وزارت کشور
سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور
انتشارات

سری منابع آموزشی شهرداری‌ها
۷۶

آسفالت گرم و سرد

تهیه و تنظیم:
معاونت آموزشی
پژوهشکده مدیریت شهری و روستایی
سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور

بسم الله الرحمن الرحيم

آسفالت گرم و سرد

نویسنده:

دکتر علی اکبر حیدری

وزارت کشور
سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور
پژوهشکده مدیریت شهری و روستایی

شهرداری سقز

جهاد دانشگاهی
پژوهشکده فرهنگ هنر و معماری

شهرداری کرمان

سری منابع آموزشی شهرداری‌ها

سرشناسه: حیدری، علی‌اکبر، ۱۳۳۴ -
عنوان و نام پدیدآور: آسفالت‌گرم و سرد/ نویسنده علی‌اکبر حیدری؛ تهیه و تنظیم معاونت آموزشی پژوهشکده مدیریت شهری و روستایی؛ مجری شهرداری سقز
مشخصات نشر: تهران: راه دان، ۱۳۹۱
مشخصات ظاهری: ع، ۳۱۲ص.: جدول، نمودار
فروست: سری منابع آموزشی شهرداری‌ها
شابک: ۳-۹۵-۵۹۵۰-۶۰۰-۹۷۸ وضعیت فهرست نویسی: فیپا
موضوع: آسفالت موضوع: روسازی با آسفالت -- ایران
شناسه افزوده: سازمان شهرداریها و دهیاریهای کشور. پژوهشکده مدیریت شهری و روستایی. معاونت آموزشی
شناسه افزوده: شهرداری سقز
رده بندی کنگره: ۱۳۹۱ ۵آ۹ح/TE ۲۷۵ رده بندی دیویی: ۸۵/ ۶۲۵
شماره کتابشناسی ملی: ۲۸۳۳۸۶۴

عنوان: آسفالت‌گرم وسرد
ناشر: راه دان، انتشارات سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور
تهیه و تنظیم: معاونت آموزشی پژوهشکده مدیریت شهری و روستایی
مجری: شهرداری سقز، شهرداری کرمان ، پژوهشکده فرهنگ ، هنر و معماری جهاد دانشگاهی
مدیر پروژه: حسین رجب صلاحی، عثمان رحیمی
ناظر پروژه: جواد نیکنام، غلامرضا غفاری
نویسنده: دکتر علی اکبر حیدری
شمارگان: ۳۰۰۰ نسخه **نوبت چاپ:** اول
تاریخ چاپ: پاییز ۱۳۹۱ **قیمت:** ۱۲۰۰۰۰ ریال
شابک: ۳-۹۵-۵۹۵۰-۶۰۰-۹۷۸

حق چاپ و نشر برای انتشارات سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور محفوظ است

پیشگفتار

گسترش شهرنشینی و مسائل و مشکلات خاص زندگی شهری، بیش از پیش ضرورت توجه همه جانبه به راهبردهای سودمند برای بهینه سازی زندگی ساکنان شهرها را لازم ساخته است . در میان عوامل تاثیرگذار در شهرها مانند محیط زیست شهری، حمل و نقل شهری، ایمنی شهری و برنامه ریزی شهری، یک عامل بسیار مهم که تاثیر فزاینده و تعیین‌کننده‌ای بر دیگر عوامل سازنده زندگی شهری دارد، مدیریت شهری است . هر فعالیت اجتماعی بدون وجود مدیریت سازمان یافته که اهداف و ابزارهای رسیدن به آنها را مشخص کند و فعالیت‌ها را هماهنگ سازد - از هم می‌پاشد و به بی نظمی می‌گراید . شهرها نیز که پیچیده‌ترین و متنوع‌ترین جلوه‌های زندگی اجتماعی بشری را در خود دارند بدون وجود نظام مدیریت شهری که ضمن انجام برنامه ریزی‌های لازم برای رشد و توسعه آینده شهر به مقابله با مسائل و مشکلات کنونی آنها بپردازد بی سامان می‌گردند .

در نظریه‌های جدید مدیریت، به بالاترین سازمان از نظر کیفیت، سازمان متعالی می‌گویند . یک سازمان زمانی متعالی است که تمام اعضا به ماهیت ذاتی و درونی روابط خود اهمیت دهند، بدین معنا که هر فردی برای کارآیی بیشتر از هیچ کوششی دریغ نورزد . بر خلاف یک رابطه متقابل خشک و رسمی که در آن طرفین به چگونگی تقسیم منافع علاقمندی نشان می‌دهند، اعضاء یک سازمان متعالی و برتر بیشتر مایل اند بدانند چگونه هر یک از آنان می‌توانند نفع بیشتری به سازمان ارائه دهند، افزون بر این، تمامی اعضا سازمان به این موضوع علاقمندند که چگونه می توانند برای افراد خارج از سازمان نیز مثمر ثمر باشند .

نظام مدیریت شهری نیز می‌باید به جایگاه متعالی خود برای خدمات رسانی بهتر به منظور رضایتمندی هر چه بیشتر شهروندان کشور دست یابد . مهمترین راه برای رسیدن به این هدف برای نظام مدیریت شهری دست یابی به جریان دانش و اطلاعات بهتر در جهت اخذ تصمیم مناسب وکاهش خطاها در تصمیم‌گیری و اجرا می‌باشد . داشتن دانش و اطلاعات از عدم قطعیت در روند تصمیم گیری‌ها می‌کاهد . مهمترین ابزار دست یابی به اطلاعات در جهان امروز متون نوشتاری یا الکترونیک می‌باشد که اگر حاصل تلفیق علم وعمل باشند تاثیرگذاری آن به مراتب بر مخاطبین بیشتر خواهد بود . به منظور انتشار دست آوردهای جدید علمی و عملی در زمینه‌های مختلف مدیریت شهری پژوهشکده مدیریت شهری و روستایی سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور با همکاری شهرداری سقز اقدام به انتشار کتب آموزشی ای با عناوین زیر نموده است تا گامی هر چند کوچک در ارتقاء سطح علمی

شهرداری‌ها کشور برداشته شده باشد .

۱ مشارکت مردمی.

۲ آسفالت گرم و سرد .

۳ جایگاه سرمایه‌گذاری در توسعه پایدار شهری .

۴ فراغت در ایران .

کتاب حاضر با عنوان آسفالت گرم و سرد در نه فصل تهیه شده است . فصول این کتاب عبارتند از: فصل اول: آسفالت گرم؛ فصل دوم: سنگ دانه‌ها ؛ فصل سوم: قیر؛ فصل چهارم: خرابی‌های آسفالت (بنیادی و سطحی)؛ فصل پنجم: آسفالت سرد؛ فصل ششم: آسفالت‌های حفاظتی؛ فصل هفتم: آزمایش‌های مصالح؛ فصل هشتم: آزمایش‌های قیر و فصل نهم: رنگ‌های ترافیکی .

در پایان از همکاری صمیمانه آقایان حسین رجب صلاحی معاون آموزشی پژوهشکده مدیریت شهری و روستایی سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور، جواد نیکنام مدیرگروه آموزش مدیریت شهری پژوهشکده مدیریت شهری و روستایی سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور و غلامرضا غفاری معاون مالی شهرداری سقزکه در تهیه، تدوین و نشر این کتاب تلاش فراوانی نمودند نهایت تقدیر و تشکر به عمل می‌آید .

محمد رضا بمانیان

رئیس پژوهشکده مدیریت شهری و روستایی

سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور

عثمان رحیمی

شهردار سقز

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

پیشگفتار ..... أ

فصل اول: آسفالت گرم ۱

اهداف ۲

مقدمه ۳

۱-۱. انواع آسفالت‌های گرم ۴

۱-۲. آسفالت ماستیک ۵

۱-۲-۱. ترکیب آسفالت ماستیک ۵

۱-۳. تعریف بتن آسفالتی ۶

۱-۴. دامنه کاربرد بتن آسفالتی ۶

۱-۵. انواع آسفالت گرم ۷

۱-۵-۱. قشر رویه (توپکا) ۷

۱-۵-۲. قشر آستر (بیندر) ۷

۱-۵-۳. اساس قیری ۸

۱-۵-۴. ماسه آسفالت ۸

۱-۶. خواص مکانیکی آسفالت ۹

۱-۷. خواص مهندسی آسفالت ۱۰

۱-۸. اجرای آسفالت گرم ۱۲

۱-۸-۱. آماده کردن سطح راه ۱۲

۱-۸-۲. حمل مخلوط آسفالتی ۱۳

۱-۸-۳ .توزین مخلوط آسفالتی ۱۴

۱-۹. پخش مخلوط‌های آسفالتی ۱۴

۱-۹-۱. محدودیت‌های پخش ۱۵

۱-۹-۲. پخش با فینیشر ۱۵

۱-۹-۳. پخش با گریدر ۱۸

۱-۱۰. درجه حرارت پخش ۱۹

۱-۱۱. غلتک‌های آسفالتی ۲۰

۱-۱۱-۱ . غلتک‌های فولادی ۲۲
۱-۱۱-۲. غلتک‌های لاستیکی ۲۳
۱-۱۱-۳. غلتک‌های مختلط ۲۳
۱-۱۲. کوبیدن مخلوط آسفالتی ۲۴
۱-۱۲-۱. مرحله اول ۲۵
۱-۱۲-۲. مرحله دوم ۲۶
۱-۱۲-۳. مرحله تکمیلی و نهایی ۲۷
۱-۱۲-۴. روش کوبیدن اتصالات عرضی و طولی ۲۷
۱-۱۲-۵. اولویت‌های کوبیدن ۲۸
۱-۱۳. تراکم قشرهای آسفالتی ۳۰
۱-۱۴. کنترل سطح آسفالت ۳۰
۱-۱۴-۱. نیم‌رخ عرضی قشر آسفالتی ۳۰
۱-۱۴-۲. یکنواختی سطح آسفالت ۳۰
۱-۱۴-۳. اصلاح ناهمواری‌ها ۳۱
۱-۱۵ .آزمایش‌های آسفالت گرم ۳۱
۱-۱۵-۱. روش مارشال ۳۱
۱-۱۵-۲. وزن مخصوص آسفالت ۳۴
۱-۱۵-۲-۱. روش اندود نمودن با موم یا پارافین ۳۴
۱-۱۵-۲-۲. روش معمولی ۳۵
۱-۱۵-۲-۳. روش محاسبه‌ای ۳۶
۱-۱۵-۲-۴. طرز عمل ۳۶
۱-۱۵-۳. تاب فشاری و تغییرشکل نسبی ۳۷
۱-۱۵-۴. فضای خالی آسفالت ۳۹
۱-۱۵-۵. طریقه تعیین درصد حجمی فضای خالی آسفالت ۴۱
۱-۱۵-۶. درصد حجمی فضای خالی ۴۲
۱-۱۵-۷. محاسبات طرح مارشال ۴۴
۱-۱۵-۸. تعیین مناسب‌ترین درصد قیر ۴۶
خلاصه ۴۸
آزمون ۴۹

فصل دوم: سنگ‌دانه‌ها ۵۱
اهداف ۵۲
۲-۱ . دانه‌بندی مخلوط‌های آسفالتی ۵۳
۲-۲. سنگ‌دانه‌ها ۵۳
۲-۲-۱. مشخصات سنگ‌دانه‌ها ۵۶
۲-۲-۲. تهیه مصالح سنگی ۵۶
۲-۲-۲-۱ .معادن و آزمایش مصالح ۵۶
۲-۲-۲-۲. انبار کردن مصالح ۵۸
۲-۲-۲-۳. تفکیک مصالح و دانه‌بندی آن‌ها ۵۸
۲-۲-۳. فیلر ۶۰
خلاصه ۶۱
آزمون ۶۱
فصل سوم: قیر ۶۳
اهداف ۶۴
۳-۱ .کلیات ۶۵
۳-۲. انواع قیر ۶۵
۳-۲-۱. قیرهای طبیعی ۶۶
۳-۲-۱-۱. قیرسنگ‌ها ۶۶
۳-۲-۱-۲. قیرهای دریاچه‌ای ۶۷
۳-۲-۲. قیرهای نفتی ۶۸
۳-۲-۲-۱. قیرهای خالص ۶۸
۳-۲-۲-۲. قیرآبه‌ها (امولسیون‌های قیر) ۶۹
۳-۲-۲-۲-۱. قیرآبه‌های آنیونیک ۷۱
۳-۲-۲-۲-۲. قیرآبه‌های کاتیونیک ۷۲
۳-۲-۲-۳. قیرهای دمیده ۷۵
۳-۲-۲-۴. قیرهای محلول ۷۶
۳-۲-۲-۴-۱. قیرهای زودگیر ۷۶
۳-۲-۲-۴-۲. قیرهای کندگیر ۷۸

۳-۲-۲-۴-۳. قیرهای دیرگیر ۷۹
۳-۳. کاربرد قیر در راه‌سازی ۸۱
۳-۴. گرم کردن قیر ۸۳
۳-۵. افزودنی‌های قیر ۸۵
۳-۵-۱. قیرهای اصلاح شده با پلیمر نوع I ۸۶
۳-۵-۲. قیرهای اصلاح شده با پلیمر نوع II ۸۷
۳-۵-۳. قیرهای اصلاح شده با پلیمر نوع III ۸۷
۳-۵-۴. قیرهای اصلاح شده با پلیمر نوع IV ۸۷
۳-۵-۵. قیرهای اصلاح شده با پودر لاستیک ۸۸
۳-۵-۶. قیرهای اصلاح شده با مواد شیمیایی تثبیت‌کننده ۸۹
۳-۶. ساختمان شیمیایی قیر نفتی ۸۹
۳-۷. تئوری ویسکو- الاستیک قیرهای راه‌سازی ۹۱
خلاصه ۹۲
آزمون ۹۳
فصل چهارم: خرابی های آسفالت (بنیادی و سطحی) ۹۵
اهداف ۹۶
۴-۱. تعریف ۹۷
۴-۲. بررسی وضعیت روسازی راه ۹۷
۴-۳. بررسی علل خرابی روسازی راه‌های کشور ۹۹
۴-۴. علل بروز خرابی‌های زودرس روسازی راه‌ها ۹۹
۴-۵. نگهداری راه‌های آسفالته ۱۰۴
۴-۶. انواع نقایص و معایب راه‌های آسفالته ۱۰۵
۴-۶-۱. انواع ترک‌های راه‌های آسفالته ۱۰۶
۴-۶-۱-۱. ترک‌های پوست سوسماری ۱۰۷
۴-۶-۱-۲. ترک تیغه‌ای ۱۱۰
۴-۶-۱-۳. ترک‌های لبه‌ای ۱۱۲
۴-۶-۱-۴. ترک دوبندی ۱۱۳
۴-۶-۱-۵. ترک انعکاسی ۱۱۴
۴-۶-۱-۶. ترک‌های چروکی ۱۱۶

۴-۶-۱-۷. ترک‌های لغزشی ۱۱۷
۴-۶-۱-۸. ترک‌های تعریضی ۱۱۸
۴-۷. انواع تغییر شکل راه‌های آسفالت ۱۱۹
۴-۷-۱ .تغییر شکل شیاری راه‌های آسفالته ۱۱۹
۴-۷-۲. کنار رفتن و موجدار شدن آسفالت ۱۲۱
۴-۷-۳. نشست در راه‌های آسفالته ۱۲۲
۴-۷-۴. تورم در راه‌های آسفالته ۱۲۴
۴-۸. پیدایش اضمحلال در راه‌های آسفالته ۱۲۵
۴-۸-۱. پیدایش چاله در راه‌های آسفالته ۱۲۵
۴-۹. فرسایش راه آسفالته ۱۲۷
۴-۱۰. لغزندگی راه آسفالته ۱۲۹
۴-۱۱. رو زدن قیر در راه‌های آسفالته ۱۳۰
خلاصه ۱۳۲
آزمون ۱۳۴
فصل پنجم: آسفالت سرد ۱۳۵
اهداف ۱۳۶
۵-۱. کلیات ۱۳۷
۵-۲. دامنه کاربرد ۱۳۷
۵-۳. انواع آسفالت سرد ۱۳۸
۵-۳-۱. آسفالت سرد کارخانه‌ای ۱۳۸
۵-۳-۲. آسفالت سرد مخلوط در محل ۱۳۸
۵-۴. مشخصات فنی مصالح سنگی ۱۳۹
۵-۴-۱. دانه‌بندی سنگ‌دانه‌ها ۱۳۹
۵-۴-۲. دانه‌بندی فیلر ۱۴۰
۵-۵ .مواد قیری ۱۴۰
۵-۶. انتخاب قیر ۱۴۱
۵-۶-۱ .درجه نفوذ قیر ۱۴۱
۵-۶-۲. کندروانی قیر ۱۴۱
۵-۶-۳. تأثیر دانه‌بندی مصالح ۱۴۲

۵-۶-۴. قیرهای محلول ۱۴۲
۵-۶-۵. قیرآبه‌ها ۱۴۴
۵-۷. درجه حرارت قیر ۱۴۴
۵-۸. انتخاب دانه‌بندی کارگاهی ۱۴۵
۵-۹. طرح اختلاط آسفالت سرد ۱۴۶
۵-۱۰. مشخصات فنی آسفالت حاوی قیر محلول ۱۴۶
۵-۱۱. آزمایش‌ها ۱۴۸
۵-۱۱-۱. درصد قیر ۱۴۸
۵-۱۱-۲ .دانه‌بندی ۱۵۰
۵-۱۱-۳. مشخصات فنی ۱۵۰
۵-۱۲. وسایل تهیه آسفالت سرد ۱۵۰
۵-۱۲-۱ .کارخانه آسفالت سرد ۱۵۰
۵-۱۲-۲ .دستگاه‌های تهیه آسفالت مخلوط در محل ۱۵۱
۵-۱۲-۲-۱. اختلاط سیار ۱۵۱
۵-۱۲-۲-۲ . مخلوط‌کننده چرخشی ۱۵۲
۵-۱۲-۲-۳. اختلاط با گریدر ۱۵۲
۵-۱۲-۲-۴. اختلاط با دستگاه‌های بازیافت آسفالت ۱۵۳
۵-۱۳. سایر وسایل تهیه آسفالت سرد ۱۵۳
۵-۱۳-۱ . جاروی مکانیکی ۱۵۳
۵-۱۳-۲. تانکر آب ۱۵۴
۵-۱۳-۳. قالب ریسه ۱۵۴
۵-۱۳-۴. مخازن ذخیره قیر ۱۵۴
۵-۱۳-۵. قیرپاش ۱۵۴
۵-۱۳-۶. کامیون ۱۵۵
۵-۱۲-۷. گریدر ۱۵۵
۵-۱۳-۸. فینیشر ۱۵۵
۵-۱۳-۹ .غلتک ۱۵۵
۵-۱۳-۹-۱. غلتک‌های فلزی دوچرخ (ردیف) ۱۵۵
۵-۱۳-۹-۲. غلتک‌های فلزی سه چرخ ۱۵۶

۵-۱۳-۹-۳. غلتک‌های چرخ لاستیکی ۱۵۶
۵-۱۳-۹-۴. غلتک‌های لرزنده ۱۵۶
۵-۱۴. اجرای آسفالت سرد ۱۵۷
۵-۱۴-۱. آماده کردن سطح راه ۱۵۷
۵-۱۴-۱-۱. راه شنی ۱۵۷
۵-۱۴-۱-۲. راه آسفالتی ۱۵۷
۵-۱۴-۲. اجرای آسفالت سرد مخلوط در محل ۱۵۸
۵-۱۴-۲-۱. ریسه کردن مصالح ۱۵۸
۵-۱۴-۲-۲. تعیین مقدار قیر برای مصالح ریسه شده ۱۵۹
۵-۱۴-۲-۳. پخش قیر و اختلاط ۱۶۰
۵-۱۴-۲-۴. هوادهی ۱۶۱
۵-۱۴-۳. پخش آسفالت سرد و تراکم آن ۱۶۳
۵-۱۵. محدودیت‌ها ۱۶۳
۵-۱۶. کنترل سطح آسفالت ۱۶۴
۵-۱۶-۱. نیم‌رخ‌های عرضی ۱۶۴
۵-۱۶-۲. یکنواختی سطح ۱۶۵
۵-۱۷ .آزمایش‌های کنترل کیفیت ۱۶۵
۵-۱۷-۱. مواد قیری ۱۶۵
۵-۱۷-۲. مصالح سنگی ۱۶۶
۵-۱۷-۳ .مخلوط آسفالت سرد ۱۶۶
۵-۱۷-۴. وزن مخصوص آسفالت کوبیده شده ۱۶۶
خلاصه ۱۶۷
خودآزمایی ۱۶۸
فصل ششم: آسفالت های حفاظتی ۱۶۹
اهداف ۱۷۰
۶-۱.کلیات ۱۷۱
۶-۲. دامنه کاربرد ۱۷۱
۶-۳. انواع آسفالت‌های حفاظتی ۱۷۱
۶-۴. آسفالت‌های سطحی یک یا چند لایه‌ای ۱۷۲

۶-۴-۱ .کلیات در مورد آسفالت‌های سطحی یک یا چند لایه‌ای ۱۷۲
۶-۴-۲. مواد قیری ۱۷۲
۶-۴-۳. سنگ‌دانه‌ها ۱۷۴
۶-۴-۳-۱. خواص فیزیکی و مقاومتی ۱۷۴
۶-۴-۳-۲. دانه‌بندی ۱۷۴
۶-۴-۳-۳. تمیزی ۱۷۵
۶-۴-۴. رابطه انتخاب نوع قیر و سنگ‌دانه‌ها ۱۷۵
۶-۴-۵. طرح آسفالت سطحی یک یا چند لایه‌ای ۱۷۸
۶-۵. اندود آب‌بند ۱۷۸
۶-۵-۱ .کلیاتی در مورد اندود آب‌بند ۱۷۸
۶-۵-۲. انواع اندودهای آب‌بند ۱۷۹
۶-۵-۲-۱. اندود آب‌بند سنگ‌دانه‌ای ۱۷۹
۶-۵-۲-۲. اندود آب‌بند ماسه‌ای ۱۷۹
۶-۵-۲-۳. اندودهای آب‌بند قیری بدون سنگ‌دانه ۱۸۰
۶-۵-۲-۴. مخلوط‌های رویه نازک قیرآبه‌ای یا اسلاری سیل ۱۸۱
۶-۶. آسفالت متخلخل ۱۸۶
۶-۶-۱. تعریف و دامنه کاربرد ۱۸۶
۶-۶-۲. سنگ‌دانه‌ها ۱۸۷
۶-۶-۳. مواد قیری ۱۸۷
۶-۶-۴. طرح آسفالت متخلخل ۱۸۸
۶-۷. غبارنشانی و روغن‌پاشی ۱۸۸
۶-۷-۱ .کلیات ۱۸۸
۶-۷-۲. مواد قیری ۱۸۹
۶-۷-۲-۱. غبارنشانی ۱۸۹
۶-۷-۲-۲. روغن‌پاشی ۱۸۹
۶-۸. اجرای آسفالت‌های حفاظتی ۱۹۰
۶-۸-۱ .آماده کردن سطح راه ۱۹۰
۶-۸-۱-۱. راه‌های شنی ۱۹۰
۶-۸-۱-۲. راه‌های آسفالتی ۱۹۱

۶-۸-۲. قیرپاشی ۱۹۲
۶-۸-۳. پخش و کوبیدن سنگ‌دانه‌ها برای آسفالت‌های سطحی یک یا چند لایه‌ای ۱۹۲
۶-۸-۴. اجرای اسلاری سیل ۱۹۳
۶-۸-۴-۱. اندود سطحی ۱۹۴
۶-۸-۴-۲. دستگاه تهیه و پخش اسلاری سیل ۱۹۴
۶-۸-۴-۳. روانی مخلوط ۱۹۶
۶-۸-۴-۴. پخش مخلوط ۱۹۶
۶-۸-۴-۵. تکمیل کار با عملیات دستی ۱۹۷
۶-۸-۴-۶. غلتک‌زنی ۱۹۷
۶-۸-۵. تهیه و اجرای آسفالت متخلخل ۱۹۸
۶-۸-۶. اجرای غبارنشانی و روغن‌پاشی ۱۹۸
۶-۹. محدودیت‌های فصلی ۱۹۹
۶-۱۰. کنترل ترافیک ۱۹۹
۶-۱۰-۱. آسفالت‌های سطحی و اندودهای آب‌بندی ۲۰۰
۶-۱۰-۲. آسفالت‌های متخلخل ۲۰۰
۶-۱۰-۳. غبارنشانی و روغن‌پاشی ۲۰۰
۶-۱۱ .آزمایش‌های کنترل کیفیت ۲۰۱
۶-۱۱-۱. قیر ۲۰۱
۶-۱۱-۲. قیرپاشی ۲۰۱
۶-۱۱-۳. مصالح سنگی ۲۰۲
۶-۱۱-۴ .آسفالت اسلاری سیل و متخلخل ۲۰۲
خلاصه ۲۰۳
آزمون ۲۰۳
فصل هفتم: آزمایش های مصالح ۲۰۵
اهداف ۲۰۶
۷-۱. دانه‌بندی ۲۰۷
۷-۲. آزمایش تعیین ضریب تورق و ضریب تطویل ۲۱۲
۷-۲-۱. تعیین ضریب تورق ۲۱۲
۷-۲-۲. تعیین ضریب تطویل ۲۱۳

۷-۳. حدود آتربرگ ۲۱۵
۷-۳-۱. آزمایش تعیین حد روانی ۲۱۵
۷-۳-۲. آزمایش تعیین حد خمیری ۲۱۹
۷-۳-۳. تعیین گام خمیری ۲۲۱
۷-۴. آزمایش نسبت درصد ماسه ۲۲۲
۷-۵. آزمایش تعیین افت وزن در مقابل عوامل جوی ۲۲۵
۷-۵-۱. مصالح ریزدانه ۲۲۷
۷-۵-۲. مصالح درشت‌دانه ۲۲۸
۷-۵-۳. سنگ بنایی ۲۲۸
۷-۶.آزمایش یخبندان ۲۳۰
۷-۶-۱. مصالح ریزدانه ۲۳۲
۷-۶-۲. مصالح درشت‌دانه ۲۳۳
۷-۶-۳. سنگ بنایی ۲۳۳
۷-۷. آزمایش تعیین وزن مخصوص و درصد جذب آب مصالح ریزدانه ۲۳۵
۷-۸. آزمایش تعیین درصد جذب آب و وزن مخصوص مصالح درشت‌دانه ۲۳۹
۷-۹. آزمایش مقاومت در مقابل خرد شدن ۲۴۱
۷-۱۰. آزمایش مقاومت در مقابل ضربه ۲۴۱
۷-۱۱. آزمایش تعیین درصد ساییدگی ۲۴۲
۷-۱۲. تعیین وزن واحد حجم مصالح سنگی ۲۴۴
۷-۱۲-۱. روش میله زدن ۲۴۵
۷-۱۲-۲. روش تکان دادن ۲۴۶
۷-۱۲-۳. روش تعیین وزن واحد حجم مصالح به صورت آزاد ۲۴۷
۷-۱۳ .آزمایش غوطه‌وری استاتیک ۲۴۷
۷-۱۴. کاربرد نتایج آزمایش ۲۴۹
۷-۱۵. استانداردهای مصالح و آزمون‌ها ۲۵۱
خلاصه ۲۵۲
آزمون ۲۵۳
فصل هشتم: آزمایش های قیرها ۲۵۵
اهداف ۲۵۶

۸-۱ .آزمایش‌های کنترل کیفیت ۲۵۷
۸-۲. آزمایش تعیین وزن مخصوص قیر ۲۵۷
۸-۲-۱. آزمایش تعیین وزن مخصوص قیرهای خالص ۲۵۹
۸-۳. آزمایش تعیین نقطه نرمی ۲۶۰
۸-۳-۱. تعیین نقطه نرمی‌به روش ساچمه حلقه (حلقه – گلوله) ۲۶۰
۸-۳-۲. آزمایش تعیین نقطه نرمی‌قیرهای خالص ۲۶۱
۸-۴. آزمایش تعیین نقطه اشتعال و سوختن ۲۶۲
۸-۴-۱. نقطه اشتعال ۲۶۳
۸-۴-۲. نقطه سوختن ۲۶۳
۸-۴-۳. آزمایش تعیین درجه یا نقطه اشتعال قیرهای خالص ۲۶۴
۸-۵. آزمایش قابلیت نفوذ (تعیین درجه نفوذ قیر) ۲۶۴
۸-۵-۱. آزمایش تعیین درجه نفوذپذیری در قیرهای خالص ۲۶۵
۸-۶. آزمایش تعیین خاصیت کشسانی (انگمی) قیر ۲۶۶
۸-۶-۱. آزمایش تعیین میزان خاصیت کشسانی قیرهای خالص ۲۶۸
۸-۷ .آزمایش نقطه (درجه) شکنندگی قیر (در اثر یخ زدگی) ۲۶۸
۸-۷-۱ .آزمایش تعیین درجه شکنندگی قیرهای خالص ۲۶۹
۸-۸ .تقطیر قیر و تعیین اجزای متشکله آن ۲۷۰
۸-۸-۱.تقطیر قیر مخلوط ۲۷۰
۸-۹. آزمایش تعیین افت وزن در مقابل حرارت ۲۷۱
۸-۱۰. آزمایش تعیین مقدار آب ۲۷۳
۸-۱۱. تعیین مقدار خاکستر ۲۷۳
۸-۱۲ .تعیین حلالیت قیرها ۲۷۴
خلاصه ۲۷۵
آزمون ۲۷۶
فصل نهم: رنگ های ترافیکی ۲۷۷
اهداف ۲۷۸
۹-۱. انواع رنگ‌ها و مواد مصرفی در خط‌کشی‌ها ۲۷۹
۹-۱-۱. انواع رنگ سرد معمولی ۲۸۱
۹-۱-۱-۱. رنگ سرد بر پایهٔ رزین‌های الکیدی ۲۸۱

۹-۱-۱-۲. رنگ‌های سرد بر پایه رزین‌های الکید اصلاح شده با کلروکائوچو ۲۸۲
۹-۱-۱-۳. رنگ‌های سرد بر پایه رزین‌های اکریلیک پایه حلالی ۲۸۲
۹-۱-۱-۴. رنگ‌های سرد پایه آبی ۲۸۲
۹-۱-۲. مواد ترموپلاستیک (خط‌کشی گرم) ۲۸۳
۹-۱-۲-۱. مواد ترموپلاستیک بر پایه رزین‌های الکیدی و هیدروکربنی ۲۸۳
۹-۱-۲-۲. اپوکسی ترموپلاستیک ۲۸۳
۹-۱-۳. سایر رنگ‌های مصرفی در خط‌کشی روسازی‌ها (رنگ‌های دو جزئی) ۲۸۴
۹-۱-۳-۱. مواد خط‌کشی اپوکسی ۲۸۴
۹-۱-۳-۲. پلی‌استرها ۲۸۴
۹-۱-۳-۳. پلی‌اوره ۲۸۵
۹-۱-۳-۴. یورتان اصلاح شده ۲۸۵
۹-۱-۳-۵. متیل متاکریلات ۲۸۵
۹-۱-۴. نوارهای پیش‌ساخته و علائم برجسته روسازی ۲۸۶
۹-۱-۴-۱. نوارهای پیش‌ساخته ۲۸۶
۹-۱-۴-۲. علائم برجسته روسازی ۲۸۶
۹-۱-۵. انتخاب مواد خط‌کشی بر حسب نوع روسازی و وضعیت رویه راه ۲۸۶
۹-۲. ماندگاری و دوام ۲۹۵
۹-۳. نتیجه‌گیری ۲۹۷
خلاصه ۲۹۸
آزمون ۲۹۹
فهرست منابع و مراجع ۳۰۱
ضمیمه ۳۰۵

فهرست جداول و تصاویر

عنوان **صفحه**

جدول شماره ۱-۱: مشخصات انواع آسفالت گرم ۴
جدول شماره ۱-۲: دانه‌بندی آسفالت ماستیک ۶
نمودار شماره ۱-۱: ۱۱
نمودار شماره ۱-۲: نوموگرام تعیین طاقت آسفالت ۱۲
جدول شماره ۱-۳: حداقل درجه حرارت مخلوط آسفالتی هنگام پخش ۲۰
جدول شماره ۱-۴: راهنمای تعداد غلتک ۲۱
جدول شماره ۱-۵: ضریب تصحیح تاب فشاری نمونه‌های مارشال نسبت به حجم و ضخامت ۳۸
جدول شماره ۱-۶ : محاسبات درصد حجمی فضای خالی آسفالت ۴۵
جدول شماره ۱-۷: ۴۶
تصویر شماره ۱-۱: تیپ منحنی‌های طرح مارشال ۴۸
جدول شماره ۲-۱: انواع دانه‌بندی‌های پیوسته مخلوط‌های آسفالت گرم ۵۴
جدول شماره ۲-۲: انواع دانه‌بندی باز مخلوط‌های آسفالت گرم ۵۵
جدول شماره۲-۳: دانه‌بندی مخلوط آسفالتی متخلخل ۵۵
جدول شماره ۲-۴: مشخصات سنگدانه‌های بتن آسفالتی ۵۷
جدول شماره ۲-۵: دانه‌بندی مصالح سنگی درشت‌دانه ۵۹
جدول شماره ۲-۶:دانه‌بندی مصالح ریزدانه ۵۹
جدول شماره ۲-۷: دانه‌بندی فیلر ۶۰
جدول شماره ۳-۱: خصوصیات قیر تشان بهبهان ۶۷
جدول شماره ۳-۲: مشخصات فنی قیرهای خالص ۶۸
جدول شماره ۳-۳: انواع قیرآبه‌های آنیونیک ۷۱
جدول شماره ۳-۴: مشخصات فنی قیرآبه‌های آنیونیک ۷۲
جدول شماره ۳-۵: انواع قیرآبه‌های کاتیونیک ۷۳
جدول شماره ۳-۶: مشخصات قیرآبه‌های کاتیونیک ۷۳
جدول شماره۳-۷: مشخصات قیرهای محلول زودگیر ۷۷
جدول شماره ۳-۸: مشخصات قیرهای محلول کندگیر ۷۸
جدول شماره ۳-۹: مشخصات قیرهای محلول دیرگیر ۸۰
جدول شماره۳-۱۰: راهنمای کلی انتخاب قیر برای انواع مختلف روسازی آسفالتی ۸۲
جدول شماره ۳-۱۱: راهنمای انتخاب درجه حرارت برای گرم کردن قیر ۸۴
جدول شماره ۳-۱۲: ساختار شیمیایی انواع مختلف نفت خام ۸۹

جدول شماره ۴-۱: درجه‌بندی وضعیت کیفی روسازی در روش PCI ۹۸
جدول شماره ۴-۲: انواع خرابی‌های متداول در روسازی‌های آسفالتی ۱۰۲
تصویر شماره ۴-۱: ترک پوست سوسماری ۱۰۷
تصویر شماره ۴-۲: نحوه برش و حمل نخاله ۱۰۸
تصویر شماره ۴-۳: انجام تک کت بر روی دیواره قائم ۱۰۸
تصویر شماره۴-۴: پرنمودن محل لکه با بتن آسفالتی ۱۰۹
تصویرشماره ۴-۵: پخش آسفالت با وسایل مناسب ۱۰۹
تصویرشماره ۴-۶: کوبیدن محل لکه با غلتک ۱۱۰
تصویرشماره ۴-۷: تراز نمودن با شمشه یا وسایل دیگر ۱۱۰
تصویر شماره ۴-۸: ترک تیغه‌ای ۱۱۱
تصویر شماره ۴-۹: ترک لبه‌ای ۱۱۲
تصویرشماره ۴-۱۰: ترک دوبندی ۱۱۳
تصویرشماره ۴-۱۱: ترک انعکاسی ۱۱۴
تصویرشماره ۴-۱۲: ریختن قیر در ترک انعکاسی ۱۱۵
تصویر شماره ۴-۱۳: ریختن ماسه روی قیر پخش شده در ترک انعکاسی ۱۱۵
تصویر شماره ۴-۱۴: ترک چروکی ۱۱۶
تصویرشماره ۴-۱۵: ترک لغزشی ۱۱۷
تصویر شماره۴-۱۶:ترک تعریضی ۱۱۸
تصویرشماره ۴-۱۷: تغییر شکل شیاری ۱۲۰
تصویرشماره ۴-۱۸: موج‌دار شدن آسفالت ۱۲۱
تصویرشماره ۴-۱۹: مشخص کردن حدود نشست با شمشه و قلم گچی ۱۲۳
تصویرشماره ۴-۲۰: تورم در راه‌های آسفالته ۱۲۴
تصویرشماره۴-۲۱ : چاله ۱۲۵
تصویرشماره ۴-۲۲: مرمت اساسی چاله در قشر آسفالت ۱۲۷
تصویرشماره ۴-۲۳: فرسایش ۱۲۸
تصویرشماره ۴-۲۴: روزدن قیر ۱۳۰
تصویرشماره ۴-۲۵: دستگاه برطرف‌کننده قیر روزده شده ۱۳۲
جدول شماره ۵-۱: مشخصات سنگدانه‌ها برای استفاده در آسفالت سرد ۱۴۰
جدول شماره ۵-۲: قیر مناسب برای آسفالت سرد ۱۴۳
جدول شماره ۵-۳: راهنمای درجه حرارت قیرهای مصرفی برای تهیه آسفالت سرد ۱۴۵
جدول شماره ۵-۴: رواداری مجاز دانه‌بندی کارگاهی و قیر در آسفالت سرد ۱۴۶

جدول شماره ۵-۵: مشخصات فنی آسفالت سرد برای قیرهای محلول به روش مارشال ۱۴۷
جدول شماره ۵-۶: مشخصات فنی آسفالت سرد تهیه شده با قیرآبه‌ها با روش ویم ۱۴۷
جدول شماره ۵-۷: مشخصات فنی آسفالت سرد حاوی قیرآبه‌ها بر اساس روش اصلاح شده مارشال ۱۴۸
نمودار شماره ۵-۱: ابعاد ریسه ۱۵۹
جدول شماره ۶-۱: قیرهای مورد استفاده در آسفالت‌های سطحی یک یا چند لایه‌ای ۱۷۳
جدول شماره ۶-۲: مشخصات فیزیکی سنگدانه‌های آسفالت‌های سطحی ۱۷۵
جدول شماره ۶-۳: دانه‌بندی‌های یک اندازه مصالح آسفالت سطحی ۱۷۶
جدول شماره ۶-۴: دانه‌بندی‌های باز مصالح آسفالت سطحی ۱۷۶
جدول شماره ۶-۵: ترتیب دانه‌بندی‌ها برای آسفالت یک تا سه لایه‌ای ۱۷۶
جدول شماره ۶-۶: قیرهای مناسب برای سنگدانه‌های با دانه‌بندی‌های متفاوت ۱۷۷
جدول شماره ۶-۷: دانه‌بندی ماسه برای اندود ماسه‌ای ۱۸۰
جدول شماره ۶-۸: قیرهای مصرفی برای اندود قیری بدون سنگدانه ۱۸۱
جدول شماره ۶-۹: مشخصات فنی مصالح سنگی اسلاری سیل ۱۸۲
جدول شماره ۶-۱۰: دانه‌بندی مصالح سنگی مخلوط‌های اسلاری سیل ۱۸۳
جدول شماره ۶-۱۱: دانه‌بندی مصالح آسفالت متخلخل ۱۸۷
جدول شماره ۶-۱۲: راهنمای انتخاب قیر برای آسفالت متخلخل ۱۸۸
جدول شماره ۶-۱۳: راهنمای انتخاب قیر برای غبارنشانی و روغن‌پاشی راه ۱۸۹
تصویرشماره ۶-۱: دستگاه تهیه و پخش اسلاری سیل ۱۹۵
جدول شماره ۷-۱: حداقل مقدار نمونه ۲۰۹
جدول شماره ۷-۲: محاسبات دانه‌بندی ۲۱۰
نمودار شماره۷-۱: منحنی نمایش دانه‌بندی ۲۱۱
تصویرشماره ۷-۱: دستگاه تعیین ضریب تورق ۲۱۳
تصویر شماره۷-۲: دستگاه تعیین ضریب تطویل ۲۱۴
جدول شماره ۷-۳: ۲۱۵
تصویرشماره ۷-۳: دستگاه تعیین حدود آتربرگ ۲۱۷
تصویرشماره ۷-۴ الف ۲۲۰
تصویرشماره ۷-۴ ب ۲۱۸
جدول شماره ۷-۴: محاسبات حدود آتربرگ ۲۱۹
جدول شماره ۷-۵: تفکیک مصالح ریزدانه ۲۲۷
جدول شماره ۷-۶ :تفکیک مصالح درشت‌دانه ۲۲۸

جدول شماره ۷-۷ محاسبات آزمایش مقاومت در مقابل عوامل جوی ۲۳۱
جدول شماره ۷-۸: مصالح ریزدانه ۲۳۳
جدول شماره ۷-۹: مصالح درشت‌دانه ۲۳۳
جدول شماره ۷-۱۰: محاسبات آزمایش وزن مخصوص مصالح ریزدانه ۲۳۸
جدول شماره ۷-۱۱: محاسبات آزمایش وزن مخصوص مصالح درشت‌دانه ۲۴۰
جدول شماره ۷-۱۲: وزن نمونه بر اساس دانه‌بندی مصالح ۲۴۳
جدول شماره ۷-۱۳: تعداد گلوله‌های لازم بر حسب وزن نمونه ۲۴۴
جدول شماره ۷-۱۴ اندازه پیمانه‌ها در آزمایش وزن واحد حجم ۲۴۵
جدول شماره ۷-۱۵: نتایج آزمایشات مصالح سنگی روی انواع مصالح راه‌سازی ۲۵۰
جدول ۷-۱۶: استانداردهای مصالح، قیر و آسفالت در مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران ۲۵۱
تصویر شماره ۸-۱: دستگاه تقطیر قیر مخلوط ۲۷۱
جدول شماره ۹-۱: راهنمای انتخاب مواد خط‌کشی بر رویه‌های آسفالت گرم ۲۸۷
جدول شماره ۹-۲: راهنمای انتخاب مواد خط‌کشی برای رویه‌سازی‌هایی با آسفالت سطحی ۲۸۸
جدول شماره ۹-۳: انتخاب نوع مواد خط‌کشی آزادراه‌ها بر حسب وضعیت راه و میانگین تردد روزانه ۲۸۹
جدول شماره ۹-۴: انتخاب نوع مواد خط‌کشی بزرگ‌راه‌ها بر حسب وضعیت راه و میانگین تردد روزانه ۲۹۱
جدول شماره ۹-۵: راهنمای انتخاب نوع رنگ بر حسب وضعیت سطحی راه‌های آسفالته، میزان تردد و شرایط آب و هوایی ۲۹۲
جدول شماره ۹-۶: انتخاب نوع مواد خط‌کشی راه‌های اصلی بر حسب وضعیت راه و میانگین تردد روزانه ۲۹۴
جدول شماره ۹-۷: انتخاب نوع مواد خط‌کشی بر حسب شرایط راه و میزان تردد ۲۹۴
جدول شماره ۹-۸: عوامل مؤثر بر رنگ‌های ترافیکی ۲۹۵
تصویر شماره۹-۱:عملکرد بازتابش رنگ آکریلیک ۲۹۶
تصویر شماره ۹-۲: بازتابش رنگ کلروکائوچو ۲۹۶
تصویرشماره ۹-۳: عملکرد بازتابش رنگ آکریلیک با کلروکائوچو ۲۹۷

فصل اول

آسفالت گرم

اهداف

هدف از مطالعه این فصل، آشنایی با مطالب زیر می‌باشد:

۱. تعریف آسفالت گرم

۲. انواع آسفالت گرم در روسازی و نوع کاربرد آن‌ها

۳. کاربرد آسفالت ماستیک

۴. تفاوت دانه‌بندی در قشر رویه و قشر آستر

۵. تعریف ماسه آسفالت و کاربرد آن

۶. خواص آسفالت گرم و عوامل اصلی کاهش‌دهنده عمر آن

۷. تأثیر فضای خالی آسفالت در مقاومت و عملکرد آن

مقدمه

«از عمر تهیه آسفالت زمان زیادی نمی‌گذرد و این مخلوط که امروزه در گونه‌های مختلف صنعت در سراسر دنیا به کار می‌رود، کمی بیش از یک قرن است که عملاً مورد استفاده بشر قرار گرفته است.

آسفالت گرم، نخستین نوع آسفالتی است که مردم دنیا با آن آشنا شده و از آن برای پوشش جاده‌های بین شهری، خیابان‌ها و کوچه‌ها استفاده کردند. این آسفالت گرم به کمک «آسفالت طبیعی» که معدن آن در سوئیس، آلمان و فرانسه وجود داشت، تهیه می‌شد. طرز تهیه آن به این ترتیب بود که آسفالت طبیعی را ابتدا خرد و نرم کرده و سپس آن را در پاتیل‌های معمولی پخته و گرماگرم نیز پخش می‌نمودند.

آمریکاییان نخستین بار در سال ۱۸۷۰م، با استفاده از قیر خالص که از آسفالت طبیعی[1] استخراج شده بود و با مصالح شکسته، آسفالت گرم تهیه نموده و گرماگرم به کمک بیل و شن‌کش پخش کرده و توسط غلتک دستی می‌کوبیدند.

بعدها که پالایشگاه‌های تصفیه نفت تأسیس گردید، به جای قیر طبیعی از قیر نفت در تهیهٔ آسفالت استفاده نمودند، تا جایی که امروزه ده‌ها نوع قیر مختلف برای صنعت راه‌سازی تهیه شده و در مراحل مختلف راه‌سازی به کار میروند» (محمد سرائی‌پور، ۱۳۷۷، ص۱۸۷و ۱۸۸).

«آسفالت گرم مخلوطی از مصالح سنگی و قیر خالص است که بر حسب نوع دانه‌بندی مصالح سنگی و قیر مصرفی، بین حداقل ۱۰۵ الی حداکثر ۱۶۳ درجه سانتی‌گراد در

[1]. Trinidad

کارخانه آسفالت تهیه و در محدوده همین حرارت روی سطوح آماده شده جاده، پخش و کوبیده می‌شود.

در گروه مخلوط‌های آسفالت گرم، بتن آسفالتی ممتازترین، مقاوم‌ترین، و بادوام‌ترین نوع آن است که از اختلاط مصالح سنگی مرغوب و شکسته با دانه‌بندی منظم و پیوسته و قیر خالص، ضمن اعمال کنترل و نظارت دقیق در کلیهٔ مراحل تولید به دست می‌آید. بتن آسفالتی در کلیه قشرهای مختلف روسازی راه و در هرگونه شرایط جوی و ترافیکی، بدون هیچ محدودیتی قابل مصرف است، درحالی‌که در شرایط مشابه، کاربرد سایر انواع آسفالت‌های گرم با دانه‌بندی‌های گسسته، باز و یا منظم، محدودیت‌های زیادی دارد» (نشریه ۱۰۱، ۱۳۸۹، ص ۴۷۹).

۱-۱. انواع آسفالت‌های گرم

آسفالت گرم به آن دسته از آسفالت‌هایی اطلاق می‌گردد که در آن‌ها قیر و مصالح سنگی در گرما مخلوط شده و همان‌طور گرم نیز پخش می‌شوند. آسفالت گرم انواع مختلف داشته و اختلاف آن‌ها در نوع قیر، درصد فضای خالی و دانه‌بندی مصالح سنگی می‌باشد.

در تهیهٔ آسفالت گرم، منحصراً از قیرهای خالص استفاده می‌شود و در جدول شماره ۱-۱، مشخصات انواع آسفالت‌های گرم ملاحظه می‌شود.

جدول شماره ۱-۱: مشخصات انواع آسفالت گرم

انواع آسفالت‌های گرم	درجه نفوذ قیر در ۲۵ درجه سانتی‌گراد	درصد قیر آسفالت	درصد فیلر آسفالت
آسفالت ماستیک	۲۰-۳۰	۱۱-۱۷	۳۰-۵۰
بتن آسفالتی	۶۰-۱۰۰	۴-۸	۴-۱۰
رلد آسفالت	۴۰-۷۰	۵-۱۴	۷-۱۴
اتوبان گوس آسفالت	۴۰-۷۰	۸	۲۰
برلین گوس آسفالت	۳۰-۴۰	۱۰	۲۵

در ایران تنها از بتن آسفالتی استفاده می‌شود و انواع دیگر آسفالت‌های گرم، بـه غیـر از آسفالت ماستیک که در موارد استثنایی به کار می‌رود، کـاربرد ندارنـد. مـع‌الوصـف توضـیح مختصری درباره این‌گونه آسفالت‌ها در ذیل آورده می‌شود(محمد سـرائی‌پـور، ۱۳۷۷،صـص ۱۸۸ و ۱۸۹):

۱-۲. آسفالت ماستیک[1]

آسفالت ماستیک در مواردی به کار می‌رود که بارگذاری به صـورت اسـتاتیک مطـرح باشـد (مانند ایستگاه اتوبوس). به همین دلیل آسفالت پخـش شـده بایسـتی در مقابـل بارگـذاری سنگین استاتیک مقاومت کافی داشته و تغییر شکل ندهد.

یکی از مشخصات بارز آسفالت ماستیک، عدم وجود فضای خـالی در آن مـی‌باشـد و آن هم به خاطر وجود ۱۷-۱۱ درصد قیر و حدود ۵۰ درصد فیلر است. درجه نفوذ قیـر خـالص مورد استفاده در این نوع آسفالت ۳۰-۲۰ می‌باشد و مقاومـت مکـانیکی آسـفالت ماسـتیک بستگی تام به مقاومت مکانیکی قیر مصرف شده دارد.

۱-۲-۱. ترکیب آسفالت ماستیک

سنگ آهک به مقدارزیادی در تهیه آسفالت ماستیک به کار می‌رود. ابتدا سنگ آهک را نرم کرده وآن را از الک شماره ۸ عبور می‌دهند. دانه‌بندی آن به شرح جدول شماره ۱-۲، است.

[1]. Mastic Asphalt

جدول شماره ۱-۲: دانه‌بندی آسفالت ماستیک

اندازه الک (استاندارد آمریکایی)	درصد رد شده
۸	۱۰۰
۳۰	۷۵-۱۰۰
۷۲	۴۰-۷۰
۲۰۰	۳۰-۵۰

سپس به پودر حاصل، ۲۷-۲۲ درصد قیر خالص با درجه نفوذ ۳۰-۲۰ اضافه نموده و در دستگاه مخصوصی، مجهز به همزن قوی به مدت ۵ ساعت در حرارت ۲۰۵-۱۷۵ درجه سانتی‌گراد می‌پزند تا مخلوط یکنواختی حاصل شود. مخلوط حاصل را برای پخش حمل نموده و یا در قالب‌های مکعب شکلی ریخته و پس از سرد شدن از قالب خارج و در انبار نگهداری می‌کنند تا به موقع مصرف شود.

۱-۳. تعریف بتن آسفالتی

بتن آسفالتی گرم، مخلوطی از سنگ‌دانه‌های شکسته و دانه‌بندی شده و فیلراست. این بتن در کارخانه‌های آسفالت، حرارت داده شده و در درجه حرارت‌های معین با قیرگرم مخلوط شده و به همان صورت گرم برای مصرف، حمل، پخش و کوبیده می‌شود (نشریه ۲۳۴، ۱۳۸۱، ص۹-۱).

۱-۴. دامنه کاربرد بتن آسفالتی

دوام زیاد، تولید یکنواخت، کنترل درجهٔ حرارت و رطوبت مصالح و آماده شدن سریع برای عبور ترافیک، از مزایای بتن آسفالتی گرم می‌باشد که بدون هیچ‌گونه محدودیتی در راه‌ها، خیابان‌ها، باراندازها، پایانه‌ها و پارکینگ‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱-۵. انواع آسفالت گرم

انواع مخلوط‌های آسفالت گرم و بتن آسفالتی مصرفی در قشرهای روسازی راه، به شرح زیر است (نشریه ۱۰۱، ۱۳۸۹، صفحات ۴۷۹ الی ۴۸۱):

۱-۵-۱. قشر رویه (توپکا)

آسفالت رویه، آخرین قشر آسفالتی است که در تماس مستقیم با بارهای وارده از ترافیک و عوامل جوی محیط قرار می‌گیرد. لذا باید طوری طراحی و اجرا شود که در مقابل اثرات سوء آب، یخبندان و تغییرات دما از پایایی و مقاومت لازم برخوردار باشد.

قشر رویه معمولا نسبت به قشرهای آستر (بیندر) و اساس قیری دارای دانه‌بندی ریزتر و در نتیجه قیر بیشتر می‌باشد. حداکثر اندازه سنگ‌دانه‌ها در این قشر از ۹/۵ تا ۱۹ میلی‌متر متغیر است که با توجه به بافت سطحی مورد نیاز انتخاب می‌شود. برای ازدیاد مقاومت در برابر لغزندگی و جلوگیری از ایستایی‌های سطحی، از یک نوع آسفالت رویه با دانه‌بندی باز استفاده می‌شود که حداقل ضخامت آن حدود ۲۰ میلی‌متر است و جزء سیستم روسازی راه منظور نشده و نمی‌توان از آن به عنوان قشر جایگزین رویه اصلی استفاده کرد.

۱-۵-۲. قشر آستر (بیندر)

این قشر بین رویه و قشرهای آسفالتی زیر آن و یا بین رویه و قشر اساس شکسته قرار می‌گیرد. اندازه سنگ‌دانه‌ها برای آستر معمولا بین ۱۹ تا ۳۷/۵ میلی‌متر متغیر است. گاهی اوقات در شرایط ترافیک خیلی سنگین، از جمله در بنادر و اسکله‌ها مشروط بر آن که بافت سطحی آن مشکلی ایجاد نکند، از دانه‌بندی‌های تیپ قشر آستر که در مقابل تغییر شکل ناشی از بارهای خیلی سنگین حساسیت کمتری دارد، برای قشر رویه استفاده می‌شود.

۱-۵-۳. اساس قیری

این قشر می‌تواند به عنوان اولین قشر روسازی آسفالتی مستقیما بر بستر روسازی آماده شده راه و یا قشر اساس شکسته قرار گیرد. حداکثر اندازه سنگ‌دانه‌ها برای این قشر معمولا تا ۵۰ میلی‌متر و در مواردی نیز تا ۷۵ میلی‌متر قابل اجراست. اساس قیری با دانه‌بندی باز را به عنوان یک لایه زهکش به منظور تسریع در تخلیه آب‌های نفوذی به سیستم روسازی و به منظور جلوگیری از بازگشت ترک‌ها در بهسازی‌ها، با حداکثر اندازه سنگ‌دانه‌های ۳۷/۵ تا ۷۵ میلی‌متر، متشکل از مصالح ۱۰۰ درصد شکسته، استفاده می‌کنند. دانه‌بندی چنین مصالحی بر حسب مورد عملکرد باید در مشخصات فنی خصوصی قید شود.

۱-۵-۴. ماسه آسفالت[1]

ماسه آسفالت از اختلاط ماسه طبیعی و یا ماسه شکسته و یا اختلاطی از این دو با قیر خالص تهیه می‌شود. این مخلوط آسفالتی را می‌توان در قشرهایی به ضخامت حداقل ۱۵ میلی‌متر اجرا کرد و یا از آن به عنوان قشر تسطیح در رویه‌های قدیمی و قبل از روکش استفاده نمود. مقاومت مارشال ماسه آسفالت در مقایسه با مقاومت سایر مخلوط‌های آسفالتی گرم و بتن آسفالتی که دانه‌بندی درشت‌تر از ماسه دارند، کم‌تر است. لذا موارد مصرف آن باید به تناسب مقاومت مارشال آن و رابطه این مقاومت با انواع ترافیک سبک، متوسط ، سنگین و نیز با توجه به موقعیت آن نسبت به تراز نهایی رویه آسفالتی انتخاب شود.

[1]. Sand Asphalt

۱-۶. خواص مکانیکی آسفالت

لفظ آسفالت[1] در بعضی کشورها مانند ایالات متحده آمریکا بـه قیـر اطـلاق مـی‌شـود و در برخی کشورها از جمله ایران این لفظ به مخلوط قیر و مصالح سنگی اطـلاق مـی‌گـردد. بـه همین دلیل هر جا که در این کتاب لفظ آسفالت به کـار بـرده شـده اسـت، منظـور همـان مخلوط قیر و مصالح سنگی می‌باشد.

اثر توأم عوامل جوی و ترافیک، عمر آسفالت را کاهش می‌دهد، در صورتی کـه در انـواع دیگر پروژه‌های ساختمانی نظیر سدها این اثر تـوأم وجـود نـدارد و در نتیجـه عمـر چنـین تأسیساتی در مقایسه با آسفالت بیشتر می‌باشد.

اثر عوامل جوی را می‌توان تا حد زیادی بـا پخـش یـک قشـر فشـرده و غیرقابـل نفـوذ آسفالت در سطح راه کاهش داد، در حالی که اثر ترافیک همچنان باقی است. ناگزیر خواص مکانیکی آسفالت بایستی با دقت بیشتری مورد بررسی قرارگیرد تا بتـوان بـه کمـک نتـایج حاصله برای هر حجم ترافیک، در هرگونه شرایط جوی، آسفالتی با مشخصات لازم و دلخواه تهیه کرد و در سطح راه پخش نمود.

چون خواص مکانیکی آسفالت بستگی تام به خواص مکانیکی قیر مورد استفاده در تهیه آسفالت دارد، لذا ابتدا خواص مکانیکی قیر مورد بحث قرار می‌گیرد و سـپس بـا اسـتفاده از نتایج حاصله، خواص مخلوط قیر- مصالح سنگی تشریح خواهد شد.

خواص مکانیکی قیر بستگی به درجه حرارت و نیز طول زمان بارگذاری دارد و بـرخلاف بسیاری از مصالح ساختمانی، عملکرد قیر تحت تأثیر بار از حالـت الاسـتیک (ارتجـاعی) تـا حالت ویسکوز (کمی‌نرمتر از حالت خمیری) متفاوت است. چنانچه زمان بارگـذاری کوتـاه و درجه حرارت نیز پایین باشد، قیر عملکرد الاستیکی خواهد داشت و در صـورتی کـه زمـان

[1]. Asphalt

بارگذاری نسبتاً طویل و درجه حرارت نیز بالا باشد، عملکرد قیر صرفاً ویسکوزی خواهد بود. بین این دو حالت که عملاً نیز مورد توجه می‌باشد، به حالت ویسکو- الاستیک موسوم است (محمد سرائی‌پور، ۱۳۷۷، ص ۱۶۹ و ۱۷۰).

۱-۷. خواص مهندسی آسفالت

تئوری ویسکو- الاستیک در مورد مخلوط‌های قیر- مصالح سنگی نیز صادق است و می‌توان مفهوم طاقت قیرها را در مورد آسفالت‌ها نیز توسعه و تعمیم داد.

مهم‌ترین روش‌هایی که برای اندازه‌گیری خواص مکانیک آسفالت‌ها به کار می‌رود، عبارت است از تراکم استاتیک، آزمایش کششی و آزمایش خمشی که در آن‌ها تغییر شکل آسفالت مورد سنجش قرار می‌گیرد. علاوه بر آن از روش ویبراسیون نیز استفاده می‌شود که در آن هر مقدار بار با فرکانس متفاوت را می‌توان روی نمونه وارد نمود و نتایج حاصله را اندازه‌گیری کرد.

امروزه در سراسر دنیا بیشتر از آسفالت‌های گرم که قیر خالص و مصالح سنگی با دانه‌بندی پیوسته در تهیه آن‌ها به کار می‌رود، استفاده می‌کنند و به همین دلیل خواص مهندسی این دسته آسفالت‌ها بیشتر مورد مطالعه قرار گرفته است.

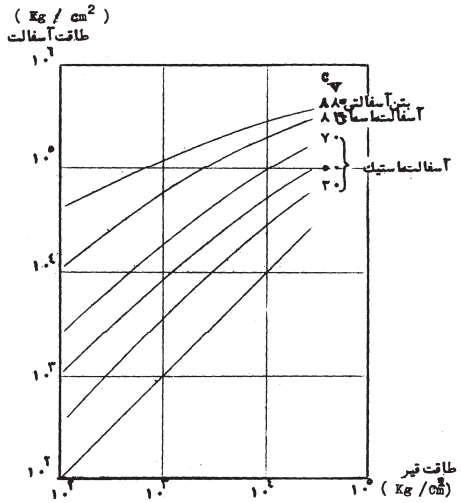
درصد حجمی‌فضای خالی این‌گونه آسفالت‌ها معمولاً کمتر از ۱۰ درصد بوده و به این دلیل آسفالت‌های گرم (با دانه‌بندی پیوسته نظیر بتن آسفالتی)، محکم‌تر از آسفالت‌هایی است که درصد فضای خالی آن‌ها بیش از ۱۰ درصد می‌باشد. به علاوه اینکه دوام این‌گونه آسفالت‌ها هم در مقابل آب و هم در مقابل اکسیداسیون تدریجی قیر بیش از آسفالت‌هایی است که در آن دانه‌بندی مصالح سنگی باز و یا میان‌تهی باشد.

چنانچه درجه حرارت پایین و زمان بارگذاری کوتاه باشد، عملکرد آسفالت الاستیکی بوده و طاقت[1] آن بستگی به طاقت قیر (S_b) و درصد حجمی‌مصالح سنگی (C_V) موجود در آسفالت دارد.

مقدار C_V به کمک رابطه زیر محاسبه می‌شود:

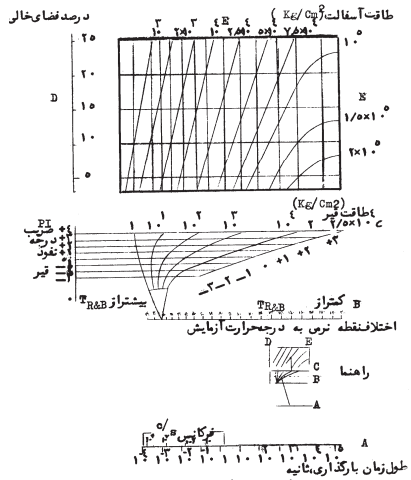
C_V = ۱۰۰× ((حجم آسفالت)/(حجم مصالح سنگی))

نمودار شماره ۱-۱، استنباطی از قدرت و استحکام انواع آسفالت‌ها را نشان می‌دهد. در این شکل، تغییرات طاقت آسفالت‌های مختلف نسبت به طاقت قیر انواع آسفالت‌ها، که درصد حجمی‌مصالح سنگی آن‌ها متفاوت است، رسم گردیده است.



نمودار شماره ۱-۱

[1]. Stiffness of Mix (S_M)



نمودار شماره ۱-۲: نوموگرام تعیین طاقت آسفالت

چون انجام آزمایش‌های مکانیکی مستلزم داشتن یک آزمایشگاه مجهز و دقیق می‌باشد و از طرفی انجام آزمایش‌ها روی هر نمونه، مقدور و مقرون به صرفه نیست، لذا از نتایج آزمایش‌های تحقیقاتی، نمودارهایی تهیه می‌شود که به کمک آن‌ها می‌توان طاقت آسفالت‌های مختلف را تنها با داشتن نتایج چند آزمایش روزمره تعیین نمود. نمودارهای ۱-۱ و ۱-۲ به همین منظور تهیه شده‌اند. در ضمن متذکر می‌گردد که در چنین شرایطی، نوع دانه‌بندی و شکل دانه تأثیر کمتری در میزان طاقت آسفالت دارند و بیشتربر فضای خالی آسفالت مؤثرند(محمد سرائی‌پور، ۱۳۷۷، صص ۱۷۸ الی ۱۸۱)

۱-۸. اجرای آسفالت گرم

۱-۸-۱. آماده کردن سطح راه

قبل از حمل و پخش مخلوط آسفالتی، سطح راه باید در طول کافی از هر نظر آماده و مهیا شود. اگر عملیات آسفالتی روی قشرهای تقویت شده سنگی، زیراساس، اساس شکسته و یا

رویه آسفالتی اجرا می‌شود، باید قبلاً هرگونه ناهمواری و پستی و بلندی این سطوح طبق نقشه‌های اجرایی و به نحوی که مورد تأیید دستگاه نظارت باشد، مرمت گردد و سپس اندود نفوذی و یا سطحی مطابق فصل مربوط در کتاب «زیرسازی و روسازی و دانه‌بندی مصالح و آسفالت» انجام شود. چنانچه عملیات روی پوشش‌های آسفالتی و یا بتنی اجرا می‌شود، اصلاح کلیه آسیب‌دیدگی‌ها شامل مرمت ترک‌های طولی و عرضی، لکه‌گیری، تعمیر موضعی قشرهای زیرسازی و در صورت لزوم، تسطیح نشست‌ها، اصلاح پروفیل‌ها، پخش مصالح سنگی داغ روی سطوح قیر زده، تثبیت و یا مرمت آسفالت موج‌دار و فتیله شده، تعمیر و اصلاح پوشش بتنی و هر نوع کارهای تکمیلی دیگر، باید قبل از اجرای قشرهای جدید آسفالتی انجام گیرد. روش‌های اصلاحی برای این آسیب‌دیدگی‌ها با توجه به نوع و علل ایجاد آن‌ها بایستی در مشخصات فنی خصوصی تصریح گردد. پس از انجام اصلاحات فوق، بستر را باید با جاروی مکانیکی یا هوای فشرده و با شستشو، از هرگونه مواد خارجی، گرد و غبار، گل و لای پاک و تمیز نموده و اندود سطحی کرد.

برای آنکه عرض آسفالت مطابق نقشه‌های اجرایی باشد، باید محور راه و کنار طرفین آسفالت به دقت علامت‌گذاری و خط‌کشی شود. فاصله نقاط برای خط‌کشی در خطوط مستقیم حدود ۴۰ متر و در قوس‌ها ۵ تا ۱۰ متر خواهد بود. هرگونه عملیات انجام شده ترمیمی‌به منظور آماده کردن سطح راه باید قبل از اجرای اندود نفوذی و یا سطحی و پخش نخستین قشر آسفالتی به تصویب دستگاه نظارت برسد.

۱-۸-۲. حمل مخلوط آسفالتی

جدار و سطوح داخلی کامیون‌هایی که مخلوط آسفالتی را به محل مصرف حمل می‌کنند، باید همواره تمیز بوده و عاری از گرد و غبار، گل‌ولای و یا هرگونه مواد خارجی دیگر باشد.

در صورت لزوم باید سطحی را که با مخلوط آسفالتی در تماس می‌باشند، روزانه با آب و صابون یا آب آهک (یک حجم آهک، به حجم آب) یا مواد مشابه شستشو و کاملاً تمیز نمود. تعداد کامیون‌ها باید متناسب با ظرفیت تولید کارخانه آسفالت و ظرفیت پخش فینیشر باشد تا وقفه‌ای در هیچ یک از این دو واحد ایجاد نگردد. برای فواصل حمل دور و یا هر شرایط دیگری که افت حرارت مخلوط آسفالتی بیش از ده درجه سانتی‌گراد را در پی داشته باشد، باید سطح آسفالت کامیون‌ها در حین حمل با چادر برزنتی کاملاً پوشیده شود. به هر حال حداکثر مدت حمل آسفالت ۴۵ دقیقه و حداکثر فاصله حمل با کامیون ۷۰ کیلومتر است که باید توسط دستگاه نظارت با توجه به شرایط اجرای کار، تعیین شود.

۱-۸-۳ .توزین مخلوط آسفالتی

چنانچه بهای آسفالت بر حسب وزن آن پرداخت شود، باید باسکول مناسبی جهت توزین کامیون‌های حامل آسفالت در کارخانه یا هر محل دیگر، طبق نظر دستگاه نظارت نصب گردد. باسکول باید دقیق بوده و ضمن کار مرتباً کنترل و تنظیم شده و یا توسط مؤسسه استانداردهای صنعتی مورد بازبینی قرار گیرد. توزین مخلوط آسفالتی با قپان کارخانه آسفالت قابل قبول نیست. در صورتی که آسفالت بر اساس حجمی‌پرداخت شود، ملاک تبدیل وزن به حجم، میانگین وزن مخصوص به دست آمده از قشر آسفالت کوبیده شده سطح راه می‌باشد(نشریه ۱۰۱، ۱۳۸۹، صص ۵۱۷ الی ۵۳۲).

۱-۹. پخش مخلوط‌های آسفالتی

پس از آماده کردن سطح راه که مخلوط آسفالتی باید روی آن پخش شود، عملیات پخش باید با توجه به شرایط زیر صورت گیرد:

۱-۹-۱. محدودیت‌های پخش

پخش مخلوط آسفالتی هنگامی‌مجاز خواهد بود که شرایط جوی، درجه حرارت محیط و آمادگی سطح راه از هر نظر برای عملیات مناسب باشد. در مواقع بارندگی، روی سطوح یخزده و مرطوب و دمای کمتر از ده درجه سانتی‌گراد، باید از پخش آسفالت خودداری نمود. در واقع پیمان‌کار باید اجرای عملیات آسفالتی را به نحوی برنامه‌ریزی کند که این عملیات در فصول مناسب سال انجام شده و به فصل سرما منتقل نگردد. پخش آسفالت رویه یا هر قشر نهایی دیگر باید منحصراً در شرایط و فصول مناسب سال که درجه حرارت سطح راه از ۲۵ درجه سانتی‌گراد کمتر نباشد، اجرا گردد.

۱-۹-۲. پخش با فینیشر

مخلوط آسفالتی را باید با دستگاه خودکار و مکانیکی (فینیشر) پخش نمود. نوع و خصوصیات فنی فینیشر باید قبل از پخش به تصویب دستگاه نظارت برسد. فینیشر باید بتواند مخلوط آسفالتی را به طور یکنواخت در عرض ، ضخامت و شیب مندرج در نقشه‌های اجرایی پخش نماید. این دستگاه باید دارای فرمان سریع و مؤثر و حساسی بوده و بتواند به آسانی به جلو یا عقب حرکت نموده و سرعت دستگاه نیز آنچنان قابل تنظیم باشد که زمان تخلیه مخلوط آسفالتی در مخزن آن، تغییر محسوسی ننماید. محفظه‌ها و پره‌های پخش‌کننده دستگاه باید بتواند آسفالت را به طور یکنواخت در جلوی صفحه‌های اتوفینیشر پخش کرده و اتو نیز مجهز به وسیله تسطیح‌کننده‌ای باشد که در حرارت‌های معین و مناسب بتواند سطحی با بافت همگن و پیوسته ایجاد نموده و از بریدگی و یا فیتیله شدن در سطح آسفالت جلوگیری نماید. اتو باید مخلوط آسفالتی را در ضخامت و نیم‌رخ‌های عرضی مشخص شده پخش و آن را کاملاً مسطح سازد. روانه‌کاری با دست مجاز نخواهد بود.

در موارد خاص و برای تنظیم دقیق رقوم سطح آسفالت بدون اجـرای قشـرهای تسـطیحی، دستگاه نظارت می‌تواند از پیمانکار بخواهد که از فینیشر تمام اتوماتیک استفاده نموده و یـا فینیشر خود را به این نوع وسایل مجهز سازد. در این صورت خصوصیات فینیشر جدید باید قبل از شروع کار به تصویب دستگاه نظارت برسد. فینیشر باید مجهز به کوبنده‌های ارتعاشی باشد و نیز بتواند آسفالت را در قشرهایی به ضخامت‌های مختلف و در عرضـی کـه کارخانـه سازنده تعیین کرده است، پخش کند. تغییرات عرضی دستگاه باید با ضمایمی‌صورت گیـرد که قادر باشد حداقل تا ۱۵ سانتی‌متر به عرض آن افزوده یا کم کند. در صورتی که مخلـوط آسفالتی در بیش از یک قشر پخش شود، اتصال‌های طولی و عرضی هر قشر باید بـا حـدود ۱۵ سانتی‌متر از اتصال‌هایی نظیر قشر زیرین فاصله داشته باشد. چنانچه عرض آسفالت زیاد بوده و پخش آن در یک خط عبور ممکن نباشد، باید آن را در چند خط پخش و اجرا نمود. در این صورت تعداد خطوط و ترتیب اجرای آن با نظـر و تصـویب دسـتگاه نظـارت تعیـین خواهد شد. در این گونه موارد باید حتی‌المقدور سعی شود عملیـات پخـش خطـوط مجـاور هم‌زمان اجرا گردد تا دو خط کاملاً به یکدیگر چسبیده و تـرک طـولی در آن ایجـاد نشـود. چنانچه اجرای این روش مقدور نباشد، باید ترتیبی داد که فاصله زمانی بین پخش دو خـط مجاور حتی‌المقدور کوتاه باشد تا در پایان کـار روزانـه بـه یکـدیگر متصـل شـده و در حـد یکدیگر قرارگیرند. در موقـع اجـرای خـط عبـور دوم، فینیشـر بایـد حـداقل در عـرض ۱۵ سانتی‌متر خط اول را بپوشاند و سپس بلافاصله پس از گذر دستگاه پخش‌کننده، این عرض اضافی با عبور غلتک کوبیده و متراکم گردد تا دو راستای اتصال طـولی کـاملاً بـه یکـدیگر بچسبند. محل اتصالات عرضی که در محل قطع پخش ایجاد می‌شود، باید مسـتقیم بـوده و به طور قائم بریده شود. برای این منظور می‌توان جلوی فینیشر در محل قطع پخش آسفالت یک تخته چوبی قرار داد که ضخامت آن معادل ضخامت آسـفالت کوبیـده باشـد. همچنـین

برای سهولت کندن آسفالت اضافی مجاور، می توان در سطح زیر آسفالت این قسمت، کاغذ مخصوص پهن نمود. باید دقت‌های لازم به عمل آید تا آسفالت در محل‌های اتصال عرضی کاملاً هم‌سطح و یکنواخت بوده و بعد از کوبیده شدن، ناهمواری ایجاد ننماید. همواره باید تعدادی کارگر مجرب، بعد از پخش آسفالت با فینیشر آماده باشند که شیارها ، ناهمواری‌ها و نقایص احتمالی موضعی سطح آسفالت و همچنین اعوجاج‌های طرفین کنار آسفالت را با تخته ماله و وسایل مناسب دیگر برطرف سازند. ضخامت قشر آسفالتی پخش شده، باید بلافاصله پشت دستگاه فینیشر به وسیله آهنی مخصوص اندازه‌گیری شده و چنانچه با احتساب کم شدن آن بعد از کوبیده شدن، با ضخامت نقشه‌های اجرایی اختلاف داشته باشد، تیغهٔ فینیشر تنظیم گردد. ضخامت متوسط آسفالت پخش شده باید با مقدار آسفالت مصرفی در هر روز نیز کنترل گردد. نزدیک شدن و تماس کامیون‌های حامل آسفالت با فینیشر باید به آرامی‌صورت گیرد تا در سطح آسفالت موج و ناهمواری ایجاد نگردد. پخش آسفالت با وسایل دستی و تخته‌ماله فقط در سطوح محدودی از سطح راه که کارکرد فینیشر میسر نباشد، قابل قبول بوده و در این مورد نیز پیمانکار باید کلیه مراقبت‌های لازم را جهت پخش صریح و یکنواخت با سطحی همگن و پیوسته مد نظر داشته باشد. حداقل ضخامت هر لایه آسفالتی ۳-۲ برابر حداکثر اندازه سنگ‌دانه و حداکثر ضخامت با توجه به شرایط اجرایی و نوع غلتک‌ها می‌باشد که توسط دستگاه نظارت تعیین می‌شود. اجرای هر یک از انواع آسفالت از جمله اساس قیری و بیندر در یک لایه، در اجرای آن در چندلایه ارجحیت دارد. به عنوان مثال، با رعایت ضوابط فوق، پخش و تراکم ۱۵ سانتی‌متر آسفالت بیندر با مصالح دارای حداکثر اندازه ۲۵ میلی‌متر در دو لایه ۷/۵ سانتی‌متری بر سه لایه ۵ سانتی‌متری، مناسب‌تر و بیشتر مقرون به صرفه است.

۱-۹-۳. پخش با گریدر

پخش مخلوط‌های آسفالتی برای تسطیح و یا اصلاح پروفیل‌های طولی و عرضی سطح راه موجود و یا ترمیم و بازسازی شیب عرضی در قوس‌ها را با موافقت دستگاه نظارت می‌توان با گریدر انجام داد. برای آن که در پایان عملیات پخش توسط گریدر، سطوح آسفالتی کاملاً هموار و یکنواخت و با سیستم‌های طولی و عرضی قابل قبول باشد، باید نکات اجرایی زیر را به طور دقیق رعایت نمود:

الف) سطح راه موجود را در طولی که باید تسطیح شود، قبلاً میخ‌کوبی و ریسمان‌کشی کرد، به نحوی که کلیه نقاط فرود و فراز سطح در فواصل معین و کافی مشخص گردند. میخ‌کوبی باید در امتداد محور و در کنار راه انجام شود.

ب) با توجه به رقوم به دست آمده از میخ‌کوبی، مقدار تقریبی مخلوط آسفالتی جهت تسطیح را در فواصل معین محاسبه و در سطح راه ریسه می‌نمایند. سپس گریدر کار پخش را بدون مانور اضافی و حداقل جابجا کردن مخلوط آسفالتی از محلی به محل دیگر شروع می‌کند.

پ) راننده گریدر باید در این کار مهارت و تجربه کافی داشته و از حداقل زمان برای پخش مصالح در طول معین استفاده نموده و از دوباره‌کاری، جابجا نمودن و به هم زدن مخلوط آسفالتی، رفت و برگشت‌های اضافی و تیغه زدن مکرر در جهات و امتداد غیر لازم روی مخلوط آسفالتی پرهیز کند.

ت) بعد از پخش مخلوط آسفالتی بر اساس رقوم میخ‌کوبی شده، بلافاصله باید قشر سطحی را با غلتک لاستیکی متراکم نمود. غلتک‌زنی باید آنقدر ادامه یابد تا آرایش نهایی سطح، قابل قبول بوده و تراکم نسبی مشخصه حاصل شود. معمولاً پخش مخلوط آسفالتی با گریدر، سطحی با بافت درشت و ناهمگن ایجاد می‌کند که به عنوان قشر تسطیحی و یا

ترمیمی‌جهت اصلاح پروفیل طولی و یا عرضی راه قابل قبول است. در ضمن این بافت، پیوستگی بیشتری بین قشر اصلاح شده و قشر بعدی به وجود آورده و احتمال لغزش بین دو لایه بر روی یکدیگر را به حداقل می‌رساند.

ث) در اصلاح فرورفتگی‌های بزرگ، نخستین قشر را از مرکز فرورفتگی و در طول معینی که حداکثر ضخامت قشر کوبیده در این مرکز ۷/۵ سانتی‌متر باشد، باید شروع نمود و به همین نحو برای قشرهای بعدی با عرض بیشتر ادامه داد. هیچ یک از لایه‌ها نباید ضخامتی بیش از ۷/۵ سانتی‌متر داشته باشد.

ج) چنانچه جهت اصلاح شیب عرضی در قوس‌ها، پخش بیش از یک لایه مخلوط آسفالتی مورد نیاز باشد، باید آن را در دو قشر و بیشتر انجام داد، به نحوی که ضخامت کوبیده هر قشر در خارج قوس حداکثر دو برابر طرف داخل باشد. بدیهی است عرض هرلایه متفاوت و باید قبلاً محاسبه شود.

۱-۱۰. درجه حرارت پخش

حداقل درجه حرارت پخش مخلوط آسفالتی بر حسب نوع قیر مصرفی، دانه‌بندی مصالح سنگی، ضخامت لایه، فصل اجرای کار، حرارت محیط و سطح راه، سرعت باد، نوع و تعداد غلتک‌ها توسط دستگاه نظارت معین می‌گردد. ولی به هر حال این درجه حرارت باید به حدی باشد که تراکم لازم را تأمین نماید.

جدول شماره ۱-۳، حداقل درجه حرارت مخلوط‌های آسفالتی با دانه‌بندی پیوسته را به هنگام پخش با توجه به ضخامت آن‌ها و درجه حرارت سطحی که مخلوط آسفالتی بر روی آن پخش می‌شود، نشان می‌دهد. در این جدول، زمان تقریبی لازم برای حصول تراکم نیز

تعیین گردیده است. به هر حال رقم دقیق درجه حرارت پخش ۱۰± درجه سانتی‌گراد رواداری باید توسط دستگاه نظارت تعیین گردد.

جدول شماره ۱-۳: حداقل درجه حرارت مخلوط آسفالتی هنگام پخش

درجه حرارت سطح راه (سانتی‌گراد)	ضخامت مخلوط آسفالتی (سانتی‌متر)						
	۲	۲/۵	۴	۵	۷/۵	۹	۱۰
	حداقل درجه حرارت مخلوط آسفالتی بر حسب سانتی‌گراد						
۱۰-۱۵	-	۱۴۵	۱۴۵	۱۴۰	۱۳۵	۱۳۰	۱۲۵
۱۵-۲۰	۱۴۵	۱۴۰	۱۴۰	۱۳۵	۱۳۰	۱۲۵	۱۲۰
۲۰-۲۷	۱۴۰	۱۴۰	۱۳۵	۱۳۰	۱۳۰	۱۲۵	۱۲۰
۲۷-۳۲	۱۳۵	۱۳۵	۱۳۰	۱۳۰	۱۲۵	۱۲۰	۱۲۰
۳۲ و بیشتر	۱۳۰	۱۳۰	۱۳۰	۱۲۵	۱۲۵	۱۲۰	۱۲۰
زمان تقریبی لازم برای تکمیل کوبیدگی (بر حسب دقیقه)	۶	۸	۱۲	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵

باید توجه داشت که هر قدر ضخامت لایه آسفالتی زیادتر باشد، به علت آن‌که حرارت را مدت زمان بیشتری در خود نگه می‌دارد، زمان لازم برای تکمیل تراکم قشر و در نتیجه حصول تراکم نسبی مشخصه زیادتر است و به عبارت دیگر فرصت بیشتری برای کوبیدن بدون آن‌که حرارت مخلوط آسفالتی بیش از اندازه کاهش پیدا کند، وجود دارد.

۱-۱۱. غلتک‌های آسفالتی

کوبیدن مخلوط آسفالتی را با غلتک فولادی سه‌چرخ، ردیف دو چرخ و سه چرخ، لرزشی، لاستیکی و یا غلتک‌های مختلط که عملکرد چندگانه دارند، باید انجام داد. نوع و تعداد غلتک‌ها در هر مورد، با توجه به شرایط کار توسط دستگاه نظارت تعیین می‌شود. جدول شماره۱-۴، تعداد تقریبی غلتک را با توجه به سرعت دستگاه پخش‌کننده (فینیشر) و سطح آسفالت پخش شده در واحد زمان نشان می‌دهد.

جدول شماره ۱-۴: راهنمای تعداد غلتک

متوسط آسفالت پخش شده (مترمربع در ساعت)	سرعت فینیشر (متر در دقیقه)	تعداد غلتک لازم برای:	
		مرحله اول و دوم	مرحله تکمیلی و نهایی
تا ۷۰۰ مترمربع در ساعت	تا ۳ متر در دقیقه	۱	۱
از ۷۰۰ تا ۱۵۰۰ متر مربع در ساعت	از ۳ تا ۷ متر در دقیقه	۱	۱
از ۱۵۰۰ تا۳۵۰۰ مترمربع در ساعت	از ۷ تا ۱۵ متر در دقیقه	۲	۱
از ۳۵۰۰ تا۶۰۰۰ مترمربع در ساعت	از ۱۵تا ۲۷ متر در دقیقه	۳	۱

به طور کلی تعداد غلتک‌ها باید برای حصول تراکم لازم مخلوط آسفالتی کافی بوده و هیچ‌گاه کمتر از دو دستگاه نباشد. همواره غلتک‌های اضافی نیز باید در کارگاه به عنوان ذخیره و آماده به کار وجود داشته باشد تا در صورت از کار افتادن غلتک‌های مشغول به کار، مورد استفاده قرار گیرد. غلتک‌ها باید قبل از شروع کار مورد بازبینی قرار گرفته تا انطباق مشخصات و نیز شرایط مناسب مکانیکی آن‌ها به شرح زیر، برای کوبیدن مخلوط آسفالتی با مندرجات این فصل محرز گردد:

الف) وزن غلتک

ب) وزن به ازای هر سانتی‌متر عرض چرخ‌ها برای غلتک‌های فولادی (بار خطی استاتیک).

پ) میانگین فشار چرخ‌های غلتک لاستیکی در سطح تماس بر حسب کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع

ت) تناوب و میدان نوسان غلتک‌های لرزشی به ترتیب بر حسب تعداد لرزش در دقیقه و میلی‌متر

۱-۱۱-۱ . غلتک‌های فولادی

الف) غلتک‌های استاتیک

هر یک از غلتک‌های سه‌چرخ و یا ردیف دوچرخ و سه چرخ باید هنگام کار باری معادل ۴۵ الی ۶۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر در عرض چرخ عقب غلتک اعمال نموده و وزنشان کمتر از ۸ تن نباشد. روی چرخ‌های غلتک‌های فلزی باید گل‌گیر و لوله آبپاش نصب شده باشد تا چرخ‌ها را همواره تمیز و مرطوب نگه داشته و از چسبیدن مخلوط آسفالتی به آن‌ها جلوگیری نماید. مصرف روغن سوخته و یا گازوییل جهت تمیز کردن چرخ غلتک‌ها به هیچ‌وجه مجاز نیست. سطح پیرامون کلیه چرخ‌ها باید کاملاً صاف و هموار و فاقد فرورفتگی‌های کوچک و بزرگ باشد. برای افزایش وزن آن‌ها باید فضای کافی در این نوع غلتک‌ها تعبیه شود. سرعت غلتک‌های فولادی استاتیک هنگام کار باید حتی‌المقدور کم و یکنواخت بوده و جز در شرایط خاص از حدود ۵ کیلومتر در ساعت تجاوز ننماید.

ب) غلتک‌های لرزشی

غلتک‌های لرزشی مورد استفاده در عملیات آسفالتی باید خودرو بوده و نوع کششی آن‌ها مجاز نیست. این غلتک‌ها معمولاً از نوع ردیف دوچرخ می‌باشند که سیستم ارتعاش در یک یا هر دو چرخ آن‌ها تعبیه شده است. وزن آن‌ها نباید کمتر از ۷ تن بوده و بار خطی استاتیک آن‌ها بین ۲۵ تا ۳۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر باشد. تناوب و میدان نوسان غلتک‌های لرزشی با توجه به شرایط کار باید توسط دستگاه نظارت تنظیم شده و یا از کاتالوگ کارخانه سازنده استخراج گردد. ولی در هر حال تناوب غلتک نباید خارج از ۳۰۰۰-۲۰۰۰ ارتعاش در دقیقه و میدان نوسان آن ۰/۸-۰/۴ میلی‌متر باشد. سرعت غلتک‌های لرزشی حداکثر پنج کیلومتر در ساعت است. سایر خصوصیات مربوط به گلگیرها، آبپاش، عدم مصرف گازوییل و

روغن سوخته روی چرخ‌ها، و بالاخره صاف و هموار بودن سطح پیرامون چرخ‌ها به شرح بند الف پیش‌گفته می‌باشد که باید رعایت گردد.

۱-۱۱-۲. غلتک‌های لاستیکی

غلتک‌های لاستیکی باید خودرو بوده، وزن آن‌ها با توجه به شرایط کار بین ۱۵ الی ۳۰ تن باشد. وزن دقیق غلتک توسط دستگاه نظارت تعیین می‌شود. در غلتک باید فضای کافی جهت افزایش وزن آن در صورت لزوم تعبیه گردد. فشار باد چرخ‌های لاستیکی باید بین ۵ تا ۵/۸ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع بوده و تغییرات فشار نیز نسبت به رقم حداقل و حداکثر تعیین شده از ۰/۳ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع توسط چرخ‌ها کوبیده شده و امتداد چرخ‌ها در عرض کافی یکدیگر را در حین حرکت بپوشاند. برای اینکه آسفالت به چرخ‌ها نچسبد، باید حتی‌المقدور سعی نمود که چرخ‌ها در تمام مدت کار گرم بماند و در غیر این صورت باید از لوله آبپاش و گلگیرهای پارچه‌ای جهت تمیز نگهداشتن چرخ‌ها استفاده نمود. مصرف مواد روغنی و گازوییل برای این منظور مجاز نخواهد بود. لاستیک‌ها باید سالم و صاف بوده و نخزدگی نداشته باشند. زیرا اثر نخزدگی لاستیک‌ها در روی سطح آسفالت با غلتک‌زدن‌های بعدی نیز از بین نخواهد رفت. سرعت غلتک لاستیکی نباید از ۸ کیلومتر در ساعت تجاوز نماید.

۱-۱۱-۳. غلتک‌های مختلط

تعدادی از غلتک‌های مورد استفاده در عملیات آسفالتی، دارای شرایط غلتک‌های فولادی ردیف یا لاستیکی و یا لرزشی می‌باشد. فی‌المثل در غلتک‌های ردیف سه چرخ و یا دوچرخ استاتیک موتور جداگانه‌ای تعبیه شده است که به ترتیب چرخ وسط و یکی از چرخ‌ها را به

کوبنده لرزشی تبدیل می‌نماید و یا یک غلتک مجهز به یک استوانه فلزی با عملکرد استاتیک و لرزشی دارای دو ردیف چرخ‌های لاستیکی، یکی در جلو و دیگری در عقب این استوانه می‌باشد. این نوع غلتک‌های مختلط برای قشرهای تسطیحی و قشرهای اساس آسفالتی و آستر می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند، مشروط بر آنکه واجد شرایط ردیف‌های فوق باشند.

۱-۱۲. کوبیدن مخلوط آسفالتی

عمل تراکم باید بلافاصله بعد از پخش مخلوط آسفالتی شروع شود. ولی باید توجه داشت که در این مرحله، حرارت مخلوط آسفالتی به حدی باشد (به بند درجه حرارت پخش جدول ۱-۳ مراجعه شود) که به هنگام شروع کوبیدن تاب تحمل وزن غلتک و یا اثرات ارتعاشی آن را (در مورد غلتک‌های لرزشی) داشته و زیر فشار چرخ فتیله و جابجا نشده و در سطح آن، شیار و ترک‌های طولی و عرضی ایجاد نگردد. هرگونه عیب و نقص به هر عللی در سطح راه به وجود آید، باید قبل از کوبیدن نهایی با تخته‌ماله و روانه‌کاری اصلاح و سپس عمل تراکم ادامه یابد. غلتک‌ها باید آهسته و با سرعت ثابت حرکت نموده و چرخ‌های عقب آن‌ها به جز در شیب‌های طولی و تند و یا در قوس‌های با شیب عرضی زیاد به طرف فینیشر باشد.

غلتک‌زنی باید طوری اجرا شود که هر گذر غلتک در هر مرحله از تراکم، لااقل نیمی از گذر قبلی را بپوشاند تا تراکم یکنواخت و همگن در تمام سطح تأمین گردد. تغییر مسیرغلتک‌ها و تغییر جهت حرکت آن‌ها از جلو به عقب و بالعکس باید با نهایت دقت، آهسته و تدریجی صورت گیرد. غلتک‌زنی پوشش راه نباید آنقدر ادامه یابد که سبب ایجاد ترک روی سطح راه گردد. قبل از اتمام غلتک‌زنی در هر مرحله از عملیات تراکم، هموار

بودن سطح راه باید با شمشه کنترل شود تا انطباق آن با مشخصات محرز گردد. در غیر این صورت باید بلافاصله نسبت به اصلاح اقدام شود. در سطوحی که نمی‌توان غلتک‌های منطبق با مندرجات این فصل را برای تراکم به کار برد، پیمانکار می‌تواند از غلتک‌های کوچک موتوری و یا لرزشی استفاده نماید. کوبیدن مخلوط آسفالتی از شروع تا تکمیل عملیات تراکم، ضمن رعایت کامل شرح فوق، شامل مراحل سه‌گانه زیر است:

۱-۱۲-۱. مرحله اول

عملیات تراکم در این مرحله بلافاصله بعد از پخش مخلوط آسفالتی شروع می‌شود. با غلتک سه‌چرخ، یا غلتک‌های ردیف و یا لرزشی اجرا می‌گردد. وقتی که غلتک سه چرخ و غلتک‌های ردیف و یا لرزشی با هم کار می‌کنند، غلتک (دوچزخ یا سه‌چرخ) باید بلافاصله پشت فینیشر و بقیه غلتک‌ها بعد از آن عمل نمایند. چرخ با نیروی محرکه غلتک باید به طرف فینیشر باشد تا از جمع شدن آسفالت در جلوی چرخ جلوگیری نماید. بایستی سرعت غلتک‌های فولادی در این مرحله سه کیلومتر و غلتک‌های لرزشی ۵-۴ کیلومتر در ساعت باشد. وزن غلتک‌های مورد استفاده در این مرحله، به درجه حرارت، ضخامت و مقاومت مخلوط آسفالتی بستگی دارد. این وزن برای غلتک‌های استاتیک ۸ تا ۱۲ تن و برای غلتک‌های لرزشی ۷ تا ۱۲ تن است. فاصله غلتک‌های این مرحله تراکم از فینیشر باید به نحوی تنظیم شود که هیچ‌گاه از ۵۰ متر تجاوز ننماید. در این مرحله درجه حرارت مخلوط آسفالتی باید به قدری باشد که مخلوط به چرخ غلتک نچسبد و در سطح آن ترک طولی و یا عرضی و یا جابجایی ایجاد نشود. به عبارت دیگر مخلوط آسفالتی تاب پذیرش وزن غلتک را داشته باشد. حداقل درجه حرارت در شروع مرحله اول عملیات تراکم برای مخلوط‌های آسفالتی پیوسته، ۱۲۰ و مخلوط‌های آسفالتی با دانه‌بندی باز، ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد است.

۱-۱۲-۲. مرحله دوم

غلتک در این مرحله از تـراکم، بلافاصـله بعـد از تکمیـل مرحلـه اول و در شـرایطی شـروع می‌شود که مخلوط آسفالتی هنوز حالت خمیری داشـته و دارای چنـان حرارتـی اسـت کـه می‌تواند حرارت نسبی مورد نظر را تأمین کند. این درجه حرارت برای مخلوط‌های آسفالتی با دانه‌بندی پیوسته ۹۵ درجه سانتیگراد است. غلتک‌های مورد استفاده در این مرحله از نوع لاستیکی و یا لرزشی می‌باشد که نسبت به غلتک‌های استاتیک، امتیازاتی به شرح زیر دارد:

الف) تراکم حاصله در قشر آسفالتی توسط ایـن غلتـک‌هـا نسـبت بـه غلتـک‌هـای فـولادی استاتیک یکنواخت‌تر و همگن‌تر است.

ب) تعداد گذر غلتک‌های لرزشی برای حصول تراکم لازم کمتر از سایر غلتک‌ها است.

پ) بافت بسته و پیوسته‌ای که غلتـک‌هـای لرزشـی و لاسـتیکی در سـطح آسـفالت ایجـاد می‌کنند، سبب کاهش قابلیت نفوذ آب در لایه آسفالتی می‌گردد.

ت) غلتک‌های لاستیکی و لرزشی با جابجا کردن دانه‌های سنگی و قفل و بست کردن آن‌ها در یکدیگر، مقاومت لایه آسفالتی و زاویه اصطکاک داخلی آن را به میزان قابـل ملاحظـه‌ای افزایش می‌دهد.

سرعت غلتک لاستیکی در این مرحلـه، ۵ کیلـومتر و غلتـک لرزشـی؛ ۵-۴ کیلـومتر در ساعت است. کارکرد غلتک‌های لاستیکی و یا لرزشی در این مرحله باید آنقدر ادامه یابد که مخلوط آسفالتی به حداقل تراکم لازم مندرج در ایـن فصـل برسـد. اگرچـه در مرحلـه دوم غلتک‌زنی، استفاده از غلتک لاستیکی و یا لرزشی بر سایر غلتک‌ها برتـری دارد، امـا کـاربرد غلتک‌های استاتیک نیز در این مرحله مجاز است. فاصله غلتک‌های مورد مصرف در مرحلـه دوم، قبل از غلتک‌های مرحله اول، معمولاً باید بیش از ۶۰ متر باشد. قبل از آن کـه درجـه حرارت مخلوط‌های آسفالتی به حداقلی برسد که دستگاه نظارت تعیین کـرده اسـت، عمـل

غلتک‌زنی باید در این مرحله پایان یافته و تراکم لازم حاصل شود. این درجه حرارت بیش از ۸۵ درجه سانتی‌گراد است.

۱-۱۲-۳. مرحله تکمیلی و نهایی

غلتک‌زنی در این مرحله منحصراً برای آرایش نهایی سطح راه بوده و در شرایطی باید انجام گیرد که مخلوط آسفالتی هنوز کارآیی لازم برای محو اثرات چرخ‌های غلتک‌های دو مرحله پیشین و رفع هرگونه عیب و نقص و ناهمواری در پوشش آسفالتی را دارد.

غلتک‌های دوچرخ و یا سه‌چرخ ردیف استاتیک در این مرحله باید مورد استفاده قرار گرفته و در حداقل فاصله نسبت به غلتک‌های مرحله دوم عمل نمایند. وزن غلتک‌ها در این مرحله، حداقل ۸ تن و سرعت آن‌ها حداکثر ۵ کیلومتر در ساعت می‌باشد. بعد از تکمیل مرحله سوم، وسایل سنگین از جمله غلتک‌ها به هیچ‌وجه مجاز نیستند که روی سطح راه که غلتک‌زنی آن پایان یافته ولی هنوز کاملاً سرد و سخت نشده است، توقف نمایند. غلتک‌زنی در این مرحله، باید قبل از آنکه درجه حرارت آسفالت به کمتر از ۸۰ درجه سانتی‌گراد برسد،پایان یابد.

۱-۱۲-۴. روش کوبیدن اتصالات عرضی و طولی

الف) اتصالات عرضی

غلتک‌زنی در محل اتصال عرضی باید با غلتک‌های فولادی و یا غلتک لرزشی در امتداد محور راه و از پایین‌ترین نقطه مقطع عرضی شروع و به طرف محور ادامه یابد. سپس ضمن کنترل محل اتصال با شمشه و اطمینان از هموار بودن آن، غلتک‌زنی در امتداد عرض و عمود بر محور به نحوی اجرا شود که تمام عرض غلتک ردیف به استثنای ۱۵ سانتی‌متر آن

و یا تمام عرض یک چرخ عقب غلتک سه‌چرخ، روی آسفالت کوبیده شده قبلی قرار گیرد. این روش به طریقی که هر گذر غلتک حدود ۱۵ الی ۲۰ سانتی‌متر به طرف سطح آسفالت جدید پیشروی نماید، ادامه خواهد یافت تا اینکه تمام عرض یک چرخ عقب غلتک به چرخ روی سطح آسفالت جدید منتقل شود. برای آن‌که کناره خارجی آسفالت هنگام غلتک‌زنی عرضی آسیب نبیند، باید یک قطعه تخته و یا چوب مقاوم به ضخامت آسفالت کوبیده شده، جهت جلوگیری از حرکت عرضی آسفالت، پشت لبه خارجی قرار داده شود و یا اینکه حدود ۱۵ سانتی‌متر آن حداکثر با ۱۵ دقیقه تأخیر، غلتک‌زنی شود.

ب) اتصال طولی

غلتک‌زنی طولی باید بلافاصله بعد از پخش خط عبور بعدی شروع شود. چنانچه از غلتک سه‌چرخ استفاده شود، غلتک باید کاملاً روی آسفالت خط عبور قبلی قرار گرفته و به تدریج در هر گذر، ۱۵ سانتی‌متر به طرف خط عبور بعدی پیشروی نماید تا اینکه محل اتصالات طولی متراکم و کوبیده شده و کاملاً به یکدیگر متصل گردد. روش کار در صورت استفاده از غلتک‌های ردیف و لرزشی نیز مشابه غلتک سه‌چرخ می‌باشد. بعد از کوبیدن محل اتصالات طولی، بلافاصله غلتک‌زنی لبه خارجی آسفالت باید در امتداد محور راه شروع شود، به نحوی که حدود ۵ سانتی‌متر لبه غلتک (چرخ عقب در صورت استفاده از غلتک سه‌چرخ)، بیرون از آسفالت قرار گیرد (نشریه ۱۰۱، ۱۳۸۹، صفحات ۵۲۶ الی ۵۳۰).

۱-۱۲-۵. اولویت‌های کوبیدن

اولویت‌ها در شروع عملیات تراکم بر حسب اینکه پخش آسفالت در یک خط عبور، یا در دو خط عبور و یا اینکه دو یا چند خط عبور هم‌زمان اجرا شود، باید به شرح زیر انتخاب گردد:

الف) وقتی که غلتک‌زنی فقط در یک خط عبور اجرا می‌شود، ترتیب عمل کوبیدن عبارت است از:

۱. محل اتصال عرضی
۲. لبه خارجی آسفالت
۳. مرحله اول عملیات تراکم شامل غلتک‌زنی از پایین‌ترین رقوم مقطع عرضی و پیشرفت تدریجی آن به طرف محور راه
۴. مرحله دوم عملیات تراکم به شرح مرحله اول
۵. مرحله تکمیلی و نهایی

ب) وقتی که غلتک‌زنی در دومین خط عبور اجرا می‌شود، ترتیب اولویت‌ها عبارت است از:

۱. محل اتصال عرضی
۲. امتداد اتصالات طولی
۳. لبه خارجی آسفالت
۴. مرحله اول عملیات تراکم به شرح بند ۳ ردیف اول (قسمت الف)
۵. مرحله دوم عملیات تراکم به شرح مرحله اول عملیات تراکم
۶. مرحله تکمیلی و نهایی

پ) وقتی که عملیات پخش با دو فینیشر انجام می‌شود، حداقل ۵ تا ۷/۵ سانتی‌متر لبه داخلی آسفالت از خط اول عبور باید بدون غلتک باقی مانده و هم‌زمان با لبه مجاور خط دوم عبور متراکم و متعاقباً مراحل سه‌گانه شامل مرحله اول و دوم و مرحله تکمیلی و نهایی غلتک‌زنی به مورد اجرا گذاشته شود.

۱-۱۳. تراکم قشرهای آسفالتی

قشرهای آسفالتی شامل اساس آسفالتی، آستر و رویه در هر آزمایش کنترل، باید به تراکمی‌که کمتر از ۹۷ درصد وزن مخصوص نمونه‌های آزمایشگاهی مارشال نباشد، کوبیده شود. وزن مخصوص نمونه مارشال، به طریق AASHTO T166 و تراکم نسبی قشرهای آسفالتی، به روش AASHTO T230 اندازه‌گیری و محاسبه می‌شود.

۱-۱۴. کنترل سطح آسفالت

هر یک از قشرهای آسفالتی از نظر انطباق با رقوم و شیب‌های طولی و عرضی مندرج در نقشه‌های اجرایی و نیز یکنواختی سطح تمام شده آن باید کنترل شود. اختلاف رقوم اندازه‌گیری شده با رقوم نقشه‌ها در هر مورد باید در مشخصات خصوصی تصریح گردد، ولی به هر حال نباید خارج از محدوده مندرج در زیر باشد:

۱-۱۴-۱. نیم‌رخ عرضی قشر آسفالتی

رقوم اندازه‌گیری شده در محور و طرفین آسفالت در محل نیمرخ‌های عرضی راه با رقوم مندرج در نقشه‌ها، در مورد قشر اساس آسفالتی، نباید بیشتر از ۱۰± میلی‌متر و در مورد قشر آستر، ۸± میلی‌متر و در مورد رویه، ۴± میلی‌متر باشد. ضمناً شیب طولی و عرضی راه باید با نقشه‌ها مطابقت داشته باشد.

۱-۱۴-۲. یکنواختی سطح آسفالت

کنترل یکنواختی سطح تمام شده هر یک از قشرهای اساس آسفالتی، آستر و رویه به وسیله شمشه فلزی سه متری که بر روی سطح راه در امتداد طولی و عرضی است، برای اساس

آسفالتی، نباید از ۷ میلی‌متر و قشر آستر، ۶ میلی‌متر و رویه، ۵ میلی‌متر بیشتر باشد. در هر صد متر راه، حداقل باید ۲۵ آزمایش طولی و ۲۵ آزمایش عرضی انجام شود تا کنترل کامل سطح راه از نظر یکنواختی تأمین گردد.

۱-۱۴-۳. اصلاح ناهمواری‌ها

هرگونه ناهمواری و اندازه‌گیری‌های خارج از حدود فوق و نیز نواقصی از قبیل قیرزدگی، فتیله شدن، موج و یا سایر معایب موجود در سطح آسفالت، باید به هزینه پیمانکار و طبق نظر دستگاه نظارت اصلاح شود.

۱-۱۵ .آزمایش‌های آسفالت گرم

۱-۱۵-۱. روش مارشال

روش مارشال در طرح بتن آسفالتی، نخستین بار توسط مهندسی به نام مارشال(BruceMarshall) ابداع شده است و بعدها تغییرات زیادی در آن داده و اصلاحاتی در آن وارد گردیده که مفصلاً در ASTM Designation D1559 آمده است.

لازم به تذکر است که روش مارشال، فقط برای طرح آسفالت‌های گرم که در تهیه آن از مصالح با دانه‌بندی پیوسته که ماکزیمم اندازه دانه‌های آن یک اینچ یا کمتر بوده و قیر آن از انواع قیرهای خالص باشد، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

قبل از اینکه به چگونگی تعیین طرح بتن آسفالتی به روش مارشال بپردازیم، لازم است توضیح دهیم که اصولاً طرح آسفالت یعنی چه و چه استفاده‌هایی از آن به عمل می‌آید.

منظور از طرح آسفالت، تعیین و مشخص نمودن معیارهایی است که بر اساس آن بتوان اولاً آن را در کارگاه آسفالت تهیه نمود و ثانیاً بر اساس همان معیارها، آسفالت پخش شده در سطح راه را کنترل نمود. این معیارها عبارتند از:

۱. وزن مخصوص واقعی آسفالت متراکم شده
۲. درصد حجمی فضای خالی آسفالت متراکم شده
۳. تاب فشاری آسفالت متراکم شده
۴. تغییرشکل نسبی آسفالت متراکم شده
۵. درصد حجمی‌فضای خالی مصالح سنگی در آسفالت متراکم شده

در آزمایشگاه، ابتدا معیارهای فوق برای آسفالت مورد آزمایش تعیین شده و سپس با استفاده از نتایج حاصله، مناسب‌ترین درصد قیر آسفالت مورد عمل محاسبه می‌گردد. طرح آسفالت، به مجموعه پنج معیار فوق به انضمام درصد قیر اطلاق می‌شود.

با استفاده از طرح تهیه شده در کارگاه، آسفالت تهیه می‌گردد. آسفالت پخش شده در سطح راه را نیز مورد آزمایش قرار می‌دهند و وزن مخصوص، میزان تاب فشاری، درصد فضای خالی و نیز درصد قیر و دانه‌بندی آن تعیین می‌شود و با آنچه در طرح آمده است، مقایسه می‌گردد. ناگفته نماند که دانه‌بندی آسفالت تهیه شده در کارگاه، با توجه به حدود مشخصات و امکانات کارگاه بوده که فرمول کارگاه نامیده می‌شود. این دانه‌بندی قبلاً توسط پیمانکار مربوطه پیشنهاد می‌گردد و در آزمایشگاه بر اساس فرمول کارگاه ارائه شده، طرح مارشال مصالح مورد عمل، تعیین می‌گردد که ذیلاً ملاحظه می‌شود (محمد سرائی‌پور، ۱۳۷۷، صفحات ۱۹۲ الی ۲۰۲).

خلاصه آزمایش

ابتدا با توجه به فرمول کارگاه پیشنهاد شده، ۲۱ نمونه ۱۲۰۰ گرمی از مصالح مورد آزمایش که همگی دارای دانه‌بندی وسط حدود مجاز فرمول کارگاه باشند، تهیه می‌کنند. این نمونه‌ها که در ظروف فلزی قرار دارند، به مدت ۲۴ ساعت در اون ۱۷۰-۱۴۰ درجه سانتی‌گراد قرار می‌دهند تا تمامی دانه‌ها تا حد مورد نیاز گرم شوند. سپس به ۱۸ نمونه که جمعاً ۶ سری سه‌تایی می‌شوند، قیر ۱۰۰-۸۵ یا ۷۰-۶۰ که قبلاً تا ۱۳۷ درجه سانتی‌گراد گرم شده است، اضافه می‌کنند. به ترتیبی به نمونه‌ها قیر اضافه می‌نمایند که مجموعاً ۶ سری سه‌تایی که درصد قیر آن‌ها نسبت به مخلوط به ترتیب از ۴، ۴/۵، ۵، ۵/۵، ۶ و ۶/۵ درصد باشد، تهیه گردد. یک سری نمونه سه‌تایی را هم به عنوان ذخیره در اون نگه می‌دارند، تا چنانچه یکی از نمونه‌ها خراب شد یا نقصی در آن پدیدار گشت، مورد استفاده قرار گیرد.

بدین ترتیب، سه نمونه با درصد قیر ۴ و سه نمونه با درصد قیر ۴/۵ و سه نمونه با درصد قیر ۵ و غیره تهیه می‌شوند.

در تهیه نمونه‌ها بایستی نهایت دقت به عمل آید که خللی در آسفالت تهیه شده وارد نگردد. به این ترتیب که نمونه مصالح گرم که از اون خارج می‌شود، بایستی بلافاصله توزین شده (۱۲۰۰ گرم) و به آن قیر مورد لزوم را اضافه گردد. سپس سریعاً در حالی‌که ظروف حاوی مخلوط روی یک بخاری برقی قرار دارد، مخلوط نموده (درجه حرارت اختلاط نبایستی کمتر از ۱۳۵ و بیشتر از ۱۶۳ درجه سانتی‌گراد باشد) و سپس نمونه مخلوط شده را در قالب مخصوص مارشال (به ارتفاع ۳ اینچ و قطر داخلی ۴ اینچ)، ریخته و به کمک چکش مخصوص که ۱۰ پوند وزن دارد و از ارتفاع ۱۸ اینچی سقوط می‌کند، می‌کوبند، به نحوی که یک بار ۷۵ ضربه به یک طرف و بار دیگر ۷۵ ضربه به طرف دیگر نمونه وارد

گردد. سپس نمونه‌ها سرد شده و روی آن آزمایشات وزن مخصوص، تاب فشاری، تغییر شکل نسبی و درصد فضای خالی انجام می‌دهند.

۱-۱۵-۲. وزن مخصوص آسفالت

در طرح مارشال، وزن مخصوص واقعی آسفالت[1] به کار می‌رود و تعریف وزن مخصوص واقعی آسفالت، عبارتست از نسبت وزن آسفالت مورد آزمایش در هوا به حجم واقعی آن (حجم واقعی، عبارتست از حجم نمونه به همان صورت که ملاحظه می‌شود وشامل فضاهای خالی قابل نفوذ و غیرقابل نفوذ می‌باشد). وزن مخصوص واقعی آسفالت با توجه به شکل و حالت ظاهری آن به سه روش تعیین می‌شود:

۱-۱۵-۲-۱. روش اندود نمودن با موم یا پارافین

این روش که در استانداردهای زیر مندرج است، در مورد نمونه‌هایی به کار می‌رود که سطوح جانبی آن صاف نباشد.

AASHO T160
ASTM D1188

در این روش به منظور جلوگیری از نفوذ آب به داخل خلل و فرج نمونه مورد آزمایش، ابتدا آن را به کمک پارافین یا موم مذاب اندود می‌کنند و سپس با استفاده از رابطه زیر وزن مخصوص واقعی آن را محاسبه می‌نمایند.

$$G_{mb} = \frac{W_a}{V_b} = \frac{W_a}{W_{pa} - W_{pw}\left(\frac{W_{pa} - W_a}{G_p}\right)}$$

G_{mb} : وزن مخصوص واقعی آسفالت

[1]. Bulk Specific Gravity

V_b : حجم واقعی نمونه بر حسب سانتی‌متر مکعب

W_a : وزن آسفالت بدون موم و یا پارافین در هوا

W_{pa} : وزن نمونه آسفالت به اضافه وزن پارافین (یا موم اندود شده) در هوا بر حسب گرم

W_{pw} : وزن نمونه به اضافه وزن پارافین در آب بر حسب گرم

G_p : وزن مخصوص ظاهری پارافین.

۱-۱۵-۲-۲. روش معمولی

این طریقه بیشتر در کارهای روزمره به کار گرفته می‌شود و دارای دقت کافی نیز می‌باشد و به خاطر سهولت و سریع بودن آن بیشتر متداول است، اما استاندارد نیست.

در این طریقه، نمونه آسفالت مورد آزمایش با اپرافین اندود نمی‌گردد، بلکه به همان صورت مورد آزمایش قرار می‌گیرد و توسط رابطه زیر، وزن مخصوص واقعی آسفالت محاسبه می‌شود:

$$G_{mb} = \frac{W_a}{V_b} = \frac{W_a}{W_a - W_w}$$

G_{mb} : وزن مخصوص واقعی آسفالت

V_b : حجم واقعی نمونه بر حسب سانتی‌متر مکعب

W_a : وزن آسفالت در هوا

W_w : وزن نمونه در آب بر حسب گرم

۱-۱۵-۲-۳. روش محاسبه‌ای

این روش در مورد نمونه‌هایی قابل اجراست که دارای ابعاد مشخص و معین بوده، به نحوی که حجم واقعی آن قابل مقایسه باشد. مانند نمونه‌های آسفالتی که به کمک قالب مارشال تهیه می‌گردند و چنانکه ملاحظه می‌شود، در این روش، وزن نمونه در آب تعیین نمی‌شود، بلکه حجم واقعی نمونه مستقیماً از روی ابعاد آن و سپس به کمک رابطه ذیل وزن مخصوص واقعی نمونه محاسبه می‌گردد.

$$G_{mb} = \frac{W_a}{V_b} = \frac{W_a}{0.785 \times d^2 h}$$

G_{mb} : وزن مخصوص واقعی آسفالت

V_b : حجم واقعی نمونه بر حسب سانتی‌متر مکعب

W_a : وزن آسفالت در هوا بر حسب گرم

d : قطر نمونه بر حسب سانتی‌متر

h : ارتفاع نمونه بر حسب سانتی‌متر

۱-۱۵-۲-۴. طرز عمل

در روش مارشال، روی تمامی نمونه‌ها به روش الف یا ب، آزمایش وزن مخصوص واقعی انجام می‌دهند و نتایج را در جدول شماره ۱-۵ یادداشت می‌کنند و سپس منحنی نمایش تغییرات وزن مخصوص نسبت به درصد قیر را رسم و درصد قیری که به ازای آن وزن مخصوص ماکزیمم می‌گردد، مشخص می‌نمایند.

۱-۱۵-۳. تاب فشاری و تغییرشکل نسبی

تغییر شکل نسبی آسفالت، معیاری از میزان وارفتن و یا به عبارت بهتر، تغییر شکل آسفالت تحت تأثیر بار وارده می‌باشد. به طوری که هر چه تغییر شکل نسبی بیشتر باشد، میزان وارفتن آسفالت پخش شده تحت تأثیر بار بیشتر خواهد بود. تاب فشاری آسفالت عبارتست از ماکزیمم مقدار باری بر حسب کیلوگرم که نمونه آسفالت مورد آزمایش می‌تواند بدون اینکه شکستگی در آن ایجاد شود، تحمل نماید.

طرز عمل

پس از اینکه روی نمونه‌های تهیه شده، آزمایش وزن مخصوص انجام شد، آن‌ها را برای انجام آزمایش تاب فشاری به کار می‌برند.

ابتدا همه نمونه‌ها را در یک حمام آب مجهز به ترموستات (۱ ± ۶۰ درجه سانتی‌گراد) به مدت ۴۰-۳۰ دقیقه قرار می‌دهند تا به درجه حرارت ۶۰ درجه سانتی‌گراد (ماکزیمم درجه حرارتی که آسفالت در جاده به هنگام تابستان پیدا می‌کند) برسند، سپس به کمک دستگاه تعیین تاب فشاری مارشال، مورد آزمایش قرار می‌دهند.

لازم به تذکر است که قالب‌های دستگاه تاب فشاری مارشال بایستی به کمک آب، گرم شوند به طوری که گرمای آن‌ها کمتر از ۲۱ و بیشتر از ۳۸ درجه سانتی‌گراد نگردند. داخل قالب‌ها نیز بایستی به کمک روغن چرب شود تا آسفالت به جداره نچسبد.

پس از اینکه نمونه‌ها و قالب آماده شد، نمونه را از حمام آب خارج کرده و سطح آن را با یک تکه کرباس، خشک می‌نمایند و بلافاصله در قالب قرار داده و صفحه مدرج مربوط به تعیین تغییر شکل نسبی و صفحه مدرج مربوط به تعیین میزان بار وارده را صفر می‌نمایند و بارگذاری را شروع می‌کنند. در این موقع، یک نفر بایستی درجه مربوط به تغییر شکل

نسبی و یک نفر نیز بایستی درجه مربوط به میزان بار وارده را زیر نظر داشته باشند. عمل بارگذاری را آن‌قدر ادامه می‌دهند تا در نمونه، شکستگی ایجاد شود و بلافاصله بایستی درجه مربوط به میزان بار وارده و درجه مربوط به میزان تغییر شکل نسبی را یادداشت و نتایج را در جدول شماره ۱-۵ وارد کنند.

این آزمایش روی همه نمونه‌ها انجام می‌شود و میانگین هر سه نمونه را نیز تعیین می‌کنند و سپس اعداد به دست آمده را پس از محاسبات مربوطه و تصحیح، به منظور رسم منحنی‌های زیر به کار می‌برند.

الف) منحنی نمایش تغییرات تاب فشاری نسبت به درصد قیر

ب) منحنی نمایش تغییرشکل نسبی، نسبت به درصد قیر

جدول شماره ۱-۵: ضریب تصحیح تاب فشاری نمونه‌های مارشال نسبت به حجم و ضخامت

ضریب تصحیح	ضخامت نمونه، اینچ	حجم نمونه، سانتیمتر مکعب
۵/۵۶	۱	۲۰۰-۲۱۳
۵/۰۰	۱-۱/۱۶	۲۱۴-۲۲۵
۴/۵۵	۱-۱/۸	۲۲۶-۲۳۷
۴/۱۷	۱-۳/۱۶	۲۳۸-۲۵۰
۳/۸۵	۱-۱/۴	۲۵۱-۲۶۴
۳/۵۷	۱-۵/۱۶	۲۶۵-۲۷۶
۳/۳۳	۱-۳/۸	۲۷۷-۲۸۹
۳/۰۳	۱-۷/۱۶	۲۹۰-۳۰۱
۲/۷۸	۱-۱/۲	۳۰۲-۳۱۶
۲/۵۰	۱-۹/۱۶	۳۱۷-۳۲۸
۲/۲۷	۱-۵/۸	۳۲۹-۳۴۰
۲/۰۸	۱-۱/۱۶	۳۴۱-۳۵۳
۱/۹۲	۱-۳/۴	۳۵۴-۳۶۷
۱/۷۹	۱-۱۳/۱۶	۳۶۸-۳۷۹
۱/۶۷	۱-۷/۸	۳۸۰-۳۹۲
۱/۵۶	۱-۱۵/۱۶	۳۹۳-۴۰۵
۱/۴۷	۲	۴۰۶-۴۲۰

ضریب تصحیح	ضخامت نمونه، اینچ	حجم نمونه، سانتیمتر مکعب
۱/۳۹	۲-۱/۱۶	۴۲۱-۴۳۱
۱/۳۲	۲-۱/۸	۴۳۲-۴۴۳
۱/۲۵	۲-۳/۱۶	۴۴۴-۴۵۶
۱/۱۹	۲-۱/۴	۴۵۷-۴۷۰
۱/۱۴	۲-۵/۱۶	۴۷۱-۴۸۲
۱/۰۹	۲-۳/۸	۴۸۳-۴۹۵
۱/۰۴	۲-۷/۱۶	۴۹۶-۵۰۸
۱/۰۰	۲-۱/۲	۵۰۹-۵۲۲
۰/۹۶	۲-۹/۱۶	۵۲۳-۵۳۵
۰/۹۳	۲-۵/۸	۵۳۶-۵۴۶
۰/۸۹	۲-۱۱/۱۶	۵۴۷-۵۵۹
۰/۸۶	۲-۳/۴	۵۶۰-۵۷۳
۰/۸۳	۲-۱۳/۱۶	۵۷۴-۵۸۵
۰/۸۱	۲-۷/۸	۵۸۶-۵۹۸
۰/۷۸	۲-۱۵/۱۶	۵۹۹-۶۱۰
۰/۷۶	۳	۶۱۱-۶۲۵

چون حجم همه نمونه‌ها معمولاً یکسان نیست و غالباً ضخامت نمونه‌ها نیز کمتر از ۳/۰ اینچ می‌باشد، لذا بار وارده روی سطوح غیر متساوی پخش می‌گردد و تاب فشاری نمونه‌ها چنانچه نسبت به حجم و ضخامت تصحیح نگردند، قابل قیاس نیستند. لذا بایستی تاب فشاری به دست آمده نسبت به حجم و ضخامت تصحیح شوند که در جدول شماره ۱-۵ ضریب تصحیح نسبت به عوامل فوق ملاحظه می‌شود.

۱-۱۵-۴. فضای خالی آسفالت [1]

فضای خالی در یک نمونه متراکم شده آسفالت به حباب‌های هوای کوچکی گفته می‌شود که در خلل و فرج نمونه وجود دارد. فضای خالی به صورت درصد حجمی نسبت به حجم نمونه کوبیده شده، بیان می‌گردد و دانستن میزان آن در آسفالت پخش شده در سطح راه،

[1]. Air Void in Bituminous Mixture

اهمیت حیاتی دارد. چنانچه فضای خالی آسفالتی خیلی کم باشد (حدود ۱٪)، احتمال دارد که قیر از سطح راه بیرون بزند و نیز عوارض دیگری در قشر آسفالت پدیدار گردد. حداقل میزان فضای خالی آسفالت ۳ درصد است که برای قشر رویه انتخاب می‌شود. این میزان فضای خالی، حالت انعطاف‌پذیری قشر رویه را تأمین می‌نمایند، به این معنی که در تابستان که هوا گرم است، قیر موجود در اطراف مصالح کمی ازدیاد حجم پیدا می‌کند و چنانچه فضای خالی کم باشد، قیر از سطح راه بیرون می‌زند. ولی تجربه نشان می‌دهد که چنانچه مقدار قیر آسفالت مناسب باشد، وجود حداقل ۳ درصد فضای خالی کافیست که جوابگوی ازدیاد حجم قیر موجود در سطح مصالح سنگی باشد تا عمل قیر بیرون زدن صورت نگیرد.

از طرف دیگر، درصد حجمی فضای خالی آسفالت، چنانچه از حد مجاز (۵٪ برای قشر رویه) بیشتر باشد، معایب بسیاری در قشر ایجاد می‌کند و علی‌الخصوص که آب و هوا به راحتی در این گونه آسفالت‌ها نفوذ نموده و سبب اضمحلال آسفالت می‌گردند.

مهم‌ترین عواملی که در میزان فضای خالی آسفالت مؤثرند، عبارتند از:

الف) دانه‌بندی مصالح سنگی آسفالت

ب) درصد قیر آسفالت

پ) کوبیدگی قشر آسفالت

در مورد عامل الف، بایستی متذکر شد که برای بتن آسفالتی حدود مجاز دانه‌بندی تعیین شده است که فرمول کارگاه بایستی با آن مطابقت داشته باشد. در مورد بند ب نیز به کمک طرح مارشال، بهترین درصد قیر با رعایت میزان فضای خالی آسفالت تعیین می‌گردد. ولی در مورد بند پ که اثر قطعی در میزان فضای خالی آسفالت دارد،هرچه غلتک زدن بیشتر باشد، فضای خالی آسفالت بیشتر کاهش می‌یابد.

حداقل کوبیدگی نسبی آسفالت در سطح راه، مطابق استاندارد وزارت راه ۰/۰۹۷ نسبت به دانسیته ماکزیمم است که در آزمایشگاه به دست آمده است.

درصد فضای خالی آسفالت پخش شده در سطح راه، همیشه بیشتر از آن‌چه که در طرح پیش‌بینی شده است، می‌باشد و علت آن، عدم تشابه شرایط عمل است. از آنجایی که نمونه آسفالت در آزمایشگاه در قالب‌های فلزی کوبیده می‌شود، بدیهی است که تراکم آسفالت در چنین شرایطی به مراتب بهتر از زمانی است که قشر آسفالت توسط غلتک در سطح راه که حالت انعطاف‌پذیری نیز دارد، متراکم می‌گردد. به تجربه ثابت شده است که برای رسیدن به ۳ درصد فضای خالی در قشر آسفالت، بایستی کوبیدگی نسبی را حداقل به ۹۹-۹۸ درصد افزایش داد.

۱-۱۵-۵. طریقه تعیین درصد حجمی فضای خالی آسفالت

در یک نمونه آسفالت کوبیده شده حجم نمونه مشتمل بر عوامل زیر است:

$$V_a = V_v + V_{ag} + V_b$$

V_a :حجم آسفالت متراکم شده

V_v : حجم فضای خالی آسفالت متراکم شده

V_{ag} : حجم مصالح سنگی آسفالت

V_b : حجم مصالح سنگی آسفالت

V_b : حجم قیر مؤثر آسفالت (حجم مقدار قیر منهای قیر جذب شده توسط مصالح)

حال چنان چه حجم نمونه را ۱۰۰ فرض کنیم خواهیم داشت:

$$V_v = 100 - (V_g + V_b)$$

که در این حالت:

V_v : درصد حجمی فضای خالی آسفالت متراکم شده

$(V_g + V_b)$: درصد حجمی آسفالت بدون فضای خالی

رابطه فوق را به صورت زیر نیز می‌توان نوشت:

$$V_v = 100 - P_{gm}$$

که در آن $P_{gm} = \frac{G_{mb}}{G_{mm}} \times 100$ که:

G_{mb} : وزن مخصوص واقعی آسفالت (شامل فضای خالی قابل نفوذ و غیرقابل نفوذ)

G_{mm} : وزن مخصوص ماکزیمم آسفالت (فضای خالی صفر)

P_{gm} : درصد نسبی وزن مخصوص واقعی به وزن مخصوص ماکزیمم آسفالت

تعیین درصد حجمی فضای خالی آسفالت منوط به تعیین وزن مخصوص واقعی آسفالت و تعیین وزن مخصوص ماکزیمم آن می‌شود. بر حسب تعریف، وزن مخصوص آسفالتی که درصد فضای خالی آن صفر باشد، وزن مخصوص ماکزیمم نامیده می‌شود که هم از طریق تجربی و هم به روش تئوری قابل محاسبه و تعیین است.

۱-۱۵-۶. درصد حجمی فضای خالی[1] (محمد سرائی‌پور، ۱۳۷۷، صص ۲۰۵ و ۲۰۶)

فضای خالی بین دانه‌های مصالح سنگی در یک نمونه متراکم شده فاکتور مهم دیگری است که در طرح مارشال مورد بررسی قرار می‌گیرد. میزان فضای خالی مصالح سنگی به نحوه مؤثری در مقدار فضای خالی آسفالت تاثیر دارد. چنانچه درصد حجمی فضای خالی مصالح سنگی خیلی زیاد باشد، درصد حجمی فضای خالی آسفالت هم از حد مجاز بیشتر شده و منجر به اضمحلال آسفالت خواهد گشت. اگر درصد فضای خالی مصالح سنگی کمتر از حد نصاب باشد، در این صورت درصد فضای خالی آسفالت نیز کمتر از حد نصاب مورد لزوم

[1]. Voids in the Mineral Aggregate, V.M.A

شده و باعث بیرون زدن قیر آسفالت خواهد شد. نتیجه این‌که تعیین درصد حجمی فضای خالی مصالح سنگی در یک نمونه آسفالت متراکم شده، نهایت اهمیت را دارد.

درصد حجمی فضای خالی مصالح سنگی از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$V.M.A. = V_v + V_{eac}$$

V_v : درصد حجمی فضای خالی آسفالت

V_{eac} : درصد حجمی قیر مؤثر آسفالت

قیر مؤثر آسفالت، عبارتست از مقدار قیری که به صورت پوشش اطراف دانه‌های مصالح سنگی را فرا می‌گیرد. به این ترتیب قیر محتوی آسفالت، قیر مؤثر محسوب نمی‌شود، چرا که قسمتی از این قیر جذب خلل و فرج دانه‌های مصالح می‌شود که اصطلاحاً «قیر جذب شده» نام دارد. به این ترتیب رابطه زیر در مورد قیر موجود در آسفالت صادق است:

$$P_{tac} = P_{eac} + A_{ac}$$
$$P_{eac} = P_{tac} - A_{ac}$$

P_{tac} : درصد وزنی (نسبت به مخلوط) کل قیر آسفالت

P_{eac} : درصد وزنی (نسبت به مخلوط) قیر مؤثر آسفالت

A_{ac} : درصد وزنی (نسبت به مصالح) قیر جذب شده

تعیین درصد قیر جذب شده توسط مصالح سنگی اهمیت بسیاری دارد، زیرا عملاً بعضی از آسفالت‌ها که قیر کافی دارند، کم قیر به نظر می‌رسند.مشکل فوق به دلیل زیادبودن درصد قیر جذب شده توسط مصالح مصرف شده است. در نتیجه درصد مقدار قیر مؤثر آسفالت کاهش یافته و نتیجه عملکرد آسفالت رضایت‌بخش نخواهد بود.

۱-۱۵-۷. محاسبات طرح مارشال

پس از تهیه نمونه‌های آسفالت طبق استاندارد مربوطه، بایستی آزمایش‌های زیر انجام شود تا بتوان به کمک نتایج حاصله نسبت به تهیه طرح آسفالت اقدام نمود.

الف) آزمایش وزن مخصوص واقعی؛

ب) آزمایش تاب فشاری؛

پ) آزمایش تعیین تغییر شکل نسبی؛

ت) آزمایش تعیین درصد حجمی فضای خالی آسفالت؛

ث) محاسبه درصد حجمی فضای خالی مصالح سنگی آسفالت.

نتایج آزمایش‌های الف و ب و پ در جدول شماره ۱-۷ درج می‌شود و نتایج آزمایشی که به منظور تعیین درصد حجمی فضای خالی آسفالت انجام می‌گردد در جدول شماره ۱-۶ ثبت می‌شود. سپس با استفاده از اعداد مندرج در این جداول، نسبت به محاسبه درصد حجمی فضای خالی مصالح سنگی به شرحی که قبلاً آمده است، اقدام می‌گردد. این قسمت خود شامل ۴ مرحله است که بایستی به ترتیب زیر محاسبه گردند:

۱. محاسبه درصد قیر جذب شده؛
۲. محاسبه وزن مخصوص واقعی تصحیح شده؛
۳. محاسبه درصد حجمی قیر مؤثر آسفالت؛
۴. محاسبه درصد قیر جذب شده.

جدول شماره ۱-۶ : محاسبات درصد حجمی فضای خالی آسفالت

درصد قیر	۴		۴/۵		۵		۵/۵		۶	
شماره نمونه	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
وزن نمونه + ارلن	۲۴۶۱	۲۴۴۰	۲۲۶۴	۲۲۹۸	۲۳۴۱	۲۳۸۲	۲۳۸۳	۲۳۹۰	۲۳۲۱	۲۳۷۸
وزن ارلن	۱۲۱۳	۱۲۳۰	۱۲۱۳	۱۲۳۰	۱۲۱۳	۱۲۳۰	۱۲۱۳	۱۲۳۰	۱۲۱۳	۱۲۳۰
وزن نمونه در هوا A	۱۱۴۸	۱۲۱۰	۱۰۵۱	۱۰۴۸	۱۱۲۸	۱۱۵۲	۱۱۷۰	۱۱۶۰	۱۱۰۸	۱۱۴۸
وزن نمونه + ارلن + آب	۴۲۰۴	۴۱۸۶	۴۰۷۶	۴۰۹۶	۴۱۲۱	۴۱۳۷	۴۱۵۳	۴۱۴۷	۴۱۰۲	۴۱۳۱
وزن ارلن پر از آب	۳۴۱۸	۳۴۲۷	۳۴۱۸	۳۴۲۷	۳۴۱۸	۳۴۲۷	۳۴۱۸	۳۴۲۷	۳۴۱۸	۳۴۲۷
وزن نمونه در آب B	۷۸۶	۷۶۲	۶۵۸	۶۶۹	۷۰۲	۷۱۰	۷۳۵	۷۲۰	۷۸۴	۷۰۴
حجم نمونه A − B	۴۶۲	۴۴۸	۳۹۳	۳۹۹	۴۲۵	۴۴۲	۴۳۵	۴۴۱	۴۲۴	۴۴۴
$\frac{A}{A-B}=G_{mm}$	۲/۶۹۸	۲/۷۰۰	۲/۶۷۵	۲/۶۷۹	۲/۶۲۸	۲/۶۳۷	۲/۶۲۹	۲/۶۳۳	۲/۶۰۸	۲/۵۹۳
میانگین وزن مخصوص ماکزیمم G_{mm}	۲/۶۹۹		۲/۶۷۷		۲/۶۳۳		۲/۶۳۱		۲/۶۰۰	
وزن مخصوص واقعی آسفالت G_{mb}	۲/۵۹۹		۲/۵۸۴		۲/۵۹۸		۲/۵۹۵		۲/۵۸۲	
$\frac{G_{mb}}{G_{mm}}\times 100=P_{gm}$	۹۴/۸		۹۶/۵		۹۷/۹		۹۸/۶		۹۸/۹	
فضای خالی = ۱۰۰- P_{gm}	۵/۲		۳/۵		۲/۱		۱/۴		۱/۱	

جدول شماره ۱-۷:

وزن مخصوص واقعی مصالح سنگی: ۲/۸۸۵ درصد قیر جذب شده: ۰/۲۲ درصد مصالح ریزدانه: ۴۸

وزن مخصوص ظاهری قیر: ۱/۰۰۲ درجه نفوذ قیر: ۱۰۰-۸۵ درصد مصالح درشت‌دانه: ۵۲

درصد قیرنسبت به مخلوط	۴/۰			۴/۵۰			۵/۰			۵/۵۰			۶/۰		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
وزن نمونه کوبیده شده در هوا A	۱۳۰۶/۸	۱۳۰۹/۵	۱۳۰۹/۱	۱۳۱۵/۳	۱۳۱۵/۱	۱۳۱۷/۱	۱۳۲۰/۱	۱۳۱۸/۱	۱۳۱۸/۷	۱۳۲۰/۵	۱۳۲۶/۱	۱۳۲۴/۲	۱۳۲۷۶	۱۳۳/۷۲	۱۳۲۹/۲
وزن نمونه کوبیده در آب B	۷۹۴/۸	۷۹۶/۴	۷۹۸/۵	۸۰۶/۳	۸۰۶/۸	۸۰۳/۵	۸۱۲/۱	۸۱۱/۸	۸۱۱/۰	۸۱۱/۵	۸۱۴/۷	۸۱۴/۱	۸۱۳/۸	۸۱۵/۴	۸۱۴/۴
حجم نمونه، سانتیمترمکعب A-B=C	۵۱۲/۰	۵۱۳/۱	۵۱۱/۱	۵۰۹/۰	۵۰۸/۳	۵۰۸/۱	۵۰۸/۰	۵۰۷/۱	۵۰۷/۷	۵۰۹/۰	۵۱۱/۴	۵۰۹/۶	۵۱۴/۰	۵۱۵/۳	۵۱۴/۹
وزن مخصوص واقعی A/C=Gmb	۲/۵۵۲	۲/۵۶۳	۲/۵۶۲	۲/۵۸۴	۲/۵۸۷	۲/۵۸۱	۲/۵۹۹	۲/۵۹۹	۲/۵۹۷	۲/۵۶۴	۲/۵۹۳	۲/۵۰۹	۲/۵۸۳	۲/۵۸۲	۲/۵۸۲
میانگین وزن مخصوص واقعی Gmb	۲/۵۵۹			۲/۵۸۴			۲/۵۹۸			۲/۵۶۵			۲/۵۸۲		
تاب فشاری پرحسب درجه دستگاه D	۱۵۴	۱۵۶	۱۶۰	۱۶۴	۱۵۰	۱۵۶	۱۶۲	۱۶۴	۱۵۰	۱۵۴	۱۴۶	۱۴۶	۱۲۹	۱۲۴	۱۳۶
ضریب رینگ E	۱۱/۶	۱۱/۶	۱۱/۸	۱۱/۶	۱۱/۶	۱۱/۶	۱۱/۶	۱۱/۶	۱۱/۶	۱۱/۶	۱۱/۶	۱۱/۶	۱۱/۶	۱۱/۶	۱۱/۶
ضریب تصحیح نسبت به حجم F	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۴	۱/۰۴	۱/۰۴	۱/۰۴	۱/۰۴	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰
تاب فشاری، کیلوگرم ۲/۸ : DEF	۸۱۴	۸۲۲	۸۳۹	۸۶۴	۸۲۱	۸۵۵	۸۵۱	۸۹۷	۸۴۳	۸۱۳	۷۷۶	۷۷۶	۶۷۸	۶۰۴	۷۲۰
میانگین تاب فشاری	۸۲۵			۸۴۷			۸۵۷			۷۸۴			۶۸۴		
تغییرشکل، یکصدم اینچ H	۸۰	۸	۸	۸	۱۰	۸	۱۱	۱۰	۱۰	۱۳	۱۴	۱۳	۱۷	۱۷	۱۷
درصد تغییرشکل نسبی H : ۴	۲	۲	۲	۲	۲/۵	۲	۲/۷۵	۲/۵	۲/۵	۳/۲۵	۳/۵	۳/۲۵	۴/۲۵	۴/۲۵	۴/۲۵
میانگین درصد تغییرشکل نسبی	۲/۰			۲/۱			۲/۶۰			۳/۲۳			۴/۲۵		
درصد حجمی فضای خالی آسفالت	۵/۲			۳/۵			۲/۱			۱/۴			۱/۱		
درصد حجمی فضای خالی مصالح سنگی	۱۴/۸			۱۴/۴			۱۴/۵			۱۵/۰			۱۵/۹		

(محمد سرائی‌پور، ۱۳۷۷، صفحات ۲۰۹ الی ۲۱۶)

۱-۱۵-۸. تعیین مناسب‌ترین درصد قیر

شکل کلی منحنی‌های آزمایش مارشال در تصویرشماره ۱-۳ ملاحظه و به کمک آن‌ها مناسب‌ترین درصد قیر آسفالت مورد آزمایش، تعیین می‌گردد. هدف از تعیین مناسب‌ترین درصد قیر، عبارت از تعیین درصد قیری است که آسفالت تهیه شده بر مبنای آن دارای بهترین مشخصات باشد، یعنی وزن مخصوص و تاب فشاری آن به ماکزیمم نزدیک و به علاوه درصد حجمی فضای خالی آسفالت نیز در حدود دلخواه باشد. به هین دلیل میانگین درصد قیرهای منحنی‌های الف، ب و پ تعیین می‌شود.

الف) درصد قیر نسبت به ماکزیمم وزن مخصوص: ۵/۱۵

ب) درصد قیر نسبت به ماکزیمم تاب فشاری: ۵/۰۰

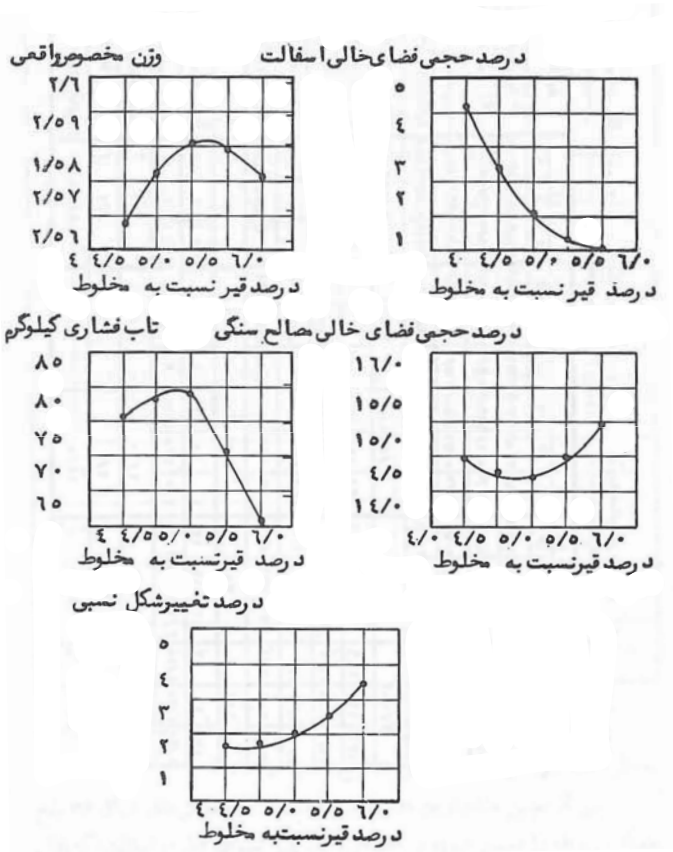
پ) درصد قیر به ازای ۴ درصد فضای خالی (برای قشر آستر): ۴/۳۰

ت) میانگین درصد قیر نسبت به مخلوط: ۴/۸۱

عدد ۴/۸۱ درصد را به عنوان مناسب‌ترین درصد قیر گزارش می‌نمایند. در ضمن باید دانست که منحنی نمایش تغییرات درصد قیر تعیین شده، بایستی در حوالی این مینیمم قرار گیرد. در طرح آسفالت، همیشه بایستی میزان تغییر شکل نسبی آسفالت گزارش شود. به سبب آنکه این معیار نقش مهمی در طرح شاهراه‌ها دارند.

پس از تعیین مناسب‌ترین درصد قیر با استفاده از منحنی‌های تصویر شماره ۱-۳ ، پنج معیار مربوطه را تعیین کرده و به انضمام درصد قیر به عنوان «طرح آسفالت» گزارش می‌نمایند.

۱. مناسب‌ترین درصد قیر نسبت به مخلوط: ۴/۸۱ درصد
۲. وزن مخصوص آسفالت به ازای مناسب‌ترین درصد قیر: ۲/۵۹۵ درصد
۳. تاب فشاری آسفالت به ازای مناسب‌ترین درصد قیر: ۸۵۸ کیلوگرم
۴. درصد حجمی فضای خالی آسفالت به ازای مناسب‌ترین درصد قیر: ۲/۶ درصد
۵. درصد حجمی فضای خالی مصالح به ازای مناسب‌ترین درصد قیر: ۱۴/۴ درصد
۶. میزان تغییر شکل نسبی به ازای مناسب‌ترین درصد قیر: ۲/۵ درصد



تصویر شماره ۱-۱: تیپ منحنی‌های طرح مارشال

خلاصه

آسفالت گرم، مخلوطی از مصالح سنگی و قیر خالص است که بر حسب نوع دانه‌بندی مصالح سنگی و قیر مصرفی، بین حداقل ۱۰۵ الی حداکثر ۱۶۳ درجه سانتی‌گراد در کارخانه آسفالت تهیه و در محدوده همین حرارت روی سطوح آماده‌شده راه مانند بستر روسازی تقویت می‌گردد. زیراساس، پوشش‌های گوناگون آسفالتی سرد و گرم و رویه‌های بتنی پخش و کوبیده می‌شود.

در گروه مخلوط‌های آسفالت گرم، بتن آسفالتی، ممتازترین، مقاوم‌ترین و بادوام‌ترین نوع آن است که از اختلاط مصالح سنگی مرغوب و شکسته با دانه‌بندی منظم و پیوسته و قیر خالص، ضمن اعمال کنترل و نظارت دقیق در کلیه مراحل تولید به دست می‌آید. بتن آسفالتی در کلیه قشرهای مختلف روسازی راه و در هرگونه شرایط جوی و ترافیکی، بدون هیچ محدودیتی قابل استفاده است. درحالی‌که در شرایط مشابه، کاربرد سایر انواع آسفالت‌های گرم با دانه‌بندی‌های گسسته، باز و یا منظم، محدودیت‌های زیادی دارد.

انواع مخلوط‌های آسفالت گرم و بتن آسفالتی مصرفی در قشرهای روسازی راه، شامل قشر رویه (توپکا)، قشر آستر (بیندر)، اساس قیری و ماسه آسفالت است.

آزمایش‌های اصلی آسفالت گرم، شامل روش مارشال، آزمایش وزن مخصوص آسفالت، آزمایش تاب فشاری و تغییر شکل نسبی، آزمایش فضای خالی آسفالت، آزمایش تعیین درصد حجمی فضای خالی آسفالت و ... می‌باشد.

آزمون

۱. آسفالت گرم را تعریف کنید؟
۲. انواع آسفالت گرم در روسازی را نام برده و نوع کاربرد آن‌ها را توضیح دهید؟
۳. کاربرد آسفالت ماستیک را بیان نمایید؟
۴. تفاوت دانه‌بندی در قشر رویه و قشر آستر را چیست؟
۵. ماسه آسفالت را تعریف نموده و کاربرد آن را ذکرکنید؟
۶. خواص آسفالت گرم چیست؟
۷. عوامل اصلی کاهش‌دهنده عمر آسفالت گرم را نام ببرید؟
۸. فضای خالی آسفالت در مقاومت و عملکرد آن چه تاثیری دارد، مختصراً آن را شرح دهید؟
۹. آزمایش‌های آسفالت گرم را نام ببرید و هر یک را مختصراً توضیح دهید؟

فصل دوم

سنگ‌دانه‌ها

اهداف

هدف از مطالعه این فصل، آشنایی با مطالب زیر می‌باشد:

۱. ویژگی‌های سنگ‌دانه‌های مصرفی در آسفالت گرم

۲. خصوصیات معادن مصالح مصرفی در آسفالت گرم

۳. نحوه انبار کردن سنگ‌دانه‌ها

۴. تعریف فیلر و انواع آن

۲-۱ . دانه‌بندی مخلوط‌های آسفالتی

دانه‌بندی انواع مخلوط‌های آسفالت گرم و بتن آسفالتی با توجه به نوع مصرف آن‌ها در روسازی و بر حسب اینکه متراکم و پیوسته۱، باز۲ و متخلخل۳ باشند، به ترتیب در جدول‌های ۲-۱، ۲-۲ و ۲-۳ نشان داده شده است(نشریه ۱۰۱، ۱۳۸۹، صفحات ۴۸۱ الی ۴۹۰).

۲-۲. سنگ‌دانه‌ها

سنگ‌دانه‌ها از معادن سنگ کوهی یا قلوه سنگ‌های درشت رودخانه‌ای تهیه و طی دو مرحله جداگانه، در سنگ‌شکن‌های فکی و سپس دوار (کوبیت)، شکسته می‌شود. مصالح پس از شکسته شدن، دانه‌بندی شده (با سرند کردن) و در قسمت‌های مجزا به صورت مصالح درشت‌دانه، میان‌دانه و ریزدانه انبار می‌گردد.

در صورتی که استخراج سنگ از معدن به دلایل مختلف اقتصادی نبوده و یا تهیه مواد سوزا (انفجاری) امکان‌پذیر نباشد، می‌توان برای اساس قیری، از شکستن مخلوط شن و ماسه درشت رودخانه و برای رویه و آستر، از شکستن قلوه سنگ رودخانه‌ای استفاده کرد.

مصالح سنگی انواع آسفالت گرم و بتن آسفالتی باید سخت، محکم، بادوام، تمیز، مکعبی شکل و عاری از هرگونه مواد آلی، رسی، شیستی، پوشش خاکی و دانه‌های سست بوده و برای هر قطعه‌ای از پروژه از یک معدن تهیه شده باشد. در صورتی که مصالح درشت و متوسط اندود خاکی داشته باشند، باید قبل از مصرف شسته شوند.

---

[1]. Dense Grade
[2]. Open Grade
[3]. Porous Mix

چنانچه ماسه طبیعی به عنوان بخشی از مصالح سنگی مورد استفاده قرار گیرد، علاوه بر انطباق با ویژگی‌های فوق و مشخصات فنی این فصل، در صورت لزوم باید شسته شود.

جدول شماره ۲-۱: انواع دانه‌بندی‌های پیوسته مخلوط‌های آسفالت گرم

اندازه الک	درصد وزنی رد شده از هر الک						
	۱	۲	۳	۴	۵	۶*	۷**
	اساس قیری	اساس قیری و آستر	اساس قیری و آستر	آستر و رویه	رویه	رویه	رویه
۵۰ میلی‌متر (2 اینچ)	۱۰۰	–	–	–	–	–	–
۳۷/۵ میلی‌متر (1½ اینچ)	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	–	–	–	–	–
۲۵ میلی‌متر (1 اینچ)	–	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	–	–	–	–
۱۹ میلی‌متر (¾ اینچ)	۵۶-۸۰	–	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	–	–	–
۱۲/۵ میلی‌متر(½ اینچ)	–	۵۶-۸۰	–	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	–	–
۹/۵ میلی‌متر (⅜ اینچ)	–	–	۵۶-۸۰	–	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	–
۴/۷۵ میلی‌متر (شماره ۴)	۲۳-۵۳	۳۹-۵۹	۳۵-۶۵	۴۴-۷۴	۵۵-۸۵	۸۰-۱۰۰	–
۲/۳۶ میلی‌متر (شماره ۸)	۱۵-۴۱	۱۹-۴۵	۲۳-۴۹	۲۸-۵۸	۳۲-۶۷	۶۵-۱۰۰	۹۵-۱۰۰
۱/۱۸ میلی‌متر (شماره ۱۶)	–	–	–	–	–	۴۰-۸۰	۸۵-۱۰۰
۰/۶ میلی‌متر (شماره ۳۰)	–	–	–	–	–	۲۵-۶۵	۷۰-۹۵
۰/۳ میلی‌متر (شماره ۵۰)	۴-۱۶	۵-۱۷	۵-۱۹	۵-۲۱	۷-۲۳	۷-۴۰	۴۵-۷۵
۰/۱۵ میلی متر (شماره ۱۰۰)	–	–	–	–	–	۳-۲۰	۲۰-۴۰
۰/۰۷۵میلی‌متر (شماره ۲۰۰)	۰-۶	۱-۷	۲-۸	۲-۱۰	۲-۱۰	۲-۱۰	۹-۲۰

* Sand Asphalt

** Sheet Asphalt

جدول شماره ۲-۲: انواع دانه‌بندی باز مخلوط‌های آسفالت گرم

اندازه الک	درصد وزنی رد شده از هر الک					
	۱	۲	۳	۴	۵	۶
	اساس قیری	اساس قیری و آستر	اساس قیری و آستر	آستر و رویه	رویه	رویه
۵۰ میلی‌متر (2 اینچ)	۱۰۰	–	–	–	–	–
۳۷/۵ میلی‌متر (1½ اینچ)	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	–	–	–	–
۲۵ میلی‌متر (1 اینچ)	–	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	–	–	–
۱۹ میلی‌متر (¾ اینچ)	۴۰-۷۰	–	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	–	–
۱۲/۵ میلی‌متر (½ اینچ)	–	۴۰-۷۰	–	۸۵-۱۰۰	۱۰۰	–
۹/۵ میلی‌متر (⅜ اینچ)	۱۸-۴۸	–	۴۰-۷۰	۶۰-۹۰	۸۵-۱۰۰	–
۴/۷۵ میلی‌متر (شماره ۴)	۶-۲۹	۱۰-۳۴	۱۵-۳۹	۲۰-۵۰	۴۰-۷۰	۱۰۰
۲/۳۶ میلی‌متر (شماره ۸)	۰-۱۴	۱-۱۷	۲-۱۸	۵-۲۵	۱۰-۳۵	۷۵-۱۰۰
۱/۱۸ میلی‌متر (شماره ۱۶)	–	–	–	۳-۱۹	۵-۲۵	۵۰-۷۵
۰/۶ میلی‌متر (شماره ۳۰)	۰-۸	۰-۱۰	۰-۱۰	–	–	۲۸-۵۳
۰/۳ میلی‌متر (شماره ۵۰)	–	–	–	۰-۱۰	۰-۱۲	۸-۳۰
۰/۱۵ میلی‌متر (شماره ۱۰۰)	–	–	–	–	–	۰-۱۲
۰/۰۷۵ میلی‌متر (شماره ۲۰۰)	–	–	–	–	–	۰-۵

جدول شماره۲-۳: دانه‌بندی مخلوط آسفالتی متخلخل

اندازه الک	درصد وزنی رد شده از هر الک	
	۱	۲
۱۹ میلی‌متر (¾ اینچ)	۱۰۰	–
۱۲/۵ میلی‌متر (½ اینچ)	۹۰ - ۱۰۰	۱۰۰
۹/۵ میلی‌متر (⅜ اینچ)	۶۰ - ۱۰۰	۹۰ - ۱۰۰
۴/۷۵ میلی‌متر (شماره ۴)	۱۵ - ۴۰	۳۰ - ۵۰
۲/۳۶ میلی‌متر (شماره ۸)	۴ -۱۲	۵ -۱۵
۰/۰۷۵ میلی‌متر (شماره ۲۰۰)	۲ - ۵	۲ - ۵

۲-۲-۱. مشخصات سنگ‌دانه‌ها

مشخصات سنگ‌دانه‌های درشت و ریز برای قشرهای اساس قیری، آستر و رویه، باید با جدول ۲-۴ مطابقت داشته باشد. مصالحی که فاقد ویژگی‌های این جدول هستند، باید از کارگاه خارج گردند.

۲-۲-۲. تهیه مصالح سنگی

مخلوط مصالح سنگی و هر یک از اجزای درشت و ریز آن که در مخلوط‌های آسفالت گرم و بتن آسفالتی مصرف می‌شود، باید با رعایت دقیق مطالب مشروحه زیر تهیه و انبار شده و سپس مصرف گردند.

۲-۲-۲-۱ .معادن و آزمایش مصالح

معادن مصالح رودخانه‌ای و سنگ تعیین شده در مشخصات فنی خصوصی برای عملیات آسفالتی و نیز منابعی که توسط پیمانکار پیشنهاد می‌شود، باید از نظر کمیت و کیفیت و انطباق نتایج حاصله، با ارزش‌های مندرج در این فصل آزمایش گردند. مصرف مصالح از هر منبع فقط هنگامی مجاز خواهد بود که مورد تأیید کتبی دستگاه نظارت قرار گرفته باشد.

مصالح مصرفی برای عملیات آسفالتی، منحصراً باید از یک معدن و از یک جنس و کیفیت انتخاب شود. به جز در مواردی که جهت اصلاح دانه‌بندی مخلوط مصالح سنگی و یا انطباق آن‌ها با مشخصات کاربرد مصالح دیگری توسط دستگاه نظارت ضروری تشخیص داده شود. علاوه بر آزمایشات اولیه جهت شناسایی کیفیت مصالح معدن یا معادن انتخاب شده، در صورت لزوم و به تشخیص دستگاه نظارت، باید نسبت به انجام آزمایشات اضافی لازم در حین تولید و بهره‌برداری نیز اقدام نمود.

جدول شماره ۲-۴: مشخصات سنگ‌دانه‌های بتن آسفالتی

شرح		اساس قیری	آستر	رویه	روش آزمایش	
					AASHTO	ASTM
۱. مصالح درشت دانه						
حداکثر سایش به روش لس‌آنجلس (درصد)		۴۵	۴۰	۳۰	T96	C131
حداکثر افت وزنی با سولفات سدیم (درصد)		۱۲	۸	۸	T104	C88
حداکثر جذب آب (درصد)		-	۲/۵	۲/۵	T85	C127
حداکثر ضریب تورق با روش BS812 (درصد)		۳۵	۳۰	۲۵	-	-
حداقل شکستگی	در یک جبهه روی الک شماره ۴ (درصد)	۵۰	-	-	-	D5821
	در دو جبهه روی الک شماره ۴ (درصد)	-	۸۰	۹۰	-	D5821
حداقل چسبندگی با قیر (درصد)		۹۵	۹۵	۹۵	T182	-
۲. مصالح ریز دانه [+]						
حداکثر نشانه خمیری PI (درصد)		۴	غ خ*	غ خ*	T90	D4318
حداکثر افت وزنی (درصد)		۱۵	۱۲	۱۲	T104	C88
حداکثر جذب آب (درصد)		-	۲/۸	۲/۱۲۵	T84	C128
حداقل ارزش ماسه‌ای قبل از تغذیه به کارخانه آسفالت (درصد)		۴۵	۵۰	۵۰	T1763	D2419
حداکثر مجاز مصرف ماسه طبیعی نسبت به کل مصالح ریزدانه (درصد وزنی)		۱۰۰	۲۵	صفر	-	-
حد رواداری ضریب نرمی نسبت به پایه [++]		-	±۰/۲۵	±۰/۲۵	M6	-
۳. مخلوط مصالح درشت، متوسط، ریز و فیلر						
حداکثر نشانه خمیری مصالح رد شده از الک ۲۰۰ (درصد) [+++]		۴	۴	۴	T90	D4318

[+] ماسهٔ شکسته یا ماسه رودخانه‌ای

*غ خ = غیرخمیری

[++] ضریب نرمی مصالح ریزدانه: حاصل جمع درصدهای مانده روی الک‌های ۹/۵، ۴/۷۵، ۲/۳۶، ۱/۱۸، ۰/۶، ۰/۳ و ۰/۱۵ میلی‌متر تقسیم بر ۱۰۰

[+++] در صورت عدم استفاده از سیمان یا آهک شکفته به عنوان فیلر

۲-۲-۲-۲. انبار کردن مصالح

مصالح سنگی درشت و ریز باید به نحوی در کارگاه انبار شود که با یکدیگر مخلوط نشده و کیفیت و مرغوبیت آن‌ها از لحاظ مصرف از بین نرود. برای جدا کردن مصالح، می‌توان از تیغه‌های آجری یا هر وسیله قابل قبول دیگری استفاده نمود.

کاربرد بولدوزر و لودر برای انبار کردن و جمع کردن مصالح قابل قبول نخواهد بود. اگر ماسه طبیعی به عنوان بخشی از مصالح ریز مصرف می‌شود، باید جداگانه انبار گردد.

محل انبار مصالح سنگی باید قدری مرتفع‌تر و برجسته‌تر از پیرامون آن باشد تا زهکشی آب در بستر زیرین مصالح سنگی به نحو مطلوبی انجام شده و آب‌های سطحی به سرعت از جسم مصالح به خارج هدایت گردند.

۲-۲-۲-۳. تفکیک مصالح و دانه‌بندی آن‌ها

در کلیه عملیات آسفالت گرم و بتن آسفالتی جهت انطباق کامل دانه‌بندی مخلوط با فرمول کارگاهی و تأمین یکنواختی آن، مخلوط مصالح سنگی تولید شده را قبل از مصرف با توجه به حداکثر اندازه سنگ‌دانه باید حداقل به دو جزء درشت‌دانه و یک جزء ریزدانه و یا بیشتر، به نحوی که هر یک از اجزا دانه‌بندی معینی داشته باشد، جدا و انبار نمود.

دانه‌بندی مصالح درشت‌دانه (مانده روی الک ۴/۷۵ میلی‌متر شماره ۴) بعد از تفکیک، با توجه به حداکثر اندازه سنگ‌دانه، باید با یکی از دانه‌بندی‌های جدول شماره ۲-۵ و مصالح ریزدانه نیز (رد شده از الک ۴/۷۵ میلی‌متر شماره ۴) با یکی از دانه‌بندی‌های مندرج در جدول شماره۲-۶ تطبیق نماید.

از دانه‌بندی‌های دیگر، غیر از دانه‌بندی جدول‌های ۲-۵ و ۲-۶، با تأیید دستگاه نظارت می‌توان استفاده کرد.

جدول شماره ۲-۵: دانه‌بندی مصالح سنگی درشت‌دانه

اندازه اسمی- میلیمتر	درصد وزنی رد شده از هر الک							
	۳۷/۵	۲۵	۲۵	۱۹	۱۹	۱۹	۱۲/۵	۹/۵
شماره دانه‌بندی / اندازه الک	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۸	۹
۵۰ میلی‌متر (2 اینچ)	۱۰۰	–	–	–	–	–	–	–
۳۷/۵ میلی‌متر (1½ اینچ)	۱۰۰-۹۰	۱۰۰	۱۰۰	–	–	–	–	–
۲۵ میلی‌متر (1 اینچ)	۵۵-۲۰	۱۰۰-۹۰	۱۰۰-۹۰	۱۰۰	۱۰۰	–	–	–
۱۹ میلی‌متر (¾ اینچ)	۱۵-۰	۵۵-۲۰	–	۱۰۰-۹۰	۱۰۰-۹۰	۱۰۰-۹۰	۱۰۰	–
۱۲/۵ میلی‌متر (½ اینچ)	–	۱۰-۰	۶۰-۲۰	۵۵-۲۰	–	–	۱۰۰-۹۰	۱۰۰
۹/۵ میلی‌متر (⅜ اینچ)	۵-۰	۵-۰	–	۱۵-۰	۵۵-۲۰	۶۵-۳۰	۷۵-۴۰	۱۰۰-۸۵
۴/۷۵ میلی‌متر (شماره ۴)	–	–	۱۰-۰	۵۰-۰	۱۰-۰	۲۵-۵	۲۵-۵	۳۰-۱۰
۲/۳۶ میلی‌متر (شماره ۸)	–	–	۵-۰	–	۵-۰	۱۰-۰	۱۰-۰	۱۰-۰
۱/۱۸ میلی‌متر (شماره ۱۶)	–	–	–	–	–	۵-۰	۵-۰	۵-۰
۰/۳ میلی‌متر (شماره ۵۰)	–	–	–	–	–	–	–	–

جدول شماره ۲-۶:دانه‌بندی مصالح ریزدانه

اندازه الک	درصد وزنی			
	۱	۲	۳	۴
۹/۵ میلی‌متر (⅜ اینچ)	۱۰۰	–	–	۱۰۰
۴/۷۵ میلی‌متر (شماره ۴)	۱۰۰-۹۵	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰-۸۰
۲/۳۶ میلی‌متر (شماره ۸)	۱۰۰-۷۰	۱۰۰-۷۵	۱۰۰-۹۵	۱۰۰-۶۵
۱/۱۸ میلی‌متر (شماره ۱۶)	۸۰-۴۰	۷۴-۵۰	۱۰۰-۸۵	۸۰-۴۰
۰/۶ میلی‌متر (شماره ۳۰)	۶۵-۲۰	۵۲-۲۸	۹۰-۶۵	۶۵-۲۰
۰/۳ میلی‌متر (شماره ۵۰)	۴۰-۷	۳۰-۸	۶۰-۳۰	۴۰-۷
۰/۱۵ میلی‌متر (شماره ۱۰۰)	۲۰-۲	۱۲-۰	۲۵-۵	۲۰-۲
۰/۰۷۵ میلی‌متر (شماره ۲۰۰)	۱۰-۰	۵-۰	۵-۰	۱۰-۰

۲-۲-۳. فیلر

انتخاب نوع فیلر، مقدار مصرف و دانه‌بندی آن در انواع بتن آسفالتی، اهمیت ویژه‌ای دارد. در صورتی که از شکستن سنگ‌دانه‌ها به مقدار کافی فیلر به دست نیاید، بایستی فیلر جداگانه تهیه و در کارخانه آسفالت به مصالح اضافه شود.

فیلر اضافی را می‌توان از گرد آهکی، آهک شکفته، سیمان و یا سایر سنگ‌های معدنی تهیه نمود. دانه‌بندی فیلر مورد استفاده در آسفالت باید طبق جدول شماره ۲-۷ باشد. فیلر مصرفی، وقتی که از سیمان و آهک شکفته استفاده نمی‌شود، باید PI <۴ باشد. وجود کانی‌های رسی (دانه‌های کوچک‌تر از ۰/۰۰۲ میلی‌متر) در فیلر قابل قبول نمی‌باشد، مگر آن‌که فیلر از پودر سنگ تهیه گردد. آهک شکفته مصرفی به عنوان فیلر باید با مشخصات AASHTO M303 منطبق باشد. استفاده از فیلتر دستگاه غبارگیر کارخانه آسفالت، در صورتی مجاز است که با مشخصات فوق انطباق داشته باشد.

جدول شماره ۲-۷: دانه‌بندی فیلر

اندازه الک	درصد وزنی رد شده
۰/۶ میلی‌متر (شماره ۳۰)	۱۰۰
۰/۳ میلی‌متر (شماره ۵۰)	۹۵-۱۰۰
۰/۰۷۵ میلی‌متر (شماره ۲۰۰)	۷۰-۱۰۰

فیلر باید در انبارهای مسقف و سرپوشیده نگهداری شده و تا قبل از مصرف کاملاً خشک و فاقد رطوبت باشد.

خلاصه

دانه‌بندی انواع مخلوط‌های آسفالت گرم و بتن آسفالتی با توجه به نوع مصرف آن‌ها در روسازی و بر حسب این‌که متراکم و پیوسته، باز و متخلخل باشند، انتخاب می‌گردد.

مصالح مصرفی برای عملیات آسفالتی منحصراً باید از یک معدن و از یک جنس و کیفیت انتخاب شود، به‌جز در مواردی که جهت اصلاح دانه‌بندی مخلوط مصالح سنگی و یا انطباق آن‌ها با مشخصات کاربرد مصالح دیگری توسط دستگاه نظارت ضروری تشخیص داده شود. علاوه بر آزمایش‌های اولیه جهت شناسایی کیفیت مصالح معدن یا معادن انتخاب شده، در صورت لزوم و به تشخیص دستگاه نظارت باید نسبت به انجام آزمایش‌های اضافی لازم در حین تولید و بهره‌برداری نیز اقدام نمود.

مصالح سنگی انواع آسفالت گرم و بتن آسفالتی باید سخت، محکم، بادوام، تمیز، مکعبی شکل و عاری از هرگونه مواد آلی، رسی، شیستی، پوشش خاکی و دانه‌های سست بوده و برای هر قطعه‌ای از پروژه از یک معدن تهیه شده باشد. در صورتی که مصالح درشت و متوسط اندود خاکی داشته باشند، باید قبل از مصرف شسته شوند.

مصالح سنگی درشت و ریز باید به نحوی در کارگاه انبار گردد که با یکدیگر مخلوط نشده و کیفیت و مرغوبیت آن‌ها از لحاظ مصرف از بین نرود. برای تأمین کیفیت دانه‌بندی مناسب مخلوط سنگ‌دانه‌ها از فیلر استفاده می‌شود.

آزمون

۱. خصوصیات سنگ‌دانه‌های مصرفی در آسفالت گرم را بیان کنید؟
۲. ویژگی‌های معادن مصالح مصرفی در آسفالت گرم را توضیح دهید؟
۳. نحوه انبار کردن سنگ‌دانه‌ها را شرح دهید؟
۴. فیلر را تعریف نموده و انواع آن را نام ببرید؟

فصل سوم

قیر

اهداف

هدف از مطالعه این فصل، آشنایی با مطالب زیر می‌باشد:

۱. انواع قیر
۲. چگونگی تولید قطران
۳. نحوه تشکیل قیر سنگ
۴. تعریف، انواع و مصارف قیرآبه‌ها
۵. کاربردهای قیرهای دمیده و قیرهای محلول
۶. انواع قیرهای اصلاح شده
۷. اجزای شیمیایی قیر

۳-۱. کلیات

چسباننده‌های سیاه مصرفی در راه‌سازی، شامل مواد قیری و قطرانی، دارای این خاصیت اصلی می‌باشد که دانه‌های سنگی را به یکدیگر چسبانده و به جسم یکپارچه تبدیل می‌کند. قیر، جسمی است سیاه رنگ که از شمار زیادی هیدروکربور ساخته شده است. قیر را از عهد باستان در ایران می شناختند و واژه آن ممکن است ایلامی یا بابلی باشد.

قیر خالص در دمای محیط جامد است و بر اثر حرارت روان می‌شود. قیر در روغن‌های معدنی و حلال‌هایی نظیر سولفیدکربن، تتراکلریدکربن و تری‌کلرید اتیلن حل می‌شود. قطران[1] نیز که رنگی سیاه ولی متمایل به قهوه‌ای دارد، از تقطیر گازهای حاصل از حرارت دادن زغال سنگ، چوب و سنگ‌های شیستی به دست می‌آید. این ماده، قطران خام نامیده می‌شود و از تصفیه آن قطران راه‌سازی حاصل می‌گردد. قطران در ایران به میزان بسیار کم تولید می‌شود و استفاده از آن در کارهای راه‌سازی کشور معمول نیست (نشریه ۱۰۱، ۱۳۸۹، ص۳۴۹).

۳-۲. انواع قیر

قیرهای مصرفی در راه‌سازی عمدتاً دو نوع است. اگر از معدن به دست آید، قیر طبیعی[2] یا معدنی و هرگاه از پالایش نفت خام حاصل شود، قیر نفتی[3] نام دارد. در راه‌سازی باید از قیرهای نفتی استفاده گردد، چنانچه مصرف قیر معدنی در پروژه‌ای مورد نظر باشد، نسبت اختلاط قیر نفتی با قیر معدنی باید در مشخصات فنی خصوصی آورده شود.

---

1. Tar
2. Natural Asphalt
3. Petroleum Asphalt

۳-۲-۱. قیرهای طبیعی

وقتی که مواد فرار نفت خام موجود در اعماق زمین، بـه مرورزمـان و در اثـر عوامـل جـوی تبخیر شود، ماده سیاهی از آن بر جای می‌ماند که قیر طبیعـی نـام دارد. قیرهـای طبیعـی شامل قیر سـنگ‌هـا و قیرهـای دریاچـه‌ای بـه شـرح زیـر مـی‌باشـد (نشـریه ۲۳۴، ۱۳۸۱، ص ۵-۱):

۳-۲-۱-۱. قیرسنگ‌ها

قیرسنگ‌ها، عمدتاً سنگ‌های آهکی و ماسه‌ای است که نفت خام در آن‌ها نفـوذ کـرده و بـا گذشت زمان، مواد فرار آن تبخیر شده و قیر در این سنگ‌ها باقی مانده است. قیرسنگ‌ها را پس از خرد و نرم کردن، حرارت داده و در سطح راه پخش می‌کنند. مقدار قیـر موجـود در قیرسنگ‌ها از ۷ تا حدود ۸۰ درصد تغییر می‌کند. قیرسنگ‌های موجـود در لرسـتان ایـران حدود ۸۰-۷۰ درصد قیر دارد.

استفاده از قیرسنگ‌ها در راه‌سازی، به دلیـل هزینـه‌هـای زیـاد اسـتخراج، حمـل، عـدم یکنواختی مواد تشکیل‌دهنده، متغیر بودن میزان قیر موجود در آن‌ها از یک طرف و فراوانی و ارزانی قیرهای نفتی در حال حاضر از طرف دیگر، ممکن است مقـرون بـه صـرفه نباشـد. البته تحقیقات آینده می‌تواند به بهره‌برداری اقتصادی از ایـن سـرمایه در صـنعت راه‌سـازی کمک کند.

۳-۲-۱-۲. قیرهای دریاچه‌ای

وقتی که نفت خام به طور طبیعی از بین لایه‌های شکست‌خورده زمین به سطح زمین صعود می‌کند و مواد فرار آن تبخیر می‌شود، قیرهای طبیعی به صورت دریاچه در روی زمین ظاهر می‌گردند.

منابع قیر دریاچه‌ای در اغلب نقاط جهان و از جمله در ایران یافت می‌شود. این منابع در کرمانشاه (پاتاق و گشان)، پیشکوه لرستان (قلعه قیران)، تشان بهبهان، فهلیان، قیردره مغان و خرامه فارس وجود دارد. نتایج آزمایش قیر طبیعی بهبهان فقط به عنوان راهنما در جدول شماره ۳-۱ ارائه شده است. این قیر بسیار سفت است و به صورت طبیعی بدون اختلاط با یک قیر نسبتاً شل قابل کاربرد نیست.

اختلاف زیاد در نتایج آزمایش مؤسسات مختلف (جدول شماره ۳-۱) احتمالاً به دلیل نمونه‌گیری از نقاط مختلف است.

جدول شماره ۳-۱: خصوصیات قیر تشان بهبهان

محل انجام آزمایش / مشخصه یا آزمایش	دانشکده فنی داشگاه تهران	آزمایشگاه وزارت راه	ایتالیا
حلالیت در CS_2	۸۱/۲ درصد	-	۵۸/۸
حلالیت در CCI_4	-	۷۳/۶ درصد	-
درجه نفوذ در ۵۲ درجه سانتی‌گراد	۱	۳	۲
نقطه نرمی (حلقه و گلوله)	۱۱۹ سانتی‌گراد	۹۶/۷ سانتی‌گراد	۸۰/۸
درجه انگمی در ۲۵ درجه سانتی‌گراد	۰	۰	-
درجه اشتعال	۱۴۳ سانتی‌گراد	۱۶۲ سانتی‌گراد	-
افت وزنی بعد از ۵ ساعت حرارت در ۱۶۳ °C	۱۰/۱ درصد	۱۰ درصد	-

۳-۲-۲. قیرهای نفتی

قیرهای حاصل از پالایش نفت خام، با توجه به نوع و شرایط مصرف آن در راه‌سازی و سایر مصارف صنعتی به شرح زیر تقسیم‌بندی می‌شود(نشریه ۱۰۱، ۱۳۸۹، صفحات ۳۵۰ و ۳۵۲ و ۳۵۳):

۳-۲-۲-۱. قیرهای خالص[1]

قیرهایی که مستقیماً در برج تقطیر در خلاء پالایشگاه به دست می‌آید و یا مختصری در جریان فرآیند هوادهی قرار می‌گیرد، قیر خالص نامیده می‌شود. این قیرها باید همگن و فاقد آب بوده و دمای گرم کردن آن هیچ‌گاه از ۱۷۶ درجه سانتی‌گراد تجاوز ننماید.

قیرهای خالص در اثر فشار و حرارت به صورت مایع غلیظ و آبگون تغییر شکل می‌دهد و در حرارت کم حالت الاستیک و فنری دارد. مشخصات فنی قیرهای خالص مصرفی در راه‌سازی که بر اساس درجه نفوذ تقسیم‌بندی شده‌اند، باید با جدول شماره ۳-۲ مطابقت داشته باشد.

جدول شماره ۳-۲: مشخصات فنی قیرهای خالص

نوع آزمایش	روش آزمایش		درجه نفوذ									
			۴۰-۵۰		۶۰-۷۰		۸۵-۱۰۰		۱۲۰-۱۵۰		۲۰۰-۳۰۰	
	ASTM	AASHTO	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر
درجه نفوذ (۰/۱ میلی‌متر)	D5	T49	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۹۵	۱۰۰	۱۲۰	۱۵۰	۲۰۰	۳۰۰
درجه اشتعال (سانتی‌گراد)	D92	T48	۲۳۲		۲۳۲		۲۳۲		۲۱۸		۱۷۶	

[1]. Asphalt Cement

نوع آزمایش	روش آزمایش		درجه نفوذ									
			۴۰-۵۰		۶۰-۷۰		۸۵-۱۰۰		۱۲۰-۱۵۰		۲۰۰-۳۰۰	
	ASTM	AASHTO	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر
خاصیت انگمی در ۲۵ درجه سانتی‌گراد (سانتی‌متر)	D113	T51	۱۰۰		۱۰۰		۱۰۰		۱۰۰		۱۰۰	
درجه خلوص با تری کلرور اتیلن (درصد)	D2042	T44	۹۹		۹۹		۹۹		۹۹		۹۹	
نقطه نرمی قیر (سانتی‌گراد)	D36	T53	۵۲	۶۰	۴۹	۵۶	۴۵	۵۲	۴۰	۴۶	۳۵	۴۰
خصوصیات پس از آزمایش لعاب نازک قیر در ۱۶۳°C و به مدت ۵ ساعت:												
افت وزنی (درصد)	D1754	T179		۰/۸		۰/۸		۱		۱/۳		۱/۵
نسبت درصد درجه نفوذ بعد از آزمایش به درجه نفوذ اولیه	D5	T49	۵۸		۵۴		۵۰		۴۶		۴۰	
خاصیت انگمی (سانتی‌متر)	D113	T51			۵۰		۷۵		۱۰۰		۱۰۰	
شرایط کلی	قیرهای خالص باید از تقطیر مستقیم مواد نفتی تهیه شده و وقتی که تا حرارت ۱۷۶ درجه سانتی‌گراد گرم می‌شود، کف نکند. نمونه‌گیری قیر باید بر اساس روش‌های ASTM D140 و یا AASHTO T40 انجام گیرد.											

۳-۲-۲-۲. قیرآبه‌ها (امولسیون‌های قیر)[1]

از مخلوط کردن قیر و آب با یک ماده قیرآبه‌ساز[2]، قیرآبه به دست می‌آید. در این مخلوط، قیر با ابعاد از یک تا ۱۰ میکرون، در آب شناور است. آب، فاز پیوسته و قیر ناپیوسته این مخلوط را تشکیل می‌دهد. قیرآبه‌سازها موجب ایجاد بار الکتریکی مثبت یا منفی (هم‌نام) در

[1]. Emulsified Asphalt
[2]. Emulsifier

سطح دانه‌های قیر می‌شوند. نیروی دافعه ناشی از این بار مانع به هم پیوستن ذرات قیر در قیرآبه می‌گردد.

مقدار قیر در قیرآبه‌ها از ۵۵ تا ۶۵ درصد، میزان آب از ۳۵ تا ۴۵ درصد و قیرآبه‌سازها حداکثر ۰/۵ درصد وزنی قیرآبه را تشکیل می‌دهد. از قیرآبه‌ها 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 غبارنشانی می‌توان استفاده کرد. برای مصرف قیرآبه‌ها معمولاً نیازی به حرارت دادن آن‌ها نیست، لذا از نظر اقتصادی و ایمنی بر انواع دیگر قیرها برتری دارند. اختلاط قیرآبه‌ها با سنگ‌دانه‌های مرطوب و یا پخش قیرآبه روی بستر مرطوب شنی و یا آسفالتی راه در عملکرد قیرآبه‌ها تأثیر منفی ندارد.

از نظر زیست محیطی و اقتصادی، قیرآبه‌ها، مناسب‌ترین و باصرفه‌ترین جایگزین برای قیرهای محلول محسوب می‌شوند زیرا:

الف) انرژی مصرفی برای گرم کردن آن‌ها به مراتب کمتر از قیرهای محلول است.

ب) به جای تبخیر و تصعید حلال‌های نفتی موجود در قیرهای محلول و انتشار آن‌ها در محیط زیست که موجب آلودگی شدید می‌گردد، در قیرآبه‌ها فقط آب تبخیر می‌شود.

پ) هزینه حلال‌های نفتی موجود در قیرهای محلول (حدود ۲۵ درصد وزنی)، در شرایط جاری بحران انرژی، به مراتب بیشتر از هزینه ماده امولسیون‌ساز (حدود ۰/۵ درصد) در قیرآبه‌ها می‌باشد. قیرآبه‌ها بر حسب نوع بار ذره‌ای ایجاد شده در سطح دانه‌های شناور قیر، به دو گروه اصلی و زیرگروه‌های فرعی دیگر به شرح زیر تقسیم می‌شوند (نشریه ۱۰۱، ۱۳۸۹، صفحات ۳۶۰ الی ۳۶۴):

۳-۲-۲-۲-۱. قیرآبه‌های آنیونیک[1]

با استفاده از قیرآبه‌سازهای املاح قلیایی اسیدهای آلی، سطح دانه‌های قیر، دارای بار منفی می‌شود. این قیرآبه‌ها را آنیونیک می‌نامند که خود به سه نوع زودشکن، کندشکن و دیرشکن که هر یک زیر بخش‌هایی به شرح جدول شماره ۳-۳ دارند، تقسیم می‌گردد:

جدول شماره ۳-۳: انواع قیرآبه‌های آنیونیک

قیرآبه‌های آنیونیک		
زودشکن RS	**کندشکن MS**	**دیرشکن SS**
	MS-1	
	MS-2	
RS-1	MS-2h	SS-1
RS-2	HFMS-1	SS-1h
HFRS-2	HFMS-2	
	HFMS-2h	
	HFMS-2s	

پسوندها و پیشوندهای فوق دارای معانی زیر می‌باشد:

الف: پیشوند HF[2]، معرف ایجاد پوشش قیر با ضخامت بیشتر روی سنگ‌دانه‌هاست.

ب: پسوندهای ۱ و ۲، به ترتیب معرف درصد قیر خالص کمتر و بیشتر در قیرآبه می‌باشد.

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

ت: پسوند s در قیرآبه کندشکن HFMS-2s ، نشانه کاربرد این قیرآبه برای اختلاط با مصالح ماسه‌ای است.

مشخصات فنی قیرآبه‌های آنیونیک مصرفی در راه‌سازی، باید با جدول شماره ۳-۴ مطابقت داشته باشد.

---

[1]. Anionic Emulsions
[2] High Float

جدول شماره ۳-۴: مشخصات فنی قیرآبه‌های آنیونیک

آزمایش*	زودشکن						کندشکن										دیرشکن			
	RS-۱		RS-۲		HFRS-۲		MS-۱		MS-۲		MS-۲h		HFMS-۱		HFMS-۲		HFMS-۲h		HFMS-۲s		SS-۱		SS-۱h	
	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر
کندروتی سی بولت فورل در $25^{\circ}C$ (ثانیه)	۲۰	۱۰۰	–	–	–	–	۱۰۰	۲۰	۱۰۰	–	۱۰۰	–	۱۰۰	۲۰	۱۰۰	–	۱۰۰	–	۵۰	–	۲۰	۱۰۰	۲۰	۱۰۰
کندروتی سی بولت فورل $50^{\circ}C$ (ثانیه)	–	–	۷۵	۴۰۰	۷۵	۴۰۰	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
پایداری در برابر نشست بعد از ۲۴ ساعت نگهداری در انبار ٪	۱	–	۱	–	–	۱	۱	–	۱	–	۱	–	۱	–	۱	–	۱	–	۱	–	۱	–	۱	–
سرعت شکست با کلرور سدیم ٪	۶۰	–	۶۰	–	۶۰	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
قابلیت شره شدن مصالح سنگی خشک	–		–		–		خوب		خوب		خوب		خوب		خوب		خوب		خوب		–		–	
دوام شره مصالح سنگی خشک اندود شده در مقابل آب	–		–		–		متوسط		متوسط		متوسط		متوسط		متوسط		متوسط		متوسط		–		–	
قابلیت شره شدن مصالح سنگی مرطوب	–		–		–		متوسط		متوسط		متوسط		متوسط		متوسط		متوسط		متوسط		–		–	
دوام شره مصالح مرطوب اندود شده در مقابل آب	–		–		–		متوسط		متوسط		متوسط		متوسط		متوسط		متوسط		متوسط		–		–	
درصد قیر شکسته شده در آزمایش اختلاط با سیمان	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	۲	–	۲	–
درصد دانه‌های درشت قیر در آزمایش دانه‌بندی† ٪	–	۱/۰	–	۰/۱	–	۰/۱	–	۰/۱	–	۰/۱	–	۰/۱	–	۰/۱	–	۰/۱	–	۰/۱	–	۰/۱	–	۰/۱	–	۰/۱
قیر باقیمانده در آزمایش تقطیر ٪	۵۵	–	۶۲	–	۶۳	–	۵۵	–	۶۵	–	۶۵	–	۵۵	–	۶۵	–	۶۵	–	۶۵	–	۵۷	–	۵۷	–
مقدار روغن نسبت به حجم امولسیون در آزمایش تقطیر ٪	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	۷	–	–	–	–	–

آزمایش*		زودشکن						کندشکن										دیرشکن			
		RS-۱		RS-۲		HFRS-۲		MS-۱		MS-۲		MS-۲h		HFMS-۱		HFMS-۲		HFMS-۲h		HFMS-۲s	
		حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر
آزمایش روی قیر باقیمانده از تقطیر	درجه نفوذ- $\frac{1}{10}$ میلیمتر	۱۰۰	۲۰۰	۱۰۰	۲۰۰	۱۰۰	۲۰۰	۱۰۰	۲۰۰	۱۰۰	۲۰۰	۴۰	۹۰	۱۰۰	۲۰۰	۱۰۰	۲۰۰	۴۰	۹۰	۲۰۰	–
	خاصیت انگمی – سانتیمتر	۴۰	–	۴۰	–	۴۰	–	۴۰	–	۳۰	–	۴۰	–	۴۰	–	۴۰	–	۴۰	–	۴۰	–
	حلالیت در تری‌کلرور اتیان -٪	۹۷/۵	–	۹۷/۵	–	۹۷/۵	–	۹۷/۵	–	۹۷/۵	–	۹۷/۵	–	۹۷/۵	–	۹۷/۵	–	۹۷/۵	–	۹۷/۵	–
	آزمایش پیاله شناور $\frac{1}{2}$ – ثانیه	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

* کلیه آزمایشات مورد نیاز برای قیرآبه‌ها مطابق با ASTM D244 و یا AASHTO T59 انجام می‌گیرد و نمونه‌گیری‌ها نیز با روش ASTM D140 و یا AASHTO T40 انجام می‌شود.

** در صورتی که نتایج استفاده از قیرآبه مورد آزمایش در عملیات اجرایی، قابل قبول باشد، این آزمایش حذف می‌شود.

*** آزمایش پیاله شناور با روش ASTM D139 و یا AASHTO T50 انجام می‌گیرد.

۳-۲-۲-۲-۲. قیرآبه‌های کاتیونیک[1]

با استفاده از قیرآبه‌سازهایی از نوع ترکیبات آلی نمک‌های آمونیوم و یا آمین‌ها، سطح دانه‌های قیر دارای بار مثبت می‌شود. این قیرآبه‌ها را قیرآبه‌های کاتیونیک می‌نامند.

[1]. Cationic Emulsions

قیرآبه‌های کاتیونیک به سه نوع زودشکن، کندشکن و دیرشکن و هر یک نیز به زیر گروه‌های زیر به شرح جدول شماره ۳-۵ تقسیم می‌شود.

جدول شماره ۳-۵: انواع قیرآبه‌های کاتیونیک

قیرآبه کاتیونیک		
زودشکن CRS	کندشکن CMS	دیرشکن CSS
CRS-1 CRS-2	CMS-1 CMS-2h	CSS-1 CSS-1h

پسوندها و پیشوندهای فوق دارای معانی زیر می‌باشد.

الف) C نشانه کاتیونیک است.

ب) پسوندهای 1 و 2 و h، معانی مشابهی دارد که در مورد قیرآبه های آنیونیک توضیح داده شد.

مشخصات قیرآبه‌های کاتیونیک باید با مندرجات جدول شماره ۳-۶ مطابقت داشته باشد.

جدول شماره ۳-۶: مشخصات قیرآبه‌های کاتیونیک

آزمایش	زودشکن				کندشکن				دیرشکن			
	CRS-1		CRS-2		CMS-2		CMS-2h		CSS-1		CSS-1h	
	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر
کند روانی سی بولت فورل در ۲۵°C (ثانیه)	–	–	–	–	–	–	–	–	۲۰	۱۰۰	۲۰	۱۰۰
کند روانی سی بولت فورل در ۵۰°C (ثانیه)	۲۰	۱۰۰	۱۰۰	۴۰۰	۵۰	۴۵۰	۵۰	۴۵۰	–	–	–	–
ته‌نشینی بعد از ۲۴ ساعت نگهداری در انبار (٪)	–	۱	–	۱	–	۱	–	۱	–	۱	–	۱
آزمایش طبقه‌بندی	قابل قبول به شرح آزمایش مربوطه در استاندارد D244				–		–		–		–	

آزمایش		زودشکن				کندشکن				دیرشکن			
		CRS-1		CRS-2		CMS-2		CMS-2h		CSS-1		CSS-1h	
		حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر
قابلیت اندود شدن مصالح سنگی خشک		–	–	–	–	خوب		خوب		–	–	–	–
دوام اندود مصالح سنگی خشک اندود شده در مقابل آب		–	–	–	–	متوسط		متوسط		–	–	–	–
قابلیت اندود شدن مصالح سنگی مرطوب		–	–	–	–	متوسط		متوسط		–	–	–	–
دوام اندود مصالح سنگی مرطوب اندود شده در برابر آب		–	–	–	–	متوسط		متوسط		–	–	–	–
بار ذره‌ای دانه‌های قیر		مثبت		مثبت		مثبت		مثبت		مثبت		مثبت	
آزمایش دانه‌بندی* (٪) (دانه‌های درشت قیر)		–	۰/۱	–	۰/۱	–	۰/۱	–	۰/۱	–	۰/۱	–	۰/۱
درصد قیر شکسته شده در آزمایش اختلاط با سیمان		–	–	–	–	–	–	–	–	–	۲	–	۲
درصد حجمی روغن امولسیون در آزمایش تقطیر		–	۳	–	۳	–	۱۲	–	۱۲	–	–	–	–
درصد وزنی قیر در آزمایش تقطیر		۶۰	–	۶۵	–	۶۵	–	۶۵	–	۵۷	–	۵۷	–
آزمایشات روی قیر باقی‌مانده از تقطیر	درجه نفوذ (۰/۱ میلی‌متر)	۱۰۰	۲۵۰	۱۰۰	۲۵۰	۱۰۰	۲۵۰	۴۰	۹۰	۱۰۰	۲۵۰	۴۰	۹۰
	خاصیت انگمی (سانتی‌متر)	۴۰	–	۴۰	–	۴۰	–	۴۰	–	۴۰	–	۴۰	–
	حلالیت در تری کلرواتیلن (٪)	۹۷/۵	–	۹۷/۵	–	۹۷/۵	–	۹۷/۵	–	۹۷/۵	–	۹۷/۵	–

۳-۲-۲-۳. قیرهای دمیده[1]

قیرهای خالص را تحت فشار و در حرارت ۲۰۰ تا ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد هوا می‌دهند تا اتم‌های هیدروژن موجود در مولکول‌های قیر با اکسیژن هوا ترکیب شده و با ایجاد واکنش‌های پلی‌مریزاسیون، هیدروکربورهای سنگین‌تری به دست آید که درجه نفوذ کمتر و نقطه نرمی بیشتری نسبت به قیر خالص اولیه داشته باشد.

اختلاف نقطه نرمی و درجه شکستن[2] قیرهای دمیده، که با آزمایش DIN 52012 تعیین می‌شود به ۱۰۰ درجه می‌رسد. این قیرها در مقایسه با قیرهای خالص اولیه حساسیت کمتری در برابر حرارت دارند و درجه نفوذ آن‌ها کمتر است.

قیرهای دمیده، مصرف زیادی در راه‌سازی ندارد. این قیرها برای پر کردن ترک‌های روسازی‌های بتنی و پرکردن درزهای رویه‌های بتنی استفاده می‌شود. معمولاً خاصیت ارتجاعی قیرهای دمیده با مصرف افزونه‌های شیمیایی مخصوص افزایش می‌یابد و این حالت حتی در درجه حرارت‌های پایین که قیرهای خالص در آن درجه حرارت شکننده می‌شود، ثابت می‌ماند. از این نوع قیر دمیده که تا حدودی شبیه لاستیک است، برای پوشش کف کانال‌های آب استفاده می‌شود. در ایران سه نوع قیر دمیده R۸۵/۲۵ و R۹۰/۱۵ و R۱۱۰/۱۰ ساخته می‌شود که اعداد ۲۵، ۱۵ و ۱۰ درجه نفوذ این قیرها و ارقام ۸۵، ۹۰ و ۱۱۰ درجه نرمی آن‌هاست (نشریه ۱۰۱، ۱۳۸۹، صفحات ۳۵۰ الی ۳۵۹).

[1]. Blown Asphalt
[2]. Frass Breaking Test

۳-۲-۲-۴. قیرهای محلول[1]

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. معمولاً درصد حلال مصرفی در قیرهای محلول ایران از ۱۰ تا ۵۰ درصد تغییر می‌کند. قیرهای محلول در راه‌سازی برای اندودهای سطحی، نفوذی، آسفالت سطحی، آسفالت سرد کارخانه‌ای و یا آسفالت مخلوط در محل، مصرف می‌شوند. قیرهای محلول بر حسب سرعت گیرش و نوع حلال به سه گروه تقسیم می‌شوند.

۳-۲-۲-۴-۱. قیرهای زودگیر[2]

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 بر جای می‌ماند. قیرهای زودگیر بر حسب کندروانی، در چهار نوع RC-۷۰، RC-۲۵۰، RC-۸۰۰ و RC-۳۰۰۰ درجه‌بندی شده که اعداد پسوند معرف کندروانی قیر، بر حسب صدم استکس است.

مشخصات فنی قیرهای زودگیر برای مصرف، در راه‌سازی باید با جدول شماره ۳-۷ مطابقت داشته باشند.

---

1. Liquid Asphalt
2. Rapid Curing

جدول شماره۳-۷: مشخصات قیرهای محلول زودگیر

آزمایش		روش آزمایش		درجه قیر زودگیر							
				RC-۷۰		RC-۲۵۰		RC-۸۰۰		RC-۳۰۰۰	
		ASTM	AASHTO	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر
کندروانی سینماتیک در ۶۰°C (cst)		D2170	T201	۷۰	۱۴۰	۲۵۰	۵۰۰	۸۰۰	۱۶۰۰	۳۰۰۰	۶۰۰۰
نقطع اشتعال (ظرف روباز) °C		D3143	T79	-	-	۲۷	-	۲۷	-	۲۷	-
مقدار آب ٪		D95	T55	-	۰/۲	-	۰/۲	-	۰/۲	-	۰/۲
درصد حجمی مواد تقطیر شده در درجه حرارت روبرو به مواد تقطیر شده در ۳۶۰°C	۱۹۰°C	D402	T78	۱۰	-	-	-	-	-	-	-
	۲۲۵°C			۵۰	-	۳۵	-	۱۵	-	-	-
	۲۶۰°C			۷۰	-	۶۰	-	۴۵	-	۲۵	-
	۳۱۵°C			۸۵	-	۸۰	-	۷۵	-	-	-
درصد حجمی قیر باقی‌مانده از تقطیر ۳۶۰°C				۵۵	-	۶۵	-	۷۵	-	۸۰	-
آزمایش روی قیر باقی‌مانده از تقطیر	درجه نفوذ (۰/۱ میلی‌متر)	D5	T49	۸۰	۱۲۰	۸۰	۱۲۰	۸۰	۱۲۰	۸۰	۱۲۰
	خاصیت انگمی (سانتی‌متر)	D113	T51	۱۰۰	-	۱۰۰	-	۱۰۰	-	۱۰۰	-
	حلالیت در تری کلوراتیلن (٪)	D2042	T44	۹۹	-	۹۹	-	۹۹	-	۹۹	-

توضیح: نمونه‌گیری قیر با روش ASTM D140 و یا AASHTO T40 انجام می‌شود.

* به تشخیص دستگاه نظارت آزمایش کندروانی بر حسب پوآز در ۶۰ درجه سانتی‌گراد (ASTM D2171) می‌تواند جایگزین آزمایش درجه نفوذ گردد. در این صورت حداقل و حداکثر کندروانی برای هر یک از قیرها به ترتیب ۶۰۰ و ۲۴۰۰ پوآز تعیین می‌شود. در هیچ شرایطی انجام هر دو آزمایش، مورد نیاز نیست.

۳-۲-۲-۴-۲. قیرهای کندگیر[1]

قیرهای کندگیر از حل کردن قیر خالص در نفت سفید (یا موادی کـه خصوصـیاتی در حـد نفت سفید دارند) تهیه می‌شود که سرعت تبخیر نفت از بنزین کندتر و طولانی‌تر است.

قیرهای کندگیر در پنج نوع درجـه‌بنـدی مـی‌شـود کـه کنـدروانی آن‌هـا در ۶۰ درجـه سانتی‌گراد از حداقل ۳۰ تا حداکثر ۶۰۰۰ سانتی استکس، تغییر می‌کنـد. مشخصـات ایـن قیرها باید با مندرجات جدول شماره ۳-۸ مطابقت داشته باشد.

جدول شماره ۳-۸: مشخصات قیرهای محلول کندگیر

آزمایش		روش آزمایش		درجه قیر کندگیر									
		ASTM	AASHTO	MC-۳۰		MC-۷۰		MC-۲۵۰		MC-۸۰۰		MC-۳۰۰۰	
				حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر
کندروانی سینماتیک در ۶۰°C (cst)		D2170	T201	۳۰	۶۰	۷۰	۱۴۰	۲۵۰	۵۰۰	۸۰۰	۱۶۰۰	۳۰۰۰	۶۰۰۰
نقطع اشتعال (ظرف روباز) °C		D3143	T79	۳۸	-	۳۸	-	۶۶	-	۶۶	-	۶۶	-
مقدار آب ٪		D95	T55	-	۰/۲	-	۱/۲	-	۰/۲	-	۰/۲	-	-
درصد حجمی مواد تقطیر شده در درجه حرارت روبرو به مواد تقطیر شده در	°C ۲۲۵	D402	T78	-	۲۵	۰	۲۰	۰	۱۰	-	-	-	-
	°C ۲۶۰			۴۰	۷۰	۲۰	۶۰	۱۵	۵۵	۰	۳۵	۰	۱۵
	°C ۳۱۵			۷۵	۹۳	۶۵	۹۰	۶۰	۸۷	۴۵	۸۰	۱۵	۷۵

[1]. Asphalt Cement

آزمایش			روش آزمایش		درجه قیر کندگیر									
			ASTM	AASHTO	MC-۳۰		MC-۷۰		MC-۲۵۰		MC-۸۰۰		MC-۳۰۰۰	
		۳۶۰°C			حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر
درصد حجمی قیر باقی‌مانده از تقطیر ۳۶۰°C					۵۰	-	۵۵	-	۶۷	-	۷۵	-	۸۰	-
آزمایش روی قیر باقی‌مانده از تقطیر	درجه نفوذ (۰/۱ میلی‌متر)		D5	T49	۱۲۰	۲۵۰	۱۲۰	۲۵۰	۱۲۰	۲۵۰	۱۲۰	۲۵۰	۱۲۰	۲۵۰
	خاصیت انگمی (سانتی‌متر)		D113	T51	۱۰۰	-	۱۰۰	-	۱۰۰	-	۱۰۰	-	۱۰۰	-
	حلالیت در تری کلرواتیلن (٪)		D2042	T44	۹۹	-	۹۹	-	۹۹	-	۹۹	-	۹۹	-

توضیح: نمونه‌گیری قیر با روش ASTM D140 و یا AASHTO T40 انجام می‌شود.

* به تشخیص دستگاه نظارت آزمایش کندروانی بر حسب پوآز در ۶۰ درجه سانتی‌گراد (ASTM D2171) می‌تواند جایگزین آزمایش درجه نفوذ شود. در این صورت حداقل و حداکثر کندروانی برای هر یک از قیرها به ترتیب ۳۰۰ و ۱۲۰۰ پوآز تعیین می‌گردد. در هیچ شرایطی انجام هر دو آزمایش، مورد نیاز نیست.

۳-۲-۲-۴-۳. قیرهای دیرگیر[1]

قیرهای محلول دیرگیر را علاوه بر حل کردن قیر خالص در روغن‌ها و حلال‌های دیرگیر نفتی، مانند گازوییل یا نفت سیاه، می‌توان مانند قیرهای خالص، مستقیماً از تقطیر نفت خام به دست آورد. در حالتی که هنوز روغن‌های حلال از آن جدا نشده باشد، آن را روغن

[1]. Medium Curing

راه[1] می‌نامند. گیرش کامل این قیرها بعد از مصرف، مدت زمان زیادی طـول مـی‌کشـد. در واقع قیرهای دیرگیر در شرایط آب و هـوای عـادی تبخیـر نمـی‌شـوند، بلکـه تغییـر شـکل مولکولی در آن‌ها به وجود می‌آید که نسبتاً تدریجی و طولانی است.

مشخصات این قیرهای دیرگیر باید با جدول شماره ۳-۹ مطابقت داشته باشد.

جدول شماره ۳-۹: مشخصات قیرهای محلول دیرگیر

آزمایش	روش آزمایش		درجه قیر دیرگیر							
			SC-۷۰		SC-۲۵۰		SC-۸۰۰		SC-۳۰۰۰	
	ASTM	AASHTO	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر
کندروانی سینماتیک در ۶۰°C (cst)	D2170	T201	۷۰	۱۴۰	۲۵۰	۵۰۰	۸۰۰	۱۶۰۰	۳۰۰۰	۶۰۰۰
نقطع اشتعال (ظرف روباز) °C	D3143	T79	۶۶	-	۷۹	-	۹۳	-	۱۰۷	-
مقدار آب ٪	D95	T55	-	۰/۵	-	۰/۵	-	۰/۵	-	۰/۵
درصد حجمی مواد تقطیر شده در ۳۶۰°C	D402	T78	۱۰	۳۰	۴	۲۰	۲	۱۲	-	۵
کندروانی سینماتیک قیر باقی‌مانده از	D2170	T201	۴	۷۰	۸	۱۰۰	۲۰	۱۶۰	۴۰	۳۵۰

[1]. Road Oil

آزمایش	روش آزمایش		درجه قیر دیرگیر					
			SC-۷۰		SC-۲۵۰		SC-۸۰۰		SC-۳۰۰۰	
	ASTM	AASHTO	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر
تقطیر در ۶۰°C (cst)										
درصد قیر باقی‌مانده از تقطیر (قیر با درجه نفوذ ۱۰۰)	D243	T56	۵۰	-	۶۰	-	۷۰	-	۸۰	-
خاصیت انگمی قیر باقی‌مانده از تقطیر (قیر با درجه نفوذ ۱۰۰)	D113	T51	۱۰۰	-	۱۰۰	-	۱۰۰	-	۱۰۰	-
حلالیت در تری کلرواتیلن (٪)	D2042	T44	۹۹	-	۹۹	-	۹۹	-	۹۹	-

توضیح: نمونه‌گیری قیر با روش ASTM D140 و یا AASHTO T40 انجام می‌شود.

۳-۳. کاربرد قیر در راه‌سازی

مصرف قیر در راه‌سازی متنوع و متفاوت است. انتخاب قیر مناسب برای شرایط گوناگون اجرایی و مصارف ناهمگون به کیفیت مصالح، شرایط جوی - جغرافیایی، وسایل اجرای کار، نوع و میزان ترافیک بستگی دارد که در مشخصات فنی خصوصی هر پروژه تعیین می‌شود.

جدول شماره ۳-۱۰ به عنوان راهنمای کلی انتخاب قیر برای مصارف مختلف مخلوط‌های آسفالتی گرم و سرد، آسفالت‌های سطحی و اندودکاری‌ها و نیز تعمیر نگهداری رویه‌های آسفالتی تهیه شده است. برای هر پروژه نوع قیر باید در مشخصات فنی خصوصی تعیین شود (نشریه ۱۰۱، ۱۳۸۹، صفحات ۳۶۴ الی ۳۷۷).

جدول شماره۳-۱۰: راهنمای کلی انتخاب قیر برای انواع مختلف روسازی آسفالتی

نوع کاربرد	خالص					محلول										قیرآبه																	
						زودگیر			کندگیر				دیرگیر			آنیونیک														کاتیونیک				
	۲۰۰/۳۰۰	۱۲۰/۱۵۰	۸۵/۱۰۰	۶۰/۷۰	۴۰/۵۰	RC-۷۰	RC-۲۵۰	RC-۸۰۰	MC-۳۰	MC-۷۰	MC-۲۵۰	MC-۸۰۰	MC-۳۰۰۰	SC-۷۰	SC-۲۵۰	SC-۸۰۰	SC-۳۰۰۰	RS-۱	RS-۲	HFMS-۱	HFMS-۲	MS-۱h	HFRS-۲s	SS-۱	SS-۱h	CR-s۱	CRS-۲	CMS-۲	CMS-۲s	CSS-۱	CSS-۱h
آسفالت گرم و بتن آسفالتی – اساس، استر و رویه																																
راه	✓	✓	✓	✓	✓																	✓										
محوطه سازی- پارکینگ		✓	✓	✓	✓																	✓										
آسفالت سرد کارخانه‌ای – ساس، استر و رویه																																
دانه‌بندی باز												✓									✓	✓											
دانه‌بندی پیوسته							✓				✓	✓	✓			✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓						✓	✓
لکه‌گیری فوری							✓	✓			✓	✓	✓			✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓				✓	✓			
لکه‌گیری غیر فوری							✓	✓				✓	✓									✓										

نوع کاربرد	خالص					محلول										قیرآبه																	
						زودگیر			کندگیر				دیرگیر			آنیونیک														کاتیونیک				
	۲۰۰/۳۰۰	۱۲۰/۱۵۰	۸۵/۱۰۰	۶۰/۷۰	۴۰/۵۰	RC-۷۰	RC-۲۵۰	RC-۸۰۰	MC-۳۰	MC-۷۰	MC-۲۵۰	MC-۸۰۰	MC-۳۰۰۰	SC-۷۰	SC-۲۵۰	SC-۸۰۰	SC-۳۰۰۰	RS-۱	RS-۲	HFMS-۱	HFMS-۲	MS-۱h	HFRS-۲s	SS-۱	SS-۱h	CR-s۱	CRS-۲	CMS-۲	CMS-۲s	CSS-۱	CSS-۱h
آسفالت سرد مخلوط در محل – اساس، استر و رویه																																
دانه‌بندی باز								✓	✓			✓	✓	✓			✓	✓			✓	✓						✓	✓			
دانه‌بندی پیوسته							✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓				✓	✓	✓	✓						✓	✓
ماسه								✓	✓	✓		✓										✓	✓	✓	✓						✓	✓
ماسه با لای						✓		✓	✓	✓		✓										✓	✓		✓						✓	✓
لکه‌گیری فوری							✓	✓			✓	✓	✓			✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓				✓	✓			
لکه‌گیری غیر فوری												✓	✓									✓										
آسفالتهای بازیافتی																																
آسفالت گرم		✓	✓																			✓										
آسفالت سرد	✓																					✓										

نوع کاربرد	خالص					محلول										قیرآبه														
						زودگیر			کندگیر				دیرگیر			آنیونیک									کاتیونیک					
	۴۰ | ۵۰	۶۰ | ۷۰	۸۵ | ۱۰۰	۱۲۰ | ۱۵۰	۲۰۰ | ۳۰۰	RC-۷۰	RC-۲۵۰	RC-۸۰۰	MC-۳۰	MC-۷۰	MC-۲۵۰	MC-۸۰۰	SC-۷۰	SC-۲۵۰	SC-۸۰۰	RS-۱	RS-۲	HFMS-۱	MS-۲	HFMS-۲h	MS-۲h	HFRS-۲	SS-۱	SS-۱h	CR-a۱	CRS-۲	CMS-۲	CSS-۱h	CSS-۱
آسفالتهای خاختنی																														
آسفالت سطحی یک لایه‌ای						✓	✓	✓				✓	✓				✓	✓							✓	✓				
آسفالت سطحی چند لایه‌ای						✓	✓	✓				✓					✓	✓							✓	✓				
اندود آب‌بندی با مصالح سنگی						✓	✓	✓				✓	✓										✓							
اندود آب‌بندی با ماسه							✓	✓			✓	✓	✓				✓	✓	✓				✓			✓	✓			
اسلاری سیل																								✓	✓				✓	✓
آسفالت ماکادام نفوذی																														
با فضای خالی زیاد						✓	✓										✓	✓									✓			
با فضای خالی کم							✓											✓												

نوع کاربرد	خالص					محلول										قیرآبه														
						زودگیر			کندگیر				دیرگیر			آنیونیک									کاتیونیک					
	۴۰ | ۵۰	۶۰ | ۷۰	۸۵ | ۱۰۰	۱۲۰ | ۱۵۰	۲۰۰ | ۳۰۰	RC-۷۰	RC-۲۵۰	RC-۸۰۰	MC-۳۰	MC-۷۰	MC-۲۵۰	MC-۸۰۰	SC-۷۰	SC-۲۵۰	SC-۸۰۰	RS-۱	RS-۲	HFMS-۱	MS-۲	HFMS-۲h	MS-۲h	HFRS-۲s	SS-۱	SS-۱h	CR-a۱	CRS-۲	CMS-۲	CSS-۱h	CSS-۱
قیرپاشی																														
قیرپاشی کم Fogseal						✓													✓					✓	✓				✓	✓
اندود نفوذی روی سطح با تخلخل زیاد						✓	✓			✓	✓													✓	✓				✓	✓
اندود نفوذی روی سطح با تخلخل کم						✓				✓	✓																			
اندود سطحی						✓													✓					✓	✓				✓	✓
غبارنشانی										✓	✓	✓		✓	✓									✓	✓				✓	✓
مالچ‌پاشی						✓																		✓	✓				✓	✓
درزگیرها																														
رویه‌های آسفالتی																								✓	✓		✓	✓	✓	✓
رویه‌های بتنی	✓																													

۳-۴. گرم کردن قیر

انتخاب درجه حرارت صحیح برای گرم کردن انواع قیر در شرایط مختلف اجرا و مصرف گوناگون با کیفیت و مرغوبیت کار و نکات ایمنی ارتباط مستقیم دارد. راهنمای کلی و عمومی انتخاب محدوده درجه حرارت برای گرم کردن قیرهای مختلف در جدول شماره ۳-۱۱ به عنوان راهنما نشان داده شده است، که در صورت نیاز می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

جدول شماره ۳-۱۱: راهنمای انتخاب درجه حرارت برای گرم کردن قیر

نوع قیر	درجه حرارت در واحد مخلوط کننده[۱]		درجه حرارت پخش قیر[۵]	
	دانه‌بندی پیوسته	دانه‌بندی باز	آسفالت مخلوط در محل	آسفالت سطحی
قیرهای خالص				
۴۰/۵۰	۱۳۰-۱۶۳	۱۰۵-۱۲۷	-	+۱۵۰[۶]
۶۰/۷۰	۱۳۰-۱۶۳	۱۰۵-۱۲۷	-	+۱۳۰[۶]
۸۵/۱۰۰	۱۲۰-۱۶۳	۱۰۵-۱۲۷	-	+۱۴۰[۶]
۱۵۰/۲۰۰	۱۲۰-۱۵۵	۱۰۵-۱۲۷	-	+۱۴۵[۶]
۲۰۰/۳۰۰	۱۱۵-۱۵۰	۱۰۵-۱۲۷	-	+۱۵۰[۶]
قیرآبه‌ها				
RS-1	-		-	۲۰-۶۰
RS-2	-		-	۵۰-۸۵
HFRS-2	-		-	۵۰-۸۵
MS-1	۱۰-۷۰[۴]		۲۰-۷۰	۲۰-۷۰
MS-2	۱۰-۷۰[۴]		۲۰-۷۰	-
MS-2h	۱۰-۷۰[۴]		۲۰-۷۰	-
HFMS-1	۱۰-۷۰[۴]		۲۰-۷۰	۲۰-۷۰
HFMS-2	۱۰-۷۰[۴]		۲۰-۷۰	-
HFMS-2h	۱۰-۷۰[۴]		۲۰-۷۰	-
HFMS-2s	۱۰-۷۰[۴]		۲۰-۷۰	-
SS-1	۱۰-۷۰[۴]		۲۰-۷۰	-
SS-1h	۱۰-۷۰[۴]		۲۰-۷۰	-
CRS-1	-		-	۵۰-۸۵
CRS-2	-		-	۵۰-۸۵
CMS-2	۱۰-۷۰[۴]		۲۰-۷۰	-
CMS-2h	۱۰-۷۰[۴]		۲۰-۷۰	-
CSS-1			۲۰-۷۰	-
CSS-1h			۲۰-۷۰	-
قیرهای محلول[۲]				
MC-30	-	-	-	+۳۰[۶]
RC-MC-SC-70	-	-	+۲۰[۶]	+۵۰[۶]
RC-MC-SC-250	۵۵-۸۰[۳]	-	+۴۰[۶]	+۷۵[۶]
RC-MC-SC-800	۷۵-۱۰۰[۳]	-	+۵۵[۶]	+۹۵[۶]

نوع قیر	درجه حرارت در واحد مخلوط کننده[۱]		درجه حرارت پخش قیر[۵]	
RC-MC-SC-3000	۸۰-۱۱۵[۳]	-	-	۱۱۰+[۶]

۱. درجه حرارت قیر باید به گونه‌ای تنظیم شود که درجه حرارت مخلوط آسفالتی که بلافاصله از مخلوط‌کننده تخلیه می‌شود، با اعداد ارائه شده در جدول تطبیق کند.

۲. درجه حرارت نشان داده شده ممکن است از درجه اشتعال قیر بیشتر باشد. در چنین حالتی کلیه نکات ایمنی باید رعایت گردد.

۳. قیرهای زودگیر برای مصرف در مخلوط‌های آسفالتی تهیه شده در کارخانه آسفالت با درجه حرارت متوسط هم مناسب نیست.

۴. درجه حرارت قیرآبه در واحد مخلوط‌کننده کارخانه آسفالت.

۵. حداکثر درجه حرارت قیرهای محلول و خالص باید به اندازه‌ای باشد که از قیر در آن حرارت بخار آبی رنگ متصاعد نشود.

۶. حداقل درجه حرارت.

۳-۵. افزودنی‌های قیر[1]

امروزه علاوه بر قیر و مصالح سنگی تشکیل‌دهنده مخلوط‌های آسفالتی از مواد دیگری به نام افزودنی‌ها و یا اصلاح‌کننده‌های قیر[2] استفاده می‌شود. این ترکیبات که طیف وسیعی از مواد معدنی، آلی، طبیعی و صنعتی را در بر می‌گیرد، به منظور اصلاح و بهبود برخی از خواص قیر و در نتیجه مخلوط‌های آسفالتی به شرح موارد زیر کاربرد دارند:

الف) جلوگیری از عریان شدن سنگ‌دانه‌های مخلوط‌های آسفالتی؛

ب) جلوگیری از ایجاد ترک‌های حرارتی و انقباضی؛

---

1. Asphalt Additives
2. Modifier

پ) کاهش پدیده‌های تغییر شکل و قیرزدگی رویه‌های آسفالتی؛

ت) جلوگیری از رو آمدن ترک‌های آسفالتی؛

ث) کاهش پدیده سخت شدن و کهنه شدن قیر؛

ج) افزایش تاب خستگی آسفالت.

قیرهای اصلاح شده بر اساس استانداردهای ASTM و بر حسب نوع افزودنی‌های مصرفی، به شش گروه تقسیم می‌شوند که برای هر یک مشخصات فنی معینی طراحی شده است. این مشخصات قیرهای اصلاح‌شده‌ای را شامل می‌شود که حاصل اختلاط فقط قیرهای خالص، با پلیمرها، کوپلیمرها، مواد شیمیایی تثبیت‌کننده و پودر لاستیک‌های بازیافتی باشند.

به‌طور کلی افزودنی‌های مصرفی باید با قیرهای خالص انتخاب شده در هر پروژه سازگاری داشته و قیر اصلاح شده نیز قبلاً به صورت همگن و یکنواخت مخلوط و آماده مصرف باشد. مشخصات ۶ گروه قیرهای اصلاح شده که هر یک با افزودنی‌های معینی تهیه می‌گردند به شرح زیر می‌باشد.

۳-۵-۱. قیرهای اصلاح شده با پلیمر نوع I

این قیرها از افزودن کوپلیمرهای استایرن بوتادین (SB)[1]، یا استایرن بوتادین استایرن (SBS)[2] به قیرهای خالص تهیه می‌شوند و باید با مشخصات ASTM D5976 برابری داشته باشند. قیرهای اصلاح شده با این پلیمر و پلیمرهای دیگری که ویژگی‌های مندرج در مشخصات فوق را تأمین نمایند، به چهارگروه I-A ، I-B ، I-C و I-D تقسیم می‌شوند.

[1]. Styrene Butadiene Block Copolymer
[2]. Styrene Butadiene Styrene Block Copolymer

۳-۵-۲. قیرهای اصلاح شده با پلیمر نوع II

این قیرها از افزودن پلیمر مایع استایرن بوتادین رابر (SBR)[1]، یا نوع پلیمر مایع پلی کلروپرن[2] به قیرهای خالص تهیه می‌شوند و باید با مشخصات ASTM D5840 برابری داشته باشند. قیرهای اصلاح شده با این پلیمرها و پلیمرهای دیگری که ویژگی‌های مندرج در مشخصات فوق را تأمین نمایند، در چهار گروه II-A ، II-B ، II-C و II-D تقسیم می‌شوند.

۳-۵-۳. قیرهای اصلاح شده با پلیمر نوع III

این قیرها از افزودن پلیمر اتیل وینیل استات (EVA)[3] به قیر خالص تهیه می‌شوند و باید با مشخصات ASTM D5841 انطباق داشته باشند. قیرهای اصلاح شده با این پلیمر و یا پلیمرهای دیگری که ویژگی‌های مندرج در مشخصات فوق را تأمین نماید، در پنج گروه III-A تا III-E تقسیم می‌شوند.

۳-۵-۴. قیرهای اصلاح شده با پلیمر نوع IV

این قیرها از افزودن کوپلیمر غیرشبکه‌ای استایرن بوتادین استایرن[4] به قیرهای خالص تهیه می‌گردند و باید با مشخصات ASTM D5892 برابری داشته باشند. قیرهای اصلاح شده با این کوپلیمر و یا پلیمرهای دیگری که ویژگی‌های مندرج در مشخصات فوق را تأمین می‌نماید، در شش گروه IV-A تا IV-F تقسیم می‌شوند.

---

1. Styrene Butadiene Rubber Latex
2. Polychloroperene
3. Ethyle Vinyle Acetate
4. Non Crosslinked Styrene Butadiene Styrene

۳-۵-۵. قیرهای اصلاح شده با پودر لاستیک[1]

این قیرها از اختلاط پودر لاستیک‌های بازیافتی[2] و در صورت لزوم افزودنی‌های معدنی و یا مواد الیافی[3] دیگر، با قیر خالص تهیه می‌شوند و باید با مشخصات ASTM D6114 مطابقت داشته باشند. قیرهایی که بدین طریق اصلاح می‌گردند، از نظر کندروانی به سه گروه I الی III به ترتیب با غلظت زیاد تا کم تقسیم می‌شوند. پودر مصرفی باید با قیر داغ آنچنان مخلوط شده و واکنش نشان دهد که ذرات لاستیک قبل از مصرف قیر به اندازه کافی متورم و منبسط شده باشند.

پودر لاستیک مصرفی برای تهیه این قیر باید دارای خواص زیر باشد:

الف) رطوبت آن کمتر از ۰/۷۵ درصد باشد.

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

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

ت) فاقد ضایعات فلزی غیرآهنی بوده و همچنین میزان ذرات آهن آن کمتر از ۰/۰۱ درصد وزنی باشد.

وقتی که قیر اصلاح شده با پودر لاستیک برای آسفالت گرم مصرف می‌شود، درصد الیاف موجود در آسفالت، در صورت لزوم، نباید از ۰/۵ و چنانچه این قیر برای قیرپاشی به‌کار گرفته شود، درصد الیاف نباید از ۰/۱ درصد وزنی پودر لاستیک بیشتر باشد.

---

1. Asphalt Rubber Binders
2. Ground Recycled Tire
3. Fiber

۳-۵-۶. قیرهای اصلاح شده با مواد شیمیایی تثبیت‌کننده[1]

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

۳-۶. ساختمان شیمیایی قیر نفتی

قیر از نظر ساختمان شیمیایی بسیار پیچیده و متشکل از انواع هیدروکربورهای مختلف است. ساختمان شیمیایی قیر و ساختار آن شدیداً به نفت خام اولیه‌ای که از آن مشتق شده و فرآیندی که جهت تولید آن به کار رفته بستگی دارد. ساختار و ترکیبات شیمیایی نفت خام نیز بسیار متنوع است. جدول شماره ۳-۱۲ در این رابطه با توجه به نوع هیدروکربوری غالب در نفت خام، می‌توان آن را به سه دسته پارافین‌ها، آسفالتین‌ها و نفتن‌ها تقسیم نمود.

جدول شماره ۳-۱۲: ساختار شیمیایی انواع مختلف نفت خام

نوع نفت / نوع هیدروکربن‌ها	نفت خام پارافینی	نفت خام نفتن	نفت خام آسفالتین
پارافین‌ها	۴۰	۱۲	۵
نفتن‌ها	۴۸	۷۵	۱۵
آروماتیک‌ها	۱۰	۱۰	۲۰
آسفالتین‌ها	۲	۳	۶۰

[1]. Chemical Stabilizer

ساختمان شیمیایی قیرها بر اساس محل و منبع نفت خام اولیه با یکدیگر تفاوت دارد. نحوه عملیات و فرآیند تولید در پالایشگاه (مانند هوادهی) نیز در ساختار شیمیایی قیر تغییر ایجاد می‌نماید.

به طورکلی عناصر تشکیل‌دهنده قیر عبارتند از: کربن، هیدروژن، گوگرد (سولفور)، اکسیژن و نیتروژن و برخی عناصر فلزی که به مقداری بسیار کم در آن یافت می‌شود. درصد هر یک از عناصر به شرح زیر می‌باشد:

- کربن ۸۸-۸۲
- هیدروژن ۱۱-۸
- سولفور ۶-۰
- اکسیژن ۱/۵-۰
- نیتروژن ۱-۰

قیر، متشکل از ترکیبات مختلف هیدروکربوری است که با توجه به نحوه جداسازی، ترکیبات آن را می‌توان به گروه‌های مختلف شیمیایی تقسیم‌بندی کرد. اجزای قیر را می‌توان به دو گروه شیمیایی مشخص به نام آسفالتین‌ها[1] و مالتن‌ها (پترولن‌ها)[2] تقسیم نمود. مالتن‌ها نیز به گروه‌های ترکیبات آروماتیک‌ها[3]، رزین‌ها[4] و اشباع‌ها[5] طبقه‌بندی می‌گردند. این چهار گروه به‌طور مشخص همیشه ثابت نیستند و قدری تداخل بین آن‌ها وجود دارد.

برای بررسی اجزای شیمیایی قیر ابتدا باید آن را از یکدیگر تفکیک نمود. روش‌های مختلفی جهت تفکیک و جداسازی و شناسایی کمی و کیفی ترکیبات شیمیایی قیر وجود

1. Asphaltenes
2. Maltenes (Petrolelenes)
3. Aromatics
4. Resins
5. Saturates

دارد. بدین منظور جداسازی با استفاده از ستون کروماتوگرافی متداول‌ترین روش می‌باشد. از آن‌جا که اجزای قیر دارای درجه‌های حلالیت مختلفی هستند، لذا با استفاده از حلال‌های مناسب با قدرت‌های مختلف و استفاده از ستون کروماتوگرافی می‌توان این جداسازی را انجام داد.

روش استاندارد در ASTM D4124، اجزای قیر را به چهار گروه اصلی: آسفالتین‌ها[1]، آروماتیک‌های قطبی[2] (رزین‌ها)، آروماتیک‌های نفتنی[3] و اشباع‌ها (پارافین‌ها) تفکیک می‌نماید. هر کدام از گروه‌ها دارای خواص فیزیکی و شیمیایی کاملاً متفاوتی بوده و در ارتباط با خواص فیزیکی و شیمیایی قیر تأثیر مستقل و جداگانه‌ای دارند که در مجموع خواص قیر، ناشی از تأثیرات این ترکیبات، با توجه به نسبت‌های کمی آن‌ها می‌باشد.

۳-۷. تئوری ویسکو- الاستیک قیرهای راه‌سازی

مطالعه خواص روانی قیر نشان می‌دهد که قیر دارای خواص روانی پیچیده‌ای است و خواص روانی آن نه تنها به نوع قیر، بلکه به درجه حرارت و زمان بارگذاری نیز بستگی دارد. تنها معیاری که عملا در انتخاب قیر برای مصارف مختلف مد نظر قرار می‌گیرد، نتایج چند آزمایش تجربی بر روی آن است. از طرف دیگر، قیرها در شرایط مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند، لذا بهتر است معیار بهتری برای تشخیص مناسب بودن قیر جهت کاربردی خاص در دست داشت و این معیار همان مدول طاقت (یا مدول سفتی)[4] می‌باشد که در مفهوم کلی مشابه مدول یانگ است و در تشریح خواص مکانیکی پلیمرهای ترموپلاستیک نیز مورد

[1]. nc-Asphaltenes
[2]. Polar aromatics
[3]. naphthene aromatics
[4]. Stiffness Modulus (S_E)

استفاده قرار می‌گیرد. تئوری مدول طاقت با جرح و تعدیل مختصری، در مورد قیرهای راه‌سازی نیز به کار گرفته می‌شود (محمد سرائی‌پور، ۱۳۷۷، صص ۱۷۰ و ۱۷۱).

خلاصه

چسباننده‌های سیاه مصرفی در راه‌سازی، شامل مواد قیری و قطرانی، دارای این خاصیت اصلی می‌باشد که دانه‌های سنگی را به یکدیگر چسبانده و به جسم یک‌پارچه تبدیل می‌کند. قیر جسمی است به رنگ سیاه که از شمار زیادی هیدروکربور ساخته شده است.

قیرهای مصرفی در راه‌سازی عمدتاً دو نوع است. اگر از معدن به دست آید، قیر طبیعی یا معدنی و هرگاه از پالایش نفت خام حاصل شود، قیر نفتی نام دارد. در راه‌سازی باید از قیرهای نفتی استفاده شود، چنانچه مصرف قیر معدنی در پروژه‌ای مورد نظر باشد، نسبت اختلاط قیر نفتی با قیر معدنی باید در مشخصات فنی خصوصی آورده شود.

مصرف قیر در راه‌سازی متنوع و متفاوت است. انتخاب قیر مناسب برای شرایط گوناگون اجرایی و مصارف ناهمگون به کیفیت مصالح، شرایط جوی - جغرافیایی، وسایل اجرای کار، نوع و میزان ترافیک بستگی دارد که در مشخصات فنی خصوصی هر پروژه تعیین می‌شود.

امروزه علاوه بر قیر و مصالح سنگی تشکیل‌دهنده مخلوط‌های آسفالتی از مواد دیگری به نام افزودنی‌ها و یا اصلاح‌کننده‌های قیراستفاده می‌شود. این ترکیبات که طیف وسیعی از مواد معدنی، آلی، طبیعی و صنعتی را در بر می‌گیرد، به منظور اصلاح و بهبود برخی از خواص قیر و در نتیجه مخلوط‌های آسفالتی کاربرد دارند.

قیرهای حاصل از پالایش نفت خام، با توجه به نوع و شرایط مصرف آن در راه‌سازی و سایر مصارف صنعتی چون قیرهای خالص، قیرآبه‌ها (امولسیون‌های قیر)، قیرهای دمیده و قیرهای محلول تقسیم‌بندی می‌شوند.

آزمون

۱. انواع قیر را نام برده و هر یک را مختصراً توضیح دهید؟

۲. قطران چیست؟ چگونگی تولید آن را شرح دهید؟

۳. نحوه تشکیل قیر سنگ چگونه است؟

۴. قیرآبه چیست؟ انواع آن را نام ببرید؟

۵. کاربرد قیرآبه‌ها را بیان کنید؟

۶. مناسب‌ترین و باصرفه‌ترین جایگزین برای قیرهای محلول از نظر زیست محیطی و اقتصادی را نام ببرید و علل انتخاب آن را بیان نمایید؟

۷. کاربردهای قیرهای دمیده را بیان کنید؟

۸. کاربردهای قیرهای محلول را بیان کنید؟

۹. قیرهای دیرگیر از کدام نوع قیرها می‌باشند و چگونه تهیه می‌شوند؟

۱۰. انواع قیرهای اصلاح شده را نام ببرید؟

۱۱. ساختمان شیمیایی قیر نفتی بر اساس ساختمان و ترکیبات شیمیایی نفت خام چگونه تقسیم‌بندی می‌شود؟

۱۲. اجزای شیمیایی قیر را نام ببرید؟

فصل چهارم

خرابی‌های آسفالت

(بنیادی و سطحی)

اهداف

هدف از مطالعه این فصل، آشنایی با مطالب زیر می‌باشد:

۱. عملیات بهسازی روسازی راه

۲. آسیب‌دیدگی‌های آسفالتی

۳. خرابی‌های زودرس و علل بروز آن‌ها در روسازی راه‌های کشور

۴. انواع ترک‌های راه‌های آسفالته

۵. علل وقوع ترک پوست سوسماری و روش مرمت آن

۶. علل ایجاد نشست در راه‌های آسفالته

۷. علل ایجاد تورم در راه‌های آسفالته

۸. علت اصلی روزدن قیر در راه‌های آسفالته و روش مرمت آن

۴-۱. تعریف

مرمت و اصلاح اساسی انواع آسیب‌دیدگی‌های سطحی و سازه‌ای روسازی‌های آسفالتی، شامل تعمیرات سطحی اساسی، اجرای روکش‌های تقویتی، بازیافت و یا ترکیبی از این عملیات، بهسازی نامیده می‌شود. بهسازی به منظور کاهش هزینه‌های نگهداری، رفع ناهمواری‌های سطحی و فراهم آوردن امکان رانندگی سریع، مطمئن و راحت، افزایش قدرت باربری و عمر مفید روسازی انجام می‌گیرد (نشریه ۲۳۴، ۱۳۸۱، ص ۱۲-۱).

۴-۲. بررسی وضعیت روسازی راه

بررسی وضعیت روسازی راه، پیش نیاز اصلی برنامه‌ریزی برای تعیین اولویت‌ها و انتخاب روش یا روش‌های بهسازی می‌باشد. بنابراین لازم است که استفاده‌کنندگان از روش‌های توصیه شده در این آیین‌نامه حتماً وضعیت موجود روسازی را بر اساس یکی از روش‌های معتبر نظیر «PCI»[1] و یا «PSI»[2] انجام دهند.

در این بررسی، مقدار و شدت گستردگی کلیه آسیب دیدگی‌های آسفالتی شامل موردهای زیر، ارزیابی و اندازه‌گیری می‌شود:

- ترک‌های موزاییکی
- ترک‌های کناری راه
- ترک‌های خطی (طولی و عرضی)
- ترک‌های بلوکی
- ترک‌های لغزشی

---

[1]. Pavement Condition Index
[2]. Present Serviceability Index

- انواع موج‌ها و شیارهای طولی و عرضی
- نشست‌های موضعی
- چاله‌ها
- تورم
- فرورفتگی و برآمدگی
- صیقلی شدن سنگ‌دانه‌ها
- جدا شدن سنگ‌دانه‌ها از رویه راه
- کنده شدن پوشش قیری سنگ‌دانه‌ها و عریان شدن آن‌ها

نتایج به‌دست آمده از این بررسی‌های نظری و مشاهده‌ای و اندازه‌گیری‌های انجام شده با وسایل مکانیکی ترجیحاً بر حسب شاخص وضعیت روسازی (PCI) و یا نشانه خدمت‌دهی (PSI) بیان می‌شود که هر یک از آن‌ها می‌تواند تعیین‌کننده گستره خرابی‌ها، نوع آن‌ها و برنامه‌ریزی برای زمان اجرای بهسازی راه باشد.

در روش PCI با تقسیم‌بندی روسازی به قطعات و واحدهای کوچک، خرابی‌های روسازی (حتی با روش‌های ساده دستی) اندازه‌گیری شده و به آن نمره داده می‌شود. روش نمره‌دهی از ۱۰۰-۰ است که بر اساس نمره حاصله وضعیت روسازی به شرح جدول شماره ۴-۱ ارزیابی می‌گردد:

جدول شماره ۴-۱: درجه‌بندی وضعیت کیفی روسازی در روش PCI

نمره PCI	وضعیت روسازی
۱۰۰-۸۵	عالی
۸۵-۷۰	خیلی خوب
۷۰-۵۵	خوب
۵۵-۴۰	متوسط
۴۰-۲۵	ضعیف
۲۵-۱۰	خیلی ضعیف
۱۰-۰	غیرقابل استفاده

۴-۳. بررسی علل خرابی روسازی راه‌های کشور

تجربیاتی که در سال‌های اخیر از عملکرد روسازی راه‌های کشور به‌دست آمده، نشان داده است که در اغلب موارد این روسازی‌ها دچار خرابی‌های زودرسی نظیر ترک‌خوردگی، شیار افتادگی در مسیر عبور چرخ‌ها، قیرزدگی، نشست و برخی خرابی‌های دیگر می‌شود. بروز این خرابی‌ها نه تنها باعث کاهش عمر مفید روسازی (عمر بهره‌برداری از روسازی) و ایمنی استفاده‌کنندگان از راه می‌شود، بلکه باعث افزایش مخارج نگهداری و بهسازی روسازی و همچنین افزایش مخارجی می‌گردد که استفاده‌کنندگان از راه به علت خرابی روسازی و اثرات ناشی از آن متحمل می‌شوند(وزارت راه و ترابری، معیارهای فنی طرح مخلوط‌های آسفالتی، ۱۳۸۵، صفحات ۴۷ الی ۵۰).

۴-۴. علل بروز خرابی‌های زودرس روسازی راه‌ها

اصولاً خرابی‌های زودرس به خرابی‌هایی اطلاق می‌شود که قبل از اتمام عمر مفید روسازی به وجود می‌آیند. علل بروز خرابی‌های زودرس می‌تواند یک و یا تلفیقی از عوامل زیر باشد:
الف) عدم طراحی صحیح ضخامت لایه‌های روسازی که ممکن است منجر به کم طراحی روسازی شده باشد. عواملی که باعث می‌شوند یک روسازی کم طراحی و یا بیش طراحی شود عبارتند از:

- عدم تخمین صحیح حجم ترافیک و بار محوری وسایل نقلیه سبک و سنگین استفاده‌کننده از راه؛
- عدم بررسی صحیح و دقیق اثرات جوی منطقه‌ای که راه از آن می‌گذرد بر عملکرد روسازی؛
- عدم بررسی صحیح و دقیق اثرات رطوبت و شرایط جوی بر مقاومت خاک بستر روسازی
- عدم پیش‌بینی صحیح روند تغییرات نشانه خدمت روسازی در طول عمر مفید روسازی؛

- عدم استفاده صحیح از خواص و مشخصات فنی مصالح مصرفی در لایه‌های روسازی؛
- عدم رعایت ضوابط و معیارهای طراحی روسازی

ب) عدم طراحی صحیح مخلوط بتن آسفالتی، ممکن است به دلایل زیر اتفاق بیافتد:

- عدم رعایت ضوابط و معیارهای طرح مخلوط؛
- عدم تناسب روش طرح مخلوط با روش طرح ضخامت روسازی؛
- عدم کارآیی روش طرح مخلوط با شرایط واقعی بارگذاری روسازی؛
- استفاده از مصالح نامناسب یا نامرغوب در طرح مخلوط؛
- عدم طرح اختلاط صحیح؛
- عدم انجام آزمایش طرح اختلاط به نحو مقتضی.

پ) عدم اجرای صحیح روسازی، ممکن است به دلایل زیر اتفاق بیافتد:

- عدم رعایت ضوابط و معیارهای اجرای روسازی؛
- عدم رعایت ضوابط و معیارهای مندرج در مشخصات فنی پروژه؛
- استفاده از مصالح نامناسب یا نامرغوب؛
- عدم رعایت اصول و ضوابط فنی مربوط به فرآیند گرمایش قیر و تولید آسفالت؛
- عدم استفاده از قیر مناسب و سازگار با شرایط جوی و ترافیک عبوری از روی روسازی؛
- عدم اختلاط صحیح مصالح سنگی لایه‌های روسازی؛
- عدم رعایت ضوابط و معیارهای کنترل کیفیت تولید مصالح و اجرای روسازی.

ت) عدم فراهم بودن یک سیستم زه‌کشی مناسب برای روسازی

ث) عدم نگهداری به موقع و مناسب روسازی

علاوه بر موارد فوق، عوامل دیگری نظیر عدم وجود سیستمی موسوم به سیستم کنترل کیفیت و ضمانت اجرای روسازی، کمبود نیروی انسانی آموزش دیده در دستگاه‌های کارفرما، نظارت، آزمایشگاه، مشاور، پیمانکار و همچنین تنظیم نبودن و یا فرسوده بودن کارخانه آسفالت، فرسوده بودن ماشین‌آلات تولید مصالح، فرسوده بودن ماشین آلات راه‌سازی، عدم بهره‌برداری صحیح و مناسب از روسازی (نبود سیستم منسجم برای کنترل صحیح و مستمر تناژ وسایل نقلیه) و کمبود تحقیقات برای استفاده بهینه از امکانات به منظور بهبود عملیات برنامه‌ریزی، طراحی، اجرا، ارزیابی و نگهداری روسازی‌ها را نیز می‌توان در ردیف عوامل مؤثر در بروز خرابی‌های زودرس روسازی راه‌های کشور قرار داد.

در سال ۲۰۰۰ میلادی، انجمن آزمایش و مصالح آمریکا (ASTM) به منظور ارزیابی وضعیت روسازی راه‌ها، فهرست انواع خرابی‌های مختلف روسازی آسفالتی را به همراه دستورالعمل استاندارد شده نحوه اندازه‌گیری هر خرابی منتشر نمود. در این دستورالعمل (D6433)، علاوه بر نحوه اندازه‌گیری هر خرابی، روش تعیین سطح شدت و سطح تراکم هر خرابی به همراه علل وقوع آن‌ها تعیین شده است. تعیین علل به وجود آمدن خرابی‌های روسازی توسط یک مرجع معتبر بین‌المللی دارای دو جنبه مثبت به شرح زیر است:

الف) امکان دسته‌بندی خرابی‌های روسازی را بر اساس عامل یا عوامل مشترک و مؤثر در به وجود آمدن خرابی‌های روسازی فراهم می‌سازد.

ب) امکان دسته‌بندی خرابی‌های سازه‌ای روسازی از خرابی‌های غیرسازه‌ای میسر می‌شود. به این ترتیب این امکان فراهم می‌شود تا مهندسین و طراحان آسفالت و روسازی بر اساس نوع خرابی‌های مشاهده شده در سطح روسازی و در نظر گرفتن پارامترهایی که در طرح مخلوط‌های آسفالتی و یا ضخامت لایه‌های روسازی مؤثر هستند، روش‌های فوق را مورد بررسی قرار داده و در صورت لزوم با انجام آزمایش‌های تکمیلی مبادرت به اصلاح و بهبود این روش‌ها و یا اصلاح و بهبود ضوابط و معیارهای مربوط به طرح مخلوط و ضخامت

آسفالت و روسازی نمایند. جدول شماره ۴-۲ انواع خرابی‌های متداول روسازی‌های آسفالتی را نشان می‌دهد. همان‌طوری که ملاحظه می‌شود، در این جدول خرابی‌های روسازی بـه دو گروه خرابی‌های سازه‌ای و خرابی‌های وظیفه‌ای (عملکردی) تقسـیم شـده‌انـد. خرابـی‌هـای سازه‌ای به آن گروه از خرابی‌های روسازی اطلاق می‌شود کـه علـل وقـوع آن‌هـا مـرتبط بـا قدرت باربری سیستم روسازی و یا هر یک از لایه‌های آن باشد.

جدول شماره ۴-۲: انواع خرابی‌های متداول در روسازی‌های آسفالتی

نوع خرابی	سازه‌ای	عملکردی	ناشی از بارگذاری	سایر
ترک‌های پوست سوسماری یا ترک‌های ناشی از خستگی	✓		✓	
قیرزدگی		✓		✓
ترک‌های موزاییکی یا بلوکی	✓			✓
موج زدگی		✓		✓
فرورفتگی یا نشست موضعی		✓		✓
ترک‌های منعکس شده از درز دال‌های بتن سیمانی	✓			✓
پایین‌افتادگی شانه (نسبت به سواره رو)		✓		✓
جدایی شانه از سواره رو		✓		✓
ترک خوردگی طولی و عرضی	✓			✓
وصله و کنده‌کاری	✓	✓	✓	
صیقلی شدن دانه‌ها		✓	✓*	
چاله	✓	✓	✓	
بیرون زدن آب (پمپاژ)	✓	✓	✓	✓
هوازدگی و شن زدگی		✓		✓
شیار شدن مسیر چرخ‌ها		✓	✓	
ترک خوردگی لغزشی	✓		✓	
تورم	✓	✓		✓

* ساییدگی در اثر عبور چرخ

این خرابی‌ها معمولاً به دلیل وارد آمدن تنش‌ها و کرنش‌های ناشی از بارگذاری روسازی و ضعف در سیستم باربری روسازی به وجود می‌آیند. در صورتی که خرابی‌های وظیفه‌ای، به آن گروه از خرابی‌های روسازی اطلاق می‌شود که بهره‌برداری از روسازی را با اشکال مواجه می‌سازند.

این خرابی‌ها بدون آن که الزاماً سیستم روسازی از نظر سازه‌ای مقاومت باربری خود را از دست داده باشد، به وجود می‌آیند و باعث کاهش ایمنی و کیفیت سواری‌دهی روسازی می‌شوند. این گونه خرابی‌ها در اغلب موارد به دلیل عوامل جوی (سرما، گرما، بارندگی، یخبندان- ذوب یخ)، استفاده از مصالح نامرغوب در لایه‌های روسازی و یا خاک بستر آن و همچنین عدم اجرای صحیح روسازی به وجود می‌آیند. در ضمن عدم مرمت به موقع خرابی‌های سازه‌ای با شدت کم نیز منجر به خرابی سازه‌ای وظیفه‌ای می‌شود. هرگونه لکه‌گیری که عملیات اجرایی آن به نحو مقتضی انجام نشده باشد و باعث کاهش کیفیت سواری‌دهی و کاهش ایمنی تردد وسایل نقلیه استفاده‌کننده از راه گردد نیز جزء خرابی‌های وظیفه‌ای روسازی محسوب می‌شود.

متأسفانه در اغلب موارد علل بروز خرابی‌های زودرس روسازی راه‌های کشور به دلیل ضعف در انجام عملیات اجرایی روسازی و عدم رعایت ضوابط و معیارهای مندرج در مشخصات فنی خصوصی پروژه (استفاده از مصالح غیرمنتخب و احتمالاً نامرغوب)، عدم بهره‌برداری صحیح و مناسب از روسازی و همچنین عدم نگهداری به موقع و مناسب از روسازی است که مستقیماً با طرح مخلوط‌های آسفالتی و یا روش طرح ضخامت لایه‌های روسازی مرتبط نیستند.

به دلیل عدم وجود آمار صحیح و دقیق از حجم ترافیک و بار محوری وسایل نقلیه سبک و سنگین و همچنین عدم وجود آمار و اطلاعات صحیح از نشانه خدمت اولیه و نهایی

روسازی راه‌ها به همراه کلیه عوامل مؤثری که در طرح و اجرای لایه‌های روسازی (به‌خصوص لایه رویه آسفالتی) دخیل هستند، امکان یافتن علت یا علل واقعی بروز خرابی‌های زودرس در روسازی راه‌های کشور بسیار دشوار است.

بنابراین برای آن که بتوان کارآیی یا عدم کارآیی روش طرح مخلوط‌های بتن آسفالتی و یا روش طرح ضخامت لایه‌های روسازی راه‌های کشور را بر اساس نوع خرابی‌های مشاهده شده در سطح روسازی به نحو مقتضی بررسی و ارزیابی نمود، لازم است که با نظارت صحیح و دقیق و رعایت ضوابط و معیارهای مربوط به مشخصات فنی مصالح و اجرای روسازی و همچنین استفاده از یک سیستم کنترل کیفیت تولید و ضمانت اجرای روسازی، سایر عوامل و پارامترهای غیرمرتبط با روش‌های طراحی مخلوط‌های بتن آسفالتی و روش طرح ضخامت لایه‌های روسازی حذف شوند. به این ترتیب این امکان فراهم می‌شود تا با اطمینان بیشتری نسبت به بررسی و ارزیابی روش‌های طرح مخلوط‌های آسفالتی و ضوابط مرتبط با آن‌ها و همچنین طرح ضخامت آسفالت و ضوابط مربوطه مبادرت نمود.

۴-۵. نگهداری راه‌های آسفالته

در این فصل، اطلاعات لازم در مورد چگونگی نگهداری راه‌های آسفالته مطرح می‌گردد. ناگفته نماند که اصولاً نگهداری راه از جمله مهم‌ترین وظایف هر واحد راهداری است و از طرف دیگر بودجه نگهداری راه‌ها معمولاً محدود و مختصر می‌باشد و این مستلزم آن است که با حداقل مخارج عملیات نگهداری راه انجام پذیرد.

همان‌طوری که می‌دانیم عوامل متعددی در عمر آسفالت مؤثر است و از طرف دیگر هر راهی چون از منطقه خاصی عبور می‌کند، لاجرم نوع خاک، ترافیک، میزان بارندگی و نوع ترافیک این مناطق با یکدیگر متفاوت است و این‌ها بهترین دلیل پیدایش معایب و نقایص

متفاوت در طول‌های مختلف یک راه می‌باشد که از مناطق مختلف عبور می‌نماید. با وجود این تفاوت‌ها برای هر نوع نقص و یا عیبی که در سطح راه آسفالته هویدا می‌گردد، روش خاصی جهت نگهداری و مرمت آن وجود دارد که در این فصل مورد بررسی واقع می‌شود(محمد سرائی‌پور، ۱۳۷۷، صص۳۰۳ الی ۳۰۵).

۴-۶. انواع نقایص و معایب راه‌های آسفالته

بدون شک تمامی راه‌های آسفالته احتیاج به مرمت و نگهداری دائم دارند، چرا که تنش‌های وارده به سطح راه که در ابتدا سبب پیدایش نقایص و معایب جزئی در سطح آسفالت می‌شود، به تدریج توسعه یافته و تبدیل به نقایص بزرگ‌تری شده و صدمات و لطمات سنگینی به راه وارد می‌کنند. این تنش‌ها در اثر ترافیک یا تغییر درجه حرارت و یا نفوذ رطوبت به راه وارد می‌گردد و باعث می‌شوند که در راه عوارضی نظیر ترک، چاله، نشست و غیره پدیدار گردد.

بی تردید شناسایی به موقع این عوارض در سطح راه‌های آسفالته و اقدام به مرمت آن‌ها از جمله مهم‌ترین وظایف هر واحد نگهداری راه است. زیرا که ترک‌ها و سایر عوارض راه‌های آسفالته در ابتدا جزئی و غیرقابل توجه می‌باشند و چنانکه فوراً مرمت نشوند، سریعاً توسعه پیدا نموده و صدمات زیادی را به راه وارد می‌نمایند. به همین دلیل است که بایستی راه‌های آسفالته مرتباً توسط متخصصین ذی‌صلاح مورد بررسی دقیق قرار گیرند تا چنانچه نیازی به مرمت دارند، بلافاصله اقدام لازم در جهت ترمیم آن‌ها به عمل آید.

نظر به اینکه ترک‌ها و انواع دیگر عوارض راه‌های آسفالته، به قدری جزئی می‌باشد که از داخل اتومبیل غیرقابل رؤیت و تشخیص بوده و لاجرم برای شناسایی این عوارض بایستی به طور پیاده در سطح راه قدم زد و نسبت به شناسایی عوارض مختلف اقدام نمود. با توجه به

مطالب پیش گفته در این قسمت، انواع عوارض سطوح آسفالته و نیز مرمت آن‌ها به شرح زیر مورد بررسی قرار می‌گیرند:

۱. ترک‌های راه آسفالته
۲. تغییر شکل راه آسفالته
۳. اضمحلال راه آسفالته.

۴-۶-۱. انواع ترک‌های راه‌های آسفالته

در سطوح آسفالته به صورت‌های مختلف ترک عارض می‌شود. پیدایش این ترک‌ها در واقع علل و ریشه‌های مختلف دارد که قبل از هرگونه اقدامی بایستی علت و یا عللی که سبب پیدایش ترک در سطح راه شده است را شناخت و سپس اقدام به مرمت آن نمود. به همین علت ترک‌های سطوح آسفالته به تفکیک مورد بررسی قرار می‌گیرند. انواع ترک‌های شناخته شده سطوح آسفالته به شرح زیر می‌باشند.

۱. ترک‌های پوست سوسماری
۲. ترک‌های تیغه‌ای
۳. ترک‌های لبه‌ای
۴. ترک‌های دوبندی
۵. ترک‌های انعکاسی
۶. ترک‌های چروکی
۷. ترک‌های لغزشی
۸. ترک‌های تعریضی (محمد سرائی‌پور، ۱۳۷۷، صفحات ۳۰۵ الی ۳۱۸)

۴-۶-۱-۱. ترک‌های پوست سوسماری

الف) شناسایی ترک

این نوع ترک به صورت بلوک‌های کوچک بوده که همگی بـه هـم مربـوط مـی‌باشـند و شباهت زیادی به پوست سوسمار دارد (تصویر۴ شماره-۱).

تصویر شماره ۴-۱: ترک پوست سوسماری

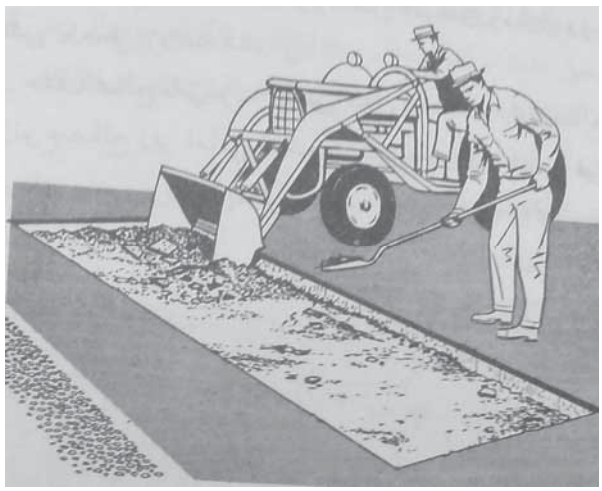
علت پیدایش ترک پوست سوسماری در سطح راه‌های آسفالته ناپایداری و ضعیف بـودن زیرسازی راه می‌باشد. از مشخصات بارز این‌گونه ترک‌ها، یکـی وسـیع نبـودن سـطح تـرک می‌باشد و غالباً در سطح کوچکی عارض می‌شود. مگر اینکه زیرسازی راه کلاً ضعیف باشـد، که در این صورت ترک پوست سوسماری در سطوح وسیع‌تری عارض خواهد شد.

ب) مرمت ترک

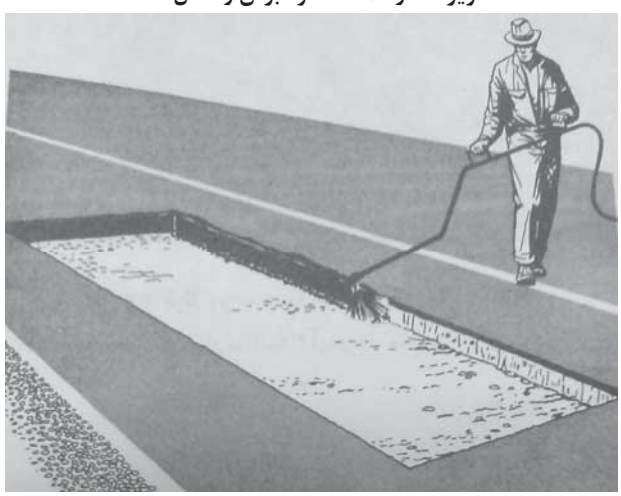
نظر به اینکه ترک پوست سوسماری به واسطه اشباع شدن قشر خاک‌ریز و نیز روسـازی راه عارض شده است و در نتیجه تنها راه علاج و مرمت آن عبارتست از حذف خاک‌ها و مصـالح

اشباع شده و زه‌کش کردن اطراف محل لکه‌ها. در نتیجه مرمت راه مشتمل است بـر کنـدن آسفالت و برداشتن قشرهای روسازی و زیر سازی و انجام زه‌کشی در محل برداشته شده.

پس از حذف مصالح نامرغوب، بایستی محل کنده شده را با مصالح مخلوط رودخانه‌ای از نوع مصالح زیراساس ریخته و سپس به جای قشر اساس قیـری ریختـه و روی آن قشـرهای بیندر و توپکا را پخش نمود. بـه تصـویرهای ۴-۲ و ۴-۳ و ۴-۴ و ۴-۵ و ۴-۶ و ۴-۷ توجـه شود.

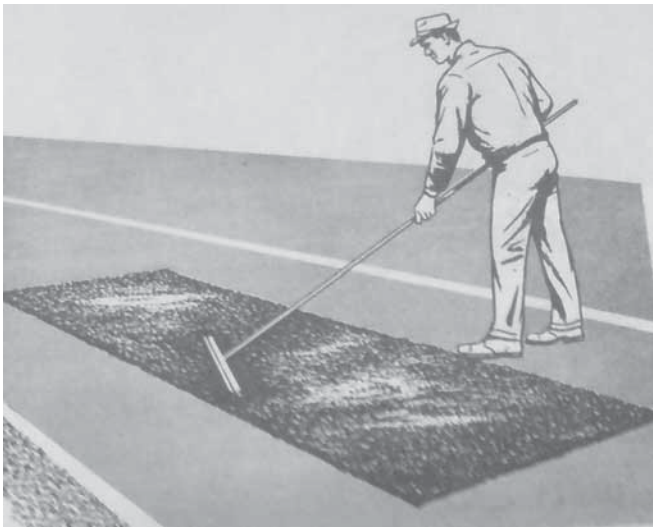


تصویر شماره ۴-۲: نحوه برش و حمل نخاله

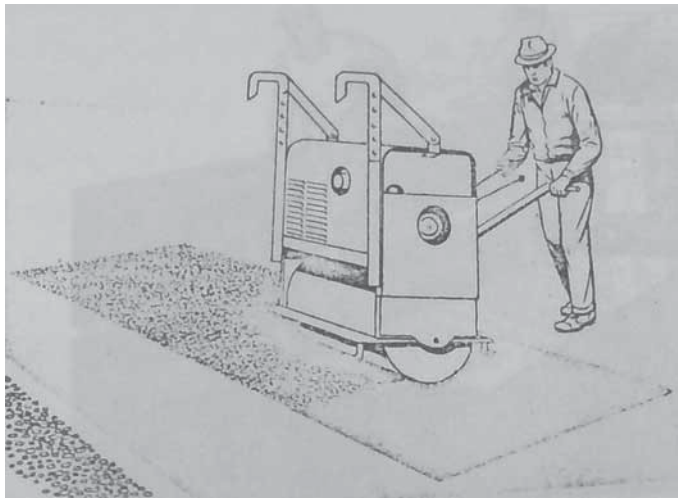


تصویر شماره ۴-۳: انجام تک کت بر روی دیواره قائم

تصویر شماره۴-۴: پرنمودن محل لکه با بتن آسفالتی



تصویرشماره ۴-۵: پخش آسفالت با وسایل مناسب



تصویرشماره ۴-۶: کوبیدن محل لکه با غلتک

تصویرشماره ۴-۷: تراز نمودن با شمشه یا وسایل دیگر

۴-۶-۱-۲. ترک تیغه‌ای

الف) شناسایی ترک

ترک‌های تیغه‌ای از نوع طولی می‌باشند که به فاصله حدود ۳۰ سانتی‌متری از لبه آسـفالت عارض می‌شوند (تصویر شماره۴-۸).

تصویر شماره ۴-۸:ترک تیغه‌ای

علت پیدایش ترک‌های تیغه‌ای بیشتر به واسطه فقدان استحکام کافی در شانه‌های راه می‌باشد. یکی دیگر از علل پیدایش ترک‌های تیغه‌ای، همان اشباع شدن قشر خاکریز و نفوذ آب به روسازی راه است که این مسئله غالباً به واسطه فقدان زه‌کشی مناسب در بدنه راه می‌باشد.

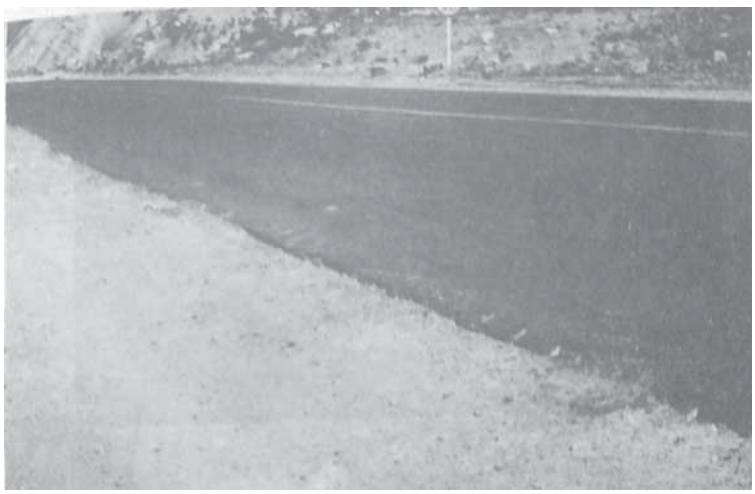
ب) مرمت ترک

برای مرمت، داخل ترک‌ها را باید با قیر مخلوط همراه با ماسه پر نمایند و چنانچه در محل ترک تیغه‌ای، نشست هم ملاحظه می‌شود، سطح نشست کرده را با آسفالت گرم پر نمایند تا راه پروفیله شود.

۴-۶-۱-۳. ترک‌های لبه‌ای

الف) شناسایی ترک

ترک‌های لبه‌ای معمولاً در فصل مشترک لبه آسفالت و شانه‌های راه پدید می‌آید و معمولاً ترک‌های عمیقی می‌باشند و چنانچه سریعاً مرمت نشوند، صدمات زیادی به راه وارد می‌نمایند (تصویرشماره ۴-۹).



تصویر شماره ۴-۹: ترک لبه‌ای

علل پیدایش این نوع ترک، به واسطه فقدان زه‌کشی مناسب در شانه‌های راه و نفوذ آب در شانه‌های راه و خشک شدن و مرطوب شدن خاک‌ریز شانه به‌طور متوالی است.

ب) مرمت ترک

با توجه به علل پیدایش ترک برای رفع نقص و مرمت راه، بایستی نسبت به احداث و ایجاد زه‌کشی مناسب در شانه راه اقدام نمود.

۴-۶-۱-۴. ترک دوبندی

الف) شناسایی ترک

ترک دوبندی که خیلی زیاد به چشم می‌خورد، در فصل مشترک دو باند آسفالت که توسط فینیشر پخش شده است، ملاحظه می‌گردد. این نوع ترک، غالباً در قسمت گروه ماهی راه (در محور) بیشتر به چشم می‌خورد (تصویرشماره ۴-۱۰).

تصویرشماره ۴-۱۰: ترک دوبندی

علل پیدایش این نوع ترک بیشتر به واسطه عدم رعایت نحوه پخش و کوبیدگی قشر آسفالت می‌باشد و چنانچه دستورالعمل کوبیدگی دوبند آسفالت که در دفترچه مشخصات آمده است، رعایت گردد، این عارضه حادث نخواهد شد.

ب) مرمت ترک

به قسمت مرمت ترک انعکاسی مراجعه شود.

۴-۶-۱-۵. ترک انعکاسی

الف) شناسایی ترک

در سطح آسفالت غالباً ترک‌هایی ملاحظه می‌شود که در واقع انعکاسی از ترک‌های قشرهای زیرین راه می‌باشد. این ترک‌ها به صورت مختلف مانند ترک طولی، عرضی، بلوکی و غیره و بیشتر در سطح آسفالت‌هایی که روی بستر بتنی و یا خاکی که با سیمان یا آهک تقویت شده است، ملاحظه می‌شود و یا در روکش‌های آسفالتی که بستر قدیم آسفالته به خوبی مرمت نشده است نیز ملاحظه می‌گردد. این گونه ترک‌ها را ترک انعکاسی می‌نامند (تصویرشماره ۴-۱۱).

علل و پیدایش این نوع ترک را می‌توان به حرکت عمودی و افقی قشرهای زیرین آسفالت نسبت داد و تأثیر تغییر درجه حرارت در فصول مختلف نیز ترک‌های زیرین را وسیع‌تر کرده و سبب می‌شود که این ترک‌ها به سطح آسفالت نیز منعکس گردند.

تصویرشماره ۴-۱۱: ترک انعکاسی

ب) مرمت ترک

ترک‌های کوچک (کمتر از ⅛ اینچ عرض) را معمولاً به سختی می‌توان به کمک قیر یا امولسیون مرمت نمود، ولی ترک‌های بزرگ‌تر از ⅛ اینچ را می‌توان توسط امولسیون یا قیر مخلوط و کمی ماسه ریزدانه مرمت کرد (تصویرهای ۴-۱۲ و ۴-۱۳).

تصویرشماره ۴-۱۲: ریختن قیر در ترک انعکاسی

تصویر شماره ۴-۱۳: ریختن ماسه روی قیر پخش شده در ترک انعکاسی

۴-۶-۱-۶. ترک‌های چروکی

الف) شناسایی ترک

ترک چروکی به ترک‌هایی اطلاق می‌شود که همگی به یکدیگر مربوط بوده و تشکیل بلوک‌های بزرگی را داده‌اند که دارای زوایای حاده و تند می‌باشد (تصویرشماره ۴-۱۴).

تصویر شماره ۴-۱۴: ترک چروکی

به سختی می‌توان علل عارض شدن این گونه ترک‌ها را مشخص نمود، زیرا که این ترک‌ها به خاطر تغییر حجم قشر آسفالت و یا قشر زیراساس و بالاخره بستر راه ممکن است عارض شوند. اغلب اتفاق می‌افتد که این ترک‌ها در سطح آسفالت‌هایی که ریزدانه می‌باشند و با قیر با درجه نفوذ پایین تهیه شده‌اند، پدیدار گردند (به واسطه تغییر حجم قشر آسفالت). ناگفته نماند که کمبود ترافیک عارض شدن این قبیل ترک‌ها را تسریع می‌نماید.

ب) مرمت ترک

این گونه ترک‌ها را نیز می‌توان به روش مرمت ترک‌های انعکاسی مرمت نمود.

۴-۶-۱-۷. ترک‌های لغزشی

الف) شناسایی ترک

ترک‌های لغزشی به صورت هلالی شکل بوده که جهت این هلال‌ها به طرف نیروی چرخ‌ها است. البته این بدان معنی نیست که همیشه هلال به طرف جهت نیروی چرخش‌ها می‌باشد. به عنوان مثال، هنگامی‌که اتومبیلی از تپه سرازیر می‌شود، در اثر نیروی ترمز وارده به سطح راه، به تدریج سبب ایجاد خستگی در سطح راه شده و به مرور زمان امکان دارد در بعضی نقاط ترک‌های لغزشی عارض گردد که جهت آن به سمت بالای تپه است. در صورتی‌که معمولاً جهت نیروی اتومبیل در جهت سراشیب می‌باشد (تصویر شماره ۴-۱۵).

تصویرشماره ۴-۱۵: ترک لغزشی

علل پیدایش این نوع ترک بیشتر به واسطه فقدان چسبندگی کافی در بین دو لایه رویی و زیرین می‌باشد و این فقدان چسبندگی را می‌توان به وجود گرد و غبار، آب، روغن و سایر مواد چسبنده بین دولایه نسبت داد. بعضی مواقع ترک‌های لغزشی در اثر کوبیدگی ضعیف قشر آسفالت نیز عارض می‌گردد.

ب) مرمت ترک

بهترین طریقه مرمت ترک‌های لغزشی عبارت است از برداشتن لایه رویی و بررسی علل عدم چسبندگی دو قشر. سپس با پخش قیر تک کت لایه رویی را پخش و تسطیح نموده و می‌کوبند.

۴-۶-۱-۸. ترک‌های تعریضی

الف) شناسایی ترک

ترک‌های تعریضی از جمله ترک‌های طولی انعکاسی محسوب می‌شوند که درست در فصل مشترک قسمت تعریضی راه‌ها ملاحظه می‌گردد. به این معنی که در آن دسته از راه‌ها که تعریض شده و سپس روکش آسفالت در قسمت تعریض کشیده شده، دچار این قبیل ترک‌ها خواهند شد (تصویرشماره ۴-۱۶).

تصویر شماره۴-۱۶:ترک تعریضی

علل پیدایش این گونه ترک‌ها مشابه ترک‌های انعکاسی است.

ب) مرمت ترک

مرمت ترک‌های تعریضی مشابه مرمت ترک‌های انعکاسی است.

۴-۷. انواع تغییر شکل راه‌های آسفالت

منظور از تغییر شکل راه‌های آسفالته، در واقع تغییر پروفیل سطح راه آسفالته از صورت اولیه می‌باشد. این تغییر شکل‌ها غالباً در اثر کوبیدگی قشرهای روسازی، ریز بودن بافت آسفالت، بالابودن درصد قیر آسفالت و یا در اثر تورم و یا نشست قشرهای روسازی (در اثر یخبندان) ایجاد می‌گردد. تغییر شکل آسفالت نیز به صورت‌های مختلف عارض می‌شود که عبارتند از:

۱. شیار یارد چرخ سطح آسفالت

۲. کنار رفتن و موجدار شدن آسفالت

۳. نشست آسفالت

۴. تورم آسفالت

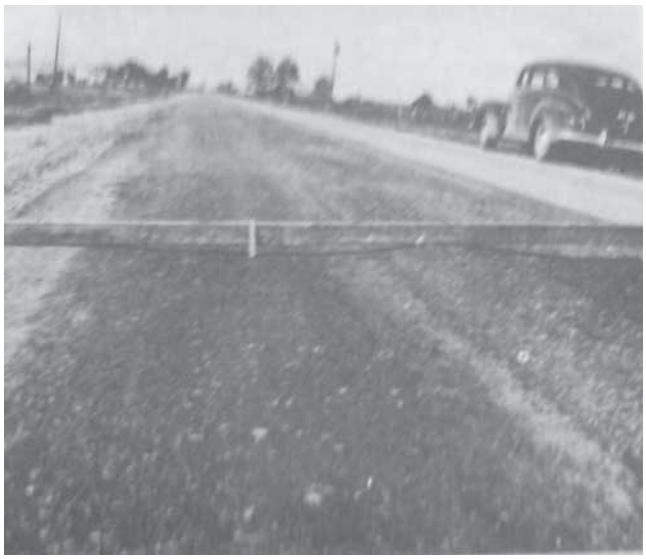
۵. ذیلاً نحوه شناسایی و مرمت تغییر شکل‌های فوق مطرح می‌گردد(محمد سرائی‌پور، ۱۳۷۷، صفحات ۳۱۸ الی ۳۲۱).

۴-۷-۱. تغییر شکل شیاری راه‌های آسفالته

الف) شناسایی تغییر شکل

این‌گونه تغییرشکل، در واقع یک نوع نشست است که به طور مداوم در طول راه ملاحظه شده و به تدریج در اثر عبور ترافیک وسیع‌تر شده و به صورت کانال کم عمقی در طول راه حادث می‌گردد.

علل پیدایش این گونه تغییر شکل در سطح راه‌های آسفالته بیشتر به واسطه تحکیم یک یا دو قشر روسازی و یا زیرسازی راه، زیر بار وارده در اثر عبور ترافیک می‌باشد و غالباً در راه‌هایی که جدیداً احداث شده‌اند و در آن لایه‌های زیرسازی و روسازی از کوبیدگی کافی برخوردار نیستند، عارض می‌شوند(تصویرشماره ۴-۱۷).



تصویرشماره ۴-۱۷: تغییر شکل شیاری

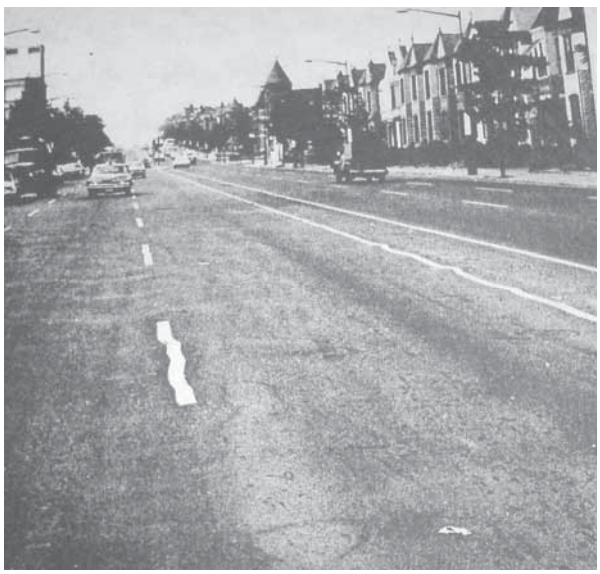
ب) مرمت تغییر شکل

بهترین طریقه برای مرمت تغییر شکل شیاری، عبارت است از پر کردن و پروفیله کردن محل شیار یا آسفالت گرم. البته دانه‌بندی آسفالت بایستی با توجه به عمق شیار انتخاب شود.

۴-۷-۲. کنار رفتن و موج‌دار شدن آسفالت

الف) شناسایی تغییر شکل

این نوع تغییرشکل، در واقع یک تغییر شکل پلاستیک است که در قشر آسفالت عارض می‌گردد و چنان که تغییر شکل عرضی باشند، اصطلاحاً موج‌دار شدن آسفالت و چنانچه طولی باشد، کنار رفتن آسفالت نامیده می‌شود (تصویر شماره ۴-۱۸).



تصویرشماره ۴-۱۸: موج‌دار شدن آسفالت

موج‌دار شدن آسفالت بیشتر در نقاطی بوجودمی‌آیدکه وسایل نقلیه توقف و یا شروع به حرکت می‌کنند، مانند ایستگاه اتوبوس، سر چهارراه‌ها یا در تپه و ماهورها. در پیچ‌های تند نیز موج‌دار شدن آسفالت ملاحظه می‌گردد. کنار رفتن آسفالت غالباً در شیب‌های تند که کامیون‌هایی با بار سنگین و آهسته حرکت می‌کنند، اتفاق می‌افتد و چون آسفالت در اثر گرما و زیاد بودن مقدار قیر و نیز ریزدانه بودن حالت خمیری پیدا کرده است، تحت تأثیر بار وارده به کنار زده می‌شود.

ب) مرمت تغییر شکل

بدون شک این نوع تغییر شکل، بدترین عارضه‌ای است که در یک راه آسفالته ممکن است بروز نماید و تنها راه علاج این نوع تغییر شکل، برداشتن قشر آسفالت و پخش آسفالت گرم و پروفیله کردن در محل‌هایی است که این نوع عارضه حادث شده است.

۴-۷-۳. نشست در راه‌های آسفالته

نشست به نوعی تغییر شکل اطلاق می‌شود که معمولاً در این حالت سطح محدودی از راه پروفیل خود را از دست داده و حدود یک اینچ و یا بیشتر از تراز راه، افتادگی پیدا می‌کند. به هنگام بارش، آب در این نشست‌ها جمع می‌شود و در اثر یخبندان وضع خطرناکی را برای رانندگان و وسایل نقلیه ایجاد می‌کند. علاوه بر این خطر نشست‌های راه، سبب اضمحلال راه نیز می‌گردد (محمد سرائی‌پور، ۱۳۷۷، صفحات ۳۲۲ الی ۳۲۷).

الف) شناسایی نشست

معمولاً نشست در راه آسفالته به واسطه یکی از علل زیر عارض می‌شود:

۱. عبور ترافیک سنگین‌تر از آن‌چه که در طرح روسازی راه پیش‌بینی شده است.
۲. نشست لایه‌های خاک‌ریز
۳. عدم رعایت مشخصات فنی در ساختمان راه

ب) مرمت نشست

علی‌الاصول نحوه مرمت نشست در راه‌های آسفالته عبارت است از پر کردن محل نشست با بتن آسفالتی گرم تا اینکه محل نشست، پروفیله و هم‌تراز قسمت‌های دیگر راه بشود که عملیات به شرح زیر صورت می‌گیرد:

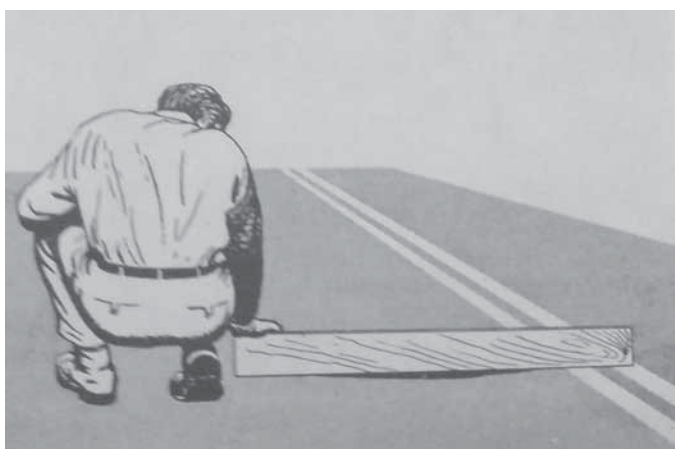
۱. حدود نشست بایستی با یک شمشه و قلم رنگی مشخص شود (تصویرشماره ۴-۱۹).

۲. تمامی سطح نشست تا فاصله ۳۰ سانتی‌متری از محدوده نشست باید کاملاً تمیز شود.

۳. سپس سطح نشست بایستی با امولسیون و در صورت نبودن قیر امولسیون با قیر S-1 ، SS-1h ، CSS-1 و یا CSS-1h به میزان ۰/۲ الی ۰/۶ کیلوگرم در مترمربع که با مقدار هم حجم آن آب رقیق شده باشد، تک کت نمود.

۴. پس از اینکه تک کت عمل آمد (آب قیر امولسیون تبخیر شد)، بایستی به میزان مورد لزوم بتن آسفالتی گرم در محل نشست ریخته و با گریدر تسطیح شود تا پروفیل مورد نظر راه به دست آید.

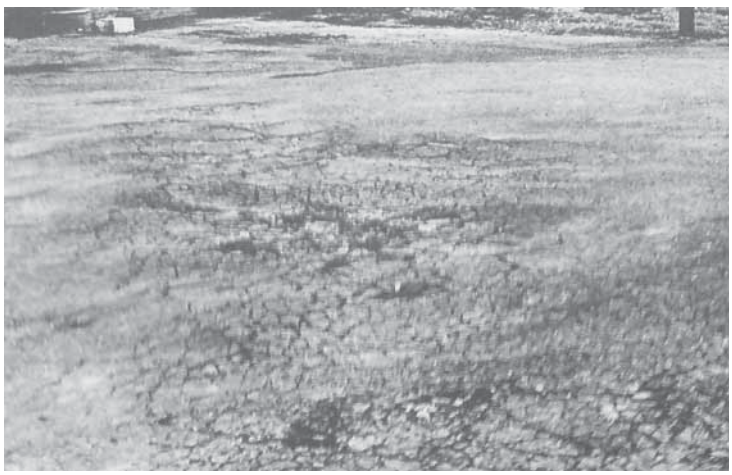
۵. سپس به کمک غلتک‌های مناسب سطح نشست متراکم گردد.



تصویرشماره ۴-۱۹: مشخص کردن حدود نشست با شمشه و قلم گچی

۴-۷-۴. تورم در راه‌های آسفالته

تورم در راه‌های آسفالته، نوعی تغییر شکل سطح راه است که معمولاً قسمتی از سطح راه از پروفیل خود خارج شده و متورم می‌گردد (برعکس نشست). این نوع تغییر شکل به واسطه تورم قشر سابگرید یا لایه‌های خاکریز عارض می‌شود (تصویرشماره ۴-۲۰).



تصویرشماره ۴-۲۰: تورم در راه‌های آسفالته

الف) شناسایی تورم آسفالت

اکثر تورم‌های راه‌های آسفالته معمولاً به واسطه انبساط یخ (به واسطه وجود آب در لایه‌های خاک‌ریز) در لایه‌های روسازی یا زیرسازی عارض می‌شود.

ب) مرمت تورم آسفالت

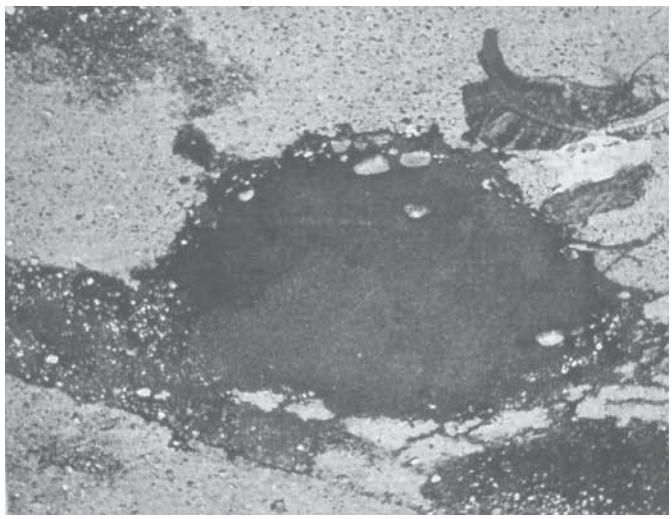
نحوه مرمت این نوع تغییر شکل مشابه مرمت ترک‌های پوست سوسماری می‌باشد که در همین فصل تشریح شده است.

۴-۸. پیدایش اضمحلال در راه‌های آسفالته

اضمحلال در قشر آسفالت معمولاً با پیدایش چاله‌ها و یا پریدن دانه‌ها از سطح آسفالت مشخص می‌شود. چنانچه این نوع عوارض به سرعت مرتفع نگردند، به سرعت گسترش یافته و سرانجام بایستی راه بازسازی شود. در شروع اضمحلال قشر آسفالت دو نوع عارضه مشخص ملاحظه می‌گردد، یکی پیدایش چاله و دیگری پریدن دانه‌های قشر آسفالت یا فرسایش قشر آسفالت است.

۴-۸-۱. پیدایش چاله در راه‌های آسفالته

این نوع عارضه که ناشی از اضمحلال قسمتی در سطح راه‌های آسفالته است، معمولاً به شکل دوایر با اندازه‌های مختلف در سطح راه عارض می‌شود (تصویرشماره ۴-۲۱).



تصویرشماره۴-۲۱ : چاله

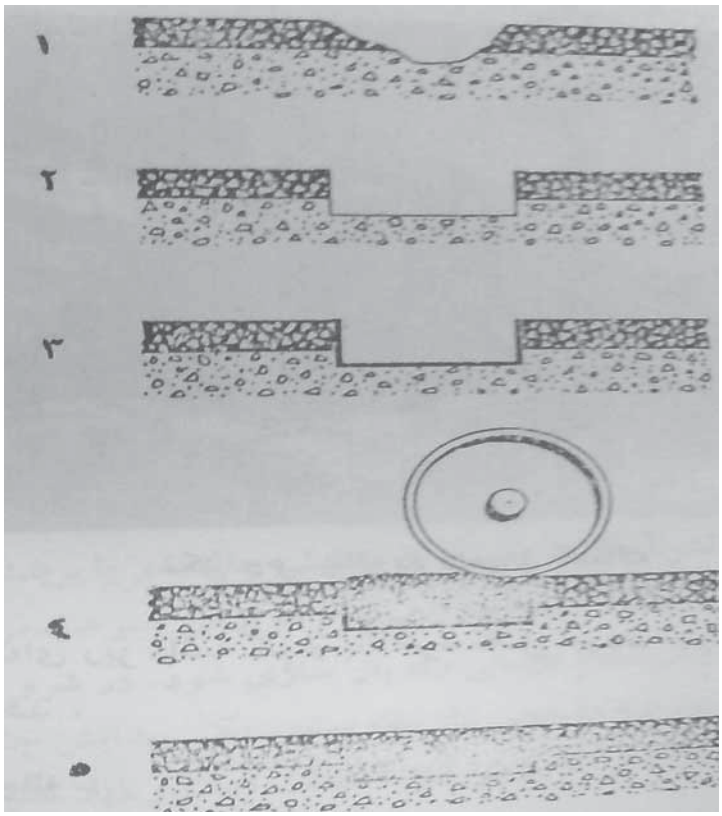
الف) علت پیدایش چاله

چاله‌ها معمولاً در اثر ضعف قشر آسفالت به وجود می‌آیند که ناشی از کمی قیر قشر آسفالت یا ضخامت کم قشر آسفالت یا اینکه در آسفالت دانه‌های ریزدانه کم وحتی کامل نبودن سیستم در تناژ صحیح در بدنه راه می‌باشد.

ب) مرمت چاله

اکثراً چاله‌ها در قشر آسفالت هنگامی عارض می‌شوند که واحد نگهداری راه قادر به مرمت دائمی راه آسفالته نمی‌باشد. در این نوع عارضه، چنانچه بخواهند به طور موقت چاله را مرمت نمایند، کافی است که محل چاله را تمیز و سپس با آسفالت‌های سرد پیش‌اندود پر نمایند. ولی چنانچه هدف، مرمت اساسی راه باشد، بایستی اطراف چاله بریده (تا عمق مناسب) و سپس با بتن آسفالتی مرمت گردد که به‌طور شماتیک در تصویرشماره ۴-۲۲ ملاحظه می‌شود. مراحل مرمت به شرح زیر است:

۱. چاله مرمت نشده
۲. قشر رویه و قشرهای روسازی که از سطح راه حذف شده
۳. تک کت
۴. پرکردن چاله با بتن آسفالتی و تراکم آن
۵. سطح نهایی چاله با لکه‌گیری



تصویرشماره ۴-۲۲: مرمت اساسی چاله در قشر آسفالت

۴-۹. فرسایش راه آسفالته

فرسایش راه‌های آسفالته، همان پریدن دانه‌های مصالح از سطح قشر آسفالت می‌باشد. در نوعی دیگر از این نوع عارضه، دانه‌های مصالح از لبه آسفالت پریده و فرسایش به طرف داخل عرض آسفالت است (تصویرشماره ۴-۲۳).

تصویرشماره ۴-۲۳: فرسایش

در این نوع عارضه، معمولاً دانه‌های ریـز، ابتـدا از سـطح راه کنـده شـده و راه را آبلـه‌رو می‌کند و سپس همان طوری که فرسایش ادامه می‌یابد، دانـه‌هـای بـزرگ‌تـر نیـز از سـطح آسفالت کنده شده و سطح راه، حالت زبر و ناهموار پیدا می‌کند (محمد سـرائی‌پـور، ۱۳۷۷، صص ۳۲۷ - ۳۳۲).

الف) شناسایی فرسایش

پیدایش فرسایش در سطح راه‌های آسفالته به یکی از علل زیر می‌باشد:

۱. چنانچه تراکم قشر آسفالت (قشر رویه) کافی نباشد.

۲. چنانچه پخش قیر رویه در هوای مرطوب یا سرد انجام شده باشد.

۳. چنانچه در تهیه آسفالت قشر رویه از مصالح کثیف یا سست استفاده شده باشد.

۴. چنانچه درصد قیر آسفالت قشر رویه کمتر از حد نصاب طرح باشد.

۵. چنانچه آسفالت بیش از حد لزوم گرم شده باشد.

ب) مرمت فرسایش

برای مرمت سطح آسفالت، راه‌هایی که دچار عارضه فرسایش شده باشد، بایستی به کمک آسفالت سطحی، سطح راه را مرمت نمود. این عمل به عنوان عمل نگهداری راه و یا جلوگیری از ادامه فرسایش تلقی می‌شود. با توجه به شدت فرسایش، می‌بایستی نوع آسفالت سطحی انتخاب شود.

۴-۱۰. لغزندگی راه آسفالته

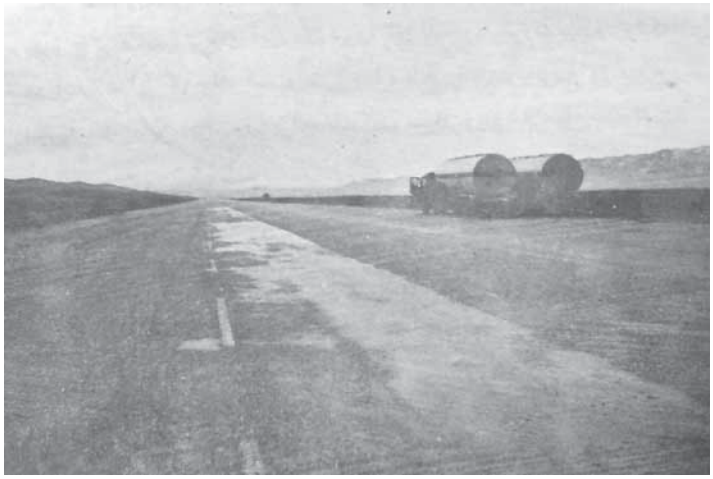
یکی دیگر از نواقص راه‌های آسفالته که غالباً ملاحظه می‌شود، لغزنده بودن سطح بعضی از راه‌های آسفالته است. علی‌الاصول در راه‌های آسفالته خشک به ندرت لغزندگی مشاهده می‌گردد، ولی به هنگام بارندگی چند عامل است که سطح راه را لغزنده می‌نماید. یکی از عمده‌ترین عوامل، وجود یک لایه خیلی نازک آب در روی سطح آسفالت می‌باشد که علل پیدایش چنین حالتی وجود یک لایه نازک قیر در سطح راه است.

البته چنانچه مصالح قشر رویه نیز سست باشد، مصالح این قشر صیقل شده و باز هم همین عارضه ایجاد می‌گردد. نکته دیگر اینکه، ممکن است که سطح راه در اثر آلوده شدن به روغن یا خاک رس یا عصاره زباله‌های کامیون‌های زباله‌کش (مانند راه تهران- آبعلی در فاصله تهرانپارس الی تپه‌های جاجرود) نیز لغزنده شود. برای از بین بردن خطر لغزندگی سطح راه، بایستی عواملی که سبب لغزنده شدن سطح راه شده است را برطرف نمود تا آب به هنگام بارش دور مصالح جمع شده و اجازه بدهد که سطح اصطکاک بین تایر اتومبیل و سطح راه برقرار گردد. در بسیاری از موارد، بهترین عمل پخش یک قیر، سیل کت با مصالح

یک اندازه (چیپینگ) می‌باشد که هم سطح راه را احیا می‌کند و هم سطح راه زبر شده و خطر لغزندگی به هنگام بارش را مرتفع می‌نماید.

۴-۱۱. رو زدن قیر در راه‌های آسفالته

رو زدن قیر[1] در راه‌های آسفالته، عبارت است از حرکت قیر به طرف سطح راه و تشکیل یک لایه قیر در سطح قشر آسفالت می‌باشد (تصویرشماره ۴-۲۴).



تصویرشماره ۴-۲۴: روزدن قیر

الف) شناسایی روزدن قیر

از مهم‌ترین علل روزدن قیر که معمولاً پیدایش آن در هوای گرم می‌باشد، وجود مقدار قیر زیادتر از حد لزوم در یکی از قشرهای آسفالت است. علاوه بر این انجام پریمکت با قیر بیش از اندازه و یا انجام تک کت با قیر بیش از حد و انجام سیل کت با قیر زیادتر ازحد نصاب نیز سبب پیدایش این نوع عارضه می‌شود.

[1]. Bleeding

یکی از مواردی که خیلی زیاد در راه‌های ایران ملاحظه می‌شود، این است که به هنگام اجرای پریمکت، قبل از اینکه قیر عمل بیاید یا به اصطلاح خشک شود، مبادرت به پخش قشر آسفالت می‌نمایند. چون قیرهای مخلوط دارای حلال می‌باشند، لذا حلال موجود در این قیرها در زیر قشر بتن آسفالتی تبخیر شده و سعی می‌کند راهی به خارج پیدا نماید. حلال در اثر کشش بخار به هنگام خروج از منافذ قشرهای آسفالت، قیر را نیز با خود بیرون کشیده و لکه‌های قیر را تا سطح یک متر مربع از راه ایجاد می‌کند. عین این حالت نیز برای تک کت بسیار زیاد ملاحظه شده است.

ب) مرمت روزدن قیر

به روش‌های زیر می‌شود این نقیصه را مرتفع نمود.

۱. چنانچه هدف، برطرف کردن اثر لغزندگی این لکه‌ها باشد، می‌توان با پخش کردن چیپینگ $\frac{3}{8}$ اینچ که تا ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد گرم شده، روی لکه‌ها و سپس غلتک زدن فوری، اثر لغزشی این لکه‌ها را برطرف نمود (مقدار چیپینگ ۸-۵ کیلوگرم در متر مربع سطح لکه).

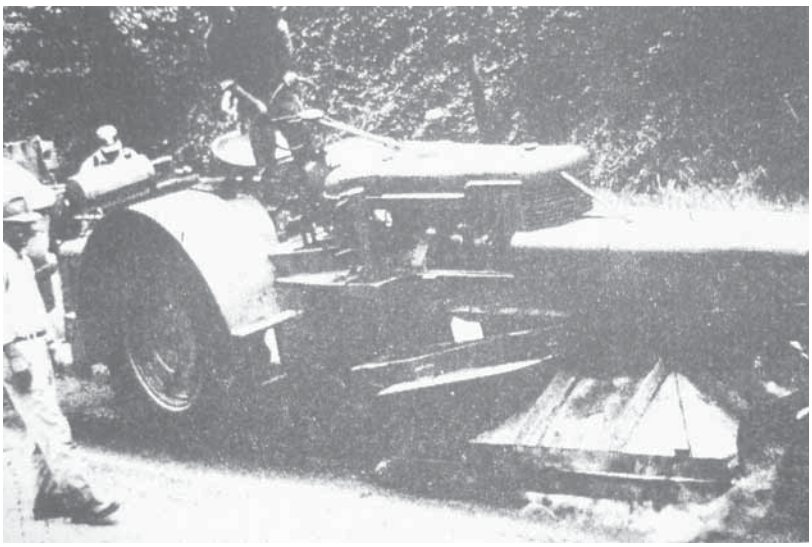
۲. چنانچه هدف، مرمت اساسی لکه‌ها باشد یا اینکه بخواهند روی راه یک قشر تازه آسفالت پخش نمایند، بایستی ابتدا لکه‌های قیر سوزانده شود (به کمک دستگاه Heater Planer) (تصویرشماره ۴-۲۵).

چنانچه دستگاه فوق‌الذکر در دسترس نباشد به طریق زیر عمل می‌گردد.

- ابتدا روی سطح لکه پر قیر نفت یا گازوییل ریخته و بلافاصله آتش زده می‌شود.
- پس از حداکثر ۱۵ دقیقه شعله آتش خاموش می‌شود.

- بلافاصله به کمک یک شمشه فلزی (یا تیغه فلزی) مواد سوخته شده و یا دانه‌های لق شده از سطح راه حذف می‌شود.

این سطح پس از تک کت آماده برای پخش قشر آسفالت بعدی می‌باشد.



تصویرشماره ۴-۲۵: دستگاه برطرف‌کننده قیر روزده شده

خلاصه

بررسی وضعیت روسازی راه پیش نیاز اصلی برنامه‌ریزی برای تعیین اولویت‌ها و انتخاب روش یا روش‌های بهسازی است.

اصولاً خرابی‌های زودرس به خرابی‌هایی اطلاق می‌شود که قبل از اتمام عمر مفید روسازی به وجود می‌آیند. تجربیاتی که در سال‌های اخیر از عملکرد روسازی راه‌های کشور به‌دست آمده، نشان داده است که در اغلب موارد این روسازی‌ها دچار خرابی‌های زودرسی نظیر ترک‌خوردگی، شیار افتادگی در مسیر عبور چرخ‌ها، قیرزدگی، نشست و برخی خرابی‌های دیگر می‌شود. بروز این خرابی‌ها نه تنها باعث کاهش عمر مفید روسازی (عمر

بهره‌برداری از روسازی) و ایمنی استفاده‌کنندگان از راه ، بلکه باعث افزایش مخارج نگهداری و بهسازی روسازی می‌شود. همچنین مخارجی که استفاده‌کنندگان از راه بـه علـت خرابـی روسازی و اثرات ناشی از آن متحمل می‌شوند را افزایش می‌دهد.

خرابی‌های روسازی، به دو گروه خرابی‌های سازه‌ای و خرابی‌های وظیفـه‌ای (عملکـردی) تقسیم شده‌اند. خرابی‌های سازه‌ای، به آن گروه از خرابی‌های روسازی اطـلاق مـی‌شـود کـه علل وقوع آن‌ها مرتبط با قدرت باربری سیستم روسازی و یا هر یک از لایـه‌هـای آن باشـد. این خرابی‌ها معمولاً به دلیل وارد آمدن تنش‌ها و کرنش‌های ناشی از بارگـذاری روسـازی و ضعف در سیستم باربری روسازی به وجود می‌آیند. در صورتی که خرابی‌های وظیفـه‌ای بـه آن گروه از خرابی‌های روسازی اطلاق می‌شود که بهره‌برداری از روسازی را با اشکال مواجـه می‌سازند.

متأسفانه در اغلب موارد علل بروز خرابی‌های زودرس روسازی راه‌هـای کشـور بـه دلیـل ضعف در انجام عملیـات اجرایـی روسـازی و عـدم رعایـت ضـوابط و معیارهـای منـدرج در مشخصات فنی خصوصی پروژه (استفاده از مصالح غیرمنتخـب و احتمـالاً نـامرغوب)، عـدم بهره‌برداری صحیح و مناسب از روسازی و همچنین عـدم نگهـداری بـه موقـع و مناسـب از روسازی است که مستقیماً با طرح مخلوط‌های آسفالتی و یا روش طرح ضـخامت لایـه‌هـای روسازی مرتبط نیستند.

بدون شک تمامی راه‌های آسفالته، احتیاج به مرمـت و نگهـداری دائـم دارنـد. در واقـع تنش‌های وارده به سطح راه که در ابتدا سبب پیـدایش نقـایص و معایـب جزئـی در سـطح آسفالت می‌شود، به تدریج توسعه یافته و تبدیل به نقایص بزرگ‌تری می‌شـود و صـدمات و لطمات سنگینی را به راه وارد می‌نماید.

مرمت و اصلاح اساسی انواع آسیب‌دیدگی‌های سطحی و سازه‌ای روسازی‌های آسفالتی، شامل تعمیرات سطحی اساسی، اجرای روکش‌های تقویتی، بازیافت و یا ترکیبی از این عملیات بهسازی نامیده می‌شود. بهسازی به منظور کاهش هزینه‌های نگهداری، رفع ناهمواری‌های سطحی و فراهم آوردن امکان رانندگی سریع، مطمئن و راحت، افزایش قدرت باربری و عمر مفید روسازی انجام می‌گیرد.

آزمون

۱. عملیات بهسازی روسازی راه چیست؟

۲. انواع آسیب‌دیدگی‌های آسفالتی را نام ببرید؟

۳. خرابی‌های زودرس در روسازی راه را تعریف نمایید؟ علل بروز آن‌ها در روسازی راه‌های کشور کدامند؟

۴. چرا یافتن علل واقعی بروز خرابی‌های زودرس در روسازی راه‌های کشور دشوار است؟

۵. انواع ترک‌های راه‌های آسفالته را نام ببرید؟

۶. علل وقوع ترک پوست سوسماری را نام ببرید و روش مرمت آن را شرح دهید؟

۷. کمبود ترافیک باعث به‌وجود آمدن چه نوع ترکی می‌شود؟

۸. علل به‌وجود آمدن نشست در راه‌های آسفالته چیست؟

۹. علل به‌وجود آمدن تورم در راه‌های آسفالته کدامند؟

۱۰. علت اصلی روزدن قیر در راه‌های آسفالته کشورچیست؟ روش مرمت آن چگونه است؟

فصل پنجم

آسفالت سرد

اهداف

هدف از مطالعه این فصل، آشنایی با مطالب زیر می‌باشد:

۱. دامنه کاربرد آسفالت سرد و انواع آن

۲. قیرهای مورد استفاده در آسفالت سرد

۳. روش‌های تهیه آسفالت سرد در محل

۴. انواع غلتک‌های مورد نیاز برای کوبیدن آسفالت سرد

۵. مراحل اجرای آسفالت سرد و محدودیت‌های آن

۵-۱. کلیات

آسفالت سرد[1] از اختلاط سنگ‌دانه‌ها با قیرهای محلول، قیرآبه‌ها و یا قطران در دمای محیط تهیه و در همین دما پخش و متراکم می‌شود. سنگ‌دانه‌ها در زمان اختلاط با قیرآبه می‌تواند مرطوب باشد، ولی برای قیرهای محلول، رطوبت مصالح باید در دمای محیط و یا تحت اثر حرارت خشک شود. مخلوط‌های آسفالت سرد که با قیرهای محلول غلیظ مانند MC-3000 و یا SC-3000 تهیه می‌گردد، عملاً مانند آسفالت گرم باید در حرارت ۹۵ درجه سانتی‌گراد یا بیشتر با قیر مخلوط شده و در محدوده همان دما، پخش و متراکم شود.

آسفالت سرد را می‌توان در مسافت‌های زیاد حمل و سپس پخش کرد و یا آن را در کارگاه انبار نمود و بعداً مورد استفاده قرار داد (نشریه ۱۰۱، ۱۳۸۹، صص۴۳۷ و ۴۳۸).

۵-۲. دامنه کاربرد

آسفالت سرد در قشرهای رویه، آستر و اساس قیری برای ترافیک سبک و متوسط و در قشر اساس آسفالتی برای ترافیک سنگین و خیلی سنگین می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. آسفالت سرد را می‌توان برای ترافیک سبک و یا متوسط مصرف نمود و چنانچه در آینده ترافیک سنگین شد، آن را با آسفالت گرم روکش کرد.

[1]. Asphalt Cold Mix

۵-۳. انواع آسفالت سرد

آسفالت سرد را بر حسب روش تهیه و اجرا می‌توان به دو نوع آسفالت سرد کارخانه‌ای[1] و آسفالت سرد مخلوط در محل[2] تقسیم کرد.

۵-۳-۱. آسفالت سرد کارخانه‌ای

آسفالت سرد کارخانه‌ای درکارخانه‌های ثابت و مرکزی آسفالت تهیه می‌شود و سپس برای پخش به محل مصرف حمل می‌گردد. در کلیه مراحل ساخت آسفالت سرد، از فراگرد تنظیم دانه‌بندی، توزین سنگ‌دانه‌ها و اختلاط با قیر، کنترل‌های لازم آن طور که در تهیه آسفالت گرم تشریح شده است (فصل اول)، رعایت می‌گردد. البته هنگامی که از قیرآبه استفاده شود، مراحل حرارت دادن و یا خشک کردن سنگ‌دانه‌ها دیگر انجام نمی‌گیرد، مشروط بر آن که رطوبت مصالح بیش از ۳ درصد نباشد.

۵-۳-۲. آسفالت سرد مخلوط در محل

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 انجام می‌گیرد.

ب) نوع مخلوط در کارگاه که عمل اختلاط قیر و سنگ‌دانه‌ها در کارگاه‌های ثابت یا موقت انجام و مخلوط تهیه شده برای پخش به محل مصرف حمل می‌شود.

---

1. Central Plant Mix
2. Mixed-in-Place (Road Mix)

۵-۴. مشخصات فنی مصالح سنگی

سنگ‌دانه‌های آسفالت سرد اعم از کارخانه‌ای یا مخلوط در محل را می‌توان از اختلاط مصالح درشت‌دانه حاصل از شکستن سنگ کوهی، شن رودخانه‌ای و روباره آهن‌گدازی با ماسه شکسته یا ماسه طبیعی و یا مخلوط این دو و در صورت لزوم فیلر، تهیه کرد. مخلوط مصالح مصرفی باید مشخصات مندرج در جدول شماره ۵-۱ را داشته و موارد ذیل در آن رعایت شده باشد (نشریه ۱۰۱، ۱۳۸۹، صفحات ۴۳۸ و ۴۳۹):

۵-۴-۱. دانه‌بندی سنگ‌دانه‌ها

دانه‌بندی سنگ‌دانه‌ها بر حسب این که پیوسته یا باز انتخاب شود، باید در محدوده یکی از دانه‌بندی‌های جدول‌های مربوط در فصل دوم باشد. دانه‌بندی با توجه به ضخامت قشر آسفالتی، ترافیک و شرایط جوی - اقلیمی منطقه تعیین می‌گردد. منحنی دانه‌بندی به ویژه بعد از الک شماره ۸، بهتر است به موازات دو محدوده بالا و پایین دانه‌بندی اصلی قرار گیرد.

دانه‌بندی اجزای دانه‌درشت و دانه‌ریز نیز که در کارگاه تهیه و تفکیک می‌شود، با توجه به حداکثر قطر سنگ‌دانه‌ها، باید مطابق جدول‌های درشت‌دانه و ریزدانه فصل دوم باشد. انتخاب دانه‌بندی درشت و ریز دیگر که بتواند دانه‌بندی مشخصات را تأمین کند، قابل قبول خواهد بود.

مصالح مصرفی برای آسفالت سرد وقتی که از بستر راه شنی موجود و از طریق شخم زدن و برداشتن ضخامت معینی از آن تهیه می‌شود، باید با مشخصات جدول شماره ۵-۱ منطبق بوده و در غیر این صورت اصلاحات لازم برای انطباق با مشخصات فوق، روی آن انجام گیرد.

۵-۴-۲. دانه‌بندی فیلر

چنانچه برای تأمین دانه‌بندی مخلوط سنگ‌دانه‌ها از فیلر استفاده شود، دانه‌بندی آن باید با جدول مربوط در فصل دوم مطابقت داشته باشد.

۵-۵ .مواد قیری

مشخصات مواد قیری مصرفی در آسفالت سرد شامل قیرهای محلول یا قیرآبه، باید مطابق فصل سوم باشد(نشریه ۱۰۱، ۱۳۸۹، صفحات ۴۳۹ الی ۴۴۴).

جدول شماره ۵-۱: مشخصات سنگ‌دانه‌ها برای استفاده در آسفالت سرد

آزمایش	مشخصات	روش آزمایش		
		AASHTO	ASTM	BS
مقاومت سایشی با آزمایش لس‌آنجلس- حداکثر	۴۰ درصد	T96	C131	
افت وزنی با سولفات سدیم- حداکثر	۱۲ درصد	T104	C88	
افت وزنی با سولفات منیزیم- حداکثر	۱۸ درصد	T104	C88	
ارزش ماسه ای- مصالح زیردانه- حداقل	۳۵ درصد	T176	D2419	
نشانه خمیری مصالح ریزدانه- حداکثر	۴ درصد	T90	D4318	
شکستگی یک جبهه سنگ‌دانه‌های مانده روی الک شماره ۴ یا ۴/۷۵ میلی‌متر- حداقل	۶۵ درصد	-	-	
ضریب تورق- حداکثر	۳۵ درصد	-	-	812
جرم واحد حجم سنگ‌دانه‌های روباره آهن‌گدازی- حداقل	۱۱۲۰ Kg/m^3	T19	C29	-

۵-۶. انتخاب قیر

نوع قیرهای مصرفی در آسفالت سرد با توجه به روش اختلاط سنگ و قیر و در واقع نوع آسفالت سرد (کارخانه‌ای یا مخلوط در محل)، دانه‌بندی مصالح، شرایط منطقه، عمر طراحی و مدت زمان انبارداری قبل از مصرف (فوری، کوتاه مدت یا میان مدت)، انتخاب می‌شود.

جدول شماره ۵-۲ با توجه به عوامل ذکر شده به عنوان راهنما، برای انتخاب قیرهای محلول و قیرآبه‌ها، می‌تواند به کار گرفته شود. در انتخاب قیر علاوه بر جدول راهنما، به موردهای زیر توجه خاص مبذول می‌گردد:

۵-۶-۱ .درجه نفوذ قیر

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

۵-۶-۲. کندروانی قیر

کندروانی قیر، تابع درجه حرارت است. نظر به اینکه قیر مصرفی در آسفالت سرد و در دمای محیط کار و در حین عملیات اجرایی، باید کارآیی و روانی کافی داشته باشد، لذا غلظت قیر در این دما از اهمیت خاصی برخوردار است. قیر در شرایط محیطی ساخت آسفالت باید آن چنان غلظتی داشته باشد که بتواند مخلوط آسفالتی همگن و یکنواخت را با پوشش قیری کامل سنگ‌دانه‌ها تأمین کند. به عنوان مثال، برای تولید آسفالت سرد کارخانه‌ای، از قیر با

درجه نفوذ کمتر (قیر غلیظ‌تر) و برای آسفالت سرد تولید شده در محل، از قیر با درجه نفوذ بیشتر (قیر رقیق‌تر) استفاده می‌شود.

۵-۶-۳. تأثیر دانه‌بندی مصالح

دانه‌بندی مصالح، عامل تعیین‌کننده‌ای در انتخاب قیر آسفالت سرد محسوب می‌شود. به طور کلی برای دانه‌بندی‌های باز در مقایسه با دانه‌بندی‌های پیوسته، از قیر غلیظ‌تر می‌توان استفاده نمود. وقتی که مواد رد شده از الک شماره ۲۰۰ مخلوط زیاد باشد، عمل اختلاط به سختی انجام می‌گیرد. در این حالت بهتر است قیر مصرفی کندروانی متوسط یا کمتری داشته باشد.

بالعکس، در شرایطی که مواد رد شده از الک شماره ۲۰۰ کم باشد، عمل اختلاط آسان‌تر انجام می‌گیرد و لذا قیر با کندروانی بیشتر مناسب‌تر خواهد بود. کاربرد قیر با کندروانی بیشتر احتمال چکه کردن قیر از سنگ‌دانه‌هایی با دانه‌بندی باز را کاهش می‌دهد.

۵-۶-۴. قیرهای محلول

سرعت گیرش و عمل آمدن محلول (به عبارتی عمل تبخیر و تصعید مواد فرار از قیرها) تابع مقدار قیر مصرفی، نوع و درجه قیر، رطوبت نسبی محیط، باد و 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 گیرش قیر سریع‌تر صورت می‌گیرد. بالعکس، هر اندازه دمای محیط کمتر، هوا سردتر و رطوبت نسبی زیادتر باشد، سرعت عمل آمدن کندتر و زمان آن طولانی‌تر خواهد شد.

جدول شماره ۵-۲: قیر مناسب برای آسفالت سرد

نوع آسفالت و کیفیت مصالح سنگی مصرفی	قیرهای محلول												قیرآبه آنیونی						قیرآبه کاتیونی			
	زودگیر RS			دیرگیر SC			کندگیر MS						HFMS-1 MS-1	HFMS-2 MS-2	MS-2h HFMS-2h	HFMS-2s	SS-1	SS-1h	CMS-2	CMS-2h	CSS-1	CSS-1h
	۷۰	۳۰۰۰	۸۰۰	۵۲۰	۲۵۰	۳۰۰۰	۸۰۰	۲۵۰	۷۰	۳۰۰۰	۸۰۰	۲۵۰										
۱. مخلوط‌های تهیه شده با کارخانه آسفالت- مصرف در قشر اساس و رویه باز																						
دانه بندی باز											✓			✓	✓				✓	✓		
خوب دانه‌بندی شده				✓		✓	✓	✓		✓	✓	✓				✓	✓	✓			✓	✓
ماسه‌ای*																✓	✓	✓			✓	✓
۲. آسفالت مخلوط در محل – مصرف در قشر اساس و رویه باز																						
دانه بندی باز		✓	✓	✓		✓	✓			✓	✓		✓	✓	✓				✓	✓		
خوب دانه بندی شده					✓	✓					✓	✓				✓	✓	✓			✓	✓
ماسه		✓	✓					✓	✓		✓	✓				✓	✓	✓			✓	✓
ماسه همراه با لای**	✓	✓	✓					✓	✓		✓	✓					✓	✓			✓	✓
۳. مخلوط‌های مصرفی برای تعمیرات و لکه گیری																						
مصرف فوری			✓			✓					✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓		
مصرف غیرفوری						✓					✓	✓				✓						

توضیحات:

* مصالح رد شده 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 مقداری مواد رد شده از الک ۲۰۰ کـه دارای خاصیت خمیری باشند.

۵-۶-۵. قیرآبه‌ها

سفت شدن این قیرها و ظهور خاصیت چسبندگی کامل در آن‌ها، به تبخیر آب موجود در قیر، درصد جذب آب سنگ‌دانه‌ها و فشار مکانیکی اعمال شده به مخلوط آسفالتی (غلتک و ترافیک)، بستگی دارد. در شرایط محیطی مناسب، تبخیر آب و در نتیجه عمل آمدن کامل قیر نسبتاً سریع انجام می‌گیرد. هوای سرد و رطوبت نسبی زیاد، مانع سفت شدن سریع و به‌هنگام قیر می‌شود. تأثیر شرایط جوی برای قیرهای آنیونیک در مقایسه با قیرهای کاتیونیک بیشتر است.

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

۵-۷. درجه حرارت قیر

درجه حرارت قیرهای مصرفی در آسفالت سرد، بر حسب این که آسفالت از انواع کارخانه‌ای و یا مخلوط در محل باشد، در جدول شماره ۵-۳ به عنوان راهنما، ارائه شده است. از این جدول برای تعیین محدوده درجه حرارتی که در شرایط متفاوت اجرایی کارآیی مناسبی برای مخلوط تأمین می‌کند، می‌توان استفاده کرد.

جدول شماره ۵-۳: 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
قیرآبه‌ها:		
انواع قیرآبه‌های کندشکن و دیرشکن آنیونیک و کاتیونیک	۷۰-۱۰ سانتی‌گراد*	۷۰-۲۰ سانتی‌گراد
قیرهای محلول **		
انواع زودگیر، کندگیر و دیرگیر با کندروانی:		
۷۰	--	+۲۰ سانتی‌گراد****
۲۵۰	۸۰-۵۵ سانتی‌گراد***	+۴۰ سانتی‌گراد ****
۸۰۰	۱۰-۷۵ سانتی گراد***	+۵۵ سانتی‌گراد****
۳۰۰۰	۱۱۵-۸۰ سانتی‌گراد***	--

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

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

*** درجه حرارت مخلوط آسفالت سرد، بعد از اختلاط قیر و مصالح.

**** حداکثر درجه حرارت قیر باید به اندازه‌ای باشد که بخار آبی رنگ از آن متصاعد نشود.

۵-۸. انتخاب دانه‌بندی کارگاهی

انتخاب دانه‌بندی مخلوط آسفالت سرد برای هر پروژه، اعم از این که انواع کارخانه‌ای یا مخلوط در محل باشد، باید با توجه به معیارهای مشروحه در فصل دوم، موضوع دانه‌بندی کارگاهی و رعایت رواداری‌های مربوط، صورت گیرد. این دانه‌بندی، ضمن آن‌که در داخل دانه‌بندی اصلی مشخصات قرار می‌گیرد، باید با توجه به میزان ترافیک، شرایط جوی و کیفیت سنگ‌دانه‌های مصرفی انتخاب شود. به عنوان مثال، برای ترافیک سنگین در مناطق گرمسیری و یا شیب‌های تند (مناطق کوهستان) که رویه آسفالتی به تغییر شکل خمیری

گرایش بیشتری نشان می‌دهد، از دانه‌بندی درشت‌تر، درصد شکستگی بیشتر، مصرف مصالح رودخانه‌ای کمتر در مخلوط آسفالتی استفاده می‌شود.

رواداری‌های قابل اعمال در دانه‌بندی کارگاهی در جدول شماره ۵-۴ نشان داده شده است (نشریه ۱۰۱، ۱۳۸۹، صص ۴۴۴ - ۴۴۶).

جدول شماره ۵-۴: رواداری مجاز دانه‌بندی کارگاهی و قیر در آسفالت سرد

اندازه الک‌ها	درصد رواداری
الک ۱۲/۵ میلی‌متر (۰/۵ اینچ) و بزرگ‌تر	±۸
الک‌های ۹/۵ میلی‌متر ($\frac{3}{8}$ اینچ) و ۴/۷۵ میلی‌متر (شماره ۴)	±۷
الک‌های ۲/۳۶ میلی‌متر (شماره ۸) و ۱/۱۸ میلی‌متر (شماره ۱۶)	±۶
الک‌های ۰/۶ میلی‌متر (شماره ۳۰) و ۰/۳ میلی‌متر (شماره ۵۰)	±۵
الک ۰/۰۷۵ میلی‌متر (شماره ۲۰۰)	±۳
درصد قیر بر حسب وزن مخلوط آسفالتی	±۰/۵

۵-۹. طرح اختلاط آسفالت سرد

برای طرح اختلاط آزمایشگاهی آسفالت سرد به فصل آسفالت سرد در آیین‌نامه روسازی راه (نشریه شماره ۲۳۴ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور) مراجعه شود.

۵-۱۰. مشخصات فنی آسفالت حاوی قیر محلول

مشخصات فنی آسفالت سرد حاوی قیرهای محلول و قیرآبه‌ها با طرح اختلاط آزمایشگاهی به روش مارشال و یا روش ویم[1] مطابق جدول‌های ۵-۵، ۵-۶ و ۵-۷ می‌باشد. آزمایش‌های موضوع این جدول‌ها مطابق آخرین چاپ نشریه MS-14 انستیتو آسفالت[2] موضوع آسفالت سرد انجام می‌گیرد.

[1]. Hveem
[2]. Asphalt Cold Mix Manual

جدول شماره ۵-۵: مشخصات فنی آسفالت سرد برای قیرهای محلول به روش مارشال

مشخصه	حدود
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 روکش	۵۰ درصد
تعداد ضربه برای کوبیدن نمونه مارشال:	۷۵ ضربه
- ترافیک سنگین، متوسط، سبک	
مقاومت مارشال در ۲۵ درجه سانتی‌گراد:	حداقل ۲۳۰ کیلوگرم
- آسفالت سرد برای تعمیرات	حداقل ۳۴۰ کیلوگرم
- آسفالت سرد برای نوسازی‌ها و روکش	
فضای خالی	۵-۳ درصد
روانی	۴-۲ میلی‌متر
فضای خالی مصالح سنگی	به جدول مربوطه فصل ۲ مراجعه شود
درصد ماند مقاومت مارشال بعد از چهار روز نگهداری در آب $25^{\circ}C$	حداقل ۷۵ درصد

جدول شماره ۵-۶: مشخصات فنی آسفالت سرد تهیه شده با قیرآبه‌ها با روش ویم

مشخصه	قشر اساس	قشر آستر و رویه
الف- تاب آوری مخلوط در ۳±۲۳ درجه سانتی‌گراد:	حداقل ۷۰	-***
- عمل آمدن ناقص*	حداقل ۷۸***	-***
- عمل آمدن کامل**		
ب- مقاومت مخلوط در ۳±۶۰ درجه سانتی‌گراد	-***	حداقل ۳۰
پ- چسبندگی مخلوط در ۳±۲۳ درجه سانتی‌گراد:	حداقل ۵۰	-***
- عمل آمدن ناقص*	حداقل ۱۰۰***	-***
- عمل آمدن کامل**		
ت- چسبندگی مخلوط در ۳±۶۰ درجه سانتی‌گراد	-***	حداقل ۱۰۰
ث- درصد پوشش قیری سنگدانه‌ها	حداقل ۵۰	حداقل ۷۵

* عمل آمدن نمونه در داخل قالب: ۲۴ ساعت در ۳±۲۳ درجه سانتی‌گراد

** عمل آمدن نمونه در داخل قالب: ۷۲ ساعت در ۳±۲۳ درجه سانتی‌گراد، سپس نگهداری نمونه به مدت چهار روز در خلاء و بعد قراردادن آن به مدت یک ساعت در شرایط خلاء و یک ساعت بدون خلاء.

*** مشخصات تعیین نشده است.

جدول شماره ۵-۷: مشخصات فنی آسفالت سرد حاوی قیرآبه‌ها بر اساس روش اصلاح شده مارشال

مشخصه	حدود	
	حداقل	حداکثر
مقاومت مارشال با ۵۰ ضربه در ۲۲ درجه سانتی‌گراد	۲۲۵ کیلوگرم	-
افت مقاومت مارشال بعد از نگهداری نمونه در خلاء در شرایط اشباع	-	۵۰ درصد
پوشش قیری سنگ‌دانه‌ها	۵۰ درصد	-

۵-۱۱. آزمایش‌ها

در جریان تهیه و اجرای آسفالت سرد، انجام آزمایش‌های زیر برای ارزیابی کیفیت آسفالت در مراحل تهیه، تولید، پخش و تراکم ضروری است (نشریه ۱۰۱، ۱۳۸۹، صفحات ۴۴۶ الی ۴۴۹).

۵-۱۱-۱. درصد قیر

برای تعیین درصد قیر محلول و یا قیرآبه در آسفالت سرد، نمونه مخلوط آسفالتی را که ضخامت نکوبیده و غیرمتراکم آن از ۳۸ میلی‌متر تجاوز نکند، در یک ظرف فلزی قرار می‌دهند و آن را سه نوبت و هر نوبت یک ساعت در گرم‌خانه با حرارت ۳±۱۲۱ درجه سانتی‌گراد می‌گذارند. هر بار بعد از یک ساعت، نمونه را از گرم‌خانه خارج کرده و آن را یک دقیقه کاملاً به هم می‌زنند. 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 AASHTO T164 ، مورد آزمایش جدا کردن قیر[1] از سنگ‌دانه‌ها قرار داده و مقدار قیر آن را که فقط شامل قیر خالص است، تعیین می‌کنند.

در صورتی‌که درصد قیر در آزمایش a باشد، مقدار کل قیر محلول و یا قیرآبه در مخلوط آسفالتی برابر است با:

[1]. Extraction

$$A = \frac{100a}{R}$$

که در آن:

A: درصد وزنی قیر محلول یا قیرآبه بر حسب وزن مخلوط آسفالتی

a : درصد وزنی قیر خالص در نمونه بر حسب وزن مخلوط آسفالتی با آزمایش اکستراکشن

R : درصد وزنی قیر خالص در قیر محلول یا قیرآبه مصرفی که بر حسب نوع و درجه آن‌ها متفاوت بوده و حداقل یک بار در جریان طراحی آسفالت سرد و به تناوب در روند اجرای کار بر اساس آزمایش تقطیر قیر تعیین می‌شود (برای قیرهای محلول روش ASTM D402 و یا AASHTO T78 و برای قیرآبه‌ها روش ASTM D244 و یا AASHTO T59).

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

$$A = \frac{4 \times 100}{57} = 7$$

مقدار A، مطابق جدول شماره ۵-۴، 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 قبلاً آن را در حرارت ملایم به حالت غیرمتراکم تبدیل کرده و سپس به شرح فوق در گرم‌خانه قرار داد.

۵-۱۱-۲ .دانه‌بندی

روی نمونه آسفالت، بعد از آزمایش جدا کـردن قیـر بـا روش AASHTO T164، آزمـایش دانه‌بندی با روش AASHTO T30 انجام و نتیجه باید با دانه‌بنـدی مصـوب طـرح، بعـد از اعمال حدود رواداری مندرج در جدول شماره ۵-۴، مطابقت داشته باشد.

۵-۱۱-۳. مشخصات فنی

مشخصات فنی آسفالت سرد شامل مقاومت، فضای خالی، چسبندگی و سایر ضرایب مربوطه بر حسب این‌که با روش مارشال و یا روش ویم طراحی شده باشد، باید با مقادیر منـدرج در جدول‌های ۵-۵ تا ۵-۷ مطابقت داشته باشد.

۵-۱۲. وسایل تهیه آسفالت سرد

این وسایل بر حسب اینکه آسفالت سرد با روش کارخانه‌ای و یا مخلوط در محل تهیه شود، به شرح زیر است:

۵-۱۲-۱ .کارخانه آسفالت سرد

کارخانه‌های آسفالت سرد می‌توانند از انواع متناوب و یا مداوم بـوده و مجهـز بـه سـیلوهای سرد، واحد خشک‌کننده مصالح، سیلوهای گرم، سرند، وسایل گرم کردن قیر و توزین آن‌هـا باشد تا بتواند مخلوط آسفالتی همگن با پوشش قیری یکنواخت تولید کند. سنگ‌دانـه‌هـای تفکیک شده در کارگاه جداگانه به سـیلوهای سـرد کارخانـه تغذیـه شـده و قبـل از تغذیـه مخلوط نمی‌شوند. تغذیه مصالح به نحوی تنظیم می‌شود که موجب کم یا زیاد شدن مصالح در سیلوهای گرم نشده و اختلالی در تولید یکنواخت و همگن مخلـوط آسـفالتی بـه‌وجـود

نیاورد. حداقل زمان اختلاط طوری انتخاب می‌شود که بیشترین پوشش قیری سطح سنگ‌دانه‌ها را تأمین کند، ضمن آن‌که در مورد قیرآبه‌ها ضرورتی ندارد که این پوشش به ۱۰۰ درصد برسد.

معمولاً 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.

درجه حرارت قیر بر حسب نوع قیر، باید در محدوده‌های مندرج در جدول ۵-۳ باشد.

۵-۱۲-۲ .دستگاه‌های تهیه آسفالت مخلوط در محل

اختلاط قیر و مصالح و نهایتاً تهیه آسفالت سرد در محل با روش‌های مختلفی به شرح زیر انجام می‌گیرد (نشریه ۱۰۱، ۱۳۸۹، صفحات ۴۴۹ الی ۴۵۳):

۵-۱۲-۲-۱. اختلاط سیار[1]

در این روش یک ماشین مخلوط‌کننده سیار در حالی که در طول راه حرکت می‌کند، قیر و مصالح را با هم مخلوط کرده و روی راه پخش می‌کند.

دستگاه‌های سیار بر دو نوعند:

الف) دستگاه روی مصالح ریسه شده در طول راه حرکت می‌کند و در حالی که قیر به مصالح می‌افزاید، آن‌ها را مخلوط کرده و مخلوط آسفالتی آماده شده را در عقب ماشین به شکل ریسه برای پخش باقی می‌گذارد.

ب) کامیون، سنگ‌دانه‌های مخلوط دانه‌بندی شده را در محفظه و یا سیلوی جلوی دستگاه خالی می‌کند و سپس با افزودن قیر به مصالح در حالی که دستگاه به جلو و در طول راه

[1]. Travel Plant Mixer

حرکت می‌کند، قیر و مصالح را با هم مخلوط می‌نماید. مخلوط آسفالتی آماده شده، سپس به فینیشری که در پشت دستگاه حرکت می‌کند، منتقل و در سطح راه پخش می‌گردد.

۵-۱۲-۲-۲ . مخلوط‌کننده چرخشی[1]

این نوع دستگاه شامل یک مخلوط‌کن چرخشی است که یک یا چند محور عرضی با تیغه‌های همزن دارد و توسط یک خودرو در طول مسیر حرکت می‌کند. عرض دستگاه مخلوط‌کننده دو متر است که از قسمت پایین باز می‌شود و مصالح موجود در سطح راه را به داخل می‌کشد. پس از افزودن قیر و اختلاط با مصالح، مخلوط حاصله را در حالی که دستگاه به جلو حرکت می‌کند، در بستر آماده شده راه باقی می‌گذارد. درصد قیر مخلوط در این سیستم تابع سرعت حرکت دستگاه است که با توجه به درصد قیر بهینه، تنظیم می‌شود. نوع دیگری از مخلوط‌کننده‌های چرخشی با کندن و شخم زدن مصالح بستر شنی راه موجود و سپس اختلاط آن با قیر، نهایتاً مخلوط سرد را تهیه و در سطح راه پخش می‌کند.

۵-۱۲-۲-۳. اختلاط با گریدر

برای اختلاط قیر و مصالح با گریدر، نخست قیرپاش، نیمی از قیر مورد نیاز را روی ریسه تسطیح شده مصالح که عرض قیرپاش می‌باشد، پخش نموده و گریدر بلافاصله عمل اختلاط را شروع می‌کند. نیم دیگری از قیر نیز در دو مرحله پخش می‌شود و پس از هر مرحله، گریدر عمل اختلاط را ادامه می‌دهد تا این‌که مخلوط یکنواخت و همگنی تهیه شود. عرض گریدر حداقل ۳ متر و فاصله بین محور چرخ‌های عقب و جلوی آن حداقل ۴/۵ متر است. گریدر بهتر است دارای چرخ‌های لاستیکی صاف باشد.

[1]. Rotary Mixer

۵-۱۲-۲-۴. اختلاط با دستگاه‌های بازیافت آسفالت

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 بر آن‌که می‌توان از قیرآبه یا قیرهای محلول برای افزودن به مصالح در این روش استفاده کرد، برخی از این دستگاه‌ها خود قادرند کف قیر (قیر حاوی درصد جزئی آب) ایجاد کرده و مصالح را با کف قیر آغشته نمایند. در این سیستم در حقیقت با افزودن حدود ۲٪ آب به قیر داغ و هم‌زمان با وارد کردن هوای فشرده، حجم قیر برای مدت کوتاهی تا حدود ۱۵ برابر افزایش می‌یابد و نهایتاً ذرات کف قیر به مصالح چسبیده و آن‌ها را آغشته می‌کند. باید دقت کرد که عمل اختلاط به خوبی انجام گیرد.

۵-۱۳. سایر وسایل تهیه آسفالت سرد

سایر وسایل مورد نیاز برای این عملیات عبارتند از:

۵-۱۳-۱. جاروی مکانیکی

جاروی مکانیکی که با هوای فشرده، با فشار آب و یا هر طریق دیگر عمل می‌کند و برای تمیز کردن سطح راه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۵-۱۳-۲. تانکر آب

تانکر آب برای مرطوب کردن مصالح سنگی جهت تسهیل در عمل اختلاط با قیرآبه و افزایش کارآیی آسفالت سرد مخلوط در محل و در صورت لزوم شستشوی رویه آسفالتی موجود قبل از قیرپاشی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۵-۱۳-۳. قالب ریسه

قالب ریسه 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 می‌گردد تا در حین حرکت از روی مصالح پخش شده در طول راه، آن را در ابعاد هندسی منظم پخش کند.

۵-۱۳-۴. مخازن ذخیره قیر

مخازن ذخیره قیر به مقدار کافی در کارگاه و یا در محدوده نزدیک به آن برای جلوگیری از تأخیر در عملیات اجرایی لازم است. این مخازن باید از نوع سرپوشیده بوده تا از آلوده شدن قیر به گرد و غبار، آب و دیگر آلاینده‌ها جلوگیری شود.

۵-۱۳-۵. قیرپاش

از قیرپاش برای اجرای اندودهای نفوذی یا سطحی که مشخصات آن باید مطابق فصل ششم باشد و نیز پخش قیر روی مصالح سنگی ریسه شده در طول راه و یا در کارگاه ثابت استفاده می‌شود.

۵-۱۳-۶. کامیون

کامیون برای حمل آسفالت سرد از کارخانه آسفالت و یا کارگاه‌های ثابت تهیه آسفالت مخلوط در محل، به محل مصرف مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۵-۱۲-۷. گریدر

از گریدر برای تهیه و نیز پخش آسفالت سرد مخلوط در محل و یا پخش آسفالت سرد کارخانه‌ای که در طول راه حمل می‌شود، استفاده می‌گردد.

۵-۱۳-۸. فینیشر

از فینیشرهای معمولی به شرح مشخصات مندرج در فصل اول، برای پخش آسفالت سرد کارخانه‌ای و یا آسفالت سرد مخلوط در محل که در کارگاه‌های ثابت و یا در محلی غیر از طول راه تهیه شد و به محل مصرف حمل می‌گردد، استفاده می‌شود.

۵-۱۳-۹ .غلتک

غلتک‌های مناسب برای کوبیدن آسفالت سرد که باید دارای مشخصه‌های زیر باشد:

۵-۱۳-۹-۱. غلتک‌های فلزی دوچرخ (ردیف)

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

۵-۱۳-۹-۲. 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 معمولاً ۱۸۰ سانتی‌متر قطر و ۵۰ تا ۶۰ سانتی‌متر عرض دارد.

۵-۱۳-۹-۳. غلتک‌های چرخ لاستیکی

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

۵-۱۳-۹-۴. غلتک‌های لرزنده

غلتک‌های لرزنده آسفالت را با ترکیبی از نیروهای دینامیکی و استاتیکی متراکم می‌سازند. تناوب و دامنه نوسان لرزش دستگاه باید با سرعت غلتک تنظیم شود. این غلتک‌ها بایستی مجهز به سیستم آبپاش روی چرخ‌ها و همراه با گلگیر باشند. معمولاً کاتالوگ کارخانه سازنده، تناوب و دامنه نوسان را مشخص می‌کند. در غیر این صورت تناوب آن حدود ۳۰۰۰-۲۰۰۰ ارتعاش در دقیقه و دامنه نوسان آن ۰/۸-۰/۴ میلی‌متر است.

۵-۱۴. اجرای آسفالت سرد

به طور کلی اجرای آسفالت سرد، اعم از آسفالت سرد کارخانه‌ای یا مخلوط در محل شامل مراحل زیر است (نشریه ۱۰۱، ۱۳۸۹، صفحات ۴۵۴ الی ۴۵۹):

۵-۱۴-۱. آماده کردن سطح راه

آماده کردن سطح راه بر حسب این‌که راه شنی یا آسفالتی باشد، به شرح زیر انجام می‌شود:

۵-۱۴-۱-۱. راه شنی

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

ب) کوبیدگی و تراکم نسبی آن بر اساس 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 سطح راه، طبق مشخصات اجرا شود.

۵-۱۴-۱-۲. راه آسفالتی

الف) کلیه سطوح آسفالتی آسیب‌دیده که دارای انواع ترک‌های طولی و عرضی و موزاییکی و یا چاله و نشست باشد، با آسفالت گرم و یا سرد قابل قبول جایگزین شده و تا حد مشخصات متراکم می‌گردد، به طوری که قسمت‌های مرمت شده، وضعیت مشابه سایر قسمت‌های راه را داشته باشد.

ب) رویه آسفالتی موجود کاملاً پروفیله شده و با ابعاد و اندازه‌های مشخصات منطبق باشد.

پ) سطوح قیرزده از طریق شیار زنی و تراشیدن، یا تعویض و جایگزینی با آسفالت جدید یا پخش سنگ‌دانه‌های یک اندازه و داغ و فرونشاندن آن در سطح قیرزده با غلتک 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 سطحی پاک شود و در صورت لزوم با آب، شسته و تمیز گردد.

ث) اندود سطحی راه طبق مشخصات اجرا شود.

۵-۱۴-۲. اجرای آسفالت سرد مخلوط در محل

آسفالت سرد مخلوط در محل به شرح مراحل زیر اجرا می‌شود.

۵-۱۴-۲-۱. ریسه کردن مصالح

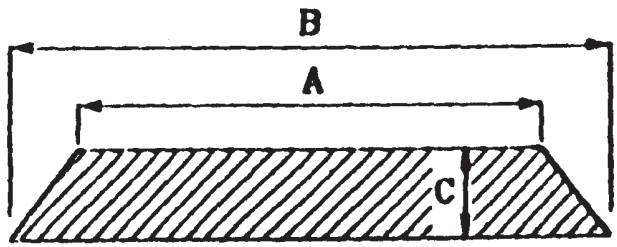
سطح راه در طول لازم، قبل از حمل مصالح برای ریسه کردن، باید آماده‌سازی و تمیز گردد. دانه‌بندی مصالح حمل شده، باید با مشخصات مطابقت داشته و در صورتی که از اختلاط دو یا چند نوع سنگ‌دانه استفاده می‌شود، بعد از اختلاط کامل مصالح، دانه‌بندی مخلوط کنترل گردد.

در موردهایی که از مصالح بستر موجود شنی راه برای تهیه آسفالت سرد استفاده می‌شود، شخم زدن و کندن آن تا عمق لازم پیش‌بینی و اقدام گردد تا مخلوط قابل قبول به دست آید. مقدار مصالح آماده شده قبل از قیرپاشی روی آن، باید برای ضخامت لایه آسفالتی مورد نظر، کافی باشد و نهایتاً 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، ثابت و یکنواخت باشد.

۵-۱۴-۲-۲. تعیین مقدار قیر برای مصالح ریسه شده

قبل از قیرپاشی روی مصالح، مقدار سنگ‌دانه در متر طول ریسه بر اساس ابعاد آن به شرح نمودار شماره ۵-۱ محاسبه می‌شود:



نمودار شماره ۵-۱: ابعاد ریسه

اندازه‌های A، B و C بر حسب متر می‌باشد.

$$V = \frac{(A+B)\times C}{2}$$

$$W_f = W_1 \times V$$

مقدار قیر برای مصالح ریسه شده در متر طول از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$D = \frac{W_f \times a}{100 \times G}$$

که در رابطه‌های فوق خواهیم داشت:

V : حجم مصالح ریسه بر حسب متر مکعب در متر طول ریسه

W_f : وزن مصالح در متر طول ریسه بر حسب کیلوگرم

W_1 : وزن مخصوص غیرمتراکم مصالح بر حسب کیلوگرم در مترمکعب که بر اساس روش AASHTO T19 اندازه‌گیری می‌شود.

D : مقدار قیر بر حسب لیتر در هر متر طول ریسه

a : درصد قیر مورد نیاز پیش‌بینی شده در طرح بر حسب وزن مصالح سنگی خشک

G : وزن مخصوص قیر مصرفی

۵-۱۴-۲-۳. پخش قیر و اختلاط

پخش قیر به مقدار محاسبه شده در طرح روی مصالح ریسه شده توسط قیرپاش یا دستگاه اختلاط سیار انجام می‌شود و در هر حالت سرعت حرکت به‌گونه‌ای تنظیم می‌گردد 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 حرارت کندروانی باید در محدوده ۲۰ تا ۱۲۰ سانتی استکس باشد تا موقعی که کندروانی به ۳۰۰ سانتی استکس نرسیده است، باید عمل اختلاط تکمیل گردد. مواد فرار موجود در قیرهای محلول موجب می‌شود که تا زمانی که عمل اختلاط در محل کامل شود، قیر نسبتاً روان و سیال باقی بماند. هیچ‌گاه درجه حرارت سنگ‌دانه‌ها در سایه و در جریان اختلاط نباید کمتر از ده درجه و رطوبت آن‌ها بیش از ۳ درصد باشد. در مرحله پخش قیر روی مصالح ریسه و انجام عمل اختلاط، نکات زیر رعایت می‌شود:

الف) پخش قیر باید روی مصالح ریسه شده و با مقطع عرضی ثابت و به طور یکنواخت انجام گردد.

ب) برای تأمین اختلاط کامل و تهیه مخلوط آسفالتی همگن با اندود قیری یکنواخت، قیر در چند نوبت روی مصالح پخش می‌شود. معمولاً در صورت انجام اختلاط با گریدر یا

مخلوط‌کننده‌های 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 مخلوط‌کننده‌ها، 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 نگردد. 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 نسبتاً طولانی به وجود آید، حتماً باید جهت زهکشی و دفع آب‌های نفوذی ناشی از نزولات جوی در مخلوط آسفالتی، اقدام شود.

۵-۱۴-۲-۴. 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 (به شرح ذکر شده در جدول شماره ۵-۵) و یا آب قیرآبه‌ها و سنگ‌دانه‌ها که موجب افزایش کارآیی مخلوط برای سهولت و تکمیل اختلاط بوده است، به اندازه کافی تصعید و تبخیر شود. میزان کاهش این مواد باید به اندازه‌ای باشد که مخلوط آسفالتی بتواند وزن غلتک را در جریان عملیات تراکم بدون جابه‌جایی و حرکت‌های جانبی تحمل کند. بدین منظور مخلوط پخش شده توسط گریدر برای هوادهی جابه‌جا می‌شود.

متغیرهای زیادی در تعیین زمان هوادهی مخلوط مؤثرند. برای مثال طول مدت زمان هوادهی برای دانه‌بندی‌های پیوسته با بافت ریز وقتی که سایر شرایط ثابت باشد، در مقایسه با دانه‌بندی‌های باز و گسسته بیشتر است. همچنین وقتی که آسفالت سرد بعد از چند روز

با لایه یا قشر آسفالتی دیگری روکش می‌شود، هـوادهی لایـه اولیـه قبـل از کوبیـدن، بایـد بیشتر از موقعی باشد که این لایه یا قشرآسفالتی دیگری روکش نمی‌شود، زیرا معمولاً لایـه جدید از تبخیر مواد فرار قشر زیرین جلوگیری می‌کند. در هوادهی بر حسـب اینکـه از قیـر محلول یا قیرآبه در آسفالت سرد استفاده شده باشد، باید به موردهای زیر توجه گردد:

الف) قیرهای محلول

برای آسفالت سرد تهیه شده با قیرهای محلول، وقتی که مواد فرار موجود در قیر با هوادهی به ۵۰ درصد کاهش می‌یابد و میزان رطوبت سنگ‌دانـه‌هـا کمتـر از ۳ درصـد وزن مخلـوط باشد، هوادهی و تصعید حلال‌های قیر کافی به نظر می‌رسد و در نتیجه ادامه عملیات پخش و کوبیدن بلامانع است.

اندازه‌گیری کاهش حلال‌های نفتی و یا آب مخلوط‌های آسـفالتی بـا روش AASHTO T110 یا ATSM D1461 آزمایش می‌شود.

ب) قیرآبه‌ها

برای آسفالت سرد تهیه شده با قیرآبـه‌هـا، عملیـات پخـش و مرحلـه اول غلتـک‌زنـی بایـد بلافاصله و قبل از آن که قیرآبه شروع به شکستن نماید، آغاز شود. پدیـده شکسـتن قیـر از تغییر رنگ قیرآبه از قهوه‌ای به سیاه قیری مشخص می‌گردد. در این شرایط آب موجـود در مخلوط باید تا حدودی کاهش یافته باشد تا تمام فضای خالی مخلوط را پـر نکنـد و ضـمن تحمل وزن غلتک و بدون جابه‌جایی و تغییر شکل، متراکم گردد.

۵-۱۴-۳. پخش آسفالت سرد و تراکم آن

بعد از هوادهی کافی، آسفالت سرد کارخانه‌ای و یا مخلوط در محل با فینیشر یا گریدر و یا پخش‌کننده‌های متصل به مخلوط‌کننده‌های سیار و چرخشی پخش می‌شود. پخش هر لایه آسفالت منوط به عمل آمدن لایه قبلی آسفالت سرد می‌باشد. آسفالت در لایه‌ها با ضخامت یکنواخت و ثابت پخش می‌شود و ضخامت هر لایه نباید کمتر از ۲ برابر حداکثر قطر سنگ‌دانه‌های مصرفی و یا قطر سنگ‌دانه‌های مصرفی نباید از نصف ضخامت بیشتر باشد. بلافاصله بعد از پخش، غلتک‌زنی با غلتک چرخ فولادی آغاز می‌شود. سپس با استفاده از غلتک چرخ لاستیکی عملیات ادامه یافته و نهایتاً با غلتک‌های چرخ فولادی و یا لرزنده عملیات تراکم کامل شده و پایان می‌یابد.

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 و هیچ یک از آزمایش‌ها نیز کمتر از ۹۲ درصد نباشد.

وزن مخصوص نمونه‌های آزمایشگاهی مخلوط آسفالت سردی که با قیرهای محلول تهیه می‌شود، بعد از تصعید حداقل ۵۰ درصد مواد فرار و حلال‌های نفتی آسفالت اندازه‌گیری شده و برای آسفالت‌هایی که با قیرآبه ساخته می‌گردد، وزن مخصوص نمونه آزمایشگاهی که برای تعیین مقاومت مارشال (در طرح اصلاح شده مارشال) و یا مقاومت با روش ویم، به کار گرفته می‌شود، ملاک محاسبه می‌باشد (نشریه ۱۰۱، ۱۳۸۹، صفحات ۴۵۹ الی ۴۶۲).

۵-۱۵. محدودیت‌ها

در عملیات اجرایی آسفالت سرد، محدودیت‌های زیر باید رعایت شود:

الف) پخش قیر روی مصالح و عملیات اختلاط، در آسفالت مخلوط در محل در دمای محیط با حداقل ۱۰ درجه سانتی‌گراد در سایه، انجام می‌شود.

ب) عملیات پخش و اجرای آسفالت سرد در هوای گرم و خشک برنامه‌ریزی شود، به طوری که حداقل چند هفته بعد از خاتمه کار نیز هوا گرم و مناسب باشد.

پ) اجرای قشرهای متوالی آسفالت، مشروط به آن است که لایه زیرین عمل آمده و مواد فرار آن کاملاً متصاعد و تبخیر شده باشد.

ت) از تردد وسایل نقلیه از روی آسفالت سرد، بلافاصله بعد از اتمام تراکم و تا قبل از به عمل آمدن کامل آن جلوگیری شود. در صورت عبور اضطراری، سرعت به ۳۰ کیلومتر در ساعت محدود گردد و برای رعایت ایمنی از تابلوهای راهنما و چراغ‌های چشمک‌زن استفاده شود. در هر صورت تردد کامیون‌های سنگین قبل از عمل آمدن کامل آسفالت مجاز نمی‌باشد.

۵-۱۶. کنترل سطح آسفالت

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

۵-۱۶-۱. نیم‌رخ‌های عرضی

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

۵-۱۶-۲. یکنواختی سطح

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

برای تعیین میزان یکنواختی سطح بهتر است از دستگاه‌های متحرک دسـتی کـه دارای تعداد زیادی چرخ نزدیک به هم بوده و ضمن حرکـت بـا سـرعت قـدم زدن انسـان میـزان ناهمواری و پله‌های احتمالی ناشی از محل اتصال دو لایه کنار هم را نشان می‌دهد، استفاده گردد.

۵-۱۷ .آزمایش‌های کنترل کیفیت

نوع و روش این آزمایش‌ها برای هر یک از مواد سـنگی و قیـر و مخلـوط‌هـای آسـفالتی بـر حسـب مـورد طـی جـداول مربوطـه در ایـن فصـل مشـخص شـده اسـت. حـداقل تعـداد آزمایش‌هایی که باید انجام شود، به شرح زیر است و در صورت تشـخیص دسـتگاه نظـارت، می‌توان نسبت به انجام آزمایش‌های اضافی نیز اقدام نمود.

۵-۱۷-۱. مواد قیری

آزمایش قیرهای مصرفی، حداقل یک‌بـار در ابتـدای شـروع عملیـات آسـفالتی و در جریـان پیشرفت کار، هر وقت که دستگاه نظارت لازم بداند، تکرار می‌شود.

برای تعیین مقدار قیر پخش شده بر روی راه جهت اندودهای سطحی و نفوذی بـه ازای هر ۱۰۰ متر طول راه و برای هر لایه جداگانه یـک آزمـایش سـینی انجـام مـی‌گـردد و در صورتی که عرض راه زیاد باشد، حداقل برای هر ۱۰۰۰ مترمربع، یک آزمایش اجـرا خواهـد شد.

۵-۱۷-۲. مصالح سنگی

کیفیت مصالح سنگی شامل دانه‌بندی، درصد شکستگی و درصد سنگ‌دانه‌های پولکی و سوزنی و ارزش ماسه‌ای، به تناوب هفته‌ای یک بار روی تولیدات سنگ‌شکن و هفته‌ای یک بار از سیلوهای گرم کارخانه آسفالت، انجام می‌شود. از مصالح ریسه شده در طول راه، بعد از اختلاط کامل و قبل از پخش قیر، به ازای هر ۵۰۰ مترمکعب، یک آزمایش انجام می‌شود تا چنانچه مصالح طبق مشخصات نباشد، اصلاح گردد.

۵-۱۷-۳ .مخلوط آسفالت سرد

از آسفالت سرد تولید شده توسط کارخانه، یا مخلوط آسفالت سرد تولید در محل، به ازای هر ۵۰۰ تن، یک آزمایش انجام می‌شود و ضمن آن درصد قیر، دانه‌بندی مخلوط، درصد شکستگی و سایر مشخصات آسفالت بر حسب مورد و مطابق جدول‌های ۵-۵ ، ۵-۶ و ۵-۷ مشخص می‌گردد.

در صورتی‌که آسفالت کمتر از ۵۰۰ تن در روز تولید و پخش شود، باید حداقل یک بار آزمایش‌های فوق انجام گیرد. دانه‌بندی‌ها باید با توجه به فرمول کارگاهی مخلوط و حدود رواداری‌های مربوط به شرح بند ۵-۸، کنترل گردد.

۵-۱۷-۴. وزن مخصوص آسفالت کوبیده شده

از آسفالت پخش و کوبیده شده در روی راه، از هر ۲۰۰ متر هر خط عبور فینیشر نمونه برداری شده، وزن مخصوص و تراکم نسبی و ضخامت لایه تعیین می‌گردد.

خلاصه

آسفالت سرد از اختلاط سنگ‌دانه‌ها با قیرهای محلول، قیرآبه‌ها و یا قطران در دمای محیط تهیه و در همین دما پخش و متراکم می‌شود. آسفالت سرد را می‌توان در مسافت‌های زیاد حمل و سپس پخش کرد و یا آن را در کارگاه انبار نمود و بعداً مورد استفاده قرار داد.

آسفالت سرد در قشرهای رویه، آستر و اساس قیری برای ترافیک سبک و متوسط و در قشر اساس آسفالتی برای ترافیک سنگین و خیلی سنگین می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. آسفالت سرد را می‌توان برای ترافیک سبک و یا متوسط مصرف نمود و چنانچه در آینده ترافیک سنگین شد، آن را با آسفالت گرم روکش کرد.

آسفالت سرد بر حسب روش تهیه و اجرا به دو نوع آسفالت سرد کارخانه‌ای (که درکارخانه‌های ثابت و مرکزی آسفالت تهیه می‌شود و سپس برای پخش به محل مصرف حمل می‌گردد) و 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 انجام می‌گیرد.

ب) نوع مخلوط در کارگاه که عمل اختلاط قیر و سنگ‌دانه‌ها در کارگاه‌های ثابت یا موقت انجام و مخلوط تهیه شده برای پخش به محل مصرف حمل می‌شود.

در عملیات اجرایی آسفالت سرد، محدودیت‌هایی وجود دارد که باید در هنگام اجرا رعایت شوند:

الف) پخش قیر روی مصالح و عملیات اختلاط، در آسفالت مخلوط در محل در دمای محیط با حداقل ۱۰ درجه سانتی‌گراد در سایه، انجام می‌شود.

ب) عملیات پخش و اجرای آسفالت سرد در هوای گرم و خشک برنامه‌ریزی شود، به طوری که حداقل چند هفته بعد از خاتمه کار نیز هوا گرم و مناسب باشد.

پ) اجرای قشرهای متوالی آسفالت، مشروط به آن است که لایه زیرین عمل آمده و مواد فرار آن کاملاً متصاعد و تبخیر شده باشد.

ت) از تردد وسایل نقلیه از روی آسفالت سرد، بلافاصله بعد از اتمام تراکم و تا قبل از به عمل آمدن کامل آن جلوگیری شود. در صورت عبور اضطراری، سرعت به ۳۰ کیلومتر در ساعت محدود گردد و برای رعایت ایمنی از تابلوهای راهنما و چراغ‌های چشمک‌زن استفاده شود. در هر صورت، تردد کامیون‌های سنگین قبل از عمل آمدن کامل آسفالت مجاز نمی‌باشد.

خودآزمایی

۱. دامنه کاربرد آسفالت سرد را بیان کنید؟

۲. انواع آسفالت سرد را نام ببرید؟

۳. قیرهای مورد استفاده در آسفالت سرد کدامند؟

۴. آسفالت سرد تهیه شده از دانه‌بندی درشت‌تر و مصالح رودخانه‌ای در چه مناطقی استفاده می‌شود؟

۵. روش‌های تهیه آسفالت سرد در محل را نام ببرید و هر یک را مختصراً شرح دهید؟

۶. انواع غلتک‌های مورد نیاز برای کوبیدن آسفالت سرد را نام ببرید؟

۷. مراحل اجرای آسفالت سرد را ذکرکنید؟

۸. محدودیت‌های اجرای آسفالت سرد چیست؟ آن‌ها را شرح دهید؟

فصل ششم

آسفالت‌های حفاظتی

اهداف

هدف از مطالعه این فصل، آشنایی با مطالب زیر می‌باشد:

۱. دامنه کاربرد آسفالت حفاظتی و انواع آن

۲. قیرهای مورد استفاده در آسفالت حفاظتی

۳. چگونگی سنگ‌دانه‌های مصرفی در آسفالت‌های حفاظتی یک یا چند لایه‌ای

۴. رابطه انتخاب نوع قیر و سنگ‌دانه‌ها در آسفالت‌های حفاظتی یک یا چند لایه‌ای

۵. موارد استفاده از اندودهای آب‌بند

۶. تعریف آسفالت متخلخل و موارد کاربرد آن

۷. روش پخش و کوبیدن سنگ‌دانه‌ها برای آسفالت‌های سطحی یک یا چند لایه‌ای

۸. محدودیت‌های فصلی اجرای آسفالت‌های حفاظتی

۶-۱.کلیات

آسفالت‌های حفاظتی[1] نوعی از رویه‌سازی آسفالتی است که در سطح راه‌های شنی و یا آسفالتی اجرا می‌شود. ضخامت این آسفالت کمتر از ۲۵ میلی‌متر است، لذا جزو لایه باربر روسازی راه محسوب نمی‌شود و عملکرد سازه‌ای ندارد.

در آسفالت‌های حفاظتی از قیرهای محلول، قیرآبه‌ها و یا قیرهای خالص با کندروانی کم استفاده می‌شود (نشریه ۱۰۱، ۱۳۸۹، صفحات ۴۰۳ و ۴۰۴).

۶-۲. دامنه کاربرد

آسفالت‌های حفاظتی برای غیرقابل نفوذ کردن بستر راه، جلوگیری از گرد و غبار، افزایش تاب سایشی و لغزشی راه و نیز بهسازی موقت رویه‌های موجود آسفالتی و بتنی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این نوع رویه‌سازی به علت سرعت و سهولت اجرا و نیاز محدود به ماشین‌آلات و تجهیزات آسفالتی، در مقایسه با آسفالت گرم، بسیار مقرون به صرفه است. کاربرد انواع آسفالت‌های حفاظتی برای ترافیک سبک و متوسط محدود می‌گردد و هریک نیز به منظور خاصی اجرا می‌شود.

۶-۳. انواع آسفالت‌های حفاظتی

آسفالت‌های حفاظتی به شرح زیر تقسیم‌بندی می‌شود و هر یک به منظور خاصی مورد استفاده قرار می‌گیرد:

- آسفالت‌های سطحی یک یا چند لایه‌ای

[1]. Surface Treatment

- سیل‌کت‌ها یا اندودهای آب‌بند[1]
- مخلوط‌های آسفالت متخلخل[2]
- غبارنشانی[3] و روغن‌پاشی راه[4] جهت جلوگیری از گرد و غبار و تثبیت راه‌های خاکی

۶-۴. آسفالت‌های سطحی یک یا چند لایه‌ای

۶-۴-۱ .کلیات در مورد آسفالت‌های سطحی یک یا چند لایه‌ای

پخش قیر روی سطح آماده شده شنی راه که بلافاصله روی آن، سنگ‌دانه‌های شکسته و تمیز و با دانه‌بندی معین پخش گردد، آسفالت سطحی یک لایه‌ای و چنانچه دو یا سه بار اجرا شود، دو یا سه لایه‌ای نامیده می‌شود.

ضخامت آسفالت یک لایه‌ای، معادل حداکثر اندازه اسمی سنگ‌دانه‌های مصرفی است. معمولاً حداکثر اندازه اسمی سنگ‌دانه‌های مصرفی در هر لایه از آسفالت سطحی چند لایه‌ای، نصف حداکثر اندازه اسمی سنگ‌دانه‌های لایه قبلی است.

۶-۴-۲. مواد قیری

در آسفالت‌های سطحی از قیرآبه‌ها، قیرهای محلول و قیرهای خالص با درجه نفوذ زیاد می‌توان استفاده کرد. قیر مناسب برای شرایط متفاوت جوی - ترافیکی و بر حسب نوع مصالح مصرفی، ویژگی‌های کلی زیر را دارد:

---

1. Seal Coats
2. Porous Mixtures
3. Dust Laying
4. Road Oiling

الف) به اندازه کافی روان است و بعد از پخش، پوششی یکنواخت و همگن در سطح راه ایجاد می‌کند. به علاوه به اندازه کافی غلیظ می‌باشد تا ضخامت این پوشش ثابت بماند و به تناسب شیب عرضی و طولی مسیر در سطح راه جاری نمی‌شود.

ب) بعد از پخش، کندروانی لازم و کافی را برای اندود کردن یکنواخت سنگ‌دانه‌هایی که روی آن پخش می‌شود، تضمین می‌کند.

پ) در صورت مصرف قیرهای محلول و یا قیرآبه‌ها، به ترتیب مواد حلال و یا آب آن، در سرعت مناسب تصعید و تبخیر می‌شود تا چسبندگی لازم بین سنگ‌دانه‌ها و قیر پخش شده تامین گردد.

ت) بعد از تصعید مواد فرار و تکمیل عملیات تراکم، سنگ‌دانه‌ها را در بستر قیری سطح راه فرو می‌نشاند و از حرکت و جابه‌جایی آن‌ها در مقابل ترافیک جلوگیری می‌کند.

ث) وقتی که به مقدار پیش‌بینی شده پخش می‌شود، در برابر تغییرات دمای محیط و شرایط ترافیکی محور، موجب قیرزدگی نمی‌شود و در سطح راه تغییر شکل به وجود نمی‌آید.

انواع قیرهای مورد استفاده در آسفالت‌های سطحی یک یا چند لایه‌ای در جدول شماره ۶-۱ نشان داده شده است. این قیرها باید با مشخصات فصل سوم مطابقت داشته باشند.

جدول شماره ۶-۱: قیرهای مورد استفاده در آسفالت‌های سطحی یک یا چند لایه‌ای

انواع قیر			
قیرهای خالص	قیرهای محلول	قیرآبه‌ها	
		کاتیونیک	آنیونیک
۱۲۰-۱۵۰ ۲۰۰-۳۰۰ *	قیرهای زودگیر RC-250 RC-800 RC-3000	CRS-1 CRS-2	RS-1 RS-2 HFRS-2 MS-1 HFMS-1 HFMS-2s
	قیرهای کندگیر MC-800 MC-3000		

* مصرف قیر ۳۰۰-۲۰۰ در مناطق گرم باید با توجه به سابقه عملکرد آن در شرایط مشابه جوی صورت گیرد.

۶-۴-۳. سنگ‌دانه‌ها

سنگ‌دانه‌های مصرفی در آسفالت سطحی یک یا چند لایه‌ای را می‌توان از شن شکسته یا سنگ کوهی شکسته و یا روباره کوره‌های آهن‌گدازی تهیه نمود. مصالح باید مقاوم، سخت و مکعبی بوده و فاقد دانه‌های سست، شکننده و کلوخه‌های خاکی و اندودهای لای، رس و گرد سنگ باشد. مشخصات فنی سنگ‌دانه‌ها به شرح زیر است.

۶-۴-۳-۱. خواص فیزیکی و مقاومتی

سنگ‌دانه‌ها از نظر مقاومت سایشی و مکانیکی و دوام در مقابل شرایط جوی و نیز مقدار مجاز مواد مضر موجود در آن‌ها باید دارای شرایط مندرج در جدول شماره ۶-۲ باشد.

۶-۴-۳-۲. دانه‌بندی

دانه‌بندی سنگ‌دانه‌های آسفالت یک یا چند لایه‌ای می‌تواند یکی از دو دانه‌بندی زیر باشد:

الف) دانه‌بندی یک اندازه[1] که اندازه بزرگ‌ترین سنگ‌دانه بیشتر از دو برابر اندازه کوچک‌ترین سنگ‌دانه نباشد. نمونه‌هایی از این دانه‌بندی‌ها در جدول شماره ۶-۳ نشان داده شده است.

ب) دانه‌های باز[2] که انواع آن در جدول شماره ۶-۴ نشان داده شده است.

انتخاب دانه‌بندی‌های یک اندازه و یا باز به شرایط اجرایی طرح و نوع مصالح تهیه شده بستگی دارد، ولی به طور کلی استفاده از دانه‌بندی یک اندازه به مراتب مطلوب‌تر است.

---

1. One-size
2. Open Grade

چنانچه از دانه‌بندی‌های باز جدول شماره ۶-۴ استفاده می‌شود، ترتیب انتخاب نوع دانه‌بندی در هر یک از لایه‌های آسفالت سطحی یک یا دو یا سه لایه‌ای به شرح جدول شماره ۶-۵ است.

۶-۴-۳-۳. تمیزی

سنگ‌دانه‌ها باید عاری از هرگونه آلودگی، پوشش خاکی و موادی که مانع چسبیدن قیر به سنگ‌دانه‌ها می‌گردد، بوده و در صورت لزوم قبل از مصرف شسته شوند و یا توسط هوای فشرده تمیز گردند.

۶-۴-۴. رابطه انتخاب نوع قیر و سنگ‌دانه‌ها

انتخاب قیر بر حسب شرایط آب و هوایی منطقه صورت می‌گیرد. برای یک منطقه آب و هوایی معین، معمولاً هر قدر سنگ‌دانه‌های مصرفی درشت‌تر باشد، از قیرهای با کندروانی بیشتر استفاده می‌شود. جدول شماره ۶-۶ رابطه انتخاب سنگ‌دانه‌ها با دانه‌بندی‌های مختلف و جدول شماره ۶-۴ را با قیرهای مناسب برای مناطق سرد و گرم نشان می‌دهد.

جدول شماره ۶-۲: مشخصات فیزیکی سنگ‌دانه‌های آسفالت‌های سطحی

آزمایش	حد مجاز	روش آزمایش	
		AASHTO	ASTM
مقاومت سایشی با آزمایش لس‌آنجلس- حداکثر	۴۰ درصد	T96	C131
افت وزنی با سولفات سدیم- حداکثر	۱۲ درصد	T104	C88
افت وزنی با سولفات منیزیم- حداکثر	۱۸ درصد	T104	C88
درصد شکستگی در دو جبهه - مانده روی الک شماره ۴ - حداقل	۶۰ درصد	-	-
وزن واحد حجم مصالح چنانچه از سنگ روباره آهن‌گدازی باشد - حداقل	۱۱۲۰ کیلوگرم بر متر مکعب	T19	C29
کلوخه‌های رسی و سنگ‌دانه‌های سست و شکننده - حداکثر	سه درصد	T112	C142
مواد شناور در مایع با وزن مخصوص ۲ - حداکثر	یک درصد	T113	C123
ضریب تورق سنگ‌دانه‌ها - حداکثر	۲۵ درصد	BS812	

جدول شماره ۶-۳: دانه‌بندی‌های یک اندازه مصالح آسفالت سطحی

اندازه الک	درصد مواد عبور کرده از الک		
	دانه‌بندی ۱	دانه‌بندی ۲	دانه‌بندی۳
۲۵ میلی‌متر (۱ اینچ)	۱۰۰		
۱۹ میلی‌متر (¾ اینچ)	۸۵-۱۰۰	۱۰۰	
۱۲/۵ میلی‌متر (½ اینچ)	۰-۳۰	۸۵-۱۰۰	۱۰۰
۹/۵ میلی‌متر (⅜ اینچ)	۰-۷	۰-۳۰	۸۵-۱۰۰
الک شماره ۳ (۵/۶ میلی‌متر)	--	۰-۷	۰-۲۵
الک شماره ۴ (۴/۷۵ میلی‌متر)	--	--	۰-۱۰
الک شماره ۸ (۲/۳۶ میلی‌متر)	۰-۱	۰-۱	۰-۱
الک شماره ۲۰۰ (۰/۰۷۵ میلی‌متر)	۰-۰/۵	۰-۰/۵	۰-۰/۵

جدول شماره ۶-۴: دانه‌بندی‌های باز مصالح آسفالت سطحی

حداکثر اندازه رسمی مصالح	۲۵ میلی‌متر	۱۹ میلی‌متر	۱۲/۵ میلی‌متر	۹/۵ میلی‌متر	۴/۷۵ میلی‌متر
شماره دانه‌بندی	۱	۲	۳	۴	۵
اندازه الک	درصد مواد عبورکرده از الک				
۳۷/۵ میلی‌متر (1½ اینچ)	۱۰۰				
۲۵ میلی‌متر (۱ اینچ)	۹۰-۱۰۰	۱۰۰			
۱۹ میلی‌متر (¾ اینچ)	۲۰-۵۵	۹۰-۱۰۰	۱۰۰		
۱۲/۵ میلی‌متر (½ اینچ)	۰-۱۰	۲۰-۵۵	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	
۹/۵ میلی‌متر (⅜ اینچ)	۰-۵	۰-۱۵	۴۰-۷۰	۸۵-۱۰۰	۱۰۰
۴/۷۵ میلی‌متر (شماره ۴)	--	۰-۵	۰-۱۵	۱۰-۳۰	۸۵-۱۰۰
۲/۳۶ میلی‌متر (شماره ۸)	--	--	۰-۵	۰-۱۰	۱۰-۴۰
۱/۱۸ میلی‌متر (شماره ۱۶)	--	--	--	۰-۵	۰-۱۰
۰/۳ میلی‌متر (شماره ۵۰)	--	--	--	--	۰-۵

جدول شماره ۶-۵: ترتیب دانه‌بندی‌ها برای آسفالت یک تا سه لایه‌ای

نوع آسفالت سطحی	لایه‌های آسفالت سطحی	شماره دانه‌بندی از جدول ۶-۴	حداکثر اندازه اسمی مصالح (میلی‌متر)
یک لایه‌ای	لایه اول	۱	۲۵-۱۲/۵
		۲	۱۹-۹/۵
		۳	۱۲/۵-۴/۷۵
		۴	۹/۵-۲/۳۶

نوع آسفالت سطحی	لایه‌های آسفالت سطحی	شماره دانه‌بندی از جدول ۶-۴	حداکثر اندازه اسمی مصالح (میلی‌متر)
		۵	۴/۷۵-۱/۱۸
دو لایه‌ای	لایه اول	۱	۲۵-۱۲/۵
	لایه دوم	۳	۱۲/۵-۴/۷۵
	لایه اول	۲	۱۹-۹/۵
	لایه دوم	۴	۹/۵-۲/۳۶
سه لایه‌ای	لایه اول	۱	۲۵-۱۲/۵
	لایه دوم	۳	۱۲/۵-۴/۷۵
	لایه سوم	۵	۴/۷۵-۱/۱۸
	لایه اول	۲	۱۹ -۹/۵
	لایه دوم	۴	۹/۵-۲/۳۶
	لایه سوم	۵	۴/۷۵-۱/۱۸

جدول شماره ۶-۶: قیرهای مناسب برای سنگ‌دانه‌های با دانه‌بندی‌های متفاوت

ردیف	مواد قیری در شرایط اقلیمی		سنگدانه‌ها
	سرد تا ۲۷ درجه سانتی‌گراد	گرم بیش از ۲۷ درجه سانتی‌گراد	شماره دانه‌بندی از جدول ۶-۴
۱	MC-3000 RC-3000 RS-2 CRS-1 , 2 ۱۲۰-۱۵۰	MC-3000 RC-3000 RS-2 CRS-2 ۱۲۰-۱۵۰	شماره ۱ حداکثر اندازه اسمی ۲۵ تا ۱۲/۵ میلی‌متر (یک تا ½ اینچ)
۲	MC-800 RC-800 RS-2 CRS-1 , 2	MC-3000 RC-3000 RS-2 CRS-1 , 2 ۱۲۰-۱۵۰	شماره ۲ حداکثر اندازه اسمی ۱۹ تا ۹/۵ میلی‌متر (¾تا ⅜ اینچ)
۳	MC-800 RC-250 , 800 RS-2 CRS-1 , 2	MC-3000 RC-3000 RS-2 CRS-1 , 2 ۲۰۰-۳۰۰	شماره ۳ حداکثر اندازه اسمی ۱۲/۵ تا ۴/۷۵ میلی‌متر (½ اینچ تا شماره ۴)
۴	RC-250 , 800 RS-1 , 2 CRS-1 , 2	RC-250 , 800 RS- 1 , 2 CRS-1 , 2	شماره ۴ حداکثراندازه اسمی ۹/۵ تا ۲/۳۶ میلی‌متر

ردیف	مواد قیری در شرایط اقلیمی		سنگدانه‌ها
	سرد تا ۲۷ درجه سانتی‌گراد	گرم بیش از ۲۷ درجه سانتی‌گراد	شماره دانه‌بندی از جدول ۶-۴
			(۳/۸ اینچ تا شماره ۸)
۵	RC-250 , 800 RS-1 , 2 CRS-1 , 2	RC-250 , 800 RS-1 , 2 CRS-1 , 2	شماره ۵ حداکثر اندازه اسمی ۴/۷۵ تا ۱/۱۸ میلیمتر (شماره ۴ تا شماره ۸)

۶-۴-۵. طرح آسفالت سطحی یک یا چند لایه‌ای

هدف از طرح این نوع آسفالت سطحی، تعیین مقادیر دقیق قیر و سنگ‌دانه‌ها است و جهت اجرای کار و برای هر یک از لایه‌ها، محاسبه می‌شود که باید به فصل مربوط به آسفالت‌های حفاظتی آیین‌نامه روسازی راه (نشریه ۲۳۴) مراجعه گردد (نشریه ۱۰۱، ۱۳۸۹، صص۴۰۴ - ۴۱۱).

۶-۵. اندود آب‌بند

۶-۵-۱ .کلیاتی در مورد اندود آب‌بند

اندودهای آب‌بند اجرای آسفالت‌های حفاظتی بر روی انواع رویه‌های آسفالتی و یا بتنی موجود، به منظور آب‌بندی، افزایش خاصیت نفوذناپذیری، اصلاح آسیب‌دیدگی‌های سطحی، بهسازی موقت و افزایش طول عمر بهره‌برداری آن‌ها انجام می شود.

۶-۵-۲. انواع اندودهای آب‌بند

اندودهای آب‌بند به شرح زیر تقسیم‌بندی می‌شوند:

- اندود سنگ‌دانه‌ای
- اندود ماسه‌ای
- اندود قیری[1] بدون سنگ‌دانه
- اسلاری سیل یا دوغاب قیری[2]

مشخصات فنی هر یک از انواع فوق به شرح زیر است:

۶-۵-۲-۱. اندود آب‌بند سنگ‌دانه‌ای

اجرای آسفالت سطحی یک یا چند لایه‌ای بر روی انواع رویه‌های آسفالتی و یا بتنی، اندود آب‌بند سنگ‌دانه‌ای نام دارد. تعیین مقادیر قیر و سنگ مصرفی برای اندود مطابق بند ۶-۴-۵ (طرح آسفالت سطحی یک یا چند لایه‌ای) می‌باشد.

۶-۵-۲-۲. اندود آب‌بند ماسه‌ای

اندود ماسه‌ای مشابه آسفالت سطحی یک لایه‌ای با قیرهای جدول شماره ۶-۱ و مصالح ماسه‌ای منطبق با دانه‌بندی جدول شماره ۶-۷ اجرا می‌گردد. ارزش ماسه‌ای مصالح مصرفی نباید کمتر از ۷۵٪ باشد.

---

1. Fog Coat
2. Slurry Seal

جدول شماره ۶-۷: دانه‌بندی ماسه برای اندود ماسه‌ای

اندازه الک‌ها	درصد مواد رد شده
الک ۹/۵ میلی‌متر ($\frac{3}{8}$ اینچ)	۱۰۰
الک ۴/۷۵ میلی‌متر (شماره ۴)	۹۵-۱۰۰
الک ۱/۱۸ میلی‌متر (شماره ۱۶)	۴۵-۸۰
الک ۰/۳ میلی متر (شماره ۵۰)	۱۰-۳۰
الک ۰/۱۵ میلی‌متر (شماره ۱۰۰)	۲-۱۰
الک ۰/۰۷۵ میلی‌متر (شماره ۲۰۰)	۰-۳

مقادیر قیر و ماسه برای اندود آب‌بندی ماسه‌ای به شرح زیر است:

ماسه: ۸-۵ کیلوگرم در متر مربع

قیرهای محلول: ۷۰۰-۴۰۰ گرم در متر مربع

قیرآبه‌ها: ۹۰۰-۶۰۰ گرم در متر مربع

۶-۵-۲-۳. اندودهای آب‌بند قیری بدون سنگ‌دانه

اندودهای قیر یا پخش قیر بر روی بستر آسفالتی و یا بتنی موجود، بدون مصرف سنگ‌دانه‌ها و نظیر اندودهای سطحی اجرا می‌شود. اندود قیری برای پر کردن فضاهای خالی و ترک‌ها و خلل و فرج‌های سطحی رویه آسفالتی و احیای مواد قیری آن به کار می‌رود.

قیرآبه‌ها در اجرای اندود قیری قبلاً به نسبت ۱:۱ با آب رقیق شده و سپس مصرف می‌شوند. مقدار مصرف با توجه به وضعیت سطح بستر موجود آسفالتی از ۸۵۰-۴۰۰ گرم در مترمربع تغییر می‌کند. حدود مصرف قیرهای محلول ۵۵۰-۳۵۰ گرم در مترمربع می‌باشد.

نوع قیر مصرفی برای این اندود در جدول شماره ۶-۸ نشان داده شده است.

جدول شماره ۶-۸: قیرهای مصرفی برای اندود قیری بدون سنگ‌دانه

قیرآبه‌ها	قیرهای محلول
MS-1 HFMS-1 SS-1 SS-1h CSS-1 CSS-1h	RC-70 RC-250

(نشریه ۱۰۱، ۱۳۸۹، صفحات ۴۱۲ الی ۴۱۴)

۶-۵-۲-۴. مخلوط‌های رویه نازک قیرآبه‌ای یا اسلاری سیل

مخلوط‌های آسفالتی رویه نازک قیرآبه‌ای از مصالح ریزدانه و قیرآبه (یا بدون مواد افزودنی) تهیه و به عنوان قشر حفاظتی روی سطح راه‌های آسفالتی موجود پخش می‌شوند. ضخامت آن وقتی که در یک لایه اجرا می‌گردد، حدود ۳ تا ۱۰ میلی‌متر است.

استفاده از این مخلوط‌ها برای راه‌هایی توصیه می‌شود که زیرسازی آن‌ها کاملاً سالم بوده و خرابی‌ها محدود به خرابی‌های سطحی باشد. در صورت وجود ترک‌ها و نواقص زیاد ابتدا باید آن را تعمیر و لکه‌گیری و سپس اقدام به روکش با این مخلوط قیرآبه‌ای نمود.

این مخلوط‌ها هنگام پخش در سطح راه باید حالت نیمه روان و خمیری داشته باشند تا در ترک‌ها و خلل و فرج سطح راه نفوذ کرده و آن را آب‌بند نماید(نشریه ۱۰۱، ۱۳۸۹، صفحات ۴۱۴ الی ۴۱۸).

مشخصات فنی این مخلوط‌ها به شرح زیر است:

الف) قیر

قیرآبه‌های مصرفی برای این مخلوط‌ها بر حسب شرایط و نوع مصالح با نظر دستگاه نظارت انتخاب می‌شوند:

- قیرآبه‌های آنیونیک دیرشکن SS-1 و SS-1h
- قیرآبه‌های کاتیونیک دیرشکن CSS-1 و CSS-1h
- قیرآبه‌های زودشکن کاتیونیک و آنیونیک CQS-1h و QS-1h برای مواقعی که جاده باید در اسرع وقت برای عبور ترافیک باز شود.

قیرآبه‌های فوق باید با مشخصات فصل سوم مطابقت داشته باشند. در مورد قیرهای CQS-1h و QS-1h رعایت الزامات مربوط به آزمایش پایداری در برابر نشست بعد از ۲۴ ساعت نگهداری در انبار و آزمایش اختلاط با سیمان، حذف می‌شود.

برای تهیه مخلوط‌های اسلاری سیل با کیفیت برتر لازم است از قیرآبه‌های حاوی مواد افزودنی استفاده نمود.

ب) مصالح سنگی

مصالح سنگی مصرفی باید از مصالح شکسته شده با ۱۰۰ درصد شکستگی مکانیکی بوده و مشخصات مندرج در جدول شماره ۶-۹ را دارا باشند.

جدول شماره ۶-۹: مشخصات فنی مصالح سنگی اسلاری سیل

آزمایش	روش آزمایش		مشخصات
	آشتو AASHTO	ای اس تی ام ASTM	
حداقل ارزش ماسه‌ای - درصد*	T176	D2419	۴۵
حداکثر افت وزنی با سولفات سدیم - درصد	T104	C88	۱۵
حداکثر افت وزنی با سولفات منیزیم - درصد	T104	C88	۲۵
مقاومت با روش لس‌آنجلس - درصد	T96	C131	۳۵

* قبل از افزودن سیمان یا آهک و یا افزودنی‌های فعال دیگر به عنوان فیلر

پ) دانه‌بندی

یکی از سه دانه‌بندی مندرج در جدول شماره ۶-۱۰ می‌تواند بر حسب ضخامت مورد نیاز برای هر لایه اختیار گردد. در این جدول حدود رواداری مجاز برای الک‌ها نیز نشان داده شده که باید هنگام دانه‌بندی با توجه به فرمول کارگاهی انتخاب شده، دقیقاً رعایت گردد. موارد کاربرد هر دانه‌بندی به شرح زیر است:

۱. دانه‌بندی نوع ۱

این دانه‌بندی برای درزبندی و پوشش سطوح فرسوده‌ای که دارای ترک‌های کم عرض و چاله‌های کم عمق باشند، مناسب است. میزان قیرآبه مصرفی معمولاً بین ۱۶-۱۰ درصد وزنی مصالح سنگی خشک و مقدار پخش آسفالت بین ۵/۵-۳/۵ کیلوگرم در مترمربع و ضخامت آن کمی بیش از ۳ میلی‌متر است.

جدول شماره ۶-۱۰: دانه‌بندی مصالح سنگی مخلوط‌های اسلاری سیل

اندازه الک	درصد عبور کرده از الک			حدود رواداری
	نوع ۱	نوع ۲	نوع ۳	(٪)
۹/۵ میلی‌متر ($\frac{3}{8}$ اینچ)	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	--
۴-۷۵ میلی‌متر (شماره ۴)	۱۰۰	۹۵-۱۰۰	۷۰-۹۰	±۵
۲/۳۶ میلی‌متر (شماره ۸)	۹۰-۱۰۰	۶۵-۹۰	۲۵-۷۰	±۵
۱/۱۸ میلی‌متر (شماره ۱۶)	۶۵-۹۰	۴۵-۷۰	۲۸-۵۰	±۵
۶۰۰ میکرون (شماره ۳۰)	۴۰-۶۵	۳۰-۵۰	۱۹-۳۴	±۵
۳۰۰ میکرون (شماره ۵۰)	۲۵-۴۲	۱۸-۳۰	۱۲-۲۵	±۴
۱۵۰ میکرون (شماره ۱۰۰)	۱۵-۳۰	۱۰-۲۱	۷-۱۸	±۳
۷۵ میکرون (شماره ۲۰۰)	۱۰-۲۰	۵-۱۵	۵-۱۵	±۲

۲. دانه‌بندی نوع ۲

این دانه‌بندی که از دانه‌بندی نوع ۱ درشت‌تر است، برای رویه‌هایی که ترک‌ها و چاله‌های بزرگ‌تری دارند، مورد استفاده قرار می‌گیرد. این دانه‌بندی، هم خرابی‌های با عمق محدود را ترمیم می‌کند (ترک‌های باعرض ۵ میلی‌متر) و هم می‌تواند به عنوان یک رویه قابل قبول کارایی داشته باشد. میزان قیرآبه این مخلوط‌ها بین ۱۳/۵- ۷/۵ درصد وزن مصالح و مقدار پخش بین ۹- ۵/۵ کیلوگرم در مترمربع و ضخامت لایه کمی بیش از ۵ میلی‌متر است.

۳. دانه‌بندی نوع ۳

این دانه‌بندی که از دیگر دانه‌بندی‌ها درشت‌تر است، برای راه‌هایی با شدت خرابی زیادتر (جاده‌های با زیرسازی سالم ولی با ترک‌ها و چاله‌های بزرگ‌تر) مورد استفاده قرار می‌گیرد و می‌تواند به عنوان یک رویه با تاب لغزشی زیاد (ضریب اصطکاک بالا) نیز عمل کند.

مقدار قیرآبه با این دانه‌بندی بین ۱۲-۶/۵ درصد مصالح و میزان پخش مخلوط بین ۱۳/۵-۸ کیلوگرم در مترمربع است. اسلاری سیل با این دانه‌بندی می‌تواند به عنوان قشر اول یا دوم در یک سیستم روسازی چند لایه‌ای با این مخلوط مورد استفاده قرار گیرد.

ت) فیلر

فیلرهایی نظیر سیمان، آهک شکفته یا هر فیلر دیگر که مشخصات ذکر شده در فصل مربوط به سنگ‌دانه‌ها (فصل دوم) را داشته باشند، در مخلوط‌های اسلاری سیل به کار می‌روند. لازم است چگونگی سازگاری فیلر انتخاب شده با مصالح و قیرآبه مصرفی کنترل شود تا چسبندگی پایدار و با دوام بین قیر و سنگ‌دانه‌ها حاصل گردد. استفاده از برخی

فیلرهای فعال نظیر پودر سیمان موجب تسریع در شکست امولسیون و به عمل آمدن مخلوط در زمان کوتاه‌تری خواهد شد.

ث) آب

آب مورد استفاده برای تهیه قیرآبه و آب مصرفی برای اختلاط با اسلاری سیل، باید عاری از مواد مضر، همچون نمک، مواد آلی و مواد معدنی باشد. آب مصرفی برای تهیه اسلاری سیل بایستی به اندازه‌ای باشد تا یک مخلوط روان و یکنواخت تهیه شود.

ج) طرح اختلاط

طرح اختلاط آزمایشگاهی این‌گونه مخلوط‌ها بر اساس دانه‌بندی کارگاهی و رعایت رواداری‌های جدول شماره ۶-۱۰ تعیین می‌شود. متغیرهایی نظیر روانی، زمان گیرش، مقاومت سایشی، انسجام و چسبندگی مخلوط باید بر اساس آیین‌نامه ASTM D3910 ارزیابی شده و نتایج حاصله نیز با مشخصات مندرج در این آیین‌نامه مطابقت داشته باشد.

چ) رواداری‌های مجاز

پس از تهیه طرح اختلاط و تعیین مقدار پخش مخلوط رعایت موردهای زیر الزامی است:

۱. قیر باقی‌مانده مخلوط از بیش از ۰٫۱± نسبت به قیر طرح تجاوز نکند.

۲. رواداری‌های جدول شماره ۶-۱۰ در مورد هر الک با توجه به دانه‌بندی و فرمول کارگاهی رعایت گردد.

۳. نمودار دانه‌بندی مخلوط به موازات حد فوقانی و یا تحتانی مشخصات قرار گیرد.

۴. روانی مخلوط هنگام پخش در سطح راه به گونه‌ای باشد که ضخامت لایه پخش شده بیش از ۵± میلی‌متر نسبت به مقدار تعیین شده تفاوت نداشته باشد.

۵. مقدار پخش مخلوط در سطح راه از ۱± کیلوگرم در مترمربع نسبت به مقدار تعیین شده در طرح تجاوز نکند.

۶-۶. آسفالت متخلخل

۶-۶-۱. تعریف و دامنه کاربرد

این نوع آسفالت از اختلاط قیر با سنگ‌دانه‌های شکسته دارای دانه‌بندی باز، در کارخانه آسفالت تهیه می‌شود و سپس با ضخامت کم (حدود ۲۰ میلی‌متر) در سطح راه پخش می‌گردد.

فضای خالی این آسفالت تقریباً ۲۰ درصد است که موجب می‌شود آب‌های سطحی از طریق آن سریعاً تخلیه شده و به خارج از عرض سواره رو راه هدایت گردد و نهایتاً مانع جمع شدن آب در سطح راه می‌شود. به این ترتیب آب مانعی بین لاستیک چرخ وسایل نقلیه و سطح راه نخواهد بود و برای ترافیک و استفاده‌کنندگان از راه، ایمنی بیشتری را تأمین می‌کند. افزایش تاب لغزشی راه و کاهش پخش آب هنگام تردد وسایل نقلیه در موقع بارندگی از دیگر امتیازات این رویه آسفالتی است.

مشخصات فنی آسفالت متخلخل به شرح زیر می‌باشد:

۶-۶-۲. سنگ‌دانه‌ها

سنگ‌دانه‌های مصرفی باید مشخصات مندرج در جدول ۶-۲ این فصل را داشته باشند. وقتی که از این آسفالت برای راه‌هایی با ترافیک متوسط و یا سنگین استفاده می‌شود، درصد شکستگی آن در یک جبهه باید حداقل ۹۰ درصد و در دو جبهه حداقل ۷۵ درصد باشد. ارزش ماسه‌ای مصالح، حداقل ۴۵ درصد و دانه‌بندی آن را می‌توان از جدول شماره ۶-۱۱ انتخاب نمود.

جدول شماره ۶-۱۱: دانه‌بندی مصالح آسفالت متخلخل

اندازه الک‌ها	درصد مواد ردشده از الک	
	دانه‌بندی ۱	دانه‌بندی ۲
۱۹ میلی‌متر (¾ اینچ)	۱۰۰	
۱۲/۵ میلی‌متر (½ اینچ)	۹۰-۱۰۰	۱۰۰
۹/۵ میلی‌متر (⅜ اینچ)	۶۰-۱۰۰	۹۰-۱۰۰
۴/۷۵ میلی‌متر (شماره ۴)	۱۵-۴۰	۳۰-۵۰
۲/۳۶ میلی‌متر (شماره ۸)	۴-۱۲	۵-۱۵
۰/۰۷۵ میلی‌متر (شماره ۲۰۰)	۲-۵	۲-۵
درصد قیر خالص بر حسب وزن مخلوط آسفالتی - حداقل	۴/۵۰+	۵+

۶-۶-۳. مواد قیری

آسفالت متخلخل، مخلوطی است که در کارخانه آسفالت، به طریق سرد و یا گرم تهیه می‌شود. قیرهای مصرفی برای این آسفالت در صورت استفاده از قیرهای معمولی (بدون مواد افزودنی) می‌تواند بر حسب مورد از جدول شماره ۶-۱۲ انتخاب گردد.

جدول شماره ۶-۱۲: راهنمای انتخاب قیر برای آسفالت متخلخل

آسفالت گرم		آسفالت سرد (کارخانه ای)	
قیرهای خالص	قیرآبه‌ها	قیرهای محلول	قیرآبه‌ها
۴۰-۵۰ ۶۰-۷۰ ۷۵-۱۰۰ ۱۲۰-۱۵۰	MS-2h HFMS-2h	MC-800	MS-2 HFMS-2 MS-2h HFMS-2h

۶-۶-۴. طرح آسفالت متخلخل

مقدار قیر مصرفی در این مخلوط‌ها با توجه به تجربه و سوابق عملکرد آن‌ها و بر اساس فضای خالی مورد نظر که حدود ۲۰٪ است، تعیین می‌شود. در شرایط استفاده از آسفالت متخلخل گرم و با توجه به سنگ دانه‌های مصرفی که وزن مخصوص آن‌ها می‌تواند در محدوده ۲/۸-۲/۵ تغییر کند و نیز با توجه به میزان جذب قیر این مصالح، درصد قیر خالص برای دانه‌بندی نوع ۱ و ۲ در جدول شماره ۶-۱۱ نشان داده شده است (نشریه ۱۰۱، ۱۳۸۹، صص۴۱۸ الی ۴۲۰).

۶-۷. غبارنشانی و روغن‌پاشی

۶-۷-۱. کلیات

پخش قیر در سطح راه‌های شنی و خاکی از ایجاد گرد و غبار جلوگیری کرده و در عین حال به عنوان یک پوشش حفاظتی و سطحی موجب تثبیت و تحکیم بستر راه و کاهش نفوذپذیری آن در برابر نزولات جوی می‌شود.

۶-۷-۲. مواد قیری

مواد قیری برای غبارنشانی و روغن‌پاشی را می‌توان بر حسب مورد (شرایط جوی، ترافیکی و دسترسی به قیر) از جدول شماره ۶-۱۳ انتخاب کرد.

جدول شماره ۶-۱۳: راهنمای انتخاب قیر برای غبارنشانی و روغن‌پاشی راه

غبارنشانی		روغن پاشی راه	
قیرهای محلول	قیرآبه ها	قیرهای محلول	قیرآبه‌ها
MC-30	SS-1	MC-70	SS-1
MC-70	SS-1h	SC-70	SS-1h
SC-70	CSS-1	SC-250	CSS-1
SC-250	CSS-1h		CSS-1h

مقدار قیر تقریبی مصرفی در عملیات غبارنشانی و روغن پاشی راه به شرح زیر تعیین می‌شود.

۶-۷-۲-۱. غبارنشانی

مصرف قیر به تناسب نوع مصالح شنی و یا خاکی بستر موجود در نخستین اجرا و قیرپاشی با قیرهای محلول ۲-۰/۵ کیلوگرم بر مترمربع تغییر می‌کند. در صورت مصرف قیرآبه که مقدار آن ۲/۵-۰/۷۵ کیلوگرم در مترمربع می‌باشد، قیر را با یک تا پنج برابر حجم آن با آب رقیق کرده و سپس در دو یا سه مرحله پخش می‌کنند.

۶-۷-۲-۲. روغن‌پاشی

مقدار قیر تقریبی مصرفی، از میان قیرهای محلول، برای روغن‌پاشی راه در اولین سال اجرا ۴-۳ کیلوگرم در مترمربع و برای قیرآبه‌ها ۵-۴ کیلوگرم در مترمربع خواهد بود. در صورت مصرف قیرآبه‌ها آن را با یک تا پنج برابر حجم آن با آب رقیق می‌کنند. به طور کلی قیرپاشی در سه مرحله انجام می‌گیرد. به این نحو که در مرحله اول نیمی از کل قیر و

مابقی آن به طور مساوی در دو مرحله پخش می‌شود. فاصله زمانی پخش قیر حداقل ۴-۳ هفته است (نشریه ۱۰۱، ۱۳۸۹، صص ۴۲۰ و ۴۲۱).

۶-۸. اجرای آسفالت‌های حفاظتی

۶-۸-۱ .آماده کردن سطح راه

سطح راه‌های شنی، آسفالتی و یا بتنی، قبل از شروع عملیات آسفالت حفاظتی، آماده‌سازی می‌شود تا از هر حیث با مشخصات و نقشه‌های اجرایی منطبق باشد. آماده‌سازی شامل مراحل زیر است:

۶-۸-۱-۱. راه‌های شنی

برای اجرای آسفالت‌های سطحی یک یا چند لایه‌ای و یا عملیات غبارنشانی و روغن‌پاشی بر روی راه‌های شنی معمولاً آماده‌سازی به ترتیب زیر انجام می‌شود:

الف) کلیه نقاط ضعیف سطح راه‌های شنی باید قبلاً مرمت شود.

ب) عملیات باید به ترتیبی برنامه‌ریزی شود که بلافاصله پس از آماده شدن سطح راه و قبل از عبور ترافیک از روی آن، آسفالت سطحی اجرا شود.

پ) در صورت عبور ترافیک از روی سطح راه، لازم است این سطح مجدداً شخم زده شده و پروفیله گردد و سپس تا حد مشخصات متراکم شود.

ت) سطح آماده شده از هر حیث با مشخصات و نقشه‌های اجرایی منطبق باشد.

ث) اندود نفوذی این سطح قبل از عملیات آسفالت سطحی اجرا شود.

ج) برای غبارنشانی و روغن‌پاشی، هرگونه ناهمواری سطحی و شیارهای طولی و عرضی و نیز فراز و نشیب‌های موضعی با گریدر و در صورت لزوم با پخش مصالح مناسب، تسطیح و

اصلاح شود. شیب‌های طولی و عرضی لازم برای تخلیه و هـدایت سـریع آب از سـطح راه و جلوگیری از جمع شدن آب تأمین گردد.

۶-۸-۱-۲. راه‌های آسفالتی

راه‌های آسفالتی، برای اندودهای آب‌بندی، اسلاری سیل و آسفالت متخلخل به ترتیـب زیـر آماده‌سازی می‌شود:

الف) کلیه نواقص سطحی رویه آسفالتی باید با آسفالت گرم و یا سرد، لکـه‌گیـری و اصـلاح شود.

ب) هرگونه شیارهای طولی و عرضی و تغییر شکل‌های موجود رویه آسفالتی باید برطـرف و اصلاح گردد.

پ) قیرزدگی‌ها باید تراشیده شود.

ت) سطح راه باید از گردوخاک و مواد خارجی کـاملاً پـاک شـود و در صـورت لـزوم بـا آب شستشو و تمیز گردد.

ث) در صورتی که از قیرهای محلول برای قیرپاشی استفاده می‌شود، سطح راه بایـد خشـک باشد.

ج) چنانچه اندودهای آب‌بندی روی رویه‌های بتنی اجرا می‌شود، سـطح راه بایـد بـر اسـاس نقشه‌های اجرایی و مشخصات قبلاً پروفیله گردد.

چ) چنانچه اجرای رویه، شامل پخش مخلوط‌های آسفالتی نظیر دوغاب قیری و یـا آسـفالت متخلخل است، باید قبلاً اندود سطحی آن اجرا شده باشد.

۶-۸-۲. قیرپاشی

قیرپاشی برای انواع عملیات حفاظتی، اعم از آسفالت‌های سطحی یک یا چند لایه‌ای و یا اندودهای آب‌بندی، باید بر روی سطوح شنی و یا آسفالتی آماده‌سازی شده، انجام گیرد. قیرپاشی باید با قیرپاش اجرا گردد. مقدار قیر پخش شده باید با آزمایش سینی کنترل شده و نتیجه آن بیش از ۱۰± درصد با مقدار طرح تفاوت نداشته باشد. درجه حرارت انواع قیرهای مصرفی برای پخش در راه‌های شنی و یا آسفالتی نیز که در جداول فصل سوم نشان داده شده است، رعایت گردد.

۶-۸-۳. پخش و کوبیدن سنگ‌دانه‌ها برای آسفالت‌های سطحی یک یا چند لایه‌ای

پخش سنگ‌دانه‌ها با وسایل مکانیکی انجام می‌گیرد. قبل از قیرپاشی، کامیون‌های حامل سنگ‌دانه‌ها و کامیون مخصوص پخش سنگ‌دانه‌ها برای انجام کار آماده می‌شوند. کامیون پخش سنگ‌دانه‌ها برای پخش مصالح به عقب حرکت می‌کند تا ابتدا سنگ‌دانه‌ها روی قیر پخش گردد و سپس چرخ کامیون از روی آن عبور کند.

سنگ‌دانه‌ها باید بلافاصله پس از قیرپاشی، روی سطح راه پخش شود. پس از پخش سنگ‌دانه، غلتک‌زنی شروع می‌شود تا دانه‌های مصالح کاملاً به قیر و به سطح راه بچسبد. غلتک‌زنی نباید پس از عمل آمدن قیر ادامه یابد، زیرا دانه‌های سنگی در جای خود لق شده و از سطح راه کنده می‌شود. در صورتی که آسفالت سطحی در دو لایه انجام گردد، موقعی باید اقدام به پخش قیر لایه دوم کرد که قیر لایه اول کاملاً عمل آمده باشد. در هر حال فاصله زمانی بین پخش مصالح لایه اول و قیرپاشی لایه دوم، نباید کمتر از ۴۸ ساعت باشد. قبل از پخش قیر لایه دوم، باید با جاروی مکانیکی، سنگ‌دانه‌های اضافی لایه اول از سطح راه پاک گردد. این کار بایستی در صبح زود انجام شود که قیر قشر اول سفت بوده و

سنگ‌دانه‌ها از آن جدا نشود. پس از قیرپاشی لایه دوم، باید بلافاصله سنگ‌دانه‌ها را طبق آن‌چه که در مورد لایه اول گفته شد، روی سطح راه پخش و عمل غلتک‌زنی را شروع کرد. عملیات غلتک‌زنی با غلتک‌های چرخ لاستیکی باید آن‌قدر ادامه یابد تا سنگ‌دانه‌ها کاملا در قیر و فضای خالی بین سنگ‌دانه‌های لایه قبلی فرو نشیند.

پس از پخش سنگ‌دانه‌ها و تکمیل عملیات غلتک‌زنی، باید مصرف اضافی را از سطح راه جارو کرد. چنانچه در نقاطی قیرزدگی ظاهر شود، باید سنگ‌دانه‌ها روی آن پخش و مجدداً متراکم گردد، به طوری که سطح نهایی کاملاً یکنواخت شود.

۶-۸-۴. اجرای اسلاری سیل

قبل از پخش اسلاری سیل لازم است سطح راه از مواد زائد، خاک و گرد و غبار و هرگونه ماده آلاینده دیگر به وسیله شستشو با آب یا هر وسیله دیگر پاک شود. چنانچه از آب استفاده می‌گردد، باید تا خشک شدن کامل ترک‌ها، اسلاری سیل پخش نشود.

دریچه‌های بازدید تأسیساتی مسیر راه (آب، گاز، مخابرات و غیره) در صورت موجود بودن باید به طریقی پوشیده گردند تا اسلاری سیل روی آن‌ها پخش نشود.

در صورت وجود چاله‌های بزرگ و ترک‌های عریض لازم است ابتدا این نواقص ترمیم شوند و سپس اقدام به پخش اسلاری سیل گردد. همچنین در صورتی که ترک‌های فعال نیز در سطح راه باشد (ترک‌هایی که در اثر تغییرات دما و عبور ترافیک عرض آن‌ها به میزان قابل توجهی تغییر کند، هر چند که عرض ترک محدود باشد)، باید قبلاً با مواد پرکننده مناسب پر شوند (نشریه ۱۰۱، ۱۳۸۹، صص ۴۲۲ الی ۴۲۸).

۶-۸-۴-۱. اندود سطحی

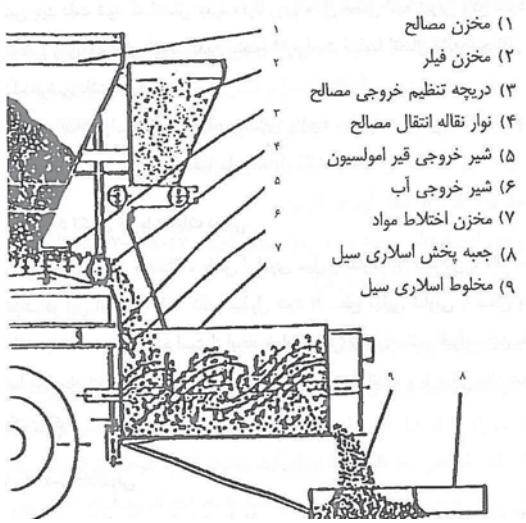
معمولاً نیازی به اجرای اندود سطحی نمی‌باشد، مگر آن‌که سطح راه بسیار فرسوده و خشک بوده و مصالح سست و عریان شده از قیر در سطح راه موجود باشد. قیرآبه مورد استفاده باید کاملاً رقیق بوده تا خلل و فرج سطح راه و ترک‌ها به خوبی پر شوند. به این منظور معمولاً باید قبل از اندود سطحی قیرآبه با آب رقیق شده تا روانی لازم حاصل گردد. قیرآبه اندود سطحی باید دقیقاً از همان نوع مورد استفاده برای اسلاری سیل باشد. مقدار پخش بر حسب وضعیت سطح راه بین ۰/۳۵ – ۰/۱۵ لیتر در مترمربع تغییر می‌کند.

۶-۸-۴-۲. دستگاه تهیه و پخش اسلاری سیل

اجرای اسلاری سیل توسط دستگاه‌های مخصوص این کار انجام می‌گیرد. این دستگاه‌ها باید مواد خام را به اندازه کافی در خود ذخیره کرده و مخلوط را بعد از اختلاط کامل مصالح سنگی و قیرآبه در ضخامت مورد نظر پخش کنند. روش اختلاط بدین صورت است که ماسه، فیلر (یا پودر سیمان و مواد دیگر)، آب و قیرآبه به نسبت‌های معین از قسمت مخزن کامیون به مخزن کوچکی که در قسمت انتهایی کامیون قرار دارد، وارد می‌گردد (تصویرشماره ۶-۱). در آنجا مخلوط‌کن‌های حلزونی شکل مواد را با هم مخلوط می‌کنند، اسلاری سیل تهیه شده به جعبه پخش که روی زمین قرار دارد، وارد می‌شود. ارتفاع این جعبه از سطح راه و همچنین شیب آن قابل تنظیم است و به این ترتیب مخلوط در ضخامت و شیب عرض مورد نظر پخش می‌شود. ماشین تهیه و پخش اسلاری سیل به طور کلی در دو نوع به شرح زیر می‌باشد:

الف) پیوسته: در این دستگاه‌ها مواد و مصالح (سنگ‌دانه‌ها، فیلر و قیر) حین انجام کار توسط کامیون و تانکر به دستگاه منتقل شده و توسط نوارهای نقاله و لوله‌های دستگاه به مخازن آن تغذیه می‌گردد. در این حالت عمل پخش به طور مداوم انجام می‌گیرد و نیازی به قطع کار برای تأمین مصالح نیست.

ب) منقطع: این نوع دستگاه پخش اسلاری سیل معمولاً کامیونی است که مخازنی روی آن تعیین گردیده و مصالح و مواد قبل از شروع به درون آن ریخته می‌شود و دستگاه عمل اختلاط و پخش را انجام می‌دهد. پس از اتمام یکی از مواد، کار باید قطع شده و مخازن پر گردد. کار تغذیه مواد معمولاً در کارگاه نزدیک انجام و پس از پر شدن مخازن، عمل پخش دوباره آغاز می‌شود. این روش برای انجام عملیات اسلاری سیل به صورت محدود یا موضعی توصیه می‌گردد.



تصویرشماره ۶-۱: دستگاه تهیه و پخش اسلاری سیل

۶-۸-۴-۳. روانی مخلوط

مخلوط اسلاری سیل به گونه‌ای تهیه می‌شود که نه زیاد سفت باشد که نتوان آن را به آسانی و به‌طور یکنواخت روی سطح راه پخش کرد و نه آنچنان روان باشد که از کناره‌های جاده به بیرون جاری شده و قیر و مصالح آن از هم جدا شود. لذا باید میزان روانی مخلوط بر اساس ASTM D3910 اندازه‌گیری و روانی بهینه تعیین شود. یک روش ساده و عمومی برای کنترل تقریبی میزان روانی اسلاری سیل در محل آن است که بلافاصله پس از پخش با خط‌کش، خطی در سطح راه ایجاد شود، چنانچه خط ایجاد شده باقی بماند. روانی اسلاری سیل مناسب است و در صورتی که خط پوشیده شود، روانی آن بیش از اندازه می‌باشد. بدیهی است در صورتی که به طور عادی نتوان با خط‌کش خطی روی اسلاری سیل ایجاد کرد، این مخلوط بیش از حد سفت است و مناسب پخش نخواهد بود.

باید دقت کرد که بافت سطح پس از اجرا یکنواخت بوده و شیار شیار نباشد. از آنجا که معمولاً شیار به علت وجود برخی سنگ‌دانه‌های درشت‌تر از مشخصات ایجاد می‌شود، لذا در صورت مشاهده چنین پدیده‌ای باید کار متوقف شده و مصالح اصلاح گردد.

۶-۸-۴-۴. پخش مخلوط

جعبه پخش مصالح باید حتی‌المقدور پهن بوده و اسلاری سیل در عرض وسیع‌تری پخش شود تا ایجاد درز طولی ناشی از قرار گرفتن روی لایه کنار هم به حداقل برسد. در هر صورت چنانچه ایجاد اتصال ناگزیر باشد باید ترتیبی اتخاذ کرد تا حتی‌المقدور محل اتصال در امتداد مسیری که قرار است برای جدایی خطوط ترافیک خط‌کشی شود، واقع گردد تا کمتر زیر عبور مستقیم ترافیک قرار گیرد.

همچنین باید دقت شود که اتصال جدید دقیقاً روی محل اتصال لایه زیرین واقع نگـردد و دو اتصال زیرین و فوقانی روی هم قرار نگیرند. بـدین منظـور لازم اسـت خطـوط اتصـال لایه‌ها حداقل ۱۵ سانتی‌متر از هم فاصله عرضی داشته باشد.

هنگام پخش اسلاری سیل دمای سطح روسازی چنانچه هوا رو به سردی است، نبایـد از ۲۵°C کمتر باشد و چنانچه هوا رو به گرمی می‌رود نباید کمتر از ۱۵°C گردد.

۶-۸-۴-۵. تکمیل کار با عملیات دستی

نقاطی که امکان پوشش با دستگاه اسلاری سیل را ندارند، باید همزمان با ماله دستی پخش و پوشش شوند. در این امر باید دقت کافی مبذول شود تا سطح نهایی تفاوتی با سطح پخش شده با دستگاه نداشته باشد. همچنین لازم اسـت از ایجـاد خطـوط ناشـی از جـاری شـدن قیرآبه، حین پخش اسلاری سیل یا خطوط ایجـاد شـده، بـه علـت وجـود سـنگ‌دانـه‌هـای درشت‌تر از اندازه و یا خرابی ماله دستگاه اسلاری سیل پیشگیری کرد.

۶-۸-۴-۶. غلتک‌زنی

عموماً نیازی به غلتک‌زنی مخلوط‌های اسلاری سیل نیست. اما برای دانـه‌بنـدی نـوع ۳ کـه درشت‌تر و ضخامت لایه نیز ضخیم‌تر است، در صورتی که اسلاری سـیل بـرای جـاده‌هـای پرترافیک و یا روکش باند فرودگاه و یا محوطه پارکینگ باشد، بهتر اسـت لایـه غلتـک زده شود. در این صورت باید از یک غلتک چرخ لاستیکی ۵ تنی که فشار چـرخ‌هـای آن حـدود ۳/۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع است، استفاده کرد. باید دقت نمود تا تمـام سـطح حـداقل پنج بار زیر عبور غلتک قرار گیرد. غلتک‌زنی نباید قبل از آن‌که اسلاری سیل سفت شـود و یا قیرآبه کاملاً بشکند، آغاز گـردد. ایـن بـدان معنـی اسـت کـه عملیـات غلتـک‌زنـی را تـا

هنگامی‌که قیرآبه شروع به شکستن نماید، باید به تعویق انداخت. اما در هر صورت قبل از شکست کامل قیرآبه باید غلتک‌زنی آغاز و پایان یابد.

۶-۸-۵. تهیه و اجرای آسفالت متخلخل

مخلوط‌های آسفالتی متخلخل بر حسب این که از نوع آسفالت سرد و یا گرم است، باید با توجه به مشخصات فصل پنجم (آسفالت سرد) و فصل اول (آسفالت گرم) تهیه و اجرا شود. در صورتی که برای تهیه این رویه از آسفالت گرم استفاده گردد، درجه حرارت مخلوط با توجه به این که از مصالح با دانه‌بندی باز استفاده می‌شود، حداکثر ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد، تا قیر از سنگ‌دانه‌ها جدا نشده و در مخلوط آسفالتی به شکل آزاد جریان نیابد.

قبل از پخش این آسفالت، رویه راه موجود مطابق زیربند ۶-۸-۱-۲ آماده‌سازی شده و اندود سطحی آن اجرا می‌گردد (نشریه ۱۰۱، ۱۳۸۹، صص۴۲۹ الی ۴۳۳).

۶-۸-۶. اجرای غبارنشانی و روغن‌پاشی

غبارنشانی و روغن‌پاشی در سطح راه‌های شنی و خاکی محدود به پخش قیر می‌باشد. در عملیات روغن‌پاشی سطح راه در شرایط خاص (رویه ناهموار) اختلاط قیر با مصالح موجود توسط گریدر انجام می‌شود تا یک قشر آسفالتی غیرقابل نفوذ ایجاد کند. بستری که به شرح فوق تثبیت می‌شود، ممکن است طی سال‌های دوم یا سوم نیز نیاز به قیرپاشی مجدد داشته باشد که بهتر است برنامه‌ریزی گردد.

۶-۹. محدودیت‌های فصلی

عملیات آسفالت‌های حفاظتی در فصول مناسب و گرم سال انجام می‌گیرد. ضمن آن‌که محدودیت‌های مربوط به حداقل دمای محیط، دمای سطح راه و نیز شرایط جوی زمان اجرای کار به شرح زیر رعایت می‌شود:

الف) برای آسفالت‌های سطحی یک و یا چند لایه‌ای و نیز اندودهای آب‌بندی شامل پخش قیر و سنگ‌دانه‌ها و نیز عملیات اجرایی دوغاب قیری و آسفالت‌های متخلخل، حداقل درجه حرارت سطح راه باید ۲۵ درجه سانتی‌گراد باشد.

ب) آسفالت‌های حفاظتی محدود به پخش قیر، شامل اندود آب‌بندی بدون سنگ‌دانه‌ها، باید در شرایطی انجام شود که دمای محیط حداقل ۱۵ درجه سانتی‌گراد باشد. عملیات غبارنشانی و روغن‌پاشی سطح راه ضرورتاً در هوای گرم (تابستان) انجام می‌گردد.

پ) آسفالت‌های حفاظتی که با قیرآبه‌ها اجرا می‌شوند، در شرایطی که احتمال بارش در حین اجرای کار و یا حداقل ۱۲ ساعت بعد از آن وجود داشته باشد، اجرا نمی‌گردند.

ت) اندودهای آب‌بندی باید در شرایطی انجام گیرد که علاوه بر رعایت دمای محیط، بستر راه نیز کاملاً خشک باشد، جز در موردهایی که از قیرآبه‌ها استفاده می‌شود که رطوبت سطح راه، مانع انجام عملیات نخواهد بود.

۶-۱۰. کنترل ترافیک

کنترل ترافیک و سرعت آن در دوام آسفالت‌های حفاظتی از اهمیت خاصی برخوردار است و به شرح زیر رعایت می‌شود:

۶-۱۰-۱. آسفالت‌های سطحی و اندودهای آب‌بندی

الف) بعد از اجرای هر یک از لایه‌های آسفالت سطحی و یا اندودهای آب‌بندی، تا عمل آمدن کامل قیر، باید از عبور وسایل نقلیه ممانعت شود.

در صورتی که عبور این وسایل بلافاصله بعد از اتمام غلتک‌زنی و یا قبل از گیرش نهایی و سفت شدن قیر اضطراری باشد، سرعت ترافیک باید به ۱۰ تا ۳۰ کیلومتر در ساعت (برحسب مورد) محدود گردد.

ب) چنانچه آسفالت سطحی و یا اندودهای آب‌بندی در راهی که زیر عبور ترافیک قرار دارد انجام شود، از راه‌های انحرافی استفاده شود و یا اینکه عملیات در نصف عرض راه انجام می‌گیرد.

۶-۱۰-۲. آسفالت‌های متخلخل

هدایت وسایل نقلیه برای اجرای آسفالت متخلخل، بر حسب این که از نوع آسفالت سرد و یا آسفالت گرم باشد، به شرح فصل‌های پنجم و هفتم کنترل می‌شود.

۶-۱۰-۳. غبارنشانی و روغن‌پاشی

از عبور وسایل نقلیه از سطح قیرپاشی شده راه برای عملیات غبارنشانی و روغن‌پاشی، حداقل تا قبل از ۴۸ ساعت باید ممانعت به عمل آید.

هرگاه عبور و مرور اضطراری باشد، باید قیر کاملاً به جسم راه نفوذ کرده و خشک شده باشد و در صورتی که قبل از تأمین شرایط فوق، باز کردن مسیر به روی ترافیک ضروری باشد، لازم است روی سطح قیرپاشی شده، ماسه پخش گردد.

۶-۱۱ .آزمایش‌های کنترل کیفیت

برای کنترل کیفیت مصالح و کارهـای انجـام شـده بایـد از مصـالح سـنگی و مـواد قیـری، مخلوط‌های آسفالتی قبل از مصرف و همچنین حین انجام عملیات و متناسب بـا پیشـرفت کار، آزمایش‌های لازم به عمل آیـد. نـوع و روش ایـن آزمـایش‌هـا بـرای هـر یـک از انـواع آسفالت‌های حفاظتی بر حسب مورد طی جداول مربوطه در این فصل مشخص شـده اسـت. حداقل تعداد آزمایش‌هایی که برای قیر، مصالح سنگی و مخلوط‌هـای آسـفالتی بایـد انجـام شود، به شرح زیر می‌باشد. در صورتی که دستگاه نظارت تشخیص دهد، می‌توان نسـبت بـه انجام آزمایش‌های اضافی نیز اقدام نمود.

۶-۱۱-۱. قیر

در صورتی که دسـتگاه نظـارت لازم بدانـد روی قیرهـای مصـرفی بـرای عملیـات آسـفالت حفاظتی قبل از شروع و حین اجرای کار، آزمایش‌های لازم صورت می‌گیرد تا انطباق آن بـا مشخصات ارزیابی شود.

۶-۱۱-۲. قیرپاشی

برای تعیین مقدار قیر پخش شده در روی راه، جهت انـدودهای سـطحی و نفـوذی و سـایر قیرپاشی‌های مربوط به آسفالت‌های حفاظتی به ازای هر ۱۰۰ متر طول راه و برای هر لایـه جداگانه یک آزمایش سینی، انجام می‌شود.

در صورتی که عرض راه زیاد باشد، حداقل برای هر ۱۰۰۰ مترمربع یـک آزمـایش اجـرا خواهد شد. آزمایش باید مطابق با روش ASTM D2995 انجام گردد.

۶-۱۱-۳. مصالح سنگی

الف) مصالح سنگی مصرفی در عملیات آسفالت حفاظتی شامل آسفالت سطحی، اندود آب‌بندی، اسلاری سیل و آسفالت متخلخل که از سنگ‌شکن حاصل می‌شود، باید در جریان تولید و قبل از مصرف، هفته‌ای یک بار نمونه‌برداری و برای تعیین دانه‌بندی، درصد شکستگی، ارزش ماسه‌ای، سنگ‌دانه‌های پولکی و سوزنی مورد آزمایش قرار گیرد، تا انطباق آن‌ها با مشخصات این فصل ارزیابی گردد.

ب) برای تعیین مقدار مصالح سنگی پخش شده در سطح راه، در هر لایه، به ازای هر ۱۰۰ متر طول راه یک آزمایش سینی انجام می‌گیرد و در صورتی که عرض راه زیاد باشد، برای حداقل هر ۱۰۰۰ مترمربع یک آزمایش سینی به عمل می‌آید.

پ) آزمایش دانه‌بندی، درصد شکستگی، ضریب تورق و تمیزی مصالح سنگی مصرفی در آسفالت‌های سطحی یک و یا چند لایه‌ای و یا اندودهای آب‌بندی ماسه‌ای را باید روی نمونه ردیف «ب» فوق انجام داد تا انطباق کیفیت مصالح مصرف شده و پخش شده در سطح راه با مشخصات فنی ارزیابی گردد.

۶-۱۱-۴ .آسفالت اسلاری سیل و متخلخل

مخلوط آسفالتی اسلاری سیل و آسفالت متخلخل پخش شده در سطح راه به ازای هر ۵۰۰ متر طول راه و برای هر لایه، نمونه‌برداری و آزمایش می‌شود تا درصد قیر، دانه‌بندی، درصد شکستگی، ضخامت لایه و سایر مشخصه‌های آن تعیین گردد.

خلاصه

آسفالت‌های حفاظتی برای غیرقابل نفوذ کردن بستر راه، جلوگیری از گرد و غبار، افزایش تاب سایشی و لغزشی راه و نیز بهسازی موقت رویه‌های موجود آسفالتی و بتنی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این نوع رویه‌سازی، به علت سرعت و سهولت اجرا و نیاز محدود به ماشین‌آلات و تجهیزات آسفالتی، در مقایسه با آسفالت گرم، بسیار مقرون به صرفه است. کاربرد انواع آسفالت‌های حفاظتی برای ترافیک سبک و متوسط محدود می‌گردد و هریک نیز به منظور خاصی اجرا می‌شود. آسفالت‌های حفاظتی نوعی از رویه‌سازی آسفالتی است که در سطح راه‌های شنی و یا آسفالتی اجرا می‌شود. ضخامت این آسفالت کمتر از ۲۵ میلی‌متر است و لذا جزو لایه باربر روسازی راه محسوب نمی‌شود و عملکرد سازه‌ای ندارد. در آسفالت‌های حفاظتی از قیرهای محلول، قیرآبه‌ها و یا قیرهای خالص با کندروانی کم استفاده می‌شود.

آسفالت‌های حفاظتی شامل آسفالت‌های سطحی یک یا چند لایه‌ای، سیل‌کت‌ها یا اندودهای آب‌بند، مخلوط‌های آسفالت متخلخل، غبارنشانی و روغن‌پاشی راه (جهت جلوگیری از گرد و غبار و تثبیت راه‌های خاکی) می‌باشد.

آزمون

۱. دامنه کاربرد آسفالت حفاظتی را شرح دهید؟

۲. انواع آسفالت حفاظتی را نام ببرید؟

۳. قیرهای مورد استفاده در آسفالت حفاظتی را نام ببرید؟

۴. سنگ‌دانه‌های مصرفی در آسفالت‌های حفاظتی یک یا چند لایه‌ای چگونه است؟

۵. رابطه انتخاب نوع قیر و سنگ‌دانه‌ها در آسفالت‌های حفاظتی یک یا چند لایه‌ای چگونه است؟

۶. کاربرد اندودهای آب‌بند چیست؟

۷. آسفالت متخلخل چیست؟ موارد کاربرد آن را بیان کنید؟

۸. آسفالت حفاظتی غبارنشانی و روغن‌پاشی درچه مواردی به‌کار می‌رود؟

۹. روش پخش و کوبیدن سنگ‌دانه‌ها برای آسفالت‌های سطحی یک یا چند لایه‌ای چگونه است؟

۱۰. مواردی چند از محدودیت‌های فصلی اجرای آسفالت‌های حفاظتی را ذکر کنید.

فصل هفتم

آزمایش‌های مصالح

اهدف

هدف از مطالعه این فصل، آشنایی با مطالب زیر می‌باشد:

۱. دانه‌بندی مصالح سنگی

۲. چگونگی نام‌گذاری مصالح سنگی از نظر اندازه

۳. ضریب تطویل مصالح

۴. حد روانی مناسب یک خاک برای راه‌سازی

۵. گام خمیری

۶. تأثیر استفاده از مصالح کثیف در آسفالت

۷. تفاوت نتایج آزمایش یخبندان با آزمایش مقاومت در مقابل عوامل جوی

۸. مشخصات دستگاه تعیین درصد ساییدگی مصالح (لس‌آنجلس)

۷-۱. دانه‌بندی

بر حسب تعریف آزمایش دانه‌بندی مصالح سنگی عبارت است از تعیین درصد وزنی دانه‌های یک اندازه در مخلوط مورد آزمایش و نتایج حاصله از آن به میزان وسیع در راه‌سازی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در آزمایش دانه‌بندی، ابتدا به کمک دستگاه کوارتر مقدار مناسبی از مصالح را برداشته و به تدریج روی یک سری الک که به ترتیب اندازه روی هم چیده شده است، ریخته و حداقل دو دقیقه تکان می‌دهند.

الک‌ها که به ترتیب از بالا به پایین از نظر اندازه سوراخ کوچک‌تر می‌شوند، دارای سوراخ‌های یک اندازه بوده و معمولاً از سیم‌های به قطرهای مختلف ساخته می‌گردند.

در استاندارد آمریکایی معمولاً سری الک‌های زیر بر حسب اینچ ساخته می‌شود:

¼ ، ⅜ ، ½ ، ¾ ، 1 ، 1½ ، 2 ، 2 ½، 3 ، 3 ½ و 4.

علاوه بر سری الک‌های فوق، یک‌سری الک‌های ریزتر بر حسب شماره ساخته می‌شود که عبارتند از:

شماره ۳، شماره ۴، شماره ۸، شماره ۱۰، شماره ۱۶، شماره ۲۰، شماره ۳۰، شماره ۴۰، شماره ۵۰ ، شماره ۷۰، شماره ۱۰۰، و شماره ۲۰۰.

از نظر اندازه سوراخ‌ها در سری اخیرالذکر بایستی متذکر شد که مثلاً الک شماره ۴، الکی است که در طول هر اینچ چهار سوراخ دارد و یا در سطح یک اینچ مربع ۱۶ سوراخ دارد و اندازه هر سوراخ الک شماره ۴ معادل ۴/۷۶ میلی‌متر است. الک شماره ۸ از نظر اندازه نصف الک شماره ۴ می‌باشد و به همین ترتیب سوراخ الک شماره ۲۰۰ که ۷۴ میکرون قطر دارد، نصف اندازه سوراخ الک شماره ۱۰۰ است.

مصالح سنگی از نظر اندازه، نام‌های مختلفی دارند. به عنوان مثال، در استاندارد ASTM D422 دانه‌های مصالح به ترتیب اندازه به شرح زیر نام‌گذاری شده‌اند:

- دانه‌های بزرگ‌تر از 3 اینچ (۷۶ میلی‌متر) را قلوه سنگ[1]
- دانه‌های رد شده از الک 3 اینچ و مانده روی شماره ۴ (۰/۷۶- ۴/۷۶ میلی‌متر)، شن[2]
- دانه‌های رد شده از الک شماره ۴ و مانده روی الک شماره ۱۰ (۴/۷۶ – ۲/۰۰ میلی‌متر)، ماسه درشت[3]
- دانه‌های رد شده از الک شماره ۱۰ و مانده روی الک شماره ۴۰ (۲/۰۰ – ۴۲/ میلی‌متر)، ماسه متوسط[4]
- دانه‌های رد شده از الک شماره ۴۰ و مانده روی الک شماره ۲۰۰ (۰/۴۲ – ۰/۰۷۴میلی‌متر)، ماسه ریز[5]
- دانه‌های با اندازه ۰/۰۰۵- ۰/۰۷۴ میلی‌متر را لای یا سیلت می‌نامند.
- دانه‌های کوچک‌تر از ۰/۰۰۵ میلی‌متر را رس و یا به عبارت بهتر، هم اندازه ذرات رس می‌نامند و بالاخره دانه‌های ریزتر از ۰/۰۰۱ میلی‌متر کلوئیدها می‌باشند.

مقدار نمونه مورد لزوم جهت انجام آزمایش دانه‌بندی بستگی به درشتی بزرگ‌ترین دانه‌های موجود در مخلوط مصالح دارد و حداقل مقدار نمونه با توجه به اندازه درشت‌ترین دانه‌های نمونه مورد آزمایش در جدول شماره ۷-۱ داده شده است.

1. Boulder
2. Gravel
3. Coarse Sand
4. Medium Sand
5. Fine Sand

جدول شماره ۷-۱: حداقل مقدار نمونه

اندازه درشت‌ترین دانه‌ها	حداقل وزن نمونه
3½ اینچ (۸۹ میلی‌متر)	۳۵۰۰۰ گرم
3 اینچ (۷۶ میلی‌متر)	۳۰۰۰۰ گرم
2½ اینچ (۶۳/۵ میلی‌متر)	۲۵۰۰۰ گرم
2 اینچ (۵۰/۸ میلی‌متر)	۲۰۰۰۰ گرم
1½ اینچ (۳۸/۲ میلی متر)	۱۵۰۰۰ گرم
1 اینچ (۲۵/۴ میلی‌متر)	۱۰۰۰۰ گرم
¾ اینچ (۱۹/۱ میلی‌متر)	۵۰۰۰ گرم
½ اینچ (۱۲/۷ میلی‌متر)	۲۵۰۰ گرم
⅜ اینچ (۹/۵ میلی‌متر)	۱۰۰۰ گرم

از مصالحی که حداقل ۹۰ درصد رد شده از الک شماره ۴ و بیش از ۵ درصد مانده روی الک شماره ۸ داشته باشند، بایستی ۵۰۰ گرم و بالاخره مصالح ریزتر از الک شماره ۸ را بایستی ۱۰۰ گرم جهت انجام آزمایش دانه‌بندی انتخاب نمود. آزمایش دانه‌بندی مفصلاً در استانداردهای زیر مندرج است:

AASHO Designation, T 27-60
ASTM Test Designation D 422

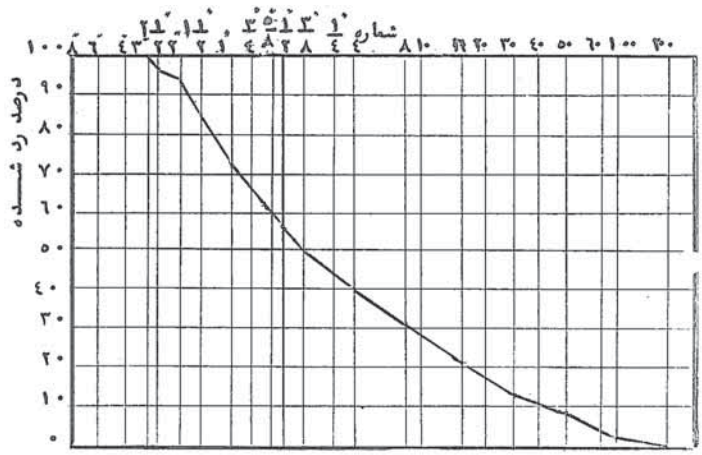
طرز عمل: چون در هر یک از عملیات راه‌سازی یک نوع دانه‌بندی مورد احتیاج است، ابتدا با توجه به مشخصات الک‌های مورد نیاز در تعیین دانه‌بندی، آن‌ها را مشخص نموده و سپس به ترتیب اندازه روی هم می‌چینند، به نحوی که الک با سوراخ بزرگ‌تر بالای سایر الک‌ها قرار گیرد و نمونه مصالح را روی آن ریخته و به مدت دو دقیقه تکان می‌دهند و این عمل را آن قدر ادامه می‌دهند تا تمامی مصالح مورد آزمایش الک شود، سپس وزن دانه‌های مانده روی هر الک را تعیین نموده و در جدول شماره ۷-۲ ثبت می‌کنند.

جدول شماره ۷-۲: محاسبات دانه‌بندی

اندازه الک‌ها	وزن مانده گرم	درصد مانده	درصد رد شده	درصد مانده کل	درصد رد شده نسبت به کل نمونه
3 اینچ			۱۰۰		
2½ اینچ	۸۴۵	۳/۶	۹۶/۴		
2 اینچ	۴۱۵	۱/۸	۹۴/۶		
1½ اینچ	۲۲۱۱	۹/۴	۸۵/۲		
1 اینچ	۲۷۳۸	۱۱/۷	۷۳/۵		
¾ اینچ	۱۵۳۰	۶/۵	۶۷/۰		
رد شده از ¾ اینچ			وزن نمونه برای قسمت دوم ..... گرم		
کنترل محاسبات قسمت اول					
½ اینچ	۲۵۶۹	۱۰/۹	۵۶/۱		
⅜ اینچ	۱۴۰۵	۶/۰	۵۰/۱		
¼ اینچ					
شماره ۴	۲۴۸۶	۱۰/۶	۳۹/۵		
رد شده از شماره ۴	۹۲۱۰	۳۹/۳	وزن نمونه برای قسمت سوم		
کنترل محاسبات قسمت دوم	۲۳۴۰۹	۹۹/۸	قبل از شستشو ۱۰۷۴ و بعد از شستشو ۱۰۳۹ گرم		
شماره ۸ یا ۱۰	۲۳۰	۲۱/۴	۷۸/۶		۳۱/۰
شماره ۱۶ یا ۲۰	۲۶۵	۲۴/۷	۵۳/۹		۲۱/۳
شماره ۳۰	۲۲۰	۲۰/۵	۳۳/۴		۱۳/۲
شماره ۴۰	۷۱	۶/۶	۲۶/۸		۱۰/۶
شماره ۵۰	۶۱	۵/۷	۲۱/۱		۸/۳
شماره ۷۰					
شماره ۱۰۰	۱۴۱	۱۳/۱	۸/۰		۳/۲
شماره ۲۰۰	۵۱	۴/۸	۳/۳		۱/۳
رد شده از شماره ۲۰۰	۳۵	۳/۳			
کنترل محاسبات قسمت سوم	۱۰۷۴	۱۰۰/۰			

چنانچه مصالح کثیف باشند، ابتدا وزن معینی از مصالح مورد آزمایش را پس از خشک کردن در ظرفی ریخته و روی آن آب می‌ریزند و می‌گذارند ۲۴ ساعت بماند تا تمامی‌گرد و غبار و مواد ریزدانه که شامل ذرات رس و سیلت می‌باشند، خوب خیس خورده و از دانه‌های مصالح جدا شوند. بعد از این مدت، مصالح مورد آزمایش را روی الک شماره ۲۰۰ شستشو داده و مانده روی الک ۲۰۰ را خشک و سپس توزین می‌کنند. تفاوت این وزن با وزن اولیه معادل وزن ذرات رد شده از الک شماره ۲۰۰ می‌باشد. مانده روی الک شماره ۲۰۰ را پس از خشک شدن به روش پیش گفته (دانه‌بندی خشک) دانه‌بندی نموده و حاصل توزین‌ها را در جدول شماره ۷-۲ یادداشت می‌کنند و بعد از محاسبه، دانه‌بندی مصالح حاصل را تعیین و گزارش می‌کنند. دانه‌بندی را عملاً به صورت درصد رد شده از الک‌های مشخص شده تعیین می‌نمایند و سپس روی یک دستگاه نیمه لگاریتمی، منحنی نمایش تغییرات درصد رد شده از هر الک را بر حسب اندازه دانه‌ها رسم می‌نمایند.

برای آشنایی با نحوه محاسبه دانه‌بندی به جدول شماره ۷-۲ مراجعه شود. منحنی نمایش دانه‌بندی نیز در نمودارشماره ۷-۱ ملاحظه می‌شود (محمد سرائی‌پور، ۱۳۷۷، صص۱۲۹ الی ۱۳۳).



نمودار شماره۷-۱: منحنی نمایش دانه‌بندی

۷-۲. آزمایش تعیین ضریب تورق و ضریب تطویل

چنانچه قبلاً نیز اشاره شد، شکل دانه‌های مصالح در خواص مکانیکی مخلوط بی‌اندازه مؤثر بوده و به‌خصوص از مصرف دانه‌های متورق یا مطول در قشرهای اساس و قشرهای آسفالتی که تحت اثر بار وارده توسط چرخ‌ها خرد می‌شوند، بایستی جداً خودداری به عمل آورد(محمد سرائی‌پور، ۱۳۷۷، صفحات ۱۳۴ الی ۱۳۶).

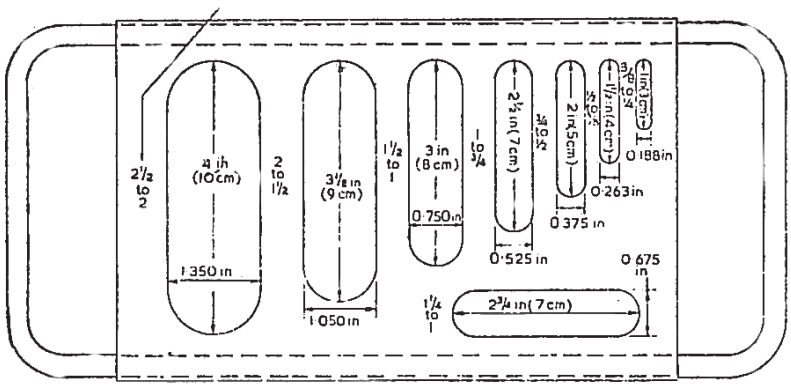
۷-۲-۱. تعیین ضریب تورق[1]

بر حسب تعریف، ضریب تورق مصالح عبارتست از درصد وزنی دانه‌هایی که ضخامت آن‌ها کمتر از $\frac{3}{5}$ اندازه متوسط دانه‌ها باشد. منظور از اندازه متوسط دانه‌ها در عبارت فوق، میانگین اندازه سوراخ دو الک متوالی است که به توسط آن‌ها مصالح را تفکیک کرده‌اند. به عنوان مثال، اندازه متوسط مصالحی که از الک ¾ اینچ رد می‌شوند و روی الک ½ اینچ باقی می‌مانند، معادل ⅝ اینچ (۱۵/۹ میلی‌متر) بوده و چنانچه ضخامت همین دانه‌ها کمتر از $\frac{3}{5}\times\frac{5}{8}=\frac{3}{8}$ اینچ (۹/۵ میلی‌متر) باشد، دانه‌های مورد آزمایش متورق محسوب می‌شوند که درصد وزنی این دانه‌ها نسبت به وزن کل نمونه را تعیین و به نام ضریب تورق گزارش می‌کنند. حداقل وزن نمونه در این آزمایش معادل وزن ۲۰۰ دانه برای هر اندازه متوسط می‌باشد و لازم به تذکر است که این آزمایش شامل دانه‌های کوچک‌تر از ¼ اینچ نمی‌گردد.

طرز عمل: ابتدا مقدار مناسبی از نمونه مورد آزمایش را الک می‌نمایند و سپس مانده روی هر الک را به طور جداگانه مورد آزمایش قرار می‌دهند، دستگاه مورد استفاده در این آزمایش از یک صفحه فلزی که در آن شیارهایی تعبیه شده است، تشکیل می‌گردد (تصویرشماره ۷-۲). چنانکه در شکل ملاحظه می‌شود در کنار هر شیار اندازه دو الک

[1]. Determination of flakiness index

متوالی که به توسط آن‌ها مصالح تفکیک شده‌اند، نوشته شده است و در وسط و یا زیر هر شیار $\frac{2}{5}$ اندازه متوسط دانه‌ها (میانگین اندازه همان دو الک ضرب‌در عدد $\frac{3}{5}$) حک شده است.



تصویرشماره ۷-۱: دستگاه تعیین ضریب تورق

پس از تفکیک نمونه مورد آزمایش، هر جزء را دانه‌دانه از شیار مخصوص به خود عبور داده و دانه‌هایی که عبور نمی‌کنند، به طور جداگانه جمع‌آوری می‌نمایند. سپس وزن دانه‌هایی که از شیار عبور کرده‌اند، تعیین می‌گردد.

ضریب تورق =[(وزن دانه‌های رد شده از شیار)/(وزن کل نمونه)]×۱۰۰

۷-۲-۲. تعیین ضریب تطویل[1]

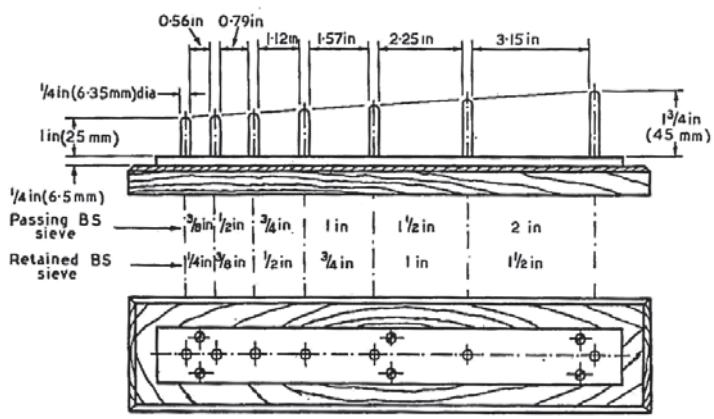
بر حسب تعریف، ضریب تطویل مصالح، عبارتست از درصد وزنی دانه‌هایی که طول آن‌ها بیشتر از $1\frac{4}{5}$ اندازه متوسط دانه‌ها باشد. این آزمایش شامل دانه‌های کوچک‌تر از ¼ اینچ

[1]. Determination of elongation index

(۶/۵ میلی‌متر) نمی‌شود. حداقل وزن نمونه در این آزمایش معادل وزن ۲۰۰ دانه برای هر اندازه متوسط می‌باشد.

طرز عمل: ابتدا وزن مناسبی از نمونه را الک کرده و سپس مانده روی هر الک را که بایستی کمتر از ۲۰۰ دانه باشد، دانه به دانه از دستگاه مخصوص اندازه‌گیری ضریب تطویل رد می‌کنند (تصویر شماره۷-۳).

چنان‌که ملاحظه می‌شود، این دستگاه از تعدادی میله فلزی که در یک صفحه چوبی نصب شده تشکیل گردیده، فاصله میله‌ها $1\frac{4}{5}$ (یا ۱/۸۰) برابر اندازه متوسط دانه‌ها می‌باشد. به عنوان مثال، دانه‌های (۲ – ۱/۵) اینچ دارای اندازه متوسط $1\frac{3}{4}$ اینچ بوده که اگر از ۱/۷۵×۱/۸۰=۳/۱۵ اینچ بیشتر باشد، دانه‌ها مطول محسوب می‌شوند.



تصویر شماره۷-۲: دستگاه تعیین ضریب تطویل

پس از خاتمه آزمایش، وزن دانه‌های مطول یعنی دانه‌هایی که از فاصله دو میله مربوط به خود طویل‌تر بوده‌اند را تعیین نموده و سپس به طریق زیر ضریب تطویل محاسبه می‌گردد. ۱۰۰×[(وزن کل نمونه)/(وزن دانه‌های مطول)]= ضریب تطویل

در جدول شماره ۷-۳ اندازه شیارهای دستگاه تعیین تورق و نیز فاصله میله‌های دستگاه تعیین ضریب تطویل به اینچ و میلی‌متر داده شده است.

جدول شماره ۷-۳

فاصله دو میله دستگاه تعیین ضریب تطویل		عرض شیار دستگاه تعیین ضریب تورق		اندازه مصالح	
میلی‌متر	اینچ	میلی‌متر	اینچ	مانده	رد شده
-	-	۳۴/۲۹	۱/۳۵۰	2	2½
۸۰/۰	۳/۱۵	۲۶/۶۷	۱/۰۵۰	1½	2
۷۵/۲	۲/۲۵	۱۹/۰۵	۰/۳۷۵۰	1	1½
-	-	۱۷/۱۵	۰/۶۷۵	1	1¼
۳۹/۹	۱/۵۷	۱۳/۳۴	۰/۵۲۵	¾	1
۲۸/۵	۱/۱۲	۹/۵۳	۰/۳۷۵	½	¾
۲۰/۱	۰/۷۹	۶/۶۸	۰/۲۶۳	⅜	½
۱۴/۲	۰/۵۶	۴/۷۸	۰/۱۸۸	¼	⅜

۷-۳. حدود آتربرگ[1]

حد روانی، حد خمیری و نیز گام خمیری که حدود آتربرگ نامیده می‌شوند، برای تعیین مرغوبیت مصالح راه‌سازی به کار گرفته می‌شوند. در موردی که مصالح آلوده و کثیف باشند با تعیین حدود آتربرگ، می‌توان به نوع مواد ریزدانه موجود در مصالح پی برد.

حدود آتربرگ در استانداردهای زیر مندرج است:

ASTM Designation D 423

آزمایش حد روانی در:

AASHO Designation T 89

و آزمایش حد خمیری و محاسبهٔ گام خمیری در:

ASTM Designation D 424
AASHO Designation T 90

(محمد سرائی‌پور، ۱۳۷۷، صص۱۳۷ الی ۱۴۳)

[1]. Atterberg Limits

۷-۳-۱. آزمایش تعیین حد روانی[1]

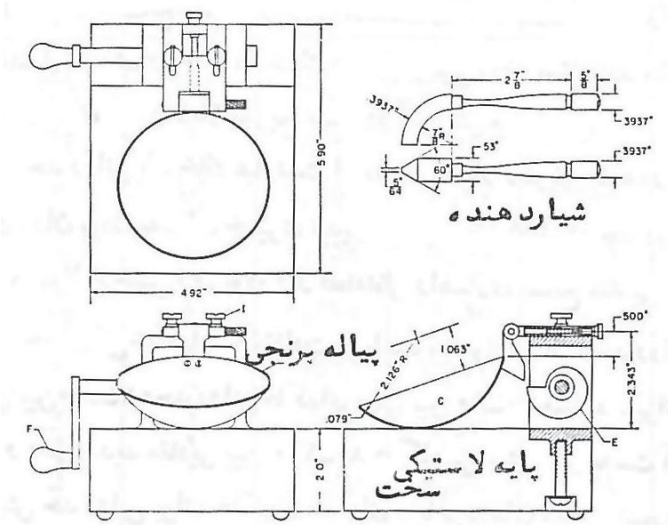
این آزمایش بیشتر بر روی خاک‌ها انجام می‌شود. ولی در مواردی که مصالح کثیف باشند، ابتدا مصالح کثیف را روی الک شماره ۲۰۰ شستشو داده و ریزدانه‌های رد شده از الک شماره ۲۰۰ را خشک و سپس بر طبق روش استاندارد مذکور در فوق که خلاصه‌ای از آن ذیلاً تشریح می‌گردد، آزمایش می‌نمایند.

حد روانی یک خاک عبارت است از درصد مقدار رطوبتی که در آن خاک از حالت روان بودن به حالت خمیری تبدیل می‌شود. خاک‌هایی که حد روانی آن‌ها بالا باشد، معمولاً از جنس رس بوده و از نقطه نظر راه‌سازی مصالح مناسبی نیستند.

حد روانی خاک‌ها بسیار متفاوت است، به عنوان مثال، حد روانی خاک‌های سیلتی بین ۵۰-۲۵ و حد روانی خاک‌های رسی بین ۶۰-۴۰ می‌باشد، برای خاک‌های نباتی و رسی شدید مقادیر بین ۱۰۰-۸۰ و گاهی بیشتر نیز به دست آمده است، آزمایش حد روانی برای خاک‌های ماسه‌ای و یا پودرهای معدنی نتیجه‌ای به دست نمی‌دهد.

برای تعیین حد روانی از دستگاه «تعیین حد روانی» استفاده می‌شود. جزئیات آن مفصلاً در استانداردهای فوق‌الذکر مندرج است.

[1]. Liquid Limit (LL)



تصویرشماره ۷-۳: دستگاه تعیین حدود آتربرگ

طرز عمل: ابتدا ۵۰ گرم خاک رد شده از الک شماره ۴۰ را با ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متر مکعب آب مقطر مخلوط و توسط یک کاردک خوب مالش می‌دهند و سپس به تدریج ۱ تا ۳ میلی‌لیتر آب اضافه می‌کنند. پس از هر افزایش آب، بایستی مخلوط را خوب توسط کاردک مالش داد و دوباره ۳-۱ میلی‌لیتر آب اضافه نمود، این عمل را آنقدر ادامه می‌دهند تا مخلوط حالتی کاملاً یکنواخت و مناسب پیدا نماید. حال مقدار کافی از مخلوط حاصل را در پیاله دستگاه که روی صفحه زیرین قرار دارد، ریخته و به کمک کاردک فلزی به ترتیبی صاف می‌کنند که مخلوط تقریباً نیمی از سطح داخلی پیاله را که به طرف پایین قرار دارد، بپوشاند. به طوری که بعد از صاف کردن، عمق مخلوط در عمیق‌ترین قسمت پیاله نبایستی بیش از یک سانتی‌متر باشد. سپس به کمک شیاردهنده مخصوص دستگاه فوق‌الذکر، شیاری در مخلوط ایجاد می‌کنند. این شیار بایستی از وسط پیاله و از بالا به پایین در

مخلوط ایجاد گردد. شکل مخلوط بعد از وارد کردن شیار در تصویرشماره ۷-۵ الف ملاحظه می‌شود.

تصویرشماره ۷-۴ الف　　تصویرشماره ۷-۴ ب

اکنون پیاله محتوی مخلوط را به کمک چرخاندن دسته دستگاه بلند کرده و روی صفحه زیرین رها می‌کنند، ارتفاع سقوط دقیقاً یک سانتی‌متر بوده که قبل از شروع آزمایش بایستی به کمک دسته شیاردهنده کالیبره نمود. سرعت وارد کردن ضربه به پیاله دو ضربه در ثانیه می‌باشد. این عمل را آنقدر ادامه می‌دهند تا دو نیمه مخلوط در پیاله با یکدیگر تماس حاصل کنند و هنگامی‌که طول سطح تماس به حدود ۱۲/۵ میلی‌متر رسید، عمل چرخاندن را متوقف نموده و تعداد ضربات وارده را یادداشت می‌کنند (نمودار شماره ۷-۵ ب)، مقداری از مخلوط را نیز در قوطی حلبی کوچک با وزن معلوم ریخته و آن را وزن می‌کنند و در اون ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده و بعد از ۲۴ ساعت وزن نمونه خشک شده را تعیین می‌نمایند. عین عملیات فوق را حداقل بایستی دوبار دیگر تکرار کرد و هر بار مقدار آب بیشتری اضافه نمود تا مخلوط شل‌تر شده و روان‌تر گردد. افزایش آب بایستی به نحوی باشد که تعداد ضربات بین ۱۵ تا ۳۵ ضربه گردد.

محاسبه: نتایج آزمایش را در جدول شماره ۷-۴، وارد کرده و پس از محاسبه درصد رطوبت نمونه‌های کار شده، تعداد ضربات را روی محور لگاریتمی و درصد رطوبت را روی محور معمولی برده و پس از رسم خط و یا منحنی حاصل، محل تقاطع آن را با خط افقی ۲۵ ضربه مشخص و درصد رطوبت مربوط به این نقطه را به عنوان حد روانی خاک مورد

آزمایش گزارش می‌کنند. نمونه‌ای از چگونگی محاسبه در جدول شماره ۷-۴ ملاحظه می‌شود.

۷-۳-۲. آزمایش تعیین حد خمیری[1]

حد خمیری یک خاک کمترین درصد آبی است که آن خاک را به حالت خمیری نگه می‌دارد و به عبارت دیگر، حد خمیری مابین حالت خمیری و حالت نیمه جامد می‌باشد.

حد خمیری خاک‌های سیلتی و رسی زیاد اختلاف ندارد و از ۵ تا ۳۰ تغییر می‌کند. ناگفته نماند که خاک‌های سیلتی حد خمیری کمتری دارند و خاک‌های ماسه‌ای و پودرهای معدنی در این آزمایش نتیجه‌ای به دست نمی‌دهند.

طرز عمل: چنانچه بخواهند تنها آزمایش حد خمیری روی خاک انجام دهند، بایستی ۲۰ گرم خاک رد شده از الک شماره ۴۰ را برداشته و به ترتیبی که در آزمایش حد روانی توضیح داده شده، به کمک آب مقطر، مخلوط یکنواخت و نسبتاً سفتی تهیه می‌کنند.

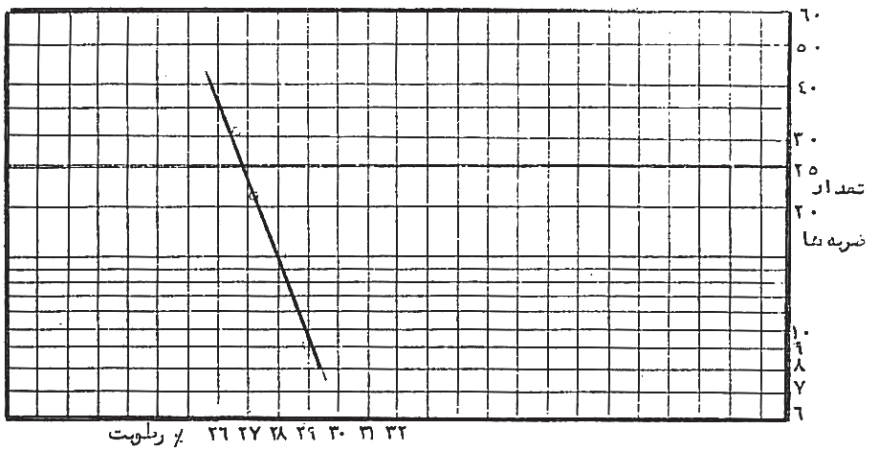
در صورتی که آزمایش حد روانی روی نمونه خاک انجام شده است از همان مخلوط تهیه شده پس از اتمام آزمایش حد روانی می‌توان استفاده کرد.

جدول شماره ۷-۴: محاسبات حدود آتربرگ

نوع آزمایش	حد روانی	حد روانی	حدروانی	حد روانی	حدروانی	حدخمیری	حدخمیری
تعداد ضربه ها	۹	۱۵	۲۲	۳۰	۳۶	-	-
شماره قوطی	N	K	R	P	T	B	E
وزن خاک مرطوب + قوطی	۲۷/۷۰	۳۵/۴۰	۳۹/۹۵	۳۲/۸۵	۳۸/۳۰	۳۰/۰۵	۲۸/۲۵
وزن خاک خشک + قوطی	۲۲/۸۰	۳۱/۱۵	۳۴/۸۰	۲۹/۴۰	۳۴/۱۰	۲۸/۰۰	۲۶/۴۰

[1]. Plastic Limit (PL)

وزن رطوبت	۳/۹۰	۴/۲۵	۵/۱۵	۳/۴۵	۴/۲۰	۲/۰۵	۱/۸۵
وزن قوطی	۱۰/۳۵	۱۶/۱۰	۱۶/۰۰	۱۶/۵۰	۱۸/۰۰	۱۷/۹۰	۱۷/۲۵
وزن خاک خشک	۱۳/۴۵	۱۵/۰۵	۱۸/۸۰	۱۲/۹۰	۱۶/۱۰	۱۰/۱۰	۹/۱۵
درصد رطوبت	۲۹/۰۰	۲۸/۱۰	۲۷/۲۰	۲۶/۷۰	۲۶/۰۰	۲۰/۳۰	۲۰/۲۰



حد روانی	(L.L.)	۲۶/۸۰
حد خمیری	(P.L.)	۲۰/۳۰
گام خمیری	(P.I.)	۶/۵۰

هشت گرم از مخلوط خمیری شکل حاصل را برداشته و برای انجام آزمایش مورد استفاده قرار می‌دهند. تذکر این نکته ضروری است که مخلوط خمیری حاصل بایستی به اندازهٔ کافی نرم باشد تا بتوان به آن شکل داد، از طرف دیگر آنقدر سفت نباشد که هنگامی‌که بین دو انگشت فشار داده می‌شود به سختی به انگشت بچسبد. نمونه ۸ گرمی را به صورت بیضی در آورده و سپس آن را روی صفحه شیشه‌ای قرار داده به کمک انگشتان و با حرکت رفت و برگشتی شروع به لوله کردن می‌نمایند. سرعت لوله کردن نمونه بایستی بین ۸۰ تا ۹۰ حرکت رفت و برگشت در دقیقه باشد (هر رفت و برگشت یک حرکت محسوب می‌شود).

عمل لوله کردن را آنقدر ادامه می‌دهند تا نمونه به صورت میله‌ای که قطر همه قسمت‌های آن یکنواخت است، در آید و هنگامی‌که قطر این میله به حدود ⅛ اینچ (۳/۲ میلی‌متر) برسد، آن را به هشت قسمت تقسیم نموده و تکه‌های حاصل را به کمک انگشتان آنقدر مالش می‌دهند تا به توده یکنواختی مبدل گردد.

دوباره یک نمونه را به صورت بیضی در آورده و شروع به لوله کردن به روش بالا نموده تا قطر میله حاصل حدود ۳/۲ میلی‌متر شود، دوباره میله را به ۸ قسمت تقسیم نموده و عین عملیات بالا را انجام می‌دهند تا هنگامی‌که میله در حین لوله کردن خرد شود و دیگر نمونه مورد آزمایش را نتوان به کمک مالش به صورت میله در آورد.

سپس تکه‌های خرد شده را در یک قوطی با وزن معلوم ریخته و وزن می‌کنند و به مدت ۲۴ ساعت در اون ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد قرار می‌دهند و دوباره وزن می‌نمایند. این آزمایش را بایستی حداقل یک بار دیگر عیناً تکرار و نتایج هر دو آزمایش در جدول شماره ۷-۴ یادداشت نمود و درصد رطوبت نمونه را نسبت به وزن خشک آن محاسبه کرده و میانگین آن‌ها را به نام حد خمیری گزارش می‌نمایند.

۷-۳-۳. تعیین گام خمیری[1]

اختلاف ریاضی بین حد روانی و حد خمیری را گام خمیری می‌گویند. چنان که ملاحظه می‌شود، گام خمیری مقدار درصد رطوبتی است که خاک در آن فاصله حالت خمیری دارد.

گام خمیری = حد خمیری - حد روانی

[1]. Plasticity index (PI)

به عنوان مثال هرگاه حد روانی خاکی ۳۵ و حد خمیری آن ۲۱ باشد، گام خمیری آن ۱۴= ۲۱-۳۵ می‌گردد. بدیهی است که خاک در فاصله ۲۱ الی ۳۵ رطوبت خمیری دارد، در کمتر از ۲۱، به حالت نیمه جامد و در بیشتر از ،۳۵ حالت روان را خواهد داشت.

گام خمیری خاک‌های رسی شدید، ۸۰-۷۰ و گام خمیری خاک‌های رسی معمولی، ۴۰-۲۰ و گام خمیری خاک‌های سلیتی، بین ۲۰-۱۰ می‌باشد. چنانچه گام خمیری خاکی کم باشد، نشانه آن است که خاک دانه‌ای بوده و دارای چسبندگی جزئی می‌باشد.

۷-۴. آزمایش نسبت درصد ماسه[1]

این آزمایش به منظور تعیین مقدار نسبی مواد ریزدانه مانند رس، سیلت و یا گرد و غبار ماسه به کار می‌رود و مفصلاً در AASHO Designation T 176 تشریح شده است.

انجام آزمایش درصد ماسه روی مصالح کثیف اهمیت حیاتی دارد و لازم به تذکر است که نسبت درصد ماسه مصالحی که در تهیه بتن آسفالتی مصرف می‌شوند، نبایستی از ۵۰ درصد کمتر باشند. چنانچه نسبت درصد ماسه مصالحی از حد نصاب گفته شده کمتر باشد، در آسفالت معایب زیر پدیدار خواهد شد:

۱. به علت وجود بیش از اندازه ذرات رس در آسفالت، در زمستان ذرات رس آب جذب کرده و هنگام شب آب جذب شده منجمد گردیده و سبب خرد شدن و اضمحلال آسفالت می‌گردد که نشانه بارز آن پریدن مصالح از سطح قشر آسفالت می‌باشد.

۲. چون سطح مصالح ریزدانه چندین برابر سطح مصالح درشت‌دانه می‌باشد و از طرفی در مصالح کثیف درصد ریزدانه مانند رس و امثالهم زیادتر است، لذا بایستی درصد قیر مصالح

[1]. Sand Equivalent Test

کثیف بیشتر باشد تا مصالح تمیز، در غیر این صورت آسفالت در زمستان دوام زیادی نخواهد داشت.

دستگاه: دستگاه تعیین نسبت درصد ماسه از یک مزور شفاف (از جنس پلی استیرن) به قطر داخلی ۱/۲۵ اینچ و به ارتفاع ۱۷ اینچ که سطح خارجی آن ۰ تا ۱۵ اینچ و به اجزای دهم اینچ درجه‌بندی شده، می‌باشد.

یک لوله مسی یا برنجی به قطر ¼ اینچ جهت شستشو که یک سر آن به توسط لوله لاستیکی به بطری شیشه‌ای یک گالنی متصل است و سر دیگر آن پخ گردیده و دو سوراخ در طرفین آن تعبیه شده است. علاوه بر اجزای فوق، دستگاه دارای یک میله فلزی به طول ۱۸ اینچ است که یک طرف آن یک وزنه یک کیلوگرمی و طرف دیگرش یک پایه به قطر یک اینچ و به شکل مخروط ناقص قرار دارد. سه زائده کوچک به منظور متمرکز کردن پایه در وسط مزور تعبیه شده است، به طوری که قطر پایه با در نظر گرفتن زائده‌های فوق‌الذکر کمی کمتر از قطر داخلی مزور می‌باشد. این میله به یک کلاهکی مجهز است که روی دهانه مزور قرار می‌گیرد و وزنه را بالای مزور به حال تعادل نگه می‌دارد. علاوه بر وسایل فوق از یک قوطی فلزی که حدود ۸۸ میلی‌لیتر حجم دارد نیز به عنوان پیمانه نمونه مورد آزمایش استفاده می‌شود. به منظور معلق نگه‌داشتن ریزدانه‌ها در نمونه مورد آزمایش از محلولی به نام محلول استوک[1] استفاده می‌شود و به طریق زیر تهیه می‌گردد.

۴۵۴ گرم کلرورکلسیم بی آب را در ۱/۸۹ لیتر آب حل کرده و بعد از صاف کردن روی کاغذ شماره ۱۲ واتمن، به محلول زیر صافی ۲۰۵ گرم گلیسیرین و ۴۷ گرم آلدئید فرمیک (۴۰ درصد حجمی) افزوده و خوب به هم می‌زنند و سپس با آن را آب تا حجم یک گالن (۳/۸۷۵ لیتر) رقیق می‌نمایند.

[1]. Stock

حال ۸۸ میلی‌لیتر از محلول فوق‌الذکر را در شیشه یک گالنی دستگاه تعیین نسبت درصد ماسه ریخته و با آب، آن را تا خط نشانه مربوطه به حجم می‌رسانند.

طرز عمل: نمونه مورد آزمایش بایستی کمی مرطوب باشد و چنانچه خشک است، ابتدا بایستی کمی آن را مرطوب نموده و سپس روی الک شماره ۴ الک قرار داد. یک پیمانه (۸ میلی لیتر و یا ۱۱۰ گرم) از مصالح رد شده از الک شماره ۴ را در مزوری که محتوی ۴ اینچ محلول استوک می‌باشد، می‌ریزند و بلافاصله ته مزور را چندین بار آهسته به کف دست زده تا حباب‌های هوا خارج شود. سپس می‌گذارند به مدت ۱۰ دقیقه به حال سکون باقی بماند. پس از پایان این مدت، با یک چوب پنبه دهانه مزور را مسدود نموده و آن را در حالی‌که در وضع افقی نگه‌داشته‌اند، به شدت با حرکت رفت و برگشت تکان می‌دهند. طول هر حرکت رفت یا برگشت ۲۰ سانتی‌متر است و مجموعاً بایستی ۹۰ حرکت رفت و برگشت در مدت ۳۰ ثانیه انجام داد (هر رفت و برگشت یک حرکت محسوب می‌شود).

بعد از پایان این عمل، چوب پنبه را از دهانه مزور حذف نموده و لوله برنجی را در حالی‌که از آن محلول استوک جریان دارد، به ترتیبی وارد مزور می‌نمایند که ذرات مانده روی جداره مزور شسته شود، سپس آن را به آرامی و در حالی‌که هنوز محلول استوک در آن جریان دارد، تا ته مزور فرو می‌برند. بدین ترتیب تمامی مواد ریزدانه از قبیل رس و کلوئیدها از لابه‌لای ماسه شسته شده و خارج می‌گردند. در این هنگام بایستی چندین بار لوله برنجی را جابه‌جا نمود تا ماسه خوب و تمیز شسته شود. هنگامی که سطح مایع در مزور به ۱۵ اینچ رسید، جریان محلول را کند نموده و لوله برنجی را آهسته آهسته در حالی که هنوز محلول استوک در آن جریان دارد، بالا می‌آورند به نحوی که جریان مایع روی عدد ۱۵ اینچ ثابت بماند. این عمل را آنقدر ادامه می‌دهند تا انتهای لوله برنجی از سطح مایع خارج شود و فوراً جریان محلول را قطع می‌نمایند. سپس مزور را بدون این‌که به آن

کوچک‌ترین تکانی وارد آید به مدت ۲۰ دقیقه تمام به حال خود می‌گذارند. در طول این مدتف ریزدانه‌ها مانند رس و غیره به حال معلق در مزور باقی مانده ولی ماسه بسیار ریز و سایر مواد معدنی به سرعت ته‌نشین می‌گردد، به طوری که در خاتمه ۲۰ دقیقه دو قشر کاملاً متمایز در مزور تشکیل می‌شود.

در پایان ۲۰ دقیقه، سطح قشر رس را از روی درجه مزور خوانده و تا دقت ۰/۱ اینچ یادداشت می‌کنند. سپس میله مجهز به وزنه یک کیلوگرمی را به آرامی وارد مزور می‌کنند (وزنه در بالای مزور قرار می‌گیرد) تا پایه آن روی سطح ماسه قرار گیرد. بعد از این عمل، بدون اینکه به میله فشار وارد آید، چند بار آن را به آرامی می‌چرخانند تا یکی از زائده‌ها دیده شود و فوراً عددی که منطبق با نوک زائده باشد را یادداشت می‌نمایند. این عدد در واقع سطح ماسه را در مزور نشان می‌دهد.

نسبت درصد ماسه مورد آزمایش از رابطه زیر به دست می‌آید:

نسبت درصد ماسه = [(سطح قشر رس در مزور)/(سطح قشر ماسه در مزور)] ×۱۰۰

این آزمایش را حداقل یک بار دیگر بایستی تکرار نمود و معمولاً هر دو آزمایش را توأماً انجام می‌دهند و سپس میانگین نتایج به دست آمده را به عنوان نسبت درصد ماسه مورد آزمایش، گزارش می‌کنند (محمد سرائی‌پور، ۱۳۷۷، صص۱۴۳ الی ۱۴۶).

۷-۵. آزمایش تعیین افت وزن در مقابل عوامل جوی[1]

مصالحی که در معرض عوامل جوی از قبیل باد، باران، حرارت و یخبندان قرار دارند، بایستی مقاومت کافی داشته باشند و چون همه مصالح به یک اندازه در مقابل عوامل جوی مقاومت ندارند و از طرفی، مصالحی که در قشر آسفالت مورد استفاده قرار می‌گیرند، در معرض

[1]. Soundness of Aggregate by Use of Sodium Sulfate

عوامل جوی قرار دارند، لذا انجام این آزمایش روی مصالحی که در قشر آسفالت به کار می‌رود، ضروری است.

در این روش، نمونه مورد آزمایش به طور متناوب در محلول اشباع سولفات سدیم و سپس اون ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد قرار می‌دهند و معمولاً بعد از ۵ سیکل، درصد افت وزن مصالح آزمایش شده را تعیین می‌نمایند. این درصد افت وزن در واقع معیاری است از مقاومت مصالح در مقابل عوامل جوی و عملاً دیده شده است که هر چه افت وزن مصالح بیشتر باشد، مقاومت آن در مقابل عامل جوی کمتر است. این آزمایش مفصلاً در AASHO T 104 – 46 و ASTM C 88 – 46 تشریح شده است.

افت وزن مصالحی که در تهیه بتن آسفالتی به کار می‌روند، بعد از ۵ سیکل نبایستی از ۹٪ بیشتر باشد. ناگفته نماند که در این آزمایش، به جای سولفات سدیم می‌توان از سولفات منیزیم نیز استفاده نمود و نتایج به دست آمده از آن در مقایسه با سولفات سدیم به میزان قابل توجهی متفاوت است. به همین دلیل بایستی همیشه نوع ملح مورد استفاده را در این آزمایش قید کرد و چون سولفات منیزیم گران‌تر از سولفات سدیم است و در ایران غالباً از سولفات سدیم استفاده می‌شود، لذا آزمایش تعیین درصد افت وزن در مقابل عوامل جوی با استفاده از سولفات سدیم تشریح می‌گردد.

ابتدا ۷۵۰ گرم ملح دکاهید را ته سولفات سدیم ($Na_2SO_4, 10H_2O$) و یا ۳۵۰ گرم ملح بدون آب را در یک لیتر آب (و یا همین غلظت هر چند لیتر که لازم باشد)، ۳۰-۲۵ درجه سانتی‌گراد حل می‌نمایند. سولفات سدیم را بایستی به تدریج در آب وارد کرده و محلول را مرتباً به هم می‌زنند تا تمامی سولفات حل شود و چون مقدار توصیه شده کمی زیادتر از مقدار مورد لزوم می‌باشد، لذا در محلول اشباع کریستال‌های سولفات سدیم تشکیل می‌شود که به حال تعادل در محلول باقی می‌ماند. این محلول را سپس به مدت ۴۸

ساعت در حرارت ۱±۲۱ درجه سانتی‌گراد نگه می‌دارند و سپس مورد استفاده قرار می‌دهند، وزن مخصوص محلول هنگام استفاده نبایستی کمتر از ۱/۱۵۱ و یا بیشتر از ۱/۱۷۴ باشد.

تهیه نمونه مورد آزمایش: آزمایش مقاومت در مقابل عوامل جوی روی مصالح درشت‌دانه، ریزدانه و بالاخره سنگ بنایی انجام می‌شود. در موردی که مصالح مخلوط باشند، درصد افت وزن هر اندازه را تعیین و سپس با توجه به دانه‌بندی مخلوط، درصد افت وزن آن را محاسبه و تعیین می‌کنند (محمد سرائی‌پور، ۱۳۷۷، صفحات ۱۴۶ الی ۱۵۰).

۷-۵-۱. مصالح ریزدانه

مصالحی که از الک شماره ۴ رد می‌شود، مصالح ریزدانه نامیده می‌شوند و آن را به ترتیبی که در جدول ۷-۵ ملاحظه می‌شود، تفکیک می‌کنند. سپس ۵ ± ۱۰۰ گرم از هر یک از اجزای تفکیک شده را در سبدهای مخصوص که دارای بافت ریزی هستند، می‌ریزند.

جدول شماره ۷-۵: تفکیک مصالح ریزدانه

مانده	رد شده
شماره ۸	شماره ۴
شماره ۱۶	شماره ۸
شماره ۳۰	شماره ۱۶
شماره ۵۰	شماره ۳۰
شماره ۱۰۰	شماره ۵۰

۷-۵-۲. مصالح درشت‌دانه

مصالح درشت‌دانه را نیز به ترتیبی که در جدول شماره ۷-۶ ملاحظه می‌شود، دانه‌بندی نموده و مقدار نمونه لازم برای هر جزء را نیز مشخص می‌نمایند. در ضمن متذکر می‌گردد که از اوزان مشخص شده، می‌توان تا ۵± درصد تخطی نمود.

جدول شماره ۷-۶ :تفکیک مصالح درشت‌دانه

وزن نمونه در سبد	مقدار مورد لزوم	مانده	رد شده
۳۰۰۰ گرم	۱۵۰۰ گرم ۱۵۰۰ گرم	2 اینچ 1½ اینچ	2½ اینچ 2 اینچ
۱۵۰۰ گرم	۱۰۰۵ گرم ۴۹۵ گرم	1 اینچ ¾ اینچ	1½ اینچ 1 اینچ
۱۰۰۰ گرم	۶۷۰ گرم ۳۳۰ گرم	½ اینچ ⅜ اینچ	¾ اینچ ½ اینچ
۳۰۰ گرم	۳۰۰ گرم	شماره ۴	⅜ اینچ

چنان‌که ملاحظه می‌گردد، به جز مصالح مانده روی الک شماره ۴، بقیه را دوتا دوتا با هم مخلوط نموده و در یک سبد می‌ریزند.

۷-۵-۳. سنگ بنایی

در مورد سنگ بنایی، ابتدا آن را توسط یک سنگ‌شکن کوچک به ترتیبی می‌شکنند که دانه‌هایی با شکل یکنواخت و به وزن تقریبی ۱۰۰ گرم به دست آید. سپس حدود ۵۰ دانه که مجموعاً ۵۰۰۰ گرم (۲٪±) است را انتخاب نموده و خوب شسته و در اون خشک می‌نمایند و تحت آزمایش قرار می‌دهند.

طرز عمل: پس از تهیه نمونه مورد آزمایش، وزن دقیق آن‌ها را تعیین نموده و در جدول شماره ۷-۷ یادداشت می‌کنند. سپس سبدها را حداقل ۱۶ ساعت و حداکثر ۱۸ ساعت در

ظرف محتوی سولفات سدیم اشباع که به روش پیش گفته تهیه شده، قرار می‌دهند. سبدهای محتوی نمونه‌ها را به ترتیبی داخل ظرف قرار می‌دهند که سطح محلول، حداقل ۱/۳ سانتی‌متر بالای نمونه قرار گیرد. درجه حرارت مجموع دستگاه بایستی ۱±۲۱ درجه سانتی‌گراد باشد.

پس از پایان این مدت، سبدها را از محلول خارج نموده و می‌گذارند تا باقی‌مانده محلول از آن خارج شود و سپس در اون ۱۱۰ – ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک می‌نمایند. مجموعه عملیات بالا را یک سیکل می‌گویند و تعداد سیکل‌ها بستگی به مشخصات مورد لزوم دارد. پس از انجام آخرین سیکل، نمونه‌ها را خوب می‌شویند، به طوری که عاری از سولفات گردند. برای دانستن پایان عمل شستشو کافی است که کمی از محلول حاصل از شستشو را با کلرور باریم مواجه کنیم، چنانچه رسوب سفید حاصل شد، بایستی به شستشو ادامه داد. بالاخره پس از خاتمه شستشو، بایستی نمونه‌ها را در اون ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد قرار دهند تا خوب خشک شوند. سپس روی همان الک اولیه، الک نموده و مانده روی هر الک را در جدول شماره ۷-۷ یادداشت می‌کنند.

در مورد سنگ بنایی، ابتدا وزن دانه‌هایی که سالم مانده‌اند (به سه تکه یا بیشتر خرد نشده‌اند) را تعیین نموده و از وزن اولیه کم می‌نمایند. حاصل توزین همان افت وزن دانه‌ها می‌باشد که به صورت درصد نسبت به وزن اولیه نمونه تعیین و به عنوان درصد افت وزن در مقابل عوامل جوی گزارش می‌کنند.

در مورد مصالح مخلوط نیز دانه‌بندی نمونه‌ها (درصد مانده روی هر الک) را تعیین نموده و در جدول شماره ۷-۷ یادداشت می‌کنند و سپس به کمک آن، درصد افت وزن نمونه را محاسبه می‌نمایند. نمونه‌ای از محاسبات در جدول شماره ۷-۷ ملاحظه می‌شود.

۷-۶.آزمایش یخبندان[1]

مقاومت در برابر یخبندان مصالحی را که در معرض سرمای شدید قرار دارند، می‌توان توسط این آزمایش مشخص نمود. این آزمایش در AASHO Designation T103-42 تشریح گردیده است.

در این آزمایش مصالح سنگی را که از آب اشباع شده‌اند، تحت تأثیر سرمای شدید قرار داده و پس از یخ بستن، در آب ۲۷-۲۴ درجه سانتی‌گراد می‌گذارند تا یخ آن آب شود و پس از ۵ دوره عمل یخ بستن و آب شدن، درصد افت وزن نمونه تعیین می‌گردد و درصد افت وزن را به نام مقاومت در مقابل یخبندان نمونه مورد آزمایش گزارش می‌کنند.

ناگفته نماند که این آزمایش هنوز آن طوری که باید و شاید تثبیت نشده است و به همین دلیل نمی‌توان روی نتایج حاصله از آن زیاد متکی بود. ولی تجربیاتی که روی یک سری سنگ که هم تحت آزمایش افت وزن در مقابل عوامل جوی و هم آزمایش یخبندان قرار گرفته‌اند، نشان می‌دهد که نتایج آزمایش یخبندان حدود نصف نتایج آزمایش مقاومت در مقابل عوامل جوی است (با ۵ سیکل).

[1]. Freezing and Thawing test

جدول شماره ۷-۷: محاسبات آزمایش مقاومت در مقابل عوامل جوی

مصالح درشت							
اندازه الک‌ها		دانه‌بندی نمونه اصلی A	وزن نمونه		افت وزن	درصد افت وزن نمونه B	افت وزن نسبت به نمونه اصلی $\frac{A.B}{100}$
رد شده	مانده		قبل از آزمایش	بعد از آزمایش			
2½	1½	۱۲/۷	۱۵۰۰	۱۴۷۵	۲۵	۱/۷	۰/۲
1½	¾	۲۰/۷	۱۵۰۰	۱۲۵۵	۲۴۵	۱۶/۳	۳/۴
¾	⅜	۱۹/۲	۱۰۰۰	۷۸۳	۲۱۷	۲۱/۷	۴/۲
⅜	شماره ۴						
مجموع							۷/۸
مصالح ریز							
⅜	شماره ۴	۱۲/۱	۱۰۰	۸۲	۱۸	۱۸	۲/۲
شماره ۴	شماره ۸	۹/۶	۱۰۰	۸۵	۱۵	۱۵	۱/۴
شماره ۸	شماره ۱۶	۱۱/۰	۱۰۰	۸۹	۱۱	۱۱	۱/۲
شماره ۱۶	شماره ۳۰	۹/۲	۱۰۰	۸۸	۱۲	۱۲	۱/۱
شماره ۳۰	شماره ۵۰	۵/۶	۱۰۰	۸۷	۱۳	۱۳	۰/۷
شماره۵۰	شماره۱۰۰						
شماره۱۰۰	شماره۲۰۰						
مجموع							۶/۶

دستگاه: یک یخچال به شکل مکعب مستطیل که بتواند به راحتی سرمای (۱/۱±۲۹-) درجه سانتی‌گراد را ایجاد نماید و مجهز به ترموستات نیز باشد تا درجه حرارت مورد نظر را ثابت نگه دارد. نمونه مورد آزمایش، بایستی در سینی‌های کوچک به عرض ۸/۷ سانتی‌متر، به طول ۴۵ سانتی‌متر و عمق ۶/۲۵ سانتی‌متر قرار گیرد و سپس این سینی‌ها را در ظروفی فلزی به عرض ۹/۸ سانتی‌متر، طول ۴۵/۷ سانتی‌متر و عمق ۵۰ سانتی‌متر قرار داد. ظروف محتوی سینی‌ها را سپس در یخچال ضد یخ (مخلوط آب و الکل صنعتی و یا گلیسیرین) ریخته و به کمک دستگاه هم‌زن مرتباً به هم می‌زنند تا ضد یخ مرتباً در حال جریان باشد.

تهیه نمونه آزمایش: آزمایش یخبندان نیز روی مصالح ریزدانه و سنگ بنایی انجام می‌شود و طرز تهیه نمونه‌ها نیز تقریباً مشابه تعیین افت وزن در مقابل عوامل جوی است (محمد سرائی‌پور، ۱۳۷۷، صفحات ۱۵۰ الی ۱۵۴).

۷-۶-۱. مصالح ریزدانه

مصالحی که از الک شماره ۴ رد شده است، دانه‌بندی و تفکیک نموده و سپس ۵ ±۱۰۰ گرم از هر یک از اجزای تفکیک شده را در سینی‌هایی که قبلاً تشریح شده‌اند، می‌ریزند. مصالح ریزدانه باید همگی روی الک ۱۰۰ شسته شده و سپس در اون خشک و برای آزمایش آماده گردند.

جدول شماره ۷-۸: مصالح ریزدانه

مانده	رد شده
شماره ۸	شماره۴
شماره ۱۶	شماره ۸
شماره ۳۰	شماره ۱۶
شماره ۵۰	شماره ۳۰
شماره ۱۰۰	شماره ۵۰

۷-۶-۲. مصالح درشت‌دانه

مصالح درشت‌دانه را به ترتیب ذیل دانه‌بندی نموده و مقدار مشخص شده را پس از تفکیک در سینی‌های مربوطه می‌ریزند و برای آزمایش آماده می‌نمایند.

جدول شماره ۷-۹: مصالح درشت‌دانه

مقدار مورد لزوم	مانده	رد شده
۳۰۰ گرم	⅜ اینچ	¾اینچ
۱۵۰۰گرم	¾ اینچ	۱/۵ اینچ
۳۰۰۰ گرم	۱/۵ اینچ	۲/۵ اینچ

در ضمن متذکر می‌گردد که از اوزان مشخص شده می‌توان تا ۵± درصد تخطی نمود.

۷-۶-۳. سنگ بنایی

در مورد سنگ بنایی، ابتدا آن را توسط یک سنگ شکن کوچک به ترتیبی می‌شکنند که دانه‌هایی با شکل یکنواخت و به وزن تقریبی ۱۰۰ گرم به دست آید. سپس حدود ۵۰ دانه که مجموعاً ۵۰۰۰ گرم (۲٪±) شود را انتخاب نموده، خوب شستشو می‌دهند و در اون خشک می‌نمایند، سپس تحت آزمایش قرار می‌دهند.

طرز عمل : سینی محتوی نمونه‌های آزمایش را در یک تشتک بزرگ آب که در درجه حرارت اطاق قرار دارد، به مدت ۲۴ ساعت قرار می‌دهند تا آب به کلیه خلل و فرج دانه‌های مصالح نفوذ نموده و آن را اشباع کند. سپس سینی‌ها را از تشتک در آورده و آب درون آن‌ها را خالی می‌کنند تا قشری از آب به ضخامت ۸ میلی‌متر در کف سینی باقی بماند، بعد از آن، سینی‌ها را در داخل ظروف مخصوصی قرار داده و آن‌ها را در داخل یخچال محتوی مخلوط آب و الکل در حال گردش قرار می‌دهند. درجه حرارت ضدیخ نبایستی کمتر از (۱/۱±۲۹-) درجه سانتی‌گراد و بیشتر از (۱/۱±۲۶-) درجه سانتی‌گراد باشد. یخچال بایستی بتواند به مدت ۲ ساعت، درجه حرارت را در حدود گفته شده، ثابت نگه دارد.

پس از پایان دو ساعت، سینی‌ها را از داخل ظروف مخصوص خارج نموده و بلافاصله در تشتک آب که درجه حرارت آن بین ۲۷-۲۴ درجه سانتی‌گراد است، قرار می‌دهند. آب داخل تشتک را نیز بایستی به تناوب تکان داد تا درجه حرارت در تمام نقاط آن در حدود گفته شده، ثابت بماند. پس از نیم ساعت سینی‌ها را از تشتک بیرون آورده و آب آن‌ها را به ترتیبی که قبلاً شرح آن رفت، کم کرده و عین عملیات بالا را که یک سیکل نام دارد، تکرار می‌کنند. تعداد سیکل‌ها بستگی به مشخصات ابلاغ شده دارد، ولی معمولاً روی هر نمونه ۵ سیکل انجام می‌دهند. بعد از پایان آخرین سیکل، سینی‌های نمونه را مدت ۲۴ ساعت در اون ۱۱۰-۱۰۵ درجه سانتی‌گراد خشک نموده و روی همان الک‌های اولیه، الک می‌کنند و مانده روی هر الک را در جدول شماره ۷-۷ یادداشت نموده و سپس درصد افت وزن نمونه را با توجه به دانه‌بندی نمونه (در جدول شماره ۷-۷، بایستی درصد مانده را وارد کرد) تعیین و آن را به نام مقاومت در مقابل یخبندان گزارش می‌نمایند.

بدیهی است که هرچه این درصد بیشتر باشد، مقاومت آن نمونه در مقابل یخبندان کمتر است. در مورد سنگ بنایی نیز تعداد دانه‌های سالم را جدا نموده و توزین می‌کنند.

حاصل توزین را از وزن اولیه کم و بدین ترتیب وزن دانه‌های خرد شده بـه دسـت مـی‌آیـد. سپس درصد افت وزن نسبت به وزن اولیه را تعیین نموده و آن را نیـز بـه نـام مقاومـت در مقابل یخبندان سنگ بنایی مورد آزمایش گزارش می‌کنند.

۷-۷. آزمایش تعیین وزن مخصوص و درصد جذب آب مصالح ریزدانه

در این طریقه، علاوه بر وزن مخصوص ظاهری و وزن مخصـوص واقعـی، درصـد جـذب آب مصالح ریزدانه (مصالح رد شده از الک شماره ۴) تعیین مـی‌شـود. ایـن روش در AASHO Designation T 84-45 وASTM Designation C 128-42 تشریح گردیده است:

چنان که می‌دانیم هر دانه مصالح سنگی، از مواد معدنی و فضـای خـالی تشـکیل شـده است. فضای خالی سنگ، شامل، فضای خالی قابل نفوذ و فضای خالی غیرقابل نفوذ می‌باشد و چنانچه مصالح سنگی از آب اشباع شوند، آب تنها فضای خالی قابل نفوذ را پر مـی‌کنـد و فضای خالی غیرقابل نفوذ به همان صورت باقی می‌ماند.

وزن مخصوص ظاهری[1] یک سنگ، عبارت است از وزن نمونه خشـک شـده در هـوا بـه حجم ظاهری آن (شامل فضای خالی غیرقابل نفوذ) و با رابطه زیر داده می‌شود:

$$G_a = \frac{E}{E - D}$$

E وزن نمونه خشک شده در هـوا و D وزن نمونـه اشـباع شـده در آب مـی‌باشـد. وزن مخصوص واقعی[2] سنگ عبارت است از وزن نمونه خشک شده در هوا بـه حجـم واقعـی آن (شامل فضای خالی قابل نفوذ و فضای خالی غیرقابل نفوذ) که با رابطه زیر داده می‌شود:

$$G_b = \frac{E}{A - D}$$

[1]. Apparent Specific Gravity
[2]. Bulk Specific Gravity

E = وزن مصالح خشک در هوا

A = وزن مصالح اشباع شده در هوا

D = وزن مصالح اشباع شده در آب

وزن مخصوص مصالح ریزتر از الک شماره ۲۰۰ (۷۴ میکرون) را معمولاً به کمک پیکنومتر تعیین می‌کنند. (AASHO T 84)

در محاسبات معمولاً وزن مخصوص واقعی را به کار می‌برند و چنانچه بخواهند وزن مخصوص یک مخلوط را تعیین نمایند، ابتدا آن را دانه‌بندی نموده و درصد فیلر، ریزدانه و درشت‌دانه را تعیین می‌کنند. پس از انجام آزمایش وزن مخصوص روی هر سه جزء به کمک رابطه زیر وزن مخصوص واقعی مخلوط را تعیین می‌نمایند.

$$G = \frac{1}{\frac{P_c}{G_c} + \frac{P_f}{G_f} + \frac{P_{fi}}{G_{fi}}}$$

P_c = درصد مصالح درشت‌دانه در مخلوط

G_c = وزن مخصوص مصالح درشت‌دانه

P_f = درصد مصالح ریزدانه (به غیر از رد شده از الک شماره ۲۰۰) در مخلوط

G_f = وزن مخصوص مصالح ریزدانه

P_{fi} = درصد فیلر در مخلوط

G_{fi} = وزن مخصوص فیلر

درصد جذب آب نیز با رابطه $\frac{A-E}{E} \times ۱۰۰$ داده می‌شود که در آن A وزن مصالح اشباع شده و E وزن مصالح خشک می‌باشد.

دستگاه: یک بالن ژوژه ۵۰۰ میلی لیتری، یک قالب به شکل مخروط ناقص از جنس برنج که قطر دهانه بالایی آن ۳/۸ سانتی‌متر و قطر دهانه تحتانی آن ۸/۹ سانتی‌متر می‌باشد، یک «ماسه کوب» فلزی به وزن ۳۴۰ گرم که قطر قسمت تحتانی آن ۲/۵۴ سانتی‌متر است.

تهیه نمونه آزمایش: حدود ۱۰۰ گرم ماسه را در یک کاسه فلزی بزرگ ریخته و آن را به مدت ۲۴ ساعت غرق آب می‌کنند تا ماسه از آب اشباع شود. سپس آب زیادی روی ماسه را به کمک عمل دکانتاسیون از کاسه لبریز کرده و ماسه اشباع شده را در یک سینی پهن می‌کنند و در معرض جریان هوا قرار می‌دهند. گاهی برای تسریع در عملیات، از یک پنکه که به آرامی کار می‌کند، استفاده می‌نمایند. در ضمن ماسه را بایستی در سینی مرتباً به کمک کاردک به هم زد تا رطوبت زیادی همه قسمت‌ها به طور یکنواخت خشک گردد. این عمل را آنقدر ادامه می‌دهند که هرگاه ماسه را به کمک کاردک از بالا به پایین بریزند، جریان ریختن ماسه به راحتی صورت گیرد. در این موقع بلافاصله ماسه را به حالت آزاد در قالب برنجی ریخته تا پر شود. بعد از آن، به سطح قالب به کمک ماسه کوب ۲۵ ضربه ملایم وارد کرده و بلافاصله قالب را به طور عمودی بر می‌دارند. هرگاه در ماسه هنوز رطوبت به حالت آزاد وجود داشته باشد، مخروط ماسه‌ای، شکل خود را حفظ می‌کند. در این حالت بایستی باز کمی ماسه را به هم زد تا هنگامی‌که مخروط ماسه‌ای بعد از برداشتن قالب بلافاصله خراب شده و در هم بریزد. این حالت مبین آن است که رطوبت آزاد ماسه از بین رفته و ماسه مرطوبی که سطح دانه‌های آن خشک می‌باشد، حاصل شده است. پس از رسیدن به چنین حالتی ماسه را در سینی به چهار قسمت مساوی تقسیم نموده و هر دو قسمت متقابل را در یک قوطی حلبی دردار ریخته و برای آزمایش به کار می‌برند.

طرز عمل: حال یک قسمت از ماسه مرطوب موجود در قوطی را که حدود ۵۰۰ گرم وزن دارد، به کمک قیف وارد بالن ژوژه با وزن مشخص کرده و توزین می‌نمایند. حاصل توزین‌ها را در جدول شماره ۷-۱۰ یادداشت می‌کنند. سپس روی ماسه آن‌قدر آب ۲۰ درجه سانتی‌گراد تمیز می‌ریزند که به خط نشانه برسد. به منظور خروج حباب‌های هوا از داخل بالن ژوژه آن را روی میز به آرامی می‌غلطانند تا تمامی‌حباب‌های هوا خارج شوند و مدت یک ساعت نیز به همان حال می‌گذارند بماند. پس از پایان این مدت بالن ژوژه را مجدداً به کمک آب تا خط نشانه به حجم می‌رسانند و توزین می‌کنند. پس از توزین محتویات بالن ژوژه را در یک سینی خالی نموده و در اون خشک می‌نمایند و باقی‌مانده خشک شده را نیز توزین می‌کنند و در جدول شماره ۷-۱۰ یادداشت می‌نمایند. یک بار نیز وزن بالن ژوژه پر از آب (تا خط نشانه) را تعیین می‌کنند.

جدول شماره ۷-۱۰: محاسبات آزمایش وزن مخصوص مصالح ریزدانه

شماره آزمایشگاه	وزن	
شماره پیکنومتر	الف	ب
وزن پیکنومتر + مصالح اشباع شده	۴۳۲	۴۳۵
وزن پیکنومتر	۱۸۷	۱۹۰
وزن مصالح اشباع شده A	۲۴۳	۲۴۵
وزن (مصالح اشباع شده+ آب + پیکنومتر) B	۸۳۵	۸۳۷
وزن پیکنومتر پر از آب C	۶۸۶	۶۸۷
وزن مصالح اشباع شده در آب B – C = D	۱۴۹	۱۵۰
وزن سینی + مصالح خشک	-	-
وزن سینی	-	-
وزن مصالح خشک E	۲۳۳	۲۳۵
حجم ظاهری E – D	۸۴	۸۵
حجم واقعی A – D	۹۴	۹۵
مقدار آب جذب شده A – E	۱۰	۱۰
وزن مخصوص ظاهری $G_a = \frac{E}{E-D}$	۲/۷۷	۲/۷۶

شماره آزمایشگاه		وزن
وزن مخصوص واقعی $G_b = \frac{E}{A-D}$	۲/۴۸	۲/۴۷
درصد جذب آب $\frac{A-E}{E}\times 100$	۴/۳	۴/۳

به کمک اعداد به دست آمده، وزن مخصوص ظاهری، وزن مخصوص واقعی و درصد آب جذب شده را تعیین می‌کنند (محمد سرائی‌پور، ۱۳۷۷، صفحات ۱۵۵ الی ۱۵۸).

۷-۸. آزمایش تعیین درصد جذب آب و وزن مخصوص مصالح درشت‌دانه

این آزمایش برای تعیین وزن مخصوص مصالح درشت‌دانه یعنی مصالحی که روی الک شماره ۴ باقی می‌مانند به کار می‌رود و در استانداردهای زیر مندرج است:

AASHO Designation T 85-45
ASTM Designation C 127-42

طرز عمل: حدود ۱۵۰۰ گرم مصالح درشت‌دانه را به کمک کوارتر نمودن تهیه نموده، خوب شسته و در یک کاسه آب به مدت ۲۴ ساعت غرق آب می‌نمایند تا مصالح از آب اشباع شوند. پس از پایان این مدت مصالح را از آب خارج کرده و به کمک یک تکه کرباس فیلم آب موجود در سطح دانه‌ها را خشک می‌کنند. این عمل را آنقدر ادامه می‌دهند تا تمامی فیلم مرئی آب خشک شده ولی مصالح مرطوب به نظر آیند. وزن مصالح را در این حالت تعیین نموده و حاصل توزین را در جدول شماره ۷-۱۱ یادداشت می‌کنند (محمد سرائی‌پور، ۱۳۷۷، صفحات ۱۵۹ و ۱۶۰).

اکنون نمونه اشباع شده را در سبد سیمی مخصوص ریخته و وزن آن را در آب تعیین می‌نمایند، یک بار نیز وزن سبد سیمی خالی را در آب تعیین می‌کنند. مصالح را سپس در اون ۱۱۰-۱۰۰ درجه سانتی‌گراد، به مدت ۲۴ ساعت قرار داده تا خوب خشک گردد و پس از سرد نمودن توزین می‌نمایند.

به کمک روابطی که قبلاً توضیح داده شد، وزن مخصوص ظاهری، وزن مخصوص واقعی و درصد جذب آب را تعیین می‌کنند. نمونه‌ای از محاسبات وزن مخصوص مصالح درشت دانه در جدول شماره ۷-۱۱ ملاحظه می‌شود.

جدول شماره ۷-۱۱: محاسبات آزمایش وزن مخصوص مصالح درشت‌دانه

شماره آزمایشگاه	وزن	
وزن نمونه خشک شده در اجاق A	۲۵۳۵	۲۲۲۰
وزن نمونه اشباع شده ای که سطح آن خشک باشد در هواB	۲۵۸۶	۲۲۶۱
وزن نمونه اشباع شده و سبد در آب C	۱۵۷۳	۱۳۷۳
وزن سبد خالی در آب D	-	-
وزن نمونه اشباع شده در آب C – D = E	۱۵۷۳	۱۳۷۳
حجم ظاهری A – E	۹۶۲	۸۴۷
حجم واقعی B – E	۱۰۱۳	۸۸۸
مقدار آب جذب شده B – A	۵۱	۴۱
وزن مخصوص ظاهری $\frac{A}{A-E}$	۲/۶۴	۲/۶۲
وزن مخصوص واقعی $\frac{A}{B-E}$	۲/۵۰	۲/۵۰
وزن مخصوص نمونه اشباع شده $\frac{B}{B-E}$	۲/۵۵	۲/۵۴
درصد جذب آب $\frac{B-A}{A}\times 100$	۲/۰۱	۱/۸۵

۷-۹. آزمایش مقاومت در مقابل خرد شدن[1]

در این آزمایش مصالح یک اندازه ½ اینچ را در یک قالب فلزی از جنس فولاد به قطر ۱۵/۲ سانتی‌متر و عمق ۱۰/۱ سانتی‌متر ریخته و به کمک یک جک معمولی باری معادل ۴۰ تن روی آن وارد می‌کنند.

پس از خاتمه بارگذاری مصالح داخل قالب را روی الک شماره ۸، الک نموده و وزن ریزدانه‌های رد شده از الک مزبور را تعیین می‌کنند. سپس درصد مصالح ردشده از الک شماره ۸ نسبت به وزن اولیه را محاسبه نموده و به عنوان «ضریب خرد شدن مصالح» گزارش می‌کنند.

ضریب خرد شدن در واقع معیاری از استحکام مصالح سنگی به شمار می‌رود. به عنوان مثال، مصالحی که ضریب خرد شدن آن‌ها بیش از ۳۵ درصد باشد، مصالح سست و کم دوامی به شمار می‌روند و در آسفالت‌های حفاظتی نبایستی به کار برده شوند(محمد سرائی‌پور، ۱۳۷۷، صفحات ۱۶۰ الی ۱۶۴).

۷-۱۰. آزمایش مقاومت در مقابل ضربه[2]

در این آزمایش نیز مصالح یک اندازه ½ اینچ را در یک قالب فلزی از جنس فولاد به عمق ۲/۸۶ سانتی‌متر و قطر ۱۰/۱ سانتی‌متر قرار می‌دهند و به کمک یک چکش به وزن ۱۳/۵۵ کیلوگرم روی نمونه ۱۵ ضربه (ارتفاع سقوط ۳۸ سانتی‌متر) وارد می‌کنند. پس از وارد کردن آخرین ضربه، مصالح را روی الک شماره ۸ الک نموده و وزن ریزدانه‌های رد شده از

[1]. Aggregate Crushing Test
[2]. Aggregate Impact Test

الک مزبور را تعیین می‌کنند. درصد وزن مصالح رد شده از الک شماره ۸ نسبت به وزن اولیه را «ضریب مقاومت در مقابل ضربه» گزارش می‌کنند.

ضریب مقاومت در مقابل ضربه یک سنگ از نظر عددی تقریباً معادل ضریب خرد شدن همان سنگ می‌باشد. مصالحی که ضریب مقاومت در مقابل ضربه آن‌ها بیش از ۳۵ درصد باشد سست و کم دوام بوده، لذا کاربرد آن‌ها در آسفالت‌های حفاظتی توصیه نمی‌شود.

۷-۱۱. آزمایش تعیین درصد ساییدگی

در این آزمایش نمونه مصالح درشت‌دانه مورد آزمایش را در یک استوانه فلزی دوار که محتوی تعدادی گلوله فلزی است، ریخته و پس از ۵۰۰ دور چرخش، افت وزن نمونه را تعیین می‌کنند.

در این طریقه که «روش لس‌آنجلس» نامیده می‌شود، اثر ضربه بیشتر است تا اثر ساییدگی و به همین دلیل نمی‌توان صرفاً به آن نام آزمایش ساییدگی اطلاق کرد. علی‌ایحال نتایج این آزمایش معیاری از استحکام مصالح مورد آزمایش به دست می‌دهد.

در استاندارد انگلیسی .B.S ، نمونه مصالح را صرفاً تحت آزمایش ساییدگی قرار می‌دهند. به این ترتیب که یک قشر از مصالح یک اندازه را در یک سینی قرار داده و اطراف آن‌ها را یک نوع رزین و یا قیر مذاب می‌ریزند تا پس از سرد شدن دانه‌ها را محکم نگه دارد. سپس سینی را در دستگاه مخصوص قرار داده و به کمک ماسه استاندارد (۴۰-۳۰) آن را ساییده و درصد افت وزن را به نام مقاومت در برابر ساییدگی گزارش می‌کند.

آزمایش مقاومت در برابر ساییدگی به روش لس‌آنجلس در استانداردهای زیر مفصلاً تشریح شده است:

AASHO Designation T 96-51

ASTM Designation C 131-51

دستگاه: یک استوانه فلزی دوار که قطر داخلی آن ۷۱ سانتی‌متر و طول داخلی آن ۵۱ سانتی‌متر، که در طول یک محور افقی می‌تواند دوران نماید. در داخل استوانه یک نیم‌طبقه در جهت طول استوانه نصب شده است که قابل جابه‌جا کردن نیز می‌باشد. این دستگاه دارای حداقل ۱۲ گلوله فلزی است که قطر آن‌ها حدود ۴/۷۵ سانتی‌متر و وزن آن‌ها ۴۷۰-۳۹۰ گرم می‌باشد.

تهیه نمونه آزمایش: ابتدا نمونه مورد آزمایش را خوب شسته و در اون ۱۱۰-۱۰۵ درجه سانتی گراد خشک می‌کنند و یکی از ۴ روش مندرج در جدول شماره ۷-۱۲ را با توجه به دانه‌بندی مصالح در تهیه نمونه مورد استفاده قرار می‌دهند.

جدول شماره ۷-۱۲: وزن نمونه بر اساس دانه‌بندی مصالح

وزن نمونه بر حسب گرم				اندازه الک‌ها	
D	C	B	A	مانده	رد شده
-	-	-	۱۲۵۰	1 اینچ	1½ اینچ
-	-	-	۱۲۵۰	¾ اینچ	1 اینچ
-	-	۲۵۰۰	۱۲۵۰	½ اینچ	¾ اینچ
-	-	۲۵۰۰	۱۲۵۰	⅜ اینچ	½ اینچ
-	۲۵۰۰	-	-	شماره ۳	⅜ اینچ
-	۲۵۰۰	-	-	شماره ۴	شماره ۳
۵۰۰۰	-	-	-	شماره۸	شماره ۴

طرز عمل:نمونه تهیه شده را در دستگاه لس‌آنجلس ریخته و با توجه به جدول شماره ۷-۱۳ تعداد گلوله‌های لازم را تعیین می‌نمایند و در دستگاه می‌ریزند.

جدول شماره ۷-۱۳: تعداد گلوله‌های لازم بر حسب وزن نمونه

روش	تعداد گلوله‌های لازم	مجموع وزن گلوله‌ها بر حسب گرم
A	۱۲	۵۰۰۰±۲۵
B	۱۱	۴۵۸۴±۲۵
C	۸	۳۳۳۰±۲۰
D	۶	۲۵۰۰±۱۵

سپس با بستن دریچه استوانه، دستگاه را به کار انداخته تا شروع به چرخش نماید. سرعت دوران استوانه بین ۳۳-۳۰ دور در دقیقه می‌باشد. هنگامی که استوانه ۵۰۰ بار دوران نمود، دستگاه را متوقف کرده و پس از چند دقیقه با باز کردن دریچه تمامی مصالح را از دستگاه خارج می‌کنند و روی الک شماره ۱۲ (۱۶۸۰ میکرون) الک می‌نمایند. مصالح مانده روی الک شماره ۱۲ را خوب شسته و در اون ۱۱۰-۱۰۵ درجه سانتی‌گراد خشک نموده و سپس توزین می‌کنند. اختلاف این وزن با وزن اولیه، معادل افت وزن نمونه در اثر آزمایش ساییدگی می‌باشد. درصد افت وزن نسبت به وزن اولیه را به عنوان مقاومت در مقابل ساییدگی گزارش می‌کنند.

۷-۱۲. تعیین وزن واحد حجم مصالح سنگی

این آزمایش به منظور تعیین وزن واحد حجم مصالح سنگی[1] که بیشتر در محاسبات مربوط به تبدیل حجم به وزن و یا وزن حجم مصالح مختلف مانند ماسه، شن شکسته و مخلوط به کار می‌رود. آزمایش تعیین وزن واحد حجم مفصلاً در استانداردهای زیر تشریح شده است.

AASHO T 19-45
ASTM C 29-42

[1]. Unit Weight of Aggregate

یک میله فلزی به قطر ۱۵۹ سانتی‌متر و طول ۶۳ سانتی‌متر که یک انتهای آن را کمی مدور کرده‌اند و تعدادی پیمانه استاندارد که به شکل سطل و از جنس محکمی ساخته شده است، نیز در این آزمایش مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به اندازه درشت‌ترین دانه‌های نمونه بایستی به کمک یکی از پیمانه‌های ذیل واحد اندازه‌گیری وزن واحد حجم را به کار برد.

جدول شماره ۷-۱۴ اندازه پیمانه‌ها در آزمایش وزن واحد حجم

عمق داخلی بر حسب سانتی‌متر	قطر داخلی بر حسب سانتی‌متر	حجم پیمانه بر حسب سانتی‌متر مکعب	اندازه درشت‌ترین دانه‌ها اینچ
۱۵/۵	۱۵/۲	۲۸۳۰	۰/۵
۲۸/۰	۲۵/۴	۱۴۱۵۰	۱/۵
۲۸/۵	۳۵/۶	۲۸۳۰۰	۴

در ضمن به کمک آب می‌توان حجم هر یک از پیمانه‌های فوق را قبل از شروع آزمایش تعیین نمود(محمد سرائی‌پور، ۱۳۷۷، صص۱۶۴ الی ۱۶۷).

تهیه نمونه آزمایش: نمونه مورد آزمایش بایستی در حرارت اتاق خشک شده باشد.

طرز عمل: با توجه به اندازه درشت‌ترین دانه‌ها روش آزمایش متفاوت است که ذیلاً ملاحظه می‌شود:

۷-۱۲-۱. روش میله زدن

این روش در مورد مصالحی که اندازه درشت‌ترین دانه‌های آن دو اینچ و یا کمتر باشد، اجرا می‌شود. ابتدا پیمانه مناسب را با توجه به جدول شماره ۷-۱۴ انتخاب نموده و سپس تا ⅓ عمق پیمانه از مصالح مورد آزمایش ریخته و به کمک میله‌ای که قبلاً توصیف شد، ۲۵ ضربه در تمام قسمت‌های نمونه وارد می‌کنند. سپس پیمانه را تا ⅔ عمق آن پر نموده و

دوباره ۲۵ ضربه با میله وارد می‌کنند و بالاخره پیمانه را پر کرده و باز ۲۵ ضربه عمودی در تمام سطح پیمانه وارد می‌نمایند. در ضمن متذکر می‌شود که هنگام میله زدن بایستی دقت نمود تا اولاً، در لایه اول میله به ته برخورد نکند. ثانیاً، در عمل میله زدن لایه دوم بایستی دقت شود که میله فقط به اندازه عمق لایه دوم فرو رفته و به لایه اول نفوذ نکند و ثالثاً، در میله زدن لایه سوم نیز میله فقط تا عمق لایه سوم فرو رود.

حال وزن خالص نمونه میله زده شده را تعیین می‌نمایند.

(حجم پیمانه)/(وزن نمونه در پیمانه) = وزن واحد حجم

۷-۱۲-۲. روش تکان دادن

این طریقه در مورد مصالحی که اندازه درشت‌ترین دانه‌های آن بین ۴-۲ اینچ باشد، به کار می‌رود. در این روش، ابتدا تا یک سوم عمق پیمانه از مصالح مورد آزمایش ریخته و سپس پیمانه را روی یک سطح محکم مانند بلوک بتنی قرار می‌دهند و سپس یک طرف پیمانه را گرفته و حدود ۵ سانتی‌متر بالا آورده و رها می‌کنند. سپس طرف دیگر را نیز حدود ۵ سانتی‌متر بالا آورده و رها می‌نمایند و مجموعاً برای لایه اول ۵۰ ضربه وارد می‌کنند به طوری که ۲۵ ضربه به یک طرف و ۲۵ ضربه به طرف دیگر وارد شود، سپس لایه دوم را نیز معادل لایه اول از مصالح مورد آزمایش در پیمانه می‌ریزند و عین عملیات بالا را تکرار می‌کنند و قس علی‌هذا برای لایه سوم و بالاخره سطح نمونه را در پیمانه به کمک یک خط‌کش آهنی صاف نموده و وزن خالص آن را تعیین می‌کنند و به روش پیش گفته وزن واحد حجم را محاسبه می‌نمایند.

۷-۱۲-۳. روش تعیین وزن واحد حجم مصالح به صورت آزاد

این روش برای مصالحی که اندازه درشت‌ترین دانه‌های آن ۴ اینچ و یا کمتر است، به کار می‌رود و وزن واحد حجم مصالح به صورت آزاد[1] نامیده می‌شود.

ابتدا با توجه به اندازه درشت‌ترین دانه‌های نمونه و نیز جدول شماره ۷-۱۴ پیمانه مناسبی انتخاب نموده و سپس به کمک یک بیل و یا بیلچه آن‌قدر از مصالح مورد آزمایش درون پیمانه می‌ریزند تا پیمانه لبریز شود. مصالح را بایستی از ارتفاع ۵ سانتی‌متری بالای لبه پیمانه درون آن بریزند. بایستی تا حد امکان از تفکیک مصالح در داخل پیمانه خودداری نمود.

هنگامی‌که مصالح لبریز شد، به کمک یک خط‌کش آهنی سطح مصالح درون پیمانه را صاف نموده و وزن خالص نمونه را نیز تعیین می‌نمایند. با توجه به حجم آن وزن واحد حجم مصالح را به صورت آزاد به شرح زیر محاسبه می‌کنند:

(حجم پیمانه)/(وزن مصالح به حالت آزاد در پیمانه) = وزن واحد حجم مصالح به حالت آزاد

۷-۱۳. آزمایش غوطه‌وری استاتیک

دستورالعمل

۱. مصالح مورد آزمایش را بایستی از الک ¾ اینچ رد شده و روی الک ½ اینچ باقی بماند.

۲. مصالح تهیه شده را بایستی به طور کامل روی الک ½ اینچ شسته شود که غبار آن از بین برود.

[1]. Loose unit weight

۳. مصالح شسته شده را مجدداً بایستی با آب مقطر شستشو داده و بـه مـدت ۲ سـاعت در اون ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد خشک نمود.

۴. وزن قیر هر نمونه مخلوط مصالح و قیر در این آزمایش ۵۰۰ گرم است.

۵. چنانچه قیر مورد آزمایش قیـر نفـت اسـت، مقـدار ۱۷/۵ گـرم (۳/۵ درصـد نسـبت بـه مخلوط) قیر و ۴۸۲/۵ گرم مصالح خشک است.

۶. درجه حرارت قیر و مصالح در شروع اختلاط برای قیر و مصالح به شرح زیر است:

الف) برای قیر خالص: درجه حرارت مصالح ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد و قیر بایستی ۱۲۵ درجه سانتی‌گراد باشد.

ب) برای قیر مخلوط: مصالح ۶۰ درجه سانتی‌گراد و قیر مخلوط ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد.

۷. عمل اختلاط در یک ظرف آلومینیومی به قطر ۱۸ سانتی‌متر و عمق ۸ سانتی‌متر انجـام می‌شود و به کمک یک کاردک فلزی که طول تیغه آن ۲۰ سانتی‌متر می‌باشد، مخلوط را به مدت ۵ دقیقه به هم می‌زنند، به طوری که در هر دقیقه حداقل ۶۰ بار مخلوط بـه هـم زده شود.

۸. قبل از شروع آزمایش اصلی بایستی یک اختلاط اولیه بـه کمـک قیـر مـورد آزمـایش و مصالح دلخواه انجام داده و مخلوط‌های حاصل را نیز بیرون ریخت. سپس ظرف آلومینیومی را بدون اینکه شسته شود، در آزمایش اصلی مورد استفاده قرار داد. این عمل به این منظـور انجام می‌گردد که از درصد قیر هر مخلوط اطمینان حاصل شود.

۹. سپس هر نمونه را به دو قسمت مساوی تقسیم نموده و هر کـدام را در یـک ارلـن ۴۰۰ میلی‌لیتر قرار داده و ارلن‌های محتوی نمونه مورد آزمایش را بـه حالـت سـرباز بـه مـدت ۳ ساعت در حرارت اتاق قرار می‌دهند.

۱۰. در مرحله بعد، یکی از ارلن‌ها را با آب مقطر ۲۵ درجه سانتی‌گراد و دیگری را با آب مقطر ۴۰ درجه پر می‌کنند و در حمامی مجهز به ترموستات قرار می‌دهند که درجه حرارت در تمام طول آزمایش روی ۲۵ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد ثابت بماند.

۱۱. مشاهده نمونه‌ها بایستی پس از ۱ ، ۳ ، ۲۴ و ۴۸ ساعت بعد از ریختن آب روی نمونه‌ها انجام شود.

۱۲. در هر مرحله از مشاهده بایستی درصد آن قسمت از سطح مصالح که پوشیده از قیر است و عریان نشده ذکر نمود. توصیه می‌شود که حداقل سه نفر در تخمین‌ها شرکت داشته باشند و جواب نهایی با تقریب ۵٪ گزارش شود (محمد سرائی‌پور، ۱۳۷۷، صص۱۱۶ الی ۱۱۸).

۷-۱۴. کاربرد نتایج آزمایش

تعبیر و تفسیر نتایج آزمایشات به دست آمده، محدود به رد یا قبول مصالحی است که برای کاربرد خاصی مورد آزمایش قرار گرفته‌اند. باید توجه داشت که تنها خواص فیزیکی و مکانیکی را نبایستی در رد یا قبول مصالح مد نظر قرار داد، بلکه عوامل دیگر نظیر خواص چسبندگی قیر و مصالح سنگی و به خصوص قیمت تمام شده را نیز مورد توجه است.

خواص فیزیکی و مکانیکی مصالح همیشه بایستی با قیمت تمام شده آن موازنه شود. در ضمن ذکر این نکته ضروری است که همیشه محکم‌ترین مصالح سنگی بهترین مصالح نیستند، چه بسا که خرد شدن جزئی مصالح معمولی در حین ساختمان راه و یا بعد از عبور ترافیک منجر به تشکیل مخلوط فشرده‌تر و محکم‌تری خواهد شد.

در ارزیابی مصالح سنگی جهت راه سازی نقش نتایج آزمایش عبارت است از ایجاد امکان مقایسه انواع مصالح موجود می‌باشد. بدین ترتیب می‌توان از چندین معدن موجود با توجه

به قیمت حمل و نقل بهترین معدن را جهت تهیه مصالح سنگی انتخاب نمود. در جدول شماره ۷-۱۵ نتایج آزمایش‌های انجام شده روی یک سری از سنگ‌های مورد استفاده در صنعت راه‌سازی ملاحظه می‌شود. اعداد مندرج در جدول نتایج آزمایشات انجام شده روی مصالح بر طبق استاندارد انگلیسی .B.S می‌باشد (محمد سرائی‌پور، ۱۳۷۷، صص۱۶۷ الی ۱۶۸).

جدول شماره ۷-۱۵: نتایج آزمایشات مصالح سنگی روی انواع مصالح راه‌سازی

طبقه‌بندی سنگ "B.S. 812"		ضریب خرد شدن	ضریب مقاومت در مقابل ضربه	درصد ساییدگی	درصد جذب آب	وزن مخصوص
سنگ‌های مصنوعی	تعداد نمونه آزمایش شده	۵۵	۲۱	۱۸	۱۹	۱۹
	حداقل و حداکثر نتایج	۱۵-۳۹	۱۷-۳۳	۳-۱۵	۰/۲-۱/۸	۲/۶-۳/۴
	میانگین	۲۸	۲۷	۸/۳	۰/۷	۲/۷۱
بازالت	تعداد نمونه آزمایش شده	۱۲۲	۷۹	۶۵	۶۸	۶۸
	حداقل و حداکثر نتایج	۷-۲۵	۷-۲۵	۲-۱۲	۰/۰-۲/۳	۲/۶-۳/۰
	میانگین	۱۴	۱۵	۶/۱	۱/۱	۲/۸
فلینت	تعداد نمونه آزمایش شده	۶۳	۳۲	۴۵	۲۴	۲۴
	حداقل و حداکثر نتایج	۷-۲۵	۱۹-۲۷	۱-۲	۰/۳-۲/۴	۲/۴-۲/۶
	میانگین	۱۸	۲۳	۱/۱	۰/۴	۲/۵۴
گرانیت	تعداد نمونه آزمایش شده	۴۱	۳۲	۲۸	۱۶	۳۳
	حداقل و حداکثر نتایج	۹-۳۵	۹-۳۵	۳-۹	۰/۲-۰/۹	۲/۶-۲/۹
	میانگین	۲۰	۱۹	۴/۸	۰/۴	۲/۶۹
گریت استون	تعداد نمونه آزمایش شده	۸۱	۴۵	۳۱	۳۳	۳۳
	حداقل و حداکثر نتایج	۷-۲۹	۹-۳۵	۲-۱۶	۰/۱-۱/۶	۲/۶-۲/۹
	میانگین	۱۷	۱۹	۷/۰	۰/۶	۲/۶۹
هورن فلس	تعداد نمونه آزمایش شده	۲۸	۲۴	۱۳	۱۵	۱۵
	حداقل و حداکثر نتایج	۵-۱۵	۹-۱۷	۱-۴	۰/۲-۰/۸	۲/۷-۳/۰
		۱۳	۱۲	۲/۲	۰/۴	۲/۸۳

طبقه‌بندی سنگ "B.S. 812"		ضریب خرد شدن	ضریب مقاومت در مقابل ضربه	درصد ساییدگی	درصد جذب آب	وزن مخصوص
	میانگین					
سنگ آهک	تعداد نمونه آزمایش شده حداقل و حداکثر نتایج میانگین	۱۶۴ ۱۱-۳۷ ۲۴	۶۱ ۱۷-۳۳ ۲۳	۳۴ ۷-۲۶ ۱۳/۷	۴۲ ۰/۲-۲/۹ ۱/۰	۴۲ ۲/۵-۲/۸ ۲/۶۶
پروفیری	تعداد نمونه آزمایش شده حداقل و حداکثر نتایج میانگین	۶۲ ۹-۲۹ ۱۴	۲۹ ۹-۳۳ ۱۴	۲۳ ۲-۹ ۳/۷	۳۰ ۰/۴-۱/۱ ۰/۶	۳۰ ۲/۶-۲/۹ ۲/۷۳
کوارتزیت	تعداد نمونه آزمایش شده حداقل و حداکثر نتایج میانگین	۵۷ ۹-۲۵ ۱۶	۳۷ ۱۱-۲۳ ۲۱	۲۹ ۲-۶ ۳/۰	۲۱ ۰/۳-۱/۳ ۰/۷	۲۱ ۲/۶-۲/۷ ۲/۶۲

۷-۱۵. استانداردهای مصالح و آزمون‌ها

جدول ۷-۱۶: استانداردهای مصالح، قیر و آسفالت در مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

شماره استاندارد	مشخصات استاندارد
ISIRI 12505	مشخصات قیرهای راه‌سازی
ISIRI 602	روش اندازه‌گیری قابلیت کشش مواد قیری
ISIRI 1691	روش جهت تعیین درجه تراکم رویه ساخته شده از مخلوط‌های قیر و مصالح سنگی
ISIRI 2950	قیر و مواد قیری، تعیین درجه نفوذ، روش آزمون
ISIRI 2951	روش آزمون تعیین نقطه نرمی مواد قیری
ISIRI 2953	قیر و مواد قیری، تعیین درجه حرارت حلالیت مواد قیری در تری‌کلرواتیلن، روش آزمون
ISIRI 2955	روش آزمون قابلیت کشش مواد قیری
ISIRI 2956	قیر و مواد قیری، تعیین چگالی مواد قیری جامد و نیمه جامد (روش بوته نیکلی)، روش آزمون
ISIRI 3866	قیر و مواد قیری، تعیین کشش‌پذیری، روش آزمون
ISIRI 3874	روش آزمون اندازه‌گیری دانسیته نسبی قیر جامد
ISIRI 10868	قیر و مواد قیری، تعیین وزن مخصوص حقیقی مخلوط آسفالتی گرم (HMA) متراکم با

شماره استاندارد	مشخصات استاندارد
	استفاده از آزمون‌های با پوشش پارافین، روش آزمون
ISIRI 11498	قیر و مواد قیری، دوام مخلوط آسفالتی گرم متراکم شده در برابر خرابی‌های ناشی از رطوبت، روش آزمون
ISIRI 7518	خاک، تعیین دانه‌بندی خاک‌ها، روش آزمون
ISIRI 7823	خاک، روش طبقه‌بندی خاک‌ها و مخلوط خاک و سنگ‌دانه‌ها برای راه‌سازی، آیین کار
ISIRI 7827	خاک، طبقه‌بندی خاک‌ها برای هدف‌های مهندسی، آیین کار
ISIRI 8447	سنگ‌دانه، تعیین مقاومت سنگ‌دانه‌های درشت‌دانه در مقابل سایش و ضربه در دستگاه لس‌آنجلس، روش آزمون
ISIRI 668	خاک، مشخصات تراکم آزمایشگاهی خاک با روش استاندارد، روش‌های آزمون
ISIRI 1158	روش اصلاح شده تعیین رابطه بین رطوبت و وزن مخصوص در خاک
ISIRI 1636	روش آزمایش تعیین وزن مخصوص خاک در محل با طریقه جابه‌جایی ماسه
ISIRI 1685	روش آزمایش تعیین مقدار هم‌ارز ماسه برای خاک‌ها و مصالح ریزدانه
ISIRI 1686	روش آزمایش تعیین چگالی دانه‌های خاک

خلاصه

در این فصل آزمایش‌های متعددی در مورد مصالح سنگی مصرفی در آسفالت گرم و سرد آمده است. آزمایش دانه‌بندی مصالح سنگی، عبارت از تعیین درصد وزنی دانه‌های یک اندازه در مخلوط مورد آزمایش است و نتایج حاصله از آن به میزان وسیع در راه‌سازی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در آزمایش دانه‌بندی، ابتدا به کمک دستگاه کوارتر مقدار مناسبی از مصالح را برداشته و به تدریج روی یک سری الک که به ترتیب اندازه روی هم چیده شده است،، ریخته و حداقل دو دقیقه تکان می‌دهند.

دیگر آزمایش‌های مهم عبارتند از: آزمایش تعیین ضریب تورق و ضریب تطویل، آزمایش حدود آتربرگ (آزمایش تعیین حد روانی، آزمایش تعیین حد خمیری، آزمایش تعیین گام خمیری)، آزمایش نسبت درصد ماسه، آزمایش تعیین افت وزن در مقابل عوامل جوی، آزمایش یخبندان، آزمایش تعیین وزن مخصوص و درصد جذب آب مصالح ریزدانه، آزمایش

تعیین درصد جذب آب و وزن مخصوص مصالح درشت‌دانه، آزمایش مقاومت در مقابل خرد شدن، آزمایش مقاومت در مقابل ضربه، آزمایش تعیین درصد ساییدگی، تعیین وزن واحد حجم مصالح سنگی و آزمایش غوطه‌وری استاتیک و ....

تعبیر و تفسیر نتایج آزمایش‌های به دست آمده محدود به رد یا قبول مصالحی است که برای کاربرد خاصی مورد آزمایش قرار گرفته‌اند.

باید توجه داشت که تنها خواص فیزیکی و مکانیکی را نبایستی در رد یا قبول مصالح مد نظر قرار داد، بلکه عوامل دیگری نظیر خواص چسبندگی قیر و مصالح سنگی و به خصوص قیمت تمام شده را نیز مورد توجه است.

خواص فیزیکی و مکانیکی مصالح همیشه بایستی با قیمت تمام شده آن موازنه شود، در ضمن ذکر این نکته ضروری است که همیشه محکم‌ترین مصالح سنگی بهترین مصالح نیستند، چه بسا که خرد شدن جزئی مصالح معمولی در حین ساختمان راه و یا بعد از عبور ترافیک منجر به تشکیل مخلوط فشرده‌تر و محکم‌تری خواهد شد.

در ارزیابی مصالح سنگی جهت راه‌سازی، نقش نتایج آزمایش عبارت از ایجاد امکان مقایسه انواع مصالح موجود می‌باشد و بدین ترتیب می‌توان از چندین معدن موجود با توجه به قیمت حمل و نقل بهترین معدن را جهت تهیه مصالح سنگی انتخاب نمود.

آزمون

۱. تعریف دانه‌بندی مصالح سنگی راه چیست؟

۲. نام‌های مختلف مصالح سنگی را از نظر اندازه که بر اساس استاندارد ASTM D422 بیان شده است، نام ببرید؟

۳. ضریب تطویل مصالح را تعریف کنید؟

۴. هدف از انجام آزمایش حدود آتربرگ در راه‌سازی چیست؟

۵. حد روانی مناسب یک خاک برای راه‌سازی چیست؟

۶. حد خمیری وگام خمیری یک خاک را تعریف کنید؟

۷. اثر استفاده از مصالح کثیف را در آسفالت بیان کنید؟

۸. تفاوت نتایج آزمایش یخبندان با آزمایش مقاومت در مقابل عوامل جوی چیست؟

۹. دستگاه آزمایش تعیین درصد ساییدگی مصالح (لس‌آنجلس) را تشریح کنید؟

۱۰. آیا تنها خواص مکانیکی و فیزیکی بایستی در رد یا قبول مصالح مدنظر قرار گیرد؟ چرا؟

۱۱. آیا محکم‌ترین سنگ‌ها بهترین مصالح در راه‌سازی هستند؟ علت آن را بیان کنید؟

فصل هشتم

آزمایش‌های قیرها

اهداف

هدف از مطالعه این فصل، آشنایی با مطالب زیر می‌باشد:

۱. آزمایش‌های مربوط به قیرها در مراحل مختلف اجرای کار آسفالتی در راه‌سازی

۲. اهمیت آزمایش تعیین وزن مخصوص قیر

۳. نقطه اشتعال قیر و تقطه سوختن آن

۴.هدف از انجام آزمایش خاصیت کشسانی قیر

۵.نقطه شکنندگی فراس در قیرها و نسبت آن با ویسکوزیته آنها

۶. افت حرارتی قیر و هدف از انجام آزمایش افت حرارتی قیر

۸-۱ .آزمایش‌های کنترل کیفیت

برای کنترل کیفیت مواد قیری و کارهای انجام شده باید، حداقل یک بار در مرحلـه شـروع آسفالت و همچنین در حین اجرای کار و متناسب با پیشرفت عملیات، هر وقت که دسـتگاه نظارت لازم بداند، آزمایش‌های مشروحه در این فصل روی قیرهای مصرفی، انجام شود.

۸-۲. آزمایش تعیین وزن مخصوص قیر

وزن مخصوص قیر (چگالی قیر)، عبارت است از نسبت وزن حجم معینی از قیر بـه وزن آب هم حجم آن در درجه حرات مشخص. دانستن وزن مخصوص قیر از دو جهت حائز اهمیـت می‌باشد:

الف) دانستن رابطه بین وزن و حجم ضروری است و چنانچه می‌دانیم در مشخصات، هر جـا صحبت از مقدار قیر در آسفالت به میان آید، آن را به صورت درصد وزنی بیان می‌کننـد، در صورتی‌که قیر عملاً به صورت حجمی اندازه‌گیری می‌شود. از طرفی، چون قیر را معمولاً گرم می‌کنند، لذا دانستن ضریب انبساط حرارتی قیر نیز ضروری است، تا بتوان وزن مخصوص را در هر درجه حرارتی محاسبه نمود. در غیـر ایـن صـورت وزن محصـوص را بایـد در درجـه حرارت مورد نیاز تعیین و اندازه‌گیری کرد.

ب) وزن مخصوص قیر، وسیله مناسبی جهت مشخص نمـودن منبـع قیرهـا مـی‌باشـد. وزن مخصوص قیرهای نفت حدود ۱/۰ و وزن مخصوص قیرهای قطران با توجـه بـه طـرز تهیـه آن‌ها ۱/۱ تا ۱/۱۲ متغیر است. از طرف دیگر، وزن مخصوص قیر قطران بـه ویسـکوزیته آن بستگی دارد. به عبارت دیگر، هر قدر درجه حرارت ویسکوزی قیر قطران یـک منبـع بـالاتر باشد، وزن مخصوص آن نیز بیشتر خواهد بود. در ضمن بایستی متذکر شد که در مورد قیـر

قطران به فرض این‌که هم درجه حرارت ویسکوزی آن و هم وزن مخصوص آن معلوم باشد، نمی‌توان منبع قیر قطران را مشخص نمود.

روش‌های استاندارد اندازه‌گیری وزن مخصوص قیر در استانداردهای زیر مندرج است.

Standard Methods, (IP.59/57, Method F)
Standard Method, (G.I.P-57, Method A)
ASTM Methods, (D70-52)

در کلیه روش‌های فوق‌الذکر از پیکنومتر برای سنجش وزن مخصوص استفاده شده است.

طرز عمل: ابتدا پیکنومتر خالی را خشک و سپس توزین نموده و مقدار مناسبی قیر داخل آن می‌ریزند. سپس قیر را به صورت تکه‌های کوچک یا به صورت مذاب داخل پیکنومتر می‌کنند. چنانچه از قیر مذاب برای تعیین وزن مخصوص استفاده شود، بایستی آن را مدتی طولانی به همان حال مذاب نگه داشت تا اینکه تمامی‌حباب‌های هوا از آن خارج شود. پس از وزن نمودن پیکنومتر، آن را با آب مقطر تازه جوشانده، پر نموده و دوباره وزن می‌کنند. اندازه‌گیری وزن مخصوص قیرهای مایع مانند .R.C.O به این روش ساده‌تر است و از رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$\text{وزن مخصوص} = \frac{c-a}{b-a}$$

که در آن؛ a وزن پیکنومتر خالی و خشک، b وزن پیکنومتر پر از آب در ۲۵ درجه سانتی‌گراد و c وزن پیکنومتر پر از قیر مایع در ۲۵ درجه (بدون حباب هوا) می‌باشد.

چنانچه قیر مورد آزمایش، نیمه جامد باشد، مقدار کمی از آن را با حرارت ملایم ذوب نموده و دقت می‌نمایند که مواد فرار آن تبخیر نشود. هنگامی‌که قیر به اندازه کافی سیال باشد، آن را در داخل پیکنومتر خشک و تمیز که قبلاً توزین شده است، می‌ریزند تا پیکنومتر نیمه پر گردد.

باید از تشکیل حباب هوا، خواه در داخل لوله پیکنومتر و یا داخل پیکنومتر، تا حد امکان جلوگیری کرد و برای این کار لوله پیکنومتر را قبل از وارد کردن قیر، کمی گرم می‌کنند. سپس پیکنومتر و محتویات آن را تا درجه حرارت اطاق سرد کرده و وزن می‌نمایند و این وزن را c می‌نامند. بعداً آن را با آب مقطر تازه جوشانده پر کرده و در پیکنومتر را محکم می‌بندنددو حداقل ۳۰ دقیقه در یک بشر محتوی آب مقطر با درجه حرارت ثابت ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار می‌دهند. پس از خاتمه این مدت، پیکنومتر را از داخل بشر بیرون آورده و کاملاً خشک می‌نمایند، بلافاصله آن را توزین کرده و حاصل توزین را d می‌نامند. وزن مخصوص قیر مورد سنجش از رابطه ذیل به دست می‌آید:

$$\text{وزن مخصوص} = \frac{c-a}{[b-a]-[d-c]}$$

(حسن درگاهی، ۱۳۸۶، صص۳۹ الی ۴۲)

۸-۲-۱. آزمایش تعیین وزن مخصوص قیرهای خالص[1]

نام پروژه: .....

تاریخ آزمایش: .....

نوع قیر: .....

شماره نمونه: .....

آزمایش کننده: .....

محل نمونه برداری: .....

ردیف	شرح کار و اندازه‌گیری انجام شده	وزن	واحد
۱	وزن پیکنومتر خالی a		gr

[1]. Density of Bitumen, ASTM D70-52

۲	وزن پیکنومتر پر از آب b		gr
۳	وزن پیکنومتر همراه قیر c		gr
۴	وزن پیکنومتر همراه قیر و آب d		gr
۵	وزن مخصوص		gr

$$\text{وزن مخصوص قیر} = \frac{c-a}{(b-a)-(d-c)}$$

۸-۳. آزمایش تعیین نقطه نرمی[1]

۸-۳-۱. تعیین نقطه نرمی‌به روش ساچمه حلقه (حلقه – گلوله)

بر حسب تعریف، نقطه نرمی قیر به روش ساچمه حلقه، عبارت است از درجه حرارتی که در آن قیر موجود در حلقه نرم شده و اجازه می‌دهد که ساچمه موجود در سطح قیر از درون حلقه عبور نماید. به طور کلی می‌توان گفت که همه قیرها در این درجه حرارت به یک ویسکوزیته مشخص می‌رسند. چنانچه ملاحظه می‌شود، آزمایش نقطه نرمی شباهت زیاد به آزمایش درجه حرارت ویسکوزی داشته و مقادیر آن حدود ۲۰ درجه سانتی‌گراد کمتر از درجه حرارت ویسکوزی (evt) می‌باشد. اصولاً قیرهای جامد و نیمه جامد مانند بسیاری از دیگر جامدات، ابتدا نرم شده و به حالت خمیری در آمده و سپس مایع می‌گردد. در آزمایش نقطه نرمی، حالت ویسکوزی خاصی از قیر، مورد سنجش قرار می‌گیرد. نقطه نرمی‌به روش‌های متعددی اندازه‌گیری می‌شود که یکی از روش‌ها، به نام ساچمه حلقه معروف است که مشروحاً در استانداردهای زیر آمده است.

برای قیرهای نفت:

[1]. Softening point

Standard Methods, (IP.58/56)

برای قیرهای قطران:

Standard Methods, (IP. 3-57)
ASTM Standard Methods, (D 36-26)

طرز عمل: ابتدا دو حلقه برنجی را با قیر مذاب پر کرده و می‌گذارند تا در هوا سرد شود (قیرهای قطران ۲۰ دقیقه و قیرهای نفت در ۳۰ دقیقه بایستی بمانند تا خشک شوند). سپس قیر زیادی را از سطوح حلقه پاک کرده، به طوری که سطح قیر حلقه با صفحه برنجی هم‌سطح شود. بشر دستگاه را هم پس از سوار کردن آب مقطر تازه جوشانده به نحوی پر می‌نمایند که سطح آب حدود ۵ سانتی‌متر بالای سطح حلقه‌ها باشد (گنجایش بشر ۷۰۰ میلی لیتر). آب مقطر مورد استفاده بایستی ماکزیمم ۵ درجه سانتیگراد باشد. پس از ۱۵ دقیقه دو ساچمه فلزی را که قبلاً تا ۵ درجه خنک شده‌اند، در مراکز سطوح دو حلقه قرار می‌دهند و شروع به گرم کردن می‌نمایند. سرعت گرم کردن بایستی معادل ۵ درجه سانتی‌گراد در دقیقه باشد. نقطه نرمی قیر مورد آزمایش عبارت است از درجه حرارتی که ساچمه‌ها از حلقه‌ها عبور کرده و به سطح برنجی تحتانی می‌رسند. چنانچه بخواهند نقطه نرمی قیرهای دمیده و سخت را اندازه‌گیری کنند، بایستی به جای آب مقطر از گلیسیرین استفاده نمایند و شروع گرم کردن نمونه، به جای ۵ درجه سانتی‌گراد به ۳۵ درجه سانتی‌گراد افزایش داده شود (نقطه نرمی قیرهای دمیده و سخت، بالای ۸۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد).

۸-۳-۲. آزمایش تعیین نقطه نرمی‌قیرهای خالص[1]

نام پروژه: .....

[1]. Softening Point Test, ASTM D36-26

تاریخ آزمایش: .....

نوع قیر: .....

شماره نمونه: .....

آزمایش کننده: .....

محل نمونه برداری: .....

ردیف	شرح کار و اندازه‌گیری انجام شده	مقدار	واحد
۱	درجه حرارت قیر در لحظه عبور گلوله		درجه

توضیحات

- سرعت گرم کردن نمونه قیر نباید از ۵۰ درجه سانتی‌گراد در دقیقه بیشتر باشد.
- قیرهای نرم برای ساخت آسفالت در اقلیم‌های سرد کاربرد دارد.

برای اندازه‌گیری درجه نرمی قیرهای سخت به جای آب از محلول گلیسیرین استفاده می‌شود(حسن درگاهی، ۱۳۸۶، صص۴۳ الی ۴۵).

۸-۴. آزمایش تعیین نقطه اشتعال و سوختن

از آن‌جایی که قیرهای خالص و قیرهای قطران، به‌خصوص قیرهای مخلوط، آتش‌گیر می‌باشند کارکردن با آن‌ها در درجه حرارت بالا خالی از خطر نبوده و احتمال آتش‌گیری به وجود می‌آید. برای تعیین نقطه اشتعال و سوختن از دستگاهی به نام Flash and Fire Point by Means of Open Cup استفاده می‌شود. این آزمایش مفصلاً در استانداردهای زیر تشریح شده است.

ATSM D 92-52
AASHO T 48-53

طرز عمل:چنانچه قیر مورد آزمایش، جامد و یا نیمه جامد باشد، ابتدا آن را تا ۱۷۶ درجه سانتی‌گراد گرم و ذوب می‌نمایند. سپس ظرف قیر دستگاه را از قیر مذاب مورد آزمایش پر نموده و می‌گذارند تا در حرارت اطاق خنک شود. در ضمن متذکر می‌گردد که سطح قیر بایستی عاری از حباب هوا باشد.

در شروع آزمایش، قیر را با سرعت ۱۶/۷ درجه سانتی‌گراد در دقیقه گرم می‌کنند. هنگامی‌که درجه حرارت قیر به حدود ۵۶ درجه سانتی‌گراد مانده به نقطه اشتعال نمونه رسید، سرعت گرم کردن را به ۵ درجه سانتی‌گراد در دقیقه کاهش داده تا درجه حرارت قیر مورد آزمایش به ۲۸ درجه سانتی‌گراد مانده به نقطه اشتعال نمونه برسد. ناگفته نماند که در هر ۳ درجه سانتی‌گراد بایستی یک بار شعله را از روی قیر عبور داد و زمان عبور شعله از روی سطح قیر، حدود یک ثانیه می‌باشد(حسن درگاهی، ۱۳۸۶، صص۴۵ الی ۴۸).

۸-۴-۱. نقطه اشتعال

عمل گرم کردن را به همین نحو ادامه داده و آزمایش شعله را نیز مرتباً تکرار می‌کنند تا شعله‌ای در یک نقطه از سطح قیر تشکیل شود. درجه حرارتی که در آن این شعله‌ها ظاهر می‌گردد، نقطه اشتعال نامیده می‌شود.

۸-۴-۲. نقطه سوختن

شعله تشکیل شده در نقطه اشتعال پایدار نبوده و ممکن است محو شود. به همین دلیل عمل گرم کردن ادامه یافته تا شعله‌های پایدار که حداقل ۵ ثانیه دوام داشته باشند، تشکیل شود (عبور شعله‌ای از روی سطح قیر کماکان ادامه دارد). درجه حرارتی را که ترمومتر در

این حالت نشان می‌دهد، یادداشت نموده و به عنوان نقطه سوخت قیر مورد آزمایش گزارش می‌کنند.

۸-۴-۳. آزمایش تعیین درجه یا نقطه اشتعال قیرهای خالص[1]

ردیف	شرح کار و اندازه‌گیری انجام شده	مقدار	واحد
۱	درجه حرارت ایجاد شعله و اشتعال در قیر		درجه سانتیگراد

توضیحات:

- درجه حرارت‌دهی به قیر نباید از ۱۷۶ درجه سانتی‌گراد بیشتر شود.
- سرعت گرم کردن قیر را بر اساس دستور کار دقیقاً رعایت کنید.
- درجه سوختن قیر، درجه حرارتی است که شعله روشن می‌ماند.

۸-۵. آزمایش قابلیت نفوذ (تعیین درجه نفوذ قیر)

بر حسب تعریف قابلیت نفوذ قیر عبارت است از طول مسافتی بر حسب دهم میلی‌متر که یک سوزن استاندارد تحت اثر باری معادل ۱۰۰ گرم در مدت ۵ ثانیه در قیر ۲۵ درجه سانتی‌گراد نفوذ می‌نماید. در شرایط خاص می‌توان میزان بار، زمان بارگذاری و درجه حرارت را تغییر داد. به این ترتیب ملاحظه می‌شود که هر قدر قیر نرم‌تر باشد، قابلیت نفوذ آن بیشتر خواهد بود. در عملیات راه‌سازی معمولاً از قیرهایی که درجه نفوذ آن‌ها حدود ۸۰ باشد و در آسفالت‌هایی نظیر بتن آسفالتی و قیرهایی با درجه نفوذ بیشتر در ماده خام قیر و آسفالت سرد استفاده می‌شود. در محل‌هایی که دارای ترافیک سنگین و استاتیک باشند، مانند ایستگاه اتوبوس از قیرهایی با درجه نفوذ ۲۰ الی ۵۰ استفاده می‌کنند و به‌طور کلی

[1]. Flash Point of Bitumen ASTM D 92-52

آسفالت‌هایی که با قیرهای خالص ساخته می‌شوند، بایستی به طور گـرم، پخـش و کوبیـده شوند. روش‌های استاندارد تعیین درجه قابلیت نفوذ به شرح زیر می‌باشد:

Standard Methods, (IP. 49/58)
ASTM Standards, (D 5-52)

طرز عمل: قیر مورد آزمایش را ابتدا در یک قوطی کوچک گرم نموده و کاملاً به هم می‌زنند و سپس در یک حمام آب با حرارت ثابت ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱ تا ۱/۵ ساعت قرار داده تا خنک شود. سپس آن را در دسـتگاهی بـه نـام دسـتگاه تعیـین قابلیـت نفـوذ قـرار می‌دهند و سوزن را روی سطح قیر طوری تنظیم می‌کنند که نـوک سـوزن و تصـویر آن در سطح براق قیر بر روی یکدیگر منطبق باشد. پس از تنظـیم نـوک سـوزن روی سـطح قیـر درجه دستگاه را صفر نموده و آزمایش را با بارگذاری و رها کردن سوزن شروع می‌نماینـد و پس از زمان مشخص شده (معمولاً ۵ ثانیه)، درجه دستگاه را دوباره می‌خواننـد و حاصـل را به عنوان درجه نفوذ قیر مورد آزمایش گزارش می‌نماینـد. روی هـر نمونـه بایسـتی ۳ تـا ۴ آزمایش انجام داده و میانگین عددی آن را به عنوان قابلیت نفوذ قیر مورد آزمایش گـزارش نمود(حسن درگاهی، ۱۳۸۶، صفحات ۴۸ الی ۵۰).

۸-۵-۱. آزمایش تعیین درجه نفوذپذیری در قیرهای خالص[1]

نام پروژه: .....

تاریخ آزمایش: .....

نوع قیر: .....

شماره نمونه: .....

[1]. Penetration of Bitumen ASTM D 5-52

آزمایش کننده : .....

محل نمونه برداری: .....

ردیف	شرح کار و اندازه‌گیری انجام شده	مقدار	واحد
۱	میزان فرو رفتن سوزن استاندارد در داخل نمونه قیر		دهم میلی‌متر

توضیحات

- درجه حرارت قیر هنگام آزمایش ۲۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.
- واحد اندازه‌گیری بر حسب دهم میلی‌متر می‌باشد.
- درجه نفوذ قیر در نام‌گذاری قیرهای خالص استفاده می‌شود.
- قیرهای با درجه نفوذ کم برای مناطق گرمسیر و قیرهای با درجه نفوذ بالا برای مناطق سردسیر استفاده می‌شود.

۸-۶. آزمایش تعیین خاصیت کشسانی (انگمی) قیر

خاصیت انگمی بر حسب سانتی‌متر بیان می‌شود و آن به طول حاصله از یک نمونه قیر، به شکل استاندارد که به تدریج کشیده و طویل می‌گردد تا به نقطه انقطاع برسد، اطلاق می‌شود. طول نمونه قیر درست قبل از پاره شدن (بر حسب سانتی‌متر) به خاصیت انگمی‌متر[1] معروف است. برای اینکه قیری در مقابل تغییرات درجه حرارت که سبب انبساط و انقباض آن می‌شود، مقاوم باشد، بایستی دارای خاصیت انگمی مناسبی باشد. از طرف دیگر، چون تنش حاصل از عبور وسایل نقلیه، قیر آسفالت را به جنبش خفیفی وا می‌دارد، لذا چنان‌چه قیر مصرف شده در تهیه آسفالت فاقد خاصیت انگمی مناسبی باشد، این

[1]. Ductility of Bitumen

جنبش‌ها نیز مزید بر علت شده و باعث پیدایش ترک در سطح آسفالت، مخصوصاً در فصل زمستان خواهد شد.

ناگفته نماند که قیرهای قطران معمولاً در مقایسه با قیرهای نفت خاصیت انگمی بیشتری دارند ولی قیرهای دمیده، دارای خاصیت انگمی جزئی می‌باشند. خاصیت انگمی اصولاً به سختی قیر[1] بستگی داشته و هرچه قیر سخت‌تر باشد، خاصیت انگمی آن کمتر خواهد بود. خاصیت انگمی به درجه حرارت نیز بستگی دارد، به‌طوری که خاصیت انگمی هر جسمی در درجه حرارتی خاص، ماکزیمم می‌باشد. خاصیت انگمی قیرها در استانداردهای زیر مندرج است.

Standard Methods, (IP. 302/55)
ASTM Methods, D. 113-44

استانداردهای فوق از نقطه نظر کلی مشابه یکدیگر بوده با این تفاوت که سرعت طویل شدن در استاندارد ASTM کمتر می‌باشد. (یک سانتی‌متر در دقیقه به جای پنج سانتی‌متر در دقیقه IP).

طرز عمل: ابتدا قیر ذوب شده را در سه قالب مشخص شده ریخته، می‌گذارند تا در حرارت اتاق سرد شود. سپس به کمک یک چاقوی گرم، قیر زیادی اطراف قالب را تمیز نموده و آن را در حمام آب دستگاه تعیین خاصیت انگمی به مدت ۱/۵ ساعت قرار می‌دهند. پس از پایان این مدت، تکه‌های جانبی قالب را حذف نموده و نمونه را به دستگاه وصل می‌کنند و با سرعت ثابت ۵ سانتی‌متر در دقیقه (ATSM یک سانتی‌متر در دقیقه) از طرفین می‌کشند. آزمایش را آن‌قدر ادامه می‌دهند تا نمونه طویل شده، پاره گردد و بلافاصله طول آن را بر حسب سانتی‌متر یادداشت نموده و به عنوان خاصیت انگمی‌متر مورد آزمایش

[1]. Hardness

گزارش می‌دهند. این آزمایش در زیر آب انجام می‌شود و درجه حرارت آزمـایش حـدود ۲۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد(حسن درگاهی، ۱۳۸۶، صفحات ۵۰ الی ۵۳).

۸-۶-۱. آزمایش تعیین میزان خاصیت کشسانی قیرهای خالص[1]

نام پروژه: .....

تاریخ آزمایش: .....

نوع قیر: .....

شماره نمونه: .....

آزمایش کننده : .....

محل نمونه برداری: .....

ردیف	شرح کار و اندازه‌گیری انجام شده	مقدار	واحد
۱	میزان افزایش و کش آمدن قیر تا لحظه گسیختگی		سانتیمتر

توضیحات

- در تمام مراحل انجام آزمایش، دمای محیط قیر باید ۲۵ درجه سانتی‌گراد باشد.
- سرعت کشیدن نمونه قیر باید ۵ سانتی‌متر در دقیقه باشد.
- خاصیت انگمی از فاکتورهای مهم در کنترل کیفیت و دوام آسفالت می‌باشد.

۸-۷ .آزمایش نقطه (درجه) شکنندگی قیر (در اثر یخ زدگی)

این آزمایش، جـزء مشخصـات قیرهـای راه‌سـازی گنجانـده نشـده و بیشـتر از نقطـه نظـر تحقیقاتی مورد توجه است. در این طریقه میله‌ای از قیر به ضخامت ۰/۰۰۵ سانتی‌متـر روی

[1]. Ductility of Bitumen ASTM D 113-44

یک صفحه فلزی کوچک پخش کرده و سپس قیر را با سرعت یک درجه در دقیقه سرد و صفحه فلزی را تحت تأثیر بار خم می‌نمایند. عمل سرد نمودن را آن‌قدر ادامه می‌دهند تا در قیر شکنندگی ایجاد شود. درجه حرارتی که در آن، اولین ترک در قیر مشاهده گردد، یادداشت نموده و به عنوان نقطه شکنندگی فراس۱ نامیده می‌شود. تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد که تمامی قیرها در نقطه شکنندگی فراس دارای ویسکوزیته یکسان می‌باشند. Vander Peel نشان داد که شکنندگی و سختی قیرها به طاقت۲ آن‌ها بستگی دارد. به عقیده این دانشمند نقطه شکنندگی فراس درجه حرارتی است که در آن، طاقت قیر حدود ۱۱۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع (در زمان بارگذاری ۱۱ ثانیه) می‌باشد(حسن درگاهی، ۱۳۸۶، صفحات ۵۳ و ۵۴).

۸-۷-۱ .آزمایش تعیین درجه شکنندگی قیرهای خالص[۳]

نام پروژه: .....

تاریخ آزمایش: .....

نوع قیر: .....

شماره نمونه: .....

آزمایش کننده : .....

محل نمونه برداری: .....

ردیف	شرح کار و اندازه‌گیری انجام شده	مقدار	واحد
۱	درجه برودت قیر در زمان شکسته شدن نمونه		درجه سانتیگراد

[1]. Frass Breaking Point
[2]. Stiffness
[3]. Frass breaking point of bitumen

توضیحات

- سرعت سرد کردن قیر، یک درجه در دقیقه می‌باشد.
- ضخامت فیلم قیر روی فنر فلزی نباید کمتر از ۰/۰۵ باشد.

۸-۸ .تقطیر قیر و تعیین اجزای متشکله آن

به کمک تقطیر قیرهای مخلوط می‌توان اجزای متشکله به‌خصوص نوع حلال و نوع قیر مورد استفاده در تهیه آن‌ها را تعیین نمود.

۸-۸-۱.تقطیر قیر مخلوط

این آزمایش که در استانداردهای زیر مندرج است، یک تقطیر ساده شیمیایی می‌باشد:

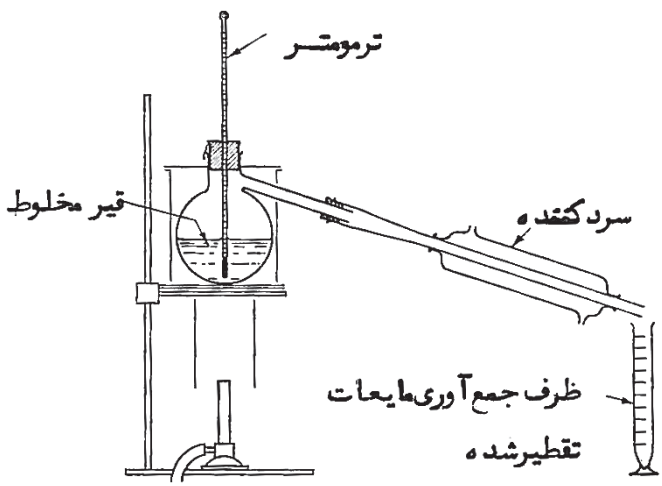
Standard Methods, (IP. 27/156)
ASTM Standards (D 402-49)

طرز عمل: دستگاه تقطیر که در شکل شماره ۸-۱ ملاحظه می‌گردد، از یک بالن، یک خنک‌کننده و ظرف مخصوص جمع کردن جزء تقطیر شده و یک چراغ بنزین تشکیل شده است. ابتدا ۲۰۰ میلی‌لیتر از قیر مخلوط مورد آزمایش را در بالن ریخته و ترمومتر را نیز مطابق شکل روی دستگاه نصب می‌کنند و عمل تقطیر را با حرارت دادن دستگاه شروع می‌نمایند. تقطیر عملاً پس از ۵ تا ۱۵ دقیقه شروع می‌شود و بایستی سعی نمود که سرعت تقطیر بین ۵۰ تا ۷۰ قطره در دقیقه ثابت بماند.

حجم مایع تقطیر شده را در $175^{\circ}C$ و سپس به فواصل ۲۵ درجه سانتی‌گراد یادداشت می‌کنند و این عمل را تا ۳۲۵ درجه سانتی‌گراد ادامه می‌دهند. هنگامی‌که درجه حرارت به ۳۶۰ درجه سانتی‌گراد رسید، چراغ بنزین را از زیر دستگاه برداشته و پس از خالی نمودن

مایع تقطیر شده موجود در سردکننده به داخل ظرف جمع‌آوری حجم کلی مایع تقطیر شده را یادداشت می‌نمایند. باقی‌مانده قیر را بلافاصله در یک قوطی سرباز ریخته و می‌گذارند تا سرد شود، سپس در صورت لزوم روی آن آزمایش قابلیت نفوذ انجام می‌دهند(محمد سرائی‌پور، ۱۳۷۷، صفحات ۱۰۹ و ۱۱۰)

.



تصویر شماره ۸-۱: دستگاه تقطیر قیر مخلوط

۸-۹. آزمایش تعیین افت وزن در مقابل حرارت

آزمایش افت حرارتی در واقع یک نوع تقطیر قیر محسوب می‌شود و در نتیجه این آزمایش معیاری است که فراریت نسبی حلال‌های قیر را در ۱۶۳ درجه سانتی‌گراد (درجه حرارت اختلاط قیر و مصالح سنگی برای تهیه آسفالت) نشان می‌دهد. بر حسب تعریف افت حرارتی

قیرها، عبارتست از درصد افت وزنی نمونه قیر که به مدت ۵ ساعت در حـرارت ۱۶۳ درجـه سانتی‌گراد (در دستگاه مجهز به تهویه) قرار گیرد.

قیرهای خالص که در راه‌سازی به کار می‌روند، کمتر از یک درصد در این آزمایش افـت وزنی دارند. معمولاً برای پی بردن به خواص قیری که روی آن آزمایش افت حرارتـی انجـام شده، پس از پایان آزمایش تحت آزمایش‌های قابلیت نفوذ و نقطه نرمی قرار می‌دهند.

این آزمایش در استانداردهای زیر مفصلاً تشریح شده است:

Standard Methods, (IP. 45/58)
ASTM Methods D 6-39T

طرز عمل: دو نمونه ۵۰ گرمی از قیر مورد آزمایش را در دو قوطی به قطـر ۵۵ و عمـق ۳۵ میلی‌متر ریخته و در داخل اون دستگاه قرار می‌دهند و بعـد از ۵ سـاعت درصـد افـت وزن نمونه‌ها را تعیین می‌کنند. برای این کار ،ابتدا قوطی‌های محتوی قیر را از اون دستگاه خارج کرده و بعد از خنک کردن وزن می‌نمایند(محمد سرائی‌پور، ۱۳۷۷، صص۱۱۰ و ۱۱۱).

۸-۱۰. آزمایش تعیین مقدار آب

گاهی برای اطلاع از آلودگی قیرهای خالص و نیز به منظور جلوگیری از کف کردن قیر مذاب درون مخازن، دانستن درصد مقدار آب قیر اهمیت زیادی دارد. برای تعیین مقدار آب قیر از روش تقطیر[1] استفاده می‌شود. این آزمایش در استانداردهای زیر مندرج است:

Standard Methods, (IP. 74/57)
ASTM Standards (D 95-56T)

طرز عمل: نمونه قیر مورد آزمایش را در بالن دستگاه تقطیر می‌ریزند. چنانکه ملاحظه می‌شود، ظرف جمع‌آوری مایع تقطیر شده در این دستگاه مدرج بوده و در اندازه‌های مختلف نیز وجود دارد. ابتدا یک مایع آلی که غیرقابل امتزاج با آب باشد، از قبیل الکل سفید، نفتا و یا مخلوط بنزن و اکسیلن را به بالن اضافه می‌نمایند و شروع به گرم کردن می‌نمایند. با شروع عمل تقطیر، مایع آلی شروع به تبخیر نموده و به همراه خود مولکول‌های آب را نیز از بالن بیرون می‌کشد که پس از سرد شدن دوباره به صورت مایع در ظرف مدرج جمع شده و به دو قشر متمایز تفکیک می‌شوند. چون دانسیته آب از مایع آلی مورد عمل بیشتر می‌باشد، آب قشر زیرین را تشکیل می‌دهد. چنانچه مقدار نمونه مورد آزمایش و لوله مدرج مناسب انتخاب شوند، می‌توان درصد آب محتوی قیر مورد آزمایش را مستقیماً از روی لوله مدرج خواند (محمد سرائی‌پور، ۱۳۷۷، صفحه ۱۱۲).

۸-۱۱. تعیین مقدار خاکستر

درصد مقدار خاکستر در قیرهای نفت خیلی جزئی (گاهی صفر) ولی در قیرهای طبیعی زیاد می‌باشد. منظور از خاکستر در این آزمایش مواد معدنی موجود در قیرهایی هستند که

[1] Dean-and-Stark

بعد از تکلیس در کوره مشخص و اندازه‌گیری می‌شوند. این روش در استانداردهای زیر تشریح شده است:

Standard Methods, (IP. 4/58)

طرز عمل: مقدار معینی قیر در یک کروزه ۲۵ میلی‌لیتری ریخته و روی چراغ بنزین خوب می‌سوزانند. سپس آن را در کوره الکتریکی قرار داده تا عاری از کربن شود، باقی‌مانده حاصل بایستی سفید باشد. کروزه را بعداً از کوره خارج نموده و در یک دیسکاتور خنک و توزین می‌نمایند (محمد سرائی‌پور، ۱۳۷۷، صفحه ۱۱۳).

۸-۱۲. تعیین حلالیت قیرها

به کمک حلالیت قیر در حلال‌های مختلف، می‌توان مقدار درصد قیر خالص نمونه مورد آزمایش را به دست آورد. از آن‌جایی که حلالیت قیرها در سولفور کربن و تتراکلرورکربن تقریباً به یک اندازه است و چون تتراکلرورکربن آتش‌گیر نمی‌باشد، لذا برای جلوگیری از پیشامدهای احتمالی معمولاً از تتراکلرورکربن در آزمایش تعیین حلالیت قیرها استفاده می‌شود. این روش در استانداردهای زیر مندرج است:

Standard Methods, (IP. 47-58)
ASTM Standards (D. 4-52)

طرز عمل: نمونه قیر مورد آزمایش را در یک بوته گوچ[1] و یا یک قیف شیشه‌ای با صافی مخصوص که مشخصات آن در IP. 162/58 آمده است، ریخته و به کمک تتراکلرورکربن و یا سولفورکربن تمامی قیر موجود در روی صافی را خوب می‌شویند تا مایع زیر صافی بی‌رنگ شود. سپس قیف را در اون گذاشته و خشک می‌کنند و از روی درصد مواد نامحلول

[1]. Gooch

حلالیت قیر مورد آزمایش را در تتراکلرورکربن و یا سولفور کربن محاسبه می‌نمایند (محمد سرائی‌پور، ۱۳۷۷، ص ۱۱۴).

خلاصه

برای کنترل کیفیت مواد قیری و کارهای انجام شده باید، حداقل یک بار در مرحله شروع آسفالت و همچنین در حین اجرای کار و متناسب با پیشرفت عملیات، هر وقت که دستگاه نظارت لازم بداند، آزمایش‌های مشروحه در این فصل روی قیرهای مصرفی، انجام شود.

آزمایش‌های متعددی چون آزمایش تعیین وزن مخصوص قیر، آزمایش تعیین نقطه نرمی، آزمایش تعیین نقطه اشتعال و سوختن، آزمایش تعیین درجه یا نقطه اشتعال قیرهای خالص، آزمایش قابلیت نفوذ (تعیین درجه نفوذ قیر)، آزمایش تعیین خاصیت کشسانی (انگمی) قیر، آزمایش نقطه (درجه) شکنندگی قیر (در اثر یخ زدگی)، تقطیر قیر و تعیین اجزای متشکله آن، آزمایش تعیین افت وزن در مقابل حرارت، آزمایش تعیین مقدار آب، تعیین مقدار خاکستر و تعیین حلالیت قیرها در این فصل آمده است که نتایج آن جهت استفاده از قیرهای مصرفی ضروری است.

آزمون

۱. آزمایش تعیین وزن مخصوص قیر از چه نظر حائز اهمیت است؟

۲. نقطه اشتعال قیر چیست؟

۳. نقطه سوختن قیر راتعریف کنید؟

۴.هدف از انجام آزمایش خاصیت کشسانی قیر چیست؟ این خاصیت را در قیرهای مختلف با هم مقایسه کنید؟

۵.نقطه شکنندگی فراس را در قیرها تعریف کنید و نسبت آن با ویسکوزیته قیرها را بیان نمایید؟

۶. افت حرارتی قیر را تعریف کرده و هدف از انجام آزمایش افت حرارتی قیر را شرح دهید؟

فصل نهم

رنگ‌های ترافیکی

اهداف

هدف از مطالعه این فصل[1]، آشنایی با مطالب زیر می‌باشد:

۱. علل استفاده از خط‌کشی‌های روسازی

۲. انواع رنگ‌های ترافیکی و مواد مصرفی در خط‌کشی‌های روسازی

۳. مواد خط‌کشی بر اساس میزان دوام و پایداری در هنگام سرویس‌دهی

۴. تقسیم‌بندی عمده رنگ‌های سرد ترافیکی بر اساس پیونده به‌کار رفته در ساختار شیمیایی آن

۵. خط‌کشی گرم

۶. رنگ‌های ترافیکی دو جزئی

۷. کاربرد نوارهای پیش‌ساخته و علائم برجسته‌سازی روسازی

۸. اهمیت ماندگاری و دوام رنگ‌ها در خط‌کشی‌های روسازی

۱. (میرعابدینی مجتبی، پازکی فرد شهلا، فرخنده الهام، روزیخواه حسین، ۱۳۸۵، «انواع مواد خط‌کشی و معیارهای ضروری در انتخاب آن‌ها»).

مقدمه

خط‌کشی‌های روسازی[1] در انواع و فام‌های رنگی مختلف، بـه هـدایت بهتـر مسـیر حرکـت، تکمیل سایر پیغام‌های کنترل ترافیک و افزایش ایمنی راه کمک می‌کنند و می‌توانند باعـث کاهش برخوردها و تصادفات شوند. همچنین با هدایت و راهنمایی رانندگان، به‌خصـوص در هنگام شب و شرایط با دید محدود شده و در بهبود وضعیت سواره‌روها و راه‌ها مؤثر باشند. متداول‌ترین ابزار خط‌کشی محور و حاشیه جاده‌ها، رنگ‌های سرد و گرم هسـتند، در عـین حال استفاده از ابزارهای مختلف دیگری از قبیل علائم برجسته (چشم‌گربه‌ای‌ها) نیز متداول است. به هر حال هر نوع ابزاری که برای خط‌کشی استفاده شود، باید ضمن داشـتن دوام در تمام مدت عمر سرویس‌دهی از وضوح و دید کافی برخوردار باشد.

۹-۱. انواع رنگ‌ها و مواد مصرفی در خط‌کشی‌ها

مواد مصرفی در خط‌کشی‌ها باید در تمام طول عمر مفید خود از یـک فـام رنگـی مشـخص برخوردار و دارای دوام قابل قبولی باشند. تقسیم‌بندی مواد اولیه مورد استفاده در خط‌کشی روسازی‌ها، بر اساس زمـان خشـک شـدن، میـزان کـارآیی و دوام، میـزان انعکـاس نـور و همچنین بر اساس ساختار شیمیایی انجام می‌گردد. ولی آن‌چه در موضوع خط‌کشـی راه‌هـا وجود دارد، مسائل مربوط به هزینه‌های خط‌کشی و تجدید اجرای آن‌ها پس از مـدت زمـان مشخص می‌باشد.

بر اساس میزان دوام و پایداری در هنگام سرویس‌دهی، مـواد خـط‌کشـی بـه انـواع زیـر تقسیم می‌شوند:

[1]. Pavement Marking

۱. خط‌کشی‌های کم دوام و ناپایدار، مانند رنگ‌های ترافیک سرد معمولی بر پایه رزین‌های الکید و اکریلیک

۲. خط‌کشی‌های بادوام و پایدار، مانند ترموپلاستیک‌ها، سیستم‌های دو جزئی (اکریلیک دو جزئی یا پلاستیک سرد، اپوکسی، پلی‌استر، پلی‌یورتان، پلی‌اوره و ...) و نوارهای خط‌کشی پیش‌ساخته[۱]

۳. علائم برجسته روسازی قابل برف‌روبی[۲]

در هنگام اجرا، زمان خشک شدن از عواملی از قبیل شرایط جوی، ترکیب شیمیایی رنگ، دمای سطح روسازی، سرعت وزش باد و ضخامت خط‌کشی، تأثیر می‌پذیرد. طبقه‌بندی رنگ‌های ترافیکی بر حسب زمان خشک شدن به صورت زیر انجام می‌شود:

- معمولی[۳]: شامل رنگ‌های ترافیک سرد با یک ویسکوزیته استاندارد که برای خشک شدن به زمان بیش از ۷ دقیقه نیاز دارند.
- سریع خشک شونده[۴]: شامل رنگ‌های ترافیک گرم که طی زمان ۲ تا ۷ دقیقه خشک شده و به حالتی می‌رسند که اثری بر سطح آن‌ها به جای نمی‌ماند.
- بسیار سریع خشک شونده[۵]: شامل رنگ‌های ترافیک گرم که طی ۳۰ تا ۱۲۰ ثانیه خشک شده و به حالتی می‌رسند که اثری بر سطح آن‌ها به جای نمی‌ماند.
- آنی خشک شونده[۶]: شامل رنگ‌های گرمی که در کمتر از ۳۰ ثانیه خشک می‌شوند.

---

1. Preformed Tape
2. Raised Pavement Markers (RPM)
3. Conventional
4. Fast Dry
5. Quick Dry
6. Instant Dry

۹-۱-۱. انواع رنگ سرد معمولی

رنگ سرد متداول (پایه حلالی یا پایه آبی)، از اجزای اصلی پیونده (ماده پایه)، پیگمنت (برای ایجاد فام رنگی) و حلال (آب یا حلال‌های آلی) تشکیل شده است. در مواردی که نیاز به خاصیت بازتاب نور برگشتی[1] باشد، از دانه‌های شیشه‌ای[2] در ترکیب رنگ استفاده می‌گردد. بر اساس پیونده به کار رفته در ساختار شیمیایی، رنگ سرد ترافیکی را می‌توان به گروه‌های عمده زیر تقسیم کرد:

۱. روغن‌ها (رزین الکید)
۲. الئو رزین‌ها (رزین‌های الکید اصلاح شده با روغن‌های خشک شونده)
۳. ترکیبات پایه لاستیکی (لاستیک‌های کلردار)
۴. رنگ‌های لاتکس و یا پایه آبی
۵. رنگ‌های اکریلیکی پایه حلالی

۹-۱-۱-۱. رنگ سرد بر پایهٔ رزین‌های الکیدی

پیوند به کار رفته در این گونه رنگ‌ها معمولاً رزین الکید است که پس از تبخیر حلال بر اثر جذب اکسیژن از محیط و انجام واکنش‌های اتواکسیداسیون، به یک فیلم جامد تبدیل می‌شود. دوام بسیار کم و مسائل زیست محیطی، باعث گردیده که در سال‌های اخیر به تدریج به کارگیری رنگ‌های سرد پایه الکیدی کاهش و استفاده از رنگ‌های سرد با دوام بیشتر و مواد ترموپلاستیک گرم افزایش یابد. رنگ‌های ترافیکی الکیدی با استفاده از

[1]. Retroreflection
[2]. Glass Bead

سیستم پاشش اسپری معمولی و اسپری بدون هوا[1] (ایرلس) برای خط‌کشی روسازی‌های آسفالته، به کار می‌روند.

۹-۱-۱-۲. رنگ‌های سرد بر پایه رزین‌های الکید اصلاح شده با کلروکائوچو

رنگ‌های ترافیک بر پایه رزین کائوچوی طبیعی کلرینه شده، از رزین‌های الکیدی که با نوع خاصی از اسیدهای چرب و یا رزین الکید بلند روغن که به نسبت ۱ به ۵ با رزین کلروکائوچو اصلاح شده، تهیه می‌گردند. علاوه بر جزء رزینی، مقدار مناسبی از نرم‌کننده، خشک‌کن‌ها و بر حسب نوع فام رنگی پیگمنت و فیلر در ترکیب آن‌ها وجود دارد.

۹-۱-۱-۳. رنگ‌های سرد بر پایه رزین‌های اکریلیک پایه حلالی

رنگ ترافیکی بر پایه رزین‌های اکریلیک پایه حلالی برای خط‌کشی رویه‌های آسفالته و بتنی استفاده می‌شود. مشخصات فنی رنگ‌های ترافیکی اکریلیکی سرد در استاندارد ملی ایران به شماره ۳۷۵۸ آورده شده است.

۹-۱-۱-۴. رنگ‌های سرد پایه آبی

مصرف رنگ‌های ترافیکی پایه آبی در سیستم‌های خط‌کشی روسازی‌ها با سرعت آرامی رو به افزایش است. در حال حاضر رنگ سرد پایه آبی نسبت به رنگ‌های پایه حلالی کمی گران‌تر و دارای زمان خشک شدن طولانی‌تری است. در رنگ سرد پایه آبی، از آب به عنوان رقیق‌کننده و یا حلال رنگ استفاده می‌شود. رنگ سرد پایه آبی، به عنوان یک جایگزین مناسب رنگ سرد پایه حلالی مطرح شده است، زیرا دارای ترکیبات آلی فرار[2] (VOCs)

---

[1]. Airless
[2]. Volitile Organic Compounds (VOCs)

بسیار کمی مانند حلال‌های آلی نظیر تولوئن یا سایر تینرها می‌باشد. وجود حلال‌های آلی علاوه بر هزینه‌بر بودن، مسائل زیست محیطی فراوانی را به دنبال دارد.

۹-۱-۲. مواد ترموپلاستیک (خط‌کشی گرم)

مواد ترموپلاستیک از اگریگیت‌ها، پیگمنت‌ها، پیونده، دانه‌های شیشه‌ای و اکستندرها تشکیل شده‌اند و در اثر حرارت نرم شده و به محض سرد شدن، سخت می‌شوند. با وجود این‌که هزینه خط‌کشی‌های گرم حدود دو تا سه برابر هزینه رنگ سرد است، اما به دلیل دوام زیاد و افزایش میزان دید در حد قابل توجه، این مواد در بسیاری موارد به عنوان جایگزین بسیار مناسبی مطرح می‌باشند.

۹-۱-۲-۱. مواد ترموپلاستیک بر پایه رزین‌های الکیدی و هیدروکربنی

رزین‌های هیدروکربنی از مواد نفتی و رزین‌های الکیدی از چوب مشتق شده‌اند. مواد هیدروکربنی را نباید برای خط‌کشی‌های عرضی استفاده کرد، زیرا ریزش مواد روغنی و سوختی، روی خط‌کشی، موجب حل شدن و تخریب آن‌ها می‌شود که این مسئله استفاده از آن‌ها را در خط‌کشی تقاطع‌ها و محل‌های توقف محدود می‌کند.

۹-۱-۲-۲. اپوکسی ترموپلاستیک

اپوکسی ترموپلاستیک (ETP) حاوی رزین‌های اپوکسی، پیگمنت، پرکننده و دانه‌های شیشه‌ای است و بر خلاف اپوکسی‌های ترموست، برای تشکیل فیلم جامد، نیازی به سخت‌کننده ندارد. مواد اپوکسی ترموپلاستیک در مقایسه با رنگ‌های ترافیکی الکیدی تحت شرایط مشابه از نظر حجم ترافیک و شرایط آب و هوایی، دارای ماندگاری حدود شش برابر می‌باشند.

۹-۱-۳. سایر رنگ‌های مصرفی در خط‌کشی روسازی‌ها (رنگ‌های دو جزئی)

علاوه بر رنگ‌های سرد معمولی، مواد ترموپلاستیک و نوارهای پیش‌ساخته، از مواد دو جزئی نیز برای خط‌کشی جاده‌ها استفاده می‌شود. کاربرد این رنگ‌ها در کشور در مرحله تحقیقاتی است و به جز رنگ پلاستیک سرد بر پایه پلی متیل کریلات، سایر موارد هنوز کاربرد عملی چندانی پیدا نکرده‌اند.

۹-۱-۳-۱. مواد خط‌کشی اپوکسی

مواد خط‌کشی اپوکسی دارای دوام و ماندگاری مناسب، مقاومت سایشی خوب، قابلیت به کارگیری به روش اسپری و مناسب برای هر دو نوع سطح آسفالت و بتن می‌باشند. جزء نخست حاوی رزین، پیگمنت، پرکننده‌ها و دانه‌های شیشه‌ای و جزء دوم حاوی عامل سخت‌کننده است. نسبت رزین به عامل پخت معمولاً در محدوده ۱ به ۱ تا ۵ به ۱ متغیر است.

۹-۱-۳-۲. پلی‌استرها

به دلیل کارآیی مناسب و دوام خوب، مصرف پلی‌استرها برای جاده‌های آسفالت با حجم ترافیکی متوسط تا زیاد توصیه می‌شود. در مناطق با حجم ترافیکی بالا که خط‌کشی با رنگ سرد معمولی فقط سه ماه دوام دارد، خط‌کشی‌های پلی‌استری پس از گذشت یک سال ساییده شده و از بین می‌روند. معمولاً استفاده از این ترکیبات برای خط‌کشی با طول عمر کمتر از یک سال توصیه نمی‌شود.

۹-۱-۳-۳. پلی‌اوره

پلی‌اوره یک ماده ۱۰۰ درصد جامد و دو جزئی با دوامی‌است که در محیط‌های بسیار ساینده از قبیل اتومبیل‌های ریلی[1]، عملکرد بسیار بهتری از رنگ سرد متداول و پوشش‌های اپوکسی دارد. خط‌کشی‌های پلی‌اوره نسبت به مواد ترموپلاستیک حساسیت کمتری به رطوبت سطح روسازی داشته و می‌توان آن‌ها را در دماهای کمتر از صفر درجه سانتی‌گراد هم اجرا کرد.

۹-۱-۳-۴. یورتان اصلاح شده

یورتان‌های اصلاح شده از جمله مواد خط‌کشی دو جزئی، با دوام و دارای عملکردی مشابه مواد پلی‌اوره و اپوکسی می‌باشد. هزینه این نوع مواد کمی بیشتر از هزینه اپوکسی ولی کمتر از هزینه پلی‌اوره می‌باشد.

۹-۱-۳-۵. متیل متاکریلات

خط‌کشی‌های پلاستیک را به طور کلی می‌توان به دو گروه «پلاستیک‌های سرد اجرا شونده در حالت مایع[2]» که مهم‌ترین و شناخته‌شده‌ترین نوع آن‌ها پلاستیک‌های سرد بر پایه پلی متیل متاکریلات، و «پلاستیک‌های سرد جامد اجرا شونده» یا نوارهای پیش‌ساخته می‌باشد. شایان ذکر است که این نوع مواد خط‌کشی در کشور با عنوان مواد ترموپلاستیک سرد شناخته می‌شوند.

---

1. Rail Cars
2. Liquid Applied Cold Plastic

۹-۱-۴. نوارهای پیش‌ساخته[1] و علائم برجسته روسازی[2]

۹-۱-۴-۱. نوارهای پیش‌ساخته

از نوارهای پیش‌ساخته برای خط‌کشی خطوط عابر پیاده، موانع توقف، خط نوشته‌ها و سایر کاربردهای ویژه استفاده می‌شود. نوارهای پیش‌ساخته نیز مانند ترموپلاستیک گرم، دوام و خصوصیات اجرایی بهتری بر روی آسفالت‌های قیری نسبت به رویه‌های بتنی دارند.

۹-۱-۴-۲. علائم برجسته روسازی

علائم برجسته روسازی[3] (RPMها) در کنار خط‌کشی‌ها و سایر علائم جاده برای مشخص کردن خطوط و تکمیل آن‌ها و برای جلب توجه رانندگان به کار می‌روند. بخش سوم کتاب «راهنمای تجهیزات کنترل ترافیک» در مورد RPMها به بحث پرداخته و در بخش A ۳-۳ آن‌ها را با عنوان «مواد خط‌کشی» معرفی کرده است. اصول مشابهی از قبیل فام رنگی و کاربردها که بر علائم و خط‌کشی‌ها صادق است.

۹-۱-۵. انتخاب مواد خط‌کشی بر حسب نوع روسازی و وضعیت رویه راه

در جدول شماره ۹-۱، مواد مناسب برای خط‌کشی رویه‌های از نوع آسفالت گرم و در جدول شماره ۹-۲، مواد مناسب برای خط‌کشی آسفالت‌های حفاظتی معرفی شده‌اند. در جدول‌های ۹-۳ الی ۹-۷، راهنمایی‌هایی در خصوص انتخاب نوع مواد خط‌کشی بر حسب شرایط راه، وضعیت روسازی، نوع راه و میزان تردد آورده شده است.

---

1. Preformed Tapes
2. Raised Pavement Markers
3. Raised Pavement Markings

جدول شماره ۹-۱: راهنمای انتخاب مواد خط‌کشی بر رویه‌های آسفالت گرم

مشخصات ترافیک (میزان میانگین تردد روزانه)	عمر مفید باقی‌مانده روسازی		
	۲- ۰ سال	۴-۲ سال	بیش از ۴ سال
AADT<۲۰۰۰	* رنگ سرد (پایه آبی و یا حلالی)	* رنگ سرد (پایه آبی و یا حلالی)، * ترموپلاستیک گرم	* رنگ سرد، * ترموپلاستیک گرم، * اپوکسی [۲و۳]، * یورتان اصلاح شده[۳]، * پلی اوره[۳]، * متیل متاکریلات[۳]
۲۰۰۰<AADT<۵۰۰۰	* ترموپلاستیک گرم، * رنگ سرد (پایه آبی و حلالی)	* ترموپلاستیک گرم، * رنگ سرد، * اپوکسی، * یورتان اصلاح شده، * پلی اوره، * متیل متاکریلات	* ترموپلاستیک گرم، * نوار پیش ساخته، * اپوکسی، * پلی اوره، * یورتان اصلاح شده، * متیل متاکریلات
۱۰۰۰<AADT<۱۰۰۰۰	* ترموپلاستیک گرم، * رنگ سرد (پایه آبی و یا حلالی)	* ترموپلاستیک گرم، * رنگ سرد، * اپوکسی [۲و۳]، * یورتان اصلاح شده[۲]، * پلی اوره[۳]، * متیل متاکریلات[۳]	* ترموپلاستیک گرم، * نوار پیش ساخته، * اپوکسی [۲و۳]، * پلی اوره[۳]، * یورتان اصلاح شده[۳]، * متیل متاکریلات[۳]
AADT>۱۰۰۰۰	* ترموپلاستیک گرم، * اپوکسی [۲و۳]، * یورتان اصلاح شده[۳]	* ترموپلاستیک گرم، * نوار پیش ساخته، * اپوکسی [۲و۳]، * پلی اوره[۳]، * یورتان اصلاح شده[۳]، * متیل متاکریلات[۳]	* نوار پیش ساخته، * ترموپلاستیک گرم، * اپوکسی [۲و۳]، * پلی اوره[۳]، * یورتان اصلاح شده[۳]، * متیل متاکریلات[۳]
تردد وسایل نقلیه سنگین	* ترموپلاستیک گرم، * اپوکسی [۲و۳]، * یورتان اصلاح شده[۳]	* ترموپلاستیک گرم، * اپوکسی [۲و۳]، * پلی اوره[۳]، * یورتان اصلاح شده[۳]، * متیل متاکریلات[۳]	* ترموپلاستیک گرم، * اپوکسی [۲و۳]، * پلی اوره[۳]، * یورتان اصلاح شده[۳]، * متیل متاکریلات[۳]

۱. می‌توان مواد را برای خطوط کوتاه یا بلند به کار برد. به‌جز مواد دو جزئی که فقط بـرای خطوط طولانی قابل استفاده می‌باشند،

۲. اپوکسی‌ها به طور خاص برای خط‌کشی روسازی با کیفیت و دوام بالا فرموله شده‌اند،

۳. ماده تجربی.

جدول شماره ۹-۲: راهنمای انتخاب مواد خط‌کشی برای رویه‌سازی‌هایی با آسفالت سطحی (سیل کت)

مشخصات ترافیک (میزان میانگین تردد روزانه)	عمر مفید باقی‌مانده روسازی		
	۲- ۰ سال	۴-۲ سال	بیش از ۴ سال
AADT<۲۰۰۰	* رنگ سرد (پایه آبی و یا حلالی)، * ترموپلاستیک گرم.	* رنگ سرد (پایه آبی و یا حلالی)، * ترموپلاستیک گرم.	* رنگ سرد (پایه آبی و یا حلالی)، * ترموپلاستیک گرم،
۲۰۰۰<AADT<۵۰۰۰	* ترموپلاستیک گرم، * رنگ سرد پایه آبی و * اپوکسی.	* ترموپلاستیک گرم، * اپوکسی، * یورتان اصلاح شده، * پلی اوره.	* ترموپلاستیک گرم، * اپوکسی، * پلی‌اوره و * یورتان اصلاح شده،
۱۰۰۰<AADT<۱۰۰۰۰	* ترموپلاستیک گرم، * رنگ سرد (پایه آبی و یا حلالی) * اپوکسی.	* ترموپلاستیک گرم، * اپوکسی ، * یورتان اصلاح شده، * پلی‌اوره،	* ترموپلاستیک گرم، * اپوکسی، * پلی‌اوره و * یورتان اصلاح شده
AADT>۱۰۰۰۰	* ترموپلاستیک گرم، * اپوکسی و * یورتان اصلاح شده	* ترموپلاستیک گرم، * اپوکسی، * پلی اوره و * یورتان اصلاح شده.	* ترموپلاستیک گرم، * اپوکسی، * پلی اوره و * یورتان اصلاح شده.
تردد وسایل نقلیه سنگین	* ترموپلاستیک گرم، * اپوکسی، * یورتان اصلاح شده	* ترموپلاستیک گرم، * اپوکسی، * پلی اوره و * یورتان اصلاح شده.	* ترموپلاستیک گرم، * اپوکسی، * پلی اوره و * یورتان اصلاح شده.

۱. می‌توان مواد را برای خطوط کوتاه یا بلند به کار برد. به‌جز مواد دو جزئی که فقط بـرای خطوط طولانی قابل استفاده می‌باشند،

۲. AADT متوسط سالیانه ترافیک روزانه،

۳. در صورت وجود قیرزدگی، استفاده از خط‌کشی روسازی موقت (برای مثال، رنگ یا یک لایه نازک مواد ترموپلاستیک، قبل از اجرای ترموپلاستیک گرم استاندارد توصیه می‌شود تا سطح روسازی پایدار گردد)،

۴. برای آماده‌سازی‌های سطح با دانه‌بندی درجه ۳ یا بزرگ‌تر و دستیابی به دوام خوب، ضخامت رنگ گرم باید بیش از ۲۵۰۰ میکرون باشد،

۵. اپوکسی‌ها به طور خاص برای خط‌کشی‌های روسازی با کیفیت و دوام بالا فرموله می‌شوند،

۶. ماده تجربی.

جدول شماره ۹-۳: انتخاب نوع مواد خط‌کشی آزادراه‌ها بر حسب وضعیت راه و میانگین تردد روزانه

نوع و وضعیت رویه آزادراه		میزان تردد روزانه								
		بیش از ۱۰۰۰۰			۵۰۰۰ الی ۱۰۰۰۰			۲۰۰۰ الی ۵۰۰۰			کمتر از ۲۰۰۰
نوع	وضعیت (عمر باقی‌مانده)	مرکزی/ محوری	حاشیه	سایر	مرکزی/ محوری	حاشیه	سایر	مرکزی/ محوری	حاشیه	سایر	مرکزی/ محوری، حاشیه و سایر
آسفالت	جدید (بیش از ۴ سال)	ترموپلاستیک گرم [۱]	ترموپلاستیک گرم طرح دار [۲]	رنگ سرد [۳]	ترموپلاستیک گرم [۱]	رنگ سرد [۳]	رنگ سرد [۳]	رنگ سرد [۳]	رنگ سرد [۳]	رنگ سرد [۳]	رنگ سرد [۳]
	خوب (۴-۲ سال)	ترموپلاستیک گرم [۱]	ترموپلاستیک گرم طرح دار [۲]	رنگ سرد [۳]	ترموپلاستیک گرم [۱]	ترموپلاستیک گرم [۱]	رنگ سرد [۳]	رنگ سرد [۳]	رنگ سرد [۳]	رنگ سرد [۳]	رنگ سرد [۳]

نوع و وضعیت رویه آزادراه		میزان تردد روزانه								
		بیش از ۱۰۰۰۰			۵۰۰۰ الی ۱۰۰۰۰			۲۰۰۰ الی ۵۰۰۰		کمتر از ۲۰۰۰
	آسیب‌دیده/ ضعیف (۲-۰ سال)	رنگ سرد[۳]	رنگ سرد[۳]	رنگ سرد[۳]	رنگ سرد[۳]	رنگ سرد[۳]	رنگ سرد[۳]	رنگ سرد[۳]	رنگ سرد[۳]	رنگ سرد[۳]
بتن	جدید (بیش از ۴ سال)	نوار پیش‌ساخته	نوار پیش‌ساخته یا ترموپلاستیک گرم (مخصوص بتن)[۴]	رنگ سرد[۳]	نوار پیش‌ساخته یا ترموپلاستیک گرم (مخصوص بتن)[۴]	ترموپلاستیک گرم (مخصوص بتن)[۴]	رنگ سرد[۳]	ترموپلاستیک گرم (مخصوص بتن)[۴]	رنگ سرد[۳]	رنگ سرد[۳]
	خوب (۴-۲ سال)	نوار پیش‌ساخته	ترموپلاستیک گرم (مخصوص بتن)[۴]	رنگ سرد[۳]	نوار پیش‌ساخته یا ترموپلاستیک گرم	ترموپلاستیک گرم (مخصوص بتن)[۴]	رنگ سرد[۳]	رنگ سرد[۳]	رنگ سرد[۳]	رنگ سرد[۳]
	آسیب دیده/ ضعیف (۲-۰ سال)	رنگ سرد[۳]	رنگ سرد[۳]	رنگ سرد[۳]	رنگ سرد[۳]	رنگ سرد[۳]	رنگ سرد[۳]	رنگ سرد[۳]	رنگ سرد[۳]	رنگ سرد[۳]

۱. روش اجرا: اسکرید

۲. روش اجرا: اکستروژن

۳. روش اجرا: اسپری

۴. آستر قبل از اجرای خط‌کشی توصیه می‌شود.

جدول شماره ۹-۴: انتخاب نوع مواد خط‌کشی بزرگ‌راه‌ها بر حسب وضعیت راه و میانگین تردد روزانه

نوع و وضعیت رویه آزادراه		میزان تردد روزانه								
		بیش از ۱۰۰۰۰			۵۰۰۰ الی ۱۰۰۰۰			۲۰۰۰ الی ۵۰۰۰			کمتر از ۲۰۰۰
نوع	وضعیت (عمر باقیمانده)	مرکزی/محوری	حاشیه	سایر	مرکزی/محوری	حاشیه	سایر	مرکزی/محوری	حاشیه	سایر	مرکزی/محوری، حاشیه و سایر
آسفالت	جدید (بیش از ۴ سال)	ترموپلاستیک گرم[1]	ترموپلاستیک گرم[2]	رنگ سرد[2]	ترموپلاستیک گرم[1]	رنگ سرد[2]	رنگ سرد[2]	رنگ سرد[2]	رنگ سرد[2]	رنگ سرد[2]	رنگ سرد[2]
	خوب (۴-۲ سال)	ترموپلاستیک گرم[1]	ترموپلاستیک گرم[2]	رنگ سرد[2]	ترموپلاستیک گرم[3]	رنگ سرد[2]	رنگ سرد[2]	رنگ سرد[2]	رنگ سرد[2]	رنگ سرد[2]	رنگ سرد[2]
	آسیب‌دیده/ ضعیف (۲-۰ سال)	رنگ سرد[2]	رنگ سرد[2]	رنگ سرد[2]	رنگ سرد[2]	رنگ سرد[2]	رنگ سرد[2]	رنگ سرد[2]	رنگ سرد[2]	رنگ سرد[2]	رنگ سرد[2]
بتن	جدید (بیش از ۴ سال)	نوار پیش‌ساخته	نوار پیش‌ساخته یا ترموپلاستیک گرم (مخصوص بتن)[2]	رنگ سرد[3]	نوار پیش‌ساخته یا ترموپلاستیک گرم (مخصوص بتن)[2]	ترموپلاستیک گرم (مخصوص بتن)[3]	رنگ سرد[2]	ترموپلاستیک گرم (مخصوص بتن)[3]	رنگ سرد[2]	رنگ سرد[2]	رنگ سرد[2]
	خوب (۴-۲ سال)	نوار پیش‌ساخته	ترموپلاستیک گرم (مخصوص بتن)[2]	رنگ سرد[2]	نوار پیش‌ساخته یا ترموپلاستیک گرم (مخصوص بتن)[2]	ترموپلاستیک گرم (مخصوص بتن)[2]	رنگ سرد[2]	رنگ سرد[2]	رنگ سرد[2]	رنگ سرد[2]	رنگ سرد[2]
	آسیب دیده/ ضعیف (۲-۰ سال)	رنگ سرد[2]	رنگ سرد[2]	رنگ سرد[2]	رنگ سرد[2]	رنگ سرد[2]	رنگ سرد[2]	رنگ سرد[2]	رنگ سرد[2]	رنگ سرد[2]	رنگ سرد[2]

۱. روش اجرا: اسکرید

۲. روش اجرا: اسپری

۳. آستر قبل از اجرای خط‌کشی توصیه می‌شود.

جدول شماره ۹-۵: راهنمای انتخاب نوع رنگ بر حسب وضعیت سطحی راه‌های آسفالته، میزان تردد و شرایط آب و هوایی

			وضعیت رویه آسفالتی راه				
			جدید		خوب	آسیب‌دیده/ ضعیف*	
		میزان تردد روزانه	بیشتر از ۵۰۰۰	کمتر از ۵۰۰۰	بیشتر از ۵۰۰۰	کمتر از ۵۰۰۰	بیشتر از ۵۰۰۰	کمتر از ۵۰۰۰
		شرایط آب و هوایی						
شرایط آب و هوایی	۱	گرم و خشک	۱. ترموپلاستیک گرم [۱و۲] ۲. پلاستیک سرد [۳]	۱. رنگ سرد پایه حلالی یا پایه آبی ۲. ترموپلاستیک گرم [۲]	۱. ترموپلاستیک گرم [۱و۲] ۲. پلاستیک سرد [۳]	۱. رنگ سرد پایه حلالی یا پایه آبی ۲. ترموپلاستیک گرم [۱و۲]	۱. رنگ سرد پایه حلالی یا پایه آبی ۲. ترموپلاستیک گرم [۲]	رنگ سرد پایه حلالی یا پایه آبی
	۲	گرم و نیمه مرطوب	۱. ترموپلاستیک گرم [۱و۲] ۲. پلاستیک سرد [۳]	رنگ سرد پایه حلالی (الکیدکلروکائوچو)	۱. ترموپلاستیک گرم [۱و۲] ۲. پلاستیک سرد [۳]	رنگ سرد پایه حلالی (الکیدکلروکائوچو)	۱. رنگ سرد پایه حلالی یا پایه آبی ۲. ترموپلاستیک گرم [۲]	رنگ سرد پایه حلالی یا پایه آبی
	۳	گرم و مرطوب	۱. ترموپلاستیک گرم [۱و۲] ۲. پلاستیک سرد [۳]	رنگ سرد پایه حلالی (الکیدکلروکائوچو)	۱. ترموپلاستیک گرم [۱و۲] ۲. پلاستیک سرد [۳]	رنگ سرد پایه حلالی (الکیدکلروکائوچو)	۱. رنگ سرد پایه حلالی ۲. ترموپلاستیک گرم [۲]	رنگ سرد پایه حلالی یا پایه آبی
	۴	معتدل و خشک	ترموپلاستیک گرم [۱و۲]	رنگ سرد اکریلیکی پایه حلالی یا پایه آبی	ترموپلاستیک گرم [۱و۲]	رنگ سرد اکریلیکی پایه آبی	۱. رنگ سرد پایه حلالی ۲. ترموپلاستیک گرم [۲]	رنگ سرد پایه حلالی یا پایه آبی

	۵	معتدل و نیمه مرطوب	ترموپلاستیک گرم [۱و۲]	رنگ سرد پایه حلالی (الکیدکلرو کائوچو)	ترموپلاستیک گرم [۱و۲]	۱. رنگ سرد پایه حلالی ۲. ترموپلاستیک گرم [۲]	رنگ سرد پایه حلالی (الکیدکلرو کائوچو)
	۶	معتدل و مرطوب	ترموپلاستیک گرم [۱و۲]	رنگ سرد پایه حلالی (الکیدکلرو کائوچو)	ترموپلاستیک گرم [۱و۲]	۱. رنگ سرد پایه حلالی ۲. ترموپلاستیک گرم [۲]	رنگ سرد پایه حلالی (الکیدکلرو کائوچو)
	۷	سرد و خشک	ترموپلاستیک گرم [۱و۲]	رنگ سرد پایه حلالی (الکیدکلرو کائوچو)	ترموپلاستیک گرم [۱و۲]	۱. رنگ سرد پایه حلالی ۲. ترموپلاستیک گرم [۲]	رنگ سرد پایه حلالی یا پایه آبی
	۸	سرد و نیمه مرطوب	ترموپلاستیک گرم [۲]	رنگ سرد پایه حلالی (الکیدکلرو کائوچو)	ترموپلاستیک گرم [۲]	۱. رنگ سرد پایه حلالی ۲. ترموپلاستیک گرم [۲]	رنگ سرد پایه حلالی (الکیدکلرو کائوچو)
	۹	سرد و خشک	ترموپلاستیک گرم [۲]	رنگ سرد پایه حلالی (الکیدکلرو کائوچو)	ترموپلاستیک گرم [۲]	۱. رنگ سرد پایه حلالی ۲. ترموپلاستیک گرم [۲]	رنگ سرد پایه حلالی (الکیدکلرو کائوچو)

۱. روش اجرا: اسکرید

۲. روش اجرا: اسپری

۳. دستی (رولر یا غلتک)

۴. آستر قبل از اجرای خط‌کشی توصیه می‌شود.

* جدول فوق به ترتیب اولویت در انتخاب رنگ تهیه شده است.

جدول شماره ۹-۶: انتخاب نوع مواد خط‌کشی راه‌های اصلی بر حسب وضعیت راه و میانگین تردد روزانه

وضعیت رویه راه	میزان تردد روزانه						
	بیش از ۱۰۰۰۰		۵۰۰۰ الی ۱۰۰۰۰		۲۰۰۰ الی ۵۰۰۰		کمتر از ۲۰۰۰
	محور	حاشیه	محور	حاشیه	محور	حاشیه	محور و حاشیه
جدید	ترموپلاستیک گرم	ترموپلاستیک گرم	ترموپلاستیک گرم	رنگ سرد	رنگ سرد	رنگ سرد	رنگ سرد
خوب	ترموپلاستیک گرم	رنگ سرد	ترموپلاستک گرم	رنگ سرد	رنگ سرد	رنگ سرد	رنگ سرد
آسیب‌دیده/ ضعیف	رنگ سرد	رنگ سرد	رنگ سرد	رنگ سرد	رنگ سرد	رنگ سرد	رنگ سرد

* روش اجرای هر دو سیستم خط‌کشی سرد و گرم اسپری می‌باشد.

** برای کلیه راه‌های فرعی و روستایی با توجه به میزان تردد نسبتاً کم و وسعت بسیار زیاد در کل پهنه کشور، خط‌کشی سرد توصیه می‌شود.

جدول شماره ۹-۷: انتخاب نوع مواد خط‌کشی بر حسب شرایط راه و میزان تردد

نوع وضعیت روسازی	خطوط محوری و حرکت		خطوط حاشیه	
	نوع خط‌کشی	روش اجرا	نوع خط‌کشی	روش اجرا
آسفالت جدید	خط‌کشی گرم*: مشروط بر اینکه میانگین ترافیک روزانه در هر خط عبوری ۵۰۰۰ یا بیشتر باشد، در غیر این صورت خط‌کشی با رنگ سرد	اسپری اسکرید	خط‌کشی گرم*: مشروط بر اینکه میانگین ترافیک روزانه در هر خط عبوری ۵۰۰۰ یا بیشتر باشد، در غیر این صورت خط‌کشی با رنگ سرد	اسپری اسکرید اکستروژن
آسفالت* شرایط خوب	خط‌کشی گرم*: مشروط بر اینکه میانگین ترافیک روزانه در هر خط عبوری ۵۰۰۰ یا بیشتر باشد،	اسپری اسکرید	خط‌کشی گرم*: مشروط بر اینکه میانگین ترافیک روزانه در هر خط عبوری ۵۰۰۰ یا بیشتر باشد، در غیر این صورت خط‌کشی با رنگ سرد (پایه آبی یا حلالی)	اسپری اسکرید اکستروژن
آسفالت با شرایط نامناسب	خط‌کشی با رنگ سرد (پایه آبی و یا حلالی) سریع خشک شونده	اسپری	خط‌کشی با رنگ سرد (پایه آبی و یا حلالی) سریع خشک شونده	اسپری

* استفاده از پرایمر برای خط‌کشی گرم (ترموپلاستیک) مورد نیاز است. برای این منظور اجرای یک لایه خط‌کشی سرد پایه آبی (یا حلالی) به روش اسپری توصیه می‌شود.

۹-۲. ماندگاری و دوام)

امروزه برای خط‌کشی جاده‌های کشور، به طور گسترده، از رنگ‌های ترافیکی سرد استفاده می‌شود و به علت قیمت آن (حداقل $\frac{1}{3}$ قیمت رنگ‌های گرم)، هر روزه بر میزان استفاده از آن‌ها افزوده می‌شود، ولی یکی از مهم‌ترین معایب این رنگ‌ها، ماندگاری کم رنگ‌های سرد است. عوامل بسیار زیادی بر ماندگاری رنگ‌های ترافیکی مؤثر است که به طور خلاصه در جدول شماره ۹-۸ به مواردی که اثر بیشتری بر ماندگاری رنگ‌های ترافیکی دارند، اشاره شده است.

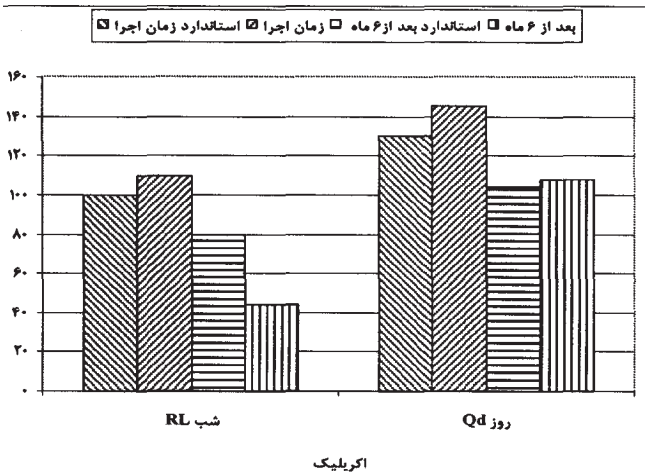
جدول شماره ۹-۸: عوامل مؤثر بر رنگ‌های ترافیکی

عامل	اثر بر ماندگاری
نوع رزین	رزین مناسب باعث چسبندگی بهتر رنگ و ماندگاری بیشتر آن می‌شود.
نوع آسفالت	با افزایش درصد آهک مصالح سنگی آسفالت، ماندگاری رنگ کم می‌شود.
تمیز بودن جاده	تمیز بودن سطح جاده باعث افزایش دوام رنگ می‌شود.
شرایط جوی	گازهای موجود در هوا مانند SO_2 و NO_2 و ... اثر منفی بر ماندگاری رنگ دارند.
ترافیک	با افزایش ترافیک ماندگاری رنگ کاهش می‌یابد.
ضخامت رنگ	ضخامت کم رنگ، باعث کاهش ماندگاری رنگ می‌شود.
قیر	با افزایش درصد قیر آسفالت، باعث سیاه شدن رنگ می‌شود.
لاستیک خودروها	لاستیک خودروها باعث کثیف شدن و سایش رنگ می‌شود.
اشعه UV	اشعه ماوراء بنفش نور، باعث از بین رفتن رنگ می‌شود.

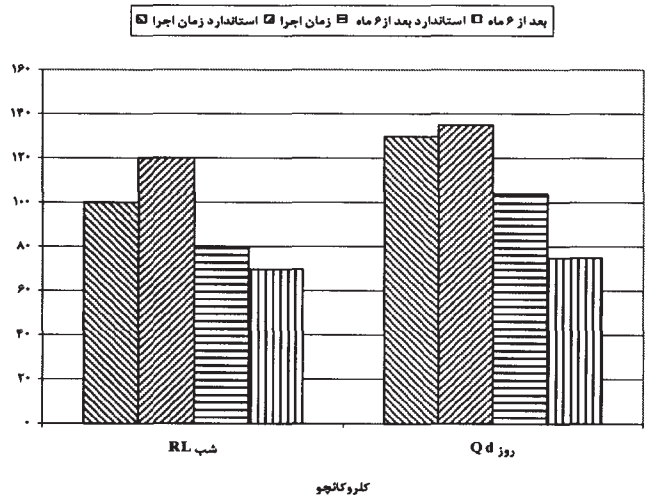
البته تحقیقات بسیار زیادی بر روی افزایش ماندگاری رنگ‌های ترافیکی صورت گرفته، ولی به علت تغییر در فورمولاسیون رنگ و یا استفاده از مواد شیمیایی که باعث افزایش هزینه رنگ‌های سرد شده، اثری بر افزایش استفاده از این رنگ‌ها نداشته است.

ماندگاری یک رنگ ترافیکی، اثر بسیار زیادی بر هزینه نگهداری و ایمنی یک جاده دارد، بنابراین در صورت ماندگاری رنگ، بدون افزایش هزینه‌های تولید و اجرای آن، می‌توان به میزان قابل توجهی بر اقتصاد و ایمنی راه تأثیر گذاشت.

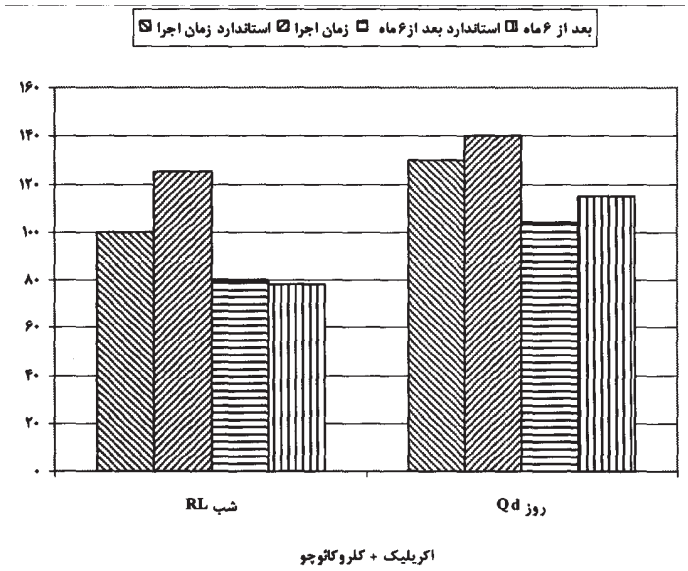
با توجه به مطالب ذکر شده و در نظر گرفتن شرایط موجود، بـا بررسـی و آزمـایش‌هـا و آزمون‌های میدانی مختلف، سعی شد که رنگی تهیه شود که علاوه بر جلـوگیری از افـزایش هزینه‌های تولید و اجرا، دوام و ماندگاری آن رنـگ افـزایش یابـد (صـباغ زاده مجیـد، گلـی احمد، ۱۳۸۷، «چگونگی افزایش دوام رنگ‌های ترافیکی سرد به روشی ساده و اقتصادی».



تصویر شماره۹-۱:عملکرد بازتابش رنگ آکریلیک



تصویر شماره ۹-۲: بازتابش رنگ کلروکائوچو



تصویرشماره ۹-۳: عملکرد بازتابش رنگ آکریلیک با کلروکائوچو

نتیجه‌گیری

خط‌کشی‌های روسازی، باعث هدایت بهتر رانندگان به خصوص در شب و روزهای مه‌آلود شده که باعث کاهش برخوردها و تصادفات جاده‌ای می‌شوند، بر این اساس دوام و بازتابش نور این رنگ‌ها از اهمیت خاصی برخوردار است. با توجه به این‌که تقریباً در تمام راه‌های کشور، به جز تعداد محدودی از آزادراه‌ها، از خط‌کشی سرد و به‌خصوص رنگ‌های اکریلیک و کلروکائوچو استفاده می‌شود، با بررسی و آزمایش‌های میدانی بر روی این رنگ‌ها، نتایج زیر پس از یک دوره ۶ ماهه به دست آمد:

- هر سه رنگ اکریلیک و کلروکائوچو و ترکیب آن‌ها بلافاصله پس از اجرا دارای بازتابش نور بسیار مناسبی هستند.

- رنگ آکریلیک پس از ۶ ماه دارای بازتاب نور در روز (Q_d) بسیار مناسبی است، ولی بازتاب نور در شب (R_L) بسیار پایین می‌باشد.
- رنگ کلروکائوچو پس از ۶ ماه دارای بازتاب نور در روز (Q_d) متوسط و در شب (R_L) متوسط است.
- ترکیب رنگ اکریلیک و کلروکائوچو پس از ۶ ماه دارای بازتاب نور در روز (Q_d) عالی و همچنین بازتاب نور در شب (R_L) این رنگ مناسب و قابل قبول است.
- جهت اجرای ترکیب این دو رنگ نیاز به هیچ‌گونه تجهیزات خاص و آموزش ویژه‌ای نیست و علاوه بر آن، هزینه‌های تهیه و اجرای رنگ نیز افزایش نمی‌یابد.

خلاصه

خط‌کشی‌های روسازی، باعث هدایت بهتر رانندگان به خصوص در شب و روزهای مه‌آلود شده که باعث کاهش برخوردها و تصادفات جاده‌ای می‌شوند، بر این اساس دوام و بازتابش نور این رنگ‌ها از اهمیت خاصی برخوردار است.

خط‌کشی‌های روسازی در انواع و فام‌های رنگی مختلف، به هدایت بهتر مسیر حرکت، تکمیل سایر پیغام‌های کنترل ترافیک و افزایش ایمنی راه کمک می‌کنند و می‌توانند باعث کاهش برخوردها و تصادفات گردند و با هدایت و راهنمایی رانندگان به‌خصوص در هنگام شب و شرایط با دید محدود شده و در بهبود وضعیت سواره‌روها و راه‌ها مؤثر باشند. متداول‌ترین ابزار خط‌کشی محور و حاشیه جاده‌ها، رنگ‌های سرد و گرم هستند.

مواد مصرفی در خط‌کشی‌ها باید در تمام طول عمر مفید خود از یک فام رنگی مشخص برخوردار و دارای دوام قابل قبولی باشند. تقسیم‌بندی مواد اولیه مورد استفاده در خط‌کشی روسازی‌ها، بر اساس زمان خشک شدن، میزان کارآیی و دوام، میزان انعکاس نور و

همچنین بر اساس ساختار شیمیایی انجام می‌شود. ولی آن‌چه در موضوع خط‌کشی راه‌ها وجود دارد، مسائل مربوط به هزینه‌های خط‌کشی و تجدید اجرای آن‌ها پس از مدت زمان مشخص می‌باشد.

آزمون

۱. علل استفاده از خط‌کشی‌های روسازی چیست؟

۲. انواع رنگ‌های ترافیکی و مواد مصرفی در خط‌کشی‌های روسازی را نام ببرید؟

۳. بر اساس میزان دوام و پایداری، مواد خط‌کشی درهنگام سرویس‌دهی چگونه تقسیم می‌شوند؟

۴. رنگ سرد تراقیکی را براساس پیونده به‌کار رفته در ساختار شیمیایی آن به چند گروه عمده تقسیم می‌کنند؟

۵. خط‌کشی گرم چیست؟

۶. رنگ‌های ترافیکی دوجزئی چگونه رنگ‌هایی هستند؟

۷. نوارهای پیش‌ساخته و علائم برجسته‌سازی روسازی چگونه استفاده می‌شوند؟

۸. مواد و خط‌کشی را برحسب نوع روسازی و وضعیت رویه راه چگونه انتخاب می‌کنند؟

۹. عوامل مؤثر بر ماندگاری و دوام رنگ‌های ترافیکی را درخط‌کشی‌های روسازی بیان نمایید.

فهرست منابع و مراجع

۱. سرائی‌پور محمد، *آسفالت*، چ ۴، تهران، انتشارات دهخدا، ۱۳۷۷.

۲. معاونت نظارت راهبردی دفتر نظام فنی اجرایی، *مشخصات فنی عمومی راه، نشریه شماره ۱۰۱*، چ ۶، تهران، انتشارات معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، ۱۳۸۹ .

۳. وزارت راه و ترابری مرکز تحقیقات و آموزش، *آیین‌نامه روسازی آسفالتی راه‌های ایران، نشریه شماره ۲۳۴*، چ ۱، تهران، انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، ۱۳۸۱

۴. درگاهی حسن، *دستورالعمل آزمایشگاه قیر و آسفالت*، چ ۱، تهران مؤسسه چاپ و انتشارات دانشگاه امام حسین (ع)، ۱۳۸۶.

۵. وزارت راه و ترابری معاونت آموزش، تحقیقات و فن‌آوری، *روش‌های بازیافت سرد و گرم آسفالت و امکان‌سنجی اقتصادی آن در ایران*، چ ۱، پژوهشکده حمل و نقل، ۱۳۸۵.

۶. وزارت راه و ترابری معاونت آموزش، *معیارهای فنی طرح مخلوط‌های آسفالتی*، چ ۱، پژوهشکده حمل و نقل، ۱۳۸۵.

۷. میرعابدینی مجتبی، پازکی فرد شهلا، فرخنده الهام، روزیخواه حسین، *اولین سمینار ملی رنگ‌های ترافیکی، خط‌کشی و ایمنی و راه‌ها، پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، آبان ۸۵*، «انواع مواد خط‌کشی و معیارهای ضروری در انتخاب آن‌ها»، بی‌جا، بی‌نا، بی‌تا.

۸. صباغ زاده مجید، گلی احمد، *دومین سمینار ملی رنگ‌های ترافیکی، خط‌کشی و ایمنی و راه‌ها، پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، آذر ۱۳۸۷*، «چگونگی افزایش دوام رنگ‌های ترافیکی سرد به روشی ساده و اقتصادی»، بی‌جا، بی‌نا، بی‌تا .

۹. استاندارد ملی ایران به شماره ۳۷۵۸، «*ویژگی‌ها و روش‌های آزمون رنگ ترافیک بر پایه رزین اکریلیک- ترموپلاستیک سرد*»، چاپ اول، فروردین ۱۳۷۵.

10. The Asphalt Institute, *The asphalt handbook*, Maryland, Forth Printing, 1968.

11. The Asphalt Institute, *Introduction to asphalt*, Maryland, Second Printing, 1968.

12. The American Association of state highway officials, *Methods of sampling and testing*, Washington, 1950

13. The Asphalt Institute*, Asphalt surface treatments*, Maryland, Third Printing, 1965.

14. The Asphalt Institute, *A basic asphalt emulation manual*, Maryland, 1979.

15. California Department of Transportation, *Flexible pavement*, Sacramento, 1979.

16. California Department of Transportation, *Production of asphalt concrete*, Sacramento, 1979 .

17. *"Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways"*, U.S. Department of Transport, Federal Highway Administration, Washington, DC, 2003 .

18. Carlos A. Lopez, P.E., *"Pavement Marking Handbook"*, Copyright © 2004 by Texas Department of Transport .

19. The Asphalt Institute, *MS-14 Asphalt Cold Mix Manual,* Maryland, Third Edition, 1997.

20. ASTM Standards, *Engineering Properties of Asphalt Mixture and the Relationship to their Performance*, 1995.

21. The Asphalt Institute, *Sampling Asphalt Products for specifications compliance*, Maryland, First edition, 1968.

22. General Printing A.B.,*Vibratory Asphalt Compaction,* Solna, Sweden, 1974.

23. Department of Transport (State of California), *Standard Specifications,* Sacramento, 1981.

24. Dynapac, *Asphalt Surface Treatment*, Stockholm, 1984.

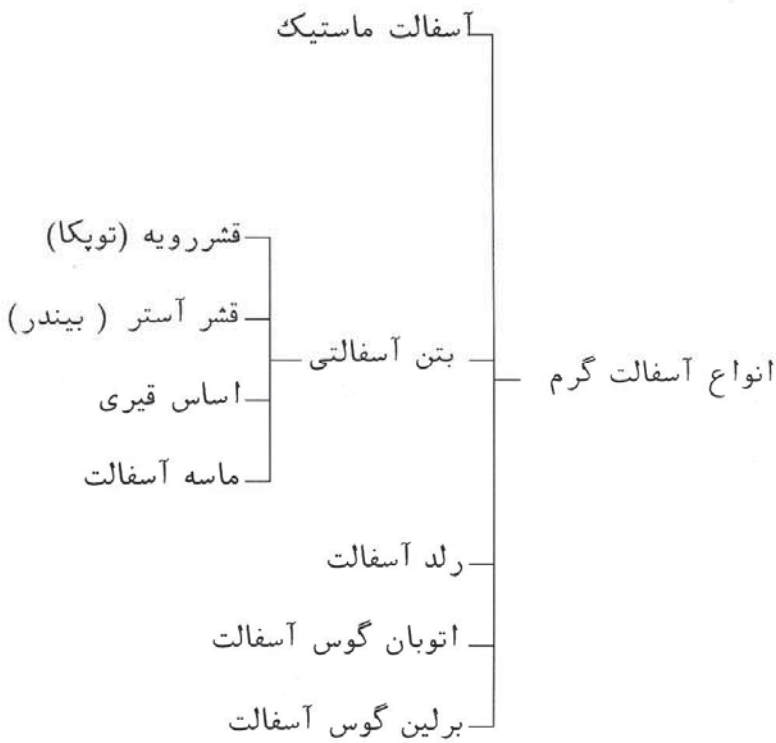
25. American Association of State highway and Transportation officials, *Standard Specifications for Transportations Materials on Methods of Sampling and Testing*, Washington, D.C. 1974.

26. The Asphalt Institute, *Thickness Design*, Maryland, 1982 .

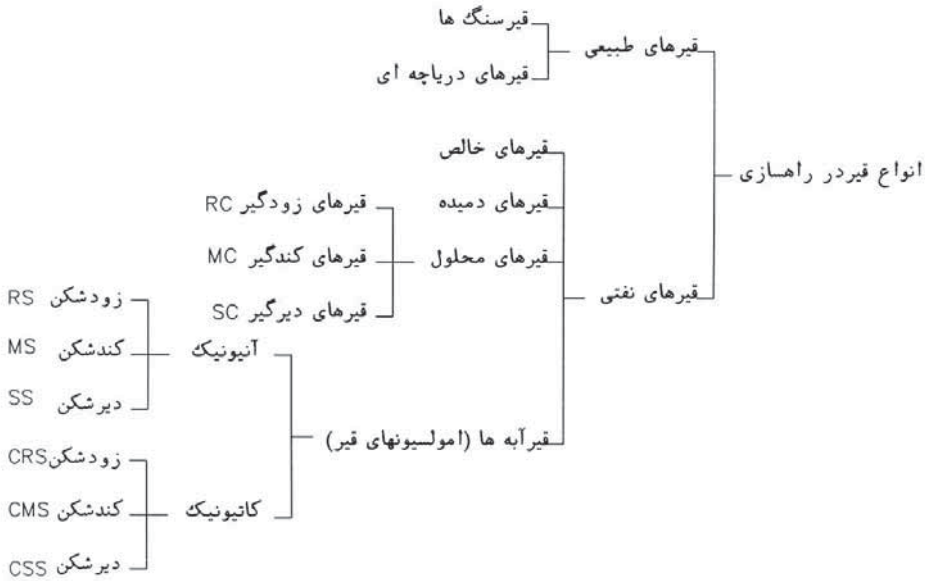
27. John Tiernan and et al, *Road Marking Guidelines in Ireland*, 1998.

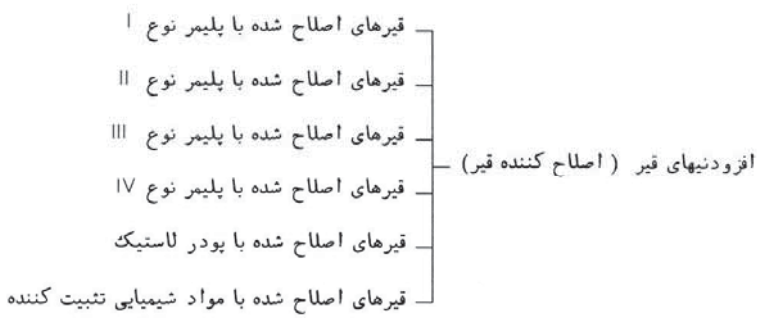
ضمیمه

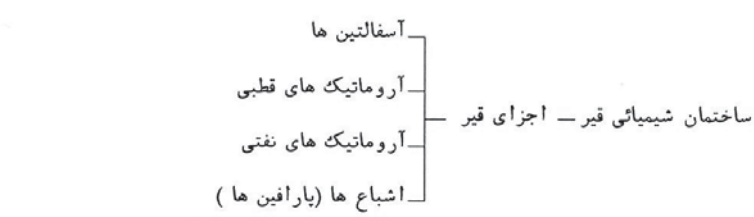
نمودار درختی فصل اول



نمودار درختی فصل سوم

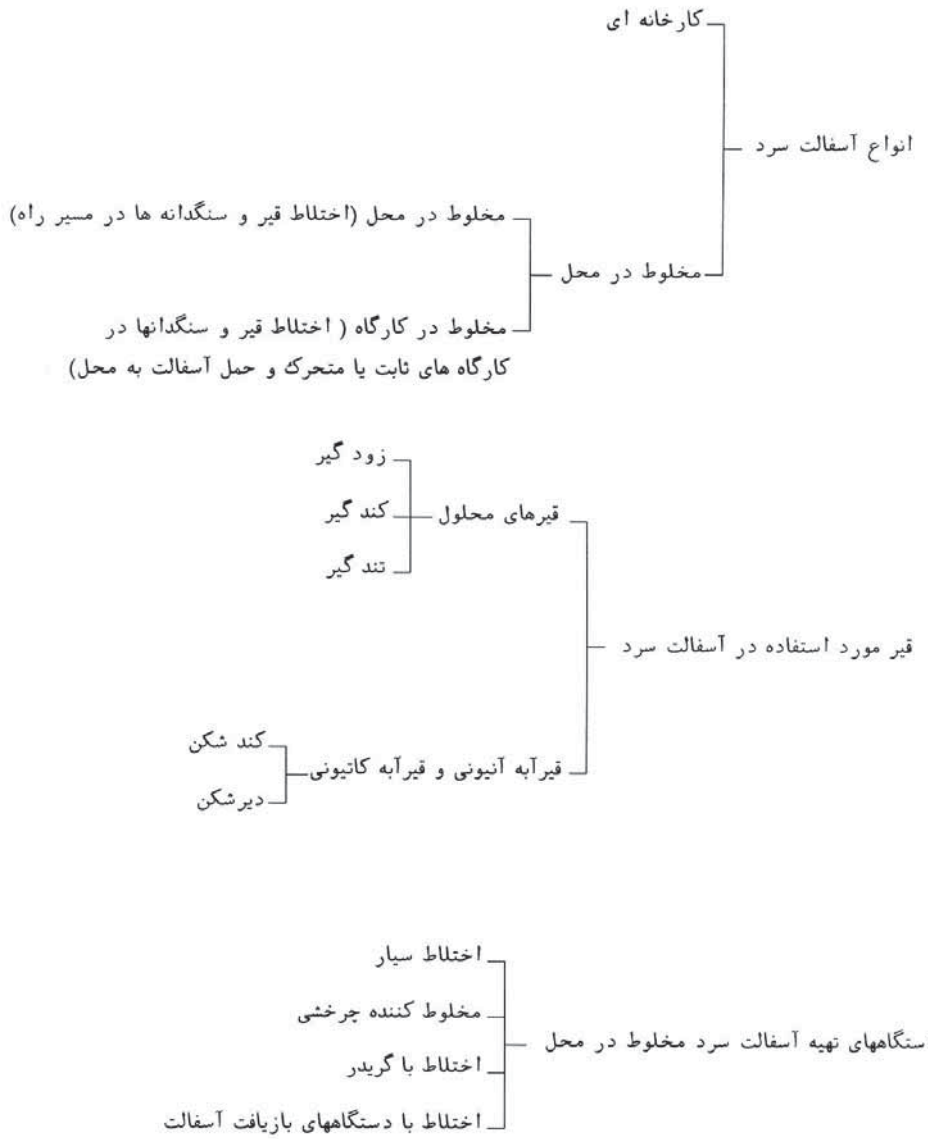




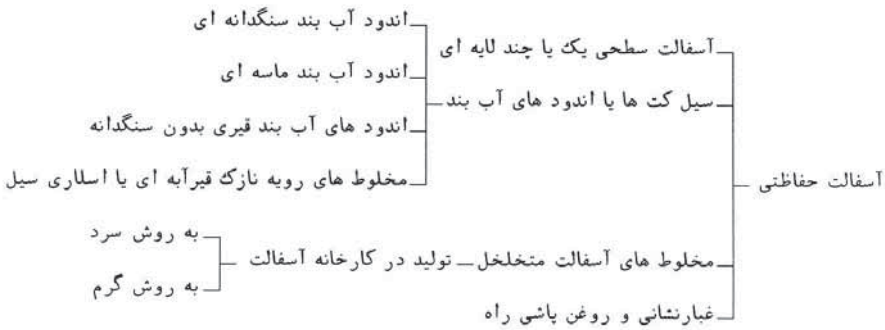


نمودار درختی فصل چهارم

نمودار درختی فصل پنجم



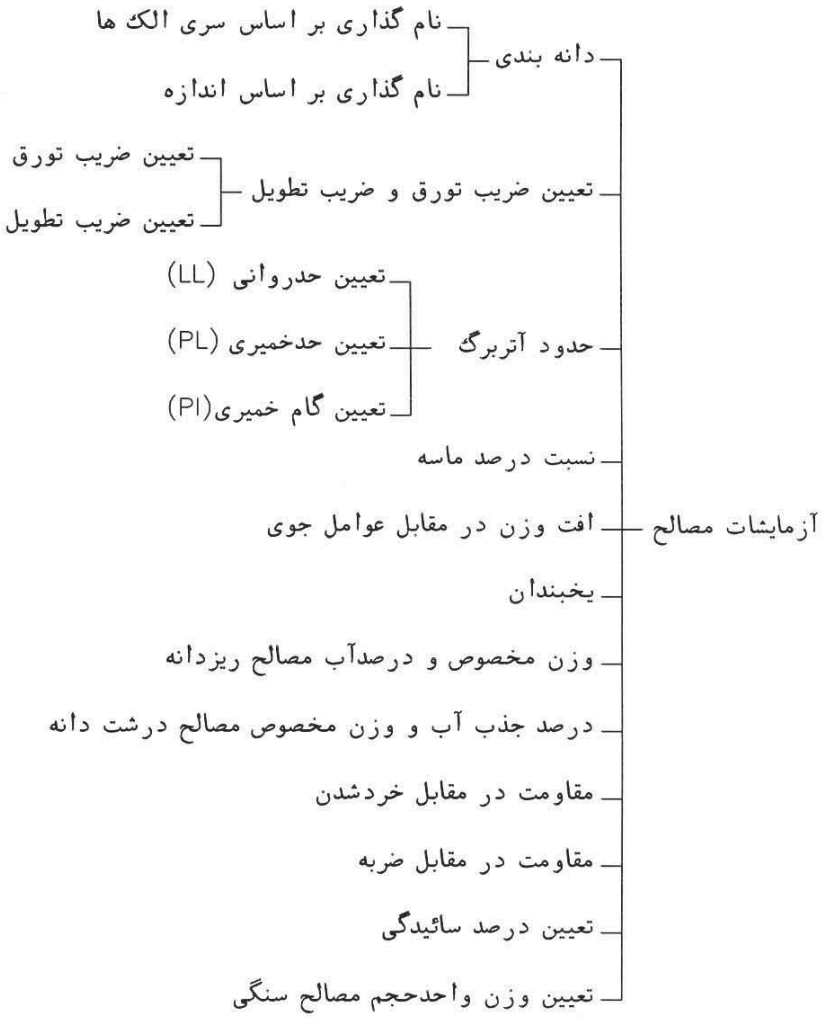
نمودار درختی اول فصل ششم



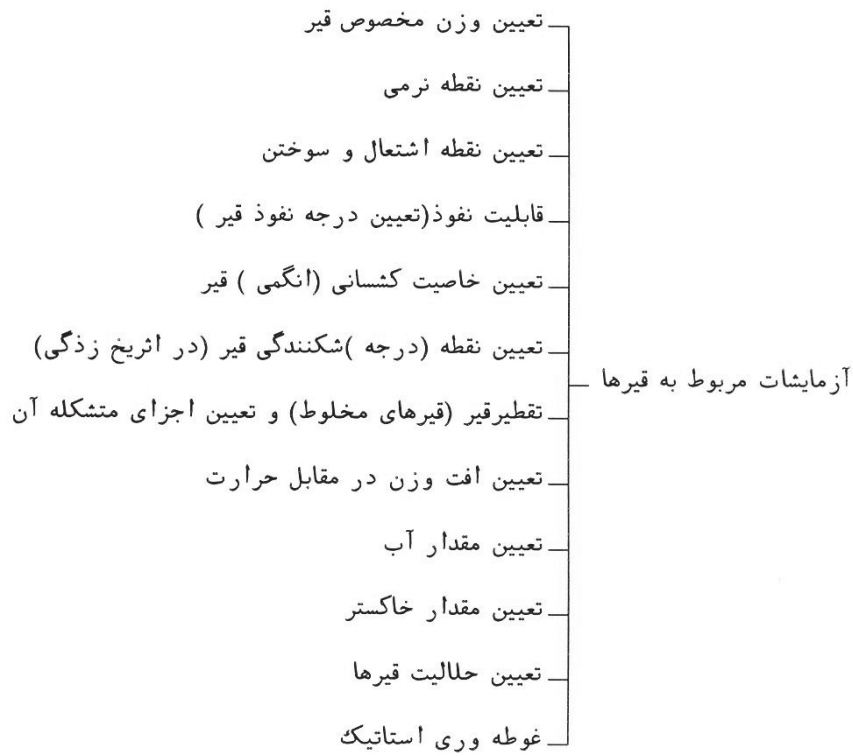
نمودار درختی دوم فصل ششم

(قیر در آسفالت‌های حفاظتی)

نمودار درختی فصل هفتم



نمودار درختی فصل هشتم



وزارت کشور

سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور

پژوهشکده مدیریت شهری و روستایی

شهرداری سقز

شهرداری

پژوهشکده مدیریت شهری و روستایی
تهران ـ بلوار کشاورز
ابتدای خیابان نادری
پلاک ۱۷
تلفن: ۸۸۹۸۶۳۹۸
نمابر: ۸۸۹۷۷۹۱۸
www.imo.org.ir

ISBN:978-600-5950-95-3

قیمت: ۱۲۰۰۰۰ ریال