

زایکوسویل برای راه سازی

مقدمه:

بتن آسفالتی یکی از ابتدایی ترین مواد جهت ساخت و نگه داری راه ها در جهان است. مصالح سنگی و قیر مواد اولیه ای به نسبت ارزان و فراوان هستند که هنگامی که برای تهیه مخلوط داغ آسفالت به طور مناسب با هم مخلوط شوند ویژگی هایی چون کشسانی، پایداری، دوام و مقاومت در برابر رطوبت از خود نشان می دهند. همه ساله بر اهمیت عملکرد این مواد در سطحی بالاتر برای غلبه بر تأثیرات افزایش ترافیک و عوامل محیطی افزوده می شود. بهترین راه برای بهبود راه هایمان صرف بودجه بیشتر روی آن ها نیست بلکه بهبود طراحی، ساخت و نگهداری راه هاست.

اغلب هزینه های صورت گرفته در مورد مصالح سنگی آسفالت، به دلیل مسائل مربوط به رطوبت شکست می خورد. تخریب ترکیبات آسفالت بر اثر رطوبت را می توان به صورت از دست دادن پیش از موعد قدرت و دوام بر اثر نفوذ رطوبت در مخلوط آسفالت و مصالح سنگی توضیح داد. در اغلب مناطقی که باران شدید نیست، بسته به غلظت قیر، خسارات رطوبت در سطح قیر و مصالح سنگی (نقص چسبندگی) یا در قیر (نقص در پیوستگی) اتفاق می افتد. از آنجا که رطوبت در محیط ما وجود دارد می تواند از طریق خلل و فرج به درون سیستم نفوذ کند. هنگامی که آب در سیستم قیر و مصالح سنگی نفوذ کرد، با نفوذ در آسفالت از طریق جذب باعث تخریب آسفالت می شود که موجب کاهش قدرت پیوستگی ماستیک و ضعف روکش از نظر توانایی مقاومت در برابر آسیب دیدگی به دلیل فشار خلل و فرج و ترک های زود هنگام می شود. آب همچنین قادر است در سطح بین قیر و مصالح سنگی نفوذ کرده و قیر را از سطح مصالح سنگی جدا کند. این مقاله روی ایجاد رویکردی متمرکز می کند که بتوان با آن به ارزیابی شدت تخریب مصالح سنگی و قیر توسط رطوبت از طریق درک ریز - فرایند های مؤثر در چسبندگی بین مصالح سنگی و قیر و قدرت پیوستگی و دوام آسفالت پرداخت.

سال هاست تخریب ترکیب های آسفالت توسط رطوبت - آنگونه که نیاز روز افزون به بودجه جهت نگهداری و تعمیر راه ها نشان می دهد - برای نهاد های دولتی و ایالتی متولی امور راه ها مشکلی اساسی بوده است. به منظور کاهش این نیاز ها درک فرایند هایی که باعث تخریب در اثر رطوبت می شوند و متعجباً دانستن شیوه اندازه گیری شدت تخریب آسفالت توسط رطوبت پیش از اجرا لازم است. خسارت رطوبت می تواند از طریق تخریب پیوند قیر و مصالح سنگی با از بین بردن چسبندگی قیر از روی مصالح سنگی و در نتیجه نقص چسبندگی ظاهر شود. نوع دیگر فرایند های خسارت در اثر رطوبت هنگامی اتفاق می افتد که آب جذب قیر می شود و قدرت پیوستگی آسفالت داغ را کاهش داده موجب افت پایداری مخلوط می گردد که به آن نقص پیوستگی اطلاق می شود. رطوبت می تواند از طریق منافذ هوا یا در اثر پخش شدن در قیر به سیستم قیر و مصالح سنگی نفوذ کند. پژوهشگران فرایند هایی را که موجب ایجاد نقص در چسبندگی و پیوستگی آسفالت می شوند را به شرح زیر مشخص کرده اند: جابجایی، جدا شدن ذرات از هم، فشار منافذ، تشکیل امولسیون، و تنش بین سطوح. جابجایی شامل جدا شدن قیر از سطح مصالح سنگی بر اثر ترک در لایه قیر می باشد. این ترک در لایه قیر می تواند در اثر عوامل مختلفی از جمله پوشش ناقص سطح مصالح سنگی، شکاف خوردن لایه قیر در زوایای تیز مصالح سنگی، یا ترافیک و چرخه های یخ زدگی و ذوب شدن که به رویه راه فشار وارد می کند موجب تراوش قیر، شیار شدن، و ترک های فرسایشی می شود. اسکات نظریه واکنش شیمیایی ارائه می کند که توضیح می دهد چگونه تغییرات pH آب در سطح مصالح سنگی نوع گروه های قطبی جذب شده را تغییر داده و در نتیجه باعث تشکیل سطوح واگرا با بار

الکتریکی منفی روی سطوح می شود. این قطبیدگی باعث جذب آب بیشتر شده و جدایی فیزیکی را افزایش می دهد. جدا شدن ذرات از هم به این دلیل اتفاق می افتد که یک لایه نازک آب می تواند بدون صدمه زدن به لایه قیر در سطح مصالح سنگی نفوذ کند. متعاقباً، آب باعث جدا شدن قیر از سطح مصالح سنگی می شود.

سال هاست مهندسان با آزمایشات تجربی به اندازه گیری میزان تخریب مخلوط های قیر توسط رطوبت می پردازند. این آزمایشات تجربی را می توان به دو دسته تقسیم کرد: آزمایشات کمی قدرت و آزمایشات شخصی. آنچه در ادامه می آید مروری است بر روش برخی آزمایشات متداول تر و پر کاربرد تر. لازم به یاد آوری است به دلیل رضایت بخش نبود امکان اجرای مجدد و پایین بودن همبستگی با عملکرد میدانی، هیچ یک از این روش ها به تنهایی مورد استفاده گسترده قرار نمی گیرد.

آزمایشات کمی قدرت

Lottman Test (NCHRP 246)

اولین آزمایش معتبر قدرت توسط لاتمن (Lottman) در پروژه ای برای برنامه ملی تحقیقات بزرگراه ها National Cooperative Highway Research Program (NCHRP) طراحی شد. این آزمایش اساس بسیاری از آزمایشات دیگر قدرت را تشکیل می دهد. سه نمونه (به قطر ۱۰۰ میلی متر و ارتفاع ۶۳/۵ میلی متر) با فشردن به میزان تخلخل قسمت اجرا شده آماده می شود. سه نمونه به سه قسمت سه نمونه ای تبدیل می شوند. گروه اول تحت هیچ شرایطی قرار نمی گیرد و گروه کنترل است. گروه دوم در فشار نسبی ۱۳-۶۷ کیلو پاسکال در خلاء اشباع می شود تا نمونه با آب برای ۳۰ دقیقه تشکیل دهد. گروه سوم نیز در خلاء اشباع شده و سپس در چرخه یخ زدگی (وان آب ۱۸- درجه سانتی گراد به مدت ۱۵ ساعت) و سپس چرخه ذوب شدن (وان آب ۶۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت) قرار می گیرد. تمامی نمونه ها از نظر ضریب فزیت (RM) و مقاومت کششی غیر مستقیم (ITS) آزمایش می شوند. نسبت مقاومت کششی باقی مانده (TSR) برای گروه ۲ و ۳ به شرح زیر محاسبه می شود:

Control Conditioned

ITS

$$TSR = ITS (1)$$

میزان TSR گروه دوم شدت اثر رطوبت تا ۴ سال را نشان می دهد، در حالی که گروه سوم شدت اثر رطوبت بیت ۴ تا ۱۲ سال را نشان می دهد. لاتمن حداقل میزان TSR را ۰/۷۰ توصیه می کند.

Modified Lottman Test (AASHTO T283)

این شیوه توسط جامعه مسئولین راه و ترابری امریکا Association of American State and Transportation Officials (AASHTO) در ۱۹۸۵ به تأیید رسید و به دلیل مقبولیت عام در بین ارگان های دولتی در مراحل تهیه سوپریپو مورد استفاده قرار گرفت. ۶ نمونه آزمایشی (به قطر ۱۰۰ میلی متر و ارتفاع ۶۳/۵ میلی متر) به اندازه ۰/۵ ± ۷ درصد تخلخل متراکم می شوند. ۶ نمونه به دو گروه ۳ نمونه ای تبدیل می شوند. گروه اول تحت هیچ شرایطی قرار نمی گیرد و گروه کنترل است. گروه دوم در فشار نسبی ۱۳-۶۷ کیلو پاسکال در خلاء تا ۵ ± ۷۵ درصد اشباع می شود. اگر نمونه بیش از ۸۰ درصد اشباع شود باید آن را بیرون انداخت. سپس گروه ۲ در چرخه یخ زدگی (وان آب ۱۸- درجه سانتی گراد به مدت ۱۶ ساعت) و سپس چرخه ذوب شدن (وان آب ۶۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت) قرار می

گیرد. تمامی نمونه ها از نظر مقاومت کششی غیر مستقیم (ITS) آزمایش شده و نسبت مقاومت کششی باقی مانده (TSR) برای آن ها محاسبه می شود.

آزمایشات شخصی

Boiling Water Test (ASTM D3625)

این روش عمدتاً به عنوان آزمایش عینی برای انتخاب ترکیبات ممکن آسفالت به کار می رود. این روش شامل اضافه کردن مخلوط قیر و مصالح سنگی به آب در حال جوشیدن به مدت ۱۰ دقیقه است. اگر ۹۵ درصد قسمت قابل مشاهده مصالح سنگی حالت اولیه پوشش قیر را حفظ کند، مخلوط در آزمایش قبول می شود. آزمایش مقاومت انجام نمی شود.

Static-Immersion Test (AASHTO T182)

این روش نیز عمدتاً به عنوان آزمایش عینی برای انتخاب ترکیبات ممکن آسفالت به کار می رود. این روش شامل اضافه کردن آسفالت شل به آب مقطر در ۲۵ درجه سانتی گراد به مدت ۱۶ ساعت است. اگر ۹۵ درصد قسمت قابل مشاهده مصالح سنگی که در آب قابل مشاهده است حالت اولیه پوشش قیر را حفظ کند، مخلوط در آزمایش قبول می شود. آزمایش مقاومت انجام نمی شود.

عوامل مؤثر در تخریب بر اثر رطوبت

ضخامت لایه قیر

تخریب در آسفالت ممکن است در ماستیک (نقص در پیوستگی) یا در سطح بین ماستیک و مصالح سنگی (نقص چسبندگی) اتفاق بیافتد. این که نقص در چسبندگی یا نقص در پیوستگی اتفاق بیافتد بستگی به ماهیت ماستیک و ضخامت ماستیک دور مصالح سنگی دارد. قیر به اضافه مصالح سنگی با اندازه کمتر از ۰/۰۷۵ میلی متر را ماستیک در نظر می گیریم. در ۱۹۶۸ مارک (Marek) و هرین (Herrin) مشاهدات آزمایشگاهی برای یافتن رابطه بین مقاومت تنشی قیر و نوع نقص با ضخامت لایه انجام دادند. لایتن (Lytton) با استفاده از این داده ها، از میکرومکانیک برای تعیین رابطه بین ضخامت لایه قیر و نوع نقص (چسبندگی یا پیوستگی) استفاده کرد. در مورد لایه هایی با ضخامت کمتر مقاومت تنشی چسبندگی کمتر از مقاومت تنشی پیوستگی است. با این وجود، در مورد لایه های ضخیم تر مقاومت تنشی پیوستگی کمتر از مقاومت تنشی چسبندگی است. از آنجایی که ضخامت ماستیک در روکش های آسفالت متغیر است، هر دو نوع نقص چسبندگی و پیوستگی ممکن است در آسفالت اتفاق بیافتد که ممکن است یکی از آن ها شدیدتر باشد.

ویژگی های شکل مصالح سنگی

ویژگی های ظاهری مصالح سنگی بر چسبندگی مکانیکی بین مصالح سنگی و قیر تأثیر دارد. سه عامل در ایجاد چسبندگی مکانیکی نقش دارند: جفت شدن فیزیکی (مثل قفل و کلید)، تقسیم مجدد فشار، و مساحت سطح بیشتر. ثابت شده است که بافت بیشتر و زاویه دار بودن مصالح سنگی مقاومت آسفالت در برابر تغییر شکل و متعاقباً، لغزش نسبی مصالح سنگی درون قیر را بیشتر می کند. همانگونه که بعداً در همین بخش توضیح خواهیم داد، یکی از موارد مهم در مقاومت در برابر تخریب رطوبت، قدرت پیوند در واحد سطح در قیر و در سطح بین قیر و مصالح سنگی می باشد.

افزایش سطح بافت مصالح سنگی و زاویه دار بودن آن‌ها موجب افزایش مساحت سطح شده و در نتیجه نیروی چسبندگی کلی در آسفالت افزایش می‌یابد. تأثیر چسبندگی مکانیکی بر مقاومت در برابر تغییر شکل و خسارات ناشی از رطوبت واضح است. نظر کلی این گونه است که مصالح سنگی متخلخل با سطحی نسبتاً خشن باتشکیل سطوح در هم قفل شونده موجب بهبود چسبندگی می‌گردد. اثر متضادی زاویه دار بودن سطح روی تأثیر مخرب رطوبت احتمال سوراخ شدن لایه قیر و امکان نفوذ آب به سطح قیر و مصالح سنگی است.

در سال‌های اخیر پژوهشگران گام‌های بلندی در طراحی روش‌هایی برای اندازه‌گیری شکل، بافت و فرم مصالح سنگی با استفاده از سامانه تصویر برداری از مصالح سنگی (AIMS) برداشته‌اند. پژوهشگران قادرند وجوه مختلف تشکیل دهنده هندسه دانه را تشخیص دهند. هندسه دانه را می‌توان با توجه به سه ویژگی مستقل کاملاً توضیح داد: شکل، زاویه دار بودن (یا گردی) و بافت سطح.

از اواخر دهه ۱۹۷۰ و اوایل دهه ۱۹۸۰ این درک عمومی بوجود آمد که رطوبت تأثیر مخربی روی رویه‌های بتن آسفالتی دارد. تخریب زود هنگام، عریان‌شدگی و فرسایش در بسیاری روکش‌ها مشاهده شده است. خسارت و تخریب بوجود آمده در بسیاری از روکش‌ها حاکی از شدت و اهمیت این مشکل است. خسارت ناشی از رطوبت معمولاً در دو مکانیزم دسته‌بندی می‌شود: (الف) از بین رفتن چسبندگی (ب) از بین رفتن پیوستگی. نقص چسبندگی به دلیل نفوذ آب بین قیر و مصالح سنگی و جدا کردن لایه قیر اتفاق می‌افتد. نقص در پیوستگی به دلیل نرم شدن ماستیک بتن آسفالتی است. به دلیل ارتباط تنگاتنگ این دو مکانیزم، یک رویه تخریب شده بر اثر رطوبت می‌تواند حاصل ترکیبی از هر دو واکنش باشد. بعلاوه خسارت ناشی از رطوبت حاصل چند عامل دیگر مانند تغییر در قیر، کاهش میزان قیر برای جلوگیری از فرسایش بر اثر حجم بالای ترافیک، تغییر در کیفیت مصالح سنگی، استفاده گسترده از ویژگی‌های طراحی انتخاب شده، و عدم کنترل کیفی مناسب بستگی دارد.

ویژگی‌ها و انواع مصالح سنگی

عمده مصالح سنگی که به تنهایی یا در ترکیب با مواد سیمانی در روکش آسفالت راه‌ها استفاده می‌شوند عبارتند از مواد صخره‌ای طبیعی، شن و ماسه، یا مصالح سنگی سرباره.

مصالح سنگی طبیعی بر اساس ماهیت شان در سه گروه اصلی طبقه‌بندی می‌شوند: آذرین، رسوبی، و دگرذیسی. سنگ‌های آذرین زیر یا روی سطح زمین بر اثر سرد شدن ماگما، مواد مذاب حاصل از فوران گدازه‌ها یا حبس آن‌ها زیر پوسته زمین، بوجود می‌آیند. بهترین مصالح سنگی آذرین راه‌سازی معمولاً اندازه‌ای متوسط دارند. مهمترین مصالح سنگی آذرین متعلق به گروه‌های بازالتی، گابرو، گرانیت و سماق هستند.

سنگ‌های رسوبی هنگامی تشکیل می‌شوند که محصول پوسیدگی و تجزیه هر نوع سنگ قدیمی دیگر به وسیله آب یا باد جابجا شده و به عنوان رسوب ته‌نشین شده و آن‌گاه به صورت نوعی سنگ جدید سخت یا سیمانی شود. بعضی صخره‌ها هم در اثر تجزیه شیمیایی پسماند‌های زیستی در آب تشکیل می‌شوند مانند صخره‌های آهکی.

صخره های دگرذیسی در اثر دمای زیاد یا دما و فشار زیاد با تبدیل ساختار کریستالی به سنگ های جدیدی تبدیل می شوند. مهم ترین مصالح سنگی آذرین مورد استفاده در راه سازی سنگ آتشفشانی سیاه و کوارتزیت به میزان کمتر هستند.

شن و ماسه ذرات سنگ شل، طبیعی و دارای دانه های خشن که با باد، آب یا یخچال ها جابجا و هنگام کند شدن یا توقف حرکت ته نشین شده اند. هر کدام از ذرات به تنهای سخت هستند و بسته به میزان فرسایشی که در مدت حرکت پیشین متحمل شده، معمولاً گرد یا غیر عادی هستند تا اینکه زاویه دار باشند. لازم است برخی انواع شن مورد استفاده در راه سازی در فراوری شکسته و زاویه دار تر شوند.

مصالح سنگی سرباره ای آن هایی هستند که از ذوب سنگ آهن در کوره ذوب آهن بدست می آیند. سرباره خنک شده با هوا زبری بسیار خوبی دارد و به عنوان مصالح سنگی پوشش های سطح مورد اقبال است. میزان زیاد زاویه دار بودن و شکل های نامشخص ذرات سرباره ای بدین معناست که روکش های حاوی این نوع مصالح سنگی اصطکاک داخلی زیادی دارند. روکش های قیری حاوی سرباره معمولاً بسیار پایدارند. ویژگی های اصلی مصالح سنگی مورد استفاده در روکش راه ها عبارتند از: تمیزی، اندازه و درجه بندی، شکل و بافت سطح، سختی و زمختی، دوام، و چگالی نسبی.

مصالح سنگی تمیز آن دسته مصالح سنگی هستند که دانه های آن ها عاری از ذرات رسی و سیلیتی باشد. معمولاً از طریق حداکثر میزان آلاینده مخرب مجاز در ذرات مصالح سنگی زبر و نرم در مورد تمیزی مصالح سنگی مطمئن می شوند چون این مواد چسبیده به مصالح سنگی میزان چسبندگی قیر و سیمان به مصالح سنگی در ترکیبات را کاهش می دهد.

اندازه و درجه بندی مصالح سنگی روی مقاومت، تراکم و هزینه یک روکش تأثیر می گذارد. آن ها روی ویژگی های مقاومت و سختی ترکیبات قیری و نیز قابلیت نفوذ، کارایی و مقاومت در برابر سر خوردن تأثیر به سزایی دارند.

شکل و بافت سطح مصالح سنگی برای توصیف مصالح سنگی و فراهم کردن اطلاعات در مورد ویژگی اصطکاک داخلی مورد استفاده قرار می گیرد. بر مبنای شکل ظاهری مصالح سنگی انواع گوناگونی دارند: گرد، نامشخص، فلسی، زاویه ای، کشیده، و فلسی و کشیده. همچنین بر اساس بافت سطح می توان مصالح سنگی را به شیشه ای، صاف، بلوری، زبر، کریستالی، و کرم و متخلخل تقسیم کرد. مصالح سنگی با اشکال زاویه دار و سطح زبر به دلیل اصطکاک داخلی بالا برای روکش های آسفالت عالی هستند. در حالی که مصالح سنگی گرد و صاف به دلیل قفل نشدن در هم و ضعف اصطکاک سطحی، اصطکاک داخلی نسبتاً کمی دارند.

مصالح سنگی سخت آن دسته مصالح سنگی هستند که می توانند در دراز مدت مقابل قدرت فرسایشی بار ترافیکی مقاومت کنند و مصالح سنگی زمخت آن هایی هستند که می توانند بهتر در برابر شکستگی در اثر نیرو های وارده در زمان ساخت و زیر بار ترافیکی مقاومت کنند.

مصالح سنگی بادوام آن هایی هستند که قادرند در برابر قدرت خرد کننده چرخه های متناوب خیس و خشک شدن، یخ زدن و آب شدن، یا تغییرات دمایی مقاومت کنند. چگالی نسبی مصالح سنگی نیز ویژگی مهم و تأثیر گذاری در ترکیبات مصالح سنگی است. این کمیت نسبت جرم مصالح سنگی در هوا به جرم همان حجم آب در هوا.

ترکیب و ویژگی های قیر

قیر معمولاً از پالایش نفت خام که طی سالیان دراز از پوسیدن گیاهان در طبیعت بوجود آمده، تهیه می شود. ماهیت و ساختار مولکولی قیر به دلیل تفاوت در میزان هیدروکربن موجود در آن از یک منطقه به منطقه دیگر فرق می کند. عناصر موجود در قیر عبارتند از کربن، هیدروژن، نیتروژن، واندیوم، و نیکل. کربن و هیدروژن عناصر اصلی موجود در مولکول قیر هستند. اتم های کربن با سه نوع آرایش در ساختار قیر قرار می گیرند.

- نوع چربی دار یا پارافینی که از زنجیره های مستقیم یا شاخه دار کربن تشکیل شده است.
- نوع نفتنی که از حلقه های ساده و مرکب اشباع شده کربنی تشکیل شده است.
- نوع آروماتیک که از یک یا چند حلقه شش کربنی متراکم اشباع نشده تشکیل شده است.

ساختار قیر از دو نوع گروه تشکیل شده است: گروه قطبی یا عمل کننده، و گروه غیر قطبی. گروه قطبی از ترکیبات گوناگون فاقد هیدروژن و کربن در ساختار آسفالت تشکیل شده و ویژگی های الکتریکی مثبت و منفی مانند قطب شمال و جنوب آهنربا دارد. حتی تغییر بسیار کمی در گروه قطبی موجود در قیر باعث تغییر ویژگی های قیر و رفتار آن با سطح مصالح سنگی می شود. اجزای غیر قطبی نیز در قیر وجود دارند که به عنوان حلال یا پخش کننده گروه های قطبی یا عمل کننده، نقش به سزایی در تعیین اثر گروه قطبی بر ویژگی های ظاهری و سنی قیر ایفا می کند.

ساختار قیر ساده از سه بخش تشکیل می شود: آسفالتن، رزین و روغن. رزین و روغن جزو مالتن ها هستند. آن بخش از قیر که هنگام حل کردن قیر در حلال های غیر قطبی حل نمی شود آسفالتن نام دارد و آن بخش که حل می شود را مالتن گویند.

آسفالتن ها معمولاً جامداتی شکننده به رنگ قهوه ای پر رنگ هستند. آن ها پیچیده ترین ترکیبات با بالاترین میزان قطبیت هستند و لذا تمایل زیادی به جذب و ترکیب دارند. آن ها همچنین به عنوان عامل ایجاد کننده ویسکوزیته در آسفالت نقش مهمی ایفا می کنند.

رزین ها معمولاً تیره رنگ هستند و ماهیتی جامد یا نیمه جامد دارند. معمولاً هنگامی که گرم می شوند سیال هستند و پس از سرد شدن شکننده می شوند. رزین ها به هنگام اکسید شدن مولکول های آسفالتن بدست می دهند.

روغن ها معمولاً مایعاتی بی رنگ یا سفید هستند. در اغلب حلال ها حل می شوند. به هنگام اکسید شدن مولکول های آسفالتن و رزین بدست می دهند.

قیر بر اساس ویژگی ها و عملکردش خصوصیات جریان و شارش مشخصی دارد. ویژگی های قیر بر اساس ماهیت و خصوصیاتش عبارتند از:

- سخت شدن با گذشت زمان

- نفوذ پذیری

- شکل پذیری

- ویسکوزیته

- حساسیت در برابر دما

- قابلیت برش

- سختی

EXIR SHARQH

سخت شدن به مرور زمان با گذشت زمان و تغییر دما اتفاق می افتد. سخت شدن به مرور زمان می تواند در دمای ثابت و مدت زمان بیشتر اتفاق بیافتد. اساساً این فرایند شش بخش دارد: اکسید شدن، بخار شدن، تشکیل پلیمر، تیکسوتروپی (تبدیل ژل از یک سیال غلیظ به سیالی روان تر با گذشت زمان در اثر حرکت، ضربه و امثال آن)، به هم چسبیدن (به هم چسبیدن ذرات جامد یک ژل و آزاد شدن مایه آن)، تفکیک.

معیار دیگر در بررسی ماهیت قیر نفوذ پذیری است. این کمیت با استفاده از آزمایش نفوذ که طی آن یک سوزن را روی قیر رها می کنند، اندازه گیری می شود و بر اساس نفوذ آن سوزن استاندارد در مورد ماهیت قیر تصمیم گیری می شود.

شکل پذیری قیر با میزان فاصله ای که نمونه هنگام کشیدن دو انتهای آن در سرعت و دمای مشخص پیش از دو تکه شدن کش می آید، اندازه گیری می شود.

ماهیتاً ویسکوزیته نسبت تنش برشی به سرعت تغییر زاویه برشی در هر دما و میزان برش. ویسکوزیته قیر در برخی دماهای بالا حدود ۱۴۰ درجه سانتی گراد ثابت می شود. ویسکوزیته آسفالت با استفاده از آزمایش هایی مانند ویسکوزیتر دورانی، ویسکوزیتر بروکفیلد و آزمایشگاه سنجش دینامیک تغییر جریان برش اندازه گیری می شود.

حساسیت دمایی عبارتست از سرعت تغییر پایداری قیر با تغییر دما. قیر هایی که حساسیت دمایی بالایی دارند به دلیل مشکلات بعدی هنگام متراکم کردن مخلوط، برای استفاده مطلوب نیستند. حساسیت دمایی را می توان از سه طریق تعیین کرد: نشانه نفوذ، PVN یا مقدار نفوذ - ویسکوزیته (Penetration-Viscosity Number) و حساسیت ویسکوزیته - دما.

قابلیت برش اساساً سرعت تغییر ویسکوزیته با تغییر برش است. این کمیت قابلیت ذاتی قیر است. قابلیت برش به تنهایی هیچ توصیفی از رفتار یا عملکرد قیر به دست نمی دهد. مقدار آن با توجه به ویسکوزیته یا سخت شدن با گذشت زمان، درک دقیقی از عملکرد قیر ارائه می دهد.

سختی یکی از ویژگی های مهم قیر است. این کمیت رابطه ای است بین تنش و تغییر شکل در اثر عملکرد دما و بار در طول زمان. عملکرد آسفالت مستقیماً بر پایه عملکرد قیر است چرا که بر رفتار کششی و فشاری آسفالت تأثیر می گذارد. همچنین پیوند قیر و مصالح سنگی به سختی قیر بستگی دارد.

قیر و مصالح سنگی دو جزء اصلی آسفالت هستند. رابطه متقابل این دو با هم در آسفالت نقش اساسی در عملکرد روکش ایفا می کند.

هر دوی آن ها ویژگی های فیزیکی و شیمیایی مجزا دارند. هنگامی که قیر و مصالح سنگی ارتباط نزدیک پیدا می کنند این ویژگی های آن ها بر یکدیگر تأثیر می گذارند. نسبت وزنی قیر و مصالح سنگی در آسفالت معمولاً ۵ تا ۶۵٪ وزن قیر و ۹۴ تا ۹۵٪ مصالح سنگی است. مصالح سنگی از نظر ترکیبات، شیمی سطح، و شکل شناسی شامل سطح رویه، پراکندگی حفره - اندازه و شکنندگی انواع مختلفی دارند. گرد و خاک حاصل از رس یا سایر مواد معدنی اغلب سطح مصالح سنگی را می پوشاند و در فرایند آماده سازی مصالح سنگی کاملاً زدوده نمی شود. این امر باعث می شود بخش های مختلف یک نوع مصالح سنگی شیمی سطح متفاوتی داشته باشند. مصالح سنگی در سطح خود گروه های فعال و غیر فعال مختلفی دارند که نقش مهمی در برهم کنش مولکول های قیر با مصالح سنگی ایفا می کنند. مصالح سنگی از نظر بافت سطح متفاوتند.

برخی انواع مصالح سنگی سطح رویه بیشتر و منافذی با اندازه مطلوب جهت نفوذ مناسب قیر دارند. بعضاً پیش می آید که هوا داخل این سوراخ ها حبس شده و نفوذ قیر را به داخل آن ها مشکل می کند. بر این اساس مناطق فعال و غیر فعال مختلفی در سطح مصالح سنگی بوجود می آید. از طرف دیگر قیر متشکل از هیدرو کربن هایی دارای عملکرد قطبی و همچنین ترکیبات آلی فلزی که فلزاتی مانند نیکل، وانادیوم و آهن دارند، می باشد. تحقیقات نشان می دهد هنگامی که قیر با مصالح سنگی تماس پیدا می کند، گروه های حاوی اکسیژن آسفالتن توسط سطح مصالح سنگی جذب می شوند. بعد ها با تحقیقات بیشتر اطمینان قطعی بوجود آمد که شیمی در سطح بین مصالح سنگی و قیر منجر به واکنش های پیوندی شده و بر نیروی چسبندگی نهایی اثر می گذارد. مصالح سنگی سطحی ناهمگن پدید می آورند که مناطق مختلفی با ساختار گوناگون و درجه فعالیت مختلف دارند. بخش های فعال معمولاً قطبیده هستند یا مقداری بار الکتریکی دارند که باعث جذب قسمت های قطبی قیر و جهت دادن به آن ها می شوند. اجزای شیمیایی با بالاترین میل ترکیبی که در یک قسمت مشخص قرار دارند، با سایر اجزا رقابت کرده و موقعیت آن قسمت را از آن خود می کنند. گروه های قطبی حاضر در محل تماس لایه قیر و مصالح سنگی به دلیل نیروی الکترواستاتیکی، پیوند های هیدروژنی یا پیوند های واندروالسی به سطح می چسبند. اگر سطح مصالح سنگی با ویژگی قطبیت کاملاً با یک پوشش سطحی غیر قطبی پوشانده شود، آن گاه ویژگی های جذب سطحی مصالح سنگی به شدت تغییر می کند. در این حالت گروه های قطبی تمایل بیشتری به باقی ماندن در قیر دارند چون هیچ نیروی جاذبه یا الکترواستاتیکی برای جذب سطحی یا چسباندن آن ها به سطح مصالح سنگی وجود ندارد. هر چه گروه های قطبی، انرژی های الکترو استاتیکی، پیوند هیدروژنی، یا واکنش های واندروالسی مناطق فعال سطح مصالح سنگی بیشتر با گروه های قطبی و غیر قطبی قیر داغ شارژ شود، جاذبه بر اساس تمایل به واکنش با سولفو کسید ها، اسید های کربو کسلیک و پایه های نیتروژن قوی تر جذب می شوند. در حالی که هر چه گروه های قیری کمتر باشند، شامل هیدرو کربن های آروماتیک، میل ترکیبی بسیار کمتری با سطح دارند و خیلی محکم به سطح مصالح سنگی نمی چسبند.

واکنش های شیمیایی بین قیر و مصالح سنگی هنگام مخلوط کردن مواد اتفاق می افتد. تأثیرات شیمیایی بیشتر به دلیل این واکنش های شیمیایی طول می کشد و بر ماندگاری دراز مدت پیوند قیر و مصالح سنگی تأثیر می گذارد. هنگامی که قیر داغ سطح مصالح سنگی را می پوشاند، تمایل به نفوذ درون درز ها و سوراخ های موجود دارد. سطح مصالح سنگی قطبیده گروه های فعال باردار یا نیمه باردار موجود در قیر با بار الکتریکی مخالف را به خود جذب می کنند. قسمتی از مولکول جذب شده که برای واکنش محیا است سپس به وسیله مصالح سنگی باردار شده و بنا بر این واکنش الکترواستاتیکی با سایر مولکول های باردار یا نیمه باردار قیر با بار الکتریکی مخالف خواهد داشت. ممکن است برای مدتی یک حالت شبه متوازن در پیوند بین قیر و مصالح سنگی باقی بماند. شکست حاصل از نیرو های جاذبه حالت توازن را به یک حالت شبه متوازن جدید یا به یک حالت پایدار تغییر می دهد، اگر چه که ممکن است تخریب آرام پیوند قیر و مصالح سنگی روی دهد. از بین رفتن این پیوند بین قیر و مصالح سنگی ممکن است در سطح اتفاق بیافتد، چه در قیر به عنوان نقص در پیوستگی، یا درون مصالح سنگی به عنوان نقص ساختاری. یکی از دلایل تخریب آسفالت با گذشت زمان پیر شدن آسفالت است.

سخت شدن قیر حین استفاده ممکن است به دلیل تغییر ترکیب شیمیایی که به مرور زمان حادث می شود، بر پیوند قیر و مصالح سنگی تأثیر بگذارد. تغییر حاصل از اکسید شدن به مرور زمان می تواند ماهیت شیمیایی سطح را تغییر دهد. ترکیباتی که معمولاً با گذشت زمان تشکیل می شوند عبارتند از سولفو کسیدها، اسیدهای کربو کسلیک، و کتون ها. تمامی آن ها میل شدیدی برای ترکیب با سطح مصالح سنگی دارند. مطالعات مربوط به اثر گذشت زمان نشان می دهد که میزان سولفو کسیدها، اسیدهای کربو کسلیک و کتون ها با تداوم اکسید شدن، هم در سطح تماس و هم در قیر در فاصله ۲۵ تا ۱۰۰ میکرومتری مصالح سنگی افزایش می یابد. چسبندگی قیر به مصالح سنگی به نوع گروه های فعال در سطح تماس و

قدرت چسبندگی آن ها به سطح بستگی دارد. مقاومت این پیوند در برابر عوامل محیطی محضاً نفوذ آب، برای افزایش طول عمر آسفالت ضروری است.

توضیح شیمیایی فرایند عریان شدگی

عریان شدگی یکی از مشکلات اساسی در روکش های آسفالت است که به دلیل نفوذ آب در سطح بین قیر و مصالح سنگی در شبکه آسفالت اتفاق می افتد. نیروی نفوذ آب در سطح بین قیر و مصالح سنگی می تواند موجب تخریب رویه شود. ممکن است آب در منافذ مصالح سنگی مورد استفاده در آسفالت وجود داشته باشد یا از طریق نفوذ در ترک های قیر خسارت ایجاد کند. آب می تواند با نفوذ در لایه قیر و پس از آن رسیدن به سطح و مبارزه برای تصاحب مناطق فعال موجود در سطح مصالح سنگی، پیوند قیر و مصالح سنگی را تخریب کند. بر پایه مدارک موجود، حدود هفت فرایند مختلف برای عریان شدگی مشخص شده اند: تفکیک، جابجایی، امولسیون شدن خود به خود، فشار منافذ، شسته شدن با آب، عدم ثبات pH و تأثیرات محیطی روی سیستم مواد قیر و مصالح سنگی.

تفکیک شامل جدا شدن لایه قیر از سطح یک قطعه از مصالح سنگی به وسیله یک لایه نازک آب بدون وجود ترک مشهود در لایه قیر است. ایجاد یک پیوند خوب بین قیر و مصالح سنگی ضروری است. چنین پیوندی ابتدا به ساکن به توانایی قیر در پوشاندن سطح مصالح سنگی بستگی دارد. با کاهش تنش های سطحی یا انرژی های آزاد پیوند قابلیت خیس شدن مصالح سنگی افزایش می یابد. اندازه گیری های انرژی سطحی نشان می دهد هنگامی که انرژی آزاد موجود در سطح بین قیر و مصالح سنگی اندازگیری شد، در حضور رطوبت انرژی آزاد می شود بدین معنا که تمایل سطح مصالح سنگی نسبت به آب بسیار قوی تر از تمایل آن ها به قیر است. هر چه میزان بار منفی انرژی پیوند بیشتر باشد امکان تفکیک قیر از مصالح سنگی در حضور رطوبت بیشتر است.

جابجایی شامل است بر جابجا شدن قیر از سطح مصالح سنگی از طریق ترک ایجاد شده در لایه قیر. دلیل ترک یا قطع شدگی می تواند یکی از موارد زیر باشد: پوشش ناقص سطح مصالح سنگی، پارگی فیلم در گوشه ها و لبه های تیز مصالح سنگی، سوراخ های ایجاد شده در لایه قیر بر اثر پوشش های مصالح سنگی و غیره. فرایند جابجایی با تغییر pH آب نفوذ کرده از مناطق آسیب دیده در سطح مصالح سنگی ادامه می یابد. این تغییرات نوع گروه های قطبی جذب شده در سطح را تغییر داده و موجب تشکیل گروه های واگرا با بار الکتریکی منفی، دو لایه با بار منفی، در سطح قیر و مصالح سنگی می شود. ترکیب برای رسیدن به توازن آب بیشتری جذب کرده و موجب جدایی فیزیکی قیر از سطح مصالح سنگی می شود. امولسیون شدن خود به خود نوعی امولسیون شدن وارونه قطرات آب در آسفالت است. مشاهدات نشان می دهد امولسیون شدن خود به خود زمانی اتفاق می افتد که لایه قیر در آب غوطه ور شود و میزان امولسیون شدن بستگی به ماهیت قیر و افزودنی های حاضر دارد.

آب محبوس درون آسفالت می تواند موجب ایجاد فشار و در نتیجه تخریب آسفالت گردد. فشار وارد شده توسط فعالیت های مداوم بار ترافیکی روی آب حبس شده خسارت را بیشتر می کند بدین صورت که افزایش مداوم فشار منافذ لایه قیر را منقطع می کند یا اینکه موجب بزرگ شدن ریزترک ها در ماستیک آسفالت می شود. یک مدل ثالث تخریب طراحی شد تا نشان دهد آسفالت هایی که خوب طراحی شده اند در اثر تداوم بار ترافیکی تمایل به «سختی کرنشی» دارند. میزان این تخریب شتاب دار در حضور رطوبت تشدید می شود زیرا فشار منافذ تولید شده در فضای خالی ترک ها سرعت بزرگ شدن ترک و تخریب را با تولید فشار بیشتر در نوک ترک و با ضعیف کردن ماستیک و پیوند چسبندگی بین قیر و مصالح سنگی افزایش می دهد.

شسته شدن با آب در سطح بالایی روکش اتفاق می افتد. در این قسمت عریان شدگی بر اثر حرکت تیر روی سطح اشباع شده اتفاق می افتد. در اثر حرکت تیر آب زیر تیر درون روکش وارد می شود. اسمز (تراوش) و مانع شدن به عنوان یکی از مکانیزم های احتمالی شسته شدن بیان شده است. اسمز زمان حضور نمک یا محلول های نمکی در منافذ مصالح سنگی اتفاق می افتد و افت فشار اسمزی ایجاد می کند که در واقع باعث مکش آب از پشت لایه قیر می شود.

آزمایشات نشان می دهد pH آبی که با آسفالت در تماس است به شدت روی چسبندگی قیر به مصالح سنگی تأثیر می گذارد. تأثیر انواع مختلف آب بر میزان تخریب در آزمایش جوشاندن مورد بررسی قرار گرفته است. مشاهدات نشان می دهد pH آبی که با آسفالت در تماس است بر میزان زاویه تماس و ویژگی خیس شدن در سطح تماس قیر و مصالح سنگی تأثیر می گذارد. (Kiggundu and Roberts (1988) بیان می کنند این نتایج نشان می دهد تثبیت حساسیت pH در سطح بین قیر و مصالح سنگی می تواند موجب کاهش امکان شکست پیوند، ایجاد پیوند های قوی و ماندگار و کاهش عریان شدگی گردد. (Tarrer (1996) نتیجه گرفت که پیوند بین قیر و مصالح سنگی به فعالیت شیمیایی سطح بستگی دارد. وقتی آبی که با سطح مصالح سنگی در محل در تماس است pH بالایی داشته باشد، برخی مایعاتی که به عنوان عامل ضد عریان شدگی استفاده می شوند مدت زمانی بیش از سه ساعت برای تکمیل فرایند نیاز دارند تا به مقاومت در برابر از بین رفتن چسبندگی در pH های بالاتر دست یابد و رسیدن به پیوند شیمیایی قوی بین مصالح سنگی و قیر مقاوم در برابر تغییرات pH و/یا محیط های با pH بالا میسر می شود. می توان با تشکیل نمک های ارگانیک نا محلول (مانند نمک های کلسیم) که به سرعت تشکیل می شوند و تحت تأثیر pH بالا یا تغییرات pH قرار نمی گیرند، به پیوند های شیمیایی قوی دست یافت. گزارش Terrel and Shute (1989) نشان می دهد عواملی چون دما، هوا و آب تأثیر گسترده ای روی ماندگاری آسفالت دارد. در مناطق معتدل هنگامی که مصالح سنگی خوب و قیر با کیفیت مهیا باشد، عامل اصلی تخریب بار ترافیکی و ظهور خرابی های ناشی از آن است.

نقص زودتر از موعد هنگامی اتفاق می افتد که مصالح نامرغوب و بار ترافیکی با شرایط سخت آب و هوایی همراه شود. (Terrel and Al-swailmi (1994) برخی عوامل محیطی مؤثر را این گونه ذکر می کنند: رطوبت ناشی از منابع آب سطحی، تغییرات دما، و فرسودگی آسفالت با گذشت زمان. آن ها ترافیک و روش های ساخت را به عنوان عواملی مهم که نسبت به محیط خارجی هستند، دسته بندی می کنند. نقص در چسبندگی در سطح بین قیر و مصالح سنگی اتفاق می افتد در حالی که نقص در پیوستگی درون قیر یا مصالح سنگی حادث می شود. در شرایط سخت آب و هوایی لایه خارجی مصالح سنگی می شکنند و از تنه اصلی جدا می گردد و لایه قیر نیز به همراه آن جدا می شود (Podoll و دیگران 1991).

آزمایشاتی که در گذشته روی انواع مختلف مصالح سنگی مانند گرانیتی، آهکی و گراوایه نشان می دهد که رده بندی تمایل به جذب در گروه های فعال موجود در قیر عبارتند از: س. لفو کسید < اسید کربوکسیلیک > پایه نیتروژن < فنول < کتون < پیروول < ۴ حلقه آروماتیک < ۲ حلقه آروماتیک. هم چنین واضح است که اجزایی که تمایل بیشتری به مصالح سنگی دارند، بستر حساسیت نسبت به رطوبت را نیز دارند. جذب قیر از محلول و متعاقباً جدا شدن قیر به وسیله آب هم به ترکیب قیر و هم به شیمی مصالح سنگی و ریخت شناسی بستگی دارد (Brannan و دیگران 1991). مصالح سنگی در کل به دو گروه اصلی سیلیسی و آهکی تقسیم می شوند. هر دوی این دو نوع مصالح سنگی می توانند همزمان عریان شونده و غیر عریان شونده باشند. علاوه بر ترکیب اصلا مصالح سنگی عوامل زیاد دیگری نیز هستند که بر عملکرد آن ها تأثیر می گذارند. انواع مصالح سنگی بافت سطح متفاوتی دارند که از صاف تا ناصاف درجه بندی می شوند. معمولاً سطح مصالح سنگی سیلیسی صاف و سیقی است در حالی که مصالح سنگی آهکی اندکی ناصاف هستند و لذا امکان بهبود

چسبندگی بین قیر و آسفالت وجود دارد. هنگامی که قیر سطح مصالح سنگی را خیس کرد، برخی گروه های فعال ارگانیک آن با ترکیبات مصالح سنگی تشکیل پیوند می دهند. گروه فعال معمولاً با فلزات آلکالی (قلیایی) موجود در سطح مصالح سنگی واکنش داده و نمک های محلول در آب تشکیل می دهند. این پیوند های بین قیر و مصالح سنگی که ماهیت یونی دارند به مرور زمان با قرار گرفتن در معرض رطوبت ضعیف یا حل می شوند. چندین روش برای جلوگیری از عریان شدگی آسفالت وجود دارد. معمولاً این کار با افزودن مواد ضد عریان شدگی در مخلوط قیر و مصالح سنگی انجام می شود. یکی از این مواد آهک هیدراته (آهک زنده) است. مشاهدات نشان می دهد که برخی از انواع مصالح سنگی اعمال شده با آهک زنده تمایل به تشکیل پیوند های مستحکم، قوی تر و ماندگار با قیر دارند. اعتقاد بر این است که این امر به دلیل عدم حساسیت این پیوند ها نسبت به عملکرد آب رخ می دهد. پیوند های تشکیل شده در این مورد، پیوند هایی قوی و نامحلول هستند. همچنین تأثیر خاکی در مخلوط قیر و مصالح سنگی نقش اساسی ایفا می کند. وجود و میزان خاکی که شدت سفت شدن قیر دور سطح مصالح سنگی را با ایجاد حالتی پل بین توده قیر و سطح مصالح سنگی تعیین می کند (Wagh and Tarrer, 1990). همچنین می توان تعداد مناطق فعال در سطح مصالح سنگی را با افزودن عوامل غنی شده با کاتیون های آهن، منیزیم، و کلسیم افزایش داد. زوج های خاص قیر و مصالح سنگی را می توان برای جذب سطحی یا مقاومت بیشتر در برابر آب بهبود بخشید. KR13890131

تهیه و تنظیم: شرکت اکسیر شرق

مشهد: میدان قائم، بلوار آزادی، بین ۵۸ و ۶۰، مجتمع تجاری صدرا، طبقه پنجم، واحد ۵۵.

تلفن: ۰۵۱۱-۶۵۷۶۰۱۰ ۰۲۱-۲۲۵۸۳۳۶۸

EXIR SHARGH