



بررسی اثر نانوسیلیس بر عملکرد ویسکوزیته قیرها

احمد گلی^{۱*}، حسین زال نژاد^۲، مهدی زال نژاد^۳

چکیده

در این مطالعه نانوسیلیس به عنوان اصلاح کننده در سه سطح ۰.۲٪، ۰.۴٪ و ۰.۶٪ به صورت افزودنی به قیر اضافه شده است و نمونه‌ها تحت آزمون DSR (Dynamic Shear Rheometer) در دو دمای ثابت و با فرکانس‌های مختلف تحت بررسی و ارزیابی قرار گرفتند. نتیجه تحقیقات حاکی از آن بود که با افزایش درصد نانوسیلیس خواص و عملکرد ویسکوز قیر بهبود می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: قیر، ویسکوزیته، نانوسیلیس، مدول اتلاف

۱- استادیار دانشکده حمل و نقل، دانشگاه اصفهان

۲- کارشناس ارشد عمران- راه و ترابری، دانشگاه علوم و تحقیقات تهران

۳- کارشناس عمران، دانشگاه نوشیروانی بابل

* نویسنده مسئول: a_goli1980@yahoo.com

۱- مقدمه

امروزه قیر بیش از یکصد کاربرد از جمله کاربردهای پزشکی دارد. قیر به عنوان یک ماده‌ی مصرفی در صنایع مختلف به ویژه راه و ساختمان از اهمیت و جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. خصوصیات ویژه از جمله آب‌گریزی و چسبندگی، آن را نسبت به سایر مواد جایگزین برتری داده است. قسمت عمده‌ی تحقیقات انجام شده در راه‌سازی، معطوف به جزء قیر است، زیرا این ماده علی‌رغم درصد وزنی کم (۴ تا ۶ درصد)، در استحکام و پایداری آسفالت جاده‌ها نقش مهمی دارد و در نتیجه، هرگونه بهبود خواص قیر، باعث بهبود عملکرد آسفالت می‌شود. بنابراین تلاش‌های زیادی برای بهبود عملکرد قیر به وسیله اصلاح خواص شیمیایی و فیزیکی قیر شده است (طباطبایی ۱۳۸۸). قیرهای به دست آمده از نفت خام و یا قیر طبیعی که سالیان دراز عمدتاً به عنوان ماده‌ی چسباننده در ساخت جاده‌ها و یا دیگر مصارف عایق کاری و پوششی به کار می‌رود، هیچگاه از یک سری خواص فیزیکی و مکانیکی کاملاً رضایت‌بخش برخوردار نبوده و با توجه به خواص فیزیکی و مکانیکی محدود، از قابلیت کاربردی محدود و زمان سرویس‌دهی مشخص برخوردار می‌باشد. خواص نامطلوب قیر باعث خرابی‌های زیادی در مخلوط‌های آسفالتی از جمله ترک‌های حرارتی در دمای پائین، تغییر شکل‌های ماندگار در دمای بالا، دوام کم در برابر ترافیک سنگین و رطوبت و... می‌شود (بهبهانی، رحمانی، و صادقی ۱۳۸۷؛ Yousefi 2004). از این رو محققان همواره تلاش داشته‌اند که به نحوی خواص این سنگین‌ترین برش نفتی را در جهت مطلوب تغییر دهند. اصلاح خواص قیر باعث بالا رفتن کیفیت آن و افزایش عمر سرویس‌دهی پوشش گردیده و در نتیجه هزینه‌های نگهداری و تکرار پوشش به نحو چشمگیری کاسته خواهد شد. عمده ضعف قیرها در موارد زیر می‌باشد (www.pasargadoil.com/persian.html):

کمی خاصیت الاستیسیته، محدود بودن دامنه سرویس‌دهی از نظر دما (فاصله کمترین دمای شکنندگی و بالاترین دمای نرمی قیر)، خواص مقاومت تنشی، چسبندگی و ...

۲- مواد و مصالح

۲-۱- قیر ۶۰/۷۰

از مشخصات بارز این نوع قیر به میزان نفوذپذیری (درجه نفوذ قیر) آن که بین ۶۰ تا ۷۰ است، می‌توان اشاره نمود و همین‌طور دیگر مشخصات قیر مورد استفاده در جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول (۱). مشخصات قیر نمونه

قیر خالص	درجه نفوذ در ۲۵ درجه سانتیگراد (۰/۱ mm)	نقطه نرمی (°C)	شکل پذیری قیر (cm)
۶۰-۷۰	۶۸	۵۱	بیش از ۱۰۰

۲-۲- نانوسیلیس

نانوسیلیس مورد استفاده در این تحقیق محصول کشور آلمان با رنگ سفید مطابق خواص و مشخصات جدول‌های (۲) و (۳) مورد استفاده قرار گرفته است. از موارد کاربرد آن می‌توان به استفاده آن در رنگ، پلاستیک، لاستیک، رنگ و مواد مغناطیسی اشاره کرد. علاوه بر این، نانو سیلیکا را می‌توان به‌طور گسترده‌ای در سرامیک پرسن (قند)، سنگ گچ، باتری، چسب، محصولات آرایشی، شیشه، فولاد، فیبر شیشه‌ای، و بسیاری دیگر در زمینه ارتقای محصولات حفاظت از محیط زیست استفاده نمود.

جدول (۲). ترکیب درصد شیمیایی نانوسیلیس

SiO ₂	Ti	Ca	Na	Fe
<۹۰٪	<۱۲۰ ppm	<۷۰ ppm	<۵۰ ppm	<۲۰ ppm

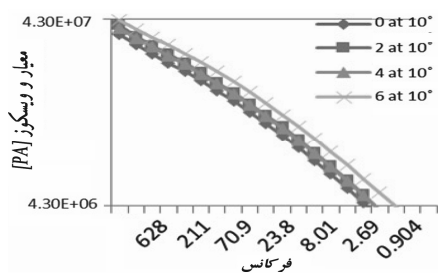
جدول (۳). مشخصات جزئی نانوسیلیس

چگالی واقعی	SSA	چگالی بالک	درصد خلوص	APS
2,4g/cm ³	180-600m ² /g	<0,10g/cm ³	+۹۹٪	۳۰-۲۰mm

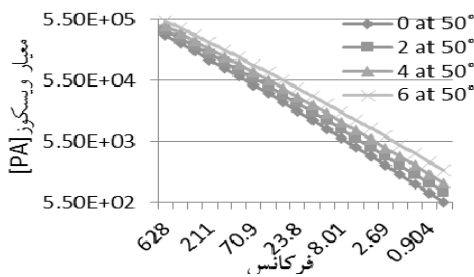
می‌باشد. مدول ماکسول قادر به تعیین مقدار G' (مدول ذخیره‌سازی) و G'' (مدول اتلاف) و متعاقباً G^* و δ است. رابطه ماکسول به صورت زیر می‌باشد (فخری و زال‌نژاد ۱۳۹۲؛ Ziari, Farahani and Goli 2012):

$$G' + G_e + \sum_{i=1}^N G_i \frac{(w_i)^2}{1 + (w_i)^2} \quad (1)$$

نتایج آزمایش رئومتر برش دینامیکی بر روی قیرهای اصلاح شده، با استفاده از درصدهای مختلف نانوسیلیس در نمودارهای زیر ارائه شده است. با توجه به شکل (۱) و (۲) می‌توان دریافت که وقتی فرکانس کاهش می‌یابد، پارامتر G'' در قیر پایه و اصلاح شده کاهش می‌یابد و با توجه به شکل‌های مذکور، هنگامی که درصد نانو سیلیس افزایش می‌یابد، مقدار این معیار رو به افزایش است.



شکل (۱). معیار ویسکوز در فرکانس متغیر در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد



شکل (۲). معیار ویسکوز در فرکانس متغیر در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد

از طرفی با مقایسه دو دمای ۱۰ و ۵۰ مطابق شکل‌های، شکل (۳)، (۴)، (۵) و (۶) می‌توان دریافت که با کاهش فرکانس، معیار ویسکوز G'' در قیرهای پایه و اصلاح شده کاهش می‌یابد به عبارتی دیگر وضعیت قیر در دمای ۱۰ درجه از دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد بهتر می‌باشد.

در این تحقیق برای ترکیب نانوسیلیس و قیر، ابتدا قیر تا دمای ۱۳۵ درجه سانتی‌گراد گرم شده و با استفاده میکسر برش بالا به نام JKA، دو ماده باهم ترکیب شدند. در این آزمایش اختلاط نمونه‌های قیر با درصدهای مختلف نانوسیلیس ۰/۲، ۰/۴، ۰/۶ و ۰/۸، با سرعت ۳۵۰۰ دور در دقیقه با استفاده از میکسر انجام شد. نمونه‌های تهیه شده از درصدهای مختلف نانوسیلیس با استفاده از دستگاه رئومتر برش دینامیکی مورد آزمایش قرار گرفتند.

۳- روند انجام آزمایش‌ها

در این مقاله به بررسی خواص رئولوژی قیرها تحت فرکانس‌های مختلف بارگذاری پرداخته شده است. در سال‌های اخیر بعد از شناخت کامل تست‌های شارپ، محققان به ارائه روش‌های تجربی و نوینی جهت بررسی رئولوژی قیرها پرداختند. تست فرکانس متغیر، یک نمونه از این موارد است که در آن مدول مختلط، مدول الاستیک، مدول ویسکوز، مدول اتلاف، مقاومت در برابر شیارشدگی و مقاومت در برابر خستگی بررسی می‌شوند.

پارامتر رئولوژیکی G'' با دما، فرکانس و همچنین گشتاور یا کرنش ارتباط دارد.

G^* معیاری از پایداری قیر در برابر تغییر شکل است (مدول سختی یا مختلط) و δ نشانه از مقادیر نسبی تغییر شکل قابل برگشت و غیر قابل برگشت می‌باشد. مدول مختلط از دو جزء مدول اتلاف^۱ و مدول ذخیره‌سازی^۲ تشکیل شده است که اولی معیاری از رفتار ویسکوز و دومی معیاری از رفتار الاستیک می‌باشد. لذا با افزایش دما مدول مختلط برای قیرها به شدت کاهش می‌یابد. تغییرات به وجود آمده در قیر در این دماها دائمی

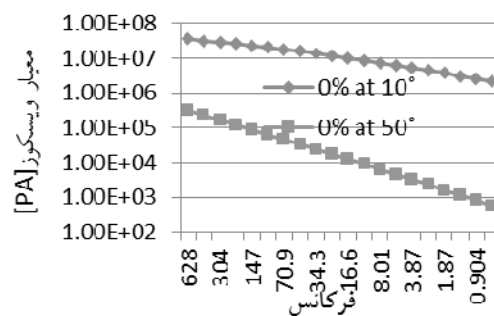
1- Loss modulus
2- Storage modulus

۴- نتیجه گیری

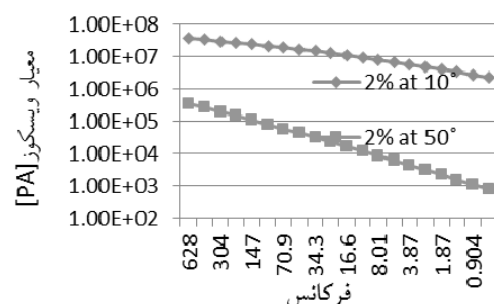
همان‌طور که بیان شد در این تحقیق نانوسیلیس به‌عنوان اصلاح‌کننده‌ی قیر مورد استفاده قرار گرفت و این مواد با درصدهای مختلف با قیر ترکیب شده و آزمایش برش دینامیکی بر روی نمونه‌ها انجام شد. نتایج آزمایش رئولوژی و بررسی منحنی‌های به‌دست آمده از نتایج آزمایش نشان داد که با افزایش درصد نانو سیلیس در فرکانس‌های مختلف و در دو دمای متفاوت، معیار ویسکوز افزایش می‌یابد، که در مجموع قیر دمای پایین‌تر عملکرد بهتری از خود نشان داد و همچنین نمونه ۶٪ در مقایسه با سایر نمونه‌ها بهترین عملکرد را داشت.

۵- منابع

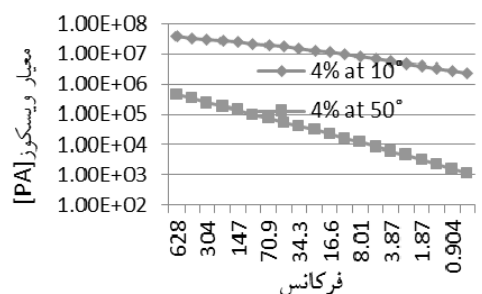
- بهبهانی، حمید، جعفر رحمانی، و احسان صادقی. ۱۳۸۷. ارزیابی آزمایشگاهی تاثیر پلیمر SBS بر پارامترهای مقاومتی آسفالت متخلخل. چهاردهمین کنفرانس دانشجویان مهندسی عمران سراسر کشور، سمنان.
- طباطبایی، امیر محمد. ۱۳۸۸. روسازی راه. تهران، مرکز نشر دانشگاهی.
- فخری، منصور، و حسین زال‌نژاد. ۱۳۹۲. تجزیه و تحلیل خواص رئولوژی قیر حاوی نانوسیلیس در فرکانس‌های متفاوت. اولین همایش ملی نانو تکنولوژی مزایا و کاربردها، همدان.
- Yousefi, Ali Akbar. 2004. Rubber-polyethylene modified bitumen. *iranian polymer journal*, 13(2): 99-110
- Ziari Hasan , Hosein Farahani, and Ahmad Goli . 2012. Analysis of the viscoelastic characteristics of bitumen modified with carbon nanotubes.
- [http:// www.pasargadoil.com/persian.html](http://www.pasargadoil.com/persian.html) (accessed november 21, 2014)



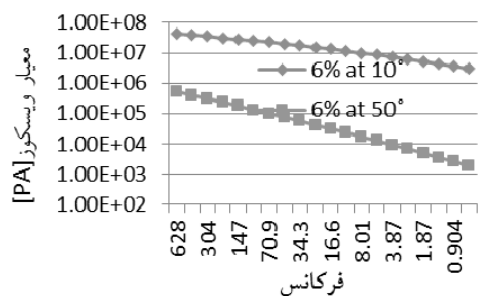
شکل (۳). مقایسه معیار ویسکوز قیر شاهد در فرکانس متغیر در دماهای ۱۰ درجه و ۵۰ درجه سانتی‌گراد



شکل (۴). مقایسه معیار ویسکوز قیر ۲ درصد در فرکانس متغیر در دماهای ۱۰ درجه و ۵۰ درجه سانتی‌گراد



شکل (۵). مقایسه معیار ویسکوز قیر ۴ درصد در فرکانس متغیر در دماهای ۱۰ درجه و ۵۰ درجه سانتی‌گراد



شکل (۶). مقایسه معیار ویسکوز قیر ۶ درصد در فرکانس متغیر در دماهای ۱۰ درجه و ۵۰ درجه سانتی‌گراد

The Analysis of the Influence of Nano-Silica on Performance of Bitumen Viscosity

Ahmad Goli^{1,*} , Hosein Zalnejad² , Mehdi Zalnejad³

Abstract

General speaking, bitumen has a crucial role in pavements and flexible pavements often have studied by scientists due to lack of suitable performance. Also, they are often tried to improve their action with increased material. In this study, Nano-silica as the rheological modifier has been combined with the 60/70 pure bitumen in three percentages (%2, %4 and %6) and ultimately, it was compared and evaluated with the pure bitumen under the DSR (Dynamic shear Rheometer) test in two fixed temperatures under different variable frequencies. The results of investigating of the master loss modulus show that the more the percentage of nano-sio2 increases, the more the characteristics and functions of bitumen improve.

Keywords: *Bitumen, Viscoelastic, Nano-Silica, Loss modulus*

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

2- Master of Civil Engineering, Road and Transportation , Islamic Azad University Science and Research Branch of Tehran

3- Master of Civil Engineering, Nooshirvani University, Babol

* Corresponding Author: a_goli1980@yahoo.com

