



تأثیر پلیمر لوکویت بر عملکرد مخلوط‌های آسفالتی گرم

محمودرضا کی‌منش^۱، بهروز دامیار^{۲*}، احمد گلی^۳، حسین زنجیرانی فراهانی^۴

چکیده

امروزه استفاده از مواد پلیمری جهت اصلاح خواص قیر و بهبود مشخصات مخلوط‌های آسفالتی مورد توجه قرار گرفته است به طوری که انواع پلیمرهای مختلف در سال‌های اخیر برای اصلاح قیر بکار می‌روند اگرچه این مواد دارای محاسن زیادی هستند ولی وقتی می‌توانند عملکرد مناسبی داشته باشند که به صورت مناسب و یکتواخت در ماده اصلی (قیر) پراکنده و تفکیک شده باشند، در این مقاله با استفاده از میکس برش بالا به عنوان یکی از بهترین وسیله برای ترکیب قیر و پلیمرها ترکیب انجام شده است.

در این تحقیق تأثیر پلیمر لوکویت بر روی مشخصات قیر و مخلوط‌های آسفالتی مورد بررسی قرار گرفته است که نتایج نشان می‌دهد استفاده از این پلیمر باعث بهبود مشخصات درجه نفوذ، نقطه نرمی و شاخص نفوذپذیری قیر می‌شود. همچنین اثر این پلیمر بر مخلوط آسفالتی مورد بررسی قرار گرفته است که نتایج نشان می‌دهد استفاده از این پلیمر باعث بهبود مقاومت مارشال، کشش غیرمستقیم، مدول برجهندگی و شیار شدگی مسیر چرخ نمونه‌های آسفالتی شده است.

واژه‌های کلیدی: مقاومت مارشال، کشش غیرمستقیم، پلیمر لوکویت، مدول برجهندگی، شیار شدگی

۱- عضو هیأت علمی دانشگاه پیام نور، تهران

۲- دانشجوی دکتری عمران، گرایش راه و ترابری، دانشگاه پیام نور تهران

۳- استادیار، دانشکده حمل و نقل دانشگاه اصفهان

۴- دانشجوی دکتری عمران، گرایش راه و ترابری، دانشگاه تهران

* نویسنده مسئول: damyarb@yahoo.com

۱- مقدمه

است به عنوان یک اصلاح کننده قیر استفاده شده است. این پلیمر با درصد‌های مختلف به قیر اضافه شده و سپس با استفاده از آن، نمونه‌های آسفالتی ساخته شده و اثر این پلیمر بر ویژگی‌های آسفالت مورد بررسی قرار گرفته است.

۲- مواد و مصالح

برای بررسی اثر پلیمر لوکوبیت بر روی مشخصات قیر و آسفالت ابتدا پلیمر لوکوبیت با درصد‌های وزنی مختلف با قیر پایه ترکیب می‌شود. برای ترکیب این پلیمر با قیر، ابتدا قیر تا دمای ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد گرم شده و پلیمر لوکوبیت با درصد‌های مختلف با آن ترکیب گردید. برای اطمینان از ترکیب یکنواخت قیر و پلیمر از میکسر برش بالا با دور ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۱۴۰ °C استفاده شد. نتیجه این ترکیب پنج نوع قیر که شامل قیر پایه و قیرهای پلیمری با درصد‌های ۸ و ۶ و ۴ و ۲ درصد بوده است. سپس نمونه‌ها به دو قسمت تقسیم شد. بخشی از نمونه‌ها برای انجام تست‌های کلاسیک قیری و قسمتی نیز برای تهیه نمونه‌های آسفالتی استفاده گردید.

برای ساخت نمونه‌های آسفالتی از مصالح و قیر با مشخصات زیر استفاده در دمای ۱۶۳ درجه سانتی‌گراد ترکیب شدند (جدول (۱)(۲)(۳)(۴)).

جدول (۱). مشخصات قیر مورد استفاده

شکل پذیری (cm)	نقطه نرمی (°C)	درجه نفوذ در (°/1 mm) ۲۵°C	قیر خالص
>۱۰۰	۵۱	۶۸	۶۰/۷۰

جدول (۲). مشخصات لوکوبیت مصرفی

لوکوبیت	واحد	مشخصات
۰,۹۷	g/cm ^۳	چگالی (۲۳°C)
~۵۰۰	g/l	چگالی ظاهری
۷۰۰-۸۰۰	%	مقاومت کششی (۲۳°C)
۱۷	MPa	مدول الاستیسیته
۸۰-۱۰۰	°C	نقطه نرمی
<-۳۰	°C	نقطه شکست

استفاده از قیر دارای کاربردهای صنعتی زیادی می‌باشد ولی استفاده از آن در راه‌سازی به علت دو ویژگی اصلی چسبندگی و نفوذناپذیری در مقابل آب، باعث استفاده فراوان و جایگاه بسیار مهم در روسازی راه‌ها شده است (Hao 2008, Zhang and Wang 2006). در راه‌سازی، قیر بخشی از مخلوط آسفالتی را تشکیل می‌دهد (Khedr and Breakah 2011). قیر در روسازی‌های انعطاف‌پذیر نقش مهمی دارد ولی باید به این نکته توجه کرده که انعطاف‌پذیری روسازی‌های آسفالتی باید به اندازه‌ای باشد که در دماهای پایین مانع از ایجاد ترک و در دماهای بالا مانع از ایجاد شیار شدگی روسازی راه‌ها شود (Tao and Xiaoming 2012). خرابی شیار شدگی آسفالت به علت تجمع تغییر شکل‌های ماندگار آسفالت در دمای بالای روسازی اتفاق می‌افتد (Whiteoak 1990, Vaitkus and Paliukait 2013). البته بعضی از تحقیقات نشان داده است که علت این نوع خرابی، می‌تواند ضعف لایه‌های روسازی باشد (Pradyumna et al 2013, Abu Al-Rab et al 2012).

امروزه با توجه به افزایش میزان بار و تنوع ترکیب ترافیک عبوری از جاده‌ها سعی می‌شود با استفاده از مواد اصلاح‌کننده گوناگون، عملکرد آسفالت را در برابر نیروهای وارده بهبود یابد (Brice et al 2007) زیرا قیرهای معمولی نمی‌توانند در برابر نیروهای زیاد و دماهای بسیار زیاد و یا خیلی کم، عملکرد قابل قبولی داشته باشند (Tao and Xiaoming 2012). اصلاح قیر با استفاده از پلیمر یکی از راه‌حل‌های پیشنهادی به منظور افزایش عمر روسازی و کاهش خرابی‌های آسفالت می‌باشد (Akbari 2012, Qiu et al 2013, Roy, et al., 2013). معمولاً (Veeraragavan, and Krishnan 2013). پلیمرها به گروه‌های مختلف تقسیم می‌شوند که از جمله پلیمرهای اصلاح قیر و آسفالت می‌توان به EVA (اتیلن وینیل استات) و SBS (استایرن-بوتادین-استایرن) اشاره کرد (Abd El Rahman, Shafie, and Kholy 2012). در این تحقیق از پلیمر لوکوبیت که یک نوع پلی الفین

جدول (۳). مشخصات مصالح سنگی مورد استفاده در تهیه آسفالت

روش آزمایش		نتایج آزمایش	مشخصات استاندارد	شرح
ASTM	AASHTO			
C1۳۱	T۹۶	۱۲	۲۵	حداکثر سایش به روش لوس آنجلس، درصد
C۸۸	T۱۰۴	۲	۸	حداکثر افت وزنی با سولفات سدیم، درصد
C۱۲۷	T۸۵	۰/۸	۲/۵	حداکثر جذب آب، درصد
D۴۷۹۱	--	۱	۱۵	حداکثر درصد سنگ‌دانه‌های پهن و دراز

جدول (۵). نتایج آزمایش‌های کلاسیک قیر پایه و قیر اصلاح‌شده با پلیمر لوکوبیت

درصد وزنی لوکوبیت					استاندارد	آزمایش
۸	۶	۴	۲	۰		
۳۸	۴۴	۴۸	۶۳	۶۷	ASTM-D ۵	درجه نفوذ در ۲۵°C
۶۳	۵۹	۵۸	۵۳	۵۱	ASTM-D ۳۶	نقطه نرمی °C
۰/۹۴	۰/۵۲	۰/۵۲	۰/۱	-۰/۲۳	--	شاخص درجه نفوذ

۳-۲- آزمایش‌های مخلوط آسفالتی

آزمایش استقامت مارشال (Marshall Stability) مطابق با استاندارد ASTM_1559 انجام می‌شود. این آزمایش به منظور بررسی استقامت و مقاومت مخلوط‌های آسفالتی انجام می‌شود که ۲ پارامتر استقامت مارشال و روانی (Flow) در این آزمایش اندازه‌گیری می‌شود. همان‌طور که در شکل (۱) نشان داده شده است با افزایش درصد پلیمر مقاومت مارشال نیز افزایش پیدا کرده است به طوری که استقامت مارشال در نمونه‌های تهیه شده با ۸ درصد لوکوبیت نسبت به نمونه‌های تهیه شده با قیر پایه حدود ۱۳ درصد افزایش مقاومت داشته است و این در حالی است که میزان روانی همه نمونه‌ها در محدوده استاندارد می‌باشد که این خود می‌تواند بیان‌کننده عملکرد بهتر آسفالت تحت بارگذاری ترافیکی باشد.

همچنین برای تهیه نمونه‌های آسفالتی از دانه‌بندی پیشنهادی نشریه شماره ۲۳۴ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی ایران که برای لایه توپکا پیشنهاد می‌شود استفاده گردید.

جدول (۴). دانه‌بندی مورد استفاده برای ساخت نمونه‌های آسفالتی

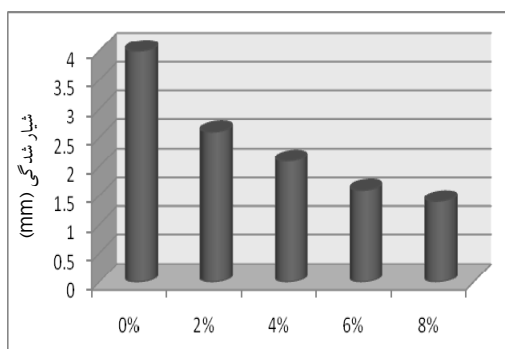
اندازه الک	درصد عبوری	میانگین عبوری
۱۹ میلی‌متر	۱۰۰	۱۰۰
۱۲,۵ میلی‌متر	۹۰-۱۰۰	۹۵
۴,۷۵ میلی‌متر (شماره ۴)	۴۴-۷۴	۵۹
۲,۳۶ میلی‌متر (شماره ۸)	۲۸-۵۸	۴۳
۰,۳ میلی‌متر (شماره ۵۰)	۵-۲۱	۱۳
۰,۰۷۵ میلی‌متر (شماره ۲۰۰)	۲-۱۰	۶

۳- تحلیل نتایج

۳-۱- آزمایش‌های کلاسیک قیر

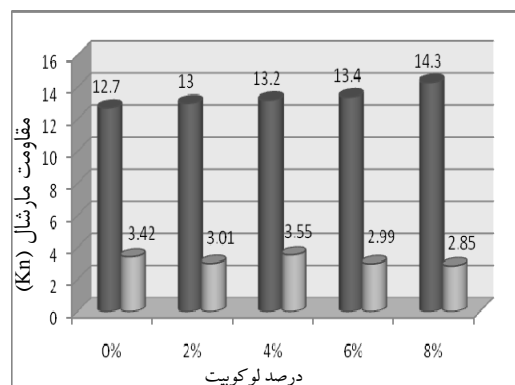
نتایج آزمایش‌های کلاسیک قیر نشان می‌دهد که اضافه کردن این پلیمر به قیر باعث بهبود مشخصات درجه نفوذ و نقطه نرمی و شاخص نفوذپذیری قیر می‌شود (جدول (۵)).

آزمایش شیار شدگی (Wheel Track) از جمله آزمایش‌هایی است که بیان‌کننده دوام روسازی در طول عمر بهره‌برداری (Life Cycle) آن می‌باشد. آزمایش شیار شدگی یکی از آزمایش‌های مهم برای مقایسه عملکرد روسازی‌های آسفالتی در درازمدت می‌باشد. همان‌طور که در شکل (۳) مشاهده می‌شود نمونه‌های با درصد پلیمر لوکویت بیشتر دارای عمق شیار (Rutting Depth) کمتری می‌باشند به طوری که نمونه‌های با ۸ درصد پلیمر لوکویت نسبت به نمونه‌های تهیه‌شده با قیر پایه تا ۶۵ درصد کاهش عمق شیار داشته است. با توجه به نتایج آزمایش شیار شدگی می‌توان گفت که استفاده از این پلیمر در مکان‌هایی که دارای آب‌وهوای گرم و یا ترافیک بسیار سنگینی هستند (عوامل مؤثر در تغییر شکل آسفالت) دارای عملکرد بسیار مناسبی خواهد بود.



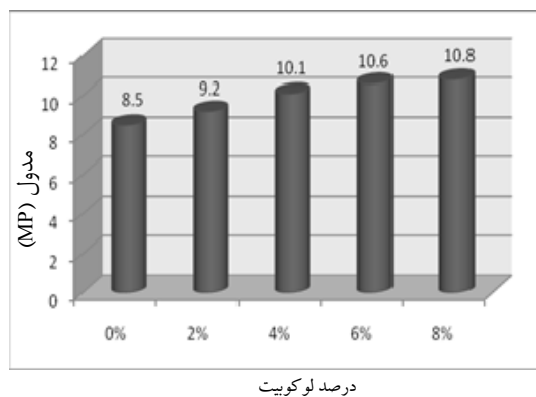
شکل (۳). نتایج به دست آمده از آزمایش شیار شدگی

مدول برجهنگی (Resilient Modulus) به عنوان یکی از پارامترهای مهم در طراحی روسازی کاربرد دارد و می‌تواند نقش مؤثری در تعیین ضخامت لایه‌های آسفالتی داشته باشد. در نمونه‌های تهیه‌شده با استفاده از پلیمر لوکویت مشاهده می‌شود که اضافه کردن این پلیمر نقش مؤثری در افزایش مدول برجهنگی آسفالت دارد و این افزایش مدول برجهنگی می‌تواند در کاهش ضخامت لایه‌های آسفالتی مؤثر باشد (شکل (۴)).



شکل (۱). میزان استقامت مارشال و نقطه نرمی در حالت‌های مختلف

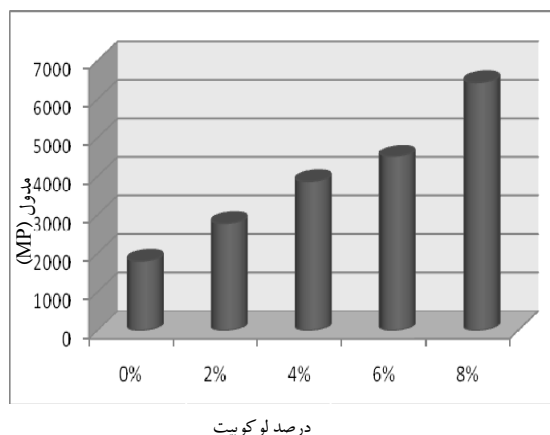
آزمایش کشش غیرمستقیم به خاطر شرایط خاص بارگذاری باعث ایجاد تنش کششی (Tensile Stress) در نمونه آسفالتی می‌شود و با توجه به اینکه قسمت اعظم نیروی کششی موجود در آسفالت توسط قیر به عنوان چسباننده (Binder) مصالح سنگی تحمل می‌گردد از نتیجه این آزمایش می‌توان چسبندگی بین قیر و مصالح سنگی را استنباط نمود. همان‌طور که در شکل (۲) مشاهده می‌شود با افزایش درصد لوکویت اعداد مربوط به آزمایش کشش غیرمستقیم افزایش می‌یابد که بیان‌کننده این مطلب است که اضافه کردن پلیمر به قیر باعث افزایش خاصیت چسبندگی قیر به مصالح سنگی می‌شود که این خاصیت در جلوگیری از عریان شدگی (Striping) مصالح مؤثر می‌باشد.



شکل (۲). نمودار مربوط به کشش برای حالت‌های مختلف

۵- منابع

- Abu Al-Rub, Rashid. K., Masoud K. Darabi, Chien.Wei. Huang, Eyad A. Masad, Dallas. N. Little. 2012. Comparing finite element and constitutive modelling techniques for predicting rutting of asphalt pavements, International Journal of Pavement Engineering 13(4): 322-338.
- Abd El Rahman, A.M.M., M. EL-Shafie, S.A. El. Kholly . 2012. Modification of local asphalt with epoxy resin to be used in pavement. Egyptian Journal of Petroleum. 21(2): 139-147.
- Akbari T. 2012. Laboratory Evaluation of The Effect of Lucobit Polymer on Bitumen and Hot Mix Asphalt. A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the Degree of Master of Science in Civil Engineering, Iran University of Science and Technology.
- Brice D, Herve DB, Pierre C et al .2007. Linear viscoelastic properties of bituminous materials: from binders to mastics (with discussion), J Assoc Asph Paving Technol 76:455-494.
- Hao, Feng . 2008. Research on experimentation characteristic of asphalt mortar with viseo-elasticity theory. Dissertation, University of Science and Technology, Changsha.
- Khedr, Safwan A, and Tamer Breakah. M. 2011. Rutting parameters for asphalt concrete for different aggregate structures. International Journal of Pavement Engineering 12(1): 13-23.
- Pradyumna, T.Anil,. Abhishek Mittal,. And Prashant .K.Jain. 2013. Characterization of Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) for Use in Bituminous Road Construction. Procedia - Social and Behavioral Sciences 104: 1149 – 1157.



شکل (۴). تأثیر پلیمر روی مدول بر جهندگی

همچنین نتایج آزمایش‌های انجام‌شده بر روی نمونه‌های آسفالتی نشان می‌دهد که استفاده از این پلیمر باعث بهبود مقاومت مارشال، مدول بر جهندگی، کشش غیرمستقیم و شیار شدگی مسیر چرخ می‌شود.

۴- نتیجه‌گیری

به منظور بهبود رفتار عملکردی قیر و اصلاح خواص مخلوط‌های آسفالتی از مواد اصلاح‌کننده پلیمری استفاده می‌شود. در این تحقیق با توجه به خواص مناسب پلیمر لوکوبیت از آن به عنوان اصلاح‌کننده قیر استفاده شده است، در ترکیب مواد پلیمری با قیر ترکیب همگن و یکنواخت بسیار مهم می‌باشد از این رو از میکسر برش بالا جهت ترکیب پلیمر لوکوبیت با قیر استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد استفاده از پلیمر لوکوبیت باعث بهبود مشخصات درجه نفوذ، نقطه نرمی و شاخص نفوذپذیری قیر می‌شود و همچنین در مخلوط‌های آسفالتی نیز باعث بهبود مدول بر جهندگی، مقاومت مارشال و شیار شدگی مسیر چرخ می‌گردد. بنابراین جهت افزایش عمر روسازی و کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری راه‌ها که سالیانه فقط در حوزه نگهداری راه‌های شریانی کشور بیش از ۲۰۰۰۰ میلیارد ریال می‌باشد باید به سمت استفاده از اصلاح‌کننده‌های قیر و پلیمرها گام‌های اساسی برداشته شود.

-
- Vaitkus, Audrius, and Miglė Paliukait. 2013. Evaluation of Time Loading Influence on Asphalt Pavement Rutting. *Procedia Engineering* 57: 1205 – 1212.
 - Whiteoak, C.D. 1990. *The Shell Bitumen Handbook*. Shell Bitumen, Surry, UK.
 - Zhang ZQ, and Wang YC. 2006. Influence of asphalt mortar on hot mix asphalt performance at high and low temperature. *J Chang'an Univ Nat Sci Ed* 26(2):1-5 (in Chinese) .
 - Qiu, Hongsheng., Ximing Tan, Shu Shi, Heng Zhan .2013. Influence of filler-bitumen ratio on performance of modified asphalt mortar by additive. *J. Mod. Transport*. 21(1):40-46.
 - Roy, Neethu, Anand Veeragavan, J. Murali Krishnan .2013. Influence of Air Voids of Hot Mix Asphalt on Rutting Within the Framework of Mechanistic-Empirical Pavement Design. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 104: 99 – 108.
 - Tao, Xu, and Huang Xiaoming. 2012. Investigation into causes of in-place rutting in asphalt pavement, *Construction and Building Materials* 28:525-530.

The Impact of Lucobit polymer on Hot mix Asphalt Properties

Mahmoud Reza Keymanesh¹, Behrouz Damyar^{2*}, Ahmad Goli³, Hossein Zanjirani Farahani⁴

Abstract

This article deals with the influence of Lucobit polymer on HMA. Researchers have been seeking to improve the functional properties of bitumen and asphalt. For this reason, different materials have been used to modify these properties. Although these materials have many advantages But when they can have a good performance As dispersed appropriate and uniformly with bitumen. High Shear mixer creates the best form of asphalt and Lucobit mixture.

The results show that use of this polymer has improved the classic tests (softening point, penetration degree, and so on) and also Marshall Stability, Indirect Tensile strength, Rutting depth, Resilient Modules has been improved excellently.

Keywords: *Bitumen, Lucobit polymer, Resilient Modules, Rutting*

1- Faculty member, Payame Noor University of Tehran

2- PhD Student of Construction -Transportation, Payame Noor University of Tehran

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

4- PhD Student of Construction-Transportation, University of Tehran

* Corresponding Author: *damyarb@yahoo.com*