

آسفالت الیافی

گزارش فنی
آذر 1393



مقدمه

امروزه با افزایش حجم ترافیک راه‌ها و بالا رفتن فشار ناشی از چرخ وسایل نقلیه، روسازی‌های آسفالتی در معرض بارگذاری بیشتر و در نتیجه تنش‌های فشاری و کششی زیادی قرار می‌گیرند. لذا خرابی‌هایی چون خستگی و شیارافتادگی که ناشی از بارهای ترافیکی زیاد بوده و موج‌زدگی و ناهمواری‌هایی که در اثر ترمزهای شدید وسایل نقلیه روی می‌دهند، یکی از معضلات اصلی روسازی‌های انعطاف‌پذیر آسفالتی به شمار می‌روند و در حال افزایش هستند. در حال حاضر، رویه‌های جاده‌ها و معابر کشور با استفاده از آسفالت گرم سنتی اجرا می‌شوند که با استفاده از مصالح سنگی دانه‌بندی شده و قیر خالص تولید می‌شود. دوام ناکافی این آسفالت در تحمل فشارهای وارده، متوسط عمر مفید آن را در کشور به کمتر از پنج سال رسانده است که این موضوع منجر به اختصاص اعتبارات و بودجه‌های هنگفت به این صنعت گردیده و هر ساله باعث هدر رفتن سرمایه‌های زیادی می‌شود. لذا با علم بر حجم بالا و روز افزودن وسایل نقلیه از یک سو و عمر کوتاه و خرابی‌های متعدد رویه‌های آسفالتی رایج از سوی دیگر، نیاز به استفاده از لایه‌های آسفالتی با دوام بیشتر امری ضروری به نظر می‌رسد. در این مسیر، استفاده از آسفالت الیافی با مشخصات عملکردی فوق‌العاده و جایگزین نمودن آن با آسفالت گرم سنتی در محورهای بزرگراهی و معابر پر تردد کشور، راهکاری مناسب و مقرون به صرفه است. با توجه به کاربرد موفقیت‌آمیز آسفالت الیافی در آمریکا، اروپا و آسیا و نتایج عالی ارزیابی‌های عملکرد میدانی آن در کشورهای مختلف و کشور ایران، شرکت پاکسار شن در راستای خط مشی نوآوری و ارتقاء کیفیت محصولات آسفالتی خود از سال 1393 تصمیم گرفت این نوع آسفالت را تولید کرده و به کارفرمایان صنعت راه‌سازی ارائه نماید.

الیاف مرکب آرامید و پلی‌اولفین

الیاف مرکب آسفالت برای مسلح کردن و تقویت مخلوط‌های آسفالتی گرم، نیمه‌گرم و سرد طراحی شده است. این الیاف مخلوطی از الیاف شبکه‌ای بافته (از جنس پلی‌اولفین) و الیاف تکرشته‌ای (از جنس آرامید) به طول 19 میلیمتر است که با حداقل مقدار 0/5 کیلوگرم در هر تن آسفالت استفاده می‌شود.





تحقیقات و تجربیات میدانی نشان داده است که مقدار 0/5 کیلوگرم بهینه است، اگرچه برخی مواقع می توان با دو یا سه برابر کردن مقدار آن نتیجه بهتری گرفت. لذا بایستی برای هر پروژه این امکان را بررسی نمود.

الیاف مرکب آسفالت با کاهش و به تأخیر انداختن ترکهای حرارتی، انعکاسی و خستگی و نیز تغییرشکلهای دائمی (شیارافتادگی)، مزیت صرفه اقتصادی از طریق کاهش ضخامت لایه آسفالتی و افزایش عمر آن را به دنبال دارد.



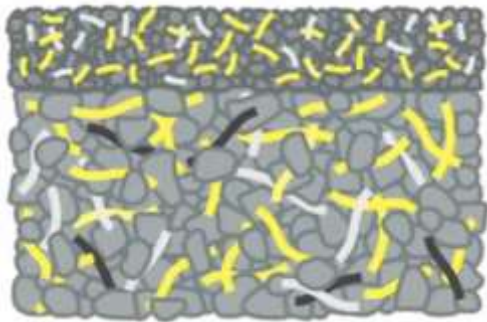
ویژگی های الیاف مرکب آسفالت



الیاف مرکب آرامید و پلی اولفین در همه کارخانه های آسفالت، منقطع یا پیوسته، با هر سرعت تولید به خوبی با سایر مصالح و مواد مخلوط می شود. این الیاف در عرض چند ثانیه به طور یکنواخت و کامل در مخلوط پراکنده می شود و بر خلاف سایر افزودنی ها، هیچ تغییری در طرح آسفالت و کارخانه آسفالت نیاز نخواهد بود.

الیاف مرکب آسفالت پس از توزین مصالح سنگی و قبل از اضافه کردن قیر، به صورت بسته بندی به داخل میکسر اضافه می شود و نیاز به کنترل مقدار وزنی ندارد که باعث کاهش خطای مقدار استعمال آن می شود.

آسفالت الیافی هیچ گونه مشکلات پخش و تراکم به دنبال ندارد و مطابق مخلوط های آسفالتی گرم سنتی عمل می شود. لذا هیچ تغییری در پروسه پخش و تراکم نیاز نخواهد بود.



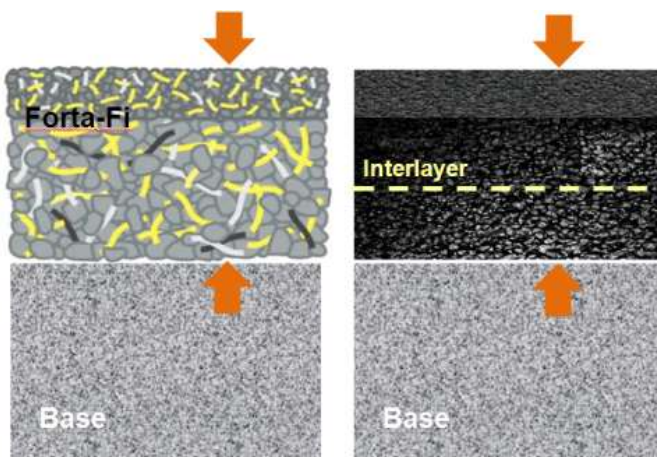
به دلیل مسلح کردن سه بعدی آسفالت، الیاف مرکب باعث استهلاک تنشها در جهات مختلف شده و نسبت به آسفالت گرم سنتی، تمرکز تنش و خرابی خستگی کمتری تجربه می‌شود.



ورود نیروها به درون لایه آسفالتی و لایه های زیرین = ایجاد تنش و ترک خستگی



توزیع نیروها توسط الیاف در سرتاسر لایه آسفالت = کاهش تنشها و ترک خستگی



برتری الیاف مرکب آسفالت نسبت به میان لایه‌های مورد استفاده در راه‌سازی این است که علاوه بر افزایش مقاومت آسفالت در برابر بروز ترک‌های انعکاسی و پیشگیری از بالا آمدن ترک‌های لایه‌های زیرین، باعث افزایش مقاومت کششی و مقاومت ترک خوردگی روکش آسفالتی شده و وقوع ترک‌های جدید را نیز به تأخیر می‌اندازد.

شاخصه‌های آسفالت الیافی



سهولت تولید و اجرا

عموماً به منظور تولید آسفالت‌های پلیمری و کاربرد هیدروکربن‌ها از جمله گیلسونایت افزودنی باید در یک پروسه پیچیده و پرهزینه به قیر اضافه شده و قیر اصلاح شده جهت تولید آسفالت اصلاح شده به کارخانه حمل شود. برای کاربرد فیلرها نیز بایستی تمهیداتی در کارخانه آسفالت اندیشیده شود. به علاوه برای اجرای آسفالت‌های پلیمری باید از ماشین‌آلات خاص استفاده شده و تمهیداتی نیز برای دستیابی به دانسیته مطلوب اندیشیده شود. در صورتی که الیاف مرکب آرامید و پلی‌اولفین در همه کارخانه‌ها با هر ظرفیت به خوبی با مصالح و قیر مخلوط می‌شود. این نوع الیاف پس از توزین مصالح سنگی و قبل از اضافه کردن قیر، به صورت بسته‌بندی به میکسر اضافه شده و در عرض چند ثانیه به‌طور یکنواخت و کامل در مخلوط توزیع می‌شود.

پایداری انبارش

قیرهای اصلاح‌شده سیستم‌های چندفازی هستند و باید جداسدن فازی در آنها بررسی گردد. پلیمرها و هیدروکربن‌ها مانند گیلسونایت غالباً افزودنی قیر بوده و قبل از پروسه تولید با قیر مخلوط می‌شوند. لذا در زمان انبارش و حتی هنگام گرم‌شدن درون مخازن، احتمال دو فازی شدن قیر اصلاح شده وجود دارد. لیکن الیاف مرکب افزودنی آسفالت است و از آنجا که به صورت خشک به مخلوط اضافه می‌شود، چنین مسائلی را به دنبال ندارد.

مشخصات طرح آسفالت

به منظور استفاده از پلیمرها، هیدروکربن‌ها و فیلرها برای اصلاح خواص آسفالت لازم است نسبت به تهیه مصالح سنگی پروژه و نیز انجام آزمایش‌های طرح اختلاط اقدام شده و مشخصات حجمی آسفالت با وجود افزودنی برآورد شود. در صورتی که به دلیل مقدار وزنی کم و قابل اغماض الیاف مرکب، هیچ‌گونه تغییر در مشخصات طرح اختلاط آسفالت گرم معمول جهت تولید آسفالت الیافی نیاز نخواهد بود.

مسائل اجرایی

قیرهای اصلاح‌شده پلیمری و هیدروکربنی عموماً ویسکوزیته بیشتری نسبت به قیر خالص دارند که باعث افزایش زیاد دمای تولید، پخش و تراکم آسفالت تا 190 درجه سانتیگراد می‌شود. این امر خوشایند نبوده و مشکلات اجرایی فراوانی به دنبال دارد. به خصوص در فصل سرما که به دلیل کاهش سریع دمای آسفالت در محل پروژه، امکان دستیابی به حداقل تراکم مجاز کاهش می‌یابد. لیکن آسفالت الیافی چنین مشکلاتی ندارد و حتی باعث تسهیل عملیات غلتک‌زنی می‌شود.

مسائل اقتصادی و هزینه ها

در کنار مدول ارتجاعی بیشتر و ضخامت طراحی کمتر، آسفالت الیافی مقاومت بیشتری در برابر بروز انواع ترکها دارد و با اطمینان می توان ضریب سازه ای بالاتری برای آن در نظر گرفت که نسبت به آسفالت گرم سنتی منجر به کاهش حدود 35 درصد در ضخامت لایه می گردد. لذا با توجه به بهای آسفالت و هزینه های بالای عملیات اجرا، کاهش حجم عملیات آسفالتی عامل مهمی در تصمیم گیری خواهد بود.

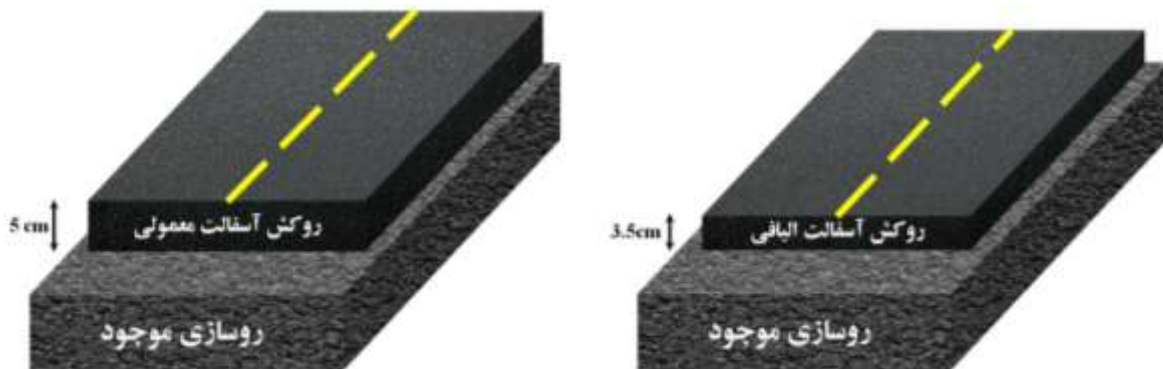
عملکرد

آزمون های آزمایشگاهی و ارزیابی های میدانی نشان داده است که آسفالت الیافی مقاومت بیشتری در برابر تغییر شکل های دائمی (شیارافتادگی) در دماهای بالا دارد. همچنین مقاومت مخلوط آسفالت الیافی در برابر ترک خوردگی انعکاسی، حرارتی و خستگی تا حد زیادی بیش از آسفالت گرم معمول است.

مقرون به صرفه



هزینه های کمتر روسازی راه
به دلیل کاهش ضخامت لایه ها



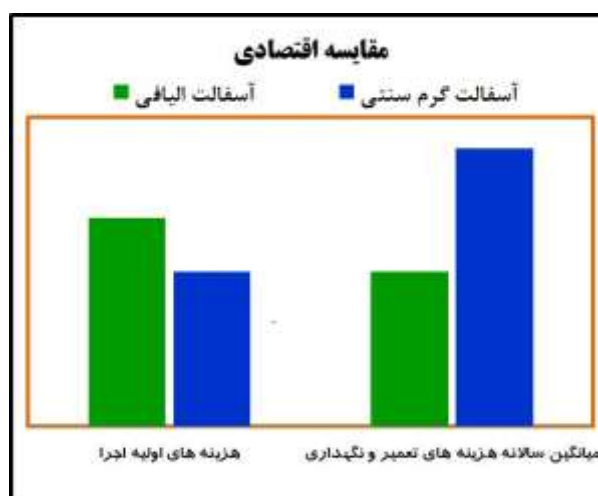
با استفاده از آسفالت الیافی می توان با کاهش ضخامت تا 35٪ در ابتدای کار به کاهش هزینه دست یافت.

با استفاده از آسفالت الیافی و افزایش عمر رویه راه تا 50٪ و کاهش حجم عملیات بازسازی و تعمیر و نگهداری راهها، صرفه اقتصادی بیشتری حاصل خواهد شد.



هزینه‌های کمتر نگهداری روسازی به دلیل دوام بیشتر و عملکرد برتر آسفالت الیافی در مقایسه با آسفالت گرم سنتی

هزینه‌های تولید و اجرای آسفالت الیافی در ایران به ازای 0/5 کیلوگرم الیاف در یک تن آسفالت، حدود 20-15 درصد بیش از مخلوط آسفالت گرم سنتی است که ناشی از هزینه‌های مربوط به تأمین الیاف است. با این وجود، افزایش عمر روسازی به دلیل کاهش خرابی شیارافتادگی و خستگی و افزایش دوام آسفالت و همچنین سایر مزایای اجرای این نوع آسفالت ارزش افزوده‌ای بیش از آن ایجاد خواهد نمود.



سایر مزایای اقتصادی

- کاهش حجم عملیات آسفالتی و کاهش مصرف قیر
- کاهش هزینه‌های عملیات تعمیر و نگهداری روسازی
- کاهش تعداد کامیونهای مورد نیاز و مصرف سوخت
- کاهش نفر - ساعت کار نیروی انسانی جهت عملیات پخش و تراکم
- کاهش زمان اجرای پروژه و برنامه زمانبندی ساده تر
- اختلال کمتر برای ترافیک کاربران مسیر و کاهش زمانهای تأخیر کاربران

نتایج آزمایشگاهی

دوام و عملکرد آسفالت الیافی در مقایسه با آسفالت گرم سنتی با انجام آزمایش‌های عملکردی این مخلوط‌ها ارزیابی شده است. این آزمایش‌ها بر روی مخلوط‌های آسفالتی تولید شده با دانه‌بندی‌های مختلف و مصالح سنگی نقاط مختلف کشور توسط شرکت‌های متعددی به انجام رسیده است.



آزمایش تعیین استحکام مارشال
 استحکام مارشال بیشتر
 پایداری بیشتر، تغییرشکل پذیری کمتر

نوع آسفالت : مخلوط توپکا 0-19 میلیمتر

نسبت افزایش استحکام	استحکام مارشال (کیلوگرم نیرو)	نوع مخلوط
1/4	824	آسفالت گرم معمولی
	1153	آسفالت الیافی



آزمایش تعیین مقاومت کششی
 مقاومت کششی بیشتر
 ترک خوردگی کمتر، خرابی رطوبتی کمتر

نوع آسفالت : مخلوط توپکا 0-19 میلیمتر

نسبت افزایش مقاومت	مقاومت کششی (کیلوپاسکال)	نوع مخلوط
1/5	740	آسفالت گرم معمولی
	1070	آسفالت الیافی



آزمایش تعیین مدول برجهندگی
 مدول برجهندگی (الاستیسیته) بیشتر
 ضخامت کمتر، شیارافتادگی کمتر

محل پروژه : ساری، میدان فرح آباد
 نوع آسفالت : مخلوط توپکا 0-19 میلیمتر

نسبت افزایش مدول	مدول برجهندگی (مگاپاسکال)	نوع مخلوط
1/8	2873	آسفالت گرم معمولی
	5220	آسفالت الیافی



آزمایش خزش دینامیکی
 تغییر شکل خزشی کمتر، عدد روانی بیشتر
 شیارافتادگی کمتر، موج زدگی کمتر

نوع آسفالت : مخلوط توپکا 0-19 میلیمتر

نسبت افزایش عدد روانی	عدد روانی	تعداد سیکل گسیختگی	نوع مخلوط
3/0	2500	3046	آسفالت گرم معمولی
	7500	10160	آسفالت الیافی



آزمایش خستگی کششی غیرمستقیم تعداد سیکل گسیختگی کمتر، عمر خستگی بیشتر

نوع آسفالت : مخلوط توپکا 0-19 میلیمتر

نسبت افزایش عمر خستگی	تعداد سیکل گسیختگی	نوع مخلوط
4/4	7464	آسفالت گرم معمولی
	33072	آسفالت الیافی

پروژه‌های آسفالت الیافی

آسفالت الیافی مسلح شده با الیاف مرکب آرامید و پلی‌اولفین تاکنون در قریب به یکصد پروژه در کشور آمریکا و کشورهای دیگری چون اسپانیا، ترکیه، روسیه، جمهوری چک، بلغارستان، چین، پاکستان، بولیوی مورد استفاده قرار گرفته و با موفقیت ارزیابی شده است. استفاده از این نوع آسفالت به سرعت در حال گسترش بوده و پس از کسب نتایج بسیار ارزنده و برتر در مقایسه با آسفالت گرم سنتی در سرتاسر جهان مورد توجه قرار گرفته است. در کشور ایران نیز پس از گذشت نزدیک به دو سال از تجربه اجرای اولین آسفالت الیافی مسلح شده با الیاف مرکب آرامید و ارزیابی های آزمایشگاهی صورت گرفته، در استان های مختلف کشور در دستور کار متصدیان امر قرار گرفته است. در اینجا، منتخب پروژه های اجرا شده با آسفالت الیافی در سرتاسر جهان معرفی شده است.

Jackson Hole Airport, Jackson, WY, 2009



لایه اصطکاکی سطحی آسفالت متخلخل الیافی به ضخامت 4 سانتیمتر
 محدوده دمایی سالانه : +30 ~ -40 درجه سانتیگراد
 طول باند 1920 متر و ارتفاع 1966 متر از سطح دریا
 میزان بارندگی : بارش برف سالانه 5/7 متر

Sheridan County Airport, Sheridan, WY, 2011



لایه اصطکاکی سطحی آسفالت متخلخل الیافی به ضخامت 4 سانتیمتر
 حجم عملیات : 6000 تن آسفالت

State Route 228, Cranberry, PA, 2011



لایه روکش آسفالت الیافی با دانه بندی پیوسته
 حجم ترافیک : 19200 وسیله در روز شامل 7٪ کامیون
 حجم عملیات : 4500 تن
 بعد از گذشت یکسال، هیچ گونه ترک یا شیار افتادگی و نشست دیده نشده است.

Automobile Road St.-Petersburg, Russia, 2011



لایه روکش سطحی آسفالت الیافی 19-0 میلیمتر
 حجم عملیات : مسیری به طول 1 کیلومتر و عرض 8 متر
 محدوده دمایی سالانه محل : +30 ~ -40 درجه سانتیگراد

Cordoba, Spain, 2010



لايه روکش سطحی آسفالت الیافی به ضخامت 5 سانتیمتر
حجم عملیات : 4000 تن آسفالت

Ohio State Route 13, Mansfield, Ohio, 2011



لايه روکش سطحی آسفالت الیافی به ضخامت 5 سانتیمتر
حجم عملیات : 3700 تن

State Route 837, August 2013, Clariton, PA



لایه روکش سطحی آسفالت الیافی به ضخامت 4 سانتیمتر
حجم عملیات : 6500 تن