

تأثیر جنس سنگدانه های آبرفت جنوب غرب و جنوب شرق تهران بر دوام آسفالت

شهرام یزاندوست همدانی^۱، محمدرضا معماریان^۲، حمیدرضا ابریشمی کیسمی^۳

چکیده

هدف از این تحقیق بررسی اثر جنس سنگدانه های موجود در آبرفتهای مناطق غرب و شرق تهران بر دوام آسفالت و پارامترهایی چون جذب آب، وزن مخصوص مخلوط مصالح سنگی (Gagg)، قیر بهینه و دانسیته نمونه مارشال می باشد. برای رسیدن به این هدف از مصالح خروجی سیلوهای گرم ۵ کارخانه از غرب تهران (گرمدره) و ۵ کارخانه از شرق تهران (پاکدشت) نمونه برداری گردید و آزمایشات تعیین وزن مخصوص، جذب آب و تشریح نظری بر روی سنگدانه ها انجام گرفت. سپس طبق فرمول کارگاهی لایه رویه هر کارخانه نمونه های آزمایشگاهی ساخته شد و آزمایش تست آب جوشان برای بررسی میزان عریان شدگی مصالح و آزمایش تعیین نسبت مقاومت نمونه های مارشال غرقاب ۲۴ ساعت به ۳۰ دقیقه انجام گرفت. نتایج حاصل از این تحقیق حاکی از آن است که آسفالت ساخته شده با مصالح غرب تهران که عمدتاً از سنگدانه های آذرآواری (توف) و آذرین است، دوام کمتری نسبت به آسفالت ساخته شده با مصالح عمدتاً آهکی شرق تهران دارند.

کلید واژگان: عریان شدگی، دوام آسفالت، تشریح نظری سنگدانه، جذب قیر، جذب آب

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی (مدیرگروه مقاومت مصالح و مدیر گروه مطالعات مرکز مطالعات ژئوتکنیک و مقاومت مصالح شهرداری تهران)، بلوار مرزداران، خ شقایق، مرکز مطالعات ژئوتکنیک و مقاومت مصالح شهرداری تهران، ۴۴۲۷۳۸۸۲، ۰۹۱۲۸۴۹۶۲۲۸-shahram_yzd@yahoo.com
- ۲- کارشناس ارشد خاک و پی، (ریاست مرکز مطالعات ژئوتکنیک و مقاومت مصالح شهرداری تهران) بلوار مرزداران خ شقایق، مرکز مطالعات ژئوتکنیک و مقاومت مصالح شهرداری تهران، ۴۴۲۷۳۸۸۲، ۰۹۱۲۱۴۴۰۱۷۸، memarian_m@yahoo.com
- ۳- دکتری زمین شناسی گرایش سنگ شناسی (هیئت علمی شهرداری تهران و مسئول بخش آموزش مرکز مطالعات ژئوتکنیک و مقاومت مصالح)، بلوار مرزداران، خ شقایق، مرکز مطالعات ژئوتکنیک و مقاومت مصالح شهرداری تهران، ۴۴۲۷۳۸۸۲، ۰۹۱۲۲۷۳۲۲۸، abrishami1881@gmail.com

مقدمه

روسازی های آسفالتی با گذشت زمان طی بارگذاری های مکرر ترافیکی دچار فرسودگی و استهلاک می شوند که در این میان وجود رطوبت وقوع این فرسودگی و استهلاک را تسریع می نماید [۲]. از عمده خرابی هایی که در آسفالت معابر شهر تهران قابل مشاهده است پدیده عریان شدگی است. بروز پدیده عریان شدگی در آسفالت می تواند مقدمه ای برای شروع سایر خرابی ها مانند ترک خوردگی، شیار شدگی مسیر چرخ ها، ایجاد چاله، ترکهای پوست سوسماری و بیرون پریدگی مصالح سنگی باشد. عریان شدگی به هنگام کاهش چسبندگی بین قیر و مصالح رخ می دهد و به طور مستقیم بستگی به حضور و تاثیر آب دارد [۲]. عوامل زیادی نظیر جنس مصالح، بافت سطحی، دانه بندی، درصد قیر و کیفیت قیر، حضور یا عدم حضور آب، وجود گرد و غبار بر روی مصالح و تراکم ناکافی لایه آسفالت در حین اجرا می توانند در بروز پدیده عریان شدگی موثر باشند [۴]. در این تحقیق با شناسایی منشاء و جنس سنگدانه های موجود در آبرفتهای غرب تهران (گرمدره) و شرق تهران (پاکدشت)، میزان دوام آسفالت و سایر پارامترهای وابسته بر اساس جنس مصالح بررسی شده اند. دوام آسفالت با استفاده از آزمایش آب جوشان (ASTM D3625) و آزمایش تعیین نسبت مقاومت نمونه های مارشال در شرایط ۲۴ ساعت غرقاب در آب 1 ± 60 درجه سانتیگراد با مقاومت نمونه های مشابه که به مدت ۳۰ تا ۴۰ در همان شرایط قرار گرفته اند [۳]، تعیین می شود. در این تحقیق علاوه بر دوام آسفالت سایر پارامترهای مرتبط با جنس مصالح مانند وزن مخصوص مخلوط مصالح سنگی (Gagg)، جذب آب مصالح و قیر بهینه دو پهنه شرقی و غربی شهر تهران با هم مقایسه شده اند.

روش مطالعه

۱- نمونه برداری مصالح و انجام مطالعات پتروگرافی:

با توجه به اینکه اکثر کارخانجات تولید کننده آسفالت و معادن تامین کننده مصالح آسفالت تهران در منطقه گرمدره (غرب تهران) و پاکدشت (شرق تهران) واقع شده اند، جهت انجام مطالعات تعداد ۵ کارخانه که دارای معدن و سایت تولید مصالح می باشند در منطقه غرب (گرمدره) و ۵ کارخانه در شرق تهران (پاکدشت) انتخاب شده اند. سپس از مصالح سیلوی گرم هر یک از کارخانه ها با رعایت اصول مندرج در استاندارد AASHTO T2 نمونه برداری انجام گرفت. جهت سهولت نامگذاری و رعایت اصول رازداری، کارخانجات غرب از شماره ۱ تا ۵ با پسوند W و کارخانجات شرق از شماره ۱ تا ۵ با پسوند E نام گذاری شده اند.

بر روی سنگدانه های موجود در مخلوط مصالح تشریح نظری بر اساس استاندارد های ASTM C295 و ASTM C294 انجام گرفت و سنگدانه ها بر اساس جنس و منشاء تفکیک شدند (جدول ۱).

جدول ۱: نتایج آزمایش سنگ نگاری و تشریح نظری

منطقه	متوسط سنگدانه با منشاء رسوبی	متوسط سنگدانه ها با منشاء آذرین	متوسط سنگدانه ها با منشاء آذر آواری
غرب	٪۴۱	٪۳۴	٪۲۵
شرق	٪۷۴	٪۱۰	٪۱۶

با بررسی نتایج آزمایش تشریح نظری و نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ چهار گوش تهران [۵] مشخص شد بیشتر جنس سنگدانه های مخلوطهای آبرفتی در منطقه غرب شهر تهران از جنس آذرین و آذر آواری است (حدود ۵۹ درصد). سنگهای آذرین این منطقه بیشتر از جنس دیوریت، آندزیت، مونزوگابرو و تراکیت های هوازده و سنگهای آذر آواری (توف و توفیت) می باشند. در تمامی این سنگها مقدار SiO_2 بالا بوده و کانی های تشکیل دهنده این سنگها اکثراً کانی های سیلیکاته می باشند.

اما در منطقه شرق تهران (پاکدشت) بیشتر سنگدانه های موجود در آبرفت آن منطقه از جنس آهک، دولومیت و مارن با منشاء رسوبی هستند (حدود ۷۴ درصد) و بر اساس نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ شرق تهران [۶] سنگ منشاء سنگدانه ها بیشتر از سنگهای دولومیتی مربوط به سازند زیارت و سنگهای آهکی، مارنی و کنگلومرایی سازند فاجان می باشند، به همراه سنگهای آذر آواری توف و توفیت ها که مقدار آن نسبت به منطقه غرب کمتر است (حدود ۱۶ درصد).

۲- مشخصات فیزیکی سنگدانه ها:

برای تعیین برخی مشخصات فیزیکی سنگدانه ها همچون وزن مخصوص و جذب آب، طبق نسبتهای مندرج در طرح اختلاط آسفالت لایه رویه (۱۹-۰) هر کارخانه، سنگدانه ها با سایز (mm) ۱۲-۱۹، (mm) ۶-۱۲ و (mm) ۰-۶ به همراه فیلر با هم مخلوط و آزمایشات تعیین وزن مخصوص مصالح سنگی و جذب آب بر روی مخلوط مصالح انجام گرفت. وزن مخصوص حقیقی و جذب آب برای مصالح سنگی درشت دانه (مانده روی الک نمره ۸) بر اساس استاندارد ASTM C127 و برای مصالح ریز دانه (رد شده الک نمره ۸، مانده روی الک نمره ۲۰۰) بر اساس استاندارد ASTM C128 و وزن مخصوص ظاهری عبوری الک نمره ۲۰۰ مصالح و فیلر بر اساس استاندارد AASHTO T100 مشخص گردید [۳]. با توجه به وزن مخصوص مصالح به تفکیک سایز و نسبت استفاده از هر سایز در ساخت آسفالت (طبق طرح اختلاط)، وزن مخصوص مخلوط مصالح سنگی (G_{agg}) از رابطه ذیل برای هر کارخانه بدست می آید [۱].

$$G_{agg} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{(P_1/G_1 + P_2/G_2 + \dots + P_n/G_n)}$$

G_{agg}: وزن مخصوص حقیقی مخلوط مصالح سنگی

P_1, P_2, \dots, P_n : درصد وزنی سنگدانه های شماره ۱ تا n تشکیل دهنده مخلوط مصالح سنگی.

G_1, G_2, \dots, G_n : وزن مخصوص واقعی سنگدانه های شماره ۱ تا n (برای مصالح عبوری از الک نمره ۲۰۰ از وزن مخصوص ظاهری استفاده می شود)

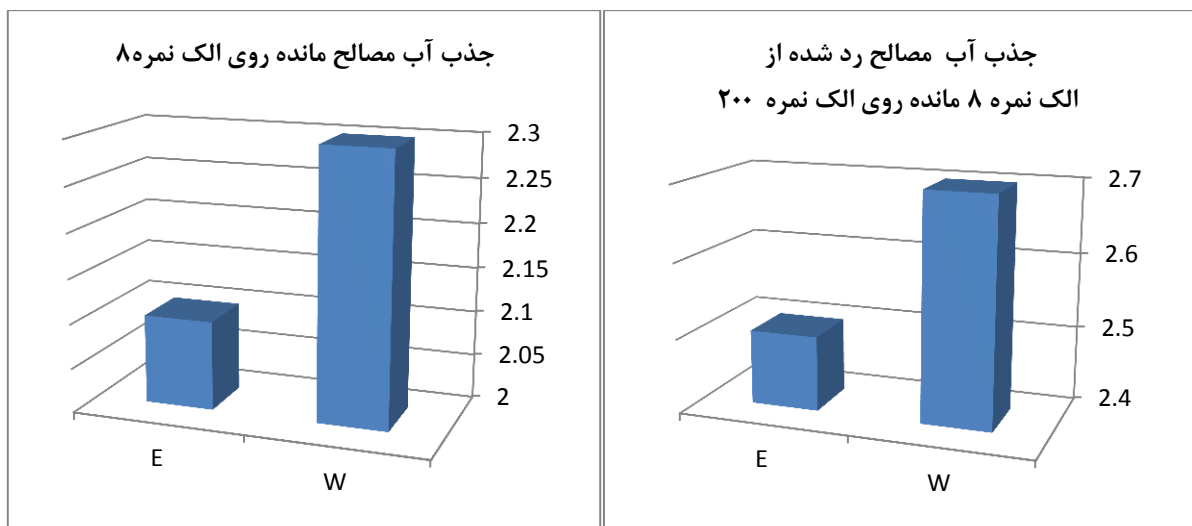
خلاصه نتایج جذب آب مصالح بزرگتر از الک نمره ۸، رد شده از الک نمره ۸ مانده روی الک نمره ۲۰۰ و وزن مخصوص حقیقی مخلوط مصالح سنگی برای کارخانجات غرب در جدول ۲ و برای کارخانجات شرق در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۲: نتایج آزمایش جذب آب و وزن مخصوص مخلوط مصالح کارخانجات آسفالت غرب تهران

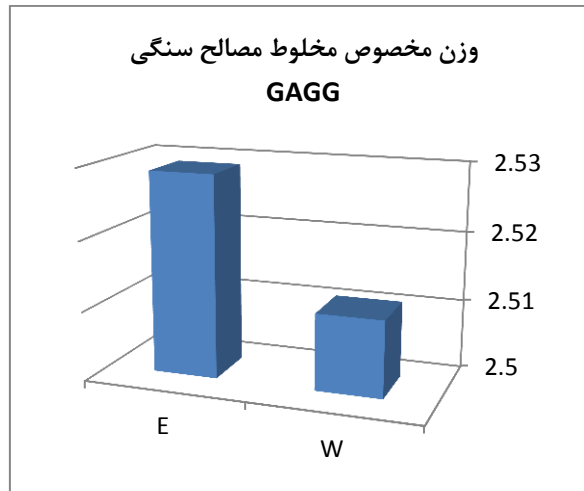
وزن مخصوص مخلوط مصالح سنگی	جذب آب مصالح رد شده از الک نمره ۸ مانده الک نمره ۲۰۰ (%)	جذب آب مصالح مانده روی ۸ (%)	نام کارخانه
۲/۵۰۱	۲/۹	۲/۵	۱W
۲/۵۰۲	۳/۰	۲/۶	۲W
۲/۵۰۵	۲/۷	۲/۴	۳W
۲/۵۲۵	۲/۴	۲/۱	۴W
۲/۵۲۶	۲/۷	۱/۷	۵W
۲/۵۱۱	۲/۷	۲/۳	میانگین

جدول ۳: نتایج آزمایش جذب آب و وزن مخصوص مخلوط مصالح کارخانجات آسفالت شرق تهران

وزن مخصوص مخلوط مصالح سنگی	جذب آب مصالح رد شده از الک نمره ۸ مانده الک نمره ۲۰۰ (%)	جذب آب مانده روی الک نمره ۸ (%)	نام کارخانه
۲/۵۱۶	۲/۷	۲/۱	۱E
۲/۵۳۱	۲/۵	۱/۹	۲E
۲/۵۳۶	۲/۳	۲/۰	۳E
۲/۵۴۰	۲/۵	۲/۲	۴E
۲/۵۲۴	۲/۳	۲/۱	۵E
۲/۵۲۹	۲/۵	۲/۱	میانگین



شکل ۱: مقایسه جذب آب مصالح شرق تهران با غرب تهران



شکل ۲: مقایسه وزن مخصوص مخلوط مصالح شرق تهران با غرب تهران

مقایسه نتایج جذب آب (شکل ۱) و وزن مخصوص حقیقی مخلوط مصالح سنگی (شکل ۲) در دو پهنه غرب و شرق با یکدیگر نشان دهنده بالا بودن جذب آب مصالح در منطقه غرب نسبت به منطقه شرق و متقابلاً بالا بودن وزن مخصوص مخلوط مصالح در منطقه شرق نسبت به منطقه غرب می باشد علت این امر بالا بودن نسبت سنگهای آذر آوری توف و توفیت در منطقه غرب (۲۵ درصد) نسبت به منطقه شرق (۱۶ درصد) است. یک دلیل دیگر وجود سنگدانه های هوازده تراکیتی در منطقه غرب است که در منطقه شرق این نوع سنگدانه بسیار ناچیز است. منشاء توف ها و توفیت ها، خاکسترهای آتشفشانی عمدتاً سیلیسی و کربناتی می باشد که پس از ته نشست و رسوب این خاکسترها در محیط دریایی توفیتها و از دیاژنز (سنگی شدن) این خاکسترها در محیط خشکی توفها حاصل می شوند. با توجه به اینکه فوران آتشفشان همراه با خروج گازهای فراوان است اکثر فراورده های آتشفشانی از جمله خاکسترها دارای تخلخل بالایی هستند. این تخلخل در اثر خروج گاز از مصالح در هنگام سرد شدن ایجاد می شود.

۳- تعیین دانسیته نمونه های مارشال بر اساس قیر بهینه :

از هر کارخانه، تعداد شش نمونه مارشال با قیر بهینه تعیین شده در طرح اختلاط رویه به روش AASHTO T245 ساخته، سپس دانسیته نمونه های مارشال به روش AASHTO T166 مشخص شد. همچنین با تعیین پارامترهای حجمی بخصوص فضای خالی (Va) صحت طرح های اختلاط کنترل گردید.

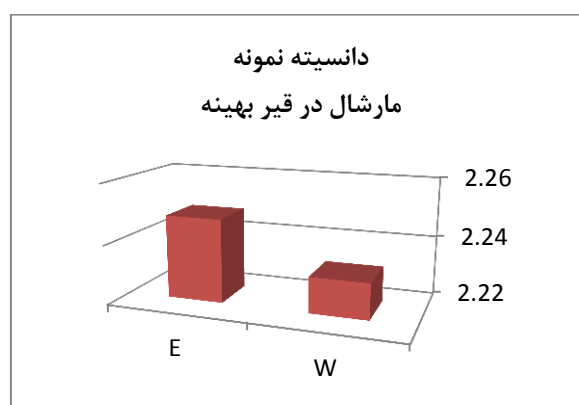
نتایج دانسیته نمونه مارشال کارخانجات پهنه غربی به همراه قیر بهینه مندرج در طرح در جدول ۴ و برای کارخانجات پهنه شرقی در جدول ۵ نشان داده شده است.

جدول ۴: نتایج دانسیته نمونه مارشال در قیر بهینه برای کارخانجات غرب تهران

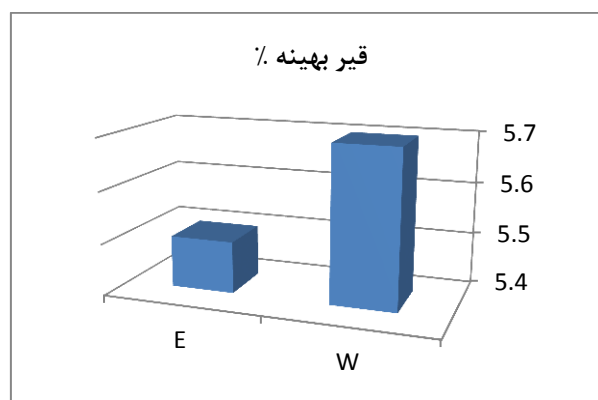
نام کارخانه	دانسیته نمونه مارشال	قیر بهینه
۱W	۲/۲۲۶	۵/۷
۲W	۲/۲۳۲	۵/۷
۳W	۲/۲۳۹	۵/۶
۴W	۲/۲۲۷	۵/۷
۵W	۲/۲۳۶	۵/۷
میانگین	۲/۲۳۲	۵/۷

جدول ۵: نتایج تعیین دانسیته نمونه مارشال در قیر بهینه برای کارخانجات شرق تهران

نام کارخانه	دانسیته نمونه مارشال	قیر بهینه درصد
۱E	۲/۲۳۹	۵/۵
۲E	۲/۲۴۱	۵/۶
۳E	۲/۲۵۱	۵/۵
۴E	۲/۲۶۵	۵/۴
۵E	۲/۲۴۷	۵/۵
میانگین	۲/۲۴۸	۵/۵



شکل ۳: مقایسه دانسیته نمونه مارشال پهنه غربی با پهنه شرقی در قیر بهینه



شکل ۴: مقایسه درصد قیر بهینه طرح های اختلاط آسفالت رویه (۱۹-۰) پهنه غربی با پهنه شرقی

با بررسی نتایج دانسیته نمونه مارشال (شکل ۳) و قیر بهینه (شکل ۴) در دو پهنه شرقی و غربی با یکدیگر تاثیر جنس مصالح در مقدار قیر بهینه و دانسیته آسفالت به خوبی مشخص می شود. به نحوی که در پهنه شرقی که مصالح وزن مخصوص بیشتر و جذب آب کمتر دارند ، دانسیته نمونه مارشال بیشتر و قیر بهینه کمتر از پهنه غربی است . دلیل این موضوع کم بودن سنگهای آذر آواری و آذرین به خصوص سنگهای آذرین هوازده در پهنه شرقی نسبت به پهنه غربی است.

۴- آزمایش دوام بر اساس مقاومت نمونه های مارشال :

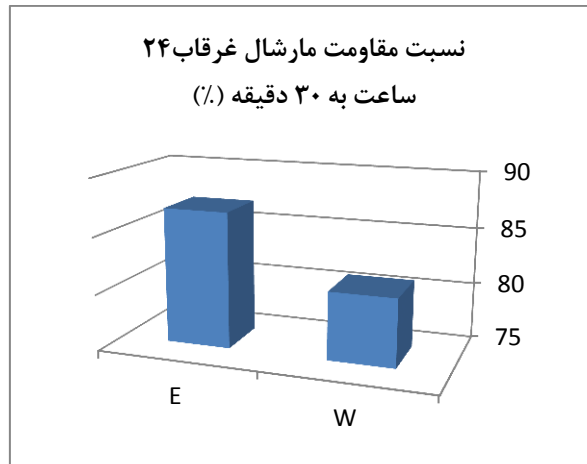
بعد از ساخت نمونه های مارشال به روش AASHTO T245 ، دوام نمونه های مارشال از تعیین نسبت مقاومت نمونه های مارشال ۲۴ ساعت مستغرق در آب ۶۰ درجه به نمونه های مارشال ۳۰ دقیقه مستغرق در آب ۶۰ درجه تعیین گردید [۳] . نتایج آزمایشات برای پهنه غربی در جدول ۶ و برای پهنه شرقی در جدول ۷ نشان داده شده است .

جدول ۶ نتایج آزمایش دوام مارشال برای کارخانجات پهنه غربی

نسبت مقاومت مارشال غرقاب ۲۴ ساعت به ۳۰ دقیقه	نام کارخانه
۸۰	۱W
۸۲	۲W
۸۷	۳W
۷۶	۴W
۷۸	۵W
۸۱	میانگین

جدول ۷: نتایج آزمایش دوام مارشال برای کارخانجات پهنه شرقی

نسبت مقاومت نمونه مارشال غرقاب ۲۴ ساعت به ۳۰ دقیقه	نام کارخانه
۸۴	۱E
۸۸	۲E
۸۱	۳E
۸۹	۴E
۹۱	۵E
۸۷	میانگین



شکل ۵: مقایسه نتایج دوام مارشال در دو پهنه غربی با پهنه شرقی

مقایسه نتایج دوام مارشال در دو پهنه شرقی و پهنه غربی با یکدیگر (شکل ۵) نشان دهنده دوام بهتر نمونه های شرق نسبت به نمونه های غرب در برابر آب است. دلیل این امر نیز وجود سنگدانه های آذرین و آذرآواری کمتر منطقه شرق نسبت به منطقه غرب می باشد. همچنین مقدار سنگدانه های آهکی در پهنه شرقی بسیار بیشتر از پهنه غربی است.

کانی های تشکیل دهنده سنگهای آذرین و آذرآواری عمدتاً کانی های سیلیکاته با مقدار SiO_2 بالا می باشند. مولکولهای آب خاصیت دو قطبی شدیدی دارند در حالی که مولکولهای قیر خاصیت غیر قطبی یا قطبی ضعیفی دارند. لذا آب نسبت به قیر سریعتر جذب مولکولهای قطبی سطوح مصالح می شود [۲] کانی های سیلیسی بسیار آب دوست بوده و به راحتی مولکولهای دو قطبی آب را جذب می کنند [۴] در این حالت حضور آب سبب تخریب باند بین مصالح و قیر می شود و چسبندگی قیر به مصالح را به شدت کاهش می دهد [۲]. بر خلاف مصالح سیلیسی ، مصالح آهکی دافع آب هستند و در برابر عریان شدگی مقاومت بسیار بیشتری دارند [۴]. پس سنگدانه های موجود در پهنه شرقی به دلیل اینکه عمدتاً آهکی هستند دوام بیشتری در مقابل آب نسبت به سنگدانه های پهنه غربی دارند. از عامل دیگری که باعث کم شدن استحکام و دوام آسفالت غرب نسبت به شرق شده وجود سنگدانه های هوازده و سست تراکیتی در آبرفتهای منطقه گرمدره می باشد که به راحتی در زیر فشار خرد می شوند .

۵-آزمایش استاندارد آب جوشان (ASTM D۳۶۲۵)

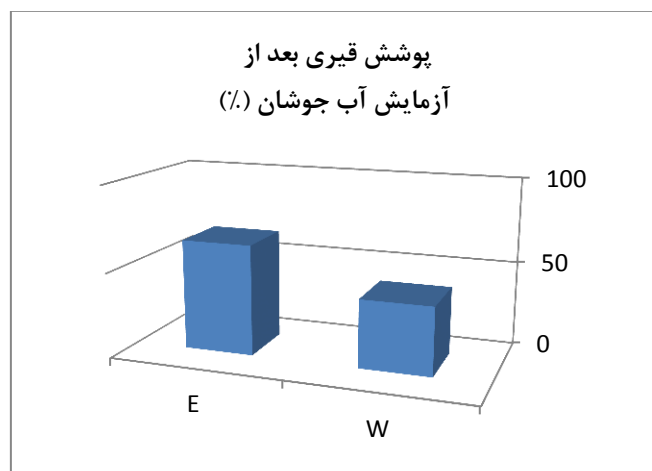
در این آزمایش حدود ۲۵۰ گرم از مخلوط آسفالتی ساخته شده بر اساس فرمول کارگاهی هر کارخانه جدا شده و به مدت ۱۰ دقیقه در ظرف آب جوش قرار می گیرد . سپس میزان پوشش قیری مانده بر روی سطح مصالح پس از خشک شدن بصورت چشمی مورد ارزیابی قرار می گیرد . نتایج این آزمایش بر روی نمونه های آسفالتی در دو پهنه غربی و شرقی به ترتیب در جدول ۸ و ۹ نشان داده شده است.

جدول ۸: مقدار تقریبی پوشش قیری بر روی مصالح غرب بعد از آزمایش تست آب جوشان

مقدار تقریبی پوشش قیری بعد از آزمایش تست آب جوش	نام کارخانه
۶۰	۱W
۴۰	۲W
۳۰	۳W
۵۰	۴W
۳۰	۵W
۴۰	میانگین

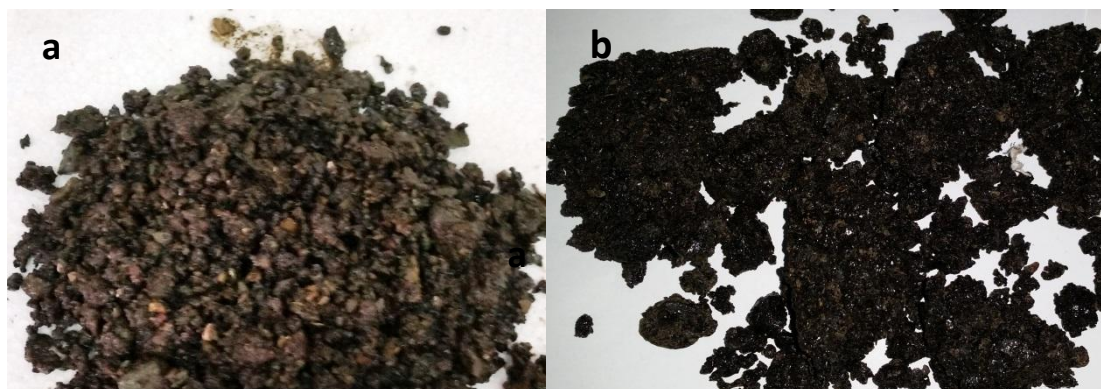
جدول ۹: مقدار تقریبی پوشش قیری بر روی مصالح شرق بعد از آزمایش تست آب جوشان

مقدار تقریبی پوشش قیری بعد از آزمایش نسبت آب جوشان	نام کارخانه
۶۰	۱E
۷۰	۲E
۸۰	۳E
۷۰	۴E
۶۰	۵E
۶۸	میانگین



شکل ۶: مقایسه نتایج آزمایش آب جوشان پهنه شرقی با پهنه غربی

با مقایسه نتایج آزمایش آب جوشان در دو پهنه غربی و شرقی (شکل ۶) تاثیر میزان سنگدانه های آذرین حاوی کانی های سیلیکاته به خوبی مشخص می شود با توجه به بالا بودن میزان سنگدانه های آذرین و آذر آواری در آبرفتهای غرب تهران میزان چسبندگی قیر به مصالح این منطقه کمتر از مصالح شرق تهران است. همانطور که به در بند ۴ توضیح داده شد علت این امر آب دوست بودن مولکولهای سیلیس می باشد که به راحتی مولکولهای قطبی آب را به خود جذب می کند [۴]. در شکل ۷ یک نمونه مخلوط آسفالتی ساخته شده با مصالح غرب تهران بعد از آزمایش آب جوشان در مقایسه با مخلوط آسفالتی ساخته شده با مصالح شرق تهران نشان داده شده است .



شکل ۷: مصالح غرب تهران بعد از آزمایش آب جوشان (a) - ، مصالح شرق تهران بعد از آزمایش آب جوشان (b)

نتیجه گیری

آسفالت تولید شده در منطقه پاکدشت با توجه به جنس سنگدانه های آبرفت آن منطقه که عمدتاً آهکی است، از دوام بالاتری برخوردار است. در حالی که آسفالت تولید شده در منطقه گرمدره با توجه به جنس سنگدانه های منطقه که عمدتاً آذرین است دوام کمتری نسبت به آسفالت شرق دارد. همچنین جذب آب کم و وزن مخصوص بالای مصالح منطقه پاکدشت باعث شده که تولید آسفالت با دوام تر در این منطقه با قیر بهینه کمتر، ممکن شود. لذا از نظر اقتصادی آسفالت تولیدی منطقه پاکدشت به صرفه تر از آسفالت تولیدی منطقه گرمدره می باشد. به هر حال برای افزایش دوام مخلوطهای آسفالتی منطقه غرب می توان از آهک هیدراته [۴] و یا سیمان به جای فیلر [۱] استفاده کرد.

مراجع

- [۱] ترجمه کامل MS۴ از موسسه آسفالت امریکا ویرایش هفتم - محمد رضا جمشیدی - ۱۳۹۳
- [۲] مخلوط های آسفالتی و قیر آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - ۱۳۸۷
- [۳] آیین نامه روسازی آسفالتی راه های ایران نشریه ۲۳۴ تجدید نظر اول - ۱۳۹۰
- [۴] بررسی عریان شدگی مصالح سنگی در رویه آسفالتی به روش آزمایش سایش - امیر کاوسی، علی عبدی - ۱۳۸۶
- [۵] نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ چهار گوش تهران - سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی ۱۳۷۲
- [۶] نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ چهار گوش شرق تهران - سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی ۱۳۷۶