

ارزیابی عریان‌شدگی مصالح سنگی در رویه‌های بتن آسفالتی با روش‌های آزمایشگاهی

علی عبدی^{۱*}، امیر کاووسی^۲، مصطفی آدرسی^۳، بابک میربها^۴

۱. استادیار راه و ترابری، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین‌المللی امام‌خمينی، قزوین
۲. دانشیار راه و ترابری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت مدرس، تهران
۳. دکتری راه و ترابری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت مدرس، تهران
۴. استادیار راه و ترابری، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین‌المللی امام‌خمينی، قزوین

aliabdi@eng.ikiu.ac.ir

تاریخ پذیرش: [۹۴/۱۲/۲۳]

تاریخ دریافت: [۹۳۲/۱۲/۰۶]

چکیده - عریان‌شدگی مصالح سنگی یکی از خرابی‌های رویه‌های آسفالتی است که دقیقاً به چسبندگی بین قیر و مصالح سنگی بستگی داشته و عامل اصلی پایداری و دوام آسفالت است. این خرابی می‌تواند زمینه را برای بروز سایر خرابی‌ها فراهم نماید. هدف از انجام این پژوهش بررسی خرابی عریان‌شدگی در مخلوط‌های آسفالتی، با تکیه بر عامل مصالح سنگی و انتخاب روشی مناسب برای کنترل و بررسی این معضل در شرایط آزمایشگاهی است. مطالعه موردی روی آزادراه زنجان قزوین که این پدیده در برخی از قطعات آن دیده شده است نشان داد که، از معدن مصالح سنگی قطعاتی که عریان‌شدگی در آنها شدیدتر از سایر قسمت‌ها بود، مصالح برای ساخت آسفالت انتخاب شد. با آزمایش‌های XRD و XRF استعداد عریان‌شدگی مصالح آزادراه به دلیل فزونی کانی سیلیس در آنها مشخص شد. با استفاده از روش طرح اختلاط مارشال نمونه‌های استوانه‌ای بتن آسفالتی تهیه شدند. همچنین طبق استاندارد AASHTO T283-85 دوام آنها در برابر عریان‌شدگی بررسی شد. در این روش نمونه‌ها تحت آزمایش کشش غیرمستقیم قرار گرفتند؛ درصد عریان‌شدگی نمونه‌ها نیز به وسیله‌ی آزمایش آب جوشان تخمین زده شد. برای پیشگیری از بروز این خرابی آهک هیدراته به عنوان بیشترین افزودنی ضدعریان‌شدگی شناسایی شده و چگونگی ارزیابی از راه آزمایش‌های بصری مانند آزمایش استاندارد آب جوشان و آزمایش‌های کمی از جمله آزمایش لاتمن اصلاح شده صورت گرفت. از این پژوهش نتیجه گرفتیم که چنانچه آهک هیدراته به عنوان مصالح فیلر در مخلوط به کار رود ۱- موجب تقلیل عریان‌شدگی شده و ۲- باعث افزایش انسجام، استحکام و دوام روسازی آسفالتی می‌شود. رویکرد ارائه‌شده به بهبود و اصلاح مخلوط‌های بتن‌آسفالتی در برابر عریان‌شدگی منجر شد.

واژگان کلیدی: عریان‌شدگی، برهنگی مصالح، آسیب‌دیدگی رطوبتی، افزودنی‌های ضد عریان‌شدگی، آهک هیدراته.

۱- مقدمه

در مواردی که نکات فنی در مورد استفاده از قیر، مصالح سنگی یا مخلوط آسفالتی رعایت نشود، چسبندگی قیر و مصالح سنگی از بین رفته، دوام آسفالت تهیه شده کاهش یافته و به از بین رفتن راه منجر می‌شود. این امر بدان معنی است که سرمایه هنگفت به جای سود و بهره‌برداری به سمت نابودی پیش می‌رود [2]. البته باید توجه نمود که دو نوع گسیختگی^۱ در این حالت بوجود می‌آید که یک نوع آن

جداشدن مصالح سنگی از سطح رویه آسفالتی را عریان‌شدگی مصالح سنگی می‌نامند که در این عمل پیوند بین مصالح سنگی و قیر به وسیله‌ی آب شکسته می‌شود [1]. انسجام مخلوط‌های آسفالتی در اثر چسبندگی مصالح سنگی و قیر معنی پیدا می‌کند پس یکی از مهمترین عملکردهای قیر در راهسازی چسبندگی آن است که به عنوان ماده چسبنده بین مصالح سنگی و یا بین قشر آسفالت و جسم راه عمل می‌کند.

ریزدانه‌های مصالح، پیرشدگی قیر و افزایش ویسکوزیته آن در مدت بهره‌برداری و برودت هوا در زمان ساخت از عمده‌ترین دلایل ایجاد برهنگی است ولی تاثیر انرژی سطحی مصالح سنگی در جذب آب یا قیر بسیار زیاد است.

در این پژوهش تاثیر نوع سنگدانه‌ها بررسی شد چرا که گاهی سنگدانه‌ها ممکن است به طور ذاتی استعداد برهنگی داشته باشند و حتی بدون حضور رطوبت نیز این پدیده رخ دهد که مشاهده این پدیده در برخی از مناطق با آب و هوای بسیار گرم و خشک مانند عربستان دال بر این موضوع است [9].

البته تصور عموم بر این است که سازوکار اصلی مسبب جدایی جانیشینی لایه نازک قیر در سطح مصالح سنگی با آب است، اما نقش واقعی آب در جدایی هنوز به درستی روشن نیست. همچنین مرتبط ساختن استعداد جدایی از لحاظ کمی با انتخاب مصالح و پارامترهای طرح مخلوط، کاری پیچیده و مشکل است [10].

۳- خواص شیمیایی و نوع مصالح سنگی

استفاده از انواع مصالح سنگی در روسازی‌ها نشان داده است که سنگ‌هایی مانند بازالت، دولومیت و سنگ‌های آهکی به خوبی قیر را جذب کرده و سطح قیراندود شده در مجاورت آب نیز کمی پایدار است. این گونه سنگدانه‌ها که در طبیعت از نوع آهکی هستند، دارای بار الکتریکی سطحی مثبت (الکتروپوزیو) بوده و به سنگ‌های آب‌گریز موسوم‌اند. سنگ‌های اسیدی مانند سنگ‌های سیلیسی، کوارتز و گرانیت اندود قیری را به خوبی در سطح خود نگه‌نداشته و این اندود به ویژه در مجاورت آب از سطح مصالح سنگی جدا می‌شود [11]. این نوع سنگدانه‌ها دارای بار الکتریکی سطحی منفی (الکترونگاتیو) بوده که به سنگ‌های آب دوست موسوم است و در صورت تهیه آسفالت با آنها خطر عریان‌شدگی مصالح سنگی وجود خواهد داشت [12].

گسیختگی بین قیر و مصالح؛ و نوع دوم گسیختگی بین ذرات قیر یا بین ذرات قیر و فیلر؛ که عریان‌شدگی از نوع اول است [3].

این خرابی نه تنها خود به عنوان یک خرابی مستقل محسوب می‌شود بلکه می‌تواند مقدمه ایجاد خرابی‌های زود هنگام دیگر از جمله ترک خوردگی، شیارشدگی مسیر چرخ-ها، بیرون پریدگی مصالح سنگی، چاله‌ها و ترک‌های پوست سوسماری باشد. برهنگی معمولاً به دلیل اینکه یا مستقیماً به علت تاثیر رطوبت ناشی می‌شود یا به وسیله رطوبت تشدید می‌شود، آسیب دیدگی رطوبتی^۲ نیز نامیده می‌شود، که می‌تواند باعث تضعیف یا از بین رفتن کلی چسبندگی بین سطح مصالح سنگی و قیر شود [4].

۲- عوامل عمده عریان‌شدگی

در مورد دلایل عریان‌شدگی نمی‌توان تنها به اثر رطوبت و آب اکتفا نمود زیرا گاهی اوقات حتی بدون حضور آب نیز پدیده عریان‌شدگی در اثر عواملی چون مصالح سنگی نامرغوب، نوع قیر، وجود گرد و غبار روی سنگدانه‌ها، اثر تراکم نامناسب، درصد فضای خالی، نوع ترافیک، شرایط اقلیمی و... مشاهده شده است پس می‌توان از اثر آب به عنوان یک دلیل عمده عریان‌شدگی یاد نمود [5,6]. به عنوان یک نظریه به منظور ساخت روسازی‌هایی با عمر جاودان، مهندسين باید بر کمتر نمودن ضررهای ناشی از آسیب‌دیدگی رطوبتی تمرکز نمایند [7]. برهنگی مصالح سنگی یک موضوع پیچیده‌ای است که به متغیرهای زیادی بستگی دارد که از آن جمله می‌توان به نوع و کاربرد مخلوط، مشخصات قیر، مشخصات مصالح سنگی، ترافیک، روش اجرا، استفاده یا عدم استفاده از افزودنیهای ضد عریان‌شدگی و حضور مداوم آب یاد نمود [8].

اگر چه خواص شیمیایی مصالح سنگی، اثر نفوذ آب و رطوبت باقیمانده در لایه‌های آسفالتی، گرد و غبار و

4 Calcareous

5 Hydrophobic

6 Siliceous

7 Hydrophilic

1 Adhesive Fracture

2 Cohesive Fracture

3 Moisture Damage

حسب درصد و برای عناصر فرعی به صورت عنصری و برحسب ppm گزارش می‌شود. نتایج آنالیز XRF برای نمونه‌های مصالح مصرفی در آزادراه قزوین-زنجان در جدول (۱) نمایش داده شده‌اند، این نتایج حاکی از مقادیر بالای سیلیس این مصالح (تا حد ۰.۵۰٪) است.

جدول ۱- نتیجه آنالیز XRF روی مصالح سنگی آزادراه قزوین- زنجان

Na ₂ O	1.850	P ₂ O ₅	0.233
MgO	2.406	TiO ₂	0.961
Al ₂ O ₃	13.656	MnO	0.287
SiO ₂	49.109	Fe ₂ O ₃	7.893

Table 1- XRF analysis result of Zanjan-Qazvin freeway on aggregate

۲-۴- آزمایش XRD

آنالیز XRD مصالح سنگی یک آنالیز فازی است که در آن ترکیب مواد تشکیل دهنده نمونه‌ها اندازه‌گیری می‌شود.

شکل ۲- دستگاه Xpert برای آنالیز XRD

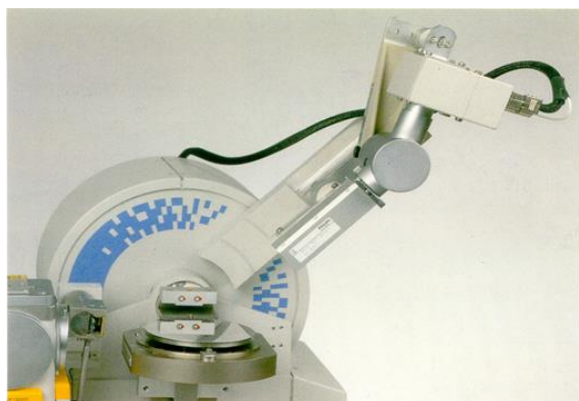


Fig. 2. XRD experimental equipment analysis (Xpert)

در این روش نیز نمونه‌های پودر شده به صورت قرص‌های پرس شده در محفظه دستگاه Xpert مطابق شکل ۲ قرار گرفته و اشعه X تحت زوایای $0 \leq 2\theta \leq 80$ مطابق قانون Bragg ($n\lambda = 2d \sin \theta$) به نمونه‌ها می‌تابد و بر حسب اندازه‌گیری طول موج بازتابیده شده اشکال گوناگون بلورین فازها تعیین می‌شود. نتایج آنالیز XRD برای نمونه‌های مصالح مصرفی در آزادراه قزوین- زنجان در شکل ۳ نمایش داده شده‌اند. از این نتایج چنین نتیجه‌گیری می‌شود که مقادیر زیادی از ترکیب سیلیسی (SiO_2) در آن مصالح وجود دارد که در برخی از زوایا تا ۱۰۰٪ نیز می‌رسد.

تشخیص نوع بار سطحی سنگدانه‌ها بسیار مهم است. برای نمونه در صورت تهیه مخلوط‌های حاوی امولسیونهای قیری می‌توان از قیرهای کاتیونیک (+) یا آنیونیک (-) استفاده نمود. انتخاب بر حسب نوع سنگدانه‌ها باید به گونه‌ای باشد که بیشترین سازگاری با مصالح سنگی حاصل شود. بنابراین قیرهای آنیونیک برای سنگدانه‌های الکتروپوزیتیو (+) و قیرهای کاتیونیک برای سنگدانه‌های الکترونگاتیو (-) انتخاب می‌شوند [13].

۴- آزمایش‌های مصالح سنگی به روش‌های XRF و XRD

۴-۱- آزمایش XRF

آنالیز XRF مصالح سنگی روشی برای تشخیص و اندازه‌گیری میزان تمرکز عناصر موجود در نمونه‌ها (تعیین درصد عناصر) از فلورور تا اورانیم از ۱ ppm تا ۱۰۰٪ است [14]. در این روش ابتدا نمونه‌سازی با پودر کردن نمونه مصالح به گونه‌ای که از الک نمره ۲۰۰ عبور کند، انجام گرفته و نمونه صفحه‌ای شکل از سنگدانه مورد نظر در محفظه دستگاه pw2404 مطابق شکل ۱ قرار می‌گیرد.

شکل ۱- تصویر دستگاه pw2404 برای آنالیز XRF



Fig. 1. XRF experimental equipment (pw2404)

سپس با تابش اشعه X در فرایند خاصی به نمونه‌ها، تغییرات انجام شده به عنوان نتیجه آزمایش XRF ثبت می‌شود. نتیجه آنالیز برای عناصر اصلی به صورت اکسید و بر

- آزمایش استاندارد Lottman اصلاح شده (AASHTO T283)
- آزمایش استاندارد تراکم- غوطه وری (AASHTO T165)
- آزمایش ECS و
- آزمایش مسیر چرخ هامبورگ.

۶- چگونگی انتخاب روش‌های مناسب آزمایشگاهی برای اندازه‌گیری عریان‌شدگی مصالح سنگی

پژوهشی درباره روش‌های مختلف آزمایش و آثار آن در تعیین حساسیت رطوبتی به وسیله Hicks در سال ۱۹۸۹ در ایالات متحده انجام شد که ارتباط بین تأثیر روش‌های مختلف به وسیله اعداد صفر تا ۹ در نمودار مشخص شده است (صفر یعنی غیر مؤثر و ۹ یعنی ۱۰۰ درصد مؤثر). نتایج این پژوهش در جدول (۲) نیز آورده شده است که از هر دوی این نمودارها و جدول مشخص است که روش لاتمن اصلاح شده مناسب و قابل استناد است.

جدول ۲- نتایج ارزیابی روشهای آزمایشگاهی [۵]

روش آزمایش	تعداد موسسه		نرخ میانگین
	انجام دهنده پژوهش	تعداد	
آزمایش‌های آب جوشان	9	5	کم تا متوسط
کیفی غوطه وری - استاتیکی	3	4	کم
Lottman (NCHRP 246)	3	7.5	زیاد
آزمایش‌های مقاومتی (ASTM D4867)	9	5	کم تا متوسط
(AASHTO T283)	9	7.5	بالا
(AASHTO T165)	11	5	کم تا متوسط

Table 2- Evaluation result of experimental methods

- 4 Immersion-Compression
- 5 Environmental Conditioning System
- 6 Hamburg Wheel Tracking Test

شکل ۳- نتیجه آنالیز XRD روی مصالح سنگی آزادراه قزوین-زنجان

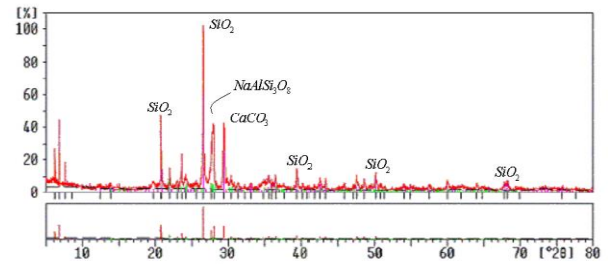


Fig. 3. XRD analysis result of Zanjan-Qazvin freeway on aggregate

۵- انواع آزمایش‌های تعیین برهنگی مصالح سنگی

۵-۱- آزمایش‌های کیفی و بصری

در تمام این آزمایش‌ها هیچ بررسی مقاومتی صورت نمی‌گیرد و فقط یک ارزیابی عمومی برای برهنگی است. در آزمایش‌های کیفی، نمونه‌ای از مصالح (با دانه‌بندی منظم و یک اندازه) را پیشتر با قیر مخلوط نموده و سپس در آب تحت شرایط معین غوطه ور می‌سازند و پس از مدتی مشخص، میزان یا درصد سطح عریان شده مصالح تخمین زده می‌شود. این آزمایش‌ها به شرح ذیل است:

-آزمایش آب جوشان (ASTM D3625)،

-آزمایش غوطه‌وری استاتیکی (AASHTO T182)،

-آزمایش غوطه‌وری دینامیک،

-آزمایش غوطه‌وری شیمیایی،

-آزمایش غوطه‌وری ترافیکی،

-روش قیراندود نمودن مصالح در حضور آب، و

-آزمایش یخبندان- ذوب.

۵-۲-آزمایش‌های مقاومتی

این آزمایش‌ها پس از اعمال شرایط مختلف آزمایشگاهی روی نمونه‌ها (مانند آزمایش‌های کششی یا فشاری) انجام می‌گیرند [15]:

-آزمایش استاندارد Lottman (NCHRP 246)،

-آزمایش استاندارد (NCHRP Tunnicliff and Root (274)

- 1 Boiling water test
- 2 Static-Immersion test
- 3 National Cooperative Highway Research Program

۷- آزمایش‌های منتخب در این پژوهش

با توجه به تجربه سازمان‌های گفته شده، برای بررسی عریان‌شدگی مصالح سنگی از آزمایش کیفی آب جوشان و آزمایش کمی AASHTO T283 که بسیار مورد استفاده سازمان‌ها است، در این پژوهش استفاده شده که خلاصه روش‌های انجام آزمایش به شرح زیر ارائه می‌شود.

۷-۱- آزمایش آب جوشان (ASTM D3625)

در این آزمایش مصالح سنگی و قیر با هم در دمای ۱۶۳ درجه سانتیگراد مخلوط شده و وقتی همه مصالح سنگی پوشیده از قیر شدند در دمای اتاق قرار داده می‌شوند. سپس مخلوط حاصل در آب جوش به مدت ۱۰ دقیقه قرار گرفته و بعد از این مرحله مخلوط را خشک کرده و به صورت چشمی درصدی از کل سطوحی از مصالح سنگی که پوشش قیری روی آنها باقیمانده است تخمین زده می‌شود. مبنای محک نمونه‌ها در عمل ۹۵٪ است. این روش فقط یک ارزیابی مقدماتی برای برهنگی بوده و هیچ بررسی مقاومتی صورت نمی‌گیرد. لازم به گفتن است که تعیین میزان عریان‌شدگی مصالح ریزدانه با این روش مشکل است [5, 16, 17].

۷-۲- آزمایش Lottman اصلاح شده (AASHTO T283)

این روش که به وسیلهی Kandhal ارائه شد، در سال ۱۹۸۵ مورد قبول آشتو قرار گرفت [5]. این روش در حقیقت یک ترکیب مناسبی از دو آزمایش Lottman (1982) و Tunncliffe and Root (1984) است. روش آزمایش بدین ترتیب است که ۶ نمونه به قطر ۴ اینچ و ارتفاع ۲/۵ اینچ با مقدار فضای خالی ۶ تا ۸ درصد متراکم می‌شوند. دو گروه نمونه به شرح زیر تهیه می‌شود:

گروه ۱: شامل سه نمونه کنترلی (بدون هیچ گونه اعمال شرایط آزمایشگاهی) است.

گروه ۲: نمونه‌هایی که بین ۵۵ تا ۸۰ درصد اشباع شده‌اند و سپس تحت یک چرخه یخبندان - ذوب مشابه آنچه که در آزمایش لاتمن ارائه شده قرار می‌گیرند [18, 19]. البته مطالعات اخیر [20] نشان‌دهنده وقتی که ۱، ۳ یا ۵ چرخه

یخبندان ذوب به کار می‌رود، تفاوت محسوسی در مقاومت کششی نمونه‌های تحت شرایط اعمال شده دیده نمی‌شود پس اعمال یک چرخه یخبندان-ذوب کافی است. در این چرخه همه نمونه‌ها به مدت ۱۶ ساعت در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد و ۲۴ ساعت در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار می‌گیرند؛ سپس در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و تحت یک نرخ بار ۵۱ mm/min، روی نمونه‌ها آزمایش کشش غیرمستقیم انجام می‌گیرد. نمونه‌های گروه ۲ نشان‌دهنده شرایط واقعی اجرا بعد از ۴ تا ۱۲ سال ماست و کمینه مقدار TSR ۰/۷ در نظر گرفته می‌شود. این آزمایش مورد تأیید سازمانها و پژوهشگران زیادی قرار گرفته است و تنها روشی است که در پژوهش‌ها بهترین جواب را داشته است [5, 16].

۸- استفاده از آهک هیدراته برای جلوگیری از

عریان‌شدگی

در صورتی که لازم باشد به ناچار از مصالحی استفاده می‌شود که امکان عریان‌شدگی در آسفالت تهیه شده با آن وجود داشته باشد، باید از مواد ضدعریان‌شدگی در آسفالت استفاده کرد تا احتمال بروز این خرابی کاهش یابد. یکی از رایج‌ترین ماده افزودنی ضد عریان‌شدگی آهک شکفته است که به طور بسیار مؤثری، استعداد عریان‌شدگی در مخلوط‌های آسفالتی را تعدیل می‌کند. آهک هیدراته می‌تواند ویژگی‌های شیمیایی سطحی مصالح سنگی را اصلاح کند. توجه شود که این ماده به صورت یک ماده چند منظوره به کار می‌رود، یعنی با وجود کنترل حساسیت رطوبتی و توانایی آن در مهار عریان‌شدگی به عنوان یک افزودنی، طبق مطالعات اخیر، دارای مزایای دیگری است که در زیر به چند نمونه از آنها اشاره می‌شود:

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

ب- مقاومت در برابر ترک‌خوردگی را در دمای پایین بهبود می‌بخشد.

پ- اکسیداسیون و پیرشدگی آسفالت و آثار مضر آن را به طور مطلوبی اصلاح می‌کند.

نیستند پس اظهار نظر تنها بر اساس ITS صحیح به نظر نمی‌رسد و استفاده از درصد مقاومت کششی غیر مستقیم می‌تواند در بررسی و تحلیل انجام شده کمک بیشتری نماید. با توجه به نتایج مندرج در نمودارها ملاحظه می‌شود که با به کارگیری ماده مضاف آهک هیدراته یک سیر صعودی در افزایش مقاومت کششی غیرمستقیم چه در نمونه‌های خشک و چه در نمونه‌های عمل‌آوری مرطوب وجود دارد.

شکل ۵- نتایج میانگین مقاومت کششی غیرمستقیم نمونه‌های آسفالتی متراکم

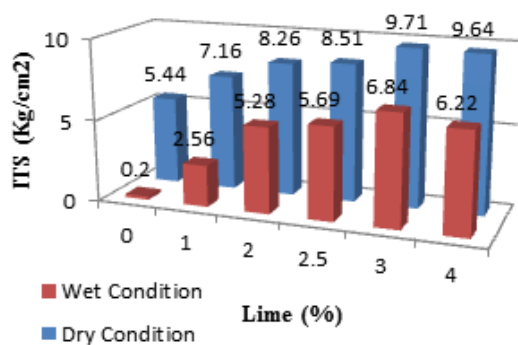


Fig. 5. Average results of indirect tensile test of compacted specimen

این روند در نمونه‌های مرطوب خیلی محسوس‌تر است و این مورد به دلیل افزایش مقاومت آهک هیدراته در مجاورت رطوبت و آب است و البته دلیل کاهش مقاومت نمونه‌های مرطوب به علت سیکل یخبندان-ذوب اعمال شده در مراحل قبلی است.

شکل ۶- نتایج متوسط نسبت مقاومت کششی غیرمستقیم نمونه‌های آسفالتی متراکم

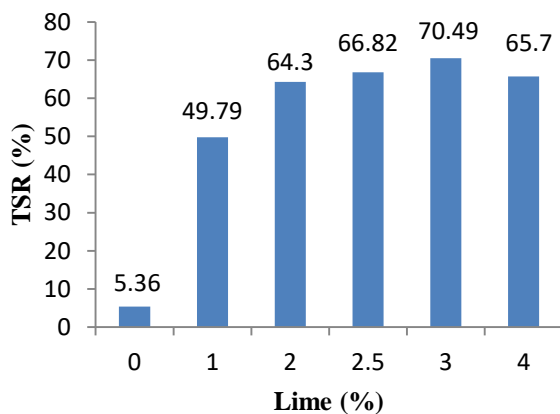


Fig. 6. Average results of Indirect Tensile Test of compacted specimen

ت- با ایجاد واکنش بین ذرات رس، باعث تعدیل پایداری در برابر رطوبت و دوام می‌شود [4, 21].

با این توصیف با توجه به تاثیر سازنده و سهولت دسترسی این ماده در این پژوهش از آهک هیدراته برای ترفیع برهنگی استفاده شده است که نتایج آن در ذیل آمده است.

۹- نتایج آزمایش‌ها

۹-۱- نتایج آزمایش آب جوش

در این آزمایش از مصالح بزرگتر از ۲/۳۶ میلی‌متر استفاده شده و سه نمونه به ترتیب فاقد افزودنی آهک هیدراته، ۱، ۲، ۳ و ۲/۵٪ آهک هیدراته آزمایش شدند. میزان قیر مصرفی نیز تا حدی به کار رفته که غشاء نازکی از قیر سطح مصالح را بپوشاند. نتایج استخراجی به شرح نمودار (۴) است. ملاحظه می‌شود که استعداد عریان‌شدگی با به کارگیری مقدار جزئی آهک هیدراته تا چه حد کاهش می‌یابد.

شکل ۴- نتایج آزمایش آب جوشان

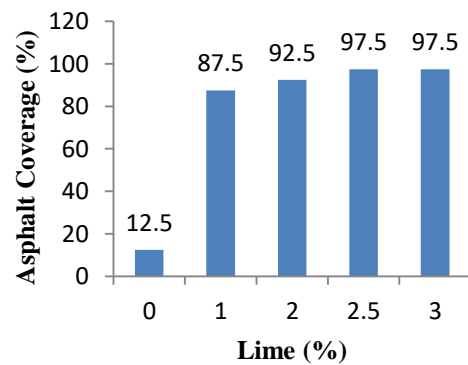


Fig. 4. Boiling test results

۹-۲- نتایج آزمایش مقاومت کشش غیرمستقیم و نسبت مقاومت-کششی

معیار اندازه‌گیری مقاومت کششی غیرمستقیم از مقبولیت بیشتری نسبت به روش‌های کیفی برخوردار است پس در اینجا نیز برای تائید نتایج آزمایش آب جوشان از این آزمایش استفاده شد. به دلیل اینکه از آهک هیدراته به عنوان افزودنی ضدعریان‌شدگی استفاده می‌شود، بنابراین بهبود مقاومت کششی غیرمستقیم انتظار می‌رود.

از آنجائی که ارتفاع نمونه‌ها یک پارامتر مؤثر در مقاومت کششی غیرمستقیم است و تمامی نمونه‌ها دارای ابعاد یکسانی

شکل ۸- رابطه بین متوسط مقاومت کششی غیرمستقیم نمونه‌های مرطوب و متوسط نتایج آزمایش آب جوش

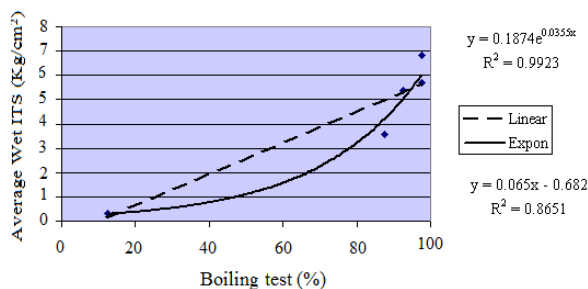


Fig. 8. Relationship of average wet ITS and boiling test

شکل ۹- رابطه بین متوسط نسبت مقاومت کششی غیرمستقیم و متوسط نتایج آزمایش آب جوش

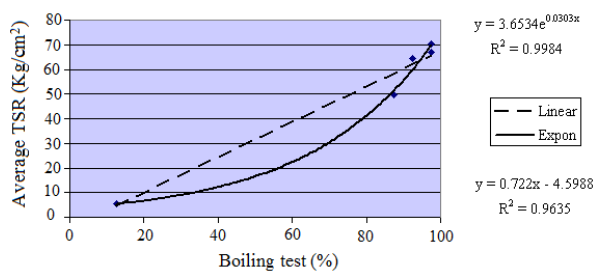


Fig. 9. Relationship of average TSR and boiling test

با توجه به شکل‌های ۷ تا ۹ ملاحظه می‌شود که روند رشد مقاومت مکانیکی در برابر نتایج آب جوش با افزایش آهک هیدراته بسیار تند و به صورت نمائی با پایه نپرن است. البته نتایج ITS نمونه‌های خشک شکل (۷) با نتایج آزمایش آب جوشان چندان متناسب نیستند و نوع برازش خطی و نپرن آن تقریباً یکسان است؛ ولی در مورد نتایج ITS نمونه‌های مرطوب شکل (۸) و TSR شکل (۹) یک همبستگی تقریباً ۱۰۰٪ بین نتایج دو آزمایش کمی کشش غیر مستقیم و آزمایش کیفی آب جوشان با برازش تابع نپرن وجود دارد که حاکی از رشد بسیار بالای مقادیر ITS نمونه‌های خشک و TSR در برابر درصد پوشش قیری روی مصالح است. برخلاف نتایج نمونه‌های خشک، در نتایج ITS نمونه‌های مرطوب و نسبت مقاومت کششی غیرمستقیم تفاوت زیادی در ضرایب همبستگی توابع خطی و نپرن وجود دارد و تغییرات نتایج آزمایش آب جوش و دو پارامتر گفته شده با ضریب اطمینان ۱۰۰٪ به صورت نپرن است.

نمونه‌های بدون ماده مضاف آهک هیدراته در مقایسه با نمونه‌های دارای ماده مضاف از مقاومت بسیار کمتری برخوردار است؛ اما برای ارزیابی مناسبتر افزایش مقاومت نمونه با افزایش آهک هیدراته، بهتر است از نسبت مقاومت کششی غیرمستقیم (TSR) استفاده شود که در اینجا روند صعودی درصد مقاومت کششی غیرمستقیم نمونه‌های حاوی ۱٪ آهک هیدراته نسبت به نمونه‌های بدون افزودنی آهک هیدراته، بسیار چشمگیرتر است.

در مجموع ملاحظه می‌شود که با انتخاب نوع ماده افزودنی و مقدار مناسب آن می‌توان خواص مکانیکی و ویژگی‌های فنی مخلوط‌های آسفالتی را در برابر عریان‌شدگی و در شرایط مرطوب بخوبی بهبود بخشیده و این معضل را تا حد قابل قبولی کاهش داد.

۱۰- تحلیل نتایج

هدف اصلی از انجام هر دو نوع آزمایش کیفی آب جوش و آزمایش کمی کشش غیرمستقیم تخمین و اندازه‌گیری میزان بهبود خواص رویه آسفالتی در برابر عریان‌شدگی با افزایش یک ماده مضاف به مخلوط است؛ همچنین به دلیل اینکه نتایج هر دو نوع آزمایش تأثیر مثبت آهک هیدراته را در کاهش عریان‌شدگی نشان می‌دهند، سعی شده که ارتباطی بین نتایج این دو آزمایش و روند آنها در کاهش این معضل را مشخص، و وابستگی بین آنها را در قالب یک یا چند ضابطه و منحنی برآورد کرد.

شکل ۷- رابطه بین متوسط مقاومت کششی غیرمستقیم نمونه‌های خشک و متوسط نتایج آزمایش آب جوش

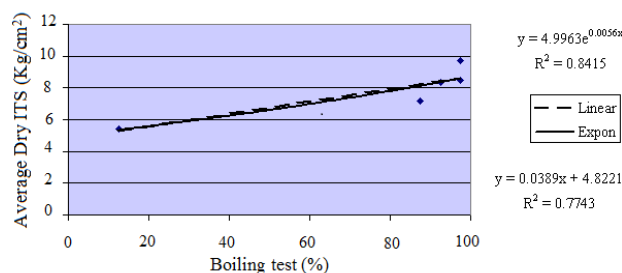


Fig. 7. Relationship of average dry ITS and boiling test

۱۱- نتایج پژوهش

از بررسی نمونه‌های مصالح استفاده شده در آسفالت آزادراه قزوین-زنجان در این پژوهش نتایج زیر به دست آمد:

۱) پدیده خرابی غالب در رویه آسفالتی آزادراه قزوین-زنجان عریان‌شدگی مصالح است که به صورت شن‌زدگی در طول مسیر نمایان است.

۲) روش‌های XRF و XRD که برای شناسایی جنس سنگدانه‌ها و اجزا تشکیل دهنده آنها کاربرد دارند روی مصالح آزادراه انجام و مشاهده شد که میزان قابل توجهی از مصالح سیلیسی هستند که به تنهایی برای استفاده در ساخت آسفالت مناسب نیست.

۳) با توجه به نتایج آنالیز مصالح سنگی و اینکه علت عمده عریان‌شدگی ناشی از جنس مصالح بوده، از آهک هیدراته به عنوان ماده ضدعریان‌کننده استفاده شد. در این پژوهش مشاهده شد که آهک علاوه بر تقلیل این معضل به صورت یک ماده چندمنظوره ویژگی‌های مکانیکی مخلوط‌های آسفالتی را نیز بهبود می‌بخشد.

۴) گرچه آزمایش تعیین میزان عریان‌شدگی با آب جوشان یک آزمایش تجربی و فقط چشمی است اما نتایج انجام آن روی نمونه‌های مصالح پژوهشی موید ضعف مصالح و تمایل آنها به عریان‌شدگی بود. تهیه نمونه‌های پوشش‌شده مصالح با قیرحالی مقادیری از آهک هیدراته و انجام آزمایش آب جوشان روی نمونه‌ها نشان داد که مقاومت مصالح در برابر عریان‌شدگی به میزان قابل توجهی افزایش یافت.

۵) مقایسه نمونه‌های بدون ماده مضاف در حالت مرطوب و خشک نمایانگر این مطلب است که تنها نمی‌توان بر اساس مقاومت نمونه‌های خشک در مورد رفتار مخلوط آسفالتی قضاوت نمود پس باید رفتار آنها در شرایط مرطوب نیز لحاظ شود.

۶) با افزایش مقدار آهک هیدراته میزان ITS و TSR های نمونه‌ها بدین صورت افزایش می‌یابند که در درصد‌های پایین روند افزایش مقاومت مکانیکی بیشتر و در درصد‌های بالاتر این روند کاهش می‌یابد؛ البته از یک محدوده مشخص به بعد

آهک هیدراته نمی‌تواند به عنوان ماده ضدعریان‌کننده عمل کند و روند افزایش مقاومت سیر نزولی می‌یابد.

References

۱-۱ فهرست منابع

- 1) Aksoy, A., Samlioglu, K., Tayfur, S., Ozen, H., "Effect of Various Additives on the Moisture Damage Sensitivity of Asphalt Mixtures," Construction and Building Materials 19, pp11-18, 2005.
- 2) Kavusi, Amir, Abdi, Ali, "Stripping Phenomenon Assessment in Hot mix Asphalt", 2nd conference on bitumen and Asphalt Mixes, 2004 (In Persian).
- 3) Little, D.N., "A Fundamental Approach to Moisture Damage in Asphalt Mixture," Texas Transportation Institute, 2002.
- 4) Little, Dallas N. and A. Epps, J., "The benefits of hydrated lime in hot mix asphalt," National Lime Association, The versatile chemical, 2001.
- 5) 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.
- 6) Santucci, L., "Moisture Sensitivity of Asphalt Pavements," Technology Transfer Program, Institute of Transportation Studies, Pavement Research Center, UC Berkeley, 2003.
- 7) Colorado DOT, "Survey by Tim Aschenbrener for National Seminar on Moisture Sensitivity of Asphalt Pavements," San Diego, California, 2002.
- 8) Mohamed, El Hussein H. and Abdel Halim. A.O. and Kennepohl, Gerhard J, "Influence of construction-induced cracks on asphalt concrete resistance to moisture damage," T.R.R., No 1353, Materials and Construction, pp 69-72, 1992.
- 9) Krebs, Robert D. and Walker, Richard D, "Highway Materials," Mc Grow-Hill, United States of America, 1971.
- 10) Hung, W., Wong, W., Tang, S., "Analysis of Pavement Residue Properties Under Moisture Induced Attack at Tuen Mun Highway, Hong Kong," Construction and Building Materials 18, pp21-33, 2004.
- 11) Wallace, Hugh A. & Martin, J. Rogers, "Asphalt Pavement Engineering," Mc Grow-Hill, U.S.A, 1967.
- 12) Tabatabaie, Amir Mohamad, "Highway and Airport Pavement", Tehran University Publication, 1996 (In Persian).
- 13) Saraeipour, Mohamad, "Asphalt", Dehkoda Publication, 4th edition, 1998 (In Persian).
- 14) Williams, K.L., "Introduction to X-Ray Spectrometry," Allen and Unwin, London, 1987.
- 15) Blankenship, P.B., Myers, A.H., Clifford, A.S., Thomas, T.W., King, H.W. and King, G.N., "Are All PG70-22s the Same? Lab Tests on Kyl-64 Field

- 19) Tunnicliff, D.G., and R.E. Root, "NCHRP Report 274: Use of Anti stripping Additives in Asphaltic Concrete Mixture: Laboratory Phase," TRB, National Research Council, Washington, D.C., 1984.
- 20) Asphalt Technology News, "NCAT Completes Evaluation of Relationships of HMA In-place Air Voids, Lift Thickness, and Permeability," A Publication of the National Center for Asphalt Technology, Auburn University, Volume 16, Number 1, 2004.
- 21) Iranian Asphalt Institute, "Effect of Hydrated lime in Hot Mix Asphalt", Ministry of Highway and Transportation, No. 1, 1st year, spring 2002 (In Persian).
- Samples," Proceedings, Association of Asphalt Paving Technologists, Vol.67, 1998.
- 16) Annual Book of ASTM Standards Vol.04.03, 1999.
- 17) Bindra, S.P., "A course in highway engineering," Fifth Edition, O.P. Kapur, for Dhanpat Rai & sons, Delhi-Jalandhar, 1991.
- 18) Lottman, R.P., "NCHRP Report 246: Predicting Moisture-Induced Damage to Asphalt Concrete: Field Evaluation," TRB, National Research Council, Washington, D.C., 1982.

Evaluation of Stripping in Asphalt Concrete Pavement by Experimental Methods

A. Abdi*¹, A. Kavusi², M. Adresi³, B. Mirbaha⁴

1. Assist. Prof., School of Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin
2. Assoc. Prof., School of Civil Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran.
3. Phd, School of Civil Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran.
4. Assist. Prof, School of Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin

*aliabdi@eng.ikiu.ac.ir

Abstract:

Adhesion of bitumen to Aggregates is the basis of the strength of the asphalt pavements. The term "stripping" is used for hot mix asphalt (HMA) mixtures to show the separation of asphalt binder film from aggregate surfaces, due primarily to the action of moisture and/or vapor. If this phenomenon is eliminated for any reason, stripping will be occurred. This problem not only is as a distinct distress but also can cause other asphalt distresses which are finally resulted in the overthrow of road. Mainly because this distress either results from or is dominated by moisture, it is usually called "moisture damage" or "moisture susceptibility".

The main goal in this research is to study stripping in asphalt mixtures. The key factors which must be considered in this research are aggregates and selecting the suitable approach for controlling and assessment of this distress in laboratory conditions. the most recent approach introduced is the rehabilitation and modification of asphalt mixtures against stripping, whether asphalt concrete or surface treatment. Thus, in this study on "Zanjan-Qazvin" freeway where this distress have usually been observed, the aggregates for constructing the asphalt was selected from sections of the aggregate the stripping intensity of which is higher than the others. First, the sensitivity of stripping was specified by XRF & XRD analysis. There is a requisite to do a realistic laboratory test method to predict moisture susceptibility of HMA mixtures. It was observed in the case histories that the asphalt pavements were saturated with water (55-80% saturated as specified in ASTM D4867 or AASHTO T283). Thereafter, in order to calculate the tensile strength ratio, it is required to consider unsaturated specimens some of which remained with no conditions. A laboratory test procedure that simulates such conditions will be more realistic. The cylindrical asphalt concrete specimens are constructed by marshal method. Thus, their durability is evaluated according to AASHTO-T283. In this method, those stabilities are measured by indirect tensile test; the amount of their stripping was previously estimated by boiling test. Results showed that according to literature boiling test method is not reliable enough to be accurate. On the other hand, the result of laboratory test of AASHTO-T283 is quantitative and much more technical. Also, using hydrated lime 3% for this material can be useful to reduce the adverse effect of stripping, and it can be used as a suitable anti-stripping. Based on the probabilistic analysis, all the specimens result either in Indirect Tensile Test, or in the TSR results. This showed the improvement of the strength. Also, the rate of increasing is close to that of the parabolic curve.

WTAT test was carried out over the surface treatment specimens constructed using these aggregates. Hydrated lime was utilized as the most important anti-stripping additive for prevention and rehabilitation of this distress in all of the experiments.

Key Words: Stripping, Moisture Damage, Asphalt Pavement, Anti-stripping Additives, And Hydrated Lime.