اویل ایندستری
Oilindustry.ir
CLICK HERE

دومین همایش بین المللی نفت، گاز و پتروشیمی،27 آذر ماه ۱۳۹۳، تهران، ایران

قیر اصلاح شده به وسیله استایرن بوتادین استایرن

عبدالله محمدپور بردزرد[۱]-نوید نصیری زاده[۲]-مجتبی کوشا[۳]-محمد میرجلیلی[۴]-سید مجتبی موسوی[۵]

گروه مهندسی پلیمرواحد علوم تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی یزد[۱و۲و۳]

گروه شیمی نساجی دانشگاه آزاد اسلامی یزد[۴]

دانشکده مهندسی شیمی نفت وگاز دانشگاه شیراز[۵]

Nano.smm@gamil.com

چکیده

مشخصه های لازم برای تولید آسفالت و کاربرد آن به فاکتورهای مهمی از قبیل خواص قیر پایه، میزان ترافیک وشرایط دمایی محیط بستگی دارد. قیر یک ماده ویسکوالاستیک است که شدیدا تحت تاثیر دما وبار وارد شده می باشد. قیر پایه در محدوده ی وسیعی از بار ودمای محیطی مورد استفاده قرار گرفته است که این قیر در دمای بالای محیط گرم و روان ودر دمای پایین ترد وشکننده می شود. همچنین ترافیک بالا واعمال بار زیاد باعث ایجاد تنش در لایه های آسفالت و بروز خرابی در آن می شود که از اصلی ترین دلایل خرابی قیر و آسفالت است. برای کاهش این خرابی ها استفاده از افزونه های مختلف برای اصلاح خواص قیر پایه رواج یافت، تا در نتیجه آن خواص مهندسی بهتری ایجاد شده و عمر کاری وسرویس دهی آسفالت را طولانی تر کند. از جمله این افزونه های استفاده شده در سال های اخیر پلیمرها هستند. در این مقاله بهبود خواص کلاسیک و ریولوژیک قیر با افزایش پلیمرSBS با در صدهای مختلف پلیمر ۲،۳،۵،۷،۱۰ بررسی می شود. برای به دست آوردن میزان و نوع پلیمر درجه نفوذ، نقطه نرمی، کشش پذیری و مدول مرکب و زاویه فازی قیر اصلاح شده با قیر پایه مقایسه می شوند. نتایج دستگاه ریومتر برشی[۱] در ترکیبی از دما وفرکانس ارایه می شود. افزودن پلیمر منجر به ایجاد شبکه پلیمری قوی تر می شود که این امر سبب بالا رفتن ویسکوزیته، مدول مرکب وبرگشت پذیری الاستیک قیر اصلاحی به خصوص در دماهای بالا می شود.

کلمات کلیدی

قیر پایه - قیر اصلاح شده - شیار شدگی – برگشت پذیری الاستیک -درجه نفوذ- نقطه نرمیت

Modified bitumen with Styrene butadiene styrene

,Abdollah Mohammadpour Bardzard,Navid nasi ,

ABSTRACT

Higher traffic volume produce high stress within pavement layer.which is one of the main causes for pavement distress. Fatigue cracking and permanent deformation is considered as most serious distresses associated with flexible pavement. These distresses the service life of the pavement and increase the maintenance cost. To reduce the pavement distresses there are different solutions such as adopting new mix design or by using asphalt additives . Using asphalt additives in highway construction is known to give the conventional bitumen better engineering properties as well as it is helpful to extent the life span of asphalt pavement…… the conventional bitumen70/100 penetration grade was used in this research modified with styrene butadiene styrene (SBS) at four different modifications level 3%,5%,7%,10% by weight of the bitumen. The rheological properties and fatigue resistance tests for asphalt were performed using dynamic shear rheometer. At higher (SBS) polymer content 7%,10% the behavior of the modified binders remains close to that of the modified bitumen with 5%(SBS) and the optimum (SBS) content was found to be 5%. The fatigue behavior of modified bitumen was found to be significantly improved compared to conventional bitumen. Softening point and elastic recovery increase and penetration degree decrease with increase the level of polymer content.

KEYWORDS

Base bitumen, modified bitumen, rutting, elastic recovery, penetration degree, softening point.

۱- مقدمه

آسفالت تهیه شده از قیر معمولی، مشخصات لازم برای ساخت جاده ایده آل و تحمل شرایط بار زیاد، ترافیک زیاد و شرایط مختلف محیطی را ندارد.

وقتی قیرپایه وسپس آسفالت تولید شده از آن، برای تنوع آب و هوایی و ترافیک شدید مناسب نبودند،قیرهای اصلاحی به عنوان جایگزینی جذاب وارد بحث شدند. اصلاح به عنوان یک راه حل،بر خرابی و ضعف های قیر چیره شد و به دنبال آن خصوصیات آسفالت را بهبود بخشید.. [۱].استفاده از قیر اصلاح شده پلیمری باعث دستیابی به خواص و مشخصه های بهتر آسفالت برای مدت طولانی کارکرد می شود. هدف اصلی بهبود قیرها، تولید قیر پلیمری اصلاح شده ای با مقاومت بالا در مقابل تغییر شکل دائمی و ترک های خستگی است[۲].تحقیقات زیادی برای یافتن دلایل تولید قیر اصلاحی انجام شده است.دلایل اصلی تولید قیر اصلاحی با انواع مختلف افزودنی ها را به صورت زیر خلاصه کرد[۳]:

۱- به دست آوردن مخلوط نرم تر در دماهای پایین تر کاری و کاهش ترک

۲- رسیدن به مخلوط سفت تر در دمای بالا و کاهش شیارشدگی.

۳- بالا بردن پایداری و مقاومت مخلوط

۴- بهبود مقاومت خستگی مخلوط

۵- کاهش ضخامت ساختمان جاده و آسفالت

اصلاح کننده های آسفالت را این گونه تعریف کرد: موادی که به صورت نرمال به مخلوط برای بهبود خواص مخلوط اضافه می شوند[۴]. انتخاب اصلاح کننده برای پروژه های ویژه، می تواند به فاکتورهای زیادی از جمله توانایی ساخت، دسترسی، قیمت و مشخصات قابل قبول وابسته باشد. J. M. Garsesگزارش کرد که دلایل تکنیکی برای استفاده از اصلاح کننده ها در مخلوط ها، تولید مخلوط سفت تر در دمای بالا برای مقاومت در برابر شیارو همچنین دستیابی به محصول نرم تر در دمای پایین تر برای کم کردن ترک های حرارتی و بهبود مقاومت خستگی مخلوط آسفالتی است[۶]. میزان بهبود خواص آسفالت هایی، که حاوی پلیمر می باشند، منجر به بهبود خواص ریولوژیکی مخلوط به طور چشمگیری می شود. بهبود خواص ریولوژیکی مخلوط، باعث انعطاف پذیری مخلوط تحت بارهای وارده می شود و در نتیجه مقاومت در برابر خستگی را کنترل می کند. قیرهای اصلاح شده در مقایسه با قیر معمولی در دمای پایین کم تر حالت تردی دارند و در دمای بالاتر سفت تر هستند که این امر اصلاح کننده های پلیمری را خیلی جذاب می نماید.[۷].محدوده ی استفاده از آسفالت وقیر اصلاح نشده در گستره وسیعی از شرایط آب و هوایی می باشد اما خواص مهندسی خوبی ندارد زیرا در دمای بالا نرم و در شرایط سرد، ترد می شود. به همین علت قیر با پلیمر تقویت می شود. مزیت اصلی این کار تأثیر آن روی تغییر شکل دائمی، ترک خستگی، و کاهش جذب رطوبت است. [۸].

اصلاح کننده پلیمری، پیوستگی مخلوط را بالا می برد و الاستیسیته آن را در دمای بالا و فرکانس بارهای کم افزایش می دهد. میزان این اصلاح و بهبود خواص، تابعی از منبع تولید قیر، سازگاری قیر – پلیمر و غلظت پلیمر است[۹].

می دانیم که پلیمرها یک زنجیره شیمیایی بلند هستند که از تعداد زیادی مونومر تشکیل شده اند. پلیمرهایی را که برای کاربردهای جاده ای وبرای اصلاح قیر مورد استفاده قرار می گیرند به دو دسته اصلی الاستومر و پلاستومر تقسیم می کنند.اصلاح کننده پلاستومری، مواد سفت، سخت، صلب و انعطاف ناپذیری هستند، که شبکه سه بعدی مقاوم در برابر تغییر شکل دارند، در حالی که الاستومرها، دارای مشخصه بالای الاستیک هستند، به همین دلیل، مقاوم در برابر تغییر شکل دائم بوسیله کشش پذیریبوده و قادربه پیدا کردن شکل اولیه خود می باشند. الاستومرها با کشیده شدن،افزایش در استحکام کششی و توانایی برگشتن به شکل اولیه بعد از برداشته شدن بار را از خود نشان می دهد ، اصلاح کننده های قیر را به گروه های اصلی مختلفی تقسیم کرد از قبیل پلیمرها (الاستومر و پلاستومر)، پرکننده های الیاف، هایدروکربن ها، عوامل ضد دفع و غیره. این افزودنی ها، تغییرات خوب و سازنده ی مختلفی در ویژگی های فیزیکی و شیمیایی قیر ایجاد کردند. مثلاً بالابردن سختی مخلوط در دمای بالا، کم کردن سختی در دمای پایین و افزایش الاستیسیته در دماهای متوسط[۵].و روش برای اصلاح خواص قیر وجود دارد. اولین روش سخت کردن قیر است، درنتیجه کل پاسخ های ویسکوالاستیک قیر کم می شود. دومین حالت، افزایش اجزاء الاستیک قیر است که با این کار اجزاء ویسکوز قیر کم می شود که مستقیماً روی مشخصه مخلوط حاصله اثر می گذارند. مخلوط های اصلاح شده که سخت تر شده اند، در مقابل تغییر شکل دائم مقاومت کردند و مقاومت بالاتری در مقابل ترک های خستگی از خود نشان می دهند. چگونگی اثر افزودنی های قیر به خواص ریولوژیک مخلوط و نوع اصلاح کننده(پلیمر) و میزان پلیمر بستگی دارد.نتیجه میکروسکوپ الکترونی روبشی[۱] نشان داد که قیر اصلاحی چسبندگی و تراکم مولکول بهتری دارد که باعث افزایش سختی می شود. همچنین انعطاف پذیری قیر اصلاحی با پلیمر، باعث افزایش مقاومت خستگی و افزایش ویسکوزیته آسفالت می شود که خود باعث بهبود کشش، و مقاومت تراکم پذیری مخلوط می شود. وظیفه اصلاح کننده قیر، افزایش مقاومت آسفالت، در مقابل تغییر شکل دائم در دمای بالاست.مزیت اصلی استفاده از پلیمر، بهبود خواص چسبندگی بین پیوند دهنده ها و تراکم آن هاست.بعضی از پلیمرها خاصیت چسبندگی قیر به سنگ دانه ها را بالا برده و مقاومت در برابر ترک را بالا می برند. به عبارت دیگر بایندر آسفالت خوب و ایده آل باید چسبندگی وپیوستگی عالی داشته باشد. این خواص ذکر شده به نوع پلیمر و میزان آن و نوع قیر بستگی دارد. مزیت اصلی الاستومرهایی مانند SBR و SBS این است که می توانند استحکام بالاتری به قیر ببخشند king وهمکاران[۷].

مواد .و آزمایش ها

۱-۲. مواد

قیر مورد استفاده از قیر شرکت نفت پاسارگاد پالایشگاه بندر عباس می باشد.

SBR از پتروشیمی بندر امام (ایران-ژاپن) تهیه شده است

۲-۲. آماده سازی قیر پلیمری

کلیه نمونه های ۱۰و ۷و ۵و۳ درصد در دمای ۱۶۰ تا ۱۷۰ درجه سانتی گراد توسط همزن با دور بالا ۴۰۰۰ دور در دقیقه با قیر مخلوط و آماده شده است.

۳-۲. اندازه گیری خواص کلاسیک

۱-۳-۲. آزمایش نقطه نرمی:

آزمایش نقطه نرمی با ساچمه و حلقه مطابق استاندارد

ASTM- D36 SOFTENING POINT انجام خواهد شد. نمونه قیری ذوب شده و در دو حلقه برنجی با ابعاد مشخص ریخته می‌شود در نتیجه دو دیسک تخت قیر ساخته می‌شود که در حلقه‌های برنجی قرار دارند. روی هریک از دیسکها یک گلوله فلزی قرارداده و دیسک ها را در یک حمام مایع (آب، گلیسرین،یا اتیلن گلیکول) با سرعت کنترل شده 0.5 ± 5 ^{O}C/MIN حرارت می‌دهند. نقطه نرمی عبارتست از متوسط درجه حرارتهایی که طی آنها هر یک از دو دیسک قیر به اندازه‌های نرم شده‌اند که به گلوله‌های فلزی اجازه می‌دهند در آنها فرو روفته و یک ارتفاع 25mm را سقوط کنند. نقطه نرمی بر حسب درجه سانتیگراد گزارش می‌شود.

-۳-۲. آزمایش درجه نفوذ:

برای انجام آزمایش درجه نفوذ از استاندارد زیر استفاده خواهد شد.

PENETRATIONASTM-D5

درجه نفوذپذیری یک ماده قیری بیانگر قوام و استحکام آنست که به صورت تعداد واحد نفوذ (یک دهم میلیمتر) یک سوزن استاندارد قایم دریک نمونه قیر وتحت شرایط معینی از بار روی سوزن، دما، و زمان باردادن، تعریف می‌گردد.

نمونه قیری ذوب شده رادر یک ظرف با ابعاد مشخص ریخته و تحت شرایط کنترل شده به دمای مورد نظر آزمایش می‌رسانند. نفوذ را توسط یک دستگاه اندازه‌گیری نفوذ، که سوزن استاندارد تحت شرایط خاصی در آن نصب و روی سطح نمونه مماس شده است، اندازه می‌گیرند. برای آزمایش در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد، مقدار بار روی سوزن ۱۰۰ گرم و مدت زمان، ۵ ثانیه می‌باشد. درجه نفوذپذیری برحسب دهم میلیمتر گزارش می‌شود.

۳-۳-۲.آزمایش کشش پذیری:

کشش پذیری یا مفتولی شدن یک ماده قیری عبارت از فاصله‌ای است (برحسب سانتیمتر) که وقتی دو انتهای یک نمونه قیری(که در قالب مخصوص ریخته شده است) در دمای معینی و با سرعت مشخص در جهت مخالف هم کشیده شوند، نمونه بدون بریده شدن، کش می‌آید. به عبارت دیگر کشش پذیری عبارتست از مسافتی که یک نمونه قیری قبل از پاره شدن، کش می‌آید.

نمونه ذوب شده رادر یک قالب مخصوص (شکل ۹) ریخته و تحت شرایط کنترل شده به دمای مورد نظر آزمایش، که معمولا ۲۵ درجه سانتیگراد است، می‌رسانند. سپس نمونه داخل قالب را در دستگاه اندازه‌گیری میزان کشش قرارداده و با سرعت یکنواخت 5% ± 5Cm/.min از یک طرف می‌کشند تا زمانی که نمونه کشیده شده پاره شود. نتیجه این آزمایش را بر حسب سانتیمتر گزارش می‌کنند.

۴-۲.آنالیز مکانیکی دینامیکی

این روش یکی از اساسی ترین روش های ارزیابی خواص ریولوژیک قیر است که همراه با اعمال بار نوسانی است. که در ناحیه وسکو الاستیک خطی انجام می پذیرد. این کار با دستگاه DSR[1] انجام می شود. این دستگاه تنشی برشی و کرنشی را به صورت نوسانی روی نمونه که بین دو دیسک قرار دارد(دیسک بالا متحرک و دیسک پایین ثابت) در دماهای مختلف وفرکانس های مختلف اعمال می کند.

مواد الاستیک تنش برابر با کشش وارده از خود نشان می دهند. وقتی مواد ویسکوالاستیک تحت بار قرار می گیرند، هر دو رفتار ویسکوز و الاستیک را از خود نشان می دهند و رابطه بین تنش وارده و کشش حاصله وابسته به زمان می باشد.

جاروب فرکانس[1]در تنش ثابت:

این آزمایش تست خیلی مهمی برای ارزیابی خواص ریولوژیکی بایندر آسفالت است. دو پارامتر ریولوژیکی اصلی(G^* و δ) برای مشخص کردن رفتار ویسکوالاستیک بایندرهای آزمایش هستند.G^* و δمی توانند به عنوان پارامترهای ورودی در مدل کردن آسفالت برای توصیف ویژگی های آن به کار روند. پارامتر و شرایط آزمایش

فرکانس جاروبی در جدول یک نشان داده اند.

Test Parameter	Test conditions
Mode of loading	Stress Mode
Stress	1000 Pa
Temperature c	25,35,45,55c
Frequency	1 Hz
Bitumen Thickness & Spindle Diameter	1mm & 25 mm

جدول ۱-۳ شرایط انجام آزمایش فرکانس روبشی

وقتی فرکانس گام به گام افزایش یابد، در هر مرحله دو پارامتر ریولوژی اندازه گیری می شود. اول G* و بعد δ که هر دو برای ارزیابی خواص قیر موثرند

۱-۳- آزمایش جاروب تنش

این تست با استفاده از DSR انجام شد که به طور موفقیت آمیزی برای مشخص کردن محدوده خطی ومدول برشی مرکب، استفاده شده است.

شکل ۱-۳ تغییرات G* و بر حسب تغییرات تنش در نمونه اصلاحی با SBS

به وضوح روشن است که با افزایش میزان تنش،*G نمونه معمولاً کاهش می یابد ولی شدت کاهش در قیر پایه به مراتب بیشتر از سایر قیرهای اصلاحی است و کمترین تغییر مربوط به ۵ و ۱۰ درصد اصلاح با پلیمر SBS می باشد که به دلیل پیوند قوی ایجاد شد در شبکه قیر است. در میزان درصدهای بالاتر از پنج درصد می توان گفت که فرایند هسته گذاری شروع شده وپدیده جدایش فازی رخ خواهد داد و همان گونه که از شکل پیداست مدول مرکب در ده درصد کاهش می یابد. از نتایج جدول مشخص است که افزایش درصد پلیمر باعث افزایش *Gشده وافزایش تنش باعث کاهش *G شده که این کاهش در قیر پایه بیشتر است ودر درصدهای مختلف این کاهش کمتر است. اندازه گیری ها در دمای ۳۵ با محدوده تنش برشی از ۱۰۰-۱۵۰۰۰ pa، و فرکانس برابر یک هرتز انجام شد.محدوده ویسکوالاستیک خطی به وسیله رابطه بین *G نسبت بهshear sress و shear strain ارایه می شود.در مطالعاتSHARP محدوده ویسکوالاستیک خطی را جایی گزارش شده است که مدول پیچیده کمتر از ٪۹۵ درصد مقدار اولیه باشد. نتایج مقایسه شده بین بایندر آسفالت، می تواند برای انتخاب پارامتر ورودی برای آزمایش جاروب فرکانس به ما کمک کند.این تست دردماها وفرکانس های مختلفی به منظور انتخاب مناسبshear strain ویا shear sress برای پارامتر ورودی برای کلیه بایندرها انجام می شود. این مقدار برای بایندرهای اصلی در رنج 100-8000pa به دست آمده است.برای این که آزمایش راحت تر انجام گیرد میزان تنش برای قیر پایه(کنترل) وقیراصلاح شده در کلیه بایندرها یکسان انتخاب شد.که در اینجا ۱۰۰۰ پاسکال به عنوان تنش ثابت به عنوان پارامتر ورودی در آزمایش فرکانس جاروبی استفاده شد.

۳-۳- نتایج آزمایش جاروب فرکانس

چقرمگی در چهار دمای ۴۵و۳۵و۲۷و۲۰درجه ودر محدوده فرکانس ۳۰-۰/۱ هرتز اندازه گیری شد که بالاترین فرکانس برای شبیه سازی سرعت های ترافیکی بزرگراه و کمترین فرکانس برایشبیه سازی تحت شرایط حرکت آرام ترافیک اندازه گیری شد. و*G و δ در فرکانس های مختلف برای SBR در شکل ۴-۳ و۳-۳ ارایه شده است.به وضوح مشخص است که*Gبا افزایش فرکانس آزمایش افزایش یافته و در حالی کهδ رو به کاهش می گذارد ودر فرکانس ثابت *G با کاهش دما افزایش می یابد. شکل(۹-۲و۱۰-۲) از شکل ۳-۳ و۴-۳ معلوم می شود که قیر اصلاحی،*Gبالاتر و δ کمتری نسبت به قیر پایه دارد که به دلیل استحکام پیوندی قیر اصلاح شده است.

-۳-۳- نتایج آزمایش فرکانس جاروبی برایSBS

این تست برای قیر اصلاحی با SBS انجام شد و *G بر حسب فرکانس برای غلظت های مختلفSBS، ۳ و ۵ و۷ و ۱۰درصد در شکل۵-۳ نشان داده شده است. از نتایج می توان مشاهده کرد که اضافه کردن پلیمر SBS، *G را بالا می برد و این بهبود منجر به تشکیل شبکه پلیمری بین پلیمر و قیر پایه می شود.

شکل۲-۳ تغییرات مدول مرکب قیر اصلاحی با SBS با فرکانس

در غلظت های بالاتر SBS، ۱۰ و ۷ درصد رفتار قیر اصلاحی مشابه همان حالت ۵ درصد باقی می ماند. قیر اصلاحی با ٪۵ SBS، یک مقدار بهینه، با شبکه پایدار و محلول اشباع با خواص رئولوژیک قابل قبول را نشان می دهد. اضافه کردن مقدار بیشتر پلیمر بر روی قیر، خواص رئولوژیک قیر را چندان بهتر نمی کند. مشخص شدن خواص رئولوژیک دریافتن درصد بهینه و اقتصادی پلیمر مورد استفاده و به علاوه نوع پلیمر به ما کمک می کند. اصلاح قیر با پنج یا شش در صد SBS به اندازه کافی حساسیت حرارتی و گرانروی قیرها در محدوده درجه ۱۰۰-۰ را کا هش می دهد. که این کاهش نشان دهنده ی رفتار الاستیک بوده و منجر به افزایش مقاومت شیارشدگی و ترک خوردگی آسفالت در درجه حرارتهای بالا و پایین می شوند. زاویه فازی برای قیر اصلاح شده و غیر اصلاحی در شکل۶-۳ ارائه شده اند. از نتایج به دست آمده می توان اختلاف زاویه فازی بین قیر اصلاحی و اصلاح نشده را مشاهده کرد. کاهش زاویه فازی با افزایش دمای قیر اصلاح شده باعث می شود قیر اصلاحی باSBS بیشتر رفتاری شبیه مواد الاستیک داشته باشد و افزایش زاویه فازی در دمای بالا، یعنی اینکه بایندر شروع به ویسکوزشدن می کنند. (ویسکوزیته بالاتر می رود). خواص ریولوژیک قیر اصلاح شده به دلیل اینکه پلیمر مایعات آن را جذب کرده ومتورم می شود، تغییر می کند. میزان جذب مایعات هیدروکربنی توسط پلیمر به منشا قیر، دما و ویسکوزیته قیر استفاده شده و به علاوه نوع پلیمر بستگی دارد.

۲-۷-۳- اثر SBS روی نقطه نرمی و درجه نفوذپذیری

خواص فیزیکی، درجه نفوذ، نقطه نرمیت و بازگشت الاستیک با افزایش هر دو پلیمر بهبود می یابند.درجه نفوذ کم می شود واین موضوع به معنی کاهش حساسیت حرارتی قیر و افزایش ویسکوزیته است. نقطه نرمیت در هر دو پلیمر مورد استفاده بالاتر از سایر پلیمر هاست و SBS نقطه نرمیت نسبتاً بالاتری را نشان می دهد.

افزایش نقطه نرمیت نشان دهنده ی کاهش شدید درجه نفوذ است که خود نشان می دهد با افزایش نقطه نرمیت مخلوط میزان افت وزن وحجم(فراریت اجزا سبک) مخلوط کمتر می شود. افزایش نقطه نرمیت در شکل ۱۰-۳ نشان داده شده است.

شکل۳-۳ تغییر زاویه فازی با فرکانس قیر اصلاحی با SBS

شکل۴-۳ تاثیر افزایش SBS بر کاهش درجه نفوذ قیر گرید۸۵/۱۰۰

شکل ۵-۳ افزایش نقطه نرمی قیر با افزایش SBS

باافزایش میزان پلیمر نقطه نرمی بالا رفته و در نتیجه حساسیت حرارتی کاهش می یابد. این تغییر تا میزان ۳ درصد پلیمر تقریبا به قیر پایه نزدیک بوده و در در صد بالاتر از ۳ درصد این افزایش به خوبی محسوس ومشاهده می شود.

۴-۳-اثر دما بر ریولوژی قیر

دما اثر زیادی روی خواص بایندر قیر از قبیل چقرمگی دارد. تغییر در چقرمگی مواد به حساسیت دمایی مواد بستگی دارد. روش های متفاوتی برای بهبود حساسیت دمایی مواد وجود دارد که یکی از این روش ها، استفاده کردن از پلیمرها برای اضافه کردن به موادقیری است. از قبل اثبات شده است که اضافه کردن پلیمر به قیر، می تواند روی حساسیت دمای آسفالت، تأثیرگذار باشد و ویژگی های قابل قبولی در محدوده مختلفی از دما به دست آید. در کل، قیرهای با حساسیت دمایی بالا، توانایی دفع تنش ها را به آسانی در دمای پایین ندارند و تجربه نشان می دهد که، ترک های گرمایی بیشتری نسبت به آسفالت های نرم تر از خود نشان می دهد. الاستیک ریکاوری نیز با افزایش در صد پلیمر افزایش یافته واین افزایش نشان دهنده ی انعطاف پذیری بیشتر مخلوط وافزایش طول عمر آن در دمای پایین است.خواص فیزیکی و حساسیت دمایی تا حدود زیادی روی مشخصات قیر حاصل اثرگذار است.از شکل۱۵-۲می توان مقایسه قیر اصلاح شده، در بالاترین دمای کاری را با قیر معمولی مشاهده کرد. دمای کاری دمایی است که در آن دما قیر بدون آسیب دیدگی، خواص خوبی از خود نشان می دهد. به خوبی می دانیم، استفاده از پلیمر در قیر اصلاحی حساسیت دمایی قیر را به وسیله بالابردن چقرمگی آسفالت در دمای کاری بالا و کاهش چقرمگی در دمای کاری پایین، بهبود می بخشد. بایندر اصلاح شده در مقایسه با قیر معمولی دمای کاری خیلی بالاتری دارد. این به این معنی نیست که G^*قیر اصلاحی با SBS با افزایش دما کم نمی شود، اما به این معنی است که اجزاء الاستیک نسبت به قیر پایه، در محدوده وسیع تری ثابت می مانند.بهبود زاویه فازی، به بهبود دمای کاری کمک می کند و این بهبود به نوع و غلظت پلیمر و اثر بزرگتر به وسیله نوع قیر پایه بستگی دارد.وقتی که میزان SBS، درمحدوده ی۳ یا ۵ درصد باشد، تفاوت زاویه فازی بین قیر اصلاحی و غیراصلاحیدر$^{\circ}C$ ۲۰ حدود ۱۲ درجه است.

شکل۶-۳تغییر مدول مرکب با افزایش دما برای قیر اصلاحی با SBS

وقتی که میزان SBS بیشتر از ۵ درصد شد، تفاوت زاویه فازی بین قیر اصلاحی وغیر اصلاحی در دمای ℃ ۴۵ نزدیک به ۳۰ درجه است. این نتیجه از افزایشSBS برای بهبود خواص ریولوژیکی قیر پایه به دست آمده است. این بهبود به دلیل، تشکیل شبکه پلیمری در قیر پایه است. از این نتایج به وضوح مشخص است که قیر اصلاحی با SBS میتواند مقاومت بالا و الاستیسیته بالای خود را در دمای کاری بالا حفظ کند که این به دلیل تشکیلساختار به هم پیوسته و پیوند های قوی بین SBS وقیر است. به عبارت دیگراستایرن مقاومت مواد را افزایش می دهد، درحالی که بوتادی ان الاستیسیته را تأمین می کند.

۳- چگونگی اثردرصدهای پایین وبالا

۳-۵-۱- چگونگی اثردرصدهای پایین

شکل شبکه ایجاد شده، به میزان اصلاح کننده بستگی دارد، در اصلاح با میزان کم، SBS به صورت پلیمر پراکنده عمل خواهد کرد و اثرات مطلوبی روی خواص ندارد.

۳-۵-۲- چگونگی اثردرصدهای بالا

در میزان بالای SBS، شبکه شروع به شکل گیری کرده و مستقیماً روی خواص ریولوژیکی اثر می گذارد. با افزایش بیشتر میزان SBS، شبکه شروع به ثابت شدن می کند و خواص ریولوژیک به دست آمده تغییر چندان محسوسی ندارند. در این مطالعه بهبودهای قابل قبولی (مناسبی) در خواص ریولوژیک، هنگامی که میزان SBS از ۳ تا ۵٪ افزایش یافت مشاهده شدند و با افزایش بیشتر میزان پلیمر، بهبود خاصی اتفاق نیفتاد. اثر پلیمر SBSبه عنوان اصلاح کننده، به عنوان کم کننده زاویه فازی وافزایش دهنده*G، به میزان اصلاح بستگی دارد. بزرگی و وسعت این تغییرات تابعی از ترکیب نوع قیر پایه و پلیمر است. کاهش در زاویه فازی و افزایش *G، افزایش سختی یا چقرمگی قیر اصلاحی را نشان می دهد. علاوه بر این افزایش در سختی، بهبود در حساسیت دمایی را با اضافه کردن پلیمر اصلاح کننده نشان می دهد. مشخصه نهایی، قیرهای اصلاحی، بر اساس منشأ شیمیایی قیر پایه و گرید قیرو به علاوه، وزن مولکولی پلیمر ومیزان اصلاح مشخص می شود.

پارامترG*/Sin δکه در ۶۰ درجه اندازه گیری می شود در واقع نشان دهنده مقاومت در برابر شیار در فصل گرم سال وتحت ترافیک زیاد است. این پارامتر با اندازه گیری چقرمگی قیر و آسفالت، در پیش بینی رفتار بایندر کمک فراوانی می کند. نتایج حاکی از این است که این پارامتر با افزایش در صد SBS و SBR افزایش می یابد اما درمقایسه با سایر پلیمرهایی مثل EVA میزان کمتری دارند. اما EVA کشش پذیری کمی دارد ودر نتیجه فقط در جاهای با دمای بالا می تواند مناسب تر از SBR , SBS باشد در حالی که می توان بیان نمود که پلیمر SBS در تمامی شرایط آب و هوایی جوابگوی نیازهای ما خواهد بود.

۳- الاستیسیته

S B Sبا شکل شبکه سه بعدی با الاستیسیته بالا، زنجیره بوتادی ان به زنجیر سخت استایرن وصل شده که در نتیجه، ریکاوری الاستیک خیلی بالایی دارد. آزمایش بازیابی الاستیک در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد انجام می شود. بازیابی الاستیک برای قیرهای پایه بسیار ناچیز می باشد اما برای قیرهای پلیمری به دلیل تشکیل شبکه الاستیک پلیمری در ماتریس قیر این مقدار با توجه به میزان پلیمر متفاوت خواهد بود.

اگر بازیابی الاستیک خیلی کم باشد تغییر شکل حاصل در آسفالت به صورت دائم خواهد بود. با توجه به نتایج با اضافه کردS B S بازیابی الاستیک به مقدار چشم گیری افزایش می یابد. چرا که بلوک استایرن در این پلیمر ها به عنوان استحکام دهنده و بلوک بوتا دین به عنوان نرم کننده به مخلوط خاصیت الاستیک میدهد. به این صورت که مولفه های فاز مالتن قیر را جذب میکند وحجمشان را تا چندین برابر افزایش می دهد ودر سراسر قیر به آن خاصیت الاستیک می بخشد.

الاستیک ریکاوری با افزایش در صد پلیمر افزایش یافته واین افزایش نشان دهنده ی انعطاف پذیری بیشتر مخلوط وافزایش طول عمر آن در دمای پایین است.

جدول ۲-۳:مشخصات قیر ۷۰-۶۰ پالایشگاه بندرعباس

آزمایش	استاندارد	قیر ۷۰-۶۰
درجه نفوذ در ۲۵°C	*ASTM D-5*	*63*
نقطه نرمی (°C)	*ASTM D-36*	*49*
کشش پذیری در ۲۵°C	*ASTM D-113*	۱۰۰
برگشت پذیری در ۲۵°C	*ASTM D-6084*	٪۱۳

جدول ۳-:۳ : مشخصات قیر ۷۰-۶۰ با افزودن ٪۳ *SBS*

آزمایش	استاندارد	قیر ۷۰-۶۰ و ٪۳ *SBS*

درجه نفوذ در ۲۵°C	ASTM D-5	52
نقطه نرمی (°C)	ASTM D-36	53
کشش پذیری در ۲۵°C	ASTM D-113	۱۰۰
برگشت پذیری در ۲۵°C	ASTM D-6084	٪۴۹
پایداری	ASTM D-5892	پایدار

جدول۳-۳

جدول ۴-۳ : مشخصات قیر ۷۰-۶۰ با افزودن ۵٪ SBS

آزمایش	استاندارد	قیر ۷۰-۶۰ و ۵٪ SBS
درجه نفوذ در ۲۵°C	ASTM D-5	43
نقطه نرمی (°C)	ASTM D-36	86
کشش پذیری در ۲۵°C	ASTM D-113	۸۳
برگشت پذیری در ۲۵°C	ASTM D-6084	٪۹۹
پایداری	ASTM D-5892	ناپایدار

از جدول۵-۳که در زیر آمده است مشخص است که درجه نفوذ با افزایش میزان SBS کاهش یافته در مقابل نقطه نرمی افزایش می یابد.

برگشت پذیری هم در بالای ۳ درصد به خوبی افزایش می یابد که باعث کاهش تغییر شکل دایم در طول سرویس کاری خواهد شد.

نکته مهم پایداری مخلوط قیر و پلیمر است که با افزایش بی رویه میزان پلیمر و دما می تواند کاهش یابد که به دلیل توده ای شدن و یا تخریب پلیمر در دمای بالا می باشد.

جدول ۵-۳: مشخصات قیر ۷۰-۶۰ با افزودن درصدهای مختلف SBS

ردیف	درصد SBS	درجه نفوذ	برگشت پذیری	نقطه نرمی	کشش پذیری	برگشت پذیری	پایداری
1	0%	63	13	49	۱۰۰	٪۱۳	.
2	2%	58	45	51.4	۱۰۰	٪۴۵	پایدار
3	3%	52	49	53	۱۰۰	٪۴۹	پایدار
4	4%	44	96	64	۱۰۰	٪۹۶	ناپایدار
5	5%	43	99	86	۸۳	٪۹۹	ناپایدار

شکل ۷-۳:تست برگشت بذیری نمونه ها

شکل ۷-۳ نشان دهنده افزایش برگشت پذیری نمونه به طور کامل در درصد های بالای ۵ پنج درصد می باشد. با افزایش تقریبا ۵ درصد SBS برگشت پذیری نمونه به حدود ۵۰ درصد می رسد. در نتیجه با افزایش هر چه بیشتر میزان پلیمر برگشت پذیری قیر بیشتر می شود.

۳-۳-زاویه فازی و مقاومت خستگی

مقایسه عمر خستگی، برای ۵ نوع بایندر قیر اصلاح شده و اصلاح نشده نشان می دهد که قیر اصلاح شده با ۵٪SBS بهتر از قیر پایه برای همه شرایط جاری می باشد. عمر خستگی قیر اصلاح شده با ۵٪SBS حدود ۱۸٪ بیشتر از قیر معمولی است.

رابطه عمر خستگی به صورت کسری از میزان انرژی پراکنده شده، تحت اعمال بار کنترل شده و پارامتر خستگی بیان می شود.

می دانیم که زاویه فازی، رفتار ویسکوالاستیک بایندر آسفالت را نشان می دهد و مشخصاً تعداد دفعات اعمال بار تا خرابی وقتی که زاویه فازی کاهش یابد، بالاتر میرود. زاویه فازی برای قیر پایه ۵ f ۲۰ حدود ۱/۵ برابر بزرگتر از زاویه فازی برای قیر اصلاحی با ده درS B.S S است. رابطه بین زاویه فازی و تعداد دفعات اعمال بار تا خرابی در شکل ۸-۳ نشان داده شده است.

شکل ۸-۳ تغییرات تعداد سیکل با افزایش زاویه فازی

از مشاهده شکل ۸-۳ برای S B S به میزان پنج درصد زاویه فازی حدود ۳۷ درجه وتعداد سیکل حدود ۲۴۰۰ سیکل است. و برای ده درصد S B S حدود ۳۲ درجه وحدود ۲۷۰۰ سیکل است. این مقایسات نشان می دهد که ارتباطی بین تعداد دفعات اعمال بار منجر به خرابی و زاویه فازی وجود دارد. یعنی با افزایش زاویه فازی تعداد سیکل منجر به خرابی رو به کاهش می گذارد.

نتیجه گیری

هدف اصلی این مطالعه مشخص کردن خواص رئولوژیکی و مکانیکی قیرهای اصلاح شده است. اضافه کردن اصلاح کننده به قیر خالص، رفتار ویسکوالاستیک قیر را بهبود می بخشد و خواص رئولوژیک قیر را نیز بهینه می کند. دو نمونه از اصلاح کننده ها شامل SBR و SBS با رفتارهای تقریباً نزدیک استفاده شدند. بعد از مطالعه و انجام آزمایش و جمع آوری نتایج و آنالیز آن ها می توان نتایج زیر را ذکر کرد:

۱- قیرهای اصلاح شده با پلیمر ویسکوزیته بیشتری نسبت به قیرهای پایه دارند و باعث نشان دادن بیشتر خواص چسبندگی و پیوندهای بین مولکولهای قیر و همچنین پرکننده می شود.

۲- لایه ضخیم پوشاننده معمولاً به مدت زمان بیشتری برای شکستن نیاز دارد. همین دلیل مدت زمان کارکرد قیر و آسفالت را بهبود می بخشد.

۳- در مقایسه میزان ۷و۱۰ درصدSBSرفتار قیر اصلاح شده به حالت پنج در صد SBS بسیار نزدیک است. (تقریباً ثابت است.)

۴- در میزان کمتر از پنج درصدمثلا حدودسه درصدرفتار بایندر اصلاح شده نزدیک به قیر پایه است.

۵- قیر اصلاح شده مقاومت خستگی و مقاومت در برابر شیاردارشدن بهتری در مقیاس با قیر پایه از خود نشان می دهند.

۶- نتایج بهبود قابل توجهی در رفتار خستگی همه قیر اصلاح شده در مقیاس با قیر پایه نشان می دهد.

۷- در مقایسه مخلوط پنج و سه درصد SBS، مخلوط با ۵ درصد رفتار مکانیکی و مقاومت خستگی بهتری از خود نشان داد.

۸- در مقایسه مخلوط هفت وده درصدSBR، مخلوط با ٪۷ رفتار مکانیکی و مقاومت خستگی بهتری از خود نشان داد.

۹- استفاده از هر دو نوع S B S باعث بهبود خواص مکانیکی قیر می شوند.

۱۰- میزان ۵ درصد S B S و۷ درصد S B R به عنوان میزان بهینه پیشنهاد می شود.

مراجع

[1]. M .Garcia, "Process rheology and storage stability of recycled EVA/LDPE modified Bitumen", Journal Polymer Enginering Science., 47 (2007) 181.

[2]. D. Voltrorta Etal., "Rheological properties of polymer modified bitumen from long term field tests", FUEL., 41 (2011) 171.

[3]. X. Lu, U. Isacsson, "Compatibility and storage satability of SBS copolymer modified bitumens" Materials. Structures Building, 23 (2008) 217.

[4]. X. Lu, U. Isacsson, "Rheological properties of SEBS, EVA polymer modified bitumens", Materials. Structures, 46 (2008) 71.

[5]. L. S. Silva, L. A. Vignol, "Study of Rheological properties of pure and polymer modified brazilian asphalt binders", Journal Material Science., 39 (2004) 539.

[6]. G. R. Hedmark. H. Sep. "Elastic Steric Stabilization of polyethylene-asphalt emulsion by using low molecular weight poly butadiene and devulcanized Rubber Tire, Journal Material Science.,272(1994)375.

[7]. B. Sengoz, G. Isikyakar, "Analysis of SBS polymer modified bitumens using fluorescent microscopy and conventional test method", Journal Hazard Material., 150 (2008) 424.

[8]. J. M. Garses, D. G. Mol, "Polymeric nanocomposite for automotive application", Advance Materials., 12 (2000) 183.

[9]. X. Lu, U. Isacsson, "Modification of road bitumen with thermoplastic polymers", Polymer. Testing., 3 (1999) 15.