جمهوری اسلامی ایران

آیین نامه روسازی آسفالتی راه های ایران

نشریه شماره ۲۳٤

سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور
معاونت امور فنی
دفتر امور فنی و تدوین معیارها
http://www.omran.net/tsb.mpo

وزارت راه و ترابری
مرکز تحقیقات و آموزش

جمهوری اسلامی ایران

آیین‌نامه روسازی آسفالتی راه‌های ایران

نشریه شماره ۲۳۴

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور
معاونت امور فنی
دفتر امور فنی و تدوین معیارها

وزارت راه و ترابری
مرکز تحقیقات و آموزش

انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور ۸۱/۰۰/۴۹

۱۳۸۱

فهرستبرگه

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. دفتر امور فنی و تدوین معیارها
آیین‌نامه روسازی آسفالتی راه‌های ایران/ معاونت امور فنی، دفتر امور فنی و تدوین معیارها؛ وزارت راه و ترابری، مرکز تحقیقات و آموزش.- تهران: سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، معاونت امور پشتیبانی، مرکز مدارک علمی و انتشارات، ۱۳۸۱.
۱ج. (شماره‌گذاری گوناگون): مصور.- (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. دفتر امور فنی و تدوین معیارها؛ نشریه شماره ۲۳۴) (انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور؛ ۸۱/۰۰/۴۹)

ISBN 964-425-369-8

مربوط به بخشنامه شماره ۱۰۱/۸۸۴۹۷ مورخ ۱۳۸۱/۵/۱۶.

۱. روسازی با آسفالت – ایران – استانداردها. ۲. آسفالت – مشخصات. الف. ایران. وزارت راه و ترابری. مرکز تحقیقات و آموزش. ب. سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور. مرکز مدارک علمی و انتشارات. ج. عنوان.

۱۳۸۱ ش.۲۳۴ ۲۴س/TA ۳۶۸

شابک ۸-۳۶۸-۴۲۵-۹۶۴ ISBN 964-425-369-8

آیین‌نامه روسازی آسفالتی راه‌های ایران

تهیه کننده: معاونت امور فنی، دفتر امور فنی و تدوین معیارها
ناشر: سازمان‌مدیریت‌وبرنامه‌ریزی‌کشور. معاونت‌امورپشتیبانی. مرکزمدارک‌علمی‌و انتشارات
چاپ اول: ۳۰۰۰ نسخه، ۱۳۸۱
قیمت: ۲۰۰۰۰ ریال
لیتوگرافی: قاسملو
چاپ و صحافی: مؤسسه چاپ زحل

بسمه تعالی

ریاست جمهوری
سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور
دفتر رئیس سازمان

بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مشاوران و پیمانکاران	**شماره :** ۱۰۱/۸۸۴۹۷
	تـاریخ : ۱۳۸۱/۵/۱۶
موضوع: *آیین‌نامه روسازی آسفالتی راه‌های ایران*	

به استناد آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی موضوع ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و در چهارچوب نظام فنی و اجرایی طرح‌های عمرانی کشور (مصوبه شماره ۲۴۵۲۵/ت ۱۴۸۹۸ هـ ، مورخ ۱۳۷۵/۴/۴هیأت وزیران) ، به پیوست نشریه شماره **۲۳۴** دفتر امور فنی و تدوین معیارهای این سازمان، با عنوان « ***آیین‌نامه روسازی آسفالتی راه‌های ایران*** » از نوع **گروه اول**، ابلاغ می‌گردد تا از تاریخ ۱۳۸۱/۹/۱ به اجرا درآید.

رعایت کامل مفاد این نشریه از طرف دستگاه‌های اجرایی ، مشاوران ، پیمانکاران و عوامل دیگر در طرح‌های عمرانی الزامی است ، ولی در یک دورهٔ گذر دو ساله تا ۱۳۸۳/۹/۱ استفاده از دیگر آیین‌نامه‌های معتبر نیز مجاز خواهد بود.

محمد ستـاری‌فر
معاون رئیس جمهور و رئیس سازمان

پیشگفتار

استفاده از ضوابط ، معیارها و استانداردها در مراحل تهیه طرح، اجرا، بهره‌برداری و نگهداری طرح‌های عمرانی به لحاظ توجیه فنی و اقتصادی طرح‌ها ، کیفیت طراحی و اجرا (عمر مفید) و هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری ، از اهمیتی ویژه برخوردار می‌باشد.

نظام فنی و اجرایی طرح‌های عمرانی کشور به کارگیری معیارها ، استانداردها و ضوابط فنی در مراحل تهیه و اجرای طرح و نیز توجه لازم به هزینه‌های نگهداری از طرح‌ها را مورد تاکید جدی قرارداده‌است.

بنابر مفاد ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه ، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور موظف به تهیه و ابلاغ ضوابط ، مشخصات فنی ، آیین‌نامه‌ها و استانداردهای مورد نیاز طرح‌های عمرانی می‌باشد.با توجه به تنوع و گستردگی طرح‌های عمرانی طی سال‌های اخیر سعی شده‌است در تهیه و تدوین این گونه مدارک علمی از مراکز تحقیقاتی دستگاه‌های اجرایی ذیربط استفاده شود. در این راستا مقررشده‌است مرکز تحقیقات و آموزش وزارت راه و ترابری در تدوین ضوابط و معیارهای فنی بخش راه و ترابری ضمن هماهنگی با دفتر امور فنی و تدوین معیارهای سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، عهده‌دار این مهم باشد که به این وسیله از تلاش‌های ارزندهٔ این مرکز قدردانی می‌گردد.

در ایران طرح و اجرای پروژه‌های مهندسی ، به لحاظ تاریخی ، بر تهیهٔ آیین‌نامه‌ها و استانداردهای ملی مقدم بوده‌است . فقدان این آیین‌نامه‌ها مانع اجرای طرح‌های عمرانی نبوده و مهندسان طراح و مجریان ، اغلب با استفاده از آیین‌نامه‌های معتبر بین‌المللی کار را پیش برده‌اند، لیکن تهیهٔ آیین‌نامه‌های ملی بنا به دلایل زیر ضروری است :

- *ایجاد یکنواختی و پرهیز از به‌کارگیری آیین‌نامه‌های کشورهای مختلف در طرح‌ها*
- *کسب اعتبار علمی و حرفه‌ای برای کشور*
- *تطابق و همسان‌سازی ضوابط گوناگون در طراحی*
- *لزوم توجه به مسایل و شرایط خاص اقلیمی ، اقتصادی و فرهنگی کشور و گنجاندن آن در ضوابط ملی*
- *ایجاد فضایی برای انعکاس و به‌کارگیری نتایج پژوهش‌های مراکز تحقیقاتی کشور*
- *گشودن راه برای استفاده از تجربه‌های متخصصین کشور*
- *فراهم‌ساختن زمینه برای بروز ابتکار و نوع آوری و طرح نظریه‌های مختلف کارشناسی*
- *صدور خدمات فنی و مهندسی*

یکی از مهمترین مسایل موجود در ساخت‌وساز راه‌های کشور عدم توجه لازم به ضوابط و معیارهای طراحی روسازی و یا استفاده همزمان از ضوابط و معیارها، با ماخذ گوناگون بوده‌است . این مسئله موجب

کاهش کیفیت و عمر مفید جاده‌ها و در نتیجه اتلاف سرمایه‌های مالی و حتی در بعضی موارد موجب برخی از خسارات جانی گردیده است .

مجموعهٔ حاضر در برگیرندهٔ ضوابط و معیارهای طراحی روسازی راه است و با استفاده از آیین‌نامه‌ها ، مبانی و معیارها و توصیه‌های فنی بین‌المللی با اعمال نظریات کارشناسان داخلی و منطبق بر شرایط خاص اقلیمی ، اقتصادی ، اجتماعی و فرهنگی کشور تهیه شده است.

با وجود تلاش ، دقت و وقت زیادی که برای تهیهٔ این مجموعه صرف گردیده ، لازم است مهندسان نکاتی را که مهم به‌نظر می‌رسد ، در راستای تکمیل و پربار شدن این آیین‌نامه به دفتر امور فنی و تدوین معیارهای سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور ارسال نمایند تا در تجدید نظرهای آتی مورد استفاده قرار گیرد.

مفاد این آیین‌نامه لازم‌الاجرا است ولی در یک دورهٔ گذر دوساله از تاریخ انتشار آن ، مهندسان و طراحان می‌توانند با ذکر دلایل کارشناسی و با مسئولیت خود ، از آیین‌نامه‌ها ، ضوابط و معیارهای بین‌المللی معتبر استفاده نمایند .

در پایان از شرکت مهندسان مشاور ایران استن ، کارشناسان مشروح زیر و تمامی دست‌اندرکارانی که در تهیهٔ این آیین‌نامه مشارکت داشته‌اند، تشکر و قدردانی بعمل می‌آید.

مهندس منوچهر احتشامی
مهندس علی محمد اسماعیلی
دکتر علی‌اصغر اردکانیان
مهندس اسماعیل اسماعیل‌پور
مهندس بهناز پورسید
مهندس علیرضا توتونچی
دکتر ابوالفضل حسنی
دکتر منصور سلیمانیان
دکتر جواد سوداگری
مهندس احمد شمس الکتابی
دکتر محمود صفارزاده

مهندس میرمحمود ظـفری
دکتر محمود عامری
دکتر منصور فخری
مهندس محمدرضا فرخو
دکتر امیر کاووسی
دکتر حسن مقدم
مهندس فرهاد مهریاری
مهندس اصغر نادری
مهندس علی نجات
دکتر خشایار هادی‌پور
مهندس سیداکبر هاشمی

معاون امور فنی

تابستان ۱۳۸۱

فهرست مندرجات آئین نامه روسازی آسفالتی راههای ایران

مندرجات	صفحه
فصل اول - کلیات	
۱-۱ تعریف	۱-۱
۱-۲ هدف از روسازی	۱-۱
۱-۳ عملکرد روسازی	۱-۱
۱-۴ لایه‌های روسازی و خواص کلی آنها	۱-۱
۱-۵ عامل های مؤثر در طرح روسازی	۱-۴
۱-۶ انواع روسازی	۱-۶
۱-۷ آئین نامه‌های بین‌المللی روسازی	۱-۸
۱-۸ سایر روشهای طرح روسازی	۱-۹
۱-۹ بررسی آئین‌نامه‌های روسازی در ایران	۱-۱۱
۱-۱۰ معیارهای طرح روسازی	۱-۱۲
۱-۱۱ اختصارها	۱-۱۳
فصل دوم - بستر روسازی	
۲-۱ تعریف	۲-۱
۲-۲ آماده سازی بستر روسازی راه	۲-۱
۲-۳ تراکم بستر روسازی راه	۲-۲
۲-۴ مقاومت خاک بستر روسازی راه	۲-۲
۲-۵ نمونه‌گیری برای تعیین سی بی آر آزمایشگاهی	۲-۲

۲-۶ قطعه طرح و تعداد آزمایش سی‌بی‌آر ۲-۳
۲-۷ تعیین سی‌بی‌آر طرح ۲-۳
۲-۸ کنترل سطح بستر روسازی ۲-۴

فصل سوم - زیراساس

۳-۱ تعریف ۳-۱
۳-۲ عملکرد زیراساس در روسازی ۳-۱
۳-۳ انواع زیراساس ۳-۱
۳-۴ مشخصات فنی زیراساس ۳-۲
۳-۵ اجرای انواع زیراساس ۳-۴
۳-۶ کنترل سطح تمام شده ۳-۸
۳-۷ آزمایش‌های کنترل کیفیت ۳-۸

فصل چهارم - اساس

۴-۱ تعریف ۴-۱
۴-۲ عملکرد اساس در روسازی ۴-۱
۴-۳ انواع اساس ۴-۱
۴-۴ مشخصات فنی اساس ۴-۱
۴-۵ اجرای انواع اساس ۴-۳
۴-۶ کنترل سطح تمام شده ۴-۵
۴-۷ حفاظت کارهای انجام شده ۴-۶
۴-۸ آزمایش‌های کنترل کیفیت ۴-۶

فصل پنجم - قیر در راهسازی

۵-۱ کلیات	۵-۱
۵-۲ انواع قیر	۵-۱
۵-۳ ساختار شیمیائی قیرهای نفتی	۵-۲
۵-۴ انواع قیرهای نفتی	۵-۳
۵-۵ کاربرد قیر در راهسازی	۵-۱۰
۵-۶ گرم کردن قیر	۵-۱۲
۵-۷ افزودنیهای قیر	۵-۱۳

فصل ششم - اندودهای نفوذی و سطحی

۶-۱ تعریف	۶-۱
۶-۲ عملکرد اندودها	۶-۱
۶-۳ مواد قیری	۶-۱
۶-۴ انتخاب قیر مناسب	۶-۱
۶-۵ کنترل دمای پخش	۶-۳
۶-۶ میزان پخش قیر	۶-۴
۶-۷ وسایل و تجهیزات اجرای اندودها	۶-۳
۶-۸ محدودیتهای فصلی	۶-۶
۶-۹ آماده کردن سطح راه	۶-۶
۶-۱۰ پخش قیر	۶-۶
۶-۱۱ کنترل وسایل نقلیه	۶-۷

فصل هفتم - آسفالتهای حفاظتی

۷-۱ تعریف	۷-۱
۷-۲ دامنه کاربرد	۷-۲
۷-۳ انواع آسفالتهای حفاظتی	۷-۲
۷-۴ آسفالتهای حفاظتی یک یا چند لایه‌ای	۷-۲
۷-۵ اندودهای آب بند	۷-۱۳
۷-۶ غبارنشانی	۷-۱۸
۷-۷ اجرای آسفالتهای حفاظتی	۷-۱۸
۷-۸ تهیه و اجرای اسلاری سیل	۷-۲۰
۷-۹ تهیه و اجرای آسفالتهای متخلخل	۷-۲۰
۷-۱۰ اجرای غبارنشانی و روغن‌پاشی	۷-۲۰
۷-۱۱ محدودیتهای فصلی	۷-۲۰
۷-۱۲ کنترل ترافیک	۷-۲۱

فصل هشتم - آسفالت سرد

۸-۱ تعریف	۸-۱
۸-۲ دامنه کاربرد	۸-۱
۸-۳ انواع آسفالت سرد	۸-۱
۸-۴ سنگدانه‌ها	۸-۱
۸-۵ مواد قیری	۸-۳
۸-۶ انتخاب قیر	۸-۳
۸-۷ درجه حرارت قیر	۸-۵

۸-۸ انتخاب دانه بندی کارگاهی ۸-۵
۸-۹ طرح اختلاط آسفالت سرد ۸-۶
۸-۱۰ آزمایش ها ۸-۱۲
۸-۱۱ وسایل تهیه آسفالت سرد ۸-۱۳
۸-۱۲ ماشین آلات پخش و تراکم آسفالت سرد ۸-۱۵
۸-۱۳ اجرای آسفالت سرد ۸-۱۶
۸-۱۴ کنترل سطح آسفالت ۸-۱۹
۸-۱۵ محدودیت‌ها ۸-۱۹

فصل نهم - آسفالت گرم

۹-۱ تعریف ۹-۱
۹-۲ دامنه کاربرد ۹-۱
۹-۳ انواع آسفالت گرم ۹-۱
۹-۴ سنگدانه‌ها ۹-۲
۹-۵ قیر ۹-۵
۹-۶ طرح مخلوطهای آسفالتی ۹-۷
۹-۷ مشخصات فنی مخلوطهای بتن آسفالتی ۹-۸
۹-۸ طرح اختلاط آزمایشگاهی ۹-۱۲
۹-۹ تهیه آسفالت گرم
۹-۱۰ زمان اختلاط ۹-۱۴
۹-۱۱ درجه حرارت اختلاط ۹-۱۵
۹-۱۲ کنترل کیفیت مخلوط آسفالتی ۹-۱۶

۹-۱۳ حمل آسفالت ۹-۱۶
۹-۱۴ پخش آسفالت ۹-۱۶
۹-۱۵ کنترل آسفالت پخش شده ۹-۱۷
۹-۱۶ درجه حرارت هوا هنگام پخش آسفالت گرم ۹-۱۷
۹-۱۷ درجه حرارت پخش آسفالت ۹-۱۸
۹-۱۸ کوبیدن آسفالت ۹-۱۸
۹-۱۹ کنترل یکنواختی رقوم و سطح آسفالت کوبیده شده ۹-۱۸
۹-۲۰ مشخصات و آزمایش‌های استاندارد برای بتن آسفالتی گرم ۹-۱۹

فصل دهم - ترافیک

۱۰-۱ کلیات ۱۰-۱
۱۰-۲ محور استاندارد یا محور مبنای طرح ۱۰-۱
۱۰-۳ پیش‌بینی ترافیک ۱۰-۲
۱۰-۴ رشد سالانه ترافیک ۱۰-۲
۱۰-۵ تعداد کل ترافیک در دوره طرح ۱۰-۲
۱۰-۶ توزیع ترافیک در خط طرح ۱۰-۴
۱۰-۷ ضریب کامیون ۱۰-۴
۱۰-۸ محاسبه تعداد کل محورهای مبنا در دوره طرح ۱۰-۴
۱۰-۹ ضرایب بارهم‌ارز ۱۰-۷

فصل یازدهم - طرح روسازی راه

۱۱-۱ تعریف ۱۱-۱

۱۱-۲ عوامل مؤثر در طرح روسازی ۱۱-۱
۱۱-۳ نشانه خدمت دهی و عملکرد روسازی ۱۱-۲
۱۱-۴ مشخصات فنی مصالح روسازی ۱۱-۴
۱۱-۵ عدد ضخامت روسازی ۱۱-۶
۱۱-۶ ضرایب قشرهای روسازی ۱۱-۷
۱۱-۷ ضرایب زهکشی لایه‌های روسازی ۱۱-۸
۱۱-۸ محاسبه عدد ضخامت روسازی ۱۱-۱۰
۱۱-۹ تعیین ضخامت لایه‌های روسازی ۱۱-۱۱
۱۱-۱۰ محاسبه ضخامت روسازی ۱۱-۱۳
۱۱-۱۱ روسازی شانه راه ۱۱-۱۴

فصل دوازدهم - بهسازی و روکش آسفالت

۱۲-۱ تعریف ۱۲-۱
۱۲-۲ بررسی وضعیت روسازی راه ۱۲-۱
۱۲-۳ انواع بهسازی ۱۲-۲
۱۲-۴ روکش تقویتی با روش مستقیم ۱۲-۵
۱۲-۵ روکش تقویتی با روش غیر مستقیم ۱۲-۱۱
۱۲-۶ اجرای روکش تقویتی ۱۲-۱۴
۱۲-۷ محدودیت روکش تقویتی ۱۲-۱۶

فصل سیزدهم - بازیابی روسازی آسفالتی

۱۳-۱ تعریف ۱۳-۱

۱۳-۲ اصطلاحات و واژه‌ها در عملیات بازیافت ۱۳-۱

۱۳-۳ دلایل بازیافت و مزایا ۱۳-۲

۱۳-۴ روشهای بازیابی روسازی آسفالتی ۱۳-۲

۱۳-۵ پخش و کوبیدن ۱۳-۵

۱۳-۶ مراحل طراحی بازیافت بتن آسفالتی ۱۳-۶

۱۳-۷ تعیین ضخامت ۱۳-۹

فصل اول - کلیات

۱-۱ تعریف

روسازی راه سازه‌ای است که برروی آخرین لایه متراکم‌شده خاک زمین طبیعی موجود یا اصلاح شده، خاکریزی‌ها، یا کف برش‌های خاکی ویاسنگی که به طور کلی بستر روسازی نامیده می‌شود، قرار می‌گیرد.

روسازی معمولاً متشکل از قشرهای مختلف نظیر زیراساس، اساس و لایه‌های آسفالتی یا بتنی و یا ترکیبی از آنهاست که هر یک تابع مشخصات فنی و دارای ضخامت معینی است.

۱-۲ هدف از روسازی

زمین طبیعی، بستر خاکریزی‌های آماده شده راه، کف برش‌های خاکی و یا سنگی، حتی در شرایط کاملاً متراکم و خوب دانه‌بندی شده، مقاومت کافی برای تحمل بارهای وارده از چرخ خودرو را در شرایط متغیر جوی ندارد. بارگذاری این گونه خاک‌ها موجب شکست برشی و ایجاد تغییر شکل‌های دائم بیش از اندازه برای آنها می‌شود.

روسازی، از بروز و ظهور آسیب دیدگی‌های فوق جلوگیری نموده و عبور و مرور راحت، سریع، مطمئن، ایمن و بدون گرد و غبار را در یک سطح هموار فراهم می‌کند.

۱-۳ عملکرد روسازی

نحوه کلی عملکرد و توزیع بار در روسازی در شکل ۱-۱ نشان داده شده‌است. در این شکل، بار وسیله‌نقلیه، توسط چرخ، در سطح تماس تقریباً دایره‌ای شکل، به سطح روسازی وارد می‌شود. شدت تنش وارده در نقاط واقع در سطح زیر بار حداکثر بوده و با ازدیاد فاصله از این سطح، تقلیل می‌یابد. اگر فشار قائم در سطح تماس با راه P_0 باشد، ضخامت لایه‌های روسازی و کیفیت مقاومتی آن طوری انتخاب می شود که بار چرخ هرچه بیشتر توزیع و گسترده‌شده تا این‌که حداکثر شدت تنش در سطح بستر روسازی به مقدار P_1 که خاک بستر بتواند باتغییرشکل مجاز، آن را تحمل کُند، کاهش‌یابد. عملکرد سیستم روسازی و کیفیت هریک از لایه‌های آن بشرح زیر می‌باشد:

۱-۳-۱ مقاومت در مقابل تنش

هریک از لایه‌ها باید در برابر تنش‌های وارده، بی آنکه تغییرشکل بیش از اندازه در آن بوجود آید، مقاومت کند.

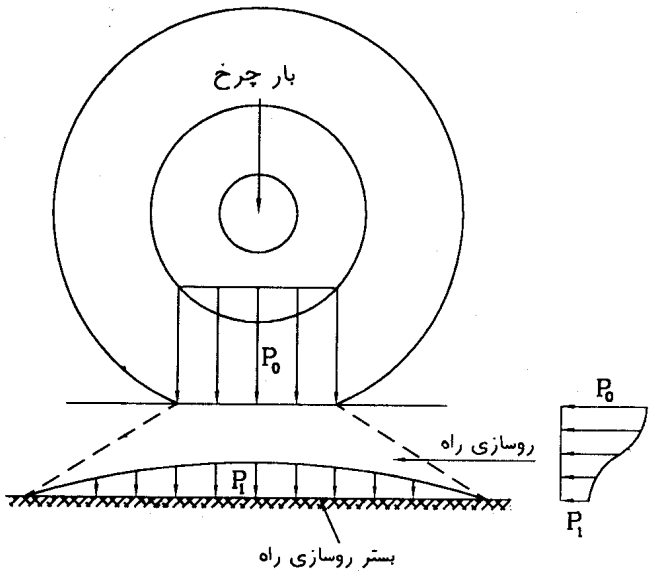
۱-۳-۲ کاهش تنش برای لایه‌های زیرین

هریک از لایه‌ها باید قادر باشد که شدت تنش‌ها را تا میزان قابل تحمل برای لایه‌ای که در زیر آن قرارگرفته، کاهش دهد.

با توجه به شکل ۱-۱ و بر اساس عملکرد و رفتار سازه روسازی می‌توان روسازی راه را از چندین لایه با مقاومت و مرغوبیت متفاوت طرح کرد به نحوی که از مصالح مقاوم‌تر و با کیفیت بهتر در لایه‌های بالاتر و مصالح با مرغوبیت و مقاومت کمتر در لایه‌های پایین‌تر، که میزان تنش در آنها کمتر است، استفاده شود.

۱-۴ لایه‌های روسازی و خواص کلی آنها

ضخامت و کیفیت مصالح لایه‌های روسازی، به نوع و درجه‌بندی راه، مقاومت خاک بستر، میزان ترافیک، شرایط جوی، نوع مصالح قابل دسترسی و عوامل اقتصادی بستگی دارد.



شکل ۱-۱ توزیع فشار بار چرخ در لایه‌های روسازی

خصوصیات و ویژگی‌های کلی بستر و هر یک از لایه‌های تشکیل‌دهنده روسازی، بشرح زیر است:

۱-۴-۱ بستر روسازی

کیفیت خاک بستر، میزان تحمل باربری، حساسیت و آسیب پذیری آن در برابر عوامل جوی، در انتخاب لایه‌های روسازی نقش تعیین‌کننده دارد. به طور کلی تمام خاک‌هایی که در طبقه‌بندی آشتو از A-۱ تا A-۴ تقسیم‌بندی شده‌اند، می‌توانند بستر مناسبی برای روسازی راه باشند. با وجود آن که خاک‌های گروه A-۵ تا A-۷، در شرایط خشک از مقاومت کافی برخوردارند ولی در مناطق پربارش و شرایط اشباع و یخبندان، به ویژه برای ترافیک سنگین، مناسب نبوده و بهتراست با استفاده از مواد تثبیت‌کننده نظیر آهک، این مصالح را اصلاح و تقویت کرد. مشخصات خاک بستر، میزان تراکم نسبی آنها و سایر خصوصیات مربوطه در فصل دوم ارائه شده است.

شیبهای طولی و عرضی جاده که در طرح راه تعیین شده است باید در سطح بستر روسازی تأمین گردند تا لایه‌های روسازی با ضخامتهای طراحی اجرا شوند.

۱-۴-۲ زیراساس

زیراساس معمولاً نخستین قشر از لایه روسازی است که برروی بستر روسازی قرار می‌گیرد. مصالح زیراساس معمولاً از بستر رودخانه‌ها، مخروط افکنه‌ها و یا معادن کوهی (سنگ شکسته) تهیه می‌شود و در موردهایی که ضرورت فنی و اقتصادی ایجاب نماید از تثبیت خاک با قیر، سیمان، آهک و یا افزودنی‌های شیمیایی استفاده می‌شود. **مشخصات فنی زیراساس در فصل سوم ارائه شده است. مصالح زیراساس علاوه بر عملکرد عمومی سازه‌ای که در کل سیستم روسازی برای آن در نظر گرفته شده باید دارای خصوصیات زیر نیز باشد.**

۱-۴-۲-۱ *دانه‌بندی*

دانه‌بندی زیراساس باید طوری باشد که از نفوذ مواد ریزدانه خاک بستر روسازی به قشر اساس جلوگیری کند، لذا باید دانه‌بندی پیوسته‌ای داشته‌باشد.

۱-۴-۲-۲ *مقاومت در برابر یخ‌بندان*

در مناطقی که عمق نفوذ یخ‌بندان به زیراساس می‌رسد باید مصالح زیراساس طوری انتخاب شود که در برابر یخ‌بندان حساسیت نداشته باشد.

۱-۴-۲-۳ *خاصیت زهکشی*

از جمع‌شدن آب آزاد ناشی از نفوذ آب‌های سطحی و یا تراوشی در لایه روسازی جلوگیری کند ولذا باید خاصیت زهکشی مطلوب برای تخلیه سریع آب را داشته‌باشد.

۱-۴-۳ *اساس*

قشر اساس، معمولاً بلافاصله در زیر لایه آسفالت، و روی قشر زیراساس قرار می‌گیرد. مصالح این قشر می‌تواند متشکل از سنگ کوهی شکسته، شن و ماسه رودخانه‌ای شکسته، سرباره کوره‌های آهن‌گدازی و یا ماکادام باشد. در شرایطی که ضرورت‌های فنی و اقتصادی ایجاب نماید مصالح اساس را می‌توان از تثبیت مصالح طبیعی و یا شکسته با قیر، یا سیمان و یا آهک تحت عنوان اساس قیری، اساس سیمانی و یا اساس آهکی تهیه کرد.

در شرایط استفاده از اساس شکسته رودخانه‌ای و یا کوهی تثبیت‌نشده، مصالح مصرفی علاوه بر عملکرد عمومی سازه‌ای که در سیستم روسازی دارد باید دارای خصوصیاتی باشد که در زیربندهای ۱-۴-۲-۱ الی ۱-۴-۲-۳ توضیح داده شده است.

جزئیات مشخصات فنی اساس درفصل چهارم ارائه شده است.

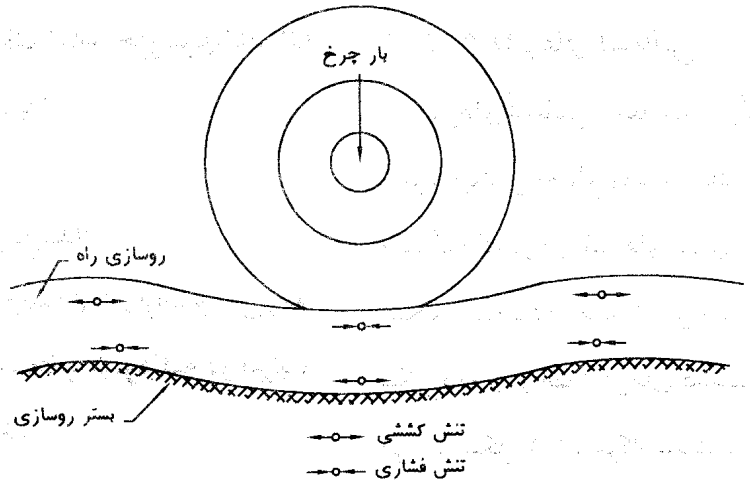
۱-۴-۴ *قشرهای آسفالتی*

قشرهای آسفالتی درمقایسه با دیگر لایه‌ها باید از مقاوم‌ترین و مرغوب‌ترین مصالح روسازی باشند. در راه‌های با ترافیک زیاد و سنگین که در آنها قشرهای بالای روسازی از مصالح آسفالتی تشکیل شده باشد، معمولاً این قشرها در اثر بارگذاری تغییر شکل داده و در آنها تنش‌های کششی و فشاری افقی بوجود می‌آید (شکل ۱-۲). هرگاه شدت تنش‌های کششی افقی در زیر لایه‌های آسفالتی از مقاومت کششی آن بیشتر شود، در این نقاط ترک ایجاد می‌شود که به تدریج به سمت رویهٔ راه گسترش می‌یابد. شدت خرابی موجب آسیب‌دیدگی‌هایی می‌شود که در نهایت از عمر مفید راه به شدت کاسته خواهدشد. بنابراین جنس و ضخامت لایه‌های آسفالتی باید طوری انتخاب شود که در برابر تنش‌های کششی افقی بوجود آمده مقاومت نماید و ترک نخورد. در این آئین نامه قشرهای آسفالتی راه برای جاده‌های با ترافیک سنگین و خیلی سنگین از نوع بتن آسفالتی گرم و برای جاده‌های با ترافیک متوسط و سبک می‌تواند از انواع آسفالت سرد و یا آسفالت سطحی اختیار گردد. در راه‌های با ترافیک خیلی کم و سبک پس از اجرای زیرسازی، رویهٔ راه می‌تواند با آسفالت سطحی و یا مصالح شنی اجرا شود. مشخصات فنی انواع رویه‌های آسفالتی در فصلهای هفتم‌تانهم ارائه شده است.

قشرهای آسفالتی، علاوه بر عملکرد ویژه‌ای که در سازه روسازی برای آنها منظور شده است، باید خصوصیات کلی زیر را نیز دارا باشند:

۱-۴-۴-۱ *تاب سایشی*

مصالح سنگی مصرفی در برابر اثر تخریبی و سایشی چرخ وسایل نقلیه تاب کافی داشته باشند.



شکل ۱-۲ افت و خیز ناشی از تنش‌های فشاری و کششی در روسازی

۱-۴-۴-۲ همواری سطح و تاب لغزشی

از سطحی هموار برای عبور راحت، سریع و مطمئن و در عین حال دارای تاب لغزشی کافی، برخوردار باشند. مقاومت در برابر لغزندگی بخصوص در نقاط حادثه‌خیز نظیر قوسهای تند و نزدیکی تقاطع‌ها و میادین امری ضروری است. برای تامین این ویژگی با اصطکاک لازم می‌توان از مخلوطهای آسفالتی متخلخل و یا دیگر مخلوطهای نظیر برای قشر رویه استفاده کرد.

۱-۴-۴-۳ ناتراوایی (نفوذناپذیری)

بمنظور کاهش نفوذ آب‌های سطحی به لایه‌های روسازی، لازم است مجموعهٔ لایه‌های آسفالتی به اندازه کافی ناتراوا باشند تا نفوذ آب به حداقل برسد.

۱-۴-۴-۴ مقاومت

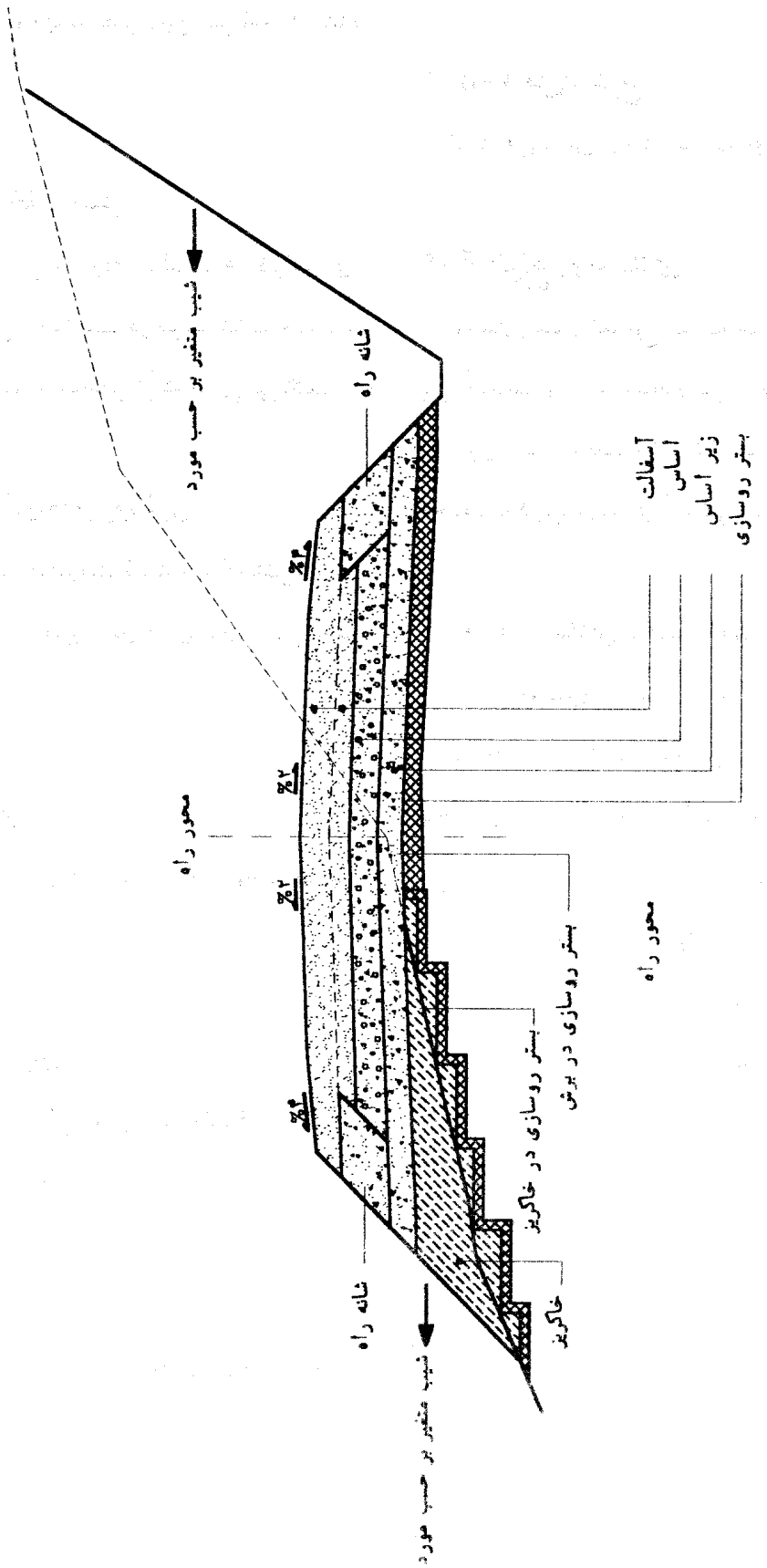
در مقابل هرگونه تغییرشکل بیش از اندازه ناشی از تأثیر ترافیک و عوامل جوی و تغییرات دمای محیط که به شکل نرم‌شدن، فتیله‌شدن، ترک‌خوردن و آسیب‌دیدگی‌های دیگر ظاهر می‌شود، از مقاومت و دوام لازم برخوردار باشند.

۱-۴-۴-۵ نیمرخ روسازی آسفالتی

نیمرخ کلی یک روسازی آسفالتی و اجزاء تشکیل دهنده آن در شکل ۱-۳ نشان داده شده است.

۱-۵ عامل‌های مؤثر در طرح روسازی

روسازی‌ها معمولاً تحت تأثیر عامل‌ها و متغیرهای زیادی قرار دارند. هریک از این عامل‌ها و متغیرها در طرح روسازی و در طول یک راه مقدار ثابتی نبوده و حتی در مواقع مختلف سال نیزمتفاوت‌است. بعنوان مثال حجم مصالح مصرفی در راه‌سازی بسیار زیاد و قابل توجه است و لذا از نظر اقتصادی حمل این مصالح در مسافت‌های زیاد مقرون به صرفه نبوده و موجب می‌شود که در کیفیت وبهینه‌سازی، محدودیت‌هایی ایجاد شود که توجه مهندس طراح به آن اهمیت خاصی دارد.



شکل ۱-۳ نیمرخ یک نمونه روسازی آسفالتی

عوامل مؤثر در طرح روسازی را می‌توان به هفت گروه زیر تقسیم کرد که جزئیات مهم آنها در فصول این آیین‌نامه ارائه شده است.

۱-۵-۱ ویژگی‌های خاک بستر

ویژگی‌های بستر شامل مواردی نظیر نوع، طبقه‌بندی، مقاومت، قابلیت تراوایی، حساسیت در برابر تغییر حجم و یخ‌بندان، نشست و تحکیم، و شاخص تراکم نسبی می‌باشد.

۱-۵-۲ ویژگی‌های لایه‌های روسازی

شامل جنس، کیفیت، مقاومت فشاری و کششی، دوام، تراوایی، زهکشی و پایداری دربرابر دوره‌های یخ‌بندان - ذوب می‌باشد.

۱-۵-۳ شرایط جوی

شامل رطوبت، یخ‌بندان و عمق نفوذ آن، حرارت محیط وتغییرات آن است.

۱-۵-۴ شرایط جغرافیایی

شامل شیب‌های تند طولی مسیر می‌باشد که، معمولاً موجب تغییر شکل قشر رویه می‌گردد.

۱-۵-۵ ترافیک

شامل نوع، وزن، ترکیب و تعداد محورهای وسایل‌نقلیه عبوری می‌باشد.

۱-۵-۶ عمر طرح

عمر طرح که معمولاً بیست سال برای جاده‌های آسفالته در نظر گرفته می‌شود.

۱-۵-۷ هزینه طرح

شامل هزینه‌های مراحل ساخت، بهره‌برداری ونگهداری‌است.

۱-۶ انواع روسازی

روسازی‌ها، از نظر نوع مصالح مصرفی در قشر رویه، شامل بتن، آسفالت و یا مختلط (بتن و آسفالت) می‌باشد. انواع روسازی‌ها به سه دسته زیر تقسیم می‌شود. (این آیین‌نامه محدود به کاربرد روسازی آسفالتی است).

۱-۶-۱ روسازی سخت یا بتنی (بتن سیمانی)

در این روسازی، رویه راه با بتن ساخته می‌شود. قشر بتنی، در شرایطی که خاک بستر روسازی از کیفیت مقاومتی مطلوبی برخوردار بوده و ترافیک، سنگین و یا خیلی سنگین نباشد، می‌تواند روی لایه زیراساس و در غیر این صورت بر روی لایه‌های زیراساس و اساس قرار داده شود.

روسازی بتنی، تاب فشاری و کششی زیاد دارد و بار ترافیک را، بدون تغییر شکل زیاد صفحه بتنی، در سطح گسترده‌تری به خاک بستر منتقل می‌سازد. دال بتنی، در این نوع روسازی، به مرور تغییر شکل می‌دهد و در زیر آن تنش کششی ایجاد می‌شود. اگر تنش کششی از مقاومت کششی بتن زیادتر باشد، بتن می‌شکند و ترک می‌خورد. برای جلوگیری از این امر اینگونه روسازی‌ها بصورت مسلح طرح و اجرا می‌گردند.

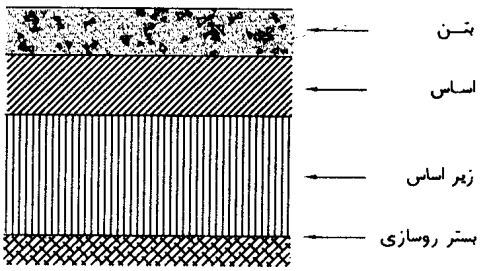
در روسازی‌های سخت، مقاومت و کیفیت قشر بتنی عامل تعیین‌کننده توان باربذیری رویه است و تغییرات مقاومتی خاک بستر، نقش کمتری دارد. شکل ۱-۴ الف مقطع عرضی یک نمونه روسازی سخت را نشان می‌دهد.

۱-۶-۲ روسازی انعطاف‌پذیر یا آسفالتی

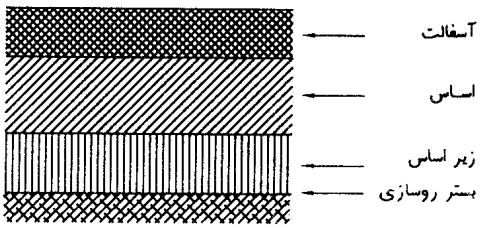
روسازی آسفالتی، تاب برشی مناسبی دارد ولی تاب کششی آن بسیار کم است. بارهای وارده بر روسازی آسفالتی در سطح نسبتاً کوچکتر و با گستردگی کمتری نسبت به روسازی بتنی به خاک بستر منتقل می‌شود. در روسازی آسفالتی، معمولاً از سه نوع مصالح متمایز زیراساس، اساس و آسفالت استفاده می‌شود. مقاومت و کیفیت خاک بستر در پایداری روسازی آسفالتی، نقش تعیین‌کننده را دارد.

روسازی تمام آسفالت نیز یکی از انواع روسازی‌های انعطاف‌پذیر است که در آن فقط از لایه‌های آسفالتی که مستقیماً روی بستر روسازی و یا بستر تقویت شده قرار می‌گیرد، استفاده می‌شود. در این نوع روسازی، مصالح زیراساس و یا اساس کاربردی ندارد. روسازی‌های تمام آسفالت صرفاً برای مناطق مرطوب و با یخبندان زیاد می‌توانند کاربرد داشته باشند.

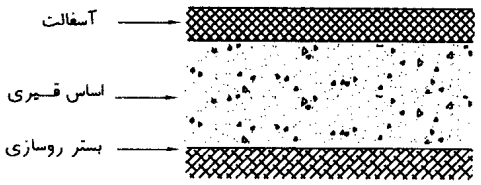
تیپ عرضی روسازی انعطاف‌پذیردرحالت معمولی ویاتمام آسفالت در شکل‌های ۱-۴ ب و ۱-۴ پ نشان داده شده‌است.



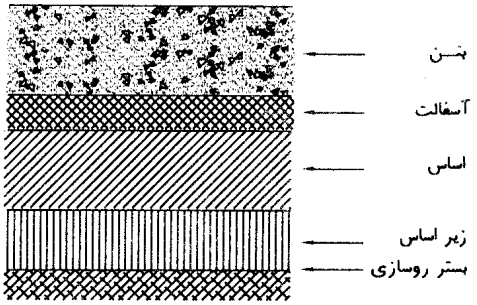
شکل ۱-۴- الف رویه بتنی



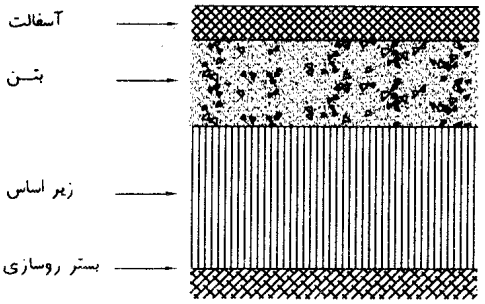
شکل ۱-۴- ب رویه آسفالتی معمولی



شکل ۱-۴-پ رویه تمام آسفالتی



شکل ۱-۴-ت روسازی مختلط با رویه بتنی



شکل ۱-۴-ث روسازی مختلط با رویه آسفالتی

شکل ۱-۴ تیپ‌های مختلف روسازی (بتنی، آسفالتی و مختلط)

۱-۶-۳ روسازی مختلط

روسازی‌هایی که ترکیبی از دو نوع روسازی سخت و قابل انعطاف باشد، روسازی‌های مختلط نامیده می‌شود. به عنوان مثال، در روسازی فرودگاه‌ها که با روسازی سخت و بتنی طرح می‌شود، دال بتنی را معمولاً بر روی قشری از آسفالت (معمولاً اساس قیری) قرار می‌دهند و یا این که رویه‌های سخت و یا قابل انعطاف موجود در راه‌ها و فرودگاه‌ها را به هنگام بهسازی و تقویت، بر حسب مورد و با توجه به شرایط خاص طرح، به ترتیب با رویه قابل انعطاف و یا سخت، روکش می‌نمایند. در واقع در روسازی‌های مختلط و یا ترکیبی، اجزای روسازی از لایه‌های مختلف غیرآسفالتی، آسفالتی و بتنی تشکیل می‌شود.

دو نمونه روسازی مختلط در شکل‌های ۱-۴ ت و ۱-۴ ث نشان داده شده است.

۱-۷ آیین‌نامه‌های بین‌المللی روسازی

مقررات و آیین‌نامه‌های بین‌المللی روسازی راه، برای مراحل طراحی، اجرا، کنترل کیفیت و نگهداری راه، متنوع و گوناگون است. شماری از آنها برای کلیه مراحل بالا و برخی نیز برای یک یا چند مرحله، مشخصات و معیارهای فنی لازم را تدوین کرده‌است، که مشهورترین و معتبرترین آنها بشرح زیر می‌باشد:

۱-۷-۱ استاندارد ای اِس تی اِم (ASTM)

آیین‌نامه‌های فنی و مقررات ساختمانی تدوین‌شده توسط این مؤسسه که سابقه‌ای نزدیک به یک قرن دارد، ویژه مصالح و مواد مصرفی در کلیه صنایع، از جمله صنعت راه‌سازی است. معیارها و ضوابط کلیه مصالح مورد کاربرد در روسازی‌های بتنی، آسفالتی و مختلط شامل لایه‌های غیر آسفالتی، آسفالتی، بتنی و مواد چسباننده آنها نظیر قیر، سیمان، آهک و سایر افزودنی‌های شیمیایی و نیز آزمایش‌های کنترل کیفیت در این استاندارد، طی مجلدات ۰۱-۰۴ الی ۰۴-۰۴ و ۰۸-۰۴ استاندارد ASTM تهیه شده که به طور مرتب تجدید چاپ می‌شود و در صورت لزوم مورد بازنگری قرار می‌گیرد. آیین‌نامه‌های فنی ای اِس تی اِم در گذشته و حال یکی از مراجع اصلی برای روسازی راه‌ها در ایران بوده و استفاده از آن در صنعت راه‌سازی ایران سابقه‌ای طولانی دارد.

۱-۷-۲ راهنما و استانداردهای آشتو (AASHTO)

سابقه مؤسسه آشتو و آیین‌نامه‌های فنی و آزمایشگاهی کنترل کیفیت آن، که ویژه صنعت راه‌سازی است، به بیش از ۸۰ سال می‌رسد و کلیه مراحل طرح، اجرا، کنترل کیفیت، نگهداری و آزمایش‌های مصالح مصرفی در زیرسازی و روسازی را در برمی‌گیرد. اصول و مبانی طرح روسازی راه آشتو که مراحل تدوین مقدماتی آن بعد از آزمایش‌های صحرایی مشهور سال ۵۹-۱۹۵۸ شروع و در سال ۱۹۸۶ نهایی شده و آخرین چاپ تجدیدنظر شده آن در سال ۱۹۹۳ منتشر گردیده، جامع‌ترین آیین‌نامه و مقرراتی است که برای روسازی بتنی و آسفالتی طی دو جلد تهیه گردیده است. سابقه استفاده از آیین‌نامه‌های آشتو در ایران، نه فقط در مورد مشخصات روسازی، که در زمینه مبانی و عناصر هندسی راه به سال ۱۳۳۴ می‌رسد که طی ابلاغیه‌های فنی مشترک وزارت راه و ترابری و سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی وقت صادر شده است.

۱-۷-۳ استاندارد بی اِس (BS)

استاندارد انگلستان (بی اِس)، نظیر آیین‌نامهٔ آشتو ویژه مصالح و مواد مصرفی در صنایع منجمله، برای کلیه مراحل طرح، اجرا، نگهداری و آزمایش‌های کنترل کیفیت، و مصالح

مصرفی در زیرسازی و روسازی و مشخصات فنی آنها تدوین شده است، که مجلدات متعددی را در برمی‌گیرد.

۱-۷-۴ انستیتو آسفالت (Asphalt Institute)

معیارها و ضوابط انستیتو آسفالت عمدتاً ویژه طرح، اجرا، نگهداری و بهسازی روسازی انعطاف پذیر و رویه‌های مختلف آسفالتی است، ضمن آن که برای بهسازی و روکش تقویتی رویه‌های بتنی با آسفالت نیز، مقرراتی را تدوین کرده است.

نشریه MS-۱ انستیتو آسفالت، به طراحی روسازی آسفالتی معمولی و تمام آسفالته، براساس روش تجربی - نظری اختصاص یافته که در مورد مشخصات مصالح مصرفی در این روساری‌ها و آزمایش‌های کنترل کیفیت به ضوابط و آیین‌نامه‌های ای اِس تی اِم و آشتو استناد کرده است.

از ویژگی معیارها و ضوابط تدوین شده توسط این مؤسسه، روش‌های طرح اختلاط آزمایشگاهی مخلوط‌های آسفالت گرم و سرد با قیرهای محلول و قیرابه‌ها و مشخصات فنی و مکانیکی این مخلوط‌ها شامل مقاومت، روانی، فضای خالی و سایر خصوصیات است که در آیین‌نامه‌های معتبر دیگر برای آنها مقرراتی وضع نشده است.

معیارهای آسفالتی انستیتو آسفالت در شمار نخستین مقرراتی هستند که در مشخصات فنی عمومی راه‌های اصلی و آزادراه‌های ایران بکار گرفته شده و سابقه این کاربرد که هم اکنون نیز متداول و جاری است به سال‌های پایانی دهه ۱۳۳۰، یعنی به دوره برنامه دوم راه‌سازی ایران می‌رسد.

۱-۷-۵ استاندارد اِی سی آی (ACI)

آیین‌نامه‌های این مؤسسه ویژه سازه‌ها و ساختمان‌ها و روسازی‌های بتنی برای مرحله طرح و اجرا تدوین شده است که در مورد کیفیت مصالح مصرفی در لایه‌های غیربتنی، بتنی و آزمایش‌های کنترل، استانداردهای اِی اِس تی اِم و آشتو، ملاک ارزیابی قرار می‌گیرد. سابقه عملکرد این موسسه به حدود یک قرن می‌رسد. این آیین‌نامه‌ها سالانه طی پنج جلد تجدید چاپ و یا بازنگری می‌شود. از گروه آیین‌نامه‌هایی که به طرح و اجرای رویه‌های بتنی اختصاص دارند از انجمن سیمان پرتلند نیز می‌توان نام برد.

۱-۸ سایر روش‌های طرح روسازی

بغیر از روش‌های مندرج در آیین‌نامه‌های مذکور، برخی روشهای دیگر که فقط برای طراحی سازه روسازی و تعیین ضخامت اجزای متشکله آن مورد استفاده قرار می‌گیرد، بشرح زیر خلاصه می‌شود:

۱-۸-۱ روش نشانه گروه

این روش بر مبنای نشانه گروه خاک که حاصل یک فرمول تجربی در طبقه‌بندی خاک است، در سال ۱۹۴۵ ارائه شد که زیاد مورد استفاده قرار نگرفت و در شرایط حاضر نیز با افزایش روزافزون تعداد، وزن و سرعت خودروها، این روش را نمی‌توان به عنوان روش دقیق و اصولی برای طرح روسازی توصیه کرد.

۱-۸-۲ روش سی بی آر

طراحی روسازی با روش سی‌بی‌آر از جمله رایج‌ترین روشهای طرح روسازی است که تا دو دهۀ قبل نیز با این که روش‌های نظری - تجربی دقیق‌تر و پیشرفته‌تری برای طراحی بوجود آمده بودند، هنوز هم از آن استفاده می‌شد.

این روش بعد از آن که تکمیل‌تر شد و توسعه یافت برای تعیین مقاومت خاک بستر و سایر لایه‌های روسازی شامل زیراساس و اساس، کاربرد وسیع‌تری یافت. با انتخاب وزن چرخ مبنای طرح یا تعداد ترافیک روزانه و در دست داشتن سی بی آر خاک و مقاومت لایه‌های روسازی منتخب می‌توان ضخامت کل و ضخامت هریک از لایه‌ها را با استفاده از نمودارهای مربوط تعیین کرد. در این روش عوامل مؤثر در ترافیک طرح شامل محورهای با وزن و نوع متفاوت و نیز شرایط جوی منطقه طرح در نظرگرفته نشده است. به این دلیل و به علت وجود نقصان‌های دیگر استفاده از روش طراحی سی بی آر برای طراحی روسازی جاده‌های با اهمیت توصیه نمی‌گردد.

۱-۸-۳ روش موسسه ملی مصالح سنگی شکسته *(NCSA)*

این روش با استفاده از روش سی بی آر تهیه شده و اصول آن برتعیین ضخامت کافی، جهت جلوگیری ازتغییرشکل‌های برشی مکرر در هر لایه استوار است. متغیرها در این روش عبارتنداز:

الف - تعداد ترافیک در خط طرح که در شش گروه DI_1 (معادل پنج محور ساده ۸/۲ تنی هم‌ارز در روز) تا DI_6 (معادل ۳۰۰۰-۹۰۰ محور ساده ۸/۲ تنی هم‌ارز در روز) رده‌بندی می‌گردد.

ب - خاک بستر، با درنظرگرفتن حساسیت آن در مقابل یخ‌بندان به چهارگروه، از F_1 (حساسیت کم) تا F_4 (حساسیت زیاد) تقسیم‌بندی شده و مقاومت آن با سی بی آر تعیین می‌شود.

ج - شاخص‌های تراکم نسبی برای کلیه لایه‌های روسازی و خاک بستر که در طرح تعیین شده است.

با توجه به متغیرهای فوق و استفاده از نمودار مربوطه و سایر معیارهای طرح که توسط گروه مهندسان ایالات متحده و برای ۲۰ سال عمر تهیه شده، ضخامت کل روسازی تعیین و سپس تفکیک آن برای هر یک از لایه‌های روسازی، محاسبه و یا انتخاب می‌شود.

۱-۸-۴ روش شِل *Shell*

این روش در سال ۱۹۶۶ توسط کمپانی نفتی شِل ارائه شد و بعدها در آن تجدید نظر اساسی بعمل آمد. در این روش، روسازی به صورت یک سیستم چندلایه‌ای الاستیک در نظر گرفته شده و متغیرهایی نظیر دمای محیط و خصوصیات مکانیکی مصالح و مواد منتخب در محاسبات منظور می‌شود.

داده‌های مورد نیاز برای طراحی با روش شل، شامل ترافیک بر حسب بارهای محوری ۸/۲ تنی هم‌ارز، دمای متوسط ماهانه محیط طرح، خصوصیات مکانیکی مصالح زیراساس و اساس سنگدانه‌ای و یا تثبیت شده و نیز خاک بستر روسازی، بر حسب مدول الاستیسیته و ضرایب پوآسون مربوطه، ضریب سختی مخلوط آسفالتی، تاب خستگی آسفالت (که در طراحی برای دو محدوده خوب و ضعیف، تعیین گردیده) و درجه نفوذ قیرخالص می‌باشد. در این روش ضمن مراجعه به انواع نمودارهای متفاوت رده‌بندی شده در چهارگروه، منضم به روش طراحی، که عمدتاً از ۳۰۰ نمودار تجاوز می‌کند، می‌توان ضخامت اجزاء متشکله روسازی را تعیین کرد.

۱-۸-۵ روش بِ ثِ اِ اُ اِم *(BCEOM)*

طی سال‌های ۶-۱۳۵۴، موسسه دولتی بِ ثِ اِ اُ اِم فرانسه، در زمینه راه‌سازی و راهداری در ایران، تحقیقاتی برای وزارت راه و ترابری انجام‌داد که نتایج آن در ۳۰ موضوع تحقیقی ارائه گردید. جلدهای ۱، ۲ و ۳ این مجموعه به ترتیب باعناوین راهنمای تعیین ابعاد روسازی راه‌های جدید، مشخصات عمومی مصالح مصرفی در روسازی و تفسیر مشخصات مشروحه در جلدهای ۱ و ۲، که ظاهراً با توجه به شرایط خاص کشور تهیه شده است،

مجدداً در سال ۱۳۵۹، توسط شاخه راه دفترفنی جهاد دانشگاهی مستقر در وزارت راه وترابری بررسی گردید. فشرده این بررسی نشان می‌دهد که، به طور کلی استفاده از این تحقیقات به عنوان استاندارد راه‌های جدید برای شرایط مملکت، غیرعملی و غیراقتصادی و در پاره‌ای موردها فاقد دلایل و مستندات کافی است. این بررسی همچنین شاخص‌های مقاومت سایشی و مکانیکی مصالح لایه‌های روسازی، و نیز ابعاد روسازی پیشنهادی برای راه‌های کم ترافیک و درجه دو را تأیید نمی‌کند.

۱-۹ بررسی آیین‌نامه‌های روسازی در ایران

استفاده از مقررات، معیارها و ضوابط فنی در طرح و اجرای روسازی راه در ایران، از برنامه اول راه‌سازی کشور و از سال‌های میانی دهه ۴۰-۱۳۳۰ آغاز می‌شود که طراحی و نظارت بر اجرای پروژه‌های راه‌سازی برای نخستین بار به مشاورین خارجی واگذار گردید (مهندسین مشاور جان مولم انگلیسی، مهندسین مشاور ککس آلمانی، امان اندویتنی آمریکایی، کامپساکس دانمارکی، ژیکف فرانسوی و...). علاوه بر آیین‌نامه‌ها و مقرراتِ کاملاً متفاوتی که هریک از مشاورین خارجی در قالب مشخصات فنی عمومی و خصوصی، در محورهای مورد قرارداد خود، وضع و اجرا می‌کردند، اسناد و مدارک دیگری که معرف رعایت استانداردها و معیارهای معینی در طرح، اجرا و انتخاب مصالح در پروژه‌های راه‌سازی از دهه ۴۰-۱۳۳۰ تاکنون می‌باشد، وجوددارد. این آیین‌نامه‌ها شامل موردهای زیر است:

۱-۹-۱ ابلاغیه‌های فنی

ابلاغیه‌های فنی مشترک وزارت راه و ترابری و سازمان برنامه و بودجه وقت در مورد طرح و اجرای روسازی راه در دهه ۴۰-۱۳۳۰ بشرح زیر می‌باشد:

۱-۹-۱-۱ ابلاغیه فنی شماره ۱ (سال ۱۳۳۴)

مربوط به دوره طرح روسازی راه و برآورد وسایل نقلیه سنگین و سبک در محاسبات طرح

۱-۹-۱-۲ ابلاغیه فنی شماره ۶ (سال ۱۳۳۴)

موضوع وزن وسایل‌نقلیه و وزن محور منفرد

۱-۹-۱-۳ ابلاغیه فنی شماره ۷ وضمایم آن (سال ۱۳۳۵)

موضوع تعیین ضخامت روسازی راه با روش سی بی آر، بارگذاری با صفحه، روش نفوذ مخروط و شرح چگونگی انجام این آزمایش‌ها

۱-۹-۱-۴ ابلاغیه فنی شماره ۹ (سال ۱۳۳۶)

موضوع ضخامت روسازی بر حسب تغییرات سی‌بی‌آر خاک بستر روسازی، نوع مصالح مصرفی وروش اجرای عملیات

۱-۹-۲ نشریات سازمان مدیریت وبرنامه‌ریزی کشور

معیارهای مصالح مصرفی در زیرسازی و روسازی راه و آزمایش‌های کنترل کیفیت آنها در روش اجرای عملیات، در قالب مشخصات فنی عمومی راه که عمدتاً با استفاده از آیین‌نامه‌های آشتو، اِی اِس تی اِم، بی اس و انستیتو آسفالت، تهیه شده بودند به شرح زیرند:

۱-۹-۲-۱ مشخصات فنی عمومی راه‌های اصلی

نشریه شماره ۳۳ سال ۱۳۵۳، (تجدیدنظر در نخستین مشخصات فنی عمومی که تاریخ انتشار دقیق آن معلوم نیست).

۱-۹-۲-۲ مشخصات فنی عمومی راه‌های فرعی درجه یک و دو

نشریه شماره ۴۸، سال ۱۳۵۴

۱-۹-۲-۳ مشخصات فنی عمومی راه

نشریه شماره ۱۰۱ سال ۱۳۶۴، چاپ آخر سال ۱۳۷۴

۱-۹-۳ آیین‌نامه‌های طرح روسازی

از آیین‌نامه‌های طرح روسازی راه که توسط مشاورین خارجی، یا مشارکت ایرانی - خارجی در پروژه‌های راه‌سازی استفاده شده، سابقه و نشانه‌ای وجودندارد. اما آیین‌نامه‌ها و استانداردهای معتبری راکه همواره مرجع و مأخذ اصلی وزارت راه و ترابری و یا مهندسان مشاور ایرانی در طرح سازه روسازی و محاسبه ضخامت لایه‌ها و یا روکش‌های تقویتی آسفالتی پروژه‌ها بوده‌اند، بشرح زیر می‌توان نام برد:

استفاده از این آیین‌نامه‌ها در طرح سازه روسازی، معمولاً نتایج متفاوتی را از نظر ضخامت کل روسازی نشان می‌دهد، ضمن آن که ضخامت لایه‌های آسفالتی محاسبه شده براساس معیارهای انستیتو آسفالت، همواره بیشتر از سایر آیین‌نامه‌ها است.

۱-۹-۳-۱ نشریه ۱-MS انستیتو آسفالت

از چاپ سال‌های ۱۹۶۴ الی ۱۹۹۱ موضوع طرح روسازی آسفالتی راه‌ها و خیابان‌ها

۱-۹-۳-۲ نشریه ۱۷-MS انستیتو آسفالت

از نخستین چاپ سال ۱۹۶۹ تا آخرین چاپ سال ۱۹۹۶ موضوع روکش آسفالتی و بهسازی

۱-۹-۳-۳ آیین‌نامه موقت طرح روسازی آسفالتی آشتو

چاپ دوره‌ای، از ۱۹۶۱ تا قبل از ۱۹۸۶، در یک جلد و آیین‌نامه نهایی، چاپ ۱۹۸۶ تا ۱۹۹۳ برای راه‌های جدید و روکش‌های تقویتی طی دو جلد که جلد اول آن مربوط به عوامل و عناصر طرح و جلد دوم، تفسیر فصل‌ها و بخش‌های جلد اول را در برمی‌گیرد.

۱-۹-۳-۴ نشریات شماره ۲۹ و ۳۱ آزمایشگاه تحقیقات راه

استاندارد بی اس برای راه‌های جدید، چاپ دوره‌های ۱۹۶۰ تاکنون

۱-۹-۳-۵ آیین‌نامه کالیفرنیا

آیین‌نامه کالیفرنیا با روش ضریب ترافیک که آخرین آن مربوط به چاپ ۱۹۹۵ بوده و مورد استفاده قرار گرفته است.

۱-۱۰ معیارهای طرح روسازی

معیارهای طرح روسازی در این آیین‌نامه بشرح زیر طبقه‌بندی شده‌اند:

۱-۱۰-۱ معیارهای اجباری

معیارهایی است که برای تأمین هدف‌های اصلی طراحی از اولویت خاص برخوردارند و نباید از آنها عدول کرد. این معیارها مانند این بند باحروف درشت‌تر از معمول در متن چاپ شده و در آنها معمولاً از واژه «باید»، «نباید»، «بایستی» یا «نبایستی» استفاده شده است.

۱-۱۰-۲ معیارهای توصیه شده

معیارهایی است که مانند این بند با حروف معمولی چاپ

شده و در آنها معمولاً از واژه «بهتراست» و یا «می‌توان» استفاده شده است. برای عدول از این معیارها تأیید مرجع تصویب‌کننده طرح لازم می‌باشد.

۱-۱۱ اختصارها

اختصارهای مربوط به مراجع استانداردکه در این آیین‌نامه به آن اشاره شده است، بشرح زیر می‌باشد:

آشتو (AASHTO)

انجمن آمریکایی مسئولین ادارات راه و ترابری ایالتی

American Association of State Highway and Transportation Officials

ای سی آی (ACI)

انستیتوی بتن آمریکا American Concrete Institute

ای اِس تی اِم (ASTM)

جامعه آمریکایی آزمایش‌ها و مصالح

American Society of Testing and Materials

انستیتوی آسفالت آمریکا Asphalt Institute

بِ ثِ اِ اُ اِم (BCEOM)

دفتر مرکز مطالعات برای تجهیزات عمرانی برون مرزی

Le Bureau Central d'Etudes Pour Les Equipments d'Outre Mer

بی اِس آی (BSI)

انستیتوی استاندارد بریتانیا British Standard Institution

سی بی آر (CBR)

نسبت باربری کالیفرنیا California Bearing Ratio

دین (DIN)

Deutsches Institute für Normung

آی اس اس آ (ISSA)

انجمن بین‌المللی رویه‌های اسلاری سیل (دوغاب قیری)

International Slurry Surfacing Association

اِن سی اِس اِی (NCSA)

انجمن آمریکایی مصالح سنگی شکسته

National Crushed Stone Association

پی سی اِی (PCA)

انجمن سیمان پرتلند Portland Cement Association

شارپ (SHRP)

برنامه تحقیقات استراتژیک راهها

Strategic Highway Research Program

فصل دوم - بستر روسازی راه

۲-۱ تعریف

بستر روسازی راه، سطح لایه متراکم شده خاکریزها، برش‌ها و یا زمین طبیعی موجود و یا اصلاح شده است. این بستر طبق مشخصات و شرایط زیر آماده شده و اولین قشر روسازی راه روی آن قرار می‌گیرد. بستر روسازی، که نهایتاً پی روسازی راه محسوب می‌شود، کلیه بارهای وارده ناشی از جسم روسازی و وسایل‌نقلیه روی آن را تحمل می‌کند.

۲-۲ آماده‌سازی بستر روسازی راه

بستر روسازی راه، برحسب آن‌که در خاکریزی، خاک‌برداری، برش سنگی و یا زمین طبیعی باشد، بشرح زیر آماده می‌شود:

۲-۲-۱ خاکریزی‌ها

برای آماده‌سازی بستر روسازی راه در خاکریزی دو قشر نهایی خاکریز، هر قشر به ضخامت ۱۵ سانتیمتر، از خاک‌های A-۱ تا A-۷ که در طبقه‌بندی آشتو قرار گرفته‌اند، انتخاب و در تمام عرض راه پخش شود و پس از آب‌پاشی و شیب‌بندی طبق مشخصات این فصل (بند ۲-۴) کوبیده و آماده‌گردد. برای راههای با ترافیک سنگین دو قشر نهایی از نوع خاکهای A-۱ تا A-۳ آشتو انتخاب می‌شود و یا اینکه مصالح موجود با استفاده از مواد تثبیت کننده نظیر آهک و یا سیمان تقویت می‌شود.

۲-۲-۲ خاک‌برداری‌ها

سطح کف برش‌ها که بر اساس نیمرخ‌های عرضی برداشت می‌شود ممکن است در یکی از دو حالت زیر باشد:

۲-۲-۲-۱ برش‌های خاکی

در این گونه برش‌ها، بستر روسازی راه با رعایت بند ۲-۲-۱ برای دو قشر نهایی آماده می‌شود و در صورتیکه لازم باشد اقدام به تعویض مصالح دو قشر نهایی کف ترانشه با استفاده از مصالح مرغوب می‌گردد بطوری که هریک از دو قشر بستر روسازی دارای کیفیت، مقاومت و تراکم لازم طبق مشخصات شود.

۲-۲-۲-۲ برش‌های سنگی

در برش‌های سنگی، معمولاً کف ترانشه‌ها دارای مقاومت کافی می‌باشد، لیکن به دلیل ناهمواری حاصل و غیرقابل نفوذبودن سنگ، بستر راه با انجام یک قشر خاکریز از مصالح منتخب، به ضخامت ۱۵ سانتیمتر و در ترانشه‌های سنگی نامرغوب، مانند مارن یا گچ، با دو لایه خاکریز به ضخامت هر لایه ۱۵ سانتیمتر سطح بستر روسازی راه آماده می‌شود.

بنابراین در برش‌های سنگی، کف ترانشه‌ها حداقل به میزان ۱۵ سانتیمتر، اضافه بر رقوم تعیین‌شده برای پی روسازی، برداشته و با مصالح منتخب خاکریزی، آب‌پاشی و کوبیده می‌شود تا همواری و مقاومت لازم برای سطح بستر روسازی حاصل گردد.

۲-۲-۳ راه‌های موجود

در صورتی که روسازی راه جدید، بر روی سطح روسازی راه موجود قرارگیرد، بشرح زیر عمل می‌شود:

۲-۲-۳-۱ راه‌های شنی یا خاکی

چنانچه سطح راه موجود شنی و یا خاکی باشد این سطح تا عمق ۱۵ سانتیمتر شخم زده می‌شود. اگر مصالح راه موجود، مرغوب باشد، آب‌پاشی و شیب‌بندی و مجدداً طبق مشخصات،

کوبیده می‌شود، تا مقاومت لازم حاصل گردد. اگر مصالح راه موجود مرغوب نباشد، مصالح منتخب به میزان کافی روی سطح شخم زده شده اضافه شده و با مصالح موجود مخلوط و سپس آب‌پاشی، شیب‌بندی و کوبیده می‌شود، تا سطح مورد نظر با مقاومت کافی حاصل گردد.

۲-۲-۳-۲ راه‌های آسفالتی

برای راههای آسفالتی چنانچه بررسی‌های انجام شده نشان دهد که آسفالت موجود قابل استفاده نیست، باید لایه‌های آسفالتی برداشته شده و سطح زیرین راه مانند قسمت بالا آماده گردد و یا اینکه با استفاده از روش‌های بازیافت (فصل سیزدهم) روسازی بازیافت گردد.

۲-۲-۴ تثبیت خاک نامناسب

درمحل‌هایی که خاک مناسب، جهت مصرف دردوقشرنهایی خاکریز، برای آماده‌نمودن بستر روسازی راه، در دسترس نبوده و یا حمل آن مقرون به صرفه نباشد، می‌توان از تثبیت خاک با آهک و یا مواد و ترکیبات شیمیایی دیگر استفاده‌کرد. در این آئین‌نامه کلیه خاکهای گچی، نمکی، نباتی و مصالح حاوی مواد آلی و نیز خاکهائیکه حداکثر وزن مخصوص خشک آنها با روش T۱۸۰ طریقه D آشتو کمتر از ۱/۵۵ تن در مترمکعب باشد در شمار مصالح نامناسب قرار می‌گیرند.

۲-۳ تراکم بستر روسازی راه

تراکم بستر روسازی در صورت نیاز در یک یا دو قشر نهایی در خاکریز یا کف ترانشه، برحسب اینکه مصالح موجود یا مصالح جایگزین دانه‌درشت یا دانه‌ریز باشد، طبق مشخصات مندرج در جدول ۲-۱ انجام می‌شود.

میزان کوبیدگی، براساس روش آشتو اصلاح شده T-۱۸۰ (طریقهٔ D) اندازه‌گیری می‌شود.

در راه‌های فرعی درجه دو، به جای دو لایه ۱۵ سانتیمتری، می‌توان از یک لایه به ضخامت ۲۰ سانتیمتر استفاده نمود.

تراکم لایه‌های مذکور بایستی با مناسب‌ترین رطوبت انجام شود (حدود نوسان رطوبت ٪۲ ± نسبت به رطوبت بهینه می‌باشد). تعیین شاخص تراکم نسبی دو لایه نهایی بستر روسازی تابع طبقه‌بندی خاک مصرفی در این لایه‌ها است که قبل از آزمایش تراکم، مشخص می‌شود.

جدول ۲-۱ درصد تراکم بستر روسازی در دو لایه نهایی خاکریزی و خاکبرداری بستر روسازی راه

نوع راه	میزان تراکم لایه‌ها	
	خاک‌درشت‌دانه A۱ تا A۳	خاک‌ریزدانه A۴ تا A۷
آزادراه‌ها، بزرگراه‌ها و راه‌های اصلی‌وفرعی‌درجه یک	۱۰۰	۹۵
راه‌های فرعی درجه دو و راههای روستائی	۹۵	۹۰

۲-۴ مقاومت خاک بستر روسازی راه

مقاومت خاک بر حسب سی‌بی‌آر آزمایشگاهی و یا ضریب برجهندگی تعیین می‌گردد که رابطه تبدیل آنهابیکدیگر در فصل یازدهم نشان داده شده است.

اندازه‌گیری سی‌بی‌آر در رطوبت بهینه، یا اشباع و یا در هر شرایط دیگر به وضعیت جوی - اقلیمی محل پروژه بستگی دارد که برابر گزارش توجیهی و فنی مشاور و تصویب کارفرما تعیین می‌شود.

در این آیین‌نامه معیار مقاومت و یا تحمل باربری خاک برحسب سی بی آر اشباع معادل سی‌بی‌آر نظیر در ۹۵ درصد تراکم برای خاکهای درشت دانه و ۹۰ درصد برای خاکهای ریزدانه، طبق روش ASTM-D۱۸۸۳ و با تراکم D۱۵۵۷ تعیین می‌گردد. مقاومت خاک بستر برحسب ضریب برجهندگی با روش آشتو T۳۰۷ اندازه‌گیری می‌شود.

۲-۵ نمونه‌گیری برای تعیین سی‌بی‌آر آزمایشگاهی

محل نمونه‌گیری برای آزمایش سی‌بی‌آر به طور اتفاقی

تعیین می‌گردد. این محل‌ها در نقاط چپ محور، حوالی محور، راست محور و به فواصل نامشخص در عرض و طول راه تعیین می‌گردد. معمولاً نقاطی که از نظر جنس و مقاومت، متفاوت بنظر می‌رسد نیز برای انجام آزمایش به نقاط مذکور اضافه می‌شود. **نمونه‌ها باید معرف حداقل ۶۰ سانتی‌متر از خاک لایه زیر بستر روسازی باشد.**

۲-۶ قطعه طرح و تعداد آزمایش سی‌بی‌آر

قطعه طرح، قسمتی از طول راه است که تقریباً دارای شرایط مشابهی ازنظرجنس خاک، وضعیت منطقه، اوضاع جوی، ارتفاع منطقه و شدت ترافیک بوده و تغییرات فاحشی در طول قطعه مشاهده نمی‌شود. در یک قطعه برحسب شرایط و نوع و اهمیت راه فواصل نمونه‌گیری معمولاً بین ۵۰۰ تا ۲۰۰۰ متر، با توجه به محل‌های مذکور دربند ۲-۵، تعیین می‌شود. در شرایط استثنایی فواصل نمونه‌گیری می‌تواند از ارقام مذکورکمتر و یا بیشترباشد.

۲-۷ تعیین سی‌بی‌آر طرح

در هر قطعه طرح از بین اعداد مختلف بدست آمده برای سی‌بی‌آر عددی به عنوان سی‌بی‌آر طرح انتخاب می‌شود. انتخاب این عدد، به میزان ترافیک راه بستگی دارد.

عدد سی بی آر طرح عددی است که برحسب میزان ترافیک، سبک، متوسط، سنگین، به ترتیب مقادیر نظیر ۶۰، ۷۵ و ۸۷/۵ درصد سی‌بی‌آر نمونه‌های آزمایش‌شده در قطعه طرح را شامل می‌شود.

میزان ترافیک، بر حسب تعداد محور منفرد هم‌ارز استاندارد، که در فصل دهم (ترافیک) شرح داده شده‌است تعیین و به ESAL نشان داده می‌شود. نتایج به دست آمده از میزان درصد سی‌بی‌آرهای مساوی یا بیشتر، در رابطه با میزان ترافیک در جدول ۲-۲ نشان داده شده است.

بدیهی است برای هر قطعه طرح، سی‌بی‌آر طرح با قطعات مجاور متفاوت بوده و لذا ضخامت روسازی آن نیز جداگانه محاسبه می‌شود.

جدول ۲-۲ درصدهای تعیین سی‌بی‌آر طرح بر حسب میزان ترافیک (۱)

تعداد محور منفرد هم‌ارز استاندارد (ESAL)	در صد سی‌بی‌آر مساوی یا بیشتر
10^4 و کمتر	۶۰
10^4 - 10^6	۷۵
بیش از 10^6	۸۷/۵

(۱) مأخذ: انستیتو آسفالت (نشریه MS-1)

برای انتخاب سی‌بی‌آر به ترتیب زیر عمل می‌شود:

الف - پس از آن که نتایج سی‌بی‌آر دریک قطعه طرح اعلام‌شد، آنهارابترتیب ازکوچکتربه بزرگتر،درستون اول ردیف‌می‌کنند.

ب - در ستون دوم، تعداد نتایج آزمایش‌های مساوی و یا بزرگتر نوشته می‌شود.

پ - در ستون سوم، درصد تعداد آزمایش‌های مساوی و یا بزرگتر درج می‌گردد.

پس ازتنظیم‌جدول‌مذکور،نموداری‌بطریق‌زیرترسیم‌می‌شود:

در محور افقی، درصد سی‌بی‌آرهای مندرج در ستون اول جدول مذکور و در محور قائم، درصدهای مساوی و یا بیشتر تعداد آزمایش‌های انجام‌شده مندرج درستون سوم جدول مذکور با نقطه نشان داده می‌شود. از اتصال این نقاط به یکدیگر، معمولاً منحنی شبیه به حرف S حاصل می‌گردد.

از روی منحنی مذکور و با توجه به درصدهای ۶۰ و ۷۵ و ۸۷/۵ مندرج در جدول ۲-۲ مقدار عددی سی‌بی‌آر طرح، برای

ترافیک مورد نظر، قرائت می‌گردد.

مثال:

با فرض آنکه در یک قطعه راه که باید طراحی شود تعداد ۸ آزمایش سی‌بی‌آر انجام شده و نتایج بشرح زیر باشد:

۱۰ و ۸ و ۴ و ۲ و ۳ و ۶ و ۴ و ۵

برای تعیین سی‌بی‌آر طرح ابتدا جدول ۲-۳ تنظیم و سپس باتوجه به ارقام این جدول منحنی شکل ۲-۱ ترسیم می‌شود.

۲-۸ کنترل سطح بستر روسازی راه

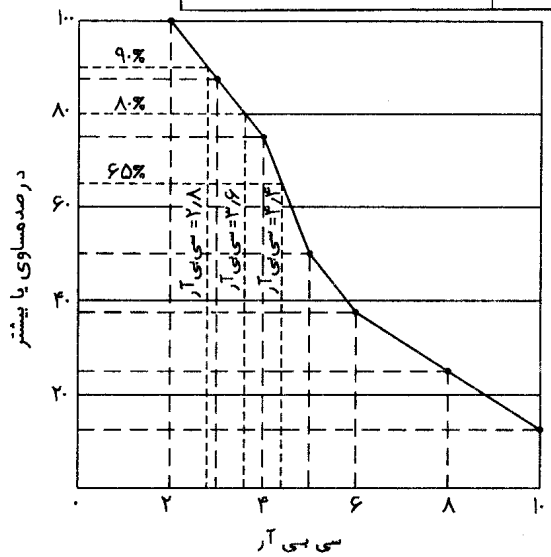
سطح آماده شده بستر روسازی راه باید با شیب‌های طولی و عرضی نقشه‌های اجرایی مطابقت داشته باشد.

اختلاف رقوم بستر روسازی با رقوم نظیر در نقشه‌های اجرایی نباید از ۲۵ میلیمتر تجاوز کند.

هرگاه یک شمشه ۴ متری در جهات مختلف روی سطح نیم عرض راه قرار داده شود ناهمواری‌های آن نباید از ۲۰ میلیمتر تجاوز کند.

جدول ۲-۳ جدول توزیع نتایج آزمایش سی‌بی‌آر

(۱) مقادیر سی‌بی‌آر بدست آمده	(۲) تعداد مساوی یا بیشتر	(۳) درصد مساوی یا بیشتر
۲	۸	(۸ ÷ ۸) × ۱۰۰ = ۱۰۰
۳	۷	(۷ ÷ ۸) × ۱۰۰ = ۸۷/۵
۴	۶	(۶ ÷ ۸) × ۱۰۰ = ۷۵
۴	–	–
۵	۴	(۴ ÷ ۸) × ۱۰۰ = ۵۰
۶	۳	(۳ ÷ ۸) × ۱۰۰ = ۳۷/۵
۸	۲	(۲ ÷ ۸) × ۱۰۰ = ۲۵
۱۰	۱	(۱ ÷ ۸) × ۱۰۰ = ۱۲/۵



شکل ۲-۱ منحنی توزیع نتایج آزمایش سی‌بی‌آر براساس جدول ۲-۳

پس از آن از روی منحنی مذکور سی‌بی‌آر طرح برای محورهای هر یک از گروه‌های عبوری بشرح جدول ۲-۴ انتخاب می‌گردد

جدول ۲-۴ تعیین سی‌بی‌آر طرح برحسب میزان رفت و آمد و شکل ۲-۱

میزان ترافیک	سی‌بی‌آر نمودار	سی‌بی‌آر طرح
10^4 و کمتر	۴/۳	۴
بین 10^4 و 10^6	۳/۶	۳/۵
بیش از 10^6	۲/۸	۳

فصل سوم - زیراساس

۳-۱ تعریف

زیراساس معمولاً اولین قشر است که روی بستر آماده شدهٔ روسازی راه قرار می‌گیرد. این قشر با مشخصات و ضخامت معین، در تمام عرض بستر روسازی پخش و کوبیده می‌شود.

۳-۲ عملکرد زیراساس در روسازی

عملکرد زیراساس درروسازی، بطورخلاصه بشرح زیراست.

۳-۲-۱ تعدیل فشارهای وارده

فشارهای وارده از قشرهای بالای روسازی به وسیلهٔ این قشر تعدیل و به بستر راه منتقل می‌گردد، به طوری که تنش‌های ایجادشده سبب نشست و یا تغییر شکل غیرمجاز بستر نشود. با تغییر ضخامت زیراساس می‌توان فشار وارده بر سطح بستر روسازی راه را تنظیم کرد.

۳-۲-۲ خاصیت تراوایی

قشر زیراساس باید بتواند آب‌های سطحی و یا آب‌های نفوذی شانه‌ی راه و یا آب‌های تراوشی را به نهرهای خارج جسم راه هدایت کند. برای تأمین این ویژگی لازم است دانه‌بندی مصالح قشر زیراساس با دانه‌بندی‌های جدول ۳-۱ منطبق باشد.

۳-۲-۳ تقلیل ضخامت قشر اساس

استفاده از مصالح زیراساس موجب تقلیل ضخامت روسازی و صرفه‌جویی در لایه‌های اساس و لایه‌های آسفالتی که مرغوبتر و گرانتر هستند می‌شود.

۳-۲-۴ کاهش اثر یخبندان

با افزایش ضخامت زیراساس، که مصالح آن در برابر یخ‌بندان حساسیت نداشته باشد، می‌توان عمق‌لایه مقاوم درمقابل یخ‌بندان را افزایش داد.

۳-۳ انواع زیراساس

انواع متداول زیراساس بشرح زیر است:

۳-۳-۱ زیراساس با شن و ماسه رودخانه‌ای

زیراساس معمولاً از شن و ماسه بستر رودخانه‌ها، مسیل‌های قدیمی، تپه‌های شن و ماسه‌ای یا واریزه‌ها و سایر معادن به دست می‌آید. **چنانچه این مصالح دانه‌های درشت‌تر از حد مشخصات داشته باشد، بایستی آنها را به وسیلهٔ سرندهای مکانیکی سرند نموده و دانه‌بندی مناسب برای مصرف در قشر زیراساس را تأمین کرد.**

۳-۳-۲ زیراساس از سنگ شکسته کوهی یا قلوه سنگ شکسته

سنگ‌های استخراج شده از معادن سنگ و یا قلوه سنگ‌های درشت طبیعی می‌تواند در سنگ‌شکن شکسته و سپس سرند شده و پس از اختلاط با سایر مصالح، در قشر زیراساس بکاررود.

۳-۳-۳ زیراساس تثبیت شده

در محل‌هایی که مخلوط شن و ماسه رودخانه‌ای و یا سنگ شکسته کوهی طبق مشخصات در دسترس نباشد، می‌توان با اضافه‌کردن مواد تثبیت‌کننده مانند سیمان و آهک و یا قیر آن را پایدار کرد. در زمینهایی که آلوده به مواد مضرّی هستند که روی سیمان اثر مخرب می‌گذارند و در جاهایی‌که احتمال رشد و

روییدن گیاهان وجود دارد، از زیراساس آهکی، می‌توان استفاده کرد. زیراساس آهکی که در این فصل تشریح شده است،در پایدارنمودن پی راه‌ها، بزرگراه‌ها، خیابان‌ها، مسیرهای راه‌آهن، پارکینگها وغیره کاربرد دارد.

۳-۴ مشخصات فنی زیراساس

۳-۴-۱ زیراساس رودخانه‌ای و سنگی

مصالح زیراساس از شن و ماسهٔ طبیعی و یا سنگ شکسته باید دارای مشخصات زیر باشد:

۳-۴-۱-۱ دانه‌بندی

دانه‌بندی مصالح زیراساس باتوجه به شرایط محلی باید با یکی از دانه‌بندی‌های I تا V مندرج درجدول ۳-۱ مطابقت داشته‌باشد.

۳-۴-۱-۲ سایر مشخصات

سایر مشخصات مصالح زیراساس باید با حدود مقادیر مندرج در جدول ۳-۲ مطابقت داشته باشد.

جدول ۳-۱ دانه‌بندی مصالح زیراساس شنی و یا سنگی

نوع دانه‌بندی / اندازه الک	درصد وزنی ردشده از هر الک				
	I	II	III	IV	V
۵۰ میلیمتر (۲ اینچ)	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	–	–
۳۷/۵ میلیمتر (۱/۵ اینچ)	–	۹۰-۱۰۰	–	۱۰۰	–
۲۵ میلیمتر (۱ اینچ)	–	۷۵-۹۰	۷۵-۹۵	۹۰-۱۰۰	۱۰۰
۹/۵ میلیمتر ($\frac{۳}{۸}$ اینچ)	۳۰-۶۵	۴۰-۷۰	۴۰-۷۵	۵۵-۸۰	۵۰-۸۵
۴/۷۵ میلیمتر (شماره ۴)	۲۵-۵۵	۳۰-۶۰	۳۰-۶۰	۴۰-۶۰	۳۵-۶۵
۲ میلیمتر (شماره ۱۰)	۱۵-۴۰	۲۰-۵۰	۲۰-۴۵	۲۸-۴۸	۲۵-۵۰
۰/۴۲۵ میلیمتر (شماره ۴۰)	۸-۲۰	۱۰-۳۰	۱۵-۳۰	۱۴-۲۸	۱۵-۳۰
۰/۰۷۵ میلیمتر(شماره ۲۰۰)(۱)	۲-۸	۰-۱۲	۵-۱۲	۵-۱۲	۵-۱۲

(۱) برای کاهش حساسیت مصالح زیراساس در مقابل یخبندان، می‌توان به تشخیص دستگاه نظارت، درصد مواد ردشده از الک ۲۰۰ را کاهش داد و برای اطمینان بیشتر لازم است درصد مواد ریزتر از ۲۰ میکرون نیز از ٪۳ تجاوز نکند ضمناً" مقدار وزنی مواد رد شده از الک ۲۰۰ نباید از $\frac{۲}{۳}$ مقدار وزنی رد شده از الک ۴۰ بیشتر باشد.

جدول ۳-۲ مشخصات مصالح زیراساس

ردیف	شرح	حد مشخصات	روش‌های آزمایش	
			آشتو	ای اِس تی اِم
۱	نشانهٔ خمیری	حداکثر ۶	T۹۰	D۴۳۱۸
۲	حد روانی	حداکثر ۲۵	T۸۹	D۴۳۱۸
۳	ارزش ماسه‌ای (پس از کوبیدگی)	حداقل ۳۰	T۱۷۶	D۲۴۱۹
۴	درصد سایش باروش‌لوُس آنجلس	حداکثر ۵۰	T۹۶	C۱۳۱
۵	سی‌بی‌آر در تراکم ۱۰۰درصد آزمایشگاهی	حداقل ۲۵	--	D۱۸۸۳(۱)
۶	درصد افت وزنی با سولفات سدیم در ۵ سیکل	حداکثر ۱۲	T۱۰۴	C۸۸

(۱) با تراکم به روش ASTM D۱۵۵۷ ورعایت بند۲-۴ از فصل دوم برای تعیین سی‌بی آر در رطوبت بهینه یا اشباع

۳-۴-۲ زیراساس آهکی

زیراساس آهکی از اختلاط خاک محل و یا خاک قرضه با آهک وآب، به مقدار معین، حاصل می‌شود. افزودن آهک به خاک و یا مصالح بستر روسازی راه به منظور اصلاح خواص فیزیکی و مقاومتی آن انجام می‌گردد. این عمل موجب افزایش قابلیت باربری و مقاومت خاک، کاهش حد روانی و نشانهٔ خمیری خاک‌های رس‌دار می‌شود. اختلاط آهک سبب تقلیل تغییر حجم خاک، افزایش تراکم ذرات خاک رس، افزایش دوام آن در برابر تکرار دوره‌های یخبندان - ذوب یخ و بالاخره تغییر در طبقه‌بندی خاک می‌گردد. این تغییرات به علت ترکیب دوغاب آهک با رس و تشکیل سیلیکات و آلومینات کلسیم است که سبب چسباندن دانه‌های خاک به یکدیگر (واکنش پوزولانی) می‌شود.

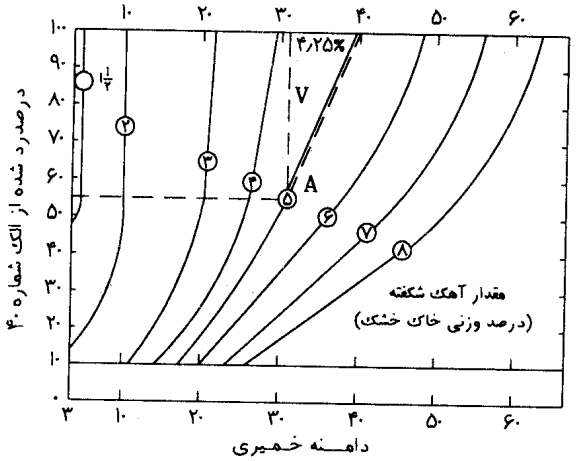
افزایش مقاومت خاک و آهک تدریجی بوده و با توجه به شرایط جوی، مدت زمانی به طول می‌انجامد و به همین مناسبت استفاده از زیراساس آهکی در مناطق گرم نتیجهٔ مطلوب‌تری می‌دهد. درصد آهک مصرفی بهینه با روش‌ها و آزمایش‌های زیر تعیین می‌شود. **انتخاب روش برحسب شرایط با انتخاب مهندسین مشاور پروژه انجام شده که شرح کامل آن باید در مشخصات فنی - خصوصی قید شود.**

۳-۴-۲-۱ روش آشتو

دراین روش خاک آماده شده برای اختلاط را دانه‌بندی نموده و نشانهٔ خمیری آن را تعیین می‌کنند، سپس با توجه به درصد مصالح ردشده از الک شماره ۴۰ و نشانهٔ خمیری خاک، درصد آهک نسبت به وزن خشک مصالح از شکل ۳-۱ بدست می‌آید.

مثال:

اگر درصد مصالح ردشده از الک شماره ۴۰ برابر ۵۵ درصد و نشانهٔ خمیری ۴۰ باشد از نقطه مربوط به ٪۵۵ خطی افقی ترسیم می‌کنند تا منحنی ترسیم شده برای نشانهٔ خمیری ۴۰ را در نقطه (A) قطع کند. از نقطه (A) خط قائم (V) را رسم می‌کنیم، سپس درصد آهک را در حد فاصل منحنی‌های ۴ و ۵ حدود ۴/۲۵ درصد می‌خوانیم.



شکل ۳-۱ نمودار آشتو برای تعیین درصد آهک

۳-۴-۲-۲ استفاده از آزمایش سی‌بی‌آر

دراین روش ابتدا خاک را با آهک خوب مخلوط کرده طوری که رنگ آن یکنواخت شود. سپس به مقدار مناسب، آب اضافه نموده و خوب مخلوط می‌کنند. مخلوط حاصل را تحت آزمایش سی‌بی‌آر قرار می‌دهند. این عمل با درصدهای مختلف آهک تکرار شده و منحنی تغییر سی‌بی‌آر را برحسب درصد آهک ترسیم می‌کنند.

از روی منحنی بدست آمده درصد آهک مربوط به سی‌بی‌آر موردنظر تعیین می‌شود. حداقل سی‌بی‌آر قابل قبول برای زیراساس آهکی ۲۵ درصد می‌باشد.

۳-۴-۲-۳ استفاده از آزمایش مقاومت فشاری

دراین طریق خاک را با آهک خوب مخلوط می‌کنند. سپس به مقدار مناسب آب اضافه نموده و براساس آزمایش آشتو

اصلاح‌شده (آشتو T-۱۸۰) مخلوط را کوبیده و متراکم می‌کنند.

این نمونه‌ها را با درصدهای مختلف آهک آماده نموده و آنها را تحت آزمایش فشاری تک محوری قرار می‌دهند. پس از به دست‌آوردن نتایج آزمایش، منحنی تغییرات مقاومت فشاری برحسب تغییرات درصد آهک ترسیم می‌گردد. ازمنحنی حاصل میزان درصد آهک برای مقاومت مورد نظر به دست می‌آید. مقاومت فشاری برای قشر زیراساس تثبیت شده با آهک به کل ضخامت لایه‌های روسازی روی قشر زیراساس بستگی دارد که باید در مشخصات فنی خصوصی طرح قید شود.

۳-۴-۲-۴ استفاده از روش نشانهٔ خمیری

در این روش خاک با آهک و آب خوب مخلوط می‌شود، به طوری که مخلوط رنگ یکنواختی پیداکند. سپس حد روانی و نشانهٔ خمیری مخلوط تعیین می‌شود. این آزمایش با درصدهای مختلف آهک تکرار می‌گردد. سپس منحنی تغییرات حد روانی و نشانهٔ خمیری برحسب درصدهای مختلف آهک مصرفی رسم شده و درصد آهک بهینه از روی منحنی‌های مذکور، نسبت به وزن مصالح خشک، برای نشانهٔ خمیری یا حد روانی مورد نظر به دست می‌آید.

۳-۵ اجرای انواع زیراساس

۳-۵-۱ اجرای زیراساس با شن و ماسهٔ طبیعی و سنگ شکسته

پس از انتخاب معدن شن و ماسه، ابتدا دانه‌بندی مصالح مطابق روش آشتو T۲۷ تعیین می‌گردد. چنانچه دانه‌های درشت‌تر از حد مشخصات وجود داشته باشد، قبل از حمل با سرند مکانیکی آنها را جدا می‌کنند، به طوری که مصالح سرند شده به طور هم‌آهنگ با حدود حداکثر و حداقل، در داخل محدوده یکی از دانه‌بندی‌های تعیین شده در جدول ۳-۱ قرارگیرد. سپس سایر آزمایش‌های مندرج در جدول ۳-۲ نیز انجام می‌گیرد. چنانچه نتایج در حد مشخصات باشد، مصالح حمل و روی بستر روسازی آماده شده راه ریسه می‌شود.

قبل از ریسه‌نمودن مصالح، سطح بستر روسازی بایستی براساس شیب‌های طولی و عرضی مندرج در نقشه‌ها تنظیم شده و ارقام نقاط مختلف آن با ارقام نظیر در نقشه‌ها با اختلاف حداکثر ۲ ± سانتیمتر مطابقت داشته باشد.

میزان مصالح ریسه‌شده روی سطح بستر روسازی متناسب با عرض بستر و ضخامت و میزان تراکم قشر زیراساس در هر مورد محاسبه خواهدشد. مصالح ریسه‌شده روی بستر روسازی راه که دارای مشخصات لازم باشد، با توجه به کم‌شدن حجم در اثر تراکم، به ضخامتی حدود ۲۵ تا ۳۰ درصد بیش از ضخامت تئوریک تعیین‌شده در مشخصات پخش می‌گردد. سپس با تانکرهای آب‌پاش روی مصالح پخش‌شده آب‌پاشی می‌شود. **مقدار آب‌پاشی باید متناسب با رطوبت بهینه برای کوبیدن مصالح باشد که طبق روش آشتو T۱۸۰ - طریقهٔ D تعیین می‌شود.** حداکثر ضخامت کوبیده شده زیراساس ۲۰ سانتیمتر می‌باشد . در صورتیکه ضخامت کل زیراساس از ۲۰ سانتیمتر تجاوز نماید، مصالح در ۲ و یا چند لایه پخش می‌شود

۳-۵-۱-۱ کوبیدن قشرزیراساس

کوبیدن قشر زیراساس از طرفین محور راه با استفاد از غلتکهای چرخ فولادی استاتیک و یا غلتکهای چرخ لاستیکی به وزن حدود ۱۲ تن شروع می‌شود، ضمن آنکه جهت تسهیل کوبیدگی، می‌توان از غلتک‌های لرزشی (ویبره) و یا غلتک‌های کششی - لرزشی نیز استفاده کرد. **وزن غلتک باید طوری باشد**

که سنگدانه‌ها زیر چرخ غلتک شکسته نشود. عملیات غلتک‌زنی و کوبیدن قشر زیراساس در قوس‌هایی که دارای شیب یک‌طرفه (بربلندی) می‌باشد، از داخل قوس شروع شده و به طرف خارج قوس ادامه می‌یابد.

قبل از اتمام کوبیدگی، سطح زیراساس مجدداً ترازیابی شده و ارقام نقاط با ارقام نقاط نظیر در نقشه‌های نیمرخ طولی و نیمرخ‌های عرضی مطابقت داده می‌شود. چنانچه اختلاف نهایی حداکثر ۲ ± سانتیمتر باشد کوبیدگی ادامه‌می‌یابد، در غیر این صورت مصالح اضافی تراشیده شده و در نقاطی که مصالح کم می‌باشد پخش می‌شود. نهایتاً کسری مصالح به آن اضافه و با آن مخلوط شده و کوبیدگی تا حصول نتیجه ادامه می‌یابد.

تراکم نسبی لایهٔ زیراساس، با آزمایش آشتو T191، باید برابر صددرصد وزن مخصوص خشک مصالحی باشد که در آزمایشگاه با روش آشتو اصلاح شده (آشتو T180 - طریقه D) بدست می‌آید.

۳-۵-۲ اجرای زیراساس آهکی

اجرای زیراساس آهکی شامل: کنترل بستر روسازی، آماده‌کردن خاک، تهیه و پخش آهک، اختلاط و آب‌پاشی، کوبیدن و تسطیح نهایی بشرح زیر می‌باشد:

۳-۵-۲-۱ کنترل سطح بستر روسازی راه

قبل از اجرای قشر زیراساس آهکی، باید شیب‌های طولی و عرضی و شکل مقطع عرضی راه به وسیلهٔ عملیات نقشه‌برداری کنترل شود. نتایج نقشه‌برداری و کوبیدگی بستر باید مورد تأیید دستگاه نظارت قرارگیرد.

۳-۵-۲-۲ آماده‌کردن خاک

خاک‌ها را از نظر میزان واکنش با آهک می‌توان به دو گروه تقسیم‌کرد: خاک‌های با واکنش و خاک‌های بدون واکنش باآهک.

خاک‌های واکنش‌زا با آهک، خاک‌هایی هستند که پس از تثبیت با آهک و گذشت ۲۸ روز در گرمای ۲۰ درجه سانتیگراد، افزایش مقاومت فشاری آنها نسبت به مقاومت فشاری خاک تثبیت نشده بیش از ۳/۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع شود، درغیراین صورت بدون واکنش تلقی می‌شوند. **خاک مورد مصرف باید عاری از هر نوع مواد آلی، لجنی و نباتی بوده و دانه‌های درشت‌تر از ۶۳ میلیمتر نداشته باشد. قبل از حمل و پخش خاک روی بستر روسازی باید طبقه‌بندی، حدروانی و نشانهٔ خمیری آن براساس آزمایش‌های آشتو (T89 و T90) تعیین شده باشد.**

۳-۵-۲-۳ آماده‌کردن آهک

آهک از منابع تعیین شده در دفترچهٔ مشخصات فنی و خصوصی تهیه می‌شود که به صورت آهک شکفته، آهک زنده و دوغاب آهک می‌تواند باشد. انتخاب نوع آهک با توجه به شرایط پروژه توسط دستگاه نظارت صورت می‌گیرد. **مشخصات آهک مصرفی باید با مشخصات مندرج در استاندارد آشتو (M216) مطابقت داشته باشد.** نمونه‌گیری و آزمایش‌های آهک براساس روش‌های آشتو T218 و T219 انجام می‌گردد.

الف - آهک شکفته

پخش آهک شکفته به وسیلهٔ کامیون‌های کمپرسی و یا ماشین‌های مخصوص پخش آهک انجام می‌شود. با اطلاع از وزن دقیق مقدار آهکی که در کامیون حمل می‌شود و با توجه به درصد مصرف آهک در مخلوط، که توسط آزمایشگاه تعیین شده است، طول و عرض قسمتی از راه که این مقدار آهک باید روی

آن پخش شود مشخص می‌گردد.

درماشین‌های مخصوص پخش آهک، سرعت‌ماشین و میزان گردش محور پخش‌کن، براساس میزان آهک‌مصرفی تعیین می‌شود.

از پخش آهک خشک هنگامی که باد می‌وزد باید خودداری نمود، زیرا علاوه براینکه مقداری از آهک از بین می‌رود، مورد اعتراض ساکنان و یا موجب خسارت به اراضی کشاورزی مجاور می‌شود. پخش آهک باید به طور یکنواخت انجام شود. لازم است میزان آهک پخش‌شده با میزان آهک مندرج در نقشه‌ها بیش از ٪۵± اختلاف نداشته باشد. هنگام پخش آهک درجه حرارت هوا نبایستی از ۵ درجه سانتیگراد کمتر باشد. پخش آهک روی سطح راه یخزده مجاز نمی‌باشد.

ب - آهک زنده

نگهداری آهک زنده بیش از ۱۰ روز مجاز نبوده و نباید به شکل دوغاب مصرف شود (مگر در حالت‌های استثنایی). هنگام مصرف آهک زنده باید احتیاط لازم برای کارگران انجام‌گردد، از جمله، جلوگیری از سوختگی که ممکن است به علت ایجاد حرارت زیاد ناشی از ترکیب آب و آهک حادث شود.

آنچه در مورد پخش آهک شکفته گفته شد، در مورد پخش آهک زنده نیز باید رعایت شود.

پ - دوغاب آهک

دوغاب آهک از اختلاط آهک شکفته و آب به دست می‌آید. این عمل ممکن است در یک مخزن ثابت و یا در تانکر آب‌پاش انجام شود. میزان اختلاط آهک و آب به مقدار درصد آهک مورد نظر، جنس و رطوبت طبیعی خاک و میزان رطوبت هوا بستگی دارد. **در موردهایی که رطوبت خاک، رطوبت بهینه است ولی هوا گرم و خشک است، مقدار آب باید ۳ تا ۴ درصد بیشتر از حد تعیین شده باشد تا پس از تبخیر به میزان مورد نظر برسد.**

میزان اختلاط آهک و آب برحسب شرایط و مشخصات آب و هوایی و محلی بین ۳۰۰ تا ۵۵۰ کیلوگرم آهک در هر مترمکعب آب خواهد بود. نمونه متعارف آن یک تن آهک و ۲۲۰۰ لیتر آب می‌باشد.

برای جلوگیری از ته‌نشین‌شدن آهک در محلول دوغاب آهک، باید دوغاب مرتباً در مخزن بهم زده شود. در مواقعی که هوا سرد است دقت کافی باید مبذول گردد تا دوغاب آهک بیش از حد تعیین شده پخش نشود، زیرا این امر رطوبت خاک را زیاد می‌کند و برگشت به رطوبت بهینه بسیار کند خواهدبود.

پخش دوغاب آهک در هوای با درجه حرارت کمتر از ۵ درجه‌سانتیگراد در سایه وهمچنین درهوای بارانی مجازنمی‌باشد.

۳-۵-۲-۴ *اختلاط و آب‌پاشی*

اختلاط آهک با خاک و آب‌پاشی به یکی از دو روش زیر صورت می‌گیرد:

الف - روش خشک

اختلاط آهک با خاک می‌تواند روی سطح بستر راه و یا در خارج از آن انجام شود. عمل اختلاط می‌تواند بصورت اختلاط در محل توسط ماشین‌هایی نظیر گریدر، ماشین‌های مخلوط‌کن و یا دستگاههای مخصوص تثبیت خاک بصورت درجا انجام گیرد. یا اینکه به وسیلهٔ یک کارخانه مرکزی که برای تثبیت خاک با آهک و آب آماده شده‌است، مواد به طور یکنواخت باهم مخلوط شده و سپس به روی راه حمل و پخش گردد. در مواقعی که مخلوط روی سطح بستر راه تهیه می‌شود، ابتدا خاک منتخب

یا مصالح در فواصل معین و حساب شده ریسه شده، سپس با تیغه گریدر در ضخامت مورد نظر پخش می‌گردد. روی خاک پخش شده، شیارهایی برای پخش آهک به وجود می‌آورند. سپس آهک زنده یا آهک شکفته را به مقدار تعیین‌شده در مشخصات، روی خاک پخش نموده و خاک و آهک را با گریدر یا هر مخلوط کنندهٔ دیگر، طوری مخلوط می‌کنند که مخلوطی یکنواخت حاصل شود. این مخلوط با مقدار آبی که تعیین‌شده است، آب‌پاشی شده و سپس اقدام به کوبیدن آن می‌گردد.

مقدار آب در فصول غیر زمستان، معمولاً طوری در نظر گرفته می‌شود که رطوبت مخلوط حدود ۳ درصد بیش از رطوبت بهینه باشد تا پس از تبخیر آب هنگام پخش و کوبیدن به رطوبت بهینه برسد. در مورد قشرهای زیراساس به ضخامت ۱۵ سانتیمتر و کمتر، اختلاط یک مرحله‌ای کافی می‌باشد.

ب - روش تر

دراین حالت ابتدا خاک روی بستر روسازی آماده شده راه پخش می‌گردد. مثلاً برای قشر زیراساس به ضخامت ۲۰ سانتیمتر بشرح زیر عمل می‌شود:

ابتدا خاک طبق مشخصات گفته شده قبلی با تیغه گریدر پخش می‌گردد. سپس خاک پخش‌شده با کلنگ گریدر، شیار داده می‌شود و یکی دو روز به اینحالت رها می‌شود تا خشک شود.

پس از آن آب - آهک تهیه شده با تانکر، به میزان حدود ۱۰۰ لیتر در مترمربع، روی آن پاشیده و با تیغه گریدر و یا هر وسیلهٔ مناسب دیگر مخلوط تا دوغاب آهک کاملاً جذب خاک شود. مجدداً به میزان ۵۰ لیتر در مترمربع آب آهک پاشیده می‌شود و خوب مخلوط می‌گردد. به این ترتیب مخلوط برای کوبیده‌شدن آماده شده است. آب آهک داخل تانکر مرتب بوسیله هوای فشرده از زیر هم زده می‌شود تا آهک رسوب نکند. میزان آهک مصرفی براساس روش‌های ذکر شده تعیین می‌شود.

زیراساسی که به این طریق ساخته و با غلتک‌های مناسب کوبیده شده است، چنانچه سطح آن پس از یک هفته فاقد ترک باشد، می‌توان قشرهای بعدی یا قشراساس را روی آن پخش کرد.

۳-۵-۲-۵ کوبیدن مخلوط

پس از آنکه مخلوط یکنواخت خاک و آهک و آب بر روی بستر روسازی راه در ضخامت تعیین شده پخش گردید، ابتدا به وسیلهٔ غلتک‌های پاچه بزی کوبیده شده، سپس به وسیلهٔ غلتک‌های چرخ لاستیکی عمل کوبیدن ادامه می‌یابد تا به حد کوبیدگی تعیین‌شده در مشخصات برسد.

میزان کوبیدگی لازم برای قشر زیراساس آهکی، ۱۰۰ درصد روش آشتوی اصلاح شده می‌باشد. در راه‌های باترافیک کم، برحسب نظر دستگاه نظارت می‌توان ۹۵ درصد روش آشتو استاندارد را منظور داشت. هنگام کوبیدن مخلوط، چنانچه لازم باشد، با گریدر یا هر وسیلهٔ مناسب دیگر، مصالح درحال کوبیدن مجدداً شخم زده شده و تسطیح می‌شود. آخرین مراحل کوبیدن با استفاده از غلتک‌های چرخ لاستیکی انجام می‌گردد، تا سطح تمام شده کاملاً هموار به دست آید. ضخامت قشر کوبیده شده حدود ۰/۵ سانتیمتر بیش از ضخامت تعیین‌شده می‌باشد که بعداً باید به وسیلهٔ گریدر این ضخامت اضافی (که اکثراً مشخصات خود را از دست داده) برداشته شود. درتمام مدت کوبیدن زیراساس تردد وسایط نقلیه مجاز نیست.

۳-۵-۲-۶ سایر توصیه‌ها

الف - مصرف شفته آهکی در مناطق گرم بهتر از مناطق سرد نتیجه می‌دهد.

ب - آهک با خاک ریزدانه زودتر عکس‌العمل نشان

می‌دهد. زیرا در این موردها آب - آهک، سطح بیشتری از دانه‌های خاک را اندود کرده و واکنش شیمیایی میان آهک و خاک سریع‌تر انجام می‌گیرد.

پ - مقدار آب لازم برای شفته آهکی بستگی به مقدار خاک و دانه‌بندی آن و گرما و خشکی هوا دارد ولی هر اندازه آب کمتر مصرف شود بهتر است زیرا شفته پوک نمی‌شود.

ت - هرچه شفته بیشتر ورز داده شود و بهتر متراکم گردد تاب فشاری آن زیادتر خواهدشد.

ث - هرچه‌جنس‌آهک‌بهترباشد، تاب‌شفته آهکی زیادترمی‌شود.

ج - با افزودن آهک به خاک رس، نشانهٔ خمیری آن چندین برابر کم می‌شود. زیرا حد خمیری آن اضافه و حد روانی آن کم می‌گردد.

چ - درگرما و محیط مرطوب،تاب شفته آهکی افزایش می‌یابد لذا شفته آهکی مناسب برای جاهای گرم و مرطوب است.

ح - استفاده از آهک شکفته، بعلت کم خطربودن، مناسب‌تر از آهک زنده است.

۳-۶ کنترل سطح تمام شده

هموارنبودن سطح زیراساس و شیب‌های طولی و عرضی سطح آن به طریق زیر کنترل می‌شود:

سطح تمام شده زیراساس باید صاف و عاری از هرگونه موج و ناهمواری باشد، به طوری که هرگاه با یک شمشهٔ ۴ متری در تمام جهت‌ها اندازه‌گیری شود ناهمواری‌های آن بیش از ۱/۵ سانتیمتر نباشد.

نقاط نشان داده شده روی نقشه نیمرخ‌های طولی و عرضی در سطح زیراساس مشخص و پیاده می‌شود، این نقاط ترازیابی شده و ارقام آنها تعیین می‌گردد. **ارقام حاصل نباید بیش از ۲ ± سانتیمتر، با ارقام نقشه‌ها، اختلاف داشته باشد.** در غیر این صورت مصالح اضافی از سطح راه تراشیده شده و برداشته می‌شود و در صورتی‌که مصالح کم باشد، مصالح لازم اضافه شده و طبق مشخصات تسطیح، مخلوط و کوبیده می‌گردد. **ضخامت قشر زیراساس پس از کوبیده‌شدن باید با ضخامت و رواداری مشخص شده در نقشه‌ها مطابقت داشته باشد.**

پس از آماده‌شدن سطح زیراساس، بلافاصله مصالح اساس روی آن ریسه می‌شود. **عبور ترافیک از روی سطح زیراساس مجاز نیست** زیرا ترافیک موجب می‌گردد که زیراساس کیفیت خود را از دست بدهد.

۳-۷ آزمایش‌های کنترل کیفیت

برای کنترل کیفیت مصالح وکارهای انجام شده این فصل بایستی از مصالح تهیه شده قبل از مصرف و همچنین حین انجام کار و متناسب با پیشرفت کار آنها آزمایش‌های لازم به عمل آید. این آزمایش‌ها طبق استانداردهای آشتو یا اِی اِس تی اِم می‌باشد که در جدول ۳-۲ و سایر بندهای این فصل نشان داده شده است.

فصل چهارم - اساس

۴-۱ تعریف

قشر اساس دومین قشر از روسازی راه است که با مشخصات و ضخامت معین روی قشر زیراساس و در تمام عرض آن اجرا می‌شود.

۴-۲ عملکرد اساس در روسازی

عملکرد قشراساس در روسازی بشرح زیر می‌باشد:

۴-۲-۱ تحمل بارهای وارده

بارهای وارده از قشرهای بالاتر روسازی به وسیله این قشر تعدیل و به قشر زیراساس وارد می‌گردد به طوریکه تنش مجاز وارده، سبب نشست و یا تغییر شکل غیرمجاز آن نشود.

۴-۲-۲ خاصیت تراوایی

قشر اساس که با مشخصات فنی معین تهیه و پخش می‌شود دارای خاصیت تراوایی بیشتری نسبت به قشر زیراساس می‌باشد.

۴-۳ انواع اساس

انواع اساس در روسازی بشرح زیر می‌باشد:

۴-۳-۱ اساس شن و ماسه‌ای شکسته

شن و ماسه حاصل از رودخانه‌ها را مشروط بر آن که دارای مشخصات فنی لازم باشد، می‌توان از سنگ‌شکن عبور داد و با دانه‌بندی لازم در قشر اساس بکاربرد.

۴-۳-۲ اساس سنگ کوهی شکسته و یا قلوه سنگ شکسته

سنگ‌های استخراج شده از معادن سنگ و یا قلوه سنگ‌های درشت رودخانه‌ای در سنگ‌شکن‌ها، شکسته و سپس سرند می‌شود و براساس مشخصات تعیین شده در قشر اساس بکار می‌رود.

۴-۳-۳ اساس ماکادامی

اساس ماکادامی از سنگ کوهی و یا سنگ‌های رودخانه‌ای شکسته تشکیل می‌شود. مصالح دانه درشت براساس مشخصات پخش و سپس مصالح ریزدانه برروی آن پخش شده و به روش خشک و یا مرطوب کوبیده می‌شود.

۴-۳-۴ اساس قیری

مشخصات کامل اساس قیری در فصل نهم شرح داده شده است.

۴-۴ مشخصات فنی اساس

۴-۴-۱ کلیات

اساس با مصالح شن و ماسه شکسته شده و یا مصالح سنگ کوهی و یا قلوه سنگ شکسته شده باید دارای مشخصات فنی بشرح زیر باشد:

۴-۴-۱-۱ دانه‌بندی

دانه‌بندی مصالح اساس، با توجه به شرایط محلی، باید با یکی از دانه‌بندی‌های مندرج در جدول ۴-۱ مطابقت داشته باشد و در صورت امکان، شیب منحنی دانه‌بندی مصالح، متناسب با شیب منحنی میانی دانه‌بندی انتخابی بوده و به صورت پیوسته باشد.

جدول ۴-۱ دانه‌بندی‌های مصالح اساس

نوع دانه‌بندی / شماره الک	درصد وزنی ردشده از هر الک				
	I	II	III	IV	V
۵۰ م م (۲ اینچ)	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	–	–
۳۷/۵ م م ($1\frac{1}{2}$ اینچ)	۹۵-۱۰۰	–	–	۱۰۰	–
۲۵ م م (۱ اینچ)	–	–	۷۵-۹۵	۷۰-۱۰۰	۱۰۰
۱۹ م م ($\frac{3}{4}$ اینچ)	۷۰-۹۲	–	–	۶۰-۹۰	–
۹/۵ م م ($\frac{3}{8}$ اینچ)	۵۰-۷۰	۳۰-۶۵	۴۰-۷۵	۴۵-۷۵	۵۰-۸۵
۴/۷۵ م م (شماره ۴)	۳۵-۵۵	۲۵-۵۵	۳۰-۶۰	۳۰-۶۰	۳۵-۶۵
۲ م م (شماره ۱۰)	–	۱۵-۴۰	۲۰-۴۵	۲۰-۵۰	۲۵-۵۰
۰/۶ م م (شماره ۳۰)	۱۲-۲۵	–	–	–	–
۰/۴۲۵ م م (شماره ۴۰)	–	۸-۲۰	۱۵-۳۰	۱۰-۳۰	۱۵-۳۰
۰/۰۷۵ م م (شماره ۲۰۰)	۰-۸ (۱)	۲-۸ (۱)	۲-۸ (۱)	۲-۸ (۱)	۲-۸ (۱)

(۱) برای کاهش حساسیت مصالح اساس در مقابل یخبندان، می‌توان به تشخیص دستگاه نظارت، درصد مواد ردشده از الک ۲۰۰ را تقلیل داد و برای اطمینان بیشتر لازم است درصد مواد ریزتر از ۲۰ میکرون نیز از ۳٪ تجاوز نکند ضمناً مقدار وزنی مواد رد شده از الک ۲۰۰ نباید از $\frac{2}{3}$ مقدار وزنی رد شده از الک ۴۰ بیشتر باشد.

۴-۴-۱-۲ سایر مشخصات

مصالح مورد استفاده برای قشر اساس باید مقاوم و بادوام بوده و مشخصات مندرج در جدول ۴-۲ را داشته باشد.

جدول ۴-۲ مشخصات مصالح اساس

ردیف	شـــرح	حد مشخصات	روش‌های آزمایش	
			آشتو / بی اس	ای اِس تی اِم
۱	نشانه خمیری	حداکثر۴	T۹۰	D۴۳۱۸
۲	حد روانی	حداکثر ۲۵	T۸۹	D۴۳۱۸
۳	ارزش ماسه‌ای پس از کوبیدگی	حداقل ۴۰	T۱۷۶	D۲۴۱۹
۴	درصد سایش با روش لوس آنجلس	حداکثر ۴۵	T۹۶	C۵۳۵ و C۱۳۱
۵	درصد افت وزنی با سولفات سدیم	حداکثر ۱۲	T۱۰۴	C۸۸
۶	سی‌بی‌آر - درصد	حداقل ۸۰	--	D۱۸۸۳ (۱)
۷	درصد شکستگی در دو جبهه- مانده روی الک ۹/۵ میلیمتر	حداقل ۷۵	–	D۵۸۲۱
۸	درصد ضریب تورق مصالح	حداکثر ۳۵	B.S.۸۱۲	

(۱) با تراکم به روش ASTM D۱۵۵۷، ورعایت بند۲-۴ ازفصل دوم‌برای‌تعیین‌سی‌بی‌آردررطوبت‌بهینه‌یااشباع

۴-۴-۲ مصالح اساس ماکادامی

مصالح مصرفی برای اساس ماکادامی از سنگدانه‌های درشت و ریز بشرح زیر تشکیل می‌شود:

۴-۴-۲-۱ مصالح درشت دانه

از شکستن سنگ کوهی یا قلوه سنگ‌های درشت رودخانه‌ای تهیه می‌شود. **سنگ‌ها باید کاملاً سخت، محکم، بادوام و عاری از لای، رس و یا مواد مضر و زاید بوده و با مشخصات زیر مطابقت داشته باشد.**

الف - دانه‌بندی با روش آشتو T-۲۷ تعیین می‌شود و باید با یکی از ردیف‌های جدول ۴-۳ مطابقت داشته باشد.

جدول ۴-۳ دانه‌بندی مصالح درشت‌دانه

اندازه الک‌ها	درصد وزنی ردشده از الک (آشتو M-۹۲)	
	دانه‌بندی ۱	دانه‌بندی ۲
۷۵ میلیمتر (۳ اینچ)	۱۰۰	-
۶۳ میلیمتر (۲ ½ اینچ)	۹۰-۱۰۰	۱۰۰
۵۰ میلیمتر (۲ اینچ)	۳۵-۷۰	۹۰-۱۰۰
۳۸ میلیمتر (۱ ½ اینچ)	۰-۱۵	۳۵-۷۰
۲۵ میلیمتر (۱ اینچ)	-	۰-۱۵
۱۹ میلیمتر (¾ اینچ)	۰-۵	-
۱۲/۵ میلیمتر (½ اینچ)	-	۰-۵

ب- سایش مصالح درشت دانه‌باروش لوس‌آنجلس و درصد افت‌وزنی با سولفات سدیم تعیین می‌شود (طبق مشخصات جدول ۴-۲).

پ- دانه‌های سست، سبک وزن، تجزیه شده، شکننده، پولکی و سوزنی موجوددر مصالح درشت‌دانه نبایدمجموعاًاز ۸درصد تجاوز کند (دانه‌های پولکی وسوزنی به روش B.S. ۸۱۲ تعیین می‌شود).

ت- چنانچه‌مصالح درشت‌دانه ازشکستن سنگ‌های رودخانه‌ای تهیه شود لازم است حداقل ٪۷۵ وزنی مصالح مانده روی الک ۴/۷۵ میلیمتر (الک شماره ۴) در دو جبهه یا بیشتر شکسته شده باشد (غیراز شکستگی طبیعی).

ث- مصالح درشت‌دانه، درمرحله نهایی، باسنگ‌شکن‌های چکشی یا مخروطی شکسته می‌شود. کاربرد مصالح که فقط توسط سنگ‌شکن‌های فکی شکسته می‌شود مجاز نیست.

۴-۴-۲-۲ مصالح ریزدانه

دانه‌بندی مصالح ریزدانه، که برای پرکردن فضای خالی قشر اساس ماکادامی بعداز پخش و کوبیدن مصرف می‌شود، شامل ماسه شسته یا ماسه شکسته ویا مخلوطی از آنها، باید با دانه‌بندی جدول ۴-۴ و مشخصات زیر مطابقت داشته باشد.

الف - حد روانی، به روش آشتو T-۸۹: حداکثر ٪۳۰

ب - دامنهٔ خمیری، به روش آشتو T-۹۰: حداکثر ٪۶

پ - ارزش ماسه‌ای، به روش آشتو T-۱۷۶: حداقل ٪۳۰

جدول ۴-۴ دانه‌بندی مصالح ریزدانه

اندازه الک‌ها	درصد وزنی ردشده از الک
الک ۹/۵ میلیمتر (⅜ اینچ)	۱۰۰
الک ۴/۷۵ میلیمتر (شماره ۴)	۸۵-۱۰۰
الک ۰/۱۵ میلیمتر (شماره ۱۰۰)	۱۰-۳۰

۴-۵ اجرای انواع اساس

۴-۵-۱ شن و ماسه شکسته و یا سنگ کوهی شکسته

پس از آنکه دانه‌بندی مصالح اساس از سنگ کوهی شکسته و یا شن و ماسه شکسته در محدودهٔ یکی از دانه‌بندی‌های

پس از آنکه دانه‌بندی مصالح اساس از سنگ کوهی شکسته و یا شن و ماسه شکسته در محدودهٔ یکی از دانه‌بندی‌های مندرج در جدول ۴-۱ قرارگرفت و سایر مشخصات آن نیز با جدول ۴-۲ مطابقت داشت، می‌توان آنها را به روی سطح آماده‌شده زیراساس یا بستر روسازی راه حمل و پخش کرد. ضخامت هر قشر اساس کوبیده شده می‌تواند بین ۱۰ تا ۱۵ سانتیمتر انتخاب شود و در هیچ حالتی از ۲۰ سانتیمتر تجاوز نکند.

مصالح ریسه شده با تیغه گریدر بطور یکنواخت پخش می‌شود، به طوری که ضخامت قشر پخش شده بعد از کوبیدن تا حد مشخصات، برابر ضخامت تعیین‌شده در نقشه‌ها گردد.

پس از آن که مصالح به طور یکنواخت در سطح راه پخش شد، با تانکرهای آبپاش به اندازه‌ای آبپاشی می‌شود که رطوبت آن تا ۱/۵ ± درصد رطوبت بهینه برسد.

کوبیدن مصالح با غلتک‌های استاتیک و یا لرزنده چرخ فلزی و یا چرخ لاستیکی از طرفین محور راه شروع و مصالح به قدری کوبیده می‌شود که تراکم آن به میزان صددرصد روش آشتو اصلاح شده (T۱۸۰ نوع D) برسد. **چنانچه پس از کوبیدن تراکم مورد نظر بدست نیاید، مصالح باید شخم زده شده و مجدداً آبپاشی و متراکم شود، به طوری که نتایج منطبق با مشخصات به دست آید.** در مواردهایی که ضخامت کوبیده شده لایه اساس ۲۰ سانتیمتر باشد، میزان کوبیدگی به طریقی کنترل و آزمایش می‌شود که تراکم نسبی در تمام ضخامت تأمین شده باشد.

۴-۵-۲ اساس ماکادامی

۴-۵-۲-۱ آماده‌کردن سطح راه

آنچه درباره اساس سنگ شکسته گفته شد، دراین مورد نیز صادق است.

۴-۵-۲-۲ قشر جداکننده

اجرای قشراساس ماکادامی نیازبه یک لایه جداکننده متشکل از مصالح ماسه‌ای با دانه‌بندی جدول ۴-۴ دارد که قبل از پخش قشر ماکادام زیر آن پخش می‌شود. **میزان مصالح ردشده از الک شماره ۲۰۰ مصالح ماسه‌ای مورد نظر باید حداقل ۵ و حداکثر ۸ درصد باشد. ضخامت قشر جداکننده توسط دستگاه نظارت و با تأیید کارفرما تعیین می‌شود.**

۴-۵-۲-۳ پخش ماکادام

پخش ماکادام با پخش‌کننده مکانیکی انجام می‌گیرد. پخش‌کننده، سنگدانه‌ها را به طور یکنواخت و منظم و بدون جداشدن دانه‌های درشت از ریز، در ضخامت و اندازه‌های مطابق نقشه‌های اجرائی پخش می‌کند.

سطح قشر ماکادام، بلافاصله بعد ازپخش و عبور سه تا چهار گذر اولیه غلتک باید کاملاً یکنواخت و مسطح شده و نقاط فرود و فراز آن با افزودن و یا برداشت مصالح اصلاح شود، به نحوی که سطح نهایی قبل از تکمیل کوبیدگی چنانچه با یک شمشه چهارمتری کنترل شود از نظر دستگاه نظارت قابل قبول باشد.

مصالح اساس بگونه‌ای پخش می‌شود که ضخامت کوبیده شده هر لایه کمتر از $1\frac{1}{4}$ و یا بیشتر از دوبرابر حداکثر درشتی مصالح نباشد. درصورت استفاده از غلتک لرزشی، ضخامت لایه متراکم شده را تا ۲/۵ برابر حداکثر درشتی دانه‌ها می‌توان افزایش داد.

پخش سنگدانه‌های ماکادام نباید با عملیات ماسه‌پاشی و غلتک‌زنی بیش از ۲۰۰ متر طول فاصله داشته باشد.

اساس سنگ شکسته‌ای است. عملیات تراکم آن قدر ادامه می‌یابد تا در تمام قشر ماکادام، شرایط زیر تأمین‌گردد.

- دانه‌های سنگی کاملاً در یکدیگر قفل و بست شود.
- فضای خالی قشر ماکادام به حداقل برسد.
- هیچ خزش یا حرکتی درحین غلتک زنی در قشر ماکادام مشاهده نشود.
- ناهمواری‌های احتمالی بوجود آمده در سطح اساس ماکادامی در صورت اندازه‌گیری با شمشه چهارمتری از ۱/۵ سانتیمتر تجاوز نکند.

۴-۵-۲-۵ پخش مصالح ریزدانه و کوبیدن نهایی

برای پرکردن فضای خالی بین سنگ‌دانه‌های ماکادام، بعد از تکمیل عملیات کوبیدن، از مصالح ریزدانه بشرح زیربند ۴-۴-۲-۲ استفاده می‌شود. بعداز کوبیدن کامل قشر ماکادام و تحکیم آن، مصالح ریزدانه را با پخش‌کننده مکانیکی و یا بیل به تدریج و بصورت یکنواخت در لایه‌های نازک روی سطح راه پخش کرده و غلتک زنی به قدری ادامه داده می‌شود تا تمام فضای خالی بین دانه‌های ماکادام، تحت تأثیر حرکت غلتک، توسط ماسه پر شود.

درصورت استفاده از غلتک لرزشی، ٪۵۰ ماسه مورد نیاز برای پرکردن فضای خالی بین سنگ‌دانه‌ها در لایه‌های نازک توسط پخش‌کننده مکانیکی یا بیل برروی سطح ماکادام بطور یکنواخت پخش می‌گردد. سپس، غلتک‌لرزشی معمولاً یکبار از روی سطحی که ماسه روی آن پخش شده‌است عبور داده‌می‌شود تا ماسه به درون فضای خالی بین دانه‌های سنگی نفوذکند.

این عمل مجدداً برای ٪۵۰ ماسه باقیمانده، در دوبار و هر نوبت ٪۲۵ ماسه، تکرار می‌شود.

۴-۵-۲-۶ آب‌پاشی

مراحل کوبیدن و پخش ماسه بشرح بالا مربوط به شرایطی است که به طریق خشک اجرا و تکمیل شود. چنانچه انجام عملیات کوبیدن با آب‌پاشی درنظر باشد، بلافاصله بعداز پرشدن کامل فضای خالی بین سنگ‌دانه‌ها توسط ماسه، قشر ماکادام آب‌پاشی شده و به همراه آب‌پاشی غلتک‌زنی ادامه می‌یابد.

حین غلتک زنی چنانچه لازم باشد، مجدداً از ماسه برای پرکردن فضای خالی استفاده می‌شود. آب‌پاشی و غلتک‌زنی آن قدر ادامه می‌یابد تا یک قشر متراکم و تحکیم شده بوجودآید. مصرف آب بیش از اندازه به هیچ‌وجه مجاز نیست.

۴-۵-۲-۷ آزمایش کنترل کوبیدگی (بارگذاری صفحه)

تراکم قشر ماکادام با تعیین ضریب ارتجاعی (E_2) به طریق آزمایش بارگذاری (آشتو T-۲۲۲)، با صفحه ۷۰۰ سانتیمتر مربع (قطر صفحه ۳۰ سانتیمتر) کنترل می‌شود. هر آزمایش معرف سطحی معادل ۲۰۰۰ مترمربع در هر خط عبوربوده و حداقل قابل قبول مقدار E نیز ۲۵۰۰ کیلوگرم بر سانتیمترمربع می‌باشد.

۴-۶ کنترل سطح تمام شده

رقوم سطح تمام شده قشر اساس باید از نظر هواربودن، یکنواختی و نیز انطباق با نیمرخ‌های طولی و عرضی کنترل شود. نتایج بدست آمده برای هر نقطه نباید اختلافی بیشتر از ۱/۵ ± سانتیمتر با رقوم نقشه‌های اجرایی داشته باشد. ناهمواری سطح نیز با استفاده از شمشه ۴ متری در جهات عرضی و طولی راه باید اندازه‌گیری شده و این مقدار نباید بیش از ۱/۵ ± سانتیمتر باشد.

۴-۷ حفاظت کار انجام شده

عبور و مرور وسایط نقلیه و هرگونه ماشین‌آلات راه‌سازی از روی قشر اساس در تمام مراحل اجرای کار و بعداز تکمیل‌شدن آن به هیچ‌وجه مجاز نیست.

۴-۸ آزمایش‌های کنترل کیفیت

برای کنترل کیفیت مصالح و کارهای انجام شده این فصل بایستی از مصالح تهیه شده قبل از مصرف و همچنین حین انجام کار و متناسب با پیشرفت آنها، آزمایش‌های لازم بـه عمل آید. این آزمایش‌ها طبق استانداردهای آشتو یا اِی‌اِس‌تی‌اِم می‌باشد که شماره آنها در جدول ۴-۲ و سایر بندهای این فصل آمده است.

فصل پنجم - قیر در راه‌سازی

۵-۱ 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 به رنگ سیاه که از شمار زیادی هیدروکربور ساخته شده است. قیر را از عهد باستان در ایران می‌شناختند و واژه آن ممکن است ایلامی، یا بابلی باشد.

قیر در دمای محیط جامد است و براثر حرارت روان می‌شود. قیر در روغن‌های معدنی و حلال‌هایی نظیر سولفیدکربن، تتراکلریدکربن و تری کلریداتیلن حل می‌شود.

قطران 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.

۵-۲ انواع قیر

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.

۵-۲-۱ قیرهای طبیعی

وقتی که مواد فرار نفت خام موجود در اعماق زمین، به مرور زمان و در برابر عوامل جوی تبخیر شود، ماده سیاهی از آن برجای می‌ماند که قیر طبیعی نام دارد. قیرهای طبیعی شامل قیرسنگ‌ها و قیرهای دریاچه‌ای بشرح زیر می‌باشد:

۵-۲-۱-۱ قیرسنگ‌ها

قیرسنگ‌ها، عمدتاً سنگهای آهکی و ماسه‌ای است که نفت خام در آنها نفوذ کرده و با گذشت زمان، مواد فرّار آن تبخیر شده و قیر دراین سنگ‌ها باقیمانده است. قیرسنگ‌ها را پس از خرد و نرم‌کردن، حرارت داده و در سطح راه پخش می‌کنند. مقدار قیر موجود در قیرسنگ‌ها از ۷ تا حدود ۸۰ درصد تغییر می‌کند. قیرسنگ‌های موجود در لرستان ایران حدود ۸۰-۷۰ درصد قیر دارد.

استفاده از قیرسنگ‌ها در راه‌سازی، به دلیل هزینه‌های زیاد استخراج، حمل، عدم یکنواختی مواد تشکیل دهنده، متغیربودن میزان قیر موجود در آنها از یک طرف و فراوانی و ارزانی قیرهای نفتی در حال حاضر از طرف دیگر بنظر نمی‌رسد که مقرون به صرفه باشد. البته تحقیقات آینده می‌تواند به بهره‌برداری اقتصادی از این سرمایه در صنعت راه‌سازی کمک کند.

۵-۲-۱-۲ قیرهای دریاچه‌ای

وقتی که نفت‌خام بطورطبیعی ازبین لایه‌های شکست‌خورده زمین به سطح زمین صعود می‌کند و مواد فرار آن تبخیر می‌شود، قیرهای طبیعی به صورت دریاچه در روی زمین ظاهر می‌شوند.

منابع قیر دریاچه‌ای در اغلب نقاط جهان و از جمله در ایران یافت می‌شود. این منابع درکرمانشاه (پاتاق و گشان)، پشتکوه و پیشکوه لرستان (قلعه قیران)، تشان بهبهان، فهلیان، قیردره مغان، و خرامه فارس وجوددارد. نتایج آزمایش قیر طبیعی بهبهان فقط به عنوان راهنما در جدول ۵-۱ ارائه شده است. این قیر بسیار سفت است و بصورت طبیعی بدون اختلاط با یک قیر نسبتاً شُل قابل کاربرد نیست.

اختلاف زیاد در نتایج آزمایش مؤسسات مختلف (جدول ۵-۱) احتمالاً بدلیل نمونه‌گیری از نقاط مختلف است.

جدول ۵-۱ خصوصیات قیر تشان بهبهان (۱)

محل انجام آزمایش / مشخصه یا آزمایش	دانشکده‌فنی دانشگاه‌تهران	آزمایشگاه وزارت راه	ایتالیا
حلالیت در CS_2	۸۱/۲ درصد	–	۵۸/۸
حلالیت در CCl_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
درجهٔ انگمی در ۲۵ درجه سانتیگراد	۰	۰	–
درجه اشتعال	۱۴۳ سانتیگراد	۱۶۲ سانتیگراد	–
افت وزنی بعد از ۵ ساعت حرارت در $163^{\circ}C$	۱۰/۱ درصد	۱۰ درصد	–

(۱) مأخذ: کتاب رویه‌های سیاه - مهندس احمد حامی

۵-۲-۲ قیرهای نفتی

قیرهای نفتی از پالایش نفت خام در برج‌های تقطیر به دست می‌آید و نهایتاً آنچه که در ته برج تقطیر باقی می‌ماند قیر خالص نفتی است. قیرهای با درجه سفتی متفاوت برای مصارف مختلف راه‌سازی را می‌توان با تنظیم درجه حرارت و فشار داخل برج‌های تقطیر به دست آورد.

۵-۳ ساختار شیمیایی قیرهای نفتی

قیر، ساختمان شیمیایی پیچیده‌ای دارد که تابع نوع ترکیباتی است که در نفت خام یافت می‌شود. قیرهای نفتی از تعداد زیادی هیدروکربورهای مختلف که به صورت کلوییدی در یکدیگر معلق و شناوراست، تشکیل شده است. کربن و هیدروژن دو عنصر اصلی قیر به شمار می‌رود که درصد وزنی آنها در مولکول‌های قیر به ترتیب ۸۷-۷۰ و ۱۵-۱۰ درصد است.

علاوه بر کربن و هیدروژن، عناصر دیگری نظیر ازت (کمتر از یک درصد)، گوگرد (تا ۱/۵ درصد)، اکسیژن (حدود ۲ درصد)، فسفر و هالوژنها و مقادیر بسیار ناچیزی از فلزات مانند نیکل، آهن، کبالت و وانادیم در قیر یافت می‌شود.

هیدروکربورهای تشکیل‌دهنده قیرها را معمولاً به آسفالتین، و مالتین که خود به دو جزء رزین و روغن تفکیک می‌شود تقسیم می‌کنند. هریک از این اجزا نقش جداگانه‌ای در خصوصیات قیر ایفا کرده و عامل تعیین‌کننده خواص فیزیکی و شیمیایی قیر محسوب می‌شود.

آسفالتین‌ها که از مواد قطبی و پیچیده آروماتیکی تشکیل می‌شوند دارای وزن مولکولی زیاد بوده و ماده اصلی قیر را تشکیل می‌دهد. نسبت تعداد اتم‌های کربن به هیدروژن (یا $\frac{C}{H}$) این مواد بیش از ۰/۸ است.

رزین‌ها، هیدروکربورهایی است که نقش چسبندگی قیر را دارد و نسبت $\frac{C}{H}$ آنها بین ۰/۸-۰/۶ است.

روغن‌ها، که تفاوت بین آنها و رزین‌ها تا حدی مشکل است بر کند روانی قیر اثر می‌گذارد و نسبت $\frac{C}{H}$ آنها کمتر از ۰/۶ است.

علاوه بر روش تفکیک قیر به آسفالتین و مالتین، روش دیگری برای تعیین نوع و درصد هیدروکربورهای تشکیل‌دهنده قیر بشرح استاندارد ASTM D۴۱۲۴ وجود دارد که با این روش، قیر را به چهار گروه هیدروکربور شامل هیدروکربورهای اشباع شده، ترکیبات معطره نفتنیک، ترکیبات معطره قطبی و آسفالتین‌ها تقسیم می‌کند که درصد وزنی آنها می‌تواند در تجزیه و تحلیل خصوصیات فیزیکی و شیمیایی به عنوان راهنما مورد استفاده قرارگیرد. تجزیه شیمیایی دو نمونه قیر ۶۰/۷۰ و ۸۵/۱۰۰ پالایشگاه‌های تهران و تبریز در جدول ۵-۲ نشان داده شده است.

به طور کلی، خصوصیات قیرهای نفتی تابع نوع و جنس نفت خام، کمیت و کیفیت هیدروکربورهای تشکیل دهنده آن و روش تقطیر است.

در عمل، نفت خام معادن مختلف را می‌توان به یکی از انواع آسفالتینیک، پارافینیک و آسفالتینیک - پارافینیک (مختلط) تقسیم کرد. قیری که از نفت خام آسفالتینیک به دست می‌آید، مرغوبترین قیر برای راه‌سازی است. باید توجه کرد که پارافین خاصیت انگمی و چسبندگی قیر را کم می‌کند. **لذا باید از استفاده از قیرهای حاوی پارافین زیاد (بیش از ۲٪) خودداری کرد.** منابع نفت خام ایران اغلب از نوع آسفالتینیک - پارافینیک است. قیرهای نفتی مصرفی در راه‌سازی، خواص ممتاز قیرهای معدنی را ندارد.

۵-۴ انواع قیرهای نفتی

قیرهای حاصل از پالایش نفت خام، با توجه به نوع و شرایط مصرف آن در راه‌سازی و سایر مصارف صنعتی، بشرح زیر تقسیم‌بندی می‌شود.

۵-۴-۱ قیرهای خالص

قیرهایی که مستقیماً در برج تقطیر در خلاء پالایشگاه بدست می‌آید و یا مختصری در جریان فرآیند هوادهی قرارمی‌گیرد قیرهای خالص (قیرهای استحصال مستقیم در فرآیند پالایش) نامیده می‌شود. **این قیرهاباید همگن و فاقد آب بوده و در حرارت ۱۷۶ درجه سانتیگراد کف نکند.**

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.

قیرهای خالص برای مصرف در راه‌سازی در این آیئن نامه براساس درجه نفوذ تقسیم‌بندی شده، **که مشخصات فنی آنها باید با جدول ۵-۳ مطابقت داشته باشد.**

جدول ۵-۲ تجزیه گروه‌های شیمیایی دو نمونه قیر پالایشگاه‌های تهران و تبریز با روش D۴۱۲۴ اِی اِس تی اِم

نوع قیر - پالایشگاه	اشباع‌شده‌ها - درصدوزنی	معطره‌نفتنیک-درصدوزنی	معطره‌قطبی - درصدوزنی	آسفالتین - درصد وزنی
قیر ۶۰/۷۰ پالایشگاه تهران	۱۳/۰۵	۳۹/۳	۳۵/۲۳	۱۱/۰۷
قیر ۸۵/۱۰۰ پالایشگاه تبریز	۷/۹۲	۲۵/۳۳	۳۳/۹۳	۱۳/۹۴

جدول ۵-۳ مشخصات قیرهای خالص

نوع آزمایش	روش آزمایش		درجه نفوذ									
			۴۰-۵۰		۶۰-۷۰		۸۵-۱۰۰		۱۲۰-۱۵۰		۲۰۰-۳۰۰	
	ای اِس تی اِم	آشتو	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر
درجه نفوذ ($\frac{۱}{۱۰}$ میلیمتر)	D۵	T۴۹	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۵	۱۰۰	۱۲۰	۱۵۰	۲۰۰	۳۰۰
درجه اشتعال (سانتیگراد)	D۹۲	T۴۸	۲۳۲		۲۳۲		۲۳۲		۲۱۸		۱۷۶	
خاصیت انگمی در ۲۵ درجه سانتیگراد (سانتیمتر)	D۱۱۳	T۵۱	۱۰۰		۱۰۰		۱۰۰		۱۰۰		۱۰۰	
درجه خلوص با تری کلرو راتیلن (درصد)	D۲۰۴۲	T۴۴	۹۹		۹۹		۹۹		۹۹		۹۹	
نقطه نرمی قیر (درجه سانتیگراد)	D۲۳۹۸	T۵۳	۵۲	۶۰	۴۹	۵۶	۴۵	۵۲	۴۰	۴۶	۳۵	۴۰
خصوصیات پس از آزمایش لعاب نازک قیر (در ۱۶۳ °C و بمدت ۵ ساعت):												
افت وزنی	D۱۷۵۴	T۱۷۹		۰/۸		۰/۸		۱		۱/۳		۱/۵
نسبت درصد درجه نفوذ بعد از آزمایش به درجه نفوذ اولیه	D۵	T۴۹	۵۸		۵۴		۵۰		۴۶		۴۰	
خاصیت انگمی	D۱۱۳	T۵۱			۵۰		۷۵		۱۰۰		۱۰۰	
شرایط کلی	قیرهای خالص باید از تقطیر مستقیم مواد نفتی تهیه شده و همگن باشد و وقتیکه تا حرارت ۱۷۶ درجه سانتیگراد گرم می‌شود کف نکند. نمونه گیری قیر باید براساس روشهای D۱۴۰ ای اس تی ام و یا T۴۰ آشتو انجام گیرد.											

۵-۴-۲ قیرهای دمیده

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

اختلاف نقطه نرمی و درجه شکست[۱] قیرهای دمیده با آزمایش DIN ۵۲۰۱۲، به ۱۰۰ درجه می‌رسد از این رو، این قیرها در مقایسه با قیرهای خالص اولیه حساسیت کمتری در برابر حرارت دارد و درجه نفوذ آنها از قیر خالص کمتر است.

قیرهای دمیده، مصرف زیادی در راه‌سازی ندارد. این قیرها برای پرکردن 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 حرارت پایین که قیرهای خالص درآن حرارت شکننده می‌شود، ثابت می‌ماند. ازاین نوع قیر دمیده، که تا حدودی شبیه لاستیک است، برای پوشش کف کانال‌های آب استفاده می‌شود. در ایران سه نوع قیر دمیده R ۸۵/۲۵ و R ۹۰/۱۵ و R ۱۱۰/۱۰ ساخته می‌شود که اعداد ۲۵، ۱۵ و ۱۰ درجه نفوذ این قیرها و ارقام ۸۵، ۹۰ و ۱۱۰ نقطه نرمی آنهاست.

۵-۴-۳ قیرهای محلول

قیرهای محلول، یا قیرهای پس برگشته، از حل‌کردن قیرهای خالص در حلال‌ها و یا روغن‌های نفتی به دست می‌آید.

۱-Fraass breaking test

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 می‌شود. قیرهای محلول بر حسب سرعت گیرش و نوع حلال به سه گروه زیر تقسیم می‌شود.

۵-۴-۳-۱ قیرهای زودگیر

اگر از بنزین برای حل کردن قیر خالص استفاده شود قیر محلول را زودگیر می‌نامند زیرا حلال موجود در قیر، در مدت کمی بعد از مصرف قیر محلول زود تبخیر شده و قیر اصلی برجای می‌ماند.

قیرهای زودگیر بر حسب کند روانی، در چهارنوع RC-۷۰، RC-۲۵۰، RC-۸۰۰ و RC-۳۰۰۰ درجه‌بندی شده که اعداد پسوند معرف کندروانی قیر، بر حسب سانتی‌استکس است. **قیرهای زودگیر برای مصرف در راه‌سازی باید با مشخصات فنی جدول ۵-۴ انطباق داشته باشد.**

جدول ۵-۴ مشخصات قیرهای محلول زودگیر

آزمایش		روش آزمایش		درجه قیر زودگیر							
		ای‌اِس‌تی‌اِم	آشتو	RC-۷۰		RC-۲۵۰		RC-۸۰۰		RC-۳۰۰۰	
				حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر
کند روانی سینماتیک در ۶۰°C	(cst)	D۲۱۷۰	T۲۰۱	۷۰	۱۴۰	۲۵۰	۵۰۰	۸۰۰	۱۶۰۰	۳۰۰۰	۶۰۰۰
نقطهٔ اشتعال (ظرف روباز)	°C	D۳۱۴۳	T۷۹	–	–	۲۷	–	۲۷	–	۲۷	–
مقدار آب	%	D۹۵	T۵۵	–	۰/۲	–	۰/۲	–	۰/۲	–	۰/۲
درصد حجمی مواد تقطیرشده در درجه حرارت‌های روبرو به مواد تقطیر شده در ۳۶۰°C	۱۹۰°C	D۴۰۲	T۷۸	۱۰	–	–	–	–	–	–	–
	۲۲۵			۵۰	–	۳۵	–	۱۵	–	–	–
	۲۶۰			۷۰	–	۶۰	–	۴۵	–	۲۵	–
	۳۱۵			۸۵	–	۸۰	–	۷۵	–		–
درصد حجمی قیر باقیمانده از تقطیر ۳۶۰°C				۵۵	–	۶۵	–	۷۵	–	۸۰	–
آزمایش روی قیر باقیمانده از تقطیر	درجه نفوذ ($\frac{۱}{۱۰}$ میلیمتر)(۱)	D۵	T۴۹	۸۰	۱۲۰	۸۰	۱۲۰	۸۰	۱۲۰	۸۰	۱۲۰
	خاصیت انگمی (سانتیمتر)	D۱۱۳	T۵۱	۱۰۰	–	۱۰۰	–	۱۰۰	–	۱۰۰	–
	حلالیت در تری کلرواتیلن (٪)	D۲۰۴۲	T۴۴	۹۹	–	۹۹	–	۹۹	–	۹۹	–

توضیح: نمونه‌گیری قیر با روش D۱۴۰ ای اِس تی اِم یا آشتو T-۴۰ انجام می‌شود.

۱ - به تشخیص دستگاه نظارت آزمایش کندروانی‌برحسب پوآزدر۶۰درجه سانتیگراد (ASTM D۲۱۷۱) می‌تواند جایگزین آزمایش درجه نفوذشود. دراینصورت حداقل و حداکثرکندروانی برای هریک از قیرها به ترتیب ۶۰۰ و ۲۴۰۰ پوآز تعیین‌می‌شود. درهیچ شرایطی انجام هردو آزمایش، موردنیاز نیست.

۵-۴-۳-۲ قیرهای کندگیر

قیرهای کندگیر از حل‌کردن قیر خالص در موادی که خصوصیاتی در حد نفت سفید دارند تهیه می‌شود که سرعت تبخیر نفت از بنزین کندتر و طولانی‌تر است.

قیرهای کندگیر به پنج نوع بشرح جدول ۵-۵ درجه‌بندی می‌شود که کندروانی آنها در ۶۰ درجه سانتی‌گراد از حداقل ۳۰ تا حداکثر ۶۰۰۰ سانتی استکس، تغییر می‌کند. **مشخصات این قیرها باید با مندرجات جدول ۵-۵ مطابقت داشته باشد.**

۵-۴-۳-۳ قیرهای دیرگیر

قیرهای محلول دیرگیر را علاوه بر حل‌کردن قیر خالص در روغن‌ها و حلال‌های دیرگیر نفتی، مانند گازوییل یا نفت سیاه، می‌توان مانند قیرهای خالص، مستقیماً ازتقطیر نفت خام بدست آورد. در حالت اخیر، قیرهای دیرگیر را روغن راه (Road Oil) می‌نامند. در این نوع از قیرها در شرایط پالایش نفت خام هنوز اجزایی از نفت خام که خواص روغنی دارند از آن جدا نشده است. گیرش کامل روغن‌های راه بعد از مصرف، مدت زمان زیادی طول می‌کشد. در واقع این روغن‌ها در شرایط آب و هوای عادی تبخیر نمی‌شوند، بلکه تغییرشکل مولکولی در آنها بوجود می‌آید، که نسبتاً تدریجی و طولانی است.

مشخصات قیرهای دیرگیر باید با مندرجات جدول ۵-۶ مطابقت داشته باشد.

جدول ۵-۵ مشخصات قیرهای محلول کندگیر

آزمایش		روش آزمایش		درجه قیر کندگیر									
				MC-۳۰		MC-۷۰		MC-۲۵۰		MC-۸۰۰		MC-۳۰۰۰	
		ای اس تی ام	آشتو	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر
کند روانی سینماتیک در ۶۰°C	(cst)	D۲۱۷۰	T۲۰۱	۳۰	۶۰	۷۰	۱۴۰	۲۵۰	۵۰۰	۸۰۰	۱۶۰۰	۳۰۰۰	۶۰۰۰
نقطهٔ اشتعال (ظرف روباز)	°C	D۳۱۴۳	T۷۹	۳۸	–	۳۸	–	۶۶	–	۶۶	–	۶۶	–
مقدار آب	%	D۹۵	T۵۵	–	۰/۲	–	۰/۲	–	۰/۲	–	۰/۲		
درصد حجمی مواد تقطیرشده	۲۲۵°C	D۴۰۲	T۷۸	–	۲۵	۰	۲۰	۰	۱۰	–	–	–	–
دردرجه حرارت‌های روبروبه مواد	۲۶۰			۴۰	۷۰	۲۰	۶۰	۱۵	۵۵	۰	۳۵	۰	۱۵
تقطیرشده در °C ۳۶۰	۳۱۵			۷۵	۹۳	۶۵	۹۰	۶۰	۸۷	۴۵	۸۰	۱۵	۷۵
درصد حجمی قیر باقیمانده از تقطیر در °C ۳۶۰				۵۰	–	۵۵	–	۶۷	–	۷۵	–	۸۰	–
آزمایش روی قیر باقیمانده از تقطیر	درجه نفوذ ($\frac{۱}{۱۰}$ میلیمتر) (۱)	D۵	T۴۹	۱۲۰	۲۵۰	۱۲۰	۲۵۰	۱۲۰	۲۵۰	۱۲۰	۲۵۰	۱۲۰	۲۵۰
	خاصیت انگمی (سانتیمتر)	D۱۱۳	T۵۱	۱۰۰	–	۱۰۰	–	۱۰۰	–	۱۰۰	–	۱۰۰	–
	حلالیت در تری کلرواتیلن (٪)	D۲۰۴۲	T۴۴	۹۹	–	۹۹	–	۹۹	–	۹۹	–	۹۹	–

توضیح: نمونه‌گیری قیر با روش D۱۴۰ ای اس تی ام یا آشتو T-۴۰ انجام می‌شود.

۱ - به تشخیص دستگاه نظارت آزمایش کندروانی‌برحسب پوآزدر۶۰درجه سانتیگراد (ASTM D۲۱۷۱) می‌تواند جایگزین آزمایش درجه نفوذشود. دراینصورت حداقل و حداکثرکندروانی برای هریک از قیرها به ترتیب ۳۰۰ و ۱۲۰۰ پوآز تعیین می‌شود. درهیچ شرایطی انجام هردو آزمایش، موردنیاز نیست.

جدول ۵-۶ مشخصات قیرهای محلول دیرگیر

آزمایش		روش آزمایش		درجه قیر دیرگیر					
		ای‌اس‌تی‌ام	آشتو	SC-۷۰		SC-۲۵۰		SC-۸۰۰	SC-۳۰۰۰
				حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر
کند روانی سینماتیک در ۶۰°C	(cst)	D۲۱۷۰	T۲۰۱	۷۰	۱۴۰	۲۵۰	۵۰۰	۸۰۰	۱۶۰۰	۳۰۰۰	۶۰۰۰
نقطهٔ اشتعال (ظرف روباز)	°C	D۳۱۴۳	Tv۹	۶۶	–	۷۹	–	۹۳	–	۱۰۷	–
مقدار آب	%	D۹۵	T۵۵	–	۰/۵	–	۰/۵	–	۰/۵	–	۰/۵
درصد حجمی مواد تقطیرشده در ۳۶۰°C		D۴۰۲	Tv۸	۱۰	۳۰	۴	۲۰	۲	۱۲	–	۵
کندروانی سینماتیک قیرباقیمانده ازتقطیردر۶۰°C(cst)		D۲۱۷۰	T۲۰۱	۴	۷۰	۸	۱۰۰	۲۰	۱۶۰	۴۰	۳۵۰
درصد قیرباقیمانده از تقطیر (قیر با درجهٔ نفوذ ۱۰۰)		D۲۴۳	T۵۶	۵۰	–	۶۰	–	۷۰	–	۸۰	–
خاصیت انگمی قیر باقیمانده از تقطیر (قیر با درجهٔ نفوذ ۱۰۰)		D۱۱۳	T۵۱	۱۰۰	–	۱۰۰	–	۱۰۰	–	۱۰۰	–
حلالیت در تری کلرواتیلن	(٪)	D۲۰۴۲	T۴۴	۹۹	–	۹۹	–	۹۹	–	۹۹	–

توضیح: نمونه‌گیری قیر با روش D۱۴۰ ای اس تی ام و یا آشتو T۴۰ انجام می‌شود.

۵-۴-۴ قیرابه‌ها (امولسیون‌های قیر)

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

قیرابه‌سازها موجب ایجاد بار الکتریکی همنام (مثبت یا منفی) در سطح دانه‌های قیر می‌شود. نیروی دافعه ناشی از این بار مانع بهم‌پیوستن ذرات قیر در قیرابه می‌شود.

مقدار قیر در قیرابه‌ها از ۵۵ تا ۶۵ درصد، میزان آب از ۳۵ تا ۴۵ درصد و قیرابه‌سازها حداکثر ۰/۵ درصد وزنی قیرابه را تشکیل می‌دهد.

از قیرابه‌ها 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 قیرابه‌ها معمولاً نیازی به حرارت‌دادن آنها نیست لذا از نظر اقتصادی و ایمنی بر انواع دیگر قیرها برتری دارند. اختلاط قیرابه‌ها با سنگدانه‌های مرطوب و یا پخش قیرابه روی بستر مرطوب شنی و یا آسفالتی راه در عملکرد قیرابه‌ها تأثیر منفی ندارد.

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

- انرژی مصرفی برای گرم‌کردن آنها به مراتب کمتر از قیرهای محلول است.
- به جای تبخیر و تصعید حلال‌های نفتی موجود در قیرهای محلول و انتشار آنها در محیط زیست که موجب آلودگی شدید می‌گردد، در قیرابه‌ها فقط آب تبخیر می‌شود.
- هزینه حدود ۲۵ در صد وزنی حلال‌های نفتی موجود در قیرهای محلول، در شرایط جاری بحران انرژی، بمراتب بیشتر از هزینه حدود ۰/۵ درصد مادهٔ امولسیونساز در قیرابه‌ها می‌باشد.

قیرابه‌ها بر حسب نوع بار ذره‌ای ایجادشده در سطح دانه‌های شناور قیر، به دو گروه اصلی و زیرگروه‌های دیگر بشرح زیر

تقسیم می‌شود:

۵-۴-۴-۱ قیرابه‌های آنیونیک

با استفاده از قیرابه‌سازهای نوع املاح قلیایی اسیدهای آلی، سطح دانه‌های قیر، دارای بار منفی می‌شود. این قیرابه‌ها را آنیونیک می‌نامند که خود به سه نوع زودشکن، کندشکن و دیرشکن، که هریک زیربخش‌هایی دارند بشرح جدول زیر تقسیم می‌شود:

قیرابه‌های آنیونیک		
زودشکن RS	کندشکن MS	دیرشکن SS
RS-۱	MS-۱	SS-۱
RS-۲	MS-۲	SS-۱h
HFRS-۲	MS-۲h	
	HFMS-۱	
	HFMS-۲	
	HFMS-۲h	
	HFMS-۲s	

پسوندها و پیشوندهای فوق دارای معانی زیر می‌باشد:

الف - پیشوند HF معرف ایجاد پوشش قیری با ضخامت بیشتر روی سنگدانه‌هاست.

ب - پسوندهای ۱ و ۲ به ترتیب معرف درصد قیر خالص کمتر و بیشتر در قیرابه می‌باشد.

پ - پسوند h معرف کاربرد قیر خالص سفت‌تر (درجه نفوذ کمتر) در قیرابه است.

ت - پسوند s در قیرابه کندشکن HFMS-۲s نشانه کاربرد این قیرابه برای اختلاط با مصالح ماسه‌ای است.

مشخصات قیرابه‌های آنیونیک مصرفی در راه‌سازی، باید با جدول ۵-۷ مطابقت داشته باشد.

۵-۴-۴-۲ قیرابه‌های کاتیونیک

با استفاده از قیرابه‌سازهای از نوع ترکیبات آلی نمک‌های آمونیوم و یا آمین‌ها، سطح دانه‌های قیر دارای بار مثبت می‌شود. این قیرابه‌ها را کاتیونیک می‌نامند. قیرابه‌های کاتیونیک به سه نوع زودشکن، کندشکن و دیرشکن، و هریک نیز به زیرگروه‌های دیگری بشرح جدول زیر تقسیم می‌شود:

قیرابه‌های کاتیونیک		
زودشکن CRS	کندشکن CMS	دیرشکن CSS
CRS-۱	CMS-۲	CSS-۱
CRS-۲	CMS-۲h	CSS-۱h

پسوندها و پیشوندهای فوق دارای معانی زیر می‌باشد:

الف - C نشانه کاتیونیک است.

ب - پسوندهای ۱ و ۲ و h معانی مشابهی دارد که در مورد قیرابه‌های آنیونیک توضیح داده شد.

مشخصات قیرابه‌های کاتیونیک باید با مندرجات جدول ۵-۸ برابری داشته باشد.

جدول ۵-۷ مشخصات قیرابه‌های آنیونیک

آزمایش [۱]		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
کند روانی سی بولت فورل در ۲۵°C (ثانیه)		۲۰	۱۰۰	-	-	-	-	۲۰	۱۰۰	۱۰۰	-	۱۰۰	-	۱۰۰	-	۲۰	۱۰۰	۱۰۰	-	۵۰	-	۲۰	۱۰۰	۲۰	۱۰۰
کند روانی سی بولت فورل در ۵۰°C (ثانیه)		-	-	۷۵	۲۰۰	۷۵	۴۰۰	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
پایداری در برابر ته‌نشینی بعداز ۲۴ ساعت نگهداری درانبار (٪)		-	۱	-	۱	-	۱	-	۱	-	۱	-	۱	-	۱	-	۱	-	۱	-	۱	-	۱	-	۱
سرعت شکست با کلرور کلسیم (٪)		۶۰	-	۶۰	-	۶۰	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
قابلیت اندودشدن سنگدانه‌های خشک		-		-		-		خوب		خوب		خوب		خوب		خوب		خوب		خوب		-		-	
دوام اندود سنگدانه‌های خشک اندودشده در مقابل آب		-		-		-		متوسط		متوسط		متوسط		متوسط		متوسط		متوسط		متوسط		-		-	
قابلیت اندودشدن سنگدانه‌های مرطوب		-		-		-		متوسط		متوسط		متوسط		متوسط		متوسط		متوسط		متوسط		-		-	
دوام اندود سنگدانه‌های مرطوب اندودشده در مقابل آب		-		-		-		متوسط		متوسط		متوسط		متوسط		متوسط		متوسط		متوسط		-		-	
درصد قیر شکسته شده درآزمایش اختلاط باسیمار		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۲	-	۲
درصد دانه‌های درشت قیر در آزمایش دانه‌بندی [۲] (٪)		-	۰/۱	-	۰/۱	۰/۱	-	۰/۱	-	۰/۱	-	۰/۱	-	۰/۱	-	۰/۱	-	۰/۱	-	۰/۱		۰/۱	-	۰/۱	۰/۱
قیر باقیمانده از آزمایش تقطیر (٪)		۵۵	-	۶۳	-	۶۳	-	۵۵	-	۶۵	-	۶۵	-	۵۵	-	۶۵	-	۶۵	-	۶۵	-	۵۷	-	۵۷	-
مقدار روغن نسبت به حجم امولسیون در آزمایش تقطیر (٪)		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۱	۷	-	-	-	-
آزمایش روی قیر باقیمانده از تقطیر	درجه نفوذ ($\frac{1}{10}$ میلیمتر)	۱۰۰	۲۰۰	۱۰۰	۲۰۰	۱۰۰	۲۰۰	۱۰۰	۲۰۰	۱۰۰	۲۰۰	۹۰	۲۰۰	۱۰۰	۲۰۰	۱۰۰	۲۰۰	۴۰	۹۰	۲۰۰	-	۱۰۰	۲۰۰	۴۰	۹۰
	خاصیت انگمی (سانتیمتر)	۴۰	-	۴۰	-	۴۰	-	۴۰	-	۴۰	-	۴۰	-	۴۰	-	۴۰	-	۴۰	-	۴۰	-	۴	-	۴۰	-
	حلالیت درتری کلرواتیلن (٪)	۹۷/۵	-	۹۷/۵	-	۹۷/۵	-	۹۷/۵	-	۹۷/۵	-	۹۷/۵	-	۹۷/۵	-	۹۷/۵	-	۹۷/۵	-	۹۷/۵	-	۹۷/۵	-	۹۷/۵	-
	آزمایش پیاله شناور [۳] (ثانیه)	-	-	-	-	۱۲۰۰	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۱۲۰۰	-	۱۲۰۰	-	۱۲۰۰	-	-	-	-	-

۱) کلیه آزمایش‌های مورد نیاز برای قیرابه‌ها مطابق با D۲۴۴ ای اس تی ام و یا آشتو T۵۹ انجام می‌گیرد و نمونه‌گیری‌ها نیز با روش D۱۴۰ ای اس تی ام یا آشتو T۴۰ انجام می‌شود.

۲) در صورتی که نتایج استفاده از قیرابه مورد آزمایش در عملیات اجرایی قابل قبول باشد این آزمایش حذف می‌شود.

۳) آزمایش پیاله شناور با روش D۱۳۹ ای اس تی ام و T۵۰ آشتو انجام می‌گیرد.

۵-۵ کاربرد قیر در راه‌سازی

مصرف قیر در راه‌سازی متنوع و متفاوت است. انتخاب قیر صحیح 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 ۵-۹ بعنوان راهنمای کلی انتخاب قیر برای مصارف مختلف مخلوط‌های آسفالتی گرم و سرد، آسفالت‌های سطحی و اندودکاری‌ها ونیز تعمیر و نگهداری رویه‌های آسفالتی تهیه شده که می‌تواند مورد استفاده قرارگیرد. برای هر پروژه انتخاب نوع قیر توسط دستگاه نظارت و با تأیید کارفرما انجام می‌گیرد.

جدول ۵-۸ مشخصات قیرابه‌های کاتیونیک

آزمایش (۱)		زودشکن				کندشکن				دیرشکن			
		CRS-۱		CRS-۲		CMS-۲		CMS-۲h		CSS-۱		CSS-۱h	
		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 طبقه بندی		قابل قبول بشرح آزمایش مربوطه در استاندارد D۲۴۴				—		—		—		—	
قابلیت اندودشدن مصالح سنگی خشک		–	–	–	–	خوب		خوب		–	–	–	–
دوام اندود مصالح سنگی خشک اندودشده در مقابل آب		–	–	–	–	متوسط		متوسط		–	–	–	–
قابلیت اندودشدن مصالح سنگی‌مرطوب		–	–	–	–	متوسط		متوسط		–	–	–	–
دوام اندود مصالح سنگی مرطوب اندودشده در برابر آب		–	–	–	–	متوسط		متوسط		–	–	–	–
بار ذره‌ای دانه‌های قیر		مثبت		مثبت		مثبت		مثبت		مثبت		مثبت	
آزمایش دانه‌بندی (۲) (٪)- (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 ($\frac{1}{10}$ میلیمتر)	۱۰۰	۲۵۰	۱۰۰	۲۵۰	۱۰۰	۲۵۰	۴۰	۹۰	۱۰۰	۲۵۰	۴۰	۹۰
	خاصیت انگمی (سانتیمتر)	۴۰	–	۴۰	–	۴۰	–	۴۰	–	۴۰	–	۴۰	–
	حلالیت در تری‌کلرواتیلن (درصد)	۹۷/۵	–	۹۷/۵	–	۹۷/۵	–	۹۷/۵	–	۹۷/۵	–	۹۷/۵	–

۱) کلیه آزمایش های مورد نیاز برای قیرابه‌ها مطابق با D۲۴۴ ای‌اس‌تی‌ام و یا آشتو T۵۹ انجام می‌گیرد ونمونه گیری‌ها نیز باروش D۱۴۰ ای‌اس‌تی‌ام یا T-۴۰ آشتو انجام می‌شود.

۲) در صورتی که نتایج استفاده از قیرابه مورد آزمایش در عملیات اجرایی قابل قبول باشد این آزمایش حذف می‌شود.

جدول ۵-۹ راهنمای کلی انتخاب قیر برای انواع مختلف روسازی آسفالتی

نوع کاربرد	قیر خالص					قیر محلول														قیر آبه																				
						زودگیر				کندگیر					دیرگیر				آنیونیک												کاتیونیک									
	۴۰/۵۰	۶۰/۷۰	۸۵/۱۰۰	۱۲۰/۱۵۰	۲۰۰/۳۰۰	RC-۷۰	RC-۲۵۰	RC-۸۰۰	RC-۳۰۰۰	MC-۳۰	MC-۷۰	MC-۲۵۰	MC-۸۰۰	MC-۳۰۰۰	SC-۷۰	SC-۲۵۰	SC-۸۰۰	SC-۳۰۰۰	RS-۱	RS-۲	HFRS-۲	MS-۱ٍ HFMS-۱	MS-۲ HFMS-۲	MS-۲ٍ HFMS-۲h	HFMS-۲s	SS-۱	SS-۱h	CR-s۱	CRS-۲	CMS-۲	CMS-۲h	CSS-۱	CSS-۱h
آسفالت گرم و بتن آسفالتی - اساس ، آستر و رویه :																																							
راه	X	X	X	X	X																			X															
محوطه سازی - پارکینگ	X	X	X	X																				X															
آسفالت سرد کارخانه ای- اساس،آستر و رویه																																							
دانه بندی باز												X											X		X														
دانه بندی پیوسته							X					X	X	X		X	X	X						X	X	X													
لکه گیری فوری							X	X				X	X	X			X	X					X	X	X		X			X	X							
لکه گیری غیر فوری							X	X					X	X											X													
آسفالت سرد مخلوط در محل - اساس ، آستر و رویه :																																							
دانه بندی باز							X	X					X	X		X	X					X	X	X		X			X	X								
دانه بندی پیوسته												X	X			X	X								X	X	X											
هلسه							X	X			X	X	X												X	X	X											
هلسه با لای						X	X	X				X	X												X	X	X											
لکه گیری فوری							X	X				X	X	X		X	X									X			X	X							
لکه گیری غیر فوری												X	X			X	X								X												
آسفالتهای بازیافتی :																																							
آسفالت گرم			X	X	X																			X	X	X												
آسفالت سرد					X																			X		X	X			X	X	X	X					
آسفالتهای حفاظتی																																							
آسفالت سطحی یک لایه ای						X	X	X					X							X	X							X	X									
آسفالت سطحی چندلایه ای						X	X	X					X							X	X							X	X									
اندود آب بندی با مصالح سنگی						X	X	X					X								X			X				X	X									
اندود آب بندی با هلسه								X					X							X	X			X				X	X									
اسلاری سیل																									X	X													
آسفالت هاکادام نفوذی :																																							
با فضای خالی زیاد						X	X													X	X							X										
با فضای خالی کم							X														X							X										
قیر پاشی																																							
قیرپاشی کم Fogseal						X																	X		X	X													
اندود نفوذی روی سطح با تخلخل زیاد						X	X						X	X									X		X	X													
اندود نفوذی روی سطح با تخلخل کم						X					X	X											X															
اندود سطحی						X								X									X		X	X													
غبار نشانی												X	X	X		X	X								X	X												
مالچ پاشی						X																	X		X	X													
درز گیرها																																							
رویه های آسفالتی																									X	X													
رویه های بتنی	X																																						

۵-۶ گرم‌کردن قیـــر

انتخاب درجه حرارت صحیح برای گرم‌کردن انواع قیر در شرایط مختلف اجرا و مصارف گوناگون با کیفیت و مرغوبیت کار و نکات ایمنی ارتباط مستقیم دارد. راهنمای کلی و عمومی انتخاب درجه حرارت برای قیرهای مختلف در جدول ۵-۱۰ آمده است که در صورت نیاز می‌تواند مورد استفاده قرارگیرد.

جدول ۵-۱۰ درجه حرارت راهنما برای گرم‌کردن قیر

نـوع قیر	درجه حرارت در واحد مخلوط کننده [۱]		درجه حرارت پخش قیر [۵]	
	دانه‌بندی پیوسته	دانه‌بندی باز	آسفالت مخلوط درمحل	آسفالت سطحی
قیرهای خالص				
۴۰/۵۰	۱۳۰-۱۶۳	۱۰۵-۱۲۷	–	۱۵۰+ [۶]
۶۰/۷۰	۱۳۰-۱۶۳	۱۰۵-۱۲۷	–	۱۴۵+ [۶]
۸۵/۱۰۰	۱۲۰-۱۶۳	۱۰۵-۱۲۷	–	۱۴۰+ [۶]
۱۵۰/۲۰۰	۱۲۰-۱۵۵	۱۰۵-۱۲۷	–	۱۳۰+ [۶]
۲۰۰/۳۰۰	۱۱۵-۱۵۰	۱۰۵-۱۲۷	–	۱۳۰+ [۶]
قیرابه‌ها				
RS-۱	–		–	۲۰-۶۰
RS-۲	–		–	۵۰-۸۵
HFRS-۲	–		–	۵۰-۸۵
MS-۱	۱۰-۷۰ [۴]		۲۰-۷۰	۲۰-۷۰
MS-۲	۱۰-۷۰ [۴]		۲۰-۱۰	–
MS-۲h	۱۰-۷۰ [۴]		۲۰-۷۰	–
HFMS-۱	۱۰-۷۰ [۴]		۲۰-۱۰	۲۰-۷۰
HFMS-۲	۱۰-۷۰ [۴]		۲۰-۷۰	–
HFMS-۲h	۱۰-۷۰ [۴]		۲۰-۷۰	–
HFMS-۲s	۱۰-۷۰ [۴]		۲۰-۷۰	–
SS-۱	۱۰-۷۰ [۴]		۲۰-۷۰	–
SS-۱h	۱۰-۷۰ [۴]		۲۰-۷۰	–
CRS-۱	–		–	۵۰-۸۵
CRS-۲	–		–	۵۰-۸۵
CMS-۲	۱۰-۷۰ [۴]		۲۰-۷۰	–
CMS-۲h	۱۰-۷۰ [۴]		۲۰-۷۰	–
CSS-۱	۱۰-۷۰ [۴]		۲۰-۷۰	–
CSS-۱h	۱۰-۷۰ [۴]		۲۰-۷۰	–
قیرهای محلول [۲]				
MC-۳۰	–	–	–	۳۰+ [۶]
RC-MC-SC-۷۰	–	–	۲۰+ [۶]	۵۰+ [۶]
RC-MC-SC-۲۵۰	۵۵-۸۰ [۳]	–	۴۰+ [۶]	۷۵+ [۶]
RC-MC-SC-۸۰۰	۷۵-۱۰۰ [۳]	–	۵۵+ [۶]	۹۵+ [۶]
RC-MC-SC-۳۰۰۰	۸۰-۱۱۵ [۳]	–	–	۱۱۰+ [۶]

۱) درجه حرارت قیرباید بگونه‌ای تنظیم شودکه درجه حرارت مخلوط آسفالتی گرم که بلافاصله از مخلوط کننده تخلیه می‌شود با اعداد ارائه شده در جدول تطبیق کند.

۲) درجه حرارت نشان داده شده برای قیرهای محلول ممکن‌است از درجه اشتعال قیر بیشترباشد. در چنین حالتی کلیه نکات ایمنی باید رعایت شود.

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

۴) درجه حرارت قیرابه در واحد مخلوط کننده کارخانه آسفالت

۵) حداکثر درجه حرارت قیرهای محلول و خالص باید به اندازه‌ای باشد که از قیر در آن حرارت دود آبی‌رنگ متصاعد نشود.

۶) حداقل درجه حرارت

۵-۷ افزودنی‌های قیر[۱]

امروزه علاوه بر قیر و مصالح متداول تشکیل‌دهنده مخلوط‌های آسفالتی از مواد دیگری به نام افزودنی‌ها و یا اصلاح‌کننده‌های قیر[۲] استفاده می‌شود. این ترکیبات که طیف وسیعی از مواد معدنی، آلی، طبیعی و صنعتی را در برمی‌گیرد به منظور اصلاح برخی از خواص قیر و در نتیجه مخلوط‌های آسفالتی، به شرح موارد زیر کاربرد دارند:

الف - جلوگیری ازعریان‌شدن سنگدانه‌های مخلوط‌های آسفالتی

ب - جلوگیری از ایجاد ترکهای حرارتی و انقباضی در رویه‌های آسفالتی

پ - کاهش پدیده‌های تغییرشکل و قیرزدگی رویه‌های آسفالتی

ت - جلوگیری از روآمدن ترک‌های آسفالتی

ث - کاهش پدیده سخت‌شدن و کهنه‌شدن قیر

ج - افزایش تاب خستگی آسفالت

قیرهای اصلاح شده براساس استاندارد ای اس تی ام و برحسب نوع افزودنیهای مصرفی، به شش گروه تقسیم می‌شوند که برای هریک مشخصات فنی معینی طراحی شده است. این مشخصات قیرهای اصلاح شده‌ای را شامل می‌شود که حاصل اختلاط فقط قیرهای خالص، با پلیمرها، کوپلیمرها، مواد شیمیایی تثبیت کننده و پودر لاستیکهای بازیافتی باشند.

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

مشخصات ٦ گروه قیرهای اصلاح شده که هریک با افزودنیهای معینی تهیه می‌شوند بشرح زیر می‌باشد:

۵-۷-۱ قیرهای اصلاح شده با پلیمر نوع I

این قیرها از افزودن کوپلیمرهای استایرن بوتادین (SB)[۳]، یا استایرن بوتادین استایرن (SBS)[۴] به قیرهای خالص تهیه می‌شوند **و باید با مشخصات D۵۹۷۶ ای اس تی‌ام برابری داشته باشند.** قیرهای اصلاح شده با این پلیمر، و پلیمرهای دیگری که ویژگیهای مندرج در مشخصات فوق را تامین نمایند به چهارگروه I-A، I-B، I-C، I-D تقسیم می‌شوند.

۵-۷-۲ قیرهای اصلاح شده با پلیمر نوع II

این قیرها از افزودن پلیمر مایع استایرن بوتادین رابر (SBR)[۵]، یا نوع پلیمر مایع پلی‌کلروپرن[۶] با قیرهای خالص تهیه می‌شوند و **باید با مشخصات D۵۸۴۰ ای‌اس تی‌ام برابری داشته باشند.** قیرهای اصلاح شده با این پلیمرها، و پلیمرهای دیگری که ویژگی‌های مندرج در مشخصات فوق را تامین نمایند در چهارگروه II-A ، II-B، II-C، II-D تقسیم‌می‌شوند.

۵-۷-۳ قیرهای اصلاح شده با پلیمر نوع III

این قیرها از افزودن پلیمر اتیلن‌وینیل استات (EVA)[۷] با قیر خالص تهیه می‌شوند و **باید با مشخصات D۵۸۴۱ ای‌اس تی‌ام انطباق داشته باشند.** قیرهای اصلاح شده با این پلیمر و یا پلیمرهای دیگری که ویژگی‌های مندرج در مشخصات فوق را تامین نماید در پنج گروه III-A تا III-E تقسیم می‌شوند.

---

۱) Asphalt Additives ۲) Modifier

۳) styrene Butadiene Block Copolymer

۴) Styrene - Butadiene - Styrene Block Copolymer

۵) Styrene - Butadiene Rubber Latex

۶) Polychloroperene ۷) Ethyl Vinyl Acetate

۵-۷-۴ قیرهای اصلاح شده با پلیمر نوع IV

این قیرها از افزودن کوپلیمر غیرشبکه‌ای استایرن بوتادین استایرن (SBS) با قیرهای خالص تهیه می‌شوند و **باید با مشخصات D۵۸۹۲ ای‌اس‌تی‌ام برابری داشته باشند.** قیرهای اصلاح شده با این کوپلیمر و یا پلیمرهای دیگری که ویژگیهای مندرج در مشخصات فوق را تامین می‌نماید در شش گروه IV-A تا IV-F تقسیم می‌شوند.

۵-۷-۵ قیرهای اصلاح شده با پودر لاستیک[۱]

این قیرها از اختلاط پودر لاستیک‌های بازیافتی[۲] و در صورت لزوم افزودنیهای معدنی و یا مواد الیافی[۳] دیگر، با قیر خالص تهیه می‌شوند و **باید بامشخصات D۶۱۱۴ ای‌اس‌تی‌ام مطابقت داشته باشند.** قیرهایی که به این طریق اصلاح می‌شوند از نظر کندروانی به سه گروه I الی III بترتیب با غلظت زیاد تا کم تقسیم می‌شوند. **پودر مصرفی باید با قیر داغ آنچنان مخلوط شده و واکنش نشان دهد که ذرات لاستیک قبل از مصرف قیر به اندازه کافی متورم و منبسط شده باشند.**

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

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.

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

۵-۷-۶ قیرهای اصلاح شده با مواد شیمیایی تثبیت کننده[۴]

این قیرها از افزودن مواد شیمیایی تثبیت کننده به قیرهای خالص تهیه می‌شوند **و باید با مشخصات D۶۱۵۴ ای‌اس‌تی‌ام مطابقت داشته باشند.** قیرهای اصلاح شده با این مواد، و یا اصلاح کننده‌های دیگری که ویژگی‌های مندرج در مشخصات فوق را تامین نمایند در چهار گروه قیر با درجه نفوذ ۱۸۵-۱۴۰ تا قیر با درجه نفوذ ۶۵-۳۵ تقسیم می‌شوند.

---

۱) Asphalt - Rubber Binders

۲) Ground Recycled Tire

۳) Fiber

۴) Chemical Stabilizer

فصل ششم - اندودهای نفوذی و سطحی

۶-۱ تعریف

پخش یک لایه قیر با کند روانی کم و یا متوسط، روی سطح شنی راه، اندود نفوذی و روی سطح آسفالتی یا بتنی راه، اندود سطحی نامیده می‌شود.

۶-۲ عملکرد اندودها

عملکرد اندودهای نفوذی و سطحی بشرح زیر است:

۶-۲-۱ اندود نفوذی

اندود نفوذی به منظور آماده کردن سطح شنی راه جهت پخش لایهٔ آسفالتی، اعم از آسفالت سطحی، آسفالت سرد یا آسفالت گرم انجام می‌شود. این اندود علاوه بر کمک به آب‌بندی‌کردن جسم راه و چسباندن سنگدانه‌ها به یکدیگر و نفوذ در خلل و فرج سطح قیرپاشی شده، موجب چسبندگی قشر آسفالت به سطح راه می‌شود.

۶-۲-۲ اندود سطحی

اندود سطحی جهت آغشته کردن سطح آسفالتی یا بتنی موجود و ایجاد چسبندگی با لایه آسفالتی که روی آن پخش می‌گردد، اجرا می‌شود.

۶-۳ مواد قیری

برای اندودهای سطحی و نفوذی، می‌توان از قیرهای محلول و قیرابه‌ها که نوع و درجه و نیز محدودهٔ حرارت پخش آنها در جدول ۶-۱ داده شده، استفاده کرد. **مشخصات قیرهای محلول و قیرابه‌ها باید با جدول‌های مربوط در فصل پنجم مطابقت داشته باشد.**

۶-۴ انتخاب قیر مناسب

برای انتخاب نوع و درجه قیر مناسب برای اندودهای نفوذی و سطحی، علاوه بر استفاده از جدول ۶-۱ و موارد مذکور در بندهای ۶-۴-۱ و ۶-۴-۲ متغیرهای زیر نیز درنظر گرفته می‌شود:

الف - دمای محیط

ب - رطوبت نسبی و باد

پ - درجه حرارت سطحی که قیرپاشی می‌شود.

ت - بافت سطحی بستری که قیرپاشی می‌شود.

ث - طول زمان عمل آمدن قیر.

۶-۴-۱ اندود نفوذی

برای انتخاب قیرهای مصرفی در اندود نفوذی شرایط زیر رعایت می‌شود:

الف - در شرایط هوای سرد، قیرهای با کند روانی کم مانند MC-۳۰ , MC-۷۰ و یا RC-۷۰ مناسب است.

ب - در شرایط هوای معتدل و گرم هریک از قیرهای گروه MC-۳۰ , MC-۷۰ و MC-۲۵۰ مناسب است.

پ - در صورتیکه بافت سطح شنی راه متراکم، پیوسته و ریزدانه باشد بهتراست از قیرهای با کند روانی کم مانند MC-۳۰,۷۰ و یا RC-۷۰، و در صورتی که بافت سطح شنی راه، درشت دانه و باز باشد، علاوه بر قیرهای فوق، می‌توان از قیرهای با کند روانی بیشتر مانند MC-۲۵۰ استفاده کرد.

ت - در موردهایی که برای گیرش و عمل‌آمدن و جذب قیر به سطح شنی راه فرصت کافی (بیش از ۲۴ ساعت) وجود داشته باشد استفاده از قیرهای با کند روانی بیشتر از قیر MC-۲۵۰ مناسب نیست.

ث - چنانچه به هر دلیل، اندود نفوذی بعد از ۴۸ ساعت جذب سطح راه نشود، تا موقعی که قیر در بافت سطحی راه نفوذ

کند، فرصت داده می‌شود. در صورت لزوم می‌توان با پخش ماسه تمیز روی اندود نفوذی، قیر اضافی را جذب کرد. **ماسه مصرفی باید ریزتر از ۵ میلیمتر بوده و درصد عبور کرده از الک ۲۰۰ آن از ۵ درصد تجاوز نکند.**

ج - استفاده از قیرآبه ها ، منحصراً محدود به سطوح قابل نفوذ مانند اساس ماکادامی و مصالح شنی با دانه بندی باز می‌باشد.

۶-۴-۲ اندود سطحی

هریک ازقیرهای جدول ۶-۱ راکه برای‌اندود سطحی تعیین شده‌است، می‌توان بدون توجه به شرایط‌جوی متفاوت و رعایت موردهای زیر مصرف کرد:

الف - در شرایطی که انواع قیرابه‌های جدول ۶-۱ برای اندود سطحی موجود باشد، اولویت مصرف به ترتیب با قیرهای دیر شکن، کندشکن و زودشکن می‌باشد. استفاده از این قیرها در مناطق شهری برای حفظ محیط زیست و جلوگیری از آلودگی هوا مناسب است.

ب - **اندود سطحی برای تأمین چسبندگی بین دو لایهٔ آسفالتی امری ضروریست.**

پ - قیرابه‌ها را قبل از مصرف می‌توان به اندازه حجم آن با آب رقیق کرد. **عمل رقیق‌کردن، برای قیرهای کندشکن، باید توسط کارخانه سازنده انجام گیرد،** ولی قیرهای دیرشکن را درحین اجرای کار هم می‌توان رقیق کرد. برای رقیق‌کردن قیرابه، آب تدریجاً و ضمن بهم‌زدن قیرابه به آن اضافه می‌گردد، تاکاملاً مخلوط شود.

جدول ۶-۱ قیرهای مصرفی در اندودهای سطحی و نفوذی

نوع و درجه قیر	اندود نفوذی	اندود سطحی	درجه حرارت پخش(سانتیگراد)
قیرابه‌های آنیونیک			
زودشکن RS-۱	–	×(۱)	۲۰-۶۰
کندشکن MS-۱ ، HF MS-۱	–	×(۲)	۲۰-۷۰
دیرشکن SS-۱ ، SS-۱h	×(۲)و(۳)	×(۳)	۱۰-۶۰
قیرابه‌های کاتیونیک			
زودشکن CRS-۱	–	×(۱)	۲۰-۶۰
کندشکن CMS-۲	×(۲)	–	۲۰-۷۰
دیرشکن CSS-۱ ، CSS-۱h	×(۳)و(۴)	×	۱۰-۶۰
قیرهای محلول			
قیر زودگیر RC-۷۰	×	×	+۵۰ (۵)
قیر زودگیر RC-۲۵۰	×	×	+۷۵ (۵)
قیر کندگیر MC-۳۰	×	–	+۳۰ (۵)
قیر کندگیر MC-۷۰	×	–	+۵۰ (۵)
قیر کندگیر MC-۲۵۰	×	–	+۷۵ (۵)

۱) استفاده در شرایط خاص مانند عملیات اجرائی در شب با رطوبت نسبی خیلی زیاد

۲) رقیق‌شده با آب توسط کارخانه سازنده

۳) فقط برای سطوح قابل نفوذ مانند اساس ماکادامی و اساس با دانه‌بندی باز

۴) رقیق شده با آب در حین اجرا

۵) حداقل درجه حرارت . (به بند ۶-۵ مراجعه شود)

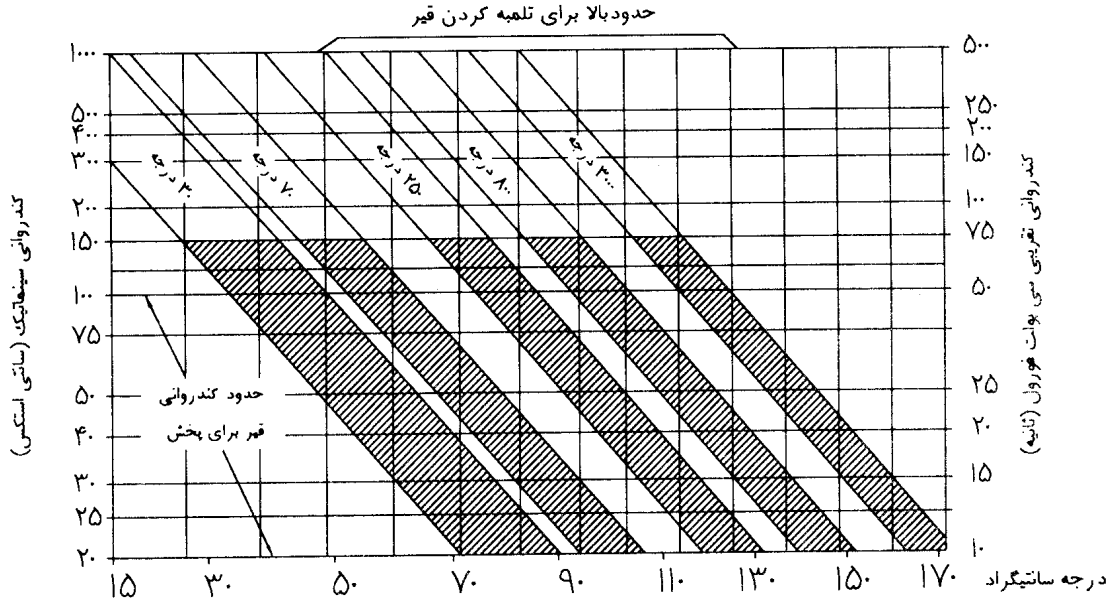
۶-۵ کنترل دمای پخش

مناسب‌ترین درجه حرارت پخش قیرهای محلول، علاوه بر رعایت دمای مندرج در جدول ۶-۱، درجه حرارتی است که در آن کند روانی قیر به شرح شکل ۶-۱، بین ۱۲۰-۲۰ سانتی استکس باشد. برای قیرهای محلول متفاوت، این درجه حرارت، از نمودار تغییر کند روانی قیر برحسب درجه حرارت‌های مختلف تعیین می شود. به عنوان نمونه شکل ۶-۲، نمودار مورد نظر را برای یک نوع قیر RC-۲۵۰ که ازقیرپایه مشخص و معینی ساخته شده است، نشان می‌دهد. بدیهی است که قیرهای محلول برحسب این که از چه نوع قیر خالصی تهیه شده باشند، دارای نمودارهای متفاوت و در نتیجه درجه حرارت پخش متفاوتی خواهندبود. از نظر ایمنی، درجهٔ اشتعال قیرهای محلول زودگیر حداقل ۲۷ درجه، و قیرهای کندگیر MC-۳۰ و MC-۷۰ حداقل ۳۸ و قیر MC-۲۵۰ حداقل ۶۶ درجه سانتیگراد است. نظر به این که حداقل درجات حرارت پخش بشرح جدول ۶-۱ برای این قیرها،اغلب بالاتر ازحداقل درجه اشتعال آنهاست، لذا هنگام کار با این قیرها کنترل دمای پخش از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است که رعایت موردهای احتیاطی زیر ضروری می‌باشد:

الف - **شعله و آتش نباید به هیچ وجه به این قیرها نزدیک شود، ضمن آنکه برای گرم‌کردن قیر باید از وسایل قابل کنترل و مطمئن استفاده کرد.**

ب - **برای کنترل و بازرسی مخازن قیرهای محلول، نباید از آتش مشتعل یاچراغ‌های شعله‌ای و یا کبریت استفاده کرد.**

پ - **ماشین قیرپاشی برای پخش این قیرها، باید بدون استثناء به کپسول‌های آتش‌نشانی و وسایل ضدحریق مجهز باشد.**



شکل ۶-۱ کند روانی و درجه حرارت پخش قیرهای محلول

شکل ۶-۲ رابطه تغییر کند روانی قیر RC-۲۵۰ با درجه حرارت

۶-۶ میزان پخش قیر

مناسب‌ترین میزان پخش قیر برای اندودهای نفوذی و سطحی مقدار قیری است که پس از انقضای مدت زمان لازم برای هریک از اندودها، مواد فرّار آن تصعید و کاملاً جذب سطح راه شده باشد، که این مدت برای اندود نفوذی حداقل ۲۴ ساعت خواهدبود. به طور کلی مقادیر زیر را به عنوان راهنما، بر حسب این که نوع اندود، نفوذی یا سطحی باشد، می‌توان بکار برد. بدیهی است مقادیر دقیق قیر، از طریق آزمایش کارگاهی توسط دستگاه نظارت تعیین می‌شود.

۶-۶-۱ اندود نفوذی

برای سطوح آماده شده راه برحسب آنکه بافت ریزدانه و متراکم و یا بافت درشت دانه و باز داشته باشد، مقدار قیر محلول به ترتیب می‌تواند از ۱ تا ۲ کیلوگرم بر مترمربع تغییر کند.

در صورتیکه از قیرابه برای سطوح آماده شده راه با دانه‌بندی باز و ماکادامی استفاده شود، میزان مصرف آن بر حسب مورد بین ۱/۲-۰/۶ کیلوگرم بر مترمربع خواهدبود.

۶-۶-۲ اندود سطحی

برای اندودهای سطحی، مقدار قیر محلول حدود ۴۰۰-۲۰۰ گرم در مترمربع و برای قیرابه ۶۰۰-۳۰۰ گرم در مترمربع می‌باشد. میزان اندود سطحی که باید روی سطوح آسفالتی قدیمی، هوازده و آسیب‌دیده پخش شود، بر حسب مورد و با توجه به شدت میزان فرسودگی رویهٔ موجود، توسط دستگاه نظارت تعیین می‌شود.

۶-۷ وسایل و تجهیزات اجرای اندودها

برای اجرای اندودها ماشین‌آلات زیر موردنیاز است:

- جاروی مکانیکی
- سیستم هوای فشرده یا کمپرسور
- قیرپاش

۶-۷-۱ جاروی مکانیکی و کمپرسور

جاروی مکانیکی و کمپرسور برای پاک‌کردن و آماده کردن سطح آماده شده راه و یا رویه‌های آسفالتی موجود، قبل از قیرپاشی بکار گرفته می‌شود.

۶-۷-۲ قیرپاش

قیرهای محلول و یا قیرابه‌ها باید با قیرپاش فشاری پخش شوند. این قیرپاش باید دارای مشخصات زیر باشد.

الف - **دستگاه قیرپاش باید روی چرخ‌های لاستیکی به عرض و وزن خاصی نصب شود، به‌گونه‌ای که فشار وارده از چرخ‌ها به سطح راه از ٦ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع تجاوز نکند.** این امر می‌تواند با اندازه‌گیری در محل کنترل شود و در صورت لزوم با تقلیل یا افزایش فشار باد چرخها فشار وارده تنظیم گردد.

ب - **مخزن قیرپاش باید به یک دستگاه گرم‌کننده مجهز باشد و بتواند محمولهٔ قیر را تا درجهٔ حرارت لازم برای پخش گرم کند. قیر هنگام گرم‌کردن باید در گردش باشد و یا به کمک وسایل مخصوص، بهم زده‌شود. برای قیرپاش‌هایی که قیرابه‌ها را پخش می‌کنند سیستم گردش قیر در مخزن باید لوله پخش قیر و شیرهای مربوط به آن را نیز شامل شود،** در غیر این صورت احتمال شکستن قیرابه و انسداد لوله‌ها وجود دارد.

پ - **به منظور کنترل دائم درجه حرارت قیر، باید دماسنجی روی مخزن نصب شود. دماسنج باید به نحوی قرارگیرد که حداکثر درجه حرارت قیر رانشان دهد.**

ت - **مخزن قیر باید از طریق لوله مخصوصی که در آن تعبیه می‌شود، بارگیری گردد، و این لوله به یک صافی مجهز باشد. نصب صافی باید به نحوی باشد که تغییر و تعویض آن به سهولت انجام گیرد.**

ث - **دستگاه قیرپاش باید برای پخش قیر به یک پمپ مجهز باشد.** مقدار قیری که پخش می‌شود، بر حسب لیتر در دقیقه، با سرعت قیرپاش هماهنگ و کنترل می‌گردد.

ج - **ماشین قیرپاش باید به یک سرعت‌سنج برای سنجش و تعیین سرعت حرکت به متر در دقیقه مجهز باشد.** سرعت‌سنج در محلی نصب می‌شود که همواره در معرض دید راننده باشد.

چ - طول لوله قیرپاش به طور عادی ۴ متر می‌باشد ولی باید برای عرض‌های کمتر یا بیشتر قابل تنظیم باشد.

ح - **ارتفاع لوله پخش قیر از زمین و نیز زاویه چشمه‌های تخلیه قیر نسبت به محور لولهٔ قیرپاش باید به گونه‌ای تنظیم گردد که پخش یکنواخت قیر در سطح راه تأمین شود.** بهترین شرایط برای زاویه شیرهای تخلیه قیر، زاویه بین ۱۵ تا ۳۰ درجه و مناسب‌ترین فاصله بین شیرهای نصب شده روی لوله پخش ۱۰ سانتیمتر می‌باشد.

خ - **قیرپاش باید دارای لوله پخش‌کنندهٔ دستی نیز باشد،** تا بتوان سطوح محدود ویا قسمت‌هایی را که پخش قیر با قیرپاش میسر نباشد، قیرپاشی کرد.

د - **قیرپاشی که قیرابه را پخش می‌کند نیاز به مراقبت، دقت و نگهداری و توجه به موردهایی همچون گرم‌کردن قیر، کارایی پمپ‌ها، چگونگی تخلیه و پرکردن مخزن، تمیزکردن و شناسایی انواع قیری که ممکن است مورد مصرف قرارگیرد، دارد.**

ذ - **قیرپاشی که برای پخش قیرابه بکار می‌رود هر روز پس از خاتمه کار باید با نفت سفید یا مواد مشابه کاملاً شستشو گردد. مخزن قیرپاش در شرایطی که حاوی قیرابه باشد**

باید در مقابل سرما محافظت شود تا قیرابه یخ نزده و نشکند.

ر - **پخش قیر توسط قیرپاش باید به اندازه‌ای دقیق باشد که انحراف آن از مقدار قیری که باید در هر مترمربع از سطح راه پخش شود، از ۱۰ درصد تجاوزنکند. برای تأمین این نظر باید سرعت دستگاه و مقدار قیری که از لوله‌ها تخلیه می‌شود یکنواخت و همگن باشد.** سرعت قیرپاش که همواره قبل از قیرپاشی محاسبه می شود از رابطه زیر تعیین می گردد.

$$V = \frac{MQ}{WA}$$

که در آن:

V - سرعت در موقع پخش بر حسب متر در دقیقه

Q - مقدار قیر قابل تخلیه از لوله قیرپاش برحسب لیتر دردقیقه

M - ضریب اصلاح حجم قیر نسبت به درجه حرارت پخش

W - عرض لوله قیرپاش - متر

A - مقدار قیر، برحسب لیتردرمترمربع.

۶-۸ محدودیت‌های فصلی

اندودهای سطحی و نفوذی باید هنگامی انجام شود که هوا بارانی و یا مه آلوده نبوده و سطح راه، در صورت مصرف قیرهای محلول، کاملاً خشک باشد. چنانچه قیرابه مصرف می‌شود سطح راه می‌تواند رطوبت سطحی و جزئی داشته باشد.

برای اندودهای نفوذی و سطحی درجه حرارت هوا در سایه، وقتی که هوا روبه گرمی می‌رود بهتر است بیشتر از ۱۰ درجه و زمانی که هوا رو به سردی می‌رود بیش‌از ۱۵ درجه سانتیگراد باشد.

در صورتیکه اجرای کار در مواقعی صورت گیرد که دمای محیط با شرایط فوق تطبیق نکند و اجرای کار الزامی باشد، **پخش قیر باید با موافقت دستگاه نظارت و انجام پیش‌بینی‌های لازم صورت گیرد.**

۶-۹ آماده کردن سطح راه

قبل از پخش قیر، سطح آماده شده راه اعم از سطح شنی یا رویه آسفالتی را باید از مواد زاید و گرد وغبار با جاروی مکانیکی و هوای فشرده تمیز کرد. تمیزکردن سطح راه باید به گونه‌ای انجام شود تا بافت سطحی مصالح کاملاً مشخص شده و کلیهٔ مواد ریز دانه‌ای که روی این بافت را پوشانده‌است با جاروی سیمی - مکانیکی و هوای فشرده، پاک شود. در صورت لزوم رویه‌های آسفالتی موجود را قبل از قیرپاشی باید با شستشو تمیزکرد.

در صورت استفاده از قیرابه‌ها هنگامی که دمای محیط بالاست می‌توان سطح راه را قبل از اندود نفوذی با آب مرطوب کرد تا قیرابه بلافاصله شکسته نشده و فرصتی برای نفوذ آن در خلل و فرج سطح قبل از شکستن قیر باشد.

۶-۱۰ پخش قیر

پخش قیر باید به وسیله ماشین قیرپاش که مشخصات کلی آن در بند ۶-۷-۲ ذکر شد انجام گیرد. قیر باید به طور یکنواخت پخش شود تا سطوح کم قیر و پرقیر در سطح راه به وجود نیاید. برای تعیین مقدار قیر پخش شده در سطح راه از آزمایش سینی استفاده می شود.

قیرپاشی در سطوح محدود و قسمت‌هایی که پخش با قیرپاش امکان‌پذیر نیست، با قیرپاش دستی انجام می‌گیرد.

در صورتی که پخش قیر در دو خط عبور یا بیشتر انجام می‌شود باید لبهٔ طولی خطوط در تمام طول یکدیگر را بپوشانند. در نقاط شروع و ختم قیرپاشی بهتر است سطح راه در

عرض کافی با صفحات کاغذی و یا فلزی پوشیده شده و بلافاصله پس از اجرای اندودها برداشته شوند.

۶-۱۱ کنترل وسایل نقلیه

در کنترل برنامه‌های عبور و مرور وسایل‌نقلیه پس از پخش اندودهای نفوذی و سطحی موارد زیر باید رعایت شود:

۶-۱۱-۱ اندودهای نفوذی

هرگاه عبور وسایل‌نقلیه از روی قیر پخش‌شده اضطراری باشد قیر باید قبلاً خشک شده و کاملاً در سطح راه نفوذ کرده باشد، در غیر این صورت باید نخست روی قیر ماسه پخش شود و سپس اجازه عبور و مرور از راه داده شود.

۶-۱۱-۲ اندودهای سطحی

عبور و مرور وسایل‌نقلیه از روی سطوح قیرپاشی شده مجاز نمی‌باشد. هرگاه لازم باشد که قیرپاشی ضمن عبور و مرور وسایل نقلیه صورت گیرد باید همیشه نصف عرض راه باز باشد تا وسایل‌نقلیه از روی سطح قیرپاشی شده عبور نکنند. لازم است هنگام اجرای عملیات قیرپاشی با نصب علایم کافی و گماردن ماموران راهنما و چراغ‌های هشداردهنده ایمنی در عبور و مرور تأمین شود.

فصل هفتم - آسفالت‌های حفاظتی

۷-۱ تعریف

پخش قیر در راه‌های خاکی، شنی، آسفالتی و بتنی و بلافاصله پخش سنگدانه بر روی آن، یا قیرپاشی بدون سنگدانه‌و یا استفاده از مخلوطهای آسفالتی پیش ساخته از نوع دوغاب قیری (اسلاری سیل) و یا آسفالت متخلخل ، آسفالت حفاظتی نامیده می‌شود.

ضخامت این نوع رویه‌سازی حداکثر ۲۵ میلیمتر است که جزء سازهٔ باربر روسازی راه محسوب نمی‌شود و عملکرد سازه‌ای ندارد. در آسفالت‌های حفاظتی از قیرهای محلول، قیرابه‌ها و یا قیرهای خالص با کند روانی کم استفاده می‌شود.

۷-۲ دامنه کاربرد

آسفالت‌های حفاظتی برای غیرقابل نفوذکردن بستر‌راه، افزایش تاب سایشی و لغزشی آن 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 در صورت استفاده از قیرهای معمولی بدون مواد افزودنی به ترافیک سبک و متوسط محدود می‌گردد و هریک نیز به منظور خاصی، بشرح زیر اجرامی‌شود:

۷-۲-۱ رویه آسفالت سطحی

در راه‌هایی که احداث رویه‌های بتنی یا بتن آسفالتی، از نظر فنی و اقتصادی و با توجه به ترافیک موجود و آینده، قابل توجیه نیست، بعد از اجرای لایه‌های زیراساس و اساس شنی آن را با یک یا دولایه آسفالت سطحی روسازی می‌کنند.

۷-۲-۲ افزایش تاب سایشی

اجرای آسفالت حفاظتی، تاب سایشی راه‌های شنی را افزایش می‌دهد و از کاهش ضخامت رویه شنی و جداشدن سنگدانه‌های ریز و درشت آن از بستر راه جلوگیری می‌کند و در نتیجه دوام و تاب آوری آن را بهبود می‌بخشد.

۷-۲-۳ افزایش تاب لغزشی

سطوح آسفالتی قیرزده و لغزنده، به علت فقدان تاب لغزشی، به ویژه بعداز بارندگی و هنگام خیس بودن سطح راه و یا جمع‌شدن آب حاصل از نزولات جوی برای استفاده‌کنندگان از راه، حوادث زیان باری ایجاد می‌کند. اجرای آسفالت سطحی در این راه‌ها موجب افزایش مقاومت لغزندگی و در نتیجه افزایش ایمنی ترافیک می‌شود.

۷-۲-۴ آب‌بندی رویه راه

ورود و نفوذ هوا و آب از طریق فضای خالی در رویه‌های آسفالتی حتی برای راه‌های جدیدالاحداث، از عوامل اصلی آسیب‌دیدگی محسوب می‌شود. اجرای آسفالت حفاظتی روی این سطوح، فضای خالی و حفره‌های موجود سطحی را مسدود کرده و از نفوذ آب و هوا به قشرهای آسفالتی و غیرآسفالتی لایه‌های روسازی و زیرسازی جلوگیری می‌کند.

۷-۲-۵ روسازی مرحله‌ای

در راه‌هایی که تکمیل ضخامت روسازی در چند مرحله انجام می‌شود می‌توان در نخستین مرحله اجرای طرح از آسفالت سطحی استفاده کرد و در مراحل بعدی آن را با لایه‌های آسفالتی روکش و تقویت کرد. امتیاز استفاده از این روش آن است که قبل از اجرای لایه‌های بتن آسفالتی، هرگونه نقص غیرقابل پیش‌بینی مشخص شده و پس از اصلاح آن می‌توان نسبت به اجرای بتن

آسفالتی اقدام‌کرد.

۷-۲-۶ بهسازی راه

رویه‌های آسفالتی راکه به مرور زمان اکسیده و فرسوده شده، ولی نواقص اساسی و سازه‌ای ندارند، می‌توان با آسفالت حفاظتی و با صرف هزینه کمتری بهسازی کرد.

انجام آسفالت حفاظتی در این موردها و بعد از عملیات اصلاحی و ترمیمی از قبیل لکه‌گیری، درزگیری ترک‌ها، تسطیح فراز و نشیب‌ها و سایر تعمیرات سطحی، قابلیت بهره‌دهی را افزایش می‌دهد و علاوه بر آن سطح یکنواختی را برای رویه راه تأمین می‌کند.

۷-۲-۷ افزایش خاصیت بازتابندگی رویه راه

سطوح تیره‌رنگ رویه‌های سیاه آسفالتی به علت محدودکردن وسعت دید برای رانندگان وسایل‌نقلیه در شب خطراتی ایجاد می‌کند. این نقص عمده با اجرای یک قشر آسفالت سطحی با مصالح شفاف و روشن که صحیح طرح و اجرا شده باشد، مرتفع می‌شود. لیکن این بدان مفهوم نیست که عملیات خط‌کشی و دیگر موارد ایمنی اجرا نشود.

۷-۳ انواع آسفالت‌های حفاظتی

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

- آسفالت‌های سطحی یک یا چندلایه‌ای
- سیلکوت‌ها یا اندودهای آب‌بند
- مخلوطهای آسفالتی قیرآبه‌ای یا دوغاب قیری (اسلاری سیل)
- مخلوط‌های آسفالت متخلخل
- غبارنشانی و روغن پاشی راه (جلوگیری از گردوغبار و تثبیت راه‌های خاکی)

۷-۴ آسفالت‌های سطحی یک یا چند لایه‌ای

۷-۴-۱ کلیات

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. بطور متعارف حداکثر اندازه اسمی سنگدانه‌های مصرفی در هر لایه از آسفالت سطحی چندلایه‌ای، نصف حداکثر اندازه اسمی سنگدانه‌های لایه قبلی است.

۷-۴-۲ مواد قیری

در آسفالت‌های سطحی از قیرابه‌ها، قیرهای محلول و قیرهای خالص با کند روانی کم می‌توان استفاده کرد. قیر مناسب برای شرایط متفاوت جوی - ترافیکی و برحسب نوع مصالح مصرفی، بهتر است ویژگی‌های کلی زیر را داشته باشد:

الف - به اندازه کافی روان باشد تا بعد از پخش، پوششی یکنواخت و همگن در سطح راه ایجاد کند. به علاوه به اندازه کافی غلیظ باشد تا ضخامت‌این پوشش ثابت بماند و به تناسب شیب عرضی و طولی مسیر در سطح راه جاری‌نشود.

ب - بعد از پخش، کند روانی لازم و کافی را برای اندودکردن یکنواخت سنگدانه‌هایی‌که روی آن پخش‌می‌شود،تأمین‌کند.

پ - در صورت مصرف قیرهای محلول و یا قیرابه‌ها، لازم است به ترتیب موادحلال و یا آب آن درفرصت مناسب تصعید و تبخیرشود تا چسبندگی لازم بین سنگدانه‌ها و قیر پخش‌شده تأمین‌گردد.

ت - بعد از تصعید مواد فرار و تکمیل عملیات تراکم، سنگدانه‌ها را در بستر قیری سطح راه فرو نشانَد و از حرکت و

جابجایی آنها در مقابل ترافیک جلوگیری کند.

ث - وقتی که به مقدار پیش‌بینی شده پخش می‌شود، در برابر تغییرات دمای محیط و شرایط ترافیکی محور، موجب قیرزدگی نشود و در سطح راه تغییرشکل به وجود نیاید.

انواع قیرهای مورد استفاده در آسفالت‌های سطحی یک یا چند لایه‌ای در جدول ۷-۱ نشان داده شده است. **این قیرها باید با مشخصات مشروحه در فصل پنجم این آیین‌نامه برابری داشته باشند.**

جدول ۷-۱ قیرهای مورد استفاده در آسفالت‌های سطحی یک یا چندلایه‌ای

انواع قیر		
قیرهای خالص	قیرهای محلول	قیرابه‌ها
	قیرهای زودگیر	آنیونیک
۱۲۰-۱۵۰ ۲۰۰-۳۰۰ (۱)	RC-۲۵۰ RC-۸۰۰ RC-۳۰۰۰	RS-۱ RS-۲ HFRS-۲ MS-۱ HFMS-۱ HFMS-۲s
	قیرهای کندگیر	کاتیونیک
	MC-۸۰۰ MC-۳۰۰	CRS-۱ CRS-۲

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

۷-۴-۳ سنگدانه‌ها

سنگدانه‌های مصرفی در آسفالت سطحی یک یا چند لایه‌ای از شن شکسته یا سنگ کوهی شکسته و یا سرباره کوره‌های آهن گدازی تهیه می‌شود. **مصالح باید مقاوم، سخت و مکعبی بوده و فاقد دانه‌های سست، شکننده وکلوخه‌های خاکی، پوشش و اندودهای لای، رس و گرد سنگ باشد.مشخصات فنی سنگدانه‌ها به شرح زیر است:**

۷-۴-۳-۱ خواص فیزیکی و مقاومتی

سنگدانه‌ها از نظر مقاومت سایشی و مکانیکی و دوام درمقابل شرایط جوی ونیز مقدارمجازمواد مضر موجود در آنها باید دارای شرایط مندرج در جدول ۷-۲ باشد.

۷-۴-۳-۲ دانه‌بندی

دانه‌بندی سنگدانه‌های آسفالت سطحی یک یا چندلایه‌ای می‌تواند یکی از دو دانه‌بندی زیر باشد:

الف - دانه‌بندی یک اندازه که اندازه بزرگترین سنگدانه بیشتر از دو برابر اندازه کوچکترین سنگدانه نباشد. نمونه‌هایی از این دانه‌بندی‌ها، در جدول ۷-۳ داده شده‌است.

ب - دانه‌بندی بازکه انواع آن در جدول ۷-۴ نشان داده‌شده‌است.

انتخاب دانه‌بندی‌های یک اندازه و یا باز به شرایط اجرایی طرح و نوع مصالح تهیه شده بستگی دارد ولی در صورت امکان بهتر است که از دانه‌بندی یک اندازه استفاده شود.

چنانچه از دانه‌بندی‌های باز جدول ۷-۴ استفاده می‌شود ترتیب انتخاب نوع دانه‌بندی در هریک از لایه‌های آسفالت سطحی یک یا دو یا سه‌لایه‌ای بشرح جدول ۷-۵ می‌باشد.

۷-۴-۳-۳ 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.

۷-۴-۴ رابطه انتخاب نوع قیر و سنگدانه‌ها

انتخاب قیر بر حسب شرایط آب و هوایی منطقه صورت

مـی‌گیرد. بـرای یک مـنطقهٔ آب و هـوایـی، مـعمولاً هـر قـدر سنگدانه‌های مصرفی درشت‌تر باشد از قیرهای بـا کـندروانـی بیشتر استفاده می شود (و بالعکس). جدول ۷-۶ رابطه انتخاب سنگدانه‌ها با دانه‌بندی‌های مختلف را با قیر مناسب برای مناطق سرد و گرم نشان می‌دهد.

جدول ۷-۲ مشخصات فیزیکی سنگدانه‌های آسفالت‌های سطحی

آزمـایش	حـد مجاز	روش آزمایش	
		آشتو	اِی اِس تی اِم
مقاومت سایشی با آزمایش لوس‌آنجلس - حداکثر	۴۰ درصد	T۹۶	C۱۳۱
افت وزنی با سولفات سدیم - حداکثر	۱۲ درصد	T۱۰۴	C۸۸
افت وزنی با سولفات منیزیم - حداکثر	۱۸ درصد	T۱۰۴	C۸۸
درصد شکستگی دردوجبهه- مانده روی الک‌شماره۴-حداقل	۶۰ درصد	-	-
وزن واحد حجم مصالح چنانچه از نوع سنگ سرباره کوره آهن‌گدازی باشد - حداقل	۱۱۲۰ کیلوگرم‌درمترمکعب	T۱۹	C۲۹
کلوخه‌های رسی و سنگدانه‌های سست وشکننده - حداکثر	۳ درصد	T۱۱۲	C۱۴۲
مواد شناور درمایع با وزن مخصوص ۲ - حداکثر	۱درصد	T۱۱۳	C۱۲۳
ضریب تورق سنگدانه‌ها	۲۵ درصد	BS ۸۱۲	

جدول ۷-۳ دانه‌بندی‌های یک اندازه مصالح آسفالت سطحی

انـدازه الـک	درصد مواد عبورکرده از الک		
	دانه‌بندی الف	دانه‌بندی ب	دانه‌بندی ج
۲۵ میلیمتر (۱ اینچ)	۱۰۰		
۱۹ میلیمتر ($\frac{3}{4}$ اینچ)	۸۵-۱۰۰	۱۰۰	
۱۲/۵ میلیمتر ($\frac{1}{2}$ اینچ)	۰-۲۰	۸۵-۱۰۰	۱۰۰
۹/۵ میلیمتر ($\frac{3}{8}$ 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 ۷-۴ دانه‌بندی‌های باز مصالح آسفالت سطحی

حداکثر اندازه اسمی مصالح	۲۵ میلیمتر	۱۹ میلیمتر	۱۲/۵ میلیمتر	۹/۵ میلیمتر	۴/۷۵ میلیمتر
شماره دانه‌بندی	۱	۲	۳	۴	۵
اندازه الک‌ها	درصد مواد عبور کرده از الک				
۳۷/۵ میلیمتر (۱ ½ 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 ۷-۵ ترتیب انتخاب دانه‌بندی‌ها برای آسفالت سطحی یک تا سه لایه‌ای

نوع آسفالت سطحی	لایه‌های آسفالت سطحی	شماره دانه‌بندی از جدول ۷-۴	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
		۵	۴/۷۵-۱/۱۸
دولایه‌ای	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 ۷-۶ قیرهای مناسب برای سنگدانه‌ها با دانه‌بندی‌های متفاوت

ردیف	مواد قیری در شرایط اقلیمی		سنگدانه‌ها
	سرد ۱۰ تا ۲۷ درجه سانتیگراد	گرم بیش از ۲۷ درجه سانتیگراد	شماره دانه‌بندی از: جدول ۷-۴
۱	MC-۳۰۰۰ RC-۳۰۰۰ RS-۲ CRS-۲ و ۱ ۱۲۰-۱۵۰	MC-۳۰۰۰ RC-۳۰۰۰ RS-۲ CRS-۲ ۱۲۰-۱۵۰	شماره ۱ با حداکثر اندازه اسمی ۲۵ تا ۱۲/۵ میلیمتر (یک تا $\frac{1}{2}$ اینچ)
۲	MC-۸۰۰ RC-۸۰۰ RS-۲ CRS-۲ و ۱ –	MC-۳۰۰۰ RC-۳۰۰۰ RS-۲ CRS-۲ و ۱ ۱۲۰-۱۵۰	شماره ۲ با حداکثراندازه اسمی ۱۹ تا ۹/۵ میلیمتر ($\frac{3}{4}$ تا $\frac{3}{8}$ اینچ)
۳	MC-۸۰۰ RC-۲۵۰ و ۸۰۰ RS-۲ CRS-۲ و ۱ –	MC-۳۰۰۰ RC-۸۰۰ و ۳۰۰۰ RS-۲ CRS-۲ و ۱ ۲۰۰-۳۰۰	شماره ۳ با حداکثر اندازه اسمی ۱۲/۵تا ۴/۷۵ میلیمتر ($\frac{1}{2}$ اینچ تا شماره ۴)
۴	RC-۲۵۰ و ۸۰۰ RS-۲ و ۱ CRS-۲ و ۱ –	RC-۲۵۰ و ۸۰۰ RS-۲ و ۱ CRS-۲ و ۱ ۲۰۰-۳۰۰	شماره ۴ با حداکثر اندازه اسمی ۹/۵ تا ۲/۳۶ میلیمتر ($\frac{3}{8}$ اینچ تا شماره ۸)
۵	RC-۲۵۰ و ۸۰۰ RS-۲ و ۱ CRS-۲ و ۱ –	RC-۲۵۰ و ۸۰۰ RS-۲ و ۱ CRS-۲ و ۱ ۲۰۰-۳۰۰	شماره ۵ با حداکثر اندازه اسمی ۴/۷۵ تا ۱/۱۸میلیمتر (شماره۴ تاشماره۱۶)

۷-۴-۵ طرح آسفالت سطحی

هدف از طرح آسفالت سطحی، تعیین مقادیر دقیق قیر و سنگدانه‌ها است که برای اجرای کار محاسبه می‌شود. این روش براساس فرضیات زیر استوار می‌باشد و برای انواع سنگدانه‌های باز و یا یک اندازه نیز صادق است:

الف - مقدار فضای خالی سنگدانه‌ها، که توسط دستگاه مکانیکی پخش‌کننده مصالح روی قیر پخش می‌شود، قبل از غلتک‌زنی وباتوجه به آرایش نامتعادل وناپیوسته سنگدانه‌ها، تقریباً ۵۰ درصد حجم کل آن است (شکل ۷-۱ الف).

ب - مقدار این فضای خالی بعد از غلتک‌زنی و جابجاشدن سنگدانه‌ها به ٪۳۰ کاهش می‌یابد.

پ - بعد از آن که رویه آسفالت سطحی به مدت کافی مورد استفاده ترافیک قرارگرفت، سنگدانه‌ها بر روی مسطح‌ترین وجه خود قرار می‌گیرد. در چنین شرایطی مقدار فضای خالی به حدود ٪۲۰ می‌رسد و ضخامت نهایی رویه آسفالتی تقریباً با میانگین کوچکترین بُعد سنگدانه‌ها برابر می‌شود (شکل ۷-۱ ب).

ت - برای آن که رویه آسفالت سطحی عملکرد مفید و بادوامی داشته باشد، لازم است ۶۰ تا ۸۰ درصد فضای خالی باقیمانده (که ٪۲۰ فرض شده‌است)، با توجه به نوع ترافیک با قیر پرشود، و فضای خالی نهایی رویه آسفالتی با توجه به شرایط ترافیکی محور بشرح زیر باشد:

برای ترافیک روزانه ۱۰۰ تا ۵۰۰ وسیله‌نقلیه:

$$۲۰ - (۸۰ \times \frac{۲۰}{۱۰۰}) = ۴٪$$

برای ترافیک روزانه ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ وسیله‌نقلیه:

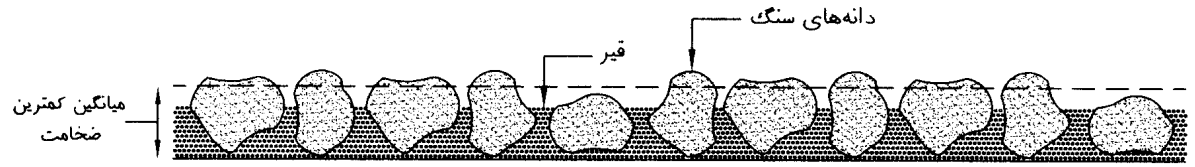
$$۲۰ - (۷۰ \times \frac{۲۰}{۱۰۰}) = ۶٪$$

برای ترافیک روزانه ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ وسیله‌نقلیه:

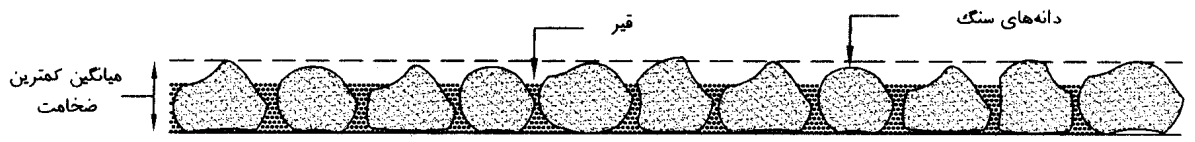
$$۲۰ - (۶۵ \times \frac{۲۰}{۱۰۰}) = ۷٪$$

برای ترافیک روزانه ۲۰۰۰ تا ۴۰۰۰ وسیله‌نقلیه:

$$۲۰ - (۶۰ \times \frac{۲۰}{۱۰۰}) = ۸٪$$



الف- موقعیت‌ناپایدار و نامنظم سنگدانه‌ها بلافاصله بعد از پخش روی لایه قیری راه و قبل از غلطک زنی.



ب - موقعیت پایدار و تثبیت شده سنگدانه‌ها بعد از آمد و شد نسبتا طولانی که بر روی جبهه‌های پهن و مستوی خود در لایه قیری فرو نشسته اند.

شکل ۷-۱ موقعیت سنگدانه‌ها در بستر قیری راه قبل و بعد از غلتک‌زنی و عبور ترافیک

۷-۴-۶ محاسبه مقادیر قیر و سنگ

با فرضیات فوق، برای محاسبه مقادیر قیر و سنگ مصرفی در واحد سطح از روابط زیر استفاده می‌کنیم:

۷-۴-۶-۱ مقدار سنگدانه‌ها

برای تعیین مقدار سنگدانه‌های مصرفی در واحد سطح برای هریک از لایه‌های آسفالت سطحی یک یا چندلایه‌ای رابطه زیر کاربرد دارد.

$$C = M\ (۱ - ۰/۴V)\ HGE \qquad (۱-۷)$$

که در آن:

C - وزن سنگدانه‌ها برحسب کیلوگرم در مترمربع سطح راه

V - فضای خالی سنگدانه‌ها در شرایط غیرمتراکم که براساس رابطه ۷-۲ محاسبه می‌شود:

$$V = ۱ - \frac{W}{۱۰۰۰G} \qquad (۲-۷)$$

که در آن:

W - وزن واحد حجم غیرمتراکم سنگدانه‌ها که به روش T-۱۹ آشتو اندازه‌گیری می‌شود.

G - وزن مخصوص حقیقی سنگدانه‌ها

H - میانگین کمترین بُعد سنگدانه برحسب میلیمتر که بشرح زیر و با آزمایش‌های لازم در آزمایشگاه مشخص می شود:

الف - بعد از آزمایش دانه‌بندی روی سنگدانه‌های مصرفی در رویه آسفالتی، نمودار دانه‌بندی آن را رسم می‌کنیم و از این نمودار قطر سنگدانه‌هایی را که ٪۵۰ مواد رد شده دارد برحسب میلیمتر تعیین می‌کنیم.

ب - روی مصالح مصرفی آزمایش تعیین ضریب تورق را برابر روش استاندارد B.S-۸۱۲ انجام می‌دهیم.

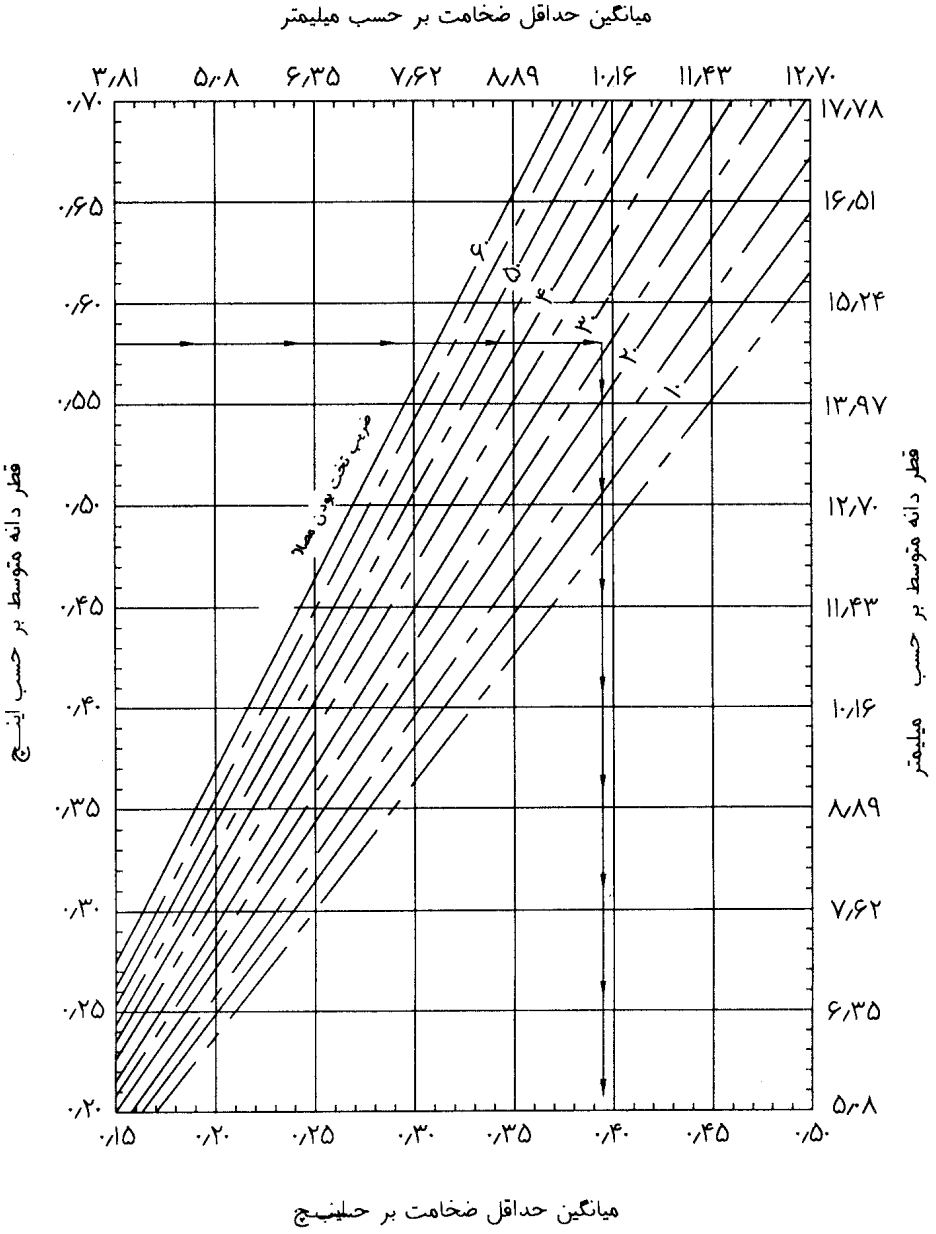
پ - با داشتن اندازه متوسط سنگدانه‌ها (ردیف الف) و ضریب تورق مصالح (ردیف ب)، میانگین کمترین بُعد سنگدانه یا H را از محور افقی شکل ۷-۲ بر حسب میلیمتر به دست می‌آوریم.

E - ضریب هدررفتن سنگدانه‌ها (مصالحی که به سطح راه نچسبیده‌اند) از ۱/۰۱ تا ۱/۱۵ تغییر می‌کند و رقم اصلی آن توسط مهندس طراح انتخاب می‌شود. هر قدر درصد ریخت و پاش مصالح بیشتر باشد ضریب مورد کاربرد زیادتر است. (جدول ۷-۷)

M - ضریبی که براساس تجربه ارزیابی شده و با توجه به شرایط اقلیمی محل اجرای کار، نوع ترافیک، سنگدانه‌ها و غیره انتخاب می شود. محدوده این ضریب ۱/۱-۰/۸ است و در حالت عادی و معمولی عدد یک منظور می‌شود.

جدول ۷-۷ ضریب هدررفتن سنگدانه‌ها

درصد هدر رفتن	ضریب
۱	۱/۰۱
۲	۱/۰۲
۳	۱/۰۳
۴	۱/۰۴
۵	۱/۰۵
۶	۱/۰۶
۷	۱/۰۷
۸	۱/۰۸
۹	۱/۰۹
۱۰	۱/۱۰
۱۱	۱/۱۱
۱۲	۱/۱۲
۱۳	۱/۱۳
۱۴	۱/۱۴
۱۵	۱/۱۵



شکل ۷-۲ تعیین میانگین کمترین بُعد سنگدانه‌ها

۷-۴-۶-۲ مقدار قیر

مقدار قیر لازم برای رویه‌های آسفالت سطحی یک لایه‌ای، دو لایه‌ای و یا بیشتر از رابطه ۷-۳ به دست می‌آید:

$$B = \frac{k(۰/۴ \times HTV + S + A)}{R} \qquad (۷-۳)$$

که در آن:

B - مقدار قیر بر حسب لیتر در مترمربع (در حرارت ۱۵ درجه سانتیگراد) است. این حجم با توجه به درجه حرارت قیر مصرفی در شرایط پخش بر روی بستر راه تصحیح می‌شود.

بدیهی است که وزن مخصوص قیر مصرفی، نخست در

آزمایشگاه بر اساس استاندارد D-۷۰ اِی اِس تی اِم اندازه‌گیری و سپس ضریب اصلاح تعیین می‌گردد.

H - میانگین کمترین بعد سنگدانه بر حسب میلیمتر بشرح آنچه که در رابطه (۷-۱) توضیح داده شد.

T - ضریب ترافیک که با توجه به شدت ترافیک و تعداد وسایل‌نقلیه از ۰/۶ تا ۰/۸۵ طبق جدول ۷-۸ تغییر می‌کند.

V - فضای خالی سنگدانه‌ها در شرایط غیرمتراکم بشرح آنچه در رابطه (۷-۱) توضیح داده شد.

S - عامل متغیر مربوط به اصلاح میزان قیر بر حسب وضعیت سطح راه موجود، برحسب لیتر در مترمربع و بشرح شرایط متفاوت زیر که فقط در دومین یا سومین لایه آسفالت سطحی و یا بستر آسفالتی موجود که روی آن آسفالت سطحی اجراء می‌شود منظور می‌گردد:

- سطح قیرزده راه: از ۰/۰۴- تا ۰/۲۷- لیتر در مترمربع (از قیر محاسبه شده کسر می‌شود).
- بافت سطحی راه موجود بدون تخلخل و فضای خالی: S=۰
- بافت سطحی کمی متخلخل و اکسیده شده: ۰/۱۴+ لیتر در مترمربع (قیر اضافه می‌شود)
- بافت سطحی خیلی متخلخل و زیاد اکسیدشده: ۰/۴+ لیتر در مترمربع (قیر اضافه می‌شود)

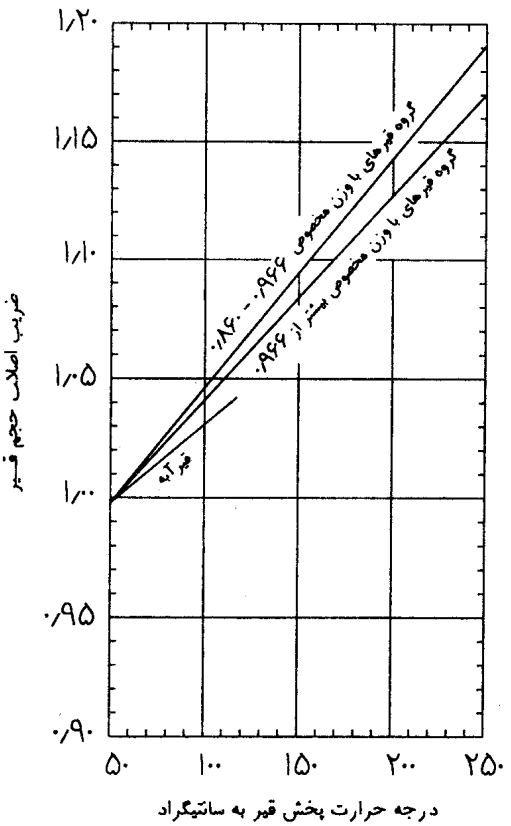
A - ضریب اصلاح مربوط به جذب مواد قیری توسط سنگدانه‌ها، (به غیر از مصالحی که بیش از اندازه جاذب قیر بوده و متخلخل می‌باشد)، صفر منظور می‌گردد. در صورتی که مصرف سنگدانه‌های خیلی متخلخل با منافذ و ریزه سوراخ‌های سطحی اجتناب‌ناپذیر باشد می‌توان از رقم اضافی ۰/۱۵-۰/۱ لیتر در مترمربع استفاده کرد و در موارد حاد و بحرانی رقم دقیق توسط آزمایشگاه اندازه‌گیری و تعیین می شود.

R - مقدار قیر برجای مانده پس از تصعید و تبخیر که توسط آزمایشگاه تعیین می‌شود.

درصورتی که قیرهای محلول و یا قیرابه‌ها مورد استفاده قرار گیرد و دسترسی به نتایج حاصل از آزمایش‌های آزمایشگاهی مقدورنباشد،ازجدول ۷-۹ می‌توان به عنوان راهنما استفاده کرد.

K - ضریبی است که به عوامل و شرایط محلی، آب و هوا، ترافیک، مصالح و غیره بستگی داشته و با توجه به سابقه کار و تجربیات اجرایی انتخاب می شود. این ضریب می‌تواند کوچکتر یا بزرگتر از یک باشد. تجربه نشان داده که در مورد کاربرد قیرابه‌ها و در شرایط اقلیمی سرد ارزش عددی این ضریب حدود ۱/۲است.

حجم قیر محاسبه شده بشرح فوق مربوط به دمای ۱۵ درجه سانتیگراد است که با استفاده از شکل ۷-۳ به حجم قیر در شرایط حرارت پخش تبدیل می‌شود.



شکل ۷-۳ تعیین ضریب اصلاح حجم قیر

جدول ۷-۸ ضریب ترافیک برای محاسبه مقدار قیر

میزان آمد و شد روزانه	ضریب ترافیک
کمتر از ۱۰۰ وسیله	۰/۸۵
۱۰۰-۵۰۰	۰/۷۵
۵۰۰-۱۰۰۰	۰/۷۰
۱۰۰۰-۲۰۰۰	۰/۶۵
۲۰۰۰-۴۰۰۰	۰/۶۰

جدول ۷-۹ درصد قیر باقیمانده بعد از تبخیر مواد فرار

قیرهای محلول و قیرابه‌ها

انواع قیر	ضریب R
قیرهای خالص در انواع درجات	۱
قیرهای محلول: RC ۷۰	۰/۷۱
MC ۲۵۰ ، - RC ۲۵۰	۰/۷۹
MC ۸۰۰ ، RC ۸۰۰	۰/۸۴
MC ۳۰۰۰ ، RC ۳۰۰۰	۰/۸۷
قیرابه‌ها: RS - ۱	۰/۵۵
RS - ۲	۰/۶۴
MS - ۱	۰/۵۵
HFMS - ۱	۰/۵۵
CRS - ۱	۰/۶۰
CRS - ۲	۰/۶۵

۷-۴-۶-۳ اصلاح مقادیر طرح

در استفاده از روابط ۷-۱، ۷-۲ و ۷-۳ مربوط به محاسبه میزان پخش سنگ‌دانه‌ها و قیر، بهتر است موردهای زیر رعایت شود:

الف - در مورد آسفالت‌های سطحی یک لایه‌ای و یا سیل کت (اجرای آسفالت سطحی بر روی بستر آسفالتی موجود)، سنگدانه‌ها و قیر مصرفی در مترمربع برای لایه مورد نظر به ترتیب از روابط ۷-۱ و ۷-۲ استفاده شود.

ب - فرض این است که آسفالت سطحی دو یا سه لایه‌ای از دو یا سه لایه آسفالت سطحی تک لایه‌ای تشکیل می‌شود. لذا برای محاسبه مقادیر سنگ‌دانه و قیر مصرفی هریک از لایه‌ها با توجه به کیفیت سنگدانه‌ها و مواد قیری هر لایه که در آزمایشگاه ارزیابی و تعیین خواهدشد، از روابط ۷-۱ و ۷-۲ استفاده شود.

پ - ضریب هدررفتن یا ریخت و پاش سنگدانه‌ها (E) برای لایه‌های دوم و یا سوم آسفالت سطحی برابر یک منظور شود.

ت - هیچگونه ضریب اصلاحی برای قیر از نظر بافت سطحی لایه اول در موقع اجرای لایه دوم آسفالت سطحی بکار گرفته نمی‌شود یعنی S=۰ منظور می‌گردد. زیرا فرض این است که در محاسبات مربوط به تعیین قیر لایه قبلی، کلیه عوامل برای تعیین و محاسبه قیر بهینه و پخش آن در سطح راه در محدوده رواداری‌های اجرایی ملحوظ شده است.

ث - مقدار قیر مصرفی در لایه اول و دوم رویه‌های دو یا سه لایه‌ای بشرح زیر اصلاح شود:

۱- چنانچه زمان اجرای رویه از ماه‌های اردیبهشت و خرداد شروع شده و تا ماه‌های گرم تابستان ادامه داشته باشد مقدار قیر محاسبه شده برای هر لایه بشرح زیر محاسبه می‌شود:

رویه دولایه‌ای: ٪۶۰ از مجموع قیر محاسبه شده دولایه در لایه اول و ٪۴۰ در لایه دوم.

رویه سه لایه‌ای: ٪۴۰ از مجموع قیر محاسبه شده سه لایه در لایه اول، ٪۴۰ در لایه دوم و ٪۲۰ در لایه سوم.

۲- چنانچه اجرای رویه در ماه شهریور آغاز شود قیر محاسبه

شده برای هر لایه بشرح زیر منظور می‌شود:

رویه دولایه‌ای: ٪۴۰ از مجموع قیر دولایه در لایه اول و ٪۶۰ در لایه دوم.

رویه سه لایه‌ای: ٪۳۰ از مجموع قیر سه لایه در لایه اول، ٪۴۰ در لایه دوم و ٪۳۰ در لایه سوم.

۷-۴-۶-۴ نمونه محاسبه

برای آن‌که با چگونگی محاسبه مقادیر قیر و سنگدانه‌ها آشنا شویم، مثال زیر برای آسفالت سطحی یک لایه‌ای تنظیم شده‌است:

برای اجرای یک آسفالت سطحی یک لایه‌ای، سنگدانه‌های شکسته منطبق با دانه‌بندی شماره ۲ جدول ۷-۴ با قیر MC-۸۰۰ انتخاب شده است. بستری که بر روی آن آسفالت سطحی انجام می‌شود، قشر اساس شکسته است. برابر داده‌های طرح مقادیر سنگدانه‌ها و قیر برای هر مترمربع سطح راه بشرح زیر محاسبه می‌شود:

الف - با انجام آزمایش دانه‌بندی روی سنگدانه‌ها و رسم نمودار مربوطه، قطر دانه‌هایی که روی این نمودار ۵۰ درصد مواد ردشده را نشان می‌دهد برابر ۱۰ میلیمتر است. آزمایش ضریب تورق این مصالح به روش B.S.۸۱۲ حدود ۲۰درصد محاسبه گردید.

میانگین کمترین ضخامت سنگدانه‌ها از محور افقی شکل ۷-۲ برابر ۷/۴ میلیمتر است.

ب - W یا وزن حجمی غیرمتراکم مصالح

با آزمایش آشتو T-۱۹ در آزمایشگاه برابر با ۱۵۰۸/۳ کیلوگرم در مترمکعب و وزن مخصوص حقیقی این مصالح با آزمایش آشتو T-۸۵، معادل ۲/۶۰ اندازه‌گیری شد.

لذا فضای خالی مصالح (V) مساوی است با:

$$V = ۱ - \frac{۱۵۰۸/۳}{۱۰۰۰ \times ۲/۶} = ۰/۴۲$$

پ - ضریب هدررفتن سنگدانه‌ها (E) با توجه به تجربیات مهندس طراح ۱/۰۴ انتخاب‌گردید.

ت - تعداد ترافیک روزانه طرح معادل ۸۰۰ وسیله‌نقلیه می‌باشد که باتوجه به جدول ۷-۸،ضریب T مساوی ۰/۷ خواهدبود.

ث - چون بستری که روی آن آسفالت سطحی انجام می‌شود، قشر اساس شکسته است لذا ضریب بافت سطحی راه یا S معادل صفر است.

ج - ضریب R با مصرف قیر MC-۸۰۰ از جدول ۷-۹ برابر ۰/۸۴ استخراج گردید و درصورت لزوم ضریب R در آزمایشگاه با آزمایش آشتو T-۷۸ تعیین می‌شود.

چ - سنگدانه‌های مصرفی در آسفالت سطحی خاصیت جذب قیر بیش از اندازه ندارد، لذا A=۰ می‌باشد.

ح - ضرایب M و K هر یک در معادلات سنگدانه‌ها و قیر ۱ فرض شده‌است. بشرح فوق خواهیم داشت:

- مقدار سنگدانه‌ها: $C = M\,(۱ - ۰/۴\,V)\,HGE$

$$C = ۱\,(۱ - ۰/۴ \times ۰/۴۲) \times ۷/۴۰ \times ۲/۶۰ \times ۱/۰۴$$

$$C = ۱۶/۶ \ \ Kg/m^۲$$

- مقدار قیر:

$$B = \frac{K\,(۰/۴\,HTV + S + A)}{R}$$

$$B = \frac{۱/۰(۰/۴ \times ۷/۴ \times ۰/۷ \times ۰/۴۲ + ۰ + ۰)}{۰/۸۴}$$

$$B = ۱/۰۳ \ \ lit/m^۲$$ در حرارت ۱۵ سانتیگراد

با انجام آزمایش استاندارد D-۷۰ ای اِس تی اِم (T-۲۳۸ آشتو) وزن مخصوص قیر مصرفی MC-۸۰۰ در آزمایشگاه ۰/۹۷۱ اندازه‌گیری شده است. این قیر به هنگام پخش در روی بستر راه تا حدود ۱۱۰ درجه سانتیگراد حرارت داده می‌شود. لذا

حجم آن در این درجه بیش از ۱/۰۳ لیتر در ۱۵ درجه سانتیگراد خواهدبود. ضریب اصلاح برای تبدیل حجم قیر از ۱۵ به ۱۱۰ درجه سانتیگراد، با توجه به این که وزن مخصوص آن بیش از ۰/۹۶۶ است، از شکل ۷-۳ برابر ۱/۰۶۸ قرائت می‌شود. لذا حجم قیر اصلاح شده در حرارت پخش در سطح راه برابر است با:

$$B = ۱/۰۳ \times ۱/۰۶۸ = ۱/۱ \ \ lit/m^۲$$

۷-۵ اندودهای آب‌بند

۷-۵-۱ دامنه کاربرد

اجرای آسفالت‌های حفاظتی بشرح بند ۷-۱ بر روی انواع رویه‌های آسفالتی و یا بتنی موجود، به منظور آب‌بندی، افزایش خاصیت نفوذناپذیری، اصلاح آسیب‌دیدگی‌های سطحی، بهسازی موقت و افزایش عمر بهره‌برداری آنها، اندود آب‌بند یا سیل‌کت نامیده می‌شود.

۷-۵-۲ انواع اندودهای آب‌بند

اندودهای آب‌بند بشرح زیر تقسیم‌بندی می‌شود:

- اندودهای سنگدانه‌ای
- اندودهای ماسه‌ای
- اندودهای قیری و یا سطحی بدون سنگدانه
- اسلاری سیل یا دوغاب قیری
- آسفالتهای متخلخل

مشخصات فنی هریک از انواع فوق بشرح زیر است:

۷-۵-۲-۱ اندود آب‌بند سنگدانه‌ای

اجرای آسفالت سطحی یک یا چندلایه‌ای منطبق با مشخصات بند ۷-۴ و کلیه زیربندهای آن سیل‌کت سنگی نام دارد. مقادیر سنگ و قیر برای هر لایه، با توجه به نوع سنگدانه‌ها و قیر انتخاب شده، براساس روابط ۷-۱، ۷-۲ و ۷-۳ و زیربندهای ۷-۴-۶-۱ و ۷-۴-۶-۲ تعیین می‌شود.

۷-۵-۲-۲ اندود آب‌بند ماسه‌ای

اندود ماسه‌ای مشابه آسفالت سطحی یک لایه‌ای با قیرهای جدول ۷-۱ و مصالح ماسه‌ای منطبق با دانه‌بندی جدول ۷-۱۰ اجرا می‌گردد. **ارزش ماسه‌ای مصالح مصرفی نباید کمتر از ۷۵٪ باشد.**

جدول ۷-۱۰ دانه‌بندی ماسه برای اندود ماسه‌ای

اندازه الک‌ها	درصد مواد ردشده
الک ۹/۵ میلیمتر ($\frac{۳}{۸}$ اینچ)	۱۰۰
الک ۴/۷۵ میلیمتر (شماره ۴)	۹۵-۱۰۰
الک ۱/۱۸ میلیمتر (شماره ۱۶)	۴۵-۸۰
الک ۰/۳ میلیمتر (شماره ۵۰)	۱۰-۳۰
الک ۰/۱۵ میلیمتر (شماره ۱۰۰)	۲-۱۰
الک ۰/۰۷۵ میلیمتر(شماره ۲۰۰)	۰-۳

مقادیر قیر و سنگدانه‌ها برای اندود آب‌بندی ماسه‌ای بشرح زیر است:

سنگدانه‌ها: ۸-۵ کیلوگرم در مترمربع

قیرهای محلول: ۷۰۰-۴۰۰ گرم در مترمربع

قیرابه‌ها: ۹۰۰-۶۰۰ گرم در مترمربع

۷-۵-۲-۳ اندودهای آب‌بند قیری و یا سطحی بدون سنگدانه

اندودهای قیری با پخش قیر بر روی بستر آسفالتی و یا بتنی مورد نظر، بدون مصرف سنگدانه‌ها و نظیر اندودهای سطحی (فصل ششم) اجرا می‌شود. اندود قیری برای پرکردن فضاهای خالی و ترک‌ها و خلل و فرج‌های سطحی رویه آسفالتی و احیای

مواد قیری آن بکار می‌رود. قیرهای مصرفی در جدول ۷-۱۱ نشان داده شده است.

قیرابه‌ها در اجرای اندود قیری قبلاً به نسبت ۱:۱ با آب رقیق شده و سپس مصرف می‌شود. مقدار مصرف با توجه به وضعیت سطح بستر موجود آسفالتی (زبری زیاد یا کم) از ۸۵۰-۴۰۰ گرم در مترمربع تغییر می‌کند. حدود مصرف قیرهای محلول ۵۵۰-۲۵۰ گرم در مترمربع می‌باشد.

جدول ۷-۱۱ قیرهای مصرفی برای اندود قیری

قیرهای محلول	قیرابه‌ها
RC-۷۰	MS-۱
RC-۲۵۰	HFMS-۱
	SS-۱
	SS - ۱h
	CSS-۱
	CSS - ۱h

۷-۵-۲-۴ اندود آب‌بند اسلاری سیل یا دوغاب قیرآبه‌ای

مخلوطهای آسفالتی اسلاری سیل یا دوغاب قیرآبه‌ای از مصالح ریزدانه با دانه‌بندی منظم، قیرآبه (با یا بدون مواد افزودنی برای اصلاح قیر) و آب تهیه و بعنوان یک قشر حفاظتی روی سطح راههای آسفالتی موجود با هدف پرکردن درزها، ترکها، حفره‌ها و فضای خالی سطحی ، پیشگیری از گسترش خرابیها و نیز افزایش تاب لغزشی آن پخش می‌شوند. ضخامت این آسفالت وقتی که در یک لایه اجراء می‌شوندحدود ۳ تا ۱۰ میلیمتراست.

استفاده از این مخلوطها برای راههائی توصیه می‌شود که زیرسازی و روسازی آنها سالم بوده و خرابیها سطحی باشد. درصورت وجود ترکها ونواقص زیاد ابتداء باید آنها را تعمیر ولکه‌گیری 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 درترکها و خلل و فرج آن نفوذکرده و آنرا آب بندکنند.

مشخصات فنی این نوع آسفالت حفاظتی بشرح زیر می‌باشد.

الف - قیر

قیرآبه‌های مصرفی برای این مخلوطها برحسب شرایط اجرا و نوع مصالح سنگی مصرفی با نظر دستگاه نظارت و بشرح زیر انتخاب می‌شوند.

۱ - قیرآبه‌های آنیونیک و یا کاتیونیک دیرشکن

۲ - قیرهای زودشکن کاتیونیک و یا آنیونیک نوع QCS-1h و یا QS-1h برای مواقعی که جاده باید دراسرع وقت برای عبور ترافیک باز شود.

قیرآبه‌های فوق باید با مشخصات مربوط به قیرآبه‌ها بشرح فصل پنجم مطابقت داشته باشد.

۳ - در صورت مصرف قیرهای ردیف ۲ فوق رعایت الزامات مربوط به آزمایش پایداری در برابر نشست بعد از ۲۴ ساعت نگهداری در انبار و آزمایش اختلاط با سیمان ، حذف می‌شود.

حداقل مقدار قیر خالص باقیمانده در قیرآبه‌ها باید ۶۲درصد باشد.

ب -مصالح سنگی

مصالح ریزدانه مصرفی باید دارای مشخصات زیر باشد:

۱ - از ماسه شکسته یا مخلوط ماسه شکسته و طبیعی که حداکثر ۵۰ درصد آن طبیعی باشد تهیه شود و جذب آب ماسه طبیعی از ۱/۲۵ درصد تجاوز نکند. برای محورهای با ترافیک سنگین ماسه باید ۱۰۰ درصد شکسته باشد.

۲ - حداکثر افت وزنی با آزمایش لوس آنجلس ۳۵ درصد باشد.

۳ - حداکثر افت وزنی در پنج سیکل با سولفات سدیم و یا منیزیم ، بترتیب ۱۵ و ۲۵ درصد باشد

۴ - مصالح قبل از افزودن سیمان یا آهک بعنوان فیلر فعال به آن، فاقد دامنه خمیری باشد.

۵ - حداقل ارزش ماسه‌ای ۴۵ درصد باشد.

۶ - دانه بندی مصالح باتوجه به ضخامت موردنیاز برای پخش در هر لایه با یکی از دانه‌بندیهای جدول ۷-۱۲ مطابقت داشته باشد.

جدول ۷-۱۲ دانه بندی مصالح سنگی مخلوطهای دوغاب قیرآبه‌ای

اندازه الک	درصدعبورکرده ازالک			حدودرواداری‌نسبت به‌دانه‌بندی‌کارگاهی درصد
	نوع۱	نوع۲	نوع۳	
۹/۵میلیمتر($\frac{۳}{۸}$اینچ)	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	--
۴/۷۵میلیمتر(شماره۴)	۱۰۰	۹۵-۱۰۰	۷۰-۹۰	±۵
۲/۳۶میلیمتر(شماره۸)	۹۰-۱۰۰	۶۵-۹۰	۲۵-۷۰	±۵
۱/۱۸میلیمتر(شماره۱۶)	۶۵-۹۰	۴۵-۷۰	۲۸-۵۰	±۵
۶۰۰میکرون(شماره۳۰)	۴۰-۶۵	۳۰-۵۰	۱۹-۳۴	±۵
۳۰۰میکرون(شماره۵۰)	۲۵-۴۲	۱۸-۳۰	۱۲-۲۵	±۴
۱۵۰میکرون(شماره۱۰۰)	۱۵-۳۰	۱۰-۲۱	۷-۱۸	±۳
۷۵میکرون(شماره۲۰۰)	۱۰-۲۰	۵-۱۵	۵-۱۵	±۲

پ-فیلر

فیلرهای فعال نظیر سیمان،آهک شکفته و سولفات آمونیم و یا فیلر غیرفعال مانند پودر سنگهای آهکی یا هرنوع دیگری را که مشخصات ذکر شده برای فیلر مصرفی در آسفالت گرم را بشرح فصل نهم این آئین‌نامه داشته باشد می‌توان در مخلوطهای دوغاب قیرآبه‌ای مصرف کرد . استفاده از فیلرهای فعال موجب افزایش کارآئی و تنظیم گیرش مخلوط و بعمل آمدن آن در زمان کوتاهتری می‌گردد ضمن آنکه در اصلاح دانه بندی مخلوط نقش مؤثری دارد . چگونگی سازگاری فیلر انتخاب شده با مصالح و قیرآبه مصرفی باید کنترل شود تا چسبندگی پایدار و با دوام بین قیر و سنگدانه‌ها تامین شود.

ت-آب

آب مورد استفاده برای تهیه قیرآبه و آب مصرفی برای اختلاط با اسلاری سیل باید عاری از مواد مضّر مانند نمک ، مواد آلی و مواد معدنی باشد. آب مصرفی برای تهیه اسلاری سیل باید باندازه‌ای باشد تا یک مخلوط روان و یکنواخت تهیه شود.

ث -کاربرد دانه بندیهای جدول ۷-۱۲

موارد کاربرد هریک از دانه بندی جدول ۷-۱۲ ، باتوجه به وضعیت سطح راه ، بشرح زیر می باشد

۱ - دانه بندی نوع ۱:

این دانه بندی برای درزگیری و پوشش سطوح فرسوده‌ای

مناسب است که دارای ترکهای محدود و با عرض کم و چاله‌های کم عمق می‌باشد . مقدار قیر خالص باقیمانده در قیرآبه در آزمایش تقطیر قیرآبه با این دانه بندی بین ۱۶-۱۰ درصد وزنی مصالح خشک و مقدار پخش آسفالت بین ۵/۵-۳/۵ کیلوگرم در مترمربع است که ضخامتی حدود ۳ میلیمتر را پوشش می‌دهد.

۲ - دانه بندی نوع ۲:

این دانه‌بندی که از دانه بندی نوع ۱ درشت‌تر است برای رویه‌هایی که ترکها و چاله‌های بزرگتری دارند مورداستفاده قرار می‌گیرد . اسلاری سیل با این دانه بندی هم خرابیهای با عمق محدود را ترمیم می‌کند (ترکهای با عرض ۵ میلیمتر) و هم می‌تواند بعنوان یک رویهٔ قابل قبول کارآئی داشته باشد. مقدار قیر خالص باقیمانده در آزمایش تقطیر قیرآبه این مخلوطها بین ۱۳/۵-۷/۵ درصد وزن مصالح خشک سنگی و مقدار پخش بین ۹-۵/۵ کیلوگرم در مترمربع و ضخامت لایه کمی بیش از ۵ میلیمتراست.

۳ - دانه بندی نوع ۳ :

این دانه بندی که از دیگر دانه بندیها درشت تر است برای راه‌های با شدت خرابی زیادتر (راه های با زیرسازی سالم ولی با ترکهاو چاله‌های بزرگتر) مورداستفاده قرار می‌گیرد و می‌تواند بعنوان یک رویهٔ با ضریب اصطکاک بالانیز عمل کند.

مقدار قیر خالص باقیمانده در آزمایش تقطیر 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 دانه بندی همچنین می‌تواند بعنوان قشر اول یا دوم در یک سیستم چند لایه‌ای مورد استفاده قرار گیرد.

ج - طرح اختلاط

طرح اختلاط آزمایشگاهی مخلوط آسفالتی دوغاب قیرآبه‌ای باید براساس دانه بندی کارگاهی مصوب و منطبق با یکی از دانه‌بندی سه گانه جدول ۷-۱۲ و رواداریهای مربوط و مطابق با آئین نامه ASTM D ۳۹۱۰ تهیه شود. مخلوط آسفالتی طرح شده با هریک از دانه بندیها باید دارای ویژگیهای زیربندهای ث باشد.

سایر خصوصیات مخلوط از نظر روانی و انسجام ، زمان گیرش، عمل آوری و سخت شدن ، مقاومت چسبندگی و مقاومت سایشی باید با آئین نامه فوق مطابقت داشته باشد

چ - رواداریهای مجاز

پس از تهیه طرح اختلاط و تعیین مقدار پخش مخلوط رعایت حدود رواداری وموردهای زیر الزامی است.

۱ - قیر باقیمانده مخلوط از بیش از ۰/۱٪± نسبت به قیر طرح تجاوز نکند.

۲ - رواداری جدول ۷-۱۲ در مورد هر الک باتوجه به دانه‌بندی و فرمول کارگاهی رعایت گردد.

۳ - نمودار دانه بندی مخلوط بموازات حد فوقانی و یا تحتانی مشخصات قرار گیرد.

۴ - روانی مخلوط هنگام پخش در سطح راه بگونه‌ای باشد که ضخامت لایه پخش شده بیش‌از ۳± 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.

۷-۵-۲-۵ آسفالت متخلخل

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) درسطح راه پخش می‌گردد.

فضای خالی این آسفالت تقریباً ۲۰ درصد است که موجب می‌شود آب‌های سطحی ازطریق آن سریعاً تخلیه شده و به خارج از عرض سواره‌رو راه هدایت گردد. این مخلوط آسفالتی از پدیده جمع‌شدن آب در سطح راه جلوگیری کرده و به این ترتیب آب‌مانعی‌بین لاستیک چرخ وسایل‌نقلیه و سطح راه ایجاد نمی نماید و درنتیجه برای ترافیک و استفاده‌کنندگان از راه، ایمنی بیشتری را تأمین می‌کند. افزایش تاب لغزشی راه، کاهش پخش آب هنگام تردد وسایل‌نقلیه در موقع بارندگی از دیگر امتیازات این رویه آسفالتی است.

مشخصات فنی آسفالت متخلخل بشرح زیر می‌باشد:

الف - سنگدانه‌ها

سنگدانه‌های مصرفی باید مشخصات مندرج در جدول ۷-۲ را داشته باشد. وقتی که از این آسفالت برای راه‌های با ترافیک متوسط استفاده می‌شود، درصد شکستگی آن در یک جبهه باید حداقل ۹۰ درصد و در دو جبهه حداقل ۷۵ درصد باشد. ارزش ماسه‌ای مخلوط مصالح حداقل ۴۵ درصد، باشد.

دانه‌بندی مصالح از جدول ۷-۱۳ انتخاب می‌شود.

ب - مواد قیری

آسفالت متخلخل، مخلوطی است که در کارخانه آسفالت، به طریق سرد و یا گرم تهیه می‌شود. قیرهای مصرفی برای این آسفالت برحسب مورد ازجدول ۷-۱۴ انتخاب‌شود.

جدول ۷-۱۳ دانه‌بندی پیشنهادی مصالح آسفالت متخلخل

اندازه‌الک‌ها	درصد مواد ردشده از الک	
	۱	۲
۱۹ میلیمتر ($\frac{3}{4}$ اینچ)	۱۰۰	
۱۲/۵ میلیمتر ($\frac{1}{2}$ اینچ)	۹۰-۱۰۰	۱۰۰
۹/۵ میلیمتر ($\frac{3}{8}$ 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 برحسب وزن مخلوط آسفالتی - حداقل	۴/۵+	۵+

جدول ۷-۱۴ راهنمای انتخاب قیربرای آسفالت متخلخل

آسفالت گرم	آسفالت سرد (کارخانه‌ای)
قیرهای خالص	قیرهای محلول
۴۰-۵۰	MC-۸۰۰
۶۰-۷۰	
۸۵-۱۰۰	قیرابه‌ها
۱۲۰-۱۵۰	MS-۲
قیرابه‌ها	HFMS-۲
MS - ۲h	MS - ۲h
HFMS - ۲h	HFMS - ۲h

پ - طرح آسفالت متخلخل

مقدار قیر مصرفی در این مخلوط‌ها با توجه به تجربه و سوابق عملکرد آنها و براساس فضای خالی موردنظر که حدود ٪۲۰ می‌باشد، تعیین می‌شود.

در شرایط استفاده از آسفالت متخلخل گرم و با توجه به سنگدانه‌های 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 دانه‌بندی‌های نوع ۱ و ۲ در جدول ۷-۱۳ نشان داده شده است.

۷-۶ غبارنشانی

۷-۶-۱ کلیات

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

۷-۶-۲ مواد قیری

مواد قیری مصرفی برای غبارنشانی و روغن‌پاشی را می‌توان برحسب مورد (شرایط جوی، ترافیکی و نوع قیر موجود) از جدول ۷-۱۵ انتخاب کرد.

جدول ۷-۱۵ راهنمای انتخاب قیر برای غبارنشانی و روغن‌پاشی راه

قیر مناسب	
غبارنشانی	روغن پاشی راه
قیرهای محلول	قیرهای محلول
MC-۳۰	MC-۷۰
MC-۷۰	SC-۷۰
SC-۷۰	SC-۲۵۰
SC-۲۵۰	
قیرابه‌ها	قیرابه‌ها
SS-۱	SS-۱
SS - ۱h	SS - ۱h
CSS-۱	CSS-۱
CSS - ۱h	CSS - ۱h

۷-۶-۳ مقدار قیر

مقدار قیر مصرفی در عملیات غبارنشانی و روغن‌پاشی راه بشرح زیر تعیین می‌شود:

۷-۶-۳-۱ غبارنشانی

مصرف قیر به تناسب نوع مصالح شنی و یا خاکی بستر موجود در نخستین اجرا و قیرپاشی با قیرهای محلول از ۲-۰/۵ کیلوگرم بر مترمربع تغییر می‌کند. در صورت مصرف قیرابه 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.

۷-۶-۳-۲ روغن‌پاشی

مقدار قیر تقریبی مصرفی، از میان قیرهای محلول، برای روغن‌پاشی راه در اولین سال اجرا ۴-۳ کیلوگرم در مترمربع و برای قیرابه‌ها ۵-۴ کیلوگرم در مترمربع خواهدبود. در صورت مصرف قیرابه‌ها 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 در دو مرحله دیگر مابقی آن به مقدار مساوی در هر مرحله پخش می‌شود. فاصله زمانی پخش قیرحداقل ۴-۳ هفته است.

۷-۷ اجرای آسفالت‌های حفاظتی

۷-۷-۱ آماده‌کردن 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:

۷-۷-۱-۱ راه‌های شنی

برای اجرای آسفالت‌های سطحی یک یا چندلایه‌ای 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 آماده‌شدن سطح راه و قبل از عبور ترافیک از روی آن، آسفالت سطحی اجراشود.**

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 آماده‌شده از هر حیث با مشخصات و نقشه‌های اجرایی منطبق باشد.

ث - اندود نفوذی این سطح قبل از عملیات آسفالت سطحی طبق دستورالعمل‌های فصل ششم اجراشود.

ج - برای غبارنشانی وروغن‌پاشی، هرگونه ناهمواری سطحی‌و شیارهای طولی و عرضی و نیز فراز و نشیب‌های موضعی باگریدر و در صورت لزوم با پخش مصالح مناسب، تسطیح واصلاح شود. شیب‌های طولی و عرضی لازم برای تخلیه و هدایت سریع آب از سطح راه و جلوگیری از جمع‌شدن آب، تأمین گردد.

۷-۷-۱-۲ راه‌های آسفالتی

راه‌های آسفالتی، برای اندودهای آب‌بندی، به ترتیب زیر آماده‌سازی می‌شود:

الف - **کلیه نواقص سطحی رویه آسفالتی باید با آسفالت گرم و یا سرد، لکه‌گیری و اصلاح شود.**

ب - **هرگونه شیارهای طولی و عرضی و تغییرشکل‌های موجود رویه آسفالتی باید برطرف و اصلاح گردد.**

پ - **قیرزدگی‌هاباید تراشیده شود.**

ت - **سطح راه باید ازگردو خاک و مواد خارجی کاملاً پاک شود و در صورت لزوم با آب شستشو و تمیزگردد.**

ث - **در صورتی که از قیرهای محلول برای قیرپاشی استفاده می‌شود، سطح راه باید خشک باشد.**

ج - **چنانچه اندودهای آب‌بندی روی رویه‌های بتنی اجرا می‌شود، سطح راه باید براساس نقشه‌های اجرایی و مشخصات، قبلاً پروفیله گردد.**

چ - **چنانچه‌اجرای رویه،شامل‌پخش مخلوط‌های آسفالتی نظیر دوغاب قیری و یا مخلوط آسفالتی متخلخل باشد، باید قبلاً اندود سطحی آن طبق دستورالعمل‌های فصل ششم اجرا شده باشد.**

۷-۷-۲ قیرپاشی

قیرپاشی برای انواع عملیات حفاظتی، اعم از آسفالت‌های سطحی یک یا چندلایه‌ای و یا اندودهای آب‌بندی، بر روی سطوح شنی و یا آسفالتی آماده‌سازی شده، باید براساس فصل ششم، موضوع اندودهای نفوذی و اندودهای سطحی انجام‌گیرد. عملیات قیرپاشی باید با قیرپاش که مشخصات کامل آن در فصل ششم ارائه شده است، انجام شود. مقدار قیر پخش شده باید با آزمایش «سینی» **کنترل شده و نتیجه آن بیش از ۱۰ ± درصد با مقدار طرح تفاوت نداشته‌باشد.** درجه حرارت انواع قیرهای مصرفی برای پخش نیز در فصل پنجم نشان داده شده‌است. رعایت کلیه ملاحظات ایمنی برای گرم‌کردن قیرها، بشرح آنچه که در فصل ششم یادآوری گردیده، ضروری است.

۷-۷-۳ پخش وکوبیدن سنگدانه‌ها

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

سنگدانه‌ها باید بلافاصله پس از قیرپاشی، روی سطح راه پخش شود. پس از پخش سنگدانه‌ها، غلتک‌زنی باید

شروع شود 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 شود، موقعی باید اقدام به پخش قیر لایه دوم کرد که قیر لایه اول کاملاً عمل آمده 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 آن قدر ادامه یابد تا سنگدانه‌ها کاملاً در قیر و فضای خالی بین سنگدانه‌های لایه قبلی فرو نشیند.

پس از پخش سنگدانه‌ها و تکمیل عملیات غلتک‌زنی، باید مصالح اضافی را از سطح راه جاروکرد. چنانچه در نقاطی قیرزدگی ظاهرشود باید سنگدانه‌ها روی آن پخش و مجدداً متراکم گردد، به طوری که سطح نهایی آسفالت سطحی کاملاً یکنواخت شود.

۷-۸ تهیه و اجرای اسلاری سیل

برای تهیه و پخش این مخلوط آسفالتی از کامیون‌های مخصوصی که مجهز به سیلوهای جداگانه مصالح سنگی، فیلر، قیرآبه، آب و نیز واحد مخلوط کننده می‌باشد، استفاده‌می‌شود. **با توجه به مصالح سنگی، نوع قیر وطرح آزمایشگاهی این آسفالت باید برای توزین مصالح، قیر و آب به نسبت‌های تهیه شده در طرح و سپس اختلاط آنها در واحد مخلوط کننده به گونه‌ای که مخلوط حاصله با مشخصات موردنظر برابری داشته و روانی و کارآیی لازم را برای پخش در سطح راه دارا باشد، اقدام کرد. زمان اختلاط نباید از ۴ دقیقه تجاوزکند.** مخلوط آسفالتی که به این ترتیب تهیه می‌شود توسط دستگاه پخش کننده‌ای که به انتهای واحد مخلوط کننده و در قسمت عقب کامیون متصل است به ضخامت موردنظر و باتوجه به نوع مخلوط در سطح راه پخش می‌شود. در واقع عمل اختلاط و تهیه و پخش آسفالت توسط یک کامیون انجام می‌گیرد. سیلوهای مصالح سنگی، قیر و آب بعد از مصرف مجدداً پر می‌شود تا درادامه عملیات تهیه و پخش، توقفی حاصل نگردد، برای این کار بهتر است که درنزدیکترین محل اجرای عملیات، قیر و مصالح به مقدار موردنیاز آماده شده‌باشد

مخلوط حاصل باید به اندازه کافی روان باشد و به سهولت درسطح راه پخش شود، تا بتواند ترک‌ها و فضاهای خالی و حفره‌های سطحی بستر آسفالتی موجود را پرکند. در محل‌هایی که امکان پخش با ماشین وجود نداشته باشد می‌توان مخلوط را با ماله و وسایل دستی، پخش کرد. بعد از پخش و قبل از آن که آب موجود در مخلوط آسفالتی کاملا" تبخیر شود، عمل تراکم با غلتک چرخ لاستیکی با وزن ۵-۴ تن و فشار چرخ معادل ۵/۳ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع و حداکثر با ۵ بار عبور انجام گیرد.

ساخت، اجرا، و آزمایشهای کنترل کیفیت اسلاری سیل باید با مشخصات ASTM D ۳۹۱۰ مطابقت داشته باشد

۷-۹ تهیه و اجرای آسفالت متخلخل

مخلوط‌های آسفالتی متخلخل برحسب این که از نوع آسفالت سرد و یا آسفالت گرم باشد باید با توجه به مشخصات فصل هشتم (آسفالت سرد) و فصل نهم (آسفالت گرم) تهیه و اجراشود. در صورتیکه برای تهیه این رویه از آسفالت گرم استفاده شود، درجه حرارت مخلوط، باتوجه به این که از مصالح با دانه‌بندی باز استفاده می‌شود، حداکثر ۱۲۷

درجه سانتیگراد می‌باشد، تا قیر از سنگدانه‌ها جدانشده و در مخلوط آسفالتی به شکل آزاد جریان نیابد.

قبل از پخش این آسفالت، رویه راه موجود مطابق زیربند ۷-۷-۱-۲ آماده‌سازی شده و اندود سطحی آن مطابق دستورالعمل‌های فصل ششم اجرا می‌شود.

۷-۱۰ 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 بشرح فوق تثبیت می‌شود، ممکن است طی سال‌های دوم و یا سوم نیز نیاز به قیرپاشی مجدد داشته باشد که بهتراست برنامه‌ریزی شود.

۷-۱۱ محدودیت‌های فصلی

اجرای عملیات آسفالت‌های حفاظتی در فصول مناسب و گرم سال انجام می‌گردد، لذا محدودیت‌های مربوط به حداقل دمای محیط، دمای سطح راه و نیز شرایط جوی زمان اجرای کار بشرح زیر رعایت می‌شود:

الف - **برای آسفالت‌های سطحی یک و یا چندلایه‌ای 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 شودکه دمای محیط حداقل ۱۵ درجه سانتیگراد باشد.** عملیات غبارنشانی و روغن‌پاشی سطح راه ضرورتاً در هوای گرم (تابستان) انجام می‌شود.

پ - **آسفالت‌های حفاظتی که با قیرابه‌ها اجرا می‌شوند، در شرایطی‌که احتمال بارش درحین‌اجرای کار یابلافاصله بعدازآن، (باتوجه‌به‌نوع قیرابه)، تا حداقل ۱۲ ساعت وجود داشته باشد اجرا نمی‌شوند.**

ت - **اجرای‌اندودهای آب‌بندی باید درشرایطی‌اجرا شود که علاوه بر رعایت دمای محیط، بستر راه نیز کاملاً خشک باشد جز در موردهایی که از قیرابه‌ها استفاده می‌شود که رطوبت سطح راه، مانع انجام عملیات نخواهدبود.**

۷-۱۲ کنترل ترافیک

کنترل ترافیک و سرعت آن در دوام آسفالت‌های حفاظتی از اهمیت خاصی برخوردار است و بشرح زیر رعایت می‌شود.

۷-۱۲-۱ *آسفالت‌های سطحی و اندودهای آب‌بندی*

الف - **بعد از اجرای هریک از لایه‌های آسفالت سطحی و یااندودهای آب‌بندی، تا عمل آمدن کامل قیر، باید از عبور وسایل‌نقلیه ممانعت شود.**

در صورتی که عبور این وسایل بلافاصله بعد از اتمام غلتک‌زنی و یا قبل از گیرش نهایی و سفت‌شدن قیر اضطراری باشد، سرعت ترافیک باید به ۱۰ تا ۳۰کیلومتر در ساعت (برحسب مورد) محدودشود.

ب - چنانچه آسفالت سطحی و یا اندودهای آب‌بندی در راهی که زیر عبور ترافیک قراردارد انجام شود، از راه‌های انحرافی استفاده می‌شود و یا اینکه عملیات درنصف عرض‌راه انجام می‌گیرد.

۷-۱۲-۲ آسفالت‌های متخلخل

هدایت وسایل‌نقلیه برای اجرای آسفالت متخلخل، بر حسب این که از نوع آسفالت سرد و یا آسفالت گرم باشد، بشرح فصل‌های هشتم و نهم کنترل می‌شود.

۷-۱۲-۳ غبارنشانی و روغن‌پاشی

از عبور وسایل‌نقلیه از سطح قیرپاشی شده راه برای عملیات غبارنشانی و روغن‌پاشی، حداقل تاقبل‌از ۴۸ ساعت باید ممانعت بعمل آید. هرگاه عبور و مرور اضطراری باشد، باید قیر کاملاً به جسم راه نفوذکرده و خشک شده باشد و در صورتی که قبل از تأمین شرایط فوق، بازکردن مسیر به روی ترافیک ضروری باشد لازم است روی سطح قیرپاشی شده ماسه پخش شود.

فصل هشتم - آسفالت سرد

۸-۱ تعریف

آسفالت سرد از اختلاط سنگدانه‌ها با قیرهای محلول، یا قیرابه‌ها در دمای محیط تهیه و در همین دما پخش و متراکم می‌شود. سنگدانه‌ها در زمان اختلاط با قیرابه می‌تواند مرطوب باشد ولی با قیرهای محلول، در دمای محیط و یا تحت اثر حرارت خشک شده باشد. **مخلوط‌های آسفالت سرد که با قیرهای محلول غلیظ مانند MC-۳۰۰۰ و یا SC-۳۰۰۰ تهیه می‌شود عملاً مانند آسفالت گرم باید در حرارت ۹۵ درجه سانتیگراد یا بیشتر با قیر مخلوط شده و در محدوده همین دما، پخش و متراکم شود.**

آسفالت سرد را می‌توان در مسافت‌های زیاد حمل و سپس پخش کرد و یا آن را در کارگاه انبار و بعداً مورد استفاده قرار داد.

۸-۲ دامنه کاربرد

آسفالت سرد در کلیه لایه‌های روسازی کاربرد دارد مشروط بر آن که تمام ضوابط و معیارهای طراحی و محدودیت‌های ترافیکی مسیر، رعایت شده باشد.

این نوع آسفالت 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 قرارگیرد.

ضرایب هم‌ارزی آسفالت سرد نسبت به آسفالت گرم‌برحسب این که آسفالت سرد کارخانه‌ای یا مخلوط در محل و با دانه‌بندی درشت و یا ماسه‌ای باشد متفاوت است و در محدوده ۲-۱/۳ تغییر می‌کند. آسفالت سرد را می‌توان برای ترافیک سبک و یا متوسط طراحی کرد و چنانچه در آینده ترافیک جاده سنگین شد آن را با آسفالت گرم روکش کرد تا موجب تقویت جاده شود.

۸-۳ انواع آسفالت سرد

آسفالت را بر حسب روش تهیه و اجرا می‌توان به دو دستهٔ آسفالت سرد کارخانه‌ای و آسفالت سرد مخلوط در محل تقسیم کرد.

۸-۳-۱ آسفالت سرد کارخانه‌ای

آسفالت سرد کارخانه‌ای در کارخانه‌های ثابت و مرکزی آسفالت تهیه می‌شود و سپس برای پخش به محل اجرای روسازی حمل می‌شود. در کلیه مراحل ساخت آن، از فراگرد تنظیم دانه‌بندی، توزین سنگدانه‌ها و اختلاط با قیرهای مشروحه در این فصل، کنترل‌های لازم آنطور که در تهیه آسفالت گرم تشریح شده است (فصل نهم آیین‌نامه)، رعایت می‌شود. البته هنگامی که از قیرابه استفاده می‌شود مراحل حرارت‌دادن و یا خشک کردن سنگدانه‌ها دیگر انجام نمی‌شود، مشروط بر آن که رطوبت مصالح بیش از ۳ درصد نباشد.

۸-۳-۲ 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 آن 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 اجرا حمل می‌شود.

۸-۴ سنگدانه‌ها

سنگدانه‌ها در آسفالت سرد اعم از کارخانه‌ای یا مخلوط درمحل رامی‌توان ازاختلاط مصالح درشت‌دانه حاصل ازشکستن

سنگ کوهی، شن رودخانه‌ای، سرباره کورهٔ آهن‌گدازی، یا ماسه شکسته، ماسه شسته و یا مخلوط این دو و در صورت لزوم فیلر، تهیه کرد. **مخلوط مصالح مصرفی باید مشخصات مندرج در جدول ۸-۱ را داشته و موارد ذیل در آن رعایت شده باشد:**

۸-۴-۱ *دانه‌بندی سنگدانه‌ها*

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

دانه‌بندی اجزای دانه‌درشت و دانه‌ریز نیز برای اختلاط و تأمین دانه‌بندی مشخصات، با توجه به حداکثر قطر سنگدانه‌ها، باید مطابق دانه‌بندی مصالح درشت‌دانه و ریزدانه جدولهای مربوط فصل نهم باشد. انتخاب دانه‌بندی‌های درشت و ریز دیگر که بتواند دانه‌بندی مشخصات را تأمین کند، قابل قبول خواهدبود.

۸-۴-۲ *دانه‌بندی فیلر*

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

تبصره: **وقتی که سنگدانه‌های مصرفی برای آسفالت سرد از بستر راه شنی موجود و از طریق شخم‌زدن و برداشتن ضخامت معینی از آن تهیه می‌شود، باید با مشخصات جدول ۸-۱ و زیربند ۸-۴-۱ فوق منطبق بوده و در غیر این صورت اصلاحات لازم برای تطابق با مشخصات فوق، روی آن انجام گیرد.**

۸-۵ *مواد قیری*

مشخصات مواد قیری مصرفی در آسفالت سرد بشرح زیر می‌باشد:

جدول ۸-۱ مشخصات سنگدانه‌ها برای استفاده در آسفالت سرد

آزمایش	مشخصات	روش آزمایش		
		آشتو	اِی اِس تی اِم	بی اِس
مقاومت سایشی با آزمایش لوس‌آنجلس - حداکثر	۴۰ درصد	T ۹۶	C ۱۳۱	–
افت وزنی با سولفات سدیم - حداکثر	۱۲ درصد	T ۱۰۴	C ۸۸	–
افت وزنی با سولفات منیزیم - حداکثر	۱۸ درصد	T ۱۰۴	C ۸۸	–
ارزش ماسه‌ای - حداقل	۳۵ درصد	T ۱۷۶	D ۲۴۱۹	–
نشانه خمیری - حداکثر	۴ درصد	T ۹۰	D ۴۳۱۸	–
شکستگی یک جبهه سنگدانه‌های مانده روی الک شماره ۴ یا ۴/۷۵ میلیمتر - حداقل	۶۵ درصد	–	–	–
ضریب تورق - حداکثر	۳۵ درصد	–	–	۸۱۲
جرم واحد حجم سنگدانه‌های سرباره کوره آهن‌گدازی - حداقل	۱۱۲۰ kg/m^3	T ۱۹	C ۲۹	–

۸-۵-۱ قیرهای محلول

مشخصات قیرهای محلول بشرح جدول‌های مربوط در فصل پنجم باید رعایت شود.

۸-۵-۲ قیرابه‌ها

مشخصات قیرابه‌ها باید بشرح جدول‌های مربوط مندرج در فصل پنجم باشد.

۸-۶ انتخاب قیر

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، کوتاه‌مدت یا میان مدت)، انتخاب می‌شود.

جدول ۸-۲ با توجه به عوامل ذکرشده به عنوان راهنما، برای انتخاب قیرهای محلول و قیرابه‌ها می‌تواند بکار گرفته شود. در انتخاب قیر علاوه بر جدول راهنما، به موردهای زیر توجه خاص مبذول می‌شود:

۸-۶-۱ خصوصیات قیر

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

۸-۶-۲ کند روانی قیر

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

۸-۶-۳ تأثیر دانه‌بندی مصالح

دانه‌بندی مصالح، عامل تعیین‌کننده‌ای در انتخاب قیر آسفالت سرد محسوب می‌شود. به طور کلی دانه‌بندی‌های باز در مقایسه با دانه‌بندی‌های پیوسته، به قیر غلیظ‌تری نیاز دارد. وقتی که مواد رد شده از الک شماره ۲۰۰ مخلوط زیاد باشد، عمل اختلاط به سختی انجام می‌گیرد. در این حالت بهتراست قیر مصرفی کند روانی متوسط و یا کمتری داشته باشد. بالعکس، در شرایطی که مواد ردشده از الک ۲۰۰ کم باشد، عمل اختلاط آسان‌تر انجام می‌گیرد و لذا قیر با کندروانی بیشتر مناسب‌تر خواهدبود.

بعلاوه کاربرد قیر با کندروانی بیشتر احتمال چکه کردن قیر از سنگدانه‌های با دانه‌بندی باز راکاهش می‌دهد.

۸-۶-۴ عمل آمدن قیر

برحسب نوع قیر انتخابی عواملی در میزان کارایی و سرعت عمل‌آمدن قیر حین اجرای عملیات مؤثر است. این عوامل برای قیرهای محلول و قیرابه‌ها به شرح ذیل می‌باشد:

جدول ۸-۲ قیر مناسب برای آسفالت سرد

نوع آسفالت و کیفیت مصالح سنگی مصرفی	قیرهای محلول										قیرآبه آنیونی						قیرآبه کاتیونی			
	زودگیر RC				دیرگیر SC			کندگیر MC			HFMS-۱ MS-۱	HFMS-۲ MS-۲	MS-۲h HFMS-۲h	HFMS-۲s	SS-۱	SS-۱h	CMS-۲	CMS-۲h	CSS-۱	CSS-۱h
	۷۰	۲۵۰	۸۰۰	۳۰۰۰	۲۵۰	۸۰۰	۳۰۰۰	۷۰	۲۵۰	۸۰۰	۳۰۰۰									
۱) مخلوط‌های تهیه‌شده در کارخانه																				
مصرف در قشر اساس و رویه با:																				
دانه‌بندی باز									×				×	×			×	×		
خوب دانه‌بندی شده		×			×	×	×		×	×	×				×	×			×	×
مصالح ماسه‌ای [۱]															×	×			×	×
۲) آسفالت مخلوط در محل																				
مصرف در قشر اساس و رویه با:																				
دانه‌بندی باز		×	×	×		×	×		×	×	×	×	×	×			×	×		
خوب دانه‌بندی شده					×	×			×	×					×	×			×	×
ماسه		×	×					×	×	×					×	×			×	×
ماسه همراه با لای [۲]	×	×	×						×	×					×	×			×	×
۳) مخلوط‌های مناسب تعمیرات ولکه‌گیری																				
مصرف فوری		×	×			×			×	×	×	×	×	×			×	×		
مصرف غیرفوری					×	×			×	×				×						

توضیحات:

۱) مصالح ردشده از الک ۵ میلیمتر با حداکثر ۵ درصد مواد ردشده از الک شماره ۲۰۰

۲) مصالح ردشده از الک ۲ میلیمتر (الک شماره ۱۰) همراه با مقداری مواد ردشده از الک ۲۰۰ که دارای خاصیت خمیری باشد

۸-۶-۴-۱ قیرهای محلول

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

۸-۶-۴-۲ قیرابه‌ها

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

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

۸-۶-۴-۳ اثر دانه‌بندی

نوع دانه‌بندی مصالح، از نظر تسریع یا تأخیر در عمل‌آمدن قیرهای محلول یا سفت‌شدن قیرابه‌ها، عامل مهمی است. وقتی که از دانه‌بندی‌های پیوسته حاوی مواد ریزدانه زیاد استفاده می‌شود معمولاً مدت زمان زیادتری را برای اندودکردن سنگدانه‌ها و کامل‌شدن عمل اختلاط منظور و از قیر با سرعت گیرایی و سفت‌شدن متوسط و یا نسبتاً طولانی استفاده می‌شود. در چنین شرایطی، قیرهای محلول مصرفی از انواع کندگیر یا دیرگیر و قیرابه‌های مصرفی از انواع کندشکن یا دیرشکن می‌باشد. از طرف دیگر، چنانچه از مصالح با دانه‌بندی باز استفاده شود، نظر به این که زمان کوتاه‌تری برای تکمیل عمل اختلاط لازم است، می‌توان از قیرهایی که سریعتر به عمل می‌آید مانند قیرهای محلول زودگیر و یا قیرابه‌های کندشکن استفاده کرد.

۸-۷ درجه حرارت قیر

محدوده‌های بالا و پایین درجه حرارت قیرهای مصرفی در آسفالت سرد، برحسب این که آسفالت از انواع کارخانه‌ای و یا مخلوط در محل باشد، در جدول ۸-۳ به عنوان راهنما، آمده است. از این جدول برای تعیین محدودهٔ درجه حرارتی که مخلوط کارآئی مناسبی در شرایط متفاوت اجرای کار داشته باشد، می‌توان استفاده کرد.

۸-۸ 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 ضوابط و معیارهای مشروحه در فصل نهم، موضوع دانه‌بندی کارگاهی و رعایت رواداری‌های مربوطه، صورت گیرد. انتخاب این دانه‌بندی، ضمن آن که در داخل دانه‌بندی اصلی مشخصات قرار می‌گیرد، با توجه به میزان ترافیک، شرایط جوی و کیفیت سنگدانه‌های مصرفی انجام

می‌گیرد. به عنوان مثال برای ترافیک سنگین در مناطق گرمسیری و با شیب‌های تند (مناطق کوهستانی) که رویه آسفالتی به تغییر شکل خمیری گرایش بیشتری نشان می‌دهد، از دانه‌بندی درشت‌تر، درصد شکستگی بیشتر، مصرف مصالح رودخانه‌ای کمتر در مخلوط آسفالت استفاده می‌شود.

رواداری‌های قابل اعمال در دانه‌بندی کارگاهی در جدول ۸-۴ نشان داده شده است.

۸-۹ طرح اختلاط آسفالت سرد

برای طرح اختلاط آسفالت سردبه دوطریق زیرعمل می‌شود:

۸-۹-۱ استفاده از فرمول‌های تجربی

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

جدول ۸-۳ راهنمای درجه حرارت قیرهای مصرفی برای تهیهٔ 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 ریسه‌شده درراه
قیرابه‌ها:		
انواع قیرابه‌های کندشکن و دیرشکن آنیونیک وکاتیونیک	۷۰-۱۰ (۱)	۷۰-۲۰ سانتیگراد
قیرهای محلول (۲)**:**		
انواع زودگیر، کندگیر و دیرگیر با کندروانی:		
۷۰	-	۲۰+ (۴) سانتیگراد
۲۵۰	۸۰-۵۵ (۳) سانتیگراد	۴۰+ (۴) سانتیگراد
۸۰۰	۱۰۰-۷۵ (۳) سانتیگراد	۵۵ + (۴) سانتیگراد
۳۰۰۰	۱۱۵-۸۰ (۳) سانتیگراد	-

توضیحات:

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

۲) چون نقطه اشتعال قیرهای محلول معمولاً از ۲۷ تاحداکثر ۱۰۷ درجه سانتیگراد تغییر می‌کند لذا باید هنگام گرم‌کردن قیرهای محلول، کلیه نکات ایمنی و احتیاط‌های لازم رعایت شود.

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

۴) حداکثر درجه حرارت قیر باید به اندازه‌ای باشد که دود آبی رنگ‌از آن متصاعد نشود.

جدول ۸-۴ رواداری مجاز دانه‌بندی کارگاهی و قیر در آسفالت سرد

اندازه الک‌ها	درصد رواداری
الک ۱۲/۵ میلیمتر ($\frac{1}{2}$ اینچ) و بزرگتر	± ۸
الک‌های ۹/۵ میلیمتر($\frac{3}{8}$ اینچ) و ۴/۷۵ میلیمتر، (شماره ۴)	± ۷
الک‌های ۲/۳۶ میلیمتر(شماره۸) و۱/۱۸ 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

۸-۹-۱-۱ قیرابه‌ها

درصد وزنی قیرابه، برای مصالح با دانه‌بندی پیوسته و متراکم را می‌توان به روش زیر محاسبه کرد:

الف - درصد قیرابه از رابطه:

$$P = (۰/۰۵\ A + ۰/۱\ B + ۰/۵\ C) \times ۰/۷ \qquad (۱-۸)$$

که در آن:

P - درصد وزنی قیرابه برحسب وزن مصالح سنگی خشک

A - درصد وزنی مصالح سنگی مانده روی الک ۲/۳۶ میلیمتر (شماره ۸)

B - درصد وزنی مصالح سنگی ردشده از الک ۲/۳۶ میلیمتر (شماره ۸) و مانده روی الک ۲۰۰

C - درصد وزنی مصالح ردشده از الک ۲۰۰

۸-۹-۱-۲ قیرهای محلول

درصد وزنی قیرهای محلول، برای مصالح با دانه‌بندی پیوسته و متراکم را می‌توان از رابطه زیر بدست آورد:

$$P = ۰/۰۲A + ۰/۰۷B + ۰/۱۵C + ۰/۲D \qquad (۲-۸)$$

که در آن:

P - درصد قیر برحسب وزن مصالح سنگی خشک

A - درصد مصالح مانده روی الک شماره ۵۰

B - درصد ردشده از الک ۵۰ و مانده روی ۱۰۰

C - درصد ردشده از الک ۱۰۰ و مانده روی ۲۰۰

D - ردشده از الک شماره ۲۰۰

۸-۹-۱-۳ درصد قیر برای دانه‌بندی‌های باز

درصد تقریبی قیر برای دانه‌بندی‌های باز را (بشرح جدول مربوط در فصل نهم) می‌توان با روش CKE که در نشریه MS-۱۴ انستیتو آسفالت تشریح شده تعیین کرد. بعد از تعیین مقدار قیر با روش فوق، میزان دقیق قیر مخلوط با انجام آزمایش در آزمایشگاه و از طریق اندازه‌گیری وزن مخصوص و درصد فضای خالی نمونه‌های مارشال در شرایط بهینه تعیین می‌شود. لازم به ذکر است که مقدار مقاومت مارشال برای ارزیابی این نمونه‌ها که به دلیل دانه‌بندی باز از چسبندگی کافی برخوردار نیست، کاربرد ندارد.

۸-۹-۲ طرح اختلاط آزمایشگاهی

طرح اختلاط آزمایشگاهی آسفالت سرد، بر حسب این که قیر محلول یا قیرابه مصرف شود، بشرح زیر انجام می‌گیرد:

۸-۹-۲-۱ قیرهای محلول

طرح اختلاط برای قیرهای محلول با روش مارشال به شرح آیین‌نامه D۱۵۵۹ اِی اِس تی اِم و رعایت دستورالعمل‌های ویژهٔ نشریه MS-۱۴ انستیتو آسفالت انجام می‌شود. دراین روش کلیه وسایل و تجهیزات آزمایشگاهی همان ابزار و وسایلی است که در طرح آسفالت گرم بکار می‌رود. مراحل کلی طرح اختلاط به شرح زیر است:

الف - سنگدانه‌ها

- دانه‌بندی کارگاهی مصالح سنگی باید قبلاً انتخاب و به تصویب دستگاه نظارت برسد. مصالح بهتر است دانه‌بندی متراکم و پیوسته داشته و منحصراً از جدول مربوط در فصل نهم انتخاب شود. کاربرد دانه‌بندی‌های باز در طراحی با روش مارشال مناسب نیست.
- وزن مخصوص‌های حقیقی و موثر مصالح، براساس دانه‌بندی کارگاهی تصویب شده تعیین گردد.

ب - قیر

نتایج آزمایش‌های مورد نیاز برای قیر عبارتنداز:

- تهیهٔ جدول مشخصات قیر که شامل درصد قیر خالص در قیر محلول و میزان مواد حلال آن و موارد دیگر می‌باشد (بشرح جدول نمونه ۸-۵) صورت گیرد.
- نمودار تغییرات وزن مخصوص قیر در ۲۵ درجه سانتیگراد بر حسب تغییر میزان مواد حلال موجود در قیر (شکل ۸-۱ بعنوان یک نمونه)
- نمودار تغییرات کندروانی قیرهای محلول برحسب سانتی استکس با حرارت (شکل ۸-۲ بعنوان یک نمونه)
- نمودار تغییرات کندروانی قیر برحسب سانتی استکس در برابر تغییرات درصد مواد حلال قیر (شکل ۸-۳ بعنوان یک نمونه).

از نتایج آزمایش‌های فوق درجه حرارت اختلاط قیر و سنگدانه‌ها و درجه حرارت کوبیدن مخلوط آسفالت سرد برای تهیه نمونه‌های مارشال براساس نشریه MS-۱۴ انستیتو آسفالت تعیین می‌شود. کوبیدن این نمونه‌ها در شرایطی انجام می‌گردد که درمورد آسفالت سرد مصرفی در نوسازی‌ها و لایهٔ روکش ۵۰درصد مواد فرار و آسفالت مصرفی در کارهای تعمیرات و لکه‌گیری، ۲۵ درصد مواد فرّار قیر قبل از کوبیدن نمونه‌ها، تبخیر شده باشد.

پ - مشخصات فنی آسفالت حاوی قیر محلول

مشخصات فنی آسفالت سرد حاوی قیرهای محلول با طرح اختلاط به روش مارشال که شامل تعیین مقاومت مارشال، فضای خالی و روانی مخلوط است، در جدول ۸-۶ ارائه شده است.

۸-۹-۲-۲ قیرابه‌ها

طرح اختلاط آسفالت سرد با قیرابه‌ها با یکی از دو روش زیر انجام می‌شود:

الف - روش ویم

طرح اختلاط با روش ویم برابر استانداردهای D۱۵۶۱ و D۱۵۶۰ اِی اِس تی اِم و استفاده از آزمایش CKE مطابق آخرین چاپ نشریه MS-۱۴ انستیتو آسفالت فقط با مصالح سنگی دارای دانه‌بندی پیوسته انجام می‌شود. مشخصات فنی مخلوط آسفالت سرد با این روش در جدول ۸-۷ آورده شده است.

ب - روش اصلاح شده مارشال

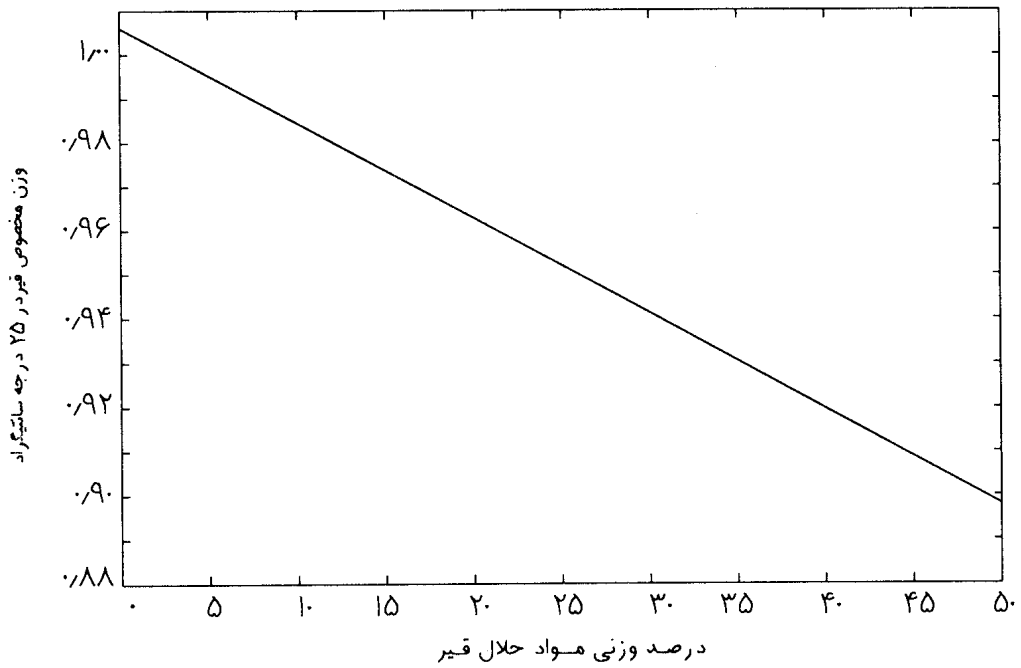
طرح اختلاط با روش اصلاح شده مارشال، بشرح آخرین چاپ نشریه MS-۱۴ انستیتو آسفالت با رعایت مشخصات فنی جدول ۸-۸ انجام می‌شود. کاربرد این طرح محدود به طراحی آسفالت سرد برای مصرف در قشر اساس با دانه‌بندی پیوسته و متراکم و برای جاده‌های با ترافیک سبک می‌شود.

جدول ۸-۵ نمونه‌ای از نتایج آزمایش فیزیکی و شیمیائی سه نمونه قیر کندگیر

آزمایش یا مشخصه	MC-۲۵۰	MC-۸۰۰	MC-۳۰۰۰
درصد وزنی قیر خالص	۷۸	۸۵	۹۱
درصد وزنی مواد حلال	۲۲	۱۵	۹
وزن مخصوص در ۱۵/۶ درجه سانتیگراد	۰/۹۶۲	۰/۹۷۷	۰/۹۲۲
کندروانی سینماتیک (صدم‌استکس در $60^{\circ}C$)	۳۵۹	۱۲۱۱	۵۱۵۰
درصد حجمی مواد تقطیر شده در درجه حرارتهای زیر به مواد تقطیرشده در $360^{\circ}C$:			
۱۹۰ درجه سانتیگراد	۰	۰	۰
۲۲۵ درجه سانتیگراد	۲/۳	۰	۰
۲۶۰ درجه سانتیگراد	۴۰/۲	۱۸/۲	۰
۳۱۵/۵ درجه سانتیگراد	۸۰/۵	۷۰/۹	۵۰
خصوصیات قیر پس مانده از تقطیر:			
درصد حجمی در $360^{\circ}C$	۷۸/۳	۸۶/۳	۹۳/۳
درجه نفوذ (۱۰۰ گرم / ۵ ثانیه / $25^{\circ}C$)	۱۹۰	۱۸۶	۱۷۳
درجه انگمی (۵ سانتیمتر / دقیقه / $25^{\circ}C$)	+۱۵۰	۱۳۰	۱۲۳

جدول ۸-۶ مشخصات فنی آسفالت سرد برای قیرهای محلول با روش مارشال

مشخصه	حدود
درصد تصعید مواد حلال قبل از متراکم‌کردن درسطح راه برای:	
- آسفالت سرد مورد استفاده در تعمیرات	۲۵ درصد
- آسفالت سرد مورداستفاده درنوسازی‌ها و لایهٔ روکش	۵۰ درصد
تعداد ضربه برای کوبیدن نمونه مارشال	
- ترافیک سنگین، متوسط، سبک	۷۵ ضربه
مقاومت مارشال در ۲۵ درجه سانتیگراد	
- آسفالت سرد برای تعمیرات	حداقل ۲۳۰ کیلوگرم
- آسفالت سرد برای نوسازی‌ها و لایهٔ روکش	حداقل ۳۴۰ کیلوگرم
- فضای خالی	۵-۳ درصد
- روانی	۴-۲ میلیمتر
- فضای خالی مصالح سنگی	به‌جدول مربوط در فصل ۹ مراجعه‌شود
درصد ماند مقاومت مارشال بعد از چهار روز نگهداری در آب $25^{\circ}C$	حداقل ۷۵ درصد



شکل ۸-۱ تغییرات وزن مخصوص یک نمونه قیر در ۲۵ درجه سانتیگراد برحسب میزان مواد حلال موجود در آن

جدول ۸-۷ مشخصات فنی آسفالت سرد تهیه شده با قیرابه‌ها با استفاده از روش ویم

مشخصه	قشر اساس	قشر آستر و رویه
الف - ناب‌آوری مخلوط در ۳±۲۳ درجه سانتیگراد:*		
- عمل آمدن ناقص (۱)	حداقل ۷۰	_ (۳)
- عمل آمدن کامل (۲)	حداقل ۷۸	_ (۳)
ب - مقاومت مخلوط در ۳±۶۰ درجه سانتیگراد:**	_ (۳)	حداقل ۳۰
ج - چسبندگی مخلوط در ۳±۲۳ سانتیگراد:***		
- عمل آمدن ناقص (۱)	حداقل ۵۰	_ (۳)
- عمل آمدن کامل (۲)	حداقل ۱۰۰	_ (۳)
د - چسبندگی مخلوط در ۳±۶۰ درجه سانتیگراد:	_ (۳)	حداقل ۱۰۰
ه - درصد پوشش قیری سنگدانه‌ها	حداقل ۵۰	حداقل ۷۵

۱) عمل آمدن نمونه در داخل قالب: ۲۴ ساعت در ۳±۲۳ سانتیگراد

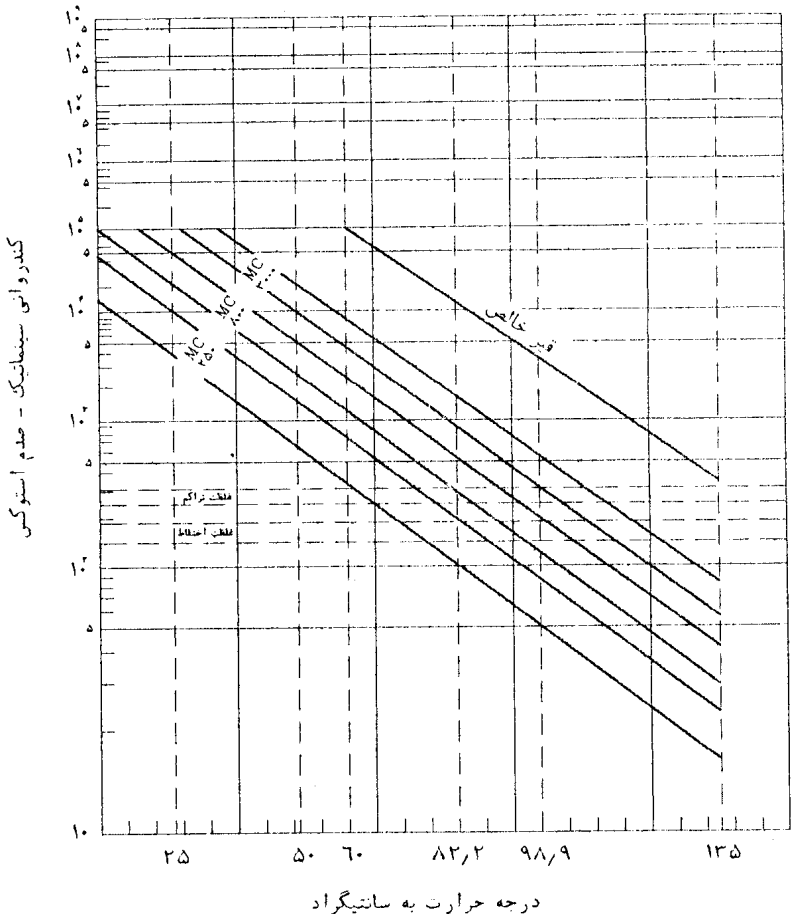
۲) عمل آمدن نمونه در داخل قالب: ۷۲ ساعت در ۳±۲۳ سانتیگراد. سپس نگهداری نمونه بمدت چهارروز در خلاء و بعد قراردادن آن در آب بمدت یکساعت در شرایط خلاء و یکساعت بدون خلاء

۳) مشخصات تعیین نشده است

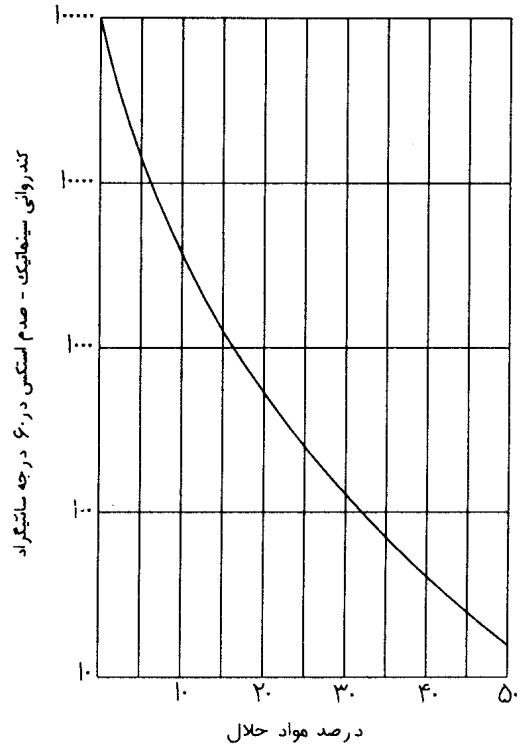
* Resistant value,R

** Stabilometer value,S

*** Cohesometer value,C



شکل ۸-۲ نمودار تغییرات کندروانی نمونه‌هایی از قیرهای محلول در مقابل حرارت



شکل ۸-۳ نمودار رابطه کندروانی نمونه‌ای از یک قیر محلول حاوی درصدهای مختلف مواد حلال درمقابل حرارت

جدول ۸-۸ مشخصات فنی آسفالت سرد حاوی قیرابه‌ها براساس روش اصلاح شده مارشال

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

۸-۱۰ آزمایش‌ها

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

۸-۱۰-۱ درصد قیر

برای تعیین درصد قیر محلول و یا قیرابه در آسفالت سرد، نمونه مخلوط آسفالتی راکه 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 درگرمخانه با حرارت ۳±۱۲۱ درجه سانتیگراد قرار می‌دهند. هر بار بعد از یک ساعت نمونه را ازگرمخانه خارج کرده و آن را یک دقیقه کاملاً بهم می‌زنند. بعد از نوبت سوم، نمونه را بعد از سردشدن، در حالی که کلیه مواد حلال و آب موجود در مخلوط و قیر طی سه ساعت حرارت‌دادن تصعید و تبخیر شده است، به روش T۱۶۴ آشتو مورد آزمایش استخراج (اکستراکشن) قرارداده 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 قیرابه در مخلوط آسفالتی برابر است با:

$$A = \frac{۱۰۰\,(a)}{R}$$

که در آن:

A - درصد وزنی قیر محلول یا قیرابه بر حسب وزن مخلوط آسفالتی

a - درصد وزنی قیر خالص در نمونه بر حسب وزن مخلوط آسفالتی

R - درصد وزنی قیر محلول یا قیرابه مصرفی که برحسب نوع و درجه آنها متفاوت بوده و حداقل یکبار در جریان طراحی آسفالت سرد و به تناوب در روند اجرای کار براساس آزمایش تقطیر قیر تعیین می‌شود (برای قیرهای محلول روش D۴۰۲ ای اِس تی اِم و یا T۷۸ آشتو و برای قیرابه‌ها روش D۲۴۴ ای اِس تی اِم و یا T۵۹ آشتو).

به عنوان مثال چنانچه a درصد قیر خالص در آزمایش اکستراکشن یک مخلوط آسفالت سرد ساخته شده با قیرابه کاتیونیک SS-۱ معادل ۴ درصد و R برای این قیر در آزمایش تقطیر ۵۷ درصد باشد، درصد قیرابه (A) برحسب وزن مخلوط آسفالت سرد برابر است با:

$$A = \frac{۴ \times ۱۰۰}{۵۷} = ۷$$

مقدار A، مطابق جدول ۸-۴، 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 با حرارت ملایم به حالت غیرمتراکم تبدیل کرده و سپس بشرح فوق در گرمخانه قرار داد.

۸-۱۰-۲ دانه‌بندی

روی نمونه آسفالت، بعد از آزمایش استخراج قیر (اکستراکشن)، آزمایش دانه‌بندی با روش T۱۶۴ آشتو انجام و نتیجه باید با دانه‌بندی مصوب طرح، بعد از اعمال حدود رواداری مندرج درجدول ۸-۴، تطابق داشته‌باشد.

۸-۱۰-۳ 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 حداقل مقادیر مندرج در جدول‌های ۸-۶ تا ۸-۸ (برای آسفالت سرد تهیه شده با قیرهای محلول یا قیرابه‌ها) مطابقت داشته باشد.

۸-۱۱ وسایل تهیه آسفالت سرد

این وسایل بر حسب این که آسفالت سرد درکارخانه آسفالت تهیه شود و یا با روش‌های مخلوط در محل تهیه شود بشرح زیر است:

۸-۱۱-۱ کارخانه آسفالت سرد

کارخانه‌های آسفالت سرد می‌تواند از انواع مرحله‌ای و یا مداوم بوده و مجهز به سیلوهای سرد، واحد خشک کننده مصالح، سیلوهای گرم، سرند، وسایل‌گرم‌کردن قیر و سنگدانه‌ها (درصورت نیاز) و توزین آنها باشد تا بتواند مخلوط آسفالتی همگن با پوشش قیری یکنواخت و منطبق با مشخصات تولید کند. سنگدانه‌های تفکیک شده در کارگاه جداگانه به سیلوهای سرد تغذیه شده و قبل از تغذیه مخلوط نمی‌شود. تغذیه مصالح به نحوی تنظیم می‌شود که موجب کم یا زیادشدن مصالح در سیلوهای گرم نشده و اختلالی در تولید یکنواخت و همگن مخلوط آسفالتی بوجود نیاورد. حداقل زمان اختلاط طوری انتخاب می‌شود که بیشترین پوشش قیری سطحی سنگدانه‌ها را تأمین کند، ضمن آنکه در مورد قیرابه‌ها 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 خشک‌کردن سنگدانه‌ها، به ویژه در شرایطی که دانه‌بندی پیوسته بوده و مواد ریزدانه زیاد داشته باشد، ضروری است.

درجه حرارت قیر برحسب نوع قیر باید در محدوده‌های مندرج در جدول ۸-۳ باشد.

۸-۱۱-۲ دستگاه‌های اختلاط آسفالت مخلوط درمحل

اختلاط قیر و مصالح در محل به صورت‌های مختلفی می‌تواند انجام گیرد که عمدهٔ آنها عبارتند از:

۸-۱۱-۲-۱ اختلاط سیار

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

دستگاههای اختلاط سیار بر دو نوعند:

الف - دستگاه روی مصالح ریسه شده در طول راه حرکت می‌کند و در حالیکه 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 دانه‌بندی شده را در محفظه و یا سیلوی جلوی دستگاه خالی می‌کند و سپس با افزودن قیر به مصالح، در حالیکه دستگاه به جلو و در طول راه حرکت می‌کند قیر و مصالح را با هم مخلوط می‌کند. مخلوط آسفالتی آماده شده سپس به فینیشری که در پشت دستگاه حرکت می‌کند منتقل شده و در سطح راه پخش می‌شود.

۸-۱۱-۲-۲ مخلوط‌کننده چرخشی

این نوع دستگاه شامل یک مخلوط‌کن چرخشی است که یک یا چند محور عرضی با تیغه‌های بهم‌زن دارد و توسط یک خودرو در طول مسیر حرکت می‌کند. عرض دستگاه مخلوط کننده ۲ 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 حالیکه 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 ازمخلوط‌کننده‌های چرخشی، باکندن و شخم‌زدن مصالح بستر شنی راه موجود و سپس اختلاط آن با قیر، و نهایتاً تهیه مخلوط آسفالت سرد و پخش آن در سطح راه عمل می‌کند.

۸-۱۱-۲-۳ اختلاط با گریدر

برای اختلاط قیر و مصالح با گریدر، نخست قیرپاش، نیمی از قیر مورد نیاز را در جلوی گریدر و روی ریسه تسطیح شده مصالح که عرض آن معادل عرض قیرپاش می‌باشد، پخش می‌کند. 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 نهایتاً مخلوط یکنواخت و همگنی تهیه شود. عرض گریدر حداقل ۳ متر و فاصله بین محور چرخ‌های عقب و جلوی آن حداقل ۴/۵ مترمی‌باشد. گریدر بهتر است دارای چرخ‌های لاستیکی صاف باشد.

۸-۱۱-۲-۴ اختلاط با دستگاههای بازیافتی

این دستگاهها دارای گردونه‌های دواری هستند که روی آنها تعداد زیادی ناخنک مقاوم نصب است که می‌توانند با دوران سریع گردونه مصالح موجود در سطح راه راکنده و همزمان مواد مورد نیاز نظیر قیر را نیز به آن اضافه کرده و عمل اختلاط را انجام دهد. علاوه بر آنکه می‌توان از قیرابه 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 کنند. در این سیستم با افزودن حدود ۲٪ آب به قیر داغ و همزمان با واردکردن هوای فشرده، حجم قیر برای مدت کوتاهی تا حدود ۱۵ برابر افزایش می‌یابد. در این فاصلهٔ زمانی چنانچه مصالح از سطح راه برداشته شده و پوش داده شود ذرات کف قیر به مصالح چسبیده و آنها را آغشته می‌کند. باید دقت کرد که حتماً عمل اختلاط بخوبی انجام گیرد و تمامی اجزاء و سطوح مصالح با قیر کاملاً پوشش شوند.

۸-۱۱-۳ سایر وسایل تهیه آسفالت سرد

سایر وسایل مورد نیاز برای تهیه آسفالت سرد کارخانه‌ای یا آسفالت مخلوط در محل عبارتند از:

- قیرپاش‌که مشخصات آن بشرح مندرج درفصل هشتم‌می‌باشد.
- تانکر آب‌پاش که معمولاً برای مرطوب کردن سنگدانه‌ها جهت تسهیل در عمل اختلاط قیرابه و مصالح و افزایش کارایی مخلوط آسفالت سرد مخلوط در محل، مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- قالب ریسه که برای ریسه‌کردن سنگدانه‌ها در طول راه

مصرف می‌شود تا بتوان مقدار قیر پخش شده را تنظیم و کنترل کرد. این وسیله در پشت گریدر نصب می‌شود تا در حین حرکت از روی مصالح پخش شده در طول راه، آن را در ابعاد هندسی منظم پخش کند.

- وجود مخازن ذخیره قیر به مقدار کافی در کارگاه و یا در محدوده نزدیک به آن برای جلوگیری از تأخیر در عملیات اجرایی لازم است. این مخازن باید از نوع سرپوشیده بوده و از آلوده‌شدن قیر به گردوغبار، آب و دیگر آلاینده‌ها شدیداً ممانعت گردد.

۸-۱۲ ماشین‌آلات پخش و تراکم آسفالت سرد

ماشین آلات پخش و تراکم آسفالت سرد، به طور کلی برای آسفالت سرد کارخانه‌ای و یا مخلوط در محل عبارتنداز:

۸-۱۲-۱ فینیشر

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

۸-۱۲-۲ گریدر

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

۸-۱۲-۳ جاروی مکانیکی

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

۸-۱۲-۴ کامیون

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

۸-۱۲-۵ غلتک

غلتک مناسب کوبیدن آسفالت‌های فوق باید دارای مشخصات زیر باشد:

۸-۱۲-۵-۱ غلتک‌های فلزی دوچرخ (تاندم یا ردیف)

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

۸-۱۲-۵-۲ غلتک‌های فلزی سه چرخ

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

۸-۱۲-۵-۳ غلتک‌های چرخ لاستیکی

غلتک‌های چرخ لاستیکی خودرو، دارای ۲ تا ۷ چرخ در جلو و ۴ تا ۸ چرخ در عقب، با وزن‌های متغیر ۳ تن (خالی) تا ۳۵ تن

(یا بالاتر) می‌باشند. علاوه بر وزن این غلتک‌ها، عوامل دیگری در تراکم لایه‌های آسفالتی مؤثرند (نظیر بار چرخ‌ها، فشار تماس، سطح تماس چرخ و سرعت غلتک). چرخ این غلتک‌ها صاف می‌باشد زیرا در غیر این صورت اثر آن روی آسفالت باقی می‌ماند. فشار چرخ‌ها بین ۵ تا ۸ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع و سرعت، در حین کار، از ۸ کیلومتر در ساعت تجاوز نمی‌کند.

۸-۱۲-۵-۴ *غلتک‌های لرزنده*

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

۸-۱۳ *اجرای آسفالت سرد*

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

۸-۱۳-۱ *آماده‌کردن سطح راه*

آماده‌کردن سطح راه بر حسب اینکه راه شنی یا آسفالتی باشد بشرح زیر انجام می‌شود.

۸-۱۳-۱-۱ *راه شنی*

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

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

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

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

ث - اندود نفوذی سطح راه، طبق مشخصات اجرا شود.

۸-۱۳-۱-۲ *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 شود به طوری که قسمت‌های مرمت‌شده، وضعیت مشابه سایر قسمت‌های راه داشته باشد.

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

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

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

ث - اندود سطحی راه طبق مشخصات اجرا شود.

۸-۱۳-۲ ریسه‌کردن مصالح

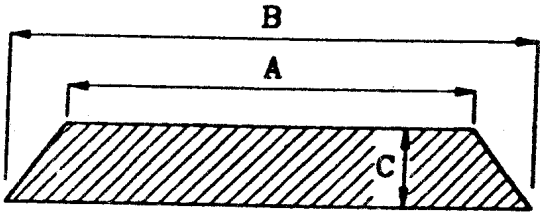
سطح راه در طول لازم، قبل از حمل مصالح برای ریسه‌کردن، باید آماده‌سازی و تمیز شود. دانه‌بندی مصالح حمل‌شده، باید با مشخصات مطابقت داشته و در صورتی که از اختلاط دو یا چند نوع سنگدانه استفاده می‌شود، بعد از اختلاط کامل اجزاء، دانه‌بندی مخلوط کنترل گردد.

در موردهایی که از مصالح بستر موجود شنی راه برای تهیه آسفالت سرد استفاده می‌شود، شخم‌زدن و کندن آن تا عمق لازم پیش‌بینی و در صورتی که برای اصلاح دانه‌بندی آن به مصالح جدیدی نیاز باشد، 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 راه، ثابت و یکنواخت باشد.

۸-۱۳-۳ تعیین مقدار قیر برای مصالح ریسه‌شده

قبل از قیرپاشی روی مصالح، مقدار سنگدانه در متر طول ریسه براساس ابعادآن بشرح شکل ۸-۴ محاسبه می‌شود:



شکل ۸-۴ ابعاد ریسه

اندازه‌های A، B و C برحسب متر می‌باشد.

$$V = \frac{(A + B)\,C}{۲}$$

$$W_F = W_۱ \times V$$

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

$$D = \frac{W_F \times a}{۱۰۰ \times G}$$

متغیرهای رابطه‌های فوق بشرح زیر است:

V - حجم مصالح ریسه برحسب مترمکعب در متر طول

W_F - وزن ریسه در متر طول بر حسب کیلوگرم

$W_۱$ - وزن مخصوص غیرمتراکم مصالح برحسب کیلوگرم بر مترمکعب که براساس روش T۱۹ آشتو اندازه‌گیری می‌شود.

D - مقدار قیر برحسب لیتر در هر مترطول ریسه

W_F - مقدار سنگدانه برحسب کیلوگرم در متر طول ریسه

a - درصد قیر موردنیاز پیش‌بینی شده در طرح بر حسب وزن مصالح سنگی خشک

G - وزن مخصوص قیر مصرفی

۸-۱۳-۴ 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 به گونه‌ای تنظیم می‌شود که مقدار قیر مخلوط آسفالت در محل، در محدوده رواداری قرارگیرد.

قیر محلول در موقع پخش تا درجه حرارت لازم، گرم می‌شود. در این حرارت کند روانی باید در محدودهٔ ۲۰ تا ۱۲۰ سانتی استکس باشد و **تا موقعی که کند روانی به ۳۰۰ سانتی استکس نرسیده است، باید عمل اختلاط تکمیل گردد.** مواد فرّار موجود در قیرهای محلول موجب می‌شود که تا موقعی که عمل اختلاط در محل کامل می‌شود، 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 قیرباید روی مصالح ریسه شده با مقطع عرضی ثابت و بطور یکنواخت انجام شود.**

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 ۲/۵-۴/۵ 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 - درجریان اختلاط قیر وسنگدانه‌ها بایدتوجه شودتامصالح نامناسب اضافی از بستر موجود راه توسط ماشین‌آلات اختلاط‌کنده نشده و به مصالح ریسه افزوده نشود، همچنین باید دقت شود که مصالح ریسه بدون اختلاط با قیر در کنار راه، باقی نماند.

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

۸-۱۳-۵ هوادهی

قبل از پخش و کوبیدن آسفالت سرد کارخانه‌ای و یا مخلوط در محل، ضرورت دارد که بخش عمده‌ای از حلال‌های موجود قیرهای محلول (به شرح ذکرشده در جدول ۸-۶) و یا آب در قیرابه‌ها و سنگدانه‌ها که موجب افزایش کارآیی مخلوط برای سهولت و تکمیل اختلاط بوده‌است، 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 جابجایی و حرکت‌های جانبی تحمل کند. بدین منظور مخلوط پخش‌شده توسط گریدر جابجا شده و هوادهی می‌شود.

متغیرهای زیادی در تعیین زمان هوادهی مخلوط مؤثرند. برای مثال طول مدت زمان هوادهی برای دانه‌بندی‌های پیوسته و با بافت ریز، وقتی که سایر شرایط ثابت باشد، در مقایسه با دانه‌بندی‌های باز و گسسته، بیشتر می‌باشد. هم‌چنین موقعی که آسفالت سرد بعد از چند روز با لایه دیگری روکش می‌شود، هوادهی لایه اولیه قبل از کوبیدن، باید بیشتر از موقعی باشد که این لایه با قشر آسفالتی دیگری روکش نمی‌شود، زیرا معمولاً لایه بعدی از تبخیر مواد فرّار قشر زیرین جلوگیری می‌کند.

در هوادهی بر حسب اینکه از قیر محلول یا قیرابه در آسفالت سرد استفاده شده باشد باید به موردهای زیر توجه شود:

۸-۱۳-۵-۱ قیرهای محلول

برای آسفالت سرد تهیه شده با قیرهای محلول، وقتی که مواد فرّار موجود در قیر با هوادهی به ۵۰ درصد کاهش یابد و میزان رطوبت سنگدانه‌ها کمتر از ۳ درصد وزن مخلوط باشد، هوادهی و تصعید حلال‌ها کافی به نظر می‌رسد و در نتیجه ادامه عملیات پخش و کوبیدن بلامانع است. اندازه‌گیری کاهش حلال‌های نفتی و یا آب مخلوط‌های آسفالتی با روش T۱۱۰ آشتو یا D۱۴۶۱ ای اِس تی اِم آزمایش می‌شود.

۸-۱۳-۵-۲ قیرابه‌ها

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

۸-۱۳-۶ پخش آسفالت سرد و تراکم

بعد از هوادهی کافی، آسفالت سرد با فینیشر یا گریدر و یا پخش‌کننده‌های متصل به مخلوط‌کننده‌های سیار و چرخشی، پخش می‌شود. **آسفالت در لایه‌های با ضخامت یکنواخت و ثابت پخش می‌شود و ضخامت هر لایه نباید کمتر از ۲ برابر حداکثر قطر سنگدانه‌های مصرفی و یا بیشتر از ۷۵ میلیمتر 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، وبه 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 فرّار و حلال‌های نفتی آسفالت اندازه‌گیری شده و برای آسفالت‌هایی که با قیرآبه ساخته می‌شود وزن مخصوص نمونه‌های آزمایشگاهی که برای تعیین مقاومت مارشال (در طرح اصلاح شده مارشال) و یا مقاومت با روش ویم بکار گرفته می‌شود، ملاک محاسبه می‌باشد.

۸-۱۴ کنترل سطح آسفالت

رقوم وشیب‌های طولی و عرضی هریک از قشرهای آسفالتی طبق نقشه‌هاانجام‌و اختلاف آنها درحد رواداری‌های زیرمی‌باشد:

۸-۱۴-۱ نیمرخ‌های عرضی

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

۸-۱۴-۲ یکنواختی سطح

یکنواختی سطح آسفالت وقتی که با شمشه ۴ متری به موازات محور و یا عمود بر محور اندازه‌گیری شود به ترتیب نباید بیش از ۵ ± و ۸ ± میلیمتر باشد.

برای تعیین میزان یکنواختی سطح بهتر است از دستگاههای متحرک دستی (Straight Edge) که دارای تعداد زیادی چرخ نزدیک بهم بوده و ضمن حرکت با سرعت قدم‌زدن انسان میزان ناهمواری و پله‌های احتمالی ناشی از محل اتصال دو لایهٔ کنار هم را با درجه‌ای نشان می‌دهد استفاده شود.

۸-۱۵ محدودیت‌ها

علاوه بر موارد فوق‌الذکر در عملیات اجرایی آسفالت، باید موارد رعایت شود:

الف - اجرای قشرهای متوالی آسفالت، مشروط به آن است که لایه زیرین عمل آمده و مواد فرّار آن کاملاً متصاعد و تبخیر شده باشد.

ب - پخش قیر روی مصالح و عملیات اختلاط، در آسفالت مخلوط در محل در دمای محیط حداقل ۱۰ درجه سانتیگراد در سایه، انجام شود.

پ - عملیات پخش و اجرای آسفالت سرد در هوای گرم و خشک برنامه‌ریزی شود به طوری که حداقل چندهفته بعد از خاتمه کار نیز هوا گرم و مناسب باشد.

ت - از تردد وسایل نقلیه از روی آسفالت سرد، بلافاصله بعد از اتمام عملیات تراکم و تا قبل ازبعمل‌آمدن 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 قبل‌ازگیرایی کامل آسفالت‌مجازنمی‌باشد.

فصل نهم - آسفالت گرم

۹-۱ تعریف

بتن آسفالتی گرم مخلوطی است از سنگدانه‌های شکسته و دانه‌بندی شده و فیلر که در کارخانه آسفالت حرارت داده شده و با قیر گرم در درجه حرارت‌های معین مخلوط و به همان صورت گرم برای مصرف در راه، حمل، پخش و کوبیده می‌شود.

۹-۲ دامنهٔ کاربرد

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

۹-۳ انواع آسفالت گرم

بتن آسفالتی گرم مصرفی در قشرهای روسازی راه به شرح انواع زیر است:

۹-۳-۱ آسفالت رویه (توپکا)

آسفالت رویه آخرین قشر آسفالتی است که در تماس مستقیم با بارهای وارده از ترافیک و عوامل جوی محیط قرار می‌گیرد. آسفالت رویه، طوری طراحی و اجرا می‌گردد که تحمل بارهای وارده را داشته و در مقابل اثرات سوء آب، یخبندان و تغییرات درجه حرارت مقاومت کرده و دوام آورد.

قشر رویه معمولاً نسبت به قشر آستر و اساس قیری دارای دانه‌بندی ریزتر، فضای خالی سنگدانه‌ها زیادتر و در نتیجه قیر بیشتر می‌باشد. حداکثر اندازه سنگدانه‌ها در این قشر بین ۹/۵ تا ۱۹/۵ میلیمتر می‌باشد که با توجه به بافت سطحی مورد نیاز انتخاب می‌شود. چنانچه درصد رد شده از الک شماره۸ دانه‌بندی به حداکثر و یا حداقل مجاز میل کند به ترتیب بافت سطحی ریز، یازبر(خش) ایجاد می‌شود.

برای ازدیاد مقاومت در مقابل لغزندگی و هدایت آبهای سطحی بمنظور جلوگیری از ایستابی می‌توان از یک قشر آسفالت رویه متخلخل با دانه‌بندی باز استفاده کرد. ضخامت این قشر حداقل دو سانتیمتر است که جزء سیستم روسازی منظور نمی‌شود و نمی‌توان از آن بعنوان قشر جایگزین رویه اصلی استفاده کرد. در صورت اجرای رویهٔ متخلخل لازم است لایه‌ای که بلافاصله زیر آن قرار می گیرد عملا" نفوذ ناپذیر باشد.

۹-۳-۲ آسفالت آستر (بیندر)

این قشر معمولاً بین قشر رویه و قشر اساس قیری و در صورت عدم وجود قشر اساس قیری بین قشر رویه و قشر اساس سنگ شکسته قرار می‌گیرد. دانه‌بندی آن درشت‌تر از آسفالت رویه و مقدار قیر آن کمتر است. حداکثر قطر سنگدانه‌های آن از ۱۹ تا ۳۷/۵ میلیمتر می‌باشد.

۹-۳-۳ اساس قیری

این قشر بعنوان اولین قشر روسازی آسفالتی، می‌تواند مستقیماً روی قشر زیراساس و یا اساس قرار گیرد. اساس قیری دارای دانه‌بندی درشت‌تر و مقدار قیر آن کمتر از آسفالت آستر و رویه می‌باشد. حداکثر قطر سنگدانه‌های آن تا ۵۰ میلیمتر و در مواردی نیز تا ۷۵ میلیمتر می رسد.

استفاده از اساس قیری جز برای شرایط خاص نظیر مناطق در معرض یخبندان و بارندگی زیاد توصیه نمی‌گردد.

۹-۳-۴ ماسه آسفالت

ماسه آسفالت از اختلاط ماسه شکسته و یا ماسه طبیعی شسته و یا مخلوطی از این دو با قیر تهیه می‌گردد. ماسه آسفالت را می‌توان در قشرهای به ضخامت حداقل ۱۵ میلیمتر و بیشتر

پخش و اجرا کرد. از ماسه آسفالت بعنوان قشر تسطیح آسفالت‌های قدیمی (قبل از روکش) نیز استفاده می‌شود. چون مقاومت مارشال ماسه آسفالت در مقایسه با مقاومت سایر مخلوطهای آسفالت گرم و بتن آسفالتی که دانه بندی درشت تر از ماسه دارند کمتر است ، لذا موارد مصرف آن باید به تناسب مقاومت مارشال آن و رابطهٔ این مقاومت با انواع ترافیک سبک، متوسط و سنگین، انتخاب شود.

۹-۴ سنگدانه‌ها

سنگدانه‌ها از معادن سنگ کوهی یا قلوه‌سنگ‌های درشت رودخانه‌ای استخراج و در سنگ‌شکن فکی و دوّار (کوبیت) شکسته می‌شود. مصالح بلافاصله پس ازشکسته‌شدن، دانه‌بندی شده (با سرندکردن) و در قسمت‌های مجزا به صورت مصالح دانه درشت، دانه متوسط و دانه ریز (شامل فیلر) انبار می‌شود.

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

مصالح سنگی انواع بتن آسفالتی باید سخت، محکم، بادوام، تمیز، مکعبی‌شکل وعاری ازهرگونه‌مواد آلی، رسی، شیستی، پوشش خاکی و دانه‌های سست بوده و برای هرقطعه‌ای از پروژه از یک معدن تهیه شده‌باشد. مصالح درشت و متوسط و ریز، در صورت لزوم باید شسته شود

جدول ۹-۱ دانه‌بندی‌های پیوسته بتن آسفالتی

شماره دانه‌بندی / اندازه الک	درصد وزنی ردشده از هر الک						
	۱ (اساس قیری)	۲ (اساس قیری و آستر)	۳ (اساس قیری و آستر)	۴ (آستر و رویه)	۵ (رویه)	۶[1] (رویه)	۷[2] (رویه)
۵۰ میلیمتر (۲ اینچ)	۱۰۰	–	–	–	–	–	–
۳۷/۵ میلیمتر (۱ ½ اینچ)	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	–	–	–	–	–
۲۵ میلیمتر (۱ اینچ)	–	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	–	–	–	–
۱۹ میلیمتر (¾ اینچ)	۵۶-۸۰	–	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	–	–	–
۱۲/۵ میلیمتر (½ اینچ)	–	۵۶-۸۰	–	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	–	–
۹ میلیمتر (⅜ اینچ)	–	–	۵۶-۸۰	–	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	–
۴/۷۵ میلیمتر (شماره ۴)	۲۳-۵۳	۲۹-۵۹	۳۵-۶۵	۴۴-۷۴	۵۵-۸۵	۸۰-۱۰۰	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
۰/۵ 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 میلیمتر (شماره ۱۰۰)	–	–	–	–	–	۳-۲۰	۲۰-۴۰
۰/۰۷۵ میلیمتر (شماره ۲۰۰)	۰-۶	۱-۷	۲-۸	۲-۱۰	۲-۱۰	۲-۱۰	۹-۲۰

۱) Sand Asphalt

۲) Sheet Asphalt

۹-۴-۱ دانه‌بندی مخلوطهای آسفالت گرم و بتن آسفالتی

انواع دانه‌بندی‌های پیوسته، باز و متخلخل در جدولهای ۹-۱، ۹-۲و ۹-۳ نشان داده شده است . برای تأمین دانه‌بندی مندرج در جدولهای فوق ، مصالح درکارگاه تفکیک می‌شود.

۹-۴-۲ تفکیک سنگدانه‌ها

سنگدانه‌ها پس از شکسته‌شدن، سرند شده و حداقل به سه قسمت دانه درشت، دانه متوسط و دانه ریز (شامل فیلر) تفکیک می‌شود.

۹-۴-۲-۱ مصالح دانه درشت و متوسط

مصالح دانه‌درشت و متوسط شامل مصالح باقیمانده روی الک شماره ۴ (۴/۷۵ میلیمتر) می‌باشد که دانه‌بندی آنها، برای انواع بتن آسفالتی، در جدول ۹-۴ نشان داده شده است.

۹-۴-۲-۲ مصالح ریزدانه

مصالح ریزدانه،مصالح‌ردشده‌ازالک شماره۴ (۴/۷۵میلیمتر) می‌باشد که می‌تواند از ماسهٔ شکسته برای رویه و یا با تأیید دستگاه نظارت مخلوطی از ماسه شکسته و ماسهٔ رودخانه‌ای برای آستر و اساس قیری و یا ماسهٔ رودخانه‌ای برای اساس قیری باشد. دانه‌بندی این مصالح در جدول ۹-۵ نشان داده شده است.

جدول ۹-۲ دانه‌بندیهای باز بتن آسفالتی

اندازه اسمی میلیمتر	درصد وزنی ردشده از هر الک (با سوراخهای چهارگوش)					
	۳۷/۵	۲۵	۱۹	۱۲/۵	۹/۵	۴/۷۵
شماره دانه‌بندی / اندازه الک	۱ اساس‌قیری	۲ اساس‌قیری وآستر	۳ اساس قیری وآستر	۴ آستروررویه	۵ رویه	۶ رویه
۵۰ میلیمتر (۲ اینچ)	۱۰۰					
۳۷/۵ میلیمتر (۱$\frac{1}{2}$ اینچ)	۹۰-۱۰۰	۱۰۰				
۲۵ میلیمتر (۱ اینچ)	–	۹۰-۱۰۰	۱۰۰			
۱۹ میلیمتر ($\frac{3}{4}$ اینچ)	۴۰-۷۰	–	۹۰-۱۰۰	۱۰۰		
۱۲/۵ میلیمتر ($\frac{1}{2}$ اینچ)	–	۴۰-۷۰	–	۸۵-۱۰۰	۱۰۰	
۹/۵ میلیمتر ($\frac{3}{8}$ 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 ۹-۳ دانه بندی مخلوط آسفالتی متخلخل

شماره‌دانه‌بندی / اندازه‌الک	درصد وزنی ردشده از هرالک	
	۱	۲
۱۹میلیمتر($\frac{3}{4}$اینچ)	۱۰۰	--
۱۲/۵میلیمتر($\frac{1}{2}$اینچ)	۹۰-۱۰۰	۱۰۰
۹/۵میلیمتر($\frac{3}{8}$اینچ)	۶۰-۱۰۰	۹۰-۱۰۰
۴/۷۵میلمتر(شماره۴)	۱۵-۴۰	۳۰-۵۰
۲/۳۶میلیمتر(شماره۸)	۴-۱۲	۵-۱۵
۰/۰۷۵میلیمتر(شماره۲۰۰)	۲-۵	۲-۵

جدول ۹-۴ دانه‌بندی مصالح سنگی درشت‌دانه مخلوطهای بتن آسفالتی

شماره دانه‌بندی / اندازه الک	درصد وزنی ردشده از هر الک								
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
الک ۵۰ مم (۲ اینچ)	۱۰۰	-	-	-	-				
الک ۳۷/۵ مم ($1\frac{1}{2}$ اینچ)	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	-	-				
الک ۲۵ مم (۱ اینچ)	۲۰-۵۵	۹۰-۱۰۰	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	-	-	-
الک ۱۹ مم ($\frac{3}{4}$اینچ)	۱۵-۰	۲۰-۵۵	-	۹۰-۱۰۰	۹۰-۱۰۰	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	-
الک ۱۲/۵ مم ($\frac{1}{2}$اینچ)	-	۰-۱۰	۲۵-۶۰	۲۰-۵۵	-	-	۹۰-۱۰۰	۹۰-۱۰۰	۱۰۰
الک ۹/۵ مم ($\frac{3}{8}$اینچ)	۰-۵	۰-۵	-	۰-۱۵	۲۰-۵۵	۳۰-۶۵	۴۰-۷۰	۴۰-۷۵	۸۵-۱۰۰
۴/۷۵ مم (شماره ۴)	-	-	۰-۱۰	۰-۵	۰-۱۰	۵-۲۵	۰-۱۵	۵-۲۵	۱۰-۳۰
۲/۳۶ مم (شماره ۸)	-	-	۰-۵	-	۰-۵	۰-۱۰	۰-۵	۰-۱۰	۰-۱۰
۱/۱۸ مم (شماره ۱۶)	-	-	-	-	-	۰-۵	-	۰-۵	۰-۵
۰/۳ مم (شماره ۵۰)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

جدول ۹-۵ دانه‌بندی مصالح ریزدانه مخلوطهای بتن آسفالتی

شماره دانه‌بندی / اندازه الک	درصد وزنی ردشده از هر الک			
	۱	۲	۳	۴
۹/۵ میلیمتر ($\frac{3}{8}$اینچ)	۱۰۰	-	-	۱۰۰
۴/۷۵ میلیمتر (شماره ۴)	۹۵-۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۸۰-۱۰۰
۲/۳۶ میلیمتر (شماره ۸)	۷۰-۱۰۰	۷۵-۱۰۰	۹۵-۱۰۰	۶۵-۱۰۰
۱/۱۸ میلیمتر (شماره ۱۶)	۴۰-۸۰	۵۰-۷۴	۸۵-۱۰۰	۴۰-۸۰
۰/۶ میلیمتر (شماره ۳۰)	۲۰-۶۵	۲۸-۵۲	۶۵-۹۰	۲۰-۶۵
۰/۳ میلیمتر (شماره ۵۰)	۷-۴۰	۸-۳۰	۳۰-۶۰	۷-۴۰
۰/۱۵ میلیمتر (شماره ۱۰۰)	۲-۲۰	۰-۱۲	۵-۲۵	۲-۲۰
۰/۰۷۵ میلیمتر (شماره ۲۰۰)	۰-۱۰	۰-۵	۰-۵	۰-۱۰

۹-۴-۲-۳ فیلر

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

فیلر اضافی را می‌توان از گرد سنگ‌های آهکی (بهترین آن پودر سنگ کربنات کلسیم)، آهک شکفته، سیمان و یا سایر سنگ‌های معدنی تهیه‌نمود. **حدوددانه‌بندی فیلرمورداستفاده در آسفالت باید طبق جدول ۹-۶ باشد. نشانه خمیری فیلر مصرفی برای آسفالت، به غیر از سیمان و آهک شکفته، نباید از ۴ درصد تجاوز کند. وجود کانی‌های رسی (با دانه‌های کوچکتر از ۰/۰۰۲ میلیمتر) و مواد آلی در فیلر قابل قبول نمی‌باشد.**

فیلر دستگاه غبارگیر کارخانه آسفالت باید مطابق مشخصات فوق باشد.

آهک شکفته مصرفی برای فیلر باید با مشخصات آشتو M۳۰۳ تطبیق نماید.

۹-۴-۲-۴ ماسهٔ طبیعی

به منظور تأمین کسری میزان مصالح دانه ریز می‌توان از ماسهٔ طبیعی یا ماسهٔ شسته با مشخصات زیر استفاده کرد:

ماسه باید دارای دانه‌بندی منظم و پیوسته طبق جدول ۹-۵ باشد. ماسه مصرفی بایستی بدون خاک، مواد آلی، رسی، مواد نمکی و یا ناخالصی‌های دیگربوده، و منطبق با مشخصات مصالح ریزدانه جدول ۹-۷ باشد. میزان مصرف ماسه طبیعی در قشر اساس قیری تا ۱۰۰ درصد وزنی مصالح دانه‌ریز، در قشر آستر ۲۵ درصد و در قشر رویه مجازنمی‌باشد. ماسه طبیعی توسط مخزن جداگانه و بمیزان تعیین‌شده به سنگدانه‌ها اضافه و وارد کارخانه آسفالت می‌شود.**ماسه طبیعی در صورت لزوم باید شسته شود.**

جدول ۹-۶ دانه‌بندی فیلر

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

۹-۴-۳ مشخصات سنگدانه‌ها

سایر مشخصات سنگدانه‌ها و فیلر برای قشرهای اساس قیری، آستر و رویه باید در محدودهٔ تعیین‌شده در جدول ۹-۷ باشد. مصالحی که فاقد مشخصات فوق‌الذکر باشد باید از کارگاه خارج شود.

استفاده از دانه بندیهای دیگر، برای سنگدانه‌های درشت، متوسط و ریز بشرح جدولهای ۹-۴ و ۹-۵ مشروط بر آنکه بتوان دانه‌بندیهای مخلوط آسفالتی موردنظر را مطابق جدولهای ۹-۱ تا ۹-۳ تامین نمود، با تائید دستگاه نظارت مجاز است.

۹-۵ قیر

قیر خالص مورد استفاده در بتن‌های آسفالتی و یا آسفالت گرم، در جدول ۹-۸ نشان داده شده است. در این جدول محدودیت مصرف هریک از قیرهای مذکور نیز حسب موقعیت و شرایط جوی منطقه آورده شده است. از میان قیرهای تولیدی شرکت نفت، قیر ۷۰-۶۰ برای مصرف در اکثر نقاط کشور (با آب و هوای معتدل و گرم)، قیر ۱۰۰-۸۵ برای مصرف در استان‌های سردسیر (شمال غربی) کشور و بخصوص درکوهستانهای مرتفع این مناطق و بالاخره قیر ۵۰-۴۰ در نقاط بسیار گرم (داغ) مانند حاشیه خلیج فارس و دریای عمان مناسب می‌باشد.

مقدار قیر مصرفی در مخلوط‌های آسفالتی براساس فرمول کارگاهی تعیین می‌گردد که به جنس و دانه‌بندی سنگدانه‌ها و نوع

آسفالت بستگی دارد. مشخصات قیرهای فوق در فصل پنجم این آیین‌نامه بطور مشروح بیان شده است. برای حصول کیفیت برتر برای آسفالت و یا اجرای آسفالتهای خاص نظیر آسفالت متخلخل می‌توان از قیرهای اصلاح‌شده بشرح فصل پنجم و با تائید دستگاه نظارت استفاده نمود.

۹-۵-۱ حمل قیر و ذخیره‌سازی

معمولاً قیرهای مورد نیاز کارگاه‌های آسفالتی توسط تانکرهای حمل قیر به کارگاه وارد می‌شود. برای تخلیه قیر این تانکرها به مخازن قیر کارگاه نیاز به گرم‌کردن تحت شرایط خاص می‌باشد. **قیر نباید با شعله مستقیم گرم شود**، زیرا موجب سوخته‌شدن موضعی قیر و در نتیجه کاهش خواص چسبندگی آن می‌شود. در صورت اجبار به اعمال شعله باید بین شعله و جدار تانکر از آجر نسوز استفاده شود. برای انتقال قیر از مخازن به کارخانه آسفالت، بهتر است گرم‌کردن قیر بوسیله لوله‌های روغن و یا وسایل الکتریکی انجام شود.

جدول ۹-۷ مشخصات سنگدانه‌های بتن آسفالتی

شرح	اساس‌قیری	آستر	رویه	روش‌آزمایش AASHTO	روش‌آزمایش ASTM
۱ - مصالح درشت دانه					
حداکثرسایش بروش‌لوس‌آنجلس(درصد)	۴۵	۴۰	۳۰	T۹۶	C۱۳۱
حداکثرافت‌وزنی‌باسولفات‌سدیم(درصد)	۱۲	۸	۸	T۱۰۴	C ۸۸
حداکثرجذب‌آب(درصد)	-	۲/۵	۲/۵	T۸۵	C۱۲۷
حداکثرضریب‌تورق‌باروش BS۸۱۲(درصد)	۳۵	۳۰	۲۵	-	-
حداقل‌شکستگی:					
دریک‌جبهه‌روی‌الک شماره۴(درصد)	۵۰	-	-	-	D۵۸۲۱
دردوجبهه‌روی‌الک‌شماره۴(درصد)	-	۸۰	۹۰	-	D۵۸۲۱
حداقل‌چسبندگی‌باقیر(درصد)	۹۵	۹۵	۹۵	T۱۸۲	-
۲ - مصالح ریزدانه(۱)					
حداکثرنشانه‌خمیری PI(درصد)	۴	غ خ (۲)	غ خ(۲)	T۹۰	D۴۳۱۸
حداکثرافت‌وزنی‌باسولفات‌سدیم(درصد)	۱۵	۱۲	۱۲	T۱۰۴	C۸۸
حداکثرجذب آب(درصد)	-	۲/۸	۲/۵	T۸۴	C۱۲۸
حداقل‌ارزش‌ماسه‌ای‌قبل‌ازتغذیه‌بکارخانه‌آسفالت(درصد)	۴۵	۵۰	۵۰	T۱۷۶	D۲۴۱۹
حداکثرمجازمصرف‌ماسه‌طبیعی‌نسبت‌بکل‌مصالح‌ریزدانه(درصدوزنی)	۱۰۰	۲۵	صفر	-	-
حد رواداری ضریب نرمی نسبت به پایه(۳)	-	±۰/۲۵	±۰/۲۵	M۶	
۳-مخلوط‌مصالح‌درشت،متوسط،ریزوفیلر					
حداکثرنشانه‌خمیری‌مصالح‌ردشده‌ازالک ۲۰۰وفیلر(درصد)	(۴)۴	(۴)۴	(۴)۴	T۹۰	D۴۳۱۸

۱) ماسه شکسته و یا ماسهٔ رودخانه‌ای

۲) غ خ = غیرخمیری

۳) ضریب نرمی مصالح ریزدانه : حاصل جمع درصدهای مانده روی الک های ۹/۵، ۴/۷۵، ۲/۳۶، ۱/۱۸، ۰/۶، ۰/۳ و ۰/۱۵ میلیمتر تقسیم بر ۱۰۰.

۴) درصورت عدم استفاده از سیمان یا آهک شکفته

جدول ۹-۸- راهنمای انتخاب قیرهای خالص

شرایط جوی (متوسط درجه حرارت سالیانه)	درجه نفوذقیر	
	ترافیک‌سبک‌ومتوسط	ترافیک‌سنگین
هوای سرد: کمتر از ۷ درجه سانتیگراد	۱۲۰-۱۵۰	۸۵-۱۰۰
هوای گرم: بین ۷ تا ۲۴ درجه سانتیگراد	۸۵-۱۰۰	۶۰-۷۰
هوای خیلی گرم بیش از ۲۴ درجه سانتیگراد	۶۰-۷۰	۴۰-۵۰

درجه حرارت قیرهای خالص در مخازن و لوله‌ها و هنگام اختلاط با سنگدانه‌ها در مخلوط‌کن کارخانه آسفالت باید به‌گونه‌ای تنظیم شود که درجه حرارت آسفالت، با دانه‌بندی پیوسته که از کارخانه به کامیون تخلیه می‌شود هیچگاه از ۱۶۳ درجه سانتیگراد تجاوز ننماید و در عین حال درجه حرارت قیر کمتر از ۱۷۶ درجه سانتیگراد باشد..

تانکرهای حمل قیر و همچنین مخازن قیر کارگاه باید مجهز به حرارت‌سنج باشد. یک حرارت‌سنج در قسمت تحتانی تانکر و دیگری در قسمت فوقانی نصب می‌شود. در کارخانه آسفالت نیز باید حرارت‌سنج قیر نصب شده باشد بطوریکه در هر زمان بتوان درجه حرارت قیر را کنترل نمود.

ذخیره قیر در کارگاه‌ها در مخازن قیر انجام می‌شود. در صورتیکه برای ذخیره قیر از استخر استفاده گردد، دیوار و کف این استخرها باید بتونی یا با پوشش سیمانی بوده و سرپوشیده باشد تا قیر کاملاً از هجوم گردوغبار، بارندگی و دیگر آلاینده‌ها محفوظ بماند. **وسایل گرم‌کردن قیر باید در کف استخر پیش‌بینی گردد.**

۹-۶ طرح مخلوط‌های بتن آسفالتی

۹-۶-۱ هدف

هدف از طرح مخلوط‌های بتن آسفالتی، انتخاب مناسب‌ترین و باصرفه‌ترین مخلوط سنگدانه و قیر است که ویژگیهای زیر را برای پوشش‌های بتن آسفالتی تأمین کند.

الف - دارای مقدار قیر کافی باشد که دوام آسفالت را تأمین کند.

ب - استحکام مخلوط بقدری باشد که بارهای وارده ناشی از ترافیک سنگین را بدون تغییرشکل تحمل کند.

پ - دارای مقدار کافی فضای خالی در آسفالت کوبیده شده باشد تا در اثر تراکم حاصل از عبور ترافیک سنگین که اوج شدت آن در اولین تابستان پس از اجرا است قیرزدگی و یا افت مقاومت پیدا نکند.

ت - میزان حداکثر فضای خالی مجاز محدود باشد تا موجب نفوذ آب و هوای بیش از حد بجسم آسفالت نگردد.

ث - دارای کارآیی کافی باشد بطوریکه به آسانی پخش و کوبیده شده و سبب جداشدن مصالح از یکدیگر و یا کمبود مقاومت نگردد.

ج - آسفالت‌های قشر رویه دارای چنان مصالحی باشد که بافت سطحی آسفالت و سختی دانه‌ها، ضریب اصطکاک کافی را در شرایط نامناسب جوی فراهم نماید.

۹-۶-۲ روش‌های طرح

در طرح مخلوطهای آسفالت گرم و بتن آسفالتی روش‌های استاندارد شده زیر کاربرد دارد:

الف - روش مارشال (۱۵۵۹ D ای‌اس‌تی‌ام) که هم جهت تهیه طرح اختلاط و هم کنترل عملیات آسفالتی برای سنگدانه‌های با حداکثر اندازه ۲۵ میلیمتر و دانه بندی متراکم و پیوسته کاربرد دارد

ب - روش اصلاح شده مارشال (۵۵۸۱ D ای‌اس‌تی‌ام) که برای سنگدانه‌های با حداکثر اندازه ۵۰ میلیمتر و با قالبهای ۱۵ سانتیمتری کاربرد دارد.

پ - روش ویم (۱۵۶۰ D ای‌اس‌تی‌ام) برای سنگدانه‌های با حداکثر اندازه ۲۵ میلیمتر، بمنظور تهیه طرح و کنترل عملیات

کاربرد دارد.

ت - روش تحقیقات شارپ (SHRP) که توسط آشتو بصورت استاندارد موقت ارائه گردیده است. از این روش پس از قطعی شدن آیین‌نامه مربوط و پذیرش آن توسط شورایعالی فنی راه، می‌توان استفاده کرد.

۹-۷- مشخصات فنی مخلوطهای بتن آسفالتی گرم

مشخصات فنی مخلوطهای آسفالت گرم و بتن آسفالتی باید مطابق با شرایط زیر باشد:

۹-۷-۱- دانه بندی

دانه بندی مخلوطهای آسفالت گرم برحسب مورد با یکی از دانه بندیهای جدولهای ۹-۱، ۹-۲ و ۹-۳ مطابقت داشته باشند.درهر پروژه نوع دانه بندی باید در مشخصات فنی خصوصی قید شود.

۹-۷-۲- مشخصات فیزیکی و مقاومتی

الف - مشخصات فیزیکی و مقاومتی آسفالت، (با دانه بندی جدول ۹-۱) که با روش مارشال ۱۵۵۹ D ای‌اس‌تی‌ام طرح شده باشند با جدول شماره ۹-۹ منطبق باشد.

ب - در صورتیکه با روش مارشال اصلاح شده ۵۵۸۱ D ای‌اس‌تی‌ام و قالب‌های ۱۵ سانتیمتری (بشرح آخرین چاپ نشریه MS-2 انستیتو آسفالت) با دانه بندی جدول ۹-۱ طرح شده باشد، مشخصات مربوط باید با جدول شماره ۹-۱۰ مطابقت نماید.

۹-۷-۳- فضای خالی مصالح سنگی

با استفاده از دانه‌بندی جدول ۹-۱ و هریک‌از روشهای ۱۵۵۹ D و یا D۵۵۸۱ ، فضای خالی مصالح سنگی مخلوط آسفالتی مطابق با جدول ۹-۱۱ باشد.

۹-۷-۴- درجه حرارت آسفالت گرم و درجه‌نفوذ قیر

مخلوطهای آسفالت گرم که بلافاصله بعد از تخلیه از کارخانه آسفالت (از واحد مخلوط کننده یا سیلوی نگهداری) به داخل کامیون نمونه‌گیری می‌شوند باید با خصوصیات زیر منطبق باشند.

الف - درجه حرارت مخلوطهای آسفالت باقیرهای خالص دارای دانه بندی جدول ۹-۱ (متراکم و پیوسته) و یا دانه‌بندی‌های باز (جدول‌های ۹-۲ و ۹-۳) ، نباید خارج از محدوده زیر باشد:

دانه بندی‌های متراکم و پیوسته - درجه سانتیگراد ۱۶۳-۱۲۰

دانه بندیهای باز - درجه سانتیگراد ۱۲۷-۱۰۵

ب- درجه نفوذ قیر بازیافتی از مخلوطهای آسفالتی برحسب نوع قیر مصرفی نبایدخارج از معیارهای زیر باشد:

درجه نفوذ قیر اصلی	درجه نفوذ قیر بازیافتی مساوی یا بیشتر از:
۴۰/۵۰	۲۲
۶۰/۷۰	۳۱
۸۵/۱۰۰	۴۰
۱۲۰/۱۵۰	۵۰
۲۰۰/۳۰۰	۷۴

روش آزمایش بازیافت قیر باید مطابق ۱۸۵۶ D ای‌اس‌تی‌ام و روش نمونه‌گیری مخلوط آسفالتی و نگهداری آن تا موقع آزمایش مطابق ۳۵۱۵ D ای‌اس‌تی‌ام باشد.

جدول ۹-۹ مشخصات فیزیکی و مقاومتی مخلوط های آسفالتی گرم با روش مارشال ۱۵۵۹ D ای‌اس‌تی‌ام

شرح	ترافیک سنگین EAL≥۱۰^۶ (۱)		ترافیک متوسط ۱۰^۴<EAL<۱۰^۶		ترافیک کم EAL≤۱۰^۴	
	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر
۱-تعدادضربه‌ها دردوطرف نمونه	۷۵	۷۵	۵۰	۵۰	۳۵	۳۵
۲- مقاومت مخلوط برحسب کیلوگرم	۸۰۰	-	۵۵۰	-	۳۵۰	-
۳- روانی برحسب میلیمتر	۲	۳/۵	۲	۴	۲	۴/۵
۴- درصدفضای‌خالی‌آسفالت‌قشررویه	۳	۵	۳	۵	۳	۵
۵- درصد فضای خالی آسفالت آستر	۳	۶	۳	۶	۳	۶
۶- درصدفضای خالی اساس آسفالتی	۳	۸	۳	۸	۳	۸
۷- درصدفضای خالی پرشده با قیر	۶۵	۷۵	۶۵	۷۸	۷۰	۸۰
۸- فضای خالی سنگدانه‌ها (VMA)	به جدول ۹-۱۱ مراجعه شود					

۱) مجموع محورهای استاندارد در دوره طرح

جدول ۹-۱۰ مشخصات فیزیکی و مقاومتی مخلوطهای آسفالت گرم با روش مارشال اصلاح شده ۵۵۸۱ D ای‌اس‌تی‌ام

شرح	ترافیک سنگین EAL≥۱۰^۶ (۱)		ترافیک متوسط ۱۰^۴<EAL<۱۰^۶		ترافیک سبک EAL≤۱۰^۴	
	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر
۱-تعدادضربه‌ها	۱۱۲		۷۵		۵۳	
۲- مقاومت مخلوط برحسب کیلوگرم	۱۸۰۰		۱۲۴۰		۷۹۰	
۳- روانی برحسب میلیمتر	۳	۵/۳	۳	۶	۳	۶/۸
۴- درصدفضای‌خالی‌آسفالت‌قشررویه	۳	۵	۳	۵	۳	۵
۵- درصد فضای خالی آسفالت آستر	۳	۶	۳	۶	۳	۶
۶- درصدفضای خالی اساس آسفالتی	۳	۸	۳	۸	۳	۸
۷- درصدفضای خالی پرشده با قیر	۶۵	۷۵	۶۵	۷۸	۷۰	۸۰
۸- فضای خالی سنگدانه‌ها (VMA)	به جدول ۹-۱۱ مراجعه شود					

۱) مجموع محورهای استاندارد در دوره طرح

۹-۷-۵ مقاومت در مقابل تغییر شکلهای شیاری [1]

ضوابط و معیارهای فنی مقاومت مخلوطهای آسفالت گرم در مقابل پدیده تغییر شکلهای شیاری سطح آسفالت، نوع و جزئیات آزمایش باتوجه به شرایط خاص هر پروژه توسط مهندس مشاور طرح تعیین می‌شود.

۱) Rutting

جدول ۹-۱۱ فضای خالی مصالح سنگی

حداکثر اندازه اسمی مصالح	درصد فضای خالی مصالح سنگی برای فضای خالی آسفالت با مقادیر:		
	۳ درصد	۴ درصد	۵ درصد
الک ۶۳ میلیمتر (۲ $\frac{۱}{۲}$ اینچ)	۹	۱۰	۱۱
الک ۵۰ میلیمتر (۲ اینچ)	۹/۵	۱۰/۵	۱۱/۵
الک ۳۷/۵ میلیمتر (۱ $\frac{۱}{۲}$ اینچ)	۱۰	۱۱	۱۲
الک ۲۵ میلیمتر (۱ اینچ)	۱۱	۱۲	۱۳
الک ۱۹ میلیمتر ($\frac{۳}{۴}$ اینچ)	۱۲	۱۳	۱۴
الک ۱۲/۵ میلیمتر ($\frac{۱}{۲}$ اینچ)	۱۳	۱۴	۱۵
الک ۹/۵ میلیمتر ($\frac{۳}{۸}$ میلیمتر)	۱۴	۱۵	۱۶
الک ۴/۷۵ میلیمتر (الک شماره ۴)	۱۶	۱۷	۱۸
الک ۲/۳۶ میلیمتر (الک شماره ۸)	۱۹	۲۰	۲۱
الک ۱/۱۸ میلیمتر (الک شماره ۱۶)	۲۱/۵	۲۲/۵	۲۳/۵

۹-۷-۶ دوام مخلوطهای آسفالتی در برابر آب

تاثیر آب بر مخلوطهای آسفالتی و کاهش چسبندگی حاصل از اشباع این مخلوطها در برابر آب باید با آزمایشهای استاندارد کنترل شود و نتایج مطابق مشخصات زیر باشد و این مشخصه‌ها باید در طرح آزمایشگاهی مخلوطهای آسفالتی بعنوان ضوابط طراحی لحاظ شود.

الف - نسبت مقاومت فشاری اشباع به مقاومت فشاری خشک با روش ۱۰۷۵ D ای‌اس‌تی‌ام یا آشتو ۱۶۵ T نباید کمتر از ۷۵ درصد باشد.

ب - نسبت مقاومت کششی [۱] نمونه های اشباع به نمونه‌های خشک با روش ۲۸۳ T آشتو کمتر از ۸۰ درصد نباشد.

پ - نسبت متوسط مقاومت سه نمونه آزمایشگاهی مارشال که ۲۴ ساعت در شرایط مستغرق در داخل آب ۱±۶۰ درجه سانتیگراد قرار گرفته باشند به متوسط مقاومت سه نمونه دیگر که ۳۰ تا ۴۰ دقیقه در داخل آب ۱±۶۰ درجه سانتیگراد یا ۲ ساعت در گرمخانه الکتریکی با همین حرارت ۱±۶۰ نگهداری شود، نباید کمتر از ۷۵ درصد باشد.

۹-۷-۷- نسبت وزنی فیلر به قیر

نسبت درصد وزنی فیلر به درصد وزنی قیر برای مخلوطهای آسفالتی با دانه‌بندی پیوسته برحسب درصد قیر مفید [۲] باید بین ۱/۲-۰/۶ باشد. درصد قیر مفید از رابطه زیر بدست می‌آید :

$$P_{be} = \left[\frac{P_b - \frac{P_{ba}}{۱۰۰}(۱۰۰ - P_b)}{۱۰۰ - \frac{P_{ba}}{۱۰۰}(۱۰۰ - P_b)}\right] ۱۰۰$$

که در آن :

P_{be} - درصد قیر مفید مخلوط آسفالتی

P_b - درصد قیر برحسب مخلوط آسفالتی

P_{ba} - درصد جذب قیر برحسب مصالح سنگی

۹-۷-۸- ماسه آسفالت

الف - درصورتیکه قشر آسفالتی از نوع ماسه آسفالت باشد، مشخصات و معیارهای فنی آن براساس روش مارشال ۱۵۵۹ D ای‌اس‌تی‌ام و با اعمال ۵۰ ضربه درهر طرف نمونه‌ها، بشرح

---

۱) Indirect Tensile Strength

۲) Effective Asphalt Content

جدول ۹-۱۲ خواهد بود.این مشخصات محدود به کاربرد ماسه آسفالت در لایه اساس قیری است که پائین تر از ده سانتیمتر نسبت به رویه نهائی آسفالت مصرف شده باشد.

ب - چنانچه ماسه آسفالت بعنوان قشر اساس آسفالتی مصرف شود، تجاوز از حد ۱۸ درصد فضای خالی بشرح جدول ۹-۱۲، مشروط بر آنکه سایر ارزشهای آن با مشخصات منطبق باشد، بلامانع است.

پ - استفاده از ماسه آسفالت در قشرهای رویه، آستر و یا تسطیحی باید باتوجه به نوع ترافیک و ضوابط جدول ۹-۹ باشد.

جدول ۹-۱۲ مشخصات فنی ماسه آسفالت

۱) مقاومت با ۵۰ ضربه	حداقل ۱۸۰ کیلوگرم
۲) نرمی برحسب میلیمتر	حداکثر ۵
۳) فضای خالی	حداقل ۳ و حداکثر ۱۸ درصد
۴) فضای خالی مصالح سنگی	به جدول ۹-۱۱ مراجعه شود

۹-۷-۹- رواداریها

رواداریهای دانه بندی و میزان قیر مخلوطهای بتن آسفالتی گرم نسبت به دانه بندی کارگاهی طرح اختلاط و قیر بهینه طرح مطابق جدول ۹-۱۳ باشد.

جدول ۹-۱۳ حدود رواداری دانه بندی کارگاهی و قیر

اندازه الک ها و قیر	درصد رواداری
الک ها :	
۱۲/۵ میلیمتر ($\frac{1}{2}$ اینچ) و بزرگتر	±۸
۹/۵ میلیمتر ($\frac{3}{8}$ اینچ) و ۴/۷۵ میلیمتر (شماره ۴)	±۷
۲/۳۶ میلیمتر (شماره ۸) و ۱/۱۸ میلیمتر (شماره ۱۶)	±۶
۰/۶ میلیمتر (شماره ۳۰) و ۰/۳ میلیمتر (شماره ۵۰)	±۵
۰/۱۵ میلیمتر (شماره ۱۰۰)	±۴
۰/۰۷۵ میلیمتر (شماره ۲۰۰)	±۳
رواداری قیر نسبت به قیر بهینه:	
اساس قیری	±۰/۵
آستر	±۰/۴
رویه	±۰/۳

۹-۸- طرح اختلاط آزمایشگاهی

قبل از شروع عملیات آسفالتی، طرح اختلاط آزمایشگاهی آسفالت مورد نظر با رعایت مراحل زیر توسط آزمایشگاه تهیه می‌شود:

۹-۸-۱- تهیه دانه بندی کارگاهی

دانه بندی کارگاهی، دانه بندی مشخصی است که باتوجه به مصالح درشت، متوسط، ریز و فیلر آماده شده‌در کارگاه، به‌نحوی توسط پیمانکار تهیه می‌شود که شرایط زیر را داشته باشد :

الف - درداخل دانه‌بندی مشخصات، قرارگرفته و ازالک شماره۸ به پایین به موازات دوحد فوقانی و تحتانی دانه‌بندی انتخابی‌باشد.

ب - حتی الامکان از نمودار معرّف حداکثر چگالی[1] فاصله داشته باشد تا موجب افزایش فضای خالی مصالح سنگی در حد مطلوب و در نتیجه مصرف قیر بیشتر برای افزایش دوام آسفالت گردد.

پ - با شرایط ترافیک، آب و هوا، موقعیت مسیر (کوهستانی، تپه ماهور، هموار) هماهنگی داشته باشد.

ت - پوشش حاصل بعد از اعمال رواداریهای مندرج در جدول ۹-۱۳ ، به دانه بندی پیشنهادی پیمانکار که«پوشش دانه بندی کنترل کارگاهی» نامیده می‌شود، داخل دانه بندی اصلی واقع شود.

ث - براساس کلیه نتایج قابل قبول حاصل از آزمایش دانه بندی مصالح تفکیک شده در کارگاه، شامل درشت، متوسط ، ریز و فیلر که در طول مدت تهیه این مصالح انجام گرفته، محاسبه گردد. دانه بندیها به طریق شسته و به روش T11 و T27 آشتو برای مصالح درشت و ریز و روش T37 آشتو برای فیلر اجراء می‌شود.

ج - فرمول کارگاهی که براساس نتایج آزمایشات متغیر، منفرد و نمونه‌های غیرمعرف اخذ شده از هریک از مصالح محاسبه شود، قابل قبول نخواهد بود.

چ - نتایج دانه بندی جزء یا اجزاء مصالح مورد استفاده د رتعیین دانه بندی کارگاهی باید معرف بیش از ۲۵ درصد حجم کل مخلوط مصالح سنگی مورد نیاز برای هریک از مخلوطهای آسفالتی در پروژه باشد.

ح - پیمانکار موظف است ضمن پیشنهاد دانه بندی کارگاهی ، دلایل توجیهی انتخاب آنرا بهمراه کلیه نتایج آزمایشگاهی مصالح در طی تولید به دستگاه نظارت تسلیم نماید.

۹-۸-۲ طرح اختلاط آسفالت

پس از آنکه سنگدانه‌های شکسته در کارگاه و در قسمت‌های مجزا انبار شدند، کارخانهٔ آسفالت راه‌اندازی شده و در سیلوهای سرد کارخانه آسفالت مصالح دانه درشت، دانه متوسط، دانه ریز و در صورت لزوم ماسه شسته بطور جداگانه تغذیه می‌شود. وضعیت دریچه سیلوهای سرد طوری تنظیم می‌گردد که از هر یک به نسبت معین مصالح وارد کارخانه شده و پس از حرارت دیدن و سرندشدن به مخازن گرم کارخانه منتقل شود. فیلر و قیر نیز جداگانه توزین‌شده وبه مخلوط مصالح در مخلوط‌کن اضافه می‌گردند. برای تهیه طرح اختلاط آسفالت از هریک از مخازن گرم کارخانه آسفالت و همچنین ازفیلر و قیر یک نمونه برداشت‌شده و بهمراه مشخصات فنی عمومی و خصوصی و دانه‌بندی کارگاهی پیشنهادی پیمانکار به آزمایشگاه مورد تأیید ارسال می‌گردد.

آزمایشگاه نتایج طرح اختلاط را بشرح زیر به کارفرما یا دستگاه نظارت ارائه می‌نماید:

الف - منحنی دانه‌بندی هریک از مصالح سنگی دانه درشت، دانه متوسط و دانه ریز و فیلر بصورت جداگانه.

ب - نتایج آزمایشات مصالح سنگی بشرح جدول ۹-۷، و قیر مطابق جدول مربوط در فصل پنجم

پ - درصد وزنی هریک از سنگدانه‌های درشت، متوسط، ریز و فیلر مصرفی در طرح اختلاط و مقایسه دانه‌بندی حاصل با دانه‌بندی کارگاهی پیشنهادی پیمانکار بشرح بند ۹-۸-۱

---

1) Maximum Density Curve (Fuller Curve)

ت- مناسب‌ترین درصد قیر نسبت به کل مخلوط

ث- درصد فضای خالی آسفالت کوبیده شده

ج- درصد فضای خالی سنگدانه‌ها (VMA)

چ- درصد فضای خالی سنگدانه‌هایی که باقیر پرمی‌شود (VFB)

ح- استحکام مارشال

خ- روانی مارشال

د- میانگین وزن مخصوص حقیقی سنگدانه‌ها

ذ- درصد جذب قیر مصالح

ر- سایر خصوصیات مخلوط آسفالتی طرح با قیر بهینه بشرح بندهای ۹-۷-۱ الی ۹-۷-۸ برحسب مورد.

۹-۸-۳ کنترل نتایج طرح

دستگاه نظارت طرح اختلاط فوق را جهت تهیه آسفالت آزمایشی به پیمانکار ابلاغ می‌نماید. پیمانکار با راه‌اندازی کارخانه آسفالت و تولید مخلوط آسفالتی براساس طرح و مصرف آن در قطعه یا قطعات آزمایشی و نمونه‌گیری از آسفالت کوبیده شده این قطعات اقدام می‌کندو نهایتا" نتایج حاصل از آزمایش این نمونه‌ها با داده‌های طرح اختلاط آزمایشگاهی مقایسه می‌شود.

چنانچه در این مقایسه،انطباق ویژگیهای مخلوط آسفالتی آزمایشی با مشخصه های طرح اختلاط ، ضمن رعایت رواداریهای پیش بینی شده در مشخصات به تائید دستگاه نظارت برسد، طرح اختلاط برای اجرای عملیات آسفالتی به پیمانکار ابلاغ می‌شود. درغیر اینصورت نسبت به انجام اصلاحات لازم بمنظور هماهنگی بین طرح و تولید اقدام و فرمول کارگاهی اصلاح شده بعد از تائید دستگاه نظارت مبنای عملیات اجرائی قرار می‌گیرد.

پیمانکار باید آسفالت را براساس فرمول کارگاهی ابلاغی تهیه و اجراکند. آسفالت‌های تهیه شده که خارج از مشخصات و فرمول کارگاهی باشند مورد قبول نخواهدبود.

چنانچه به هر دلیل محل معدن و یا کیفیت مصالح از جمله وزن مخصوص، جذب آب و جذب قیر آن تغییر نماید فرمول کارگاهی قبلی مورد قبول نبوده و باید تجدید گردد.

چون احتمال تغییر جنس و وزن مخصوص سنگدانه‌های مصرفی حتی در یک معدن هم وجود دارد، لذا هرگاه که دستگاه نظارت تشخیص دهد از سنگدانه‌های مخازن گرم کارخانه آسفالت نمونه‌برداری شده و جهت تعیین وزن مخصوص و میزان جذب قیر به آزمایشگاه مجاز ارسال می‌گردد.

در صورتیکه نتایج جدید با نتایج قبلی اختلاف داشت نتایج جدید در محاسبه وزن مخصوص، فضای خالی آسفالت، فضای خالی مصالح سنگی، فضای خالی پرشده با قیر مورد عمل قرار می‌گیرد.

۹-۹ تهیه آسفالت گرم

پس از تهیه سنگدانه‌های شکسته و دانه‌بندی شده، فیلر و قیر، اقدام به تهیهٔ آسفالت گرم در کارخانه آسفالت می‌شود. **بطور کلی کارخانه آسفالت گرم باید با مشخصات ۱۵۶-M آشتو و ۹۹۵ D ای‌اس‌تی‌ام مطابقت داشته باشد.**

کارخانه‌های تهیه آسفالت در کشور اغلب از نوع منقطع یا مرحله‌ای هستند که لازم است موارد زیر برای آنها رعایت شود:

۹-۹-۱ موقعیت کارخانه

کارخانه آسفالت در مسیر حمل سنگدانه‌ها از معدن به محل مصرف آسفالت نصب، تا فاصله حمل حداقل شده و حمل مضاعف صورت نگیرد. **کارخانهٔ آسفالت باید حداقل دارای چهارمخزن گرم برای سنگدانه‌ها (مصالح دانه درشت، دانه متوسط، دانه ریز و ماسه) و یک مخزن برای فیلر باشد.**

ظرفیت کارخانه آسفالت متناسب با حجم پروژه، تعیین و در مشخصات قید می‌شود. ظرفیت کارخانه بین ۶۰ تا ۲۴۰ تن

درساعت متغیر خواهدبود.

۹-۹-۲ سرندهای کارخانهٔ آسفالت

کارخانه آسفالت به حداقل ۴ سرند با قطر چشمه‌های مختلف مجهزبوده و این سرندها برحسب نیاز قابل تعویض می‌باشد.

دستگاه نظارت بایستی دستور انتخاب قطر چشمه‌های مورد نیاز برای هر نوع دانه‌بندی را به پیمانکار صادر کند، به طوری که منحنی دانه‌بندی کارگاهی مخلوط سنگدانه‌ها به سهولت با توزین مصالح مختلف دانه‌بندی شده‌از سیلوی گرم، حاصل شود.

۹-۹-۳ سیلوهای گرم

مخلوط سنگدانه‌هایی که در کورهٔ دوار کارخانه تا درجه حرارت‌های معین گرم شده است، توسط سرندهای مذکور سرندشده و در مخازن تعبیه شده درکارخانه، به صورت مصالح گرم و به شکل زیر انبار می‌شود:

دانه درشت: مخزن شماره ۱ دانه‌بندی (از ۱۲ تا ۲۵ میلیمتریا درشت تر)

دانه متوسط: مخزن شماره ۲ دانه‌بندی (از ۶ تا ۱۲ میلیمتر)

دانه متوسط: مخزن شماره ۳ دانه‌بندی (از ۳ تا ۶ میلیمتر)

دانه ریز: مخزن شماره ۴ دانه‌بندی (از صفر تا ۳ میلیمتر)

چنانچه تعداد سیلوهای گرم کارخانه بیش از ۴ مخزن باشد حذف مخازن اضافی بهیچوجه مجاز نیست .

سپس براساس فرمول کارگاهی هریک از مصالح مذکور به میزان معینی توسط قپان‌های کارخانه توزین و به مخلوط کن وارد می‌شود. در مخلوط‌کن، قیر و سپس فیلر به مقدار تعیین شده در فرمول کارگاهی اضافه می‌گردد.

ترازوی توزین فیلر و مخزن آن نبایستی (با استناد به این که سنگدانه‌ها خود دارای فیلر می‌باشد) از کار انداخته و یا بدون استفاده شود.

فیلرنباید باسنگدانه‌ها مخلوط گردد بلکه باید پس از تخلیه‌شدن سنگدانه‌ها و قیر جداگانه وارد مخلوط کن آسفالت شود.

هریک ازمخازن گرم کارخانهٔ آسفالت باید دارای حرارت سنج باشد تا بتوان درجه حرارت سنگدانه‌ها را کنترل نمود. دسترسی به مصالح گرم کارخانه نیز بایستی امکان‌پذیر باشد، به طوری که بتوان به سهولت نمونه‌برداری کرد.

دستگاه توزین باید از نوع دیجیتال و یا عقربه‌ای و بدون فنر بوده و حساسیت آن حداکثر تا نیم درصد بیشترین باری که توزین می‌کند باشد.

کارخانه آسفالت باید مجهز به دماسنج‌های مختلف برای تعیین و بررسی درجه حرارت مخلوط آسفالتی و قیر و سنگدانه‌ها باشد.

کنترل حساسیت دستگاههای توزین سنگدانه‌ها، قیروفیلر باید هرهفته یکبار آزمایش شود که چنانچه خطایی داشته باشد مرتفع گردد تا در مشخصات آسفالت خطایی رخ ندهد.

حساسیت حرارت‌سنج‌ها باید آن‌قدر باشد که در هر دقیقه تغییرات حداقل ۵ درجه سانتیگراد را نشان دهد.

سنگدانه‌ها باید به آن مقدار حرارت داده شوند که هنگام تخلیه آسفالت از کارخانه حرارت مخلوط آسفالتی برحسب نوع دانه بندی با درجه حرارت تعیین شده دربند ۹-۷-۴ مطابقت داشته باشد.

با توجه به مراتب فوق نصب یک سیستم مرکزی کنترل‌کنندهٔ حرارت سنگدانه‌ها، قیر و مخلوط آسفالتی در اطاق فرمان کارخانه، ضرورت حتمی دارد.

۹-۱۰ زمان اختلاط

مدت زمان اختلاط سنگدانه‌ها، قیر و فیلر بستگی به مدل وظرفیت کارخانه، نوع مصالح ودانه‌بندی آنها دارد. معمولاً در دستورالعمل کارخانه سازنده، مدت زمان اختلاط تعیین‌می‌شود.

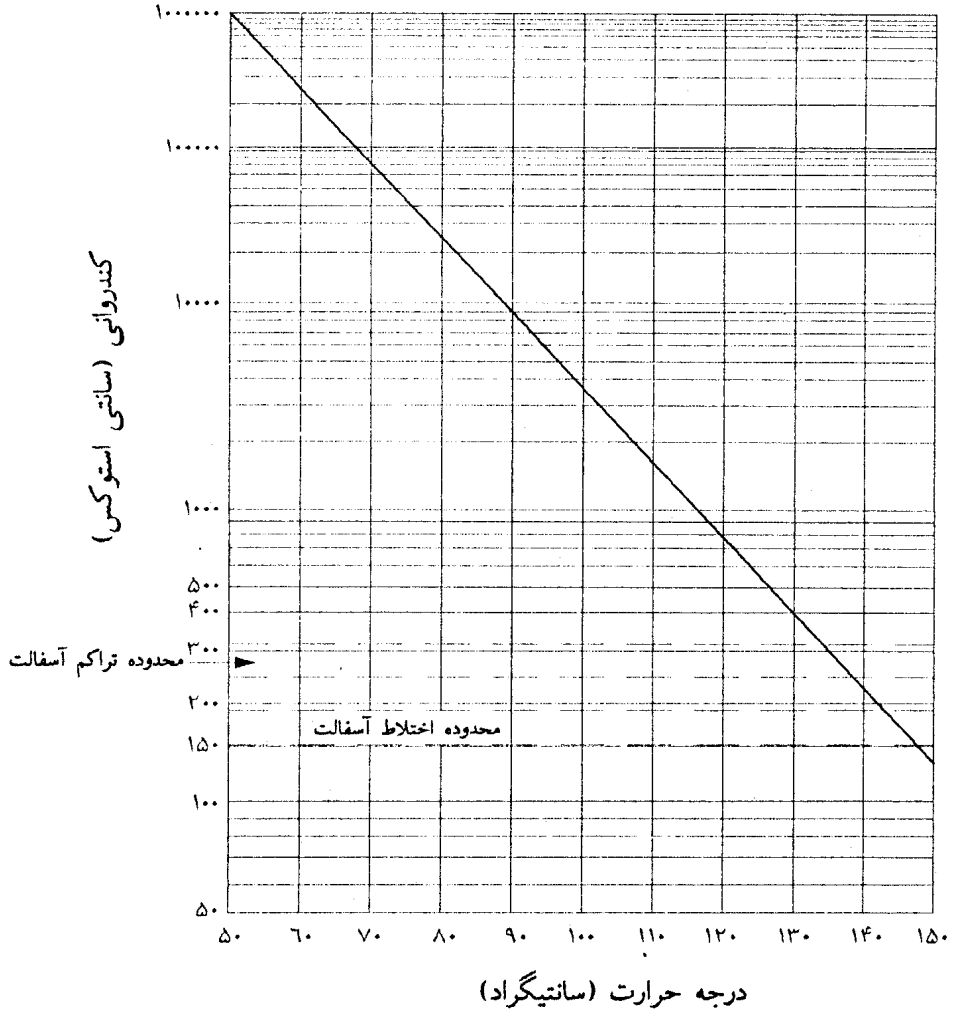
می‌باشد. **دستگاه نظارت باید کنترل دقیق روی زمان اختلاط داشته باشد. عدم کنترل و عدم رعایت زمان لازم مذکور، سبب نواقص عمده در آسفالت می‌گردد.**

۹-۱۱ درجه حرارت اختلاط

هنگام تهیه و پخش آسفالت کندروانی (ویسکوزیته) قیر آن باید بگونه‌ای باشد که مصالح خوب پوشش شده و به آسانی قابل پخش باشد. چنانچه کندروانی قیر هنگام اختلاط آسفالت بیش از حد باشد مصالح بخوبی پوشش نخواهند شد و در صورتیکه کمتر از اندازه باشد هنگام حمل از کارخانه تا محل مصرف قیر از سنگدانه‌ها جدا می‌شود. بمنظور حصول پوشش مناسب مصالح و جدانشدن قیر از سنگدانه‌ها هنگام تهیه و حمل و نقل آسفالت لازم است کند روانی قیر حدود ۲۰±۱۷۰ سانتی استکس باشد. بمنظور تعیین درجه حرارتی که قیر مورد مصرف به این کندروانی می‌رسد لازم است نمودار تغییرات کندروانی قیر را در برابر درجهٔ حرارت ترسیم نمود. شکل ۹-۱ این نمودار را برای یک نمونه قیر نشان می‌دهد. با استفاده از این نمودار برای قیر مصرفی در عملیات آسفالتی می‌توان محدوده درجه حرارت بهینه برای اختلاط آسفالت وتراکم آن را بعد از پخش تعیین نمود.

در ۶۰°C ویسکوزیته برحسب سانتی استوکس = $\frac{\text{ویسکوزیته برحسب پوآز}}{۰/۹۸} \times$ وزن مخصوص قیر $\times ۱۰۰$

در ۱۳۵°C ویسکوزیته برحسب سانتی استوکس = $\frac{\text{ویسکوزیته برحسب پوآز}}{۰/۹۳۴} \times$ وزن مخصوص قیر $\times ۱۰۰$



شکل ۹-۱ نمودار تغییرات کندروانی قیر برحسب حرارت و محدوده‌های کندروانی آن در زمان تهیه آسفالت و تراکم آن

۹-۱۲ کنترل کیفیت مخلوط آسفالتی

از آسفالت‌های اساس قیری، آستر و رویه تهیه شده در کارخانه آسفالت باید حداقل روزانه ۲ نمونه و در صورتی که تولید زیاد باشد از هر ۳۵۰ تن آسفالت یک نمونه ازکامیون حامل آسفالت و یا آسفالت سطح راه قبل از کوبیده‌شدن برداشته و مورد آزمایش قرارگرفته شود تا نتایج دانه‌بندی، درصد قیر، استحکام و روانی مارشال، فضای خالی، وزن مخصوص آسفالت و فضای خالی پرشده با قیر مشخص شود. مقادیر هریک از نتایج اعلام شده با توجه به حدود نوسان‌های مجاز باید در داخل محدودهٔ مشخصات ابلاغی باشد، در غیر این صورت فوراً بایستی اقدامات لازم جهت رفع نقص به عمل آید. چنانچه نتایج آزمایش موردهای مذکور در ۴ نوبت متوالی خارج از مشخصات اعلام گردد، بایستی عملیات آسفالتی متوقف و پس از رفع عیب مجدداً شروع گردد، به طوری که نتایج قابل قبول شود. حداقل ضخامت لایه آسفالتی نباید کمتر از دوبرابر حداکثر قطر سنگدانه‌ها باشد و حداکثر ضخامت آسفالت باید با توجه به شرایط اجرایی و نوع غلتک‌ها که توسط دستگاه نظارت تعیین می‌شود، انتخاب گردد.

۹-۱۳ حمل آسفالت

حمل آسفالت از محل کارخانه تا محل پخش به وسیلهٔ کامیون انجام می‌گیرد. **جدار داخلی کامیون و سطوحی که با آسفالت تماس دارد باید کاملاً تمیز و عاری از هرگونه مواد خارجی باشد. به منظور پیشگیری از چسبیدن آسفالت به دیواره‌های اطاق کامیون بایستی قبل از ریختن آسفالت اطاق کامیون را در محل با آب آهک (یک حجم آهک و سه حجم آب) شستشو داده و تمیز نمود. شستشو با هر نوع روغن و گازوییل ممنوع می‌باشد. هرگاه در مدت زمان حمل آسفالت درجه حرارت آسفالت بیش از ۱۰ درجه سانتیگراد افت کند، کامیون‌های حامل آسفالت، بایستی با برزنت پوشیده شود تا سطح آسفالت سرد نشده و خاصیت و یکنواختی خود را از دست ندهد. حداکثر زمان حمل آسفالت ۴۵ دقیقه و حداکثر فاصله حمل با کامیون ۷۰ کیلومتر (هرکدام کمتر است) می‌باشد.** افزایش زمان و اعمال درجه حرارت زیاد آسفالت درجریان حمل موجب می‌گردد که مقداری از قیر مخلوط آسفالتی در کف کامیون جمع شده و آسفالت بالای کامیون، کم قیر و آسفالت کف کامیون، پرقیر شود. این جدایی قیر موجب می‌شود که آسفالت از حدود مشخصات خارج شده و هنگام پخش بیش از نیمی از حجم کامیون آسفالت، کم قیر و قسمت کمی از حجم کامیون آسفالت با قیر زیاد پخش شود. در قسمت کم قیر طول عمر آسفالت کوتاه و در قسمت پرقیر قیرزدگی در آسفالت روی خواهدداد.

۹-۱۴ پخش آسفالت

آسفالت حمل شده توسط کامیون‌ها در فینیشر در محل پخش تخلیه می‌شود. **درجه حرارت آسفالت تخلیه شده در فینیشر برای دانه‌بندیهای پیوسته نبایستی از ۱۲۰ درجه سانتیگراد کمتر باشد.**

مشخصات فینیشر بایدبه تأییددستگاه‌نظارت رسیده‌باشد. پیمانکار باید مشخصات و محدودیتهای فینیشر مورد استفاده را قبلاً جهت بررسی و تأیید به دستگاه نظارت تسلیم کند.

هرگاه دستگاه فینیشر و یا اطوی آن و یا دستگاه‌های تنظیم ضخامت دارای نواقصی باشد که آسفالت کاملاً یکنواخت و با سطحی کاملاً هموار و یکسان پخش نگردد، دستگاه نظارت بایستی دستور اصلاح و یا تعویض فینیشر را صادر کند. فینیشر مخلوط آسفالتی را در عرض و ضخامتی که در مشخصات تعیین شده (پس از کوبیده‌شدن کامل) و با شیب عرضی مشخص پخش می‌کند. ضخامت آسفالت پخش شده توسط فینیشر (قبل از کوبیدن) با توجه به وضع دانه‌بندی و میزان کوبیدگی، محاسبه می‌شود. ضخامت آسفالت پخش شده معمولاً بین ۱/۲۰ تا ۱/۳۰ برابر ضخامت کوبیده شده‌می‌باشد.

در روکش‌های آسفالتی و برای تصحیح ناهمواری سطوح آسفالتی موجود و قدیمی و همچنین در آزادراه‌ها و راه‌های اصلی بایستی از فینیشر تمام اتوماتیک استفاده کرد.

اطوی فینیشر و ارتعاش‌های آن باید به سهولت قابل تنظیم باشد، به طوری که قادر باشد لایه آسفالت را تا حد لازم، همگن و با بافت سطحی یکنواخت، تسطیح کرده و اطو

کند. حرارت به وسیلهٔ گرم‌کردن اطوی فینیشر بایستی قابل کنترل باشد.

در صورتی که آسفالت در بیش از یک خط و بیش از یک قشر پخش شود، رعایت نکته‌های زیر ضروری می‌باشد:

۱) به منظور اتصال درز طولی آسفالت، ترتیبی داده شود که در طول یک روز خطوط آسفالت مجاور هم، پخش و از پخش یک خط عبور آسفالت درطول زیاد و ادامه عملیات آسفالتی در خط مجاور در روز یا روزهای بعد، خودداری‌شود.

۲) هنگامیکه لایه‌ای پخش می‌شود از آنجا که طرفین کناری لایه با غلتک‌زنی معمولی خوب کوبیده نمی‌شود لازم است تمهیداتی اعمال شود تا در آینده این امر معضلی برای بروز درز طولی در راه نباشد. **برخی اقدامات مؤثر به شرح زیرند که برحسب نظر دستگاه نظارت و آمادگی پیمانکار حداقل یکی از این روش‌ها باید عمل شود:**

الف - بلافاصله پس از پخش و کوبیدن اولیه آسفالت هنگامیکه هنوز آسفالت‌گرم‌است قسمت‌کناری آن که‌خوب متراکم‌نشده است‌بوسیله یک چرخ برش (حتی‌المقدورماشینی) درحدود ۲ تا ۳ سانتیمتر در طول راه بریده شده و کنارگذاشته شود.

ب - چنانچه کار بند الف فوق هنگامیکه آسفالت گرم است اجرا نشد می‌توان این کار را در روزهای بعد (قبل از اجرای لایهٔ مجاور) انجام داد. اجرای این کار می‌تواند توسط یک چرخ برش که روی تیغهٔ گریدر نصب می‌شود صورت گیرد. راننده مسلط گریدر با کنترل چرخ برش عمل بریدن حدود ۳-۲ سانتیمتر قسمت کوبیده نشده را انجام می‌دهد و سپس محل برش داده شده باید جاروب شود.

پ - هنگام پخش آسفالت گرم از فینیشرهایی استفاده شود که در قسمت کناری آنها دستگاه مخصوصی نصب است که می‌تواند آسفالت بیشتری را در طرف مورد نظر وارد کند تا وزن مخصوص نهایی این نقاط حاشیه‌ای افزایش داده شود.

ت - برای متراکم‌کردن‌آسفالت، ازغلتک‌هایی استفاده‌شودکه یک چرخ کوچک در کنار چرخهای اصلی آنها نصب است که هنگام غلتک‌زنی با اعمال نیروی هیدرولیکی به قسمت کناری آسفالت فشار آورده و این قسمتها را علاوه بر چرخهای اصلی غلتک با این چرخ اضافی نیز می‌کوبد.

عدم رعایت حداقل یکی از روش‌های فوق سبب بروز ترک طولی دوبندی در آسفالت در زمان بهره‌برداری خواهدشد. موارد فوق همچنین برای جلوگیری از بروز درزهای دوبندی عرضی و پله‌شدن آسفالت نیز صادق است که در این خصوص نیز باید تمهیدات‌لازم‌صورت‌گرفته‌و **حداقل یکی‌ازروشهای فوق‌الذکر در اجرای دوبندی‌های عرضی نیز مورد عمل قرارگیرد.**

برای پخش آسفالت در قشرهای روی قشر قبلی بایستی عرض پخش آسفالت در فینیشر تغییر داده شود، به طوری‌که درز اتصال طولی هر قشر با قشر زیر حداقل ۳۰ سانتیمتر و با قشر رویه ۱۵ سانتیمتر فاصله داشته باشد تا درزهای طولی روی هم قرار نگیرد.

در اجرای آخرین قشر رویه باید بگونه‌ای پخش آسفالت برنامه‌ریزی شود که محل دوبندی‌ها دقیقاً در مجاور محل خط‌کشی جاده در زمان بهره‌برداری قرار گیرد تا عبور چرخ وسایل‌نقلیه از محل دوبندی‌ها به حداقل برسد.

۹-۱۵ کنترل آسفالت پخش شده

ضخامت آسفالت پخش شده در پشت فینیشر و همچنین درجه حرارت آن به طور مرتب توسط تکنسین ناظر پخش آسفالت اندازه‌گیری و در فرم‌های مخصوص ثبت می‌گردد. ضخامت آسفالت کوبیده‌شده نیز اندازه‌گیری و با مشخصات تطبیق داده می‌شود. حداقل ضخامت هرلایه کوبیده‌شده۲تا۳ برابرحداکثراندازه سنگدانه، وحداکثر آن باتوجه‌به شرایط اجرائی، نوع و تعداد غلطکها تعیین می‌شود. **همچنین ناهمواری‌های احتمالی و دوبندی‌های عرضی نیز باید کنترل شوند تا افت و خیزها در جاده ناچیز و پله‌های عرضی بوجود نیاید. برای اینکار ترجیحاً باید از دستگاه افت و خیزسنج مخصوص (که می‌تواند دستی و ساده باشد) و یا شمشهٔ بلند (۳ متری) و یا برداشت نقشه‌برداری استفاده نمود.**

۹-۱۶ درجهٔ حرارت هوا هنگام پخش آسفالت گرم

حداقل درجهٔ حرارت هوا برای پخش آسفالت، به شرطی که هوا رو به گرمی رود، ۱۰ درجه سانتیگراد می‌باشد. چنانچه هوا رو به سردی رود عملیات پخش آسفالت در کمتر از ۱۰ درجه سانتیگراد مجاز نمی‌باشد پخش آسفالت رویه یا هر قشر نهائی

دیگر باید منحصراً در فصول مناسب و گرم سال که درجه حرارت سطح راه از ۲۵ درجه سانتیگراد کمتر نباشد، اجرا گردد.

۹-۱۷ درجهٔ حرارت پخش آسفالت

درجه حرارت پخش آسفالت بستگی به جنس و ضخامت قشر آسفالت، دانه‌بندی آن و فصل کاری دارد. حداقل درجهٔ حرارت بتن‌های آسفالتی گرم، به هنگام پخش ۱۲۰ درجه سانتیگراد می‌باشد.

یادآوری می‌شود که درجهٔ حرارت مناسب پخش و کوبیدن آسفالت به نوع آسفالت و علی‌الخصوص خصوصیات فیزیکی قیرموجوددرآن‌بستگی‌داردشکل شماره ۹-۱ محدوده کندروانی مناسب قیر و درجه حرارت نظیر آن را برای پخش و کوبیدن نشان می‌دهد.

۹-۱۸ کوبیدن آسفالت

پس از پخش آسفالت به وسیلهٔ فینیشر، اطوی اولیهٔ قشر پخش شده توسط فینیشر، و اطوی ثانویه توسط غلتک چرخ فلزی (ترجیحاً دوچرخ دو محور) انجام می‌شود. **چرخ یا محور دارای نیروی محرکه غلتک اطو بایستی به سمت فینیشر باشد که از جمع‌شدن آسفالت کوبیده نشده جلوی غلتک در موقع حرکت بطرف فینیشر، جلوگیری گردد. غلتک اطو بایستی روی مسیر کوبیده شده از فینیشر دور شود.** کوبیدن نهایی قشر آسفالتی توسط دو غلتک چرخ لاستیکی با وزن مناسب (بسته به نوع دانه‌بندی و ضخامت قشر پخش شده آسفالت) تا حصول تراکم لازم، انجام می‌شود. میزان تراکم برای قشرهای اساس آسفالتی، آستر و رویه (توپکا) حداقل ۹۷ درصد وزن مخصوص نمونه‌های آزمایشگاهی مارشال، یا ۹۲ درصد وزن مخصوص نظری آسفالت که با روش T۲۰۹ تعیین می‌گردد، می‌باشد.

وزن غلتک‌ها بایستی، قابل تنظیم باشد. غلتک‌های چرخ لاستیکی برای حصول تراکم کافی و تنظیم بافت سطحی آسفالت مناسب‌تر از غلتک‌های چرخ فلزی می‌باشد.

مدت زمان کوبیدگی برای قشرهای آسفالتی بسته به ضخامت آنها بین ۱۰ تا ۱۵ دقیقه (حدود شش تا هشت عبور) می‌باشد. **غلتک‌های مورد استفاده برای کوبیدن آسفالت باید مجهز به لوله‌های آب پاش برای تمیز نگهداشتن چرخ‌ها با مواد صابونی باشد و استفاده از روغن سوخته و یا گازوییل برای تمیزکردن چرخ‌ها به هیچ‌وجه مجاز نمی‌باشد.**

همیشه یک غلتک چرخ فلزی و یک غلتک چرخ لاستیکی به عنوان ذخیره آمادهٔ کار باشد تا چنانچه به هر دلیل غلتک‌های مشغول کار عیب و نقصی پیدا کرد بلافاصله جایگزین گردد و آسفالت در اثر کمبود غلتک معیوب نشود.

چنانچه سرعت فینیشر زیاد و بیش از ۷ متر در دقیقه باشد تعداد غلتک‌های چرخ لاستیکی بایستی به تناسب سرعت فینیشر اضافه گردد. درجهٔ حرارت محیط و شدت کاهش دمای مخلوط نیز در انتخاب تعداد غلتک‌ها مؤثر است. تعیین تعداد غلتک‌ها با نظر دستگاه نظارت انجام می‌شود. هنگام متراکم‌کردن آسفالت چنانچه کندروانی قیر بیش از اندازه باشد حصول تراکم لازم در کل ضخامت لایهٔ پخش شده ممکن نخواهدشد و در صورتیکه کمتر از اندازه باشد آسفالت حالت روان پیدا کرده و جلوی غلتک فشرده شده و پس از اجرا موجهای متوالی ریز در راه ایجاد خواهدشد. کندروانی بهینه برای قیر آسفالت هنگام تراکم ۳۰±۲۸۰ سانتی استکس می‌باشدکه در شکل ۹-۱ نشان داده شده است. لازم است با انجام آزمایش کندروانی قیرمصرفی، خط تغییرات کندروانی آنرا ترسیم نمود تاحدود بالا و پایین درجهٔ حرارت آسفالت هنگام تراکم تعیین شود.

سرعت غلتک‌های چرخ فلزی باید یکنواخت و حدود ۴ کیلومتر در ساعت و سرعت غلتک‌های چرخ لاستیکی حداکثر ۸کیلومتر در ساعت باشد.

۹-۱۹ کنترل یکنواختی رقوم و سطح آسفالت کوبیده شده

اختلاف رقوم سطح تمام شده آسفالت قشر رویه با رقوم مندرج در نقشه‌های طولی و عرضی (با درنظر گرفتن شیب‌های طولی و عرضی) حداکثر تا ۵ میلیمتر مجاز می‌باشد.

برای کنترل یکنواختی سطح آسفالت تمام شده، با یک شمشه ۳ متری که در طول و عرض آسفالت قرار داده می‌شود، فاصله مجاز بین سطح آسفالت و زیر شمشه در مورد قشر اساس آسفالتی ۷ میلیمتر، در مورد آسفالت قشر آستر ۶ میلیمتر و برای آسفالت قشر رویه ۵ میلیمتر می‌باشد.

۹-۲۰ مشخصات و آزمایش‌های استاندارد برای بتن آسفالتی گرم

برخی از آزمایش‌هاو مشخصات استاندارد مورد عمل برای مصالح سنگی، قیر و آسفالت بشرح جدول ۹-۱۴ می‌باشد.

جدول ۹-۱۴ مشخصات و آزمایش‌های استاندارد

ردیف	شرح آزمایش	روش آشتو	روش ای اس تی ام
	- سنگدانه‌ها		
۱	دانه‌بندی سنگدانه‌های شکسته	T۲۷	C۱۳۶
۲	دانه‌بندی فیلر	T۳۷	D۵۴۶
۳	وزن مخصوص و جذب آب سنگدانه‌های درشت	T۸۵	C۱۲۷
۴	وزن مخصوص و جذب آب سنگدانه‌های ریز	T۸۴	C۱۲۸
۵	وزن مخصوص فیلر	T۱۰۰ و T۱۳۳	D۸۵۴ و C۱۸۸
۶	مقاومت در مقابل عوامل جوی	T۱۰۴	C۸۸
۷	سایش مصالح به روش لوس آنجلس	T۹۶	C۱۳۱ یا C۵۳۵
۸	ارزش ماسه‌ای	T۱۷۶	D۲۴۱۹
۹	مشخصات فیلر	M-۱۷	D۲۴۲
۱۰	مشخصات سنگدانه‌های درشت	M_۲۸۳	D۶۹۲
۱۱	مشخصات سنگدانه‌های ریز	M_۲۹	D۱۰۷۳
۱۲	حدود اتربرگ	T۹۰ و T-۸۹	D۴۳۱۸
۱۳	آهک مصرفی برای آسفالت گرم	M۳۰۳	C۱۰۹۷
	- قیر		
۱۴	نمونه‌برداری قیر	T۴۰	D۱۴۰
۱۵	درجه نفوذ قیر	T۴۹	D۵
۱۶	کندروانی (برحسب پوآز)	T۲۰۲	D۲۱۷۱
۱۷	نقطه اشتعال	T۴۸	D۹۲
۱۸	لعاب نازک قیر در گرمخانه (TFOT)	T۱۷۹	D۱۷۵۴
۱۹	لعاب نازک دوّار قیر در گرمخانه (RTFOT)	T۲۴۰	D۲۸۷۲
۲۰	نقطه نرمی قیر	T۵۳	D۳۳۹۸
۲۱	کندروانی سینماتیک	T۲۰۱	D۲۱۷۰
۲۲	خاصیت انگمی	T۵۱	D۱۱۳
۲۳	قابلیت حل شدن قیر	T۴۴	D۲۰۴۲
۲۴	وزن مخصوص	T۲۲۸	D۷۰
	- آسفالت گرم		
۲۵	مقدار قیر مخلوط آسفالتی	T۱۶۴	D۲۱۷۲
۲۶	دانه بندی مخلوط آسفالتی	T۳۰	--
۲۷	وزن مخصوص حقیقی آسفالت کوبیده شده	T۱۶۶	D۱۱۸۸ و D-۲۷۲۶
۲۸	حداکثر وزن مخصوص مخلوط آسفالتی	T۲۰۹	D۲۰۴۱
۲۹	آزمایش مارشال	T۲۴۵	D۱۵۵۹
۳۰	آزمایش مارشال اصلاح شده	--	D۵۵۸۱
۳۱	آزمایش چسبندگی قیربه سنگدانه	T۱۸۲	--
۳۲	وزن مخصوص مخلوط آسفالتی کوبیده شده درمحل	T۲۳۰	-
۳۳	تأثیر آب روی مخلوط آسفالتی گرم	T۱۶۵	D۱۰۷۵
۳۴	مقاومت کششی آسفالت	T۲۸۳	--

فصل دهم - ترافیک

۱۰-۱ کلیات

میزان ترافیک، یکی از عوامل مهم در روسازی راه‌ها می‌باشد که با آمارگیری بصری یا خودکار تعداد متوسط روزانه انواع وسایل‌نقلیه مختلف، وزن و نوع محورهای ساده و مرکب آنها مشخص می‌گردد.

برای سهولت محاسبه، وزن محورهای مختلف با ضرایبی به نام ضرایب هم‌ارز، به وزن معادل محور استاندارد یا محور مبنای طرح، تبدیل می‌گردد.

۱۰-۲ محور استاندارد یا محور مبنای طرح

محور استاندارد یا محور مبنای طرح دراین آئین‌نامه، یک محور منفرد به وزن ۸/۲ تن انتخاب شده است. برای محاسبه روسازی راه، اثر هریک از محورهای وسایل‌نقلیه از نظر نوع، وزن، تعداد و ترکیب آنها با استفاده از ضرایب هم‌ارز، به تعداد اثر محور مبنای طرح تبدیل می‌شود.

ضریب بار هم‌ارز عبارت است از تعداد عبور محور مبنای طرح که خرابی مساوی یک بار عبور محور مورد نظر در روسازی به وجود می‌آورد. ضرایب بار هم‌ارز برای محورهای مختلف در جدول ۱۰-۱ نشان داده شده است.

جدول ۱۰-۱ ضرایب بار هم‌ارز *

وزن محور (تن)	ضرایب بار هم‌ارز		
	محورساده (منفرد)	محورمرکب (دومحوره)	محورمرکب (سه محوره)
۱	۰/۰۰۰۳۸	–	–
۲	۰/۰۰۳۸	۰/۰۰۰۴	–
۳	۰/۰۱۷۸	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۵
۴	۰/۰۵۶۲	۰/۰۰۵	۰/۰۰۱
۵	۰/۱۴۰	۰/۰۱۱	۰/۰۰۳
۶	۰/۲۹۴	۰/۰۲۲	۰/۰۰۵
۷	۰/۵۴۹	۰/۰۴۱	۰/۰۱۰
۸	۰/۹۳۲	۰/۰۷۲	۰/۰۱۶
۹	۱/۵۴	۰/۱۲۵	۰/۰۲۸
۱۰	۲/۲۰	۰/۱۸۲	۰/۰۴۰
۱۱	۳/۱۴	۰/۲۷۳	۰/۰۶
۱۲	۴/۳۳	۰/۳۹۴	۰/۰۸۷
۱۳	۵/۸۲	۰/۵۴۹	۰/۱۲۱
۱۴	۷/۶۶	۰/۷۴۵	۰/۱۶۵
۱۵	۹/۹۱	۰/۹۸۵	۰/۲۲۱
۱۶	۱۲/۶۵	۱/۲۸	۰/۲۸۹
۱۷	۱۵/۹۷	۱/۶۲	۰/۳۷۲
۱۸	۱۹/۹۶	۲/۰۲	۰/۴۷۲
۱۹	۲۴/۷۶	۲/۵۲	۰/۵۹۹
۲۰	۳۱/۲۵	۳/۰۳	۰/۷۳۰
۲۱	۳۸/۱۹	۳/۶۴	۰/۸۹۳
۲۲	۴۵/۰۷	۴/۳۵	۱/۰۸۱
۲۳	–	۵/۱۴	۱/۳۰
۲۴	–	۶/۰۲	۱/۵۴
۲۵	–	۷/۰۰	۱/۸۰
۲۶	–	۸/۱۰	۲/۱۰
۲۷	–	۹/۳۲	۲/۴۴
۲۸	–	۱۰/۶۸	۲/۸۱

* جدول فوق از درون یابی مقادیر جدول IV-4 انستیتو آسفالت (نشریه 1991: MS-1) محاسبه گردیده است.

برای تبدیل محور مورد نظر به محور مبنای طرح از معادله زیر استفاده می‌شود:

$$EAL = N \times F$$

که در این رابطه:

EAL - تعداد عبور محور مبنای طرح (معادل با تکرار محور مورد نظر)

N - تعداد عبور محور مورد نظر (ساده و یا مرکب وبه تفکیک وزن آنها)

F - ضریب بار هم‌ارز برای محور مورد نظر

۱۰-۳ پیش‌بینی ترافیک

تعداد و انواع وسایل‌نقلیه که از راه عبور می‌کند از قبیل سواری ، مینی‌بوس ، وانت ، اتوبوس، کامیون‌های دو یا سه محوره، تریلرهای سه ، چهار و پنج‌محور و نفتکش‌های مختلف که در دوره طرح از راه استفاده خواهدکرد به کمک روش‌های پیش‌بینی ترافیک معلوم می‌شود. سپس انواع محورهایی که در دوره طرح از روی خط طرح عبور می‌کند، به تعداد معادل محور مبنای طرح تبدیل می‌شود. برای محاسبه برآورد ترافیک عبوری در دوران طرح نیاز به ضریب رشد سالانه ترافیک می‌باشد.

۱۰-۴ رشد سالانه ترافیک

رشد سالانه انواع مختلف محورها با وزن‌های متفاوت ممکن است یکسان نباشد. با دردست داشتن میزان ترافیک در سال اول طرح و نرخ رشد سالانه آن می‌توان میزان ترافیک هریک از سال‌های بعد را با استفاده از فرمول زیر محاسبه کرد.

$$EAL_n = EAL\ (1 + r)^n$$

که در آن:

EAL_n - تعداد محور و یا وسیله نقلیه در سال n ام

EAL - تعداد محور و یا وسیله نقلیه در سال اول

r - رشد سالانه

n - سال مورد نظر

۱۰-۵ تعداد کل ترافیک در دوره طرح

با دردست داشتن ضریب رشد سالانه ترافیک و عمر دوره طرح روسازی بر حسب سال، ضرایب سال‌های دوره طرح از جدول ۱۰-۲ به دست می‌آید.

این ضرایب برحسب رشد سالانه و عمر طرح از رابطه زیر به دست آید:

$$\text{ضریب ترافیک} = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

که در آن:

r - ضریب رشد سالانه ترافیک

n - عمر طرح بر حسب سال

تعداد کل ترافیک در دوره عمر طرح از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$EAL_n = EAL\ \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

که در آن:

EAL_n - تعداد کل ترافیک (یا تعداد کل محورهای استاندارد) در n سال دوره طرح

EAL - تعداد ترافیک سال اول (یا جمع محورهای استاندارد عبوری سال اول طرح)

بدیهی است در جدول‌ها و یا فرمول‌های فوق بر حسب اینکه محور مورد نظر یا محور مبنا و یا تعداد ترافیک منظور شود، نتایج نیز براساس همان واحدها بدست خواهدآمد.

جدول ۱۰-۲ ضرایب تعداد کل ترافیک

عمر طرح (برحسب سال)	ضرایب رشد سالانه ترافیک بر حسب درصد							
	۰ (بدون رشد)	۲	۴	۵	۶	۷	۸	۱۰
۱	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰
۲	۲/۰	۲/۰۲	۲/۰۴	۲/۰۵	۲/۰۶	۲/۰۷	۲/۰۸	۲/۱۰
۳	۳/۰	۳/۰۶	۳/۱۲	۳/۱۵	۳/۱۸	۳/۲۱	۳/۲۵	۳/۳۰
۴	۴/۰	۴/۱۲	۴/۲۵	۴/۳۱	۴/۳۷	۴/۴۴	۴/۵۱	۴/۶۴
۵	۵/۰	۵/۲۰	۵/۴۲	۵/۵۳	۵/۶۴	۵/۷۵	۵/۸۷	۶/۱۱
۶	۶/۰	۶/۳۱	۶/۶۳	۶/۸۰	۶/۹۸	۷/۱۵	۷/۳۴	۷/۷۲
۷	۷/۰	۷/۴۳	۷/۹۰	۸/۱۴	۷/۳۹	۸/۶۵	۸/۹۲	۹/۴۹
۸	۸/۰	۸/۵۸	۹/۲۱	۹/۵۵	۹/۹۰	۱۰/۲۶	۱۰/۶۴	۱۱/۴۴
۹	۹/۰	۹/۷۵	۱۰/۵۸	۱۱/۰۳	۱۱/۴۹	۱۱/۹۸	۱۲/۴۹	۱۳/۵۸
۱۰	۱۰	۱۰/۹۵	۱۲/۰۱	۱۲/۵۸	۱۳/۱۸	۱۳/۸۲	۱۴/۴۹	۱۵/۹۴
۱۱	۱۱	۱۲/۱۷	۱۳/۴۹	۱۴/۲۱	۱۴/۹۷	۱۵/۷۸	۱۶/۶۵	۱۸/۵۳
۱۲	۱۲	۱۳/۴۱	۱۵/۰۳	۱۵/۹۲	۱۶/۸۷	۱۷/۸۹	۱۸/۹۸	۲۱/۳۸
۱۳	۱۳	۱۴/۶۸	۱۶/۶۳	۱۷/۷۱	۱۸/۸۸	۲۰/۱۴	۲۱/۵۰	۲۴/۵۲
۱۴	۱۴	۱۵/۹۷	۱۸/۲۹	۱۹/۱۶	۲۱/۰۱	۲۲/۵۵	۲۴/۲۱	۲۷/۹۷
۱۵	۱۵	۱۷/۲۹	۲۰/۰۲	۲۱/۵۸	۲۳/۲۸	۲۵/۱۳	۲۷/۱۵	۳۱/۷۷
۱۶	۱۶	۱۸/۶۴	۲۱/۸۲	۲۳/۶۶	۲۵/۶۷	۲۷/۸۹	۳۰/۳۲	۳۵/۹۵
۱۷	۱۷	۲۰/۰۱	۲۳/۷۰	۲۵/۸۴	۲۸/۲۱	۳۰/۸۴	۳۳/۷۵	۴۰/۵۵
۱۸	۱۸	۲۱/۴۱	۲۵/۶۵	۲۸/۱۳	۳۰/۹۱	۳۴/۰۰	۳۷/۴۵	۴۵/۶۰
۱۹	۱۹	۲۲/۸۴	۲۷/۶۷	۳۰/۵۴	۳۳/۷۶	۳۷/۳۸	۴۱/۴۵	۵۱/۱۶
۲۰	۲۰	۲۴/۳۰	۲۹/۷۸	۳۳/۰۶	۳۶/۷۹	۴۱/۰۰	۴۵/۷۶	۵۷/۲۸
۲۵	۲۵	۳۲/۰۳	۴۱/۶۵	۴۷/۷۳	۵۴/۸۶	۶۳/۲۵	۷۳/۱۱	۹۸/۳۵
۳۰	۳۰	۴۰/۵۷	۵۶/۰۸	۶۶/۴۴	۷۹/۰۶	۹۴/۴۶	۱۱۳/۲۸	۱۶۴/۴۹
۳۵	۳۵	۴۹/۹۹	۷۳/۶۵	۹۰/۳۲	۱۱۱/۴۳	۱۳۸/۲۴	۱۷۲/۳۲	۲۷۱/۰۲

۱۰-۶ توزیع ترافیک در خط طرح

تعداد ترافیک یا تعداد محور عبوری از خط طرح از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$W = D_D \times D_L \times EAL_n$$

که در آن:

W - تعداد کل محورهایی که در دوره طرح از خط طرح عبور می‌کند.

D_D - ضریب توزیع ترافیک درهرجهت که معمولاً ۰/۵ (۵۰درصد)است و برای هر پروژه باید تعیین شود.

D_L - ضریب توزیع ترافیک در خط طرح که بر حسب تعداد خطهای عبور از جدول ۱۰-۳ بدست می‌آید.

EAL_n - تعداد کل محورهای استاندارد در n سال دوره طرح

جدول ۱۰-۳ درصد عبور از خط طرح

تعداد خط عبور در هر جهت	ضریب D_L
۱	۱۰۰
۲	۸۰-۱۰۰
۳	۶۰-۸۰
۴	۵۰-۷۵

۱۰-۷ ضریب کامیون

ضریب کامیون عبارت است از تعداد عبور محور ساده ۸/۲ تنی که معادل عبور یک‌بار وسیله‌نقلیه مورد نظر (وانت، کامیونت، مینی‌بوس، اتوبوس، کامیون، تریلی و یا کامیون یدک‌کش) باشد.

برای محاسبه ضریب کامیون، ابتدا وزن و نوع محورها را تفکیک و سپس در ضریب محور هم‌ارز مندرج در جدول ۱۰-۱ ضرب کرده و از جمع نتایج حاصل‌ضرب‌ها، ضریب کامیون را برای کل وسایل‌نقلیه بدست می‌آوریم.

نمونه این محاسبه در جدول ۱۰-۴ نشان داده شده است.

بنابراین متوسط ضریب کامیون برای هر وسیله‌نقلیه با ترکیب فوق عبارت است از:

$$\frac{۴۱۲/۵}{۱۰۰۰} = ۰/۴۲$$

ضریب کامیون برای انواع وسایل‌نقلیه تجاری در راه‌های مختلف برای نمونه فوق طبق جدول ۱۰-۵ می‌باشد. ضریب اضافه بار احتمالی وسایل نقلیه تجاری در ضرایب این جدول منظور گردیده است.

۱۰-۸ محاسبه تعداد کل محورهای مبنا در دوره طرح

برای محاسبه تعداد کل محورهای مبنا که در دوره طرح از خط طرح می‌گذرد، به طریق زیر عمل می‌شود:

الف- تعداد هریک از انواع وسایل‌نقلیه که در سال اول از خط طرح می‌گذرد، تعیین می‌شود.

ب - با منظور کردن ضریب رشد سالانه هریک از انواع وسایل‌نقلیه و تعیین مدت دوره طرح بر حسب سال، از جدول ۱۰-۲، ضرایب تعداد کل ترافیک در دوران طرح بدست می‌آید.

پ - با تعیین نوع کامیون و با استفاده از جدول ۱۰-۵ ضریب کامیون معادل محور مبنا بدست می‌آید. این جدول صرفاً جنبهٔ راهنما دارد و برای استفاده در مثال ذکرشده آورده شده‌است.

ت - با ضرب تعداد هریک از انواع وسایل‌نقلیه در ضریب کامیون معادل محور مبنا و ضریب رشد مربوطه از جدول ۱۰-۲، تعداد محورهای مبنای معادل برای هریک از انواع وسایل‌نقلیه در دوران طرح بدست می‌آید.

ث - جمع تعداد کل محورهای معادل در دوران طرح از جمع تعداد محورهای معادل در ردیف "ت" بدست می‌آید.

برای روشن‌شدن مطالب مذکور در فوق به مثال زیر مراجعه گردد.

جدول ۱۰-۴ محاسبه ضریب محور برای یک هزار وسیله‌نقلیه *

وزن محور تن	تعداد محور در ۱۰۰۰ وسیله‌نقلیه (۲)	ضریب هم‌ارز از جدول ۱۰-۱ (۳)	محور مبنای طرح (۳) × (۲)
	محور منفرد		
کمتراز ۱/۴	۶۰۴	۰/۰۰۰۲	۰/۱
۱/۴-۳/۲	۵۵۷	۰/۰۰۵	۲/۸
۳/۲-۳/۶	۱۴۰	۰/۰۲۷	۳/۸
۳/۶-۵/۵	۴۹۳	۰/۰۸۷	۴۲/۹
۵/۵-۷/۳	۱۵۴	۰/۳۶۰	۵۵/۴
۷/۳-۸/۲	۷۵	۰/۷۹۶	۵۹/۷
۸/۲-۹/۱	۳۳	۱/۲۴	۴۰/۹
۹/۱-۱۰/۹	۲	۲/۵۸	۵/۲
۱۰/۹-۱۱/۸	۱	۳/۵۳	۳/۵
۱۱/۸-۱۳/۶	۱	۵/۳۹	۵/۴
	محور مرکب		
کمتر از ۲/۷	۲۲	۰/۰۱۰	۰/۲
۲/۷-۵/۵	۲۲۷	۰/۰۱۰	۲/۳
۵/۵-۸/۲	۱۶۲	۰/۰۳۶	۵/۸
۸/۲-۱۰/۹	۱۰۸	۰/۱۴۸	۱۶
۱۰/۹-۱۳/۶	۱۴۰	۰/۴۲۶	۵۹/۶
۱۳/۶-۱۴/۵	۵۸	۰/۷۵۳	۴۳/۷
۱۴/۵-۱۵/۴	۲۵	۰/۹۷۱	۲۴/۳
۱۵/۴-۱۶/۳	۶	۱/۲۳	۷/۴
۱۶/۳-۱۷/۲	۳	۱/۵۳	۴/۶
۱۷/۲-۱۸/۱	۱	۱/۸۸	۱/۹
۱۸/۱-۱۹/۰	۱	۲/۲۹	۲/۳
۱۹/۰-۲۰/۰	۱	۲/۷۵	۲/۸
۲۰/۰-۲۰/۹	۱	۳/۲۷	۳/۳
۲۰/۹-۲۲/۷	۱	۴/۱۷	۴/۲
> ۲۲/۷	۱	۵/۲	۵/۲
ΣEAL ۴۱۲/۵			

* دسته‌بندی فوق از شکل IV-2 انستیتو آسفالت (نشریهٔ 1991: MS-1) اقتباس گردیده است و فقط جنبهٔ راهنما برای مثال ذکر شده دارد.

مثال:

متوسط ترافیک روزانه درسال اول طرح دریک راه چهارخطه برابر ۵,۰۰۰ وسیله‌نقلیه در روز می‌باشد که ۲۴ درصد آن ترافیک سنگین (کامیون‌های مختلف طبق ستون اول جدول ۱۰-۵) و تعدادی که از خط طرح عبور می‌نماید ۴۵ درصد می‌باشد.

اگر دوره طرح ۲۰ سال و رشد ترافیک سالانه ۴ درصد باشد. تعداد کل محورهای معادل در دوره طرح را حساب نمایید.

حل:

ابتدا تعداد ترافیک سنگین در سال اول طرح و در خط طرح را محاسبه می‌نماییم:

۵,۰۰۰ × ۳۶۵ × ۰/۴۵ × ۰/۲۴ = ۱۹۷,۱۰۰

دستگاه = کامیون × خط طرح × روز × دستگاه

برای ۱۹۷,۱۰۰ دستگاه وسیله نقلیه سال اول طرح بر حسب نوع وسیله‌نقلیه و تعداد محور و غیره جدول ۱۰-۶ را تشکیل می‌دهیم.

بنابراین تعداد کل محور معادل مبنای طرح که در دوران طرح از خط طرح می‌گذرد برابر است با:

جمع کل محور مبنای طرح = ۴,۶۱۳,۹۰۰ = $۴/۶ \times ۱۰^{۶}$

جدول ۱۰-۵ ضرایب کامیون*

نوع کامیون	درجه راه				
	آزادراه و بزرگراه	راه‌های اصلی	راه‌های فرعی	رمپ و لوپ	حدود
کامیون‌های معمولی تکی					
دو محور چهارچرخ	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱۷	۰/۰۱-۰/۰۱۷
دو محور شش چرخ	۰/۳۱	۰/۳۷	۰/۴۲	۰/۶۱	۰/۳۱-۰/۶۱
سه محور و بیشتر	۰/۹۱	۱/۲۹	۱/۵۹	۱/۸۹	۰/۹۱-۱/۸۹
تریلرها					
چهار محور و کمتر	۰/۹۳	۱/۳۸	۰/۹۳	۰/۵۵	۰/۵۵-۱/۳۸
پنج محور	۱/۶۳	۱/۸۷	۱/۵۷	۲/۵۰	۱/۵۷-۲/۵۰
شش محور و بیشتر	۱/۸۴	۲/۳۱	۱/۵۶	۳/۳۱	۱/۵۶-۳/۳۱

* این جدول جنبهٔ راهنما داشته و برای حل مثال آورده شده است.

جدول ۱۰-۶ محاسبه جمع کل محور معادل در دوران طرح*

نوع وسیله‌نقلیه	تعداد هر وسیله‌نقلیه در خط طرح	ضریب کامیون از جدول ۱۰-۵	ضریب رشد از جدول ۱۰-۲	محور معادل
کامیون معمولی تکی				
دومحور چهار چرخ	۸۴۷۰۰	۰/۰۱	۲۹/۷۸	۲۵/۲۰۰
دومحور شش چرخ	۱۵۸۰۰	۰/۳۱	۲۹/۷۸	۱۴۵۹۰۰
سه محور و بیشتر	۴۰۰۰	۰/۹۱	۲۹/۷۸	۱۰۸/۴۰۰
تریلی				
چهار محور و کمتر	۹۸۰۰	۰/۹۳	۲۹/۷۸	۲۷۱/۴۰۰
پنج محور	۷۵۸۰۰	۱/۶۳	۲۹/۷۸	۳۶۷۹۴۰۰
شش محور و بیشتر	۷۰۰۰	۱/۸۴	۲۹/۷۸	۳۸۳۶۰۰
جمع کل	۱۹۷۱۰۰			۴۶۱۳۹۰۰

* این جدول جنبهٔ راهنما داشته و برای حل مثال آورده شده است.

۱۰-۹ ضرایب بار هم ارز

ضرایب بار هم‌ارز برای روسازی انعطاف‌پذیر با عددهای روسازی مختلف (SN از ۱ تا ۶) و ارزش سرویس‌دهی نهایی ۲، ۲/۵ و ۳ برای بارهای محورهای منفرد بر حسب سیستم متریک طی جدولهای ۱۰-۷ تا ۱۰-۹ نشان داده شده است. برای محورهای مرکب (دومحوره و سه محوره) می‌توان از جداول راهنمای طراحی آشتو (۱۹۹۳) ضریب مربوطه را بدست آورد.

جدول ۱۰-۷ ضرایب بار هم‌ارز برای روسازی ارتجاعی و محور ساده (Pt = ۲)

بار محور (تن)	SN					
	۱	۲	۳	۴	۵	۶
۱	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۲
۲	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳۶	۰/۰۰۳۴	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲۷	۰/۰۰۲۶
۳	۰/۰۱۳۸	۰/۰۱۶۸	۰/۰۱۶۸	۰/۰۱۵	۰/۰۱۳۸	۰/۰۱۳۱
۴	۰/۰۴۴۳	۰/۰۵۱۵	۰/۰۵۴	۰/۰۴۹۹	۰/۰۴۶۲	۰/۰۴۴۳
۵	۰/۱۱۴۱	۰/۱۲۵۴	۰/۱۳۳۹	۰/۱۲۷۸	۰/۱۲۰۴	۰/۱۱۶۱
۶	۰/۲۵۲۷	۰/۲۶۵۹	۰/۲۸۰۹	۰/۲۷۵۷	۰/۲۶۴۸	۰/۲۵۷۸
۷	۰/۵۰۰۸	۰/۵۱۱۸	۰/۵۲۷۸	۰/۵۲۶۲	۰/۵۱۵۶	۰/۵۰۷۹
۸	۰/۹۱۵۲۱	۰/۹۱۴۳	۰/۹۱۸۲	۰/۹۱۸۶	۰/۹۱۶۲	۰/۹۱۶۲
۹	۱/۵۵	۱/۵۴	۱/۵۱	۱/۵۰	۱/۵۲	۱/۵۳
۱۰	۲/۵۱	۱۲/۴۷	۲/۳۷	۲/۳۳	۲/۳۷	۲/۴۳
۱۱	۳/۸۹	۳/۷۹	۳/۵۹	۳/۴۸	۳/۵۵	۳/۶۷
۱۲	۵/۸۰	۵/۶۴	۵/۲۷	۵/۰۳	۵/۱۳	۵/۳۵
۱۳	۸/۴۰	۸/۱۳	۷/۵۳	۷/۱۰	۷/۱۹	۷/۵۴
۱۴	۱۱/۸۴	۱۱/۴۳	۱۰/۵۱	۹/۷۹	۹/۸۴	۱۰/۳۵
۱۵	۱۶/۳۰	۱۵/۷۲	۱۴/۳۶	۱۳/۲۴	۱۳/۲۱	۱۳/۸۹
۱۶	۲۲/۰۱	۲۱/۱۹	۱۹/۲۷	۱۷/۶۱	۱۷/۴۲	۱۸/۲۸
۱۷	۲۹/۲۰	۲۸/۰۸	۲۵/۴۵	۲۳/۰۸	۲۲/۶۳	۲۳/۶۶
۱۸	۳۸/۱۲	۳۶/۶۴	۳۳/۱۰	۲۹/۸۳	۲۹/۰۱	۳۰/۲۰
۱۹	۴۹/۰۸	۴۷/۱۴	۴۲/۴۹	۳۸/۰۹	۳۶/۷۷	۳۸/۰۷
۲۰	۶۲/۳۹	۵۹/۹۰	۵۳/۸۹	۴۸/۰۸	۴۶/۱۱	۴۷/۴۸
۲۱	۷۸/۴۲	۷۵/۲۵	۶۷/۵۹	۶۰/۰۸	۵۷/۲۷	۵۸/۶۴
۲۲	۹۷/۵۴	۹۳/۵۷	۸۳/۹۳	۷۴/۳۷	۷۰/۵۱	۷۱/۷۸
۲۳	۱۲۰/۱۷	۱۱۵/۲۴	۱۰۳/۲۶	۹۱/۲۴	۸۶/۱۰	۸۷/۱۹
۲۴	۱۴۶/۷۷	۱۴۰/۷۲	۱۲۵/۹۷	۱۱۱/۰۵	۱۰۴/۳۶	۱۰۵/۱۳
۲۵	۱۷۷/۸۳	۱۷۰/۴۶	۱۵۲/۴۸	۱۳۴/۱۵	۱۲۵/۶۰	۱۲۵/۹۳

جدول ۱۰-۸ ضرایب بار هم‌ارز برای روسازی ارتجاعی و محور ساده (Pt = ۲/۵)

بار محور (تن)	SN					
	۱	۲	۳	۴	۵	۶
۱	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۲
۲	۰/۰۰۴	۰/۰۰۵۹	۰/۰۰۵۱	۰/۰۰۳۸	۰/۰۰۳۱	۰/۰۰۲۷
۳	۰/۰۱۵۶	۰/۰۲۴۵	۰/۰۲۴۴	۰/۰۱۹	۰/۰۱۵۵	۰/۰۱۴
۴	۰/۰۴۶۹	۰/۰۶۵۸	۰/۰۷۳۵	۰/۰۶۱۴	۰/۰۵۱۶	۰/۰۴۶۹
۵	۰/۱۱۷۳	۰/۱۴۵	۰/۱۶۸۱	۰/۱۵۱۵	۰/۳۳۲۳	۰/۱۲۲
۶	۰/۲۵۵۹	۰/۲۸۷۲	۰/۳۲۴۹	۰/۳۱۱۶	۰/۲۸۴۳	۰/۲۶۷۸
۷	۰/۵۰۳۳	۰/۵۲۸۷	۰/۵۶۶۶	۰/۵۶۲۹	۰/۵۳۷۶	۰/۵۱۹۶
۸	۰/۹۱۲۵	۰/۹۱۷۷	۰/۹۲۶۴	۰/۹۲۷۴	۰/۹۲۲۱	۰/۹۱۷۵
۹	۱/۵۵	۱/۵۲	۱/۴۵	۱/۴۳	۱/۴۷	۱/۵۰
۱۰	۲/۵۰	۲/۴۰	۲/۱۹	۲/۱۱	۲/۲۰	۲/۳۲
۱۱	۳/۸۷	۳/۶۶	۳/۲۳	۳/۰۱	۳/۱۵	۳/۴۰
۱۲	۵/۷۷	۵/۴۰	۴/۶۴	۴/۱۸	۴/۳۶	۴/۸۰
۱۳	۸/۳۴	۷/۷۶	۶/۵۲	۵/۷۰	۵/۸۸	۶/۵۴
۱۴	۱۱/۷۶	۱۰/۸۷	۸/۹۸	۷/۶۵	۷/۷۵	۸/۶۸
۱۵	۱۶/۱۹	۱۴/۹۱	۱۲/۱۵	۱۰/۱۲	۱۰/۰۶	۱۱/۲۶
۱۶	۲۱/۸۵	۲۰/۰۶	۱۶/۱۹	۱۳/۲۰	۱۲/۸۸	۱۴/۳۵
۱۷	۲۸/۹۷	۲۶/۵۴	۲۱/۲۴	۱۷/۰۳	۱۶/۲۹	۱۸/۰۲
۱۸	۳۷/۸۳	۳۴/۵۹	۲۷/۵۰	۲۱/۷۴	۲۰/۴۲	۲۲/۳۵
۱۹	۴۸/۶۹	۴۴/۴۶	۳۵/۱۶	۲۷/۴۶	۲۵/۳۶	۲۷/۴۴
۲۰	۶۱/۹۰	۵۶/۴۵	۴۴/۴۵	۳۴/۳۶	۳۱/۲۶	۳۳/۳۹
۲۱	۷۷/۷۹	۷۰/۸۷	۵۵/۶۱	۴۲/۶۲	۳۸/۲۵	۴۰/۳۴
۲۲	۹۶/۷۵	۸۸/۰۸	۶۸/۹۰	۵۲/۴۳	۴۶/۴۸	۴۸/۴۰
۲۳	۱۱۹/۱۹	۱۰۸/۴۴	۸۴/۶۲	۶۳/۹۹	۵۶/۱۳	۵۷/۷۴
۲۴	۱۴۵/۵۷	۱۳۲/۳۷	۱۰۳/۰۸	۷۷/۵۳	۶۷/۳۷	۶۸/۵۱
۲۵	۱۷۶/۳۷	۱۶۰/۳۰	۱۲۴/۶۱	۹۳/۳۱	۸۰/۴۰	۸۰/۸۸

جدول ۱۰-۹ ضرایب بار هم‌ارز برای روسازی ارتجاعی و محور ساده (Pt = ۳)

بار محور (تن)	SN					
	۱	۲	۳	۴	۵	۶
۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱۲	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۰۴	۳۰/۰۰۰	۰/۰۰۰۲
۲	۰/۰۰۵۷	۰/۰۰۱۱۵	۰/۰۰۸۹	۰/۰۰۵۳	۰/۰۰۳۶	۰/۰۰۳
۳	۰/۰۱۸۴	۰/۰۴۰۵	۰/۰۴۰۲	/۰۲۵۹	۰/۰۱۸۳	۰/۰۱۵۲
۴	۰/۰۵۰۶	۰/۰۹۱۷	۰/۱۱۱۳	۰/۰۸۱۱	۰/۰۵۹۹	۰/۰۵۰۶
۵	۰/۱۲۱۷	۰/۱۷۶۵	۰/۲۲۸۷	۰/۱۹۰۶	۰/۱۵۰۲	۰/۱۳۰۳
۶	۰/۲۶۰۴	۰/۳۱۸۶	۰/۵۶/۳۹	۰/۳۶۷۶	۰/۳۱۳۱	۰/۲۸۱۸
۷	۰/۵۰۶۷	۰/۵۵۲۳	۰/۶۲۳۷	۰/۶۱۶۶	۰/۵۶۸۸	۰/۵۳۵۹
۸	۰/۹۱۳۲	۰/۹۲۲۲	۰/۹۳۷۷	۰/۹۳۹۳	۰/۹۳	۰/۹۲۱۹
۹	۱/۵۵	۱/۴۸	۱/۳۷	۱/۳۴	۱/۴۰	۱/۴۶
۱۰	۲/۴۹	۲/۳۱	۱/۹۷	۱/۸۴	۱/۹۸	۲/۱۸
۱۱	۳/۸۴	۳/۴۸	۲/۸۰	۲/۴۷	۲/۶۸	۳/۰۷
۱۲	۵/۷۲	۵/۱۰	۳/۹۰	۳/۲۶	۳/۵۱	۴/۱۴
۱۳	۸/۲۷	۷/۲۸	۵/۳۶	۴/۲۵	۴/۴۷	۵/۴۰
۱۴	۱۱/۶۵	۱۰/۱۵	۷/۲۶	۵/۴۹	۵/۶۲	۶/۸۵
۱۵	۱۶/۰۳	۱۳/۸۸	۹/۷۰	۷/۰۳	۶/۹۶	۸/۴۹
۱۶	۲۱/۶۳	۱۸/۶۲	۱۲/۷۹	۸/۹۵	۸/۵۶	۱۰/۳۶
۱۷	۲۸/۶۸	۲۴/۵۹	۱۶/۶۴	۱۱/۳۰	۱۰/۴۵	۱۲/۴۸
۱۸	۳۷/۴۳	۳۲/۰۰	۲۱/۴۱	۱۴/۱۸	۱۲/۷۰	۱۴/۸۹
۱۹	۴۸/۱۸	۴۱/۰۸	۲۷/۲۳	۱۷/۶۵	۱۵/۳۶	۱۷/۶۳
۲۰	۶۱/۲۴	۵۲/۱۰	۳۴/۲۷	۲۱/۸۳	۱۸/۴۹	۲۰/۷۶
۲۱	۷۶/۹۵	۶۵/۳۶	۴۲/۷۲	۲۶/۸۰	۲۲/۱۷	۲۴/۳۴
۲۲	۹۵/۷۰	۸۱/۱۷	۵۲/۷۸	۳۲/۶۹	۲۶/۴۸	۲۸/۴۲
۲۳	۱۱۷/۸۹	۹۹/۸۸	۶۴/۶۷	۳۹/۶۲	۳۱/۴۹	۳۳/۰۹
۲۴	۱۴۳/۹۷	۱۲۱/۸۶	۷۸/۶۱	۴۷/۷۲	۳۷/۳۰	۳۸/۴۱
۲۵	۱۷۴/۴۲	۱۴۷/۵۲	۹۴/۸۷	۵۷/۱۳	۴۴/۰۱	۴۴/۴۷

فصل یازدهم - طرح روسازی راه

۱۱-۱ تعریف

سازه روسازی راه یک سیستم چندلایه‌ای است که برای توزیع و انتقال بار متمرکز ترافیک به بستر روسازی طرح می‌شود. طراحی شامل تعیین ضخامت کل سازه و هریک از لایه‌های تشکیل‌دهنده آن و کیفیت مصالح مصرفی در این ساختار است.

جنس و ضخامت روسازی به گونه‌ای طرح می‌شود تا اولاً بتواند شدت تنش‌های فشاری قائم را به میزان قابل تحمل برای خاک بستر روسازی و هریک از لایه‌های آن، کاهش دهد. ثانیاً تنش کششی در زیر لایه‌های آسفالتی کمتر از تنش کششی مجاز آسفالت باشد تا روسازی دچار ترک‌خوردگی نشود.

۱۱-۲ عوامل مؤثر در طرح روسازی

عوامل مؤثر در طرح روسازی راه‌های جدید و یا بازسازی کامل راه‌های قدیمی بشرح زیر می‌باشد.

۱۱-۲-۱ عمر روسازی

عمر روسازی شامل عمر طراحی و عمر بهره‌برداری به شرح زیر است:

۱۱-۲-۱-۱ عمر طراحی

دوره یا عمر طراحی، مدت زمانی است که روسازی بدون آنکه دچار خرابی‌های عمده شود برای آن طرح می‌شود. در برخی از موارد طرح و اجرای روسازی بصورت مرحله‌ای اغلب از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه است. مطلوب‌تر آن است که عمر طراحی به گونه‌ای تعیین شود که در طی این مدت حداقل اجرای یک روکش پیش‌بینی شود. انتخاب این گزینه با درنظرگرفتن هزینه‌های نگهداری در دوران بهره‌برداری و هزینه‌های روکش بعدی صورت می‌گیرد. عمر طراحی برحسب اهمیت راه تعیین می‌گردد. برای مثال عمر طراحی راه‌های مختلف (آسفالتی و شنی) باتوجه به شرایط کلی نگهداری راههای کشوردر جدول ۱۱-۱ نشان داده شده‌است.

جدول ۱۱-۱ عمر طراحی راه‌های مختلف

نوع راه	عمر طراحی - سال
بین شهری با ترافیک زیاد	۲۰-۲۵
روسازی شده با ترافیک کم	۱۵-۲۵
شنی	۱۰-۲۰

۱۱-۲-۱-۲ عمربهره‌برداری

عمر یا دوره بهره‌برداری، مدت زمانی است که روسازی اولیه بدون نیاز به روکش با کیفیت قابل قبول دوام آورد. زمان بین دو روکش را نیز عمر بهره‌برداری می‌نامند. در واقع این دوره شامل مدت زمانی است که روسازی از میزان خدمت دهی اولیه (P_i) به میزان خدمت‌دهی نهایی (P_t) برسد. عمر بهره‌برداری براساس تجربه‌های طراح و سیاست‌های کارفرما تعیین می‌شود و تابع نحوه و سیستم نگهداری راه است.

۱۱-۲-۲ ترافیک

برای طراحی یک راه، انواع، تعداد و وزن محورهای وسایل‌نقلیه‌ای که در دوره طرح از راه عبور می‌کند، برآورد می‌گردد. طراحی براساس برآورد تعداد کل محور ساده ۸/۲ تنی هم‌ارز در خط طرح و برای عمر طراحی، انجام می‌شود. چگونگی تبدیل ترافیک مخلوط به محور ساده ۸/۲ تنی هم‌ارز و در نهایت محاسبه تعداد کل محور ساده، در فصل دهم شرح داده شده‌است.

۱۱-۲-۳ ضریب اطمینان و انحراف معیار

جهت اطمینان از دوام روسازی در طول عمر طرح و جبران تغییرات احتمالی در تعداد ترافیک پیش‌بینی شده و عملکرد روسازی، ضریب اطمینان (R)، انحراف معیار کلی (S_o) و انحراف معیار نرمال (Z_R) در محاسبات منظور می‌شود. ضریب (R) نشان می‌دهد که با چه درصد اطمینانی می‌توان انتظارداشت که روسازی طرح شده عملاً معادل عمر طراحی دوام آورد. مقادیر ضریب (R) و انحراف معیار نرمال (Z_R) برای انواع راه‌ها در جدول ۱۱-۲ نشان داده شده است.

جدول ۱۱-۲ ضریب اطمینان(R)وانحراف معیارنرمال (Z_R)

نوع راه (برون شهری)	ضریب اطمینان (R)	انحراف معیارنرمال (Z_R)
آزادراه	۸۰-۹۵	۱/۶۴۵- تا ۰/۸۴۱-
راه اصلی	۷۵-۹۵	۱/۶۴۵- تا ۰/۶۷۴-
راه فرعی درجه ۱	۷۰-۹۰	۱/۲۸۲- تا ۰/۵۲۴-
راه فرعی درجه ۲	۵۰-۸۰	۰/۸۴۱- تا ۰

برای یک درصد اطمینان مشخص، ضریب (R) تابعی از پراکندگی و انحراف معیار کلی مربوط به پیش‌بینی رفت و آمد و عملکرد روسازی می‌باشد. انتخاب صحیح ضریب اطمینان (R) و انحراف معیار کلی (S_o)، جبران‌کننده کلیه تغییرات احتمالی در داده‌های مورد نیاز برای طراحی است و لذا کاربرد ضرایب محافظه کارانه دیگر ضرورت ندارد.

در این آیین‌نامه، برای کلیه راه‌های اصلی و آزادراه‌ها کاربرد ضریب اطمینان ۹۵ درصد و برای انحراف معیار کلی (S_o) عدد ۰/۳۵ توصیه می‌شود.

۱۱-۳ نشانه خدمت‌دهی و عملکرد روسازی

نشانه خدمت‌دهی یک روسازی، قابلیت بهره‌دهی آن را برای ترافیکی که طرح شده است، برای استفاده‌کنندگان از راه مشخص می‌کند. نشانه خدمت‌دهی یک روسازی (PSI) از صفر (برای یک راه مطلقاً غیرقابل استفاده) تا پنج (برای یک راه بسیار عالی) تغییر می‌کند. متوسط نمره‌ای که به هر روسازی در زمان ارزیابی داده می‌شود، درجهٔ خدمت‌دهی فعلی آن روسازی نامیده می‌شود. این ضریب در روزهای اولیه بهره‌برداری از راه حداکثر است و بعد از مدتی که راه مورد استفاده قرارگرفت کاهش می‌یابد.

علاوه بر آنکه نشانه خدمت‌دهی روسازی به طور نظری ارزیابی می‌شود، بااستفاده از روش‌های آماری و اندازه‌گیری‌هایی که در سطح راه انجام می‌شود، نتایجی به دست می‌آید که به ارزیابی نظری مرتبط می‌گردد. نتیجه این اندازه‌گیری‌ها برای روسازی‌های آسفالتی در رابطه زیر خلاصه شده است:

$$PSI = ۵/۰۳-۱/۹Log(۱+SV)-۰/۱\sqrt{(\frac{C}{۰/۳}+\frac{P}{۰/۰۹})}-۱/۳۸(\frac{\overline{RD}}{۲/۵})^۲$$

که در این رابطه:

PSI - نشانه خدمت‌دهی فعلی روسازی

SV - میزان ناهمواری سطح روسازی (تغییرات شیب)

C - میزان ترک‌های مهم سطح روسازی بر حسب متر در هر صدمتر مربع

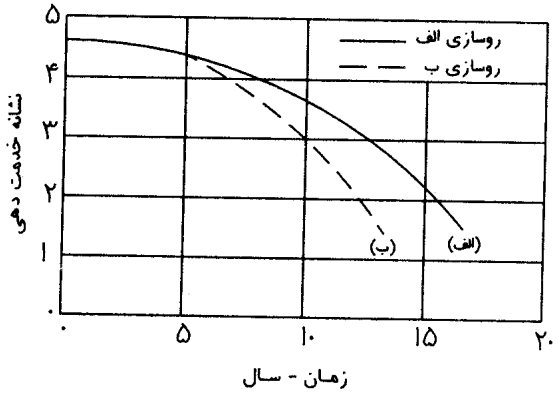
P - میزان لکه‌گیری‌ها وتعمیرات برحسب مترمربع در هر صدمترمربع

$\overline{RD}$ - مقدار متوسط گودی و شیار چرخ‌ها (در هر دو مسیر چرخ‌های وسایل‌نقلیه) برحسب سانتیمتر که با استفاده از یک شمشه ۱/۲ متری اندازه‌گیری می‌شود.

وضعیت روسازی به طور مداوم و با یک برنامه معین مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. شکل ۱۱-۱ منحنی نمایش تغییرهای

نشانه خدمت‌دهی دو نوع روسازی الف و ب برحسب زمان را نشان می‌دهد که آن را منحنی عملکرد روسازی می‌نامند.

در این آیین‌نامه، نشانه خدمت‌دهی اولیه روسازی‌های آسفالتی حداکثر ۴/۲ و نشانه خدمت‌دهی نهایی برای آزادراهها و بزرگراهها قبل از بازسازی و یا روکش ۳، برای راههای اصلی ۲/۵ و برای راه‌های فرعی ۲ تعیین شده است.



شکل ۱۱-۱ منحنی عملکرد روسازی

نشانه خدمت‌دهی روسازی، تابعی‌ازشدت آسیب‌دیدگی‌های مختلف سطح راه می‌باشد، اما عملاً تأثیر میزان ناهمواری‌های راه بیشتر از سایر خرابی‌هاست.

نشانه های افت معیار خدمت‌دهی ناشی از ، آسیب‌دیدگی‌های سطحی و سازه‌ای رویه آسفالتی است که به گونه‌های مختلف نظیر فقدان تاب لغزشی ، ایجاد ناهمواری‌ها، انواع ترک‌ها و تغییرشکل‌ها، موجب تغییر مقاومت، دوام و توان باربری زیرسازی و روسازی راه می‌گردد. این عوامل عمدتاً به دو طریق زیر بر خاک بستر و مصالح روسازی تأثیر می‌گذارد.

۱۱-۳-۱ تأثیر رطوبت

مقاومت خاک‌های ریزدانه و درشت‌دانه با افزایش رطوبت و ایجاد شرایط اشباع کاهش می‌یابد. تأثیرات مخرّب ناشی از افزایش رطوبت را می‌توان به کمک یکی از روش‌های متداول نظیر اصلاح مصالح، تعبیه زهکشی، بالابردن رقوم روسازی، استفاده از مواد تثبیت‌کننده نظیر آهک، سیمان، قیر و سایر افزودنی‌های شیمیایی حذف کرد. با تعیین مقاومت خاک بستر و مصالح روسازی، بروش سی‌بی‌آر اشباع، که پایه اصلی طرح روسازی در این آئین‌نامه محسوب می‌شود، کاهش مقاومت ناشی از جذب آب و پدیده اشباع، عملاً در محاسبات منظور شده است.

۱۱-۳-۲ تأثیر یخ‌بندان

تورّم ناشی از یخ‌بندان در روسازی و زیرسازی راه هنگامی بروز خواهدکرد که هر سه عامل زیر در یک پروژه حادث شود.

چنانچه حتی یک عامل از عوامل زیر در پروژه مورد طراحی وجود نداشته باشد تأثیر یخبندان در نظر گرفته نمی‌شود.

الف - هوای سرد با دمای زیر صفر

ب - وجود خاک‌های ریزدانه و مصالحی که بیش از ۳ درصد دانه‌های کوچکتراز ۲۰ میکرون داشته و در مقابل یخ‌بندان حساس است.

پ - تراز آب زیرزمینی در عمق نسبتاً کم (کمتر از سه متر)

درصورت فقدان یکی از عوامل فوق تورم ناشی از یخ‌بندان در روسازی به وقوع نمی‌پیوندد.

برای کاهش حساسیت مصالح روسازی، زیراساس و اساس در مقابل یخ‌بندان، در این آیین‌نامه علاوه بر آن که مواد ردشده از الک شماره ۲۰۰ آنها (۷۵ میکرون)، به مقدار قابل ملاحظه‌ای کاهش داده شده، مقدار دانه‌های کوچکتر از ۰/۰۲ میلیمتر

مصالح نیز در شرایط یخبندان حداکثر به ۳ درصد محدود گردیده است (فصل‌های سوم و چهارم).

۱۱-۴ مشخصات فنی مصالح روسازی

در این آیین‌نامه، طرح روسازی راه بر پایه تعیین ضریب برجهندگی خاک بستر روسازی و ضریب ارتجاعی مصالح روسازی (شامل لایه‌های غیرآسفالتی و آسفالتی) استوار است.

در صورتیکه انجام آزمایش آشتو T-۳۰۷، برای تعیین ضریب برجهندگی خاک بستر روسازی و ضریب ارتجاعی مصالح غیرآسفالتی لایه‌های روسازی شامل زیراساس واساس و آزمایش D۴۱۲۳ ای اِس تی اِم برای تعیین ضریب ارتجاعی آسفالت امکان‌پذیر باشد، نتایج بدست آمده را می‌توان مستقیماً برای استفاده در طراحی و تعیین ضخامت لایه‌ها بکاربُرد. درغیر این صورت جهت دست‌یابی به ضرایب مقاومتی فوق، برای خاک بستر روسازی و هر یک از لایه‌های روسازی بشرح زیر عمل می‌شود:

۱۱-۴-۱ خاک بستر روسازی

مقاومت طرح خاک بستر روسازی بر حسب سی‌بی‌آر با روش D ۱۸۸۳ ای اس تی ام (سه نقطه‌ای) و با تراکم T-۱۸۰ وبا رعایت بند ۲-۴ از فصل دوم تعیین می‌شود. این مقاومت برای خاک درشت دانه ۹۵درصد و خاک ریزدانه ۹۰درصد سی‌بی‌آر منظور می‌شود.

برای تبدیل این مقاومت به ضریب برجهندگی در صورتیکه امکان تعیین آن بطور مستقیم و با روش T-۳۰۷ آشتو مقدور نباشد می‌توان بطور تقریب از جدول شماره ۱۱-۳ استفاده نمود.

جدول ۱۱-۳ تبدیل سی‌بی‌آر خاک بستر روسازی به ضریب برجهندگی

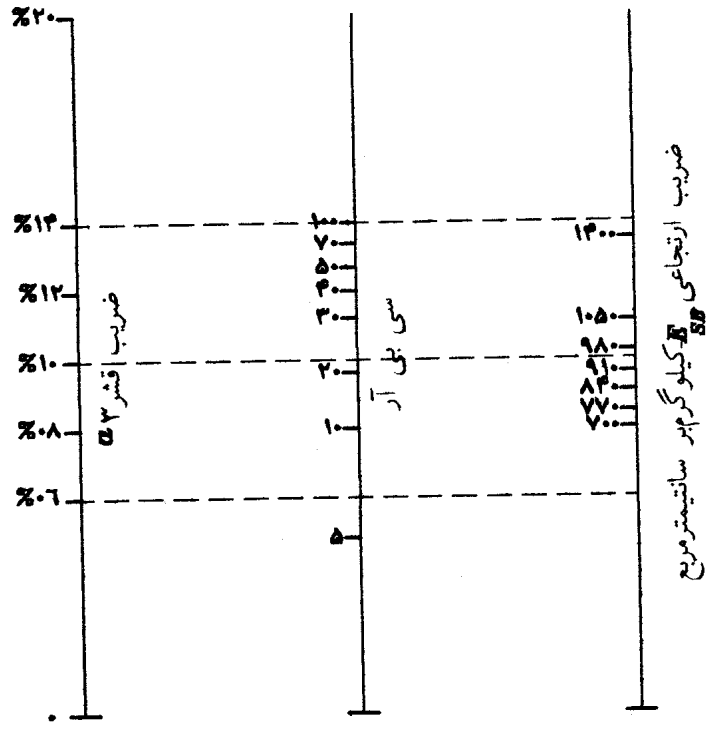
ردیف	درصدسی‌بی‌آرطرح خاک بسترروسازی	ضریب‌برجهندگی‌خاک‌بستر (kg/cm۲)
۱	۵ ≤ سی‌بی‌آر	(سی‌بی‌آر)۱۰۵
۲	۱۰ ≤ سی‌بی‌آر ≥ ۵	(۵-سی‌بی‌آر)۳۵+۵۲۵
۳	۱۵ ≤ سی‌بی‌آر ≤ ۱۰	(۱۰-سی‌بی‌آر)۲۱+۷۰۰
۴	۲۵ ≤ سی‌بی‌آر ≤ ۱۵	(۱۵-سی‌بی‌آر)۱۴+۸۰۵
۵	۲۵ ≥ سی‌بی‌آر	به‌شکل ۱۱-۲مراجعه‌شود

۱۱-۴-۲ مصالح زیراساس

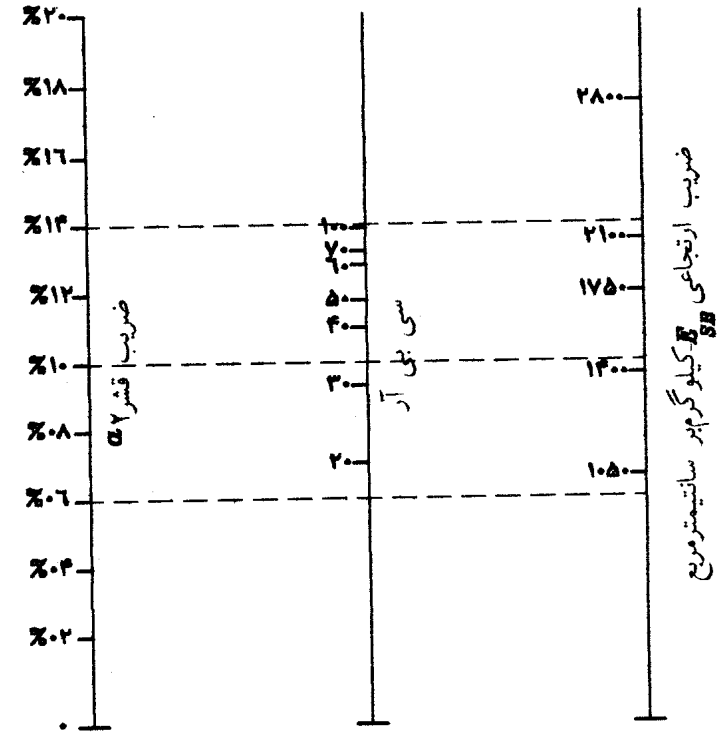
مشخصات فنی مصالح زیراساس و حداقل سی‌بی‌آر آن در ۱۰۰ درصد تراکم آزمایشگاهی بروش T ۱۸۰ آشتوکه معادل ۲۵ درصد تعیین شده، در فصل سوم توضیح داده شده است. این رقم آنچنانکه در شکل ۱۱-۲ دیده می‌شود معادل با ضریب ارتجاعی ۹۸۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع است. در شرایطی که سی‌بی‌آر مصالح مصرفی بیشتر از ۲۵ درصد باشد، می‌توان از ضریب ارتجاعی معادل آن که در شکل ۱۱-۲ نشان داده شده، استفاده کرد.

۱۱-۴-۳ مصالح اساس شکسته

مشخصات فنی مصالح اساس شکسته در فصل چهارم توضیح داده شده است. حداقل سی‌بی‌آر این مصالح در ۱۰۰ درصد تراکم آزمایشگاهی به روش T ۱۸۰ آشتو ۸۰ درصد تعیین گردیده که ضریب ارتجاعی معادل آن ۱۹۲۵ کیلوگرم برسانتیمتر مربع است. در شرایطی که سی‌بی‌آر مصالح مصرفی بیش از ۸۰ باشد رقم ضریب ارتجاعی نظیر را می‌توان از شکل ۱۱-۳ بدست آورد.



شکل ۱۱-۲ نمودار تعیین ضریب لایه زیر اساس (a۲) برحسب سی بی آر و ضریب ارتجاعی



شکل ۱۱-۳ نمودار تعیین ضریب لایه اساس (a۲) برحسب سی بی‌آر و ضریب ارتجاعی

۱۱-۴-۴ مصالح اساس قیری

مشخصات فنی این مصالح در فصل نهم شرح داده شده است. با توجه به حداقل مقاومت مارشال این مصالح که ۸۰۰ کیلوگرم تعیین گردیده است، ضریب ارتجاعی معادل آن براساس شکل ۱۱-۴ حدود ۲۶۵۰۰ کیلوگرم برسانتیمتر مربع می‌شود.

۱۱-۴-۵ بتن آسفالتی آستر و رویه

در این آیین‌نامه ضریب ارتجاعی قشر بتن آسفالتی شامل آستر و رویه در ۲۰ درجه سانتیگراد، با آزمایش D۴۱۲۳ ای اِس تی اِم حداکثر ۳۱۵۰۰ کیلوگرم بر سانتیمترمربع تعیین شده است (شکل ۱۱-۵). استفاده از بتن آسفالتی با ضریب ارتجاعی بیشتر، موجب افزایش حساسیت مخلوط آسفالتی در مقابل ترک‌های ناشی از تغییرات دمای محیط و ترک‌های خستگی می‌گردد.

۱۱-۵ عدد ضخامت روسازی

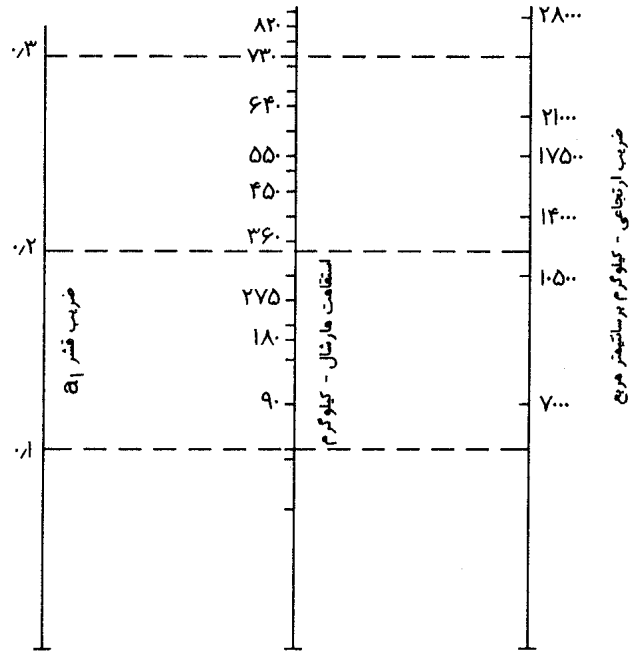
حل معادله روسازی راه در این آیین‌نامه و یا استفاده از نمودار این معادله، که هر دو در شکل ۱۱-۶ ارائه شده‌است، در نهایت برای تعیین عدد ضخامت (عدد سازه‌ای) انجام می‌گیرد. این عدد، تابع ترکیبی از متغیرها و داده‌های طرح شامل مقاومت خاک بستر، تعداد کل بارهای محوری ساده هم‌ارز ۸/۲ تنی، نشانه خدمت‌دهی نهایی، ضریب اطمینان و شرایط جوی است. عدد ضخامت روسازی به ضخامت واقعی هریک از لایه‌های تشکیل دهنده تبدیل می‌شود. در این تبدیل از ضرایب خاصی استفاده می‌شود که در رابطه زیر نشان داده شده است.

$$SN = \frac{1}{2/5}(a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3)$$

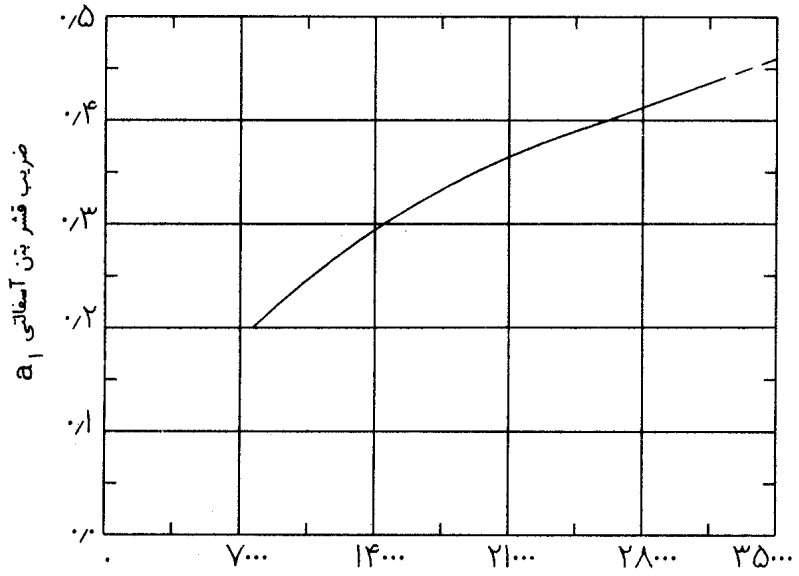
که درآن:

a_3، a_2، a_1 به ترتیب ضرایب لایه‌های رویه آسفالتی، اساس شکسته و زیراساس می‌باشد که در بند ۱۱-۶ تعریف شده‌است.

D_1، D_2، D_3 ضخامت لایه‌های آسفالتی، اساس و زیراساس بر حسب سانتیمتر است.



شکل ۱۱-۴ نمودار تعیین ضریب قشر اساس قیری برحسب مقاومت مارشال و ضریب ارتجاعی



شکل ۱۱-۵ نمودار تعیین ضریب لایه بتن آسفالتی بر حسب ضریب ارتجاعی

۱۱-۶ ضرایب قشرهای روسازی

برای تعیین ضخامت واقعی هریک از لایه‌های روسازی، شامل بتن آسفالتی، اساس قیری، اساس شکسته و زیراساس، ضریبی تخصیص داده شده که ضریب لایه نامیده می‌شود. این ضریب، رابطه تجربی بین عدد ضخامت و ضخامت واقعی را بیان می‌کند. ضریب لایه در واقع معرّف مقاومت و قدرت باربری لایه مورد نظر است که برای هریک از قشرهای مختلف روسازی متفاوت می‌باشد. بین عدد ضخامت، ضریب قشر و ضخامت لایه‌های مختلف رابطه زیر برقرار است:

$$SN = \frac{a_i D_i}{۲/۵}$$

که در آن:

D_i - ضخامت لایه بر حسب سانتیمتر

a_i - ضریب سازه‌ای لایه

SN - عدد ضخامت لایه

ضرایب لایه‌ای قشرهای مختلف روسازی عبارت‌است از:

۱۱-۶-۱ ضریب لایه زیراساس

ضریب لایه زیراساس، با توجه به قدرت باربری مصالح بر حسب سی‌بی‌آر یا ضریب ارتجاعی بیان می‌شود، این ضریب برای E_{SB} معادل kg/cm^2 ۹۸۰، بشرح بند ۱۱-۴-۲، معادل a_3=۰/۱ تعیین می‌گردد:

ضریب لایه زیراساس را می‌توان به تناسب تغییراتی که ممکن است در قدرت باربری آن ایجادشود از شکل ۱۱-۲ و یا رابطه زیر تعیین کرد. $a_3 = ۰/۳۱۴(\text{Log}E_{SB}) - ۰/۸۳۹$

در این رابطه E_{SB} بر حسب کیلوگرم بر سانتیمترمربع است.

۱۱-۶-۲ ضریب لایه اساس شکسته

ضریب لایه اساس شکسته با توجه بشرح بند ۱۱-۴-۳ یعنی سی‌بی‌آر ۸۰ درصد (معادل با ضریب ارتجاعی ۱۹۲۵

کیلوگرم بر سانتیمتر مربع) برابر ۰/۱۳ تعیین می‌شود:

ضریب a_2 را می‌توان از شکل ۱۱-۳ و یاازرابطه زیر بدست‌آورد.

$$a_2 = ۰/۳۳۵۶ (LogE_{BS}) - ۰/۹۷۷$$

در رابطه بالا E_{BS} بر حسب کیلوگرم بر سانتیمترمربع است.

۱۱-۶-۳ ضریب لایه اساس قیری

ضریب لایه مصالح اساس قیری که مقاومت مارشال آن ۸۰۰ کیلوگرم تعیین شده است، بشرح شکل ۱۱-۴، برابر ۰/۳۲ منظور می‌گردد.

۱۱-۶-۴ ضریب لایه بتن آسفالتی

بشرح مشخصات فنی سازه‌ای بتن آسفالتی در بند ۱۱-۴-۵ ضریب لایه این مصالح برای ضریب ارتجاعی ۳۱۵۰۰ کیلوگرم بر سانتیمترمربع، مطابق شکل ۱۱-۵، برابر ۰/۴۴ است.

تا موقعی که آزمایش D۴۱۲۳ ای اِس تی اِم در جریان عملیات اجرایی برای تعیین ضریب ارتجاعی فوق قابل اجرا نباشد، ضریب a_1 برای طرح محاسبات روسازی ۰/۴۲ انتخاب می‌شود.

۱۱-۷ ضرایب زهکشی لایه‌های روسازی

زهکشی نامناسب و حضور آب اضافی درلایه‌های زیراساس واساس، ضریب ارتجاعی این مصالح یعنی E_{SB} و E_{BS} (بندهای ۱۱-۴-۲ و ۱۱-۴-۳) را تا بیش از ۵۰ درصد کاهش می‌دهد.

کیفیت زهکشی در این آیین‌نامه برای مصالح غیرآسفالتی سازه روسازی یعنی زیراساس و اساس برحسب مدت زمانی تعریف می‌شود که آب باقیمانده در این مصالح بعد از زهکشی به حدود ۵۰ درصد رطوبت اشباع (حالت مرطوب) برسد. با این تعریف مصالح روسازی از نظر خاصیت زهکشی و سرعت خروج آب به پنج طبقه تقسیم می‌شود که در جدول ۱۱-۴ نشان داده شده است.

باتوجه به جدول ۱۱-۴، مشخصات مصالح زیراساس و اساس در این آیین‌نامه بشرح فصل‌های سوم و چهارم در رده کیفیت زهکشی قابل قبول یا بهتر قرار می‌گیرد. تأثیر میزان و کیفیت زهکشی با اعمال ضرایب اصلاحی m_i به ضرایب قشرها در رابطه اشاره شده در بند ۱۱-۵ انجام می‌گیرد که بشرح رابطه زیر نوشته می‌شود.

$$SN = \frac{۱}{۲/۵} (a_1D_1 + a_2m_2D_2 + a_3m_3D_3)$$

که در آن m_2 و m_3 به ترتیب ضریب زهکشی لایه‌های اساس و زیراساس محسوب می‌شود.

جدول ۱۱-۴ طبقه‌بندی مصالح از نظر خاصیت زهکشی

کیفیت زهکشی	مدت زمان زهکشی
عالی	دوساعت
خوب	یک روز
قابل قبول	یک هفته
ضعیف	یک ماه
خیلی ضعیف	دفع نمی‌شود

این ضرایب به عنوان تابعی ازکیفیت زهکشی و درصد زمانی که رطوبت لایه‌های روسازی در طول عمر روسازی نزدیک به

حالت اشباع باشد، در جدول ۱۱-۵ نشان داده شده است.

بدیهی است که میزان رطوبت بستگی به میزان بارندگی سالانه و شرایط زهکشی سطحی دارد و درصدهای مختلف سه‌گانه جدول شامل ۵ درصد، ۲۵-۵ و بیشتر از ۲۵ درصد و ضرایب مربوط برای شرایط متفاوت زهکشی به ترتیب برای مناطق گرم و خشک، معتدل و با بارندگی زیاد، قابل انطباق است. با توجه به این که مصالح مصرفی در لایه‌های زیراساس و اساس در این آیین‌نامه کیفیت مشابهی از نظر زهکشی دارد، عمدتاً با خاصیت «قابل قبول» و بالاتر منطبق می‌باشد که برای هریک از درصدهای سه گانه جدول، دارای ضریب مساوی است. به عنوان مثال چنانچه پروژه با شرایط ۲۵-۵ درصد جدول برابری داشته باشد، ضرایب لازم برای ردیف «قابل قبول» عبارت است از: $m_2 = m_3 = ۰/۸-۱/۰$

جدول ۱۱-۵ ضرایب اصلاحی m_i برای قشرهای اساس و زیراساس

ردیف	کیفیت زهکشی	درصد زمانی که رطوبت مصالح در حدود اشباع است		
		تا ۵ درصد (۱) (منطقه خشک)	۲۵-۵ درصد (۱) (منطقه معتدل)	بیشتراز ۲۵ درصد (۱) (منطقه با بارندگی زیاد)
۱	عالی	۱/۳-۱/۴	۱/۲-۱/۳	۱/۲
۲	خوب	۱/۱۵-۱/۳۵	۱-۱/۱۵	۱/۰
۳	قابل قبول	۱/۰۵-۱/۲۵	۰/۸-۱/۰	۰/۸
۴	ضعیف	۰/۸-۱/۱۵	۰/۶-۰/۸	۰/۶
۵	خیلی ضعیف	۰/۷۵-۱/۱۵	۰/۴-۰/۷۵	۰/۴

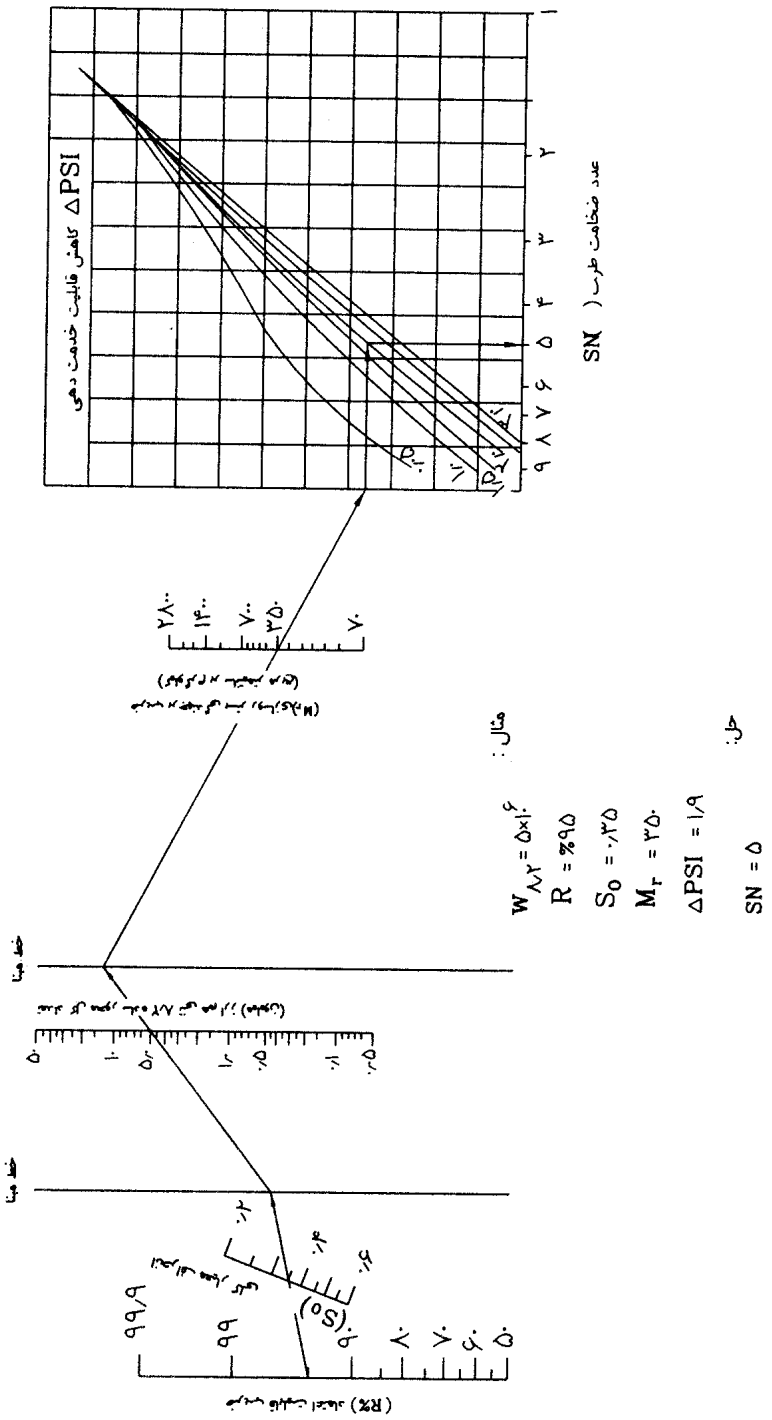
(۱) میزان بارندگی سالانه در این آیین‌نامه برای مناطق خشک حداکثر ۲۵۰ میلیمتر، معتدل بین ۵۰۰-۲۵۰ میلیمتر و مناطق با بارندگی زیاد بیش از ۵۰۰ میلیمتر تعیین شده است.

۱۱-۸ محاسبه عدد ضخامت روسازی

عدد ضخامت روسازی را از شکل ۱۱-۶ و یا حل رابطه زیر

می‌توان به دست آورد.

$$\text{Log}W_{۸/۲} = Z_R\, S_o + ۹/۳۶\, \text{Log}(SN + ۱) - ۰/۲ + \frac{\text{Log}\left(\frac{\Delta PSI}{۴/۲ - ۱/۵}\right)}{۰/۴ + \frac{۱۰۹۴}{(SN + ۱)^{۵/۱۹}}} + ۲/۳\, \text{Log}\left(\frac{M_r}{۱۵}\right) - ۸/۰۷$$



شکل ۱۱-۶ نمودار محاسبه عدد ضخامت روسازی

که در آن:

SN - عدد ضخامت روسازی

$W_{8/2}$ - تعداد کل بارهای محوری ساده ۸/۲ تنی هم‌ارز پیش‌بینی شده در عمر روسازی

Mr - ضریب برجهندگی خاک بستر روسازی و یا ضریب ارتجاعی مصالح لایه‌های زیراساس و اساس بر حسب کیلوگرم بر سانتیمتر مربع

Z_R - انحراف معیار نرمال

S_o - انحراف معیارکلی پیش‌بینی ترافیک و عملکرد روسازی

ΔPSI - افت نشانه خدمت‌دهی

۱۱-۹ تعیین ضخامت لایه‌های روسازی

۱۱-۹-۱ عدد ضخامت لایه‌ها

روسازی آسفالتی، سازه‌ای چندلایه‌ای است. هریک از قشرهای روسازی شامل خاک بستر روسازی، زیراساس و اساس که لایه‌های فوقانی را تحمل می‌کند به ترتیب دارای عدد ضخامت خاص خود می‌باشد که در شکل ۱۱-۷ نشان داده شده است. براساس این شکل SN_1 عدد ضخامت لایه اساس (برای تعیین ضخامت آسفالت)، SN_2 عدد ضخامت لایه زیراساس (برای تعیین ضخامت اساس) و SN_3 عدد ضخامت خاک بستر یا کل ضخامت روسازی است. هریک از این اعداد با مراجعه به نمودار ۱۱-۷ و یا حل رابطه مربوط بدست می‌آید، با این تفاوت که به جای ضریب برجهندگی از ضریب ارتجاعی مصالح اساس (برای تعیین SN_1) و ضریب ارتجاعی مصالح زیراساس (برای تعیین SN_2) استفاده می‌شود.

۱۱-۹-۲ تعیین ضخامت لایه‌ها

با تعیین اعداد SN_1، SN_2 و SN_3 ضخامت هریک از لایه‌ها یعنی D_1، D_2 و D_3 بشرح شکل ۱۱-۷ محاسبه می‌شود.

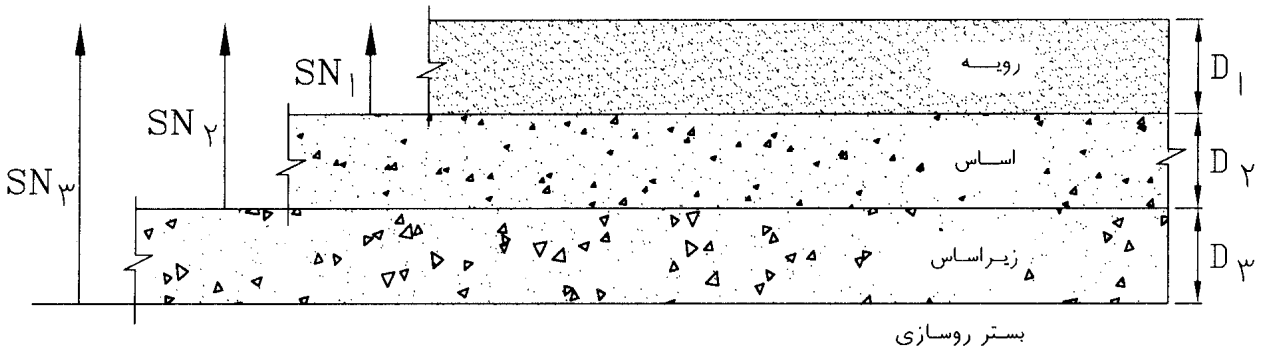
به طور کلی رابطه اشاره شده در بند ۱۱-۷ می‌تواند بیش از یک پاسخ برای لایه‌ها داشته باشد. اعداد محاسبه شده برای ضخامت لایه‌ها به نزدیک‌ترین سانتیمتر، تقریب می‌شود.

۱۱-۹-۳ ملاحظات اقتصادی

در انتخاب ضخامت لایه‌ها مسائل اجرایی احداث و نگهداری مد نظر قرار می‌گیرد. از لحاظ اقتصادی اگر نسبت هزینه لایه اول به لایه دوم کمتر از نسبت ضرایب قشرها ضرب در ضرایب زهکشی مربوطه باشد، شرایط بهینه موقعی تأمین می‌شود که کمترین ضخامت مورد استفاده قرارگیرد. جدول ۱۱-۶ حداقل ضخامت اجرایی هریک از لایه‌های روسازی را برای تعداد کل ترافیک مربوطه نشان می‌دهد. انتخاب این مقادیر با شرایط خاص هر پروژه هماهنگ می‌شود.

جدول ۱۱-۶ حداقل ضخامت اجرایی لایه‌های اساس و رویه

ترافیک برحسب بارهای محوری ساده ۸/۲ تنی هم‌ارز	حداقل ضخامت لایه بتن آسفالتی (سانتیمتر)	حداقل ضخامت لایه اساس سنگدانه‌ای (سانتیمتر)
کمتر از ۱۵۰,۰۰۰	آسفالت سطحی دولایه‌ای	۱۵
۱۵۰,۰۰۰-۵۰۰,۰۰۰	۸	۱۵
۵۰۰,۰۰۰-۱,۰۰۰,۰۰۰	۱۰	۱۵
بیشتر از ۱,۰۰۰,۰۰۰	۱۲	۱۵



$$\bar{D}_1 \geq \frac{SN_1}{a_1} \times ۲/۵$$

$$\overline{SN}_1 = \frac{a_1\ \bar{D}_1}{۲/۵} \geq SN_1$$

$$\bar{D}_2 \geq \frac{\overline{SN}_2 - \overline{SN}_1}{a_2 m_2} \times ۲/۵$$

$$\overline{SN}_2 = \frac{a_2\ \bar{D}_2}{۲/۵} \geq SN_2$$

$$\overline{SN}_1 + \overline{SN}_2 \geq SN_2$$

$$\bar{D}_3 \geq \frac{SN_3 - (\overline{SN}_1 + \overline{SN}_2)}{a_3 m_3} \times ۲/۵$$

۱) علامت «–» روی D و SN معرف ارقام واقعی است که با محاسبه بدست می‌آید و مساوی و یا بزرگتر از عدد مورد نظرمی‌باشد.

۲) a_1، a_2 و a_3 معرف ضرایب لایه‌های آسفالتی، اساس و زیراساس می‌باشد.

۳) m_2 و m_3 ضرایب زهکشی لایه‌های اساس و زیراساس است.

۴) واحد ضخامت D در روابط فوق بر حسب سانتیمتر است.

شکل ۱۱-۷ تعیین حداقل ضخامت لایه‌های روسازی

۱۱-۹-۴ ضریب ارتجاعی مصالح زیراساس و اساس

ضریب ارتجاعی مصالح زیراساس و اساس با توجه به حداقل سی‌بی‌آر مشخص شده برای آنها، بشرح ۱۱-۴-۲ و ۱۱-۴-۳ به ترتیب ۹۸۰ و ۱۹۲۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع منظور شده است. وقتی که این ضرایب برای هریک از این مصالح بیشتر از ۲۸۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر باشد، اعداد SN_1 و SN_2 مربوطه (شکل ۱۱-۷) را نمی‌توان به روش تعیین ضخامت SN، بشرح بند ۱۱-۸ بدست آورد. در چنین شرایطی ضخامت مصالح روی لایه با ضرایب ارتجاعی بالا با توجه به مقادیر حداقل و مسائل اقتصادی انتخاب می‌شود.

۱۱-۱۰ محاسبه ضخامت روسازی

مثال

مطلوب است محاسبه ضخامت روسازی برای داده‌ها و شرایط زیر:

- ترافیک بر حسب تعداد کل محور ساده ۸/۲ هم‌ارز:

$W_{18}=1\times10^6$

- ضریب اطمینان طرح بافرض اجرای یک روکش در دوره طرح:

$R = 95\%$

- انحراف معیار نرمال Z_R که تابعی از R می‌باشد، از جدول ۱۱-۲ معادل ۱/۶۴۵-

- ضریب برجهندگی خاک بستر روسازی $M_r = 350\ kg/cm^2$ معادل سی‌بی‌آر ۳/۳ درصد (جدول ۱۱-۳)

- انحراف معیار کلی مربوط به ترافیک و عملکرد طرح روسازی $S_o = 0/35$

- نشانه خدمت دهی اولیه $P_o = 4/2$، نشانه خدمت‌دهی نهایی $P_t = 2/5$ و لذا افت نشانه خدمت دهی در عمر بهره‌دهی:

$\Delta PSI = 4/5 - 2/5 = 1/7$

- ضرایب لایه‌های روسازی: $a_1=0/42$ ، $a_2=0/13$ ، $a_3=0/1$

- ضرایب زهکشی لایه‌های زیراساس و اساس: $m_2 = m_3 = 1$

- ضریب ارتجاعی اساس: $E_{BS} = 1925\ kg/cm^2$ و ضریب ارتجاعی زیراساس: $E_{SB} = 980\ kg/cm^2$ که به ترتیب معادل سی‌بی‌آر ۸۰ و ۲۵ درصد است.

با داده‌های فوق و استفاده از شکل ۱۱-۶ و یا حل معادله بند ۱۱-۸ خواهیم داشت:

- عدد ضخامت روی لایه اساس: $SN_1 = 2/3$

- عدد ضخامت روی لایه زیراساس: $SN_2 = 2/8$

- عدد ضخامت کل روسازی (روی خاک بستر روسازی):

$SN_3 = 4/1$

ضخامت اجزای متشکله روسازی با اعداد فوق با دو گزینه متفاوت زیر تعیین شده است:

۱۱-۱۰-۱ گزینه اول

روسازی از سه لایه زیراساس، اساس و آسفالت شامل آستر و رویه تشکیل شده است.

۱۱-۱۰-۱-۱ ضخامت آسفالت (D_1)

$D_1 \geq \frac{SN_1}{a_1} \times 2/5 = \frac{2/3}{0/42} \times 2/5 = 13/7 \cong 14$ سانتیمتر

$\overline{SN}_1 = \frac{a_1 \overline{D}_1}{2/5} = \frac{14\times0/42}{2/5} = 2/35 \geq SN_1$

چون $SN_1=2/3$ می‌باشد، لذا نامعادله بالا صادق است.

۱۱-۱۰-۱-۲ ضخامت اساس (D_2)

$D_2 \geq (\frac{SN_2-\overline{SN}_1}{a_2m_2}) \times 2/5 = \frac{2/8-2/35}{0/13\times1} \times 2/5 = 8/65 \cong 9$ سانتیمتر

$\overline{SN}_2 = \frac{a_2m_2 \overline{D}_2}{2/5} = \frac{0/13\times1\times9}{2/5} = 0/468 \cong 0/47$

$SN_2 \geq \overline{SN}_1 + \overline{SN}_2 = 2/35+0/47 = 2/82 \geq 2/8$

۱۱-۱۰-۱-۳ ضخامت زیراساس (D_3)

$D_3 \geq \frac{SN_3 - (\overline{SN}_1 + \overline{SN}_2)}{a_3m_3} \times 2/5$

$= \frac{4/1-(2/35+0/47)}{0/1\times1} \times 2/5 = \frac{1/28}{0/1} \times 2/5 = 32$ سانتیمتر

۱۱-۱۰-۱-۴ کنترل

عدد ضخامت کل روسازی برابر است با:

$SN = \frac{a_1D_1}{2/5} + \frac{a_2m_2D_2}{2/5} + \frac{a_3m_3D_3}{2/5}$

$SN = 2/35 + 0/47 + 1/28 = 4/1$

کنترل محاسبات نشان می‌دهد که عدد ضخامت کل روسازی محاسبه شده، با عدد ۴/۱ بدست آمده از طریق نمودار یا معادله برابر می‌باشد.

۱۱-۱۰-۲ گزینه دوم

روسازی از لایه‌های زیراساس، اساس و لایه آسفالتی آن از سه لایه اساس قیری، آستر و رویه تشکیل شده است. ضریب لایه اساس قیری با مقاومت مارشال ۸۰۰ کیلوگرم، برابر ۰/۳۲ تعیین می‌شود. این مصالح طبق مشخصات فصل نهم، ۵۰ درصد شکستگی روی الک شماره ۴/۷۵ میلیمتر دارد.

در این گزینه، فرض آن است که ضخامت لایه‌های زیراساس و اساس بشرح گزینه اول تغییر نمی‌کند. **انتخاب ضخامت لایه اساس قیری بایدبه اندازه‌ای باشدکه معادله زیر صادق باشد.**

$$\overline{SN}_1 = a_1 D_1 + a'_1 D'_1 \geq SN_1$$

D_1: ضخامت آستر و رویه با ضریب $a_1 = ۰/۴۲$

D'_1: ضخامت اساس قیری با ضریب $a'_1 = ۰/۳۲$

با انتخاب ضخامت معادل ۴ سانتیمتر برای رویه، ۵ سانتیمتر آستر، ۶/۵ سانتیمتر اساس قیری خواهیم داشت:

$$\overline{SN}_1 \geq \frac{(۴+۵) \times ۰/۴۲}{۲/۵} + \frac{۶/۵ \times ۰/۳۲}{۲/۵} = ۲/۳۴ \cong ۲/۳۵$$

۱۱-۱۰-۳ نتیجه

ضخامت‌های زیر براساس گزینه اول و گزینه دوم در جدول ۱۱-۷ نشان داده شده است:

در عمل با توجه به شرایطی خاص هر پروژه، ضخامت‌های زیر به ضخامت‌های اجرایی تبدیل می‌شود.

جدول ۱۱-۷ ضخامت لایه‌های روسازی

نوع لایه	ضخامت - سانتیمتر (گزینه ۱)	ضخامت - سانتیمتر گزینه ۲)
آسفالت	۴+۱۰=۱۴ (آستر و رویه)	۴+۵+۶/۵=۱۵/۵ (رویه،آستر،اساس قیری)
اساس	۹	۹
زیراساس	۳۲	۳۲
جمع	۵۵	۵۶/۵

۱۱-۱۱ روسازی شانه راه

رویه آسفالتی در شانه‌های راه به منظور افزایش ایمنی برای توقف وسایل نقلیه انجام می‌گیرد. از شانه راه در شرایط اضطراری برای عبور و مرور ترافیک و نیز خط عبور موقت وسایل نقلیه در جریان تعمیر و نگهداری راه استفاده می‌شود.

لذا به منظور پیشگیری از خرابی‌های ناشی از عبور و مرور موقت و تصادفی از روی شانه راه، ضخامت روسازی را می‌توان با توجه به نوع، کیفیت مصالح غیرآسفالتی و آسفالت مصرفی برای ساخت آن تعیین کرد. برحسب این که رویه آسفالتی، از نوع آسفالت گرم و یا سرد و یا آسفالت سطحی باشد، اجرای شانه آسفالتی بشرح زیر تعیین می‌شود.

۱۱-۱۱-۱ رویه *آسفالت گرم و یا سرد*

شانه آسفالتی با شیب مربوطه در عرض شانه، هم‌تراز رویه آسفالتی در عرض سواره‌رو بوده و حداکثر ضخامت آن ۱۰ سانتیمتر تعیین می‌شود. در صورتی که رویه شانه از آسفالت سطحی انتخاب شده باشد، بهتراست که سطح نهایی آن در محل برخورد با رویه سواره‌رو یک تا ۱/۵ سانتیمتر پایین‌تر باشد.

۱۱-۱۱-۲ *آسفالت سطحی*

آسفالت سطحی باید در تمام عرض راه اجرا شود و شیب آسفالت در شانه، مطابق نقشه‌های اجرایی باشد.

فصل دوازدهم - بهسازی و روکش آسفالتی

۱۲-۱ 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 فراهم‌آوردن امکان رانندگی سریع، مطمئن و راحت، افزایش قدرت باربری و عمر مفید روسازی انجام می‌گیرد.

۱۲-۲ بررسی وضعیت روسازی راه

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

بنابراین لازم است که استفاده‌کنندگان از روشهای توصیه‌شده در این آیین‌نامه حتماً وضعیت موجود روسازی را براساس یکی از روشهای معتبر نظیر «PCI[۱]» و یا «PSI[۲]» انجام دهند.

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

- ترک‌های موزاییکی
- ترک‌های کناری راه
- ترک‌های خطی (طولی و عرضی)
- ترک‌های بلوکی
- ترک‌های لغزشی
- انواع موج‌ها و شیارهای طولی و عرضی
- نشست‌های موضعی
- چاله‌ها
- تورم
- فرورفتگی و برآمدگی
- صیقلی‌شدن سنگدانه‌ها
- جداشدن سنگدانه‌ها از رویه راه
- کنده‌شدن پوشش قیری سنگدانه‌ها و عریان‌شدن آنها

نتایج بدست آمده از این بررسی‌های نظری و مشاهده‌ای و اندازه‌گیری‌های انجام شده با وسایل مکانیکی ترجیحاً برحسب شاخص وضعیت روسازی PCI و یا نشانه خدمت دهی PSI بیان می‌شود که هریک از آنها می‌توانند 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 براساس نمرهٔ حاصله وضعیت روسازی به شرح جدول ۱۲-۱ ارزیابی می‌گردد:

جدول ۱۲-۱ درجه‌بندی وضعیت کیفی روسازی درروش PCI

نمرهٔ 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

۱) Pavement Condition Index

۲) Present Serviceability Index

این روش در استاندارد ای اِس تی ام D۶۴۳۳ برای راهها و پارکینگ‌های آسفالتی تشریح شده است.

در روش PSI سیستم نمره‌دهی روسازی از ۰ تا ۵ است و ارزیابی راه برحسب اندازه‌گیری تعداد بمراتب کمتری از خرابی‌ها انجام می‌گیرد. در این روش فقط خرابی‌هایی نظیر گودافتادگی مسیر چرخها، ترک، چاله و لکه‌گیری آنها در محاسبه منظور می‌شود. در روش PSI هنگامی توصیه به بهسازی می‌شود که نمره PSI روسازی راه به یک حداقلی برسد. این حداقل برای انواع راه‌ها برحسب اهمیت راه به شرح زیر است:

آزادراه‌ها	۳/۰
راه‌های اصلی	۲/۵
راه‌های درجه دو و فرعی	۲/۰

۱۲-۳ انواع بهسازی

بهسازی، تابع کمیت و کیفیت و گستره آسیب‌دیدگی‌های روسازی و علل بوجودآمدن آنهاست و عمدتاً به دو نوع بهسازی سطحی و بهسازی سازه‌ای تفکیک می‌شود.

۱۲-۳-۱ بهسازی سطحی

بهسازی سطحی برای اصلاح ناهمواری‌های سطحی و تأمین رانندگی راحت، سریع و ایمن انجام می‌شود که در شرایطی نیز با اجرای یک لایه آسفالت روکش، به ضخامت معمولاً تا ۲۵ میلیمتر، همراه است. خرابی‌های سطحی کلیه عوارضی را که موجب کاهش کیفیت رانندگی، تاب لغزشی و ایمنی استفاده‌کنندگان از راه می‌شود، در برمی‌گیرد و عبارت است از:

۱۲-۳-۱-۱ تاب لغزشی و ایستایی

الف - کاهش تاب لغزشی رویه راه در موقع بارندگی، ناشی از صیقلی‌شدن سطح راه، عدم زبری و بطورکلی بافت صاف و فاقد اصطکاک است. این نوع آسیب‌دیدگی با آزمایش E۲۷۴ ای اِس تی اِم قابل اندازه‌گیری و ارزیابی است. اصلاح آن با اجرای آسفالت سطحی، دوغاب قیری و یا انجام روکش با آسفالت متخلخل به ضخامت حداکثر ۲۰ میلیمتر امکان‌پذیر است. نوع روکش انتخابی باید با ترافیک راه هماهنگی داشته‌باشد.

ب - کاهش تاب لغزشی ناشی از قیرزدگی راکه ممکن است در سطح راه بوجود آید می‌توان با تراشیدن قیر اضافی یا پخش مصالح سنگی یا ماسه اصلاح کرد. استفاده از آسفالت‌هایی نظیر آسفالت سطحی، آسفالت متخلخل و آسفالت رویه نازک که باترافیک راه سازگاری داشته باشد نیز برای رفع این‌نقص، تجربه رایج و متداولی است.

پ - جمع‌شدن آب در سطح راه و در شیار و موج‌های طولی و عرضی آن، موجب کاهش سطح ایمنی و افزایش خطر برای ترافیک می‌شود. ضمن بررسی علل بوجودآمدن این شیارها وموج‌ها، نسبت به انتخاب روش اصلاحی آنها اقدام‌می‌گردد. در صورتی که این عوارض سطحی باشد، تراشیدن و تسطیح آنها و سپس اجرای یک لایه آسفالت متخلخل که نقش زهکشی و تخلیه سریع آب‌های ماندگار در سطح راه به خارج از عرض سواره‌رو را ایفا می‌کند، موجب رفع عیب می‌شود.

در شرایطی که شیارها و موج‌ها ناشی از ضعف سازه‌ای لایه یا لایه‌های روسازی باشد باید به تعمیر و مرمت عمقی آن پرداخت.

۱۲-۳-۱-۲ ناهمواری‌های سطح راه

عوامل عمدهٔ بروز ناهمواری‌ها و خرابی‌های سطح راه که موجب کاهش کیفیت رانندگی می‌شود و روش‌های عمومی ترمیم آنها به شرح زیر است:

الف - جداشدن سنگدانه‌ها از رویه آسفالتی: این خرابی راکه به علل مختلفی در سطح راه بوجود می‌آید می‌توان در شرایطی که وسعت و گستردگی آن زیاد باشد با یک لایه آسفالتی نازک به ضخامت ۲۰ میلیمتر و یا یکی از آسفالت‌های حفاظتی (فصل هفتم) روکش کرد.

ب - ناهمواری‌ها: ناهمواری‌های ناشی از وجود ترک‌های عرضی‌وطولی،تعمیرات‌موضعی انجام‌شده، تغییرشکل‌های ثابت و ماندگار در مسیر چرخ‌ها، چاله‌ها و گودی‌ها و فراز و نشیب‌ها را بعد از اصلاحات و رفع نقص‌های موضعی، می‌توان با یک لایه آسفالت نازک روکش کرد تا رویه راه آرایش یکنواخت و سطح صاف و همواری بیابد.

پ- تغییرشکل‌ها: تغییرشکل‌های ناشی از نشست روسازی راه راکه باگستردگی و طول و عرض زیاد و ضخامت‌های متغیر نسبت به تراز نهایی رویه حادث می‌شود می‌توان با استفاده از مخلوط‌های آسفالت گرم و یا آسفالت سرد (متناسب با نوع ترافیک) اصلاح و تسطیح کرد.

۱۲-۳-۱-۳ روکش‌های پیشگیری‌کننده

این نوع روکش به منظور کاهش سرعت تخریب روسازی و جلوگیری از بروز نواقص وظیفه‌ای یا سازه‌ای اجرا می‌شود. در روکش‌های پیشگیری کننده ضخامت اجرا کم است و لذا این روش بهسازی درگروه بهسازی‌های سطحی قرارمی‌گیرد.

روکش‌های پیش‌گیری‌کننده درشرایطی انجام‌می‌شود که هنوز در سطح راه نقص و آسیب چندانی وجود نداشته باشد اما بروز سریع و زود هنگام آنها در آینده نزدیک قابل پیش‌بینی باشد.

۱۲-۳-۲ بهسازی سازه‌ای

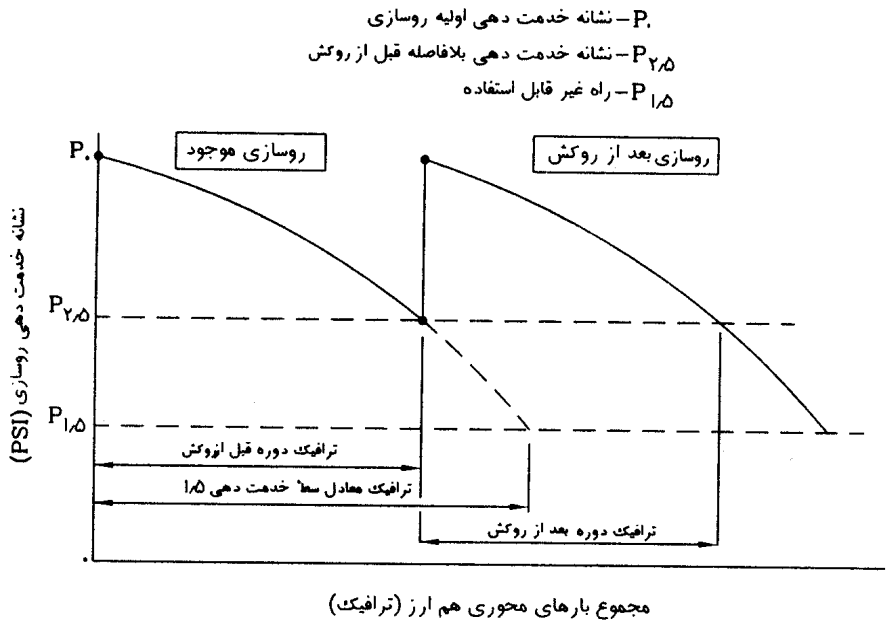
آسیب‌دیدگی سازه‌ای شامل کلیه شرایطی است که موجب کاهش قدرت باربری روسازی می‌شود. بهسازی سازه‌ای به این منظور برنامه‌ریزی می‌شود که پارامترهایی نظیر مرور زمان، تأثیر عوامل جوی و ترافیک، توان باربری راه را کاهش می‌دهد. در این موارد مدت زمانی پس از بهره‌برداری لازم است اقدامی برای بهسازی روسازی (همچون طرح و اجرای روکش تقویتی) صورت گیرد. این امر به منظور افزایش قدرت سازه‌ای روسازی برای تحمل ترافیک پیش‌بینی شده آتی است.

شکل ۱۲-۱ مثالی از چگونگی افت توان سازه‌ای، و مفهوم توان موثر روسازی را نشان می‌دهد. شکل قسمت بالا مربوط به کاهش نشانهٔ خدمت‌دهی در اثر مرور زمان و بارگذاری است. هنگامیکه نشانهٔ خدمت‌دهی روسازی به مقادیرحداقل استاندارد خود برای راه مورد نظر رسید (بند ۱۲-۲)، با انجام بهسازی (برای مثال روکش آسفالت) نشانهٔ خدمت‌دهی افزایش یافته و روسازی دوباره آماده خدمت‌دهی برای دوره‌ای دیگر خواهدشد. با آسیب‌های سازه‌ای روسازی نه تنها کیفیت سطح راه کاهش می‌یابد بلکه از توان سازه‌ای آن نیز همانطورکه در شکل ۱۲-۱ دیده می‌شود بمرور زمان کاسته خواهدشد. با انجام بهسازی این توان نیز افزایش یافته و روسازی آمادگی مجدد برای تحمل تعداد بیشتری وسایل‌نقلیه را در ادامهٔ عمر خود خواهدداشت.

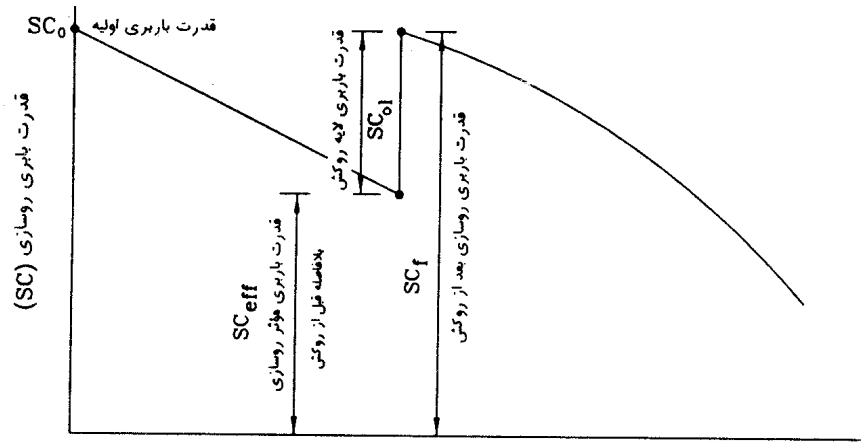
در این شکل قدرت باربری یک روسازی جدید با توان اولیه مشخص شده‌است، که هم‌ارز عدد ضخامت کل روسازی (SN فصل یازدهم) می‌باشد. این توان اولیه با گذشت زمان وعبور ترافیک کاهش می‌یابد و موقع ارزیابی روسازی برای اجرای یک روکش تقویتی به سطح SC_{eff} (قدرت باربری مؤثر) یا SN_{eff} (عدد ضخامت مؤثر روسازی) می‌رسد.

اگر قدرت باربری مورد نیاز راه در آینده و در طول دوره روکش جدید با SC_f بیان شود، در نتیجه روکش دارای توان سازه‌ای $SC_{ol} = SC_f - SC_{eff}$ خواهدشد که به ظرفیت سازه‌ای

راه اضافه می‌شود. تعیین ظرفیت سازه‌ای جدید و مورد نیاز (بشرح بالا) برای روکش، موقعی دقیق و کامل است که ارزیابی توان روسازی موجود، یعنی محاسبه SC_{eff} بلافاصله قبل از روکش دقیق و قابل اعتماد باشد.



الف) کاهش کیفیت سطح روسازی



ب) کاهش قدرت باربری روسازی

شکل ۱۲-۱ نمودار کاهش کیفیت و قدرت باربری روسازی بر اثر ترافیک در طول عمر روسازی

این ارزیابی بطور کلی وضعیت موجود روسازی، شامل مصالح لایه‌های تشکیل‌دهنده، کیفیت و قدرت باربری فعلی و نیز چگونگی رفتار و واکنش آنها در آینده (در دوره روکش و در شرایط ترافیک قابل پیش‌بینی) را مورد توجه قرار می‌دهد. این امر به دو روش زیر می‌تواند انجام شود:

الف - تعیین توان سازه‌ای مؤثر روسازی موجود به طریق

مستقیم و با انجام آزمایش‌های غیرمخرب نظیر اندازه‌گیری افت و خیز روسازی با تیر بنکلمن[1] و یا افت‌وخیز ضربه‌ای[2] و نظایر آن

ب - تعیین توان سازه‌ای مؤثر روسازی موجود بطریق غیرمستقیم و براساس بررسی وضعیت روسازی با توجه به شدت و گستردگی کمّی وکیفی کلیه نواقص و آسیب‌دیدگی‌های سازه‌ای و سطحی راه

پ - نمونه‌گیری از مصالح روسازی و انجام آزمایش‌های فیزیکی روی نمونه‌ها.

۱۲-۴ روکش تقویتی با روش مستقیم

در بسیاری از شرایط، ارزیابی وضعیت روسازی راه برای طرح روکش تقویتی به دلیل وجود ناهمواری‌های بیش از اندازه در سطح راه انجام می‌شود. اما غالباً افزایش حجم ترافیک و افزایش وزن محورها موجب کاهش قدرت باربری روسازی شده و بهسازی با روکش تقویتی مورد بررسی قرار می‌گیرد. ارزیابی سازه‌ای روسازی برای این منظور، با روش مستقیم اندازه‌گیری افت و خیز می‌تواند برای هر دو حالت فوق قابل استفاده باشد. با این روش ضخامت روکش آسفالتی براساس میزان ترافیک در دوره روکش و قدرت باربری ساختار روسازی موجود که افت و خیز اندازه‌گیری شده معرف آن است، تعیین می‌گردد. استفاده از روش تیر بنکلمن در مقایسه با روش گران قیمت و پرهزینه دستگاه افت و خیز ضربه‌ای (FWD) که البته امکانات سریع و دقیق‌تری را برای آزمایش فراهم می‌کند، شاید در شرایط فعلی کشور کاربردی‌تر باشد. تیر بنکلمن وسیله آزمایشی متداول و رایجی است که کاربرد وسیع و گسترده‌ای نیز دارد و لذا در اینجا این روش تشریح می‌گردد. البته در صورت فراهم‌بودن امکانات استفاده از تجهیزاتی نظیر دستگاه FWD یا دستگاههای پیشرفته‌تر دیگر با نظر دستگاه نظارت میتوان از نتایج آنها برای طرح بهسازی راه استفاده کرد و این روشها را جایگزین تیر بنکلمن نمود.

اندازه‌گیری افت و خیز روسازی برای ارزیابی قدرت روسازی شامل مرحله‌های زیر است:

۱۲-۴-۱ تقسیم‌بندی طول مسیر

در طول مسیر، راه به قطعاتی که از نظر ضخامت، نوع لایه‌های روسازی، مقاومت خاک بستر، شرایط جوی و میزان رفت وآمد شرایط یکسان داشته باشد تقسیم می‌شود. سپس با استفاده از روش‌های آماری، تعدادی نقاط مشخص برای آزمایش (که حداقل ۱۰ نقطه در هر کیلومتر می‌باشد) در طول هر قطعه تعیین‌می‌شود. آزمایش‌های غیرمخرب نظیر FWD یا تیربنکلمن روی این نقاط انجام و نتایج برای هر قطعه بصورت جداگانه گزارش می‌شود.

۱۲-۴-۲ اندازه‌گیری افت و خیز با تیر بنکلمن

این وسیله از یک تیر متحرک به طول ۴ متر که به یک تیر ثابت کوتاه‌تر متصل شده تشکیل می‌شود. یک انتهای تیر بر روی نقطه‌ای که افت و خیز روسازی اندازه‌گیری می‌شود قرار می‌گیرد و انتهای دیگر تیر به یک وسیله افت و خیزسنج (دفلکتومتر) بسیار دقیق متصل می‌باشد. ابعاد و اجزاء دقیق تیر در شکل ۱۲-۲ نشان داده شده است. نحوه استفاده از دستگاه به این ترتیب است که انتهای این تیر (نقطه‌الف) در وسط چرخ‌های زوج یک محور ساده ۸/۲ تنی قرار داده می‌شود و درجه افت و خیزسنج نیز روی عدد صفر تنظیم می‌گردد. سپس وسیله نقلیه به آهستگی به طرف جلو حرکت می‌کند و پس از آن که بیش از ده متر از نقطه آزمایش دور شد مقدار بالاآمدن این نقطه توسط افت

---

۱) Benkelman Beam

۲) Falling Weight Deflectometer (FWD)

و خیزسنج ثبت می‌گردد و برای چند نقطه دیگر قطعه، این آزمایش تجدید می‌شود. در انجام این آزمایش موارد زیر مورد توجه و عمل قرار می‌گیرد:

الف - محل آزمایش در کنار آسفالت سواره‌رو قرار می‌گیرد. وقتی که عرض آسفالت در یک جهت عبور ۳/۳۵ متر باشد محل آزمایش با کنار آسفالت ۶۰ سانتیمتر و اگر بیشتر از ۳/۳۵ متر باشد حدود ۹۰ سانتیمتر فاصله خواهدداشت.

ب - فشار چرخ کامیون مورد استفاده در حین آزمایش هر روز کنترل می‌شود تا کمتر از ۵/۶ کیلوگرم برسانتیمترمربع نباشد. وزن کامیون ۵ تن و بار توزیع شده توسط چرخ‌های محور عقب آن ۸/۲ تن می‌باشد.

پ - در نقطه‌ای که کمتر از ۲۵ سانتیمتر تا کنار آسفالت فاصله نداشته باشد با حفر یک سوراخ در رویه آسفالتی به عمق ۳-۲ سانتیمتر و پرکردن آن با قیر و یا آب و سپس قراردادن یک ترمومتر در داخل سوراخ، درجه حرارت سطح راه، در حین انجام آزمایش، اندازه‌گیری می‌شود.

ت - **موقعیت‌های آزمایش‌شده که افت و خیز آنها بدلیل خرابی‌های موضعی سطح راه بزرگتر از افت و خیز متوسط به اضافه دو برابر مقدار خطای پراکندگی (انحراف استاندارد) باشد، باید در صورت محدودبودن، به صورت موضعی و در صورت عمومیت داشتن، به صورت عمومی تقویت شود تا شرایط مشابه بقیه نقاط قطعه را بیابد.** البته در صورت محدودبودن این نقاط بهتر است افت و خیز مربوط به آنها،در محاسبه افت و خیزنهایی منظور نشود. انجام آزمایش‌های اضافی برای تعیین محدوده نقاط ضعیف فوق لازم است.

ث - نتایج حاصل‌از افت‌وخیز رابرحسب موقعیت‌ایستگاه‌های آزمایش‌شده، به شکل یک نمودار ترسیم و در نهایت برای هر قطعه از راه (واحد طرح)، افت و خیز معرف را برای محاسبه ضخامت روکش، تعیین می‌کنند.

۱۲-۴-۳ تعیین افت و خیز طرح

از اندازه‌گیری‌های انجام شده، با رعایت موردهای فوق، افت و خیز معرف طرح از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$RRD^{(1)} = (\bar{X} + 2S)\, c$$

در این رابطه:

$\bar{X}$ - میانگین افت و خیزهای اندازه‌گیری شده که هریک برای انطباق با دمای محیط استاندارد که معادل ۲۱ درجه سانتیگراد است، با توجه به دمای محیط شرایط آزمایش بصورت زیر اصلاح شده‌است: $\frac{\Sigma X_i f_i}{n}$

که در آن:

X_i - افت و خیزهای اندازه‌گیری شده

f_i - ضرایب تصحیح درجه حرارت برای هریک از افت و خیزها (بند ۱۲-۴-۴-۱)

n - تعداد نقاط آزمایش

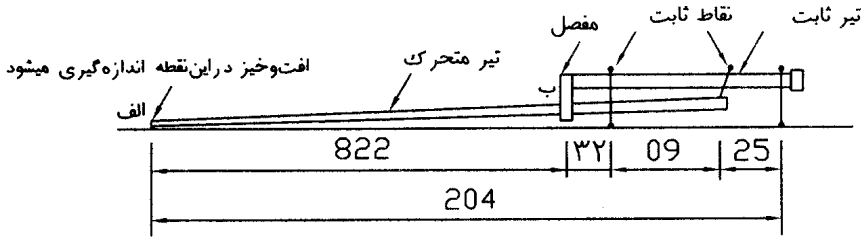
c - ضریب تصحیح مقاومت روسازی برای شرایط بحرانی (بند ۱۲-۴-۴-۲)

S - انحراف استاندارد افت و خیزهای اندازه‌گیری شده (برای هر واحد طرح) که از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$S = \sqrt{\frac{\Sigma x^2 - \bar{X}\,\Sigma X}{n-1}}$$

---

۱)Representative Rebound Deflection



شکل ۱۲-۲ تصویر کلی تیر بنکلمن (اندازه‌ها بر حسب سانتیمتر)

۱۲-۴-۴ تعیین ضرایب تصحیح درجه حرارت و شرایط بحرانی

تغییر دمای محیط و رطوبت در لایه‌های روسازی و خاک بستر، در افت و خیز اندازه‌گیری شده روسازی تأثیر می‌گذارد. مثلاً افزایش درجه حرارت رویه آسفالتی و یا افزایش میزان رطوبت خاک بستر و لایه‌های غیرآسفالتی روسازی، موجب افزایش افت و خیز می‌شود. لذا لازم است که اندازه‌گیری‌های انجام شده در شرایط متفاوت آب و هوایی و جوی آزمایش، با ضرایب معینی به دمای ۲۱ درجه سانتیگراد که شرایط استاندارد تعریف شده است، تبدیل شود. بشرح فوق برای تعیین ضرایب f_i و c در رابطه $RRD = (\overline{X} + 2S)\,c$ بطریق زیر عمل می‌شود:

۱۲-۴-۴-۱ ضریب اصلاح دمای محیط

این ضریب به دمای محیط ودمای رویه آسفالتی بستگی‌دارد و برای تعیین آن به شرح زیر و با استفاده از شکل‌های ۱۲-۳ و ۱۲-۴ عمل می‌شود:

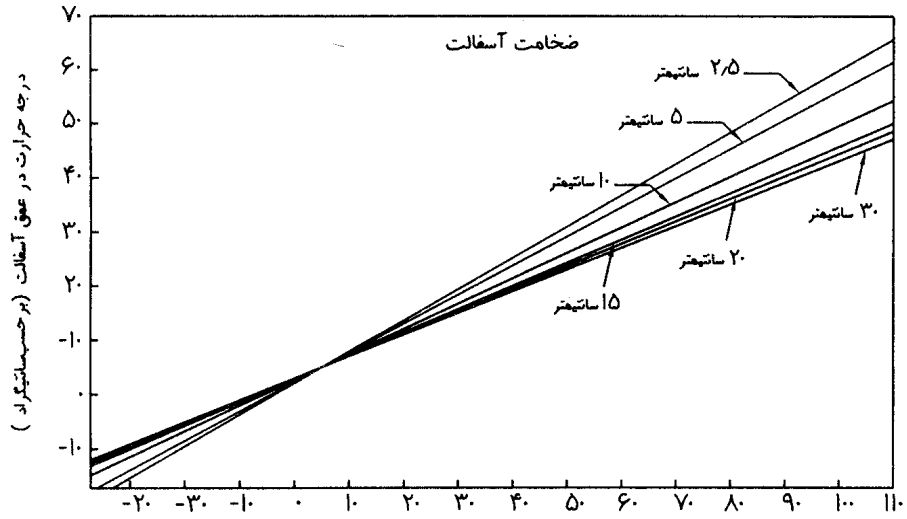
الف - حداقل و حداکثر درجه حرارت محیط مسیر پروژه برای هر روز و یک دوره پنج روزه قبل از آزمایش، از آمار هواشناسی منطقه اخذ می‌گردد. سپس میانگین ده دمای حداقل و حداکثر برای پنج روز تعیین می‌شود.

ب - درجه حرارت رویه آسفالتی بشرح ردیف «ب» از بند ۱۲-۴-۲ اندازه‌گیری می‌شود.

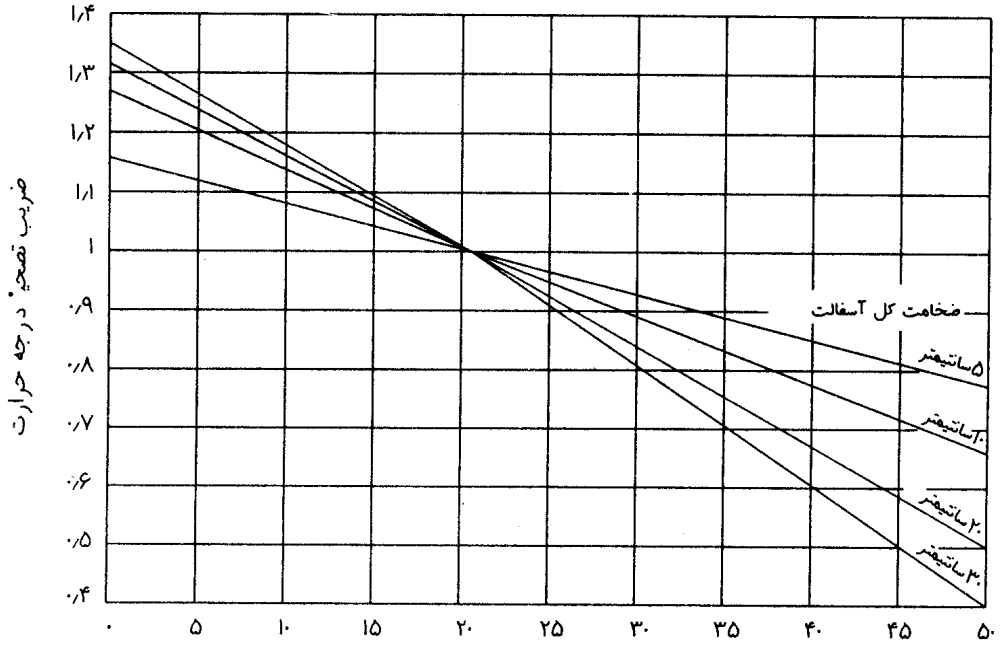
پ - با حاصل‌جمع اعداد ردیف‌های «الف» و «ب» فوق به شکل ۱۲-۳ مراجعه و درجه حرارت لایه آسفالتی رویه مورد آزمایش برای دو حالت، شامل درجه حرارت در $\frac{1}{2}$ ضخامت لایه و درجه‌حرارت بستر زیرین یعنی کل ضخامت لایه بدست می‌آید. برای مثال اگر ضخامت رویه آسفالتی مورد آزمایش ۱۰ سانتیمتر باشد یکبار درجه حرارت ضخامت ۵ سانتیمتری و یکبار درجه حرارت ضخامت ۱۰ سانتیمتری راکه در شکل ۱۲-۳ با خطهای مایل نشان داده شده‌است، تعیین می‌گردد.

ت - میانگین درجه‌حرارت سطح راه‌و درجه حرارت‌های‌ردیف «پ» به عنوان میانگین درجه حرارت روسازی تعیین می‌شود.

ث - با رقم میانگین درجه حرارت روسازی و مراجعه به شکل ۱۲-۴، ضریب اصلاح بدست می‌آید.



شکل ۱۲-۳ تعیین درجه حرارت متوسط لایه آسفالت روسازی در آزمایش افت و خیز



شکل ۱۲-۴ ضریب تصحیح درجه حرارت برحسب درجه حرارت متوسط روسازی آسفالتی

۱۲-۴-۴-۲ ضریب *اصلاح بحرانی* (c)

این ضریب مربوط به شرایط مسیر در زمان انجام آزمایش است. در بحرانی‌ترین زمان سال (در شرایط بیشترین رطوبت در بستر) ضریب اصلاح معادل یک فرض می‌شود. در شرایط بحرانی مقاومت خاک بستر و لایه‌های روسازی تحت اثر رطوبت زیاد ناشی از بارندگی مداوم و یا دوره ذوب یخبندان، کاهش می‌یابد و در نتیجه افت و خیز اندازه‌گیری شده در این شرایط حداکثر است. بطور کلی چون تعیین مقدار دقیق این

ضریب دشوار است می‌توان افت و خیز را بعد از یک دوره بارندگی که رطوبت لایه‌های روسازی تقریباً اشباع و یا حداکثر است، انجام داد. در غیر این صورت می‌توان افت و خیز را یکبار در دوره بحرانی و یکبار در شرایط عادی بدست آورد و سپس از تقسیم افت و خیز بحرانی به افت و خیز غیربحرانی، ضریب c را تعیین کرد.

۱۲-۴-۵ ترافیک طرح

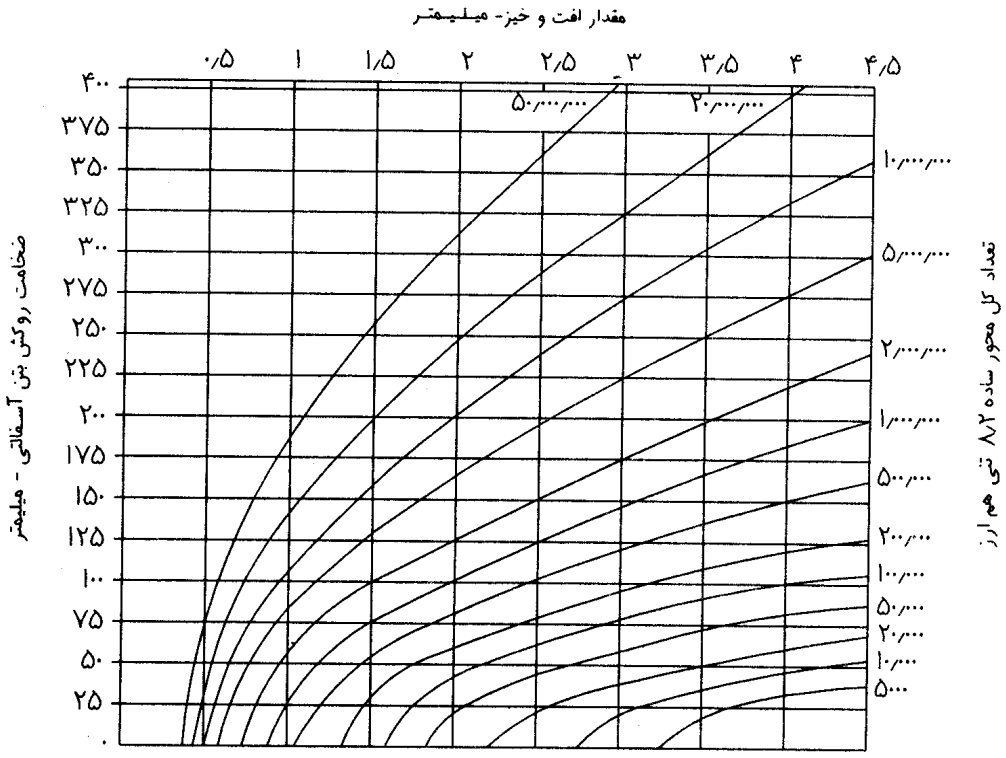
جهت برآورد ترافیک طرح به فصل دهم مراجعه شود.

۱۲-۴-۶ تعیین ضخامت روکش

با محاسبه افت و خیز معرف طرح و تعداد کل محور ساده ۸/۲ تنی هم‌ارز که برای دوره روکش محاسبه شده است و با استفاده از شکل ۱۲-۵، ضخامت روکش تعیین می‌شود. مثال زیر چگونگی این محاسبات را نشان می‌دهد.

۱۲-۴-۶-۱ مثال شماره ۱

الف - افت و خیز یک روسازی با ضخامت لایه آسفالتی ۹ سانتی‌متر که در دمای محیط یکسان و شرایط بحرانی c=۱ اندازه‌گیری شده در جدول ۱۲-۲ ارائه شده است:



شکل ۱۲-۵ تعیین ضخامت روکش آسفالت برحسب آزمایش افت و خیز

جدول ۱۲-۲ افت و خیز اندازه‌گیری شده در مثال ۱

نقاط آزمایش (n)	افت وخیز X (mm)	X^2 (mm)
۱	۰/۷۶۲۰	۰/۵۸۰۶
۲	۰/۷۱۱۲	۰/۵۰۵۸
۳	۰/۷۶۲۰	۰/۵۸۰۶
۴	۱/۰۱۶۰	۱/۰۳۲۳
۵	۰/۸۱۲۸	۰/۶۶۰۶
۶	۰/۸۱۲۸	۰/۶۶۰۶
۷	۱/۰۱۶۰	۱/۰۳۲۳
۸	۰/۷۶۲۰	۰/۵۸۰۶
۹	۰/۷۱۱۲	۰/۵۰۵۸
۱۰	۰/۷۶۲۰	۰/۵۸۰۶

$\Sigma X = ۸/۱۲۸۰$ $\quad \Sigma X^2 = ۶/۷۱۹۸$

ب - در این اندازه‌گیری، درجه حرارت شرایط آزمایش بشرح زیر بوده است:

- درجه حرارت سطح راه: ۳۱ درجه سانتیگراد
- میانگین درجه حرارت پنج روزه مسیر آزمایش:

۲۲ درجه سانتیگراد

- درجه‌حرارت سطح راه باضافه میانگین دمای محیط پنج روزه:

۵۳ درجه سانتیگراد

با انتخاب ۵۳ درجه روی محور افقی شکل ۱۲-۳، درجه حرارت وسط لایه آسفالتی ۹ سانتیمتری، یعنی در عمق ۴/۵ سانتیمتر، معادل ۳۰ درجه و درجه حرارت بستر زیرین لایه ۹ سانتیمتری آسفالت، ۲۷ درجه است. لذا میانگین درجه حرارت سطح راه می‌شود:

$$\frac{۲۷ + ۳۰ + ۳۱}{۳} = ۲۹\ \mathring{C}$$

در نتیجه میانگین درجه حرارت سطح راه، ۲۹ درجه و با استفاده از شکل ۱۲-۴ ضریب اصلاح f=۰/۹۲ بدست می‌آید:

پ - با استفاده از محاسبات قبل، میزان متوسط افت و خیز طرح (RRD) می‌شود:

$$\bar{X} = \frac{f\,\Sigma X}{n} = \frac{۰/۹۲ \times ۸/۱۲۸۰}{۱۰} = ۰/۷۴۷۷ \quad \text{میلیمتر}$$

$$S = \sqrt{\frac{f^2\ \Sigma X^2 - \bar{X}\ f\ \Sigma X}{n - ۱}}$$

$$= \sqrt{\frac{(۰/۹۲)^2\,(۶/۷۱۹۸) - (۰/۷۴۷۷)\,(۰/۹۲)\,(۸/۱۲۸۰)}{۱۰-۱}}$$

$$= \sqrt{۰/۰۱۰۷۲} = ۰/۱۰۳۵ \quad \text{میلیمتر}$$

$$RRD = (\bar{X} + ۲S)\,c$$

$$= (۰/۷۴۷۷ + ۲ \times ۰/۱۰۳۵) \times ۱ = ۰/۹۵۴۰ \quad \text{میلیمتر}$$

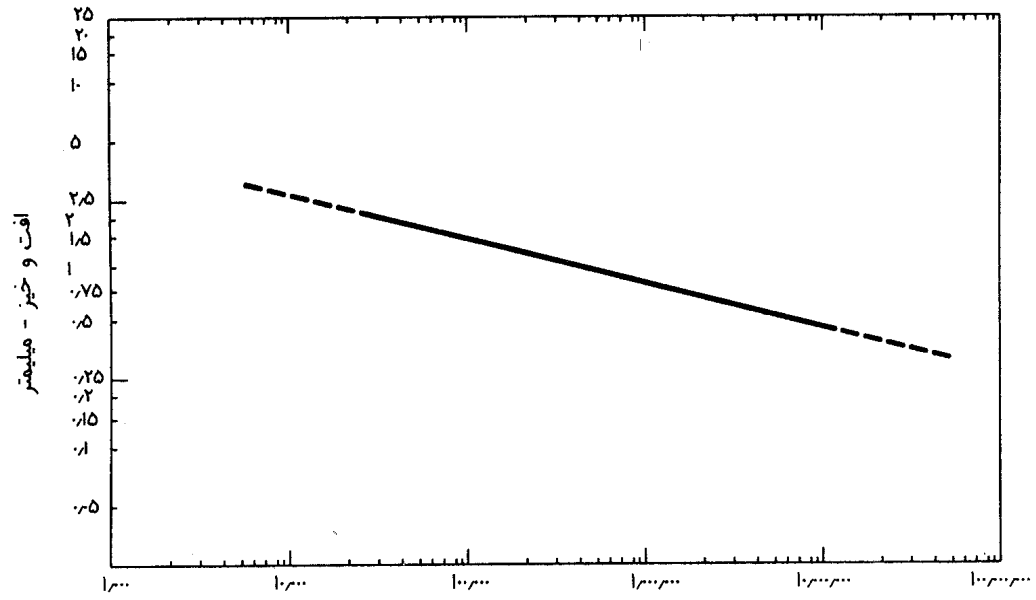
ت - با فرض این که کل ترافیک طرح در دوره روکش ۵×۱۰^۶ محور ساده ۸/۲ تنی هم‌ارز باشد، ضخامت روکش بتن آسفالتی با استفاده از شکل ۱۲-۵ برابر هشت سانتیمتر تعیین می‌شود.

۱۲-۴-۶-۲ مثال شماره ۲

میزان افت و خیز روسازی در یک راه آسفالتی با دو خط عبور که تعداد کل محورهای هم‌ارز ۸/۲ تنی آن در سال ۷۰۰۰۰ و میزان رشد ترافیک سالانه آن ٪۴ پیش‌بینی می‌شود، برابر با ۱/۱ میلیمتر اندازه‌گیری شده است. چندسال دیگر روکش تقویتی برای این راه ضروری است؟

تعداد ترافیک باقیمانده‌ای را که روسازی با افت و خیز فعلی ۱/۱ میلیمتر تا اجرای روکش بعدی می‌تواند تحمل کند با مراجعه به شکل ۱۲-۶، معادل ۳۷۵۰۰۰ محور ۸/۲ تنی هم‌ارز بدست می‌آید. لذا ضریب رشد ترافیک برابر است با:

$$\frac{۳۷۵۰۰۰}{۷۰۰۰۰} = ۵/۳۵$$



مجموع بارهای محوری استاندارد ۸٫۲ تنی

شکل ۱۲-۶ رابطه تعداد کل محور ساده ۸/۲ تنی هم ارز با افت و خیز روسازی

با استفاده از رابطه زیر خواهیم داشت:

$$F = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

که در آن:

F – ضریب رشد ترافیک برای دوره طرح

r – درصد رشد سالیانه ترافیک

n – دوره طرح (سال)

لذا:

$$5/35 = \frac{(1+0/04)^n - 1}{0/04}$$

$$n = 4/95 \approx 5 \text{ سال}$$

۱۲-۵ روکش تقویتی با روش غیرمستقیم

در این روش، ابتدا عدد ضخامت کل روسازی بر اساس ترافیک طرح دوره روکش و مقاومت خاک بستر، بدون آنکه سیستم روسازی موجود در نظر گرفته شود، مطابق معادله مندرج در نمودار مربوطه در فصل یازدهم تعیین می‌گردد.

سپس ضخامت‌روکش بااستفاده ازرابطه زیرمحاسبه‌می‌شود:

$$D_{ol} = 2/5 \times \frac{SN_{ol}}{a_{ol}} = \left(\frac{SN_f - SN_{eff}}{a_{ol}}\right) \times 2/5$$

$$SN_{eff} = \frac{1}{2/5}(a_1D_1 + a_2m_2D_2 + a_3m_3D_3)$$

که در آن:

D_{ol} – ضخامت روکش آسفالتی – سانتیمتر

SN_{ol} – عدد ضخامت روکش آسفالتی

a_{ol} – ضریب لایه برای روکش آسفالتی (بتن آسفالتی)

SN_f – عدد ضخامت کل روسازی جدید که با توجه به مقاومت خاک بستر روسازی و ترافیک دوره روکش براساس فصل یازدهم، محاسبه می‌شود.

SN_{eff} – عدد ضخامت مؤثر روسازی موجود

D_i – ضخامت لایه‌های روسازی موجود – سانتیمتر

a_i – ضریب لایه‌های روسازی موجود

m_i – ضریب زهکشی مصالح اساس و زیر اساس موجود

تعیین ضخامت روکش شامل مراحل زیر می‌شود:

۱۲-۵-۱ تعیین مقاومت خاک بستر روسازی

مقاومت خاک بستر روسازی موجود، از طریق نمونه‌گیری خاک در طول مسیر و انجام آزمایش سی‌بی‌آر روی نمونه‌های آزمایشگاهی تهیه شده با تراکم نسبی ۹۵٪ برحسب روش آشتو اصلاح شده (T۱۸۰) برای خاکهای درشت دانه و ۹۰٪ برای خاکهای ریزدانه اندازه‌گیری می‌شود. از نتایج بدست

آمده، براساس روش فصل دوم، سی‌بی‌آر طرح در هر واحد طرح و یا در صورتی که شرایط خاک بستر در طول مورد مطالعه یکسان باشد، برای کل مسیر محاسبه می‌گردد.

۱۲-۵-۲ ترافیک

محاسبات مربوط به ترافیک دوره روکش براساس فصل دهم برای تعیین ترافیک طرح، انجام می‌گیرد.

۱۲-۵-۳ عدد ضخامت روسازی (SN)

با نتایج حاصل از بندهای ۱۲-۵-۱ و ۱۲-۵-۲، عدد ضخامت کل روسازی بعد از روکش، بدون در نظرگرفتن ساختار روسازی فعلی، برابر فصل چهاردهم محاسبه می‌شود. این عدد ضخامت ممکن است برای تمام طول طرح یکسان و یا بدلیل تنوع خاک بستر و یا ترافیک و یا هر دو، متفاوت بوده و در نتیجه قطعات مختلف مسیر دارای عدد ضخامت متفاوت باشد. در محاسبه عدد ضخامت از ضریب اطمینان ٪۹۵ و انحراف معیار ۰/۳۵ استفاده می‌شود.

۱۲-۵-۴ تعیین عدد ضخامت مؤثر (SN_{eff})

تعیین عدد ضخامت مؤثر روسازی موجود، عامل مهم و تعیین‌کننده ضخامت روکش محسوب می‌شود و شامل بررسی‌های سطحی رویه آسفالتی، تعیین ضخامت لایه‌ها و آزمایش مصالح بشرح زیر است:

۱۲-۵-۴-۱ ضخامت لایه‌های روسازی (D_i)

ضخامت لایه‌های روسازی شامل آسفالت (رویه، آستر و اساس قیری)، اساس شکسته و زیراساس در طول راه مورد مطالعه، اندازه‌گیری می‌شود.

۱۲-۵-۴-۲ ضریب لایه‌ها (a_i)

ضرایب لایه‌های روسازی برای مصالحی که در روسازی مصرف می‌شود در فصل یازدهم ارائه شده است. این ضرایب در طول عمر بهره‌برداری با توجه به تغییراتی که در مشخصات فنی اولیه مصالح آنها ایجاد می‌شود، کاهش می‌یابد. برای برآورد ضرایب جدید به تناسب میزان و شدت آسیب‌دیدگی‌های بوجود آمده در لایه‌ها، می‌توان از جدول ۱۲-۳ و نتایج آزمایش‌هایی که روی مصالح انجام می‌شود با رعایت محدودیت‌های زیر استفاده کرد:

الف - حداکثر ضریب لایه برای قشرهای رویه و آستر ۰/۳۵ و برای لایهٔ اساس قیری ۰/۲۵ انتخاب می‌شود.

ب - ضرایب مربوط به لایه‌های اساس و زیراساس به تناسب نتایج آزمایش سی‌بی‌آر، دانه‌بندی، درصد شکستگی، ارزش ماسه‌ای و دامنه خمیری و مقایسه آنها با مشخصات اولیه مصالح انتخاب می‌شود.

پ - ضرایب زهکشی مصالح اساس و زیراساس (m_2 و m_3) با توجه به نتایج دانه‌بندی و درصد مواد عبورکرده از الک ۲۰۰ مصالح، ارزش ماسه‌ای و دامنه خمیری و مقایسه آنها با مقادیر مشخصات و نیز شرایط اشباع، نیمه اشباع و یا رطوبت بهینه آنها در دوران بهره‌دهی و ضرایب مندرج در فصل یازدهم تعیین می‌شود.

جدول ۱۲-۳ انتخاب ضریب لایه روسازی‌های موجود با وضعیت متفاوت

لایه روسازی	شرایط روسازی	ضریب لایه
آسفالت رویه و آستر	فاقد ترک‌های موزاییکی، یا ترک‌های خیلی کم و یا فقط با ترک‌های عرضی با شدت کم	۰/۳۵-۰/۴
	ترک‌های موزاییکی با شدت کم - کمتر از ۱۰ درصد و یا ترک‌های عرضی با شدت متوسط تا زیاد - کمتر از ۵ درصد	۰/۲۵-۰/۳۵
	ترک‌های موزاییکی با شدت کم - بیشتر از ۱۰ درصد و یا ترک‌های موزاییکی با شدت متوسط - کمتر از ۱۰ درصد، و یا ترک‌های عرضی با شدت متوسط تا زیاد - کمتر از ۱۰-۵ درصد	۰/۲-۰/۳
	ترک‌های موزاییکی با شدت متوسط - بیشتر از ۱۰ درصد و یا ترک‌های موزاییکی با شدت زیاد - کمتر از ۱۰ درصد و یا ترک‌های عرضی با شدت متوسط تا زیاد - بیشتر از ۱۰ درصد	۰/۱۴-۰/۲۰
	ترک‌های موزاییکی با شدت زیاد - بیشتراز ۱۰درصد،ویا ترکهای‌عرضی باشدت زیادبیشتراز۱۰درصد	۰/۰۸-۰/۱۵
اساس قیری	ترک موزاییکی خیلی کم با فاقد این ترک‌هاو یا فقط ترک عرضی با شدت کم	۰/۲۵-۰/۳۵
	ترک‌های موزاییکی با شدت کم - کمتر از ۱۰ درصد ویا ترک‌های موزاییکی با شدت متوسط تا زیاد - کمتر از ۵ درصد	۰/۱۵-۰/۲۵
	ترک‌های موزاییکی با شدت کم - بیشتر از ۱۰ درصدو یا ترک‌های موزاییکی با شدت متوسط کمتر از ۱۰ درصدو یا ترک‌های عرضی با شدت متوسط تا زیاد - بیشتر از ۱۰-۵ درصد	۰/۱۵-۰/۲۰
	ترک‌های موزاییکی با شدت متوسط - بیشتراز ۱۰ درصدو یا ترک‌های موزاییکی با شدت زیاد - کمتراز ۱۰ درصد و یا ترک‌های عرضی با شدت متوسط تا زیاد - بیشتر از ۱۰ درصد	۰/۱-۰/۲۰
	ترک‌های موزاییکی با شدت زیاد - بیشتر از ۱۰ درصد و یا ترک‌های عرضی با شدت زیاد - بیشتر از ۱۰ درصد	۰/۰۸-۰/۱۵
اساس یا زیراساس	بدون تغییر و بدون نفوذ ریزدانه از بستر روسازی با حفظ سی بی آر اولیه	۰/۱-۰/۱۳
	تغییر حالت مصالح، نفوذ ریزدانه از بستر روسازی و کاهش خصوصیات زهکشی	۰/۰۰-۰/۱

۱۲-۵-۵ مثال

مطلوب است تعیین ضخامت روکش تقویتی یکی روسازی آسفالتی، به طریق غیرمستقیم و با روش تعیین عدد ضخامت مؤثر روسازی موجود، با فرض‌های زیر:

- ضریب برجهندگی خاک بستر روسازی

(معادل سی بی‌آر ۳/۵) ۳۵۰ kg/cm^2

- ترافیک طرح دوره روکش برحسب مجموع محورهای ساده ۸/۲ تنی هم‌ارز $W_{18} = ۱\times۱۰^۶$

- ضخامت آستر و رویه آسفالت موجود، $D_۱$: ۱۲ سانتیمتر

- ضخامت اساس شکسته موجود، $D_۲$: ۱۵ سانتیمتر

- ضخامت زیراساس موجود، $D_۳$: ۳۰ سانتیمتر

- بررسی وضعیت روسازی و آزمایش‌های انجام شده روی مصالح اساس و زیراساس نشان می‌دهد که:

رویه آسفالتی دارای آسیب‌دیدگی‌های با شدت متوسط شامل ترک‌های موزاییکی نوع ۳، در بیش از ٪۴۵ سطح راه و ترک‌های عرضی و طولی است. نتایج آزمایش مصالح و زیراساس تغییرحالتی را از نظر سی‌بی‌آر نشان نمی‌دهد جز این که با نفوذ مصالح ریزدانه از بستر روسازی به قشرهای فوقانی و افزایش مواد عبور کرده از الک ۲۰۰، خاصیت زهکشی کاهش یافته است.

حل:

ضخامت روکش در سه مرحله بشرح زیر تعیین می‌شود:

۱۲-۵-۵-۱ تعیین عددضخامت نهایی روسازی (SN_f)

عدد ضخامت نهایی روسازی بعد از روکش با توجه به ضریب برجهندگی خاک بستر و عدد ترافیک طرح از نمودار مربوطه در فصل یازدهم معادل ۴/۲ بدست می‌آید. در این محاسبه افت نشانه خدمت‌دهی نهایی (ΔPSI) با فرض اینکه P_o=۴/۲ و P_t=۲/۵ منظور شده برابر ۱/۷ = ۲/۵ - ۴/۲ انتخاب شده است.

۱۲-۵-۵-۲ تعیین عدد ضخامت مؤثر روسازی موجود

برابر نتایج حاصل از بررسی وضعیت روسازی و آزمایش‌های آزمایشگاهی و مراجعه به جدول ۱۲-۳ ضرایب هریک از لایه‌های روسازی به شرح زیر برآورد شده‌است:

- ضریب لایه آسفالتی آستر و رویه $a_1 = ۰/۲$
- ضریب لایه اساس $a_2 = ۰/۱۲$
- ضریب لایه زیراساس $a_3 = ۰/۱$
- ضرایب زهکشی اساس و زیراساس $m_2 = m_3 = ۰/۸$

لذا عدد ضخامت موثر (SN_{eff}) برابراست با:

$$SN_{eff} = (a_1D_1 + a_2m_2D_2 + a_3m_3D_3)\frac{۱}{۲/۵}$$

$$SN_{eff}=[(۰/۲\times۱۲)+(۰/۱۲\times۰/۸\times۱۵)+(۰/۱\times۰/۸\times۳۰)]\frac{۱}{۲/۵}$$

$$SN_{eff} = ۲/۵$$

۱۲-۵-۵-۳ ضخامت روکش تقویتی

با فرض این که روکش فقط شامل بتن آسفالتی باشدکه در آن a ضریب لایه آسفالت مورد استفاده در روکش طبق این آیین‌نامه (فصل یازدهم) ۰/۴۲ تعیین شده است، ضخامت روکش برابر است با:

$$D_{ol} = ۲/۵ \times \frac{SN_{ol}}{a_{ol}} = (\frac{SN_f - SN_{eff}}{a_{ol}}) \times ۲/۵$$

$$SN_{ol} = SN_f - SN_{eff} = ۴/۱ - ۲/۵ = ۱/۶$$

$$a_{ol} = ۰/۴۲$$

$$D_{ol} = ۲/۵ \times \frac{SN_{ol}}{a_{ol}} = ۹/۵ \cong ۱۰ \text{ سانتیمتر}$$

۱۲-۶ اجرای روکش تقویتی

آماده‌سازی بستر آسفالتی موجود قبل از اجرای روکش تقویتی، شامل مراحل زیر است ولی به آنها محدود نمی‌شود.

۱۲-۶-۱ تعمیر ترک‌های موزاییکی

کلیه سطوح دارای ترک‌های موزاییکی، با شدت زیاد، به طریق لکه‌گیری عمقی (جایگزینی آسفالت موجود با آسفالت جدید) باید تعمیر شود. ترک‌های موزاییکی با شدت متوسط را می‌توان مرمت کرد و یا از مواد و ابزاری که از روآمدن ترک‌ها به رویه راه (لایه روکش) جلوگیری می‌کند (مانند پوشش‌های تهیه شده از پلی‌استر یا پلی‌پروپیلن که بر روی آسفالت قرار می‌گیرد) استفاده کرد.

۱۲-۶-۲ مرمت ترک‌های خطی

ترک‌های خطی شامل ترک‌های عرضی، طولی و مایل با شدت و گستردگی زیاد، بویژه ترک‌های عمقی - انقباضی ناشی از تنش‌های حرارتی باید تعمیر عمقی شود. ترک‌های با عرض کمتر از ۶-۵ میلیمتر را می‌توان با ماسه آسفالت سرد یا پرکننده‌های مناسب ویژه این نوع ترک‌ها با قیر و ماسه و یا فقط قیر (قیرهای محلول و قیرآبه) پرکرد. برای ترک‌های عرضی که حساسیت زیادتری نسبت به انقباض و انبساط دارد علاوه بر درزگیری، استفاده از مصالح و یا موادکنترل‌کننده روآمدن ترک به روکش، مؤثر خواهدبود.

۱۲-۶-۳ اصلاح شیارهای طولی

شیارها و تغییرشکل‌های طولی ناشی از کمبود مقاومت مخلوط‌های آسفالتی و یا وجود قیر بیش از اندازه در آنها، ممکن است با تراشیدن برآمدگی‌ها تسطیح شود. چنانچه این شیارها به مرور زمان تثبیت شده باشد و احتمال روآمدن آنها به روکش وجود نداشته باشد می‌توان آنها را با مخلوط آسفالتی مناسب

تسطیح و هموار کرد.

در صورتیکه این نوع آسیب‌دیدگی ناشی از تغییرشکل دیگر لایه‌های روسازی، غیر از آسفالت باشد، در این صورت باید یک روش اصلاحی خاص و عمقی انتخاب کرد.

۱۲-۶-۴ اصلاح ناهمواری‌های سطحی

نوع اصلاح و تعمیر ناهمواری‌های ناشی از نشست، وجود چاله، فراز و نشیب و موج‌های عرضی بصورت جداگانه و متناسب با دلایل بوجودآمدن آنها انتخاب می‌شود. این نوع خرابی‌ها و نواقص عمدتاً با تعمیرات عمقی و انجام لکه‌گیری اساسی اصلاح می‌گردد.

۱۲-۶-۵ لایه‌های کنترل‌کننده ترک‌های آسفالتی

در محاسبات تعیین ضخامت روکش تقویتی، مسئله پیش‌گیری از بازگشت ترک‌های آسفالت موجود به لایه‌های روکش که عامل عمده خرابی‌های زودرس در روکش‌های آسفالتی به شمار می‌رود، منظور نشده است. روش‌ها، مواد و مصالحی که در بسیاری از شرایط، نتایج متعدد و مؤثری در تأخیر و یا پیشگیری از بازگشت این ترک‌ها به روکش و کنترل آنها داشته، عبارت است‌از:

۱۲-۶-۵-۱ قشر بین لایه‌ای جاذب تنش (۱)

اجرای یک قشر بین لایه‌ای با مصالحی خاص بین رویهٔ قدیمی و روکش آسفالت در جلوگیری از روآمدن ترک‌های موزاییکی، عرضی، طولی و نیز ترک‌های انقباضی ناشی از تغییر دما با شدت کم تا متوسط، بویژه وقتی که از پرکننده‌ها و درزگیرها نیز استفاده شده باشد، مؤثر می‌باشد.

این قشر معمولاً مانند آسفالت سطحی یک لایه‌ای با مصالح سنگی یک اندازه ۱۰-۵ میلیمتر و با استفاده از قیر اصلاح شده پلیمری اجرا می‌شود. نوع دیگر اجرای لایه‌ای از قیر اصلاح شده با پودر لاستیک بعنوان قشر بین لایه‌ای است. این قشر از اختلاط ۷۵ درصد وزنی قیر خالص ۱۵۰-۱۲۰ و ۲۵ درصد پودر لاستیک با دانه‌های ریزتر از ۱/۱۸ میلیمتر (الک شماره ۱۶) تهیه می‌شود. شرایط تهیه اعمال حرارت ۲۰۰-۱۷۵ درجه سانتیگراد و مخلوط کردن کامل آنها در یک قیرپاش است. بعد از اطمینان از حصول واکنش شیمیایی بین قیر و پودر لاستیک، آن را به نسبت حجمی ٪۵ نفت سفید و ٪۹۵ قیر اصلاح شده با پودر لاستیک مخلوط و سپس مصرف می‌کنند. لایه جاذب تنش فوق که مانند آسفالت سطحی یک لایه‌ای اجرا می‌شود، بعد از مدتی که زیر ترافیک قرار گرفت با آسفالت گرم یا سرد روکش می‌شود.

۱۲-۶-۵-۲ قشر بین لایه‌ای با آسفالت گرم

استفاده از قشر بین لایه‌ای از نوع آسفالت گرم، با دانه‌بندی باز و حاوی مصالح سنگی صددرصد شکسته و ۳-۲ درصد قیر که در ضخامت حدود ۷ سانتیمتر اجرا می‌شود در پیش‌گیری یا تأخیر در بازگشت ترک‌ها نتایج خوبی داشته است. این آسفالت چون دارای بافت گسسته است بهتر است بلافاصله با روکش‌های تقویتی حفاظت شود. در اجرای این نوع آسفالت فقط کنترل دانه‌بندی انتخاب شده و تعیین مقدار قیر لازم است. مقدار قیر مصرفی به اندازه‌ای است که فضای خالی مخلوط آسفالتی کمتر ازمحدوده ۳۵-۲۵ درصد نباشد. دانه‌بندی باز قشر بین لایه‌ای را می‌توان از جدول ۱۲-۴ یا از جدول آسفالت‌های دارای دانه‌بندی‌های باز در فصل دهم انتخاب کرد.

---

۱) Stress-Absorbing Membrane Interlayer, (SAMI)

۱۲-۶-۵-۳ پوشش پلاستیکی - پلیمری بین لایه‌ای

این پوشش‌ها که معمولاً مشبک بوده و از موادی نظیر پلی‌استر، یا پلی پروپیلن تهیه می‌شوند به عنوان لایه‌های کنترل‌کننده بازگشت ترک و یا پیش‌گیری از ظهور ترک در روکش‌های آسفالتی کاربرد دارند. این پوشش‌ها را بعد از آماده‌کردن نهایی بستر موجود آسفالتی (شامل لکه‌گیری‌ها، پرکردن ترک‌ها و تسطیح) و بلافاصله قبل از اجرای نخستین لایه روکش اجرا می‌کنند. به این ترتیب که بعد از انجام اندود سطحی به مقدار زیادتر از اندازه‌های معمول (حدود ۱/۵-۱ لیتر در مترمربع قیرآبه و یا قیرهای محلول)، روی سطح راه پهن می‌کنند. **قبل از آنکه از روی این قیرپاشی، ترافیک عبورکند باید با آسفالت روکش شود.**

جدول ۱۲-۴ دانه‌بندی باز قشر بین لایه‌ای

اندازه الک	درصد مواد عبورکرده
۵۰ میلیمتر (۲ اینچ)	۱۰۰
۳۷/۵ میلیمتر ($1\frac{1}{2}$ اینچ)	۹۰-۷۵
۱۹/۰ میلیمتر ($\frac{3}{4}$ اینچ)	۷۰-۵۰
۴/۷۵ میلیمتر (شماره ۴)	۲۰-۸
۰/۱۵ میلیمتر (شماره ۱۰۰)	۵-۰
درصد قیر خالص	۳-۱/۵

۱۲-۶-۵-۴ انتخاب قیرهای با درجه نفوذ بالا

استفاده از قیرهای خالص با درجه نفوذ بالاتر و بعنوان مثال قیر ۸۵/۱۰۰ بجای ۶۰/۷۰، در صورتی که با شرایط جوی و میزان ترافیک منطقه اجرای کار هماهنگ باشد در کنترل و بازگشت ترک‌ها مؤثر است. چنانچه شرایط برای انتخاب قیر با درجه نفوذ بالاتر وجود نداشته باشد می‌توان کاربرد این قیر را فقط به نخستین لایه روکش محدودکرد.

۱۲-۶-۵-۵ افزایش ضخامت روکش

چنانچه شرایط اجرای بندهای ۱۲-۶-۵-۱ الی ۱۲-۶-۵-۴ و یا مشابه آنها وجود نداشته باشد، افزایش ضخامت روکش، اگرچه موجب افزایش هزینه طرح می‌گردد، می‌تواند یک راه‌حل مناسب باشد.

چنانچه منطقهٔ طرح آب و هوای گرم نداشته باشد، انتخاب ضخامت بیشتر نسبت به ضخامت محاسبه شده، باعث کاهش برش‌های خمشی و قائم می‌گردد ضمن آن که تنش‌های ناشی از تغییرات دمای محیط را نیز در رویه آسفالتی موجود تقلیل می‌دهد. بدیهی است که ضخامت اضافی با توجه به رعایت کلیه شرایط، به ویژه بررسی‌های فنی و اقتصادی تعیین می‌شود.

۱۲-۶-۶ اجرای لایه‌های اصلی روکش تقویتی

لایه‌های آسفالت روکش تقویتی بعد از آماده‌سازی کامل بستر موجود آسفالتی انجام می‌شود.

مشخصات فنی این آسفالت با نحوه اجرای آن و آزمایشات کنترل کیفیت مربوطه باید با مندرجات فصل دهم برابری داشته باشد.

۱۲-۷ محدودیت روکش تقویتی

اجرای روکش تقویتی یکی از گزینه‌های عملی برای بهسازی روسازی‌های آسفالتی است. در شرایطی که شدت آسیب‌دیدگی و گستردگی آن به گونه‌ای باشد که راه‌حل اصلاح آن جز با تخریب و برداشت لایهٔ رویه و یا لایه‌های روسازی آسیب‌دیده و تعویض آن با مصالح جدید آسفالتی و یا غیر آسفالتی مقدور نباشد، استفاده از این گزینه توجیه اقتصادی و فنی ندارد. در این مورد گزینه‌های بازیافت و یا بازسازی را می‌توان به مورد اجرا گذاشت.

فصل سیزدهم- بازیابی روسازی آسفالتی

۱۳-۱ تعریف

بازیابی روسازی آسفالتی، استفاده مجدد از آسفالت‌های قدیمی است که قابلیت خدمت‌دهی اولیه خود را به انجام رسانده‌است. این عمل معمولاً پس از اجرای پاره‌ای فعل و انفعال برروی آسفالت‌های قدیمی و احتمالاً افزودن مصالح و مواد جدید به آن صورت می‌گیرد. حفظ منابع طبیعی، کاهش هزینه ساخت، جلوگیری از افزایش آلودگی محیط زیست، ازدیاد استقامت روسازی موجود قبل از روکش و اصلاح خرابی‌های سطحی، پاره‌ای ازمزایای این تکنولوژی نوین محسوب می‌شود.

۱۳-۲ اصطلاحات و واژه‌ها در عمل بازیافت

- بازیابی روسازی:

عبارت است از استفاده مجدد از مصالح روسازی قدیمی و کهنه، برای تهیه آسفالت جدید، به منظور تعمیر یا بازسازی روسازی قدیمی.

- بازیابی آسفالت گرم بصورت کارخانه‌ای:

روشی‌است که درآن آسفالت برداشت‌شده ازروسازی موجود، در صورت لزوم با مواد جدید از قبیل مصالح سنگی، قیر و ماده احیاکننده دریک کارخانه مرکزی به روش گرم مخلوط گردیده و آسفالت گرم تولیدشده در سطح راه پخش و کوبیده می‌شود. امروزه کارخانه‌های آسفالت مجهز به قسمت تغذیه‌کنندهٔ آسفالت برداشت شده از جاده‌ها به مصالح جدید هستند که معمولاً بین ۱۰ تا ۴۰ درصد آسفالت قدیمی در مخلوط‌ها مصرف می‌شود.

- بازیابی آسفالت گرم به صورت در جا:

در این روش کلیه عملیات بازیابی بصورت در جا (در محل پروژه) و به روش گرم انجام می‌گیرد.

- بازیابی آسفالت سرد بصورت کارخانه‌ای:

روشی است که در آن مصالح رویهٔ آسفالت و یا همراه با بخشی از مصالح اساس (اعم از اساس آسفالتی یا دانه‌ای) از روسازی قدیمی جدا می‌شود. سپس با قیر و یا ماده احیاکننده و در صورت لزوم با مصالح سنگی جدید در کارخانه مرکزی به روش سرد مخلوط گشته و آسفالت بازیافتی سرد تولید می‌شود. این آسفالت در سطح راه پخش و کوبیده شده و در صورت لزوم روکش می‌شود.

- بازیابی آسفالت سرد به صورت درجا:

در سیستم بازیابی آسفالت سرد به صورت درجا، کلیه عملیات بازیابی در محل و به روش سرد انجام می‌گیرد.

- آسفالت بدست آمده از روسازی:

عبارت است از مصالح بدست آمده از روسازی که شامل قیر و مصالح سنگی می‌باشد که با روش‌های گوناگون، با و یا بدون دخالت گرما، برداشت می‌شود.

- مصالح سنگی بدست آمده:

عبارت است از مصالح سنگی بدست آمده از روسازی که در آن، قیر قابل استفاده وجود نداشته باشد.

- مصالح سنگی استخراج شده:

عبارت‌است ازمصالح سنگی استخراج‌شده ازآسفالت قدیمی

- قیر استخراج شده:

عبارت است از قیر استخراج شده از آسفالت قدیمی

- مصالح سنگی جدید:

مصالح سنگی جدید، با دانه‌بندی از قبل تعیین‌شده، برای اختلاط با آسفالت به دست آمده استفاده می‌شود به طوری که مخلوط جدید دارای مشخصات تعیین‌شده باشد.

- ماده احیاکننده قیر:

ماده احیاکننده قیر، با مشخصات فیزیکی و شیمیایی معین، به منظور اصلاح خصوصیات قیر کهنه و منطبق با مشخصات مورد نظر، استفاده می‌شود.

- مخلوط آسفالت بازیافتی:

مخلوط آسفالت بازیافتی، از آسفالت بدست آمده از روسازی قدیمی، مصالح سنگی جدید و درصورت لزوم، قیر و یا ماده احیاکننده تشکیل شده‌است. **مخلوط بدست آمده جهت استفاده در لایه‌های مختلف روسازی، باید مشخصات تعیین‌شده برای آن لایه را دارا باشد.**

۱۳-۳ دلایل بازیافت و مزایای آن

بازیابی روسازی‌های آسفالتی با استفاده از روش‌های متفاوت ، یکی از معمول‌ترین و مؤثرترین روش‌های ترمیم، بهسازی و یا بازسازی روسازی محسوب می‌شود.

از مزایای بازیابی آسفالتی که نیازی به انجام روکش روی لایه بازیافتی نداشته باشد، می‌توان موردهای ذیل را نام برد:

- حفظ منابع طبیعی
- اقتصادی‌بودن
- جلوگیری از آلودگی محیط زیست
- ازدیاد مقاومت بدون افزایش ضخامت روسازی
- تصحیح مخلوط آسفالتی
- اصلاح اساس
- برطرف کردن خرابی‌های سطحی
- از بین بردن و یا کاهش ترک‌های انعکاسی
- تصحیح ناهمواری‌های سطحی و شیارهای طولی و عرضی
- ثابت نگه‌داشتن رقوم سطح راه و یا تغییر جزیی در ضخامت روسازی
- عدم نیاز به افزایش ارتفاع جداول و سایر تجهیزهای کناری راه
- عدم نیاز به محل تخلیه یا دپوی نخاله‌ها برای تخلیه مواد زاید

۱۳-۴ روش‌های بازیابی روسازی آسفالتی

روش‌ها و دستگاه‌های مختلفی جهت بازیابی روسازی‌های آسفالتی موجود می‌باشد. به طور کلی روش‌های بازیابی به دو گروه اصلی شامل بازیابی با استفاده از کارخانه آسفالت مرکزی و بازیابی به صورت درجا است.

۱۳-۴-۱ بازیابی بااستفاده ازکارخانه آسفالت مرکزی

این روش شامل مراحل برداشت و آسیاب کردن بخشی از لایه‌های آسفالتی توسط دستگاه‌های گوناگون، حمل مصالح آسیاب شده به کارخانه آسفالت، بازیافت مصالح به وسیله افزودن مواد جدید از قبیل قیر و یا مواد احیاکننده و همچنین مصالح سنگی جدید به روش گرم و یا سرد، حمل آسفالت بازیافته به محل و پخش و کوبیدن آن می‌باشد. در روسازی‌هایی که از روش سرد برای بازیابی استفاده می‌شود، بهتر است لایه بازیافت شده، قبل ازشروع بهره‌برداری مجدد، با یک یا چند لایه آسفالت گرم، درصورت لزوم، روکش‌شود. روسازی‌های بازیافت شده بروش گرم نیز درصورت نیاز با آسفالت گرم روکش‌می‌شود.

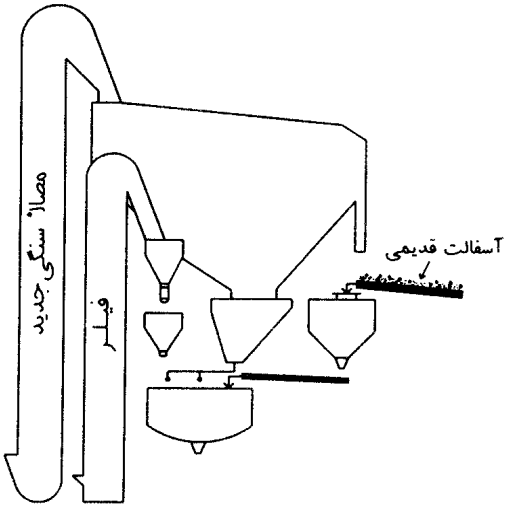
برداشت و آسیاب کردن لایه آسفالتی معمولاً توسط دستگاه آسیاب‌کن سرد انجام می‌گیرد. دردستگاه آسیاب‌کن از یک استوانه دوّار با دندانه‌های نوک تیز برای برش و آسیاب لایه آسفالتی با عمق از پیش تعیین شده، استفاده می‌شود. چنانچه از دستگاه آسیاب‌کن سرد استفاده نشود، می‌توان ابتدا لایه آسفالت را توسط ماشین‌آلات دیگری همچون دستگاه برش گرم و یا دستگاه برش سرد برداشت کرد. مصالح برداشتی، بعداز حمل به محل کارخانه آسفالت، به وسیله دستگاه‌های خردکننده، به اندازه دلخواه درمی‌آید.

مصالح آسفالتی برداشت و آسیاب‌شده سپس، با اضافه کردن مواد جدید در کارخانه‌های آسفالت، اصلاح شده و به مصالح جدید آسفالتی (آسفالت بازیافتی) تبدیل می‌شود.

۱۳-۴-۱-۱ کارخانه آسفالت منقطع (مرحله‌ای)

برای بهره‌گیری از کارخانه آسفالت منقطع در بازیابی مصالح آسفالتی گرم، از روش انتقال حرارت استفاده می‌شود. در این روش ابتدا مصالح سنگی جدید را در حدود ۲۶۰-۱۵۰ درجه

سانتی‌گراد حرارت داده و برای گرم‌کردن مصالح آسفالتی قدیمی از آن استفاده می‌کنند. شکل ۱۳-۱ نشان می‌دهد که چگونه آسفالت قدیمی در مرحله نهایی با مصالح سنگی جدید حرارت دیده، مخلوط می‌شود. کارخانه‌های منقطع سنتی را می‌توان با تغییرهایی جهت تکنولوژی بازیابی، قابل استفاده کرد. یکی از محدودیت‌های کارخانه منقطع در بازیابی این است که نسبت مصالح قدیمی به مواد جدید (۱/۷) نمی‌تواند بیش از ۵۰ درصد باشد چراکه در این صورت انتقال حرارت به خوبی انجام نخواهد گرفت (افزایش بیش ازحد حرارت مجاز نمی‌باشد).



شکل ۱۳-۱ کروکی یک کارخانه آسفالت منقطع اصلاح‌شده جهت استفاده با تکنولوژی بازیابی

۱۳-۴-۱-۲ *کارخانه آسفالت پیوسته*

در کارخانه آسفالت پیوسته سنتی، تمام مواد اعم از مصالح سنگی و آسفالت خوردشده قدیمی، درون استوانه دوّار بصورت همزمان مخلوط می‌شود. این کارخانه جهت استفاده در بازیابی آسفالت گرم نیاز به اصلاحاتی دارد تا از برخورد مستقیم شعله به آسفالت قدیمی جلوگیری گردد در غیر این صورت آسفالت قدیمی اکسیده شده و علاوه بر ازدست دادن خواص شیمیایی و فیزیکی خود باعث آلودگی محیط زیست می‌شود. کارخانه‌های آسفالت پیوسته متفاوتی جهت استفاده برای بازیابی مصالح آسفالتی ابداع شده‌است که از میان آنها می‌توان به دستگاه مجهز به سپر حرارتی، سیستم استوانه‌های تودرتو و سیستم مجهز به دو مجرای ورودی اشاره کرد. شکل‌های ۱۳-۲ و ۱۳-۳ و ۱۳-۴ این سه دستگاه را نشان می‌دهد. دستگاه‌های مذکور قادر به بازیابی ۷۰ درصد آسفالت قدیمی می‌باشد.

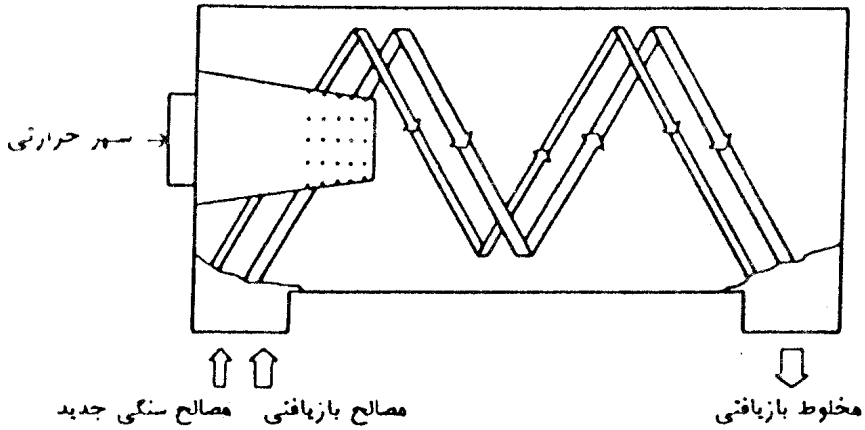
۱۳-۴-۲ *بازیابی به صورت درجا*

درسیستم بازیابی بروش درجا، کلیه عملیات بازیابی بصورت درجا و در محل پروژه (مسیر راه) انجام می‌گیرد. بطور کلی روش‌های این سیستم را می‌توان به دوگونه سرد و گرم تقسیم‌کرد.

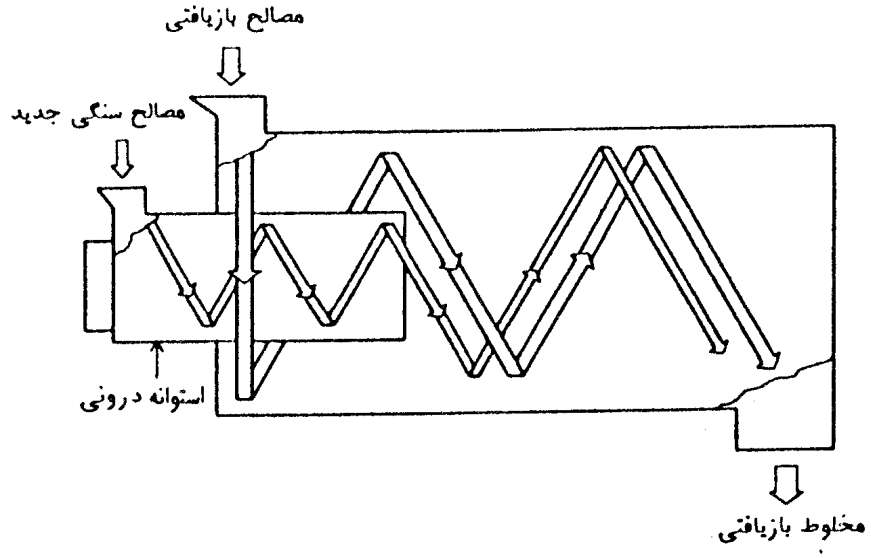
۱۳-۴-۲-۱ *بازیابی مصالح آسفالتی بروش سرد درجا*

در این روش ابتدا لایه رویه روسازی با یک عمق تعیین شده توسط دستگاه آسفالت تراش یا هر وسیله مناسب دیگر، برداشت و آسیاب می‌شود. سپس این مواد دانه‌بندی شده و با مواد جدید از قبیل مصالح سنگی، قیر، ماده احیاکننده و یا امولسیون‌های نفتی مخلوط گردیده و مجدداً برروی سطح راه، پخش و کوبیده می‌شود. تمام این عملیات به صورت درجا و متداوم انجام می‌گیرد. بسته به نوع و شدت خرابی جاده حداقل یک لایه آسفالت گرم بر روی این لایه، اضافه می‌شود. این روش علاوه بر مزایای کلی بازیابی از منافع دیگری برخوردار می‌باشد که از میان آنها می‌توان به این موردها اشاره کرد:

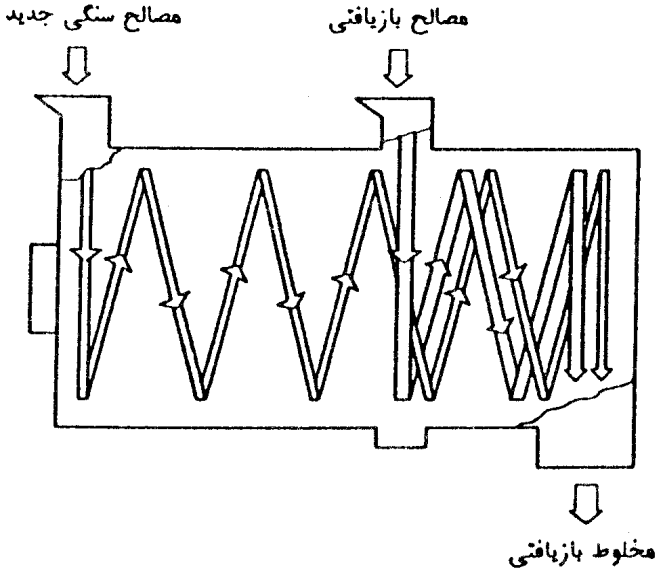
- انجام کلیه عملیات به صورت درجا و مداوم (در مسیر راه)
- صرفه‌جویی در مصرف سوخت
- حداقل اختلال در ترافیک و کاهش آلودگی هوا
- با استفاده از مواد تثبیت‌کننده نظیر آهک و سیمان می‌توان لایه‌های زیرین راه را تقویت کرده و استحکام داد.



شکل ۱۳-۲ کورهٔ دوّار کارخانه آسفالت پیوسته مجهز به سپر حرارتی جهت استفاده در تکنولوژی بازیافت آسفالت



شکل ۱۳-۳ کورهٔ دوّار کارخانهٔ آسفالت پیوسته دارای سیستم استوانه‌های تودرتو جهت استفاده برای تکنولوژی بازیابی



شکل ۱۳-۴ کورهٔ دوّار کارخانه آسفالت پیوسته مجهز به دو مجرای ورودی جهت استفاده در تکنولوژی بازیابی

بازیابی مصالح آسفالتی به روش سرد دارای محدودیت‌هایی نیز می‌باشد که از آن میان می‌توان به این موردها اشاره کرد:

الف - **عملیات باید در دمایی بالاتر از ۱۰ درجه سانتی‌گراد انجام گیرد.**

ب - مخلوط‌های آسفالت سرد معمولاً در برابر رطوبت، حساس‌تر و دوام کمتری دارند. برای حصول دوام بیشتر از امولسیون‌های پلیمری استفاده می‌شود.

چنانچه، به علت شدت خرابی‌های روسازی، علاوه بر بازیابی لایه‌های آسفالتی نیاز به بازیابی و تثبیت لایه‌های اساس و زیراساس نیز باشد، دراین موردها، از دستگاه‌های خردکننده و مخلوط کننده استفاده می‌شود. این دستگاه‌ها لایه‌های آسفالتی را خردکرده و با استفاده از یک مادهٔ تثبیت‌کننده نظیر آهک، قیر یا سیمان با اساس و یا زیراساس مخلوط می‌کنند. سطح آماده شده، کوبیده و برای اجرای رویهٔ راه آماده می‌شود. اگر ضخامت آسفالت زیاد باشد، می‌توان مازاد ضخامت را ابتدا بوسیله دستگاه آسیاب‌کن سرد برداشت و سپس با استفاده از دستگاه خردکننده مصالح، لایه‌های زیرین را با هم مخلوط نمود.

۱۳-۴-۲-۲ بازیابی مصالح آسفالتی بصورت درجا و به روش گرم

این روش معمولاً جهت ترمیم خرابی‌های سطحی لایه‌های آسفالتی استفاده می‌شود و بهیچوجه برای جاده‌هایی که خرابی‌های آن تا عمق نفوذ کرده باشد (نظیر جاده‌های با ترکهای عمقی و دارای تغییرشکل در لایه‌های زیرین) توصیه نمی‌گردد مگر آنکه این خرابی‌ها قبل از عملیات بازیابی اصلاح شوند. کلیه عملیات بصورت درجا و معمولاً در یک بار عبور انجام می‌شود. در این روش بدلیل عدم نیاز به جابجایی و حمل و نقل آسفالت قدیمی راه و آسفالت جدید آن حداقل مزاحمت برای ترافیک ایجاد خواهد شد.

در روش بازیابی آسفالت بصورت درجا ابتدا سطح رویه آسفالتی حرارت داده می‌شود. سپس آسفالت نرم شده توسط شخم‌زن‌های دوّار، برداشته شده و به درون دستگاه مخلوط کن وارد و در آنجا با مواد جدید از قبیل مصالح سنگی، قیر و یا ماده احیاکننده مخلوط می‌گردد. مجموعه این مواد سپس بر روی سطح حرارت دیده راه پخش و کوبیده می‌شود. در صورت لزوم یک لایه آسفالت جدید، توسط همین دستگاه، برروی لایه مزبور ریخته می‌شود. روسازی‌های ترمیم شده با این روش چون امکان متراکم‌شدن سهل‌تری دارند از دوام بیشتری نسبت به روش بازیابی درجای مصالح آسفالتی به روش سرد برخوردارند.

در انتخاب سیستم انجام بازیافت گرم باید دقت نمود که قیر موجود در آسفالت سطح راه دچار آسیب ناشی از اعمال حرارت زیاد دستگاه و سوختگی نشود. این امر با نمونه‌گیری از سطح آسفالت رویه و استخراج قیر آن امکان‌پذیر است. **افت درجهٔ نفوذ قیر پس از اعمال حرارت توسط دستگاه بازیافت گرم نسبت به درجهٔ نفوذ قبل از آن نباید از ۳۰٪ تجاوز کند.**

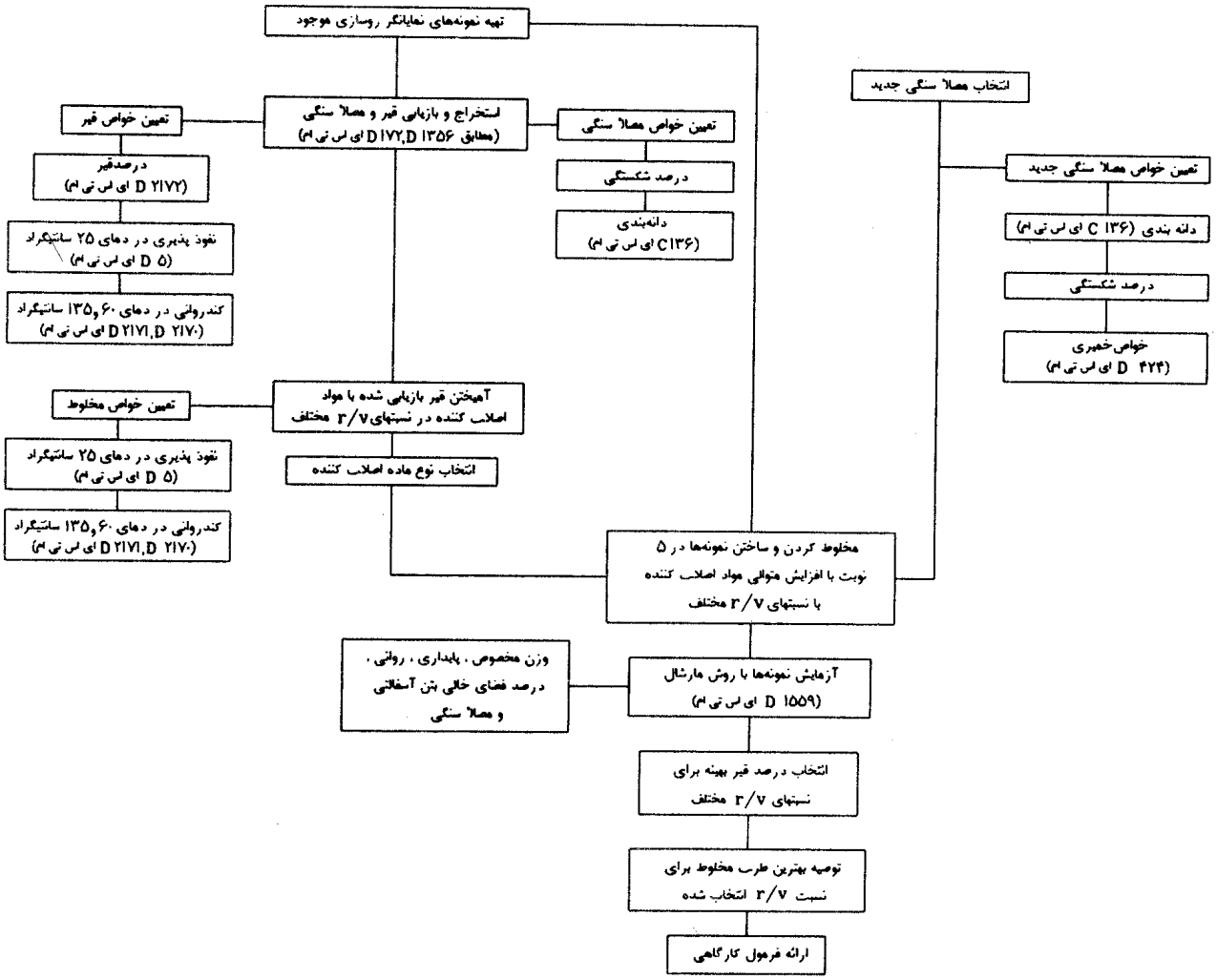
۱۳-۵ پخش و کوبیدن

روش‌ها و ماشین‌آلات معمول راهسازی که برای پخش و کوبیدن مخلوط‌های آسفالتی بکار می‌روند برای مخلوط‌های آسفالت بازیافتی که درکارخانه آسفالت تهیه می‌شوند نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. در روش بازیابی به صورت درجا، عمل پخش به وسیله دستگاه‌های بازیابی در جای مصالح آسفالتی (به روش سرد یا گرم) انجام می‌گیرد و کوبیدن، مشابه با روش‌های معمول اجرا می‌شود. درجه حرارت و ضخامت پخش و میزان کوبیدگی در بازیابی گرم مانند مقادیر مندرج در فصل نهم می‌باشد. البته چنانچه بازیابی بصورت عمقی باشد (نظیر اغلب

بازیابی‌های سرد) ناگزیر باید از غلتکهای خاص سنگین وزن برای تراکم لایه‌ها استفاده کرد. انتخاب نوع غلتک و روش تراکم برحسب شرایط پروژه توسط دستگاه نظارت تعیین می‌گردد.

۱۳-۶ مراحل طراحی بازیافت بتن آسفالتی

طراحی مخلوط بتن آسفالتی بازیافتی تا حدی پیچیده‌تر از طراحی مخلوط آسفالتی معمولی می‌باشد. به طور خلاصه مراحل مختلف طراحی در شکل ۱۳-۵ نشان داده شده است.



شکل ۱۳-۵ مراحل طراحی مخلوط بتن آسفالتی بازیافتی

اولین گام در طراحی مخلوط بتن آسفالتی بازیافتی همانا ارزیابی مواد استخراج شده‌است. به این منظور قیر و مصالح سنگی از هم مجزا گشته و هریک تحت آزمایش‌های لازم قرار می‌گیرد. سپس، انتخاب و آزمایش مواد جدید، شامل قیر و یا ماده احیاکننده و همچنین مصالح سنگی جدید با دانه‌بندی مشخص، می‌باشد. این مواد به طریقی انتخاب می‌شود که برای نسبت تعیین شده بازیابی r/v (نسبت مواد استخراج شده به مواد جدید) مناسب باشد. آخرین مرحله، تعیین درصد قیر بهینه و انتخاب فرمول کارگاهی مخلوط می‌باشد.

۱۳-۶-۱ ارزیابی مصالح

معمولاً مخلوط آسفالت بازیافتی از آسفالت به دست آمده از روسازی، قیر، ماده احیاکننده و مصالح سنگی جدید تشکیل شده‌است. بنابراین جهت طرح مخلوط، در ابتدا از مصالح نامبرده نمونه‌برداری شده و سپس مورد آزمایش و ارزیابی قرارمی‌گیرند.

۱۳-۶-۱-۱ نمونه‌برداری

روش‌های گوناگونی برای نمونه‌برداری وجود دارد که از آنها می‌توان روش‌های D۱۴۰ ای اِس تی اِم برای نمونه‌برداری قیر، D۷۵ ای اِس تی اِم جهت مصالح سنگی و D۷۹۷ ای اِس تی اِم برای مخلوط آسفالتی را نام برد. روش نمونه‌برداری پراکنده نیز یکی از روش‌های معمول می‌باشد. مراحل مختلف این روش در D۳۶۶۵ ای اِس تی اِم ارائه شده است.

به علت اینکه آسفالت به دست آمده از روسازی در اثر خرد و آسیاب شدن تغییر دانه‌بندی می‌دهد از این جهت نمونه‌برداری باید در پای کار انجام شود. نحوه نمونه‌برداری طبق T-۲ آشتو می‌باشد.

۱۳-۶-۱-۲ ارزیابی آسفالت به دست آمده از روسازی

قیر و مصالح سنگی موجود در آسفالت به دست آمده از روسازی مطابق با D۲۱۷۲ ای اِس تی اِم و یا T-۱۶۴ آشتو از هم جداگشته و میزان هر کدام در مخلوط تعیین می‌شود. مصالح سنگی، مورد آزمایش دانه‌بندی طبق روش C۱۳۶ ای اِس تی اِم یا T۲۷ آشتو قرار می‌گیرد. قیر بدست آمده از آزمایش T-۱۶۴ آشتو[۱]، با روش D۱۸۵۶ ای اِس تی اِم ویا T۱۷۰ آشتو از حلال بنزین جدا می‌شود و درجه نفوذ قیر طبق آزمایش D۵ ای اِس تی اِم و یا T-۴۹ آشتو و کندروانی آن در ۶۰ درجه سانتیگراد با آزمایش D۲۱۷۱ ای اِس تی اِم یا T۲۰۲ آشتو تعیین می‌شود.

۱۳-۶-۱-۳ ارزیابی مصالح سنگی جدید

برای تنظیم دانه‌بندی مصالح سنگی استخراج شده (از آسفالت به دست آمده) معمولاً لازم است مصالح سنگی جدید با دانه‌بندی مشخص به آن اضافه شود. دانه‌بندی مصالح جدید با روش C۱۳۶ ای اِس تی اِم یا T-۲۷ آشتو تعیین می‌شود.

۱۳-۶-۱-۴ ارزیابی افزودنیهای قیری و مواد احیاءکننده

برای اصلاح و احیاء قیر کهنه و قدیمی مخلوط آسفالتی حاصل از بازیافت، برحسب اینکه روش بازیافت، سرد و یا گرم باشد، از فرآورده‌های قیری و یا محصولات نفتی با مشخصات ویژه‌ای استفاده می‌شود. این مواد به دو منظور زیر مصرف می‌شوند.

- افزایش مقدار قیر مخلوط آسفالتی بازیافتی و انطباق آن از نظر کمی با مقدار قیر طرح
- اصلاح خصوصیات فیزیکی و شیمیائی قیر کهنه و قدیمی به

---

۱) Extraction

قیری که از نظر درجه نفوذ و یا کندروانی و یا سایر مشخصه‌های فنی منطبق با شرایط طراحی و نهایتا" نوع قیر انتخابی برای مخلوط بازیافت اصلاح شده باشد. **مشخصات فنی مواد قیری و یا احیاءکننده‌های مصرفی در بازیافت باید مطابق مشخصات زیر باشد.**

الف - افزودنیهای بازیافت گرم

موارد مصرف این افزودنیها برای روشهای مختلف بازیافت گرم و بتن آسفالتی محدود می‌شود و باید با مشخصات ASTM D ۴۵۵۲ مطابقت داشته باشند.

این مواد شامل شش گروه افزودنی از RA-۱ (نوع رقیق) تا RA-۵۰۰ (نوع غلیظ) است که کندروانی آنها در ۶۰درجه سانتیگراد از حداکثر ۱۷۵صدم استوکس (RA-۱) تا حداکثر ۶۰۰۰۰ صدم استوکس (RA-۵۰۰) متغیر است.

مصرف افزودنیهای رقیق این ترکیبات (RA-۱ تا RA-۷۵) برای مواردی است که درصد وزنی مصالح سنگی جدید افزوده شده به مواد خام بازیافت کمتر از ۳۰ درصد باشد. در شرایطی که این نسبت از ۳۰ درصد تجاوز کند از افزودنیهای غلیظ RA-۲۵۰ و RA-۵۰۰ استفاده می‌شود.

ب - افزودنیهای امولسیونی

این افزودنیهای امولسیونی از فرآورده‌های نفتی تهیه می‌شوند که برای بازیافت گرم،سرد،کارخانه‌ای، درجا و بازیافتهای سطحی کاربرد دارند. **این مواد باید با مشخصات ASTM D ۵۵۰۵ مطابقت داشته باشند.**

افزودنیهای امولسیونی برای بازیافت فقط به نوع ASTM D-۵۵۰۵ محدود نمی‌شوند. از قیرآبه‌های کاتیونیک و یا آنیونیک بشرح فصل پنجم نیز می‌توان برای این منظور استفاده کرد.

افزودنیهای امولسیونی (باستثنای قیرآبه‌ها) منطبق با ASTM D-۵۵۰۵ در سه نوع ER-۱ تا ER-۳ تهیه می‌شوند که می توانندقیر کهنه و قدیمی موجود در مخلوط بازیافت را احیاء و اصلاح نمایند. نوع ER-۱ فقط عملکرد احیاء قیر کهنه را دارد، در حالیکه هریک ازامولسیونهای ER-۲ و ER-۳ ، ترکیبی از مواد احیاء کننده و قیر می‌باشند که در صورت افزودن مصالح سنگی جدید به مخلوط بازیافت و در نتیجه نیاز به افزایش قیر مخلوط، مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۱۳-۶-۱-۵ *ارزیابی مخلوط مصالح سنگی*

مشخصات و دانه‌بندی مخلوط مصالح سنگی به دست آمده و جدید باید با مشخصات فنی لایه مورد نظر (رویه، آستر، اساس آسفالتی و اساس) مطابقت داشته باشد.

۱۳-۶-۲ *طرح اختلاط*

طرح اختلاط آسفالت بازیافتی گرم به روش مارشال، طبق نشریه انستیتو آسفالت MS-۲۰ و بشرح زیر می‌باشد:

۱۳-۶-۲-۱ *طرح اختلاط آسفالت بازیافتی بصورت گرم*

مراحل مختلف طرح اختلاط آسفالت بازیافتی گرم بشرح زیر است:

۱- تعیین مقدار مصالح سنگی جدید و تنظیم دانه‌بندی مخلوط مصالح سنگی به دست آمده و این که مشخصات مصالح با مشخصات فنی مورد درخواست برای لایه مورد نظر مطابقت داشته باشد.

۲- محاسبه میزان تقریبی قیر موردنیاز برای مخلوط مصالح با فرمول تجربی زیر:

$P_c = ۰/۰۳۵a + ۰/۰۴۵b + F + ۰/۱۵c$

برای ۱۱ تا۱۵ درصد عبور از الک شماره ۲۰۰

برای ۵ تا ۱۰ درصد عبور از الک شماره ۲۰۰ ۰/۱۸c

برای ۵ درصد یا کمتر عبور از الک شماره ۲۰۰ ۰/۲۰c

در این رابطه:

P_c - درصد کل قیر تقریبی موردنیاز نسبت به وزن کل مخلوط

a - درصد مصالح سنگی که برروی الک شماره ۸ باقی می‌ماند.

b - درصد مصالح سنگی که از الک شماره ۸ عبور می‌کند و برروی الک شماره ۲۰۰ باقی می‌ماند.

c - درصد مصالح سنگی عبوری از الک شماره ۲۰۰

F - صفر تا دودرصد، که براساس جذب قیر کم و یا زیاد مصالح سنگی، تعیین می‌شود. درصورت فقدان سایر اطلاعات رقم ۰/۷ تا ۱ را می‌توان جایگزین کرد.

۳- تعیین درصد قیر جدید مورد نیاز درمخلوط بازیافتی از فرمول زیر: $P_r = P_c - (P_a \times P_p)$

P_r - درصد قیر جدید موردنیاز در مخلوط بازیافتی

P_c - درصد تقریبی کل قیر، نسبت به وزن کل مخلوط

P_a - درصد قیر در آسفالت به دست آمده از روسازی قدیمی

P_p - درصد آسفالت بازیافتی درکل مخلوط

۴- انتخاب نوع و درجه قیر یا ماده احیاکننده

درجه نفوذ قیر جدید و یا ماده احیاکننده با استفاده از نموداری مشابه نمودار شکل ۱۳-۶ تعیین می‌شود. یک درجه نفوذ، به عنوان هدف برای ترکیب قیر جدید و قدیمی، با توجه به شرایط آب و هوایی، میزان و نوع ترافیک تحت نظر دستگاه نظارت انتخاب می‌شود. درجه نفوذ قیر قدیمی در محور عمودی قسمت چپ نمودار ترسیم می‌گردد (نقطه A). سپس خط عمودی، که معرف درصد قیر جدید که در مرحله ۳ محاسبه گردیده، رسم می‌شود. محل تلاقی آن با خط افقی، که معرف درجه نفوذ هدف می‌باشد، در نقطه B تعیین می‌شود. پس از آن خط مستقیمی از نقطه A به B ترسیم می‌گردد. امتداد این خط، در محور عمودی سمت راست نمودار، به نقطه C برخورد می‌نماید. نقطه C نشانگر درجه نفوذ لازم برای قیر جدید و یا ماده احیاکننده جهت اختلاط با قیر قدیمی درآسفالت بدست‌آمده می‌باشد. نوع و درجه قیر به نحوی انتخاب می‌شود که درجه نفوذ در نقطه C را دربرگیرد.

۵- آزمایش تعیین درصد قیر بهینه

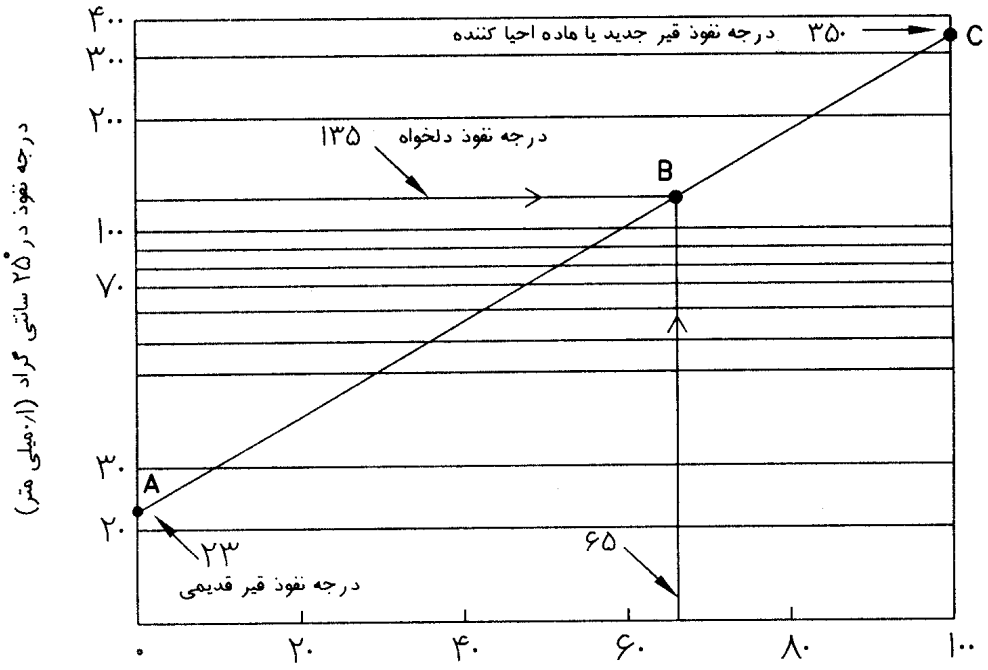
برای تعیین درصد قیر بهینه، اختلاطی مرکب ازدرصد دلخواه آسفالت بدست آمده، مصالح سنگی جدید ودرصدهای مختلفی از قیر تهیه می‌شود. سپس با استفاده از روش مارشال، درصد قیر بهینه مطابق دستورالعمل نشریه MS-۲۰ انستیتو آسفالت تعیین می‌گردد.

۱۳-۶-۲-۲ طرح اختلاط آسفالت بازیافتی بروش سرد

جهت طرح اختلاط آسفالت بازیافتی به روش سرد، به آیین‌نامه انستیتو آسفالت MS-۲۱ رجوع شود.

۱۳-۷ تعیین ضخامت

به طورکلی ازکلیه روش‌هایی که در تعیین ضخامت روسازی با استفاده از آسفالت گرم بهره‌برداری می‌شود، می‌توان در جهت تعیین ضخامت روسازی با آسفالت بازیافتی گرم نیز استفاده نمود.



شکل ۱۳-۶ نمودار تعیین درجه نفوذ قیر جدید و یا ماده احیاکننده

فهرست راهنما

آب بندی رویه راه ۷-۱
آزمایش سی بی آر ۱-۹
آزمایش کنترل کیفیت ۳-۸، ۴-۶
آستر(بیندر) ۴-۱، ۹-۱
آسفالت ۴-۱، ۷-۱، ۷-۲، ۷-۱۷، ۸-۱، ۸-۱۹، ۹-۱
آستر(بیندر) ۴-۱، ۹-۱
اساس قیری ۴-۱، ۹-۱
اساس ماکادامی ۴-۳
رویه(توپکا) ۴-۱، ۹-۱
آسفالت سرد ۸-۱، ۸-۶و۱۴و۱۷
آسفالت سطحی ۷-۲
آسفالت گرم ۹-۱
آسفالتهای حفاظتی ۷-۱، ۷-۱۸
آسفالتهای متخلخل ۷-۱۷، ۷-۲۰
آماده‌سازی بستر روسازی ۲-۱
آماده‌سازی سطح راه ۴-۴، ۶-۶، ۸-۱۶
آیین‌نامه‌ها ۱-۸و۹و۱۱و۱۲
اثر یخبندان ۱-۳و۶و۱۰
اجرای:آسفالت سرد ۸-۱۶
آسفالتهای حفاظتی۷-۱۸
آسفالتهای متخلخل ۷-۲۰
انواع اساس ۴-۳
انواع زیراساس ۳-۴
روغن پاشی ۷-۲۰
غبار نشانی ۷-۲۰
اختصارها ۱-۱۳
اختلاط آسفالت سرد ۸-۶و۱۴و۱۷
اساس ۱-۳، ۴-۱
اساس آسفالتی ۹-۱
اساس قیری ۴-۱
اساس ماکادامی ۴-۱و۴
افزودنیهای قیر ۵-۱۳
انتخاب دانه‌بندی کارگاهی ۸-۵
انتخاب قیر ۸-۳
انتخاب قیر مناسب ۶-۱
اندود ۶-۱
اندود سطحی ۶-۱و۲و۴و۷
اندود نفوذی ۶-۱و۴و۷
اندودهای آب‌بند ۷-۱۳
انواع آسفالت سرد ۸-۱
انواع آسفالت گرم ۹-۱
انواع آسفالتهای حفاظتی ۷-۲
انواع اساس ۴-۱
انواع اندودهای آب‌بند ۷-۱۳
انواع دانه‌بندی ۷-۱۵
انواع روسازی ۱-۶
انواع زیراساس ۳-۱
انواع قیر ۵-۱و۳
انواع قیرهای نفتی ۵-۳
برش خاکی ۲-۱
برش سنگی ۲-۱
بستر روسازی ۱-۲، ۲-۱
بهسازی ۷-۲
پخش آسفالت ۸-۱۹
پخش قیر ۶-۶ ۸-۱۷
پخش و کوبیدن ۴-۴، ۷-۱۹
پریم کت ۶-۱و۴و۷
تاب سایشی ۱-۳ ۷-۱
تاب لغزشی ۱-۴ ۷-۱
تثبیت خاک ۲-۲
تراکم ۲-۲، ۸-۱۹
تراکم آسفالت ۸-۱۹

فهرست راهنما

تراکم بستر روسازی ۲-۲
تراکم خاک بستر ۲-۲
تعاریف ۱-۱
تک کت ۶-۱و۲و۴و۷
حفاظت ۴-۶
حمل آسفالت
حمل قیر ۹-۶
خاک برداری ۲-۱
خاک بستر ۱-۶
خاک حساس در یخبندان ۱-۱۰
خاکریزی ۲-۱
دانه‌بندی ۴-۱، ۷-۳، ۷-۱۵، ۸-۲، ۸-۱۳، ۹-۳
دانه‌بندی آستر(بیندر) ۴-۱
دانه‌بندی اساس ۴-۱
دانه‌بندی اساس قیری ۴-۱
دانه‌بندی اساس ماکادامی ۴-۱
دانه‌بندی رویه (توپکا) ۴-۱
دانه‌بندی زیراساس ۱-۳، ۳-۲
دانه‌بندی سنگدانه ۷-۳ ۸-۲
درجه حرارت قیر ۸-۵
دمای پخش قیر ۶-۳
روسازی ۱-۶ و ۷ و ۸
روسازی آسفالتی (انعطاف پذیر) ۱-۷
روسازی سخت یا بتنی(بتن سیمانی) ۱-۶
روسازی مختلط ۱-۸
روشهای طرح ۹-۷
روشهای طرح روسازی ۱-۸ و ۹
روغن پاشی ۷-۱۸
رویه آسفالت سطحی ۷-۱
رویه(توپکا) ۹-۱
زهکشی ۱-۳
زیراساس ۱-۲، ۳-۱، ۳-۲و۳
زیراساس رودخانه‌ای ۳-۲
زیراساس سنگی ۳-۲
زیراساس آهکی ۳-۳
ساختار شیمیایی قیرهای نفتی ۵-۲
سنگدانه ۷-۳و۱۷، ۸-۱و۸، ۹-۲و۵
سی بی آر ۱-۹، ۲-۲و۳، ۳-۳
سی بی آر طرح ۲-۳
شل ۱-۱۰
طراحی با روش نشانه گروهی ۱-۹
طرح آسفالت سطحی ۷-۶
طرح آسفالت متخلخل ۷-۱۷
طرح اختلاط ۷-۱۶، ۸-۶و۷
طرح روسازی ۱-۴و۶و۹و۱۲، ۷-۶و۱۷
عدد ضخامت روسازی
عملکرد اندودها ۶-۱
عوامل موثر در طرح روسازی ۱-۴
غبار نشانی ۷-۱۸
غلتکهای فلزی دو چرخ ۸-۱۵
غلتکهای فلزی سه چرخ ۸-۱۵
غلتکهای فلزی ۸-۱۵و۱۶
غلتکهای لرزان(ویبره) ۸-۱۶
قشرهای آسفالتی ۱-۳، ۴-۱، ۹-۱
قطعه طرح ۲-۳
قیر ۵-۱، ۸-۸، ۹-۵
قیرابه ۵-۷، ۸-۵و۷و۸و۱۸
قیرپاش ۶-۵
قیرپاشی ۷-۱۹
قیرهای طبیعی ۵-۱
قیرهای مایع دیرگیر ۵-۶
قیرهای مایع زودگیر ۵-۵

فهرست راهنما

قیرهای مایع کندگیر ۵-۶
قیرهای محلول ۸-۵و۷و۸و۱۸
قیرهای نفتی ۵-۲
کاربرد قیر ۵-۱۰
کنترل سطح آسفالت ۸-۱۹
کنترل ترافیک ۷-۲۱
کنترل دمای پخش ۶-۳
کنترل سطح بستر روسازی ۲-۴
کنترل سطح تمام شده اساس ۳-۸
کنترل سطح تمام شده زیر اساس ۴-۵
کنترل کیفیت ۳-۸، ۴-۶
کنترل مخلوط آسفالتی
کنترل وسایل نقلیه ۶-۷
گرم کردن قیر ۵-۱۲
لایه‌های روسازی ۱-۱و۶
ماسه آسفالت ۹-۱
محاسبه مقدار قیر و سنگ ۷-۸
مخلوطهای آسفالتی ۴-۱، ۹-۱و۷
مخلوطهای بتن آسفالتی ۹-۷
مشخصات فنی ۸-۱۳
مشخصات فنی اساس ۴-۱
مشخصات فنی زیراساس ۳-۲
مصالح اساس ماکادمی ۴-۳
مصالح درشت دانه ۴-۳، ۹-۳
مصالح ریز دانه ۴-۳، ۹-۳
معیارها ۱-۸و۹و۱۱و۱۲
معیارهای طراحی روسازی آسفالتی ۱-۹و۱۱و۱۲
مقاومت خاک ۲-۲
مواد قیری ۶-۱، ۷-۲و۱۷و۱۸، ۸-۲
میزان پخش قیر ۶-۴
نشانه خمیری ۳-۴
نشانه گروهی (Group Index = GI) ۱-۹
نمونه‌گیری ۲-۲
وسایل تهیه آسفالت سرد ۸-۱۳
یخبندان ۱-۳و۶و۱۰

آ	
آب بندی	seal
آزادراه	freeway
آزمایش تراکم سه‌محوره	triaxial compression test
آزمایش دانه‌بندی	sieve analysis
آزمایش سائیدگی لوس آنجلس	Los Angles abrasion test
آزمایش سی بی آر	CBR test
آزمایش کنترل کیفیت	quality control
آزمایش مقاومت درمحل	in plate bearing test
آستر	binder
آسفالت	asphalt
آسفالت حفاظتی	surface treatment
آسفالت سرد	cold asphalt
آسفالت سرد (مخلوط شده در راه)	road mix asphalt
آسفالت سرد (مخلوط شده در کارگاه)	plant mix asphalt
آسفالت سطحی	surface treatment
آسفالت گرم	hot mix asphalt
آسفالت‌های متخلخل	open grade asphalts
آسیاب کلوئیدی	colloid mill
آلی	organic
آمد و شد	traffic
آهک زنده	quick lime
آهک شکفته	hydrated lime
ا	
اجباری	mandatory
اختصارات	abbreviations
اختلاط در کارخانه	plant mixing
اختلاط در محل (درجا)	mixed in place
اختلال در محل (درجا)	in place mixing
ارزش پس‌مانده	salvage value
ارزیابی روسازی	pavement evaluation
اساس	base
اساس قیری	black base
استقامت	stability, strength
اصطکاک داخلی	internal friction
اصطکاک	friction
اصلاح شده با آهک	lime treated
اصلاح شده با سیمان	cement treatment
افزودنی‌ها	additives, admixtures
اقتصاد طراحی	economics of design
امولسیون قیر	emulsified asphalt
انبار	depot
اندازه موثر	effective size
اندود	coat
اندود سطحی	tack coat
اندود نفوذی	prime coat
ایمنی	safety
ب	
بار چرخ	wheel loads
بار چرخ معادل	equivalent wheel load
بار محوری	axle loads
بار محوری دوقلو	tandem axle load
بارمحوری هم ارز	equivalent axle load (EAL)
بتن	concrete
بتن آسفالتی	asphalt concrete
بتن سیمان	cement concrete
بحرانی	critical
بد دانه‌بندی شده	poorly graded
بررسی کارگاهی	field investigations
برنامه‌های کامپیوتری	computer programs
بزرگراه	expressway
بستر راه	roadbed

بستر روسازی	sub grade
بنزین	gasoline
بهسازی	improvement
بیندر	binder
پ	
پارامترهای طرح	design factors
پایداری	stability
پخش	spreading
پرکردن ترکهای روسازی	sealing of cracks
پریم کت	prime coat
پشت پرکردن	backfill
پیاده	pedestrian
پیاده‌رو	sidewalk, walkway
پیش‌طراحی شده	over designed
ت	
تابلوها	signs
تاج در مقطع عرضی راه	crown
تاج روسازی	pavement crowns
تثبیت	stabilization
تثبیت با آهک	lime stabilization
تثبیت با سیمان	cement stabilization
تثبیت خاک	soil stabilization
تثبیت شده با آهک	lime stabilized
تثبیت شده با سیمان	cement stabilized
تجدید ساختمان	reconstruction
تجزیه و تحلیل اقتصادی	economic analysis
تجزیه‌وتحلیل نرخ‌بازده	rate of return analysis
تجزیه و تحلیل هزینه‌ها	cost analysis
تجمع (فولوکولاسیون)	flocculation
تجهیزات کنار راه	roadside installations
تحکیم (کاهش آب درلایه)	consolidation
تحکیم نشده	unconsolidated
تحلیل دانه‌بندی	sieve analysis
تخلیه آب زیرسطحی	subsurface drainage
تخلیه عرضی آب	cross drainage
تخماق	rammer
ترک انعکاسی	reflection crack
ترک انقباضی	shrinkage crack
ترافیک	traffic
تراکم	density
تراکم در کارگاه	field compaction
تراکم‌عمقی‌خاک‌باغلتکهای‌سنگین	proof rolling
ترک	crack
ترک طولی	longitudinal crack
ترک عرضی	transversal crack
ترکهای‌پوست‌سوسماری(موزائیکی)	alligator cracks
تسویه کننده	Filter
تسهیلات پیاده	pedestrian facilities
تعریف	definition
تغییر شکل نسبی	strain
تغییر شکل	deformation
تقاطع	intersection
تقاطع غیرهمسطح(تبادل)	interchange
تقاطع همسطح	at grade intersection
تقطیر	distillation
تک کت	tack coat
تکرار بارگذاری	repeated loads
تلاقی	crossings
تند راه	expressway
تنش	stress
توپکا	top coat
تورم	swelling

تورم ناشی از یخبندان	frost heave
توزیع ترافیک	traffic distribution
ته‌نشینی	settlement
تهی	void
ج	
جاده	highway
جاروی مکانیکی	power broom
جدول	curb
جدول آسفالتی	dike
جدول میانه	median curbs
جذب آب	water absorption
چ	
چاله	pot hole
چسبندگی	cohesion
چگالی	specific gravity
چندخطه	multilane
چندخطی	multiple lanes
ح	
حجم ساعتی طرح	design hourly volume
حد خمیری	plastic limit
حد روانی	liquid limit
حداقل	minimum
حدود اتربرگ	atterberg limits
حساس در برابر یخبندان	frost susceptible
حفاظت	protection
حل کننده نفتی	naphtha
خ	
خاک	soil
خاک با واکنش	reactive soil
خاصیت انگمی	ductility
خاکبرداری	excavation
خاکریزی	embankment, fill
خالی	void
خرابی بنیادی (سازه‌ای)	structural failure
خرابی روسازی	pavement failure
خرابی سطحی (وظیفه‌ای)	functional failure
خرد و نرم	pulverization
خستگی	fatigue
خشک‌کن	dryer
خشک‌کن‌مجهزبه‌مخلوط‌کن	drum mixer
خصوصیات خمیری	plastic properties
خطای پراکندگی (انحراف)	standard deviation
خط‌کشی	painting
خوب دانه‌بندی شده	well graded
خودروی طرح	design vehicle
د	
دانه بندی	sieve analysis
دانه‌بندی توپر	dense graded
دانه‌بندی توخالی (باز)	open graded
درجه حرارت	temperature
دسته‌بندی	classification
دفع آب	drainage
دفع آبهای سطحی	surface drainage
دوام	durability
دوباره سازی	reconstruction
دوران طرح	design period
دوره	period
دوره طرح	design period
ر	
راه	road
راه اختصاصی	private road
راه اصلی	major highway

راه انحرافی	detour
راه بیابانی	rural road
راه جانبی	frontage road
راه جداشده	divided highway
راه دوخطه	tow lane highway
راه عوارضی	toll road
راه محلی	local road
راه‌آهن	railroad
راهنما	guide
راهنما	index
راه‌های عمومی	public road
راه‌های فرعی	secondary road
راه‌های معمولی	conventional highways
رس	clay
رطوبت‌بهینه‌خاک‌درتراکم	optimum water content
رمپ	ramp
رواداری	tolerance
روانی آسفالت	asphalt flow
روزدن قیر	asphalt bleeding
روسازی	pavement
روسازی‌انعطاف‌پذیر(آسفالتی)	flexible pavement
روسازی‌تماماً آسفالتی	full depth asphalt pavement
روسازی سخت (بتنی)	rigid pavement
روسازی فرودگاه	airport pavement
روسازی مختلط	mixed pavement
روش	method
روش اجزا محدود	finite element method
روش نشانه گروهی	group index method
روغن پاشی راه	road oiling
روغن موتور	lubricating oil
روکش آسفالتی	flexible overlays
رویه	leveling course, top coat
ریسه	windrow

ز

زهکشی	subdrain, subsurface drainage
زیراساس	subbase

س

ساخت	construction
ساخت اولیه	initial construction
ساخت مرحله‌ای	stage construction
سازه	structure
سایش	abrasion
سطح	surface
سکو	refuge area
سنگ	rock
سنگ رسی	shale
سنگ شکن	crusher
سواری	passenger car
سوخت دیزل	diesel oil
سی بی آر طرح	design CBR

ش

شاخص دراز بودن	elongation index
شانه راه	shoulder
شخم زدن گریدر	grader scarified
شکافنده	ripper
شن	gravel
شیار	rutting
شیب	grade, slope
شیب بحرانی	critical slope
شیب راهه	ramp
شیب عرضی	cross slope
شیبراهه چرخ معلولان	wheelchair ramps

ص	
صفحه لرزنده	vibrating plate
ض	
ضریب‌ارتجاعی‌دینامیکی	dynamic elastic modulus
ضریب اصطکاک	friction factors
ضریب بار هم ارز	equivalent load factor
ضریب باربری	bearing value
ضریب‌برجهندگی‌ارتجاعی	resilient modulus of elasticity
ضریب پخش	spread modulus
ضریب تخت بودن	flakiness index
ضریب سفتی دینامیکی	dynamic stiffness modulus
ط	
طبقه بندی	classification
طبقه بندی خاک	soil classification
طراحی	design
طرح اختلاط	mix design
طرح روسازی	pavement design
ظ	
ظرفیت	capacity
ع	
عمر خدمت‌دهی	service life
عمر روسازی	pavement life
عمر سرویس دهی	service life
عمر مربوط به خستگی	fatigue life
عمل آمدن	cure
عملکرد	performance
غ	
غلتک	roller
غلتک چرخ فولادی	smooth wheel roller
غلتک چرخ لاستیکی	pneumatic tired roller
غلتک مشبک	grid roller
غلتک پاچه بزی	sheepfoot roller
غلتک ویبره	vibrating roller
غلتکهای فلزی	steel rollers
غلتکهای لرزان	vibrating rollers
غیر تخریبی	non destructive
ف	
فر	oven
فرسایش خاک	erosion
فرمول کارگاهی	job mix formula
فشردگی	density
فینیشر	asphalt finishing machine
ق	
قابلیت خدمت	serviceability
قابلیت شکل پذیری	ductility
قرضه	borrow
قشرهای آسفالتی	asphalt layers
قطران	tar
قطعه راه	road section
قلوه سنگ	boulder
قیر	asphalt, bitumen
قیر پس برگرد	cutback asphalt
قیر دمیده	blown asphalt
قیر محلول	cutback asphalt
قیرابه	emulsion
قیرابه دیر گیر	slow setting emulsion(SS)
قیرابه زودگیر	rapid setting emulsion(RS)
قیرابه‌کندگیر	medium setting emulsion(MS)
قیرپاش	asphalt distributor
قیرپاشی	road oiling
قیرخالص	asphalt cement
قیرهای طبیعی	natural asphalt

قیرهای محلول	liquid asphalts
قیرهای‌محلول‌دیرگیر	slow curing asphalts(SC)
قیرهای‌محلول‌زودگیر	rapid curing asphalts(RC)
قیرهای‌محلول‌کندگیر	medium curing asphalts(MC)

ک

کارخانه منقطع (ناپیوسته)	batch plant
کامیون یدک‌دار	truck trailer
کف راه	roadway
کفشک لرزنده	vibrating shoe
کلوئیدی	colloid
کم طراحی شده	under designed
کمترین	minimum
کمینه	minimum
کندروانی	viscosity
کوبنده ویبره	vibrating compactors
کوبنده‌ها	compactors

گ

گرمخانه	oven
گزارش (صورت عملیات) گمانه	boring log
گنجایش	capacity
گنجایش تحمل بار	bearing capacity
گودی	rutting

ل

لکه‌گیری	patching
لای	silt
لایه آستر، لایه بیندر	binder course
لایه اساس	base course
لایه‌های روسازی	pavement layers
لغزش	skidding

م

ماده امولسیون ساز	emulsifying agent
ماده پر کننده	filler
ماده تثبیت کننده	stabilizing agent
ماسه	sand
ماسه آسفالت	sand asphalt
ماشین‌پخش‌آسفالت	asphalt finishing machine
ماشین حسابگر	computer
متراکم کردن آسفالت	asphalt compaction
متراکم کردن (کاهش هوا در لایه)	compaction
متراکم‌کردن‌بستر‌روسازی	subgrade compaction
محدود نشده	unconfined
محور ساده (تکی)	single axle
محیط	environment
مخلوط کردن	mixer
مخلوط در راه (در محل)	road mix
مخلوط‌کن دوار	rotary mixer
مرحله‌بندی ساخت	stage construction
مرغوبیت	soundness
مصالح	materials
مصالح دانه‌ای	aggregates
مصالح رودخانه	river bed material
مطالعات اقتصادی	economic studies
مقاومت	strength
مقاومت خاک	soil bearing
مقطع عرضی	cross section
منطقه روستایی	rural area
منطقه شهری	urban area
موئینه	capillary
میزان‌نسبت‌درصدرطوبت‌مناسب	optimum moisture content
میزان‌نسبت‌درصدقیرمناسب	optimum asphalt content

ن

ناهمواری	roughness

نسبت‌باربری‌کالیفرنیا	California bearing ration (CBR)
نسبت تخلخل	void ratio
نسبت خلاء	void ratio
نشانه (شاخص) خدمت	serviceability index
نشانه ترافیک	traffic index
نشانه خمیری	plasticity index
نشانه گروهی	group index
نشانه نفوذ	penetration index
نشانه یخبندان	freezing index
نشست	settlement
نفت	petroleum
نفت خام	crude oil
نفت سفید	kerosene
نگهداری	maintenance
نمونه‌برداری‌دست‌نخورده	undisturbed samples
نمونه‌گیری	sampling
نیمرخ (مقطع) خاک	soil profile
نیمرخ سنج	profilometer
نیمرخ عرضی	cross section
و	
واکنش پوزولانی	pozzolanic reaction
وصله	patching
ه	
هدف‌ها	objectives
هدف‌های طراحی	objectives of design
هدف‌های طرح	design objectives
هم‌ارز ماسه	sand equivalent
ی	
یک اندازه	one size
یخبندان	freezing
یدک پشت کامیون	trailer

A

abbreviations	اختصارات
abrasion	سایش
additives	افزودنی‌ها
admixtures	افزودنی‌ها
aggregates	مصالح دانه‌ای
airport pavement	روسازی فرودگاه
alligator cracks	ترکهای پوست‌سوسماری(موزائیکی)
asphalt	آسفالت، قیر
asphalt bleeding	روزدن قیر
asphalt cement	قیرخالص
asphalt compaction	متراکم کردن آسفالت
asphalt concrete	بتن آسفالتی
asphalt distributor	قیرپاش
asphalt finishing machine	ماشین‌پخش‌آسفالت،فینیشر
asphalt flow	روانی آسفالت
asphalt layers	قشرهای آسفالتی
asphalt surface treatment	آسفالت‌سطحی
at grade intersection	تقاطع همسطح
atterberg limits	حدود اتربرگ
axle loads	بار محوری

B

backfill	پشت پرکردن
base	اساس
base course	لایه اساس
batch plant	کارخانه منقطع (ناپیوسته)
bearing capacity	گنجایش تحمل بار
bearing value	ضریب باربری
binder	آستر، بیندر
binder course	لایه آستر، لایه بیندر
bitumen	قیر
black base	اساس قیری
blown asphalt	قیر دمیده
boring log	گزارش (صورت عملیات) گمانه
borrow	قرضه
boulder	قلوه سنگ

C

California bearing ration (CBR)	نسبت‌باربری‌کالیفرنیا
capacity	گنجایش، ظرفیت
capillary	موئینه
CBR test	آزمایش سی بی آر
cement concrete	بتن سیمان
cement stabilization	تثبیت با سیمان
cement stabilized	تثبیت شده با سیمان
cement treatment	اصلاح شده با سیمان
classification	دسته‌بندی، طبقه‌بندی
clay	رس
coat	اندود
cohesion	چسبندگی
cold mix asphalt	آسفالت سرد
cold asphalt	آسفالت سرد
colloid	کلوئیدی
colloid mill	آسیاب کلوئیدی
compaction	متراکم‌کردن(کاهش‌هوادرلایه)
compactors	کوبنده‌ها
computer	ماشین حسابگر
computer programs	برنامه‌های کامپیوتری
concrete	بتن
consolidation	تحکیم (کاهش آب در لایه)
construction	ساخت
conventional highways	راه‌های معمولی
cost analysis	تجزیه و تحلیل هزینه‌ها
crack	ترک

critical	بحرانی
critical slope	شیب بحرانی
cross drainage	تخلیه عرضی آب
cross section	مقطع عرضی، نیمرخ عرضی
cross slopes	شیب عرضی
crossings	تلاقی
crown	تاج در مقطع عرضی راه
crude oil	نفت خام
crusher	سنگ شکن
curb	جدول
cure	عمل آمدن
cutback asphalt	قیر محلول، قیر پس برگرد

D

definition	تعریف
deformation	تغییر شکل
dense graded	دانه‌بندی توپر
density	تراکم، فشردگی
depot	انبار
design	طراحی
design CBR	سی بی آر طرح
design factors	پارامترهای طرح
design hourly volume	حجم ساعتی طرح
design objectives	هدف‌های طرح
design period	دوران طرح، دوره طرح
design vehicle	خودروی طرح
detour	راه انحرافی
diesel oil	سوخت دیزل
dike	جدول آسفالتی
distillation	تقطیر
divided highway	راه جداشده
drainage	زه‌کشی – دفع آب
drum mixer	خشک کن مجهز به مخلوط‌کن
dryer	خشک کن
ductility	خاصیت انگمی – قابلیت شکل پذیری
durability	دوام
dynamic elastic modulus	ضریب‌ارتجاعی‌دینامیکی
dynamic stiffness modulus	ضریب‌سفتی‌دینامیکی

E

economic analysis	تجزیه و تحلیل اقتصادی
economic studies	مطالعات اقتصادی
economics of design	اقتصاد طراحی
effective size	اندازه موثر
elongation index	شاخص دراز بودن
embankment	خاکریزی
emulsified asphalt	امولسیون قیر
emulsifying agent	ماده امولسیون ساز
emulsion	قیرابه
environment	محیط
equivalent axle load (EAL)	بار محوری هم ارز
equivalent load factor	ضریب بار هم ارز
equivalent wheel load	بار چرخ معادل
erosion	فرسایش خاک
excavation	خاکبرداری
expressway	بزرگراه، تند راه

F

fatigue	خستگی
fatigue life	عمر مربوط به خستگی
field compaction	تراکم در کارگاه
field investigations	بررسی کارگاهی
fill	خاکریزی
filler	ماده پرکننده
filter	تسویه کننده

finite element method	روش اجزا محدود
flakiness index	ضریب تخت بودن
flexible overlays	روکش آسفالتی
flexible pavement	روسازی‌انعطاف‌پذیر(آسفالتی)
flocculation	تجمع (فولوکولاسیون)
freeway	آزادراه
freezing	یخبندان
freezing index	نشانه یخبندان
friction	اصطکاک
friction factors	ضریب اصطکاک
frontage road	راه جانبی
frost heave	تورم ناشی از یخبندان
frost susceptible	حساس در برابر یخبندان
full depth asphalt pavement	روسازی تماماً آسفالتی
functional failure	خرابی سطحی (وظیفه‌ای)
G	
gasoline	بنزین
grade	شیب
grader scarified	شخم زدن گریدر
gravel	شن
grid roller	غلتک مشبک
group index	نشانه گروهی
group index method	روش نشانه گروهی
guide	راهنما
H	
highway	جاده
hot mix asphalt	آسفالت گرم
hydrated lime	آهک شکفته
I	
improvement	بهسازی
in place mixing	اختلال در محل (درجا)
in place bearing test	آزمایش مقاومت درمحل
index	راهنما
initial construction	ساخت اولیه
interchange	تقاطع غیرهمسطح(تبادل)
internal friction	اصطکاک داخلی
intersection	تقاطع
J	
job mix formula	فرمول کارگاهی
K	
kerosene	نفت سفید
L	
leveling course	رویه
lime stabilization	تثبیت با آهک
lime stabilized	تثبیت شده با آهک
lime treated	اصلاح شده با آهک
liquid asphalts	قیرهای محلول
liquid limit	حد روانی
local road	راه محلی
longitudinal crack	ترک طولی
Los Angles abrasion test	آزمایش‌سائیدگی‌لوس‌آنجلس
lubricating oil	روغن موتور
M	
maintenance	نگهداری
major highway	راه اصلی
mandatory	اجباری
materials	مصالح
median curbs	جدول میانه
medium curing asphalts (MC)	قیرهای‌محلول‌کندگیر
medium setting emulsion (MS)	قیرابه‌کندگیر
method	روش
minimum	حداقل، کمترین، کمینه
mix design	طرح اختلاط

mixed in place	اختلاط در محل (درجا)
mixed pavement	روسازی مختلط
mixer	مخلوط کردن
multilane	چندخطه
multiple lanes	چندخطی
N	
naphtha	حل‌کننده نفتی
natural asphalt	قیرهای طبیعی
non destructive	غیر تخریبی
O	
objectives	هدف‌ها
objectives of design	هدف‌های طراحی
one size	یک اندازه
open graded	دانه‌بندی توخالی (باز)
open grade asphalts	آسفالتهای متخلخل
optimum asphalt content	میزان‌نسبت‌درصدقیرمناسب
optimum moisture content	میزان‌نسبت‌درصدرطوبت‌مناسب
optimum water content	رطوبت‌بهینه‌خاک‌درتراکم
organic	آلی
oven	فر، گرمخانه
over designed	پیش‌طراحی شده
P	
painting	خط‌کشی
passenger car	سواری
patching	لکه‌گیری – وصله
pavement	روسازی
pavement crowns	تاج روسازی
pavement design	طرح روسازی
pavement evaluation	ارزیابی روسازی
pavement failure	خرابی روسازی
pavement layers	لایه‌های روسازی
pavement life	عمر روسازی
pedestrian	پیاده
pedestrian facilities	تسهیلات پیاده
penetration index	نشانه نفوذ
performance	عملکرد
period	دوره
petroleum	نفت
plant mix asphalt	آسفالت‌سرد(مخلوط‌شده‌در کارگاه)
plant mixing	اختلاط در کارخانه
plastic limit	حد خمیری
plastic properties	خصوصیات خمیری
plasticity index	نشانه خمیری
pneumatic tired roller	غلتک چرخ لاستیکی
poorly graded	بد دانه‌بندی شده
pot hole	چاله
power broom	جاروی مکانیکی
pozzolanic reaction	واکنش پوزولانی
prime coat	اندود نفوذی، پریم کت
private road	راه اختصاصی
profilometer	نیمرخ سنج
proof rolling	تراکم‌عمقی‌خاک‌باغلتک‌های‌سنگین
protection	حفاظت
public road	راه‌های عمومی
pulverization	خرد و نرم
Q	
quality control	آزمایش کنترل کیفیت
quick lime	آهک زنده
R	
railroad	راه‌آهن
rammer	تخماق
ramp	رمپ، شیب راهه

sand	ماسه
sand asphalt	ماسه آسفالت
sand equivalent	هم‌ارز ماسه
seal	آب بندی
sealing of cracks	پرکردن ترکهای روسازی
secondary road	راه‌های فرعی
service life	عمرخدمت‌دهی، عمر سرویس‌دهی
serviceability	قابلیت خدمت
serviceability index	نشانه (شاخص) خدمت
settlement	نشست - ته‌نشینی
shale	سنگ رسی
sheepfoot roller	غلتک پاچه‌بزی
shoulder	شانه راه
shrinkage crack	ترک انقباضی
sidewalk	پیاده‌رو
sieve analysis test	آزمایش‌دانه‌بندی،تحلیل‌دانه‌بندی
sieve analysis	دانه بندی
signs	تابلوها
silt	لای
single axle	محور ساده (تکی)
skidding	لغزش
slope	شیب
slow curing asphalts (SC)	قیرهای محلول دیرگیر
slow setting emulsion (SS)	قیرابه دیرگیر
smooth wheel roller	غلتک چرخ فولادی
soil	خاک
soil bearing	مقاومت خاک
soil classification	طبقه بندی خاک
soil profile	نیمرخ (مقطع) خاک
soil stabilization	تثبیت خاک
soundness	مرغوبیت
rapid curing asphalts (RC)	قیرهای محلول زودگیر
rapid setting emulsion (RS)	قیرابه زودگیر
rate of return analysis	تجزیه‌وتحلیل نرخ‌بازده
reactive soil	خاک با واکنش
reconstruction	تجدید ساختمان، دوباره سازی
reflection crack	ترک انعکاسی
refuge area	سکو
repeated loads	تکرار بارگذاری
resilient modulus of elasticity	ضریب برجهندگی ارتجاعی
rigid pavement	روسازی سخت (بتنی)
ripper	شکافنده
river bed material	مصالح رودخانه
road	راه
road mix	مخلوط در راه (در محل)
road mix asphalt	آسفالت‌سرد(مخلوط‌شده‌درراه)
road oiling	روغن پاشی راه، قیرپاشی
road section	قطعه راه
roadbed	بستر راه
roadside installations	تجهیزات کنار راه
roadway	کف راه
rock	سنگ
roller	غلتک
rotary mixer	مخلوط‌کن دوار
roughness	ناهمواری
rural area	منطقه روستایی
rural road	راه بیابانی
rutting	شیار، گودی

S

safety	ایمنی
salvage value	ارزش پس‌مانده
sampling	نمونه‌گیری

specific gravity	چگالی	
spread modulus	ضریب پخش	
spreading	پخش	
stability	استقامت، پایداری	
stabilization	تثبیت	
stabilizing agent	ماده تثبیت کننده	
stage construction	ساخت مرحله‌ای،مرحله‌بندی ساخت	
standard deviation	خطای پراکندگی (انحراف)	
steel rollers	غلتکهای فلزی	
strain	تغییر شکل نسبی	
strength	استقامت، مقاومت	
stress	تنش	
structural failure	خرابی بنیادی (سازه‌ای)	
structure	سازه، بنا، ساختمان	
sub grade	بستر روسازی	
subbase	زیراساس	
subdrain	زهکشی	
subgrade compaction	متراکم‌کردن‌بستر‌روسازی	
subsurface drainage	تخلیه آب زیرسطحی، زهکشی	
surface	سطح	
surface drainage	دفع آبهای سطحی	
surface treatment	آسفالت‌سطحی،آسفالت‌حفاظتی	
swelling	تورم	
T		
tack coat	اندود سطحی، تک کت	
tandem axle load	بار محوری دوقلو	
tar	قطران	
temperature	درجه حرارت	
tolerance	رواداری	
toll roads	راه عوارضی	
top coat	توپکا، رویه	
tow lane highway	راه دوخطه	
traffic	آمد و شد، ترافیک	
traffic distribution	توزیع ترافیک	
traffic index	نشانه ترافیک	
trailer	یدک پشت کامیون	
transversal crack	ترک عرضی	
triaxial compression test	آزمایش‌تراکم‌سه‌محوره	
truck trailer	کامیون یدک‌دار	
U		
unconfined	محدود نشده	
unconsolidated	تحکیم نشده	
under designed	کم طراحی شده	
undisturbed samples	نمونه‌برداری‌دست‌نخورده	
urban area	منطقه شهری	
V		
vibrating compactors	کوبنده ویبره	
vibrating plate	صفحه لرزنده	
vibrating roller	غلتک ویبره ، غلتک لرزان	
vibrating shoe	کفشک لرزنده	
viscosity	کندروانی	
void	تهی، خالی	
void ratio	نسبت خلاء، نسبت تخلخل	
W		
walkway	پیاده‌رو	
water absorption	جذب آب	
well graded	خوب دانه‌بندی شده	
wheel loads	بار چرخ	
wheelchair ramps	شیبراهه چرخ معلولان	
windrow	ریسه	

مراجع

Asphalt Institute Publications

1 - Thickness Design- Asphalt Pavements for Highways and Streets (MS-1)

2 - Mix Design Methods for Asphalt Concrete and Other Hot-Mix Types (MS-2)

3 - Asphalt Plant Manual (MS-3)

4 - The Asphalt Handbook (MS-4)

5 - Introduction to Asphalt (MS-5)

6 - Asphalt Pocketbook of Useful Information(MS-6)

7 - Asphalt Daving Manual (MS-8)

8 - Soils Manual (MS-10)

9 - Asphalt Cold - Mix Manual (MS-14)

10 - Drainage of Ashalt Pavement Structures (MS-15)

11 - Asphalt in Pavement Maintenance (MS-16)

12 - Asphalt overlays for , Highway and street Rehabilitation (MS-17)

13 - Sampling Asphalt Products for Specifications Compliance (MS-18)

14 - A Basic Asphalt Emulsion Manual (MS-19)

15 - Asphalt Hot-Mix Recycling (MS-20)

16 - Asphalt Cold - Mix Recycling (MS-21)

17 - Principles of Construction of Hot-Mix Ashalt Pavements (MS-22)

18 - Model Construction Specifications for Asphalt Concrete (SS-1)

19 - ASphalt Technology and Construction Practies, Instructor´s Guide, Educational Series No.1(ES-1).

AASHTO Standards Publications

20 - Standard Specification for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing, Part 1 Specification, 1998.

21 - Standard Specification for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing, Part 11 Tests, 1998.

22 - AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, Volume 1, 1993

23 - AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, Volume 2, 1993

24 - Guide Specifications for Highway Construction, 1993.

25 - Construction Manual for Highway Construction, 1990

ASTM Standards Publications

26 - Annual Book of ASTM Standards, Road and Paving Materials, Pavement Management Technologies Volume 04.03, 2000,

27 - Engineering Properties of Asphalt Mixtures and the Relationship to their Performance, ASTM Publication STP 1265, 1995, ISBN 0-8031-2002-8

28 - Quality Management of Hot Mix Asphalt, ASTM Publication STP 1299, 1996, ISBN 08031-2024-9.

29 - Annual Book of ASTM Standards, Soil and Rock; Dimension Stone; Geosynthetics Volume 04.08, 2000

Miscellaneous Publications

30 - EJ.Yoder and M.W. Witzack, «Principles of Pavements Design», John wiley and Sons, 1990.

31 - S.V. Shestoperov , «Road and Building Materials», Volume 2, Mir Publishers, Moscow 1993.

32 - Rilem Report No. 17,«Bituminous Binders and Mixes», 1998.

33 - «Pavement Design and Rehabilitation Manual», Ministry of Transportation of Ontario, Canada, 1990

34 - **Clarkson H. Oglesby , R.Gray Hicks, «Highway Engineering», Forth Edition, 1975, by John wiley and Sons, Inc.**

35 - **Strategic Highway Research Program, SHRP, «Superpave Level 1 Mixture Design, Test Methods», 1994.**

36 - **SHRP, «Superpave Asphalt Mixture Design and Analysis», 1994**

۳۷ - مشخصات فنی عمومی راه، نشریه ۱۰۱، دفتر امور فنی و تدوین معیارها، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور چاپ سال ۱۳۷۵

۳۸ - روسازی راه و فرودگاه، دکترامیرمحمدطباطبائی، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ دوم، سال ۱۳۷۵

۳۹ - روشهای پیشرفته طراحی روسازی راه، دکتر امیر کاوسی و دکتر علی فدائی، انتشارات دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، بهارسال ۱۳۷۳

Islamic Republic of Iran

Iran Highway Asphalt Paving Code

No. 234

Management and Planning Organization
Office of the Deputy for Technical Affairs
Technical Affairs and Standards Bureau

Ministry of Roads and Transportation
Research and Education Center

2002/2003

این کتاب

به ارائه معیارهای طراحی رو سازی آسفالتی راه ها منطبق با شرایط فنی, اقتصادی و اقلیمی موجود در کشور پرداخته و در عین حال از سایر استانداردها و روش های طراحی نام برده است .

محدوده کاربرد ضوابط و مقررات این آیین نامه شامل ساخت و بازیابی انواع آسفالت در مرحله طراحی میباشد و رعایت آن الزامی است .

معاونت امور پشتیبانی
مرکز مدارک علمی و انتشارات

ISBN 964-425-369-8

9789644253690