بررسی تاثیر گوگرد بر خواص مخلوط های آسفالتی دارای ماسه بادی

دریافت: بهمن ۱۳۸۷
پذیرش: فروردین ۱۳۸۸

محمد رضا مقدم نیری*، علی اصغر صادقی**، ابوالفضل محمدزاده***

پست الکترونیکی: moghaddam@asphaltnemooneh.com

چکیده

وسعت ریگزارهای ایران در حدود ۳۵۳۸۵/۰۸ کیلومتر مربع است که اندکی بیش از ۲ درصد مساحت کشور را شامل می شود [۱]. در این مناطق مصالح درشت دانه با کیفیت مناسب کمیاب است و در مقابل ماسه بادی و دیگر انواع رسوبات ماسه ای، به وفور یافت می شود. از این لحاظ جهت کاهش هزینه ساخت از طریق به حداقل رساندن مسافت طولانی حمل مصالح سنگی لازم است که ماسه های بادی موجود در محل به طور مؤثری در ساخت لایه های مختلف راه بکار گرفته شود [۲]. وجود محصول فرعی به نام گوگرد در کشورهای مختلف دنیا از یکسو و افزایش تقاضا برای مصالح سنگی مناسب جهت ساخت راه در مناطق بیابانی از سوی دیگر متخصصین را بر آن داشت تا از مخلوط ماسه آسفالت گوگردی به جای مخلوط آسفالت گرم استفاده نمایند و اثرات جایگزین کردن گوگرد به جای قسمتی از قیر در مخلوطهای دارای ماسه بادی را مورد بررسی قرار دهند [۳]. به این ترتیب محققین با مخلوط کردن گوگرد، قیر و مصالح سنگی بهمراه ماسه بادی اثرات افزودن گوگرد بر روی استقامت مارشال، کشش مستقیم، مقامت در برابر خزش و مقاومت در برابر شیار شدگی مخلوط آسفالتی دارای ماسه بادی را بررسی نمودند.

کلید واژه‌ها : گوگرد، ماسه بادی، مخلوط آسفالتی، آزمایش مارشال، شیارشدگی

۱- مقدمه

در اوایل قرن بیستم استفاده از گوگرد جهت بهبود خواص بتن آسفالتی توسط متخصصین مورد توجه قرار گرفت به طوری که شاید بتوان راه آزمایشی ساخته شده توسط اداره راه ایالتی اوهایو در سال ۱۹۳۵ را به عنوان اولین مورد استفاده میدانی از آسفالت گوگرد دار در نظر گرفت [٤]. در سال ۱۹۷۰ میلادی به دنبال ایجاد بحران انرژی در این سالها و گران شدن محصولات نفتی، موادی که بتواند جایگزین قیر مصرفی شود و یا حداقل، میزان مصرف آن را در آسفالت کاهش دهد، مورد توجه قرار گرفت که یکی از مهمترین آنها گوگرد بود [٥]. از مهمترین دلایلی که استفاده از گوگرد در آسفالت مورد توجه قرار گرفت، بهبود خواص و مشخصات عملکردی آسفالت گوگردی در مقایسه با آسفالت معمولی بود [٥] که از آن جمله می توان به افزایش استقامت مارشال، بهبود مدول بر

* کارشناس ارشد راه و ترابری، مدیر واحد تحقیق و توسعه شرکت آسفالت نمونه
** دانشجوی دکتری راه و ترابری، دانشگاه فردوسی مشهد
*** دانشجوی دکتری راه و ترابری، دانشگاه فردوسی مشهد

جهندگی، مقاومت در برابر خستگی و مقاومت در برابر شیار شدگی اشاره نمود.

نگرانی در مورد آلودگی محیط زیست موجب شد تا تلاش برای گوگرد زدایی از سوختهای فسیلی پیش از استفاده از آنها افزایش یابد و همین امر منجر به تولید مقدار قابل ملاحظه ای گوگرد در صنایع پالایش نفت و گاز شد [٦] از سویی دیگر گران شدن تدریجی نفت و مشتقات آن و نگرانی از کاهش ذخایر نفتی جهان باعث شد که هر ماده ای که بتواند جایگزین کل یا بخشی از قیر مصرفی در ساخت آسفالت شود مورد توجه قرار گیرد [٥].

با توجه به حجم عظیم تولید گوگرد و قیر در پالایشگاه های نفت و گاز ایران و مصرف محدود در کشور [٥] و از سوی دیگر مزایای استفاده از گوگرد در روسازی های آسفالتی، استفاده از روسازی های آسفالت گوگردی در راه های ایران، بخصوص راه های مناطق گرمسیر و مناطقی که دسترسی به مصالح سنگی مرغوب مشکل است می تواند مورد توجه قرار گیرد. در همین راستا با توجه به اینکه شرایط بعضی از کشورهای حوزه خلیج فارس از جمله عربستان سعودی از لحاظ وجود بیابانهای عظیم مشابه ایران است و همچنین وجود مقادیر قابل توجه گوگرد در این کشور [٣] باعث شده است تا محققین عرب توجه خاصی به استفاده گوگرد در مخلوطهای آسفالتی حاوی ماسه بادی نشان دهند.

٢-روشهای افزودن گوگرد به مخلوط آسفالت

به طور کلی دو روش اصلی جهت استفاده از گوگرد در مخلوط آسفالتی که در عمده تحقیقات بکار گرفته می شود وجود دارد [٣].

١- در روش اول گوگرد می تواند تا ٥٠ درصد وزنی جایگزین قیر مورد نیاز برای مخلوط گردد. در این حالت گوگرد باعث اصلاح برخی از ویژگیهای آسفالتی می گردد. در مناطقی که مسائل اقتصادی پروژه از اهمیت زیادی برخوردار است و قیمت قیر نیز بالاست استفاده از این روش ضمن کاهش هزینه موجب صرفه جویی در مصرف مواد نفتی و قیر می شود.

اطلاعات موجود از طرح، ساخت و عملکرد بسیاری از راه هایی که با این روش ساخته شده اند همگی مطلوب بوده اند و سازگاری تولید، حمل، پخش و تراکم این گونه مخلوطها را با شیوه های مرسوم به اثبات رسیده است. اگرچه بسیاری از تحقیقات از ویژگیهای برتر این نوع از مخلوطها نسبت به مخلوطهای معمول خبر داده اند اما گزارشاتی نیز وجود دارد که نشان می دهد مخلوطهای ساخته شده به روش اول با کاهش خدمت سریعتری مواجه هستند و ترک خوردگی در آنها زودتر مشاهده می‌شود [٣].

٢- در روش دوم که آنرا با نام ترموپیو می‌شناسند از درصد بیشتری گوگرد نسبت به حالت قبل استفاده می شود به طوری که نسبت وزنی گوگرد به قیر بین ١ تا ٥ متغیر خواهد بود. در این روش گوگرد علاوه بر اینکه موجب اصلاح مخلوط می گردد جایگزین قسمتی از مصالح سنگی نیز می شود. پیشنهاد دهندگان این روش ادعا می‌کنند که گوگرد جایگزین شده به جای مصالح سنگی به سازندگان روسازیهای با کیفیت بالا امکان استفاده از ماسه های ارزان قیمت را خواهد داد. این روش صرفه جویی در مصرف قیر را بهمراه نخواهد داشت چرا که نیاز این گونه مخلوطها به قیر مشابه مخلوطهای معمولی می باشد اما از سویی دیگر در مناطق بیابانی این روش امکان استفاده از ماسه بادی‌ها و همچنین بی نیازی از حمل مصالح سنگی مرغوب را از مناطق دور فراهم می آورد [٣].

ایمانتس دم [٦] در تحقیقی به بررسی تأثیر نحوه اختلاط گوگرد بر خصوصیات مخلوط ماسه آسفالت

پرداخت. وی در آزمایشات خود به سه روش مختلف گوگرد را به مخلوط اضافه نمود که این سه روش به شرح ذیل می باشد:

۱_ ابتدا ماسه با قیر مخلوط می شود و به دنبال آن گوگرد به مخلوط ماسه آسفالت اضافه می‌گردد. به این ترتیب ابتدا سطح ماسه با قیر پوشیده شده و سپس گوگرد مایع به آن اضافه می گردد. وی این روش را با نام" اختلاط معمولی" معرفی نمود.

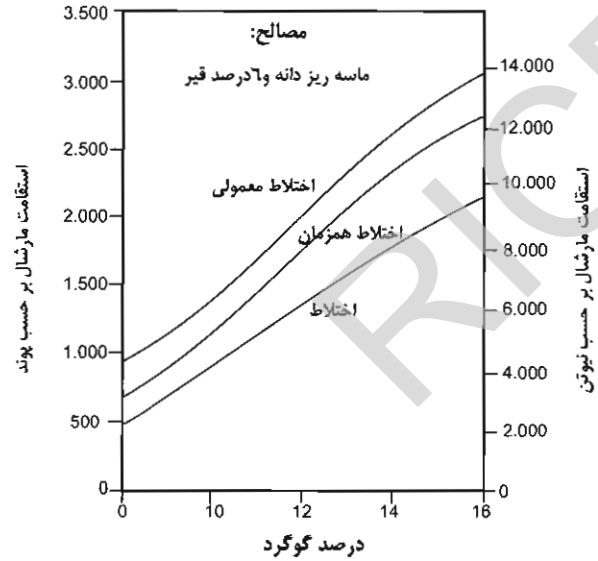
۲ _ در روش دوم ابتدا ماسه با گوگرد مخلوط می شود و سپس قیر را به آن اضافه می‌کنند و عملیات اختلاط ادامه می یابد. با توجه به اینکه در این شیوه ترتیب اختلاط گوگرد و قیر با ماسه بر عکس روش قبل است به آن روش "اختلاط معکوس" می گویند.

۳ _ در روش سوم تمام اجزای مخلوط از جمله گوگرد، قیر و ماسه به طور همزمان مخلوط می‌شوند که به این روش "اختلاط همزمان" می‌گویند.

ایمانتس دم [٦] بر این عقیده بود که اختلاط گوگرد و قیر و سپس اضافه نمودن ماسه روش مفید و قابل استفاده ای نیست چرا که گوگرد و قیر فقط تا حدی با هم قابل مخلوط شدن هستند و بقیه آنها در ظرف از هم جدا خواهد ماند.

جهت مطالعه تأثیر نحوه اختلاط بر خواص ماسه آسفالت مخلوطهایی با ٦ درصد قیر با درجه نفوذ ۲۰۰/۱۵۰ و۸ تا ١٦ درصد گوگرد ساخته شد. نتایج آزمایش استقامت مارشال که در شکل (۱) نشان داده شده است روشن می سازد که استقامت مخلوطی که با روش معمولی ساخته شده بیشتر از روشهای همزمان و معکوس می باشد و برای رسیدن به آن استقامت باید به دو مخلوط همزمان و معکوس ۱ تا ۳ درصد گوگرد اضافه نمود. آزمایش کشش مستقیم بر روی نمونه هایی با ٦ درصد قیر و ۱۲ درصد گوگرد و آزمایش خمش نیز بر روی یک تیر دو سر مفصل ساده و با بارگذاری در وسط دهانه با همان شرایط آزمایش کششی انجام گرفت در هر دو آزمایش، مقاومت مخلوط ساخته شده به روش معمولی از دو مخلوط دیگر بیشتر بود [٦].

با توجه به آزمایشات انجام گرفته این نتیجه حاصل شد که مخلوط ساخته شده با روش معکوس ضعیف ترین نتایج را در پی خواهد داشت و این روش شیوهٔ مناسبی جهت ساخت ماسه آسفالتی گوگرد نمی‌باشد. همچنین نتیجه‌ای که آزمایش خمش دینامیکی به دنبال داشت این بود که مدول سختی مخلوطهای معمولی و همزمان تفاوت چندانی با هم ندارند و این مطلب نشان دهنده این موضوع است که ضخامت مورد نیاز برای دو مخلوط یکسان است اما عمر خستگی برای مخلوط معمولی اندکی طولانی تر است [٦].



شکل ۱- اثر شیود اختلاط بر مقاومت مارشال [۶]

با توجه به تمام موارد بالا مشخص می‌شود که مخلوط ماسه آسفالت گوگرددار که به شیوهٔ معمولی در آزمایشگاه ساخته شده است ویژگیهای بهتری را از خود نسبت به مخلوطهای معکوس و همزمان و با درصد گوگرد یکسان از خود نشان می‌دهد.

RICEST

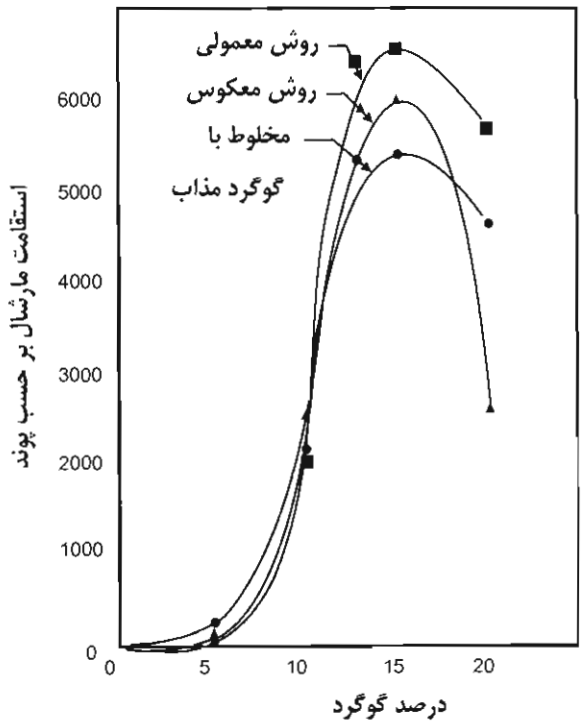
۳-تأثیر افزودن گوگرد بر نتایج آزمایش مارشال مخلوطهای حاوی ماسه بادی

فطانی و سلطان [۲] با انجام آزمایش بر روی ماسه آسفالتی که حاوی ۱۰۰ درصد ماسه بود دریافتند که این مخلوط کاملاً ضعیف و ناپایدار است و تحت بارگذاریهای سبک به راحتی تغییر شکل می دهد، بنابر- این با افزودن پودر گوگرد مشخصه های مهندسی آن از جمله پارامترهای طرح مارشال مقاومت فشاری، مقاومت کششی و مدول دینامیکی و گسیختگی را بررسی نمودند.

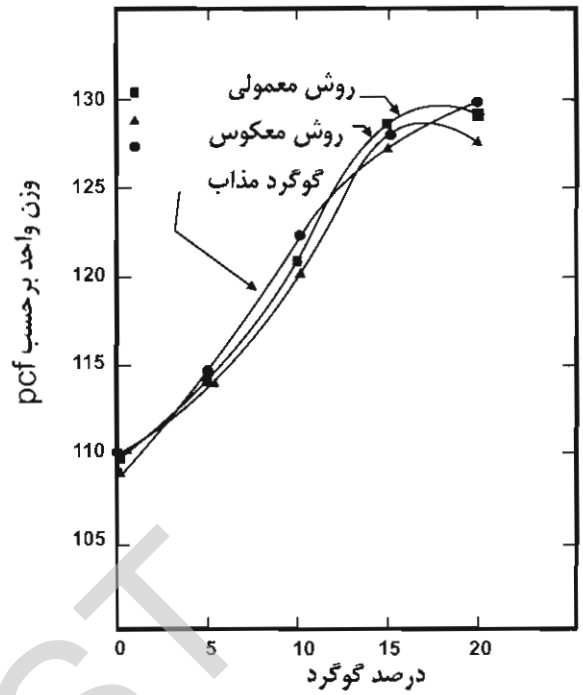
در ابتدای کار مخلوطهایی را به دو روش معمولی و معکوس تهیه نمودند به طوری که درصد قیر تمام نمونه ها ٥ درصد و درصد گوگرد بین ٥ تا ۲۰ درصد متغیر بود. تمام نمونه ها با کمک ۱۰ ضربه چکش مارشال به هر طرف نمونه ساخته شدند [۲]. دلیل انتخاب ۱۰ ضربه این بوده است که فطانی [به نقل مرجع ۲] طی تحقیقی جداگانه با انجام آزمایش بر روی نمونه های ساخته شده با ۲، ٥، ۱۰، ۱٥، ۲٥ و ٥۰ ضربه تعداد ۱۰ ضربه به هر طرف نمونه را به عنوان تعداد ضربات بهینه انتخاب نمود.

نتایج آزمایش استقامت مارشال در شکل (۲) نشان داده شده است. با توجه به شکل مشخص می‌شود که هر دو مخلوط ساخته شده به روش معمولی و معکوس در مقدار ۱٥ درصد گوگرد به حداکثر استقامت مارشال می‌رسند به طوری استقامت مارشال برای مخلوط ساخته شده با روش معمولی ٦٥۰۰ پوند و برای حالت معکوس ٦۰۰۰ پوند می باشد. علت این افزایش استقامت را به اینگونه می توان تفسیر نمود که گوگرد در فضاهای خالی مخلوط آسفالتی متبلور شده و همانند فیلر جهت چسباندن دانه های ماسه به یکدیگر و افزایش قفل و بست ذرات مصالح سنگی عمل می کند [۲] نموداری دیگری که در شکل(۲) مشاهده می‌شود نتیجه آزمایش ابو عزیز [به نقل مرجع ۲] بر روی مخلوطهای حاوی ماسه بادی و گوگرد مذاب می‌باشد.

به این ترتیب در مقدار ۱٥ درصد گوگرد بهترین استقامت را مخلوط ساخته شده به روش معمولی و سپس معکوس و بعد از آن مخلوط آسفالتی با گوگرد مذاب دارا می باشد. این در حالی است که بین وزن واحد هر کدام از مخلوطها تفاوت چشمگیری مشاهده نگردید. همانطور که در شکل (۳) نیز مشاهده می‌شود با افزودن گوگرد وزن واحد نیز افزایش یافته است زیرا گوگرد دارای وزن واحد ۲ می باشد و گوگرد اضافه شده فضاهای خالی را پر می کند اما افزودن بیش از ۱٥ درصد گوگرد باعث می شود که گوگرد جانشین حجم مساوی از ماسه با وزن مخصوص بیشتر شود [۲].



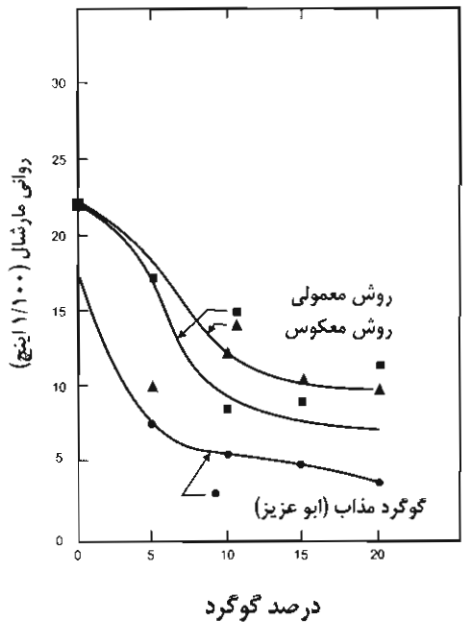
شکل -۲ رابطه استقامت مارشال و درصد گوگرد در مخلوط آسفالتی حاوی ماسه بادی [۲]



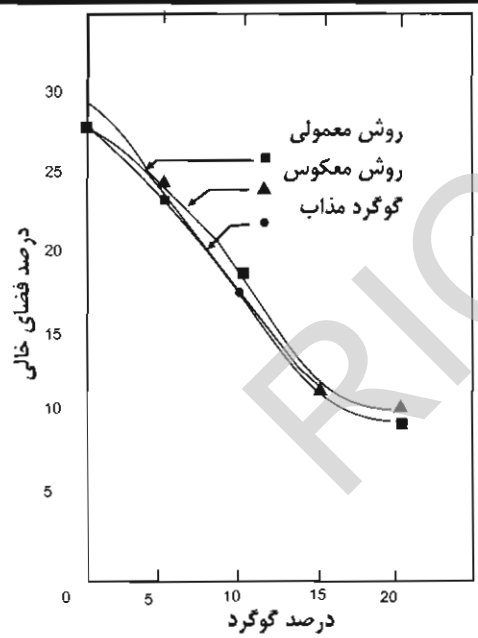
شکل ۳- رابطه وزن واحد و درصد گوگرد در مخلوط آسفالتی حاوی ماسه بادی [۲]

شکل (٤) که نشان دهنده رابطه بین روانی مارشال و درصد گوگرد مخلوط می باشد مؤید این مطلب است که با افزایش گوگرد روانی کم می شود که این امر به علت خاصیت شکنندگی گوگرد متبلور و افزایش وزن واحد مخلوطها می باشد. مخلوطهای ساخته شده با روش معکوس و معمولی و گوگرد مذاب به ترتیب بیشترین روانی مارشال را از خود نشان دادند [۲].

شکل (٥) نیز رابطه بین درصد فضای خالی مخلوط و درصد گوگرد را نشان می دهد که با افزایش گوگرد فضای خالی کم شده چرا که گوگرد فضای خالی را پر کرده و مخلوط پایدارتری ایجاد می کند. دلیل ایجاد مخلوط پایدارتر با گوگرد را می توان به این دلیل دانست که گوگرد پس از تبلور باعث می شود مخلوطی چگالتر حاصل شود. اگرچه فضای خالی مخلوط از حد مجاز بیشتر است اما نفوذ پذیری این مخلوطها از دیگر مخلوطهای متعارف کمتر می باشد [۲].



شکل ۴- رابطه روانی مارشال و درصد گوگرد [۲]



شکل ۵- رابطه درصد فضای خالی و درصد گوگرد [۲]

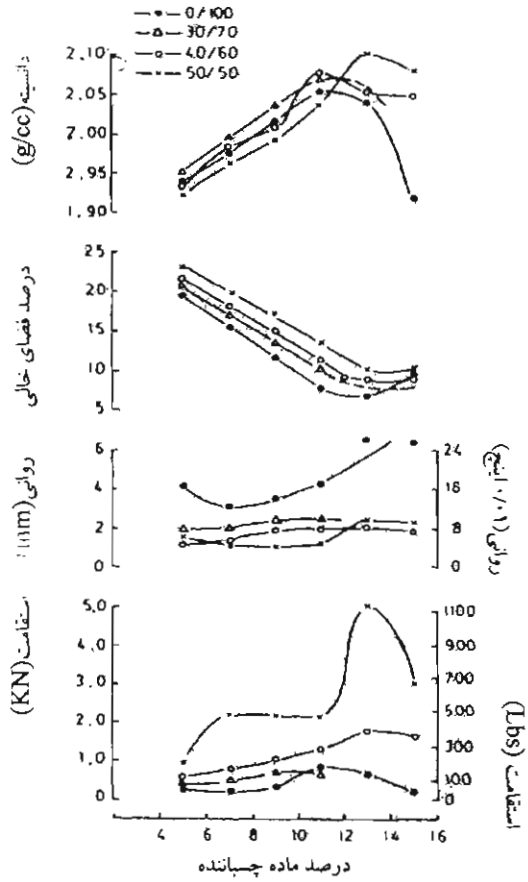
با توجه به این آزمایشات فطانی و سلطان به همان نتیجه آزمایش ایمانتس دم دست یافتند با این تفاوت که مخلوط فطانی و سلطان دارای ماسه بادی بود. بنابراین جهت ادامه آزمایشات مخلوط ساخته شده با روش معمولی و ٥ درصد قیر، ۸۰ درصد ماسه بادی و ۱۵ درصد گوگرد انتخاب شد.

RICEST

اکیلی [۳] در تحقیق خود بر روی تأثیر گوگرد در مخلوطهای آسفالتی حاوی ماسه بادی نحوهٔ اختلاط دیگری را جهت تهیه نمونه ها برگزید. وی ابتدا قیر و گوگرد را با درصدهای مختلف (S/A) تحت شرایط خاص مخلوط و سپس این ماده چسباننده را به ماسه اضافه نمود. وی همچنین از ۰، ۱۰ و ۲۰ درصد ماسه شکسته نیز در مخلوطهای ماسه آسفالت گوگردی استفاده کرد و اثرات افزودن مصالح شکسته را نیز تحت بررسی قرار داد.

همانطور که در مجموعه اشکال (٦) بدست آمده از آزمایش مارشال مشاهده می گردد تا زمانی که نسبت گوگرد به قیر ۳۰/۷۰ است افزایش چندانی در استقامت دیده نمی شود اما از نسبت ٤٠/٦٠ به بالا افزایش قابل توجهی در مقاومت و کاهش در روانی مشاهده می‌شود. در این حال به نظر می رسد که نسبت گوگرد به قیر ۳۰/۷۰ تا ٤٠/٦٠ مطلوبترین حالت را ایجاد می کند به طوری که افزایش استقامت بین صفر تا ۳۰۰ درصد متغییر خواهد بود و این مسئله بیش از هر چیز به درصد ماده چسباننده (مخلوط قیر و گوگرد)، نسبت S/A و درصد مصالح شکسته بستگی خواهد داشت [۳].

در مورد درصد فضای خالی مخلوطها نیز با توجه به نتایج در می یابیم که در درصد ماده چسباننده معین با افزایش S/A درصد فضای خالی افزایش می یابد، همچنین افزایش درصد ماده چسباننده و ذرات شکسته موجب کاهش درصد فضای خالی خواهد شد. درصد بالای فضای خالی ماسه آسفالت گوگردی به معنای نفوذ پذیری آن نیست چرا که شبکه فضاهای مخلوط به علت گوگرد پراکنده در درون آنها قطع شده و بنابراین درصد فضای خالی مجاز ماسه آسفالت گوگردی می‌تواند بیش از ١٦ درصد نیز انتخاب شود [۳].

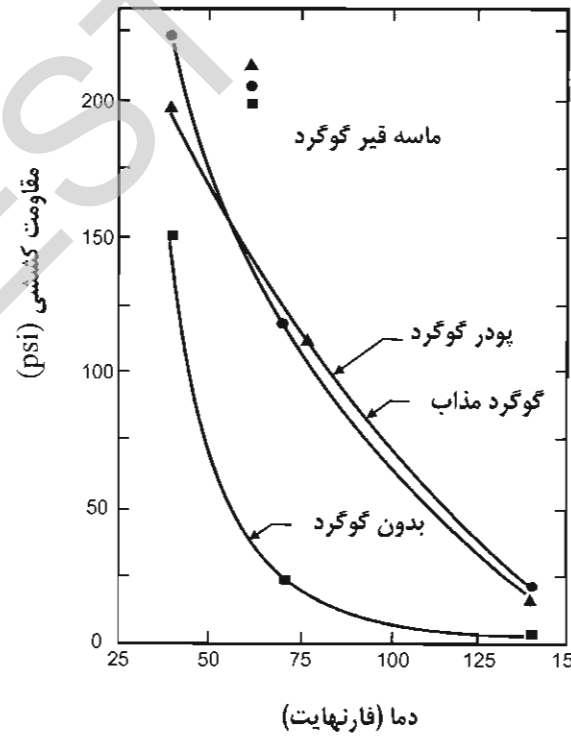


شکل ۶- طرح مارشال با نسبتهای متفاوت S/A [۳]

۴- تأثیر افزودن گوگرد بر دیگر خواص مخلوط آسفالتی حاوی ماسه بادی

فطانی و سلطان [۲] با توجه به اینکه مخلوط ماسه آسفالت گوگردی ساخته شده با روش معمولی بهترین نتایج را در آزمایشات مارشال نتیجه داد، دیگر آزمایشات خود را بر روی همین نوع نمونه که با ٥ درصد قیر، ١٥ درصد گوگرد و ٨٠ درصد ماسه بادی ساخته شده بود متمرکز نمودند. آنها با انجام آزمایش مقاومت کششی غیر مستقیم (شکل(۷)) و همچنین آزمایش فشاری در سه دمای متفاوت ٤/٥، ٢٥ و ٦٠ درجه سانتیگراد که در واقع میانگین پائین، متوسط و بالای مناطق بیابانی است دریافتند که با افزودن گوگرد به صورت پودر یا مذاب، مقاومت کششی نسبت به حالتی که در مخلوط از هیچگونه گوگردی استفاده نمی‌شود به شدت افزایش می یابد.

مخلوطهای فاقد گوگرد دارای مقاومت کششی بسیار پائینی هستند به خصوص زمانی که دمای آزمایش از ۲۵ درجه فراتر می رود. این موضوع در مورد ماسه آسفالت گوگردی نیز صادق است به این صورت که با افزایش دما مقاومت کششی و فشاری هر دو به شدت کاهش می یابند به طوری که در دمای ۶۰ درجه مقاومت کششی ماسه آسفالت گوگردی فقط اندکی بیشتر از ماسه آسفالت فاقد گوگرد می باشد. دلیل اصلی کاهش مقاومت کششی و مقاومت فشاری این مخلوط به دلیل نرمتر شدن قیر در دمای بالا و در نتیجه افزایش انعطاف پذیری مخلوط ماسه آسفالت گوگردی می‌باشد [۲].



شکل۷- اثر دما بر مقاومت کششی مخلوطهای مختلف [۲]

مدول گسیختگی مخلوط نیز جهت سنجش مقاومت خمشی با استفاده از نمونه ای به شکل تیر و اعمال سه بار نقطه ای بر روی آن اندازه گیری شد. افزودن گوگرد باعث افزایش قابل توجه مقاومت خمشی شد به طوری که در دمای ۲۵ درجه مخلوط بدون گوگرد از خود مقاومتی در برابر خمش نشان نداده و حتی قادر به تحمل وزن خود نبود، این در حالی است که مخلوط ماسه آسفالت گوگردی در همین دما مقاومتی در حدودpsi ۲۰۰ از خود نشان داد [۲].

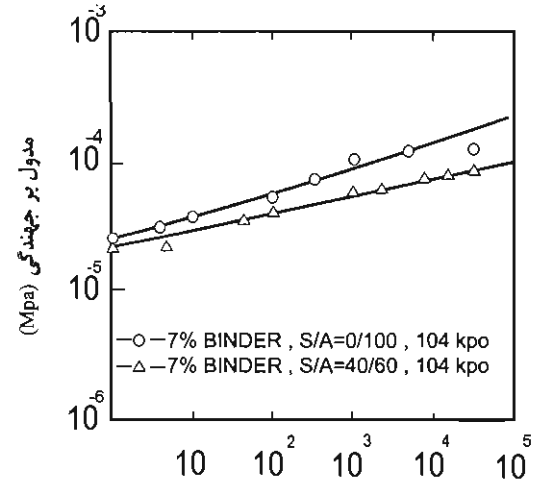
در انتها فطانی و سلطان [۲] جهت طرح ضخامت روسازی ساخته شده با مخلوط ماسه آسفالت گوگردی و با توجه به اینکه از تئوری الاستیک در طرح ضخامت خود استفاده نمودند اقدام به اندازه گیری مدول دینامیکی الاستیسیته نمودند. مدول دینامیکی الاستیسیته عبارت است از نسبت تنش اعمال شده به کرنش بازگشت پذیر که توسط اندازه گیریهای دینامیکی بدست می آید.

نتایج نشان دادند که گوگرد بر روی این خاصیت و ویژگی آسفالت نیز اثر مثبت داشته و دما نیز مانند موارد قبل موجب کاهش این مدول شده است. مدول دینامیکی بدست آمده در این آزمایش با یکسری از نتایج آزمایشات دیگر که بر روی بتن آسفالتی با دانه بندی توپر انجام گرفته بود مقایسه شد. مقایسه نتایج روشن ساخت که در دماهای پائین و در حدود ۶ درجه سانتیگراد مدول دینامیکی مخلوط گوگرددار اندکی از مقدار متوسط مخلوط آسفالتی با دانه بندی توپر کمتر است اما با افزایش دما به ۲۵ درجه سانتیگراد این مقدار از میزان متوسط مدول دینامیکی بتن آسفالتی بیشتر شده به طوری در دمای ۵۰ درجه مدول دینامیکی مخلوط گوگرددار از مقدار رنج بالایی مدول دینامیکی بتن آسفالتی نیز بیشتر شده است. بنابراین با طرح ضخامت مخلوط ماسه آسفالت گوگردی این نتیجه مهم حاصل شد که ضخامت اینگونه مخلوطها تحت بارگذاری و شرایط محیطی مشابه نسبت به مخلوطهای معمولی به نحوه چشمگیری کاهش می‌یابد [۲].

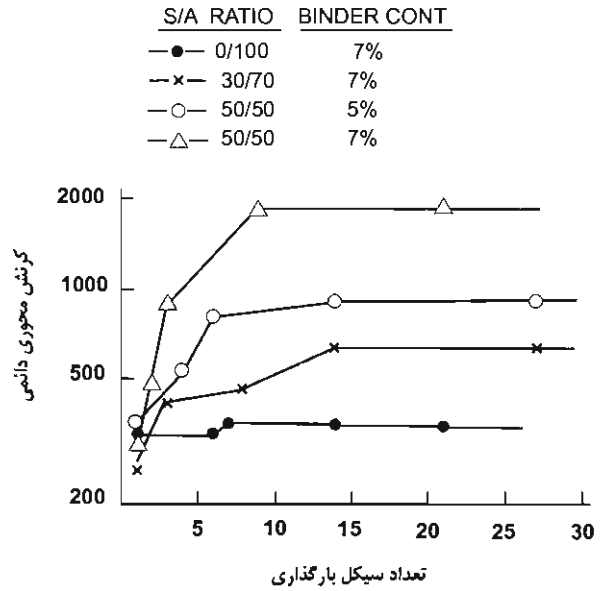
RIOEST

اکیلی [۳] نیز با انجام آزمایش مدول بر جهندگی بر روی ۱۰۰ نمونه مارشال با نسبتهای S/A متفاوت، درصد ماده چسباننده مختلف و همچنین درصدهای متفاوت از ماسه شکسته نحوهٔ تغییرات این مدول را با مورد بررسی قرار داد.

از شکل (۸) که نتیجه همین آزمایش را نشان می دهد می توان دریافت که ثابت نگه داشتن S/A و افزایش درصد ماده چسباننده و همچنین ثابت نگه داشتن درصد ماده چسباننده و افزایش نسبت S/A موجب افزایش مدول بر جهندگی خواهد شد. همچنین وی با انجام آزمایش بارگذاری تکراری سه محوری بر روی نمونه ها (شکل۹) در دماهای ۴۰،۳۲ و۵۰ درجه سانتیگراد دریافت که با افزودن گوگرد به مخلوط میزان شیارشدگی تغییر شکل دائم کاهش می یابد [۳].



شکل۸ تغییرات مدول برجهندکی با گذشت زمان عمل آوری [۳]



شکل ۹ رابطه کرنش محوری دائمی با تعداد سیکل بارگذاری [۳]

۵- نتیجه گیری

۱ - به منظور بررسی تأثیر نحوه اختلاط گوگرد بر خواص مخلوط ماسه آسفالتی سه روش با نامهای اختلاط معمولی (اختلاط ماسه و قیر با هم و افزودن گوگرد به مخلوط) اختلاط معکوس (اختلاط ماسه و گوگرد و افزودن قیر به مخلوط) و اختلاط همزمان (اختلاط همزمان ماسه، قیر، و گوگرد با یکدیگر) به کار گرفته شده است.

۲ - آزمایش استقامت مارشال، کشش مستقیم و آزمایش خزش بر روی یک تیر دو سر مفصل با بارگذاری وسط دهانه نشان داد که مقاومت مخلوط ساخته شده با روش معمولی از دیگر مخلوط ها بیشتر است.

۳- مخلوط های ساخته شده با روش معمولی و معکوس با مقدار ۱۵ درصد گوگرد به حداکثر استقامت مارشال خود می‌رسند. همچنین مخلوط های ساخته شده به روش معمولی استقامت مارشال بزرگتری نسبت به

مخلوطهای ساخته شده یا گوگرد مذاب را نتیجه دادند.

٤ -مخلوطهای ساخته شده با روش معکوس، معمولی و گوگرد مذاب به ترتیب بیشترین روانی مارشال را از خود نتیجه دادند.

٥ - در زمانی که از نسبت گوگرد به قیر ٤٠/٦٠ استفاده می شود افزایش قابل ملاحظه ای در استقامت مارشال و کاهش در روانی مخلوط های ماسه آسفالتی مشاهده می‌گردد.

٦ - اثرات افزایش دما بر روی مقاومت کششی مخلوط های دارای پودر گوگرد، گوگرد مذاب و بدون گوگرد یکسان بوده و با افزایش دما مقاومت کششی آنها نیز کاهش می یابد.

٧ - با توجه به تمامی آزمایشات انجام شده، افزودن گوگرد به مخلوط های دارای ماسه بادی باعث کاهش شیارشدگی این مخلوطها می گردد.

۶- مراجع

[١] محمودی، فرج الله (١٣٨١)، "پراکندگی جغرافیایی ریگزارهای مهم ایران"، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، تهران

[٢] Fatani M.N., Sultan H.A. (١٩٨١), Dune sand-aggregate mixes and dune sand-sulphur mixes for asphalt concrete pavements", Transportation Research Record, NO.٨٤٣, pp. ٧٢-٧٩

[٣] Akili w. (١٩٨٣), "On the use of sulphur in sand-asphalt application", Association of Asphalt Paving Technologists, Vol. ٥٢, pp. ٥٦١-٥٨٤

[٤] Kennepohl G.J.A. (١٩٧٥), "Conventional paving mixes with sulphur asphalt binder", Association of Asphalt Paving Technologists, Vol. ٤٤, pp. ٤٨٥-٥١٨

[٥] اکبر نیا،حسن (١٣٨١)، "کاربرد گوگرد در مخلوطهای آسفالت معمولی"، نشریه تحقیق در علوم مهندسی نفت، سال ١٢، شماره ٤٥ ، ، صفحه ٣٠-٣٧

[٦] Imants Deme (١٩٧٤), "Processing of sand-asphalt-sulphur mixes", Association of Asphalt Paving Technologists, Vol. ٤٣, pp. ٤٦٥-٤٩٠

RICEST

Evaluation the effect of sulfur usage on HMA containing dune sand

Mohammadreza Moghadam Nayeri, Msc in Road and Transportation Engineering, Ferdowsi University

Ali Asghar sadeqi, Phd student in Road and Transportation Engineering, Ferdowsi University

Abolfazl Mohammad zade, Phd Student in Road and Transportation Engineering, Ferdowsi University

E-mail: moghaddam@asphaltnemooneh.com

Abstract:

The area of deserts in Iran is 35385.08 square kilometer, more than 2 percent of the country area.

There is not much high quality coarse aggregate but there can be found a large amount of dune sand and other sand sediments.

In order to decrease the construction expenses by minimizing the long haulage, it is necessary to use dune sand in different layers. Availability of sulfur as a by-product in different countries and demanded growth for high quality materials of road construction, make the experts replace hot mix asphalt by sulfur mix asphalt. They evaluate the effect of this replacement on mix asphalt specification such as internal resistance and vulnerability decrease in various temperatures. The authors try to evaluate improving the mix asphalt containing dune sand specification by using sulfur.

Key words: Sulfur, Dune Sand, Asphalt Mixture, Marshall Test, Rutting