لوله‌های فایبرگلاس (G.R.P)[1]

کلیات و کاربرد

لوله‌های فایبرگلاس اولین بار در سال ۱۹۴۸ تولید گردید. اولین مورد مصرف این لوله‌ها که هنوز هم عمده‌ترین مصرف‌کننده آن است، صنایع نفت می‌باشد.

لوله‌های فایبرگلاس با توجه به نوع رزین مصرفی و نحوه مسلح شدن آنها، به چندین نوع تقسیم می‌شوند که یکی از آنها لوله‌های G.R.P است. در این مشخصات فنی و به منظور سهولت، نام‌های فایبرگلاس و G.R.P مترادف یکدیگر بوده و دارای مفهوم یکسان می‌باشند. لوله‌های G.R.P دارای یک ساختار کامپوزیتی از رزین، الیاف شیشه و مواد دیگر می‌باشند. این لوله‌ها در مواردی مانند انتقال آب، جمع‌آوری فاضلاب، جمع‌آوری آبهای سطحی، انتقال آب دریا، شبکه‌های آبیاری و زهکشی، فاضلابهای صنعتی.، نیروگاه‌ها، صنایع نفت و پتروشیمی، صنایع شیمیایی و... کاربرد دارند.

لوله‌های G.R.P از نظر روش تولید به دو نوع زیر تقسیم می‌شوند.

الف) روش الیاف پیچی

ب) روش ریخته‌گری گریز از مرکز

البته لوله‌های تولیدی G.R.P بـــه روشهای فوق نیز بـــه دو نوع تحت فشار و ثقلی تقسیم می‌شوند که در این بخش از مشخصات فنی، نوع تحت فشار آن مد نظر می‌باشد.

روش الیاف پیچی[2]

این روش یکی از روشهای متداول تولید لوله‌های G.R.P است. تولید این لوله‌ها در ایران در حال حاضر، بر اساس این روش انجام می‌شود. این روش به دو نوع پیوسته[3] و ناپیوسته[4] تقسیم می‌شود. دیواره لوله‌های G.R.P تولید شده با این روش از سه لایه آستری، لایه مقاوم مکانیکی و روکش تشکیل شده است. در این روش، الیاف شیشه توسط ماشین مخصوص با زاویه مناسب روی قالب پیچیده می‌شود. برای وارد کردن رزین نیز، یا قبلاً الیاف شیشه به رزین آغشته شده و یا توسط تغذیه کننده روی الیاف شیشه ریخته می‌شود. ماسه سیلیسی نیز در صورت لزوم و پس از رزین، روی الیاف در حال پیچیدن ریخته می‌شود.

لوله‌های تولیدی در این روش با توجه به قطر آنها، تا طول ۱۲ متر تولید می‌شوند.

روش ریخته‌گری گریز از مرکز[5]

در این روش، معمولاً از قالبهای به طول ۶ متر که با سرعت زیاد می‌چرخند، استفاده می‌شود. از دریچه‌های مختلف و از طریق یک تغذیـــه کننده متحرک که بـــه صورت رفت و بـــرگشت در قالب حرکت می‌کند، رزین و الیاف شیشه روی قالب می‌ریزد که در

---

[1] Glass Reinforced Plastic Pipe
[2] Filament Winding Method
[3] Helical Method = Discontinuous Filament Winding DCFW
[4] Drostholm Method = Continuous Filament Winding CFW
[5] Centrifugal Casting

اثر نیروی گریز از مرکز ناشی از سرعت بالای چرخش قالب، رزین، الیاف شیشـــه و سپس ماسه و کربنات کلسیم، دیواره لوله را به تدریج شکل می‌دهند. ترتیب کلی لایه‌های لوله در این روش به شرح زیر است.

- لایه خارجی – رزین
- لایه میانی (نزدیک به لایه خارجی) – رزین و الیاف شیشه
- لایه میانی (نزدیک به لایه داخلی) – رزین، الیاف شیشه، ماسه سیلیسی و کربنات کلسیم
- لایه داخلی – رزین خالص به ضخامت حداقل ۰/۵ میلیمتر.

استانداردها

اکثر استانداردهای معتبر جهانی نشریات و استانداردهایی را در خصوص لوله‌های G.R.P منتشر نموده‌اند که ذیلاً به چند نمونه آن اشاره می‌گردد.

- استاندارد انجمن کارهای آبی امریکا AWWA M 45
- استاندارد انستیتو استانداردهای ملی و انجمن کارهای آبی امریکا ANSI/AWWA C950-01
- استانداردهای انجمن آزمونهای مصالح و کنترل کیفی امریکا
- ASTM D3517, ASTM D3754, ASTM D3262
- استانداردهای آلمان DIN 16868 , DIN 16869 و DIN 19565
- استاندارد انگلستان BS 5480
- استانداردهای بین المللی ISO 7370
- استانداردهای اتریش B 5161 , B 5182 , B 5184
- استانداردهای ژاپن JIS A5350
- استانداردهای ایتالیا UNI 9032 و UNI 9033

و استاندارد بسیاری از کشورهای صنعتی دیگر مانند بلژیک، سوئد و استرالیا را می‌توان نام برد. در تنظیم این مشخصات فنی، عمدتاً از آخرین چاپ استانداردهای AWWA M45 (1996)، ANSI/AWWA C950-01 (2001)، ASTM (2001 , 2003)، و قسمت‌های مختلف DIN (1995-1989) استفاده شده و در صورت لزوم، از سایر استانداردها نیز بهره گرفته شده است.

طبقه‌بندی لوله‌های فایبرگلاس

لوله‌های G.R.P عمدتاً بـــا دو مشخصه فشـــار اسمی[1] PN و سختـــی[2] SN طبقه‌بندی می‌گردند (طبقه‌بندی DIN).

طبقه‌بندی کلی بر اساس فشار اسمی

طبقه‌بندی فشـــار اسمی نشان دهنده حداکثر فشار در زمان کارکرد برحسب بار یا اتمسفر می‌باشد و به عمق دفن لوله بستگی ندارد. هر طبقه‌بندی فشار اسمی بر حسب عمق نصب لوله و شرایط بسترسازی و ترانشه می‌تواند با یک رده سختی ترکیب گردد.

---

[1] PN = Nominal Pressure
[2] SN = Nominal Stiffness

طبقه‌بندی کلی بر اساس سختی

سختی لوله‌های G.R.P معرف مقاومت لوله در برابر تغییر شکل می‌باشد. توانایی لوله برای مقاومت در برابر تغییر شکل و انحراف ناشی از نیروهای خارجی و فشار خلاء داخل لوله، 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.

سختی لوله‌ها در استاندارد AWWA بر اساس کیلو پاسکال kPa[1] که معادل ۰/۰۱ (یک صدم) اتمسفر می‌باشد، تعیین می‌شود. در استاندارد DIN، این واحد بر اساس نیوتن بر مترمربع (N/m^2) است. هرچند که این دو واحد قابل تبدیل به یکدیگر می‌باشند[2]، ولی از آنجائی که سختی لوله‌های تولیدی در ایران بر اساس نیوتن بر مترمربع طبقه‌بندی شده‌اند، لذا در این مشخصات فنی نیز این واحد به کار برده می‌شود. بنابراین سختی مثلاً ۵۰۰۰ SN، معادل $5000\ N/m^2$ است.

در عمل هر رده فشار اسمی می‌تواند با یک رده سختی ترکیب گردد.

طبقه‌بندی کلی بر اساس سری قطر

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

طبقه‌بندی لوله‌های فایبرگلاس تولیدی با روش الیاف پیچی

طبقه‌بندی لوله‌های G.R.P تولید شده با روش الیاف پیچی، بر اساس ترکیب فشار اسمی و سختی به شرح جدول شماره ۲-۷-۱ و بر اساس سری قطر طبق جدول شماره ۲-۷-۲ می‌باشند.

در شکل ۲-۷-۱ نیز مقطع این لوله‌ها و لایه‌های مختلف آن نشان داده شده است.

در پیوست شماره یک، مشخصات این لوله‌ها بر اساس فشار اسمی، سختی و سری قطر صرفاً برای راهنمایی درج شده است.

مهندس مشاور بر اساس مشخصات لوله‌های تولیدی هر سازنده، نحوه نصب، بسترسازی و سایر الزامات طراحی، محاسبات مربوط را انجام و لوله و بسترسازی مناسب را انتخاب و در مشخصات طرح ارائه خواهد نمود.

جدول ۲-۷-۱ : طبقه‌بندی لوله‌های فایبرگلاس تولیدشده با روش الیاف پیچی بر اساس سختی و فشار اسمی[3]

درجه سختی	فشار اسمی						
	PN 1	PN 2.5	PN 4	PN 6	PN 10	PN 16	PN 25
SN ۶۳۰	×						
SN ۱۲۵۰	×	×	×	×	×		
SN ۲۵۰۰	×	×	×	×	×	×	
SN ۵۰۰۰	×	×	×	×	×	×	
SN ۱۰۰۰	×	×	×	×	×	×	×

[1] KiloPascal

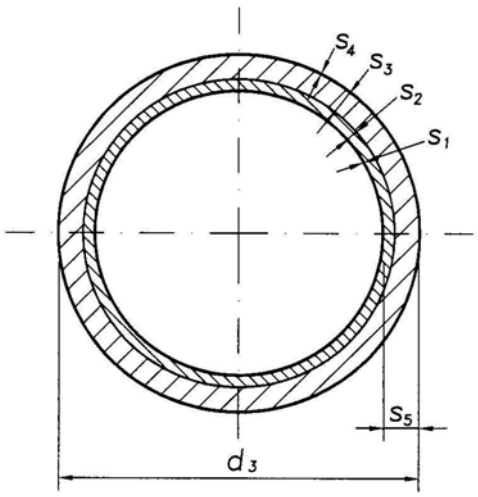
[2] Atmosphere = 101325 N/m^2 = 101.3 kPa , Bar = 10^5 N/m^2

[3] DIN 19686-1 , 1994

جدول ۲-۷-۲ : طبقه‌بندی لوله‌های فایبرگلاس تولیدشده با روش الیاف پیچی بر اساس سری قطر[1]

قطر اسمی	سری قطر		
	۱	۲	۳
۱۰۰		×	×
۱۵۰		×	×
۲۰۰		×	×
۲۵۰		×	×
۳۰۰	×	×	×
۳۵۰	×	×	×
۴۰۰	×	×	×
۵۰۰	×	×	×
۶۰۰	×	×	
۷۰۰	×	×	
۸۰۰	×	×	
۹۰۰	×	×	
۱۰۰۰	×	×	
۱۲۰۰	×	×	
۱۴۰۰	×	×	
۱۶۰۰	×	×	
۱۸۰۰	×	×	
۲۰۰۰	×		
۲۴۰۰	×		
۲۸۰۰	×		
۳۲۰۰	×		

[1] DIN 19686-1 , 1994



d_3: قطرخارجی لوله
s_1: ضخامت لایه رزین غنی داخلی (۰٫۲ الی ۰٫۴ میلیمتر)
s_2: ضخامت لایه‌ای که الیاف
در آن قرار گرفته است (۳۰±۵ درصدالیاف شیشه)
$s_1 + s_2 \geq 1mm$
s_3: لایه محافظ (مقدار الیاف کوتاه بزرگتر و مساوی ۵ درصد)
(طول الیاف کوتاه حداقل ۵۰ میلیمتر)
$s_3 = s_5 - (s_1 + s_2) - s_4$
s_4: ضخامت لایه رزین غنی خارجی
s_5: ضخامت جداره دیواره خارجی
مقدار الیاف s_1+s_2 کوچکتر و مساوی ۱۰ درصد
طول شاخه لوله های تولیدی ۶ الی ۱۲ متر با انحراف مجاز حداکثر ۶۰ میلیمتر برای هر شاخه

شکل ۲-۷-۱ : مقطع لوله‌های تولیدی با روش الیاف پیچی (DIN 16868-1 1994)

طبقه‌بندی لوله‌های فایبرگلاس تولیدی با روش ریخته‌گری گریز از مرکز

طبقه‌بندی لوله‌های G.R.P تولید شده با روش ریخته‌گری گریز از مرکز بر اساس ترکیب فشار اسمی و سختی به شرح جدول شماره ۲-۷-۳ و بر اساس سری قطر طبق جدول شماره ۲-۴-۷ می‌باشند.

در شکل شماره (۲-۷-۲) نیز مقطع این لوله‌ها و لایه‌های مختلف آن نشان داده شده است. در پیوست شماره دو این بخش، مشخصات این لوله‌ها بر اساس فشار اسمی، سختی و سری قطر صرفاً برای راهنمایی منعکس گردیده است.

مهندس مشاور بر اساس مشخصات لوله‌های تولیدی هر سازنده، نحوه نصب، بسترسازی و سایر الزامات طراحی، محاسبات مربوط را انجام و لوله و بسترسازی مناسب را انتخاب و در مشخصات طرح ارائه خواهد نمود.

جدول ۲-۷-۳ : طبقه‌بندی لوله‌های فایبرگلاس تولیدشده با روش ریخته‌گری گریز از مرکز بر اساس سختی و فشار اسمی[1]

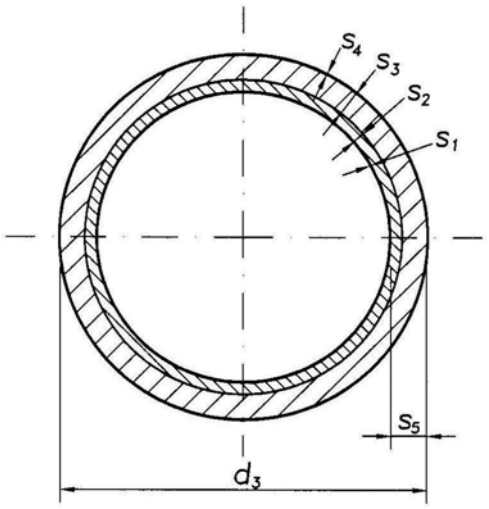
درجه سختی	فشـــار اسمی				
	PN 1	PN 4	PN 6	PN 10	PN 16
SN ۶۳۰	×				
SN ۱۲۵۰	×				
SN ۲۵۰۰	×	×			
SN ۵۰۰۰	×	×	×	×	
SN ۱۰۰۰	×	×	×	×	×

[1] DIN 19689-1 , 1995

جدول ۲-۷-۴ : طبقه‌بندی لوله‌های فایبرگلاس تولیدشده با روش ریخته‌گری گریز از مرکز بر اساس سری قطر[1]

قطر اسمی	سری قطر		
	۱	۲	۳
۲۰۰		×	×
۲۵۰		×	×
۳۰۰		×	×
۳۵۰		×	
۴۰۰		×	×
۵۰۰		×	×
۶۰۰	×		
۷۰۰	×		
۸۰۰	×		
۹۰۰	×		
۱۰۰۰	×		
۱۲۰۰	×		
۱۴۰۰	×		
۱۶۰۰	×		
۱۸۰۰	×		
۲۰۰۰	×		

[1] DIN 19689-1 , 1995



d_3: قطر خارجی لوله
S_1: ضخامت لایه رزین غنی داخلی (بزرگتر و مساوی ۰٫۵ میلیمتر)
مقدار فیلر حداکثر ۱۰ درصد وزن
S_2: لایه آب بندی‌کننده (ضخامت مساوی و بزرگتر ۲ میلیمتر با مقدار فیلر الیاف شیشه معادل ۵- ۱۰+۲۵درصد)
S_3: لایه محافظ مخلوط رزین و الیاف
S_4: ضخامت لایه رزین غنی خارجی (حدوداً ۰٫۵ میلیمتر)
S_5: ضخامت جداره دیواره خارجی
$S_3 = S_5 - S_1 - S_2 - S_4$

توضیحات
۱-رزین مصرفی از پلی استر غیر اشباع
۲-فیلرها به صورت دانه های ماسه سیلیس یا کربنات کلسیم با ابعاد ۰٫۲۵ الی یک میلیمتر و یا پودر کربنات کلسیم

شکل ۲-۷-۲ : مقطع لوله‌های تولیدی با روش ریخته‌گری گریز از مرکز (DIN 16869-1 1995)

حداقل الیاف شیشه ای لایه محافظ(S_3)در شکل شماره ۲-۷-۲ بر اساس فشار اسمی برابراست با

فشار اسمی	حداقل الیاف شیشه‌ای
PN1,PN4	—
PN6	۱٫۵ درصد
PN10	۲٫۰ درصد
PN16	۴٫۰ درصد

مشخصات فنی و کیفی

وزن

لوله‌های G.R.P بسیار سبک بوده و در قطر و فشار مساوی، حدود ۱۶ درصد وزن لوله‌های فولادی و ۱۰ درصد وزن لوله‌های بتنی را دارند.

عمر مفید

اگر مشخصات فنی لوله نظیر سختی، مقاومت، کمانش و... در زمان طراحی به درستی انتخاب گـردند، لوله‌های G.R.P بدون نیاز بـــه نگهداری خاص دارای عمر حداقل ۵۰ سال می‌باشند.

خزش[1]

تمام مصالح پلاستیکی در معرض پدیده خزش یا زوال می‌باشند. خزش عبارتست از تقلیل خصوصیات لوله با گذشت زمان. پدیده خزش در ارتباط مستقیم با کیفیت مواد خام مصرفی در ساخت لوله بوده و به شیوه تولید بستگی ندارد. به همین سبب آزمایشهای دراز مدت مواد خام تشکیل دهنده لوله اهمیت زیاد دارد.

اساس طراحی لوله‌های G.R.P برای حداقل عمر ۵۰ سال است. فاکتور خزش K بر اساس رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$K = \frac{\text{سختی دراز مدت}}{\text{سختی کوتاه مدت}}$$

فاکتور فوق پس از ۵۰ سال، برای لوله‌های مدفون تحت فشار باید حداقل ۰/۵ و بـــرای لوله‌های ثقلی برابر ۰/۴ باشد. این فاکتور با دستگاه‌های مخصوص در آزمایشگاه قابـــل اندازه‌گیری و محاسبه است.

ضریب انبساط حرارتی[2]

ضریب انبسـاط حرارتی لـولـه‌های G.R.P بیـــن ۱۴×۱۰^{-۶} mm/mm/°C الی ۵۴×۱۰^{-۶} mm/mm/°C می‌باشد.

قابلیت اشتعال

لوله‌های G.R.P مانند تمام محصولاتی که از مواد پتروشیمی و رزین‌های آلی و مشابه ساخته می‌شوند، قابلیت اشتعال دارند. بنابراین تحت شرایط مناسب ترکیب حرارت و اکسیژن، مشتعل می‌شوند. لذا رعایت موارد ایمنی در این خصوص ضروری است.

خوردگی

لوله‌های فایبرگلاس در مقابل خوردگی و سایر عوامل مشابه تخریب کننده لوله مقاومت بسیار خوبی داشته و در عین حال، کاملاً با محیط زیست سازگار می‌باشند.

مشخصات هیدرولیکی

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

کمانش[3]

لوله‌های فایبرگلاس مانند تمام لوله‌های پلاستیکی و انعطاف‌پذیر، کمانش نموده که این کمانش، طولـــی و عرضـــی است. در کمانش عرضی، لوله به صورت بیضی در می‌آید. حداکثر مقدار مجاز کمانش عرضی لوله‌ها به شرح زیر است.

---

[1] Creep
[2] Coefficient of Thermal Expansion
[3] Deflection

- کمانش درازمدت لوله‌های با قطر مساوی و بیش از ۳۰۰ میلیمتر ۵ درصد قطر
- کمانش درازمدت لوله‌های با قطر کمتـر از ۳۰۰ میلیمتر ۴ درصد قطر

برای دستیابی به مقادیر فوق و محدود نمودن کمانش لوله‌ها پس از نصب، بسترسازی و خاکریزی و انتخاب سختی مناسب لوله، از عوامل تعیین‌کننده است.

حداکثر کمانش مجاز لوله‌ها در اثر وزن خود (انبارداری و دپو) با توجه به سختی لوله به شرح زیر می‌باشد.

سختـی لـولـه	حداکثر کمانش مجاز
۲۵۰۰	۲/۵ درصد قطر لوله
۵۰۰۰	۲ درصد قطر لوله
۱۰۰۰۰	۱/۵ درصد قطر لوله

انواع اتصالی‌های لوله‌های فایبرگلاس

برای اتصال لوله‌های فایبرگلاس به یکدیگر، انواع اتصالی وجود دارد. عمده‌ترین انواع اتصالی به شرح زیر است.

اتصالی غلاف و حلقه لاستیکی

اتصال از نوع غلاف و حلقه لاستیکی معمول‌ترین نوع اتصال لوله‌های فایبرگلاس در خطوط لولـــه 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 بـــزرگتر می‌باشد کـــه توسط دو و یـــا چند حلقه لاستیکی، آب‌بندی لوله را تأمین می‌نمایند. واشر لاستیکی در داخل غلاف و در درون شیاری که به دقت تراشکاری شده قرار می‌گیرد.

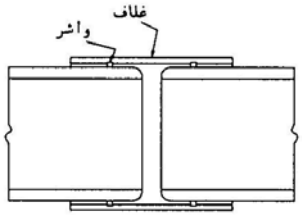
در شکل شماره (۲-۷-۳) نمونه اتصالی از نوع غلاف با دو حلقه لاستیکی نشان داده شده است.

اتصالی فلنجی

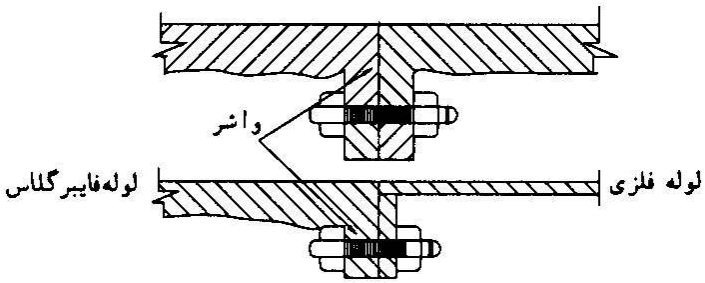
اتصال نوع فلنجی برای نصب شیرآلات، متعلقات فلنج دار و نظایر آن، همچنین برای اتصال لوله با جنس متفاوت به لوله‌های فایبرگلاس استفاده می‌شود. در شکل شماره (۲-۷-۴) نمونه اتصال فلنجی نشان داده شده است.

اتصالی مکانیکی

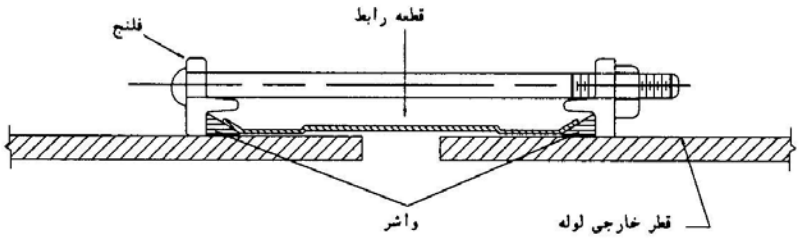
کاربرد اتصال نوع مکانیکی و یا اتصالی قابل انعطاف در لوله‌های فایبرگلاس مانند سایر لوله‌ها، برای ایجاد امکان انحراف در محل اتصال، اتصال دو لوله با جنس متفاوت، اتصال دو لوله با قطر متفاوت و نظایر آن می‌باشد. در شکل شماره (۲-۷-۵) نمونه اتصالی مکانیکی نشان داده شده است.



شکل ۲-۷-۳ : اتصال غلاف و حلقه لاستیکی



شکل ۲-۷-۴ : اتصال فلنجی



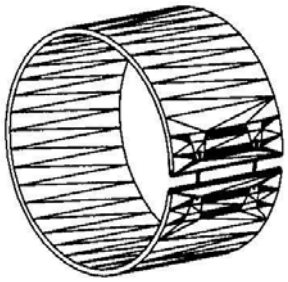
شکل ۲-۷-۵ : اتصال مکانیکی

اتصالی فلزی

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

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

در شکل شماره (۲-۷-۶) نمونه اتصالی فلزی نشان داده شده است. این نوع اتصالی برحسب نیاز می‌تواند از فولاد ضد زنگ نیز تولید شود.

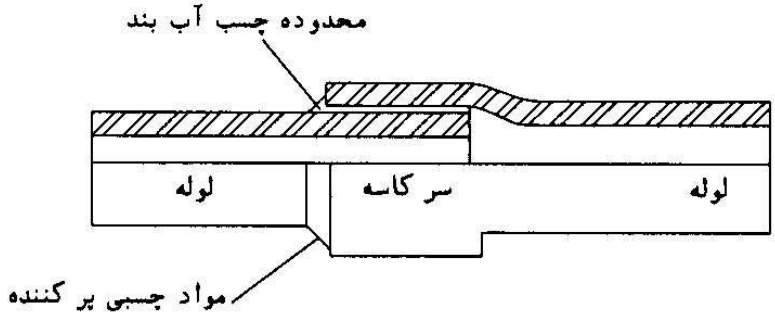


شکل ۲-۷-۶ : اتصال فلزی

اتصالی فشاری

در این نوع اتصالی، سرساده یک لوله به داخل سرکاسه لوله دیگر فشار داده شده و آب‌بندی توسط چسب مخصوص که بین جدار خارجی سرساده و جدار داخلی سرکاسه قرار می‌گیرد، تأمین می‌شود.

در شکل شماره (۲-۷-۷) نمونه اتصالی فشاری نشان داده شده است.



شکل ۲-۷-۷ : اتصال فشاری

سایر انواع اتصالی

انواع دیگـــری از اتصالی لوله‌های فایبرگلاس وجود دارد که در شرایط کنونی در ایران تولید و استفاده نمی‌شوند. این اتصالی‌ها عبارتند از :

- اتصالی سرساده و سرکاسه مخروطی چسبی[1]
- اتصالی سرکاسه مخروطی و سرساده معمولی چسبی[2]
- اتصالی پیچی[3]
- اتصالی وصله‌ای[4] که اصطلاحاً اتصالی جوشی نیز گفته می‌شود.

واشر و روان‌کننده

برای نصب لوله و متعلقات با اتصالات غیرفلنجی، استفاده از مواد روان‌کننده[5] برای آغشته نمودن سطوح و سهـــولت حرکت قطعاتی که باید در درون یکدیگر بلغزند، ضروری است. واشر و روان‌کننده‌های مورد استفاده در لوله‌های G.R.P باید :

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

مواد روان‌ساز معمولاً توســط کارخانجات سازنده لــولــه و متعلقات تأمین و یا نوع آن اعلام می‌شود. در صورت ضرورت می‌توان از ترکیب ۷۰ درصد آب و ۳۰ درصد صابون به عنوان ماده روان‌کننده استفاده نمود.

میزان مصرف مواد روان‌ساز توسط کارخانه سازنده لوله تعیین می‌شود. در جدول زیر و صرفاً برای راهنمایی، مقدار مواد روان‌ساز مورد نیاز درج شده است.

قطر لوله (میلیمتر)	مقدار مواد روانساز مصرفی در هر اتصالی (گرم)
۱۰۰ الی ۲۵۰	۵۰
۳۰۰ الی ۵۰۰	۷۵
۶۰۰ الی ۸۰۰	۱۰۰
۹۰۰ الی ۱۰۰۰	۱۵۰
۱۱۰۰ الی ۱۲۰۰	۲۰۰
۱۳۰۰ الی ۱۴۰۰	۲۵۰
۱۵۰۰ الی ۱۶۰۰	۳۰۰
۱۸۰۰	۳۵۰
۲۰۰۰	۴۰۰
۲۲۰۰	۴۵۰
۲۴۰۰	۵۰۰

[1] Tapered Bell and Tapered Spigot, Adhesive-Bonded Joint
[2] Tapered Bell and Straight Spigot, Adhesive-Bonded Joint
[3] Threaded Bell and Spigot Joint
[4] Overlay Joint
[5] Lubricants

پوشش‌های حفاظتی

لوله‌های فایبرگلاس در مقابل خوردگی خاک و سیال کاملاً مقاوم بوده و لذا، هیچگونه تمهیداتی برای حفاظت لوله و اتصالات هم جنس آن در مقابل خوردگی نیاز نمی‌باشد. بنابراین، حفاظت و یا تعمیرات پوششهای حفاظتی به معنی متداول آن در زمان‌های حمل و نقل، 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. لذا رعایت اصول لازم در تمام مراحل کار به منظور جلوگیری از صدمه به روکش‌های داخلی و خارجی، نه تنها از دیدگاه حفظ مشخصات هیدرولیکی و مقاومت لوله در مقابل فشار و بارهای وارده ضروری می‌باشد، بلکه این امر، برای جلوگیری از تخریب لایه‌های تشکیل دهنده جسم لوله نیز اهمیت ویژه دارد.

بارگیری، حمل، بارانداز، انبارداری و ریسه‌کردن

کلیات

در بارگیری، حمل و نقل، بارانداز، انبارداری و ریسه‌کردن لوله و متعلقات فایبرگلاس توجه به نکات عمده‌ای برای حفظ کیفیت لوله و جلوگیری از صدمه به آن ضروری است.

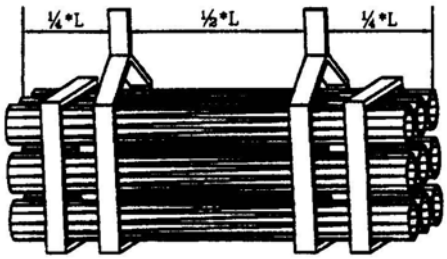
در هر صورت هر لوله‌ای که از نظر سالم بودن به نحوی مورد تأیید نباشد، تا اطمینان از صحت آن، نباید مورد استفاده قرار گیرد.

بلندکردن و جابجایی، بارگیری، حمل و بارانداز لوله و متعلقات

در بلند کردن و جابجایی، بارگیری، حمل و بارانداز لوله و متعلقات فایبرگلاس، توجه به نکات عمده زیر ضروری است.

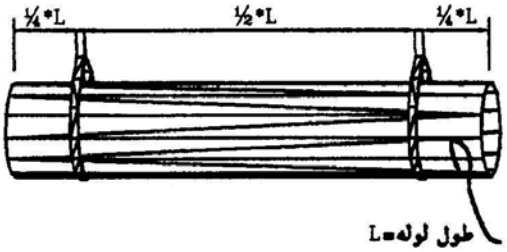
- بدنه و لبه لوله و متعلقات باید در مقابل هرگونه صدمه محافظت گردند.
- در بلند کردن و جابجایی لوله‌ها و متعلقات، باید از تسمه برزنتی و یا چرمی و با پهنای کافی استفاده شود. استفاده از زنجیر و سیم بکسل و بازوی لیفت تراک فقط در صورتی مجاز است که با مصالح محافظ، نظیر نمد، لاستیک و مشابه آن کاملاً پوشش شده باشند.
- استفاده از قلاب برای بلند کردن و جابجایی لوله و متعلقات از دو سر آن مجاز نمی‌باشد. لوله‌ها باید همیشه از بدنه بلند شوند.
- تسمه و یا طناب و سیمهای پوشش شده مصرفی نباید باعث ایجاد بار متمرکز و فشار زیاد و ایجاد فرورفتگی در بدنه لوله شوند.
- 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 ذکر شده مجاز خواهد بود.
- بلند کردن و جابجایی لوله و متعلقات از طریق عبور دادن سیم بکسل، طناب، زنجیر و وسایل مشابه از داخل لوله مجاز نمی‌باشد.
- باید توجه شود که هر لوله و متعلقات به تنهایی بلند شده و جابجایی و بلند کردن چند لوله و یا متعلقات با یکدیگر مجاز نمی‌باشد، مگر این که لوله‌ها قبلاً به صورت مناسب بسته‌بندی شده باشند (شکل ۲-۷-۸).

- استفاده از یک عدد تسمه و اتصال به بدنه لوله در یک قسمت در صورتی مجاز است که تعادل لوله به خوبی برقرار شود (شکل ۲-۷-۹). برای اطمینان استفاده از دو تسمه با اتصال در دو محل مناسب در بدنه لوله توصیه می‌شود (شکل ۲-۷-۱۰).
- بلند کردن مجموعه لوله‌های تلسکوپی (اقطار کوچک درون اقطار بزرگ) با یک تسمه و وسایل مشابه مجاز نمی‌باشد و حتماً باید از دو محل اتصال استفاده نمود (شکل ۲-۷-۱۱).
- تسمه‌ها و سایر وسایل مورد استفاده در جابجایی لوله‌ها و متعلقات باید مرتباً کنترل و از به کار بردن وسایل معیوب و مستعمل خودداری شود.
- توجه شود که در زمان بلند کردن و جابجایی لوله و متعلقات، کارگران و افراد زیر آن قرار نداشته باشند.
- از برخورد لوله و متعلقات با یکدیگر و سایر اشیاء و وسایل و ساختمانها در حین بلند نمودن و جابجایی جلوگیری شود.
- از پیچ خوردن و چرخیدن تسمه‌ها و وسایل مشابه در حین بلند نمودن و جابجایی لوله‌ها جلوگیری گردد.
- از حرکت تند و توقف ناگهانی بازوی جرثقیل در طول مدت بلند نمودن و جابجایی لوله‌ها اجتناب شود.
- 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.

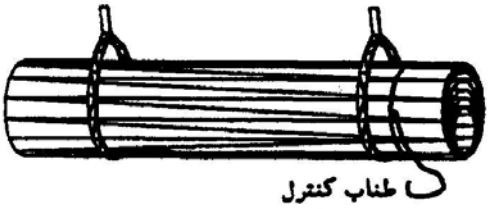


شکل ۲-۷-۸ : جابجایی مجموعه لوله‌ها

شکل ۲-۷-۹ : جابجایی لوله از یک نقطه بدنه



شکل ۲-۷-۱۰ : جابجایی لوله از دو نقطه بدنه



شکل ۲-۷-۱۱ : جابجایی لوله‌های تلسکوپی

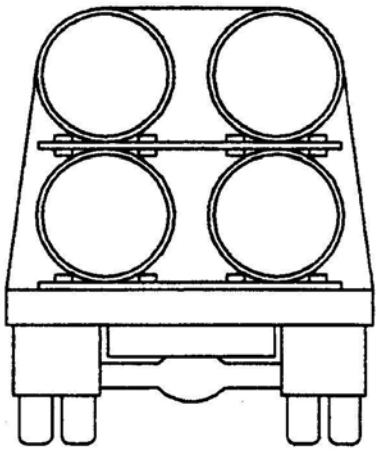
در بارگیری و حمل لوله و متعلقات، رعایت نکات عمده زیر ضروری است.

- حمل و نقل لوله‌ها روی تریلی کفی انجام شود.
- حداقل دو الوار[1] عمود بر جهت لوله‌ها روی کف تریلی و یا کامیون قرار داده شود. عرض الوارها به نحوی باشد که از فشار و بار متمرکز و نقطه ای به بدنه لوله جلوگیری شود.
- لوله‌ها روی الوارها قرار گرفته و برای جلوگیری از غلطیدن آنها، یک عدد گوه[2] در هر یک از قسمتهای انتهایی الوارها نصب و توسط قید[3] روی الوار محکم شود (شکل ۲-۷-۱۲). توجه شود که ضخامت الوارها و ابعاد گوه‌ها باید یکسان باشند.
- در حالتی که بیش از یک ردیف لوله بارگیری می‌شود، جهت لوله‌های دارای سرکاسه و یا اتصالی در ردیف بالا عکس ردیف زیر باشد.
- در حد فاصل سر لوله‌های اولین ردیف با اتاق راننده یک الوار مناسب برای جلوگیری از حرکت طولی لوله‌ها قرار داده شود.

---

[1] Timber
[2] Chock
[3] Cramp

- تمام ردیفهای لوله با تسمه و یا سیم بکسل و یـــا زنجیر مهار شده و در محل تماس مهاری‌ها سیمی و زنجیری با بدنه لوله‌ها، نمد و یا لاستیک و یا بالشتک نرم قرار داده شده و اطمینان حاصل گردد که کلیه مهاری‌ها کاملاً محکم باشند تا از غلطیدن و یا حرکت طولی لوله‌ها در حین حرکت جلوگیری شود.
- متعلقات نیز به صورت مناسب روی کامیون قرار داده شوند، به نحوی که در حین حمل‌ونقل، هیچ‌گونه جابجایی و حرکت آنها، امکان‌پذیر نباشد.
- در طول مدت حمل، مهاری‌ها متوالیاً کنترل و در صورت لزوم محکم گردند.
- در حین حمل و نقل و برای اطمینان از عدم خراش بدنه لوله‌ها در اثر لرزش، از تماس لوله‌ها با یکدیگر جلوگیری شود.
- حمل لوله‌ها به صورت تلسکوپی (قطرهای کوچکتر درون اقطار بزرگتر) مجاز می‌باشد، مشروط بر اینکه از تکان و لرزش تمام لوله‌ها در حین حمل و نقل و جابجایی، به نحو مناسب جلوگیری شود.

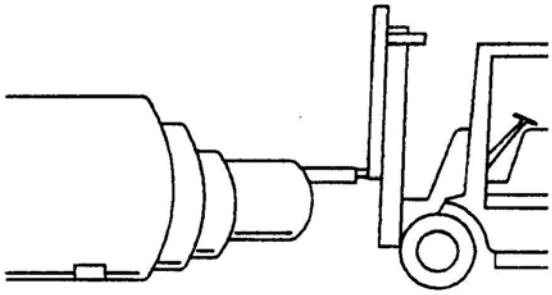


شکل ۲-۷-۱۲ : حمل و نقل لوله‌ها

در بارانداری لوله و متعلقات، رعایت نکات اصلی زیر ضروری است.

- قبل از آزاد نمودن و باز نمودن تسمه‌ها، سیم بکسل‌ها و یا زنجیرهای مهاری، تمام گوه‌ها کنترل شود تا از محکم بودن آنها و در نتیجه اجتناب از غلطیدن لوله‌ها اطمینان حاصل گردد.
- پس از باز نمودن مهاری‌ها، لوله‌ها از ردیف بالا و ترجیحاً از دو طرف کامیون و یا تریلی تخلیه گردند.
- انداختن و پرتاب لوله‌ها و متعلقات به هنگام تخلیه، تحت هیچ شرایطی مجاز نمی‌باشد.
- جابجایی لوله‌ها از طریق غلطاندن روی زمین، روی یکدیگر و یا به هر نحو مشابه دیگر مجاز نمی‌باشد و برای جابجایی، باید نکات مندرج در قسمتهای قبلی رعایت گردد.
- تریلی و یا کامیون حامل لوله باید در زمان بارانداری روی سطح کاملاً صاف متوقف شود.

- لولـــه‌های تلسکوپی به‌ترتیب و جداگانه و از قطر کوچکتر تخلیه و یا جابجا شوند (شکل ۲-۷-۱۳). در این کار، لوله‌ها نباید با یکدیگر برخورد نموده و یا بر روی هم کشیده شوند.
- توجه شود که به سر لوله و متعلقات در زمان بارانداز صدمه وارد نشود.
- کلیه سطوح خارجی لوله‌ها قبل از تخلیه کنترل و لوله‌های مشکوک و صدمه دیده جداگانه انبار شوند. کنترل سطوح داخلی لوله‌های با قطر بزرگ نیز ضروری است. توجه شود که هرگونه فرورفتگی ظاهری بدنه لولـــه می‌تواند به معنی احتمال صدمه سطح داخلی لوله باشد.



شکل ۲-۷-۱۳ : تخلیه لوله‌های تلسکوپی

ریسه‌کردن

لوله‌ها باید با توجه به نکات زیر در طول مسیر ریسه گردند.

- هرگونه سنگ و یا سایر مصالح اضافی برداشته شده و پستی و بلندیهای مسیر کاملاً هموار گردد.
- لوله‌ها با تمام جسم و بدنه روی زمین قرار گرفته و مهار شده و از غلطیدن آنها با به کارگیری وسایل مناسب، جلوگیری گردد.
- 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.
- اطمینان حاصل شود که هیچ قسمت از بدنه لوله روی بستر سنگی و یا پستی و بلندی قرار نگیرد و تمام بدنه لوله روی زمین باشد.
- در صورت لوله‌گذاری در شیب، تمهیدات لازم برای جلوگیری از لغزش لوله‌های ریسه شده پیش‌بینی شود.
- تمام تمهیدات لازم برای جلوگیری از صدمه به سر لوله‌ها به کار گرفته شود.

انبارداری

انبارداری لوله‌ها و متعلقات باید به نحوی باشد که ضمن سهولت در جابجایی و خارج نمودن مصالح مورد نیاز، از وارد آمدن صدمه و خسارت به آنها جلوگیری شود. در این رابطه حداقل نکات اساسی لازم الاجرا، در بخش نکات مشترک لوله‌گذاری منعکس و تذکر داده شده است. در اینجا علاوه بر موارد اختصاصی لوله‌های فایبرگلاس، صرفاً چند نکته عمده عمومی تکرار و یادآوری می‌شود.

- محل تخلیه لوله‌ها باید کاملاً مسطح بوده و زهکشی شود. محل فوق، در صورت امکان، دارای پوشش بتنی و یا آسفالت بوده و در غیر این صورت، شن‌ریزی گردد.
- از ورود خاک و مواد خارجی به داخل لوله‌ها جلوگیری شود.
- لوله‌ها با زمین فاصله داشته باشند. برای این منظور می‌توان از الوار که به فاصله معین و مناسبی از یکدیگر قرار گرفته‌اند، استفاده نمود. عرض الوارها باید به نحوی باشند که از فشار متمرکز به بدنه لوله جلوگیری گردد.
- از غلطیدن لوله‌هایی که روی الوار قرار گرفته‌اند، با استفاده از گوه و قید جلوگیری شود.
- لوله‌ها را می‌توان بر روی یکدیگر قرار داد. ارتفاع معمول دپو حدود ۲/۵ متر است. تعداد معمول مجاز ردیفهای لوله که روی یکدیگر قرار داده می‌شوند، از دیدگاه ایمنی و سهولت دسترسی با توجه به قطر آنها به شرح زیر است.

قطـــر لـــولـــه	حداکثر ردیف روی هم
۱۵۰ میلیمتر	۹ ردیف
۲۰۰ میلیمتر	۸ ردیف
۲۵۰ میلیمتر	۷ ردیف
۳۰۰ میلیمتر	۶ ردیف
۴۰۰ میلیمتر	۵ ردیف
۵۰۰ میلیمتر	۴ ردیف
۶۰۰ الی ۷۰۰ میلیمتر	۳ ردیف
۸۰۰ الی ۱۲۰۰ میلیمتر	۲ ردیف
بیش از ۱۲۰۰ میلیمتر	۱ ردیف

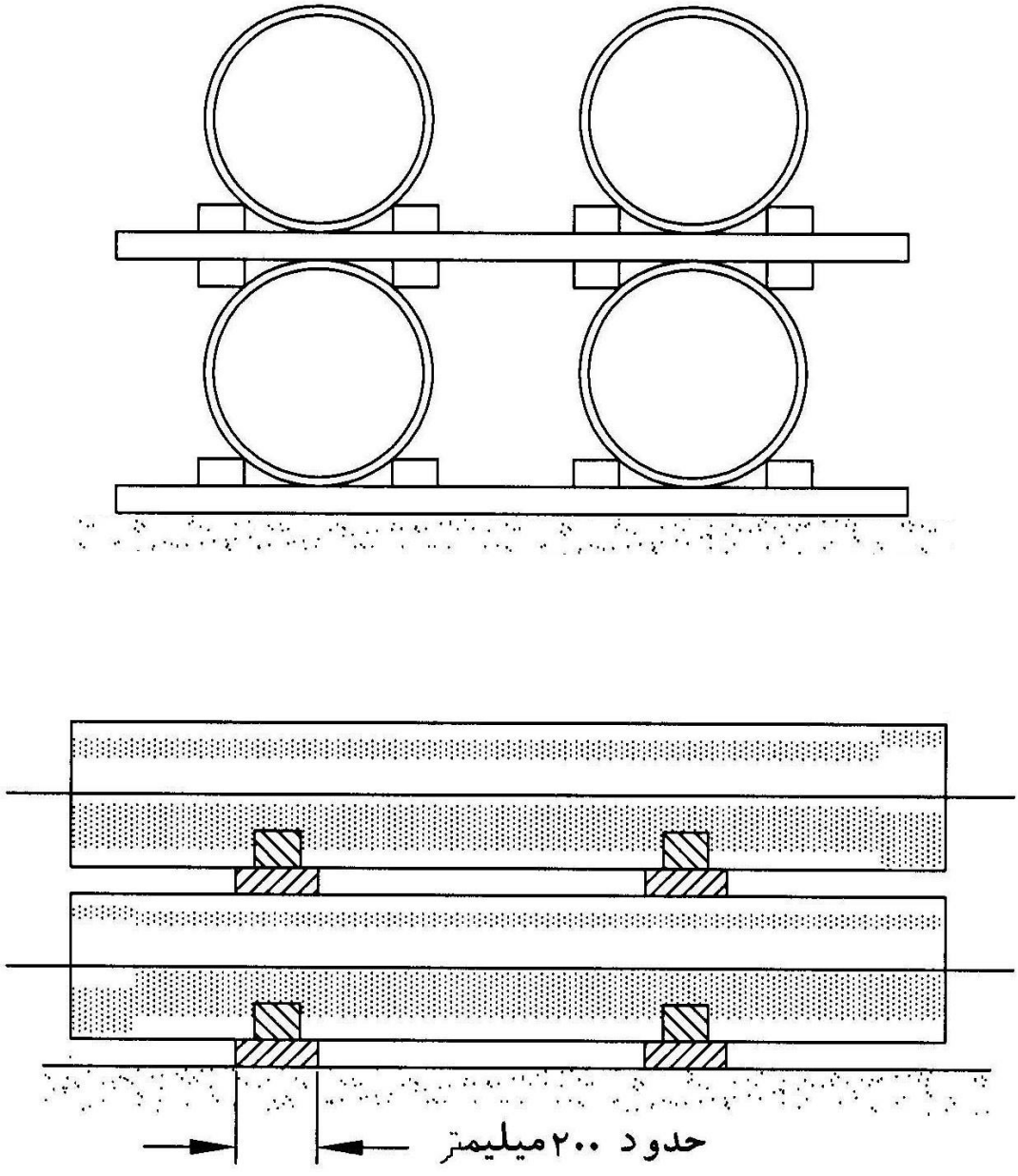
تعداد مجاز ردیفهای لوله روی یکدیگر در انبار بر اساس استانداردهای مختلف می‌تواند با ارقام فوق متفاوت بـــاشد. لذا ضروری است در صورت محدودیت فضای انبار و نیاز به قرار دادن لوله‌ها روی یکدیگر با حداکثر تعداد مجاز، دستورالعمل سازنده در این خصوص دریافت و رعایت گردد. در هر صورت تعداد ردیف لولـــه‌ها در انبار که توسط سازنده با توجه به سختی و سری قطر تعیین می‌شود، باید با ارقام فوق کنترل شده و رعایت شود و در اولویت قرار گیـــرد.

- حداکثر کمانش مجاز لوله‌ها در طول انبارداری با توجه به سختی لوله در بخش کمانش لوله درج شده است.
- در قرار دادن لوله‌ها روی یکدیگر، باید بین هر دو ردیف لوله نیز الوارهایی به فواصل مناسب قرار داده و از غلطیدن لوله‌ها با استفاده از گوه و قید جلوگیری نمود. 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.

- لوله‌ها باید در صورت نیاز و اعلام فروشنده، در مقابل تابش مستقیم آفتاب حفاظت شوند.
- جابجایی لوله‌ها از طریق غلطاندن روی زمین، ریل و یا لوله‌های دیگر مجاز نمی‌باشد.
- قرار دادن متعلقات در روی یکدیگر مجاز نمی‌باشد.
- 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.
- واشرها نباید زیر بار قرار داده شده و یا بر روی یکدیگر فشرده شوند.
- در صورتی که واشرها برای مدتی طولانی در انبار نگهداری می‌شوند، بهتر است در جعبه بسته‌بندی شده و یا توسط پوشش‌های مناسب پوشانده و محافظت شوند. توجه شود که تمامی مواد روغنی مانند گریس، بنزین و غیره بر روی واشر اثر مخرب دارند.
- مواد روان‌ساز در محل مناسب و سرپوشیده انبار شوند.
- در صورت اجرای کار لوله‌گذاری در درجه حرارت کمتر از ۵ درجه سانتیگراد، واشرها و مواد روان‌ساز تا لحظه مصرف در محیط مناسب نگهداری شوند.
- واشرها و پیچ و مهره‌ها باید برحسب نوع و اندازه گروه‌بندی و انبار شوند.
- تقسیم فضا و انبار نمودن لوله و متعلقات باید با توجه به زمانبندی مصرف، به نحوی باشد که دسترسی و خارج نمودن آنها برحسب نیاز، به آسانی و بدون جابجایی سایر اجناس امکان پذیر باشد.

نحوه انبار نمودن لوله‌های فایبرگلاس در شکل شماره (۲-۷-۱۴) نشان داده شده است.



شکل ۲-۷-۱۴ : انبار نمودن لوله‌های فایبرگلاس

بسترسازی لوله

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

قبل از شروع حفاری، مسیر لوله‌گذاری باید بررسی شده و کلیه موانع آن شناسایی و نحوه عبور از آنها برنامه ریزی گردد. حفاری باید به ترتیبی انجام شود که امکان نصب مستقیم لوله‌ها، بجز موارد مربوط به نصب زانویی‌ها، به خوبی فراهم باشد.

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

همانطور که در بخش نکات مشترک لوله‌گذاری به تفصیل قید گردیده است، بستر لوله و کف ترانشه باید کاملاً صاف باشد، به نحوی که تمام بدنه لوله‌ها در تمام طول (به جز محل اتصالات) کاملاً بر روی بستر قرار گیرند و از بروز فشار متمرکـــز به یک قسمت از لوله اجتناب شود.

حداقل عرض ترانشه باید در مشخصات طرح منعکس گردد. در غیر این صورت، پیمانکار باید حداقـــل 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.

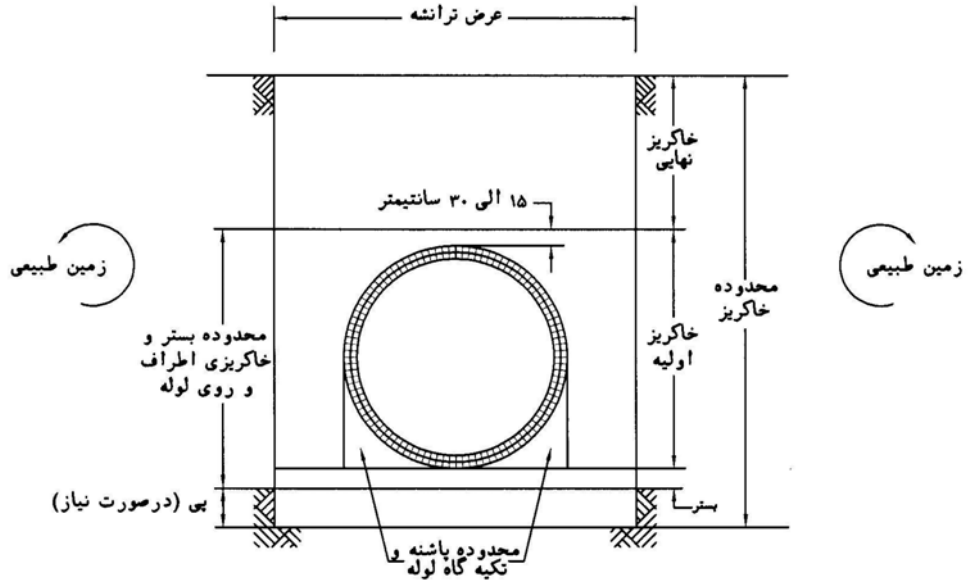
در صورتی که زمین نرم با قابلیت نشست باشد، حفاری باید تا زمین سفت ادامه یافته و یا تحکیم بستر انجام پذیرد.

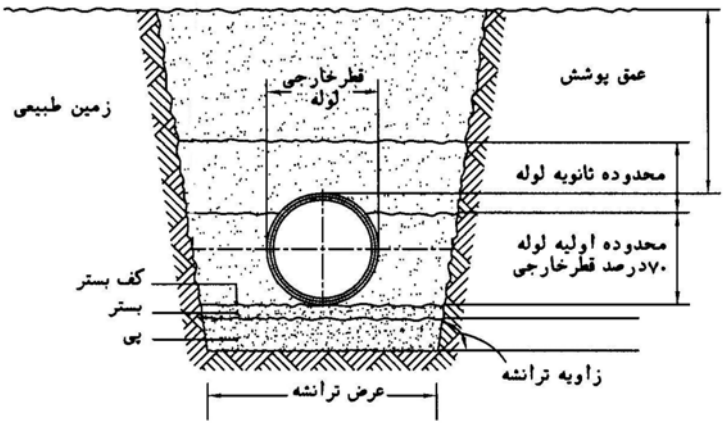
در شکل شماره (۲-۷-۱۵)، طبقه‌بندی قسمتهای مختلف بستر لوله‌های فایبرگلاس و تعاریف آن منعکس گردیده است.

در خاکریزی و بسترسازی لوله‌های فایبرگلاس، توجه به نکات عمده زیر ضروری است.

- درصد رطوبت خاکهای مصرفی در بسترسازی از نظر تراکم‌پذیری باید مدنظر باشد. عدم توجه به این نکته می‌تواند باعث کمانش لوله‌ها شود. در خاکهایی که به صورت آزاد زهکش نمی‌شوند، حداکثر انحراف رطوبت خاک از درصد بهینه آن می‌تواند تا سه درصد بـــاشد.
- حداکثر ابعاد دانه‌های خاک مصرفی در خاکریزی زیر و اطراف لوله باید مطابق مشخصات فنی طرح باشد.
- در صورتی که در خاکریزی نهایی، مواد سنگی دانه درشت و نظایر آن وجود دارد، خاکریز اولیه بالای لوله باید حداقل ۳۰ سانتیمتر باشد.

متذکر می‌شود که بسترسازی و مصالح مصرفی در خاکریزی باید بر اساس مشخصات طرح که با توجه به سختی، ردیف قطر لوله، شرایط محل و نوع خاک طبیعی، سطح آبهای زیرزمینی و سایر عوامل مؤثر تعیین شده است، انجام پذیرد.





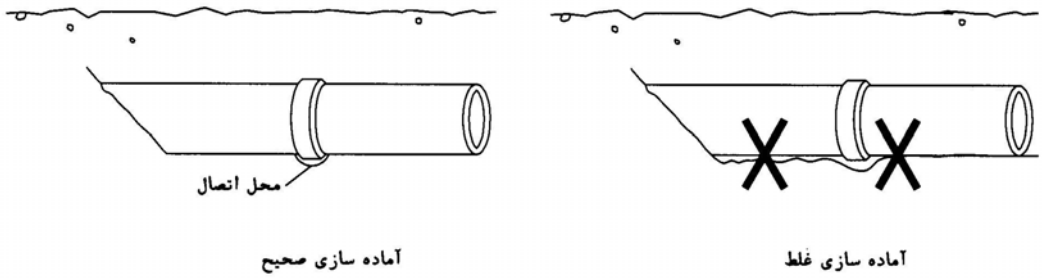
شکل ۲-۷-۱۵ : بستر تیپ لوله‌های فایبرگلاس

بسترسازی محل اتصالات، متعلقات و شیرآلات

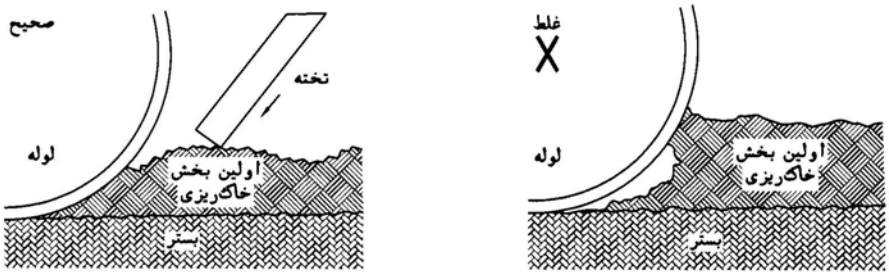
عرض و عمق ترانشه در محل هر یک از اتصالات، متعلقات و شیرآلات باید بیش از سایر قسمتها باشد، به نحوی که برقراری اتصالات غلافی و یا گردش ابزار کار و محکم نمودن پیچها در اتصالات فلنجی و یا مکانیکی، به راحتی انجام پذیرد. افزایش عمق ترانشه در محل اتصالات، به جز در زمینهای سنگی، باید پس از تکمیل بسترسازی و توسط دست انجام شود تا ضمن انجام یک بسترسازی یکنواخت، افزایش عمق ترانشه در حداقل طول لازم صورت گرفته و بدین ترتیب، حداکثر ممکن از طول بدنه لوله روی بستر ایجاد شده قرار گیرد.

طول و عمق اضافه برداشت محل اتصالات در کف ترانشه با توجه به ابعاد اتصالات و فضای لازم برای برقراری اتصال با توجه به قطر لوله تعیین می‌شود. در اتصالات غلافی، عمق اضافه برداشت محل اتصال باید حداقل ۱۰ سانتیمتر باشد، مگر این که ارقام دیگری توسط سازنده لوله تعیین گردد.

در شکل شماره (۲-۷-۱۶)، نحوه صحیح آماده‌سازی بستر و فضاسازی برای برقراری اتصال غلافی نشان داده شده است. محل اتصال پس از نصب و برقراری اتصال، با دست و به خوبی متراکم شود. متراکم نمودن محدوده پاشنه و تکیه‌گاه لوله[1] نیز باید با دقت انجام شود. در شکل شماره (۲-۷-۱۷)، روش صحیح این عمل نشان داده شده است.



شکل ۲-۷-۱۶ : آماده‌سازی بستر و برقراری اتصال



شکل ۲-۷-۱۷ : متراکم نمودن محدوده پاشنه و تکیه‌گاه

[1] Haunch Zone

انتقال لوله، متعلقات و شیرآلات به داخل ترانشه

نکات عمده‌ای که در انتقال لوله، متعلقات و شیرآلات به داخل ترانشه باید مورد توجه قرار گیرند در بخش نکات مشترک لوله‌گذاری قید گردیده است. تنها تأکید مجدد نکات زیر در خصوص لوله‌های فایبرگلاس ضروری می‌باشد که باید کاملاً رعایت گردد.

- لوله‌ها و سایر مصالح باید به آهستگی و با استفاده از طناب، سیم بکسل و یا زنجیر محافظت شده، تجهیزات حفاظتی لوله، ماشین‌آلات مناسب و با رعایت کلیه نکاتی که در خصوص جابجایی و حمل و باراندازی ذکر گردید، به داخل ترانشه انتقال داده شوند. توجه شود که بدنه لوله با دیواره ترانشه برخورد ننماید و یا سائیده نشود. لوله‌ها و متعلقات و شیرآلات کوچکتر را می‌توان توسط دست و تعداد کافی کارگر و با احتیاط کامل به داخل ترانشه منتقل نمود.
  پرتاب لوله‌ها و متعلقات و شیرآلات به داخل ترانشه تحت هیچ شرایطی مجاز نمی‌باشد.
- همزمان با انتقال هر یک از لوله‌ها و متعلقات به داخل ترانشه، اتصال آن با لوله و یا متعلقات قبلی برقرار و توسط خاکریزی مناسب در محل خود ثابت گردد.
- قبل از انتقال لوله به داخل ترانشه، حفره محل اتصال در بستر، با حداقل ابعاد مورد نیاز ایجاد شود.
- قبل از انتقال لوله به داخل ترانشه، از صحیح بودن شیب کف و یکنواخت بودن بستر اطمینان حاصل گردد تا لوله در تمام طول روی بستر تکیه نماید.
  اصلاح شیب توسط خاکریزی زیر قسمتی از لوله مجاز نمی‌باشد.

نصب لوله و متعلقات

اجرای اتصالی از نوع غلاف و حلقه لاستیکی

اتصال لوله‌ها به یکدیگر یا به سایر متعلقات، یکی از عمده‌ترین و حساس‌ترین قسمتهای نصب لوله می‌باشد که باید با دقت کافی انجام شود تا نشت‌های احتمالی را به حداقل رساند.

نصب لوله باید توسط کارگران ماهر و با تجربه و طبق دستورالعمل‌های سازنده انجام شود. به طور کلی، پیمانکار و نصاب باید از نکات زیر مطمئن بوده و آنها را دقیقاً رعایت نمایند.

- غلاف لوله‌ها منطبق با کلاس لوله (سختی و سری قطر) باشد.
- واشرهای لاستیکی مورد استفاده کاملاً منطبق با کلاس (سختی و سری قطر) لوله باشد.
- غلاف و شیار محل قرارگیری واشرها و همچنین واشرهای لاستیکی و سطوح انتهایی، قبل از برقراری اتصال، کاملاً تمیز باشند.
- واشر لاستیکی به طور کاملاً صحیح در شیار مربوط قرار گرفته است.
- برای استفاده از مواد روان کننده، لازم است دستورات مهندس مشاور یا سازنده را کاملاً رعایت نماید. پیمانکار باید از مواد روان‌کننده ارائه شده توسط سازنده استفاده نماید. در صورت عدم وجود مواد روان‌کننده خاص، می‌توان از مخلوط ۷۰ درصد آب و ۳۰ درصد صابون به عنوان روان‌کننده استفاده نمود.

برای نصب لوله‌ها، ابتدا واشرهای لاستیکی به دقت در محل شیارهایی که بدین منظور در سطح داخلی غلاف تعبیه شده است قرار داده شوند و توسط یک پارچه تمیز، لایه نازکی از مواد روان‌کننده روی آن کشیده شود. سپس غلاف مذکور را روی انتهای تراشکاری شده لوله نصب شده قبلی می‌رانیم تا به اواسط غلاف برسد. سپس لوله نصب شونده، را کاملاً در امتداد محور لوله قبلی قرار داده و سر تراشکاری شده آن را به داخل نیمه دیگر غلاف می‌رانیم. قبل از این عملیات، باید سطوح خارجی دو سر تراشکاری شده لوله و سطح داخلی واشرها را به مواد روان‌کننده آغشته نمود.

اصول جا زدن لوله‌های فایبرگلاس تا حدود زیادی شبیه لوله‌های آزبست سیمان می‌باشد و لذا رعایت اصول ذکر شده در این خصوص در بخش لوله‌های آزبست سیمان، توصیه می‌گردد. برای اتصال لوله‌های با اقطار بیشتر و سنگین‌تر، نیاز به جا زدن با ادوات مکانیکی است. این تجهیزات شامل یک طناب یا کابل محافظ شده است که دور تا دور و در نزدیکی انتهای لوله نصب شونده پیچیده شده و به وسیله قلاب یا اتصال دیگری محکم می‌شود. سپس یک دستگاه تیفور اهرمی به دور لوله‌ای که چند قطعه قبل از آخرین لوله نصب شده است، وصل می‌گردد. با کشیدن تیفور، لوله مورد نظر به داخل نیمه غلافی که قبلاً روی آخرین لوله نصب شده کشیده می‌شود. برای استفاده از این تجهیزات نیز لازم است دقت‌های لازم و دستورالعمل‌های مهندس مشاور و سازنده لوله رعایت شود.

جز موارد فوق، از استفاده و به کارگیری سایر ماشین‌آلات و دستگاه‌های حفاری برای راندن لولـــه به داخل غلافها باید جداً خودداری شود.

اجرای سایر انواع اتصالی

سایر اتصالی‌ها، از قبیل اتصال مکانیکی، فلزی، پیچی، فلنجی و جوشی در موارد خاص مورد استفاده قرار می‌گیرند. نحوه ایجاد این قبیل اتصالی‌ها، مشابه عمل در سایر انواع لوله می‌باشد.

در اینجا، حداکثر نیروی پیچشی[1] به هر پیچ، در اتصالات فلنجی لوله‌های فایبرگلاس، صرفاً به عنوان توصیه ذکر می‌گردد. ارقام نهایی توسط سازنده و با توجه به جمیع شرایط تعیین می‌شود.

[1] Torque

ابعاد اسمی فلنج (DN)	حداکثر نیروی پیچشی به هر پیچ (نیوتن متر)
۸۰ و ۱۰۰	۲۵
۱۵۰	۳۵
۲۰۰	۴۵
۲۵۰	۵۵
۳۰۰	۷۵
۴۰۰ (۳۷۵)	۹۰
۴۵۰	۱۱۵
۵۰۰ (۵۲۵)	۱۳۰
۶۰۰	۱۴۵
۷۰۰	۱۶۰
۷۵۰	۱۸۰
۹۰۰	۱۹۰
۱۰۰۰	۲۰۰

لوله‌گذاری در قوس و ایجاد انحراف

در برخی قسمتهای خطوط لوله و خصوصاً در مواقعی که لوله‌گذاری به موازات جاده‌ها و خیابانها انجام می‌شود و یا موانعی در مسیر خط وجود دارد، ایجاد قوس در خط لوله به منظور هماهنگی با پیچ جاده و خیابان و یا عبور از کنار، زیر و یا روی موانع اجتناب‌ناپذیر است. در پیچ‌های با شعاع بزرگ می‌توان به جای به کارگیری زانو برای این منظور، با استفاده از انحراف مجاز برخی از انواع اتصالی‌ها و بدون به کار بردن زانویی و یا دیگر تمهیدات، قوس مورد نظر را در خط انتقال با انحراف متوالی چندین شاخه لوله ایجاد نمود. برای عبور از کنار، زیر و یا بالای موانع نیز می‌توان این عمل را از فاصله دورتر شروع نموده و با انحراف مجاز چندین شاخه لوله، از موانع عبور نمود. همچنین در برخی مواقع، با استفاده از این روش می‌توان زانویی‌های کوچک را حذف نمود.

حداکثر زاویه انحراف لوله‌ها توسط سازنده تعیین می‌شود. با در دست داشتن زاویه انحراف، شعاع قوس و حداکثر انحراف هر اتصال از محور[1] قابل محاسبه می‌باشد. ذیلاً زاویه انحراف، شعاع قوس و حداکثر انحراف هر اتصال، ذکر، ولی تأکید می‌گردد که این زاویه باید توسط سازنده لوله با توجه به سختی، فشار کار و ردیف قطر لوله تأیید و یا ارائه شود.

[1] Offset

قطر لوله میلیمتر	زاویه انحراف هر شاخه لوله درجه	شعاع قوس متر	حداکثر انحراف هر اتصال از محور میلیمتر
کمتر از ۵۰۰	۳	۱۱۵	۳۱۴
۶۰۰ الی ۹۰۰	۲	۱۷۲	۲۰۹
۱۰۰۰ الی ۱۴۰۰	۱	۳۴۴	۱۰۵
بیش از ۱۴۰۰	۰/۵	۶۸۸	۵۲

شناورشدن و جابجایی لوله

لوله‌های فایبرگلاس به علت وزن نسبتاً کم خود در مقایسه با سایر لوله‌ها و قبل از خاکریزی، می‌توانند به سرعت شناور شده و یا از راستای خود منحرف گردند.

برای حفظ لوله‌ها در محل خود تا زمان خاکریزی، باید تمهیداتی به کار گرفته شوند که ساده‌ترین آنها، خاکریز موضعی در کناره و یا روی بدنه لوله می‌باشد. همچنین، بکارگیری راهکارهایی نظیر وزنه‌های نگهدارنده، بست و نظایر آن، از جابجایی لوله جلوگیری می‌نماید.

در مواقعی که سطح آبهای زیرزمینی بالا است و یا امکان ورود آبهای سطحی به داخل ترانشه وجود دارد، لوله‌ها می‌توانند شناور شوند. برای جلوگیری از شناور شدن لوله، خاکریزی سریع اولیه و بلافاصله پس از استقرار لوله و برقراری اتصالات، ضروری است. حداقل پوشش روی لوله خالی برای جلوگیری از شناور شدن آن حدوداً برابر قطر لوله می‌باشد.

لوله‌گذاری در حالتهای خاص

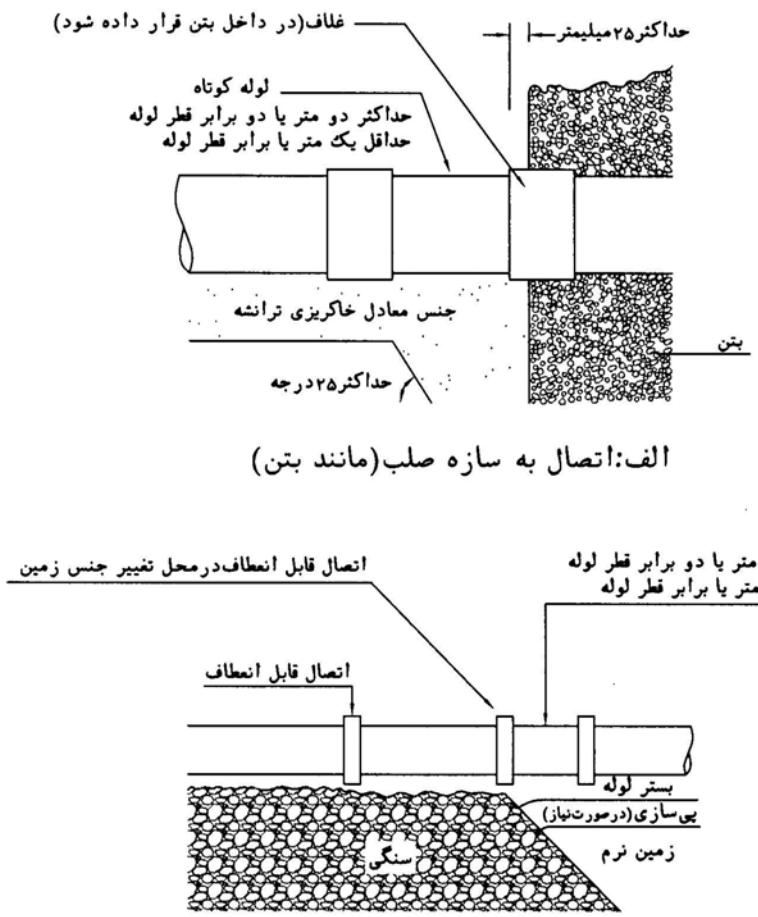
در خطوط آبرسانی، با توجه به جنس زمین، موانع طبیعی و یا احداث شده در مسیـــر و نظایر آن، شرایطی ایجاد می‌شود که لوله‌گذاری از حالت معمول خارج و باید به صورت مقطعی خاص انجام شود. ذیلاً نحوه کار در چند حالت از این موارد ذکر می‌گردد.

تغییر جنس زمین

تغییر در جنس زمین مسیر لوله می‌تواند باعث نشست‌های ناهمگون لوله شود. این تغییرات ممکن است ناشی از دو جنس متفاوت زمین طبیعی و یا ورود به ساختمانها و تاسیسات باشد. در شکل شماره (۲-۷-۱۸)، نحوه عمل در دو حالت معمول تغییر در جنس زمین مسیر لوله نشان داده شده است.

قطع عرضی سایر لوله‌ها

برای عبور از روی لوله‌های موجود و قطع عرضی آنها، رعایت مقررات و دستورالعمل‌های مقامات ذیربط کاملاً ضروری است. در شکل شماره (۲-۷-۱۹)، حداقل شرایط عبور از روی یک لوله موجود نشان داده شده است.



شکل ۲-۷-۱۸ : تمهیدات تغییر در جنس زمین

نصب دو لوله موازی

حداقل شرایط نصب دو رشته لوله موازی در شکل شماره (۲-۷-۲۰) منعکس است. در صورتی که هر دو لوله برای آبرسانی نباشد، رعایت ضوابط ایمنی و دستورالعمل‌های ارگانهای ذیربط ضروری است.

نصب روی سطح زمین

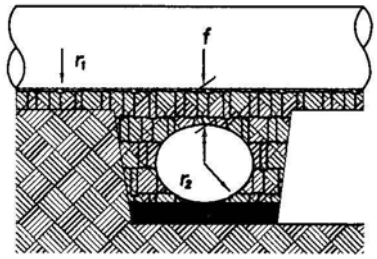
در بسیاری از مواقع و برای عبور از موانعی مانند رودخانه‌ها، تونلها و نظایر آن، نصب لوله روی سطح زمین ضروری است. شرایط و جزییاتی که در این خصوص برای لوله‌های فولادی ذکر شد، برای لوله‌های فایبرگلاس نیز قابل استفاده است. در این مواقع توجه به نکات عمده زیر ضروری است.

- با پیش‌بینی یک زین از جنس مناسب، از بروز تکیه‌گاه با بار نقطه‌ای و متمرکز جلوگیری شود. زاویه قرار گرفتن لوله روی تکیه‌گاه معادل ۱۲۰ درجه درنظر گرفته شود.
- تکیه‌گاه با رعایت نکات فنی، در حداقل عرض ممکن ساخته شود.

- لوله‌های فایبرگلاس روکار در مقابل خراش و سائیدگی خارجی محافظت گردند.
- از خمیدگی زیادتر از مجاز لوله‌ها جلوگیری شود.
- لوله‌ها در مقابل حرارت و اشتعال و تابش نور حفاظت شده و انقباض و انبساط آنها محاسبه و مهار شوند.

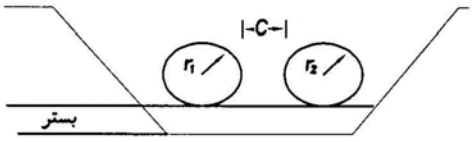
در شکل شماره (۲-۷-۲۱) دو نمونه از تکیه‌گاه لوله‌ها در روی زمین نشان داده شده است.

$f \geq \frac{r_1 + r_2}{2}$ (حداقل ۱۵ سانتیمتر)

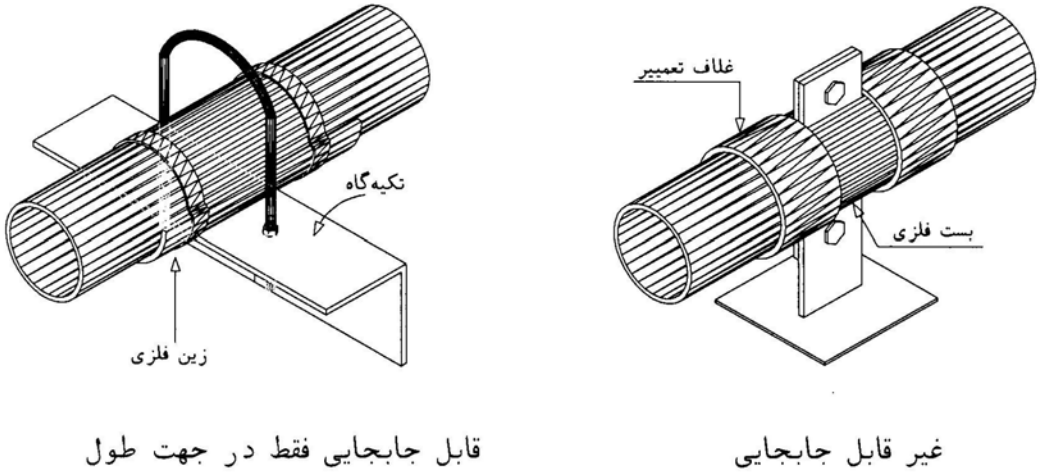


شکل ۲-۷-۱۹ : عبور عرضی از روی لوله موجود

$C \geq \frac{r_1 + r_2}{2}$



شکل ۲-۷-۲۰ : نصب دو رشته لوله مجاور یکدیگر



شکل ۲-۷-۲۱ : نمونه‌های تکیه‌گاه لوله‌های فایبرگلاس

برش لوله

لوله‌های فایبرگلاس قابلیت برش و فارسی‌بری[1] خوبی داشته و امکان ساخت متعلقات، قطعات کوچکتر لوله و هرگونه عملیات مشابه را دارند. برش لوله‌ها باید توسط دستگاه و ماشین‌آلات مخصوص انجام پذیرد و محل برش کاملاً صاف و عاری از هرگونه برآمدگی و زبری و الیاف آزاد باشد.

تعمیر لوله

لوله‌های فایبرگلاس که به هر دلیل آسیب دیده باشند، به راحتی قابل تعمیر بوده و نیازی به خارج نمودن تمام شاخه لوله نیست، مگر این که ضرورت‌های بهره‌برداری و تعمیراتی ایجاب نماید. برای تعمیر قسمتهای آسیب دیده، دو طرف محل مورد نظر و با طول مناسب برش داده شده و قطعه صدمه دیده خارج می‌گردد. سپس یک قطعه لوله سالم و با طول کمی‌کوچکتر از قطعه خارج شده که بتواند به راحتی در محل قرار گرفته، جایگزین شود. برای برقراری اتصال می‌توان یا از دو عدد غلاف فایبرگلاس و یا دو عدد بست فلزی استفاده نمود.

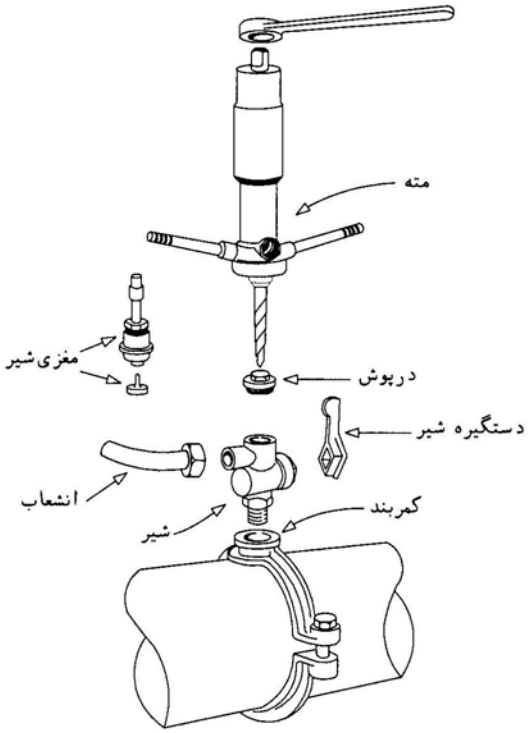
انشعاب از خطوط لوله فایبرگلاس

انشعاب از خطوط لوله فایبرگلاس تحت فشار در اصول مشابه لوله‌های آزبست سیمان و توسط کمربند مخصوص و مته برای سوراخ کردن لوله صورت می‌گیرد. برای این منظور دستورالعمل سازنده لوله باید کاملاً رعایت شود.

در شکل شماره (۲-۷-۲۲)، روش عمومی‌انشعاب‌گیری از لوله تحت فشار توسط کمربند نشان داده شده است.

---

[1] Miter Cut



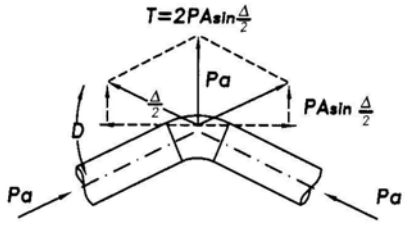
شکل ۲-۷-۲۲ : نحوه انشعاب‌گیری از لوله تحت فشار فایبرگلاس

تکیه‌گاه‌ها و پشت‌بندها

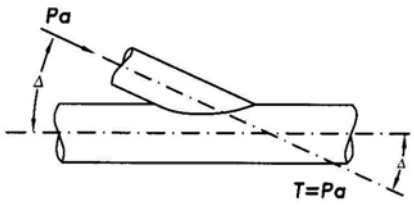
نحوه اتصال لوله‌های فایبرگلاس، که عمدتاً توسط غلاف و یا مکانیکی است، هیچ‌گونه امکان جلوگیری از حرکت طولی و جدا شدن اتصالات از یکدیگر در اثر نیروهای وارده ناشی از تغییر جهت و یا قطع جریان و یا نیروهای وارده به فلنج کور را فراهم نمی‌کند. تنها نیروی مقاوم در این مورد، اصطکاک ناچیز بین واشر و سرساده لوله است که به نوبه خود بستگی زیاد به نحوه اجرا و سایر عواملی دارد که در نهایت، این نیروی اصطکاکی را برای مقاومت در مقابل حرکت طولی لوله غیرقابل توجه و بسیار کم می‌نماید.

مشخصات کلی انواع تکیه‌گاهها و پشت بندها در بخش نکات مشترک لوله‌گذاری، تحت عنوان ضربه‌گیرها، ذکر گردیده است. تکیه‌گاه‌ها و پشت‌بندها در حالت عادی، عمدتاً به صورت بتن درجا پیش‌بینی و اجرا می‌گردند. رابطه نیروی وارده به معمول‌ترین اتصالات در بخش لوله‌های چدن نشکن درج شده است. معهذا در اینجا و به واسطه حساسیت لـــوله‌های G.R.P در این خصوص، این نیروها مجدداً و به صورت کامل‌تر، در شکل (۲-۷-۲۳) منعکس و نمایش داده شده است.

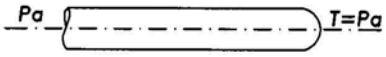
در اینجا ذکر این نکته ضروری است که در مشخصات بلوکهای ضربه‌گیر، باید توجه شود که این بلوکها، با توجه به وضعیت زمین و نصب، دارای مقاومت کافی در تمام موارد باشند. در این ارتباط، وزن و ابعاد بلوک، وزن خاکریز روی بلوک، فشار منفی خاک بر بلوک، اصطکاک بین بدنه لوله و خاک اطراف، باید در نظر گرفته شود.



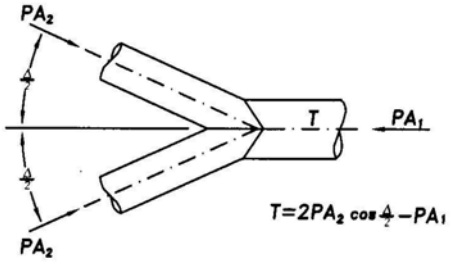
زانو



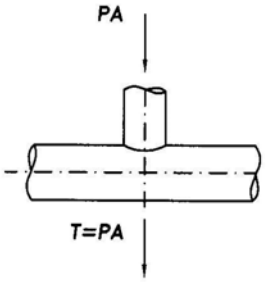
سه راهی کج



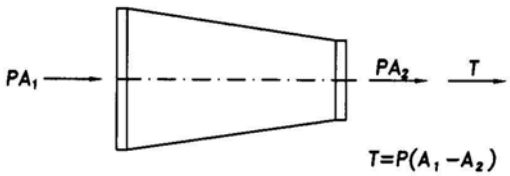
فلنج کور



سه راهی دو شاخه (Y)



سه راهی



تبدیل

A = سطح مقطع لوله

Δ = زاویه انحراف

شکل ۲-۷-۲۳ : نیروی وارد به تکیه‌گاه‌ها و پشت‌بندها

در زمین‌های نرم، خاک اطراف بلوک باید با ماسه و یا خاکهای مناسب دیگر که فشار منفی کافی ایجاد می‌نماید، جایگزین گردد. باربری زمین نیز باید به دقت بررسی شده و در صورتی که باربری زمین کم می‌باشد (مانند زمین‌های رسی و یا آبدار)، یا شمع‌های کوتاه در جا مورد استفاده قرار گیرند و یا سطح نشیمن بلوک افزایش یابد.

در اینجا چند پشت‌بند و نیروی معمول به لوله‌ها ذکر می‌شوند[1].

مهار زانویی

معمول‌ترین متعلقات مصرفی در لوله‌ها، زانویی است. مهار زانویی‌ها می‌تواند یا توسط پشت‌بندهای بتنی انجام شود و یـــا توسط قطعات تعداد کافی شاخه لوله با اتصالات انعطاف ناپذیر، از قبیل اتصال جوشی و فلنجی، صورت پذیرد.

در شکل شماره (۲-۷-۲۴)، مهار زانویی‌ها در تغییر جهت عمودی لوله توسط پشت‌بند و قطعات بتنی نشان داده شده است.

در شکل شماره (۲-۷-۲۵)، مهار زانویی‌ها در تغییر جهت، توسط اتصالی انعطاف ناپذیر و مهار شده[2] نشان داده شده است. طول آن بخش از لوله در هر طرف زانویی که باید با استفاده از اتصالی مهار شده نصب شود برابر است با :

$$L = \frac{PA(Sin\frac{\Delta}{2})}{f(2W_e + W_p + W_w)}$$

در اینجـــا :

L = طول لوله با اتصالی مهار شده در هر طرف زانویی بر حسب متر

P = فشار داخلی لوله بر حسب کیلوگرم بر سانتیمتر مربع

A = سطح مقطع لوله برحسب سانتیمتر مربع

Δ = زاویه زانویی بر حسب درجه

f = ضریب اصطکاک بین خاک و لوله

We = وزن خاک وارد برحسب کیلوگرم در متر طول (سربار)

Wp = وزن لوله برحسب کیلوگرم در متر طول

Ww = وزن مایع درون لوله برحسب کیلوگرم در متر طول

در شکل شماره (۲-۷-۲۶)، مهار زانویی در تغییر جهت عمودی توسط اتصالات مهار شده نشان داده شده است. در حقیقت این زانویی باید در مقابل بلند شدن[3] مهار گردد.

طول هر بخش از خط لوله در هر طرف زانویی که باید با استفاده از اتصالی مهار شده نصب شود برابر است با :

---

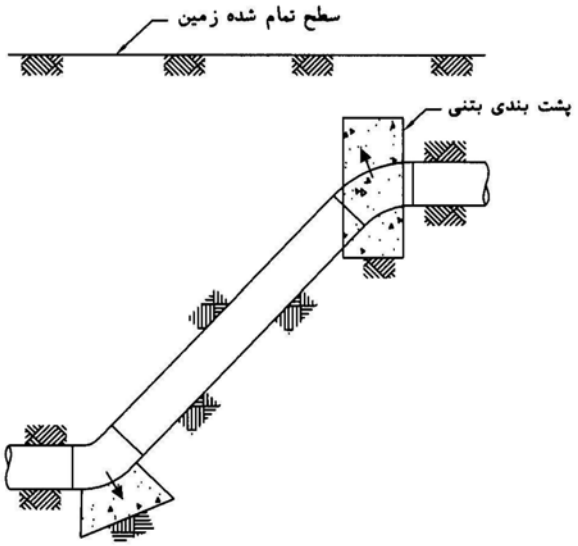
[1] AWWA M 45

[2] Restrained (Tied) Joint

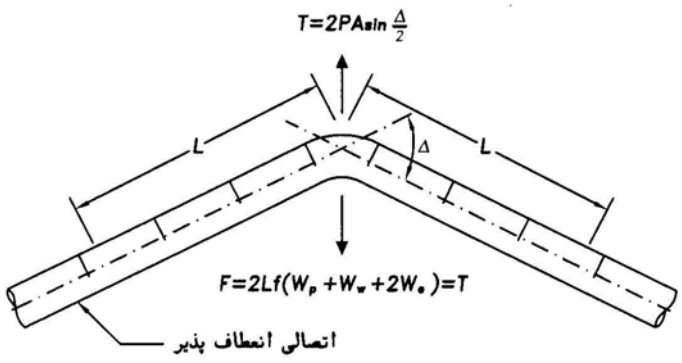
[3] Uplift

$$L_1 = \frac{PASin(\Delta/2)}{(W_e + W_p + W_w)Cos(\varphi_1 - \Delta/2)}$$

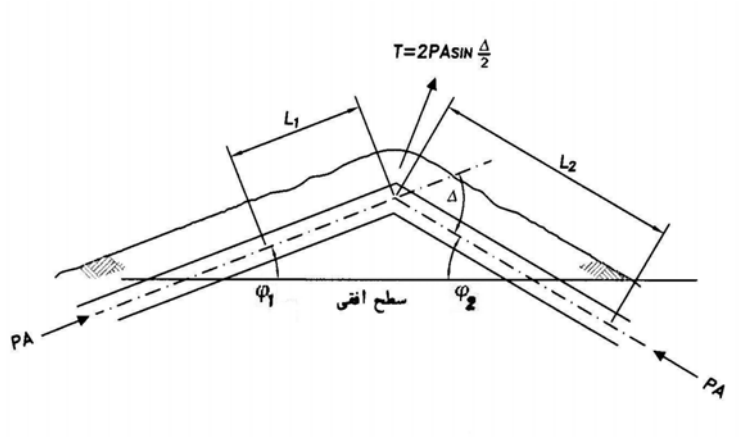
$$L_2 = \frac{PASin(\Delta/2)}{(W_e + W_p + W_w)Cos(\varphi_2 - \Delta/2)}$$



شکل ۲-۷-۲۴ : مهار زانویی‌ها در تغییر جهت عمودی



شکل ۲-۷-۲۵ : مهار زانویی توسط اتصالی مهار شده در تغییر جهت



شکل ۲-۷-۲۶ : مهار زانویی توسط اتصالی مهار شده در تغییر جهت عمودی

مهار قوس

همانطور که در بخش‌های قبلی ذکر شد، لوله‌های فایبرگلاس قابلیت انحراف[1] در محل اتصال تا حدود مجاز و تعیین شده را دارند. با این عمل و بدون استفاده از زانویی، امکان ایجاد قوس وجود دارد. این عمل ایجاب می‌نماید که تثبیت لوله کنترل شده و در صورت لزوم از مهاری استفاده شود.

در شکل‌های شماره (۲-۷-۲۷) و (۲-۷-۲۸)، ایجاد قوس افقی و عمودی از طریق استفاده از انحراف مجاز هر شاخه لوله در محل اتصالی نشان داده شده است. در صورتی که نیروی ایجاد شده از این انحراف (T) کمتر از رابطه زیر باشد، لوله‌ها قادر به تحمل نیروی ایجاد شده بوده و نیازی به پشت‌بند نیست. در غیر این صورت، مهار لوله‌ها توسط پشت‌بند بتنی ضروری است.

$T \leq f\ Lp\ (Wp + Ww + 2\ We)$ قوس افقی

$T \leq f\ Lp\ (Wp + Ww + 2\ We)\ Cos\ (\varphi - \Phi/2)$ قوس عمودی

در روابط فوق :

$T = 2\ PA\ Sin\ (\Phi/2)$

T = برابر نیروی ایجاد شده در محل هر انحراف است.

P = فشار داخلی بر حسب کیلوگرم بر سانتیمتر مربع

A = سطح مقطع لوله بر حسب سانتیمتر مربع

Φ = زاویه انحراف در محل هر اتصالی در مرکز لوله برحسب درجه

φ = زاویه شیب بر حسب درجه

f = ضریب اصطکاک بین خاک و لوله

Lp = طول هر شاخه لوله بر حسب متر

Wp = وزن لوله بر حسب کیلوگرم در متر طول

---

[1] Deflection

Ww = وزن مایع درون لوله بر حسب کیلوگرم در متر طول

We = وزن خاک روی لوله بر حسب کیلوگرم در متر طول

مقدار We رابطه مستقیم با عرض ترانشه داشته و از رابطه مارستون برای لوله‌های انعطاف‌پذیر به شرح زیر محاسبه می‌گردد.

$$We = Cd. W. Bd. Bc$$

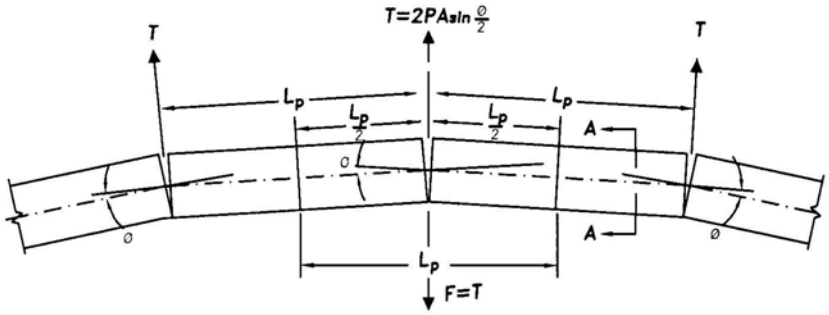
در اینجـــا :

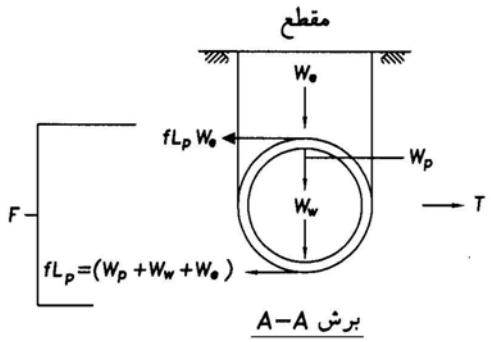
Cd = ضریبی که به جنس خاکریز و ارتفاع خاک بالای لوله (H) و عرض ترانشه بالای لوله (Bd) بستگی دارد و از نمودار ضمیمه قابل استخراج است.

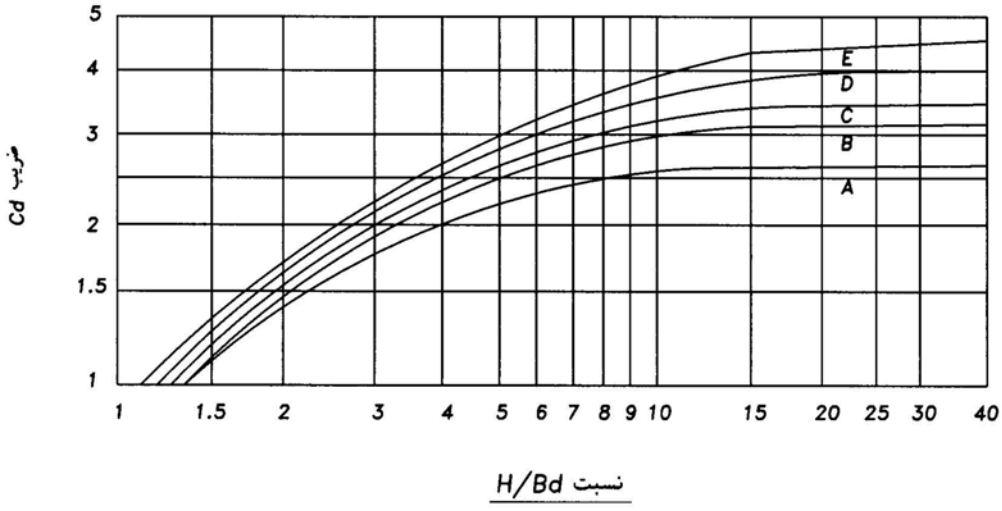
Bd = عرض ترانشه بالای لوله بر حسب متر.

Bc = قطر خارجی لوله بر حسب متر.

با توجه به رابطه فوق، کاهش هر چه بیشتر عرض ترانشه در بالای لوله، باعث بالا رفتن مقاومت در مقابل نیروی ایجاد شده می‌گردد.

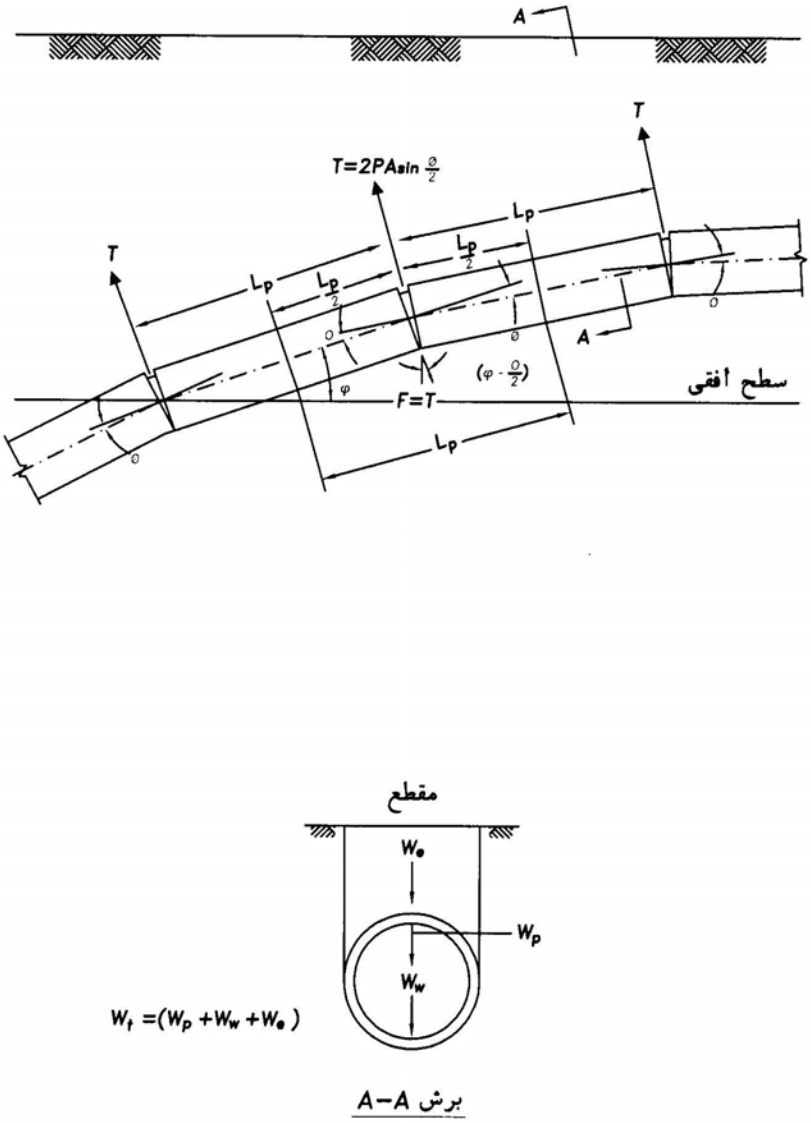






A = مواد دانه ای بدون چسبندگی
B = شن و مخلوط رودخانه‌ای
C = خاکریز معمولی(TOPSOIL)اشباع
D = خاکرس
E = خاکرس اشباع

شکل ۲-۷-۲۷ : ایجاد قوس افقی توسط انحراف مجاز اتصالی لوله



شکل ۲-۷-۲۸ : ایجاد قوس عمودی توسط انحراف مجاز اتصالی لوله

خاکریزی مقدماتی

خاکریزی مقدماتی (مرحله اول قسمت دوم) که همان خاکریزی انتخابی است، در اصول بر اساس دستورات مهندس مشاور و مشخصات و ضوابط مندرج در بخش نکات مشترک لوله‌گذاری انجام می‌شود.

خاک مصرفی باید عاری از قلوه و پاره سنگ، خاک یخ زده، مواد گیاهی و آلی، زباله و خاکهای پوسیده، خاکستر، ذغال و سایر مصالح نامناسب مشابه باشد.

خاکریزی مقدماتی در هر قسمت باید بر اساس مشخصات بسترسازی تعیین شـــده در نقشه‌ها و مدارک اجرایی و دستورات مهندس مشاور انجام پذیرد.

با توجه به این که آزمایش فشار هیدرواستاتیکی خط لوله قبل از تکمیل خاکریزی مقدماتی انجام می‌شود، خاکریزی مقدماتی جسم و بدنه لوله باید به نحوی انجام پذیرد که محل اتصالات و متعلقات برای کنترل هر گونه نشت قابـل رؤیت باشند. بنابراین خاکریزی مقدماتی این محل‌ها پس از اتمام آزمایش‌ها باید به نحوی انجام پذیرد که با خاکریزی مقدماتی قبلی روی جسم و بدنه لوله به صورت همگن باشد.

خاکریزی مقدماتی لوله باید در محیط خشک انجام و هرگونه آبهای سطحی و ورودی به ترانشه قبلاً خارج شده باشد.

خاکریزی مقدماتی بر اساس مشخصات بسترسازی، حداقل تا ۳۰ سانتیمتر بالای تاج لوله انجام می‌پذیرد، مگـــر این که در مشخصات طرح مقادیر متفاوتی ذکر شده باشد. متذکر می‌شود که خاکریزی مقدماتی کمتر از ۳۰ سانتیمتر بالای تاج لوله با توجه به سختی و ردیف قطر لوله و سایر مشخصات، فقط در صورتی مجاز است که بر اساس مشخصات طرح باشد. در غیر این صورت خاکریزی مقدماتی در بالای تاج لوله باید حداقل ۳۰ سانتیمتر در نظر گرفته و اجرا شود.

حداکثر ابعاد دانه‌بندی خاک برای خاکریزی مقدماتی لوله‌های فایبرگلاس تا ۳۰ سانتیمتری بالای تاج لوله به شرح زیر است.

قطر لوله (میلیمتر)	حداکثر ابعاد دانه (میلیمتر)
تا ۴۵۰	۱۳
۵۰۰ الی ۶۰۰	۱۹
۷۰۰ الی ۹۰۰	۲۵
۱۰۰۰ الی ۱۲۰۰	۳۲
بیش از ۱۲۰۰	۳۸

علاوه بر این سنگهای با ابعاد بیش از ۲۰۰ میلیمتر نباید از ارتفاع بیش از دو متر بر روی خاکریزی مقدماتی در محدوده ۳۰ سانتیمتری بالای تاج لوله پرتاب شوند.

آزمایش هیدرواستاتیکی و سراسری

موارد مهم و مشترک آزمایش هیدرواستاتیکی خطوط لوله از نظر آماده‌سازی خط لوله، مشخصات آب مصرفی، ضد عفونی نمودن خطوط و آزمایش سراسری و شستشو و غیره در بخش نکات مشترک لوله‌گذاری درج شده است. پیمانکار باید ضمن رعایت نکات مندرج در فصل ذکر شده، موارد زیر را نیز برای آزمایش هیدرواستاتیک خطوط لوله فایبرگلاس رعایت نمایـــد.

- مقدار خاکریزی مقدماتی باید به اندازه‌ای باشد که از بلند شدن و جابجایی لوله‌ها در حین پرکردن خط لوله از آب و یا افزایش فشار، جلوگیری نماید. همانطور که در بخش نکات مشترک لوله‌گذاری درج شده، حداقل مقدار خاکریزی روی بدنه لوله، به جز در موارد تعیین شده توسط مهندس مشاور، معادل ۳۰ سانتیمتر می‌باشد. در صورتی که با توجه به مشخصات و ضرورت‌های اجرایی، خاکریزی مقدماتی و نهایی باید بلافاصله پس از نصب لوله‌ها انجام شود، روسازی نهایی مسیر نباید قبل از انجام آزمایش هیدرواستاتیکی خط، کامل و نهایی گردد.

- آزمایش هیدرواستاتیکی نباید زودتر از ۳۶ ساعت پس از بتن‌ریزی آخرین پشت‌بند خط لوله (در صورت استفاده از سیمان زودگیر) و یا ۷ روز (در صورت استفاده از سیمان پرتلند) انجام پذیرد.
- قبل از شروع آزمایش، خط لوله به مدت مناسب و طبق نظر مهندس مشاور پر از آب شده و هوای آن کاملاً خارج شود. پیمانکار باید در طی این مدت، کلیه اتصالی‌ها و متعلقات و محل‌های باز لوله را بازدید نموده و در صورت مشاهده هرگونه خرابی در مصالح و یا نشت آب و قبل از شروع آزمایش هیدرواستاتیکی خط لوله، نسبت به رفع آنها اقدام و مجدداً خط لوله را برای مدت تعیین شده پر از آب کرده و کاملاً هواگیری نماید.
- طول قطعات مورد آزمایش باید بین ۵۰۰ الی ۱۵۰۰ متر باشد.

متذکر می‌شود که ضد عفونی نمودن خط لوله بـــا آزمایش هیدرواستاتیکی آن هم زمـــان نمی‌باشد. لذا پیمانکار باید خطوط لوله را بر اساس دستورالعمل‌های مهندس مشاور و مشخصات طرح پروژه و موارد مندرج در نکات مشترک لوله‌گذاری، ضد عفونی نماید.

- فشار آزمایش معادل ۱/۵ برابر فشار کار لوله است، مگر این که ارقام دیگری در مشخصات طرح تعیین شده باشد.
- قبل از شروع آزمایش نهایی، فشار خط تا حدود ۴۰ درصد فشار افزایش داده شده و به مدت حداقل ۲۴ ساعت حفظ شود. بدین ترتیب علاوه بر خارج شدن هوای محبوس، تعادل خط از نظر درجه حرارت محیط و آب برقرار می‌گردد.
- مدت زمان آزمایش در فشار نهایی، حداقل یک ساعت می‌باشد که خط باید طی این مدت، در این فشار حفظ و کلیه اتصالات و متعلقات متوالیاً و مرتباً بازدید شوند. در صورت کاهش فشار آزمایش خط در طی این مدت، فشار خط از طریق تزریق آب در هر ۱۰ دقیقه افزایش یافته تا به فشار آزمایش برسد. متذکر می‌شود که مدت آزمایش در فشار نهایی حداقل یک ساعت و در صورت ضرورت، حداکثر تا ۱۵ ساعت می‌باشد که مدت آن با توجه به شرایط طرح توسط مهندس مشاور تعیین می‌گردد. توصیه می‌شود که مدت زمان آزمایش هیدرواستاتیکی حدود شش ساعت در نظر گرفته شود.
- آزمایش هیدرواستاتیکی خط لوله در صورتی مورد قبول می‌باشد که مجموع آب تزریقی به خط طی مدت آزمایش برای حفظ فشار نهایی از رابطه زیر کمتر باشد.

$$Q = 0.17 \times D \times L \times H$$

که در این رابطه :

Q = مقدار آب تزریقی به خط لوله بر حسب لیتر در ساعت

D = قطر اسمی‌خط لوله به متر

L = طول قطعه خط مورد آزمایش به کیلومتر

H = متوسط فشار به متر

مقدار Q در حالت عادی به عنوان تنها نشت آب نبوده، بلکه آب مورد نیاز برای جبران انقباض و جابجایی‌های کوچک خط و اتصالات و متعلقات در حالت تحت فشار می‌باشد.

خاکریزی نهایی

خاکریزی نهایی از ۳۰ سانتیمتری بالای تاج لوله شروع و تا سطح زمین و یا زیر لایه زیرسازی جاده‌ها و معابر ادامه می‌یابد، مگر این که در مشخصات طرح، دستورالعمل دیگری داده شده باشد. خاکریزی نهایی در اصول بر اساس مشخصات مندرج در بخش « نکات مشترک لوله‌گذاری» انجام می‌شود.

خاک حاصل از حفر ترانشه در صورتی بنا به مندرجات مشخصات طرح و یا تأیید مهندس مشاور مناسب برای مصرف می‌باشد که دارای مقادیر مناسب رس، شن، مخلوط و مواد مشابه باشد. در صورتی که خاک حاصل از حفر ترانشه به علل مختلف، از جمله نامناسب بودن یا عدم کفایت آن برای خاکریزی نهایی، باید از مخلوط رودخانه‌ای و یا خاک قرضه مناسب و مورد تأیید مهندس مشاور به عنوان خاک جایگزین استفاده نمود.

خاکریزی نهایی باید بر اساس مشخصات طرح و یا دستورات مهندس مشاور و یا مندرجات سایر بخش‌های این مشخصات متراکم گردد. متذکر می‌شود که تراکم خاکریزی‌ها در نصب لوله‌های پلاستیکی با توجه به قابلیت کمانش و انعطاف‌پذیری این لوله‌ها از اهمیت ویژه برخورداری است.

ارتفاع خاکریزی مرحله اول که قبل از انجام آزمایش‌های فشار هیدرواستاتیکی بر روی بدنه لوله انجام می‌شود، حدود ۳۰ سانتیمتر تا روی تاج لوله است. اضافه و یا کاهش آن بر اساس مشخصات طرح است.