Archive of SID

تأثیر مصرف ماسه طبیعی بر خواص و رفتار بتن آسفالتی روسازیها

یونس نیازی

استادیار گروه عمران- دانشکده مهندسی- دانشگاه فردوسی مشهد

مهدی محمدی

فارغ التحصیل کارشناسی ارشد راه و ترابری- دانشکده مهندسی- دانشگاه فردوسی مشهد

(تاریخ دریافت ۸۲/۱/۲۵ ، تاریخ تصویب ۸۲/۹/۸)

چکیده

در مخلوطهای آسفالت گرم تأثیر شکل و بافت سطحی دانه های بخش ریزدانه مصالح سنگی بر پایداری مخلوط در برابرتغییر شکلهای دائمی بسیار تعیین کننده است. بعلت سهولت تهیه و ارزانی در قیاس با ماسه شکسته، در اجرای روسازی های آسفالتی اغلب تمایل به استفاده هرچه بیشتر از ماسه طبیعی وجود دارد که در شرایط ضعف نظارت کارگاهی بعضاً بدون شستن کامل بمصرف میرسد. هدف از این تحقیق بررسی تأثیر مصرف ماسه طبیعی بویژه بصورت نشسته بر خواص بتن آسفالتی و نیز ارزیابی کفایت روش جاری طرح و کنترل مخلوطهای آسفالتی بود. در این تحقیق در تهیه مخلوطهای آسفالتی چهار نوع مخلوط مصالح سنگی با دانه بندی یکسان و یک نوع قیر خالص ۶۰/۷۰ مورد استفاده قرار گرفت. مخلوطهای مصالح سنگی با استفاده از مصالح سنگی درشت دانه ثابت و مصالح ریزدانه متفاوت تهیه شد. مصالح سنگی ریزدانه که ویژگیهای شکل و بافت سطحی دانه های آنها بکمک روش استاندارد آزمایشگاهی تعیین گردید، عبارت بودند از یک نوع ماسه شکسته، یک نوع ماسه طبیعی با منشاء رودخانه ای، و یک نوع ماسه مرکب از مخلوط ماسه شکسته و ماسه طبیعی. نتایج حاصل از آزمایشهای طرح مخلوط به روش مارشال نشان میدهد که این روش طرح از حساسیت لازم برای نشان دادن حد مجاز مصرف ماسه طبیعی در مخلوط آسفالتی برخوردار نبوده و انجام آزمایشهای تکمیلی دیگر دراین ارتباط ضرورت دارد. نتایج حاصل از آزمایشهای طرح مخلوط و نیز آزمایش فشاری محدود نشده نشان میدهد که مصرف ماسه طبیعی بخصوص بصورت نشسته موجب تقلیل ظرفیت باربری و جذب انرژی آسفالت شده و خطر بروز تغییر شکلهای دائمی و قیر زدگی در رویه های آسفالتی راتشدید میکند.

واژه های کلیدی : ماسه شکسته، ماسه طبیعی، شاخص شکل و بافت، طرح مخلوط آسفالتی

مقدمه

در مخلوطهای بتن آسفالتی مصالح سنگی ۹۰ تا ۹۵ درصد وزن مخلوط را تشکیل داده و خصوصیات باربری مخلوط عمدتاً به مصالح سنگی آن مربوط میشود. بنابراین کیفیت و خواص فیزیکی مصالح سنگی در عملکرد روسازی اهمیت بسیار دارند. اصطکاک بین دانه های مصالح سنگی به زبری رویه و سطح تماس دانه ها بستگی دارد. با افزایش اصطکاک سطحی، مقاومت مخلوط در برابر تغییر شکل افزایش می یابد. ثابت شده است که روسازیهای آسفالتی ساخته شده با مصالح سنگی زبر و تیزگوشه، عموما کیفیتی بهتر از روسازیهای ساخته شده با مصالح سنگی صاف و گرد گوشه دارند [۱، ۲]. شکل و بافت دانه های مصالح سنگی از طریق کنترل مقاومت و پایداری مخلوط دربرابر وقوع خرابی بصورت شیارافتادگی مسیر چرخها[1]، که خود از متراکم شدن و روانی خمیری[2] در ۷۵ تا ۱۰۰ میلیمتر رویه در دمای زیاد تحت بارهای محوری سنگین و کانالیزه ناشی میشود، تأثیر مهمی بر عملکرد مخلوطهای آسفالت گرم دارد [۳،۱،۲].

شکل دانه های مصالح سنگی ریزدانه (بین الکهای ۴/۷۵ و ۰/۰۷۵ میلیمتر) در بهبود بخشیدن به پایداری مخلوطهای آسفالت گرم و افزایش دادن مقاومت آنها در برابر تغییرشکلهای دائمی آشکارا مهمتراز شکل مصالح سنگی درشت دانه (مانده روی الک ۴/۷۵ میلیمتر) است [۳]. تحقیقات نشان داده است که با استفاده از مصالح درشت دانه گرد گوشه و مصالح ریزدانه شکسته میتوان مخلوطهای مقاوم در برابر شیار افتادگی تولید نمود [۵،۳،۴]. البته کارپذیری[3] مخلوطهای آسفالتی ساخته شده با ۱۰۰٪ ماسه شکسته معمولاً کمتر از مخلوطهای ساخته شده با ماسه طبیعی است. برای بهبود کارپذیری مخلوط راه حل هائی پیشنهاد شده است از جله اینکه قیر مصرفی به میزان ۰/۵٪ نسبت به مقدار بهینه افزایش داده

Archive of SID

www.SID.ir

Archive of SID

شود که البته اینکار اقتصادی نبوده و بعلاوه ممکن است به عملکرد ضعیف روسازی منجر شود [۵]. بطور کلی مصرف ماسه طبیعی احتمال وقوع خرابی در روسازیهای آسفالتی بصورت شیارافتادگی مسیر چرخها، فشردگی[۴] و روزدن قیر[۵] که با افزایش حجم ترافیک، بارهای محوری، و فشار لاستیک وسایط نقلیه تشدید میشوند را شدت میبخشد [۲ ، ۴ ، ۵ ، ۶]. با اینحال چون شکل دانه ها در ماسه های طبیعی بسته به ترکیب کانی و تاریخچه زمین شناسی آنها، از کاملاً گرد گوشه تا تیزگوشه تغییر میکند، در عمل پاره ای از ماسه های طبیعی بخوبی ماسه شکسته رفتار کرده اند. اداره راه های فدرال امریکا[۶] مصرف ماسه طبیعی در مخلوط آسفالتی در شرایط ترافیک سنگین (بیش از یک میلیون محور ۸/۲ تنی هم ارز در دوره طرح) را به ۱۵٪ تا ۲۰٪ و در شرایط ترافیک متوسط و سبک به ۲۰٪ تا ۲۵٪ وزن مصالح سنگی محدود میکند [۷]، که البته این درصد ها بسته به کیفیت ماسه طبیعی و سطح ترافیک مورد انتظار قابل افزایش و یا کاهش هستند. در مشخصات فنی عمومی راه [۸] که آئین نامه فنی مورد استفاده در روسازیهای آسفالتی راه در کشور است، بدون اشاره به نوع ترافیک و کیفیت ماسه طبیعی از لحاظ شکل دانه ها، مصرف ماسه طبیعی در لایه آسفالتی رویه (توپکا) تا ۲۵٪ و در لایه آستر(بیندر) تا ۳۰٪ وزن مخلوط مصالح سنگی مجاز شناخته شده است. در آئین نامه مذکور عاری بودن مصالح ریزدانه از لای و رس با تعیین حداکثر دامنه خمیری ($PI \leq 6$) و حداقل ارزش ماسه ای ($SE \geq 45$) مشخص شده است. گرچه رویه های آسفالتی با کیفیت خوب با رعایت مشخصات فوق ساخته میشوند، لیکن چون آزمایشهای فعلی مصالح سنگی عمدتاً بر تعیین ویژه گیهای آنها بصورت تجربی استوار ند، تعیین کمّی خواص مصالح سنگی و مرتبط ساختن آنها با عملکرد روسازی دشوار است [۴].

در پروژه های مربوط به روسازی آسفالتی راه در کشور، بعلت ارزانی و سهولت تهیه ماسه طبیعی در قیاس با ماسه شکسته، قطع نظر از کیفیت ماسه طبیعی، در شرایط ضعف نظارت و کنترل کارگاهی در تولید آسفالت، اغلب ماسه طبیعی بیشتر از حدود مجاز ذکر شده بکار برده میشود. از جنبه دیگر چون ماسه های طبیعی عموماً منشاء رودخانه ای و آواری دارند، عاری بودن آنها از مواد و ترکیبات مضره بسیار مهم است. در صورت عدم شستشوی کامل و جداسازی مواد بسیار ریزدانه در فرایند فرآوری مصالح، اینگونه مواد که عمدتاً از جنس لای و رس هستند، جایگزین تمام و یا بخشی از فیلر در مخلوط آسفالتی خواهند شد. وجود ریزدانه های رسی در مخلوط آ سفالتی مشکلات مربوط به انبساط حجمی مخلوط و نیز چسبندگی قیر به دانه های سنگی و پدیده عریان شدن دانه ها را سبب میگردد[۳]. در نتیجه مشکل مصرف ماسه طبیعی نه فقط بعلت افزایش مقدار آن از حد مجاز، بلکه بعلت وارد شدن فیلر نامناسب در مخلوط تشدید میگردد.

اهداف تحقیق

هدف از این تحقیق بررسی تأ ثیر مصرف ماسه طبیعی و مخلوط ماسه طبیعی و شکسته بر خواص بتن آسفالتی و نیز ارزیابی کفایت روش جاری طرح و کنترل مخلوطهای آسفالتی بود. با توجه به کم و کیف اجرای رویه های آسفالتی راه در کشور، در این تحقیق در تهیه مخلوطهای آسفالتی علاوه بر ماسه شکسته که با هدف تهیه مخلوط کنترلی بکار برده شد، ماسه طبیعی به دو صورت شسته شده و نشسته با هدف مقایسه و ارزیابی تأثیر آنها بر خواص بتن آسفالتی مورد استفاده قرارگرفت.

شکل و بافت سطحی دانه ها در مصالح سنگی

برای توصیف کمّی شکل، تیز گوشگی، وبافت سطحی دانه های مصالح سنگی روشهای مختلفی بصورت اندازه گیری غیر مستقیم یا مستقیم بکار رفته اند. در روشهای غیر مستقیم که از خواص مهندسی مصالح برای مشخص کردن شکل و تیز گوشگی آنها کمک گرفته میشود، تعیین کمی شکل، تیزگوشگی، و بافت سطحی دانه ها بطور جداگانه امکان نداشته و تمامی این خصوصیات بصورت یک شاخص که نشان دهنده بی نظمیهای هندسی[۷] دانه ها است بیان میشوند. روش شاخص شکل و بافت مصالح سنگی برای مصالح درشت دانه و ریزدانه (ASTM D3398)، و روش درصد فضای خالی مصالح سنگی در حالت غیر متراکم برای مصالح

Archive of SID

www.SID.ir

Archive of SID

ریـــزدانه(ASTMC1252)، از جملـــه روشـــهای غـــیر مستقیم هستند که در کارهای تحقیقاتی بطور وسیع مورد اسـتفاده قـرار گرفـته انـد. در روشـهای مستقیم از بررسی بصـری دانـه ها و یا پردازش تصاویر تهیه شده از آنها برای تعییـن شـکل، تیزگوشـی، و بافت سطحی دانه ها استفاده میشـود[۹]. بـرخلاف روشهای غیر مستقیم روشهای اخیر تاکـنون اسـتاندارد مدونـی ندارنـد. در این تحقیق از روش شـاخص شـکل و بافت که قابلیت آن در تمیز دادن مصالح گـرد گوشـه و تـیز گوشـه بـا اندازه های مختلف ازیکدیگر درتحقـیقات آزمایشـگاهی بـه اثـبات رسیده[۱،۲،۳و۱۰]، استفاده شده است.

روش شاخص شکل و بافت مصالح سنگی

این روش آزمایش بر این فرضیه استوار است که در مورد مصالح سنگی یک اندازه متراکم شده در یک قالب اسـتاندارد، درصـد فضای خالی بین دانه های سنگی نشانه خصوصیات شکل، تیز گوشگی، و بافت سطحی دانه هاست. در این روش لازمست ابتدا نمونه مصالح سنگی با استفاده از الـک بـه انـدازه هـای اختصاصـی تقسیم شده و پس از شسته شدن در دمای$110^{\circ}C$ خشک شود. آنگاه هر اندازه جداگانـه در سـه لایـه مسـاوی در یک قالب استوانه ای با اسـتفاده از کوبـه میله ای متراکم میشود. این تراکم در دو سطح انرژی تراکم ۱۰ و ۵۰ ضربه به هر لایه، با رها کردن کوبه از ارتفاع ۵۰ میلیمتری از سطح لایه صورت میگیرد. درصـد فضـای خالی در مصالح سنگی در هر یک از سطوح انـرژی تراکم با استفاده از وزن مصالح سنگی درون قالب و وزن مخصـوص واقعـی مصـالح سنگی (ASTM C128) محاسبه میشود. بر مبنای درصد فضای خالی در ۱۰ و ۵۰ ضربه، شاخص دانه از رابطه (۱) بدست می آید:

$$I_a = 1.25V_{10} - 0.25V_{50} - 32.0 \quad (۱)$$

کـه در آن I_a مقدار شاخص دانه، V_{10} درصد فضای خالی بـازاء ۱۰ ضربه به هر لایه، و V_{50} درصد فضای خالی بازاء ۵۰ ضـربه بـه هـر لایه را نشان میدهند. در نهایت شاخص شـکل مصـالح سنگی متشکل از چند اندازه دانه، بر اساس درصد وزنی هر اندازه در دانه بندی مصالح سنگی، بصورت میانگیـن وزن دار محاسبه میشود. در تحقیقات انجام شده بـا اسـتفاده از ایـن روش شـاخص مصالح درشت دانه گرد گوشه بسته به اندازه دانه ها بین ۸ تا ۱۰ و در مورد مصالح شکسـته بیـن ۱۲ تـا ۱۴ بدسـت آ مده است[۳]. در مورد بخـش ریـز دانه مصالح سنگی (ماسه) مشخص شده است کـه ماسـه هـای طبیعـی شاخصی بین ۸/۵ تا ۱۴ و ماسه هـای شکسـته عموماً شاخصی بزرگتر از ۱۴ دارند و بر این اسـاس پیشـنهاد شـده اسـت که در مشخصات بجای ذکر ماسـه شکسـته کـه بـه منشاء مصالح دلالت دارد، شاخص شـکل حداقـل ۱۴ تعییـن گردد [۱ ، ۲ ، ۳ و ۹]. شاخص شکل مخلوط مصالح سنگی گرد گوشه بسته به دانه بندی مصـالح بیـن ۴ تا ۶ و در مورد مصالح سنگی شکسته بین ۱۰ تا ۱۳ بدست آمده است[۳].

مصالح مصرفی

مصالح سنگی

مصـالح سـنگی درشـت دانه، ریزدانه شکسته، و فیلر پودر سنگ از دپوی مصالح فرآوری شده مورد استفاده یکی از کارخانه های آسفالت مستقر در حومه شمال شرقی مشـهد تهـیه گـردید. مصـالح شکسته مذکور منشاء آواری داشـته و از لحـاظ جـنس دانـه ها عمدتاً از نوع دولومیتی هسـتند. با توجه به اهداف تحقیق، در این مطالعه در مورد مخلـوط مصـالح سـنگی بطـور ثابت از متوسط حدود دانه بـندی آئیـن نامـه ای با اندازه بزرگترین دانه اسمی ۱۲/۵ میلیمـتر کـه کاربـرد آن بـرای لایـه رویـه (توپکـا) در روسـازیهای آسـفالتی توصـیه گـردیده [۸] اسـتفاده شده اسـت. همانطور که از جدول (۱) برمی آید، این دانه بندی مشـتمل بـر ۴۱٪ وزنـی درشت دانه، ۵۳٪ وزنی ریزدانه، و ۶٪ وزنی فیلر است.

جدول ۱: دانه بندی مخلوط مصالح سنگی.

اندازه الک، میلیمتر (اینچ)	درصد وزنی رد شده از الک استاندارد (AASHTO M92)
۱۹ (3/4 in)	۱۰۰
۲۵ (1/2 in)	۹۰-۱۰۰
۴/۷۵ (No. 4)	۴۴-۷۴
۲/۳۶ (No. 8)	۲۸-۵۸
۰/۳ (No.50)	۷-۲۱
۰/۰۷۵ (No.200)	۲-۱۰

بمنظور بررسی تأثیر بخش ریزدانه مصالح سنگی بر خواص بتن آسفالتی سه نوع ماسه بشرح زیر تهیه و مورد استفاده قرار گرفت:

Archive of SID
www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲: تعیین شاخص شکل و بافت سطحی ماسه شکسته.

پارامتر	حدود اندازه ها					
	-No.4+No.8	-No.8+No.16	-No.16+No.30	-No.30+No.50	-No.50+No.100	-No.100+No.200
G_{sb}	۲/۶۸	۲/۶۵۱	۲/۶۴۳	۲/۶۵۹	۲/۶۳۶	۲/۶۹۶
W_{10}	۵۸۵/۸	۵۶۹/۵	۵۵۵/۶	۵۵۱/۶	۵۵۶/۳	۵۴۶/۸
V_{10}	۴۵/۴۴	۴۶/۲۳	۴۷/۳۹	۴۷/۳۹	۴۸/۰۸	۴۷/۱۸
W_{50}	۶۰۴/۶	۵۸۷/۷	۵۷۵/۷	۵۷۶	۵۸۳	۵۶۷/۳
V_{50}	۴۳/۶۹	۴۴/۵۲	۴۵/۴۸	۴۵/۷۸	۴۴/۶۵	۴۷/۳۴
I_a	۱۳/۸۸	۱۴/۶۶	۱۵/۸۷	۱۶/۶۶	۱۵/۸۱	۱۷/۷۰
$\overline{I}_a$ =۱۵/۲۷ (میانگین وزن دار)						

یادداشت: G_{sb} وزن مخصوص واقعی مصالح، w_{10} و w_{50} بترتیب وزن نمونه داخل قالب بر حسب گرم در دوحالت ۱۰ و ۵۰ ضربه و V_{10} و V_{50} درصد فضای خالی در دو حالت است.

الف- ماسه شکسته تهیه شده از همان منبع مصالح درشت دانه

ب- ماسه طبیعی با منشاء رودخانه ای. برای انتخاب این نمونه ماسه ابتدا از ماسه حمل شده از دو معدن متفاوت مصالح رودخانه ای در حومه شهر مشهد که در محورهای مشهد-سرخس و مشهد فریمان قرار دارند، نمونه برداری و پس از شستشو روی الک ۲۰۰ (۰/۰۷۵ میلیمتر) آزمایشهای وزن مخصوص و جذب آب (ASTM C128) و نیز شاخص شکل و بافت بر روی آنها انجام گرفت. در نهایت ماسه طبیعی معدن جاده سرخس که از لحاظ وزن مخصوص و جذب آب خصوصیات مطلوبتری داشت (جدول ۴) برای استفاده برگزیده شد.

ج- ماسه مرکب از ۵۳٪ وزنی ماسه شکسته از نوع مصالح مذکور در بند الف و ۴۷٪ وزنی ماسه طبیعی (۲۵٪ وزنی در مخلوط مصالح سنگی) از نوع مصالح مذکور در بند ب، تهیه و کاربرد این نوع ماسه بمنظور ارزیابی توصیه مشخصات فنی عمومی راه [۸] که در مقدمه ذکر آن رفت صورت گرفت.

نمونه جزئیات مربوط به نحوه تعیین شاخص شکل ماسه های شکسته و طبیعی بترتیب در جداول (۲) و (۳) نشان داده شده است. در مورد سایر مصالح سنگی به ذکر نتایج بشرح داده های جدول (۴) اکتفا شده است.

در مقایسه با ارقام گزارش شده در تحقیقات مشابه [۴،۵، ۹]، ارقام شاخص شکل و بافت ماسه های طبیعی و شکسته نشان دهنده تفاوت قابل ملاحظه در خواص شکل و بافت سطحی این دو نوع ماسه هستند. بعبارت دیگر دانه ها در ماسه شکسته کاملاً تیز گوشه با بافت سطحی زبر، و در ماسه طبیعی کاملاً گردگوشه با بافت سطحی صاف بوده و لذا میتوان انتظار داشت که این تفاوت در نتایج آزمایشها بر روی مخلوطهای ساخته شده با این دو نوع ماسه تأثیر لازم را داشته باشد.

بمنظور حذف تأثیر بخش درشت دانه مصالح سنگی بر خواص بتن آسفالتی در تهیه کلیه نمونه های بتن آسفالتی از مصالح سنگی درشت دانه با جنس و دانه بندی ثابت استفاده شد. در تهیه نمونه با هر یک از ماسه ها دانه بندی آنها و مقدار فیلر مصرفی بر اساس درصد های وزنی مورد لزوم در مخلوط مصالح سنگی ثابت نگهداشته شد. فیلر مصرفی در مخلوطهای مذکور یکسان و از نوع پودر سنگ که قبلاً به آن اشاره شد انتخاب گردید.

علاوه بر سه نوع مصالح سنگی فوق الذکرکه متشکل از مصالح سنگی درشت دانه، فیلرپودر سنگ و مصالح سنگی ریزدانه مختلف (شکسته. طبیعی، و مخلوط) بودند، نوع چهارمی از مخلوط مصالح سنگی با استفاده از مصالح سنگی درشت دانه، ماسه طبیعی شسته شده و فیلر خاکی تهیه شده از بخش گذرنده از الک ۲۰۰ (حاصل شستشوی

Archive of SID

www.SID.ir

Archive of SID

ماسه روی الک مذکور) آماده و مورد استفاده قرار گرفت. هدف از تهیه و کاربرد مخلوط مصالح سنگی اخیر ارزیابی تأثیر استفاده از ماسه طبیعی شسته نشده بر خواص مخلوط آسفالتی که در مقدمه به آن اشاره رفت بود. خواص فیزیکی مصالح سنگی در جدول (۴) آورده شده اند.

جدول ۳: تعیین شاخص شکل و بافت سطحی ماسه طبیعی .

پارامتر	حدود اندازه دانه ها					
	-No.4+No.8	-No.8+No.16	-No.16+No.30	-No.30+No.50	-No.50+No.100	-No.100+No.200
G_{sb}	۲/۵۵۳	۲/۵۴۸	۲/۵۵۲	۲/۵۳۹	۲/۵۵۳	۲/۵۶۳
W_{10}	۶۱۳/۴	۶۰۸/۲	۶۰۲/۴	۵۹۳/۲	۵۹۸/۶	۵۶۹/۲
V_{10}	۳۹/۸۷	۴۰/۲۶	۴۰/۹۲	۴۱/۵۳	۴۲/۲۰	۴۴/۴۲
W_{50}	۶۲۴/۱	۶۲۰/۸	۶۱۵/۷	۶۰۴/۸	۶۰۵/۴	۵۸۶
V_{50}	۳۸/۸۲	۳۹/۰۲	۳۹/۶۲	۴۰/۳۸	۴۰/۶۵	۴۲/۷۸
I_a	۸/۱۳	۸/۵۷	۹/۲۴	۹/۸۲	۱۰/۵۹	۱۲/۸۳
$\bar{I}_a = ۹/۲۲$ (میانگین وزن دار)						

یادداشت: G_{sb} وزن مخصوص واقعی مصالح، w_{10} و w_{50} بترتیب وزن نمونه داخل قالب بر حسب گرم در دوحالت ۱۰ و ۵۰ ضربه و V_{10} و V_{50} درصد فضای خالی در دو حالت است.

جدول ۴: خواص فیزیکی مصالح سنگی .

خاصیت / مصالح سنگی		شاخص شکل و بافت ($\bar{I}_a$)	وزن مخصوص طبیعی (G_{sb})	وزن مخصوص ظاهری (G_{sa})	درصد جذب آب
درشت دانه		۱۴/۳۷	۲/۶۷۰	۲/۷۴۵	۱/۰۵
ریزدانه	ماسه شکسته	۱۵/۲۷	۲/۶۶۲	۲/۶۷۳	۱/۳۷
	ماسه طبیعی (سرخس)	۹/۲۲	۲/۵۵۰	۲/۷۶۰	۲/۹۸
	ماسه طبیعی (فریمان)	۹/۰۷	۲/۴۸۲	۲/۷۵۶	۴/۰۲
	مخلوط ماسه شکسته و طبیعی	۱۲/۵۳	۲/۶۰۸	۲/۷۶۲	۲/۱۳
فیلر	پودر سنگ	-	-	۲/۷۴۷	
	خاکی	-	-	۲/۶۰۰	
مخلوط مصالح سنگی	تهیه شده با ماسه شکسته و فیلر پودر سنگ		۲/۶۷۰	۲/۷۵۵	
	تهیه شده با ماسه طبیعی و فیلر پودر سنگ		۲/۶۰۹	۲/۷۵۳	
	تهیه شده با ماسه مخلوط و فیلر پودر سنگ		۲/۶۴۱	۲/۷۵۴	
	تهیه شده با ماسه طبیعی و فیلر خاکی		۲/۶۰۱	۲/۷۴۴	

Archive of SID

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵: خواص فیزیکی قیر .

خاصیت	داده آزمایش
درجه نفوذ در C^o ۲۵، ۱۰۰ گرم، ۵ ثانیه، دهم میلیمتر	۶۴
نقطه نرمی (حلقه و گلوله)، C^o	۵۴
شکل پذیری در C^o ۲۵، cm/min ۵، سانتیمتر	۱۳۰
دمای شکست فراس C^o	-۱۴
وزن مخصوص در C^o ۲۵	۱/۰۱۳

قیر

در ایـن تحقیق بطور ثابت از یک نوع قیر خالص ۶۰/۷۰ پالایشـگاه اصـفهان کـه اسـتفاده از آن با توجه به شرایط آب و هوائی گرم و معتدل ایران در اکثر پروژه های روسـازی آسـفالتی در کشـور معمول است، استفاده بعمل آمـد. خـواص ایـن قیر که با مشخصات پیشنهادی انستیتو آسفالت [۱۱] مطابقت میکند، در جدول (۵) داده شده اند.

روشهای آزمایش

طرح اختلاط بتن آسفالتی

بـه مـنظور تعییـن درصـد قیر بهینه مخلوطهای آسـفالتی از روش مارشال (ASTM D1559) که در حال حاضـر روش معمـول طـرح مخلـوط در کلـیه پـروژه های روسازی آسفالتی در کشور است، استفاده بعمل آمد. نمونه هـای مارشـال حاوی ۴، ۴/۵، ۵، ۵/۵، و ۶ درصد وزنی قیر در مخلـوط (سـه نمونه بازاء هر درصد قیر) با وارد ساختن ۷۵ ضـربه بـه هر طرف نمونه ها (شرایط ترافیک سنگین) تهیه شد. در مورد کلیه مخلوطها دانسیته تئوریک حداکثر در ۵ درصـد وزنـی قـیر بـا پـیروی از اسـتاندارد مـربوط (ASTM D2041) که به روش رایس معروف است تعیین گردید.

مقاومت فشاری محدود نشده

هـدف از سـاخت و آزمایش ایندسته از نمونه ها بدسـت آوردن نشـانه ای از تأثـیر نـوع ماسـه مصـرفی بـر ظرفیت برشی مخلوطهای آسفالتی بود. به این منظور ابتدا نمونـه هـای مارشال با درصد قیر بهینه ساخته شد. سپس بـا توجه به ضوابط روش استاندارد آزمایش فشاری محدود نشده(ASTM D1074)، بر روی نمونه های بتن آسفالتی بوسـیله دسـتگاه مغـزه گـیری قطر نمونه های مارشال به مقـدار ارتفـاع آنهـا (۶۳ میلیمـتر) کـاهش داده شد. چون درحیـن مغـزه گـیری امکـان گرم شدن نمونه و در نتیجه تغیـیر در سـاختار مـتراکم شده آن وجود داشت، نمونه ها قـبل از مغـزه گـیری بمـدت ۴ سـاعت در دمـای C^o ۱۰- نگهـداری شـدند. بـه این ترتیب نمونه های مورد اسـتفاده در آزمـایش فشـاری محدود نشده از لحاظ تراکم مشـابه نمونه های نظیر در آزمایش مارشال بودند. بازاء هر درصـد قـیر سـه نمونـه ساخته شد. مشابه شرایط آزمایش مارشـال، نمونه های مقاومت فشاری قبل از انجام آزمایش بمدت ۳۰ دقیقه در حمام آب C^o ۶۰ که برای مخلوطهای آسـفالتی دمـای بحرانی شناخته میشود، نگهداری شد. در خـلال آزمایش مقادیر بار و تغییر شکل محوری نظیر بطور همزمان ثبت گردید.

بحث در نتایج آزمایشها

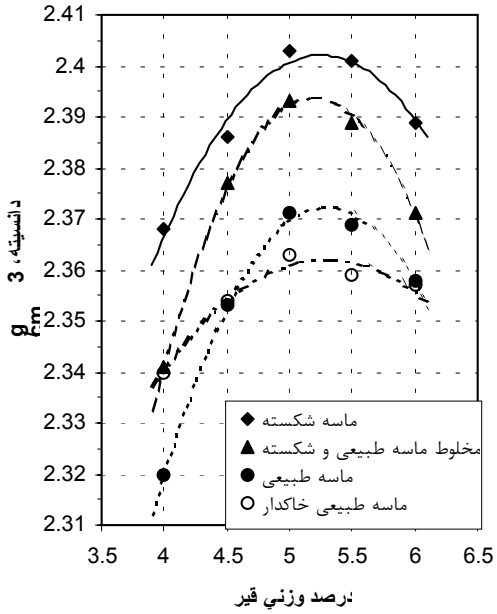
تأثیر نوع ماسه مصرفی بر پارامترهای طرح اختلاط

همـانطور کـه در شـکل (۱) ملاحظه میشود، در مـورد کلـیه مخلوطهـای آسفالتی روند تغییرات دانسیته با افزایش درصد قیر در مخلوط مشابه بوده و بصورت افزایش تدریجی، رسیدن به یک حداکثر، و سپس کاهش است که مطـابق انـتظار است. نمونه های ساخته شده با ماسه های شکسـته و مخلـوط در درصـد قـیر هـای مختلف دانسیته بیشـتری از نمونـه های ساخته شده با ماسه طبیعی دارند کـه بخشی از آنرا میتوان به تفاوت در وزن مخصوص ماسه هـای بکار رفته در ساخت مخلوطها (جدول ۴) نسبت داد. ایـن تفـاوت بخصـوص در مـورد نمونه های ساخته شده با ماسـه طبیعـی کاملاً قابل ملاحظه است. تغییرات پایداری مارشال مخلوطهای مختلف (شکل۲) نیز روندی مشابـــه

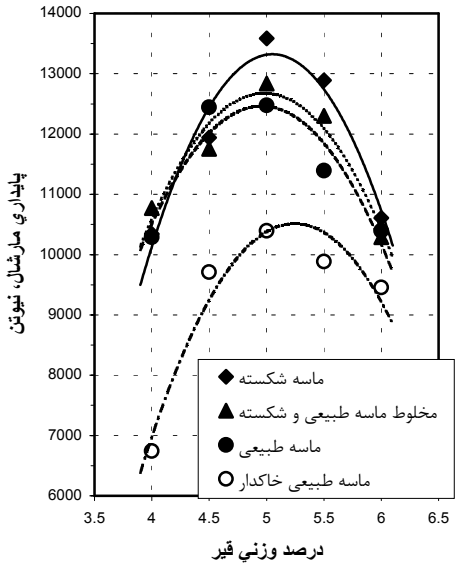
Archive of SID

www.SID.ir

Archive of SID

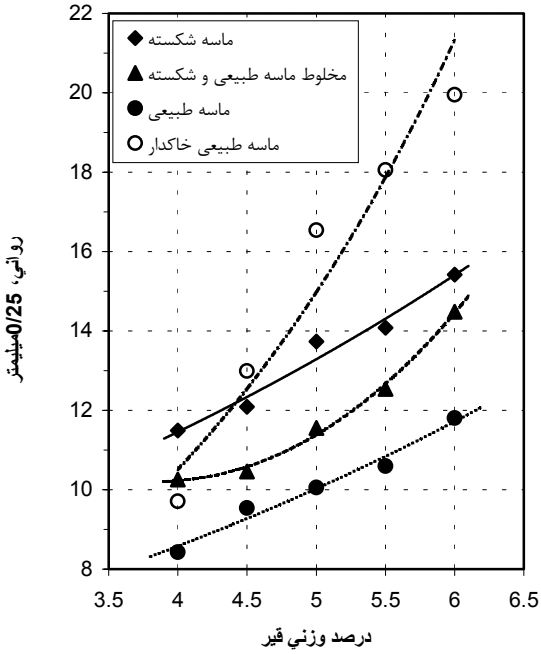


شکل ۱: تأثیر مقدار قیر و نوع ماسه بر دانسیته نمونه های بتن آسفالتی .



شکل ۲: تأثیر مقدار قیر و نوع ماسه بر پایداری نمونه های بتن آسفالتی.

تغییرات دانسیته دارند. همانطور که ملاحظه میشود در اینجا نیز نمونه های تهیه شده با ماسه شکسته در درصد قیرهای مختلف مقادیر پایداری مارشال بزرگتری از سایر مخلوطها دارند. پایداری زیاد تأثیر بارز مصرف ماسه شکسته در مخلوط آسفالتی است که از یکطرف به معنی پایداری بیشتر مخلوط، و از طرف دیگر ممکن است به معنی افزایش احتمال وقوع خرابیهای زودرس مثل ترک خوردگی و جدائی دانه ها باشد [۵].



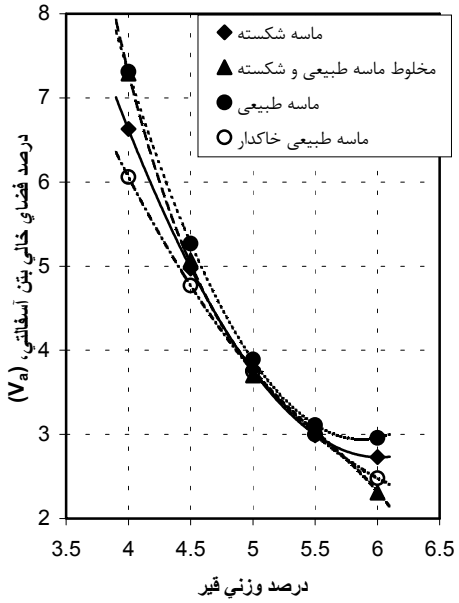
شکل ۳: تأثیر مقدار قیر و نوع ماسه بر روانی نمونه های بتن آسفالتی .

همانطور که در شکل (۳) ملاحظه میشود، در مورد کلیه مخلوطها با افزایش درصد قیر روانی نیز تدریجاً افزایش می یابد. روند این افزایش در مورد نمونه های تهیه شده با ماسه های شکسته، مخلوط، و طبیعی مشابه یکدیگر، اما در مورد نمونه های تهیه شده با ماسه طبیعی خاکدار بسیار تندتر است. با توجه به این که روانی نشان دهنده تغییر شکل قطری نمونه مارشال در لحظه گسیختگی است، نقش منفی ماسه طبیعی خاکدار در بروز تغییر شکلهای بزرگ مشخص میشود. افزایش سریع روانی با افزایش درصد قیر در این مخلوطها را میتوان به ضعف فیلر خاکی مصرف شده در کنترل کند روانی قیر موجود در ساختار نمونه در شرایط آزمایش نسبت داد. نکته قابل توجه دیگر مقادیر روانی کمتر در نمونه های تهیه شده با ماسه طبیعی در درصد قیرهای مختلف، در قیاس با

www.SID.ir

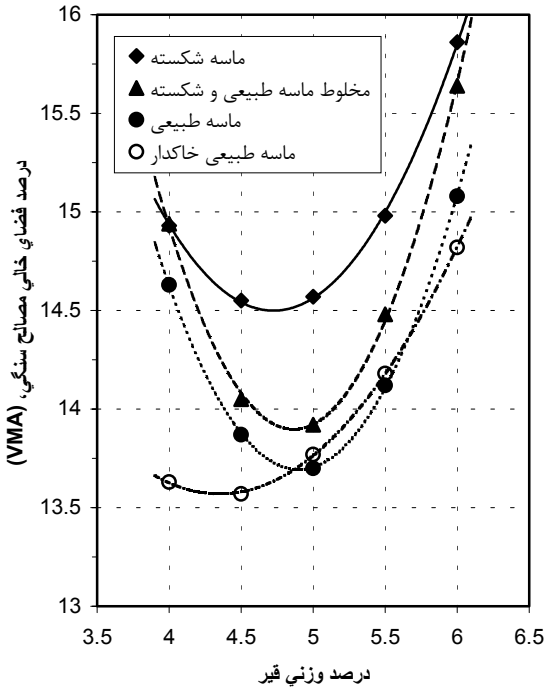
Archive of SID

ماسه های شکسته و مخلوط است که بسادگی قابل توجیه نیست. با اینحال محققین دیگر نیز گاهی نتایج مشابهی را گزارش کرده اند [۶،۱].



شکل ۴: تأثیر مقدار قیر و نوع ماسه بر درصد فضای خالی نمونه های بتن آسفالتی .

شکل(۴) تغییرات درصد فضای خالی نمونه های بتن آسفالتی ساخته شده با انواع ماسه ها را نشان میدهد، همانطور که ملاحظه میشود، با افزایش درصد قیر در مخلوط درصد فضای خالی با روندی کم و بیش یکسان در مورد کلیه مخلوطها تدریجاً کاهش می یابد که مطابق انتظار است. تغییرات درصد فضای خالی مصالح سنگی (VMA) با افزایش درصد قیر در شکل (۵) نمایش داده شده اند. روند عمومی تغییرات بصورت کاهش تدریجی در ابتدا و سپس افزایش در درصد قیرهای بالاتر است. همانطور که در شکل مذکور ملاحظه میشود، نمونه های ساخته شده با ماسه شکسته بیشترین و نمونه های ساخته شده با ماسه های طبیعی و طبیعی خاکدار، کمترین مقادیر فضای خالی را دارند. چون درصد فضای خالی مصالح سنگی به دانه بندی و شکل دانه ها در مصالح سنگی مربوط میشود، و با توجه به یکسان بودن جنس و دانه بندی مصالح درشت دانه در مخلوطهای مورد آزمایش، نقش شکل مصالح ریزدانه در تأمین درصد فضای خالی مصالح سنگی مخلوط آسفالتی و درنتیجه کنترل قیر زدگی رویه های آسفالتی مشخص میشود. به عبارت دیگر نتایج حاکی از آنند که با مصرف ماسه طبیعی، بخصوص از نوع خاکدار، افت درصد فضای خالی آسفالت و در نتیجه بروز پدیده قیر زدگی دور از انتظار نخواهد بود.



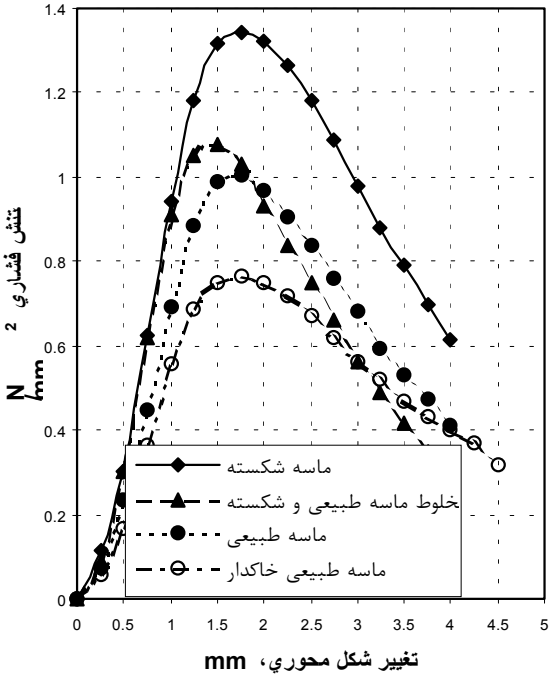
شکل ۵: تأثیر مقدار قیر و نوع ماسه بر درصد فضای خالی مصالح سنگی بتن آسفالتی .

پارامترهای طرح مخلوطهای آسفالتی در درصد قیر بهینه که با استفاده از نتایج آزمایش و بر اساس روش انستیتو آسفالت [۱۲] محاسبه و تعیین گردیده، در جدول (۶) خلاصه شده اند. همانطور که ملاحظه میشود براساس این روش طرح کلیه مخلوطهای مورد مطالعه با توجه به برآورده ساختن حداقل نیازهای طرح (معیارهای تعیین شده در MS-2) قابل قبول اند. لیکن در عمل رفتار مخلوطهای آسفالتی ساخته شده با ماسه های مختلف آنطور که از سوی محققین دیگر گزارش شده [۴، ۲،۳]، و در مقدمه مورد بحث قرار گرفت،و نیز آنگونه که از نتایج آزمایش فشاری محدود نشده که در ادامه در باره آن بحث خواهد شد بر می آید، از لحاظ مقاومت در برابر تغییر شکلهای دائمی با یکدیگر تفاوت قابل ملاحظه دارند.

www.SID.ir

Archive of SID

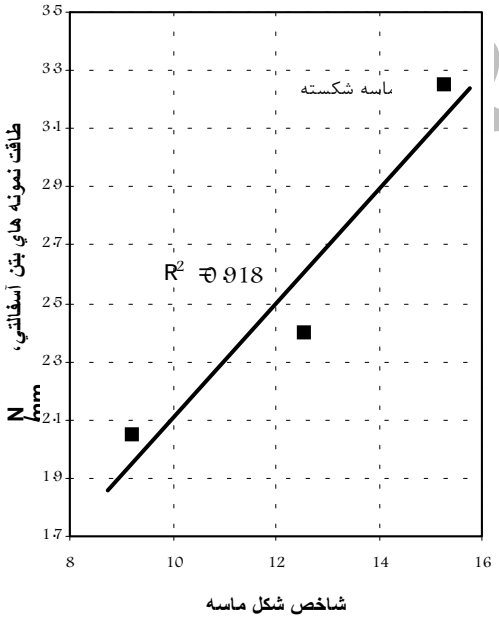
بـا توجه به اینکه ممنوع ساختن کلی مصرف ماسه طبیعی بلحـاظ اقتصـادی توجـیه پذیـر نیسـت، در طـرح مخلوط آسـفالتی و ارائـه فـرمول کارگـاه، لزوم توصیف کمّی ماسه هـای طبیعـی بـر اسـاس شکل دانه ها بمنظور تعیین حد مجـاز قـابل مصـرف آنهـا، و نیز انجام آزمایشهای تکمیلی مناسـب بعـدی کـه قـادر به پیش بینی رفتار تغییر شکلی مخلوطهـای آسـفالتی در شـرایط بهـره بـرداری باشـند، مشخص میشود.



شکل ۶: رابطه تنش-تغییر شکل نمونه های بتن آسفالتی در آزمایش فشاری محدود نشده .

تأثیر نوع ماسه مصرفی بر مقاومت فشاری محدود نشده

بـر خـلاف آزمایشـهای غیرتخریبـی مثل ضریب برجهندگـی[8] کـه در آنها خواص شکل و بافت سطحی دانه هـا مـتأثر از خـواص لعـاب قـیر پوشـش دانـه هـا اسـت، آزمایشـهای مارشـال و فشـاری محـدود نشـده از نـوع گسیختگی کلی بوده و در آنها خواص شکل دانه ها بررفتار مخلـوط نمود بهتری دارد [۶]. تغییرات تغییر شکل نمونه هـای بتـن آسـفالتی در بار گذاری با نرخ تغییر شکل قائم یکنواخـت برابـر بـا دقـیقه/۱،۲۵ mm، بـا افـزایش تنش فشـاری در مـراحل قبل و پس از گسیختگی در شکل (۶) نمـایش داده شـده انـد. همـانطور کـه ملاحظه میشود، در مـورد کلـیه محلوطها با افزایش تنش تغییر شکل محوری افزایش می یابد. آهنگ این افزایش تا قبل گسیختگی کند تـر و پـس از آن بسیار تندتر است. همانطور که منحنی ها در شکل مذکور نشان میدهند علیرغم اینکه کلیه مخلوطها در درصـد قـیر بهیـنه و بـا تراکم یکسان ساخته شده اند، مقاومـت فشـاری نمونـه هـای تهـیه شده با ماسه شکسته حـدوداً دو برابـر نمونـه هـای ساخته شده با ماسه طبیعی خـاکدار اسـت. در سطح تنش یکسان تغییر شکل محوری نمونـه هـای سـاخته شده با ماسه طبیعی خاکدار بیش از سـایر نمونـه هاست که آنرا میتوان پایداری کمتر اینگونه مخلوطهـا در برابرتنشـهای ناشی از بار ترافیک تعبیر نمود. همانطور که از مقایسه منحنی ها در شکل (۶) بر می آید، ظرفیـت باربـری مخلـوط آسـفالتی سـاخته شـده با ماسه مخلـوط که در آن بخشی از ماسه شکسته با ماسه طبیعی جایگزین شده، در حد مخلوط ساخته شده با ماسه طبیعی تقلیل یافته است.



شکل۷: همبستگی طاقت نمونه های بتن آسفالتی در آزمایش فشاری محدود نشده با نوع ماسه مصرف شده .

بـا توجـه به منحنیهای شکل (۶)، تفاوت رفتار نمونه های بتن آسفالتی ساخته شده با ماسه های مختلف در آزمایش فشـاری محـدود نشـده را میـتوان بطـور احتمالـی به این

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۶ : خواص مخلوطهای آسفالتی در درصد قیر بهینه .

خاصیت	نوع مخلوط آسفالتی				مقدار پیشنهادی انستیتو آسفالت [۱۲]
	با ماسه شکسته	با ماسه مخلوط	با ماسه طبیعی	با ماسه طبیعی خاکدار	
درصد قیر بهینه	۵/۱	۵/۰	۵/۰	۵/۲	
دانسیته، gr/cm^3	۲/۴۰۲	۲/۳۹۳	۲/۳۷۰	۲/۳۶۲	
استقامت مارشال، نیوتن	۱۳۳۰۰	۱۲۷۰۰	۱۲۵۰۰	۱۰۵۰۰	≥ ۶۶۷۳
روانی، ۰/۲۵ میلیمتر	۱۳/۴	۱۱/۳	۱۰/۰	۱۵/۷	۸-۱۶
درصد فضای خالی بتن آسفالتی	۳/۷	۳/۸	۳/۹	۳/۳	۳-۵
درصد فضای خالی مصالح سنگی (VMA)	۱۴/۶	۱۳/۹	۱۳/۷	۱۳/۹	حداقل ۱۳/۸
درصد فضای خالی پر شده با قیر (VFA)	۷۴،۷	۷۲،۷	۷۱،۵	۷۶،۲	-
طاقت در آزمایش فشاری، N/mm	۳/۲۵	۲/۴۰	۲/۰۵	۱/۸۵	-

ترتیب تحلیل نمود که در سطوح پائین تنش تغییر شکلها در درون لعاب قیر پوشش دانه ها در نقاط تماس آنها با یکدیگر اتفاق می افتد. در ادامه گسیختگی کلی نمونه با تشکیل یک صفحه شکست روی میدهد که طی آن پس از برش لعاب قیر در نقاط تماس، کار آئی قفل و بست اصطکاکی بین دانه ها در صفحه شکست سطح پایداری نمونه را معین میکند. این ظرفیت قفل و بستی تابعی مستقیم از تیز گوشگی دانه های سنگی است. واضح است که کار آئی قفل و بست اصطکاکی مصالح شکسته تیزگوشه با سطح زبر، بسیار بیشتر از مصالح گردگوشه با سطح صاف است.

بمنظور مقایسه مخلوطهای آسفالتی از لحاظ قابلیت جذب انرژی با استفاده از داده ها در شکل (۶) مقادیر طاقت[۹] نمونه های مختلف بتن آسفالتی (سطح زیر محنی تنش-تغییر شکل حدفاصل تغییر شکل صفر تا دو برابر تغییر شکل لحظه گسیختگی) که مشخصه قابلیت جذب انرژی آنهاست محاسبه و در جدول (۶) نشان داده شده است. البته در انتخاب گستره تغییر شکلی مورد استفاده در محاسبه طاقت نمونه ها، تغیر شکل نظیر گسیختگی کلی آنها مورد توجه بوده و در این مورد از استاندارد خاصی تبعیت نشده است. همانطور که از داده های جدول بر میآید مخلوط های ساخته شده با ماسه های شکسته و طبیعی خاکدار بترتیب بیشترین و کمترین مقادیر طاقت را دارند. همبستگی شاخص شکل مصالح ریزدانه بکار رفته در تهیه مخلوطهای مختلف با مقدار طاقت هر یک در آزمایش فشاری محدود نشده در شکل (۷) نشان داده شده است. البته در بررسی این همبستگی مخلوط ساخته شده با ماسه طبیعی خاکدار بعلت متفاوت بودن فیلر آن با سایر مخلوطها دخالت داده نشده است. وجود همبستگی زیاد ($R^2 = 0.918$) مؤید تأثیر تعیین کننده شکل مصالح ریزدانه بر ظرفیت جذب انرژی مخلوطهای آسفالتی و در نتیجه بروز تغییر شکلهای دائمی در آنهاست.

خلاصه و نتیجه گیری

این تحقیق بمنظور ارزیابی تأثیر مصرف ماسه طبیعی بویژه بصورت نشسته بر مخلوطهای آسفالتی روسازی انجام شد. بر مبنای نوع مصالح بکار رفته و آزمایشهای انجام شده نتایج زیر حاصل شدند:

- در رفتار مخلوطهای آسفالتی ساخته شده با ماسه های شکسته و طبیعی گردگوشه تفاوت عمده ای وجود دارد. در تمامی موارد مصرف ماسه شکسته موجب بهبود در خواص مطلوب بتن آسفالتی میگردد.

Archive of SID

www.SID.ir

Archive of SID

- روش مارشال در طرح و کنترل مخلوطهای آسفالتی از حساسیت لازم برای نشان دادن حد مجاز مصرف ماسه طبیعی در مخلوط بر خوردار نبوده و لذا تعیین حد مذکور بر اساس معیار کمی شکل دانه های مصالح ریزدانه، و انجام آزمایشهای تکمیلی مناسب دیگر ضرورت دارند.

- مصرف ماسه طبیعی شسته نشده در مخلوطهای آسفالتی سبب افت کیفی مخلوط شده و بویژه احتمال وقوع تغییر شکلهای دائمی و قیر زدگی در رویه های آسفالتی را افزایش میدهد.

مراجع

1 - Stuart, D. K. and Mogaver, W. S. (1994). "Evaluation of natural sands in asphalt mixtures." *Transportation Research Record 1436.* TRB. National Research Council. Washington D. C. PP. 115-123.

2 - Alrich, A. C. (1996). "Influence of aggregate properties on performance of heavy-duty hot-mix asphalt pavements." *Transportation Research Record 1547,* TRB. National Research Council. Washington D. C. PP. 7-14.

3 - Vincent, C. J. and Korhonen, C. (1999). "Performance testing of hot-mix asphalt aggregates." *Special Report No. 99-20. US Army Corps of Engineers,* Cold Regions Research & Engineering Laboratory.

4 - Kandhal, P. S., Cross, S. A. and Brown, E. R. (1993). "Heavy-duty pavements in pennsylvania: evaluation of rutting." *Transportation Research Record 1384,* TRB. National Research Council. Washington D. C. PP. 49-58.

5 - Kalcheff, I. V. and Tunnicliff, D. G. (1982). "Effects of crushed stone aggregate size and shape on properties of asphalt concrete." *Proceedings of The Association of Asphalt Paving Technologists,* Vol. 51, PP. 453-483.

6 - Ishai, I. and Gelber, H. (1982). "Effect of geometric irregularities of aggregate size and shape on properties and behavior of bituminous concrete." *Proceedings of The Association of Asphalt Paving Technologists,* Vol. 51, PP. 494-521.

7 - Federal Highway Administration. (1988). "Asphalt concrete mix design and field control." *US Department of Transportation*, Technical Advisory No. T5040.27.

۸- مشخصات فنی عمومی راه. سازمان مدیریت و برنامه ریزی، نشریه ۱۰۱، (۱۳۷۵).

9 - Kuo, C. and Freeman, R. B. (2000). "Imaging indices for quantification of shape, angularity, and surface texture of aggregates." *Transportation Research Record 1721,* TRB. National Research Council. Washington D. C. 57-65.

10 - Shabir Hossain, M., Parker, F. J. and Kandhal, P. S. (1999). "Tests for evaluating fine aggregate particle shape, angularity, and surface texture." *Transportation Research Record 1673,* TRB. National Research Council. Washington D. C. 64-72.

11 - The Asphalt Institute. (1983*). Principles of Construction of Hot-Mix Asphalt Pavements*. Manual Series, No. 22, College Park, Md.

12 - The Asphalt Institute. (1983). *Mix Design Methods for Asphalt Concrete and Other Hot-Mixed Types.* Manual Series, No. 2. College Park, Md.

واژه های انگلیسی بترتیب استفاده در متن

1 - Rutting
2 - Plastic Flow
3 – Workability
4 – Shoving
5 – Bleeding
6 - Federal Highway Administration
7 - Geometric Irregularities
8 - Resilient Modulus
9 - Toughness

Archive of SID

www.SID.ir