فصلنامه **علوم زیست محیطی و دانش جغرافیا ، دوره ۱ ، شماره ۱، زمستان ۱۴۰۰**
http://www.geo۲.ir

معرفی و ارزیابی فنی و اقتصادی تهیه و نصب لوله‌های GRP

آمنه فاتحی پور[۱]، دکتر سید یعقوب ذوالفقاری فر[۲]

چکیده:
روند رو به رشد پروژه‌های عمرانی ازجمله خطوط آب‌رسانی و فاضلابی و همچنین تمایل کارفرمایان و سرمایه‌گذاران به استفاده از فنّاوری‌های نوین نیازمند ارزیابی فنی و اقتصاد دقیق در پذیرش مصالح و فنّاوری‌های جدید قبل از اجرا می‌باشد زیرا از این طریق می‌توان از ریسک‌های منفی که منجر به هزینه گزاف کارفرمایان می‌گردد کاسته شود.یکی از مصالح جدید که استفاده از آن در خطوط آب‌رسانی ،فاضلاب و انتقال آب با درجه اسیدیته بالا به‌طور چشمگیری افزایش پیداکرده لوله G.R.P می‌باشد که با توجه به ویژگی‌های مهم شاخص لوله ،مقام در برابر خوردگی ، عدم نیاز به پوشش‌های داخلی و خارجی و حفاظت از کاتدگ و سبکی وزن زمینه پذیرش این لوله را برای جایگزین مناسبی لوله‌ها (فولادی ،بتنی ،آزیستی و اقطار بزرگ‌تر از ۴۰۰میلی‌متر پلی‌اتیلن) فراهم نموده است .ارزیابی اقتصاد تهیه و نصب این لوله‌ها به‌صورت مواردی در انتقال نشان می‌دهد که هزینه حفر و جایگذاری لوله در روش حفاری می‌باشد ولی هزینه تهیه و خرید لوله مخصوص پایپ چک به خاطر تقویت GRP برای استفاده در روش پایپ جکینگ بیشتر از روش حفاری باز می‌باشد .درجایی که درجه اسیدیته (خوردگی)بالا باشد استفاده لوله‌های GRP راهکار بسیار خوبی می‌باشد که با توجه این‌که کشور لوله‌های GRP مخصوص تولید می‌گردد ازاین‌رو استفاده از روش حفاری بدون ترانشه می‌تواند ضمن صرفه اقتصادی در کاهش مشکلات اجتماعی و زیست‌محیطی که حفاری رو باز شاهد آن هستیم نقش بسزایی داشته باشد.

کلمات کلیدی: لوله‌های GRP؛کامپوزیتی؛ ارزیابی فنی، ارزیابی اقتصادی

---

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد معماری، واحد یاسوج، دانشگاه آزاد اسلامی، یاسوج، ایران

[۲] گروه مهندسی عمران، واحد یاسوج، دانشگاه آزاد اسلامی، یاسوج، ایران

۱-مقدمه:

لوله های GRPلوله های کامپوزیتی می باشند ک با توجه به توسعه فناوری های کامپوزیتی و نانوکامپوزیتی دارای قابلیت و کاربرد های مختلف جهت استفاده در زیر ساختها را فراهم نموده اند. امروزه فن آوری های جدید در روش های تولید لوله امکان کسب عملکرد بهتر با هزینه کمتر را فراهم نموده است. لوله های GRPدارای تکنولوژی برتردر مقایسه با دیگر لوله ها می باشند هم اکنون در پروژه های کلان در نقاط مختلف جهان به عنوان اولین گزینه مورد استفاده قرار میگیرند. لوله های نوین کامپوزیتی جایگزین مناسبی برای انواع لوله ها مانندDuctil Iron . Cupper Nikel . Titanium alloy . Carbon steel . Stainless steelمی باشند این لوله ها با مقاومت مکانیکی بسیار بالای اقتصادی نسبت به لوله های فلزی جایگزین بسیار مناسب برای مقابله با خوردگی در لوله های فلزی می باشند [۱] این در حالی است که پروژه‌ای موفق است که بهترین کیفیت و کمترین هزینه و در زمان برنامه‌ریزی‌شده به انجام رسانده شود. [۲] در خطوط آب‌رسانی و فاضلاب از لوله‌های ساخته‌شده ،چدن،فولاد ،آزبست و بتنی استفاده گردد که خوردگی لوله‌های چدنی و فولادی، سرطان‌زا بودن لوله آزبستی و هزینه‌ی اجرایی و حمل،مقاومت ضعیف در برابر خاک‌های خورنده و همچنین اتصالات لوله بتنی باعث گردد که متخصصین این حوضه به دنبال لوله‌های با مقاومت مطلوب در برابر خوراندگی و اقتصادی‌تر باشند.اولین بار در امریکا از لوله‌های فایبرگلاس در سال ۱۹۴۸ در صنعت نفت و به‌تدریج در سال ۱۹۶۰ این نوع لوله‌ها در مصارف آب شهری و فاضلاب استفاده گردید.[۳] لوله‌های فایبرگلاس از مواد کامپوزیتی ساخته‌شده‌اند و این کامپوزیت‌ها رده‌ای از مواد پیشرفته هستند که در آن‌ها ترکیبی از مواد ساده به‌منظور ایجاد مواد جدید با خواص مکانیکی و فیزیکی برتر استفاده‌شده است.مواد کامپوزیت تقویت‌شده از الیاف ،ترکیبی از مقاومت‌های کششی و مدل ویژه بهتری نسبت به مواد فلزی را دارند و به علت پایین بودن نسبت وزن مخصوص به وزن (مقاومت کششی ویژه) و نسبت مدل به وزن (مدول ویژه) در بسیاری از کاربردهایی که کاهش GRP وزن سازه از اهمیت بالایی برخوردار است استفاده می‌گردد .یکی از انواع لوله‌های کامپوزیتی لوله‌های به معنای لوله‌های پلاستیکی مسلح شده با الیاف (Glass Fiber Reinforced Plastic Pipe) مخفف کلمات ۱۰۴۴- ۱۴۴۴ فایبرگلاس و شیشه می‌باشند میلی‌متر در سال۱۹۷۵ استفاده گردیده. .دیواره لوله‌های ۱۴۹۱میلی‌متر در سال تولیدشده با روش الیاف پیچی پیوسته از سه لایه GRP آستری، لایه مقاوم مکانیکی و روکش تشکیل‌شده است. در این روش، الیاف شیشه توسط ماشین مخصوص با زاویه مناسب روی قالب پیچیده می‌شود. برای واردکردن رزین نیز، یا قبلاً الیاف شیشه به رزین آغشته شده و یا توسط تغذیه‌کننده روی الیاف شیشه ریخته می‌شود. ماسه سیلیسی نیز در صورت لزوم و پس از رزین، روی آقای گودس با آنالیز فشار و کشش در لوله‌های کامپوزیتی به ۲۴۴۴ الیاف در حال پیچیدن ریخته می‌شود.در سال این نتیجه رسید که لوله‌های کامپوزیتی دارای انعطاف‌پذیری و سفتی بیشتری نسبت به لوله‌های ساخته‌شده از جنس (چدن ، فولاد ، آزبست و بتنی) می‌باشند . [۳] عمر مفید و صرفه اقتصادی لوله‌های کامپوزیتی باعث گردیده که رضا جاهدی و همکارانش پارامترهای وزن ، ۱۳۴۱ استفاده از لوله‌های کامپوزیتی افزایش پیدا کند . [۱] در سال)مورد GRP خزش ، عمر مفید ، خوردگی ، استحکام ، قابلیت اشتعال ، تحمل ضربه قوچ را در لوله‌های کامپوزیتی (بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که لوله فایبرگلاس علی‌رغم اینکه نصب و بهره‌برداری آن‌ها با حساسیت می‌باشد ولی با توجه به ماهیت کامپوزیتی و مواد اولیه (الیاف شیشه ، رزین پلی‌استر ، سلیس و مواد افزودنی پلیمری نظیر کاتالیزورها و شتاب‌دهنده‌ها) ، از مزایای منحصربه‌فردی درزمینهخوردگی ، وزن و عمر مفید برخوردار می‌باشند.[۵] امروزه با ورود مصالح نوین به بازار ظهور فنّاوری جدید در جهت اجرای خطوط لوله به سمتی پیش می‌رود که تا حد امکان از انجام هزینه‌های اضافی در جهت نصب کاسته شود و کمترین آسیب‌ها به محیط‌زیست پیرامون برسد . ازجمله روش‌های بهینه

اقتصادی روش حفاری بدون ترانشه می‌باشد در این روش دیگر نیازی به حفاری روباز خیابان‌ها نیست و همین باعث گردیده تا از معضلاتی همچون ایجاد ترافیک ، خسارت به محیط‌زیست و خرج هزینه‌های برگرداندن رویه خیابان‌ها به حالت اول نیازی نباشد . اصطلاح حفاری بدون ترانشه در مقابل حفاری روباز است و برای کارگذاری مجاری با قطر کوچک تا متوسط که غیرقابل‌دسترس هستند بکار می‌رود ، به‌ویژه در قسمت‌هایی که نمی‌توان در شرایط کاری عادی وارد مجاری شد.{۶}

۲-روش تحقیق

این تحقیق مروری است و برای ارزیابی فنی و اقتصادی تهیه و نصب لوله‌هایgrp را بررسی نموده‌ایم.

۳- مروری بر تحقیقات انجام‌شده

با توجه به تنوع و حجم بالای پژوهش‌های انجام‌شده درزمینه دینامیک کامپوزیت‌های GRPبه‌راحتی نمی‌توان از میان آن‌ها دهک را انتخاب نمود لذا در این پژوهش سعی شده است تا خلاصه‌ای از پژوهش‌هایی که ارتباط نزدیکی با تحقیق حاضر دارند ارائه شود.

۳-۳- شرح پژوهش‌های انجام‌شده

بیشترین پژوهش‌های انجام‌شده درزمینه تست ارتعاشات تیر مربوط به فعالیت‌های بیکن، آدامز و ماهری می‌باشد. در اکثر این پژوهش‌ها از روش‌های تست دینامیکی جهت تعیین خواص فیزیکی و مکانیکی مانند مدول یانگ و برشی و میرایی در نمونه‌های مختلف استفاده‌شده است و نتایج حاصله با نتایج روش‌های تحلیلی مقایسه شده‌اند. در این بخش خلاصه از پژوهش‌های فوق و روش‌های تست و نتایج آن‌ها ارائه‌شده است.

در سال (۱۹۷۲)رایت به بررسی خصوصیات دینامیکی تیرهای کامپوزیتی از جنسCFRPو GFRP از طریق تست رزونانس پرداخت. ارتعاش آزاد تیر با مدل اویلر-برلونی و شرایط مرزی دو سر آزاد (F-F) به تعیین مدول یانگ در کامپوزیت‌های فوق پرداخته‌شده است. روش‌تست برخلاف روش آدامز مبنای سیستم محرکی بود که به نمونه حال چون وزن نمونه‌ها بسیار پایین و جرم سیستم محرک متصل(مانند سیم‌پیچ و آهنربا) تأثیر قابل‌توجهی بر روی فرکانس طبیعی می‌گذاشت. این تست از یک دستگاه مت جابجایی برای تحریک نمونه‌ها استفاده می‌شد[۸].

در این روش یک ورق فلزی کوچک لرزاننده وصل می‌شود و در فاصله کمی با نمونه قرار می‌گیرد. تحریک از طریق اتصال هوا بین ورق مرتعش و تیر نمونه انتقال می‌یابد و آن را می‌لرزاند. نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش انحراف ملموسی با نتایج تئوری داشت که محققان دلیل اصلی آن را در اختلاف به این ضرایب انبساط حرارتی در دو جز تشکیل‌دهنده نمونه‌های کامپوزیتی یعنی رزین و الیاف دانستند.

در سال (۱۹۷۳)آدامز و بیکن برای اولین بار روش ارائه دادند که به‌وسیله آن می‌توان با یک تست آزمایشگاهی ساده مدول یانگ و ظرفیت میرایی ویژه (SDC)را برای فلزات و پلاستیک‌های تقویت‌شده اندازه‌گیری نمود. در این روش محققان نمونه‌های مختلف را تحت ارتعاش آزاد مستقل از زمان با شرایط مرزی دو سر آزاد (F-F) قرار دادند و با استخراج فرکانس طبیعی با تعیین مدول یانگ در نمونه‌ها پرداختند. محدوده فرکانس در این تست ۱۰۰ تا ۸۰۰ هرتز بود. در روش فوق یک جفت سیم‌پیچ که در دو طرف ناحیه مرکزی تیر وجود دارند در یک میدان مغناطیسی قرار گرفته و شرایط تحریک را به وجود می‌آورند. محققان در این پژوهش از معادلات اویلر-برنولی با شرایط مرزی مناسب جهت تعیین معادله فرکانس، مودهای ارتعاشی،مدول یانگ، ظرفیت

میرایی ویژه(SDC) ،انرژی کرنشی و تنش سطحی ماکزیمم استفاده کردند. در این پژوهش مطابقت بسیار خوبی بین دو روش آزمایشگاهی و تحلیلی در تعیین شکل مودها مشاهده گردید [٦].

همچنین محققان در پژوهشی دیگر تأثیر زاویه الیاف و شکل هندسی لایه را در خصوصیات دینامیکی تیرهای کامپوزیتی با شرایط مرزی و دو سر آزاد (F-F) موردبررسی قرار دارد. آن‌ها در این پژوهش با استفاده از معادلات متشکله ورق کامپوزیتی در حالت خمش روابط تحلیلی راه برای تعیین مدول یانگ مؤثر و میرایی خمشی در تیر کامپوزیتی به دست آورند. همچنین توابعی جهت تعیین تغییرات مدول یانگ و میرایی خمشی برحسب زاویه علی‌اف ارائه گردید. نتایج پیش‌بینی‌شده برای موبایل‌ها و میرایی در تیرهای با الیاف تک جهت (Unidirectional)دارای دقت کافی بود ولی در تیرهای Angleply نتایج دور از انتظار بود. در این پژوهش نشان داده شد که عرض تیغ تأثیر قابل‌توجهی در اندازه مدول یانگ و میرایی آن دارد.[۹]

در سال (۱۹۸۴) آدامز و نی در کاری مشابه با پژوهش‌های قبلی روابطی را جهت پیش‌بینی مدول یانگ و ظرفیت میرایی ویژه(SDC) در حالت خمش برای تیرهای کامپوزیتی GFRPو CFRP ارائه نمودند. دستگاه مورداستفاده جهت تست همان دستگاه آدامز و بیکن بود ولی نمونه‌های آزمایش در جهاتی زاویه‌دار با جهت اصلی الیاف و یا عمود بر آن برش داده شدند و درنتیجه نمونه‌هایی به‌صورت Angle Ply، Cross وGeneral ply مورد آزمایش قرار گرفتند. نتایج حاصل از این تغییر بسیار نزدیک به نتایج تحلیلی بودند. تفاوت اصلی این پژوهش با پژوهش‌های قبلی در احتساب اثر کوپلینگ خمش و پیش‌بینی خواص دینامیکی نمونه‌ها بود.

در سال (۱۹۸۵) وایت و آبدین به بررسی خصوصیات دینامیکی کامپوزیت‌های FRPبا الیاف کوتاه کربن در خمش و پیچش پرداختند. هدف اصلی ایشان اندازه‌گیری مدولهای یانگ و برشی نمونه‌ها از طریق انجام تست دینامیکی بود. روش تست محققان جهت اندازه‌گیری فرکانس طبیعی تیر در ارتعاش خمشی مستقل از زمان با شرایط مرزی دو سر آزاد (F-F) جهت تعیین مدول یانگ همانند روش تشریح شده در پژوهش رایت در سال ۱۹۷۲ بود، اما در این پژوهش روشی جدید برای اندازه‌گیری فرکانس ارتعاش پیچشی مستقل از زمان میله با شرایط مرزی دوسرگیردار به‌منظور تعیین مدول برشی به کار گرفته شد. در این روش یک جفت سیم‌پیچ و آهنربای مستطیلی شکل از طریق جریان متناوب با ایجاد میدان مغناطیسی باعث تحریک تیری می‌شدند که به ناحیه وسط نمونه میله‌ای شکل متصل است و با القای نیروی دینامیکی دورانی موجب ارتعاشات پیچشی میله می‌گردند. جریان القایی به سیم‌پیچ‌ها از طریق یک نوسان‌ساز (Oscillator) تولید می‌شود و سپس توسط یک آمپلی‌فایر تقویت می‌گردید. نتایج به‌دست‌آمده از تست ارتعاش خمشی مانند مدول یانگ با نتایج تست استاتیکی به‌دست‌آمده دارای اختلافاتی بودند که محققان موارد زیر را به‌عنوان علت این اختلاف مطرح کردند:

۱-اثر متقابل الیاف بر روی یکدیگر در روش آزمایشگاهی

۲-میزان چسبندگی و کیفیت چسبیدن الیاف و رزین به یکدیگر

۳-تأثیرات تغییر فرم ناشی از برش عرضی تیر در تست خمش و عدم در نظر گرفتن آن در روش تحلیلی استاتیکی

۴-مدول یانگ ای که روش تحلیلی (تست استاتیکی) به‌دست‌آمده در حال کشش نمونه است درحالی‌که این فرد در روش آزمایشگاهی (مدل ارتعاشی خمشی تیر اویلر-برنولی) وجود ندارد و ازآنجایی‌که مدول یانگ در کامپوزیت‌ها در حالت کشش بیشتر از فشار است این اختلاف بین مدول یانگ دینامیکی و استاتیکی اجتناب‌ناپذیر است.[۸]

در سال (۱۹۹۲)آدامز و ماهری به بررسی خصوصیات دینامیکی بارشی در مواد با ساختار Honeycombاستفاده از ظرفیت تست دینامیکی برش تیر پرداختند. در این پژوهش محققان به روش جدید جهت اندازه‌گیری و معیار SDCدر میرایی این مواد دست یافتند.

در سال (۱۹۹۴)آدامز و ماهری به بررسی خصوصیات خمشی دینامیکی تیرهای کامپوزیتی غیر ایزوتروپیک پرداختند. در این پژوهش خصوصیات و خمش دینامیکی تیرهای کامپوزیتیCFRPو GFRP با الیاف در زوایای مختلف با استفاده از معیار میرایی آدامز- بیکن و داده‌های حاصل از تست خمش دینامیکی و معادلات حاکم بررسی‌شده است ویژگی‌های ممتاز این پژوهش در مقایسه با پژوهش‌های قبلی می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

۱-مدول یانگ مؤثر در تیر با ساختار لایه‌ای با استفاده از تئوری اصلی ورقه‌ای کامپوزیتی در حالت یک‌بعدی استخراج و با نتایج آزمایشگاهی مقایسه گردید. این نتایج با دقت۰.۱ درصد نسبت به نتایج تحلیلی به دست آمد.

۲-تست‌های دینامیکی برای تیرهای کامپوزیتی ارتوتروپ و غیر ایزو درود

انجام شد و اثرات کوپلینگ خمش موجود در نمونه‌های خارج از محور(Off axis) و Angleply متقارن در تغییر مقدار مدول یانگ بررسی گردد همچنین تغییرات مدول یانگ مؤثر نسبت به تغییر زاویه الیاف بررسی و ارائه شد.

۳-روش استفاده از تست بارش تولیدی جهت تعیین مدول برشی که سابقاً توسط فاکس برای اولین بار استفاده‌شده بود با اعمال تغییراتی بهینه‌تر و دقیق‌تر انجام پذیرفت.

Δدر سال (۱۹۹۷) آدامز و ماهری به بررسی ارتعاشات خمشی تیر تیموشنکو و کاربرد آن در سازه‌های ساندویچی پرداختند. در این پژوهش معادلات ارتعاش تیر تیموشنکو با شرایط مرزی دو سر آزاد (F-F) و جاری متمرکز در ناحیه مرکزی تیر استخراج‌شده است و نتایج تست‌های دینامیکی با این روابط مقایسه شده‌اند.

Δدر سال (۲۰۰۱) آدامس و ماهری با استفاده از تست‌های دینامیکی روشی جهت تعیین مدول برشی سازه‌های چسبی در نمونه‌های ضخیم ارائه دادند. در این پژوهش نیز نتایج تست‌های دینامیکی با نتایج تحلیلی بررسی و مقایسه شده‌اند.

Δدر سال (۲۰۰۳) آدامس و ماهری میرایی در کامپوزیت‌های پیشرفته با پایه پلیمری (FRP)را موردبررسی قرار دادند. در این پژوهش به بررسی و پیش‌بینی میرایی کامپوزیت‌های FRPبر اساس فاکتور SDCو میزان انرژی میرایی در هر سیکل از ارتعاشات پرداخته‌شده است.[۸]

سایر شرح پژوهش‌ها انجام‌شده و روش‌های مختلف اندازه‌گیری مدول یانگ و برشی در مواد مختلف در پیوست شماره ۱ آمده است.

۴- ادبیات نظری

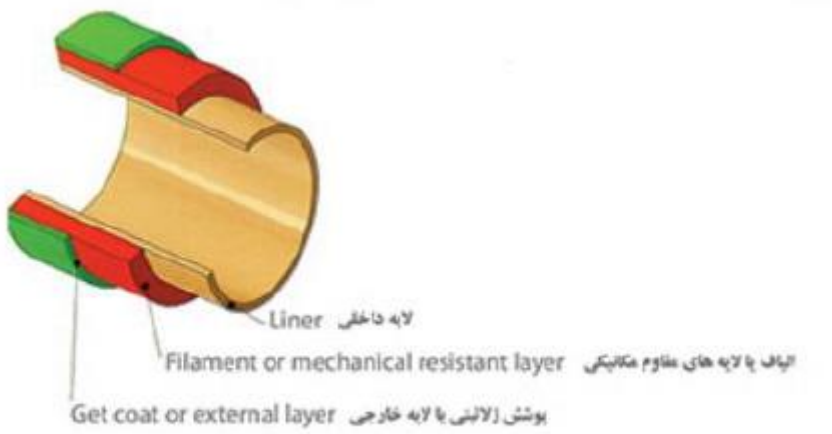
۴-۱- عرفی لوله‌هایGRP

لوله‌های GRP از کامپوزیت‌های پلاستیکی پیشرفته تولید می‌گردد و کاربردهای بسیار متنوعی در صنایع مختلف دارند که از یک بستر رزینی تشکیل‌شده و با الیاف شیشه تقویت می‌شود. این نوع لوله‌ها در کتاب‌ها و استانداردها با واژه ۱ GRPشناخته می‌شوند.

به دلیل ساختار کامپوزیتی این نوع لوله‌ها، خصیصه‌های مکانیکی و شیمیایی آن با فرمولاسیون ساخت قابل‌تغییر است. باید توجه داشت که در این نوع لوله‌ها، الیاف شیشه (اعم از نوع و کیفیت) رزین و سایر مواد افزودنی، هر سه در ایجاد خصیصه‌های لوله نقش دارند و نمی‌توان به‌صرف به‌کارگیری نوعی خاص از رزین لوله را دارای بالاترین مقاومت دانست[۸].

مهم‌ترین روش تولید این لوله‌ها روش پیچش الیاف می‌باشد. لوله‌های تولیدشده به روش پیچش الیاف از سه لایه با خصوصیات متمایز و اتصال خوب به همدیگر تشکیل‌شده‌اند که این سه لایه عبارت‌اند از: لایه آستری، لایه مقاوم مکانیکی و لایه خارجی. لایه آستر داخلی که در تماس مستقیم با سیال است، حداکثر مقاومت در برابر حمله شیمیایی از طرف سیال را تضمین می‌کند. همچنین این لایه وظیفه ایجاد سطحی صاف و صیقلی بدون وجود هرگونه ترک یا آسیب

موضعی را بر عهده دارد. لایه آستر از یک‌لایه veil و یک‌لایه نوار mat شیشه‌ای که به رزین مناسب آغشته می‌گردد، تشکیل می‌شود. ضخامت استر ۱.۵ تا ۱.۲ میلی‌متر می‌باشد که در صورت نیاز برحسب مورد، ضخامت‌های بیشتری نیز در طراحی می‌تواند مدنظر قرار گیرد. لایه مقاوم مکانیکی وظیفه مقاوم‌سازی جدار خارجی لایه در برابر تنش‌های ناشی از شرایط کارکردی را دارد. این تنش‌ها ناشی از فشار داخلی و خارجی اعمالی بر لوله می‌باشد. ضخامت این لایه نیز واب سته به میزان نیروی وارد بر لوله می‌باشد. این لایه از الیاف شیشه پیوسته که به رزین آغشته گردیده است، ساخته می‌شود. لایه خارجی دارای ضخامتی در حدود ۱.۲ میلی‌متر است و از رزین خالص بدون الیاف ساخته می‌شود. این لایه نقش آغشته سازی کامل الیاف بیرونی را ایفا می‌کند و باعث می‌شود تا سطح خارجی لوله عاری از هرگونه برآمدگی و تورم الیاف باش د. لایه خارجی همواره به‌وسیله اشعه ماورا بنفش پخت می‌شود تا از سایش‌های جزئی ممانعت به عمل آورد. درشکل ۱-۱ لایه‌های لوله‌های GRP نشان داده‌شده است[۹]



شکل ۱: لایه‌های تشکیل‌دهنده لوله‌های GRP

۲-۴- کاربرد لوله‌های GRP

محصولات کامپوزیتی، علاوه بر اینکه دایره مصرف وسیعی را در صنایع پیشرفته و فوق پیشرفته مختلف ازجمله هوافضا، نفت، صنایع خودرو و ... دارند، با توجه به مزایای زیاد آن‌ها نسبت به سایر لوله‌ها کاربردهای بسیار گسترده‌تری برای آن‌ها وجود دارد که در ذیل چند مثال عنوان‌شده است:

- شبکه‌های انتقال و توزیت آب خام و آشامیدنی
- جمع‌آوری و انتقال فاضلاب شهری و صنعتی
- شبکه‌های جمع‌آوری آب‌های سطحی
- خطوط انتقال سیالات شیمیایی و خورنده
- شبکه‌های آبیاری و زهکشی
- سیستم‌های خنک‌کننده
- سیستم‌های اطفاء حریق

- خطوط انتقال انواع سیالات نفتی، پساب‌های نفتی، صنعتی و شیمیایی

۴-۳- مزایای لوله‌های GRP

- مقاومت در برابر خوردگی: در این لوله‌ها، خوردگی نه در سطح داخلی که در تماس با سیال است و نه در سطح خارجی که در تماس با محیط است، وجود ندارد. بنابراین هزینه‌های مربوط به پوشش‌های داخلی و خارجی و حفاظت کات دی به‌طور کامل از بین می‌رود لذا خواص هیدرولیکی در طول زمان طولانی بهره‌برداری ثابت خواهد ماند[۸]
- عمر طولانی: عمر مفید این لوله‌ها بالغبر ۵۱ سال می‌باشد که حداقل دو تا سه برابر عمر مفید یک لوله فولادی یا بتنی است و منجر به حداکثر بهره‌وری اقتصادی می‌گردد.
- وزن کم: وزن لوله‌های GRP حدود یک‌پنجم لوله‌های فولادی و یک‌دهم لوله‌های بتنی می‌باشد. بنابراین سرعت و سهولت نصب بسیار بهتری نسبت به لوله‌های دیگر دارند.
- صافی سطح داخلی: صاف بودن سطح داخلی لوله‌های GRP باعث افت فشار کمتر سیال نسبت به لوله‌های دیگر می‌گردد و در شرایط یکسان سیال بیشتری توسط این لوله‌ها قابل‌انتقال می‌باشد و یا امکان کاهش قطر لوله برای کاهش هزینه اولیه فراهم می‌گردد. همچنین سبب کاهش رسوبات جمع شده در سطح داخلی لوله و درنتیجه کاهش هزینه رسوب‌زدایی می‌گردد و زبری لوله در مدت عمر کاری تقریباً ثابت می‌ماند.
- قابلیت تولید در طول‌های بلند و قطرهای مختلف: تولید لوله‌های GRP در شاخه‌های ۱۲ متری با کاهش تعداد است اتصالات و درنتیجه کاهش زمان نصب می‌شود. لوله‌های GRP در طول‌های ۶ تا ۱۲ متر و قطر ۲۵ تا ۴۱۱۱ میلی‌متر تولید می‌گردد. این تنوع بالای قطرها، طول‌های بالای تولید، قابلیت پاسخگویی به کلیه نیازهای صنعت آب و فاضلاب را دارا می‌باشد[۹].

از دیگر فواید این لوله‌ها می‌توان به تحمل فشار بالا، تحمل دمای بالا، عدم اکسیداسیون در مقابل رطوبت و هوا و سهولت تولید اشاره کرد.

۴-۴- روش‌های ساخت

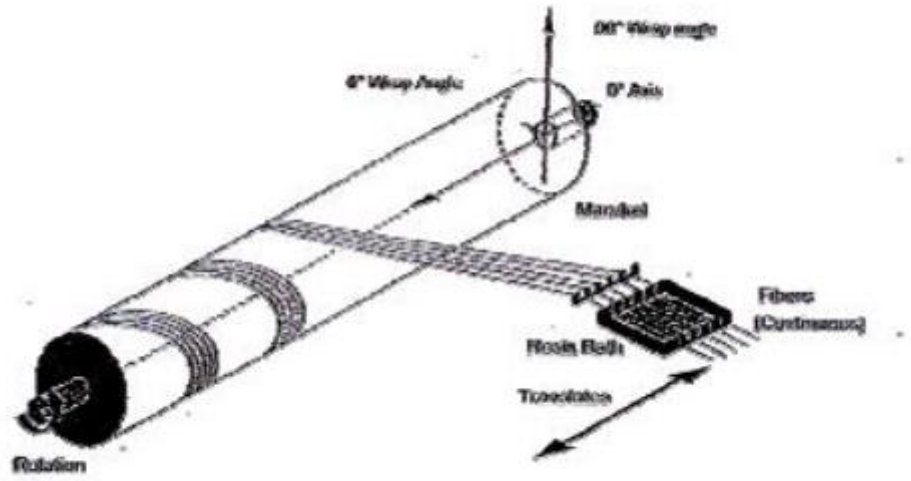
لوله‌های GRP به دو روش اصلی رشته پیچی و ریخته‌گری گریز از مرکز تولید می‌شوند.

در فرایند ریخته‌گری گریز از مرکز، الیاف شیشه داخل یک تیوپ فولادی قرار داده می‌شوند. زمانی که تیوپ فلزی با سرعت‌بالا به دور خود می‌گردد، رزین از انتهای تیوپ به داخل آن تزریق می‌شود و الیاف شیشه خیس می‌خورند. نیروی گریز از مرکز هوای موجود در رزین و الیاف شیشه را بیرون می‌کشد و حاصل، لوله‌ای عاری از حفره و کاملاً متراکم است. همچنین نیروی گریز از مرکز وارده بر رزین سطح داخلی صاف و غنی از رزین را به وجود می‌آورد(۸).

فرایند رشته پیچی که از متداول‌ترین شیوه‌های تولید لوله‌های GRP می‌باشد، به دو صورت پیوسته و ناپیوسته صورت می‌گیرد. در روش ناپیوسته لوله با طول حداکثر ۱۲ متر تولید می‌شود. الیاف بر روی یک قالب با طول ثابت که حول محور طولی خود به‌آرامی دوران می‌کند، به‌واسطه یک منبت تغذیه‌کننده که در راستای طول لوله حرکت رفت و برگشتی دارد، پیچانده می‌شود. برای این منظور ابتدا الیاف در حوضچه‌ای به رزین آغشته می‌شوند و سپس الیاف آغشته به رزین بر روی مندرل دوار پیچانده می‌شود. بر اساس تنظیم سرعت‌های نسبی دوران مندرل و حرکت منبت تغذیه‌کننده الیاف شیشه، زوایای مختلف پیچش قابل حصول می‌باشد. همچنین در این روش امکان اعمال سیلیس به‌منظور کاهش مصرف

الیاف و رزین و افزایش ممان اینرسی مقطع لوله جهت افزایش سختی لوله امکان‌پذیر است. لوله‌های تولیدشده به این روش برای مصارف گرانشی، فشار متوسط و بالا و هرگونه کاربرد در رو و زیرزمین مناسب است[۸]

در روش پیوسته لوله به‌صورت پیوسته تولید می‌گردد و هنگامی‌که طول آن به مقدار موردنظر رسید، برش داده می‌شود. در این شیوه تسمه‌های فلزی باریک، مندرل را تشکیل می‌دهند که از انتها در راستای محور مرکزی لوله دوباره به اول خط تولید بازمی‌گردند و یک ساختار پیوسته را برای مندرل ایجاد می‌کنند. لوله‌های تولیدشده به این شیوه برای مصارف گرانشی و کم‌فشار و کاربردهای زیرزمینی مناسب است[۹].



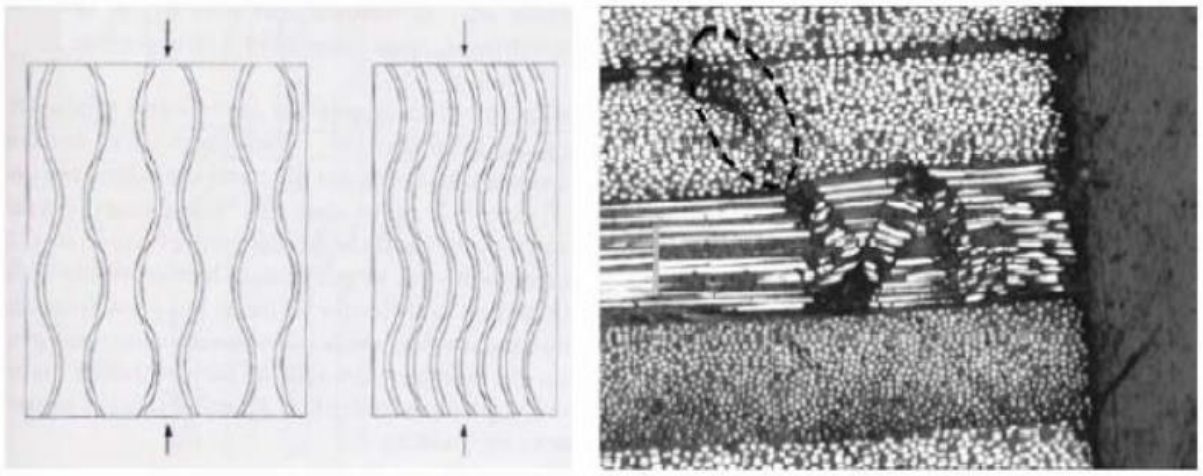
شکل۲: تولید لوله‌های GRP به روش پیچش الیاف

۵-۴- مواد تشکیل‌دهنده لوله‌های GRP و خواص مکانیکی آن‌ها

لوله‌های GRP از یک بستر رزینی تقویت‌شده با الیاف شیشه تشکیل‌شده‌اند. به دلیل ساختار کامپوزیتی این لوله‌ها، خصیصه‌های مکانیکی و شیمیایی آن با فرمولاسیون ساخت قابل‌تغییر است و باید توجه داشت که در این نوع لوله‌ها الیاف شیشه، رزین و سایر مواد افزودنی، هر سه در ایجاد خواص مکانیکی لوله‌ها نقش دارند.

الیاف شیشه

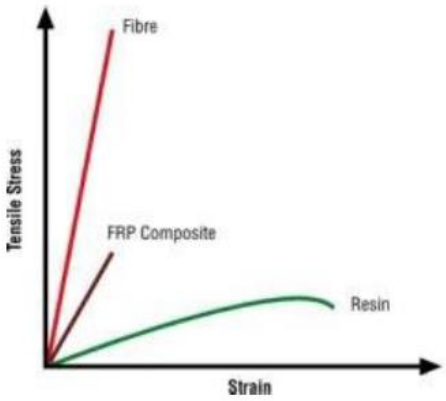
الیاف شیشه نسبت به رزین ویژگی‌های الاستیکی بهتری دارند. ازاین‌رو مشخصات کلی سازه‌های کامپوزیتی به مشخصات الیاف واب سته است. تعیین این مشخصات کلی به‌سادگی امکان‌پذیر نیست. چهار فاکتور اصلی عبارتنداز: ۱- مشخصات فیزیکی الیاف ۲- کیفیت الیاف و رزین ۳- درصد حجمی الیاف (V_f) -۴ موقعیت الیاف و هندسه آن‌ها بار ف شاری در جهت الیاف ممکن است منجر به کمانش الیاف شود که منجر به آسیب‌دیدگی محلی می‌گردد. وقتی الیاف با زاویه پیچش $\varphi \pm$ قرار گیرند، تنش تکمحوری کششی باعث ایجاد تنش‌های برشی میان لایه‌ای به دلیل تفاوت میان کرنش‌های مربوطه می‌گردند. سپس ورقه شدن اتفاق میافتد[10]



شکل۳: گسیختگی الیاف در اثر بار فشاری

رزین

یکی از ویژگی‌های رزین این است که وقتی فیبرها کارایی خود را از د ست می‌دهند، مانت از خروج سیال داخل لوله شده و لوله همچنان قادر به تحمل وزن خود می‌باشد.



شکل۳ منحنی تنش-کرنش الیاف شیشه، رزینFRP

لوله‌های GRP عمدتاً با دو مشخصه فشار اسمی(PN) و سفتی (SN) طبقه‌بندی می‌گردند. طبقه‌بندی فشار اسمی نشان‌دهنده حداکثر فشار در زمان کارکرد برحسب بار یا اتمسفر می‌باشد و به عمق دفن لوله بستگی ندارد. سفتی لوله‌های GRP معرف مقاومت لوله در برابر تغییرش کل می‌باشد. توانایی لوله برای مقاومت در برابر تغییر شکل و انحراف ناشی از نیروهای خارجی و فشار خلأ داخل لوله، به میزان سفتی آن بستگی دارد[۹].

۶-۴- مشخصات فنی لوله‌های GRP

لوله‌های GRP بر اساس استانداردهای ASTMD ۳۲۶۲ و ASTMD ۳۵۱۷ و DIN ۱۶۸۶۸ و AWWAC ۹۵۰ ساخته‌شده و مورد آزمایش قرار می‌گیرند. این لوله‌ها در قطرهای ا سمی ۱۱۱ تا ۲۴۱۱ میلی‌متر در سه رده سفتی استاندارد(۲۵۱۱ و ۵۱۱۱ و ۱۱۱۱۱ نیوتن بر مترمربع) و رده‌بندی فشار اسمی شش تا ۳۲ بار ساخته می‌شوند. طول لوله‌ها برحسب قطر لوله از شش تا ۱۲ متر می‌باشد. نوع اتصالات لوله‌ها حائز اهمیت است و کارخانه سازنده لوله موظف است نوع اتصال و نحوه آب‌بندی لوله‌ها را مطابق با استانداردهای مربوطه ارائه نماید.

استانداردها

استانداردهای NORSAK، DIN، ISO، API، ASTM، ISIRI و AWWA جهت کاربردهای مختلف لوله‌های GRP ازجمله انتقال آب آشامیدنی، جمع‌آوری فاضلاب‌های شهری، سیال‌ها و پساب‌های نفتی، پساب‌های صنعتی و مواد شیمیایی بکار گرفته می‌شوند.

کمبود دانش در مورد کنترل بنیادی پارامترها جهت عملکرد طولانی‌مدت مواد منجر به طراحی د ست بالا، ارزیابی آن‌ها برای نخستین بار در هنگام سرویس‌دهی و درنتیجه جلوگیری از استفاده بی شتر از آن‌ها می‌شود. علاوه بر عملکرد طبیعی لوله‌های GRP در سازه‌های عمرانی و سازه‌های مکانیکی، این لوله‌ها در معرض شرایط پیچیده محیطی اعم از تنش‌های مختلف از قبیل فشار داخلی، بار خارجی، فشار محوری، لنگر و ...رطوبت، دما، تشعشعات شیمیایی و محیط‌های گازی قرار دارند. برای نمونه:

- گسیختگی ناشی از نشت آب از لوله‌های GRP که در معرض ترکیب ف شار داخلی و بار محوری قرار دارند، در اثر آسیب پیش‌رونده‌ای که در اثر ترکیب ترک‌ها ایجاد می‌شود، اتفاق میافتد و با از دست رفتن ظرفیت تحمل بار لوله می‌شود.
- نفوذ آب در جداره ممکن است به‌طور قابل‌توجهی رفتار طولانی‌مدت لوله را تغییر دهد.
- مقاومت لوله‌های GRP در اثر زمان در دماهای بالا یا عملکردهای طولانی‌مدت دچار تغییر می‌شود. برای جلوگیری از گسیختگی در اثر این عوامل باید آزمایشات و مطالعاتی جهت تعیین مشخصات مقاومتی طولانی‌مدت انجام گیرد.
- بارهای خارجی ممکن است به‌وسیله ابزارهای ف شاری مانند سقوط اجسام بر روی لوله‌ها و یا برخورد ماشین‌آلات حفاری و غیره به لوله وارد گردد. این بارها ممکن است موجب آسیب‌ها و خسارات جدی و ناگهانی در این خطوط گردد. به همین دلیل بررسی اثر این‌گونه نیروها از اهمیت زیادی برخوردار است.

۴-۷- اتصال لوله‌های فایبرگلاس

۴-۷-۱- اتصال غلافی و حلقه لاستیکی

اتصال از نوع غلاف و حلقه لاستیکی معمول‌ترین نوع اتصال لوله‌های فایبرگلاس در خطوط لوله می‌باشد. در حال حاضر، اتصالات تولیدی در ایران برای مسیر خط انتقال از این نوع است.

غلاف اتصال از جنس فایبرگلاس بوده و همراه لوله در کارخانه تولید می‌شود. قطر داخلی این غلاف‌ها از قطر سر لوله مربوط بزرگ‌تر می‌باشد که توسط دو و یا چند حلقه لاستیکی، آب‌بندی لوله را تأمین می‌نمایند. واشر لاستیکی در داخل غلاف و در درون شیاری که به‌دقت تراشکاری شده قرار می‌گیرد.[۱۱]

۴-۷-۲- اتصالی فلنجی لوله فایبرگلاس

اتصال نوع فلنجی برای نصب شیرآلات، متعلقات فلنج دار و نظایر آن، همچنین برای اتصال لوله با جنس متفاوت به لوله‌های فایبرگلاس استفاده می‌شود.

۴-۷-۳-اتصال مکانیکی لوله GRP

کاربرد اتصال نوع مکانیکی و یا اتصالی قابل‌انعطاف در لوله‌های فایبرگلاس مانند سایر لوله‌ها، برای ایجاد امکان انحراف در محل اتصال، اتصال دو لوله با جنس متفاوت، اتصال دو لوله با قطر متفاوت و نظایر آن می‌باشد.

۴-۷-۴-اتصال فلزی لوله جی آر پی

اتصال فلزی در حقیقت نوعی بست می‌باشد که در محل اتصالی قرار گرفته و توسط پیچ و مهره در محل اتصال محکم می‌شود.آب‌بندی اتصالی توسط واشرهای لاستیکی که در داخل بدنه اتصالی قرار گرفته تأمین می‌گردد.

کاربرد این اتصال برای تعمیرات خط لوله (ترکیدگی لوله،صدمه به بدنه لوله و نظایر آن)نیز کاربرد دارد.

۴-۷-۵-اتصال فشاری لوله جی آر پی

در این نوع اتصال، سر ساده یک لوله به داخل سر کاسه لوله دیگر فشار داده‌شده و آب‌بندی توسط چسب مخصوص که بین جدار خارجی سرساده و جدار خارجی سر کاسه قرار می‌گیرد، تأمین می‌شود. توانایی لوله برای مقاومت در برابر تغییر شکل و انحراف ناشی از نیروهای خارجی و فشار خلاء داخل لوله فایبرگلاس، به میزان سختی آن بستگی دارد. هرچند مقدار سختی لوله به ضخامت جداره آن نیز بستگی دارد، ولی در نهایت، شاخصی که معرف خواص فیزیکی لوله‌های فایبرگلاس است، مقدار سختی آن می‌باشد و ذکر تنها ضخامت جداره لوله کافی نیست.

۴-۷-۶-قطر لوله: GRP

لوله‌های فایبرگلاس علاوه بر فشار اسمی و سختی، بر اساس سری قطر نیز طبقه‌بندی می‌گردند.

۴-۷-۷-مقاومت شیمیایی

لوله‌های فایبرگلاس در مقابل خوردگی و سایر عوامل مشابه تخریب‌کننده مقاومت خوبی داشته و درعین‌حال،کاملاً با محیط‌زیست سازگار می‌باشد.

۴-۷-۸-مشخصات هیدرولیکی لوله جی آر پی

لوله‌های فایبرگلاس دارای سطح داخلی کاملاً صیقل و صاف بوده که به‌مرورزمان نیز حفظ می‌شود. علاوه بر آن و به دلیل مواد مصرفی و ضخامت جداره لوله، قطر داخلی لوله‌های فایبرگلاس در اکثر مواقع بیش از قطع داخلی سایر لوله‌ها با قطر اسمی مشابه است.

۴-۷-۹-واشر و روان کننده

برای نصب لوله و متعلقات بااتصالات غیرفلنجی، استفاده از مواد روان کننده برای آغشته نمودن سطوح و سهولت حرکت قطعاتی که باید در درون یکدیگر بلغزند، ضروری است. واشر و روان کننده‌های مورداستفاده در لوله‌های GRP باید:

- با مواد پلاستیکی لوله و یکدیگر سازگار باشند.
- امکان رشد باکتری و قارچها را ایجاد ننمایند.
- بر کیفیت آب آشامیدنی اثر نکنند.
- مواد روان کننده نباید دارای پایه نفتی باشند.

مواد روان‌ساز معمولاً توسط کارخانه‌ها سازنده لوله و متعلقات تأمین و یا نوع آن اعلام می‌شود. در صورت ضرورت می‌توان از ترکیب ۷۰ درصد آب و ۳۰ درصد صابون به‌عنوان ماده روان کننده استفاده نمود.

۴-۸-پوشش‌های حفاظتی

لوله‌های فایبرگلاس در مقابل خوردگی خاک و سیال کاملاً مقاوم بوده و لذا، هیچ‌گونه تمهیداتی برای حفاظت لوله و اتصالات هم‌جنس آن در مقابل خوردگی نیاز نیست. بنابراین، حفاظت و یا تعمیرات پوشش‌های حفاظتی به معنی متداول آن در زمان‌های حمل‌ونقل، انبار نمودن و نصب لوله‌ها وجود نخواهد داشت. پوشش حفاظتی لوله در مقابل خوردگی و تخریب، از طریق مواد مصرفی، و خصوصاً روکش‌های داخلی و خارجی لوله تأمین می‌گردد . لوله‌ها باید در صورت نیاز و اعلام فروشنده، در مقابل تابش مستقیم آفتاب حفاظت شوند . لذا رعایت اصول لازم در تمام مراحل کار به‌منظور جلوگیری از صدمه به روکش‌های داخلی و خارجی، نه‌تنها از دیدگاه حفظ مشخصات هیدرولیکی و مقاومت لوله جی آر پی در مقابل فشار و بارهای وارده ضروری می‌باشد، بلکه این امر، برای جلوگیری از تخریب لایه‌های تشکیل‌دهنده جسم لوله نیز اهمیت ویژه دارد.[۱۲]

۴-۹- اصول اصلی در جابجایی لوله فایبرگلاس یا لوله جی آر پی و نحوه جاگذاری لوله

ما در اینجا به چندین نکته اساسی اشاره خواهیم کرد تا با این روش‌ها آشنا شوید و مشکلی در انجام این کارها نخواهید داشت:

۱. بدنه و لبه لوله و متعلقات باید در مقابل هرگونه صدمه محافظت کردند.
۲. در بلند کردن و جابجایی لوله‌ها و متعلقات، باید از تسمه برزنتی و یا چرمی و با پهنای کافی استفاده شود.
۳. زنجیر و سیم بکسل و بازوی لیفت تراک فقط در صورتی مجاز است که با مصالح محافظ، نظیر نمد، لاستیک و مشابه آن کاملاً پوشش شده باشند.
٤. استفاده از قلاب برای بلند کردن و جابجایی لوله و متعلقات از دو سر آن مجاز نیست. لوله‌ها باید همیشه از بدنه بلند شوند.
٥. تسمه و یا طناب و سیم‌های پوشش شده مصرفی نباید باعث ایجاد بار متمرکز و فشار زیاد و ایجاد فرورفتگی در بدنه لوله شوند.
٦. بلند کردن و جابجایی لوله‌ها و متعلقات با استفاده مستقیم از جام و یا چنگک وسایلی نظیر بیل مکانیکی، لودر و ماشین‌آلات مشابه ممنوع می‌باشد. استفاده از لیفت تراک با پیش‌بینی تمهیدات لازم ذکرشده مجاز خواهد بود.

۷. بلند کردن و جابجایی لوله و متعلقات از طریق عبور دادن سیم بکسل، طناب، زنجیر و وسایل مشابه از داخل لوله مجاز نیست.
۸. باید توجه شود که هر لوله و متعلقات به‌تنهایی بلند شده و جابجایی و بلند کردن چند لوله و یا متعلقات با یکدیگر مجاز نیست.
۹. استفاده از یک عدد تسمه و اتصال به بدنه لوله در یک قسمت در صورتی مجاز است که تعادل لوله به‌خوبی برقرار شود، برای اطمینان استفاده از دو تسمه بااتصال در دو محل مناسب در بدنه لوله توصیه می‌شود.
۱۰. بلند کردن مجموعه لوله‌های تلسکوپی (اقطار کوچک درون اقطار بزرگ با یک تسمه و وسایل مشابه مجاز نیست و حتماً باید از دو محل اتصال استفاده نمود.
۱۱. تسمه‌ها و سایر وسایل مورداستفاده در جابجایی لوله‌ها و متعلقات باید مرتباً کنترل و از به کار بردن وسایل معیوب و مستعمل خودداری شود.
۱۲. توجه شود که در زمان بلند کردن و جابجایی لوله و متعلقات، کارگران و افراد زیر آن قرار نداشته باشند.
۱۳. از برخورد لوله و متعلقات با یکدیگر و سایر اشیاء و وسایل و ساختمان‌ها در حین بلند نمودن و جابجایی جلوگیری شود.
۱٤. از پیچ خوردن و چرخیدن تسمه‌ها و وسایل مشابه در حین بلند نمودن و جابجایی لوله‌ها جلوگیری گردد.
۱٥. از حرکت تند و توقف ناگهانی بازوی جرثقیل در طول مدت بلند نمودن و جابجایی لوله‌ها اجتناب شود.
۱٦. کارگران و افرادی که در محدوده عملیات جابجایی و بلند کردن لوله‌ها و متعلقات قرار دارند، از وسایل ایمنی شخصی (کلاه، کفش و دستکش) استفاده نمایند.[۸]

۴-۱۰- نحوه عایق‌بندی لوله جی آر پی

۱. هرگونه سنگ و یا سایر مصالح اضافی برداشته‌شده و پستی‌وبلندی‌های مسیر کاملاً هموار گردد.
۲. لوله‌ها با تمام جسم و بدنه روی زمین قرار گرفته و مهارشده و از غلتیدن آن‌ها با به‌کارگیری وسایل مناسب، جلوگیری گردد.
۳. ریسه کردن لوله‌ها در کنار ترانشه باید یا پس از اتمام عملیات حفاری و بسترسازی انجام و یا از ورود خاک و سایر مصالح به داخل لوله در حین عملیات اجرایی و بسترسازی جلوگیری گردد.
٤. اطمینان حاصل شود که هیچ قسمت از بدنه لوله روی بستر سنگی و یا پستی‌وبلندی قرار نگیرد و تمام بدنه لوله روی زمین باشد.
٥. در صورت لوله‌گذاری درشیب، تمهیدات لازم برای جلوگیری از لغزش لوله‌های ریسه شده پیش‌بینی شود.
٦. تمام تمهیدات لازم برای جلوگیری از صدمه به سر لوله‌ها به کار گرفته شود.

۴-۱۱- انبارداری

انبارداری لوله‌ها و متعلقات باید به نحوی باشد که ضمن سهولت در جابجایی و خارج نمودن مصالح موردنیاز، از وارد آمدن صدمه و خسارت به آن‌ها جلوگیری شود. در این رابطه حداقل نکات اساسی لازم‌الاجرا، در بخش نکات مشترک لوله‌گذاری منعکس و تذکر داده‌شده است. در اینجا علاوه بر موارد اختصاصی لوله‌های فایبرگلاس، صرفاً چند نکته مهم نیز باید رعایت شود تا اخلالی در عملکرد لوله ایجاد نکند:

- نکته اول اینکه محلی که بایستی لوله GRP دفن شود حتماً صاف و کاملاً مسطح باشد تا زهکشی صورت پذیرد . محل فوق، در صورت امکان، دارای پوشش بتنی و یا آسفالت بوده و در غیر این صورت، شن‌ریزی گردد.

- نکته دوم نباید مواد بیرونی ازجمله خاک یا شن ریزه و یا هر چیز خارجی وارد لوله شود و از این عمل جلوگیری کرد . به عبارتی درصورتی‌که در خاک‌ریزی نهایی، مواد سنگی دانه‌درشت و نظایر آن وجود دارد، خاک‌ریز اولیه بالای لوله باید حداقل ۳۰ سانتیمتر باشد. [۱٦]

نکته سوم اینکه در حالت کلی جابجایی لوله‌ها از طریق غلطاندن روی زمین، ریل و یا لوله‌های دیگر و قرار دادن متعلقات درروی یکدیگر به لوله GRP آسیب می‌زند.

حتماً فواصلی بین لوله‌ها و زمین باید باشد . به این منظور از تخته یا الوار یا چوب‌هایی مسطح به فاصله مابین لوله و زمین به‌اندازه معین انتخاب و جاگذاری می‌کنند .در قرار دادن لوله‌ها روی یکدیگر، باید بین هر دو ردیف لوله نیز الوارهایی به فواصل مناسب قرار گرفته باشد . ضخامت الوارها باید به نحوی باشد که لوله‌های واقع در یک ردیف با لوله‌های ردیف دیگر در هیچ نقطه‌ای تماس نداشته باشند. عرض الوارها نیز به نحوی انتخاب شوند که از ایجاد بار متمرکز روی بدنه لوله‌ها جلوگیری شود . تعداد مجاز ردیف‌های لوله روی یکدیگر در انبار بر اساس استانداردهای مختلف می‌تواند با ارقام فوق متفاوت باشد .حداکثر کمانش مجاز لوله‌ها در طول انبارداری با توجه به‌سختی لوله در بخش کمانش لوله درج‌شده است . لذا ضروری است در صورت محدودیت فضای انبار و نیاز به‌قرار دادن لوله‌ها روی یکدیگر با حداکثر تعداد مجاز، دستورالعمل سازنده در این خصوص دریافت و رعایت گردد. درهرصورت تعداد ردیف لوله‌ها در انبار که توسط سازنده با توجه به‌سختی و سری قطر تعیین می‌شود، باید با ارقام فوق کنترل‌شده و رعایت شود و در اولویت قرار گیرد. [۱٤]

- نکته چهارم می‌توان لوله‌های فایبرگلاس را روی یکدیگر قرار داد . چون ارتفاع محل نگهداری لوله فایبرگلاس تقریباً ۳ متر می‌باشد.

واشرها باید در محل خنک و دور از تابش مستقیم آفتاب و طبق دستورالعمل سازنده قرار داده شوند. واشرها نباید تحت تابش اشعه ماورای بنفش، ازن، اکسیژن و گرما قرار گیرند و محل نگهداری آن‌ها تاریک و با تهویه مناسب باشد.

۴-۱۲- نحوه بسترسازی برای لوله GRP

حفاری ترانشه برای بسترسازی بر اساس اصول و مبانی مندرج در بخش نکات مشترک لوله‌گذاری و سایر موارد مندرج در این مشخصات انجام می‌شود.

قبل از شروع حفاری، مسیر لوله‌گذاری باید بررسی‌شده و کلیه موانع آن شناسایی و نحوه عبور از آن‌ها برنامه‌ریزی گردد. حفاری باید به ترتیبی انجام شود که امکان نصب مستقیم لوله‌ها، به‌جز موارد مربوط به نصب زانویی‌ها، به‌خوبی فراهم باشد.

با شناخت کامل از کیفیت خاک و شیب پایدار کوتاه و درازمدت، شیب مناسب دیواره‌ها پیش‌بینی و در صورت نیاز، تمهیدات حفاظت از دیواره ترانشه فراهم گردد.

بستر لوله و کف ترانشه باید کاملاً صاف باشد، به‌نحوی‌که تمام بدنه لوله‌ها در تمام طول (به‌جز محل اتصالات) کاملاً بر روی بستر قرار گیرند و از بروز فشار متمرکز به یک قسمت از لوله اجتناب شود.[۱۲]

حداقل عرض ترانشه باید در مشخصات طرح منعکس گردد. در غیر این صورت، پیمانکار باید حداقل عرض ترانشه و سایر پیش‌بینی‌های ضروری را از مهندس مشاور استعلام و رعایت نماید. هرگونه اضافه برداشت و یا افزایش عرض ترانشه به هر دلیل، باید با تأیید مهندس مشاور صورت پذیرد.

در حالتی که زمین از جنس سخت، مانند سنگ، می‌باشد، عمق حفاری ترانشه باید حداقل ۱۵ سانتیمتر بیش از رقوم کف لوله باشد.

درصورتی‌که زمین نرم باقابلیت نشست باشد، حفاری باید تا زمین سفت ادامه یافته و یا تحکیم بستر انجام پذیرد.
در خاک‌ریزی و بسترسازی لوله‌های فایبرگلاس، توجه به نکات عمده زیر ضروری است.
درصد رطوبت خاک‌های مصرفی در بسترسازی ازنظر تراکم‌پذیری باید مدنظر باشد. عدم توجه به این نکته می‌تواند باعث کمانش لوله‌ها شود. در خاک‌هایی که به‌صورت آزاد زهکش نمی‌شوند، حداکثر انحراف رطوبت خاک از درصد بهینه آن می‌تواند تا سه درصد باشد.
حداکثر ابعاد دانه‌های خاک مصرفی در خاک‌ریزی زیر و اطراف لوله باید مطابق مشخصات فنی طرح باشد.

۴-۱۳- قیمت لوله جی آر پی

قیمت لوله فایبرگلاس پارامتری وابسته به مقدار سفارش لوله ، مقاومتی که قرار است تحمل نماید ، قطر لوله فایبرگلاس ، کیفیت متریالی که در تولید آن بکار گرفته‌شده است ، قیمت مواد اولیه در روز استعلام قیمت و مقاومت فشاری لوله جی آر پی می‌باشد.

۱-۱۳-۴- لوله‌های GRP و ملاحظات ساخت:

در سال‌های قبل از لوله‌های (فولادی ، سربی ، بتنی ، آزبستی ، پلی‌اتیلن) جهت انتقال آب و فاضلاب استفاده می‌گردید ولی با توجه به معایب خاص هر کدام از لوله‌های ذکرشده بخصوص درزمینهٔ انتقال فاضلاب که داری محیط اسیدی می‌باشند و شرکت‌های آب و فاضلاب هزینه‌های گزافی جهت تعمیر تعویض لوله‌ها پرداخت می‌کردند،مخترعین لوله‌های جدیدی به نام GRP را به بازار عرضه کردند .از این لوله‌ها در صنعت انتقال نفت و آب به خاطر مقاومت در برابر خوردگی و اقتصادی بودن و همچنین عدم نیاز به هیچ‌گونه پوشش داخلی و خارجی و حفاظت کاتدیگ استفاده می‌گردد.برای انتخاب روش جای گذاری لوله نیاز است که خواص مکانیکی آن‌ها بررسی و با توجه به گستره این خواص روش بهینه ازنظر (فنی)برای جای گذاری استفاده گردد.مهم‌ترین عواملی که ابعاد لوله‌ها را در فشار وارده کنترل می‌کند مقاومت لوله می‌باشد.مقامت لوله‌ها علاوه بر اینکه و وابسته به مواد تشکیل‌دهنده آن است به مواردی مانند ناحیه تماسی و توزیع‌کننده تنش در بین لوله‌ها،زاویه‌بندی صحیح بین اتصالات بستگی دارد {۷}

جدول شماره (۱)گستره خواص مکانیکی لوله‌های GRP {۵}

مقامت کششی	۵۰-۵۵۰ مگا پاسکال
مدول الاستیسته	۳۵۰۰-۳۴۵۰۰مگا پاسکال
مقامت خمشی	۷۰-۴۸۰مگا پاسکال
مدول الاستیسته	۶۹۰۰-۳۴۵۰۰مگا پاسگال
ضریب انبساطی حرارتی	۱۴e-۶الی۵۴ e– ۶Mm/mm/c
(چگالی)	۲/۲-۱/ ۳ Gr/ cm
مقامت فشاری	۷۰-۲۸۰ مگا پاسکال

۲-۱۳-۴- مقایسه فنی اقتصادی لوله‌های GRP با لوله‌های فولادی ،چدن ،بتنی و آزبستی :

لوله‌های GRP ازنظر وزن یک‌چهارم وزن لوله‌های مشابه فولادی ،۱۰ درصد وزن لوله‌های بتنی و یک‌پنجم لوله‌های چدنی مشابه می‌باشد.ازنظر مقاوم در برابر خوردگی، این لوله‌های در برابر خاک‌های سولفاته و مخرب از جهت خارجی و همچنین اکسیداسیون داخلی مقاوم بوده و نیاز به هیچ‌گونه پوشش خارجی و داخلی و یا حفاظت کاتدیگ ندارد.با توجه

به مزیت‌های متعدد و خصوصاً مقاومت در برابر انواع خوردگی و تعمیر و نگه‌داری آسان،عمر سرویس‌دهی این نوع لوله حدود پنجاه سال می‌باشد .{۴}

۵-حفاری بدون ترانشه :امروزه با فنّاوری جدید فنی اجرای خطوط لوله به سمت پیش می‌رود که کمترین آسیب‌ها به محیط‌زیست پیرامون برسد و در این روش دیگر نیازی به حفاری رو باز به خیابان‌ها نیست و همین باعث گردیده تا از معضلاتی همچون ایجاد ترافیک،خسارت به محیط‌زیست و خروج هزینه‌های برگرداندن رویه خیابان‌ها به حالت اول نیازی نباشد .اصلاح حفاری بدون نرانشه در مقابل حفاری روباز است و برای کارگذاری مجاری با قطر کوچک تا متوسط که غیرقابل‌دسترس به کار می‌رود،به‌ویژه در قسمت‌های که نمی‌تواند در شرایط کاری وارد مجازی شد .{۶} در شرایطی که لوله‌گذاری زیر سطح آب‌های زیرزمینی است،خاک‌های ناپایدار است،در شرایطی که سطح زمین با سایر عمارت پوشیده شده است ،در محیط‌های شهری و نواحی مسکونی ،در محل‌های زیر بزرگراه‌ها ،در شرایطی که طول حفاری بیشتر است، برای بازسازی تعمیر لوله‌های مدفون بهترین روش برای حفاری و دستیابی به اهداف ،به‌کارگیری روش حفاری بدون ترانشه می‌باشد {۸}از نوع آوری های حفاری بدون ترانشه با روش این حفاری رو باز می‌توان به روش‌های رانش لوله ،شکل دارن لوله با حرارت،انفجار لوله و بتن پاشی اشاره نمود.{۸}این روش رشد سریع نسبت به روش‌های خاک‌برداری و خاک‌ریزی برای جایگزینی خط لوله‌ها در زیر موانعی مثل جاده‌ها ، بزرگراه‌ها ، اماکن تاریخی ، رودخانه‌ها، و سازه‌های خاص داشته است .برخی از مزایایی که سبب می‌شود این روش‌های سنتی حفاری برتری یابد عبارتنداز:{۹}

- زمین‌های مربوط به محیط‌های حساس آسیب نمی‌بینند.
- به دلیل عدم خاک‌برداری در مناطق حساس روز زدگی لایه و فرسایش نداریم.
- به حداقل رساندن ترافیک،شلوغی محیط‌زیست ،
- برخلاف حفاری سنتی که باید مصالح زیادی از حفاری کنده شود ،در این حالت حجم فضای حفاری بسیار کوچک است،
- عملیات در هرزمانی قابل انجام است و در هر فصل و تراز آبی می‌تواند صورت بگیرد .ازجمله روش‌های حفاری بدون ترانشه می‌تواند به روش پایب جک و میکرو تونلینگ اشاره کرد .لوله‌های که در آن روش‌های حفاره بدون ترانشه به کار می‌رود بایستی ضمن داشتن مقامت در برابر نیروهای لوله رانی برای کاهش استحکام سطح آن صاف ،به‌هم‌پیوسته و بدون برآمدگی باشد در روش پایب جک حداکثر قطر لوله قابل‌استفاده ۳۶۵۷میلی‌متر با طول ۱۱۰۰متر و دقت ۲۵/۴ میلی‌متر می‌باشد {۱۰}با توجه به اینکه در ایران حفاری بدون ترانشه به‌عنوان یک نوع فنّاوری جدید می‌باشد که تاکنون سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی دستور عامل و فهرست بهاء مخصوص به این نوع حفاری را منتشر نکرده است ازاین‌رو با استعلام از شرکت‌های پیمانکاری که در این زمینه تخصص دارند کمترین قیمت پیشنهادی بر اساس استعلام بهاء مدنظر قرار گرفت.

۱۴-۴- آنالیز قیمت:

هزینه‌های تمام‌شده در پروژه‌های طولی شامل سه بخش متفاوت هزینه‌های مستقیم ، هزینه‌های غیرمستقیم (بالاسری)و هزینه‌های اجتماعی می‌باشد که در ایران هزینه‌های اجتماعی در پروژه‌ها برآورد که در ایران هزینه‌های اجتماعی در پروژه‌ها برآورد و پرداخت نمی‌گردد .هزینه‌های مستقیم شامل تهیه و نصب لوله و هزینه‌های غیرمستقیم شامل هزینه‌های دفتر مرکزی ، حسابداری ، سود پیمانکار و .... و هزینه‌های اجتماعی شامل هزینه‌های زیست‌محیطی ، تأخیرات زمانی ، آلودگی‌های صوتی و.....می‌باشند .لوله‌های GRP در قطرهایی(کمترین ۱۰۰میلی‌متر و بزرگ‌ترین ۲۰۰۰میلی‌متر)و در

شاخه‌های ۳ و۶و۱۲ متر کارخانه‌های ایران تولید می‌شوند .لوله‌های مخصوص پایپ جکینگ در شاخه‌های ۳ متری تولید و برای ۳ متر اتصال کوپلینگی نیز در موارد موردنیاز می‌باشد

هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم روش حفاری بدون ترانشه برای جایگذاری لوله‌های GRP حدود۲۲ درصد بیشتر از روش حفاری رو باز می‌باشد . با توجه به تقویتGRP برای استفاده از پایپ جکینگ هزینه اتصالات لوله ۳ برابر لوله‌های قابل‌استفاده در حفاری رو باز می‌باشد.اگه هزینه‌های تعویض لوله‌های فولادی ه در اثر خوردگی به وجود می‌آید را برای عمر مفید ۵۰ ساله GRP در محاسبات خود اعمال نماییم و از طرفی با توجه به تجربه کارشناسان لوله‌های فولادی در اثر خوش‌بینانه‌ترین حالت بعد از ۱۵ سال و در بدترین حالت در۵ سال پوسیده و غیره قابل‌استفاده می‌گردد.

۵- نتیجه‌گیری :

یکی از مهمتری مسائل در طراحی سیستم‌های انتقال و توزیع آب با استفاده از لوله انتخاب جنس لوله مورد استفاده است کارخانجات مختلف صنعتی بسته به نیاز و تقاضا به تولید لوله‌ها با جنس‌های مختلفی از جمله فولادی، چدنی، بتنی، پلی‌اتیلن و پلاستیکی پرداخته‌اند در سال‌های اخیر لوله‌های پلاستیکی و بخصوص لوله‌های فایبر گلاس در طرح‌های مهندسی آب جایگاه تازه اختیار نموده‌اند. واژه GRP مخفف کلمات Glassfiber Reinforced Plastic Pipe به معنای لوله‌های پلاستیکی مسلح شده با الیاف فایبر گلاس و شیشه است، لوله‌های فایبرگلاس، لوله‌هایی سبک و مقاوم در برابر خورندگی می‌باشند که تحت استانداردهای پیشرفته کیفی تولید می‌شوند. لوله GRP دارای یک ساختار کامپوزیتی از رزین، الیاف شیشه و مواد دیگر است .لوله‌هایgrpداری ویژگی‌های مقبول‌تری ازنظر(خوردگی ، وزن ،ضریب زبری) نسبت به سایر لوله‌ها دارند. در کارخانه‌های ایران جهت قابل‌استفاده بودند لوله‌های GRPدر حفاری بدون ترانش (روش پایپ جکینگ)برای افزایش مدول برشی ،لوله را در راستای محوری تقویت می‌کنند تا بتوانند لوله‌های GRPمخصوص Pipe Jack تولید کنند . اگرچه این تقویت لوله باعث گردیده تا هزینه‌های تهیه لوله و اتصالات۷۵ درصد بیشتر از لوله‌های Grp تولیدشده برای حفاری روباز باشد. لذا با توجه به هزینه‌های اجتماعی حفاری باز از لحاظ اقتصادی به‌صرفه می‌باشد که در جایگذاری لوله‌ها از حفاری بدون ترانشه استفاده نماییم.

۶- منابع

۱- فرهودی، میثم، ۱۳۸۸،« مقایسه فنی و اقتصادی انواع لوله‌های مورداستفاده در شبکه جمع‌آوری فاضلاب و انتخاب گزینه برتر»، سومین همایش ملی آب و فاضلاب کشور.

۲- پور زنگی‌آبادی، مهدی و غلام عباس بارانی،۱۳۸۹، «اهمیت انتخاب نوع لوله در شبکه توزیع آب»، دومین کنفرانس سراسری مدیریت جامع منابع آب، کرمان، دانشگاه شهید باهنر، کرمان، انجمن مهندسی آبیاری و آب.

۳- مختاری، سید احمد، عالی‌قدری، مرتضی، حضرتی، صادق، صادقی، هادی قراری، نورالدین و قربانی، لقمان، ۱۳۸۹،« ارزیابی وضعیت خورندگی و رسوب گاری شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر اردبیل با استفاده از شاخص‌های Ryznar و Langelier»، نشریه سلامت و بهداشت اردبیل، دوره‌یکم، شماره یکم، صفحه ۱۴ و ۲۳.

٤- میان‌آبادی، حجت و افشار، عباس، ۱۳۸۷،« تصمیم‌گیری شاخصه در رتبه‌بندی طرح‌های تأمین آب شهری»، نشریه آب و فاضلاب، دوره ۱۹، شماره ۲، صفحه ۳۴ د ۴۵ .

٥- وزارت نیرو، دفتر مهندسی و معیارهای فنی آب و آبفا،۱۳۹۲،« ضوابط طراحی سامانه‌های انتقال و توزیع آب شهری و روستایی»، ضوابط طراحی سامانه‌های انتقال و توزیع آب شهری و روستایی»،نشریه شماره ۳ د ۱۱۷ ، بازنگری اول.

٦- وزارت نیرو، دفتر مهندسی و معیارهای فنی آب و آبفا،۱۳۹۳،« مبانی و ضوابط طراحی شبکه‌های فاضلاب و آب‌های سطحی»، نشریه شماره ۴۲۵-الف، بازنگری نشریه‌های ۳ د ۱۱۸ و ۱۶۳

۷- ایمانی جاجرمی، حسین،۱۳۷۹،« آشنایی با روش دلفی و کاربرد آن در تصمیم‌گیری»، فصلنامه مدیریت شهری، شماره ۱، جلد۱.

۸- موسوی (۱۳۹۶) بررسی آزمایشگاهی و تئوریک رفتار خط لوله GFRP تحت اثر همزمان نیروی محوری و بار دندانه ای، پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه ارومیه

۹- آقایی دانشور (۱۳۹۱) بررسی روشهای اندازه گیری مدولهای یانگ و برشی لوله های grp با استفاده از روشهای آزمایشی ارتعاشات، پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی میکانیک دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه باهنر کرمان

۱۰-احمدی، فضل‌الله، نصیریانی، خدیجه و اباذری، پروانه،۱۳۸۷ ،«تکنیک دلفی: ابزاری در تحقیق»، مجله ایرانی آموزش در علوم پزشکی، ۸(۱):۱۸۵-۱۷۵

۱۱-مشایخی، علینقی، فرهنگی، علی‌اکبر، مؤمنی، منصور و علیدوستی، سیروس، ۱۳۸۴،« بررسی عوامل کلیدی مؤثر بر کاربرد فناوری اطلاعات در سازمان‌های دولتی ایران: کاربرد روش دلفی»، فصلنامه مدرس علوم انسانی، ویژه‌نامه مدیریت، پاییز.

۱۲-باغبانی، سمیه، نیکجوفر علی و ضرغامی، مهدی،۱۳۹۲،« انتخاب نوع لوله مناسب در ساخت شبکه‌های آب‌رسانی مناطق کم‌جمعیت به روش تصمیم‌گیری معیاره گروهی فازی»، اولین همایش ملی بهینه‌سازی مصرف آب، گرگان.

۱۳- Joubert, A., Stewart, T.J., Eberhard, R. ,۲۰۰۳.Evalution of water supply augmentation and water demand management options for the City of Cape Town. J Multi-Criteria Decis Anal, ۱۲ (۱):۱۷-۲۵
۱٤- Zarghami M., Ardakanian R., Memariani A. and Szidarovszky F, .۲۰۰۸. Extended OWA operator for group decision making on water resources projects Water Resources Planning and Management, ASCE, ۱۳٤(۳),۲٦٦-۲۷٥.
۱٥- Mortezania, Sh. and Othman, F,. ۲۰۱۲. Cost analysis of pipes for application in sewage system. J Material&Design, volume ۳۳, pages ۳٥٦-۳٦۱.
۱٦- Tabatabai Gargari, M,. ۲۰۰٦. Selection of Pipe for a Drinking Water Project; a Case Study. Proceedings ofthe International Conference on Engineering & Technology: Research-Education-Entrepreneurship, KeanUniversity, October ۱۹-۲۱.