پژوهشی ـمجله علمی
«عـمـران مـدرس»
دوره دهم، شماره2، تابستان 1389

«یادداشت تحقیقاتی»

بررسی عریان‌شدگی مصالح‌سنگی در رویه‌های آسفالتی به روش آزمایش سایش

امیر کاوسی[1]*، علی عبدی[2]
۱- دانشیار گروه راه‌وترابری، دانشگاه تربیت مدرس،
۲- کارشناس ارشد عمران- راه‌وترابری، دانشگاه تربیت مدرس

kavussia@modares.ac.ir
(دریافت مقاله: دی 1386، پذیرش مقاله: تیر 87)

چکیده- هدف از این تحقیق بررسی عریان‌شدگی در رویه‌های آسفالتی، با تکیه بیشتر بر مصالح سنگی و انتخاب روشی مناسب برای کنترل و بررسی این معضل در شرایط آزمایشگاهی است. برای بررسی این خرابی با مطالعه موردی آزادراه زنجان قزوین که این پدیده در برخی از قطعات آن دیده شده، از معدن مصالح سنگی مربوط به قطعاتی که عریان شدگی در آنها شدیدتر از سایر قسمتها بود، مصالح برای ساخت آسفالت انتخاب شد. در ابتدا با آزمایشهای XRF و XRD استعداد عریان‌شدگی این مصالح ناشی از فزونی کانی سیلیس در آنها مشخص شد. سپس با ساخت نمونه‌های مخلوط قیر و مصالح و انجام آزمایش بصری آب‌جوشان بر روی این نمونه‌ها تخمین اولیه‌ای از عریان‌شدگی مصالح سنگی در مخلوطهای آسفالتی به‌دست آمد. همچنین با ساخت نمونه‌های آسفالت سطحی و انجام آزمایش سایش در شرایط مرطوب بر روی نمونه‌ها، صحت آزمایشهای انجام‌شده قبلی از دیدگاه دیگری بررسی شد. در تمامی آزمایشهای انجام شده بر روی نمونه‌های آسفالتی از ماده افزودنی آهک هیدراته برای ترمیم و کاهش این خرابی استفاده شد.

نتایج حاصل از این تحقیق حاکی از آن است که اگر آهک هیدراته به‌عنوان افزودنی به‌کار رود موجب تقلیل عریان شدگی‌شده و باعث افزایش انسجام و دوام روسازی آسفالتی می‌شود. رویکرد ارائه‌شده به بهبود و اصلاح خواص مصالح مورد استفاده در رویه‌های‌آسفالتی در برابر عریان‌شدگی منجر می‌شود.

کلید واژگان: عریان‌شدگی، برهنگی مصالح، آسیب‌دیدگی رطوبتی، آزمایش سایش در شرایط مرطوب، افزودنی ضدعریان‌شدگی، آهک هیدراته.

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2025-07-16]

1- مقدمه

روسازیهای آسفالتی به‌دلیل اینکه در معرض عوامل جوی به‌ویژه رطوبت و بارگذاری ترافیکی قرارمی‌گیرند با گذشت زمان دچار استهلاک شده و بروز خرابی در آنها اجتناب‌ناپذیر است. عریان‌شدگی که یکی از انواع خرابی-های رویه‌های آسفالتی است؛ هم یک خرابی محسوب می‌شود و هم می‌تواند مقدمه‌ای برای بروز خرابی‌های زودهنگام دیگر مانند ترک‌خوردگی، شیارشدگی مسیر چرخ‌ها، بیرون پریدگی، ایجاد چاله و ترکهای پوست سوسماری باشد.

معمولاً چسبندگی قیر به مصالح سنگی در غیاب آب بدون مشکل انجام می‌شود اما از آنجا که مصالح‌سنگی سریعتر و بهتر از قیر با آب آغشته می‌شوند، لذا حضور آب نه تنها در تهیه آسفالت مشکلات فراوانی را ایجاد می‌کند بلکه در مراحل بهره‌برداری نیز به آن خسارت وارد کرده و سبب از بین رفتن یا ضعیف شدن اتصال قیر- مصالح سنگی می‌شود. این خرابی به دلیل اینکه یا به طور مستقیم از وجود رطوبت ناشی می‌شود یا توسط رطوبت تشدید می-شود، آسیب دیدگی رطوبتی نیز نامیده شده [1] و البته به عنوان نظریه‌ای برای ساخت روسازیهایی با عمر جاودان، باید بر حداقل کردن خسارتهای ناشی از عریان‌شدگی تمرکز شود [2]. این مسأله به‌قدری حائز اهمیت است که برخی از محققان اصول اساسی در عملکرد روسازی‌ها را به سه مورد حیاتی محدود می‌کنند: زهکشی، زهکشی و زهکشی [3].

2- عوامل‌مؤثر در ایجاد برهنگی مصالح-سنگی

با وجود آن‌که تأثیر خواص فیزیکی- شیمیایی سطح مصالح سنگی معدنی در عریان‌شدگی ناشی از رطوبت، یش از خواص قیر است و برخی از مصالح سنگی به‌طور ذاتی نسبت به رطوبت بسیار حساس هستند، در بسیاری از موارد، عوامل خارجی یا ویژگیهای داخلی روسازی‌های آسفالتی سبب عریان‌شدگی زودهنگام می‌شوند، لذا شناخت این عوامل در ارزیابی و حل این مشکل بسیار ضروری است [4].

2-1- عوامل خارجی

آب می‌تواند از خارج روسازی از رویه، از دو طرف به-دلیل زهکشی ضعیف یا از طریق بالا بودن سطح آب زیرزمینی به روسازی نفوذ کند [5].

2-1-1-عدم وجود زهکشی مناسب

آب به روشهای مختلفی می‌تواند به لایه‌های روسازی وارد شود، برای مثال از سطح جاده، از طریق ترکهای سطحی، چاله‌ها یا از اطراف و کنارها از طریق نشت از آبرو جاده یا از لایه‌های زیرین روسازی، به دلیل بالابودن سطح آبهای زیرزمینی در محل خاکبرداری یا بر اثر پدیدهٔ موئینگی به جسم راه وارد شود [6].

2-1-2- اثر تراکم

تراکم ناکافی لایه آسفالتی یکی از رایج‌ترین پارامترهای روسازی است که به برهنگی زودهنگام منجر می‌شود. بیشتر مخلوطهای آسفالتی توپر برای فضای خالی 3 تا 5 درصد طراحی می‌شوند اما پس از اجرا مقدار فضای خالی به 8% می‌رسد و لذا پس از 2 تا 3 سال، بر اثر تراکم ناشی از ترافیک، درصد فضای خالی طراحی، حاصل می‌شود [7].

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2025-07-16]

2-1-3-وجود گرد و غبار روی سنگدانه ها

حضور گرد و غبار و ذرات رس بر روی مصالح‌سنگی می‌تواند از برقراری پیوند بین قیر و سنگدانه‌ها جلوگیری کرده و کانالهایی را برای نفوذ آب ایجاد کند [8]. در فرسایش هیدرولیکی، آب جلوی لاستیک خودرو با فشار به درون روسازی تزریق شده و نفوذ می‌کند و در عین حال از پشت لاستیک در حین حرکت از درون روسازی، مکیده می‌شود. این تناوب فشار- کشش موجب تشدید عریان‌شدگی خواهد شد [9]. مطالعات آزمایشگاهی، بهبود خواص چسبندگی مصالح درشت‌دانه آلوده به گرد و غبار را پس از شستشو، به اثبات رسانیده-اند [10].

2-1-4- استفاده از آسفالت با دانه‌بندی باز[1] (آسفالت متخلخل)

آسفالت متخلخل رطوبت را در مدت زمانی طولانی در خود نگاه داشته و پس از بارندگی نمی‌تواند مانند روسازی‌های متداول به سرعت خشک شود. همچنین آب موجود در لایه آسفالت متخلخل با فشار اعمال شده توسط وسایل نقلیه سنگین به لایه‌های زیرین نفوذ کرده و با شروع عمل عریان‌شدگی می‌تواند به آب‌شستگی، گود افتادگی مسیر چرخ یا ایجاد موج در سطح جاده منجر شود.

2-1-5- روکش رویه بتنی در حال تخریب

به محض روکش کردن روسازی بتنی با لایه آسفالت گرم ناتراوا، آب در زیر این لایه محبوس شده و در اثر فشارهای حفره‌ای ایجاد شده توسط ترافیک، برهنگی آغاز شده و به چاله‌هایی در بدترین وضعیت ظاهر می-شوند.

2-1-6- به‌کارگیری لایه‌های ضدآب و پوشش-های آب‌بند[2]

اگر منبع رطوبت در زیر جاده باشد که معمولاً چنین است، درزبندی رویه جاده می‌تواند مضر باشد. استفاده از برخی لایه های ضد آب (مانند لایه جاذب تنش[3] برای کاهش ترکهای انعکاسی) و پوشش‌های درزگیر (سیل کت‌ها) بین لایه‌های روسازی و رویه، مانع از خارج شدن رطوبت و آب می شود.

2-1-7- تأثیر رطوبت باقیمانده در مصالح

در موقع اجرا به دلیل جذب آب زیاد، مصالح اشباع شده و امکان‌پذیر نیست که با گرما دهی سریع در مخلوط کن، تمام آب را از مصالح جدا کرد و این در حالی است که در آزمایشگاه، ساخت نمونه‌ها با مصالح کاملاً خشک شروع می‌شود. بیشترین جنبه مخرب ناشی از خشک شدن ناقص مصالح‌سنگی (باقیماندن رطوبت در سنگدانه‌ها) با آزاد کردن رطوبت در اتمام مراحل غلتک‌زنی، آغاز می-شود [11].

2-1-8-تأثیر ترکهای اجرائی

منافذ و خلل و فرج موجود در درون لایه‌های بتن آسفالتی به‌عنوان راهی برای نفوذ و پیشروی آب در روسازی است. بر این اساس بسیاری از موسسات مقدار خلل و فرج را به 2% محدود می‌کنند؛ اما در برخی از مناطق با وجود کم بودن درصد منافذ در روسازی، باز هم آب به روسازی نفوذ می‌کند [12]. ترکهای سطحی که در مراحل

1 . Open-Graded Asphalt Friction Course (OGFC)

2 . Water proofing membranes and seal coats

3 . Stress – Absorbing Membranes Interlayer

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2025-07-16]

اولیه روسازی یعنی در طول مدت اجرا و پس از آن به وجود می‌آیند، می‌توانند مسیری را برای نفوذ آب سطحی به لایه‌های بتن آسفالتی ایجاد کنند.

2-2- عوامل داخلی مؤثر در برهنگی

2-2-1- تأثیر نوع سنگدانه‌ها

به طور کلی مصالح سنگی حاوی درصد بالای سیلیس که جاذب آب است، مستعد برهنگی بوده و مصالح با مقادیر کم سیلیس، دافع آب بوده و در برابر برهنگی مقاومت دارند [1]. طبیعت شیمیایی سطح مصالح نقش مهمی در ایجاد عریان‌شدگی دارد. همچنین بسته به منبع قیر مصرفی، برای ایجاد پیوند قویتر، باید از مصالحی استفاده شود که دارای خاصیتی مخالف با طبیعت سطح قیر باشد و چون سطح قیر معمولاً خاصیت اسیدی دارد، بهتر است که سطح مصالح خاصیت بازی داشته باشند [5].

2-2-2- تأثیر نوع و درصد قیر

نوع منبع قیر، ویسکوزیته و بسیاری از ویژه گی های قیر بر حساسیت برهنگی مصالح مؤثر می باشند. این امکان وجود دارد که با تغییر نوع قیر بتوان پایداری رطوبتی مخلوط آسفالتی را تغییر داد [14]. نوع منبع قیر (یا نحوه تهیه آن در پالایشگاه) می‌تواند در ایجاد حساسیت رطوبتی روسازی آسفالتی مؤثر باشد. در این راستا لازم است از به‌کاربردن انواع قیرهای ترکیبی خودداری شود [15].

با افزایش درصد قیر، به‌دلیل کاهش درصد فضای خالی و در نتیجه کاهش نفوذپذیری، پیرشدگی زودرس و نفوذ آب تعدیل شده و دوام و عمر مخلوط آسفالتی افزایش می‌یابد [16].

3- آزمایش مصالح‌سنگی با روش های XRF[1] و XRD[2]

3-1-آزمایش XRF

روش XRF یا طیف‌سنجی فلورسانس اشعه X، روشی کمّی و کیفی برای تجزیه عنصری عناصر مجهول در سنگ های معدنی فلزها، آلیاژها و مانند آن است. اساس کار این دستگاه چنین است که هر گاه الکترونهای دارای انرژی کافی به ماده‌ای برخورد کنند، پرتو X با طیف پیوسته‌ای از انرژی و طول موجها تولید می‌شود. پرتو X می‌تواند حاصل بمباران ماده مورد سنجش (توسط جریان پرتو X اولیه که خودش حاصل بمباران الکترونی است) باشد. پرتو X ثانویه را فلورسانس می‌نامند [17].

در این روش برای تشخیص و اندازه‌گیری میزان تمرکز عناصر موجود در نمونه‌ها (تعیین درصد عناصر) ابتدا نمونه سازی با پودرکردن نمونه مصالح به نحوی انجام می‌شود که از الک نمره 200 عبور کند. سپس نمونه صفحه‌ای شکل از سنگدانه مورد نظر در محفظه دستگاه قرار گرفته و با تابش اشعه x در طی فرایند خاصی به نمونه‌ها، تغییرات انجام شده به‌عنوان XRF ثبت می‌شود. نتیجه تحلیل برای عناصر اصلی به‌صورت اکسید و بر حسب درصد و برای عناصر فرعی به‌صورت عنصری گزارش می‌شود.

نتایج بررسی XRF برای نمونه‌های مصالح مصرفی در آزادراه قزوین- زنجان در جدول(1)آورده شده است، نتایج تحلیل XRF حاکی از مقادیر بالای سیلیس در این مصالح (تا حد 50%) است.

1. X-Ray Fluorescence spectrometry
2. X-RAY Diffraction

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2025-07-16]

2-3- آزمایش XRD

XRD نوعی تحلیل فازی است که با آن ترکیب مواد تشکیل دهنده نمونه‌ها اندازه‌گیری می‌شود. مزیت ویژه XRD آن است که در این روش حضور یک ماده به همان صورت واقعی که در نمونه موجود است مشخص می‌شود؛ نه به‌صورت عناصر شیمیایی تشکیل‌دهنده آن [17]. این روش بسیار سریعتر از روشهای شیمی معمولی بوده و به نمونه کوچکی نیاز دارد. نمونه‌های پودر شده به‌صورت قرص‌های پرس‌شده در محفظه دستگاه قرار گرفته و اشعه X با زوایای بین $0 \le 2q \le 80$ به نمونه‌ها می‌تابد. با اندازه‌گیری طول موج بازتابیده شده شکل های گوناگون بلورین فازها تعیین می‌شود. نتایج تحلیل XRD برای نمونه های مصالح آزادراه قزوین–زنجان در شکل (1) آورده شده است. بر طبق این نتایج، مقادیر زیادی ترکیب سیلیسی (SiO_2) در این مصالح وجود دارد که در برخی از زوایا تا 100% نیز می‌رسند.

4- آزمایشهای آسفالت سطحی برای تعیین عریان‌شدگی

آسفالت سطحی که جزو آسفالت های حفاظتی محسوب می‌شود، طیف کاربردی وسیعی دارد، شامل: افزایش تاب سایشی و تاب لغزشی، آب بندی رویه راه، روسازی مرحله‌ای، بهسازی راه و افزایش خاصیت بازتابندگی رویه [18]. برای بررسی بیشتر و تأیید نقطه ضعف مصالح مورد استفاده که در قسمت های قبل به اثبات رسیده، از آزمایش سایش در شرایط مرطوب بر روی آسفالت سطحی تک لایه‌ای ساخته شده با همان مصالح، استفاده شد. در آزمایشهای انجام‌شده بر روی آسفالت سطحی به‌دلیل اینکه بار اعمال شده بر روی مصالح از سوی چرخ دستگاه سایش به‌صورت تنش برشی-فشاری در فصل مشترک مصالح-قیر به رویه آسفالت سطحی اعمال می‌شود، چنانچه تنش اعمال‌شده در فصل مشترک قیر-مصالح بیش از تنش مجاز قابل تحمل بین غشای نازک قیر و سطح مصالح سنگی باشد (که بر اثر چسبندگی بین قیر و مصالح به‌وجود می‌آید)، آنگاه گسیختگی بین قیر و مصالح به‌وجود آمده و عریان‌شدگی مصالح سنگی رخ می‌دهد. لذا این آزمایش می‌تواند چسبندگی بین سطح مصالح با قیر را بهتر مدل‌سازی کند. پدیده عریان‌شدن به ویژه در مورد آسفالت‌های سطحی، در آن قسمتهایی از سطح راه که ترافیک شدید دارد، بیشتر از نقاطی است که کمتر تحت عبور و مرور هستند. بدین ترتیب ملاحظه می‌شود که نقصان یا از بین رفتن چسبندگی قیر را به عریان‌شدن مصالح و هم‌چنین به اثر ترافیک می‌توان نسبت داد. لازم است توجه شود که مصالح سرگردان باقیمانده پس از آزمایش سایش، شامل سه بخش کنده‌شدن مصالح تحت بارگذاری، شکسته‌شدن مصالح رویی و سائیده‌شدن مصالح زیر بار می‌شود و به‌دلیل اینکه دو مورد اخیر (ساییده شدن و شکسته‌شدن مصالح) بر طبق آزمایشهای انجام‌شده بر روی نمونه‌ها تقریباً یکسان می باشد، تفاوت عمده در کنده‌شدن مصالح از سطح قیر یا از بین رفتن چسبندگی بین مصالح و قیر است که این دلیل محکمی بر اثبات وجود یا عدم وجود عریان‌شدگی مصالح سنگی است [19].

4-1-آزمایش استاندارد آب جوشان (ASTM D3625)

در این آزمایش، مصالح سنگی و قیر در دمای 163 درجه سانتیگراد با یکدیگر مخلوط شده و هنگامی که کل مصالح سنگی از قیر پوشیده شد در دمای اتاق قرار داده می‌شوند. سپس مخلوط حاصل در آب جوش به مدت 10

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2025-07-16]

دقیقه قرار گرفته و پس از این مرحله مخلوط را خشک کرده و به طور چشمی درصد کل سطوحی از مصالح سنگی که پوشش قیری بر روی آنها باقیمانده است تخمین زده می شود. مبنای محک نمونه‌ها در عمل 95% است. تعیین میزان عریان‌شدگی مصالح ریزدانه با این روش مشکل است [20،4 و21].

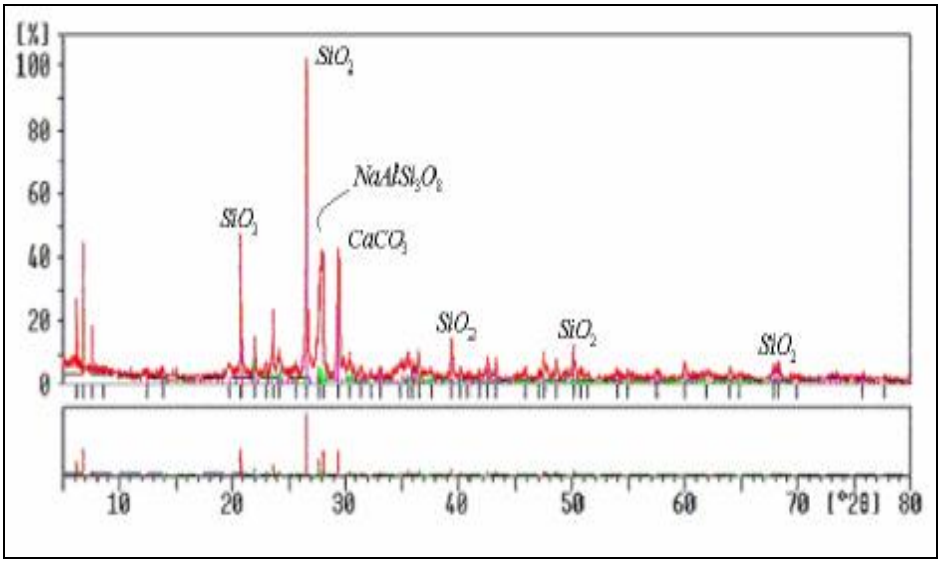
4-2- آزمایش سایش در شرایط مرطوب[1]

این آزمایش از دو قسمت تشکیل می‌شود: نمونه‌سازی و انجام آزمایش بر روی نمونه‌های آسفالت سطحی. برای ساخت، عمل‌آوری و انجام آزمایش سایش بر روی نمونه‌ها و تهیه وسایل آزمایشگاهی مورد نیاز از استاندارد ASTM D3910-96 استفاده شده است. قبل از انجام آزمایش، لازم است دو مورد زیر بررسی شود:

1) سطح داخلی گرمخانه از نظر تراز بودن کاملاً بررسی شود [22].
2) نمونه‌ها پس از خارج شدن از گرمخانه، 24 ساعت در دمای محیط باقی می‌مانند تا آماده انجام آزمایش سایش شوند. سپس نمونه باید به مدت یک ساعت در زیر آب 60 درجه سانتیگراد قرار گیرد به‌طوری که ارتفاع سطح آب از سطح نمونه 6 میلی‌متر بالاتر باشد و به مدت 5 دقیقه عمل سایش در شرایط مرطوب بر روی نمونه انجام شود.

جدول1 نمونه‌ای از نتیجه تحلیل XRF برای مصالح سنگی آزاد راه قزوین – زنجان

عناصر	Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	P_2O_5	SO_3	K_2O	CaO	TiO_2	MnO	Fe_2O_3	Sr	Zr
درصد (%)	1/85	2/406	13/656	49/109	0/233	0/31	3/511	10/255	0/961	0/278	7/893	0/05	0/023



شکل 1 نمونه‌ای از نتیجه تحلیل XRD روی مصالح سنگی آزاد راه قزوین – زنجان

1. Wet Track Abrasion Test (WTAT)

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2025-07-16]

پس از خارج کردن نمونه از دستگاه سایش، باید سطح آن از مصالح خرد شـده و سـائیده زدوده شـود. بـا قـراردادن نمونه به مدت 15 ساعت در دمای 60 درجه سـانتیگراد و خشک شـدن نمونـه سـائیده شـده، وزن آن دوبـاره ثبـت می‌شود. تفاضل وزنی این مرحله با مرحله قبل از انجـام آزمایش، مقدار پوشـش سـطح یـا افـت وزنـی نمونـه را به‌دست می‌دهد [20].

4-2-1- طراحی آسفالت سطحی

هدف از طراحی آسفالت سطحی، تعیین مقادیر دقیق قیر و مصالح مصرفی است. در مورد مـصالح سـنگی عـلاوه بـر مشخصات فنی، نوع دانه‌بندی این مصالح نیز مهـم اسـت. لذا برای عملکرد بهتر آسفالت سطحی از دانـه‌بنـدی هـم اندازه نوع ب استفاده شده و در نهایت بـر حـسب نـوع مصالح و قیر و ویژه گی های هر یک، مقدار مصالح برابر $C= 15/81\ Kg/m^2$ و مقدار قیر برابر $B= 1/27\ \ lit/m^2$ به‌دست آمد.

5- استفاده از آهک هیدراته برای جلوگیری از عریان‌شدگی

در صورتی‌که به ناچار لازم باشد از مصالحی استفاده شود که امکان عریان شدگی در آسفالت تهیه شده با آن وجود دارد، باید از مواد ضدعریان‌شدگی در آسفالت استفاده کرد تا احتمال بروز این خرابی کاهش یابد. یکی از رایج‌ترین مواد افزودنی ضدعریان‌شدگی، آهک شکفته است که به‌طور بسیار مؤثری، استعداد عریان‌شدگی را در مخلوطهای آسفالتی تعدیل می‌کند. آهک‌هیدراته می‌تواند ویژه گی‌های شیمیایی سطحی مصالح سنگی را اصلاح کند. لازم است توجه شود که این ماده به صورت ماده چندمنظوره به‌کار می‌رود. یعنی علی‌رغم کنترل حساسیت رطوبتی و مهار عریان‌شدگی به‌عنوان افزودنی، مزایای دیگری دارد که در زیر به برخی از آنها اشاره می‌شود:

الف- آهک هیدراته به‌عنوان یک فیلر فعال عمل کرده و سختی مخلوط را افزایش و شیار افتادگی را کاهش می‌دهد.

ب- مقاومت در برابر ترک خوردگی را در دمای پایین بهبود می‌بخشد.

پ- فرسایش و پیرشدگی آسفالت و اثرات مضر آن را به‌طور مطلوبی اصلاح می‌کند.

ت- با ایجاد واکنش بین ذرات رس، باعث تعدیل پایداری در برابر رطوبت و دوام می‌شود [1].

لذا با توجه به تأثیر سازنده و سهولت دسترسی این ماده، در این تحقیق از آهک هیدراته برای برطرف ساختن برهنگی استفاده شده که نتایج آن در ذیل آورده شده است.

6- نتایج آزمایشها

6-1- آزمایش آب جوش

در این آزمایش از مصالح بزرگتر از 2/36 میلی‌متر استفاده شده و سه نمونه به‌ترتیب فاقد افزودنی آهک هیدراته، 1، 2، 2/5 و 3% آهک هیدراته تحت آزمایش قرار گرفت. میزان قیر مصرفی نیز تا حدی بوده که غشای نازکی از قیر سطح مصالح را بپوشاند. نتایج به شرح شکل (2) است. ملاحظه می‌شود که استعداد عریان شدگی با به‌کارگیری مقدار جزئی آهک هیدراته تا حد زیادی کاهش می‌یابد.

6-2- آزمایشهای سایش بر روی آسفالت سطحی

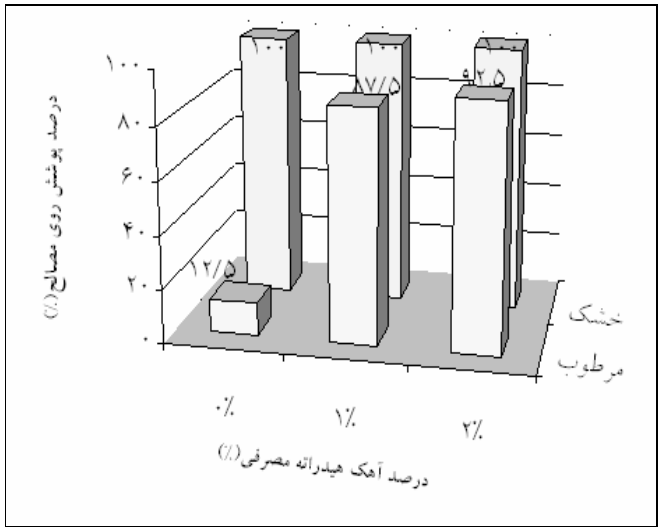
در این آزمایش پس از ساخت نمونه‌ها و گیرش و عمل‌آوری آنها با درصدهای مختلف آهک، وزن اولیه نمونه‌ها اندازه‌گیری و سپس آزمایش سایش انجام می‌شود.

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2025-07-16]

در نهایت پس از خشک شدن نمونه‌ها وزن ثانویه آنها اندازه‌گیری و کاهش وزن محاسبه شد که نتایج در شکل(3) مشخص می باشد. این کاهش وزن از دو بخش تشکیل می‌شود: یک بخش، کاهش وزنی است که در اثر سائیده‌شدن مصالح اتفاق می‌افتد و بخش دیگر ناشی از کنده‌شدن مصالح از سطح قیر است که در آزمایشگاه این مواد و مصالح سرگردان با فشار جریان آب یا کمپرسور هوا از سطح نمونه‌ها پاک می‌شوند.

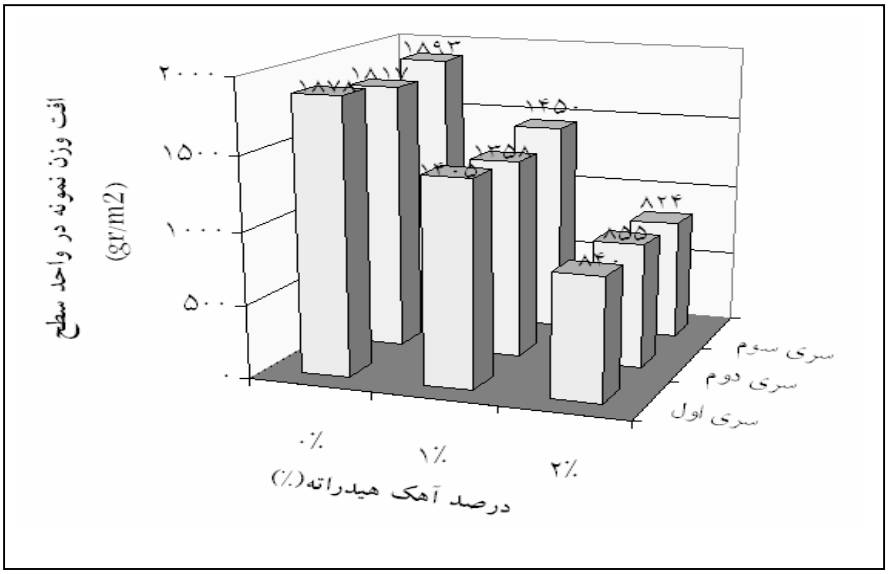
در عمل، مواد کنده و سائیده شده روی سطح آسفالت با جاروب کشی و مکنده‌های قوی باید از سطح جاده زدوده شوند و گرنه با اینکه بقایای حاصل از سائیده شدن مصالح آسیب مستقیمی به لایه آسفالتی وارد نمی‌کند، اما مصالح سرگردان نه تنها باعث تخریب شدید لایه‌های تازه ساخت و کنده شدن مصالح رویه می‌شود، بلکه باعث بروز خسارتهایی برای وسایط نقلیه می‌شوند. توجه شود که طبق مطالعات انجام شده بین وزن مخصوص مصالح مصرفی و مقادیر مقاومت سایشی آسفالت سطحی،چنانچه در روابط قدیمی دیده می‌شود، هیچ ارتباط مستقیمی وجود ندارد [22].

همچنین مقادیر سایش در آسفالت سطحی شامل سه بخش کنده شدن مصالح در زیر بار، شکسته شدن مصالح رویه و سائیده شدن مصالح در اثر بار زیر لاستیک چرخ وسایط نقلیه می‌شود. لذا مشاهده شده که معمولاً دو مورد اخیر، یعنی شکسته شدن و ساییده شدن مصالح برای تمامی نمونه‌ها تقریباً یکسان بوده و تفاوت اصلی در کنده‌شدن مصالح از سطح قیر یا از بین رفتن چسبندگی بین مصالح و قیر است که به عریان‌شدگی مصالح سنگی مربوط می‌شود. البته بر طبق بررسی‌های آزمایشگاهی، سنگدانه‌های سرگردان معمولاً از نوعی بودند که یا شکل ظاهری آنها نامناسب بوده و یا آلودگی سطح آنها مانع از چسبندگی بین سطح مصالح و قیر شده است. با توجه به نتایج ارائه شده اثر آهک هیدراته بر کاهش افت و در نتیجه کاهش پدیده عریان‌شدگی مشهود بوده و افزایش میزان آهک هیدراته به‌وضوح بر کاهش افت موثر است.



نمودار2 نمودار مربوط به نتایج آزمایش آب جوشان

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2025-07-16]



نمودار3 نتایج آزمایش سایش در شرایط مرطوب بر روی نمونه‌های آسفالت سطحی

7- نتیجه‌گیری

از بررسی نمونه‌های مصالح استفاده شده در آسفالت آزادراه قزوین- زنجان در این تحقیق نتایج زیر حاصل شد:

1) پدیده خرابی غالب در روسازی آسفالتی آزادراه قزوین-زنجان همانا عریان‌شدگی مصالح سنگی است که به‌صورت شن‌زدگی در طول مسیر نمایان است.

2) آزمایش های XRF و XRD که برای شناسایی جنس سنگدانه‌ها و اجزای تشکیل دهنده آنها کاربرد دارند، روی مصالح آزادراه انجام و مشاهده شد که میزان قابل توجهی از مصالح بکار رفته سیلیسی است که به تنهایی برای استفاده در ساخت آسفالت مناسب نمی باشند.

3) با توجه به نتایج تحلیل مصالح‌سنگی و اینکه علت اصلی عریان‌شدگی جنس نامناسب مصالح است، از آهک هیدراته به‌عنوان ماده ضدعریان‌کننده استفاده شد. در این تحقیق مشاهده شد که آهک علاوه بر تقلیل این معضل، به عنوان ماده‌ای چندمنظوره ویژگیهای مکانیکی مخلوطهای آسفالتی را نیز بهبود می‌بخشد.

4) اگرچه آزمایش تعیین میزان عریان‌شدگی با آب جوشان آزمایشی تجربی و چشمی است، اما نتایج انجام آن بر روی نمونه‌های مصالح مورد تحقیق مؤید ضعف مصالح سنگی از نظر چسبندگی به قیر و تمایل آنها به عریان‌شدگی بود. تهیه نمونه‌های پوشش‌شده مصالح با قیرحاوی مقادیری از آهک هیدراته و انجام آزمایش آب جوشان برروی نمونه‌ها، نشان داد که مقاومت مصالح در برابر عریان‌شدگی به میزان قابل توجهی افزایش می یابد.

5) در آزمایش سایش، میزان افت وزنی مصالح با افزایش آهک هیدراته کاهش می‌یابد. البته روند این کاهش در محدوده 1% تا 2% در مقایسه با روند افزایش همین

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2025-07-16]

درصد از افزودنی سایر آزمایش ها، از جمله نسبت مقاومت کششی در آزمایش کشش غیرمستقیم، افزایش نشان داده که نشانگر کارایی زیاد آهک هیدراته در نمونه‌های آسفالت سطحی است.

۸- منابع

[1] Little, Dallas N. and A. Epps, J., “The benefits of hydrated lime in hot mix asphalt," National Lime Association, The versatile chemical, 2001.

[2] Colorado DOT, "Survey by Tim Aschenbrener for National Seminar on Moisture Sensitivity of Asphalt Pavements,” San Diago, California, 2002.

[3] Kandhal, P.S. and Rickards, I.J., "Premature Failure of Asphalt Overlays from Stripping: Case Histories,” NCAT Report, No. 2001-01, USA, 2001.

[4] Kandhal, P.S., "Field and Laboratory Investigation of Stripping in Asphalt Pavements: State of the Art Report,” T.R.R. No.1353, Transportation Research Board, pp 69-72, 1994.

[5] Santucci, L., "Moisture Sensitivity of Asphalt Pavements," Technology Transfer Program, Institute of Transportation Studies, Pavement Research Center, UC Berkeley, 2003.

[6] Kandhal, P.S., Lubold, C.E. and Roberts, FL., "Water Damage to Asphalt Overlays: Case Histories,” Association of Asphalt Paving Technologists, Vol. 58, 1989.

[7] Kandhal, P.S. and Koehler, W.C., "Pennsylvania’s Experience in the Compaction of Asphalt Pavements,” Special Technical Publication 829, ASTM, Philadelphia, Pa, USA, 1984.

[8] Terrel, R.L. and Shute, J.W., "Summary Report on Water Sensitivity,” Report SHRP-A/IR89-003, Strategic Highway Program, National Research Council, Washington D.C, 1989.

[9] Stuart, K.D., "Moisture Damage in Asphalt Mixtures: State of the Art,” Report FHWA-RD-90-019, FHWA, U.S., Department of Transportation, 1990.

[10] Balghunaim, F., "Improving the Adhesion Characteristics of Bitumenous Mixes by Washing Dust Contaminated Coarse Aggregates,” Paper Submitted to TRB, Annual Meeting, 1990.

[11] FHWA, "Asphalt Concrete Mix Design and Field Control,” Technical Advisory T5040.27, Federal Highway Administration U.S. Department of Transportation, 1988.

[12] Haas, R. and Joseph, P., "Asphalt Stripping and Thermal Cracking at Canadian Airports: Phase1,” Transport Canada, Canadian Air Transport Administration, Ottawa, Ontario, 1984.

[13] Halim, A.O., "Influence of Relative Rigidity on the Problem of Reflection Cracking,” Transportation Record 1007, TRB, National Research Council, Washington, D.C., USA, pp 53-58, 1985.

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2025-07-16]

[14] Witczak, M.W., and Bari, J., "Development of a E* Master Curve Database for Lime Modified Asphalt Mixtures," http://www.lime.org/Publications/MstrCurve.pdf, 2004.

[15] King, G.N., S.W. Bishara and G.A. Fager, "Acid/Base Chemistry for Asphalt Modification," Proceedings, Association of Asphalt Paving Technologists, Vol. 71, 2002.

[16] Maupin, G.W., Jr., P.E., "Additional Asphalt to Increase the Durability of Virginia's Superpave Surface Mixes," Virginia Transportation Research Council, U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration, 2003.

[17] Williams, K.L., "Introduction to X-Ray Spectrometry," Allen and Unwin, London, 1987.

[18] "آیین‌نامه روسازی آسفالتی راههای ایران - نشریه شماره 234"، سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، معاونت امور پشتیبانی، مرکز مدارک علمی و انتشارات، چاپ اول 1381.

[19] عبدی، علی،" ارائه یک رویکرد طرح مخلوط برای جلوگیری از عریان شدگی مصالح سنگی،" پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده فنی و مهندسی، 1383.

[20] Annual Book of ASTM Standards Vol.04.03, 1999.

[21] Bindra, S.P., "A course in highway engineering," Fifth Edition, O.P. Kapur, for Dhanpat Rai & sons, Delhi-Jalandhar, 1991.

[22] قندی، محمد کاظم، "ارزیابی آزمایشگاهی آسفالت سطحی با استفاده از مصالح رنگی"، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده فنی و مهندسی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، زمستان 1382.

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2025-07-16]