نشریه مهندسی عمران و سازه

دوره (۱) ، شماره (۱) ، تابستان ۱۳۹۶

JCES

بررسی اثر فنی اقتصادی نانولوله کربن روی مخلوط آسفالتی با دانه بندی تو پر

محمد براتی[۱*]، محمد زارعی[۲]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی عمران، موسسه عمران و توسعه همدان، ایران

۲- دانشجوی دکتری عمران حمل و نقل، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین الملل امام خمینی قزوین، ایران

[*]پست الکترونیکی نویسنده مسئول: baratim13@yahoo.com

چکیده

آسفالت این مخلوط شگفت انگیز که همه ما هر روز با آن سروکار داریم. شاید مهندسین در این حوزه به عنوان یکی از راه حلها، اصلاح خصوصیات فنی آسفالت را در راس فعالیت خود جهت بهبود ویژگی‌های این مخلوط شگفت انگیز قرار داده باشد. اصلاح خصوصیات فنی قیر و آسفالت فرصت‌های مطالعاتی زیادی را در سراسر جهان بوجود آورده است. در این راستا و در این مقاله ابتدا با افزودن نانو لوله کربن با مقادیر ۰/۲۵، ۰/۵۰، ۱ و ۱/۵ درصد وزنی قیر پایه به بررسی اثر این ماده افزودنی روی خواص مکانیکی مخلوط آسفالتی پرداخته شد. در ادامه نمونه‌های آسفالتی تقویت شده با نانو لوله کربن جهت انجام آزمایش مارشال، مورد ارزیابی و آزمایش قرار گرفت. نتایج نشان داد که این افزودنی باعث تغییر در پارامترهای آزمایش مارشال از جمله افزایش مقاومت و کاهش روانی می‌گردد. از طرفی وزن مخصوص مخلوط آسفالتی با افزایش مواجه شده و درصد فضای خالی مصالح سنگی با کاهش نسبی مواجه شد. همچنین درصد فضای خالی مخلوط آسفالتی و درصد فضالی پر شده با قیر به طور نسبی افزایش یافت. در بررسی اقتصادی اثر اثر نانولوله کربن روی مخلوط، نتیجه شد که با افزایش تدریجی نانولوله کربن، صرفه اقتصادی پروژه کاهش پیدا می کند. در نهایت، با توجه به نتایج به دست آمده و تحلیل اثر این ماده نانویی روی خواص قیر و آسفالت، نتیجه شد که از این افزودنی می‌توان در مناطق با آب و هوای گرم با ترافیک سنگین و در نقاط محدوداستفاده نمود.

کلمات کلیدی

نانولوله کربن، قیر، آسفالت، آزمایش مارشال.

تاریخ دریافت مقاله : ۲۳ مرداد ۱۳۹۶

تاریخ پذیرش : ۱۹ شهریور ۱۳۹۶

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-05-18]

۱- مقدمه

مواد نانو به عنوان موادی که حداقل یکی از ابعاد آن(طول، عرض، ضخامت) زیر صد نانومتر باشد، تعریف شده‌اند. نانو مواد عناصر ساختاری و اجزای سازنده قیر و آسفالت به شکل میکرو در مقیاس نانو می‌باشند. استفاده از فناوری نانو می‌تواند موجب بهبود خواص این مواد شود، از جمله این خواص می‌تواند مقاومت آسفالت در برابر آسیب‌های ناشی از رطوبت، مقاومت و طول عمر، صرفه‌جویی در هزینه نگهداری آسفالت و یا خواص کلیدی چون مقاومت فشاری، مقاومت کششی و دوام در تحمل بار در درجه حرارت بالا باشند(امیری، ۲۰۱۱). در بررسی اثر مواد نانویی روی آسفالت می‌توان به تحقیقات زارعی و همکاران، زاهدی و زارعی و ... اشاره داشت [۱]، [۲]، [۳]، [۴]، [۵]، ، [۶]، [۷] و [۸].

در این مقاله از تکنولوژی نانو جهت تقویت مخلوط آسفالتی استفاده شد. همچنین جهت ساخت نمونه‌ها از مخلوط آسفالتی با دانه بندی توپر و بر اساس استاندارد ASTM استفاده شد. همچنین در انتها به بررسی اقتصادی اثر این ماده افزودنی روی مخلوط آسفالتی پرداخته شد.

یکی از اکتشافات بزرگ مربوط به فناوری نانو، کشف نانولوله‌کربن است. نانولوله‌کربنی توسط سامیو لیجیما در سال ۱۹۹۱ کشف شده است. نانولوله یک ساختار یکپارچه با شبکه‌های شش وجهی لانه زنبوری با قطر چند نانومتر و طول چند میکرومتر دارند[۹]

نانولوله‌ها با خواص برتر مکانیکی با توجه به شعاع لوله، مدول یانگ آن‌ها می‌تواند تا ۱۰۰۰ گیگا پاسکال و مقاومت کششی آن‌ها تا ۱۵۰۰ گیگا پاسکال برسد[۱۰].

شیراکائوا و همکارانش (۲۰۱۲) با تهیه و آماده‌سازی چند ترکیب از امولسیون‌های قیر حاوی نانولوله‌کربن و بررسی خصوصیات پراکندگی قیر، افزودن نانولوله‌ها به ترکیب‌های امولسیونی به میزان توانایی پراکندگی در امولسیون مؤثر است به طوریکه با افزودن یک مرحله‌ای آن به امولسیون اثربخشی کمتری در پراکندگی، نسبت به حالتی که همان مقدار از نانولوله به طور تدریجی و پس از هم زدن به امولسیون اضافه شده است، دارد[۱۱].

اکبری مطلق و همکارانش(۲۰۱۲) به منظور ارتقاء مشخصات فنی قیر و مخلوط‌های آسفالتی، از نانولوله‌کربن به عنوان یک ماده افزودنی به قیر استفاده نمودند. با توجه به نتایج حاصله، هر چه مقدار نانولوله‌کربن افزایش یابد، مشخصات فنی بتن آسفالتی نیز افزایش می‌یابد. به طوریکه نمونه‌ی حاوی نانولوله ۰/۰۰۱ وزنی قیر، بهترین نتایج را داشته است. این نمونه از لحاظ مقاومت مارشال ۶۲/۹ درصد، نسبت به نمونه‌ی شاهد برتری داشته است[۱۲].

مطالعه ارائه شده توسط سانتاگاتا و همکارانش (۲۰۱۲) به استفاده از نانولوله‌کربن در قیر متمرکز شده است و خصوصیات رئولوژیکی آن‌ها در شرایط پیری مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. که پس از انجام آزمایشات بر روی ترکیبات، مقادیر ویسکوزیته با افزایش دما کاهش و علاوه بر این با افزایش درصد نانولوله‌کربن در ترکیب، ویسکوزیته افزایش یافته است و افزایش ویسکوزیته در بهبود مقاومت در برابر تغییر شکل دائمی در درجه حرارت بالا، سودمند واقع می‌باشد[۱۳].

نانولوله‌کربن پتانسیل مقاومت شیارافتادگی و مقاومت ترک خوردگی حرارتی در بتن آسفالتی را افزایش و همچنین قابلیت پیری اکسیداسیون قیر را که در عملکرد دراز مدت مخلوط‌های آسفالتی مؤثر است، را کاهش می‌دهد[۱۴].

۲- خصوصیات مواد و مصالح مصرفی

۲-۱- مصالح سنگی و دانه‌بندی

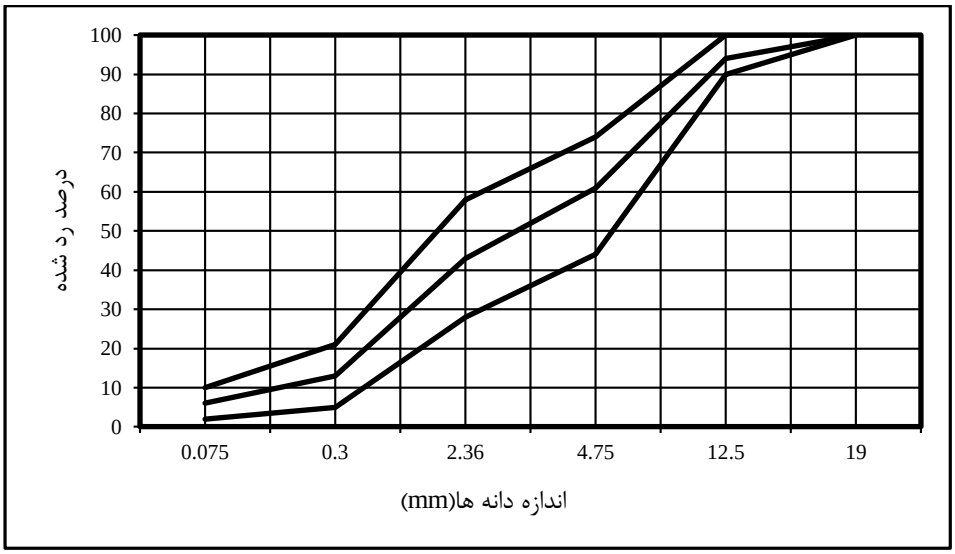
مصالح سنگی مورد استفاده در ساخت نمونه‌های آزمایشگاهی از کارخانه آسفالت قزانچی کرمانشاه تهیه شده است و در تمام مراحل آزمایش ثابت می‌باشد. نسبت‌های اختلاط مصالح سنگی مخلوط آسفالتی برای لایه توپکا به شرح جدول ۱ تعیین می‌گردد.

جدول ۱: نسبت‌های اختلاط مصالح سنگی مخلوط آسفالتی

مشخصات مصالح سنگی	شن متوسط	شن ریز	ماسه
اندازه ذرات	۲۵-۴/۷۵ میلیمتر	۱۹-۰ میلیمتر	۶-۰ میلیمتر
درصد اختلاط مصالح سنگی	۱۰	۴۲	۴۸

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-05-18]

منحنی دانه بندی حاصل از اختلاط درصدهای وزنی مورد نیاز، در مقایسه با دانه بندی بکار گرفته شده در تهیه نمونه ها در شکل۱ ترسیم شده است.



شکل ۱: نمودار دانه‌بندی مخلوط مصالح سنگی مخلوط آسفالتی لایه توپکا

۲-۲- قیر مصرفی

برای قیر به کار رفته از پالایشگاه اصفهان در طرح اختلاط، آزمایش‌های مورد نیاز بر روی آن انجام شده که نتایج مربوطه در جدول شماره ۲ درج گردیده است.

جدول ۲ نتایج آزمایش‌های رایج بر روی قیر مصرفی در تحقیق

مشخصه	استاندارد ASTM[15]	نتایج
وزن مخصوص در دمای ۲۵°C	D70	۱/۰۱۵
درجه نفوذ در ۲۵°C (۱۰۰ گرم-۵ ثانیه)، بر حسب ۰/۱میلیمتر	D5	۶۴
نقطه نرمی(حلقه و گلوله)، بر حسب سانتیگراد	D36	۴۹
مقدار کشش در ۲۵°Cبر حسب سانتیمتر	D113	بیشتر از ۱۰۰
درجه اشتعال(روباز-کلولند)، بر حسب درجه سانتیگراد	D92	۲۸۹
مقدار کشش در ۲۵°C، بر حسب سانتیمتر	--	بیشتر از ۱۰۰

۲-۳- نانولوله‌کربن

نانولوله‌کربن مورد استفاده در این پژوهش، نانولوله‌کربن چندجداره با مشخصات جدول ۳ می‌باشد.

جدول ۳: مشخصات نانولوله‌کربن چندجداره(MWCNTs)

خلوص	قطر خارجی	قطر داخلی	طول	مساحت سطح مخصوص[1](SSA)	چگالی واقعی	روش تولید
>٪۹۵	۵-۱۵ نانومتر	۳-۵ نانومتر	۵۰ میکرومتر	>۲۳۳m^2/g	۲/۶g/cm^3	رونشست بخار شیمیایی(CVD)

[1]Specific Surface Area

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-05-18]

این افزودنی و اصلاح‌کننده قیر بر اساس بررسی‌های به عمل آمده در چهار درصد وزنی قیر با درصدهای ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ با آن ترکیب می‌گردد. برای این کار با استفاده از یک مخلوط‌کن مکانیکی باید مقداری قیر به همراه مقدار مورد نظر نانولوله‌کربن را در بشرریخت و چون که قیر بایستی تا حدی روان شود که بتوان به راحتی عمل اختلاط را انجام داد از یک گرم‌کن[1] برای اعمال حرارت استفاده می‌کنیم. بنابراین برای جلوگیری از حرارت دادن بیش از اندازه‌ی قیر، حرارت دستگاه را حدوداً روی ۱۲۰ درجه سانتیگراد تنظیم کرده و عمل اختلاط را به مدت یک ساعت انجام می‌دهیم[۱۲].

۳- روش ساخت نمونه‌ها

نمونه‌های مخلوط آسفالت معمولی در آزمایشات این تحقیق، استوانه‌ای به قطر ۴ اینچ(۱۰۱/۶ میلی‌متر) و ارتفاع حدود ۲/۵ اینچ(۶۳/۵ میلی‌متر) بوده(ASTM, 1997) که با توزین اجزای مختلف مصالح سنگی، سپس مخلوط داخل مخزن اختلاط را در قالب مارشال ریخته با چکش مارشال با اعمال ۷۵ ضربه به هر طرف (جهت شبیه‌سازی تراکیک سنگین)، نمونه‌ها متراکم می‌گردند. نمونه‌ها ۲۴ ساعت بعد از تراکم با جک‌های مخصوص از داخل قالب بیرون آورده شده و برای انجام آزمایشات آماده می‌شوند (Asphalt Concrete Mixtures and Bitumen Research Center) [۱۵].

۴- درصد بهینه قیر و پارامترهای مارشال نمونه معمولی

بر اساس نتایج تست مارشال طرح اختلاط استفاده شده، درصد قیر بهینه نمونه‌های آسفالتی معمولی برای لایه توپکا ۵/۲ درصد وزن نمونه‌ی ۱۲۰۰ گرمی یعنی ۶۲/۴ گرم از وزن نمونه را تشکیل داده است که در نتیجه انجام آزمایشات مارشال بر روی نمونه‌های با درصدهای مختلف قیر ومنحنی‌های به دست آمده، پارامترهای حاصل از تست مارشال برای نمونه ساخته شده با درصد قیر بهینه (نمونه شاهد) مطابق جدول ۴ می‌باشد.

جدول ۴: نتایج آزمایش مارشال برای نمونه شاهد

پارامتر	استحکام (کیلوگرم)	روانی (میلیمتر)	وزن مخصوص(گرم بر سانتیمتر مکعب)	فضای خالی مصالح سنگی(درصد)	فضای خالی مخلوط آسفالتی(درصد)	فضای خالی پرشده با قیر(درصد)
مقادیر	۱۰۰۵	۳/۱	۲/۲۹۰	٪۱۴/۸	٪۳/۵	٪۷۲

۵- نتایج و بحث ها

با انجام آزمایشات مارشال بر روی نمونه‌های بتن آسفالتی ساخته شده از پودر شیشه و نانولوله‌کربن به صورت مشترک، به تعیین و بررسی مشخصات فیزیکی و پارامترهای حجمی مخلوط آسفالتی، اعم از استحکام مارشال، روانی مارشال، وزن مخصوص،درصد فضای خالی مخلوط مصالح سنگی، درصد فضای خالی مخلوط آسفالتی متراکم و درصد فضای خالی مخلوط مصالح سنگی پر شده با قیر اقدام می‌گردد.

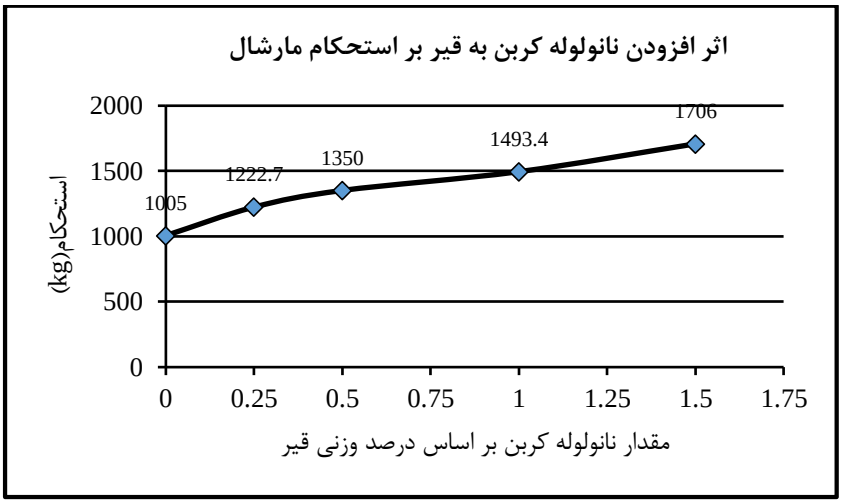
۵-۱- تشریح و تحلیل آزمایش استحکام مارشال نمونه‌های مخلوط آسفالتی ساخته شده با نانولوله‌کربن

شکل ۲ نتایج آزمایش تعیین استحکام مارشال ترکیبات حاوی مقادیر مختلف نانولوله‌کربن را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج به دست آمده، افزودن نانولوله به قیر در بتن‌های آسفالتی باعث افزایش مقاومت مارشال می‌گردد و نمودار آن روند صعودی داشته است به طوری که کمترین مقدار استحکام برای ترکیب با ۰/۲۵ درصد نانولوله و برای نمونه‌ای که قیر آن به میزان ۱/۵ درصد وزنی قیر از ماده‌ی نانو استفاده شده، بیشترین مقدار مقاومت حاصل شده و ۶۹/۷۵ درصد نسبت به نمونه شاهد بیشتر است. همچنین با ۰/۱٪ نانولوله معادل با ۰/۶۰ گرم در مخلوط‌های آسفالتی، استحکام ۱۴۹۳/۴ kg شده که میزان افزایش در مقاومت ۴۸/۵۸٪ بوده است. علت این امر در واقع

[1]Heater

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-05-18]

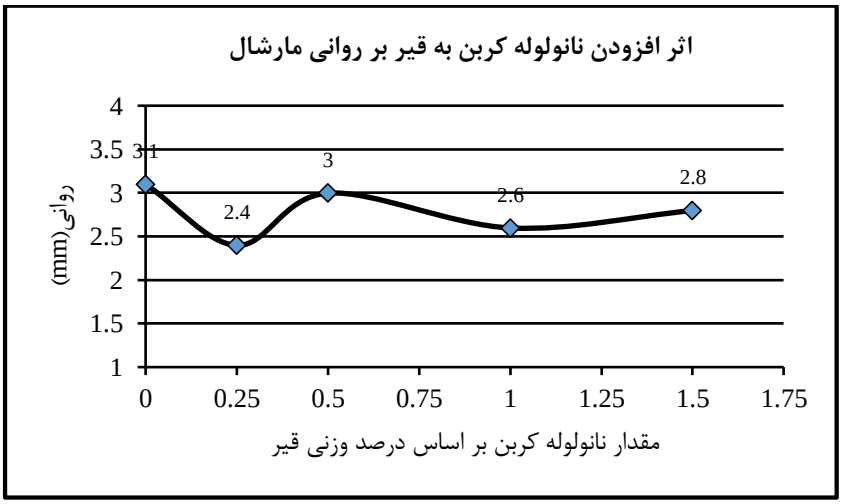
به خصوصیات ویژه نانولوله‌کربن بر می‌گردد، که از جمله این خصوصیات می‌تواند چگالی سطحی بالا، مقاومت و استحکام کششی بالای آن باشد.



شکل ۲: تغییرات مقاومت مارشال در حالت اضافه شدن نانولوله‌کربن به قیر

۵-۲- تشریح و تحلیل آزمایش روانی مارشال نمونه‌های مخلوط آسفالتی ساخته شده با نانولوله‌کربن

چنانچه در نمودار شکل ۳ دیده می‌شود افزودن نانولوله‌کربن به قیر باعث کاهش روانی بتن آسفالتی می‌شود. بدین صورت که ابتدا برای نمونه با ۰/۲۵٪ نانولوله، روانی به میزان ۲۲/۵۸ درصد کاهش و پس از آن برای ترکیب ۰/۵۰٪ مقدار روانی افزایش و برابر ۳ میلیمتر شده است، که مهم‌ترین علت آن مدول یانگ بالای نانولوله‌کربن است و پس از آن مقدار روانی یک روند کاهشی داشته، بدین دلیل که دیگر خواص نانولوله مانند مقاومت و استحکام کششی بالا بر مدول یانگ فائق آمده است.

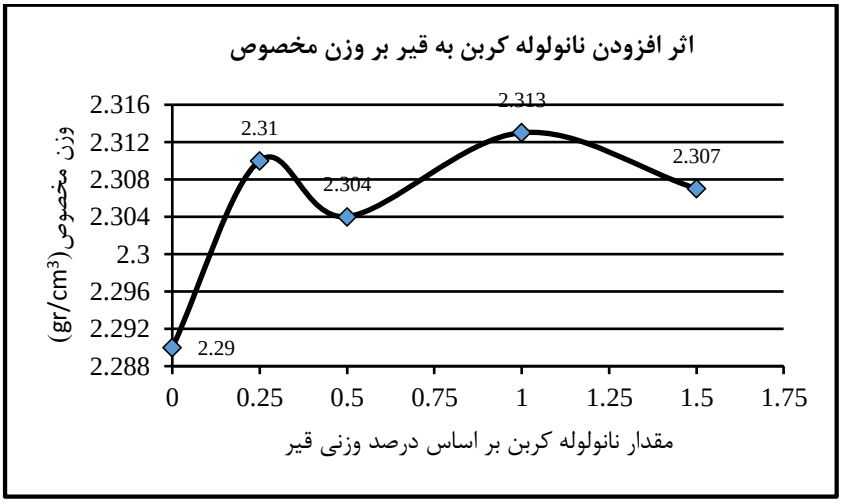


شکل ۳: تغییرات روانی مارشال در حالت اضافه شدن نانولوله‌کربن به قیر

۵-۳- تشریح و تحلیل آزمایش وزن مخصوص حقیقی نمونه‌های مخلوط آسفالتی ساخته شده با نانولوله‌کربن

با توجه به نتایج به دست آمده، وزن مخصوص کلیه مخلوط‌های با نانولوله از نمونه کنترل بیشتر است به طوری که بیشترین وزن مخصوص مربوط به نمونه حاوی ۰/۱٪ نانولوله با افزایش ۱ درصدی نسبت به نمونه بدون ماده افزودنی است. از بین نمونه‌های حاوی نانولوله، کمترین مقدار وزن مخصوص مربوط به مخلوط آسفالتی حاوی ۰/۵ درصد وزنی قیر، نانولوله است که برابر $2/304 gr/cm^3$ می‌باشد و افزایش ۰/۶۱ درصدی نسبت به نمونه شاهد داشته است. کاهش وزن مخصوص برای این نمونه ناشی از چگالی سطحی بالای نانولوله می‌باشد؛ ولی در ادامه مقاومت و استحکام کششی بالا بر چگالی سطحی غلبه کرده و باعث افزایش وزن مخصوص می‌شود (شکل ۴).

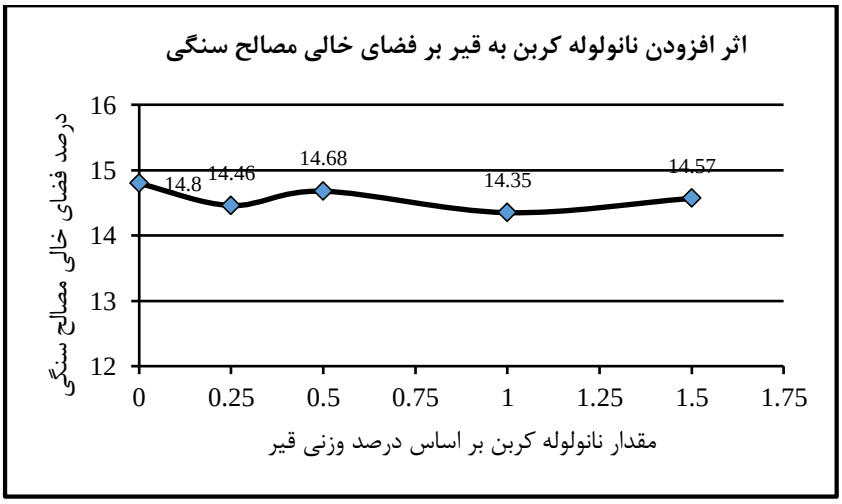
[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-05-18]



شکل ۴: تغییرات وزن مخصوص در حالت اضافه شدن نانولوله‌کربن به قیر

۵-۴- تشریح و تحلیل نتایج مربوط به فضای خالی مصالح سنگی (VMA) نمونه‌های مخلوط آسفالتی ساخته شده با نانولوله‌کربن

نتایج ارائه شده برای درصد فضای خالی مصالح سنگی در شکل ۵ نشان می‌دهد که برای کلیه مخلوط‌های حاوی افزودنی نانولوله با درصدهای مختلف، کمترین مقدار مربوط به مخلوط ۰/۲۵٪ به مقدار ۱۴/۴۶ و بیشترین مقدار مربوط به مخلوط ۰/۵۰٪ به مقدار ۱۴/۶۸ می‌باشد که برای این دو ترکیب به ترتیب ۲/۳ و ۰/۸ درصد نسبت به نمونه شاهد کمتر است. بنابراین کلیه مقادیر حاصله برای درصد فضای خالی مصالح سنگی از مقدار به دست آمده برای نمونه شاهد کمتر می‌باشند.

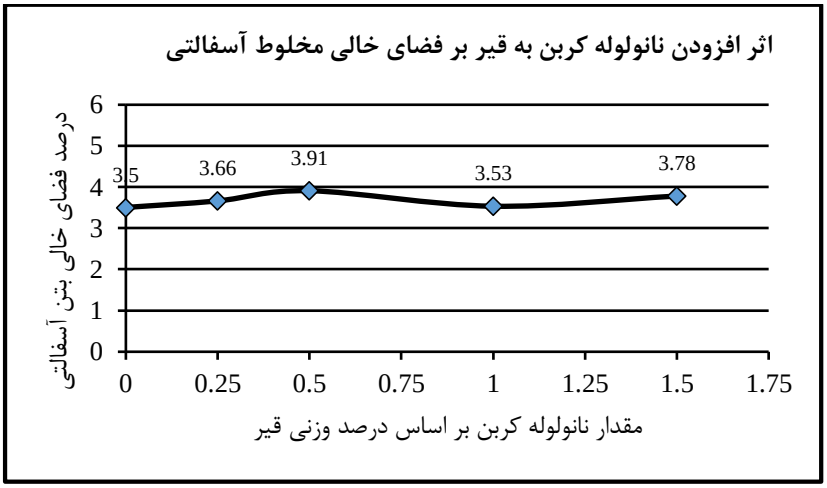


شکل ۵: تغییرات فضای خالی مصالح سنگی در حالت اضافه شدن نانولوله‌کربن به قیر

۵-۵- تشریح و تحلیل نتایج مربوط به فضای خالی بتن آسفالتی (VTM) نمونه‌های ساخته شده با نانولوله‌کربن

با توجه به نمودار شکل ۶ دیده می‌شود که افزایش نانولوله‌کربن در ابتدا باعث افزایش فضای مخلوط آسفالتی تا ۴/۵۷ درصد بیشتر از نمونه کنترل می‌شود و این روند صعودی تا نمونه با ۰/۵۰ درصد وزنی قیر نانولوله ادامه داشته است. سپس نمودار روند نزولی طی کرده تا به کمترین مقدار خود از بین مخلوط‌های اصلاح شده با ماده‌ی نانو به مقدار ۳/۵۳ درصد برسد. توضیح آنکه درصد فضای خالی مخلوط‌های آسفالتی کلیه نمونه‌های همراه با نانولوله از نمونه آزمایشگاهی معمولی بیشتر است و این مقادیر در محدوده‌ی مجاز آئین‌نامه است.

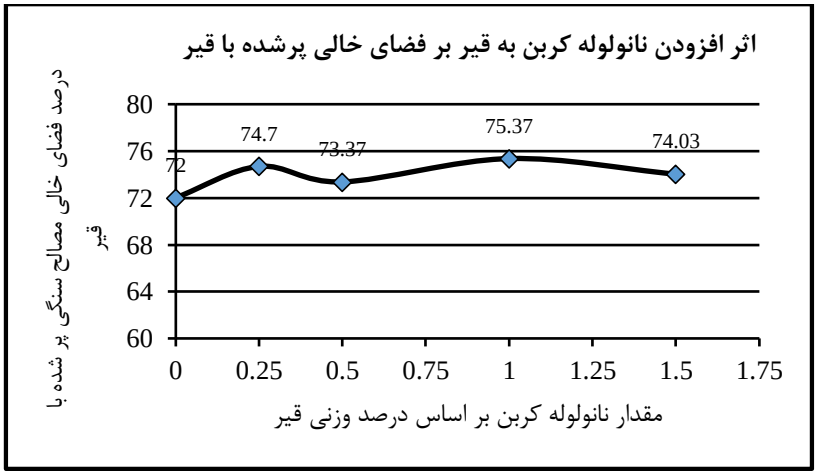
[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-05-18]



شکل ۶: تغییرات فضای خالی مخلوط آسفالتی در حالت اضافه شدن نانولوله‌کربن به قیر

۵-۶- تشریح و تحلیل نتایج مربوط به فضای خای پر شده با قیر (VFA) نمونه‌های مخلوط آسفالتی ساخته شده با نانولوله‌کربن

با توجه به نتایج به دست آمده از شکل ۷ مشاهده می‌شود که حجم فضای خالی پر شده با قیر مخلوط‌های اصلاح شده با نانولوله بیشتر از نمونه معمولی می‌باشد و در ابتدا افزایشی ۳/۷۵ درصدی برای ترکیب ۰/۲۵٪ دارد. همچنین کمترین مقدار افزایش مربوط به مخلوط با ۰/۵۰٪ نانولوله است که ۱/۹۱ درصد بیشتر از نمونه شاهد است. مقدار فضای پر شده برای نمونه‌ای که قیر آن حاوی ۱٪ نانولوله است، برابر ۷۵/۳۷ درصد است که بیشتر از دیگر نمونه‌ها و نمونه‌ی ساده است؛ این در حالی است که حداکثر مقدار مجاز برای ترافیک سنگین ۷۵٪ است. بنابراین الزامات آئین‌نامه‌ای درخصوص این ویژگی را برآورده نمی‌کند.



شکل ۷: تغییرات فضای خالی پر شده با قیر در حالت اضافه شدن نانولوله‌کربن به قیر

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-05-18]

۵-۷- خلاصه نتایج مارشال

در جدول ۵ خلاصه نتایج آورده شده است.

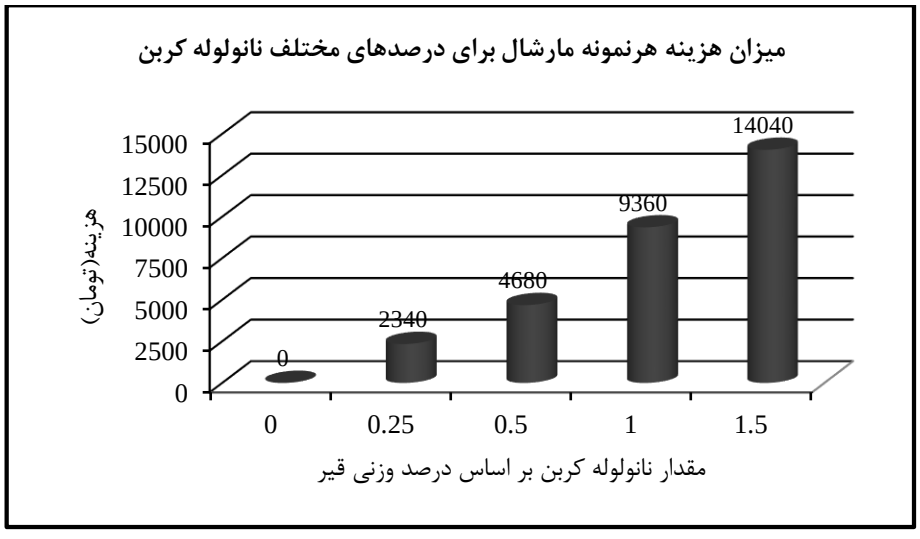
جدول ۵: خلاصه نتایج آزمایش مارشال نمونه‌های ساخته شده با نانولوله‌کربن

نام ترکیب	استحکام (Kg)	روانی (mm)	وزن مخصوص (Kg/cm^3)	درصد فضای خالی مصالح سنگی (VMA)	درصد فضای خالی کل مخلوط (VTM)	درصد فضای پر شده با قیر (VFA)
شاهد	۱۰۰۵	۳/۱	۲/۲۹	٪۱۴/۸	٪۳/۵	٪۷۲
C0.25	۱۲۲۲/۷	۲/۴	۲/۳۱	٪۱۴/۴۶	۳/۶۶	٪۷۴/۷۰
C0.50	۱۳۵۰	۳	۲/۳۰۴	٪۱۴/۶۸	۳/۹۱	٪۷۳/۳۷
C1	۱۴۹۳/۴	۲/۶	۲/۳۱۳	٪۱۴/۳۵	۳/۵۳	٪۷۵/۳۷
C1.5	۱۷۰۶	۲/۸	۲/۳۰۷	٪۱۴/۵۷	۳/۷۸	٪۷۴/۰۳

۶- تحلیل اقتصادی استفاده از نانولوله‌کربن

به دلیل هزینه‌ی بالای استفاده از نانولوله‌کربن در مخلوط‌های آسفالتی، میزان استفاده از این ماده در قیر بایستی با شرط توجیه اقتصادی آن تعیین گردد. هر گرم نانولوله‌کربن چندجداره استفاده شده در این تحقیق ۱۵۰۰۰ تومان تمام می‌شود که برای نمونه آسفالتی با بالاترین درصد استفاده از این ماده در قیر که ٪۱/۵ وزنی قیر یعنی ۰/۹۳۶ گرم می‌باشد، هزینه ناشی از نانولوله‌کربن برابر ۱۴۰۴۰ تومان است.

یعنی برای هر نمونه مارشال این مقدار هزینه می‌شود که در کارهای بزرگ مقرون به صرفه نخواهد بود و از این مقدار درصد نانولوله در کارهای معمولی نمی‌توان استفاده کرد. اما با توجه به مقاومت بسیار بالایی که در نتیجه استفاده از این ماده با درصدهای مختلف در بتن آسفالتی به دست می‌آید و بررسی حجم و نوع کار، می‌توان از مقدار مشخصی نانولوله در مخلوط‌های آسفالتی استفاده نمود. از طرفی به دلیل افزایش استقامت آسفالت با نانولوله، می‌توان ضخامت لایه‌های روسازی را نسبت به نمونه کنترل کمتر در نظر گرفت و در نتیجه مقداری از هزینه نانولوله‌کربن جبران می‌شود. در این تحقیق با توجه به مقادیر حاصله برای پارامترهای مارشال نمونه‌ها علی الخصوص مقدار مقاومت مارشال و با برآورد هزینه‌ای که در نمودار شکل ۸ نشان داده شده است، استفاده از نمونه‌های با ۰/۲۵ و ۰/۵۰ درصد نانولوله با مشخصات فنی عالی نسبت به آسفالت معمولی، می‌تواند روشی در جهت بهبود خواص مکانیکی مخلوط‌های آسفالتی باشد.



شکل ۸: مقایسه‌ی میزان هزینه اضافی تحمیل شده به هر نمونه برای درصدهای مختلف نانولوله‌کربن

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-05-18]

۷. نتیجه‌گیری

هدف اصلی در این پژوهش ارائه راهکاری در رسیدن به روسازی با خواص عملکردی و مقاومتی بهتر نسبت به روسازی‌های معمولی می‌باشد و به جهت آنکه روسازی‌های آسفالتی سرمایه ملی محسوب می‌شوند و هر ساله مقدار زیادی از بودجه عمرانی کشور صرف روسازی راه‌ها می‌گردد، حفظ و بهبود مشخصات مکانیکی آسفالت با حفظ جنبه اقتصادی مد نظر می‌باشد. در نتیجه انجام آزمایشات و مشاهده نتایج به دست آمده با توجه به جنبه فنی و اقتصادی، از بین کلیه نمونه‌های نانولوله‌کربن،٪ ۰/۵و ۱٪ وزنی قیر نانولوله‌کربن مطابق جدول ۶ ضمن برآورد محدوده‌ی مجاز آئین‌نامه‌ای، بهینه‌ترین مشخصات را از نتایج آزمایشات مارشال داشته است.

جدول ۶: مشخصات فیزیکی و مقاومتی درصد بهینه نانولوله‌کربن در مخلوط آسفالتی

پارامتر	استحکام (کیلوگرم)	روانی (میلیمتر)	وزن مخصوص	فضای خالی مصالح سنگی(درصد)	فضای خالی کل مخلوط(درصد)	فضای خالی پر شده با قیر(درصد)
مقادیر	۱۷۰۶	۲/۸	۲/۳۰۷	٪۱۴/۵۷	۳/۷۸	٪۷۴/۰۳

با توجه به نتایج و بحثها، از این ترکیب افزودنی می‌توان جهت استفاده در آسفالت مناطق گرمسیر به دلیل کاهش روانی و با ترافیک سنگین به دلیل افزایش مقاومت و همچنین نقاط محدود به جهت بار اقتصادی بهره برد.

مراجع

[1] Zahedi, M. and zarei, M. " Studying the simultaneous effect of black nano carbon and polyester fibers with high stability on mechanical properties of asphalt mixture", The Turkish Online Journal of Design, Art and Communication, vol. 6, no. Special Edition, 2016, pp 188-195.

[2] Zahedi. M., zarei. M., Azad Manesh, H., Salehi Kalam. A., Ghadiri. M., "Technical-economic studies about polyester fibers with high strength on asphalt mixtures with solid granulation" Journal of Civil Engineering and Urbanism Volume 7, Issue 2: 2017, pp:30-35.

[3] Zarei, M., Zahdi, M. "Effect of nano-carbon black on the mechanical properties of asphalt mixtures" Journal of Fundamental and Applied Sciences, vol.8, no. 3S, 2016, pp. 2996-3008.

[4] M. Zarei, M. Zahdi, "Experimental determination of the optimum percentage of asphalt mixtures reinforced with Nano-carbon black and polyester fiber industries" Engineering Solid Mechanics,Vol 5, Issue 4, 2017.

[5] Zarei M., Akbari nia F., Ali Zarei, Hamed Azad manesh, Mohsen Zahedi " Comparison of the optimum percentage of asphalt mixture reinforced with Nano-carbon black and polyester fiber with high strength" Journal of Civil Engineering and Structures, Vol (1) . Issue (1), 2017, PP. 13-29.

[6] Zahedi. M., Rahmani. Z., Zarei. M. compare the effect of rubber powder and industry carbon fiber on marshall stability and flow of asphalt mixtures. Conference: 3.th International Congress on Civil Engineering , Architecture and Urban Development, 2015. pp. 1-10

[7] Zarei. M., Barati. M., Zahedi. M. compare the effect of nano carbon black and industry polyester fiber on marshall stability and flow of asphalt mixtures. Conference: 3.th International Congress on Civil Engineering , Architecture and Urban Development, 2015.pp.20-28

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-05-18]

[8] Barati. M., Zarei. M., Zahedi. M. compare the effect of carbon nanotubes and glass powder on marshall stability and flow of asphalt mixtures. Conference: 3.th International Congress on Civil Engineering , Architecture and Urban Development, 2015. Pp. 39-47.

[9] Lijima, S., Helical microtubules of graphitic carbon, Nature, Vol. 354, 1991, pp. 56-58.

[10] De Heer, W.A., Nanotubes and the pursuit of applications. MRS Bulletin, 29, 2004, pp.281 - 285.

[11] Shirakawa, T., Tada, A. and Okazaki, N., "Development of Functional Carbon Nanotubes Asphalt Composites", International Journal of GEOMATE, Vol. 2, No. 1, 2012, PP 161-165.

[12] Akbari Motlagh, A., Kiasat, A., Mirzaei, E. and Omidi Birgani, F., "Bitumen Modification Using Carbon Nanotubes", World Applied Sciences Journal, Vol. 18 (4), 2012, PP 594-599.

[13] Santagata, E., Baglieri, O., Tsantilis, L. and Dalmazzo, D., "Rheological Characterization of Bituminous Binders Modified with Carbon Nanotubes", Procedia - Social and Behavioral Sciences, Vol. 53, 2012, PP 546 – 555.

[14] Yang, J.and Tighe, S., "A review of advances of Nanotechnology in asphalt mixtures", Procedia - Social and Behavioral Sciences, Vol. 96, 2013, PP 1269 – 1276.

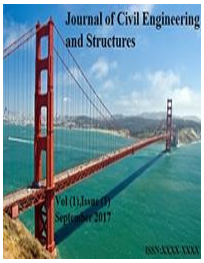
[15] Annual Book of ASTM Standard, " American Socity for Testing and Materials ", Part, 1997.

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-05-18]

JCES

Journal of Civil Engineering and Structures

Vol (1) . Issue (1) . September 2017



Studying the technical-economical effect of carbon nanotube on asphalt mixture with solid granulation

Mohammad Barati [1*], Mohammad Zarei [2]

[1]Master degree student, technical college, institution of civil and development, Hamedan, Iran

[2]PhD student, Department of Civil Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran

[*]**E-mail: baratim13@yahoo.com**

ABSTRACT

Asphalt, this wonderful mixture that all of us deal with it every day. Perhaps the engineers in this domain as one of the solution have placed the modification of technical properties of asphalt on top of their activities for improvement of the features of this wonderful mixture. Modifying the technical properties of bitumen and asphalt has created many study opportunities all around the world. Along with it and in this article at first, with adding carbon nanotube with the amounts of 0.25, 0.50, 1 and 1.5 weight percent of base bitumen, the effect of this additive on mechanical properties of asphalt mixture was studied. In the continuation, the asphalt samples amplified with carbon nanotube for doing the Marshall Test were evaluated and tested. The results indicated that this additive causes to change in the Marshall test parameters such as increase of strength and reduction of flow. On the other hand, the special weight of asphalt mixture has faced with increase and the void space percent of aggregates faced with relative reduction. Also the void space percent of asphalt mixture and the percent of void space filled with bitumen were increased relatively. In the economic study of the effect of carbon nanotube on mixture, it was concluded that with gradual increase of carbon nanotube, the economical advantage of the project is reduced. Finally, with regard to the obtained results and analysis of the effect of this material on the bitumen and asphalt properties, it was concluded that this additive can be used in the regions with warm climate with heavy traffic and in the limited regions.

KEYWORDS

Carbon nanotube, Bitumen, Asphalt, Marshall.

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-05-18]