بررسی مقاومت رنگ ترافیکی پایه آبی در برابر سایش توسط دستگاه آزمایش سایش در شرایط خیس

امیر کاوسی، دانشیار، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
امیر زاهدی طبرستانی(نویسنده مسئول)، دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
E-mail: amir.zahedi.t.@gmail.com

چکیده

مقاومت رنگهای ترافیکی پایه آبی در برابر سایش ناشی از عبور ترافیک، یکی از چالشهای مهم در زمینه مدیریت شهری است. تصمیم گیریها در این زمینه بایستی به گونه ای صورت پذیرد که ایمنی رانندگان و عابرین را کاملاً مد نظر داشته باشد، ضمن آن که با توجه به وسعت کاربرد رنگهای ترافیکی، از رنگهایی استفاده شود که کمترین مشکلات زیست محیطی را ایجاد کرده و از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشند.

در این پژوهش مقاومت یکی از رنگهای متداول ترافیکی پایه آبی مورد استفاده در خط کشی های معابر و راههای کشور در برابر سایش مورد بررسی قرار گرفته است. آزمایش سایش در شرایط خیس(WTAT)[1] و بر اساس شرایط محیطی متفاوت بر روی نمونه های آسفالتی انجام شد. نمونه ها پس از آزمایش به دو روش استاندارد های AS/NZS 4049 استرالیا و EN1824 اروپا مورد ارزیابی قرار گرفتند

بر پایه نتایج حاصله از آزمونها و بررسیهای صورت گرفته، رنگ ترافیکی پایه آبی مورد تحقیق، عملکرد مطلوبی در شرایط خشک داشته و عملکرد آن در شرایط شبیه سازی شده زمستانی (وجود آب نمک و شن) مناسب تشخیص داده شد. این رنگ با توجه به داشتن قابلیت بازتاب بهتر نور در مقایسه با رنگهای پایه حلالی موجود و همچنین سازگاری با محیط زیست، می تواند جایگزین مناسبی برای رنگهای ترافیکی پایه حلالی در کشور باشد.

واژه‌های کلیدی: رنگ ترافیکی پایه آبی، مقاومت سایشی، آزمایش سایش در شرایط خیس، ارزیابی تصویری

۱. مقدمه

یکی از مهم‌ترین زیرساختهای توسعه هر کشور، داشتن شبکه گسترده راه و نظام منسجم حمل و نقل است. راه شریان اقتصادی کشورها در دنیای امروز محسوب می شود که بر حسب چگونگی توسعه آن، اقتصاد جامعه رشد می یابد. علاوه بر نقش زیربنایی و اقتصادی راهها، به دلیل حجم عظیم آمد و شد جاده ای و ناوگانهای در حال رشد حمل مسافر و کالا و همچنین استفاده روزافزون از خودرو شخصی در سفرهای برون شهری، ضرورت ایمنی راهها نیز از اهمیت ویژه ای برخوردار است. ایمن سازی راههای یک کشور به کمک نصب تجهیزات و علائم گوناگون به‌ویژه خط کشیهای ترافیکی انجام می گیرد.

خط کشی راهها به عنوان یکی از ابزار کنترل و هدایت ترافیک، تأثیر بسزایی در نظم و ایمنی عبور و مرور وسایل نقلیه دارد، به گونه‌ای که مسیر بدون خط کشی، معبری آشفته بوده که هر لحظه امکان وقوع تصادف و سانحه در آن وجود دارد. استفاده از رنگهای ترافیکی در خط کشی راهها علاوه بر ارتقای ایمنی و پیشگیری از حوادث و خسارات سنگین جانی و مالی ناشی از تصادفات جاده ای، به وسیله هدایت صحیح وسائط نقلیه در مسیر صحیح، ظرفیت و کارآیی جاده ها را افزایش داده و آسایش خاطر رانندگان و سرنشینان آنان را فراهم می سازد.

با توجه به اهمیت خط کشی راهها و صرف هزینه های هنگفت عملیات خط کشی و محدودیتهای اجرایی، طول عمر خط کشی و دوام آن پیوسته مورد توجه کارشناسان امر بوده است. انتخاب ماده مناسب برای انجام خط کشی با توجه به شرایط مورد انتظار جاده، کارشناسان را همواره بر آن داشته است تا آزمونهای بسیاری برای بررسی دقیق عوامل مؤثر بر طول عمر و کیفیت خط کشی راهها انجام دهند.

هر ساله سازمانها و موسسات مسئول، هزینه های بسیاری صرف خط کشی روسازیها می کنند. مدیریت مؤثر این سرمایه ها نیاز به اطلاعات گسترده سیستم راهها دارد. جمع آوری اطلاعات مربوط به بازتابندگی خط‌کشی، مربوط به نحوه عملکرد رنگ ترافیکی در شب است. برای بررسی عملکرد روزهنگام خط‌کشی نیز از ارزیابی دوام رنگ استفاده می شود که عموما از طریق بازرسی چشمی اندازه گیری می شود. دوام خط کشی به عنوان قدرت چسبندگی بین سطوح روسازی و خط کشی اجرا شده تعریف می‌شود. دوام به عواملی از قبیل نوع روسازی و بافت سطح آن، شرایط آب و هوایی، نوع ماده خط کشی، طریقه آماده سازی سطح و حجم ترافیک مسیر بستگی دارد.

تاکنون در زمینه عملکرد رنگهای ترافیکی پژوهشهای بسیاری صورت گرفته است، اما نکته ای که در اغلب این پژوهشها به‌چشم می خورد استفاده از پارامتر قابلیت بازتابندگی رنگ در تحقیقات است و مقاومت سایشی رنگ که یکی از فاکتورهای شاخص نشان دهنده چگونگی دوام رنگ است، کمتر مورد توجه قرار گرفته است. از سوی دیگر بر روی دوام رنگ و تأثیر جنس مصالح سنگی بکار رفته در روسازی بر میزان مقاومت سایشی رنگ، پژوهشی صورت نگرفته است. همچنین انجام تحقیق با هدف جایگزینی رنگهای ترافیکی پایه حلالی با رنگ‌های ترافیکی پایه آبی انجام شده است. بنابراین در این مقاله مشخصاً به تأثیر جنس مصالح سنگی بکار رفته در روسازی بر میزان مقاومت سایشی رنگهای ترافیکی پایه آبی پرداخته شده است.

۲. مصالح سنگی و آسفالت حفاظتی ریزدانه[۲]

نوعی از پوششهای آسفالتی که برای تعمیر راهها از سه دهه قبل در کشورهای عمدتاً صنعتی جهان استفاده می شود مخلوط آسفالت سرد امولسیونی با ضخامت کم است که می توان آن را نوع تکامل یافته ای از آسفالت اسلاری سیل[۳] دانست. آسفالت امولسیونی نازک مخلوطی متشکل از مصالح سنگی با دانه بندی توپر و قیر امولسیونی، فیلر معدنی، آب و سایر مواد افزودنی است که در آن مواد تشکیل دهنده، به طرز صحیح نسبت بندی و با یکدیگر مخلوط شده‌اند. این پوشش دارای قابلیتهای گسترده ای در تعمیر خرابیهای روسازی از قبیل گودی مسیر چرخها، قیرزدگی رویه ها، ساییدگی، ترکها و درزهای روسازی بوده و در بالا بردن عمر مفید روسازیها بسیار موثر است. [ISSA,2005 and Holleran,1997]. مصالح سنگدانه‌ای

مورد استفاده در آسفالتهای امولسیونی ریزدانه می بایست از انواع مصالح با دوام سنگ شکسته (موادی مانند گرانیت، سنگ آهک یا سنگ سرباره کوره ذوب آهن) و یا سایر سنگهای با کیفیت مطلوب باشد [نشریه شماره ۲۳٤ سازمان مدیریت،۱۳۸۱].

به منظور کنترل کیفیت مصالح در این تحقیق آزمونهای ارزش ماسه ای، درصد افت وزنی در مقابل سایش به روش لس آنجلس، حدود اتربرگ، درصد شکستگی، درصد پوشش اندود قیر به سنگدانه ها، درصد تطویل و تورق، درصد افت وزنی در برابر سولفات سدیم، تعیین وزن مخصوص و همچنین درصد جذب آب روی مصالح سنگی منتخب از دو معدن شرق و غرب تهران انجام شد که نتایج در جداول ۱ الی ٤ آورده شده است.

به منظور تحلیل شیمیایی مصالح سنگی آزمایش XRF[٤] بر روی مصالح غرب و شرق تهران انجام شد. آزمایش XRF قادر به تعیین ۱۰ عنصر اصلی شامل Na, Mg, Al, Si, P, K, Ca, Ti, MN, Fe در سنگدانه هاست. نتایج به دست آمده از XRF در نمودار شکل ۱ نشان داده شده است.

جدول۱. نتایج آزمونهای مصالح سنگی غرب تهران [زاهدی،۱۳۸۸]

ویژگی		نتایج آزمایش		
		مخلوط درشت دانه	ماسه ٦– ۰ میلیمتر	فیلر مصالح
ارزش ماسه ای (AASHTO-T176)		–	٦٦	–
درصد افت وزنی در مقابل سایش به روش لس آنجلس (AASHO-T96)	نوع دانه بندی	B	–	–
	تعداد دور	۵۰۰	–	–
	درصد سایش	۲۵	–	–
حدود اتربرگ (AASHTO-T89,90)	دامنه خمیری (PI)	–	N.P	–
	حد خمیری (PL)	–	-	–
	حد روانی (LL)	–	غیر قابل تعیین	–
درصد شکستگی مصالح سنگی روی الک شماره ٤ (ASTM-D5821)	در یک جبهه	۹۲	–	–
	در دو جبهه	۷٤	–	–
درصد اندود قیر به مصالح سنگی (AASHTO-T182)		بیش از ۹۵	–	–
درصد تطویل و تورق (BS-812)	تطویل	۲۵	–	––
	تورق	۱٤	–	–
درصد افت وزنی در مقابل سولفات سدیم (AASHTO-T104)	ریزدانه	–	۳/۲	–
	درشت دانه	۲/۲	–	–

جدول۲.نتایج مربوط به تعیین وزن مخصوص و درصد جذب آب مصالح سنگی غرب تهران [زاهدی،۱۳۸۸]

ویژگی	وزن مخصوص		درصد جذب آب
	ظاهری	حقیقی	
مصالح سنگی مانده روی الک شماره ۸	۲/٦۹۷	۲/۵۳۸	۲/۳
مصالح سنگی رد شده از الک شماره ۸ و مانده روی الک شماره ۲۰۰	۲/٦۸۱	۲/٤۸۵	۲/۹
مصالح سنگی رد شده از الک شماره ۲۰۰	۲/۵۷۸		–

جدول۳. نتایج آزمایشهای مصالح سنگی شرق تهران [زاهدی،۱۳۸۸]

ویژگی		نتایج آزمایش		
		مخلوط درشت دانه	ماسه ٦- ۰ میلیمتر	فیلر مصالح
ارزش ماسه ای (AASHTO-T176)		–	۷۷	–
درصد افت وزنی در مقابل سایش به روش لس آنجلس (AASHO-T96)	نوع دانه بندی	B	–	–
	تعداد دور	۵۰۰	–	–
	درصد سایش	۲۲	–	–
حدود اتربرگ (AASHTO-T89,90)	دامنه خمیری (PI)	–	N.P	۵
	حد خمیری (PL)	–	-	۲۰
	حد روانی (LL)	–	غیر قابل تعیین	۲۵
درصد شکستگی مصالح سنگی روی الک شماره ٤ (ASTM-D5821)	در یک جبهه	۱۰۰	–	–
	در دو جبهه	۹۸	–	–
درصد اندود قیر به مصالح سنگی (AASHTO-T182)		بیش از ۹۵	–	–
درصد تطویل و تورق (BS-812)	تطویل	۱۵	–	––
	تورق	۲۷	–	–
درصد افت وزنی در مقابل سولفات سدیم (AASHTO-T104)	ریزدانه	–	٤/٦	–
	درشت دانه	۰/٦	–	–

جدول٤. نتایج مربوط به تعیین وزن مخصوص و درصد جذب آب مصالح سنگی شرق تهران [زاهدی،۱۳۸۸]

ویژگی	وزن مخصوص		درصد جذب آب
	ظاهری	حقیقی	
مصالح سنگی مانده روی الک شماره ۸	۲/۷۱۲	۲/٦۷۲	۰/٦
مصالح سنگی رد شده از الک شماره ۸ و مانده روی الک شماره ۲۰۰	۲/۷۲۸	۲/٦٤۰	۱/۲
مصالح سنگی رد شده از الک شماره ۲۰۰	۲/٦۸۵		–

شکل۱. نتایج تحلیل شیمیایی مصالح سنگی با دستگاه XRF [زاهدی،۱۳۸۸]

دانه بندی مصالح سنگی با توجه به ضخامت موردنیاز برای پخش در هر لایه و نوع کاربری آسفالت حفاظتی باید در محدوده یکی از سه دانه بندی جدول ۵ انتخاب شود [ISSA, 2005]. در این مقاله به دلیل آن که نقش سنگدانه ها در تعامل با رنگ اهمیت خاصی دارد از حدود دانه‌بندی شماره ۳ آیین نامه روسازیهای آسفالتی (نشریه ۲۳٤) استفاده شده است، چرا که در این دانه بندی درصد درشت دانه بیشتر از ریز دانه است. دانه بندی مورد استفاده در این تحقیق به شرح جدول ۵ است.

۳. رنگ ترافیکی سرد پایه آبی

رنگ ترافیکی سرد پایه آبی از اجزای ساییده شده ریز که درون یک مجموعه از رزین قرار دارند،تشکیل شده است.سپس مواد و افزودنیهای دیگر به منظور دستیابی به اهداف از پیش تعیین شده به آن افزوده می شود. دمایی که رنگ در آن دما اجرا می شود ارتباط مستقیم با زمان خشک شدن رنگ دارد. زمان خشک شدن تحت تأثیر عواملی از قبیل نقطه شبنم هوا، محتویات شیمیایی رنگ، دمای رنگ، دمای روسازی حین اجرا، سرعت باد و همچنین ضخامت رنگ قرار دارد [Migletz,Fish and Graham,1994].

به دلیل هزینه های زیاد خط کشی مجدد راهها، برای سازمانهای مسئول ، مسأله دوام رنگ در طول زمان از اهمیت ویژه ای برخوردار است [میرعابدینی،۱۳۸۵]، بنابراین رنگهای خط کشی بر اساس میزان دوام و پایداری، و نوع بهره برداری از آنها به انواع زیر تقسیم بندی می‌شوند [Lopez,2004]:

• خط کشیهای کم دوام مانند رنگهای سرد ترافیکی معمولی بر پایه رزینهای آلکید[۵] و آکریلیک [۶]

• خط کشیهای بادوام و پایدار مانند رنگهای گرم، سیستمهای دوجزئی، نوارهای خط کشی پیش ساخته و علائم برجسته روسازی متداول ترین مواد خط کشی راهها، رنگهای سرد و گرم ترافیکی هستند. تفاوت عمده رنگ گرم با رنگ سرد، نیاز رنگ گرم به دمای نسبتاً بالا در حدود ۲۰۰ درجه سانتی گراد است [Migletz and Graham,2002].

به طور کلی رنگهای ترافیکی سرد پایه آبی از مواد شیمیایی متعددی تشکیل شده‌اند که عبارتند از : ماده اصلی پلیمری (حدود ۱۵٪)، پیگمنت (حدود ۵۰٪)، حلال، عامل منعقد کننده، پایدار کننده ها، تنظیم کننده های گرانروی (حدود ۱۵٪) و آب (حدود ۳۰٪). هر یک از این مواد شیمیایی خواص ویژه خود را به رنگ می بخشند که در زیر به برخی از آنها اشاره شده است [Durant, 2000].

• ماده اصلی پلیمری: به رنگ خاصیت چسبندگی، مقاومت در برابر شرایط جوی و الاستیسیته مکانیکی می بخشد.

• پیگمنت: فام مورد نظر را به رنگ ترافیکی می بخشد.

• فیلر: بخشی از مقاومت در برابر فرسایش، قدرت پوشش و سهمی از درخشندگی رنگ را نیز بر عهده دارد. ولی دلیل اصلی استفاده از آن، کاهش هزینه تمام شده رنگ در هر واحد وزنی رنگ است.

جدول۵. انواع دانه بندی آسفالت حفاظتی ریزدانه [نشریه شماره ۲۳٤ سازمان مدیریت،۱۳۸۱]

اندازه الک	درصد عبور کرده از الک			درصد انتخابی در تحقیق	حدود رواداری نسبت به دانه بندی کارگاهی (درصد)
	نوع ۱	نوع ۲	نوع ۳		
۹/۵ میلیمتر	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	---
٤/۷۵ میلیمتر (شماره ٤)	۱۰۰	۹۵ –۱۰۰	۷۰ –۹۰	۸۰	±۵
۲/۳٦ میلیمتر (شماره ۸)	۹۰ –۱۰۰	٦۵ –۹۰	۲۵ –۷۰	٦۰	±۵
۱/۱۸ میلیمتر (شماره ۱٦)	٦۵ –۹۰	٤۵ –۷۰	۲۸ –۵۰	٤۰	±۵
٦۰۰ میکرون (شماره ۳۰)	٤۰ –٦۵	۳۰ –۵۰	۱۹ –۳٤	۲۵	±۵
۳۰۰ میکرون (شماره ۵۰)	۲۵ –٤۲	۱۸ –۳۰	۱۲ –۲۵	۲۰	±٤
۱۵۰ میکرون (شماره ۱۰۰)	۱۵ –۳۰	۱۰ –۲۱	۷ –۱۸	۱۵	±۳
۷۵ میکرون (شماره ۲۰۰)	۱۰ –۲۰	۵ –۱۵	۵ –۱۵	۱۰	±۲

• آب: آب تامین کننده گرانروی پایین در حین حمل و نقل و اجرای رنگ است و کاملاً پس از خشک شدن رنگ تبخیر می‌شود. آب بهترین و سالم ترین حلال برای محیط زیست به شمار می‌رود.

• حلال ارگانیک (معمولاً متانول) و دیگر عوامل منعقد ساز، به‌تشکیل فیلم رنگ کمک کرده و متعاقباً مقاومت در برابر فرسایش را افزایش می دهد. مقدار حلال نقش مهمی در میزان VOC[۷] دارد. عوامل منعقد کننده معمولاً در فیلم باقی می مانند.

• سایر افزودنیها: این افزودنیها در مقادیر کم استفاده شده و وظیفه تامین مقاومت در برابر اشعه خورشید، پایداری حین انبارداری و کنترل تجزیه پذیری زیستی را دارند.

در این تحقیق از یک نوع رنگ پایه آبی با کد مشخصه A–2200–w مورد استفاده در خط‌کشی‌های ترافیکی معابر سطح شهر تهران استفاده شده که مشخصات این رنگ در جدول ٦ آورده شده است.

٤. نحوه انجام آزمایشها و ارزیابی دوام

در این تحقیق رنگ سرد پایه آبی با ضخامت ۸۰۰ میکرون در حالت تر، برروی نمونه های آسفالتی اجرا شد که پس از خشک شدن ضخامت آن به حدود ۵۰۰ میکرون کاهش یافت. برای اجرای رنگ با ضخامت یکسان روی نمونه های آزمایشگاهی، از ابزار اعمال لایه رنگ[۸] در مقیاس آزمایشگاهی استفاده شد. نحوه کار با این ابزار به این صورت است که پس از تنظیم مقدار ضخامت موردنظر برای اجرای رنگ سرد، این ابزار بر روی سطح نمونه قرار می گیرد. رنگ سرد به میزان مورد نیاز روی سطح به طور تقریباً یکنواخت ریخته شده و سپس با این وسیله با سرعت یکنواخت و به آرامی روی سطح نمونه کشیده می شود تا این که تمامی سطح نمونه به طور یکسان به رنگ آغشته شود. پس از اجرای رنگ روی سطوح نمونه های آسفالتی به دلیل این که رنگ آب پایه نیاز به تبخیر آب جهت گیرش اولیه و عمل آوری ثانویه دارد، به مدت ٤٨ ساعت در شرایط محیط آزمایشگاه قرار داده می شوند.

آزمایش سایش بر روی نمونه های آسفالت حفاظتی پوشیده شده با رنگ سرد پایه آبی، مطابق با استاندارد ASTM D3910 توسط دستگاه آزمایش سایش در شرایط خیس انجام گرفت. مطابق این استاندارد نمونه های آسفالت حفاظتی باید در قالبهای مخصوص این دستگاه ساخته شده و چنان که شرایط تر، مورد نظر پژوهش باشد، نمونه ها باید در حمام آب قرار داده شوند.

طریقه انجام آزمایش طبق استاندارد ASTM D3910 به این ترتیب است که ابتدا نمونه به مدت ٦٠ الی ٧٥ دقیقه درون حمام آب ۲۵ درجه سانتیگراد قرار داده می شود و سپس از حمام آب

جدول٦. مشخصات رنگ پایه آبی مورداستفاده در تحقیق [شرکت ریف ایران،۱۳۸۷]

ویژگی رنگ	محدوده مشخصات	نتایج کنترل کیفی	استاندارد
درجه دانه بندی	حداکثر ۳۰ µ	۲۵ µ	ASTM D 1210
گرانروی	۹۰–۱۰۵Ku	۱۰۳Ku	ASTM D 562
چگالی	۱/۳–۱/٦	۱/٤	ASTM D 1475
زمان خشک شدن سطحی	حداکثر ۲۰ دقیقه	۱۰ دقیقه	ASTM D 711
زمان خشک شدن عمقی	حداکثر ۱ ساعت	٤٥ دقیقه	ASTM D 1640
مقاومت در برابر شستشو	حداقل ۱۵۰۰۰ دور	کاملا مقاوم	ASTM D 870
بازتاب رنگ تحت زاویه ٤٥ درجه	حداقل ۸۰	۸۰	ASTM D 4061
قدرت پوشش	حداقل ۹۸٪	۹۸٪	ASTM D 344
مقاومت در برابر رو زدن قیر	مقاوم باشد	مقاوم	ASTM D 868
مقاومت در برابر ۱۰۰ دور سایش	حداکثر ۵۰۰ میلی گرم	۲۰۰ میلی گرم	ASTM D 4060
خمش	ترک ایجاد نشود	قبول	BS 3900:Part E1

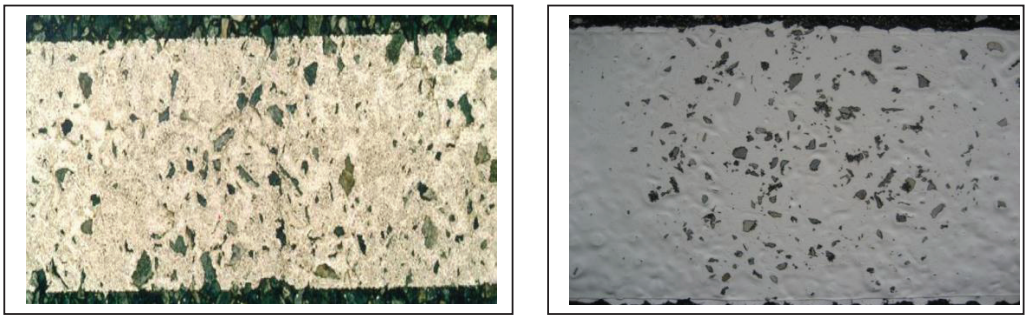
خارج شده و درون محفظه دستگاه قرار می گیرد. سپس نمونه درون آب ۲۵ درجه سانتیگراد مستغرق شده به طوری که روی آن را حداقل ٦ میلیمتر آب فرا می گیرد. ساینده دستگاه به محور دستگاه متصل شده و سپس سرعت حرکت ساینده در حالت سرعت کم تنظیم و به مدت ۵ دقیقه عمل سایش بر روی نمونه صورت می پذیرد (شکل۲). سپس نمونه از درون محفظه دستگاه خارج شده و سطح آن از مصالح زائد پاک می‌شود [ASTM D3910,2007]. به منظور جمع آوری نتایج آزمایشگاهی به‌صورت دقیق و فراهم آوردن امکان تحلیل نتایج پس از عکس برداری از نمونه های تحت سایش قرار گرفته، این نمونه ها دوباره در معرض ۵ دقیقه سایش دستگاه WTAT با شرایط یکسان پیشین قرار می گیرند و مراحل ذکر شده برای این نمونه‌ها نیز تکرار می شود.

در این مقاله، به منظور دستیابی به اهداف مورد نظر، آزمایش سایش نمونه های خط کشی شده آسفالت حفاظتی در سه حالت شرایط خشک، شرایط پوشیده از شن و نمک و شرایط مستغرق در شن و نمک به مدت ٤٨ ساعت انجام شد . از هر یک از انواع مصالح شرق و غرب تهران به تعداد ٤ نمونه آسفالت حفاظتی تهیه و تحت شرایط سه گانه مورد آزمایش سایش قرار گرفتند. سپس این نمونه ها به دو روش استاندارد های AS/NZS 4049 و EN1824 مورد ارزیابی قرار گرفتند.

٤-١ ارزیابی مطابق با استاندارد AS/NZS 4049

این استاندارد میزان رنگ سالم باقیمانده را روی سطح روسازی به کمک مقایسه تصاویر گرفته شده از ناحیه مورد نظر با عکسهای مرجع تعیین می کند. شیوه ارزیابی به این صورت است که ابتدا ناحیه مورد نظر با محلولی به نسبت ۳ پیمانه آب و یک پیمانه مواد شوینده شستشو داده شده و سپس توسط برس نرم تمیز و خشک می شود. سپس از ناحیه موردنظر عکس برداری به عمل آمده و این عکسها با تصاویر مرجع استاندارد AS/NZS 4049 مقایسه شده و درصد رنگ سالم باقیمانده بر سطح روسازی تعیین می شود [AS 4049.3,2005, AS 4049.4,2006].

شکل ۲. شمای کلّی دستگاه آزمایش سایش WTAT



(ب) **(الف)**

شکل۳. مقایسه نمونه تصویر آزمایشگاهی (الف) با عکس مرجع استاندارد AS/NZS 4049 (ب) [AS 4049.3,2005]

٤-٢ ارزیابی مطابق با استاندارد EN1824

شیوه دیگر مورد استفاده در این تحقیق برای ارزیابی رنگ باقیمانده در سطح روسازی، استفاده از روش استاندارد EN1824 است. در این روش میزان فرسایش خط کشیهای روسازی به کمک محاسبه پارامتری به نام "اندیس فرسایش[9]" ارزیابی می شود. اساس کار در این شیوه به این صورت است که یک شابلون با ابعاد ذکر شده در استاندارد روی سطح خط کشی مورد نظر قرار داده شده و سپس از آن عکس برداری می شود. شابلون مورد استفاده در این شیوه به ابعاد استاندارد ۲۰۰×۱۵۰ میلیمتر متشکل از ۱۲ خانه مربع شکل ۵۰ × ۵۰ میلیمتری مطابق با استاندارد EN1824 است. میزان فرسایش رنگ در هر یک از مربعهای شابلون طبق درجه بندی نشان داده شده در جدول ۷ ارزیابی شده و تعداد مربعهای مربوط به هر یک از درجه های A، B، C و D ثبت می‌شود [EN 1824,2003].

برای محاسبه اندیس فرسایش کل نمونه تعداد مربعها در فاکتور وزنی آنها مطابق با جدول ۸ ضرب شده و اعداد حاصل با یکدیگر جمع می شوند و عدد نهایی به عنوان اندیس فرسایش نمونه در نظر گرفته می شود [EN1824, 2003].

۵. تحلیل نتایج آزمایشها

با توجه به نتایج به دست آمده از آزمایش تحلیل شیمیایی مصالح سنگی با دستگاه XRF ، میزان سیلیس مصالح غرب تهران بیشتر از مصالح شرق تهران است. در قیرهای امولسیونی کاتیونیک، سطح ذرات قیر بار مثبت به خود می گیرند و از آنجا که سطح دانه های مصالح موجود در غرب به دلیل بالاتر بودن درصد سیلیس آنها، دارای بار منفی است، بنابراین به دلیل نیروهای جاذبه الکتروستاتیک چسبندگی مناسب تری بین آنها به وجود

جدول۷. ارزیابی درجه بندی مربعهای شابلون مورد استفاده در آزمون تعیین اندیس فرسایش [EN 1824,2003]

درجه	مساحت رنگ باقیمانده	فاکتور وزن داده شده
A	بیشتر یا مساوی ۷۵ درصد	۱×
B	بیشتر یا مساوی ۵۰ درصد و کمتر از ۷۵ درصد	۲×
C	بیشتر یا مساوی ۲۵ درصد و کمتر از ۵۰ درصد	۳×
D	کمتر از ۲۵ درصد	٤×

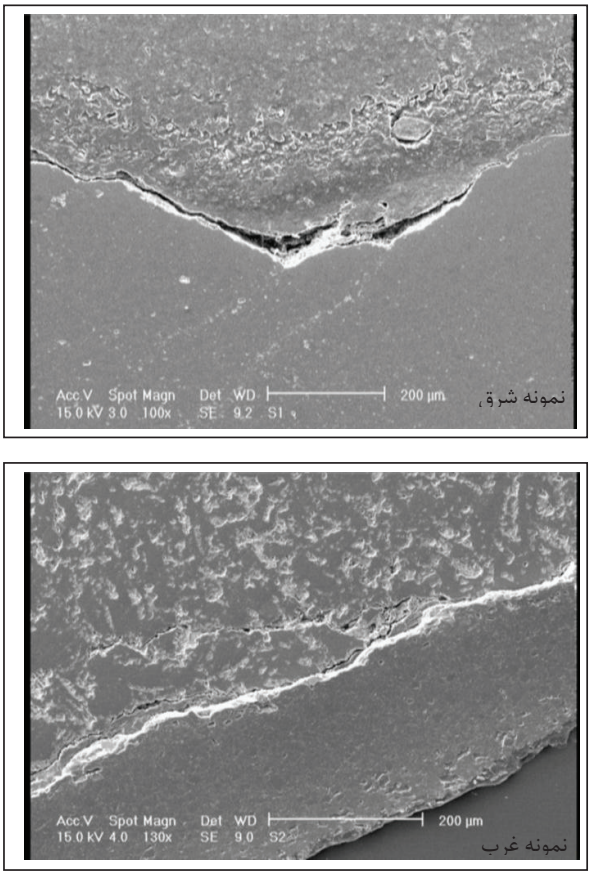
جدول ۸. جدول محاسبه "اندیس فرسایش" نمونه مورد آزمون [EN 1824,2003]

درجه	تعداد مربعات	فاکتور وزن داده شده	اندیس فرسایش
A		۱×	
B		۱×	
C		۱×	
D		۱×	
	کل=۱۲		کل=

می آید، به این ترتیب کیفیت رویه ساخته شده با این مصالح نیز برتر و چسبندگی قیر با مصالح سنگی بیشتر خواهد شد این مساله سبب کاهش افت خط کشی روی روسازی به دلیل کنده شدگی سنگدانه‌ها از سطح رویه می باشد، چرا که دلیل اصلی کنده شدگی مصالح سنگی رویه و افت کیفیت خط کشی عدم چسبندگی مناسب سنگدانه ها به قیر در سطح رویه است [زاهدی، ۱۳۸۸].

با توجه به جداول ۳ و ۵ درصد جذب آب مصالح غرب تهران نسبت به مصالح شرق تهران بیشتر است و همچنین مصالح غرب خاصیت هیدروفیلیک دارند، بنابراین آب دوست هستند و تمایل بیشتری به جذب آب نسبت به مصالح شرق تهران دارند. از این رو و به دلیل آن که آب در رنگ پایه آبی به عنوان محمل محسوب می شود، می توان نتیجه گرفت که رنگ پایه آبی پوشش بهتری بر روی اینگونه مصالح ایجاد می‌کند. بالاتر بودن کیفیت پوشش رنگ در این مصالح نسبت به مصالح شرق تهران چشمگیر است، بنابراین با توجه به این رویکرد نیز چسبندگی رنگ به مصالح غرب تهران بیشتر از مصالح شرق تهران است [زاهدی، ۱۳۸۸].

برای بررسی دوام و پایداری رنگهای سرد ترافیکی بر روی سطح روسازی آسفالتی، بررسی میزان چسبندگی رنگ با مصالح سنگدانه ای از اهمیت بسیاری برخوردار است. بنابراین برای بررسی چگونگی این چسبندگی، عکس برداری به کمک میکروسکوپ الکترونی (SEM) با بزرگنمایی زیاد، روشی دقیق برای ارزیابی میزان چسبندگی رنگ به سطوح آسفالتی بود. روش کار به این صورت است که ابتدا دو نمونه از سنگدانه های معادن شرق و غرب تهران انتخاب شد و نمونه های دایره ای شکل برای قرار دادن در دستگاه میکروسکوپ الکترونی آماده شدند. در تصاویر شکل٤ نمونه هایی از سطح تماس رنگ با سنگدانه با این روش دیده می شود [زاهدی، ۱۳۸۸].



شکل٤. تصاویر گرفته شده از سطح تماس رنگ ترافیکی پایه آبی و سنگدانه توسط دستگاه SEM [زاهدی، ۱۳۸۸]

پس از انجام آزمایشهای سایش در شرایط سه گانه خشک، شن و نمک عادی و شن و نمک ۴۸ ساعته توسط دستگاه آزمایش سایش در شرایط خیس (WTAT) و ارزیابی تصاویر نمونه‌ها مطابق با روش های استاندارد AS/NZS 4049 استرالیا و EN1824 اروپا، نتایج این ارزیابیها در جداول ۹، ۱۰ و ۱۱ آورده شده است.

٦. جمع بندی و نتیجه گیری

پس از بررسی و تحلیل نتایج به دست آمده از آزمایشهای سایش توسط دستگاه WTAT و ارزیابیهای به عمل آمده روی نمونه‌های خط کشی اجرا شده روی آسفالت حفاظتی نازک تهیه شده با مصالح سنگی شرق و غرب تهران، نتایج زیر حاصل شد:

۱. آزمایش سایش در شرایط خشک نشان داد که در این شرایط تفاوت محسوسی بین درصد رنگ سالم باقیمانده در نمونه های ساخته شده با مصالح غرب و شرق تهران وجود ندارد.

۲. نتایج سایش نشان می دهد که با اعمال شرایط شن و نمک عادی در آزمایش، به دلیل افزایش میزان ساینده‌گی ناشی از وجود شن و نمک، درصد رنگ سالم باقیمانده نسبت به شرایط خشک کمتر می شود.

۳. با اعمال شرایط شدید تر نگهداری نمونه ها درون مخلوط شن و نمک محلول به مدت ٤٨ ساعت به دلیل اثرات مضر نمک موجود در مخلوط، میزان درصد رنگ سالم باقیمانده نسبت به شرایط قبل به مراتب کاهش می یابد.

٤. به طور کلی افت درصد رنگ سالم باقیمانده بر روی سطح نمونه های ساخته شده با مصالح شرق تهران بیشتر از نمونه های

جدول۹. نتایج آزمایش سایش نمونه های شرق و غرب در شرایط خشک [زاهدی،۱۳۸۸]

	نمونه	مدت زمان آزمایش سایش	نتایج ارزیابی به روش استاندارد AS/NZS 4049 (بر حسب درصد)	نتایج ارزیابی به روش استاندارد EN 1824	
				نتایج قرائت شده	نتایج بر حسب درصد
آزمایش سایش در شرایط خشک	غرب تهران	۵ دقیقه	۹۵	۱۲	۱۰۰
			۹۵	۱۲	۱۰۰
			۹۵	۱۲	۱۰۰
			۹۵	۱۲	۱۰۰
		۱۰ دقیقه	۹۰	۱٤	۹٤
			۹۵	۱۲	۱۰۰
			۹۰	۱٤	۹٤
			۹۰	۱۳	۹۷
	شرق تهران	۵ دقیقه	۹۰	۱۳	۹۷
			۹۰	۱۳	۹۷
			۹۰	۱۳	۹۷
			۹۰	۱۲	۱۰۰
		۱۰ دقیقه	۸۵	۱۵	۹۱
			۸۰	۱٦	۸۸
			۸۵	۱۵	۹۱
			۸۵	۱٤	۹٤

جدول۱۰. نتایج آزمایش سایش نمونه های شرق و غرب در شرایط شن و نمک عادی [زاهدی،۱۳۸۸]

	نمونه	مدت زمان آزمایش سایش	نتایج ارزیابی به روش استاندارد AS/NZS 4049 (بر حسب درصد)	نتایج ارزیابی به روش استاندارد EN 1824	
				نتایج قرائت شده	نتایج بر حسب درصد
آزمایش سایش در شرایط شن و نمک عادی	غرب تهران	۵ دقیقه	۹۰	۱۲	۱۰۰
			۹۰	۱۳	۹۷
			۹۰	۱۳	۹۷
			۸۵	۱٤	۹٤
		۱۰ دقیقه	۸۵	۱۵	۹۱
			۸۰	۱٦	۸۸
			۸۵	۱۵	۹۱
			۸۰	۱٦	۸۸
	شرق تهران	۵ دقیقه	۸۵	۱٤	۹٤
			۸۵	۱٤	۹٤
			۹۰	۱۳	۹۷
			۹۰	۱۳	۹۷
		۱۰ دقیقه	۸۰	۱٦	۸۸
			۷۵	۱۸	۸۳
			۷۵	۱۷	۸٦
			۷۵	۱٦	۸۸

ساخته شده با مصالح غرب تهران است.

۵. با توجه به نتایج آزمایشگاهی مصالح غرب تهران به دلیل دارا بودن ترکیبات سیلیسی بیشتر و بار منفی سطح ذرات سنگدانه‌ها، چسبندگی مناسبی با قیر امولسیونی کاتیونیک دارند، بنابراین آسفالت حفاظتی ساخته شده با این مصالح سنگی از کیفیت بالاتری برخوردار است. از این رو به دلیل کمتر بودن کنده شدگی مصالح، افت رنگ خط کشی روی روسازی نیز کمتر است.

٦. با توجه به درصد جذب آب بیشتر مصالح غرب تهران نسبت به مصالح شرق تهران و وجود آب در رنگ پایه آبی به عنوان محمل، و این مطلب که مصالح غرب خاصیت هیدروفیلیک دارند و آب دوست هستند و تمایل بیشتری به جذب آب نسبت به مصالح شرق دارند، می توان گفت که رنگ پایه آبی پوشش بهتری بر روی این گونه مصالح ایجاد می کند، بنابراین میزان چسبندگی رنگ به این نوع مصالح بیشتر است.

۷. عکس برداری از سطح تماس رنگ با سنگدانه ها نشان داد که با توجه به جدایی فاصله بین رنگ و سطح سنگدانه، میزان چسبندگی رنگ پایه آبی به مصالح غرب تهران بیشتر از مصالح شرق تهران است. به همین دلیل در نمونه های مربوط به شرق تهران، رنگ به صورت پوسته نازکی از سطح سنگدانه جدا می شود، در حالی که در نمونه های غرب تهران، رنگ، به تدریج تحت سایش قرار گرفته و از بین می رود.

۸. نتایج ارزیابی به کمک تصویرهای استاندارد های٤٠٤٩ /AS

جدول۱۱. نتایج آزمایش سایش نمونه های شرق و غرب در شرایط شن و نمک ٤٨ ساعته [زاهدی،۱۳۸۸]

	نمونه	مدت زمان آزمایش سایش	نتایج ارزیابی به روش استاندارد AS/NZS 4049 (بر حسب درصد)	نتایج ارزیابی به روش استاندارد EN 1824	
				نتایج قرائت شده	نتایج بر حسب درصد
آزمایش سایش در شرایط شن و نمک ٤٨ ساعته	غرب تهران	۵ دقیقه	۸۵	١٤	٩٤
			۸۵	١٣	٩٧
			۸۵	١٤	٩٤
			۸۵	١٣	٩٧
		۱۰ دقیقه	۷۵	١٨	٨٣
			۷۵	١٨	٨٣
			۸۰	١٧	٨٦
			۸۰	١٧	٨٦
	شرق تهران	۵ دقیقه	۷۵	١٦	٨٨
			۷۵	١٥	٩١
			۷۵	١٦	٨٨
			۷۵	١٧	٨٦
		۱۰ دقیقه	٦٥	٢٠	٧٧
			٦٥	١٩	٨٠
			٦٠	٢٢	٧٢
			٥٥	٢٤	٦٦

NZS استرالیا و روش آیین نامه EN 1824 اروپا، نتایج نزدیکی را ارائه می دهند، چرا که اساس هر دو روش ارزیابی بصری توسط کارشناس است. اما روش آیین نامه EN 1824 به دلیل دقت بیشتر آن در جداسازی نواحی مورد ارزیابی و ارزیابی هر ناحیه و تخصیص فاکتور وزنی برای جمع بستن تمام نواحی بسته به وزن آن، از دقت بهتری برخوردار است.

۷. پی نوشتها

1-Wet Track Abrasion Test
2-Microsurfacing
3-Slurry seal
4- X-Ray fluorescence spectroscopy
5-Alkyde resin
6-Acrylic resin
7-Volatile organic component
8-Film applicator
9-Wear index

۸. مراجع

– آزمایشگاه کنترل کیفی شرکت صنایع شیمیایی ریف ایران (۱۳۸۷)، کیلومتر ٥٦ جاده اصفهان– شیراز، منطقه صنعتی رازی، ایران

– زاهدی طبرستانی، امیر (۱۳۸۸) " ارزیابی دوام رنگهای ترافیکی در برابر سایش با استفاده از دستگاه آزمایش سایش (WTAT)"،

پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه راه و ترابری دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

– سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور (۱۳۸۱) "آیین نامه روسازی آسفالتی راههای ایران – نشریه شماره ۲۳٤" معاونت امور پشتیبانی، مرکز مدارک علمی و انتشارات ، چاپ اول

– میرعابدینی، مجتبی و روزیخواه، حسین (۱۳۸۵) " انواع مواد خط کشی و معیارهای ضروری در انتخاب آنها"، اولین سمینار ملی رنگهای ترافیکی، خط کشی و ایمنی راهها، تهران.

- American Society for Testing and Materials ASTM D3910 (2007) "Standard practices for design, testing and construction of slurry seal", Annual Book of ASTM Standards, Vol. 04.03

- Australian Standards, AS 4049.3 (2005) "Paints and related materials - Pavement marking materials, Part3: Waterborne paint - For use with surface applied glass beads", Available at www. standards.com.au.

- Australian Standards, AS 4049.4 (2006) "Paints and related materials - Pavement marking materials, Part4: High performance pavement marking systems", Available at www. standards.com.au

- European Committee for Standardization, EN 1824 (2003) "Road marking materials - road trials", Available at www.cen.eu

- Graham, Migletz, J. (2002) "NCHRP, synthesis 306, long term pavement marking practices", Transportation Research Board of the National Academies, Washington D.C., U.S.A.

- Holleran, Glynn (1997) "Slurry Surfacing", Russian Road Federation Conference, Tambov, Russia

- International Slurry Surfacing Association (2005) "Recommended performance guidelines for microsurfacing", ISSA A143

- Lopez, P.E. (2004) "Pavement marking handbook", Texas Department of Transportation, Texas, U.S.A.

- Migletz, J. K. Fish and Graham, J. L. (1994) "Roadway delineation practices handbook", Report No. FHWA-SA-93-001, Office of Safety and Office of Technology Applications, Federal Highway Administration, U.S.A.