

بنام خدا

مقایسه ساختاری و عملکردی لوله های

UPVC و HDPE و GRP



پیمان زندیه

مدیر مهندسی شرکت پارس اتیلن کیش

P.ZANDIEH @PARSETHYLENE-KISH.COM

چکیده :

در حاضر استفاده از لوله های پلیمری استفاده روز افزونی یافته است و می تواند در اکثر مواقع جایگزین مناسبی برای لوله های فلزی و بتنی باشد. این افزایش رویکرد به لوله های پلیمری مدیران طرح های بزرگ را ناگزیر می کند در مورد مزایا و معایب این نوه لوله های تحقیقات جامعی را انجام دهند. در این مقاله سعی شده است از دید ساختاری و عملکردی بررسی خلاصه و کاربردی ارائه شود که برای تصمیم گیری جایگزینی این نوع لوله ها مورد استفاده قرار گیرد .

واژه های کلیدی :

لوله پلی اتیلن ،لوله GRP،لوله UPVC،اتصالات پلی اتیلن،ضریب شکست،مقاومت فشاری

مقدمه

از مقایسه ویژگی های ساختاری و عملکرد کوتاه مدت و بلندمدت لوله های GRP و لوله های پلی اتیلن فشرده (HDPE High Density Poly Ethylene) و (UUUPVC) و نیز مقایسه استانداردهای ساخت و تولید در هر مورد شامل AWWA C950 برای لوله GRP و AWWA C906 برای لوله پلی اتیلن و استاندارد های AWWA C900 و AWWA C905 برای لوله UUPVC و همچنین آزمایشات عملی انجام شده انستیتو مواد مرکب ساختاری (SCI) Structural Composites Inc و آزمایشگاه مهندسی پلاستیک (PEL Plastics Engineering Laboratory)،وانیسیتو پلاستیک پایپ PPI و اداره استاندارد صنعتی ایران که همگی مراکز تحقیقاتی معتبر و صاحب نام می باشند، نتایج استنباط گردیده که در زیر می آید.

جهت مقایسه منطقی در آزمایشات از مطلوب ترین جنس پلی اتیلن فشرده یعنی نوع PE 100 به تصریح استاندارد AWWA C906 استفاده شده است. همچنین لوله های سایز 150 و 600 میلیمتر در هر دسته مورد مقایسه قرار گرفته اند. ضمناً تعریف لوله UUUPVC مطابق با استاندارد 9117 استاندارد ملی ایران برای لوله های آبرسانی تحت فشار مورد نظر می باشد. البته شماره استاندارد های مرجع نیز در پایان متن آمده است. این مقایسه بر اساس ویژگی های این سه

نوع لوله گردآوری شده است و مقایسه بر اساس مشخصات ارائه شده سازندگان این نوع لوله ها می باشد که صرفنظر از استانداردهای موجود باید به عنوان مقایسه مورد توجه قرار گیرد .

مقایسه مشخصات فیزیکی و رفتار لوله های GRP, UUUPVC, HDPE

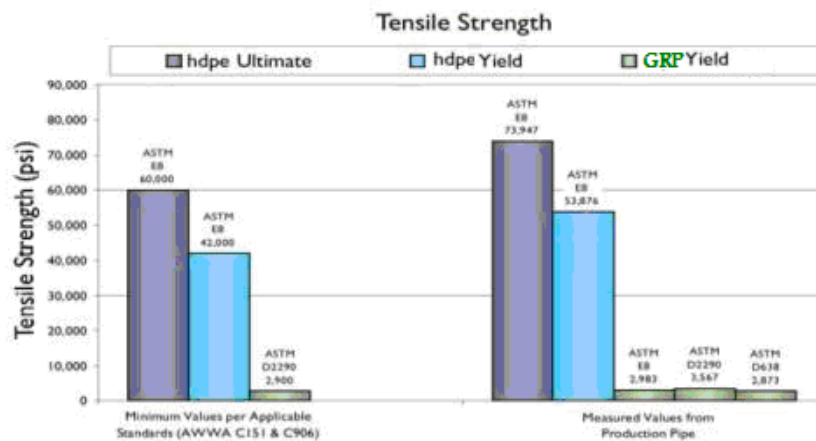
1- خزش و استحکام کششی

هنگامیکه لوله های پلیمری تحت فشار بارهای خارجی و داخلی قرار می گیرند ، پس از مدتی مشخصه های مکانیکی آنها تغییر شکل می یابد که این پدیده با نام خزش در لوله های پلیمری از اهمیت بالایی برخوردار می باشد .

لوله های GRP اصولاً رفتار داکتیل دارند و مقاومت خزشی کمتری نسبت به گونه های دیگر لوله های مورد اشاره دارد که استحکام کششی لوله پلی اتیلن حدوداً بیش از 24 برابر لوله GRP می باشد و البته استحکام کششی و یا فشاری در لوله های پلی اتیلن حدود 8 برابر بیشتر از لوله های UPVC می باشد.

برخلاف لوله GRP، لوله های پلی اتیلن و UPVC در مقادیر تنش کششی دچار خزش می شوند. در اینگونه موارد لوله GRP از خود رفتار داکتیل نشان می دهد و می شکنند .

هنگام کاهش سرعت بارگذاری روی لوله پلی اتیلن یا UPVC ، یا هنگامی که لوله تحت بار ثابت برای مدت زمان طولانی قرار می گیرد، مولکول ها فرصت جدا شدن و آزاد شدن از یکدیگر را دارند که این امر باعث تقلیل تنش مورد نیاز برای تغییر شکل و جلوگیری از عدم شکست می شود که دامنه کاربرد آن را برای اجرای پروژه های زیرزمینی با ریسک جابجائی زمین و یا ناصاف بودن آن ساده تر و کاربردی تر می نماید . هرچند تجارب سازندگان و پیمانکاران نشان می دهد لوله های پلی اتیلن در اینمورد از خود مقاومت بیشتری را نشان می دهد و با توجه به مولفه های شیمیائی مورد استفاده در مواد اولیه آن می تواند خزش بیشتری را قبل از پارگی تحمل نماید . رویه آزمون های استاندارد خزش در استاندارد انجمن امریکایی آزمون و مواد ASTM E139 آورده شده است.



شکل (1) - نمودار خزش و میزان مقاومت انواع لوله ها

این مشخصه های در مقایسه بین دو لوله HDPE و UPVC ذیلا می تواند مورد مقایسه قرار گیرد.

استحکام کششی لوله پلی اتیلن حدودا بیش از ۸ برابر لوله UPVC می باشد. مقاومت استحکام کششی یکی از مهم ترین خواص لوله ها است. چراکه مقاومت در مقابل فشار هیدرواستاتیک داخلی و فشار ضربه ای سیال را تعیین می کند.

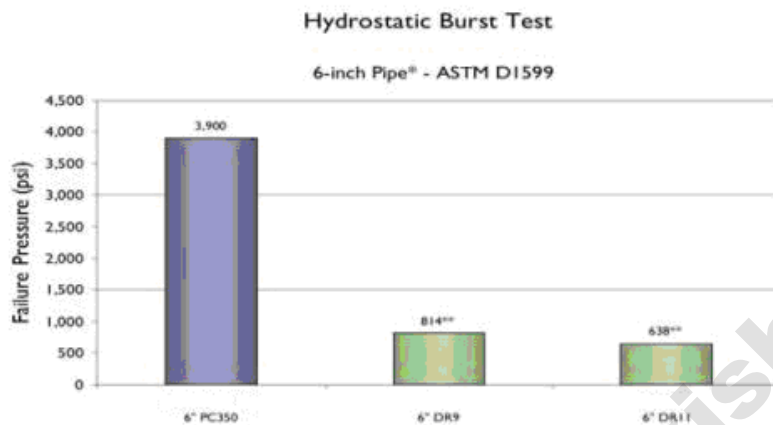


شکل (2) - نمودار مقایسه Tensile Strength

2- بارگذاری خمشی و مقاومت فشاری

مقاومت در مقابل فشار هیدرواستاتیک ترکیدگی لوله پلی اتیلن بسیار بیشتر از لوله GRP و لوله های UPVC است. مستقیم ترین روش جهت اندازه گیری مقاومت لوله مقابل فشار، تست هیدرواستاتیک است. تمامی لوله های

پلی اتیلن که تا مرحله شکست تحت فشار قرار گرفتند فقط دچار ترک به طول ۳۷ تا ۱۰۰ سانتیمتر شدند در حالی که تمامی لوله‌های GRP در این فشار می‌شکنند .



شکل (3)-نمودار مقایسه تست فشار در انواع لوله ها

افزایش دائمی قطر نمونه‌های پلی‌اتیلن پس از آزاد شدن فشار داخلی و پایان تست در جدول 1 آمده است. لوله های پلی اتیلن می تواند تا فشار 10mpa را تحمل نماید و در برابر تغییرات زمین شناسی و زلزله بسیار مقاوم می باشد. ولی لوله های GRP در برابر این تغییرات بسیار شکننده هستند .

جدول (1)-درصد شکست در برابر زلزله در انواع لوله ها

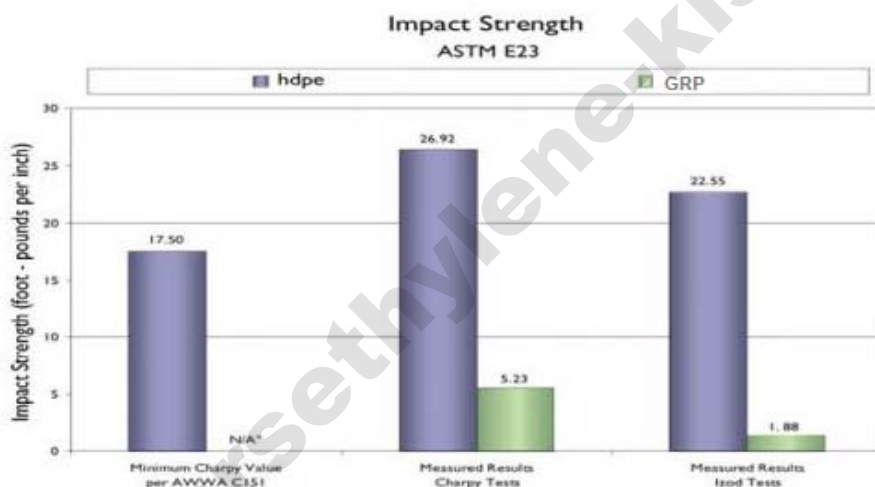
hdpe Specimens	Permanent Increase In Diameter
6-inch DR11	4.51% to 13.12%
6-inch DR9	1.06% to 8.87%
24-inch DR11	2.46% to 2.63%
24-inch DR9	2.09% to 11.60%

هیچ لوله GRP تولید نشده است که قادر به تحمل فشار اسمی به بزرگی فشار اسمی قابل تحمل توسط لوله پلی اتیلن باشد.

مقاومت در مقابل فشار هیدرواستاتیک لوله‌های پلی اتیلن حدوداً ۴ برابر UPVC می‌باشد. فشار ترکیبگی لوله پلی اتیلن و لوله هم‌سایز UPVC مقایسه شده است که لوله پلی اتیلن ۴ برابر مقاومتر است.

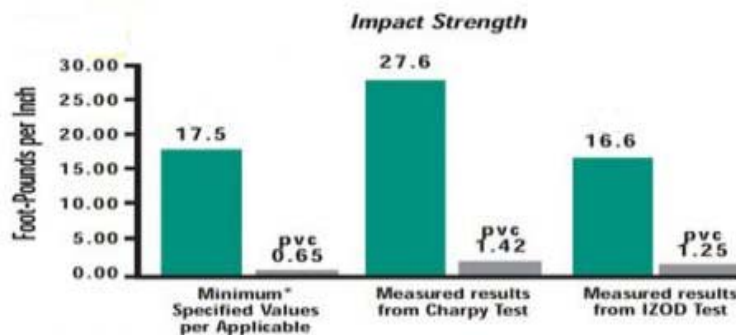
3- استحکام ضربه

استحکام ضربه لوله پلی اتیلن بسیار بیشتر از لوله GRP است. استحکام ضربه یکی دیگر از مشخصات مهم انتخاب لوله است. این ویژگی بیشتر از سایر خواص، در شرایط حمل و نقل و نصب موثر است. شکل زیر استحکام ضربه لوله پلی اتیلن را با لوله GRP مقایسه می‌کند. آزمایشات به هر دو روش شارپی و ایزود و در دمای 21 ± 2 درجه سانتیگراد انجام شده است.



شکل (4)- نمودار تست ضربه و مقایسه انواع لوله ها

استحکام ضربه لوله پلی اتیلن حدوداً ۱۳ برابر بیشتر از UPVC است. شرایط کاربردی لوله به این ویژگی بسیار حساس است. همانند استحکام کششی در لوله‌های پلی اتیلن، مقاومت به ضربه هیچ وابستگی به دما ندارد. اما لوله‌های UPVC در دمای کمتر از 23 درجه سانتیگراد یک کاهش قابل ملاحظه در مقاومت ضربه از خود نشان می‌دهند. همچنین مقاومت به ضربه لوله‌های UPVC وقتی برای مدت زمان طولانی در معرض نور خورشید قرار می‌گیرند کاهش می‌یابد. شکل زیر مقایسه این ویژگی در دو نوع لوله را نشان می‌دهد. این آزمایش‌ها در 23 درجه سانتیگراد انجام شده است.



شکل (5)- نمودار مقایسه تست ضربه در انواع لوله ها

5- سازگاری با محیط زیست

تولید لوله های پلی اتیلن هیچگونه آثار زیست محیطی ندارد و لوله های پلی اتیلن نیز در مقابل حمله میکرو ارگانیسم ها مقاوم می باشند چراکه پلی اتیلن ماده تغذیه کننده ای برای آنها نمی باشد. با توجه به استفاده از الیاف شیشه در تولید لوله های GRP می تواند به محیط زیست صدمه بزند ولی لوله های پلی اتیلن به عنوان لوله های دوستدار محیط زیست قلمداد می شوند.

6- مقاومت در برابر مواد شیمیائی

لوله های پلی اتیلن از مقاومت قابل توجهی در مقابل مواد شیمیائی آلی و غیرآلی برخوردار می باشد از این منظر لوله های GRP بخاطر استفاده از مواد رزینی از مقاومت کمتری نسبت به مواد پلی اتیلن برخوردار می باشد. جداره لوله های UPVC در مقابل مواد شیمیائی و هیدروکربن ها مثل گازوئیل نفوذپذیر بوده که این امر باعث آلودگی آب درون لوله های UPVC می گردد. در یک تحقیق که بوسیله آزمایشگاه تحقیقات مهندسی و محیط زیست دانشگاه برکلی کالیفرنیا انجام شده است گزارش شده که 15 درصد لوله های UPVC نفوذ پذیری داشته اند. این در حالی است که پلی اتیلن در مقابل مواد شیمیائی مقاومت دارد.

7- شرایط بسترسازی

نظر به ضعف ذاتی لوله های GRP نسبت به انواع فشاری کششی و یا فشاری، شرایط بستر در مورد این نوع لوله بسیار مهمتر از لوله پلی اتیلن می باشد. بستر مناسب برای کنترل اعوجاج که تنها معیار طراحی لوله های GRP در مقابل بارهای خارجی

است مورد نیاز است. استاندارد کارگذاری لوله های GRP بیان می‌دارد که بستر لوله باید شامل ریزترین ذرات ممکن خاک باشد که بستگی به قطر لوله دارد. بنابراین خاک اطراف لوله باید بقدری فشرده باشد که نیروهای جانبی را به صورت کاملاً یکنواخت به لوله اعمال ننماید. همچنین خاک بایستی عاری از هرگونه مواد آلی باشد. کف بستر باید مسطح و عاری از سنگ‌های بزرگ و کلوخه باشد چون این سنگ‌ها باعث کاهش استحکام در اثر ایجاد سایش و خراش لوله می‌گردند. لازم به یادآوریست بسیاری از این تمهیدات در عمل فراهم نمی‌گردد. برعکس بدلیل استحکام ذاتی لوله های پلی اتیلن کف مسطح بدون خاکریزی یا کف مسطح با خاک ریزی سبک برای بسیاری از کاربردها در مورد لوله های پلی اتیلن کافی است. هرچند عدم رعایت این نوع ترانسه گذاری نیز مشکلی برای لوله های پلی اتیلن فراهم نمی نماید .

استفاده از تکیه‌گاه زینی (Saddle) برای نصب شیر

استاندارد C 900 لوله UPVC، استفاده از Saddle را برای شیرگذاری اجباری کرده است. این امر برای UPVC با هر نوع ضخامتی صادق است. برعکس استفاده از Saddle برای لوله‌های پلی اتیلن در مصارف معمولی غیرضروری است.



شکل (6)- نمونه میزان الایسته لوله پلی اتیلن

8- اتصالات و قطعات

اتصال پذیری لوله پلی اتیلن ، ارزانتر و سریعتر از لوله GRP است. چون سریعتر آب بندی می شود و نشستی ندارد و سرعت پروژه را افزایش می دهد ضمن اینکه استفاده از چسب برای اتصال لوله های GRP با اتصالات عمر و استحکام این اتصالات را پائین می آورد و با کوچکترین تغییری شروع به نشستی می نماید. این مشکل به عنوان یک از بزرگترین مسائل مدیران اجرائی در پروژه های لوله کشی با لوله های GRP می باشد که آنها را برای اجرای یک خط لوله بدون نقص دچار مشکلات

زیادی می نماید . با استفاده از مواد پلی اتیلن امکان ساخت انواع اتصالات وجود دارد که با استفاده از انواع روشهای جوشکاری می تواند خط لوله مطمئنی را طراحی و اجرا نمود .



شکل (7)-تنوع اتصالات پلی اتیلن

9- شناوری و اجرای پروژه های دریائی

لوله پلی اتیلن روی آب شناور می شود. بنابراین هنگامی که احتمال آمدن سیل در بستر لوله می رود یا سطح آب های زیرزمینی در محل بالاست، تمهیدات خاصی بایستی اندیشیده شود. به این منظور لوله بایستی مهار شود. اما لوله های GRP با توجه به ماهیت شکننده بودن امکان شناوری را ندارند و عملاً استفاده های در پروژه های دریائی ندارند .



شکل (8)-نمونه اجرای پروژه دریائی لوله پلی اتیلن

10- اثر خراشیدگی

در مقایسه با لوله GRP، پلی اتیلن ماده بسیار نرمتری است. بنابراین در مقابل خراش ها و سایر صدمات ایجاد شده در حین حمل و نقل کمتر آسیب پذیرتر می باشد. در استاندارد لوله GRP علاوه بر الزام بر عاری بودن لوله از ترک، بریدگی، سوراخ،

حفرات، ناخالصی‌ها یا سایر نقایص، تاکید شده است که خراش‌هایی عمیق‌تر از ۱۰ درصد ضخامت جداره بحرانی بوده و لوله با چنین خراش‌هایی قابل استفاده نمی‌باشد و بایستی تعویض شود. به دلیل استحکام لوله پلی اتیلن علاوه بر کاهش احتمال ایجاد اینگونه صدمات، خراش روی لوله تاثیر چندانی بر استحکام آن ندارد. اما کوچکترین ضربه به لوله GRP می‌تواند کیلومترها کار اجرا شده را نابود نماید.

11- سهولت حمل و نقل

با توجه به مقاومت در برابر ضربه و سهولت بارگذاری و سهولت در جابجایی لوله‌های پلی اتیلن حمل و نقل این نوع لوله‌ها بیشتر بوده و درصد از بین رفتن لوله در اثر حمل و نقل صفر بوده و این نوع لوله‌ها ضایعات حمل و نقل ندارد.



شکل (9)- نمونه نحوه حمل لوله پلی اتیلن

تولیدکنندگان لوله UPVC ادعا می‌کنند که حمل این لوله‌ها آسانتر از حمل لوله‌های پلی اتیلن می‌باشد، چون سبکتر می‌باشند. ولی بدلائل زیر در اینمورد می‌توان تجدید نظر نمود:

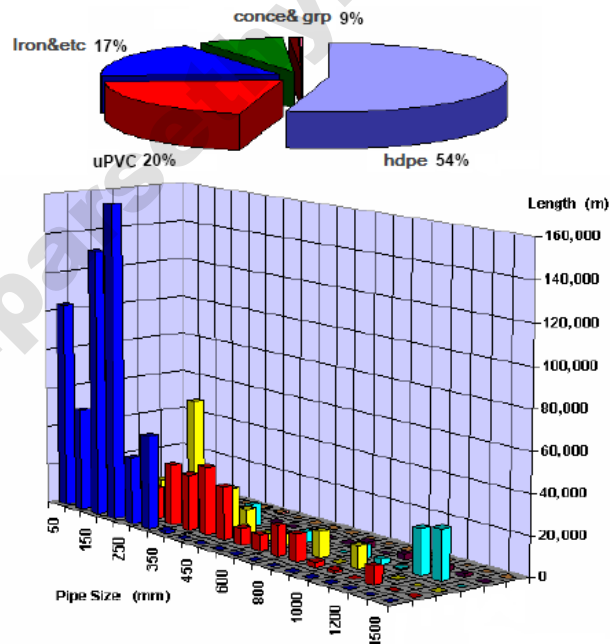
- وقتی لوله UPVC به محل سایت منتقل می‌شود بایستی کاملاً کنترل شود که در حین حمل آسیب ندیده باشد ولی در مورد لوله پلی اتیلن این مورد از حساسیت کمتری برخوردار می‌باشد - در مقایسه با لوله‌های پلی اتیلن، UPVC ماده‌ای بسیار نرم و در نتیجه بسیار حساس به خراش و سایش می‌باشد. در استاندارد تاکید شده که سطح لوله بایستی عاری از خراش قابل توجه سطحی باشد. حمل نادرست و غیراصولی لوله UPVC باعث آسیب‌های ضربه‌ای، خراش و قلوه‌کن شدن دیواره لوله می‌گردد. اگر این آسیب‌ها بیشتر از 10 درصد ضخامت لوله باشد استاندارد می‌گوید که بایستی لوله تعویض گردد و قابل استفاده نیست. برعکس لوله پلی اتیلن سخت‌تر می‌باشد که در حین حمل و نقل عملاً مشکلی مانند UPVC بوجود نمی‌آورد.

12- اثر نور خورشید

نور خورشید و اشعه UV سبب آسیب‌هایی بر روی PVC گشته و موجب تحلیل رفتن آن می‌گردد. PVC در معرض نور خورشید دچار کلرزدایی و در نتیجه کاهش استحکام پلی‌وینیل کلراید می‌گردد. مطابق دستورالعمل AWWA C605 اگر لوله‌های PVC در محیط باز استفاده گردند بایستی تدابیر پیشگیرانه‌ای در مقابل آسیب‌های محیطی بر روی آنها اعمال گردد. همچنین پوشش روی لوله باید بصورتی باشد که اجازه گردش جریان هوا در اطراف لوله را بدهد. از این منظر لوله‌های پلی اتیلن کمتر آسیب می‌بینند و لوله‌های GRP کمتر از هر دو لوله حساسیت به نور خورشید دارند.

نتیجه گیری :

با توجه به آنچه عنوان شد صرفنظر از محدودیت‌ها و اشکالات هر کدام از لوله‌های مورد مقایسه به نظر می‌رسد لوله‌های پلی اتیلن مشخصات بهتری را نسبت به دو محصول دیگر دارد که استفاده از آن را در پروژه‌ای اجرائی سهل تر می‌نماید و ضرر کمتری را نیز به مجریان و طراحان تحمیل می‌نماید که آنرا اقتصادی تر و با استقبال بیشتری مواجه کرده است که در نمودار ذیل می‌توان آنرا بصورت مشهود دید.



شکل (10) نمودار مقایسه میزان استفاده از انواع لوله‌ها

مراجع :

- 1- ISO 3126: 1974, Plastics Pipes- Measurement of Dimension
- 2- ASTM D 2122: 1998, Standard Test Method for Determining Dimensions of Thermoplastic Pipe and Fittings
- 3- ASTM D 1603: 1994, Standard Test Method for Carbon Black Olefin Plastics
- 4- American society for testing & materials – D – 2321 – 1972
- 5- ISO 1167: 1996, Thermoplastics pipes for the conveyance of fluids __ Resistance to internal pressure __ Test method
- 6- DIN EN 921: 1995, Plastics piping system- Thermoplastics pipes- Determination of resistance to internal pressure at constant temperature
- 7- ASTM D 1693 : 2000, Standard Test Method for Environmental Stress- Cracking of Ethylene Plastics
- 8- DIN 1185: 1973 Part 2- Drainage: control of soil water balance by drainage with pipes, open ditch drainage and amelioration of the subsoil; Important data for planning and dimensioning
- 9- DIN 1185: 1973 Part 3- Drainage: control of soil water balance drainage with pipes, open ditch drainage and amelioration of the subsoil: construction
- 10- DIN 1185: 1973 Part 4- Drainage: control of soil water balance by drainage with pipes, open ditch drainage and amelioration of the subsoil design as completed drawings .
- 11- DIN 1185: 1973 Part 5- Drainage: control of soil water balance by drainage with pipes, open ditch drainage and amelioration of the subsoil: maintenance
- 12- DIN 7748: Part 1- plastic moulding materials unplasticized polyvinyl chloride (PVC. U) moulding materials classification and designation .



PARS ETHYLENE KISH CO.

پارس اتیلن کیش