



بررسی خواص کششی پارچه های حلقوی پودی اینترلاک

آرتین مارکوسیان^۱، حمیدرضا کریمی^{۲*}، علی اصغر اصغریان جدی^۳

چکیده

در این تحقیق به بررسی خواص کششی پارچه های حلقوی پودی اینترلاک، مخصوصاً مدول اولیه و ضریب پواسن پرداخته شده است. جهت بررسی این خواص پارچه حلقوی پودی پنبه ای اینترلاک در پنج طول حلقه متفاوت روی ماشین گردباف تولید گردید. سپس مدول اولیه این پارچه ها به صورت تئوری محاسبه گردید. سپس با استفاده از منحنی های نیرو-ازدیاد طول مقادیر تجربی مدول اولیه در این پارچه ها بدست آمده و با مقادیر تئوری مقایسه گردیده اند. بر اساس نتایج حاصل از مقایسات انجام گرفته، اختلاف زیادی بین مقادیر تئوری پیش بینی شده و مقادیر تجربی، مخصوصاً در جهت ردیف مشاهده شده اند، که ناکارآمدی مدل مکانیکی و روابط ارائه شده برای پارچه های حلقوی پودی ساده را برای پارچه های حلقوی پودی اینترلاک نشان می دهد. بنابراین مدول اولیه به ساختمان بافت وابسته بوده و ارائه یک مدل مکانیکی جدید جهت پارچه های حلقوی پودی اینترلاک ضروری می باشد. مقادیر ضریب پواسن نیز به روش عملی اندازه گیری شد و روند تغییرات ضریب انقباض جانبی پارچه ها (ضریب پواسن) در زمان های مختلف مطالعه گردید و این نتیجه حاصل شد که، مقدار ضریب انقباض جانبی نسبت به زمان در کلیه نمونه ها در هردو راستای رج و ردیف افزایش می یابد و مقادیر آن برای کلیه نمونه ها در راستای ردیف بیشتر از راستای رج می باشد.

کلمات کلیدی: خواص کششی، پارچه حلقوی پودی اینترلاک، مدول اولیه، ضریب پواسن.

Abstract

This study focuses on the tensile properties, certainly initial modulus and Poisson's ratio of interlock-knitted fabrics. To investigate these properties, we produced five interlock fabrics over a different range of knitting stiffness on a circular knitting machine. Thereafter we calculated initial modulus experimentally from load-extension curves for each fabric and compared them with theoretical results. It is observed that there is no agreement between the theoretical and experimental values in wale direction, but there is reasonable prediction of initial modulus of interlock fabrics in course direction.

It's concluded that, the theoretical model is not useful in interlock-knitted fabrics, certainly in wale direction. The Poisson's ratio was measured experimentally and their trend against time has been studied. We concluded that the values of Poisson's ratio are increase with time in both course and wale directions and its values are higher in wale direction than course direction.

Key words: interlock-knitted fabric, initial modulus, Poisson's ratio, tensile properties

۱. دانش آموخته و کارشناس ارشد نساجی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

*۲. گروه مهندسی نساجی، دانشگاه آزاد اسلامی اراک، باشگاه پژوهشگران جوان، اراک، ایران. مسئول مکاتبات: Hrkarimi@iau-arak.ac.ir

۳. دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران.

۱. مقدمه

بدلیل اهمیت خصوصیات کششی پارچه، محققان زیادی به بررسی این خواص پرداخته اند. تعدادی از محققان در بررسی جهت ارائه روابطی برای محاسبه خواص مکانیکی از روش های مختلفی استفاده نموده اند، که در این میان محقیقینی جهت محاسبه تئوری مدول اولیه، از روش انرژی و قضیه کاستلیانو استفاده نموده اند [۴،۳،۲،۱]. مدول پارچه نه تنها به شکل نخ در داخل ساختمان پارچه و مدول خمشی نخ وابسته است، بلکه به تاریخچه پارچه نیز بستگی دارد، به طوری که عملیات انجام شده جهت استراحت پارچه نه تنها باعث کاهش نیروهای موجود در پارچه می شود، بلکه شکل ساختمان پارچه را نیز تغییر می دهد، که این تغییرات در ساختمان نسبت به تغییرات کاهش نیرو به علت استراحت، اثر بیشتری در مدول پارچه می گذارد [۱]. در روابط تئوری ارائه شده برای پیش بینی مقادیر تئوری مدول اولیه خصوصیات مکانیکی نخ از جمله، سختی خمشی، ازدیاد طول، فشردگی، کشسانی، قطر، ضریب اصطکاک و مدول اولیه نخ و پارامترهای ساختمانی پارچه با توجه به نوع ساختمان از جمله، فاصله رج، فاصله ردیف، طول حلقه، طول نخ مصرف شده در واحد ساختمانی، تراکم تار و پود لحاظ می شوند [۴،۳،۲،۱]. در مورد پارچه های حلقوی پودی ساده مقدار مدول اولیه در راستای ردیف بیشتر از راستای رج می باشد، که این مورد را به تاثیر مقاومت اصطکاکی در تغییر شکل این نوع پارچه ها نسبت داده اند [۴].

پارچه های حلقوی پودی اینترلاک دارای سطحی صاف، سفت، با ثبات و دارای کشسانی عرضی خوب بوده و در مقایسه با دیگر پارچه های دوروسیلندر بهترین زیردست را دارا می باشند [۶،۵]. در پارچه های اینترلاک قابلیت کشسانی در راستای رج بیشتر می باشد، بنابراین می توان نتیجه گرفت که مقدار مدول در راستای رج کم تر می باشد [۷].

هنگامیکه نمونه ای تحت بار قرار می گیرد، مادام اینکه از حد کشسانی ماده تجاوز نشود، تنش - کرنش حاصل، از قانون هوک تبعیت می کند. در تمام ماده های مهندسی افزایش طول حاصل از نیروی کششی محوری، در راستای این نیرو با خود یک انقباض در راستای عرض به همراه دارد. قدر مطلق نسبت کرنش جانبی به کرنش محوری، ضریب پواسون نامیده می شود، که معمولاً با ν نمایش داده شده و اغلب برای ارتباط کرنش ها در دو جهت عمود برهم استفاده می شود [۸]. نتایج تجربی نشان می دهد که برای مواد همگن، همه سو یکسان و ارتجاعی، نسبت کرنش های عرضی به کرنش های طولی، حاصل از نیروی محوری مقداری ثابت می باشد. این پارامتر همانند ضریب ارتجاعی از مشخصات مکانیکی مواد می باشد. آزمایشات نشان می دهند که این مقدار برای مواد مختلف در محدوده بسیار کوچکی تغییر میکند که این محدوده بین $0/25$ تا $0/35$ است. در حالت شدیدتر مقادیر $0/1$ برای بتن و $0/5$ برای لاستیک به دست آمده است. عدد $0/5$ بزرگترین مقدار ممکن برای مواد همه سو یکسان می باشد و دلالت بر عدم تغییر حجم در هنگام تغییر شکل دارد [۹].

از ضریب پواسن در مکانیک منسوجات نیز جهت بیان ارتباط مابین کرنش های محوری و جانبی استفاده شده است. اما به دلیل اینکه منسوجات، به خصوص پارچه ها دارای خواص یکسان در همه جهات نیستند و عموماً از آنها به عنوان مواد غیر یکسان یاد می شود، به جای واژه ضریب پواسون در مکانیک منسوجات از واژه ضریب انقباض جانبی استفاده می گردد و

هدف از استفاده این واژه به جای ضریب پواسون، علاوه بر نشان دادن ارتباط بین تغییر شکل های طولی و عرضی، بیان رفتار غیر خطی و ماهیت تغییر شکل غیر الاستیک این مواد می باشد [۱۰].

برای تعیین ضریب انقباض جانبی روش های تئوری و تجربی مورد استفاده قرار گرفته است. تعیین ضریب انقباض جانبی تئوری کار مشکلی است، به علت این که، تعیین خصوصیات نیروهای فشاری در ساختارهایی که در یک زاویه ۹۰ درجه نسبت به جهت نیروهای اعمالی قرار گرفته اند، سخت است [۱۰، ۹]. محققین بسیاری تلاش نموده اند که روابطی تئوری برای پیش بینی ضریب انقباض جانبی ارائه نمایند، ولی به دلیل اینکه اطلاعات جزئی تر در مورد الیاف و ماهیت پیوند های موجود در آنها و همچنین ساختمان منسوجات همیشه به سهولت در دسترس نمی باشند این روش دارای پیچیدگی های است. از مشکلات دیگری که در بحث تئوری پیش می آید پدیده جمینگ (Jamming) است، که یک فاکتور محدود کننده برای کرنش های جانبی است. از این رو به نظر می رسد روش های تجربی بهترین راه برای بر آورد ضریب انقباض جانبی باشند [۱۱]. در ضریب پواسن پارچه های تار - پودی، تأثیر نسبت تراکم تار به تراکم پود و نسبت قطر نخ تار به قطر نخ پود بیشتر از تأثیر مدول اولیه می باشد. در این پارچه ها با افزایش نسبت مدول اولیه تار به مدول اولیه پود، ضریب پواسن نیز افزایش می یابد [۱۲].

هدف این مقاله بکارگیری مدل ارائه شده جهت محاسبه مدول اولیه پارچه حلقوی پودی ساده، برای پارچه اینترلاک و همچنین بررسی تغییرات ضریب انقباض جانبی (ضریب پواسون) در تغییر طول های مختلف می باشد.

۲. آزمایشات

۱.۲. مواد و روش ها

جهت بررسی خواص مکانیکی در پارچه های حلقوی پودی اینترلاک، پارچه اینترلاک در پنج طول حلقه متفاوت روی ماشین گردباف ۷۲ ابزار به قطر سیلندر ۳۰ اینچ و گیج ۲۰ تولید گردید. برای بافت نمونه ها از نخ $N_e 30/1$ پنبه که در ماشین ریسندگی چرخانه ای با تعداد $753/8$ تاب در متر و فاکتور تاب انگلیسی $3/52$ تولید شده است، استفاده گردید. سپس برای شستشوی نمونه ها ماشین لباسشویی خانگی مورد استفاده قرار گرفته است. حمام شستشو شامل آب و دترجنت بوده و دمای آن ۹۰ درجه سانتی گراد می باشد. نمونه ها به مدت ۱۳۷ دقیقه شسته شده اند و سپس در یک سطح صاف به مدت ۲۴ ساعت خشک شده اند.

۲.۲. اندازه گیری پارامترهای ابعادی پارچه ها

طول حلقه موثر در محاسبات، طول نخ مصرفی در یک واحد ساختمانی (SKC) از بافت اینترلاک می باشد، که با L_u بیان می شود. برای اندازه گیری طول نخ مصرف شده در یک واحد ساختمانی در ۵۰ سانتی متر از پارچه تعداد حلقه ها شمارش گردید. این آزمایش ۱۰ بار تکرار گردید. سپس نخ علامت گذاری شده از داخل ساختمان بافت خارج شده و انتهای نخ

بوسیله گیره ای ثابت نگهداشته و به انتهای دیگر آن یک وزنه ده گرمی آویزان می شود، تا موج ناشی از بافت را باز کند، بدین ترتیب طول نخ در حالت کاملاً صاف را اندازه گیری می کنیم، حال با توجه به روابط زیر می توان طول نخ مصرف شده در یک واحد ساختمانی از بافت اینترلاک را بدست آورد.

$$L_u = \frac{l_1 + l_2}{n} \quad (1)$$

L_u طول نخ مصرف شده در یک واحد ساختمانی از بافت، l_1 طول نخ مصرف شده در حلقه های شمارش شده در ابزار اول و l_2 طول نخ مصرف شده در حلقه های شمارش شده در ابزار دوم و n تعداد واحد ساختمانی بافت اینترلاک در ۵۰ سانتی متر از پارچه می باشند، که n از تقسیم تعداد حلقه های شمارش شده بر تعداد سوزن های تشکیل دهنده عرض بافت (که در بافت اینترلاک ۲ عدد هستند)، بدست می آید. $W_u, C_u, S_u, 1/W_u$ و $1/C_u$ ، به ترتیب تعداد واحدهای ردیف در واحد عرض پارچه، تعداد واحدهای رج در واحد طول پارچه، تعداد واحدهای ساختمانی در واحد سطح پارچه (تراکم بافت)، فاصله ردیف و فاصله رج می باشند. $1/W_u$ و $1/C_u$ بر حسب سانتیمتر محاسبه شده و در شکل های ۱ و ۲ نشان داده شده اند. تعداد حلقه ها را در ابعاد 25×25 سانتیمتر مربع پارچه می شماریم، سپس برای محاسبه W_u تعداد حلقه های شمارش شده در عرض ۲۵ سانتیمتر از پارچه را بر ۲ تقسیم کرده و C_u برابر با تعداد حلقه های شمارش شده در ۲۵ سانتیمتر از طول پارچه در یک طرف پارچه می باشد. با افزایش طول نخ مصرف شده در واحد ساختمانی نمونه ها مقادیر W_u, C_u و S_u کاهش می یابند ولی مقادیر فاصله رج و ردیف افزایش می یابند. وزن متر مربع نمونه ها بر حسب گرم از میانگین مقادیر اندازه گیری وزن ۵ نمونه 10×10 سانتیمتری محاسبه شده است. با افزایش طول نخ مصرف شده در واحد ساختمانی گرم بر سانتیمتر نمونه ها کاهش می یابد. پارامترهای ساختمانی پارچه های اینترلاک مورد آزمایش در جدول ۱ آورده شده اند.

۳.۲. اندازه گیری مشخصات کلی نخ مورد استفاده

جهت انجام محاسبات تئوری، محاسبه مقادیر قطر، سختی خمشی، ضریب اصطکاک و مدول اولیه نخ ضروری می باشد. برای محاسبه قطر نخ (D) از میکروسکوپ پروژکتیو ۴۰۱۴ استفاده گردیده است. برای اینکار ۲۰ نمونه از نخ تهیه گردید و از هر نمونه ۱۰ بار مقدار قطر خوانده شد. به این نکته نیز باید اشاره کرد که برای باز کردن تجمع نخ در هنگام نمونه گیری برای محاسبه قطر نخ، نیروی $(g/TeX) \cdot 0.5$ بر نخ اعمال شده است. جهت محاسبه سختی خمشی نخ (B) از دستگاه Shirley Cyclic Bending Tester استفاده شده است. برای محاسبه مقدار مدول اولیه نخ از دستگاه استحکام سنج (SDL micro250) و منحنی نیرو- ازدیاد طول حاصل استفاده گردیده است. تعداد ۵۰ آزمایش انجام گرفته است و مقادیر مدول اولیه و همچنین سایر مکانیکی از میانگین مقادیر حاصل از آزمایشات بدست آمده اند. ضریب اصطکاک نخ طبق روش استاندارد (ASTM D3108-89) محاسبه شد با این تفاوت که سرعت عبور نخ ۳۰ متر در دقیقه انتخاب گردید.

برای اندازه گیری این ضریب از دستگاه Shirley Electronic Friction & Hairiness Tester مدل (Y096/098) استفاده گردید و تعداد ۵ آزمایش به عمل آمد. اطلاعات حاصل از آزمایشات مربوط به نخ در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۱. پارامترهای ساختمانی پارچه های اینترلاک.

وزن (g/m ²)	C=1/C _u (cm)	W=1/W _u (cm)	S _u cm ² ()	C _u (cm)	W _u (cm)	L _u (cm)	کد نمونه
۲۹/۱۹	۰/۰۵۶۲	۰/۱۶۰۰	۱۱۱/۲۵	۱۷/۸	۶/۲	۱/۳۲۸۲	l ₁
۲۸/۵۹	۰/۰۵۷۸	۰/۱۶۳۹	۱۰۵/۵۳	۱۷/۳	۶/۱	۱/۳۳۸۴	l ₂
۲۸/۰۰	۰/۰۵۸۴	۰/۱۷۰۹	۹۹/۱۸	۱۷/۱	۵/۸	۱/۴۴۲۴	l ₃
۲۶/۴۰	۰/۰۶۲۵	۰/۱۸۵۲	۸۶/۴۰	۱۶/۰	۵/۴	۱/۵۲۴۲	l ₄
۲۴/۶۹	۰/۰۷۰۴	۰/۱۹۶۱	۷۲/۴۲	۱۴/۲	۵/۱	۱/۶۱۷۱	l ₅

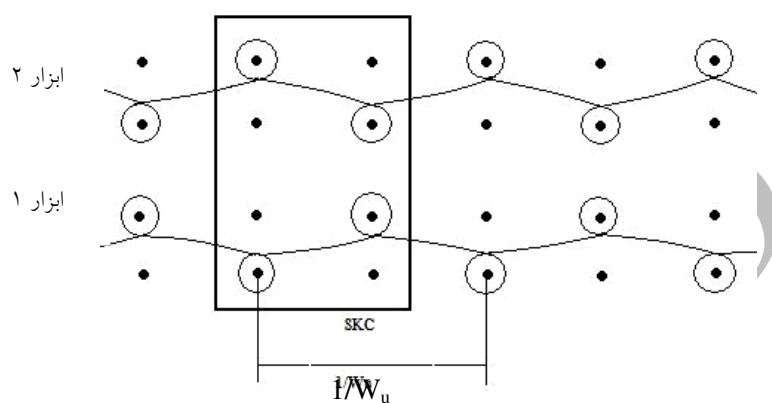
جدول ۲. مشخصات کلی نخ پنبه ای.

ردیف	ازدیاد طول تا پارگی (mm)	نیرو تا پارگی (N)	کرنش تا پارگی (%)	استحکام (cN/Tex)	سختی خمشی نخ(B) (mN.mm ²)	ضریب اصطکاک (μ)	مدول اولیه نخ(Ey) (N/mm)	قطر نخ (D) (mm)	تاب در متر نخ
میانگین	۲۱/۶۸۵	۱/۵۶۴	۴/۳۲۵	۸/۸۰۷	۱/۶۹۵	۰/۱۶	۰/۰۷۹۷	۰/۲۶۲۰	۷۵۳/۸
انحراف معیار	۱/۱۸۹	۰/۳۹۰	۰/۲۳۶	۰/۵۶۲	۰/۳۸۳۲	۰/۰۰۱	۰/۰۱۰۳	۰/۰۵۵۳	۲۱/۲۶
CV%	۵/۴۸	۲۴/۹۳	۵/۴۷	۶/۳۸	۲۲/۶۰۵	۰/۸۲	۱۳/۰۳۵	۲۱/۱۲۷	۲/۸۲

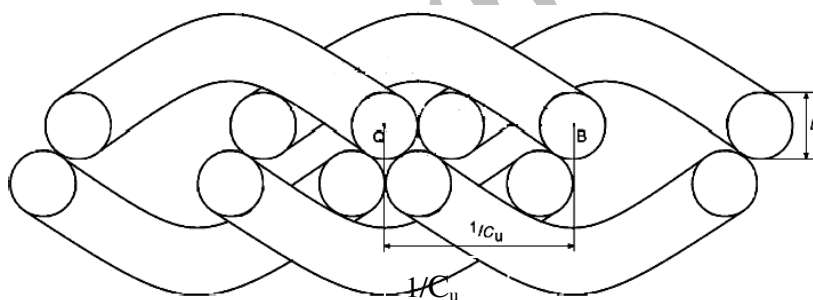
۴.۲. اندازه گیری خصوصیات کششی و مدول اولیه تجربی پارچه ها

برای اندازه گیری استحکام و خواص کششی پارچه ها در راستای رج وردیف از دستگاه (SDL micro250) (که بر اساس نرخ ثابت ازدیاد طول (C.R.E) کار می کند)، استفاده شد. سرعت فک متحرک نیز به نحوی انتخاب گردیده که نمونه های مورد آزمایش در زمان 20 ± 3 ثانیه گسیخته شوند. (300mm/min). نمونه ای از منحنی های نیرو - ازدیاد طول بدست آمده از آزمایشات در شکل ۳ نمایش داده شده است. شیب ابتدایی منحنی های نیرو - ازدیاد طول (زاویه α) بیانگر مدول اولیه تجربی نمونه ها می باشند. از هر طول حلقه ۵ نمونه در راستای رج و ۵ نمونه در راستای ردیف مورد آزمایش قرار می گیرند، میانگین مقادیر حاصل مدول اولیه تجربی نمونه ها در راستای مربوطه را نشان می دهند. همچنین از این آزمایشات مقادیر خصوصیات مکانیکی نمونه ها نیز مشخص می شوند. مقادیر ازدیاد طول تا پارگی، نیرو تا پارگی، کرنش تا پارگی، تنش پارگی و مدول اولیه های تجربی محاسبه شده از منحنی های نیرو - ازدیاد طول در جدول ۳ آورده شده اند. با افزایش مقدار

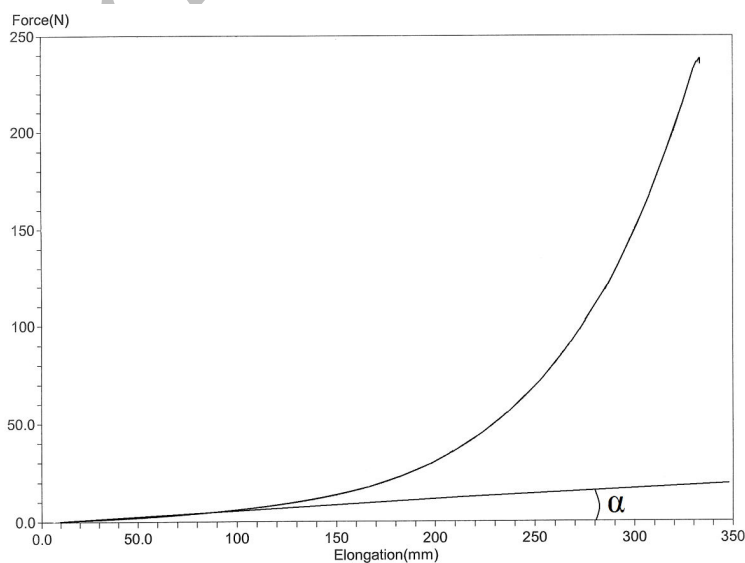
نخ مصرف شده در واحد ساختمانی پارچه ها در راستای رج مقادیر ازدیاد طول تا پارگی افزایش، نیرو تا پارگی کاهش، کرنش تا پارگی افزایش، تنش پارگی کاهش و مدول اولیه اندازه گیری شده به صورت تجربی کاهش می یابند و در راستای ردیف تمامی این مقادیر با افزایش مقدار نخ مصرف شده در واحد ساختمانی پارچه ها کاهش می یابند.



شکل ۱. نمای شماتیک از بافت اینترلاک و یک واحد ساختمانی آن و نمایش $1/W_u$.



شکل ۲. نمای سه بعدی جانبی بافت اینترلاک و نمایش $1/C_u$ [۱۳].



شکل ۳. نمودار حاصل از آزمایش استحکام و نحوه محاسبه مدول اولیه پارچه.

جدول ۳. نتایج مربوط به آزمایش خواص مکانیکی پارچه های ۱۰۰٪ پنبه ای اینترلاک.

نمونه	جهت	ازدیاد طول تا پارگی (mm)	نیرو تا پارگی (N)	کرنش تا پارگی (%)	تنش پارگی (N/mm ²)	مدول اولیه تجربی (N/mm)
l ₁	Wale	۲۱۰/۸۹	۳۲۲/۵۶	۱۴۰/۶۰	۶/۴۵۱۲	۰/۱۶۸۷
		۵/۱۱	۲۷/۲۱	۳/۴۱	۰/۵۴۴۲	۰/۰۱۶۱
		CV%	۸/۴۴	۲/۴۲	۸/۴۴	۹/۵۸۶۸
Course	Course	۳۰۶/۱۰	۲۴۸/۱۴	۲۰۴/۰۷	۴/۹۶۲۹	۰/۰۸۱۸
		۹/۹۹	۲۴/۹۵	۶/۶۶	۰/۴۹۸۹	۰/۰۰۷۰
		CV%	۱۰/۰۵	۳/۲۶	۱۰/۰۵	۸/۵۵۷۱
l ₂	Wale	۱۹۷/۱۵	۳۳۵/۸۸	۱۳۱/۴۳	۶/۷۱۷۶	۰/۱۴۹۹
		۴/۱۸	۲۸/۴۱	۲/۷۹	۰/۵۶۸۳	۰/۰۱۱۵
		CV%	۸/۴۶	۲/۱۲	۸/۴۶	۷/۷۱۴۹
Course	Course	۳۲۴/۰۳	۲۵۱/۳۵	۲۱۶/۰۲	۵/۰۲۷۰	۰/۰۷۶۷
		۵/۷۰	۹/۸۶	۳/۸۰	۰/۱۹۷۳	۰/۰۰۴۲
		CV%	۳/۹۲	۱/۷۶	۳/۹۲	۵/۴۷۵۸
l ₃	Wale	۲۰۳/۴۹	۳۲۱/۷۴	۱۳۵/۶۶	۶/۴۳۴۸	۰/۱۳۰۷
		۱/۴۲	۳۱/۸۴	۰/۹۵	۰/۶۳۶۸	۰/۰۱۰۶
		CV%	۹/۹۰	۰/۷۰	۹/۹۰	۸/۱۳۷۳
Course	Course	۳۱۳/۳۸	۲۲۴/۷۵	۲۰۸/۹۲	۴/۴۹۵۰	۰/۰۶۷۴
		۷/۳۹	۸/۷۹	۴/۹۳	۰/۱۷۵۹	۰/۰۰۳۵
		CV%	۳/۹۱	۲/۳۶	۳/۹۱	۵/۲۶۴۰
l ₄	Wale	۱۹۴/۴۶	۲۵۰/۱۵	۱۲۹/۶۴	۵/۰۰۳۰	۰/۱۲۵۷
		۹/۶۴	۲۱/۳۰	۶/۴۳	۰/۴۲۶۰	۰/۰۱۳۳
		CV%	۸/۵۱	۴/۹۶	۴/۹۶	۸/۵۱
Course	Course	۳۳۷/۸۹	۳۳۷/۸۹	۲۱۶/۵۴	۴/۳۳۰۹	۰/۰۵۳۲
		۴/۶۲	۴/۶۲	۶/۷۲	۰/۱۳۴۵	۰/۰۰۴۳
		CV%	۱/۳۷	۳/۱۰	۳/۱۰	۸/۲۰۷۹
l ₅	Wale	۲۰۲/۱۵	۲۴۶/۰۰	۱۳۴/۷۷	۴/۹۲۰۰	۰/۰۹۰۴۸
		۶/۵۷	۲۳/۱۵	۴/۳۸	۰/۴۶۳۰	۰/۰۱۱۰
		CV%	۹/۴۱	۳/۲۵	۳/۲۵	۹/۴۱
Course	Course	۳۷۵/۰۶	۱۸۹/۹۹	۲۵۰/۰۴	۳/۷۹۹۹	۰/۰۳۲۶۸
		۵/۸۱	۱۸/۵۲	۳/۸۷	۰/۳۷۰۵	۰/۰۰۶۳
		CV%	۱/۵۵	۹/۷۵	۱/۵۵	۹/۷۵

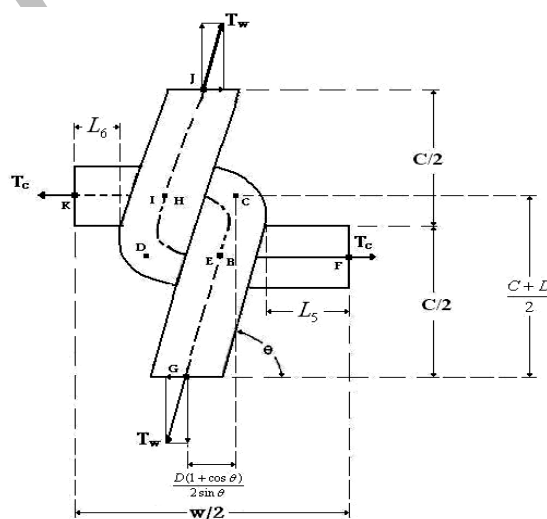
۵.۲. محاسبه مقادیر تئوری مدول اولیه

جهت محاسبه مقادیر تئوری مدول اولیه پارچه های مورد آزمایش در راستای رج و ردیف از روابط ارائه شده برای پارچه های حلقوی پودی ساده [۴] استفاده شده است. جهت محاسبه مدول اولیه در راستای رج از رابطه ۳ و جهت محاسبه مدول اولیه در راستای ردیف از رابطه ۲ استفاده گردیده است.

$$E_y = \frac{\frac{-L_1 \sin^2 \alpha_1}{E_y} \times C \times \sin \theta}{\left[\frac{L_1 \cos^2 \alpha_1 (1 + \epsilon^{\pm \mu \beta})}{E_y} + \frac{(L_1 \epsilon^{\pm \mu \beta}) + (L_r + L_s)}{E_y} \right] \times \left(\frac{-L_1 \sin^2 \alpha_1}{E_y} \right) + \left[\frac{\epsilon^{\pm \mu \beta}}{11B} \left((\cos^2 \theta (C+D)^2) - \left(\sin^2 \theta \left(\frac{D}{\sin \theta} (1 + \cos \theta) \right) \right) \right) \right] \times W} \quad (2)$$

$$E_x = \frac{\frac{-L_1 \sin^2 \alpha_1}{E_y} \times W}{\left[\frac{L_1 \cos^2 \alpha_1 (1 + \epsilon^{\pm \mu \beta})}{E_y} + \frac{(L_1 \epsilon^{\pm \mu \beta}) + (L_r + L_s)}{E_y} \right] \times \left(\frac{-L_1 \sin^2 \alpha_1}{E_y} \right) + \left[\frac{\epsilon^{\pm \mu \beta}}{11B} \left((\cos^2 \theta (C+D)^2) - \left(\sin^2 \theta \left(\frac{D}{\sin \theta} (1 + \cos \theta) \right) \right) \right) \right] \times C} \quad (3)$$

در این روابط C فاصله رج، W فاصله ردیف، E_y مدول اولیه نخ، B سختی خمشی نخ، μ ضریب اصطکاک نخ، D قطر نخ، $L_x = L_r + L_s$ ، $L_r = L_2 + L_3$ ، $L_s = \frac{C-D}{2 \sin \theta}$ ، $L_1 = \frac{D}{\sin \theta \cos \alpha_1}$ ، $\tan \alpha_1 = \frac{\sin \theta}{2}$ نخ، $L_2 + L_3 = \frac{W}{2} - \frac{rD}{\sin \theta}$ و $L_4 = \frac{D}{2 \sin \theta} (1 + \cos \theta)$ اند. [۴].



شکل ۴. مدل straight-line یک واحد ساختمانی پارچه حلقوی پودی ساده در صفحه YOX [۴].

بدلیل حجم زیاد محاسبات از نرم افزار MATLAB 7.1 برای انجام محاسبات استفاده کرده ایم. کلیه اطلاعات لازم جهت انجام محاسبات در برنامه مذکور در جداول (۱)، (۲) و (۴) آورده شده است.

جدول ۴. اطلاعات لازم جهت انجام محاسبات.

کد نمونه	L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	L ₃ + L ₄ (mm)	θ°	α°	β°
l ₁	۰/۳۲۳۹	۰/۱۶۹۵	۰/۶۴۱۷	۶۲/۲۰	۲۳/۸۶	۹۰
l ₂	۰/۳۲۱۹	۰/۱۷۷۲	۰/۶۵۸۸	۶۳/۰۳	۲۴/۰۲	۹۰
l ₃	۰/۳۲۱۱	۰/۱۸۰۱	۰/۷۳۳۵	۶۳/۳۳	۲۴/۰۷	۹۰
l ₄	۰/۳۱۷۰	۰/۱۹۹۸	۰/۷۵۸۲	۶۵/۲۰	۲۴/۴۱	۹۰
l ₅	۰/۳۱۱۲	۰/۲۳۸۰	۰/۸۰۳۰	۶۸/۱۴	۲۴/۸۹	۹۰

۶,۲. مقایسه نتایج تئوری مدول اولیه با نتایج تجربی اندازه گیری شده

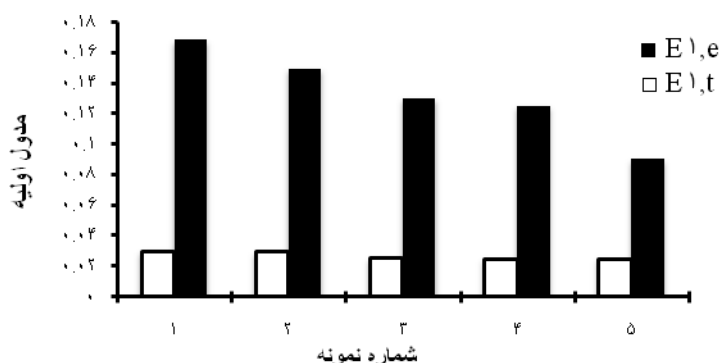
در این بخش نتایج حاصل از محاسبه تئوری مدول اولیه با مقادیر حاصل از تجربیات مقایسه گردید. جهت اندازه گیری میزان خطا موجود مابین مقادیر تئوری و تجربی از رابطه ۴ استفاده شده است. نتایج حاصل در جدول ۵ نمایش داده می شود.

$$\text{درصد خطا} = \frac{\text{مقدار عملی} - \text{مقدار تئوری}}{\text{مقدار تئوری}} \times 100 \quad (۴)$$

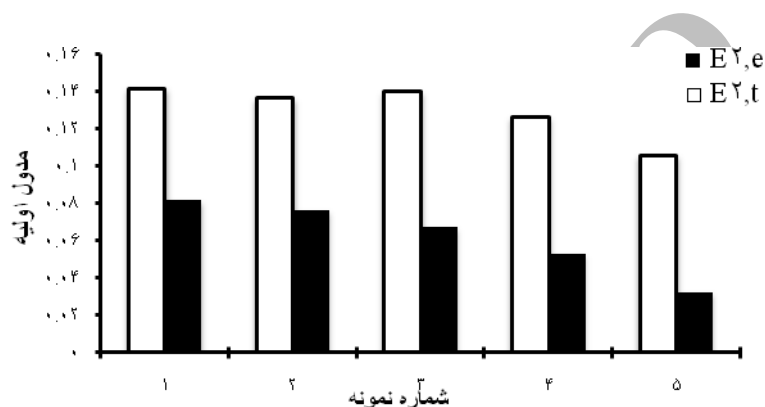
جدول ۵. مقایسه نتایج اندازه گیری مدول اولیه محاسبه شده و تجربی پارچه های ۱۰۰٪ پنبه ای اینترلاک

کد نمونه	E _v (N/mm)		E _r (N/mm)		درصد خطا	
	E _{1,t}	E _{1,e}	E _{r,t}	E _{r,e}	E _{1,t} و E _{1,e}	E _{r,t} و E _{r,e}
l ₁	۰/۰۳۰۰۶	۰/۱۶۸۷۴	۰/۱۴۲۰	۰/۰۸۱۸۶۰	٪ -۴۶۱/۳	٪ ۴۲/۳
l ₂	۰/۰۲۹۴۶	۰/۱۴۹۹۶	۰/۱۳۶۶	۰/۰۷۶۷۳۶	٪ -۴۰۹/۰	٪ ۴۳/۸
l ₃	۰/۰۲۵۳۵	۰/۱۳۰۷۰	۰/۱۴۰۱	۰/۰۶۷۴۷۸	٪ -۴۱۵/۵	٪ ۵۱/۸
l ₄	۰/۰۲۵۲۰	۰/۱۲۵۷۰	۰/۱۲۶۴	۰/۰۵۳۲۸۸	٪ -۳۹۸/۸	٪ ۵۷/۸
l ₅	۰/۰۲۵۰۸	۰/۰۹۰۴۸	۰/۱۰۵۹	۰/۰۳۲۶۸۴	٪ -۲۶۰/۷	٪ ۶۹/۱

E_{1,t}: مدول اولیه تئوری در جهت ردیف.
E_{1,e}: مدول اولیه تجربی در جهت ردیف.
E_{2,t}: مدول اولیه تئوری در جهت رج.
E_{2,e}: مدول اولیه تجربی در جهت رج.



شکل ۵. مقایسه نتایج اندازه گیری مدول اولیه تئوری و تجربی پارچه های اینترلاک در راستای ردیف.

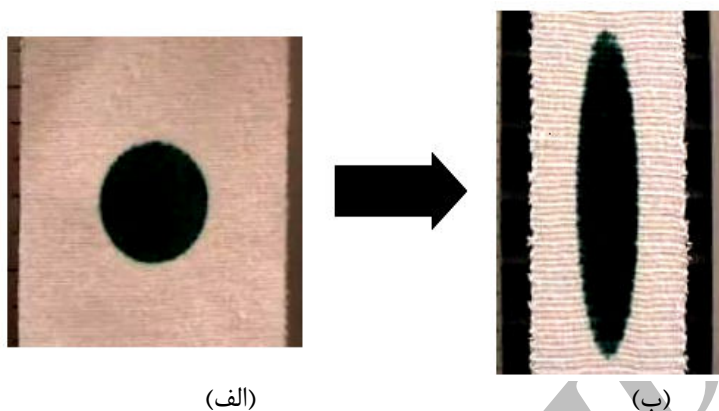


شکل ۶. مقایسه نتایج اندازه گیری مدول اولیه تئوری و تجربی پارچه های اینترلاک در راستای رج.

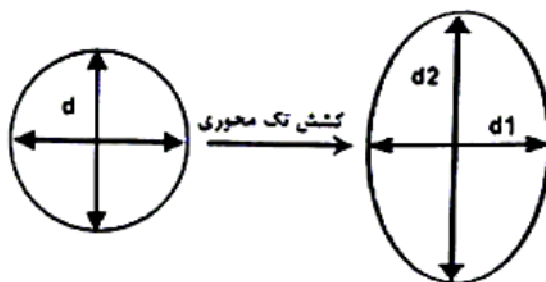
۷.۲. اندازه گیری تجربی ضریب انقباض جانبی پارچه ها

برای از بین رفتن اثر لبه ها به کمک یک شابلون فلزی نمونه هایی به ابعاد 5×25 را که، دایره ای به قطر ۲ سانتیمتر به روش مهر زنی در مرکز آن چاپ شده است، تهیه می گردد. این نمونه گیری در دو جهت رج و ردیف انجام شده است. سپس پارچه را در درون فک دستگاه استحکام سنج (Micro 250SDL) قرار داده و در حین کشش از آن فیلمبرداری می گردد. فاصله فک ها از یکدیگر ۱۵ سانتیمتر می باشد. فیلم حاصله را به کمک نرم افزار Windows Movie Maker به صورت عکس در گام های زمانی مشخص تقسیم بندی نموده و سپس به کمک نرم افزار Adobe Photoshop تغییرات ابعادی نمونه ها را اندازه گیری می نماییم. شکل ۷ نمونه ای از عکس های تهیه شده از پارچه در حال کشش را نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود، دایره رسم شده بر روی پارچه حین کشش تغییر فرم داده و قطری از دایره که در امتداد نیرو قرار دارد، ازدیاد طول پیدا کرده و قطر عمود بر آن کاهش طول می دهد. با بدست آوردن کرنش در جهت عرض و کرنش در جهت طول، طبق رابطه ۵ و با توجه به شکل ۸، مقدار ضریب انقباض جانبی (ضریب پواسون) محاسبه می شود. [۱۴]. به منظور بررسی اثر ساختمان بافت بر روی مقدار ضریب انقباض جانبی، اطلاعات حاصل از نمونه های l_1 ، l_2 ، l_3 ، l_4 و l_5 مورد بررسی قرار گرفته اند. در تمامی نمونه ها با افزایش طول نخ مصرف شده در واحد ساختمانی مقادیر ضریب انقباض

جانبی افزایش می یابد و ضریب پواسن در پارچه ها مقدار ثابتی نبوده و در کشش های متفاوت دارای تغییرات معنا دار می باشد.



شکل ۷. نمونه عکس های تهیه شده از پارچه ها در حین آزمایش جهت اندازه گیری ضریب انقباض جانبی پارچه الف) در ابتدای آزمایش، ب) در انتهای آزمایش.



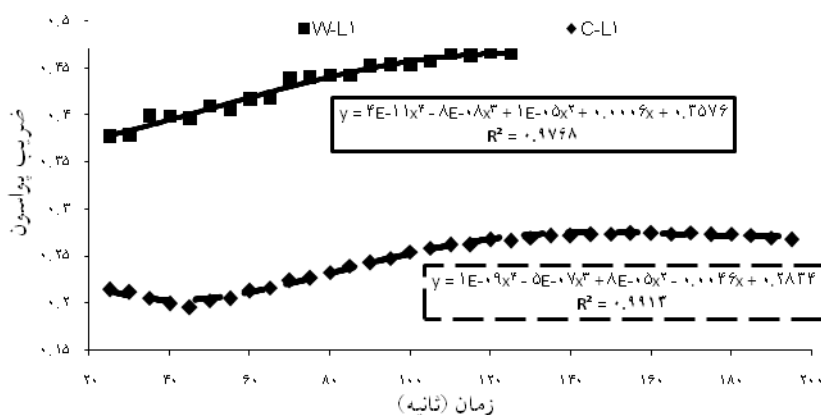
شکل ۸. محاسبه ضریب انقباض جانبی پارچه [۱۴].

$$v = \left| \frac{d_1 - d}{d_2 - d} \right| \quad (5)$$

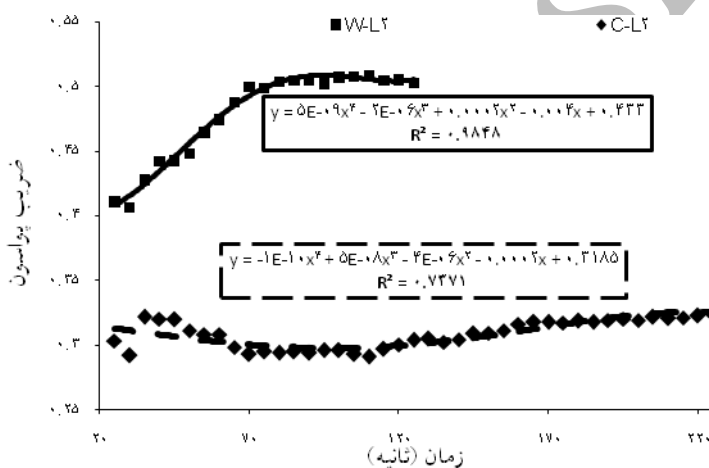
شکل های ۹ تا ۱۳ میزان تغییرات ضریب انقباض جانبی (ضریب پواسن) در مقابل زمان را به ترتیب برای نمونه های ۱ تا ۵ نمایش می دهند. نتایج مربوط به ضریب همبستگی بین مقادیر ضریب انقباض جانبی محاسبه شده و زمان کشش اعمال شده برای کلیه نمونه ها در جدول (۶) خلاصه شده است. همانطور که مشاهده می گردد، این همبستگی برای کلیه حالات مقدار بالایی می باشد (جز نمونه شماره ۵).

جدول ۶. ضریب همبستگی بین مقادیر ضریب انقباض جانبی محاسبه شده و زمان کشش اعمال شده برای پارچه ها

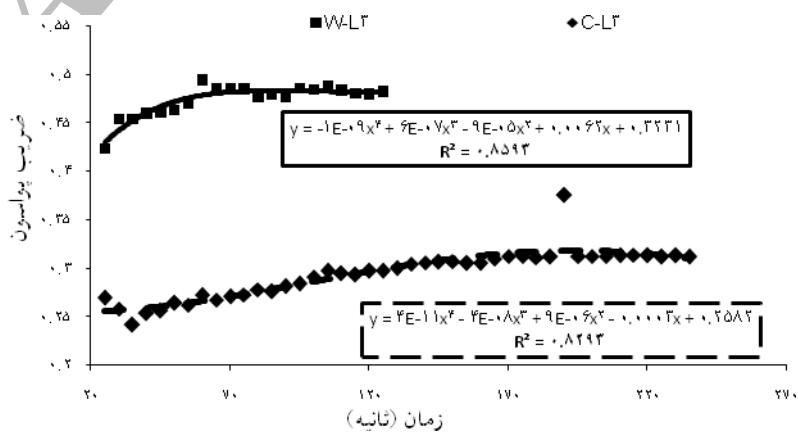
نمونه					راستا
l_5	l_4	l_3	l_2	l_1	
۰/۵۱۶۷	۰/۹۵۹۷	۰/۸۲۹۳	۰/۷۳۷۱	۰/۹۹۱۳	رج
۰/۶۳۶۹	۰/۸۶۴۸	۰/۸۵۹۳	۰/۹۸۴۸	۰/۹۷۶۸	ردیف



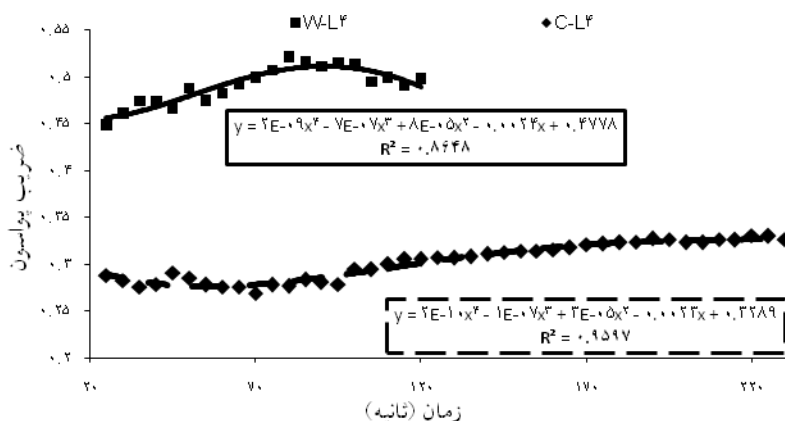
شکل ۹. مقادیر ضریب انقباض جانبی در راستای رج (C) وردیف (W)، در مقابل زمان برای نمونه با کد I₁.



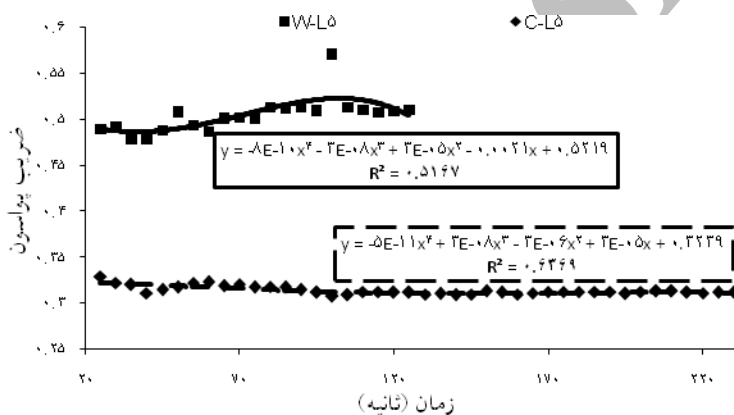
شکل ۱۰. مقادیر ضریب انقباض جانبی در راستای رج (C) وردیف (W)، در مقابل زمان برای نمونه با کد I₂.



شکل ۱۱. مقادیر ضریب انقباض جانبی در راستای رج (C) وردیف (W)، در مقابل زمان برای نمونه با کد I₃.



شکل ۱۲. مقادیر ضریب انقباض جانبی در راستای رج (C) وردیف (W)، در مقابل زمان برای نمونه با کد I4.



شکل ۱۳. مقادیر ضریب انقباض جانبی در راستای رج (C) وردیف (W)، در مقابل زمان برای نمونه با کد I5.

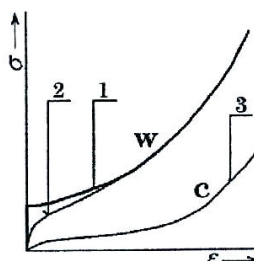
۳. نتایج و مباحث

۱.۳. مدول اولیه

با توجه به نتایج تئوری و تجربی بدست آمده (جدول ۵) می توان مشاهده کرد که، میزان مدول اولیه در هر دو راستای رج و ردیف با افزایش طول حلقه و کاهش تراکم حلقه در واحد سطح کاهش می یابند. با توجه به نتایج تئوری بدست آمده می توان مشاهده کرد که، میزان مدول اولیه در راستای ردیف کمتر از راستای رج می باشد، در حالی که بر طبق نتایج تجربی حاصل میزان مدول اولیه در راستای ردیف بیشتر از راستای رج می باشد و نتایج بدست آمده در آزمایشات، نتایج تئوری را تأیید نمی نماید.

با کاهش تراکم بافت، ثبات ابعادی نیز کاهش یافته، پارچه راحت تر کشیده شده و کشسانی بالاتری دارد، در نتیجه مقدار مدول کاهش می یابد. همچنین پارچه های اینتراک در راستای رج قابلیت کشسانی بالاتری دارند. بنابراین می توان نتیجه گرفت که مقدار مدول در راستای رج کوچک تر می باشد [۷].

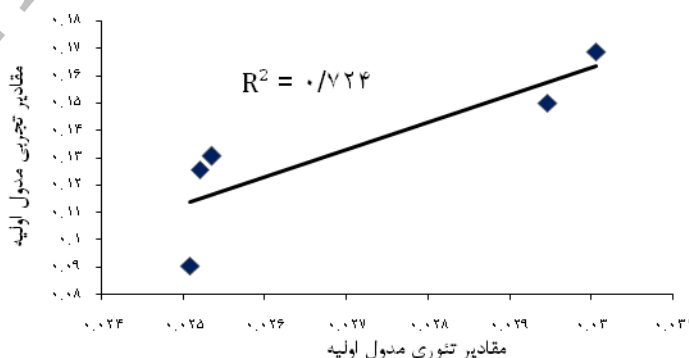
به علت تفاوت نیروهای حاصل از اصطکاک در دو راستای رج و ردیف شکل نمودار تنش - کرنش متفاوت بوده و در نتیجه میزان مدول اولیه نیز متفاوت بوده و مقدار آن در راستای ردیف بیشتر می باشد. (شکل ۱۴). یعنی میزان مدول اولیه در راستای ردیف بیشتر از مدول در راستای رج می باشد [۱۵].



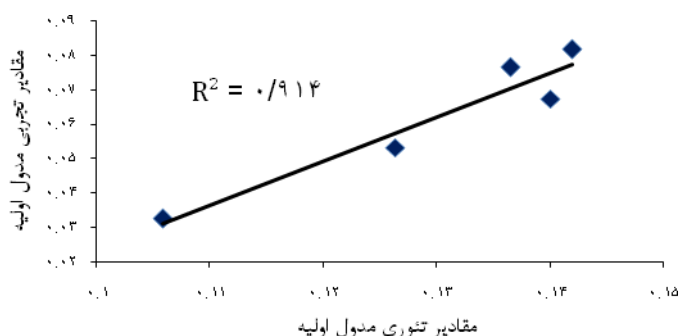
شکل ۱۴. اثر لغزیدن نخ بر نخ و جهت اعمال نیرو بر روی نمودار تنش - کرنش پارچه حلقوی پودی.

در این تحقیق نتایج تئوری حاصل از محاسبات، نظر محققان قبلی [۱۵،۷،۴] را تأیید نمی نماید و مقادیر مدول اولیه حاصل از محاسبات تئوری در راستای رج بیشتر از راستای ردیف می باشند، که آنرا می توان ناشی از تفاوت در ساختمان در نظر گرفته شده در مدل کریمی با ساختار حلقه در پارچه مورد آزمایش دانست. ولی همانطور که از نتایج تجربی قابل مشاهده است، مقدار مدول تجربی در راستای ردیف بیشتر از راستای رج می باشد و با نظریات محققان قبلی [۱۵،۷،۴] مطابقت دارد. با توجه به نتایج حاصله قابل مشاهده است که اختلافات بین مقادیر تئوری و تجربی در جهت ردیف بیشتر از این اختلافات در جهت رج می باشد.

نمودارهای ۱۵ و ۱۶ همبستگی بین مقادیر تئوری و تجربی مدول اولیه پارچه در راستای رج و ردیف را نشان می دهند. همانطور که مشاهده می گردد همبستگی مقادیر تئوری و عملی مدول اولیه پارچه در راستای ردیف ($E_{1,t}$ و $E_{1,e}$) برابر $R^2 = 0.7247$ می باشد (شکل ۱۵). برای راستای رج ($E_{2,t}$ و $E_{2,e}$) این مقدار برابر $R^2 = 0.9148$ (شکل ۱۶) می باشد. لذا می توان گفت که روند تغییرات نتایج تئوری و تجربی همبستگی بالایی با یکدیگر دارند ولی بر طبق جدول ۵ مقادیر در صد اختلاف نتایج تئوری و تجربی در راستای رج تا حداکثر ۶۹٪ و در راستای ردیف تا حداکثر ۴۱٪ می رسد.



شکل ۱۵. همبستگی بین مقادیر تئوری و تجربی مدول اولیه پارچه در راستای ردیف



شکل ۱۶. همبستگی بین مقادیر تئوری و تجربی مدول اولیه پارچه در راستای رج

۲.۳ بررسی دلایل اختلاف بین مقادیر تئوری و تجربی مدول اولیه

میزان اختلاف مقادیر در راستای ردیف بالاتر از راستای رج است، که علت این امر می تواند ناشی از موارد زیر باشد:

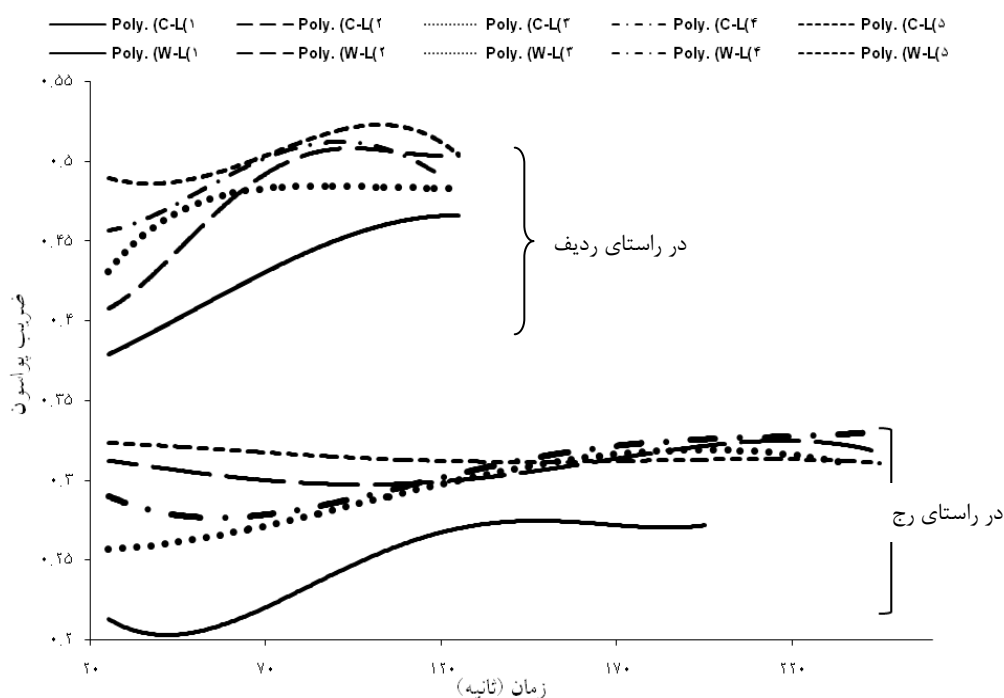
- در مدل ارائه شده برای پارچه های حلقوی پودی، واحد ساختمانی مورد نظر شامل یک حلقه است، در حالیکه در بافت اینترلاک واحد ساختمانی شامل چهار حلقه می باشد، که دو تا از آنها در صفحه و دو تای دیگر در سیلندر شکل گرفته اند و به این علت تعداد المان های درگیر مخصوصاً در جهت ردیف بیشتر از المان های مدل پارچه حلقوی پودی ساده است.
- به علت تفاوت تعداد المان های ساختمانی، در هنگام بارگذاری روی پارچه این تفاوت ساختمانی خود را بیشتر نشان داده و با توجه به اینکه در راستای ردیف تعداد المان ها بیشتر است به همین علت مقدار مدول در این جهت نیز تفاوت فاحشی نسبت به مقدار تئوری از خود نشان می دهد. در حالی که در راستای رج علت اصلی مقاومت پارچه در برابر نیروهای اعمالی تنها اصطکاک بین حلقه هاست و تفاوت مقادیر تئوری و تجربی در این راستا کوچکتر است.
- بنابراین لزوم ارائه یک مدل تئوری جدید با توجه به المان های بافت اینترلاک، جهت پیش بینی مدول مخصوصاً در جهت ردیف واضح می باشد.

۳.۳ ضریب پواسن

با توجه به بررسی های انجام گرفته بر روی مقادیر ضریب انقباض جانبی نمونه ها با طول حلقه های متفاوت این نتایج حاصل شد که:

- بدلیل بیشتر بودن قابلیت کشسانی پارچه های حلقوی پودی اینترلاک در جهت رج [۷]، ازدیاد طول تا حد پارگی و زمان آن بیشتر می باشد، در نتیجه در تمامی نمونه ها مقادیر ضریب انقباض جانبی اندازه گیری شده در این راستا بیشتر از راستای ردیف می باشد.
- مقدار ضریب انقباض جانبی پارچه ها در هر دو راستا در گام های زمانی ۵ تا ۲۰ ثانیه داری اغتشاشاتی است که علت این امر را می توان ناشی از عواملی مختلفی از جمله لغزش نخ ها و ... در ابتدای وارد شدن کشش پارچه دانست.
- مقادیر ضریب انقباض جانبی برای کلیه نمونه ها در راستای ردیف بیشتر از راستای رج می باشد (شکل ۱۷).

- همانطور که نتایج نشان می دهد روند تغییرات ضریب انقباض جانبی نسبت به زمان در کلیه نمونه ها (بجز نمونه 5) در هر دو راستای رج و ردیف افزایشی می باشند. در نمونه 5 نمودار روند تغییرات ضریب انقباض جانبی در جهت رج سیری نزولی دارد، ولی در جهت ردیف مانند سایر نمونه ها دارای روندی افزایشی می باشد (شکل ۱۰).



شکل ۱۷. مقادیر ضریب انقباض جانبی نمونه های C و W در مقابل زمان برای تمامی نمونه ها

۴. نتیجه گیری

در این تحقیق به کمک مدل ارائه شده جهت پیش بینی مقدار مدول اولیه پارچه حلقوی پودی ساده [۴] مقادیر مدول اولیه در پارچه اینترلاک در دو راستای رج و ردیف محاسبه شده است. مقادیر مدول اولیه در پارچه اینترلاک در این دو راستا از روش تجربی و با مقادیر تئوری مقایسه گردید. نتایج حاصل از مقایسه مقادیر تئوری و تجربی تفاوت هایی را بین این مقادیر نشان می دهد که ناشی از عوامل مختلفی است، که عبارتند از:

- تفاوت در واحد ساختمانی حلقوی پودی ساده و پارچه اینترلاک.
- بدلیل تفاوت در واحد ساختمانی و وجود نقاط برخورد نخ های اتصال در بافت اینترلاک تعداد المان ها و مقادیر نیروها متفاوت است.

- این تفاوت در راستای ردیف به علت وارد شدن نیروها به اجزاء المان و درگیری بیشتر اجزاء خود را بیشتر نمایان می کند. در حالی که در راستای رج به علت سرخوردن حلقه ها از داخل یکدیگر این تفاوت کم تر است. همچنین از بررسی این نتایج به این موضوع پی برده شد که، نتایج تئوری حاصل بر عکس نظر Choi و همکاران [۷]، Kovar [۱۵] و کریمی و همکاران [۴] می باشد، که آنرا می توان ناشی از تفاوت در ساختمان در نظر گرفته شده در مدل [۴] با ساختار حلقه در پارچه مورد آزمایش دانست. نتایج تجربی مطابق نظر ارائه شده توسط آنان می باشد. در کل این نتیجه حاصل شد که:

- مدل تئوری پیش بینی مدول اولیه برای پارچه های حلقوی ساده جهت پیش بینی مدول در پارچه های حلقوی اینترلاک در جهت ردیف به هیچ وجه قابل قبول نمی باشد.

- مدل مذکور برای پیش بینی مدول اولیه پارچه های اینترلاک در جهت رج، با حدود حداکثر ۶۹٪ اختلاف تا حدی قابل کاربرد است. بنابراین ارائه مدل مکانیکی تئوری مستقلی جهت پیش بینی مدول اولیه در پارچه های حلقوی پودی اینترلاک ضروری می باشد. سپس روند تغییرات ضریب انقباض جانبی پارچه ها در زمان های مختلف برای پنج طول حلقه بافته شده مطالعه گردید که نتایج ذیل بدست آمد:

الف) مقدار ضریب انقباض جانبی نسبت به زمان در کلیه نمونه ها در هردو راستای رج و ردیف افزایش می یابد (بجز در راستای رج نمونه ۵).

ب) مقادیر ضریب انقباض جانبی برای کلیه نمونه ها در راستای ردیف بیشتر از راستای رج می باشد.

۵. منابع

- [1]. Grosberg, P., Kedia, S, *Tex. Res. J.*, No. **1**, 71-79, 1966.
- [2]. Leaf, G, A, V., Kandil, H, *J. Text. Inst.*, NO.**1**, 1-7, 1980.
- [3]. Onal, L., Adanur, S, *Text. Res. J.*, **74**(10), 865-871, 2004.
- [4] H, R. Karimi., A, A, A. Jeddi, A. Rastgoo, *J. Text. Inst.*, NO.**100** (1), 18-27, 2009.
- [5] P. ChenBarker, R, L., Smith, G, W., Scruggs, B., *Text. Res. J.*, **62**, No.**4**, 200-211, 1992.
- [6]. دیوید، اسپنسر، ۱۳۷۹، مکانیزم بافندگی حلقوی پودی، ترجمه مهندس زهرا خرم طوسی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۴۴-۶۸.
- [۷] M Choi., S, P. Ashdown, *Text. Res. J.* **70**(12), 1033-1045, 2000.
- [۸]. جانسون، اف، بیبر، ۱۳۷۰، مقاومت مصالح، ترجمه مهندس حمید لعل خو، دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی امیر کبیر.
- [۹]. حسینی، م، ۱۳۸۴، "بررسی نظریه تجربی خواص مکانیکی پارچه های بی بافت سوزنی تولید شده از مخلوط دو نوع لیف"، پایان نامه دکتری، دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی امیر کبیر.
- [10]. Bais-Singh, S., Anandjiwala, R, D., Goswami, *Text. Res. J.*, **66**(3), 131-140, 1996.
- [11]. Postle, R., Dejong, S, *Journal of Textile Machinery society of Japan.* **34**, 344, 1981.
- [12]. Sun, H., Pan, N., Postle, R, **68**(4), 505-510, 2005.
- [13] A, A, Jeddi, H Dabiryan, *J. Text. Inst.*, vol.**99** (4), 369-374, 2008.
- [۱۴]. حقیقت کیش، م، افشار، م، ۱۳۸۳، خلاصه نظریه ها و مسائل خواص فیزیکی الیاف، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۰۷-۱۱۶.

[15]R.Kovar, "Stick-slip effect in knitted fabric deformation", International Textile Clothing and Design Conference, University of Zagreb, Dubrovnik, Croatia, 2002.

Archive of SID