فصل اول

مقدمه

روند رو به رشد جمعیت، گسترش و توسعه روزافزون شهرها، افزایش مهاجرت‌ها و سفرهای برون‌شهری و ارتباطات، از جمله عوامل موثر در توسعه شبکه‌های ارتباطی هستند که به منظور تامین نیازهای مختلف و دسترسی به انواع کالاها، خدمات، منابع و فعالیت‌های تجاری و اقتصادی شاهد آن هستیم.

امروزه حمل و نقل به عنوان یکی از شاخص‌های توسعه یافتگی جوامع محسوب می‌شود و در ادبیات اقتصادی توسعه سیستم‌های حمل و نقل همچون گردش خون در کالبد اقتصاد هر کشور است، که روند توسعه آن نقش مهمی در تکامل جوامع بشری داشته است، و با تسریع در این گردش، نیازهای اولیه اقتصادی در جامعه برآورده می‌شود، و این بدان جهت است که حمل و نقل از ابتدایی‌ترین و اساسی‌ترین نیازهای نیاز انسانها از بدو خلقت تا کنون بوده است. بر همین اساس، دست‌یابی به شبکه حمل ونقل پویا و ایمن، به عنوان یکی از معیارهای سنجش میزان توسعه‌یافتگی کشورها محسوب می‌گردد[۱].

در راستای توسعه حمل و نقل به عنوان یکی از ارکان توسعه‌یافتگی جوامع، مشکلات مربوط به آن نیز افزایش یافته است، که لزوم توجه بیشتر و سرمایه‌گذاری در حمل و نقل را مضاعف می‌نماید. ایران به عنوان کشوری در حال توسعه روز به روز بر حجم ترافیک و میزان بار عبوری از شبکه راههای آن افزوده می‌شود و از سوی دیگر در فرآیند جهانی شدن حفظ وضعیت راهها در جنبه‌های مختلف در سطح استانداردهای جهانی، ضرورتی انکار ناپذیر است. در این راه استفاده حداکثر از راه‌های موجود و سرمایه‌گذاری در راستای بهسازی و تعمیر آنها گزینه‌ای است که از سوی بیشتر کشورها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

کشورهای پیشرفته دائماً به دنبال روش‌های جدید برای ساخت، نگهداری و تعمیرات راه‌ها بوده و همچنین تلاش‌هایی در زمینه استفاده از تکنولوژی جدید جهت ارتقاء روسازی‌های قدیم صورت گرفته است، که این امر نشان‌دهنده اهمیت وضعیت راه‌ها در حد مطلوب می‌باشد[۲].

با وجود این، راه محصول نهایی مجموعه فرآیندهایی مرتبط و وابسته، متشکل از انواع فعالیت‌های انسانی، روش‌های تهیه مصالح، به کارگیری انواع ماشین آلات و ... است که تحت نظارت و رهبری یک سیستم مدیریتی صحیح، سازمان‌یافته و دارای برنامه با هدفی مشخص و متکی بر روش‌ها و اصول علمی به منظور دست‌یابی به اهداف کلان توسعه، شکل گرفته و بخش قابل ملاحظه‌ای از اعتبارها و منابع ملی کشور به آن اختصاص یافته است.

رویه بتن آسفالتی شامل ۳ بخش میباشد: سنگدانه، قیر و فضای خالی. میزان و درصد هر کدام از این موارد بسته به نوع راه، شرایط ترافیکی و آب و هوایی و ... متفاوت است، و اگر هر کدام از این موارد به صورت بهینه استفاده نگردد، میتواند باعث بروز انواع خرابیها در رویه بتن آسفالتی گردد، به صورتی که افزایش میزان درصد قیر و کاهش درصد فضای خالی و افزایش مواد ریزدانه در مخلوط بتن آسفالتی باعث بروز پدیده قیرزدگی میگردد که موضوع مورد پژوهش ما در این تحقیق میباشد. بنابراین آگاهی از میزان درصد بهینه هر کدام از عوامل تشکیل دهنده مخلوط بتن آسفالتی و دیگر عوامل موثر در پدیده قیرزدگی مانند طرح اختلاط نا مناسب مخلوط آسفالتی، فرآیند ساخت و اجرای روسازی آسفالتی، شرایط جغرافیایی منطقه، نوع و مشخصات قیر از جمله تناسب مشخصات آن با شرایط آب و هوایی طرح، نوع و مشخصات مصالح سنگی مورد استفاده در طرح، شرایط جوی منطقه، حجم ترافیک عبوری از مسیر و ... میتواند در جهت جلوگیری از این پدیده و بهبود طرح و به دنبال آن طول عمر روسازی و ایمنی و راحتی استفاده کنندگان از راه موثر باشد[۴].

در این پایان نامه سعی بر آن است تا با بررسی چند نمونه از راههای اصلی استان خوزستان به بررسی دلایل بروز پدیده قیرزدگی و در صورت امکان مدل کردن پدیدهی قیرزدگی جهت پیشبینی آن برآییم. و به دنبال آن روشهای جلوگیری از این پدیده پیشنهاد گردد.

فصل دوم

ادبیات موضوع و

پیشینه تحقیق

۲-۱- تعریف مساله

۲-۱-۱- پدیده قیرزدگی و تشریح مکانیزم به وجود آمدن آن

پدیده قیرزدگی در واقع حرکت قیر از درون آسفالت به بالا و تشکیل یک قشر قیری در سطح راه است که باعث ایجاد سطحی براق و شیشه مانند با قابلیت انعکاس نور می‌گردد و معمولاً بسیار چسبنده است. در این فرآیند، ممکن است مصالح سنگی ریزدانه نیز به همراه قیر به سطح راه انتقال یابد. قیرزدگی، هنگامی روی می‌دهد که روانی و حجم قیر تحت تاثیر دمای محیط افزایش یافته، به تدریج موجب پرشدن منافذ خالی مخلوط آسفالتی توسط قیر گردد. افزایش بیشتر حجم قیر باعث روزدگی آن در سطح روسازی می‌شود. نکته قابل ذکر آن است که طی این فرآیند در فصول گرم متوالی، حجم قیر روزده به صورت تجمعی افزایش خواهد یافت و سبب لغزنده شدن سطح راه و افزایش خطر تصادف به ویژه در هنگام بارندگی می‌شود.

در رابطه با قیرزدگی مخلوط‌های بتن آسفالتی به جز مشاهدات کیفی و تجربی، تلاش بیشتری برای درک مکانیزم قیرزدگی صورت نگرفته است. این امر به این دلیل است که قیرزدگی تا حد زیادی به عواملی چون عملیات ساخت ضعیف و مهارت‌های کم مانند اختلاط ناکافی، جداشدگی مصالح درشت دانه از ریز دانه، تراکم نامناسب و دمای بیش از حد مخلوط آسفالتی هنگام تراکم، نسبت داده شده و مکانیزم دقیق آن به صورت تئوری کمتر مورد توجه قرار گرفته است. بسیاری از تحقیقات انجام شده در حقیقت به منظور شناخت بیشتر این پدیده صورت گرفته‌اند و به ندرت تحقیقات میکروسکوپی در مورد قیرزدگی صورت گرفته است[۳].

حرکت قیر در مخلوط آسفالتی به علت وجود فضای خالی بیشتر از حد مشخصات و یا کاهش فضای خالی مخلوط آسفالتی در اثر بار سنگین، مشابه پدیده پمپینگ در روسازی‌های صلب (بتن سیمانی) است

که در آن‌ها آب در طول درزهای اجرایی به هنگام عبور وسایل نقلیه از روی آن‌ها، به سمت بالا انتقال می‌یابد. دلیل بروز این پدیده،افزایش فشار حفره‌ای قیر در اثر بار ترافیک است.

عوامل گسترده‌ای در ایجاد پدیده قیر زدگی دخیل هستند که مهم‌ترین و تاثیر گذارترین آنها را می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد:

طرح اختلاط نا مناسب مخلوط آسفالتی

فرآیند ساخت و اجرای روسازی آسفالتی

شرایط جغرافیایی منطقه

نوع و مشخصات قیر از جمله تناسب مشخصات آن با شرایط آب و هوایی طرح

نوع و مشخصات مصالح سنگی مورد استفاده در طرح

شرایط جوی منطقه

حجم ترافیک عبوری از مسیر.

عوامل جوی و ترافیکی را می‌توان تشدید کننده پدیده قیرزدگی، و نه عامل اصلی بروز آن، دانست. با توجه به گستردگی عوامل فوق الذکر می‌توان دریافت که برای جلوگیری از بروز چنین پدیده‌ای در هر مورد خاص، باید دلایل محتمل را شناسایی و در جهت رفع آنها اقدام کرد[۴].

فرآیند نامطلوب ساخت و اجرای روسازی آسفالتی مهم‌ترین عامل موثر بر قیرزدگی است. در موارد بسیاری، استفاده از قیر زیاد اصلی‌ترین دلیل قیرزدگی است. مشخصات فنی عمومی راه، اعمال رواداری ۰/۳ تا ۰/۴ درصد نسبت به قیر بهینه در طرح اختلاط مخلوط لایه‌های آستر و رویه را مجاز دانسته است. کاهش بیش از حد درصد قیر باعث می‌گردد که لایه روسازی از مقاومت خستگی لازم برخوردار نباشد و به ویژه در فصول سرد سال دچار ترک‌خوردگی و شکستگی سازه‌ای گردد. افزایش بیش از حد آن نیز موجب بروز

عوارضی چون قیرزدگی و شیار شدگی خواهد شد. به این ترتیب می‌توان نتیجه گرفت که چنانچه کاهش میزان درصد قیر بهینه صرفاً جهت جلوگیری از بروز قیرزدگی انجام پذیرد، باید احتمال کاهش دوام و پایایی مخلوط آسفالتی مد نظر قرار گیرد. به عنوان یک راه حل کلی، با افزایش شاخص تراکم و کاهش همزمان میزان فضای خالی مخلوط آسفالتی می‌توان قیر بهینه را در سطحی پایین‌تر محاسبه و منظور نمود و بدین صورت پتانسیل ایجاد قیرزدگی در مخلوط‌های آسفالتی را کاهش داد[۵].

روزدن قیر در اثر مصرف بیش از اندازه قیر خالص یا قطران در مخلوط آسفالتی، کاربرد بیش از اندازه درزگیرهای قیری و یا کم بودن فضای خالی داخل مخلوط آسفالتی(کم بودن درصد حفره‌های هوا) بوجود می‌آید. قیرزدگی زمانی به وجود می‌آید که در شرایط آب و هوای گرم ابتدا قیر حفره‌های مخلوط آسفالتی را پر کرده و سپس تا سطح روسازی انبساط پیدا می‌کند. از آنجاییکه فرآیند قیرزدگی در صورت سرد شدن هوا قابل برگشت نمی‌باشد قیر یا قطران در سطح روسازی انباشته می‌شود.

با اینکه مکانیزم این نوع خرابی با کاهش کندروانی قیر، تسریع می‌گردد، ولی دلایل واقعی تا حد زیادی به جدا شدگی مصالح سنگی درشت دانه از ریزدانه در حین اختلاط و اجرا نسبت داده شده است. این امر به دلیل این است که بسیاری از تحقیقات بتن آسفالتی در حقیقت به منظور شناخت این پدیده صورت گرفته‌اند و به ندرت تحقیقات میکروسکوپی در مورد قیرزدگی صورت گرفته است[۳].

۲-۱-۲- اهمیت موضوع

پدیده قیرزدگی به عنوان یکی از خرابی‌های روسازی و یکی از عوامل کاهش ایمنی و عامل افزایش تصادفات به خصوص در شرایط بارندگی باعث مشکلات بی‌شماری در راه‌ها می‌گردند که می‌توان به مسائل ذیل اشاره کرد:

کاهش کیفیت سواری برای استفاده کنندگان

کاهش ایمنی راه و کاهش مقاومت لغزندگی

ایجاد سطح براق و شیشه مانند و لغزنده مخصوصاً در فصول بارندگی

اضمحلال پیش‌رونده ساختار راه به علت تغییر اختلاط در مناطق قیرزده

افزایش هزینه‌های تعمیر و نگهداری راه

افزایش خرابی‌ها در جاده‌های کشور به علت افزایش ترافیک و بار در کنار حفظ وضعیت راه‌ها در حد بالای کیفیت هزینه‌های تعمیر و نگهداری آنها را به میزان قابل ملاحظه‌ای افزایش خواهد داد. از این رو توجه به تکنولوژی‌های جدید در علم روسازی و مخصوصاً در تکنولوژی مرتبط با طرح اختلاط آسفالت، ضرورتی انکارناپذیر است.

۲-۲- مروری بر تحقیقات انجام شده در زمینه عوامل موثر بر پدیده قیرزدگی

۲-۲-۱- پارامترها و عوامل موثر بر پدیده قیرزدگی

۲-۲-۱- ۱-درصد فضای خالی مخلوط آسفالتی متراکم

یکی از متغیرهای بسیار مهم و موثر بر پدیده قیرزدگی، مقدار درصد فضای خالی مخلوط‌های آسفالتی است. وجود فضای خالی کافی و مناسب بین مصالح سنگی اندود شده با قیر در مخلوط‌های آسفالتی برای اجازه دادن به حرکت قیر هنگامی‌که مخلوط آسفالتی زیر چرخ غلتک متراکم می‌گردد، لازم و ضروری می‌باشد.

بررسی مشخصات عملکردی روسازی، نشان داده است که محدوده فضای خالی بین ۳ تا ۵ درصد برای لایه و ۳ تا ۶ درصد برای لایه آستر برای عملکرد مطلوب آن در اغلب شرایط محیطی مناسب است. یکی از

دلایل مناسب بودن محدوده یاد شده این است که در این محدوده، فضاهای خالی مخلوط آسفالتی به هم پیوسته نیستند و به همین دلیل در برابر آب غیر قابل نفوذ می‌باشند.

فضای خالی مخلوط آسفالتی رویه بلافاصله پس از تراکم، به منظور جلوگیری از اضمحلال آن، حدود ۸ درصد تعیین گردیده است. بنابراین در ابتدای عمر روسازی، نفوذ آب در مخلوط‌های آسفالتی از طریق فضاهای خالی مرتبط به هم ممکن است منجر به خرابی‌های رطوبتی در روسازی آسفالتی گردد[۶ و ۷].

در نظر گرفتن مقدار فضای خالی کم در مخلوط‌های آسفالتی منجر به قیرزدگی مخلوط و ایجاد مقاومت در برابر فرآیند تراکم خواهد شد. از سوی دیگر افزایش بیش از حد آن موجب نفوذپذیری بالا و کاهش دوام مخلوط می‌گردد. درصد فضای خالی مطلوب برای مخلوط آسفالتی باید به هنگام اجرا و از طریق فرآیند مناسب تراکم تامین شود[۶].

۲-۲-۱-۲- تاثیر فیلر بر عملکرد مخلوط آسفالتی

به منظور جلوگیری از قیرزدگی روسازی آسفالتی و نیز جلوگیری از تقلیل پایداری آن باید سعی گردد که مقدارقیر مورد استفاده در مخلوط آسفالتی بهینه باشد. عموماً به مصالح عبوری از الک نمره ۲۰۰ (عبوری از ۰/۰۷۵ میلی‌متر) فیلر اطلاق می‌گردد. فیلر معمولاً در نقش جایگزین شونده ظاهر می‌شود. بدین معنا که بخشی از ذرات فیلر به علت داشتن ابعادی کوچکتر از غشائ قیری احاطه کننده سنگدانه‌ها، در قیر غوطه‌ور می‌شوند و در اسکلت دانه‌بندی مصالح سنگی شرکت نمی‌کنند. اما بخش دیگری از ذرات فیلر که دارای ابعاد بزرگتری هستند، باعث تکمیل اسکلت دانه‌بندی و بهبود عملکرد سازه‌ای مخلوط آسفالتی می‌شود. ریزدانه بودن بیش از حد فیلر می‌تواند باعث ضعف باربری و بروز شیارشدگی و قیرزدگی در مخلوط آسفالتی گردد. مشخصات فیزیکی لازم برای فیلر جهت استفاده در مخلوط‌های آسفالت در نشریه ۲۳۴

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور تشریح گردیده است. مقدار فیلر از طریق اعمال محدودیت برای نسبت فیلر به قیر موثر بین ۰/۶ تا ۱/۲ درصد قابل کنترل است.

نزدیک شدن به مقدار ۰/۶ باعث افزایش احتمال قیرزدگی و شیارافتادگی می‌شود، در حالیکه مقادیر نزدیک به ۱/۲ منجر به افزایش سختی مخلوط آسفالتی و کاهش کارایی مخلوط آسفالتی هنگام تراکم می‌گردد. لازم به ذکر است که در طرح مخلوط‌های آسفالتی به روش روسازی ممتاز، محدوده مجاز برای نسبت فیلر همان دامنه یاد شده در بالا، یعنی بین ۰/۶ تا ۱/۲ درصد انتخاب گردیده است[۸ و ۹].

تامین وزن مخصوص و مقاومت کافی در مخلوط‌های آسفالتی، از دیگر مزایای استفاده از فیلر محسوب می‌شود. حضور فیلر موجب کاهش فضای خالی موجود بین شن و ماسه و به دنبال آن افزایش وزن مخصوص و مقاومت مخلوط آسفالتی می‌شود. همچنین استفاده از فیلر به دلیل بالا بودن سطح مخصوص این مصالح، باعث افزایش درصد قیر بهینه مخلوط آسفالتی و در نتیجه افزایش درصد قیر بهینه مخلوط آسفالتی و در نتیجه افزایش دوام و پایداری آن می‌گردد. افزایش کندروانی قیر و نتیجتاً کاهش تاثیر رطوبت بر مخلوط آسفالتی از دیگر مزایای استفاده از فیلر در مخلوط آسفالتی است[۱۰].

در تحقیقی که توسط آقای تائسون پارک و با همکاری دانشگاه ملی سئول کره جنوبی انجام گرفت، دلایل پدیده قیرزدگی پس از انجام عملیات بازیافت آسفالت و پخش مجدد آن مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه با استفاده از مشاهدات میدانی و تست‌های آزمایشگاهی بر روی نمونه‌های گرفته شده به بررسی موضوع پرداخته شد. برای انجام این آزمایشات نمونه‌هایی از مناطق مختلف آب و هوایی سرد و گرم و معتدل گرفته شد. نمونه‌هایی که برای تست‌های آزمایشگاهی بکار رفته بود از نواحی قیر زده و نواحی مجاور نواحی قیرزده انتخاب می‌شدند. نتایج آزمایشات بیانگر ارتباط بین قیرزدگی با لایه رویه و تک‌کت می‌باشد. همچنین این آزمایشات نشان دهنده آن است که قیرزدگی در تمام مناطق آب و هوایی بوجود می‌آید اما

احتمال وقوع قیرزدگی در نواحی گرم بیشتر از نواحی سرد است. نتایج این آزمایشات نشان می‌دهد هر چه درصد مواد ریزدانه در مخلوط آسفالتی بیشتر باشد حجم فضای خالی در میان مخلوط آسفالتی متراکم شده کاهش می‌یابد و مسأله قیرزدگی بیشتر بوجود می‌آید. همچنین در مناطق گرم به دلیل وجود هوای گرم قیر به صورت سیال درآمده و به دلیل عدم وجود فضای خالی کافی یک فیلم نازک از قیر بر روی سطح راه مشاهده می‌شود، که مقدار این فیلم قیر با فضای خالی بین ذرات مخلوط آسفالتی، مقدار قیر و نوع قیر مصرفی استفاده شده، حجم ترافیک عبوری روزانه(ADT)، دمای هوا در نواحی قیرزده و مقدار مواد ریزدانه بکار رفته در مخلوط آسفالتی بستگی دارد[۱۳].

بر اساس تحقیقات صورت گرفته توسط پروفسور همیلتون در دانشگاه ایالتی اوهایو پدیده قیرزدگی را بوجود آمدن یک لایه نازک قیری بر روی سطح راه تعریف نموده‌اند. دلایل این پدیده را استفاده بیش از اندازه از قیر در مخلوط آسفالتی و فضای خالی کم در بین ذرات مخلوط آسفالتی می‌دانند. در این تحقیق قیر زدگی را به لحاظ وسعت و مقدار منطقه به وقوع پیوسته به ۳ بخش تقسیم کرده‌اند که به صورت زیر می‌باشد:

نواحی با وسعت قیرزدگی کم تا متوسط بطوریکه مجموع مناطق قیرزده مقدار کمتر از ۱۰ درصد از سطح راه را پوشانده باشد.

نواحی با وسعت قیرزدگی متوسط تا زیاد بطوریکه مجموع مناطق قیرزده مقدار بین ۱۰ تا ۳۰ درصد از سطح راه را پوشانده باشد.

نواحی با وسعت قیرزدگی خیلی زیاد بطوریکه مجموع مناطق قیرزده مقدار بیشتر از ۳۰ درصد از سطح راه را پوشانده باشد.

در این تحقیق برای جلوگیری از وقوع این پدیده بکار بردن قیر مناسب و به اندازه کافی و استفاده از طرح اختلاط مناسب متناسب با نوع منطقه آب و هوایی پیشنهاد گردیده است[۱۴].

۲-۲-۱-۳- درصد فضای خالی مصالح سنگی (VMA) و درصد فضای خالی پرشده با قیر مخلوط آسفالتی (VFA)

عملکرد بسیاری از مخلوط‌های آسفالتی، به نسبت حجمی اجزائ تشکیل دهنده آنها (مصالح سنگی، قیر و هوا) و نحوه توزیع آنها بستگی دارد. نحوه توزیع حفرات خالی مخلوط آسفالتی بر پارامترهای حجمی از قبیل درصد فضای خالی مخلوط آسفالتی (Void)، VFA و VMA تاثیر می‌گذارد.

VMA، درصد حجم فضای خالی مصالح سنگی می‌باشد که در طرح اختلاط مخلوط آسفالتی با رابطه ۲-۱ تعیین می‌شود[۸]:

$$VMA = 100 - \frac{Gmb * Ps}{Gsb} \qquad (۲-۱)$$

در رابطه بالا :

VMA: درصد فضای خالی مصالح سنگی

Gmb: وزن مخصوص حقیقی نمونه آسفالتی متراکم شده

Gsb: وزن مخصوص واقعی مصالح سنگی

Ps: درصد وزنی مصالح سنگی در مخلوط آسفالتی

VFA، سهمی از درصد فضای خالی مصالح است که توسط قیر پر شده است و توسط رابطه ۲-۲ تعیین می‌شود:

$$VFA = \frac{VMA - Va}{VMA} * 100 \qquad (۲-۲)$$

در رابطه بالا، Va درصد فضای خالی مخلوط آسفالتی می‌باشد.

فلسفه طرح اختلاط برای بتن آسفالتی به گونه‌ای است که مصالح سنگی مخلوط به عنوان جزء اصلی آن می‌باشد و قیر برای چسباندن سنگدانه‌ها به یکدیگر، به نحوی که استخوان‌بندی سخت و مقاومی به وجود آید، استفاده می‌گردد و بسته به نوع و درصد قیر و مصالح سنگی، درصد قیر موثر مصالح نیز تغییر می‌یابد. مقدار درصد فضای خالی مناسب برای مخلوط آسفالتی، وابسته کاربرد مورد انتظار و دانه‌بندی انتخاب شده برای مصالح سنگی می‌باشد. بنابراین، مخلوط آسفالتی نهایی، دارای یک استخوان‌بندی سنگدانه‌ای است که اجزاء آن توسط قیر به نحو مناسبی توسط قیر موثر پرشده است[۷].

بسته به حداکثر اندازه اسمی سنگدانه‌های مخلوط آسفالتی گرم، مشخصات طراحی برای VMA معمولاً در محدوده ۹ تا ۲۳ درصد و با توجه به مقدار ترافیک، VFA بین ۶۵ تا ۸۰ درصد متفاوت است[۱۱].

وقتی که مقدار VFA به ۱۰۰ درصد برسد، تمامی فضاهای خالی مصالح سنگی توسط قیر پر شده، مخلوط آسفالتی تبدیل به ترکیبی از دو جزء می‌شود. این بدان معنی است که طی بارگذاری آتی و چرخه‌های دمایی آینده، قیر به سهولت در داخل مخلوط آسفالتی حرکت می‌کند. به عبارت دیگر، هنگامی که فضاهای خالی مصالح سنگی به طور کامل توسط قیر اشباع شدند، جریان قیر به طور آزادانه در سطح آسفالت به وجود می‌آید. بنابراین می‌توان چنین اظهار داشت که وقتی فضاهای خالی مصالح سنگی (VMA) توسط قیر اشباع گردد، رویه آسفالتی در معرض قیرزدگی قرار می‌گیرد. بیان دیگر این مسأله با اتکا به شاخص فضای خالی پر شده با قیر نیز ممکن است. وقتی فضاهای خالی مخلوط آسفالتی به مقدار صفر برسند، مقدار VFA به مقدار واحد (۱۰۰ درصد) می‌رسد و پس از آن قیرزدگی مخلوط‌های آسفالتی آغاز می‌گردد[۷].

۲-۲-۲- عوامل اجرایی ایجاد قیرزدگی در مخلوط‌های آسفالتی

ایجاد قیرزدگی در مخلوط‌های آسفالتی عمدتاً به دلایل زیر مربوط می‌شود:

- به کار بردن قیر اضافی در مخلوط آسفالتی
- وجود رطوبت بیش از حد در مخلوط مصالح سنگی
- قرار گرفتن مخلوط آسفالتی تحت ارتعاشات بیش از حد
- به کار بردن قیر بیش از حد در اندود قیری (در اندودهای نفوذی و اندودهای سطحی)
- انجام اختلاط در دماهای بیشتر از دمای اختلاط تعیین شده
- تسریع در باز کردن ترافیک سنگین محورها روی آسفالت تازه اجرا شده بویژه در هوای گرم. حداقل توصیه قابل انجام در این شرایط، پخش آب روی آسفالت به منظور کاهش دمای آن تا حد دمای محیط است.
- استفاده از قیرهای محلول نا مناسب که در مشخصات فنی، مصرف آنها به عنوان اندود نفوذی یا سطحی مجاز نمی‌باشد؛ از آن جمله، مصرف قیر MC – 250 با اندود نفوذی، موجب کاهش کندروانی حدود ۳۰ درصد حلال نفت سفید به عنوان اندود نفوذی، موجب کاهش کندروانی قیر خالص مورد مصرف در مخلوط آسفالتی پخش شده روی این اندود خواهد شد.
- دمای خیلی زیاد آسفالت، موجب جدا شدن قیر از سنگدانه‌ها در طول حمل مخلوط آسفالتی و سپس قیرزدگی می‌شود.
- استفاده از گازوئیل و مازوت به عنوان سوخت کارخانه آسفالت، در صورتی که نسبت هوا و این مواد برای سوختن کافی نباشد و سوخت ناقص سوزانده شود، موجب ایجاد

یک لایه روغنی روی سنگدانه‌ها شده، در نتیجه تماس مستحکم و دایم بین قیر و سنگدانه به وجود نمی‌آید.

- استفاده از گازوییل یا حلال‌های مشابه به مقدار بیش از اندازه و غیر لازم در کف اطاق کامیون‌های حاوی مخلوط آسفالتی
- غلتک‌زنی بیش از اندازه در شرایطی که دمای مخلوط آسفالتی زیاد است.

با فرض کنترل صحیح میزان قیر به کار رفته در مخلوط‌های آسفالتی، دمای بالای اختلاط عمده‌ترین علت ایجاد قیرزدگی می‌باشد. قیرزدگی عمدتاً به دلیل جداشدگی دانه‌ها در دمای خیلی بالا به وجود می‌آید. مخلوط آسفالتی تولید شده در محدوده مناسب دما – کندروانی قیر، مانع جداشدگی قیر از مصالح سنگی در حین نقل و انتقال آسفالت خواهد شد. بنابراین نگه داشتن دما در محدوده فوق‌الذکر راه‌حل مناسبی برای جلوگیری از جداشدگی محسوب می‌شود. همچنین استفاده بیش از حد از اندود سطحی به عنوان تأمین کننده اتصال بین دو لایه روسازی باعث بروز قیرزدگی در لایه‌های فوقانی می‌شود. از سوی دیگر استفاده از اندودهای سطحی به میزان کمتر از مقدار لازم، به منظور جلوگیری از بروز قیرزدگی، باعث عدم یکپارچگی بین دو لایه آسفالتی خواهد شد[۳].

امروزه علاوه بر قیر و مصالح متداول تشکیل دهنده ی مخلوط های آسفالتی از مواد دیگری به نام افزودنی‌ها و یا اصلاح‌کننده‌های قیر استفاده می‌شود. این ترکیبات که طیف وسیعی از مواد معدنی، آلی، طبیعی و صنعتی را در بر می گیرد به منظور اصلاح برخی از خواص قیر و در نتیجه مخلوط های آسفالتی، به شرح موارد زیر کاربرد دارند:

- جلوگیری از عریان شدن سنگدانه‌های مخلوط‌های آسفالتی
- جلوگیری از ایجاد ترک‌های حرارتی و انقباضی در رویه‌های آسفالتی

- کاهش پدیده تغییر شکل و قیرزدگی رویه‌های آسفالتی
- جلوگیری از رو آمدن ترک‌های آسفالتی
- کاهش پدیده سخت‌شدن و کهنه‌شدن آسفالت
- افزایش تاب خستگی آسفالت

قیرهای اصلاح شده بر اساس استاندارد ASTM و بر حسب نوع افزودنی های مصرفی، به شش گروه تقسیم می‌شوند که برای هر یک از مشخصات فنی معینی طراحی شده است. این مشخصات قیرهای اصلاح شده‌ای را شامل می‌شود که حاصل اختلاط فقط قیر های خالص، با پلیمرها، کوپلیمرها، مواد شیمیایی تثبیت کننده و پودرهای لاستیکی بازیافتی باشند.

بطور کلی افزودنی‌های مصرفی باید با قیرهای خالص انتخاب شده در هر پروژه سازگاری داشته و قیر اصلاح شده نیز قبلاً بصورت همگن و یکنواخت مخلوط و آماده مصرف باشد.

مشخصات شش گروه قیرهای اصلاح شده که هر یک با افزودنی های معینی تهیه می شوند بشرح زیر می‌باشد:

قیرهای شده با پلیمر نوع I

این قیرها از افزودن کوپلیمرهای استایرن بوتایدن(Styrene Butadiene Block Copolymer)، یا استایرن بوتایدن استایرن(Styrene – Butadiene – Styrene Block Copolymer)به قیرهای خالص تهیه می‌شوند و باید با مشخصات ASTM D5976 برابری داشته باشد. قیرهای اصلاح شده با این پلیمر، و پلیمرهای دیگری که ویژگی های مندرج در مشخصات فوق را تأمین نمایند در چهار گروه I-A، I-B، I-C، I-D تقسیم می‌شوند.

قیرهای اصلاح شده با پلیمر نوع II

این قیرها از افزودن پلیمر مایع استایرن بوتایدن رابر(Styrene – Butadiene Rubber Latex)یا نوع پلیمر مایع پلی کلروپرن (Polycholoroperene) با قیرهای خالص تهیه می شوند و باید با مشخصات ASTM D5840 برابری داشته باشند. قیرهای اصلاح شده با این پلیمرها، و پلیمرهای دیگری که ویژگی‌های مندرج در مشخصات فوق را تأمین نمایند در چهار گروه II-A، II-B، II-C، II-D تقسیم می‌شوند.

قیرهای اصلاح شده با پلیمر نوع III

این نوع قیرها از افزودن پلیمر اتیلن وینیل استات(Ethyl Vinyl Acetate) با قیر خالص تهیه می‌شوند و باید با مشخصات ASTM D5841 انطباق داشته باشند. قیرهای اصلاح شده با این پلیمر و یا پلیمرهای دیگری که ویژگی‌های مندرج در مشخصات فوق را تأمین نماید در پنج گروه III-A تا III-E تقسیم می‌شوند.

قیرهای اصلاح شده با پلیمر نوع IV

این قیرها از افزودن کوپلیمر غیر شبکه‌ای استایرن بوتایدین استایرن با قیرهای خالص تهیه می‌شوند و باید با مشخصات ASTM D5892 برابری داشته باشند. قیرهای اصلاح شده با این کوپلیمر و یا پلیمرهای دیگری که ویژگی‌های مندرج در مشخصات فوق را تأمین نماید در شش گروه IV-A تا IV-F تقسیم می‌شوند.

قیرهای اصلاح شده با پودر لاستیک(Asphalt – Rubber Binders)

این قیرها از اختلاط پودر لاستیک‌های بازیافتی(Ground Recycled Tire)و در صورت لزوم افزودنی‌های معدنی و یا مواد الیافی(Fiber) دیگر، با قیر خالص، تهیه می‌شوند و باید با مشخصات ASTM D6114 مطابقت داشته باشند. قیرهایی که به این طریق اصلاح می‌شوند از نظر کندروانی

به سه گروه I الی III به ترتیب با غلظت زیاد تا کم تقسیم می‌شوند. پودر مصرفی باید با قیر داغ آنچنان مخلوط شده و واکنش نشان دهد که ذرات لاستیک قبل از مصرف قیر به اندازه کافی متورم و منبسط شده باشند.

پودر لاستیک مصرفی برای تهیه این قیر دارای خواص زیر می‌باشد:

رطوبت آن کمتر از ۰/۷۵ درصد باشد.

۱۰۰ در صد از الک ۲/۳۶ میلی‌متر (یا الک شماره ۸) عبوری داشته باشد.

وزن مخصوص آن در محدوده ۰/۰۵ ± ۱/۱۵ باشد.

فاقد ضایعات فلزی غیر آهنی بوده، و همچنین میزان ذرات آهن آن کمتر از ۰/۰۱ درصد وزنی باشد.

وقتیکه قیر اصلاح شده با پودر لاستیک برای آسفالت گرم مصرف می شود، درصد الیاف موجود در آسفالت، نباید از ۰/۵ و چنانچه برای قیرپاشی بکار گرفته می‌شود، درصد الیاف نباید از ۰/۱ درصد وزنی پودر لاستیک بیشتر باشد.

قیرهای اصلاح شده با مواد شیمیایی تثبیت کننده(Chemical Stabilizer)

این قیرها از افزودن مواد شیمیایی تثبیت کننده به قیرهای خالص تهیه می شوند و باید با مشخصات ASTM D6154 مطابقت داشته باشند. قیرهای اصلاح شده با این مواد، و یا اصلاح کننده‌های دیگری که ویژگی‌های مندرج در مشخصات فوق را تأمین نمایند در چهار گروه قیر با درجه نفوذ ۱۸۵- ۱۴۰ تا قیر با درجه نفوذ ۶۵- ۳۵ تقسیم می‌شوند.

۲-۲-۳- آلودگی سطحی رویه‌های آسفالتی قدیمی قبل از انجام روکش

در اجرای روکش آسفالتی، عمدتاً از اندودهای سطحی استفاده می‌شود و اگر میزان اندود سطحی بیشتر از حد مجاز باشد، پس از اجرای آسفالت و تحت تأثیر ترافیک، قیرهای اضافی اندود از طریق ترک‌ها و منافذ روکش به رویه آسفالتی انتقال پیدا کرده، سطح دچار قیرزدگی می‌شود. در صورت بروز قیرزدگی در شرایطی که میزان اندود قیری به تناسب شرایط محیطی انتخاب شده باشد، یکی از دلایل محتمل را می‌توان آلودگی رویه قدیمی به موادی از قبیل گازوئیل دانست. زیرا آلودگی قیر به انواع حلال‌های نفتی از جمله گازوئیل، باعث کاهش ویسکوزیته قیر شده، به همین علت حرکت قیر از طریق منافذ و درزهای روسازی و رسیدن آن به سطح آسفالت آسان‌تر می‌شود.

در یک پروژه تحقیقاتی در ایالت ایلی‌نویز ایالات متحده آمریکا که به منظور شناسایی علت اصلی بروز پدیده قیرزدگی در سطح یکی از بزرگراههای این ایالت صورت پذیرفت، عمده‌ترین دلیل ایجاد این عارضه، آلودگی سطح روسازی قدیمی به حلال‌های نفتی تشخیص داده شد. در این پروژه، نمونه‌هایی از سطح راه در مناطق قیرزده، مناطق مجاور ناحیه قیرزده و نقاط اتفاقی اخذ گردید و سپس این نمونه‌ها به دو نیمه مساوی (فوقانی و تحتانی) تقسیم شدند و دانه‌بندی و میزان قیر و مخلوط آسفالتی در هر یک از دو نیمه مورد آزمایش قرار گرفتند[۱۲].

در نواحی قیرزده، میزان ریزدانه موجود در قسمت فوقانی به علت حرکت مصالح سنگی ریزدانه، بویژه فیلر، به همراه قیر از لایه تحتانی به لایه فوقانی بیشتر بود. دانه‌بندی و درصد قیر نمونه‌های به دست آمده از نواحی مجاور نواحی قیرزده و نمونه‌های اتفاقی، تقریباً یکسان بود. عمده تفاوت موجود در دانه‌بندی نمونه‌ها، وجود فیلر بیشتر در نمونه‌های نواحی قیرزده بویژه در قسمت فوقانی بود. این مسأله نشان می‌دهد که مخلوط‌های اولیه دانه‌بندی نسبتاً مشابهی داشته‌اند، اما پس از تراکم و عبور ترافیک، مقادیری از قیر به همراه ریزدانه‌ها در نواحی قیرزده از پایین به سمت لایه فوقانی حرکت کرده‌اند.

همچنین ویژگی‌های مختلف قیرهای نمونه گیری شده از مناطق قیرزده و نواحی مجاور آن، با قیر طرح مقایسه شد که نتایج بدست آمده در مورد نمونه‌های قیرنزده با خصوصیات قیر طرح مطابقت داشت، ولی در مورد مناطق قیرزده کندروانی پایین‌تری در مقایسه با قیر طرح بدست آمد. نتیجه بدست آمده، آلودگی قبلی سطح روسازی قدیمی به حلالی مانند گازوئیل قبل از اجرای روکش را نشان داد[۴].

پدیده قیرزدگی در ۳ سطح کم، متوسط و زیاد بوقوع می‌پیوندد که در تصاویر زیر مشخص است.

شکل ۲-۱- قیرزدگی با شدت کم