

# بررسی تغییر ویژگیهای مکانیکی لوله های کامپوزیتی بدون محافظ در بازه زمانی هشت ساله

مجید کریمپور<sup>۱</sup>، عباس زارعی کردشولی<sup>۲</sup>

۱- صفاشهر - جاده دستجرد - کارخانه شرکت پیشتاز صنعت پارس خرم

۲- صفاشهر - جاده دستجرد - کارخانه شرکت پیشتاز صنعت پارس خرم

m.karimpour@gmail.com

## چکیده

امروزه لوله های کامپوزیتی به صورت گسترده ای در صنعت آب و فاضلاب کشور مورد استفاده می باشد. این لوله ها در زمان نصب و در جریان بسیاری از فرآیندهای ناخواسته و موارد مرتبط با نصب لوله های کامپوزیتی در محیط باز و معرض تابش نور خورشید قرار گرفته و نگرانی از اثرات تخریبی محیط و خصوصا "تابش مستقیم نور خورشید بر روی این لوله ها و سرمای بسیار زیاد منطقه و وزش باد همراه با ذرات گرد و غبار از دغدغه های اصلی کارشناسان و عوامل اجرایی پروژه می باشد. در این تحقیق لوله های تولید شده مستقر در محوطه کارخانه که بازه تولید آنها به بیش از هشت سال پیش نیز میرسید مجدداً مورد ارزیابی قرار گرفته و تستهای تنش - کرنش (Stress-strain curve) بر روی آنها صورت پذیرفته است. اهمیت این تستها به جهت بررسی رفتار و خواص مکانیکی لوله ها در بازه زمان حایز اهمیت می باشد. این تحقیق به صورت کامل و جامع برای اولین بار در کشور صورت پذیرفته است و نتایج بدست آمده از خواص مکانیکی و رفتار لوله های کامپوزیتی بدون محافظ در زمینه بکارگیری مجدد این لوله ها در پروژه ها و طرحهای عمرانی از اهمیت بسیار زیادی برخوردار می باشد. از نتایج تحلیلی بدست آمده از این تحقیق می توان در زمینه اقدامات مرتبط با عملیات نصب و اجرای لوله های کامپوزیتی بدون محافظ استفاده نمود.

واژه های کلیدی: لوله کامپوزیت، نور خورشید، افت خواص مکانیکی، تست کشش، تست سختی

## مقدمه

لوله های کامپوزیتی فایبرگلاس دارای نقشی اساسی در پروژه های انتقال آب کشور می باشند و خوشبختانه در سالیان اخیر سهم قابل توجهی از پروژه های صنعتی و آبیاری به این لوله ها اختصاص یافته است [۱]. این لوله ها بنا به برخی ملاحظات پروژه و اقدامات اجرایی برای مدت زمان طولانی در محل پروژه های اجرایی دپو شده و نگرانی از افت کیفیت این لوله ها همواره از مهمترین نگرانی های کارفرمایان اجرایی طرحهای صنعتی می باشد. هدف از انجام این تستها ارزیابی لوله های فایبرگلاس مستقر در انبار باز کارخانه شرکت پیشتاز صنعت پارس خرم می باشد. بسیاری از این لوله ها برای شرایط و مدت های طولانی در انبار باز مستقر بوده و انجام تستهای مکانیکی و خصوصاً ارزیابی منحنی تنش - کرنش یکی از آزمونهای مورد نظر در زمینه ارزیابی میزان افت خواص مکانیکی لوله ها بوده است. از آنجایی که در رسم منحنی تنش-کرنش مهندسی تنها ابعاد اولیه نمونه برای محاسبه استفاده می شود، در موادی که تغییر شکل پلاستیک قابل توجهی داشته باشند

۱- کارشناس ارشد مکانیک - مدیر کارخانه شرکت پیشتاز صنعت پارس خرم ۰۹۱۷۱۳۳۶۹۵۲

۲- کارشناس ارشد شیمی - مدیر آزمایشگاه شرکت پیشتاز صنعت پارس خرم ۰۹۱۷۳۵۱۸۵۹۹

و یا در موادی که تغییر شکل پلاستیک در بخش کوچکی از نمونه متمرکز می‌شود، نمودار تنش-کرنش مهندسی به‌طور مستقیم معیاری از رفتار مواد در تغییر شکل نیست. در مقابل برای رسم نمودار تنش حقیقی-کرنش حقیقی از ابعاد لحظه‌ای نمونه استفاده می‌شوند. کاهش سطح مقطع نمونه در هنگام کشش باعث کاهش تنش مهندسی/ظاهری نمونه در مقایسه با تنش حقیقی می‌شود؛ بنابراین معمولاً نمودار تنش-کرنش حقیقی بالای نمودار تنش-کرنش مهندسی قرار می‌گیرد [۲].

### روش استاندارد و شرح اجرایی آزمون

آزمون تنش کرنش، روشی برای تعیین رفتار مواد به هنگام اعمال نیرو تحت کشش محوری می‌باشد. لوله‌های مورد آزمون در این تحقیق از انبار باز کارخانه پیشتاز صنعت پارس خرم انتخاب گردیده‌اند. برای درک شرایط محیطی ویژگی‌های منطقه در جدول یک ارائه گردیده است [۳].

جدول ۱- اطلاعات کلی آب و هوایی منطقه صفاشهر ( ناحیه نگهداری لوله‌های کامپوزیتی در طول ۸ سال )

row	Climate data	Unit	row	Climate data	Unit
1	Height	2324 m from sea	5	Humidity	23%
2	Icy days	125 days	6	Average wind	12 km/h
3	Average of temp	10 c	7	Minimum temp	-35 c
4	Average of rain	250 mm	8	Semi -Shiny days	230 days

از نتایج حاصل از آزمون برای تعیین محدوده‌ی الاستیک و پلاستیک، ازدیاد طول، مدول الاستیک (یانگ)، استحکام کششی، نقطه تسلیم، استحکام در نقطه تسلیم و دیگر ویژگی‌های کششی استفاده می‌شود. روش آزمون مواد و محصولات پلاستیک در استاندارد های ASTM D638 و ISO 527 آمده است. تست (آزمون) کشش به احتمال اساسی ترین نوع تست مکانیکی است که می‌توان به روی مواد انجام داد. آزمون‌های کشش، ساده، به نسبت ارزان و به‌طور کامل استاندارد شده هستند. با اعمال کشش بر روی مواد، به سرعت می‌توان دریافت که ماده چگونه در مقابل نیروها اعمالی رفتار میکند. همچنان که ماده تحت کشش قرار می‌گیرد، می‌توان استحکام و ازدیاد طول آن را اندازه‌گیری کرد. از طریق انجام آزمون انجام کشش می‌توان اطلاعاتی بسیار زیاد از ویژگی‌های مکانیکی ماده را بدست آورد و از ادامه آزمون کشش تا نقطه پارگی، منحنی خوب و کامل از استحکام کششی ماده بدست می‌آید. منحنی حاصل، چگونگی رفتار و عکس‌العمل ماده در مقابل تنش کششی را نمایان می‌سازد. در نقطه شکست و پارگی، استحکام کششی و ازدیاد طول در این نقطه را می‌توان محاسبه کرد. در اغلب آزمون‌های کششی مواد، ملاحظه می‌شود که در بخش ابتدایی آزمون، رابطه بین نیروی اعمالی و ازدیاد طول در منحنی تنش-کرنش به صورت خطی است. در این ناحیه، خط حاصل از ارتباطی که بنام قانون هوک معروف است، تبعیت میکند. در این ناحیه، نسبت تنش به کرنش ثابت است.

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

معادله ۱

(E) شیب خط در این ناحیه است و به آن مدول الاستیک یا مدول یانگ گفته می‌شود و تنش (σ) و کرنش (ε) با هم تناسب خطی دارند. مدول الاستیک مقایسه‌ای برای ارزیابی سفتی (Stiffness) ماده است و فقط در ناحیه خطی منحنی

تنش - کرنش مفهوم پیدا می کند. اگر نیرویی به ماده در ناحیه خطی منحنی تنش - کرنش وارد شود و سپس اعمال نیرو قطع شود، ماده به همان ابعادی که قبل از اعمال نیرو داشت، باز میگردد. از نقطه از منحنی که دیگر خطی نیست و از خط مستقیم منحرف می شود، دیگر قانون هوک جاری نیست و برخی تغییرات ابعادی ماندگار و غیرقابل بازگشت برای ماده رخ می دهد. از این نقطه به بعد در آزمون کشش، با افزایش تنش (نیرو) رفتار ماده "پلاستیک" خواهد بود: به آن معنا که اگر اعمال تنش بر روی ماده قطع شود، نمونه به ابعادی که قبل از اعمال نیرو داشت، باز نمی گردد و در کامپوزیتها با افزایش تنش شکست قطعه رخ خواهد داد. مطابق روش استاندارد ASTM D638 سه نمونه از لوله های فایبرگلاس در راستای طولی به عرض 2.5 cm و طول 30 cm برش خورده و پس از آماده سازی بر روی دستگاه کشش UTM (Universal testing machine) با فاصله 170 cm (فاصله دو تا فک) قرارداد شد [۴]. لازم به ذکر است که در این آزمون و پس از کامل شدن قطعات تست در دستگاه UTM سرعت کشش به میزان 5 mm/min تنظیم گردید و این تست به صورت کامل تا زمان شکست قطعات ادامه یافت. در تمام فرآیند آزمون اطلاعات مرتبط با میزان تنش و کرنش و منحنی رفتاری نمونه تست به صورت داده های کامپیوتری در سامانه ضبط گردید. نتایج مرتبط با تستهای لوله های سایز DN 300 مربوطه به سالهای تولید ۹۶ و ۹۵ و ۹۴ در شکل های ۲ تا ۵ ارائه شده است. در خصوص تستها در مجموع لوله های تولیدی از سال ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۶ مورد آزمون قرار گرفته است.

جدول ۲- نتایج تست تنش - کرنش لوله ها در زمان تولید و تست مجدد در سال ۱۳۹۸

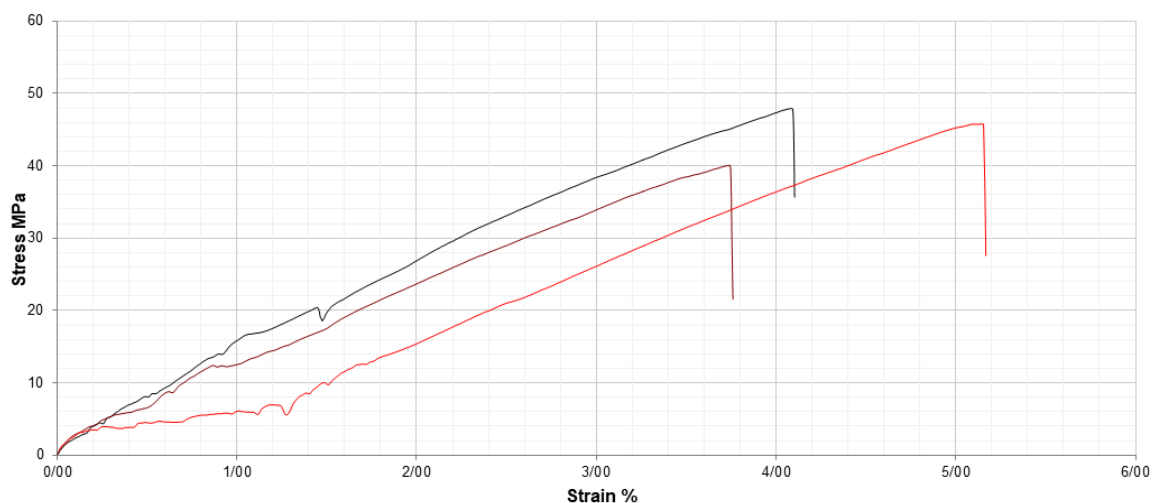
Pipe size mm	Year of production	Pressure (bar)	SN (Pa)	Extended tensile strength(Axial) in the year manufacturing	Extended tensile strength(Axial) in the year 98	Minimum extended tensile Based on standard
300	1394	16	5000	167 MPa	163 MPa	150 MPa
300	1395	16	10000	228 MPa	223 MPa	150 MPa
500	1393	16	5000	238 MPa	233 MPa	220 MPa
700	1391	16	5000	373 MPa	367 MPa	290 MPa
700	1392	16	5000	377 MPa	373 MPa	290 MPa
400	1396	10	10000	259 MPa	255 MPa	160 MPa

نتیجه گیری :

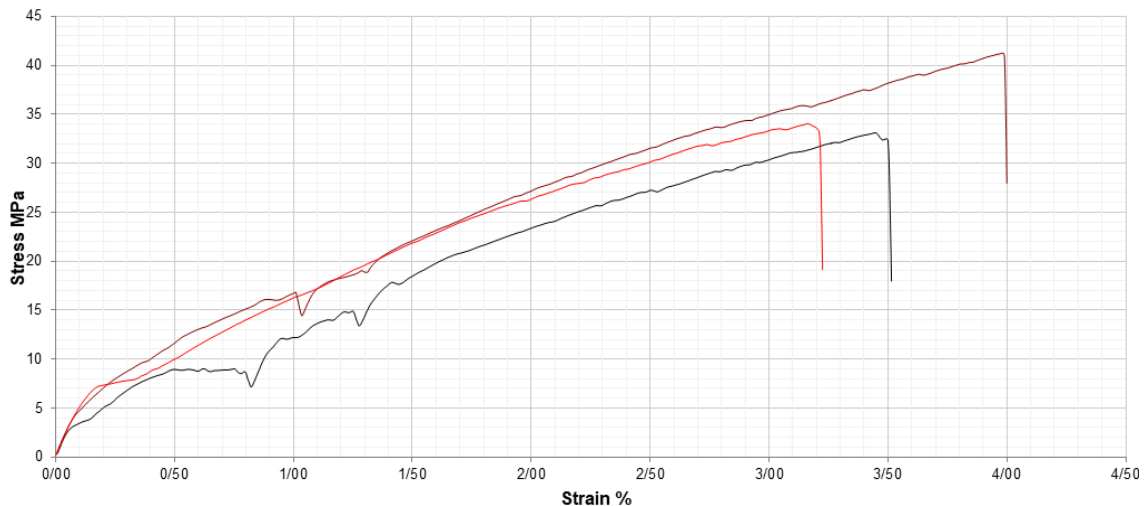
با توجه به نتایج تست و بررسی های کارشناسی به خوبی میتوان متوجه شد که اثرات تخریبی ( تغییرات دمایی و وزش بادهای شدید و تابش مستقیم نور خورشیدی ) در بازه های زمانی چند ساله در نتایج تست کشش لوله ها موثر بوده و دارای اثرات کمی به نسبت استحکام کششی کلی لوله ها می باشد . در این زمینه بیشترین میزان کاهش استحکام کششی در لوله تولید سال ۱۳۹۱ و لوله سایز DN 700 مشاهده گردید و در حدود ۶ مگاپاسکال کاهش استحکام مشاهده میشود ( حدود 2.2٪ در صد). نکته حایز اهمیت آن است که در کلیه تستهای صورت گرفته میزان کاهش استحکام کششی برای هیچ یک از لوله ها همچنان به میزان قابل ملاحظه ای از حد استاندارد بالاتر می باشد . این تستها نشان میدهد که عوامل مخرب محیطی در خصوص کاهش استحکام کششی لوله های کامپوزیتی اثر مخرب کمی داشته اند . نکته حایز اهمیت این است که درک کامل شرایط مخرب محیطی بر ساختار لوله های کامپوزیتی نیازمند سایر تستهای مکانیکی می باشد . نتایج علمی این تحقیق در زمینه درک علمی شرایط مخرب عوامل بیرونی بر ساختارهای کامپوزیتی حایز اهمیت می باشد و اطلاعات مرتبط با تستهای کشش لوله نشان دهنده میزان اثر عوامل محیطی بر یکی از خواص مکانیکی لوله می باشد .



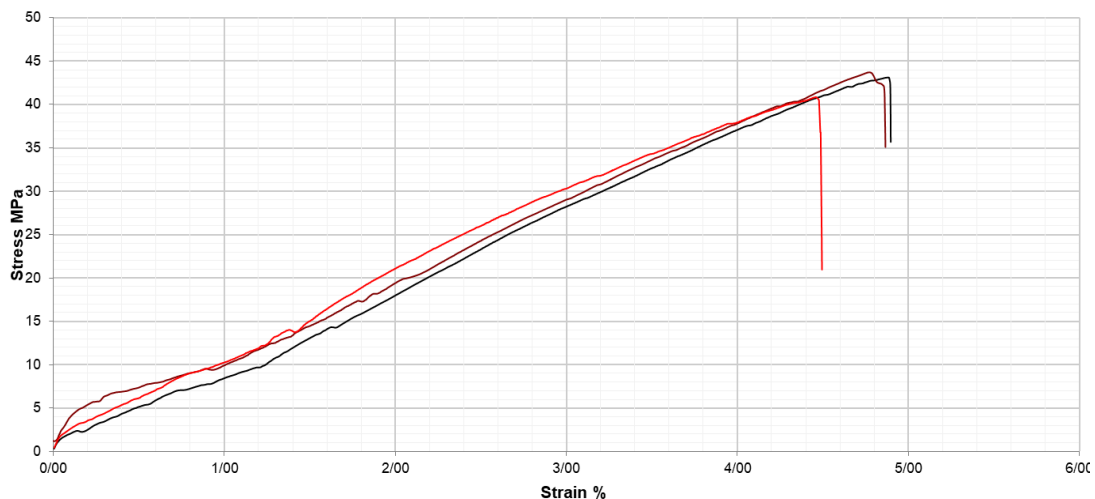
شکل ۱- لوله های کامپوزیتی به دلیل ابعاد بزرگ و حجم بالا معمولاً در فضای باز نگهداری میشوند



شکل ۲- نمودار STRESS-STRAIN لوله 9509-300 با فشار ۱۶ بار



شکل ۲- نمودار STRESS-STRAIN لوله 9406-300 با فشار ۱۶ بار



شکل ۴- نمودار STRESS-STRAIN لوله 9608-400 با فشار ۱۰ بار

مراجع :

۱- محسن حائری نژاد - یاسر رستمی - لوله های کامپوزیتی و کاربرد آن ها در صنعت حفاری - چهاردهمین کنگره ملی مهندسی شیمی ایران - ۱۳۹۱

2-A. Silvera, J. Vazquez , V. Vinssac- Strain analysis of a glass-fiber-reinforced polyester under dynamic loads- Spanish Journal of Agricultural Research 2011- ISSN: 1695-971-X

3-Climate condition of Safashahr- Technical manual of Technobell for CFW machine ( internal document ) - volume 1

4-ASTM D638 - 14 / Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics- ASTM International, West Conshohocken, PA, 2014, www.astm.org