جمهوری اسلامی ایران

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

دستورالعمل طرح، اجرا و نگهداری آسفالت سرد

ضابطه شماره ۳۶۲

معاونت نظارت راهبردی

امور نظام فنی

nezamfanni.ir

وزارت راه و شهرسازی

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

bhrc.ac.ir

بسمه تعالی

ریاست جمهوری
سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور
رییس سازمان

بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران	**شماره:**	**۹۳/۱۷۴۰۶۱**
	تاریخ:	**۱۳۹۳/۱۲/۲۷**

موضوع: دستورالعمل طرح، اجرا و نگهداری آسفالت سرد

به استناد ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و مواد (۶) و (۷) آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی- مصوب سال ۱۳۵۲ و در چارچوب نظام فنی و اجرایی کشور (موضوع تصویب‌نامه شماره ۴۲۳۳۹/ت۳۳۴۹۷هـ مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیأت محترم وزیران)، به پیوست ضابطه شماره ۳۶۲ امور نظام فنی، با عنوان «دستورالعمل طرح، اجرا و نگهداری آسفالت سرد» از نوع گروه سوم ابلاغ می‌شود.

رعایت مفاد این ضابطه در صورت نداشتن ضوابط بهتر، از تاریخ ۱۳۹۴/۴/۱ الزامی است.

امور نظام فنی این سازمان دریافت‌کننده نظرات و پیشنهادهای اصلاحی در مورد مفاد این ضابطه بوده و اصلاحات لازم را اعلام خواهد کرد.

محمد باقر نوبخت

omoorepeyman.ir

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی: امور نظام فنی سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبـادرت بـه تهیه این ضابطه نموده و آن را برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فـراوان، ایـن اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلط های مفهومی، فنی، ابهام، ایهام و اشکالات موضوعی نیست.

از ایـن‌رو، از شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی مراتب را به صورت زیـر گزارش فرمایید:

۱- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.

۲- ایراد مورد نظر را به صورت خلاصه بیان دارید.

۳- در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید.

۴- نشانی خود را برای تماس احتمالی ذکر فرمایید.

کارشناسان این امور نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت.

پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه : تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی علی‌شاه - مرکز تلفن

۳۳۲۷۱ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، امور نظام فنی

Email:info@nezamfanni.ir **web: nezamfanni.ir**

omoorepeyman.ir

پیشگفتار

استفاده از ضوابط، معیارها و استانداردها در مراحل تهیه طرح، اجرا، بهره‌برداری و نگهداری طرح‌های عمرانی به لحاظ توجیه فنی و اقتصادی طرح‌ها، کیفیت طراحی و اجرا (عمرمفید) و هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. نظام فنی و اجرایی کشور به کارگیری معیارها، استانداردها و ضوابط فنی در مراحل تهیه و اجرای طرح و نیز توجه لازم به هزینه‌های نگهداری از طرح‌ها را مورد تأکید جدی قرار داده است.

بنا بر مفاد ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور موظف به تهیه و ابلاغ ضوابط، مشخصات فنی، آیین‌نامه‌ها و استانداردهای اجرایی مورد نیاز طرح‌های عمرانی کشور می‌باشد. با توجه به تنوع و گستردگی طرح‌های عمرانی، طی سالهای اخیر سعی شده است در تهیه و تدوین این گونه مدارک علمی از مراکز تحقیقاتی و توان فنی دستگاه‌های اجرایی ذیربط استفاده شود. از این رو نشریه شماره ۳۶۲ با عنوان «دستورالعمل طرح، اجرا و نگهداری آسفالت سرد» با همکاری پژوهشکده حمل و نقل وزارت راه و ترابری (وقت) و بهره‌مندی از توان علمی و تخصصی جمعی از کارشناسان باتجربه کشور تهیه شده است.

آسفالتهای سرد به مخلوطی از مصالح سنگی با قیر) قیر محلول، امولسیون یا کف قیر (گفته میشود که عمل اختلاط قیر و مصالح در درجه حرارت محیط انجام و در همین دما پخش و متراکم م یگردد .سنگدانه‌ها در زمان اختلاط با قیر امولسیون می‌توانند مرطوب باشند اما در مورد کار با قیرهای محلول، می‌بایست در دمای محیط و یا تحت اثر حرارت خشک شده باشند. مسائل زیست‌محیطی و کاهش مصرف سوخت از جمله مهمترین عواملی هستند که باعث تولید مخلوطهای آسفالتی سرد در کشورهای پیشرفته در صنعت راه شده‌اند. در واقع این نوع مخلوطهای آسفالتی با درجه حرارت تولید و اجرای به مراتب کمتر از مخلوطهای آسفالتی متداول، سبب صرفه‌جویی در مصرف انرژی و کاهش تولید دی‌اکسیدکربن می‌گردند.

اهداف اصلی از تهیه این دستورالعمل عبارتند از:

ـ تعیین موارد استفاده منطقی آسفالت سرد

ـ اولویت استفاده از آسفالت سرد بر اساس شرایط فنی و اقتصادی

ـ ارتقای دانش فنی در زمینه طرح و اجرای آسفالت سرد

ـ تدوین دستورالعمل طرح و اجرا و نگهداری آسفالت سرد

علیرغم تلاش، دقت و وقت زیادی که برای تهیه این مجموعه صرف گردیده، معهذا این مجموعه مصون از وجود اشکال و ابهام در مطالب آن نیست. لذا در راستای تکمیل و پربار شدن این آیین‌نامه از کارشناسان محترم درخواست می‌شود موارد اصلاحی را به امور نظام فنی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور ارسال کنند. کارشناسان سازمان پیشنهادات دریافت شده را بررسی کرده و در

omoorepeyman.ir

صورت نیاز به اصلاح در متن نشریه، با همفکری نمایندگان جامعه فنی کشور و کارشناسان مجرب این حوزه، نسبت به تهیه متن اصلاحی، اقدام و از طریق سایت اینترنتی معاونت برای بهره‌برداری عموم اعلام خواهند کرد. به همین منظور و برای تسهیل در پیدا کردن آخرین ضوابط ابلاغی معتبر، در سمت میانی بالای صفحات نشریه، تاریخ تدوین مطالب آن صفحه درج شده است که در صورت هرگونه تغییر در مطالب هر یک از صفحات، تاریخ به روزرسانی آن نیز اصلاح خواهد شد. از این‌رو همواره مطالب صفحات دارای تاریخ جدیدتر معتبر خواهد بود.

بدینوسیله معاونت نظارت راهبردی از تلاش و جدیت رئیس و کارشناسان امور نظام فنی، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، ناظرین و مجری محترم پروژه و همچنین از تمام عزیزان متخصص همکار در امر تهیه و نهایی کردن این نشریه تشکر و قدردانی می‌کند و از ایزد منان توفیق روز افزون همه این بزرگواران را آرزومند است.

معاون نظارت راهبردی

زمستان ۱۳۹۳

omoorepeyman.ir

تهیه و کنترل

اعضای تهیه‌کننده :

کوروش جایروند	کارشناس ارشد راه و ترابری	مهندسین مشاور فرا رهساز فن
علیرضا خاوندی خیاوی	دکتری راه و ترابری	دانشگاه زنجان و مهندسین مشاور فرا رهساز فن

اعضای گروه نظارت:

علی محمد اسمعیلی	کارشناس ارشد عمران	آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک
امیررضا خانمحمدی	کارشناس ارشد راه و ترابری	سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای

اعضای گروه هدایت و راهبری پروژه:

حامد خانی	دکتری راه و ترابری	پژوهشکده حمل و نقل
احمد منصوریان	دکتری راه و ترابری	پژوهشکده حمل و نقل
آرمین جراحی	کارشناس ارشد راه و ترابری	پژوهشکده حمل و نقل
طاهر فتح الهی	رئیس گروه امور نظام فنی	سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

omoorepeyman.ir

فهرست مطالب

عنوان ..... صفحه

فصل اول- معرفی انواع آسفالت سرد وکاربرد آنها

۱-۱ تعریف ۳
۱-۲ طبقه‌بندی آسفالت سرد ۳
۱-۲-۱ طبقه‌بندی آسفالت سرد از لحاظ روش تهیه و اجرا ۳
۱-۲-۱-۱ آسفالت سرد کارخانه‌ای ۳
۱-۲-۱-۲ آسفالت سرد مخلوط در محل(رودمیکس) ۳
۱-۲-۲ طبقه‌بندی آسفالت سرد از لحاظ دانه‌بندی مصالح ۴
۱-۲-۲-۱ آسفالت سرد با دانه‌بندی باز ۴
۱-۲-۲-۲ آسفالت سرد با دانه‌بندی پیوسته ۴
۱-۳ دامنه کاربرد آسفالت سرد ۴
۱-۳-۱ کاربرد آسفالت سرد در ساخت راه‌ها ۴
۱-۳-۲ کاربرد آسفالت سرد در ترمیم و نگهداری راه‌ها ۴
۱-۳-۳ کاربرد آسفالت سرد در موارد خاص ۵

فصل دوم -مشخصات مواد و مصالح سنگی

۲- مشخصات مواد و مصالح سنگی ۹
۲-۱ مشخصات فنی مصالح سنگی ۹
۲-۱-۲ دانه‌بندی کلی مصالح سنگی ۹
۲-۱-۳ دانه‌بندی فیلر ۱۲
۲-۱-۴ دانه‌بندی‌های مخلوط‌های آسفالت سرد با قیر امولسیون ۱۳
۲-۱-۵ دانه‌بندی‌های مخلوط‌های آسفالت سرد لکه‌گیری ۱۴
۲-۲ مواد قیری ۱۶
۲-۲-۱ قیرهای محلول ۱۶
۲-۲-۱-۱ قیرهای زودگیر ۱۶
۲-۲-۱-۲ قیرهای کندگیر ۱۷
۲-۲-۱-۳ قیرهای دیرگیر ۱۷
۲-۲-۲ قیرهای امولسیونی ۱۷
۲-۲-۲-۱ قیرهای امولسیون آنیونیک ۱۸
۲-۲-۲-۲ قیرهای امولسیون کاتیونیک ۱۸
۲-۳ انتخاب قیر ۲۰
۲-۳-۱ خصوصیات قیر ۲۰
۲-۳-۲ کندروانی قیر ۲۱
۲-۳-۳ دانه بندی مصالح ۲۲

omoorepeyman.ir

۲-۳-۴ رطوبت مصالح سنگی ۲۲
۲-۳-۵ عمل آمدن قیر ۲۳
۲-۳-۵-۱ قیرهای محلول ۲۳
۲-۳-۵-۲ قیرهای امولسیونی ۲۳
۲-۳-۶ درجه حرارت قیر ۲۶
۲-۴ انتخاب دانه‌بندی کارگاهی ۲۶

فصل سوم- طرح اختلاط آسفالت سرد

طرح اختلاط آسفالت سرد ۳۱
۳-۱ استفاده از فرمول‌های تجربی ۳۱
۳-۱-۱ قیرهای امولسیون ۳۱
۳-۱-۲ قیرهای محلول ۳۲
۳-۲ طرح اختلاط آزمایشگاهی ۳۲
۳-۲-۱ قیرهای محلول ۳۲
۳-۲-۱-۱ مصالح سنگی ۳۳
۳-۲-۱-۲ قیر ۳۳
۳-۲-۱-۳ ساخت و آزمایش نمونه‌ها ۳۶
۳-۲-۱-۴ تحلیل و بررسی نتایج و آزمایشها ۳۶
۳-۲-۱-۵ تعیین درصد قیر بهینه ۳۷
۳-۲-۱-۶ معیارها و ضوابط طراحی ۳۸
۳-۲-۲ روش طرح اختلاط آسفالت سرد با قیر امولسیون با دانه‌بندی پیوسته ۳۹
۳-۲-۲-۱ مشخصات مصالح سنگی ۳۹
۳-۲-۲-۲ آزمایش‌های قیر امولسیون ۴۰
۳-۲-۲-۳ تعیین مقدار قیر امولسیون آزمایشی ۴۰
۳-۲-۲-۴ ساخت و آزمایش نمونه‌ها ۴۱
۳-۲-۲-۵ انتخاب درصد قیر بهینه ۴۱
۳-۲-۳ طرح اختلاط آسفالت سرد با قیر امولسیون با مصالح سنگی با دانه‌بندی باز ۴۳
۳-۲-۴ طرح اختلاط آسفالت سرد با قیر محلول با مصالح سنگی با دانه‌بندی باز ۴۴
۳-۲-۵ طرح اختلاط مخلوط های آسفالت سرد لکه‌گیری ۴۴

فصل چهارم - طرح روسازی آسفالت سرد
طرح سازه‌ای مخلوط آسفالتی سرد ۴۹
۴-۱ ضریب هم ارزی آسفالت سرد ۴۹
۴-۲ ضریب سازه‌ای آسفالت سرد ۴۹
۴-۳ ارتباط بین ضریب سازه‌ای و خصوصیات سازه‌ای ۴۹

omoorepeyman.ir

فصل پنجم- روشهای اجرا و نگهداری آسفالت سرد

۵-۱ کلیات ۵۷
۵-۲ تولید آسفالت سرد بصورت کارخانه‌ای (کارخانه ثابت) ۵۷
۵-۲-۱ انواع مخلوط‌های کارخانه‌ای ۵۹
۵-۳ ساخت آسفالت‌های سرد مخلوط در محل ۶۱
۵-۳-۱ دستگاه‌های مخلوط کننده سیار ۶۲
۵-۳-۲ دستگاه مخلوط کننده چرخشی ۶۲
۵-۳-۳ مخلوط کننده‌های تیغه‌ای(باگریدر) ۶۳
۵-۳-۴ اختلاط با دستگاه‌های بازیافتی ۶۳
۵-۳-۵ سایر وسایل تهیه آسفالت سرد ۶۵
۵-۴ ماشین‌آلات پخش و تراکم آسفالت سرد ۶۵
۵-۴-۱ فینیشر ۶۵
۵-۴-۲ گریدر ۶۵
۵-۴-۳ جاروی مکانیکی ۶۵
۵-۴-۴ کامیون ۶۶
۵-۴-۵ غلتک ۶۶
۵-۴-۵-۱ غلتک‌های فلزی دوچرخ ردیف ۶۶
۵-۴-۵-۲ غلتک‌های فلزی سه چرخ ۶۶
۵-۴-۵-۳ غلتک‌های چرخ لاستیکی ۶۶
۵-۴-۵-۴ غلتک‌های لرزنده ۶۶
۵-۵ روش اجرای آسفالت سرد ۶۷
۵-۵-۱ آماده کردن سطح راه ۶۷
۵-۵-۱-۱ راه شنی ۶۷
۵-۵-۱-۲ راه آسفالتی ۶۷
۵-۵-۲ هوادهی ۶۸
۵-۵-۳ پخش و کوبیدن آسفالت سرد کارخانه‌ای ۶۸
۵-۵-۴ اجرای مخلوط آسفالت سرد در محل ۶۸
۵-۵-۴-۱ ریسه کردن مصالح ۷۱
۵-۵-۴-۲ تعیین مقدار قیر برای مصالح ریسه شده ۷۲
۵-۵-۴-۳ پخش قیر و اختلاط ۷۳
۵-۵-۴-۴ پخش و کوبیدن مخلوط آسفالت سرد در محل ۷۴
۵-۵-۵ محدودیت‌های اجرای مخلوط‌های آسفالت سرد ۷۵
۵-۶ آزمایش‌ها ۷۶
۵-۶-۱ درصد قیر ۷۶
۵-۶-۲ دانه‌بندی ۷۷
۵-۶-۳ مشخصات فنی ۷۷
۵-۷ کنترل سطح آسفالت ۷۷

omoorepeyman.ir

۵-۷-۱ نیمرخ‌های عرضی ۷۷
۵-۷-۲ یکنواختی سطح ۷۷
۵-۸ مخلوط‌های آسفالت سرد لکه‌گیری ۷۷
۵-۸-۱ انواع مخلوط‌های آسفالت سرد لکه‌گیری ۷۷
۵-۸-۱-۱ مخلوط‌های آسفالت سرد لکه‌گیری با مصرف غیر فوری ۷۷
۵-۸-۱-۲ مخلوط‌های آسفالتی سرد لکه‌گیری با مصرف فوری ۷۹
۵-۸-۱-۳ مخلوط آسفالت سرد لکه‌گیری انحصاری ۷۹
۵-۸-۱-۴ مخلوط‌های آسفالت سرد لکه‌گیری با استفاده از مصالح خرده آسفالتی (RAP) ۸۰
۵-۸-۲ قیرهای مورد استفاده در مخلوط‌های آسفالت سرد لکه‌گیری ۸۰
۵-۸-۳ انتخاب مواد لکه‌گیری با مخلوط سرد ۸۱
۵-۹ نگهداری آسفالت سرد اجراشده ۸۱
مراجع ۸۷
پیوست یک ۹۳
پیوست دو ۹۹

omoorepeyman.ir

فهرست شکل‌ها

عنوان ..... صفحه

شکل ۲-۱ راهنمای انتخاب نوع قیر امولسیون براساس جنس مصالح سنگی ۲۱

شکل ۳-۱ تغییرات وزن مخصوص یک نمونه قیر در ۲۵ درجه سانتیگراد برحسب میزان مواد حلال آن..... ۳۴
شکل ۳-۲- دمای اختلاط باتوجه به نمودار دما- کندروانی ۳۵
شکل ۳-۳- نمودار رابطه کندروانی یک نمونه قیر محلول با درصدهای مختلف مواد حلال ۳۵
شکل ۳-۴ نمودارهای مشخصات مخلوط‌های آسفالت سرد طراحی شده با قیرهای محلول..... ۳۷
شکل ۳-۵ تعیین حداقل درصد فضای خالی مصالح سنگی ۳۸
شکل ۳-۶- نمودارهای طرح اختلاط آسفالت سرد با قیر امولسیون و دانه‌بندی پیوسته ۴۳
شکل۳-۷- تعیین مقدار بهینه قیر امولسیون مخلوط آسفالت سرد با دانه‌بندی باز ۴۴

شکل ۴-۱ ارتباط بین عدد استحکام مارشال و ضریب قشر لایه آسفالت سرد در ۲۲ درجه سانتیگراد..... ۵۳
شکل ۴-۲ ارتباط بین پارامتر مدول برجهندگی و ضریب قشر لایه آسفالت سرد در ۲۲ درجه سانتیگراد..... ۵۴

شکل ۵-۱- اجزای کارخانه آسفالت سرد..... ۶۰
شکل ۵-۲- تولید و حمل آسفالت سرد در کارخانه ۶۱
شکل ۵-۳- نمونه‌ای از دستگاه‌های مخلوط‌کننده سیار..... ۶۳
شکل ۵-۴- نمونه‌ای از دستگاه مخلوط‌کننده چرخشی ۶۴
شکل ۵-۵- عمل اختلاط قیر و مصالح توسط گریدر..... ۶۴
شکل ۵-۶- پخش آسفالت سرد توسط دستگاه فینیشر ۷۰
شکل ۵-۷ عملیات غلتک‌زنی لایه آسفالت سرد توسط غلتکهای چرخ‌لاستیکی و چرخ فولادی..... ۷۱
شکل ۵-۸ ابعاد ریسه..... ۷۳
شکل ۵-۹ پخش آسفالت سرد توسط دستگاه فینیشر..... ۷۵

omoorepeyman.ir

فهرست جداول

عنوان ..... صفحه

جدول ۲-۱ مشخصات سنگدانه‌ها برای استفاده در آسفالت سرد ۹
جدول۲-۲ دانه‌بندی باز مصالح سنگی آسفالت سرد ۱۰
جدول ۲-۳ دانه‌بندی پیوسته مصالح سنگی آسفالت سرد ۱۰
جدول ۲-۴- دانه‌بندی مصالح سنگی درشت‌دانه ۱۱
جدول۲-۵- دانه‌بندی مصالح سنگی ریزدانه ۱۲
جدول ۲-۶- دانه‌بندی فیلر ۱۲
جدول ۲-۷ مشخصات شیمیایی آهک شکفته ۱۳
جدول ۲-۸ مشخصات فیزیکی آهک شکفته ۱۳
جدول ۲-۹ دانه‌بندی‌های پیوسته مصالح سنگی آسفالت سرد با قیر امولسیون ۱۴
جدول ۲-۱۰ دانه‌بندی‌های باز مصالح سنگی آسفالت سرد با قیر امولسیون ۱۵
جدول ۲-۱۱ دانه‌بندی‌های ماسه آسفالت سرد با قیر امولسیون ۱۵
جدول ۲-۱۲ دانه‌بندی‌های آسفالت سرد لکه‌گیری برای مصارف فوری و غیر فوری ۱۶
جدول۲-۱۳ انواع قیرهای امولسیون آنیونیک ۱۹
جدول ۲-۱۴ انواع قیرهای امولسیون کاتیونیک ۱۹
جدول ۲-۱۵ قیرهای مناسب برای آسفالت سرد ۲۵
جدول ۲-۱۶ راهنمای درجه حرارت قیرهای مصرفی برای تهیه آسفالت سرد ۲۶
جدول ۲-۱۷ رواداری مجاز دانه‌بندی کارگاهی و قیر در آسفالت سرد ۲۷

جدول ۳-۱ نمونه ای از نتایج آزمایش فیزیکی و شیمیائی سه نمونه قیر کندگیر ۳۴
جدول ۳-۲ مشخصات فنی آسفالت سرد برای قیرهای محلول با روش مارشال ۳۸
جدول ۳-۳- ضرایب تصحیح مقاومت نمونه‌های آسفالتی ۴۲
جدول ۳-۴- معیارها و ضوابط طراحی مخلوط آسفالت سرد امولسیونی ۴۵

جدول ۴-۱ ضرایب لایه پیشنهادی برای آسفالت سرد ۴۹

omoorepeyman.ir

۱

معرفی انواع آسفالت سرد و کاربرد آنها

omoorepeyman.ir

تعریف

آسفالت‌های سرد به مخلوطی از مصالح سنگی با قیر (قیر محلول، امولسیون) گفته می‌شود که عمل اختلاط قیر و مصالح در درجه حرارت محیط انجام و در همین دما پخش و متراکم می‌گردد.

۱-۱ طبقه‌بندی آسفالت سرد

آسفالت‌های سرد را می‌توان بر حسب عوامل زیر طبقه‌بندی کرد:

- روش تهیه و اجرا
- دانه‌بندی

۱-۲-۱ طبقه‌بندی آسفالت سرد از لحاظ روش تهیه و اجرا

آسفالت سرد را برحسب روش تهیه و اجرا می‌توان به دو دسته آسفالت سرد کارخانه‌ای و آسفالت سرد مخلوط در محل تقسیم کرد.

۱-۲-۱-۱ آسفالت سرد کارخانه‌ای

آسفالت سرد کارخانه‌ای در کارخانه‌های ثابت و مرکزی آسفالت تهیه و سپس برای پخش به محل مصرف حمل می‌شود. در کارخانه‌های آسفالت سرد، کنترل‌های لازم جهت تنظیم دانه‌بندی، توزین سنگدانه‌ها و اختلاط با قیر مشابه آسفالت گرم رعایت می‌شود. البته هنگامی که از قیر امولسیون استفاده شود، مشروط بر آن که رطوبت مصالح بیش از ۳ درصد نباشد، مراحل حرارت دادن و یا خشک کردن سنگدانه‌ها از چرخه عملیات ذکرشده غالبا حذف می‌گردد.

معمولا آسفالت سرد کارخانه‌ای برای آنکه محصول از کیفیت مناسبی برخوردار باشد، چه در شرایط مصرف قیرهای محلول و یا قیرهای امولسیون، مصالح سنگی حرارت داده می‌شود.

۱-۲-۱-۲ آسفالت سرد مخلوط در محل(رودمیکس[1])

آسفالت سرد مخلوط در محل به دو روش زیر تهیه می‌شود:

الف- نوع مخلوط در محل، که سنگدانه‌ها در کنار و امتداد راه ریسه شده و روی آن قیرپاشی می‌شود و سپس عمل اختلاط و پخش با گریدر یا وسایل نظیر آن انجام می‌گیرد. آسفالت سرد که با قیرهای محلول تهیه می‌شوند، مخلوط آسفالتی آماده شده می‌بایست به دفعات لازم توسط ماشین‌آلات (لودر و گریدر) در هوای آزاد زیر و رو شده تا میزان حلال موجود در قیرهای محلول به حداقل ممکن کاهش یابد.

1- Road Mix

omoorepeyman.ir

ب- نوع مخلوط در کارگاه سیار، که عمل اختلاط قیر و سنگدانه‌ها در کارخانه‌های سیار انجام و مخلوط تهیه شده برای پخش به محل مصرف حمل می‌شود.

۱-۲-۲ طبقه‌بندی آسفالت سرد از لحاظ دانه‌بندی مصالح

آسفالت سرد بر حسب دانه‌بندی مصالح به دو نوع آسفالت سرد با دانه‌بندی باز[1] و دانه‌بندی پیوسته[2] تقسیم می‌شود. همچنین آسفالت سرد ماسه‌ای و یا ماسه همراه با لای نیز در این طبقه‌بندی قرار می‌گیرند. انتخاب دانه‌بندی با توجه به ضخامت لایه آسفالتی، ترافیک و شرایط جوی- اقلیمی منطقه صورت می‌پذیرد.

۱-۳ دامنه کاربرد آسفالت سرد

آسفالت سرد در ساخت راه‌ها، تعمیر و نگهداری روسازی‌ها، و در موارد خاص نظیر کف مکان‌های ورزشی کاربرد دارد.

۱-۳-۱ کاربرد آسفالت سرد در ساخت راه‌ها

آسفالت سرد در کلیه لایه‌های روسازی کاربرد دارد، مشروط بر آن که تمام ضوابط و معیارهای طراحی و محدودیت-های ترافیکی مسیر برای آن رعایت شود. این نوع آسفالت در قشرهای رویه، آستر و اساس قیری برای ترافیک سبک و متوسط و در قشر اساس قیری برای ترافیک سنگین و خیلی سنگین می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

استفاده از آسفالت سرد در لایه رویه در شرایط ترافیک سبک و متوسط صورت می‌گیرد و اجرای آن برای شرایط ترافیک سنگین، بعنوان لایه اساس امکان‌پذیر است. در صورت تبدیل وضعیت ترافیک از حالت سبک و متوسط به سنگین برای مسیری که از این نوع آسفالت بعنوان لایه رویه در آن استفاده شده است، می‌بایست از آسفالت گرم بعنوان روکش برای جلوگیری از بروز خرابی استفاده نمود.

۱-۳-۲ کاربرد آسفالت سرد در ترمیم و نگهداری راه‌ها

لکه‌گیری خرابی‌های روسازی یکی از مهمترین عملیات نگهداری راه‌ها می‌باشد. بطور کلی، استفاده از مخلوط آسفالتی گرم با کیفیت بالا، اگرچه هزینه بیشتری در بردارد، اما مناسب‌تر می‌باشد، اما از آنجایی‌که در بسیاری مناطق، امکان تولید و اجرای آسفالت گرم در سرتاسر سال وجود ندارد، عملیات لکه‌گیری را می‌توان با استفاده از مخلوط‌های سرد دپو شده انجام داد.

بطور کلی آسفالت‌های سرد در تعمیرات موضعی نظیر لکه‌گیری‌ها، پرکردن چاله‌ها، پرکردن ترک‌ها و ... به کار گرفته می‌شوند. بطورکلی دو نوع مخلوط آسفالت سرد برای عملیات لکه‌گیری و تعمیرات روسازی مورد استفاده قرار می‌گیرد. که عبارتند از مخلوط آسفالت سرد با مصرف فوری و مخلوط آسفالت سرد با مصرف غیر فوری. مخلوط‌های آسفالت سرد با مصرف غیر فوری را می‌توان در اواخر تابستان یا اوایل پاییز، تولید و برای استفاده بعدی(در طول ماه‌های سرد سال)،

1 - Open Graded
2 - dense Graded

omoorepeyman.ir

در مناطق دور دست ذخیره نمود. این مخلوط‌ها بر حسب انواع قیر مصرفی در تهیه آسفالت سرد تا مدت شش ماه قابل استفاده است و بدون استفاده از حرارت، قابل کار می‌باشند.

۱-۳-۳ کاربرد آسفالت سرد در موارد خاص

علاوه بر کاربرد آسفالت سرد در موارد تعمیر و نگهداری راهها، دامنه بسیار وسیعی از کاربرد آسفالت‌های سرد مربوط به مکان‌های ورزشی و تفریحی (زمین‌های تنیس، پارک‌ها و غیره) است. برای این مکان‌ها، به طور کلی از مخلوط‌های سرد با دانه‌بندی پیوسته استفاده می‌شود. مزیت این مخلوط‌ها آن است که دارای انعطاف‌پذیری بیشتری در مقایسه با سطوح بتنی اجراشده برای اماکن ورزشی بوده و در عین حال برای اماکن ورزشی که لایه بتنی اجرا شده در آنها سطح غیرقابل نفوذی را ایجاد می‌کند و نیاز به لایه زهکش وجود دارد، اجرای روکش آسفالت سرد با دانه‌بندی باز مناسب می‌باشد.

omoorepeyman.ir

۲

مشخصات مواد و مصالح سنگی

omoorepeyman.ir

۲ مشخصات مواد و مصالح سنگی

۲-۱ مشخصات فنی مصالح سنگی

مصالح سنگی در آسفالت سرد، اعم از کارخانه‌ای یا مخلوط در محل را می‌توان از اختلاط مصالح درشت‌دانه حاصل از شکستن سنگ کوهی، شن رودخانه‌ای و سرباره کوره آهن گدازی، با ماسه شکسته، ماسه طبیعی و یا مخلوط این دو و در صورت لزوم فیلر تهیه کرد. مخلوط مصالح سنگی مصرفی باید مشخصات مندرج در جدول ۲-۱ را داشته و موارد زیر هم در آن رعایت شده باشد:

جدول ۲-۱ مشخصات سنگدانه‌ها برای استفاده در آسفالت سرد

آزمایش	مشخصات	روش آزمایش	
		AASHTO	ASTM
مقاومت سایشی با آزمایش لوس آنجلس- حداکثر	۴۰ درصد	T 96	C 131
افت وزنی با سولفات سدیم- حداکثر	۱۲درصد	T 104	C 88
افت وزنی با سولفات منیزیم- حداکثر	۱۸ درصد	T 104	C 88
ارزش ماسه‌ای- حداقل	۳۵ درصد	T 176	C 2419
دامنه خمیری- حداکثر	۴ درصد	T 90	C 4318
شکستگی یک جبهه سنگدانه‌های مانده روی الک شماره ۴ یا ۴/۷۵ میلیمتر- حداقل	۶۵ درصد	---	D 5821
سنگدانه‌های پهن و دراز [1] - حداکثر	۱۵ درصد	---	D 4791
جرم واحد حجم سنگدانه‌های سرباره کوره آهن گدازی- حداقل	۱۱۲۰ Kg/m^3	T 19	C 29

(۱) سنگدانه های پهن و دراز مصالح مانده روی الک ۹/۵ میلیمتر($\frac{۳}{۸}$ اینچ) می باشد که حداکثر طول به حداقل ضخامت آنها بیشتر از ۵ باشد.

۲-۱-۲ دانه‌بندی کلی مصالح سنگی

دانه‌بندی مصالح برحسب این که پیوسته یا باز انتخاب شود، باید در محدوده یکی از دانه‌بندی‌های پیوسته و یا باز مندرج در جداول ۲-۲ و ۲-۳ باشد. دانه‌بندی با توجه به ضخامت قشر آسفالتی، ترافیک و شرایط جوی- اقلیمی منطقه تعیین می‌شود. منحنی دانه‌بندی بهتر است بویژه بعد از الک شماره ۸ به موازات دو محدوده بالا و پایین دانه‌بندی اصلی قرار گیرد.

omoorepeyman.ir

جدول۲-۲ دانه‌بندی باز مصالح سنگی آسفالت سرد

حداکثر اندازه اسمی مصالح (میلیمتر)	درصد وزنی ردشده از هر الک (با سوراخ‌های چهارگوش)					
	۳۷/۵	۲۵	۱۹	۱۲/۵	۹/۵	۴/۷۵
شماره دانه‌بندی	۱ اساس قیری	۲ اساس قیری و	۳ اساس قیری و	۴ آستر و	۵ رویه	۶ رویه
اندازه الک						
۵۰ میلی‌متر	۱۰۰					
۳۷/۵ میلی‌متر	۹۰-۱۰۰	۱۰۰				
۲۵ میلی‌متر	–	۹۰-۱۰۰	۱۰۰			
۱۹ میلی‌متر	۴۰ - ۷۰	–	۹۰-۱۰۰	۱۰۰		
۱۲/۵ میلی‌متر	–	۴۰ - ۷۰	–	۸۵ -۱۰۰	۱۰۰	
۹/۵ میلی‌متر	۱۸ - ۴۸	–	۴۰ - ۷۰	۶۰ - ۹۰	۸۵ - ۱۰۰	
۴/۷۵ میلی‌متر	۶ - ۲۹	۱۰ - ۳۴	۱۵ - ۳۹	۲۰ - ۵۰	۴۰ - ۷۰	۱۰۰
۲/۳۶ میلی‌متر	۰ - ۱۴	۱ - ۱۷	۲ - ۱۸	۵ -۲۵	۱۰ - ۳۵	۷۵ - ۱۰۰
۱/۱۸ میلی‌متر	–	–	–	۳ - ۱۹	۵ - ۲۵	۵۰ - ۷۵
۰/۶ میلی‌متر	۰ -۸	۰ - ۱۰	۰ - ۱۰	–	–	۲۸ - ۵۳
۰/۳ میلی‌متر	–	–	–	۰ - ۱۰	۰ - ۱۲	۸ - ۳۰
۰/۱۵ میلی‌متر	–	–	–	–	–	۰ -۱۲
۰/۰۷۵ میلی‌متر	–	–	–	–	–	۰ - ۵

جدول ۲-۳ دانه‌بندی پیوسته مصالح سنگی آسفالت سرد

حداکثر اندازه اسمی مصالح (میلیمتر)	درصد وزنی ردشده از هر الک (با سوراخ‌های چهارگوش)						
	۳۷/۵	۲۵	۱۹	۱۲/۵	۹/۵	۴/۷۵	۴/۷۵
شماره دانه‌بندی	۱ اساس قیری	۲ اساس قیری و آستر	۳ اساس قیری و آستر	۴ آستر و رویه	۵ رویه	۶ رویه	۷ رویه
اندازه الک							
۵۰ میلی‌متر	۱۰۰	–	–	–	–	–	–
۳۷/۵ میلی‌متر	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	–	–	–	–	–
۲۵ میلی‌متر	–	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	–	–	–	–
۱۹ میلی‌متر	۵۶ - ۸۰	–	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	–	–	–
۱۲/۵ میلی‌متر	–	۵۶ - ۸۰	–	۹۰ -۱۰۰	۱۰۰	–	–
۹/۵ میلی‌متر	–	–	۵۶ - ۸۰	–	۹۰ - ۱۰۰	۱۰۰	–
۴/۷۵ میلی‌متر	۲۳ - ۵۳	۲۹ - ۵۹	۳۵ - ۶۵	۴۴ - ۷۴	۵۵ - ۸۵	۸۰ - ۱۰۰	۱۰۰
۲/۳۶ میلی‌متر	۱۵ - ۴۱	۱۹ - ۴۵	۲۳ - ۴۹	۲۸ -۵۸	۳۲ - ۶۷	۶۵ - ۱۰۰	۹۵ - ۱۰۰
۱/۱۸ میلی‌متر	–	–	–	–	–	۴۰ - ۸۰	۸۵ - ۱۰۰
۰/۵ میلی‌متر	–	–	–	–	–	۲۵ - ۶۵	۷۰ - ۹۵
۰/۳ میلی‌متر	۴ - ۱۶	۵ - ۱۷	۵ - ۱۹	۵ - ۲۱	۷ - ۲۳	۷ - ۴۰	۴۵ - ۷۵
۰/۱۵ میلی‌متر	–	–	–	–	–	۳ -۲۰	۲۰ - ۴۰
۰/۰۷۵ میلی‌متر	۰ - ۶	۱ - ۷	۲ - ۸	۲ - ۱۰	۲ - ۱۰	۲ - ۱۰	۹ - ۲۰

omoorepeyman.ir

دانه‌بندی اجزای دانه‌درشت و ریزدانه نیز که در کارگاه تهیه و تفکیک می‌شود، با توجه به حداکثر قطر سنگدانه‌ها، باید مطابق دانه‌بندی جدول‌های درشت‌دانه و ریزدانه به ترتیب جدول‌های۲-۴ و ۲-۵ باشد. انتخاب دانه‌بندی درشت و ریز دیگری که بتواند دانه‌بندی مشخصات را تأمین کند، قابل قبول خواهد بود.

تبصره: وقتی که مصالح سنگی مصرفی برای آسفالت سرد از بستر راه شنی موجود و از طریق شخم زدن و برداشتن ضخامت معینی از آن تهیه می‌شود، باید با مشخصات جدول ۲-۱ و شرایط فوق منطبق بوده و در غیر این صورت اصلاحات لازم برای تطابق با مشخصات روی آن انجام گیرد.

جدول ۲-۴- دانه‌بندی مصالح سنگی درشت‌دانه

اندازه اسمی- میلیمتر	درصد وزنی رد شده از هر الک								
	۳۷/۵	۲۵	۲۵	۱۹	۱۹	۱۹	۱۹	۱۲/۵	۹/۵
شماره دانه‌بندی / اندازه الک	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
۵۰ میلیمتر	۱۰۰	–	–	–	–	–	–	–	–
۳۷/۵ میلیمتر	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	–	–	–	–	–	–
۲۵ میلیمتر	۲۰-۵۵	۹۰-۱۰۰	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	–	–	–
۱۹میلیمتر	۰-۱۵	۲۰-۵۵	–	۹۰-۱۰۰	۹۰-۱۰۰	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	–
۱۲/۵میلیمتر	–	۰-۱۰	۲۰-۶۰	۲۰-۵۵	–	–	۹۰-۱۰۰	۹۰-۱۰۰	۱۰۰
۹/۵میلیمتر	۰-۵	۰-۵	–	۰-۱۵	۲۰-۵۵	۳۰-۶۵	۴۰-۷۰	۴۰-۷۵	۸۵-۱۰۰
۴/۷۵میلیمتر(شماره ۴)	–	–	۰-۱۰	۰-۵	۰-۱۰	۵-۲۵	۰-۱۵	۵-۲۵	۱۰-۳۰
۲/۳۶میلیمتر(شماره۸)	–	–	۰-۵	–	۰-۵	۰-۱۰	۰-۵	۰-۱۰	۰-۱۰
الک۱/۱۸میلیمتر(شماره۱۶)	–	–	–	–	–	۰-۵	–	۰-۵	۰-۵
۰/۳میلیمتر(شماره۵۰)	–	–	–	–	–	–	–	–	–

omoorepeyman.ir

جدول۲-۵- دانه‌بندی مصالح سنگی ریزدانه

	درصد وزنی رد شده از هر الک			
شماره دانه‌بندی / اندازه الک	۱	۲	۳	۴
۹/۵میلیمتر	۱۰۰	-	-	۱۰۰
۴/۷۵میلیمتر(شماره ۴)	۹۵-۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۸۰-۱۰۰
۲/۳۶میلیمتر(شماره۸)	۷۰-۱۰۰	۷۵-۱۰۰	۹۵-۱۰۰	۶۵-۱۰۰
۱/۱۸میلیمتر(شماره۱۶)	۴۰-۸۰	۵۰-۷۴	۸۵-۱۰۰	۴۰-۸۰
۰/۶ میلیتر(شماره۳۰)	۲۰-۶۵	۲۸-۵۲	۶۵-۹۰	۲۰-۶۵
۰/۳میلیمتر(شماره۵۰)	۷۰-۴۰	۸۰-۳۰	۳۰-۶۰	۷۰-۴۰
۰/۱۵میلیمتر(شماره۱۰۰)	۲-۲۰	۰-۱۲	۵-۲۵	۲-۲۰
۰/۰۷۵میلیمتر(شماره۲۰۰)	۰-۱۰	۰-۵	۰-۵	۰-۱۰

۲-۱-۳ دانه‌بندی فیلر

چنانچه برای تأمین دانه‌بندی مخلوط سنگدانه از فیلر استفاده شود، دانه‌بندی آن باید با جدول ۲-۶ مطابقت داشته باشد. در صورتی‌که از شکستن سنگدانه‌ها به مقدار کافی فیلر (عمدتا رد شده از الک ۲۰۰) تأمین نشود، بایستی فیلر اضافی تهیه و در کارخانه آسفالت از طریق سیلوی جداگانه به مصالح اضافه شود.

فیلر اضافی را می‌توان از گرد سنگهای آهکی، آهک شکفته، سیمان و یا سایر سنگهای معدنی مناسب تهیه نمود. فیلر اضافی مورد استفاده برای آسفالت باید دارای ویژگی‌های زیر باشد:

الف- دانه‌بندی آن با جدول ۲-۶ انطباق داشته باشد.

ب- دامنه خمیری آن در صورت عدم استفاده از سیمان و آهک شکفته از چهار درصد تجاوز نکند.

پ- فاقد ناخالصی‌های آلی باشد(۲۱- T آشتو)

ت- فاقد مواد رسی (دانه‌های کوچکتر از ۰/۰۰۲ میلیمتر) که با آزمایش هیدرومتری تعیین می‌شود، باشد.

جدول ۲-۶- دانه‌بندی فیلر

اندازه الک	درصد وزنی رد شده
۰/۶میلیمتر(شماره۳۰)	۱۰۰
۰/۳میلیمتر(شماره۵۰)	۹۵-۱۰۰
۰/۰۷۵میلیمتر(شماره۲۰۰)	۷۰-۱۰۰

فیلر موجود در مصالح سنگی آسفالتی باید توسط دستگاه غبارگیر کارخانه آسفالت از مصالح جدا شده و در سیلوی

omoorepeyman.ir

فیلر ذخیره و سپس به مقدار مورد نیاز به مصالح اضافه شود. این فیلر باید با ویژگی‌های مشروحه در زیربندهای ب تا ت فوق به استثنای الزامات مربوط به دانه‌بندی، مطابقت داشته باشد. آهک شکفته مصرفی بعنوان فیلر باید با مشخصات M -۳۰۳ آشتو تطبیق نماید.

در جداول ۲-۷ و۲-۸ مشخصات شیمیایی و فیزیکی آهک شکفته مطابق با آشتو M 303 ارایه شده است.

جدول ۲-۷ مشخصات شیمیایی آهک شکفته

مشخصه	مقدار(درصد)
حداقل مقدار کل آهک فعال (درصد وزن $Ca(OH)_2$+ درصد وزن Ca(O))	90
حداکثر مقدار آهک غیر شکفته درصد وزنی Ca O	۷
حداکثر مقدار آب آزاد	۳

اندازه ذرات آهک آشفته مطابق با روش آزمایش T219 باید دارای مشخصات مندرج در جدول ۲-۷ باشد.

جدول ۲-۸ مشخصات فیزیکی آهک شکفته

مشخصه	مقدار(درصد)
حداکثر مقدار باقیمانده روی الک شماره ۳۰ (۶۰۰ میکرو متر)	۳
حداکثر مقدار باقیمانده روی الک شماره ۲۰۰ (۷۵ میکرو متر)	۲۰

مصرف سیمان برای کسب مقاومت اولیه مخلوط بسیار موثر است. سیمان یک چسباننده موثر بوده و بعنوان یک چسباننده فرعی در مخلوط آسفالت سرد عمل می‌کند. افزودن سیمان باعث بهبود در مدول برجهندگی، مقاومت در برابر اثرات تخریبی رطوبت، خزش، تغییر شکل دایمی می‌گردد. علاوه بر آن زمان عمل‌آوری مخلوط آسفالت سرد را کوتاه‌تر می‌کند.

۲-۱-۴ دانه‌بندی مخلوط‌های آسفالت سرد با قیر امولسیون

برای تهیه مخلوط‌های آسفالت سرد با قیر امولسیون علاوه بر کاربرد دانه‌بندی‌های مندرج در جداول ۲-۲ و ۲-۳ ، از دانه‌بندی‌های دیگری که در ادامه بیان می‌شود، می‌توان استفاده کرد. مخلوط‌های آسفالت سرد با قیر امولسیون با توجه به نوع دانه‌بندی مصالح سنگی به سه دسته طبقه‌بندی می‌شوند:

مخلوط‌های آسفالت سرد با دانه‌بندی پیوسته، مخلوط‌های آسفالت سرد ماسه‌ای و مخلوط‌های با دانه‌بندی باز .

مخلوط‌های آسفالت سرد با دانه‌بندی پیوسته: این نوع مخلوط‌ها دامنه گسترده‌ای از انواع گوناگون سنگدانه و دانه‌بندی‌های را شامل می‌شود و در انواع روسازی‌ها قابل کاربرد می‌باشند. دانه‌بندی‌های پیوسته آسفالت سرد با قیر امولسیون مطابق با جدول ۲-۹ می‌باشد.

omoorepeyman.ir

مخلوط‌های آسفالت سرد با دانه‌بندی باز: این نوع مخلوط‌ها دارای درصد فضای خالی زیادی برای زهکشی آب در جسم مخلوط ایجاد نموده و برای کاربرد در لایه اساس و رویه، عملکرد مناسبی دارند. در راه‌های با ترافیک سنگین که نیاز به مخلوطی با کیفیت بالا می‌باشد، این مخلوط‌ها بدلیل استفاده از تجهیزات نسبتا ساده و نرخ تولید بالایی که دارند، اقتصادی می‌باشند. در برخی از موارد، عملکرد دراز مدت مخلوط‌های آسفالت سرد با دانه‌بندی باز، با مخلوط‌های آسفالت گرم قابل مقایسه بوده است. این مخلوط‌ها، دارای مقاومت خوبی در برابر ترک خوردگی انعکاسی، خستگی، شیارشدگی و جمع شدگی هستند. دانه‌بندی‌های باز آسفالت سرد با قیر امولسیون مطابق با جدول ۲-۱۰ می‌باشد.

مخلوط‌های آسفالت سرد با ماسه: دانه‌بندی‌های ماسه‌ای شامل دو نوع دانه‌بندی ماسه خوب دانه‌بندی شده(عبوری الک ۵ میلیمتر) و ماسه لای دار می‌شود. این مخلوط‌ها، زمانیکه با نوع مناسبی از قیر امولسیون تولید شوند، در لایه‌های اساس و زیر اساس، عملکرد خوبی خواهند داشت. دانه‌بندی‌های مخلوط‌های آسفالت سرد با ماسه و قیر امولسیون مطابق با جدول ۲-۱۱ می‌باشد.

در این نوع مخلوط‌ها، از قیر امولسیون دیرشکن(SS) و قیر امولسیون آنیونیک(MS) با قابلیت شناوری بالا استفاده می‌شود.

۲-۱-۵ دانه‌بندی مخلوط‌های آسفالت سرد لکه‌گیری

دانه‌بندی‌های آسفالت سرد لکه‌گیری با قیر محلول یا امولسیون برای مصارف فوری و غیر فوری تولید در محل و یا در کارخانه مطابق با جدول ۲-۱۲ می‌باشد.

جدول ۲-۹- دانه‌بندی‌های پیوسته مصالح سنگی آسفالت سرد با قیر امولسیون

شماره دانه‌بندی / اندازه الک	درصد وزنی عبور کرده از الک				
	۱	۲	۳	۴	۵
۵۰ میلیمتر	۱۰۰	-	-	-	-
۳۷/۵ میلیمتر	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	-	-	-
۲۵ میلیمتر	-	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	-	-
۱۹میلیمتر	۶۰-۸۰	-	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	-
۱۲/۵میلیمتر	-	۶۰-۸۰	-	۹۰-۱۰۰	۱۰۰
۹/۵میلیمتر	-	-	۶۰-۸۰	-	۹۰-۱۰۰
الک شماره ۴	۲۰-۵۵	۲۵-۶۰	۳۵-۶۵	۴۵-۷۰	۶۰-۸۰
الک شماره۸	۱۰-۴۰	۱۵-۴۵	۲۰-۵۰	۲۵-۵۵	۳۵-۶۵
الک شماره۵۰	۲-۱۶	۳-۱۸	۳-۲۰	۵-۲۰	۶-۲۵
الک شماره۲۰۰	۰-۵	۱-۷	۲-۸	۲-۹	۲-۱۰

omoorepeyman.ir

جدول ۲-۱۰- دانه‌بندی‌های باز مصالح سنگی آسفالت سرد با قیر امولسیون

شماره دانه‌بندی / اندازه الک	درصد وزنی عبور کرده از الک			
	اساس قیری			رویه
	درشت دانه	میان دانه	ریزدانه	
۳۷/۵ میلیمتر	۱۰۰			
۲۵ میلیمتر	۹۵-۱۰۰	۱۰۰		
۱۹میلیمتر	-	۹۰-۱۰۰		
۱۲/۵میلیمتر	۲۵-۶۰	-	۱۰۰	
۹/۵میلیمتر	-	۲۰-۵۵	۸۵-۱۰۰	۱۰۰
الک شماره ۴	۰-۱۰	۰-۱۰	-	۳۰-۵۰
الک شماره۸	۰-۵	۰-۵	۰-۱۰	۵-۱۵
الک شماره۱۶	-	-	۰-۵	-
الک شماره۲۰۰	۰-۲	۰-۲	۰-۲	۰-۲

جدول ۲-۱۱ دانه‌بندی‌های ماسه‌ای آسفالت سرد با قیر امولسیون

شماره دانه‌بندی / اندازه الک	**درصد وزنی عبور کرده از الک**	
	آسفالت سرد با ماسه خوب دانه‌بندی شده	**آسفالت سرد با ماسهٔ لای‌دار**
۱۹میلیمتر	-	-
۱۲/۵میلیمتر	۱۰۰	۱۰۰
۹/۵میلیمتر	-	-
الک شماره ۴	۷۵ -۱۰۰	۷۵ -۱۰۰
الک شماره۱۰۰	-	۱۵ -۶۵
الک شماره۲۰۰	۵ -۱۲	۱۲-۲۰

omoorepeyman.ir

جدول ۲-۱۲- دانه‌بندی‌های آسفالت سرد لکه‌گیری برای مصارف فوری و غیر فوری

درصد عبوری / اندازه الک	اندازه ماکزیمم اسمی مصالح(میلیمتر)			
	۱	۲	۳	۴
	۲۵	۱۹	۱۲/۵	۹/۵
۳۷/۵ میلیمتر	۱۰۰	-	-	-
۲۵ میلیمتر	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	-	-
۱۹ میلیمتر	-	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	-
۱۲/۵ میلیمتر	۶۰-۸۰	-	۹۰-۱۰۰	۱۰۰
۹/۵ میلیمتر	-	۶۰-۸۰	-	۹۰-۱۰۰
۴/۷۵ میلیمتر	۲۵-۶۰	۳۵-۶۵	۴۵-۷۰	۶۰-۸۰
۲/۳۶ میلیمتر	۱۵-۴۵	۲۰-۵۰	۲۵-۵۵	۳۵-۶۵
۱/۱۸ میلیمتر	-	-	-	-
۰/۳ میلیمتر	۳-۱۸	۳-۲۰	۵-۲۰	۶-۲۵
۰/۰۷۵ میلیمتر	۱-۷	۲-۸	۲-۹	۲-۱۰

۲-۲ مواد قیری

مشخصات مواد قیری مصرفی در آسفالت سرد بشرح زیر می‌باشد:

۲-۱-۱ قیرهای محلول

قیرهای محلول، یا قیرهای پس برگشته، از حل کردن قیرهای خالص در حلال‌ها و یا روغن‌های نفتی به دست می‌آید. نوع و کیفیت قیرهای محلول به کیفیت قیرهای خالص اصلی، نوع و مقدار حلال بستگی دارد. هر اندازه مقدار حلال‌های نفتی در قیر محلول زیادتر باشد، روانی آن بیشتر است. قیرهای محلول در راهسازی برای اندودهای سطحی، آسفالت سرد کارخانه‌ای و یا آسفالت مخلوط در محل، مصرف می‌شوند.

مشخصات قیرهای محلول باید با مشخصات مندرج در جدول‌های مربوط در فصل پنجم نشریه ۲۳۴ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور انطباق داشته باشد.

قیرهای محلول بر حسب سرعت گیرش و نوع حلال به سه گروه زیر تقسیم می‌شوند:

۲-۱-۱-۲ قیرهای زودگیر

اگر از بنزین برای حل کردن قیر خالص استفاده شود، قیر محلول را زودگیر می‌نامند، زیرا حلال موجود در قیر در مدت کمی بعد از مصرف قیر محلول تبخیر شده و قیر اصلی برجای می‌ماند. قیرهای زودگیر برحسب کندروانی قیر، در چهار نوع RC-70 ، RC-250 ، RC-800 و RC-3000 درجه‌بندی شده که اعداد پسوند معرف کندروانی قیر،

omoorepeyman.ir

برحسب صدم استکس است.

۲-۲-۱-۲ قیرهای کندگیر

قیرهای کندگیر از حل کردن قیر خالص در نفت سفید تهیه می‌شود که سرعت تبخیر نفت از بنزین کندتر و طولانی-تر است.

قیرهای کندگیر در پنج نوع درجه‌بندی می‌شود که کند روانی آنها در ۶۰ درجه سانتیگراد از حداقل ۳۰ تا حداکثر ۶۰۰۰ سانتی استکس، تغییر می‌کند.

۲-۲-۱-۳ قیرهای دیرگیر

قیرهای محلول دیرگیر را علاوه بر حل کردن قیر خالص در روغن‌ها و حلال‌های دیرگیر نفتی، مانند گازوئیل یا نفت سیاه، می‌توان مانند قیرهای خالص، مستقیماً از تقطیر نفت خام به دست آورد که در حالت اخیر، هنوز روغنهای حلال از آن جدا نشده است. در واقع قیرهای دیرگیر در شرایط آب و هوای عادی تبخیر نمی‌شوند، بلکه تغییر شکل مولکولی در آنها به وجود می‌آید که نسبتاً تدریجی و طولانی است.

۲-۲-۲ قیرهای امولسیونی

از مخلوط کردن قیر و آب با یک ماده امولسیون‌ساز[1]، قیر امولسیون(قیرابه) به دست می‌آید. در این مخلوط، قیر با ابعاد از یک تا ۱۰ میکرون، در آب شناور است. آب، فاز پیوسته و قیر فاز ناپیوسته این مخلوط را تشکیل می‌دهد.

امولسیون‌سازها موجب ایجاد بار الکتریکی مثبت یا منفی در سطح دانه‌های قیر می‌شوند. نیروی دافعه ناشی از این بار مانع به هم پیوستن ذرات قیر در قیر امولسیون می‌شود.

مقدار قیر در قیرهای امولسیونی از ۵۵ تا ۶۵ درصد، میزان آب از ۳۵ تا ۴۵ درصد و امولسیون‌سازها حداکثر ۰/۵ درصد وزنی قیر امولسیون راتشکیل می‌دهد.

ویژگی‌ها و مشخصات قیرهای امولسیونی باتوجه به آزمایش‌های استاندارد **ASTM D 244** و **AASHTO T59** مشخص می‌گردد. مشخصات قیرهای امولسیونی باید با مشخصات مندرج در جدول‌های مربوط در فصل پنجم نشریه ۲۳۴ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور انطباق داشته باشد.

از قیرهای امولسیونی برای تهیه انواع مخلوط‌های آسفالت سرد کارخانه‌ای و یا مخلوط در محل، آسفالت سطحی، اندودهای قیری، درزگیری و لکه‌گیری رویه‌های آسفالتی، تثبیت خاک و ماسه و غبار نشانی می‌توان استفاده کرد. برای مصرف قیر امولسیون معمولا نیازی به حرارت دادن آنها نیست، لذا از نظر اقتصادی و ایمنی بر انواع دیگر قیرها برتری

1 -Emulsifier

omoorepeyman.ir

دارند. اختلاط قیر امولسیون با سنگدانه‌های مرطوب و یا پخش قیر امولسیون روی بستر مرطوب شنی و یا آسفالتی راه در عملکرد قیر امولسیون تأثیر منفی ندارد.

از نظر زیست محیطی و اقتصادی، قیرهای امولسیون، مناسب‌ترین و با صرفه‌ترین جایگزین برای قیرهای محلول محسوب می‌شوند زیرا:

- انرژی مصرفی برای گرم کردن آنها به مراتب کمتر از قیرهای محلول است.
- به جای تبخیر و تصعید حلال‌های نفتی موجود در قیرهای محلول و انتشار آنها در محیط زیست که موجب آلودگی شدید می‌گردد، در قیر امولسیون فقط آب تبخیر می‌شود.
- هزینه حلال‌های نفتی موجود در قیرهای محلول (حدود۲۵ درصد وزنی)، در شرایط جاری بحران انرژی، به مراتب بیشتر از هزینه ماده امولسیون‌ساز (حدود۰/۵) در قیر امولسیون می‌باشد.

قیرهای امولسیون برحسب نوع بار ذره‌ای ایجاد شده در سطح دانه‌های شناور قیر، به دو گروه اصلی و زیرگروه‌های فرعی دیگر به شرح زیر تقسیم می‌شوند:

۲-۲-۲-۱ قیرهای امولسیون آنیونیک[1]

با استفاده از امولسیون‌سازهای املاح قلیایی اسیدهای آلی، سطح دانه‌های قیر دارای بار منفی می‌شود. این قیر امولسیون را آنیونیک می‌نامند که خود به چهار نوع سریع شکن، زودشکن، کندشکن، و دیر شکن، که هر یک زیربخش-هایی به شرح جدول ۲-۱۳ دارند، تقسیم می‌شود:

۲-۲-۲-۲ قیرهای امولسیون کاتیونیک[2]

با استفاده از امولسیون‌سازهای از نوع ترکیبات آلی نمک‌های آمونیوم و یا آمینها، سطح دانه‌های قیر دارای بار مثبت می‌شود. این نوع قیرهای امولسیونی را قیر امولسیون کاتیونیک می‌نامند. قیرهای امولسیون کاتیونیک به چهار نوع زودشکن، کندشکن، و دیرشکن، و هر یک نیز به زیرگروه‌های دیگری به شرح جدول ۲-۱۴ تقسیم می‌شود.

1 -Anionic Emulsions
2- Cationic Emulsions

omoorepeyman.ir

جدول۲-۱۳ انواع قیرهای امولسیون آنیونیک

قیرهای امولسیون آنیونیک			
سریع شکن QS	زودشکنRS	کند شکنMS	دیر شکنSS
QS-1h	RS-۱ RS-۲ HFRS -۲	MS-۱ MS-۲ MS-۲h HFMS-۱ HFMS-۲ HFMS-۲h HFMS-۲s	SS-1 SS-1h

پسوندها و پیشوندهای فوق دارای معانی زیر می‌باشد:

الف: پیشوند**HF**[1] معرف ایجاد پوشش قیر با ضخامت بیشتر روی سنگدانه‌هاست.

ب: پسوندهای ۱و۲ به ترتیب معرف درصد قیر خالص کمتر و بیشتر در قیرآبه می‌باشد.

پ: پسوند **h** معرف کابرد قیر خالص سفت‌تر(درجه نفوذ کمتر) در قیرآبه است.

ت: پسوند **s** در قیرآبه کندشکن **HFMS-۲s** نشانه کاربرد قیر خالص رقیق با درجه نفوذ بیشتر[2] برای تهیه قیر امولسیون است.

جدول ۲-۱۴ انواع قیرهای امولسیون کاتیونیک

قیرآبه‌های کاتیونیک			
سریع شکن CQS	زودشکنCRS	کندشکنCMS	دیرشکنCSS
CQS-1h	CRS-۱ CRS-۲	CMS-۱ CMS-۲h	CSS-۱ CSS-۱h

پسوندها و پیشوندهای فوق دارای معانی زیر می‌باشد.

الف: C نشانه کاتیونیک است.

ب: پسوندهای ۱و۲ و h معانی مشابهی دارد که در مورد قیرهای امولسیون آنیونیک توضیح داده شد.

۲-۳ انتخاب قیر

قیرهای مصرفی در آسفالت سرد با توجه به روش اختلاط مصالح سنگی (سنگدانه) و قیر و در واقع نوع آسفالت سرد (کارخانه‌ای یا مخلوط در محل)، شرایط آب و هوایی در مدت اجرای عملیات، نوع مصالح سنگی، دانه‌بندی مصالح سنگی و قابلیت دسترسی، شرایط منطقه و فاصله حمل، شرایط زیست محیطی، امکان کنترل و هدایت ترافیک، عمر طراحی و مدت زمان انبار کردن آسفالت قبل از مصرف (فوری، کوتاه مدت و یا میان مدت)، انتخاب می‌شود.

1- High Float
2-Soft bitumen

omoorepeyman.ir

جدول ۲-۱۵ با توجه به عوامل ذکر شده به عنوان راهنما برای انتخاب قیرهای محلول و قیرهای امولسیونی می‌تواند بکار گرفته شود. در انتخاب قیر علاوه بر جدول راهنما به عوامل زیر توجه خاص شود:

۲-۳-۱ خصوصیات قیر

معمولا بیشترین خاصیت چسبندگی در مخلوط‌های آسفالت سرد تابع نوع قیر خالصی است که قیرهای محلول یا امولسیونی با آن تهیه می‌شود. برای تأمین چسبندگی بیشتر از غلیظ‌ترین قیری که با توجه به شرایط ساخت و اجرا می‌تواند کارایی لازم را ایجاد کند، انتخاب می‌شود.

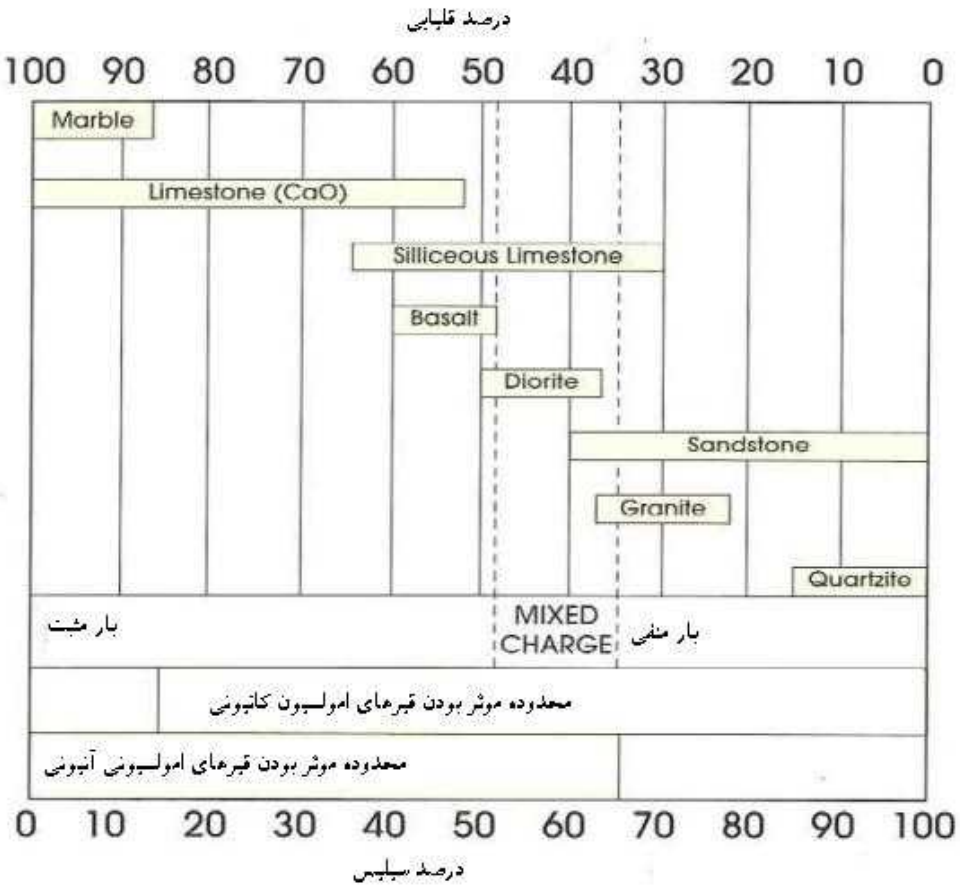
در مورد قیرهای امولسیون، نتیجه مطلوب در هر ترکیب امولسیون- مصالح سنگی به مقدار قابل ملاحظه‌ای به بارهای الکتریکی سطح ذرات قیر و مصالح سنگی بستگی دارد. قیرهای امولسیون انتخاب شده باید با مصالح سنگی از نظر کانی‌های تشکیل دهنده سنگدانه‌ها سازگاری داشته باشند. اگر بارهای الکتریکی همنام باشند، در این صورت احتمال ایجاد چسبندگی خوب کاهش می‌یابد و بالعکس اگر بارهای الکتریکی غیر همنام باشند، احتمال ایجاد چسبندگی خوب افزایش خواهد یافت. لذا بار الکتریکی غالب در سطح دانه‌های مصالح سنگی تا حدود زیادی برای انتخاب نوع قیر امولسیون آنیونیک یا کاتیونیک می‌تواند تعیین کننده باشد.

سنگ‌های آهکی معمولا بار سطحی مثبت دارند و لذا با امولسیون آنیونیک و سنگ‌های سیلیسی بار سطحی منفی دارند و در نتیجه با امولسیون‌های کاتیونیک سازگار می‌باشند. بنابراین قیرهای امولسیونی باید براساس نوع بار سطحی سنگدانه‌ها انتخاب و دوام اندود قیری آن‌ها با روش آشتو T59 مورد آزمایش قرار گیرد. راهنمای انتخاب نوع قیر امولسیون بر اساس جنس مصالح سنگی بصورت محدوده تقریبی برای قیرهای امولسیون کاتیونی و آنیونی در شکل ۲-۱ نشان داده شده است.

کارایی قیرهای دیرشکن از قیرهای کندشکن بیشتر و کندروانی آن‌ها نیز کمتر است، ضمن اینکه با افزایش آب می‌توان کندروانی را بیشتر کاهش داد که در نتیجه کارایی قیر و مدت زمان اختلاط آن‌ها با مصالح نیز افزایش می‌یابد.

مصالح آب دوست در آسفالت سرد بدلیل اینکه کاملا خشک نمی‌شوند و مقداری رطوبت در منافذ مصالح سنگی وجود دارد، پوشش مناسبی از قیر ایجاد نمی‌گردد. طولانی کردن زمان اختلاط برای ایجاد پوشش مناسب قیری کمکی به حل این مشکل نمی‌کند. بهترین روش برای حل این مسئله، تغییر بار روی سطح مصالح سنگی یا قیر می‌باشد. در مورد قیرهای محلول یا قیرهای امولسیون آنیونی، افزودن آهک یا مواد ضد عریان‌شدگی باعث بهبود پوشش قیری می‌گردد. در هر حال باید آزمایش‌های مورد نیاز برای انتخاب نوع قیر امولسیون و مقدار آن با هماهنگی دستگاه نظارت انجام شود.

omoorepeyman.ir



شکل ۲-۱ راهنمای انتخاب نوع قیر امولسیون بر اساس جنس مصالح سنگی

۲-۳-۲ کندروانی قیر

کندروانی قیر تابع درجه حرارت است. نظر به اینکه ضروری است قیر مصرفی در آسفالت سرد و در دمای محیط کار و در حین عملیات اجرایی، کارایی و روانی کافی داشته باشد، لذا کندروانی قیر در این دما از اهمیت خاصی برخوردار است. قیر در شرایط محیطی ساخت آسفالت باید آنچنان کندروانی داشته باشد که بتواند مخلوط آسفالتی همگن و یکنواخت با پوشش قیری کامل برای سنگدانه‌ها را تأمین کند. به عنوان مثال برای تولید آسفالت سرد کارخانه‌ای، از قیر با کندروانی بیشتر (قیر غلیظ‌تر) و برای آسفالت سرد تولید شده در محل از قیر با کندروانی کمتر (قیر رقیق‌تر) استفاده می‌شود.

۲-۳-۳ دانه‌بندی مصالح

دانه‌بندی مصالح عامل تعیین کننده‌ای در انتخاب قیر آسفالت سرد محسوب می‌شود. به طور کلی برای دانه‌بندی‌های باز در مقایسه با دانه‌بندی‌های پیوسته از قیر غلیظ‌تر می‌توان استفاده کرد. وقتی که مواد رد شده از الک شماره ۲۰۰

omoorepeyman.ir

مخلوط زیاد باشد عمل اختلاط به سختی انجام می‌گیرد، که در این حالت بهتر است قیر مصرفی کندروانی متوسط و یا کمتری داشته باشد. در چنین شرایطی، قیرهای محلول مصرفی از انواع کندشکن یا دیرشکن می‌باشد.

بالعکس در شرایطی که مواد رد شده از الک ۲۰۰ کم باشد عمل اختلاط آسان‌تر انجام می‌گیرد و لذا قیر با کندروانی بیشتر مناسب‌تر خواهد بود. کاربرد قیر با کندروانی بیشتر مانند (قیرهای محلول زودگیر و یا قیرهای امولسیونی کندشکن) احتمال چکه کردن قیر از سنگدانه‌های با دانه‌بندی باز را کاهش می‌دهد.

قیرهای امولسیون دیرشکن(SS) و کندشکن (MS) در تولید مخلوط‌های سرد امولسیونی که دارای دانه‌بندی پیوسته می‌باشند، مورد استفاده قرار می‌گیرند. قیرهای امولسیونی MS معمولا همراه با مصالح سنگی مورد استفاده قرار می‌گیرند، که دارای مقدار بیش از حد مواد عبوری الک شماره ۲۰۰ نبوده و یا انبار نمودن مخلوط، مد نظر می‌باشد. بالعکس، قیرهای امولسیونی SS معمولا همراه با مقدار بیشتری از مصالح سنگی دارای دانه‌بندی پیوسته (مقدار زیادتری از مواد عبوری الک شماره ۲۰۰) مورد استفاده قرار گرفته و انبار نمودن آن، مد نظر نمی‌باشد.

در شرایطی که اندود قیری ضخیم‌تری برای مصالح سنگی درشت‌دانه با تامین پوششی بادوام در دمای زیاد مورد نظر باشد از قیرهای کندشکن HFMS استفاده می‌شود که پیشوند HF معرف ایجاد پوشش قیری با ضخامت بیشتر است. قیرهای امولسیون HFMS پوشش قیری بهتری روی مصالح سنگی ایجاد نموده و برای مصالح سنگی دارای دانه‌بندی پیوسته مناسب هستند.

۲-۳-۴ رطوبت مصالح سنگی

یکی از موضوعاتی که در رابطه با قیر امولسیون و درصد رطوبت مصالح سنگی باید مورد توجه و ارزیابی قرار گیرد، اندود و پوشش قیری سنگدانه‌ها است. اگر سنگدانه‌ها به اندازه کافی اندود نشده باشد، ابتدا درصد اندود افزایش می‌یابد که آب اضافی ممکن است موجب قیرزدگی و یا تاخیر در عمل‌آوری و شکست امولسیون گردد، در حالیکه مخلوط‌های با آب کم، پدیده‌های جداشدگی دانه‌ها، شن زدگی[1] و وزن مخصوص کم مخلوط را به دنبال دارد که با افزایش درجه نفوذ قیر خالص مورد استفاده در تهیه امولسیون ممکن است اندود بهبود یابد. مصرف مقادیر خیلی زیاد قیر امولسیون، مخلوطی ناپایدار را نتیجه می‌دهد، در حالیکه مقادیر کم قیر امولسیون نیز موجب شن‌زدگی مخلوط می‌شود. گلوله شدن[2] ریزدانه‌ها نیز پدیده ناشی از زیادی قیر امولسیون یا ریزدانه اضافی در مخلوط است که باید مورد توجه باشد.

آب در مخلوط‌های آسفالت سرد با دانه‌بندی پیوسته و با قیر امولسیون عامل حیاتی در فرآیند اختلاط و عمل‌آوری می‌باشد. اما این عامل باعث ایجاد مشکل در تراکم و تاخیر در حصول مقاومت مخلوط می‌گردد. بیشتر آب موجود در مخلوط در هفته‌های اول تبخیر می‌شود، اما تبخیر کامل آن زمان بیشتری طول می‌کشد.

1- Ravelling
2- Balling

omoorepeyman.ir

قیرهای امولسیون CMS-2 ، CMS-2h به دلیل وجود مقداری حلال نفتی در ترکیب آنها، دارای عملکرد مناسبی در اختلاط و پخش با مصالح سنگی خشک نسبت به مصالح سنگی مرطوب هستند.

۲-۳-۵ عمل آمدن قیر

بر حسب نوع قیر انتخابی عواملی در میزان کارایی و سرعت عمل آمدن قیر حین اجرای کار مؤثر است. این عوامل برای قیرهای محلول و قیرهای امولسیونی به شرح زیر می‌باشد:

۲-۳-۵-۱ قیرهای محلول

سرعت گیرش و عمل آمدن قیرهای محلول (فرایند تبخیر و تصعید مواد فرّار این قیرها) تابع مقدار قیر مصرفی، نوع و درجه قیر، رطوبت نسبی محیط، باد، تغییرات دمای محیط محل اجرای کار در طول عملیات و دمای اختلاط قیر با سنگدانه‌ها می‌باشد. هر اندازه مواد حلال قیر مصرفی سبکتر باشد (مانند قیرهای زودگیر) این مواد زودتر تصعید می‌شود و در نتیجه گیرایی قیر سریعتر صورت می‌گیرد. بالعکس هر اندازه دمای محیط کمتر، هوا سردتر و رطوبت نسبی زیادتر باشد، سرعت گیرش کندتر و زمان آن طولانی‌تر خواهد شد.

۲-۳-۵-۲ قیرهای امولسیونی

سفت شدن این قیرها و ظهور خاصیت چسبندگی کامل در آنها به نوع قیر امولسیون، تبخیر آب موجود در آن، درصد جذب آب سنگدانه‌ها و فشار مکانیکی اعمال شده به مخلوط آسفالتی (غلظت و ترافیک) بستگی دارد. در شرایط محیطی مناسب تبخیر آب و در نتیجه عمل آمدن کامل قیر نسبتا سریع انجام می‌گیرد. هوای سرد، رطوبت نسبی زیاد، یا بارندگی بلافاصله بعد از پخش قیر، مانع سفت شدن سریع و به هنگام قیر می‌شود. تأثیر شرایط جوی برای قیرهای آنیونیک در مقایسه با قیرهای کاتیونیک بیشتر است.

برای دستیابی به نتایج بهینه همواره شرایط محیطی به عنوان یک عامل مهم در نظر گرفته می‌شود. برای تولید آسفالت سرد فقط می‌توان از قیرهای کندشکن و دیرشکن استفاده کرد.

omoorepeyman.ir

جدول ۲-۱۵ قیرهای مناسب برای آسفالت سرد

نوع آسفالت و کیفیت مصالح سنگی مصرفی	قیرهای محلول										قیرابه آنیونیک						قیرابه کاتیونیک			
	زودگیر RC				دیرگیر SC			کندگیر MC			HFMS-1 MS-1	HFMS-2 MS-2	MS-2h HFMS-2h	HFMS-2 s	SS-1	SS-1 h	CMS-2	CMS-2 h	CSS-1	CSS-1 h
	۷۰	۲۵۰	۸۰۰	۳۰۰۰	۲۵۰	۸۰۰	۳۰۰۰	۷۰	۲۵۰	۸۰۰	۳۰۰۰									
۱) مخلوطهای تهیه شده در کارخانه مصرف در قشر اساس و رویه با :																				
دانه‌بندی باز									×				×	×				×		
خوب دانه‌بندی شده		×			×	×	×		×	×	×				×	×	×		×	×
مصالح ماسه ای (*)															×	×	×		×	×
۲) آسفالت مخلوط در محل مصرف در قشر اساس و رویه با:																				
دانه‌بندی باز		×	×	×		×	×		×	×	×	×	×	×				×		
خوب دانه‌بندی شده					×	×			×	×					×	×	×		×	×
ماسه		×	×					×	×	×					×	×	×		×	×
ماسه همراه با لای (**)	×	×	×						×	×					×	×	×		×	
۳) مخلوطهای مناسب تعمیرات و لکه-گیری																				
مصرف فوری		×	×			×			×	×	×	×	×	×				×		
مصرف غیرفوری					×	×			×	×				×						

توضیحات :

*) مصالح ردشده از الک ۵ میلیمتر با حداکثر ۵ درصد مواد رد شده از الک شماره ۲۰۰

**) مصالح رد شده از الک ۲ میلیمتر (الک شماره ۱۰) همراه با حدود ۲۰ درصد عبوری از الک ۲۰۰ که خاصیت خمیری هم دارد.

omoorepeyman.ir

۲-۳-۶ درجه حرارت قیر

محدوده‌های بالا و پائین درجه حرارت قیرهای مصرفی در آسفالت سرد، برحسب اینکه آسفالت از نوع کارخانه‌ای و یا مخلوط در محل باشد، در جدول ۲-۱۶ به عنوان راهنما ارایه شده است. از این جدول برای تعیین درجه حرارتی که مخلوط کارآیی مناسبی در شرایط متفاوت اجرای کار داشته باشد، می‌توان استفاده کرد.

جدول ۲-۱۶ راهنمای درجه حرارت قیرهای مصرفی برای تهیه آسفالت سرد

نوع و درجه قیر	درجه حرارت قیر برای آسفالت سرد کارخانه‌ای با دانه‌بندی باز و پیوسته	درجه حرارت قیر برای پخش روی مصالح ریسه شده در راه
قیر امولسیون ها : انواع قیر امولسیون های کندشکن و دیرشکن آنیونیک و کاتیونیک	**۷۰- ۱۰** [1]	**۷۰-۲۰ سانتیگراد**
قیرهای محلول [2]: انواع زودگیر، کندگیر و دیرگیر		
۷۰	--	**+۲۰** [4] **سانتیگراد**
۲۵۰	**۸۰- ۵۵ سانتیگراد** [3]	**+۴۰** [4] **سانتیگراد**
۸۰۰	**۱۰۰- ۷۵ سانتیگراد** [3]	**+۵۵** [4] **سانتیگراد**
۳۰۰۰	**۱۱۵- ۸۰ سانتیگراد** [3]	--

توضیحات:

۱) فقط برای آسفالت سرد که در کارخانه ثابت مرکزی تهیه می‌شود.

۲) چون نقطه اشتعال قیرهای محلول معمولا از ۲۷ تا حداکثر ۱۰۷ درجه سانتیگراد تغییر می‌کند لذا باید هنگام گرم کردن قیرهای محلول کلیه نکات ایمنی و احتیاط‌های لازم رعایت شود .

۳) درجه حرارت مخلوط آسفالت سرد بعد از اختلاط قیر و مصالح

۴) معرف حداقل درجه حرارت است، ضمن اینکه حداکثر درجه حرارت قیر نیز باید به اندازه‌ای باشد که دود آبی رنگ از آن متصاعد نشود.

۲-۴ انتخاب دانه‌بندی کارگاهی

انتخاب دانه‌بندی مخلوط آسفالت سرد برای هر پروژه، اعم از اینکه انواع کارخانه‌ای یا مخلوط در محل باشد، باید با توجه به دانه‌بندی‌های موجود در جداول ۲-۲ تا ۲-۱۲ انجام گیرد. این دانه‌بندی، ضمن آنکه در داخل دانه‌بندی اصلی مشخصات قرار می‌گیرد، بایستی باتوجه به میزان ترافیک، شرایط جوی و کیفیت سنگدانه‌های مصرفی، ضخامت آسفالت، نوع قیر و نوع کاربرد انتخاب شود. به عنوان مثال برای ترافیک سنگین در مناطق گرمسیری و با شیب‌های تند(مناطق کوهستانی) که رویه آسفالتی به تغییر شکل خمیری گرایش بیشتری نشان می‌دهد، از دانه‌بندی درشت‌تر، درصد

omoorepeyman.ir

شکستگی بیشتر، مصرف مصالح رودخانه‌ای کمتر در مخلوط آسفالتی استفاده می‌شود. رواداری‌های قابل اعمال در دانـه-بندی کارگاهی در جدول ۲-۱۷ نشان داده شده است.

جدول ۲-۱۷ رواداری مجاز دانه‌بندی کارگاهی و قیر در آسفالت سرد

اندازه الک ها	درصد رواداری
الک ۱۲/۵ میلیمتر ($\frac{1}{2}$ اینچ و بزرگتر	± ۸
الکهای ۹/۵ میلیمتر ($\frac{3}{8}$ اینچ) و ۴/۷۵ میلیمتر، (شماره ۴)	± ۷
الکهای ۲/۳۶ میلیمتر (شماره۸) و ۱/۱۸ میلیمتر (شماره۱۶)	± ۶
الکهای ۰/۶ میلیمتر (شماره ۳۰) و ۰/۳ میلیمتر (شماره ۵۰)	± ۵
الک ۰/۰۷۵ میلیمتر (شماره ۲۰۰)	± ۳
درصد قیر برحسب وزن مخلوط آسفالتی	± ۰/۵

omoorepeyman.ir

۳

روش‌های طرح اختلاط آسفالت سرد

omoorepeyman.ir

طرح اختلاط آسفالت سرد

به منظور تهیه آسفالت سرد ابتدا، نوع دانه‌بندی مصالح سنگی را بر حسب مورد با توجه به مندرجات جداول ۲-۲ تا ۲-۱۲و موارد مطرح شده در فصل دوم، انتخاب و سپس به یکی از روشهای زیر مقدار قیر مورد نیاز را تعیین می‌کنند، تا ترکیب آسفالتی بدست آمده با این قیر، مشخصات فنی لازم را داشته باشد. آسفالت سرد به دو روش آزمایشگاهی و تجربی بشرح زیر طراحی می‌شود.

۳-۱استفاده از فرمول‌های تجربی

در شرایطی که وسایل و امکانات آزمایشگاهی برای طرح اختلاط آسفالت سرد با استفاده از روش‌های استاندارد فراهم نباشد، می‌توان از فرمول‌های تجربی زیر برای تعیین درصد قیر استفاده کرد:

۳-۱-۱ قیرهای امولسیون

روش‌های گوناگونی به منظور تعیین نقطه شروع طرح مقدار اولیه امولسیون یا قیر باقیمانده یک مخلوط، وجود دارد. بدین منظور، دو فرمول ساده مورد استفاده قرار می‌گیرد، یکی برای مخلوط لایه اساس و دیگری برای مخلوط‌های مورد استفاده در لایه رویه. این فرمول‌ها بر اساس درصد مصالح سنگی عبوری الک شماره ۴ بوده و در بیشتر موارد، نقطه شروع مناسبی ارایه می‌دهند.

مقدار قیر امولسیون بر اساس وزن خشک مصالح سنگی با دانه‌بندی باز یا پیوسته، با استفاده از روابط زیر برآورد می‌شود:

- مخلوط مورد استفاده در لایه اساس:

$$D = \frac{[(0.06 \times B) + (0.01 \times C)]}{A} \times 100 \qquad ۱-۳$$

- مخلوط مورد استفاده در لایه رویه:

$$D = \frac{[(0.07 \times B) + (0.03 \times C)]}{A} \times 100 \qquad ۲-۳$$

که در آن:

D= درصد قیرامولسیون = درصد اولیه تخمینی امولسیون بر حسب وزن خشک مصالح سنگی

A = درصد باقیمانده قیر امولسیون در آزمایش تقطیر (مرحله اول)

omoorepeyman.ir

B = درصد مصالح سنگی خشک عبوری الک شماره ۴

C = 100 - B = مصالح سنگی مانده بر روی الک شماره ۴

۳-۱-۲ قیرهای محلول

درصد وزنی قیرهای محلول برای مصالح با دانه‌بندی پیوسته را می‌توان از رابطه ۳-۳ بدست آورد:

$$P = ۰/۰۲A + ۰/۰۷B + ۰/۱۵C + ۰/۲ D \qquad ۳-۳$$

که در آن :

P= درصد وزنی قیر برحسب وزن مصالح سنگی خشک

A= درصد مصالح مانده روی الک شماره ۵۰

B= درصد رد شده از الک ۵۰ و مانده روی ۱۰۰

C= درصد رد شده از الک ۱۰۰ و مانده روی ۲۰۰

D= رد شده از الک شماره ۲۰۰

۳-۲ طرح اختلاط آزمایشگاهی

طرح اختلاط آزمایشگاهی آسفالت سرد برحسب این که قیر محلول یا قیر امولسیون مصرف شود، بشرح زیر انجام می‌گیرد:

۳-۲-۲ قیرهای محلول

طرح اختلاط برای قیرهای محلول با روش مارشال به شرح آئین نامه آشتو T245 و رعایت دستورالعمل‌های آخرین چاپ نشریه MS-14 انستیتو آسفالت انجام می‌شود. در این روش کلیه وسایل و تجهیزات آزمایشگاهی همان ابزار و وسایلی است که در طرح آسفالت گرم بکار می‌رود. این روش طراحی برای مخلوط‌های تولید شده با قیرهای محلول کندگیر[1] (MC) و دیرگیر[2] (SC) به همراه مصالح سنگی خوب دانه‌بندی‌شده با حداکثر اندازه ۲۵ میلیمتر مناسب است.

مراحل کلی طرح اختلاط به شرح زیر است:

- مصالح انتخابی بایستی شرایط و ویژگی‌های مورد نیاز پروژه را برآورده کنند.
- انتخاب نوع و درجه قیر محلول باتوجه به نوع مصالح، تجهیزات اختلاط و اجرای آسفالت و شرایط آب و هوایی صورت می‌پذیرد.

1- Medium Curing
2- Slow Curing

omoorepeyman.ir

- انجام آزمایش بر روی مخلوط‌های ساخته‌شده با درصدهای مختلف قیر (دمای اختلاط مصالح با قیر و تراکم نمونه‌های مورد آزمایش بر اساس دمایی است که به کندروانی قیر محلول و وزن مخصوص آن بر حسب درصد حلال موجود در قیر بستگی دارد.)
- تجزیه و تحلیل نمونه‌ها براساس درصد فضای خالی مصالح سنگی، درصد فضای خالی مخلوط آسفالتی، استحکام مارشال و روانی در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد.
- بررسی اثر رطوبت بر استحکام مارشال نمونه‌ها پس از ۴ روز نگهداری در آب.
- تعیین درصد قیر بهینه براساس تأمین تمامی ضوابط و معیارهای طراحی.

۳-۲-۱-۱ مصالح سنگی

- دانه‌بندی کارگاهی مصالح سنگی باید قبلا انتخاب و به تصویب دستگاه نظارت برسد. مصالح بهتر است دانه‌بندی متراکم و پیوسته داشته و منحصرا از جداول ۲-۳ و ۲-۱۲ انتخاب شود. کاربرد دانه‌بندی‌های باز در طراحی با روش مارشال مناسب نیست.
- وزن مخصوص‌های حقیقی و موثر مصالح براساس دانه‌بندی کارگاهی تصویب شده تعیین گردد.

۳-۲-۱-۲ قیر

آزمایش‌های مورد نیاز برای قیر عبارتند از :

- تهیه جدول مشخصات قیر که شامل نوع و درصد قیر خالص در قیر محلول و میزان مواد حلال آن و موارد دیگر می‌باشد (بشرح جدول نمونه ۳-۱) صورت گیرد.
- نمودار تغییرات وزن مخصوص قیر در ۲۵ درجه سانتیگراد برحسب تغییر میزان مواد حلال موجود در قیر (شکل ۳-۱)
- نمودار تغییرات کندروانی قیرهای محلول برحسب سانتی استکس در مقابل درجه حرارت .

تعیین دمای اختلاط و تراکم به ترتیب شامل تعیین دمایی است که در آن دما، قیر محلول بایستی گرم شود تا کندروانی ۱۷۰ سانتی استوکس (با حد رواداری ۲۰) برای اختلاط قیر محلولی که ۵۰٪ حلال خود را از دست داده است، به منظور تراکم بدست آید و دمای تراکم در کندروانی ۳۰± ۲۸۰ سانتی استوکس باشد. دمای اختلاط و تراکم مخلوط باتوجه به نمودار دما- کندروانی و براساس نوع و درجه قیر تعیین می‌گردد. نمونه‌ای از این نمودارها در شکل ۳-۲ آمده است.

کوبیدن این نمونه‌ها در شرایطی انجام می‌گردد که در مورد آسفالت سرد مصرفی در روسازی‌ها و لایه‌های روکش ۵۰ درصد مواد فرار قیر محلول مصرفی و در کارهای تعمیرات و لکه‌گیری، ۲۵ درصد مواد فرار قیر قبل از کوبیدن نمونه‌ها تبخیر شده باشد.

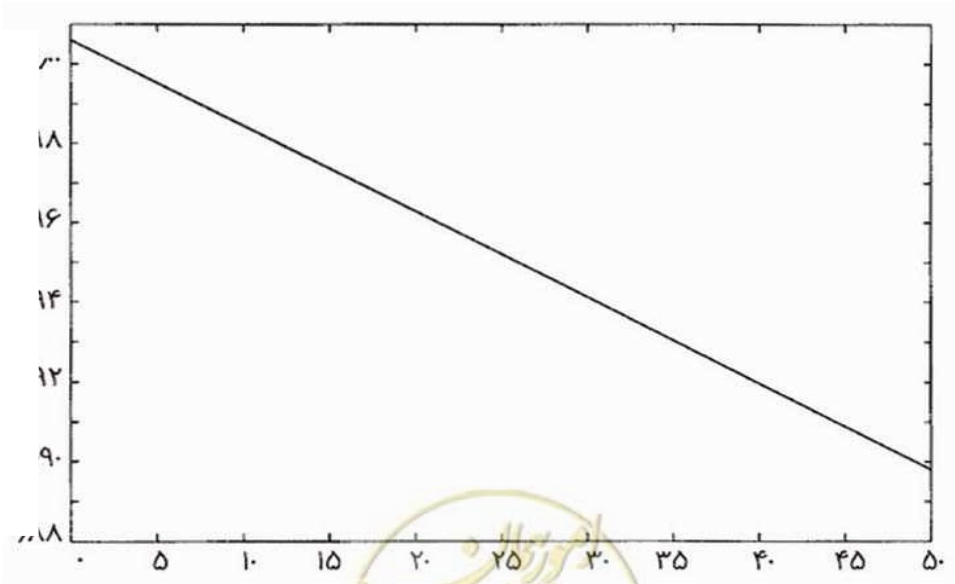
نمودار تغییرات کندروانی قیر برحسب سانتی استکس در برابر تغییرات درصد مواد حلال قیر در شکل ۳-۳ آمده است.

omoorepeyman.ir

از نتایج آزمایش‌های فوق، درجه حرارت اختلاط قیر و سنگدانه‌ها و درجه حرارت کوبیدن مخلوط آسفالت سرد برای تهیه نمونه‌های مارشال تعیین می‌شود.

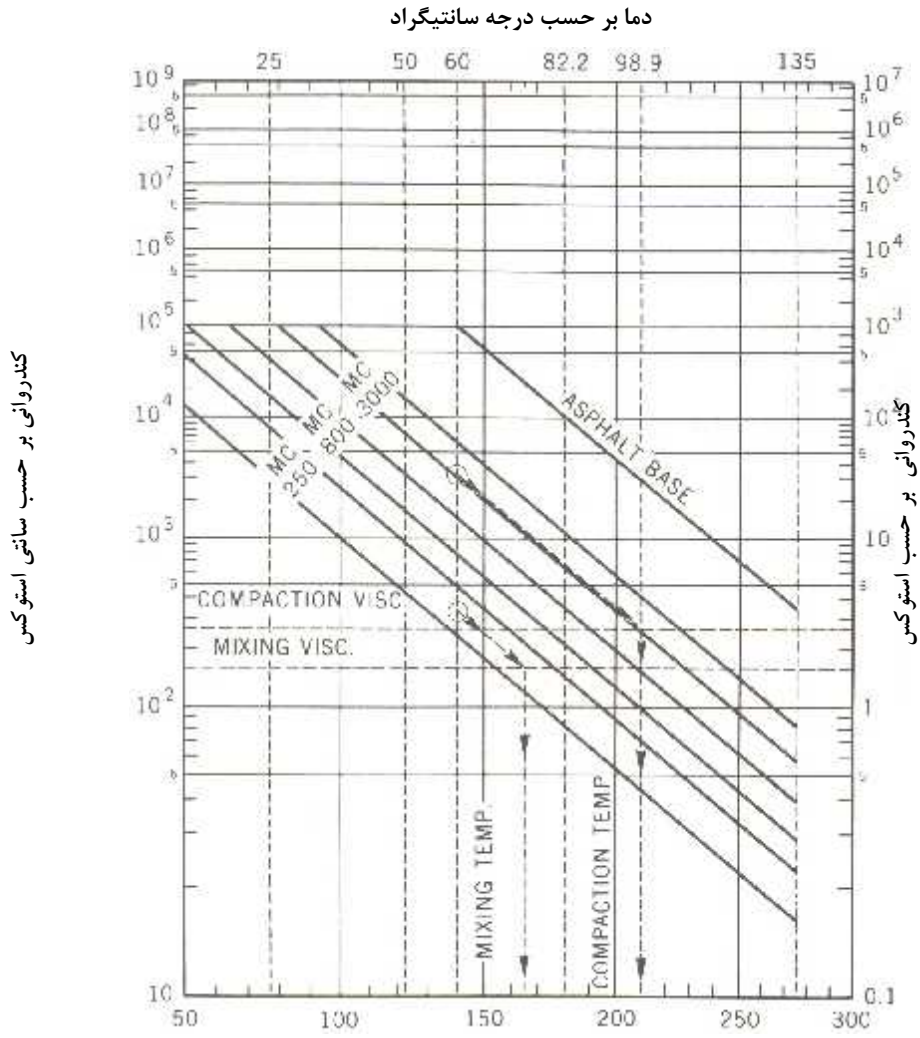
جدول ۳-۱ نمونه ای از نتایج آزمایش فیزیکی و شیمیائی سه نمونه قیر کندگیر

آزمایش	MC-250	MC-800	MC-3000
درصد وزنی قیر خالص	۷۸	۸۵	۹۱
درصد وزنی مواد حلال	۲۲	۱۵	۹
وزن مخصوص در ۱۵/۶ درجه سانتیگراد	۰/۹۶۲	۰/۹۷۷	۰/۹۲۲
کندروانی کینماتیک (صدم استکس در ۶۰ C°)	۳۵۹	۱۲۱۱	۵۱۵۰
درصد حجمی مواد تقطیرشده در درجه حرارت‌های زیر به مواد تقطیر شده در ۳۶۰ C° :			
۱۹۰ درجه سانتیگراد	۰	۰	۰
۲۲۵ درجه سانتیگراد	۲/۳	۰	۰
۲۶۰ درجه سانتیگراد	۴۰/۲	۱۸/۲	۰
۳۱۶ درجه سانتیگراد	۸۰/۵	۷۰/۹	۵۰
خصوصیات قیر باقیمانده از تقطیر :			
درصد حجمی در ۳۶۰ C°	۷۸/۳	۸۶/۳	۹۳/۳
درجه نفوذ (۱۰۰ گرم/۵ ثانیه/ ۲۵ C°)	۱۹۰	۱۸۶	۱۷۳
انگمی (۵ سانتیمتر/ دقیقه/ ۲۵ C° برحسب سانتیمتر	۱۵۰	۱۳۰	۱۲۳

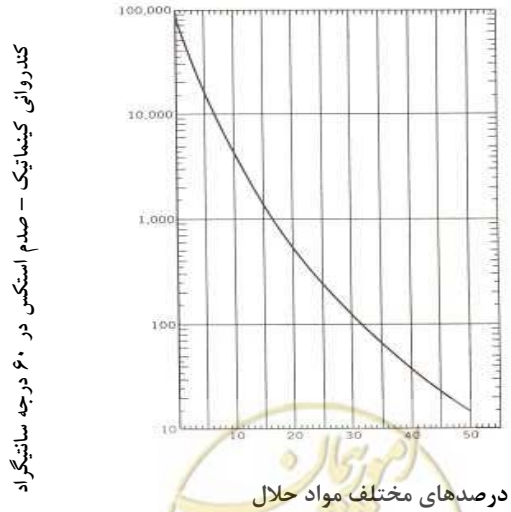


شکل ۳-۱ تغییرات وزن مخصوص یک نمونه قیر در ۲۵ درجه سانتیگراد برحسب میزان مواد حلال آن

omoorepeyman.ir



شکل ۳-۲- دمای اختلاط باتوجه به نمودار دما- کندروانی



شکل ۳-۳- نمودار رابطه کندروانی یک نمونه قیر محلول با درصدهای مختلف مواد حلال

omoorepeyman.ir

۳-۲-۱-۳ ساخت و آزمایش نمونه‌ها

به منظور تعیین مقدار قیر بهینه در مخلوط آسفالتی برای هر نوع دانه‌بندی، مجموعه‌ای از آزمایش‌ها بر روی نمونه-های ساخته شده با درصدهای متفاوت قیر (با اختلاف ۰/۵ درصد) انجام می‌گیرد که در نتیجه آن تأثیر مقدار قیر و تغییر در میزان آن بر روی مشخصات مخلوط آسفالتی در نتایج آزمایش‌ها مشخص می‌گردد.

برای تعیین درصد قیر نمونه‌های مختلف بایستی ابتدا مقدار قیر بهینه با استفاده از رابطه ۳-۳ تخمین زده شود، آنگاه حداقل دو نمونه با درصد قیر کمتر از درصد قیر بهینه و حداقل دو نمونه نیز با درصد قیر بیشتر از قیر بهینه تهیه می-شوند.

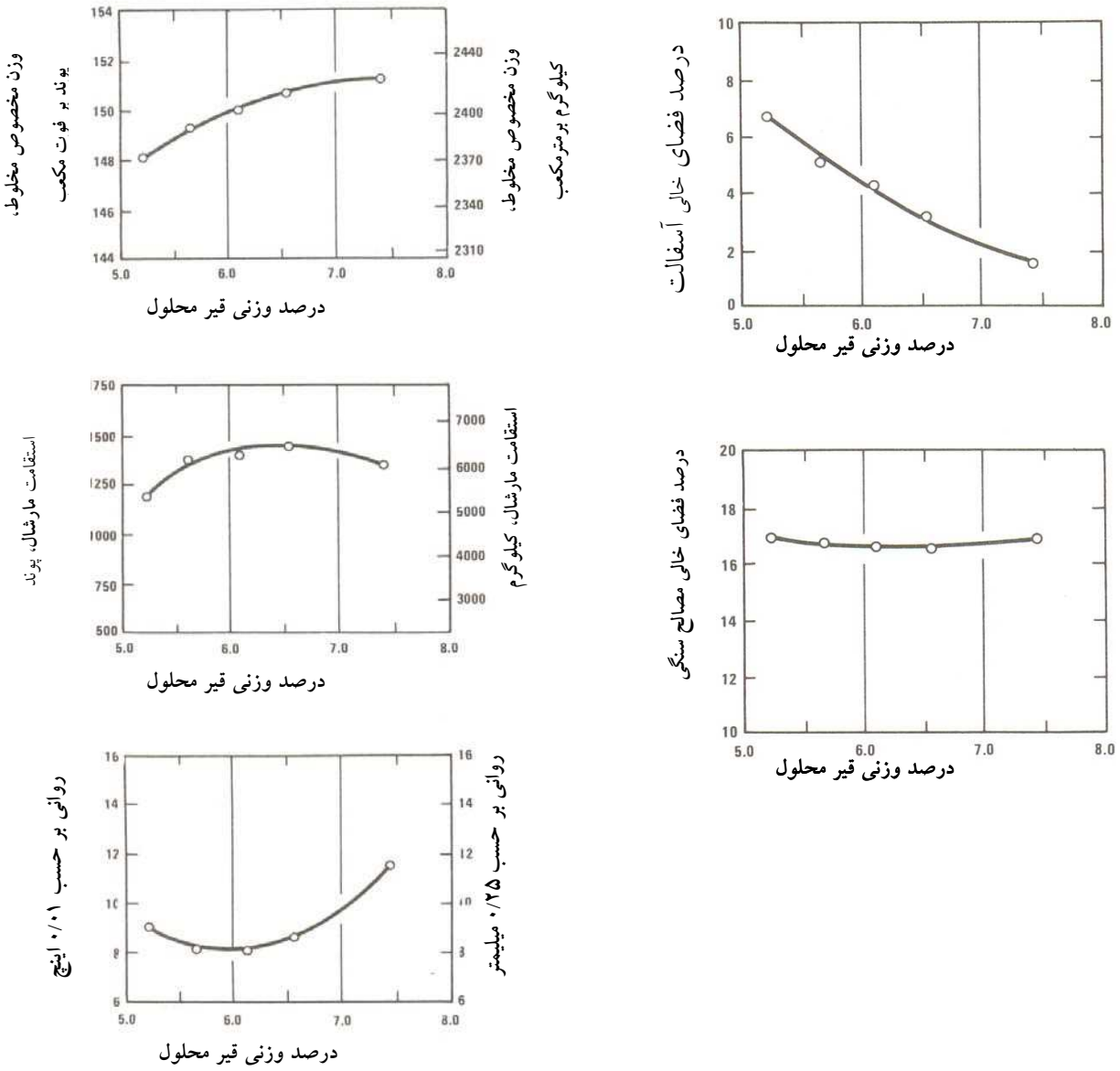
نمونه‌های ۱۲۰۰ گرمی با ۷۵ ضربه چکش مارشال به هر یک از دو وجه نمونه، متراکم شوند. برای هر درصد قیر در مخلوط آسفالتی، سه نمونه مشابه تهیه گردد. برای روش ساخت نمونه‌ها و انجام آزمایش‌ها به نشریه MS-۱۴ انستیتو آسفالت مراجعه شود.

۳-۲-۱-۴ تحلیل و بررسی نتایج و آزمایش‌ها

پس از انجام آزمایش‌ها، نمودار مشخصات مخلوط آسفالت سرد با درصد قیرهای مختلف مشابه با شکل ۳-۴ ترسیم می‌گردد.

- ترسیم نمودار وزن مخصوص مخلوط آسفالتی بر حسب درصد وزنی قیر محلول
- ترسیم نمودار درصد فضای خالی آسفالت بر حسب درصد وزنی قیر محلول
- ترسیم نمودار درصد فضای خالی مصالح سنگی بر حسب درصد وزنی قیر محلول
- ترسیم نمودار استحکام مارشال نمونه‌ها بر حسب درصد وزنی قیر محلول
- ترسیم نمودار روانی نمونه‌ها بر حسب درصد وزنی قیر محلول

omoorepeyman.ir



شکل ۳-۴ نمودارهای مشخصات مخلوط‌های آسفالت سرد طراحی شده با قیرهای محلول

۳-۲-۱-۵ تعیین درصد قیر بهینه

درصد قیر بهینه باید به نحوی تعیین گردد، که تمامی ضوابط و معیارهای طراحی را برآورده سازد. از آنجا که درصد فضای خالی مخلوط آسفالتی اغلب یک مشخصه محدود کننده می‌باشد، درصد قیر بهینه اغلب باتوجه به مقدار میانی این معیار یعنی حدود ۴٪ فضای خالی مخلوط آسفالتی تعیین می‌گردد.

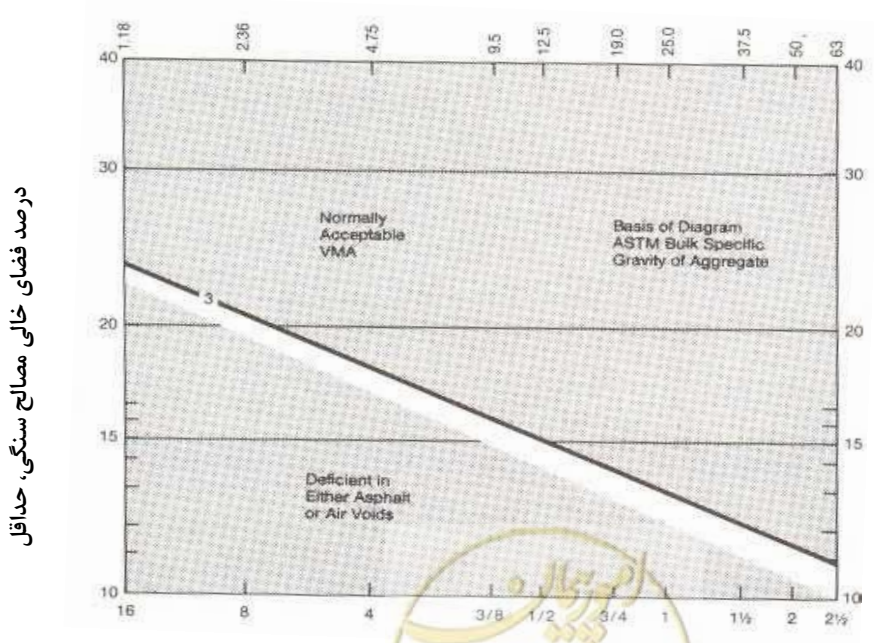
omoorepeyman.ir

۳-۲-۱-۶ معیارها و ضوابط طراحی

مشخصات فنی آسفالت سرد با قیرهای محلول با طرح اختلاط به روش مارشال کـه شـامل تعیـین مقاومـت مارشـال فضای خالی و روانی مخلوط است، در جدول ۳-۲ ارایه شده است.

جدول ۳-۲ مشخصات فنی آسفالت سرد برای قیرهای محلول با روش مارشال

آزمایش	مشخصات
درصد تصعید مواد حلال قبل از متراکم کردن در سطح راه برای:	
آسفالت سرد مورد استفاده در تعمیرات	۲۵ درصد
آسفالت سرد مورد استفاده در نوسازی‌ها و لایه روکش	۵۰ درصد
تعداد ضربه برای کوبیدن نمونه مارشال	۷۵ ضربه
درصد فضای خالی مخلوط متراکم آسفالتی	۳-۵ درصد
درصد فضای خالی مصالح سنگی	شکل ۳-۵
مقاومت مارشال در ۲۵ درجه سانتیگراد:	
آسفالت سرد برای تعمیرات	حداقل ۲۲۲۴ نیوتن
آسفالت سرد برای نوسازی‌ها و لایه روکش	حداقل ۳۳۳۶ نیوتن
روانی برحسب ۰/۲۵ میلیمتر	۸ تا ۱۶
درصد ماند مقاومت مارشال بعد از ۴ روز نگهداری در آب ۲۵ درجه سانتیگراد	حداقل ۷۵ درصد



شکل ۳-۵ تعیین حداقل درصد فضای خالی مصالح سنگی

omoorepeyman.ir

۳-۲-۲ روش طرح اختلاط آسفالت سرد با قیر امولسیون با دانه‌بندی پیوسته

این روش طرح اختلاط، ویژه مخلوط‌های آسفالت سرد با قیر امولسیونی می‌باشد، که حاوی مصالح سنگی با دانه‌بندی پیوسته و با حداکثر اندازه ۲۵ میلیمتر یا کمتر و قیرهای امولسیون نوع **MS** یا **SS** می‌باشند. این روش، قابل کاربرد برای مخلوط‌های تولید شده در دمای محیط توسط کارخانه یا مخلوط در محل بوده که بصورت فوری پخش شده و یا برای استفاده بعدی انبار می‌شوند.

مراحل طرح اختلاط آسفالت سرد با قیر امولسیون با دانه‌بندی پیوسته بشرح زیر انجام می‌شود :

- تعیین مشخصات مصالح سنگی
- برآورد مقدار اولیه قیر
- انجام آزمایش پوشش (اندود) برای تعیین مقدار رطوبت
- تعیین مقدار رطوبت بهینه تراکم بر اساس مقاومت مارشال
- ساخت نمونه‌های با درصد مختلف قیرهای باقیمانده
- ترسیم نمودارهای تغییرات مقاومت مارشال، وزن مخصوص حقیقی، درصد جذب رطوبت و درصد فضای خالی مخلوط بر حسب درصد قیر باقیمانده
- انجام آزمایش حساسیت رطوبتی (حداکثر مقاومت مارشال در شرایط غوطه‌وری)
- تعیین درصد قیر بهینه باقیمانده

۳-۲-۲-۱ مشخصات مصالح سنگی

مشخصات مصالح سنگی نقش تعیین کننده‌ای در خواص مخلوط‌های آسفالتی دارند، لذا انجام آزمایش بر روی مصالح سنگی و تعیین ویژگی‌های آنها اهمیت زیادی خواهد داشت. گستره وسیعی از مصالح سنگی با دانه‌بندی به شرح جداول ۲-۹ و ۲-۱۱ می‌تواند برای تهیه مخلوط‌های آسفالت سرد با قیر امولسیون مورد استفاده قرار گیرد.

آزمایش‌های مورد نیاز برای ارزیابی مصالح به شرح زیر می‌باشند:

- آزمایش دانه‌بندی مصالح سنگی ریزدانه و درشت‌دانه
- آزمایش تعیین وزن مخصوص و میزان جذب آب مصالح درشت‌دانه
- آزمایش تعیین وزن مخصوص و میزان جذب آب مصالح ریزدانه
- آزمایش هم ارز ماسه‌ای مصالح ریزدانه
- آزمایش تعیین دوام مصالح به کمک سولفات سدیم
- آزمایش سایش مصالح درشت‌دانه (آزمایش لوس آنجلس)

omoorepeyman.ir

۳-۲-۲-۲ آزمایش‌های قیر امولسیون

ویژگی‌ها و مشخصات قیرهای امولسیونی باتوجه به آزمایش‌های استاندارد ASTM D 244 وAASHTO T59 مشخص می‌گردد. جدول ۲-۱۳ نوع قیر امولسیونی مورد استفاده در آسفالت سرد را نشان می‌دهد. انتخاب نوع و گروه قیر امولسیون به منظور استفاده در آسفالت تا حد زیادی بستگی به توانایی و قابلیت اندود کردن مصالح سنگی بوسیله قیر امولسیون دارد. عوامل مهمی که بر انتخاب نوع قیر امولسیون تأثیر دارند، شامل موارد زیر می‌شوند:

- نوع مصالح سنگی
- دانه‌بندی مصالح سنگی و ویژگی‌های مصالح ریزدانه
- درصد رطوبت مصالح سنگی
- قابلیت دسترسی به آب در محل اجرا

اغلب بیش از یک نوع قیر امولسیون برای مصالح منتخب، مناسب می‌باشد. عوامل دیگری که در زمان طراحی مخلوط نمی‌توان آنها را به طور مستقیم مورد ارزیابی قرار داد، اما در هنگام اجرا باید مورد توجه قرار گیرند، عبارتند از:

- پیش بینی شرایط آب و هوایی و اقلیمی محل پروژه در زمان اجرا
- روش اختلاط مصالح سنگی و قیر امولسیون
- نوع تجهیزات ساخت و روش اجرا

در تولید مخلوط‌های سرد امولسیونی که دارای دانه‌بندی پیوسته می‌باشند، دو نوع قیر امولسیون مورد استفاده قرار می‌گیرد : قیر امولسیون **SS** و **MS** .

قیرهای امولسیونی **MS** معمولا همراه با مصالح سنگی مورد استفاده قرار می‌گیرند، که دارای مقدار بیش از حد مواد عبوری الک شماره ۲۰۰ نبوده و یا انبار نمودن مخلوط، مطلوب می‌باشد. بالعکس، قیرهای امولسیونی **SS** معمولا همراه با مقدار بیشتری از مصالح سنگی دارای دانه‌بندی پیوسته (مقدار زیادتری از مواد عبوری الک شماره ۲۰۰) مورد استفاده قرار گرفته و انبار نمودن آن، مطلوب نمی‌باشد.

۳-۲-۲-۳ تعیین مقدار قیر امولسیون آزمایشی

همچنانکه در بخش تعیین درصد قیر به روش تجربی بیان شد، دو روش برای تعیین مقدار اولیه قیر امولسیون برای شروع طرح وجود دارد. یکی برای مخلوط لایه اساس و دیگری برای مخلوط‌های مورد استفاده در لایه رویه. این روابط بر اساس درصد مصالح سنگی عبوری الک شماره ۴ بوده و در بیشتر موارد، نقطه شروع مناسبی ارایه می‌دهند.

- مقدار اولیه قیر امولسیون بر اساس وزن خشک مصالح سنگی، با استفاده از روابط زیر برآورد می‌شود:

- مخلوط مورد استفاده در لایه اساس:

$$D = \frac{[(0.06 \times B) + (0.01 \times C)]}{A} \times 100$$

omoorepeyman.ir

- مخلوط مورد استفاده در لایه رویه:

$$D = \frac{[(0.07 \times B) + (0.03 \times C)]}{A} \times 100$$

که در آن:

D= درصد قیرامولسیون = درصد اولیه تخمینی امولسیون بر حسب وزن خشک مصالح سنگی

A = درصد باقیمانده قیر امولسیون بر حسب تقطیر (مرحله اول)

B = درصد مصالح سنگی خشک عبوری الک شماره ۴

C = 100 - B = مصالح سنگی بجای مانده بر روی الک شماره ۴

۳-۲-۲-۴ ساخت و آزمایش نمونه‌ها

ساخت نمونه‌های مخلوط آزمایشی با قرار دادن مخلوط‌های آسفالتی در قالب‌های مارشال با اعمال ۵۰ ضربه به هر طرف نمونه متراکم می‌گردند. سپس نمونه‌ها به مدت یک روز در داخل قالب و در دمای اتاق نگهداری می‌شوند تا عمل آیند. پس از این مدت، نمونه‌ها از قالب خارج و وزن مخصوص حقیقی آن‌ها مطابق با روش‌های استاندارد **ASTM:D ۱۱۸۸** یا **ASTM:D ۲۷۲۶** یا به روش اندازه‌گیری حجمی تعیین می‌گردد. آنگاه منحنی تغییرات وزن مخصوص خشک نمونه‌ها برحسب درصد کل آب ترسیم می‌شود. درصد آب نظیر وزن مخصوص خشک حداکثر نمونه مخلوط آسفالتی، درصد آب بهینه برای متراکم نمودن می‌باشد. به منظور تعیین سایر ویژگی‌های مخلوط آسفالتی، نمونه‌های آزمایشی باید با درصد آب بهینه بدست آمده ساخته شود.

آزمایش مقاومت مارشال

مقاومت و روانی مارشال مطابق با روش استاندارد **ASTM D 1559** تعیین شود، به استثنای اینکه نمونه‌های متراکم شده باید حداقل بمدت ۲ ساعت در دمای آزمایشی ۲۵ ± ۱°C در هوا قرار گیرند. حداقل مقاومت مارشال برابر با ۲۲۵ کیلوگرم، برای راههای با حجم ترافیک کم تا متوسط، مناسب است. برای ساخت نمونه‌ها و انجام آزمایش‌های لازم به آخرین چاپ نشریه MS-۱۴ و MS-۱۹ انستیتو آسفالت مراجعه شود.

۳-۲-۲-۵ انتخاب درصد قیر بهینه

معیارهای تعیین درصد قیر بهینه در مخلوط آسفالتی سرد با قیر امولسیون عبارتند از:

۱- مخلوط آسفالتی باید در شرایط آزمایشی غرقاب دارای استحکام کافی باشد تا بتواند در مقابل بارهای ناشی از آمد و شد در فصول مربوط سال مقاومت کند.

۲- درصد افت استحکام مارشال نمونه‌های مخلوط آسفالتی در شرایط آزمایشی خشک و غرقاب نباید بیش از حد باشد.

omoorepeyman.ir

۳- درصد کل فضای خالی در مخلوط آسفالتی باید در محدوده قابل قبول باشد زیرا درصد فضای خالی زیاد موجب تغییر شکل‌های دائمی و درصد جذب آب بیش از حد مخلوط آسفالتی و درصد فضای خالی کم موجب پدیده قیرزدگی می‌گردد.

۴- درصد جذب آب مخلوط آسفالتی نباید بیش از حد باشد تا پدیده لخت شدگی یا ضعیف شدن پیوند بین مصالح سنگی و قیر باقیمانده به حداقل برسد.

۵- درصد قیر باقیمانده مخلوط باید پوشش کافی مصالح سنگی را فراهم نماید و مصالح سنگی را در مقابل لخت شدگی و سایش مقاوم نماید.

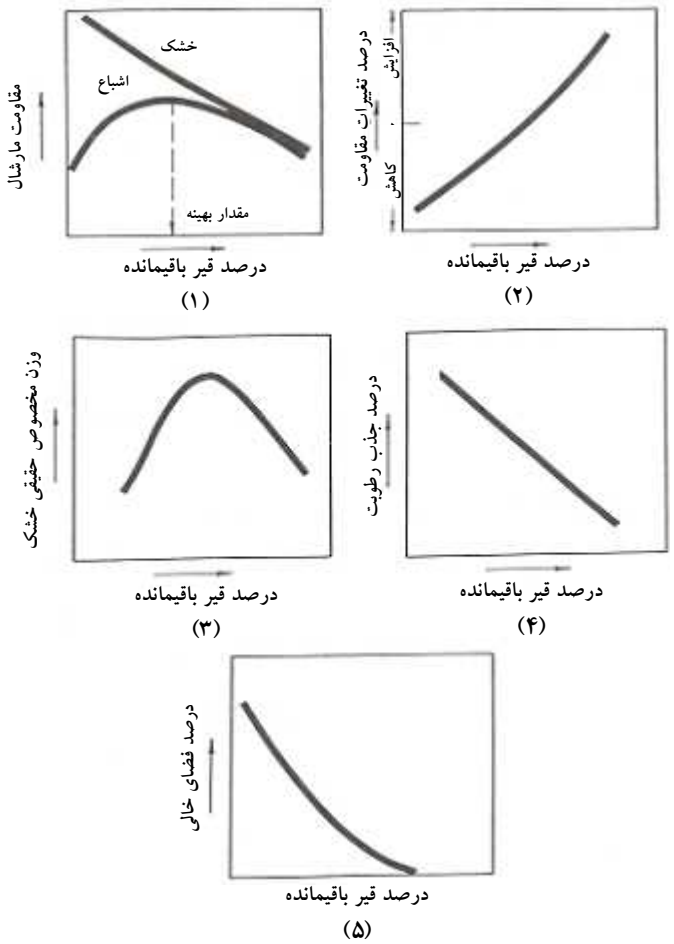
درصد قیر نظیر حداکثر استحکام مارشال در حالت غرقاب به عنوان درصد قیر باقیمانده بهینه انتخاب می‌شود. سپس با توجه به میزان جذب آب، درصد افت استحکام، درصد کل فضای خالی و میزان پوشش مصالح سنگی اصلاح می‌گردد. نمونه‌ای از نمودارهای طرح مخلوط‌های آسفالت سرد با قیر امولسیون در شکل (۳-۶) نشان داده شده است.

معیارهای طرح مخلوط‌های آسفالتی با قیر امولسیون در جدول ۳-۳ ارایه شده است.

جدول ۳-۳- معیارها و ضوابط طراحی مخلوط آسفالت سرد امولسیونی

خصوصیات آزمایش	حداقل	حداکثر
مقاومت مارشال (تهیه شده با ۵۰ ضربه) در ۲۵ درجه سانتیگراد	۲۲۵	-
درصد فضای خالی مخلوط متراکم	۲	۸
افت مقاومت مارشال بعد از نگهداری نمونه در خلاء در شرایط اشباع	-	۵۰
پوشش قیری سنگدانه‌ها	۵۰	-

omoorepeyman.ir



شکل ۳-۶- نمودارهای طرح اختلاط آسفالت سرد با قیر امولسیون و دانه‌بندی پیوسته

۳-۲-۳- طرح اختلاط آسفالت سرد با قیر امولسیون با مصالح سنگی با دانه‌بندی باز

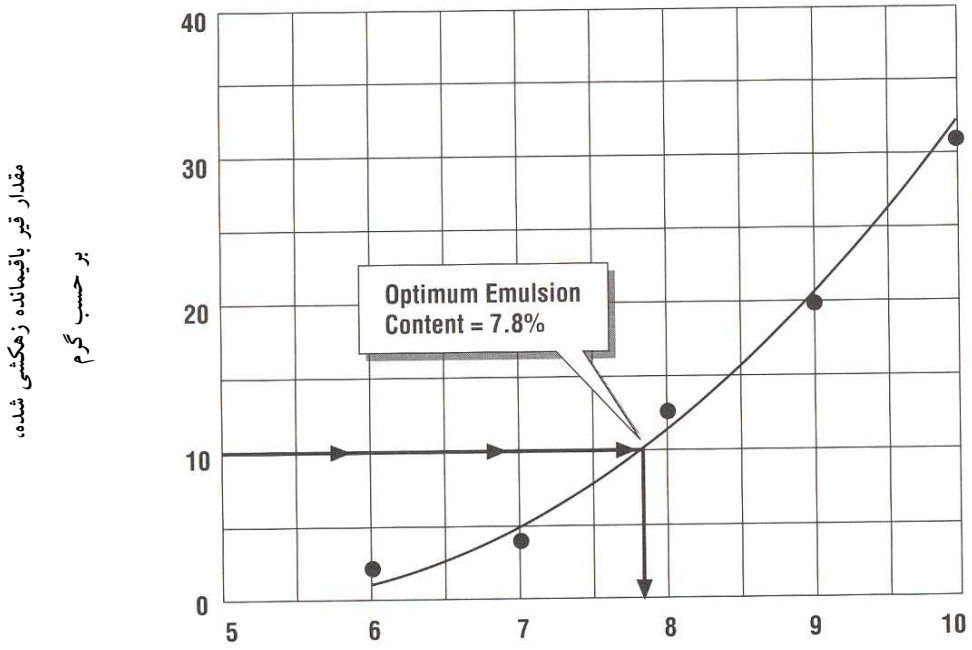
این روش طرح اختلاط، شامل آماده‌سازی مخلوط‌های آزمایشی امولسیونی با دانه‌بندی باز به شرح جدول‌های ۲-۲ و ۲-۱۰ می‌شود. به منظور تعیین مقدار بهینه قیر امولسیون بر اساس ارزیابی مقدار قیر زهکشی شده، مصالح سنگی همراه با قیر امولسیون سازگار، مورد استفاده قرار گرفته و مخلوط‌ها با مقادیر متفاوت قیر امولسیون، با یک درصد افزایش، تهیه شده و تحت آزمایش زهکشی قیر(چکه کردن) قرار می‌گیرند. مقدار قیر امولسیونی مطابق با ۱۰ گرم قیر باقیمانده زهکشی شده، بعنوان مقدار قیر امولسیون بهینه توصیه می‌گردد. برای ساخت نمونه‌ها و انجام آزمایش‌های لازم به آخرین چاپ نشریه ۱۹- MS انستیتو آسفالت مراجعه شود.

گزارش نتایج نهایی

- درصد مقدار بهینه امولسیون.
- قابلیت کار مخلوط
- درصد پوشش قیری مصالح سنگی

omoorepeyman.ir

مخلوطی که دارای مقدار بهینه‌ای از قیر امولسیون می‌باشد، باید کارایی مناسبی را دارا باشد. مخلوط‌های دارای ۹۰ درصد پوشش، برای کاربرد در لایه رویه و مخلوط‌های دارای ۶۰ درصد پوشش، برای کاربرد در لایه اساس مناسب هستند.



شکل۳-۷- تعیین مقدار بهینه قیر امولسیون مخلوط آسفالت سرد با دانه‌بندی باز

۳-۲-۴ طرح اختلاط آسفالت سرد با قیر محلول با مصالح سنگی با دانه‌بندی باز

درصد تقریبی قیر برای دانه‌بندی‌های باز را می‌توان با روش CKE که در نشریه MS-14 انستیتو آسفالت تشریح شده، تعیین کرد. بعد از تعیین مقدار قیر به روش فوق، میزان دقیق قیر با انجام آزمایش در آزمایشگاه و از طریق اندازه‌گیری وزن مخصوص و درصد فضای خالی نمونه‌های مارشال در شرایط بهینه تعیین می‌شود. لازم به ذکر است که مقدار مقاومت مارشال برای ارزیابی این نمونه‌ها که به دلیل دانه‌بندی باز از چسبندگی کافی بر خوردار نیست، کاربرد ندارد.

۳-۲-۵ طرح اختلاط مخلوط‌های آسفالت سرد لکه‌گیری

طرح اختلاط مخلوط‌های آسفالت سرد لکه‌گیری بر اساس روش‌های بیان شده در بخش‌های قبلی می‌باشد. مسئله مهم در طراحی مخلوط‌های سرد لکه‌گیری این است، که ویژگی‌های لازم مخلوط در انبار کردن و قابلیت دوام آن با یکدیگر در تضادند. به همین منظور لازم است که کارایی مخلوط‌های آسفالت سرد لکه‌گیری ارزیابی شود. کارایی

omoorepeyman.ir

مخلوط‌های سرد آسفالتی برای لکه‌گیری با استفاده از استانداردهای **ASTM D6704** یا **AASHTO PP21-94** تعیین می‌شود. ارزیابی‌های مناسب برای مخلوط آسفالت سرد مصرفی در لکه‌گیری شامل آزمایش‌هایی برای ریزش قیر، کارایی، چسبندگی و پتانسیل عریان‌شدگی می‌باشد.

برای تایید و کنترل کیفیت مخلوط‌های لکه‌گیری، دستگاه نظارت باید آزمایش سازگاری میان قیر و سنگدانه مخلوط‌های آسفالت سرد تولیدی مورد ارزیابی قرار داده و برای مخلوط‌های آسفالت سرد آماده، باید آزمایش پذیرش صورت پذیرد.

برای بررسی سازگاری میان قیر و سنگدانه سه آزمایش پوشش مصالح سنگی مطابق با روش آشتو **TP40-94** ، عریان شدگی مطابق با روش آشتو **TP41-94** و ریزش قیر مطابق با روش آشتو **TP42-94** انجام گیرد.

آزمایش کارایی مطابق با روش آشتو **TP43-94** و آزمایش چسبندگی مطابق با روش آشتو **PP21** به منظور پذیرش مخلوط انجام گیرد.

جدول ۳-۴ مشخصات مخلوط‌های آسفالت سرد لکه‌گیری

مشخصه مواد	حداقل	حداکثر
خصوصیات مصالح	مشخصات مندرج در فصل دوم	مشخصات مندرج در فصل دوم
خصوصیات قیر (امولسیون یا محلول)	مشخصات مندرج در فصل دوم و آیین نامه روسازی ایران	مشخصات مندرج در فصل دوم و آیین نامه روسازی ایران
پوشش قیری (TP40)	۹۰ درصد قیر باقیمانده	-
عریان شدگی (TP41)	۹۰ درصد قیر باقیمانده	-
قابلیت ریزش قیر (TP42)	-	کمتر از ۴ درصد قیر باقیمانده
کارایی (TP43)	-	۳kpa یا کمتر مورد قبول ۳-۴ kpa حد حاشیه‌ای بزرگتر از ۴ kpa ، غیر قابل قبول
چسبندگی (PP21)	۶۰ درصد	-

omoorepeyman.ir

۴

طرح روسازی آسفالت سرد

omoorepeyman.ir

طرح سازه‌ای مخلوط آسفالتی سرد

مصالح سنگی بکارگرفته شده در مرحله تولید آسفالت سرد امولسیونی، مرطوب و سرد می‌باشند، اما پس از اجرا به تدریج از میزان رطوبت کاسته شده و بر مقاومت مخلوط اضافه می‌شود. لذا مخلوط سرد تازه اجرا شده دارای عدد سازه-ای کمتری در آغاز دوره اجرا خواهد بود. دوره حصول کامل مقاومت ممکن است ۱ الی ۲ سال به طول بیانجامد.

۴-۱ ضریب هم ارزی آسفالت سرد

براساس نشریه ۲۳۴، ضرایب هم‌ارزی آسفالت سرد نسبت به آسفالت گرم برحسب این که آسفالت سرد کارخانه‌ای یا مخلوط در محل با دانه‌بندی درشت و یا ماسه‌ای باشد متفاوت بوده و در محدوده ۲-۱/۳ تغییر می‌کند. این ضریب معیاری از سختی مخلوط آسفالتی سرد در مقایسه با نمونه‌های آسفالتی گرم است و هرچه خصوصیات مقاومتی بالاتری فراهم باشد، این ضریب به ۱/۳ نزدیکتر است (بعنوان مثال برای تبدیل لایه آسفالت گرم با ضخامت ۱۰ سانتی‌متر به لایه آسفالت سرد کارخانه‌ای، عدد ۱۰ در ۱/۳ ضرب شده و بعنوان ضخامت لایه معادل سرد تعیین می‌گردد).

۴-۲ ضریب سازه‌ای آسفالت سرد

ضریب سازه‌ای لایه آسفالت سرد (a_2) یک شاخص تجربی است که به خصوصیات سازه‌ای مصالح لایه آسفالت سرد و عوامل دیگری مانند ضخامت لایه و دیگر لایه‌های روسازی، خاک بستر، آب و هوا و غیره بستگی دارد. بنابراین ضریب a_2 به عوامل زیادی بستگی دارد. به طور کلی مقاومت سازه‌ای آسفالت سرد کمتر از آسفالت گرم می‌باشد. مطالعات و بررسی‌های انجام شده نشان داده است که ضریب لایه آسفالت سرد بین ۰/۲ تا ۰/۳۵ می‌باشد.
ضریب سازه‌ای برای مخلوط‌های آسفالت سرد مطابق جدول ۴-۱ پیشنهاد می‌شود.

جدول ۴-۱ ضرایب لایه پیشنهادی برای آسفالت سرد

نوع آسفالت سرد	ضریب لایه(a_2)
آسفالت سرد با مقاومت مارشال کم (مخلوط در محل)	۰/۲
آسفالت سرد کارخانه‌ای	۰/۳ - ۰/۲۵

برای تعیین دقیق ضریب سازه‌ای می‌توان از روش پیشنهادی در بخش بعدی استفاده کرد.

۴-۳ ارتباط بین ضریب سازه‌ای و خصوصیات سازه‌ای

ضریب لایه آسفالت سرد (a_2) را می‌توان با استفاده از روابط تجربی بر اساس مدول برجهندگی (M_R) که یکی از پارامترهای سازه‌ای مهم مصالح می‌باشد، تعیین نمود. مدول برجهندگی برای مخلوط آسفالت سرد، ثابت نمی‌باشد و در

omoorepeyman.ir

طول زمان تغییر می‌کند. مدول برجهندگی طراحی که برای ضریب a_2 استفاده می‌شود، را می‌توان از رابطه زیر بدست آورد:

$$M_{R_{design}} = M_f(\frac{M_m}{M_d}) \qquad (۱-۴)$$

که در این رابطه:

M_f: میانگین نهایی مدول برجهندگی مخلوط

M_m: مدول برجهندگی نمونه‌ای که سه روز در شرایط خشک و سپس چهار روز در شرایط مرطوب در دمای ۲۲/۲ درجه سانتیگراد عمل‌آوری شده است.

M_d: مدول برجهندگی نمونه پس از سه روز عمل‌آوری در شرایط خشک

M_f را می‌توان از رابطه زیر تعیین نمود:

$$M_f = M_d \times CF \qquad (۲-۴)$$

که در این رابطه CF ضریب عمل‌آوری با توجه به زمان ساخت و اینکه چه موقع لایه آسفالت سرد آب‌بندی شده است، می‌تواند دارای مقادیر ۱ تا ۴ باشد. چنانچه لایه آسفالت سرد در طی ماه‌های تابستان اجرا شده باشد و اجازه داده شده شود که عمل آوری در کمتر از ۷ روز قبل از اجرای شانه‌های راه یا آب‌بندی لایه آسفالت سرد (اجرای لایه آسفالت حفاظتی) انجام شود، از ضریب عمل آوری مساوی با ۲ استفاده گردد.

برای انتخاب ضریب سازه‌ای (a_2) برای مخلوط آسفالتی سرد می‌توان از روش گام به گام زیر استفاده نمود:

گام اول) اندازه‌گیری مدول برجهندگی یا استحکام مارشال نمونه‌های آزمایشگاهی:

انجام آزمایش‌های آزمایشگاهی روی نمونه‌های مخلوط آسفالتی سرد در برگیرنده درصد قیر باقیمانده پیشنهادی در درصد رطوبت پیشنهادی می‌باشد. برای انجام آزمایش روی نمونه‌های آسفالتی سرد باید یکی از دو گروه آزمایش معرفی شده در زیر را انجام داد. انجام آزمایش‌های گروه الف نسبت به گروه ب توصیه می‌شود.

آزمایش‌های گروه الف: اندازه‌گیری مدول برجهندگی مطابق زیر:

اندازه‌گیری مدول برجهندگی باید با استفاده از روش کشش غیرمستقیم و بر روی نمونه‌های استوانه‌ای به قطر ۱۰/۱۶ سانتی متر و با بارگذاری دینامیکی شامل ۰/۱ ثانیه بارگذاری در هر ۳ ثانیه انجام گردد.

مدول برجهندگی نمونه‌ها با استفاده از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$M_R = \frac{P(\mu + 0.2732)}{t \times \Delta} \qquad (۳-۴)$$

که در این رابطه:

omoorepeyman.ir

M_R : مدول برجهندگی (kg/cm^2)

P: بزرگی بار تکرار شونده (kg)

t : قطر نمونه (cm)

Δ : مجموع تغییر شکل برگشت‌پذیر در امتداد قطر افقی (cm)

μ : ضریب پواسون (معمولاً برای مخلوط‌های آسفالتی سرد ۰/۳۵ فرض می‌گردد)

مدول برجهندگی هر نمونه حداقل باید دو بار اندازه‌گیری شود. در هنگام انجام آزمایش دوم باید نمونه را ۹۰ درجه چرخاند. دو نتیجه بدست آمده نباید بیش از ۱۰ درصد با هم اختلاف داشته باشند، در غیر این صورت نیاز به انجام آزمایش سوم روی نمونه می‌باشد که در این صورت نمونه باید ۱۸۰ درجه نسبت به موقعیت قرارگیری در آزمایش ابتدایی چرخانده شود. از میانگین مدول برجهندگی دو آزمایش باید برای مراحل بعد استفاده گردد. بعضی از نمونه‌ها خیلی شکننده هستند، که برای جلوگیری از شکست آنها باید یک مرتبه مورد آزمایش قرار گیرند. بار اعمال شده باید به اندازه کافی کوچک باشد تا تغییر شکل‌های پلاستیکی بزرگ در نمونه رخ ندهد.

آزمایش گروه ب: اندازه‌گیری استحکام مارشال در دمای ۲۲/۲ درجه سانتیگراد در هر یک از گروه‌های آزمایش بالا باید به ترتیب زیر عمل نمود:

ابتدا باید سه نمونه متراکم شده را در مدت سه روز در دمای ۲۲/۲ درجه سانتیگراد در شرایط خشک عمل آوری نموده و آزمایش های گروه الف یا ب روی آن‌ها انجام داد.

سپس سه نمونه متراکم شده را در مدت سه روز در دمای ۲۲/۲ درجه سانتیگراد در شرایط خشک عمل آوری کرده و آنگاه آن‌ها را برای چهار روز آزمایش اشباع مویینگی و در دمای ۲۲/۲ درجه سانتیگراد قرار داد و پس از آن آزمایش‌های مورد نظر را روی آن ها انجام داد. (نمونه‌ها باید پس از ۲ روز چرخانده شوند.)

گام دوم) محاسبه مدول برجهندگی طراحی یا استحکام مارشال طراحی برای هر گروه از آزمایش‌ها انجام شده مرحله قبل باید مطابق زیر عمل نمود.

الف) محاسبه مدول برجهندگی طراحی با استفاده از نتایج آزمایش‌های الف:

$$M_{R_{design}} = M_f \left(\frac{M_m}{M_d}\right)$$

که در این رابطه:

M_f: میانگین نهایی مدول برجهندگی مخلوط پس از عمل‌آوری طولانی مدت بر حسب kg/cm^2

$$M_F = M_d \times CF$$

M_d: مدول برجهندگی بدست آمده پس از سه روز عمل‌آوری در دمای ۲۲/۲ درجه سانتیگراد

omoorepeyman.ir

CF: ضریب عمل آوری، در صورت اجرای لایه آسفالت سرد در مدت ماه‌های تابستان و عمل آوری در کمتر از ۷ روز قبل از اجرای شانه‌های راه یا آب‌بندی لایه آسفالت سرد می‌توان آن را برابر با ۲ در نظر گرفت.

M_m: مدول برجهندگی بدست آمده پس از سه روز عمل‌آوری در شرایط خشک و چهار روز عمل آوری در شرایط مرطوب در دمای ۲۲/۲ درجه سانتیگراد.

ب) محاسبه استحکام مارشال با استفاده از نتایج آزمایش‌های گروه ب

$$M_{R_{design}} = M_F^S(\frac{MS_m}{MS_d})$$

M_F^S: میانگین استحکام مارشال پس از عمل‌آوری طولانی مدت برحسب Psi

$$M_F^S = M_d^S \times CF$$

M_F^S: استحکام مارشال اصلاح شده نمونه‌ها پس از سه روز عمل آوری دمای ۲۲/۲ درجه سانتیگراد

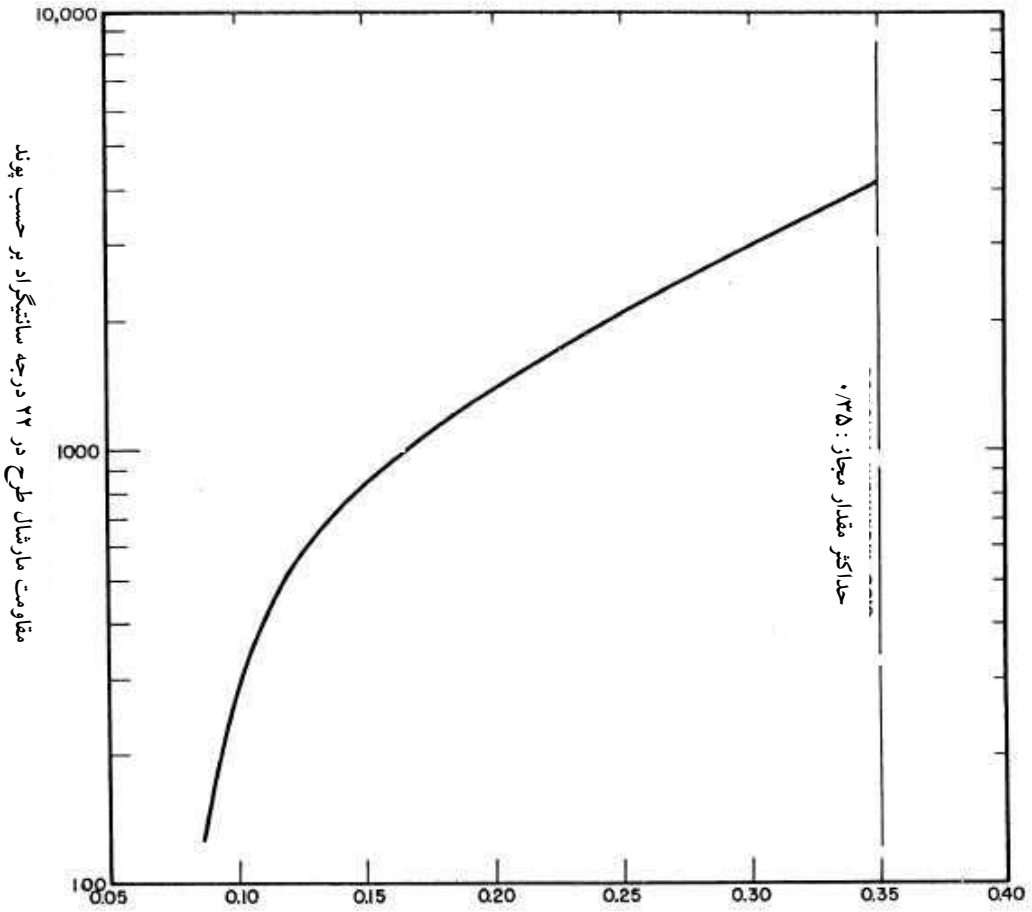
CF: ضریب عمل‌آوری (مطابق مطالب گفته شده قبلی)

M_m^S: استحکام مارشال نمونه‌ها پس از سه روز عمل‌آوری در شرایط خشک و چهار روز عمل‌آوری در شرایط مرطوب در دمای ۲۲/۲ درجه سانتیگراد.

گام سوم) محاسبه ضریب سازه‌ای لایه آسفالت سرد با استفاده از نمودارهای ۴-۱یا ۴-۲

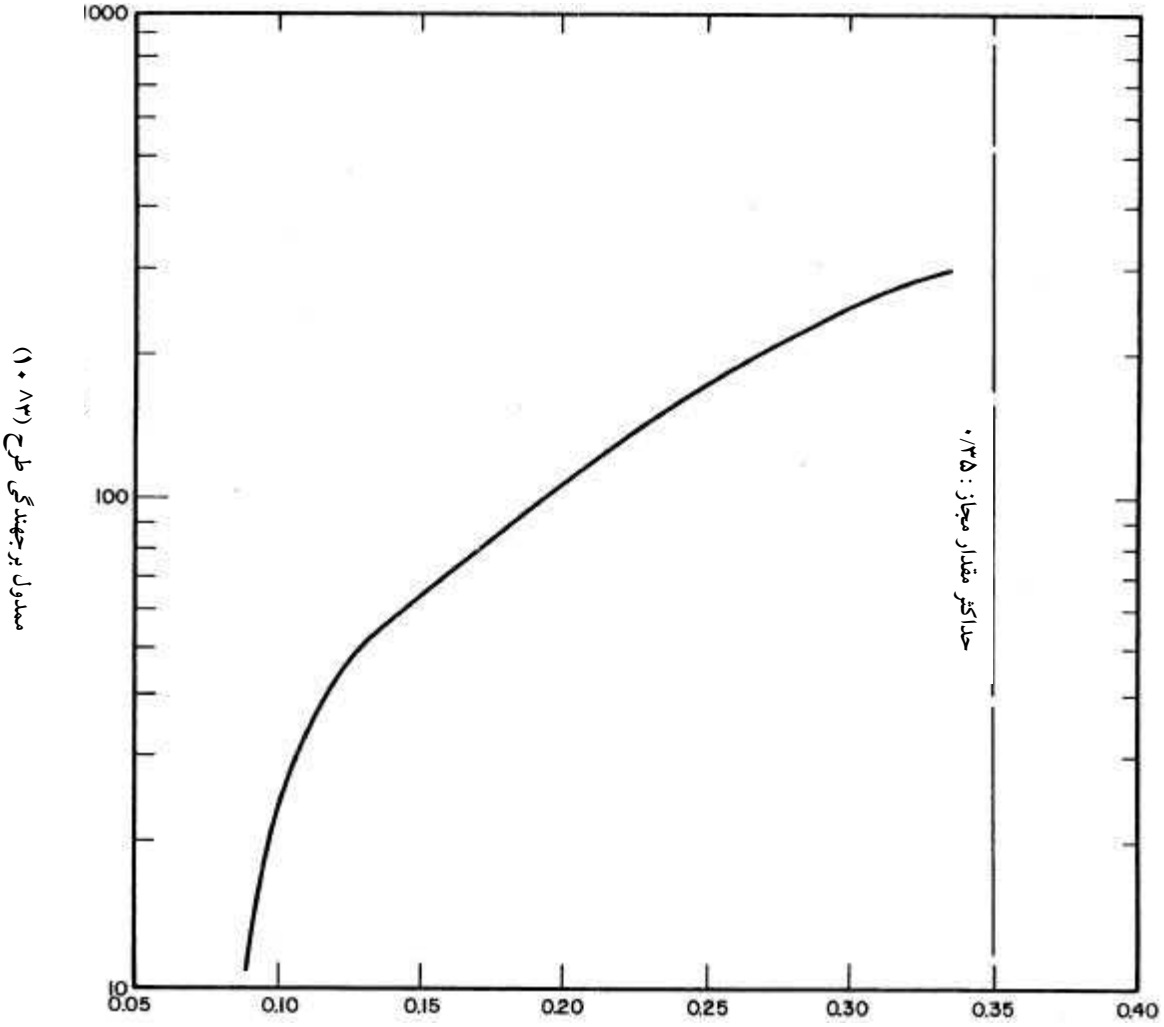
بدلیل اینکه امکان انجام آزمایش تعیین مدول برجهندگی در همه آزمایشگاه‌های کشور وجود ندارد، وجود آزمایش ساده‌تری که امکان انجام آن در آزمایشگاه‌ها باشد (نظیر آزمایش مارشال) مناسب‌تر است. در این راستا روابطی که بیانگر ارتباط بین مقادیر استحکام مارشال و مدول برجهندگی می‌باشند، وجود دارند (شکل ۴-۱). همچنین رابطه مابین عدد استحکام مارشال و ضریب قشر لایه آسفالت سرد (a_2) در نمودار ۴-۲ قابل استفاده می‌باشد.

omoorepeyman.ir



شکل ۴-۱ ارتباط بین عدد استحکام مارشال و ضریب قشر لایه آسفالت سرد در ۲۲ درجه سانتیگراد[۵]

omoorepeyman.ir



شکل ۴-۲ ارتباط بین پارامتر مدول برجهندگی و عدد استحکام مارشال در ۲۲ درجه سانتیگراد[۵]

omoorepeyman.ir

۵

روش‌های تهیه و نگهداری آسفالت سرد

omoorepeyman.ir

۵ روش‌های تولید و اجرای آسفالت سرد

۵-۱ کلیات

تولید مخلوط‌های آسفالت سرد، به دو روش کلی اختلاط در محل و کارخانه انجام می‌شود. در روش اختلاط آسفالت مخلوط در محل، اختلاط قیر و مصالح در محل به صورتهای مختلفی می تواند انجام گیرد که عمده آنها عبارتند از: اختلاط سیار، مخلوط کننده چرخشی، اختلاط با گریدر، اختلاط با دستگاه‌های بازیافتی. این روش، اغلب به منظور تقویت و تثبیت روسازی موجود و استفاده از مصالح آن در محل انجام می‌شود. روش دیگر تولید آسفالت سرد، اختلاط در کارخانه آسفالت می‌باشد.

در انتخاب نوع روش مناسب تولید مخلوط آسفالت سرد، عواملی متعددی باید مد نظر قرار گیرد، که عبارتند از:

- محل و موقعیت پروژه .
- وسعت و اندازه پروژه .
- امکان کنترل ترافیک و یا مسدود کردن راه .
- دسترسی به مصالح سنگی مناسب در صورت لزوم، به منظور بهبود مشخصات مخلوط آسفالت سرد .
- نوع و ضخامت روسازی .
- شرایط آب و هوایی منطقه .
- انتخاب روش اجرای سریعتر

با توجه به تولید بالای کارخانه آسفالت و امکان کنترل کیفیت بهتر مخلوط آسفالت سرد، تولید کارخانه‌ای آسفالت سرد نسبت به روش‌های اجرای مخلوط آسفالت سرد در محل مناسب‌تر است. در روش مخلوط آسفالت سرد در محل (همانند روش اجرا با تیغه گریدر) بخاطر اینکه سطح زیادی در مدت اجرا در معرض اختلاط قرار می‌گیرد، مطلوبیت کمتری نسبت به روش کارخانه‌ای دارد.

هریک از دو نوع آسفالت سرد تولید شده در کارخانه یا مخلوط آسفالت سرد در محل قابل تولید با دو نوع دانه‌بندی پیوسته و باز می‌باشند. در ادامه روش اجرا و نگهداری آسفالت سرد تولید شده در هر یک از شرایط کارخانه‌ای و در محل ارائه می‌گردد.

۵-۲ تولید آسفالت سرد بصورت کارخانه‌ای (کارخانه ثابت)

در تولید مخلوط‌های آسفالتی سرد کارخانه‌ای می‌توان از کارخانه‌های تولید آسفالت به روش مرحله‌ای یا پیوسته (مشابه کارخانه‌های تولید آسفالت گرم) استفاده نمود. ملزومات کارخانه آسفالت سرد به کیفیت و نوع مخلوط آسفالتی که قرار است تولید شود، بستگی دارد. بطور معمول، یک کارخانه تولید آسفالت سرد شامل مخلوط‌کن[1]، مخازن ذخیره

1 - Mixer

omoorepeyman.ir

قیر (امولسیون یا محلول)، وسایل گرم کردن قیر و سنگدانه ها (درصورت نیاز)پمپ تزریق قیر به مخلوط مصالح سنگی[1]، لوله‌های ارتباطی، تجهیزات پاشش قیر، لوله‌های تغذیه آب، کنترل‌هایی برای تنظیم و ثبت اجزای مختلف، دستگاه تنظیم و توزین مصالح سنگی مختلف، سیلوهای سرد، واحد خشک کننده مصالح، سیلوهای گرم، سیستم تسمه نقاله، مخازن مصالح سنگی، سرندهای لرزنده و مخازن ذخیره مخلوط آسفالتی می‌باشد.

سنگدانه‌های تفکیک شده در کارگاه جداگانه به سیلوهای سرد تغذیه شده و قبل از تغذیه مخلوط نمی‌شود. تغذیه مصالح به نحوی تنظیم می‌شود، که موجب کم یا زیاد شدن مصالح در سیلوهای گرم نشده و اختلالی در تولید یکنواخت و همگن مخلوط آسفالتی بوجود نیاورد. حداقل زمان اختلاط طوری انتخاب می‌شود که بیشترین پوشش قیری را برای سطح سنگدانه‌ها تأمین کند، ضمن آنکه در مورد قیرهای امولسیون ضروریتی ندارد که این پوشش به ۱۰۰ درصد برسد.

برای تولید مخلوط‌های آسفالت سرد با کیفیت مناسب، کلیه مراحل تولید آسفالت به دقت باید کنترل گردد.

معمولا وقتی که سنگدانه‌ها رطوبتی بیش از ۳-۲ درصد داشته و یا آسفالت در فصل سرد و زمستان تولید شود، خشک کردن سنگدانه‌ها، به ویژه در شرایطی که دانه‌بندی پیوسته بوده و مواد ریزدانه زیاد داشته باشد، ضروری است.

سنگدانه‌ها در زمان اختلاط با قیر امولسیون می‌توانند مرطوب باشند اما در مورد کار با قیرهای محلول، می‌بایست در دمای محیط و یا تحت اثر حرارت خشک شده باشند. در مواردی که از قیرهای محلول غلیظ مانند **MC-3000** و یا **SC-3000** در تولید آسفالت سرد استفاده می‌گردد، دمای مصالح سنگی در زمان اختلاط عملاً باید در محدوده ۹۵ درجه سانتیگراد بوده و در محدوده همین دما، عملیات پخش و تراکم صورت پذیرد.

درجه حرارت قیر برحسب نوع قیر باید در محدوده‌های مندرج در جدول ۲-۱۶ باشد.

مخلوط‌های آسفالت سرد کارخانه‌ای برای اساس قیری، آستر، رویه، تراز نمودن، تعریض و لایه‌های روکش و ارتقای درجه و تقویت روسازی‌های با ضخامت کم به کار می‌روند. علاوه بر این، تولید در کارخانه ثابت برای مواردی که استفاده از آسفالت سرد در آینده مد نظر می‌باشد (از چند ساعت تا یک ماه) صورت می‌پذیرد. مخلوط‌های آسفالتی سرد قابل ذخیره برای استفاده در آینده در کارخانه با وضعیت پیوسته یا مرحله‌ای قابل تولید می‌باشند.

۵-۲-۱ انواع مخلوط‌های کارخانه‌ای

الف- مخلوط‌های آسفالت سرد کارخانه‌ای با دانه‌بندی پیوسته

مخلوط‌های با دانه‌بندی پیوسته، دامنه گسترده‌ای از انواع گوناگون سنگدانه و دانه‌بندی‌ها را شامل می‌شود، که در انواع روسازی‌ها قابل کاربرد می‌باشند. دانه‌بندی‌های پیوسته آسفالت سرد مطابق با جدول ۲-۳ و ۲-۹ می‌باشد.

2 – Bituminous metering pump

omoorepeyman.ir

قیرهای امولسیونی از نوع **CCS-1h, CSS-1, SS-1h, SS-1** یا **HFMS-2S** و قیرهای محلول **RC-۲۵۰** ، **MC-۲۵۰**، **MC-۸۰۰** ، **MC-۳۰۰۰** ، **SC-۲۵۰**، **SC-۸۰۰**، **SC-۳۰۰۰** در تهیه مخلوط‌های آسفالت سرد کارخانه‌ای با دانه‌بندی پیوسته مورد استفاده قرار می‌گیرند.

الف- مخلوط‌های آسفالت سرد کارخانه‌ای با دانه‌بندی باز

مخلوط‌های آسفالت سرد کارخانه‌ای با دانه‌بندی باز در لایه‌های اساس قیری و رویه مورد استفاده قرار می‌گیرند. تولید این مخلوط‌ها به تجهیزات پیچیده‌ای نیاز ندارد و از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است. دوام و عملکرد مخلوط‌های آسفالت با دانه‌بندی باز با انواع دیگر مخلوط‌های آسفالت برابری می‌کند. انعطاف‌پذیری و درصد فضای خالی زیاد این نوع مخلوط‌ها باعث افزایش مقاومت آن‌ها در برابر ترک‌های ناشی از خستگی و ترک‌های انعکاسی می‌گردد. به علت نفوذپذیری زیاد مخلوط‌های آسفالتی سرد با دانه‌بندی باز، هنگامی که به عنوان لایه‌های رویه استفاده می‌شوند، باعث خارج شدن سریع آبهای سطحی از سطح راه شده، لذا مشکلات مربوط به پدیده ایستابی کاهش می‌یابد. هنگامی که مخلوط‌های آسفالت سرد با دانه‌بندی باز به عنوان لایه اساس قیری مورد استفاده قرار می‌گیرند و همچنین مصالح بستر روسازی در مقابل آب حساس باشند، به منظور جلوگیری از نفوذ آب و ضعیف شدن مصالح بستر روسازی، باید عایق رطوبتی در زیر یا در حدود لایه اساس قیری با دانه‌بندی باز اجرا شود.

دانه‌بندی مصالح سنگی مخلوط‌های آسفالت سرد کارخانه‌ای با دانه‌بندی باز باید مطابق با جدول (۲-۲) و (۲-۱۰) و مشخصات فنی مصالح مطابق با جدول (۲-۱) باشد.

قیرهای امولسیونی از نوع **CMS-2, HFMS- 2h, HFMS-2, MS- 2h, MS-2** یا **CMS-2h** و قیر محلول **MC -۸۰۰** در تهیه مخلوط‌های آسفالت سرد کارخانه‌ای با دانه‌بندی باز مورد استفاده قرار می‌گیرند.

ب- مخلوط‌های آسفالت سرد کارخانه‌ای با ماسه

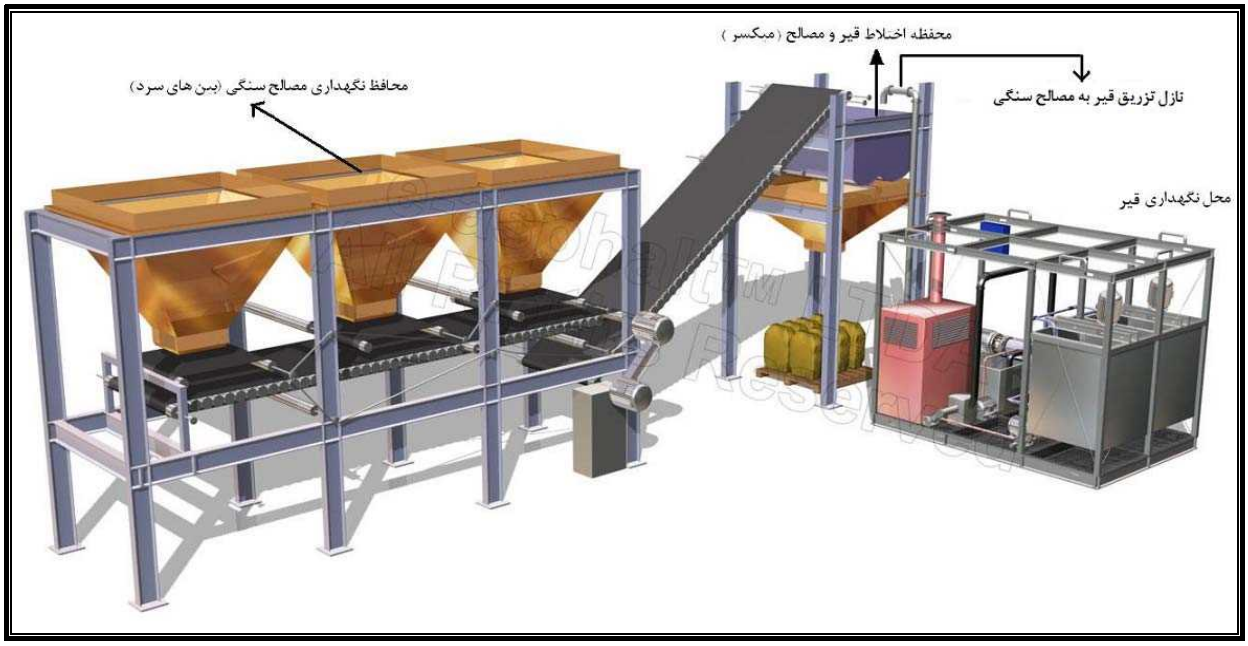
تولید مخلوط‌های آسفالت سرد کارخانه‌ای با ماسه به استثنای دانه‌بندی مصالح سنگی، مشابه تولید مخلوط‌های آسفالت سرد با دانه‌بندی پیوسته است. مخلوط آسفالتی سرد کارخانه‌ای با ماسه را می‌توان برای قشرهای روسازی شامل اساس، آستر و به ویژه لایه زیراساس در ترافیک سنگین استفاده نمود.

افزودن یک تا دو درصد سیمان به مخلوط به حصول مقاومت اولیه آن کمک خواهد کرد. در حین اختلاط، پخش یکنواخت سیمان در تمامی مخلوط مهم است. دانه‌بندی‌های شماره ۶ جدول ۲-۳ و دانه‌بندی‌های مندرج در جدول (۲-۱۱) برای این مخلوط‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند.

حداقل ارزش ماسه‌ای مصالح سنگی برای مخلوط‌های سرد کارخانه‌ای با ماسه برابر با ۳۵ و از نقطه نظر خصوصیات خمیری (دامنه خمیری) باید غیر خمیری باشند. برای اینگونه مخلوط‌ها، قیرهای امولسیون **CCS-1h, CSS-1, SS-1h, SS-1** یا **HFMS-2S** توصیه می‌شوند. علاوه بر قیر امولسیون، مقداری آب برای مخلوط کردن،

omoorepeyman.ir

که در آزمایشگاه تعیین می‌گردد، به ماسه یا مخلوط مصالح سنگی افزوده می‌شود. میزان قیر امولسیون، معمولا در محدوده ۶ تا ۱۵ درصد وزن مخلوط تغییر می‌کند.



شکل ۵-۱- اجزای کارخانه آسفالت سرد

شکل ۵-۲- تولید و حمل آسفالت سرد در کارخانه

omoorepeyman.ir

۵-۳ ساخت آسفالت‌های سرد مخلوط در محل

آسفالت مخلوط در محل از اختلاط مصالح سنگی با قیر محلول یا امولسیون قیری در سطح آماده‌شده راه بدون گرم کردن مصالح سنگی ساخته می‌شود. از مزایای این نوع مخلوط، استفاده از مصالح سنگی که در کنار راه ریسه شده یا در نزدیکی آن انبار شده، می‌باشد.

مشابه مخلوط آسفالتی سرد کارخانه‌ای از این نوع مخلوط تنها می‌توان در راههای با آمدوشد کم یا متوسط به عنوان رویه استفاده نمود، که می‌تواند دارای دانه‌بندی باز یا پیوسته باشد. در ضمن می‌توان از آن بعنوان لایه اساس و زیراساس برای هر نوع ترافیکی استفاده نمود. مصالح سنگی مصرفی در تولید آسفالت سرد در محل می‌بایست سخت، مقاوم و تمیز بوده و مطابق با دانه‌بندی‌های ۲-۲ ، ۲-۳ ، ۲-۹ ، ۲-۱۰ و۲-۱۱ باشند. این مصالح باید معیارهای مندرج در جدول۲-۱ را برآورده نمایند.

امتیاز اصلی آسفالت سرد مخلوط در محل، استفاده مصالح سنگی موجود بر روی جاده و یا منابع محلی نزدیک می‌باشد. هنگام تهیه این‌گونه مخلوط‌ها مصالح سنگی و قیر در محل اجرا با کمترین هزینه و امکانات مخلوط می‌شوند.

رعایت بعضی نکات برای استفاده و در هنگام تهیه آسفالت مخلوط در محل به شرح زیر ضروری است:

- کنترل کامل درصد رطوبت قبل از اختلاط و هوا دادن به منظور خروج مواد فرار.
- پوشش یکنواخت قیر روی تمامی سنگدانه‌ها.
- آسفالت مخلوط در محل برای مناطق گرمسیری مناسب‌تر است.
- تهیه و ساخت مخلوط در محل بایستی در شرایط کاملا گرم و خشک انجام شود.

از جمله مواردی که در تولید آسفالت سرد تولیدشده با قیر امولسیونی می‌بایست مدنظر قرار گیرد، سازگاری مصالح سنگی مورد استفاده با قیر امولسیون است. نوع کانی‌های مصالح سنگی نقش مهمی در عملکرد مخلوط‌های آسفالتی سرد دارند. به‌منظور تعیین نوع و گروه قیر امولسیونی که باید مورد استفاده قرار گیرد، ساخت مخلوط‌های آزمایشی با مصالح سنگی مصرفی در پروژه، در آزمایشگاه ضروری است. از جدول ۲-۱۵ برای انتخاب قیر مورد استفاده برای آسفالت سرد مخلوط در محل می‌توان استفاده کرد.

درجه حرارت پخش قیرهای امولسیون در ساخت آسفالت سرد در محدوده ۲۰ تا ۷۰ درجه سانتیگراد می‌باشد. درجه حرارت پخش قیرهای محلول در ساخت آسفالت سرد مطابق با جدول ۲-۱۶ می‌باشد.

برای مخلوط کردن قیر و مصالح سنگی در تهیه آسفالت سرد مخلوط در محل از ماشین‌آلات مختلفی استفاده می‌گردد، که در ادامه به آن اشاره می‌شود.

۵-۳-۱ دستگاه‌های مخلوط کننده سیار

omoorepeyman.ir

این دستگاه واحدهای سیار خودرو و مجهز به مخلوط کن می‌باشند که قیر و مصالح سنگی را به نسبت لازم مخلوط می‌نمایند. نوعی از این دستگاه‌ها در مسیر مصالح سنگی ریسه‌شده حرکت می‌کند، مصالح سنگی را بالا می‌کشد و قیر را به آن اضافه و مخلوط در محل را که آماده پخش کردن است، تخلیه می‌نمایند. این دستگاه با حرکت به سمت جلو از عقب ریسه‌ای از آسفالت سرد مخلوط در محل را که آماده پخش کردن است، تخلیه می‌نمایند.

نوعی دیگر از این دستگاه‌ها شبیه فینیشر بوده، به این ترتیب که در قسمت عقب دستگاه، مصالح سنگی از کامیون تخلیه می‌شود، دستگاه یاد شده قیر (امولسیون یا محلول) را اضافه می‌نماید و با حرکت به سمت جلو، آسفالت سرد مخلوط در محل را بر روی سطح آماده شده راه پخش می‌نماید.

۵-۳-۲دستگاه مخلوط کننده چرخشی

این دستگاه شامل یک مخلوط‌کن چرخشی است که داخل محفظه آن یک یا چند محور چرخنده مجهز به تیغه‌های برنده یا دندانه‌ای قرار دارند و معمولا توسط یک خودرو در طول مسیر حرکت می‌کند. محفظه دستگاه مخلوط‌کننده در حدود ۲/۱ متر می‌باشد. مصالح سنگی موجود در سطح راه توسط تیغه‌های برنده به داخل مخلوط کن کشیده و با قیر مخلوط می‌شوند. در حالی که دستگاه به سمت جلو حرکت می‌کند مخلوط حاصله را بر روی سطح راه با تراز از پیش تعیین شده باقی می‌گذارد. در این‌دستگاه‌ها، قیر از لوله‌ای که در تمام طول محفظه ادامه دارد، پخش می‌شود و مقدار پاشش قیر با سرعت حرکت دستگاه کنترل می‌شود. در روش دوم، دستگاه پخش قیر، در جلوی دستگاه مخلوط کننده، قیر را روی مصالح سنگی می‌پاشد. با حرکت دستگاه مخلوط‌کننده به جلو، مصالح سنگی به داخل محفظه مخلوط‌کن کشیده می‌شوند و پس از مخلوط شدن، مخلوط آسفالتی سرد را بر روی سطح راه پخش می‌کند.

۵-۳-۳مخلوط کننده‌های تیغه‌ای(باگریدر)

در این روش دستگاه قیرپاش در جلوی گریدر حرکت کرده و نیمی از قیر امولسیون یا محلول مورد نیاز را بر روی مصالح سنگی ریسه شده پخش می‌کند. بلافاصله تیغه گریدر، مصالح سنگی و قیر را با زیر و رو کردن و چرخاندن، مخلوط می‌نماید. سپس نیم دیگر قیر را افزوده و عملیات مخلوط کردن تا حصول مخلوط یکنواخت و همگن ادامه می‌یابد. در نهایت از گریدر با چرخ‌های لاستیکی صاف برای تراز نمودن سطح استفاده می‌شود.

۵-۳-۴اختلاط با دستگاه‌های بازیافتی

این دستگاه‌ها دارای گردونه‌های دواری هستند که روی آنها تعداد زیادی ناخنک مقاوم نصب است که می‌توانند با دوران سریع گردونه مصالح موجود در سطح راه را کنده و همزمان مواد مورد نیاز، نظیر قیر را نیز به آن اضافه کرده و عمل اختلاط را انجام دهد. علاوه برآنکه می‌توان از قیرهای امولسیون یا قیرهای محلول برای افزودن به مصالح در این روش استفاده کرد، برخی از این دستگاه‌ها خود قادرند کف قیر تولید کرده و مصالح را با کف قیر آغشته کنند.

omoorepeyman.ir

شکل ۵-۳- نمونه‌ای از دستگاه‌های مخلوط‌کننده سیار که عمل جمع‌آوری مصالح سنگی ریسه‌شده در طول مسیر، اضافه‌کردن قیر در داخل محفظه و پخش آسفالت سرد را انجام می‌دهند.

شکل ۵-۴- نمونه‌ای از دستگاه مخلوط‌کننده چرخشی عمل جمع‌آوری مصالح سنگی ریسه‌شده در طول مسیر، اضافه‌کردن قیر در داخل محفظه و پخش آسفالت سرد را انجام می‌دهند.

omoorepeyman.ir

شکل ۵-۵- عمل اختلاط قیر و مصالح توسط گریدر

۵-۳-۵ سایر وسایل تهیه آسفالت سرد

سایر وسایل مورد نیاز برای تهیه آسفالت مخلوط در محل که در آسفالت سرد کارخانه‌ای نیز ممکن است، مورد استفاده قرار گیرند، عبارتند از :

- قیرپاش که مشخصات آن بشرح مندرج در فصل ششم نشریه ۲۳۴ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی می‌باشد.
- تانکر آب پاش که برای مرطوب کردن سنگدانه‌ها جهت تسهیل در عمل اختلاط قیر امولسیون و مصالح و افزایش کارایی مخلوط آسفالت سرد مخلوط در محل مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- قالب ریسه که برای ریسه کردن سنگدانه‌ها در طول راه مصرف می‌شود، تا بتوان مقدار قیر پخش شده را تنظیم و کنترل کرد. این وسیله در پشت گریدر نصب می‌شود تا در حین حرکت از روی مصالح پخش شده در طول راه آن را در ابعاد هندسی منظم پخش کند.
- وجود مخازن ذخیره قیر به مقدار کافی در کارگاه و یا در محدوده نزدیک به محل مصرف برای جلوگیری از تأخیر در عملیات اجرایی لازم است. این مخازن باید از نوع سرپوشیده بوده و از آلوده شدن قیر به گردوغبار، آب و دیگر آلاینده‌ها شدیدا ممانعت نماید.

۵-۴ ماشین‌آلات پخش و تراکم آسفالت سرد

ماشین‌آلات پخش و تراکم آسفالت سرد به طور کلی برای آسفالت سرد کارخانه‌ای و یا مخلوط در محل عبارتند از:

omoorepeyman.ir

۵-۴-۱ فینیشر

فینیشرهای معمولی بشرح مشخصات مندرج در فصل نهم نشریه ۲۳۴ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی می‌توانند برای پخش آسفالتی که در کارخانه‌های ثابت مرکزی (آسفالت کارخانه‌ای) و یا به طریق مخلوط در محل در کارگاه‌های ثابت و در محلی غیر از بستر آماده شده راه تهیه می‌شود، مورد استفاده قرار گیرند.

۵-۴-۲ گریدر

از گریدر می‌توان برای پخش آسفالت مخلوط در محل که در مسیر راه تهیه شده است و یا برای پخش آسفالت سرد کارخانه‌ای که در طول راه ریسه شده است، استفاده کرد.

۵-۴-۳ جاروی مکانیکی

جاروهای مکانیکی که با هوای فشرده یا فشار آب و یا هر طریق دیگر عمل می‌کنند، می‌توانند برای تمیز کردن سطح راه مورد استفاده قرار گیرند.

۵-۴-۴ کامیون

حمل آسفالت سرد از کارخانه و یا کارگاه‌های ثابت تهیه آسفالت به محل مصرف باید با کامیون‌هایی که حداقل با پوشش برزنتی روی آسفالت را می‌پوشاند، انجام گیرد. استفاده از کامیون‌هایی که سرپوش اتوماتیک دارند، مناسبتر است.

۵-۴-۵ غلتک

غلتک مناسب کوبیدن آسفالت‌های فوق باید دارای مشخصات زیر باشد :

۵-۴-۵-۱ غلتک‌های فلزی دوچرخ ردیف

وزن این غلتک‌ها از ۳ تا ۱۵ تن متغیر است که در صورت لزوم می‌توان وزن را به میزان دلخواه تنظیم نمود. معمولا بار خطی چرخ عقب این غلتک‌ها بیشتر از ۴۵ کیلوگرم برسانتیمتر می‌باشد.

۵-۴-۵-۲ غلتک‌های فلزی سه چرخ

غلتک‌های فلزی سه چرخ دارای دو چرخ با قطر بزرگ در عقب و یک چرخ پهن در جلو می‌باشند. وزن آنها از ۸ تا ۱۶ تن متغیر و دو چرخ محرکه عقب معمولا ۱۸۰ سانتیمتر قطر و ۵۰ تا ۶۰ سانتیمتر عرض دارد.

omoorepeyman.ir

۵-۴-۵-۳ غلتک‌های چرخ لاستیکی

غلتک‌های چرخ لاستیکی خودرو دارای ۲ تا ۷ چرخ در جلو و ۴ تا ۸ چرخ در عقب با وزن‌های متغیر ۳ تن (خالی) تا ۳۵ تن (یا بالاتر) می‌باشند. علاوه بر وزن این غلتک‌ها عوامل دیگری در تراکم لایه‌های آسفالتی نظیر بار چرخ‌ها، فشار تماس، سطح تماس چرخ و سرعت غلتک مؤثرند چرخ این غلتک‌ها صاف می‌باشد زیرا در غیر این صورت اثر آن روی آسفالت باقی می‌ماند. فشار چرخها بین ۵ تا ۸ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع و سرعت در حین کار از ۸ کیلومتر در ساعت تجاوز نمی‌کند.

۵-۴-۵-۴ غلتک‌های لرزنده

غلتک‌های لرزنده آسفالت را باترکیبی از نیروهای دینامیکی و استاتیکی متراکم می‌سازند. فرکانس و دامنه نوسان لرزش دستگاه باید با سرعت غلتک تنظیم شود. این غلتک‌ها باید با سیستم آب پاشی روی چرخ‌ها همراه با گلگیر مجهز باشند. معمولا کاتالوگ کارخانه سازنده، فرکانس و دامنه نوسان غلتک را مشخص می‌کند، در غیر این‌صورت تناوب آن حدود ۳۰۰۰-۲۰۰۰ ارتعاش در دقیقه و دامنه نوسان آن، ۰/۸- ۰/۴ میلیمتر می‌باشد.

۵-۵ روش اجرای آسفالت سرد

به طور کلی اجرای آسفالت سرد اعم از آسفالت سرد کارخانه‌ای یا مخلوط در محل شامل مراحل زیر است:

۵-۵-۱ آماده کردن سطح راه

آماده کردن سطح راه برحسب این‌که راه شنی یا آسفالتی باشد، بشرح زیر انجام می‌شود.

۵-۵-۱-۱ راه شنی

الف- سطح راه کاملا پروفیله شده تا با ابعاد و اندازه‌های مندرج در نقشه‌ها منطبق گردد.

ب- کوبیدگی و تراکم نسبی آن براساس مشخصات تأمین شود.

پ- کلیه نقاط ضعیف سطح راه مانند چاله‌ها، نشست‌ها و سطوح موضعی که زیر چرخ غلتک و یا ترافیک، حالت خمیری دارد، لازم است از طریق جایگزینی با مصالح اساس اصلاح و تقویت شود.

ت- قبل از اندود نفوذی سطح راه با جاروی مکانیکی و هوای فشرده تمیز شده باشد.

ث- اندود نفوذی طبق مشخصات اجرا شود.

omoorepeyman.ir

۵-۵-۱-۲ راه آسفالتی

الف- کلیه سطوح آسفالتی آسیب دیده که دارای انواع ترک‌های طولی و عرضی و موزائیکی و یا چاله و نشست باشد با آسفالت گرم و یا سرد و یا مواد درزگیر قابل قبول اصلاح شده و تا حد مشخصات متراکم شود به طوری که قسمت‌های مرمت شده وضعیت مشابه سایر قسمت‌های راه داشته باشد.

ب- رویه آسفالتی موجود کاملا پروفیله شده و با ابعاد و اندازه‌های مشخصات منطبق باشد.

پ- سطوح قیرزده از طریق تعویض و جایگزینی با آسفالت جدید یا پخش سنگدانه‌های یک اندازه و د اغ و فرونشاندن آن در سطح قیرزده و یا برداشتن آن تا ضخامت معین مرمت شود.

ت- سطح راه قبل از اندود سطحی با جاروی مکانیکی و استفاده از هوای فشرده از گرد و غبار و مواد خارجی پاک شود و در صورت لزوم با آب، شسته و تمیز گردد.

ث- اندود سطحی راه طبق مشخصات اجرا شود.

۵-۵-۲ هوادهی

قبل از پخش و کوبیدن آسفالت سرد کارخانه‌ای و یا مخلوط در محل، ضرورت دارد که بخش عمده‌ای از حلال‌های موجود در قیرهای محلول و یا آب در قیرهای امولسیون و سنگدانه‌ها که موجب افزایش کارایی مخلوط برای سهولت و تکمیل اختلاط بوده است، به اندازه کافی تصعید و تبخیر شود. هوادهی به تبخیر آب اضافی در مخلوط کمک کرده و روند افزایش مقاومت در مخلوط را تسریع می‌کند. میزان کاهش این مواد باید به اندازه‌ای باشد که مخلوط آسفالتی بتواند وزن غلتک را در جریان عملیات تراکم بدون جابجایی و حرکات جانبی تحمل نماید. بدین‌منظور مخلوط پخش‌شده توسط گریدر جابجا شده و هوادهی می‌شود. متغیرهای زیادی در تعیین زمان هوادهی مخلوط موثرند. برای مثال طول مدت زمان هوادهی برای دانه‌بندی‌های پیوسته و با بافت ریز، وقتی که شرایط ثابت باشد، در مقایسه با دانه‌بندی‌های باز و گسسته، بیشتر می‌باشد. همچنین موقعی که آسفالت سرد پس از چند روز با لایه دیگری روکش می‌شود، هوادهی لایه اولیه قبل از کوبیدن، باید بیشتر از موقعی باشد که این لایه با قشر آسفالتی دیگری روکش نمی‌شود، زیرا معمولا لایه بعدی از تبخیر مواد فرار قشر زیرین جلوگیری می‌کند. در هوادهی بر حسب اینکه از قیر محلول یا امولسیون در تهیه آسفالت سرد استفاده شده باشد باید به موارد زیر توجه نمود.

قیرهای محلول: برای آسفالت سرد تهیه شده با قیرهای محلول، وقتی که مواد فرار موجود در قیر با هوادهی به ۵۰٪ کاهش می‌یابد و میزان رطوبت سنگدانه‌ها کمتر از ۳٪ وزن مخلوط باشد، هوادهی و تصعید حلال‌ها کافی بنظر می‌رسد و در نتیجه ادامه عملیات پخش و کوبیدن بلامانع است. اندازه‌گیری کاهش حلالهای نفتی و یا آب مخلوط‌های آسفالتی با روش **AASHTO T110** و یا **ASTM D1461** آزمایش می‌شود.

omoorepeyman.ir

قیرهای امولسیون: برای آسفالت سرد تهیه شده با قیر امولسیون، عملیات پخش و مرحله اول غلتک‌زنی باید بلافاصله و قبل از آنکه قیر امولسیون شروع به شکستن نماید آغاز شود. پدیده شکستن قیر از تغییر رنگ امولسیون از قهوه‌ای به سیاه قیری مشخص می‌گردد. در این شرایط، آب موجود در مخلوط باید تا حدودی کاهش یافته باشد که تمام فضای خالی مخلوط را پر نکند و در نتیجه ضمن تحمل وزن غلتک و بدون جابجایی و تغییر شکل، متراکم گردد.

۵-۵-۳ پخش و کوبیدن آسفالت سرد کارخانه‌ای

روش‌های پخش مخلوط‌های آسفالت سرد کارخانه‌ای مشابه مخلوط‌های آسفالتی گرم است. لایه‌های اساس قیری را می‌توان با استفاده از ماشین‌های مخصوص پخش آسفالت نیز پخش نمود. مخلوط‌های آسفالتی سرد به‌ویژه مخلوط‌های با دانه‌بندی باز در مقایسه با مخلوط‌های آسفالتی گرم، کارایی کمتری دارند.

در صورتی که در حین عملیات پخش آسفالت سرد با قیر امولسیون مسأله چسبیدن مخلوط آسفالتی به اتو ماشین پخش آسفالت[1] یا پاره‌شدگی سطح آسفالتی اتفاق افتد، می‌توان مشکل را در کارخانه با تنظیم زمان اختلاط قیر و مصالح، نسبت قیر به آب یا میزان هریک (آب یا مصالح سنگی) برطرف نمود. معمولا گرم‌کردن اتو ماشین پخش آسفالت باعث رفع مشکل نمی‌گردد، اما ممکن است روغنکاری آن با گازوئیل به کاهش شدت این مسأله کمک کند.

آسفالت باید در لایه‌های با ضخامت یکنواخت و ثابت پخش شود و ضخامت هر لایه نباید کمتر از ۲ برابر حداکثر قطر سنگدانه‌های مصرفی و یا بیشتر از ۷۵ میلیمتر باشد. ضخامت فوق برحسب نوع و وزن غلتک‌ها قابل تغییر است. متـراکم نمودن و عمل‌آوری قشرهای به ضخامت ۵۰ تا ۷۵ میلی‌متر خیلی سریعتر صورت می‌پذیرد.

به‌منظور عمل‌آوری مخلوط‌های آسفالت سرد اجر اشده در ضخامت زیاد، عمل هوادهی مخلوط آسفالتی قبل از اجرا صورت می‌پذیرد، که این عمل خود باعث بروز غیریکنواختی در دانه‌بندی مخلوط می‌گردد. برای مخلوط‌های آسفالتی سرد با دانه‌بندی پیوسته بر خلاف مخلوط‌های با دانه‌بندی باز (که شکست امولسیون یا تبخیر حلال در زمان ریختن مخلوط اتفاق می‌افتد)، شکست یا تبخیر حلال قیری مدت زمانی پس از ریختن و پخش مخلوط اتفاق می‌افتد. همچنین به علت اینکه مقدار آب زیادی برای اختلاط در مخلوط‌های با دانه‌بندی پیوسته بکار می‌رود، عملیات غلتک‌زنی تا کسب پایداری کافی مخلوط آسفالتی به تأخیر می‌افتد. هر چه روند جدا شدن آب یا تبخیر حلال از مصالح زودتر صورت پذیرد، عملیات تراکم سریعتر انجام می‌گیرد. استفاده از درصد کمی سیمان به حل این مورد و افزایش سرعت عمل‌آوری مخلوط و در نهایت تسریع زمان تراکم کمک می‌کند.

omoorepeyman.ir

[1]- Finisher

شکل ۵-۶- پخش آسفالت سرد توسط دستگاه فینیشر

کوبیدن مخلوط آسفالت سرد

به منظور غلتک‌زنی اولیه لایه آسفالتی سرد با دانه‌بندی باز، غلتک‌های چرخ فولادی و برای دانه‌بندی پیوسته از غلتک‌های ارتعاشی یا چرخ‌لاستیکی استفاده می‌گردد. توجه به این نکته ضروری است که غلتک‌زنی زیاد با غلتک‌های ارتعاشی در مخلوط‌های با دانه‌بندی پیوسته موجب جابجایی قیر و آب در مخلوط می‌گردد. از غلتک‌های چرخ فولادی معمولا برای غلتک‌زنی پایانی استفاده می‌گردد.

پیش از غلتک‌زنی اولیه لایه‌های آسفالتی با دانه‌بندی باز، حدود ۳ تا ۵ کیلوگرم در متر مربع از مصالح پرکننده، روی سطح روسازی بطور یکنواخت پخش می‌گردد. این مصالح می‌تواند ماسه درشت خشک یا مصالح ردشده از الک شماره ۱۰ (۲میلی‌متر) باشند. مصالح سنگی پرکننده مانع از کنده‌شدن مخلوط آسفالتی در اثر آمدوشد و یا غلتک‌زنی بعدی می‌شوند.

متوسط تراکم نسبی هر یک از قشرهای آسفالت سرد قبل از پخش لایه بعدی و عبور ترافیک و به ازای هر پنج آزمایش، باید حداقل ۹۵ درصد وزن مخصوص نمونه‌های آزمایشگاهی بوده و هیچ یک از آزمایش‌ها نیز کمتر از ۹۲ درصد نباشد.

omoorepeyman.ir

وزن مخصوص نمونه‌های آزمایشگاهی مخلوط آسفالت سردی که با قیرهای محلول تهیه می‌شود، بعد از تصعید حداقل ۵۰ درصد از مواد فرار اندازه‌گیری شده و برای آسفالت‌هایی که با قیرامولسیون ساخته می‌شود، وزن مخصوص نمونه‌های آزمایشگاهی که برای تعیین مقاومت مارشال بکار گرفته می‌شود، ملاک محاسبه می‌باشد.

شکل ۵-۷ عملیات غلتک‌زنی لایه آسفالت سرد توسط غلتک‌های چرخ‌لاستیکی و چرخ‌فولادی (از غلتک چرخ فولادی برای غلتک‌زنی پایانی استفاده می‌گردد)

۵-۵-۴ اجرای مخلوط آسفالت سرد در محل

مصالح سنگی آسفالت سرد مخلوط در محل معمولا مصالح موجود در سطح راه یا مصالحی است، که به محل مصرف حمل و به مقدار لازم در سطح آماده شده راه، ریسه یا کپه می‌شود. ابعاد ریسه یا فاصله کپه‌های مصالح سنگی باید به گونه‌ای باشد که بتوان مقدار قیر (امولسیون یا محلول) که روی آن پخش می‌گردد، تعیین نمود. همچنین بتوان ضخامت مورد نیاز را در طول راه پس از اختلاط با قیر و پخش آسفالت سرد مخلوط در محل بدست آورد.

۵-۵-۴-۱ ریسه کردن مصالح

سطح راه در طول لازم قبل از حمل مصالح برای ریسه کردن باید آماده‌سازی و تمیز شود. دانه‌بندی مصالح حمل شده باید با مشخصات مطابقت داشته و در صورتی‌که از اختلاط دو یا چند نوع سنگدانه استفاده می‌شود، بعد از اختلاط کامل دانه‌بندی مخلوط کنترل گردد.

در مواردی که از مصالح سنگی موجود در سطح راه (مصالح بستر موجود شنی راه) برای ساختن آسفالت سرد مخلوط در محل استفاده می‌شود، ابتدا باید سطح راه تا عمق حداکثر ۲۵ درصد بیشتر از ضخامت آسفالت مورد نظر شخم زده

omoorepeyman.ir

شود. عرض شخم زدن باید ۰/۶ متر از طرفین لبه عرض آسفالت بیشتر باشد. سپس مصالح شخم زده شده به خوبی مخلوط می‌شوند تا مصالح یکنواختی بدست آید. ذرات درشت مصالح سنگی با اندازه بیش از ۶/۳ سانتیمتر(۲/۵ اینچ) از سطح راه برداشته شوند. هرگاه مقدار مصالح سنگی برای ساختن آسفالت سرد مخلوط در محل کافی نباشد، باید مقدار لازم مصالح سنگی به آن اضافه و به خوبی مخلوط شود تا دانه‌بندی مخلوط مصالح سنگی منطبق با دانه‌بندی مورد نظر مصالح سنگی آسفالت سرد مخلوط در محل گردد.

مقدار مصالح آماده شده قبل از قیرپاشی روی آن باید برای ضخامت لایه آسفالتی موردنظر کافی باشد و در نهایت این مصالح با قالب ریسه در طول راه به نحوی انبار شود که شکل هندسی ذوزنقه‌ای داشته و حجم یا وزن آن در هر متر طول راه ثابت و یکنواخت باشد.

۵-۵-۴-۲ تعیین مقدار قیر برای مصالح ریسه شده

قبل از قیرپاشی روی مصالح، مقدار آن در متر طول ریسه براساس ابعاد بشرح شکل ۵-۸ و روابط ۵-۱ و ۵-۲ محاسبه می‌شود:

اندازه‌های A ، B و C برحسب متر می‌باشد.

$$V = \frac{(A+B)C}{2} \qquad (۵-۱)$$

$$W_F = W_1 \times V \qquad (۵-۲)$$

مقدار قیر برای مصالح ریسه شده در متر طول از رابطه ۵-۳ به دست می‌آید:

$$D = \frac{W_F \times a}{100 \times G} \qquad (۵-۳)$$

متغیرهای رابطه‌های فوق به شرح زیر است :

V= حجم مصالح ریسه برحسب مترمکعب در متر طول

W_F= وزن ریسه در متر طول بر حسب کیلوگرم

W_1= وزن واحد حجم غیرمتراکم مصالح برحسب کیلوگرم بر متر مکعب که براساس روش T19 آشتو اندازه‌گیری می‌شود.

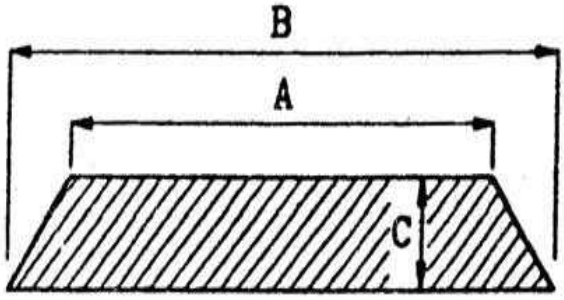
D= مقدار قیر برحسب لیتر در هر متر طول ریسه

W_F = مقدار سنگدانه برحسب کیلوگرم در متر طول ریسه

A= درصد قیر موردنیاز پیش بینی شده در طرح، برحسب وزن مصالح سنگی خشک

G= وزن مخصوص قیر مصرفی

omoorepeyman.ir



شکل ۵-۸ ابعاد ریسه

۵-۵-۴-۳ پخش قیر و اختلاط

پخش قیر به مقدار محاسبه شده در طرح روی مصالح ریسه شده توسط قیرپاش یا دستگاه اختلاط سیار انجام می-شود و در هر حالت سرعت حرکت به گونه‌ای تنظیم می‌شود که مقدار قیر مخلوط آسفالت در محل در محدوده رواداری قرار گیرد.

قیر محلول در موقع پخش تا درجه حرارت لازم گرم می‌شود. در این درجه حرارت کندروانی باید در محدوده ۲۰ تا ۱۲۰ سانتی استکس باشد و تا موقعی که کندروانی به ۳۰۰ سانتی استکس نرسیده است باید عمل اختلاط تکمیل گردد. مواد فرار موجود در قیرهای محلول موجب می‌شود تا موقعی که عمل اختلاط در محل کامل می‌شود، قیر نسبتا روان و سیال باقی بماند. هیچگاه درجه حرارت سنگدانه‌ها در سایه و در جریان اختلاط نباید کمتر از ۱۰ درجه سانتیگراد و رطوبت آنها بیش از ۳ درصد باشد. در مرحله پخش قیر روی مصالح ریسه و انجام عمل اختلاط نکات زیر رعایت می-شود:

الف- پخش قیر باید روی مصالح ریسه شده با مقطع عرضی ثابت و بطور یکنواخت انجام شود.

ب- برای تأمین اختلاط کامل و تهیه مخلوط آسفالت همگن با اندود قیری یکنواخت، قیر در چند نوبت روی مصالح پخش می‌شود. معمولا در صورت انجام اختلاط با گریدر یا مخلوط کننده‌های چرخشی مقدار قیر در هر نوبت حدود ۴/۵- ۲/۵ لیتر در مترمربع می‌باشد.

پ- به ازای هر نوبت پخش قیر، عمل اختلاط با یک یا چند بار عبور گریدر یا سایر مخلوط کننده‌ها تکمیل می‌شود.

ت- در جریان اختلاط قیر و سنگدانه‌ها باید توجه شود تا مصالح نامناسب اضافی از بستر موجود راه توسط ماشین‌آلات اختلاط کنده نشده و به مصالح ریسه افزوده نشود. همچنین باید دقت شود که مصالح ریسه بدون اختلاط با قیر در کنار راه باقی نماند.

ث- چنانچه بین مرحله تکمیل عمل اختلاط و پخش و اجرای نهایی مخلوط آسفالتی در سطح راه فاصله زمانی نسبتا طولانی بوجود آید، حتما باید برای زهکشی و دفع آبهای نفوذی ناشی از نزولات جوی در مخلوط آسفالتی اقدام شود.

omoorepeyman.ir

۵-۵-۴-۴ پخش و کوبیدن مخلوط آسفالت سرد در محل

پخش آسفالت سرد مخلوط در محل توسط گریدر یا ماشین پخش آسفالت و در لایه‌های با ضخامت یکنواخت اجرا می‌شود و معمولا ضخامت لایه نباید از دو برابر حداکثر اندازه اسمی مصالح سنگی کمتر باشد. پخش با ماشین پخش آسفالت دارای سرعت و بازدهی بیشتر بوده و سطح یکنواخت‌تری را ایجاد می‌کند، اما احتمال وقوع پدیده پاره‌شدگی[1] آسفالت وجود دارد. در پخش آسفالت با گریدر پدیده پاره‌شدگی وجود ندارد اما فرایند پخش از سرعت کمتری برخوردار بوده و می‌تواند باعث ایجاد سطح تمام شده غیر یکنواخت گردد.

آسفالت‌های سرد مخلوط در محل با دانه‌بندی باز را می‌توان بلافاصله پس از اختلاط، پخش و به کمک غلتک‌های چرخ لاستیکی یا فولادی متراکم نمود. فضای خالی موجود در این نوع آسفالت امکان تبخیر حلال موجود در قیر را در زمان نسبتاً کوتاهی به وجود می‌آورد. در حالی که برای آسفالت‌های سرد با دانه‌بندی پیوسته به منظور تبخیر آب یا حلال قیر باید ابتدا آنها را هوا داده و سپس متراکم نمود. در این حالت مصالح سنگی قیر اندود شده، مدتی به حال خود رها می‌شوند تا درصد رطوبت آن به کمتر از دو درصد کاهش یابد و سپس به صورت لایه‌هایی که ضخامت آن با توجه به حداکثر درشتی سنگدانه از ۷/۵ سانتیمتر تجاوز نکند، پخش و با غلتک‌های چرخ لاستیکی یا فولادی متراکم می‌شوند.

عمل غلتک‌زنی مخلوط‌های آسفالتی سرد با قیر امولسیون باید بلافاصله قبل از شروع شکست قیر امولسیون خاتمه یابد. (این امر با تغییر رنگ قیر امولسیون از قهوه‌ای به سیاه مشخص می‌شود.) اگر در حین متراکم نمودن، در مخلوط آسفالتی شیارافتادگی ایجاد گردید، غلتک‌زنی باید تا کاهش مقدار آب چه به صورت طبیعی یا هوادهی متوقف شود. پخش لایه‌های بعدی آسفالت سرد مخلوط در محل منوط به متراکم نمودن کامل و عمل آمدن قشر قبلی می‌باشد. این عمل چند مرتبه تکرار می‌شود تا تراز لازم حاصل شود. بعداز اینکه سطح راه تا مقطع عرضی نهایی مورد نظر شکل گرفت، غلتک‌زنی نهایی سطح راه با غلتک چرخ فولادی صورت می‌پذیرد.

اجرای آسفالت سرد مخلوط در محل نباید در هوای سرد انجام شود. زمان مناسب برای اجرای این مخلوط‌ها، موقعی از سال است که هوای محلی که آسفالت سرد مخلوط در آن اجرا می‌شود، گرم و خشک بوده و حداقل به مدت چند هفته پس از اجرا نیز گرم و خشک باقی بماند.

omoorepeyman.ir

1 - segregation

شکل ۵-۹ پخش آسفالت سرد توسط دستگاه فینیشر

۵-۵-۵ محدودیت‌های اجرای مخلوط‌های آسفالت سرد

در عملیات اجرایی آسفالت سرد باید موارد زیر رعایت شود:

- اجرای قشرهای متوالی آسفالت مشروط به آن است که لایه زیرین عمل آمده و مواد فرار آن متصاعد و تبخیر شده باشد.
- عمل‌آوری مخلوط آسفالتی سرد فرآیندی است که در آن پس از مرحله شکست امولسیون، آب اضافی مخلوط و یا هرگونه حلالی در آن تبخیر و به مرور زمان مخلوط به مقاومت حداکثر می‌رسد. کل زمان عمل‌آوری بسته به نوع مخلوط، قیر مورد استفاده و شرایط محیطی از ۷ تا ۱۴ روز متغیر است. برای مخلوط‌های آسفالتی سرد که با قیر امولسیونی تولید می‌شوند، در شرایط آب‌وهوایی گرم، ۹۰٪ آب مخلوط در ۲۴ ساعت اولیه عمل‌آوری تبخیر می‌گردد.
- برای سریعتر عمل آمدن مخلوط‌های آسفالت سرد به جای اجرای یک لایه ضخیم، در چندین لایه نازک اجرا گردد.
- پخش قیر روی مصالح و عملیات اختلاط در آسفالت مخلوط در محل در دمای محیط حداقل ۱۰ درجه سانتیگراد در سایه انجام شود.
- از تردد وسایل نقلیه از روی آسفالت سرد بلافاصله بعد از اتمام عملیات تراکم و تا قبل از عمل آمدن آن جلوگیری شود. در صورت عبور اضطراری سرعت به ۳۰ کیلومتر در ساعت محدود گردد و برای رعایت ایمنی از تابلوهای راهنما و چراغ‌های چشمک زن استفاده شود. در هر صورت تردد کامیون‌های سنگین قبل از عمل‌آوری کامل آسفالت سرد مجاز نمی‌باشد.

omoorepeyman.ir

- مقدار آب برای مخلوط کردن باید به اندازه‌ای باشد، که فقط قیر (قیر امولسیون) به طور یکنواخت در مخلوط پراکنده و کارآیی مناسب را تامین نماید. مصرف بیش از اندازه آب ممکن است باعث تاخیر عمل آمدن و عملیات غلتک زنی گردد.
- زمان مخلوط کردن در مورد مخلوط‌های آسفالت با قیر امولسیون باید به اندازه‌ای باشد که فقط قیر امولسیون به طور یکنواخت در مخلوط پراکنده شود. مخلوط کردن زیاد ممکن است موجب لخت شدگی مصالح سنگی از قیر امولسیون گردد.
- نباید سطوح مخلوط‌های آسفالت سرد را خیلی زود آببندی کرد. زیرا آب محبوس شده ممکن است مشکلاتی را ایجاد کند.
- در صورتی که در اثر آمد و شد، شن زدگی سطح راه اتفاق بیفتد، باید برای جلوگیری از خسارت بیشتر رویه هر چه زودتر مصالح کنده شده از سطح راه پاک شود. اگر میزان شن‌زدگی در حال افزایش است، برای احیای سطح می‌توان پوشش نازکی از قیر امولسیون رقیق شده دیرشکن با نسبت ۱۵ درصد قیر امولسیون و ۸۵ درصد آب استفاده نمود.

۵-۶ آزمایش‌ها

در جریان تهیه و اجرای آسفالت سرد، انجام آزمایش‌های زیر برای ارزیابی کیفیت آسفالت در مراحل تهیه، تولید، پخش و تراکم ضروری است.

۵-۶-۱ درصد قیر

برای تعیین درصد قیر محلول و یا قیر امولسیون در آسفالت سرد، نمونه مخلوط آسفالتی را که ضخامت نکوبیده و غیرمتراکم آن از ۳۸ میلیمتر تجاوز نکند، در یک ظرف فلزی قرار داده و آن را سه نوبت و هر نوبت یک ساعت در گرمخانه با حرارت ۳ ± ۱۲۱ درجه سانتیگراد قرار داده شود. هر بار بعد از یک ساعت نمونه را از گرمخانه خارج کرده و آن را یک دقیقه کاملا بهم زده شود. بعد از نوبت سوم، نمونه را بعد از سرد شدن در حالی‌که کلیه مواد حلال و آب موجود در مخلوط و قیر طی سه ساعت حرارت دادن تصعید و تبخیر شده است به روش T–۱۶۴ آشتو مورد آزمایش اکستراکشن قیر قرار داده و مقدار قیر آن را که فقط شامل قیر خالص است، تعیین می‌گردد.

در صورتیکه درصد قیر در آزمایش a باشد، مقدار کل قیر محلول و یا قیر امولسیون در مخلوط آسفالتی مطابق رابطه ۵-۴ محاسبه می‌شود.

$$A = \frac{۱۰۰a}{R} \qquad (۴-۵)$$

که در آن :

A= درصد وزنی قیر محلول یا قیر امولسیون برحسب وزن مخلوط آسفالتی

a= درصد وزنی قیر خالص در نمونه برحسب وزن مخلوط آسفالتی .

omoorepeyman.ir

R= درصد وزنی قیر محلول یا قیر امولسیون مصرفی که برحسب نوع و درجه آنها متفاوت بوده و حداقل یکبار در جریان طراحی آسفالت سرد و به تناوب در روند اجرای کار براساس آزمایش تقطیر قیر تعیین می‌شود (برای قیرهای محلول روش **ASTM D -۴۰۲** و یا **T-۷۸** آشتو و برای قیرهای امولسیون روش **ASTM D –244** و یا **T-۵۹** آشتو).

به عنوان مثال، چنانچه a درصد قیر خالص در آزمایش اکستراکشن یک مخلوط آسفالت سرد ساخته شده با قیر امولسیون آنیونیک **SS-1** معادل ۴ درصد و **R** برای این قیر در آزمایش تقطیر ۵۷ درصد باشد، درصد قیر امولسیون **(A)** برحسب وزن مخلوط آسفالت سرد برابر است با :

$$A = \frac{۴ \times ۱۰۰}{۵۷} = ۷$$

مقدار **A** مطابق جدول ۲-۱۷ باید در محدوده ۰/۵ ± نسبت به قیر طرح اختلاط باشد.

این آزمایش را می‌توان روی نمونه‌های آسفالتی کوبیده شده در سطح راه نیز انجام داد، مشروط بر آنکه قبلا آن را با حرارت ملایم به حالت غیر متراکم تبدیل کرده و سپس بشرح فوق در گرمخانه قرار داد.

۵-۶-۲ دانه‌بندی

روی نمونه آسفالت بعد از آزمایش استخراج قیر (اکستراکشن) آزمایش دانه‌بندی با روش T-۳۰ آشتو انجام و نتیجه باید با دانه‌بندی مصوب طرح بعد از اعمال حدود رواداری مندرج در جدول ۲-۱۷ تطابق داشته باشد.

۵-۶-۳ مشخصات فنی

مشخصات فنی آسفالت سرد شامل مقاومت، فضای خالی و سایر ویژگی‌های آن باید با حداقل مقادیر مندرج در جدول‌های ۳-۳ و ۳-۴ (برای آسفالت سرد تهیه شده با قیرهای محلول یا قیرهای امولسیون) مطابقت داشته باشد.

۵-۷ کنترل سطح آسفالت

رقوم و شیب‌های طولی و عرضی هر یک از قشرهای آسفالتی طبق نقشه‌ها انجام و اختلاف آنها در حد رواداری های زیر می‌باشد :

۵-۷-۱ نیمرخ‌های عرضی

رقوم اندازه‌گیری شده در محور و طرفین آسفالت سرد نسبت به رقوم مندرج در نیمرخ‌های عرضی برای قشرهای زیرین نباید از ۱۰ ± میلیمتر و برای رویه نهایی نباید از ۵ ± میلیمتر تجاوز کند.

omoorepeyman.ir

۵-۷-۲ یکنواختی سطح

یکنواختی سطح آسفالت، وقتی که با شمشه سه متری به موازات محور و یا عمود بر محور اندازه‌گیری شود به ترتیب نباید بیش از ۵ ± و ۸ ± میلیمتر باشد.

۵-۸ مخلوط‌های آسفالت سرد لکه‌گیری

در این نوع مخلوط‌ها، مصالح سنگی دارای مشخصات مندرج در جدول ۲-۱ و دانه‌بندی‌های مندرج در جدول ۲-۱۲ در درجه حرارت محیط با قیر (قیرهای محلول یا امولسیون) در کارخانه آسفالت‌های سیار یا مرکزی و یا بصورت اختلاط در محل مخلوط می‌شوند و برای مصرف فوری یا غیر فوری مورد استفاده قرار می‌گیرند. مخلوط آسفالتی فوق در حرارت محیط پخش و متراکم می‌گردد.

۵-۸-۱ انواع مخلوط‌های آسفالت سرد لکه‌گیری

بطور کلی سه نوع مخلوط آسفالت سرد بشرح زیر برای انجام عملیات لکه‌گیری مورد استفاده قرار می‌گیرد:

۵-۸-۱-۱مخلوط‌های آسفالت سرد لکه‌گیری با مصرف غیر فوری

در طول ماه‌های سرد، بیشتر مخلوط‌های نگهداری مورد استفاده، مخلوط‌هایی هستند که در دپو ذخیره شده‌اند. این مخلوط‌ها را می‌توان در اواخر تابستان یا اوایل پاییز، تولید و حمل نموده و برای استفاده بعدی، در مناطق دور دست انبار نمود. به واسطه ویژگی این نوع آسفالت می‌توان آن را در مسافت‌های طولانی حمل و سپس پخش نمود. این مخلوط‌ها تا مدت شش ماه قابل استفاده بوده و بدون استفاده از حرارت، کارایی لازم را دارا می‌باشند. معمولا پوسته نازکی برروی سطح دپو شکل می‌یابد، اما زیر این پوسته، مخلوط هنوز هم دارای مشخصات یک مخلوط تازه تولید شده می‌باشد. تولید مخلوط‌های ذخیره جهت عملیات نگهداری، نسبتا ساده می‌باشد.

علاوه بر استفاده از دانه‌بندی مصالح سنگی مندرج در جدول ۲-۱۲ از دانه‌بندی‌های پیوسته نیز برای ساخت مخلوط‌های با مصرف غیر فوری می‌توان استفاده کرد. به منظور جلوگیری از آلودگی، مخلوط آماده شده باید در محلی تمیز ذخیره شود. این محل نباید گود باشد، تا آب ناشی از باران قابل زهکشی سریع باشد. مخلوط آسفالتی باید به شکلی در کارگاه دپو گردد، که آب باران کمتر در آن نفوذ نماید. انبار کردن مخلوط در محدوده‌ای سرپوشیده (در صورت موجود بودن)، کارایی مخلوط را حفظ می‌نماید.

قیرهای امولسیون و محلول باعث ایجاد خصوصیات کارایی درازمدت در مخلوط‌های نگهداری می‌گردند. افزودن حلال‌هایی نظیر نفت سفید در تهیه قیر امولسیون، موجب دوام و پایایی مخلوط‌های سرد لکه‌گیری می‌گردد. عمر دپو تا میزان زیادی بستگی به فرمولاسیون قیرهای امولسیونی و محلول دارد. کارایی مخلوط با استفاده از امولسیونی حاصل

omoorepeyman.ir

می‌شود که حاوی مقداری حلال باشد. عمر دپو و کارایی در دمای پایین، ارتباط مستقیمی با میزان حلال موجود در قیرهای امولسیونی و محلول دارد. استفاده از حلال‌ها در مواد قیری، بدلیل مسایل زیست محیطی محدود می‌باشد. اما بهر شکل قیرهای امولسیون، معمولا دارای میزان بسیار کم حلال (درحدود ۲ درصد) می‌باشند. به‌منظور انبار نمودن طولانی مدت و قابلیت استفاده در دمای پایین، استفاده از امولسیون **HFMS-2s** با قابلیت شناوری بالا توصیه می‌گردد.

۵-۸-۱-۲ مخلوط‌های آسفالتی سرد لکه‌گیری با مصرف فوری

استفاده از قیرهای امولسیون و محلول در آماده‌سازی مخلوط‌های نگهداری برای استفاده سریع، بسیار موثر می‌باشد. عمل مخلوط کردن قیر و سنگدانه را می‌توان در یک مخلوط‌کن انجام داده و آنرا به محل ترمیم، حمل نمود. در این نوع مخلوط‌ها، حرارت دادن مصالح سنگی ضروری نمی‌باشد، زیرا بدون حرارت نیز چسبندگی و اندود خوبی ایجاد می‌شود. قیرهای امولسیون **CMS-2**، **CMS-2h** و **HFMS-2s** و قیرهای محلول **MC-۲۵۰** ، **MC-۸۰۰** و **SC-۸۰۰** برای مخلوط‌های سرد با کاربرد سریع توصیه می‌شوند.

مصالح سنگی باید مطابق با نیازهای کیفی مشخص شده در جدول ۲-۱ باشد. قیرهای امولسیون حاوی مقادیر اندک حلال، معمولا بهترین مخلوط‌های سرد لکه‌گیری را تولید می‌کنند. مخلوط تا زمانی‌که تمامی حلال تبخیر شود، به مقاومت کامل نمی‌رسد. همچنین بدلیل زمان لازم جهت عمل‌آوری، پیش از جریان ترافیک برروی قطعه، نباید مخلوط‌های لکه‌گیری را با مقدار زیادی آب پخش نمود.

۵-۸-۱-۳ مخلوط آسفالت سرد لکه‌گیری انحصاری

نوع سوم، مخلوط سرد انحصاری و اختصاصی می‌باشد. این نوع مخلوط‌ها در کارخانه آسفالت با استفاده از قیرهای خاصی تولید می‌شوند. این مخلوط‌ها (مانند دیگر مخلوط‌های سرد) می‌توانند به صورت فله تولید شده و انبار شوند، و یا بسته‌بندی شوند تا کاربرد آسانتری در محل داشته باشند.

توصیه می‌شود، از ماده ضد عریان‌شدگی یا ماده افزایش دهنده چسبندگی برای مخلوط‌های سرد لکه‌گیری استفاده شود. ماده افزودنی در میزان ۱ تا ۳ درصد برحسب وزن قیر به آن افزوده می‌شود. این ماده افزودنی به اندود نمودن مصالح سنگی مرطوب کمک نموده، چسبندگی مخلوط در محل‌های مرطوب مورد لکه‌گیری را افزایش داده و پایداری و مقاومت مخلوط را در برابر آب افزایش می‌دهد.

omoorepeyman.ir

۵-۸-۱-۴ مخلوط‌های آسفالت سرد لکه‌گیری با استفاده از مصالح خرده آسفالتی (RAP)

با توجه به تولید مقادیر زیادی مصالح خرده آسفالتی در پروژه‌های بهسازی روسازی‌های آسفالتی، بوسیله آسفالت تراشی می‌توان از آن به‌منظور تولید مخلوط‌های لکه‌گیری استفاده نمود. توصیه می‌شود تا حد امکان، در برداشت و تخریب روسازی، از آسفالت تراشی استفاده شود. آسفالت تراشی موجب تولید ذرات کوچک مصالح خرده آسفالتی شده، که دیگر مستلزم خرد شدن نمی‌باشند. مدیریت در انبار نمودن مصالح خرده آسفالتی، بسیار مهم می‌باشد. به‌منظور انبار نمودن مصالح خرده آسفالتی، محلی را انتخاب نمایید که بتوان آنرا آماده نموده و برای استفاده در محل‌های نگهداری، انبار نمود. مصالح خرده آسفالتی را از دیگر منابع جدا نمایید. قیر امولسیون، معمولا توسط کارخانه مخلوط به مصالح خرده آسفالتی افزوده می‌شود. با توجه به لزوم نرم شدن قیر کهنه موجود در مصالح خرده آسفالتی، قیرهای امولسیونی ویژه‌ای برای مخلوط‌های مصالح خرده آسفالتی تولید شده است. مقدار ۱ تا ۲/۵ درصد امولسیون بر حسب وزن خشک مصالح خرده آسفالتی برای این مخلوط‌ها مناسب می‌باشد. مخلوط مصالح خرده آسفالتی انبار شده و حمل آنها بسیار شبیه به دیگر مخلوط‌های سرد می‌باشد. در مناطقی که مصالح سنگی مناسب وجود ندارد، استفاده از مصالح خرده آسفالتی معمولا منجر به تولید مخلوط بهتری نسبت به مخلوط‌های تولید شده از مصالح محلی می‌گردد.

۵-۸-۲ قیرهای مورد استفاده در مخلوط‌های آسفالت سرد لکه‌گیری

برای تهیه آسفالت سرد، می‌توان از قیرهای مختلف استفاده نمود، که در جدول ۲-۱۵ آورده شده است. از کاربرد قیرهای زودگیر(RC) به دلیل خطرات آن می‌بایستی خودداری شود.

انتخاب نوع قیر در آسفالت سرد پیش ساخته با نحوه کاربرد آن ارتباط داشته و حائز اهمیت می‌باشد. نکات زیر در انتخاب قیر بایستی رعایت گردد.

قیر محلول MC-250 : از این قیر در شرایطی که هوا گرم یا معتدل باشد و بخواهند مخلوط آسفالتی را بلافاصله استفاده نمایند، استفاده می‌شود.

قیر محلول MC-800 : چنانچه پس از انبار نمودن آسفالت و در فاصله زمانی کوتاه بخواهند، مخلوط را به مصرف برسانند از این نوع قیر استفاده می‌شود.

قیر محلول SC-250 : برای انبار نمودن مخلوط آسفالتی در شرایط هوای گرم و خشک از این نوع قیر استفاده می‌شود.

قیر محلول SC-800 : برای انبار نمودن طولانی مدت مخلوط آسفالتی از این نوع قیر استفاده می‌شود.

قیر امولسیون CMS-2h,CMS-2 در شرایطی که بخواهند مخلوط آسفالتی بعد از مدت کوتاهی از انبار نمودن به مصرف برسانند، استفاده می‌گردد.

omoorepeyman.ir

قیر امولسیون HFMS-2s : استفاده از مخلوط آسفالتی که با این نوع قیر ساخته می‌شود در بازه زمانی کوتاه‌مدت(چند روزه) و بلندمدت(تا شش ماه) پس از انبار کردن امکان‌پذیر است.

۵-۸-۳انتخاب مواد لکه‌گیری با مخلوط سرد

اولین عامل در عملیات تعمیر ونگهداری، کارایی در تمامی شرایط آب و هوایی می‌باشد. هزینه مواد نیز بخش مهمی از مجموع هزینۀهای لکه‌گیری می‌باشد. تحت شرایط متفاوت، مواد ویژه و اختصاصی بهتر از مواد دیگر کار می‌کند. مخلوط لکه‌گیری باید از کارایی مناسبی برخوردار بوده و برای نقل و انتقال انعطاف‌پذیر باشد. مخلوط لکه‌گیری باید پس از گذشت حداکثر شش ماه از ذخیره‌سازی، کارایی لازم را داشته باشند. بعلاوه از آنجایی که ترمیم زمستانی چاله‌ها معمولا در دمای یخبندان انجام می‌شود، لازم است مخلوط در چنین شرایطی قابل کار باشد.

در انتخاب مواد لکه‌گیری، ریزش قیر نیز باید مد نظر قرار گیرد. این پدیده زمانی حادث می‌شود که قیر از سنگدانه‌های اندود شده جدا شده و در زیر دپو متمرکز می‌شود. این پدیده به دلیل ذخیره سازی گرم مواد حادث می‌شود، که نشان دهندۀ هدر روی اندود است و باعث بروز مشکلات ذخیره‌سازی در مورد موادی می‌شود که در زیر دپو قرار دارند. بسیاری از مخلوط‌های آسفالت سرد، جهت پخش در شرایط مرطوب، مناسب می‌باشند. این مخلوط‌ها، نیازمند دارا بودن ویژگی ضد عریان‌شدگی می‌باشند.

مخلوط آسفالت سرد بطور معمول در خلال ماههای زمستانی برای پر کردن چاله‌ها بعنوان روش موقتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. استفاده از مخلوطی با کیفیت بالا و تراکم مناسب بسیار مهم می‌باشد. تراکم برای هر قطعه بسیار ضروری می‌باشد، حتی اگر این‌کار توسط یک کامیون انجام شود.

۵-۹ نگهداری آسفالت سرد اجراشده

انتخاب روش و یا نحوه نگهداری آسفالت سرد تابعی از شرایط محیطی ، ترافیکی و نوع خرابی‌های متداول مربوط به آسفالت سرد می‌باشد.

در صورتی که در اثر آمد و شد، شن زدگی سطح راه اتفاق بیفتد، باید برای جلوگیری از خسارت بیشتر رویه هر چه زودتر مصالح کنده شده از سطح راه پاک شود. اگر میزان شن‌زدگی در حال افزایش است، برای احیای سطح می‌توان پوشش نازکی از قیر امولسیون رقیق شده دیر شکن با نسبت ۱۵ درصد قیر امولسیون و ۸۵ درصد آب استفاده نمود.

در مخلوط‌های آسفالت سرد با دانه‌بندی پیوسته و ماسه برای جلوگیری از نفوذ آب و ایجاد یک رویه مناسب برای تردد وسایل نقلیه لازم است، که یک لایه آسفالت حفاظتی بعد از عمل‌آوری بر روی آن اجرا شود. برای مخلوط‌های آسفالت سرد با دانه‌بندی پیوسته معمولا از آسفالت سطحی(چیپ سیل) استفاده می‌شود، اما در برخی موارد ممکن است

omoorepeyman.ir

کاربرد یک لایه اندود سطحی(فاگ سیل) یا اندود ماسه‌ای مناسب باشد. برای مخلوط‌های آسفالت سرد با دانه‌بندی باز اجرای آسفالت حفاظتی لازم نیست، مگر اینکه جلوگیری از نفوذ آب به لایه‌های زیرین روسازی(لایه اساس یا سابگرید) لازم باشد. در هر حال رعایت مشخصات فنی و مقدار کاربرد قیر و مصالح سنگی در آسفالت حفاظتی ضروری است.

در ادامه خرابی‌های متداول مربوط به آسفالت سرد با ذکر علت بروز هر یک و نیز اقدامات نگهداری لازم برای مواجهه با چنین مسائلی مطرح می‌شوند.

- شیارشدگی لایه آسفالت سرد

شیارشدگی، خرابی‌های طولی بصورت کانال در مسیر چرخ وسایل نقلیه می‌باشند که در سطح روسازی قابل مشاهده می‌باشند. در مواردی که شدت این نوع خرابی زیاد باشد، بصورت بالازدگی (برآمدگی آسفالت) در لبه‌های شیار قابل مشاهده است.

در مخلوط‌های آسفالتی سرد، ضعف در هوادهی مخلوط یا عمل‌آوری نامناسب، از جمله علل اصلی بروز شیار می‌باشند. لذا به‌منظور جلوگیری از بروز این نوع خرابی در لایه آسفالتی سرد، اقدامات زیر ضروری می‌باشند:

الف- انجام عمل هوادهی مخلوط آسفالتی سرد که عمل اختلاط قیر و مصالح سنگی در محل برای آن صورت می‌پذیرد. این عمل با زیر و رو کردن آسفالت سرد توسط ماشین‌آلات راهسازی نظیر لودر انجام می‌شود. هوادهی به تبخیر آب اضافی در مخلوط کمک کرده و روند افزایش مقاومت در مخلوط را تسریع می‌کند.

ب- عمل‌آوری (ممنوعیت عبور ترافیک از سطح راه) مخلوط آسفالتی سرد فرآیندی است که در آن پس از مرحله شکست، آب اضافی مخلوط و یا هرگونه حلالی در آن تبخیر و به مرور زمان مخلوط به مقاومت حداکثر می‌رسد. در شرایط آب‌وهوایی گرم و خشک، ۹۰٪ آب مخلوط آسفالت سرد امولسیونی در ۲۴ ساعت اولیه عمل‌آوری تبخیر می‌گردد.

- پیرشدگی و عریان‌شدگی[1] لایه آسفالت سرد

استفاده از افزودنی‌های متداول آسفالت سرد از جمله سیمان و آهک در مرحله تولید، کمک به ارتقای عملکرد درازمدت روسازی و افزایش قابل توجه مقاومت آسفالت در برابر اثرات مخرب رطوبت و پیرشدگی می‌نماید.

چگونگی بازرسی‌های دوره‌ای و تناوب آنها برای رویه‌های آسفالتی با توجه به عوامل متعددی قابل تعریف است که یکسان‌سازی آنها برای راه‌های با شرایط بسیار متفاوت از دقت آن خواهد کاست. این عوامل برخی به ساختار رویه ارتباط دارد برخی دیگر ناشی از شرایط اقلیمی و طبیعی است. نوع و ضخامت رویه آسفالتی، نوع و میزان ترافیک و همچنین فصل و دمای محیط، شرایط آب و هوایی توپوگرافی منطقه از عوامل تأثیر گذار در تناوب بازرسی هستند.

5- Stripping

omoorepeyman.ir

ابزارهای پیشرفته نظیر تحلیل رویه راه Automatic Road Analyzer و یا FWD در بازرسی و ثبت و ضبط وضعیت رویه می‌تواند علاوه بر سرعت فوق‌العاده در برداشت پارامترهای مورد نیاز، عیوب رویه را شناسایی و به طور کمی و کیفی وضعیت راه را مشخص می‌نماید. مثلا ضریب ناهمواری رویه IRI و یا شیار افتادگی طولی ، موج های طولی و عرضی و در نهایت پروفیل‌های راه را به سادگی در اختیار قرار می‌دهند. نرم افزارهای این ابزار قادر به پردازش اطلاعات جمع آوری شده تا ارائه راه کارها و برآورد نیز می‌باشد.

omoorepeyman.ir

مراجع

omoorepeyman.ir

مراجع :

1. Asphalt Cold-Mix Manual. Asphalt Institute Manual Series No 14 3rd Edition 1989.
2. The Asphalt Institute, A Basic Asphalt Emulsion Manual. Manual Series No. 19 (MS-19). 3rd Edition 1997.
3. Michael I. Darter, Steven R. Ahlfleld, Patrick L.wilkey, Richard G. Wasill, Development of Emulsified Asphalt- Aggregate cold Mix Design Procedure, University Of Illinois Urbana, Illinois February, 1978.
4. Moreland Herrin, Michael I. Darter , Ilan Ishal , Determination of Feasible Testing Methods For Asphalt- Aggregate Cold Mix Bases , University Of Illinois Urbana, Illinois March, 1974.
5. Michael I. Darter, Alois J. Devos , Stuctural Analysis Of Asphaltic Cold Mixtures Used In Pavement Bases, University Of Illinois Urbana, Illinois August, 1977.
6. Dense- Graded Solvent- Free Emulsion Mixes, DENSE, 2010/03/01
7. Asphalt in Pavement Maintenance Manual, Asphalt Institute, (MS- 16), 1990.
8. OPENGRADED MIXES USING ASPHALT EMULSIONS, AEMA, REV. l Mar 2004.
9. Michael I. Darter, Patrick L. wilkey , Steven R. Ahlfield , Factors Affecting The Structural Response Of Emulsified Asphalt- Aggregate Mixtures, University Of Illinois Urbana, Illinois March, 1978.
10. Ilan Ishal, Moreland Herrin, David G. Leverenz , Failure Modes And Required properties In Asphalt- Aggregate Cold Mix Bases, University Of Illinois Urbana, Illinois August, 1973.
11. Barry J. Dempsey and Marshall R. Thompson , Interim Report, Durability Testing of Stabilized Materials, University Of Illinois Urbana, Illinois September, 1972.
12. Wilson, T.P. and Romine, A.R. 1993. Innovative Materials Development and Testing,Volume 2, Pothole Repair. SHRP-H-353. National Research Council, Washington, D.C.
13. Innovative Materials and Equipment for Pavement Surface Repairs SHRP-M/UFR-91-504, Washington, D.C. 1991.
14. Needham , D. "Developments in bitumen emulsion mixtures for roads", University Of Nottingham, 1996.
15. Manual no. 198; Cold base course mixes, Public Roads Administration, NRRL, Oslo , 2000.
16. ASTM D 4215 – 07 "Cold-Mixed, Cold-Laid Bituminous Paving Mixtures", 2007.
17. Lafon, J. F., Samanos, J., Tyllgren, P. "Cold Bituminous Mixes", Eurobitume, Sweden, 1993.
18. Serfass, J. P., Bertrand, M., Villegle, Mahe, B. "Cold mixing improved by double coating" , First World Congress on Emulsion, Paris, 1993.
19. Bullen, F., "The cost of Grave emulsion in Australia", Proc. 9th AAPA Int. Asphalt Conf., 1995 Session 7.
20. Membrillo, J. M., "Cold mixes versus hot mixes", Asphalt construction magazine, March 1995.
21. Rode, F., Weinert, F., "Cold placing in Asphalt Road Construction", Eurobitume, Sweden, 1993.
22. Bucchi, A., Dondi, G., "Experiments on Cold Worked Bituminous Mixes", Eurobitume, Madrid, 1989.
23. "A Comparison of Properties of Laboratory Prepared Cold Mixed Emulsified and Hot Mixed Asphalt Mixtures " , Gack N. Dybalski, presented at the 10th Annual Meeting of AEMA, March 22-25, 1983, Palm Springs, California.
24. Michael Maher, Chris Marshall, Frank Harrison, Kathy Baumgaertner Context Sensitive Roadway Surfacing Selection Guide, FHWA-CFL/TD-05-004, August 2005.
25. Jostein,Myre, "The Use of Cold Bitumen Stabilized Base Course Mixes in Norway", 2003.
26. Horak, E., Rust, F. C., "The performance and behaviour of bitumen emulsion treated road bases in South Africa", Proc. 7th Int. Conf. on Asphalt Pavements, 1991.
27. JAMES Alan. , " Cold Mix Design in North America" Akzo ,, 2003.
28. AUS-SPEC, "Development Construction Specification -C243 - Bitument Cold Mix", 2005.

omoorepeyman.ir

29. ASTM D6704-01, "Standard Test Method for Determining the Workability of Asphalt Cold Mix Patching Materia", 2001.
30. AAPT, "Cold Mixed Granular Materials Manual ",2003.
31. Materials and Procedures for Repair of Potholes in Asphalt- Surfaced Pavements,Report No. FHWA-RD-99-168.
32. Asphalt Pavement Maintenance Field Handbook, Minnesota Department of Transportation, FHWA, MinnesotaLocd Road Research Board,April 2001.
33. Improved Winter Pothole Pathcing State Planing And Research Project Number 538, by Andrew Griffith, P.E. for Oregon Department of Transportation, August 1998.

۳۴. دستورالعمل استفاده از امولسیونهای قیری در راهسازی (نشریه ۲۰۷)، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، ۱۳۸۱

۳۵. مشخصات فنی عمومی راه، نشریه ۱۰۱، دفتر امور فنی و تدوین معیارها، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، سال ۱۳۷۵

۳۶. آیین‌نامه روسازی آسفالتی راه‌های ایران، نشریه ۲۳۴، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، سال ۱۳۸۱.

۳۷. مشخصات فنی عمومی راهداری(نشریه ۲۸۰)، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

۳۸. مشخصات فنی عمومی راه، نشریه ۱۰۱، دفتر امور فنی و تدوین معیارها، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، سال ۱۳۷۵

39. Asphalt Paving Principles, NEW YORK LTAP CENTER, March 2004.
40. Professor S F Brownl and Dr D Needham, A Study of Cement Modified Bitumen Emulsion Mixtures, Paper offered for the 2000 Annual Meeting of the Association of Asphalt Paving Technologists.
41. SPECIFICATION 243- BITUMINOUS COLD MIX, LIVERPOOL CITY COUNCIL, AUS- SPEC-2/NSW -243 May 2000.
42. ASPHALT CONCRETE PATCHING MATERIAL EVALUATION, Oregon Department of Transportation Research Group, June 2001.
43. Best Practices Handbook on ASPHALT PAVEMENT MAINTENANCE, Minnesota Technology Transfer (T2) Center / LTAP Program, Center for Transportation Studies, 2000.
44. Evaluation of cold asphalt patching mixes, University of Stellenbosch, 2006.
45. The Use of Cold Bitumen Stabilized Base Course Mixes in Norway, Myre Jostein, Senior engineer, Norwegian Public Rods Administration, Akershus, Norway.
46. A comparison of Properties of laboratory prepared Cold Mixed Emulsified and Hot Mixed Asphalt Mixtures, Jack N Dybalski, Manager Asphalt Technology, Akzo Chemicals Inc., McCook Illinois.
47. Ahmed Atef Gadallah , A Study of the Design Parameters for Asphalt Emulsion Treated Mixtures : *Interim Report*. Publication FHWA/IN/JHRP-76/30. Joint Highway Research Project, Indiana Department of Transportation and Purdue University, West Lafayette, Indiana, 1976 .
48. The Do-It-Right Method for Patching Potholes in Asphalt Pavements,the penssilvaniya local road program, Winter/Spring 2001.
49. Maintenance Operations Manual Texas Department of Transportation October, 2003.
50. Standard Specifications for Construction," Michigan Department of Transportation, February 2003.
51. Maintenance of Bituminous Roads the Highways Agency, February 1998.
52. Basic asphalt recycling manual,ARRA,2001.
53. Summery of SHRP Research and Economic Benifites of Pavement maintenance, FHWA, U.S. Department of Transportation, December 1997.
54. Recommended Maintenance Strategies Roadway Maintenance Surface Treatment Strategies (Recommended Guidelines) ,California state ,2003.

omoorepeyman.ir

55. Pavement Preservation Research Problem Statements, Federal Highway Administration and The Foundation for Pavement Preservation, 2001.
56. A Pocket Guide To Asphalt Pavement Preservation, Federal Highway Administration and The Foundation for Pavement Preservation, 2000.
57. Nynas , “Extending the European road industry’s ‘sustainability’ credentials, with warm, half warm and cold asphalt”, www.nynas.com/bitumen, 2010
58. Halleran, J. “Cold asphalt system as an Alternative to Hot Mix”, AAPA intenational asphalt conference, 1999.
59. Jostein,Myre, "The Use of Cold Bitumen Stabilized Base Course Mixes in Norway", 2003.
60. Foamed Asphalt Mixes (Mix Designe Procedure), K M Muthen, 1998, CSIR TRANSPORTEK, South Africa.
61. Material and Mix Design. Irving Kett. Noyes Publications. 1998.
62. Foamed Asphalt Mixes (Mix Designe Procedure), K M Muthen, 1998, CSIR TRANSPORTEK, South Africa.
63. Development of emulsified asphalt - aggregate cold mix design procedure, Illinoise Cooperative Highway research program, 1978.
64. A Study of Cement Modified Bitumen Emulsion Mixtures, Professor S F Brown, Dr D Needham, 2000.

omoorepeyman.ir

پیوست یک

طرح اختلاط آسفالت سرد با کف قیر

omoorepeyman.ir

پیوست ۱- طرح اختلاط آسفالت سرد با کف قیر

۱- کلیات

در حال حاضر برای تهیه طرح اختلاط آسفالت سرد تولیدشده با کف‌قیر روش استانداردی وجود ندارد. روشهایی که هم‌اکنون در کشورهای مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد بر پایه ضوابط و معیارهای متفاوتی استوار است. در شمار عوامل موثری که در جریان تهیه طرح اختلاط باید مدنظر قرار گیرد، لزوما نیازی به تعیین درصد قیر بهینه برای تأمین حداکثر مقاومت مخلوط وجود ندارد بلکه هدف طراحی باید دستیابی به حداقل مشخصات و معیارهایی باشد که به رفتار و دوام درازمدت آن مربوط می‌شود.

در دستورالعمل مشخصات فنی اجرایی بازیافت سرد آسفالت (نشریه شماره ۳۳۹) معیارهای طراحی مخلوط بر اساس آزمایش فشاری تک محوری، مقاومت کششی غیرمستقیم و نسبت مقاومت کششی اشباع به مقاومت خشک تعیین شده است.

در ادامه، ملاحظات عمده‌ای که باید در طرح اختلاط آزمایشگاهی مخلوط آسفالت سرد با کف قیر مد نظر قرار گیرد ارائه شده ضمن اینکه این فهرست راهنما نباید به معنی کفایت عملکرد کلیه متغیرها برای تحلیل و ارزیابی دقیق و جامع نتایج حاصل از طرح تلقی شود.

متداولترین روش طرح اختلاط آسفالت سرد کف‌قیری بر مبنای روش مارشال استوار است. معیار طرح مارشال برای آسفالت کف‌قیری، درصد قیری است که در آن، نسبت عدد استحکام مارشال در دو حالت مرطوب و خشک بیشترین مقدار باشد. اما در تحقیقات اخیر صورت گرفته در استرالیا مشخص شده است که درصد قیری که منجر به بیشترین عدد مدول برجهندگی و مقاومت کشش غیرمستقیم در نمونه‌های کف‌قیری می‌گردد بعنوان درصد قیر بهینه در نظر گرفته می‌شود.

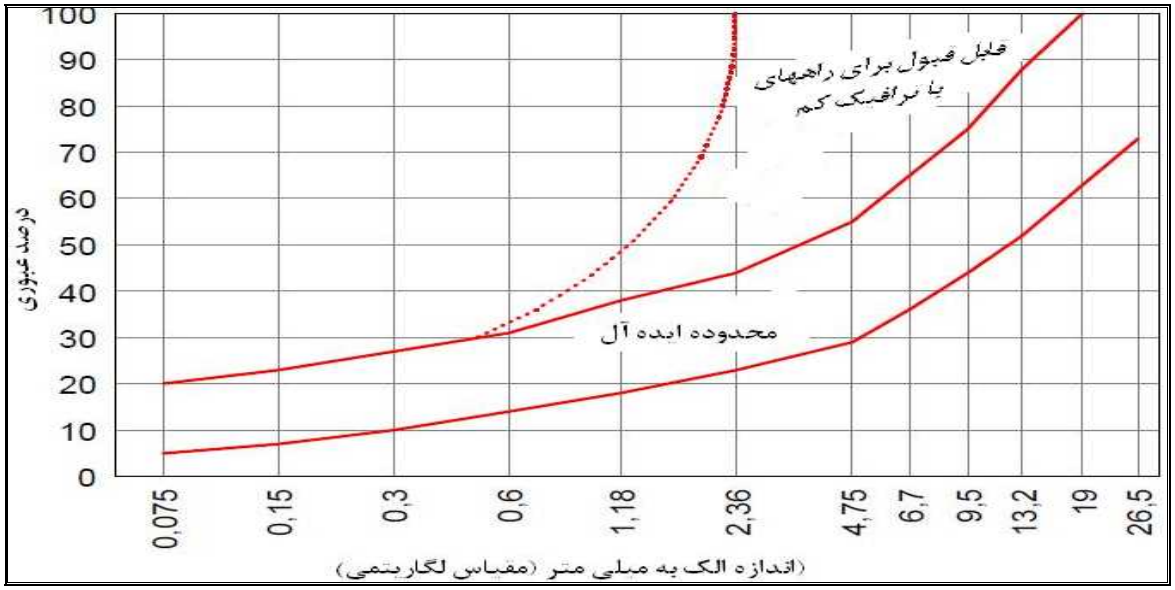
۲- خصوصیات کف‌قیر مورداستفاده

آماده‌سازی کف‌قیر بر اساس تعیین پارامترهای نیمه عمر و نسبت انبساط با افزودن درصدهای مختلف آب (۵ درصد مختلف از ۱ تا ۳درصد) صورت می‌پذیرد. توصیه می‌گردد حداقل نیمه عمر کف‌قیر، ۱۲ ثانیه و حداقل نسبت انبساط کف‌قیر مورد استفاده، ۱:۱۰ باشد.

۳- خصوصیات و تهیه مصالح سنگی

دانه‌بندی و دامنه خمیری مصالح می‌بایست تعیین گردد. در شکل ۱، حدود دانه‌بندی مجاز برای تهیه مخلوط آسفالتی سرد آمده است. بمنظور افزایش چسبندگی اجزای تشکیل‌دهنده مخلوط، اضافه کردن سیمان به میزان ۱ تا ۲٪ وزنی مصالح سنگی، توصیه می‌شود.

omoorepeyman.ir



شکل ۱- حدود دانه‌بندی پیشنهادی برای تهیه آسفالت سرد کف‌قیری

۴- میزان رطوبت

تعیین میزان رطوبت مورد نیاز بمنظور اختلاط و تراکم از جمله مهمترین پارامترهای طرح آسفالت سرد می‌باشد. توصیه می‌گردد میزان آب مورد استفاده برای اختلاط حدود ۳٪ وزن مخلوط و حداقل میزان آب مورد نیاز برای تراکم آسفالت سرد بروش مارشال انتخاب گردد.

۵- اختلاط و تراکم

نمونه‌های ۱۰ کیلوگرمی مصالح سنگی و درصدهای مختلف کف‌قیر تهیه و هر یک در محفظه‌هایی تا اتمام تهیه تمامی نمونه‌های ۱۰ کیلوگرمی (بمنظور جلوگیری از کاهش میزان آب) نگهداری می‌شوند. پس از تهیه تمامی نمونه‌های ۱۰ کیلوگرمی، نمونه‌های ۱۱۵۰گرمی مارشال به تعداد ۶ نمونه برای انجام آزمایش کشش غیرمستقیم و ۲ نمونه برای اندازه‌گیریهای حجمی تهیه می‌گردند. تعداد ضربات چکش برای دو طرف نمونه‌ها، ۷۵ ضربه می‌باشد.

۶- عمل‌آوری، انجام آزمایش و تعیین میزان کف‌قیر طرح

قبل از انجام هر آزمایشی بر روی نمونه‌های کف‌قیری متراکم‌شده، فرآیند عمل‌آوری تسریع‌شده می‌بایست صورت گیرد. توصیه می‌شود عمل‌آوری نمونه‌ها در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد و بمدت ۳ روز در گرمخانه صورت پذیرد. حداقل مقاومت کششی غیر مستقیم نمونه‌های خشک و اشباع عمل‌آوری‌شده به ترتیب ۲۰۰ KPa و ۱۰۰KPa توصیه می‌شود. درصد کف‌قیر بهینه عددی است که نسبت مقاومت کششی غیرمستقیم در دو حالت اشباع به خشک در آن درصد، حداکثر گردد.

omoorepeyman.ir

توصیه می‌شود برای نمونه‌هایی که با درصد کف‌قیر بهینه ساخته می‌شوند، آزمایش تعیین مدول برجهندگی صورت پذیرد. مقادیر حداقل مدول برجهندگی در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد و زمان بارگذاری ۵۰ میلی‌ثانیه برای نمونه‌های اشباع و خشک، به ترتیب ۱۵۰۰MPa و ۶۰۰۰ MPa توصیه می‌گردد.

انجام آزمایش خزش دینامیکی برای نمونه‌های ساخته‌شده با درصد قیر بهینه بمنظور ارزیابی خصوصیات تغییرمکان دائم توصیه می‌گردد. حداقل مقدار مدول دینامیکی، ۲۰MPa توصیه می‌گردد.

omoorepeyman.ir

پیوست دو

چک لیست کنترل کیفیت آسفالت سرد

omoorepeyman.ir

پیوست دو- چک لیست کنترل کیفیت آسفالت سرد

چک لیست مشخصات مصالح سنگی آسفالت سرد

- **هفته‌ای یکبار روی تولیدات سنگ شکن**
- **هفته‌ای یکبار روی سیلوهای گرم کارخانه**
- **از مصالح ریسه شده در طول راه بعد از اختلاط کامل و قبل از پخش قیر به ازای هر ۵۰۰ متر مکعب**

آزمایش	حدود مشخصات	نتایج آزمایش
مقاومت سایشی با آزمایش لوس آنجلس - حداکثر	۴۰درصد	.....
افت وزنی با سولفات سدیم – حداکثر	۱۲ درصد	.....
افت وزنی با سولفات منیزیم – حداکثر	۱۸ درصد	.....
ارزش ماسه‌ای - مصالح ریزدانه – حداقل	۳۵ درصد	.....
نشانه خمیری مصالح ریزدانه - حداکثر	۴ درصد	.....
شکستگی یک جبهه سنگدانه‌های مانده روی الک شماره ۴ یا ۷۵/۴ میلیمتر - حداقل	۶۵ درصد	.....
سنگدانه های پهن و دراز - حداکثر	۱۵ درصد	.....
جرم واحد حجم سنگدانه‌های روباره آهنگدازی - حداقل Kg/m^3	۱۱۲۰	.....

نام و نام خانوادگی تهیه کننده : **تاریخ :**	**نام و نام خانوادگی تایید کننده:** **تاریخ :**

omoorepeyman.ir

چک لیست کنترل کیفیت اجرا آسفالت سرد با قیر محلول

آزمایش	حدود مشخصات	نتایج
دمای هوا و وضعیت جوی مناسب است	حداقل ۱۰ درجه سانتیگراد	.....
کنترل قیر پخش شده با آزمایش سینی : ▪ به ازای هر ۱۰۰ متر طول یا ▪ در صورتی که عرض راه زیاد باشد هر ۱۰۰۰ متر مربع	آزمایش سینی	....
کنترل مخلوط آسفالت سرد به ازای هر ۵۰۰ تن: ❑ درصد قیر ❑ دانه بندی ❑ درصد فضای خالی ❑ مقاومت مارشال (قیر محلول) ❑ روانی (قیر محلول) ❑ درصد ماند مقاومت مارشال پس از ۴ روز نگهداری در آب ۲۵ درجه سانتیگراد(قیر محلول)	± ۰/۵ رجوع به کنترل دانه بندی ۳-۵ ۳۴۰ کیلوگرم ۸-۱۶ ۷۵ درصد	....

نام و نام خانوادگی تهیه کننده : تاریخ :	نام و نام خانوادگی تایید کننده: تاریخ :

omoorepeyman.ir

چک لیست کنترل کیفیت اجرا آسفالت سرد قیر امولسیون

آزمایش	حدود مشخصات	نتایج
دمای هوا و وضعیت جوی مناسب است	حداقل ۱۰ درجه سانتیگراد	.....
کنترل قیر پخش شده با آزمایش سینی : ▪ به ازای هر ۱۰۰ متر طول یا ▪ در صورتی که عرض راه زیاد باشد هر ۱۰۰۰ متر مربع	آزمایش سینی	....
کنترل مخلوط آسفالت سرد به ازای هر ۵۰۰ تن: ❑ درصد قیر ❑ دانه بندی ❑ درصد فضای خالی ❑ مقاومت مارشال (قیر امولسیون) ❑ افت مقاومت مارشال بعد از نگهداری نمونه در خلاء در شرایط اشباع	±۰/۵ رجوع به کنترل دانه بندی ۲-۸ ۲۲۵ کیلوگرم حداکثر ۵۰ درصد	....

نام و نام خانوادگی تهیه کننده : تاریخ :	نام و نام خانوادگی تایید کننده: تاریخ :

omoorepeyman.ir

چک لیست کنترل دانه‌بندی آسفالت سرد

اندازه الک ها	درصد رواداری	نتایج
الک ۱۲/۵ میلیمتر (اینچ و بزرگتر)	± ۸	.....
الکهای ۹/۵ میلیمتر (اینچ) و ۴/۷۵ میلیمتر، (شماره ۴)	±۷	.....
الکهای ۲/۳۶ میلیمتر (شماره۸) و ۱/۱۸ میلیمتر (شماره۱۶)	± ۶	.....
الکهای ۰/۶ میلیمتر (شماره ۳۰) و ۰/۳ میلیمتر (شماره ۵۰)	± ۵	.....
الک ۰/۰۷۵ میلیمتر (شماره ۲۰۰)	± ۳	.....

نام و نام خانوادگی تهیه کننده :	نام و نام خانوادگی تایید کننده:
تاریخ :	تاریخ :

چک لیست کنترل کیفیت بعد از اجرا آسفالت سرد

آزمایش	حدود مشخصات	نتایج
▪ وزن مخصوص	.....	.....
▪ حداقل تراکم نسبی	۹۵ درصد	.....
▪ ضخامت لایه	.....	.....
کنترل اختلاف رقوم در نیمرخ های عرضی:		
▪ برای قشر زیرین	±۱۰ میلیمتر	.....
▪ برای قشر رویه	±۵ میلیمتر	.....
کنترل یکنواختی سطح:		
▪ به موازات محور	±۵ میلیمتر	.....
▪ عمود بر محور	±۸ میلیمتر	.....

نام و نام خانوادگی تهیه کننده :	نام و نام خانوادگی تایید کننده:
تاریخ :	تاریخ :

omoorepeyman.ir

Islamic Republic of Iran
Management and Planning Organization

Guideline of Design, Construction and Maintenance of Cold Mix Asphalt

No. 362

Office of Deputy for Strategic Supervision
Department of Technical Affairs

Nezamfanni.ir

The Ministry of Road & Urban Development
Road, Housing & Urban Development Research Center
bhrc.ac.ir

2015

omoorepeyman.ir