرفاً به نکات حائز اهمیت و تجارب مهم و قابل تاکید در نحوه اجرای سیفون کامیاران پرداخته شده است که در حین عملیات اجرایی حاصل شده و می تواند در سهولت اجرا، بهینه سازی، کوتاه نمودن زمان و کاهش هزینه در طرح های مشابه آتی موثر واقع شود. در عین حال پیش بینی های ضروری دیگری را هم در اسناد مناقصه و پیمانهای مشابه در آینده توصیه شده است.

انتخاب و طراحی سیفون به منظور عبور دادن جریان ثقلی کانال های آبیاری و زهکشی و... معمولاً بسته به نیاز طرح و بر اساس شرایط فیزیوگرافی و توپوگرافی طرحها و توسط مهندسیین طراح سازه انجام می گیرد. شکل مقطع داخلی سازه براساس شرایط هیدرو لیکی؛ توپوگرافی و آنالیز اقتصادی آن معمولاً به صورت دایره ای و یا چارگوش انتخاب می گردد. البته سلیقه طراح نیز در این انتخاب بی تاثیر نیست، هر چند این که در طرح شبکه آبیاری و زهکشی گاوشان چند سازه سیفون بزرگ طراحی گردیده است که تعدادی دارای مقطع گرد و تعداد دیگری مقطع چارگوش برای آنها انتخاب گردیده است. عبور جریان از داخل سیفون معکوس تابع قوانین عبور جریان از درون مجاری بسته است و محاسبات طراحی هیدرولیکی آن از این قوانین تبعیت می کند.

اطلاعات کلی و مشخصات سیفون کامیاران

موقعیت سیفون مزبور از ابتدای بلندی مشرف به رودخانه کامیاران شروع و به بلندی‌های دامنه تپه واقع در غرب شهر کامیاران خاتمه می‌یابد. شکل مقطع سیفون دایره و قطر داخلی سیفون ۲۰۰۰ میلی‌متر و با استفاده از لوله‌های بتنی مسلح پیش‌تنیده ساخت کارخانه لوله‌سازی آذرشهر آذربایجان شرقی احداث گردیده است. البته حدود ۱۱۴ متر طول لوله سیفون از جنس GRP است که بنا به شرایط اجرایی از درون غلاف فولادی فولادی عبور داده شده است. علت استفاده از لوله فایبرگلاس احتمال پوسیدگی لوله فولادی به دلیل عبور آن در دو نقطه از نزدیکی خطوط فاضلاب شهری و عبور از درون آب و خاک است که به دلیل وجود ترکیبات و املاح معدنی خاصیت خوردگی زیادی دارند، عدم حفاظت لوله‌های فولادی خریداری شده توسط پوشش‌های ضد زنگ زدگی و ضد خوردگی و همچنین عدم امکان حفاظت کاتدیک لوله فولادی مورد نظر بود. که ناچار از لوله GRP در غلاف فولادی اجرا گردید.

اختلاف رقوم بین نقطه ورودی و خروجی سیفون در حدود ۱/۴ متر و به دلیل پستی و بلندی‌های مسیر شیب سیفون از تغییرات زیادی برخوردار است. طراح با لحاظ نمودن این موضوع اقدام به پیش‌بینی تعداد سه عدد زانویی قائم نموده و به منظور احتراز از تخریب ساختمانها و تاسیسات استادیوم ورزشی شهر با تغییر مسیر؛ دو عدد زانویی افقی نیز در مسیر سیفون پیش‌بینی نموده است. پارامترهای هیدرولیکی این سیفون به شرح زیر است:

| | |
|------------|-----------------------------------|
| 4670 lit/s | - دبی ورودی سیفون |
| 29.0m | - حد اکثر ارتفاع آب در داخل سیفون |
| 130 | - ضریب زبری (C. FRICTION) |
| 2000mm | - قطر داخلی |
| 1121 m | - طول سیفون |
| 1.49m/s | - سرعت جریان |

علت انتخاب گزینه لوله‌های پیش‌تنیده مسلح سیفون بتنی مسلح درجا، برای اجرای سیفون در آن زمان تحت فشار بودن جریان در سیفون با توجه به هد فوق‌الذکر و احتمال زیاد وجود نشت آب در سازه سیفونی است که به صورت درجا با بتن مسلح اجرا می‌شود. در زمان طراحی و قبل از تهیه اسناد مناقصه طرح نیز، گزینه اجرای سیفون با لوله‌های ترموپلاستیک نیز مد نظر قرار گرفته است که در آن هنگام به دلیل قیمت بالای این لوله‌ها استفاده از آن فاقد توجیه اقتصادی بوده است.

بررسی روش اجرا

پی‌کنی

یکی از مهمترین عوامل در پی‌کنی سازه‌ها پایداری دیواره‌های پی و جلوگیری از ریزش دیواره‌ها و حرکت‌های دیواره‌های جانبی پی است که کاملاً به جنس زمین ارتباط دارد. در تکمیل حفاری‌های ژئوتکنیک انجام شده در مراحل مطالعاتی اقدام به حفاری چهارگانه در سایر نقاط مسیر سیفون با استفاده از بیل مکانیکی تا عمق حد اکثر ۶ متر به عمل آمد و شناخت نسبی در مورد لایه بندی و جنس بسیار متفاوت زمین در مسیر عملیات بدست آمد.

بر همین اساس، در نهایت شیب دیواره پی‌کنی در نقاط مختلف مسیر مشخص گردید. با توجه به ابعاد و اندازه لوله‌های بتنی مسلح پیش‌تنیده و ضرورت در نظر گرفتن فضای کافی برای تردد عوامل اجرایی و در عین حال

تردد ماشین آلات اجرایی به منظور عملیات آماده سازی بستر لوله گذاری و استقرار تجهیزات نصب لوله های بتنی پیش تنیده مسلح با قطر داخلی ۲۰۰۰ میلی متر، عرض پایین پی کنی به مقدار ۴/۲ متر تعیین گردید. عمق پی کنی سیفون کامیاران از حدود چهار متر در ابتدای مسیر شروع و در قسمت هایی از مسیر این عمق به حدود ۹/۵ متر می رسید. علت زیاد بودن عمق عبور سیفون در بسیاری نقاط وجود عوارض و پستی و بلندی بسیار زمین مسیر عملیات و وجود تاسیسات زیر زمینی شهری مانند کلکتور اصلی فاضلاب شهر کامیاران است. در انتهای سیفون نیز عمق پی کنی به حدود ۱/۸ متر کاهش می یابد.

بدیهی است عرض کف با توجه به فضای مورد نیاز به منظور اجرای ۴/۲ متر و عرض بالای پی بسته به جنس زمین، عمق حفاری و شیب دیواره پی متفاوت تعیین می شد و شیب دیواره های پی نیز با تغییرات جنس زمین تغییر پیدا می کرد. در نتیجه عرض بالای پی از حدود حداقل ۴/۵ متر تا حدود ۲۴ متر متفاوت بود. در قسمت هایی از مسیر که از مصالح ریز دانه کاملاً اشباع تشکیل شده و علیرغم پمپاژ مستمر آب رانش و ریزش خاک به صورت ممتد جریان داشت، ناگزیر برای متوقف نمودن رانش و گسیختگی خاک اقدام به احداث دیوار وزنی با استفاده از بلوکهای بتنی گردید.

یکی دیگر از نکات حائز توجه در جریان عملیات اجرایی، در ارتباط با بحث پی کنی، پایداری دیواره ترانشه با ارتفاع بیش از ۸ متر و تقریباً به صورت قائم خاک های ریز دانه آهکی ترانشه در نقاطی بود که مقادیر زیادی آهک داشتند. این خاک طبق نتایج آزمایش های شیمیایی انجام شده، دارای بیش از ۲۵ درصد اکسید کلسیم (CaO) بود و با وجودی که آزمایش تعیین حدود آتربرگ PI آن را ۱۹ و LL آنرا نیز ۴۹ نشان می داد. با این وجود ترانشه حفاری شده که به صورت قائم اجرا شده بود، کاملاً پایداری خود را در طول عملیات حفظ کرده و به هیچ وجه آثار هوازگی از خود نشان نداد.

زهکشی

زهکشی سطحی شامل هدایت و منحرف نمودن آب رودخانه کامیاران و زهکشی عمقی شامل هدایت و کنترل آبهای زیر زمینی بود. چون بخش مهمی از مسیر سیفون مورد نظر در محدوده، زیر تراز آب قرار داشت؛ برای آن که بتوان عملیات بستر سازی و لوله گذاری را به سهولت انجام داد؛ لاجرم می بایست اقدام به پایین بردن سطح آب زیر زمینی نمود. بدیهی است در زمان اجرا برای کنترل آب زیرزمینی در درجه اول احداث زهکشهای عمقی مد نظر قرار گرفت. تا به وسیله آن بتوان آب را به طور ثقلی به نقاط خط القعر در پایین دست و در امتداد مسیر رودخانه کامیاران تخلیه نمود. در قسمت هایی از مسیر سیفون که بستر کار زیر تراز بستر رودخانه قرار داشت و آب زیر زمینی تحت هیچ عنوان به طور ثقلی قابل تخلیه نبود، کنترل آب زیرزمینی فقط با استفاده از پمپاژ مقدور بود. بنابراین از هر دو شیوه مزبور برای کنترل سطح آب زیر زمینی استفاده به عمل آمد.

بستر سازی

از آن جا که کیفیت بستر نیز با توجه به توضیحات فوق الذکر در نقاط مختلف زمین مسیر عملیات متفاوت بود، به نحوی که در نقاطی بستر متشکل از خاک ریز دانه آهکی و تثبیت شده فوق الذکر بود. در نقاط دیگری رس متراکم غیر آهکی و حتی خاک دست خورده و در برخی نقاط ماسه ای و در پاره ای نقاط از مصالح رودخانه ای درشت دانه و بسیار متراکم تشکیل می شد.

بستر سازی به ترتیبی انجام می گرفت. که پس از پی کنی تا رقومی که در نقشه های مصوب کارگاهی پیش بینی شده بود، ابتدا پس از آب پاشی بستر اولیه با استفاده از غلطک ویریه با تراکم ۹۰ درصد کوبیده می شد و پس از کنترل رقوم بستر لوله گذاری توسط نقشه بردار در زیر لوله با اجرای یک لایه ماسه نرم به ضخامت 10

سانتی متر که از آب اشباع گردیده و توسط غلطک قورباغه ای متراکم می گردید؛ بستری صاف و یکنواخت فراهم و آماده لوله گذاری می شد.

لوله گذاری

قبل از نصب هر لوله آن را مورد بازدید کامل قرار داده و از سالم بودن آن اطمینان حاصل می شد. زیرا لوله نباید دارای ترک و آسیب هایی باشد که بعداً ایجاد مشکل نماید. در عین حال لوله های دارای عیب های جزئی نظیر لب پریدگی می بایست به وسیله چسب بتن استاندارد مرمت شده و پس از اطمینان از اصلاح آنها مورد نصب قرار گیرند. سلامتی و بدون عیب بودن واشرهای آب بندی نیز می بایست قبل از استفاده کنترل شده و پس از اطمینان از آن مورد مصرف قرار گیرند.

با توجه به این که هر شاخه لوله بتنی مسلح پیش تنیده با قطر داخلی ۲۰۰۰ میلی متر دارای ۶/۰۲۵ متر طول با ضخامت متوسط ۱۸ سانتی متر دارای وزنی نزدیک به ۱۹ تن است. با در نظر گرفتن حد اکثر عمق کارگذاری این لوله ها که حد اکثر ۹ متر و حد اقل ۴/۵ متر است. به منظور کار گذاری لوله های مزبور از یک دستگاه جرثقیل چرخ لاستیکی ۱۰۰ تنی برای قرار دادن لوله ها در داخل ترانشه استفاده شد و جهت جابجایی و انتقال لوله ها به پای کار و باراندازی و نصب نهایی لوله ها از یک دستگاه جرثقیل ۴۰ تن و یکدستگاه ۱۰۰ تن استفاده گردید.

جرثقیل ۱۰۰ تن با توجه به حد اکثر فاصله محور لوله گذاری از مرکز ثقل دستگاه (فاصله بار از محور دوران دستگاه) که حد اکثر بالغ بر حدود ۱۷ متر بود. کفایت لازم را برای اجرای ایمن کار تامین می نمود. منحنی که در ذیل نمایش داده می شود، رابطه میان ظرفیت جرثقیلها؛ فاصله بار از محور دوران دستگاه و ظرفیت بار بدون خطر جرثقیل ها را (برای جرثقیلهای تا ظرفیت ۷۵ تن) نشان می دهد. بر اساس این منحنی ملاحظه می شود که انجام کار با جرثقیلی با ظرفیت ۷۵ تن در شرایطی که فاصله لوله های مورد نظر در حین جابجایی توسط جرثقیل از محور دوران دستگاه تا حدود ۱۷ متر باشد، می توان براحتی اقدام به جابجایی لوله با وزن حدود ۱۹ تن که معادل وزن لوله های مورد نظر است؛ نمود.

تجهیزاتی که پس از قرار دادن لوله های بتنی مورد نظر در داخل ترانشه مسیر اجرای سیفون جهت حرکت دادن افقی هر لوله و اتصال ساکت و اسپیکات دو لوله متوالی مورد استفاده قرار می گرفت، عبارت است از یک دستگاه جک هیدرولیکی که نیروی مورد نیاز خود را از موتور یک دستگاه جرثقیل ۴۰ تن دریافت می کند و به یک حلقه یاتاقان دو قسمتی که مانند یک کمر بند به دور لوله ثابت و نصب شده محکم می گردد؛ متصل است. این جک دارای دارای دو عدد بازوی انتقال نیرو می باشد که هر یک در داخل یک محفظه یا پیستون استوانه ای قرار دارند و در داخل آن در اثر فشار روغن دارای قدرت جمع شدن و باز شدن هستند و بدین ترتیب این بازوها وقتی در طرفین لوله یا هر شیء دیگری قرار گرفته و توسط اهرمهایی به آن متصل گردند، با منتقل نمودن نیروی وارده توسط جک می توانند با وارد آوردن نیرو به آن شیء موجب حرکت و جابجایی آن گردند.

به منظور خنثی نمودن نیروی وزن لوله و نیروی اصطکاک لوله در حال نصب با بستر عملیات ، بالا بر مکانیکی به وسیله یک جفت کمر بند ابریشمی مخصوص لوله را در حالت معلق در نزدیکترین فاصله ممکن نسبت به سطح زمین در حد مماس با زمین نگه می دارد. زمانی که نصب لوله به آخرین مرحله رسید و فاصله درز بین لوله در حال نصب با لوله قبلی به حد قابل قبول برسد. جرثقیل اصلی لوله را به طور کامل آزاد می سازد.

نتایج تجربه اجرای سیفون کامیاران

- اگر چه اجرای این گونه سازه ها که با استفاده از قطعات پیش ساخته پیش تنیده مسلح اجرا می شوند، اجرای سازه بتنی مسلح و درجا رجحیت دارد. مع الوصف برای اجرای چنین سیفون هایی؛

استفاده از لوله های ترموپلاستیک یا GRP به لحاظ سهولت اجرا و سرعت اجرای بالاتر مناسبتر است. از طرف دیگر چون زبری لوله های ترموپلاستیک و یا GRP کمتر از لوله های بتنی است؛ در نتیجه قطر لوله های مورد نیاز در صورت استفاده از آنها بجای لوله بتنی کمتر است و این موضوع هم در مقایسه فنی و هم در مقایسه اقتصادی باید مورد توجه قرار گیرد. به عنوان مثال هزینه حمل یک شاخه لوله بتنی مسلح سایز ۲۰۰۰ میلی متر که بار ترافیکی محسوب شده و هر شاخه لوله فقط توسط یک دستگاه کامیون تریلر کفی حمل می شود، ۹ برابر هزینه حمل یک شاخه لوله GRP یا لوله ترمو پلاستیک در شرایط دبی مساوی است که البته قطر این لوله ها ۱۰ درصد کمتر از قطر لوله های بتنی خواهد بود.

- با توجه به این که معمولاً برای عبور از خیابانها در مناطق شهری و جاده های بین شهری مجوز حفاری روباز داده نمی شود، زیرا در محدوده های داخل شهرها انواع معارض تاسیساتی در زیر زمین و روی زمین نظیر لوله های گاز اصلی و فرعی، خطوط مخابرات اصلی و فرعی، آب و فاضلاب، برق و خیابانهایی که مسیر تردد شبانه روزی سواره و پیاده می باشد. واقعاً امکان قطع هیچ یک از این خطوط و مسیرهای تردد وجود ندارد و بهتر است در اسناد و نقشه های قرارداد حتماً عبور به صورت لوله رانی دیده شود. در اجرای این طرح پس از حدود ۱۸ ماه پیگیری سرانجام کارفرما موفق به اخذ مجوز عبور از مسیرها و تاسیسات مزبور به صورت حفر ترانشه روباز نشد و در نهایت بالاجبار با استفاده از تکنیک لوله رانی در طول حدود ۱۱۶ متر با استفاده از لوله های فولادی با قطر داخلی ۲۰۰۰ میلی متر که ضخامت آنها تنها ۱۶ میلی متر بود، اجرا گردید. اگر چه این ضخامت از استحکام کافی برای انجام لوله رانی در طول گفته شده نامناسب بود. انجام لوله رانی به صورت مایل که باید با تبعیت از شیب خط پروژه که کمی بیش از ۴ درصد دارای شیب بود نیز بدقت و ابتکار عمل ویژه نیاز داشت که خوشبختانه کاربجویی به انجام رسید.
- در فهرست بهای قرارداد، نصب هر متر طول لوله های بتنی مسلح پیش تنیده ۲۰۰۰ میلی متر به عنوان قیمت ستاره دار کمتر از هزینه های واقعی کار برآورد شده بود و اضافه بهای کارگذاری در عمق بیش از ۴/۵ متر برای آن پیش بینی نشده بود. لازم است قیمت های ستاره دار بر اساس مبنای واقعی و قیمت روز آنالیز گردد و اضافه بهای عمق نیز در اینگونه موارد لحاظ شود تا پیمانکار متضرر نگردد.

منابع مورد استفاده

۱- بهبهانی، ح. و ع. خاکی. (۱۳۷۴). "ماشین های ساختمانی و روش های اجرایی".

۲- سیمافر، ش. (۱۳۷۲). "منابع و تاسیسات انتقال آب".

3- Caterpillar Performance Hand Book