

کاربرد لوله‌های ازبست سیمان در تأمین آب شرب و کشاورزی

رضا قلی‌زاده - امیرحسین آراسته (کارشناسان گروه آبیاری تحت فشار)

طرح تبارک‌آباد

فهرست مطالب

شرح	صفحه
چکیده	۲
مقدمه	۳
۱- تاریخچه	۴-۳
۲- مشخصات فنی لوله‌های آزیست سیمان	۶-۴
۳- فرآیند تولید لوله‌های آزیست سیمان	۷-۶
۴- لوله‌های مورد استفاده در انتقال و توزیع آب	۸-۷
۵- عملیات لوله‌گذاری	۱۰-۹
۶- مبانی طراحی	۱۱
۷- تست هیدرواستاتیک	۱۵-۱۲
۸- اثرات زیست محیطی استفاده از الیاف آزیست	۱۷-۱۶
۹- تأثیر وقوع زلزله بر لوله‌های آزیست سیمان	۱۸-۱۷
۱۰- علل بروز مشکلات در لوله‌های آزیست سیمان	۱۹-۱۸
نتیجه‌گیری و پیشنهادها	۲۰-۱۹

چکیده

کاربرد لوله‌های آزیست سیمان در تأمین آب شرب و کشاورزی

امروزه استفاده از لوله بعنوان مهمترین روش انتقال و توزیع آب بصورت گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد و در شبکه‌های انتقال آب جهت بهره‌برداری بهینه، لزوم استفاده از خطوط لوله آبرسان بعنوان جایگزین کانالهای انتقال آب اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. در این روش آب تحت فشار هیدرولیکی قرار دارد و منبع تأمین فشار می‌تواند از طریق پمپاژ و یا در صورت مرتفع بودن منبع آب نسبت به اراضی از طریق نیروی ثقل تأمین گردد. هدف فوق نیاز به سرمایه‌گذاری زیاد و زمان طولانی دارد. لذا انتخاب نوع لوله و اتصالات با عملکرد مناسب و دوام طولانی از عوامل قابل ملاحظه هزینه‌های طرح می‌باشد. یکی از لوله‌هایی که کاربرد وسیعی در شبکه‌های توزیع آب دارد و در بعضی موارد برای خطوط انتقال آب نیز از این لوله‌ها استفاده می‌شود، لوله‌های آزیست سیمان است. در این مقاله سعی بر این است که لوله‌های آزیست سیمان مورد بررسی قرار گیرد و در تهیه آن از استانداردهای ISO، ASTM و AWWA با در نظر گرفتن شرایط و تجربیات موجود در طرح تبارک‌آباد استفاده شده است.

مقدمه

با افزایش نگرانی کاهش منابع آب و رشد روزافزون جمعیت، تأمین آب شرب و بهینه‌سازی مصرف آب از اهمیت و ضرورت خاصی برخوردار است. به منظور استفاده صحیح از منابع آب همواره انتقال و توزیع آب بدون تغییر در کمیت و کیفیت آن مورد توجه بوده و مهندسين را بر آن داشته که راه‌حلهای مناسب و مطمئن را بررسی و توصیه نمایند.

محدوده شبکه آبیاری و زهکشی تبارک‌آباد در شرق و شمال‌شرق شهرستان قوچان واقع گردیده است و حوزه مشروبی رودخانه اترک بالایی را تشکیل می‌دهد. این شبکه مساحتی در حدود ۲۰۰۰ هکتار را توسط خطوط لوله تحت پوشش قرار داده و انتقال آب شرب شهر قوچان تا تصفیه‌خانه نیز توسط این شبکه انجام می‌شود. مجموع خطوط لوله طرح تبارک‌آباد ۲۸ کیلومتر می‌باشد که از قطرهای ۱۲۰۰ تا ۱۵۰ میلی‌متر از جنس آزیست سیمان در کلاسه‌های B و C استفاده گردیده، عملیات اجرایی آن از سال ۱۳۸۰ آغاز شده و در مراحل پایانی می‌باشد.

۱- تاریخچه

آزیست دارای سابقه طولانی است که به دوران سنگ باز می‌گردد. لغت آزیست از واژه یونانی (آزیستو) به معنای خاموشی‌ناپذیر و یا فسادناپذیر برگرفته شده است.

صنعت آزیست سیمان با روش فعلی در اواخر قرن نوزدهم (سال ۱۹۰۰) با ابداع دستگاه ورق‌ساز توسط لودویک هاچک اتریشی آغاز گشت. سیزده سال بعد ماتزا (MAZZA) ایتالیایی اولین دستگاه لوله‌سازی را با الهام از دستگاه هاچک ساخت که هنوز هم روش تولیدی ماتزا در ساخت خطوط تولید لوله کاربرد دارد.

استخراج و بهره‌گیری وسیع این ماده اولین بار از کشورهای اروپایی از جمله ایتالیا و شوروی صورت گرفت. با توجه به مشخصات فنی و اقتصادی خوب آزیست مقبولیت عام پیدا نمود و وارد صنایع کشورهای دیگر از جمله آمریکای شمالی شد و این موضوع سبب شد تا انجمن کار آمریکا برای نخستین بار در سال ۱۹۵۳ با تشکیل کمیته‌ای خاص، اقدام به تدوین استاندارد لوله‌های آزیست سیمان تحت نام AWWA-G40_53T بعنوان استاندارد آزمایشی یا موقت نماید. در سالهای بعد سازمانهای دیگری که در محدوده کار کمیته فوق‌الذکر بودند به آن ملحق شدند و سعی در تهیه استاندارد اصلاح شده‌ای نمودند تا آن را به مؤسسه ملی استاندارد پیشنهاد نمایند.

سرانجام با لحاظ کردن مواردی از جمله تحت فشار بودن لوله‌های آزیست، آزمایشات لوله‌های آزیست و ابعاد و اندازه‌های اتصالات، دو استاندارد زیر تهیه شد که در شرایط فعلی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد.

1- AWWA G40-80

مربوط به لوله‌هایی با قطر ۱۰۰ تا ۴۰۰ میلی‌متر

2- ANSI/ AWWA C403 89

برای لوله‌های ۴۵۰ تا ۱۰۰۰ میلی‌متر

از دیگر استانداردهای مورد استفاده می‌توان از ISO 4483 ، ISO 4482 ، ISO 2785 ، ISO-R-160 و AWWA-M16 نام برد.

در ایران نیز در سال ۱۳۳۶ اولین کارخانه تولید محصولات آزیست سیمان راه‌اندازی شد و در سال ۱۳۳۹ لوله‌های تولید شده به بازار عرضه گردید و اولین سری لوله‌ها در استان فارس نصب و مورد بهره‌برداری قرار گرفت. در حال حاضر هفت واحد تولیدی در نقاط مختلف کشور انواع لوله آزیست سیمان را تولید و عرضه می‌نمایند.

۲- مشخصات فنی لوله‌های آزیست سیمان

آزیست یا آمیان به کانیهای سیلیکات اتلاق می‌شود که به شکل الیاف یا رشته وجود دارند که این رشته‌ها در طبیعت کریستالیزه شده و بصورت الیاف بلند، باریک و انعطاف‌پذیر در محیط پراکنده شده‌اند. این الیاف نسوز هستند و در ایران به پنبه نسوز معروف می‌باشند و به تناسب سنگ معدنی تشکیل‌دهنده الیاف به دو دسته کریزوتایل و آمفیبول تقسیم می‌شوند. بیش از ۹۵٪ آزیست دنیا از نوع کریزوتایل است. منشاء آن سنگهای اولیوین می‌باشد که به سرپانتین و سپس به کریزوتایل الیافی شکل تبدیل شده است. آزیست مقاومت و پایداری زیادی در مقابل حرارت شدید و خوردگی مواد شیمیایی از خود بروز می‌دهد، هادی بسیار ضعیف جریان الکتریسیته است، تنش کششی آن با فولاد برابر بوده و خاصیت اختلاط بسیار مناسبی با سیمان دارد. از اینرو مورد توجه بسیاری صنایع از جمله صنعت آب قرار گرفته است.

الیاف آزیست به لحاظ کوتاه و بلند بودن و نوع رنگ به سه گروه طبقه‌بندی می‌شود. نوع سفید، قهوه‌ای و آبی که نوع آبی آن از قابلیت انعطاف بیشتری نسبت به دو نوع دیگر برخوردار است. اما به لحاظ مصرف، نوع سفید آن در صنعت بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد.

لوله‌های آزیست سیمان از مخلوط کاملاً همگن سیمان پرتلند و الیاف آزیست (پنبه نسوز) همراه و یا بدون سیلیس ساخته می‌شوند. این مخلوط باید عاری از هرگونه مواد خارجی که باعث افزایش فرسایش لوله‌ها می‌گردد باشد.

سیمان مورد استفاده معمولاً سیمان پرتلند نوع یک با دانه‌بندی ۲۸۰۰ تا ۳۲۰۰ و برای لوله‌هایی که در زمینه‌های سولفات‌ها نصب می‌شود و برای کلیه لوله‌های فاضلابی، سیمان نوع ۵ مصرف می‌شود تا لوله در مقابل عوامل خورنده مقاوم باشد. آب مصرفی برای تولید لوله‌ها نباید اسیدی باشد. اندکی قلیایی بودن بطوری که PH آن حدود ۸ تا ۹ اتمسفر باشد مناسب است. همچنین آب مصرفی باید عاری از مواد آلی باشد.

در جدول زیر مقدار سولفات محلول در آب در جریان لوله و مقدار سولفات محلول خنثی در خاک برحسب میلی گرم در لیتر در رابطه با قدرت خوردگی نشان داده شده است.

قدرت خوردگی	مقدار سولفات محلول در آب داخل لوله ppm	مقدار سولفات محلول در خاک ppm
بسیار خورنده	بیشتر از ۱۰۰۰۰	بیشتر از ۲۰۰۰۰
نسبتاً خورنده	۱۵۰۰-۱۰۰۰۰	۲۰۰۰-۲۰۰۰۰
با خوردگی کم	۱۵۰-۱۵۰۰	۱۰۰۰-۲۰۰۰
بدون خوردگی	کمتر از ۱۵۰	کمتر از ۱۰۰۰

مسأله خوردگی شیمیایی آب در مورد لوله‌های آریست باید مورد توجه طراح قرار گیرد. در صورتی که آب از نظر کلسیم فقیر باشد کلسیم موجود در سیمان لوله وارد آب شده و به مرور علاوه بر آنکه مقاومت ساختمانی لوله کاهش می‌یابد مقدار آریست موجود در آب افزایش پیدا می‌کند. در صورتی که عمل آوردن (کیورینگ) لوله با فشار بخار آب انجام شود باعث افزایش مقاومت این لوله در مقابل ترکیبات سولفات می‌شود. مزیت اصلی لوله‌های آریست سیمان مقاومت زیاد در برابر مواد شیمیایی می‌باشد و عیب عمده آنها نیز، آسیب‌پذیری در حمل و نقل و وزن زیاد در قطر و فشار بالا می‌باشد. این لوله‌ها بر اساس فشار آزمایش به کلاسهای B، C، D و E به ترتیب برای فشارهای ۶، ۹، ۱۲ و ۱۵ اتمسفر طبقه‌بندی می‌شوند و از قطر ۸۰ تا ۱۵۰۰ میلی‌متر تولید می‌گردند.

سطح داخلی لوله‌های آریست سیمان باید صاف و یکنواخت باشد و در صورت نیاز سطح داخلی و خارجی با قیر پوشش داده می‌شود. سطح دو سر لوله (قسمتی که لاستیکهای آب‌بندی روی آنها قرار می‌گیرند) باید کاملاً صاف و تراش خورده باشد و عاری از هرگونه ناهمواری مؤثر در آب‌بندی باشد. قطر اسمی این لوله‌ها قطر داخلی بوده و ضخامت آن باید به اندازه‌ای باشد که روابط فشار مطابق جدول زیر قابل تأمین باشد.

قطر اسمی	$\frac{BP}{TP}$	$\frac{BP}{WP}$
۵۰ تا ۱۰۰ میلی‌متر	۲	۴
۱۲۵ تا ۲۰۰ میلی‌متر	۱/۷۵	۳/۵
از ۲۵۰ تا ۵۰۰ میلی‌متر	۱/۵	۳
از ۶۰۰ میلی‌متر به بالا	۱/۵	۲/۵

WP : حداکثر فشار داخلی لوله در هنگام بهره‌برداری

TP : فشار آزمایش هیدرواستاتیک در کارخانه

BP : فشار آزمون ترکیدن لوله در مقابل فشار هیدرولیکی

ضخامت جدار لوله توسط کارخانه سازنده مشخص می‌گردد و مقدار آن در تولیدات کارخانه‌های مختلف متفاوت می‌باشد. ضخامت مذکور باید تمام خواسته‌های استاندارد را برآورده نماید و روابط فشار از مقادیر ارائه شده در جدول بالا کمتر نباشد.

لوله‌ها باید کاملاً آب‌بندی و عاری از هرگونه ترک و یا نشی باشد. از مشخصات فیزیکی این لوله‌ها می‌توان به حداقل مقاومت آنها در برابر ترکیدن 225 kg/cm^2 ، در برابر آزمون خرد شدن 450 kg/cm^2 و در برابر آزمون خمش (فقط برای لوله‌های تا قطر ۱۵۰ میلی‌متر) 250 kg/cm^2 اشاره نمود.

آزمونهای دیگری که بایستی بر روی این لوله‌ها انجام شود عبارتند از :

- آزمون فشار هیدرولیکی برای ترکیدن لوله.
- آزمون خرد شدن بر اثر نیروهای جانبی.
- آزمون مقاومت خمشی در طول لوله.

۱-۲- اتصالات لوله‌های آزیست سیمان

دو سر انتهایی لوله‌های آزیست ساده بوده و سطح خارجی آن تراش خورده است و توسط مانشون (Manchon) که از جنس آزیست و سیمان بوده و توسط کارخانه سازنده لوله تولید می‌شود به یکدیگر متصل می‌گردند. قطر داخلی مانشون از قطر خارجی دو سر لوله بزرگتر بوده و حلقه‌های لاستیکی در شیارهای آن به منظور آب‌بندی قرار می‌گیرد. به منظور تغییر قطر و آگیری از لوله‌های آزیست سیمان از تبدیل، سه‌راهی و چهارراهی چدنی و فولادی (معمولاً دو سر فلنج) استفاده می‌شود و به منظور تغییر جهت از زانویی‌های چدنی با زوایای ۱۱/۲۵، ۲۲/۵، ۴۵ و ۹۰ درجه و در قطرهای بالا از زانویی‌های فولادی با زوایای تحت سفارش استفاده می‌گردد. حداکثر انحراف مجاز توصیه شده برای لوله‌های آزیست سیمان تا قطر ۱۰۰۰ میلی‌متر ۱/۵ درجه و برای اقطار بالاتر ۱ درجه می‌باشد.

۳- فرآیند تولید لوله‌های آزیست سیمان

اصول تولید آزیست سیمان بصورت ورق یا لوله از تکنولوژی ساخت کاغذ گرفته شده است.

مراحل تولید لوله را می‌توان به قسمتهای زیر تقسیم‌بندی نمود :

تهیه مواد، تولید لوله، گیرش اولیه و تکمیل لوله.

قابل توجه است که مراحل ذکر شده تماماً بصورت سری و به ترتیب، صورت می‌پذیرند و توقف در یکی از آنها موجب وقفه در سایر مراحل خواهد شد. در زیر شرح مختصری بر هر یک از مراحل تولید لوله آزیست آورده شده است.

۱-۳- تهیه مواد

در این مرحله با استفاده از دستگاههای مخصوص، عملیاتی روی آزیست صورت می‌پذیرد تا بهترین شرایط ترکیب و اختلاط با سیمان فراهم آید.

در این قسمت تا حد امکان الیاف آزیست از هم جدا شده، با آب مخلوط می‌شود و سپس سیمان به آن افزوده شده و اختلاط صورت می‌پذیرد. نسبت اختلاط با توجه به کلاس و مشخصات فنی لوله تعیین می‌گردد.

۲-۳- تولید لوله

اصل کلی در تولید لوله این است که لایه‌ای که از مواد اولیه حاصل شده است را در زیر یک پرس، دور یک لوله فلزی یا فایبرگلاس که در حکم قالب می‌باشند می‌پیچند. لایه‌ها با فشار پرس به یکدیگر می‌چسبند و به تدریج ضخامت مورد نظر تأمین شده و دستگاه بصورت خودکار تولید مزبور را از زیر پرس خارج می‌کند.

برای یکنواختی لایه‌ها در طول لوله آزیست، کنترل مواردی از قبیل رطوبت مواد، فشار و سرعت انجام کار بسیار ضروری است. عدم یکنواختی لایه‌ها در لوله آزیست سبب آسیب رسیدن به لوله در هنگام عمل تست می‌شود. ضمناً حداقل نیروی وارد بر هر سانتی‌متر طول لوله ۵۰ کیلوگرم است.

۳-۳- گیرش (Curing)

از آنجا که برای گیرش سیمان، وجود آب ضروری است، لذا برای تأمین این مقدار بعد از آنکه از دستگاه خارج شده باید در مجاورت آب قرار گیرد (رطوبت لوله بعد از خارج شدن از دستگاه حدود ۲۳٪ می‌باشد). مرحله کیورینگ شامل دو قسمت است :

- گیرش اولیه : پس از هدایت لوله به داخل تونل حرارتی با استفاده از نقاله، فضای داخل تونل از رطوبت اشباع شده که این رطوبت صرف گیرش اولیه سیمان می‌شود. ضمناً برای حفظ مقطع دایره‌ای لوله، علاوه بر حرکت انتقالی، حرکت دورانی نیز انجام می‌پذیرد.

- گیرش کامل : بلافاصله بعد از تونل حرارتی، برای گیرش کامل سیمان و ایجاد مقاومت کافی، لوله به داخل استخر پر از آب منتقل شده و به مدت ۲۸ روز برای به حداکثر رسیدن مقاومت سیمان در استخر باقی می‌ماند.

۳-۴- مرحله تکمیلی

در این مرحله برای هماهنگی انواع مختلف لوله‌ها و اتصالات و سهولت نصب و آب‌بندی محصولات در یک شبکه، محل اتصال لوله‌ها و متعلقات آن را صیقلی می‌نمایند. چنانچه لوله‌های تولیدی از نوع تحت فشار باشند در پایان مرحله تکمیلی باید مورد آزمایش هیدرولیکی قرار گیرند تا از توانایی آنها در تحمل فشار کارکرد، اطمینان حاصل شود و در صورت درخواست سفارش‌دهنده، لوله‌ها را قیراندود می‌نمایند.

۴- انتخاب لوله‌های آزیست سیمان در انتقال و توزیع آب

لوله‌هایی که در خطوط انتقال و توزیع آب کاربرد دارند عبارتند از : فولادی، چدن نشکن، آزیست سیمان، بتن پیش تنیده، جی‌آرپی و پلی‌اتیلن که باید با توجه به وسعت قطعات، نیازهای طرح، دبی عبوری و قطر لوله‌های مورد نیاز و همچنین فشار قابل تحمل، قابلیت خوردگی، نیاز یا عدم نیاز به حفاظت کاتدیک و زبری جدار از لحاظ فنی و اقتصادی و زیست محیطی هر یک از لوله‌ها بررسی گردند و مناسب‌ترین لوله انتخاب گردد.

یکی از عوامل مهم در انتخاب لوله بعد از توجیه فنی و زیست محیطی، توجیه اقتصادی لوله انتخابی می‌باشد که باید از سه جنبه مورد بررسی قرار گیرد :

۱- قیمت تمام شده لوله

قیمت تمام شده لوله‌های آذبت سیمان متناسب با هزینه تهیه سیمان، پنبه نسوز و تکنولوژی ساخت می‌باشد. در سالهای اخیر بدلیل افزایش قیمت سیمان هزینه خرید لوله‌های آذبت سیمان افزایش یافته است. علاوه بر قیمت تمام شده لوله، هزینه حمل لوله‌ها از کارخانه تا محل اجرای طرح باید به قیمت تمام شده اضافه گردد.

۲- هزینه کارگذاری لوله

هزینه نصب لوله‌ها در شبکه‌های انتقال و توزیع آب به عوامل زیر بستگی دارد :

- نیروی انسانی و تجهیزات
- وزن و طول لوله
- ارتفاع و عرض کانال (ترانشه)
- روش اتصال

۳- هزینه تعمیر و نگهداری

عمر مفید لوله‌های آذبت سیمان حداقل ۳۰ سال می‌باشد که طول عمر نسبتاً خوبی در مقایسه با سایر لوله‌های دیگر دارد. این لوله‌ها در مقابل خوردگیهای ناشی از هیدروژن سولفور و اسیدها مقاومت کمی دارند ولی با پوشش داخلی می‌توان این عیب را برطرف نمود. لوله‌های آذبت سیمان در صورت طراحی و اجرای صحیح، هزینه تعمیر و نگهداری کمتری نسبت به سایر لوله‌ها دارد.

علاوه بر موارد فوق از عوامل مؤثر در انتخاب جنس لوله می‌توان به موارد زیر اشاره نمود که بررسی موارد زیر نقش تعیین کننده‌ای در موفقیت طرح خواهد داشت.

- مقایسه اقتصادی لوله‌ها بر اساس استعمال از پیمانکاران (به منظور محاسبه هزینه اجرا)، شرکت‌های حمل و نقل (برای محاسبه هزینه حمل لوله‌ها و اتصالات) و کارخانجات (به منظور محاسبه هزینه خرید).
- امکان بهره‌گیری از تولید مرغوب
- زمان تهیه و ساخت لوله‌ها توسط کارخانه و تحویل آن در محل
- زمان مورد نیاز برای اجرای هر یک از لوله‌ها
- بررسی عوامل جوی و وضعیت هواشناسی در شرایط طرح و تأثیر آن بر توقف عملیات اجرایی
- شرایط کارگذاری از قبیل شیب، عمق کارگذاری، خاکشناسی، مسیر خطوط لوله و ...
- تجربه و توانایی‌های پیمانکاران موجود به منظور کارگذاری مناسب
- هزینه اتصالات، شیرآلات و حوضچه‌های مورد نیاز
- زمان مورد نیاز برای تست لوله‌ها و رفع نشتی‌ها
- عمر مفید لوله‌ها و همچنین مقایسه آن با عمر مفید اتصالات

- هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری و مشکلات احتمالی هنگام بهره‌برداری
- صدمات و شکستگی لوله‌ها در هنگام حمل، باراندازی، اجرا و تست لوله‌ها
- میزان تجربه موجود در کارفرما، مشاور، پیمانکار و نظارت

در انتخاب کلاس لوله‌های آزیست سیمان علاوه بر فشارهای داخلی باید بارهای خارجی، کیفیت آب داخل لوله، جنس خاک محیط بستر، امکانات تهیه ترانشه و بسترسازی مورد توجه قرار گیرد. کارگذاری لوله‌های آزیست سیمان در شیبه‌های بیش از ۱۵٪ با مشکلات بسیاری همراه می‌باشد و در بعضی موارد امکان‌پذیر نیست. همچنین در مسیرهایی که تغییر جهت‌های متوالی همراه با پستی و بلندیهای زیاد باشد، کارگذاری و آب‌بندی این لوله‌ها با مشکل مواجه می‌گردد.

۵- عملیات لوله‌گذاری

مراحل مختلف عملیات لوله‌گذاری برای لوله‌های آزیست سیمان بشرح زیر می‌باشد :

- ۱- تجهیز کارگاه
- ۲- تحویل اراضی
- ۳- انجام نقشه‌برداری و مشخص نمودن مسیر لوله‌گذاری
- ۴- تهیه نقشه‌های کارگاهی
- ۵- تحویل لوله و اتصالات مسیر
- ۶- گشایش مسیر
- ۷- حفر ترانشه
- ۸- ریشه کردن لوله‌ها و اتصالات در کنار ترانشه
- ۹- رگلاژ و کوبیدن مسیر
- ۱۰- قرار دادن لوله‌ها و اتصالات درون ترانشه و نصب آنها
- ۱۱- نصب شیرآلات
- ۱۲- خاکریزی مقدماتی
- ۱۳- احداث پشت‌بندها
- ۱۴- آزمایش هیدرواستاتیک
- ۱۵- خاکریزی نهایی
- ۱۶- احداث ابنیه فنی
- ۱۷- پر کردن اطراف ابنیه بتنی
- ۱۸- رفع نواقص

پس از حفر ترانشه و رگلاژ، انتقال لوله‌ها به ترانشه انجام می‌شود. برای انتقال لوله‌ها به ترانشه از روشهای دستی، انتقال با طناب و انتقال با جرثقیل استفاده می‌شود.

پس از انتقال لوله‌ها به ترانشه باید سر لوله (قسمت تراش خورده) و واشرهای آب‌بندی کاملاً با صابون مایع، بوسیله برس یا یک قطعه پارچه آغشته گردد تا عملیات اتصال لوله‌ها با مشکل مواجه نگردد.

اتصال لوله‌ها به چهار طریق صورت می‌گیرد که عبارتند از:

- ۱- اتصال لوله‌ها در قطرهای ۶۰ تا ۲۵۰ میلی‌متر توسط دو کارگر امکان‌پذیر می‌باشد.
- ۲- اتصال لوله‌ها در قطرهای ۲۵۰ تا ۵۰۰ میلی‌متر توسط یک تخته چوب و یک اهرم انجام می‌شود (این روش در قطرهای ۶۰ تا ۲۵۰ میلی‌متر نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد).
- ۳- اتصال لوله‌ها در قطرهای ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ میلی‌متر از تخته چوب، اهرم و جرثقیل دستی استفاده می‌شود.
- ۴- برای قطرهای بالای ۱۰۰۰ میلی‌متر ابتدا چهار قسمت لبه انتهایی لوله توسط سیم بکسل به تکیه‌گاه چوبی که در داخل لوله قبلی قرار گرفته محکم شده و حرکت لوله توسط جرثقیل دستی از بالا و کشش سیم به بکسل از داخل انجام می‌شود.

نیروی انسانی مورد نیاز برای اجرای لوله‌های آّبست سیمانی عبارتند از:

- | | |
|---------------------|---------------------------|
| ۱- مدیر پروژه | ۱۲- اکیپ آرماتوربند |
| ۲- سرپرست کارگاه | ۱۳- اکیپ قالب‌بندی |
| ۳- معاون کارگاه | ۱۴- اکیپ بتن‌ریزی |
| ۴- مسئول دفتر فنی | ۱۵- راننده و تدارکات |
| ۵- مسئول تدارکات | ۱۶- انباردار |
| ۶- مهندس عمران | ۱۷- بنا |
| ۷- نقشه‌بردار | ۱۸- آشپز |
| ۸- تکنسین حفاری | ۱۹- کمک آشپز |
| ۹- نقشه‌کش | ۲۰- نگهبان |
| ۱۰- منشی و تایپیست | ۲۱- کارگر ساده و سر کارگر |
| ۱۱- اکیپ لوله‌گذاری | |

ماشین‌آلات مورد نیاز برای اجرای لوله‌های آّبست سیمان عبارتند از:

- | | |
|--------------------------|-------------------|
| ۱- تجهیزات نقشه‌برداری | ۱۰- تریلی |
| ۲- خوروی سبک و وانت | ۱۱- کمپرسی |
| ۳- تانکر آبپاش | ۱۲- دامپر |
| ۴- بلدوزر | ۱۳- پمپ تخلیه آب |
| ۵- بیل مکانیکی | ۱۴- اتومیکسر |
| ۶- لودر | ۱۵- موتور پمپ تست |
| ۷- جرثقیل | ۱۶- تراکتور |
| ۸- غلطک دستی و وایبره‌ای | ۱۷- وایراتور |

۶- مبانی طراحی

محاسبات هیدرولیکی خطوط لوله از مهمترین ارکان طراحی سیستمهای انتقال و توزیع آب محسوب می‌گردد. از کمیت‌های هیدرولیکی می‌توان به دبی جریان، سرعت و فشار دینامیکی و استاتیکی اشاره نمود که در تعیین قطر بهینه و ضخامت خط لوله نقش اساسی دارند.

معمولاً خطوط انتقال و توزیع آب بر اساس حداکثر دبی عبوری طراحی می‌گردند که در صورت متغیر بودن دبی در ماههای مختلف بررسی هیدرولیکی بر اساس دبی حداقل با توجه به کاهش افت و افزایش فشار دینامیکی ضروری می‌باشد. حداکثر سرعت مجاز در لوله‌های آب‌رست سیمان ۲ متر بر ثانیه می‌باشد که با توجه به تأثیر سرعت بر نیروی وارده بر اتصالات (زانوییها، تبدیله‌ها و ...) و ضربه قوچ توصیه شده است حداکثر سرعت ۱/۵ متر بر ثانیه در نظر گرفته شود. سرعت زیاد علاوه بر بالا بردن احتمال شکستن لوله باعث فرسایش دیواره لوله‌ها بویژه در دهانه لوله و محل اتصالات آنها شده و عمر مفید لوله را کاهش می‌دهد. حداقل سرعت مجاز به منظور جلوگیری از رسوب و جدا شدن گازهای محلول در آب بصورت حباب، ۰/۶ متر بر ثانیه توصیه شده است.

- کلاس لوله‌های آب‌رست سیمان بر اساس فشار دینامیکی و استاتیکی انتخاب می‌گردد. انتخاب کلاس لوله‌ها بایستی بگونه‌ای باشد که حداکثر فشار درون لوله از ۵۰ درصد فشار آزمایش هیدرواستاتیک لوله‌ها از قطر ۸۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر و ۶۰ درصد فشار آزمایش هیدرواستاتیک لوله‌ها برای اقطار بزرگتر از ۶۰۰ میلی‌متر بیشتر نباشد.

- به منظور محاسبه افت فشار استفاده از فرمول هیزن ویلیامز در اکثر طرحها معمول می‌باشد و میزان افت‌های جزئی ناشی از عبور جریان آب در شیرآلات، اتصالات و زانویی‌ها حدود ۵ تا ۱۰ درصد افت‌های موجود در شبکه در نظر گرفته می‌شود.

- ضریب زبری (CHW) یکی از پارامترهای مهم در طراحی خطوط لوله در فرمول هیزن ویلیامز می‌باشد. این ضریب در لوله‌های آب‌رست سیمان با توجه به عمر مفید و کاهش این ضریب در طول زمان ۱۲۰ تا ۱۳۰ منظور می‌گردد.

بر مبنای آزمایشات عدیده و تجزیه و تحلیل‌های آماری، مقاومت ساختمانی لوله‌های آب‌رست سیمان طبق نظریه اثرات متقابل بارهای خارجی و فشارهای داخلی معادله شلیک است و بدلیل تأثیری که نیروی خارجی روی انتخاب کلاس لوله دارد لذا شرایط محیط نصب یعنی بسترسازی نقش مهمی در انتخاب کلاس لوله دارد و به همین جهت برای هر قطر لوله و هر نوع ترانشه و با توجه به فشار کار کلاس لوله باید انتخاب شود.

$$W = W \left(\frac{P - P}{P} \right)^{1/2}$$

P: فشار داخلی - (برحسب پوند بر اینچ مربع) در شرایطی که هیچ نوع بار خارجی روی لوله نیست و سبب ترکیدن لوله می‌شود.

W : بار خارجی - (برحسب پوند بر اینچ مربع) که لوله را خرد می‌کند در شرایطی که فشار هیدرولیکی وجود ندارد.

ضریب اطمینان باید توسط طراح در انتخاب کلاس لوله و نوع بستر انتخاب شود. این ضریب باید هم بارهای پیش‌بینی نشده و هم خطاها و کم دقتی در نصب لوله را جبران نماید. معمولاً می‌توان با افزایش قطر ضریب اطمینان را کاهش داد.

با افزایش عمق خاک روی لوله، یعنی افزایش بار مرده و یا در شرایطی که بسترسازی ضعیف بوده و بار وارده به لوله افزایش می‌یابد نمی‌توان به تنهایی بر اساس فشار هیدرولیکی کلاس لوله‌های آریست سیمان را انتخاب نمود.

تیپ ترانشه‌های مناسب جهت کارگذاری لوله‌های آریست، به پارامترهایی چون نوع خاک، قطر و کلاس لوله، وجود یا عدم وجود بارهای ترامیکی و ارتفاع خاکریزی روی لوله بستگی دارد. در صورتی که در محدوده حفر ترانشه سطح آب زیرزمینی بالا باشد، لازم است مصالح بستر ترانشه، نفوذپذیر بوده و در صورت نیاز از زهکش استفاده نمود. ضمن اینکه عواملی مانند چسبندگی خاک، زاویه اصطکاک داخلی خاک و وزن مخصوص خاک عواملی هستند که حداکثر عمقی که دیواره ترانشه بدون حفاظت می‌تواند پایدار بماند را تعیین می‌کند.

۷- تست هیدرواستاتیک

برای اطمینان از استحصال کامل آب جهت تأمین آب شرب و بهینه‌سازی مصرف کشاورزی از یکطرف و نیز آب‌بندی مطلوب لوله و اتصالات با توجه به جنس و نوع استفاده از آن از طرف دیگر ضرورت آزمایش هیدرواستاتیک لوله‌ها در برابر فشارهای ایجاد شده ناشی از حرکت آب در خط لوله را بیش از پیش افزون می‌نماید. مهمترین علت تست لوله‌ها کنترل نشت آب و مقاومت لوله و اتصالات در مقابل فشار می‌باشد. عوامل نشت آب علاوه بر هدر رفتن آب موجب تغییرات نامطلوب در بستر ترانشه و نهایتاً کاهش عمر مفید شبکه و ابنیه خط می‌باشد.

مراحل مختلف تست لوله‌های آریست در محل کارگذاری بشرح زیر می‌باشد :

۷-۱- تعیین طول خط مورد آزمون

این طول با در نظر گرفتن شرایط مسیر، شرایط جوی، دسترسی به آب جهت پر نمودن لوله، وجود پستی و بلندیهای متوالی و اختلاف ارتفاع تعیین می‌گردد. این طول بطور معمول از ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متر می‌باشد و فشار هیدرواستاتیک در بالاترین نقطه نباید از ۰/۸ فشار در پائین‌ترین نقطه خط لوله مورد آزمون کمتر باشد.

۷-۲- پشت‌بندها (بلوکهای مهاری)

در محلهای نصب شیرآلات، انشعابات و زانویی‌ها برای جلوگیری از جابجایی لوله در اثر فشارهای داخلی و خارجی می‌بایستی تکیه‌گاههای دائمی از جنس بتن ساخته شود.

۷-۳- خاکریزی قبل از تست

قبل از انجام آزمون بر روی لوله‌های تا قطر ۲۰۰ میلی‌متر با حداقل ۳۰ سانتی‌متر و برای اقطار بالاتر تا ۵۰ سانتی‌متر خاک پوشانده شود. این خاکریزی باید تقویت و فشرده شود تا فشار داخلی موجب جابجایی لوله‌ها بطور جانبی یا عمودی نگردد. همچنین در حدود ۶۰ سانتی‌متر از طرفین هر قطعه لوله نیز باید خاکریزی نشود تا مشاهده نشت بیرونی میسر باشد.

۷-۴- پر نمودن قطعه مورد آزمون

بدین منظور در پائین‌ترین نقطه خط لوله انشعابی ایجاد می‌گردد و از طریق آن آب بصورت تحت فشار (توسط تلمبه‌های پیستونی مخصوص) وارد خط لوله می‌شود. پر نمودن خط لوله بایستی با سرعت کم و در حدود ۰/۰۵ متر بر ثانیه انجام شود تا خروج هوا از آن صورت گیرد.

۷-۵- وسایل مورد نیاز

به منظور انجام آزمایش فشار هیدرواستاتیک از یک پمپ مناسب به منظور افزایش فشار، یک تانکر آگیری با دقت ± 1 لیتر و یک فشارسنج کالیبره شده با دقت ۰/۰۱ mpm استفاده می‌گردد که بایستی در بلندترین و پائین‌ترین قسمت قطعه مورد آزمایش نصب نمود.

۷-۶- فشار آزمون

فشار آزمایش لوله‌های آزیست سیمان معمولاً ۱/۵ برابر حداکثر فشار کار خط لوله در زمان بهره‌برداری می‌باشد که در هر حال نباید از ۴ اتمسفر کمتر باشد. در صورتی که فشار کار خط لوله بیش از ۱۰ اتمسفر باشد فشار آزمایش باید ۵ اتمسفر بیشتر از فشار کار خط لوله منظور شود.

$$WP < 10 \text{ Atm} : F.T.P = 1/5 WP$$

$$WP > 10 \text{ Atm} : F.T.P = WP + 5$$

که در آن :

WP فشار کار و FTP فشار آزمایش برحسب اتمسفر می‌باشد.

۷-۷- مدت زمان آزمون فشار

در زمان عملیات اجرایی پس از نصب لوله‌ها و پر شدن قطعه مورد آزمون از آب، فشار خط لوله را تا نصف فشار اسمی لوله به تدریج افزایش داده و به مدت یک شبانه‌روز به منظور جذب آب و تثبیت لوله‌ها این فشار حفظ می‌گردد. سپس فشار درون لوله را تا حد فشار آزمایش افزایش می‌دهیم. قطعه مورد آزمون به مدت یک ساعت تحت همین فشار قرار می‌گیرد. این مدت با نظر طراحان در مشخصات فنی ویژه تا حداکثر ۶ ساعت هم می‌تواند افزایش یابد.

۷-۸- عوامل جوی

در صورت کاهش دمای محیط به کمتر از صفر درجه سانتی‌گراد باید آزمایش متوقف گردد. در صورتی که در منطقه کارگذاری لوله، درجه حرارت در شبها کاهش یافته و به پائین‌تر از صفر درجه سانتی‌گراد برسد برای جلوگیری از ترکیدگی لوله‌ها بدلیل انجماد آب و افزایش حجم یخ‌زدگی باید مقداری از آب لوله در شب تخلیه گردد.

۷-۹- مهار انتهایی قطعه مورد آزمایش

قبل از انجام آزمون باید نیروهای وارده بر انتهایی قطعه مورد آزمایش کنترل و مهار گردد. این عمل توسط صفحات فلزی یا تیرآهن که با تیرهای چوبی تقویت شده است انجام می‌شود که بایستی با دقت فوق‌العاده انجام شود.

۷-۱۰- روشی آزمون

پس از پر شدن کامل قطعه مورد آزمون از آب، مقداری آب توسط لوله‌ها جذب می‌شود که مقدار آن متناسب است با حجم آب اولیه، قطر لوله‌ها، طول لوله و شرایط جوی. لذا باید فشار خط لوله را تا نصف فشار اسمی لوله افزایش داد و حداقل به مدت یک شبانه‌روز این فشار را حفظ کرد. در طول این مدت بایستی مسیر خط لوله به دقت بازرسی گردد تا در صورت مشاهده نشت، آزمایش متوقف و پس از برطرف نمودن معایب شرایط آزمون به وضعیت اولیه برگردانده شود. پس از گذشت زمان مذکور با استفاده از تلمبه‌های پیستونی مخصوص فشار خط لوله را با تزریق آب تا حد فشار آزمایش افزایش می‌دهیم. افزایش فشار باید به تدریج و بدون ضربات شدید تلمبه باشد و مقدار آن نباید از یک اتمسفر در دقیقه بیشتر باشد. با اعمال فشار و در نتیجه جذب آب توسط لوله‌ها مقداری از فشار آزمایش کاسته می‌شود که برای جبران کسری فشار مقداری آب به خط لوله توسط پمپ تزریق می‌شود تا فشار به حد آزمایش فشار برسد و این کار بایستی حداکثر هر نیم ساعت یکبار تکرار گردد و میزان آن اندازه‌گیری و ثبت شود تا مجموع آبی که بدین ترتیب به خط لوله اضافه شده است محاسبه گردد. این مقدار نباید از ارقام ارائه شده در جدول شماره (۱-۱) بیشتر باشد.

۸- اثرات زیست محیطی استفاده از الیاف آزیست

از آنجا که مواردی از قبیل پایداری و مقاومت الیاف آزیست در برابر عوامل جوی، عوامل خورنده، پایداری در برابر احتراق و حرارت زیاد و مزایای اقتصادی سبب شده که روز به روز موارد مصرف این ماده در صنایع مختلف فزونی یابد.

اما با گذشت زمان و با بهره‌گیری از تجربیاتی که از شروع بهره‌برداری و تولید فرآورده‌هایی که وابسته به این ماده می‌باشند، حاصل شده است و با تحقیقات و آزمایشاتی که عموماً توسط سازمانهای بهداشتی و پزشکی صورت پذیرفته، مشخص شده، چنانچه استفاده از الیاف آزیست در چارچوب ضوابطی خاص صورت نپذیرد مشخصاً شاهد بروز بیماریهای سخت در افرادی خواهیم بود که بطور مستقیم یا غیرمستقیم تحت تأثیر این ماده قرار می‌گیرند.

مهمترین اثر زیست محیطی الیاف آزیست، «آلودگی هوا» است. بطوری که غبار ناشی از فرآیند تولید و بهره‌برداری این ماده اثرات مخربی بر دستگاه تنفسی وارد آورده، موجب بروز بیماریهای خطرناکی می‌گردد. از مهمترین بیماریهایی که از تأثیر مستقیم یا غیرمستقیم الیاف آزیست بوجود می‌آیند می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

۱- بیماری آزیستوز:

در این بیماری ذرات الیاف آزیستی که بصورت غبار به شش راه یافته‌اند با حضور ماده پروتئینی که از شش ترشح می‌شود به تدریج تشکیل لایه سخت و ضعیفی در دیواره شش می‌دهند و به همان نسبت از گنجایش حجم شش می‌کاهند. این بیماری معمولاً سالها بعد از اینکه فرد در مجاورت الیاف قرار گرفت، ظاهر می‌شود.

۲- سرطان ریه:

شیوع این بیماری در افرادی که مبتلا به آزیستوز هستند، بسیار بالا است.

۳- فروتلیوها:

در این بیماری تومورهای سفید رنگی در اطراف ریه‌ها تشکیل شده که با رشد سریع به دیواره ریه فشار وارد کرده از گنجایش آن می‌کاهد.

- در نظر گرفتن مواردی از قبیل اینکه، الیاف آزیست پاسخگوی طیف وسیعی از صنایع کوچک و بزرگ در سراسر دنیا است و اینکه، جایگزین مطلوبی با عملکرد مشابه، قیمت قابل رقابت وجود ندارد. همچنین پذیرفتن زیان آور بودن الیاف آزیست، از سایر خطرات معقولی که در سایر موارد از طرف انسان پذیرفته شده، بیشتر نیست. تا حدودی لزوم استفاده از آزیست را توجیه می‌نمایند، در عین حال می‌توان با حفظ ضوابط و تعیین مقررات خاص حتی‌الامکان از اثرات نامطلوب آن کاست. از این جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:
- استقرار و انتقال صناعی که به نوعی از آزیست بهره می‌گیرند، به مکانهایی که از نقاط شهری دور باشند.
 - کاهش آلودگی هوا با لزوم دقت بیشتر در جهت کاستن غبار ناشی از استفاده آزیست.

- دفن بهداشتی زائدات آزیست.
 - جلوگیری از وارد شدن پساب صنعتی به آبهای جاری.
 - لزوم انجام اقدامات انفرادی :
 - افرادی که مستقیماً با این ماده در تماس می‌باشند، می‌بایستی موارد زیر را لحاظ نمایند.
 - بهره‌گیری از لباس کار مناسب به همراه ماسک، کلاه مخصوص، دستکش و کفش مطلوب.
 - نگهداری وسایل و البسه مورد استفاده در مکان مخصوص و تمیز کردن لباس کار با دستگاه مکنده.
 - استفاده از وسایل دستی از جمله در سوراخ‌کاری، برش و دریل قطعات، به جهت کاستن گرد و غبار.
 - استحمام پس از اتمام کار و قبل از ترک کارخانه.
 - بازرسی وسایل از جمله ماسک حفاظتی.
 - معاینه پزشکی در دوره زمانی مشخص مثلاً ۶ ماه یا هر یک سال.
- بنابراین بهترین روش و خط‌مشی تحت شرایط فعلی، فراهم نمودن اطلاعات و آموزش و کارآموزی افراد به منظور اطمینان از استفاده در کاربرد آزیست در شرایط استاندارد و ایمنی است تا بتوان با حداقل مخاطرات، به حداکثر منافع اجتماعی آن دست یافت.

۹- تأثیر وقوع زلزله بر لوله‌های آزیست سیمان

- از آنجا که عمده اجزای شبکه توزیع آب و یا شبکه جمع‌آوری فاضلاب زیر خاک نصب می‌گردند و با توجه به اینکه تخریب و آسیب دیدن این سازه‌ها علاوه بر خسارات اقتصادی، اثرات منفی زیست محیطی ایجاد می‌نماید و موجب بروز اختلال در زندگی افراد جامعه می‌شود. بدین لحاظ طراحی و اجرای مناسب آنها خصوصاً در محیط‌های بزرگ شهری اهمیت ویژه‌ای پیدا می‌نماید.
- با توجه به خصوصیات لوله‌های آزیست از جمله داشتن ضریب زبری کمتر، مقاومت استاتیکی نسبتاً بالا و دوام و قیمت مناسب و با توجه به میزان تولید لوله‌های آزیست و سهولت نصب آن، کاربرد اینگونه لوله‌ها افزایش یافته است، اما از آنجا که لوله‌های آزیست انعطاف‌پذیری نامناسبی در مقابل نیروهای ناشی از زلزله دارند، در نتیجه عکس‌العمل خوبی از خود نشان نمی‌دهند.
- آسیب‌پذیری اجزای شبکه در اثر وقوع زلزله به عوامل متعددی بستگی دارد که بطور کلی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد :
- شرایط ژئوتکنیک زمین.
 - شدت وقوع زلزله یا عبارتی شتاب زمین و راستای حرکتی آن.
 - نوع و بافت خاک و میزان نشست خاک و لوله.
 - بالا آمدن سطح آب زیرزمینی و افزایش فشار Up Lift.
 - در شبکه‌هایی با قطر کم، وجود خمش در اتصالات T شکل، صدمه بیشتری به شبکه وارد می‌آورد.

تجربه نشان داده است که صرف‌نظر از جنس لوله، با افزایش قطر لوله میزان آسیب‌پذیری وارده کاهش می‌یابد.

بدیهی است در صورتی که خسارات وارده به واحد طول افزایش یابد، ضریب اطمینان مقاومت شبکه در برابر نیروهای زلزله کاهش می‌یابد.

قابل ذکر است که عواملی چون طراحی نامناسب، اجرای ضعیف در نصب و کارگذاری و عدم رعایت حریم مناسب تأثیر مستقیمی بر میزان خسارت وارده بر شبکه دارد.

تجربه نشان می‌دهد در مواقعی که زلزله‌ای با شدت عموماً کمتر از ۷ ریشتر اتفاق افتاده است، احتمال خسارت وارده، در صورت رعایت کلیه ضوابط طراحی و اجرا، به میزان قابل توجهی کاهش یافته است.

۱۰- علل بروز مشکلات در لوله‌های آّبست سیمان

- ضعیف بودن لوله یا مانشون و عدم استحکام کافی.
 - نامناسب بودن لاستیکهای اتصال.
 - عدم آب‌بندی واشرهای مانشون.
 - عدم قرارگیری صحیح اتصالات در مانشون.
 - عمق ناکافی ترانشه و پوشش کم خاک روی لوله.
 - کارگذاری نامناسب و اتصال ناقص.
 - زاویه بین لوله‌ها در محل مانشون بیش از حد مجاز باشد.
 - عدم رگلاژ صحیح کف ترانشه و وجود قلوه سنگ در اطراف لوله.
 - ایجاد ترکهای موئی در اثر حمل و نقل و یا باراندازی.
 - عدم خاکریزی کافی و تراکم موردنظر.
 - عدم دقت و کنترل در نصب لوله‌ها.
 - بستر سازی نامناسب و غیریکنواخت جهت لوله‌گذاری.
 - ضربه خوردن لوله در هنگام نصب.
 - فشار مازاد از خاک و بار مرده به لوله.
 - عدم طراحی صحیح.
- از دیگر مشکلات و موانع پیشرفت کار لوله‌های آّبست سیمان می‌توان به موارد زیر اشاره نمود :
- مشکلات ناشی از وضعیت نامناسب جوی.
 - کمبود و یا اشکالات در نقشه‌ها.
 - مشکلات ناشی از کمبود ماشین‌آلات و تجهیزات.
 - مشکلات تدارکاتی - کمبود مصالح.
 - مشکلات ناشی از کمبود پرسنل پیمانکار.
 - مشکلات ناشی از عدم تجربه و کارایی مؤثر.
 - مشکلات ناشی از ضعف مدیریت پیمانکار.
 - مشکلات ناشی از فقدان برنامه زمان‌بندی.

- مشکلات ناشی از عدم پایبندی پیمانکار به برنامه زمان‌بندی.
- مشکلات ناشی از عدم انجام تعهدات مالی کارفرما به پیمانکار.
- مشکلات حقوقی - قراردادی.
- مشکلات حقوقی - اراضی.
- مشکلات ناشی از حوادث غیرمترقبه.

تأخیر در اجرای کارگذاری لوله‌ها احتمال آب گرفتگی کانالها، ناشی از بارندگی و ریزش دیواره کانال با توجه به تأخیر در انجام لوله‌گذاری مسیرهای حفاری شده را افزایش داده و در نتیجه تست هیدرواستاتیک به تعویق می‌افتد. همچنین کمبود اکیپهای عملیاتی و پراکندگی جبهه‌های کاری موجب کاهش راندمان می‌گردد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

از مهمترین علل شکست طرحهای انتقال و توزیع آب، عدم توجه به مشخصات فنی در مرحله اجرای کار است. لذا انتخاب پیمانکار واجد شرایط و انجام نظارت صحیح مهمترین اصل پیشگیری از بروز مشکلات است. طبق تجربیات و نظرات کارشناسی ارائه شده هر قدر بخواهیم پروژه‌ای ارزان‌تر بشود باید از مهندسين باتجربه‌تر و پیمانکاران مجهزتر بهره‌گیری نماییم. در غیر اینصورت هزینه‌های اجرایی، بهره‌برداری و تعمیرات افزایش خواهد یافت.

موارد زیر در جهت کاهش مشکلات در خطوط لوله پیشنهاد می‌گردد :

- در زمان طراحی کلیه پیش‌بینی‌های لازم جهت شیرآلات و اتصالات مورد نیاز انجام شود.
- خرید و سفارش لوله‌ها، اتصالات و شیرآلات بر اساس کیفیت و مشخصات تعیین شرط انجام شود و قبل از کارگذاری بازدید و بررسی شوند.
- اکیپ کارگذاری لوله می‌بایست آموزش دیده، دارای تجربه، دقت و نظم باشند.
- در صورت امکان اکیپ کارگذاری لوله از ابتدا تا انتهای پروژه ثابت و مشخص باشند و یا ترکیب نفرات اصلی تغییر داده نشود.
- در صورتی که پیمانکار دارای دفتر فنی قوی باشد می‌توان انتظار داشت که عملیات اجرایی متناسب با برنامه زمان‌بندی و مشخصات فنی طرح همراه باشد.
- شفافیت و جامعیت نقشه‌ها و مشخصات فنی بسیاری از مشکلات را در زمان اجرا کاهش می‌دهد.
- نمایندگان خریدار در تمام مراحل تولید و انجام آزمایشات فشار، خرد شدن و ... حضور فعال داشته باشند.

یکی از عوامل ترکیدگی و نشت در لوله‌های آریست سیمان عدم کنترل در تولید و روشهای ساخت در کارخانه می‌باشد. به همین دلیل کنترل کیفیت و بازرسی لوله‌ها در مراحل مختلف تولید را ضروری می‌نماید. این کنترل و بازرسی شامل موارد زیر می‌گردد :

- بررسی کیفیت و کمیت مواد اولیه.

- روش تولید.
- مشخصات ظاهری لوله مانند ضخامت و شکل.
- حمل و نقل در کارخانه.
- قرار دادن در آب.

علاوه بر لوله‌های آزیست نمایندگان خریدار باید در تمام مراحل تولید و انجام آزمایشات فشار و خرد شدن و ... اتصالات و شیرآلات حضور فعال داشته باشند.

منابع مورد استفاده

- ۱- ISO R 160
- ۲- ISO 160-1980 (E)
- ۳- ISIRI 405
- ۴- ISO 4482
- ۵- ISO 4483
- ۶- ASTM D2837
- ۷- AWWA (M-23)
- ۸- ISIRI 2002

۹- مجموعه مقالات سمینار لوله‌های آزیست سیمان و کاربرد آن در تأمین آب آشامیدنی

۱۰- نشریه شماره ۲۶۱ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

۱۱- کاتالوگها و دستورالعملهای ارائه شده توسط شرکت ایرانیست



شکل شماره ۲- حفر ترانشه



شکل شماره ۱- آماده سازی جاده سرویس



شکل شماره ۴- حفر ترانشه



شکل شماره ۳- حفر ترانشه



شکل شماره ۶- ریشه نمودن لوله



شکل شماره ۵- ریشه نمودن لوله



شکل شماره ۸- انتقال لوله به ترانشه



شکل شماره ۷- آماده سازی بستر ترانشه

جدول شماره (۱-۱) حداکثر مجاز نشت آب بر حسب لیتر در ۱۰۰ متر خط لوله آزمون سیمان

مدت آزمایش (ساعت)	فشار آزمایش خط لوله نصب شده بر حسب مگاپاسکال (۰.۱ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع)															
	۰.۴	۰.۵	۰.۶	۰.۷	۰.۸	۰.۹	۱.۰	۱.۱	۱.۲	۱.۳	۱.۴	۱.۵	۱.۶	۱.۷	۱.۸	۱.۹
۰.۲۵	۰.۲۸	۰.۲۰	۰.۲۳	۰.۲۴	۰.۲۶	۰.۲۷	۰.۲۹	۰.۳۰	۰.۳۱	۰.۳۳	۰.۳۴	۰.۳۵	۰.۳۶	۰.۳۷	۰.۳۸	۰.۴۰
۰.۵	۰.۳۶	۰.۲۶	۰.۳۳	۰.۳۴	۰.۳۶	۰.۳۷	۰.۳۹	۰.۴۰	۰.۴۱	۰.۴۲	۰.۴۳	۰.۴۴	۰.۴۵	۰.۴۶	۰.۴۷	۰.۴۸
۱	۰.۶۶	۰.۴۴	۰.۵۱	۰.۵۲	۰.۵۳	۰.۵۴	۰.۵۵	۰.۵۶	۰.۵۷	۰.۵۸	۰.۵۹	۰.۶۰	۰.۶۱	۰.۶۲	۰.۶۳	۰.۶۴
۱.۵	۰.۹۴	۰.۶۶	۰.۷۴	۰.۷۵	۰.۷۶	۰.۷۷	۰.۷۸	۰.۷۹	۰.۸۰	۰.۸۱	۰.۸۲	۰.۸۳	۰.۸۴	۰.۸۵	۰.۸۶	۰.۸۷
۲	۱.۱۸	۰.۹۴	۱.۰۶	۱.۰۷	۱.۰۸	۱.۰۹	۱.۱۰	۱.۱۱	۱.۱۲	۱.۱۳	۱.۱۴	۱.۱۵	۱.۱۶	۱.۱۷	۱.۱۸	۱.۱۹
۲.۵	۱.۳۹	۱.۱۸	۱.۳۳	۱.۳۴	۱.۳۵	۱.۳۶	۱.۳۷	۱.۳۸	۱.۳۹	۱.۴۰	۱.۴۱	۱.۴۲	۱.۴۳	۱.۴۴	۱.۴۵	۱.۴۶
۳	۱.۵۸	۱.۳۹	۱.۵۶	۱.۵۷	۱.۵۸	۱.۵۹	۱.۶۰	۱.۶۱	۱.۶۲	۱.۶۳	۱.۶۴	۱.۶۵	۱.۶۶	۱.۶۷	۱.۶۸	۱.۶۹
۳.۵	۱.۷۵	۱.۵۸	۱.۷۷	۱.۷۸	۱.۷۹	۱.۸۰	۱.۸۱	۱.۸۲	۱.۸۳	۱.۸۴	۱.۸۵	۱.۸۶	۱.۸۷	۱.۸۸	۱.۸۹	۱.۹۰
۴	۱.۹۰	۱.۷۵	۱.۹۶	۱.۹۷	۱.۹۸	۱.۹۹	۲.۰۰	۲.۰۱	۲.۰۲	۲.۰۳	۲.۰۴	۲.۰۵	۲.۰۶	۲.۰۷	۲.۰۸	۲.۰۹
۴.۵	۲.۰۳	۱.۹۰	۲.۱۲	۲.۱۳	۲.۱۴	۲.۱۵	۲.۱۶	۲.۱۷	۲.۱۸	۲.۱۹	۲.۲۰	۲.۲۱	۲.۲۲	۲.۲۳	۲.۲۴	۲.۲۵
۵	۲.۱۴	۲.۰۳	۲.۲۹	۲.۳۰	۲.۳۱	۲.۳۲	۲.۳۳	۲.۳۴	۲.۳۵	۲.۳۶	۲.۳۷	۲.۳۸	۲.۳۹	۲.۴۰	۲.۴۱	۲.۴۲
۵.۵	۲.۲۴	۲.۱۴	۲.۳۹	۲.۴۰	۲.۴۱	۲.۴۲	۲.۴۳	۲.۴۴	۲.۴۵	۲.۴۶	۲.۴۷	۲.۴۸	۲.۴۹	۲.۵۰	۲.۵۱	۲.۵۲
۶	۲.۳۳	۲.۲۴	۲.۴۹	۲.۵۰	۲.۵۱	۲.۵۲	۲.۵۳	۲.۵۴	۲.۵۵	۲.۵۶	۲.۵۷	۲.۵۸	۲.۵۹	۲.۶۰	۲.۶۱	۲.۶۲

۱- از قلم جدول در مورد لوله های به قطر اسمی ۱۰۰ میلیمتر صاف است.

۲- برای لوله های با قطر بالاتر از قلم جدول در $d/100$ ضرب می شود (d قطر اسمی لوله)

۳- در صورتیکه فشار مورد نظری برای آزمایش در جدول قید نشده باشد برای بدست آوردن حداکثر مجاز نشت آب به ازای فشار مورد نظری می توان از جدول مقدار حداکثر مجاز نشت آب رله ازای نزدیکترین فشاری که در جدول موجود است استخراج کرده و آنرا بر عدد $\sqrt{\frac{FTP_1}{FTP_2}}$ (ضرب کرده در آن) (FTP_۱ فشار آزمایش مورد نظری و FTP_۲ نزدیکترین فشار آزمایشی است که از جدول استخراج شده است).



شکل شماره ۱۰- اجرای حوضچه شیرآلات



شکل شماره ۹- اجرای حوضچه شیرآلات



شکل شماره ۱۲- ترکیدگی لوله در هنگام تست هیدرواستاتیک



شکل شماره ۱۱- بلوک مهارى (پشت بند)



شکل شماره ۱۴- ترکیدگی لوله در هنگام تست هیدرواستاتیک



شکل شماره ۱۳- ترکیدگی لوله در هنگام تست هیدرواستاتیک