

بررسی تاثیر الیاف گوناگون بر خاصیت کشش پذیری قیر

سید مهدی حجازی^{۱*}، سید مهدی ابطحی^۲، رضا علی پور^۱، محمد شیخ زاده^۱

۱- دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

۲- دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

تاریخ دریافت: ۸۹/۰۷/۲۸ تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۲/۲۷

چکیده

قیر، المان اصلی ساخت مخلوط‌های آسفالتی است. هرچند درصد حضور این ماده در آسفالت، ناچیز می‌باشد، اما اثر مهمی در تعیین خواص مکانیکی محصول منتج دارد. قیر با افزایش دما به تدریج نرم می‌شود و همین مساله موجب پدید آمدن پدیده موج افتادگی در سطح آسفالت می‌شود. از سوی دیگر با کاهش دما قیر شکننده می‌شود و انواع ترک بر سطح آسفالت پدیدار می‌گردد. بنابراین، بحث تقویت و تسلیح آسفالت و به تبع آن، قیر، مقوله پراهمیتی است.

در این مقاله، نتایج پژوهش انجام شده بر عملکرد الیاف نساجی گوناگون در قیر و تحلیل نتایج به کمک مکانیک کامپوزیت‌ها ارائه خواهد شد. الیاف مورد استفاده عبارتند از: نایلون ۶،۶، پلی استر (معمولی و تکسجره)، پلی پروپیلن و الیاف شیشه. آزمایش‌های انجام شده بر روی قیر نیز شامل نقطه نرمی، درجه نفوذ و خاصیت انگمی (داکتیلیتی)^۱ می‌باشد که در این مقاله، نتایج آزمون داکتیلیتی مورد بررسی واقع شد. بر اساس نتایج آزمایشگاهی حاصل، مشخص گردید که به طور کلی، حضور الیاف در قیر سبب کاهش کشش پذیری قیر خواهد شد.

۱- مقدمه

معابر آسفالتی، دارای عمر مفید کمتری باشند [۳]. چاره اندیشی‌ها از اوایل ۱۹۲۰م. آغاز گردید. در ۱۹۲۶م. از پارچه‌ای تار پودی، در بستر راه استفاده شد؛ اما نتیجه حاصل چندان موفقیت آمیز نبود [۴]. بایستی چهل سال می‌گذشت تا در ۱۹۶۶ م. استفاده از پارچه‌های گوناگون در کارهای آسفالت کاری، مرسوم گردد [۵]. زوب [۶] قدیمی ترین تسلیح موفق بتن آسفالتی را ارائه کرد. استفاده از شبکه های سیمی فولادی، ایده این محقق بود. شبکه های فولادی او در آسفالت سبب گردید تا تعداد ترک‌های انعکاسی واقع شده بر سطح راه، در مقایسه با حالت ساده کاهش یابد. در ۱۹۶۹ م.، وایدل ایده به‌کارگیری خرده‌های لاستیک را در مسلح سازی خاک ارائه داد [۷]. در فاصله ۱۹۶۰ م. تا ۱۹۷۰ م. کاربرد الیاف سلولزی (به‌عنوان مثال پنبه) و الیاف آیزوتوس در

پدیده استفاده از الیاف جهت ارتقای خصوصیات رفتاری مواد گوناگون، ایده‌های قدیمی می‌باشد. آن گونه که هونگو و فیلیپس در کتاب الیاف جدید خود اشاره می‌کنند، ۴۰۰۰ سال قبل، بشر از الیاف، به عنوان المانی تقویت کننده در خاک رس استفاده می کرده است. همچنین، کاربرد الیاف در دیوار چین در ۲۰۰۰ سال قبل موید این مطلب است که دانش مهندسی نساجی از دیرباز در کنار مهندسی عمران، باری گر ایشان در ارتقای عمر مفید سازه‌های گوناگون بوده است [۱]. در ۱۸۳۰ م.، راهسازی با ابداع آسفالت، متحول گردید [۲]. چهل سال گذشت تا استفاده از این محصول ابداعی، متداول گردد. مواجه بودن با بار ترافیک و تاثیر پذیر بودن از تغییرات آب و هوایی، باعث گردید که در میان سازه‌های عمرانی،

کلمات کلیدی

قیر،
تسلیح مکانیکی،
الیاف،
خاصیت انگمی

پلی پروپیلن و الیاف شیشه. برخی از خصوصیات فیزیکی و مکانیکی این الیاف در جدول ۱ ارائه شده است:

جدول ۱- برخی از خصوصیات فیزیکی و مکانیکی الیاف مورد استفاده در پژوهش

خواص	مقدار			
	نایلون ۶، ۶	شیشه	پلی استر تکسچره	پلی استر معمولی
چگالی (gr/cm^3)	۱/۱۴	۲/۵۹	۱/۳۹	۱/۳۹
تنش تا حد پارگی (cN/tex)	۴۷/۰۳	۷۱/۴۲	۳۸/۴۴	۳۸/۴۴
کرنش تا حد پارگی (%)	۳۸/۰	۲/۹	۳۱/۳	۳۱/۳
مدول اولیه (N/tex)	۴/۴	۲۱/۲	۱۰/۶	۱۰/۶
دنیر	۶/۰۹	۶/۹۵	۲/۷۸	۴/۶۲

قیر مورد استفاده در مطالعه نیز از پالایشگاه اصفهان تهیه شده که موسوم به ۶۰-۷۰ می‌باشد. در هر مرحله از آزمایشات، قیر با الیاف به صورت دستی هم زده می‌شود تا مخلوط یکنواخت و همگنی به دست آید. متغیرهای مستقل و ورودی پژوهش عبارت بودند از: نوع لیف، طول الیاف، درصد حضور، دمای اختلاط با قیر. هر آزمایش در هر حالت نیز، ده بار تکرار می‌شود. مشخصات فنی قیر مورد استفاده نیز در جدول (۲) ارائه شده است:

جدول ۲- برخی از خصوصیات فیزیکی و مکانیکی قیر مورد استفاده در پژوهش

خواص	مقدار
خاصیت انگمی (%)	بیش از ۱۰۰
نقطه نرمی ($^{\circ}C$)	۵۱/۰
درجه نفوذ (۰،۱) (mm)	۶۵/۷
چگالی (gr/cm^3)	۱/۰۱

۲-۲- آزمایش خاصیت انگمی یا کشش پذیری^۱

هدف انجام این آزمایش، تعیین میزان انعطاف پذیری و کشش پذیری قیر بوده و مطابق ASTM D 113 انجام می‌شود. نمونه قیر پس از گرم شدن، داخل قالب نمونه ریخته شده و پس از سرد شدن، به داخل دستگاه مخصوص نصب گردیده و با سرعت ۵ سانتیمتر بر دقیقه کشیده می‌شود. میزان افزایش طول نمونه بر حسب سانتیمتر در لحظه پاره شدن نمونه قیر، به عنوان کشش قیر اندازه‌گیری می‌شود. شکل زیر شماتیکی از این آزمایش را نشان می‌دهد:

بتن آسفالتی مطرح شدند؛ که ایده اول به دلیل تجزیه شدن تدریجی در سازه و ایده دوم به واسطه سمی بودن و مشکلات محیط زیستی مربوطه، نامطلوب شناخته شدند [۸]. در ۱۹۸۳ م. حلیم و همکاران [۹] کاربرد ژئوگریدهای پلی پروپیلنی را در آسفالت، موفقیت آمیز اعلام کردند. تلاش های جدی برای به کار گیری الیاف گوناگون در آسفالت از آغاز دهه ۹۰ میلادی، شروع شد. براون و همکاران [۱۰] اعلام نمودند که برخی از الیاف، دارای استحکام کششی بالاتری نسبت به قیر می باشند و روی همین اصل، پتانسیل کاربرد و ارتقای سازه آسفالتی را دارند. نقطه امیدواری دیگر با مشخص شدن این نکته پدیدار گشت که طبق یافته‌های مائورر و همکاران [۱۱] مشخص گردید که الیاف درمقایسه با افزودنی‌های پلیمری، بهتر و بیشتر در کاهش فرونشست آسفالت موثرند. در سال های اخیر که قیرهای پلیمری به بازار عرضه شدند، باور برخی بر این بود که الیاف ارزش تسلیحی خود را در آسفالت از دست خواهند داد، ولی قیمت بالای این پلیمرها، مشکل انبارداری و دو فازی شدن و همچنین عدم توانایی تحمل تنش های مکانیکی از جمله معایبی بود که قیرهای پلیمری از خود بروز دادند [۱۲].

بررسی مقالات و نوشتجات مختلف که کاربرد الیاف گوناگون را در آسفالت گزارش می دهند، بیانگر این مطلب هستند که کاربرد الیاف در آسفالت تاکنون با سه هدف عمده صورت پذیرفته است:

- ۱) ارتقای خواص مکانیکی سازه آسفالتی (بهبود خواصی همچون: فرونشست، استحکام کششی، عمر خستگی، مقاومت در برابر ترک های انعکاسی، تحمل بار ترافیکی بیشتر و ...) [۱۸-۱۳]
- ۲) مکان مناسبی جهت استفاده از ضایعات مواد گوناگون [۲۰ و ۱۹]
- ۳) افزایش هدایت الکتریکی سازه [۲۳-۲۱]

خاطر نشان می‌سازد ابطحی و همکاران در یک مقاله مروری، برخی پژوهش‌های صورت گرفته بر روی آسفالت الیافی و قیر الیافی را ارائه نموده‌اند [۲۴].

حجازی و همکاران [۲۶ و ۲۵] دریافتند الیاف پلی پروپیلن و شیشه، بهترین عملکرد را در مخلوط بتن آسفالتی در مقایسه با سایر الیاف از خود نشان می‌دهند. بر پایه یک پژوهش دیگر، ابطحی و همکاران [۲۷] به لحاظ آماری اثبات نمودند که نقش الیاف پلی پروپیلن در افزایش مدول بر جهندگی مخلوط بتن آسفالتی، در مقایسه با پلیمر استایرن بوتادین استایرن بیشتر است.

همانطور که مشاهده گردید، تحقیقاتی که تاکنون بر روی کاربرد الیاف در سازه آسفالتی و قیر صورت گرفته است، فقدان یک مطالعه مقایسه‌ای عملکرد الیاف نساجی گوناگون را روشن می‌سازد، و لزوم مطالعه و ترویج در خصوص این ایده جدید در صنعت راه‌سازی کشورمان با در نظر گرفتن شرایط اقتصادی و تعیین میزان و نوع الیاف مصرفی، امری ضروری به نظر می‌آید. دو هدف مذکور، انگیزه مطالعه و بررسی و مقایسه کاربرد الیاف نساجی گوناگون را در قیر تشکیل می‌دهد.

۲- تجربیات

۲-۱- مواد مورد استفاده

الیاف مورد استفاده در این پژوهش عبارتند از: نایلون ۶، ۶، پلی استر،

$$E_c = V_f \times E_f + V_m \times E_m \quad (1)$$

که در این رابطه، اندیس‌های f ، m و C به ترتیب نمادهای الیاف، ماتریس و کامپوزیت می‌باشد. V نیز کسر حجمی است. همان طور که ملاحظه می‌شود، حضور الیاف در یک کامپوزیت سبب افزایش مدول کامپوزیت می‌شود. مدول، مقاومت در برابر تغییر شکل است. بنابراین، کاهش داکتیلیتی (کشش پذیری) با حضور الیاف در قیر، منطقی به نظر می‌رسد. اما، دلیل عملکرد استثنایی الیاف پلی پروپیلن در این پدیده، ذوب سطحی این الیاف در دمای ۱۳۵ درجه سانتی‌گراد و چسبندگی^۱ بهتر به ماتریس قیری است. شاهد این مدعا، مقایسه نمونه‌های (۵) و (۶) است که با افزایش دمای اختلاط الیاف با قیر از ۱۳۵ درجه به ۱۶۳ درجه (یک درجه بالاتر از دمای ذوب الیاف)، داکتیلیتی افزایش می‌یابد. دلیل این امر، خروج عملکرد پلی پروپیلن از حالت لیفی به حالت پلیمری است. در این حالت از خاصیت مسلح کنندگی الیاف پلی پروپیلن کاسته می‌شود و لذا داکتیلیتی افزایش می‌یابد.

هر چند الیاف شیشه بالاترین مدول را دارا می‌باشند؛ ولی نمونه‌های مسلح شده با این الیاف، دارای کمترین داکتیلیتی نمی‌باشند. دلیل این امر، بروز پدیده‌ای موسوم به سرش الیاف^۲ می‌باشد. این تئوری در مرجع [۲۶] به تفصیل، تبیین شده است. بر این مبنای، میزان همکاری الیاف با ماتریس در کامپوزیت‌های الیاف کوتاه، پارامتر مهم و تعیین کننده‌ای می‌باشد. الیاف شیشه به دلیل ضریب اصطکاک پایین با یکدیگر (۰/۱۳) در مقایسه با سایر الیاف، دارای بیشترین سرش در هنگام بارگذاری هستند.

درصد الیاف دارای اثر معنی داری در تغییر میزان کشش پذیری قیر نمی‌باشد (مقایسه نمونه‌های ۲ و ۳ و ۴ و همچنین ۸ و ۹). مطابق با رابطه ۱، به دلیل کسر حجمی پایین الیاف در مقایسه با ماتریس اثر تغییر درصد حضور الیاف بر میزان داکتیلیتی ناچیز است.

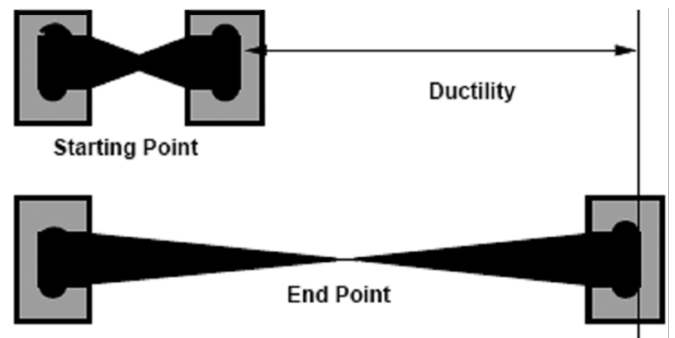
طول الیاف نیز بر کشش پذیری قیر موثر است (مقایسه نمونه‌های ۴ و ۵). با افزایش طول الیاف، میزان کشش پذیری قیر افزایش می‌یابد. به نظر می‌رسد دلیل این امر، عدم اختلاط مناسب قیر با الیاف باشد که سبب کاهش مدول کشسانی در مقایسه با حالت ایده‌آل شده است. این مساله در حین انجام آزمایشات نیز مشهود بود. دمای اختلاط نیز دارای اثر معنی داری بر میزان کشش پذیری قیر می‌باشد (مقایسه نمونه‌های ۵ و ۶). با افزایش دمای اختلاط، میزان کشش پذیری قیر افزایش می‌یابد. ممکن است اضمحلال سطحی الیاف پلی پروپیلن در دمای ۱۶۵ درجه، سبب عدم کارکرد مطلوب این الیاف در قیر شده باشد. تکسچر شدن در الیاف پلی استر اثر معنی داری بر افزایش میزان کشش پذیری قیر دارد (مقایسه نمونه‌های ۱۱ و ۱۲)، که به نظر می‌رسد علت این امر، عدم اختلاط مناسب قیر با الیاف در این حالت باشد.

۴- مراجع

- [1] T. Hongu, G. Philips, New Fibers, Ellis Harwood Series In Polymer Science And Technology, New York, 1990.
[2] C. Nicholls, Asphalt Surfacing, First published, E & FN Spone, London, 1998.

[۳] سرائی پور، م.؛ آسفالت، چاپ دوم، انتشارات دهخدا، ۱۳۶۰.

[۴] ارستمی نجف آبادی، ر.، تاثیر پارامترهای لیفی و تولیدی بر خواص فیزیکی،

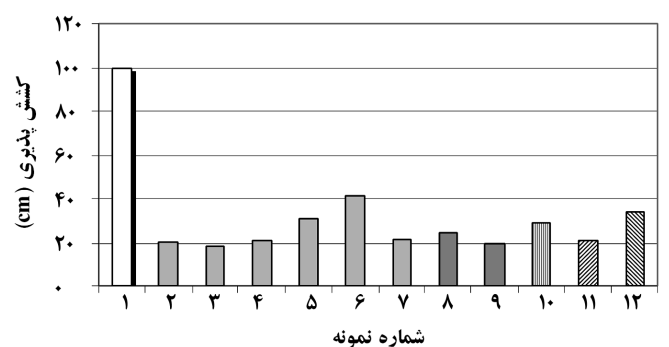


شکل ۱- شماتیکی از آزمایش کشش پذیری

طرح آزمایشات این پژوهش نیز در جدول ۳ تبیین شده است. شکل ۲ نیز به ارائه نتایج آزمایش می‌پردازد:

جدول ۳- طرح آزمایشات پژوهش

شماره نمونه	درصد حضور	نوع الیاف	دمای اختلاط	طول الیاف (میلی‌متر)	شماره نمونه	درصد حضور	نوع الیاف	دمای اختلاط	طول الیاف (میلی‌متر)
۱	-	PP	۱۶۵	-	۷	۰/۵٪			
۲	۰/۲۵٪	PP	۱۳۵	۶	۸	۰/۱۲۵٪	Nylon ۶۶		
۳	۰/۵٪	PP	۱۳۵	۶	۹	۰/۵٪	Nylon ۶۶		
۴	۰/۱٪	PP	۱۳۵	۶	۱۰	۰/۲۵٪	Glass		
۵	۰/۲۵٪	PP	۱۳۵	۱۲	۱۱	۰/۲۵٪	Flat PET		
۶	۰/۲۵٪	PP	۱۳۵	۱۲	۱۲	۰/۲۵٪	Tex PET		



شکل ۲- نتایج آزمایش کشش پذیری برای نمونه‌های مختلف

۳- بحث و نتایج

همان طور که از شکل ۲ استنباط می‌گردد، حضور الیاف در قیر به طور کلی سبب کاهش کشش پذیری قیر خواهد شد (مقایسه نمونه‌های ۲ الی ۱۲ با نمونه شماره یک). این پدیده به کمک مکانیک کامپوزیت‌ها قابل توجیه است. مدول یک کامپوزیت (E_c) از رابطه زیر به دست می‌آید [۲۸]:

1- tacky
2- fiber slippage

- 2005.
- [18] S. Tapkin, The effect of polypropylene fibers on asphalt performance, Building and Environment, Article in Press and available online from: www.elsevier.com.
- [19] Y. Huang, N. Bird, O. Heidrich, A review of the use of recycled solid waste materials in asphalt pavements, Resources, Conservation and Recycling, Article in Press and available online from: www.elsevier.com.
- [20] J. Putman, N. Amirhanian, Utilization of waste fibers in stone matrix asphalt mixtures, Resources, Conservation and Recycling, 42, 265-274, 2004.
- [21] M. Aren Clevon, Investigation of the properties of Carbon Fiber Modified Asphalt Mixtures, A Thesis for degree of M.S in Civil Engineering, Michigan Technological University, 2000.
- [22] Wu. Shaopeng, L. Mo, Z. Shui, Z. Chen, Investigation of conductivity of asphalt concrete containing conductive fillers, Carbon 43, 1358-1343, 2005.
- [23] R.L. Fitzgerald, Novel Applications of Carbon Fiber for Hot Mix Asphalt Reinforcement and Carbon-Carbon Pre-forms, A Thesis for degree of M.S in Chemical Engineering, Michigan Technological University, 2000.
- [24] S.M. Abtahi, Mo. Sheikhzadeh, S.M. Hejazi, Fiber-Reinforced Asphalt-Concrete Structures- a Review, Construction and Building Materials, Vol.24, Issue 6, 871-877, 2010.
- [25] S.M. Abtahi, S.M. Hejazi, M. Sheikhzadeh, D. Semnani, Using an Artificial Neural Network (ANN) for the Investigation of some Fiber Parameter Performances in Fiber Reinforced Asphalt Concrete (FRAC), 7th International Conference Sustainable aggregates, asphalt technology and pavement engineering, Liverpool, UK, 2008.
- [26] S.M. Hejazi, S.M. Abtahi, M. Sheikhzadeh, D. Semnani, Introducing Two Simple Models for Predicting Fiber Reinforced Asphalt Concrete (FRAC) Behavior during Longitudinal Loads, International Journal of Applied Polymer Science, Vol.109 (5), 2872-2881, 2008.
- [27] S.M. Abtahi, M. Ameri, M. Sheikhzadeh, S.M. Hejazi, E. Rahnama, A Comparative Study on the Use of SBS Polymers and Poly Propylene Fibers Modifying Asphalt Concrete Structures, 8th International Conference Sustainable aggregates, asphalt technology and pavement engineering, Liverpool, UK, 2009.
- [28] R.M. Jones, Mechanics of composite materials, Taylor & Francis, 1999.
- مکانیکی ژئوتکستایل های تولیدی از الیاف بریده پلی پروپیلن، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۳۸۵.
- [5] L. Marienfeld, K. Guram, Overview of field installation procedures for paving fabrics in North America, Geotextiles and Geomembranes, 105-120, 1999.
- [6] E. Zube, Wire Mesh Reinforcement in Bituminous Resurfacing, Highway Research Record, Bulletin 131, 1-18, 1956.
- [7] حجازی، س.م.، تسلیح مکانیکی آسفالت با استفاده از مواد نساجی، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۳۸۶.
- [8] H.W. Bushing and J.D. Antrim, Fiber Reinforcement of Bituminous Mixtures, Proceedings of the Association of Asphalt Paving Technologists. Vol. 37. 629-659.
- [9] T. Komatsu, H. Kikuta, Y. Tuji and E. Muramatsu, Durability assessment of geogrid-reinforced asphalt concrete, Geotextiles and Geomembranes, Volume 16, Issue 5, 257-271, 1998.
- [10] S.F. Brown, R.D. Rowlett and J.L. Boucher, Asphalt Modification, Proceedings of the Conference on the United States Strategic Highway Research Program: Sharing the Benefits. London, Thomas Telford (pub). 181-203, 1990.
- [11] A. Dean, G. Malasheskie, Field performance of fabrics and fibers to retard reflective cracking, Transportation Research Record, 13-23, 1989.
- [12] G. Polacco, S. Berlincioni, D. Biondi, J. Stastna, L. Zanzotto, Asphalt modification with different polyethylene-based polymers, European Polymer Journal, 41, 2831-2844, 2005.
- [13] A. Mahrez, M. Karim H. Katman, Fatigue and Deformation Properties Of Glass Fiber Reinforced Bituminous Mixes, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.6, 997-1007, 2005.
- [14] W. Shao-peng, Effect of fiber types on relevant properties of porous asphalt, Trans. Nonferrous Met. SOC, China 16, Vol.16, Supplement 2, 791-795, 2006.
- [15] J.P. Serfass, J. Samanos, Fiber-Modified Asphalt Concrete Characteristics, Applications and Behavior, Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists, Vol. 65, 193-230, 1996.
- [16] Y. Decoene, Contribution of cellulose fibers to the performance of porous asphalts, Transportation Research Record n 1265, 82, 1990.
- [17] S. Joon, Rust, P. Jon, Hamouda, Hechmi, Kim, Y. Richard, Borden, H. Roy, Fatigue Cracking Resistance of Fiber-Reinforced Asphalt Concrete, Textile Research,