



## بررسی اثر پلیمر پلی پروپیلن بر خصوصیات قیر و آسفالت

سیامک تاج<sup>۱\*</sup>، احمد گلی<sup>۲</sup>، میثم اکبر زاده<sup>۳</sup>

### چکیده

گسترش استفاده از پلیمر در صنعت آسفالت در دهه‌های اخیر برای اصلاح خواص قیرهای مورد استفاده در روسازی راه افزایش چشمگیری یافته است. پلیمرها به عنوان بهترین خانواده اصلاح قیر به منظور بهبود عملکرد قیر و افزایش کارایی قیر به آن اضافه می‌شود که در این گروه وسیعی از پلیمرهای موجود می‌توان به پلیمر استایرن (SBS) - پلی اتیلن (PE) - پلی پروپیلن (PP) اشاره کرد. در این پژوهش از پلیمر پلی پروپیلن استفاده شده است. این پلیمر با درصدهای وزنی مختلف (۰/۲، ۰/۴، ۰/۶) به قیر ۶۰/۷۰ که در پالایشگاه تهران تولید شده افزوده گردیده و تأثیر این پلیمر بر روی مدول مختلط (G\*) و نیز تأثیر آن بر روی خواص کلاسیک قیر از جمله درجه نفوذپذیری، نقطه نرمی قیر و شاخص نفوذپذیری و اثر آن بر روی استقامت مارشال و روانی آسفالت مورد بررسی قرار گرفت که با اضافه کردن پلیمر پلی پروپیلن شاخص نفوذپذیری قیر، خاصیت انگمی قیر، نقطه نرمی قیر و مقاومت آسفالت را افزایش داده و همچنین باعث کاهش درجه نفوذ می‌شود.

**واژه‌های کلیدی:** پلی پروپیلن، مدول مختلط، پارامتر شیار شدگی، نقطه نرمی

۱- کارشناسی ارشد عمران- راه و ترابری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان

۲- استادیار دانشکده حمل و نقل، دانشگاه اصفهان

۳- استادیار دانشکده حمل و نقل، دانشگاه صنعتی اصفهان

\* نویسنده مسئول: [siamak\\_boromand@yahoo.com](mailto:siamak_boromand@yahoo.com)

## ۱- مقدمه

به منظور دستیابی به خواص مکانیکی بهتر، دوام بیشتر و اصلاح خواص رئولوژیکی قیرهای پایه و نیز برای غلبه بر خرابی‌ها و به تأخیر انداختن آن‌ها، افزودنی‌های پلیمری زیادی توسط پژوهشگران استفاده شده که کاربرد آن‌ها به اوایل دهه ۷۰ میلادی برمی‌گردد (Polacco et al. 2008, Sengoz, Topal, and Isikyakar 2009, Dasilva and Maria 2004, Khodaii and Mehrara 2009). مقدار  $G^*$  (مدول مختلط) و  $\sigma$  (اختلاف زاویه فاز) برای قیر بستگی زیادی به درجه حرارت دارند. در درجه‌ی حرارت‌های بالا، قیر مانند مایع ویسکوز عمل کرده و در درجه‌ی حرارت‌های خیلی پایین مانند مواد جامد الاستیک رفتار می‌کند. در دمایی که بارگذاری ترافیکی بر روی روسازی اعمال می‌شود رفتار قیر مجموعه‌ای از ویسکوز و الاستیک می‌باشد. به همین جهت رفتار آن را ویسکوالاستیک می‌نامند (Wu, Ye, and Li 2007, Sengoz and Isikyakar 2008).

## ۲- مواد و روش‌ها

## ۲-۱- مواد

در این پژوهش از قیر ۶۰/۷۰ پالایشگاه نفت تهران به عنوان قیر پایه استفاده شده که مشخصات قیر در جدول (۱) و مشخصات پلیمر پلی‌پروپیلن در جدول (۲) و همچنین مشخصات مصالح سنگی در جدول (۳) آورده شده است.

جدول (۱). مشخصات قیر ۶۰/۷۰ مصرفی

قیر	شرکت سازنده	وزن مخصوص	درجه نفوذ	نقطه نرمی	خاصیت انگی قیر
۶۰-۷۰	نفت تهران	۱/۰۳	۶۷	۴۴	۱۰۰

جدول (۲). مشخصات پلیمر پلی‌پروپیلن مصرفی

پلیمر	نوع	شرکت سازنده	دمای ذوب	فرمول مولکولی	چگالی
پلی‌پروپیلن	۳۰V S	پالایشگاه اراک	۱۳۰°C	$-[CH_2-CH(CH_3)]_n-$	۰/۸۵۰ تا ۰/۹۰۰

امروزه، افزایش عوامل ترافیکی از قبیل بارهای سنگین تر، حجم ترافیک بیشتر، فشار بیشتر ناشی از چرخ‌ها به اضافه شرایط محیطی و آب و هوایی سبب شده خرابی‌هایی نظیر شیار شدگی در دمای بالا، ترک‌های انقباضی در دمای پایین، خستگی در دمای متوسط، سائیدگی، روزدگی و پیرشدگی که سبب کاهش کیفیت و عملکرد روسازی‌ها می‌شود، بروز پیدا کند (Polacco et al. 2008, Larsen et al. 2009).

افزایش پلیمرها به قیر آثار مثبتی روی خواص و عملکرد آن در دمای بالا و پایین، مانند مقاومت در برابر شیار شدگی و ترک‌های حرارتی دارد. همچنین پلیمرها مقاومت مخلوط‌های آسفالتی را بالا برده و چسبندگی قیر به مصالح را افزایش می‌دهند (Xiaohu and Isacsson 2000) و به همین دلیل، در دهه‌های گذشته پژوهش‌های زیادی برای اصلاح خواص قیر انجام شده است (Brule and Yves 1988).

از جمله پلیمرهایی که در اصلاح قیرهای کاربرد فراوان دارند پلیمرهای گروه الاستومرها که شامل بوتادین-استایرن (SBS) و پلیمرهای مشابه مانند لاستیک استایرن-بوتادین (SBR)-اتیلن وینیل استات (EVA) و پلی‌اتیلن (PE) هستند (Brule and Yves 1988, Xiaohu and Isacsson 1997).

جدول (۳). مشخصات مصالح سنگی

آزمایش	شماره استاندارد	مصالح آهکی	حداکثر مجاز
سایش لس آنجلس (%)	ASTM-C131	۲۲/۴	۳۰
مقاومت فشاری (۲kg/cm)	ASTM-C107	۴۵۰	-
درصد جذب آب	ASTM-C127	۰/۷	۲/۵
چگالی (۳g/cm)	ASTM-C127	۲/۶	-

۲۵ میلی متری برسد، تعریف می کنند که این آزمایش جهت شناسایی کاربرد نوع قیر در روسازی راه‌ها و باند پرواز است که از قیری با درجه نرمی به خصوص استفاده شود که مقدار آن به کاربردها و شرایط محیطی که قیر قرار است در آن به کار برده شود بستگی دارد.

#### ۲-۲-۳- شاخص نفوذ پذیری

به طور کلی تغییرات حاصله در غلظت قیر (درجه نفوذ و یا ویسکوزیته) که از تغییر در شرایط حرارتی آن به وجود آمده را حساسیت حرارتی قیر نامیده می شود که حساسیت حرارتی قیر به روش‌های مختلفی قابل محاسبه است که یکی از این روش‌ها محاسبه حساسیت حرارتی قیر به روش شاخص نفوذ (penetration index, PI) است که از معادلات زیر به دست می آید.

فرمول (۱). محاسبه A

$$A = [(\log 800 - \log(\text{penat}_{25^\circ\text{C}}) / T_{R\&B} - 25^\circ\text{C})]$$

فرمول (۲). محاسبه Pi

$$PI = [(20 - 50 \cdot A) / (1 + 50 \cdot A)]$$

که در آن  $T_{R\&B}$  دمای نقطه نرمی است.

#### ۲-۲-۴- خاصیت انگمی قیر

خاصیت انگمی قیر اولیه و قیرهای اصلاح شده طبق استاندارد (ASTM D113) اندازه گیری شد و هنگامی که قیر در اثر کشیده شدن پاره بشود باید طولی را که در این اتفاق افتاده را اندازه گیری کرده و متوسط این طول بر حسب  $C_m$  به عنوان خاصیت انگمی قیر ثبت گردیده است.

#### ۲-۲-۲- روش‌های کار

ابتدا قیر ۶۰/۷۰ که از میکسر high-shear مدل LHRT استفاده شده را تا دمای ۱۸۰ درجه سانتی گراد گرم کرده و سپس پلیمر پلی پروپیلین را به قیر مذکور اضافه کرده تا عمل اختلاط با سرعت ۲۵۰۰ دور بر دقیقه و به مدت ۳۰ دقیقه و در دمای ثابت انجام گیرد.

#### ۲-۲-۲-۱- آزمایش درجه نفوذ

آزمایش درجه نفوذ طبق استاندارد ASTM-D5، ۲۹۵۰ استاندارد ایران در دمای ۲۵°C انجام شد. آزمایش درجه نفوذ از جمله آزمایش‌های کلاسیک قیر می باشد که می تواند بیان کننده رفتار قیر در دماهای مختلف باشد. درجه نفوذ قیر عبارت است از مقدار طولی (بر حسب میلی متر) است که یک سوزن استاندارد با شکل معین تحت اثر باری معادل ۱۰۰ گرم در مدت ۵ ثانیه در قیری که در درجه حرارت ۲۵ درجه سانتی گراد است، نفوذ نماید.

#### ۲-۲-۲-۲- آزمایش تعیین نقطه نرمی

نقطه نرمی قیر اولیه و قیرهای اصلاح شده طبق استانداردهای ASTM D36، ۲۹۵۱ استاندارد ایران اندازه گیری شد. نقطه نرمی قیر عبارت است از درجه حرارتی که در آن قیر حالت نرمی پیدا می کند نقطه نرمی قیر به روش‌های مختلفی اندازه گیری می شود که یکی از این روش‌ها، روشی به نام حلقه و گلوله است که در آن نقطه نرمی را درجه حرارتی که در آن گلوله‌ها از حلقه عبور نموده و به سطح برنجی تحتانی به فاصله

## ۲-۲-۵- آزمایش آسفالتی

نمونه‌های آسفالتی بر اساس که برای انجام آزمایش‌های تهیه می‌شوند باید تحت شرایط کاملاً کنترل شده و استاندارد که حتی الامکان مشابه شرایط کارگاهی باشد ساخته و آزمایش شوند از آنجایی که در ایران روش طرح اختلاط مارشال به عنوان روش قابل قبول مطرح بوده و استفاده می‌شود، ساخت نمونه‌های آزمایش بر اساس روش مارشال و بر طبق استاندارد ۹۳-۱۵۵۹ ASTM انجام گرفت.

استقامت آسفالت عبارت است از بیشینه تعداد بار بر حسب KN که نمونه آسفالت مورد آزمایش می‌تواند بدون اینکه در آن شکستگی ایجاد گردد تأمل نماید.

روانی یا تغییر شکل نسبی آسفالت، معیاری است که از میزان وارفتن و یا به عبارت دیگر تغییر شکل آسفالت تحت تأثیر بار وارده می‌باشد برای ساخت نمونه‌های آسفالتی از دانه‌بندی ستون چهارم جدول (۹-۱) نشریه ۲۳۴ سازمان مدیریت، آیین‌نامه روسازی آسفالتی راه‌های ایران و دانه‌بندی حد وسط مطابق جدول (۴) استفاده شده است (آیین‌نامه روسازی راه‌های آسفالتی ایران، ۱۳۹۰).

جدول (۴). مشخصات دانه‌بندی مورد استفاده در تهیه نمونه‌های آسفالتی

اندازه الک	درصد عبوری	میانگین درصد عبوری	میانگین درصد مانده	وزن مورد نیاز مانده روی الک برای نمونه ۱۲۰۰ گرمی
۱۹ mm	۱۰۰	۱۰۰	۰	۰
۱۲/۵ mm	۹۰ - ۱۰۰	۹۵	۵	۶۰
۴/۷۵ mm	۴۴ - ۷۴	۵۹	۳۶	۴۳۲
۲/۳۶ mm	۲۸ - ۵۸	۴۳	۱۶	۱۹۲
۰/۳ mm	۵ - ۲۱	۱۳	۳۰	۳۶۰
۰/۰۷۵ mm	۲ - ۱۰	۶	۷	۸۴
فیلر	-	-	۶	۷۲

۲-۲-۷- آزمایش رئومتر برش دینامیکی قیر  
(Dynamic shear Rheometer)

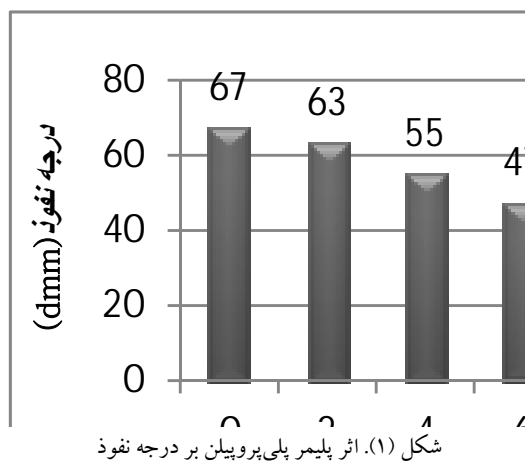
آزمایش رئولوژی قیر اصلی و قیرهایی که به وسیله دستگاه RTFO پیر می‌شوند با صفحه‌ای به قطر ۵mm و فاصله‌ی ۱۰۰۰  $\mu\text{m}$  و قیرهایی که به وسیله دستگاه PAV پیر می‌شوند به صفحه‌ای به قطر ۸mm و فاصله ۲۰۰۰  $\mu\text{m}$  انجام می‌شوند اثر خرابی شیار شدگی به کمک هر دو پارامتر اشاره شده بررسی می‌شود که به‌طور عمومی در دماهای بالا اتفاق می‌افتد (Asphalt institute, asphalt binder testing 2008).

برای بررسی مدول مختلط ( $G^*$ ) و زاویه اختلاف فاز ( $\delta$ ) در دمای بالا از دستگاه DSR استفاده گردیده است. اصول اولیه این دستگاه بسیار ساده است. دستگاه مذکور در دو نوع متداول وجود دارد: یکی در تنش ثابت و دیگری در کرنش ثابت. آزمایش شارپ در حالت کرنش ثابت انجام گردیده است. ابتدا پیرسازی قیرهای اصلاح شده پلیمری با استفاده از آزمون فیلم نازک چرخشی بر اساس استاندارد ASTM D1754 انجام شده است. آزمون محفظه تسریع پیری بر اساس استاندارد ASTM D6521 انجام شده است. آزمون فیلم

### ۳- نتایج و بحث

در تهیه نمونه‌های قیری، پلیمر پلی پروپیلین با مقادیر ۲، ۴ و ۶ درصد به قیر اضافه شد و آزمون‌هایی که روی نمونه‌ها انجام شد، شامل درجه نفوذ، نقطه نرمی، شاخص نفوذپذیری و خاصیت انگمی قیر بود. همچنین از نتایج این آزمایش‌ها، خصوصیات رئولوژی قیر مورد بررسی قرار گرفت که به ترتیب درباره آن‌ها بحث می‌شود.

۱- **درجه نفوذ:** آزمایش درجه نفوذ برای تعیین سختی نسبی به کار می‌رود با افزایش مقدار پلیمر پلی پروپیلین به قیر درجه نفوذ قیر کاهش می‌یابد با توجه به شکل (۱) این نکته حائز اهمیت است که اضافه کردن این پلیمر تا ۲ درصد اثر قابل توجهی بر روی درجه نفوذ ندارد ولی با بیشتر شدن درصد پلیمر تا میزان ۴ درصد درجه نفوذ به صورت پلکانی تغییر می‌کند که نتیجه می‌شود میزان استفاده از این پلیمر بهتر است برابر ۴ درصد یا بیشتر از آن باشد و کاهش درجه نفوذ به معنی کاهش روانی و افزایش قوام در دماهای بالا و متوسط است و این نمونه قیرهای پلیمری در دمای بالا از شیار شدن آسفالت جلوگیری می‌کند.



۲- **نقطه نرمی:** دمایی که در آن قیر حالت روانی پیدا می‌کند، نقطه نرمی نامیده می‌شود قیری که درجه نرمی بیشتری داشته باشد، کمتر در برابر تغییرات دما حساس

نازک چرخشی، پیرسازی کوتاه مدت قیر در جریان اختلاط با سنگ‌دانه‌ها و در دوره تولید آسفالت شبیه سازی می‌کند درحالی که آزمون پیرسازی فشاری، پیرسازی بلندمدت قیر را در مدت زمان سرویس دهی نشان می‌دهد (Zhang, uj, and wu 2010) و پس از عملیات پیرسازی قیر، یک قرص ساخته شده از قیر که قطر آن با قطر صفحه چرخنده یکسان است می‌سازیم که ضخامت قرص قیر بستگی به درجه حرارت آزمایش دارد و برای دمای پایین در محدوده  $7^{\circ}\text{C}$  تا  $34^{\circ}\text{C}$  احتیاج به ضخامتی در حدود 2mm است و برای دماهای بالاتر  $52^{\circ}\text{C}$  ضخامت قرص بایستی کمتر باشد و قطر صفحه چرخنده نیز به دما بستگی دارد در دماهای بالا از صفحه چرخنده بزرگ 25mm و در دماهای پایین از (8mm) استفاده می‌گردد و قیر بین صفحه‌ی ثابت و صفحه چرخنده فشرده شده تا ضخامت لازم برای دمای مورد نظر به دست آید و با اندازه گیری تنش و کرنش برشی مقدار  $G^*$  از رابطه زیر به دست می‌آید.  
فرمول (۳).

$$G^* = \tau_{\max} / \gamma_{\max}$$

$$\gamma_{\max} = (\theta \times r) / h$$

$$\tau_{\max} = \eta T / nr^3$$

که پارامترهای موجود عبارت‌اند از:

$\tau$ : تنش برشی

$\gamma$ : کرنش برشی

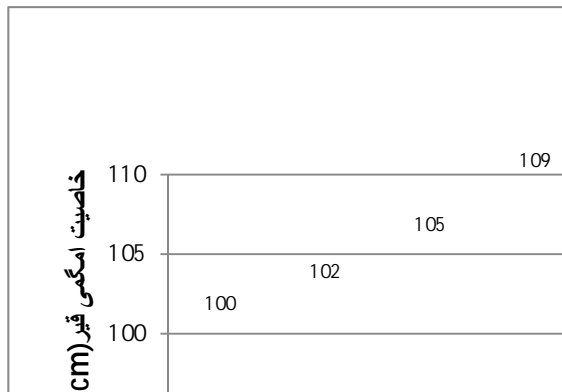
T: حداکثر تنش پیچشی اعمال شده

r: شعاع قرص قیر

\*: زاویه تغییر شکل

h: ضخامت قرص قیر (۱ یا ۲ mm)

$G^*$ : مدول مختلط



شکل (۳). اثر پلی پروپیلن بر خاصیت انگمی

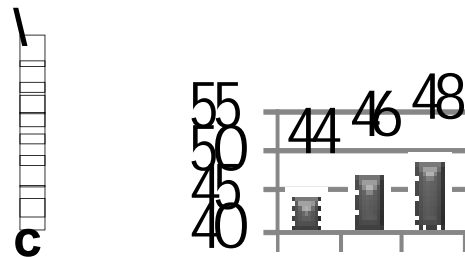
#### ۴- شاخص نفوذ پذیری:

شاخص درجه نفوذ به عنوان یکی از پارامترهای شناسایی و عملکرد قیر و حساسیت حرارتی قیر می‌باشد؛ که معمولاً این شاخص در راه‌سازی در محدوده‌ی ۲+ و ۲- است که هر چه این عدد به ۲- نزدیک‌تر باشد نشان‌دهنده حساسیت حرارتی بیشتر قیر و هر چه به عدد ۲+ نزدیک‌تر باشد بیان‌کننده حساسیت حرارتی کمتر قیر نسبت به نوسانات دمایی است همان‌طور که در جدول (۵) مشاهده می‌کنید با افزایش درصد پلیمر نقطه نرمی قیر افزایش یافته و نیز شاخص نفوذ پذیری از عدد ۲/۲- به عدد ۱/۱- رسیده و بیانگر آن است که حساسیت حرارتی آن کمتر شده چون به عدد ۲+ نزدیک‌تر شده است.

جدول (۵). محاسبه شاخص نفوذ پذیری با استفاده از پلیمر پلی پروپیلن

شاخص نفوذ پذیری	محاسبه A	نقطه نرمی	درجه نفوذ در ۱۵ C°	درصد پلیمر	نمونه
PI= -۲/۲	A=۰/۰۵۷	۴۴	۶۷	-	۱
PI= -۱/۷	A=۰/۰۵۳	۴۶	۶۳	۲	۲
PI= -۱/۵	A=۰/۰۵۱	۴۸	۵۵	۴	۳
PI= -۱/۱	A=۰/۰۴۷	۵۱	۴۷	۶	۴

است و کند روانی آن کمتر تغییر می‌کند همان‌طور که در شکل شماره (۲) مشاهده می‌شود با اضافه کردن این پلیمر به قیر پایه نقطه نرمی قیر افزایش می‌یابد که نشان‌دهنده عملکرد قیر در دمای بالا خواهد بود که باعث افزایش الاستیسیته و همچنین بالا رفتن و سیکوزتیه مخلوط شده و نشان‌دهنده این موضوع است که با اضافه کردن پلیمر تغییر شکل آسفالت در دماهای بالا مانند تابستان کاهش می‌یابد.



شکل (۲). اثر پلی پروپیلن بر نقطه نرمی

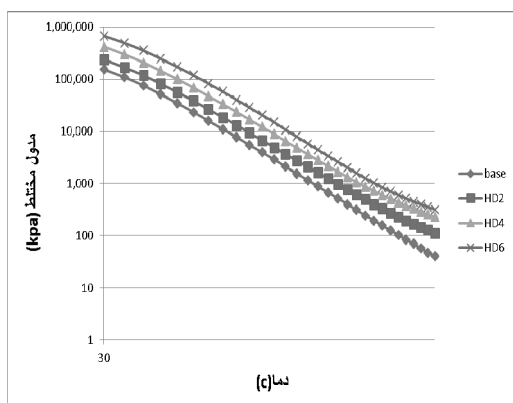
۳- خاصیت انگمی قیر: در این آزمایش برای تعیین شاخص از چسبندگی قیر، مقدار قابلیت شکل پذیری قیر را می‌سنجد. بدین صورت که هر چه قیر شکل‌پذیرتر باشد، چسبنده‌تر است و بالعکس، خاصیت شکل‌پذیری قیر عبارت‌اند از مقدار ازدیاد طول یک نمونه قیر بر حسب سانتی‌متر که به صورت استاندارد کشیده شده تا به طول پارگی یا انقطاع برسد. طول نمونه درست قبل از پاره شدن بر حسب سانتی‌متر به خاصیت شکل‌پذیری یا انگمی موسوم است همان‌طور که در شکل (۳) مشاهده می‌کنید پلیمر پروپیلن باعث افزایش خاصیت انگمی قیر می‌شود که در دماهای پایین به قیر خاصیت لاستیکی داده و مانع از شکستگی قیر می‌گردد.

آسفالت در شرایط آب و هوایی و ترافیکی سخت می‌گردد به طوری که استقامت مارشال در نمونه‌های تهیه شده با ۶ درصد پلیمر پروپیلین نسبت به نمونه‌های تهیه شده با قیر پایه حدود ۱۲ درصد افزایش مقاومت داشته است و این در حالی است که میزان روانی همه نمونه‌ها در محدوده استاندارد می‌باشد که این خود بیانگر عملکرد بهتر آسفالت تحت بارگذاری ترافیکی باشد.

### ۶- تحلیل نتایج رئولوژیکی قیرهای اصلاح شده

بهترین راه جهت بررسی رئولوژیکی رفتار قیر در دماهای متوسط و بالا استفاده از رئومتر برش دینامیکی می‌باشد.

**الف) مدول مختلط:** اثر افزایش دما بر روی مدول مختلط قیرهای اصلاح شده در شکل (۶) مشاهده می‌گردد که افزایش پلی پروپیلین به طول کلی منجر به افزایش مدول مختلط (مقاومت در برابر تغییر شکل) می‌گردد اما دو نمونه حاوی ۴٪ و ۶٪ از پلی پروپیلین بیشترین تغییرات را نشان می‌دهد که نشان از مناسب تر بودن این قیرها برای دماهای بالای سرویس دهی می‌باشد.



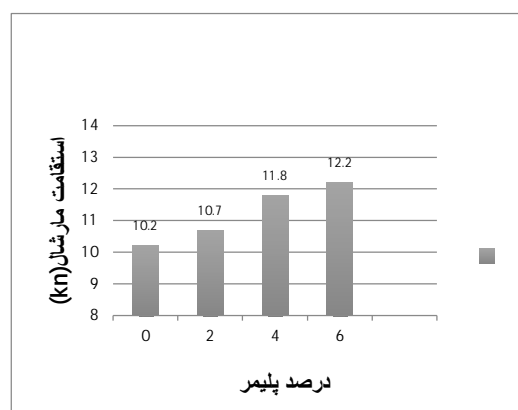
شکل (۶). اثر پلیمر پلی پروپیلین بر مدول مختلط ( $G^*$ )

### ۷- نتیجه گیری

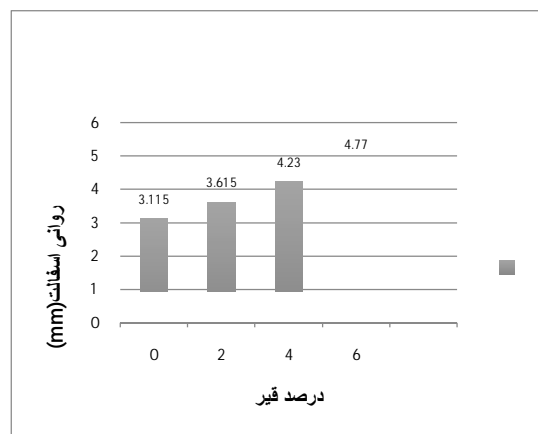
تأثیر این پلیمر بر روی مدول مختلط ( $G^*$ ) و نیز تأثیر آن بر روی خواص کلاسیک قیر از جمله درجه نفوذپذیری،

### ۵- استقامت مارشال و روانی آسفالت

آزمایش استقامتی مارشال به منظور بررسی استقامت و مقاومت مخلوط‌های آسفالتی انجام می‌شود که ۲ پارامتر استقامت مارشال و روانی در این آزمایش اندازه گیری می‌شود. طبق شکل (۴) قیر مخلوط ۶ درصد پلیمر پلی پروپیلین در مقایسه با قیر پایه در حدود ۱۲ درصد افزایش مقاومت را داشته که نشان دهنده‌ی عملکرد بهتر آسفالت در بارگذاری ترافیکی است.



شکل (۴). اثر پلیمر پلی پروپیلین بر استقامت مارشال آسفالت



شکل (۵). اثر پلیمر پلی پروپیلین بر میزان روانی آسفالت

همان‌طور که در نمودارهای فوق مشاهده می‌گردد این پلیمر آسفالت را به ماده با مقاومت بالا و شکننده تبدیل نمی‌کند بلکه علاوه بر مقاومت، باعث افزایش انعطاف پذیری آسفالت می‌شود که این خود باعث جذب انرژی بیشتر آسفالت و در نتیجه عملکرد نامناسب

- Dasilva, Luis Simoes, and madalena Maria. 2004. study of rheological properties of pure and polymer-modified brazilian asphalt binders, j.mater. Sci 39: 539-546.
- Khodaii, Ali, and Amir .Mehrra. 2009. Evaluation of Permanent Deformation of Unmodified and SBS Modified Asphalt Mixtures Using Dynamic Creep Test, Construct. Build. Mater 23: 2586-2592.
- Larsen, Diego O., José Luis Alessandrini, Alejandra Bosch, and M. Susana. Cortizo. 2009. Micro-Structural and Rheological Characteristics of SBS-Asphalt Blends during their Manufacturing, Construct. Build. Mater 23: 2769-2774.
- Polacco G., P. Kriz, S. Filippi, J. Stastna, D. Biondi, and L. Zanzotto. 2008. Rheological of Asphalt/SBS/Clay Blends, Eur. Polym.J. 44: 3512-3521.
- Sengoz. Burak, and Giray Isikyakar. 2008. Morphology and image analysis of polymer modified bitumens, Construction and Building materials.
- Sengoz, Burak, Ali. Topal, and Gagri. Isikyakar, .2009. Morphology and Image Analysis of Polymer Modified Bitumens, Construct. Build. Mater 23: 1986-1992.
- Stroup- gardiner, Mary, and D.E. New comb.1996. asphalt modified by sbs triblock copolymer structure and properties, polym eng sci 30:170-1723.
- Wu, Shaopeng, Qunshan Ye, and Ning Li. 2007. Investigation of rheological and fatigue properties of asphalt mixtures containing polyester fibers, Construction and Building Materials.
- Xiaohu, Lu, and ulf Isacsson. 2000. Laboratory Study on the Low Temperture Physical Hardening of Conventional and Polywer Modified Bitumens, Construction and Building Matrial 14 :79 88.
- Xiaohu, Lu, and Ulf Isacsson. 1997. Rheological characterization of styrene butadiene-styrene copolymer modified bitumens”,construct build mater 11:23-32.
- Zhang, Fangfang, y uj, and Shaopeng wu. 2010. effect of vageing on rheological properties of stronge-stable sbs/sulfer-modified asphalts.j hazard .mater 182:507-517.
- نقطه نرمی قیر و شاخص نفوذپذیری و اثر آن بر روی استقامت مارشال و روانی موردبررسی قرار گرفت که نتایج آزمون‌ها نشان می‌دهد که با توجه به امکانات آزمایشگاهی موجود در این تحقیق می‌توان گفت:
- ۱- بهترین درصد پلیمر پلی‌پروپیلن ۶٪ وزنی قیر مخلوط به‌دست آمده می‌باشد که این درصد قابل قبول ترین نتیجه را دارد.
- ۲- پلیمر پلی‌پروپیلن با افزایش نقطه نرمی و کاهش درجه نفوذ باعث بهبود خواص قیر در دمای بالا می‌شود.
- ۳- پلیمر پلی‌پروپیلن علی‌رغم این که باعث سختی قیر در دماهای بالا می‌شود (افزایش نقطه نرمی و کاهش درجه نفوذ) ولی خاصیت انگمی قیر را کاهش نمی‌دهد که در دماهای پایین به قیر خاصیت لاستیکی داده و مانع از شکستگی قیر می‌گردد.
- ۴- با اضافه کردن پلیمر پلی‌پروپیلن شاخص نفوذپذیری قیر را از ۲/۱- به ۱/۱- افزایش داده که این امر نشان‌گر این است که حساسیت حرارتی قیر را کاهش می‌دهد.
- ۵- آزمایش مقاومت مارشال بیانگر این است که قیر مخلوط ۶ درصد پلیمر پلی‌ملخن در مقایسه با قیر پایه در حدود ۱۲ درصد افزایش مقاومت را داشته که نشان‌دهنده‌ی عملکرد بهتر آسفالت در بارگذاری ترافیکی باشد.

## ۸- مراجع

- آیین‌نامه روسازی راه‌های آسفالتی ایران، ۱۳۹۰، نشریه ۲۳۴، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، وزارت ترابری.
- Asphalt institute, asphalt binder testing. 2008. 2nd ed , super pave series 1:(ms-25).
- Brule Babel, and Tanguy Yves .1988. Paving Asphalt Polymer Blends: Relationship Between Composition, Strucyure and Properties, Procidings of the Association of aswphalt paving technologist 57:41-64.



## The Effect on the Properties of the Polypropylene Polymer Bitumen and Asphalt

Siyamak Taj<sup>1,\*</sup>, Ahmad Goli<sup>2</sup>, Meisam Akbar Zade<sup>3</sup>

### Abstract

There has been a significant increase over the recent decades in development of using polymers in asphalt industry, to modify the bitumen properties used in road pavements. Polymer as the best modifier, is added to bitumen to improve performance and increase the efficiency of it. Among wide range of polymers, we can refer to polymers such as Styrene (sbs), Polyethylene (PE) and polypropylen (PP), and in this study, Polypropylene is discussed. In Tehran Refinery, this polymer with different weight percentage (2%, 4%, 6%) was added to bitumen 60/70, and was considered its influence on different moduli and classic properties of bitumen such as softening point, penetration degree and penetration index, and its impact on marshal stability and asphalt flow. I recived in those experiment that amount of softening point and marshal stability and flow were increased and penetration grade was decreased.

**Keywords:** *Polypropylene, The complex modulus, Groove parameter disruption, Point of softness*

1- MSC, Civil Engineering Road and Transportation, Islamic Azad University, Isfahan Branch (khorasgan)

2- Assistant Professor, Department of Transportation, University of Isfahan

3- Assistant Professor, Department of Transportation Isfahan University of Technology

\* Corresponding Author: *siamak\_boromand@yahoo.com*