آنالیز استفاده از انواع دانه‌بندی نوع پیوسته، باز، متخلخل در رویه‌های آسفالتی داغ

بهمنیار ممنون*، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران

علی عبدی، استادیار، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی قزوین، قزوین، ایران

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: mamnoon.b2014@gmail.com

دریافت: ۱۳۹۶/۰۸/۱۲ – پذیرش: ۱۳۹۷/۰۲/۱۵

صفحه ۲۹۶-۲۷۹

چکیده

دانه بندی مصالح سنگی در واقع استخوان بندی و ساختار اصلی مخلوط آسفالتی را تشکیل می دهد و از مهمترین عوامل ایجاد مقاومت در برابر خرابی روسازی است. مصالح سنگی درصد زیادی از یک مخلوط آسفالت داغ را تشکیل می دهد.در نتیجه خصوصیات مصالح سنگی مخلوط، تأثیر بسزایی بر خصوصیات مخلوط تهیه شده از آن می گذارد. مطالعه ضر با عنوان، تحلیل فنی استفاده از انواع دانه بندی نوع پیوسته، باز، متخلخل مصالح سنگی در رویه های آسفالتی داغ، یکی از اولین مطالعاتی است که در آن سه نوع دانه-بندی باز، پیوسته و متخلخل در ساخت بتن آسفالتی، با هم مقایسه میگردند. هدفی که در این تحقیق مد نظر است، ارتقا عمر و عملکرد آسفالت در کشور و خصوصاً در استان بوشهر با استفاده از دانه بندی های رایج در ایران و تعیین دانه بندی مناسب در اختلاط بتن آسفالتی مورد استفاده در شبکه جاده ای استان بوشهر می باشد. برای به دست آوردن قیر بهینه، آزمایش مارشال بر روی ۱۰۸ نمونه مخلوط مصالح سنگی با تعداد ۶ درصد مختلف قیر انجام شد. در نتیجه با توجه به نمودارهای مارشال، استحکام مارشال مخلوط های تهیه شده با قیر بهینه در دانه بندی شماره ۲ نوع متخلخل بیشتر از سایر دانه بندی ها و روانی مارشال دانه بندی نوع ۵ پیوسته کمتر از سایر دانه بندی ها بود. همچنین بیشترین سختی مارشال مربوط به مخلوط های دانه بندی شماره ۱ نوع متخلخل و کمترین آن مربوط به دانه بندی شماره ۵ نوع باز می باشد.

واژه های کلیدی:

۱-مقدمه

صنعت راهسازی و طراحی شبکه راه‌های کشور و اهمیت اداره، توسعه، نگهداری و بهره برداری از آن به عنوان رکن حمل و نقل جادای از اجزا لاینفک و محور اصلی توسعه پایدار اقتصادی، فرهنگی و اجتماعی و حتی

سیاسی محسوب می شود که بدون آن تصور هرگونه پیشرفت و توسعه‌ای غیرممکن به‌نظر می‌رسد(٤). در ایران به علت وجود منابع نفتی و فراورده‌های قیری به جز موارد خاص، در روسازی راه‌ها و خیابان‌ها معمولاً از بتن آسفالتی داغ استفاده می‌شود. از آن جا که سطوح آسفالتی راه‌ها و خیابان‌ها قابل ملاحظه بوده و همه ساله اعتبارات هنگفتی را به خود اختصاص می‌دهد، این تأسیسات ارتباطی بخش قابل توجهی از ثروت های ملی را تشکیل می‌دهد. با توجه به اینکه کلیه راه‌ها و خیابان‌ها به طور مداوم تحت تأثیر عوامل مخرب عبور وسایل نقلیه و آب و هوا قرار داشته و به تدریج آسیب دیده و معیوب می گردد و در نتیجه این سرمایه ملی مستهلک شده و از ارزش آن می‌کاهد، کاملاً از نظر اقتصادی ضروری و منطقی است که با صرف هزینه های متناسب موجبات افزایش دوام و عمر آسفالت راه‌ها فراهم آید. خرابی رویه آسفالتی راه‌ها نه تنها کیفیت عبور را کاهش می‌دهد بلکه موجب خرابی سایر قشرهای روسازی و جسم خاکریز راه شده و خسارات بیشتری را به وجود می‌آورد. در طی چند سال اخیر به دلیل افزایش میزان آمد و شد وسایل نقلیه سنگین با انواع مختلف محورها، خصوصاً در راه‌های استان بوشهر نیاز به طرح مخلوط‌های آسفالتی مناسب برای رسیدن به مقاومت حداکثر در مخلوط‌های آسفالتی احساس می‌شود. سنگدانه‌ها در مخلوط آسفالتی نقش اسکلت سازه ای و باربر مخلوط آسفالتی را بر عهده دارند به طوری که بار ترافیکی توسط اندرکنش بین سنگدانه‌ها تحمل می‌شود که این خود بیانگر نقش مهم دانه بندی نیز است. تأثیر دانه‌بندی مصالح سنگی بر عملکرد مخلوط‌های آسفالتی داغ، مدت‌ها است که مورد بحث و تفحص قرار گرفته است. دانه‌بندی مصالح سنگی در واقع استخوان بندی و ساختار اصلی مخلوط آسفالتی را تشکیل می‌دهد و از مهمترین عوامل ایجاد مقاومت در برابر خرابی روسازی است(٨). لذا در این موارد استفاده از مخلوطی که بتواند با دانه‌بندی مناسب مصالح سنگی، حداکثر مقاومت و کارایی لازم را داشته و از بوجود آمدن انواع تغییر شکل‌ها در روسازی بکاهد، ضروری به نظر می‌رسد. یکی از متداولترین دانه بندی هایی که در کشورهای مختلف جهت تهیه HMA استفاده می شود، دانه بندی های پیشنهاد شده توسط آیین نامه های فنی می باشد. اما در مناطق مختلف با معادن شن و ماسه مختلف ممکن است دانه بندی هایی به غیر دانه بندی های آیین نامه ای عملکرد بهتری از خود نشان دهند. در این تحقیق ٦ نوع دانه بندی یعنی دانه بندی های انتخاب شده از نشریه ٢٣٤ از بین دو نوع دانه بندی پیوسته بتن آسفالتی (دانه بندی‌های شماره ٤ و ٥)، دو نوع دانه بندی باز بتن آسفالتی (دانه بندی های شماره ٤ و ٥) و دو نوع دانه‌بندی متخلخل بتن آسفالتی (دانه‌بندی‌های شماره ١ و ٢) انتخاب می‌شوند و نتایج حاصل از آزمایش مارشال هر یک با هم مقایسه می‌شوند.

٢-پیشینه تحقیق

پروژه بزرگی در مقوله دانه بندی توسط "موسسه ملی برنامه تحقیق بزرگراه‌ها" بر روی ناحیه ممنوعه در مشخصات دانه بندی روش سوپرپیو انجام شد که در ادامه تشریح می شود:

هدف از این پروژه ارزیابی تأثیر ناحیه ممنوعه سوپرپیو بر تغییر شکل دائم مخلوط‌های توپر HMA بر اساس یک مطالعه آماری با کنترل آزمایشگاهی بود. هدف اصلی پروژه تعیین شرایطی بود که رعایت عدم تداخل منحنی دانه بندی با ناحیه ممنوعه، حتی در صورتی که سایر الزامات روش سوپرپیو، مانند زاویه داری مصالح ریزدانه و معیارهای حجمی مخلوط رعایت شوند، الزامی است. در

نهایت نتیجه‌گیری شد که مخلوط‌هایی که پیش شرط‌های دانه‌بندی روش سوپرپیو را رعایت کرده و از منحنی دانه بندیشان از ناحیه ممنوعه عبور کرده است، عملکرد مشابه یا حتی بهتر از مخلوط‌های با دانه بندی خارج از ناحیه ممنوعه نشان دادند. در نتیجه الزامات مربوط به ناحیه ممنوعه، در صورتی که مخلوط سایر پارامترهای حجمی سوپرپیو را رعایت کند، اضافی باشند. در پایان توصیه شد که ناحیه ممنوعه از الزامات و نیز راهنماهای روش سوپرپیو حذف شود.

۳-پروژه‌های در ارتباط با مقوله شیارشدگی

در مقوله شیارشدگی پروژه‌های زیادی انجام شده که در ادامه تشریح می شود.

کمپن و دیگران، پروژه بازسازی راه‌های سطح شهر اوماها در نیراسکا را مورد بازرسی قرار دادند. شیارشدگی در مکان‌هایی که ترافیک جهت‌دهی می‌شد یا در محل‌های گردش یا در ایستگاه‌ها اتوبوس اتفاق می افتاد. آن ها گزارش دادند که درصد فضای خالی مصالح سنگی در مخلوط های بکار رفته به دلیل استفاده از یک دانه بندی توپر کم بوده و این سبب عملکرد ضعیف لایه رویه آسفالت شده بود. در نتیجه ضخامت بیشتر برای لایه رویه پیشنهاد شد (۱۹٦۱). فاستر عنوان کرده است که شیارشدگی در نقاط توقف ترافیک اتفاق می افتد، چرا که در آنجا تراکم آسفالت بیشتر بوده و در نتیجه درصد فضای خالی آسفالت کمتر از جایی است که ترافیک در حال جریان است(۱۹٦۱). مانیسمیت و ولگرا مطالعه‌ای انجام دادند که نشان داد که افزایش چگالی بعضی از مخلوط‌های آسفالتی از یک دوره زمانی سبب کاهش مقاومت آن‌ها در برابر تغییر شکل دائم می‌شود. این امر دقیقاً نقطه عکس مفهومی است که امروزه بطور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد که افزایش چگالی یک مخلوط آسفالتی سبب افزایش استقامت آن می‌شود (۱۹۵٦). لینگل داده‌های آن‌ها را در رابطه با درصد فضای خالی مصالح سنگی و درصد قیر مورد آنالیز قرار داد. او مشاهده کرد که در درصد قیرهای بالاتر، مخلوطی که بیش از همه متراکم شده است بیشترین مقاومت از دست داده را نشان می‌دهد. زمانی که چگالی مخلوط به بیشترین چگالی تئوریک نزدیک می‌شود و زمانی که مخلوط بیش از آن نمی‌تواند تحکیم شود، استقامت خود را به سرعت از دست داده و شروع به شیرشدگی می کند.

از پروژه‌هایی که در مورد تغییر شکلهای دائم صورت گرفته است نتیجه گیری می شود که رعایت نکات زیر در طرح مخلوط آسفالت بطور کلی مشکلات شیارشدگی روسازی آسفالتی را کاهش می‌دهد:

۱- درصد قیر کمتر: درصد بیشتر قیر برای افزایش عمر خستگی و دوام مخلوط آسفالتی مورد نیاز است؛ اما این امر سبب افزایش شیارشدگی می شود. مخلوط باید هر دو مسأله عمر خستگی و مقاومت در برابر تغییر شکل دائم را به حداکثر برساند.

۲- دانه بندی درشت تر: در دانه بندی‌های ریزتر یا دانه بندی‌های با درصد ماسه بالا، شیارشدگی بیشتر اتفاق می‌افتد.

۳- زاویه دار بودن و سطح ناصاف مصالح: این امر بویژه برای بخش ریزدانه مصالح مناسب است.

٤- افزایش درصد فضای خالی: مخلوط های دارای درصد فضای خالی مصالح سنگی کمتر و درصد قیر زیادتر عموماً درصد فضای خالی بسیار پایینی پس از متراکم شدن در اثر ترافیک دارند. این مخلوط‌ها پس از رسیدن به سطحی از تراکم، مقاومت خود را از دست داده و آغاز به شیار شدگی می کنند.

۵- قیر با ویسکوزته بیشتر: مخلوط‌های دارای قیر با ویسکوزیته بیشتر در دمای ٦٠ درجه سانتی گراد مقاومت بیشتری در برابر شیارشدگی دارند.

٦- درصد فیلر بیشتر. افزایش درصد فیلر در مخلوط سبب افزایش سختی قیر مخلوط می شود.

۷- مصالح با اندازه بزرگتر: در درصد قیر مناسب، مخلوط‌های تهیه شده از مصالح با اندازه بزرگتر، بیشتر در برابر تغییر شکل‌های دائم مقاوم هستند.

پایان نامه‌های زیادی در زمینه دانه‌بندی آسفالت و تأثیرات آن بر عملکرد آسفالت انجام شده است. نتایج بسیاری از این پایان نامه‌ها به صورت مقالاتی که در بخش"بررسی مقالات و کنفرانس‌ها" بیان شد، ارائه شدند. در ادامه به چند پایان‌نامه دیگر در ارتباط با موضوع مورد نظر پرداخته می‌شود. ارتباط بین استقامت و روانی مارشال و شیارشدگی مخلوط‌های آسفالتی جدید مالزی (۲۰۰٦) فشار چرخ و افزایش تکرار بارگذاری اصولاً به‌عنوان دلیل اصلی افزایش شیارشدگی زودرس روسازی‌های آسفالتی می‌باشد. در نتیجه لازم است که مخلوط‌های HMA ارتقاء داده شوند تا توانایی مقاومت در برابر این افزایش تنش را داشته باشند. بسیاری از ادارات روسازی راه برای طراحی مخلوط‌های HMA از روش مارشال استفاده می‌کنند و این امر واضح است که باید تغییراتی در مصالح HMA داده شود تا از میزان شیار شدگی آن کاسته شود. استقامت HMA ، یکی از موارد مهم است که بر عملکرد میدانی آسفالت اثر می گذارد. افزایش استقامت مخلوط به دلیل اتصال و تماس ذرات و کاهش درصد فضای خالی مصالح سنگی، ناشی از دانه‌بندی است که بیشترین چگالی را فراهم کند. با این وجود باید درصد فضای خالی کافی فراهم باشد تا بتوان به مقدار کافی قیر به مخلوط اضافه کرد تا از دوام آن اطمینان حاصل شود و در ضمن همچنان مقدار فضای خالی وجود داشته باشد تا شیارشدگی و قیرزدگی اتفاق نیافتد. مشخصات مخلوط‌های داغ آسفالتی می تواند به میزان زیادی از دانه بندی مصالح تأثیرپذیر باشد. در نتیجه دانه بندی به عنوان مهم ترین مشخصه مصالح سنگی شناخته می‌شود که بر عملکرد روسازی‌های آسفالتی اثر می‌گذارد. در مالزی، شیار شدگی یک مشکل اساسی روسازی‌ها می‌باشد و لازم است توجه بیشتری به مصالحی که انتخاب می‌شوند مبذول داشت تا این مشکل کاهش یابد. اخیراً استاندارد جدیدی برای مخلوط‌های آسفالتی ابلاغ شده که مقاومت در برابر شیارشدگی مخلوط‌ها را افزایش می‌دهد. بر اساس این مطالعه نتیجه گیری می‌شود همبستگی خاص بین استقامت و روانی مارشال و پتانسیل شیارشدگی مخلوط‌ها وجود ندارد. در نتیجه نمی‌توان از روانی و استقامت جهت پیش بینی پتانسیل شیارشدگی مخلوط‌های آسفالتی جدید مالزی استفاده کرد.

٤-انواع مخلوط های داغ آسفالتی

انواع مختلفی از مخلوط‌های داغ آسفالتی موجود است که بر حسب نوع مصالح سنگی، نوع قیر و نسبت اجزای مصرفی متفاوت می باشند. هریک از انواع مخلوط‌های داغ آسفالتی مصرف خاص خود را دارند. ازلحاظ کاربرد مخلوط‌های داغ آسفالتی، بسته به حداکثر اندازه اسمی مصالح سنگی و درصدهای قیر بکار رفته در آن، در قشر اساس راه) به عنوان اساس قیری (قشر آستر) بیندر (و قشر رویه) توپکا (استفاده می‌شوند. درآیین نامه روسازی آسفالتی راههای ایران (۱۰) ، برای مصالح سنگی بکار رفته در اساس قیری، حداکثر اندازه اسمی مصالح ۱۹ تا ۳۷/۵ میلیمتر، برای قشر آستر،۱۲/۵ تا ۲۵ میلیمتر و برای قشر رویه، ٤/۷۵ تا ۱۲/۵ میلیمتر در نظر گرفته شده است. آسفالت داغ از دیدگاه دیگر به سه گروه بتن آسفالتی، رلد آسفالت و آسفالت ماستیک تقسیم می‌شود.

درجدول زیر پاره‌ای از مشخصات انواع مذکور ارایه شده است.

جدول ۱. مشخصات انواع آسفالت داغ

نوع آسفالت	درجه نفوذ در ۲۵	درصد قیر در آسفالت	درصد فیلر در آسفالت
بتن آسفالتی	۶۰-۱۰۰	٤ تا ۸	٤ تا ۱۰
رلد آسفالت	٤۰-۷۰	۵ تا ۱٤	۷ تا ۱٤
آسفالت ماستیک	۲۰-۳۰	۱۱ تا ۱۷	۳۰ تا ۵۰

جدول ۲. تناسب روش طرح آسفالت داغ با نوع دانه‌بندی مصالح

نوع آسفالت	روش آزمایش و طرح		
	هابر فیلد	مارشال	ویم
آسفالت با دانه بندی باز	نامناسب	نامناسب	نا مناسب
آسفالت درشت دانه	نامناسب	نسبتاً مناسب	مناسب
آسفالت با دانه بندی پیوسته	نامناسب	مناسب	مناسب
آسفالت دانه ریز	نامناسب	مناسب	مناسب

از میان انواع مذکور بتن آسفالتی در ایران رواج دارد. پیش از معرفی روش سوپرپیو توسط SHRP، بتن آسفالتی معمولاً با سه روش مارشال، هابرفیلد و ویم طراحی می شد. در جدول ۱ تناسب روش طرح آسفالت داغ ارائه شده با نوع دانه بندی مصالح آن ارائه شده است. دانه‌بندی‌های استفاده شده در تحقیق یکی از متداولترین دانه بندی هایی که در کشورهای مختلف جهت تهیه HMA استفاده می شود، دانه بندی های پیشنهاد شده توسط آیین-نامه های فنی می باشد. اما در مناطق مختلف با معادن شن و ماسه مختلف ممکن است دانه بندی هایی به غیر دانه بندی های آیین نامه ای عملکرد بهتری از خود نشان دهند.در این تحقیق ٦ نوع دانه بندی یعنی دانه بندی های انتخاب شده از نشریه ۲۳٤ از بین دو نوع دانه بندی پیوسته بتن آسفالتی)دانه بندی‌های شماره ٤ و ۵)، دو نوع دانه بندی باز بتن آسفالتی(دانه بندی های شماره ٤ و ۵) و دو نوع دانه بندی متخلخل بتن آسفالتی (دانه بندی های شماره ۱ و ۲) انتخاب می‌شوند و نتایج حاصل از آزمایش مارشال هر یک با هم مقایسه می‌شوند. بر اساس نشریه ۲۳٤، دانه بندی شماره ۳ برای اساس قیری و قشر آستر (بیندر)، دانه‌بندی شماره ٤ برای قشر آستر(بیندر) و قشر رویه(توپکا)، دانه بندی های شماره ۵، ٦ و ۷ برای قشر رویه قابل استفاده است. Test of حداکثر اندازه سنگدانه ها در قشر رویه بین ۹/۵ تا ۱۹ میلی‌متر می باشد که با توجه به بافت سطحی مورد نیاز و نوع ترافیک و شرایط آب و

هوایی، انتخاب می شود. حداکثر اندازه سنگدانه‌های قشر آستر (بیندر) از ۱۹ تا ۳۷/۵ میلی‌متر و اساس قیری تا ۵۰ میلی متر و در مواردی تا ۷۵ میلیمتر می رسد. از دانه بندی‌های قشر بیندر با سنگدانه‌های حداکثر اندازه ۲۵ میلیمتر برای قشر رویه استفاده می‌شود.

آزمایش دانه بندی(تر- خشک)

معمولاًبا الک های استاندارد به شرح زیر انجام می‌شود:

الک ۳/٤ اینچ، الک ۳/۸ اینچ، الک نمره ٤، نمره ۸، نمره ١٦، نمره۳۰، نمره ۵۰، نمره ۱۰۰ و نمره ۲۰۰.

اندازه الک های مختلف در استاندارد AASHTO M92-82 درج گردیده است. الک شماره ٤ بدین مفهوم است که چنین الکی در طول هر اینچ دارای چهار سوراخ و بالطبع در سطح یک اینچ مربع دارای ١٦سوراخ می باشد. همین طور الک شماره ۸ و ١٦ و....

دانه‌بندی مصالح سنگی با تعیین میزان گذشته نسبی(Passing) مصالح از الک‌های مختلف مشخص می‌گردد. انجام دانه بندی بر اساس استاندارد AASHTO M92-82 انجام می‌شود. تقسیم‌بندی مصالح سنگی با توجه به درشتی دانه ها و بر اساس استاندارد ASTM D442 به شرح زیر می باشد:

دانه‌های رد شده از الک شماره ٤ و مانده روی الک شماره ۲۰۰ (۷۵میکرن): ماسه (Sand)

دانه‌های ریزتر از الک شماره ۲۰۰ و درشت‌تر از الک ۵ میکرن: سیلت (Silt)

دانه‌های ریزتر از ۵ میکرن: رس (Clay)

دانه‌های ریزتر از یک میکرن: کلوئیدها (Colloide)

اصولاً دانه‌بندی مصالح سنگی خام به ما امکان می‌دهد تا درصد مصالح ریزدانه‌ای را که می‌بایست قبل از ورود مصالح خام (Raw Material) به سنگ شکن از آن جدا شود، مشخص نماییم.

در این تحقیق، مصالح سنگی از مصالح رودخانه ای با اجزاء زیر آماده گردید:

فیلر، ماسه شکسته (٦-۰)، شن ریز (۱۲-٦)، شن متوسط (۱۹-۱۲)، شن درشت (۲۵-۱۹) و سپس مشخصات اجزاء طبق جدول (۳-۲) به دست آمد: حدود دانه بندی لازم برای هر یک از اجزاء مصالح سنگی در ساخت مخلوط های بتن آسفالتی در آئین نامه ۲۳٤ آمده است.

آزمایش درجه نفوذ قیر

این آزمایش برای تعیین سختی نسبی قیرهای خالص و دمیده بکار می رود. طبق تعریف درجه نفوذ یک قیر مقدار طول (بر حسب دهم میلی متر) است که سوزن استانداردی با شکل معین در مدت زمان ۵ ثانیه تحت اثر یک وزنه ۱۰۰ داغی در قیر مورد آزمایش که در درجه حرارت۲۵ فرو می رود. درجه نفوذ کمتر نشان دهنده قیر سخت تر و درجه نفوذ بیشتر نشانه قیر نرم تر است. قیرهای معمولی در راهسازی دارای درجه نفوذ ۶۰/٤۰،۷۰/۵۰ و ۸۵/۱۰۰ و در بعضی موارد ۱۲۰/۱۵۰ و ۲۰۰/۳۰۰ می باشند. هر قدر آب و هوای منطقه داغتر یا میزان آمد و شد وسایل نقلیه بیشتر باشد، باید از قیر با درجه نفوذ کمتری استفاده کرد و بالعکس. در این مطالعه آزمایش تعیین درجه نفوذ قیر به روش ASTM-D5، انجام شد. نتیجه این آزمایش در جدول ٤ ارائه شده است.

جدول ۳. مشخصات اجزاء مصالح سنگی مورد استفاده

درصد مصالحی که از الک عبور می‌کند							
اندازه الک	"۳/٤	"۱/۲	#٤	#۸	#۳۰	#٥۰۰	#۲۰۰
۱۹–۲٥	۳	۳	–	–	–	–	–
۱۲–۱۹	۹۸/٤	٤۲/۹	۰/۳	۰/۲	–	–	–
٦–۱۲	–	–	۱۹/٤	۰/۹	–	–	–
۰–٦	–	–	۹۲/۳	٥٥/٦	۱۲/۳	۲/٤	۲
فیلر	–	–	–	۹۹/۹	۹۷	۷۷/۲	٦٥/٦

جدول ٤. رواداری قیر نسبت به قیر بهینه- نشریه ۲۳٤

لایه روسازی	درصد رواداری
اساس قیری	±٥
آستر	±٤
رویه	±۳

٥-آزمایش تعیین نقطه نرمی قیر

تغییر حالت قیرهای خالص از جامد به مایع در اثر افزایش درجه حرارت، بطور تدریجی انجام می پذیرد و سرعت این تغییر حالت برای قیرهای مختلف متفاوت است. درجه حرارتی که در آن درجه حرارت، قیر حالت نرمی پیدا می‌کند، نقطه نرمی قیر نامیده می‌شود. نقطه نرمی قیر توسط روشی به نام گلوله و حلقه اندازه گیری می‌شود که در آن نقطه نرمی عبارت است از درجه حرارتی که در آن گلوله‌ها از حلقه‌ها عبور کرده و به سطح برنجی تحتانی به فاصله ۲٥ میلی‌متر آن می رسند. آزمایش نرمی به منظور مقایسه حساسیت قیرها نسبت به تغییرات درجه حرارت آزمایش تعیین درجه نرمی انجام می‌شود. نقطه نرمی برای تعیین نشانه درجه نفوذ قیر بکار می‌رود.

یکی از اهداف این آزمایش محاسبه مقدار مقاومت قیر خالص و مصالح ساخته شده با آن قیر است.

٦-آزمایش خاصیت انگمی

قیری که در راهسازی استفاده می‌شود باید دارای خاصیت چسبندگی زیاد باشد تا دانه‌های مصالح سنگی را بخوبی اندود کرده و آنها را به یکدیگر بچسباند. برای تعیین نشانه ای از خاصیت چسبندگی قیرهامعمولاً مقدار قابلیت شکل پذیری آنها اندازه‌گیری می‌شود. هر اندازه قیری چسبنده تر باشد، دارای قابلیت شکل پذیری بیشتری است.خاصیت شکل پذیری قیر عبارت است از مقدار ازدیاد طول یک نمونه قیر، قبل از پارگی آن هنگامی که دو انتهای نمونه تحت اثر یک سرعت و دمای معین کشیده می‌شوند. آزمایش در دمای۲۵ درجه سانتی گراد و با سرعت 5 cmmin انجام می‌گیرد.

نمونه قیر دارای سطح مقطع ۳۱ سانتی‌متر است و مقدار افزایش طول نمونه قیر در لحظه پاره شدن بر حسب سانتی متر، شکل پذیری قیر است. خاصیت انگمی به درجه سختی قیر بستگی دارد. قیری که خاصیت انگمی آن کم باشد، سخت و شکننده است.

در صورتی که قیر خاصیت انگمی مناسبی داشته باشد و در آسفالت استفاده گردد، در فصل سرد زمستان به ندرت بر روی آن ترک ایجاد می شود. تنش حاصل از عبور وسایل نقلیه، قیر آسفالت را به جنبش حقیقی وا می دارد. لذا چنانچه قیر مصرف شده در تهیه آسفالت، فاقد خاصیت انگمی باشد، این جنبش ها باعث پیدایش ترک، مخصوصاً در فصل زمستان است. خاصیت انگمی به سختی قیر نیز بستگی دارد. هر چقدر قیر سخت تر باشد، دارای خاصیت انگمی کمتری است. برای اینکه قیر در مقابل تغییرات درجه حرارت که سبب انبساط و انقباض آن می شود مقاوم باشد باید دارای خاصیت انگمی مناسبی باشد.

موضوعات مورد نظر

موضوعات مورد نظر که باید برای هر دانه بندی، در مورد آنها اطلاعات جمع‌آوری شود عبارتند از: تغییر پارامترهای مارشال نمونه‌های مختلف با تغییر درصد قیر مخلوط، مقاومت مارشال نمونه‌های اصلی. در ادامه به شرح هر یک از این موارد پرداخته می‌شود.

تغییر پارامترهای مارشال نمونه‌های مختلف با تغییر درصد قیر مخلوط

همانطور که قبلاً بیان شد، پارامترهای مارشال عبارتند از: استقامت (مقاومت) مارشال، روانی، وزن مخصوص آسفالت، درصد فضای خالی و درصد فضای خالی مصالح سنگی. پارامترهایی که جهت تعیین قیر بهینه مورد استفاده قرار می‌گیرد، مقاومت مارشال، وزن مخصوص و درصد فضای خالی آسفالت است و پارامترهای دیگر فقط به عنوان کنترل مورد استفاده قرار می گیرند. البته در بعضی روش‌ها، مانند روش NAPA، فقط درصد فضای خالی ملاک کار بوده و بقیه پارامترها کنترل می‌شوند. دانه بندی مصالح سنگی یک مخلوط آسفالتی، یکی از موارد تأثیرگذار بر پارامترهای مارشال است. بنابراین تأثیرات دانه بندی بر این پارامترهای پنج گانه یکی از موارد مورد نظر این تحقیق می‌باشد.

مقاومت مارشال نمونه های اصلی

با وجود اینکه استحکام مارشال و روانی مخلوط های آسفالتی ارتباط دقیق با عملکرد واقعی یک مخلوط

آسفالتی ندارد، مقاومت مارشال همچنان به عنوان یک پارامتر مورد اعتماد در بسیاری از کشورها، منجمله ایران، برای دستیابی به یک مخلوط آسفالتی با عملکرد مناسب می‌باشد. بنابراین مقایسه استقامت مارشال مخلوط‌های مورد مطالعه، یکی از مواردی است که مورد نظر این تحقیق قرار می‌گیرد. از آنجا که در عمل آسفالت مورد استفاده، آسفالت تولید شده با قیر بهینه است، در اینجا نیز نمونه های ساخته شده با قیر بهینه مورد مقایسه قرار می‌گیرند.

سختی مارشال نمونه های اصلی

همانطور که در بند قبل عنوان شد، استحکام مارشال و روانی مخلوط های آسفالتی ارتباط دقیق با عملکرد واقعی یک مخلوط آسفالتی ندارد. بنابراین مفهومی به نام Marshall Stiffness یا سختی مارشال مطرح شد که در بر دارنده هر دو پارامتر مذکور باشد. مطالعات انجام شده نشان می‌دهند مخلوط‌هایی که دارای سختی مارشال بیشتری هستند غالباً دارای مقاومت بیشتری در برابر تغییر شکل‌های دائم هستند. در نتیجه این پارامتر نیز برای نمونه‌های تهیه شده از قیر بهینه مورد بررسی قرار خواهد گرفت. منحنی رسم شده جهت دستیابی به درصد قیر بهینه برای هر دانه‌بندی با توجه به پارامترهای بدست آمده در قبل، اقدام به رسم منحنی‌های زیر گردید و به کمک این منحنی‌ها و نیز معیارهای آیین‌نامه روسازی راه‌های ایران، درصد قیر بهینه برای هر دانه‌بندی تعیین شد.

منحنی‌های مربوطه عبارتند از:

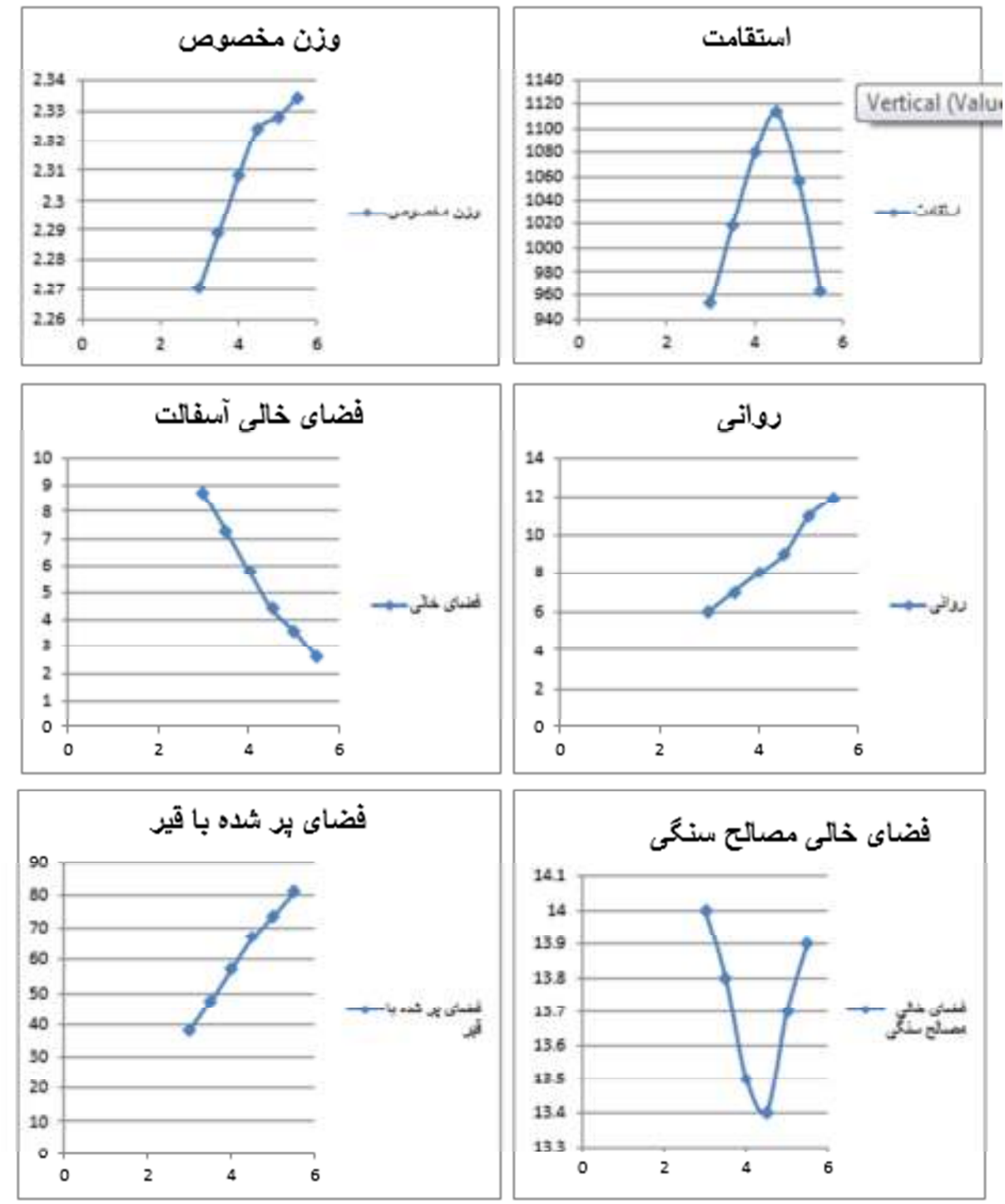
۱. منحنی نمایش تغییرات وزن مخصوص واقعی آسفالت نسبت به درصد قیر

۲. منحنی نمایش تغییرات مقاومت فشاری (مارشال) آسفالت نسبت به درصد قیر

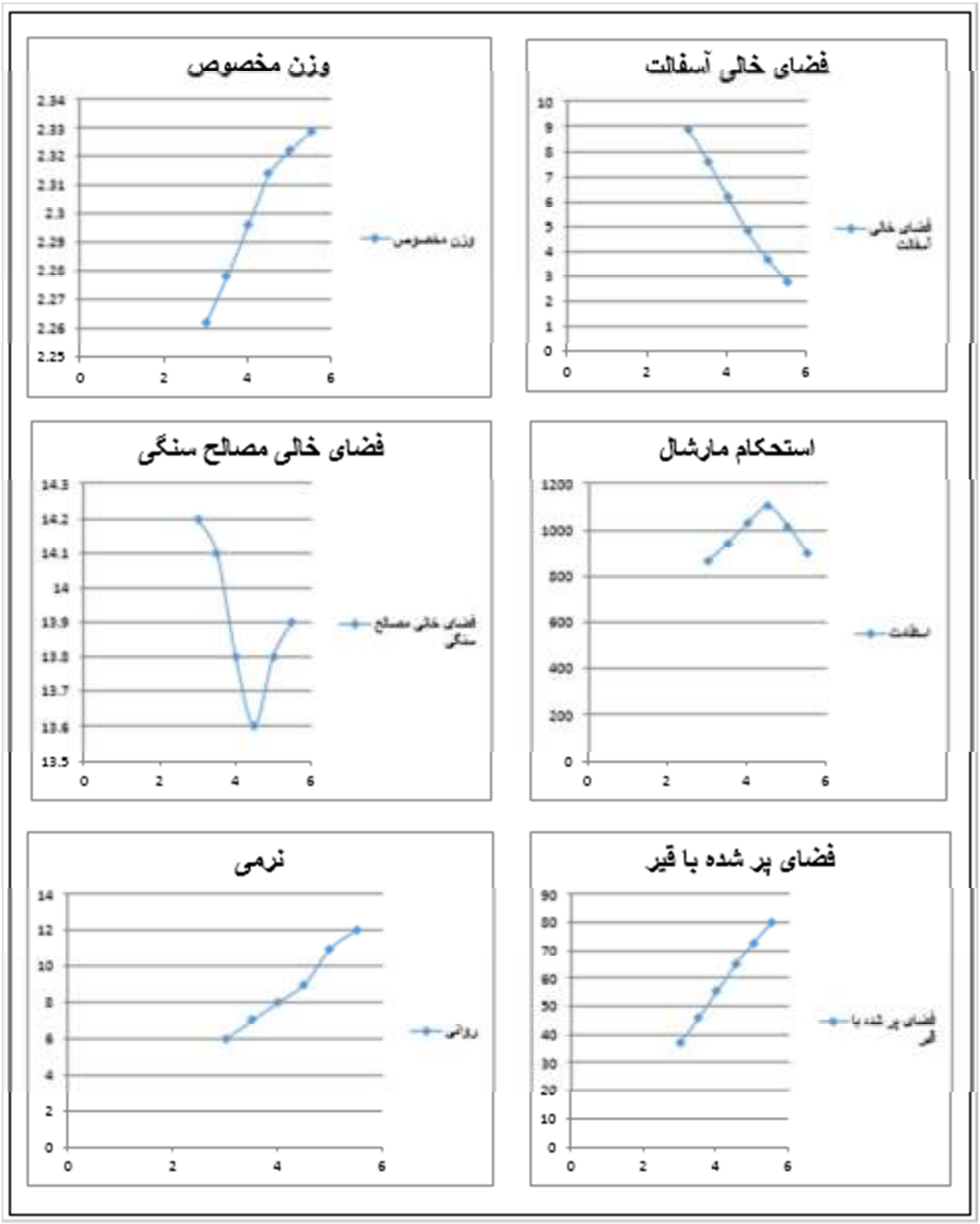
۳. منحنی نمایش تغییرات شکل نسبی آسفالت (وارفتگی) نسبت به درصد قیر

٤. منحنی نمایش تغییرات درصد حجمی فضای خالی آسفالت نسبت به درصد قیر

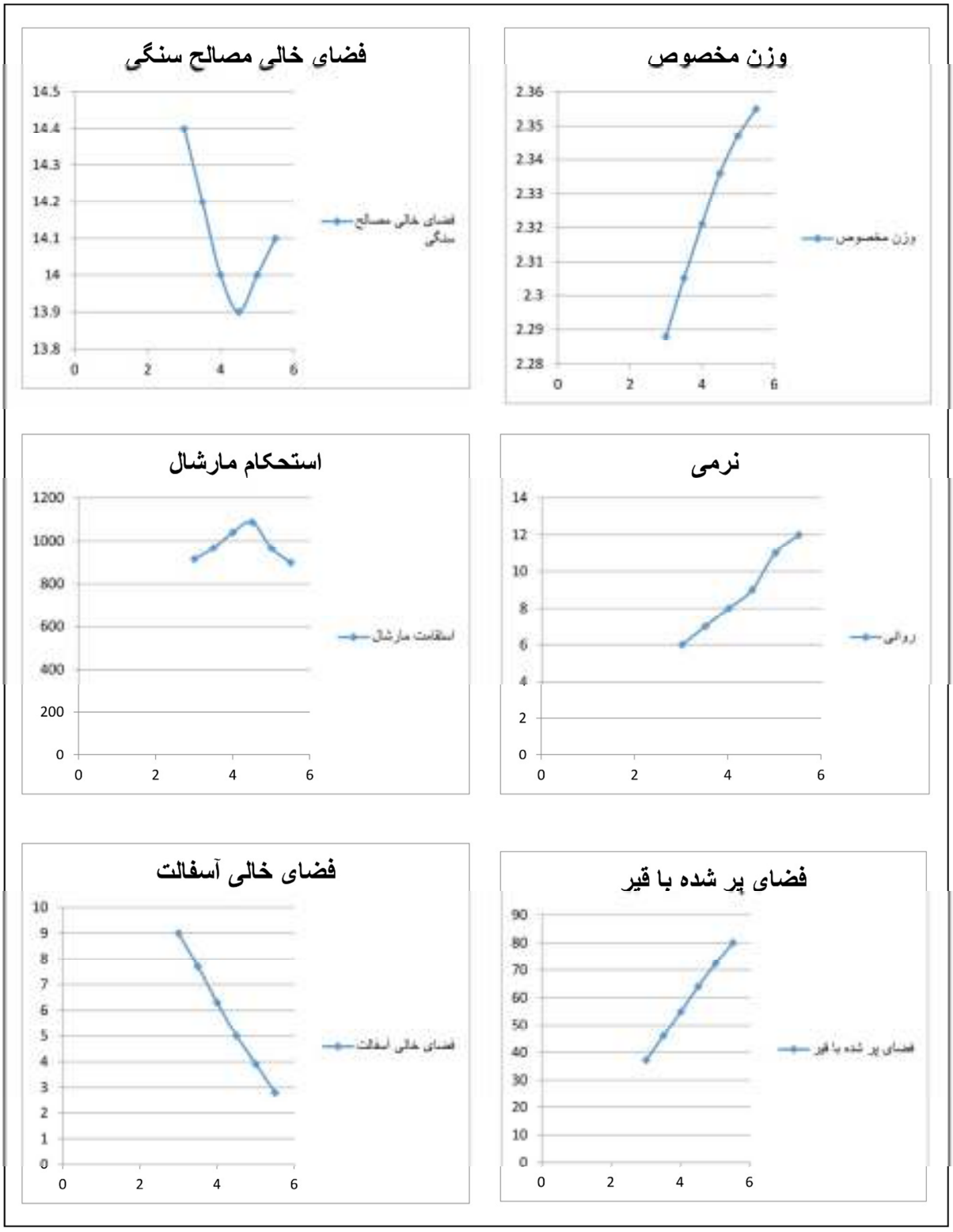
۵. منحنی نمایش تغییرات درصد حجمی فضای خالی مصالح سنگی نسبت به درصد قیر



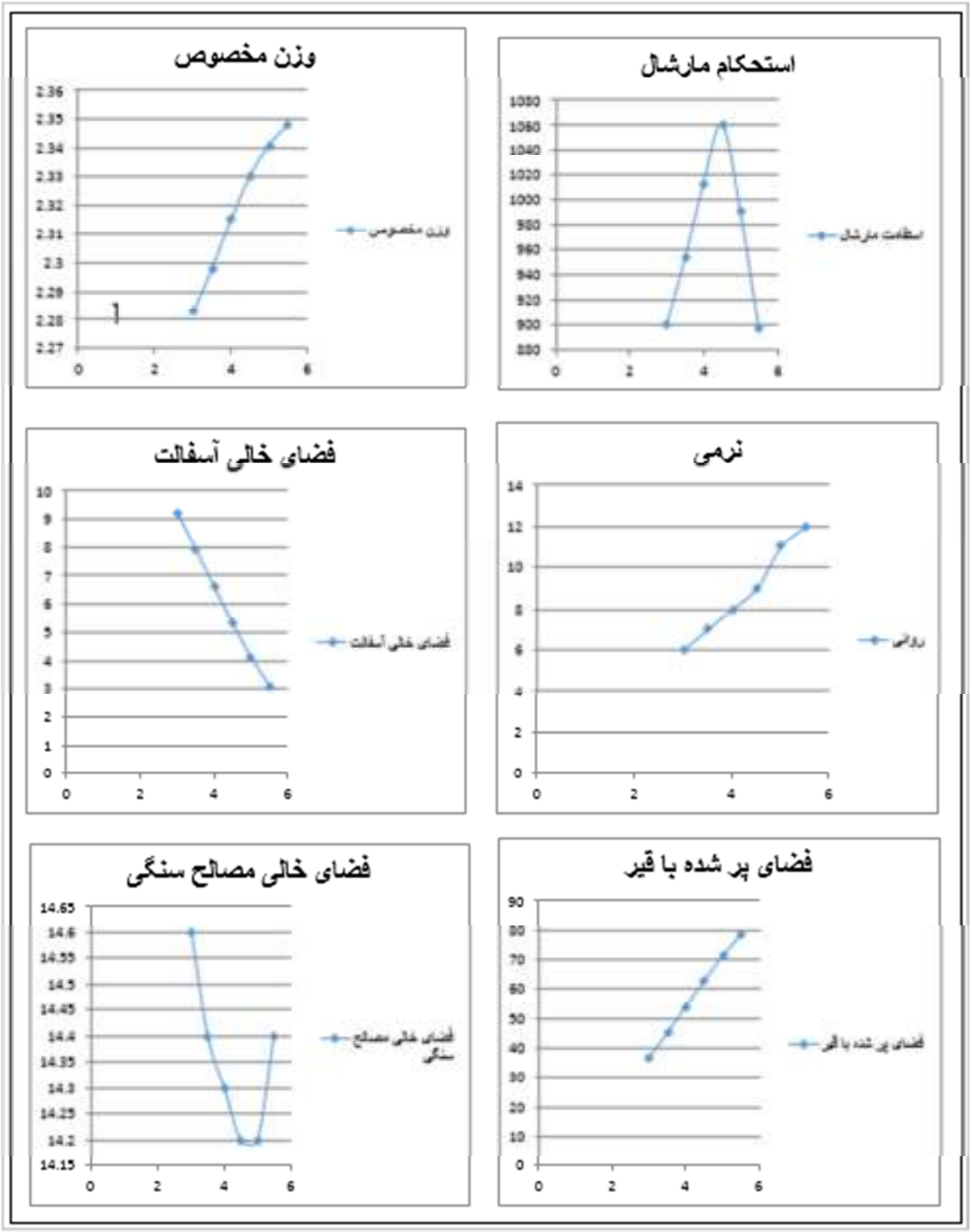
نمودار۱. نمودارهای رسم شده جهت دست‌یابی به درصد قیر بهینه به روش مارشال – شماره ٤ (نوع پیوسته)



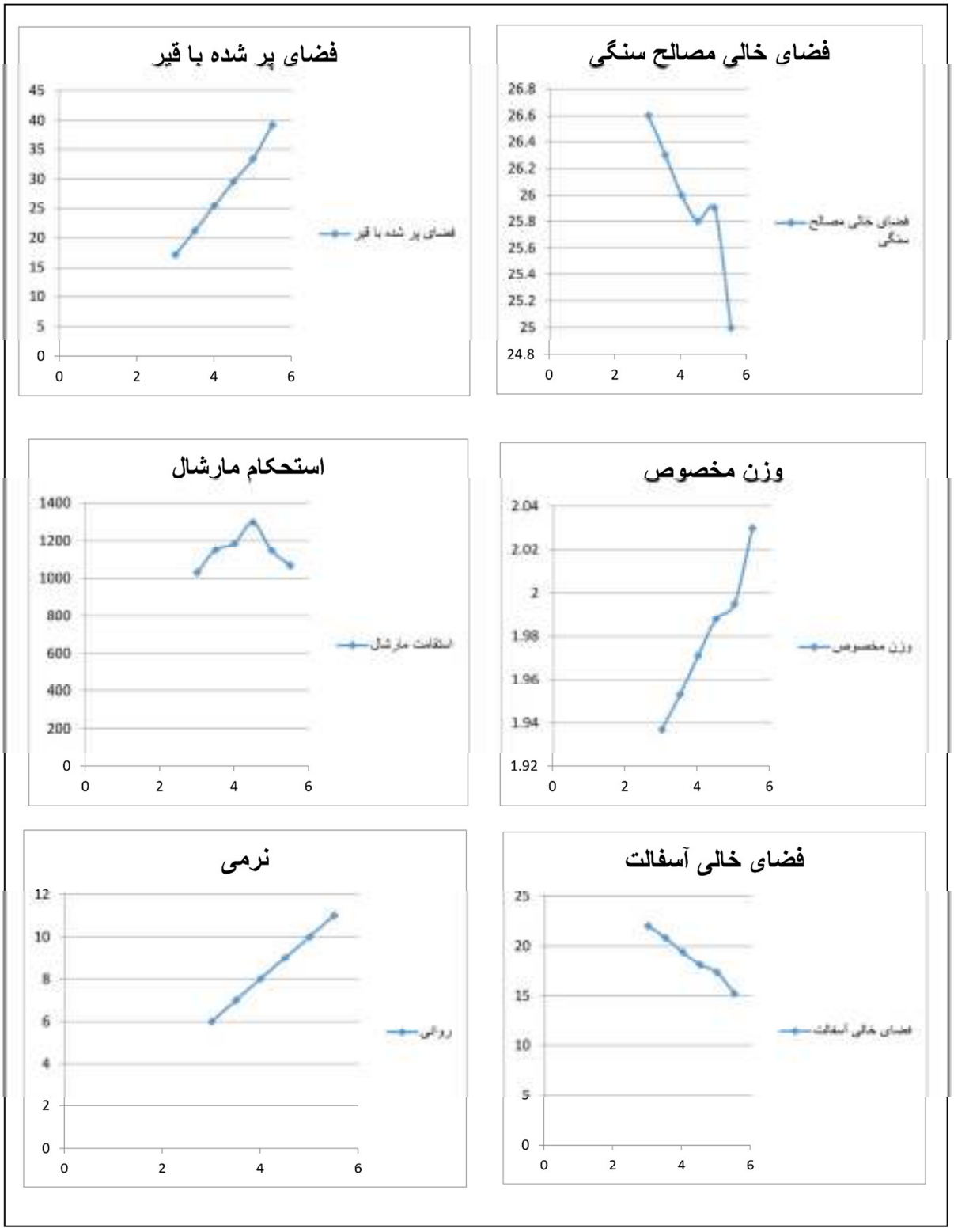
نمودار ۲. نمودارهای رسم شده جهت دستیابی به درصد قیر بهینه به روش مارشال – شماره ۵ (نوع پیوسته)



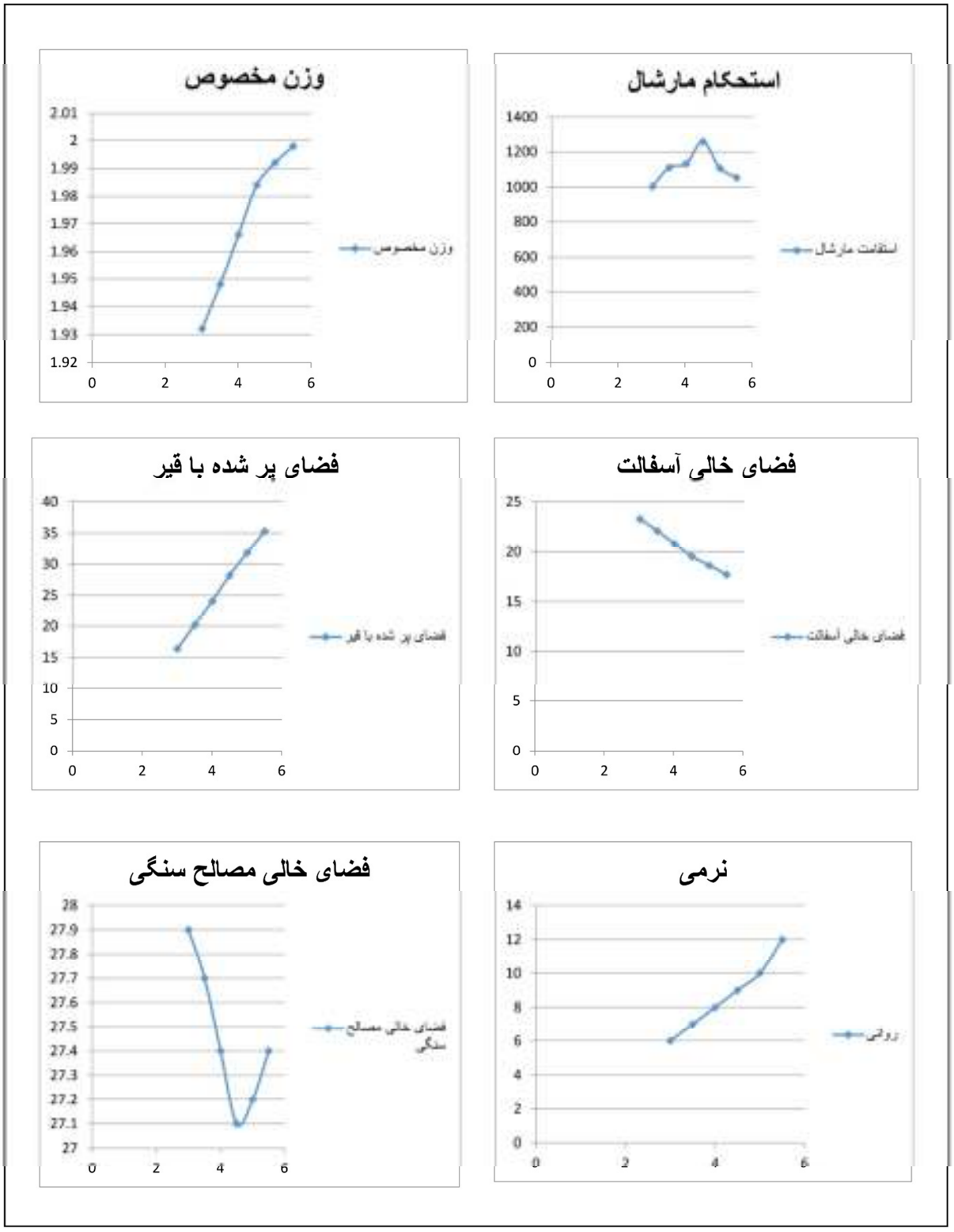
نمودار۳. نمودارهای رسم شده جهت دست‌یابی به درصد قیر بهینه به روش مارشال – شماره ٤ (نوع باز)



نمودار٤. نمودارهای رسم شده جهت دست‌یابی به درصد قیر بهینه به روش مارشال – شماره ۵ (نوع باز)



نمودار۵. نمودارهای رسم شده جهت دست یابی به درصد قیر بهینه به روش مارشال – شماره ۱ (نوع متخلخل)



نمودار ٦. نمودارهای رسم شده جهت دست یابی به درصد قیر بهینه به روش مارشال – شماره ۲ (نوع متخلخل)

درصد قیر متناظر با استقامت مارشال حداکثر، برای دانه بندی شماره ۱(نوع متخلخل) بیشتر از نمونه‌های متناظر با آن در دیگر دانه‌بندی‌ها می‌باشد. مخلوط‌های تهیه شده از دانه‌بندی‌های شماره ٤ و ٥ (نوع پیوسته) و ٤ و ٥ (نوع باز) و ١ و ٢ (نوع متخلخل) در درصد قیر ٣ درصد کمترین میزان روانی را دارند که عدد مربوط به این میزان روانی ٦ می باشد.

وزن مخصوص دانه‌بندی شماره ٤ (نوع پیوسته و باز) در درصد قیرهای متفاوت در مجموع بیشتر از دانه بندی‌های شماره ٥ (نوع پیوسته و باز) در درصدهای فیر متناظر می‌باشد. همچنین بیشترین وزن مخصوص آسفالت مربوط به دانه‌بندی شماره ٤ (نوع باز) در درصد قیر ٥/٥ می باشد. کمترین مقدار درصد فضای خالی آسفالت مربوط به مخلوط های دانه بندی های شماره ٤ (نوع پیوسته)در درصد قیر ٥/٥ درصد و بیشترین آن مربوط به مخلوط های دانه بندی‌های شماره ٢ (نوع متخلخل) در درصد قیر ٣ درصد می‌باشد. کمترین مقدار درصد فضای خالی مصالح سنگی مربوط به مخلوط های دانه بندی شماره ٤(نوع پیوسته) در درصد قیر بهینه ٤/٧ درصد می باشد و بیشترین آن مربوط به مخلوط‌های دانه بندی شماره ٢ (نوع متخلخل)در درصد قیر بهینه ٤/٢ می‌باشد. مقایسه استقامت مارشال برای مخلوط‌های تهیه شده با قیر بهینه به صورت زیر می باشد:

١ پیوسته < ٥ پیوسته و ٥ باز < ٤ باز < ١ متخلخل < ٢ متخلخل

مقایسه روانی مارشال برای مخلوط های تهیه شده با قیر بهینه به صورت زیر می‌باشد:

٥ باز و ٤ پیوسته > ٢ متخلخل >١ متخلخل و ٤ باز > ٥ پیوسته

بیشترین سختی مارشال مربوط به مخلوط‌های دانه‌بندی شماره ٥ (دانه بندی نوع ١) و کمترین آن مربوط به دانه‌بندی شماره ٤ (دانه‌بندی باز نوع ٥) می‌باشد.

پیشنهادهای تحقیقاتی

مقاومت در برابر شیار شدگی و...

بررسی سایر عملکردهای مخلوط های استفاده شده در این تحقبق، مانند دوام، مقاومت در برابر خستگی بررسی سایر دانه‌بندی‌های آیین‌نامه روسازی ایران (غیر از دانه بندی‌های بررسی شده در این تحقیق). بررسی ارتقای عملکرد مخلوط ها با انجام اصلاح دانه‌بندی و نیز اصلاح خواص قیر با استفاده از افزودنی‌ها.

٧-مراجع

-اسماعیلی، ع.م.، فخری، م.، (١٣٨٤)، "روش‌های جدید طرح مخلوط‌های آسفالتی براساس عملکرد و پیشنهاد روش مناسب برای کشور"، پژوهشکده حمل و نقل.

-افلاکی، ا.، (١٣٦٨)، "آزمایشگاه مکانیک خاک"، مرکز انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران.

-آقاسلطان، ع.ر.، (١٣٨٧)، "تعیین مدل دانه‌بندی مصالح برای مقاوم سازی مخلوط‌های آسفالتی در برابر تغییر شکل‌های دائمی"، دانشگاه تربیت مدرس.

-"مؤسسه قیر و آسفالت ایران"، (١٣٨٥)، "طرح مخلوط گرم آسفالت به روشLC"، انتشارات موُسسه قیر و آسفالت ایران، شماره ٨.

-ایزدی، ا.، (١٣٨١)، "ارزیابی نقش مصالح سنگی در پدیده شیارافتادگی"، دانشگاه علم و صنعت ایران.

-توسلی، م.، (١٣٧٢)، "طرح و کنترل بتن آسفالتی گرم"، انتشارات قلم، چاپ اول.

-حاج محمدرضایی، ع.، (۱۳۷۷)، "مجموعه کاربردی راه و آسفالت"، انتشارات آدنا، چاپ اول.

-زیاری، ح.، ایزدی، ا.، نصرت اله تبارآهنگر، ع.، (۱۳۸۷)، "ارزیابی آزمایشگاهی عوامل مؤثر بر رفتار مخلوط‌های آسفالتی با دانه‌بندی استخوانی(SMA)"، چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه تهران.

-زیاری، ح.، (۱۳۸۵)، "راهنمای کاربردی آزمایش‌های قیر و آسفالت"، مرکز انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران، چاپ اول.

-سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، (۱۳۸۱)، "آیین‌نامه روسازی راههای ایران"، نشریه شماره ۲۳٤.

-سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، (۱۳۸۲)، مشخصات فنی عمومی راه، نشریه شماره ۱۰۱.

-طاحونی، ش.، (۱۳۸۲)، "اصول مهندسی ژئوتکنیک"، مؤسسه انتشارات پارس آیین.

-طباطبایی، ا.م.، (۱۳۸۳)، "روسازی راه"، مرکز نشر دانشگاهی.

-طباطبایی، ن.، نمازی، س.ط.، (۱۳۸۷)، "بررسی تأثیر نوع دانه بندی در عملکرد آسفالت سوپرپیو در مقابل تغییر شکل"، چهارمین همایش قیر و آسفالت ایران.

-نوبخت، ش.، عابدی، ح.، (۱۳۸۹)، "تأثیر نوع دانه‌بندی بر حساسیت رطوبتی مخلوط‌های آسفالتی گرم"، پنجمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه فردوسی مشهد.

-هاشمی، س.م.، لطیفی، م.، (۱۳۸۷)، "مطالعه آزمایشگاهی تأثیر پارامترهای مختلف برمدول برجهندگی آسفالت"، چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه تهران.

-Abukhettala, Mukhtar Elseddig., (2006), "The Relationship Between Marshall Stability", Flow and Rutting of The New Malaysian Hot-Mix Asphalt Mixtures, Malaysian University of Technology.

-Birgisson, Bjorn. Roque, Reynaldo. (2005), "Evaluation of the Gradation Effect on the Dynamic Modulus, Journal of the Transportation Research Board, Transportation Research Record", No1929.

-Brown, E Ray., Bassett Charles E., (1990), "Effect of Maximum Aggregate Size on Rutting Potential and Other Properties of Asphalt Aggregate Mixtures", Transportation Research Record, No1259.

-Clark, William., Wright, James, Buu Tri.,(1980), "Effect of Idaho Aggregate Gradation on Asphalt Paving Mix", Idaho Department of Transportation.

-Elliot, Robert P., (1991), "Effect of Aggregate Gradation variation on Asphalt Concrete Mix Properties", Transportation Research Record, No 1317.

-Fwa, Tien Fang., (2006), "The Handbook of Highway Engineering", Taylor & Francis Group, LLC Boca Raton, United States of America.

-Kandhal, Prithvi Singh., Cross, Stephen A., (1993), "Effect of Aggregate Gradation on Measured Asphalt Content", Transportation

Aggregate Gradation on Permanent Deformation of Asphalt Concrete, Xlllth World Meeting of the International Road Federation.

-Sousa, Jorge B., (1998), Effect of Aggregate Gradation on Fatigue Life of Asphalt Concrete Mixes, Transportation Research Record, No. 1630.

Research Record, No1417.

-Kandhal, Prithvi Singh., Cooley, L Allen., (2001),"The Restricted Zone in the Super pave Aggregate Gradation Specification, transportation Research Board", NCHRP Report, No. 464.

-Kandhal, Prithvi Singh., et al., (1998), "Hot Mix Asphalt for Intersections in Hot Climates", Asphalt Technology Report, No 98-06.

-Kandhal, Prithvi Singh., Mallick, RB., (2001), Effect of Mix Gradation on Rutting Potential of Dense-Graded Asphalt Mixtures, Journal of the Transportation Research Board, Transportation Research Record.

-Key, James P., Research Design in Occupational Education, Oklahoma State University. Available at: http//www.okstate.edu.

-Khosla, Narendra Paul., Sadasivam, S., (2005), Determination of Optimum Gradation for Resistance to Permeability Rutting and Fatigue Cracking, Federal Highway Administration Report, FHWA, No 2004-2012.

-Kim, Y Richard., Kim, Nakseok., Khosla, Narendra Paul., (1992), Effect of Aggregate Type and Gradation on Fatigue and Permanent Deformation of Asphalt Concrete, Astm Publication Paper ID STP24225S.

-Mohammad, LN., Shamsi, Khaled Al., (2007), "Bailey Method for Gradation Selection in HMA Mix Design", transportation Research Circular, No E-C124.

-Shiau, Jieh Min.,et al., (1997),"The Effects of