

استفاده از قیرهای امولسیون‌ی اصلاح شده پلیمری در راهسازی

محمود کی منش^۱، علی اکبری مطلق^{۲*}، مسعود جیلانچی^۳

۱- استادیار گروه مهندسی عمران، دانشگاه پیام نور، واحد شمال تهران

۲- دانشجوی دکترای مهندسی عمران- راه و ترابری، دانشگاه پیام نور، واحد شمال تهران

۳- دانشجوی دکترای مهندسی عمران- راه و ترابری، دانشگاه پیام نور، واحد شمال تهران

*aliam394@gmail.com

ارسال: مرداد ۹۷ پذیرش: مهر ۹۷

چکیده

امولسیون قیر نسبت به قیرهای خالص و محلول، مزایای اقتصادی و زیست محیطی فراوانی دارد، که از آن جمله می‌توان به عدم احتیاج به بکارگیری مواد حلال در قیر، امکان استفاده از مصالح مرطوب و غیره اشاره کرد. با توجه به این مزایا، امولسیون می‌تواند جایگزین مناسبی بخصوص برای استفاده گسترده در اجرای رویه راه‌های با حجم ترافیک کم باشد. قیر امولسیون‌ی اصلاح شده پلیمری (PMBE) دسته خاصی از امولسیون‌های قیری می‌باشد که برای چندین دهه است که به طور موفقیت آمیزی در صنعت ساخت آسفالت جاده به کار گرفته می‌شود. قیر امولسیون‌ی اصلاح شده پلیمری نشان‌دهنده دسته ویژه‌ای از بیندرها با عملکرد بالا هستند که برای به کارگیری در مراحل پایانی آسفالت کاری مانند Chipseal و یا Micro Surfacing در ساخت آسفالت جاده‌هایی که تحت شرایط ترافیکی سنگین هستند، ارجحیت دارند.

در این تحقیق ضمن بررسی دقیق و جزئی مشخصات فیزیکی و شیمیایی قیر امولسیون‌ی اصلاح شده پلیمری، امکان استفاده از این قیر در راهسازی نیز بررسی و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در نهایت نتایج زیر حاصل شد: اصلاح پلیمری، حساسیت دمایی را کاهش داده و باعث افزایش چسبندگی بین سطوح موجود و بهبود انعطاف پذیری می‌شود. پلیمرها به منظور به حداقل رساندن تراوش قیر به سطح و بهبود دوام Chipseal به کار رفته و برای جاده‌هایی با سطح ترافیک بالا کاربرد دارند. استفاده از PMBE ها باعث بهبود مقاومت در برابر سایش و رطوبت در Microsurfacing می‌شود؛ به همین دلیل PMBE ها برای Microsurfacing هایی که تحت فشار ترافیکی بالا هستند، مورد استفاده قرار می‌گیرند.

کلمات کلیدی: راهسازی، قیر اصلاح شده پلیمری، امولسیون، Chipseal، Microsurfacing

۱- مقدمه

باتوجه به نقش چشمگیر راه‌ها در توسعه زیرساخت‌های حمل و نقل و به تبع آن رشد و توسعه شهرها، استفاده و بهره‌گیری از فناوری‌های جدید به منظور ساخت، توسعه و یا نگهداری شبکه راه‌ها می‌تواند علاوه بر افزایش کیفیت خدمت‌دهی، کاهش هزینه‌های چرخه عمر را در پی داشته باشد.

روش تحقیق تحلیلی و توصیفی بوده و با گردآوری و استناد به مطالعات میدانی و کتابخانه‌ای، و مقایسه روش‌های نوین روسازی آسفالتی در راه‌ها و معابر شهری، سعی در توسعه دانش طراحی و اجرای روسازی آسفالتی بدون نیاز به عملیات ترمیم و نگهداری

در شهرداری‌ها و انتخاب گزینه بهتر در امر اجرایی، انجام شده است. با وجود این، امروزه این منابع به طور روزافزونی توسط تحقیقات کامپیوتر محور، اینترنت با امکانات وسیعی در حوزه اطلاعات در دسترس می‌باشد. با توجه به اینکه تقریباً تمامی راه‌ها و معابر در برخی موارد جهت عبور و مرور خودروها و افراد توسط رویه آسفالتی پوشیده شده‌اند، در این تحقیق روش‌های قدیمی و نوین سنجش مشخصات قیر و آسفالت مورد بررسی قرار گرفته است. پس از بیان روش‌های نوین ارزیابی قیر و آسفالت، روش‌ها و فناوری‌های نوین ساخت روسازی معابر شامل آسفالت‌های گرم، بازیافت سرد آسفالت، قیرهای امولسیون و استفاده آن‌ها در تولید مخلوط آسفالت، استفاده از پودر لاستیک به منظور بهبود خواص و عمر مخلوط آسفالت و مخلوط‌های آسفالتی با استخوان بندی سنگی تشریح می‌شود، که در ادامه مزایا و معایب هر کدام از فناوری‌ها بررسی شده و امید است یافته‌های این تحقیق سبب آشنایی مدیران و تصمیم گیرندگان شهری با فناوری‌های پر کاربرد درون شهری در زمینه روسازی، باشد [۱].

۱-۱- پیشنهاد تحقیق

در سال ۲۰۰۸، Johnston و King امکان استفاده از PMBE در Chipseal را با انجام آزمایشات آزمایشگاهی و درجا بطور کامل مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که بهتر است PMBE برای بیندر آسفالت جاده‌های دارای شرایط ترافیکی سنگین مورد استفاده قرار گیرد [۲].

در سال ۲۰۱۱ shafii و همکاران با استفاده از پلیمرهای متفاوت، انواع مختلف PMBE را مورد آزمایش قرار دادند و در نهایت به این نتیجه رسیدند که امولسیون کردن قیر اصلاح شده پلیمری سخت تر از تولید آن است و خواص بیندرهای بازیابی شده تفاوت چندانی نسبت به قیر اصلاح شده پلیمری که به عنوان ماده اولیه برای تولید PMBE استفاده شده، ندارد که این امر پیش‌بینی خواص نهایی آن را آسان می‌کند [۳].

در سال ۲۰۱۷ Marek Pszczoła با انجام آزمایشات مختلفی بر روی PMBE‌ها، به این نتیجه رسید که اصلاح پلیمری، حساسیت دمایی را کاهش داده و باعث افزایش چسبندگی بین سطوح موجود و بهبود انعطاف‌پذیری می‌شود. پلیمرها به منظور به حداقل رساندن تراوش قیر به سطح و بهبود دوام Chipseal به کار رفته و برای جاده‌هایی با سطح ترافیکی بالا استفاده می‌شوند [۴].

۲- قیرهای امولسیون

امولسیون‌های قیری که به علت بی‌خطر بودن برای محیط‌زیست و انسان، «قیر سبز» نیز نامیده می‌شوند، اولین بار در سال ۱۹۲۲ تولید و ثبت شدند. برای تهیه این فرآورده، قیر گرم، آب و ماده امولسیون‌ساز را با نسبت‌های معین با اعمال انرژی مخلوط می‌کنند. نقش امولسیون‌ساز، جلوگیری از به هم پیوستن مجدد ذرات معلق است و با پوشش سطح ذرات معلق، باعث به وجود آمدن نیروی دافعه الکتریکی بین ذرات شده و مانع نزدیک شدن آنها به یکدیگر می‌شود. امولسیون‌سازها از نقطه نظر ساختاری معمولاً بر دو نوع هستند:

- امولسیون‌سازهای شیمیایی که خود به دو گروه کاتیونی و آنیونی تقسیم می‌شوند.
- امولسیون‌سازهای معدنی که عمدتاً از نوع رسی هستند.

امولسیون‌سازهای شیمیایی از دو قسمت تشکیل می‌شوند: قسمت آب دوست و قسمت روغن دوست. در هنگام تشکیل امولسیون، قسمت روغن دوست در قیر حل شده و قسمت آب دوست بیرون از قیر باقی می‌ماند. حال اگر قسمت آب دوست، دارای بار الکتریکی مثبت باشد، امولسیون ایجاد شده کاتیونیک و اگر دارای بار الکتریکی منفی باشد، امولسیون به دست آمده، آنیونیک نامیده می‌شود. اما امولسیون‌سازهای معدنی دارای ماهیت متفاوتی هستند؛ امولسیون‌سازهای معدنی و یا به عبارت دیگر ذرات و کانی‌های رس که دارای بار سطحی منفی نیز هستند، ذرات قیر را احاطه می‌کنند و مانع از چسبیدن ذرات به هم می‌شوند.

امولسیون‌های غیر یونی (رسی) علیرغم اینکه نسبت به امولسیون‌های کاتیونیک و آنیونیک دامنه کاربرد وسیع‌تری دارند، در داخل کشور تولید نمی‌شوند.

در حال حاضر با توجه به مشخصات مصالح سنگی و کاربردهای مورد نظر، غالب امولسیون‌های تولیدی در کشور از نوع کاتیونی است؛ لیکن علیرغم توسعه مراکز تولید امولسیون داخلی، استفاده از امولسیون مانند کشورهای پیشرفته گسترش پیدا نکرده است. در توضیح علل این امر می‌توان به چند مورد زیر اشاره کرد:

- امولسیون‌سازها، در داخل کشور تولید نمی‌شوند و وارداتی هستند، از اینرو گران‌قیمت بوده و دسترسی به آنها همواره با مشکلاتی همراه است؛ به همین دلیل معمولاً تولیدکنندگان امولسیون، از بکار بردن مقادیر دقیق و الزم امولسیون‌ساز امتناع می‌ورزند که باعث کاهش شدید کیفیت امولسیون می‌شود.
- در تهیه امولسیون‌های کاتیونی مواد افزودنی دیگری نیز مانند نمک، اسید و حلال هم باید استفاده شود که تغییرات جزئی در مقادیر این مواد، خصوصیات محصول نهایی را تحت تأثیر قرار می‌دهد.
- با توجه به حساسیت رفتار و خواص امولسیون تولیدی به نسبت‌های اختلاط در هنگام ساخت، باید نسبت‌های دقیق این مواد توسط افراد متخصص رعایت و کنترل شود.
- محدودیت کاربردی انواع امولسیون‌ها [۱]

از اینرو، یافتن راهی که مسائل اقتصادی را برطرف کرده و از پیچیدگی‌های تولید بکاهد، می‌تواند جایگاه امولسیون‌های قیری را در پروژه‌های راهسازی و بهسازی، ارتقاء بخشد. با علم به مسایل مطرح شده، وجود معادن بزرگ بنتونیت در داخل کشور، مزایای ترکیب رس و قیر، پیچیدگی‌های نسبتاً کمتر تولید امولسیون‌های رسی نسبت به انواع دیگر امولسیون‌ها و دامنه وسیع کاربرد امولسیون‌های رسی، در این مقاله، مشخصات امولسیون‌های تولید شده با درصد‌های مختلف رس، تعیین و با امولسیون کاتیونی که با همان درصد قیر تهیه شده بود، مقایسه شده‌اند. همچنین برای بررسی عملکرد امولسیون‌های رسی و کاتیونی در مخلوط‌های آسفالتی، از آزمایش کشش غیرمستقیم استفاده شد.

۳- آزمایش‌ها

الف- آزمایش‌های قیر امولسیونی

در جدول زیر، فهرست آزمایش‌های انجام شده و سپس بترتیب توضیحات مربوط به آزمایشات، آورده شده است.

جدول ۱- آزمایشات قیرهای امولسیونی

ردیف	عنوان	استاندارد
۱	آزمایش تعیین کندروانی به روش سی بولت فیورل	ASTM D244
۲	آزمایش تعیین بار الکتریکی ذرات امولسیون قیری	ASTM D244
۳	آزمایش پایداری امولسیون در انبار بعد از ۲۴ ساعت	ASTM D244
۴	قابلیت اندود مصالح و مقاومت آن در مقابل آب	ASTM D244
۵	آزمایش تعیین زمان شکست و گیرش اولیه امولسیون	--

- آزمایش تعیین کندروانی به روش سی بولت فیورل

کندروانی امولسیون‌ها در بحث راهسازی جزء اولین مشخصاتی است که مورد بررسی قرار می‌گیرد و طبق آیین‌نامه، حداقل باید ۲۰ ثانیه باشد. تعیین کندروانی امولسیون قیری با استفاده از کندروانی سنج سی بولت فیورل و در دماهای ۲۵ و ۵۰ درجه سانتیگراد (در این تحقیق ۲۵ درجه سانتیگراد) انجام می‌گیرد. کندروانی سی بولت فیورل بر حسب ثانیه عبارت است از مدت زمان لازم برای عبور ۶۰ میلی‌لیتر امولسیون از یک روزنه به قطر ۳/۱۵ میلیمتر که در این دستگاه تعبیه شده است.

- آزمایش تعیین بار الکتریکی ذرات امولسیون قیری

در این آزمایش امولسیون قیری را در یک بشر ۱۵۰ تا ۲۵۰ میلی لیتری ریخته و الکترودهای مثبت و منفی را در آن قرار می دهند. جریان مستقیم الکتریکی را با استفاده از مقاومت الکتریکی متغیر در ۸ میلی آمپر تنظیم می نمایند. وقتی شدت جریان به ۲ میلی آمپر افت کرد و یا پس از مدت ۳۰ دقیقه (هر کدام که زودتر رخ داد) جریان را قطع نموده و الکترودها را مشاهده می نمایند. اگر امولسیون قیری از نوع کاتیونیک باشد، قشری از قیر روی قطب کاتد (الکتروود منفی) و اگر از نوع آنیونیک باشد روی قطب آند (الکتروود مثبت) رسوب می کند.

- آزمایش پایداری امولسیون در انبار بعد از ۲۴ ساعت

این آزمایش تمایل ذرات قیری به نشست در امولسیون های قیری را مشخص می کند و از نتایج آن می توان برای بررسی پایداری آنها هنگام ذخیره سازی استفاده کرد. در این آزمایش ۵۰۰ میلی لیتر از امولسیون قیری را بطور جداگانه در داخل دو استوانه شیشه ای ریخته، درپوش آنرا می بندند و به مدت ۲۴ ساعت در دمای محیط نگهداری می کنند. بعد از این مدت طی فرآیندی از بالا و پایین استوانه ها نمونه برداری انجام می شود. درصد نشست در ۲۴ ساعت، از اختلاف میانگین درصد باقیمانده از تبخیر نمونه برداشته از بالا و پایین استوانه ها، به دست می آید.

- قابلیت اندود مصالح و مقاومت آن در مقابل آب

در این آزمایش ۴۶۱ گرم مصالح خشک با دانه بندی مشخص (۱۰۰ درصد عبوری از الک ۱۹ میلی متر و بیش از ۹۵ درصد مانده روی الک ۴/۷۵ میلی متر) را با ۴ گرم پودر کربنات کلسیم به مدت حدود ۱ دقیقه خوب مخلوط می کنند تا پوشش نازک یکنواخت روی سنگدانه ها بنشیند؛ ۳۵ گرم از امولسیون قیری را بر روی آن ریخته و به مدت ۵ دقیقه به شدت هم می زنند؛ سپس مقدار اضافی امولسیون قیری را با کج کردن ظرف خارج می کنند؛ در نهایت در حدود نیمی از مصالح را بر روی کاغذ جاذب رطوبت ریخته، وضعیت پوشش قیری مصالح سنگی را ارزیابی می نمایند؛ سپس بلافاصله با آبفشان بر روی نیمه دیگر مصالح سنگی اندود شده از ارتفاع ثابت و معینی، آب ریخته تا روی مخلوط را پوشاند و عمل شستشو را آنقدر ادامه می دهند تا آب خروجی، زلال شود. سپس با احتیاط آب اضافی ظرف محتوی مخلوط را خالی می کنند و مخلوط را بر روی کاغذ جاذب رطوبت ریخته و پوشش قیری مصالح سنگی را با بررسی چشمی مورد ارزیابی قرار می دهند و بصورت خوب، متوسط و ضعیف گزارش می نمایند.

- آزمایش تعیین زمان شکست و گیرش اولیه امولسیون

این آزمایش، آزمایش استاندارد نبوده و صرفاً جهت مشخص شدن مدت زمان لازم در دمای اتاق برای شروع شکست امولسیون ها انجام می شود. برای این منظور پس از ساخت امولسیون و سرد شدن آن، مقدار ۵۰ گرم از امولسیون با ۵۰۰ گرم مصالح درشت دانه بخوبی مخلوط و روی کاغذ جاذب آب پخش می شود. با گذشت زمان، نمونه ها به صورت منظم کنترل شده و هنگامیکه در سنگدانه ها خاصیت چسبندگی مشاهده شد، زمان با دقت ساعت گزارش می شود.

ب- آزمایش های مخلوط آسفالتی

برای بررسی عملکرد امولسیون های قیری در اختلاط با مصالح سنگی از آزمایش کشش غیرمستقیم بر روی نمونه های مارشال (مطابق با AASHTO T283) استفاده شد. هدف از انجام آزمایش مقایسه مقاومت کششی نمونه های آسفالتی با دانه بندی باز ساخته شده با ۳ نمونه از امولسیون های تولیدی و درک تأثیر نوع و میزان اثر امولسیون سازها بر مقاومت کششی مخلوط آسفالتی بود [۴].

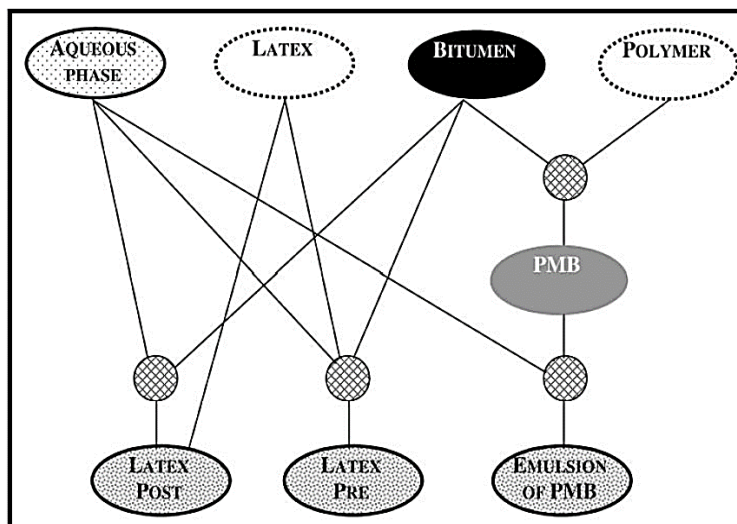
۴- تولید قیر امولسیون اصلاح شده پلیمری (PMBE)

وقتی که در مورد قیر امولسیون اصلاح شده پلیمری صحبت می‌شود لازم است که به سه دسته زیر تقسیم‌بندی شوند: امولسیون کردن قیر اصلاح شده پلیمری (PMB) و امولسیون اصلاح شده با لاتکس به دو صورت King Post addition و یا به صورت Co-emulsification. Co-emulsification یا لاتکس اغلب به نام Pre addition نامگذاری می‌شود. امولسیون کردن قیر اصلاح شده پلیمری نیز گاهی مونوفاز نامیده می‌شود [۲].

امولسیون کردن قیر اصلاح شده پلیمری می‌تواند با استفاده از قیر اصلاح شده پلیمری به عنوان ماده اولیه در کارخانه امولسیون-سازی تولید شود. تمام درجات قیر اصلاح شده پلیمری می‌تواند به طور بالقوه مورد استفاده قرار گیرند؛ اما به علت محدودیت‌های کاربردی شرح داده شده در بخش بعدی تنها به کارگیری قیر اصلاح شده پلیمری با سه درصد وزنی پلیمر برای تولید قیر امولسیونی اصلاح شده پلیمری مناسب است. امولسیون کردن قیر اصلاح شده پلیمری تا حدودی سخت‌تر از تولید امولسیون قیر ساده است.

دو راه برای تولید قیر امولسیونی اصلاح شده پلیمری ارائه شده است. لاتکس یک امولسیون پلیمری است، از اینرو قابلیت اختلاط آن با قیر امولسیونی وجود دارد. اولین راه افزودن لاتکس به طور مستقیم به درون آسیاب کلوتیدی است (شکل ۱). این نوع به طور کلی به صورت Latex co-emulsification یا Latex pre-addition شناخته شده که در آن لاتکس به فاز آبی اضافه می‌شود. دومین راه افزودن لاتکس به صورت مستقیم و منظم به درون قیر امولسیونی است. در این روش لاتکس یا در کارخانه و یا قبل از استفاده از قیر امولسیونی به آن افزوده می‌شود. این نوع قیر امولسیونی به طور کلی با نام Latex post-addition شناخته می‌شود (شکل شماره ۱).

امولسیون کردن قیر اصلاح شده پلیمری سخت‌تر از تولید آن است و خواص بیندراهای بازیابی شده تفاوت چندانی نسبت به قیر اصلاح شده پلیمری که به عنوان ماده اولیه برای تولید PMBE استفاده شده، ندارد که این امر پیش‌بینی خواص نهایی آن را آسان می‌کند [۳].

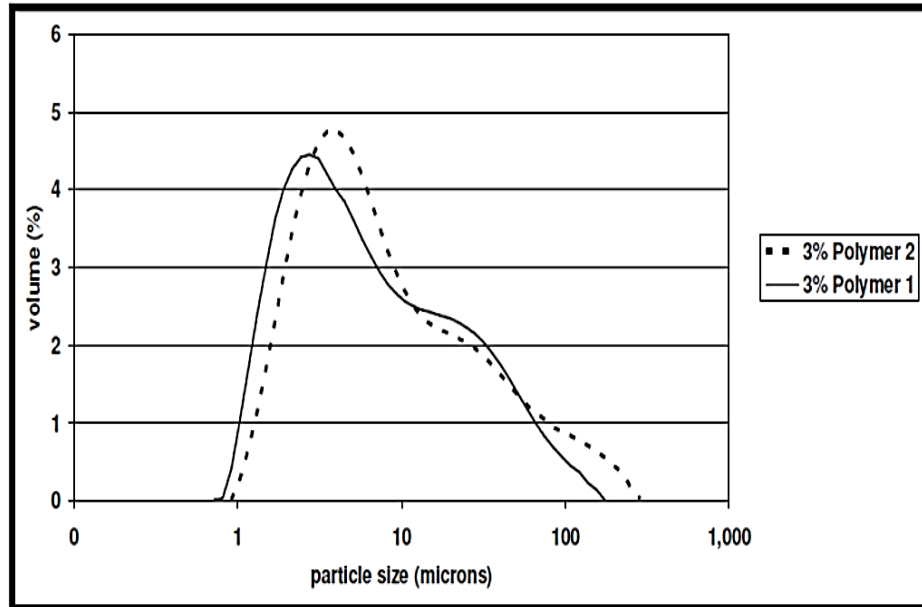


شکل ۱- مسیر دستیابی به قیر امولسیونی اصلاح شده پلیمری

۴-۱- فرمولاسیون قیر امولسیونی اصلاح شده پلیمری

فرمولاسیون قیر امولسیونی اصلاح شده پلیمری دارای دو جنبه است؛ نخست، امولسیون باید به منظور داشتن یک فرآورده پایدار فرموله شود. سپس به منظور رسیدن به خواص نهایی دلخواه باید بیندرا فرموله شود.

مرحله اول مرحله فرمولاسیون امولسیون کلاسیک است. بسته به نوع تکنولوژی انتخاب شده (به طور مثال، امولسیون قیر اصلاح شده پلیمری و یا لاتکس اصلاح کننده قیر امولسیون) استراتژی بکار رفته ممکن است تا حدودی متفاوت باشد. ساخت یک امولسیون از قیر اصلاح شده پلیمری تا حدی سخت تر از تولید یک امولسیون از قیر ساده است؛ مخصوصاً برای امولسیون‌های سریع تنظیم. برحسب خصوصیات نهایی، مشکل در تولید امولسیون از قیر اصلاح شده پلیمری تشکیل ذرات درشت تر و در نتیجه کاهش ثبات ذخیره سازی و افزایش خطر انسداد پمپ است (شکل شماره ۲). چنانچه در شکل ۲ دیده می شود پلیمر شماره ۱ امولسیونی می دهد که درصد ذرات باقیمانده آن بر روی الک ۸۰۰ میکرون به میزان ۰/۱ درصد بوده در حالیکه پلیمر شماره ۲ امولسیونی می دهد که میزان ذرات باقیمانده آن ۳ درصد است [۵].



شکل ۲- تأثیر نوع پلیمر بر روی توزیع اندازه ذرات امولسیون با فرمول امولسیون مشابه (به جز نوع پلیمر) و شرایط عملیاتی یکسان

برحسب فرمولاسیون، با استفاده از چند راهکار می شود بر این مشکل غلبه کرد. نخست، ماهیت و کمیت عامل گدازنده می تواند باعث تغییر امولسیون قیر اصلاح شده پلیمری شود؛ بنابراین توصیه می شود که هرگونه اصلاح در فرمولاسیون، شامل نوع پلیمر جدید، منبع جدید، عامل گدازنده جدید و یا عامل امولسیون کننده جدید، باید ابتدا در آزمایشگاه و یا در مقیاس آزمایشی قبل از پیاده سازی در مقیاس بزرگ مورد تأیید قرار گیرد. به دلیل سختی امولسیون کردن قیر اصلاح شده پلیمری، افزایش درصد عامل امولسیون کننده می تواند به تثبیت بیشتر امولسیون‌های ناپایدار، مانند امولسیون سریع تنظیم کمک کند. در واقع، امولسیون سریع تنظیم به طور کلی با ۱ تا ۳ کیلوگرم عامل امولسیون کننده در هر تن امولسیون تولید می شود [۶].

برای امولسیون کردن قیر اصلاح شده پلیمری با ویسکوزیته مشابه با قیر اصلاح نشده، به مقدار ۱ تا ۳ کیلوگرم در تن سورفکتانت اضافی مورد نیاز است. پیشنهاد می شود که به جای قرار دادن co-emulsifiers درون فاز آبی، مستقیماً به داخل قیر اصلاح شده پلیمری ریخته شود. باید توجه داشت که امولسیون‌های کند تنظیم به طور کلی تا زمانیکه مقدار سورفکتانت در آنها بالای ۵ کیلوگرم بر تن باشد مشکلی در پایداری قیر اصلاح شده پلیمری در آن رخ نخواهد داد. به جز این تفاوت‌ها در مقدار امولسیفایر، به طور کلی فرمولاسیون امولسیون قیر اصلاح شده پلیمری، شبیه به قیر اصلاح نشده است (جدول شماره ۲). همانطور که برای فرمولاسیون قیر امولسیونی اصلاح شده پلیمری از پلیمر لاتکس استفاده می شود، مشکل خاصی وجود نداشته و اساساً فرمول قیر امولسیونی تغییر نمی کند. به جز برای افزودن لاتکس (جدول شماره ۱)، لاتکس باید به منظور مطابقت با قطب‌های قیر امولسیونی،

کاتیونی یا آنیونی باشد. چندین نوع تجاری لاتکس در دسترس بوده که نوع پلیمر آنها شامل کوپلیمر استایرن بوتادی-ان-رندوم (SBR) استایرن بوتادی-ان بلاک کوپلیمر، لاستیک طبیعی و نئوپرن (پلاستیک مقاوم) است. مقدار لاتکس معمولاً در امولسیون به طور کلی به میزان ۲ تا ۳ درصد وزنی پلیمر باقیمانده در بیندر نهایی محاسبه می‌شود [۲].

جدول ۲- مثال‌هایی از فرمول امولسیون (کیلوگرم برای ۱۰۰۰ کیلوگرم امولسیون سریع تنظیم با ۶۵ درصد بیندر)

	Bitumen Emulsion	Emulsion of PMB	Latex emulsion
200 pen bitumen	630.0	611.1	580.0
Polymer (in bitumen)		18.9	
Cationic Latex (55wt.% solid content)			50.0
Water			296.2
HCl 36% in water	1.5	1.5	1.5
Cationic Surfactant 1 (in water)	2.3	2.3	2.3
Cationic Surfactant 2 (in bitumen)		2.0	
Fluxing agent (in bitumen)	20.0	20.0	20.0

۲-۴- مشخصات و ویژگی‌های قیر امولسیونی اصلاح‌شده پلیمری

خصوصیات قیر امولسیونی اصلاح‌شده پلیمری بسیار شبیه به امولسیون‌های اصلاح‌نشده است (به جز خصوصیات بیندر باقیمانده) خواص بیندر در قیر امولسیونی اصلاح‌شده پلیمری و امولسیون اصلاح‌نشده متفاوت است. خصوصیات فعلی در ایالات متحده آمریکا طبق ASTM D977 (امولسیون‌های آنیونی) و ASTM D2397 (امولسیون‌های کاتیونی) و در اروپا بر مبنای EN 13808 تعریف شده است. به عنوان نتیجه‌گیری، خواص اندازه‌گیری شده برای دستیابی به اهداف مشخص به صورت زیر است:

- قطبیت ذرات

امولسیون‌ها به طور کلی یا کاتیونی هستند و یا آنیونی. توجه داشته باشید که امولسیون آنیونی متداول‌تر بوده و بیش از ۹۵ درصد از بازار مصرف اروپا را تشکیل می‌دهند.

- مقدار بیندر

این مقدار معمولاً بین ۶۰ تا ۷۲ درصد وزنی است.

- عدم حضور ذرات درشت

این مقدار با اندازه‌گیری ذرات باقیمانده بر روی الک ۱۲۵ و ۸۰۰ میکرون (ASTM) و یا الک ۱۶۰ و ۵۰۰ میکرون (EN) به دست می‌آید. به‌طور کلی بیش از ۰/۵ درصد ذرات درشت قابل قبول نیست.

- پایداری ذخیره سازی

این مقدار با استفاده از میزان تفاوت در مقدار بیندر در قسمت بالایی و پایینی امولسیون حل شده پس از گذشت ۷ روز اندازه‌گیری می‌شود.

- ویسکوزیته امولسیون

این مقدار به طور کلی با استفاده از اندازه‌گیری زمان جریان (با روش Engler ، Saybolt-Furol و یا STV) به دست می‌آید. توجه داشته باشید که زمان جریان و دینامیک و ویسکوزیته حالت پایدار از طریق فرمول‌های پیچیده محاسبه می‌شود. برحسب نوع کاربری، باید ویسکوزیته پایدار در یک محدوده مناسب قرار گیرد. به طور مثال، امولسیون با گرانروی خیلی کم ممکن است از بین ذرات تخلیه شده و یا امولسیون با گرانروی زیاد ذرات و سنگدانه‌ها را به خوبی پوشش نمی‌دهد.

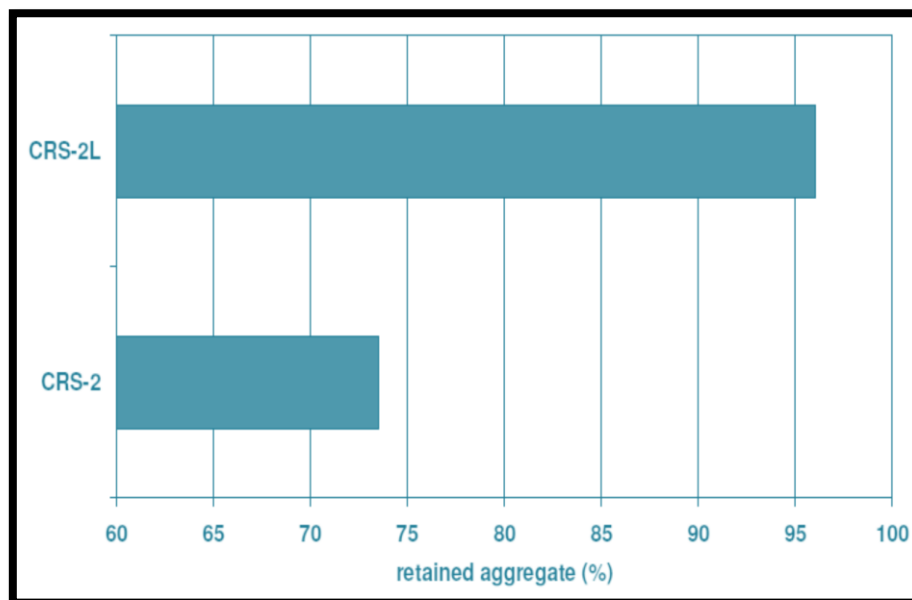
- شاخص شکست

در اروپا امولسیون‌ها را به دو دسته سریع تنظیم و کند تنظیم تقسیم بندی می‌کنند. آزمون شامل اندازه گیری جرم استاندارد پرکننده مورد نیاز برای سخت شده ۱۰۰ گرم امولسیون است (EN 13075-1). به خوبی ثابت شده که شاخص شکست با مقدار امولسیفایر افزایش می‌یابد. به طور کلی امولسیون با شاخص شکست زیر ۸۰ به نام سریع تنظیم در نظر گرفته می‌شود؛ در حالیکه امولسیون با شاخص شکست بالای ۱۲۰، کند تنظیم نامیده می‌شود [۷].

۵- استفاده از قیر امولسیونی اصلاح شده پلیمری

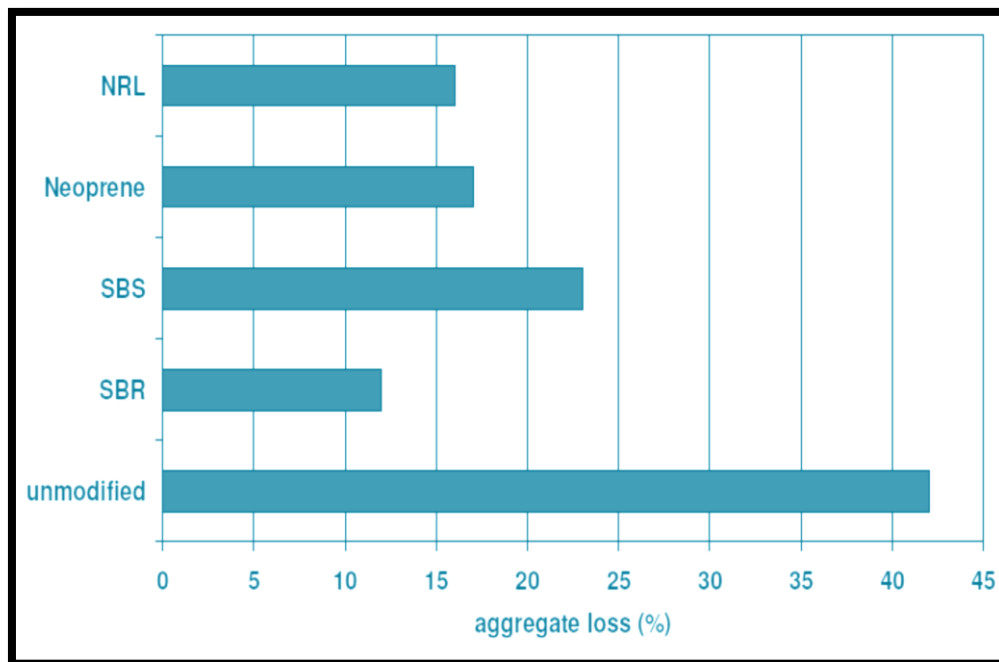
با توجه به اینکه PMBE امولسیون‌هایی با کارایی بالا هستند، معمولاً برای بیندر آسفالت جاده‌های دارای شرایط ترافیکی سنگین، مورد استفاده قرار می‌گیرند. متداولترین کاربرد آنها برای لایه‌های Microsurfacing و Chipseal است. Chipseal لایه تعمیراتی سطحی است که به صورت جداگانه مورد استفاده قرار می‌گیرد. طراحی این لایه به عوامل مختلفی مانند شدت ترافیک، آب و هوا، شرایط پشتیبانی و ... بستگی دارد. استفاده از PMBE در Chipseal توسط Gransberg و James در سال ۲۰۰۵ میلادی و همچنین Johnston و King در سال ۲۰۰۸ میلادی به طور کامل مورد بررسی قرار گرفت. امولسیون PMBE برای Chipseal معمولاً از مقدار بالای بیندر برخوردار است (بیش از ۷۲ درصد)، سریع تنظیم بوده و می‌تواند دارای عامل گدازنده به مقدار بیش از ۱۰ درصد وزنی بیندر باشد.

به عنوان نتیجه گیری و بر اساس بیش از ۲۰ سال تجربیات میدانی ثابت شده که اصلاح پلیمری، حساسیت دمایی را کاهش داده و باعث افزایش چسبندگی بین سطوح موجود و بهبود انعطاف پذیری می‌شود. پلیمرها به منظور به حداقل رساندن تراوش قیر به سطح و بهبود دوام Chipseal به کار رفته و برای جاده‌هایی با سطح ترافیک بالا توصیه شده‌اند. این مزایا با استفاده از آزمون رویش (ASTM D7000) در شکل شماره ۳ ارائه شده است. این آزمون شامل استفاده از نوعی قلم‌مو با حرکت سیاره‌ای بر روی سطح Chipseal آماده شده در آزمایشگاه و سپس اندازه گیری مقدار ذرات پس از سایش است. PMBE ها اکنون برای Chipseal هایی که تحت فشار ترافیکی بالا هستند به کار گرفته می‌شوند؛ به طور مثال PMBE ها برای جاده‌هایی که دارای سطح ترافیکی سنگین کلاس T1 (عبور ۸۰۰ تا ۲۰۰۰ کامیون سنگین در روز) هستند، توصیه می‌شوند.



شکل ۳- میانگین ذرات حفظ شده در آزمون رویش برای Chipseal ساخته شده از هشت ذره مختلف (با هر دو نوع امولسیون اصلاح نشده (CRS2) در طبقه بندی ASTM) و امولسیون اصلاح شده با ۳ درصد پلیمر (CRS-2L). قبل از آزمون به مدت پنج ساعت در دمای ۳۵ درجه سانتیگراد قرار داده شده است.

PMBE ها در Microsurfacing دارای محتوی بیندر بین ۶۰ تا ۶۵ درصد وزنی است، کند تنظیم بوده و به ندرت دارای عامل گدازنده است. همانطور که در شکل شماره ۴ مشاهده می شود، استفاده از PMBE ها باعث بهبود مقاومت در برابر سایش و رطوبت در Microsurfacing می شود؛ به همین دلیل PMBE ها برای Microsurfacing که تحت فشار ترافیکی بالا هستند، مورد استفاده قرار می گیرند [۴].



شکل ۴- از دست دادن ذرات و مصالح در آزمون سایش مرطوب (پس از ۶ روز خیس خوردن نمونه برای ریز رویه ساخته شده با هر دو نوع امولسیون اصلاح نشده و امولسیون اصلاح شده با ۳ درصد پلیمر)

۶- نتیجه گیری

قیر امولسیونی اصلاح شده پلیمری کلاس ویژه ای از قیرهای امولسیونی است که چندین راه برای آماده سازی آن وجود دارد. یکی از راه های ممکن، امولسی فای کردن قیر اصلاح شده پلیمری است؛ در این مورد برحسب خواص بیندر، به افزودن امولسیفایر اضافی به فاز بیندر احتیاج است (به خصوص برای امولسیون های سریع تنظیم). خواص قیر اصلاح شده پلیمری اولیه به هنگام شکست امولسیون بهبود یافته و در این هنگام اجزاء غنی پلیمر در داخل قیر اصلاح شده پلیمری پراکنده می شوند. راه دیگر افزودن لاتکس به قیر امولسیونی است؛ خواه قبل از مرحله آسیاب کلئیدی و یا بعد از آن. در این مورد، امولسیون سازی چندان هم دشوار نیست. مزیت این روش این است که لاتکس می تواند یک فاز پلیمری دنباله دار را پس از شکست امولسیون حتی با مقدار پلیمر کمتر از ۲ تا ۳ درصد وزنی ایجاد کند. در تمامی موارد، قیر امولسیونی اصلاح شده پلیمری بهبود خواص رئولوژیکی بیندر باقیمانده را پس از شکست در مقایسه با قیر امولسیونی اصلاح نشده از خود نشان داد. به طور مثال استفاده از قیر امولسیونی اصلاح شده پلیمری سبب افزایش نقطه نرمی و یا افزایش مدول در دمای کاربری بالا (۴۰ تا ۵۰ درجه سانتیگراد) شده که به نوبه خود باعث افزایش چسبندگی بیندر و بهبود مقاومت آن در برابر بارهای ترافیکی می شود. رفتار شکست قیر امولسیونی اصلاح شده پلیمری به جز امولسیون های اصلاح شده با لاتکس، معمولاً شبیه به امولسیون های اصلاح نشده است. در امولسیون های اصلاح شده با لاتکس، کنترل مورفولوژی به منظور دستیابی به یک فاز دنباله دار غنی از پلیمر با مقدار پلیمر کمتر از ۲ تا ۳ درصد وزنی امکان پذیر است. این نوع از مورفولوژی تنها می تواند با استفاده از روش گرم با مقدار پلیمر بالای ۶ درصد وزنی به دست آید. توجه داشته باشید که شرایط خشک کردن بیش از حد (دمای بالای ۵۰ درجه سانتیگراد) ممکن است مضر باشد.

در حال حاضر، قیر امولسیون اصلاح شده پلیمری به طور موفقیت آمیزی برای چندین دهه در صنعت جاده سازی مورد استفاده قرار گرفته است. این نوع قیرهای امولسیونی نشان دهنده کلاس بالایی از عملکرد بیندر بوده و برای استفاده در Chipseal و Microsurfacing جاده هایی با میزان ترافیک بالا (عبور روزانه بیش از ۳۰۰ کامیون) توصیه می شود.

۷- مراجع و منابع

- 1- shivani singh dhriyan, yogesh garg; (2017); “use of bitumen emulsion for flexible road construction”; int. journal of engineering research and application, issn : 2248-9622, vol. 7, issue 2, february, pp.82-85.
- 2- marek pszczoła; 2017; “application of polymer modified bitumen in road construction – experiences, tests and challenges”; department of highway engineering road construction division, gdańsk university of technology, march 15.
- 3- john b. johnston and gayle king;(2008) “using polymer modified asphalt emulsions in surface treatments”; a federal lands highway interim report; august
- 4- m. a. shafii, m. y. abdul rahman and j. ahmad;(2011); “polymer modified asphalt emulsion”; international journal of civil & environmental engineering(ijcee-ijens), vol: 11, no: 06, december
- 5- zhu, jiqing; birgisson, björn and kringos, niki; (2014); “polymer modification of bitumen: advances and challenges”; elsevier, 2014. vol. 54, no 1, p. 18-38.
- 6- james, a. and zhou, p. ;(2012) “particle-stabilized and particle-modified emulsions and their residues”, international symposium on asphalt emulsion technology.
- 7- s. malithong and c. thongpin;(2010) “the modification of asphalt emulsion using pre-vulcanized natural rubber latex for highway application”; advanced materials research, vol. 93-94, pp. 639-642.